

Jarkko Perttunen

Terrafamen malminkäsittelyn hienomurskaamolinjan käyttövarmuuden parantaminen vika- ja vaikutusanalyysin avulla



Insinööri (AMK),

konetekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Perttunen Jarkko

Työn nimi: Terrafamen malminkäsittelyn hienomurskaamolinjan käyttövarmuuden parantaminen vika- ja vaikutusanalyysin avulla

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: Kriittisyysluokittelu, kunnossapito, käyttövarmuus, ennakkohuolto, PSK 6800, vika- ja vaikutusanalyysi, VVA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Terrafamen kaivoksen kunnossapito-osasto. Työn tarkoituksena oli parantaa malminkäsittelyssä hienomurskaamoalueen käytettävyyttä kriittisyys-luokittelun ja vika- ja vaikutusanalyysin avulla.

Malmia murskataan Terrafamessa neljässä vaiheessa. Hienomurskaamoalueelle kivi saapuu esimurskauksesta. Hienomurskaamalla kiveä murskataan vielä lisää kolmessa eri vaiheessa. Kivi murskataan neljännessä vaiheessa 8 mm raekokoon.

Kriittisyysluokittelussa työkaluna käytettiin PSK 6800 -standardia. Mukaan tarkasteluun otettiin päälaitteet käyttöpaikkatasolla, eli käsittelyssä ei ole mukana esimerkiksi automaatiolaitteita.

Kriittisyysluokittelun suoritus aloitettiin kokoamalla tarkasteltavat laitteet standardin mukaiselle lomakkeelle ja määriteltiin näille tuotannon menetyksen painoarvo. Tämä arvo kertoo toimimattomuuden vaikutuksen tuotantoprosessille. Seuraavaksi määriteltiin laitteiden vikaantumisväli sekä keskimääräisen vikaantumisesta johtuvan tuotannon menetyksen, turvallisuus- ja ympäristövaikutuksen sekä laatu- ja korjauskustannusten kannalta. Näiden määrittäminen tapahtui Maximokäynnissäpitojärjestelmästä ja haastatteleamalla tuotannon ja kunnossapidon henkilöstöä. Kriittisyysluokittelun valmistuttua laitteet saatiin järjestettynä niiden kriittisyysindeksin perusteella ja niistä valikoitui kuusitoista kriittisintä mukaan vika- ja vaikutusanalyysiin.

Kriittisille laitteille etsittiin vika- ja vaikutusanalyysin avulla, miksi ja miten laitteet vikaantuvat, mitä seurauksia on laitteen vikaantumisella. Analyysin avulla päästiin kiinni vikaantumisen alkuun ja siihen, miten vikaantuminen voidaan estää. Analyysin lopputuloksena saatiin tehtyä toimenpidesuosituksia laitteille mm. ennakkohuoltojen muutoksiin tai rakenneosien muuttamiseksi kestävämpään.

Työn tärkein tavoite oli saada hienomurskaamoalueen käyttövarmuutta parannettua. Kun suunnitellut toimenpiteet ovat käytössä, käyttövarmuus todennäköisesti paranee laitoksessa.

Author: Perttunen Jarkko

Title of the Publication: Criticality Classification, Failure Mode and Effect Analysis of Fine Crushing Production

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Criticality classification, maintenance, reliability, preventive maintenance, PSK 6800, failure mode and effects analysis, FMEA

The thesis was commissioned by the maintenance department of the Terrafame mine. The purpose of this work was to improve the usability of the fine crushing area in the ore handling department by utilizing criticality classification, failure mode and effect analysis.

At Terrafame mine, ore is crushed at four stages. Ore comes to the fine crushing process from primary crushing. During fine crushing the ore is crushed in three different stages. The final particle size of the crushed ore is 8 mm.

PSK 6800 –standard was used as a tool in the criticality classification. The most important machines were chosen to be examined by place of use, which means that automation devices were not taken into account.

The criticality classification was started by collecting data about the examined machines on a standardized form. Then, the value of production loss was defined concerning each machine. This value tells the effect of inactivity to production. The next step was to define the time between failure and the average production loss because of failure, safety and environmental impact and also from the point view of quality and repair costs. This definition was made by using the Maximo operation and maintenance system and by interviewing operating and maintenance personnel. After the criticality classification was complete, the machinery could be categorized by their criticality index and the 16 most critical machines were chosen for the failure mode and effect analysis.

By using FMEA, reasons were sought for why and how the critical machinery malfunctions and what effects do the malfunctions have. With the help of the analysis we got to the root of malfunctions and how they could be prevented. As a result of the analysis, recommendation of measures, for example, changes in preventive maintenance or transition to more durable spare parts, was given.

The most important goal of this thesis was to improve the reliability of the fine crushing area. When the planned measures are in effect, the reliability of the facility will probably improve.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on suoritettu Terrafame Oy:n kunnossapidon toimeksiannosta. Haluan antaa kiitokset toimeksiantajalle kunnossapitopäällikkö Pekka Lappalaiselle mielenkiintoisen ja haastavan aiheen löytämisestä, sekä työn suorituksen tukemisesta.

Haluan kiittää myös työpaikkaohjaaja Tomi Korhosta, sekä ammattikorkeakoulun opettaja Sanna Leinosta työn ohjauksesta. Lisäksi kiitos myös kollegoille Jussi Kokkoselle, Tommi Peltoniemelle ja Tommi Kemppaiselle, jotka antoivat arvokasta tietotaitoaan tälle työlle.

Suuri kiitos Sallamaari Karjalaiselle, joka kannusti neljä vuotta opiskeluissani.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 TERRAFAME OY	2
2.1 Yleistä	2
2.2 Terrafamen tuotantoprosessi.....	3
3 KUNNOSSAPITO	5
3.1 Käyttövarmuus	6
3.2 Kunnossapitovarmuus.....	7
3.3 Vikakorjaus ja ennakoiva kunnossapito.....	8
3.3.1 Vikakorjaus.....	8
3.3.2 Ennakoiva kunnossapito	9
3.4 Kunnossapitolajit	11
4 KUNNOSSAPITO TERRAFAMESSA.....	15
4.1 Kunnossapidon organisaatio	15
4.2 Malminkäsittelyn kunnossapito.....	15
4.3 Maximo-käynnissäpitojärjestelmä.....	17
4.3.1 Käyttöpaikka.....	17
4.3.2 Ennakkohuolto	19
4.3.3 Varaosat.....	19
5 MALMINKÄSITTELYN TUOTANTO.....	22
5.1 Malminkäsittelyn prosessikaavio	22
5.2 Malminkäsittelyn tuotantoprosessi.....	22

5.3 Malminkäsittelyn laitteisto.....	23
5.4 Malminkäsittelyn prosessivaiheet.....	23
6 KRIITTISYYSLUOKITTELU PSK 6800 -STANDARDIN MUKAISESTI	25
6.1 Tuotannon menetyksen painoarvon määrittely.....	25
6.2 Laitteiden kriittisyysluokittelun määrittely.....	27
6.3 Kriittisyysluokittelun tulosten esittely	29
7 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI	30
7.1 Vika- ja vaikutusanalyysin toteuttaminen ja tiedonhankinta.....	30
7.2 Vikaantumismallit	31
8 NYKYTILANNE	33
9 KRIITTISYYSLUOKITTELU SUORITUS	34
9.1 Käyttöpaikat.....	34
9.2 Tuotannon menetyksen painoarvon määrittely.....	35
9.3 Vikaantumisvälin määrittely.....	36
9.4 Turvallisuuden painoarvokertoimien määrittely	38
9.5 Ympäristöriskin painoarvokertoimien määrittely	39
9.6 Tuotannon menetyksen painoarvokertoimen määrittely	39
9.7 Korjauskustannusten painoarvokertoimen määrittely	40
9.8 Laatumukautannusten määrittely.....	41
9.9 Kriittisyysluokittelun tulokset.....	42

10 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI (VVA) KRIITTISILLE LAITTEILLE	44
10.1 Vika- ja vaikutusanalyysin suoritus	44
10.2 Vika- ja vaikutusanalyysin tulokset	47
11 TULOSTEN TARKASTELU	48
11.1 Ennakkohuoltojen nykytilanne	48
11.2 Kriittisten varaosien nykytilanne	49
12 YHTEENVETO	50
LÄHTEET	51
 LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Terrafamen kunnossapito-osasto. Terrafame, entinen Talvivaaran kaivos, on mielenkiintoinen kohde monien vaiherikkaiden vaiheiden jälkeen sekä erilaisen tuotantoprosessinsa vuoksi. Bioliuotustekniikkaa ei ole käytössä muualla Suomen kaivoksissa. Työn tavoite on parantaa Terrafamen malminkäsittelylinjastolta hienomurskaamoalueen käyttövarmuutta vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin avulla.

Terrafame Oy on perustettu vuonna 2015 entisen Talvivaara yhtiön tilalle. Kaivoksen päätuotteet ovat tällä hetkellä nikkeli ja sinkki ja sivutuotteena jonkin verran kuparituotantoa. Lähitulevaisuudessa kaivoksella tullaan todennäköisesti keskittymään sähköautobuumin myötäisesti akkuteollisuuteen.

Tämän työn tavoite on tarkastella hienomurskaamolinjalta kriittisiä laitteita ja niiden käyttövarmuutta. Alue on laaja ja käyttöpaikkoja on useita kymmeniä, joten laitteiden valinta tähän työhön on tehtävä kriittisesti.

Terrafamessa Oy:ssä on käytössä Maximo-käynnissäpitojärjestelmä, jonka avulla tehtaalla tehdään niin työ- kuin ostopyynnötkin. Maximo uudistui alkuvuodesta 2018, ja tämän myötä tehtaalla on käytössä nykypäiväinen ja muokattava käynnissäpitojärjestelmä. Työssä tutustutaan hienomurskaamoalueen laitteistoihin ja tarkastellaan niiden ennakkohuolto- ja varaosatilannetta. Maximon avulla löydetään tietoa kriittisten laitteiden vikaantumisesta.

Vielä nykypäivänä alueella on paljon vikakorjauksia, joita tulisi vähentää suhteeseen 80 % ennakkohuoltotöitä ja 20 % vikakorjauksia. Vikakorjaukset on uuden Maximon myötä jaoteltu kahteen osaan: välitön vikakorjaus ja siirretty vikakorjaus.

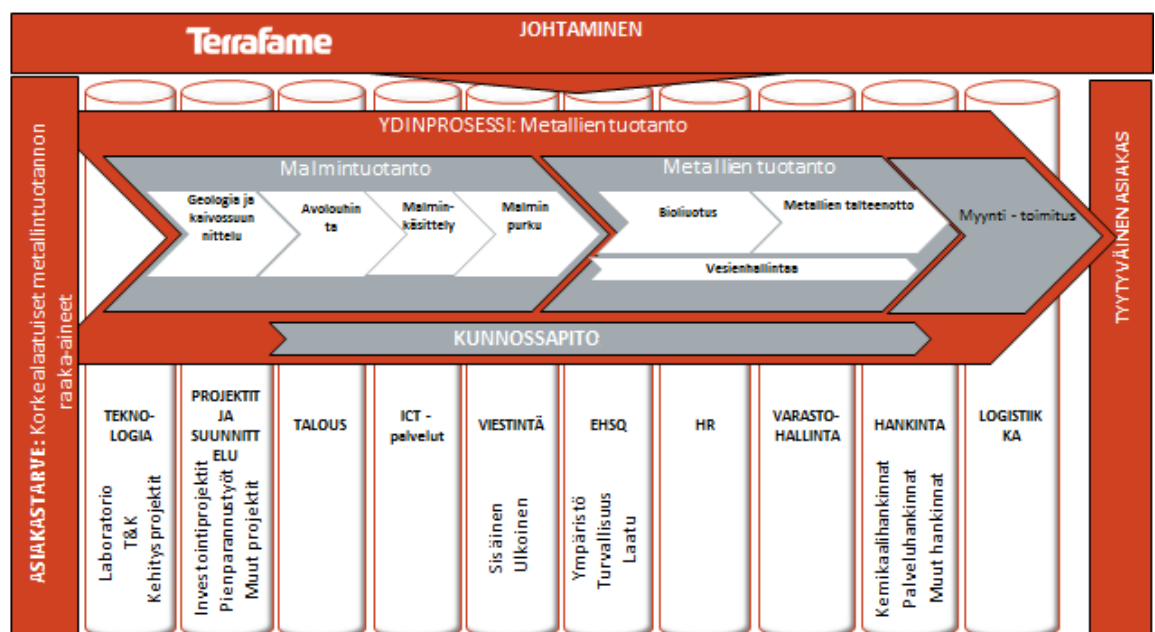
2 TERRAFAME OY

2.1 Yleistä

Terrafame on suomalainen monimetalliyhtiö, joka tuottaa nikkeliä, sinkkiä, kobolttia ja kuparia Sotkamossa sijaitsevalla kaivoksellaan ja metallitehtaallaan. Tavoite on ympäristön kannalta kestävä, turvallinen ja kannattava liiketoiminta. [1.]

Terrafame Oy jatkaa kaivostoimintaa Talvivaara Sotkamo Oy:n konkurssipesän raunioista. Terrafame Oy:n omistavat Terrafame Group 71,1 prosentin osuudella, loput yrityksestä omistaa kansainvälinen sijoitusyhtiö Galena 28,7 prosentin osuudella sekä Sampo Group 0,1 prosentin osuudella. [2.]

Terrafamen prosessien rajapinnat on esitetty kuvassa 1. Prosessissa on yhteensä 9 palkkia, jotka kuvaavat päätoimintoja ja niiden lisäksi on aputoiminnot.



Kuva 1. Terrafamen prosessi ja rajapinnat [1]

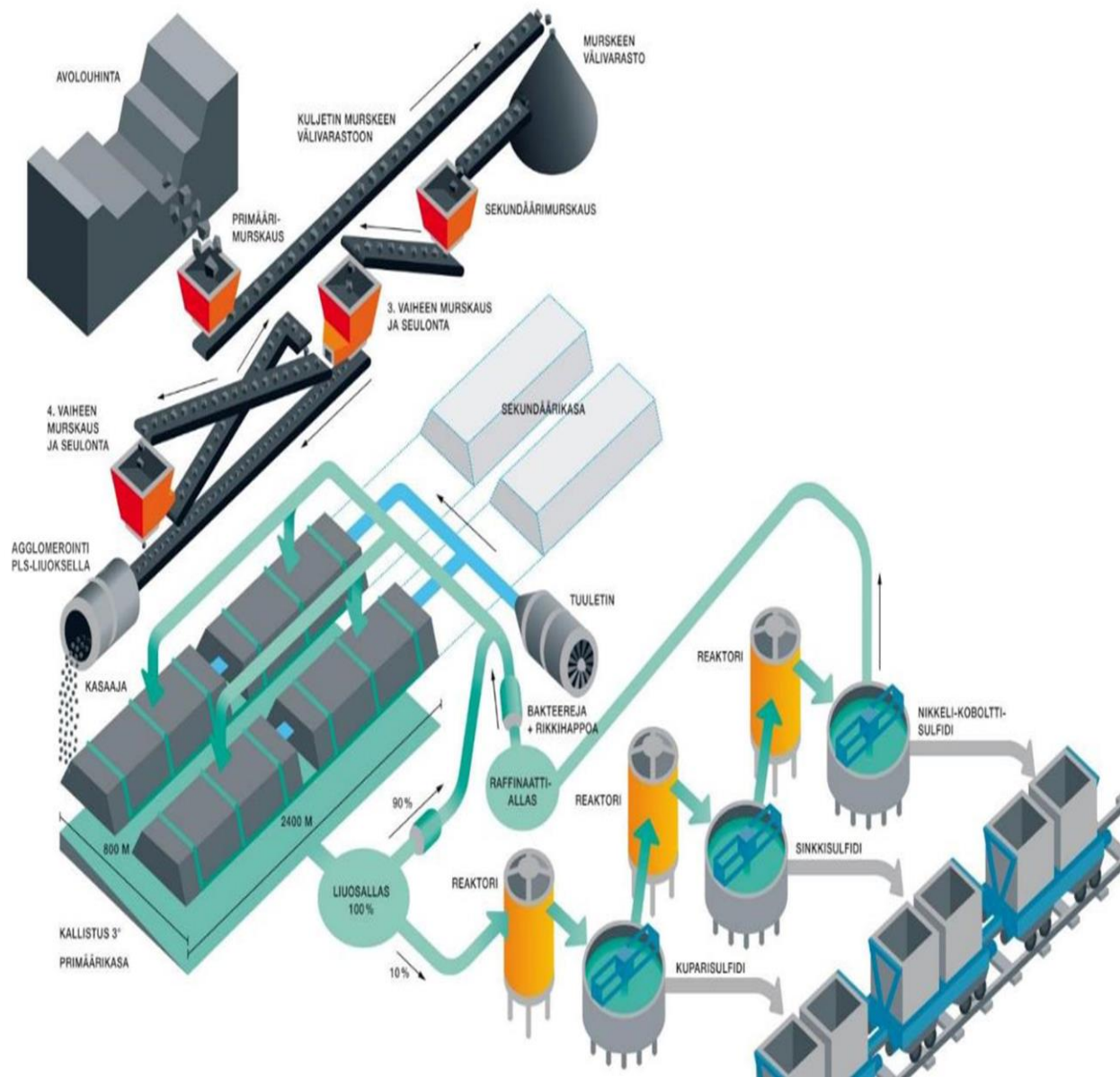
2.2 Terrafamen tuotantoprosessi

Terrafamen tuotantoprosessiin kuuluu neljä päävaihetta: avolouhinta, murskaus, bioliuotus ja metallien talteenotto. Prosessin alussa malmi louhitaan Kuusilammen avolouhoksesta. Malmi kuljetetaan louhoksesta karkeamurskaamolle, josta se etenee hihnakuljetinta pitkin hienomurskaukseen. Hienomurskaamalla malmi murskataan neljässä vaiheessa, jonka jälkeen malmi agglomeroidaan eli rakeistetaan prosessiliuoksella, sen tarkoituksena on kiinnittää pienet malmihiukkaset isompiin rakeisiin ja näin saadaan tasakokoisia rakeita. Tämä on tärkeää liuotuksen kannalta, että kasat läpäisevät hyvin vettä ja ilmaa.

Agglomeroinnista malmi kuljetetaan hihnakuljetinta pitkin kasauskoneelle, joka kasa malmin primäärilentä kahdeksan metriä korkeiksi kasoiksi, joissa malmia liuotetaan puolentoista vuoden ajan rikkihapon, ilman ja bakteerien avulla.

Kasat on rakennettu huolella, ja niiden läpi menee ilmastusputkia. Putket ovat kytettyinä suuriin kasapuhaltimiin, joten kasan sisään työnnetään ilmaa. Kasat ovat jatkuvan kastelun piirissä. Kasaa kastellaan niin kauan, kunnes kiertävä neste on tarpeeksi metallipitoista metallin talteenottoa varten. Kun kasa on luovuttanut puolentoista vuoden aikana metallinsa, kasa puretaan sekundääriliuotukseen, joka on malmin loppusijoituspaikka.

Metallien talteenottolaitoksessa kupari, sinkki ja nikkeli sekä koboltti saostetaan liuotuskasalta saatavasta liuoksesta, ne kuljetetaan myytynä tuotteena rautateitse maailmalle. Liuos, josta metallit on otettu talteen, palautetaan takaisin kasojen kasteluun, jossa se kerryttää itseensä uudestaan metallipitoisuuksia. Terrafamen tuotantoprosessi on esiteltyinä suppeasti kuvassa 2. [3.]



Kuva 2. Terrafamen tuotantoprosessi [3]

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon määrittely SFS-EN 13306 -standardin mukaan:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” [4.]

Kunnossapidon on määritellyt myös alan edelläkävijä John Moubray:

”Kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän.” [4.]

Käytännön tasolla tarkoitetaan sitä, että tuotantolaitoksessa pitää olla selkeä näkemys siitä, millaista tuotantokapasiteettia laitteelta odotetaan. Tämä taas antaa kunnossapidolliset tavoitteet, jotka taas määrävät sen millainen kunnossapitosasto strategioineen laitokseen pitää muodostaa. Mikäli tämä edellinen ketju ei toimi tai sitä ei yrityksessä ymmärretä, koko kunnossapito on hyvin hataralla pohjalla. [4.]

Kaikki kunnossapidon määritelmät ovat kuitenkin hyvin samankaltaisia, ja ne sisältävät seuraavat perusolettamukset:

- Kunnossapidolla pyritään siihen, että kone- tai laite pysyy käytettävänä tai se korjataan takaisin toimintakuntoiseksi
- Kunnossapito ei ole vain korjaamista tai huoltamista, siihen liittyvät myös hallinnolliset ja johtamisen toimenpiteet [4.]

3.1 Käyttövarmuus

Käyttövarmuuden määritelmät on esitetty seuraavasti PSK 6201 -standardissa:

”Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla” [5.]

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen toimintakykyä tehdä siltä vaadittua toimintaa tai tehtävää haluttuna aikana. Käyttövarmuuden määritelmät ovat karkeasti:

- kohteen kyky toimia vikaantumatta
- kohteen palautettavuus käyttökuntoon sen vikaannuttua

Koneiden ja laitteiden käyttövarmuuden tärkeys on ymmärretty paremmin vasta edellisen vuosikymmenen aikana. Huonosta käyttövarmuudesta tulee eteen monia odottamattomia vikoja sekä ennalta suunnittelemtomia pysäytyksiä tuotantoprosessiin. Tämän vuoksi toteutuneet kustannukset suunnittelemtomista seisauksista tuotannossa kohoavat nopeasti korkeiksi. Tuotantomenetysten lisäksi huono käyttövarmuus lisää yleensä tarpeettomia riskejä sekä henkilöstön että ympäristön turvallisuuden suhteen.

Käyttövarmuuteen sekä suunnitteluun ja hallintaan panostamalla saadaan riskit hallintaan ja tuotantoa tehokkaammaksi. Monesti tämä vaatii ennakoivan kunnossapidon resurssien lisäämistä ja kunnossapitoresurssien kohdentamista kriittisimpien vikojen ennaltaehkäisyyn ennakko- huoltojen avulla. Lisäksi on aiheellista miettiä käyttövarmuutta parantavien investointien ja suunnitteluratkaisujen vaikutusta kokonaiskustannuksiin. [6.]

3.2 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuuden mittarina pidetään logistista viivettä.

Kunnossapitovarmuus määritellään kunnossapito-organisaation kyvyistä suoriutua tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla aikamääreellä. Olosuhteilla tarkoitetaan laitteen käyttöpaikkaa sekä huoltopaikkaa. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat seuraavat kuusi asiaa:

- Hallinto, termi jolla tarkoitetaan organisaation johtohenkilöitä sekä toiminnan ohjausjärjestelmiä.
- Rutiinit ja systeemit, jolla tarkoitetaan että toiminnalle on määritelty kunnolliset toimintaohjeet, saumaton yhteistyö käytön ja kunnossapidon välillä sekä hyvä yhteistyö laitetoimittajien kanssa.
- Dokumentaatiot, ne sisältävät ohjeistukset mutta myös ohjeiden ylläpidon, joka tarkoittaa, että sisältö on laadullisesti oikeellista ja ajantasaista. Vika-historia on yksi tärkeimmistä kunnossapidon kulmakivistä, koska sen tietojen perusteella kehitetään kunnossapitoa.
- Korjausvarusteet, tällä termillä tarkoitetaan korjauksissa käytettäviä työkaluja, erikoistyökaluja, huoltoautoa, katonosturia yms. välineitä, jotka mahdollistavat kunnossapidolliset toimet.
- Varaosat ja materiaalit, niiden varastointi ja saatavuus. Varaosien ja materiaalien hankkiminen, koska ne ovat kalliita ja niiden hankinta on aikaa vievää työtä.
- Kunnossapitäjät, he ovat tärkein operatiivinen toimija. Kunnossapitäjien on oltava ammattitaitoisia, motivoituneita sekä asiakaspalveluhenkisiä, vaikka asiakas olisikin sisäinen. [5.]

3.3 Vikakorjaus ja ennakoiva kunnossapito

3.3.1 Vikakorjaus

Vikaantunut kohde voi olla minkä tahansa osan, komponentin, laitteen, osajärjestelmän, toiminnallisen yksikön, välineistön tai järjestelmän osa, jota voidaan tarkastella erikseen.

Vikaantumisella tarkoitetaan tapahtumaa, jonka ilmetessä kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminta vaarantuu tai loppuu kokonaan. Vikatilaksi ei määritellä tapauksia, jotka johtuvat ennakoivan kunnossapidon, jonkin suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvasta toimintakyvyttömyydestä.

Vikatilassa laite on kykenemätön suorittamaan sille määrättyä toimintoa. Määrätyllä toiminnolla tarkoitetaan sitä, että koko toiminto on puutteellinen tai se ei ole laadullisesti tai määrällisesti riittävällä tasolla. [5.]

Vikaantuminen määritellään Terrafamen kaivoksella seuraavasti:

- Välitön vikakorjaus - välitön korjaus suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta voidaan palauttaa toimintakunto tai rajata vian aiheuttamat seuraukset hyväksyttävälle tasolle.
- Siirretty vikakorjaus – Korjaus, jota ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan se on siirretty tehtäväksi kohteen, tuotannon tai organisaation tilan salliessa. Tehdään suunnitellun seisokin ulkopuolella. [7.]
Työtilauksen käsittelijä

Työpyyntöjä tehdessä tuotanto-osastolla on osattava määritellä oikein työn tyyppi. Työtyypin perusteella kunnossapidossa osataan reagoida työpyyntöihin oikealla tavoin. Työpyyntöjen tekijöiden on siis oltava prosessitekniikan ammattilaisia, jotta he osaavat tehdä vikatyöpyynnöt oikealla prioriteetilla.

Lisäksi työpyynnössä määritellään prioriteettinumerolla vian kiireysaste, joita on neljä vaihtoehtoa jotka on esitetty kuvassa 3:

Töiden priorisointiluokat	
Prioriteetti 1 <i>Erittäin kiireellinen</i>	▪ <i>Erittäin kiireellinen prioriteetti:</i> Työt jotka aiheuttavat/ovat aiheuttaneet vaaraa ihmisille tai ympäristölle tai ovat pysäyttäneet tuotannon.
Prioriteetti 2 <i>Korkea prioriteetti</i>	▪ <i>Korkea prioriteetti:</i> Liittyy työntekijöiden / ympäristön turvallisuuteen, mutta eivät ole hätätapauksia tai tulee lähiaikoina pysäyttämään tuotannon.
Prioriteetti 3 <i>Normaali prioriteetti</i>	▪ <i>Normaali prioriteetti:</i> Pysäyttää tuotannon mutta voidaan tehdä normaalien huoltojen yhteydessä. Kategoriaan kuuluvat työt menevät normaalin työn aikataulus prosessin kautta.
Prioriteetti 4 <i>Matala prioriteetti</i>	▪ <i>Matala prioriteetti:</i> Ei vaikutusta tuotantoon ja työt tehdään vanhimmasta alkaen. Kategoria sisältää myös pienempiä ja yksinkertaisempia töitä, joita voidaan käyttää täytteinä.
Seisokkityö	▪ Käytetään 2-4 priorisointia ja täpätään Maximossa työpyyntöä luodessa "Seisokkityö" -valinta

Kuva 3. Töiden priorisointiluokittelu [7]

3.3.2 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivan kunnossapidon avulla seurataan laitteen suorituskykyä ja sen parametreja. Tavoite on saada vähemmäksi vikaantumista ja estää koneen suorituskyvyn heikentymistä. Ennakoiva kunnossapito on säännöllistä, ja sitä tulee suorittaa päivittäin kenttäkierrosten yhteydessä. Ennakoivan kunnossapidon tulosten avulla suunnitellaan ja aikataulutetaan kunnossapidollisia toimintoja.

Ennakoivan kunnossapitoon sisältyy:

- toimintaedellytysten tarkastaminen, käytön suorittama kunnossapito
- laitteiden puhdistaminen

- laitteiden voitelu
- laitteiden huoltaminen
- laitteiden kalibrointi
- laitteiden kulutusosien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen

Lisäksi laitteille tehdään kunnonvalvontaa käynnin tai huoltoseisakin aikana. Kunnonvalvonnalla etsitään laitteen oireilevia vikoja tai todennetaan mittausten avulla sen olevan toimintakunnossa tai korjauksen tarpeessa. [5.]

Ennakkohuoltojen työtyypit ovat Terrafamen kaivoksella seuraavia:

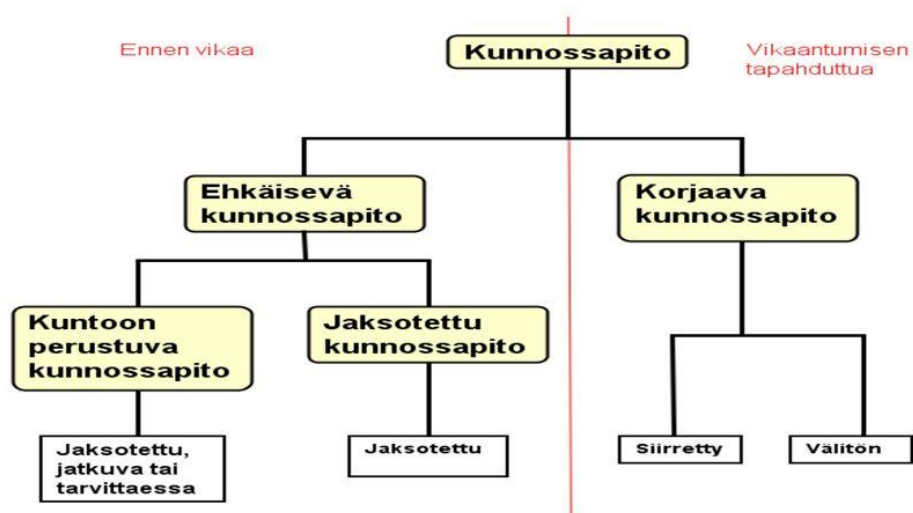
- Jaksotettu toimenpide – Ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, joka tehdään suunnitelluin jaksotuksin ilman edeltävää toimintakunnon tutkimusta.
- Kuntoon perustuva toimenpide – Kunnonvalvonnalla tai tarkastustoiminnalla havaittujen kohteiden suunniteltu korjaus. Tehdään suunnitellussa seisokissa. Ei vaikutusta tuotantoon.
- Kunnostaminen – Kuluneen tai vaurioituneen käytöstä pois otetun kohteen palauttaminen käyttökuntoon huoltotiloissa.
- Parantava toimenpide – Parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä ja/tai kapasiteettia muuttamatta kohteen toimintoa.

Yllämainituissa töissä käytetään samaa priorisointiluokittelua kuin vikakorjauksissa. Kuvassa 3 [7.]

3.4 Kunnossapitolajit

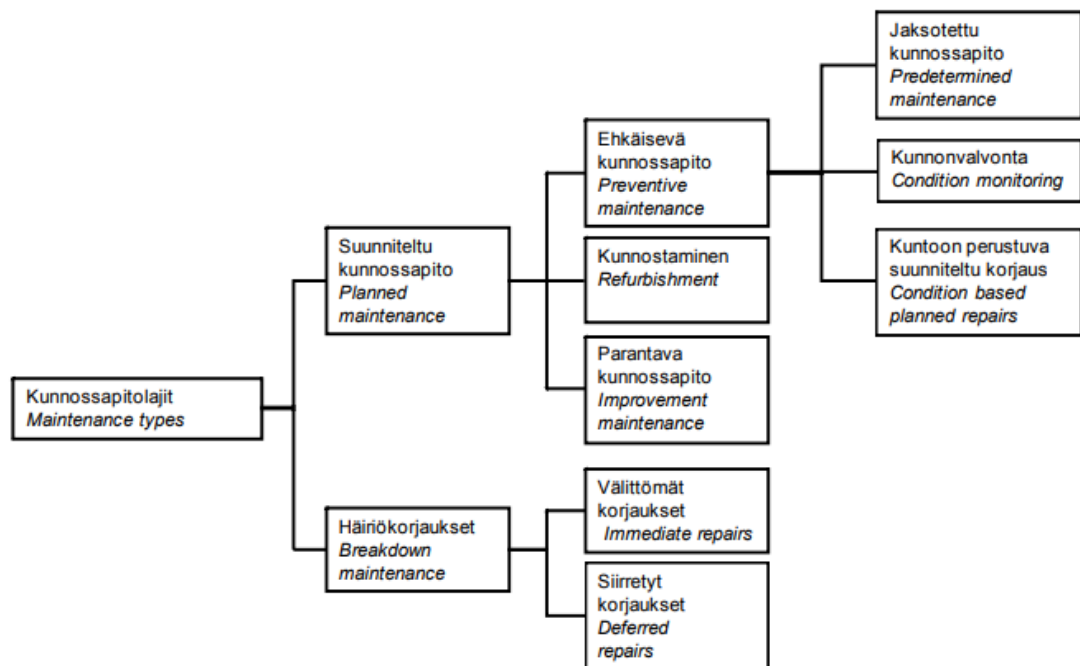
”SFS-EN 13306 –standardi jakaa toimenpiteen vian havaitsemisen mukaan. Vika määriteltiin aikaisemmin tilaksi, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa. Näin ollen ehkäisevään kunnossapitoon sisältyivät kaikki ne toimenpiteet, joita suoritetaan ennen kuin vika pysäyttää komponentin toiminnan.” Tarkka jako on alla olevassa kuvassa. [5.]

KUNNOSSAPITOLAJIT



Kuva 4. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 -standardin mukaan. [5]

Kunnossapitolajit määritellään standardin PSK 7501 mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai suunnittelemattomia. Jako on esitetty alla olevassa kuvassa 5.



Kuva 5. Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaan [8]

Standardit ovat usein sokaistuneita vikaantumisen ja korjaamisen välittömään läheisyyteen, etteivät ne näe kunnossapidon uudistumista. Standardit eivät tunne esimerkiksi käsitettä RTF (Run to failure), jolla tarkoitetaan, että laite ei ole ennakoidun kunnossapidon alla, koska laite ei ole kriittinen prosessille ja sen rahallinen arvo on vähäinen. Tällaisia laitteita on prosesseissa paljon, hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää valaistuksessa käytettävää valaisinta, joka rikkoutuessaan korvataan uudella. Standardit eivät myöskään mainitse kunnossapitoon liittyviä analysointeja, joilla tarkoitetaan laitteen vikahistorian tutkimista tai vikaantumismekanismien selvittämistä [5.]

Kunnossapito voidaan jakaa viiteen eri päälajiin:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito

- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Huollon avulla annetaan laitteelle paremmat käyttöominaisuudet ja pidetään toimintaympäristö sellaisena että laite voi toimia. Huolto on pääsääntöisesti jaksotettua käyttöajan, -määrän ja -rasittavuuden mukaan. Huollon piiriin kuuluu voiteluhuolto, laitteen kalibrointi, laitteen puhdistus ja kulutusosien vaihtaminen.

Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on jaksotettu kunnostaminen, jolla tarkoitetaan, että laite pidetään tuotantokelpoisena. Vikaantumisen estäminen tarkoittaa, että laitteeseen vaihdetaan osia määrätyin väliajoin. Vikaantumisen hallinnassa etsitään viat, jotka eivät ole vielä pysäyttäneet laitetta. Toimenpiteet suoritetaan jaksotetusti, jatkuvasti tai tehdään vasta tarvittaessa. Tulosten avulla saadaan suunniteltua laitteen huolto ja tehtyä se suunnitelmallisena korjauksena.

Korjaavan kunnossapidon toimesta vialliseksi todettu laite palautetaan takaisin käyttökuntoiseksi. Korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla voidaan määrittellä laitteen kestoikä. Korjaava kunnossapito voi olla häiriökorjaus tai kunnostus. Näiden ero on se, että häiriökorjaus on suunnittelematon ja kunnostus on suunniteltu toimenpide. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy seuraavat kuusi toimenpidettä:

- vian määrittely
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakuntoon palauttaminen

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- Kohdetta parannetaan käyttämällä uudempia osia kuin alkuperäiset. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteen suorituskyky ei muutu.
- Uudelleen suunnittelun avulla on tarkoitus parantaa koneen luotettavuutta
- Modernisaation avulla parannetaan koneen luotettavuutta sekä suorituskykyä

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen merkitystä ei ole toistaiseksi täysin ymmärretty kunnossapidolliseksi toiminnaksi. Niiden tärkeys ehkä jollain osin ymmärretään, mutta näiden asioiden tekeminen ei ole vielä yleistä. Monen asiantuntijan mielestä vikahistorioiden ja riskianalyyysien avulla voisi muodostua tärkeitä kunnossapitoa ohjaavia suuntia. [5.]

4 KUNNOSSAPITO TERRAFAMESSA

4.1 Kunnossapidon organisaatio

Terrafamessa kunnossapito-osastolla työskentelee 163 henkilöä. Kunnossapitoa johtaa kunnossapitojohtaja, ja hänellä on alaisena viisi päällikköä.

Kunnossapitopäälliköt johtavat omia kokonaisuuksia, joita ovat: liikkuvan kaluston kunnossapito, sähköautomaatio, mekaaninen kunnossapito, malminkäsittely, mekaaninen kunnossapito, metallien talteenotto, bioliuotus- ja vesienhallinta sekä kunnossapidon kehitys ja järjestelmät.

Aluekunnossapito toimii Terrafamen kaivoksella päivävuorossa, pois lukien murskahuolto, joka työskentelee TAM 1/7 10h työaikamallissa, ja vuorokunnossapito, joka on paikalla 24/7. Vuorokunnossapidon tehtävä on hoitaa tehdasalueella syntyvät vikakorjaukset, toisin sanoen tämä organisaatio pitää tehtaan käynnissä. Päiväkunnossapidon pääasiallinen tehtävä on suorittaa ennakoiva kunnossapito, suorittaa kehitystyöt ja suunnitella ja toteuttaa huoltoseisakit.

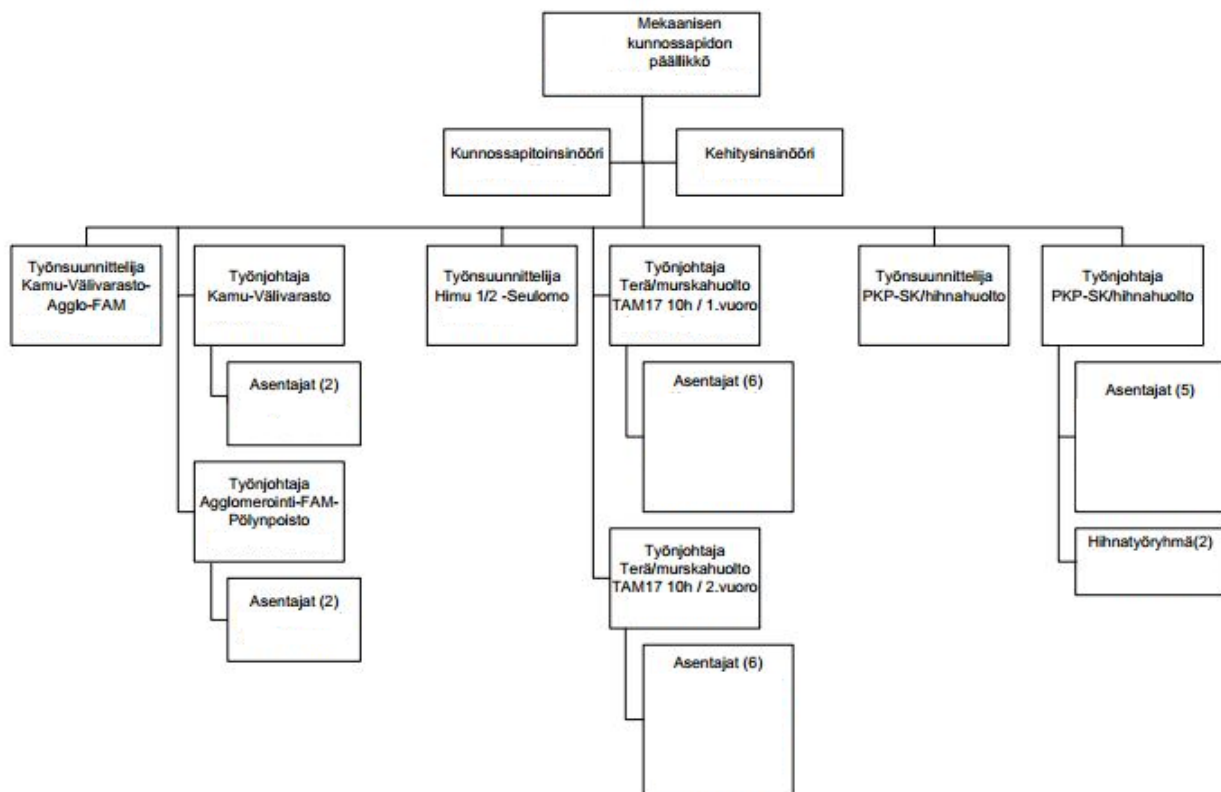
4.2 Malminkäsittelyn kunnossapito

Malminkäsittelyn kunnossapito, kuuluu kokonaisuutena Terrafame Oy:n kunnossapitoon. Malminkäsittelyn kunnossapitoa johtaa päällikkö, ja hänen tukeensa ovat kunnossapitoinsinööri ja kehitysinsinööri.

Kunnossapito-organisaatioon kuuluu lisäksi kolme työnsuunnittelijaa, ja heidän tukeensa on viisi työnjohtajaa. Asentajia malminkäsittelyn kunnossapidossa on 23, ja he ovat jakautuneet eri alueiden kunnossapitoon.

Malminkäsittelyn päiväkunnossapidossa työskennellään päivävuorossa, pois lukiemurskaahuolto, jota tehdään TAM 1/7 10h työaikamuodossa. Vuorossa työskentelee yksi työnjohtaja kuuden asentajan kanssa. He ovat paikalla joka päivä ja huolehtivat hienomurskaamoalueen kunnossapidosta, jota tässä työssä käsitellään. Malminkäsittelyn kunnossapidon organisaatio kaavio on esitetty kuvassa 6.

MEKAANINEN KUNNOSSAPITO, MK



Kuva 6. Malminkäsittelyn kunnossapidon organisaatiokaavio

4.3 Maximo-käynnissäpitojärjestelmä

Maximo-käynnissäpitojärjestelmä on International Business Machines Corporationin (IBM) valmistama käynnissäpitojärjestelmä. Terrafamelle saatiin alkuvuodesta 2018 käyttöön uudistettu Maximo 7.6 versio, joka on edeltäjäänsä kehittyneempi ja paremmin muokattava kokonaisuus. Maximon pääkohdat ovat laitehallinta, töiden hallinta, materiaalihallinta (varasto- ja ostotoiminnot), joiden avulla hallinnoidaan koko tehtaan toimintaa. [9.]

Terrafamessa Maximoa käytetään kunnossapidon ja eri tuotanto-osastojen, varastoinnin, osto-osaston sekä hallinnon toimesta päivittäin. Maximon toiminnalla on suuri vaikutus Terrafamen päivittäisessä toiminnassa [10.]

4.3.1 Käyttöpaikka

Käyttöpaikan avulla saadaan laitteen sijainti ja tehtävä tuotantolaitoksessa. Käyttöpaikka toimii tunnisteena, joissa on tiedot ja huoltotoimenpiteet tuotantoprosessiin. Käyttöpaikan tiedot sisältävät, käyttöpaikan tunnuksen, kuvauksen, lajin, tilan, sekä minne hierarkioihin käyttöpaikka on liitetty, mikä on käyttöpaikan ylä- ja alatasolla oleva pääobjekti. Alla on kuva 7 selventämässä asiaa: [11.]

Käyttöpaikat

Etäkohde: 1

Luettelonäkymä Käyttöpaikka Laitteet Historia Turvallisuus Mittarit Spesifikaatiot Työalueet Palveluosoite Kartta

Käyttöpaikka 1
342KUL0002

2
Kuljetin 2, pohjoinen murskauspiiri

Laji: 3
OPERATING

Keräjä nimike:

Mittariyhmä:

Kalenteri:

Vuoro:

Toimipaikka: PROJEKTI

Prioriteetti: 2

Toimintatilan luokka: KULJETTIMET

Tilinumero:

Sisäisen työvoiman til:

Liitetit

4
Tila: OPERATING

Osio:

Laskutusosoite:

Toimitusosoite:

Osoitetiedot

Järjestelmät Suodatettu 1 - 2/2

Järjestelmä	Kuvaus	Verkko?	Osoitejärjestelmä?
PROESSI	Prosessi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SÄHKÖ		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kohteen 342KUL0002 pääobjekti järjestelmässä PROESSI Suodatettu 1 - 1/1

Pääobjekti 6	Kuvaus	Nimike
342-1.1	Kuljettimet, Pohjoinen murskauspiiri	

Kohteen 342KUL0002 aliohjektit järjestelmässä PROESSI Suodatettu 1 - 5/5

Käyttöpaikka 7	Kuvaus	Nimike
342HI0002	Hilina 2, 342KUL0002	
342KUL0002	342KUL0002 Automaatioinstrumentit	
342KUL0002	Taltopöytä	
342KUL0002	Vetopöytä	
342SUP0002	342KUL0002 purkisuupilo	

Kuva 7. Käyttöpaikan tiedot [11]

4.3.2 Ennakkohuolto

Ennakkohuolto määritellään standardissa PSK 6201:

”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurioituminen.” [5.]

Maximoon on rakennettu erillinen osio ennakkohuoltoja varten. Sieltä generoidaan ennakkohuoltoreitit, joiden generoitumisväli on määritelty ennalta. Ennakkohuoltojen sisältö on laitteiden, puhtauden, laakereidenmittaus-, öljytasojen-, runkorakenteiden tarkastelua.

Myös öljynvaihtotyöt generoituvat säännöllisesti Maximosta. Tämä on hyvä asia, kun mitään ei tarvitse hoitaa muistinvaraisesti. [12.]

Ennakkohuoltopohjia apuna käyttäen on rakennettu huoltoseisokkeja varten generoitava seisokkityötilaus. Tämän avulla saadaan valmiit työmääräimet huoltoseisokkeihin toistuviin töihin, joita ovat esimerkiksi kuljetinhuollot, syötinhuollot ja vastaavat kuluvat laitteet. Tämä helpottaa suuresti alueen työnsuunnittelijan tehtäviä, ettei tarvitse toistuvasti tehdä samaa asiaa. Huoltoseisokit ovat malminkäsittelyn linjastolla noin viiden viikon välein.

4.3.3 Varaosat

Maximossa on erillinen osio varaosille. Varaosat on laitettu laitteiden alle. Esimerkiksi murskaimen varaosia tarkastellessa murskain on jaettu 11 erilliseksi laitteeksi, jotta osakokonaisuuksia on helpompi kohdistaa oikean alueen alle. Seuraava kuva 8 on Maximosta käyttöpaikalta 344MRK0001:

Laite	Kuvaus	Pääobjekti	Kierävy nimike	Prioriteetti	Laite on käytössä?	Kalenteri
153961	ALARUNKO, manuaalin luvut 3-5				✓	
153965	EPÄKESKO, manuaalin luku 6				✓	
153966	MALJANSUOJA, manuaalin luku 7				✓	
153967	HYDROSET SYLINTERI, manuaalin luku 8				✓	
153968	PINION AKSELI, manuaalin luku 9				✓	
153969	PÄÄAKSELI, manuaalin luku 10				✓	
153973	YLÄRUNKO manuaalin luku 11				✓	
153976	HOPPERIT, manuaalin luvut 12-13				✓	
153978	LETKUT JA SUOJAUKSET, manuaali luku 15				✓	
153979	VOIMANSIIRTO, manuaalin luku 16				✓	
153983	Tools				✓	

Kuva 8. Murskaimen alle määritellyt laitepaikat. [kuvakaappaus Maximosta]

Laitepaikan alta päästään käsiksi sinne määriteltyihin varaosiin. Varaosien näkymä on esitetty kuvassa 9.

Laite	Kuvaus	Määrä	Tilattava määrä	Sijainti
122064	KULUTUSLEVYSAARIA, CH650 ALARUNKO	1,00	0,00	Alarungon kulutuslevyosa
500316	PINIONN HARTIASUOJA, LINER-PIN SHAFT ARM KIT, 452 0317-901	1,00	0,00	Harta suoja, Cat. no. 1010-1
400074	BOTTOM SHELL BUSHING, RUMKOHÖLUNG, 442 9245-01	1,00	0,00	Alarungon holkki, Cat. no. 1200-0
500601	WEARING PLATE, 452 0321-002	1,00	0,00	Kulutuslevy, Cat. no. 1320-9
500604	WEARING PLATE, 452 0427-001	2,00	0,00	Kulutuslevy, Cat. no. 1320-2
400067	CHEVRON PACKING, 442 9257-00	1,00	0,00	Cat. No. 2305-0
400022	POISTETTAVIA HITAIT ALUSLAATTA, BRB, 10 5X22, 547 0144-00	1,00	0,00	Cat. No. 2005-2 (wear part)
400088	O-RENGAS, 873 1233-00	1,00	0,00	Cat. No. 2540-0
400089	O-RENGAS, 759 045,7, 5M5 1586, 873 1210-00	1,00	0,00	Cat. No. 2540-1
123847	FIXING PLATE, 442 9651-01	2,00	0,00	Päälusosan alle
500023	ALUSLAATTA, WASHER, BRB 21X30 HB200 55 3576, 547 0132-00	8,00	0,00	Aluslatte joustolementin, Pos. no. 03
800323	LOCK NUT M48 8 FZB DIN 995, 845 2274-00	4,00	0,00	Jousto-osat lukitusmutteri, Pos. no. 12
123642	ALUSLAATTA, WASHER, BRFB 31X58 HB200, 547 0125-00	16,00	0,00	Cat. No. 1005-5
123643	SCREW M85, M30X110, 8 8 ISO4014, 843 0693-00	16,00	0,00	Cat. No. 1005-4
120662	MAIN FRAME, PÄÄRUNKO CH650 456 0390-00	1,00	0,00	I-pääkrunko
500603	WEARING PLATE, 452 0322-002, KULUTUSSUOJA	3,00	0,00	Kulutuslevy, Cat. no. 1320-7
400091	ECCENTRIC WEARING PLATE, LUKURENGAS, 442 9249-02,	1,00	0,00	Lukurengas, Cat. no. 1560-0

Kuva 9. Alarungon alla määritellyjä varaosia. [kuvakaappaus Maximosta]

Varaosiin on määritelty, montako kyseistä osaa murskaimen alarungossa on. Lisäksi kommenttikentässä on laitettuna laitetoimittajan koodi, joka löytyy varaosakirjasta.

Huolella rakennettu laitekanta Maximossa helpottaa jokaista laitteen huoltajaa. Osat löytyvät sieltä ja varastopaikan löytää myös järjestelmästä.

Maximo tilaa itse varaosat tilauspisteiden mukaan. Kun varastosaldo saavuttaa tilauspisteen, se tekee automaattisesti ostopyyynnön sinne määritetylle toimittajalle ja määrä on se, joka on määritelty taloudelliseksi tilausmääräksi. [11.]

Luettelo
Inventointitiedot
Täydennystilauksen tiedot
Kiertävät laitteet

Nimike: >>

Varasto: >>

Täydennystilauksen tiedot

Tilaa uudelleen?

* Tilauspiste:

* Varoaika (päivinä):

Varmuusvarasto:

* Taloudellinen tilausmäärä:

* Tilausyksikkö:

Ensisijainen toimittaja

Ensisijainen toimittaja: >>

Valmistaja: >>

Malli:

Luettelonumero:

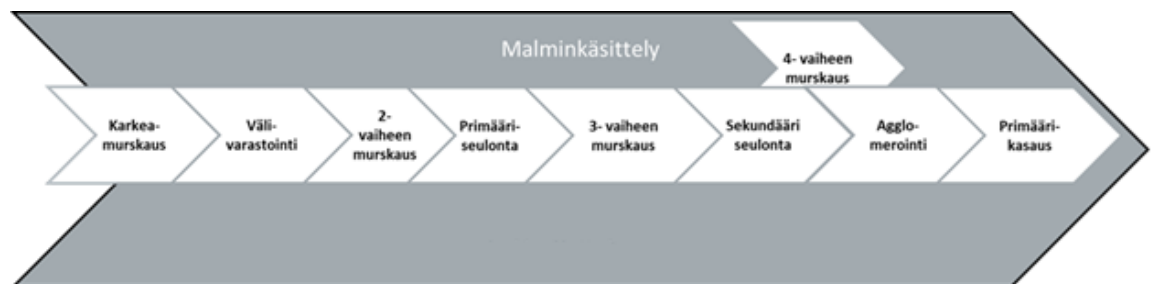
Toimittajat ▶ [Suodatin](#) > 🔍 ✎ ⬆️ ⬆️ ⬅️ 1 - 1/1 ➡️

Kuva 10. Varaosien tilaus Maximossa. [kuvakaappaus Maximosta]

5 MALMINKÄSITTELYN TUOTANTO

5.1 Malminkäsittelyn prosessikaavio

Alla olevassa kuvassa 11 on esiteltyä malminkäsittelyn prosessikaavio.



Kuva 11. Malminkäsittelyn prosessikaavio [13]

5.2 Malminkäsittelyn tuotantoprosessi

Malminkäsittelyn tehtävänä on louhitun malmikiven hienontaminen tiettyyn partikkelikokoon ja hienonnetun malmin kasaaminen bioliuotusta varten. Malmikiven hienontaminen suoritetaan murskaimilla ja murskauspiirin tuotteen partikkelikoko pidetään haluttuna seulojen avulla. Murskaus suoritetaan neljässä vaiheessa. Malmin kuljetus murskausvaiheesta toiseen ja bioliuotuskasoille suoritetaan hihnakuuljettimilla.

Louhittu malmi tuodaan maansiirtoautoilla karkeamurskaimelle. Karkeamurskaimen syötteen suurin raekoko on 800 mm. Murskauksen jälkeen malmi, jonka suurin raekoko on 250 mm, kuljetetaan hihnakuuljettimella väli-varastoon. Väli-varastosta malmi siirretään hihnakuuljettimella toisen vaiheen murskaukseen, jossa on kolme kartiomurskainta. Tämän jälkeen murskattu malmi siirretään hihnakuuljettimilla ja seulotaan täryseuloilla ennen kolmatta murskausvaihetta. Seulonnassa poistetaan alle 8 mm:n osuus, joka kuljetetaan agglomerointiin. Kolmannessa

murskausvaiheessa on neljä kartiomurskainta. Murskattu malmi siirretään hihnakuljettimilla seulontaan ennen neljättä murskausvaihetta. Neljännessä murskausvaiheessa on kuusi kartiomurskainta. Murskainten tuote kuljetetaan seulontaan, josta alite kuljetetaan agglomerointiin ja ylite palaa takaisin neljännen vaiheen murskaimille. Viimeinen murskausvaihe on suljetussa piirissä seulojen kanssa.

Murskauspiirin tuote, jonka raekoko on 8 mm, agglomeroidaan rummuissa. Agglomeroinnissa hienot partikkelit sidotaan kiinni karkeampien partikkeleiden pinnalle PLS-liuoksella. PLS-liuos sisältää vettä, liuennetta metalleja ja rikkihappoa. Tämän jälkeen malmi kasataan primääriliuotusalueelle noin 8 metriä korkeaksi kassaksi, jossa sitä liuotetaan noin puolitoista vuotta. [13.]

5.3 Malminkäsittelyn laitteisto

Malminkäsittelyn linja sisältää mekaanisia laitteita, murskaimia 14 kpl, seuloja 14 kpl, agglomerointirumpuja 4 kpl ja hihnakuljettimia. Kaikki toimilaitteet toimivat sähköllä ja murskauslinjaa ajetaan valvomosta. Kasauskoneella on oma ohjaimonsa.

Malminkäsittelylinjan eri vaiheet suoritetaan omissa rakennuksissaan (karkeamurskaamo, välimurskaamo, seulomo, hienomurskaamo ja agglomerointi) ja ne on varustettu pölynpoistojärjestelmällä. Murskausprosessissa syntynyt pöly imetään suodattimeen, joka erottaa pölyn ja ilman toisistaan. Puhdas ilma johdetaan ulos ja malmipöly siirretään agglomerointiin, jossa se kiinnitetään isompien partikkeleiden pinnalle. [13.]

5.4 Malminkäsittelyn prosessivaiheet

Malminkäsittelyn prosessi koostuu yhdeksästä eri vaiheesta:

1. Karkeamurskaus, karkeamurskaimen syötteen suurin raekoko on 800 mm. Murskauksen jälkeen malmi, jonka suurin raekoko on 250 mm, kuljetetaan hihnakuljettimella välivarastoon.
2. Välivarasto, välivarastosta malmi siirretään hihnakuljettimella toisen vaiheen murskaukseen. Välivaraston kapasiteetti on noin kahdeksan tunnin täysimääräinen tuotanto.
3. 2-vaiheen murskaus (himu 2), käytössä on kolme kappaletta murskaimia.
4. Primääriseulonta, malmi seulotaan täryseuloilla ennen kolmatta murskausvaihetta. Seulonnassa poistetaan alle 8 mm:n osuus, joka kuljetetaan suoraan agglomerointiin.
5. 3-vaiheen murskaus, kolmannessa murskausvaiheessa on neljä kartiomurskainta (kaksi kappaletta per piiri). Murskattu malmi siirretään hihnakuljettimilla seulontaan ennen neljättä murskausvaihetta.
6. Sekundääriseulonta, murskainten tuote kuljetetaan seulontaan, josta alite kuljetetaan agglomerointiin ja ylite palaa takaisin neljännen vaiheen murskaimille. Viimeinen murskausvaihe on suljetussa piirissä seulojen kanssa.
7. 4-vaiheen murskaus, Neljännessä murskausvaiheessa on kuusi kartiomurskainta (kolme kappaletta per piiri) .
8. Agglomerointi, murskauspiirin tuote, jonka raekoko on 8mm agglomeroidaan rummuissa.
9. Primäärikasaus, malmin kokoaminen kasaksi. [13.]

6 KRIITTISYYSLUOKITTELU PSK 6800 -STANDARDIN MUKAISESTI

Kriittisyysluokittelua tehdään teollisuudessa, kun halutaan saada tietoa laitekannan riskien vaikutusten suuruudesta. Laitekannan kriittisyyden arvioinnilla saadaan merkittävää taustatietoa laitteen kunnossapidettävyyden, varaosien ja suunniteltavien ennakkohuoltotöiden suhteen. Standardissa PSK 6800 keskitytään kriittisyyden luokitteluun pääsääntöisesti taloudellisten vaikutusten pohjalta. Lisäksi otetaan huomioon henkilö- ja ympäristöturvallisuus asiat.

”Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla.”

”Riskin suuruudella tarkoitetaan vikaantumisen vaikutuksen ja todennäköisyyden tuloa” [14.]

6.1 Tuotannon menetyksen painoarvon määrittely

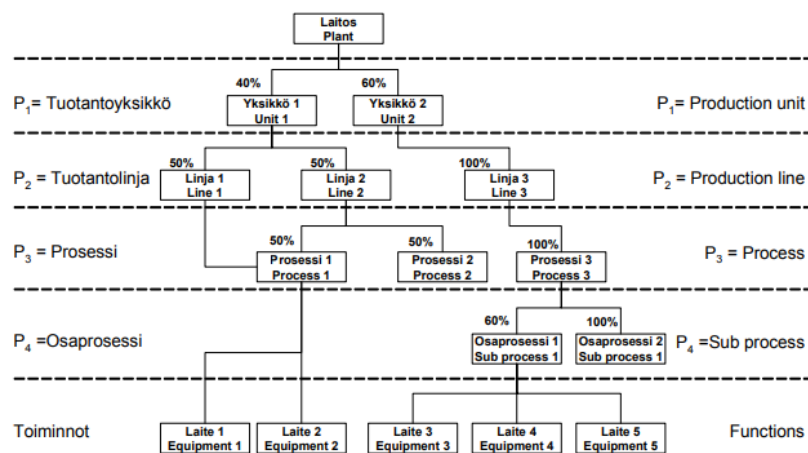
Kriittisyysluokittelua aloittaessa ensimmäisenä määritellään tarkasteltavan laajuus. Laajuus voi olla koko tehdas tai jokin sen osasto tai osaprosessi. Jos tarkasteltava kohde on laaja, voi olla tarpeellista määritellä eri osastoille oma painoarvo tuotannon menetykselle. Tämän avulla saadaan selvitettyä osastojen väliset kriittisyyseroavaisuudet. [4.]

Tuotannon menetyksen painoarvon määrittelyä käytetään tuotantoprosessin kriittisyyden tarkastelussa. Kuvassa 12 on esiteltynä laitoksen prosessihierarkian vaikutusta painoarvokertoimiin P1...P4. Painoarvokertoimilla tarkoitetaan laitoksen prosessitekniisten toimintojen keskinäistä riippuvuutta ja tämän avulla saadaan lasketuksi tuotannon menetyksen painoarvo Wp. Painoarvokertoimet määritetään

prosessihierarkian mukaan siten, että koko prosessin kannalta oleva laite saa painoarvon 100 prosenttia.

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p lasketaan seuraavasti:

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1 \quad [14.]$$



Kuva 12. Tuotannon vaikutuskertoimet [14]

Laitoksen painoarvokerroin on aina 100 %, joten sitä ei tarvitse huomioida.

P_1 = Tuotantoyksikön painoarvokerroin on sen suhteellinen osuus koko laitoksen tuotoksesta. Painoarvokertoimia määriteltessä tuotoksena käytetään joko tuotannon määrää, arvoa tai siitä saatavaa tuottoa. Tuotantoyksikköjen painoarvokertoimien summa on 100 prosenttia.

P_2 = Tuotantolinjan painoarvokerroin on suhteellinen osuus koko tuotantoyksikön tuotoksesta. Tämä määritellään tuotannon määrän, arvon tai siitä saatavan tuoton avulla. Tuotantolinjojen painoarvokertoimien summa on 100 prosenttia.

P_3 = Prosessin painoarvokerroin on 100 prosenttia, mikäli prosessin toimimattomuus pysäyttää tuotantolinjan. Prosessit voivat olla kytkettyinä joko rinnan tai sarjaan. Sarjaan kytkettyjen prosessien painoarvokertoimet ovat samat. Prosessita-solla käsitellään tuotosta tuotannon määränä.

P4 = Osaprosessin painoarvokerroin on myös 100 prosenttia, mikäli prosessin toimimattomuus pysäyttää tuotantolinjan. Prosessit ovat tässäkin tapauksessa kytkettyinä joko rinnan tai sarjaan. Sarjaan kytkettyjen prosessien painoarvokerroimet ovat samat. Prosessitasolla käsitellään tuotosta tuotannon määränä. [14.]

6.2 Laitteiden kriittisyysluokittelun määrittäminen

Laitteet määritellään PSK 6800 -standardissa turvallisuusriskin, ympäristöriskin, tuotannon menetyksen, lopputuotteen laatukustannusten, korjauskustannuksen ja vikaantumisvälin perusteella.

Kriittisyysindeksin K laskentaan käytetään kaavaa 1. [14.]

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r)$$

Selitteet kaavalle:

p = vikaantumisväli

W_s on turvallisuusriskien painoarvo ja M_s on turvallisuusriskien kerroin

W_e on ympäristöriskien painoarvo ja M_e on ympäristöriskien kerroin

W_p on tuotannonmenetyksen painoarvo ja M_p on tuotannonmenetyksen kerroin

W_q on laatukustannusten painoarvo ja M_q on laatukustannusten kerroin

W_r on korjauskustannusten painoarvo ja M_r on korjauskustannusten kerroin

Kriittisyysindeksi laskentaan vaadittavat kertoimet ja painoarvot saadaan taulukosta 1. Taulukossa 1 olevat painoarvot ovat vain esimerkinomaisia. Ensimmäiseksi kun aloitetaan kriittisyysluokittelun tekeminen, on pystyttävä arvioimaan ovatko painoarvot oikeat kohteeseen vai tuleeko niitä soveltaa kohteen mukaiseksi.

Seuraavassa vaiheessa kriittisyystarkastelussa suoritetaan laitteiden listaus taulukkoon ja määritellään niiden kertoimet kokemuksen avulla. Kertoimien määrittämisessä kannattaa käyttää apuna alueen tuotanto- ja kunnossapito-osaajia.

Kun taulukko on täytetty määritetyillä parametreilla, taulukkolaskennan avulla saadaan laitteille kriittisyysindeksi. Tämä on arvo, joka kuvaa laitteiden kriittisyyttä toisiinsa nähden. Virallinen kriittisyysluokittelu tehdään laittamalla laitteet kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen. [4.]

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	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	$M_s = 0$	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 ympäristöriskisiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetyt $W_p = 0 \dots 100$	$M_p = 0$	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 $W_r = 20$	$M_r = 0$	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)		

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

Taulukko 1. Laitetasokriittisyyden tekijät [14]

6.3 Kriittisyysluokittelun tulosten esittely

Kriittisyyskartoituksen perusteella saadaan tarkastelun kohteena olevat laitteet järjestettyä kriittisyyden mukaan. Kun kartoituksessa käytetyt parametrit on valittu oikein ja kun mukana ovat arvioinnissa alansa osaajat, on analyysi yleensä luotettavalla tasolla. Kun kaikki alueen laitteet on tarkasteltu, määritetään raja-arvo jonka suuremman kriittisyyden saaneet laitteet joutuvat tarkempaan tarkasteluun. Raja-arvo määritellään kokemukseräisesti. [4.]

7 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI

Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) on systemaattinen menetelmä tunnistaa eri vikaantumistapoja. VVA voidaan käyttää varmistamaan, että kaikki oleelliset vikamuodot ja niiden aiheuttamat seuraukset on tiedostettu ja tunnistettu. Lisäksi pitää pystyä listaamaan kohteen mahdolliset vikamuodot ja järjestämään ne vakavuuden mukaan. VVA on lisäksi hyvä pohja tarkempien käyttövarmuusanalyyysien suorittamisessa. Toisin sanoen VVA ei ole työkalu ongelmien ratkaisuun, se antaa tietoa mistä kohteelle syntyy suurimmat ongelmat ja se samalla tuottaa erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja ongelmakohtien vähentämiseksi [15.]

7.1 Vika- ja vaikutusanalyysin toteuttaminen ja tiedonhankinta

VVA:n toteuttamiseen on kaksi lähestymistapaa, ylhäältä alas (Top-down) ja alhaalta ylös (Bottom – up).

Ylhäältä alas:

- Suoritetaan suunnitteluvaiheessa, kun tarkka laitekanta ei ole vielä valmis
- Voidaan hyödyntää VVA tekemistä karsimalla selkeästi alhaisen kriittisyyden omaavia osajärjestelmiä pois tarkastelusta.

Alhaalta ylös:

- Suoritetaan silloin, kun prosessin lopullinen laitekanta on suunnitteluvaiheessa tai kyseessä on jo käytössä oleva järjestelmä
- Työmäärältään suuri, koska koko järjestelmä käytävä läpi
- Minimoi kuitenkin riskin yksittäisten kriittisten vikojen unohtamiselle vähemmän kriittisten osajärjestelmien alle

Tiedonhankinnassa hyviä apukysymyksiä ovat:

- Millä tavoin kukin laite voi vikaantua?
- Minkälaisia seurauksia vialla on ja miten sitä voidaan vähentää?
- Miten usein vikoja esiintyy ja kuinka esiintymisväliä voidaan harventaa?
- Miten hyvin vika on havaittavissa ja kuinka havaittavuutta voidaan parantaa?
- Mikä on vian kriittisyys?

Kysymyksiin vastaamalla saadaan kriittisyysluku seuraavalla kaavalla 2:

Vian vakavuus x vian toteutuminen x vian havaitseminen (RPN) [15.]

Laitteen paras vikaantumis- ja käyttäytymismalli on tiedossa alueen kunnossapitäjillä ja käyttöhenkilöstöllä. He ovat äärettömän tärkeitä ja heidän tulee ehdottomasti olla mukana tekemässä VVA-analyysiä. He työskentelevät laitteen parissa säännöllisesti joten he tuntevat laitteet perusteellisesti. [4.]

7.2 Vikaantumismallit

Vikaantuminen on tapahtumasarja, jonka seurauksena syntyy vikatilanne. Vikatilanne on tapahtuma joka aiheuttaa laitteelle suorituskyvyn alentuman tai estää sen käytön. Mekanismissa, joka vikaantuminen syntyy, kutsutaan vikaantumismalliksi. Vikaantumismallin määrittelyyn pitää olla riittävästi informaatiota, jotta saadaan valittua laitteen kannalta oikea kuntoon perustuva tai korjaavan kunnossapidon strategia. Tiedon määrä ei saa kuitenkaan olla liian laaja, silloin analysointiin kuluu liikaa aikaa. Vikaantumismalli saadaan valmistettua parhaiten listaamalla toiminnalliset viat ja vasta sen jälkeen vikaantumismallit, jotka johtavat vikatilanteisiin.

Eri vikaantumismalleille täytyy olla erilaiset kunnossapitostrategiat. Laitteen suunniteltu kunnossapito tapahtuu laitteen vikaantumismallien mukaan. Tämän vuoksi on tärkeää, että laitteet ja kunnossapitomallit ovat tunnistettu. Kunnossapidon tehtävien valinta, priorisointi ja kunnossapitotoiminnan johtaminen tapahtuu, kun tunnetaan vikaantumismallit riittävän hyvin. Vikaantumismallit voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

- Laitteen suorituskyky laskee halutun tason alapuolelle, esimerkiksi pumpun juoksupyörä on kulunut ja se ei saavuta haluttua tuottoa
- Laitteen suorituskyky maksimitason yläpuolelle, esimerkkinä laitetta on ylikuormitettu
- Laitteen toiminta ei täytä sille asetettuja vaatimuksia, esimerkiksi laite se on väärä kyseiselle käyttökohteelle [4.]

8 NYKYTILANNE

Malmintuotanto on kaiken perusta onnistuneelle bioliuotukselle, joten malminkäsittelyn tuotanto on kokonaisuudessaan kriittinen tuotantovaihe. Jos malminkäsittelyn tuotanto katkeaa suunnittelemattomasti, on välittömän vikakorjauksen suorituksella kiire.

Malminkäsittelyssä on aloitettu Pareto-analyysien tekeminen vuoden 2017 alusta. Pareton avulla pääsen käsiksi vikaantuneisiin kohteisiin käyttöpaikkatasolla. Paretoissa selviää, kuinka kauan ja mistä syystä laite on ollut pois tuotannolta. Tätä ennen vikojen historiointi on ollut huonolla tasolla ja luotettavaa datatietoa ei ole saatavilla. Asiaan on panostettu, ja toivottavasti kaikki alueen käyttäjät ja kunnossapitäjät ymmärtävät asian, jotta tulevaisuudessa on luotettavaa dataa saatavilla. Malminkäsittelyn vuositavoite on 18 Mt malmia. Lisääntyneet tuotantomäärät aiheuttavat kunnossapidollisesta näkökulmasta lisää haasteita, sillä laitteiden täytyy toimia suunniteltujen huoltoseisakkien välillä moitteettomasti. Kunnossapidon päivittäiset resurssit ovat rajalliset, joten ne täytyy kohdistaa tekemään ennakkohuoltoja. Ennakkohuoltojen merkitys prosessin käyttövarmuuden kannalta on tärkeää.

Prosessin laitteille on luotu ennakkohuoltosuunnitelmat. Ennakkohuoltosuunnitelmissa ei ole otettu huomioon laitteiden kriittisyyden tai vikaantumisen perusteella. Tämä asia johtaa yksinkertaistettuna siihen, että osalle laitteista on liian paljon ennakkohuoltoja ja toisille liian vähän. Työn suorituksen aikana tutkin ennakkohuollot läpi, että jokaiselle laitteelle on olemassa ennakkohuoltosuunnitelmat. Liian alhaiset ennakkohuollot näkyvät pääsääntöisesti laitteiden vikaantumisella.

9 KRIITTISYYSLUOKITTELUN SUORITUS

Kriittisyysluokittelua lähdettiin suorittamaan PSK 6800 -standardin pohjalle, joka on esitetty liitteessä 1. Standardi on kehitetty teollisuuden alan tarpeisiin. Standardia joutuu usein soveltamaan, että se vastaa käyttötarkoitusta. Näin jouduttiin tekemään tässäkin tapauksessa kertoimien määritysten osalta. Kertoimien määrittämisessä käytettiin käyttäjien ja kunnossapitäjien tietoutta sekä laitteen normaalia vikaantumista ja käyttöikää. Ääritapaukset ja tehdyt parannusmuutokset jätettiin pois kriittisyysluokittelusta, koska entiset viat, jotka eivät enää esiinny, eivät anna lisäpainoarvoa työlle. Kriittisyysluokittelulomakkeelle lisättiin tuotannon menetyksen painoarvo, koska se on oleellinen tässä prosessissa.

Kriittisyysluokittelussa käsiteltäväksi alueeksi rajattiin hienomurskaamolinjastolta päälaitteet käyttöpaikkatasolla. Hienomurskaamoalueella päälaitteita ovat kaikki laitteet hienomurskaamo kakkoselta eteenpäin olevat laitteet loppuen seulomoon, josta valmis materiaali siirretään hihnakuljettimella agglomerointiin. Kriittisyysluokittelussa eivät ole mukana automaatiolaitteet, sähkömoottoreista tarkastellaan vain mekaanisia vikaantumisia.

9.1 Käyttöpaikat

Kriittisyysluokittelussa käsiteltävät käyttöpaikat haettiin Maximo-käynnissäpitojärjestelmän käyttöpaikka-hierarkiasta. Maximosta käyttöpaikat sai vietyä suoraan Excel-muotoon, jossa poistettiin rajauksen ulkopuolelle jäävät käyttöpaikat. Mukaan jääneet käyttöpaikat varmistettiin PI-kaavioista ja alan ammattilaisia haastatteleamalla. Tässä työvaiheessa putosi tarkastelusta pois valtaosa käyttöpaikoista, joita ei haluttu tarkasteltavan tässä työssä tai ne oli poistettu jo käytöstä. Hienomurskaamoalueella on tehty useita prosessimuutoksia vuosien saatossa, joten vanhoja käyttöpaikkoja on jäänyt Maximoon. Lopulliseen työhön tarkasteltaviksi

käyttöpaikkojen lukumääräksi jäi 81, joita pidettiin opinnäytetyöhön sopivan laajana kokonaisuutena. Käyttöpaikat siirrettiin standardin lomakepohjalle työn suoritusta varten.

9.2 Tuotannon menetyksen painoarvon määrittäminen

Tuotannon menetyksen painoarvon (Wp) määrittämistä varten hienomurskaamon tuotannon prosessihierarkiaa tarkasteltiin olemassa olevasta Pareto-analyysistä, johon on määritetty käyttöpaikkatasolla laitteen painoarvokerroin. Osa tuotannon menetyksen painoarvo kertoimista on esitetty taulukossa 2.

Positio	Kerroin	Painoarvokerroin Wp [%]
344KUL0004	1	100
341KUL0008	1	100
341KUL0007	0,5	50
342KUL0003	0,5	50
341KUL0015	0,5	50
344MRK0001	0,33	33
344MRK0003	0,33	33
344MRK0002	0,33	33
342MRK0002	0,25	25
342MRK0012	0,25	25
342MRK0011	0,25	25
342MRK0001	0,25	25
342MRK0010	0,17	17
342MRK0004	0,17	17
342MRK0005	0,17	17
342MRK0008	0,17	17
342MRK0009	0,17	17
342MRK0003	0,17	17

Taulukko 2. Tuotannon menetyksen painoarvokaavio

Kaaviossa on ilmoitettu kerroin, joka kuvaa sitä kuinka suurella prosentilla laitteen vikaantuminen vaikuttaa tuotantoon. Hienomurskaamo ykkösessä ja seulomossa tuotanto on jaettu kahteen osaan, pohjoiseen- ja eteläiseen murskauspiiriin, joissa on sama laitekanta ja tuotantokapasiteetti ja molemmat ovat 50 % kokonaisuuksia tuotannolle. Näillä tuotantolinjoilla on kuitenkin yhteisiä laitteita, joiden painoarvo on 100 % koko tuotannolle.

Tuotannon painoarvokerroimet siirrettiin standardin lomakepohjalle. Lomakkeeseen jouduttiin lisäämään lisäkerroin, joka oli sovittu talon sisäisesti jo kalkkilaitokselle suoritettussa opinnäytetyössä. Painoarvo määritellään välillä 0–1, arvo 1 vastaa 100 % painoarvoa. Tällä kerrottiin sitten tuotannon painoarvokerroin W_p , jonka arvo on 100 %. Malminkäsittelyssä painoarvot ovat määriteltynä Pareto-analyysissä valmiiksi.

9.3 Vikaantumisvälin määrittely

Vikaantumisvälin (p) määrittelyssä tarvittavaa dataa kerättiin Maximo-käynnissäpitojärjestelmästä. Tarkasteltava ajanjakso oli työssä 1.1.2015 – 14.4.2018 (3.285 vuotta). Osalle laitteista vikahistoriaa oli pidemmältä ajalta, mutta töiden kirjaukset ovat todella huonoja tai niitä ei ole ollenkaan, joten niistä ei olisi saanut lisää painoarvoa työlle. Standardin määrittelemät vikaantumisvälien kertoimet otettiin samat kuin kalkkilaitokselle tehdyssä työssä ovat. Vikaantumisvälin kertoimet on esiteltynä taulukossa 3.

Vikaantumisväli (vuotta)	Kerroin	Määritelmä
Alle 0,5	8	Lyhyt vikaantumisväli
0,5–2	4	Lyhyehkö vikaantumisväli
2–3	2	Pitkähkö vikaantumisväli
Yli 3	1	Pitkä vikaantumisväli

Taulukko 3. Vikaantumismallin kertoimet

Laitteen vikaantumiseksi laskettiin laitteen toiminnan pysäyttäneet mekaaniset viat. Sähkö- ja automaatioviat eivät ole mukana tarkastelussa, joten valvontahäiriöt tai taajuusmuuttajien vikaantumiset eivät ole mukana laskettuna vikaantumisväliin. Vikaantumisdatan kerääminen oli todella haasteellista, johtuen töiden alarvoisesti suoritetusta kirjaamisesta. Töitä jouduttiin käymään yksityiskohtaisesti läpi, ja niistä piti etsiä mahdollisia johtolankoja mitä laitteelle on tapahtunut ja mitä sille on mahdollisesti tehty, jotta laite on saatu takaisin tuotantokäyttöön. Maximosta kerättyä dataa on käytetty kriittisyysluokittelun rakentamisessa, mutta työssä on myös haastateltu alueen kunnossapitäjiä ja taulukot on rakennettu yhteistyössä heidän kanssaan. Maximossa työt on jaoteltu ennakkohuolto ja vikakorjauksiksi, mutta tämäkään luokittelu ei antanut toivottua tulosta, koska näitä oli käytetty sopivasti ristiin. Jatkossa Terrafamalla panostetaan laadukkaisiin työpyyntöjen tekemiseen, jotta tulevaisuudessa VVA-analyysin tekeminen tulee helpommaksi ja luotettavammaksi pelkästään Maximoa tutkimalla. Tämä on helppo hoitaa käyttämällä pelkästään välitön vikakorjaustyötä, kun laite on pysähtynyt pois tuotannolta.

Vikaantumisdataa kerätessä huomattiin monen laitteen kannalta, että vikaantumisia on tullut syystä, joka on jo tiedostettu ja sille on tehty korjaavat toimenpiteet. Tämän vuoksi vikaantumisväli vääristyy ja näkyy turhaan, joten nämä työt karsittiin pois laskuista. Hyvä esimerkki on murskien ulkoterän pulttien katkeaminen, ennenkuin kaikki jousipakat uusittiin, vaihdettiin pulttitoimittaja ja aloitettiin säännöllisesti tarkastamaan pulttien kireydet puolivälissä terien laskettua kestoikää. Katkeamisia esiintyi lähes päivittäin valtaosassa laitteissa, mutta nyt sitä tapahtuu yksittäisesti silloin tällöin.

9.4 Turvallisuuden painoarvokertoimien määrittely

Turvallisuusriskin painoarvojen määrittelyssä käytettiin suoraan standardin pohjaa, jotka on esitetty taulukossa 4. Kertoimien määrittelyssä oli tärkeää huomioida vain sitä turvallisuusriskiä, mitä laitteen vikaantuminen aiheuttaa. Kertoimessa ei huomioida vian korjaamisesta mahdollisesti syntyviä riskejä, sillä työturvallisuusasiat käsitellään luokitusten ulkopuolella.

Turvallisuusriski	Kerroin	Määritelmä
Ei	0	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumista tai terveysvaaraa.
Vähäinen	2	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen.
Kohtalainen	4	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta.
Merkittävä	8	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin.
Vakava	16	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen tehdään ympäristössä.

Taulukko 4. Turvallisuusriskin painoarvokertoimien määritelmät.

Painoarvoksi tarkastelussa muodostui pelkästään arvo 0, eli laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumisen tai terveyden kannalta vaaraa. Luokkien määrittely on tehty yhteistyössä tuotannon henkilöiden kanssa.

9.5 Ympäristöriskin painoarvokertoimien määrittäminen

Ympäristöriskin painoarvokertoimien määrittämisessä käytettiin suoraan standardissa esiteltyjä määritelmiä, jotka ovat esiteltynä taulukossa 5. Kuten turvallisuusriskien määrittämisessä, tässäkin otettiin huomioon vain laitteen vikaantumisen johtuvat ympäristövaikutukset.

Ympäristöriski	Kerroin	Määritelmä
Ei	0	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.
Vähäinen	2	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa ympäristön likaantumista laitosalueella.
Kohtalainen	4	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista.
Merkittävä	8	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista.
Vakava	16	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen ympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia.

Taulukko 5. Ympäristöriskin painoarvojen määritelmät

Painoarvoksi tarkastelussa muodostui kolmea kerrointa, 0, 2 ja 4. Painoarvon 2 saivat seulat, joiden täryakselistoissa oleva öljy voi vikaantuessa päästä suoraan malmin sekaan, ja siitä hihnakuljettimia pitkin kasalle. Painoarvon 4 saivat murskaimet, sillä niiden suuri öljytilavuus pääsee laitteen vikaantuessa myös hihnakuljettimia pitkin kasalle. Luokkien määrittely on tehty yhteistyössä tuotannon henkilöiden kanssa.

9.6 Tuotannon menetyksen painoarvokertoimen määrittäminen

Tuotannon menetyksen painoarvon määrittämisessä käytettiin suoraan standardin antamaa pohjaa, joka on esiteltynä taulukossa 6. Määritelmän pohjana on laitteen

vikaantumisen kestonä toimiva aika. Tähän aikaan sisältyy varsinaisen vian korjaamisen lisäksi mahdollisen laitteen alasajon, erotuksen suorittamisen ja käyttöönottoon kuluva aika. Oletuksena käytettiin laitteen tyyppillisesti vikaantumisen aiheuttavia vikojen toimimattomuusaikaa.

Kerroin	Määritelmä
0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle.
1	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (≤ 3 h).
2	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (≤ 10 h).
3	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (10 – 24 h).
4	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (> 24 h).

Taulukko 6. Tuotannon menetyksen painoarvokertoimien määrittäminen

Tuotannon menetyksen aika on työlle asetettu kokemusperäisesti yhdessä kunnossapidon toimihenkilöiden parhaan arvion perusteella. Maximosta ei saatu luotettavaa dataa kerätyksi, koska töille ei välttämättä ollut laitettu korjausaikaa ollenkaan. Suurin osa laitteista sai kertoimet 0 ja 1, mutta myös 2 ja 3 esiintyi useamman kerran.

9.7 Korjauskustannusten painoarvokertoimen määrittäminen

PSK 6800 -standardin mukaan korjauskustannusten määrittämisessä vikaantumisen aiheuttamaa korjauskustannusta tulisi verrata tuotannon menetyksen painoarvoon. Malminkäsittelyn tuotannossa on määriteltynä tuotannon menetyksen tuntihinta. Kertoimien määrittämiset ovat esiteltyinä taulukossa 7.

Kesk.määr.kustannus/vika	Kerroin	Määrittely
100 e tai alle	0	Kustannus merkityksetön
Yli 100 e, mutta alle 1000 e	1	Kustannus vähäinen
Yli 1000 e, mutta alle 5000 e	2	Kustannus keskinkertainen
Yli 5000 e, mutta alle 10000 e	3	Kustannus merkittävä
Yli 10000 e	4	Kustannus erittäin merkittävä

Taulukko 7. Korjauskustannusten painoarvojen määritelmät.

Käytetyillä määritelmillä laitteen väleille saatiin suuriakin eroja. Valtaosa laitteista sai kertoimen 0 tai 4. Tämä havainnollistaa sen, miten paljon kriittisiä laitteita tuotantolaitoksessa on, ja samoin ei-kriittisiä laitteita (liite 2). Standardi määrittelee myös korjauskustannusten yhteydessä myös vian aiheuttamat seurauskustannukset, joilla tarkoitetaan, että jonkin laitteen vikaantuminen aiheuttaa toisen laitteen vikaantumisen. Tämän tunnistaminen suorittaessa kriittisyysluokittelua on kuitenkin vaikeaa ja tämän asian tarkastelu on suositeltavaa suorittaa vika- ja vaikutusanalyysiä tehdessä. Myös seurauskustannusten painoarvo on pieni, joten se ei olisi antanut painoarvoa tälle työlle.

9.8 Laatukustannusten määrittely

Standardin määritelmien mukaan laatukustannusten painoarvokertoimet määritellään, kuten korjauskustannukset, peilaten tuotannon menetyksen painoarvoon. Tässä työssä ei määritely tuotannon menetyksen painoarvoja laatukustannusten yhteydessä, sillä sen määrittäminen on todella hankalaa todentaa. Tuotannon menetyksen kustannus otettiin vain huomioon korjauskustannuksissa. Suoritin työn samoilla kertoimilla kuin aikaisemmin Terrafamelle tehty opinnäytetyö. Hienomurskaamossa tuotettavaa tuotetta tarkasteltiin taulukon 8 mukaisesti. Malminlaatua seurataan prosessissa aktiivisesti, ja tämä prosessivaihe on tärkeä, jotta malmi

on oikeankokoista ennen kuin se kasataan. Päätettiin, että laatukustannuksia tarkastellaan peilaten malmin kokoon. Kertoimet ovat välillä 0–2, vaikka standardin määrittelemät kertoimet ovat 0–4. Laadun merkitys prosessissa on kuitenkin oleellinen. Luokkien määrittely on tehty yhteistyössä tuotannon henkilöiden kanssa.

Kerroin	Vaikutus laatutekijöihin (kuiva-ainepitoisuus tai hävikki)
0	Olematon tai merkityksetön
1	Vähäinen tai keskinkertainen
2	Merkittävä

Taulukko 8. Laatukustannusten määrittely

Suurin osa laitteista sai kertoimen 0, mutta myös kertoimia 1 ja 2 esiintyi.

9.9 Kriittisyysluokittelun tulokset

Kertoimien perusteella PSK 6800 -standardin lomake laskee kullekin laitteelle kriittisyysindeksin. Valmis lomake on esitetty liitteessä 2. Lomakkeessa on esitetty laskennalliset tulokset kriittisyysindeksin lisäksi kriittisyyden osa-indeksit turvallisuudelle, ympäristölle, tuotannonvaikutukselle sekä laadulle. Osaindeksejä ei varsinaisesti käsitellä työssä, mutta ne antavat suuntaa, mistä laitteiden kriittisyysindeksi muodostuu.

Kun laitteet on järjestetty kriittisyysindeksin mukaisesti, saadaan aikaiseksi varsinainen kriittisyysluokittelu. Kriittisyysindeksit jakaantuivat laajasti välillä 0–2120. Jakautumassa on selkeä piikki, jota myös kriittisyysluokittelussa haettiin. Saadaan selvästi eroteltua laitteet, joiden vikaantuminen aiheuttaa prosessille häiriötä ja joilla on suuri vaikutus käyttövarmuuteen.

Standardi ei suoraan määrittele, millä kriittisyyspisteillä laite on kriittinen. Tämä arvo on määriteltävä aina tapauskohtaisesti, mutta sopiva vaihteluväli on 10–20 % tarkasteltavasta laitekannasta.

Kriittisyysluokittelun kävimme työryhmässä yhdessä läpi ja päädyttiin lopulta, että kriittiseksi määritellään laitteet, joiden arvo ylittää 1400. Näitä laitteita luokittelussa löytyi 16, ja ne edustavat noin 20 prosenttia tarkastelluista laitteista. Määrää pidettiin riittävänä ja kriittisyysluokittelua asianmukaisesti tehtynä ja tarpeeksi luotettavana. Nämä laitteet muodostavat sen joukon, josta tullaan suorittamaan vika- ja vaikutusanalyysi.

10 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI (VVA) KRIITTISILLE LAITTEILLE

Kriittisyysluokittelun suorituksen myötä saatiin koottua laitekanta, jolle suoritettiin vika- ja vaikutusanalyysi. Aineisto koottiin lomakepohjalle, joka on ollut yrityksessä käytössä jo aiemminkin. Pohja on esitetty liitteessä 3. Pohjaa verrattiin ennen aloitusta kansainväliseen SFS-EN 60812 -standardiin ja varmistettiin, että pohja on asiaankuuluva. Standardi ei tarjoa suoraa mallia, kuinka työ tulee suorittaa, se antaa vain suuntaviivoja kuinka edetä. Käytettävä pohja on standardin mukainen ja todettiin käyttökelpoiseksi työn suorittamiselle.

10.1 Vika- ja vaikutusanalyysin suoritus

VVA:n suoritus tehtiin jakamalla käsiteltävä laiterakenne osiin. Esimerkiksi murskain jakaantui kymmeneen eri rakenneosaan, kuten alarunko tai letkut ja suojaukset. Tämän jälkeen jokaiselle rakenneosalle listattiin potentiaaliset vikaantumismuodot, eli kuinka ne voivat vikaantua, sekä vikaantumisesta aiheutuvat seuraukset rakenneosalle ja laitteelle. Seurauksien perusteella määriteltiin vikaantumisien vakavuus (S, severity), joka sai numeroarvon 1–5 väliltä. Arvojen määritykset on esiteltyinä taulukossa 9.

Kerroin	Vikaantumisen seurausten vakavuuden selite
1	Pieni, käyttäjät eivät välttämättä havaitse vikaantumista.
2	Pienuhkö, aiheuttaa hieman prosessiongelmia esim. alentuneena tuottona.
3	Keskisuuri, aiheuttaa prosessin epäkäytettävyyttä tai laadullista ongelmaa.
4	Suuri, aiheuttaa suorituskyvyn romahtamisen ja tuotannon väliaikaisen katkeamisen.
5	Erittäin suuri, aiheuttaa välittömän tuotannon alasajon tai henkilöriskin.

Taulukko 9. Vakavuuden määritelmät

Jokaiselle mahdolliselle vikaantumismuodolle etsittiin vikaantumismekanismi kokemusperäisesti. Vikaantumismekanismeja voivat olla kuluminen tai huonosti so- piva materiaali. Jokaiselle vikaantumismekanismille määriteltiin esiintyminen (O, occurrence), sille Maximosta löydettävän vikaantumisdatan perusteella. Esiintymi- nen sai 1–5 väliltä arvot, jotka ovat esiteltyinä taulukossa 10.

Kerroin	Vikaantumismekanismien esiintymisen selite
1	Harvinainen, vika toistuu harvemmin kuin 5 vuoden välein.
2	Vika toistuu 2–5 vuoden välein.
3	Vika toistuu 1–2 vuoden välein.
4	Vika toistuu 3–12 kk välein.
5	Vika toistuu useammin kuin 3 kk välein.

Taulukko 10. Esiintymisen määritelmät

Seuraava askel on saada määritellyiksi vikaantumismekanismien ennaltaehkäisy- keinojen sekä havaittavuuden määrittelemine. Ennaltaehkäisyllä tarkoitetaan kuinka saada vika estetyksi ennen kuin se ilmenee. Tämä tarkoittaa sitä, pitääkö jokin tietty komponentti vaihtaa säännöllisesti tai tulisiko niiden kuntoa tarkastella määräajoin. Tämä on myös otettava huomioon mietittäessä, onko komponentin vikaantuminen helposti havaittavissa. Havaittavuudella tarkoitetaan, kuinka nope- asti jonkin vikaantumismekanismien voi havaita ennen kuin se johtaa vikaantumi- seen. Äkkiä voisi ajatella, että öljyvuoto on helppoa huomata, mutta tällöin vikaan- tuminen on jo tapahtunut. Todellisuudessa vuodon aiheuttajan ennaltaehkäisemi- nen voi olla mahdotonta. Jokaiselle vikaantumiselle on määritelty havaittavuus (D, detectability) asteikolla 1–5 ja niiden määritelmät on esiteltyinä taulukossa 11.

Kerroin	Vikaantumismekanismin havaittavuuden selite
1	Vian kehittyminen on helppo havaita aistihavainnoin.
2	Vian kehittymisen pystyy havaitsemaan kiinteän kunnonvalvonnan apuvälinein (esim. värinämittaus).
3	Vian kehittymisen pystyy havaitsemaan kunnonvalvonnan apuvälinein (esim. lämpökamera).
4	Vian kehittymisen havaitseminen hankalaa, vian voi havaita ainoastaan laitteen pysäyttämällä.
5	Vian kehittymistä ei voi havaita, laitteen suojarakenne estää havaitsemisen tai vika kehittyy niin nopeasti.

Taulukko 11. Havaittavuuden määritelmät

Vakavuus, esiintyminen ja havaittavuus on saatu tulona taulukolle, saadaan niin sanottu RPN-luku (Risk Priority Number), joka kuvaa vikaantumisen kriittisyyttä numeroarvona. Erilaisten vikaantumisten RPN-luvut ovat joltain osin keskenään vertailukelpoisia keskenään ja niitä voi käyttää suorittaessa jatkotoimenpiteitä laitteen vikaantumisen estämiseksi. Suuri RPN-luku voi johtaa välittömiin toimenpiteisiin ja pienen RPN-luvun vikaantumisen voi jättää toisarvoiseksi.

Vika- ja vaikutusanalyysin viimeinen työvaihe on määrittää suositellut toimenpiteet jokaiselle vikaantumiselle. Toimenpide-ehdotuksina voi olla esimerkiksi ennakko-huoltokertojen muutokset ylös- tai alaspäin. Kysymykseen voi tulla myös herkästi vioittuneen komponentin vaihto toisenlaiseen. Toimenpiteille määrätään suorittaja, joka tässä tapauksessa on aina tuotanto tai kunnossapito. Suositellun toimenpiteiden perusteella määritellään uudelleen vakavuus-, esiintyminen ja havaittavuus-kertoimet sekä RPN-luku. Nämä uudet arvioinnit perustuvat pelkästään arvioon, todelliset arvot saadaan vasta myöhemmin, kun laitetta on käytetty tarpeeksi kauan.

10.2 Vika- ja vaikutusanalyysin tulokset

Opinnäytetyöhön päätettiin rajata tehtäväksi kaksi vika- ja vaikutusanalyysiä. Käyttöpaikat valittiin tarkoituksenmukaisesti erilaisista laitteista, jotta VVA-analyysiin tulisi suuria eroavaisuuksia. VVA:n avulla saatiin laitteiden vikaantumista tarkasteltua perusteellisemmin, jotta tiedetään, mistä vikaantuminen johtuu. Analyysin avulla, miten vikaantumista voidaan ehkäistä ja saadaan luotua toimenpideehdotuksia, kuinka vikaantumista estetään. Kahdesta laitteesta olevat vika- ja vaikutusanalyysit on esiteltynä liitteissä 4 ja 5.

Osille esiintyvistä vioista oli helppoa löytää ratkaisu laitosmies ja kenttäkierroksen havainnoinnin yhteyteen, mutta osa syntyvistä vioista vaatii vielä selvittelyä, joka jatkuu työpaikallamme tulevaisuudessa. Tarkastelin työssä olemassa olevat ennakkohuolto- ja varaosatilanteet, ja totean niiden olevan ajan tasalla. Toimenpidesuosituksen perusteella ennakkohuoltojen määrä tulee hieman kasvamaan, mutta todennäköisesti samalla saavutetaan tulevaisuudessa parempi käyttövarmuus.

11 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyön tuloksena saatiin hienomurskaamoalueen tuotannosta PSK 6800 -standardin mukainen kriittisyysluokittelu sekä siinä kriittisiksi laitteiksi esiintyville luotua vika- ja vaikutusanalyysi. Valmis kriittisyysluokittelu käytiin läpi kunnossapidon toimihenkilöiden kanssa, jossa työ arvioitiin hyvin tehdyksi. Vika- ja vaikutusanalyysin suoritin itse valitsemistani laitteista, sillä kriittiseksi nousseet olivat ainoastaan hihnakuljettimia ja murskaimia. Kriittisyysluokittelu tehtiin pohjalle, joka oli räätälöity viime syksynä kalkkilaitokselle tehdyille opinnäytetyölle. Pohja arvioitiin työryhmässä käyttökelpoiseksi.

Maximosta löytyvä puuttellinen vikaantumisdata aiheutti suuria ongelmia työn suorituksessa sekä kriittisyysluokittelun että VVA:n osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että data ei ole 100 % luotettavaa. Vikahistoriaa kerättiin työhön kunnossapidon toimihenkilöiden kanssa pidetyissä vapaamuotoisissa palavereissa.

Työpaikalla sovittiin, että suoritamme yhdessä lopuille kriittisistä laitteista VVA:t, joita en käsitellyt tässä opinnäytetyössä.

Työn tärkeintä tavoitetta eli malminkäsittelyn hienomurskaamoalueen käyttövarmuuden paranemista voi arvioida vasta useamman vuoden kuluttua. Käyttövarmuuden kehitys ei tapahdu hetkessä, se vaatii vuosien työn ja seurannan.

11.1 Ennakkohuoltojen nykytilanne

Tarkastelin työssä kriittisiksi nousseiden käyttöpaikkojen ennakkohuollot ja voin todeta niiden olevan riittäviä. Ennakkohuoltoja on päivitetty kuluneen kahden vuoden aikana ja ovat asianmukaisesti tehdyt. Pieniä tarkastuksien lisäämisiä lukuun ottamatta ne ovat hyvällä tasolla.

11.2 Kriittisten varaosien nykytilanne

Tarkastelin työssä kriittisiksi nousseiden käyttöpaikkojen varaosia ja voin todeta niiden olevan riittävällä tasolla. Varaosakartoituksia on suoritettu kuluneen kahden vuoden aikana ja varaosat ovat saatavilla.

12 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Terrafame Oy:n kunnossapidon toimeksiannosta. Terrafamessa on päädytty siihen, että koko tehdasalueen laitteista suoritetaan kriittisyysluokittelu ja sen seurauksena kriittisiksi nousseille laitteille suoritetaan vika- ja vaikutusanalyysi. Terrafamen kärkihankkeita on käyttövarmuuden parantaminen. Vastaava työ on suoritettu samalla laajuudella viime syksynä kalkkilaitokselle.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville hienomurskaamoalueen kriittiset laitteet ja näille kaikille tullaan tekemään vika- ja vaikutusanalyysi, niiden avulla luodaan toimenpide-ehdotuksia laitteiden ennakkohuolloille ja rakenteille. Tarkoituksena on saavuttaa laitteiden parempi käyttövarmuus ja samalla estää laitteiden vikaantumista.

Opinnäytetyön aihe oli haastava ja laaja, näin jälkeenpäin ajateltuna liian laaja. Sopiva alue olisi ollut tarkastella hienomurskaamoita 1 ja 2 erikseen ja seulomaa erillään näistä. Maximon huono vikaantumisdata aiheutti viivästyksiä työn suorittamisessa, kun kaikki työtilaukset piti katsella läpi ja arvioida onko tämä nyt kriittisyysluokittelun piiriin kuuluva välitön vikakorjaus vai jotain aivan muuta. Luotettavan vikaantumisdatan kerääminen tulevaisuutta silmälläpitäen on Terrafamelle yksi hyvä, mutta varmasti saavutettava haaste. Kaikki käyttäjät pitää saada sitoutettua vain siihen ja ymmärtämään työpöytätyönteiden oikeellisuuden tärkeys.

Vikaantumisdataa kerätessä Maximosta oli mukava huomata, kuinka viime vuosina suoritettujen linjastolle tehdyt parantavat toimenpiteet ovat vähentäneet laitteiden vikaantumista. Suuri osa vikaantumisista oli saatu estettyä, ja näiden vuoksi vikaantumisväli on pidentynyt laitteilla huomattavasti.

LÄHTEET

- (1) Prosessikartta, rajapinnat ja asiakasvaatimukset. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017.
- (2) Kotisivut. Terrafame Oy. Terrafame yritysesittely. <https://www.terrafame.fi/terrafame-oy.html>. Haettu 16.3.2018
- (3) Terrafame-yleispresentaatio. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017.
- (4) Mikkonen, H. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy; 1. painos 2009.
- (5) Järviö J., Piispa T., Parantainen T., Åhström T. Kunnossapito. KP-media Oy; 4. painos 2007
- (6) <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>
- (7) Maximo 7.6 Työtilauksen käsittelijän ohje. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017.
- (8) PSK Standardisointiyhdistys ry. Standardi PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos 2010
- (9) http://maxipoint.fi/images/Maximo_EasyFlex.pdf
- (10) Maximo-koulutus. Terrafamen sisäinen koulutusmateriaali. Terrafame Oy. 5/2017
- (11) Maximo 7.6 käyttöpaikat, hierarkiat, laitteet ja varaosat. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017.
- (12) Maximo 7.6 Ennakkohuolto-ohje. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017.

- (13) Prosessin kuvaus – malminkäsittely. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017
- (14) PSK Standardisointiyhdistys ry. Standardi 6800. Laitteiden krittisyysluokittelu teollisuudessa 2008.
- (15) Ramentor. Käyttövarmuuden perusteita. Kajaani 28-29.9.2017, Turkka Lehtinen

Liite 2

Terrafame Oy
Malminkastitely, Henomurskaamo
Jarkko Perttunen
V.1
27.4.2017

Krittisyiden raja-arvo
Tuudannon menetyksen painoarvot
1400
100

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaa- tumisväli (1..8)	Turvallisuus (0..16)	Ympäristö 6 0..16	Lisäkerroin: Tuudannon menetyksen painoarvo (0-1)	Tuudannon menetyksen (0..4)	Loppu- tuotteen laatu- kustannus (0..4)	Korjaus- kustannus (0..4)	Kritti- syy- indeksi	Krittisyiden osaindeksit					
										Ks	Ke	Ko	Hq	Kr	
34IKLL0001.1	Jakokuljetin 1, osa 1, primäriseläntä	8	0	0	0,5	1	0	3	880	0	0	400	0	480	
34IKLL0001.2	Jakokuljetin 1, osa 2, primäriseläntä	8	0	0	0,5	1	0	3	880	0	0	400	0	480	
34IKLL0004	Kuljetin 4, primäriseläntä	4	0	0	0,5	2	0	4	720	0	0	400	0	320	
34IKLL0007	Kuljetin 7, primäriseläntä	8	0	0	0,5	2	0	4	1440	0	0	800	0	640	
34IKLL0008	Kuljetin 8, primäriseläntä	8	0	1	1	1	0	4	1600	0	160	800	0	640	
34IKLL0009.1	Jakokuljetin 9, pohjoisen seläntäpöytä	4	0	0	0,3	3	0	4	680	0	0	360	0	320	
34IKLL0009.2	Jakokuljetin 9, osa 2 pohjoisen seläntäpöytä	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34IKLL0009.3	Jakokuljetin 9, osa 3 Pohjoisen seurantaapuri	1	0	0	0,3	2	0	4	140	0	0	60	0	80	
34IKLL0015	Kuljetin 15, pohjoisen seläntäpöytä	4	0	0	0,5	1	0	3	440	0	0	200	0	240	
34IKLL0016	Kuljetin 16, pohjoisen seläntäpöytä	8	0	1	0,5	1	0	3	1040	0	160	400	0	480	
34IKLL0017.1	Jakokuljetin 17, osa 1 eteläisen seläntäpöytä	4	0	0	0,3	1	0	4	440	0	0	120	0	320	
34IKLL0017.2	Jakokuljetin 17, osa 2 eteläisen seläntäpöytä	4	0	0	0,3	1	0	4	440	0	0	120	0	320	
34IKLL0017.3	Jakokuljetin 17, osa 3 eteläisen seläntäpöytä	4	0	0	0,3	1	0	4	440	0	0	120	0	320	
34IKLL0023	Kuljetin 23, eteläisen seläntäpöytä	8	0	0	0,5	1	0	4	1040	0	0	400	0	640	
34IKLL0024	Kuljetin 24, eteläisen seläntäpöytä	8	0	0	0,5	1	0	4	1200	0	160	400	0	640	
34IKLL0025	Hinnakuljetin	8	0	0	1	1	0	4	1440	0	0	800	0	640	
34IKLL0028	Hinnakuljetin seläntäpöytä	8	0	0	1	1	0	4	1440	0	0	800	0	640	
34ISBJ0001	Sella 1(kaksiverkkoisen sellä), primäriseläntä	1	0	2	0,25	2	2	3	210	0	0	40	50	60	
34ISBJ0002	Sella 2(kaksiverkkoisen sellä), primäriseläntä	1	0	2	0,25	1	2	4	205	0	40	25	80	80	
34ISBJ0003	Sella 3(kaksiverkkoisen sellä), primäriseläntä	1	0	2	0,25	1	2	4	205	0	40	25	80	80	
34ISBJ0004	Sella 4(kaksiverkkoisen sellä), primäriseläntä	0	0	2	0,25	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
34ISBJ0005	Sella 5, pohjoisen seläntäpöytä	1	0	2	0,1	1	2	3	170	0	0	40	10	60	
34ISBJ0006	Sella 6, pohjoisen seläntäpöytä	0	0	2	0,1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
34ISBJ0007	Sella 7, pohjoisen seläntäpöytä	0	0	2	0,1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
34ISBJ0008	Sella 8, pohjoisen seläntäpöytä	1	0	2	0,1	1	2	3	170	0	0	40	10	60	
34ISBJ0009	Sella 9, pohjoisen seläntäpöytä	0	0	2	0,1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
34ISBJ0010	Sella 10, eteläisen seläntäpöytä	1	0	2	0,1	1	2	3	170	0	0	40	10	60	
34ISBJ0011	Sella 11, eteläisen seläntäpöytä	0	0	2	0,1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
34ISBJ0012	Sella 12, eteläisen seläntäpöytä	1	0	2	0,1	2	2	4	200	0	40	20	80	80	
34ISBJ0013	Sella 13, eteläisen seläntäpöytä	1	0	2	0,1	1	2	4	190	0	40	10	60	80	
34ISBJ0014	Sella 14, eteläisen seläntäpöytä	1	0	2	0,1	1	2	4	190	0	40	10	60	80	
34ISTN0001	Sy/din 1, primäriseläntä	0	0	0	0,25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	

Liite 2

341STN0002	Sy/dn 2, primarisauonta	1	0	0	0,25	1	1	1	4	135	0	0	25	30	80
341STN0003	Sy/dn 3, primarisauonta	0	0	0	0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0004	Sy/dn 4, primarisauonta	0	0	0	0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0005	Sy/dn 5, pohjoisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0006	Sy/dn 6, pohjoisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0007	Sy/dn 7, pohjoisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0008	Sy/dn 8, pohjoisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0009	Sy/dn 9, pohjoisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0010	Sy/dn 10, eteläisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0011	Sy/dn 11, eteläisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0012	Sy/dn 12, eteläisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0013	Sy/dn 13, eteläisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
341STN0014	Sy/dn 14, eteläisen seurantapiri	0	0	0	0,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342KLU0002	Kuljein 2, pohjoisen murkauspiiri	8	0	0	0,5	1	0	0	4	1040	0	0	400	0	640
342KLU0003	Kuljein 3, pohjoisen murkauspiiri	8	0	0	0,5	1	0	0	4	1200	0	160	400	0	640
342KLU0004	Kuljein 4, eteläisen murkauspiiri	8	0	0	0,5	1	0	0	4	1040	0	0	400	0	640
342KLU0005	Kuljein 5, eteläisen murkauspiiri	8	0	0	0,5	1	0	0	4	1200	0	160	400	0	640
342KLU0008	Kuljein 8, pohjoisen murkauspiiri	4	0	0	0,25	1	0	0	3	340	0	0	100	0	240
342KLU0009	Kuljein 9, pohjoisen murkauspiiri	4	0	0	0,25	1	0	0	3	480	0	0	100	120	240
342KLU0010	Kuljein 10, eteläisen murkauspiiri	4	0	0	0,25	1	0	0	3	340	0	0	100	0	240
342KLU0011	Kuljein 11, eteläisen murkauspiiri	8	0	0	0,25	1	0	0	3	920	0	0	200	240	480
342NRK0001	Murskan 1, pohjoisen murkauspiiri	8	0	4	0,25	1	1	1	4	1720	0	640	200	240	640
342NRK0002	Murskan 2, eteläisen murkauspiiri	8	0	4	0,25	1	1	1	4	1720	0	640	200	240	640
342NRK0003	Murskan 3, pohjoisen murkauspiiri	8	0	4	0,17	2	2	2	4	2032	0	640	272	480	640
342NRK0004	Murskan 4, pohjoisen murkauspiiri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
342NRK0005	Murskan 5, pohjoisen murkauspiiri	8	0	4	0,17	2	2	2	4	2032	0	640	272	480	640
342NRK0008	Murskan 8, eteläisen murkauspiiri	8	0	4	0,17	1	2	2	4	1896	0	640	136	480	640
342NRK0009	Murskan 9, eteläisen murkauspiiri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
342NRK0010	Murskan 10, eteläisen murkauspiiri	8	0	4	0,17	3	2	2	4	2168	0	640	408	480	640
342NRK0011	Murskan 11, pohjoisen murkauspiiri	8	0	4	0,25	3	1	1	4	2120	0	640	600	240	640
342NRK0012	Murskan 12, eteläisen murkauspiiri	8	0	4	0,25	3	1	1	4	2120	0	640	600	240	640
342STN0001	Sy/dn 1, pohjoisen murkauspiiri	0	0	0	0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0002	Sy/dn 2, eteläisen murkauspiiri	0	0	0	0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0003	Sy/dn 3, pohjoisen murkauspiiri	0	0	0	0,17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0004	Sy/dn 4, pohjoisen murkauspiiri	0	0	0	0,17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0005	Sy/dn 5, pohjoisen murkauspiiri	0	0	0	0,17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0008	Sy/dn 8, eteläisen murkauspiiri	0	0	0	0,17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0009	Sy/dn 9, eteläisen murkauspiiri	0	0	0	0,17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
342STN0010	Sy/dn 10, eteläisen murkauspiiri	0	0	0	0,17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
344KLU0001	Hinnakuljein	8	0	0	0,3	1	1	0	4	880	0	0	240	0	640
344KLU0002	Hinnakuljein	8	0	0	0,3	1	1	0	4	880	0	0	240	0	640
344KLU0003	Hinnakuljein	4	0	0	0,3	3	3	0	4	680	0	0	360	0	320
344KLU0004	Kuljein seuranole	8	0	0	1	1	0	0	4	1600	0	160	800	0	640
344NRK0001	Murskan 1, Hmlu 2	8	0	4	0,3	1	1	1	4	1760	0	640	240	240	640
344NRK0002	Murskan 2, Hmlu 2	8	0	4	0,3	2	1	1	4	2000	0	640	480	240	640
344NRK0003	Murskan 3, Hmlu 2	8	0	4	0,3	1	1	1	4	1760	0	640	240	240	640
344STN0001	Sy/dn 1, Hmlu 2	1	0	0	0,3	2	0	1	4	170	0	0	60	30	80
344STN0002	Sy/dn 2, Hmlu 2	0	0	0	0,3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
344STN0003	Sy/dn 3, Hmlu 2	4	0	0	0,3	1	1	1	4	560	0	0	120	120	320

