

Tommi Taskinen

MAANALAISEN KAIVOKSEN MURSKAUKSEN KUNNOSSAPITOSTRATEGIA

MAANALAISEN KAIVOKSEN MURSKAUKSEN KUNNOSSAPITOSTRATEGIA

Tommi Taskinen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Tommi Taskinen

Opinnäytetyön nimi: Maanalaisen kaivoksen murskauksen kunnossapitostrategia

Työn ohjaaja: Juha Männistö

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 37+ 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Kemissä sijaitsevalle Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivokselle. Työn aiheena oli luoda karamurskaimen huoltotyölle työohje sekä suunnitella huollolle aikataulus ja resursointi. Työn tavoitteena oli luoda selkeä työohje, josta selviävät kaikki huoltotyön työvaiheet. Aikataulutuksen tavoitteena oli luoda toimiva aikataulu, jolla työ saadaan suunniteltua ja toteutettua. Aikataulusta tuli ilmetä myös, millä aikavälillä työ aina suoritetaan. Resursoinnin tavoitteena oli selvittää, mikä on tarvittava määrä työntekijöitä, osia ja työkaluja.

Kunnossapidon pääasiallinen tehtävä on ylläpitää tekninen laite toimintakuntoisena tai korjata laite ja sen komponentit sellaiseksi, että se pystyy suorittamaan sille määrätyt toiminnot. Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat KNL eli tuotannon kokonaistehokkuus ja hyvä käyttövarmuus, joka koostuu kunnossapidettävyydestä, kunnossapitovarmuudesta ja toimintavarmuudesta. Tavoitteisiin kuuluvat myös turvallisuuden sekä ympäristön huomioiminen ja kustannustehokkuus. Kunnossapito jaetaan yleensä eri päälajeihin. Näitä ovat ehkäisevä kunnossapito, huolto, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito ja vikojen selvitys. Kunnossapito toteutetaan usein tietyt standardit ja ohjeet huomioon ottaen, jotta varmistetaan laadukas ja tehokas toiminta.

Murskaus tarkoittaa kaivoksessa louhitun malmikiven hienontamista tiettyyn raekokoon. Murskausta tehdään yleensä 1–3 käsittelyvaiheessa, eli malmia saatetaan murskata useita kertoja, ennen kuin se syötetään jatkokäsittelyyn, useimmiten jauhatuksi. Esimurskaus on yleensä murskaamisen ensimmäinen vaihe. Sen pääasiallinen tehtävä on murskata kivi sen kokoiseksi, että sitä voidaan jatkokäsitellä. Esimurskaimet ovat yleensä leuka- tai karamurskaimia, ja ne sijaitsevat useimmiten maan alla. Ne ovat suurikokoisia, ja siksi niiden tärkein ominaisuus on syötteen vastaanottokapasiteetti eli se, kuinka paljon murskain pystyy ottamaan syötettä vastaan ilman tukkeutumista.

Tuloksena saatiin työohje sekä aikataulus- ja resurssisuunnitelma, jotka auttavat yritystä karamurskaimen huoltotyössä. Huoltotyöohje toteutettiin käytännön kokemusten sekä aikaisempien huoltotöiden raporttien pohjalta. Aikataulus ja resursointi suunniteltiin myös aiempien raporttien ja haastattelujen pohjalta. Toimet tukevat Outokumpu Chrome Oy:n kunnossapitohenkilöstöä ja auttavat tulevissa huoltotöissä.

Asiasanat: karamurskain, kunnossapito, työohje, aikataulus, resursointi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical Engineering, production engineering

Author: Tommi Taskinen

Title of thesis: Underground mine crushing maintenance strategy

Supervisor: Juha Männistö

Term and year when the thesis were submitted: Spring 2024

Number of pages: 37 + 2 appendices

This Thesis work was done at Outokumpu Chrome Oy's Kemi mine. The subject of the work was to create work instructions for the maintenance work of the gyratory crusher, as well as to plan maintenance scheduling and resourcing. The goal of the work was to create clear work instruction that explains all the work phases of the maintenance work. The goal of the scheduling was to create a working schedule that allows the work to be planned and implemented. The schedule also had to show in what time frame the work will always be performed. The goal of the resource was to find out the necessary number of employees and tools for the maintenance work.

The main task of maintenance is to maintain the technical device in order to repair the device and its components in such a way that it can perform the functions assigned to it. The main goals of the maintenance are OEE, the overall equipment effectiveness, overall production efficiency and good operational reliability, which consists of maintainability, maintenance reliability and operational reliability. The goals also include consideration of safety and the environment and cost-effectiveness. Maintenance is usually divided into different main types. These include preventive maintenance, service, fixing maintenance, curative maintenance, and troubleshooting. Maintenance is often carried out taking certain standards and instructions into account in order to ensure high quality and efficient operation.

Crushing means crushing ore rock mined in a mine to a certain grain size. By crushing, the lump size can be reduced from about a meter in diameter to a few centimeters. Crushing is usually done in 1-3 processing steps, for example the ore may be crushed several times before it is fed for further processing, usually grinding. Pre crushing is usually the first stage of crushing. Its main task is to crush the stone to a size that can be further processed. Pre crushers are usually jaw or gyratory crushers and are mostly located underground. They are large and thus their most important feature is the input capacity, for example how much input the crusher can take in without clogging.

The result was work instruction as well as a scheduling and resource plan, which help the company in the maintenance work of the gyratory crusher. The maintenance work instructions were implemented based on practical experiences and previous maintenance work reports. Scheduling and resourcing were also planned based on previous reports and interviews. The measures support Outokumpu Chrome Oy's maintenance staff and help with future maintenance works.

Keywords: gyratory crusher, maintenance, work instructions, scheduling, resourcing

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| SANASTO..... | 7 |
| 1 JOHDANTO..... | 8 |
| 2 KUNNOSSAPITO- JA MURSKAUSTOIMINTA..... | 10 |
| 2.1 Kunnossapito..... | 10 |
| 2.1.1 Kunnossapitostandardit ja kunnossapitolajit | 10 |
| 2.1.2 PSK 6201 -standardin kunnossapitolajit..... | 11 |
| 2.1.3 PSK 7501 -standardin kunnossapitolajit..... | 12 |
| 2.1.4 Kunnossapidon toimintakyvyn edellytykset ja organisointi | 13 |
| 2.2 Malmin murskaus | 14 |
| 2.2.1 Leukamurskain..... | 15 |
| 2.2.2 Karamurskain..... | 16 |
| 2.2.3 Murskaamon käyttö ja kunnossapito | 18 |
| 3 KUNNOSSAPITOSTRATEGIA..... | 20 |
| 3.1 Kunnossapito Kemin kaivoksella | 20 |
| 3.2 Maanalainen murskaus Kemin kaivoksella..... | 22 |
| 3.3 Huoltotyön resursointi ja aikataulutus..... | 29 |
| 3.4 Työohje | 31 |
| 4 YHTEENVETO JA POHDINTA..... | 33 |
| LÄHTEET..... | 35 |
| LIITTEET | 38 |

SANASTO

| | |
|------------|--|
| concaavi | Murskaimen rungon kulutuspaala. |
| kara | Murskaimen liikkuva osa, joka rikkoo malmikiveä murskaimen runkoa vasten. |
| mantteli | Karan päällä oleva vaippamainen kulutusosa. |
| peitsaus | Metallin polttoleikkaamista happipeitsellä. |
| Kaatonousu | Vertikaalisesti louhittu siilo, jonne malmikiviä kipataan. |
| KUTI | Kunnossapidon tietojärjestelmä. |
| malmi | Luonnollinen mineraaliesiintymä, josta voidaan tuottaa metalleja. |
| seisokki | Tuotantolaitoksen pysähtyminen, yleensä suurempi huoltotyö. |
| konkelo | Malmikivistä ja/tai tuentaverkoista johtuva tukos murskaimessa. |
| SLC | Levyrosroslouhinta, tuotantoporaus yläviistoon, jonka jälkeen räjäytys ja lastaus. |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivoksen uuden –1010 m tason leukamurskaimen käytön vaikutusta vanhan –550 m:n tason karamurskaimen kulumiseen ja suunnitellaan karamurskaimen huollon työohje, johon sisältyvät huoltotyön resurssointi ja aikataulutus. Dokumentoinnin myötä saadaan määriteltyä ja yhtenäistettyä kunnossapidon toiminta karamurskaimen huollossa ja tehostettua huoltotyötä. Tavoitteena on laatia laaja huoltotyöohje, jossa on kuvaus karamurskaimen huoltotyön eri vaiheista. Työohjeen myötä Outokummun kunnossapitoorganisaatio voi suorittaa huoltotyön turvallisesti sekä tehokkaasti aikataulussa. Tietoa opinnäytetyöhön ja työohjeeseen on kerätty saatavilla olevien avointen lähteiden lisäksi maanalaisen kaivoksen sisäisestä tietokannasta sekä työsuunnittelijoiden, työnjohtajien ja kunnossapitoasentajien kertomien asioiden pohjalta.

Kemin kaivos on Outokumpu Chrome Oy:n omistama kaivos, joka sijaitsee Keminmaan kunnan alueella. Outokumpu Chrome Oy on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiö. Kemin kaivos (kuva 1) on koko Euroopan unionin ainoa kromimalmia tuottava kaivos, ja se on osa Outokummun omistamaa integroitua ferrokromin ja ruostumattoman teräksen valmistusketjua Meri-Lapin alueella. Kemin kromikaivoksen tehtävänä on tuottaa kromirikasteita Tornioon ferrokromin valmistusta varten. Tornion ferrokromitehdas kuuluu myös Outokumpu Chrome Oy:n omistukseen. Tornion terästehtaalla valmistettava ruostumaton teräs syntyy, kun teräksen joukkoon lisätään kromia. (1.)

Kemin kaivos on aloittanut toimintansa vuonna 1968. Kromimalmia louhittiin vuoteen 2005 asti avolouhintana. Kaivos kuitenkin aloitti vuonna 2003 myös maanalaiset louhintatoimet, ja vuodesta 2005 asti kaikki malmi on louhittu maanalaisesta kaivoksesta. Malmi kuljetetaan tuotantolouhoksista murskattavaksi, minkä jälkeen murskattu malmi nostetaan nostokuilun kautta kaivoksen maan pinnalla toimivaan rikastamoon. Ennen rikastusta malmi kuitenkin murskataan uudelleen maanpäällisessä murskaamossa. Rikastamalla malmi rikastetaan joko hieno- tai palarikasteeksi. Hienorikastamalla malmi jauhetaan tankomylyssä hienoksi aineeksi, minkä jälkeen malmi erotetaan muusta aineesta ominaispainoon perustuvilla spiraalierottimilla. Erotuksen jälkeen malmista on syntynyt hienorikastetta. Palarikastamalla malmista erotetaan palarikaste raskasväliaine-erotuksella. (1.)

Kemin kaivoksen rikastusprosessista aiheutuvat ympäristövaikutukset ovat vähäiset. Tämä aiheutuu oksidisen kromimalmin liukenemattomuudesta, painovoimalla tehtävästä erottamisesta sekä

kaivosveden ja prosessivesien suljetusta vesikierrrosta. Ympäristövaikutukset ovat muutenkin tärkeässä merkityksessä, sillä kaivos pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2025 mennessä. Kolmasosa tästä tavoitteesta saavutetaan uusiutuville polttoaineilla. Kemin kaivos pyrkii hyödyntämään hiilivapaata sähköä, ajoneuvoissa biopolttoaineita sekä korvaamaan maakaasun ja propaanikaasun käytön lämmityksessä biokaasulla. Kaivuskoneita pyritään myös sähköistämään, jotta tarve polttoaineille vähenee. (1; 2; 3.)

Outokumpu Chrome Oy on viimeistelemässä vuonna 2017 alkanutta Kemin kaivoksen 280 miljoonan euron arvoista investointia kaivoksen laajentamiseen 1 000 metrin syvyyteen. Investoinnin tavoitteena on varmistaa kromin saatavuus myös tuleviksi vuosikymmeniksi. Investoinnilla varmistetaan kannattava, turvallinen ja moderni kaivosprosessi. Kilometrin syvyyteen asti olevat mineraalivarannot on arvioitu tällä hetkellä olevan yli 90 miljoonaa tonnia, mutta seismisiä menetelmiä käyttämällä on havaittu, että mineralisaatio jatkuu myös syvemmälle. Laajennusprojektiin kuuluu myös uuden nostotornin valmistus sekä uuteen maanalaiseen malmilinjastoon ja murskaamoon liittyvät rakennustyöt. (1; 2; 3.)



KUVA 1. Kemin kaivoksen ilmakuva (2)

2 KUNNOSSAPITO- JA MURSKAUSTOIMINTA

2.1 Kunnossapito

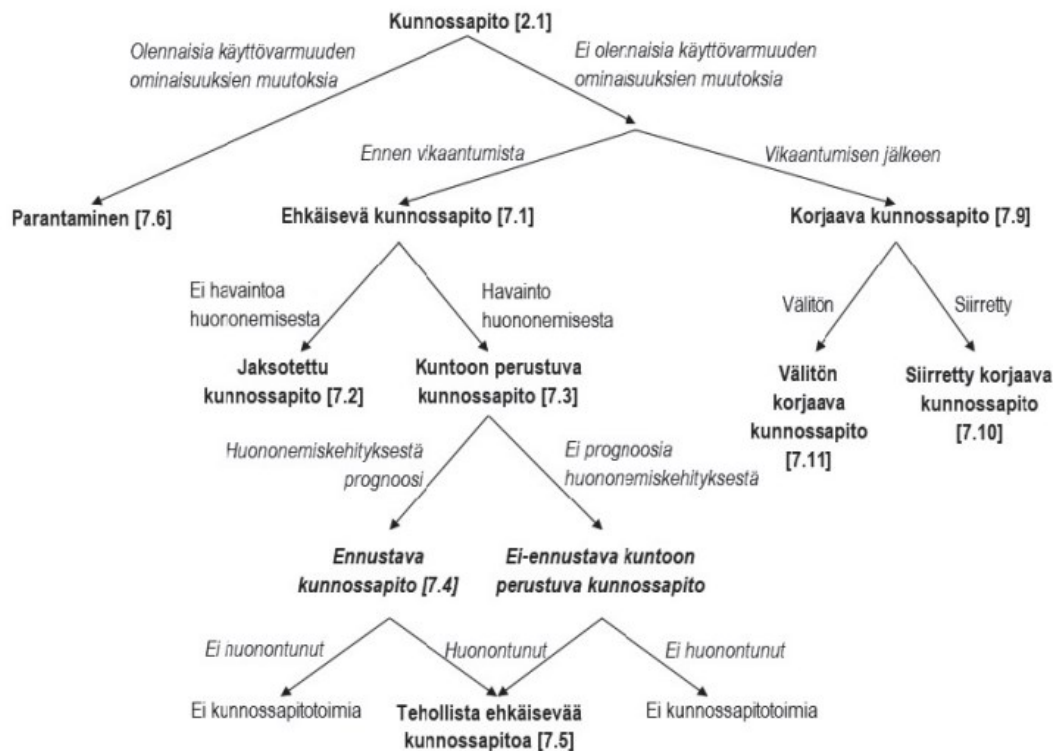
Kunnossapidon pääasiallinen tehtävä on ylläpitää tekninen laite toimintakuntoisena tai korjata laite ja sen komponentit sellaiseksi, että se pystyy suorittamaan sille määrätyt toiminnot. Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat KNL eli tuotannon kokonaistehokkuus ja hyvä käyttövarmuus, joka koostuu kunnossapidettävyydestä, kunnossapitovarmuudesta ja toimintavarmuudesta. Tavoitteisiin kuuluu myös turvallisuuden sekä ympäristön huomioiminen ja kustannustehokkuus. Kunnossapito jaetaan yleensä eri päälajeihin. Näitä ovat ehkäisevä kunnossapito, huolto, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito ja vikojen selvitys. Kunnossapito toteutetaan usein tietyt standardit ja ohjeet huomioon ottaen, jotta varmistetaan laadukas ja tehokas toiminta. Käytettävät standardit voivat vaihdella eri toimialojen välillä. (3; 4; 5.)

2.1.1 Kunnossapitostandardit ja kunnossapitolajit

Kunnossapidolle tyypilliset standardit ovat SFS-EN 13306, PSK 6201 ja PSK 7501. SFS-EN 13306 standardin mukaan käsite kunnossapito voidaan jakaa ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon (kuva 2). Ehkäisevä kunnossapito on kunnossapitoa, jonka tarkoituksena on vähentää ja/tai arvioida laitteen hajoamisen todennäköisyyttä ja laitteen heikentymistä. Ehkäisevä kunnossapito yleensä jakaantuu jaksotettuun sekä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Jaksotettu kunnossapito tehdään ennalta määriteltyjen aikajaksojen tai käyttämisen määrän mukaan. Se kuitenkin toteutetaan ilman edeltävää toimintakunnon tarkastusta. Kuntoon perustuva kunnossapito on laitteen tarkastusta ja analysointia sekä mahdollisesti niiden laitteesta tehtyjen havaintojen takia tehtäviä kunnossapitotöitä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu myös perushuolto, joka on laaja toimenpidokokonaisuus, jolla ylläpidetään laitteen vaadittu suorituskyky. Perushuoltoa voi suorittaa aiemmin määriteltyjen aikavälien mukaan tai käyttömäärän mukaan. (6; 7; 8.)

Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota suoritetaan laitteen vian havaitsemisen jälkeen ja sen tavoitteena on palauttaa laite tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun tehtävän. Korjaavaa kunnossapitoa voidaan jakaa siirrettyyn ja välittömään korjaavaan kunnossapitoon. Siirretyssä korjaavassa kunnossapidossa korjaavia toimenpiteitä ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen,

vaan sitä siirretään tai viivästetään ajan sallimissa puitteissa. Välittömässä korjaavassa kunnossapidossa korjaavat toimenpiteet suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen. (6.)

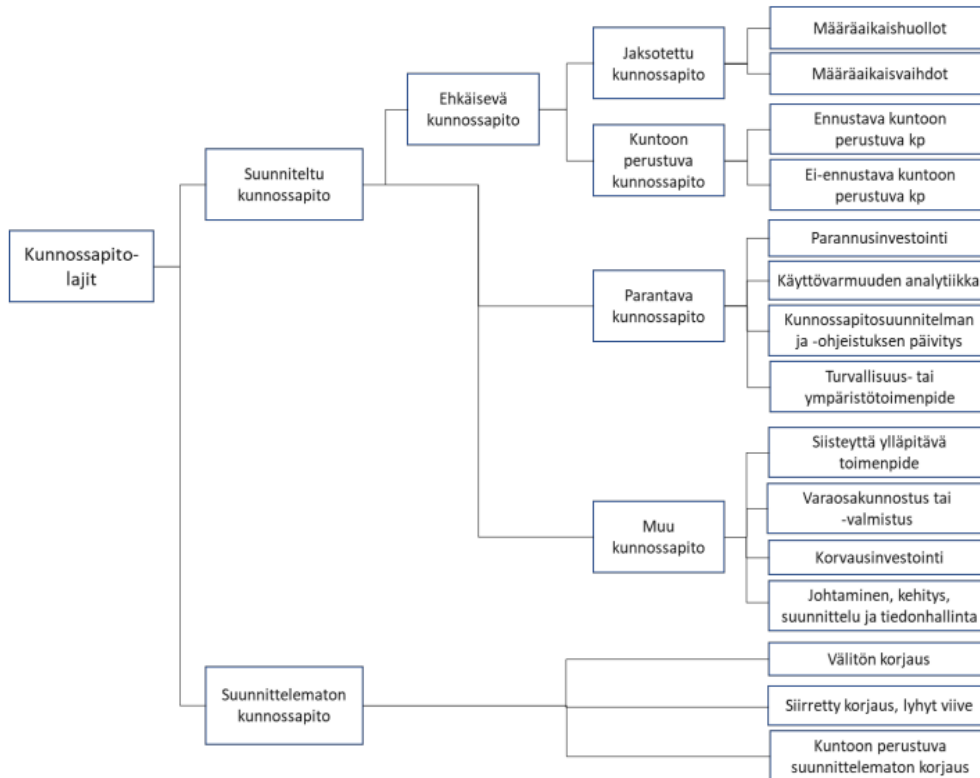


Kuva A.1 Kunnossapitolajit

KUVA 2. SFS-EN 13306:2017 Kunnossapitolajit (9)

2.1.2 PSK 6201 -standardin kunnossapitolajit

PSK 6201 ja PSK 7501 jakavat kunnossapitolajit hieman eri tavalla. PSK 6201 jakaa kunnossapitolajit kahteen eri osaan (kuva 3), joita ovat suunniteltu kunnossapito ja suunnittelematon kunnossapito. Standardin mukaan kunnossapitolajit sisältävät toimenpiteitä, joilla pidetään laite halutussa toimintakunnossa, todetaan laitteen toimintakunto, saatetaan laite haluttuun toimintakuntoon, parannetaan laitteen käyttövarmuutta tai toimenpiteitä, jotka käyttävät kunnossapidon resursseja. Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluvat ehkäisevä kunnossapito, parantava kunnossapito ja muu kunnossapito. Ehkäisevä kunnossapito jaetaan vielä jaksotettuun kunnossapitoon ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Suunnittelemattomaan kunnossapitoon sisältyvät kaikki korjaustoimet. Kunnossapitolajit on määritelty kuvassa 3. (10; 11; 12.)

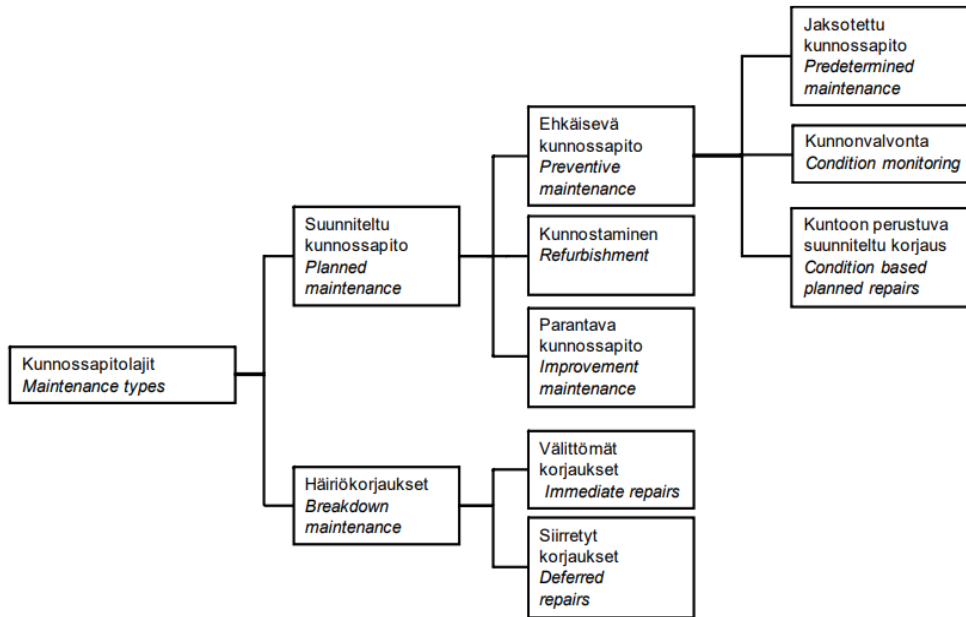


Kuva 9 Kunnossapitolajien luokittelu

KUVA 3. PSK 6201. 2022 Kunnossapitolajien luokittelu (11)

2.1.3 PSK 7501 -standardin kunnossapitolajit

PSK 7501 standardi (kuva 4) jakaa kunnossapitolajit sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotannolle häiriöitä. Suunniteltuun kunnossapitoon sisältyvät ehkäisevä kunnossapito, parantava kunnossapito ja kunnostaminen. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat jaksotettu kunnossapito sekä kunnonvalvonta, jolla tehdään havaintoja laitteen kunnossapitotarpeista. Parantava kunnossapito on toimia, joilla muutetaan laitteen rakennetta kunnossapidettävyyden ja toimintavarmuuden parantamiseksi. Kunnostamisella tarkoitetaan laitteen palauttamista toimintakuntoon siten, että prosessituotanto ei häiriinny. Häiriöllä tarkoitetaan vikaa, joka estää laitteen toiminnan suunnitellulla tavalla. Häiriökorjauksella tarkoitetaan häiriön poistamiseksi tehtävää kunnossapitotyötä. (13; 14; 15.)



KUVA 4. PSK 7501. Kunnossapitolajit (14)

2.1.4 Kunnossapidon toimintakyvyn edellytykset ja organisointi

Resurssit ovat tärkeä osa kunnossapitoa. Kunnossapidolle tulee varata riittävät henkilöresurssit, korjaamo- ja huoltotilat, työkalut, varastot, toimistot ja tarvittavat kunnossapitojärjestelmät. Henkilöstön tulee olla koulutettua ja kunnolla perehdytettyä kunnossapitotöihin. Henkilöstön hankinnassa toimitaan tietyn kunnossapitostrategian mukaan ja mietitään tarkkaan, mihin tehtäviin palkataan omaa henkilöstöä ja mihin tehtäviin ostetaan palvelut ulkopuolisilta toimittajilta. Kunnossapitohenkilöstö koulutetaan laitteiden rakenteisiin, toimintaan ja päivittäisiin huoltoihin. Kunnossapitohenkilöstö on hyvä ottaa mukaan laitevalintoihin ja uusiin hankintoihin. Kunnossapidon ja käyttöhenkilöstön yhteistyö tulee olla saumatonta. Tämä edellyttää sitä, että kunnossapito on kiinnostunut tuotannosta ja käyttöhenkilöstö on kiinnostunut kunnossapidosta. (16, s. 329–331.)

Kunnossapito vaatii toimiakseen tietyt ohjausjärjestelmät sekä dokumentoinnit. Kunnossapitojärjestelmän avulla hallitaan näitä osa-alueita. Kunnossapidolle tulee luoda strategia, joka tukee tuotantolaitoksen tavoitteita. Dokumentoinnissa tärkeää ovat piirustukset, konetiedot, korjaushistoriat, huolto-ohjeet, varaosalistat, ohjeistukset sekä standardit. Tietojärjestelmiin pyritään saamaan laitetuottajilta kaikki perustiedot sähköisesti, jotta ne voidaan lisätä tuotantolaitoksen omiin järjestelmiin helposti. Kunnossapitojärjestelmien avulla seurataan laitteiden kuntoa, korjaustarpeita, käyntiaikaa ja korjaustiheyttä. Näistä saatuja tietoja käytetään kunnossapito- ja investointisuunnitelmia tehtäessä. (16, s. 329–336.)

Kustannusseurannalla pyritään saamaan tietoja, joiden mukaan onnistutaan ohjaamaan yrityksen toimintoja, tekemään investointeja, vähentämään kuluja ja parantamaan tuotantoa. Kustannusseurannalla myös analysoidaan tuotannon kannalta tärkeitä jatkuvan kehityksen kohteita, joilla parannetaan toimilaitoksen kustannustehokkuutta. Jokaisesta suuresta työstä ja investoinnista tehdään kustannusarviot, riskianalyytit sekä aikatauluarviot. Näiden avulla arvioidaan parantavan kunnossapidon, muutostöiden ja investointien riskejä sekä kannattavuutta. Kunnossapitojärjestelmissä on usein käytössä työnumerot, jotka helpottavat kustannusten hallintaa. (16, s. 329–336.)

2.2 Malmin murskaus

Murskaus tarkoittaa kaivoksessa louhitun malmikiven hienontamista tiettyyn raekokoon. Murskausta tehdään yleensä 1–3 käsittelyvaiheessa, eli malmia saatetaan murskata useita kertoja ennen kuin se syötetään jatkokäsittelyyn, useimmiten jauhatukseen. Myös louheen kuljettaminen, kuten hihnakuljetus tai nostaminen maan alta yleensä vaativat louheen murskauksen. Murskaamot koostuvat: murskaimesta, syöttimistä, kuljetusjärjestelmistä, seuloista sekä silloista. Eri kaivoksissa ja murskaamoissa käytetään eri laitteita. (16, s.197–200.)

Malmikiven murskaaminen tapahtuu iskulla tai puristamalla. Iskumurskaamalla malmi murskataan nopeasti pyörivän vasaran avulla. Iskumurskausta käytetään yleensä pehmeisiin kivilajeihin, mutta iskumurskaimia käytetään myös kovaa kiveä murskatessa, jos halutaan saada kuutionmallinen lopputuote. Puristusmurskaus on menetelmä, jossa malmikivi murskautuu kahden metallipinnan välissä. Pinnat puristavat kiveä siihen asti, että se murtuu. Puristusmurskausta käytetään yleensä koviin kivilajeihin. (16, s.197–200.)

Esimurskaus on yleensä murskaamisen ensimmäinen vaihe. Sen pääasiallinen tehtävä on murskata kivi sen kokoiseksi, että sitä voidaan jatkokäsitellä. Esimurskaimet ovat yleensä leuka- tai karamurskaimia ja ne sijaitsevat useimmiten maan alla. Ne ovat suurikokoisia ja täten niiden tärkein ominaisuus on syötteen vastaanottokapasiteetti, eli kuinka paljon murskain pystyy ottamaan syötettä vastaan ilman tukkeutumista. Murskaimen yhteyteen yleensä kannattaa asentaa iskuvasara,

jolla voidaan hajottaa ylisuuret kivet taikka aukaista tukoksia. Maanalaisessa kaivoksessa murskaimet ovat yleensä kiinteitä, mutta myös liikuteltavia murskaimia on saatavilla. Murskaintyyppi valitaan aina kaivoksen toimintatavan mukaan. (16, s.197–200.)

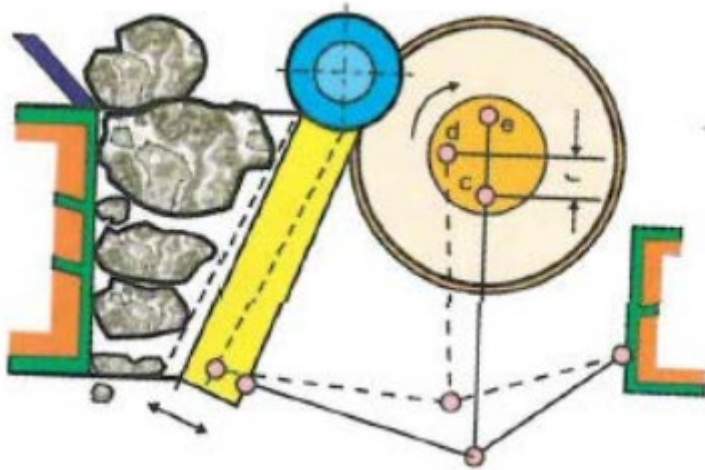
2.2.1 Leukamurskain

Leukamurskaimet ovat tyypillisiä esimurskaimia, sillä ne ovat kestäviä ja luotettavia laitteita. Niiden toiminta perustuu puristavaan murskaukseen. Leukamurskaimessa on kaksi leukaa, joista toinen on kiinteä ja toinen liikkuva. Murskausprosessi tapahtuu näiden leukojen välissä. Liikkuva leuka on kiinni heilurissa, joka edestakaisin liikkumalla saa aikaan leuan liikkeen. Kaikki leukamurskaimet vaativat syöttimen, joka syöttää kiviä leukamurskaimeen. Leukamurskaimet jaetaan kiertomurskaimiin sekä heilurimurskaimiin. Kuvassa 5 nähtävässä kiertomurskaimessa on epäkeskoakseli murskaimen päällä ja sen puristus syntyy akselin liikkeen sekä työnninlaatan vaikutuksesta. (16, s. 200–201.)



KUVA 5. Kiertoleukamurskain (16, s.201)

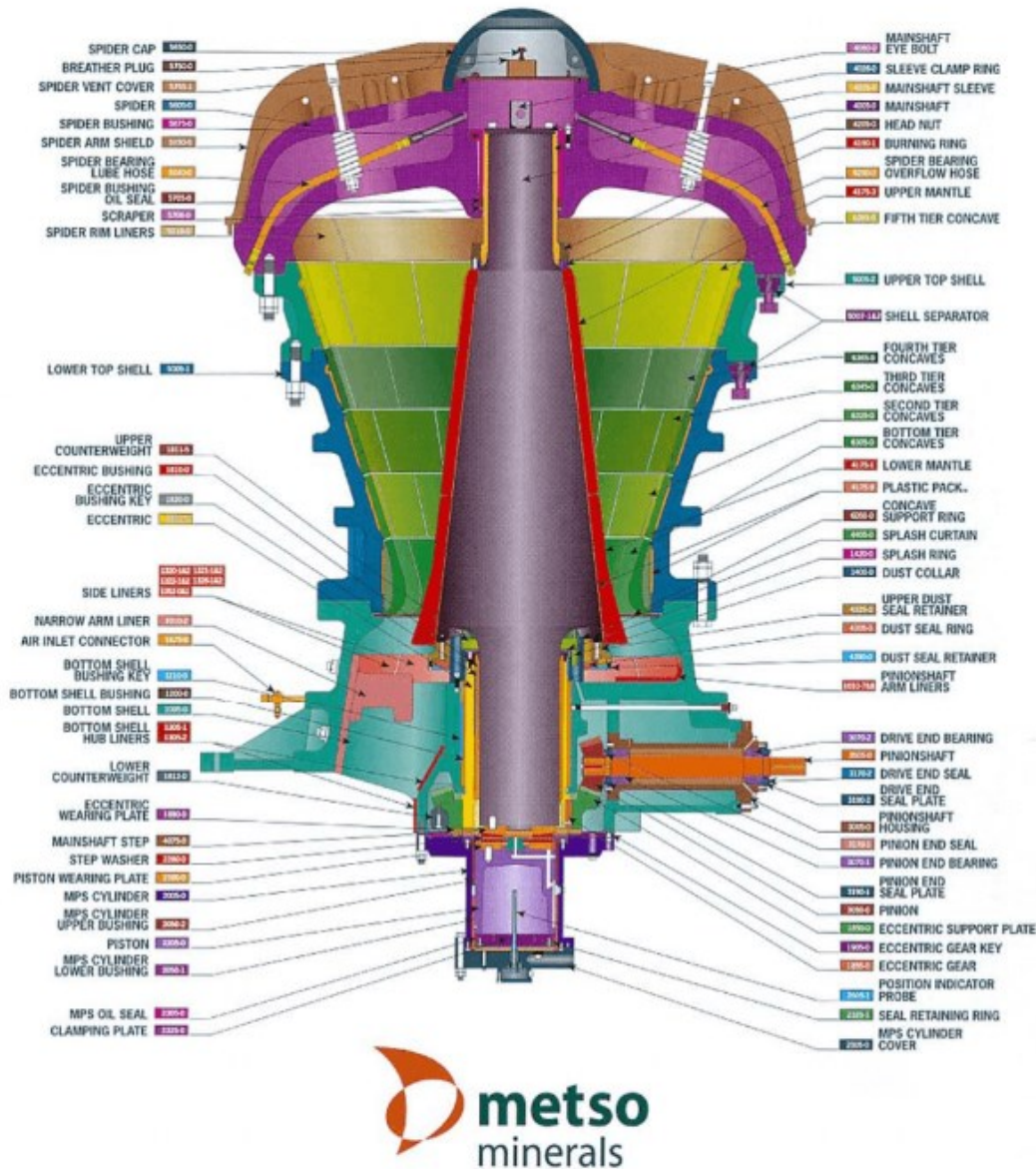
Heilurimurskaimessa (kuva 6) on kaksi työnninlaattaa ja kaksi akselia, joista toinen akseli on murskaimen päällä oleva nivelöity akseli ja toinen on epäkeskoakseli, joka käyttää kumpaakin työnninlaattaa. Tässä murskaimessa liikkuva leuka liikkuu edestakaisin suorassa linjassa kiinteää leukaa vasten. (16, s. 200–201.)



KUVA 6. Heilurileukamurskain (16, s.201)

2.2.2 Karamurskain

Karamurskaimet ovat murskaimia, joissa kara-akseli on laakeroitu molemmista päistä. Karamurskain on puristusmurskain ja malmikiven murskaustoiminta tapahtuu liikkuvan kara-akselin manttelin eli karassa kiinni olevan kulutuskartion ja kiinteän murskausvaipan välillä. Kuvassa 7 nähtävässä murskaimen osakuvassa selkenee murskaimen rakenne. Hammaspyörillä pyöritettävä epäkeskoakseli saa karamurskaimessa aikaan oskilloivan liikkeen, eli kara liikkuu edestakaisin sivu- ja pystysuunnassa, ja tällä tavalla puristaa kiviä vaippaa vasten. Karamurskaimissa on hydraulitoiminen säätöjärjestelmä, jolla voidaan säätää murskaimen tuottamaa raekokoa. Järjestelmä nostaa tai laskee kara-akselia ja samalla suurentaa taikka pienentää karan manttelin ja vaipassa olevien kulutuslevyjen eli concaavien väliä. (16, s. 201–202.)



KUVA 7. Karamurskaimen osakuva (17)

Ero hieman vastaavanlaisen kartiomurskaimen on se, että kartiomurskaimessa akseli on laake-roitu ainoastaan alhaalta. Karamurskain (kuva 8) pystyy käsittelemään myös karkeampaa syötettä kuin kartiomurskain. Karamurskaimet on yleensä nimetty numeropareilla, esim. 42–65. Numerot kertovat murskaimen tärkeimmät mitat tuumissa ilmoitettuna. Ensimmäinen numero tarkoittaa murskaimen syöttöaukon kokoa ja jälkimmäinen tarkoittaa kara-akselin manttelin alaosan halkaisijaa. Karamurskaimissa on suurikokoinen syöttöaukko ja ainoastaan lyhyt yhdensuuntainen alue murskauskammion sisällä. Tämän vuoksi karamurskaimella on suuri kapasiteetti mutta kuitenkin pieni murskaussuhde. Murskaimen käytön tulisi olla sellaista, että murskauskammio on aina niin

täynnä kiveä kuin mahdollista. Tällä pyritään optimoimaan käyttökulut ja lopputuotteen muoto. (16, s.201–202.)



KUVA 8. Metso karamurskain MKIII 42-65 (18.)

2.2.3 Murskaamon käyttö ja kunnossapito

Murskaimet ovat tärkeässä roolissa kaivoksen toiminnassa. Jos murskain on hajonnut tai muuten toimintakyvytön, kaivoksen malmivirta tyrehtyy. Ylisuuria kiviä ei tule syöttää murskaimeen, sillä ne voivat hajottaa tai tukkia murskaimen. Oikeanlaisella murskaamon käytöllä ja huoltamisella voidaan varmistaa murskaamon toiminta ja minimoida seisonta-ajat. Murskaamon laitteet tulee käynnistää ja sammuttaa oikeassa järjestyksessä. Tämä toteutetaan yleensä automaattikäytöllä. Kivimateriaalia ei pystytä syöttämään eteenpäin, ellei seuraava laite ole jo käynnissä. Asianmukaisella murskaamon käytöllä ja huollolla saavutetaan pitkä käyttöikä, korkeat tuotantomäärät, hyvä käytettävyys ja laatu sekä pienet käyttökustannukset. Murskaamon varsinaiset huoltokustannukset ovat pieniä, jos verrataan kustannuksia tuotannon seisomiseen. Tuotantokatkoksista johtuvat välilliset kustannukset kohoavat helposti hyvinkin suuriksi. (16, s. 204–205.)

Murskaamoja ohjataan valvomosta, josta voidaan ohjata ja seurata murskaamon toimintaa. Automaattijärjestelmät säätelevät ja myös valvovat murskaamon laitteiden toimintaa. Järjestelmät pysyvät suojaamaan niitä rikkoutumisilta ja ylikuormituksilta. Yleensä myös voitelujärjestelmät ovat

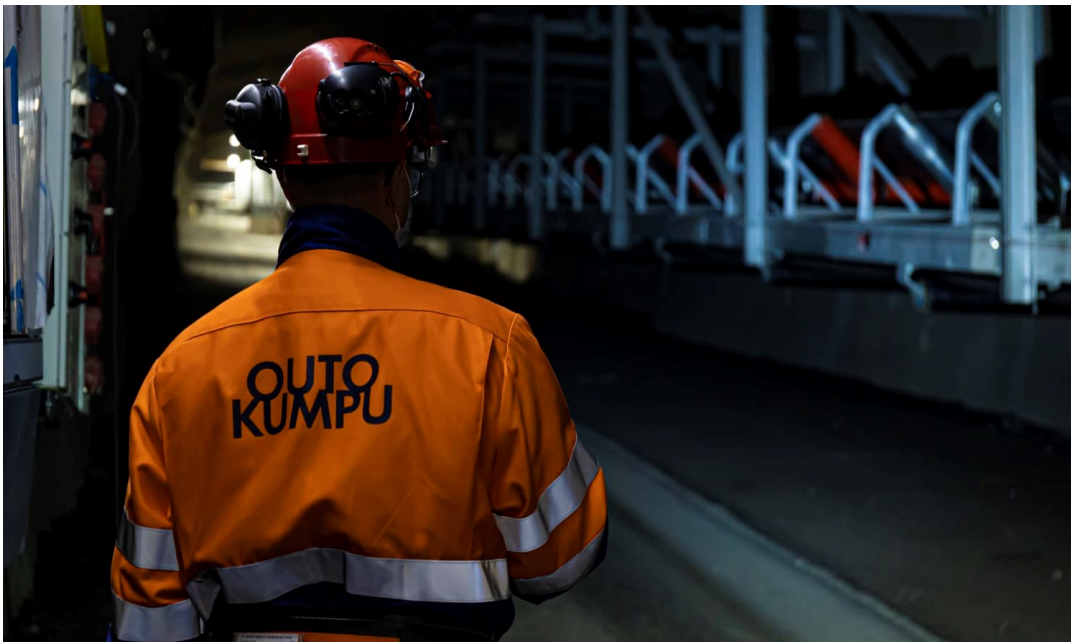
automaation takana. Automaation etuna on myös se, että ne tallentavat tietoa murskaamon toiminnasta. Tämä edesauttaa kunnossapitoa, jos murskaamossa ilmenee vikoja, joita joudutaan lähtemään selvittämään. Ennakkohuollot ovat tärkeässä roolissa murskaamon toiminnassa ja seisokien estämisessä. Ennakkohuollot määräytyvät laitevalmistajien suositusten mukaan. Niihin sisältyy tiettyjä huoltotoimenpiteitä ja tarkistuksia. Ennakkohuollolla ja kunnonvalvonnalla onnistutaan huomaamaan orastavia vikoja hyvissä ajoin, sekä sen myötä voidaan suunnitella tulevat huollot ennakkoon ja tilata huoltoon vaadittavat varaosat. Tämä taas lyhentää murskaamon huoltoaikaa. Ennakkohuoltoon kuuluu yleensä voiteluöljyjen määrän ja laadun tarkistuksia, suodattimien vaihtoa ja moottorien tarkistuksia. Automaatiojärjestelmistä havaittavat erot laitteen arvoissa viittaavat yleensä johonkin ongelmaan, ja monesti ennakkohuollon avulla ongelmat saadaan ratkaistua ennen kuin laite rikkoontuu. Jos vikaa ilmenee, on tärkeää myös selvittää, mistä vika johtuu. Tällä voidaan estää laitteen uudestaan rikkoutuminen. Jos vika vain korjataan, se voi toistua uudelleen. (16, s.205.)

Murskaimessa olevat kulutuslevyt ovat tärkeässä roolissa murskaamon toiminnassa. Ne vaativat säännöllistä tarkastelua ja vaihtoa. Jos kulutuslevyt ovat liian kuluneita, ne voivat aiheuttaa vaurioita murskaimen runkoon ja samalla vähentää käyttöikää. Kuluneet kulutuslevyt myös vähentävät murskaimen tuotantoa. (16, s.205.)

3 KUNNOSSAPITOSTRATEGIA

3.1 Kunnossapito Kemin kaivoksella

Kemin kaivoksen kunnossapito-organisaatio on jaettu rikastamon ja maanalaisen kaivoksen kunnossapitoon. Maanalaisen kaivoksen kunnossapito on jaettu vielä erikseen liikkuvan kaluston kunnossapitoon, kiinteän kaluston kunnossapitoon sekä sähkökunnossapitoon. Tässä työssä keskitytään maanalaisen kaivoksen kiinteään kunnossapitoon.



KUVA 8. Kemin kaivoksen uusi malmilinjasto (19)

Kemin kaivoksen kiinteän kunnossapidon asentajat työskentelevät keskeytyvässä 2-vuorotyössä. Tämä tarkoittaa sitä, että asentajat ovat töissä 8 tuntia päivässä arkipäivisin ja viikonloput he ovat vapaalla. Töitä tehdään joka toinen viikko aamuvuorossa ja joka toinen viikko iltavuorossa. Asentajia kiinteässä kunnossapidossa on tällä hetkellä seitsemän. Liikkuvan kaluston kunnossapitoasentajat huolehtivat kiinteän kunnossapidon töistä öisin ja viikonloppuisin. Asentajien lisäksi kunnossapitoon kuuluu yksi kiinteän kunnossapidon työnjohtaja ja kaksi liikkuvan kaluston kunnossapidon työnjohtajaa. Kunnossapidon tiimiin kuuluvat myös kunnossapitoinsinööri, työsuunnittelija ja käyttövarmuusinsinööri. He suunnittelevat yleensä yhdessä työnjohdon kanssa tulevat seisokit, jaksottavat ja ajoittavat töitä sekä suunnittelevat viikon tapahtumat.

Kiinteän kunnossapidon työtehtäviä Kemin kaivoksessa ovat malmilinjojen, murskaamoiden, liettämön ja pumppaamoiden huollot sekä vikakorjaukset. Lisäksi kiinteän kunnossapidon asentajat suorittavat kunnossapitotyöt kaivoksen huoltotiloissa ja muissa tiloissa. Kunnossapidon työtehtävät on yleensä jaettu ennakkohuoltotoihin, vikakorjaus ja korjaustöihin sekä seisokkitöihin.

Ennakkohuolto- ja kunnonvalvontatyöt ovat kiinteän kunnossapidon yleisimpiä työtehtäviä. Maanalaisessa kaivoksessa on monia eri kohteita, jotka tarvitsevat päivittäisiä tarkastuksia ja ennakkohuoltoja. Kriittisimmät kohteet ovat malmilinjat, murskaamot ja poistovesipumppaamot, jotka sijaitsevat -350 metrin ja -500 metrin syvyydessä. Malmilinjoihin tehdään tarkastukset mahdollisten poikkeamien varalta. Poikkeamia saattaa esiintyä esimerkiksi hihnakuljettimien matoissa tai hihnojen vetorummuissa. Pumppaamoista tarkistetaan öljymäärät ja katsotaan, että pumput ovat toimintakunnossa eikä ylimääräisiä ääniä kuulu. Murskaamalla tyypillinen tapahtuma tunnetaan puhekielellä nimellä ``konkelo``, joka tarkoittaa murskaimen tukkeutumista suuren malmikiven tai tuenta-verkon takia. Joskus murskaimeen syötetty kivi voi olla niin suuri, ettei murskaimen kapasiteetti riitä murskaamaan sitä. Liian suuret kivet murskataan manuaalisesti murskalla sijaitsevalla Rammerrikotusvasaralla, jonka jälkeen murskaimen käyttöä voidaan taas jatkaa.

Vikakorjaus ja korjaustyöt kuuluvat myös kiinteän kunnossapidon osa-alueisiin. Koska maanalaisessa kaivoksessa on paljon liikkuvia laitteita ja osia, kuten kuljettimia ja murskaimia, ovat myös riskit laitteiden rikkoontumiselle suuria. Kaikki laiterikot ja korjaukset pyritään suorittamaan mahdollisimman nopeasti, jotta kaivoksen tuotanto ei kärsi. Kaivoksen kosteat olosuhteet ovat varsin haastavia esimerkiksi metalleille. Tämän vuoksi korrosio on yleistä maanalaisissa laitteissa. Tyypillisesti ruostuneet osat ovat hihnakuljettimien syöttimiä, joita kunnossapito joutuu korjaushitsaamaan. Myös malmikivien massat ja voimat rikkovat sekä kuluttavat laitteita.

Seisokkityöt ovat yleensä kuukauden välein tehtäviä suunniteltuja korjaus- tai huoltotöitä. Seisokin aikana tuotanto yleensä keskeytyy pidemmäksi aikaa. Töitä tehdään omalla kunnossapitohenkilöstöllä tai työ ostetaan palveluntoimittajalta. Murskaimen huoltotyö on työ, joka vaatii pidempiaikaisen tuotannon keskeytymisen. Tyypillisesti seisokkityöt suoritetaan kiinteän kunnossapidon toimesta tavallisessa kaksivuorotyössä. Suuremmissa seisokeissa myös ylityöt ovat mahdollisia. Kaikki seisokkityöt pyritään resursoimaan ja aikatauluttamaan siten, että ylimääräisiltä kuluilta tai tuotannon keskeytymisiltä vältetään mahdollisimman hyvin.

KUTI on Outokummun tietojärjestelmä, joka kattaa kaikki kaivoksen kunnossapitotyöt. Se on toiminnanohjausjärjestelmä, johon lisätään kaikki kunnossapidolliset tai tuotantoon vaikuttavat työt. Sen avulla voidaan aikatauluttaa, hallita ja ennakoida tulevaa kunnossapitotyömäärää. KUTI:a päivittävät kunnossapitoinsinööri, työnjohtajat, suunnittelijat sekä tuotannon toimihenkilöt. Sitä ei käytetä pelkästään kiinteän kunnossapidon tarpeisiin, vaan myös kaivoskoneiden huoltotoihin. Kunnossapidossa KUTI:a käytetään yleensä työmääräimien tekemiseen. Työnjohtaja luo järjestelmään esimerkiksi korjaustyön, johon hän kirjoittaa, mitä kohdetta asentajat lähtevät korjaamaan, mitä siitä korjataan, ja mitä työvälineitä korjaukseen tarvitaan. Lisäksi työmääräimeen yleensä kirjataan turvallisuuden liittyviä seikkoja tai osalistoja. KUTI:ssa on myös päiväkirja, johon kirjataan työpäivän päätteeksi kaikki tehdyt työt sekä poikkeamat, joita kaivoksessa on ollut oman vuoron aikana. Seuraava vuoro voi seurata sieltä, mitä töitä on tehty ja mitä on tekemättä.

SOP eli standard operating procedure on Kemin kaivoksella käytössä oleva vakiotoimintamenetely. Sen syntyperä kuuluu lean-ajattelutapaan, jolla pyritään parantamaan turvallisuutta ja laatua, pienentämään kuluja sekä lyhentämään tuotannon läpimenoa kuluvaan aikaan. SOP on useimmiten huoltotyöohje, jonka tarkoituksena on ohjata kaivoksen työntekijöitä tekemään työnsä oikealla tavalla ja turvallisesti. SOP-toimintaohjeet ovat yksinkertaisia dokumentteja, joita asentajat voivat seurata helposti. Niiden avulla myös mahdollistetaan se, että kaikki työmenetelmät ovat identtisiä riippumatta siitä, kuka työtä suorittaa.

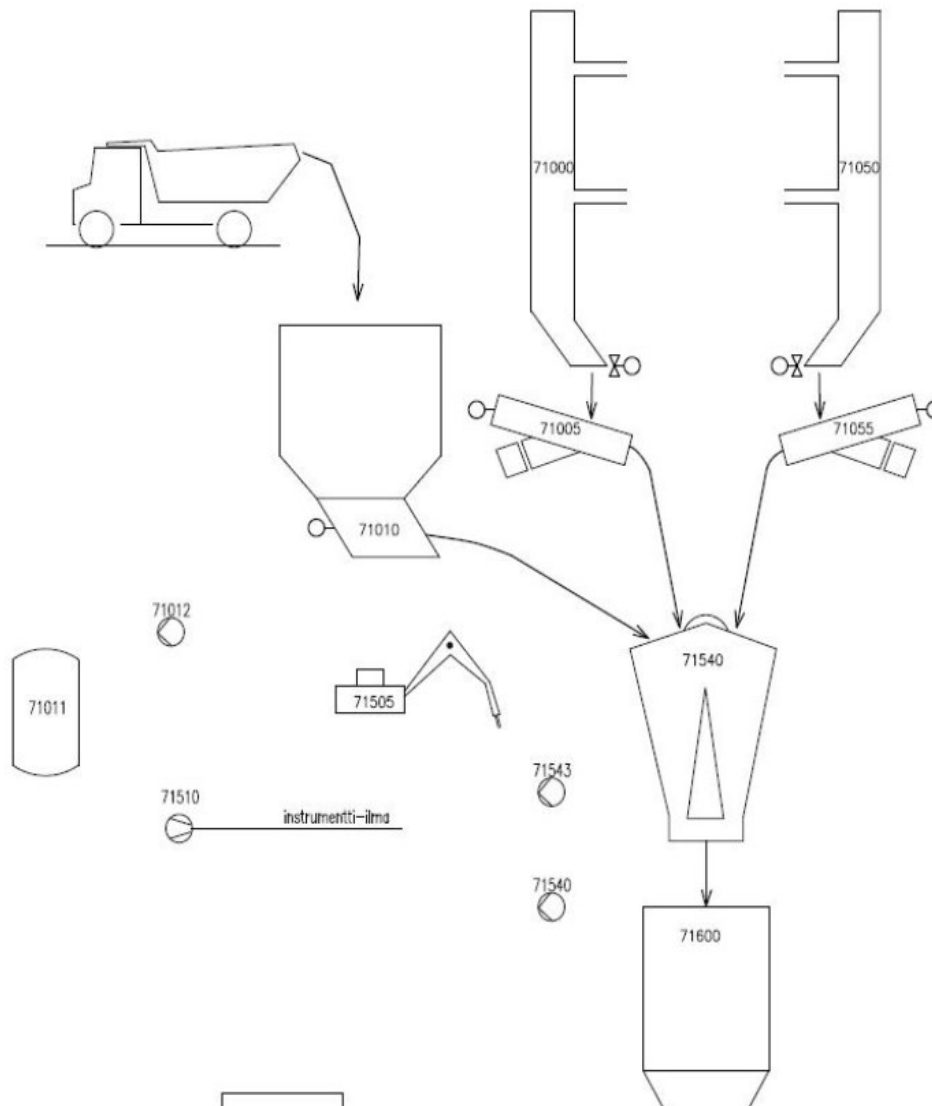
3.2 Maanalainen murskaus Kemin kaivoksella

Kemin kaivoksessa räjäytetty louhe esimurskataan nykyisin joko -550 m tason karamurskaimella, tai -1010 m tason leukamurskaimella. Uusi leukamurskain otettiin käyttöön karamurskaimen ohelle maanalaisen kaivoksen laajennusprosessissa. Maanalaisen kaivoksen murskaimia, syöttimiä, kuljetuslinjoja ja muita laitteita ohjataan kaivoksen rikastamon ohjaamosta. Kuvassa 9 nähdään murskaimen kita, vasemmalla IFE-syötin 71005, keskellä vaunusyötin 71010 ja oikealla IFE-syötin 71055.



KUVA 9. -550 m tason murskaamo

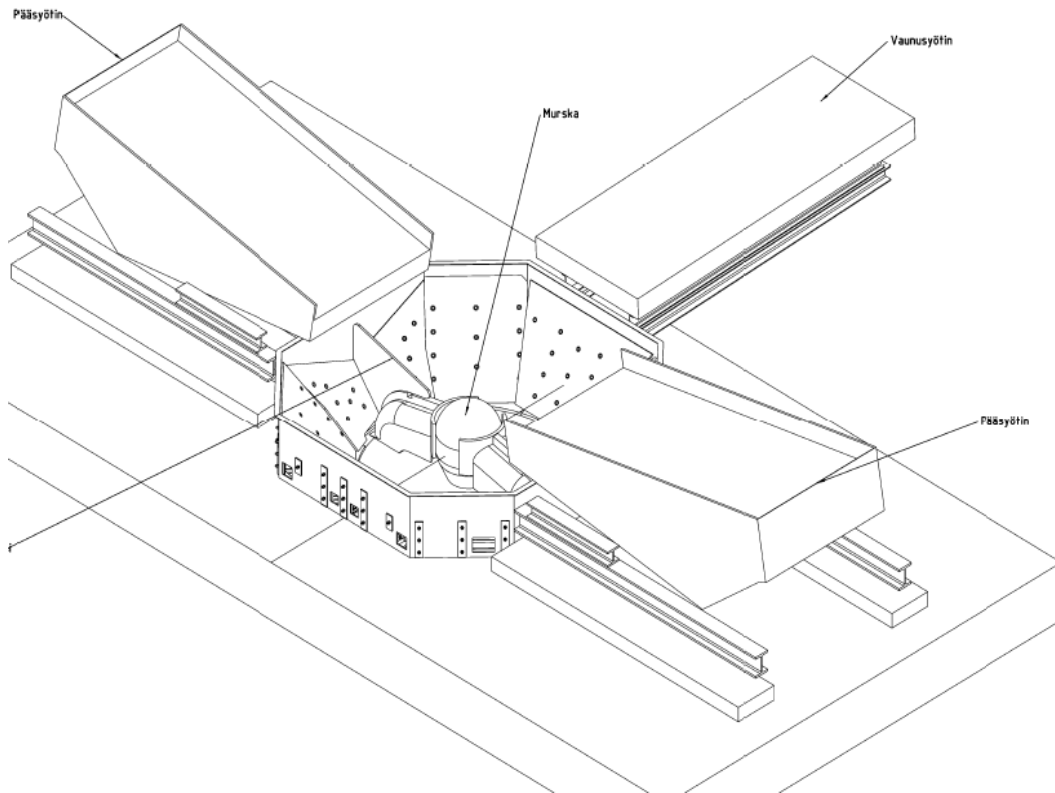
Murskaus -550 m:n tasolla tapahtuu siten, että kaivoksesta louhittu malmi kuljetetaan kuorma-autoilla kaatonousuihin. Kaatonousut ovat louhesiiloja eli vertikaalisesti louhittuja tunneleita. Ne alkavat -250 m:n tasolta ja kulkevat aina -550 m:n tasolle asti. Tasoja on -25 metrin välein. Kuorma-autot purkavat lastit ylemmiltä tasoilta ja malmikivet kulkeutuvat alaspäin aina murskaamolla sijaitseville syöttimille asti. Kuvassa 10 nähtävässä periaatekuvassa Kaatonousu 1:seen kaadetut malmikivet tippuvat syöttimelle 71005 ja Kaatonousu 2:seen kaadetut kivet tippuvat syöttimelle 71055 asti. Syöttimet värähtelevät ja syöttävät malmikiveä murskaimeen 71540 aina halutun määrän.



KUVA 10. -550 m:n tason murskauksen toimintaperiaate

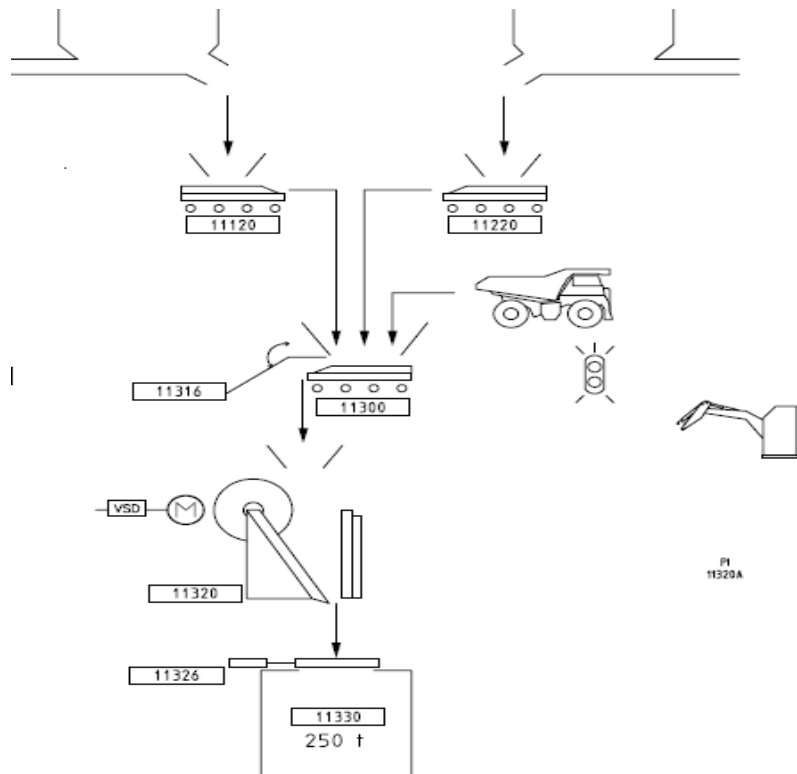
Malmia voidaan kuljettaa myös vaunusyöttimelle 71010. Sen yläpuolella ei ole kaatonousua, vaan sinne kaadetaan malmikiveä sen omalta tasolta. Vaunusyöttimen toiminta perustuu siihen, että se on pienessä kulmassa ja sen alaosassa oleva vaunu liikkuu edestakaisin samalla saaden malmikiviä tippumaan murskaimeen. Vaunusyöttimeltä syötetyt kivet ovat yleensä suurikokoisempia kuin syöttimiltä 71005 ja 71055. Tämä johtuu siitä, että kaatonousuihin kaadetut kivet tippuvat painovoiman ansiosta alaspäin ja samalla rikkoutuvat itsestään. Vaunusyöttimeltä tulevat suurikokoiset malmikivet myös saattavat joskus aiheuttaa murskaimeen tukoksen ja kiviä joudutaan rikottamaan käsin myös kuvassa 9 näkyvällä Rammer -rikotusvasaralla. Kuvassa 11 nähdään vaunusyöttimen sijoituspiirros murskaimeen 71540 nähden.

Murskaamossa -550 m sijaitseva karamurskain 71540 rikottaa malmikivet pienemmiksi ja tiputtaa ne murskaimen alapuolella sijaitsevaan ja kuvassa 10 näkyvään välisiiloon 71012, josta esimurskatut kivet siirtyvät syöttimiä ja kuljetuslinjoja pitkin prosessissa eteenpäin. Kuvassa 11 on esiteltyä vielä piirroskuva murskaamosta.



KUVA 11. Murskaamon - 550 m piirroskuva

Murskaus -1010 m:n tasolla tapahtuu siten, että kaivoksesta louhittu malmi kuljetetaan kuorma-autoilla tason -900 m kaatonousuihin, joita ovat Kaatonousu 4 ja Kaatonousu 5. Myös näissä kaatonousuissa kuorma-autojen lastien purkamiselle tarkoitetut tasovälit ovat -25 metrin välein. Kaatonousuista malmikiven matka jatkuu kahdelle eri vaunusyöttimelle. Verrattuna -550 m:n tason murskaamoon, -1010 m:n tason murskaamossa tärysyöttimet on siis korvattu vaunusyöttimillä. Kuvassa 12 nähtävässä periaatekuvassa Kaatonousu 4:seen kaadetut malmikivet tippuvat vaunusyöttimelle 11120 ja Kaatonousu 5:seen kaadetut kivet tippuvat vaunusyöttimelle 11220. Vaunusyöttimet kuljettavat malmikivet syöttimien yhteiseen purkusuppiloon, josta ne kulkeutuvat leukamurskaimen vaunusyöttimelle 11300. Tämä syötin kuljettaa malmikivet kuvassa 13 näkyvään leukamurskaimeen 11320, joka murskaa malmikivet pienemmiksi. Esimurskatut kivet tippuvat murskaimen alapuolella olevaan siiloon 11330 ja sieltä ne kulkeutuvat kuljetuslinjoja pitkin prosessissa eteenpäin.



KUVA 12. Murskaamon -1010 m toimintaperiaatekuva



KUVA 13. Leukamurskain 11320 ja sen yläpuolella vaunusyötin 11300

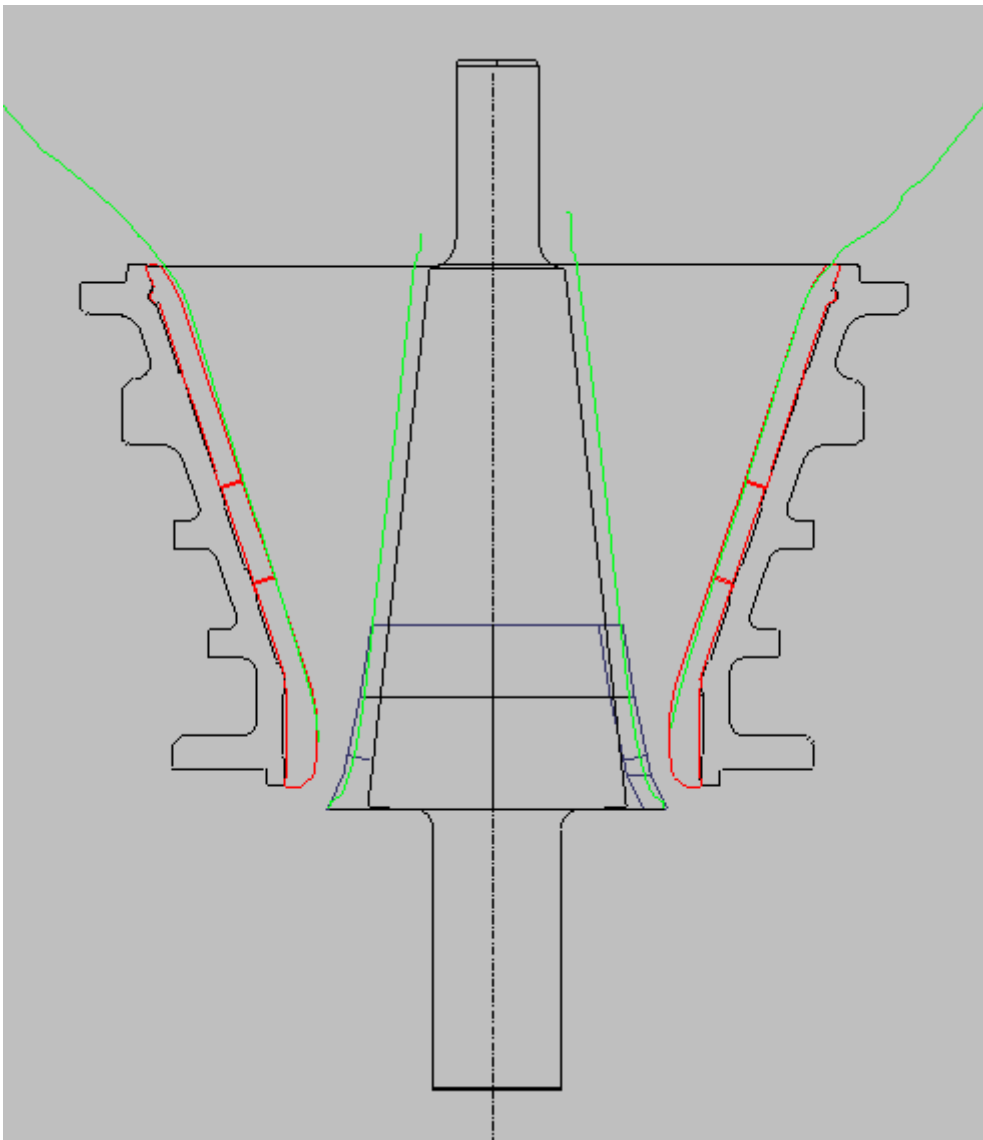
Uuden -1010 m:n tason murskausvaihtoehdon myötä vanhemman -550 m:n tason murskaimen käyttö vähenee. Tämän myötä myös vanhemman murskaimen huoltoväli pitenee. Ennen uuden murskauslinjaston käyttöönottoa, vanhan murskaimen vuosihuoltoseisokki on ajoittunut yleensä noin 365 päivän välein. Vuosihuoltoseisokeissa murskaimeen tehdään suurimpina töinä manttelin ja concaavien vaihto. Concaavien vaihto kuitenkin ajoittuu yleensä muutaman vuoden välein, sillä ne eivät ehdi vuoden aikana kulua suhteessa yhtä paljon kuin mantteli.

Murskaimen kitaan (kuva 14) pyritään syöttämään malmikiveä aina siten, että se olisi mahdollisimman täynnä. Tämä toimintatapa ehkäisee murskan manttelin kulumista epätasaisesti. Kun murskain on täynnä, sen mantteli rikottaa kiveä lähes kokonaan sen omalta matkalta eikä vain alaosista. Tällä hetkellä – 550 m:n tason murskaimeen 71540 ei voida syöttää epätasaisesti kulumista ennaltaehkäisevää määrää malmikiveä, sillä murskaimesta seuraavana prosessissa olevat kuljetuslinjat eivät kykene ottamaan vastaan enempää kiveä. Tämän myötä murskaimen manttelin on havaittu kuluvan enemmän sen alaosasta eli helmasta, ja manttelin vaihdon aikaväli on ollut yleensä noin vuosi.



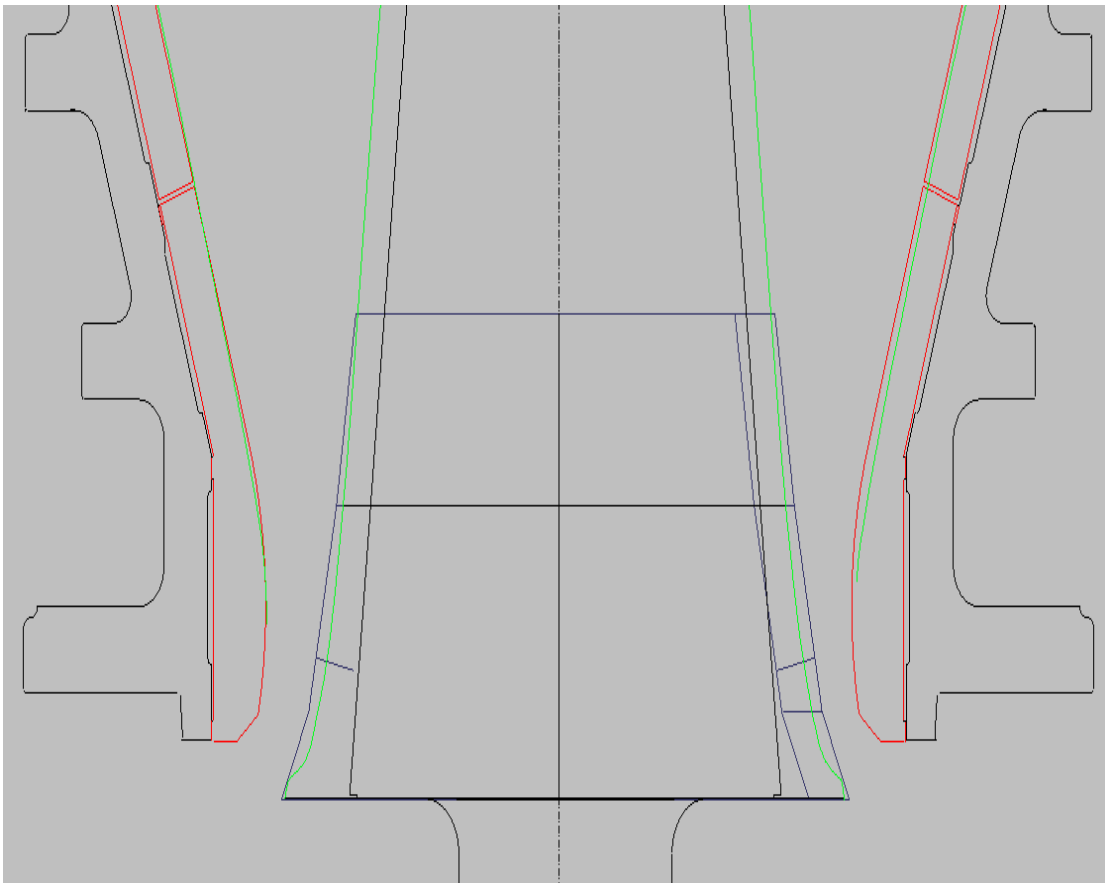
KUVA 14. Murskaimen 71540 kita

Murskaimesta on aika-ajoin otettu laserkeilaus-skannauksia, joista saadaan selville, kuinka paljon murskaimen mantteli ja concaavit ovat kuluneet. Skannauksessa murskaimesta otetaan yleensä neljä pistettä, joista saadaan kokonaiskuva sen kulumisesta. Skannauksista saatuja mittoja verrataan osien alkuperäismittoihin. Skannauksesta saadut tiedot ovat kuitenkin yleensä vain arvioita, sillä ne eivät ota huomioon murskaimen akselin nostamista tai asetusta. Lopputulokset on mahdollista mallintaa 2D-kuvaksi, kuten kuvassa 15 esitetään. Tämä helpottaa hahmottamaan murskaimen kulumista. Kuvat arkistoidaan Outokummun järjestelmiin, joissa niitä voidaan verrata edellisiin skannauksista saattuihin kuviin.



KUVA 15. Murskaimen laserkeilaus mallinnettuna 2D-kuvaksi

Kuvassa 16 on esitetty murskaimesta mallinnettu 2D-kuva, josta ilmenee hyvin selkeästi, mistä kohtaa mantteli ja concaavit ovat kuluneet. Kuvaan on piirretty keskelle mustalla manttelin alkuperäinen koko ja vihreällä värillä manttelin skannauksesta saatu koko. Kuvan laidoilla näkyy myös punaisella värillä piirretyt concaavit niiden alkuperäisinä paksuuksina ja vihreällä piirretty kulunut, skannauksesta saatu paksuus. Kuten kuvasta 16 voidaan huomata, mantteli on kulunut sen alaosista huomattavasti enemmän kuin ylempää. Sama voidaan huomata myös concaaveista, mutta niissä kuluminen ei ole ollut yhtä suurta. Mantteli sekä concaavit tulee vaihtaa uusiin ennen kuin ne ovat kuluneet yli maksimirajan. Manttelin seinämävahvuus on yleensä noin 114,2 mm ja concaavien 150 mm. Koska kumpaakaan ei voida ajaa tähän 0-tasoon asti, on niille määritetty alin seinämävahvuus, joka on molemmille noin 50 mm. Laskennallisesti manttelilla voidaan yleensä ajaa noin 350–450 päivää ja concaaveilla noin 700–800 päivää.



KUVA 16. Manttelin ja concaavien kuluminen

3.3 Huoltotyön resursointi ja aikataulutus

Resursointi- ja aikataulutustyövaihe aloitettiin tutkimalla vanhojen huoltotöiden raportteja sekä aikataulutuksia. Ne olivat saatavilla kaivoksen kunnossapidon omissa tietokannoissa. Raportteja oli

kirjattu ylös vain neljä kappaletta, mutta niistä saatiin kuitenkin kerättyä tarvittava määrä tietoa uuden dokumentin luomiseen. Aiemmista raporteista kävi myös ilmi, minkälaisia puutteita tai ongelmia aiemmissa seisokitöissä oli ollut. Lähes jokaisessa huoltotyössä oli ollut puutteita työkaluissa, tarvittavissa valuaineissa sekä nostotyökaluissa. Myös murskaimen tuumakokoiset ja 12,9 vahvuiset pultit olivat tuottaneet haasteita. Concaavien irrotuksessa tarvittavissa peitsausvälineissä oli myös ilmennyt puutteita muun muassa suuttimissa. Lisäksi huomattiin, että huoltotyöhön on hyvä varata oma päivystävä pyöräkone, panostaja ja telinemiehet. Näiden avulla odotteluaikaa voidaan vähentää merkittävästi.

Aikaisempien raporttien pohjalta dokumenttiin luotiin aikaväli, jolloin murskaimen huoltotyö tehdään. Huoltotyön aikataulutus määräytyy murskaimen läpi ajettujen kivitonnien mukaan. Murskaimen läpi on kulkeutunut yleensä noin 1,9–2,6 miljoonaa tonnia malmikiveä, kun murskainhuolto on aiemmin suoritettu. Koska vaihteluväli on suuri, karamurskaimen skannaukset on syytä suorittaa ensimmäisen kerran 1,7 miljoonan tonnin kohdalla. Skannauksesta saatujen tietojen perusteella saadaan selville, tarvitseeko huoltoa alkaa heti suunnittelemaan vai voidaanko murskaimen läpi ajaa vielä lisää malmikiveä. Uudet skannaukset on syytä suorittaa aina 100 000–300 000 tonnin välein, riippuen murskaimen kulumisesta.

Koska uusi murskauslinjasto on otettu käyttöön -1010 m:n tasolla, vanhan murskaimen läpi ei ajeta enää samaa määrää kiveä samassa ajassa. Tästä syystä vanhan -550 m:n tason murskauslinjaston viimeisimmän huoltotyön aikaväli kasvoi aikataulullisesti noin puolella vuodella. Huoltotyön väli tulee kasvamaan siinä suhteessa, kuinka paljon SLC-tuotannon osuus kasvaa. Siinä tuotantotavassa malmikiveä ohjataan pääosin -1010 m:n tasolle. Huoltotyön suorittaminen on ennaltaehkäisevää kunnossapitoa, jolloin aikataulutuksen merkitys korostuu. Huollosta on aina syytä luoda raporteja, jotka käsittävät myös sen, kuinka monta tonnia malmikiveä on ajettu murskaimen läpi ennen huoltotyötä. Tämän myötä voidaan helposti tarkastella murskaimen kulumista suhteessa tonnimääriin ja luoda täsmällisemmät aikataulut seuraaviin huoltotöihin.

Liitteessä 1 nähtävään huoltotyön aikataulutus- ja resurssidokumenttiin luotiin henkilöstöresurssien tarve, seisokkilaskuri, osalista, muisti- ja työvälinelista, turvallisuuden muistilista sekä murskaimen huoltotyön työvaihelista. Osalista murskaimen huoltotyöstä löytyi KUTI:sta, mutta siihen on lisätty myös raporttien pohjalta ilmenneitä asioita. Muistilista luotiin aiempien raporttien ja niistä ilmenneiden puutteiden pohjalta. Listaan merkitään aina jo suoritettut toimenpiteet ja tekemättä olevat toimenpiteet. Näin ollen työnjohtajat ja suunnittelijat pysyvät selvillä siitä, mitä valmistelevia töitä

on tehty ja mitä on tekemättä. Työnjohtajien vastuulle jää tarkastaa ja hankkia tarvittavat välineet ja osat hyvissä ajoin ennen huoltotyötä. Seisokkilaskuri antaa suuntaa antavan ajankohdan seuraavalle seisokille. Laskuriin syötetään nykyinen kivotonnimäärä ja sen perusteella saadaan päivämäärä. Laskuriin tarvittavat tonnimäärät ovat kunnossapidon tietokannasta.

| | |
|--|---|
| SEISAKKILASKURI | |
| (muuta nykyinen arvo niin saat suuntaa antavan seisakin ajankohdan.) | |
| <u>Nykyinen tonnimäärä:</u> | 1655000 t |
| | Seuraava seisakki ajoittuisi noin: perjantai 19. huhtikuu 2024 |

KUVA 17. Seisokkilaskuri

Dokumenttiin luotiin turvallisuuslista, jota tulee noudattaa ennen töiden suorittamista sekä huoltotyön aikana. Myös tähän listaan on mahdollista merkitä jo suoritettut asiat, kuten työlupien kirjoitus ja koulutukset. Suurissa huoltotöissä työturvallisuuden tärkeyttä ei voida koskaan korostaa liikaa. Listaan sisältyy myös kohdat turvallisuussuunnitelmalle ja riskinarvioinnille, jotka tulee tehdä aina uudestaan erilliselle dokumentille ennen seuraavaa huoltotyötä.

Remontin vaiheet -lista sisältää suurin piirtein kaikki suuremmat työvaiheet, joita huoltotyöhön sisältyy. Ne on aikataulutettu aikaisempien raporttien pohjalta ja niitäkin tulee tarvittaessa täydentää ja muokata. Listaan on merkitty myös arvio työvaiheiden kestosta, tarvittavia työvälineitä ja kalustoa. Se sisältää myös muutamia järjestelyjä tarvitsevia huomioita, kuten kuljetuksia ja saattoja.

3.4 Työohje

Työohjeen teko aloitettiin tarkastelemalla vanhoja työmääräimiä ja raporteissa ilmenneitä asioita. Aloitusvaiheessa apua saatiin myös Outokummulla aikaisemmin tehtyjen työohjeiden pohjalta. Ohjeista pystyi hahmottamaan samoja asioita, joita tässä kyseisessä työohjeessa käytettiin. Kyseiseen huoltotyöhön ei ollut aiemmin tehty työohjetta. Näin ollen tarvittiin uusi ja kattava työohje, jotta kaikki työntekijät pystyisivät suorittamaan huoltotyön turvallisesti ja laadukkaasti. Ohjetta tulitaisiin käyttämään myös perehdytyksessä. Työohjeen luonnin alkuvaiheessa tutustuttiin murskaimen perustoimintaan sekä sen sisältämiin osiin ja osakokonaisuuksiin. Murskaimesta oli saatavilla laitevalmistajan dokumentteja, jotka sisälsivät muun muassa huolto-ohjeita, osalistoja, käyttöohjeita sekä komponenttikuvia. Varsinaista huoltotyöohjetta ei kuitenkaan ollut. Työohjeen laadinnassa käytettiin apuna myös asentajien kertomuksia aikaisemmista huoltotöistä sekä arkistoissa olevia

kuvia ja raportteja itse työstä. Resursointivaiheessa luodusta työvaihelistasta oli myös apua vakio-työohjeen jäsentelyssä. Siitä saatiin selville, mitkä työvaiheet tehdään missäkin järjestyksessä.

VAKIOTYÖOHJE (Standard Operating Procedure, SOP)



| Kysy tarvittaessa apua! | | | Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero: | | Sivu 1 of 1 | |
|--------------------------------|-----------------------------|--|--|-----|----------------|----------------|
| Osasto | Linjalaitte | Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi) | Tuote (laatu, yms.) | C | Laatija | Julkaisu-päivä |
| Kaivos | Maanalainen murskaamo -550m | Karamuruskaimen mantelin ja konkaavien huoltotyö | Positot -550 karamuruskain | www | Tommi Taskinen | |

Tee vaadittavat tarkastukset ja turvallitukset ennen työn aloittamista!

| No | Työvaiheet | Valokuvat/Kaaviot | HUOM! no | HUOM! TARVITTAVAT TYÖKALUT LÖYTYVÄT METSON MANUAALISTA (osa4 asennus.pdf) |
|----|--|-------------------|----------|---|
| 1 | Ilmoitus Rikastamon valvomoon, TOKE:en ja työnjohtajille. Lukkojen nouto ja kirjaus. TO 001 Odottamattoman käynnistymisen estäminen Ohjeen mukaan. Lue metson manuaali ja kiinnitä huomiota turvallisuuteen. | | 1 | DMR kanavat: Rikastamo, Toke TKaYht 109 henkilösuojaimien käyttö asbestikuituriskialueilla. Tarvittavat työkalut: Lukkoja |

KUVA 18. Vakiotyöohjemalli

Huoltotyöohje tehtiin valmiille Outokummun Excel-dokumenttipohjalle. Valmis pohja selkeytti työohjeen laatimista ja loppuvaiheessa myös valmiin ohjeen lukemista. Työohjeen yläosaan kirjoitettiin valmiisiin sarakkeisiin osasto, laitteen nimi ja sijainti sekä työohjeen kuvaus. Työohjeen tuli olla helppolukuinen ja helposti ymmärrettävä. Työohje sisälsi yli 40 kohtaa ja jokainen työvaihe eroteltiin toisistaan, jotta ohjeen lukeminen olisi sujuvaa. Eri työvaiheissa oli aina lyhyt kuvaus siitä, mitä työssä tulee tehdä. Työohjetta täsmensi myös jokaisesta työvaiheesta esitetty kuva. Sarakkeisiin lisättiin myös otteita Outokummun muista vakiotyöohjeista, jotka tulee huomioida. Otteita oli muun muassa leikkaus- ja nostotöistä. Työohjeeseen määriteltiin myös työn vaaratekijöitä, joita tulee ottaa huomioon eri työvaiheissa. Työohjeen oikeaan laitaan lisättiin jokaisen työvaiheen kohdalle lista, joka sisälsi, mitä työkaluja kyseisessä työvaiheessa tarvitaan.

4 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työssä tutkittiin Kemin kaivoksen uuden –1010 m:n tason leukamurskaimen käytön vaikutusta vanhan –550 m:n tason karamurskaimen kulumiseen ja suunniteltiin karamurskaimen huollon työohje sekä resurssointi- ja aikatauluslista. Työohjeessa käytiin perusteellisesti läpi kaikki työvaiheet, joita huoltotyö sisältää. Työohjeen lisäksi huoltotyölle laadittiin myös työnjohtajien muistilista, joka helpottaa työnjohdon seisokin suunnittelua. Lista sisälsi aikataulujen lisäksi kaikki tarvittavat osat sekä huoltotyössä tarvittavat työkalut.

Lähtökohdat opinnäytetyön tekemiseen olivat sellaiset, että olin ollut töissä kaivoksella kunnossapidon työnjohtoharjoittelijana, joten minulla oli jo valmiiksi kokemusta ja tietoa opinnäytetyössä käsitellyistä laitteista ja murskaamon toimintaperiaatteista. Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin kuitenkin sen, että suuremmissa huoltotöissä on paljon erilaisia asioita, joita tulee ottaa huomioon jo hyvin aikaisessa vaiheessa ja työn suorittamiseen tulee valmistautua hyvin. Unohduksia muun muassa työkalujen tai osien puutteissa toki voi aina sattua, mutta hyvällä valmistautumisella niitä voidaan ennaltaehkäistä helposti.

Työohjeen laatimisessa suurimpia ongelmia tuotti seisokkityön viivästyminen, ja tämän myötä työohje jouduttiin laatimaan kokonaan käyttämällä vanhoja raportteja ja haastattelemalla kunnossapidon asentajia. Tästä huolimatta työohjeesta saatiin laadittua asianmukainen ja selkeä. Työohjetta voisi kuitenkin täydentää esimerkiksi työkalujen ja pulttikokojen osalta samalla, kun huoltotyötä tulevaisuudessa suoritetaan. Työohje tallennettiin kaivoksen kunnossapidon turvallisuustietokantaan, jossa sille on aina yhden vuoden katselmointisykli.

Aikaisemmissa tapauksissa -550 m:n tason murskaimen huoltotyö on ollut enemmän kalenteriaikaa perustuvasti aikataulutettua. Uuden tuotantotavan ja -1010 m:n tason murskaamon myötä vanhan murskaimen käyntiaste pieneni ja sen myötä murskaimen huoltotyön toteutusväli kasvoi. Tästä syystä vanhan murskaimen huoltotyön aikataulutusta tullaan jatkossa suorittamaan tonniperusteisesti, eli tarkastellaan sitä, minkä verran malmikiveä voidaan ajaa murskan läpi ennen seuraavaa huoltotyötä. SLC-tuotantomenetelmän myötä vanhan -550 m:n tason murskaimen huoltotyön väli tulee myös jatkossa kasvamaan samalla kun SLC-tuotantoaluetta laajennetaan. Malmikiveä tullaan ajamaan enemmän -1010 m:n tasolle.

Aikatauluslistaa voisi jatkossa kuitenkin tarkastella myös siten, että huoltotyölle luotaisiin aikataulus, joka olisi toteutettu 24 tunnin työpäivillä. Nykyinen aikataulus on toteutettu 12 tunnin työpäivillä. Työsuunnittelijoiden olisi hyvä pyrkiä tuomaan kustannuspuolen lisäksi esille myös muita hyötyjä tai haittoja kyseiseen huoltotyötapaan.

Kokonaisuudessaan työ eteni hyvin ja kaikki työn tavoitteena olleet asiat saatiin suoritettua. Aikatauluksesta ja resursoinnista tuli yritykselle mieleinen ja toimiva. Jatkoa ajatellen myös aikataullisia asioita voidaan muokata ja täydentää seuraavissa huoltotoissa. Yhteistyö yrityksen henkilöstön kanssa toimi hyvin ja saumattomasti. Työtä ja suunnitelmia toteutettiin myös yhdessä, eikä kaikkea työtä tarvinnut miettiä aivan yksin. Tämän opinnäytetyön perusteella voisi suunnitella myös leukamurskaimen huollolle samanlaisen työohjeen, aikataulutuksen ja resursointisuunnitelman.

LÄHTEET

1. TSM Kaivosvastuu Finland 2000–2023. 2021 Outokumpu Chrome Oy. Kuvaus yrityksestä. Hakupäivä 5.10.2023. <https://kaivosvastuu.fi/kaivostoiminta/2021-outokumpu-chrome-oy/>.
2. Outokumpu Oyj 2023. Outokummun Kemin kaivoksesta maailman ensimmäinen hiilineutraali kaivos vuoteen 2025 mennessä – lähes kolmasosa tavoitteesta saavutetaan Nesteen uusiutuvilla polttoaineilla. Lehdistötiedote 6.10.2023. Hakupäivä 24.10.2023. <https://www.outokumpu.com/fi-fi/news/2023/outokummun-kemin-kaivoksesta-maailman-ensimmainen-hiilineutraali-kaivos-vuoteen-2025-mennessa-%E2%80%93-lahes-kolmasosa-tavoitteesta-saavutetaan-nesteen-uusiutuvilla-polttoaineilla-3336064>.
3. Outokumpu Oyj 2023. Outokummun Kemin kaivos hiilineutraaliksi vuoteen 2025 mennessä. Lehdistötiedote. Hakupäivä 5.10.2024. <https://www.outokumpu.com/fi-fi/news/2022/outokummun-kemin-kaivos-hiilineutraaliksi-vuoteen-2025-meness%C3%A4-3116670>.
4. Männistö, Juha 2022. TK00BP69 Tehdaspalvelu 10 op. Opintojakson diakuvat. Oulu: Oulun Ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
5. SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Osa 2. Perustermit. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Hakupäivä 10.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx> Vaatii lisenssin.
6. PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. 2022. Osa 3. Yleiset määritelyt. Hakupäivä 10.10.2023. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf Vaatii lisenssin.

7. SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Osa 7. Kunnossapitolajit. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Hakupäivä 10.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx> Vaatii lisenssin.
8. SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Osa 8. Kunnossapidon toiminnot. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Hakupäivä 10.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx> Vaatii lisenssin.
9. PSK 7501:2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. Opastavia tietoja O.4. Kunnossapitolajit. Hakupäivä 10.10.2023. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma75/PSK7501_2p.pdf Vaatii lisenssin.
10. SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Liite A. Kunnossapitoyleiskuva. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Hakupäivä 10.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx> Vaatii lisenssin.
11. PSK 6201:2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. Osa 7. Kunnossapitolajit. Hakupäivä 10.10.2023. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf Vaatii lisenssin.
12. PSK 6201:2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. Opastavia tietoja O.2. Kunnossapitolajien luokittelu. Hakupäivä 10.10.2023. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf Vaatii lisenssin.
13. PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. 2010. Osa 4. Kunnossapitolajit. Hakupäivä 10.10.2023. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma75/PSK7501_2p.pdf Vaatii lisenssin.
14. PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. 2010. Osa 5. Häiriökorjaus. Hakupäivä 10.10.2023. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma75/PSK7501_2p.pdf Vaatii lisenssin.

15. PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. 2010. Opastavia tietoja 0.4. Kunnossapitolajit. Hakupäivä 10.10.2023. [https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma75/PSK7501_2p.pdf](https://psk-standardisointi.fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma75/PSK7501_2p.pdf) Vaatii lisenssin.
16. Hakapää & Lappalainen. 2011. Kaivos- ja louhintatekniikka. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.
17. 911 Metallurgist. Blog. Gyratory Crusher Parts. Hakupäivä 15.1.2024. <https://www.911metallurgist.com/blog/gyratory-crusher-parts>.
18. Indiamart. Metso Superior MK3 42-65 Primary Gyratory Crushers. Hakupäivä 26.10.2023. <https://www.indiamart.com/proddetail/metso-superior-mkiii-42-65-primary-gyratory-crushers-22644583673.html>.
19. YLE 2021. Kaivokset. Suomen suurin kaivos laajenee kilometrin syvyyteen – kalliota on kaivettu maan alta kuuden Eduskuntatalon verran. Jari Peltoperä. 28.12.2021. Hakupäivä 24.10.2023. <https://yle.fi/a/3-12243954>.

AIKATAULUTUS JA RESURSOINTI

LIITE 1.1

Liitteet poistettu julkaistavasta aineistosta.