



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

LEEVI AHONEN

# **JAUHINMYLLYN PÄÄDYN KORJAUSSUUNNITELMA**

KONETEKNIikka

2020

Tekijä Ahonen Leevi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2020
	Sivumäärä 31+11	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Jauhinmyllyn päädyn korjaussuunnitelma</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä  <p>Opinnäytetyössä tehtiin korjaussuunnitelma Boliden Harjavalta Oy:n Cu-rikastamon jauhinmyllyyn.</p> <p>Jauhinmyllyn päädyn akseliholkin liukupinnasta oli löydetty halkeama, joten koko pääty päätettiin vaihtaa heti tilaisuuden tullen ja asentaa uusi laakeriliuska. Opinnäytetyössä suunniteltiin uusi pääty vanhan päädyn piirustuksien ja lujuustarkasteluiden perusteella ja laadittiin vaihtosuunnitelma ottaen huomioon rikastamon vähäinen tila.</p> <p>Vaihtoehtoisina korjaussuunnitelmina käsiteltiin myös korjaushitsausta sekä vain uuden akseliholkin asentamista vanhaan päätyyn.</p> <p>Insinööriö on rajattu koskemaan vain päätyä ja akseliholkin liukupinnassa ollutta halkeamaa. Muun myllyn on oletettu olevan ehjä. Lopuksi päädyttiin vaihtamaan koko pääty muiden vaihtoehtojen aiheuttaman tuotannon seisomisen sekä tuloksien epävarmuuden vuoksi.</p>		
<u>Asiasanat:</u> jauhinmylly, kuulamyly, jauhatus, metalliteollisuus		

Author(s) Ahonen Leevi	Type of Publication Bachelor's thesis	Date may 2020
	Number of pages 31+11	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Restoration of grinding mills head</b>		
Degree programme Mechanical engineering		
Abstract  In the thesis, a repair plan was made for Boliden Harjavalta Oy:s copper concentration plants grinding mill.  A crack had been found in the bearing surface of the shaft sleeve at the head of the grinding mill, so it was decided to replace the entire head at the next given chance and install a new bearing slide. In the thesis, a new head was designed based on the drawings of the old end and strength examinations. Exchange plan was drawn up, considering the small space of the concentration plant.  Alternative repair plans also included repair welding and the installation of only the new shaft sleeve on to the old head.  Thesis is limited to only cover the head and the existing crack and the other parts of the mill are assumed to be intact. Finally, it was decided to replace the entire end due to the long downtime for the other options and uncertainty of the results.		
<u>Key words</u> grinding mill, ball mill, grinding, metal industry		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 YRITYS .....	7
2.1 Outotec konserni.....	7
2.2 Outotec Service .....	7
2.3 Outotecin Harjavallan yksikkö.....	7
2.4 Toimintamalli Outotec Harjavalta / Boliden Harjavalta.....	7
2.5 Boliden konserni.....	8
2.6 Boliden Harjavalta.....	9
2.7 Kuonarikastamo.....	9
3 JAUHINMYLLYT JA NIIDEN TOIMINTA .....	11
3.1 Jauhinmyllyn peruseriaate.....	12
3.2 Kriittinen kierrosluku .....	12
3.3 Myllyn täyttöaste .....	13
3.4 Myllyn kapasiteetti ja tehonkulutus.....	14
3.5 Kuulamyllyt .....	14
3.6 Tankomyllyt.....	14
3.7 Autogeeniset- ja semiautogeeniset myllyt.....	15
4 KUNNOSSAPITO.....	15
4.1 Kunnossapidon tarkoitus.....	15
4.2 Myllyn ennakkohuollot.....	16
4.3 Kunnan seuranta.....	16
4.4 Myllyjen kunnossapito.....	16
4.5 Vuosihuolto.....	16
5 VAURION TARKASTELU .....	17
5.1 Vaurio ja sen tarkastelu.....	17
5.2 Materiaalin valinta.....	18
6 KORJAUKSEN TAVOITTEET .....	20
6.1 Korjauksen lähtökohdat .....	20
6.2 Lopullisen korjaussuunnitelman yhteydessä tehtävät parannukset .....	21
7 KORJAUSSUUNNITELMA .....	22
7.1 Hitsaamalla korjaaminen .....	22
7.2 Pelkän akseliholkin vaihtaminen.....	23
7.3 Uuden päädyn valmistaminen .....	24
7.4 Laakeriliuskan valmistaminen .....	27

7.5 Osien asentaminen.....	28
7.6 Työturvallisuus.....	30
8 NOSTOSUUNNITELMA.....	30
9 YHTEENVETO.....	31

LÄHTEET

LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella Boliden Harjavalta Oy:n kuparikuonarikastamon lohkaremyllyn poistopäädyn akseliholkin liukupinnassa ollutta halkeamaa sekä laatia suunnitelma sen aiheuttamien ongelmien välttämiseksi.

Lohkaremyllyjä, jotka jauhavat suuret kuonalohkareet, on Harjavallan kuonarikastamolla kaksi kappaletta. Pienempiä palamylyjä, jotka jauhavat pienemät palat, on myös kaksi kappaletta.

Kaikkia jauhinmyllyjä ajetaan jatkuvasti ja suurella teholla tuotantomäärien kasvettua. Tämän vuoksi, mikäli lohkaremylly hajoaisi, kuonaa jäisi varastoon niin suuri määrä, että kuparin talteen saanti siitä muodostuisi ongelmaksi.

Mikäli myllyjen alkavia vaurioita ei ajoissa korjata, joudutaan tuotantoprosessia ajamaan vajaalla teholla, jolloin tuotantomäärät kärsisivät.

Opinnäytetyössä käsitellään erilaisia jauhinmyllyjä, niiden toimintaperiaatetta sekä esitetään vaihtoehtoisia korjaussuunnitelmia.

Lopulliseksi korjaussuunnitelmaksi valittiin uuden päädyn vaihtaminen, mutta harkinnassa oli myös halkeaman täyttöhitsaus sekä pelkän akseliholkin uusiminen.

Opinnäytetyöstä on rajattu laakeripesien sekä vaipan ja syöttöpään mahdolliset vauriot pois. Sekä niiden oletetaan olevan ehjiä. Rajaus on tehty, sillä vaurio aiheuttaisi edessään merkittäviä vahinkoja ja se pitää saada korjattua ensi sijassa. Opinnäytetyössä käsiteltävän korjauksen jälkeen, mikäli mylly pidetään osana tuotantoprosessia, tulee myös muun myllyn mahdollisia vaurioita tarkastella ja näitä havaitessa tehdä niille omat korjaussuunnitelmat.

## 2 YRITYS

### 2.1 Outotec konserni

Outotec Oyj on suomalainen teknologia-alan yritys, joka irtautui Outokumpu Oyj:stä vuonna 2006. Outotec tuottaa laitteita sekä palveluita kaivos-, metalli-, energia- ja kemianteollisuuteen. (Outotec www-sivut 2020.) Outotec on asiantuntijayritys, joka valmistaa ainoastaan tärkeimmät komponenttinsa itse (Kortelainen 2017). Outotecillä on Outokummussa laitteita valmistava konepaja sekä Lappeenrannassa teollisia suodattimia valmistava tehdas (Hulkko 2010).

Outotecin liikevaihto vuonna 2019 oli 1,21 miljardia euroa ja se työllisti 4049 henkilöä (Outotec www-sivut 2020).

### 2.2 Outotec Service

Outotecin Service osuus palvelee asiakkaiden tarpeita esimerkiksi kunnossapidon, suunnittelun ja projektien käyttöönoton kanssa. Service on yksi Outotecin tärkeimpiä osa-alueita.

### 2.3 Outotecin Harjavallan yksikkö

Outotec Harjavalta on asiakaslähtöinen service-yksikkö, joka huolehtii Suurteollisuuspuiston tehdasalueen suunnittelu- ja projektipalveluista. Henkilöstön lukumäärä Suurteollisuuspuistossa on noin 27. (Harjavallan suurteollisuuspuisto www-sivut 2020.)

### 2.4 Toimintamalli Outotec Harjavalta / Boliden Harjavalta

Outotec Harjavalta huolehtii Boliden Harjavallan tilaamista suunnittelu- ja projektistöistä tekemällä esimerkiksi kustannusarvioita, suunnittelua sekä asennusvalvontaa.

Tämän opinnäytetyön korjaussuunnitelma oli tilattu Outotecilta Boliden Harjavallan toimesta.

## 2.5 Boliden konserni

Boliden on ruotsalainen konserni, jonka toimialaa ovat kaivostoiminta, sulatustoiminta, malminetsintä sekä metallien kierrätys. Bolidenin päätuotteet ovat kupari ja sinkki. Vuoden 2019 lopulla Boliden työllisti lähes 5800 henkeä, joista noin 1500 Suomessa. Bolidenin liikevaihto oli 49,9 miljardia kruunua vuonna 2019. Bolidenilla on tuotantotoimintaa Ruotsissa, Suomessa, Norjassa ja Irlannissa. (Boliden www-sivut 2020.)

## Integroitu kaivos- ja sulattoyhtiö

### Toiminnot Suomessa:

#### Sulatot:

- Harjavalta (kupari ja nikkeli)
- Kokkola (sinkki)

#### Kaivokset:

- Kylälahti (kupari, sinkki, kulta ja hopea)
- Kevitsa (nikkeli, kupari, kulta ja platinaryhmän metallit)

- Kaivos
- Sulatto
- Pääkonttori



Kuva 1. Liiketoiminta Boliden. (Boliden www-sivut.)



## 2.6 Boliden Harjavalta

Boliden Harjavallan tehtaot sijaitsevat Lounais-Suomessa strategisen tärkeällä paikalla lähellä satamaa. Päätuotteita ovat kupari, nikkeli, kulta ja hopea. Lisäksi he valmistavat sivutuotteena rikkihappoa. (Boliden www-sivut 2020.)

Bolidenin nikkelisulatto on Länsi-Euroopan ainoa nikkelisulatto, jossa tuotetaan korkealaatuista nikkelikiveä alan viimeisintä teknologiaa hyödyntäen (Boliden www-sivut 2020).

Tehokkaan ja ympäristöystävällisen tuotantoprosessin ansiosta rikkidioksidipäästöt nikkelitonnin kohden ovat maailman alhaisimpia muihin nikkelisulattoihin verrattuna. Raaka-aineina käytetään kierrätysmetalleja ja rikasteita, jotka ovat peräisin Bolidenin Kylylahden ja Kevitsan kaivoksilta sekä ulkopuolisilta kaivoksilta. (Boliden www-sivut 2020.)

Boliden Harjavalta työllistää noin 500 henkilöä ja sen liikevaihto oli vuonna 2019 278 miljoonaa euroa. Vuonna 2019 Boliden Harjavalta tuotti 120 000 tonnia kuparia ja 26 000 nikkeliä. (Boliden www-sivut 2020.)

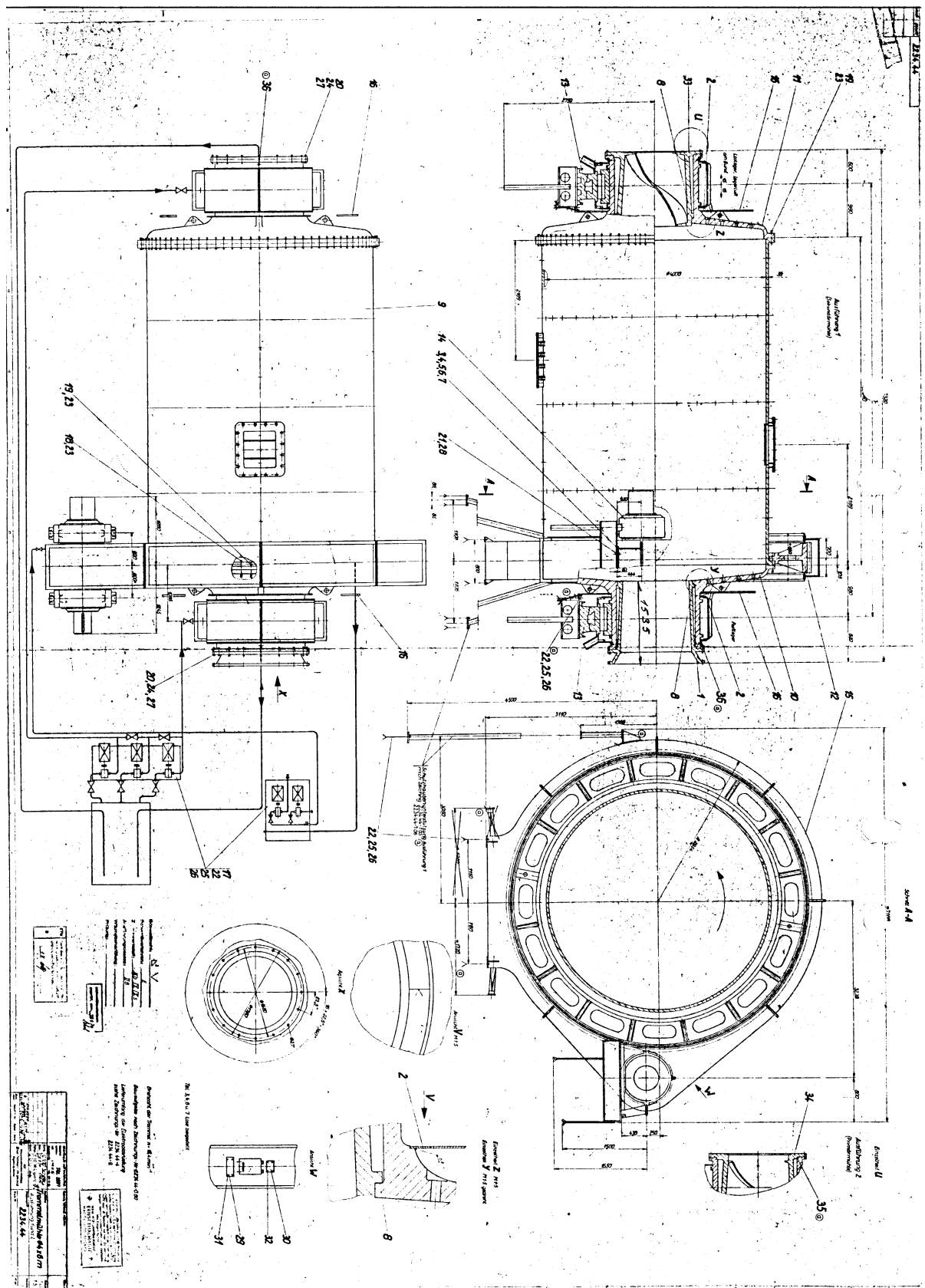
## 2.7 Kuonarikastamo

Kuparin liekkisulatuksesta syntyvä kuona on kuparipitoista, joten siitä saatava kupari halutaan saada takaisin prosessiin. Liekkuunista laskettu kuona viedään padoissa patakentälle, jossa sitä jäähdytetään vesisuihkun alla. Kun kuona on jäähdytetty, se syötetään hihnakuuljettimen kautta rikastamolle, jossa kuona hienonnetaan ja vaahdotetaan.

Hienonnus tarkoittaa murskaamista ja jauhamista sekä raekoon samanaikaista jakamista seulomalla ja luokittamalla. Hienonnusta käytetään: halutun partikkelikoon saavuttamiseksi, halutun mineraalin erottamiseksi sivuaineksesta, puhtaaksi jauhatuksen lisäykseksi rikastuksen onnistumista varten, sekä partikkelien pinta-alan kasvattamiseen kemiallisia reaktioita varten. Hienonnus perustuu iskuihin, puristukseen, hankauksiin, leikkauksiin ja yhteentörmäyksiin. (Geologisen tutkimuskeskuksen [www-sivut](#).)

Vaahdotus eli flotaatio on hienonnuksen jälkeinen menetelmä kuparin erottamiseksi liekkiuunin kuonasta. Prosessin tavoitteena on tuottaa rikastetta, jonka puhtaus on riittävä jatkoprosessiin. Vaahdotuksen tarkoitus on saada rikasteen ei-toivottujen alkuainesten ja mineraalien pitoisuus riittävän alhaiseksi ja samalla tuotetun rikasteen kupari pitoisuus mahdollisimman korkeaksi ja taloudellisesti merkittäväksi jatkoprosessia ajatellen. (Geologisen tutkimuskeskuksen [www-sivut](#).)

## 3 JAUHINMYLLYT JA NIIDEN TOIMINTA



Kuva 2. opinnäytetyössä tarkasteltavan kuulamylyn kokoonpanopiirustus.

### 3.1 Jauhinmyllyn peruseriaate

Jauhatus tarkoittaa murskatun, karkeamman aineksen hienontamista pienempään rae-kokoon. Jauhatus tapahtuu myllyissä, joissa rummun ollessa pyörimisliikkeessä myllyn irtaimet jauhinkappaleet saadaan jauhukseen sopivaan liiketilään. Jauhaminen perustuu iskuihin, puristukseen ja hiertoon, jotka syntyvät jauhinkappaleiden putoamis- ja vierintäliikkeestä. Jauhatus on eräs teollisuuden tärkeimmistä perusprosesseista. Jauhatusessa on korkea energiankulutus, siinä kuluu energiaa varsinaisen hienonnustyöhön, prosessissa syntyvään lämpöenergiaan sekä mekaanisiin häviöihin. (Geologisen tutkimuskeskuksen [www-sivut](#).)

Jauhinmylly koostuu vaipasta, joka on sylinterimäinen teräslevystä tai valamalla valmistettu rumpu. Vaipassa on päät, joissa on halkaisijaltaan rumpua huomattavasti pienemmät aukot, joista jauhettava materiaali syötetään sisään ja poistetaan. Päätyjen sisässä on syöttö- sekä pudotusholkit, joiden kulmien avulla saadaan painovoimaa hyödyntämällä materiaali liikkumaan. Kaulojen ympärillä on laakerointi, jonka varassa mylly lepää laakeripukeilla. Myllyä pyöritetään hammaskehän ja hammaspyörän välityksellä. Myllyn nopeus on säädettävissä ja myllyissä on lisäksi hidaskäyttömoottori, mikä mahdollistaa myllyn pyörittämisen huollon yhteydessä.

Myllyn sisällä on levymäisiä vuorauksia suojaamassa vaippaa kulumiselta. Ne on valmistettu teräksestä, valuraudasta, kumista tai keraamisista materiaaleista. Lisäksi myllyssä on nostopalkkeja, joiden on tarkoitus nostattaa murskattavat lohkat sekä mahdollisesti kuulia tai tankoja jauhamisen tehostamiseksi. Mitä karkeampi syöte, sitä painavimmat jauhinkappaleet tarvitaan. (Geologisen tutkimuskeskuksen [www-sivut](#).)

Yleisimpiä jauhinmyllytyyppejä ovat kuulamylyt sekä tankomylyt.

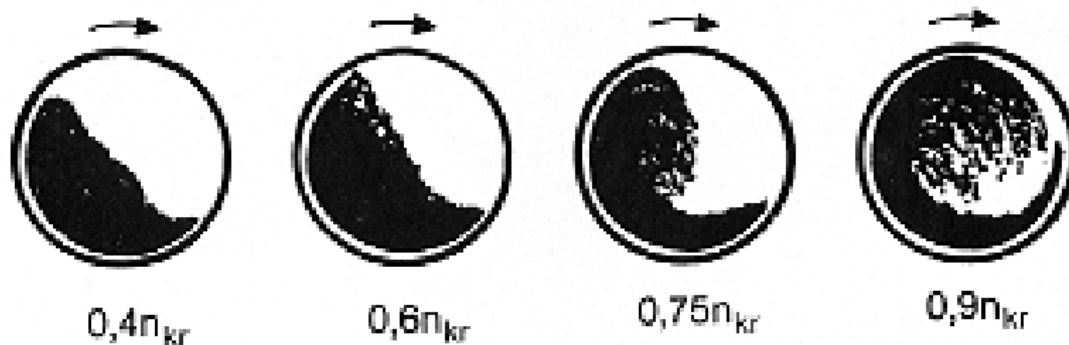
### 3.2 Kriittinen kierrosluku

Jauhinmyllyn kriittiseksi kierrosluvuksi sanotaan sitä pyörimisen kierrosnopeutta, jolla jauhinkappaleet juuri ja juuri pysyvät myllyn vaipan kehällä putoamatta siitä painovoiman vaikutuksesta myllyn pyöriessä tasaisella kierrosnopeudella.

Myllyn kriittinen kierrosluku riippuu myllyn vaipan sisähalkaisijasta  $D$  ja jauhinkappaleiden halkaisijasta  $d$

$$n_c \frac{42,3}{\sqrt{D - d}} \frac{1}{\text{min}}$$

Jauhinmyllyissä käytettävät kierrosluvut ovat yleensä n. 60-85 % kriittisestä kierrosluvusta (Geologisen tutkimuskeskuksen www-sivut).



Kuva 3. Jauhettavan materiaalin ja jauhinkappaleiden käyttäytyminen myllyssä eri kierrosluvuilla (Geologisen tutkimuskeskuksen www-sivut).

### 3.3 Myllyn täyttöaste

Myllyn täyttöaste tarkoittaa jauhinkappaleina käytettävien kuulien tai tankojen määrää verrattuna myllyn tilavuuteen. Myllyn täyttöaste tulee olla noin 30-50% hyvän jauhustuloksen aikaansaamiseksi. (Geologisen tutkimuskeskuksen www-sivut.)

$$Täyttöaste = \frac{V_k}{0,62 * V_m}$$

Jossa  $V_k$ =jauhinkappaleiden tilavuus

$V_m$ =myllyn tilavuus

### 3.4 Myllyn kapasiteetti ja tehonkulutus

Myllyn kapasiteetti määritetään joko myllyn aikayksikössä käsittelemä materiaalmäärä (t/h) tai myllyn jossain aikayksikössä tekemän määrättyä raekokoa hienonnetun uuden tuotteen määrä (t/h).

Myllyn toimintaan ja kapasiteettiin vaikuttavat esimerkiksi myllyn halkaisija ja pituus, myllyn pyörimisnopeus, jauhinkappaleiden laatu ja määrä, myllyn täyttöaste, jauhettavan materiaalin tiheys ja jauhautuvuus, myllyn rakenne ja vuorauksien materiaali.

Tyypillisten myllyjen tehonkulutus vaihtelee muutamista sadoista kilowateista useihin megawatteihin. (Geologisen tutkimuskeskuksen [www-sivut](#).)

### 3.5 Kuulamyllyt

Kuulamyllyissä jauhettavan materiaalin sekaan lisätään esimerkiksi posliinista tai teräksestä valmistettuja noin 50-100mm kokoisia kuulia, jotka osuessaan murskaavat materiaalin. Kuulamyllyt sopivat paremmin hienomman raekoon saavuttamiseen.

Kuulamyllyjen vuorauksiin voidaan asentaa nostopalkkeja, jotka nostavat materiaalia ja jauhinkuulia korkeammalle kehää pitkin voimistaen putoamisen yhteydessä tapahtuvia iskuja. Tämän avulla voidaan myllyjä käyttää matalammalla kierrosnopeudella ja täten säästää kuluvia osia.

### 3.6 Tankomyllyt

Tankomyllyt ovat melko samankaltaisia kuin kuulamyllyt, suurimpana erona se, että ne käyttävät pitkiä sauvoja jauhantavälineinä. Tangot jauhavat jauhettavan materiaalin vierimällä myllyn sisällä, samalla tavalla kuin kuulamyllyssä olevat teräskuulat. Jauhatus tapahtuu linjakosketuksella sauvojen välillä. Ne sijoittuvat myllyyn pituussuunnan mukaisesti. Tangot muistuttavat toiminnaltaan sarjaa telamurskaimia. Tämä johtaa

karkean materiaalin hiontaan ja minimoi lietteiden muodostumisen. (Mine-engineer www-sivut 2020.)

### 3.7 Autogeeniset- ja semiautogeeniset myllyt

Myllyt, joissa jauhattava materiaali ja jauhinkappaleet ovat samaa materiaalia kutsutaan autogeenisiksi myllyiksi. Autogeenisten myllyjen etuna on, ettei tarvitse lisätä erikseen jauhinmateriaalia ja materiaali pysyy puhtaampana tällöin ongelmana, on tosin hienoaineksen muodostuminen.

Semiautogeeniset myllyt eli SAG-myllyt ovat autogeenisiä myllyjä, jotka käyttävät jauhinmateriaalina sekä jauhattavaa materiaalia, että jauhinkuulia kuten kuulamyllyt (Geologisen tutkimuskeskuksen www-sivut).

## 4 KUNNOSSAPITO

### 4.1 Kunnossapidon tarkoitus

Investoitujen koneiden tehokas käyttö on nykyajan kilpailullisessa tilanteessa tärkeää, kun halutaan tuotannosta mahdollisimman kannattavaa. Tämän vuoksi laitteiden ja tuotteiden toimintavarmuuden ja luotettavuuden on oltava hyviä. Kunnossapito ei tarkoita enää tänä päivänä ainoastaan vikojen korjaamiseksi, mutta nykyään sillä on suuri merkitys myös tuotannon tehokkuuden, työturvallisuuden sekä ympäristöystävällisyyden kanssa. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 15-21.)

#### 4.2 Myllyn ennakkohuollot

Myllyn voitelut tarkastetaan viikoittain. Öljyt analysoidaan puolen vuoden välein, jolloin siitä tutkitaan partikkelit, kosteus ja metallit. Lohkaremyllyn vaippaa suojaavia kumivuorauksia vaihdetaan noin kolmen kuukauden välein.

Vuorauksien vaihtamisen jälkeen tarkastetaan esimerkiksi; syöttösuppilon kumiointi, vuorauspuulttien kireys ja hammaskehän voitelu.

#### 4.3 Kunnan seuranta

Seurannan suorittaa käytön henkilökunta pääsääntöisesti operoinnin aikana, Myllyissä on etäluettavia öljyanalysaattoreita ja ohjauksjärjestelmälle tietoa kerääviä tärinäantureita, jotka tukevat seurantaa.

#### 4.4 Myllyjen kunnossapito

Kunnossapidollisesti myllyt ovat melko huoltovapaita ottaen huomioon elinkaarimaliajattelua tukevat investoinnit. Tarkkailun kohteena ovat laakeroinnit ja yleisesti koko myllyn teräsrakenteiden kunto, joita tarkkaillaan vuorausten vaihdon yhteydessä.

#### 4.5 Vuosihuolto

Harjavallassa järjestetään joka vuosi toukokuussa vuosiseisakki, jonka tarkoituksena on varmistaa tuotannon jatkuva käyttäminen, sekä käyttöönottaa investointeja. Vuosihuollossa hoidetaan työt, joita ei ole mahdollisia tai turvallisia suorittaa tuotannon ollessa käynnissä.

Vuosihuolto olisi tuotannon kannalta erinomainen ajankohta myllyn korjauksen suorittamiseksi, sillä tämän aikana voitaisi ehtiä mylly korjaamaan ilman ylimääräistä seisomista.



## 5 VAURION TARKASTELU

### 5.1 Vaurio ja sen tarkastelu

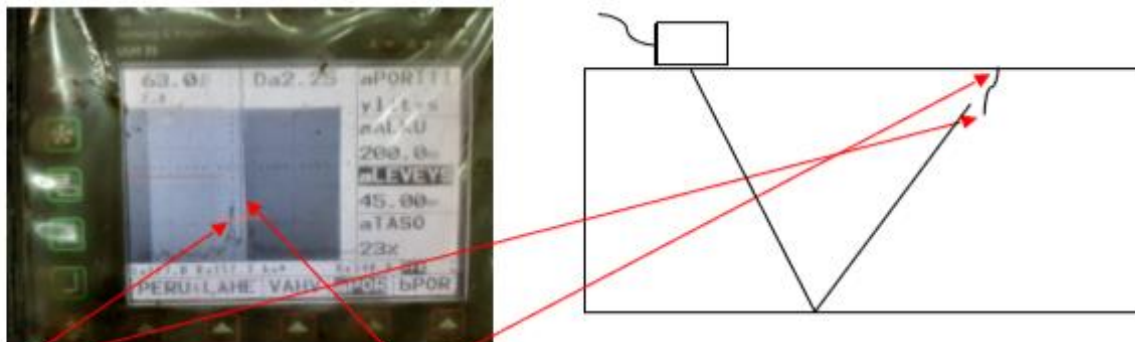
Poistopäädyn akseliholkista löydettiin toukokuussa 2019 vuosihuollon yhteydessä halkeama. Kun tämä havaittiin, päätettiin sitä tutkia pyörrevirtamenetelmällä. Särön syvyydeksi mitattiin n.3,5-4mm (Liite 1).



kuva 4. Tarkastusraportti, toukokuu 2019 (Dekra, Liite 1).

Vauriota tarkasteltiin uudelleen helmikuussa 2020 ultraäänimittauksella. Tällöin syvyydeksi saatiin suurimmillaan n.10mm (Liite 2).

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tammikuussa 2020 päätettiin, että vauriota tulitisiin tarkastelemaan aina kun myllyn kumivuoraukset vaihdettaisiin, eli noin kolmen kuukauden välein. Näin olisimme saaneet riittävän pitkän aikavälin halkeaman etenemän määrittämiseen, ja mittaus olisi voitu suorittaa myllyn ollessa jo seisokissa, jolloin olisi välttytty ylimääräisiltä pysäyttämisiltä.



Kärkikaiku särön kärjestä.

Kaiku särön nurkasta.

Särön syvimmästä kohdasta saadut arvot: äänitie särön nurkasta 228 mm ja särön kärjestä 213 mm.

Kuva 5. Tarkastusraportti, helmikuu 2020 (Dekra, Liite 2).

Kuva 5 osoittaa halkeaman syventyneen käytön aikana. Kevään aikana oli tarkoitus ottaa kolmas mittaus, jonka avulla olisi voinut päätellä vaurion etenemisnopeus. Koronavirusepidemian takia ei kolmatta mittausta kuitenkaan voitu suorittaa ennen kuin opinnäytetyö oli jo lähes valmis, joten sitä ei ehditty ottaa huomioon opinnäytetyössä.

Kuitenkin halkeaman syvyys oli kasvanut yhdeksän kuukauden aikana noin 6,5mm eli noin 0,7mm kuukaudessa. Etenemisvauhdin tasaisuudesta ei tosin ole mittauskertojen vähäisyyden vuoksi tarkempaa tietoa. Mikäli vauhti pysyisi tasaisena, olisi käyttöaika ainevahvuuden (80mm) ansiosta jäljellä vielä noin 100 kuukautta. Toisaalta, mikäli syveneminen nopeutuisi ajan kuluessa, mikä olisi odotettavissa, etenisi halkeama ainevahvuuden läpi huomattavasti nopeammin, kuin mikäli se pysyisi tasaisena. Tämän vuoksi olisi halkeama korjattava mahdollisimman pian.

## 5.2 Materiaalin valinta

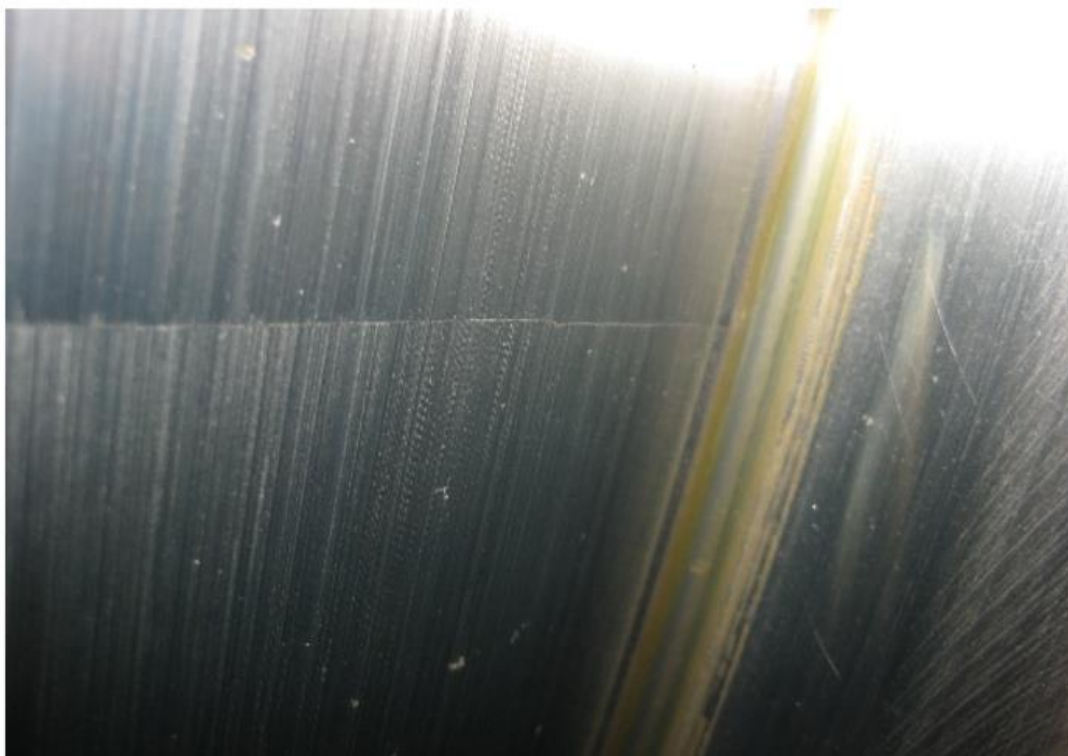
Alkuperäinen materiaali oli määrittelemätöntä Itä-Saksassa käytettyä valumetallia, jonka laakeriosuus oli pinnoitettu valkometallilla.

Valkometallit, eli tina- ja lyijyvaltaiset metallit ovat yksiä yleisimmistä laakerimateriaaleista, vaikka kasvava pronssilaakereiden käyttö onkin vähentänyt valkometallilaakereiden osuutta. Valkometallilaakereiden eduksi luetaan niiden pehmeys, jonka

vuoksi ne kestävät laakerin reunapuristusta sekä pystyvät hautaamaan kovia kulumispartikkeleita. Voitelukalvon vikaantuessa laakereilla on hyvät kitkaominaisuudet (Kivioja 1998, 223). Laakereiden valmistaminen on suhteellisen yksinkertaista ja sen vuoksi myös edullista. Pehmeytensä takia valkometallilaakerit eivät kuitenkaan kestä suuria paineita ja niiden väsymiskestävyys on huonompi kuin kupariseosten. Laakereiden lujuus myös pienenee nopeasti lämpötilan noustessa. Mikäli haittoja halutaan minimoida, voidaan valkometallia käyttää pinnoitteena lujemman ja väsymistä paremmin kestävästä laakerimateriaalin pinnalla. (Airila 1995, 462.)

Rakenneteräs tarkoittaa rautapohjaista metalliseosta, jonka materiaalin ensisijainen tarkoitus on vastaanottaa rakenteeseen kohdistuva kuormitus. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat esimerkiksi sillat, rakennusten kantavat osat ja työkoneiden rungot. Rakenneteräkset ovat pääsääntöisesti hyvin hitsattavia, pois lukien koneteräkset. Kone-terästen korkeampi hiili- ja rikki- ja rikkipitoisuus aiheuttaa hitsauksessa haurastumisriskin. (Lindoos 1986, 392.)

Päädyn materiaaliksi valikoitui rakenneteräs S355 sen hyvän saatavuuden ja kohtuullisen hyvien lujuusominaisuuksien takia. Laakerin perusrunkona toimii myös rakenneteräs S355, jonka päälle valetaan valittu laakeriteräs laakeripintaa varten.



Kuva 6. liukupinnasta löytynyt halkeama 5.2.2020 (Dekra, Liite 2).

## 6 KORJAUKSEN TAVOITTEET

Mikäli halkeama etenisi kokonaan liukulaakerina toimivan akseliholkin lävitse, se olisi käyttökelvoton, sillä se saattaisi lohjetessaan aiheuttaa lisävaurioita.

Korjaussuunnitelmaa tehdessä tarkastelimme vaihtoehtoina kokonaan uuden päädyn hankkimista, pelkän akseliholkin vaihtamista sekä halkeaman korjaushitsausta.

### 6.1 Korjauksen lähtökohdat

Lohkaremyllyn elinkaari on päättymässä, sillä se on ollut käytössä 70-luvulta lähtien, josta vuodesta 1995 lähtien Harjavallassa. Mylly on valmistettu Itä-Saksassa, joten siitä löytyvät piirustukset olivat saksankielisiä ja nykystandardeihin verrattuna jokseenkin epäselviä.

Myllyn vaippa ja ei-vaurioitunut pääty ovat myös hyvin kuluneita ja niitä on jo korjattu esimerkiksi kemiallisella metallilla. Tämä ei kuitenkaan tuo lujuutta takaisin myllyyn vaan ainoastaan luo uutta kulumapintaa, minkä vuoksi niidenkin vaihto on edessä, vaikka niihin ei tässä opinnäytetyössä keskitytä.

Tuotantomäärät ovat myös kasvaneet vuosien saatossa, joten myös kuonarikastamon tuotantokapasiteettia halutaan kasvattaa. Tätä varten jouduttaisiin kuitenkin investoimaan uuteen myllyyn.

Korjauksen tavoitteena on siis tuoda myllylle lisää elinikää niin, että tarvittavat päätökset sekä investoinnit ehditään suorittaa ennen myllyn hajoamista (Liite 3).

## 6.2 Lopullisen korjaussuunnitelman yhteydessä tehtävät parannukset

Pääty valmistetaan paksummasta teräksestä kuin alkuperäinen, jolloin siinä on enemmän varaa kulumista varten. Myös ongelmakohtia, kuten akseliholkin ja päätyosuuden välinen liitoskohta on vahvistettu tekemällä se alkuperäistä paksummalla ainevahvuudella. Lisäksi pääty valmistetaan teräksestä, jonka oletetaan olevan vahvempi kuin alkuperäinen määrittelemättömän valuteräs.

## 7 KORJAUSSUUNNITELMA

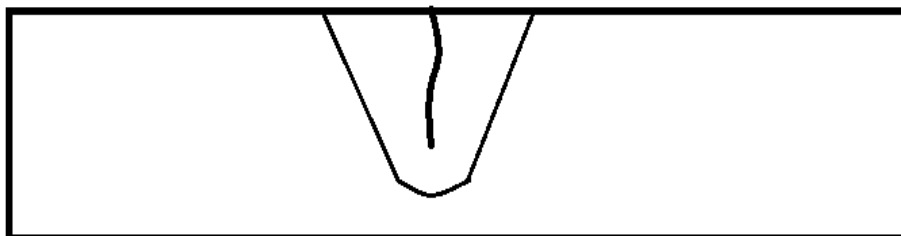


Kuva 7. vaihdettava pääty.

### 7.1 Hitsaamalla korjaaminen

Vaihtoehtona harkittiin korjausmenetelmää, jossa saumasta, särön ympäriltä olisi leikkattu materiaalia, jonka jälkeen se olisi täytetty hitsaamalla lisäainetta leikkaamalla

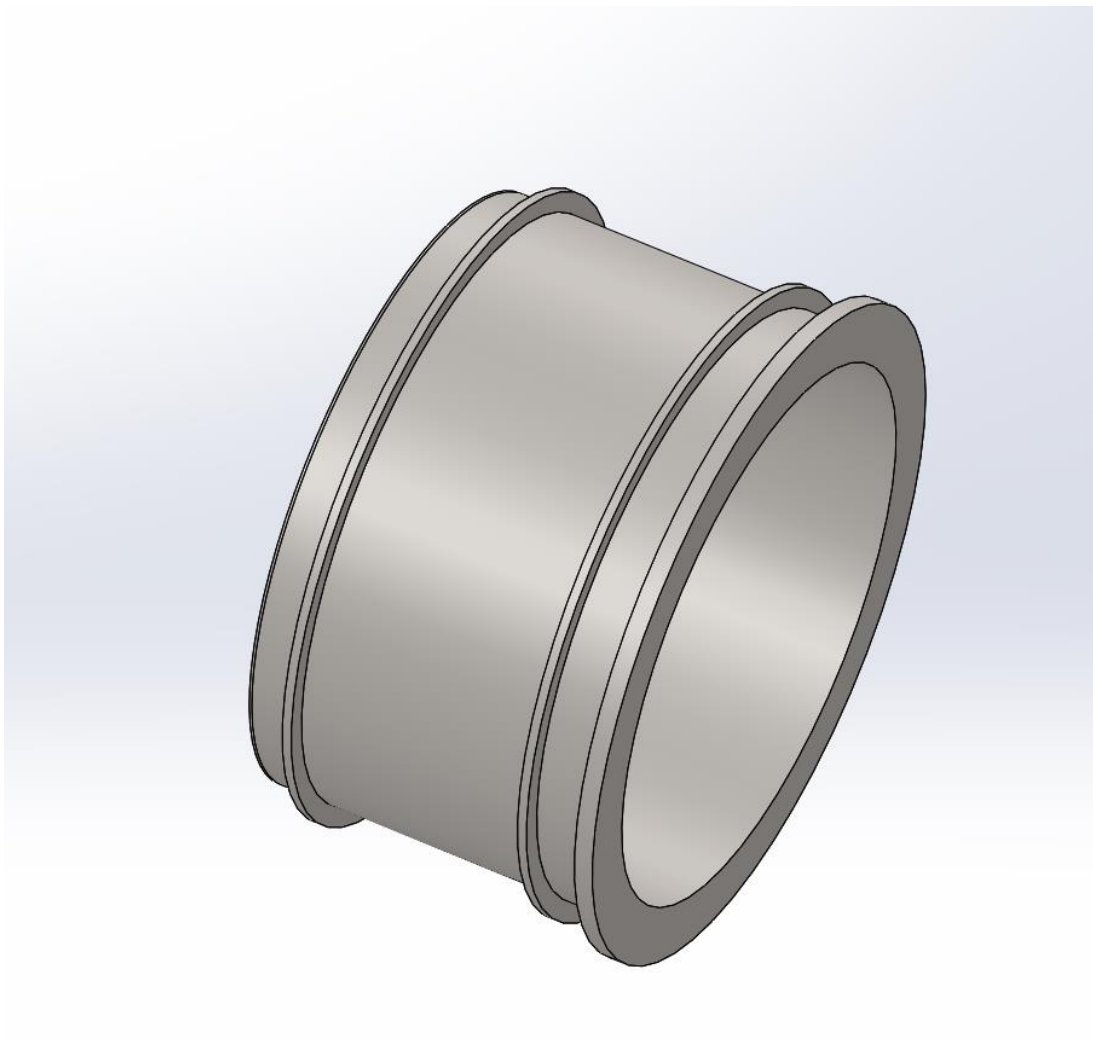
syntyneeseen railoon. Näin olisi välttytty uusien koneenosien teettämiseltä, mutta menetelmästä luovuttiin, koska akseliholkin materiaalia oli vaikea määrittää ja sen hitsauksen lopputuloksesta ei kokemuksen puutteessa voitu varmistua, toisin sanoen ei tiedetty, kuinka kyseinen hitsattu valkometallilla päällystetty valumetalli kestää käyttöolosuhteissa. Lisäksi sen koneistaminen tarkkoihin mittoihin paikan päällä, sekä lämpökäsittelyminen olisi ollut erittäin haastavaa. Myllyä olisi jouduttu pitämään kauemmin seisaksissa, sillä pääty olisi pitänyt irrottaa myllystä toimenpiteiden suorittamiseksi. Pääty oli myös kulunut eikä tällä olisi saavutettu lisää kulumapintaa esimerkiksi akseliholkkiin.



Kuva 8. Halkeama, jonka ympärille piirretty lisäaineella täytettävä railo.

## 7.2 Pelkän akseliholkin vaihtaminen

Toisena vaihtoehtoisena suunnitelmana oli pelkän akseliholkin vaihtaminen vanhaan päätyyn. Pääty olisi irrotettu, vanha, hitsiliitoksella kiinnitetty akseliholkki irrotettu polttoleikkaamalla, uusi akseliholkki hitsattu vanhaan päätyyn, lämpökäsitelty pääty akseliholkkeineen ja asennettu takaisin. Näin olisi saatua tilattua huomattavasti yksinkertaisempi osa, joka olisi tuottanut vähemmän kustannuksia ja olisi ollut nopeampi valmistaa. Tämä suunnitelma karsiutui akseliholkin linjauksesta syntyvien ongelmien vuoksi: akseliholkki olisi hyvin vaikea hitsata paikan päällä suoraksi. Käytännössä pääty olisi jouduttu lähettämään valmistavalle konepajalle paikan päälle hitsattavaksi suoruuuden varmistumiseksi. Lisäksi valuteräksen hitsin kestosta ei voitu varmistua. Tätä riskiä ei haluttu ottaa.

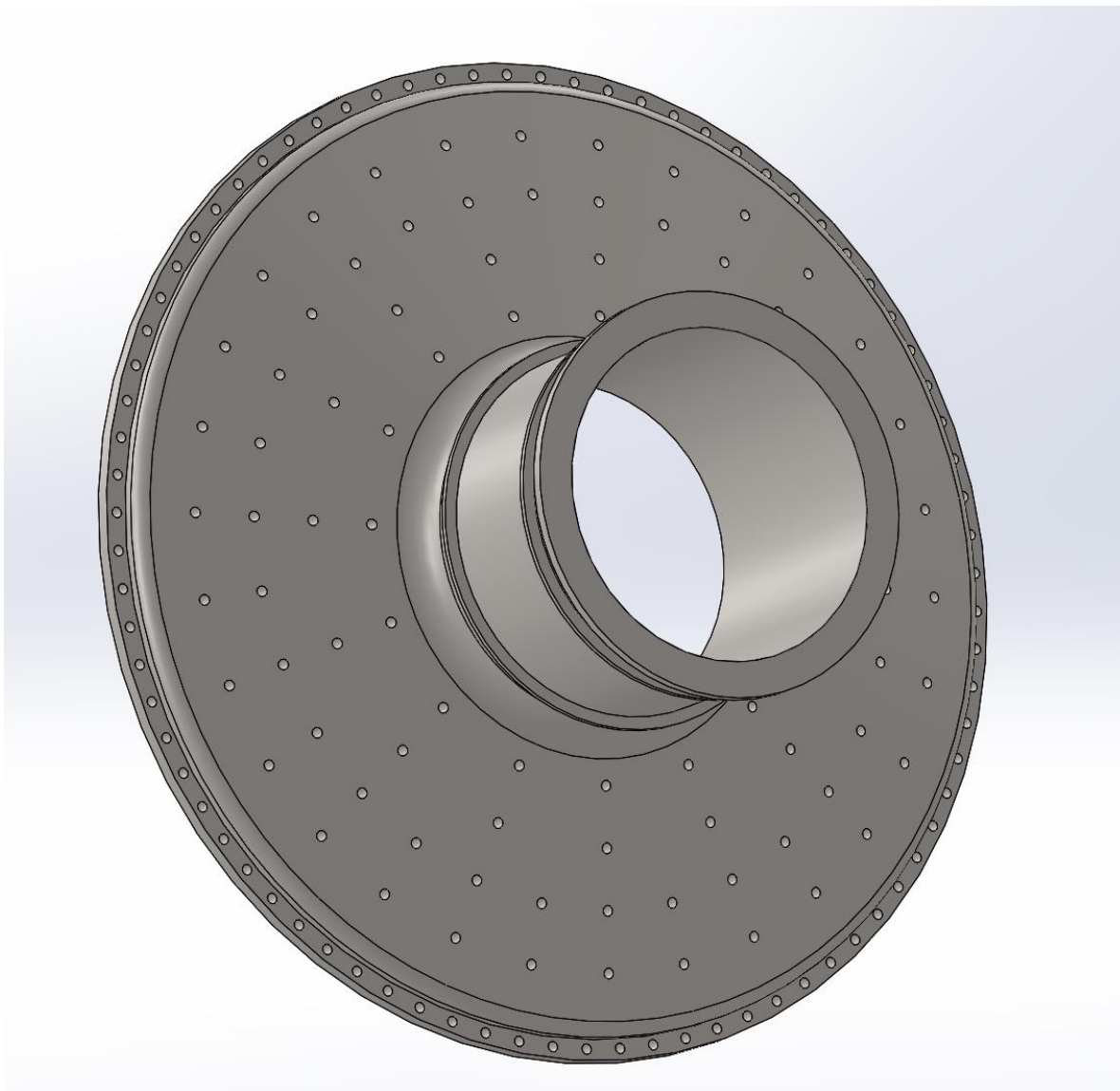


Kuva 9. Akseliholkin Solidworks-malli

### 7.3 Uuden päädyn valmistaminen

Päädyn valmistussuunnitelman laatiminen jätetään valmistajan tehtäväksi ja suunnitelma hyväksytetään tilaajalla. Todellisuudessa mylly valmistetaan joko teräslevystä tai teräsvaluna. Kappaleeseen tulee paljon koneistettavaa ja kappale on halkaisijaltaan suuri ( $D=4290\text{mm}$ ), joten valmistajalla tulee olla suuret metallintyöstökoneet.





Kuva 10. Koko päädyn Solidworks-malli

Uusi kuva valmistettiin alkuperäisten 70-luvun saksalaisten kuvien pohjalta.

Päädyn 3D-malli valmistettiin ensin Solidworks-ohjelmalla mallintaen, jonka jälkeen se siirrettiin Parasolid-muodossa Bentleyyn Microstation-ohjelmalle, jolla piirustukset luotiin. Malli valmistettiin Solidworksia käyttäen, sillä ohjelma sopii paremmin koonosien suunnitteluun sekä ohjelman paremman henkilökohtaisen hallinnan vuoksi. Piirustus valmistettiin Microstationilla, että se olisi tehtaan muiden omien piirustuksien kanssa yhtenäinen.



#### 7.4 Laakeriliuskan valmistaminen

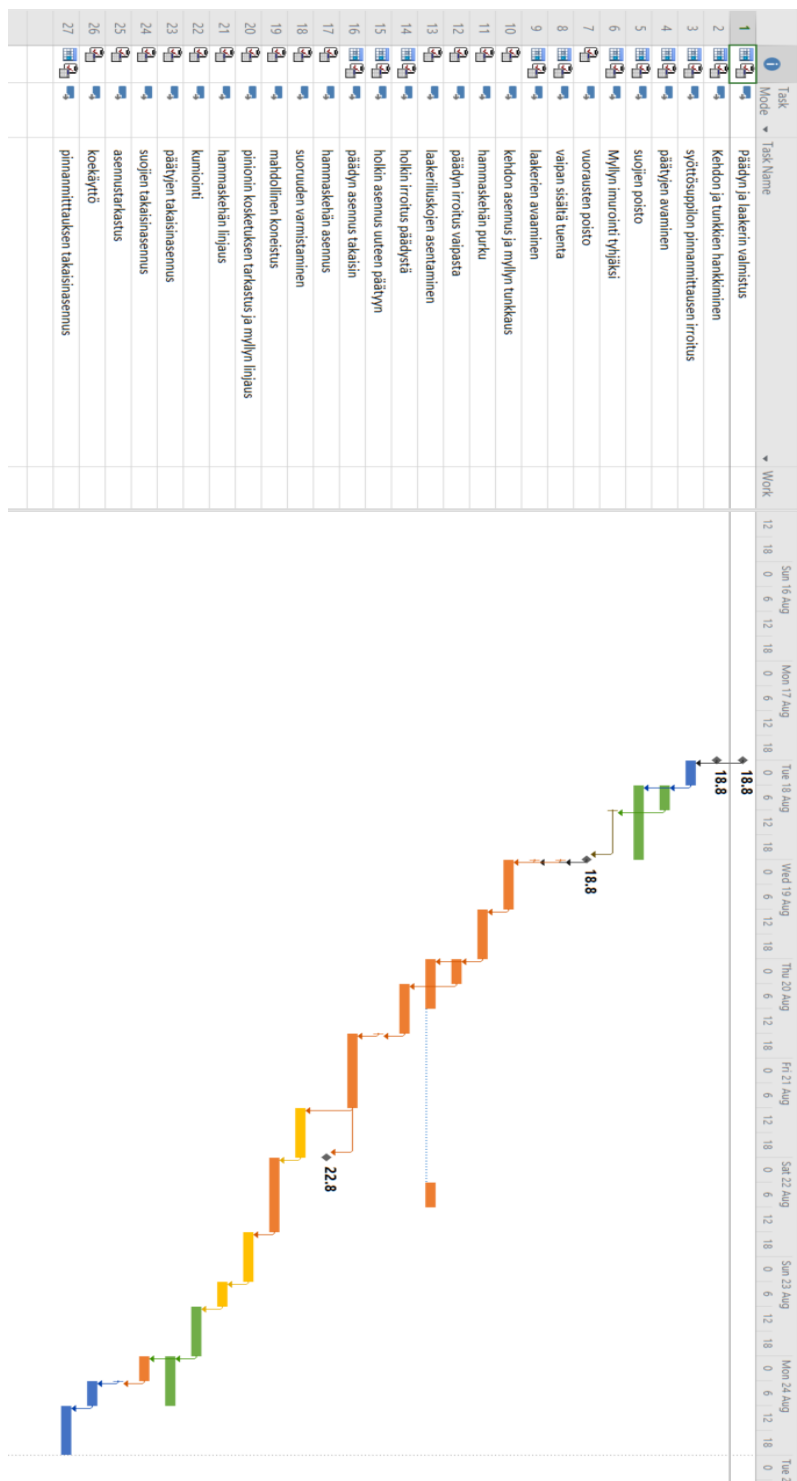


Kuva 11. Laakeriliuska (Elementis).

Laakeriliuskan runko valmistetaan hiiliteräksestä aineen saatavuuden, lujuusominaisuuksien ja hyvän työstettävyyden vuoksi. Rungon päälle valetaan laakeriterässeos, jona käytetään valkometallia. Valumuotti valmistetaan käyttäen vanhaa laakeriliuskaa valumallina.

## 7.5 Osien asentaminen

Osien asentamisen suorittaa päädyn valmistava toimittaja. Asennus suoritetaan Microsoft-Project ohjelmalla valmistettua projekti aikataulua noudattaen. Aikataulu laadittiin vanhan, pienemmän palamyllyn päädyn vaihtamisen aikataulun mukaisesti, sillä se on työmäärältään sekä työvaiheiltaan hyvin samankaltainen.



Kuva 12. Projekti aikataulu.

Kuvassa 12 sininen kuvastaa Bolidenia, vihreä kumivuorauksien suorittajaa, oranssi asentajaa ja keltainen linjauksen suorittajaa.

Asentamisen suorittaa sama toimittaja, joka päädyn valmistaa. Asennuksessa käytettävä tiimin kokoonpano tulee olemaan todennäköisesti suuruudeltaan kuusi asentajaa ja yksi työnjohtaja.

Ennen asentamista tulee mylly ajaa tyhjäksi kuonasta. Asentaminen aloitetaan purkamalla jauhinmyllyä ympäröivät suojalaitteet ja -aidat. Seuraavaksi päädyissä sijaitsevat laatikot puretaan. Mikäli myllyä ei ole saatu ajettua täysin tyhjäksi kuonasta, tulee jäljellä oleva materiaali imuroida säiliöautolla. Vaippaa suojaavat kumivuoraukset tulee poistaa ja mylly tuetaan toimittajan suunnitteleamalla tavalla teräspalkkeja hitsaamalla lommahtamisen estämiseksi.

Myllyn edessä olevat syklonille menevät putket saatetaan joutua irrottamaan, mikäli toimittaja katsoo niiden olevan noston tiellä. Laakeripesä avataan ja myllyä nostetaan hydraulisilla nostimilla niin, että se ei enää lepää laakereiden päällä. Seuraavaksi tulee irrottaa hammaskehä, sillä se on kiinni samassa laippaliitoksessa päädyn kanssa. Tämä saadaan purettua käyttämällä hallinosturia. Päätyä on tuettava purkamisen ajan.

Hammaskehän irrotuksen jälkeen on pääty irti ja valmiina nostettavaksi autonosturilla. Päädyn sisällä oleva poistoholkki irrotetaan ja asennetaan se uuteen päätyyn. Uusi laakeri asennetaan laakeripesään. Uusi pääty nostetaan paikalleen ja kasataan takaisin hammaskehän kanssa.

Vaipan, päädyn ja pinion-akselin kohtisuoruus tarkastetaan ja tarvittaessa koneistetaan paikan päällä, mikäli myllyä ei muuten saada suoraksi ja tasapainoiseksi. Pinion-akselin ja hammaskehän välinen kosketuspinta tarkastetaan.

Uudet kumivuoraukset asennetaan ja suojakaiteet, syklonien putket sekä päätyjen laatikot asennetaan takaisin.

## 7.6 Työturvallisuus

Vaihtotyön suorittavan toimittajan on toimitettava suoritettavasta työstä riskitarkastelu. Nämä tehdään prosessiriskit ja nostosuunnitelmat huomioon ottaen.

Toimittajan on pidettävä kerran viikossa turvavartti ja listattava osallistujien nimet listaan. Turvavarteissa käydään läpi ajankohtaisia asioita, jotka vaikuttavat alueella työskentelyyn.

Ensimmäisessä turvavartissa, joka pidetään ennen töiden aloittamista, käydään läpi alueen prosessiriskitarkastelut sekä toimittajan riskitarkastelu omasta työstään.

Työssä tarvittavat telineet, nostimet yms. hankkii toimittaja. Toimittajan on itse huolehdittava työ- ja tulityöluvista.

Työkohteen työn aikainen siivous sekä jälkisiivous kuuluvat toimittajalle.

Työhön osallistuvilla tulee olla voimassa oleva tehdasalueen yleisperehdytys sekä rikastamon osastokohtainen perehdytys. Lisäksi työhön osallistuvilla henkilöillä pitää olla työturvallisuus- ja tulityökortti.

## 8 NOSTOSUUNNITELMA

Nostosuunnitelma teetetään alihankkijalla. Alkuperäinen suunnitelma oli, että katto avataan tilanahtauden vuoksi, mikä johtuu siitä, että alun perin rikastamo on rakennettu jauhinmyllyjen ympärille, joten katon ja myllyn välinen tila on hyvin vähäinen.

Lisäksi rikastamohallin kattonosturi jaksaa nostaa vain 12,5t uuden päädyn holkkeineen painaessa yli 16t. Käyttöön saamamme Scania R500+WP365Tm autonosturin avulla katon avaamiselta kuitenkin vältytään, sillä sitä käyttäen on mahdollista käyttää suhteellisen suurta voimaa ahtaissa paikoissa. Myös ylimääräisiltä rakenteiden purkamisilta säästytään laitteen ominaisuuksien ansiosta.

Aluerajaukset ja myllyn sisäiset tuennat suunnittelee alihankkija.

## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin rikastamon toimintaan, jauhamisprosessiin, erilaisiin jauhinmyllyihin sekä tarkasteltiin Bolidenin lohkaremylly 2:n akseliholkista löytyviä vaurioita sekä tämän korjausmahdollisuuksia, uuden päädyn valmistamista. Lisäksi esitettiin lopullinen suunnitelma koko päädyn vaihtamisesta.

Opinnäytetyön ollessa lähes valmis suoritettiin uusi ultraäänitarkastus, josta kävi ilmi, että särö on edennyt ainevahvuuden läpi. Tämän tarkastelun jälkeen päätettiin tehdä korjaus käyttäen vaihtoehtoa 2; pelkän akseliholkin vaihtaminen.

Työ suoritettiin suunnitteluyksikössä, jossa oli laaja asiantuntemus ja jossa autettiin työn kanssa tarvittaessa.

Työn edetessä oli havaittavissa tilanteiden teollisuuden laitteiden ja käyttöolosuhteiden mukaan muuttuvat koko ajan, verrattuna koulun opetuksen teoreettisiin esimerkeihin. Yllättävää oli myös nähdä, kuinka tiivistä yhteistyötä Suomen kaivosteollisuudessa ja rikastamoilla tehdään.

## LÄHTEET

Airila, M 1995. Koneenosien suunnittelu. Porvoo: WSOY

Boliden Harjavalta www-sivut. 2020. Viitattu 18.4.2020 <https://www.boliden.com/operations/smelters/boliden-harjavalta>

Geologisen tutkimuskeskuksen www-sivut. 2020. Hienonnuks: Murskaus, jauhatus ja luokitus. Viitattu 5.5.2020 [https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnuks\\_Kaiva-fi.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnuks_Kaiva-fi.pdf)

Geologisen tutkimuskeskuksen www-sivut. 2020. Rikastus. Viitattu 5.5.2020 [https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Rikastus\\_kaiva.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Rikastus_kaiva.pdf)

Hulkko, K. 2010. Metallinsinöörien maailmanvalloitus: Outotec on suomen paras kasvuyritys Suomen kuvalehti. Viitattu 8.5.2020 <https://suomenkuvalehti.fi/jutut/kotimaa/talous/metallinsinöörien-maailmanvalloitus-outotec-on-suomen-paras-kasvuyritys/>

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media.

Kivioja, S. 1998. Tribologia – kitka, kuluminen ja voitelu. Helsinki: Otatieto.

Kortelainen, K. 2017. Markku Teräsvasara takoo outoteciin sisäistä joustoa – ei pidä käpertyä kulujen karsintaan ja väenvähennyskierteeseen Tekniikka ja talous. Viitattu 8.5.2020. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/markku-terasvasara-takoo-outoteciin-sisaista-joustoa-ei-pida-kapertya-kulujen-karsintaan-ja-vaenvahennyskierteeseen/8c465f0f-d426-3d26-8f74-a8a1d1b017ea>

Lindoos, V. 1986. Uudistettu Miekkojan Metallioppi. Helsinki: Otava.

Mine-engineer www-sivut 2020, Tankomylyt. Viitattu 4.5.2020 <http://www.mine-engineer.com/mining/rodmill.htm>

Outotec www-sivut. 2020 viitattu 4.5.2020 <https://www.outotec.com/>



## Pyörrevirtatarkastelu Dekra 10.5.2019

**DEKRA Industrial Oy**

Tuupakankuja 1  
01740 VANTAA  
Tel. (09) 878 020 Fax (09) 878 8853

**Pyörrevirtatarkastuspöytäkirja****Eddy Current Inspection Report**

Pöytäkirjan nro Report No.  
**D77051**

Tilaja Contractor	Työnro Work No.	Asiakas Customer	Työnro Work No.
Boliden Harjavalta Oy	-	Boliden Harjavalta Oy	-
Laitos Station		Valmistaja, asentaja Manufacturer, installed by	Työnro Work No.
Kuparirikastamo		-	-
Tarkastuskohde Inspection object		Piirustus nro Drawing No.	
LM2 laakeroinnin kuntokartoitus		-	
Laakerin liukupinnan särön syvyyden määrittäminen, 6006050 Jauhatus			
Valmistusvaihe Fabrication condition		Perusaine Base material	
-		Fe	
Pinnan laatu Surface condition		Lämpötila Temperature	
Ei puhdistusta		20°C	
		Lämpökäsittely Heat treatment	
		Ei lämpökäsittelyä	
Tarkastuslaite Equipment		Tunnus ID	
Olympys Nortec 600		PT 9	
Anturi Probe		Tunnus ID	
Ristikäämi 10mm / pannukakku kynäanturi		PT 110 / PT 109	
Tarkastustaajuus Inspection frequency		Vahvistus Gain	
500kHz / 250kHz		60,9dB / 66,8dB	
Esimagnetointi Magnetization		Vertailuvika Reference defect	
Ei		Ura, 0,5mm / 1,0mm / 2,0mm	
Tarkastuspvm Insp. date		Tarkastuspaikka Inspection place	
10.05.2019		Harjavalta	
		Muut tiedot Other information	
		-	
Tarkastusohje Inspection procedure		Tarkastuslaajuus Extent of inspection	
SFS-EN ISO 17643 / IP-162		Asiakkaan määrittämä	
Laadunmäärittämissiisakirja Quality document		Laatuvaatimus Quality requirement	
-		-	


**Tulokset Results**

Tarkastettu liitesivun 1 kuvan särön syvyyttä.  
Kalibroituvien loputtua 2mm syvyyteen ei särön syvyyttä pysty määrittämään tarkasti  
Vertailuvien amplitudit syvyyksien mukaan seuraavasti:

0,5mm	20%
1,0mm	30%
2,0mm	40%

Laakeripinnan särön amplitudi 50% - 55% liitesivun 2 mukaisesti  
Särön syvyys n. 3,5-4mm  
Kaikujen korkeuden kasvaessa epälineaarisesti, syvyys on arvio

Liitteet Appendix **1** sivua pages

Tarkastustulokset Results of inspection	<input checked="" type="checkbox"/> Täyttävät vaatimukset Comply with the requirements	<input type="checkbox"/> Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements
Tarkastaja Inspector	Mika Liikkanen, Nordtest 7501	Pätevyys Qualification <input checked="" type="checkbox"/> EN ISO 9712/Nordtest Level 2 <input type="checkbox"/> SNT-TC-1A Level 2 <input type="checkbox"/> STUK
Pvm ja allekirjoitus Date and signature	13.5.2019 Mika Liikkanen	 FINAS Finnish Accreditation Service 1009 (EN ISO/IEC 17020) (Tyyppi A / Type A)

Rev. 4

Tarkastuskohde Inspection object
LM2 laakeroinnin kuntokartoitus
Laakerin liukupinnan särön syvyyden määrittäminen, 6006050 Jauhatus

Tulokset Results



## Ultraäänitarkastelu Dekra 4.2.2020

## DEKRA Industrial Oy

Tuupakankuja 1  
01740 VANTAA  
Tel. (09) 878 020 Fax (09) 878 6653

## Ultraäänitarkastuspöytäkirja

## Ultrasonic Inspection Report

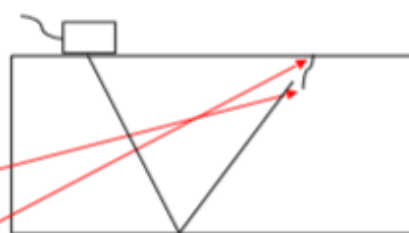


Pöytäkirjan nro / Report No.  
D101425

Tilaaaja Contractor Boliden Harjavalta Oy	Työnro Work No.	Asiakas Customer Boliden Harjavalta Oy	Työnro Work No.
Laitos Station Kuparirikastamo		Valmistaja, asentaja Manufacturer, Installed by	Työnro Work No.
Tarkastuskohde Inspection object LM2 ulostulopään laakeri		Piirustus nro Drawing No.	
Laakerin liukupinnan särön syvyyden määrittäminen			
Hilsin tunnus / Hiltsaaja Weld Identification / Welder		Perusaine Base material	
-		Fe	
Liitosmuoto Joint type	Rallion muoto Welding prepar.	Selänmä Väli thickness [mm]	Halkaisija Diameter [mm]
-	-	79	
Pinnan laatu Surface condition	Lämpötila Temperature	Lämpökäsittely Heat treatment	
Ei puhdistusta	20°C	Ei lämpökäsittelyä	
Tarkastuslaite Equipment Krautkrämer USM35X	Tunnus ID PT146	Tarkistuskappale Calibration block V2	Tunnus ID PT243
Luotainkulma Probe angle [°]	0 45	Mitta-alue Time base range	Kytkeyntäine Couplant
Tunnus ID	1675 PT1610	0-250	Öljy
Taajuus Frequency [MHz]	5 2	Vertailukappale Reference block	Tunnus ID
Koko Size	0,25" 14x14	S40	PT347
Perusvahvistus [dB]		Vertailuheijastaja Reference reflector	
Reference level [dB]	40 49	-	
Siltymiskorjaus [dB]	-	Arv.raja Eval. level	Rap.raja Rep. level
Transfer correction [dB]	-	-	Hyv.raja Acc. level
Laitte täyttää standardin EN 12668-3 vaatimukset Equipment comply with the requirements of standard EN 12668-3		<input checked="" type="checkbox"/>	
Tarkastuspvm Insp. date	Tarkastuspaikka Place	Muut tiedot Other information	
04.02.2020	Harjavalta		
Tarkastusohje Inspection procedure	Tarkastustaso Inspection level	Tarkastuslaajuus Extent of inspection	
SFS-EN ISO 17640		Katso tulokset	
Laadunmääritysasiakirja Quality document		Laatuvaatimus Quality requirement	
-		-	

## Tulokset Results

Tarkastettu särön syvyys kärkikaikutekniikalla. Maksimi syvyydeksi mitattu n. 10 mm.  
Selostus tarkastuksesta alla, kuvia kohteesta liitesivulla 1.



Kärkikaiku särön kärjestä.

Kaiku särön nurkasta.

Särön syvimmästä kohdasta saadut arvot: äänitie särön nurkasta 228 mm ja särön kärjestä 213 mm.

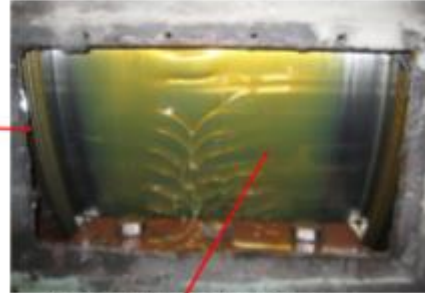
Liitteet Appendix 1 sivua pages

Tarkastustulokset Results of inspection	<input checked="" type="checkbox"/> Täytävät vaatimukset Comply with the requirements	<input type="checkbox"/> Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements
Tarkastaja Inspector Juha Lievonen, Nordtest 7278	Pätevyys Qualification <input checked="" type="checkbox"/> EN ISO 9712/Nordtest Level 2 <input type="checkbox"/> SNT-TC-1A Level 2 <input checked="" type="checkbox"/> STUK	
Pvm ja allekirjoitus Date and signature 5.2.2020 Juha Lievonen		
Rev. 0		

Tarkastuskohde Inspection object
LM2 ulostulopään laakeri
Laakerin liukupinnan särön syvyyden määrittäminen



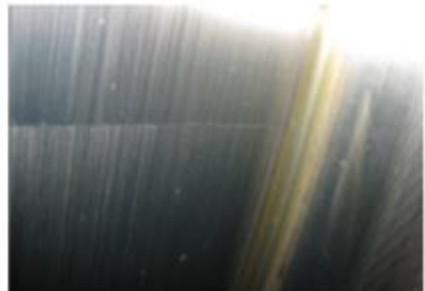
Tarkastuskohde.



Särön maksimisyvyys tässä kohtaa.



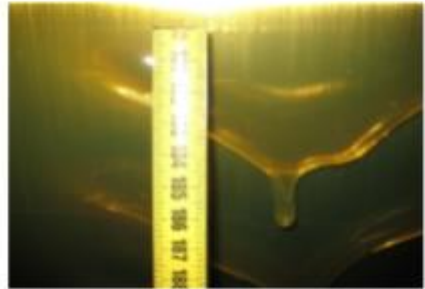
Särö loppuu n. 30 mm ennen vasenta reunaa.



Ylempi särö jatkuu oikeaan nurkkaan, muttei nurkan yli.



Alempi särö loppuu n. 140 mm ennen oikeaa nurkkaa.



Säröjen väli n. 80 mm.

## LM2 Tarkastusraportti, Metso, 10.1.2019



Tarkastusraportti	12/14
101/2019	Luottamuksellinen
Boliden LM2 Harjavalta Finland	Rainer E Harmainen,
	9 Tammikuuta 2019

LM2 myllystä ei tässä yhteydessä ole tarkastettu (olisi hyvä varmistaa):

- o Hammaskehän ja käyttöakselin tarkastus
- o Moottorin tarkastus
- o Voitelujärjestelmän mittaus ja tarkastus (huuhotus ml)
- o Tunkkauspalkkien rakennetarkastelu myllyn alla (on olemassa)
- o Nostokehdon tarkastus (ei ole kehtoa?)
- o Nostokoneikon ja nostimien tarkastus (ei erillistä?)
- o Nostokoetta
- o Varalaakerien, laakeriholkkien kuntoa varastossa (ei ole)
- o Radiaalivällysmittaus laakereille

Seuraavassa vuosihuollossa suositetaan tehtäväksi (noin 5 työpäivän työt);

- o Laakerihuoltoa (tarkastus ja säätö) ja laakerijalan sisäistä puhdistusta
- o Laakerikansien puhdistusta, sisäpuoleista pinnoitusta ja huuhotin huoltoa
- o Laakeri kuluman mittausseurannan ja käyttöseurannan aloitusta
- o Varalaakerin valmistukseen tarvittavia mittauksia
- o Jäljempänä olevan lujuuslaskelmien suositusten mukaisia rungon ja päätyjen korjauksia. Kulumien sisäpuoleinen kartoitus, täyttö kemiallisella metallipastalla
- o Kiinnitys pulttien kireyden tarkastusta, reikien korjausta
- o Öljyanalyysejä ja voitelujärjestelmän huoltoa

Huolto ja kunnossapitoa varten suositellaan hankittavaksi

- o Luokitettu nostokehto, hydraulijärjestelmiseen
- o Varalaakeri, laakeritiiviste sarjat
- o Tarkastusluukkujen suojat, tarkastuksissa luukun kautta ulkopuolisen materiaalin kulkeutumisen estämiseksi laakeri tilaan
- o Laakerin vaihtoon soveltuvat nosto ja apukiinnikkeet
- o Mahdollisesti kumitus/pinnoitus rakenteen ja kulutuspalojen väliin hillitsemään lietteen aiheuttamaa "erosiota" rakenteessa. Se ei korjaa vaurioita, mutta voi osaltaan hidastaa kulumista. Uudessa/korjatussa se on ehdottomasti hyvä olla.

**Yleisesti voidaan todeta mittaustulosten perusteella (vrt laskenta liite);**

1. **Vaipan** arviolta keskimääräinen jäljellä oleva paksuus on noin 86%, ja mitatut paikalliset paikat paksuudelle ovat noin 43% lähellä suurjännitysalueita ja alle 29% matalammilla stressialueilla. Suositellaan joko korvaamaan vaippa uudella, tai vähintään saamaan korjaushitsauksella vahvuuden palautus. Lierion hitsauksen korjaus on hidas, vaativa prosessi jossa on aina riskinä hitsauksen aiheuttamat muutokset ainerakenteessa ja syntyvät jännitykset, joten kuoren vaihto on varmasti kantavampi vaihtoehto niin nopeudellaan kuin kustannukseltaan.

2. **Päätyjen** osalta keskimääräinen jäljellä oleva paksuus syöttö- ja poistopäässä on 87%, mikä on lähellä hyväksyttävää. Pahimmilla alueilla, joilla on suuri stressi, jäljelle jäävä paksuus on 61%, on jo huolestuttavaa, mutta toistaiseksi syöpymä on paikallista (ei kaikkialla ympäri), joten lyhyellä aikavälillä ei pitäisi olla suurta huolta (esim. 1-3 vuotta). Trendi kuitenkin selvästi osoittaa, että myös päätyjen osalta on ryhdyttävä edellä vaipalle osoitettujen suositusten mukaisiin toimenpiteisiin em. aikarajan aikana.

3. **Syöttöpäädyn** kulumat (jossa on hitsatut levyt) näyttävät huolestuttavilta ja ovat selvästi kriittisin alue, mutta meillä ei ole vielä paikasta syvyys- ja muototietoa tarkempaan analyysiin. Kun tämä syöttöpääty vaurioituu, todennäköisimmin repeämän alku on myllyn ulkopuolella olevalla pään nivelpinnalla (vinonpäädyn ja laakeriholkin välinen pyöritys). Tätä aluetta on jatkossa tarkastettava MPI: llä\*) puolivuositain.

4. **Myllyn yleisvaikutelma** on heikko, ja siellä näkyy selkeästi paikoittaista kulumista. Ja elinkaareltaan mylly on tulossa tiensä päähän. Korjaamalla voidaan elinikää hetkellisesti jatkaa, mutta korjaukset voivat poikia uusia vauriota heikon yleisrakenteen muista kohdista. Myllyn kuluvien pääkomponenttien systemaattista seuranta tulee tihentää, varmistaen että mahdolliset havaittavat muutokset sekä niiden vaatimat toimenpiteet onnistutaan hoitamaan ajoissa.

5. **Myllyn toiminnan takaamiseksi** pitkällä aikavälillä on kaksi vaihtoehtoa joko uuden täydellisen myllyn vaihtaminen oheisrakentamisineen tai ETO-toimituksella \*\*) vaihtaa myllyn pyörivät osat (laakerit, akseliholkit, päädyt ja vaippa) kuten esim. toimitettiin Yaralle Siilinjärvelle v 2018. Luonnollisesti tulee myös kaikki muut komponentit tarkastaa ja arvioida, kokonaisinvestoinnin ja laitteen elinkaaren jatkamisen onnistumiseksi.

\*) MPI = Pintaa rikkomaton (NDT) magneettimittaus menetelmä pinnan ja sen alaisen materiaalin homogeenisyydestä. (RaHa)



Tarkastusraportti	14/14
101/2019	Luottamuksellinen
Boliden LM2 Harjavalta Finland	Rainer E Harmainen,
	9 Tammikuuta 2019

\*\*) ETO= Engineer to order, on **tilauksesta valmistus** prosessi, jossa asiakastilauksesta suunnitellaan sekä valmistetaan tarvittava laite tai laitteen osa tiettyyn asiakastarpeeseen.

Liitteenä olevan lujuuslaskenta on tehty perustuen saatuihin lähtöarvoihin, josta kaikkia tarkkoja arvoja ei ole ollut saatavilla, piirustusten tai todentamisen puutteen vuoksi.

Kuitenkin saaduilla arvoilla raportti kertoo laitteen tilanteen tarkastuspäivänä sekä arvio trendin 1-3 vuoden aikajanaalla, mikä saattaa olla maksimi oletettu käyttöikä laitteelle.

Tampere 09.01.2019

Rainer Harmainen  
Projektipäällikkö  
Metso Minerals Oy

Boliden Harjavalta, Perustietoa ja tuotantolukuja, Powerpoint

## Tämä on Boliden

- Maailmanluokan kaivos- ja sulattoyhtiö
- Ruotsi, Suomi, Norja, Irlanti
- 6 kaivosaluetta, 5 sulattoa
- Tuotteina kupari, sinkki, nikkeli, lyijy, kulta ja hopea
- Henkilöstömäärä 5 800, josta Suomessa 1 600
- Liikevaihto 49,9 miljardia kruunua
- Toiminta alkanut 1924 kulta- ja hopean löytämisestä Bolidenissä



**BOLIDEN**

## Boliden Harjavalta: Talous ja tuotannot 2019

- Liikevaihto 278 miljoonaa euroa
- Liikevoitto 70 miljoonaa euroa
- Tuotannon arvo 1,3 miljardia euroa

### Tuotantolukuja

#### Sulatetut materiaalit, Harjavalta

– kuparirikasteet	488 155 t
– nikkelikasteet	265 934 t
– kierrätysraaka-aineet	24 150 t

#### Tuotanto, Harjavalta

– nikkeli	26 287 t ★
– rikkihappo	619 735 t
– nestemäinen rikkidioksidi	36 372 t

#### Tuotanto, Pori

– katodikupari	120 369 t
– kulta	2 590 kg
– hopea	62 580 kg



★ 49 349 t nikkelikiveä

**BOLIDEN**