

Joonas Tuomisto

# KÄÄNTÖUPOKKAAN KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
2019

# KÄÄNTÖUPOKKAAN KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN

Tuomisto, Joonas  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tammikuu 2019  
Sivumäärä: 37  
Liitteitä: 0

Asiasanat: kunnossapito, suunnittelu, 3D-mallinnus

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella parannuksia Luvata Pori Oy:n OF-valimossa toimivaan kääntöpokkaaseen. Tavoitteena oli parantaa kääntöpokkaan toimintavarmuutta ja samalla kehittää sen kunnossapitoa.

Teoriaosuudessa käsiteltiin kääntölaitteistoon kuuluvia osia ja niiden toimintaa sekä kunnossapitoa. Ennen varsinaista suunnittelua pyrittiin tunnistamaan ongelmakohdat ja niistä aiheutuvat haitat. Näiden tietojen pohjalta ryhdyttiin ideoimaan muutoksia ja uusia ratkaisumalleja, joista parhaimmat ideat mallinnettiin SolidWorks 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmistolla. Parannuksia suunniteltaessa otettiin vahvasti huomioon työntekijöiden näkökulma, jotta suunnitellut muutokset toisivat todellisia parannuksia käytännössä ja kunnossapito sujuisi mahdollisimman jouhevasti.

Lopputulokseksi saatiin muutama ratkaisumalli, jotka toisivat selkeitä parannuksia kääntöpokkaan toimintavarmuuteen ja helpottaisivat kunnossapitoa.

## DEVELOPING OF THE MAINTENANCE OF A TURNING CRUCIBLE

Tuomisto, Joonas

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

January 2019

Number of pages: 37

Appendices: 0

Keywords: maintenance, desing, 3D-modelling

---

The subject of the thesis is designing enhancements to a turning crucible in the OF foundry of Luvata Pori Oy. The objective of the study was to improve the operational reliability of the crucible and to develop its maintenance.

The theory section of the thesis addresses the components of the turning mechanism, and its operation and maintenance. Before the design phase, a pre-study was conducted to recognize problem drivers and subsequent faults. This information was used as input to generating ideas for improvements and solutions. SolidWorks 3D mechanics design software was used for modelling the best solutions. In order to create solutions that benefit operation and maintenance in the best way in practice, operators' views were carefully considered in planning.

The study resulted in a number of solutions that would improve the operational reliability of the turning crucible and make its maintenance easier.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LUVATA PORI OY.....	7
2.1	Yleistä.....	7
2.2	Historia.....	7
2.4	OF-Valimo.....	9
3	SUUNNITTELUPROSESSI.....	10
3.1	Rajaus ja tavoitteet.....	10
3.2	Suunnittelun eteneminen.....	11
3.3	Huomioitavaa suunnittelussa.....	11
4	KÄÄNTÖLAITTEISTO, TEORIAA.....	12
4.1	Hydraulisylinterit.....	12
4.2	Laakerit.....	13
4.2.1	Vierintälaakerit.....	14
4.2.2	Liukulaakerit.....	15
4.3	Akselit.....	16
4.4	Vaihdemoottorit.....	17
4.4.1	Vaihteet.....	20
4.5	Ketjuvälitys.....	20
5	KUNNOSSAPITO.....	21
5.1	Yleistä.....	21
5.2	Kunnossapitolajit.....	23
6	KÄÄNTÖUPOKAS.....	27
6.1	Toiminto.....	27
6.2	Ongelmien määrittely.....	28
6.3	Kääntöupokkaan kunnossapito ennen muutoksia.....	30
7	MUUTOKSET KÄÄNTÖUPOKKAASEEN.....	31
7.1	Upokas.....	31
7.2	Suojat.....	32
7.3	Laakerointi ja rakenne.....	32
7.4	Hydraulisylinterin muutokset.....	33
7.5	Vaihdemoottori.....	35
7.6	Muutoksien vaikutus kunnossapitoon.....	35
8	YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET.....	37

## LIIKTEET

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli kehittää OF-valimossa UP-lankalinjassa toimivan kääntöpokkaan kunnossapitoa ja parantaa sen toimintavarmuutta. Laitteisto ei toimi toivotulla tavalla ja se aiheuttaa turhan usein ylimääräisiä huoltokatkoja.

Haastatteluiden ja työntekijöiden toiveiden sekä omien havaintojen pohjalta lähdettiin suunnittelemaan muutoksia kääntöpokkaaseen. Tavoitteena oli kehittää yksinkertaisia ja toimintavarmoja uudistuksia, joiden avulla ylimääräiset huoltokatkot saataisiin estettyä. Suunnittelussa käytettiin SolidWorks 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmistoa.

Valimon tuotannon kannalta on oleellista, että ei tule ylimääräisiä katkoja. Ehkäisevällä kunnossapidolla, esimerkiksi oikeanlaisella voitelulla, on olennainen rooli laitteiston toiminnan kannalta. Valimossa toimintatapana on pitää erillisiä huoltopäiviä koneille, silloin ei ole tuotantoa ja päästään rauhassa tekemään suunnitellut huoltotoimenpiteet. Kääntöpokkaalle huoltopäivä järjestetään kolmen viikon välein. Muutoksilla pyritään siis siihen, että näinä kolmen viikon ajanjaksoina huoltopäivien välissä vältettäisiin laitteiston vikaantumiset ja tuotanto toimisi katkeamattomana.

Opinnäytetyö saatiin valmiiksi asetetun aikataulun puitteissa. Suunniteltujen muutosten toteutus ei kuitenkaan tapahdu hetkessä, joten muutokset tehdään kesän 2019 huoltoseisakissa, jolloin tuotannosta on muutaman viikon tauko. Yksi suunnittelun lähtökohdista oli välttää tekemästä muutoksia kääntöpokasta ympäröivään runkorakenteseen. Jos jostain syystä suunniteltu uusi kääntölaitteisto ei toimisikaan, niin nykyinen laitteisto olisi mahdollista asentaa takaisin ja näin ollen ei seuraisi ongelmia.

## 2 LUVATA PORI OY

### 2.1 Yleistä

Luvata Pori Oy sijaitsee Kupariteollisuuspuistossa Kokemäenjoen varrella Porissa. Muita alueella toimivia suuria yrityksiä ovat Aurubis, Boliden, Cupori ja Outotec. Kokonaisuudessaan Luvata Pori työllistää noin 380 henkilöä. Liikevaihto vuonna 2017 oli 207 miljoonaa euroa. (Kupariteollisuuspuiston www-sivut 2018.)



Kuva 1. Ilmakuva kupariteollisuuspuistosta (Kupariteollisuuspuiston www-sivut 2018.)

### 2.2 Historia

Kupariteollisuuspuistossa on pitkät perinteet kuparituotannosta. Kuparituotanto alkoi jo 1940-luvulla, kun Outokumpu Oy rakennutti alueelle Porin Metallitehtaan. Vuonna 1960 Porin Metallitehdas sai nimen Outokumpu Oy:n Porin tehtaas. 1960-luvun alkupuolella Porin tehtaas työllisti yli 2000 henkeä ja oli koko Outokumpu Oy:n suurin toimipaikka. 2000-luvulla Outokumpu alkoi keskittymään ruostumattomaan teräkseen ja vuonna 2005 Outokumpu myi pääosan kupariliiketoiminnastaan Nordic Capitalille, joka on ruotsalainen pääomasijoitusyhtiö. Vuonna 2006 myydyn yhtiön nimi

muutettiin Luvata Oy:ksi. Tästä muutaman vuoden kuluttua vuonna 2011 Luvata Oy myi valssaamoliiketoimintansa saksalaiselle Aurubis AG:lle. (Kupariteollisuuspuiston www-sivut 2018.)

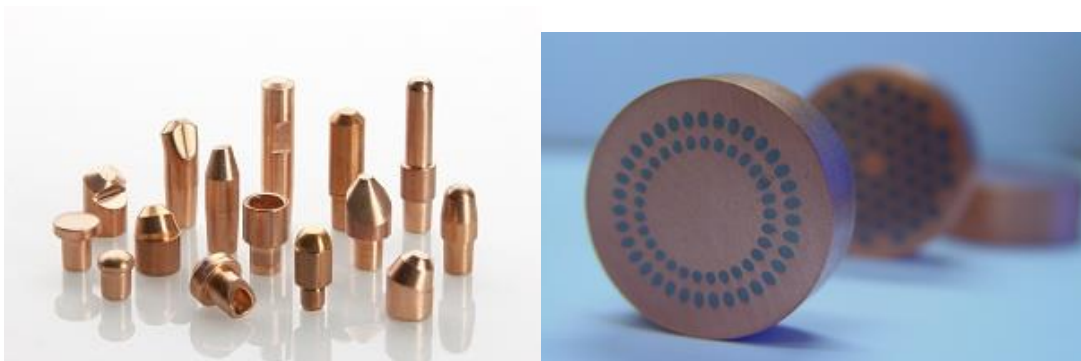
Vuonna 2017 japanilainen monialayritys Mitsubishi Materials Corporation (MMC) hankki Luvata Group:n erikoistuoteliiketoiminnon, näin ollen myös Luvata Pori Oy siirtyi japanilaisten omistukseen. Tämän seurauksena myös Luvatan erikoistuoteliiketoiminnon pääkonttori siirtyi Lontoosta Poriin. (Luvatan www-sivut 2018.)

### 2.3 Tuotteet

Luvatan valmistamiin tuotteisiin kuuluvat:

- Metallurgisen teollisuuden komponentit
- Johdinputket
- Pinnoitusanodit
- Tangot ja profiilit
- Suprajohtimet
- Hitsauselektrodit ja hitsauksessa tarvittavat komponentit
- Langat





Kuva 2. Hitsaustuotteet ja Kuva 3. Suprajohteet (Luvatan www-sivut 2018.)



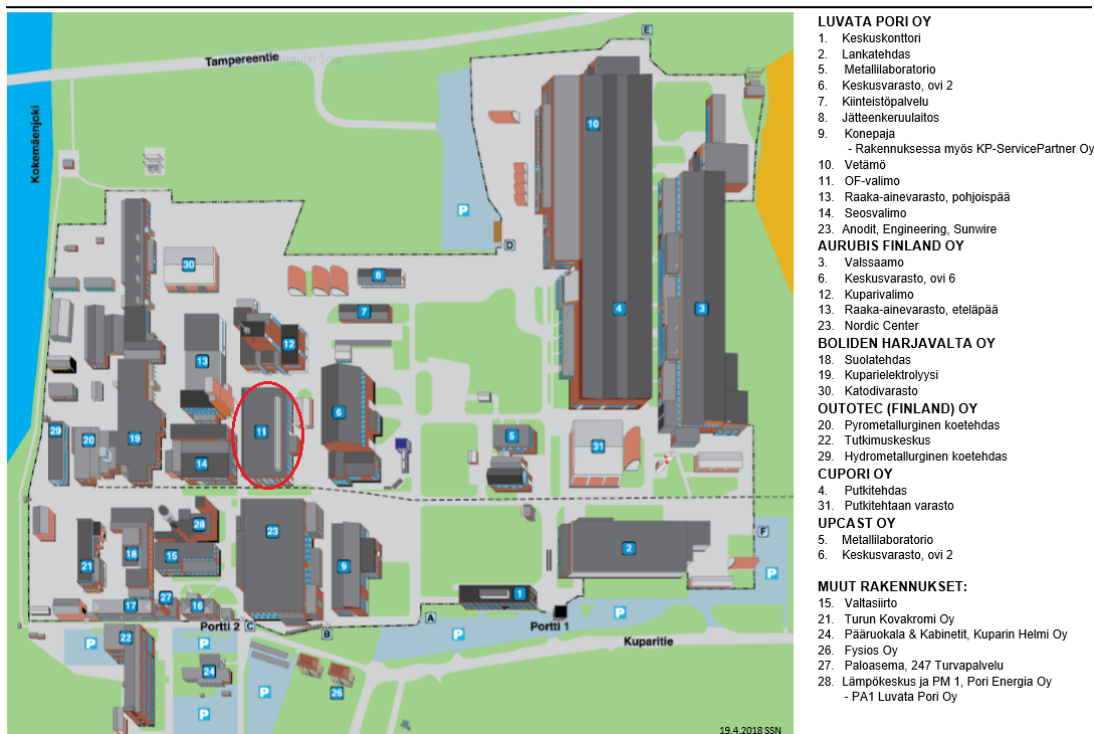
Kuva 4. Johdinputket ja Kuva 5. Profiilit (Luvatan www-sivut 2018.)

Luvata valmistaa asiakaskohtaisesti räätälöityjä tuotteita moniin teollisuuden ja tutkimuksen kohteisiin. Luvatan valmistamia tuotteita käytetään muun muassa autoteollisuudessa, uusiutuvissa energioissa, terveydenhuollossa, ja kulutustuotteissa. (Luvatan www-sivut 2018.)

#### 2.4 OF-Valimo

Nimensä mukaan OF-valimossa valetaan hapettomia kuparivalanteita. OF-valimon alkuosa tulee englannin kielen sanoista oxygen free, mikä tarkoittaa hapetonta. Valanteet ovat erimuotoisia ja laatuksia esimerkiksi laattoja, pöllejä ja ydinpöllejä. Sisäinen romu, katodit ja seosaineet ovat OF-valimossa käytetyt pääraaka-aineet. OF-valimossa kunnossapito koostuu, sekä mekaanisesta, että sähköpuolen kunnossapidosta. (Leppijoki 2017, 9.)

### KUPARITEOLLISUUSPUISTON YRITYKSET JA RAKENNUKSET



Kuva 6. Aluekartta (Luvatan intranet 2018.)

## 3 SUUNNITTELUPROSESSI

### 3.1 Rajaus ja tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä tavoitteeksi asetettiin kääntöpopkaan toimintavarmuuden parantaminen ja kunnossapidon kehittäminen. Aihe rajattiin koskemaan kääntölaitteiston muutosta (laakerit, hydraulisylinteri ja rakenne) sekä ulkoisten haittatekijöiden poistoa. Opinnäytetyötä alettiin tekemään syyskuun 2018 lopussa ja työn tavoite valmistumisajaksi asetettiin joulukuun 2018 loppu.

### 3.2 Suunnittelun eteneminen

Suunnitteluprosessi aloitettiin ongelmien määrittelyllä. Keskustelujen ja haastattelujen pohjalta asetettiin projektille aikataulu, tavoitteet ja rajattiin aihe. Lisäksi keskusteluissa ilmeni asioita, jotka ovat tärkeä ottaa huomioon, kun lähdetään suunnittelemaan uusia ratkaisumalleja.

Päätösten ja ideoinnin pohjalta mallinnetaan erilaisia luonnoksia. Luonnosmallit esitetään työntekijöille ja he voivat ehdottaa muutoksia niihin. Luonnosmallit voidaan myös hylätä, mikäli niissä ilmenee asioita, jotka eivät tuo parannuksia laitteistoon tai muita epäkohtia. Luonnosmalleista valitaan parhaat ja niihin tehdään tarvittavat muutokset ja lisäykset. Näiden toimenpiteiden jälkeen valmiina on SolidWorks:lla suunnitellut ratkaisumallit.

### 3.3 Huomioitavaa suunnittelussa

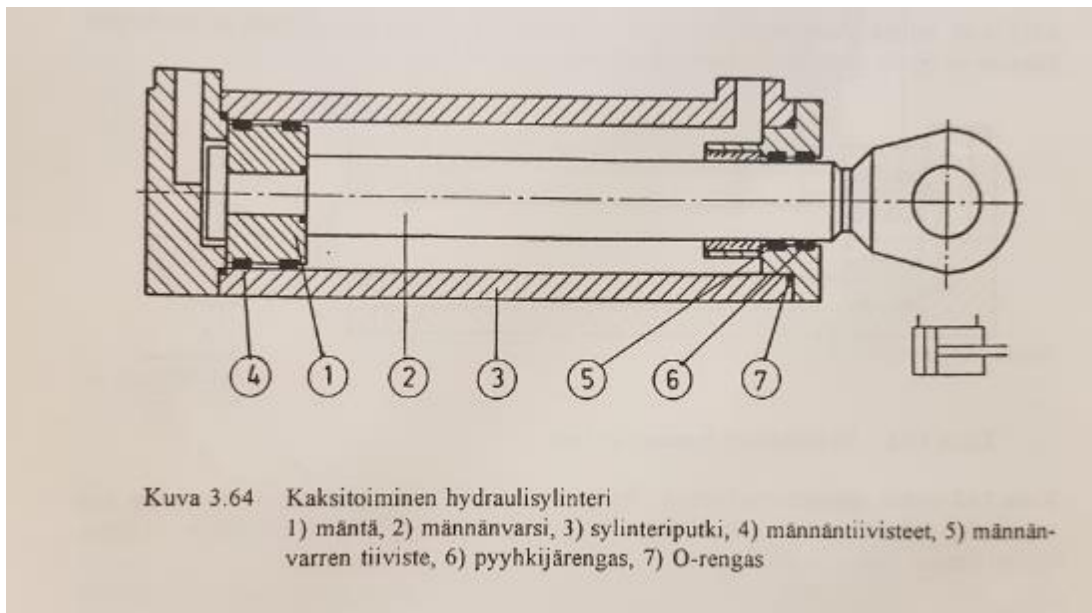
Keskustelujen pohjalta ilmeni asioista, joita suunnittelussa täytyy ottaa huomioon. Muutoksia suunniteltaessa on ensiarvoisen tärkeää ottaa huomioon, että rakenne pysyy tiiviinä. Kääntöupokas on tiiviin rautarakenteen sisällä, jonne ei saa päästä happea. Ylipaine rakenteen sisään muodostetaan typen avulla. Lämpötilat kääntöupokkaan läheisyydessä ovat melko suuria, joten suunniteltaessa ja mitoitettaessa osia lämpölaajeneminen on huomioitava. Myös tilojen ahtaus rajaa pois vaihtoehtoja. Suunnittelussa otetaan vahvasti huomioon myös kunnossapidon näkökulma, jotta huollot sujuisivat mahdollisimman jouhevasti ja laitteisto olisi sellaisessa paikassa, jossa työskentelyasento olisi mahdollisimman hyvä. Pyritään myös hyödyntämään esimerkiksi runkorakenteessa valmiina olevia reikiä ja välttämään tekemästä runkorakenteeseen muutoksia, jotta vanhan laitteiston asentaminen takaisin olisi myös jatkossa mahdollista. Suunnitellut osat pyritään mitoittamaan siten, että ne ovat standardimittaisia. Osien tilaaminen käy silloin helposti.

## 4 KÄÄNTÖLAITTEISTO, TEORIAA

### 4.1 Hydraulisyylinterit

”Sylinteri on hydraulikkajärjestelmässä tavallisin laite, jossa paine-energia muutetaan työksi. Sylinterillä saadaan aikaan suoraviivainen liike, joka voidaan tarpeen mukaan muuttaa esimerkiksi vipumeکانismin avulla osittain pyöriväksi liikkeeksi.” (Ansaharju 2010, 257.)

Toimintaperiaatteensa mukaan hydraulisyylinterit voidaan jakaa yksitoimisiin ja kaksitoimisiin. Yksitoimiset sylinterit on varustettu yhdellä hydrauliliitännällä ja öljynpaine liikuttaa mäntää vain yhteen suuntaan. Paluuliike tapahtuu ulkoisen kuorman tai jousivoiman avulla. Kaksitoimiset sylinterit on varustettu kahdella hydraulisella liitännällä ja öljynpaine liikuttaa mäntää molempiin suuntiin. Sylinterit voivat olla kooltaan erilaisia ja niitä voidaan käyttää hyvinkin erilaisissa paikoissa, mutta perusrakenteeltaan ne ovat samanlaisia. (Ansaharju 2010, 257.)



Kuva 7. Hydraulisyylinterin rakenne (Fonselius 1993, 76.)

Suuntaus on erittäin tärkeää ottaa huomioon asennettaessa sylinteriä. Jos männänvarsi kuormittuu sivusuunnassa, männänvarsi tai laakeriholkki saattaa vaurioitua. On myös varmistettava, että liittimet ja letkut pääsevät liikkumaan esteettömästi. Liitäntäaukot

on pyrittävä sijoittamaan ylöspäin, sillä se helpottaa sylinterin ilmaamista. Aina se kuitenkin ei ole mahdollista johtuen esimerkiksi tilojen ahtaudesta. (Ansaharju 2010, 258.)

#### 4.2 Laakerit

“Laakeri on koneenelin, jonka tehtävänä on sallia akselin pyörivä liike kannatusrakenteessa. Laakerin tehtävänä on myös tukea ja ohjata akselia tai muuta pyörivää laitetta ja kantaa koneen tai laitteen toiminnasta aiheutuva kuormitus.” (Ansaharju 2010, 135.)

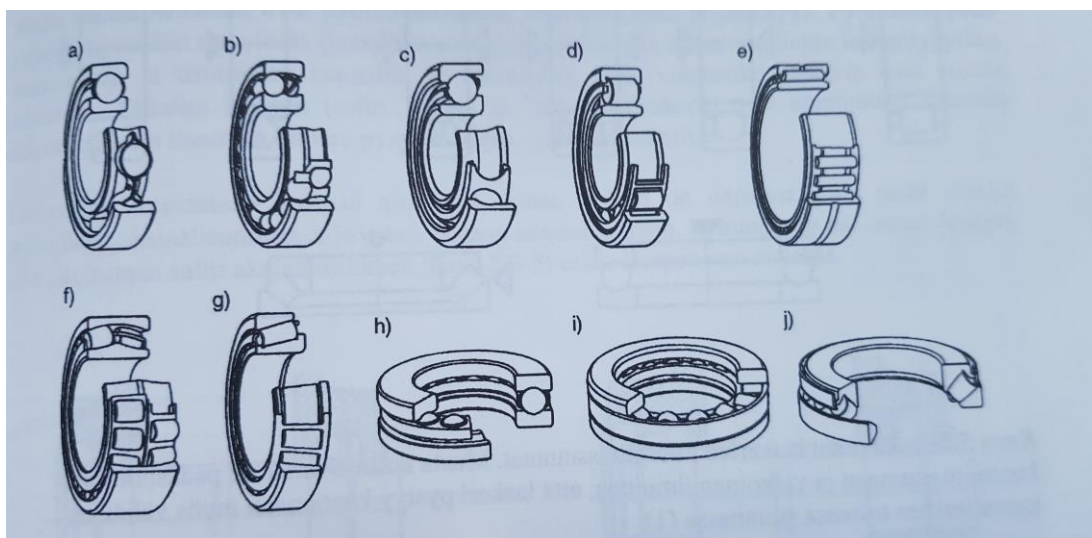
Laakereilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia koneen rakenteen ja toiminnan sekä käyttöolojen mukaan. Rakenteensa mukaan laakerit jaetaan kahteen päätyyppiin: liukulaakereihin ja vierintälaakereihin. Liukulaakeri on yksinkertaisin laakerityyppi. Liukulaakerin ja akselin väliset pinnat liikkuvat toisiaan vasten, kun taas vierintälaakereissa laakerirenkaiden välissä on vierivä osa, esimerkiksi kuula tai rulla. Laakerit vaativat aina voitelua. (Ansaharju 2010, 135.)

Suunniteltaessa pyörivien koneenosien tuentaa on oikean laakerointitavan valinta ensiarvoisen tärkeää. Laakerointitavan valintaan vaikuttavat muun muassa kuormitustilanne, tilantarve, lämpötila, voitelun järjestäminen, rakenteen värähtelyt, ympäristöolosuhteet, säteily, tarkkuus vaatimukset, huollon järjestäminen, melunäkökohdat ja kustannukset. (Salonen 1995, 417.)

Eri laakerityypeille on yleensä määritelty maksimikäyttölämpötila. Laakerin optimaalisen toiminnan ja kulumisen minimoinnin edellytys on laakeroinnissa vallitsevan lämpötilan hallinta. Tavallisesti voitelun avulla saadaan aikaan lämmön poisvienti laakeroinnista. Voitelemattomissa liukulaakeroinneissa oikea laakerimateriaalin valinta edesauttaa lämmönkestoja. (Salonen 1995, 417.)

#### 4.2.1 Vierintälaakerit

Vierintälaakereita on, sekä puhtaasti säteittäisille kuormituksille, että säteis- ja aksiaalikuorman yhdistelmälle. Vierintälaakerit ovat asennusvalmiita standardoituja osia. Ulko- ja sisärenkaan välissä olevien vierintäelinten (kuulat, neulat, rullat, jne.) jako pidetään tasaisena pitimellä. Kuulalaakereissa kuulien ja vierintäratojen välinen kosketusala on elliptinen, kun taas rullalaakereilla kosketuskuvio on viivamainen. Kuvassa 8 nähdään tavallisimpia vierintälaakerien rakennemuotoja. (Salonen 1995, 447.)

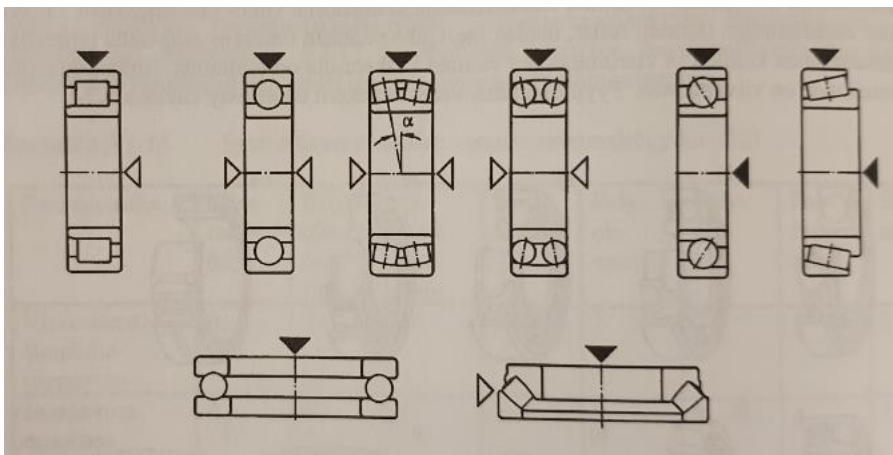


Kuva 8. Vierintälaakerien rakennemuotoja (Salonen 1995, 447.)

a) urakuula-, b) pallomainen kuula-, c) viistokuula-, d) lieriörulla-, e) neula-, f) pallomainen rulla-, g) kartiorulla-, h) painekuula-, i) painelieriörulla- ja j) pallomainen painerullalaakeri

Kuormitustyyppi vaikuttaa olennaisesti vierintälaakerityypin valintaan. Yleisesti ottaen rullalaakereita voidaan kuormittaa kuulalaakereita enemmän. Lieriörullalaakereita, joissa on laipaton sisä- ja ulkorengas, voidaan rasittaa vain säteen suunnassa. Tavalliset painelaakerit kantavat vain aksiaalikuormitusta. Säteis- ja aksiaalikuormituksen yhdistelmälle sopivat erityisesti viistokuula- ja kartiorullalaakerit. Myös urakuulalaakerit sekä pallomaiset rulla- ja kuulalaakerit voivat ottaa vastaan aksiaalikuormitusta. Mikäli kuormitus on suurimmaksi osaksi aksiaalisuuntaista, on syytä käyttää pallomaista painerullalaakeria. Kuvasta 9 nähdään eräiden vierintälaakerien kuormitussuunnat. Musta kolmio ilmaisee pääasiallisen kuormitussuunnan ja valkoinen

kolmio ilmoittaa, että vierintälaakeri pystyy kantamaan myös vähäisen rasituksen toisessa suunnassa. (Salonen 1995, 448.)



Kuva 9. Kuormitussuunnat (Salonen 1995, 448.)

#### 4.2.2 Liukulaakerit

Liukulaakerit jaetaan kuormitussuuntansa mukaan säteis- ja aksiaalilaakereihin. Säteislaakeri on tavallisin liukulaakerityyppi. Usein käytetään rakennetta, jossa koneen runkoon on tehty reikä ja siihen on asennettu laakerimetalliholkki, jossa akseli pyörii. Aksiaalilaakeri on usein samaan rakenteeseen koneistettu laippa. Akselin olake liukuu laippaa vasten ja näin ollen laippa ottaa vastaan akselin suuntaisen kuormituksen. (Ansaharju 2010, 136.)

Liukulaakerit voidaan jaotella myös toimintansa perusteella seuraavasti:

- Voitelemattomat laakerit. Laakerimateriaalina yleensä kestämuovi, kuten polyamidi tai teflon
- Hydrodynaamiset laakerit. Voiteluaine syötetään laakeriin ja kuormankantava paine aikaansaadaan laakerin liikkeen vaikutuksesta. Voiteluaineena voidaan käyttää myös kaasua.

- Hydrostaattiset laakerit. Voitelukalvon ylläpitämiseksi ei tarvita pyörimisliikettä. Liukupinnat pidetään erillään voiteluainekalvolla, joka syötetään laakeeriin ulkopuolisen ylipaineen avulla.
- Itsevoitelevat laakerit. Voiteluaineella kyllästettyjä huokoisia metalliliukulaakereita. Metallimatriisi on tavallisesti sintrattua rauta- tai pronssijauhetta. (Salonen 1995, 417.)

Voitelu on olennainen osa liukulaakerin toimintaa. Lisäksi liukulaakerimateriaalilla on suuri merkitys toiminnan kannalta. Laakerimateriaalin tulee olla pehmeämpää kuin akseli. Tavallisimmin liukulaakeriaineena käytetään valkometalleja tai kupariseoksia. Valkometallit ovat pehmeitä ja ne sallivat hyvin suuretkin reunapuristukset. Kupariseokset ovat lujempia ja kestävät korkeampia käyttölämpötiloja. (Ansaharju 2010, 138)

Laakerivälöksillä on myös tärkeä rooli liukulaakerin toiminnan kannalta. Välyksen suuruus riippuu käyttöoloista, kuten lämpötilasta, pyörimisnopeudesta ja voitelusta. Välystä tarvitaan sekä säteittäis- että aksiaalisuunnassa. Mikäli välys on liian pieni, niin se kuumentaa laakeria ja nopeuttaa sen kulumista. Liian suuri välys heikentää laitteen toimintavarmuutta, koska se vaikeuttaa kantavan öljykalvon muodostumista. Säteisvälyksen minimiohjearvo on noin 0,001 x laakerin halkaisija ja aksiaalivälyksen ohjearvon on laakerin koon mukaan 0,1-1 mm. Liukulaakereiden on oltava tarkkamittaisia ja sileäpintaisia. Lisäksi voitelu-urien tulee olla ohjeenmukaisesti valmistettuja. (Ansaharju 2010, 139.)

### 4.3 Akselit

Akseli on useimmiten se koneenelin, jonka ympärille koneen tai laitteen pyörimisliike rakentuu. Usein akseli siirtää liikkeen paikasta toiseen. Akselilla on myös muita käytötarkoituksia. Se voi olla esimerkiksi kannattavana osana laitteistossa. Tavallisesti pyörimisliikkeen aikaansaamiseksi laitteistossa on akselin lisäksi laakereita ja muita pyöriviä osia. (Ansaharju 2010, 131.)



Akseleiden muodot vaihtelevat niille asetettujen vaatimusten mukaan. Muotoon vaikuttavat muun muassa akselin tehtävä, lujuusvaatimukset, valmistustavat sekä akselille asennettavat koneenosat. Tavallisimmat muodot akselille ovat pyöreä, putkimainen, uritettu ja K-profiili. Akselit voidaan myös jaotella käyttötarkoituksen perusteella suoriin akseleihin, nivelakseleihin, taipuisiin akseleihin ja kampiakseleihin. Tavalliset suorat akselit voidaan valmistaa esimerkiksi kunnossapidon verstaalla, mutta muut akselityypit ovat erikoistuotteita, jotka hankitaan varaosina asennustyömaalle. Akseliin joudutaan usein myös koneistamaan olakkeita ja jyrsimään kiilauria, jotta akseliin saadaan asennettua esimerkiksi hammaspyöriä ja laakereita. (Ansaharju 2010, 131-134.)

Akselin käyttötarkoitus ja tehonsiirtokyvyille asetettavat vaatimukset vaikuttavat paljolti akselin materiaalivalintaan. Yleisiä raaka-aineita ovat erilaiset hiiliteräkset. Mikäli tarvitaan suurta lujuutta ja sitkeyttä käytetään lujempia seosteräksiä, kuten nuorutusteräksiä. (Ansaharju 2010, 134.)

#### 4.4 Vaihdemootorit

Käydään myös hieman lävitse vaihdemoottorien ja ketjuvälityksen teoriaa, sillä yhtenä täysin uudentyyppisenä ratkaisumallina tullaan esittämään hammasvaihdemoottoria ketjuvälityksellä. Kuvassa 10 nähdään SEW Eurodrive:n tarjoamia vakiovaihdemoottoreita.



Kuva 10. Vakiovaihdemoottorit (SEW Eurodriven www-sivut 2018.)

Vaihdemoottorit ovat sähkömoottorin ja vaihteen yhdistelmiä. Vaihde on olennainen osa sähkömoottorin toimintaa, sillä vaihteen avulla muunnetaan sähkömoottorin vääntömomentti ja nopeus vastaamaan käytettävää sovellusta. Vaihdemoottorissa välityssuhteella  $i$ , kuvataan moottorin nopeuden ja vaihteen toisionopeuden suhdetta. Vaihteen maksimivääntömomentti vaikuttaa siihen kuinka voimakkaita kuormia se pystyy välittämään ja minkälaisiin käyttöalueisiin se soveltuu. Vaihdemoottoreille on lukuisia käyttökohteita. Vaihdemoottoreita käytetään erilaisissa auto-, saha-, kaivos- ja juomateollisuuden sekä sisälogistiikan prosesseissa. Vaihdemoottoreilla on keskeinen rooli esimerkiksi tuotteiden valmistuksessa, varastoinnissa, lajittelussa, pakkaamisessa ja toimittamisessa. (SEW Eurodriven www-sivut 2018.)

Vaihdemoottoreita on saatavilla eri verkkojänniteluokissa. 230 V tai 400 V ovat useimmiten käytetyt jännitteet vaihdemoottoreissa. 400 V edellyttää toimiakseen tähtikytkentää ja 230 V:lle käytetään kolmiokytkentää. Vaihdemoottorin tyyppikilvessä on maininta sallitusta jännitealueesta. (SEW Eurodriven www-sivut 2018.)

Useimmiten sähkömoottori asennetaan ruuvikiinnityksenä jalustalle. Mekaaninen asennus kuuluu koneenasentajalle, mutta sähköisen kytkennän tekee sähköasentaja.

Tehonvälitys voidaan hoitaa kytkimellä suoraan akselille tai esimerkiksi hammas-, hihna tai ketjuvälityksellä. Aina on huolehdittava kiristysmahdollisuudesta, mikäli käytetään ketju- tai hihnävälitystä. (Ansaharju 2010, 10-11.)

SEW Eurodrive tarjoaa laajan vaihdemoottorivalikoiman. Komponenttien modulaarinen rakenne mahdollistaa monia erilaisia vaihteiden ja moottoreiden yhdistelmiä. Vaihdemoottorivalikoimaan kuuluvat esimerkiksi vakiovaihdemoottorit, servovaihdemoottorit, variaattorimoottorit, ruostumattomasta teräksestä valmistetut vaihdemoottorit ja räjähdysuojatut vaihdemoottorit.

Vakiovaihdemoottorit soveltuvat useisiin eri käyttötarkoituksiin. Niitä on saatavilla useita eri rakennekokoja 50 000 Nm vääntömomenttialueeseen asti. Käytetään esimerkiksi logistiikan ja tuotannon sovelluksissa.

Servovaihdemoottorit ovat nopeita, tarkkoja ja tehokkaita. Modulaarinen rakenne mahdollistaa useita eri yhdistelmiä. Esimerkiksi servovaihteen ja sykroni- tai asykniservomoottorin yhdistelmällä aikaan saadaan dynaaminen ja tarkka ratkaisu, jolla on suuri vääntömomentti.

Mekaanisten variaattorimoottoreiden käyttöalueena ovat sovellukset, joissa säädetään portaattomasti kierroslukua. Portaattoman kierroslukusäädön voi tehdä mekaanisesti tai etäsäädöllä. Käyttöalueita ovat muun muassa yksinkertaiset kuljettimet, pumput, sekoittimet ja erikoiskoneenrakennus.

Ruostumattomasta teräksestä valmistetut vaihdemoottorit soveltuvat erityisesti korkean hygieniatason kohteisiin, korkealaatuisen ja helposti puhdistettavan teräspinnan ansiosta. SEW Eurodriven KES37- ja RES37-vaihdemoottoreissa on korkealaatuinen teräspinta. Niistä on jätetty pois lähes kaikki likaa ja nesteitä keräävät syvennykset. Puhdistus on myös helppoa ja nopeaa. Ilman tuuletinta oleva malli on erittäin hygieeninen, koska se ei levitä pölyä ja likaa. Lisäksi ruostumaton teräspinta tekee niistä korrosion-, hapon- ja lipeänkestäviä. Kyseiset vaihdemoottorit soveltuvat pienen ja kompaktin rakenteensa ansiosta moniin erilaisiin hygieniasovelluksiin, kuten esimerkiksi elintarvike-, juoma- tai lääketeollisuuteen.

Suurin osa SEW-Eurodriven vakio- ja servovaihdemoottoreista on saatavilla myös räjähdyssuojattuina malleina. Räjähdyssuojatut vaihdemoottorit ovat turvallinen ja erittäin tehokas vaihtoehto ja ne täyttävät paikalliset viranomaisvaatimukset. Niillä on hyvä hyötysuhde ja suuret vääntömomentit. Ne soveltuvat räjähdysvaarallisille alueille, joilla esiintyy ilma-kaasu- tai ilma-pölyseoksia. (SEW-Eurodriven WWW-sivut 2018.)

#### 4.4.1 Vaihteet

Vaihteet jaetaan yleensä kolmeen eri kategoriaan: lieriötappivaihteet, kulmavaihteet ja planeettavaihteet. Vaihdemallit eroavat toisistaan muun muassa rakenteensa ja välityssuhteen osalta.

Lieriötappivaihteiden ja planeettavaihteiden sisään- ja ulostuloakselit on sijoitettu samansuuntaisesti. Pyörimisakselit ovat yhdensuuntaiset. Lieriötappivaihteita on saatavilla jalka-, laippa- ja holkkiakseliversioina.

Planeettavaihteiden voimansiirto on koaksiaalinen. Momenttia välittävät lieriömäiset hammaspyörät. Ne ryhmitellään aurinko-, planeetta- ja kehäpyöräksi. Välityssuhde riippuu hammastettujen osien hammasluvuista. Planeettavaihteiden erityispiirteenä on sisään- ja ulostuloakselien liikkuminen samansuuntaisesti. Yhdistettynä servomoottoriin tuloksena on erittäin tarkka ja dynaaminen ratkaisu.

Kulmavaihteissa sisään- ja ulostuloakseli ovat kohtisuorassa toisiinsa. Kulmavaihteita on saatavilla kolmea eri mallia. Kartiopyörävaihteena, kierukkavaihteena ja SEW-Eurodriven spiroplan®-kulmavaihteena. (SEW Eurodriven www-sivut 2018.)

#### 4.5 Ketjuvälitys

Ketjukäyttö eli ketjuvälitys on pyörimisnopeutta muuttava tehonsiirtolaitteisto. Samalla muuttuu myös vääntömomentti. Ketjuvälityksen periaate on tuttu esimerkiksi polkupyörästä. Ketjupyörät on hammastettu ja ketjussa on hammasuria vastaavat osat.

Nämä siirtävät yhdessä tehoa ketjupyörältä toiselle ja samalla myös akselilta toiselle. Mikäli ketjupyörät ovat erikokoiset, niin silloin ketjuvälitys muuttaa pyörimisnopeutta. (Ansaharju 2010, 193.)

Ketjuvälityksen asentaminen koostuu useista vaiheista. Ensimmäisessä vaiheessa asennetaan ketjupyörät akseleille, jonka jälkeen asennetaan ketju ketjupyörille sopivaan kireyteen. Olennaista toimivuuden kannalta on, että ketjupyörät asennetaan samaan linjaan keskenään ja ketjupyörien akselit ovat samansuuntaisia. Ketjukäytössä täytyy myös aina huolehtia voitelusta sekä suojauksesta pölyltä ja kosteudelta. Voitelutavan valintaan vaikuttaa käytötapa, sekä ketjun nopeus. (Ansaharju 2010, 198-199.)

## 5 KUNNOSSAPITO

### 5.1 Yleistä

Standardi SFS-EN 13306:2010 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.” (Järviö 2012, 17.)

Useimmiten kunnossapitotyö tehdään huollettavan tai korjattavan laitteen ääressä, ja samaan aikaan muu tuotanto saattaa olla normaalisti käynnissä. Kunnossapitotiloihin kuuluu myös korjauspaja, jonne rikkoutunut laite tai osa voidaan tuoda huollettavaksi ja korjattavaksi. Korjauspajalla tehdään yleensä kaikki ne työt, jotka eivät ole välttämättömiä tehdä huollettavan tai korjattavan koneen luona. Korjauspajalla on laitteet ja tilat koneistajille, koneasentajille ja hitsaajille.

Kenttäkunnossapidosta huolehtivat ammattilaisista muodostetut tiimit. Usein tiimit ovat erikoistuneet jonkun tietyn tuotanto-osaston laitteiden ja koneiden korjauksiin. Voiteluhuolto voi myös kuulua kenttäkunnossapidolle.

Kunnossapitotöiden suunnittelu sisältää töiden aikataulutuksen ja varaosahankinnat. Lisäksi suunnittelussa määrätään myös henkilöt, jotka työn suorittavat. Piirtämö vastaa kunnossapitoon liittyvien laitteiden, rakenteiden ja koneiden suunnittelusta ja mallinnuksesta, jotta saadaan asianmukaiset osa- ja laitepiirustukset. Piirtämö vastaa myös piirustusten säilyttämisestä ja valokopioinnista. Varaosavarasto palvelee kunnossapitotoimintaa siten, että siellä on yleisimmät tarvittavat varaosat ja rakenneaineet. (Ansaharju 2010, 294-295.)

Kunnossapito on perinteisesti mielletty ainoastaan kunnossapito-osaston tekemisiin. Tästä on seurannut tilanteita, joissa kunnossapidollisia tehtäviä vieroksutaan tuotanto-osastolla ja pahimmillaan kieltäydytään tekemästä niitä. Laitteiden ja koneiden toimintakunnon hoitaminen on kaikkien niiden vastuulla, jotka ovat kyseisen omaisuuden kanssa tekemisissä. Kunnossapito-osasto vastaa korjauksista ja vaativasta kunnonvalvonnasta, käyttöhenkilöstö vastaa koneen ammattitaitoisesta käyttämisestä ja toimintakunnon valvomisesta. (Järviö 2012, 17.)

- Kunnossapitoasentajan tulee tuntea laitoksen kunnossapito- ja huoltojärjestelmä ja siihen liittyvä tietojärjestelmä
- Kunnossapitoon kuuluu aina myös kunnonseurantaa ja vianetsintää, joten niihin liittyvien laitteiden ja mittarien käyttö tulee hallita
- Huolto- ja korjaustyöt ovat hyvin monen tyyppisiä, joten jokainen työpäivä on erilainen
- Kunnossapitoa joudutaan usein tekemään ahtaissa, meluisissa, lämpimissä tai kylmissä kohteissa
- Kunnossapidossa tulee usein vastaan yllätyksiä, ongelmia, jotka ratkaistaan työn ääressä

- Korjaustyöhön kuuluu aina myös purkutöitä, jotka voivat joskus olla hyvin hankaliakin
- Kunnossapitoasennuksissa ei useinkaan voida käyttää sellaisia erikoistyökaluja ja apuvälineitä kuin kokoonpanoasennuksissa
- Kunnossapitoasentajalla tulee olla hyvän ammattitaidon lisäksi kekseliäisyyttä
- Joskus työ tehdään hälytystyönä, jolloin työntekijän täytyy olla valmis lähtemään työhön epämukavinakin aikoina
- Suurten teollisuusprosessien seisakkiaikoina kunnossapitohenkilöstä tekee pitkiä työrupeamia
- Kunnossapitoasentajan keskeisimpiä tehtäviä ovat työn suunnittelu, koneiden purkaminen, korjaaminen ja asentaminen sekä voitelu- ja varaosahuolto. (Ansaharju 2010, 295.)

## 5.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitotoiminnassa voidaan tunnistaa viisi päälajia:

1. Huolto. Pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Määrävälein tehtävät jaksotetut huollot määräytyvät käyttöajan tai -määrän mukaan ottaen huomioon myös käytön rasittavuuden. Jaksotettuun huoltoon sisältyy seuraavat toimet:
  - Toimintaedellytysten vaaliminen, käytön suorittama kunnossapito
  - Puhdistus
  - Voitelu
  - Huoltaminen

- Kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- Toimintakyvyn palauttaminen

2. Ehkäisevä kunnossapito. Ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä huollon tehtävien kanssa. Etukäteen suoritettujen toimenpiteiden tavoitteena on, että laite ei rikkoutuisi. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyviä toimenpiteitä ovat:

- Tarkastaminen
- Kunnonvalvonta
- Määräystenmukaisuuden toteaminen
- Testaaminen
- Käynninvalvonta
- Vikaantumistietojen analysointi

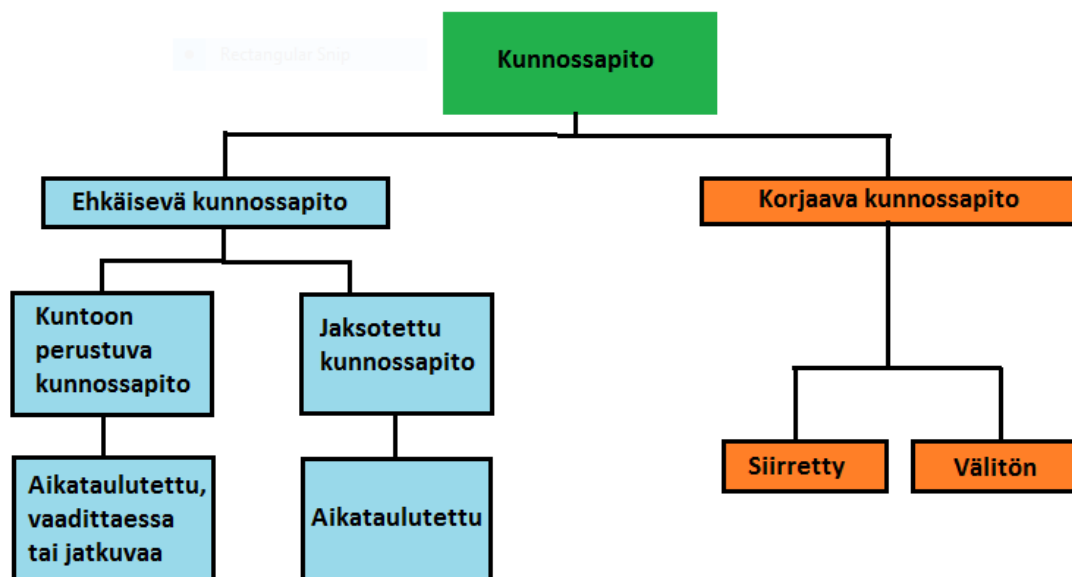
3. Korjaava kunnossapito. Vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon eli korjataan. Korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla voidaan laskea osan tai komponentin elinaika. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy:

- Vian määrittäminen
- Vian tunnistaminen
- Vian paikallistaminen
- Korjaus
- Väliaikainen korjaus
- Toimintakunnon palauttaminen



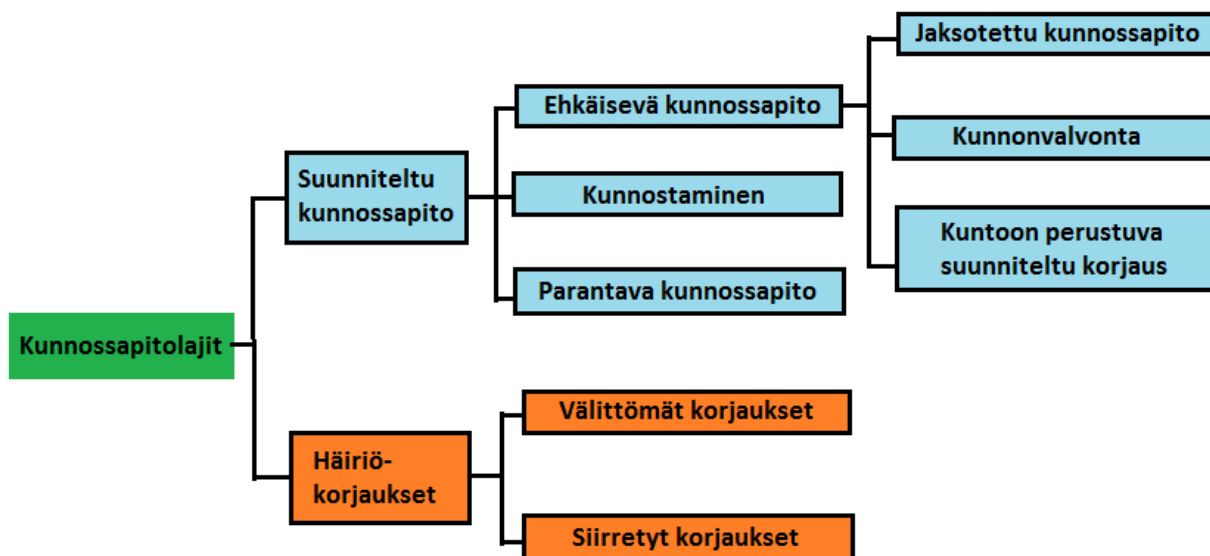
4. Parantava kunnossapito. Koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta parannetaan tai koneet modernisoidaan vastaamaan uusinta tekniikan kehitystä ja uusiutuneita vaatimuksia. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä pääryhmässä kohteen rakennetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset. Kohteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta. Toisen pääryhmän muodostavat erilaiset uudelleen suunnittelut ja korjaukset, joilla parannetaan koneen epäluotettavuutta. Tässäkään pääryhmässä ei niinkään ole tarkoitus muuttaa suorituskykyä, vaan muuttaa toimintaa luotettavammaksi. Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä muutetaan. Yleensä samalla uudistetaan myös valmistusprosessi.
  
5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. Näitä asioita ei ole vielä käsitelty kunnossapidon standardeissa, koska niitä ei ole toistaiseksi vielä mielletty kunnossapitoon kuuluviksi toiminnoiksi. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä pyritään selvittämään vikaantumisen syy ja vikaantumisprosessi. Saatujen tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joiden avulla voidaan jatkossa estää vastaavat rikkoontumiset. Yleisimpiä menetelmiä vikojen ja vikaantumisen selvittämiseen ovat:
  - Vika-analyysi
  - Vikaantumisen selvittäminen
  - Mallintaminen
  - Perussyyn selvittäminen
  - Materiaalianalyysit
  - Suunnittelun analyysit
  - Vikaantumispotentiaalin kartoitukset/riskinhallinta (Järviö 2004, 39-41.)

SFS-EN 13306:2010 –standardi jakaa toimenpiteen vian havaitsemisen mukaan



Kuvio 1. SFS-EN 13306:2010 (Järviö 2004, 46.)

PSK 7501:2010 –standardin jakoperusteena on jako proaktiiviseen ja reagoivaan kunnossapitoon.



Kuvio 2. Kunnossapitolajit PSK 7501:2010 (Järviö 2004, 47.)

## 6 KÄÄNTÖUPOKAS

### 6.1 Toiminto

Kääntöupokas on osa UP-lankalinjaa. Induktiouunista syöttöputkea pitkin johdetaan sulaa kuparia kääntöupokkaaseen. Kääntöupokkaaseen tuleva kuparisula on aina laadultaan samaa hapetonta kuparia. Upokkaasta kuparisula johdetaan juoksuputkella kahteen eri ränniin. Toisessa rännissä kupariin seostetaan fosforia, toisessa rännissä ei tapahdu seostusta. Kääntöupokkaan avulla kupari saadaan johdettua haluttuun ränniin. Rännejä pitkin kuparisula johdetaan valu-uuneihin.

Kääntö tapahtuu laitteiston pohjassa olevien hydraulisynterinin ja kääntökehän avulla. Hydraulisynterini on nivelöity kääntöupokkaan pohjalaippaan, lisäksi pohjalaippaan on hitsattu haitaksi lattarauta. Runkorakenteeseen on asennettu kaksi induktiivista rajakytkintä, joiden avulla määrätään kääntöupokkaan suorittama liike. Haitta liikkuu kääntörungon mukana rajalta toiselle ja näin saadaan liikkeestä oikean mittainen. Kääntökulma on 28°.

Kuvassa 11 nähdään pohjaan asennettujen synterinin ja rajojen lisäksi upokkaan pohjaan asennetut vastukset, joilla upokas on pidetty lämpimänä. Vastukset eivät kuitenkaan ole olleet enää vuosiin käytössä, joten niitä ei uuteen rakenteeseen suunnitella.



Kuva 11. Kääntöpokas (Tuomisto)



Kuva 12. Upokkaan pohja (Tuomisto)

## 6.2 Ongelmien määrittely

Hydraulisylinlerin sijoittaminen laitteiston pohjaan tuottaa ongelmia tehtäessä huoltoja ja asennuksia. Työskentelyasento kuormittaa työntekijöitä fyysisesti ja A-tikkailla työskentely voi aiheuttaa vaaratilanteita.

Tilojen ahtaus kääntöupokkaan ympäristössä johtaa siihen, että pelkästään hydraulisylinterin paikan vaihto ei onnistu. Kääntölaitteiston rakennetta täytyy pienentää, jolloin tilaa syntyy ja voidaan löytää parempi paikka sylinterille.

Suurin haittatekijä kääntölaitteistolle on kuparisula, joka pääsee ”kiipeämään” juoksuputken alareunaa pitkin laitteistoon. Betonivalun ja kääntöupokkaan pohjalevyn väliin jää noin 20 millimetrin rako, josta kuparisula pääsee kulkemaan. Vähäinenkin määrä kuparisulaa vikaannuttaa kääntölaitteiston, esimerkiksi jumittamalla kääntökehän. Lisäksi laakerin päälle pääsee kerääntymään suuri määrä grafiittipölyä, joka ajan mittaan pääsee pakkaantumaan laakerin sisään aiheuttaen jumiutumista. Kuten kuvasta 10 nähdään, niin kääntökehä on suurimmaksi osaksi grafiittipölyn peitossa.

Ongelmia tutkittaessa ollaan myös tultu siihen tulokseen, että nykyinen kääntökehä (Rothe Erde 230.20.0433) on liian ”hieno” kyseiseen paikkaan ja tehtävään. Yksinkertainen laakeriratkaisu toimii tässä tilanteessa paremmin.

On hyvin tärkeää estää kääntöupokkaan vikaantuminen ja siitä seuraavat ylimääräiset huollot, jotta tuotantoon ei tulisi katkoja. Kääntöupokkaaseen tehtävät huollot vievät runsaasti aikaa laitteiston huonon sijainnin ja laitetta ympäröivän teräsrunkorakenteen takia. Lisäksi tilojen ahtaus tuo omat haasteensa kunnossapitotöille.



Kuva 13. Grafiittipöly (Tuomisto)

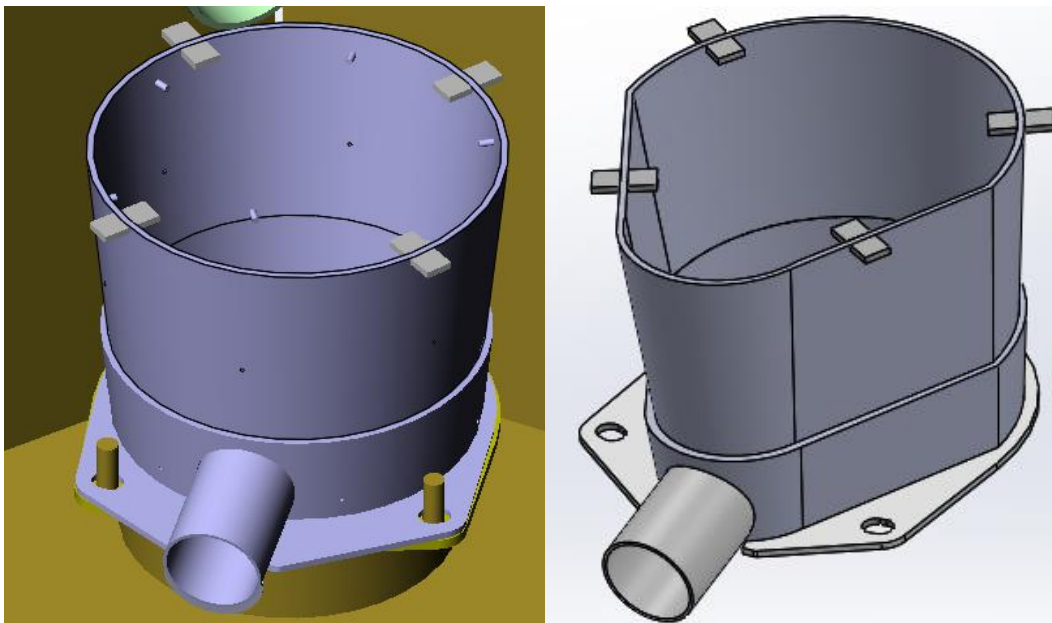
### 6.3 Kääntöupokkaan kunnossapito ennen muutoksia

OF-valimossa järjestettiin huoltopäivä noin kolmen viikon välein. Kääntölaitteiston vikaantuminen huoltopäivien välissä johti välittömään korjaavaan kunnossapitoon, mikä aiheutti ylimääräisiä huoltokatkoja. Suurimmat ongelmat kunnossapidon näkökulmasta liittyvät tilojen ahtauteen ja esimerkiksi hydraulisynterin huonoon sijaintiin. Kunnossapidolliset toimenpiteet vievät runsaasti aikaa. Lisäksi ne kuormittavat työntekijöitä tarpeettoman paljon. Kuormittavat tekijät saadaan poistettua kääntöupokkaan tehtävillä rakenteellisilla muutoksilla ja laitteiston paremmalla sijoittamisella.

## 7 MUUTOKSET KÄÄNTÖUPOKKAASEEN

### 7.1 Upokas

Juoksuputken pituuden kasvatus ei ole ratkaisuvaihtoehto. Vuosien saatossa ollaan löydetty paras mahdollinen pituus ja muoto juoksuputkelle valun kannalta, joten siihen ei tehdä muutoksia. Upokas on muodoltaan tällä hetkellä pyöreä. Muuttamalla upokkaan etuosaa muodoltaan ovaaliksi, saadaan juoksuputki menemään pidemmälle ränneihin ilman, että tarvitsee muuttaa juoksuputken pituutta. Upokkaaseen tehtyjen muutosten jälkeen juoksuputki tulee noin 80mm pidemmälle ränneihin ja tämän johdosta kuparisula ei pääse enää kiipeämään juoksuputken alareunaa pitkin.



Kuva 14. Nykyinen upokas lipalla ja Kuva 15. Uusi upokas (Tuomisto)

Muutoksia joudutaan tekemään myös runkorakenteen sisällä olevaan betonivaluun, jotta upokas mahtuu kääntymään. Kuvasta 11 nähdään, että kääntyessään juoksuputken pää kulkee hyvin läheltä rännien välissä olevaa betonivalua. Jatkossa juoksuputki tulee noin 80 millimetriä pidemmälle, joten betonivalua joudutaan piikkaamaan pois, jotta saadaan tilaa käänökselle.

Helppo ja yksinkertainen ratkaisu sulan kiipeämiseen olisi myös asentaa lippa juoksuputken alareunaan. Juoksuputken alareunan ja betonivalun välissä ei ole suurta tilaa,

mutta lipan ei tarvitse olla kooltaan suuri. Riittää, että lipan avulla saadaan muodostettua pykälä, jolla kuparisulan eteneminen saadaan pysäytettyä.

## 7.2 Suojat

Yksi ongelmista oli grafiittipölyn kertyminen kääntökehän päälle. Ongelma saadaan estettyä asentamalla suojalevyt kääntökehää ympäröivän runkorakenteeseen. Levyillä saadaan suojattua koko kääntölaitteisto. Suojalevyt parantavat merkittävästi nykyisen kääntökehän toimivuutta. Suojalevyjä asennetaan kolme kappaletta.

Kääntökehää ympäröivät runkolevyt ovat vahvuudeltaan 15-25 millimetriä. Pulttien reiät pyritään tekemään alempiin runkolevyihin, joten niillä ei ole vaikutusta rakenteen tiiveyteen. Suojalevyt pitää kiinnittää myös ylhäältä muutamasta kohtaa. Ylempiin runkolevyihin voidaan hejata kiinni lattaraudan palaset, joihin tehdään kiinnitys reiät, joten rakenne säilyy täysin tiiviinä. Suojalevyt kiinnitetään M10 8.8 kuusiokantaruuveilla. Kooltaan pienemmätkin pultit kävisivät, mutta M10 –koolla saadaan käytöstä helppoa ja kannat eivät pääse pyöristymään helposti. Suojalevyjen asennus, sekä poisto sujuvat nopeasti, joten niistä ei aiheudu haittatekijöitä kunnossapidolle.

Kuten jo totesin, niin suojalevyt parantavat huomattavasti nykyisen kääntökehän toimivuutta. Uusien ratkaisumallien laakerointi ja rakenne eivät ole yhtä alttiita grafiittipölyn vaikutuksille, joten niiden suojaus ei ole yhtä merkittävässä osassa toiminnan kannalta kuin nykyisen kääntökehän. Riittää, kun esimerkiksi hydraulisynterinin päälle asennetaan suojalevy, jolla estetään päältäpäin tulevat iskut.

## 7.3 Laakerointi ja rakenne

Rakenteeltaan nykyinen kääntölaitteisto on tarpeettoman suuri, joten sitä pyrittiin pienentämään. Uudesta pohjalevystä tehdään halkaisijaltaan samankokoinen kuin nykyinen kääntökehä, jolloin pohjalevy saadaan kiinnitettyä valmiiksi olevista rei`istä. Kääntörunkoon asennetaan painelaakeri ja pronssinen liukulaakeriholkki. Painelaakeri ottaa vastaan aksiaalisia voimia.



Lämpötilat ovat korkeita, joten laakereiden voitelu hoidetaan kuumankestävällä rasvalla. Voitelulla vähennetään kitkaa ja osien kulumista. Suunnitelluilla voitelu-urilla saadaan aikaan hyvä ja tasainen voitelu. Rasvavoitelu sopii öljyvoitelua paremmin. Useimmiten rasvavoitelu käytetään, kun kuormitukset sekä pyörimisnopeudet ovat pieniä. Lisäksi rasvavoitelu sopii paremmin, kun välykset ovat hieman suurempia. Kääntökehään asennetaan rasvanippa. Rasva painetaan puristimella rasvanipan kautta laakeriin. (Ansaharju 2010, 141.)

Uudessa rakenteessa päälilevyyn kiinnitetään uppokanta kuusiokoloruuveilla kääntökehä ja tiivistekehä. Tiivistekehä on halkaisijaltaan samankokoinen kuin tämänhetkinen kääntörunko. Koska kääntöpokkaan runkorakennetta ei muuteta, niin tiivistekehän tehtävänä on ainoastaan säilyttää rakenteen tiiveys. Näiden osien muodostama yhtenäinen kokonaisuus saadaan nostettua uuden kääntörungon päälle.

Aiemmin kääntörungon ja runkorakenteen väliin asennettiin tiivistepunosta, joka piti rakenteen tiiviinä, eikä ongelmia ole ilmennyt. Tämän seurauksena myös jatkossa tiivistekehän ja rakenteen välinen tiivistys hoidetaan tiivistepunoksella, jossa on inconnell-vahvike. Tiivistepunoksia asennetaan kolmea erilaista. 12x12 ja 20x20 keraamista punosta sekä halkaisijaltaan 20 millimetriä olevaa keraamista nauhaa. Näiden keraamisten tuotteiden käyttölämpötila on noin 900°C, rajalämpötila noin 1200°C ja sulamislämpötila noin 1700°C. Ne kestävät hyvin esimerkiksi nestemäisiä metalleja. (Finlon Oy:n www-sivut 2018.)

#### 7.4 Hydraulisynterinin muutokset

Kuten jo todettiin, tällä hetkellä hydraulisynterini on asennettu laitteistoon pohjaan ja huoltotoimenpiteitä sinne pystyy suorittamaan vain tikkaiden avulla. Tässä ratkaisumallissa kääntö suoritetaan edelleen hydraulisynterinin avulla, mutta toiveiden mukaisesti hydraulisynterini nostetaan pois pohjakerroksesta kääntöpokkaan viereen. Tilojen ahtaus rajasi pois vaihtoehtoja uuden paikan valinnassa hydraulisynterille. Kääntöpokkaan huoltoluukun puoleinen takakulma oli ainut paikka, jossa tilaa on

työskentelyyn. Lisätilaa saatiin, kun huoltotason alta ja sivulta siivottiin kaikki ylimääräiset osat ja tarvikkeet pois.

Ensiarvoisen tärkeää on se, että kääntöliike on oikean mittainen ja tasainen. Upokas täytyy saada käännettyä kahteen eri kulmaan sivuttaissuunnassa. Kääntökulma on 28°.

Uudessa ratkaisumallissa liikkeen määrittämiseen käytetään magneetostriktiivista lineaarianturia. Anturin mitta-elimänä toimii kestopagneetti. Kyseisellä anturilla saadaan luotettava ja tarkka mitta, lisäksi se kestävä hyvin ulkoisia häiritseviä tekijöitä. On kuitenkin mahdollista, että kääntöpokkaan vieressä sijaitseva induktiouuni (750kW) vaikuttaa sähkömagneettikenttään ja näin ollen myös aiheuttaa ongelmia magneetostriktiivisen lineaarianturin toimintaan. (Sensorola Oy:n www-sivut 2018.)

Mikäli induktiouuni aiheuttaa ongelmia lineaarianturin toimintaan, niin varavaihtoehtona käytetään nykyistä mallia, joka on toiminut hyvin. Hydraulisyylinterin liike määritetään induktiivisilla rajakytkimillä, jotka asennetaan runkorakenteeseen. Lattarauta asennetaan samaiseen laippaan kiinni, johon sylinteri on nivelöity. Lattarauta liikkuu kääntökehän mukana rajalta toiselle.

Hydraulisyylinteri ja siihen sopivat laakeripukit saatiin konfiguroitua Bosch Rexroth Oy:n www-sivuilla. Myös tilaaminen onnistuu helposti samaiselta sivustolta, koska hydraulisyylinterin (CDL2MT4/40/22/300D1X/B11CKUMWW XV = 200 mm) ja laakeripukkien (CLTB – trunnion bearing block CLTBISO 8132) mallit ovat tiedossa. RHS-neliöputkesta ja lattaraudasta valmistetaan runko, johon laakeripukit saadaan kiinnitettyä. Hydraulisyylinteri nivelöidään keskeltä laakeripukkeihin. Kääntövarren liike ei ole lineaarinen. Sylinterin nivelöinti keskeltä, sekä varren pään nivellaakerointi mahdollistaa sivuttaissuuntaisen liikkeen. Sivuttaissuuntainen liike ei ole merkittävä, joten se ei tule vaikuttamaan hydrauliletkuihin.

Hydrauliikan avulla tapahtuvaa kääntöä pidetään ykkösvaihtoehtona, koska hydraulikonkone kääntöpokkaalle on jo valmiina.

## 7.5 Vaihdemoottori

Täysin uudentyyppisenä ratkaisumallina on vaihdemoottori ketjuvälityksellä. SEW-Eurodrive:n www-sivuilla saatiin konfiguroitua sopiva vaihdemoottori. Moottoriksi valikoitui SEW-Eurodrive:n kolmivaihevirtamoottori (RF17DRN80M4), jonka nimellinopeus on 1440 (1/min) ja moottoriteho 0,75 (kW). Moottori saadaan kiinnitettyä pulttaamalla moottorin jalusta upokkaan runkolevyyn asennettuun kehikkoon. Lämpötilat voivat kohota melko suuriksi myös upokkaan ympäristössä, joten moottori voidaan suojata palosuojalevyllä, jotta ympäristön lämpötila pysyy moottorille mitoitettujen arvojen (-20 °C - +40 °C) puitteissa. Tehonvälitys saadaan hoidettua ketjuvälityksellä. Ketjuna voidaan käyttää yksirivistä rullaketjua, kooltaan 12B-1.

Sekä hydraulisylinteri, että vaihdemoottori -ratkaisuissa laakerointi ja kääntörunko ovat samat. Vaihdemoottori -ratkaisussa kääntörunkoon asennetaan ketjupyörä, kun taas hydraulisylinteri -ratkaisussa asennetaan kiinnityspala, johon saadaan nivelöityä kääntövarsi.

## 7.6 Muutoksien vaikutus kunnossapitoon

Suunnitelluilla muutoksilla saadaan poistettua kääntölaitteiston ongelmakohdat. Tämän johdosta saadaan huomattavasti parannettua kääntölaitteiston toimintavarmuutta. Ylimääräisiltä huoltokatkoilta vältytään, mikä vähentää myös tuotannollisia menetyksiä. Jatkossa ehkäisevällä kunnossapidolla on suurempi rooli. Määräajoin tehtävät huoltotoimenpiteet kääntölaitteistoon pitävät laitteiston toimintakykyisenä ja samalla pienentävät kunnossapitokuluja. Suunniteltujen suojien avulla grafiittipöly ja muu lika saadaan pidettyä kääntölaitteiston ulkopuolella ja näin ollen kääntölaitteisto pääsee toimimaan puhtaassa tilassa. Oikeanlaisella voitetulla laitteisto saadaan pidettyä toimintakunnossa.

Mikäli päätetään jatkaa nykyisellä kääntölaitteistolla, niin jo pelkästään suunnitelluilla suojalevyillä ja upokkaan rakenteen muutoksilla saadaan parannettua huomattavasti kääntölaitteiston toimivuutta. Huoltotoimenpiteet vähenevät, mutta niiden suorittamisen hankaluus ei kuitenkaan poistuisi.

## 8 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Luvata Pori Oy:n OF-valimoon. Ongelmana oli kääntö-upokkaan vikaantuminen ja huollon vaikeus. Ongelmakohdat saatiin kartoitettua ja niihin suunniteltiin toimintavarmemmat ratkaisut, jotka helpottavat myös kunnossapitoa.

Kahden uuden ratkaisumallin toimivuudesta ei voida kuitenkaan olla täysin varmoja ennen kuin niitä päästään kokeilemaan käytännössä. Muutokset vaativat pidemmän huoltokatkon, joten ne päästään tekemään vasta kesäseisakissa 2019. Suunnittelussa hyödynnettiin vanhaa runkorakennetta, tekemättä siihen muutoksia, joten myös tämänhetkisen kääntölaitteiston käyttö onnistuu uuden ratkaisumallin kokeilun jälkeen, mikäli uusissa malleissa ilmenee ongelmia.

Muutokset tuovat myös taloudellisia hyötyjä jatkossa. Ylimääräisiltä tuotantokatkoilta vältytään, mikä vähentää tuotannollisia menetyksiä. Lisäksi kunnossapitokulut pienevät, sillä jatkossa kunnossapito tulee olemaan pääasiassa ehkäisevää ja suunniteltua.

Uudet ratkaisumallit esitettiin valimon työntekijöille ja he pitivät uusia malleja onnistuneina. Työntekijöiden keskuudessa eniten suosiota sai ratkaisumalli, jossa upokkaan rakennetta ei muuteta, vaan muutokset kohdistuvat laakerointiin ja kääntörunkoon sekä hydraulisynterierin paikan vaihtoon ja suojaukseen. Toimenpiteet upokkaan rakenteen muutokseen koettiin liian mittavina. Runkorakenteen sisällä olevaan betonivaluun pyritään muodostamaan hieman pykälää, jolla sulan pääsy laitteistoon saataisiin estettyä, ilman muutoksia upokkaan rakenteeseen.

Opinnäytetyön tekeminen opetti, miten projektien kuuluu edetä ja mitä suunnittelussa tulee huomioida. SolidWorks 3D-mallinnusohjelman käyttö oli runsasta, joten myös kyseisestä ohjelmasta tuli opittua paljon uutta. Suuremmilta ongelmilta vältyttiin ja opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyö eteni muuten aikataulun puitteissa, mutta tarkastus venyi tammikuulle 2019. Kiitokset ohjaavalle opettajalle Jussi Törmälälle sekä opinnäytetyön valvojalle Toni Erkkilälle!

## LÄHTEET

Luvatan www-sivut, viitattu 20.10.2018. <https://www.luvata.com>

Kupariteollisuuspuiston www-sivut, viitattu 20.10.2018. <https://www.kupariteollisuuspuisto.fi/>

Leppijoki, T. 2017. Tuotannon kehittäminen tuottavan kunnossapidon ja suoritusjohtamisen avulla. Ylempi AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.11.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017091615153>

Ansaharju, T. 2010. Koneenasennus ja kunnossapito. 1.-2. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

Airila, M. Ekman, K. Hautala, P. Kivioja, S. Kleimola, M. Martikka, H. Miettinen, J. Niemi, E. Ranta, A. Rinkinen, J. Salonen, P. Verho, A. Vilenius, M. & Välimaa, V. 1995. Koneenosien suunnittelu. Porvoo, Helsinki & Juva: WSOY.

Järviö, J. 2004. Kunnossapito. 2. täydennetty painos. Rajamäki: KP-Media Oy.

SEW Eurodrive:n www-sivut, viitattu 11.11.2018. <https://www.sew-eurodrive.fi/koti.html>

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

Finlon Oy:n www-sivut, viitattu 18.11.2018. <http://www.finlon.fi/>

Sensorola Oy:n www-sivut, viitattu 16.12.2018. <http://www.sensorola.fi/>