



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Miikka Myllykangas

Valssaamon voiteluhuoltotilojen kehitys

Opinnäytetyö
Syksy 2021
SeAMK Tekniikka
Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Miikka Myllykangas

Työn nimi: Valssaamon voiteluhuoltotilojen kehitys

Ohjaaja: Jussi Yli-Hukkala

Vuosi:2021

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 2

Tämän työn toimeksiantajana toimi SSAB Europe Oy. Työ tehtiin Raahen tehtaassa valssaamon mekaaniselle kunnossapito-organisaatiolle. Työ tehtiin osana Raahen tehtaassa voiteluhuoltotilojen kehittämistä ja päivittämistä voitelustandardin mukaisiksi. Valssaamolla on paljon mekaniikkaa sekä hydraulikkaa, joten voiteluhuollolla on merkittävä vaikutus tehtaassa käytävyyteen.

Raahen tehtaalla on tarkoitus päivittää kaikki voiteluhuoltotilat SSAB:n voitelustandardin mukaisiksi. Päivityksiä oli tehty jo ennen tämän työn aloittamista sulatolle, masuunille, koksamolle sekä valssaamolle. Tämän opinnäytetyön tavoitteina oli päivittää kesken oleva levyvalssaamon voitelutila loppuun sekä päivittää valssaamolta toinen, aloittamaton voitelutila sekä kehittää molempia vastaamaan tilojen käyttötarkoitusta.

Toisena tavoitteena tällä työllä oli siivota ja järjestää voitelutilat sekä muuttaa ne 5S-tiloiksi sekä tehdä tilojen inventoinnista ennakkohuoltotyöt järjestyksen säilyttämiseksi.

¹ Asiasanat: voiteluhuoltotila, 5S, ennakkohuolto, kunnossapito, kiertovoitelujärjestelmä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: SeAMK School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Machine and Production Engineering

Author/s: Miikka Myllykangas

Title of thesis: Development of rolling mill lubrication service facilities

Supervisor(s): Jussi Yli-Hukkala

Year: 2021

Number of pages: 46

Number of appendices: 2

This work was commissioned by SSAB Europe Oy. The work was done for the mechanical maintenance organization of the Raahe rolling mill. The work was carried out as part of the development and updating of the lubrication maintenance facilities at the Raahe plant in accordance with the lubrication standard. The rolling mill has a lot of mechanics and hydraulics, so lubrication maintenance has a significant impact on the plant's operational reliability.

It is planned to upgrade all lubrication service facilities at the Raahe plant to comply with SSAB's lubrication standard. Updates had already been made before the start of this work for the smelter, blast furnace, coking plant and rolling mill. The aims of this thesis were to upgrade the lubrication space of the plate rolling mill in progress and to upgrade the second, non-started lubrication space from the rolling mill and to develop both to meet the purpose of the facilities.

Another goal of this work was to clean and organize the lubrication rooms and turn them into 5S rooms, as well as to make the inventory of the rooms preventive maintenance work in order to maintain order.

¹ Keywords: lubrication service mode, 5S, pre-service, maintenance, circulating lubrication system

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja kuvioluettelo.....	5
1. Johdanto	7
1.1 Työn tausta ja tarve.....	7
1.2 Yritysesittely	8
1.2.1 SSAB	8
1.2.2 SSAB Europe.....	9
1.2.3 SSAB Raahe.....	9
2 Teoria.....	10
2.1 Kunnossapito.....	10
2.2 Voiteluhuolto.....	11
2.2.1 Kiertovoitelujärjestelmät.....	12
2.2.2 Voiteluaineiden puhtaanapito.....	15
2.3 5S ja Lean.....	20
3 Toteutus	25
4 Tulokset ja tulosten tarkastelu	37
5 Yhteenveto	43
LÄHTEET	44

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1: Työpöydän 5S (Lean Lion Oy, i.a.)	22	
Kuva 2: LKT:n vanha voiteluhuoltotila	32	
Kuva 3: Voiteluaineiden säilytyskontin vanha sijainti	33	
Kuva 4: Uuden kontin ja voiteluaineiden säilytyskontin uusi järjestys ja sijainti	34	
Kuva 5: Letkun asennus öljybaarin hanoihin.....	36	
Kuva 6: LKT:n voiteluainekontti ennen	Kuva 7: LKT:n voiteluainekontti jälkeen	38
Kuva 8: Voiteluaineiden otto ennen	Kuva 9: Voiteluaineiden otto jälkeen (öljybaari) ...	38
Kuva 10: LKT:n voiteluhuoltotila ennen.....	39	
Kuva 11: LKT:n voiteluhuoltotila jälkeen 1	Kuva 12: LKT:n voiteluhuoltotila jälkeen 2....	40
Kuva 13: E5 voiteluhuone ennen 1	40	
Kuva 14: E5 voiteluhuone ennen 2	41	
Kuva 15: E5 voiteluhuone jälkeen 1	Kuva 16: E5 voiteluhuone jälkeen 2	41
Kuvio 1: Kunnossapitolajit (Järviö ym. 2004, s. 37).	11	
Kuvio 2: Paperikoneen kiertovoitelujärjestelmä (Antila ym. 2006, s. 235).....	13	
Kuvio 3: Eri hukkien lajit (Logistiikan maailma, i.a.).	23	
Kuvio 4: Toyotan talo (Logistiikan maailma, i.a.).....	24	
Kuvio 5: Levyvalssaamon voiteluhuoneen aloitustila	26	
Kuvio 6: Levyvalssaamon voiteluhuoneen uusi järjestys	26	
Kuvio 7: LKT:n voiteluhuoneen layout	27	

Kuvio 8: Levyvalssaamon voiteluhuoneen työlista	Kuvio 9: LKT:n voiteluhuoltotilan työlista	28
Kuvio 10: LKT:n öljyلاادut, värikoodaus sekä öljykannut		29
Kuvio 11: SSAB:n Raahen tehtaan 5S täyttömalli (SSAB, sisäinen tietolähde, 16.12.2021).		31

1. Johdanto

Toimivan voiteluhuollon perusedellytyksenä on siistit, puhtaat ja hyvässä järjestyksessä olevat voiteluhuolto- ja öljynsäilytystilat. Tässä työssä keskitytään kehittämään SSAB:n Raahen tehtaan voitelutiloista tällaisia voitelustandardin ja 5S:n avulla. Tässä osiossa paneudutaan työn taustaan, tavoitteisiin, tarpeeseen sekä yritysesitykseen.

1.1 Työn tausta ja tarve

Työn tilaajana on SSAB Europe Oy:n Raahen terästehdas. Raahen tehdas on vanha, joten tekniikan kehittyessä ja tilojen sekä järjestysten muuttuessa sekä henkilöstön että sen määrän vaihtuessa on noussut esiin paljon erilaisia kehityskohteita. Yhtiö tarjosi voitelutilojen kehittämistyötä, koska tilojen vähyyden, materiaalien ja varaosien paljouden sekä tekniikan kehittyessä ongelmaksi oli muodostunut tilojen epäsiisteys ja huono järjestys sekä voiteluaineiden säilytyksen sekä käyttöönoton riittämätön puhtaus sekä tarkkuus.

Voiteluhuolto on erittäin vanha ja yleinen ennakkohuollon muoto. Teoriassa voitelumekanismit ilmiöinä ovat olleet pitkään hyvin samanlaisia, mutta voiteluaineet ja laakerit ovat kehittyneet paljon ja kehittyvät jatkuvasti lisää. Voitelu on teollisuudessa kohde, joka aliarvioidaan erittäin helposti, vaikka se on välttämätöntä. Tämä myös tiedostetaan aina.

5S-menetelmän avulla on tarkoitus poistaa tiloista kaikki ylimääräinen materiaalien varastointi sekä niissä tapahtuva toiminta, joka ei liity voiteluhuoltoon. Tämän hyötyjä ovat tässä työssä mm. työtehokkuuden nouseminen sekä puhtaampi ja turvallisempi työympäristö. Sen avulla luodaan myös malli tilan järjestyksestä, jotta se pysyy myös jatkossa siistinä. Tämän lisäksi myös siistit ja hyvässä järjestyksessä olevat työskentely- ja säilytystilat ovat käyttäjälleen mieluisia.

Tilojen siisteyden ja järjestyksen lisäksi voiteluaineiden puhtaanapito sekä oikea voiteluaine ja aineen käyttöikä ovat ensiarvoisen tärkeitä. Esimerkiksi vierintälaakerivaurioiden syistä 20

% johtuu vanhasta voiteluaineesta, 20 % väärästä voiteluaineesta, 20 % kiinteistä epäpuhtauksista ja 5 % nestemäisistä epäpuhtauksista, joten voiteluhuoltoaineiden puhtaanapito ja käsittelytarkkuus ovat merkittävässä avainasemassa tässä (Ronkainen 2019, s. 9).

Öljyt ja niiden käyttöön vaikuttavat ominaisuudet muuttuvat ilman hapen, lämpötilan ja katalyyttisesti vaikuttavien aineiden, kuten metallien, veden ja jäähdytysaineiden, vaikutuksesta (Luukkainen ja Vihersalo 2006, s. 84). Heidän mukaansa tätä kutsutaan vanhenemiseksi. He esittävät, että käytön aikana öljyn sekaan tulevia epäpuhtauksia ei lasketa vanhenemiseen kuuluviksi, mutta lisäainepitoisuuksien lasku käytön aikana taas kuuluu vanhenemisen piiriin.

Vanhenemisessa muodostuu hapettumisen seurauksena orgaanisia happoja, sitten hapettumis- ja polymeerisointireaktioiden kautta hartsimaisia ja asfalttimaisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat öljyn viskositeettiin sitä kasvattavasti (Luukkainen ja Vihersalo 2006, s. 84). Nämä yhdisteet voivat lopuksi erottua öljyn seasta limana.

1.2 Yritysesittely

1.2.1 SSAB

SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö ja johtava erikoislujien terästen ja niihin liittyvien palveluiden toimittaja (SSAB, sisäinen tietolähde, 1.10.2021). SSAB:lla oli 66 miljardin kruunun liikevaihto vuonna 2017 ja vuosittainen tuotantokapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia. SSAB työllistää 15 000 työntekijää 50 eri maassa. SSAB:n tuotevalikoimaan kuuluvat lujat teräkset (nuorrutusteräkset ja pitkälle kehitetyt lujat teräkset), levy- ja putkituotteet sekä kvarttolevyt. SSAB:n tuotantolaitokset sijaitsevat Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. SSAB:n strategiaan kuuluu johtajuus kotimarkkinoilla, maailmanlaajuinen johtajuus erikoislujissa teräksissä sekä johtajuus lisäarvopalveluissa. SSAB erottuu muiden yhtiöiden joukosta joustavimmilla toiminnoilla, tuloskeskeisellä organisaatiolla sekä ensiluokkaisella asiakaskokemuksella.

1.2.2 SSAB Europe

SSAB Europe on johtava korkealaatuisten nauha-, levy- ja putkituotteiden valmistaja (SSAB, sisäinen tietolähde, 1.10.2021). SSAB Europe -divisioonan teräspalvelukeskukset räätälöivät tuotteita asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Erikoislujien terästen valmistukseen ja käyttöön liittyvän korkealaatuisten osaamisensa ansiosta SSAB Europe luo mahdollisuuden asiakaskoh- taiseen räätälöintiin ja palveluun. Tämä osaaminen mahdollistaa SSAB Europelle kilpai- luedun, jolla erottua edukseen muista teräksen valmistajista. SSAB Europella on Pohjois- maissa neljä tuotantolaitosta, kaksi Ruotsissa ja kaksi Suomessa. Nämä ovat: Luulaja, Bor- länge, Raahe ja Hämeenlinna. Näiden lisäksi SSAB:lla on putkitehtaita Suomessa Oulaisissa ja Ylivieskassa.

1.2.3 SSAB Raahe

Rautaruukki perustettiin vuonna 1960 (SSAB, 2018, s. 4). Ensimmäinen masuuni valmistui ja rautatuotanto alkoi 1964. Kuumanauhavalssaamo valmistui 1971. Raahen tehdas on noin 500 hehtaarin suuruinen alue. Tehtaalla on noin 40 kilometriä teitä. Tehdasalueella on myös yli 30 kilometriä rautatietä sekä omat juna- ja veturinkuljettajat. Tehtaalla on oma satama, jossa käy vuosittain noin 600 laivaa. Vuonna 2014 Ruukki ja SSAB fuusioituivat yhdeksi yhti- öksi. (SSAB, 2018, s. 4).

Raahen tehdas on integroitu terästehdas, eli kaikki jalostusketjun vaiheet ovat samalla teh- taalla (SSAB, sisäinen tietolähde, 1.10.2021). Tehtaalla työskentelee noin 2400 henkilöä. Päätuotteina ovat kuumavalssatut levy- ja nauhatuotteet.

2 Teoria

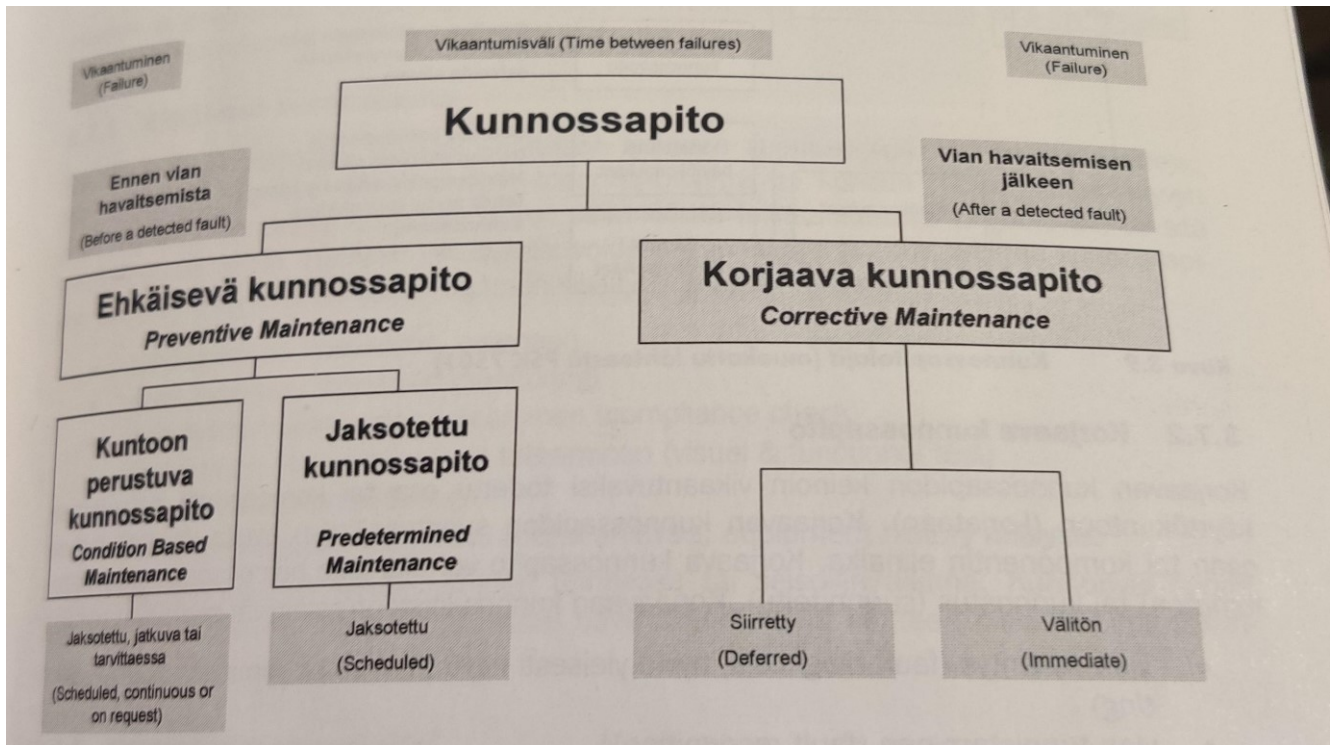
2.1 Kunnossapito

Kunnossapidolla tarkoitetaan yleisesti erilaisten asioiden, kuten esimerkiksi prosessien, koneiden, rakenteiden, laitteiden tai teiden pitämistä toimintakuntoisena siten, että ne toimisivat luotettavasti sekä viat hallittaisiin ja korjattaisiin (Järviö 2004, s. 10). Myös erilaiset ympäristö- ja turvallisuusriskit tulee hallita kunnossapidon piirissä.

Huolto ja kunnossapito sekoitetaan monesti toisiinsa, vaikka ne eivät ole sama asia. Huolto tarkoittaa pääasiassa konkreettista toimintaa, ennakoivia toimia, vianetsintää sekä vikojen korjaamista (Opetushallitus ja kunnossapitoyhdistys i.a.-a). Sen päätarkoitus on varmistaa koneiden ja laitteiden haluttu toiminta. Kunnossapito on Opetushallituksen ja kunnossapitoyhdistyksen (i.a.-a) mukaan taas huomattavasti huoltoa laajempi termi. Konkreettisten toimien lisäksi, siihen liittyy oma ajattelutapansa ja kunnossapidon merkityksen kasvaessa, voidaan sitä pitää kokonaan omana tieteenlajinaan.

Tätä opinnäytetyötä silmällä pitäen täytyy kunnossapitoa hieman avata teollisuuden näkökulmasta. SFS-EN 13306 (2001) standardi määrittelee seuraavasti: Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinaikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon (Järviö 2004, s.10). Kunnossapidolle löytyy kuitenkin paljon helpomminkin ymmärrettäviä määritelmiä, joiden pohjalta on helpompi laatia toimintasuunnitelmia kuin kyseinen standardi. Järviön (2004, s. 10) mukaan Mourbray (i.a.) esittää kunnossapidon tavoitteeksi tuotanto-olosuhteissa tuotantovälineiden osalta käytettäväksi seuraavia asioita: Välineiden omistajien, käyttäjien sekä yhteiskunnan tyytyväisyys, sopivien kunnossapitomenetelmien valitseminen vikaantumisen ja sen seurausten estämiseksi ja hallitsemiseksi sekä saada kaikkien kunnossapidossa osallisten ihmisten tuki tehtäville toimille. Kunnossapito ei riipu mistään tietystä toimialasta, vaikka se käytännössä saattaakin erota huomattavasti toisesta toimialasta (Järviö 2004, s. 10). Kunnossapito jaetaan yleensä eri organisaatioihin kunnossapitotöiden luonteen mukaan. Näitä ovat esimerkiksi sähkö- ja automaatiokunnossapito sekä mekaaninen kunnossapito. Lisäksi esimerkiksi tehtaissa voi olla erikseen joihinkin tiettyihin laitteisiin tai osa-alueisiin erikoistunutta kunnossapitoa, kuten esimerkiksi nosturikunnossapito tai pumppu- sekä kompressorikunnossapito. Itse kunnossapitoa

on olemassa montaakin eri lajia, jotka voidaan jaotella päälajeihin. SFS-EN 13306 (2001) standardi jaottelee päälaajat seuraavasti: ehkäisevä kunnossapito, kuntoon perustuva kunnossapito, jaksotettu kunnossapito, korjaava kunnossapito (Järviö 2004, s. 10). Ehkäisevän kunnossapidon toimet ovat ennen vian havaitsemista tapahtuvia toimia ja korjaavat kunnossapidon toimet vian havaitsemisen jälkeen tapahtuvia. Näillä on kaikilla vielä omat alalajinsa, jotka selviävät paremmin alla olevasta kuviosta 1.



Kuvio 1: Kunnossapitolajit (Järviö ym. 2004, s. 37).

2.2 Voiteluhuolto

Huuskonen (2015, s. 7) toteaa voiteluhuollon olevan yksi vanhimmista ja yleisimmistä ennakko-ohjauksen muodoista sekä kaiken lisäksi sen olevan pakollista kaikenlaisessa teollisuudessa. Aallon (2014, s. 21) mukaan (Kivioja, ym. 2007, s. 120–121) esittää, että voitelun perimmäinen tarkoitus luonnollisesti on pienentää kitkaa kahden kappaleen välissä, jotka liikkuvat toisiaan vasten. Hänen mukaansa käytettävä voiteluaine muodostaa tällöin voitelukalvon, joka estää kokonaan tai vähentää minimiin kahden kappaleen kosketuksen. Pienentynyt kitka osien välillä estää lämpötilojen liiallisen nousun eivätkä kappaleiden pinnat kulu samoin kuin

ne kuluisivat osien ollessa vapaasti kosketuksessa toistensa kanssa (Miettinen ja Lehtovaara 2006, s. 12). Lisäksi pienentynyt kitka vähentää tehohävikkiä. Voitelulla on kuitenkin paljon muitakin tehtäviä ja tarkoituksia, kuin pintojen erotus ja kitkan pienentäminen. Näitä ovat esimerkiksi voideltavien kohteiden jäähdytystä, epäpuhtauksien pääsyn estämistä kohteeseen, värähtelyn vaimentamista ja korroosion syntymisen estämistä.

Tehokkaasta ja toimivasta voiteluhuollosta saatavat edut ovat merkittäviä taloudellisesta näkökulmasta (Miettinen ja Lehtovaara 2006, s. 12). Pienentynyt kitka säästää energiaa ja nostaa suoritustehokkuutta. Kun kuluminen vähenee, heidän mukaansa koneiden elinikä pitenee ja käytivarmuus kasvaa.

2.2.1 Kiertovoitelujärjestelmät

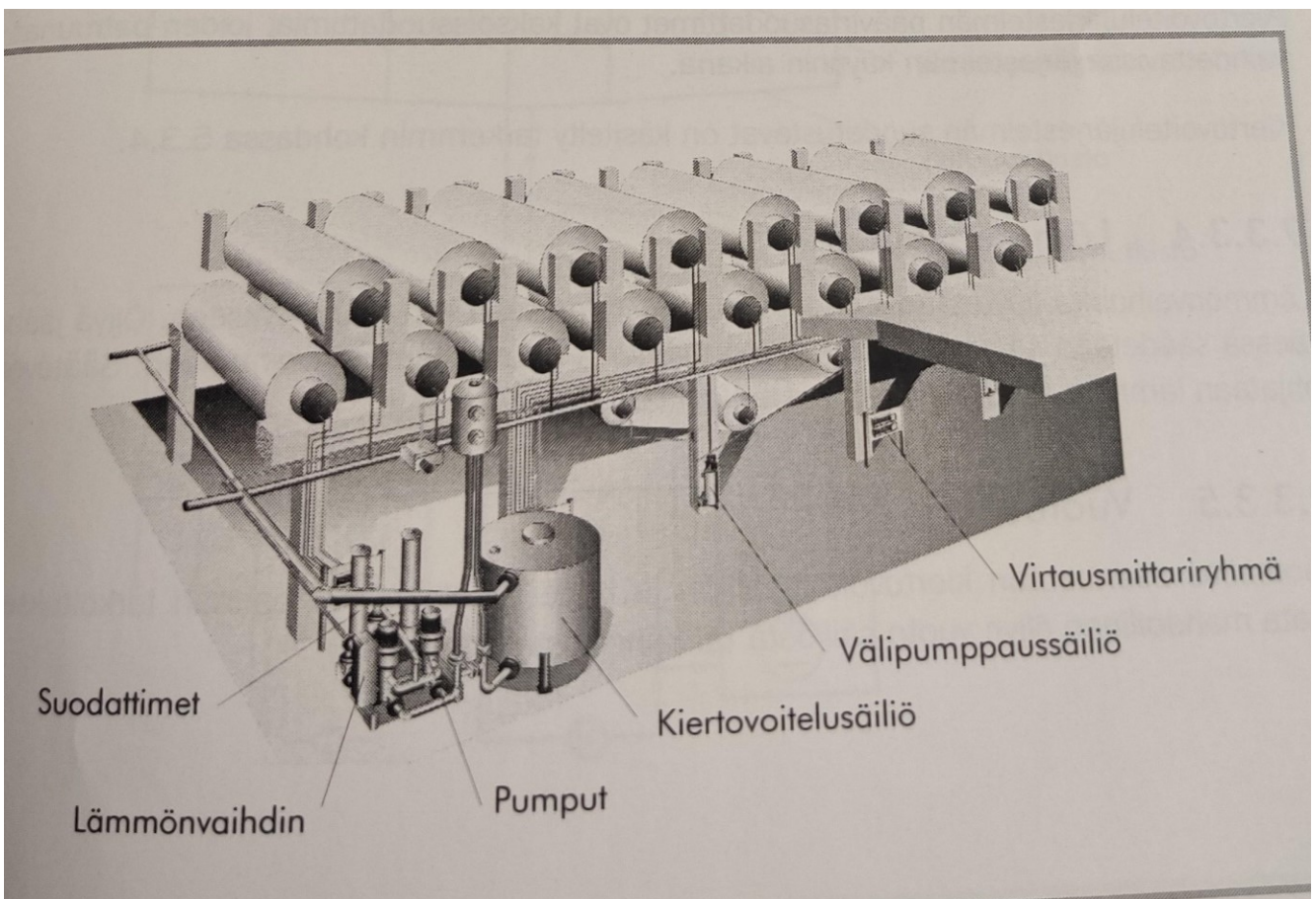
Jos öljyn tehtävä on voitelun lisäksi puhdistaa ja jäähdyttää kohdetta, on kiertovoitelujärjestelmä hyvin tyypillinen ratkaisu tällaisessa tilanteessa (Antila ym. 2006, s. 235). Järjestelmän on kyettävä tuottamaan aina oikea määrä hyvälaatuista öljyä kaikille voideltaville kohteille ja sen lisäksi sen täytyy toimia korkeissa lämpötiloissa sekä poistaa ulkoiset epäpuhtaudet järjestelmän kierrosta. Ulkoisiksi epäpuhtauksiksi nimetään mm. veden ja ilman sekä hapettumistuotteet ja kulumispartikkelit.

Jaakma (2008, s. 23) esittää, että Horttaisen ym. (1990, osa IX s. 12) mukaan kiertovoitelu on jatkuvatoimista ja poikkeaa siinä suhteessa keskusvoitelusta. Perinteisimmät käyttökohteet kiertovoitelulle ovat turbiinit, paperikoneiden kuivaimet ja telat, työstökoneet ja vaihteet.

Kiertovoitelujärjestelmän toiminnan ensimmäinen vaihe on öljyn lämmitys säiliössä, jotta oikea viskositeetti saavutetaan (Antilan ym. 2006, s. 235). Nämä toimenpiteet parantavat pumppauksen lisäksi suodatettavuutta sekä ilman ja veden erottumista öljyssä. Seuraavaksi öljy pumpataan säiliöstä suodattimen läpi lämmönvaihtimeen, jossa se sitten jäähdytetään tarvittavaan lämpötilaan. Öljyn virtaus säädetään sopivaksi haaroittamalla paineputkisto virtausmittariryhmille, ja siinä säätö tapahtuu voitelukohteen mukaan sopivan suuruiseksi. Voideltavilta kohteilta öljy palaa paluuputkistoa pitkin pääsäiliöön. Tässä välissä voidaan käyttää niin sanottuja välisäiliöitä, jonka kautta öljy kulkee, jos on tarve näin tehdä. Välisäiliöiden

käyttöä tarvitaan heidän mukaansa, jos öljyn vapaa virtaus ei riitä sen palaamiseen pääsäiliöön.

Kiertovoitelujärjestelmän rakenteeseen kuuluu kiertovoitelusäiliö, pumppu tai pumput, öljyn suodattimet, lämmönvaihdin, vuotoallas, putkistot sekä erilaiset virtausmittarit (Opetushallitus ja kunnossapitoyhdistys i.a.-b). Kuviossa 2 on esitelty esimerkki kiertovoitelujärjestelmästä osineen.



Kuvio 2: Paperikoneen kiertovoitelujärjestelmä (Antila ym. 2006, s. 235).

Kiertovoitelusäiliöitä on olemassa useampaa erilaista mallia (Antila ym. 2006, s. 236). Säiliön yläosassa sijaitsee yleensä paluukartio tai siiviläkori. Alaosan suojaputkessa on sähkövastuksia, joiden avulla öljyn lämmittäminen tapahtuu. Säiliön sisällä on vielä öljyn virtausta ohjavia ja rauhoittavia levyjä tai lamelleja.

Pumppuja kiertovoitelujärjestelmässä on yksi tai sitten useampi, joista yksi kuitenkin valitaan pääpumpuksi (Antilan ym. 2006, s. 236). Pumput ovat tyypiltään ruuvipumppuja. Paineen säätö tapahtuu ohivirtauksen säätöventtiilillä painelähettimen avulla, joka sijaitsee painelinjassa. Toinen tapa paineen säätämiseksi on käyttää taajuusmuuttajaa. Näillä keinoilla saadaan aikaan tasainen paine, joka ei riipu virtausmäärien muutoksista. Pumpuissa on vielä sisäinen ylipaineventtiili, jota voidaan säätää. Järjestelmään kuuluu vielä varapumppu, jota käytetään häiriön tapahtuessa.

Kiertovoitelussa on pääsuodatus, mutta sen lisäksi voidaan niissä käyttää lisäksi säiliökiertosuodatusta tarpeen vaatiessa (Antilan ym. 2006, s. 236). Päävirtasuodattimet ovat tyypiltään kaksoissuodattimia, joiden patruunat voidaan vaihtaa, kun järjestelmä on käynnissä.

Kuten edellä kuvattiin, on lämmönvaihtimen tehtävä kiertovoitelussa jäähdyttää kiertävää öljyä (Antilan ym. 2006, s. 236). Prosessissa säätöventtiilillä säädetään kylmän veden virtausta vaihtimeen, jossa öljyä jäähdytetään. Säätöventtiilin ohjaus tapahtuu vaihtimelta lähtevän öljyn lämpötilan mukaan.

Vuotoaltaan tehtävä on nimensä mukaan toimia mahdollista öljyvuotoa rajaavana tekijänä (Antilan ym. 2006, s.236). Vuotava öljy valuu siihen lattian sijaan. Sen asennuspaikka onkin heidän mukaansa koneikon ja kiertovoitelusäiliön alla.

Kiertovoitelujärjestelmissä kulkee muutamaa erityyppistä putkistoa, jotka ovat painerunko-, haara-, syöttö- ja paluuputkistot (Antila ym. 2006, s. 236).

Öljyn virtausta on tarve mitata kiertovoitelujärjestelmissä, jotta se voidaan säätää kohdalleen (Antila ym. 2006, s. 235). Mittaus toteutetaan erilaisilla virtausmittareilla. (mts. 238). Uimurimittari määrittää virtauksen uimurin asemasta virtauskäyrästöjen avulla. Hammaspyörä-, soikioratas- ja rengasmäntämittarit ovat puolestaan niin sanottuja syrjäytysperiaatteella toimivia mittarityyppejä. Niillä virtaus mitataan pyörimistaajuuden avulla. Roottorimittareissa virtaus mitataan potkurin pyörimisajan avulla, jonka jälkeen mittaustulos kompensoidaan vielä lämpötilan ja öljyn viskositeetin mukaan sopiviksi.

Prosessien valvonnan osaksi on lisätty virtausten valvontaa (Antila ym. 2006, s. 238). Tämä tarkoittaa, että valvomosta voidaan reaaliajassa lukea virtauksia hälytysten lisäksi. Lisäksi

kunnossapitoa helpottaen, joissakin kohteissa valvotaan ja luetaan virtauksia mittareista myös paikallisesti valvomossa tapahtuvan keskitetyn valvomisen lisäksi.

2.2.2 Voiteluaineiden puhtaanapito

Kuten jo aiemmin työn taustassa tuli ilmi, on voiteluaineiden puhtaanapito ensiarvoisen tärkeässä asemassa toimivan ja luotettavan voitelun varmistamiseksi. Voitelukalvo on erittäin ohut, joten sen takia jo pienetkin epäpuhtaudet haittaavat toimivaa voitelua ratkaisevasti, kun ne rikkovat voitelukalvon (Malinen ym. 2006, s. 114). Näin ollen myös voitelun kohteen elinikä ja käyttövarmuus alenevat huomattavasti.

Voiteluaineeseen pääsevien epäpuhtauksien negatiivisia vaikutuksia voidaan vähentää esimerkiksi erilaisilla lisäaineilla (Opetushallitus ja Kunnossapitoyhdistys i.a.-c). Tällaisia lisäaineita ovat mm. detergentit, dispersantit ja korroosionestoaineet.

Detergentit ovat pinta-aktiivisia aineita, joiden tehtävä on pitää koneenosien pinnat puhtaina (Opetushallitus ja Kunnossapitoyhdistys i.a.-c). Detergenttejä käytetään erityisesti moottori- ja hydraulikkaöljyjen seassa lisäaineina ja ne ovatkin yleensä, kalsiumin, natriumin tai magnesiumin yhdisteitä.

Dispersantit eli jakauttaja-aineet muodostavat erilaisten epäpuhtauksien ympärille kerroksen, joka estää hiukkasten toisiinsa tarttumista (Opetushallitus ja Kunnossapitoyhdistys i.a.-c). Dispersantit ovat tärkeä lisäaine moottoriöljyissä, mutta niitä käytetään myös teollisuusvoiteluaineissa. Dispersantit ovat rakenteeltaan erilaisia pitkäketjuisia polaarisia yhdisteitä.

Korroosionestolisäaineiden tehtävä on suojata metallipintoja hapen sekä kosteuden aiheuttamalta korroosiolta (Opetushallitus ja Kunnossapitoyhdistys i.a.-c). Korroosiota muodostuu sekä laitteen ollessa käynnissä, että sen ollessa sammuksissa ja monet pintojen kanssa reagoivat lisäaineet (esim. EP) saattavat toimia korroosion katalyytteina, joten näin ollen korroosionestoaineet ovat erittäin tärkeä osa lisäaineistuksessa.

Korroosionestolisäaineet tarttuvat metallipintaan ja muodostavat sen pinnalle kalvon, joka ei päästä kosteutta ja happea kosketukseen metallipinnan kanssa (Opetushallitus ja Kunnossapitoyhdistys i.a.-c). Korroosionesto voidaan toteuttaa joko fysikaalisesti taikka kemiallisesti. Fysikaalisten korroosionestoaineiden olevan rakenteeltaan pitkäketjuisia hiilivetyjä, jotka tarttuvat polaarisisina molekyyleinä metallipintaan, kun taas kemiallisesti toimivat korroosionestoaineet reagoivat metallipinnan kanssa muuttaen sen elektrokemiallista potentiaalia.

Tyypillisiä voiteluaineissa käytettyjä korroosionestolisäainekemikaaleja ovat erilaiset typpiyhdisteet, fosforihappojen johdannaiset, rikkiyhdisteet ja karboksyylihappojen johdannaiset (Opetushallitus ja Kunnossapitoyhdistys i.a.-c). Oman aineryhmänsä muodostavat metallipassivaattorit, jotka estävät metallisia aineita liukenemasta öljyyn sekä samalla ehkäisevät hapen ja kosteuden pääsyä metallipinnoille. Näissä yhdisteinä käytetään mm. sinkkiditiofosfaattia ja bentsotriatsolia, ja näistä aineista useat ovat monitoimisia vaikutuksiltaan.

Malisen ym. (2006, s. 114) mukaan siisteys ja järjestys ovat kuitenkin eniten voiteluun vaikuttava olosuhdetekijä. He esittävät, että voitelun puhtaustasoa on kaikista tehokkainta pitää yllä sillä, että erilaisten epäpuhtauksien pääsy järjestelmiin estetään. Sotkuinen ympäristö myös kuluttaa turhaan paljon resursseja, joten mikäli siisteys ei ole kunnossa, on liian aikaista paneutua esimerkiksi voiteluaineiden puhtausluokkiin.

Voiteluaineiden epäpuhtauksia on olemassa montaa eri lajia. Heidän mukaansa ne voivat olla kaasumaisia, nestemäisiä tai kiinteitä ja kaikki niistä ovat haitaksi voitelun toimivuudelle (Malinen ym. 2006, s. 115). Kun voiteluaineita ja -järjestelmiä tarkkaillaan ja analysoidaan hyvin, voidaan ehkäistä tehokkaasti häiriöiden syntymistä ennen kuin ne pääsevät rajoittamaan tuotantoa.

Kiinteitä epäpuhtauksia on olemassa kahta eri lajia, voitelujärjestelmien sisäisiä tai ulkoisia epäpuhtauksia (Malinen ym. 2006, s. 115–16). Voitelujärjestelmien sisäisiä epäpuhtauksia ovat:

- Voiteluaineesta peräisin olevat epäpuhtaudet

Öljyistä voi syntyä hapettumisen seurauksena epäpuhtauksia, jotka ovat lakkamaisia tai karstamaisia. Myös öljyn lisäaineista voi muodostua epäpuhtauksia, jotka ovat saaneet alkunsa usein jonkun vieraan aineen reagoiessa lisäaineen kanssa.

- Voideltavista kohteista peräisin olevat epäpuhtaudet

Kulumismetallit ovat peräisin voideltavista koneenosista. Niiden laatu, määrä, muoto ja koko voidaan tunnistaa erilaisilla öljyanalyysillä. Alkuaineiden laadun ja määrän perusteella on mahdollista paikallistaa kulumisen kohde. Eräät metallit (esimerkiksi kupari ja lyijy) toimivat voiteluaineen hapettumisreaktioissa katalyytteinä.

- Maalatuista pinnoista peräisin olevat epäpuhtaudet

Vesipitoinen öljy huonontaa maalin pysyvyyttä pinnoilla. Useat maalit kestävät vedetöntä öljyä 150°C:seen, mutta vettä sisältävää öljyä vain noin 60°C:seen.

Maalit sisältävät erilaisia aineita kuten talkkia, titaanioksidia ja rautaoksidia. Maalin irrotessa voitelujärjestelmään syntyy kiinteitä epäpuhtauksia, jotka voidaan tunnistaa esimerkiksi öljyanalyysissä.

- Tiivistimistä erottuvat epäpuhtaudet

Tiivistemateriaaleista voi kulumisen tai haurastumisen seurauksena irrota erilaisia aineita öljyyn. Punostiivisteet voivat sisältää mm. silikoniöljyä, grafiittia ja teflonia (polytetrafluorieeniä PTFE). Silikoniöljy on tunnistettavissa öljyn kohonneesta piipitoisuudesta ja polytetrafluorieteeni fluoripitoisuudesta. Grafiitin tunnistamiseen riittää yleensä öljyn musta väri. Grafiitti ja polytetrafluorieteeni voidaan poistaa suodattamalla, sen sijaan silikoniöljy sekoittuu voiteluaineeseen, eikä sitä voida poistaa suodattamalla.

- Voitelujärjestelmän valmistuksesta ja asennuksesta jääneet epäpuhtaudet

Valmistusperäisiä ovat esimerkiksi koneistusjäämät, hiontapöly ja asennusjätteet (Maalinen ym. 2006, s. 116). Tällaiset jätteet ovat yleensä niin painavia, että niitä on vaikea poistaa voitelujärjestelmän huuhtelussa.

Toinen kiinteiden epäpuhtauksien laji on ulkoa tulevat epäpuhtaudet. Näistä Malinen ym. (2006, 115–116) toteaa, että voitelujärjestelmiin ulkopuolelta päässeistä epäpuhtauksista yleisimpiä ovat hiekka ja metallipöly sekä erilaisista tuotantoprosesseista peräisin olevat aineet.

Ulkopuolisten epäpuhtauksien tavallisia reittejä järjestelmiin ovat (Malinen ym. 2006, 115–116):

- puutteelliset ilmansuodattimet
- suodattimien ja säiliöiden väliset liitokset
- akseleiden tiivistykset
- öljysäiliöiden huoltoluukut.

Hiekka erottuu öljystä yleensä ihan silmämääräisellä tarkastelulla tai jos ei tällä, niin sen sisältämien piin perusteella (Malinen ym. 2006, s. 116). Yleensä hiekka pääsee järjestelmään heidän mukaansa pölyisestä ympäristöstä puutteellisen suodatuksen takia. Hiekka on kovaa materiaalia, joten se aiheuttaa voideltavissa kohteissa nopeasti kulumista.

Kiinteitä epäpuhtauksia on tarve mitata riittävän puhtaustason varmistamiseksi, koska puhtausstandardien määrittämiä likahiukkasia ei voi ihmissilmin erottaa (Malinen ym. 2006, s. 117). Yksinkertaisin tapa on ottaa voiteluaineesta näyte pulloon ja suorittaa mikroskooppilaskenta sille. Toinen vaihtoehto on analysoida näyte hiukkaslaskimella. Mikäli yrityksellä ei itsellään ole käytössä näihin tarvittavia laitteistoja, näyte voidaan tutkia ulkopuolellakin. Näytepullon on luonnollisesti oltava puhdas ja näyte on otettava järjestelmän kierrosta, eikä säiliöstä. Syy tähän on se, että säiliöt ovat tyypillisesti järjestelmän epäpuhtain paikka, ja epäpuhtaudet kertyvät niiden pohjalle, eikä esimerkiksi tyhjennysventtiilistä otettu näyte edusta todellista tilannetta järjestelmässä. Näytteen ottopaikalla voi olla parhaimmillaan useiden puhtausluokkien ero.

ISO 4406:1999 määrittää kumulatiivisten hiukasmäärien perusteella öljyn puhtausluokan kolmella hiukkas kokoalueella (Malinen ym. 2006, s.120). Uuden standardin mukaiset kokoalueet ovat $\geq 4 \mu\text{m}(c)$, $\geq 6 \mu\text{m}(c)$ ja $14 \mu\text{m}(c)$. Näillä hiukkassuuruuksilla määritellään kyseistä

koko olevien tai sitä suurempien hiukkasten lukumäärän perusteella ISO-standardin mukainen puhtausluokkakoodi väliltä 0...25. Standardissa on käytetty kokoluokituksen yhteydessä $\mu\text{m(c)}$ c-kirjainta suluissa osoittamaan, että mittaukset on suoritettu automaattisella hiukkaslaskimella ISO 11500 -standardin mukaisesti (tai muulla tunnetulla menetelmällä), joka on kalibroitu ISO 11171:n mukaisesti.

ISO 4406:1999 on kansainvälinen luokitusjärjestelmä, jota käytetään kiinteiden hiukkasten määrän selvittämiseen ja määrittelyyn hydraulineesteessä (Malinen ym. 2006, s.121). Se on yleisesti käytössä myös muiden öljyjen puhtauden selvityksessä ja määrittelyssä. Sen tarkoitus on yksinkertaistaa hiukkasten määrän ilmoittaminen muuttamalla niiden määrä kokoluokiksi tai koodeiksi. Jokaisessa luokassa kontaminaatiotasoa yleensä kaksinkertaistuu.

NAS 1638 –standardissa on taas lähestytty asiaa differentiaalisten hiukkasmäärien näkökulmasta kullakin määritetyllä hiukkaskokoalueella (Malinen ym. 2006, s. 121). Hiukkaskokoalueita on viisi ja eri puhtausluokkia 14, jotka ovat asteikolla 00...12 väliltä.

NAS 1638 –standardiin on myös tehty uusi luokitus ehdotus, jossa on ehdotettu uutta kokoluokkaa pienille $> 4 \mu\text{m(c)}$ hiukkasille (Malinen ym. 2006, s.121). Tämä vastaisi vanhan kalibrointitavan $>1 \mu\text{m}$ hiukkasia. Muut viisi kokoluokkaa on valittu niin, että ne vastaavat kooltaan entisiä luokkia, vaikka standardoinnin takia lukuarvot ovat poikkeavia. Puhtausluokkia tässä on 15 ja ne ovat välillä 000...12. Hiukkasten lukumäärän laskuun on käytetty tässä differentiaalisen tavan sijaan kumulatiivisten arvojen laskua.

Voitelukalvon tyypillinen paksuus on vain 0,3–2 μm , joten tästä syystä myös pieniin epäpuhtausmääriin on kiinnitettävä huomiota (Malinen ym. 2006, s. 128). Voitelukalvon paksuuden tulee olla isompi kuin rms-pinnankarheuksien keskipoikkeama, jotta voitelu toimii halutulla tavalla.

Jotta koneelle tai laitteelle saavutettaisiin haluttu käyttöikä ja toiminta olisi luotettavaa, tulee käyttäjän määrittää järjestelmälle sen vaatima puhtaustaso (Malinen ym. 2006, s. 128). Tämän lisäksi heidän mukaansa puhtaustasoa tulee valvoa säännöllisesti, jotta se pysyy oikealla ja riittävällä tasolla sekä tietenkin tarvittaessa on ryhdyttävä toimenpiteisiin puhtaustason ylläpitämiseksi tai parantamiseksi. Laitetoimittaja antaa puhtaustasolle omia suosituksia, mutta käyttäjän on itse määritettävä lopullinen taso, jossa on huomioitu koneen tai laitteen käyttöolosuhteet.

Rasvan suodatus eroaa hieman öljyn suodatuksessa siinä, että siinä on otettava huomioon saentimen rakenne, jotta rasvan laatu ei muutu (Malinen ym. 2006, s. 128). Tällöin tyypillisesti keskusvoitelujärjestelmässä käytettävät suodattimet ovat kooltaan 300–400 µm. Suositeltu käytettävä suodatin on metalliverkkosuodatin. Kuitenkin alle NLG1-luokitusten mukaisilla rasvoilla on mahdollista käyttää tarkempaa suodatusta, jos tarve näin vaatii.

Kiinteiden epäpuhtauksien lisäksi myös vesi, ilma, kemikaalit, liuottimet sekä mikrobit aiheuttavat erilaisia haittoja päästessään voiteluaineiden sekaan (Malinen ym. 2006 s. 130–136).

Voiteluaineen seassa oleva vesi aiheuttaa monenlaisia erilaisia haittoja, kuten esimerkiksi vaahtoamista, korroosiota, kavitaatiota, kulumista, metallin väsymistä, voiteluaineen hapettumista, suodatettavuuden huonontumista sekä vetyhaurautta (Malinen ym. 2006, s. 131).

Ilma voi taas esiintyä voiteluaineessa joko liuenneena tai sitten kuplina (Malinen ym. 2006, s. 135). Jos paine putoaa, voi tämä aiheuttaa ilmakuplien muodostumisen, josta seuraa kavitaatio, eli kun lähellä veden kiehumispistettä öljyn paine laskee äkillisesti, muodostaa tämä höyrykuplia, jotka sitten paineen noustessa luhistuvat räjähdysmäisesti takaisin vedeksi. Tässä on vaarana se, että höyrykuplien luhistuminen voi aiheuttaa tuhatkertaisia paineiskuja verrattuna normaaleihin pintapaineisiin laakereissa ja tämän lisäksi ilmiö voi aiheuttaa voimakasta kuumenemistä.

Prosessikemikaalit aiheuttavat voitelujärjestelmään päästessään erilaisia kemiallisia reaktioita, joiden tuloksena syntyy uusia yhdisteitä (Malinen ym. 2006, s. 136.) Nämä syntyneet yhdisteet ovat aina haitallisia paitsi voiteluaineille, myös -järjestelmille ja -kohteille.

2.3 5S ja Lean

5S on siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen sekä ylläpitoon kehitetty työkalu (Lean Thinking Oy, i.a.). Yrityksen mukaan sen tavoitteena on luoda siisti ja hyvin järjestelty työympäristö, jossa on turvallinen, helppo ja hyvä työskennellä. 5S koostuu nimensä mukaan viidestä eri osa-alueesta, joita ovat Seiri (lajittele), Seiton (sijoita), Seiso (siivoa ja puhdistaa), Seketsu

(standardoi) ja Shitsuke (säilytä). Nimet tulevat japanin kielestä. Kuten siitä voikin jo päätellä, menetelmä on kehitetty aikanaan Japanissa.

Mitä hyötyä 5S:stä on sitten käytännössä? Lean Lion Oy:n (i.a.) mukaan suurimmat 5S:n hyödyt ovat:

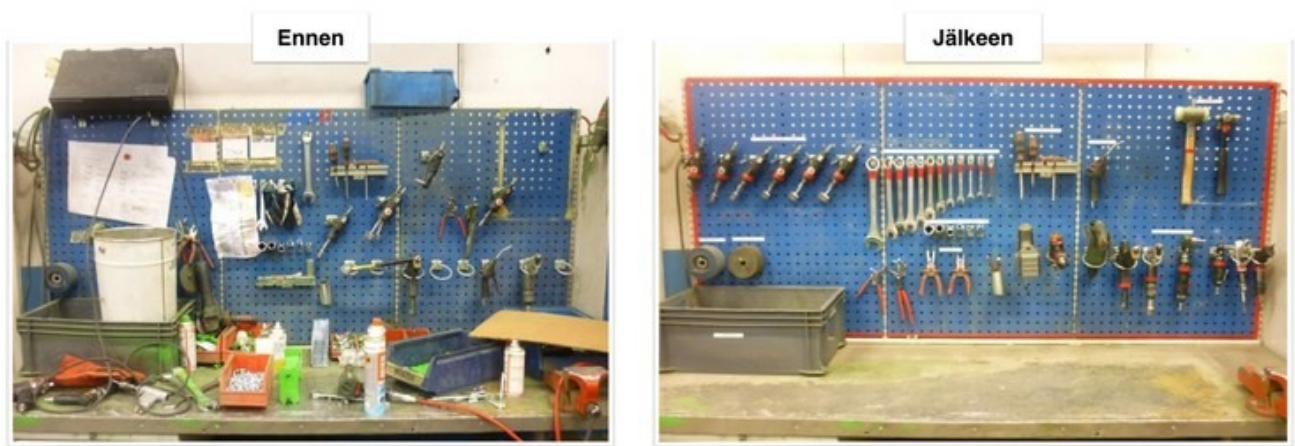
- siisteyden ja järjestyksen parantuminen
- työturvallisuuden parantuminen, esim. epäsiisteyden aiheuttamien kompasteluiden ja kaatumisten vähentyminen
- nopeutunut työnteko: seurausta osien, materiaalien ja työkalujen paremmasta sijoittelusta
- Viihtyvyyden parantuminen: seurausta ympäristön siistiytymisestä
- kustannusten väheneminen: materiaalit ja työkalut pysyvät tallessa
- työn tuottavuuden parantuminen

Yrityksissä törmätään usein tilan puutteesta johtuviin ongelmiin (Lean Lion Oy, i.a.). Yrityksen mukaan tilan puutetta voi olla monissa eri ympäristöissä, esimerkiksi tuontantotiloissa (hallit), työtiloissa (verstaat ja korjaamo), varastoissa sekä myös toimitoissa. Yleensä ongelman juurisyy ei kuitenkaan edes ole varsinainen tilanpuute, vaan se, että se on ajan kuluessa päästetty täyttymään tarpeettomista tai jo vanhentuneista ja käytöstä poistuneista tavaroista ja materiaaleista. Tyypillinen ratkaisu tämän tyyli- sissä tilanteissa on yleensä suursiivous. Mutta onko järkevää toistaa suursiivousta tiet- tyin väliajoin, kun järjestyksen ylläpitoon olisi olemassa työkalujakin? Tässä kohdassa ratkaisu löytyy yleensä juuri Lean johtamisfilosofiaan liittyvän 5S-työkalun käyttöön- otosta.

On yleinen väärinymmärrys, että 5S olisi siivousmenetelmä, sillä se ei ole (Lean Lion Oy, i.a.). Yrityksen mukaan se on jokapäiväinen toimintatapa, jota noudattamalla yle-

nen siisteys ja järjestys pysyy yllä. Soveltamalla ja käyttämällä tätä Lean johtamisfilosofian kulmatyökalua voidaan yrityksestä poistaa niin sanottuja hukkia, jotka tarkoittavat arvoa lisäämättömiä toimintoja.

Lean Lion Oy:n (i.a.) mukaan hyvä järjestys ja siisteys luo yritykselle hyvän ulkoasun ja viestii hyvää kuvaa asiakkaille sekä kumppaneille parantuneiden työolojen ja turvallisuuden lisäksi. Kuvassa 1 on esitelty 5S-menetelmän toteutus ja tulokset työpöydälle.



Kuva 1: Työpöydän 5S (Lean Lion Oy, i.a.).

Itsessään Lean ajattelu, jonka yksi työkalu 5S on, on Toyotan toimintatapaan pohjautuva kehittämisfilosofia, jonka merkitys on ollut suuri monien menestyvien yritysten toiminnan kehittämisessä (Logistiikan maailman, i.a.). Perustana Lean-ajattelulle on asiakkaan arvo eli se, että yrityksen tärkein tehtävä on tuottaa arvoa asiakkailleen. Ensin yrityksen täytyy määrittää, mitä arvoa tuotetaan sekä halutaan asiakkaille tuottaa. Tämän jälkeen toimintaa voidaan tarkastella arvon tuottamisen kannalta, ja se voidaan jakaa arvoa tuottaviin toimintoihin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että materiaalia, tuotetta ja tietoa muokataan asiakkaan haluamaan suuntaan. Lisäksi yrityksillä on vielä erilaisia tukitoimintoja, jotka eivät suoraan tuo asiakkaalle lisää arvoa, mutta ne ovat kuitenkin välttämättömiä, jotta arvon lisäys toteutuu erilaisten rajoitteiden kannalta. Näitä rajoitteita ovat esimerkiksi riskienhallinta, teknologia ja lainsäädäntö. Yrityksillä on vielä niin sanottua hukkaa, jota pyritään minimoimaan. Hukka on sellaista toimintaa, joka ei tuota arvoa eikä ole välttämätöntä, ja se voitaisiin poistaa investoimalla suhteellisen pienesti. Kehittyminen Leanin mukaan on siis sitä, että asiakkaan arvon määrittämisen jälkeen pyritään eliminoimaan kaikki hukka ja järjestetään kaikki arvoa lisäävät toiminnot sujuvaksi toimintaketjuksi. Tätä toimintaketjua

kutsutaan usein virtaukseksi. Tämän kehittämisessä on tärkeää ymmärtää, että siinä esiintyy paljon vaihtelua ja että hajonnan lähteitä pitää pyrkiä poistamaan aktiivisesti, jotta prosesseista muovautuu tasaisempia ja varmempia. Tämä varmistaa myös hyvän laadun. Toiminta pitää yhdenmukaistaa, jotta se pysyy selkeänä ja helposti hallittavana sekä kehitettävänä.

Jatkuva parantaminen on yksi Leanin lähtökohdista (Logistiikan maailman i.a.).

Yksinkertaisesti tämä tarkoittaa hukkan poistoa ja virtauksen kehittämistä ja parantamista jatkuvasti. Kehittämisessä pääroolissa ovat työtä tekevät ihmiset. Lehden mukaan osaamisen hyödyntämättömyys on yksi suurimmista hukista. Kuvio 3 osoittaa eri hukkien lajit.



Kuvio 3: Eri hukkien lajit (Logistiikan maailma, i.a.).

Jotta mittaamista voidaan jatkuvasti parantaa, on erilaisia toimintaa mittaavia mittareita, joista täytyy tehdä osa päivittäistä johtamista, jotta toimintaa on oikeasti jatkuvasti mahdollista kehittää ja parantaa (Logistiikan maailma, i.a.). Ongelmat täytyy tutkia ja ymmärtää kunnolla, jotta niihin voidaan etsiä ratkaisuja, kokeilla näitä ja viedä toimivat ratkaisut käyttöön. Tällöin jatkuvasta parantamisesta tulee systemaattista ja suunniteltua toimintaa.

Lean pitää sisällään suuren määrän erilaisia työkaluja, joita voidaan ryhmitellä monella erilailla. Alla esimerkkinä ryhmittely Toyotan talon mukaan kuviossa 4.



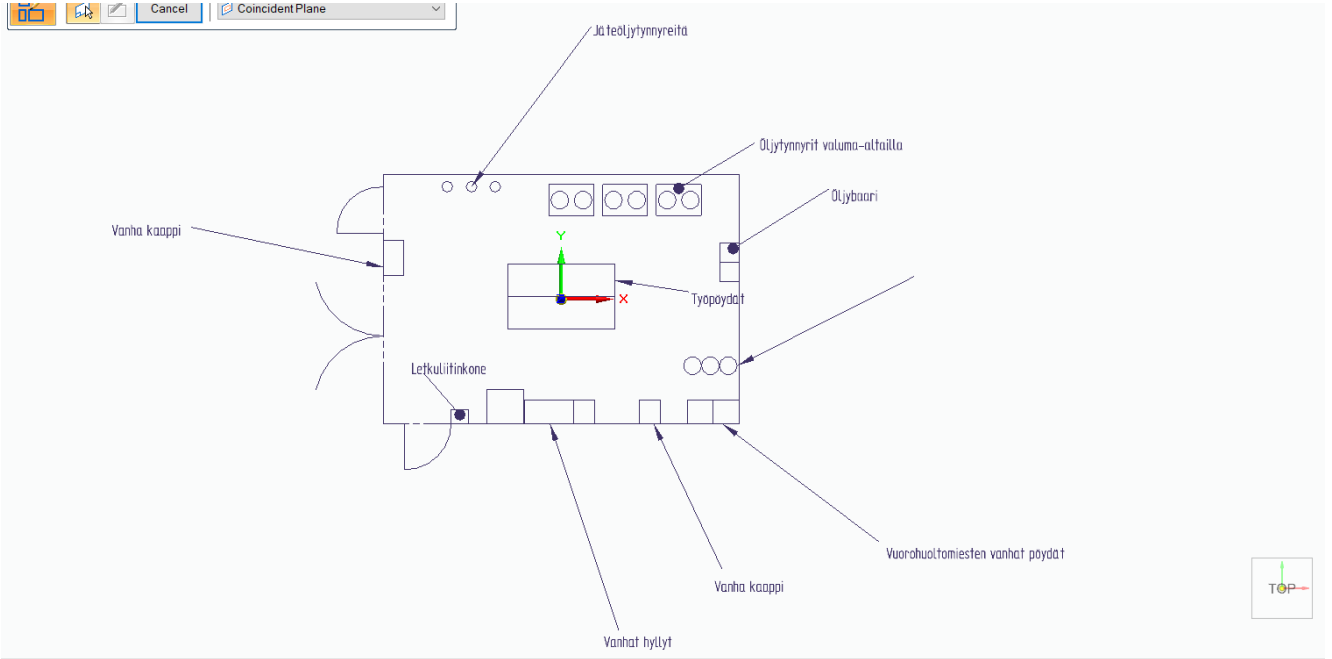
Kuvio 4: Toyotan talo (Logistiikan maailma, i.a.).

3 Toteutus

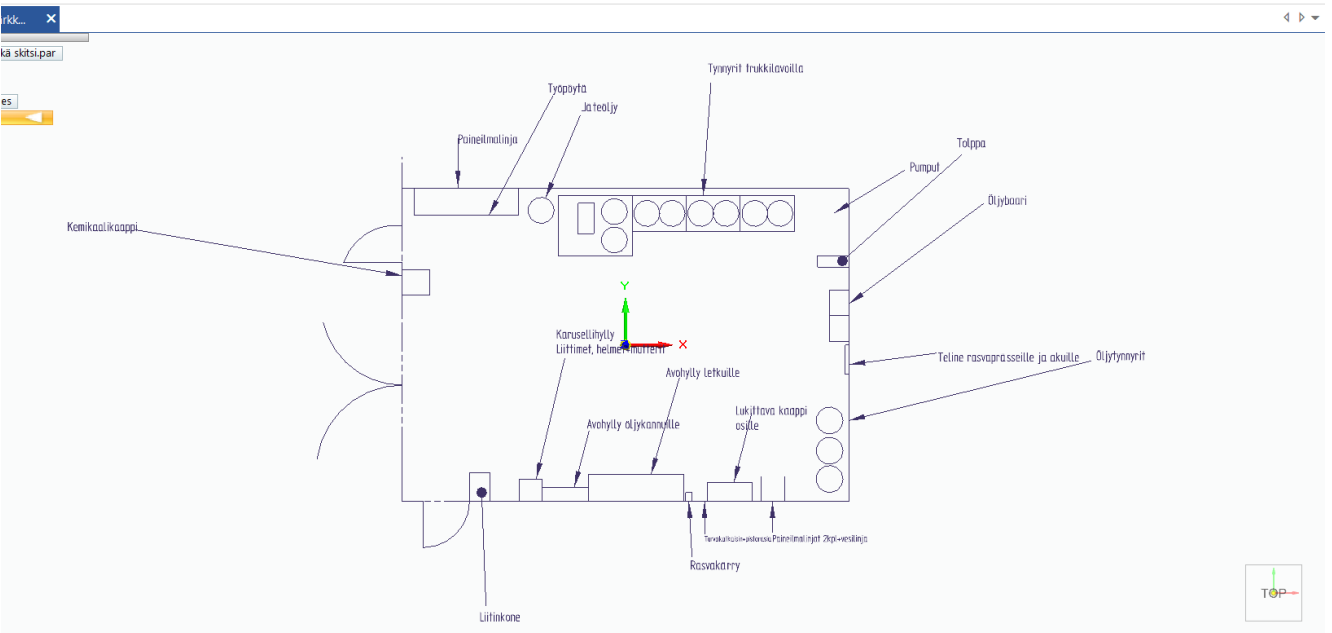
Toteutus lähti liikkeelle tutustumiskierroksesta tehtaan päivitettyihin voiteluhuoltotiloihin. Luottavuusinsinööri Mikko Krankkala järjesti tutustumiskierroksen Raahen tehtaan päivitettyihin voiteluhuoltotiloihin, joita oli yhteensä viisi. Näistä kaksi sijaitsi valssaamalla ja loput kolme koksaamalla, masuunilla ja sulatolla. Näistä neljä oli täysin valmiita ja SSAB:n (sisäinen tietolähde, 11.9.2019) voitelustandardinmukaisia tiloja, mutta levyvalssaamalla E5-ovella sijaitseva voiteluhuone oli edelleen kesken. Ainoastaan öljybaari oli asennettu, mutta tilasta piti tehdä myös 5S-tila sekä siivota se perusteellisesti. Näin ollen opinnäytetyön käytännön työksi määritettiin levyvalssaamon E5-oven verstaan yhteydessä olevan voiteluhuoneen päivittäminen loppuun sekä toisen, aloittamattoman voitelutilan päivitystyö kokonaan.

Seuraava vaihe oli tehdä toimintasuunnitelma E5-voiteluhuoneen päivittämisen viemiseksi loppuun samaan aikaan, kun sovittiin LKT:n työnjohtajan ja leikkauslinjan työnsuunnittelijan kanssa päivät tutustumiskierrokselle näiden alueiden voiteluhuoltotiloista. Tutustumiskierrosten jälkeen valikoitui LKT:n toiseksi kohteeksi päivitykselle. Tämä nähtiin parhaana aihiona päivittämiselle opinnäytetyön tekoajan puitteissa, ja opinnäytetyön ohjaaja oli tästä myös samaa mieltä. Myös alueen työnjohto sekä voiteluhuoltomies olivat suostuvaisia tilojen päivittämiseen sekä kustannuksiin, joita siitä aiheutui.

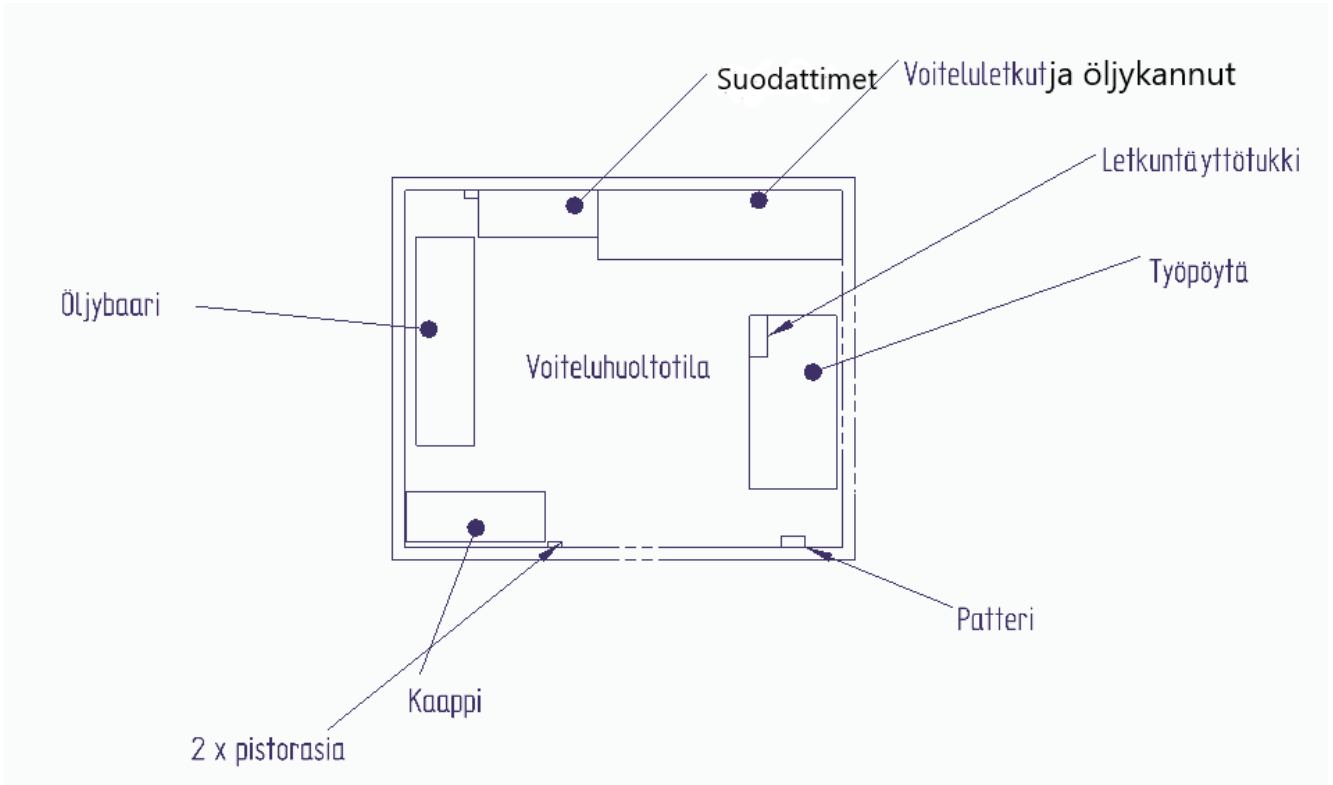
Kummastakin tilasta laadittiin karkeat toimintasuunnitelmat päätyövaiheista sekä hankittavista kalusteista ja materiaaleista. Näiden lisäksi tiloista tehtiin vielä layout-kuvat. Levyvalssaamon voiteluhuoneesta tehtiin kaksi layout-kuvaa, aloitustilanne ja lopputilanne. Tämä tehtiin siksi, että silloin oli paljon helpompi hahmottaa, minkä verran tilaa oli käytettävissä sekä miten uusi järjestys olisi järkevä toteuttaa. Tämän avulla myös pystyttiin seuraamaan ja päättämään, mitä kalusteita ja tavaroita hävitettäisiin. LKT:sta tehtiin vain yksi layout-kuva, koska sinne hankittiin uusi kontti voiteluhuoltotilaksi, jolloin vanhalla kontilla ei ollut merkitystä. Tarve oli ainoastaan nähdä, paljonko uudessa kontissa on tilaa sekä miten uudet kalusteet sinne järjestettäisiin sekä minkä kokoisia ne voisivat olla. Levyvalssaamon aloitustilannetta hahmottaa kuvio 5 sekä lopputilannetta kuvio 6. Kuvio 7 puolestaan esittää LKT:n uuden voiteluhuonekontin layoutin.



Kuvio 5: Levyvalssaamon voiteluhuoneen aloitustila



Kuvio 6: Levyvalssaamon voiteluhuoneen uusi järjestys



Kuvio 7: LKT:n voiteluhuoneen layout

Suunnitelmissa ja työlistoissa ei koettu tarpeelliseksi esittää jokaista, pienintäkin yksityiskohtaa, vaan ne toimivat lähinnä ohjaavina, jotta tekeminen pysyi järjestelmällisenä, suunnitelmallisena ja järkevänä. Kuvioissa 8 ja 9 on esitetty levyvalssaamon sekä LKT:n voiteluhuoneiden työlistat.

Käytettävistä öljy-laaduista laadittiin myös listat, jotta pystyttiin määrittelemään ja hahmottelemaan tarvittavien kannujen, värikoodattujen kansien sekä tarrojen määrät. Näitä suunnitelmia päivitettiin ja noudatettiin, ja ne olivat hyviä kulmakiviä tekemiseen ja suunnitteluun. Kuvio 10 havainnollistaa tällaisen suunnitelman LKT:ssa käytössä olevista öljy-laaduista.

Leva E5 voiteluhuoneen päivitys työlista

Varaosakaapin siirto ES verstaan perälle

Kemikaalikaappi sieltä E5 voiteluhuoneelle

Vanhojen kaappien tavaroiden läpikäynti → mitä hävitään, mihin loput siirretään?

Uusien kaappien/hyllyjen tarve (määrä, mitat)

Uusien hyllyjen ja kaappien tilaus

Karusellin tilaus

Käsi pumpujen tilaus

Tynnyrin alustojen tilaus

Masterlockin turvakotelon tilaus

Öljykannujen + värikoodattujen korkkien tilaus

Säilytysastian tilaus puhtaille räteille

Pyrojacket keloja kpl 22mm ja 29mm+telineet

Letkulaatikoiden teetäys-->työ tehty ja suunnittelussa korjaamalla

Letkuntäytötukkien teetäys-->vainiin

Vuorohuollon pöydän pois siirto huuvaan alta ---> pihalla nyt, tyhjentämättä+romuttamatta

Keskipöydän siirto seinän viereen-->toinen roskeen.

Öljytynnyreiden siirto seinän viereen

Öljykärryt seinän viereen huuvaan alle

Letkudiili rosteripäillä Ahseilla (Hepoaho Mari, määrät+koot letkuista)----> diili tehty, toimitus odottaa hyllyn osittajia

Voitelustandardin päivitys

Tavaroiden paikkojen merkkaukset tarroilla

SS-taulu+paikka sille----> taulu tilattu, paikka katsotaan lopuksi

EH-työ: kerran kuukaudessa tilan inventointi+siivous

Kuvan päivitys oikeanlaiseksi

Selitys väreille:

Vihreä= Tehty

Keltainen= Kesken

Punainen= Tekeillä

Tehtävälista/työtilaukset

-Sähkökaapin siirto/sen laajuuden selvitys-->sähköpuolella selvityksessä kuka tekee ja milloin

-Vanhan voitelukontin tyhjennys/tavaroille uudet paikat

-Uuden kontin etsintä/tilaus

-Skitsi uuden kontin layoutista tilan riittämisen varmistamiseksi/määrittämiseksi

-Uusien kalusteiden/materiaalien listaus ja tilaus

-Sähkökytkentöjen irroitus kummastakin kontista + paineilmalinjojen irroitus konteista

-Vanha voiteluhuoltokontti pois ja käyttöön jäävä öljyjen säilytyskontti oikeaan paikkaan

-Uusi kontti oikealle paikalleen

-Paineilmalinjojen veto kenttäryhmältä

-Öljybaarin asennus+putkistojen veto Ruukin pintatako tekee, sovittu toimittajan kanssa tilaukseen

-Uusien kalusteiden asennus uuteen konttiin, tavaroiden sijoittelu paikoilleen

-Tavaroiden paikkojen merkkaukset tarroilla

-SS taulun sijoitus

-Piirrustuksen teko (kontista ei ole piirrustusta)+konttien sijainnin päivitys LKT:n layoutiin

-EH-työn teko inventaariosta ja siivouksesta 1kr/kk

Kuvio 8: Levyvalssaamon voiteluhuoneen työlista Kuvio 9: LKT:n voiteluhuoltotilan työlista

Öljyt, kannut ja värit

-Mobil 600 XP 460, Värikoodina musta, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, Kannet 2kpl mustia paksulla kaatonokalla. TARRAT: Musta pohja, valkea teksti, 10kpl.

-Mobil 600 XP 220, Värikoodina musta, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, Kannet 2kpl mustia paksulla kaatonokalla. TARRAT: Musta pohja, valkea teksti, 10kpl.

-Mobil 600 XP 320, Värikoodina musta, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, 1kpl 1,5l, Kannet 2kpl mustia paksulla kaatonokalla, 1kpl mustia minikaatonokalla. TARRAT: Musta pohja, valkea teksti, 10kpl.

-Mobil Almo, Värikoodina harmaa, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, 1kpl 1,5l, Kannet 2kpl harmaita paksulla kaatonokalla, 1kpl harmaa minikaatonokalla. TARRAT: Harmaa pohja, valkea teksti, 10kpl.

-Mobil SHC Gear 220, Värikoodina tumman vihreä, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, Kannet 2kpl tumman vihreitä paksulla kaatonokalla. TARRAT: Tumman vihreä pohja, valkea teksti, 10kpl.

-Mobil DTE 24, Värikoodina keltainen, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, Kannet 2kpl keltaisia paksulla kaatonokalla. TARRAT: Keltainen pohja, musta teksti, 10kpl.

-Mobil Oil Medium, Värikoodina oranssi, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, Kannet 2kpl oransseja paksulla kaatonokalla. TARRAT: Oranssi pohja, musta teksti, 10kpl.

-Mobilect 44, Värikoodina Sini-Puna, Kannuja 1kpl 10l, 1kpl 5l, 1kpl 1,5l, Kannet 2kpl sinisiä paksulla kaatonokalla. TARRAT: Sininen pohja, punainen teksti, 10kpl.

-Teboil Fluid D, Värikoodina kelta-musta, Kannuja 1kpl 1,5l, Kannet 1kpl keltaisia minikaatonokalla. TARRAT: Keltainen pohja, musta teksti, 10kpl.

Kuvio 10: LKT:n öljyalaadut, värikoodaus sekä öljykannut

Suunnitelmissa olleita vaiheita ei toteutettu aivan niiden kirjoitusjärjestyksessä, mutta näin ei ollut tarkoituskaan. Värikoodaamalla vaiheet pysyttiin paremmin tietoisena siitä, mitä oli jo tehty ja mikä oli vielä tekemättä tai kesken. Vaiheita ei koettu järkeväksi kirjoittaa suoraan toteutusjärjestykseen, koska tilanteiden muuttuessa ja esimerkiksi kalusteiden ja materiaalien toimitusaikojen vaihdellessa niitä voitiin toteuttaa vaihtelevassa järjestyksessä. Täten värikoodaus koettiin järkevämmäksi vaihtoehdoksi ja sen huomattiinkin toimivan oikein hyvin.

Levyvalssaamon toimintasuunnitelma valmistui hieman ennen LKT:n toimintasuunnitelmaa, joten sen toteutus alkoi ensin. Yhdessä sen toteutuksen alkaessa suunniteltiin LKT:n toimintasuunnitelma loppuun, jonka jälkeen senkin toteutus aloitettiin. Ensimmäinen vaihe levyvalssaamon voiteluhuoneen toteutuksessa oli siivota tila vanhoista kalusteista ja tavaroista. Tavarat ja kalusteet käytiin läpi alueen voiteluhuoltomiesten kanssa, jonka jälkeen heidän ja apu työvoiman avulla kaikki rikkiäinen, vanha tai ylimääräinen otettiin ulos voiteluhuoneelta

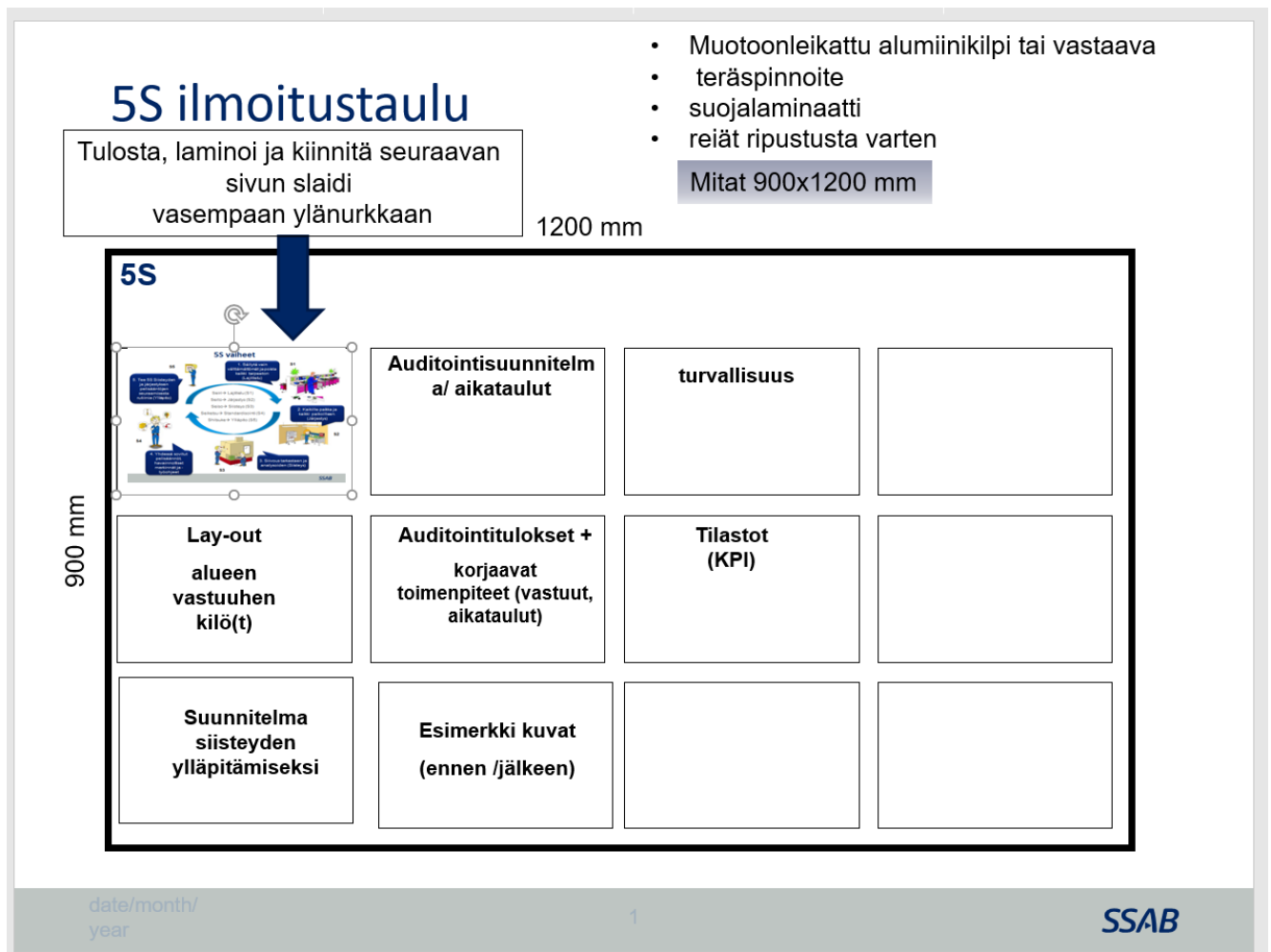
ja romutettiin. Osittain yhdessä tämän vaiheen kanssa sekä hieman sen jälkeen tehtiin voiteluhuoltomiesten kanssa lista uusista kalusteista ja materiaaleista, jotka voiteluhuoneelle hankittaisiin. Kun lista oli saatu valmiiksi, tilattiin kalusteet ja materiaalit seuraavaksi. Tässä väli-vaiheessa, kun uusia kalusteita odotettiin, voiteluhuoltotila siivottiin perusteellisesti.

Levyvalssaamon voiteluhuoneen odottaessa tilausten saapumista huomio kohdistettiin LKT:n voitelutiloihin. Toimintasuunnitelma oli viety loppuun levyvalssaamon voiteluhuoltotilan toteutusta aloitellessa ja siinäkin ensimmäinen toimintavaihe oli käydä läpi vanha voiteluhuoltotila, poistaa sieltä ylimääräiset materiaalit varastoimalla ne toiseen paikkaan tai hävittämällä kokonaan. LKT:ssa oli levyvalssaamosta poiketen toteutettu voiteluhuoltotilat meri- ja öljykonteilla, eikä varsinaista huonetta ollut. Nämä olivat erillään hallissa, eikä kymmentä ja puolta metriä pitkää yhtäjaksoista tilaa ollut käytettävissä konttien vierekkäin saamiseksi. Kontit piti siksi saada sijoitettua vierekkäin, että öljyputkiston veto öljyjen säilytyskontista varsinaiseen voiteluhuoltokonttiin, johon öljybaari tulisi, onnistuisi. Kun tämä ei nykyisillä konteilla ollut mahdollista, jäi vaihtoehdoiksi kaksi eri toteutustapaa. Toinen oli, että öljyputkistot olisi kaivettu hallin betonilattian alle ja päälle sitten laitettu irrotettavat metallikannet. Tämä olisi ollut erittäin työläs ja kallis toteutustapa. Se hylättiin heti alkuun, ja alueen työnjohdon kanssa yhteistyössä sovittiin, että nykyinen voiteluhuoltokontti siirretään pois ja hankitaan tilalle lyhyempi, neljä metriä pitkä kontti. Näin kontit saatiin sijoitettua vierekkäin ja putkiston veto onnistui helpommin. Kun vanha voiteluhuoltokontti oli tyhjä, keskityttiin seuraavaksi tekemään vastaavat listat hankinnoista LKT:hen. Myös nämä listat pitivät sisällään erilaisia kalusteita, materiaaleja sekä varaosia. Osa hankittiin samoista paikoista kuin levyvalssaamolle oli hankittu, esimerkiksi standardin mukaiset oil safe -öljykannut tulivat Ikarokselta sekä hyllyt, kaapit ja työpöytä THTT:ltä. Uuden kontin kanssa jouduttiin kuitenkin käymään läpi monta yritystä tarjouspyynnöin sekä puheluihin, koska kontin mitat olivat sellaiset, että se piti teettää mittatilaustyönä. Valmiiksi saatavilla olevat kontit olivat kuljetusten takia standardileveitä, yleensä 2–2,4 metrin välillä. Tämä ei kuitenkaan ollut tarpeeksi, että öljybaari ja kalusteet mahtuisivat. Kontista piti saada 3,5 metriä leveä ja neljä pitkä. Lopulta uuden kontin toimittajaksi varmistui Suomen Vuokrakontti Oy. Täältä sai juuri tarvittavilla mitoilla olevan kontin, ja se oli selkeästi myöskin kaikista halvin. Lisäksi toimitusaika ei myöskään ollut liian pitkä, vaan se sopi opinäytetyön puitteisiin hyvin.

Kun uusi kontti oli saatu tilattua, uudet kalusteet ja materiaalit saapuivat sopivasti levyvalssaamon voiteluhuoneelle. Seuraavaksi siis ryhdyttiin kalustamaan sitä. Tässä käytettiin

apuna vuokratyöfirman miehiä kahden alueen voiteluhuoltomiehen lisäksi. Voiteluhuone kalustettiin sovittuun järjestykseen, sekä tässä vaiheessa tehtiin vielä lisäselvityksiä hävitettävistä materiaaleista sekä vanhoista varaosista. Lisäksi myös yksi työpöytä lähti vielä ylimääräisenä romuun. Kun voiteluhuoneelle oli kasattu kaikki uudet kalusteet sekä aseteltu tavarat paikoilleen sekä loppusiivous tehty, jäi viimeiseksi vaiheeksi tavaroiden paikkojen merkkkaus sekä 5S-taulun sijoitus ja täyttäminen ja layout-kuvan loppuun päivitys SSAB:n viralliseen järjestelmään.

Tavaroiden paikkojen merkkkaus toteutettiin tarroituksella itse tilassa, ja se päivitettiin myös layout-kuvaan. Tavaroiden paikkojen selkeä merkkkaus oli erittäin tärkeää, koska sen avulla saatiin tila pysymään järjestyksessä tulevaisuudessakin. 5S-taululle määriteltiin paikka tilan seinältä, sekä siihen liitettiin kaikki oleelliset tarvittavat tiedot ja dokumentit tilasta. Tähän käytettiin SSAB:n omaa ohjekuvaa, jonka kuvio 11 osoittaa.



Kuvio 11: SSAB:n Raahan tehtaassa 5S täyttömalli (SSAB, sisäinen tietolähde, 16.12.2021).

E5:sen voiteluhuoneen valmistuttua, huomio keskitettiin taas LKT:n puolelle, kun kontit ja uudet kalusteet saapuivat. Ensimmäisenä siirrettiin kontit oikein, länsiseinustalla oleva vanha, kuvassa 2 oleva kontti siirrettiin pois, sekä sen tilalle apuvalssarin ohjaamon vierestä siirrettiin voiteluaineiden säilytyskontti, joka on esitetty kuvassa 3. Lopuksi länsiseinustalle siirrettiin vielä tilattu uusi kontti, josta tuli varsinainen voitelutila. Näin öljybaarin putkitus oli helppo toteuttaa, kun kontit olivat vierekkäin samalla seinustalla. Tätä on vielä havainnollistamassa kuva 4.



Kuva 2: LKT:n vanha voiteluhuoltotila



Kuva 3: Voiteluaineiden säilytyskontin vanha sijainti



Kuva 4: Uuden kontin ja voiteluaineiden säilytyskontin uusi järjestys ja sijainti

Kun uusi kontti oli saatu paikoilleen, tuli se ensimmäiseksi kalustaa. Tätä varten tehtiin layout-piirustus, josta kävi ilmi, kuinka tavarat aseteltaisiin konttiin, jotta kaikki tulisi mahtumaan paikalleen. Tämä layout esiteltiin aikaisemmin kuviossa 7. Kun kalusteet oli saatu paikoilleen suunnitelman mukaisesti, oli jäljellä enää öljykannujen tarroitus sekä tietenkin itse öljybaarin asennus sekä 5S-taulun täyttäminen. Nämä vaiheet tehtiin osittain limittäin. Öljybaarin asennus oli siinä mielessä hieman poikkeava, että koska E5:sella oli havaittu, että Mobilin 600 XP 460 ei tahdo tulla kunnolla baarista, kasvatettiin LKT:ssa öljyputkikokoa 22 mm:n kokoon 18 mm:n sijaan sekä vaihdettiin isommat virtausmittarit kuristusten pienentämiseksi ja öljyn kulun parantamiseksi. Tämä olikin lopulta toimiva ratkaisu ja jäykkemmätkin voiteluaineet tulivat baarista hyvin ulos. E5:sella oli myös havaittu, että ohuempien voiteluaineiden ottaminen baarista on helpompaa ja siistimpää, jos baarin hanan päähän asentaa letkua kuvan 5 mukaisesti. Tämä sama muutos toteutettiin lopulta myös LKT:n päässä osalle öljy-laaduista.



Kuva 5: Letkun asennus öljybaarin hanoihin

Öljybaarin asennuksen jälkeen viimeiseksi työksi jäi tilan siivoaminen sekä tavaroiden paikoilleen järjestäminen lopulliseen järjestykseensä, öljykannujen tarroitus ja tavaroiden paikkojen merkkäminen, joka myös toteutettiin tarroittamalla.

4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tehtyjen muutosten perusteella saatiin aikaseksi monia merkittäviä parannuksia sekä levyvalssaamon että LKT:n voiteluhuoltotiloissa. Ensimmäisenä merkittävänä parannuksena on tilan lisääntyminen. Kun tiloista siivottiin kaikki ylimääräinen pois sekä tarpeelliset tavarat järjestettiin oikein, on tiloissa nyt huomattavasti helpompaa sekä miellyttävämpää työskennellä kuin ennen. Esimerkiksi levypuolen E5:sen voiteluhuoneella, ei aiemmin olisi ollut mitään mahdollisuutta työskennellä sisällä trukilla, mutta saavutetun lisätilan takia, voidaan siellä nyt trukilla esimerkiksi suorittaa öljytynnyreiden vaihdot valuma-altaiden päälle. Lisäksi parempi siisteys ja järjestys pienentää materiaalikustannuksia vähentyneiden hukkaan menneiden tavaroiden kautta sekä tehostaa työskentelyä, kun osat ja materiaalit ovat saatavilla helposti.

Toinen merkittävä saavutettu etu on öljyn käsittelyn helpottuminen sekä öljyn puhtaanapito. Baarista on helppo ottaa öljyä kannuihin sekä viedä niillä suoraan kohteisiin. Tämän lisäksi uudet standardinmukaiset öljykannut ovat tiiviitä ja helppokäyttöisiä, eikä niiden oikeaoppisessa käytössä ole mahdollisuutta epäpuhtauksien pääsulle öljyn sekaan. Näin ollen voiteluhuollon tarkkuus sekä puhtaus paranivat myös merkittävästi alkuperäisiin asetelmiin nähden. Esimerkiksi LKT:ssa ei ollut käytettäville voiteluaineille edes suodatusta ollenkaan, ennen kuin se öljybaarin myötä asennettiin sinne.

Kokonaisuutena voiteluhuollon tila parani siis merkittävästi kahdella eri osastolla Raahen teerästehtaan valssaamolla. Kuvat 6–16 hahmottavat tilojen muutosta ja avaavat saavutettuja hyötyjä selvemmin.



Kuva 6: LKT:n voiteluainekontti ennen



Kuva 7: LKT:n voiteluainekontti jälkeen



Kuva 8: Voiteluaineiden otto ennen



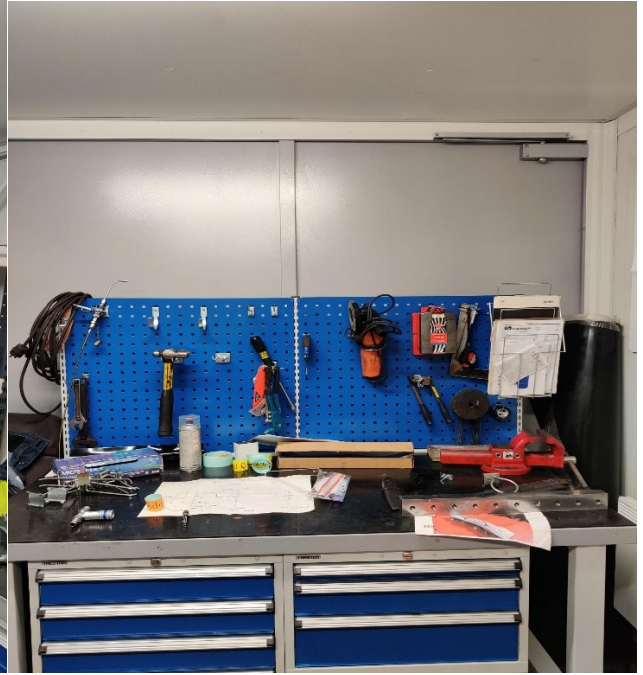
Kuva 9: Voiteluaineiden otto jälkeen (öljybaari)



Kuva 10: LKT:n voiteluhuoltotila ennen



Kuva 11: LKT:n voiteluhuoltotila jälkeen 1



Kuva 12: LKT:n voiteluhuoltotila jälkeen 2



Kuva 13: E5 voiteluhuone ennen 1



Kuva 14: E5 voiteluhuone ennen 2



Kuva 15: E5 voiteluhuone jälkeen 1



Kuva 16: E5 voiteluhuone jälkeen 2

Kuten kuvioista käy ilmi, oli kuvien oton hetkellä vielä hieman järjestely sekä siivoaminen tiloissa kesken, mutta kuvat täytyi ottaa tuossa vaiheessa ajan käydessä vähiin. Tilat siivottiin tuon jälkeen asennusten ja järjestelyn tullessa päätökseen, sekä niissä pidettiin ensimmäiset 5S-auditoinnit SSAB:n henkilöstön toimesta. Kuvioista käy kuitenkin ilmi hyvin se, miten tilojen yleisilme muuttui sekä järjestys parani ja järkevöityi.

5 Yhteenveto

Tehokas ja toimiva voiteluhuolto on olennainen osa hyvin toimivaa kunnossapitoa. Toimiva kunnossapito taas takaa häiriöttömän ja tehokkaan tuotannon. Voiteluaineiden puhtaanapidolle on vaatimuksena oikeanlaiset tilat sekä välineet niiden käsittelyyn. Voiteluhuoltoon panostaminen tuo vuositasolla merkittäviä säästöjä, kun voideltavien kohteiden käyttöikä pitenee. Tämä vähentää luonnollisesti varaosakustannuksia, mutta myös tuotannon seisakkiaikaa, eritoten suunnittelematonta sellaista.

Tässä työssä tehdyt muutokset voiteluhuoltotiloihin parantavat voiteluhuollon laatua ja voiteluaineiden puhtautta merkittävästi. Toimiakseen ratkaisut vaativat yrityksen henkilöstöltä yhteistyötä, jotta tiloissa säilytetään hyvä siisteys ja järjestys sekä voiteluainekannuja sekä pumppuja käytetään oikein. Näin saavutetut parannukset pysyvät yhtä tehokkaina tulevaisuudessaakin. Oikealla käytöllä vältytään myös virheiltä voiteluaineiden laadun kanssa, etenkin kun voiteluainetta lisää tai vaihtaa voiteluhuoltomiehen sijasta esimerkiksi vuorohuoltomies.

Kokonaisuutena tehtyjen muutosten perusteella nähtiin voiteluhuoltoon panostamisen kannattavuus käytännössä sekä se, että tilojen ja järjestelmien päivittäminen on kannattavaa. Päivityksiä aiotaankin jatkaa Raahen tehtaalla muille osastoille jo tänä vuonna.

LÄHTEET

- Aalto, A. (2014). *Voiteluhuollon kehittäminen*. [AMK-opinnäytetyö, Lapin ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014121119449>
- Ansaharju, T. (2009). *Koneenasennus ja kunnossapito*. WSOY Oppimateriaalit.
- Antila, K., Kajander, K., Korpi, A., Lehtovaara, A., Luukkainen, T., Malinen, R., Malkamäki, H., Miettinen, J., Mikkola, K., Pietiläinen, L., Pulkkinen, P., Rinkinen, J., Ronkainen, H., Rätty, K., Strengell, K., Suontama, K., Säynätjoki, M., Viherala, J., Virtanen, I., & Vuolle, P. (2006). *Teollisuusvoitelu*. (4. täydennetty painos). KP-Media Oy. (Alkuperäinen teos julkaistu 1998).
- FAG Sales Europe – Finland. (i.a). Vierintälaakereiden voitelu, Julkaisu no WL 81 115/4 FI. https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/publication/downloads_18/wl_81115_4_fi_fi.pdf
- Huuskonen, J. (2015). *Koivuvaneritehtaan voiteluhuollon optimointi*. [AMK-opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015060412441>
- Jaakma, K. (2008) *Voitelulaitteet ja -järjestelmät*. [Kandidaatintyö, Aalto-yliopisto] Aalto. <https://users.aalto.fi/~kjaakma/kuvat/kandi.pdf>
- Järviö, J., & Kunnossapitoyhdistys. (2004). *Kunnossapito*. KP-Media.
- Kunnossapitoyhdistys Promaint., & Voitelutekninen toimikunta. (2010). *Teollisuuden rasva-voitelu*. KP-Media Oy.
- Lean Lion. (i.a). *Miksi 5S?* <https://www.leanlion.com/miksi-5s>
- Lean Thinking Oy. (i.a). *LEAN-sanasto*. <https://leanthinking.fi/lean-sanasto/>
- Lepistö, J. (2016). *5S:n käyttöönotto SeAMK autolaboratorioon*. [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605127486>
- Logistiikan maailma. (i.a.). *LEAN-AJATTELU*. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>
- Opetushallitus & Kunnossapitoyhdistys Ry (i.a.-a) *Mitä on kunnossapito?* http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html

Opetushallitus & Kunnossapitoyhdistys Ry (i.a.-b) *Voitelujärjestelmät: Kiertovoitelu*.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e10_voitelujarjestelmat_kiertovoitelu.html

Opetushallitus & Kunnossapitoyhdistys Ry (i.a.-c) *Voiteluaineet: Lisäaineet*.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e04_voiteluaineet_lisa-aineet.html

Promaint-lehti. (15.4.2014). *Mitä öljyssä tulee seurata?* <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Mita-oljyssa-tulee-seurata>

Rantavuori, N. (2017). *Hitsattavien osien varastoinnin uudistamissuunnitelma ja hitsauspisteiden 5S*. [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017060111737>

Ronkainen, H. (2019). *Käyttövarmuus ja voiteluhuolto*. [sähköinen tietoaaineisto]. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=aa721832-ce63-4e5a-8dd3-f621a2846527>

Salo, L. (2012). *Hydrauliikkaöljyn kunnonvalvonta ja kunnossapito*. [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205107384>

