

Joni Keränen

BIOPOLTTOAINERUUVIN KÄYTTÖVARMUUS JA KUNNOSSAPITO

BIOPOLTTOAINERUUVIN KÄYTTÖVARMUUS JA KUNNOSSAPITO

Joni Keränen
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Joni Keränen

Opinnäytetyön nimi: Biopolttoaineruuvien käyttövarmuus ja kunnossapito

Työn ohjaaja: Esa Törmälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2022

Sivumäärä: esim. 54 + 2 liitettä

Opinnäytetyö on toteutettu Efora Oy:lle. Efora Oy on Stora Enso Oy:n tytäryhtiö, joka huolehtii Stora Enson tehtaiden kunnossapidosta. Työ sijoittuu Oulun tehtaalle Nuottasaareen. Työ liittyi tehtaan voimalaitoksen biopolttoaineenkuljetusjärjestelmään kuuluvan purkausruuvien ongelmiin. Ruuvissa on havaittu voimakasta kulumista eikä ruuvista ollut ylläpidettyä dokumentointia.

Tavoitteina olivat ruuvien käyttövarmuuden parantaminen, joka sisälsi selvitystyön aikaisemmista ruuviversioista, ja tulosten vaurioanalysointi. Vaurioanalyseista saaduista tuloksista saatiin johtopäätöksiä, joiden perusteella pystyi laatimaan kehitysideoita. Lisäksi työssä kehitettiin ruuviin liittyviä raportointikäytäntöjä ja luotiin raporttipohja yrityksen käyttöön.

Lopputuloksena saatiin alkukartoitus ruuvien kulumisen tutkimisessa ja yhteenveto olemassa olevasta tiedosta. Lisäksi saatiin jatkotoimenpiteitä, joista kehittämistä voi jatkaa eteenpäin. Ruuveista analysoitiin kaikki mahdollinen kerätty tieto, josta selvisi, että ruuveja on ollut erilaisia versioita toiminnassa ja kulumisen estämiseksi oli jo tehty kehitystyötä. Vauriot analysoitiin ja niitä vertailtiin toisiinsa. Vertailemalla selvisi, että kaikki kulumat samasta kohdasta ja syinä ovat mahdollisesti tartunnat syöttöaukon edustalla, polttoaineen jäätyminen, epätarkka seulominen, supistuva tila ruuvien alla ja repijähampaiden sijainti ja kovahitsauksen puute hampaissa. Työ oli vasta alkuselvitys ongelman ratkaisemiseksi, mutta lisätutkimuksilla ongelmaa voi alkaa selvittämään opinnäytetyössä aloitettuun suuntaan.

Jatkotoimenpiteinä ruuville luotiin raportointikäytäntöjä työn teoriapohjaan nojaten. Raportoinnin edistämiseksi toimeksiantajan käyttöön luotiin raporttipohja tulevaisuutta varten. Ruuvien tarkempi seuranta ja raportointi auttavat tulevaisuudessa ruuvien nykyisen version arviointia.

Asiasanat: kunnossapito, käyttövarmuus, kestoikä, raportointi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Tavoitteet.....	6
1.2	Rajaus	6
2	STORA ENSO JA OULUN TEHDAS	7
2.1	Leijukerrospoltto	7
2.2	Polttoaineet	7
2.3	Kiinteään polttoaineen kuljetusjärjestelmä.....	8
2.4	Siilon ruuvipurkain	8
3	KULUMINEN	10
3.1	Kulumismekanismit	10
3.1.1	Adhesiivinen kuluminen	11
3.1.2	Abrasiivinen kuluminen	13
3.1.3	Tribokemiallinen kuluminen.....	14
3.1.4	Väsymiskuluminen	15
4	MATERIAALIT	17
4.1	Kulumiskestävät materiaalit.....	17
4.2	Kulutussuojaus	17
5	KULJETINRUUVIN LUJUUSOPPI.....	19
6	KUNNOSSAPITO	20
6.1	Käyttövarmuus	20
6.2	Vianmääritys.....	23
6.3	Raportointi ja toiminnan seuranta.....	25
6.4	Syitä, joihin kunnonvalvonta voi kaatua.....	26
7	TUTKIMUS	28
7.1	Projektisuunnitelma	28
7.2	Ennen vuotta 2022 tehdyt parannukset	28
7.3	Mahdollisia syitä ruuvien vaurioitumiseen	28
7.4	Ruuvien vaurioiden dokumentointi	30
7.4.1	Vaurioraportti	30
7.4.2	Ruuvien vaurioraporttien yhteenveto	32

7.5	Ehjat ruuvit	33
7.6	Tutkimustulosten yhteenveto	36
7.7	Johtopäätöksiä vaurioiden syistä	37
8	KRIITTINEN ARVIOINTI	43
9	JATKOTOIMENPITEET	45
9.1	Kehitys	45
9.2	Raportointi ja tarkastukset	48
10	YHTEENVETO	50
	LÄHTEET	51

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaan voimalaitokselle. Voimalaitos tuottaa lämpöä, sähköä ja prosessihöyryä tehtaan tarpeisiin. Tarvittava energia tuotetaan leijukerroskattilalla ja soodakattilalla. (1.) Työssä tutkitaan biopolttoaineen ruuvipurkainta, josta tässä työssä käytetään nimeä ruuvi.

Tässä työssä selvitetään, voisiko voimalaitoksen polttoainesyöttöjärjestelmään kuuluvan purkainruuvin käyttöikää pidentää, kehittää raportointia ja luoda ruuvista valmistuskuvat. Purkainruuvi toimii korkean siilon pohjalla ja purkaa biopolttoainetta kuljettimelle, joka vie tavarana eteenpäin leijukerroskattilalle.

Ruuvien kanssa on ollut ongelmia, eikä se ole kestänyt huoltoseisakkaikaväliä. Ruuvissa on havaittu voimakasta kulumista ja ruuveja on jopa mennyt poikki. Tavoitteena on tutkia seikkoja, jotka vaikuttavat kulumiseen. Lisäksi tavoitteina on myös tutkia laitteen huoltohistoriaa ja kehittää raportointia.

1.1 Tavoitteet

Aluksi opinnäytetyön tavoitteina olivat ruuvien kestoikänsä pidentäminen, kestävämmän version suunnittelu ja raportoinnin kehitys. Opinnäytetyön edetessä huomattiin, että ruuvien eteen on tehty jo kehitystyötä ja uusi versio on jo käytössä. Tiedonpuute johtui osaksi huonosta raportoinnista, eli kehitystyöstä ei löytynyt selkeää raportointia, joten opinnäytetyön tavoitteita muutettiin sopivaksi. Kehitysideointi jatkuu mutta lisäksi raportointikäytäntöjen eteen täytyisi tehdä töitä. Lisäksi sovittiin, että jos aikaa jää, ruuvista täytyisi tehdä valmistuspiirustukset.

1.2 Rajaus

Opinnäytetyössä on kaksi osiota: ruuvien kestoikänsä pidentäminen ja ruuviin liittyvien raportointikäytäntöjen kehittäminen. Kehitysosiossa olisi tarkoitus keksiä ratkaisuja kulumisongelman selvittämiseksi. Raportointiosiossa raportointikäytännöt pyritään saamaan sille tasolle, että ruuviin liittyvät tapahtumat voidaan dokumentoida yrityksen järjestelmään.

2 STORA ENSO JA OULUN TEHDAS

Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaan integraattiin kuuluvat puutavaran vastaanotto, sellutehdas, kraft-lainer-linja ja satamatoiminnot. Oulun tehdas tuottaa Avantforte-pakkauskartonkia ja valkaisu- tonta havupuusellua. Tehtaan vuotuinen kapasiteetti on 450 000 tonnia pakkauskartonkia ja 530 000 tonnia sellua. (2.)

Tehtaalla on oma voimalaitos, joka tuottaa prosessihöyryä, lämpöä ja sähköä tehdasintegraatin tarpeisiin. Tarvittava energia tuotetaan pääasiassa soodakattilalla ja leijukerroskattilalla. (1, s. 10.) Liitteessä 1 sivukuva kattilasta.

2.1 Leijukerros poltto

Leijupolttojärjestelmän tehtävänä on polttaa kosteita polttoaineita korkean lämpökapasiteetin omaavassa polttotilassa, joka muodostuu leijuarinasta, hiekkakerroksesta ja muurauksista. Kattilalaitos on varustettu puupolttoaineen, kuoren, lietteen ja turpeen kerrosleijupolttolaitteilla. Höyrykattila on ylhäältä kannatettu luonnonkiertokattila. Tulipesän pohjalle on sijoitettu leijuarina kerrosleijupolttoa varten. Leijukerros on ns. kuplivaa petityyppiä, jossa hiekkakerros pysyy matalana eikä lähde kiertoon. Tämä polttotapa sopii erittäin hyvin huonolämpöarvoisten, märkien polttoaineiden, kuten kuoren, puujätteen ja lietteen polttoon samassa kattilassa hyvällä palamishyötysuhteellatyön ohje. (3, s. 1 - 2, 47; 4, s. 153.)

2.2 Polttoaineet

Pääasiallisina polttoaineina ovat kuori ja puujäte. Puujätteet sisältävät tukki- ja kuitupuun kuoria, selkeytyslietettä, sahanpurua, puuntyöstöjätettä, haketta ja seulontajätettä. Lietteen maksimimäärä on 15 % puujätteestä. (5, s.1.) Ennen seassa on käytetty myös pala- ja jyrshinturvetta, mutta kesäkuusta 2020 eteenpäin on turve jätetty pois (6).

2.3 Kiinteän polttoaineen kuljetusjärjestelmä

Kiinteän polttoaineen kuljetusjärjestelmän tehtävänä on purkaa polttoaineseos kattilan ulkopuolelta olevalta kahdelta KPA-polttoainesiilolta kahdelle erilliselle syöttösystemille ja kuljettaa vaaditulla tehotasolla polttoaine kattilan kummallekin sivuseinälle leijupetipolttoon. Kiinteän polttoaineen syöttöjärjestelmä käsittää kaksi rinnakkaista syöttölinjaa kattilalle, molemmat linjat sisältävät polttoainesiilot purkaimineen, kuljettimet, syöttökolat, syöttöruuvit ja sulkusyöttimet. Kummankin polttoainelinjan laitteiden kapasiteetti on 280 m³/h/linja. (3, s. 41.)

Polttoainesiilo on 200 m³ tilavuudeltaan, siilon sisähalkaisija on 6,5 m ja korkeus on 7,5 m (5, s. 2). Polttoainesiilosta polttoaine puretaan ruuvipurkaimilla kolakuljettimille, jotka siirtävät polttoaineen annosteluruuveille ja purkaussupploon, joista se syötetään sulkusyöttimien ja -luukkujen kautta kattilaan. Sulkusyöttimien tehtävä on päästää läpi haluttu materiaalivirta ja minimoida paine-erosta johtuva kaasun läpivirtaus. (7, s. 8 - 13.)

2.4 Siilon ruuvipurkain

Ruuvikuljetinta käytetään erilaisten aineiden siirtoon, syöttöön eli annosteluun, aineiden sekoitukseen ja kapasiteetin suhteen hallittuun purkamiseen esimerkiksi siilosta. Ruuvikuljetinta voidaan siis käyttää useisiin eri tehtäviin. Ruuvikuljetin ei sovi pitkille matkoille. Yleensä niitä käytetään pääasiassa muutamasta metristä noin kymmeneen metriin asti. Ruuvikuljetin on suljetun rakenteensa vuoksi tiivis. Se mahdollistaa pölyävien ja kosteiden aineiden käsittelyn. Ruuvikuljettimella on yksinkertaisen ja suljetun rakenteensa ansiosta käyttökohteensa kaikilla teollisuuden aloilla, kuten kemian teollisuudessa, rehuteollisuudessa, voimalaitoksilla, elintarviketeollisuudessa sekä yleensä prosessiteollisuudessa. (8, s. 64.) Ruuvikuljettimen koolla, kierteen nousulla, täyttöasteella ja sopivalla pyörimisnopeudella voidaan hallita ulosvirtauksen kapasiteetti käyttötarkoitukseen sopivaksi (8, s. 65).

Oulun tehtaan tilanteessa polttoaine puretaan siilosta kääntyvän ruuvipurkaimen avulla, jonka purkauskapasiteettia saadaan säädettyä taajuusmuuttajan avulla 30 - 280 m³/h. Ruuvipurkaimen voimanlähteinä ovat ruuvin käyttömootori sekä kääntömootori, jonka avulla ruuvi kiertää purkausaukon kehällä. Ruuvipurkain muodostuu kääntyvästä keskirungosta ja siihen laakeroidusta

vaakasuorasta purkainruuvista. Runko on kiinnitetty kääntölaakerin avulla purkausalueen keskellä olevaan perustukseen. (7, s. 8.) Siilo ja ruuvi näkyy liitteessä 1 vasemmalla.

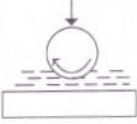
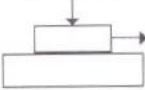
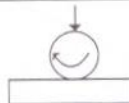
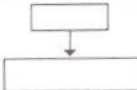
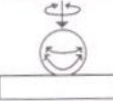
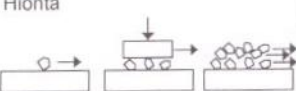
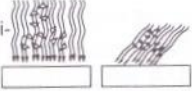




Purkain kääntyy hitaasti keskiönsä ympäri purkausalueella samalla kun ruuvi tuo pyöriessään purrettavaa materiaalia keskirungon sisään, josta se putoaa purkaussuppilon kautta siilon alla olevalle kolakuljettimelle. Ruuvin kehänpyöryksessä momenttiraja on 8 N/m. Kun momenttiraja ylittyy, kehä ei enää pyöri, vaan ruuvi pyörii paikallaan. (7, s. 9).

3 KULUMINEN

Tässä luvussa käsitellään kulumiseen liittyviä asioita, jotka luovat pohjan työn käytännön osalle.

3.1 Kulumismekanismit

Materiaalihukka kappaleen pinnasta voi tapahtua jollakin neljästä em. tavasta: väsymällä, abrasii-visesti, adhesiivisesti tai tribokemiallisen reaktion kautta. Käytännön sovelluksissa kuluminen tapahtuu yleensä useammalla kuin yhdellä mekanismilla yhtäaikaaisesti. Siksi on vaikea sanoa, mikä kulumismekanismi kulloinkin vallitsee. Kahden pinnan kosketuskohdassa tapahtuu mikrokontakteja eli pinnankarheuden huippujen kosketus toisiinsa, joissa materiaalien väliset reaktiot ja mahdolliset rakenteelliset muutokset tapahtuvat stokastisesti. (9, s. 104.) Kulumismekanismia voi päätellä kuvasta 1.

Systeemin rakenne	Kulumisen aiheuttava rasitustyyppi	Kulumistyyppi	Kulumismekanismi			
			Adheesio	Abraasio	Pinnan väsyminen	Tribo-kemiallinen
Kiinteiden pintojen välissä voiteluaine	Liukuminen Vierintä Isku Sysäykset 				X	X
Kiinteät pinnat toisiaan vasten	Liukuminen 	Liukumis-kuluminen	X	X	X	X
	Vierintä 	Vierintä-kuluminen	X	X	X	X
	Iskukuormitus 	Isku-kuluminen	X	X	X	X
	Värähtely 	Värähtely-kuluminen	X	X	X	X
Kiinteät pinnat ja kulumispartikkeli	Hionta 			X		
Kiinteät pinnat ja partikkelit	Partikkeli-suihku 	Eroosio		X	X	X
Kiinteä pinta ja kaasu	Virtaus 	Kaasu-eroosio				X
Kiinteä pinta ja neste	Virtaus Värähtely 	Kavitaatio			X	X
	Virtaus Isku 	Pisara-eroosio			X	X
Kiinteä pinta ja nesteessä kuluttavia partikkeita	Virtaus 	Eroosio		X	X	
		Korroosio-eroosio		X	X	X

KUVA 1. Kulumisen luokittelu kuluttavan rasituksen ja kulumismekanismien mukaan (9, s. 101)

3.1.1 Adheesiivinen kuluminen

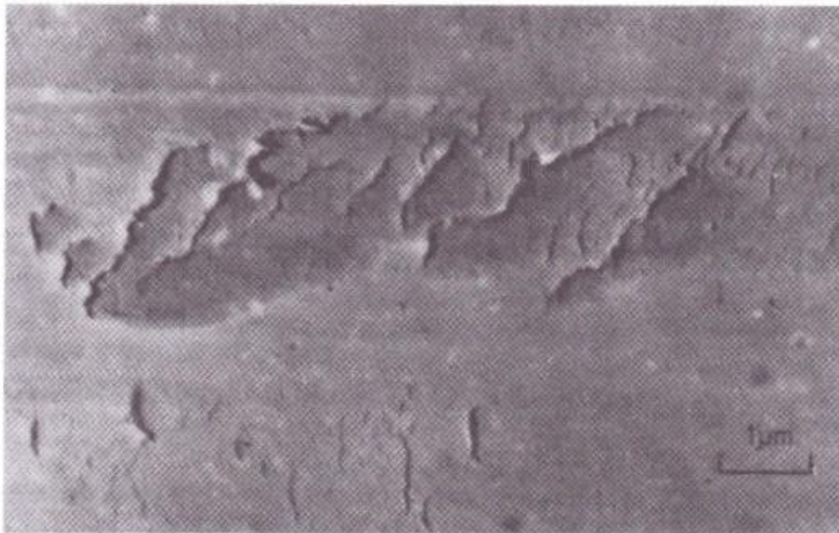
Adheesiivista kulumista syntyy kitkan adheesiivisten liitosten leikkautumisena. Adheesiivisen liitoksen revetessä kulumisnopeus riippuu siitä, mistä kohtaa liitos repeää. Jos liitos repeää alkuperäisestä

pintojen rajapinnasta, ei kulumispartikkeleita synny. Kun liitos repeää muualta, siirtyy materiaalia pinnalta toiselle ja lopulta muodostuu myös irtonaisia kulumispartikkeleita. (9, s. 104.)

Adhesiivinen kulumispartikkeli syntyy periaatteessa seuraavan neljän vaiheen tuloksena:

1. paikallisissa mikrokontaktikohdissa normaali- ja tangentialijännitys aiheuttavat deformaatiota
2. mikrokontaktikohtien tasoittuminen ja kosketusalan kasvaminen
3. adhesiivisen liitoksen syntyminen koskettavien makropintojen välille
4. liitoksen irtoaminen aiheuttaen kulumispartikkelin. (9, s. 104.)

Kuorman kasvaessa tai helposti leikkautuvien pintakalvojen puuttuessa laajenevat pinnankarheuden ulokkeiden alla olevat plastisoituneet alueet niin paljon, että ne yhtyvät toisiinsa. Tällöin koko pintakerros plastisoituu ja pinnat tahmautuvat toisiinsa. (Kuva 2.) Liikkeen jatkuessa kulumisnopeus kasvaa jyrkästi. Pintakalvon puuttuessa voimakkaat adhesiiviset liitokset aikaansaavat tahmautumista, ja se tapahtuu modifioidun kitkateorian mukaisesti. (9, s. 105.)



KUVA 2. Kulumisjälki tahmautumisen alussa metallipinnalla (9, s. 105, alkuperäinen lähde Junemann, H. u.a. 1997)

Adhesiivisten liitosten syntyessä peräjälkeen, samassa kohdassa syntyy kitkalämpöä. Materiaalin kovuus laskee yleisesti lämpötilan noustessa. Kosketuskohdan lämpötila voi nousta siksi hyvinkin korkeaksi, ja tahmautuminen tapahtuukin siten oletettua aikaisemmin ja voimakkaammin. Jos liike

pysähtyy em. tahmautumisen takia, puhutaan koneenrakennuksessa kiinnileikkautumisesta. Oikealla materiaalinvalinnalla ja voitelulla voidaan välttää kiinnileikkautumisen vaaraa. (9, s. 105 - 106.)

3.1.2 Abrasiivinen kuluminen

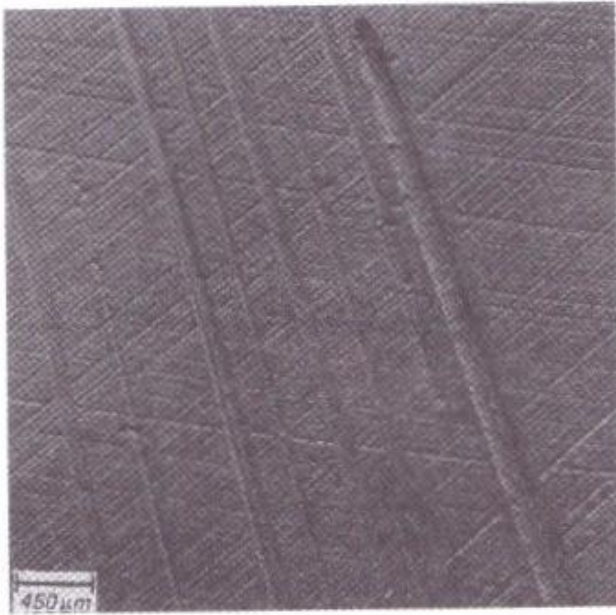
Kovemman pinnan liukuessa pehmeämpää vasten uurtavat kovan pinnan pinnankarheuden huiput normaalivoiman vaikutuksesta pehmeämpää pintaa. Tällöin on kyse kahden kappaleen abrasiivisesta kulumisesta. (9, s. 108.)

Kun kahden toisiaan vasten liukuvien pintojen välissä on molempia pintoja kovempaa materiaalia, joka uurtaa molempia pintoja, puhutaan kolmen kappaleen abrasiivisesta kulumisesta (3-body-wear). Usein käytännössä abrasiivinen kuluminen alkaa kahden kappaleen kulumisena kehittyen kolmen kappaleen abrasiiviseksi kulumiseksi, kun pintojen välissä olevat, jommastakummasta pinnasta irronneet kulumispartikkelit ovat esimerkiksi muokkauslujittumisen takia kovettuneet. Samalla tavalla myös adhesiivinen kuluminen ja tribokemiallinen kuluminen voivat kehittyä kolmen kappaleen abrasiiviseksi kulumismekanisminä. (9, s. 108.)

Abrasiivinen kuluminen voi tapahtua periaatteessa kolmella eri mekanismilla:

1. kyntämällä
2. leikkaamalla
3. hauraasti murtumalla. (9, s. 109.)

Abrasiivien tai kuluttavan vastinpinnan ulokkeiden vaikutuksesta sitkeät ja myös suhteellisen hauraat materiaalit muokkautuvat plastisesti vallitsevan suuren jännityksen takia. Kynnössä 60 - 90% plastisoituneesta materiaalista aurautuu uran reunoille. Abrasiivin terävyys tai kuluttavan vastinpinnan ulokkeiden jyrkkyys vaikuttavat siihen, muodostuuko ura leikkautumalla vai kyntämällä. Jyrkkyyden ollessa suuri on leikkautuminen voimakkaampaa ja pienten jyrkkyyksien tapauksessa plastinen deformaatio lisääntyy ja kyntäminen on todennäköisempää. (Kuva 3). (9, s. 109.)

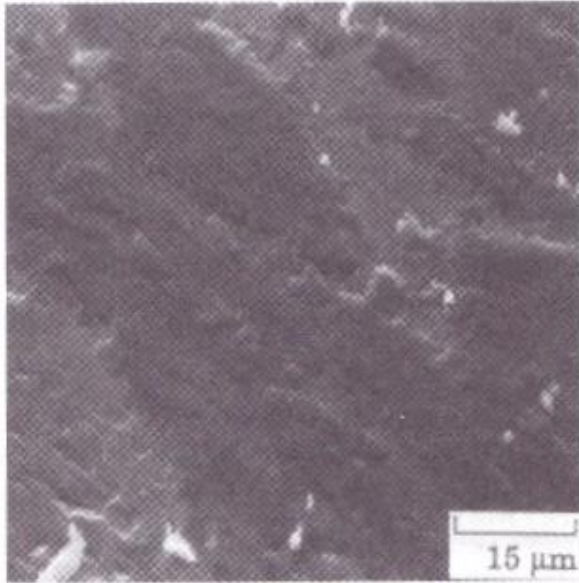


KUVA 3. Abrasiivisesti kynnetyn pinnan kulumisjälki (9, s. 109, alkuperäinen lähde Tribologian tutkimuslaitosrekisteri 1994)

Hauraista materiaaleista irtoavat kulumispartikkelit hauraasti murtumalla. Näin käy etenkin silloin, kun kuluvaan pintaan kohdistuu iskumaista kuormitusta ja materiaali on haurautensa lisäksi jäykkää. Paikalliset jännityshuiput kasvavat niin suuriksi, ettei suuri kovuuskaan pysty estämään murtumista. (9, s. 109.)

3.1.3 Tribokemiallinen kuluminen

Metallipinta reagoi yleensä ympäristön kanssa muodostaen pinnalle reaktiotuotekerroksen. Hyvin usein oksidikerroksen tribokemiallinen kuluminen on tämän reaktiotuotekerroksen kulumista pintojen suhteellisen liikkeen seurauksena. Reaktiotuotekerros rikkoontuu ja paljastunut metallipinta reagoi uudestaan ympäristönsä kanssa. Syntyvät kulumispartikkelit saattavat olla kovia metallioksideja, jolloin ne toimivat abrasiivisina partikkeleina. (Kuva 4.) (9, s. 113; 10, s. 7.)



KUVA 4. Tribokemiallisesti kulunut pinta (9, s. 113, alkuperäinen lähde Tribologian tutkimuslaitosrekisteri 1994)

3.1.4 Väsymiskuluminen

Voideltujen toistensa suhteen liikkuvien pintojen ulokkeissa saattaa tapahtua muodonmuutoksia, vaikka suoranaista metallien välistä kosketusta ei esiinny. Kun samassa ulokkeessa on tapahtunut elastisia tai plastisia muodonmuutoksia tarpeeksi monta kertaa, se irtoaa väsymismurtuman seurauksena. Tätä kutsutaan väsymiskulumiseksi. (Kuva 5). (9, s. 113; 10, s. 7.)



KUVA 5. Tyypillinen väsymiskulumisjälki hammaspyörän hampaan pinnalla (9, s. 113)

Kappaleen vieriessä toista pintaa vasten väsymismurtuma alkaa kosketuspinnan alta siinä kohdasta, jossa leikkausjännitykset ovat suurimmat. Pinnasta lohkeaa irti suhteellisen iso kulumishiukkanen ja pintaan jää vierimissuunnassa nuolimutoinen pyöreähkö kuoppa. (10, s. 7.)

Rajavoiteluolosuhteissa esiintyvä vierintäväsyminen aiheutuu pintojen ulokkeiden toistuvista kosketuksista ja väsyminen ilmenee hyvin pienien väsymiskuoppien ilmaantumisena. Pinnankarheudella on erittäin suuri vaikutus kuoppien alkamiseen. Hyvä pinnanlaatu lisää kestävyyttä, koska paine jakautuu tällöin tasaisemmin koko pinnalle heti käytön alkuvaiheessa, Materiaalin kovuutta nostamalla voidaan vähentää mikrokuoppautumista. Samoin alhaisemmalla kuormituksella suoritettava sisäänajo vähentää merkittävästi kuoppautumista. Sisäänajossa pinnankarheuden ulokkeet tasoittuvat vähitellen ilman suurien painehuippujen muodostumista. Samalla saadaan kappaleiden pintaan edullinen puristusjäännösjännitys. (10, s. 7.)

4 MATERIAALIT

Tuotteen laadun ja käytön yms. mukaisesti materiaalin tehtävä voi olla hyvinkin erilaista. Nykyaikana materiaalilla saattaa olla tuotteessa monia eri tehtäviä samanaikaisesti. Materiaaliilta voidaan vaatia samanaikaisesti hyvää kulumiskestävyyttä, hyvää korroosionkestävyyttä, kohtuullista karheana pysymistä, kohtuullista lujuutta ja sitkeyttä sekä halpaa hintaa. Kulumiselle alttiissa kohteissa käytetään monia erilaisia materiaaleja. (11, s. 3 - 5; 14, s. 12.)

Olosuhteet aiheuttavat materiaalille vaatimuksia, muun muassa lämpötila ja sen vaihtelut, lämpötila ja aika, ympäristö, valmistusolosuhteet, suhdanteet, rahoitusolosuhteet, yhtiön peruspolitiikka, yleisön tottumukset sekä moninaiset lujuusvaatimukset (11, s. 6 - 10). Hyvin tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat joko suoraan tai käyttökustannusten kautta tuotteen käyttökelpoisuuteen, ovat tuotteen käyttötapa ja käyttövarmuus. Käyttövarmuuden merkitys korostuu kalliissa laitteistoissa ja erikoistuotteissa. Joskus se saattaa olla jopa niin tärkeä tekijä, että jopa hinta muodostuu sivutekijäksi. (11, s. 24.)

4.1 Kulumiskestävät materiaalit

Kulumiskestäviä materiaaleja ovat muun muassa nuorrutusteräkset, hiontakulumista kestävät teräkset, ruostumattomat teräkset, runsashiilliset teräkset, valuraudat, kovametallit, pronssit ja valkometallit, keraamiset materiaalit, muovit sekä kumit (10, s. 12 - 47). Käytetyimpiä ruuvin valmistusmateriaaleja ovat yleisimmät hiiliteräkset, ruostumattomat teräkset, haponkestävät teräkset ja tulenkestävät teräkset. Valmistusmateriaali valitaan aina käyttötarkoituksen mukaan. (12; 13).

4.2 Kulutussuojaus

Hyvin harvoin sama materiaali on paras ratkaisu sekä sisustaan että ulkoisiin vaikuttajiin kosketuksiin joutuvaan pintakerrokseen. Näissä tapauksissa pinnoittamalla on mahdollista valita sisustan ja kosketuksiin joutuvan pintakerroksen materiaalit erikseen ja näin saavutetaan teknisesti paras ja myös taloudellisesti edullinen ratkaisu. Pinnoittamisen avulla voidaan halvalla perusmateriaalille saada pienellä materiaalikulutuksella hyvät pintaominaisuudet. (10, s. 50.)

Kulumiskestävyyttä parantavia pinnoitteita ja pintakäsittelyitä ovat mm. päällehitsatut pinnoitteet, ruiskutetut pinnoitteet, sähkökemialliset pinnoitteet, kemialliset pinnoitteet, höyrystyspinnoitteet sekä muilla menetelmillä valmistetut pinnoitteet (esim. hiiletys, typetys, booraus, ioni-istutus). (10, s. 50 - 73.)

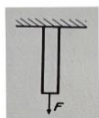
Kuljetinruuvien kulumisvaurioiden syyt jakautuvat pääasiassa kulumismekanismien abrasiivisen kulumisen (hiontakuluminen) ja tribokemiallisen kulumisen välille. Yleensä ruuvien rungon ja lehden perusmateriaali on myös suojattu kulutusteräksellä.

5 KULJETINRUUVIN LUJUUSOPPI

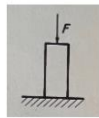
Lujuusoppi on erittäin laaja ja monimutkainen aihe, joten tässä luvussa käydään läpi erityisesti kuljetinruuville merkittäviä ja tärkeitä lujuusopillisia seikkoja.

Lujuusoppi on kone- ja rakennustekniikan keskeisiä perusteita. Koneen tai muun rakenteen suunnittelijan tehtävänä on laatia rakenne sellaiseksi, että se on käyttövarma, työpajateknisesti edullinen valmistaa ja taloudellinen, eli yleisesti rakenteen on oltava mahdollisimman tarkoituksenmukainen. (14, s. 7.)

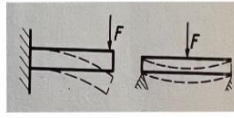
Vaikka rakenne-elimet ovat mitä erilaisimpia ja joutuvat monenlaisten voimien rasittamiksi, voidaan erottaa kuusi päärasituslajia, joista yksin sopii tai jotkut yhdessä sopivat useimpiin kuormitustapauksiin. Voima F kuormittaa sauvan muotoista kappaletta: kuvassa 6 esimerkissä 1 vetämällä, jolloin voiman vastustaminen vaatii aineelta vetolujuutta. Kuvassa 6 esimerkissä 2 puristamalla, jolloin voiman vastustaminen vaatii aineelta puristuslujuutta. Kuvassa 6 esimerkissä 3 taivuttamalla, jolloin voiman vastustaminen vaatii aineelta taivutuslujuutta. Kuvassa 6 esimerkissä 4 leikkaamalla, jolloin voiman vastustaminen vaatii leikkauslujuutta. Kuvassa 6 esimerkissä 5 vääntölujuutta, jolloin voiman vastustaminen vaatii aineelta vääntölujuutta. Kuvassa 6 esimerkissä nurjahduttamalla, jolloin voiman vastustaminen vaatii sauvalta nurjahduslujuutta. (14, s. 9.)



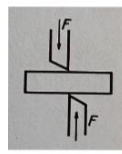
Esimerkki 1. Veto



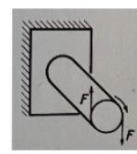
Esimerkki 2. Puristus



Esimerkki 3. Taivutus



Esimerkki 4. Leikkaus



Esimerkki 5. Vääntö



Esimerkki 6. Nurjahdus

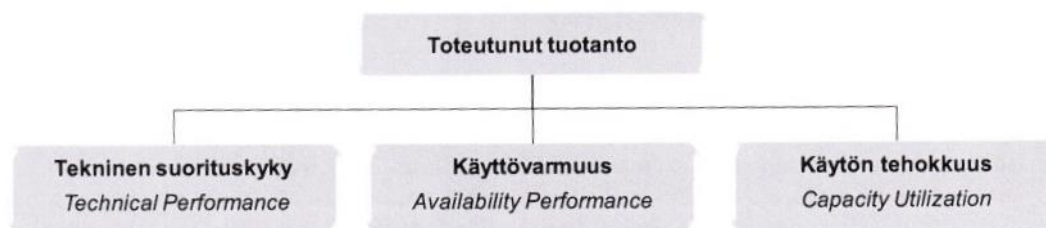
KUVA 6. Päärasituslajit. (14, s. 9, muokattu)

6 KUNNOSSAPITO

Tässä luvussa käsitellään kunnossapitoa, raportointia ja vianmäärittystä yleisellä tasolla, joka luo pohjan työn käytännön osalle.

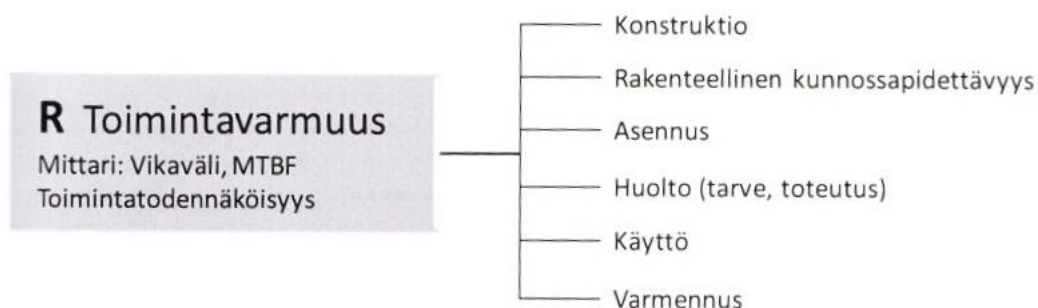
6.1 Käyttövarmuus

Käyttövarmuuden määritelmät ovat seuraavat. Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. (15, s. 36; 16, s. 9.) Käyttövarmuus ja siihen vaikuttavat tekijät havainnollistettu kuvassa 7.



KUVA 7. Käyttövarmuus ja siihen vaikuttavat tekijät (15, s. 35, alkuperäinen lähde Järviö J. 2000)

Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Toimintavarmuus voidaan määritellä myös todennäköisyytenä. Toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät on esitetty kuvassa 8. (15, s. 36.)

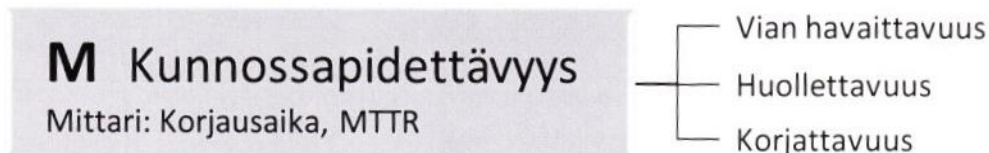


KUVA 8. Toimintavarmuus (15, s. 36, alkuperäinen lähde Järviö J. 2000)

Toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät tarkemmin selitettynä (15, s. 36):

- Konstruktioon kuuluvat koneen suunnittelun lähtötiedot, materiaalit ja niiden mitoitus sekä suunnitteluperiaatteet.
- Rakenteelliseen kunnossapitoon sisältyy luokse päästävyys, vian etsinnän helppous sekä korjauksen helppous, kuten tekninen vaativuus, turvallisuus ja erikoistyökalujen käyttö.
- Asennukseen sisältyy itse asennuksen tekninen suorittaminen, luovutus ja käyttöopastus, kunnossapitosuunnitelmat ja dokumentaatiot. Dokumentaation täytyy olla konekohtaisesti sovittuja.
- Huoltoon kuuluu ennakoiva kunnossapito sekä huollon toteutus.
- Käyttöön sisältyy fyysinen kykeneminen sekä myös koulutus ja motivaatio.
- Varmennukseen sisältyy saatavuus ja valintatapa.

Toimintavarmuus on siis kohteen kyky, ominaisuus. Kunnossapidettävyyden on kohteen ominaisuus olla pidettävissä toimintakunnossa tai palautettavissa toimintakuntoon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja. Rajanveto toimintavarmuuteen ja kunnossapidettävyyden tekijöiden välillä onkin joskus haastavaa; jotkut käsitteet ovat jopa päällekkäisiä. (15, s. 37.) Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat tekijät on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Kunnossapidettävyyden (15, s. 37, alkuperäinen lähde Järviö J. 2000)

Vian havaittavuuteen liittyvät seuraavat asiat (15, s. 37):

- vian havaittavuus, joka on yksi tehokkaan kunnossapidon peruspilareista, esimerkiksi TPM-ohjelma pyrkii siirtämään tämän toiminnan koneiden käyttöhenkilökunnalle; RCM-ohjelmassa tämä toiminto tunnetaan nimellä FF eli failure finding, joissa kummassakin ohjelmassa vian havaitsemista pyritään helpottamaan muun muassa erilaisilla indikaattoreilla
- testaukset, esimerkiksi käyttötestit ja toiminnan testaukset
- instrumentointi ja automaattinen kunnonvalvonta, jotta vika havaittaisiin mahdollisimman nopeasti

- ennakoiva, proaktiivinen toiminta, jossa käyttöhenkilökunta raportoi jo siinä vaiheessa, kun koneen käynti poikkeaa normaalista.

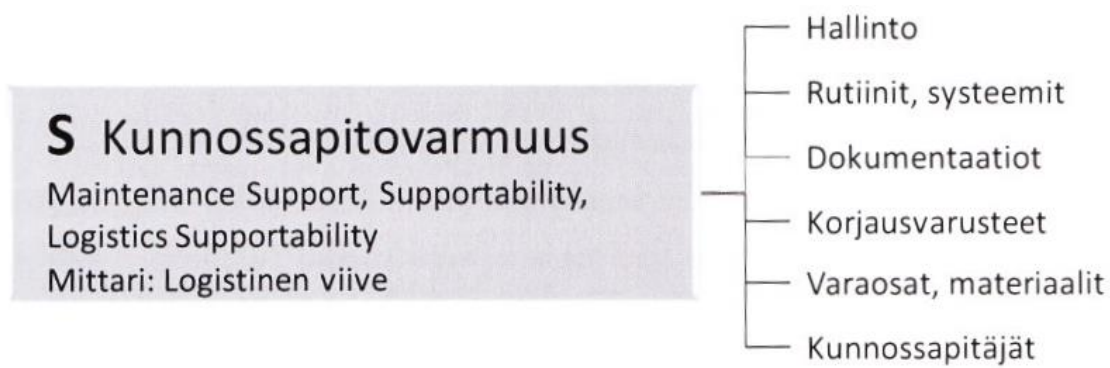
Huollettavuuteen kuuluvat seuraavat toiminnot (15, s. 37 - 38):

- laitestandardisointi, jonka vaikutus esimerkiksi varaosien varastointitarpeeseen ja uusien osien toimitusaikoihin on hyvin tärkeä
- modulaarisuus varsinkin sellaisissa koneissa, joissa joudutaan vaihtamaan kuluvia osia tai joudutaan tekemään vaikeita säätöjä tai asetuksia
- luokse päästävyys ja reititettävyyys, jotka vaikuttavat huoltotoimenpiteiden suoritukseen hidastavasti ja usein jopa kielteisesti, vaikka koneiden valmistajat pyrkivät tekemään koneista helppohoitoisia, usein esimerkiksi lika tekee rutiinihuollon tekemisestä vastenmielisen, jolloin toimenpiteen tekeminen valitettavan usein laiminlyödään ja kuitenkin kirjataan tehdyksi, luokse päästävyyteen vaikuttaa myös erilaisten ”varastojen” muodostuminen kulureiteille tai kohteisiin, joita ei normaalisti käytetä esimerkiksi hätäpoistumistiet ja ensisammutuslaitteet.

Korjattavuuteen puolestaan vaikuttavat (15, s. 38)

- dokumentaation saatavuus ja käyttökelpoisuus eli oikea kieli, dokumentaatio on päivitetty
- varaosien ja materiaalin saatavuus (oikeassa paikassa oikeaan aikaan varsinkin huolto-seisokeissa)
- kohteeseen päästävyys sekä kohteen valmistaminen toimenpiteitä varten (puhdistaminen, purkaminen, erotukset, jne.)
- standardityökalujen käyttö, mahdollisten erikoistyökalujen nopea saatavuus
- käyttöhenkilöstön osallistuminen
- kokoaminen, testaus, säätäminen
- työturvallisuus
- raportointi, dokumentaation päivittäminen, toimenpiteiden kehittäminen.

Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu toiminto tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaadittuna ajanhetkenä tai ajanjaksona. Määrätyt olosuhteet viittaavat sekä kohteeseen itseensä, että paikkaan, joissa kohdetta käytetään ja kunnossapidetään. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat tekijät on esitetty kuvassa 10. (15, s. 38.)



KUVA 10. Kunnossapitovarmuus (15, s. 38, alkuperäinen lähde Järviö J. 2000)

Hallintoon sisältyvät itse organisaatio avainhenkilöineen, ohjausjärjestelmät sekä toiminnanohjausjärjestelmä. Rutiineihin ja systeemeihin kuuluvat selkeät toimintaohjeet muun muassa jatkuvasti kehitettävät parhaat käytännöt, yhteistyö ja kommunikointi käytön ja kunnossapidon välillä sekä toimiva yhteistyö toimittajien kanssa. (15, s. 38.)

Dokumentaatiot sisältävät paitsi ohjeistukset, niin myös ohjeiden ylläpidon, sisällön laadun (oikeellisuus, ajantasaisuus) sekä asialliset vikahistoriat. Oikein tehty dokumentaatio on yksi tehokkaan kunnossapidon kulmakivistä; sen tietojen pohjalta kehitetään kunnossapitoa. (15, s. 39.)

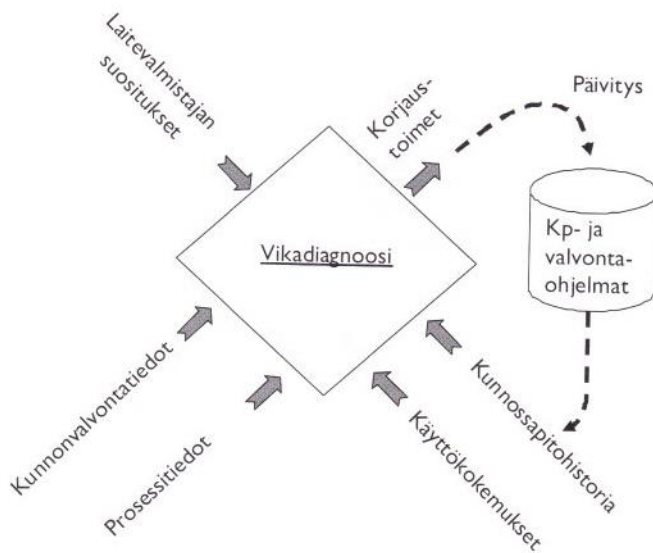
Korjausvarusteet pitävät sisällään omien työkalujen, työlle varattavien erikoistyökalujen ja apulaitteiden, esimerkiksi autonosturin saatavuuden. Varaosat ja materiaalit, niiden varastointi, saatavuus sekä hankinta ovat kalliita ja työvaltaisia toimia. (15, s. 39.)

Kunnossapitäjiäkään ei saa unohtaa, osaavia ja kykeneviä kunnossapitäjiä on oltava riittävästi oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan, heidän tietojen ja taitojen säilymisestä ja myös kehittämisestä on jatkuvasti huolehdittava. Motivaatio ja asiakaspalvelu, myös sisäisen asiakkaan kohdalla on huomioitava. Kunnossapito-organisaation on pidettävä myös oma henkilöstö moitteettomassa kunnossa. (15, s. 39.)

6.2 Vianmääritys

Mahdollisten vikojen selvittämiseksi suoritetaan oireiden määrittäminen ja diagnoosi. Jokainen vika aiheuttaa tuloksiin sille tyypillisiä oireita. Viat tunnistetaan oireiden perusteella. Diagnoosia vaikeuttaa samojen oireiden liittyminen useaan vikaan. Toisaalta yhteen vikaan saattaa liittyä useampia

oireita. Diagnoosissa tulee ottaa huomioon myös prosessin ja käyttöolosuhteiden vaikutus tuloksiin. Diagnoosi on tarkempi, jos on käytettävissä kunnossapidon historiatietoa sekä laitevalmistajan tietoutta. (Kuva 11). (17, s. 170.)

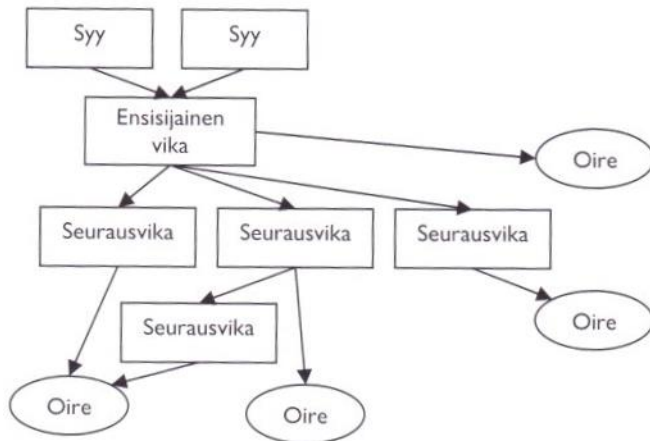


KUVA 11. Eri tietojen yhdistäminen diagnoosin varmistamiseksi ja ennusteen tekemiseksi (17, s. 170, alkuperäinen lähde Leinonen 2008)

Diagnoosin perusteella tehdään johtopäätös, jossa selvitetään mahdollinen vika sen vakavuusaste, aiheuttaja ja kehitymisnopeus, sekä annetaan ennuste turvallisesta käyttöajasta. Varsinainen ennuste koneen kunnan kehittymisestä tehdään diagnoosia seuraavassa prognoosi-vaiheessa. Siinä otetaan huomioon diagnoosin tulokset, sekä tarvittava määrä muita kunnonvalvontatietoja ja prosessiparametrejä. Diagnoosin ja ennusteen tarkentamiseksi suositellaan esimerkiksi seuraavia toimenpiteitä (17, s. 172):

- käyttöä voidaan jatkaa, mutta seuranta pitää tehdä useammin
- käyttöä voidaan jatkaa määrätyn rajoituksen esimerkiksi kuormitusta tai nopeutta pienentämällä
- tehdään lisämittauksia ja tarkastuksia, joiden perusteella arvioidaan tarkemmin koneen huolto- tai korjaustarve
- ehdotetaan korjausajankohtaa.

Vian voi aiheuttaa yksi tai useampi syy yhdessä. Ensisijainen vika saattaa aiheuttaa seurausvikoja, joilla on omat oireensa (kuva 12).



KUVA 12. Syy- ja seuraussuhteen määrittäminen (17, s. 172; 18, s. 6, muokattu)

Todettu vika, mittaustulokset, muut vikaan liittyvät havainnot ja niiden perusteella tehdyt johtopäätökset pitää tallentaa laitteen historiatietoihin. Vika- ja vauriohistoriaa voidaan hyödyntää laitteen parantavassa kunnossapidossa ja kunnonvalvonnan kehittämisessä. Kunnonvalvonnan menetelmät antavat hyvät mahdollisuudet analysoida vaurioiden syitä. Syynä voi olla myös prosessin virheellinen ajotapa. Usein korjaukset voidaan tehdä ilman suuria investointeja ja seurauksena laitteen kestoikä on moninkertaistuminen. (17, s. 172 - 173.)

6.3 Raportointi ja toiminnan seuranta

Vian selvityksen yhteydessä tallennetaan tärkeimmät vian kehittymistä kuvaavat mittaustulokset sekä muut vikaan liittyvät dokumentit, kuten johtopäätökset, korjausraportit, laskelmat ja valokuvat. Raportointi voi sisältää seuraavia raportteja kunnossapitotoiminnan tehostamiseksi (17, s. 174; 19, s. 1 - 4):

- mittauskierroksen jälkeen hälytysraportti, jossa esitellään hälytysrajojen rikkoutumiset
- johtopäätösraportti, jossa selvitetään vika, sen syy ja kehittymisnopeus korjauksien suunnittelua varten
- toimenpideraportti havaituista ja korjatuista vioista sekä muista toimenpiteistä, jossa tehdään vertailu johtopäätösraporttiin kokemusten kartuttamiseksi
- yhteenvetoraportti mittaus ja seuranta-toiminnan saavutuksista toiminnan kehittämiseksi.

Kunnonvalvontatoimintaa suunniteltaessa määritellään, miten toimintaa seurataan ja kehitetään. Tämä sisältää esimerkiksi seuraavia asioita (17, s.174; 20, s. 12; 21):

- kunnonvalvontasuunnitelman toteutuminen
- kunnonvalvonnan onnistuminen
- hälytysrajojen muuttaminen tarvittaessa
- valvontamenetelmien soveltuvuus ja uudistaminen tarvittaessa
- kunnonvalvonnalla saavutetut taloudelliset hyödyt
- laitteiden käytössä, rakenteessa, huollossa ja kunnossa tapahtuneet muutokset
- mittaustarpeiden päivittäminen tarvittaessa.

6.4 Syitä, joihin kunnonvalvonta voi kaatua

Kunnonvalvontatoiminta tulee nähdä kunnossapidon kehittämisen työkaluna. Yksi sudenkuopista on pitkäjänteisyyden puute, joka voi ilmetä esimerkiksi (17, s. 175, alkuperäinen lähde Leinonen 2008):

- kiireenä saada tuloksia heti ja kuitenkin noustava asteittain ”tyvestä puuhun”
- toimivan kunnonvalvontajärjestelmän takana on valtava määrä työtä, erehdyksiä ja kokemuksen kautta saatua tietoa
- ei ymmärretä perustiedon keruun ja suunnittelun tärkeyttä, sillä oikea ja suunnitelmallinen aloitus luo vankan pohjan tulevalle toiminnalle
- tuloksia aletaan saada vasta noin vuoden kuluttua aloituksesta
- ohjelmia ja järjestelmiä ei pidetä ajan tasalla, eikä päivitetä

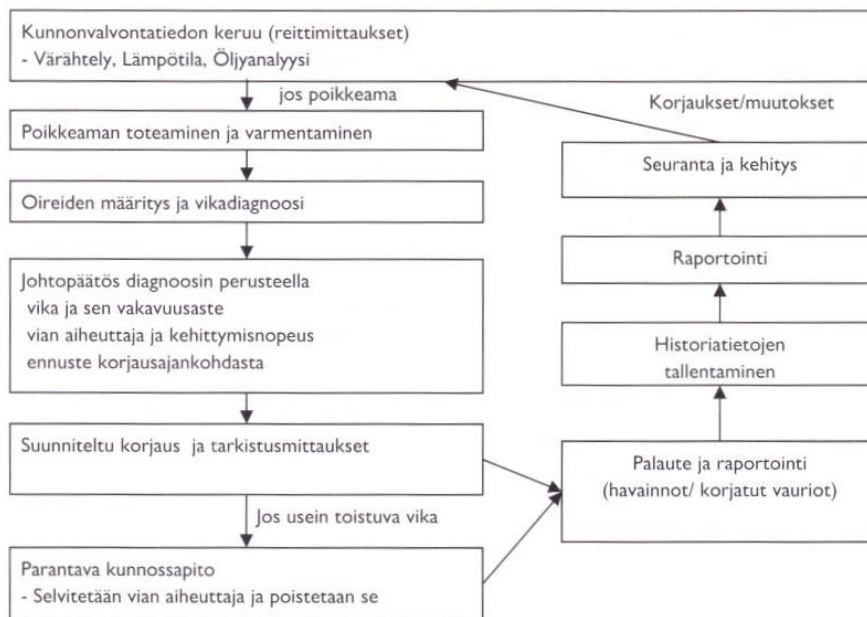
Kunnonvalvonta on osa kunnossapitoa. Jotta mittaustoiminta toteutuu suunnitelmallisesti ja tuloksia voidaan hyödyntää täysimääräisesti, täytyy organisaation olla toimiva kokonaisuus. Organisatorisia ongelmia voivat olla muun muassa (17, s. 175, alkuperäinen lähde Leinonen 2008):

- epäselvät vastuu alueet
- linjaorganisaation kaikki tasot eivät arvosta kunnonvalvontaa
- löydettyjen vikojen korjaukset eivät toteudu
- palautteen saanti ja tallennus historiaan eivät toimi
- resurssien puute, jolloin mittaustoiminta ei toteudu suunnitellusti kun mittaajat ovat ”tärkeämissä töissä”, jolloin mittauskierroksia jää väliin
- mittaajien työrauha
- ei ole osaavaa henkilöä selvittämään tietokoneisiin ja tietoverkkoihin liittyviä ongelmia
- ylemmän johdon tuen puute

- väärät henkilövalinnat.

Tulosten raportointi on tärkeä osa mittaustoiminnan kokonaisuutta (kuva 13). Puutteellisten raportoinnin vuoksi oikea tieto ei aina saavuta päätöksentekijöitä, jolloin mittaustoiminnan tuloksia ei voida hyödyntää täysimääräisesti. Raporttien pitää olla (17, s. 175, alkuperäinen lähde Leinonen 2008):

- pelkistettyjä
- havainnollisia
- toimintaa ohjaavia eli mikä vikana, kauanko vika kestää ja suositellut toimenpiteet
- oikein kohdennettuja eli mittaajalle palautetta korjauksien yhteydessä havaituista vioista
- oikein kohdennettuja eli esimiehille palautetta saavutetuista säästöistä ja tuotoista kunnossapidon ja kunnonvalvonnan kehitystä ja ohjausta varten.



KUVA 13. Kunnonvalvontaprosessi (17, s. 176, alkuperäinen lähde Leinonen 2008)

Raportointia suunniteltaessa on luotava tarkoituksenmukainen jakelu- ja arkistointijärjestelmä. Kunnonvalvonnan käytännön toteutus on monivaiheinen tapahtuma. Sen onnistumisen ehtona on mittausten oikea suunnittelu, niiden suunnitelman mukainen toteutuminen sekä osaava henkilöstö mittausten ja diagnoosien tekemiseen. Tärkeää on myös korjausten oikea aikainen toteutuminen sekä palautteen saaminen toiminnan kehittämiseksi. (17, s. 175, alkuperäinen lähde Leinonen 2008.)

7 TUTKIMUS

7.1 Projektisuunnitelma

Aluksi opinnäytetyöprojektin ensisijaisiksi tavoitteiksi sovittiin valmistuspiirustusten valmistaminen ja ruuvin kehittäminen, jotta kestoikä saataisiin haluttavalle tasolle. Toissijaisina tavoitteina vaurioanalyysit rikkiäisestä ruuvista ja raportoinnin kehittäminen.

Kun projektin tiedonkeruuvaihe eteni, huomattiin, että ruuvin kestoiän eteen on tehty muutoksia kulumiseen liittyen. Dokumentointia asiasta ei löytynyt. Tässä vaiheessa projektin tavoitteet muuttivat hieman, joissa pääpaino on raportoinnin kehittämisessä ja kestoiän pidentämisessä. Joka vaatisi vaurioanalysointia, kehitysideointia ja selvitystyötä aikaisemmista ruuveista ja kehitystyöstä. Toissijaisina tavoitteina ovat ruuvin paremman version kehitys ja suunnittelu.

7.2 Ennen vuotta 2022 tehdyt parannukset

Syöttöaukon halkaisijaa on suurennettu 30 mm, ettei polttoaine jäisi jauhamaan syöttöaukon edustalle. Ruuvin kulutussuojausta on päivitetty raskaampaan suuntaan, eli ruuvissa ei aluksi ole ollut minkäänlaista kulutussuojausta, ruuvin ruostumaton vuoraus on ollut paljaana. Versioita on kokeiltu erilaisia ja ruuvin tämänhetkisessä versiossa on raskas panssarointi abrasiivisen kulutuksen estämiseksi. Opinnäytetyön aikana ruuvin kehän pyörimissuunta muutetaan laitevalmistajan ilmoittamaan oikeaan pyörimissuuntaan.

7.3 Mahdollisia syitä ruuvin vaurioitumiseen

Laadittujen vaurioraporttien ja haastattelujen perusteella saatiin selville useita mahdollisia vaurioitumissyitä. Mahdollisia syitä ruuvien vikaantumiseen on monia ja vikaantumiset ovat tapahtuneet hyvin todennäköisesti monesta asiasta yhtäaikaisesti. Tässä luvussa kerrotaan voimalaitoksen henkilökunnan haastatteluissa ilmenneitä mahdollisia aiheuttajia.

Kivet

Tuotannon henkilökuntaa haastatellessa kävi ilmi, että välillä seulojen läpi pääsee prosessissa suhteellisen suuria kiviä, jotka voivat aiheuttaa ruuvin lehteen tai repijähampaaseen osuessaan iskun, joka aiheuttaa väsymisrasitusta ruuvin juureen. (25.)

Syöttöaukon ruuhkautuminen

Syöttöaukon halkaisijaa on jo aikaisemmin suurennettu 30 mm, kun on epäilty, että polttoaine jäisi syöttöaukolle jauhamaan tyhjää. Uusi polttoaine varsinkin kiinteämmällä rakenteellaan voi pakkaantua ruuvin lehden ja syöttöaukon reunojen väliin. Tämä voi aiheuttaa painetta lehden juureen ja ruuvin rungon pintaan. Lisääntynyt ja jatkuva paine voi aiheuttaa kulumista aikaisemmin mainittuihin kohtiin. (6.)

Väärä materiaali

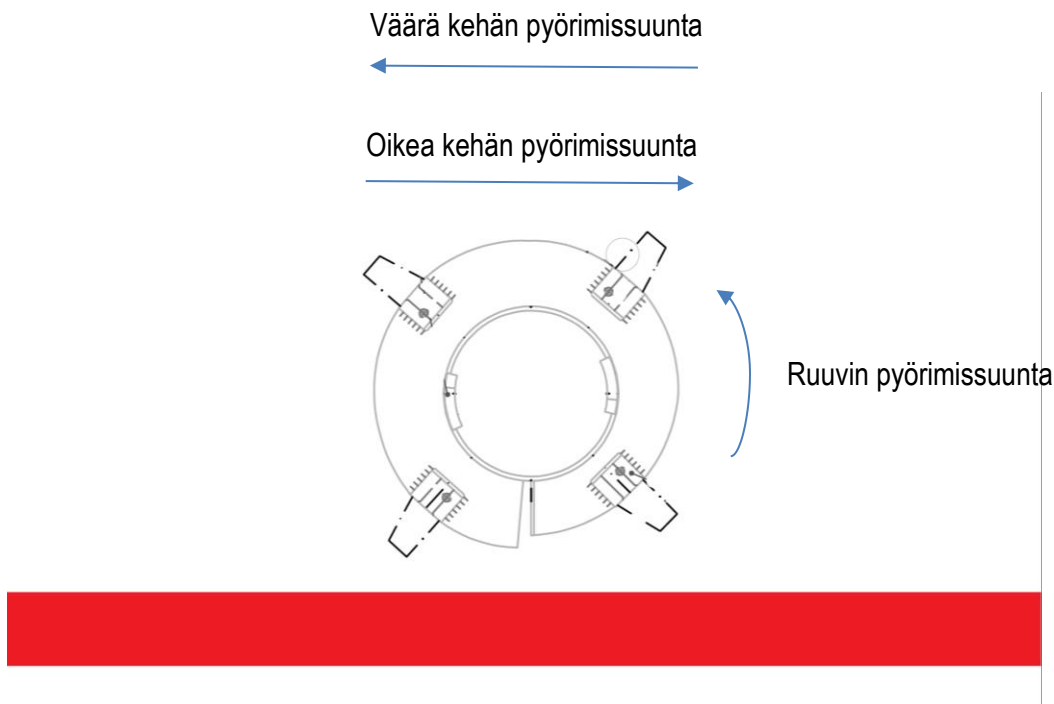
Yksi mietittävä asia on myös materiaalit. On selvitettävä, olisiko kulutusmateriaali ja ruuvin runko-materiaali väärä nykyiselle polttoaineelle, eikä kulutuskestävyys olisi tarvittavalla tasolla. (6.)

Pitkät polttoainesoivot

Henkilökuntaa haastatellessa nousi esille teoria, kun prosessin läpi pääsee jopa monta metriä pitkiä puukappaleita, jotka voisivat tarttua suppilon alueelle kiinni ja kietoutua ruuvin ympärille. Tämä aiheuttaisi ruuvin pyöriessä voimakasta kulumista ruuvin rungolle. (6.)

Väärä pyörimissuunta

Ruuvi on pyörinyt siilossa pitkään väärään suuntaan, mikä aiheuttaisi polttoaineen tiivistymistä koska ruuvi ei jauhaisi pohjalla olevaa ”patjaa” rikki, vaan pyrkisi patjan päälle. Tämä aiheuttaisi voimakasta väsymisrasitusta ruuvin juureen. (Kuva 14.) (6; 22, muokattu.)



KUVA 14. Väärä kehän pyörimissuunta havainnollistettu. (22, muokattu)

Momentti virheellinen tai ei toimi

On mietittävä voisiko ruuvien kehän käännössä oleva momentti olla vikaantunut tai momentti virheellinen. Tällöin kehän kääntö väjähtäisi ruuvia voimakkaasti kasaa vasten, josta johtuisi suuria voimia ruuvien juureen. (6.)

7.4 Ruuvien vaurioiden dokumentointi

Työssä saatiin kerättyä valokuvia aikaisemmin rikkoontuneista ja vaihdetuista ruuveista, jotka kerättiin yhteen ja jokainen ruuvi arvioitiin erikseen, minkälaisia vaurioita niissä on. Lisäksi työn aikana katkesi ruuvi yllättäen, jota päästi tutkimaan lähempää. Tarkemmat raportit ovat liitteenä 4 - 7.

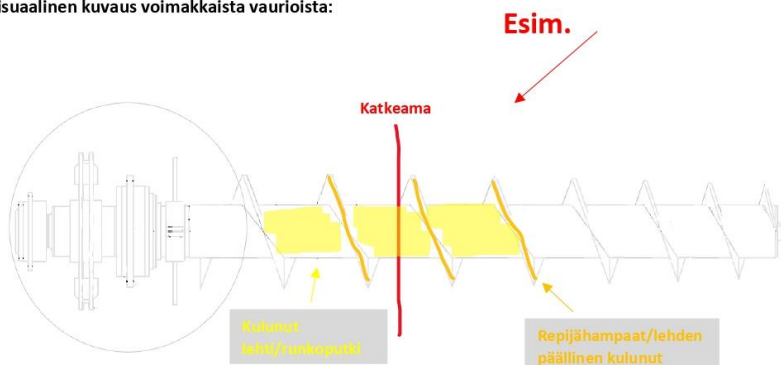
7.4.1 Vaurioraportti

Opinnäytetyötä varten luotiin vaurioraporttipohja (kuva 15), jonka avulla selkeytettiin vaurioita jokaisesta ruuvista. Raportissa kirjattiin ylös mitä vaurioita ruuvissa on, lisättiin luonnos ruuvista, johon pystyy merkitsemään värillä vaurioiden sijainnit, tällöin vaurioiden sijainnit ja laajuus on helpompi hahmottaa visuaalisesti. Lisäksi valokuvat lisätään vielä raportin loppuun tukemaan

raportissa kuvattua. Raporttia kehitetään vielä lopuksi yrityksen käyttöön sopivaksi, jotta yritys saa käyttöönsä sopivan raporttipohjan tulevaa raportointia varten.

Vaurioraportti	
Päivämäärä:	Ruuvien nro, positio, aikaväli siilossa:
Valmistaja, huollot:	Nimike
Silmämääräinen:	Mittaus:
Repijähampaat: Mistä kulunut? Missä ehjät?	
Lehden kuluneisuus: Mistä kulunut? Paljonko?	
Runkoputken kuluneisuus:	
Onko ruuvi poikki: Mistä poikki?	
Siilo: Jotain huomioon otettavaa? Polttoaine jäätynyt? Minne? Onko kiviä/metallia?	
Muuta: Mitä materiaalia ajettu läpi?	

Visuaalinen kuvaus voimakkaista vaurioista:



Valokuvat:

KUVA 15. Vaurioraportti (23, muokattu)

7.4.2 Ruuvin vaurioraporttien yhteenveto

Tässä luvussa ovat lyhyet yhteenvedot raportoinnin tärkeimmistä havainnoista. Tarkemmat kuvaukset ja valokuvat löytyvät liitteenä 4 - 7 olevista raporteista.

Ruuvi 1

Ruuvissa on kulutussuojaus vain lehdessä, painepuolella on levypanssarointi noin 1/2 lehden korkeudella. Ruuvin runkoputki, repijähampaat ja lehden korkeus on kulunut voimakkaasti erityisesti syöttöaukon edustalta, joka on lopuksi aiheuttanut ruuvin katkeamisen.

Ruuvi 2

Ruuvissa on kulutussuojauksena levypanssarointi lehden molemmilla puolilla noin 2/3 lehden korkeudella. Runkoputken kulutussuojaus on todennäköisesti keraaminen rae. Runkoputki on kulunut syöttöaukon edustalta painepuolelta erittäin voimakkaasti, melkein poikki. Lehdestä on kulunut korkeutta ja painepuoli on kulunut syöttöaukon edustalta myös voimakkaasti. Repijähampaat ovat kuluneet ruuvin molemmista päistä.

Ruuvi 3

Ruuvista on erittäin vähän kuvia, joten arvio jäänyt myös lyhyeksi. Ruuvin lehdessä on painepuolella levypanssarointi noin 1/2 korkeudella. Runkoputken pinnalla on todennäköisesti keraaminen rae. Syöttöaukon edustalta lehti on kulunut voimakkaasti painepuolelta. Runkoputkesta on myös kulutussuojaus kulunut kokonaan pois painepuolelta.

Ruuvi 4

Kyseinen ruuvi katkesi opinnäytetyön aikana odottamattomasti. Ruuvi katkesi epänormaalista kohdasta, laakeroinnin juuresta. Ruuvi kesti noin 5,5 kuukautta. Ruuvissa on raskain kulutussuojaus tähän mennessä, eli kulutuslevypanssarointi lehden painepuolella koko korkeudella ja runkoputkessa on myös kulutuslevypanssarointi lähes koko matkalla. Kulutussuojaus on kulunut hieman syöttöaukon edustalta. Lehti on myös taipunut lyhyeltä matkalta syöttöaukon edustalta. Ruuvi on

katkennut aivan laakeroinnin juuresta. Lisäksi, kun kyseinen ruuvi on vaihdettu toimintapaikalle, on siitä katkennut ruuvia pyörittävä ketju erittäin lyhyen ajan jälkeen.

7.5 Ehjät ruuvit

Sain tietoa kahdesta uusimmasta ruuviversiosta, joista toinen on tällä hetkellä silloissa toiminnassa ja toinen on huollossa.

Ruuvi 5 (ehjä)

Ruuvi 5 meni marraskuun lopussa opinnäytetyön aikana katkenneen ruuvi 4:sen tilalle. Ruuvissa kulutussuojauksena levypanssarointi lehden painepuolella noin 80 mm, eli tämä tarkoittaa ruuvin juuressa noin 2/3 lehden korkeudella ja ruuvin ulkopäässä koko lehden korkeutta. Lehden juureen paljaalle alueelle tehty kovahitsaus pystysuunnassa, joka toimii autogeenisenä suojauksena. Lehden päällä myös kovahitsaus. (Kuva 16.)



KUVA 16. Ruuvien 5:sen kulutusuojaus

Runkoputki on suojattu myös noin 200 mm leveällä levypanssaroinnilla, joka peittää ruuvien juuressa noin 2/3 näkyvää runkoputkea ja ruuvien ulkopäässä peittää lähes kokonaan näkyvillä olevan runkoputken. Repijähampaita on ruuvien juuresta katsottuna toisesta kokonaisesta kierreestä lähtien päähän asti. (Kuva 17).



KUVA 17. Ruuvi 5

Ruuvi 6 (ehjä)

Ruuvi 6 on tällä hetkellä huollossa oleva versio. Kulutusuojaus lähes samanlainen kuin ruuvissa 5, eli levypanssarointi lehdessä ja runkoputkessa. (Kuva 18.)



KUVA 18. Ruuvun 6 vapaapäätä (6)

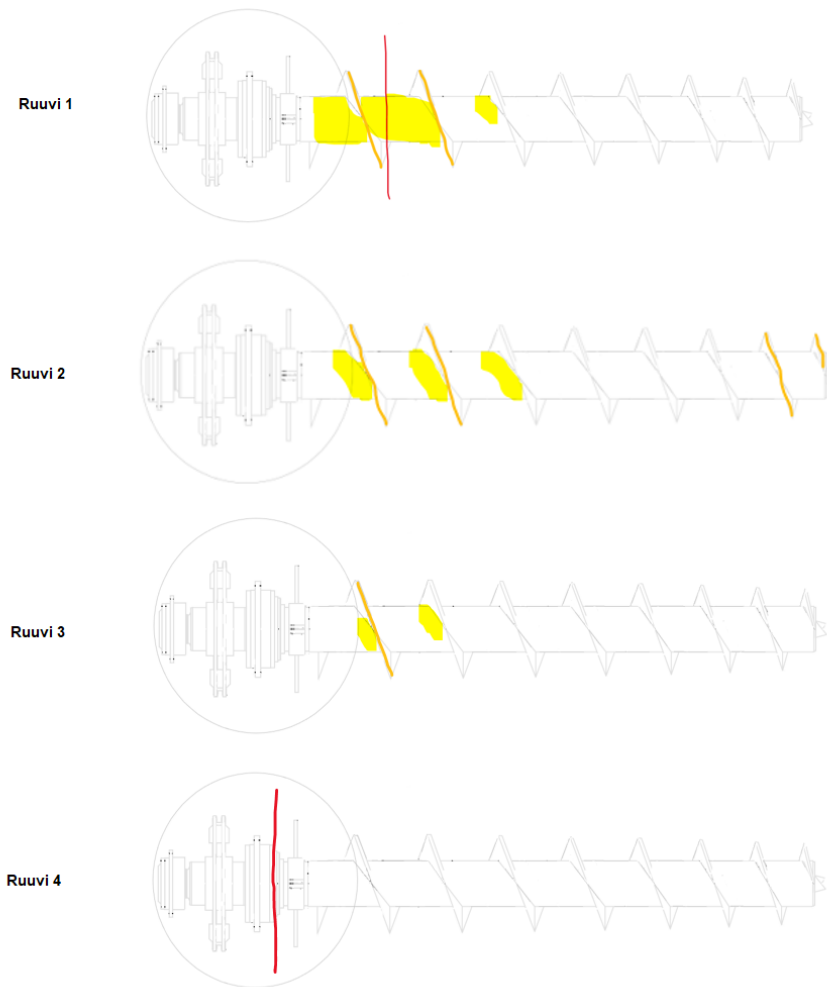
Ruuvi 6:ssa on erona ruuvi 5:seen vain levypanssarointi myös lehden takapuolella. (Kuva 19.)



KUVA 19. Ruuvin 6 juuripää (6)

7.6 Tutkimustulosten yhteenvetoa

Ruuveihin kohdistuu voimakasta abrasiivista kulumista, kun ruuvi työntää siilosta polttoainetta syöttöaukkoon ja virtaava polttoaine hiertää kulkiessaan ruuvin pintaa. Selkeä yhtenäinen ilmiö ruuvien vikaantumisessa on, että ne kuluvat syöttöaukon edustalta voimakkaasti. Erityisen voimakkaasti lehden painepuolelta ja päältä, runkoputkesta lehden painepuolen läheltä, joka aiheuttaa lopulta joko ruuvin katkeamisen tai ennenaikaisen vaihtotyön nopean kulumisen takia. (Kuva 20.)

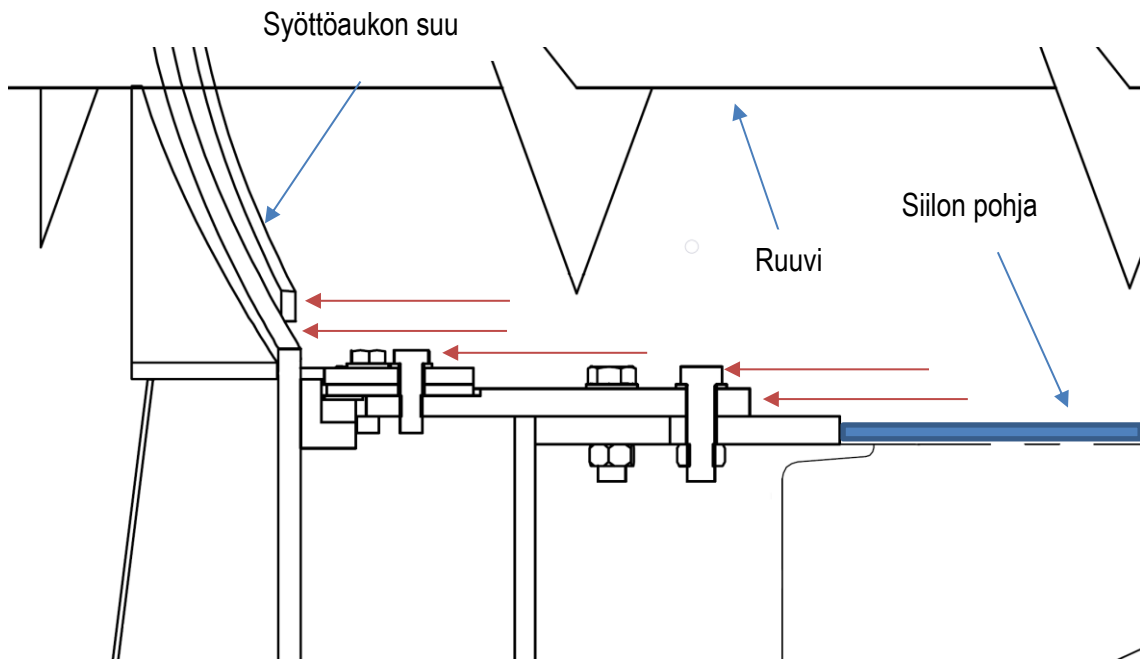


KUVA 20. Yhteenveto vikaantuneiden ruuvien visuaalisesta kuvauksesta (23, muokattu)

7.7 Johtopäätöksiä vaurioiden syistä

Polttoaineen huono virtaus ja tiivistyminen

Kiinteämmän polttoaineen juuttuminen syöttöaukolla pultinkantoihin ja kynnyksiin, jotka näkyvät muokatussa piirustuksessa (kuva 21).



KUVA 21. Pulttikiinnitys ja kynnykset piirustuksessa (23, muokattu)

Uudempi polttoaine on isompikokoista, joten se rakenteensa vuoksi tarttuu helpommin tiellä oleviin kynnyksiin, pultinkantoihin ja puulastut tarttuvat toisiinsa (kuva 22). Tällä tavalla edelleen uusi materiaali tarttuu ja tiivistyy lisäksi. Suunnitteluratkaisu on todennäköisesti tarkoitettu toimimaan autogeenisena suojana siilon pohjaa varten mutta ei uuden polttoaineen kanssa toimi.



KUVA 22. Kynnykset ja suuret polttoaineen palaset syöttöaukon suulla (6, muokattu)

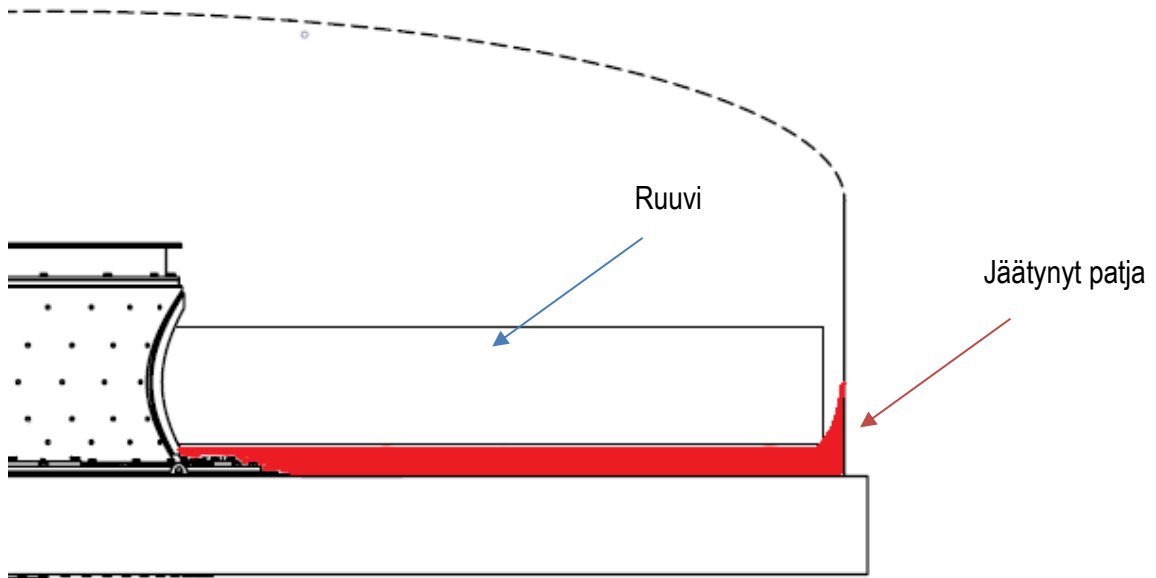
Valmistajan toiminnankuvauksessa lukee, että kun siilossa on polttoainetta, tulisi ruuvien seisonta-aika rajoittaa 10 tuntiin. Jos ruuvi on käyttämättä pidemmän aikaa, polttoaine saattaa paakkuuntua ruuvien ympärille. Tämä koskee erityisesti tilannetta, kun siilossa on runsaasti polttoainetta. (7, s. 9.) Paakkuuntumisen riski on siis tiedostettu jo vanhalla polttoaineseoksella. Tiivistynyt ja tartuntoihin tarttunut polttoaine näkyy kuvassa 23.



KUVA 23. Pohjalle kynnyksiin tarttuneet suuret polttoainekokkareet

Jääpatjan muodostuminen siilon pohjalle/reunalle

Koska siilo on ulkona, siilo on alttiina ulko-olosuhteille. Pakkasella siilon pohjalle ja hieman reunalle kertyy jäätynyttä polttoainetta, jota ruuvi pyöriessään tiivistää ja polttoaine tiivistyy erittäin kovaksi ”jääpatjaksi”. Jääpatja aiheuttaa jännityksiä ruuvien juureen ja kulumista. (Kuvat 24, 25 ja 26.)



KUVA 24. Jääpatja havainnollistettu punaisella (24, muokattu)



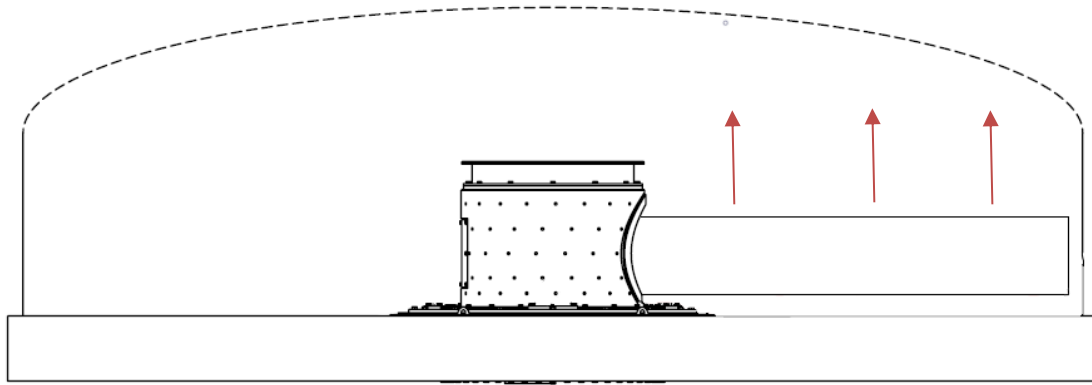
KUVA 25. Ruuvi, siilon pohja ja jäätynyt patja ruuvin alla



KUVA 26. Jäätynyt polttoaine siilon reunalla

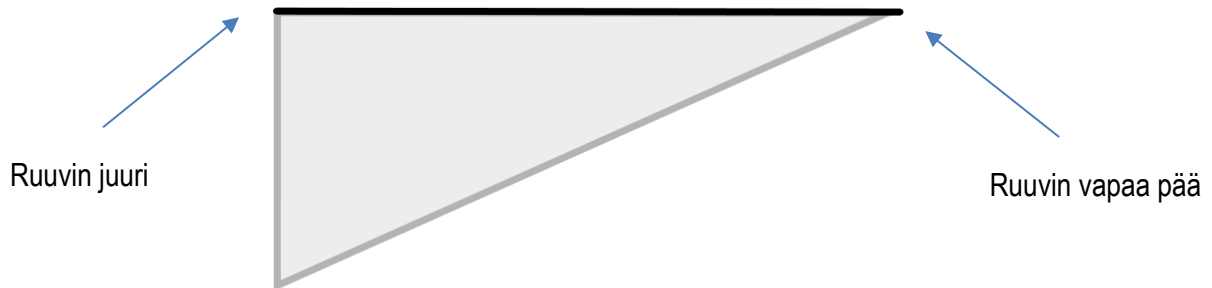
Ruuviiin kohdistuvat rasitukset ja aiheutuneita jännityshuippuja

Ruuviiin sivuttaisliikkeessä on momenttirajoitus, mutta vertikaalisessa suunnassa ei ole rajoituksia. Ruuviiin aiheutuu tiivistymisen ja patjan vuoksi ylimääräistä taivutusta ylöspäin, joka aiheuttaa ruuviiin alkupäähän väsyttävää kuormitusta (kuva 27). Ruuviiin liike vertikaalisessa suunnassa pahentaa patjan tiivistymistä ja voimaa, millä se hiertää itseään kovaa patjaa vasten. Kovalla voimalla hiertäminen aiheuttaa voimakkaampaa kulumista.



KUVA 27. Ruuviin aiheutuva voima (24, muokattu)

Koska ruuviin vaikuttaa pohjasta ylöspäin suuntautuva voima, niin momenttikuvioista tulee kuvan 28 mukainen. Tämä merkitsee ruuvien alapuolelle ruuvien pintaan vetojännitystä. Kun ruuvi pyörii niin vetojännitys kiertää joka kierroksella ruuvien ympäri. Yläpuolella on vastaavasti puristusjännitys. Tämä merkitsee puristusjännitystä, joka on suurimmillaan ruuvissa laakerin kohdalla. Kuluminen on myös voimakkainta ruuvien juuripäässä. Kuluminen heikentää rakennetta ja väsyttävä jännitys aiheuttaa väsymissäröjä, jotka lopulta katkaisevat akselin.



KUVA 28. Arvioitu momenttikuvio

8 KRIITTINEN ARVIOINTI

Ruuvien luotettavuuden vähentyminen aiheutuu olosuhteiden muuttumisesta epäedulliseen suuntaan. Laitteisto on suunniteltu toimimaan turvepitoisella polttoaineella, joka on ollut pehmeämpää ja polttoaineella on ollut pienempi rakenne.

Ruuveille yhtenäinen ilmiö vikaantumiseen on, että ruuvit kuluvat syöttöaukon edustalta kaikista voimakkaimmin, joka aiheuttaa lopulta ruuvien ennenaikaisen vaihdon tai pahimmassa tapauksessa ruuvien katkeamisen. Tämä johtuu mitä todennäköisimmin uuden polttoaineen suuremmasta rakenteesta johtuvasta huonosta materiaalinvirtauksesta kynnysten ja pultinkantojen yli. Lisäksi aikaisempaa karkeampi rakenne aiheuttaa sen, että polttoaineen palaset tarttuvat toisiinsa ja aiheuttavat lisää tartuntapintaa. Ennen mukana on ollut pehmeämpää ja pienempi rakenteisempaa turvetta, jolloin virtaus ollut riittävä, eikä polttoaine ole tarttunut kiinni ja tiivistynyt. Jäätyminen aiheuttaa tiivistyneen polttoaineen kovettumisen kovaksi patjaksi, joka ruuvien pintoihin hiertäessä aiheuttaa voimakasta kulumista. Kova jääpatja aiheuttaa myös jämekämpää tartuntapintaa uudelle virtaavalle materiaalille.

Pyörimissuunta on ollut väärä, mikä on varmasti lisännyt tiivistymistä. Se onneksi on nyt korjattu eli ruuvi pyörii nyt oikeaan suuntaan.

Ruuvi 4 eroaa muista vikaantumisista. Ruuvi ei ollut ehtinyt kulua paljoa ja katkesi eri kohdasta kuin muut. Katkeamakohta on aivan laakeroinnin vieressä. Ruuvien poikkeava katkeaminen, katkeamisen sijainti, ketjun äkillinen katkeaminen ja taipuma lehdessä voisivat viitata siihen, että silloin on päässyt juuri sopivan kokoinen raudan kappale tai kivi, joka on päässyt jumittumaan lehden ja keskirungon tai pohjan väliin. Tästä johtunut voimakas isku on aiheuttanut särön ruuvien runkoputkeen, joka on pikkuhiljaa repeytynyt enemmän ja lopussa aiheuttanut ruuvien katkeamisen. Katkeamisen sijainti on juuri siinä kohdassa eli ruuvien juuressa, tismalleen ennen ensimmäistä kiintopistettä, mihin aiheutuu suurimmat voimat ruuvien taipuessa.

Voi myös olla mahdollista, että runkoputkessa on ollut vika jo ennen käyttöönottoa, joka on ajan kanssa aiheuttanut särön ja päässyt etenemään polttoaineen aiheuttaman taipumisen takia. Vika runkoputkessa on epätodennäköinen syy, että vika sattuisi olemaan putkessa tismalleen kohdassa, mihin aiheutuu tässä tapauksessa suurin taivutusmomentti. On myös mahdollista että, särö on

syntynyt tiivistyneestä polttoaineesta johtuvasta pitkään vaikuttaneesta väsyttävästä kuormituksesta. Ruuvi 4:sen murtopinnasta ei saa tehtyä tarkempaa tutkimusta syyn selvittämiseksi, koska murtopinta on tutkimiskelvoton (25).

Kulutussuojausta on kehitetty oikeaan suuntaan ja se alkaa olla hyvällä tasolla. Nykyisessä versiossa käytetään Vautid 100 hitsattua panssarilevyä ja Corodur 65 kovahitsaus-lisäainetta, jotka ovat tarkoitettu erittäin vaativiin olosuhteisiin kestämaan abrasiivista kulutusta. Nykyinen versio on ensimmäisiä kertoja käytössä, joten kulumisnopeudesta ja käyttöiästä ei ole vielä arvioita.

Raportointi on ollut ruuvien suhteen erittäin huonolla tasolla, esimerkiksi ruuvien kulutuskestävyyden eteen tehdystä kehitystyöstä ei ollut varmaa tietoa. Yrityksen järjestelmästä löytyi korjaussuunnitelma vuodelta 2014 joka osoittautui tämänhetkiseksi versioksi (22.) Korjaussuunnitelma liitteenä 3. Aikaisemmista vikaantumisista saatiin kerättyä henkilökunnalta kuitenkin valokuvia, jotka yhteen kasaamalla saatiin rakennettua käsitys tapahtumista. Ylläpidetystä vaurio-, ja toimenpideraportoinnista olisi ollut suuri hyöty työn tekemisessä.

9 JATKOTOIMENPITEET

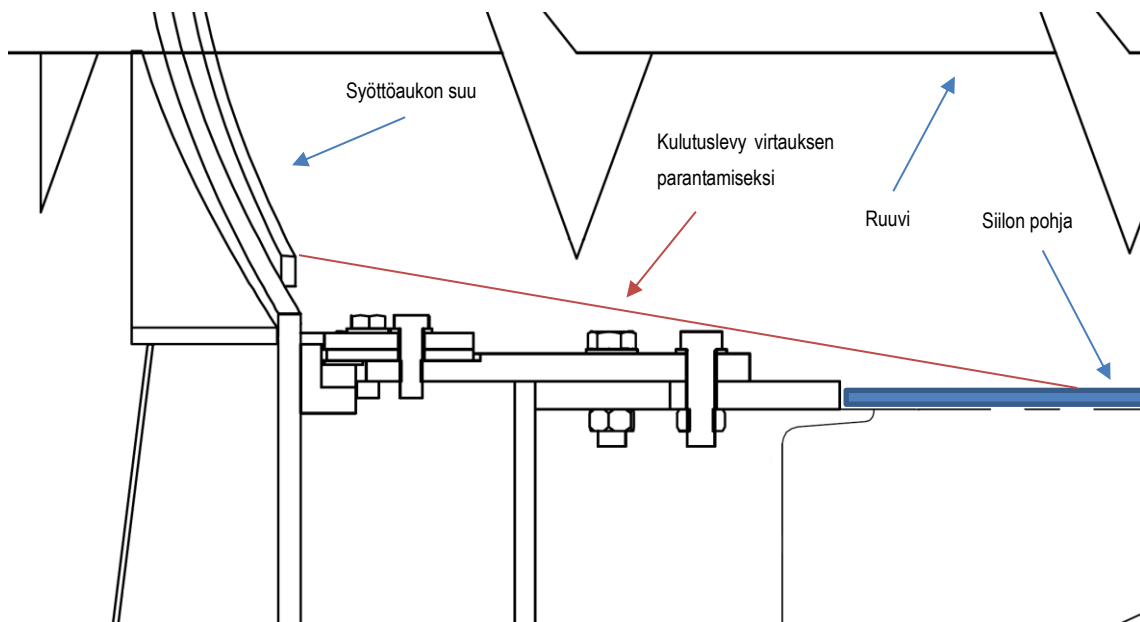
Tässä luvussa käsitellään jatkotoimenpiteitä, eli kehitysideoita kestoian pidentämiseksi ja raportoinnin kehitykseen liittyviä asioita.

9.1 Kehitys

Luotettavuuden nosto vaatii olosuhteiden parantamista. Olosuhteiden parantaminen tarkoittaa ruuvin tai silon toimintaan liittyvää muutosta tai läpi kulkevaan materiaaliin tehtävää muutosta.

Ehdotus 1 Tartuntojen poisto

Ehdotuksena 1 on tartuntojen poisto materiaalin virtauksen parantamiseksi. Ehdotuksena on polttoaineen tarttumisen estäminen esimerkiksi kulmia jousentamalla, kulutuslevyrampin asennus kynnyksen ja pultinkantojen yli (kuva 29) tai kiinnityksen muuttaminen erilaiseksi eli esimerkiksi kynnyksinä olevien levyjen muuttaminen ja uppokantapultit.



KUVA 29. Kulutuslevy hahmoteltu piirustuksessa (23, muokattu)

Ehdotus 2 Jäänesto

Polttoaineen jäätyminen estämiseksi voisi olla ratkaisuna siilon pohjan lämmitys, ettei polttoaine pääsisi jäätyään patjaksi siiloon. Estäminen voisi tapahtua eristämällä ja asentamalla saattolämmitys.

Ehdotus 3 Tarkempi seulominen, murskaaminen

Siilossa on myös ongelmana ylimääräiset kappaleet kuten kivet ja metallikappaleet. Lisäksi polttoaine on nykyään aikaisempaa karkeampaa, seassa suuria ja kovia palasia. Ratkaisuna voisi olla polttoaineen tarkempi seulominen ja polttoaineen tarkempi murskaaminen ennen siiloon pääsemistä.

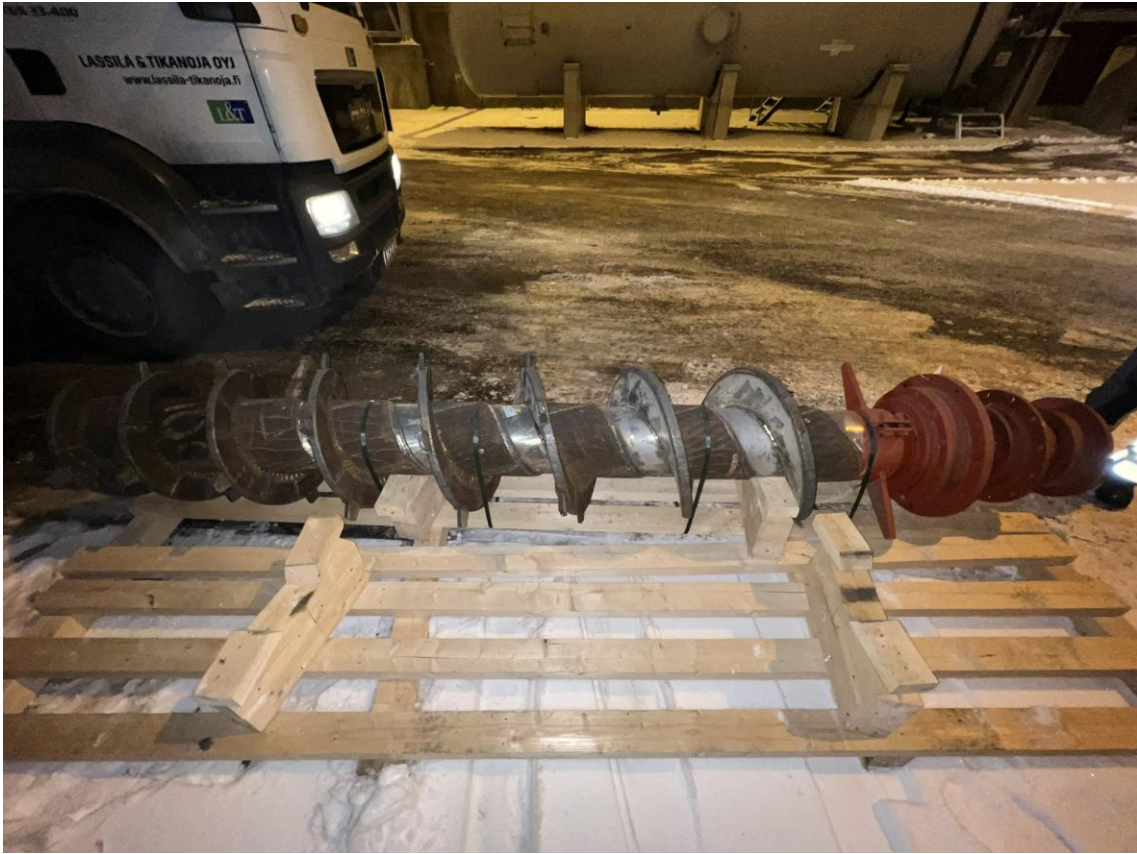
Ehdotus 4 Supistuvan tilan avartaminen

Polttoaineen kulkua häiritsee aikaisemmin ehdotuksessa 1 mainittu (kuva 29) hyvin nähtävä supistuva tila. Supistuva tila ahdistaa ja rajoittaa polttoaineen virtausta. Yhtenä ratkaisuna voisi olla ruuvin alla olevan tilan avartaminen polttoaineen virtaussuuntaan nähden. Tällä hetkellä tila supistuu virtaussuuntaan. Toimenpiteenä voisi olla esimerkiksi uusi siilon pohja, eli ruuvia ja keskirunkoa nostetaan, että vanhan pohjan päälle mahtuu toimivampi pohja.

Ehdotus 5 Repijähampaiden sijainti ja kovahitsaus

Tällä hetkellä repijähampaita ei kulutussuojata kovahitsaamalla valmistajan ohjeesta huolimatta (26, s. 1.) Repijähampaissa on havaittavissa voimakasta kulumista, erityisesti ruuvin molemmissa päissä. Kulumisen näkyy vaurioraporteissa liitteissä 4 - 7, jotka jäävät toimeksiantajan nähtäväksi. Repijähampaiden kulutussuojaus olisi erittäin tärkeää repijähampaiden kestävyuden kannalta, ruuvin ja siilon pohjan väliin syntyvän patjan estämiseksi.

Repijähampaiden toiminta kriittisellä alueella syöttöaukon edustalla on tärkeää, koska ruuvit ovat siltä alueelta vahvasti kuluneet. Repijähampaiden toiminta täytyy varmistaa, ettei edustalle pääse tapahtumaan tiivistymistä. Ruuveissa 5 ja 6 ei repijähampaita syöttöaukon edustan kohdalla näytä olevan. Syöttöaukon suu on juuresta katsoen noin ensimmäisen puolikkaan kierteen kohdalla. (Kuvat 30 ja 31.)



KUVA 30. Ruuvi 5



KUVA 31. Ruuvi 6:sen juuripää (6)

9.2 Raportointi ja tarkastukset

Raportointikäytäntöjä täytyy ylläpitää, jotka pitkäjänteisesti toteutettuna luo tärkeää historiatietoa laitteesta tulevalle tiedon tarpeelle. Raportoinnin edistämiseksi opinnäytetyön yhteydessä luodaan raporttipohja, jonka kehittämisessä hyödynnän muun muassa opinnäytetyön vaurioraportin luomisesta ja käyttämisestä saamiani tietoja ja henkilökunnan mielipiteitä (27.) Raportti on suunniteltu yksinkertaiseksi, monipuoliseksi ja helpoksi käyttää. Raporttia käytetään välitarkastusten, huoltojen ja laitteen vaurioitumisen yhteydessä saadun tiedon yhteen saattamiseen ja tallentamiseen. Raportin täytetty malli on liitteenä 2.

Välitarkastuksissa tarkastetaan silmämääräisesti ruuvin ja kulutussuojauksen kunto. Lisäksi ruuvi valokuvataan raporttia varten. Tarkastelun kohteina on ruuvin runko, lehti ja repijähampaat. Tarkastelussa erityisesti ruuvin kunto syöttöaukon edustalta, missä ruuvin kulumisen on erittäin nopeaa. Jos kulumista on havaittavissa, kulumisen määrä mitataan. Tiedot siilosta lisätään myös raporttiin eli muun muassa onko polttoaine jäässä, onko siilossa kiviä tai metallinkappaleita ja siilon täyttöaste.

Jos ruuvi vikaantuu odottamattomasti, tehdään vikaantumisen vaurioraportti, johon kerätään tapahtumasta mahdollisimman paljon tietoa eli, näkyvät vauriot ja niiden sijainnit, mahdollinen aiheuttaja, valokuvat. Jos on tapahtunut yhtä aikaa jotain mahdollisesti tapahtumaan liittyvää esimerkiksi ketjun katkeaminen, lisätään ne tiedot myös raporttiin. Tiedot siilosta lisätään raporttiin eli muun muassa onko polttoaine jäässä, onko siilossa kiviä tai metallinkappaleita, siilon täyttöaste lähialueina ja onko polttoaine seisonut mahdollisesti pitkiä aikoja siilossa.

Valmistajan huolto-ohjeessa lukee, että kun ruuvi otetaan käyttöön ensimmäistä kertaa, on hamppaiden ja lehden kunto tarkastettava noin kahden kuukauden välein. Kun kulumisnopeus on saatu selville, voi tarkastustiheyttä harventaa sopivaksi. Näin pystytään saamaan tietoa ennakkohuolto varten ja ajoittamaan huoltotoimet johonkin seisakkiin. Lehden kuluma alkaa ruuvin juuripäästä. (26, s. 1.) Ruuvin tiheämpi tarkastus on tärkeää erityisesti tässä tilanteessa, kun olosuhteet ovat muuttuneet ja riski vikaantumiselle on korkea. Järjestelmään jäävät välitarkastusraportit tietysti mahdollistavat ja helpottavat myöhemmin tehtävää kulumisnopeuden arvioimista.

Ruuvien huolto on tarkoitettu tehdä ennen kuin kulutus suojaus vaurioituu täysin. Jos kulutus suojaus kuluu puhki, kuluminen nopeutuu huomattavasti ja vaurioittaa runkomateriaalia, jolloin ruuvien uusikäyttö ei välttämättä ole mahdollista.

Kun ruuvi lähtee huoltoon, sille tehdään ensin tarkastus, joka on tietysti helpompi tehdä, kun ruuvi on irrallaan. Huollon aikana ruuvien runkoputkelle tehdään mahdollisuuksien mukaan NDT-menetelmällä tarkastus mahdollisten säröjen poissulkemiseksi. NDT-tarkastus tehdään erityisesti kriittiselle juurelle. Huollon aikana kaikki kuluneet kulutuslevyt vaihdetaan ja kovahitsaukset täytetään liitteenä 3 olevan suunnitelman mukaisesti. Kaikki huollon aikana tehdyt toimenpiteet kirjataan ja valokuvataan huoltoraporttiin.

Raportoinnin ja yksilöimisen helpottamiseksi ruuvit täytyy stanssata numerolla, jotta ruuvien seuranta olisi helpompaa. Tällöin pysytään kartalla, kuinka monessa huollossa esimerkiksi ruuvi on käynyt ja mitä johonkin tiettyyn ruuviin on tehty vuosien varrella. Raportit arkistoidaan paikkaan, jossa tieto on kaikkien tarvitsevien helposti saatavilla.

10 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteina oli aluksi ruuvien kestoajan pidentäminen, ruuvien suunnittelu ja raportoinnin kehittäminen. Opinnäytetyön edetessä tavoitteet priorisoitiin tilanteen mukaisiksi, kun itse ruuvia on jo kehitetty. Ensisijaisina tavoitteina oli käyttövarmuuden parantaminen, eli kestoajan pituus halettavalle tasolle ja raportoinnin kehitys. Toissijaisena tavoitteena oli ruuvien suunnittelu.

Työssä tutkittiin juurisyytä ruuvien vaurioitumiseen ja saatiin hyviä kehitysideoita aikaan. Raportointikäytännöt saatiin sille tasolle, että todella tärkeät perustiedot saadaan tilanteista kerättyä. Työn edetessä huomattiin, että työ on vasta alkukartoitus ja yhteenveto tämän ison kulumisongelman edessä. Ongelma on erittäin laaja ja vaatii lisätutkimuksia. Nyt on tehty vaurioanalysointia ja johtopäätöksiä niin pitkälle kuin ne näillä resursseilla voi tehdä. Raportointia on viety sen verran eteenpäin, että johtopäätöksiä on tulevaisuudessa helpompi tehdä.

Nykyinen versio ruuvista voi olla hyvä ja kestävä, mutta tätä täytyy seurata ja raportoida tarkkaan. Jos kulumisongelma jatkuu nykyisen version kanssa vakavana, on tehtävä töitä kulumisen juurisyyn ratkaisemiseksi ja tutkimusta voi jatkaa opinnäytetyössäni aloittamaani suuntaan.

Työn tutkiminen ja kirjoittaminen oli yllättävän aikaa vievää ja haastavaa. Ajanpuute haittasi myös työn tekemistä. Näistä syistä työn toissijaisena tavoitteena ollut ruuvien suunnittelutyö jäi tekemättä. Suunnittelutyö valmistuspiirustuksineen olisi ollut erittäin aikaa vievä osa opinnäytetyöstä ja oli hyvä päätös jättää se toissijaiseksi tavoitteeksi, ettei se jäisi kesken. Suunnittelutyön keskenjääminen olisi ollut kaikista haitallisinta, koska se olisi vienyt aikaa muilta osa-alueilta ja keskeneräinen suunnittelutyö olisi ollut hyödyttömmin toimeksiantajalle.

LÄHTEET

1. Kuuppo, Mika 2016. Leijukerroskattila K3:n minimikuorma. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikka. Opinnäytetyö. Hakupäivä 31.3.2022. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105512/Kuuppo_Mika.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
2. Stora Enso. Oulun tehdas. Hakupäivä 23.2.2022. <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-storaenso/stora-enso-locations/oulu-mill>.
3. Kvaerner Pulping. Käyttöohjeet 1/2. Toimintakuvaus. Kerrosleijukattila K3.
4. Huhtinen, Markku, Kettunen, Arto, Nurminen, Pasi & Pakkanen, Heikki 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita.
5. Kvaerner Pulping. Kattilaan liittyvien laitteiden käyttö ja huolto-ohjeet 4/10. Tekninen erittely. Kerrosleijukattila K3.
6. Voimalaitoksen henkilökunta. Stora Enso. Keskustelut ja tiedonkeruu 11/2021 - 3/2022.
7. Kvaerner Pulping. Kattilaan liittyvien laitteiden käyttö ja huolto-ohjeet 4/10. Toiminnankuvaus. Kerrosleijukattila K3.
8. Koivisto, Kosti 2017. Kuljetintekniikka. Helsinki: BoD – Books on Demand.
9. Kivioja, Seppo, Kivivuori, Seppo & Salonen, Pekka 2007. Tribologia. Kitka, kuluminen ja voitelu. 5. korjattu painos. Helsinki: Hakapaino. Otatieto.
10. Laitinen, Kai, Valli, Juhani, Kuusisto, Erkki & Pulkkinen, Raimo 1986. Materiaalin valinta – kulumista kestävät materiaalit ja pinnoitteet. Tekninen tiedotus. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus.
11. Kettunen, Pentti 1982. Materiaalin valinta 4. Lisäpainos. Opintomoniste 67. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

12. Konepaja Wingmet Oy. Hakupäivä 7.4.2022. <https://wingmet.fi/>.
13. Latta-aiho. Tuotteet. Hakupäivä 7.4.2022. <https://www.latta-aiho.fi/tuotteet>.
14. Lehtonen, Uljas 1975. Kone-elinten lujuusoppi. 10. uudistettu painos. Helsinki: Otava.
15. Järviö, Jorma, Piispa, Taina, Parantainen, Timo & Åström, Thomas 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media.
16. PSK 6201 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Hakupäivä 14.4.2022. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/wp-content/uploads/PSK6201_4p.pdf. Vaatii lisenssin.
17. Mikkonen, Henry, Miettinen, Juha, Leinonen, Pertti, Jantunen, Erkki, Kokko, Voitto, Riutta, Erkki, Sulo, Petri, Komonen, Kari, Lumme, Veli Erkki, Kautto, Juha, Heinonen, Kari, Lakka, Sami & Mäkeläinen, Risto 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. 1. painos. Helsinki: KP-Media.
18. PSK 5707 2019. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Vianmääritys. 6. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry. Hakupäivä 14.4.2022. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma57/PSK5707_6p.pdf. Vaatii lisenssin.
19. PSK 5718 2009. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Raportointi. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Hakupäivä 14.4.2022. <https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma57/psk5718.pdf>. Vaatii lisenssin.
20. PSK 5705 2006. Kunnonvalvonta. Värähtelymittaus. Mittaustoiminnan suunnittelu. 5. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Hakupäivä 14.4.2022. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma57/PSK5705_5p.pdf. Vaatii lisenssin.
21. PSK 5709 2004. Kunnonvalvonta. Toiminnan seuranta. Tunnusluvut. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Hakupäivä 14.4.2022. https://psk-standardisointi-fi.ezp.oamk.fi:2047/Standard/Ryhma57/PSK5709_3p.pdf. Vaatii lisenssin.

22. Haapamäki, M. 2014. Ruuvin korjaussuunnitelma. Piirustus 116833. Stora Enso.
23. Y.W. 1996. Ruuvipurkain. Piir.nro 113473. BMH Technology.
24. Pohti 2019. Lining. Piir.nro 466323. BMH Technology.
25. Kauppi, Timo 2022. Yliopisto-opettaja. Oulun yliopisto. Tutkimuspalvelut. Puhelinkeskustelu 6.4.2022.
26. Kvaerner Pulping. Kattilaan liittyvien laitteiden käyttö ja huolto-ohjeet 4/10. Huolto-ohjeet. Kerosleijukattila K3.
27. Keinänen, Ville, Ruotsalainen, Ilkka, Vakkala, Jere 2022. Stora Enso. Voimalaitos. Palaveri. 31.3.2022.

LIITTEET

Liite 1 Leijukerroskattila K3

Liite 2 Perustiedonkeruuraporttimalli

Lisäksi seuraavat liitteet jäävät yrityksen käyttöön:

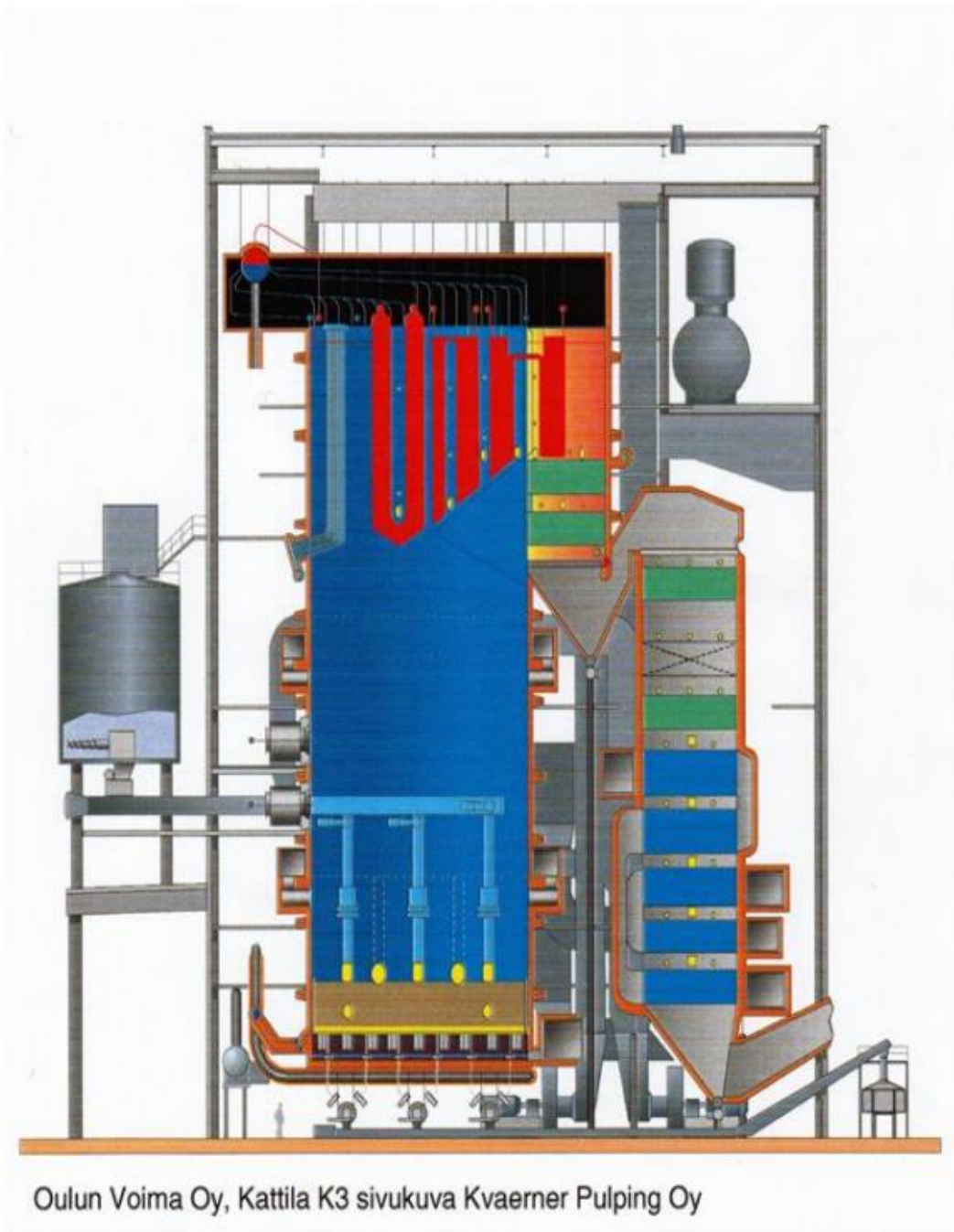
Liite 3 Korjaussuunnitelma (22)

Liite 4 Vaurioraportti ruuvista 1 (sivumäärä 8)

Liite 5 Vaurioraportti ruuvista 2 (sivumäärä 10)

Liite 6 Vaurioraportti ruuvista 3 (sivumäärä 5)

Liite 7 Vaurioraportti ruuvista 4 (sivumäärä 9)



Perustiedonkeruureportti

Raporttityyppi. Nimeä myös tiedosto valitsemasi raporttityypin mukaan tiedonhaun helpottamiseksi.

- Seurantareportti.** Täytetään välitarkastuksien yhteydessä tehdyistä havainnoista. Silmämääräiset havainnot/mittaukset. Voidaan seurata mm. kulumista.
- Käytöstäpoisto/failureraportti.** Täytetään kun laite vikaantuu tai otetaan pois käytöstä. Kirjaa valokuvaa ja selostuksia. Kirjaa ja kuvaa myös ympärillä vaikuttavat asiat (esim. rikkoontuiko jotain muuta, olosuhteet josta poikkeavaa).
- Huoltoreportti.** Täytetään huoltotoimenpiteiden tallentamiseen. Selvitetään myös ruuvien katkennut.

Laatija Malli Raporttoija	Pvm. 27.3.2013	Yksilöintinro. (jos stanssaus tms.) 3
Tarkastuskohde	Positio	Nimike
Tehdas, osasto, kone tai laite	Piirustusno.	Osanro.
Toiminta-aikaväli, asennuspäivä 20.1.-26.3.2013	Lisätiedot	

Tulokset (valokuvat, selostukset, mittaukset)

Ruuvi katkennut heti laakeroinnin juuresta 26.3 Klo 23.27. Ketju katkennut samaan aikaan. Todennäköisesti metallikappale jumittunut lehden ja rungon väliin jonka vuoksi katkennut. Ratkeama näyttää alkaneen jo kauan sitten.

