Visa Koskikallio

Jakeluterminaalin lastausliittimien kunnossapidon kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

15.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Visa Koskikallio
Otsikko:	Jakeluterminaalin lastausliittimien kunnossapidon kehittäminen
Sivumäärä:	34 sivua + 1 liitettä
Aika:	15.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka palje
Ammatillinen pääaine:	Koneensuunnittelu
Ohjaajat:	Terminaalipäällikkö Tero Salovaara Kunnossapitomestari René Westman Yliopettaja Pekka Salonen

---

Insinöörityössä perehdyttiin Neste Oyj:n öljyjalostamon jakeluterminaalin lastausliittimien ja lastausvarsien kunnossapitoon. Nykyiset kunnossapitomenetelmät selvitettiin. Uusia kunnossapidon kehittämisen vaihtoehtoja kartoitettiin kriittisyysluokittelulla sekä vika- ja vaikutusanalyysillä.

Työ aloitettiin esittelemällä jakeluterminaalin polttoaineen lastausjärjestelmän lastausliittimet ja lastausvarret. Lastausliittimien ja -varsien nykyinen kunnossapitomenetelmä on pitkälti korjaavaa kunnossapitoa, jonka tilalle etsittiin uutta kunnossapitomenetelmää. Kriittisyysluokittelulla selvitettiin lastausvarren kokonaisuuden kriittisimmät osat, jotka ovat lastausliittimet ja palje. Vika- ja vaikutusanalyysillä jaoteltiin lastausvarren osat siten, että kyettiin selvittää vikaantumisen syyt ja seuraukset osakohtaisesti.

Työn aikana selvisi, ettei nykyistä kunnossapitomenetelmää kannata korvata, vaan muuttaa laitekohtaisesti sopivaksi. Lastausliittimien osalta käyttömäärään ja käyttöaikaan perustuva kunnossapitomenetelmä koettiin sopivaksi lisäykseksi nykyiseen kunnossapitomenetelmään.

Lastausvarsien ulottuvuus todettiin joissain tilanteissa liian lyhyeksi. Ulottuvuutta tulisi pidentää, jotta lastausliittimien ja palkeiden viat saataisiin vähentymään. Myös lastausvarsien käyttäjien perehdytys tulisi varmistaa, jotta lastausvartta käytetään oikeaoppisesti. Lastausliittimet ja -varret ovat iäkkäitä, joten niiden uudistamista kokonaan voisi harkita.

Avainsanat: lastausliitin, lastausvarsi, kunnossapito, kriittisyysluokittelu, vika- ja vaikutusanalyysi

Abstract

Author:	Visa Koskikallio
Title:	Distributions terminals loading connectors maintenance development
Number of Pages:	34 pages + 1 appendices
Date:	15th May 2022
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Mechanical Engineering
Professional Major:	Machine Design
Supervisors:	Tero Salovaara, Terminal Manager René Westman, Maintenance Master Pekka Salonen, Principal Lecturer

---

The thesis focused on the maintenance of the loading couplers and loading arms of Neste Corporation's oil refinery distribution terminal. Current maintenance methods were investigated. New maintenance development options were identified through criticality classification and failure modes and effects analysis.

The work began by introducing the loading couplers and loading arms of the fuel loading system of the distribution terminal. The current maintenance method for loading connectors and arms is largely corrective maintenance. New possible maintenance method was considered. The critical classification was used to determine the most critical parts of the loading arm assembly, which are the loading couplers and the bellows. The failure modes and effect analysis divided the parts of the loading arm so that the causes and consequences of the fault could be determined on a per-part basis.

During the work, it became clear that the current maintenance method should not be replaced but changed to suit each device. For loading couplers, a maintenance method based on the amount of use and time of use was considered a suitable addition to the current maintenance method.

The reach of the loading arms was found to be too short in some situations. The reach should be extended to reduce defects in loading couplers and bellows. The correct way to use the loading arms should also be ensured. The loading couplers and arms are old, so a complete overhaul could be considered.

Keywords: loading coupler, loading arm, maintenance, criticality classification, failure modes and effects analysis

Sisällys kriitti

Lyhenteet

1 Johdanto 1

1.1 Lähtötilanne 1
1.2 Tavoite 2

2 Lastausliittimet 3

2.1 Perolo Camsec Arctic -lastausliitin 3
2.2 Emco Wheaton J0452-052 Low Temp -lastausliitin 4
2.3 MannTek -lentopetrolin ja nestekaasun lastausliittimet 5
2.4 Työtilaukset 7
2.5 Vuosittaiset kunnossapidon kulut lastausliittimille ja palkeille 10
2.6 Käyttö 11
2.7 Huolto 11

3 Kunnossapito 11

3.1 Korjaava 12
3.2 Ehkäisevä 12
3.3 Parantava 13
3.4 Nykyinen kunnossapitomenetelmä 13

4 Kriittisyysluokittelu lastausvarrelle 14

4.1 PSK 6800 -standardi 14
4.2 Laitteiden kriittisyys 14
4.3 Kriittisyysluokittelun tulokset 17

5 Vika- ja vaikutusanalyysi 20

5.1 Suunnittelu 21
5.2 Toteutus 21

6 Nesteen Kriittisyys- ja riskiperusteinen laitteiden hallinta standardi 24

6.1 Periaate 24
6.2 Kriittisyysluokittelu 25
6.2.1 Turvallisuuskriittinen laite (Safety Critical Equipment - SCE) 25

6.2.2 Korkean riskin laite (High Risk Equipment - HRE) 26
6.2.3 Lastausvarren laitteiden kriittisyysluokittelu 26
6.3 Nesteen vika- ja vaikutusanalyysimenetelmä 27
6.4 Nesteen vika- ja vaikutusanalyysi lastausvarrelle 28

7 Yhteenveto 30

7.1 Pohdinta 30
7.2 Kehitysideat 31
7.2.1 Perehdytyksen varmistaminen 31
7.2.2 Lastausliittimien uusinta 31
7.2.3 Lastausvarsien uudistaminen 32

Lähteet 34

Liitteet

Liite 1: Vika- ja vaikutusanalyysin laite ja vikaantumistiedot

Lyhenteet

DDC: Dry disconnect couplings. Lastausliittimen ominaisuus, jolla lastausliitin on mahdollista irrottaa vastaliittimestä ilman vuotoja.

DGC: Dry gas couplings. Lastausliittimen ominaisuus, jolla varmistetaan, ettei kaasua vuoda, kun lastausliitin irrotetaan vastaliittimestä.

RCM: Reliability-centered maintenance. Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito.

1 Johdanto

1.1 Lähtötilanne

Neste Porvoon jakeluterminaali on polttoaineen ja muiden kemiallisten aineiden jakelukeskus, josta jaetaan polttoainetta päivittäin miljoonia litroja ympäri Suomea. Jakeluterminaalin kunnossapidosta vastaa Nesteen kunnossapitoyksikkö, johon kuuluu jakeluterminaalin osalta kunnossapidon esimies, kunnossapitomestari ja urakoitsijoita. Myös jakeluterminaalin tuotannon henkilöstö on läheisessä yhteistyössä kunnossapidon kanssa. Kunnossapitoyksikkö vastaa koko jakeluterminaalin alueen kunnossapidosta, josta huomattava osa on lastauslaitureiden kunnossapitoa. Lastauslaitureita jakeluterminaalissa on 19 kappaletta, joista 16 on kuorma-auton lastauslaitureita. Lastauslaiturit on jaoteltu ryhmiin, jotka ovat 100, 200, 500 ja 600. Lastauslaitureilta 100 ja 200 lastataan erilaisia polttoaineita kuorma-autoihin. Ryhmän 500 lastauslaitureilla lastataan kuorma-autoihin nestekaasua ja ryhmän 600 lastauslaitureilla lastataan nestekaasua juniin. Tämä insinöörityö keskittyy näiden neljän lastauslaituriryhmän kunnossapitoon ja sen kehittämiseen.

Yleisimmillä kuorma-autojen lastauslaitureilla on 12 lastausvartta (kuva 1) ja laitureilta pystyy lastaamaan samanaikaisesti kuorma-auton ja perävaunun säiliöiden eri lohkoihin haluttua polttoainetta. Kuuden lastausvarren lastauslaitureita on myös jakeluterminaalissa käytössä. Eri lastauslaitureista saa lastattua eri polttoaineita ja ryhmittäin laitureista saa pitkälti samoja polttoaineita. Polttoaineiden jakelussa on eroavaisuuksia talvella ja kesällä.

Kuva 1. Lastauslaiturin lastausvarsi.

1.2 Tavoite

Insinöörityön tavoitteena on koota tarvittava data lastauslaitureiden kunnossapidosta ja etsiä mahdollisia kehityskohteita. Tavoitteena on tehdä katsaus kunnossapidon nykytilasta ja kehityskohteista. Kunnossapidon toiminnan kehittämisellä ja muutoksilla voisi mahdollisesti saavuttaa taloudellisia tai ajallisia säästöjä. Lastausliittimien kunnossapitoa kehittämällä ja toimintatapoja muuttamalla voidaan mahdollisesti vähentää kunnossapitoyksikön työmäärää. Tässä opinnäytetyössä tavoitteenani on paneutua lastauslaitureihin ja -liittimiin mahdollisimman hyvin omaa osaamistani hyödyntäen. Pyrin tuomaan tuoreita ja uusia

näkökulma laitteiden kunnossapitoon, joita ei välttämättä alan ammattilaisilla ole, sillä he ovat saattaneet tottua tekemään asiat rutinoituneilla toimintatavoilla. Hyödynnän erilaisia yleisesti käytettyjä standardeja, kuten PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa ja vika- ja vaikutusanalyysin standardia SFS-EN IEC 60812.

2 Lastausliittimet

Lastausliittimet ovat tärkeä osa Nesteen polttoainejakelua, sillä ne varmistavat turvallisen polttoaineen lastauksen kuorma-autoihin. Oikein toimiessaan lastausliittimillä pystytään lastamaan kuorma-auto täyteen polttoainetta nopeasti ja turvallisesti. Vikatilanteissa lastausliitin voi vuotaa ja roiskia polttoainetta ympäristöön ja käyttäjän päälle. Tämän vuoksi lastausliittimien tulee olla luotettavia, turvallisia, helppokäyttöisiä ja sisältää tarpeeksi turvallisuustoimintoja. Lastausliittimet ovat kovassa käytössä päivittäin ja niiden toimivuus on tärkeää turvallisuuden kannalta, joten niiden kunnossapitoon täytyy kiinnittää huomiota.

2.1 Perolo Camsec Arctic -lastausliitin

Perolo Camsec Arctic -lastausliitintä (kuva 2) käytetään jakeluterminaalin 100 ja 200 ryhmien lastauslaitureilla. Yhteensä liittimiä on käytössä 45 kappaletta. Liittimessä on valmistajan mukaan ylivoimainen tiivistystekniikka ja minimaalinen vuoto irrottamisen yhteydessä. Kyseinen lastausliitin on ollut markkinoilla yli 30 vuotta ja toiminut alan standardiliittimenä. Liittimen ominaisuuksiin kuuluvat viistetty reunus käytön helpottamiseksi, tehokas lautasen tiiviste, ergonominen vipu ja kahva sekä integroitu takaiskuventtiilimahdollisuus. Liitin on toimiessaan helppo kytkeä ja irrottaa. Liitin on suunniteltu 10 bar paineelle ja se painaa 11,6 kg. Arctic-variantti mahdollistaa toimivuuden jopa -40 ºC lämpötilassa. [1.]

Kuva 2. Perolo Camsec Arctic -lastausliitin.

2.2 Emco Wheaton J0452-052 Low Temp -lastausliitin

Emco Wheaton J0452-052 Low Temp -lastausliitintä (kuva 3) käytetään jakeluterminaalin 100 ja 200 ryhmien lastauslaitureilla, yhteensä liittimiä on käytössä 37 kappaletta. Valmistaja ilmoittaa liittimen ominaisuuksiksi luokkansa pienimmän vuodon irrotettaessa sekä huoltoystävällisyyden, koska lautasen tiiviste on mahdollista vaihtaa, kun lastausliitin on kiinni lastausvarressa. Tätä ei kuitenkaan tehdä jakeluterminaalissa, vaan lastausliittimet huolletaan vasta lastausvarresta irrottamisen jälkeen. Liitin on valmistajan mukaan helppokäyttöinen, liittimessä on viistetty reunus käytön helpottamiseksi, tehokas lautasen tiiviste, ergonominen käyttökahva sekä automaattinen liitäntä, joka varmistuu, kun liittimen hampaat napsahtavat paikoilleen. Liitin on suunniteltu 16 bar paineelle ja

se painaa 9,76 kg. Low Temp -variantti mahdollistaa liittimen toimivuuden -40 ºC lämpötilassa. [2.]

Kuva 3. Emco Wheaton J0452-052 Low Temp -lastausliitin.

2.3 MannTek -lentopetrolin ja nestekaasun lastausliittimet

Jakeluterminaalissa on 4” MannTek DDC -lastausliittimet (kuva 4) käytössä lentopetrolin lastauslaitureilla. DDC lyhenne tulee sanoista dry disconnect couplings, jolla tarkoitetaan, ettei liitin vuoda, kun se yhdistetään vastaliittimeen lastaustilanteessa. Lastausliittimen valmistaja suosittelee 4” MannTek DDC -lastausliittimen käyttöä, kun halutaan minimoida lastattavan tuotteen vuodot ja laadun heikkeneminen. Valmistaja ilmoittaa liittimen saavuttavan hyvät virtausnopeudet ja käyttöpaineen vähäiset alentumiset. Liittimen maksimi virtausnopeus on 3500 litraa minuutissa. [3.]

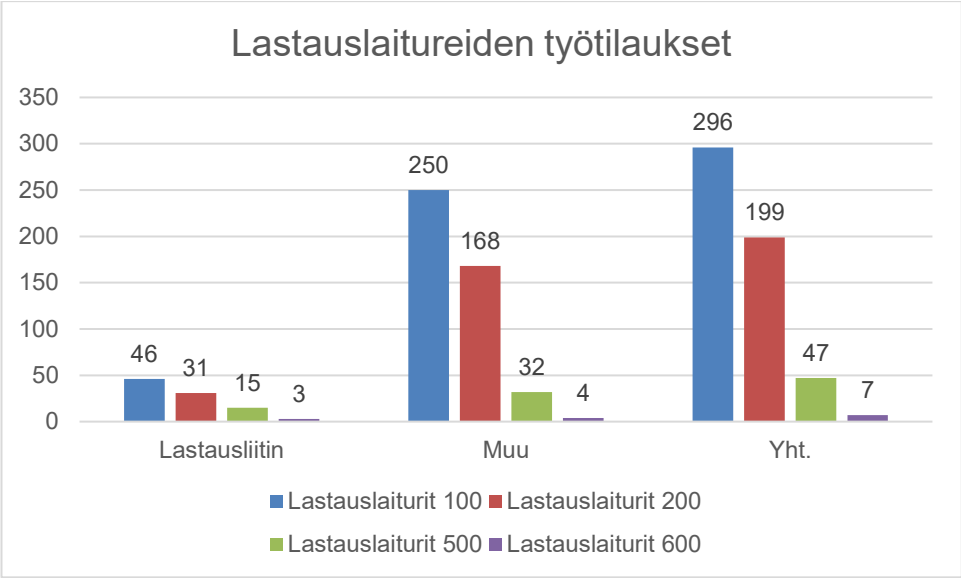
Kuva 4. 4” MannTek DDC -lastausliitin.

3” MannTek DGC -lastausliittimiä (kuva 5) käytetään nestekaasun ja pentaanin lastauksessa. DGC lyhenne tulee sanoista dry gas couplings, jolla tarkoitetaan, ettei liitin vuoda kaasua, kun se yhdistetään vastaliittimeen lastaustilanteessa. Valmistajan mukaan 3” MannTek DGC -lastausliitin on lastaustilanteessa vuotamaton ja helppokäyttöinen. Valmistajan mukaan lastausliitintä irrottaessa vuodot pysyvät minimaalisina. [4, s. 3.]

Kuva 5. 3” MannTek DGC -lastausliitin.

2.4 Työtilaukset

Aikavälillä 1.1.2015–1.1.2022 jakeluterminaalissa ilmoitettiin 1354 työtilausta. Työtilauksia on hyvin monenlaisia. Ne voivat liittyä vikaan, joka on havaittu esim. operaattorien tarkastuskierroksella, määräaikaiseen huoltoon kuten erilaisten suodattimien vaihtoon tai kehitysideaan, joka on toteutumassa. Kaikista työtilauksista kyseisellä aikavälillä 549 kappaletta liittyi lastauslaituriryhmiin 100, 200, 500 ja 600 (kuva 6). Lastausliittimiin liittyviä työtilauksia oli 95 kappaletta. Keskimäärin lastausliittimistä ilmoitetaan vuodessa noin 13 työtilausta. Yleensä työtilauksissa on ilmoitettu yksi vika tai huollettava kohde, mutta joissakin työtilauksissa ilmoitetaan monta eri vikailmoitusta ja huoltokohdetta. Kaikista tehdyistä töistä ei ole tehty työtilausta. Varsinkin tarkastellun aikavälin alkupuolella on ilmoitettu vähemmän työtilauksia M+-järjestelmään, joten työtilausten määrä on vain suuntaa antava ja tehtyjen töiden määrä on todellisuudessa suurempi.



Kuva 6. Lastauslaitureiden työtilaukset 1.1.2015–1.1.2022.

Työtilauksista selviää, että lastausliittimet ja palkeet ovat yleisimmät lastausvarren vioittuvat osat. Tällä tiedolla työtilauksia jaoteltiin tarkemmin laituri- ja varsikohtaisesti taulukoihin. Tuloksena saatiin kolme taulukkoa, joista nähdään lastausliittimiin ja palkeisiin liittyvien työtilausten määrä laituri- ja varsikohtaisesti. Taulukosta 1 nähdään ryhmän 100 lastauslaitureiden lastausliittimien ja palkeiden työtilaukset lastausvarsikohtaisesti. Taulukossa ovat ne lastauslaiturit, joista löytyi työtilauksia lastausliittimelle tai palkeelle. Ryhmän 100 lastauslaitureiden työtilaukset ovat yleisimpiä laitureiden ensimmäisissä lastausvarsissa. Varsinkin palkeet näyttävät menevän useimmin rikki juuri lastausvarressa 1. Taulukossa 1 on jaoteltu kukin lastauslaituri omaksi sarakkeekseen. Kussakin lastauslaiturissa on 12 lastausvartta, jotka on eritelty taulukkoon riveittäin. Esimerkiksi lastauslaiturin 104 lastausvarressa 1 lastausliittimiä on mennyt rikki 2 kpl ja palkeita 9 kpl tarkasteluajanjakson aikana. Tyhjiksi jätetyissä soluissa työtilauksia oli 0 kpl.

Taulukko 1. Ryhmän 100 lastausliittimien ja palkeiden työtilaukset.

Lastauslaiturit												
	104		108		112		114		116		118	
Lastausvarsi	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje
1	2	9	1	8	2	7	7		3	1		
2		1	2		1	4	3	1	2	1	2	
3		1	2		2							
4		2	2	2		1						
5				3								
6	1	1	1	3		2						
7		6			1	3						
8			2			3						
9		4		1	2	3						
10												
11						3						
12	1	2	1		1	2						

Ryhmän 200 lastauslaitureissa on havaittavissa melko samanlaista jakautumista työtilauksista. Ensimmäiset lastausvarret laitureilla vioittuvat eniten. Taulukossa 2 on työtilausten määrä ryhmän 200 laitureiden lastausliittimistä ja palkeista.

Taulukko 2. Ryhmän 200 lastausliittimien ja palkeiden työtilaukset.

Lastauslaiturit								
	204		208		210		212	
Lastausvarsi	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje	Lastausliitin	Palje
1	2	2	1	6	2	10	4	1
2		2	1	2		3	2	
3				1		3		
4				1	4			
5			1		1	1		
6						2		
7			1	2	1	7		
8				3		6		
9				1	1	1		
10				2	1	1		
11				1	2	1		
12						2		

Ryhmien 500 ja 600 lastausvarsissa esiintyy huomattavasti vähemmän työtilauksia. Näissä lastausvarsissa ei ole palkeita, vaan taulukkoon 3 on kerätty työtilaukset lastausliittimistä ja välitilan tyhjennys letkusta. Välitilan tyhjennysletku on usein vikaantuva osa nestekaasun lastauslaitureilla. Välitilan tyhjennysletkun tarkoitus on tyhjentää kuorma-auton sulkuventtiilin ja lastausvarren runkoventtiilin välinen osuus, jotta lastausliittimen irrotus on turvallista.

Taulukko 3. Ryhmien 500 ja 600 lastausliittimien ja välitilan tyhjennys letkujen työtilaukset.

Lastauslaiturit								
	501/502		503/504		601/602		603	
Lastausvarsi	Lastausliitin	Välitilan tyh.	Lastausliitin	Välitilan tyh.	Lastausliitin	Välitilan tyh.	Lastausliitin	Välitilan tyh.
1	4	11	2	1	1		1	
2	7	8	1	1	1			
3				1				
4								

Taulukoista 1 ja 2 huomataan että lastausvarret yksi ja seitsemän vikaantuvat enemmän kuin muut lastausvarret. Tämä johtuu osittain nykypäivän kuorma-autojen koosta ja siitä, miten pitkälle lastausvarsi joutuu ulottumaan lastauksen yhteydessä. Pidemmät kuorma-autot aiheuttavat ongelmia lastausvarsille, kun lastausvarsi joudutaan pitämään ääriasennossa lastauksen ajan. Palkeeseen syntyy enemmän jännityksiä, kun lastausvarsi on ääriasennossa. Kun kuorma-auton säiliö täyttyy, sen paino kasvaa ja paineilmajousitus liikuttaa kuorma-autoa. Tämä liike vaikuttaa myös lastausvarsiin ja ne liikkuvat kuorma-auton mukana. Tällainen pienikin liike voi vaurioittaa lastausvarsia, jos varret ovat jo lastauksen alussa ääriasennossa.

2.5 Vuosittaiset kunnossapidon kulut lastausliittimille ja palkeille

Yhden palkeen vaihto maksaa n. 2500 euroa, kun lasketaan yhteen työstä syntyneet kulut ja palkeen hinta. Tarkastellun seitsemän vuoden jakson aikana palkeille tehtiin 135 työtilausta. Vuodessa palkeita vaihdettiin n. 19, joten vuodessa palkeiden kunnossapito maksaa n. 48 000 euroa. Lastausliittimen vaihto maksaa vaihtelevasti n. 1500–4000 euroa riippuen liittimestä. Tähän arvioon on otettu huomioon myös työstä syntyneet kulut. Seitsemän vuoden tarkastelujakson aikana lastausliittimiä vaihdettiin 99 kappaletta. Vuodessa lastausliittimiä vaihdettiin n. 14 kappaletta. Vuodessa lastausliittimien kunnossapito maksaa n. 42 000 euroa. Kunnossapidon vuosittaiset kulut lastausliittimille ja palkeille on n. 90 000 euroa.

2.6 Käyttö

Lastausliittimet ovat kovassa käytössä päivittäin. Niitä käyttävät kuorma-autojen kuljettajat, jotka kiinnittävät itsenäisesti lastausliittimen kuorma-autoonsa. Tämä voi vaikuttaa lastausliittimen kuntoon, jos lastausliitintä käytetään väärin. Kun kuorma-auto on ajettu lastauslaiturille, lastausvarsi otetaan telineestä esille ja varren päässä oleva lastausliitin kiinnitetään kuorma-auton vastaliittimeen. Sen jälkeen aloitetaan lastaus. Kun lastaus on suoritettu, lastausvarret irrotetaan ja laitetaan takaisin telineisiin. Liikennepolttoaineita jakavat lastauslaiturit mittaavat virtausmittareilla lastatun polttoaineen määrän. Rikin ja lentopetrolin lastattu määrä varmistetaan lastauksen jälkeen, kun kuorma-auto ajetaan vaa´alle. Lastauksen jälkeen kuorma-auto lähtee toimittamaan lastattua polttoainetta.

2.7 Huolto

Kun lastausliitin vaihdetaan, viallinen lastausliitin huolletaan. Huollon suorittaa tällä hetkellä urakoitsija UM-asennus. Huoltokäytäntö on muuttumassa tulevaisuudessa ja Neste pyrkii, että jakeluterminaalin operaattorit suorittaisivat huoltotoimenpiteet itsenäisesti. Yleisiä vikoja lastausliittimissä ovat tiivistevuoto, liittimen kynsien jumiutuminen ja liittimen lukitusmekanismin vioittuminen. 3” MannTek DGC ja 4” MannTek DDC on olemassa huolto-ohjeet. Muihin lastausliittimiin ei tällä hetkellä ole huolto-ohjeita ja huollon osaa suorittaa vain muutama perehdytyksen saanut urakoitsijan työntekijä. Liitinhuoltoa tehdään muiden töiden ohessa, silloin kun aikaa riittää.

3 Kunnossapito

Nykypäivänä kunnossapito koostuu monista erilaisista menetelmistä ja toimintatavoista. Yleisesti kunnossapidon voi jakaa korjaavaan, ehkäisevään ja parantavaan kunnossapitoon. [5, s. 49–51.]

Kunnossapidon tavoitteena on pitkään ollut tehokas koneiden käytön varmistaminen ja sen kautta prosessin tehokkuuden ylläpitäminen, mikä johtaa suurimpaan mahdolliseen tuottoon. Nykypäivänä tulisi ottaa huomioon kaikessa yritystoiminnassa turvalliset toimintatavat ja ympäristöystävällisyys. Vaateet kiristyvät erilaisten määräysten, lakimuutosten ja kuluttajien vaatimusten myötä. Kunnossapidon tulisi olla tehokasta ja keskitettyä pääasiassa sellaisiin laitteisiin, jotka voivat vikaantuessaan olla vaarallisia ihmiselle tai ympäristölle. [5, s.12–21.]

3.1 Korjaava

Korjaavaa kunnossapitoa käytetään, kun laite korjataan eli palautetaan käyttökuntoon suunnitellusti tai suunnittelemattomasti sen jälkeen, kun vika on jo todettu. Korjaavaa kunnossapitoa hyödyntämällä voidaan selvittää laitteen elinikä. [5, s. 49.]

3.2 Ehkäisevä

Ehkäisevä kunnossapito pyrkii ehkäisemään laitteen vikaantumista ja toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan laitteen erilaisia parametrejä ja suorituskykyä. Ehkäisevä kunnossapito voi olla säännöllistä tai sitä voidaan tehdä tarvittaessa. Laitteen toimintakyvyn ja parametrien avulla voidaan suunnitella ja aikatauluttaa sopiva kunnossapito laitteelle. [5, s. 50.]

Ehkäisevällä kunnossapidolla voidaan oikein toteutettuna lisätä prosessin luotettavuutta, mutta yleensä tämä ei ole taloudellisesti kannattavaa. Ehkäisevä kunnossapito on kannattavaa, jos vikaantuneen koneen takia prosessin pysähtyminen aiheuttaa enemmän tappiota kuin ennakoivan kunnossapidon ylläpitäminen. Kaikkien prosessien kunnossapidon laatua ei voi mitata vain taloudellisesti, sillä jos ihminen tai ympäristö on vaarassa prosessin toimimattomuuden vuoksi, on tärkeämpää huolehtia, että prosessi toimii. Ehkäisevän kunnossapidon onnistumisen kannalta suunnitelmallisuus ja aikatauluttaminen ovat tärkeitä edellytyksiä. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu on haastavaa ja vaatii alku-

tiedoiksi perinteisesti toteutettuna aikaisemmat kokemukset vikaantumisista, varaosat ja niiden käyttömäärät, koneen ja sen osien toimintatavat ja koneen valmistajan ohjeet. Ehkäisevän kunnossapito ohjelman voi suunnitella kriittisyysanalyysin tai RCM-analyysin avulla. [5, s. 73–77.]

3.3 Parantava

Parantalla kunnossapidolla on kolme pääryhmää. Ensimmäisen ryhmän kunnossapitomenetelmä on vaihtaa kunnossapidettävä osa uuteen erilaiseen osaan, mutta siten ettei kohteen suorituskyky muutu. Toisen ryhmän tarkoitus on muuttaa laitetta luotettavammaksi, vaihtamalla jokin sen osa luotettavampaan vaihtoehtoon. Toisen ryhmän tarkoitus ei ole parantaa laitteen suorituskykyä, vaan pelkkää turvallisuutta. Kolmannen ryhmän kunnossapitomenetelmä on kohteen modernisaatio, joka keskittyy laitteen suorituskykyyn. Jos laitetta modernisoidaan, pyritään yleensä samalla koko valmistusprosessikin modernisoimaan. [5, s. 51.]

3.4 Nykyinen kunnossapitomenetelmä

Nykyinen kunnossapitomenetelmä ja strategia perustuvat pitkälti korjaavaan kunnossapitoon. Kun lastausliitin menee rikki, se vaihdetaan uuteen. Jakeluterminaalin kalusto on jo iäkästä ja käyttöiän loppupuolella tulee enemmän hajoamisia, jotka lasketaan korjaavaksi kunnossapidoksi. Ennakoivaa kunnossapitoa jakeluterminaalissa hyödynnetään valittujen laitteistojen kohdalla. Laitteistot, joihin tehdään ennakkohuoltoja ovat säiliöt ja niihin liittyvät venttiilit ja toimilaitteet. Putkistojen osalta kunnossapito on pitkälti korjaavaa. Huollettavat kohteet havaitaan joko minimi seinämäpaksuuden alittuessa tai vuodon syntyessä. Korjattava kokonaisuus pyritään asettamaan tarpeeksi laajaksi, jotta samalla uusittaisiin isompi kokonaisuus putkea ja täten toimittaisiin ennakoivasti samalla. [6.]

4 Kriittisyysluokittelu lastausvarrelle

Lastausvarsi on polttoaineen lastauksessa käytettävä liikuteltava varsi, minkä päässä on lastausliitin. Lastausvarsi yhdistää lastauslaiturin ja kuorma-auton lastaustilanteessa. Nesteen jakeluterminaalin lastauslaituriryhmien 100 ja 200 lastausvarret ovat hankittu yritykseltä Kanon Loading Equipment B.V. Vanhimmat lastausvarret hankittiin jakeluterminaaliin vuonna 1999. Lastausvarsi koostuu kahdeksasta osasta kolmesta rungon osasta, kolmesta nivelestä, palkeesta ja tasapainosylinteristä. Lastausvarsi mahdollistaa hyvän liikkuvuuden ja vaivattoman yhdistämisen kuorma-autoon. Lastausvarret ovat suunniteltu -29–75 ºC lämpötiloille. Lastausvarret operoivat 5 bar paineella ja niiden suunnittelupaine on 30 bar. Lastausvarsien rungot ovat 4” kokoisia ja ne ovat valmistettu hiiliteräksestä. Hiiliteräksiset runko-osat ovat päällystetty epoksilla. [7, s. 5.]

4.1 PSK 6800 -standardi

PSK 6800 -standardia käytetään lastausvarren kriittisyysluokitteluun, koska se antaa sopivia tietoja kunnossapidon ja vika- ja vaikutusanalyysin kannalta. Kriittisyysluokittelusta selviää mihin kunnossapidon tulisi keskittyä lastausvarren osalta. Kriittisyysluokittelu antaa myös hyvän perustan Nesteen Kriittisyys- ja riskiperusteinen laitteiden hallinta -standardin hyödyntämiseen.

PSK 6800 standardia käytetään yleisesti kunnossapitosuunnitelman lähtötietojen tuottamiseen sekä kriittisten laitteiden hankintaprosesseissa. Sillä määritellään kriittisten laitteiden ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä. PSK-6800 standardi luokittelee kriittisyyden pitkälti taloudellisten vaikutusten perusteella. [8, s. 3.]

4.2 Laitteiden kriittisyys

Laitteiden kriittisyydessä on tarkoitus laskea laitteen kriittisyysindeksi K (kaava 1). Laitteen kriittisyysindeksin laskemisessa otetaan huomioon turvallisuus- ja ympäristövaikutukset, tuotantovaikutukset ja korjaus- tai seurauskustannukset.

Turvallisuus- ja ympäristöosiossa tarkastellaan mahdollisia turvallisuusriskejä ja ympäristöön vaikuttavia riskejä, jotka voivat johtaa ympäristön saastumiseen. Ympäristöön liittyvät riskit on syytä ottaa huomioon tarkasti, etenkin kun kyseessä on polttoaineen jakelu tai jokin muu kemianteollisuuden osa. Tuotantovaikutuksissa tarkastellaan tuotannon menetyksiä ja laatukustannuksia. Tuotannon menetyksissä tarkastellaan menetettyä aikaa, jolloin tuotanto on suunnittelemattomassa seisokissa. Laatukustannuksissa tarkastellaan kustannuksia ylimääräisistä toimenpiteistä, joilla saadaan tuotteen laatu vastaamaan alkuperäistä tai kustannusta jos tuote joudutaan myymään halvemmalla laatuvirheen takia. Korjaus- tai seurauskustannuksissa tarkastellaan vikaantumisen seurauksia, vaurioituuko laite entistä enemmän ja vaurioittaako se muita laitteita. Laitteen kriittisyysindeksi *K* lasketaan kaavalla 1 [8, s. 7–11]:

$$K = p * \left(W_s * M_s + W_e * M_e + W_p * M_p + W_q * M_q + W_r * M_r\right) \quad (1)$$

K on kriittisyysindeksi
p on vikaantumisväli
W_s on turvallisuusriskin painoarvo
M_s on turvallisuusriskin kerroin
W_e on ympäristöriskin painoarvo
M_e on ympäristöriskin kerroin
W_p on tuotannon menetyksen painoarvo
M_p on tuotannon menetyksen kerroin
W_q on laatukustannus painoarvo
M_q on laatukustannus kerroin
W_r on korjaus- tai seurauskustannus painoarvo
M_r on korjaus- tai seurauskustannus kerroin.

Kriittisyysluokittelun tekeminen aloitetaan määrittelemällä tarkastelun laajuus. Kun tarkastelun laajuus on tehty, määritellään tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p. Seuraavaksi arvioidaan sopivatko muut standardin painoarvot tarkastelukohteen luokitteluun. Kun arviot on tehty, voidaan listata luokitteluun kuuluvat osat taulukkolaskentaohjelmaan, mikä laskee laitteiden kriittisyysindeksin K ja osaindeksit K_s, K_e, K_p, K_q ja K_r automaattisesti halutuilla parametreillä.

Kriittisyysluokittelun tuloksena saadaan lista, josta selviää millä laitteella on suurin kriittisyysindeksi ja on standardin mukaan kriittisin. Laitetason kriittisyyden tekijät ovat lueteltu taulukossa 4. [8, s. 3.]

Osaindeksien laskemiseen käytetään samaa kaavaa kaikkien viiden osaindeksin kohdalla. Kaavassa muuttuu vain osaindeksin, painoarvon ja kertoimen alaindeksit. Alaindeksit viittaavat laskettavaan kriittisyyden osaindeksiin. Alaindeksi s viittaa turvallisuuteen, alaindeksi e viittaa ympäristöön, alaindeksi p viittaa tuotantovaikutuksiin, alaindeksi q viittaa laatukustannuksiin ja alaindeksi r viittaa korjaus- ja seurauskustannuksiin. Kriittisyysosaindeksit lasketaan kaavalla 2 [8, 9–11]:

$$K_{s,e,p,q,r} = p * \left(W_{s,e,p,q,r} * M_{s,e,p,q,r}\right) \quad (2)$$

K_s on kriittisyyden osaindeksi turvallisuuden näkökulmasta
K_e on kriittisyyden osaindeksi ympäristön näkökulmasta
K_p on kriittisyyden osaindeksi tuotannonvaikutusten näkökulmasta
K_q on kriittisyyden osaindeksi laatukustannusten näkökulmasta
K_r on kriittisyyden osaindeksi korjaus- ja seurauskustannusten näkökulmasta
p on vikaantumisväli
W_s on turvallisuusriskin painoarvo
M_s on turvallisuusriskin kerroin
W_e on ympäristöriskin painoarvo
M_e on ympäristöriskin kerroin
W_p on tuotannon menetyksen painoarvo
M_p on tuotannon menetyksen kerroin
W_q on laatukustannus painoarvo
M_q on laatukustannus kerroin
W_r on korjaus- tai seurauskustannus painoarvo
M_r on korjaus- tai seurauskustannus kerroin.

Taulukko 4. Laitetason kriittisyystekijät PSK 6800 standardin mukaan [8, s. 7].

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetys $W_p = 0…100$		$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤3 h)
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤10 h)
			$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)
	Laatukustannus $W_q = 30$		$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤1 h)
			$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤3 h)
			$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus $W_r = 20$		$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
			$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤2 h)
			$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤10 h)
			$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)
			$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)

4.3 Kriittisyysluokittelun tulokset

Lastausvarren kriittisyysluokittelun tuloksina selvisivät kriittisimmät osat lastausvarressa. Kriittisimmät osat olivat lastausliittimet ja palje. Lastausliittimien vikaantumisvälin arvoksi todettiin 4, mikä arvioi lastausliittimen vikaantuvan 0,5–2 vuoden välein. Vikaantumisväli todettiin lastausliitimiin liittyvien työtilausten avulla. Turvallisuusriski lastausliittimen luokittelussa todettiin vähäiseksi. Lastausliitintä käytettäessä käyttäjän turvallisuus ei ole vaarassa. Yleisimpiä vikoja lastausliittimessä on tippavuoto, joka ei tuota turvallisuusriskiä. Ympäristöriski

todettiin lastausliittimen osalta matalaksi. Lastauspaikoilla on pieniä vuotoja varten tippakaukalot, joihin mahdolliset vuodot saadaan otettua talteen hallitusti, eikä polttoainetta pääse vuotamaan ympäristöön. Lastausliittimien toimintaan liittyvät tuotannon menetykset ja laatukustannukset todettiin mitättömiksi. Jos muutamia lastausliittimiä on poissa käytöstä, ei tämä vaikuta tuotantoon tai jakeluun merkittävästi, sillä yhden lastausvarren liittimen rikkoutuessa voi tuotetta lastata toisesta lastausvarresta ja mahdollisesti toisesta lastauspaikasta. Lastausliitin ei vaikuta lastattavan polttoaineen laatuun. Viimeinen arviointikohde oli korjaus- tai seurauskustannukset, jotka arvioitiin koko lastausvarrelle vain korjauskustannukset huomioon ottaen. Korjauskustannukset ovat vähäiset ja lastausliittimien vaihdon arvioidaan kestävän n. kaksi tuntia.

Palje (kuva 7) on hieman joustava metallinen haitarimainen osa lastausvartta. Palkeen tarkoitus on joustaa ja estää lastausvarren vaurioituminen lastaustilanteessa. Palkeita menee rikki todella usein ja palkeelle todettiin kriittisyysluokittelussa vikaantumisvälin arvoksi 8, joka arvioi palkeen vikaantuvan puolen vuoden välein. Palkeen turvallisuusriski todettiin todella vähäiseksi, koska palje vuotaa vain tippoja sen rikkoutuessa. Ympäristöriski todettiin myös todella vähäiseksi, sillä epäkuntoinen palje vuotaa tuotetta vain minimaalisesti. Tuotantomenetys palkeen kriittisyysluokittelussa todettiin mitättömäksi, sillä yhden lastausvarren palkeen rikkoutuessa voi tuotetta lastata toisesta lastausvarresta ja mahdollisesti toisesta lastauspaikasta. Laatukustannukset ovat myös mitättömiä palkeen kohdalla. Korjauskustannukset arviotiin palkeen kohdalla vähäisiksi ja korjaustoimien normaali kesto on n. kaksi tuntia.

Kuva 7. Lastausvarren palje.

Muiden lastausvarren osien osalta kriittisyysanalyysistä selvisi, etteivät osat ole kokonaisuudessa kriittisiä. Lastausvarren nivelet saavat kriittisyysanalyysissä alhaisen indeksin ja nivelen vikatilanteet johtuvat yleensä rasvauksen puutteesta. Tämä johtaa lastausvarren jäykkään liikkuvuuteen ja mahdollisesti pieneen tippavuotoon. Nivelien turvallisuusriskit, ympäristöriskit ja korjauskustannukset jäävät minimaalisiksi. Tasapainosylinterin vikaantumisväli ja turvallisuusriski ovat todella alhaisia, koska tasapainosylinterit ovat toimineet moitteettomasti koko käyttöajan ja korjaustoimenpiteitä on tehty vain, kun sylinterin kiinnitys on vaatinut kiristystä tai sylinteri on vaatinut rasvausta. Lastausvarren rungot ovat toimineet halutusti ilman huoltotoimenpiteitä, joten rungon kriittisyysindeksi on nolla. Kriittisyysluokittelun tulokset näkyvät taulukossa 5. Tuotantomenetyksen painoarvokerroin W_p ei vaikuta lastausvarren kriittisyysluokitteluun, sillä lastausvarren vikaantumisesta ei synny tuotannollisia häviöitä.

Taulukko 5. Kriittisyysluokittelun pisteytys.

Laitos Jakeluterminaali
Kriittisyysluokittelun kohde Lastausvarsi
Tekijät Visa Koskikallio
Versio 1
Päiväys 10.2.2022

Kriittisyyden raja-arvo	400
Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp	100

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1…8)	Turvallisuus (0…16)	Ympäristö 0…16	Tuotannon menetys (0…4)	Lopputuotteen laatukustannus (0…4)	Korjauskustannus (0…4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		Painoarvot W -->	30	20	100	30	20	K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
	Lastausliittimet 100	4	2	1	0	0	1	400	240	80	0	0	80
	Lastausliittimet 200	4	2	1	0	0	1	400	240	80	0	0	80
	Lastausliittimet 500	4	2	1	0	0	1	400	240	80	0	0	80
	Lastausliittimet 600	4	2	1	0	0	1	400	240	80	0	0	80
	Nivel 1	2	1	1	0	0	1	140	60	40	0	0	40
	Nivel 2	2	1	1	0	0	1	140	60	40	0	0	40
	Nivel 3	2	1	1	0	0	1	140	60	40	0	0	40
	Runko A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Runko B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Runko C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tasapainotussylinteri	1	1	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0
	Palje	8	1	1	0	0	1	560	240	160	0	0	160

Lopputuloksena kriittisyysluokittelusta saatiin kriittisyysindeksi kaikille lastausvarren osille. Osaluettelosta saatiin myös selville kriittisimmät osat, jotka ovat palje ja lastausliittimet. Kriittisyyden raja-arvoa ei muutettu standardin asettamasta 400:sta.

5 Vika- ja vaikutusanalyysi

Standardi SFS-EN IEC 60812 käsittelee vika- ja vaikutusanalyysiä. Standardissa käsitellään vika- ja vaikutusanalyysin suunnittelua, toteutusta ja raportointia. Vika- ja vaikutusanalyysin tarkoituksena on systemaattisesti arvioida ja tunnistaa laitteen tai prosessin heikot kohdat. Analyysin tavoitteena on löytää vikaantumisen syyt ja kohteet. Analyysi tarkastelee vian vaikutuksia prosessin, laitteen, ympäristön ja ihmisen kannalta. Kun analyysi on suoritettu, toimii se päätösten tukena, joilla vähennetään vikaantumisen todennäköisyyttä. Vikaantumisen vähenemisellä parannetaan luotettavuutta prosessille tai laitteelle, vähennetään ympäristön kuormitusta, vähennetään hankinnan ja operoinnin kuluja ja parannetaan yrityksen mainetta. [9, s. 2–8.]

5.1 Suunnittelu

Vika- ja vaikutusanalyysin suunnittelussa mietitään miksi analyysi kannattaa tehdä ja mille laitteille tai prosessille se tehdään. Suunnitteluvaiheessa mietitään myös missä tilassa prosessi tai laite on, kun siitä tehdään vika- ja vaikutusanalyysi. Suunnittelun tavoitteena on määrittää tehokkain tapa toteuttaa analyysi. Suunnittelun lopputuloksena on vika- ja vaikutusanalyysin räätälöity ja kustannustehokas suunnitelma, joka sisältää seuraavat asiat [9, s. 17]:

- Määritys laitteista ja laajuudesta, mille analyysi tehdään
- Määritys analyysin rajoista ja käyttöskenaarioista
- Määritys vikaantumisten tärkeysjärjestyksestä
- Määritys miten analyysi dokumentoidaan ja raportoidaan
- Määritys resurssien jaosta analyysin eri kohteisiin.

5.2 Toteutus

Toteutusvaihe on vika- ja vaikutusanalyysin laajin vaihe. Toteutus aloitetaan jakamalla laite tai prosessi alajakoihin. Esimerkiksi laite voidaan jakaa osiin tai pienempiin alakokoonpanoihin. Alajakojen koko vaikuttaa analyysin lopputulokseen. Mitä enemmän tarkasteltavaa laitetta tai prosessia jaotellaan, sitä tarkempi analyysi saadaan aikaiseksi. Mitä tarkempi analyysi päätetään tehdä, sitä kauemmin se kestää. Toteutuksen seuraava vaihe on tunnistaa laitteen toiminnan ja suorituskyvyn normaalitoimintatila, jotta voidaan tunnistaa vähäisimmätkin muutokset laitteen kunnossa. Suorituskyvyn normaalitoimintatila tulisi selvittää kaikille tarkoituksille, mitä laitteen tulisi tehdä. Kun tunnetaan normaalitoimintatila, voidaan vikaantumiset tunnistaa jo aikaisessa vaiheessa. Toteutuksen kolmannessa vaiheessa tulee tunnistaa laitteen erilaisten mahdolliset viat. Analyysin tarkoitus on löytää kaikki mahdollisesti toteutuvat viat, jotka voivat esiintyä laitteessa. Vikojen tunnistukseen standardiin on listattu asioita, jotka auttavat tunnistamaan viat [9, s. 22–23]:

- Uuden laitteen vertailu vanhaan samanlaisessa tilanteessa ja toimintatarkoituksessa

- Vertailu jo tehtyihin vika- ja vaikutusanalyyseihin
- Operointikokemus
- Suoritus- ja olosuhdetestit laitteen ilmoittamien teknisten rajojen yli
- Yleisien vikaantumisien listaus keskittyen yhteen osaan kerrallaan
- Kunnossapito- ja korjaustietokannat
- Tapaus- ja tapaturmatietokannat
- Yksilön tietotaito laitteesta tai aiheesta.

Vika- ja vaikutusanalyysin seuraavassa vaiheessa kaikille vikaantumistavoille on selvitettävä olemassa olevat hallinta- ja ehkäisytavat. Myös vian havainnointitavat on tunnistettava. Jos vian tunnistaa aikaisessa vaiheessa, pystytään siihen puuttumaan ja mahdollisesti estämään suurempi vikaantuminen ja ehkäisemään vian seuraukset etukäteen. Kun vikaantumisen syyt ovat selvitetty, tulee niiden seuraukset selvittää. Vikojen paikalliset ja lopulliset seuraukset selvitetään. Erilaisilla vioilla voi olla samat seuraukset. Vikojen lopulliset seuraukset ovat tärkeä selvittää, jotta saadaan viat aseteltua tärkeysjärjestykseen. Paikalliset vikojen seuraukset voivat joissain tilanteissa tarkoittaa vain vikaantunutta laitetta. Usein vikaantumisen seuraukset ovat jaoteltu ryhmiin vakavuuden näkökulmasta. [9, s. 23–25.]

Seuraavassa vika- ja vaikutusanalyysin vaiheessa pyritään tunnistamaan vikaantumisen syyt. On hyödyllistä ymmärtää, miten vioittuminen syntyy, koska sillä voidaan lieventää vian syntymisen ja seurausten todennäköisyyttä. Vikaantumisen syyn etsimiseen vaikuttaa kohteen tärkeys ja miten paljon syyn etsimiseen on rahallisesti panostettu. Vikaantumisen syyn löytämistä tulisi tutkia laitteiston, ohjelmiston ja käyttäjän kannalta. Nämä kaikki kolme tai niiden yhteistekijät voivat olla syynä vikaantumiselle. Myös yleiset vikaantumisen syyt tulisi selvittää. Yleiset vikaantumisen syyt ovat sellaisia vikoja, jotka esiintyvät useasti lyhyellä aikavälillä tai sellaisia vikoja, joissa enemmän kuin yhdessä osassa esiintyy vika. Vikoja, jotka syntyvät käyttäjän toiminnan seurauksena on vaikea analysoida ja ne voivat olla tahallisia tai tahattomia. Yleisesti prosessista, jonka käyttäjä suorittaa yritetään tehdä mahdollisimman yksinkertainen, jotta vikojen syntymisen mahdollisuus olisi mahdollisimman pieni. Vika- ja vaikutusanalyysin tulisi selventää jaotellaanko erilaiset viat tärkeysjärjestykseen. Joissakin vika- ja

vaikutusanalyyseissä arvioidaan myös eri vikojen todennäköisyydet. Vikojen todennäköisyyden arvioinnin yhteydessä asetetaan analysoitava kohde aikaikkunaan elinkaarensa mukaan jaoteltuna esim. takuuaika, odotettu käyttöikä tai itse valittu aikaväli. Vikojen todennäköisyyden arviointiin voidaan käyttää esimerkiksi näitä tapoja [9, s. 25–27]:

- testituloksia elinkaaritutkimuksista tai laboratoriotuloksia käyttäjän virheistä,
- käytössä olevat tiedonlähteet vikaantumisista, vikaantumisvälistä ja vikaantumistodennäköisyyksistä,
- tarkastuskierroksien vikaantumisilmoitukset,
- käyttäjien toimintatapojen tarkkailu ja
- vikaantumisdata samanlaiselle laitteistolle, jota voi verrata analyysin kohteeseen.

Muita parametrejä, joita voidaan käyttää vika- ja vaikutusanalyysissä, on havaittavuus. Havaittavuudella tarkoitetaan, miten helposti vika voidaan havaita ennen kuin laitteessa tapahtuu seurauksia viasta. [9, s. 27.]

Vika- ja vaikutusanalyysin toteutus viimeisessä vaiheessa tarkoituksena on tunnistaa toimenpiteet, jotka suoritetaan analyysin perusteella. Toimenpiteet tulee tunnistaa, arvioida ja raportoida. Jos vika- ja vaikutusanalyysin perusteella tehdään uusia toimenpidesuosituksia, pitää analyysi olla kattava ja laaja. Toimenpiteiden muutokset voivat johtaa [9, s. 28–29]:

- vian häviämiseen/vähenemiseen tai
- vian seurausten vähenemiseen.

Jos uusia toimenpiteitä otetaan käyttöön, on syytä palata tehtyyn vika- ja vaikutusanalyysiin ja tarkistaa onko uusia vian muotoja ilmaantunut [9, s. 28–29].

Tarkasteltuani standardin SFS-EN IEC 60812 ja Nesteen tapoja suorittaa vika- ja vaikutusanalyysi, päätin tehdä analyysin Nesteen omaa vika- ja vaikutusanalyysipohjaa hyödyntäen. Molemmat analysointitavat käyvät karkeasti samat asiat läpi ja niissä käytetään samanlaista lähestymistapaa. Koen Nesteen vika-

ja vaikutusanalyysin tässä yhteydessä hyödyllisemmäksi kuin SFS-EN IEC 60812 hyödyntämisen.

6 Nesteen Kriittisyys- ja riskiperusteinen laitteiden hallinta standardi

6.1 Periaate

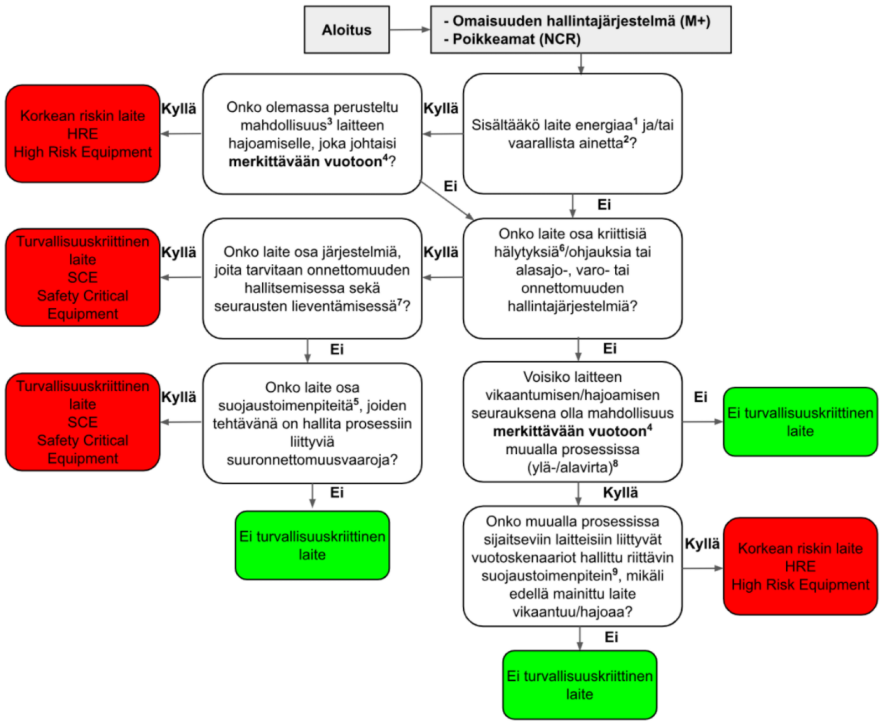
Nesteen kriittisyys- ja riskiperusteisen laitteiden hallinnan standardin periaate on hallita laitoksen eheyttä, jotta prosessiturvallisuus ja kannattava toiminta pystytään ylläpitämään. Laitosturvallisuuden kannalta standardi keskittyy määrittämään käyttöön soveltuvien laitteiden vaatimukset sekä suunnittelemaan ja rakentamaan ne. Laitosturvallisuus pyritään toteuttamaan laitteiden eheyden testauksilla, tarkastuksilla ja kunnossapitotoiminnalla. Omaisuudenhallinnan johtamisjärjestelmällä pyritään toteuttamaan näitä asioita. Omaisuushallinnan johtamisjärjestelmällä pystytään varmistamaan prosessilaitteiston eheys siten, että se vastaa alun perin suunniteltua tai asianmukaisesti hyväksyttyä. Jos laitteeseen tehdään muutoksia, varmistaa omaisuudenhallinnan johtamisjärjestelmä, että turvallisuuskriittiset laitteet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Järjestelmä myös varmistaa vajaakuntoisen laitteen käyttöajan minimoinnin priorisoimalla siihen korjaus- ja kunnossapitotoimenpiteitä. Koko prosessin tavoitteena on tunnistaa ennakoivat toimenpiteet ja lisätä ennakoivaa kunnossapitoa niille laitteille, joille se on kannattavaa. Perinteistä korjaavaa kunnossapitoa yritetään vähentää. Laitteiden kriittisyys- ja riskiperustainen hallintaprosessi jakautuu standardissa neljään osaan [10, s. 4]:

- kriittisyysluokittelu
- vika- ja vaikutusanalyysi
- ennakkohuolto toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus
- varaosien hallinta.

Nesteen standardin osia ennakkohuoltotoimenpiteiden suunnittelu ja toteutus ja varaosien hallinta ei ole vielä julkaistu, joten tarkastelen vain standardin kahta ensimmäistä osaa kriittisyysluokittelu ja vika- ja vaikutusanalyysi.

6.2 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyysluokittelun ensimmäisessä vaiheessa määritellään turvallisuuskriittiset laitteet ja korkean riskin laitteet laitosturvallisuuden näkökulmasta. Turvallisuuskriittisen laitteen tarkoitus on estää suuronnettomuus tai lieventää sen seurauksia. Korkean riskin laite on sellainen laite, joka aiheuttaa mahdollisuuden suuronnettomuudelle tai suurelle päästölle, jos laite vikaantuu tai hajoaa. Prosessikaaviolla (kuva 8) voidaan määritellä mitkä laitteet ovat laitosturvallisuuden kannalta turvallisuuskriittisiä ja korkean riskin laitteita. [10, s. 5.]



Kuva 8. Prosessikaavio turvallisuuskriittisten ja korkea riskin laitteiden määrittämiseksi [10, s. 5].

6.2.1 Turvallisuuskriittinen laite (Safety Critical Equipment - SCE)

Turvallisuuskriittisiä laitteita ovat kaikki ne laitteet, jotka estävät jollakin tavalla suuronnettomuusvaarojen syntymistä tai lieventävät suuronnettomuuden seurauksia. Tyypillisesti turvallisuuskriittiset laitteet ovat osa prosessiriskianalyysin

suojautumiskerroksia, joiden tarkoitus on pienentää riskianalyysissä tunnistettujen suuronnettomuusvaarojen muodostavien tilanteiden esiintymisen todennäköisyyttä. Mekaanisia suojautumiskerroksia ovat esim. varoventtiili, murtolevy, räjähdysluukku, liikavirtausventtiili ja pumppujen tuplatiivisteet. Järjestelmiä, joilla pyritään estämään ja hallitsemaan suuronnettomuuksia ovat mm. viemäröinti, vallitilat, palosuojaukset, palotorjuntajärjestelmät, räjähdyssuojaukset, hätäilmanvaihto, kaasupesurit ja prosessin hallintajärjestelmät. [10, s. 7.]

6.2.2 Korkean riskin laite (High Risk Equipment - HRE)

Korkean riskin laite määritellään riskien perusteella. Laitteen sisältö, olosuhteet ja kunto otetaan huomioon. Elinkaarensa alussa olevaa laitetta ei yleensä luokitella korkean riskin laitteeksi. Laite lasketaan korkean riskin laitteeksi, kun se on vanhentunut ja siinä on merkittäviä kunnon heikentymisiä esim. korroosiota, murtumisia tai väsymistä. Laitteen merkittävät kunnonheikentymiset voivat yleensä johtaa hajoamiseen ja merkittävään vuotoon, jolloin laite on määriteltävä korkean riskin laitteeksi. Yleisiä korkean riskin laitteen luokitteluvaatimuksia ovat [10, s. 7–8]:

- Korkean riskin laitteen ja turvallisuuskriittisen laitteen luokittelusta tulee tehdä erillinen selvitystyö, joka tehdään ryhmässä, jossa on riittävästi kokemusta, ammattitaitoa ja osallistujia eri osaamis- ja vastuualueilta.
- Korkean riskin laitteen tunnistamista arvioidaan jokaisen tarkastuksen, kokeen ja testin jälkeen.
- Uusia laitteita hankittaessa on tärkeää pyrkiä jo etukäteen tunnistamaan sellaiset laitteet, jotka todennäköisesti tullaan elinkaarensa aikana luokittelemaan korkean riskin laitteeksi.
- Turvallisuuskriittisten laitteiden tulisi aina olla toimintakykyisiä ja toimia oikein, jotta prosessiturvallisuus säilyy.

6.2.3 Lastausvarren laitteiden kriittisyysluokittelu

Kriittisyysluokittelu Nesteen standardin mukaan jakaa laitteet kolmeen luokkaan kriittinen, tärkeä ja normaali. Tämä luokittelu perustuu laitteen merkitykseen

prosessissa. Luokiteltavan laitteen merkitys yksikön tuotannolle on keskeisin tekijä kriittisyysluokan määritykselle. Luokittelun tavoitteena on tunnistaa normaalin toiminnan riskikohteet ja keskittää toimintoja niihin laitteisiin. Venttiilit, kiinteät ja pyörivät laitteet seuraavat PSK 6800 standardin viittä osaindeksiä kriittisyysluokittelussa. [10, s. 8.]

Jaottelin lastausvarren osat aikaisemmin tehdyn PSK 6800 standardin kriittisyysluokittelun pohjalta normaaleihin ja tärkeisiin. Mikään lastausvarren osa ei saanut niin suurta kriittisyysindeksiä kriittisyysluokittelussa, että sen voisi arvioida kriittiseksi osaksi. Palje ja lastausliittimet voidaan luokitella tärkeiksi osiksi. Nivelet, rungot ja tasapainosylinterin luokittelin normaaleiksi osiksi.

6.3 Nesteen vika- ja vaikutusanalyysimenetelmä

Vika- ja vaikutusanalyysin tekemiseen Nesteen menettelyllä oli saatavilla esimerkkejä muille laitteille tehdyistä analyyseistä. Nesteen vika- ja vaikutusanalyysitaulukko on jaoteltu sisältämään tietoja käsiteltävästä komponentista, vikaantumiseen liittyvistä tiedoista, nykyisistä menetelmistä, uusista ehdotetuista menetelmistä ja vaihtoehtoisesta informaatiosta. Käsiteltävä komponentti -osioon täytetään tiedot [11]:

- laitetunnus
- laitteen kuvaus
- komponentti
- komponentin tehtävä
- toiminnallinen häiriö
- vikaantumismuoto
- mahdollinen vikaantumisen syy.

Nykyinen menetelmä -osioon tulee tietoja tämänhetkisistä toimintamenetelmistä liittyen käsiteltävään laitteeseen ja komponenttiin. Kyseiseen osioon täytetään tiedot [11]:

- nykyinen suunnitelma vikaantumisen estämiseksi

- nykyinen ennakkohuoltoväli
- komponentin arvioitu kestoikä
- vakavuus.

Uusien ehdotettujen menetelmien -osioon kerätään tiedot uudesta strategiasta, joka otettaisiin mahdollisesti käyttöön laitteelle ja komponenteille. Uusien ehdotettujen menetelmien -osioon täytetään tiedot [11]:

- ehdotettu strategia
- ehdotettu toimenpide
- ehdotettu jaksotus
- vastuuorganisaatio
- valmistelija
- työnjohtaja
- arvioitu tehtävän kesto
- aloitusaika
- määräaika.

Vaihtoehtoisessa informaatio -osioon täytetään tietoja silloin kun M+-ohjelma ei ole käytössä. Vaihtoehtoinen informaatio-osioon täytetään tiedot [11]:

- tukiorganisaatio
- avustaja
- tehtävän kesto.

Taulukon lopussa on solut käyttöpäällikkö, kommentit ja M+. Nämäkin ovat harvoin käytössä. [11.]

6.4 Nesteen vika- ja vaikutusanalyysi lastausvarrelle

Vika- ja vaikutusanalyysi tehtiin koko lastausvarrelle ja neljälle eri lastausliittimelle. Jakeluterminaalissa työskentelevä Kunnossapitomestari oli mukana analyysiä tehtäessä. Vika- ja vaikutusanalyysin ensimmäisessä osassa määritellään laite- ja komponenttitiedot ja vikaantumiseen liittyvät tiedot. Näistä tiedoista

koottiin taulukkoja (Liite 1), joissa on lueteltu laite, sen komponentit, komponenttien tehtävä, toiminnallinen häiriö, vikaantumismuoto ja mahdollinen vikaantumisen syy.

Seuraavassa analyysin vaiheessa selvitettiin nykyiset toimintamenetelmät. Lastausvarsien ja -liittimien nykyinen suunnitelma vikaantumisen estämiseksi on, että komponentti vaihdetaan, kun se vioittuu. Nykyinen ennakkohuoltoväli on 5 vuotta kaikille lastausvarren komponenteille paitsi palkeelle, jolla ennakkohuoltoväli on 2 vuotta. Komponenttien arvioitu kestoikä on sama kuin ennakkohuoltoväli. Vakavuus-osiossa arvioidaan laitteen vikaantumisen vakavuus asteikolla 1–4. Lastausvarren ja -liittimen komponentit saivat vakavuusarvoksi 2, jonka selite on: Laite vikaantuu osittain, mutta ei vaikuta oleellisesti prosessiin.

Lastausvarsien ja -liittimien uudeksi kunnossapitostrategiaksi valittiin käyttöaikaan ja kuntoon perustuva strategia, jossa seurataan automaation dataa. Strategia saadaan toteutettua tarkastelemalla käyttömäärää ja käyttöaikaa automaatiojärjestelmästä ja suorittamalla toimenpiteet, kun toinen näistä täyttyy. Ehdotettu jaksotus tulee ilmi jo strategia ja toimenpide -osiossa. Jakson aika riippuu siten siitä, kumpi tulee täyteen aikaisemmin: käyttöikä vai käyttömäärä. Vastuuorganisaatio on omaisuudenhallinta ja arvio tehtävän kestosta on neljä tuntia.

Vika- ja vaikutusanalyysistä jätettiin pois sarakkeita, jotka eivät olleet oleellisia tai liittyivät Nesteen sisäisiin vastuuhenkilöihin tai ohjelmamerkintöihin. Poistetut sarakkeet on helppo lisätä analyysiin jälkikäteen, jos vika ja -vaikutusanalyysissä suunnitellut muutokset otetaan käyttöön kunnossapidon toimintaan jakeluterminaalissa. Vika- ja vaikutusanalyysistä jätettiin pois sarakkeet: laitetunnus, laitteen tyyppi, valmistelija, työnjohtaja, aloitusaika, määräaika, tukiorganisaatio, avustaja, käyttöpäällikkö, kommentti ja M+.

7 Yhteenveto

7.1 Pohdinta

Aloitin insinöörityön tekemisen tavoitteenani keksiä parannuksia lastausvarsien kunnossapidolle. Ideana oli lisätä ehkäisevää kunnossapitoa ja sen kautta kehittää lastausvarsien ja -liittimien kuntoa ja käytettävyyttä. Työn aikana alkoi selvitä, ettei ehkäisevä kunnossapito ole taloudellisesti kannattava toimintatapa lastausvarren ja -liittimen kunnossapidossa. Tämän jälkeen insinöörityö alkoi kehittyä enemmän katsaukseksi lastausvarsien ja -liittimien kunnossapidosta.

Kriittisyysanalyysin tekeminen onnistui ja lastausvarren osat saatiin asetettua kriittisyysjärjestykseen, joka vaikutti oikealta. Pieniä yleistyksiä jouduttiin tekemään kriittisyysanalyysissä, sillä lastauslaituri ryhmissä on käytössä useampia eri lastausliittimiä. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi lastausliittimien kriittisyysanalyysin tulokseen, sillä kaikki neljä lastausliitintä saivat saman tuloksen kriittisyysanalyysissä.

Vika- ja vaikutusanalyysin tekeminen aloitettiin tarkastelemalla standardia SFS-EN IEC 60812. Kun olin ymmärtänyt standardin idean, huomasin että Neste on tehnyt jo aikaisemmin vika- ja vaikutusanalyysejä muille kokoonpanoille. Päätin käyttää olemassa olevaa Excel-pohjaa vika- ja vaikutusanalyysille, jota oli käytetty Nesteellä aikaisemmin. Vika- ja vaikutusanalyysin tuloksena selvitettiin, miten lastausvarren- ja liittimen yleisimmin vikaantuvat osat menevät rikki. Tätä kautta ruvettiin miettimään uutta kunnossapitostrategiaa lastausvarrelle ja -liittimelle. Uudeksi ehdotetuksi kunnossapitostrategiaksi valittiin käyttömäärään ja käyttöaikaan perustuva kunnossapito. Käyttömäärään ja -ajan seuraamisen voisi yhdistää nykyiseen kunnossapidon toimintaan.

7.2 Kehitysideat

7.2.1 Perehdytyksen varmistaminen

Näkisin hyödylliseksi varmistaa kuorma-auton kuljettajien perehdytys lastausvarsien- ja liittimien käytöstä Nesteen puolesta. Tällä hetkellä uusi lastausvarren käyttäjä saa todennäköisesti perehdytyksen omasta yrityksestä, joka ostaa Nesteeltä polttoainetta. Voi olla tilanteita, joissa uusi kuorma-auton kuljettaja tulee lastaamaan polttoainetta lastauslaiturille ilman perehdytystä. Kuorma-auton kuljettajalta tulisi kysyä aina ennen lastausta onko hän saanut perehdytyksen lastausvarren- ja liittimen käyttöön. Tällä menettelyllä saataisiin lastausvarren- ja liittimen virheellinen käyttö vähentymään ja siten myös vikaantumiset vähentymään. Jakeluterminaalin operaattorit voisivat suorittaa perehdytyksen lastausvarteen- ja liittimeen.

7.2.2 Lastausliittimien uusinta

Uusia lastausliitinvaihtoehtoja voisi tulevaisuudessa kokeilla ainakin Emcon- ja Perolon-lastausliittimien tilalle. Varsinkin Perolon-lastausliitin alkaa olla jo niin vanha, että sen tilalle voisi harkita uutta lastausliitintä. Erilaisia vaihtoehtoja löytyy todella paljon. Lastausliittimistä ei pelkkien teknisten tietojen perusteella tiedä, miten ne toimisivat verrattuna nykyisiin liittimiin. Uusi liitin pitäisi ottaa kokeilujaksoon jakeluterminaaliin ja toiminnan perusteella todeta onko uusi liitin toiminnaltaan, huollettavuudeltaan ja hinnaltaan parempi vaihtoehto.

Emco Wheatonin uudempaa lastausliitintä J0453 (kuva 9) voisi harkita kokeiluun jakeluterminaalien lastauslaitureille. Lastausliitin J0453 on tullut markkinoille vuonna 2020. J0453 on uudempi versio käytössä olevasta Emco Wheaton J0452-052 Low Temp -lastausliittimestä. J0453 lastausliitintä markkinoidaan ominaisuuksiltaan: kevyt, nopea lastausnopeus, parannettu turvallisuus, kevyempi ja helpompi huollettavuus. Myös lastausliitintä irrotettaessa syntyvää vuo-

toa on vähennetty pumpulla, mikä on rakennettu lastausliittimeen lisälaitevaihtoehtona. Lastausliitin J0453 painaa 7,1 kg ja toimii 16 bar paineella. Lastausliitin on testattu 25 bar paineella. [12.]

Liitintä tulisi kokeilla käytännössä, jotta saataisiin selville, ovatko ominaisuudet luvatun kaltaiset. Siten käytön kautta voitaisiin tehdä johtopäätöksiä esim. mahdollisesta hankinnasta.

Kuva 9. Lastausliitin Emco Wheaton J0453 [12].

7.2.3 Lastausvarsien uudistaminen

Lähivuosina kuorma-autojen koot ovat suurentuneet verrattuna aikaan, jolloin lastausvarret on asennettu Nesteen jakeluterminaaliin. Varsinkin kuorma-autojen pituudet ovat kasvaneet huomattavasti. Tästä seuraa ongelma lastausvarsien ulottuvuuden suhteen. Kaikilla kahdentoista lastausvarren lastauslaiturilla etenkin lastausvarret yksi ja seitsemän joutuvat olemaan ääriasennossa lastaustilanteessa. Kun lastataan ääriasennossa lastausvarteen ja lastausliittimeen syntyy suurempaa vääntöä, joka mahdollisesti vaurioittaa lastausvarressa etenkin paljetta ja lastausliitintä. Myös kuorma-autojen ilmajouset liikuttavat kuorma-

autoa huomattavasti lastaustilanteessa, kun ajoneuvon paino nousee. Tästä seuraa liikettä myös lastausvarressa. Jos lastausvarsi on jo valmiiksi ääriasennossa, voi pienikin liike vaurioittaa sitä. Ratkaisu lastausvarren ulottuvuusongelmaan on se, että lastausvarret uusitaan pidemmiksi.

Lähteet

1 Camsec Coupler tuote-esittely. 2022. Verkkoaineisto. <https://www.gardnerdenver.com/en-fi/emcowheaton/fuel-systems/dry-break/camsec-coupler>. Luettu 1.2.2022.

2 API Coupler for filling and unloading - J0452 tuote-esittely. 2022. Verkkoaineisto. <https://www.gardnerdenver.com/en-fi/emcowheaton/fuel-systems/dry-break/api-coupler-j0452>. Luettu 15.2.2022.

3 4" (Ø164 mm) Technical information Tank unit / Adapter and Hose unit / Coupler. 2016. Verkkoaineisto. <https://www.manntek.se/downloads/product-data-sheets/>. Luettu 20.2.2022.

4 Dry Gas Couplings. 2016. Verkkoaineisto. <https://www.manntek.se/downloads/product>. Luettu 15.3.2022.

5 Järviö, Piispa & Parantainen, Åström. 2011. Kunnossapito. 4. painoksen lisäpainos. Helsinki: KP Media Oy.

6 Jäntti, Miikka. 2022. Group leader, Asset Management, Neste Oyj, Porvoo. Keskustelu 28.2.2022.

7 Technical proposal for Cross-Over loading arms. 1999. Alankomaat: Kanon Loading Equipment B.V.

8 PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. 2008. Helsinki: PSK Standardisointi.

9 SFS-EN IEC 60812. Failure modes and effects analysis. 2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

10 NMS 38743434. Kriittisyys- ja riskiperustainen laitteiden hallinta. 2019. Porvoo: Neste Oyj.

11 Nesteen vika- ja vaikutusanalyysi excel-taulukko. 2020. Porvoo: Neste Oyj.

12 J0453 API Coupler tuote esittely. 2022. Verkkoaineisto. <https://www.gardnerdenver.com/en-fi/emcowheaton/fuel-systems/dry-break/api-coupler-j0453>. Luettu 10.3.2022.

Vika- ja vaikutusanalyysin laite ja vikaantumistiedot

Laitteen ja komponentin tiedot			Vikaantumiseen liittyvät tiedot		
Laitteen kuvaus	**Komponentti**	**Komponentin Tehtävä**	**Toiminnallinen Häiriö**	**Vikaantumismuoto**	**Mahdollinen vikaantumisen syy**
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Lautanen	Avautua lastaustilanteessa	Ei avaudu	Jumittuminen	Vivun jumittuminen, johtuu rungon kulumisesta
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Lautasen tiiviste	Tiivistää lautanen	Vuotaa lastaustilanteessa tai sen jälkeen	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Pullahtaminen, Väärä operointi, Kulunut O-rengas, Epäpuhtaus
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Kynnet	Lukita lastausliitin vastakappaleeseen	Vaikea yhdistää vastakappaleeseen	Jumittuminen	Kynnet ei kiinnity tai ei ota kiinni
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Vipu	Avata ja sulkea lautanen	Jumittuu paikalleen	Jumittuminen	Vivun kiinnityksen pettäminen
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa vivun ja kahvan toiminta häiriöihin	Kuluminen	Ikä
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Laipan tiiviste	Tiivistää lastausliittimen lastausvarteen	Vuotaa mahdollisesti	Vuoto	Väärä asennustapa
Emco Wheaton J0452-052 Low Temp lastausliitin	Kahva	Ohjata kynsiä	Ei saa avattua kynsiä	Jumittuminen	Mekanismin rikkoutuminen, johtuu rungon kulumisesta

Laitteen ja komponentin tiedot			Vikaantumiseen liittyvät tiedot		
Laitteen kuvaus	**Komponentti**	**Komponentin Tehtävä**	**Toiminnallinen Häiriö**	**Vikaantumismuoto**	**Mahdollinen vikaantumisen syy**
Perolo Camsec Arctic lastausliitin	Lautanen	Avautua lastaustilanteessa	Ei avaudu	Jumittuminen	Vivun jumittuminen, liittyy prässättyihin tappeihin
Perolo Camsec Arctic lastausliitin	Lautasen tiiviste	Tiivistää lautanen	Vuotaa lastaustilanteessa tai sen jälkeen	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Pullahtaminen, Väärä operointi, Kulunut O-rengas, Epäpuhtaus
Perolo Camsec Arctic lastausliitin	Kynnet	Lukita lastausliitin vastakappaleeseen	Vaikea yhdistää vastakappaleeseen	Jumittuminen	Kynnet ei kiinnity tai ei ota kiinni
Perolo Camsec Arctic lastausliitin	Vipu	Avata ja sulkea lautanen	Prässätyt vivun kiinnitys tapit ei pysy paikallaan, välys liian iso	Jumittuminen	Vivun kiinnityksen pettäminen
Perolo Camsec Arctic lastausliitin	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin kynsissä ja vivussa	Kuluminen	Ikä
Perolo Camsec Arctic lastausliitin	Laipan tiiviste	Tiivistää lastausliittimen lastausvarteen	Vuotaa mahdollisesti	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Pullahtaminen, Löystyminen

Laitteen ja komponentin tiedot			Vikaantumiseen liittyvät tiedot		
Laitteen kuvaus	**Komponentti**	**Komponentin Tehtävä**	**Toiminnallinen Häiriö**	**Vikaantumismuoto**	**Mahdollinen vikaantumisen syy**
4" MannTek DDC lastausliitin	Kahva	Lastausliittimen ohjaus	Lastausliittimen hallinta vaikeutuu	Heiluminen	Kiinnityksen löystyminen
4" MannTek DDC lastausliitin	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Laakerikehän kuluminen johtaa tuotteen vuotoon, mikä johtaa rasvan liukenemiseen, mikä johtaa O-renkaan rikkoutumiseen	Kuluminen, vuoto	Laakerikehän kuluminen
4" MannTek DDC lastausliitin	Lautanen	Avautua lastaustilanteessa	Laakerikehän kuluminen johtaa tuotteen vuotoon, mikä johtaa rasvan liukenemiseen, mikä johtaa O-renkaan rikkoutumiseen	Jumittuminen	Laakerikehän kuluminen
4" MannTek DDC lastausliitin	Lautasen tiiviste	Tiivistää lautanen	Vioittunut O-rengas vuotaa tuotetta	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Pullahtaminen, Väärä operointi, Kulunut O-rengas, Epäpuhtaus
4" MannTek DDC lastausliitin	Lukitus mekanismi	Lukita lastausliitin vastakappaleeseen	Lukitusmekanismi vioittuu rullien osalta	Kuluminen, vuoto	Lukitus mekanismin rullien kuluminen
4" MannTek DDC lastausliitin	Laipan tiiviste	Tiivistää lastausliittimen lastausvarteen	Vuotaa mahdollisesti	Vuoto	Väärä asennustapa, löystyminen

Laitteen ja komponentin tiedot			Vikaantumiseen liittyvät tiedot		
Laitteen kuvaus	**Komponentti**	**Komponentin Tehtävä**	**Toiminnallinen Häiriö**	**Vikaantumismuoto**	**Mahdollinen vikaantumisen syy**
3" MannTek DGC lastausliittin	Kahva	Lastausliittimen ohjaus	Lastausliittimen hallinta vaikeutuu	Heiluminen	Kiinnityksen löystyminen
3" MannTek DGC lastausliittin	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Ikääntyminen voi johtaa vikaantumisiin	Kuluminen	Ikä
3" MannTek DGC lastausliittin	Lautanen	Avautua lastaustilanteessa	Jäykkä lautanen ei avaudu	Jumittuminen	Liian jäykkä, ei avaudu
3" MannTek DGC lastausliittin	Lautasen tiiviste	Tiivistää lautanen	Vioittunut O-rengas vuotaa tuotetta	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Pullahtaminen, Väärä operointi, Kulunut O-rengas, Epäpuhtaus
3" MannTek DGC lastausliittin	Lukitus mekanismi	Lukita lastausliitin vastakappaleeseen	Lukitusmekanismi vioittuu rullien osalta	Kuluminen, vuoto	Lukitus mekanismin rullien kuluminen
3" MannTek DGC lastausliittin	Kierteen tiiviste	Tiivistää lastausliittimen lastausvarteen	Vuotaa mahdollisesti	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Epäpuhtaus
3" MannTek DGC lastausliittin	Ulkokehän tiiviste	Tiivistää ulkokehä lastauksen aikana	Vuotaa mahdollisesti	Vuoto	Hauraus, Kuluminen, Väärä asennustapa, Pullahtaminen, Väärä operointi, Kulunut O-rengas, Epäpuhtaus
3" MannTek DGC lastausliittin	Välitilan tyhjennys	Tyhjentää lastausvarsi lastauksen jälkeen	Lastausvartta liikuteltaessa välitilantyhjennysletku vioittuu	Vuoto	Letkun vuoto

Laitteen ja komponentin tiedot			Vikaantumiseen liittyvät tiedot		
Laitteen kuvaus	**Komponentti**	**Komponentin Tehtävä**	**Toiminnallinen Häiriö**	**Vikaantumismuoto**	**Mahdollinen vikaantumisen syy**
Nivel 1	Laakeri	Sivuttaisiike	Jäykkyys	Vuoto, Jäykkä	Ei rasvattu tarpeeksi usein, Laakerin kuluminen
Nivel 1	Runko-osa	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen, Vuoto	Ikä
Nivel 2	Laakeri	Sivuttaisiike	Jäykkyys	Vuoto, Jäykkä	Ei rasvattu tarpeeksi usein, Laakerin kuluminen
Nivel 2	Runko-osa	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen, Vuoto	Ikä
Nivel 3	Laakeri	Ylös/alas-liike	Jäykkyys	Vuoto, Jäykkä	Ei rasvattu tarpeeksi usein, Laakerin kuluminen
Nivel 3	Runko-osa	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen, Vuoto	Ikä
Runko A	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen	Ikä
Runko B	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen	Ikä
Runko C	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen	Ikä
Tasapainosylinteri	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Kuluminen, Ruostuminen	Ikä
Tasapainosylinteri	Sylinteri	Tasapainottaa lastausvarren	Sylinterin jousen jumittuminen tai kuolettuminen johtuen iästä	Jousen kuolettuminen	Jousen ikä
Tasapainosylinteri	Kiinnitys	Kiinnittää tasapainosylinterin lastausvarteen	Ajan myötä kiinnitykset löystyvät	Löystyy	Ajan myötä
Palje	Runko	Pitää kokoonpano kasassa	Kuluminen johtaa toimintahäiriöihin	Vuoto	Liika rasitus
Palje	Laippa 1	Yhditää palkeen lastausvarteen	Voi löystyä käytössä	Vuoto	Löystyminen
Palje	Laippa 2	Yhditää palkeen lastausvarteen	Voi löystyä käytössä	Vuoto	Löystyminen
Palje	Laipan tiivisteet	Tiivistää laipat	Vuotaa mahdollisesti	Vuoto	Kuluminen, Väärä asennustapa