TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SUOSITELTUJEN VARAOSIEN MÄÄRITTÄMINEN TERMINAALITRAKTOREILLE

Antti Rämä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Konetekniikan koulutus
Älykkäät koneet

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutus
Älykkäät koneet

RÄMÄ ANTTI
Suositeltujen varaosien määrittäminen terminaalitraktoreille

Opinnäytetyö 26 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota terminaalitraktoreille varaosapaketteja tietyille käyttötuntimäärille sekä tutkia varaosien kulumista koneissa. Tutkimusmenetelminä käytettiin haastatteluja ja huoltodatan tutkimista. Asentajilta, asiakkailta ja muilta koneiden huollon parissa toimivilta henkilöiltä koottiin kokemusperäistä tietoa osien kulumisesta. Käyttäjistä johtuvat osien rikkoutumiset pyrittiin jättämään työn ulkopuolelle. Varaosasuosituslistat koottiin osa kerrallaan varaosakirjojen ja jo valmiiden varaosasuositusten avulla. Ongelmiksi työssä muodostuivat huoltodatan suppea määrä koneiden määrään nähden sekä koneiden kulumisen suuri riippuvuus käyttötavasta ja olosuhteista.

Työn tuloksena saatiin mallikohtaiset varaosasuositukset terminaalitraktoreille. Suositusten käyttötuntimäärät ovat vain suuntaa antavia koneiden kulumisen vaihtelun takia. Työ myös lisäsi tietoa koneiden kulumisesta ja varaosien kulutuksesta.

Suosituksista tulisi tarkempia, jos huoltodataa olisi enemmän. Koneiden käyttäjillä on runsaasti dataa koneista ja tätä dataa hyödyntämällä voitaisiin luoda asiakkaille jopa konekohtaisia suosituksia. Työn aikana saatiin ideoita erilaisista varaosapaketeista, joita voitaisiin jalostaa valmiiksi tuotteiksi. Huomattiin myös, että varaosakirjoja voisi kehittää. Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta raportista.

Asiasanat: lastinkäsittely, työkone, varaosat, huolto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Intelligent Machines

RÄMÄ ANTTI
Defining Recommended Spare Parts for Terminal Tractors

Bachelor's thesis 26 pages, appendices 1 page
April 2018

The purpose of the thesis was to compile spare parts packs for terminal tractors for certain running hours, and to study spare parts wear in the machines. The research methods of the thesis were interviews and examination of service data. Information the observed wearing of parts was collected from customers, mechanics and other machine maintenance staff. The objective was to exclude faults and wear caused by the user from the thesis was attempted. Lists of spare parts recommendations were compiled using spare part books and existing spare parts recommendations. The limited amount of maintenance data compared to the number of machines and the high dependence of wear and tear on how customers operate their machines presented certain issues in the thesis.

As a result of this study, model-specific spare parts recommendations for terminal tractors were obtained. The hours of use presented in the recommendations are merely indicative due to the variation in machine wear. New information on machine wear and spare parts consumption was also gained.

The recommendations would be more specific if there was more maintenance data available. Machine users have a great amount of data on the machines which could even be utilized to create customized recommendations for customers. Work on the thesis produced ideas of various spare parts packages. These ideas could be processed further into finished products. Spare part books should also be further developed. Confidential data has been removed from the public report.

Key words: load handling, machinery, spare parts, maintenance

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 5
2 OPINNÄYTETYÖN TARJONNUT YHTIÖ ... 6
2.1 Yhtiön esittely ... 6
3 TERMINAALITRAKTORI ... 7
3.1 Terminaalitraktori yleisesti ... 7
3.2 Tekniikka ja rakenne ... 7
3.2.1 Moottori ... 7
3.2.2 Voimansiirto ja akselisto ... 8
3.2.3 Jarrut ja paineilmajärjestelmä ... 8
3.2.4 Ohjaus ... 9
3.2.5 Kuormankäsittely ja hydrauliikka ... 10
4 JÄLKIMARKKINAT ... 11
5 VARAOSAT JA KUNNOSSAPITO ... 13
5.1 Kunnossapito ... 13
5.2 Varaosien kuluminen ja vikojen kehittyminen ... 13
5.2.1 Vika ... 14
5.2.2 Käyttäjästä johtuvat syyt, asennusvirheet ja vialliset osat ... 15
6 TUTKIMUS ... 17
6.1 Tutkimusmenetelmät ... 17
6.1.1 Haastattelut ... 17
6.1.2 Huoltodata ... 18
6.1.3 Valmiit varaosasuositukset ... 19
6.2 Osien valinta ... 19
6.2.1 Sähköosat ... 20
7 OSASUOSITUKSET ... 22
8 POHDINTA ... 23
LÄHTEET ... 25
LIITTEET ... 27

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia käyttötuntimääriin perustuvia varaosasuosituksia eri terminaalitraktorimalleille. Työ perustui opinnäytetyön tarjonneen yhtiön tarpeeseen saada lisää tietoa ja ymmärrystä varaosien kulumisesta sekä menekistä tietyissä malleissa. Varaosalistat perustuvat haastatteluista kerättyyn empiiriseen tietoon, huoltodataan sekä jo olemassa oleviin varaosasuosituksiin. Yrityksen toiveesta opinnäyteraportti perustuu julkiseen materiaaliin.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain tiettyjä terminaalitraktorimalleja. Jotta lopulliset varaosasuositukset olisivat suoraan käyttökelpoisia, olisi työtä pitänyt rajata vielä enemmän. Nyt työhön valittiin vain suosituimmat moottori- ja akselistovaihtoehdot. Työn rakenne on seuraava: kansilehti, tiivistelmä, abstrakti, sisällysluettelo, johdanto, terminaalitraktorin tekniikan esittely, jälkimarkkinat, varaosat ja kunnossapito, tutkimus ja varaosasuositusten laadinta, varaosasuositukset, pohdinta, lähteet sekä liitteet. Työssä käytetään kuvia ja kaavioita havainnollistamaan asioita. Opinnäytetyöraportissa pyritään tiivistämään laaja, paljon aikaa vienyt projekti kokonaisuudeksi, josta lukijan on helppo ymmärtää mitä työssä on tehty ja miten osasuosituksiin on päädytty.

2 OPINNÄYTETYÖN TARJONNUT YHTIÖ

2.1 Yhtiön esittely

Opinnäytetyön tarjoava yhtiö on johtava lastinkäsittelyratkaisujen tarjoaja, jolla on toimintaa yli sadassa maassa. Yhtiö ei tarjoa pelkästään tuotteita, vaan myös asiakkaan yksilölliset tarpeet huomioon ottavia, kokonaisvaltaisia ratkaisuja ja huoltopalveluja. Asiakkaita ovat omien toimialojensa johtavat yritykset sekä myös paikalliset toimijat.

3 TERMINAALITRAKTORI

3.1 Terminaalitraktori yleisesti

Terminaalitraktori on työkone, jota käytetään satamissa puoliperävaunujen ja konttien siirtoon laivoista kentälle. Niitä voidaan myös käyttää teollisuuden tehokkaaseen materiaalikäsittelyyn varustelemalla traktori tiettyä tehtävää varten.

3.2 Tekniikka ja rakenne

Terminaalitraktorien rakenne muistuttaa puoliperävaunujen vetoon tarkoitettua kuormaautoa. Traktoreissa on kuitenkin keskitytty perävaunun käsittelyyn. Ohjaamon suunnittelussa on ollut tavoitteena helppo pääsy perävaunun liittimiin.

Terminaalitraktoreita on sekä kaksi- että nelivetoisia malleja. Suurin osa suomessa käytettävistä terminaalitraktoreista on nelivetoisia johtuen sääolosuhteista. Tämä lisää sekä työturvallisuutta että koneiden tuottavuutta, koska koneen etenemiskyky on nelivetoisena kaksivetoista parempi. Nelivetoisen koneen etenemiskykyä tarvitaan esimerkiksi laivojen rampeissa.

3.2.1 Moottori

Terminaalitraktoreissa käytetään ahdettuja vähäpäästöisiä dieselmoottoreita. Dieselmoottorin käyttöä työkoneissa puoltaa ottomoottoria parempi hyötysuhde sekä sen vääntöominaisuudet. Moottoreiden toimittajia voivat olla esimerkiksi Volvo, Cummins tai Agco Power. Uudet koneet täyttävät päästöluokan Euro4. Opinnäytetyössä on tutkittu myös vanhempia malleja, joiden päästöluokat ovat luokkaa alempia, eli Euro 3.

3.2.2 Voimansiirto ja akselisto

Terminaalitraktoreissa on mallista riippuen erilaisia vaihteistoja. Joko ”perinteisiä” planeettapyörillä toteutettuja automaattivaihteistoja, tai mekaanisia hammaspyörävälitettyjä vaihteistoja. Kumpiakin vaihteistotyyppejä käytetään hydraulisesti elektroniikan ohjaamana. Nelivetomalleissa voima siirtyy moottorilta momentinmuuntimen kautta nivelakselille, joka välittää voiman vaihteistolle. Vaihteiston yhteydessä sijaitsee myös nelivedon kytkin. Sieltä voima siirtyy kumpaankin akseliin omalla nivelakselillaan. Kaksivetoisissa malleissa vaihteisto on suoraan moottorissa kiinni ja vaihteiston ja moottorin välissä on momentinmuunnin. Vaihteistolta taka-akselille voima siirretään nivelakselilla.

Terminaalitraktoreissa käytetään mallista riippuen eri valmistajien akselistoja. Kummallakin akselilla on jarrulaitteet. Etuakselisto on varustettu lehtijousin ja taka-akselisto on kiinteästi rungossa kiinni. Lisävarusteena taka-akselille on saatavissa ilmajousitus. Lähes kaikki Suomessa myytävät koneet varustetaan taka-akselin ilmajousituksella.

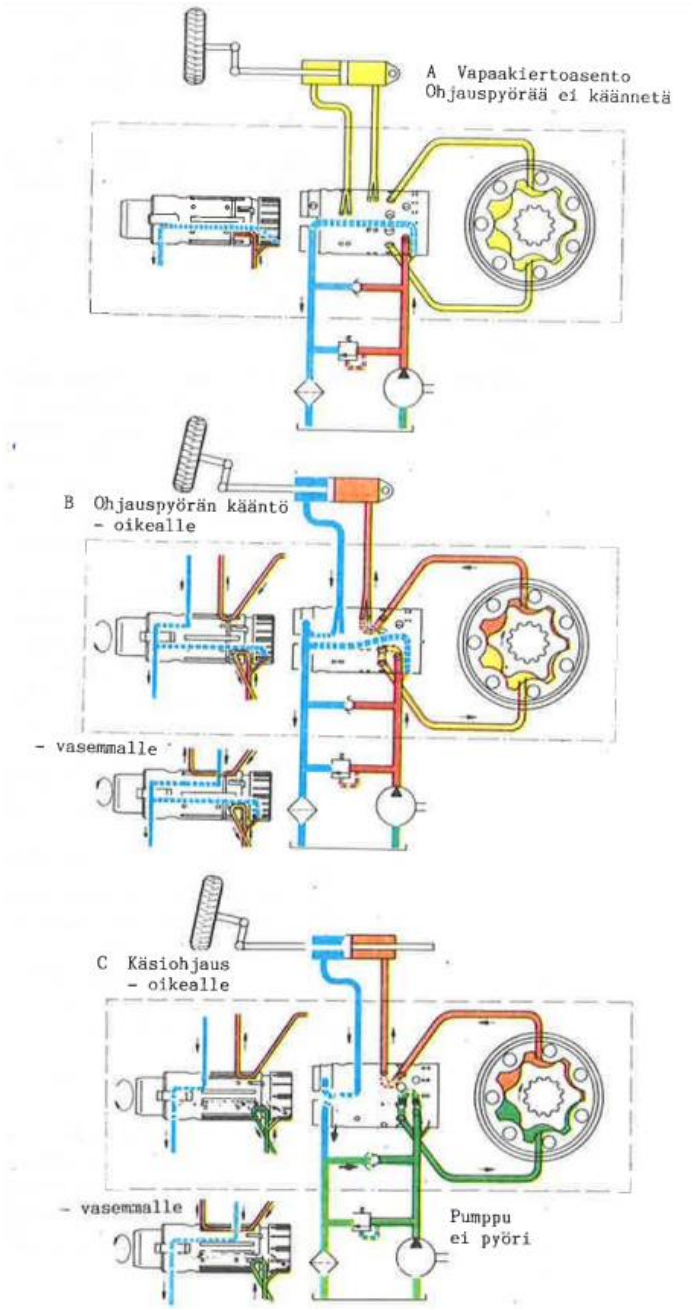
3.2.3 Jarrut ja paineilmajärjestelmä

Terminaalitraktoreissa on paineilmatoiminen kaksipiirinen jarrujärjestelmä, jossa on nelipiirisuojaventtiili. Tämä venttiili varmistaa toisen jarrupiirin toimimisen, vaikka toinen jarrupiiri vaurioituisi. Kummallakin jarrupiirillä on oma paineilmasäiliö. Myös seisontajarrulla on oma jarrupiirinsä.

Paineilma tuotetaan moottorin pyörittämällä kompressorilla. Ilmankuivaimella poistetaan kosteus ilmasta. Paineilmaa käytetään jousitukseen, tasauspyörästön lukon kytkentään, vetotapin aukaisuun, istuimen jousituksiin ja kaikkiin muihin paineilmatoimisiin varusteisiin.

3.2.4 Ohjaus

Terminaalitraktoreiden ohjausjärjestelmä on hydraulinen. Ohjauspyörästä etupyöriin ei ole mekaanista yhteyttä. Mikäli traktorissa on kääntöistuin, on järjestelmässä myös logiikkaventtiili. Venttiili huolehtii, että terminaalitraktori kääntyy aina ohjauspyörän kääntösuuntaan ohjauspylvään asennosta riippumatta. Ohjausjärjestelmään kuuluvat prioriteettikara, orbitol-venttiili ja ohjaussylinterit. Järjestelmän toiminta ja osat ovat selitetty alla olevassa kuvassa. Kuviossa on vain yksi ohjaussylinteri, joissakin terminaalitraktorimalleissa niitä on kaksi.



KUVIO 1. Ohjausjärjestelmän toimintaperiaate. (Louhos P. & Louhos J-P. 1992, 125)

3.2.5 Kuormankäsittely ja hydrauliikka

Traktoreissa on liikuteltavaan nostorunkoon kiinnitetty vetopöytä. Nostorunkoa voidaan nostaa ja laskea hydraulisesti. Osassa malleja on myös vetopöydän aktiivinen sivukallistus. Traktori peruutetaan kiinni perävaunuun niin, että vetokita kiinnittyy perävaunun vetotappiin. Perävaunun ilma- ja sähköliittimet kytketään traktorin liittimiin, perävaunun paineilmajärjestelmän annetaan täyttyä ja perävaunu voidaan nostaa kuljetusasentoon.

Hydraulipumppuna traktorin hydraulijärjestelmässä on säätötilavuuspumppu, joka on asennettu momentinmuuntimen yhteyteen. Hydraulijärjestelmä on kuormantunteva. Tilavuusvirtaa ei tuoteta, jos sitä ei tarvita jolloin säästetään polttoainetta. Venttiilistöltä tuleva LS-signaali (Load Sensing) säätää pumpun tuoton tarvitulle tasolle. Jos kuormaa ei ole, pumppu ei tuota tilavuusvirtaa. Tällöin hydrauliöljy ei kierrä järjestelmässä, vain pumpun sisäinen voitelujärjestelmä toimii. (Yhtiön tietokanta)

Ohjaukseen tarvittava tilavuusvirta ohjataan ohjaussylinterille prioriteettiventtiilillä, joka on hydrauliventtiilistön tulolohkossa. Virtaus määrittyy orbitol-venttiililtä tulevan LS-signaalin perusteella. Kun ohjausta ei käytetä, ei ohjaussylinterille johdeta öljyä.

Mikäli traktoria käytetään yhdessä lisälaitteiden kanssa, joissa tarvitaan hydrauliikkaa, on järjestelmässä toinen pumppu. Tämä "lisähydrauliikka" toimii samalla tavoin kuin edellä esitetty, mutta siinä ei ole ohjauksen prioriteettiventtiiliä.

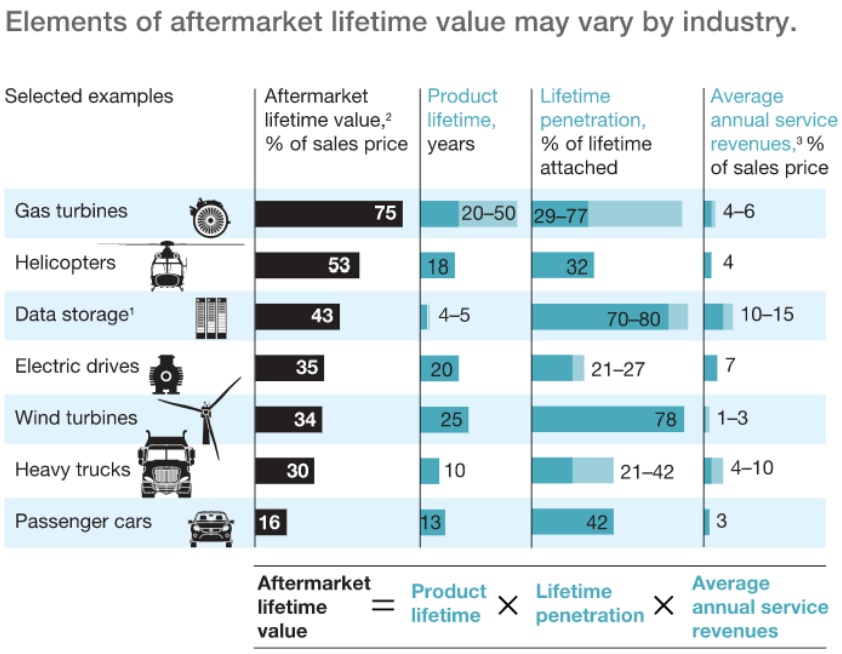
4 JÄLKIMARKKINAT

Jälkimarkkinoilla tarkoitetaan tuotteen tai laitteen oston jälkeisiä palveluita. Näitä ovat lastinkäsittelylaitteiden tapauksessa varaosatoiminnot, huolto- ja korjaamotoiminnot, koulutukset, digitaaliset palvelut sekä laitteiden automaatio- ja modernisointipalvelut. Jälkimarkkinat ovat yrityksille tärkeitä, koska niillä voidaan tehdä kannattavaa pitkäaikaista bisnestä.

Dr. Eric Viardotin mukaan jälkimarkkinat voivat tuottaa kolmesta neljään kertaa alkuperäisen hinnan mukaisen liikevaihdon laitteen elinkaaren aikana. (pragmaticmarketing.com 2007). Tämä tietenkin riippuu aina tuotteesta.

Mckinsey:n artikkelissa käytetään esimerkkeinä erilaisia tuotteita. Mitä monimutkaisempi ja kalliimpi tuote on kyseessä, sitä paremmat jälkimarkkinamahdollisuudet tuotteella on. Artikkelissa käytetään esimerkkinä kaasuturbiinia, jonka rikkoutuminen ja seisokkiaika ovat todella kalliita verrattuna vaikkapa kuorma-auton rikkoutumiseen. Kuorma-autoihin on saatavissa varaosia nopeasti ja useilta eri toimittajilta. Myös korjaamopalveluita on saatavilla runsaasti. Kaasuturbiinien osat ovat vaikeampia hankkia ja niiden huoltohenkilöstöä on vähemmän. Mitä spesifimpi tuote on kyseessä, sitä paremmat mahdollisuudet jälkimarkkinoilla on menestyä. (McKinsey & Company, 2017)

TAULUKKO 1. Tuotteen vaikutus jälkimarkkinoihin.



Koneita myymällä luodaan alusta jälkimarkkinoille. Koneen voi myydä uutena vain kerran, mutta kone tarvitsee jatkuvasti kulutus- ja varaosia, huoltoa ja korjaamista. Koulutusten avulla asiakkaat käyttävät koneitansa tehokkaammin ja taloudellisemmin. Varaosa- ja huoltopalveluiden avulla koneet pysyvät kunnossa, jolloin niiden käyttöaste pysyy korkeana. Koneiden ollessa hyvässä kunnossa, on myös niiden jäännösarvo korkeampi. Jos kone halutaan vaihtaa uuteen, asiakas saa koneesta paremman hyvityshinnan. Konemyyjien on helppo myydä hyväkuntoinen käytetty laite jälleen eteenpäin. Vaikka kone olisi käytetty, on sille silti olemassa jälkimarkkinat.

Harvard Bussines Rewiew artikkelissa kerrotaan, että jälkimarkkinat joutuvat toimimaan nimikemäärän kanssa, joka on jopa 20-kertainen tuotannon nimikemäärään nähden. Myös erilaisia konemalleja on paljon enemmän, joten jälkimarkkinoiden parissa toimivilta vaaditaan rautaista ammattitaitoa. Jälkimarkkinoilla korostuukin henkilöstön osaaminen. Asiakaslähtöisyys on jälkimarkkinoilla tärkeää. Tuotekehityksen, valmistuksen, markkinoinnin ja jälkimarkkinoiden tulisi kaikkien toimia yhteistyössä keskenään. Kun uusi tuote saatetaan markkinoille, olisi jälkimarkkinoiden oltava valmiina palvelemaan asiakkaita.
(Harvard Business Review 2006)

Toimitusketjujen toimivuus on jälkimarkkinoilla elintärkeää. Työkoneet eivät tuota rahaa seisoessaan, vaan työskennellessään. Jos asentaja saapuu työmaalle, mutta osat ovat vielä matkalla, on asiakkaan luottamus petetty. Nopeat toimitusajat varaosille ovat tärkeä kilpailuvaltti. Jos yrityksen A osa maksaa 5% enemmän, mutta se luvataan toimittaa huomiseksi, on yrityksen B turha haaveilla saavansa myytyä osaa 20% halvemmalla viikon toimitusajalla. Toisaalta joissakin tilanteissa osalla ei välttämättä ole kiire, silloin myös pidemmällä toimitusajalla toimiva yritys voi saada osansa myytyä. Myös huollon lyhyt vasteaika toimii kilpailuvalttina.

5 VARAOSAT JA KUNNOSSAPITO

5.1 Kunnossapito

SFS-EN 1306:2010 –standardin mukaan kunnossapito määritellään seuraavalla tavalla:

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

”Vanhan mallin mukaan kunnossapitohenkilökunta on tervetullut korjatessaan vikoja, mutta häiriöksi suorittaessaan huoltoa.” (Kunnossapitoyhdistys Ry, n.d)

Tästä asenteesta ollaan onneksi pääsemässä hiljalleen eroon. Koneiden omistajat alkavat ymmärtää ennakoivan kunnossapidon merkityksen. Ennakoimattomat seisokit vähenevät ja koneiden käyttöaste kasvaa. Kunnossapitoa on myös koneiden päivittäiset ajoonlähtötarkastukset sekä koneen kuljettajan ajonaikainen koneen kunnon tarkkailu.

5.2 Varaosien kuluminen ja vikojen kehittyminen

Terminaalitraktorin eri komponentit kuluvat, kun konetta käytetään. Osa osista on kulutusosia, jotka vaihdetaan tietyn tuntimäärän jälkeen. Jotkut komponentit on suunniteltu kestämään koko koneen elinkaari. Osalle osista ei ole määritettyä vaihtoaikaa. Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään näille osille vaihtoväli. Ennakoivan kunnossapidon mukaisesti osat uusitaan ennen kuin ne ehtivät rikkoontua.

Rikkinäisten komponenttien uusiminen on usein työläämpää, kuin kuluneen mutta vielä ehjän komponentin uusiminen. Osan rikkoontuessa voi käynnistyä tapahtumasarja, joka johtaa useiden komponenttien rikkoontumiseen. Esimerkiksi etuvedon nivelakselin pulttiliitosten kireyden tarkastuksen laiminlyönti voi johtaa nivelakselin irtoamiseen. Nivelakseli rikkoo pyöriessään useita komponentteja ja korjaustyöstä tulee kallista sekä siihen kuluu paljon aikaa. Tämänkaltaiset tapahtumat voitaisiin estää ennakoivalla kunnossapidolla ja huolto-ohjelman tarkalla noudattamisella.

5.2.1 Vika

”Vika on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa, pois lukien tilanne, jossa kohde on toimintakyvytön joko ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteen, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteen takia. – – Vaadittu toiminto tarkoittaa sitä, että joko koko toiminto puuttuu tai se ei ole määrällisesti, laadullisesti ja/tai turvallisesti hyväksyttävä.” (Järviö J. & Lehtiö T. 2012, 67.)

Esimerkiksi terminaalitraktorin vetopöydän nostosylinterien liian hidas liike voidaan nähdä vikana, vaikka sinänsä laite toimiikin. Liikkeen hitaus voi johtua alhaisesta hydrauliikan paineesta, joka johtuu taas kuluneesta hydraulipumpusta.

Vikaantuminen aiheutuu harvoin yhdestä ainoasta syystä. Varsin usein on kuitenkin erotettavissa pääsyy, jonka vaikutusta muut syyt ovat lisänneet ja nopeuttaneet.
Vikoja analysoitaessa on tärkeätä käydä läpi ja kirjata vikaantumiseen johtavat syyt.
Vikaantumisen syiden tunteminen mahdollistaa vikaantumisilmiön torjuntakeinojen paremman hallinnan.
Seuraavassa esitetään luettelomuodossa vikaantumisten periaatteelliset syyt.

- Onnettomuus: ulkoisista syistä johtuva törmäys, kastuminen, kemikaaleille altistuminen tms. Voi aiheuttaa joko välittömän vikaantumisen, tai voi olla tapahtuessaan täysin huomaamaton ja vaarattoman tuntuinen ja aiheuttaa kuitenkin vian alun.
- Ylikuormitus: kohteelle määritettyjen suoritusarvojen ylittäminen. Ylikuormitus voi olla mekaanista rasitusta, lämpötila, tehonsiirtoa, jännitettä, sähkövirtaa, kemiallisia pitoisuuksia tms.
- Korroosio: useita eri esiintymismuotoja. Kaikessa kunnossapidossa keskeisesti esillä.
- Väsyminen: materiaalin väsyminen, joka johtuu joko kuormitusvaihtelusta tai lämpötilan vaihtelusta. Perustuu kappaleissa olevista virheistä liikkeelle lähtevään särön kasvuun. Esim. kulkuneuvot, voimansiirto, nostolaitteet.
- Kuluminen: seurausta kahden toisiinsa kosketuksissa olevan pinnan liukumisesta toisiinsa nähden. Esim. laakeripinnat, johteet, saranat ym.
- Abraasio: pintaa naarmuttaa ja siitä hioo materiaalia pois kappale, jolla on suurempi kovuus. Esim. voitelemattomat tai ylikuormitetut laakeripinnat.
- Eroosio: pintaa kuluttavat suurella nopeudella virtaavassa nesteessä olevat kiinteät partikkelit.

- Inhimillinen virhe voi aiheutua taitamattomuudesta eli koulutuksen puutteesta, välinpitämättömyydestä tai jopa tahallisesta tuottamuksesta.
- Komponenttien "vanheneminen" kemiallisista tai muista syistä. Esim. kumituotteet, jotkin muovit, paristot.

(Kunnossapitoyhdistys Ry n.d)

Opinnäytetyössä on keskitytty vikoihin, jotka johtuvat koneen normaalista kulumisesta. Viat voivat olla kriittisyysasteltaan erilaisia. Vaikkapa hydraulipumpun hajoaminen estää koneen käytön, koska vetopöytää ei voida nostaa tai laskea. Lämmityslaitteen puhaltimen moottorin rikkoutuminen ei estä koneen työntekoa, mutta se vaarantaa työturvallisuuden koska lasit huurtuvat, ja näkyvyys heikkenee.

Moottorin jonkin anturin rikkoutuminen ei välttämättä pysäytä konetta, jos moottori toimii vielä vikatilassa alennetulla teholla. Kone liikkuu ja sillä voi tehdä töitä, mutta työskentely vikatilassa toimivalla koneella ei ole järkevää. Vikatilan tarkoitus onkin mahdollistaa koneen ajaminen korjaamolle.

Joidenkin komponenttien kulumisen juurisyytä joutui selvittämään pidemmälle. Esimerkiksi paineilmakomponenttien vikaantuminen saattoi johtua kuluneesta turboahtimesta. Turboahdin toimii siten, että pakokaasu pyörittää turbiinia, joka on liitetty samalle akselille kuin kompressori. Kompressori imee ja paineistaa ilman joka syötetään moottoriin. Mitä enemmän moottoriin syötetään ilmaa, sitä enemmän voidaan sylinterissä polttaa polttoainetta ja moottorista saadaan enemmän tehoa. Käytön myötä turboahdin kuluu, ja se väljistyy. Väljistymisen myötä ahdin alkaa päästämään öljyä lävitseen, joka kulkeutuu imusarjaan.

Paineilmajärjestelmän kompressori ottaa ilmansa imusarjasta, johon pääsee kuluneesta kompressorista öljyä. Öljy leviää paineilmajärjestelmään, ja aiheuttaa siellä venttiilien, karojen ym. jumiutumista öljyn karstoittuessa. Ilmankuivaimen huollon laiminlyönti taas aiheuttaa kosteuden leviämistä järjestelmään. Osiin aiheutuu korroosiota, ja talvella runsas kosteus järjestelmässä tiivistyy vedeksi, joka jäätyy.

5.2.2 Käyttäjästä johtuvat syyt, asennusvirheet ja vialliset osat

Osa osien rikkoutumisesta johtui joko koneen väärästä käyttötavasta tai siitä, että koneella oli ajettu kolari. Nämä tapaukset jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska tarkoi-

tus oli tutkia normaalin kulumisen aiheuttamaa osien vaihtotarvetta. Näitä tapauksia voitaisiin välttää kouluttamalla koneiden kuljettajia taloudelliseen ja ennakoivaan ajotapaan, sekä käyttämään koneita siten kuten niitä on tarkoitettu käytettäviksi. Kouluttamisen seurauksena koneiden käyttöaste nousisi sekä kuluminen ja päästöt vähenisivät. Polttoaineenkulutus laskisi. Myös työturvallisuus paranisi. Koneiden huoltokulut laskisivat ja jäännösarvo kasvaisi.

Esimerkiksi vetopöydän ennenaikainen kuluminen johtui yleensä siitä, että kone ajetaan liian kovalla vauhdilla perävaunun vetotappiin kiinni. Liian suuresta tilannenopeudesta johtuen vetotappi ei osu vetopöydän hahloon, joka ohjaa tapin kiinni leukaan. Tappi liukuu vetopöydän pintaa pitkin ja kuluttaa sitä. Puoliperävaunu voi painaa kymmeniä tonneja, joten pahimmillaan ohi menevä tappi voi jopa irrottaa paloja vetopöydästä.

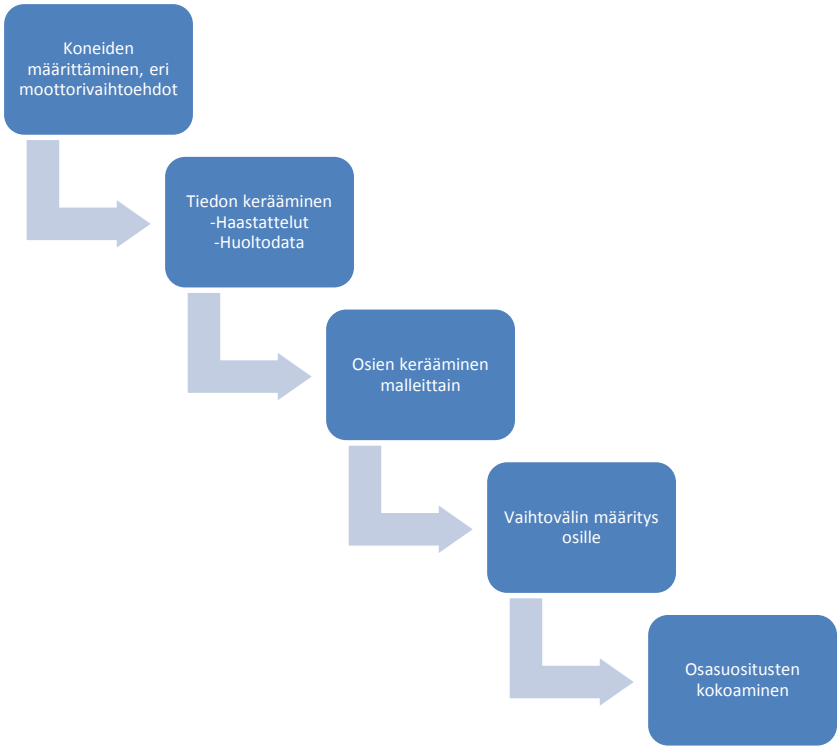
Nelivetoisissa koneissa etuakselin murrosnivelet voivat rikkoontua, jos koneella ajetaan jatkuvasti tasauspyörästön lukko päällä pitävällä pinnalla. Uudemmissa malleissa tasauspyörästönlukon käyttökytkin onkin painettavaa mallia. Lukko on päällä vain silloin, kun kytkintä painetaan.

Myös asennusvirheestä tai varaosan puutteellisesta laadusta johtuvat osien rikkoontumiset jätettiin tutkimuksesta pois. Näitä tapauksia ei kuitenkaan juurikaan tullut tutkimuksessa esiin, paitsi jos anturien kohdalla uusittu varaosa rikkoontui jo pienellä käyttötuntimäärällä uudestaan. Yksittäisien osien vaihtoväliä tutkittaessa huoltodatasta nämä tapaukset ilmenivät siten, että sama osa vaihdettiin uudestaan hyvin pienellä käyttötuntimäärällä. Voidaankin todeta, että asentajien ammattitaito sekä varaosien laatu ovat todella korkealla tasolla.

6 TUTKIMUS

6.1 Tutkimusmenetelmät

Kustakin tutkimusmenetelmästä kerrotaan alla. Tutkimusmenetelmät valittiin opinnäytetyötä suunniteltaessa. Tutkimus eteni seuraavan kuvan esittämällä tavalla:



KUVIO 2. Tutkimuksen eteneminen.

6.1.1 Haastattelut

Haastateltaviksi valikoitiin asentajia ja huoltohenkilöstöä, tuotelinjan asiantuntijoita, sekä asiakkaita. Haastatellut henkilöt löytyvät lähteistä. Koneiden kanssa päivittäin työskentelevillä henkilöillä on paras empiirinen kokemus koneista ja niiden varaosien kulutuksesta. Lähes kaikki haastattelut pystyttiin tekemään kasvotusten, vain muutamia asiakkaita haastateltiin puhelimitse. Sähköpostitse haastatteluja ei haluttu tehdä, koska keskustelun aikana usein herää kysymyksiä joihin saa vastauksen heti. Sähköpostikeskustelussa tätä ei tapahdu.

Koska asentajia päästiin haastattelemaan korjaamoilla, tarjoutui samalla mahdollisuus tutustua satamassa terminaalitraktorien toimintaan. Myös koneiden korjaamista sekä

huoltoa pääsi seuraamaan. Haastattelutilanteissa asentajilta kysyttiin etukäteen laadittuja kysymyksiä. Myös vapaata keskustelua tutkimuksen alaisista laitteista käytiin ja näistä keskusteluista saatiin parhaat tiedot varaosasuositusten laadintaan.

Asiakkailta kysyttiin samoja kysymyksiä kuin asentajilta. Keskustelu ei rajoittunut etukäteen laadittuihin kysymyksiin, vaan koneista ja niiden käytöstä keskusteltiin laajalti. Käytössä oli siis avoin haastattelu. Etenkin koneiden käyttötapoja koskenut keskustelu oli hedelmällistä. Sekä asentajilta että asiakkailta tuli uusia tuote-ehdotuksia koskien varaosia.

Google sheets -kyselylomakkeen käyttöä pohdittiin tiedon keräämiseksi asentajilta, mutta asentajien työn kiireellisyydestä johtuen kyseisen menetelmän käyttö hylättiin. Vastausprosentti olisi jäänyt niin pieneksi, ettei kyselyä kannattanut toteuttaa.

6.1.2 Huoltodata

Huoltodataa tutkittiin Qlikviewistä ja toiminnanohjausjärjstelmä SAP:ista. Jokainen huoltotyö avattiin erikseen ja tutkittiin mitä kyseisessä työssä oli koneelle tehty. Työlle myydyt varaosat katsottiin läpi ja tarkastettiin koneen käyttötuntimäärä. Suurin ongelma huoltodatan tutkimisessa oli se, että asentajat eivät olleet kirjanneet koneiden käyttötuntimääriä ylös. Tutkimalla yksittäisen koneen huoltohistoriaa pystyi kuitenkin päättelemään käyttötuntimääriä karkeasti. Myöskään osan tai osien rikkoutumisen syytä ei oltu aina kerrottu. Joissakin tapauksissa huoltodatasta ei selvinnyt käytännössä mitään, koska työn kuvauksessa luki vain ”Korjauksia 2/16”, eikä varaosia oltu myyty työlle. Toiminnanohjausjärjestelmän vaihtamisen takia koneiden huoltodataa ei ollut kaikkien koneiden kohdalla saatavissa koko koneen elinkaaren ajalta.

Varaosasuosituslistojen kokoamisen jälkeen luotettavuusinsinööri tarjosi työkalun, jolla yksittäisen osan vaihtoajankohtia voitiin tarkastella. Tässä työkalussa oli mukana kaikki maat, joissa SAP on käytössä. Näin huoltodataa saatiin tarkasteltavaksi enemmän, jos käytössä olisi ollut vain Suomen huoltodata, olisi sitä ollut liian vähän. Kaikille osille ei silti löytynyt huoltodataa tarpeeksi, että osan vaihtamisajankohta voitaisiin määrittää siihen perustuen. Huoltodatan määrä oli vähäistä koneiden määrään nähden. Tämä joh-

tuu siitä, että asiakkaat huoltavat ja korjaavat itse suuren osan koneista. Huoltodataa on vain koneista, jotka ovat huoltosopimuksella.

6.1.3 Valmiit varaosasuositukset

Varaosasuosituksen pohjana käytettiin jo tehtyjä varaosasuosituksia. Haastattelujen ja huoltodatan perusteella varaosasuosituslistoja muokattiin vastaamaan paremmin osien todellista tarvetta. Vaihtovälin määrittämiseen perusteina käytettiin huoltodataa, sekä asentajilta ja tuotelinjan asiantuntijoilta saatua empiiristä tietoa. Tarkemman vaihtovälin määrittämiseksi tulisi yksittäisten komponenttien kulumista tutkia tarkemmin, mutta se ei ollut opinnäytetyön puitteissa mahdollista.

Joidenkin tutkimuksessa olleiden mallien elinkaari on vasta niin alussa, ettei kokemukseen perustuvaa tietoa varaosien kulumisesta vielä ole. Näiden koneiden varaosasuositukset on koottu perustuen vanhempien mallien varaosakulutukseen ja mallien tekniseen samankaltaisuuteen.

Koska koneiden kuluminen on aina tapauskohtausta ja se riippuu paljon sekä olosuhteista että käyttäjästä, ovat varaosasuositukset vain suuntaa-antavia.

6.2 Osien valinta

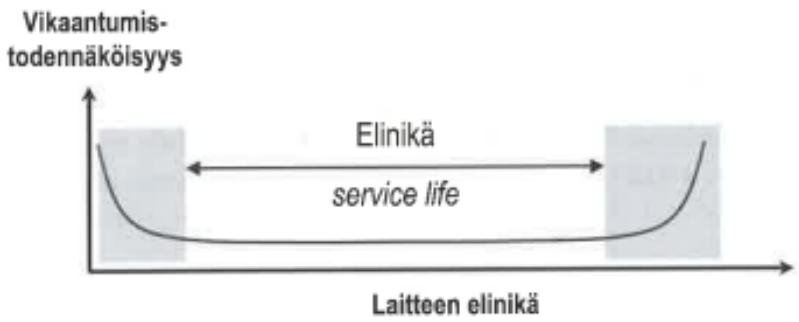
Osalistojen kokoamiseen kului aikaa ennakoitua enemmän. Varaosakirjat olivat joidenkin mallien kohdalla puutteellisia. Yksittäistä osaa joutui etsimään eri järjestelmistä ja joidenkin osien osanumeroa ei löytynyt mistään. Tämän kaltaiset osat jätettiin työstä pois, koska osanumeron etsimiseen olisi kulunut liian paljon aikaa. Eri moottoritoimittajien välillä oli suuria eroja varaosakirjoissa. Jotkut toimittajat olivat koonneet kaikki anturit omalle sivulleen, kun taas toisilla toimittajilla anturit olivat muiden osien seassa. Suurimpana ongelmana varaosakirjoissa näkisin sen, että juurikin anturien kohdalla lukee usein vain anturi. Varaosien myyminen, sekä opinnäytetyön tekeminen olisi helpompaa ja nopeampaa, jos kirjassa lukisi mikä anturi on kyseessä. Nyt kyseisen tiedon joutui etsimään eri järjestelmistä, jos tietoa oli sielläkään saatavilla. Jos tietoa ei löytynyt järjestelmistä, sen sai viimeistään huoltoinsinööriltä.

Osat listoihin valittiin käyttämällä valmiita varaosalistoja pohjana. Listoista jätettiin pois ei-kuluvat osat, kuten valaisimet ja peilit. Nämä osat joudutaan vaihtamaan vain niiden rikkoutuessa, yleensä kolarin seurauksena. Akselistoista jätettiin pois tasauspyörästöt ym., koska ne yleensä kestävät koko koneen eliniän. Myös joitakin pneumatiikan ja hydrauliikan komponentteja jätettiin listojen ulkopuolelle, koska kyseisten komponenttien kulumisen määrittäminen on vaikeaa.

Jarruosat ovat listoissa mukana, mutta niiden kuluminen on aina tapauskohtaista. Ajotapa vaikuttaa jarrujen kulumiseen niin paljon. Jos kuljettaja hyödyntää paljon moottorijarrutusta, eivät jarrut kulu paljoakaan verrattuna kuljettajaan, joka hidastaa aina vain jarruttamalla.

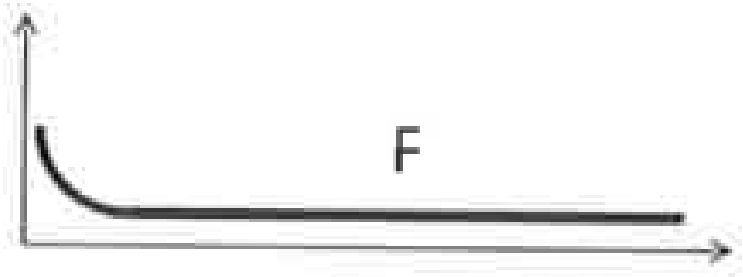
6.2.1 Sähköosat

Perinteinen käsitys osien vikaantumisesta noudattaa alla olevan kuvion ns. kylpyammekäyrää.



KUVIO 3. Perinteinen käsitys laitteiden vikaantumisesta. (Järviö J. & Lehtiö T. 2012, 76.)

Sähköosissa, etenkin antureissa vikaantumiskäyrä on kuitenkin seuraavan kuvion kaltainen.



KUVIO 4. Vikaantumiskäyrä. (Järviö J. & Lehtiö T. 2012, 77.)

Osan vikaantuminen on alussa suurta, mutta ajan myötä todennäköisyys osan vikaantumiselle laskee. Voidaankin miettiä, onko järkevää vaihtaa jo pitkään toiminut osa vain siksi, että tietty käyttötuntimäärä täyttyy. Riski sille, että toimivan osan tilalle vaihdettu uusi osa vikaantuu lyhyen ajan kuluttua, on suuri. Tämän vuoksi sähköosien, etenkin antureiden vaihtovälin määrittäminen on vaikeaa. Anturien kohdalla voidaankin varaosasuosituksia pitää vain osittain suuntaa antavana. Toisaalta jotkin anturit vikaantuivat useissa koneissa samalla käyttötuntimäärällä. Tämän kaltaisten tapausten kohdalla on varaosasuositus luotettavampi.

7 OSASUOSITUKSET

Laaditut varaosasuositukset ovat luottamuksellista tietoa ja poistettu julkisesta raportista.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena saatiin varaosasuositukset eri terminaalitraktorimalleille. Työn lopputulosta on tarkoitus hyödyntää varaosien myyntityössä. Työn haasteeksi osoittautui huoltodatan liian vähäinen määrä, jotta kaikille osille voitaisiin määrittää todenmukainen vaihtoväli. Nyt osalle osista vaihtoväli arvioitiin huoltoinsinöörin kanssa, vaihtoväli perustuu huoltoinsinöörin ja asentajien vuosien kokemukseen.

Koneiden kuluminen riippuu paljon käyttäjästä, ja käyttöolosuhteista. Ajotavalla on suuri vaikutus varaosien kulutukseen. Koska kuluminen on aina tapauskohtaista, ei opinnäytetyössä laadittuja varaosasuosituslistoja voida pitää aina täysin paikkansa pitävinä käyttötuntien osalta. Huoltohenkilöstön suorittama koneiden kunnon tarkastelu korostuu osien vaihtoajankohtaa arvioidessa. Anturien vaihtoajankohdan määrittäminen oli vaikeaa, ja siitä aiheesta on oma lukunsa raportissa.

Työ onnistui hyvin. Opinnäytetyöprosessin aikana työn laatija oppi paljon lisää terminaalitraktoreiden tekniikasta, osien kulumisesta, jälkimarkkinoista ja kunnossapidosta. Työn tuloksia pystyy tapauskohtaisesti hyödyntämään myyntityössä.

Erilaisia kehittämiskohteita tuli työn aikana vastaan jonkin verran. Varaosakirjoissa olisi kehitettävää, etenkin anturien kohdalla. Varaosien myyntityötä helpottaisi, jos varaosakirjoissa lukisi mikä anturi on kyseessä. Tällä hetkellä kyseisen tiedon joutuu etsimään eri järjestelmistä. Koneille on tällä hetkellä saatavissa suodatinpaketteja eri tuntimäärien (500h, 1000h, 2000h) huolloille. Samankaltaisia paketteja voisi koota esimerkiksi olka-akseliremonttia varten. Osien tilaaminen nopeutuisi, kun jokaista osaa ei tarvitsisi yksitellen poimia varaosakirjoista. Asentajien suorittamia koneiden kuntotarkastuksia voisi myydä enemmän. Yleismallisten varaosasuositusten sijaan voisi olla järkevää laatia asiakkaiden ja huoltohenkilöstön kanssa yhteistyössä konekohtaisia varaosasuosituksia.

Opinnäytetyötä voisi jatkojalostaa tutkimalla tilastomatematiikan keinoin eri osien vikaantumiskäyttäytymistä. VTT:lle tekemässään pro gradu työssä Eva Bergman on tutkinut Weibull-malleja vikatietojen mallinnuksessa. Työssä on pohdittu kunnossapitoa datan ”sensuroijana.”

”Sensuroidulla tiedolla tarkoitetaan eräänlaista puuttuvaa tietoa siinä mielessä, että kohteen havainnointi on lopetettu ennen sen varsinaista vikaantumista.” (Bergman, 1998)

Linkki tutkimukseen löytyy liitteistä. Soveltamalla kyseisen työn tuloksia ja käyttämällä datana opinnäytetyön tarjonneen yhtiön huoltodataa, voitaisiin saada määritettyä varaosille vielä tarkempia vaihtoajankohtia.

LÄHTEET

Yhtiön tietokanta

Käyttöohjekirja, Terminaalitraktori TR618i BL, 2007, yhtiön tietokanta

Kunnossapitoyhdistys Ry, n.d. Kunnossapidon perusteet, http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html

Järviö J., Lehtiö T. 2012. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy

Louhos P., Louhos J-P. 1992. Ajoneuvo- ja työkonehydrauliikat. Karjala-Dealers Ky.

Dr. Eric Viardot: Exploiting the Full Potential of After-Sales Market. 18.6.2007. Luettu 28.3.2018 https://pragmaticmarketing.com/resources/articles/exploiting-the-full-potential-of-after-sales-market

McKinsey & Company. Aditya Ambadipudi, Alexander Brotschi, Markus Forsgren, Florent Kervazo, Hugues Lavandier, and James Xing: Industrial aftermarket services: Growing the core. 6/2017. Luettu 29.3.2018 https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/industrial-aftermarket-services-growing-the-core

Harvard Business Review. Morris A. CohenNarendra Agrawal and Vipul Agrawal. Winning in the Aftermarket. 5/2006. Luettu 29.3.2018. https://hbr.org/2006/05/winning-in-the-aftermarket

Haminan korjaamo, asentajat. 6.10.2017. Haastattelija Rämä, A. Hamina.
Lommi J. Service technic. 6.10.2017. Haastattelija Rämä, A. Kotka.
Sipola A. Vastaava työnjohtaja, 13.11.2017. Haastattelija Rämä, A. Kotka.
Lipponen P. Huoltoinsinööri, useita ajankohtia. Haastattelija Rämä A, Tampere.
Leino M. Asentaja. 7.2.2018. Haastattelija Rämä A, Tampere.
Aaltonen T. Asentaja. 9.2.2018. Haastattelija Rämä A, Helsinki.

Naskali T. Spare parts manager, useita ajankohtia. Haastattelija Rämä A, Tampere.
Jokiniemi A. Asentaja. 24.1.2018. Haastattelija Rämä A, Tampere.
Kiviharju K. Asentaja. 31.1.2018 Haastattelija Rämä A, Tampere
Rautio J. Asentaja. 9.2.2018. Haastattelija Rämä A, Helsinki
Koski J. Korjaamopäällikkö. 1.3.2018 Puhelimitse. Haastattelija Rämä A, Tampere.
Heikkilä J. Technical suppor engineer. 15.2.2018. Haastettelija Rämä A, Tampere.
Eloranta A. Product support engineer. 14.3.2018. Haastettelija Rämä A, Tampere
Kivimäki K. Reliability engineer. Useita ajankohtia. Haastattelija Rämä A, Tampere.

Bergman, E. 1998. Vikatietojen tilastollinen analyysi. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Pro gradu -tutkielma. Espoo. http://www.vtt.fi/inf/pdf/julkaisut/1998/J831.pdf

LIITTEET

Varaosasuositukset ovat luottamuksellista aineistoa ja poistettu julkisesta raportista.

Linkki VTT:n tutkimukseen vikadatan tilastollisesta analyysistä: http://www.vtt.fi/inf/pdf/julkaisut/1998/J831.pdf