



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

HENKILÖNOSTIMEN HYDRAULIJÄRJESTELMÄN VUOTOJEN SELVITYS

Niko Kaasalainen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

KAASALAINEN, NIKO:
Henkilönostimen hydraulijärjestelmän vuotojen selvitys

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Joulukuu 2015

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Leguan henkilönostimien sylinterivuotojen juurisyyn ja esittää niille korjausmenetelmät. Vuotokohteita olivat nostimen tukijalkasyliinterit sekä työkorin vakaajajärjestelmä. Tavoitteena oli ratkaista ongelmat kestäväällä tavalla niin, että ongelmat poistuvat pysyvästi. Tutkimusmenetelmänä käytettiin poissulkemismenetelmää sekä useita käytännön testausmenetelmiä.

Opinnäytetyön tuloksena tukijalkasyliinterien vuoto paikallistettiin sylinterien lukkoventtiileihin, joissa oli huonon koneistuksen tuloksena riittämätön tiivistyspinnanlaatu. Tämän takia venttiili ei sulkeutunut tarpeeksi tiiviisti. Lisäksi vakaajajärjestelmän ongelmat pystyttiin johtamaan vakaajan sylinterien heikkoon puhtaustasoon, mistä johtuen koneistuslastuja kulkeutui järjestelmässä oleviin venttiileihin aiheuttaen niissä vuotoa. Vuoto aiheutui venttiileiden tukkeutumisesta, joka aiheutti niiden sulkeutumisen estymisen.

Puhtaustason parantaminen riittävälle tasolle vaatii mahdollisesti vakaajasyliinterin konstruktiomuutoksen, jotta puhdistusmenetelmiä ja -laatua voidaan riittävästi parantaa. Lisäksi olemassa olevat sylinterit puhdistetaan ennen käyttöä, jotta ongelmia ei esiinny valmistuvissa nostimissa. Näiden parannustoimenpiteiden todelliset vaikutukset nähdään vasta tulevaisuudessa, kun seuraavat sylinterierät ja uudet nostimet valmistuvat.

Asiasanat: henkilönostin, hydraulikka, sylinteri, venttiili, sylinterivuoto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

KAASALAINEN, NIKO:
Leakages in an Access Platform's Hydraulics System

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 8 pages
December 2015

The purpose of this thesis was to analyze leakages in the hydraulics cylinders of Leguan Lift access platforms and find a way to permanently fix them and prevent these issues in the future. The leakages were located in the lifts' outrigger cylinders and in the basket levelling system. The study was performed as a project using an exclusion method and by conducting various practical experiments.

As a result of this thesis it was discovered that the issue with the outrigger cylinder's was caused by insufficient surface roughness on the cylinder's lock valves' seal surface. This caused the valve to not close tightly enough to hold pressure. The basket levelling system's leakage was found to be caused by insufficient cleanliness level and machining chips found inside the cylinders. These chips caused load control valves in the levelling cylinder and dual load control valve controlling the levelling system to not function properly, which caused the leakage.

The findings indicate that the cylinders' cleanliness level has to be improved significantly. This can be achieved by improving cleaning methods at the manufacturing plant and with changes in the cylinders' design so the cleaning process is easier to perform more precisely. Also the existing cylinders have to be cleaned properly before use to prevent basket levelling leakage in the future. The result of these changes cannot be seen until further tests are performed with new lifts and new series of cylinders.

Key words: access platform, hydraulics, cylinder, valve, cylinder leakage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	LEGUAN LIFTS OY	6
	2.1 Toimiala ja yrityskuvaus.....	6
	2.2 Tuotteet	6
3	LEGUAN-NOSTIMEN HYDRAULIJÄRJESTELMÄ.....	8
4	HYDRAULIIKKAVUOTOJEN SELVITYS	9
	4.1 Tukijalkasyntereiden vuoto	9
	4.1.1 Vian luonne ja mahdolliset aiheuttajat.....	9
	4.1.2 Sylinterin rakenne	10
	4.1.3 Vian tutkiminen ja ongelman ratkaisu	12
	4.2 Työkorin vakaajasynterin vuoto	15
	4.2.1 Vian luonne ja mahdolliset aiheuttajat.....	15
	4.2.2 Korin vakaajan toiminta.....	16
	4.2.3 Vian tutkiminen.....	18
	4.2.4 Sylintereiden valmistus	23
	4.3 Tulokset	25
	4.3.1 Tukijalkasynterit	25
	4.3.2 Vakaajajärjestelmä	26
5	KEHITYSEHDOTUKSET	28
	5.1 Tukijalkasynterit	28
	5.2 Vakaajajärjestelmä.....	28
	5.2.1 Vian etsintä.....	29
6	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	33
	Liite 1. Leguan 125 hydraulikaavio (Avant Tecno Oy)	33
	Liite 2. Leguan 135 hydraulikaavio (Avant Tecno Oy)	34
	Liite 3. Leguan 160 hydraulikaavio (Avant Tecno Oy)	37
	Liite 4. Vuokaavio Leguan 125 korin valumisen korjaamisesta	39
	Liite 5. Vuokaavio Leguan 135 ja 160 korin valumisen korjaamisesta	40

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Leguan henkilönostimia viime kuukausina vaivannut jalkasyntereiden valuminen tai vuoto, joka aiheuttaa vaaratekijän henkilönostimen käytölle. Tämän vuoto-ongelman selvittäminen on erittäin kiireellistä, koska se vaarallisuutensa lisäksi haittaa nostimen käyttöä. Tämän lisäksi jo joitakin vuosia nostimien työkorin vakaajajärjestelmää on vaivannut vuoto-ongelma, joka aiheuttaa korin valumisen alas maahan koneen ollessa käyttämättömänä. Tämä estää koneen käytön, jos tukijalkojen käyttö ei ole esimerkiksi tilojen ahtauden takia mahdollista. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää ja kehittää korjauskeino näille ongelmille.

Leguan-henkilönostimet ovat itsekulkevia nostimia, joiden nostovakaus varmistetaan neljällä tukijalalla, jotka tuetaan hydraulisyntereillä. Puomistoa nostettaessa nostimen työkorin nostokulma vakautetaan vakaajajärjestelmällä, johon kuuluu kaksi sylinteriä, jotka vakaajan toimiessa toimivat suljetussa kierrossa jakaen saman öljytilavuuden. Tämä öljy kulkee sylinteristä toiseen, kun nostopuomia liikutetaan ja nostokulmaa mittaava sylinteri liikkuu sen mukana, samalla pakottaen toisen sylinterin liikkumaan vastakkaiseen suuntaan.

Opinnäytetyön tavoite on selvittää syntereiden vuoto-ongelmien juurisyyt ja korjata ne kestäväällä tavalla siten, ettei ongelmia enää jatkossa esiinny tuotannossa tai asiakkaille toimitettavissa koneissa. Tämä selvitys tehdään poissulkemismenetelmällä, jossa vikojen aiheuttajat selvitetään läpikäymällä mahdolliset vian aiheuttavat komponentit yksi kerrallaan. Lisäksi tulosten varmistamiseksi ja korjauskeinojen varmistamiseksi vaaditaan käytännön kokeita ja laajaa testausta.

Tutkimustyön alkaessa ennakkokäsityksenä on, että kaikki edellä mainitut syntereiden vuoto-ongelmat johtuvat hydraulijärjestelmässä olevasta ilmasta, jota ei tämän hetkisillä ilmaustoimenpiteillä saada kunnolla poistettua. Työn edetessä yksi päätavoitteista on selvittää ilman vaikutus syntereiden ja venttiilien toiminnalle. Jos todetaan, ettei ilman vaikutus ole vian juurisyy, täytyy juurisyy löytää muualta järjestelmästä. Syiden löydyttyä tulee luoda kehityssuunnitelma, jonka avulla vikat voidaan pysyvästi korjata.

2 LEGUAN LIFTS OY

2.1 Toimiala ja yrityskuvaus

Leguan Lifts Oy on vuonna 1990 perustettu teknologiateollisuusalan yritys. Leguan Lifts myy ja kehittää itsekulkevia henkilönostimia, joiden työkorkeus on kahdentoista ja kuu-dentoista metrin välillä. Leguan Liftsin toimiala vuonna 2008 voimaan tulleen toimiala-jaottelun (TOL: 28220) mukaan on *nosto- ja siirtolaitteiden valmistus*. Yritys on osa Avant Groupia ja henkilönostimien valmistus tapahtuu Avantin kanssa samoissa tiloissa Ylöjärven tehtaalla (Leguan Lifts Oy: Yritys). Nostinten kokoonpanosta vastaa Leguan Liftsin toimeksiannosta kokoonpanoyritys Girafe Oy.

Leguan-henkilönostimia myydään useisiin eri maihin Suomesta käsin, yhteistyössä maa-hantuojiin kanssa tai suoraan asiakkaalle. Suomessa laitteet myydään pääasiassa suoraan asiakkaalle ilman välikäsiä. Viennin osuus myynnistä on 44 prosenttia, josta Euroopan Unionin ulkopuolelle 66 prosenttia (Leguan Lifts Oy, 2015). Leguan Liftsin tilikauden 2014-2015 liikevaihto oli noin 3,4 miljoonaa euroa, edellisvuoteen nähden liikevaihto väheni 4,6 prosenttia. Liikevoittoa kertyi 12,9 prosenttia, kasvua edellisvuoteen nähden 1,5 prosenttiyksikköä (Suomen Asiakastieto Oy, 2015). Yritys työllistää vakituisesti 7 ihmistä.

2.2 Tuotteet

Leguan-henkilönostin mallisto koostuu tällä hetkellä kolmesta eri Leguan-mallista. Mallit on suunniteltu työskentelykorkeutta silmällä pitäen, kahdentoista metrin korkeudesta ylöspäin. Kuvassa 1 Leguan-malliston suurin Leguan 160. Nostimia markkinoidaan muun muassa urakoitsijoille, maalareille, sähköasentajille ja konevuokraamoille. Nostimien monikäyttöisyyttä lisää modulaarinen rakenne, jonka ansiosta laitteet pystytään räätälöimään eri käyttötarpeen mukaan. Esimerkiksi telavetoinen alusta vaikeassa maastossa tehtäviin töihin. Kuvassa 2 tela-alustainen Leguan 135. Lisäksi jatkuvalla tuotekehityksellä pyritään saavuttamaan mahdollisimman laaja-alaisesti asiakaskuntaa tyydyttävät laitteet.

Tuotekehitys toimii läheisessä yhteistyössä nostimien kokoonpanijan Girafe Oy:n kanssa, mikä mahdollistaa laadukkaan testaustoiminnan oikeassa tuotantoympäristössä, tuotannon siitä häiriintymättä. Myös mahdollisiin ongelma- ja vikatilanteisiin pystytään puuttamaan tehokkaasti.



KUVA 1. Leguan 160 työkohteessa (Kuva: Leguan Lifts Oy)



KUVA 2. Leguan 135 maasto-olosuhteissa (Kuva: Leguan Lifts Oy)

3 LEGUAN-NOSTIMEN HYDRAULIJÄRJESTELMÄ

Leguan henkilönostimen hydraulijärjestelmä (liitteet 1-3) on avoin järjestelmä (Elkelä 2012, 39), jossa hydraulisen tehon tuotosta vastaa joko poltto- tai sähkömoottoriin kytketty pumppu. Polttomoottori on nostimen tavanomainen voimanlähde, mutta useimmat nostimet varustetaan myös sähkömoottorilla.

Moottoriin kytketyltä pumpulta virtaus ohjataan ohjausventtiileillä määrätyle toimilaitteelle. Ohjausventtiilejä on nostintyyppistä riippuen kaksi tai useampia, vähintään puomiston ja yhdistetty tukijalkojen ja ajomoottoreiden ohjausventtiili. Leguan 135 -nostimessa on sähköohjatut proportionaaliventtiilit. Sähköohjaus mahdollistaa venttiilien kaukoohjauksen, joten venttiileitä tarvitaan vähemmän. Leguan 125 ja 160 -nostimien venttiilit ovat mekaanisesti ohjattuja, minkä takia ohjausventtiileitä vaaditaan enemmän, muun muassa varustelutasosta riippuen. Pienistä eroavaisuuksista huolimatta kaikkien Leguan-nostimien hydraulijärjestelmä on perustoiminnoiltaan lähes samanlainen, ja se pohjautuu Avant-kuormaajien hydrostaattiseen ohjausjärjestelmään.

4 HYDRAULIIKKAVUOTOJEN SELVITYS

Hydrauliikassa tunnetaan useita eri vuototapoja ja erilaisia vuotoa aiheuttavia komponentteja järjestelmissä voi olla useita. Tutkitussa henkilönostimien tapauksessa vuodot voidaan karkeasti jakaa kahteen eri ryhmään, ulkoisiin ja sisäisiin vuotoihin. Ulkoisilla vuodoilla tarkoitetaan sylintereistä, liittimistä tai muista järjestelmän osista syntyviä silmin havaittavia vuotoja (Haikka 2014, 26). Esimerkiksi vaurioitunut tiiviste sylinterissä tai huonosti kiristetty tai vaurioitunut liitin voivat aiheuttaa ulkoista vuotoa. Tällaiset vuodot ovat kuitenkin useimmiten helposti havaittavissa ja korjattavissa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään henkilönostimissa ongelmia aiheuttaneisiin sisäisiin vuotoihin. Sisäisten vuotojen näkeminen paljaalla silmällä on luonnollisesti mahdotonta, koska ulkoisia merkkejä öljyvuodosta ei ole. Henkilönostimissa sisäiset vuodot ilmenevät erilaisina toimintahäiriöinä, esimerkiksi sylinterien valumisena ja epätoivottuina liikkeinä. Usein vuotoja aiheuttavat kuluneet osat, kuten tiivisteet, mutta koska tässä tapauksessa viat on havaittu uusissa laitteissa, voidaan olettaa, ettei kuluminen ole vian juurisyy.

4.1 Tukijalkasyntereiden vuoto

4.1.1 Vian luonne ja mahdolliset aiheuttajat

Vuoden 2015 aikana Leguan-nostimissa alkoi ilmetä erittäin paljon ongelmia tukijalkasyntereiden kanssa. Ymmärrettävästi henkilönostinta pystyssä pitävien tukijalkojen valuminen aiheuttaa vaaratilanteen riskin, joten tämän ongelman selvittäminen aloitettiin kiireellisesti ja siihen käytettiin paljon aikaa ja ratkaisu pyrittiin löytämään mahdollisimman tehokkaasti. Tukijalkavian tapauksessa henkilövahingot saattaisivat olla mahdollisia.

Tukijalkasyntereiden vuoto aiheutti ongelmia muun muassa konevuokraamoasiakkailta, jotka säilyttävät koneita pitkiä aikoja paikallaan ja lähellä muita laitteita. Tukijalkojen valuminen toisten koneiden ja laitteiden päälle saattoi aiheuttaa materiaalivahinkoja ja hankaloitti nostimien varastoimista merkittävästi. Lisäksi tukijalkojen valuminen olisi voinut aiheuttaa vakavaa vaaraa liikenteessä, kun nostinta kuljetetaan peräkärryllä.

Kuitenkin merkittävin riski tukijalkasyntereiden valumisessa oli nostotapahtumassa tapahtuva valuminen, kun koneen koko paino on tukijalkojen päällä. Tietävästi kuitenkin todellisia vaaratilanteita ei ole aiheutunut, sillä valuminen on melko hidasta, eikä esimerkiksi kaada konetta äkkinäisellä romahtamisella.

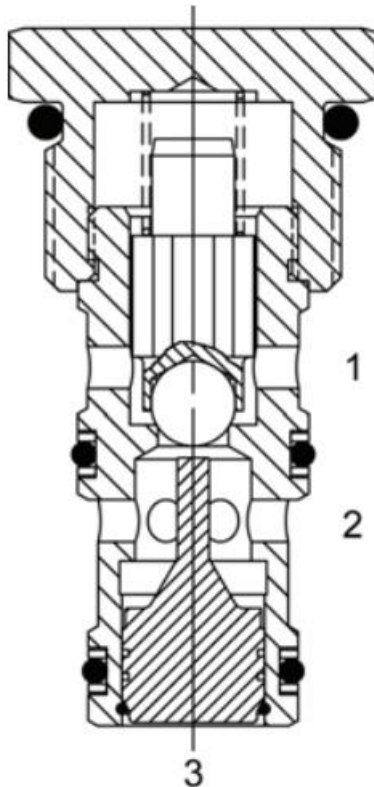
Vuodonaiheuttajaksi epäiltiin lähtökohtaisesti muutamaa eri asiaa. Sylinteriin jäävä ilma saattaisi kuormanalaisena aiheuttaa kokoonpuristuvuutensa takia valumista. Toiseksi syyksi epäiltiin öljyn seassa kulkeutuvia partikkeleita, esimerkiksi metallilastuja, tiivisteenkappaleita tai muita roskia, jotka tarttuisivat venttiileihin aiheuttaen niissä vikaantumista. Venttiileiden epäiltiin jäävän roskien takia jumiin, mikä estäisi venttiilin sulkeutumisen ja aiheuttaisi öljyvuotoa sylinteristä muualle järjestelmään. Kolmas mahdollinen vian aiheuttaja oli sylintereiden valmistuksessa syntyneet vauriot. Esimerkiksi huono koneistuksen laatu venttiilien porauksissa voi aiheuttaa sisäistä vuotoa tai tiivisteiden hajoamista venttiilissä ja/tai männässä. Neljäntenä mahdollisena syynä pidettiin uutta hydraulioöljytyyppiä, joka oli vaihdettu aiemmin käytetyn öljyn tilalle. Öljyssä havaittiin värimuutoksia, joiden pelättiin johtuvan sen liuottavasta vaikutuksesta tiivisteisiin.

4.1.2 Sylinterin rakenne

Leguan-nostimen tukijalkasynteri on kaksitoiminen sylinteri, jonka molemmissa päissä on pallonivelkiinnitys (Fonselius, Rinkinen & Wilenius 2008, 96). Öljyn virtausta sylinterin kammioihin ohjataan ohjausventtiilillä ja öljyn pysymistä sylinterikammioissa varmistetaan lukkoventtiileillä. Kumpaakin sylinterikammiota hallitaan omalla lukkoventtiilillä, joka mahdollistaa tukijalan pysymisen sekä ylä- että ala-asennossa letkurikosta huolimatta.

Tukijalat ovat todella kriittisiä letkurikoille, joten lukkoventtiilin käyttö on pakollista. Lukkoventtiili on tunnoton ylikuormalle, joten teoriassa venttiili pitää, vaikka järjestelmän maksimikuormitusarvot ylittyisivätkin. Lukkoventtiilin toiminta perustuu siihen, että venttiili sulkeutuu, kun pilotti- eli avauspaine laskee tarpeeksi pieneksi. Avauspaine laskee, kun ohjausventtiili sulkeutuu tai, jos paine muuten äkisti laskee, esimerkiksi letkurikon takia. Sulkemisen hoitaa venttiilissä olevat jousi ja kuula, johon kohdistuu jousen jousivoima, joka on avauspainetta pienempi.

Kuvassa 3 nähdään lukkoventtiilin poikkileikkauskuva. Venttiilissä on vapaa virtaus portilta 2 portille 1 ja pilottipaineen vaikuttaessa porttiin 3, on vapaa virtaus portilta 1 portille 2 (Delta Power Company). Leguan-nostimen tapauksessa portin 1 takana on sylinterikammio ja portin 2 takana painelinja. Ajettaessa tukijalkaa alas nostoasentoon, pääsee paine kulkeutumaan vapaasti sylinteriin (portilta 2 portille 1). Tukijalkaa nostettaessa kuljetusasentoon, pilottipaine vaikuttaa porttiin 3 ja avaa vapaan virtauksen portilta 1 portille 2, työntämällä venttiilin kuulan (kuvassa keskellä näkyvä ympyrä) pois linjalta.

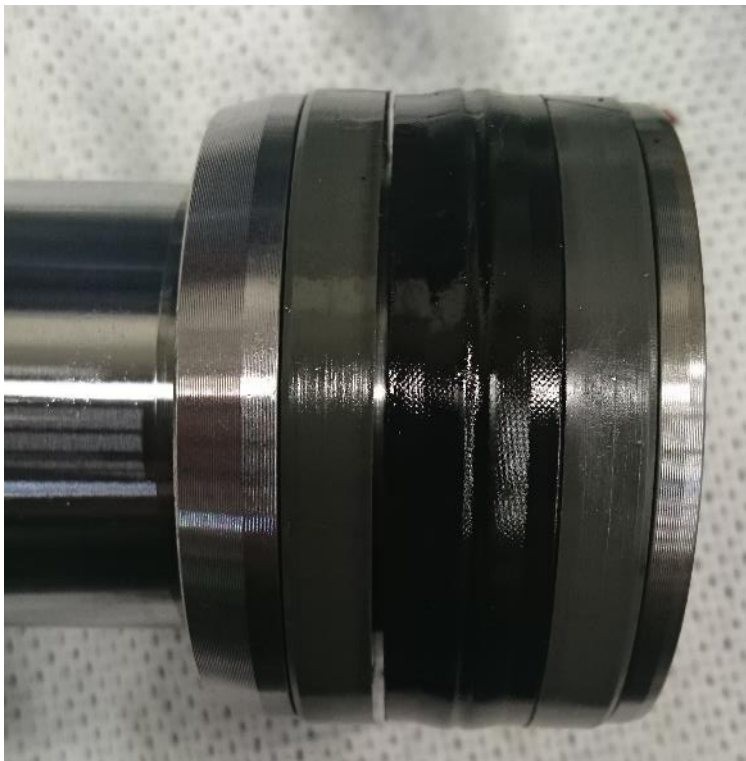


KUVA 3. Lukkoventtiilin poikkileikkauskuva (Kuva: Delta Power Company).

Avauspaine on kullekin venttiilityypille erilainen. Avauspaine määritellään pilottisuhteella (käytetyn lukkoventtiilin tapauksessa 4:1), joka määrittelee avauspaineen suhteessa kuorman aiheuttamaan paineeseen.

4.1.3 Vian tutkiminen ja ongelman ratkaisu

Tukijalkasynteriongelman selvitys aloitettiin varmistamalla, ettei sylintereissä ole mekaanisia vaurioita. Lähinnä kiinnostus kohdistui tiivisteisiin männässä ja lukkoventtiileissä. Tutkimus aloitettiin purkamalla sylinteri, joka oli valumisen takia asiakkaan nostimesta irrotettu. Sylinteri purettiin osiin ja tiivisteitä tarkasteltiin silmämääräisesti (kuva 4). Tiivisteistä vikaa ei kuitenkaan löytynyt, joten sisäinen vuoto männän yli voitiin melko luotettavasti sulkea pois.



KUVA 4. Tukijalkasynterinin männäntiivisteet

Samanaikaisesti varastossa olevia koneita testattiin vuotojen varalta, seisottamalla niitä jaloillaan pitkiä aikoja (kuva 5). Tällä tavoin nähtiin ongelman laajuus ja välttyttiin lähettämästä viallisia koneita asiakkaalle. Sylinterin valumismäärää seurattiin männänvarteen piirretyn asteikon (kuva 6) avulla. Lisäksi öljyn vaikutusta tiivisteisiin testattiin liottamalla lukkoventtiiliä hydraulioöljyssä (kuva 7), mutta testin perusteella pystyttiin toteamaan, ettei öljy vaikuta tiivisteisiin pelätyllä tavalla. Öljyssä havaittu värimuutos ei tullut tiivistemateriaalista tai lukkoventtiilistä itsestään.



KUVA 5. Leguan 125 tukijalkasyntereiden vuototestissä



KUVA 6. Tukijalkasynterivaluman mitta-asteikko (0-5 cm) männänvarressa



KUVA 7. Lukkoventtiilin liotus hydrauliöljyssä

Koska vian laatua ei saatu omista tutkimuksista selvitettyä, otettiin yhteyttä sylinterivalmistajaan ja pyydettiin heitä tarkistamaan sylinterierä, joissa vian oletettiin olevan. Tarkistuksissa sylinterit osoittautuivat kaikin puolin ehjiksi, joten päätettiin varmistaa lukkoventtiilien toimivuus testiblokilla. Testiblokiin koneistettiin eri menetelmin (manuaali- ja automaattisorvilla) venttiiliporaukset, jotta nähdään, onko koneistusmenetelmällä vaikutusta vuotojen syntymiseen. Testauksissa kuitenkin huomattiin, että lukkoventtiileistä melko suuri osa vuoti paineistettuna (200 bar). Testausta päätettiin jatkaa Leguanin tiiloissa samalla blokilla laajemmassa mittakaavassa, jotta selviää, kuinka laajassa mittakaavassa vikaa esiintyy. Kuvassa 8 nähdään testitilanne käytännössä. Esimerkki vuotavasta lukkoventtiilistä on toinen lukkoventtiili vasemmalta katsoen.



KUVA 8. Lukkoventtiilien testausta testiblokilla

Testejä suoritettaessa havaittiin, että kaikki vuotavat lukkoventtiilit olivat kaikki samasta valmistuserästä, kun testatuissa venttiileissä eri valmistuseriä oli useita. Lukkoventtiilejä päätettiin tarkastella tarkemmin Tampereen ammattikorkeakoulun materiaalilaboratorion mikroskoopilla. Mikroskooppitarkasteluissa huomattiin, että vuotavassa venttiilierässä venttiilin tiivistyspinnan (johon venttiilinkuula painautuu) koneistus oli merkittävästi heikkolaatuisempi kuin toimivan lukkoventtiilin. Vuotaminen johtui näin ollen selkeästi valmistusvirheestä.

4.2 Työkorin vakaajasynterinin vuoto

Vakaajasynterinin vuoto, eli käytännössä korin valuminen, aiheuttaa sen, että henkilönostimen seistessä pitkään paikallaan käyttämättömänä, työkori valuu hitaasti maahan asti tai koneen rungon päälle. Korin nostaminen vaatii henkilönostimen tukijalkojen laskemisen nostoasentoon, mikä ei välttämättä aina ole mahdollista esimerkiksi konevuokraamoasiakkaiden ahtaissa varastotiloissa. Tämä aiheuttaa sen, että henkilönostinta pitää joko ajaa kori maassa, mikä saattaa vaurioittaa sitä, tai pitää ohittaa turvakytin, joka estää korin liikuttamisen ilman tukijalkojen käyttöä. Molemmat vaihtoehdot ovat erittäin huonoja, sillä turvalaitteiden ohittamista ei voida asiakkaalle turvallisesti opettaa, ja toisaalta korin vaurioituminen pitää voida välttää. Vakaajasynterinin vuoto ei kuitenkaan aiheuta konetta käytettäessä vaaratilanteita, sillä vuoto on pahimmillaankin erittäin hidasta. Vian korjaaminen on kuitenkin käytettävyyden ja asiakastyytyvyyden kannalta erittäin tärkeää.

4.2.1 Vian luonne ja mahdolliset aiheuttajat

Vian luonteen tarkka määrittäminen on tässä tapauksessa osoittautunut erittäin haastavaksi. Vaikka vika itsessään tiedetään, on hyvin vaikea määrittää, mistä se tarkalleen johtuu. Testeissä on havaittu, että vian esiintyminen ei ole johdonmukaista, toisin sanoen sylinterivuoto ei ole jatkuvaa, se saattaa silminnähävästi loppua useiksi viikoiksi, kunnes taas jokin laukaisee hitaan vuodon. Toisinaan taas työkorin valuminen on selkeästi nähtävissä jo tuotantovaiheessa lähes valmiissa nostimissa. Erityisesti varastokoneiden hidaspäisyyttä havaittu vuoto aiheuttaa ongelmia sekä tutkimusta tehtäessä, että asiakkaiden käytössä.

Mahdollisia vian aiheuttajia on useita. Koska Leguan-nostimien työkorin vakaajajärjestelmiä on kahta tyyppiä, saattaa vika johtua eri asioista eri nostimissa. Suurin määrittävä eroavaisuus nostimien välillä on vakaajasynterinin normaaliasento. Leguan 125:ssä vakaajasynterinin männänvarsi on normaaliasennossa (kori ylhäällä) sylinterin sisällä ja vastaavasti Leguan 135 ja 160 –malleissa männänvarsi on ulkona. Toisin sanoen Leguan 125:n vakaajasynteriniin kohdistuva voima on vetoa ja kahden muun mallin kohdalla puristusta. Koska Leguan 125:n vakaajasynterinin männänvarsi on lähtötilanteessa sylinterin sisällä, ei sylinteristä tarvitse poistua öljyä, jotta varsi voi työntyä sylinteristä ulos. Tämä

johtuu siitä, että sylinterin öljytilavuus kasvaa, kun männänvarsi tulee sylinteriputkesta ulos. Riittää siis, että öljy siirtyy kammiosta toiseen joko vuotona männän yli tai esimerkiksi kuormanlaskuventtiilin vuotona. Nämä kaksi vuototapaa ovatkin todennäköisimmät Leguan 125:n tapauksessa.

Leguan 135 ja 160 –nostimissa männänvarsi on ulostyöntyneenä korin ollessa ylhäällä, joka johtaa siihen, että korin laskiessa sylinteristä on pakko poistua öljyä, jotta männänvarren vaatima tilavuus vapautuu sylinteristä. Öljyn poistumiseen puolestaan vaaditaan kaksi vuototapaa, sillä öljyn esteenä on kaksi venttiiliä. Sylinterissä oleva *kuormanlaskuventtiili* ja vakaajajärjestelmän toimintaa tukeva *kaksoiskuormanlaskuventtiili*. Kaksoiskuormanlaskuventtiilin tehtävä on tehdä vakaajajärjestelmästä niin sanotusti pullo, eli se ”lukitsee” öljyn kiertämään vakaajan sylintereiden välillä ja varmistaa vakaajajärjestelmän oikean toiminnan. Jotta mäntä voi painua vakaajasynterinin sisään ja kori laskea, täytyy järjestelmässä olla siis kaksi vuotokohdetta, joko toinen tai molemmat venttiileistä vuotavat ja/tai öljyä poistuu sylinteristä vuotona männän yli. Muutoin öljyn poistuminen vakaajasta ei ole mahdollista. On mahdollista, että vakaajasynterinvuodon juurisyy on kaikissa nostimissa sama, koska vika ilmenee samalla tavalla nostintyyppistä ja hydraulijärjestelmien eroavaisuuksista riippumatta.

4.2.2 Korin vakaajan toiminta

Henkilönostimen työkorin vakaajan toiminta perustuu kahden hydraulisynterinin yhteistoimintaan. Vakaajasynteri ja mittasynteri ovat kytkettynä toisiinsa niin, että vakaajajärjestelmässä on tavallisen nostotapahtuman aikana suljettu kierto, jossa öljy kiertää kahden synterinin välillä nostopuomin liikkeiden mukaan.

Mittasynteriksi nimetty synteri, seuraa tai mittaa nostopuomin nousukulmaa ja synterinin mäntä liikkuu nostopuomin liikkeiden mukaisesti sisään tai ulos. Mittasynterinin männän liikkuessa yhteen suuntaan, öljy synteristä siirtyy vakaajasynteriin ja liikuttaa vakaajasynterinin mäntää vastakkaiseen suuntaan. Synterineiden suhdetta kuvataan termeillä Master (mittasynteri) ja Slave (vakaajasynteri), koska toinen synteri määrää tai pakottaa toisen synterinin liikkeet ja aseman (kuva 9).



KUVA 9. Numero 1 on mittasylinteri ja 2 vakaajasylinteri, korin käännön rungon sisällä

Työkorin kulmaa on mahdollista muuttaa myös käsivalintaisesti haluttuun kulmaan, jolloin ohjausventtiililtä ohjautuu painetta ennen vakaajan sylintereitä olevalle kaksoiskuormanlaskuventtiilille. Venttiilin kautta öljy pääsee vaikuttamaan korin vakaajasylinteriin ja muuttamaan korin kallistuskulmaa. Kun pelkkää korin kallistuskulmaa säädetään käsin, mittasylinteri ei liiku, joten öljyn on poistuttava kaksoiskuormanlaskuventtiilin kautta vakaajasylinteristä öljytankkiin.

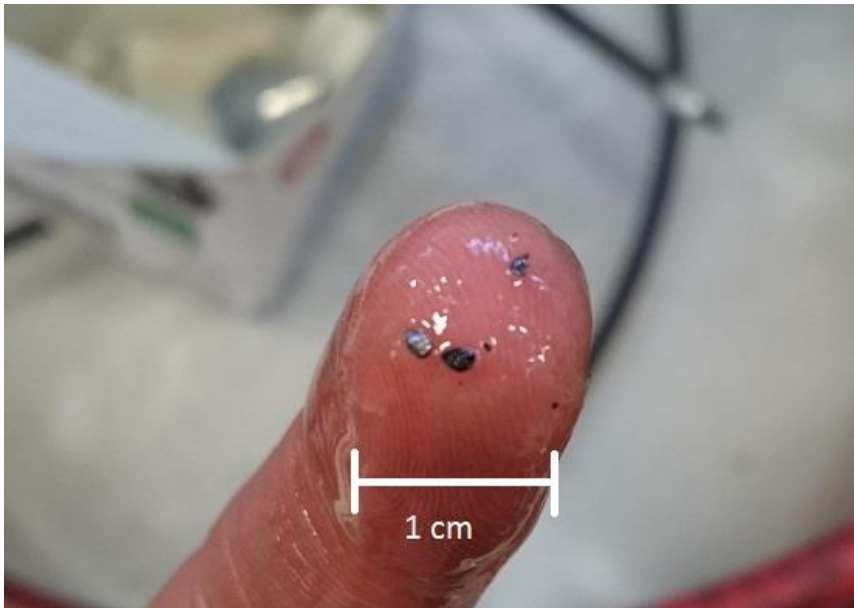
Vakaajajärjestelmän ilmaus Leguan-nostimissa suoritetaan ajamalla kori alas ja jättämällä ohjausventtiili auki lukitsemalla korin kallistuskulmaa säättävä vipu ala-asentoon (ohjausventtiililtä ohjautuu painetta kaksoiskuormanlaskuventtiilin kautta vakaajaan), jolloin korin vakaajasylinteriä ajetaan niin sanotusti seinää päin. Mittasylinterin ollessa korkeammalla kuin vakaajasylinterin, on järjestelmässä oleva ilma (keveytensä takia) lähtökohtaisesti kulkeutunut mittasylinteriin tai sitä kohti. Ilmaustilanteessa vakaajasylinteriltä pyrkii öljyä mittasylinterille, mutta nostopuomin ollessa paikallaan sylinteri ei voi liikkua. Tällöin myös mittasylinterin päässä tapahtuu seinää päin ajamista vastaava ilmiö,

joka kasvattaa painetta liikaa, jolloin öljy ei kulje vakaajaan asti, vaan kulkeutuu ohjausventtiilin painerajasta tankkilinjaan, paineen noustessa raja-arvoa suuremmaksi. Tällöin mittasylinterissä oleva ilmausruuvi avataan, jolloin paine laskee ja kulkee vakaajaan vapaasti. Tällöin vakaajan yläpäässä (mittasylinterissä ja sen läheisyydessä) oleva ilma ja ilmansekainen öljy pääsevät ilmausruuvin läpi järjestelmästä ulos.

4.2.3 Vian tutkiminen

Vakaajasylinterin vuotoa lähdettiin tutkimaan poissulkemismenetelmällä, jossa tutkitaan komponentti kerrallaan (yksitellen) ja selvitetään vian lähde. Aluksi alettiin paikallistaa vuotokohdetta kaksoiskuormanlaskuventtiililtä (Leguan 160), irrottamalla sen takaa letkut ja liittämällä letkut kanistereihin, joihin mahdollisesti vuotava öljy valuisi. Koska vuoto/korin valuminen on niin hidasta ja öljymäärät suhteellisen pieniä, piti öljyvuttoa seurata ja odottaa useita päiviä. Testaus suoritettiin kahdella nostimella yhtäaikaa, jotta tulosten vertailu olisi mahdollista.

Ensimmäisen testausjakson aikana molemmat testikoneet olivat vuotaneet kaksoiskuormanlaskuventtiileistään, joskin eri porteista, noin puolen desilitran verran. Aikaisemmin on todettu kaksoiskuormanlaskuventtiilien aiheuttavan vakaajajärjestelmään toimintahäiriön, jossa vakaaja ei pidä korin kulmaa vakiona nosto- tai laskutapahtuman aikana, vaan se seuraa puomiston liikettä viiveellä tai ei lainkaan. Tämän vian johdosta kaksoiskuormanlaskuventtiileitä oli koneista vaihdettu pois ja näitä viallisia venttiileitä otettiin tarkempaan tarkasteluun ja testaukseen. Testaus suoritettiin paineistamalla kaksoiskuormanlaskuventtiileitä sylinterien liitännöiden puolelta, jotta selkeästi nähdään vuotaako venttiili vakaajasta öljyä pois. Venttiiliä kuormitettiin 200 barin paineella, joka vastaa puomiston käyttöpainetta. Kaikki koneista poistetut kaksoiskuormanlaskuventtiilit vuosisivat selvästi, osa erittäin runsaasti. Vuodon syytä lähdettiin selvittämään purkamalla venttiilit osiin. Jokaisesta vuotavasta venttiilistä löytyi suurehko (noin 2-4 mm²) metallilastu (kuva 10), joka aiheutti merkittävän vuodon venttiilin V2 portista (kuva 11).



KUVA 10. Kaksoiskuormanlaskuventtiileistä löytyneitä metallilastuja



KUVA 11. Portista V2 vuotava kaksoiskuormanlaskuventtiili

Löytö oli tärkeä kahdestakin syystä, ensinnäkin on tärkeää tietää, että vika (roskien aiheuttama vakaajan toimintahäiriö) on todellinen ja sen aiheuttaja on pystytty todentamaan, ja toiseksi tämä vuoto voidaan liittää myös korin valumiseen liittyviin ongelmiin, koska öljyn poistuminen vakaajajärjestelmän kierrosta johtunee samasta ongelmasta. Lisäksi roskalöydös saattaa edesauttaa vakaajasynterin vuodon tutkimista.

Kuten aikaisemmin todettiin, vaatii Leguan 160 –nostimen korin valuminen kaksi vuotokohdetta, joten toista vuotoaikkaa lähdettiin selvittämään edelleen poissulkemismenettelmällä. Testejä suoritettiin yhtäaikaan kahdella varastossa olevalla nostimella. Seuraava mahdollinen vian aiheuttaja on vakaajasynterinin kuormanlaskuventtiili. Kuten toisessakin testissä, myös synterinin vuotoa tutkittaessa synteristä irrotettiin letkut ja johdettiin niistä mahdollisesti vuotava öljy kanistereihin. Samanlaista öljyvuotoa, kuin kaksoiskuormanlaskuventtiileistä, ei kuitenkaan havaittu, joten vuoto epäiltiin tapahtuvan synterinin sisällä. Testiä pyrittiin uusimaan valuvan Leguan 125 –nostimen korin tapauksessa (synteristä letkut yhdistetty kanistereihin), mutta korin valuessa muutamassa päivässä maahan asti, ei synteristä vuotanut ulospäin öljyä lainkaan, joten epäily synterinin sisäisestä vuodosta vahvistui. Toisena mahdollisena aiheuttajana tällaiseen niin sanottuun vuodottomaan vuotoon epäiltiin ilmaa, jota olisi synterissä öljyyn sekoittuneena tai siitä erillään. Ajan kuluessa ilma erottuisi öljystä ja/tai vuotaisi synteristä ulos jättämättä itsestään mitään jälkeä. Tällaista huonon ilmauksen aiheuttamaa tilannetta päätettiin simuloida täyttämällä mittasynteri ilmalla (tyhjentämällä se öljystä).

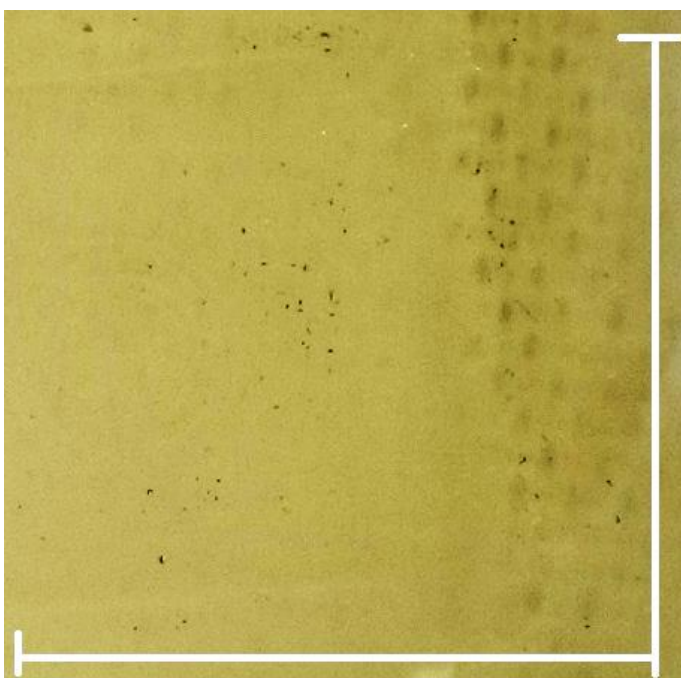
Jälleen ilman vaikutuksia vakaajajärjestelmään seurattiin muutama päivä. Järjestelmän altistaminen ilmalle ei aiheuttanut oletettuja tuloksia, pikemminkin päinvastoin. Ilma ei vaikuttanut synteriin mitenkään ja nostin, jota oli testauksen takia käytetty, näytti toimivan täydellisesti. Tämän seurauksena ilman vaikutus korin valumiseen voitiin olettaa erittäin pieneksi tai olemattomaksi. Koska konetta jouduttiin kaikissa testitilanteissa jonkin verran käyttämään, ja nostimet vaikuttivat toimivan aina paremmin, mitä enemmän niitä käytettiin, oli aiheellista alkaa perehtyä roskien (metallilastut tms.) aiheuttamiin ongelmiin, jotka käytön myötä vähenevät ja jopa poistuvat. Tällaisia ongelmia voisivat olla esimerkiksi tukkeutuneet venttiilit, jotka eivät roskien tukkimina pysty kunnolla sulkeutumaan, vaan jäävät vuotamaan. Toisaalta, kun järjestelmää käytetään ja öljy kulkee venttiileistä läpi korkealla paineella, venttiilit saattavat puhdistua ja vika vaikuttaa poistuneen itsestään.

Koska ennen tutkimustyön aloittamista oli jo pitkään ajateltu, että korin valumisongelma johtuu järjestelmässä olevasta ilmasta, päätettiin järjestelmän altistamista ilmalle testata uudelleen tulosten luotettavuuden lisäämiseksi. Toimivan henkilönostimen vakaajasynteri tyhjennettiin öljystä, jolloin kori laski maahan ja vakaajasynteriä ajettiin vain sen verran, että kori saatiin pysymään ylhäällä. Jälleen korin valumista seurattiin useita päi-

viä, mutta mitään muutosta ei tapahtunut. Näyttää siltä, että ilman vaikutuksia korin valumisongelmiin on liioiteltu. On kuitenkin mahdollista, että ilma sylintereissä saattaa korostaa vikoja, mutta ilma yksin ei korin valumista häiritsevissä määrin aiheuta.

Ilman ja ilmauksen vaikutusta korin valumiseen testattiin myös siten, että ilmalle altistettua vuotavaa konetta yritettiin ilmata mittasynterinin ilmausruuvista, päästäten ruuvista öljyä ja mahdollista ilmaa pitkän aikaa ulos. Vuotavaan koneeseen tällä ilmaustoimenpiteellä ei kuitenkaan ollut mitään vaikutusta, vaan vuoto jatkui entiseen malliin myös tämän toimenpiteen jälkeen. Ilman häviäminen sylintereistä ei näin ollen poista ongelmaa. Ilmaustoimenpiteen luonne on kuitenkin sellainen (ks. 3.2.2), että se saattaa joissakin tapauksissa puhdistaa myös tukkeutuneita venttiileitä öljyn kulkiessa sylintereiden ja venttiilien välillä.

Koska korin vakaajasylinterin vuoto-ongelmia ilmeni heti tuotannosta valmistuvissa nostimissa, päätettiin tutkia sylintereiden niin sanottuja varastoöljyjä, eli öljyä, joka sylintereissä on sisällä niiden tullessa valmistajalta. Näissä öljynäytteissä (kuva 12) oli merkittäviä määriä pientä metallihilettä ja pieniä metallilastuja, joka saattaisi hyvinkin aiheuttaa ongelmia venttiileihin kulkeutuessaan. Roskat saattaisivat aiheuttaa vian heti ensimmäisellä käyttökerralla, kun ne lähtevät sylinteristä liikkeelle koria nostettaessa. Jos koneen käyttö on myös jatkossa vähäistä, eikä venttiilien huuhteluilmiötä pääse tapahtumaan, saattaa valumisvika jäädä pitkäksi aikaa päälle.



KUVA 12. Metallilastuja öljynäytteessä (mitta-asteikko 6 x 6 cm)

Tulosten varmistamiseksi toimiviin koneisiin vaihdettiin vakaajasyntereihin kuormanlaskuventtiilit, jotka olivat mahdollisesti aiheuttaneet valumista muissa koneissa. Näissä toimivissa koneissa alkoi hyvin nopeasti näkyä kuormanlaskuventtiilin vaikutus, sillä korin valuminen alkoi lähes välittömästi. Näin ollen vian korjaukseksi voidaan melko suurella varmuudella esittää kuormanlaskuventtiilin vaihtamista, mutta vian syntyminen alun perin pitäisi saada estettyä. Myös vakaajajärjestelmän kaksoiskuormanlaskuventtiileitä testattiin käyttämättömänä, jotta päästiin selville, kuinka suuri venttiilin ominaisvuoto on. 200 barin testipaineessa ei venttiilit vuotaneet lainkaan. Käytännön testeissä kaksoiskuormanlaskuventtiilin ominaisvuoto oli täten 0 pisaraa minuutissa.

Koska sylinterien varastoöljyjen huomattiin olevan melko likaisia niiden tullessa valmistajalta Leguanin käyttöön, päätettiin (aluksi) pieni määrä sylintereitä ottaa huuhtelu- tai pesuajoon testipenkkiin (kuva 13). Testipenkissä sylintereitä ajettaessa sylintereiden öljyt vaihtuvat moneen kertaan ja puhdistuvat, kun öljy kulkee öljynsuodattimen läpi poistuessaan sylinteristä. Näin myös venttiileiden pitäisi puhdistua ja pysyä puhtaana myös asennettaessa myöhemmin koneeseen. Testissä käytettiin releohjattua sähköventtiiliä, jonka avulla sylinterien liikejakso säädettiin 20 sekunnin mittaiseksi. Sylinterin mäntä liikkui näin ollen molempiin suuntiin 180 kertaa tunnin testin aikana. Tunnin huuhtelujakso todettiin riittäväksi, kun huuhdellun sylinterin öljystä otettiin näyte, joka oli merkittävästi puhtaampi kuin käyttämättömän sylinterin. Huuhtelukäytäntöä päätettiin jatkaa varastossa olevilla sylintereillä ennen niiden käyttöä valmistettavissa nostimissa.



KUVA 13. Sylinterien ajo testipenkissä. Ylhäältä alas: 2 vakaaja- ja mittasynteriä sekä sähköohjattu venttiili

4.2.4 Sylintereiden valmistus

Sylinterit Leguan 125 ja 160 -nostimiin valmistaa alihankkija Ylöjärvellä. Eri alihankkija valmistaa sylinterit Leguan 135 nostimeen, mutta sekin ostaa sylintereiden venttiililohkot ylöjärveläisyriykseltä. Vakaajasynterin (kuva 14) valmistuksessa venttiililohko hitsataan sylinteriputken päähän, jonka jälkeen lohkoon tehdään poraukset esimerkiksi venttiiliä varten. Sylinteriputken kylkeen ja venttiililohkoon hitsataan kiinni öljyputki, jossa öljy kulkee venttiililohkon ja sylinterin varrenpuoleisen sylinterilohkon välillä. Valmiiseen sylinteriputkeen asennetaan käsin mäntä ja männänvarsi (kuva 15). Mittasynterin valmistus on hieman yksinkertaisempaa, sillä siihen ei hitsata venttiililohkoa eikä öljyputkea. Muutoin valmistusprosessi on samanlainen. Kokoonpanon jälkeen sylinterit maalataan.



KUVA 14. Vakaaja- ja mittasynteri, Leguan 160. 1. Öljyputki, 2. männänvarsi, 3. sylinteriputki, 4. venttiililohko, 5. kuormanlaskuventtiili, 6. ilmausruuvi



KUVA 15. Männän ja varren asennus sylinteriputkeen

Tämän opinnäytetyön aikana on selvinnyt, että sylinterien puhdistusprosessi valmistuksen aikana on erittäin tärkeä osa valmistusta. Puhdistusprosessia käytiin seuraamassa paikan päällä sylinterivalmistajan tiloissa. Puhdistus suoritetaan pelkille sylinteriputkille koneistuksen ja hitsauksen jälkeen, ennen männän ja varren asennusta. Puhdistus aloitetaan puhdistamalla sylinteriputket ja kaikki poraukset huolellisesti paineilmalla (kuva 16), jotta mahdollisimman suuri osa koneistuslastuista, hitsauspölystä ja muusta materiaalista saataisiin liikkeelle. Tämän jälkeen putket pestään kauttaaltaan painepesurilla kuumalla vedellä, jonka jälkeen putkiin ruiskutetaan liuotinpesuaine, jotta esimerkiksi leikkuunesteet saadaan pestyä pois. Liuotinpesuaineen vaikutettua se pestään pois painepesurilla. Lopuksi sylinteriputket kuivataan paineilmalla.



KUVA 16. Sylinteriputkien puhdistus paineilmalla

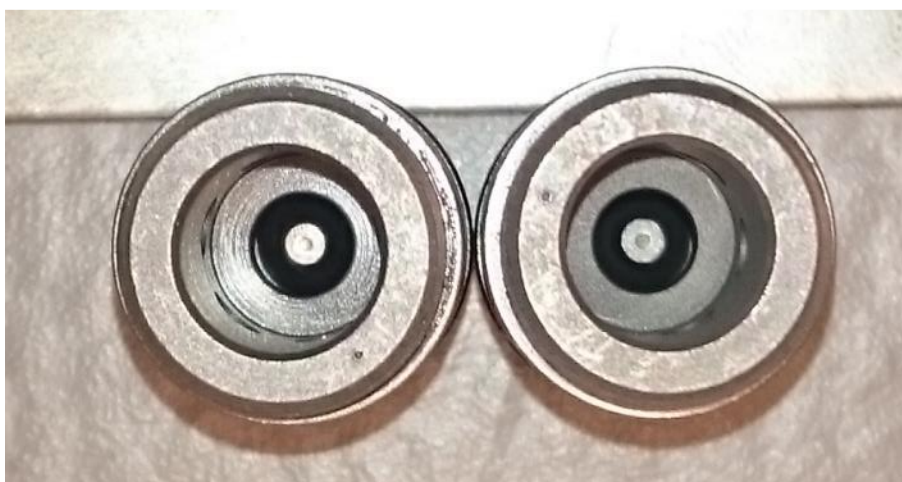
Sylinteriputkien puhdistusprosessi vaikuttaa hyvin kattavalta, mutta tästäkin huolimatta kokoonpanovaiheessa oli putkista vielä helposti löydettävissä koneistuksen jäljiltä metallilastuja ja muitakin roskia. Tämän takia on loogista epäillä, että ahtaammissa ja vaikeammin puhdistettavissa paikoissa, kuten venttiililohkossa tai öljyputkessa, voi myös olla lastuja tai muuta vastaavaa, koska niiden silmämääräinen tarkistus on vaikeaa tai mahdotonta. Puhdistusprosessiin onkin mahdollisesti tehtävä muutoksia tai vaihtoehtoisesti muuttaa sylinterien konstruktiota niin, että niiden puhdistus voidaan suorittaa helpommin ja laadukkaammin.

Sylinterivalmistajalla on käytössään esimerkiksi TEM-räjäytyskone, eräänlainen jäysteenoistouuni, jolla koneistusjäysteet voidaan polttaa pois. Toistaiseksi kuitenkin venttiililohkojen seinämävahvuus ei ole ollut tähän riittävä, koska räjäytyskoneen käyttö edellyttäisi, että esimerkiksi hitsiliitokset tehtäisiin vasta räjäytyksen jälkeen. Nykyiseen lohkokoon tulisi todennäköisesti hitsauksessa muodonmuutoksia ja vääristymiä, jos koneistus tehtäisiin ennen hitsausta. Räjäytyskoneen käyttö venttiililohkojen puhdistuksessa saattaisi parantaa puhtaustilannetta oleellisesti, joten sylinterien konstruktiomuutosta harmitaan puhtaustilannetta vähentämiseksi.

4.3 Tulokset

4.3.1 Tukijalkasylintrit

Tukijalkasylintereiden vuoto-ongelma pystyttiin melko hyvissä ajoin testeillä kohdistamaan lukkoventtiileihin. Kuitenkaan lukkoventtiileiden vikaa ei osattu heti epäillä, sillä samoja lukkoventtiileitä on Leguan-nostimissa käytetty jo lähes kaksikymmentä vuotta ilman ongelmia. Mikroskooppitarkasteluissa nähtiin hyvin helposti, että tiivistyspinnan pinnankarheus oli vuotavassa venttiilierässä erittäin karkea, verrattuna toimivaan venttiiliin. Pinnankarheudesta johtuen venttiilinkuula ei sulkenut venttiiliä tarpeeksi tiiviisti, mikä aiheutti venttiilin vuotamisen paineistettuna. Kuvassa 17 vasemmalla nähdään selkeästi urautunut koneistuspinta verrattuna vuotamattomaan venttiiliin oikealla, jossa tiivistyspinta on selvästi tasaisempi.



KUVA 17. Lukkoventtiilin tiivistyspinnan koneistus, urautunut pinta vasemmalla

Mikroskooppitarkastelulla ja paineistuskokeilla saatiin riittävän tarkasti selvitettyä, mistä sylinterivuoto johtui. Viallinen lukkoventtiilierä poistettiin käytöstä, valmiisiin sylintereihin vaihdettiin uudet lukkoventtiilit ja asiakkaille, joiden koneissa tätä lukkoventtiilierää oli käytetty, toimitettiin uudet venttiilit. Tämän jälkeen ongelmia tukijaloissa ei enää esiintynyt.

4.3.2 Vakaajajärjestelmä

Vakaajajärjestelmän vuotamisen tai korin valumisen on jo vuosia oletettu johtuvan hydraulijärjestelmässä olevasta ilmasta ja sen aiheuttamista häiriöistä. Nyt on kuitenkin pystytty testeihin toteamaan, että ilman merkitys vian aiheuttajana on paljon oletettua pienempi. Ilma saattaa korostaa vikaa, muun muassa siksi, että pienestäkin vuodosta pääsee läpi nopeasti suuri määrä ilmaa, jos sitä sylinteriin on kulkeutunut. Kuitenkin on pystytty toteamaan, että kun kuormanlaskuventtiili on pitävä, ei ilma yksin pysty vaikuttamaan korin valumiseen. Tutkimustulosten perusteella voidaan luotettavasti sanoa, että jos vakaajasynterinin kuormanlaskuventtiili toimii eikä vuoda, ei korin merkittävää valumista tapahdu, vaikka järjestelmässä olisikin jonkin verran ilmaa. Vakaajasynterini saattaa lämpötilan vaihtelujen (lämpölaajeneminen) ja ilman kokoonpuristuvuuden takia valua jonkin verran, mutta alas asti kori ei venttiilin oikein toimiessa valu. Järjestelmän ilmaus säilyy kuitenkin edelleen osana laitteiden valmistusta, koska ilma voi aiheuttaa paljon muitakin ongelmia, esimerkiksi ruostumista ja kavitaatiota sekä ohjauksen epätarkkuutta.

Testeissä on todettu, että korin valumisen aiheuttaa vuotavat venttiilit, joko sylinterin kuormanlaskuventtiili yksinään tai vakaajajärjestelmän sulkevan kaksoiskuormanlaskuventtiilin kanssa yhdessä. Kaksoiskuormanlaskuventtiilien kohdalla on pystytty todistamaan, että metallilastut aiheuttavat selkeää jumiutumista ja siten vuotoa venttiileissä, joka aiheuttaa korin vakaajan toimintahäiriön. Toimintahäiriö johtuu siitä, että vakaajajärjestelmä ei pysy suljettuna, vaan öljy pääsee kaksoiskuormanlaskuventtiilin läpi tankkiin. Näin ollen vakaajajärjestelmän kokonaistilavuus kasvaa, eivätkä sylinterit enää liiku oikealla tavalla. Tämä samainen vuotaminen koneen ollessa käyttämättömänä aiheuttaa korin valumisen, jos myös vakaajasynterinin kuormanlaskuventtiili vuotaa.

Sylintereiden öljynäytteitä tutkimalla havaittiin, että niiden puhtaustaso ei ole hydraulikkajärjestelmän toiminnan kannalta riittävä. Öljystä löytyneet partikkelit aiheuttivat vuotoa myös vakaajasynterinin kuormanlaskuventtiilissä, mikä pystyttiin luotettavasti osoittamaan testaamalla vuotavia ja vuotamattomia venttiileitä eri koneissa. Rakenteellisten vikojen vaikutus toimimattomuuteen pystyttiin näin myös sulkemaan pois. Toisaalta roskien joutuminen järjestelmään nostinten valmistuksen yhteydessä ja muualta järjestelmän sisältä on myös mahdollista.

Vakaajajärjestelmän suljetun luonteen vuoksi epäpuhtaudet eivät välttämättä poistu järjestelmän kierrosta, koska vakaajan käsikäyttö saattaa tietyillä käyttäjillä olla vähäistä ja korin kulman säätö jää vakaajan varaan. Lisäksi, vaikka vakaajaa ajettaisiin käsikäytöllä runsaastikin, ei roskien poistumisesta voi saada minkäänlaista varmuutta. Roskien kiertäessä vakaajajärjestelmän sisällä saattaa vioittuminen tapahtua vasta pitkänkin ajan päästä, kun ne lopulta jäävät venttiileihin ja jumiuttavat ne.

Vakaajan sylintereitä ajettiin testipenkissä ja penkissä ajetusta vakaajasynteristä otettiin vastaava öljynäyte, kuin aiemmin käyttämättömästä sylinteristä oli otettu, ja öljyn roskien määrä oli vähentynyt silmämääräisen arvion mukaan 90-99 %, toisin sanoen silminnähtävät roskat olivat poistuneet lähes kokonaan. Tulosten valossa on aiheellista harkita, onko tarpeellista tai järkevää ajaa sylintereitä testipenkissä aina ennen käyttöönottoa, ellei sylinterien puhtautta pystytä muuten varmistamaan. Toisaalta puhdistusmenetelmiin pitää kiinnittää enemmän huomiota, jotta riittävä puhtaustaso on mahdollista saavuttaa.

5 KEHITYSEHDOTUKSET

5.1 Tukijalkasylinterit

Yksi venttiilierä, jossa oli selvä valmistusvirhe, aiheutti erittäin merkittävän ongelman ja jopa vaaratilanteen riskin nostimien valmistuksessa ja jo asiakkaille toimitetuissa koneissa. Tukijalkasylinterit ovat yksi henkilönostimen tärkeimmistä komponenteista ja tällaisia virheitä ei enää jatkossa voi tulla. Laadunvarmistamiseen on jatkossa panostettava paljon enemmän, sillä onnettomuusriski tällaisissa tilanteissa nousee suureksi.

Henkilönostimien koekäyttöä pitää jatkossa kehittää ja tehostaa. Esimerkiksi koeajotilanteessa asentajan täytyy varmistua siitä, että laite toimii niin kuin pitää, eikä jättää huomiotta pieniäkään toimintahäiriöitä tai laatueroja. Virheet täytyy ehdottomasti korjata ennen nostimen toimittamista asiakkaalle. Lisäksi testaustoimintaa pitää lisätä, jos huomataan, että komponentti- tai muut viat ovat yleistyviä tai toistuvia, jotta vastaavaa asiakkaille ei enää toimitettaisi useita viallisia laitteita. Tämä on ehdoton edellytys sille, että henkilönostimia voidaan valmistaa jatkossakin turvallisesti, korkealaatuisesti ja asiakastyytyväisyys voidaan taata sekä myyntiä voidaan pitkäjänteisesti kasvattaa.

5.2 Vakaajajärjestelmä

Korin valumisongelma on aiheuttanut Leguan-nostimien käyttäjille ongelmia jo vuosia. Sylintereiden puhtauteen valmistusvaiheessa on pystyttävä saamaan merkittävä parannus, jotta ongelmasta päästään pysyvästi eroon. Valmiista sylintereistä roskien poistaminen on hyvin hankala ja aikaa vievä prosessi.

Yksi vaihtoehto, joka aiemmin esiteltiin, on sylinterien konstruktio muutos siten, että sylinterivalmistaja pystyy käyttämään TEM-räjäytyskonettaan sylintereiden venttiililohkoihin. Tämä edellyttää venttiililohkojen seinämävahvuuden lisäämistä, jotta ne voidaan koneistaa ennen hitsausta ilman, että hitsaus aiheuttaa muotoihin vääristymiä ja että sylintereiden mitoitus ja asennuspaikka antavat myöden mahdolliselle piteuden kasvamiselle tai iskupiteuden lyhenemiselle. On mahdollista, että nykyisiin kokoonpanoihin ei saada

sovitettua uudenlaisia sylintereitä kasvavien mittojen takia. Siinä tapauksessa korin vakaajan suunnittelua pitäisi muuttaa monelta muultakin osin, mikä on melko työläs prosessi usealle nostintyypille, joissa kaikissa on hieman erilainen vakaajakonstruktio. Toisaalta räjäytuskoneen käyttö poistaa koneistusjäysteet vain venttiililohkosta ja esimerkiksi öljy- tai sylinteriputken puhtauteen tällä ei suoranaisesti ole vaikutusta. Lisäksi räjäytuskoneen jäljiltäkään lohkojen puhtaus ei välttämättä yllä vielä sataprosenttisesti sille tasolle, mitä Leguan-nostimen hydraulijärjestelmä toimiakseen vaatii.

Mahdollisen uudelleen suunnittelun lisäksi sylinterivalmistajien täytyy pystyä kehittämään omia valmistus- ja puhdistusmenetelmiään niin, että roskaa ei enää sylintereihin kertyisi. Yhtenä vaihtoehtona on kiillotetun hydraulioöljyputken käyttö sylinterin öljyputkenä, mikä vähentäisi hitsauksen aiheuttamaa kuonaa putkessa ja sylinterissä. Toisena vaihtoehtona on helmiliittimen hitsaus öljyputkeen, jonka kautta putki voitaisiin puhdistaa sellaisenaan ja liittää ilman hitsausta sylinteriputkeen.

Sylinterivalmistajan tuotannosta vastaavan henkilön kanssa keskusteltiin parannuksista puhdistusmenetelmiin ja ensimmäisenä keinona ehdotettiin paineilmapuhdistukseen tietynlaista viuhkasuutinta, joka puhaltaisi esimerkiksi 45 asteen kulmassa taaksepäin. Suutin työntäisi roskat sylinteriputkesta ulos sen sijaan, että lastut jäävät paineilman vaikutuksesta pyörimään putken pohjalle. Valmistajan tehtaalla vierailun yhteydessä kävi ilmi, että nykyiset menetelmät sylinteriputkien puhdistukseen eivät ole riittävät, vaan metallilastuja löytyi putkista todella helposti. Tästä voinee päätellä, että myös puhdistus- ja asennustyötä tekevien asentajien tarkkuudessa on reilusti parantamisen varaa nykyisilläkin menetelmillä.

5.2.1 Vianetsintä

Korin valumisongelmien aiheuttajasta on ollut vallalla monenlaisia näkemyksiä ja samoin sen korjaamisesta koneissa. Tästä syystä korjaustoimintaa helpottamaan päätettiin laatia vuokaavio (Liitteet 4 ja 5), jonka pohjalta korjaustoimenpiteissä tulee edetä. Kaavio sisältää vaiheittain kaikki mahdolliset aiheuttajat vakaajaongelmille ja keinot niiden korjaukseen. Kaaviossa käydään läpi tarkastus- ja testauskohteet ja vian esiintyessä vaihdettavat komponentit. Leguan 125 -nostimelle on laadittu oma kaavio, koska sen vakaajajärjestelmä on hieman erilainen kuin Leguan 135 ja 160 -nostimissa.

Vuokaavioita voidaan käyttää suoraan korjausohjeen tavoin tai pohjana, jos mahdollinen korjausohje laaditaan. Kaavio on hyvin yksinkertainen ja yksiselitteinen. Lisäksi se voidaan tarvittaessa kääntää myös muille kielille. Kaavio pätee opinnäytetyön kirjoitushetkellä käytössä olevaan vakaajajärjestelmään ja sen komponentteihin. Mahdollisten muutosten jälkeen täytyy kaaviota tarkastella uudelleen.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Leguan-henkilönostimia vaivanneet sylintereiden vuoto-ongelmat. Työn kriittisin osa oli tukijalkasylintereiden vuodon selvittäminen, sillä se vaikutti oleellisesti nostimien turvallisuuteen ja riskit henkilövahinkoihin olivat suuret. Toisessa vaiheessa tuli selvittää työkorin valumista aiheuttaneet vakaajajärjestelmän vuoto-ongelmat.

Opinnäytetyön tuloksena tukijalkasylintereiden vuoto-ongelma pystyttiin kohdistamaan sylintereiden lukkoventtiileihin. Valmistusvirheen tai huonojen valmistusvälineiden seurauksena venttiileiden tiivistuspintojen koneistuksen pinnankarheus oli erittäin karkea, mikä aiheutti suoranaista vuotoa sekä lisäsi vuotoriskiä toimivissa venttiileissä tulevaisuudessa. Venttiilivalmistaja otti vastuun valmistusvirheestä ja venttiilit takuukorvattiin.

Vakaajajärjestelmää tutkittaessa vian paikallistaminen oli huomattavasti vaikeampaa. Ennakkokäsityksissä ilman vaikutus vakaajan toimintahäiriöihin oli oletettu todellista suuremmaksi. Tutkimuksissa ilman vaikutus vakaajaongelmiin pystyttiin osoittamaan oletettua pienemmäksi, kun vakaajajärjestelmä altistettiin suurelle määrälle ilmaa ja ilmaus laiminlyötiin. Tämän jälkeen tutkimusten pääpaino siirtyi venttiilien mahdollisen vuodon tutkimiseen. Sylintereiden rakenteelliset viat pystyttiin luotettavasti sulkemaan pois, sillä viat useimmiten poistuivat pitkiä aikoja konetta käytettäessä.

Sylintereiden puhtautta tutkittaessa selvisi, että sylintereissä oli valmistuksen jäljiltä suuri määrä roskaa. Näiden roskien kulkeutuminen vakaajasynterinin kuormanlaskuventtiiliin ja tämän jälkeen kaksoiskuormanlaskuventtiiliin heti ensimmäisellä käyttökerralla oli erittäin todennäköistä. Venttiilien rooli vakaajaongelmiin pystyttiin todistamaan sekä käyttämällä toimivissa koneissa vuotoa aiheuttaneita venttiileitä, että käyttämällä korin valumisesta kärsivissä koneissa uusia venttiileitä.

Sylintereiden puhtauden parantamiseksi on jatkossa tehtävä paljon töitä. Jotta ongelmasta päästään eroon pysyvästi, vaaditaan mahdollisesti sylintereiden konstruktio muutos, joka mahdollistaa räjäytyskoneen käytön venttiililohkoille sekä öljyputken paremman puhdistuksen. Myös puhdistusmenetelmiin ja puhdistuksen laatuun valmistajan toimesta tulee kiinnittää enemmän huomiota tulevaisuudessa. Tässä asiassa Leguan Lifts Oy ja sylinterivalmistajat tulevat tekemään yhteistyötä, jotta parhaaseen tulokseen päästään.

LÄHTEET

Delta Power Company. Mechanical Directional Controls: DF-CPB Pilot Operated Check Valve, Guided Ball. Avant Tecno Oy komponenttitietokanta. Luettu 20.12.2015.

Elkelä, A. 2012. Hydrauliiikka-alan koulutusmateriaalin laatiminen. Auto- ja kuljetustekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45633/Elkela_Atte.pdf?sequence=1

Fonselius, J., Rinkinen J. & Wilenius M. 2008. Hydrauliiikka II. 3. painos. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy - Juvenesprint.

Haikka, M. 2014. Hydraulisylinterin vikaantumismekanismit ja elinajan ennustaminen. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22278/Haikka.pdf?sequence=1>

Leguan Lifts Oy. Media. Luettu 4.12.2015. <http://www.leguanlifts.com/index.php?page=media-2>

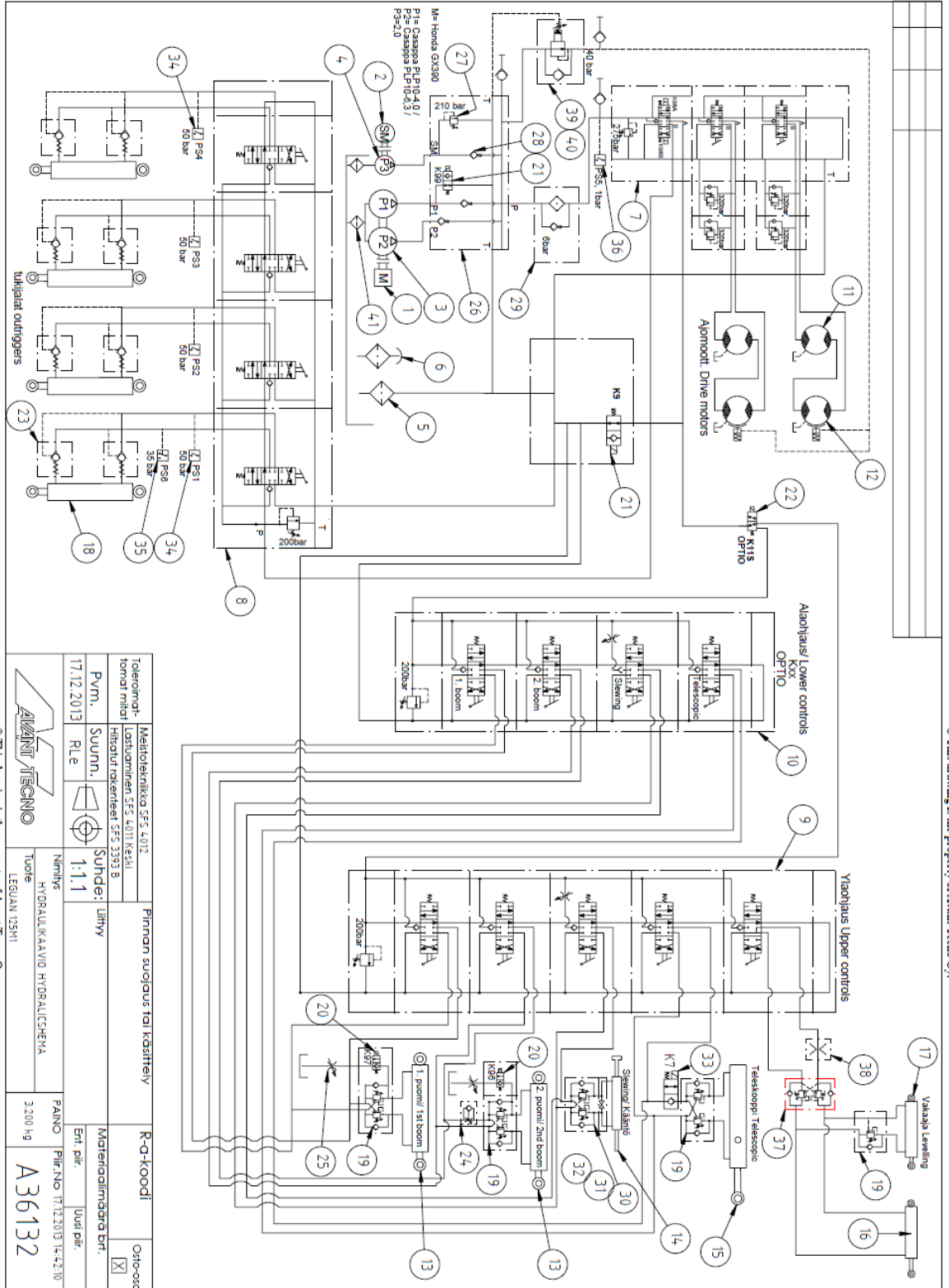
Leguan Lifts Oy. Yritys. Luettu 4.12.2015. <http://www.leguanlifts.com/index.php?page=yritys>

Leguan Lifts Oy. 2015. Tasekirja 1.10.2014-30.9.2015. Ylöjärvi: Leguan Lifts Oy.

Suomen Asiakastieto Oy. 2015. Leguan Lifts Oy tilinpäätöstiivistelmä. Helsinki: Suomen Asiakastieto Oy

LIITTEET

Liite 1. Leguan 125 hydraulikaavio (Avant Tecno Oy)



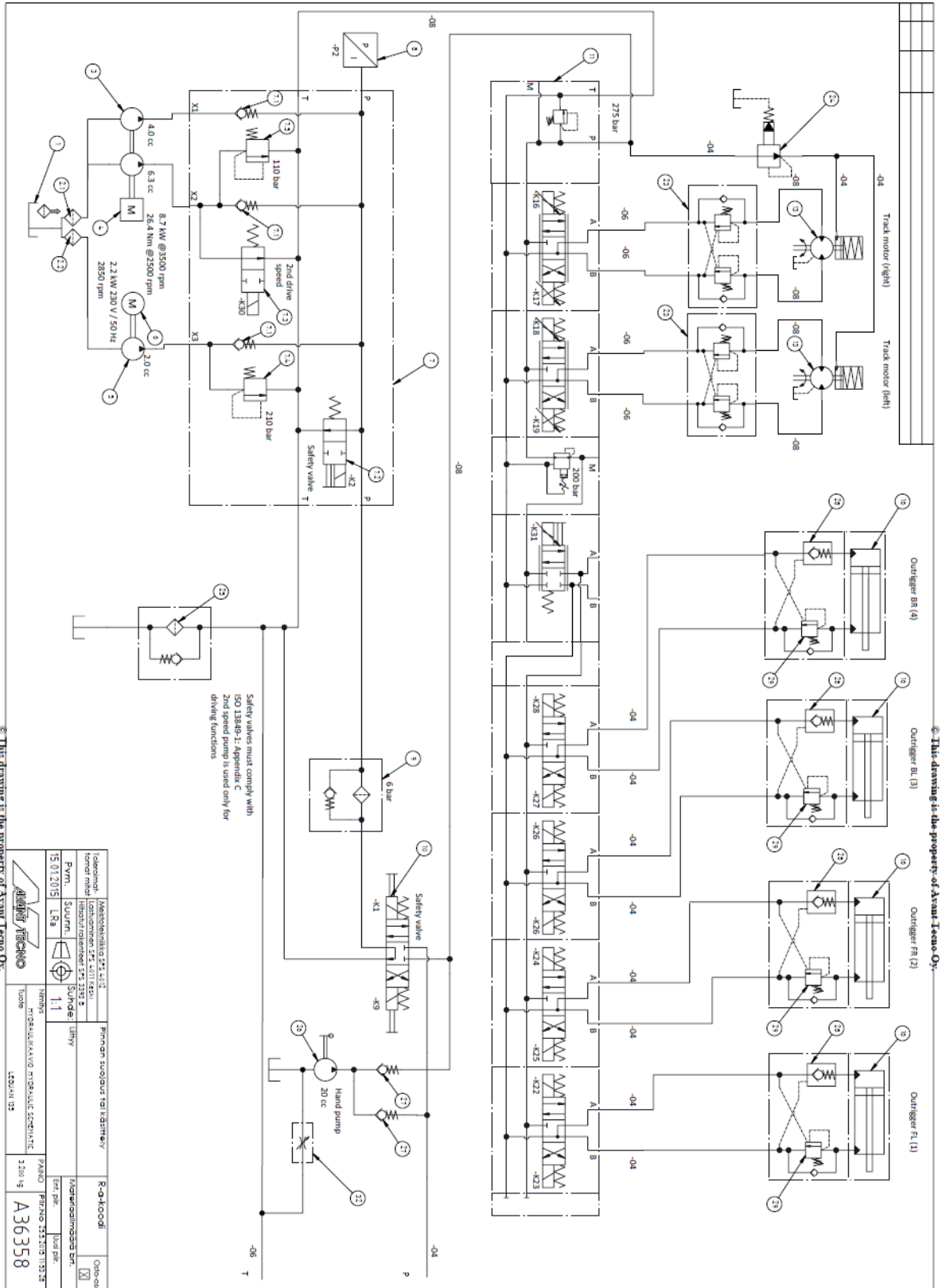
© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

		PAINO 3 200 kg A36132	
Toleimont- tomat miniat Hitasut/ takenheet/ SFS 3393 B Pvm. Suunn. Rle 17.12.2013		Fimnon suojaus tai kaistaley R-Q-KOODI Oho-oid <input checked="" type="checkbox"/>	
Mestiteknikka SFS 4012 Lastuomien SFS 4011 KESHI Hitasut/ takenheet/ SFS 3393 B Suunde: Uihy 1:1.1		Materiaalimodari brt. Erit. pit. Uurit. pit.	
Nimike HYDRAULIKAAVIO HYDRAULICHERIA LEGUAN 125HI		FAI.NO 17122013 14.4.2.10 A36132	

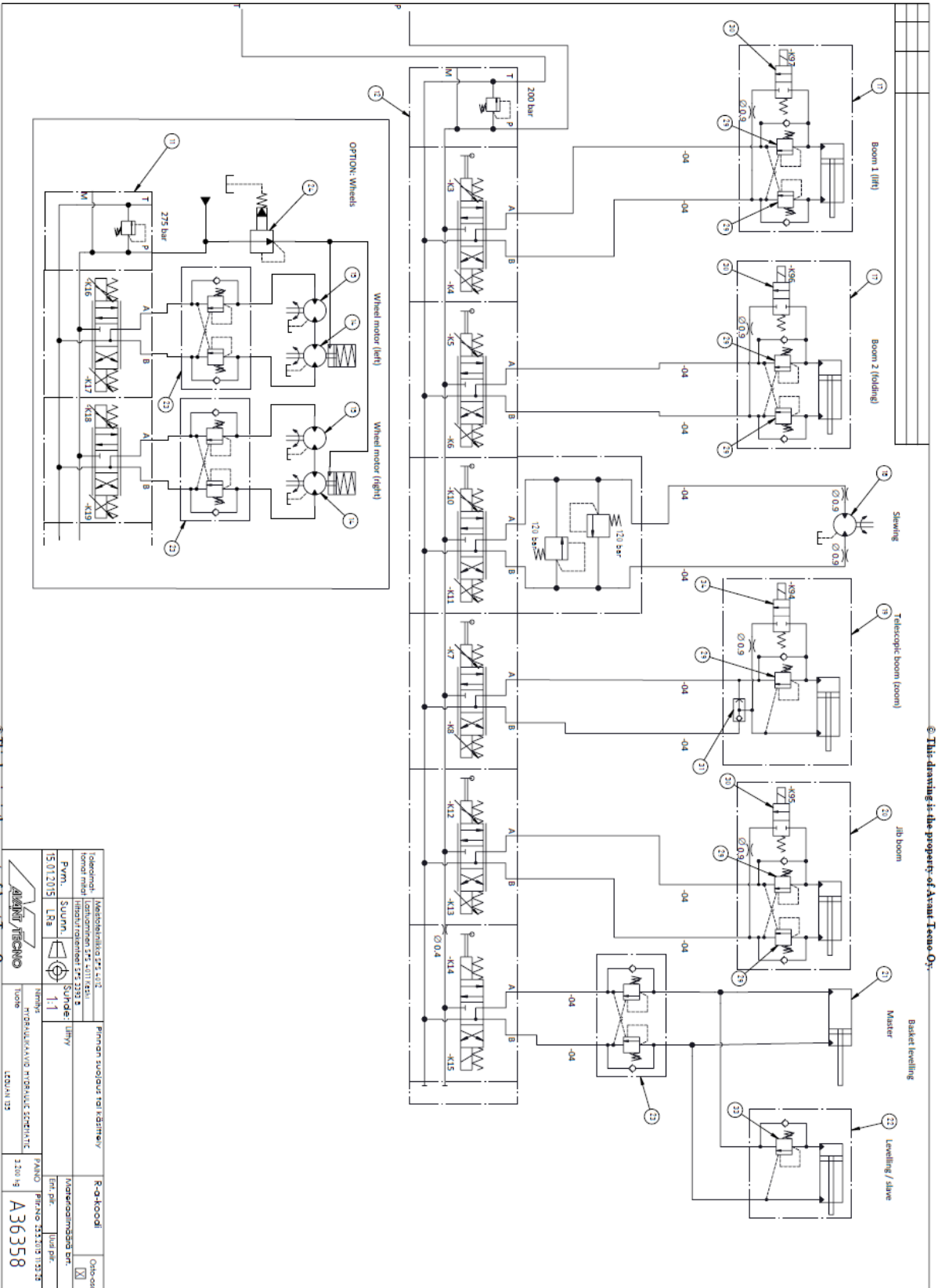
© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

Liite 2. Leguan 135 hydraulikaavio (Avant Tecno Oy)

1 (3)



(jatkuu)



© This drawing is the property of Avanti Techno Oy.

© This drawing is the property of Avanti Techno Oy.

	Nimi: Pinnon suojus rullakärry Tuote: Pinnon suojus rullakärry	R-akoodi: A36358 Ohje: <input checked="" type="checkbox"/>
Tekijä: Mestohankala 25.11.12 Tarkastaja: PVM: Suunn: LRS ISO 12105 LRS 11	Pinnon suojus rullakärry Lifti 11	Määrä: 1000 kpl PAINO: 1200 kg A36358

12.10.2015

LEGUAN LIFTS OY

Hydraulikaavio
Osa luettelo A36159

LEGUAN 160M1

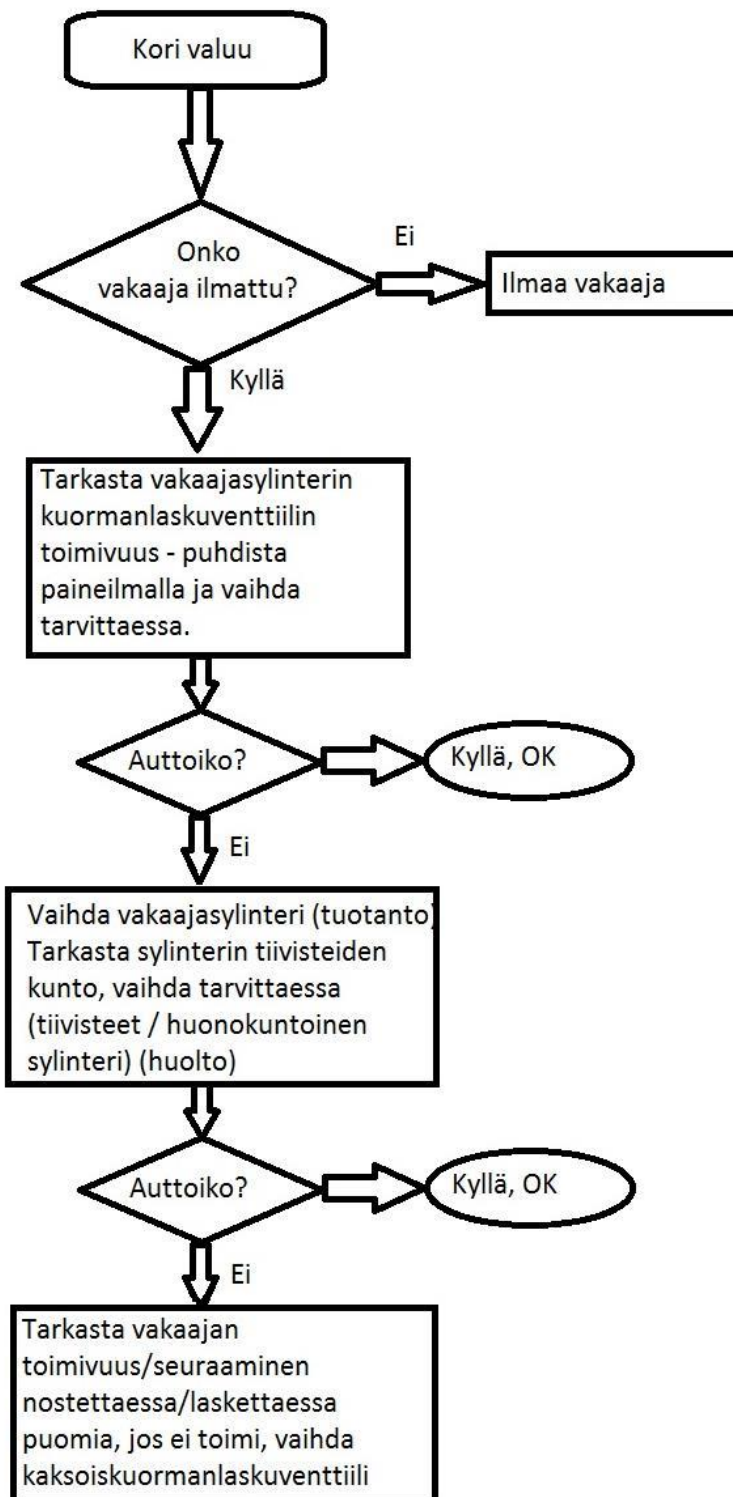
A36159

HYDRAULIKAAVIO

HYDRAULIC SCHEMA

NO	NIMITYS	TYYPIMERKINTÄ	KPL
1	Dieselmoottori	64593 Kubota 482Z	1
2	Sähkämoottori	65191 Grundfos 2,2kw/ 1-phase	1
3	Hammaspyöräpumppu	65219 Casappa PLP20-6,3-4,0	1
4	Hammaspyöräpumppu	65231 Casappa Polaris PLP10-2,0	1
5	Paluusuodatin	73750 OMTF 65-20	1
6	Täyttökorkki/ huohotin	A48010 TSDA 42	1
7	Suuntaventtiili (Ajo)	65237 HDS11/3	1
8	Suuntaventtiili (Tukijalat)	65168 HDS11/4	1
9	Suuntaventtiili (Puomi)	65830 HDS11/6	1
10	Suuntaventtiili (Puomi)	65166 HDS11/5 (2nd controls)	1
11	Hydraulimoottori	64698, M+S MT500	2
12	Hydraulimoottori, jarru	65376, M+S MT/B 500	2
13	Hydraulisyylinteri	A48782, 80/50 -595	2
14	Hydraulimoottori, kääntö	64959, M+S MP50CD (slewing)	1
15	Hydraulisyylinteri	A411203, 50/32 -2200 (telescope)	1
16	Hydraulisyylinteri	A48785, 70/40 -300 (JIB)	1
17	Hydraulisyylinteri	A48790, 40/25 -280	1
18	Hydraulisyylinteri	A416648, 40/25 -280	1
19	Hydraulisyylinteri	A410953, 50/63 -515 (outrigger)	4
20	Hydraulliohko	A33689	3
21	Kuormanlaskuventtiili	65147, Oil Control VBSN-08AA	7
22	2/2 Suuntaventtiili	64598, Oil Control VEI-8A-2B-06-NC-S1-NSS	3
23	2/2 Suuntaventtiili	65157, HYDAC WK08V-01	2
24	3/2 Suuntaventtiili	A49710, Direct control valve	1
25	Ohjattu vastaventtiili	65115, Delta Power Company DF-CPB	8
26	Vastusvastaventtiili	64764, PARKER 9F400S	6
27	Vastuventtiili	63879, FT 1251/2-01-14	2
28	Hydraullibloki	A34365, Hydraulic block	1
29	Paineraja	65258, Oil Control VSBN-08A	1
30	Vastaventtiili	65259, Oil Control VUCN-08A	3
31	Painesuodatin	65269, MP Filtri FMM 050 2-B-A-D-A10-N-P01	1
32	Hydraullibloki	65829	1
33	Kuormanlaskuventtiili	64736 OLEOSTAR	1
34	Suutin	65509	1
35	Imusuodatin	65827	2
36	Paineraja	65508	2
37	Säätökuristin	65498	1
38	Suutin	65510	2
39	Paineenalennuspatruuna	65864	1
40	Lohko	65863	1
	Hydraullietkut	PARKER 2040H PARKER 590	

Liite 4. Vuokaavio Leguan 125 korin valumisen korjaamisesta



Liite 5. Vuokaavio Leguan 135 ja 160 korin valumisen korjaamisesta

