

Toivanen Mika

Caterpillar 793 F

Vaihteiston kunnostusohje



Insinööri (AMK) kone-
ja tuotantotekniikka

Kevät 2017



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä(t): Toivanen Mika

Työn nimi: Caterpillar 793 F vaihteiston kunnostus ohje

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Vaihteisto, kunnossapito, kunnostus

Tämä opinnäytetyö on suomenkielinen vaihteiston kunnostusopas Caterpillar 793 F-maansiirtoautolle. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kainuun ammattiopisto. Työ on toteutettu Boliden Kevitsan tarpeisiin pohjautuen. Tarkoituksena oli tehdä selkeä ja käyttökelpoinen korjausohje kyseiselle vaihteistolle. Yksi tavoite opinnäytetyön lisäksi oli parantaa Kajaanin ammattiopiston ja Boliden Kevitsan välistä yhteistyötä. Kyseistä materiaalia on tarkoitus käyttää myös opetuksessa. Ohjeen oli tarkoitus madaltaa kynnystä ryhtyä tekemään varsin vaativia komponenttien kunnostustöitä.

Työn toteutus tapahtui kirjoitustyön osalta Kajaanissa ja vaihteiston tutkiminen tapahtui Sodankylässä Kevitsan kaivoksen kaivoskonekorjaamolla. Viimeisin osa työtä eli korjaamisen dokumentointi tosin tapahtui Sodankylässä Boliden Kevitsan perustamassa komponenttikorjaamossa.

Työn toteutuksen yhteydessä mietittiin myös työn kohteeseen parhaiten sopivia korjausmenetelmiä ja niiden toteutusta. Työmenetelmiin vaikutti myös käytössä olevat työkalut, joiden mukaan työohje räätälöitiin. Alusta alkaen mietittiin, miten pystytään toteamaan työn onnistumisen laatu ja miten varmistetaan kunnostuksen onnistuminen. Työmäärään sopivaa henkilöstön määrää mietittiin ja käytäntö osoitti päätelmät oikeaksi.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, ja lopputuloksena oli selkokielinen kunnostusopas Caterpillar 793 F:n vaihteistolle. Ohje noudattelee kunnostustapahtuman toimintajärjestystä. Kyseinen ohje antaa helpotusta kunnostukseen ja nopeuttaa kunnostustapahtumaa merkittävästi. Yksi tarkoitus oli varmistaa kunnostuksen laatu. Tässä onnistuttiin hyvin. Työ oli varsin haasteellinen ja suuri kokonaisuus.

ABSTRACT

Author(s): Mika Toivanen

Title of the Publication: Caterpillar 793F Transmission Repair Manual

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Transmission, maintenance, repairing

The aim of this thesis was to draw up the Finnish language repair manual for the Caterpillar 793 F dump truck transmission, commissioned by the Kainuu Vocational School. The manual was made in cooperation with Kevitsa Boliden mine, based on their needs. Kevitsa Boliden mine is located in Sodankylä, North of Finland. Their main products are copper, zinc, gold, platinum and palladium.

Most of the research work was done in the Kevitsa mine in the village of Sodankylä, the writing work in Kajaani. Concerning the repair methods, an important issue was to find out the most suitable repair methods in this case. The existing tools also affected the choice of methods. From the beginning, the main question was how to guarantee the quality of maintenance, and how to ensure the operation of the gearbox.

The above objectives were achieved, and the end-result was the Finnish language repair manual for the Caterpillar 793F transmission. It is easy to use, because it follows the order of the repair work. The manual gives support for the user and speeds up maintenance considerably. One purpose was to ensure the quality of service and that turned out to be fulfilled.

ALKUSANAT

Kerron aluksi hieman itsestäni. Olen aina ollut kiinnostunut tekniikasta ja laitteiden toiminnasta yleensä. Lapsuuteni vietin maatilalla kotiseudullani Sotkamon Sumsalla, maatalouden työt, koneet ja laitteet tulivat tutuiksi.

Peruskoulun jälkeen kävin kolmevuotisen kone ja metallitekniikan opintolinjan Kainuun ammattioppilaitoksessa. Valmistuttuani olin teräsrakennetöissä Tmi Pasi Leskisellä. Syksyllä 1992 pääsin opiskelemaan UPM-Kymmenen teollisuusoppilaitos Lotilaan Valkeakoskelle.

Tästä alkoi 16 vuotta kestävä koneasentajan toimi UPM-Kajaanin paperitehtaalla. Työtehtävät olivat monipuoliset ja vaihtelevat. Päävastuualueina olivat paperikoneen telojen huollot ja pumppujen sekä vaihteistojen kunnostukset. Tieto paperitehtaan lopettamisesta tuli syksyllä 2008.

Tammikuussa 2009 aloitin Rotator OY:llä raskaskoneasentajana Talvivaaran toimipisteessä. Työtehtäväni olivat maansiirtokaluston huoltotehtävät korjaamalla sekä maastossa. Erityisosaamisalueeksi muodostui sähkö- ja hydraulikkajärjestelmien vianetsintä sekä komponenttien korjaaminen. Sain koulutuksen myös sähköisellä voimansiirrolla olevien maansiirtoautojen ajosähköjärjestelmien ohjelmointiin.

Syksyllä 2013 aloitin Kajaanin ammattikorkeakoulussa koneinsinöörin opinnot. Toukuussa 2016 aloitin työharjoittelun Kainuun ammattiopistolla Kajaanissa opettajana. Opetustyö oli raskaskoneasentajien koulutusta. Harjoittelussa työtehtäväksi tuli opettaa Caterpillar 793F:n vaihteistoa ja sen kunnostusta. Kunnostuksesta sain aiheen lopputyölle.

Insinööriopinnot ovat kuluttaneet suuren osan vapaa-ajastani. Opintojen loppuvaiheessa olen työskennellyt opettajana Kainuun ammattiopistolla. Opinnäytetyön tekeminen ja työn yhdistäminen on tarkoittanut paljon työskentelyä myös työajan ulkopuolella. Lopuksi haluan kiittää perhettäni kaikesta ymmärtämyksestä opiskeluani kohtaan.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PERUSTIETOJA AJONEUVOSTA JA VOIMANSIIROSTA	3
2.1 Vaihteiston huoltoväli	4
2.2 Voimansiirron toimintaperiaate	4
2.3 Vaihteiston rakenne	5
2.4 Vaihteiston ohjaaminen	7
2.5 Vaihteiston hydraulikkaventtiilien ohjaus	9
2.6 Voitelu	10
2.7 Hydraulikka	11
2.8 Toiminnanohjaus	13
3 TYÖN SUORITTAMINEN.....	14
3.1 Työskentelyn kulku	14
3.2 Valmistelu	14
3.3 Ensimmäinen vaihteisto.....	16
3.4 Toinen vaihteisto.....	20
4 KORJAUSOHJEEN RAKENNE.....	22
4.1 Esimerkki huolto-ohjeen numeroinnista.....	22
5 KORJAUSOHJEEN SISÄLTÖ.....	25
6 LOPPUYHTEENVETO.....	27
LÄHDELUETTELO	29
LIITTEET	

SYMBOLILUETTELO

ECM = Engine Control Module

ECM = Moottorinohjaus yksikö ottaa vastaan anturitietoja ja pyyntöjä sekä ohjaa moottorin toimintoja ennalta määritettyjen parametrien perusteella.

PWM = Pulse Wide Modulation. Suomeksi pulssisuhdeohjaus. Käytetään yleisesti erilais-
ten toimilaitteiden ohjauksessa.

VDC = Volttia tasajännitettä

CAN = Controller Area Network (tiedonsiirtoväylä)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö sai alkunsa ollessani insinööriharjoittelussa Kainuun ammattiopistolla. Työtehtäväni kuului raskaskalustomekaanikkojen kouluttaminen. Toukokuussa 2016 olin Sodankylässä Boliden Kevitsan kaivoskonekorjaamolla kouluttamassa raskaan kaluston mekaniikoille Caterpillar 793 F –maansiirtoauton vaihteiston rakennetta, toimintaa ja kyseisen vaihteiston peruskunnostusta. Suomessa ei aiemmin ollut vastaavaa koulutusta kyseiselle kalustolle järjestetty, eikä vastaavia vaihteistoja kunnostettu.

Tehtävä oli opettaa perusteellisesti vaihteiston kunnostus- ja toimintaperiaatteet. Ensimmäisessä vaiheessa opiskelimme teorian vaihteiston toimintaperiaatteista. Toisessa vaiheessa opiskeltiin vaihteiston purkamista ja kokoamista. Opetukseen kuului myös vaihteiston kunnostusmenetelmiin tutustuminen. Lisäksi kiinnitettiin huomiota asioihin, joita tulee ottaa huomioon vaihteiston huollossa. Tämä perustui kokemuksiini ja laitteen valmistajan ohjeisiin. Opetus tukeutui tekemäni opintomateriaalin, joka pohjautui vaihteiston valmistajan Caterpillarin amerikkalaiseen huolto-ohjeeseen. Opiskelimme myös mahdollisia toimintahäiriömekanismeja sekä niiden vaikutusta vaihteiston toimintaan.

Vaihteiston kunnostuksen aloitimme kolmen henkilön kokoonpanolla. Lisäkseni oli kaksi kokenutta asentajaa kaivosyhtiön puolesta. Ongelmia ja vaikeuksia oli heti työn alkuvaiheessa. Varaosat oli toimitettu isossa, tilavuudeltaan noin puolen kuutiometrin vetoisessa laatikossa. Oli todella aikaa vievää etsiä oikeat osat kulloiseenkin kohteeseen laatikosta. Tähän olisi saatava selkeästi parannusta. Asentajalta kesti useita tunteja tarkastaa, olivatko kaikki tarvittavat osat saapuneet. Melko pian huomasimme, että ohje oli viitteellinen sekä joiltakin osin puutteellinen. Esimerkkinä mainittakoon kyseisessä ohjeessa ollut ylimääräinen kytkin, jota todellisuudessa ei ollut olemassakaan tässä kokoonpanossa. Sama purkuohje oli todennäköisesti käytössä Caterpillar 797 F -maansiirtoauton vaihteiston huollossa, jossa mahdollisesti tuo ylimääräinen kytkin olisi. Työssä tarvittavia laakerin irrotus- ja asennusmenetelmiä ei ollut käsitelty riittävällä tarkkuudella. Oli tarve helppokäyttöiselle purku- ja kasausohjeelle.

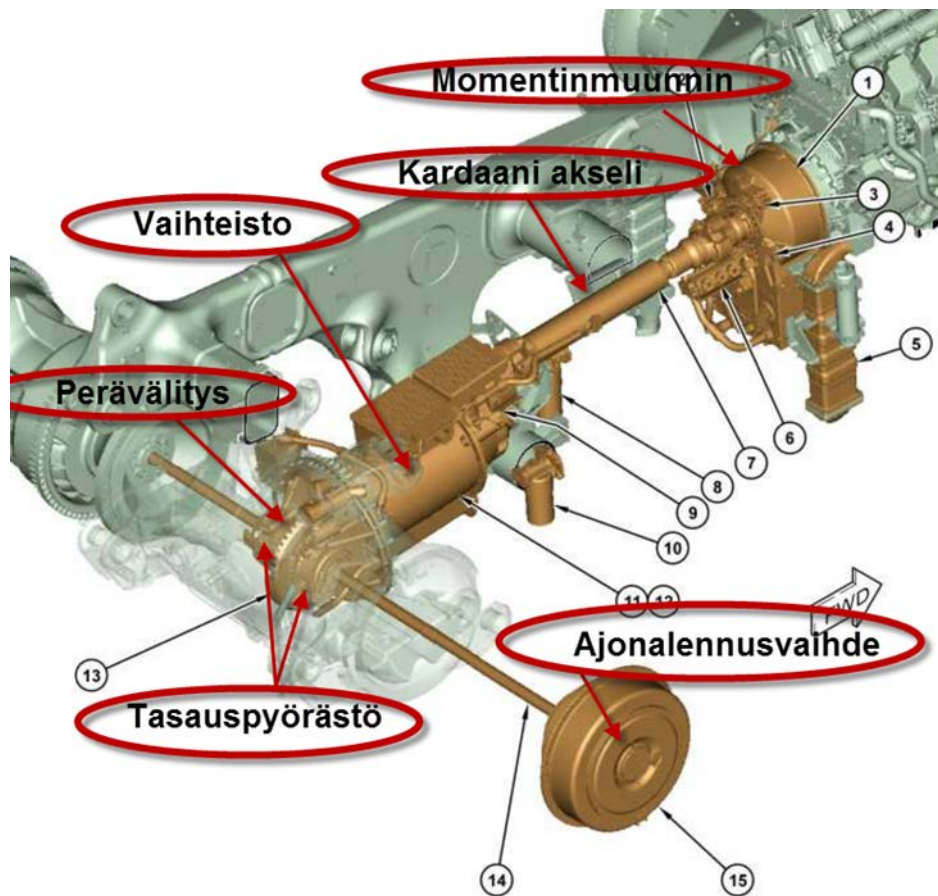
Syntyi ajatus, että olisi hyvä opinnäytetyön aihe. Keskusteltuani Boliden Kevitsan kaivoskonekorjaamon päällikön Timo Laurosen kanssa aiheesta. Hän kertoi asian olevan tärkeä ja tarpeellinen. Hänen mielestä ohjeen avulla vaihteistojen kunnostus helpottuisi merkittävästi. Keskustelin asiasta Kainuun ammattiopiston tekniikan ja liikenteen alan koulutus-päällikkö Keijo Kinnusen kanssa aiheesta. Hän kertoi aiheen olevan hyvä ja hyödyttävän kaikkia, Boliden Kevitsaa, Kainuun ammattiopistoa ja minua. Yksi tavoite opinnäytetyön

lisäksi oli parantaa Kajaanin ammattiopiston ja Boliden Kevitsan välistä yhteistyötä. Opin-
näytetyön aihe oli hankittu ja lupa totuttamiseen oli saatu myös Kajaanin ammattikorkea-
koulun puolelta.

2 PERUSTIETOJA AJONEUVOSTA JA VOIMANSIIROSTA

Caterpillar 793F on Caterpillarin suurimpia mekaanisella voimansiirrolla toteutettuja maansiirtoajoneuvoja. Kevitsan kaivoksella on tällä hetkellä käytössä 6 kappaletta kyseistä ajoneuvoa. Ajoneuvon omapaino on 160 tonnia, kuormankantokyky 230 tonnia ja maksimikokonaispaino 390 tonnia. Ajoneuvon ulkomitat pituus 13,4 m, leveys 7,32 m, lastauskorkeus 6,4 m. Polttoaineen kulutus on keskimäärin 145–190 litraa tunnissa. Lisää teknisiä tietoja on liitteessä 1.

Voimansiirto koostuu Caterpillar C175-16-dieselmoottorista iskutilavuudeltaan 85 l, momentinmuuntimesta, kardana akselista, vaihteistosta, perävälityksestä, tasauspyörästä sekä ajonalennusvaihteesta (kuva 1).



Kuva 1. Voimansiirto. (Cat sis, 2017)

Moottori on kytketty suoraan momentinmuuntimeen. Momentinmuuntimen tehtävä on tasata voimansiirrolle tulevia kuormitushuippuja sekä tehdä liikkeellelähdistä pehmeä. Momentinmuuntimessa sijaitsevat vaihteiston toiminnalle elintärkeät hydraulikka- ja voitelupumpit. Vaihteisto on kytketty kardana akselilla momentinmuuntimeen. Vaihteistosta voima välittyy peränvälitykseen. Peränvälityksestä voima välittyy tasauspyörästöön, jonka tehtävä on välittää voima molemmille vetoakseleille. Vetoakselien päässä on ajonalennusvaihte, joka tekee lopullisen välityssuhteen renkailla. (Cat sis, 2017)

2.1 Vaihteiston huoltoväli

Laitteen valmistaja ilmoittaa huoltoväliksi n.10 000 tuntia. Tämä tarkoittaa n. 1,5 vuoden huoltoväliä, kun ajoneuvo on ajossa keskeytymättömässä vuorossa seitsemänä päivänä viikossa. Vaihteiston vikaantuessa huolto on tehtävä aiemmin. Kevitsa Bolidenin ajoneuvoissa ensimmäinen vaihteisto vikaantui noin 12 000 tunnin jälkeen. (Cat sis, 2017)

2.2 Voimansiirron toimintaperiaate

Vaihteisto on osa voimansiirtojärjestelmää. Kyseinen vaihteisto on automaattivaihteisto. Se pystyy välittämään tehoa vetopyörästölle vedon katkeamatta. Voima tuotetaan dieselmoottorilla, joka on kytketty momentinmuuntimeen. Momentinmuuntimen tehtävä on tasata voimansiirrolle tulevia kuormitushuippuja. Momentinmuunnin on käytössä 1. ja peruutusvaihteella sekä hetkellisesti kaikkien muiden vaihteiden vaihdon aikana. Muulloin muuntimessa on lockup-kytkin kytkettynä. Lockup-kytkin lukitsee momentinmuuntimen eikä luistoa momentinmuuntimessa tapahdu. Kytkin lukittuna voima välittyy suoraan moottorilta vaihteistolle. Kun moottorin ja vaihteistolle menevän kardana akselin pyörimisnopeudet ovat samat, lukituskytkin lukitsee momentinmuuntimen. Hyötynä tästä on voimansiirron hyötysuhteen paraneminen.

Momentinmuuntimesta voima välitetään kardana akselin välityksellä vaihteistoon. Vaihteistossa on ensin alennusvaihte ja sitten varsinainen vaihteisto. Välityssuhteen muuttaminen tapahtuu vaihteiston lamellikytkinten avulla. Vaihteisto on liitetty perävälitykseen pulttiliitoksella. Perävälityksessä voima tulee ensin kartiohammaspyörälle, josta voima välitetään molempien takarenkaiden käyttöakselille tasauspyörästön kautta. Molemmissa takanavoissa on lisäksi planeetta-alennusvaihte halutun pyörimisnopeuden saavuttamiseksi. (Cat sis, 2017)

2.3 Vaihteiston rakenne

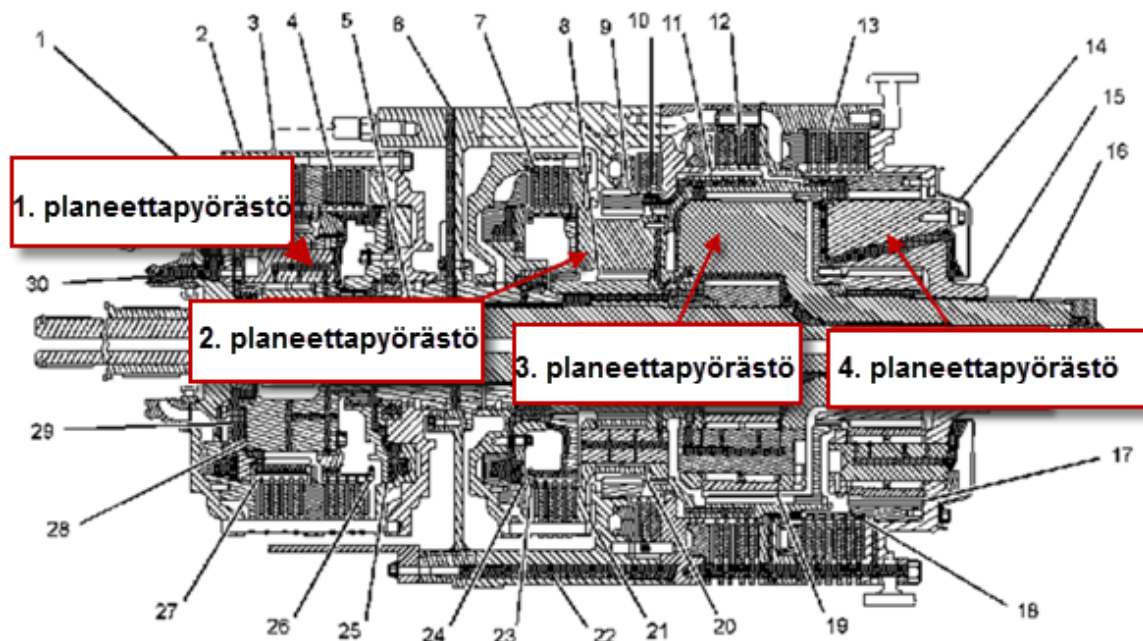
Vaihteiston paino on 2300 kg. Automaattivaihteistossa on 6 vaihdetta eteen ja yksi taakse. Vaihteiston toiminta perustuu nestepaineella toimiviin lamellikytkimiin ja sähköiseen ohjaukseen, jolla valitaan kytkettävä vaihde.

Mekaanisesti vaihteisto jakautuu neljään osakokonaisuuteen. (liite 2)

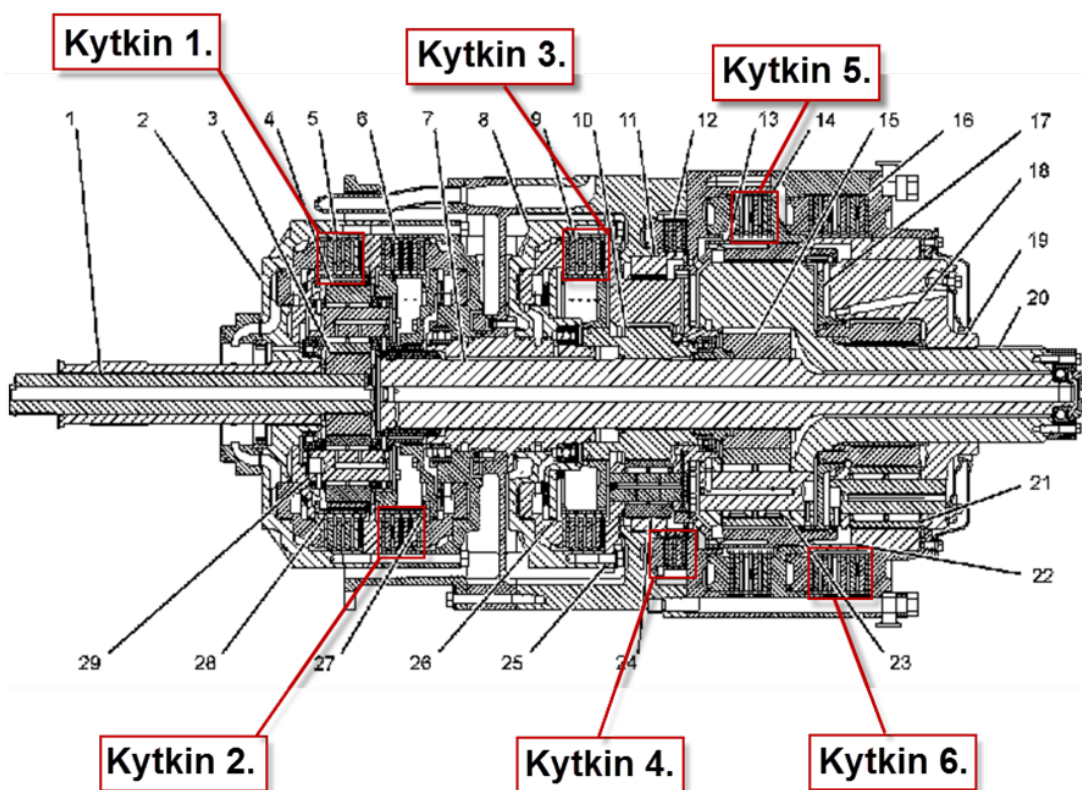
1. Vaihteisto, joka pitää sisällään neljä planeettapyörästä, kuusi hydraulikalla toimivaa lamellikytkintä.
2. Venttiilipaneeli, jolla ohjataan lamellikytkimien toimintaa. Venttileillä kuhunkin tilanteeseen sopivat kytkimet kytketään päälle. Ohjausventtiilejä on kuusi kappaletta, jokaiselle kytkimelle on omansa. ECM ohjaa venttiilejä 24 VDC PWM-signaalilla. (kuva 8)
3. Alennusvaihde, joka alentaa moottorin pyörimisnopeuden vaihteistolle paremmin soveltuvaksi.
4. Vaihteistonkuoren tehtävänä on pitää kokonaisuus kasassa.

Vaihteisto on lamellikytkinohjattu, yhteensä 6 kytkintä ja neljä planeettapyörästä. Kytkimistä kolme on paikoillaan pysyviä ja kolme pyörivää kytkintä.

Alla on kaksi vaihteiston läpileikkauskuvaa, kuvista vaihteiston sisäinen rakenne hieman selittyy paremmin (kuva 2,3). (Cat sis, 2017)



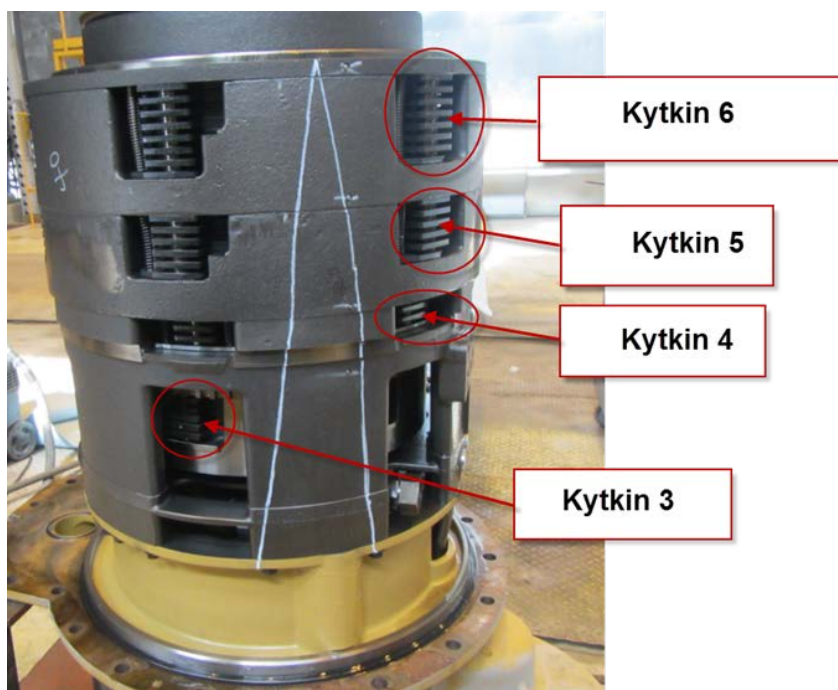
Kuva 2. Planeettapyörästöjen sijainnit vaihteistossa. (Cat sis, 2017)



Kuva 3. Kytkimien sijainti vaihteistossa. (Cat sis, 2017)

Kytkimet 4, 5, 6 pysyvät paikoillaan ja kytkimet 1, 2 ja 3 pyörivät. Kytkinten pyöriminen on otettu huomioon niiden rakenteessa. Pyörivissä kytkimissä on ns. kompensointimännät, joilla kompensoidaan pyörimisliikkeen aiheuttamaa öljynpainea. Tämä siksi, etteivät kytkimet kytkeydy öljynpaineesta ja sekoita vaihteiston toimintaa (kuva 4).

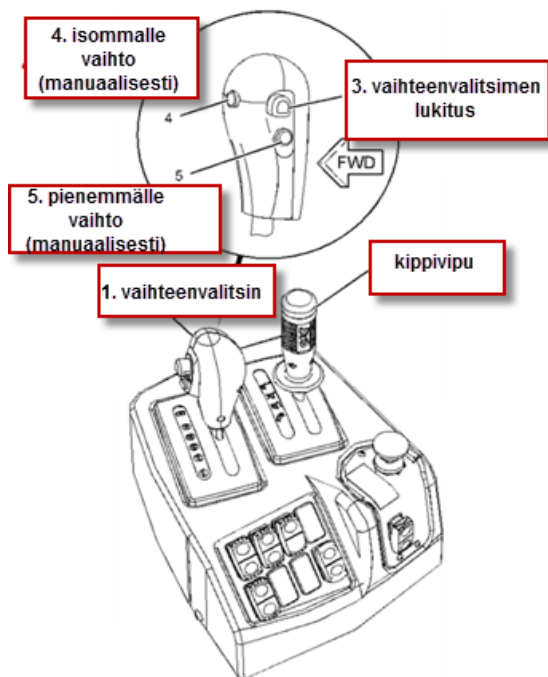
Sähköinen ohjaus (Transmission ECM) ohjaa hydraulisia venttiilejä, jotka kytkevät kulloinkin halutun vaihteen päälle. (Cat sis, 2017)



Kuva 4. Vaihteiston kuoren irrotuksen jälkeen näkyvät lamellikytkimet.

2.4 Vaihteiston ohjaaminen

Vaihteiston ohjainlaite (Power Train ECM) päättää, mitä vaihdetta milloinkin käytetään. Päätäntä tapahtuu ajoneuvon anturitietojen ja kuljettajan valitsemien asetusten mukaan. Vaihteistoa on mahdollisuus käyttää myös manuaalikäytöllä (kuva 5), jolloin kuljettaja valitsee halutun vaihteen ja päättää myös vaihteen vaihtamisen ajankohdan. Vaihteisto tarvitsee toimiakseen useita eri anturitietoja, jotta toiminta olisi sujuvaa ja johdonmukaista. (liite 3) (Cat sis, 2017)

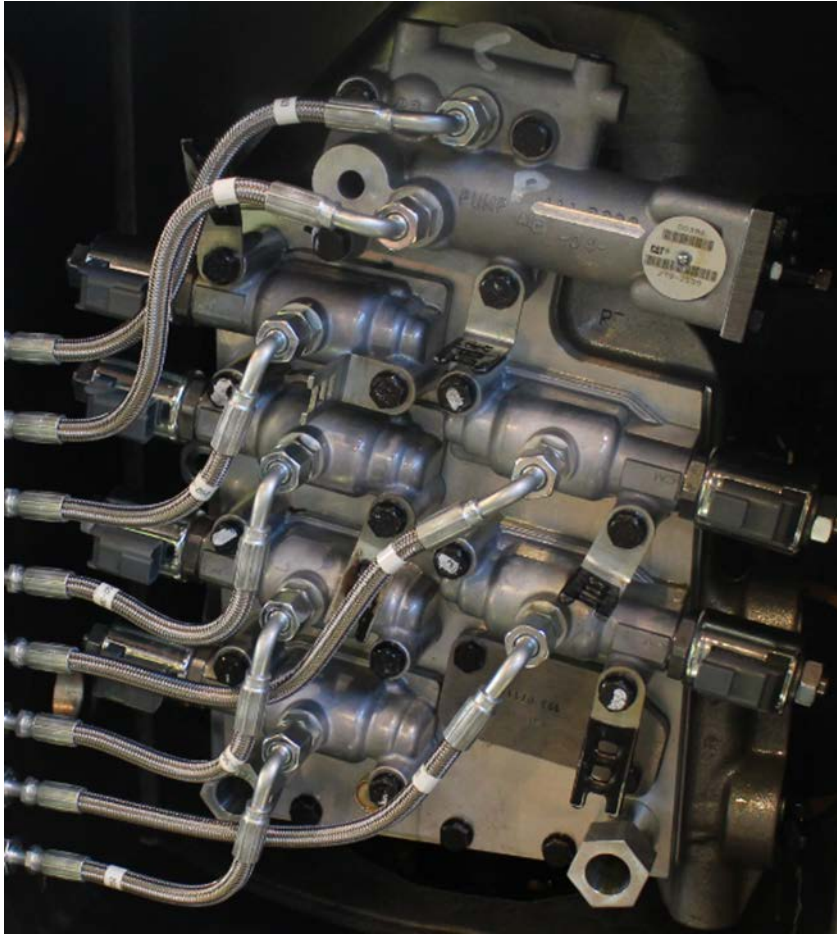


Kuva 5. Vaihteiston hallintalaitteen toiminnot. (Cat sis, 2017)

Taulukko 1. Vaihde / venttiilyhdistelmät.

Vaihteiden ja solenoidiventtiilien yhdistelmät	
Vaihde	Käytetyt vaihteiston ohjainventtiilit
Vapaa	1 tai 3
1 Eteen	1 ja 5
2 Eteen	2 ja 5
3 Eteen	1 ja 4
4 Eteen	2 ja 4
5 Eteen	1 ja 3
6 Eteen	2 ja 3
Taakse	1 ja 6

Yllä olevasta taulukosta 1 selviää kytkinkombinaatiot jokaiselle vaihteelle. Jokaiselle kytkimelle on oma ohjainventtiili ohjausventtiilipaneelissa. (kuva 6)



Kuva 6. Vaihteiston ohjainventtiilipaneeli.

2.5 Vaihteiston hydraulikkaventtiilien ohjaus

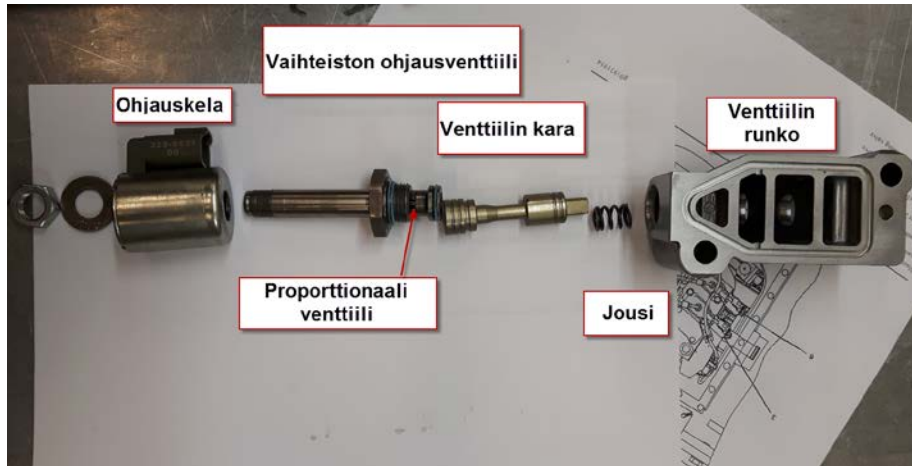
Venttiilien ohjaus tapahtuu pulssinleveysmodulaatiolla (PWM, Pulse-Width Modulation). Venttiilinkelalle menevää jännitettä säädetään muuttamalla pulssisuhdetta niin, että lähtösignaalin keskiarvo yhden värähtelyjakson ajalta laskettuna on sama kuin modulointi-signaalin arvo.

Venttiilinkela ohjaa puolestaan proportionaaliventtiiliä, joka säätelee öljynvirtausta portaattomasti ohjausvirran suhteessa (kuva 7). (Eero Aula, 2008)

Pulssinleveysmodulaatiota käytetään mm. hakkurityyppisissä jännitelähteissä, vahvistimissa ja sähkömoottoreiden sekä monenlaisten valaisimien tehonsäädössä. Tärkeä etu pulssinleveysmodulaation käytössä on, että kytkimenä toimiva komponentti on suurimman osan ajasta joko johtavassa tilassa tai estää virran kulun kokonaan. Tällöin siinä ei

tapahdu suurta tehohäviötä ja laitteen hyötysuhde säilyy korkeana verrattuna muuttuvaan resistanssiin perustuviin säätimiin, himmentimiin ja vahvistimiin.

Mikäli pulssinleveysmodulaatiota ohjataan digitaalisesti, vaikkapa mikrokontrollerilla, eri pulssisuhdevaihtoehtoja on rajallinen määrä. Mahdollisten pulssisuhteiden lukumäärää nimitetään resoluutioksi. PWM-signaalin digitaalisessa muodostamisessa voidaan käyttää esimerkiksi kellosignaaliin liitettyjä laskureita, jotka vaihtavat lähdön tilan toiseksi, kun tietty määrä kellojaksoja on kulunut. (Cat sis, 2017) (Eero Aula, 2008)



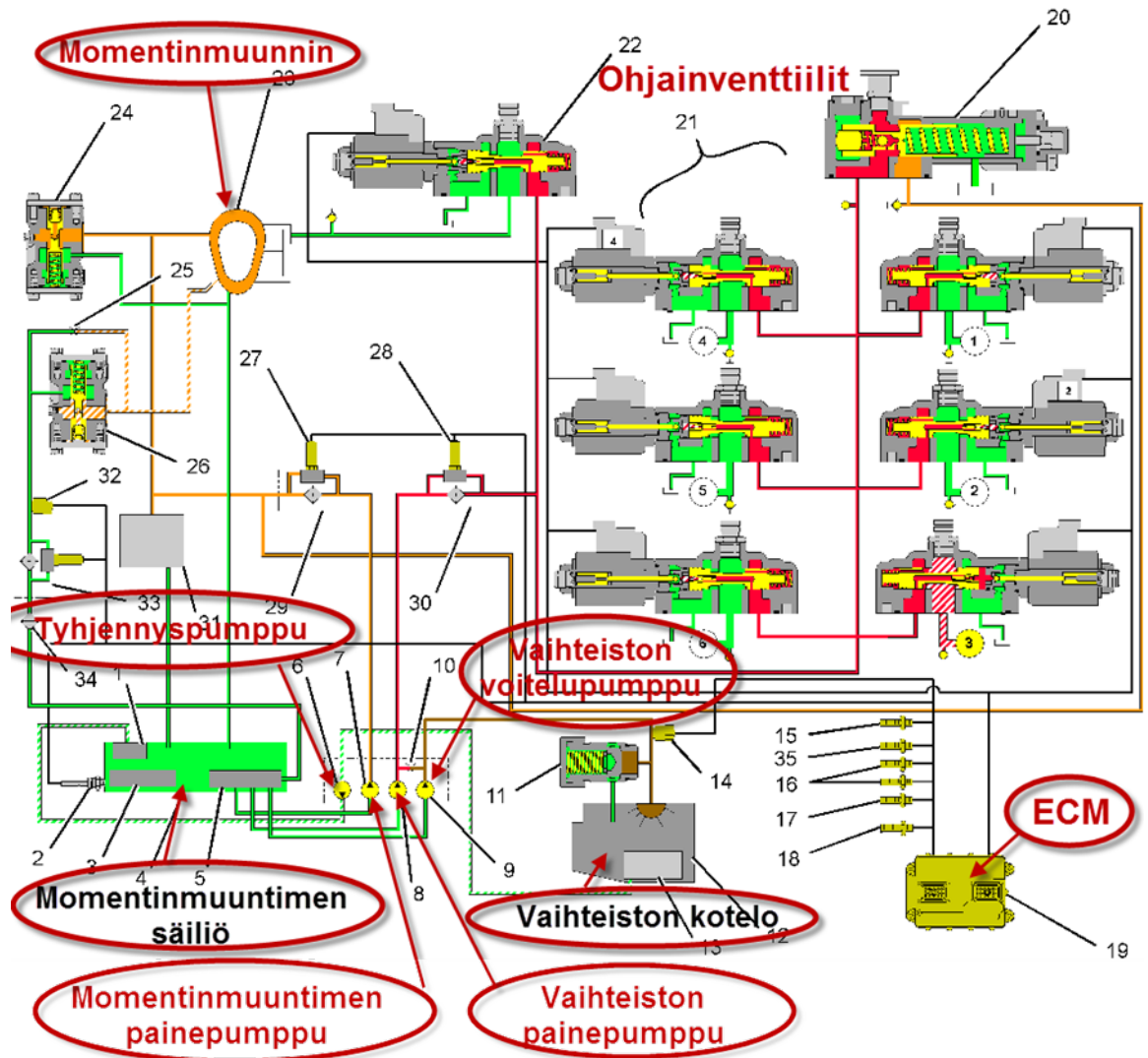
Kuva 7. Vaihteiston proportionaaliohjausventtiili.

2.6 Voitelu

Vaihteisto saa voitelunsa momentinmuuntimen yhteydessä olevasta pumppausyksiköstä (kuva 8). Kokoonpanoon kuuluu kolme painepumppua ja yksi pumppu, joka tyhjentää vaihteistokoteloa öljystä ja pumppaa öljyn momentinmuuntimen säiliöön. Järjestelmässä on useita öljynsuodattimia. Suodattimien tehtävä on pitää öljy riittävän puhtaana toimintaedellytyksien ylläpitämiseksi. Vaihteiston paluuöljyvirtaukselle on magneettisuodin, jonka tehtävänä on ilmaista, onko rautapitoista metallia öljyn seassa. Tämä kertoo esimerkiksi vaihteiston vikaantumisesta. Suodattimien tutkiminen auttaa myös mahdollisten toimintahäiriöiden selvittämisessä.

Pumppu numero 9 (kuva 7) on vaihteiston voitelupumppu, joka toimittaa öljyn vaihteiston voiteluun paineenrajoitusventtiilin kautta (numero 20 kuva 7).

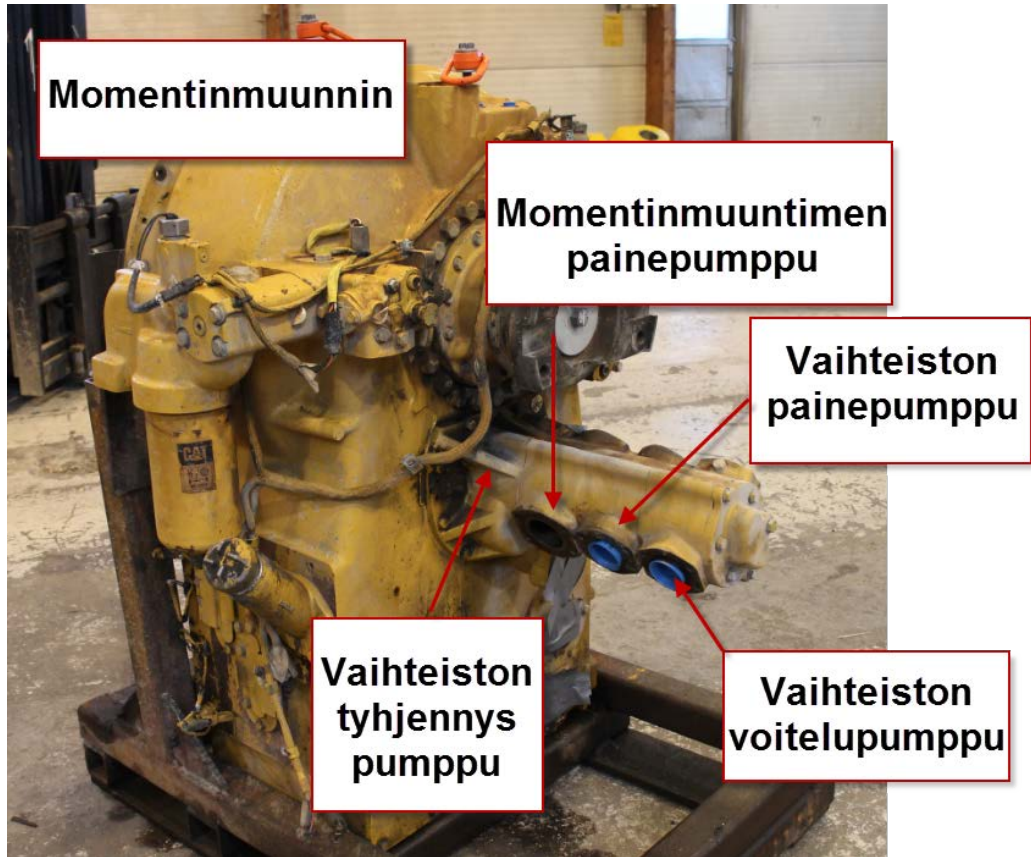
Pumppu numero 6 (kuva 7) on vaihteistokotelon tyhjennyspumppu. Tehtävänä on siirtää vaihteiston vuotoöljy vaihteistosta momentinmuuntimen öljysäiliöön.



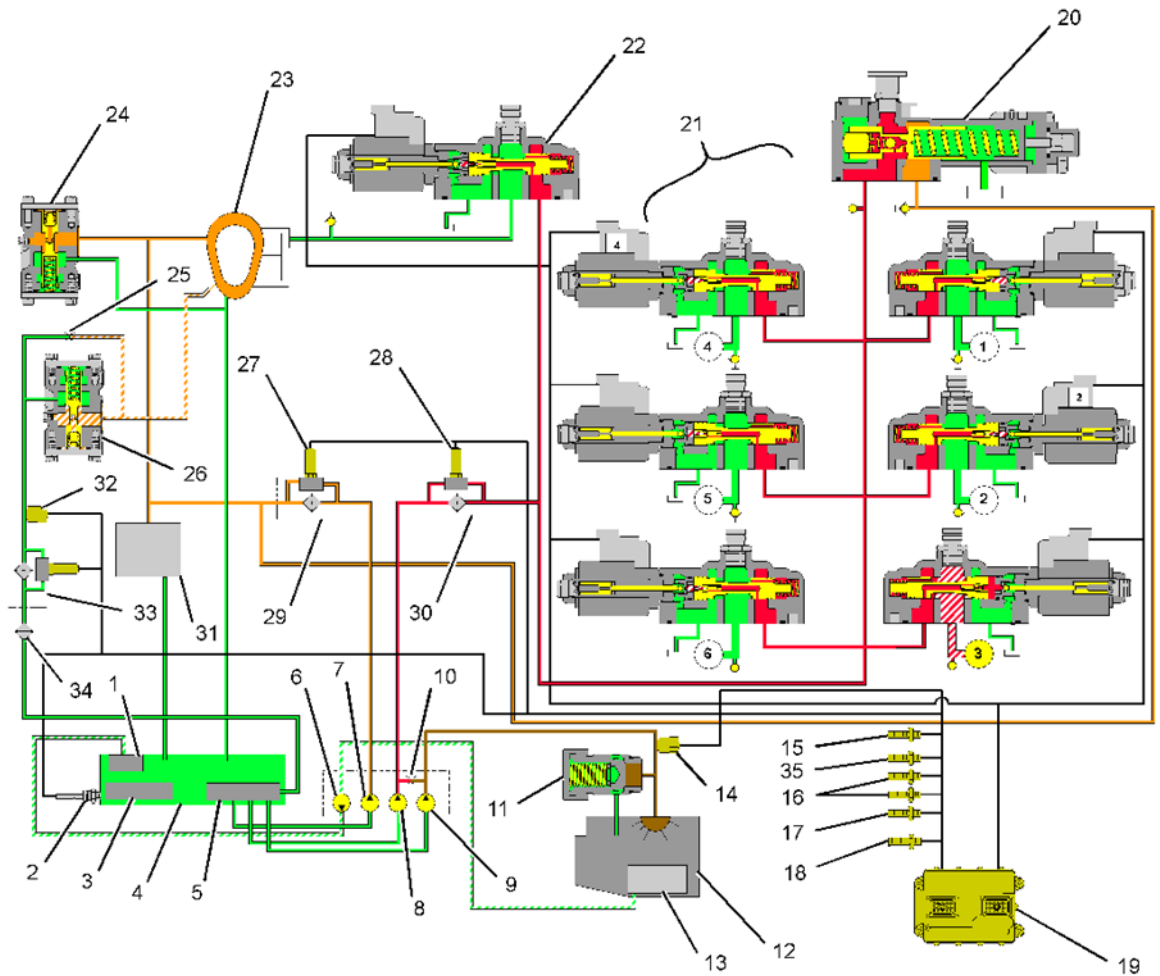
Kuva 7. Voimansiirron hydrauliiikan komponentit. (Cat sis, 2017)

2.7 Hydrauliiikka

Hydrauliiikkapaine voimansiirrolle tehdään momentinmuuntimen yhteydessä olevilla pumppuilla (kuva 8) (kuvassa 9 komponentit 7 ja 8). Pumppuja tässä kokoonpanossa on kaikkiaan neljä kappaletta. Kaksi pumppuista on tarkoitettu hydrauliikkapaineen tekemiseen, toinen momentinmuuntimelle (kuva 9 komponentti 7), toinen vaihteistolle (kuva 9 komponentti 8). Hydrauliiikan painetta säädetään vaihteiston puolella paineenalennusventtiilillä (kuva 9 osa numero 20). Tarkempi kuvaus hydrauliikkajärjestelmästä on liitteessä 4.



Kuva 8. Hydrauliiikkapumppujen sijainti momentinmuuntimessa.



Kuva 9. Hydrauliiikan toimilaittekaavio. (Cat sis, 2017)

2.8 Toiminnanohjaus

Vaihteistonohjainlaite (Power Train ECM) päättää käytettävän vaihteen. Päätäntä perustuu ajoneuvon anturitietojen ja kuljettajan valitsemien asetusten perusteella. (Cat sis, 2017) Tarkemmin ECM yhteyksiä kuvaillaan liitteessä 3.

3 TYÖN SUORITTAMINEN

3.1 Työskentelyn kulku

Ohjekirjan teko alkoi hahmotteluvaiheella, millainen ohjeen pitäisi olla. Tarkoituksena oli mahdollisimman hyvin käyttötarkoitusta palveleva ohjekirja. Ensimmäisen vaihteistohuollon jälkeen oli hyvin selvää, millainen ohjekirja tulee olla.

Toisen vaihteistohuollon yhteydessä oli ensimmäinen hahmotelma huolto-ohjeesta käytössä. Toisen vaihteistohuollon yhteydessä kuvasin huoltotapahtumaa ja sen kulkua. Valokuvia kertyi noin 500 kpl eri työvaiheista.

Viimeisenä vaiheena oli huolto-ohjeen lopullinen kasaaminen ja kuvien liittäminen ohjeeseen. Vaihteiston kunnostamisessa käytettyjä yleisimpiä työmenetelmiä on kuvailtu liitteessä 5.

3.2 Valmistelu

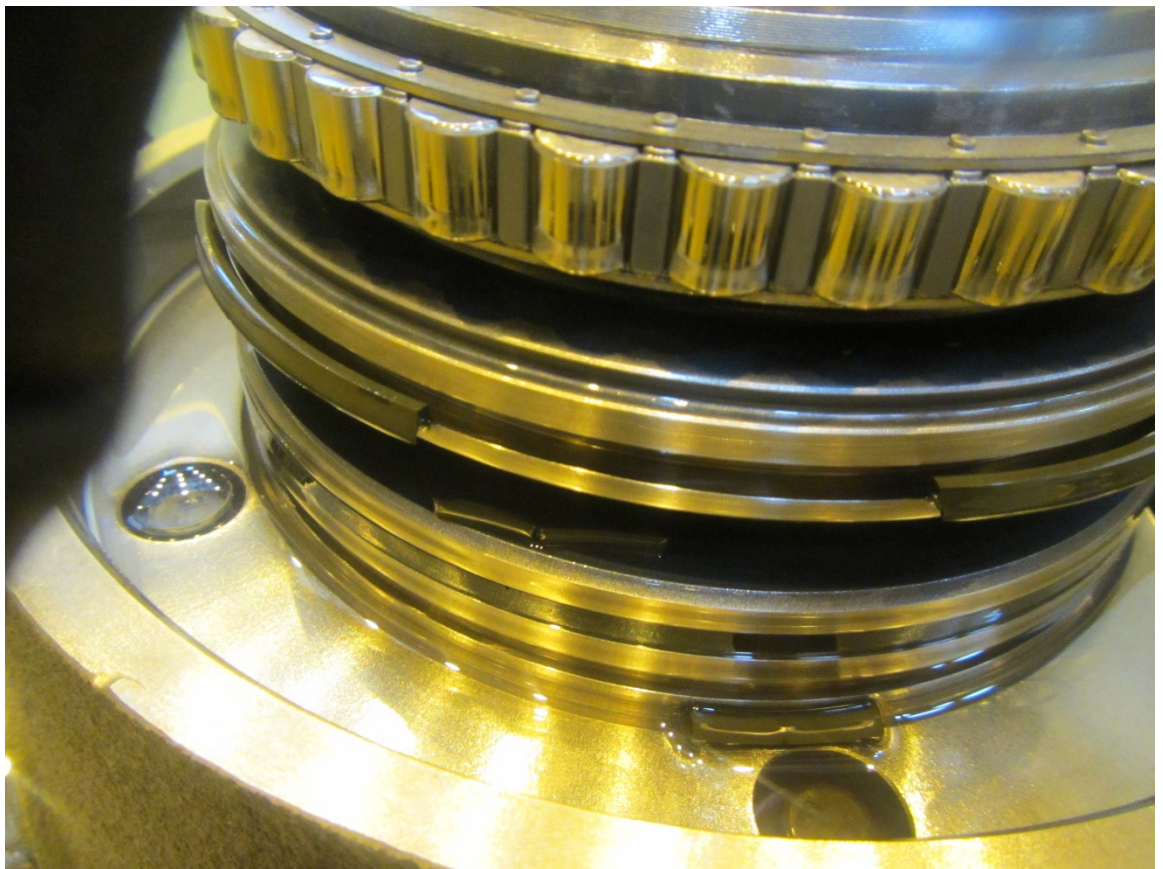
Työn suorittaminen alkoi perehtymisellä käytettävissä olevaan materiaaliin ja tutustumisella vaihteiston toimintaan. Olin käynyt helmikuussa 2016 perehtymässä Boliden Kevitsan kaivoskonekorjaamon toimintaan ja todennut työtehtävien olevan hyvin haasteellisia, kuten olin kuvitellutkin.

Materiaaliin tutustuminen alkoi jo kevättalvella 2016. Vaihteiston toiminta alkoi hiljalleen hahmottua. Vaihteiston eri komponenttien toiminta ja selitys niiden olemassaololle alkoivat tuntua järkeviltä.

Aloitin kääntämään joitakin asioita suomen kielelle englanninkielisestä ohjeesta. Tarkoituksena oli saada tehtyä asentajille konkreettista opetusmateriaalia, kuinka vaihteisto toimii.

Oman pohdinnan aiheuttivat kaivokselta saadut viestit vaihteiston huonosta toiminnasta. Yhden ajoneuvon vaihteistosta tuli ajoittain hälytys koneen hallintajärjestelmään. Tuli ilmoitus, että momentinmuuntimen öljynpinta on alhainen, ja tämä tapahtui kesken ajon.

Häiriötä oli tutkittu valmistajan ohjeiden mukaan, mittaamalla vaihteiston öljymäärä, tarkastamalla öljynpinnan tasoanturi ja sen toiminta. Momentinmuuntimessa olevat hydraulikka- ja voitelupumput oli myös vaihdettu. Anturin johtosarja oli tarkastettu ja todettu olevan kunnossa. Lopulta oli kiinnitetty Gopro-kamera öljysäiliön kylkeen. Oli todettu öljyn katoavan säiliöstä ajon aikana. Kyseiselle ilmiölle etsittiin ratkaisua monen ihmisen voimin. Kyseinen toimintahäiriö selittyi vasta, kun kyseinen vaihteisto avattiin huollossa. Häiriö johtui vaihteiston suuresta sisäisestä vuodosta. Vaihteistontyhjennyspumppu ei ehtinyt pumppaamaan riittävästi uutta öljyä momentinmuuntimen säiliöön. Vuoto aiheutui rikkoontuneista tiivisteistä. (kuva10)



Kuva 10. Rikkoontuneet tiivisteet.

Rikkoontumisen syyn selviäminen sai Boliden Kevitsan korjaamopäällikön yhä vakuutuneemmaksi siitä, että osaaminen tulee olla kaivosyhtiön henkilökunnan omissa käsissä.

3.3 Ensimmäinen vaihteisto

Ensimmäinen vaihteisto purettiin toukokuussa 2016. Apuna käytettiin laitevalmistajan ohjeita. Valmistelemaan materiaaliin pohjautuen asentajat saivat yhden päivän mittaisen teoriakoulutuksen vaihteistosta. Koulutuksen edetessä selvisi, ettei perusosaaminen asentamisesta ollut riittävällä tasolla. Komponenttien kunnostamista ei liikkuvan kaluston puolella juurikaan enää tehdä, vaan rikkoontunut osa vaihdetaan uuteen. Teollisuuden parissa komponenttien huolto on vielä arkipäivää. Jollei esimerkiksi pumppuhuoltoon riitä toimijan omat resurssit, se voi olla ulkoistettu ulkopuoliselle toimijalle.

Koulutus tuli siis tarpeeseen. Samalla tuli kartoitettua hankinnat, joita oli tehtävä ennen vaihteiston kunnostuksen aloittamista. Hankinnat olivat välttämättömiä vaihteistonkunnostuksen onnistumiseksi. Hankinoista kallein oli laakerin asennuksessa käytettävä induktioperiaatteella toimiva laakerilämmitin (kuva 11).



Kuva 11. Laakerilämmitin.

Korjaamohallista oli yksi osio pyhitetty pelkästään kyseistä työtä varten. Korjaamohallia oli siivottu vaihteiston kunnostusta varten. Korjauksen onnistumisen avaintekijöitä on puhtaus. Kaikki muu liikkuminen ja toiminta kyseisessä hallissa kiellettiin.

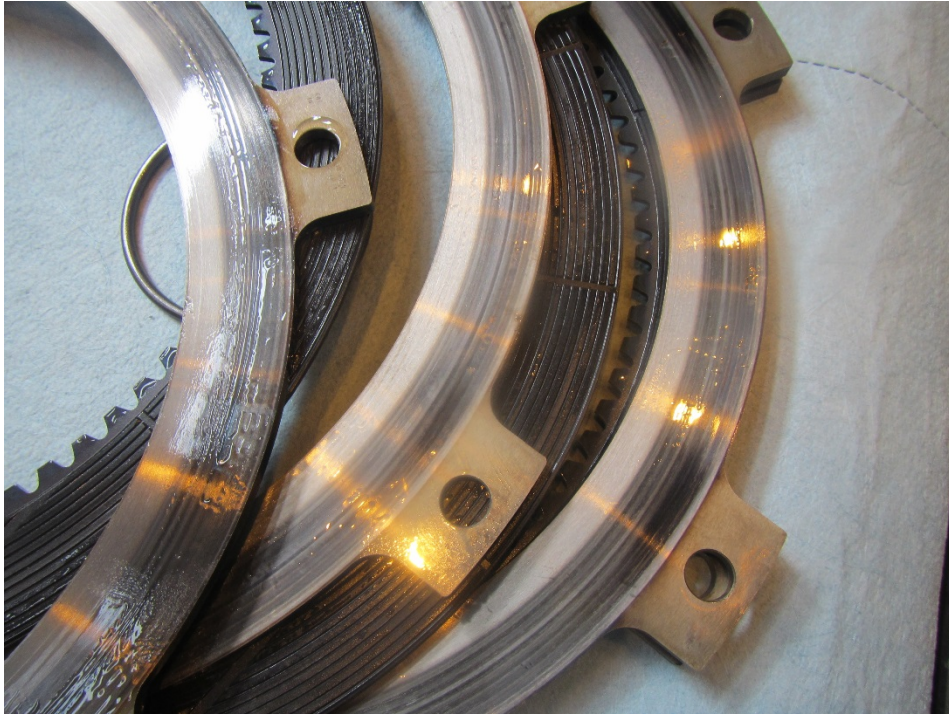
Vaihteistokunnostusta varten oli jo ennakkoon hankittu kunnostussarja (kuva 12). Sarjaan kuuluivat kaikki vaihteistohuollossa yleensä vaihdettavat tiivisteet, laakerit sekä kitkalevyt kytkimiin.



Kuva 12. Osa tiivisteistä ja varaosista (kitkalevyt puuttuvat kuvasta).

Vaihteiston purkamisen yhteydessä havaittiin ongelma, purkuohje oli epälooginen. Osat olisi ohjeen mukaan pitänyt purkaa osiin heti irrottamisen jälkeen. Olisi vaadittu valtavasti pöytätilaa ja osat olisivat tarpeettomasti likaantuneet. Oli huomattavasti järkevämpää purkaa vaihteisto isompina kokonaisuuksina, työ nopeutuisi huomattavasti ja olisi helpompi pitää asiat järjestyksessä. Kyseisestä syystä tekemäni ohje on jaettu vaihteiston kunnostusohjeeksi ja osakokonaisuuksien kunnostusosioon. Merkittävin etu kyseisestä järjestelystä on kuitenkin mahdollisuus huomata mahdollisesti rikkoontuneet osat varhaisessa vaiheessa. Kyseiset osat ehditään tilata jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, eikä vaihteiston kunnostus tarpeettomasti viivästy. Osat tulevat noin kahdessa vuorokaudessa Caterpillarin Euroopan varastosta. Osakokonaisuuksien kunnostaminen ottaa lähes tuon kahden päivän ajan.

Ensimmäisen kunnostuksen edetessä oli paljon kysymyksiä vailla vastauksia. Illat hotellilla venyivät lähes yöksi vastauksia etsiessä. Työpäivät olivat 12 tuntisia, kaikkiaan mittaa työpäivälle kertyi matkoineen noin 14 tuntia. Ensimmäiseen vaihteistoon jouduttiin tilaamaan rikkoontuneiden kytkinlevyjen tilalle uudet levyt (kuva 13).



Kuva 13. Rikkoontuneet kytkinlevyt.

Korjausohjeen numerointi aiheutti tarpeetonta työtä. Ei saanut selville mistä osasta oli kysymys ennen kuin oli etsinyt räjäytyskuvasta kyseisen osan osanumeron. Seuraavaksi piti etsiä osaluettelosta kyseinen osa, joten työ oli varsin hankalaa ja aikaa vievää. Ajatus helpommasta ohjeesta sai alkunsa. Toive ohjeesta, jossa yhdistyisi purkuohje sekä räjäytyskuvan osanumerointi, tuli Bolidenin asentajilta.

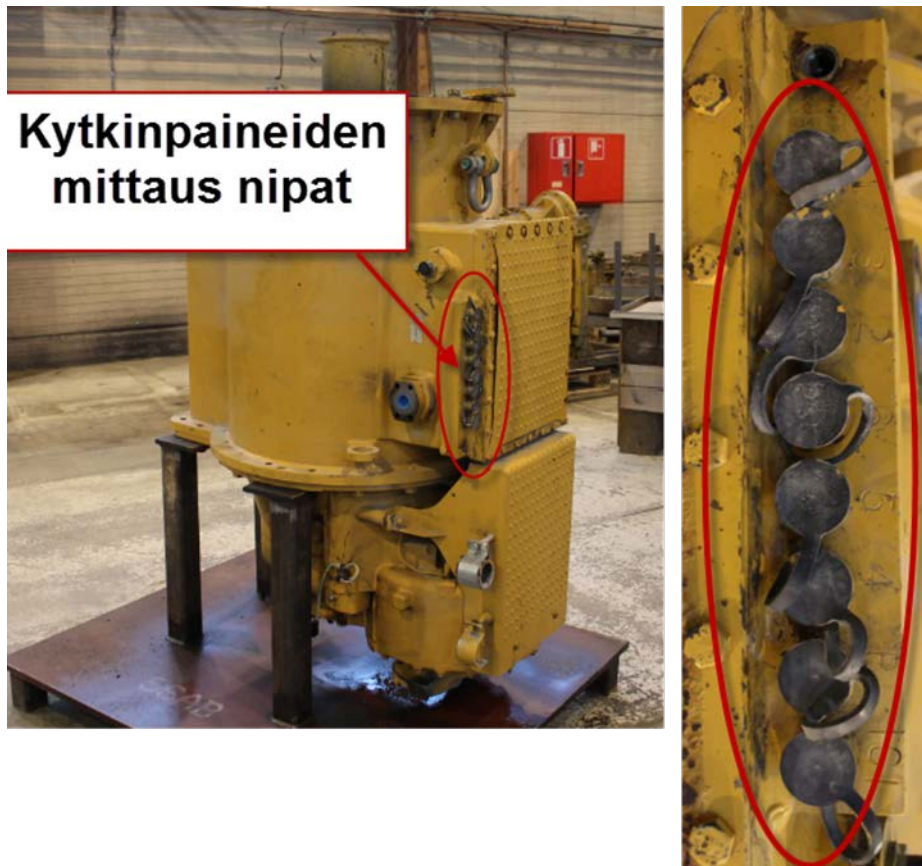
Alennusvaihteen laakerointi oli haastava tehtävä. Laakerien loppuvälyksen tarkastus aiheutti aluksi hieman hankaluuksia. Ohjeen mukaisella menetelmällä tehtäessä ei voinut olla lopputuloksesta aivan varma. Muutimme työmenetelmän erilaiseksi, nyt loppuväly oli joka kerta mittauksissa sama. Tässä menetelmässä on ylimääräistä työtä aiempaan verrattuna, mutta kokonaistyöaika laakeroinnin osalta on lyhempi. Tämä menetelmä on kuvattu työmenetelmäksi uudessa kunnostusohjeessa (kuva 14).



Kuva 14. Alennusvaihteen laakeroinnin loppuvälkyksen tarkastus.

Kunnostuksen edistyessä pohdittiin samalla, miten saisimme varmistettua kunnostuksen onnistumisen. Tämä olisi tärkeää ennen vaihteiston asennusta paikoilleen. Useita vaihtoehtoja testaukseen käytiin läpi, ilman erikoisjärjestelyjä yhtään varmaa ja turvallista menetelmää ei ole käytettävissä.

Vaihteiston ajoneuvoon asennuksen jälkeen voitiin tehdä vaihteiston kytkinpaineiden mittaukset (kuva 15). Tällä voitiin testata kunnostuksen onnistuminen. Tarkastukseen kuului vaihteistolle tulevan paineen ja vaihteiston kytkimille menevien paineiden mittaus. Mittauksessa vaihteistoa tuli käyttää eri vaihteilla vuorollaan. Tämän toimenpiteen aikana voitiin mitata kaikkien kytkimien paineet. Kytkinpaineiden ollessa riittämättömiä kytkin voi luistaa, ja aiheuttaa lämpenemistä kytkinpintojen ja kytkinlevyjen välillä. Seurauksena kytkimen luistamisesta on kytkimen rikkoontuminen. Ohjeet mittauksiin ja vaihteiston hydraulikkapaineiden ohjeavot löytyvät Caterpillarin huoltotietojärjestelmästä (Cat SIS). Lisäksi oli olemassa lista asioista, joita tulisi tarkastaa ennen ajoneuvon lopullista käyttöön-ottoa.



Kuva 15. Kytkinpaineiden mittauspisteet.

3.4 Toinen vaihteisto

Toisen vaihteistokunnostuksen yhteydessä suoritin dokumentointia opinnäytetyötä varten. Olin varustautunut järjestelmäkameralla kuvien ottamista varten. Kuvia syntyi varsin runsaasti, yli 500 kappaletta. Kuvien runsaudesta huolimatta joidenkin työvaiheiden selittäminen oli hieman hankalaa.

Toinen vaihteisto kunnostettiin Sodankylässä vanhalla linja-autovarikolla, jossa on varsin hyvät tilat vaihteistokunnostusta ajatellen. Tila on vuokrattu Sodankylän kunnalta, puutteena tiloissa on kunnollisen nosturin puuttuminen. Hallissa on noin 1000 kg nosturi. Osia vaihteistosta pystyy kyllä nostelemaan, muttei kapasiteetti riitä nostamaan koko vaihteistoa. Vaihteistoa siirrettiin tarvittaessa trukilla. Kaivosyhtiö hankki tiloihin erinomaiset työpöydät ja uuden osienpesukoneen. Pesukone todettiin todella hyväksi ja käytännölliseksi. Pesukoneesta oli apua myös asennuksen kannalta. Pesussa lämmentyneeseen vaihteistonkuoreen laakerinulkokehät oli varsin helppo asentaa. Tämä onnistui ilman suurempaa voimankäyttöä ja ilman laakerin ulkokehän jäähtytystä.

Toisen vaihteistonkunnostuksen yhteydessä oli käytössä ensimmäinen versio tekemästäni kunnostusohjeesta. Ensimmäisessä versiossa kunnostusohjeesta käytin laitteen valmistajan piirustuksia ja kuvia. Tämän avulla olin hahmotellut kokonaisuuden huolto-ohjeesta ja eri työvaiheista. Ohjeesta oli selkeästi apua, ja purkukuvissa esiintyvät osanumeroinnit helpottivat työtä suunnattomasti. Tässä yhteydessä oli hyvä tarkastaa myös osanumeroiden paikkansapitävyys. Ohjeessa tässä vaiheessa olleet puutteet tulivat myös esille. Tämä oli hyvä asia lopputuloksen kannalta. Puutteet olivat lähinnä hankalien työvaiheiden kuvauksissa. Huomattiin edut, jotka jo ensimmäisellä osin puutteellisella ohjeella saavutettiin. Työ oli sujuvampaa, eikä koko ajan tarvinnut olla etsimässä tietoja eri tietokannoista. Vaihteiston kunnostuksessa pärjättiin melko hyvin pelkällä huolto-ohjeella. Vaihteiston kokoonpano-ohjeesta löytyvät pulttien kiinnityksessä käytettävät kiristysmomentit, ja tätä asentajat pitivät todella hyvänä asiana.

4 KORJAUSOHJEEN RAKENNE

Kunnostusohjeessa on yhdistetty sekä vaihteiston huolto-ohje, että varaosaluettelo. Toisin sanoen kunnostusohjeen kuvissa esiintyvät numerot ovat varaosakirjan numeroita, jotka helpottavat kunnostustyötä huomattavasti. Näillä numeroilla osat ovat löydettävissä vaihteiston räjäytyskuvista ja varaosaluettelosta.

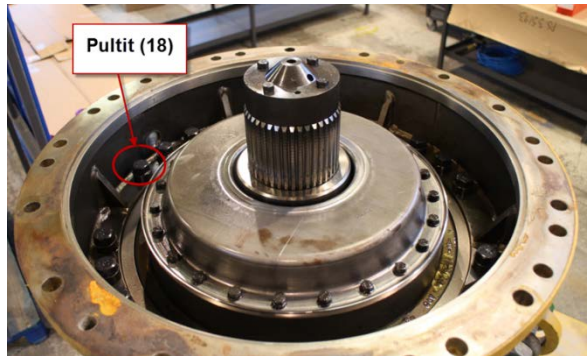
Korjausohjeen sisällysluettelo on kuvattuna osiossa 5 korjausohjeen sisältö. Korjausohjeeseen on kerätty tarvittavat tekniset tiedot ja arvot useammasta eri ohjeesta. Tiedot on laitettu kaikki yhteen ja samaan ohjeeseen. Tämä helpottaa ja nopeuttaa työtä huomattavasti. Tarvittava tieto löytyy yhdestä dokumentista, kunnostusohjeesta. Tämän ohjeen avulla koko kunnostustyö pitäisi onnistua.

Korjausohje etenee loogisesti, työvaiheittain vaihteiston purkamisjärjestyksessä. Kokonaisina vaihteistosta irrotettavat osakokonaisuudet huolletaan erillisenä osana. Näiden kunnostaminen on käsitelty erikseen osakokonaisuuksien kunnostusosiossa. Tämä on tehty kunnostuksen nopeuttamiseksi. Vaihteisto puretaan osakokonaisuuksina, ja ne huolletaan myöhemmin. Tämä tehdään, jotta päästään aiemmin kartoittamaan mahdollisesti kunnostussarjan lisäksi tarvittavat varaosat. Kunnostustyö ei viivästy tällöin tarpeettomasti varaosien puuttumisen takia.

Korjausohjeessa kaikki numeroinnit on pyritty tekemään varaosakirjan numeroinnin perustella. Valitettavasti vaihteisto on kolmella eri osaluettelolla. Vaihteiston alennusvaihe on eri räjäytys- ja varaosakuvalla kuin varsinainen vaihteisto. Tästä syystä alennusvaiheen osanumeroinnit voivat hieman sekoittaa ohjeen lukijaa, jollei lue ohjetta vaan katselee pelkästään kuvia. Tämä poikkeama on kerrottu korjausohjeessa.

4.1 Esimerkki huolto-ohjeen numeroinnista

Huolto-ohjeessa osanumeroinnit vastaavat varaosa- ja räjäytyskuvan numerointia. Toisin sanoen esimerkiksi alla olevassa kuvassa 16 oleva pultti on merkitty numerolla 18 huolto-ohjeeseen.

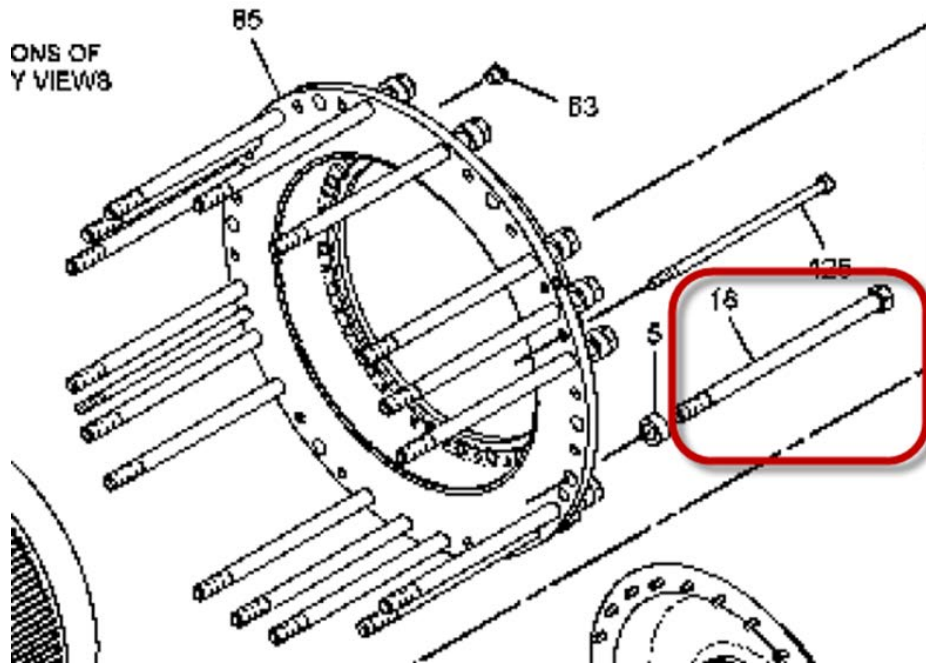


Kuva 16. Esimerkki huolto-ohjeesta.

Varaosalistasta numero 18 on kyseinen pultti (kuva 17). Samasta listasta selviää pultin varaosanumero (6V3230) sekä tieto, millainen pultti on kyseessä (3/4 tuumaa halkaisija, kierteen nousu 10 kierrettä tuumalle ja pituus 13,5 tuumaa). Räjätyskuvan otteesta kuva 18 kyseinen pultti esiintyy myös numerolla 18.

10		<u>NPR</u>	6	6I-8190	5	SHAFT AS (EACH INCLUDES)
		<u>NPR</u>	6	2A-3746	1	PLUG-CUP
11		<u>NPR</u>	5	6I-8195	1	HUB
12		<u>NPR</u>	4	6I-9790	34	DAMPER-BOLT
13		<u>NPR</u>	6	6V-1720	1	PLATE-SERIAL NUMBER (TRANSMISSION)
14		<u>NPR</u>	1	6V-2832	2	RING-RETAINING
15		<u>NPR</u>	5	6V-2833	1	RING-RETAINING
16		<u>NPR</u>	5	6V-2834	1	RING-RETAINING
17		<u>NPR</u>	4	6V-2835	1	RING-RETAINING
18		<u>NPR</u>	6	6V-3230	17	BOLT (3/4-10X13,5-IN)
19		<u>NPR</u>	4	6Y-1018	1	ADAPTER-DRIVE
20		<u>NPR</u>	6	6Y-1222	10	DISC-THRUST
21		<u>NPR</u>	3	7G-8121	1	RING-LOCK
22		<u>NPR</u>	3	7X-7608	1	RING-RETAINING
23		<u>NPR</u>	2	8E-3837	5	RING-SEAL
24		<u>NPR</u>	2	8E-6300	1	ADAPTER SEAL

Kuva 17. Ote varaosaluettelosta.



Kuva 18. Ote vaihteiston räjäytyskuvasta.

Korjausohjeen ymmärtäminen ja käyttäminen vaativat hyvän pohjakoulutuksen. Tarkoittaa hyvää ymmärrystä mekaniikasta, ohjausjärjestelmistä, elektroniikasta ja hydraulikasta. Ohje on pyritty tekemään mahdollisimman helppolukuisiksi. Vaikeita kohtia on tarpeen mukaan selitetty tarkemmin väärinymmärrysten välttämiseksi.

5 KORJAUSOHJEEN SISÄLTÖ

Korjausohje muodostuu kahdesta osiosta huolto-ohjeesta sekä osakokonaisuuksien kunnostaminen osiosta. Osiot ovat yhteensä noin 143 sivua.

Alla kuva 19 on kuvankaappaus huolto-ohjeen sisällysluettelosta. Huolto-ohje on kokonaisuudessaan 108 sivun mittainen.

Sisällysluettelo

1 VAIHTEISTON HUOLLOSSA TARVITTAVAT TYÖKALUT JA RESURSSIT.....	2
2 ASENNUKSESSA JA IRROTUKSESSA KÄYTETYT TYÖMENETELMÄT	4
2.1 Irrottaminen	4
2.2 Asentaminen	7
3 OSAKOKONAIUUDET.....	11
4 VAIHTEISTONPURKU	12
5 ALENNUSVAIHTEEN PURKU.....	50
6 ALENNUSVAIHTEEN LAAKEROINTI.....	59
7 VAIHTEISTON KASAUS.....	72

Kuva 19.Kuvankaappaus huolto-ohjeen sisällysluettelosta.

Alla kuva 20 kuvankaappaus osakokonaisuuksien kunnostus osion sisällysluettelosta. Kokonaisuudessaan osio on 35 sivun mittainen.

Sisällysluettelo

1 PLANEETTAPYÖRÄSTÖJEN KUNNOSTUS.....	1
1.1 Planeettapyörästä 1 Kunnostus	1
1.2 Planeettapyörästä 2	5
1.3 Planeettapyörästä 3	10
1.4 Planeettapyörästä 4	13
2 KYTKIN KOKOONPANOJEN KUNNOSTUS	1
2.1 Kytkin 1 kunnostus	1
2.2 Kytkinkokoonpano 2	7
2.3 Kytkin 3. kunnostus	14

Kuva 20. Kuvankaappaus osakokonaisuuksien kunnostusosion sisällysluettelosta.

6 LOPPUYHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin Kainuun ammattiopistolle, vaikkakin opinnäytetyö palvelee suurelta osin Boliden Kevitsaa. Yksi tarkoitus oli myös näiden tahojen yhteistyön tiivistäminen, tässä onnistuttiin. Ohjeen teko ei olisi onnistunut ilman tiivistä yhteistyötä Boliden Kevitsan henkilöstön kanssa. Tulevaisuudessa samankaltaista kunnostusneuvontaa tullaan antamaan enemmänkin Kainuun ammattiopiston toimesta.

Kunnostusohjeen päätarkoitus oli madaltaa vaihteistokunnostamisen aloituskynnystä, myös tässä onnistuttiin hyvin. Kunnostusohjeen ohjeen avulla vähemmän kokenut asentaja pystyi suorittamaan vaihteistokunnostusta ilman suurempia ongelmia. Kunnostusohje on toiminut hyvin ja helpottanut työskentelyä. Se toimii ainoana tietolähteenä vaihteistonkunnostuksessa. Työn tehokkuus on parantunut merkittävästi kunnostusohjeen ansiosta. Osaltaan tehokkuuteen voi vaikuttaa myös asentajien kokemuksen karttuminen kunnostusten osalta. Ohjeen kuvat helpottavat eri työvaiheiden hahmotusta.

Vaihteiston kunnostussarja maksaa noin 16 % uuden vaihteiston hinnasta. Kahden vaihteiston kokemuksella vaihteiston kunnostukseen menee n.100 miestyötuntia yhtä vaihteistoa kohti. Saamieni tietojen mukaan yhden vaihteiston kunnostussarja maksaa noin 22 000 euroa. Jos työn tuntihinnaksi lasketaan 50 € sivukuluineen, tulee työn hinnaksi n. 5000 €. Kunnostus kaivoksen omalla työvoimalla on näiden laskelmien perusteella hyvinkin kannattavaa. Positiiviset kokemukset kunnostuksen onnistumisesta ovat antaneet rohkeutta seuraaviin haasteisiin, jotka tulevaisuudessa odottavat.

Lopputyötä kirjoittaessani on kyseisiä vaihteistoja huollettu jo useita. Huollot ovat onnistuneet hyvin. Tietämys vaihteistojen toiminnasta on helpottanut ja nopeuttanut vikojen selvitystyötä. On saavutettu ymmärrys, milloin on viimeinen hetki huoltaa vaihteisto. Tällä on voitu estää vaihteiston rikkoontuminen korjauskelvottomaksi.

Komponenttien kunnostusta varten Boliden Kevitsa on perustanut komponenttikorjaamon Sodankylän keskustaan. Olosuhteet vaihteistojen ja muiden voimansiirtokomponenttien kunnostukselle ovat parantuneet huomattavasti. Onnistuneen koulutuksen ansiosta on saavutettu huomattavia kustannussäästöjä. Osaamistaso on lisääntynyt niin paljon, että vaihteistojen huolto on Boliden Kevitsan henkilöstön omassa käsissä.

Työskentely vaihteistokunnostuksen parissa oli mielenkiintoista ja antoisaa. Aiemmin työelämässä opittuja taitoja ja insinööriopinnoissa hankittuja tietoja pystyi hyödyntämään käytännössä. Englannin kielen taito nousi suureen rooliin ja oli työn onnistumisen perusedellytys. Työvaiheiden dokumentointi oli yllättävän haasteellista. Olisi pitänyt koko ajan malttaa olla kameran takana, eikä sotkeutua varsinaiseen tekemiseen. Haasteen asetti myös Kevitsan kaivoksen etäinen sijainti. Piti valmistautua hyvin ennakkoon vierailuja varten. Aikaa käyttöohjeen tekemiseen kului huomattavasti enemmän, kuin ohjetuntimäärä opinnäytteen tekemiseen on.

LÄHDELUETTELO

- AGA. (2. 3 2017). Noudettu osoitteesta
http://www.aga.fi/fi/products_ren/bulk_gases/nitrogen/index.html
- Cat sis. (6. 3 2017). Noudettu osoitteesta Caterpillar service information system:
<https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISMainServlet>
- Eero Aula, P. M. (2008). *Liikkuvan kaluston sähköhydraulikka*. Vammalan kirjapaino.
- SKF. (2. 3 2017). Noudettu osoitteesta http://www.skf.com/binary/123-163650/03000_FI.pdf
- Valtanen, E. (2013). *Tekniikan taulukkokirja*. Genesis-Kirjat.

LIITTEET

1. Tekniset ja huoltovälitiedot
2. Vaihteiston osakokonaisuudet
3. Vaihteiston ECM yhteydet
4. Caterpillar 793 F Voimansiirron hydraulikkajärjestelmä
5. Asennuksessa ja irrotuksessa käytetyt työmenetelmät

Tekniset ja huoltovälitiedot

Moottori Cat C175-16 Kuusitoistasylinterinen v-moottori

Teho 1976 kW

Iskutilavuus 85 l

Nettoteho 1848 kW

Ajoneuvon omapaino 160 tonnia

Kuormankatokyky 230 tonnia

Maksimikokonaispaino 390 tonnia

Automaattivaihteisto 6 eteen 1taakse

Huippunopeus 60 km/h

Renkaat 40R57

Vaihteiston välityssuhde 16:1

Peränvälityssuhde 1,8:1

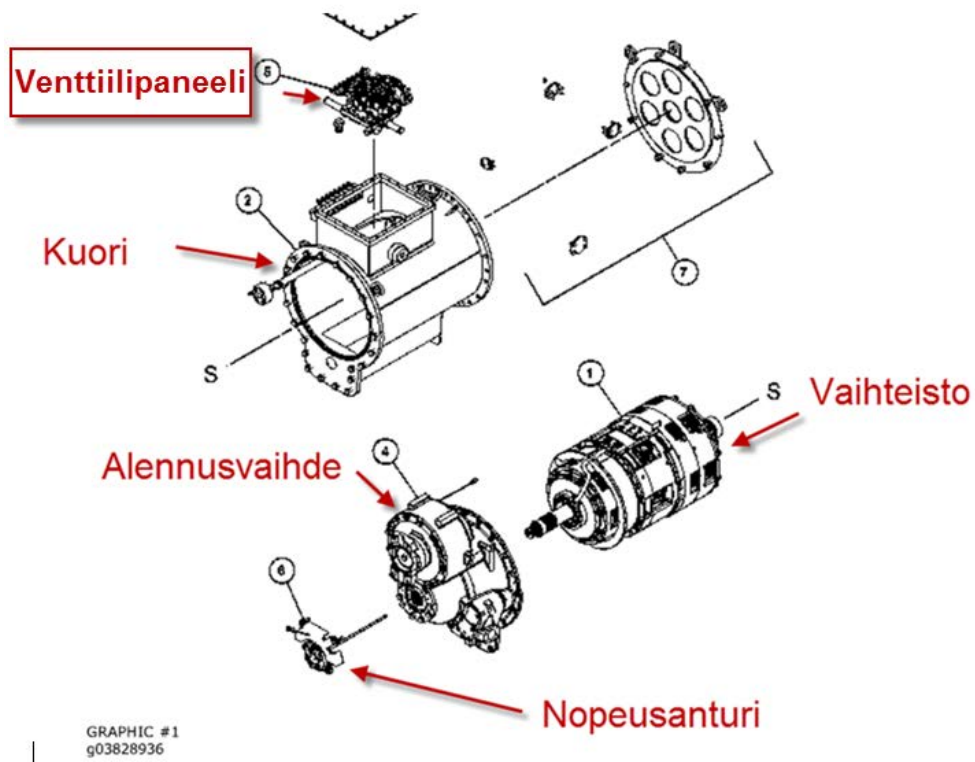
Voimansiirron kokonaisvälityssuhde 28,8.1

(Cat sis, 2017)

Ajoneuvo vaatii huoltoa seuraavasti. Moottoriöljy vaihtoväli 500 h, vaihteistoöljyn vaihtoväli 1000 h, hydraulioöljy vaihto 2000 h tai 3000 h välein riippuen öljyلاadusta. Moottorille tehdään ns. midlife-huolto noin 9000 tunnin tai kun 1700 000 l polttoainetta on palanut 40 % kuormitusasteella. Moottorille tehdään suurempi remontti 18000 tunnin jälkeen. Vaihteiston osalta huoltoväli on noin 10000 tuntia. Tämä tarkoittaa 1,5 vuoden välein tehtävää voimansiirron kunnostusta.

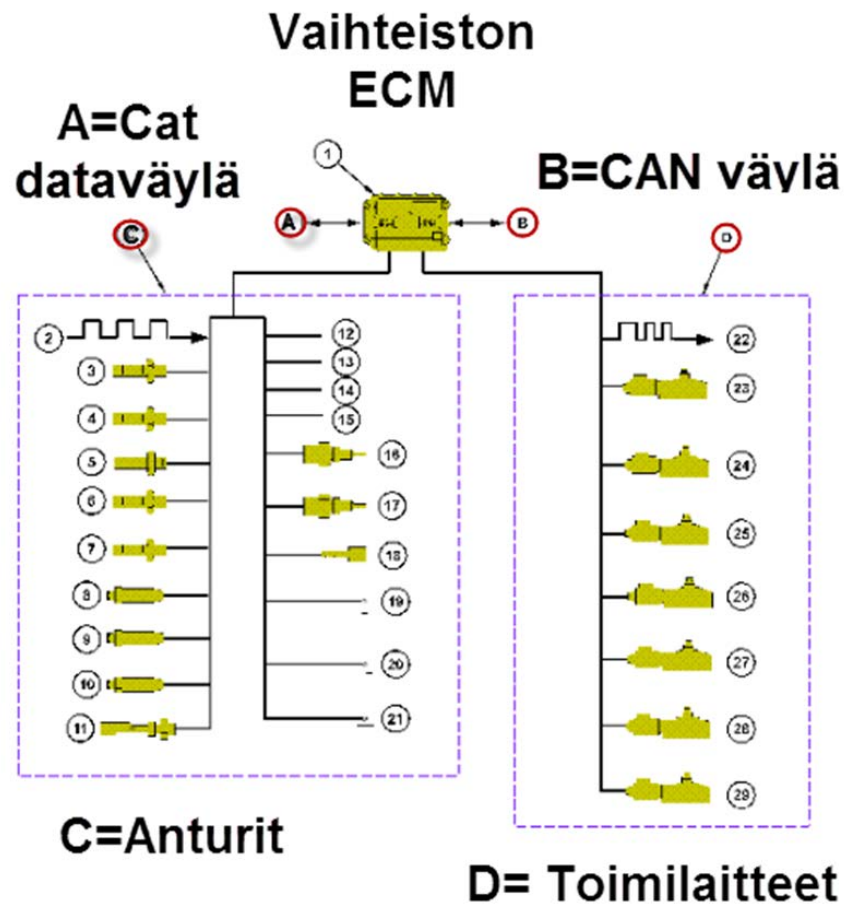
(Cat sis, 2017)

Vaihteiston osakokonaisuudet



Kuva 1. Vaihteiston osakokonaisuudet. (Cat sis, 2017)

Vaihteiston ECM yhteydet



Kuva 1. Vaihteiston ECM- yhteydet. (Cat sis, 2017)

Vaihteiston tulo- ja lähtösuureet.

- (1) Vaihteiston ECM
- (2) Pyydetyn vaihteen käsky
- (3) Moottorin nopeusanturi
- (4) Vaihteiston sisääntulon pyörimisnopeusanturi
- (5) Vaihteiston keskinopeusanturi (APECS- versiossa)
- (6) Vaihteiston ulostulon nopeusanturi (1)
- (7) Vaihteiston ulostulon nopeusanturi (2)

- (8) Momentinmuuntimen painesuotimen ohitusvirtauksen katkaisin
- (9) Momentinmuuntimen suotimen ohitusvirtauksen katkaisin
- (10) Vaihteiston painesuotimen ohitusvirtauksen katkaisin.
- (11) Momentinmuuntimen öljysäiliön pinnan tasoanturi
- (12) ECM (maa)
- (13) ECM (maa)
- (14) ECM (avoin)
- (15) ECM (maa)
- (16) Vaihteistoöljyn lämpötila-anturi
- (17) Momentinmuuntimen öljyn lämpötila-anturi
- (18) Virtalukko
- (19) Vaihteiston ohjausventtiilit 1, 6 ja momentinmuuntimen lukitusventtiilin takaisinkytkentä tieto.
- (20) Vaihteiston proportionaaliventtiilit (2 ja 4) takaisinkytkentä tieto.
- (21) Vaihteiston proportionaaliventtiilit (3 ja 5) takaisinkytkentä tieto.
- (22) Koneen toimintatila
- (Cat sis, 2017)

Vaihteiston toimilaitteet (Cat sis, 2017)

- (23) Proportionaaliventtiili (1)
- (24) Proportionaaliventtiili (2)
- (25) Proportionaaliventtiili (3)
- (26) Proportionaaliventtiili (4)

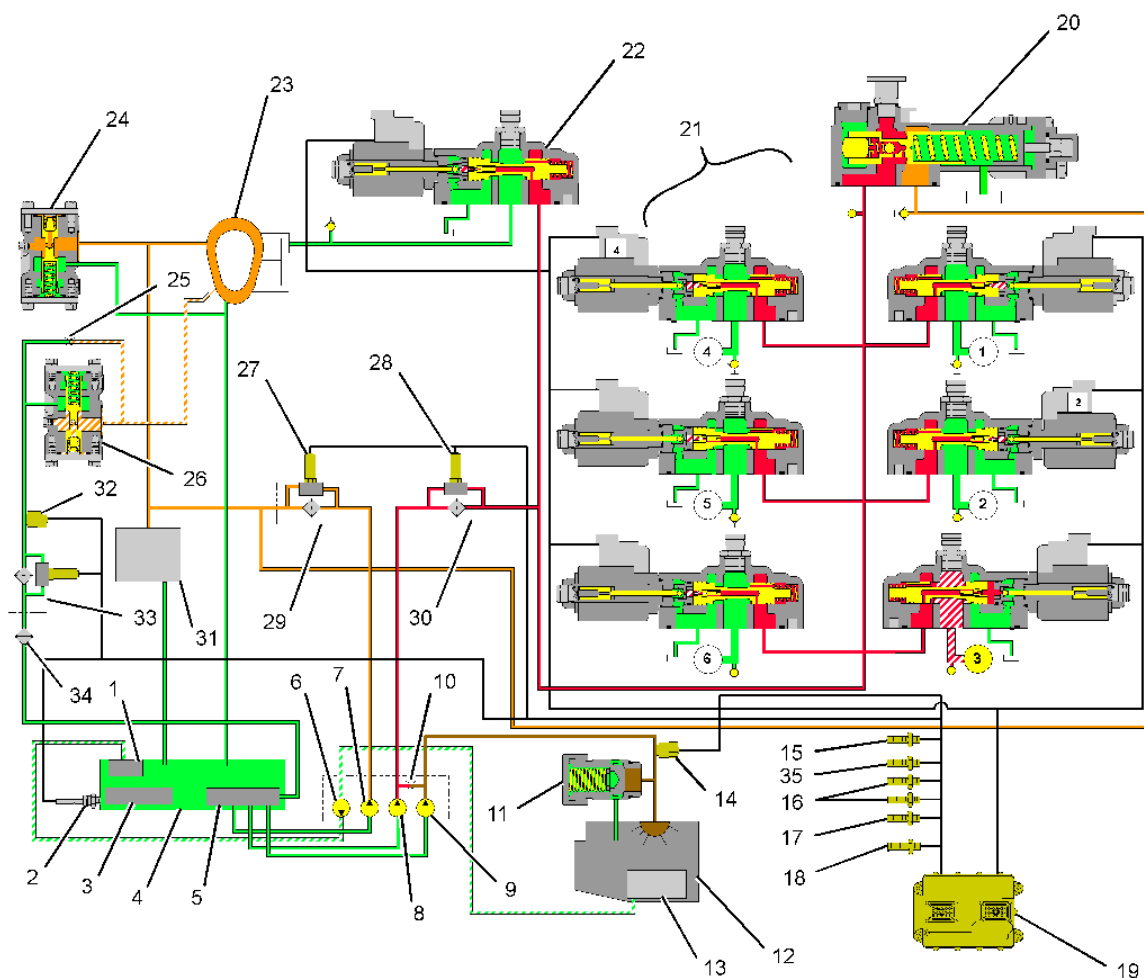
(27) Proportionaaliventtiili (5)

(28) Proportionaaliventtiili (6)

(29) Momentinmuuntimen lukituskytkimen solenoidiventtiili.

(Cat sis, 2017)

Caterpillar 793 F Voimansiirron hydraulikkajärjestelmä



Kuva 1. Voimansiirron hydraulikkakaavio. (Cat sis, 2017)

Voimansiirron hydraulikkakaavion selitykset.

- (1) Loiskelevy
- (2) Vaihteistoöljyn tasoanturi
- (3) Sihti
- (4) Momentinmuuntimen öljysäiliö
- (5) Imutukki
- (6) Vaihteiston tyhjennyspumppu

- (7) Momentinmuuntimen painepumppu
- (8) Vaihteiston painepumppu
- (9) Vaihteiston voitelupumppu
- (10) Kuristus
- (11) Vaihteiston voitelun venttiili
- (12) Vaihteistoöljysäiliö
- (13) Magneettisihti
- (14) Vaihteistoöljyn lämpötila anturi
- (15) Moottorin pyörimisnopeusanturi
- (16) Nopeusanturi (vaihteiston ulostulo)
- (17) Nopeusanturi (vaihteiston sisääntulo)
- (18) Vaihteiston keskinopeusanturi
- (19) Vaihteiston ECM
- (20) Vaihteiston paineenalennusventtiili
- (21) Vaihteiston ohjausventtiilit
- (22) Momentinmuuntimen lukituskytkimen ohjausventtiili
- (23) Momentinmuunnin
- (24) Momentinmuunnin paineenrajoitusventtiili (tulokanava)
- (25) Ohivirtauskuristin
- (26) Momentinmuunnin paineenrajoitusventtiili (paluukanava)
- (27) Momentinmuuntimen öljyn ohivirtauksen katkaisin (suodin tukossa)
- (28) Vaihteistoöljyn ohivirtauksen katkaisin (suodin tukossa)
- (29) Momentinmuuntimen öljynsuodatin

(30) Vaihteiston öljynsuodatin

(32) Momentinmuuntimen öljynulostulon lämpötila-anturi

(33) Momentinmuuntimen suodattimen ohivirtauskatkaisin (Suodin tukossa)

(34) Voimansiirron öljynjäähdytin

(35) Nopeusanturi (voimansiirron keskiarvo) (APECS ainoastaan)

(Cat sis, 2017)

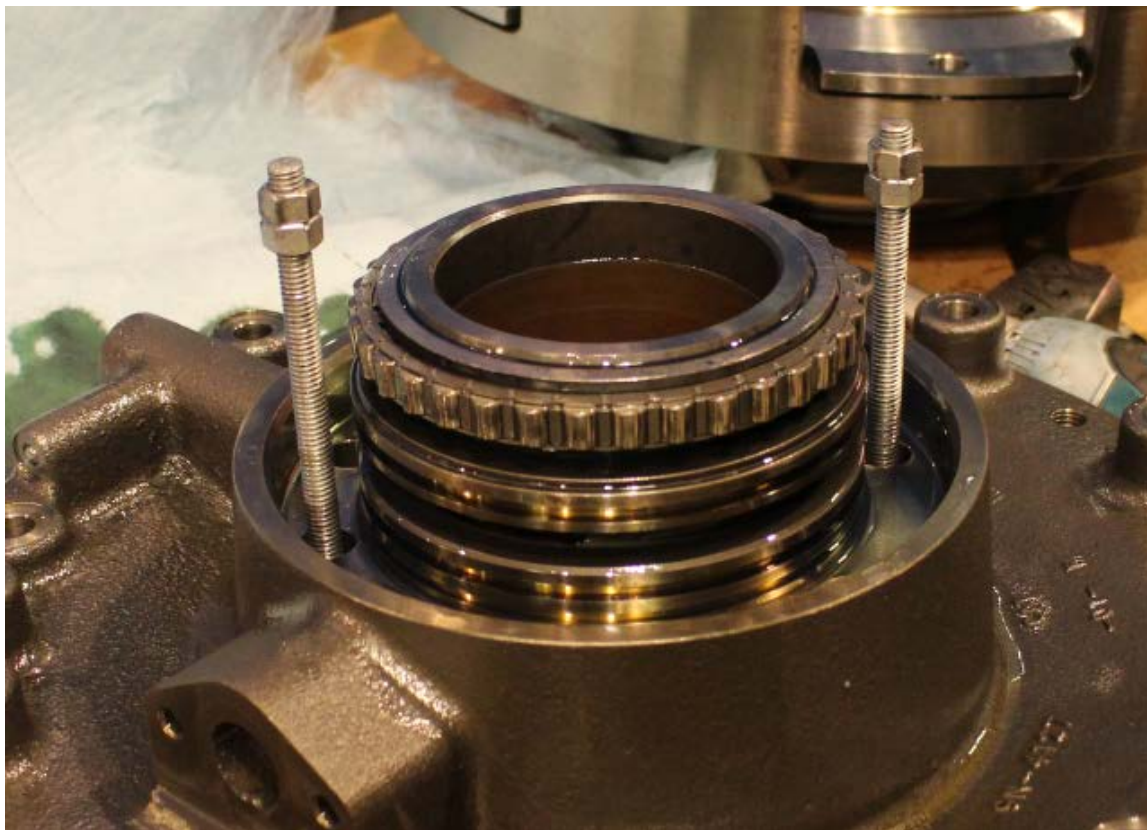
Asennuksessa ja irrotuksessa käytetyt työmenetelmät

Irrottaminen



Kuva 1. Laakerin irrotus ulosvetäjällä.

Kuvassa 1 laakeri on asennettu akselille lämpösovitteella, jolloin tarvitaan ulosvetäjää laakerin irrotukseen.



Kuva 2. Laakerin irrotus kierretankojen avulla.

Kuvassa 2 olevassa tapauksessa laakeri on piilossa. Laakeri on asennettu tilaan, mistä laakerin irrotus ei onnistu, ellei suunnitteluvaiheessa ole otettu huomioon laakeroinnin purkamista. Laakeri voidaan irrottaa ulostyöntämällä kierretangoilla.



Kuva 3. Laakerin irrotus lyömällä.

Lyöminen on helppo irrotusmenetelmä. Kuvassa 3 olevassa tapauksessa lyödään laakerin sisäkehään. Laakeri on sovitteella ulkokehältä kiinni. Kuvan tapauksessa laakeri vaurioituu, eikä sitä voida uudelleen käyttää. Vaurioituminen syntyy, kun voima välittyy vierintäelimen kautta laakerin ulkokehään (kuva 4).



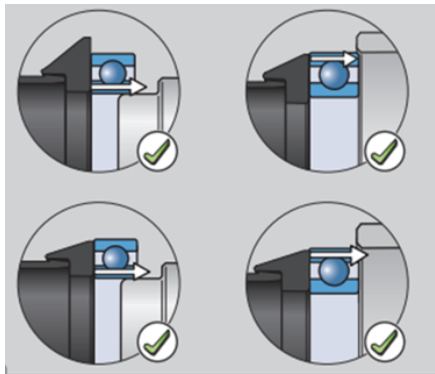
Kuva 4. (SKF, 2017)

Asentaminen

Laakerinasennus sisähalkaisijan ollessa alle 50 mm voidaan pääsääntöisesti suorittaa lyömällä. Asennukseen voidaan tehdä tähän tarkoitettu lyöntiholkkisarjalla. Asennuksessa on huomioitava asennusvoima ja voiman kulku, ettei asennusvoima pääse kulkemaan laakerin vierintäelimen kautta. (SKF, 2017)



Kuva 5. Laakerin asennusvälineitä. (SKF, 2017)



Oikeita asennustapoja,
asennusvoima ei välity vierintäelimen kautta



Kaksi väärää asennustapausta,
voimavälitty kuulan kautta.

Kuva 6. Suositeltavat laakerin asennustavat. (SKF, 2017)

Laakerin ollessa sisähalkaisijaltaan suurempi kuin 50 mm laakeri joko lämmitetään tai akseli jäähdytetään. Tämä menetelmä perustuu lämpölaajenemiseen. Laakerin lämmityksessä tulee käyttää kyseiseen tarkoitukseen valmistettua laitetta, laakerinlämmitintä.

Lämpölaajeneminen

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_0$$

ΔL = kappaleen pituuden / halkaisijan muutos

α = lämpölaajenemisen kerroin

L_0 = kappaleen pituus / halkaisija

Materiaalien lämpölaajenemisen kertoimia

Kerroin $10^{-6} 1 / ^\circ\text{C}$

Alumiini 23

Hopea 19

Kupari 17

Teräs 12

Yhden asteen lämpötilan muutoksella metrinen terästanko laajenee 0,012 mm

Muistisääntö kun 100 mm halkaisijaltaan olevaa holkkia kuumennetaan 100 °C, niin holkki laajenee 0,1 mm. (Valtanen, 2013)

Laakerilämmitin on induktiolämmitin. Lämmittimessä on induktiokela, jonka ympärille laakeri asennetaan lämmityksen ajaksi. Toiminta perustuu voimakkaaseen magneettikenttään. (SKF, 2017)



Kuva 7. Laakerin induktiolämmitin. (SKF, 2017)

Kyseisellä laitteella voidaan laakeri lämmittää tarkasti haluttuun lämpötilaan. Laakerin asennuslämpötila on 110 °C. Maksimilämpötila laakerille on 125 °C. Laakerin lämmittäminen kyseistä lämpötilaa korkeammaksi aiheuttaa laakerin päästymistä. Päästymisellä tarkoitetaan materiaalin pintakovuuden heikkenemistä. Laakeri on vierintäpintojen osalta pintakarkaistu induktiokarkaisumenetelmällä. Tällä saavutetaan hyvin kulutusta kestävä vierintäpinta. (SKF, 2017)

Jollei laakeri mene helposti paikoilleen, on kyseisen akselin ja laakerin välinen sovite tarkastettava. Sovitteella tarkoitetaan, esimerkiksi miten suuri on laakerin sisämitan ja akselin ulkohalkaisijan erotus. Sovitteille on olemassa tapauskohtaiset ohjeet. (Valtanen,

2013) Tarkastukseensa on käytettävä luotettavia mittavälineitä. Mikrometri on mittaväline, millä päästään riittävään tarkkuuteen 0,01 mm. (kuva 8)



Kuva 8. Mikrometri.

Jäähdyttäminen on yksi vaihtoehto asennuksen onnistumiseksi. Menetelmässä voidaan käyttää nestemäistä typpeä, kiehumispiste -196 °C , tai kuivajäätä -78 °C . (AGA, 2017)

Menetelmässä asennettava tappi tai hela jäähdytetään, jolloin se voidaan asentaa paikoilleen ilman suurempaa asennusvoimaa.

Menetelmä soveltuu erityisen hyvin, kun pitäisi lämmittää isoja kappaleita, jolloin pitäisi lämmittää paljon ja asennettava osa on suhteessa pienikokoinen. Menetelmä sopii hyvin myös ohutseinämaisille holkeille (kuva 9).



Kuva 9. Jäähdytetty laakerin kehä.