

Toivo Jyrkkä

# Traktorin käyttöominaisuuksien parantaminen

Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
SeAMK Ruoka  
Agrologi (AMK)

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seamk Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto:

Tekijä: Toivo Jyrkkä

Työn nimi: Traktorin käyttöominaisuuksien parantaminen

Ohjaajat: Jussi Esala ja Jori Lahti

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 35

Liitteiden lukumäärä:0

---

Opinnäytetyössä tutkittiin vanhan traktorin modernisointia vastaamaan muuttuneita käyttötarpeita. Työssä pohdittiin myös, onko rahallisesti järkevää tehdä olemassa olevaan koneeseen muutoksia verrattuna jo valmiiksi varustellun traktorin hankintaan.

Työn aikana traktoriin asennettiin käytettynä hankittu etukuormain ja siihen liittyvät hydraulikkajärjestelmät. Kuormaimeen lisättiin jousitus tasaamaan koneen kulkua maantieajossa. Etukuormaimen heilahduksen vaimennus toteutettiin hydraulikkaan liitettävien paineakkujen avulla.

Traktoriin lisättiin myös ohjaamojousitus vähentämään kuljettajaan kohdistuvaa värinä- ja heilahdusrasitusta. Ohjaamojousitus toteutettiin paineilmatoimisena. Ohjaamojousituksessa käytettiin käytettynä hankittuja osia.

Lopuksi testattiin traktoria tieajossa ja verrattiin sen tasaisuutta ilman edellä mainittuja jousituksia varustettuun traktoriin. Testi tehtiin useamman eri kuljettajan ajamana. Testissä saatiin myös näkemyksiä kehityskohteista.

Projektin lopputuloksena todettiin, että traktorin käytettävyys parani huomattavasti.

Avainsanat: ergonomia, etukuormain, jousitus, hydraulikka, paineakku, paineilma

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: SeAmk Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and rural enterprises

Specialisation:

Author: Toivo Jyrkkä

Title of thesis: Improving the Comfort and Usability of an old Tractor

Supervisors: Jussi Esala ja Jori Lahti

Year: 2020      Number of pages:35      Number of appendices:0

---

The aim of the study was to improve the usability of an old tractor. The study also considered whether it was economically more reasonable to modernize an old machine or to purchase a new tractor with new technology.

During the project, a second-hand front loader and its hydraulic system were installed in the tractor.

Another bigger improvement was a scratch-built cab suspension. The suspension system was pneumatic, so it needed a pressure air system.

The cab suspension and other air system parts were acquired from a lorry dismantler.

The project was successful, and the old tractor was more comfortable and better to use after the improvements.

Keywords: ergonomics, front loader, suspension, hydraulics, pressure accumulator, compressed air

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, ja taulukkoluetelo .....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	5
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>6</b>
1.1 Johdanto .....	6
1.2 Työn tavoitteet.....	7
<b>2 SUUNNITTELU.....</b>	<b>8</b>
2.1 Kehityskohteet.....	8
2.1.1 Etukuormain.....	8
2.1.2 Lisähydrauliikka ja jarrujärjestelmä .....	10
2.1.3 Jousitukset.....	12
2.2 Osaamis- ja välinearvio.....	13
<b>3 TOTEUTUS.....</b>	<b>14</b>
3.1 Etukuormain.....	14
3.2 Hydrauliikka .....	17
3.3 Jousitukset.....	20
<b>4 KOKEILU KÄYTÄNNÖSSÄ.....</b>	<b>27</b>
4.1 Suunnitelma .....	27
4.2 Tulokset .....	27
<b>5 KUSTANNUKSET .....</b>	<b>29</b>
<b>6 YHTEENVETO.....</b>	<b>31</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>34</b>

## Kuva-, ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Projektin kohdetraktori. ....	8
Kuva 2. Kuormain ennen irroitusta Case ih 5130 traktorista. ....	10
Kuva 3. Etupään sovite kiinnitettynä traktoriin. ....	14
Kuva 4. Sovitteen katkaisu ja kavennus. Alhaalla näkyy myös sovitteen alapää, jota on taivutettu kauemmas etuvedon kardaanista. ....	15
Kuva 5. Taka-akselille menevä sovite. ....	17
Kuva 6. Etukuormaimen vipu paikoillaan. ....	20
Kuva 7. Periaatekuva erilaisista paineakkutypeistä. ....	21
Kuva 8. Tasonsäätöventtiili ohjaamon lattian alla. ....	23
Kuva 9. Panhard -tanko. ....	24
Kuva 10. Pahvisabluunat jousen alakiinnikkeelle. ....	25
Kuva 11. Jousen alapään uuden kiinnikkeen hahmottelua. ....	26
Kuva 12. Etukuormain paikoillaan. ....	33
Taulukko 1. Kustannusarvio. ....	29
Taulukko 2. Toteutuneet kustannukset. ....	30

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Panhard-tanko</b>	Jousitusrakenteen sivuttaisliikkeen estävä tanko.
<b>Sarjaliitännä</b>	Useamman erillisen suuntaventtiilin peräkkäin kytkemiseen tarkoitettu liitin.
<b>Suuntaventtiili</b>	Hydraulisten toimintojen käyttämiseen tarkoitettu venttiili.
<b>Monoblock</b>	Yhtenäisestä valukappaleesta koneistettu monikarainen hydraulikkaventtiili.
<b>Powershift</b>	Useammalla kuin yhdellä pikavaihteella toteutettu voimansiirto.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Johdanto

Traktoreiden tekniikassa ja ergonomiassa on tapahtunut huimaa kehitystä 80-luvun traktoreihin verrattuna. Voimansiirrot ovat muuttuneet ”keppivaihteista” powershifteihin tai portaattomiin voimansiirtoihin jo pienissäkin traktoreissa. Vielä 1980-luvulla yleistä, 16+8R vaihteista synkronoitua vaihteistoa, ei enää ole kuin kaikista halvimmissa ja pienimmissä traktoreissa. Ajomukavuus on myös parantunut erilaisten jousitustyöpien ja kehittyneempien ohjaamoiden ansiosta.

Nykyaikaisen tekniikan hyödyntämisen varjopuolena on se, että perustraktorinkin hankintahinta on suhteellisen suuri. Tämän takia ns. kakkoskoneeksi on mielekästä hankkia ja kunnostaa vanhempaa kalustoa. Vanhemmassa traktorissa varjopuolena on usein hydraulikan tehottomuus ja ulkopuoliseen käyttöön varattuja venttiileitä on vähän. Ajomukavuus on myös harvoin uudempien koneiden kanssa samalla tasolla.

Opinnäytetyön kohteena olevan traktorin ikäluokassa ohjaamot alkavat olla jo sellaisella tasolla, että niiden kanssa tulee kohtuudella toimeen vielä nykyaikanakin, paitsi jos koneella on tarkoitus ajaa useita satoja tunteja vuodessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja osoittaa, kuinka vanhaakin traktoria voi monipuolistaa käyttöominaisuuksiltaan vastaamaan kasvaneita vaatimuksia ja kuinka pienilläkin toimenpiteillä voidaan saada käyttömukavuudessa suuria parannuksia. Tällaisilla parannuksilla voidaan välttää traktorin vaihtaminen. Muutoksilla voidaan myös edistää työturvallisuutta. Projektin aikana saadaan myös käsitys siitä, minkälaisilla kustannuksilla traktorin käytettävyyttä voidaan parantaa.

Kohteena olevan traktorin yleistä ohjaamoergonomiaa tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että ohjaamon peruskonstruktio on esitelty ensimmäisen kerran vuonna 1968 Zetor Crystal 8011 mallin muodossa (Kotta 2015, 86). Kohteena olevan Ursuksen valmistusvuonna 1985 on ohjaamo ollut muihin aikakauden ohjaamoihin nähden hieman vanhentunut, mutta silti kohtuullisen vertailukelpoinen.

## 1.2 Työn tavoitteet

Tavoitteena tässä työssä on selvittää, millä menetelmillä tilalla käytössä olevan vanhan traktorin käyttö- ja turvallisuusominaisuuksia voitaisiin parantaa lähemmäksi nykyajan vaatimustasoa.

Ensimmäisenä ja suurimpana muutoksena on käytetyn etukuormaimen asentaminen traktoriin. Kuormain on alun perin tarkoitettu toisen merkkiseen traktoriin, joten sen runkokiinnikkeitä muokattava siten, että sen kiinnittäminen on mahdollista.

Toisena kohteena on itse traktorin hydraulikka ja siihen liittyvät muutokset. Traktoriin on tavoitteena saada kohtuullisen monipuolinen hydraulikka ulkopuoliseen käyttöön. Myös jarrutustehoon haetaan parannusta, jota tarvitaan varsinkin maantieajossa raskaan perävaunun kanssa.

Kolmantena tavoitteena on parantaa ajomukavuutta. Sen toteuttamiseksi tutkitaan ja ideoidaan, kuinka vanhaan traktoriin voidaan rakentaa joustavia elementtejä, jotka vähentäisivät koneeseen ja kuljettajaan kohdistuvia heilahduksia ja iskuja.



## 2 SUUNNITTELU

### 2.1 Kehityskohteet

Lähtökohtana on Ursus 914 Finn maataloustraktori, joka on kunnostettu täysin muutamia vuosia aikaisemmin. Tarkoituksena on asentaa siihen kotimainen Vila 1705 etukuormain ja laajentaa traktorissa olevaa hydraulikkajärjestelmää. Samalla päivitetään traktorin ominaisuuksia paremmin nykyaikaan soveltuviksi. Traktori on vuosimallia 1985 ja etukuormain on kymmenen vuotta uudempi.



Kuva 1. Projektin kohdetraktori.

#### 2.1.1 Etukuormain

Etukuormain on Lankisen konepaja Oy:n valmistama Vila 1705 kuormain. Kuormain on aisoiltaan kotelopalkkirakenteinen ja se on varustettu hydraulisella kauhan vaakaajalla. Kuormaimen aisoihin on kiinnitetty runsaasti kiinteistöhuollon tarpeisiin rakennettuja lisähydrauliiikan putkituksia. Kauhan kiinnike on Vila/Valtra -tyyppinen ja sen lukitustapit ovat irtonaiset ilman pikakäyttö mahdollisuuksia. Kuormaimen run-

kosovitteet ovat valmistettu 25 mm:n teräslevystä muotoon leikkaamalla ja taivuttamalla. Etukuormaimen aisat ovat pikakiinnitteiset runkosovitteisiin, joten kuormain on tarvittaessa nopea irrottaa.

Kuormaimen mukana tuli mekaanisesti ohjattu venttiililohko, mutta sitä ei voida hyödyntää tässä tapauksessa, koska se on tarkoitettu suljetun keskiasennon, eli kuormaintuntevaan järjestelmään. Yleiskunnoltaan kuormain on ikäisekseen hyvässä kunnossa ja tukevarakenteisena se ei ole päässyt vääntymään. Kuormaimen nivelistä löytyy hieman väljää, mutta välykset ovat vielä normaalin rajoissa ja korjattavissa laakeriholkkeja ja tappeja vaihtamalla. Maalipinta on alkuperäinen, mutta varsin kulunut.

Ensimmäisenä tehtävänä on runkosovitteiden muuntaminen traktoriin sopiviksi, koska kuormain on alkujaan ollut Case IH 5130 traktorissa (Kuva 1.). Koska traktoreiden runkojen leveydet poikkeavat toisistaan, on sovitteisiin tehtävä jonkin verran muutoksia.

Sovitteisiin täytyy myös suunnitella ja rakentaa kokonaan uutta runkoa, koska sovitteista puuttuvat takasiltaan kiinnittyvät tukiraudat, jotka vanhemmassa traktorissa ovat lähes välttämättömät. Näiden pitkien tukien tehtävänä on siirtää kuormaimen

aiheuttamia rasituksia laajemmalle alueelle, koska traktorin rungossa ei välttämättä ole huomioitu kuormaimen aiheuttamia rasituksia.



Kuva 2. Kuormain ennen irroitusta Case ih 5130 traktorista.

Itse kuormaimessa mahdollinen muutoskohde on varustelevy ja sen tutkiminen, eli voidaanko kauhan täyttö- ja tyhjennyskulmia parantaa varustelevyn muotoilua muuttamalla. Samalla myös pohditaan, onko mahdollista asentaa kauhalle hydraulinen lukitus, jolloin käytettävyys ja turvallisuus paranisivat. Työturvallisuus paranisi jo sillä, ettei ohjaamosta tarvitsisi poistua työvälinettä vaihdettaessa, ja näin tapaturmariski pienenesi.

### **2.1.2 Lisähydrauliikka ja jarrujärjestelmä**

Lähtötilanteessa traktorin hydrauliikkajärjestelmä on varsin rajoittunut, sillä varustukseen kuuluu nostolaitteen lisäksi vain yksi kaksitoiminen venttiili ja nostolaitteen rinnakkaisliitäntä. Varusteena on myös hydrauliikan vapaa paluulinja eli vastapaineeton liitäntä suoraan öljytilaan. Nykyiset työkonet tarvitsevat usein vähintään

kaksi kaksitoimista venttiiliä, joten alkuperäinen järjestelmä on auttamatta riittämätön.

Etukuormaimen ohjaukseen tarvitaan ohjausventtiili ja ulkopuolisen hydrauliiikan käyttöön tarvitaan myös lisää venttiilejä. Uudet ohjausventtiilit on tarkoitus asentaa siten, ettei ohjaamoon sisälle tarvitse tuoda paineellisia hydrauliiikkaletkuja, koska niissä on aina omat riskinsä. Samalla pohditaan myös sitä, minkälainen ohjausjärjestelmä kuormaimelle olisi paras (mekaaninen, hydraulinen, sähköinen). Hydrauliiikkaan on myös sovitettava tuotoltaan nykyistä suurempi hydrauliiikkapumppu. Suurin saatavilla oleva pumppu, joka sopii suoraan alkuperäisen tilalle, on kierros-tilavuudeltaan 26,5 cm<sup>3</sup> ja tuotoltaan 55 l/min.

Venttiilien ohjaustyyppiä pohdittaessa johtopäätös on, että vähemmällä käytöllä olevassa koneessa mekaaninen ohjaus on varmempi ja edullisempi kuin hydrauliset tai sähköiset järjestelmät. Venttiilien ohjaus tapahtuu siis vaijerivälityksellä, jolla saadaan pidettyä itse venttiilit ohjaamon ulkopuolella.

Ulkopuolisen hydrauliiikan venttiileitä tarvittiin lisää, joten lisäventtiiliksi valikoitui, kolmekaraisen ns. monoblock -tyyppinen venttiililohko. Tämän tyyppinen lohko on ulkomitoiltaan hyvin kompakti verrattuna elementeistä koottuun pakettiin, niin sen sijoittaminen on helpompaa verrattuna elementtiversioon. Uusi lohko on liitântäkooltaan ½ tuumaa, jonka läpäisy riittää noin 50 l/min tuotolle.

Edellä mainittujen lisäksi on ajatuksissa traktorin tieajon turvallisuuden lisääminen jarrujärjestelmää parantamalla. Nykyisillään traktorissa on jarrut pelkästään taka-akselilla eikä perävaunun jarruventtiiliä ole. Kehityskohteena olisikin nelivedon mekaanisen kytkentäventtiilin vaihtaminen sähkökäyttöiseksi ja kytkemällä sen sähkönsyöttö siten, että neliveto kytkeytyy jarrupolkijinta painettaessa ja tällöin myös etupyörät jarruttavat.

Toinen tavoite olisi perävaunun hydraulisen jarruventtiilin asentaminen. Jarruventtiili olisi jarrunesteen paineesta ohjauksensa ottava, joten jarrupolkimesta tapahtuva toiminta olisi taattu.

### 2.1.3 Jousitukset

Kohdetraktorin ikäluokassa varsinaiset jousitukset ovat olleet hyvin harvinaisia. Ohjaamoiden kiinnitykset ovat pääsääntöisesti olleet kumityynyjen varassa ja vain istuimissa on ollut mekaaninen jousto. Ursus 914 on tässä suhteessa samalla viivalla ikäistensä koneiden kanssa, tosin tähän yksilöön on vaihdettu laadukas ilmajousituksella varustettu istuin.

Traktoreihin on sovellettu monentyypisiä jousitusratkaisuja aina mekaanisista kierrejousista paineilmaan ja hydraulikkaan. Nykyisin mekaaniset ratkaisut, muissa kuin ohjaamon jousituksessa, ovat jääneet harvinaisemmiksi ja esimerkiksi etuakselin jousituksessa hydraulisylinteriin ja paineakkuun perustuva ratkaisu on yleinen. Paineilma on toinen varsin yleinen jousitusratkaisu ja sen hyviä puolia ovat helppo säädettävyys ja yksinkertainen rakenne. Säädettävyys on myös hydraulisessa järjestelmässä hyvä, mutta koska paineakun esipainetta ei pystytä muuttamaan ajon aikana, raskaalla kuormalla hydraulinen järjestelmä ei toimi optimaalisesti. Molemmissa vaihtoehdoissa on kuitenkin mahdollista saada aikaan jousituksen kuorman mukaan säätyvä tasonkorjaus, jota täysin mekaaniseen järjestelmään on vaikea toteuttaa.

Kuljettajan ajomukavuuden kannalta koneen mahdollisimman tasainen kulku on keskeinen tekijä ajomukavuutta tarkasteltaessa. Perusasioiden, kuten renkaiden ja vanteiden suoruuden ja oikeiden ilmanpaineiden tarkastuksen jälkeen, on siirryttävä muihin kohteisiin.

Yleisimmin traktorin kulkua pyritään vakauttamaan tehdasasenteisilla etuakseli- ja ohjaamojousituksilla, mutta tässä on tarkoitus tutkia, kuinka asennettavaan etukuormaimeen saadaan aikaan riittävä jousto, jotta sillä saadaan traktorin heilahteluja vaimentava vaikutus. Toinen mahdollinen kohde heilahtelujen tasaamista ajatellen on ohjaamon jousitus. Ohjaamon jousto tasaisi työskentelyn aikana kuljettajaan kohdistuvia isku- ja heilahdusrasituksia. Ohjaamojousitus on etenkin peltoajossa iso tekijä ajomukavuudessa, koska sen ansiosta esimerkiksi keväisen kynnöspellon aiheuttamaa heiluntaa ja tärinää saadaan vaimennettua.

Ohjaamojen jousituksia on muutamia eri periaatteella toimivia. Pääsääntöisesti käytössä olevat järjestelmät ovat mekaaninen, pneumaattinen ja hydraulinen. Joissain tapauksissa on koko ohjaamon kiinnitys toteutettu jousitetusti, mutta yleisempi toteutustapa on sijoittaa jouset pelkästään ohjaamon takaosaan.

Tässä tapauksessa jousituksen tyypiksi valittiin paineilma, koska traktorissa on jo lähtökohtaisesti valmius paineilmajärjestelmälle. Jousien asentamiseksi ohjaamoon on alkuperäisten takaosan kiinnikkeiden tilalle suunniteltava ja valmistettava kokonaan uudet kiinnikkeet. Uudet kiinnikkeet täytyy tehdä lujuudeltaan vastaamaan vähintäänkin alkuperäisiä kiinnikeitä.

## 2.2 Osaamis- ja välinearvio

Tilalla on ollut aina vahva itse tekemisen kulttuuri ja vuosien saatossa koneita on korjattu ja rakennettu itse. Hyvänä esimerkkinä on maansiirtovaunu, joka on alusta loppuun itse tehty. Useisiin laitteisiin on tehty kehitystyötä ja/tai tehdasvalmisteisia koneita on paranneltu ja muokattu omiin tarkoituksiin paremmaksi. Rakennettavien laitteiden materiaalivalinnoista vastaa toiminnassa mukana oleva insinöörikoulutuksen saanut henkilö. Ajan saatossa on myös kehittynyt ”näppituntuma”, jonka perusteella osittain materiaalivalinnat ja ainevahvuudet on valittu. Tämän työn tekijä on opetellut koneistustyötä pikkuhiljaa aina yläasteikäisestä lähtien, joten peruskoneistustyöt onnistuvat helposti.

Tilalla on käytettävissä monipuolisesti metallintyöstöön tarvittavia välineitä tavallisista kulmahiomakoneista ja hitsauslaitteesta aina sorveihin ja jyrsinkoneisiin asti. Työstökoneisiin on hankittu monipuolisesti työkaluja, joten niillä saadaan koneistettua monipuolisia kappaleita. Metallin leikkaamiseen on kulmahiomakoneiden lisäksi hankittu plasmaleikkuri. Hitsauskoneita on lanka- ja puikkotyyppejä, mutta pääasiassa hitsaukset tehdään lanka eli MIG tyypin koneella.

Projektin aikana syntyvät jätteet lajitellaan asianmukaisesti. Metallijätteet kerätään koon mukaan kasaan tai päästään avattuun peltitynnnyriin. Polttokelpoiset jätteet poltetaan tai laitetaan sekajätteeseen. Mahdollisesti syntyvät ongelmajätteet toimitetaan paikalliselle jäteasemalle, missä niille on keräyspiste.

### 3 TOTEUTUS

#### 3.1 Etukuormain

Aluksi tehdään runkosovitteisiin Ursuksen rungon pulttikuviota vastaavat reiät siten, että sovite saadaan kiinnitettyä traktorin runkoon (Kuva 2). Pulttinreikien merkitsemiseen käytetään sabluunaan tehtyä pulttikuviota. Kun reikien paikat ovat merkityt, porataan uudet reiät magneettiporakoneella.

Magneettiporakoneessa on vahva sähkömagneetti, jolla se saadaan tarttumaan taiseisiin teräspintoihin, mikä helpottaa huomattavasti reikien poraamista isompiin kappaleisiin, joita ei ole mahdollista saada esimerkiksi pylväsporakoneeseen kiinni.



Kuva 3. Etupään sovite kiinnitettyä traktoriin.

Sovituksen aluksi lyhennetään runkosovitteen takapäätä riittävästi, jotta kuormain saadaan riittävän taakse. Kun sovitteet on saatu kiinnitettyä tukevasti runkoon, on kavennuksen vuoro. Kavennus (Kuva 3.) tapahtuu katkaisemalla pystyssä olevat kiinnikeraudat ja siirtämällä niitä lähemmäs toisiaan. Raudat saadaan osumaan oikeaan asentoon niiden sisäpuolella olevien vahvikkeiden suuntaamisen ja tarkan mittaamisen avulla. Sovitteiden alapää on alkujaan viistossa sisäänpäin (Kuva 4.), mutta se ei uudelleen asennuksessa ole mahdollista, koska muuten vasemmanpuoleisen sovitteen alapää osuisi nelivedon kardaaniin. Etuosan sovitteet kiinnitetään runkoon M14 pulteilla.



Kuva 4. Sovitteen katkaisu ja kavennus. Alhaalla näkyy myös sovitteen alapää, jota on taivutettu kauemmas etuvedon kardaanista.



Kun sovitteet ovat etuosasta valmiit, suunnitellaan taka-akselille menevät tuet. Nämä tukiraudat tehdään sen vuoksi, ettei voida olla varmoja, kestääkö traktorin vaihdelaatikon ja kytkimen välinen valurautainen runkokappale ilman lisätuentaa kuormaimen aiheuttamia vääntörasituksia. Kytkinkotelon pohjaan kiinnitetään vielä lisätuki, joka yhdistää vasemman ja oikean puolen sovitteet toisiinsa.

Sovitteiden muutoksiin käytetyt uudesta teräksestä valmistetut osat tehtiin S355 laatusesta teräksestä. Teräslaatu valikoitui sen perusteella, että sen myötölujuus on suurempi kuin S235 teräksellä, joka on toinen yleisesti käytetty lujuus. Paremmalla teräslaadulla saatiin tarvittavia materiaalivahvuuksia pienennettyä. (Koivisto ym. 1999, 311.)

Taka-akselille menevät tukiraudat tehdään etupään sovitteita vastaavalla järeydellä. Sovitteen päät kiinnitetään akseliputken ympärille henkselipulttien avulla samalla tavalla kuin sivurajoittimen korvakot. Taakse menevät sovitteet päädyttiin tekemään 80\*80 mm:n neliöpalkista, jonka seinämän vahvuus on 10 millimetriä. Taka-akseliputkeen kiinnitettävä laippa tehtiin 20 mm:n teräslevystä, johon on porattu 18 mm:n henkselipultin tarvitsemat reiät.

Takasovitteiden etuosat kiinnittyvät pystyssä olevien sovitteiden alapäähän neljällä M20 ruuvilla, joita varten on 15 mm:n vahvuinen kiinnike takasovitteiden etupäässä (Kuva 4.).



Kuva 5. Taka-akselille menevä sovite.

### 3.2 Hydrauliiikka

Kuormaimen mukana tuli mekaaninen vaijeriohjattu venttiililohko, joka olisi soveltunut uudelleen käytettäväksi. Koska lohko kuitenkin oli tarkoitettu kuormantuntevaan hydraulikkajärjestelmään, sitä ei pystytä käyttämään jatkuvakiertoisessa järjestelmässä.

Kuormantuntevassa järjestelmässä venttiililohkon karojen keskiasento on suljettu eli öljy ei pääse virtaamaan lohkon läpi vapaasti. Tämä taas johtuu siitä, että kuormantunteva järjestelmä pumppaa öljyä vain silloin, kun sitä tarvitaan. Kuormantuntevassa järjestelmässä pumppuna on aina mäntäpumppu, jonka säätimen kulmaa muuttamalla mäntien iskunpituus muuttuu ja samalla pumpun tuotto. Avoimessa hydraulikkajärjestelmässä puolestaan on venttiililohkon karojen keskiasennon oltava avoin, jotta öljy pääsee virtaamaan lohkon läpi vapaasti koko ajan. Avoimessa järjestelmässä pumppu on kiinteätilavuuksinen ja tuottaa virtausta koko ajan. (Laukkanen 2015.)

Avoimessa järjestelmässä useamman lohkon kytkeminen sarjaan eli peräkkäin vaatii lohkoilta sarjaliitännän mahdollisuuden, jolla paine saadaan jatkamaan seuraavalle lohkolle. Sarjaliitännänippa tulee yleensä venttiililohkon paluuliitännään, josta saadaan paineellinen öljy seuraavaan kohteeseen. (Sixtek Oy 2020.)

Hydrauliikan laajentaminen aloitetaan katkaisemalla pumpulta nostolaitteelle menevä öljyputki. Katkaistu putki käännetään siten, että se kulkee vaihteiston yli traktorin oikealle puolelle. Öljyputki viedään ensimmäisenä etukuormaimen ohjausventtiilille, joka kiinnitetään oikeanpuoleiseen etukuormaimen pystysovitteeseen. Koska hydrauliikkapumppu sijaitsee traktorin kytkinkotelossa, lisäventtiileille tarvittavat putkitukset pysyvät varsin lyhyinä. Uudet putkitukset ovat nimellishalkaisijaltaan 16 mm:ä ja paineletkut ½ tuumaa.

Kuormaimen venttiililtä öljy jatkaa takahydrauliikan uudelle kolmekaraiselle venttiilille, josta se taas jatkaa takaisin traktorin vasemmalle puolelle ja hydrauliselle jarruventtiilille. Jarruventtiilin jälkeen paine kytketään alkuperäiseen nostolaitteen paineliitännään. Tällaisessa sarjakytkennässä määräytyy myös toimintojen prioriteetti, sillä lähempänä pumppua oleva toiminto toimii aina ennen seuraavaa. Esimerkiksi, jos etukuormainta nostetaan ja samaan aikaan halutaan myös nostolaitteen nousevan, ei nostolaite liiku ennen kuin kuormaimen liike on pysähtynyt.

Jokainen uusi venttiili tarvitsee vapaan paluun takaisin öljytilaan, koska muuten sylintereiden paluuvirtaus ei pääse mihinkään. Paluuvirtaukselle on helpoin tehdä kokonaan oma kanava vaihteiston kyljessä olevaan luokkuun, josta öljyvirtaus pääsee oikeaoppisesti öljypinnan alapuolelle. Tällä saadaan ehkäistyä öljyn mahdollinen vaahtoaminen. Öljyn paluukanavan kooksi vaihteiston kylkiluokkuun määriteltiin  $\frac{3}{4}$  tuumaa eli n. 19 mm:ä. Reilun kokoinen liitännä valitaan siksi, että paluuvirtauksen täytyy olla mahdollisimman pienellä vastapaineella toteutettu. Isompaa kanavaa puoltaa myös se, että samaan yhteyteen siirretään vaihteistoöljyn täyttöaukko, koska sen alkuperäinen sijainti ohjaamon lattiassa on varsin epäkäytännöllinen. Paluulinjaan asennetaan myös paluusuodatin.

Samaan yhteyteen voidaan myös lisätä mittalasi helpottamaan öljypinnan tason tarkkailua. Asennettava mittalasi on varustettu lämpömittarilla, joten siitä näkee helposti öljyn pinnankorkeuden ja lämpötilan yhdellä silmäyksellä.

Hydrauliikkajärjestelmän rakentamisessa pyrittiin käyttämään mahdollisuuksien mukaan teräsputkia, joilla asennuksista saadaan siistimmät kuin hydrauliikkaletkuilla. Teräsputki on myös ostohinnaltaan edullisempaa kuin letkut. Putkitusten rakentaminen on kuitenkin hieman työläämpää, koska ne täytyy myös tukea hyvin, etteivät ne pääse värisemään ja hankaaman mihinkään.

Uudelta takahydrauliikanlohkolta tarvitaan kolme paria putkia hydrauliikan pikaliittimille, jotka tarvitsevat uuden kiinnikelevyn, jos alkuperäiseen levyyn ei liittimiä saada sijoitettua.

Hydrauliikkaventtiilien ohjausvaijerit vedetään ohjaamoon sisään lattian läpi ja sijoitetaan hyvin käden ulottuville. Lisähydrauliikan lohkon sijoittelua rajoittaa hieman se, että sitä varten käytettynä hankitut ohjausvaijerit ovat lyhyehköt. Etukuormaimen venttiililohkolle on valmis paikka oikeanpuoleisen runkosovitteen kyljessä, ja ohjausvaijerit ovat varsin pitkät eli ohjausvivun sijoittaminen on helpompaa (Kuva 5). Kaikki lisättävät ohjausvivut sijoitetaan ohjaamon oikealle sivulle. Sijoittelua haittaa hieman se seikka, että ohjaamo on istuimen kohdalta hieman kapea alaosastaan.

Etukuormaimen käyttöön hankittiin vähän käytetty Nordhydraulic -merkkinen etukuormainventtiili, jonka mukana tuli myös Ålö ergodrive -tyyppinen vipuohjain ja vaijerit. Vipu ja vaijerit ovat uudet.



Kuva 6. Etukuormaimen vipu paikoillaan.

### 3.3 Jousitukset

Etukuormaimen jousitus on aiemmin jo hyväksi havaittu ominaisuus, joka tasaa etenkin maantieajossa traktorin pituussuuntaista heilahtelua eli ”nyökkimistä”. Kuormaimen jousituksesta on hyötyä myös kuormaustyössä, sillä se tasaa nosto- ja las-kuliikkeen nopeasta pysähtymisestä aiheutuvan iskun.

Etukuormaimen jousto saadaan aikaan paineakuilla, jotka asennetaan kuormaimen nostosylinterien rinnalle. Paineakun toimintaperiaate perustuu yleensä kaasutas-kuun, joka puristuu kasaan paineen noustessa. Varhaisimmat versiot paineakuista perustuivat sylinteriin, jonka männän toisella puolella oli sopiva kierrejousi.

Nykyisin paineakut ovat käytännössä aina kaasutäytteisiä, mutta siltikin päätyyppejä on useita. Tavallisin ja yleisin tyyppi on kalvopaineakku, jossa teräskotelon keskivaiheille on kiinnitetty joustava kumikalvo, jonka toisella puolella on kaasu ja toisella öljy. Toinen tyyppi on rakkopaineakku, jossa teräskotelon sisään on laitettu kuminen pussi, jota ei ole kiinnitetty kuin vain täyttöventtiilistään koteloon.

Kolmas tyyppi on sylinterityyppinen paineakku, joka perusrakenteeltaan muistuttaa paljon tavallista hydraulisylinteriä, mutta siitä puuttuu ulostuleva männänvarsi (Kuva 6.). Sylinterityypissä kaasu on umpinaisessa tilassa männän takana, jota hydraulii-kan paine painaa. Kaikissa edellä mainituissa joustavana kaasuna käytetään pääasiassa typpikaasua. (Laukkanen 2019.)



Kuva 7. Periaatekuva erilaisista paineakkutyypeistä (Autiosalo 2017,4)

Jousto tarvitsee toimiakseen paineakun sekä ylös-, että alaspäin liikkeelle, koska muuten heilahtelujen vaimennus toimii vajavaisesti. Paineakkujen lisäys etukuormaimiin on varsin yksinkertainen toimenpide, sillä ne kytketään vain nostosylinterin männän molempien puolien kanssa rinnakkain. Paineakkujen tilavuus ja vastapaine on kuitenkin mitoitettava oikein, jotta niillä saadaan aikaan toivottu vaikutus.

Paineakun mitoittaminen etukuormaimiin on tärkeää, koska jos akun tilavuus ja/tai esipaine ovat liian pieniä, niin paineakku ei toimi toivotulla tavalla. Liian korkea esipaine estää myös paineakun oikean toiminnan. Helpoin keino löytää paineakun oikea koko on verrata saman kokoluokan kuormaimia, joissa on tehdasasenteinen jousto.

Ruotsalaisen Ålö AB:n valmistamissa Quicke etukuormaimissa on, kuten vastaavan kokoluokan kuormaimissa, yhteensä kolme paineakkua. Kaksi niistä on varattu alaspäin joustolle ja yksi ylöspäin. Ålön kuormaimien paineakut ovat tilavuudeltaan 0,5 litraa ja esipaine 20 Bar. (Ålö Ab 2001, 23.)

Yleisesti tämän kokoisissa tarvikkeena myytävissä paineakuissa on esipaineena 30 Bar, joten painetta täytyisi hieman pienentää päästämällä kaasua vähemmäksi akusta. Käytännön testaus vasta osoittaa, tarvitseeko painetta muuttaa. Työn kohteena olevaan Vilan kuormaimeen on suunniteltu laitettavaksi kaksi 0,5 litran paineakkua, yksi molempiin liikesuuntiin. Paineakkujen kytkennässä on myös otettava huomioon, että ne saa raskasta työskentelyä silmällä pitäen kytkettyä pois käytöstä. Pois kytkemistä varten on yksinkertaisinta laittaa palloventtiili sylinterin ja akun väliin linjaan.

Toinen toteuttamiskelpoinen jousitusratkaisu on ohjaamojousitus. Jousitettu ohjaamo on uusissa traktoreissa lähes vakiovaruste. Traktoreissa jousitukset ovat yleistyneet vasta 2000-luvulla, mutta kuorma-autojen maailmassa ohjaamon jousituksia on ollut varusteena jo hyvin pitkään.

Tärinällä on tutkitusti vaikutuksia ihmisen terveyteen ja erityisesti työkaluissa usein esiintyvä koko kehon värähtely vaikuttaa erityisesti selkärangan ja alaselän ongelmiin (Työterveyslaitos 2019). Näiden ongelmien välttämiseksi on järkevää perehtyä siihen, miten kuljettajaan kohdistuvaa tärinää saadaan pienennettyä. Traktoriin on asennettu jo aiemmin hyvälaatuinen ilmajousitettu istuin, jota täydentämään rakennetaan paineilmatoiminen ohjaamojousitus.

Ilmajousituksen paineilmajärjestelmä vaatii pelkän kompressorin lisäksi paineensäätöventtiilin, pienen ilmasäiliön, tasonsäätöventtiilin sekä tietenkin itse jousi/iskunvaimennin elementit. Nämä kaikki komponentit löytyivät kuorma-autopurkamolta hyvin edullisesti. Näiden komponenttien lisäksi tarvitaan myös paineilmaputkea. Komponenttien liitännät ovat mitoitettu pääasiassa 6 mm:n muoviputkelle, pois lukien paineensäätöventtiilille tulevat putket. Joissain tapauksissa pelkästään ohjaamojousia varten on asennettu pieni sähkökompressori, joka riittää pitämään sopivan paineen järjestelmälle.

Kompressorin sijaitessa moottorin sivulla on siltä vedettävä ilmalinjasto kohti traktorin takaosaa. Painesäiliölle, jonka tilavuus on viisi litraa, löytyi hyvä asennuspaikka ohjaamon vasemmanpuoleisten portaiden alta. Ilma lähtee säiliöltä 6 mm:n muoviputkella tasonsäätöventtiilille, joka on sijoitettu ohjaamon takaosan lattian alle ja haarautuu siitä molemmille ilmapusseille (Kuva 7). Tasonsäätöventtiin ollessa kiinni itse ohjaamossa, on siihen tuleva säätötanko kiinnitettävä toisesta päästään traktorin runkoon. Venttiin ja rungon välisen tangon pituutta muuttamalla säädetään jousituksen korkeusasemaa. Kun ohjaamoon tulee lisää painoa (esimerkiksi matkustaja), painuu jousitus alemmaksi. Koska jousituksessa on tasonsäätöventtiili, hakeutuu ohjaamo aina oikeaan korkeuteen, jolloin säätö on tasapainotilassa. Mekaanisilla jousilla tätä tasonkorjausta ei saada toteutettua, joten jousitus lyö herkemmin pohjaan.



Kuva 8. Tasonsäätöventtiili ohjaamon lattian alla.

Jousi-iskunvaimennin paketilla korvataan ohjaamon takapäin kiinnityskumityynyt ja samalla hyttiä nostetaan takareunastaan muutamia senttejä, että saadaan riittävästi joustovaraa. Pelkkien jousien varaan hyttiä ei voida jättää, koska ne sallivat myös sivuliikkeen toisin kuin kiinteät kumityynyt. Jousitusrakenne vaatii suunnassa pysyäkseen Panhard -tangon, joka on toisesta päästään kiinni ohjaamossa ja toisesta



rungossa (Kuva 8). Tämän lisäksi täytyy rakenteessa olla vahva pidike, joka estää poikkeustilanteessa ohjaamaa irtoamasta rungosta. Rakenne tarvitsee myös kumivaimentimet mahdollista pohjaan lyöntiä varten ja erityisesti sen varalle, jos ilmajärjestelmä pääsee tyhjenemään.



Kuva 9. Panhard -tanko.

Ohjaamon jousituksen asennus on lopulta varsin suoraviivainen toimenpide, koska hallintalaitteisiin ei tarvitse tehdä suurempia muutoksia, sillä ne sopivat olemaan, vaikka ohjaamo liikkuukin jousituksen takia. Jousien yläpäiden kiinnitys ohjaamon runkoon ei vaadi kuin yhden pultin reiän suurentamisen. Kun taas alapään kiinnityksestä täytyy rakentaa toisenlainen, koska jousen ollessa korkeampi kuin kumityyny, on kiinnikkeen oltava paljon alempana.

Jousituksen kiinnikkeiden valmistuksen apuna käytetään perinteisiä pahvisabluunoita, joilla on helppo saada osien muodot suunniteltua ja siirrettyä ne leikattaviin teräksiin (Kuva 9). Kiinnikkeet tulevat runkoon kiinni neljällä m14 ruuvilla, kuten alkuperäisetkin. Materiaalina on 200x100 kulmateräs, jonka ainevahvuus on 12 mm:ä ja 150x6 mm:n lattateräs. Iskunvaimennin/jousi paketin alapää kiinnittyy kumivaimentimen välityksellä runkoon, jonka ansiosta jousen pieni asentovirhe ei haittaa (Kuva 10).



Kuva 10. Pahvisabluunat jousen alakiinnikkeelle.



Kuva 11. Jousen alapään uuden kiinnikkeen hahmottelua.

Paineilmajärjestelmä kytketään alkuperäisen kompressorin jatkoksi. Ensimmäisenä ilmalinjaan asennetaan paineensäädin, joka päästää kompressorin paineen ulkoilmaan, kun noin 8 Bar paine on saavutettu. Paineensäätimeltä linja kytketään painesäiliöön, joka on varustettu vedenpoistovenktiillillä. Järjestelmään voidaan myös lisätä ulosotto ulkopuolista tarvetta varten, kuten esimerkiksi renkaan täyttämiseen.

## 4 KOKEILU KÄYTÄNNÖSSÄ

### 4.1 Suunnitelma

Tarkoitus oli projektin valmistuttua tehdä käyttäjäpohjainen tutkimus kuormaimen ja ohjaamon jousitusten vaikutuksista traktorin ajomukavuuteen. Tutkimuksessa oli tarkoitus ajaa sama reitti jousituksilla ja ilman muutaman eri kuljettajan ajamana. Testiajon jälkeen kuljettajia haastateltiin ja pyydettiin kertomaan oma mielipiteensä traktorin ajomukavuudesta.

Koeajotilannetta suunniteltiin tehtäväksi vertaamalla kahta samankaltaista traktoria keskenään ja näin saada näkökulmaa jousituksen vaikutuksesta ajomukavuuteen.

Kuljettajilla ajatettiin sama 4–5 kilometrin pituinen reitti, jonka perusteella mahdolliset erot ja havainnot tulivat esille. Varsinainen havaintokierros ajettiin yksinään, ettei kyydissä olijä aiheuttanut paineita kuljettajalle. Koeajokuljettajina toimineilla henkilöillä on kullakin vuosien kokemus traktoreista, niiden tekniikasta ja ajamisesta. Tämän ansiosta vertailupohjaa on laajasti.

### 4.2 Tulokset

Koeajot toteutettiin vähän vaatimattomimmin kuin oli suunniteltu, kun katsottiin ettei toisella traktorilla ajaminen ollut tarpeen. Koeajoon osallistui kolme henkilöä, jotka vuorollaan kävivät ajamassa traktorilla.

Kun kaikki olivat käyneet ajamassa, niin sen jälkeen keskusteltiin asiasta ja sen perusteella kirjattiin tulokset. Yleinen mielipide oli, että etukuormain toimii ja maantieajossa kuormaimen jousto tasaa traktorin kulkua. Ohjaamon jousitus herätti myös keskustelua ja sen todettiin toimivan odotetulla tavalla ja sen ansiosta ei pienempiin kuoppiin tarvinnut enää hiljentää vauhtia. Kuitenkin, jos kuoppa sattui molempien takapyörien alle, saattoi jousitus lyödä pohjaan.

Koeajojen tuloksena todettiin, että ohjaamon jousitus parantaa huomattavasti traktorin tieajomukavuutta. Etenkin soratiellä olevien pienempien kuoppien aiheuttama heilahtelu koettiin vähentyneen huomattavasti, kun verrattiin kokemuksiin ilman jousia olevista koneista. Isompien (n.10 cm) routaheittojen kohdalla todettiin kuitenkin, että varsinkin apukuljettajan ollessa kyydissä voi jousitus lyödä pohjaan, jos heittoa ei ennakoitu hidastamalla vauhtia. Parannus edotukseksi nousi etukuormaimen paineakkujen esipaineen laskeminen koska ilman kauhaa kuormain ei juurikaan jousitanut.

## 5 KUSTANNUKSET

Kustannusarvioon laskettiin hankittavien komponenttien hintoja löytyneiden netti-kauppojen avulla. Muihin hankintoihin laskettiin karkeat arviot syntyvistä kuluista (Taulukko 1.).

Toteutuneet kustannukset olivat kuitenkin erilaiset, koska osaa ajatelluista tarvikkeista ei hankittu ja kaikkia ajateltuja muutoksia ei ehditty toteuttamaan (Taulukko 2.).

Taulukko 1. Kustannusarvio.

	<b>Kustannusarvio Ursus</b>		hinnat sis alv
	Kuormain	2 300,00 €	
	paineakut	120,00 €	
	Lohko	400,00 €	
	Jarruventtiili	300,00 €	
	4x4 sähkövent.	150,00 €	
	Lisälohko	150,00 €	
	Lisälohkon vaijerit	100,00 €	
	Ek. Puslat/laakerit	100,00 €	
	Ostorauta	60,00 €	
	Letkuja	50,00 €	
	Lukkosylinteri	170,00 €	
	Tarvikkeet (arvio)	100,00 €	
	Sovitteiden maalaus	100,00 €	
	Paineilmaosat	100,00 €	
	Hydraulipumppu	93,47 €	
Työ (arvio) H	50	550,00 €	11
	<b>yhteensä</b>	<b>4 843,47 €</b>	

Taulukko 2. Toteutuneet kustannukset.

Toteutuneet kustannukset			
Kuormain	2 300,00 €		
Venttiililohko	50,00 €	vanha myyty (400€-350€)	
Ek puslat	120,00 €		
Ostorauta	70,00 €		
Hydraulipumppu	93,47 €	alv 0% ulkomailta	
Paineakku x2	53,44 €	alv 0% ulkomailta	
Hydr. Putki/letku	160,00 €		
Työ	900,00 €		
<b>Yht. verollinen</b>	<b>3 746,91 €</b>		
<b>Veroton</b>	<b>2 847,65 €</b>		
	h	e/h	
Työ (noin)	60	15	
Ohjaamojousitus			
Paineilmaosat	115,00 €		
Kumityynyt	16,60 €		
Muut tarvikkeet	40,00 €		
Työ	150,00 €		
<b>Yht. verollinen</b>	<b>321,60 €</b>		
<b>Veroton</b>	<b>244,42 €</b>		
	h	e/h	
Työ (noin)	10	15	

## 6 YHTEENVETO

Projekti lähti liikkeelle, kun pitkään ajatuksissa ollut etukuormaimen hankkiminen konkretisoitui käytetyn kuormaimen ostolla. Kuormain oli kuitenkin kiinni varsin erilaisessa traktorissa, joten kuormaimen sovitteita jouduttiin muokkaamaan ja sovitteisiin piti rakentaa uusiakin osia.

Sovitteiden muutokset olivat suoraviivaista metallityötä sen jälkeen, kun ensimmäiset osat saatiin kohdistettua traktorin runkoon. Noin puolet lopullisten sovitteiden osista täytyi tehdä kokonaan uutta ja olemassa olevia täytyi muokata.

Hankalin työvaihe sovitteiden rakentamisessa oli saada kiinnityspulttien reiät sopimaan runkorautoihin niin, että sovitteet kiinnittyisivät mahdollisimman monella pultilla traktorin runkoon. Kokonaisuutena etukuormaimen asennus oli varsin onnistunut projekti ja kuormaimen koko suhteessa traktoriin on sopiva.

Ursuksen hydrauliiikan laajennus jäi osittain puolitiehen, koska käytettävissä oleva aika ei riittänyt kaikkiin suunniteltuihin asioihin. Hydrauliiikka sai kuitenkin uuden suurempituottoisen pumpun ja etukuormaimen suuntaventtiilin. Kuormaimen venttiilin paluulinjaan lisättiin myös suodatint. Kuormaimeseen lisättiin aisojen joustoa varten kaksi paineakkua. Suunnitelmissa ollut jarruventtiili ja ulkopuolisen hydrauliiikan lohko lisätään jossain myöhemmässä vaiheessa.

Ohjaamojousitus oli hyötyynsä nähden helppo rakentaa, vaikka osa hallintalaitteista onkin kiinni rungossa, on niiden läpivienneissä niin paljon tilaa, että ohjaamo mahtuu liikkumaan alkuperäistä enemmän. Pidemmän käyttökokemuksen jälkeen jousien kiinnitysrakenteesta löytyi pari kohtaa, joita voisi muuttaa, mutta niillä ei toimivuuden kannalta ole suurta merkitystä. Esimerkiksi Panhard -tangon rakenne tulee vielä muutettavaksi. Kun jäykkien palloniveliä tilalle saadaan kumiset helat, niin tankoa pitkin tulevaa värinää saadaan pienennettyä.

Projektin tuloksena koneen käyttöarvo ja -ominaisuudet paranivat huomattavasti verrattuna lähtötilanteeseen. Joitakin suunniteltuja lisäominaisuuksia, kuten jarrujen parantamista, ei ehditty tekemään. Kuitenkin suurin osa muutoksista, ehkä vaativimmat niistä, saatiin tehdyksi.



Kustannuksiltaan koko projekti jäi huomattavasti edullisemmaksi kuin vastaavilla ominaisuuksilla varustetun traktorin hankkiminen. Vaikka kyseessä olisi ollut pelkäämään etukuormaimen hankkiminen, niin käytetyn kuormaimen ostohinnan ja uuden väliin jää vielä useita tuhansia euroja. Voidaan siis todeta, että isommatkin muutostyöt olivat taloudellisesti kannattavia. Käytetyn kuormaimen ostossa täytyy kuitenkin ottaa huomioon se, että sen nivelet ovat yleensä kuluneet ja aisat mahdollisesti myös vääntyneet.

Vila kuormaimen hankintahinta oli 1748 € (alv 0%) ja esimerkiksi uuden Mp-lift 255<sup>2</sup> kuormaimen hinta on 7050 € (alv 0%). (Ylistaron koneliike oy [viitattu 6.12.2019]). Näin ollen hintaeroksi jää  $7050 - 1748 = 5302$  €. Tällä hintaerolla on mahdollista tehdä muutostöitä ja kunnostuksia vanhaankin kuormaimeen. Jos kuitenkin ei ole mahdollisuutta tehdä kuormaimen kunnostusta itse, voi ulkopuolisella teettäminen nostaa käytetyn hintaa niin korkealle, ettei se ole enää järkevä vaihtoehto uuden kuormaimen rinnalla. Etukuormaimen hankinta ja muutostyöt tulivat maksamaan noin 3750 €.

Ohjaamojousituksen kustannukset jäivät lopulta alhaisiksi, koska tarvittu komponentit hankittiin käytettyinä eikä muitakaan tarvikkeita mennyt kovin paljoa. Työmääräkin jäi varsin kohtuulliseksi. Jousituksen hinnaksi jäi noin 350 €.

Käytännön kokemuksen ja saatujen kommenttien perusteella päädyttiin siihen tulokseen, että traktorin ajomukavuus on parantunut siinä määrin, että se kestää vertailun jo uudempienkin traktoreiden kanssa. Etukuormaimen asennus myös nostaa traktorin käyttöastetta.



Kuva 12. Etukuormain paikoillaan.

## LÄHTEET

- Autiosalo, J. 29.5.2017. Hydraulisen paineakun hyötysuhteen parantaminen lämmönsiirtimen avulla. [Verkkajulkaisu] Espoo: Aalto-yliopisto. Konetekniikka. Diplomityö. [Viitattu: 1.11.2019]. Saatavana: [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/27078/master\\_Autiosalo\\_Juuso\\_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/27078/master_Autiosalo_Juuso_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Kotta, K. 2015. Yllättäjä itäblokista- Zetor Crystal 8011. Koneviesti 2015 (12) 86.
- Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 1999. Konetekniikan materiaalioppi. 8. Helsinki: Edita.
- Laukkanen, J. 2015. Hydrauliikkasarja osa 10: Kuormaan reagoiminen osa 1. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Koneviesti. [Viitattu 8.3.2020]. Saatavana: <https://www.koneviesti.fi/huolto-tyokalut/artikkeli-1.129099> . Vaatii käyttöoikeuden.
- Sixtek Oy. Ei päiväystä. Sarjanipan käyttö. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.3.2020]. Saatavana: <https://www.hydrauliikkapumppu.fi/sivu/sarjanipan-kaytto>
- Työterveyslaitos. Ei päiväystä. Altistuminen työssä: tarina. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.10.2019]. Saatavana: <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/altisteet/tarina/>
- Ylistaron koneliike Oy. Ei päiväystä. MP-Lift – Hinnasto. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.12.2019]. Saatavana: <http://www.mp-lift.fi/hinnasto.html>
- Ålö Ab. 2001. Softdrive operators manual. 23.