

Opinnäytetyö (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma, insinööri (AMK)

Autotekniikka

2017

Ville Kovalainen

# VOLVO 740 TURBON MUUTTAMINEN DIESELKÄYTTÖISEKSI

– Käytännön toteutus, teoriaa sekä lain asettamat vaatimukset



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka | Autotekniikka

Kevät 2017 | Sivumäärä : 58

Ohjaaja : Markku Ikonen

Ville Kovalainen

## VOLVO 740 TURBON MUUTTAMINEN DIESELKÄYTTÖISEKSI

Tässä opinnäytetyössä käsitellään noin 30-vuotiaan Volvo-henkilöauton muutos- ja kunnostusprojektia. Projektin kohteena on vuosimallin 1986 takavetoinen Volvo 740 Turbo, jonka käyttövoima vaihdetaan bensiinistä dieseliin sekä automaattivaihteisto korvataan manuaalivaihteistolla. Muutostöiden lisäksi vuosia käyttämättömänä ollut auto kunnostetaan katsastuskuntoiseksi. Lähtökohtana projektille oli entuudestaan tutun turboahdetun dieselmootorin yhdistäminen takavetoiseen ja ei-vähäpäästöiseen koriin, mikä mahdollistaisi lain puitteissa auton vapaamman rakentelun. Tavoitteena oli parantaa auton ja uuden moottorin antamaa suorituskykyä sekä suorittaa muutoskatsastus uudelle tekniikalle.

Opinnäytetyössä käydään läpi projektin käytännön toteutusta, selvitetään lain edellytyksiä ja muutoksien teoriaa sekä mahdollisia myöhemmin toteutettavia muutoksia. Ennen projektia auto oli rullaavana ilman moottoria ja vaihteistoa. Projektin aikana auton koria kunnostettiin mm. hitsaamalla ja moottori irrotettiin apulaitteineen luovuttajana toimineesta etuvetoisesta varaosa-autosta. Moottoriin ja sähköjärjestelmään tehtiin tarvittavat muutokset, jotta ne saatiin asennettua projektin kohteena olevaan autoon sekä hankittiin ja asennettiin tarvittavat voimansiirron komponentit.

Lopputuloksena projektille asetettu päätavoite saavutettiin, eli autoon saatiin suoritettua käyttövoiman muutos ja asennettua valittu dieselmoottori. Auto saatiin koeajokuntoon, mutta koeajossa ilmenneet ongelmat johtivat siihen, ettei aivan kaikkiin tavoitteisiin päästy opinnäytetyön puitteissa. Projekti jatkuu vielä opinnäytetyön jälkeen.

ASIASANAT:

Dieselmoottori, suorituskyky, muutoskatsastus, turboahdin, moottorin vaihto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and transportational engineering | Automotive engineering

Spring 2017 | Total number of pages 58

Instructor : Markku Ikonen

Ville Kovalainen

## CONVERTING A VOLVO 740 TURBO TO A DIESEL ENGINE

This thesis deals with a conversion and repair project of 30-year-old Volvo. The object of the project is a 1986 rear-wheel drive Volvo 740 Turbo, that will be changed to run on diesel instead of petrol. Also the automatic transmission will be replaced by a manual transmission. In addition to the conversion, the car that has not been used for years will be restored to be ready for inspection. The starting point of this project was to connect the familiar diesel engine to a rear wheel drive and a non-low emission chassis, thus to be able to build the car more freely within the legal regulations. The aim was to improve the performance of the car with the new engine as well as to have the modifications inspected and approved.

The thesis discusses the practical execution of the project, studies the requirements of the legislation and the theory of the changes as well as possible future changes. Before the project, the car was without an engine and transmission. During the project the chassis of the car was restored by welding and the engine was removed with its attachments from a front-wheel drive spare parts car which gave the engine to this project. The required changes were made for the engine and the electrical system so that it was possible to fit them into the car. Also necessary transmission components were purchased and installed.

As a result, the main goal of the project was achieved and the petrol engine was changed to a diesel engine. The car was completed for a test drive. Although not all the goals of the thesis were achieved due to problems that appeared after the engine change. The project will still continue after the thesis.

### KEYWORDS:

Diesel engine, performance, modification inspection, turbocharger, engine change

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Projektin lähtökohdat	7
1.2 Projektin tavoite	7
<b>2 PROJEKTIN AIHIOT</b>	<b>8</b>
2.1 Moottorin luovuttajana Volvo S70 2.5 TDI	8
2.2 Projektiauto Volvo 740 Turbo	9
<b>3 PROJEKTISUUNNITELMA</b>	<b>11</b>
3.1 Korin ja alustan kunnostus	11
3.2 Moottorin sovitus autoon	11
3.3 Vaihteisto ja polkimet	12
3.4 Kytkin ja vauhtipyörä	12
3.5 Tasauspyörästä ja välityssuhteet	12
3.6 Sähköjärjestelmä	16
3.7 Polttoainejärjestelmä ja moottorin apulaitteet	16
3.8 Muutostarkastus	17
<b>4 PROJEKTIN TOTEUTUS</b>	<b>18</b>
4.1 Korin ja alustan kunnostus	18
4.1.1 Ruosteisen pellin poistaminen ja uuden muotoileminen	19
4.1.2 Hitsaus, kittaus ja ruostesuojaus	20
4.2 Moottorin ja vaihteiston sovitus autoon sekä sen vaatimat muutostyöt	23
4.2.1 Öljypohja ja öljypumpun imuputki	24
4.2.2 Moottorin kannakkeet	26
4.2.3 Turboahdin ja pakosarja	28
4.2.4 Ruiskutussuuttimet	30
4.2.5 Kallistuksenvakaaja ja moottorin tukityyny / korvat	31
4.2.6 Kytkin ja vaihteisto	32
4.2.7 Moottorin sähköjärjestelmä	35
4.2.8 Moottorin koesovitus	37
4.2.9 Johtosarjan asennus moottoriin ja polttoainejärjestelmän muutokset	38
4.3 Koekäyttö	40
4.4 Jäähdytysjärjestelmä	41

4.4.1 Jäähdytin	42
4.4.2 Letkut ja putket	42
4.4.3 Lämpömittarin anturi	44
4.5 Polttoainejärjestelmä	44
4.5.1 Ruiskutussuuttimet	44
4.5.2 Polttoainelinjat	45
4.5.3 Sähköinen polttoaineen siirtopumppu ja polttoainesuodattimet	47
4.6 Pakoputkisto	49
4.7 Imusarja, ahtopaineputkisto, välijäähdytin sekä ilmansuodatin	49
4.8 Moottorin sähköjärjestelmän muutokset koeajoa varten	50
4.9 Koeajo	51
<b>5 TEHONMITTAUKSEN JA KATSASTAMISEN VAATIMUKSET SEKÄ TARVITTAVAT MUUTOKSET</b>	<b>54</b>
5.1 Auton vaatimat toimenpiteet ja muutokset	54
5.2 Lain asettamat vaatimukset muutokatsastukselle	54
<b>6 POHDINTA</b>	<b>56</b>
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>57</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>58</b>

## KUVAT

Kuva 1. Moottorin luovuttaja Volvo S70 TDI vuodelta 1997.	8
Kuva 2. Volvo S70 purku käynnissä.	9
Kuva 3. Projektiauto Volvo 740 Turbo vuodelta 1986.	10
Kuva 4. Takajalkatilan ruostereiät ennen koritöitä.	18
Kuva 5. Takajalkatilaan syntyi suurehko aukko.	19
Kuva 6. Uuden pellin hitsaamista takajalkatilaan.	20
Kuva 7. Kuljettajan jalkatilan ja rintapellin yhtymäkohta.	22
Kuva 8. Sinkkimaalia lattiassa.	23
Kuva 9. D24 -moottorin öljypohja muokattuna.	24
Kuva 10. Lyhennetty öljypumpun imuputki paikoillaan.	25
Kuva 11. Apulaitetelineeseen kiinni hitsattu vasen moottorin kannake.	27
Kuva 12. Vasen moottorin kannakkeen tukirautaa.	28

Kuva 13. Ahdin paikallaan pakosarjassa öljylinjoiin.	30
Kuva 14. D24 -moottorin kannatintyynyt korvineen paikoillaan.	32
Kuva 15. Sintterilevy ja moottorin alkuperäinen kytkinlevy.	33
Kuva 16. Kytkin keskitettynä Audi 100:n kiinteään vauhtipyörään.	35
Kuva 17. Moottorin johtosarjan yksinkertaistaminen meneillään.	36
Kuva 18. Moottorin koesovitus autoon.	38
Kuva 19. Moottorin johtosarja kytkettynä koekäyttöä varten.	39
Kuva 20. Sankkaa savua tulvii pakoputkesta.	41
Kuva 21. Kannen takapäähän muokattu vesiletkunippa hehkutulppineen.	43
Kuva 22. Tankkivarusteen suuremmat kupariset polttoaineputket.	46
Kuva 23. Polttoainesuodattimet ja siirtopumppu asennusrautaan kiinnitettynä.	49
Kuva 24. Moottoritilassa alkaa olla kaikki paikallaan.	51
Kuva 25. Koeajolle lähdössä.	52

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Projektin lähtökohdat

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui henkilöauton voimalinjan komponenttien vaihtaminen sekä näiden toimenpiteiden tekemiseen liittyvä lainsäädäntö. Työn kohteena olleeseen autoon päätettiin vaihtaa sekä moottori että vaihteisto.

Projektin aihiona oli vuoden 1986 Volvo 740 farmari, joka on ollut varustettuna tehtaan jäljiltä 4-sylinterisellä turboahdetulla bensiinimoottorilla sekä 4-vaihteisella automaattivaihteistolla. Auto oli hankintahetkellä rullaavana korina ilman tekniikkaa. Projektin alussa purettiin moottorin luovuttajana toimineesta vuoden 1997 etuvetoisesta Volvo S70 TDI -henkilöautosta kaikki tarpeellinen ja laitettiin loppu auto kierrätettäväksi.

S70:ssä ollut 2.5-litrainen, 5-sylinterinen dieselmoottori on kirjoittajalle tuttu jo vuosien ajalta, sillä omistuksessa on ollut useita vastaavalla moottorilla varustettuja Audin valmistamia henkilöautoja niin etu- kuin nelivetoisenakin. Kyseinen VW / Audin valmistama 5-sylinterinen dieselmoottori on todettu erittäin toimintavarmaksi ja taloudelliseksi sekä potentiaalisesti virityskohteeksi, joten sellainen haluttiin asentaa takavetoiseen koriin. Volvo on käyttänyt kyseistä moottoria pienin muutoksin omissa malleissaan vuosien 1996 - 2000 aikana. (Volvopedia 2013.)

## 1.2 Projektin tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa auton taloudellisuutta tinkimättä suorituskyvystä, suorittamalla siihen tekniikan vaihdos. Tarkoituksena oli tehdä käytännön toteutus, selvittää lain vaatimuksia ja saada muutostyöstä auto uudelle tekniikalle sekä laatia auton ajotilapiirroksien ennen ja jälkeen muutoksien.

## 2 PROJEKTIN AIHIOT

### 2.1 Moottorin luovuttajana Volvo S70 2.5 TDI

Ennen kuin opinnäytetyön aiheesta oli mitään tietoa, hankittiin keväällä 2014 vuoden 1997 Volvo S70 2.5 TDI -henkilöauto (kuva 1). Katsastamaton Volvo ostettiin Savonlinnasta, josta auto ajettiin siirtoluvalla Turkuun.

”



Kuva 1. Moottorin luovuttaja Volvo S70 TDI vuodelta 1997.

S70:stä purettiin tekniikka ja miltei kaikki myytäväksi kelpaava talteen (kuva 2), jonka jälkeen tuttava kuljetti korin loppuosan uudelleen kierrätettäväksi.





Kuva 2. Volvo S70 purku käynnissä.

Loppukeväänä 2015 sovittiin tuttavän kanssa, että dieselöidään hänellä ollut takavetoisen Volvo 740 farmari ja tehdään siitä opinnäytetyötä varten dokumentointi sekä selvitys lain vaatimuksista. Projektin käytännön toteutus oli tarkoitus tehdä pitkälti valmiiksi kesän ja syksyn 2015 aikana.

## 2.2 Projektiauto Volvo 740 Turbo

Tuttavalla ollut vuoden 1986 farmari-mallinen Volvo 740 Turbo (kuva 3) oli joutilaana ilman tekniikkaa. Hän oli hankkinut auton jo jonkin aikaa sitten, ottaakseen siitä moottorin toiseen vastaavanlaiseen autoonsa. Kyseinen auto oli alkujaan ollut varustettuna 2.3-litraisella, 4-sylinterisellä turboahdetulla bensiinimoottorilla sekä 4-vaihteisella automaattivaihteistolla.

Tähän autoon oli tarkoitus suorittaa diesel-tekniikan asennus sekä muuttaa auto samalla manuaalivaihteiseksi. Erinäisistä syistä projekti ei ottanut kesän aikana käynnistyäk-

seen, jonka seurauksena harkittiin opinnäytetyön aiheen vaihtamista. Lopulta elo-syyskuussa 2015 päädyttiin ostamaan tuttavalta koko projektiauto, jotta voitaisiin keskittyä paremmin auton rakentamiseen.



Kuva 3. Projektiauto Volvo 740 Turbo vuodelta 1986.

Auton kori oli ulkoa päin yllättävän hyväkuntoinen, maalipintaa lukuun ottamatta. Muutenkin kori ja alusta vaikuttivat suhteellisen siisteiltä, auton korkea ikä huomioiden. Projektiautoaihioksi kyseinen yksilö valikoitui edullisen hankintahinnan ja saatavuuden vuoksi, sekä myös siksi, ettei kori ollut niin sanotusti vähä-päästöinen. Tämä mahdollisti auton huomattavasti vapaamman rakentelun lain puitteissa, projektin aloittamisen ajankohtana. Lisäksi auto on ollut alkujaan suuritehoisin mallisarjan versio, mitä on uutena tuotu Volvon maahantuojaan toimesta Suomeen. Näin se toimii samalla vertailumallina, eikä auton jarruihin tai alustaan edellytetä siten muutoksia muutoskatsastusta varten.

## 3 PROJEKTISUUNNITELMA

Tässä osiossa selvitetään, millaisia suunnitelmia oli opinnäytetyön kohteena olleelle projekti-autolle käytännön toteutuksen osalta.

### 3.1 Korin ja alustan kunnostus

Auton kori täytyy kunnostaa katsastuskelpoiseksi, jolloin korin ja alustan ruosteauriot on korjattava sekä jarrut käytävä läpi ja varmistettava niiden toimivuus. Hitsausta varten sisusta täytyy purkaa pois. Lisäksi ainakin huonokuntoiset takavalot tulee uusia ja asentaa puuttuva lämmityslaitteen puhallin.

### 3.2 Moottorin sovitus autoon

Opinnäytetyö-projektin suunnitelmaan kuului käytännön toteutuksena 5-sylinterisen, D5252T-koodia kantavan dieselmoottorin asentaminen pitkittäin takavetoiseen 740:iin. Koska moottori oli ollut alkujaan poikittain asennettuna etuvetoisessa S70:ssä, tulisi muun muassa moottorin kannakkeisiin sekä öljypohjaan tehdä tarvittavat muutokset pitkittäisasennusta varten.

Se, millaisia muutoksia tarvittaisiin, selvisi harrastajien keskuudessa suosituksen, Internetissä olevan Volvo-foorumissa ([www.vrcf.fi](http://www.vrcf.fi)) kautta. Sen kautta selvisi, että voitaisiin käyttää vanhemman 740 ja 940 Volvoissa käytetyn 6-sylinterisen D24-dieselmoottorin kannakkeita, joille tulisi tehdä jonkinlainen tuenta, jotta kannakkeet saataisiin pysymään tukevasti D5252T:n sylinterilohkossa. Auton apurunkoon tulisi hankkia 740 / 940 -dieselmallin korvat tyynyineen, joita vasten moottorin kiinnityskorvat nojaisivat. Lisäksi tarvittaisiin D24-moottorin öljypohja sekä öljypumpun imuputki, jotka saataisiin lyhentämällä sopimaan D5252T-moottoriin. (Vrcf 2013.)

### 3.3 Vaihteisto ja polkimet

Koska auto olisi tarkoitus muuttaa manuaalivaihteiseksi, tarvittaisiin manuaalivaihteisen mallin kytkin- ja jarrupolkimet kytkinsylintereineen sekä sopiva vaihteisto. D24-moottorisen Volvon 5-vaihteinen M47-vaihteisto sekä siihen sopiva kardaniakseli päätettiin hankkia, sillä vaihteisto sopisi suoraan TDI -moottorin jatkeeksi, mikä taas nopeuttaisi projektin saamista katsastuskelpoiseksi. Volvo-foorumilta (Vrcf) peräisin olevan tiedon mukaan oli odotettavissa, että kyseinen Volvon vaihteisto kestäisi luotettavasti enintään noin 400 Nm vääntömomentin.

Moottorista oli tulevaisuudessa tavoitteena ottaa ulos vähintään 600 – 700 Nm maksimi vääntömomentti, joten tarkoituksena oli saada asennettua autoon jossain vaiheessa Audi A6 2.5 TDI quattron 6-vaihteinen manuaalivaihteisto. Kyseinen 01E-tyypin vaihteisto on osoittautunut harrastajapiireissä ([www.audiclub.fi/audifinns/](http://www.audiclub.fi/audifinns/)) erittäin kestäväksi Audin viritetyissä S- ja RS-malleissa jopa yli 1000 hv / Nm asti.

### 3.4 Kytkin ja vauhtipyörä

Vauhtipyöränä olisi tarkoitus käyttää aluksi S70 TDI:n alkuperäistä kaksoismassavauhtipyörää ja kytkimenä sen alkuperäistä kytkinasetelmaa, yhdessä 6-lapaisen, niin sanotun sintterilevyn kanssa. Myöhemmin vauhtipyöräksi vaihdettaisiin kestävämpi, yksimasainen vauhtipyörä sekä siihen sopiva, vakiokytkintä enemmän vääntöä kestävä SRE-malli (Sachs Race Engineering), samalla kun vaihteisto vaihdettaisiin parempaan.

### 3.5 Tasauspyörästä ja välityssuhteet

Tasauspyörästä välityssuhde olisi tarkoitus muuttaa harvemmaksi ja siten paremmin dieselmoottorille sopivaksi. Auton alkuperäinen automaattivaihteistolle tarkoitettu tasauspyörästä välityssuhde (3.91:1) olisi liian tiheä dieselmoottorille yhdessä M47-vaihteiston kanssa, mutta ihan toimiva Audin vaihteiston kanssa. Laskemalla todettiin (laskuesimerkki jäljempänä) M47-vaihteiston välitykset liian lyhyiksi ja havaittiin, ettei piehenkö tasauspyörästä välityssuhteen muuttaminen vaikuttaisi juurikaan kokonaisvälityssuhteeseen kyseisen vaihteiston kanssa. Tämän vuoksi päätettiin, ettei tasauspyörästä tarvitsisi koskea alkuun lainkaan.

Myöhemmin, kun vaihteisto vaihtuisi toiseen, tulisi myös tasauspyörästön välityssuhteen muutos mahdollisesti kyseeseen. Sopiva perävälitys olisi Volvon omasta valikoimasta 3.54:1 tai 3.73:1, jotka sopisivat hyvin yhteen Audin vaihteiston välityssuhteiden sekä dieselmoottorin kanssa. Tasauspyörästöön olisi mahdollisesti tulossa myös torsen-tyyppinen lukko, samalla kun välitys vaihtuisi.

### **Laskuesimerkki välityssuhteen muutoksista M47 -vaihteistoilla**

Volvo on käyttänyt samaa M47-vaihteistoa sekä bensiini- että dieselmalleissa. Jostain syystä dieselmalleissa on käytetty miltei samanlaista tasauspyörästön välityssuhdetta kuin bensiinimalleissa. Useissa bensiinimalleissa on käytetty jopa selvästi pidempää välitystä, kuin mitä dieleseissä on käytetty. Vaihteiston välityssuhteiden ollessa suunniteltu bensiinimoottorille sopiviksi, jää erityisesti 5. vaihteen välityssuhde liian lyhyeksi dieselmoottorin kapeampaa käyntinopeusaluea ajatellen.

Projekti-auton alkuperäinen tasauspyörästön välityssuhde on 3,91 ja M47-vaihteiston 5. vaihteen välityssuhde 0,82 (Nuceng 2015). Nämä ovat tavanomaisia arvoja bensiinimoottoriselle autolle. Dieselmoottorin yleisesti käytetyt käyntinopeudet ovat kuitenkin tavallisesti selvästi pienempiä kuin vastaavalla bensiinimoottorilla. Jo tästä voidaan päätellä, että kyseisillä välityssuhteilla dieselmoottorin käyntinopeus on matka-ajonopeuksilla (+ 80 km / h) turhan korkea. Seuraavassa on esitetty laskuesimerkki, joka kuvastaa vetopyörästön välityssuhteen muutoksen vaikutusta auton ajonopeuden ja moottorin käyntinopeuden suhteeseen.

Eri vaihteiden välityssuhteet:

1. vaihde: 4,03
2. vaihde: 2,16
3. vaihde: 1,37
4. vaihde: 1,00
5. vaihde: 0,82

Laskuesimerkissä käytettävät vetopyörästön välityssuhteet:

Alkuperäinen:  $3,91 = i_{veto1}$

Muutettu:  $3,54 = i_{veto2}$

Eri vaihteiden kokonaisvälityssuhteet alkuperäisellä vetopyörästöllä:

1. vaihde:  $4,03 * 3,91 = 15,76 = i_{kok11}$
2. vaihde:  $2,16 * 3,91 = 8,45 = i_{kok21}$
3. vaihde:  $1,37 * 3,91 = 5,36 = i_{kok31}$
4. vaihde:  $1,00 * 3,91 = 3,91 = i_{kok41}$
5. vaihde:  $0,82 * 3,91 = 3,21 = i_{kok51}$

Sekä muutetulla vetopyörästöllä:

1. vaihde:  $4,03 * 3,54 = 14,27 = i_{kok12}$
2. vaihde:  $2,16 * 3,54 = 7,65 = i_{kok22}$
3. vaihde:  $1,37 * 3,54 = 4,85 = i_{kok32}$
4. vaihde:  $1,00 * 3,54 = 3,54 = i_{kok42}$
5. vaihde:  $0,82 * 3,54 = 2,90 = i_{kok52}$

$$v = \frac{n_m / 60 * 3,6}{i_{kok}} * s_{dyn}$$

Kaava 1. Ajonopeuden  $v$  laskeminen

Kaavassa:  $n_m$  = moottorin käyntinopeus (r/min)

$i_{kok}$  = vaihdekohtainen kokonaisvälityssuhde

$s_{dyn}$  = renkaan dynaaminen vierintämatka (m)

Renkaan dynaaminen vierintämatka saadaan rengaskoon perusteella STRO:n rengasnormikirjasta. Rengaskoon ollessa 205 / 55 R 16, dynaaminen vierintämatka on 1928 mm (STRO 2005).

Lasketaan vaihdekohtaiset ajonopeudet moottorin pyörintänopeudella 1000 1 / min kaavan 1 avulla:

Esim. 1. vaihteella:

$$\text{Ajonopeus } v = \frac{n_m / 60 \text{ s} * 3,6}{i_{kok11}} * s_{dyn} = \frac{1000 \frac{1}{min} / 60 \text{ s} * 3,6}{15,76} * 1,928 \text{ m} = 7,37 \text{ km} / \text{h}$$

Seuraavassa taulukossa on laskettu vaihdekohtaiset teoreettiset ajonopeudet moottorin käyntinopeudella 1000 1 / min esimerkin 1. -mukaisesti:

Taulukko 1. Ajonopeudet käyntinopeudella 1000 1 / min.

	AJONOPEUS v km/h				
Vetop. välitys	I	II	III	IV	V
3,91	7,341	13,697	21,595	29,586	36,080
3,54	8,109	15,129	23,853	32,678	39,851

Lasketaan teoreettiset moottorin käyntinopeudet 100 km / h ajonopeudella 5. vaihteella:

Käyntinopeus ajonopeudella 100 km / h vetopyörästön välityksellä 3,91:

$$n_m = \frac{100 \text{ km/h}}{36,080 \text{ km/h}} * 1000 \frac{1}{min} \approx 2770 \frac{1}{min}$$

Käyntinopeus ajonopeudella 100 km / h vetopyörästön välityksellä 3,54:

$$n_m = \frac{100 \text{ km/h}}{39,851 \text{ km/h}} * 1000 \frac{1}{min} \approx 2510 \frac{1}{min}$$

Laskennoista voidaan päätellä, että auton alkuperäisellä vetopyörästön välityssuhteella 3,91:1 moottorin käyntinopeus on tarpeettoman korkea jo ajonopeudella 100 km / h. Polttoainetaloudellisuuden ja moottorin eliniän maksimoimiseksi, dieselmoottorin käyntinopeus ajonopeudella 100 km / h olisi hyvä olla mielellään n. 2000 1 / min luokkaa, tai vähemmän.

Muutettaessa vetopyörästön välityssuhteeksi 3,54:1, moottorin käyntinopeus laskee hie- man alkuperäiseen verrattuna. Muutos on kuitenkin niin pieni, ettei liene kannattavaa vaihtaa autoon kyseistä välitystä, mikäli käytetään Volvon omaa M47-vaihteistoa.

Vetopyörästön välityssuhteeksi täytyisi saada luokkaa 3,3:1 tai pienempi, jotta siitä olisi merkittävää hyötyä käytännössä. Pienemmät kuin 3,54:1 välityssuhteet ovat takavetoisissa Volvoissa harvinaisempia ja siten saatavuudeltaan huonompia. Vetopyörästön välityssuhdetta ei ole järkevää kasvattaa liiallisesti, koska silloin kokonaisvälitys kasvaa helposti liian suureksi pienemmillä vaihteilla.

### 3.6 Sähköjärjestelmä

TDI-moottorin tarvitsema sähköjärjestelmä otettaisiin kokonaan purkuautona olevasta S70:stä ja johtosarjasta karsittaisiin tarpeeton pois, kuten kaikki abs-järjestelmään, turvatyynyihin ja ilmastointiin liittyvä. Sen jälkeen moottorin ja auton sähköjärjestelmät yhdistettäisiin kokonaisuudeksi. Sähköinen kaasupoljin siirrettäisiin purkuautosta ja sille tulisi tehdä adapteri autoon asentamista varten. Purkuauton johtosarja on varsin monimutkainen ja auto on varustettu ajonestolaitteella, joten ongelmia voi olla odotettavissa. Lisäksi projektiauto on ollut käyttämättömänä pidemmän aikaa, eikä sen sähköjärjestelmän toimivuudesta ole tietoa.

### 3.7 Polttoainejärjestelmä ja moottorin apulaitteet

Moottoriin asennettaisiin aluksi TDI:n alkuperäinen turboahdin alkuperäisen pakosarjan kanssa sekä turboahdetun D24-moottorin imusarja lyhennettynä ja muokattuna. Autoon asennettaisiin 3" ahtopaineputkisto ja isohko välijäähdytin. Pakoputkisto tehtäisiin vähintään 3" putkesta yhdellä tai kahdella läpivirtaavalla (absorptio-) vaimentimella ja turbolta lähtevä putki, eli niin sanottu down pipe, 3,5" putkesta. Ruiskutussuuttimien kärjiksi tulisi aluksi TDI:n alkuperäiset 0,216 mm reikäkoolla varustetut kärjet. Pakokaasujen takaisinkierrätys eli EGR -järjestelmä (Exhaust Gas Recirculation) otettaisiin pois käytöstä, koska sillä on tapana noeta imukanaavia ja imusarjaa, eikä laki vaadi sen asentamista kyseiseen autoon. Autoon vaihdettaisiin uudet, isommat polttoainelinjat paremmin virtaavan polttoainesuodattimen kanssa, sekä jossain vaiheessa myös ulkoinen sähkötoiminen polttoaineen siirtopumppu. Näin pyrittäisiin mahdollistamaan riittävä polttoaineen tulo ruiskutuspumppulle moottorin viritystasetta nostettaessa.



### 3.8 Muutoksastus

Auto voidaan tarvittaessa muutoksastaa vakioahtimella ja -suuttimilla sekä vakiovoimansiirrolla. Kuitenkin suunnitelmissa oli asentaa moottoriin huomattavasti alkuperäistä suurempi turboahdin ja sen vaatima pakosarja. Jo aikaisemmin oli hankittu tarkoitukseen sopiva muuttuvageometrinen Borg Warner VTG (Variable Turbine Geometry) -ahdin, joka odottaa asennusta. Kyseinen ahdin vaatii jonkinlaisen ohjauksen turbiinipesän säätyviä johdinsiipiä varten, jotta ahdin toimisi toivotulla tavalla. Ahdin on peräisin iskutilavuudeltaan n. 8-litraisesta John Deere–metsäkoneen moottorista.

Viimeistään ahtimen vaihdon yhteydessä myös ruiskutussuuttimien kärjet tulee vaihtaa suurempiin, jotta ahtimen vaihdosta saataisiin täysi hyöty irti. Mahdollisen ahtimen vaihdon tai muiden muutoksien jälkeen auto tulisi muutoksastaa uudelleen, jolloin osoitettaisiin auton olevan edelleen määräysten mukainen.

Auto oli tarkoitus saada muutoksastettua vakiokuntoiselle TDI -moottorille opinnäytetyön puitteissa. Muutoksastus oli tarkoitus suorittaa Turun ammattikorkeakoululla. Sitä varten autoa täytyisi käyttää tehodynamometrissä, jossa mitataan moottorin tuottamat teho- ja vääntöarvot tietyllä ahtopaineella sekä todetaan tehon olevan sallituissa rajoissa. Suurin sallittu moottoriteho on vertailumoottorin (B230ET) teho 134 kW + 20 %, eli 160,8 kW mikä vastaa noin 218,6 hv (Trafi 2015). Dynamometrin antamat tulokset merkitään muutoksastuksessa auton rekisteritietoihin. Muutoksastukseen ei pitäisi tarvita auton muita rakenteellisia muutoksia esimerkiksi alustaan ja jarruihin, sillä projekti auton alkuperäistä moottoria voidaan käyttää vertailumoottorina, eivätkä auton akselimassat muutu merkittävästi muutostöiden seurauksena.

## 4 PROJEKTIN TOTEUTUS

Tässä osiossa käydään läpi projektin käytännön toteutusta vaihe vaiheelta, sekä pohditaan sen aikana kohdattuja ongelmia ja niiden ratkaisuja.

### 4.1 Korin ja alustan kunnostus

Varsinainen opinnäytetyöprojektin toteutus alkoi syyskuussa 2015 Volvo 740 korin ja alustan ruostevaurioiden korjaamisella. Auton kori vaikutti alkuun yllättävän hyväkuntoiselta, ainoastaan muutama pienehkö ruostereikä näkyi olevan vasemmanpuoleisessa takajalkatilassa (kuva 4) sekä pyöräkotelossa ja moottoritilassa.



Kuva 4. Takajalkatilan ruostereiät ennen koritöitä.

Sen jälkeen, kun autosta oli purettu istuimet ja lattiaverhoukset sekä kaavittu lattia äänieristeistä, paljastuivat vauriot huomattavasti luultua suuremmiksi. Korin pintapellit olivat huomattavasti alustaa siistimmässä kunnossa. Tässä vaiheessa kävi mielessä lopettaa projekti heti alkuunsa ja vaihtaa opinnäytetyön aihetta tai projektiaihiota. Aikaisempaa kokemusta auton ohuiden peltien hitsaamisesta ei juuri ollut ja uskottiin sen olevan

varsin haastavaa työtä. Päätettiin kuitenkin jatkaa projektin eteenpäin viemistä, vaikka talvi oli tulossa ja käytettävissä oleva aika varsin rajallinen.

#### 4.1.1 Ruosteisen pellin poistaminen ja uuden muotoileminen

Pahimmat korrosioauriot olivat syntyneet kuljettajanpuoleiseen takajalkatilaan ja kuljettajan istuimen alle sekä kuljettajan jalkatilaan. Koska auton polttoainesäiliö sijaitsi takajalkatilan läheisyydessä, päätettiin irrottaa se autosta paloturvallisuussyistä ennen koritöiden aloittamista. Samalla irrotettiin myös auton alkuperäiset polttoainelinjat, koska ne oli tarkoitus korvata suuremmilla. Tämän jälkeen poistettiin kulmahiomakoneella pahiten ruostuneet kohdat takajalkatilasta. Sen seurauksena auton lattiaan syntyi suurehko aukko (kuva 5).



Kuva 5. Takajalkatilaan syntyi suurehko aukko.

Kuljettajan istuimen alapuolella olevan peltisen kiinnityspalkin alla oli suurehkoja ruostevaurioita. Niiden korjaamiseksi penkin kiinnityspalkki oli irrotettava, mikä tehtiin katkaisulaikkaa käyttäen. Seuraavaksi vaihdettiin kulmahiomakoneeseen hiomalaikka ja hiot-

tiin lattian aukon ympäryks peltipuhtaaksi, jotta uuden pellin hitsaaminen siihen olisi mahdollista. Hiottaessa pelleissä ollut korikitti aiheutti pahan hajuista käryä, minkä takia täytyi pitää taukoa lukuisia kertoja. Korjauspeltinä käytettiin 1,5 mm paksua, sinkittyä teräspeltiä. Pellistä leikattiin ja muotoiltiin sopivankokoisia paloja vasaraa käyttäen lattian aukoon sopiviksi. Lattiassa olleiden muotojen tekeminen suorasta pellistä ei ollut aivan helppoa, mutta onnistui kuitenkin kohtuullisen hyvin kärsivällisellä yrittämisellä.

#### 4.1.2 Hitsaus, kittaus ja ruostesuojaus

Kun uudet pellin palat oli muotoiltu, täytyi ne saada hitsattua kiinni auton vanhoihin peltihin (kuva 6). Peltien reunoista hiottiin ohut sinkkikerros pois, jotta ne hitsautuisivat paremmin. Hitsauskoneena käytettiin vanhaa, Wallius-merkkistä MIG-hitsauskonetta, joka oli varustettu seoskaasupullolla sekä 0,6 mm langalla.



Kuva 6. Uuden pellin hitsaamista takajalkatilaan.

Hitsatessa ilmeni erilaisia ongelmia. Auton pohjassa ollut alustamassa pyrkii syttymään tuleen useita kertoja, synnyttäen voimakasta käryä. Tallitilan huonon ilmanvaihdon

vuoksi hitsaaminen täytyi keskeyttää aina välillä ja antaa käryn hälventyä. Hitsaamista hankaloitti myös merkittävästi se, että riittävän maadoituksen saaminen oli vaikeaa, jolloin palaminen ei ollut kunnollista eikä asiallista saumaa tahtonut saada syntymään. Asiaa ei helpottanut myöskään se, ettei hitsaaja ollut mikään hitsauksen ammattilainen eikä se, että joistakin kohdista hyvin ohueksi jäänyt pelti paloi hitsatessa erittäin helposti puhki. Peltien hitsaamisen jälkeen, hiottiin hiomalaikalla suurimmat epätasaisuudet saumoista pois.

Kun takajalkatilan ja kuljettajan istuimen alapuolinen osa auton lattiasta oli hitsattu, suoritettiin vastaavat toimenpiteet molemmille etujalkatiloille sekä edessä oleville lokasuojien sisäkehille. Kuljettajan jalkatilan ja rintapellin yhtymäkohdassa (kuva 7) oli päällekkäisiä peltejä, joiden ruostevaurioiden korjaaminen oli hieman haastavaa.



Kuva 7. Kuljettajan jalkatilan ja rintapellin yhtymäkohta.

Edellä mainittujen kohtien lisäksi hitsausta vaativia ruostevaurioita oli jonkin verran myös moottoritilassa sekä auton takaosassa. Hitsatut kohdat maalattiin sinkkiä sisältävällä pohjamaalilla (kuva 8) pian hitsaamisen jälkeen, jotta pintojen uudelleen ruostumista saataisiin vähennettyä.



Kuva 8. Sinkkimaalia lattiassa.

Myöhemmässä vaiheessa hitsattiin vielä kuljettajan istuimen kiinnityspalkit takaisin paikalleen sekä tasoitettiin paikoin hitsisaumojä kittaamalla. Lopuksi ruiskutettiin ruosteenesto-massaa pohjamaalatuille pinnoille. Kaiken kaikkiaan korin ruostevaurioiden korjaamiseen kului aikaa useita viikkoja. Hyväkuntoinen korihio olisi helpottanut huomattavasti opinnäytetyöprojektin valmistumista, säästären aikaa ja vaivaa. Sellaista ei kuitenkaan ollut varaa hankkia projektin alkaessa.

#### 4.2 Moottorin ja vaihteiston sovitns autoon sekä sen vaatimat muutostyöt

Koritöiden ollessa riittävän pitkällä päästiin siirtymään tekniikan pariin. Dieselmoottorin sovitns autoon sujui pääosin luvussa 3 esitetyn projektisuunnitelman mukaisesti. Erityisesti tässä vaiheessa, kotimaisesta merkki-foorumista ([www.vrcf.fi](http://www.vrcf.fi)) oli paljon hyötyä projektin kannalta, sillä sieltä saatiin hyviä vinkkejä vastaavanlaisen tekniikanvaihdoksen tehneiltä.

Eräältä Volvo harrastajalta saatiin ostetuksi muutamia tarvittavia vanhemman 6-sylinterisen D24-dieselmoottorin osia, joita on käytetty 740- ja 940-sarjan autoissa. Näihin osiin kuuluivat D24-moottorin kannakkeet / korvat, D24-moottorin öljypohja sekä öljypumpun imuputki, dieselmallin M47-vaihdelaatikko, manuaalivaihteisesta autosta peräisin olevat kytkin- ja jarrupolkimet sekä kytkimen pääsylinteri.

#### 4.2.1 Öljypohja ja öljypumpun imuputki

Purkuautosta irrotettu D5252T-moottori kiinnitettiin moottoripukkiin, jotta moottorin käsitteleminen olisi helpompaa. Varsinaiset moottorin asentamisen vaatimat muutostyöt alkoivat 6-sylinterisen D24-moottorin öljypohjan (kuva 9) sekä öljypumpun imuputken muokkaamisella 5-sylinteriseen TDI -moottoriin sopiviksi. Se tapahtui ottamalla katkaisulaikalla materiaalia pois öljypohjan, sekä imuputken keskivaiheelta ja hitsaamalla lopuksi jäljelle jääneet osat yhtenäisiksi.

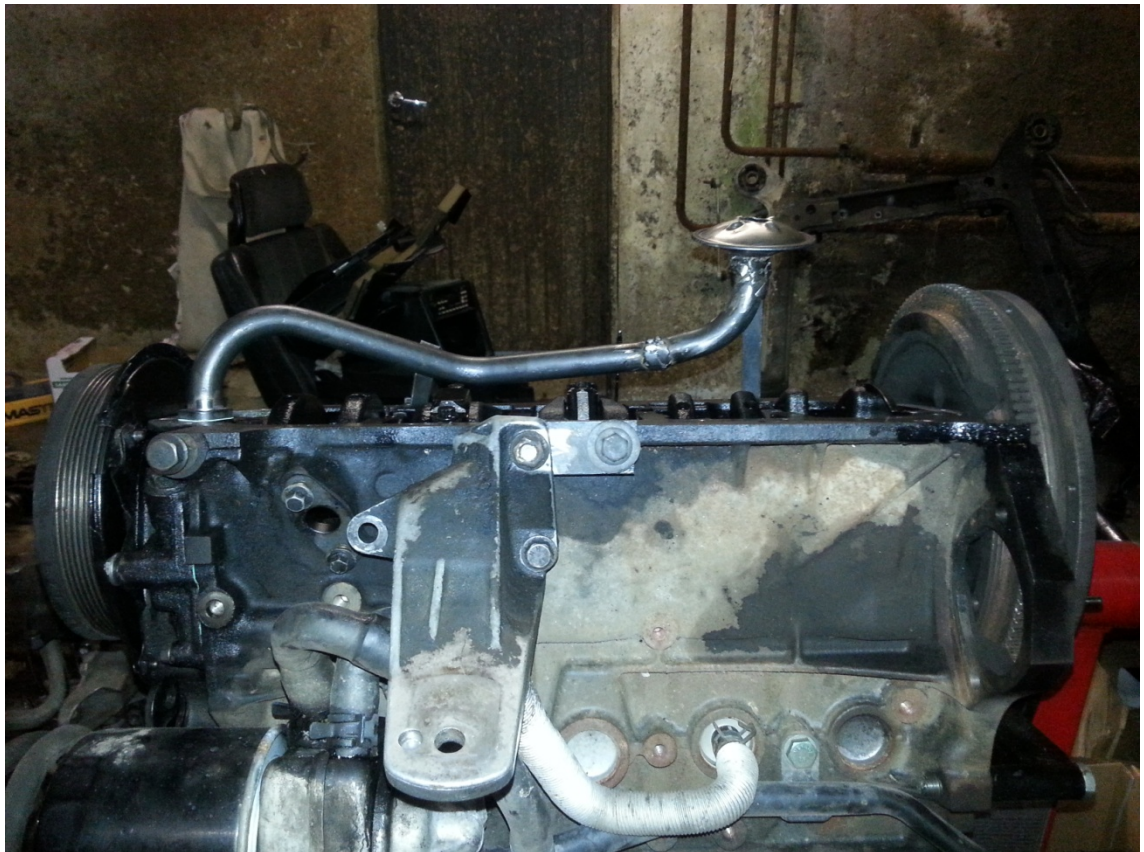


Kuva 9. D24 -moottorin öljypohja muokattuna.



Tuttavani suoritti alumiinisen öljypohjan hitsaamisen, sillä omasta takaa ei löytynyt siihen tarvittavaa TIG-hitsauskonetta, eikä juurikaan kokemusta alumiinin hitsaamisesta. Öljypohja lyheni hitsauksen aikana kuumetessaan muutaman millimetrin verran minkä seurauksena lyhennetyssä päädyssä olevat kiinnityspulttien reiät eivät enää olleet moottorilohkon reikiä vastaavissa kohdissa. Tällöin osa kiinnityspulteista ei mennyt paikoilleen. Ongelman olisi voinut välttää, mikäli olisi huomattu jättää lyhennettäessä öljypohja hie-man lohkon vastinpintaa pidemmäksi. Vahingon tapahduttua, ongelma korjattiin viilamalla tarvittavia öljypohjan pultinreikiä soikeiksi. Siten saatiin kaikki kiinnityspultit menemään paikoilleensa.

Sopivan mittaiseksi lyhennetty öljypumpun imuputki (kuva 10) asennettiin paikoilleensa lohkon ja öljypohjaa sovitettiin jälleen paikalleen.



Kuva 10. Lyhennetty öljypumpun imuputki paikoillaan.

Tällöin pohja ei enää suostunut menemään kokonaan paikalleen oikeassa asennossa, sillä imuputki tapasi siihen jostakin kohdasta kiinni. Niinpä alettiin tutkia asiaa mittailten D24-moottorin öljypohjan syvyyttä sekä imuputken korkeutta, verraten niitä D5252T-

moottorin alkuperäisiin. Näin tehtiin johtopäätös, että imuputkea täytyi vielä lyhentää korkeussuunnassa noin 2 cm. Putken lyhentäminen suoritettiin katkaisulaikalla, jonka jälkeen MIG-hitsattiin sen imupää takaisin paikalleen. Imuputki asennettiin jälleen lohkoon ja öljypohjaa sovitettiin paikalleen, mutta pohja ei vielääkään istunut kunnolla.

Tarkemman tutkailun jälkeen huomattiin, että imuputken lohkoa vasten tuleva kiinnityslaippa otti kiinni öljypohjan liian paljon lyhennetyin päädyn sisäpintaan. Sen vuoksi pohja ei suostunut menemään paikalleen. Vaihtoehtoina ongelman ratkaisuun oli työstää materiaalia pois joko imuputken laipasta, tai öljypohjan päädyn sisäpinnasta. Koska imuputki oli asennettu uudella tiivisteellä paikoilleen eikä varatiivistettä ollut, päätettiin yrittää työstää pohjan sisäpintaa. Se osoittautui varsin hankalaksi ja aikaa vieväksi toimenpiteeksi, sillä kulmahiomakoneen hiomalaikka ei ylettänyt pohjan muodon vuoksi kunnolla oikeaan kohtaan ja paineilmahiomakoneen viila meni heti tukkoon alumiinin sulaessa siihen kiinni. Pitkään kestäneen työstämisen jälkeen öljypohja suostui lopultakin istumaan paikalleen, minkä jälkeen se asennettiin moottorilohkoon uusia kuusiokolopultteja, sekä moottoritiivistesilikonia käyttäen.

#### 4.2.2 Moottorin kannakkeet

Jotta moottoria pystyi sovittamaan autoon, tuli siihen asentaa sopivat kannakkeet sen kiinnitystä varten. Volvo-foorumilta (vrcf.fi) saadun vinkin mukaisesti käytettiin hankittuja D24-moottorin kannakkeita, jolle valmistettiin sopivat tukiraudat. Niiden avulla kannakkeet kiinnittyvät luotettavasti moottorilohkoon. Ainoastaan yksi kannakkeiden kiinnitysurei'istä sopi suoraan moottorilohkossa oleviin reikiin, joten molemmat kannakkeet tuettiin kahdesta muusta rei'istä tukirautojen avulla.

Ennen tukirautojen valmistamista alumiiniset kannakkeet pultattiin suoraan sopivista rei'istä lohkoon. Kannakkeiden pysyessä oikeassa asennossa oli helpompi aloittaa tarvittavien tukirautojen sommittelua. Vasemman puoleisen kannakkeen vieressä oli alumiininen moottorin apulaitteiden kiinnitysteline, johon kannake päätettiin hitsata kiinni (kuva 11). Tuttava suoritettiin hitsaamisen TIG-hitsauskoneella.



Kuva 11. Apulaitetelineeseen kiinni hitsattu vasen moottorin kannake.

Moottorin kannakkeiden tukiraudat (kuva 12) valmistettiin sopivan vahvuisista lattaraidoista. Lattaraidat katkaistiin tarvittavan mittaisiksi, porattiin niihin kiinnitysreiät ja pultattiin raudat kiinni lohkoon. Useampi lattarauta yhdistettiin toisiinsa hitsaamalla ja pulttaamalla, jolloin saatiin aikaan yhtenäiset tukiraudat. Niiden avulla alumiiniset kannakkeet tukeutuvat riittävän lujasti moottorilohkoon.



Kuva 12. Vasen moottorin kannakkeen tukirauta.

Tukiraudat viimeisteltiin hiomalla ja maalaamalla. Niiden sommittelu ja valmistaminen oli aikaa vievää, sillä niihin täytyi tehdä erilaisia muotoja, jotta ne saatiin istumaan paikalleen.

#### 4.2.3 Turboahdin ja pakosarja

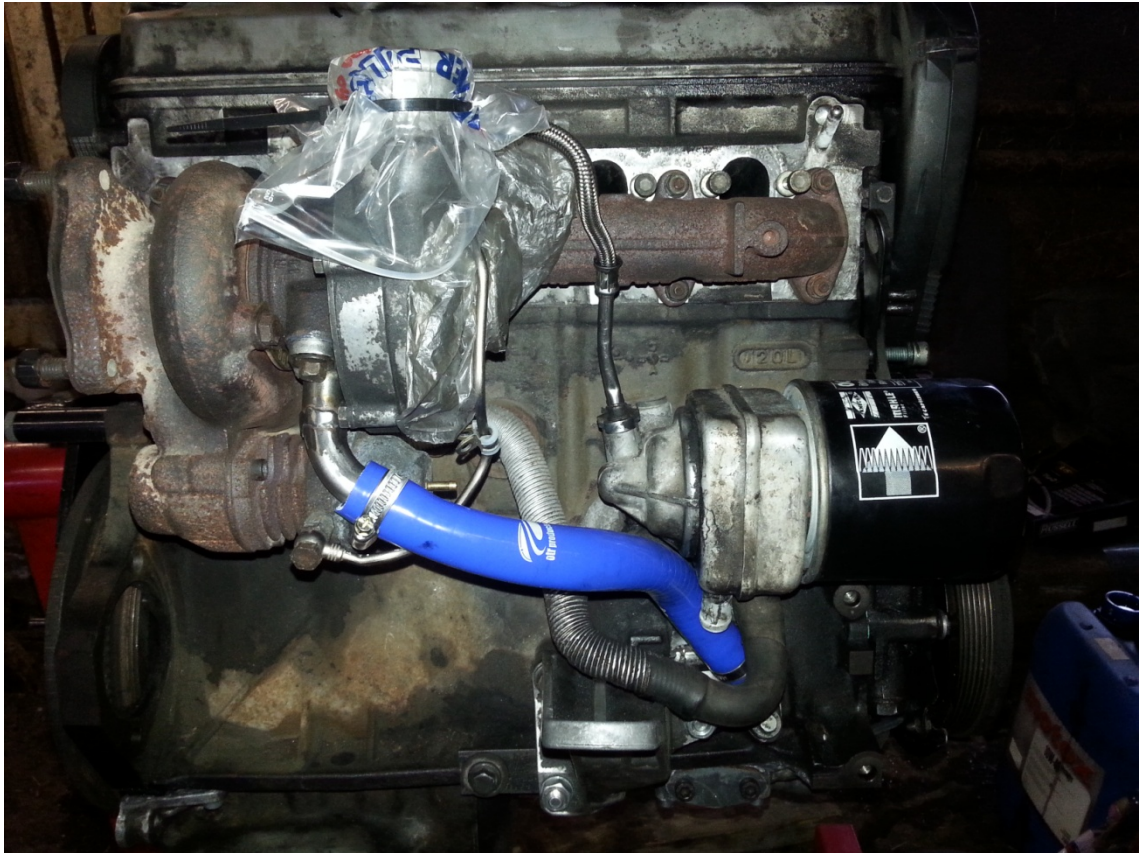
Siitä huolimatta, että moottoriin oli tarkoitus asentaa jossain vaiheessa alkuperäistä suurempi turboahdin, päätettiin se kasata aluksi vakioahtimella ja vakiopakosarjalla. Tähän ratkaisuun päädyttiin siksi, että isommalle ahtimelle tarvittavaa pakosarjaa ei ollut saatavilla ja moottori haluttiin saada mahdollisimman pian koekäyttökuntoiseksi. Aiemmistä projekteista johtuen varastossa oli kolme erilaista vakiopakosarjaa, jotka olivat peräisin vastaavalla moottorilla varustetuista autoista (Audi A6, Volvo S70 ja VW Transporter T4). Lisäksi oli kaksi vakioahdinta, jotka olivat olleet Audissa ja Volvossa.

Näistä ajateltiin asentaa moottoriin Audin vakiopakosarja ja turbo, koska siten ahdin olisi tullut sopivasti edemmäksi verrattuna Volvon vakiopakosarjaan. Audin pakosarjassa oli

myös ahdin valmiiksi paikallaan, kun taas Volvon ahtimen kompressori- ja turbiinipesät olivat irrallaan sekä niiden kiinnitysosat kateissa. Soviteltuamme eri pakosarjoja moottoriin todettiin, ettei pakosarjoja saanut asennettua, sillä ne ottivat kiinni Volvon moottorin alkuperäiseen öljynsuodattimen kiinnitysalkaan.

Näin päädyttiin asentamaan Volvon pakosarja yhdessä Audin ahtimen kanssa. Audin pakosarjassa kiinni ollut ahdin irrotettiin ja sen pesiä käännettiin paremmin sopivaan asentoon. Volvon vakiopakosarja asennettiin moottoriin ja ahdinta sovitettiin siihen paikoilleen. Tällöin havaittiin, ettei ahdin mahtunut kunnolla paikoilleen, sillä käännetty kompressoripesä otti kiinni pakosarjaan. Hetken aikaa mietittiin mikä olisi järkevin ratkaisu ongelmaan. Ongelma olisi korjaantunut asentamalla ahtimen kiinnityslaipan ja pakosarjan väliin sopiva välilaippa tai paksumpi tiiviste. Asia päätettiin kuitenkin ratkaista työstämällä valurautaisen pakosarjan pinnasta materiaalia pois hiomalaikalla. Muutaman millimetrin vahvuudelta ja pieneltä pinta-alalta työstäminen riitti siihen, että ahdin mahtui sopivasti paikalleen.

Kun turboahdin istui paikallaan pakosarjassa (kuva 13), sen pesät hienosäädettiin lopullisiin asentoihinsa. Tämän jälkeen pohdittiin, kuinka saataisiin toteutettua yksinkertaisimmin ahtimen voitelun tarvitsema öljynkierto. Pian huomattiin Audin vakioahdinten öljyn tuloputken olevan miltei oikeanlainen. Kokeiltiin taivuttaa sitä varovasti muutamasta kohdasta pihtejä ja vasaraa käyttäen, jolloin se saatiin sopimaan paikoilleen.



Kuva 13. Ahdin paikallaan pakosarjassa öljylinjoineen.

Ahtimen öljyn paluulinjan tekeminen oli hieman haastavampaa. Moottorin tullessa aivan eri asentoon kuin etuvetoasennuksessa, ei alkuperäistä öljyn paluuputkea voitu käyttää sellaisenaan. Alkuperäisistä Audin ja Volvon paluuputkista päätettiin hyödyntää ahtimeen sekä lohkoon sopivat laipat ja hitsattiin niihin sopivat palat putkea. Laipat asennettiin paikoilleen käyttäen tiivisteinä moottorisilikonია. Putkien välinen paluulinja tehtiin sisähalkaisijaltaan 20 mm silikoniletkusta, joka leikattiin sopivan pituiseksi ja kiinnitettiin letkunkiristimillä laippojen putkiin.

#### 4.2.4 Ruiskutussuuttimet

Kuten turboahtimen kohdalla, myös ruiskutussuuttimien kärjet oli tarkoitus vaihtaa myöhemmin alkuperäistä suurempiin. Koska isompia suuttimia ei ollut heti saatavilla ja tuttavani oli ottanut moottorista Volvon vakiosuuttimet omaan autoonsa, päätettiin siirtää va-

ralla olleesta Audin sylinterikannesta sen vakiosuuttimet Volvoon. Suuttimien asentamisen jälkeen asennettiin vielä suutinputket paikalleen. Näin moottori oli tältä osin kunnossa koekäyttöä varten.

#### 4.2.5 Kallistuksenvakaaja ja moottorin tukityyny / korvat

Volvo-foorumilta saatiin selvitettyä, ettei auton alkuperäinen etuakselin kallistuksenvakaaja mahtuisi olemaan sellaisenaan paikallaan, sillä moottorin öljypohja ottaisi siihen kiinni. Jotkut 5-sylinterisen moottorin takavetoiseen asentaneet olivat vaihtaneet kallistuksenvakaajan niin sanottuun PRV-malliin. Kyseistä vakaajaa on alun perin käytetty ainakin Volvo 760-malleissa, jotka ovat olleet varustettuna Peugeot / Renault / Volvo-yhteistyönä valmistetulla V6-bensiinimoottorilla. Se vakaaja on muotoiltu siten, että sen keskiosa kulkee autossa paikallaan ollessaan alempana kuin muissa vakaajissa. Tämän vuoksi se sopii hyvin 5-sylinterisen moottorin yhteydessä käytettäväksi. Valitettavasti kyseisten vakaajien saatavuus on nykyisin hankalaa ainakin Suomessa, johtuen V6-mallien harvinaisuudesta.

Ennakkotiedon perusteella auton alkuperäinen vakaaja irrotettiin, jotta moottoria pääsisi pian sovittamaan paikalleen. Myöhemmässä vaiheessa oli tarkoitus asentaa tilalle PRV-vakaaja, mikäli sellainen jostain sattuisi löytymään. Vaihtoehtoisesti alkuperäinen vakaaja tulisi saada asennettua hieman alemmaksi, jottei moottori ottaisi siihen kiinni. Se olisi mahdollista toteuttaa sopivia välikappaleita käyttäen.

Autossa oli ostohetkellä paikoillaan alkuperäisen moottorin kannatintyynyjen korvat, joista toisesta oli hydraulinen kannatintyyny irronnut. Tuttavalta saatiin lainaan ehjät 4-sylinterisen bensiinimoottorin tyynyt korvineen, joita sovitettiin paikalleen auton apurunkoon. Tyynyjen välinen etäisyys mitattiin ja huomattiin, ettei se täsmää moottorin kannakkeiden väliseen etäisyyteen. Pienen selvittelyn jälkeen selvisi, että autoon täytyi vaihtaa D24 -mallin kannatintyyny (kuva 14) kiinnityskorvineen.



Kuva 14. D24 -moottorin kannatintyynyt korvineen paikoillaan.

Tyynyistä ja korvista laitettiin heti foorumille ostoilmoitus, jonka avulla nämä onnistuttiin hankkimaan muutaman päivän kuluttua. Osat asennettiin paikalleen ja todettiin niiden olevan oikeanlaiset.

#### 4.2.6 Kytkin ja vaihteisto

Suunnitelman mukaisesti oli tarkoitus saada kasattua auto väliaikaisesti moottorin alkuperäistä kaksoismassavauhtipyörää käyttäen. Projektiauton mukana tuli ruotsalaisesta verkkokaupasta hankittu kytkinlevy. Kyseessä on 6-lapainen niin sanottu sinterilevy, jossa on jousittamaton 22-urainen keskiö. (kuva 15.)





Kuva 15. Sinterilevy ja moottorin alkuperäinen kytkinlevy.

Moottorin alkuperäinenkin levy oli jousittamaton, sillä siinä tarvittava värinän- ja iskujen vaimennus tapahtui kaksoismassavauhtipyörässä. Sinterilevy oli puolestaan tarkoitus asentaa kiinteään vauhtipyörän yhteyteen, jolloin jousitettu levyn keskiö olisi ollut optimaalisempi ratkaisu. Jousitettua levyä ei kuitenkaan ollut käytettävissä, joten yritettiin tulla toimeen jousittamattomalla levyllä.

Levyä sovitettiin vauhtipyörää vasten, jolloin huomattiin, että levyn keskiön nitit ottivat kiinni vauhtipyörän pulttien kantoihin. S70:n alkuperäisen kytkinlevyn keskiö on kovera, jolloin vastinpinnassa olleet kaksoismassavauhtipyörän pulttien kannat mahtuivat olemaan paikallaan tätä levyä käytettäessä. Alkuperäinen levy ei kuitenkaan sopinut tähän projektiin, sillä etuvetoisen vaihteiston kytkinakseli ja siten myös levyn keskiö ovat 20-uraisia, kun taas M47 -vaihteiston kytkinakseli on 22-urainen.

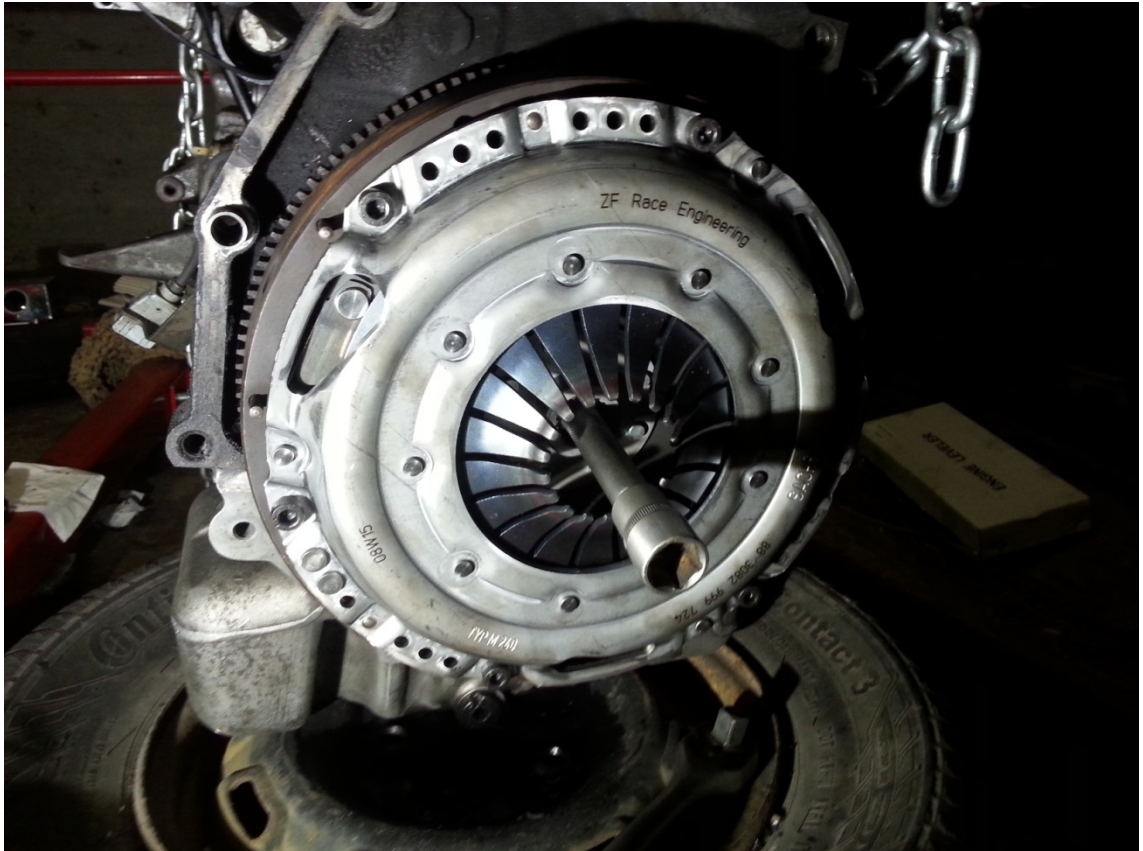
Ongelmaan yritettiin keksiä ratkaisu ja todettiin, ettei vauhtipyörän pulttien kantojen upottaminen syvemmälle ollut käytännössä mahdollista. Lopulta päätettiin hioa pulttien kantoja pari millia matalammaksi, kunnes ne eivät enää ottaneet kiinni kytkinlevyn keskiön

niitteihin. Levyä sovitettiin paikalleen jolloin kaikki näytti olevan kunnossa. Kuitenkin sovitettaessa kytkinasetelmaa paikalleen huomattiin, että levyn keskiö ottaisi kytkintä käytettäessä asetelman keskustan jousitukseen. Oli siis todettava, ettei kaksoismassavauhtipyörä sopinut takavetoisen kytkinlevyn kanssa yhteen.

Sopiva vauhtipyörä oli jo ennestään purettuna vuoden 1992 Audi 100 2.5 TDI:stä. Saksasta tilattiin kyseiseen vauhtipyörään sopiva alkuperäistä jäykempi kytkimen SRE 724-paineasetelma (Sachs Race Engineering). Aikaisemmin samanlainen asetelma oli havaittu hyväksi Audi A6:ssa. Yhdessä sinterilevyn kanssa valmistaja lupaa sille väännön kestoja 615 Nm. SRE-kytkimien todellinen vääntömomentinkesto vaikuttaisi olevan sitä käyttäneiden käytännön kokemusten perusteella luvattua suurempi, joten moottorin voimavarojen nostamista ajatellen varaa olisi kohtuullisen hyvin. Tämä asetelma on Suomessa melko kallis (yli 400 €) ja Saksasta tilaamalla hintaa jäi vielä n. 330 €

Uuden asetelman saapumista täytyi odottaa reilun viikon verran. Seuraavaksi täytyi vauhtipyörä vaihtaa kiinteään. Se olikin helpommin sanottu kuin tehty, sillä matalaksi hiottujen pultinkantojen vuoksi kaksoismassapyörän pultteja ei tahtonut saada irti. Millään avaimella ei tahtonut saada otetta pulteista, joten pulttien kantoihin yritettiin hitsata pulteja / muttereita. Pulttien aukaisu tuotti edelleenkin ongelmia, sillä hitsisaumat pettivät tai kantoihin hitsatut pultit katkesivat. Useita tunteja jatkuneen yrityksen aikana saatiin vauhtipyörän pultit lopultakin irti yksi toisensa jälkeen.

Audin ja Volvon kytkinakseleiden sekä vauhtipyörän mittaamisen jälkeen huomattiin, ettei vaihteistoa saisi menemään perille asti, sillä kytkinakselin pää ottaisi kiinni Audin vauhtipyörässä olevaan silmälaakeriin. Niinpä päätettiin ottaa silmälaakeri pois, vaikka kytkinakselin mahdollinen taipuminen hieman arveluttikin. Audin kiinteään vauhtipyörän kiinnitys- ja kitkapinnat puhdistettiin sekä asennettiin se kampiakselin päähän. Uutta kytkinasetelmaa sovitettiin paikalleen vauhtipyörään ilman kytkinlevyä ja varmistettiin, että vaihteisto istuu moottorin jatkeeksi. Kaikki vaikutti olevan kunnossa, joten asennettiin kytkinasetelma sekä levy paikoilleen sopivaa keskitystyökalua käyttäen (kuva 16).

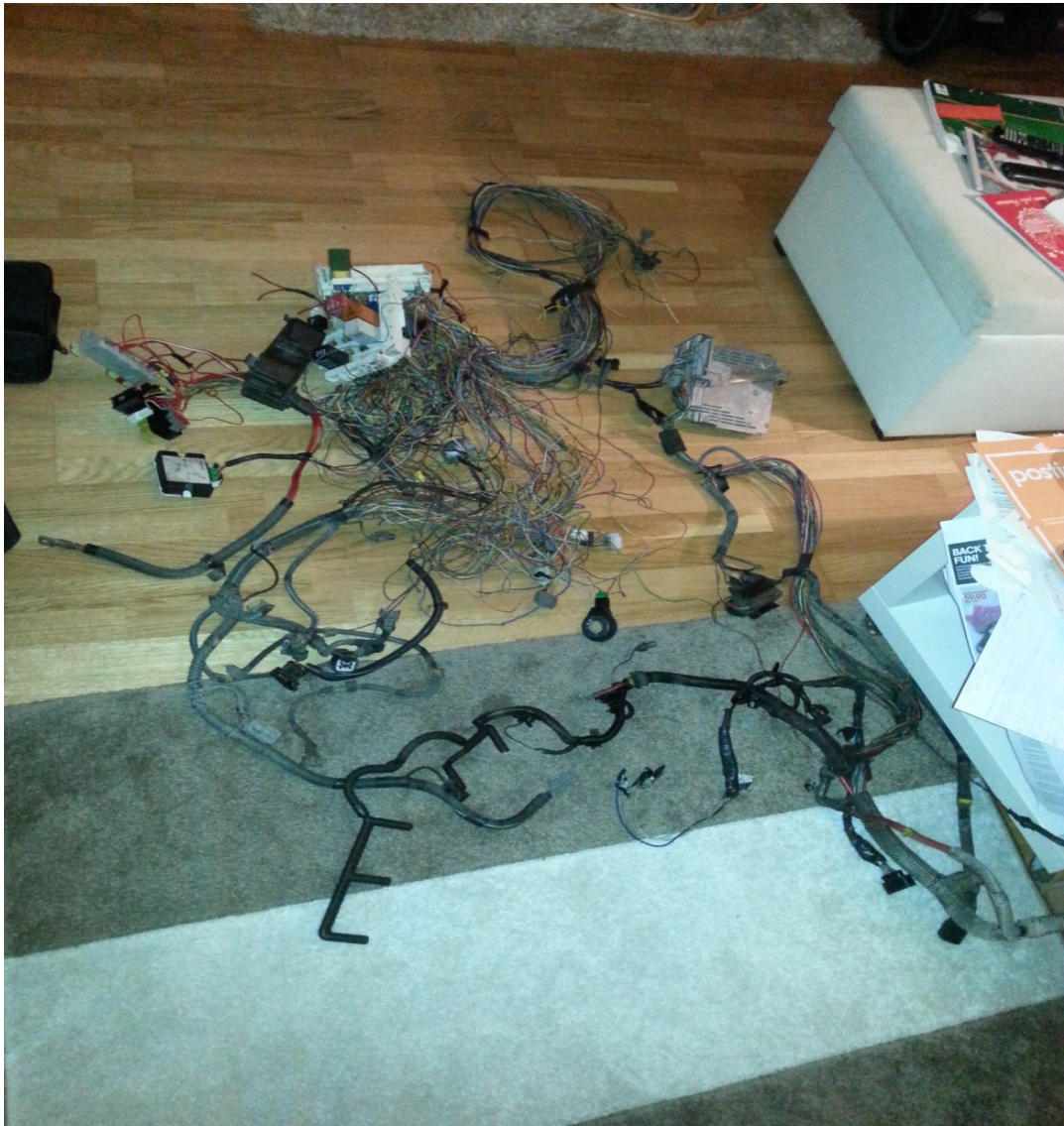


Kuva 16. Kytkin keskitettynä Audi 100:n kiinteään vauhtipyörään.

Vanha vioittunut painelaakeri vaihdettiin uuteen sekä asennettiin vaihteisto moottoriin. Kytkimen työsylinteri asennettiin lopuksi paikoilleen kytkinkoteloon.

#### 4.2.7 Moottorin sähköjärjestelmä

Ennen moottorin sovittamista paikoilleen oli vielä muokattava S70:stä purettua dieselmoottorin johtosarjaa hieman yksinkertaisemmaksi (kuva 17). Tämä ei ollut aivan yksinkertaista, sillä moottorin johtosarja oli kytketty alun perin yhteen auton keskussulakerasian kanssa ja kaikki sen lukuisat johdot olivat sekaisin yhdessä nipussa. Tarpeettomia johtoja oli paljon, koska S70:ssä oli useita erilaisia järjestelmiä kuten abs-, turvavyyny-, varashälytin-, diagnostiikka- ja keskussulakitus-järjestelmät. Lisäksi suurin osa maadoitusjohdoista oli kytketty sulakerasiassa olevaan maadoituskiskoon.



Kuva 17. Moottorin johtosarjan yksinkertaistaminen meneillään.

Alettiin varovasti selvittää sähköjärjestelmän sisältöä ja karsimaan yksitellen tarpeettomiksi todettuja johtoja, releitä sekä sulakkeita. Työtä hankaloitti merkittävästi se, ettei aluksi tahtonut löytyä mistään juuri oikean vuosimallin sähkökytkentäkaaviota ja eri vuosimalleissa oli joitakin merkittäviä eroja kytkennöissä, sekä johtojen väryksessä. Varovaisuutta johtojen karsintaan lisäsi osaltaan moottorinohjaukseen sisältyvä ajonestojärjestelmä. Jonkin tarpeellisen johdon katkaiseminen olisi voinut estää kokonaan moottorin käynnistymisen.

Tässä kohtaa kävi mielessä se, kuinka paljon mekaanisella ohjauksella varustettu ruiskutuspumppu olisi helpottanut tekniikanvaihdosta. Tällöin kaikki moottorinohjaukseen liittyvä olisi ollut tarpeetonta. Ainoastaan käynnistys-, lataus- ja hehkutusjärjestelmät olisivat olleet tarpeellisia. Mekaanisen pumpun rakentaminen olisi kuitenkin vaatinut paljon perehtymistä sekä useamman erilaisen ruiskutuspumppun osien yhdistämistä. Toisaalta haluttiin saada toimimaan moottori sähköisesti ohjatulla ruiskutuspumppulla, joten johtosarjan selvittämistä jatkettiin. Pitkän etsinnän jälkeen oikea kytkentäkaavio löytyi (Cardiagn 2016). Sen avulla johtosarja saatiin siihen kuntoon, että oli toiveena saada koeikäytettyä moottori.

#### 4.2.8 Moottorin koesovitus

Tässä vaiheessa oli vuorossa moottorin sekä vaihteiston sovittaminen autoon (kuva 18). Käytävissä oli 2000 kg:n puominostin, eli niin sanottu norsu. Nostimen nostoketjussa oli välikappale, joka mahdollisti moottorin kallistuskulman säätämisen noston aikana. Moottorin asentaminen paikoilleen oli hankalaa, sillä sitä täytyi kallistaa voimakkaasti taaksepäin jotta moottorin öljypohjan etuosassa olevan öljytilan sai menemään moottoritilan etupalkin takapuolelle. Samaan aikaan täytyi saada menemään vaihdelaatikko paikalleen kardaanitunneliin.



Kuva 18. Moottorin koesovitus autoon.

Vaihteiston perässä oleva vaihdekepin teline otti koko ajan kiinni koriin, joten se irrotettiin vaihteistosta. Asennuksen aikana ruiskutuspumun hihnapyörä tapasi usein kiinni rintapeltiin, sillä moottori tuli takavetoasennuksessa niin taakse. Suurempia iskuja täytyi välttää pumpun vaurioitumisen välttämiseksi. Kun moottori alkoi olla miltei paikallaan, täytyi sitä vielä kallistaa sivusuunnassa jotta sen sai istumaan kannatintyynyjen päälle. Ahtaan tilan vuoksi kannatintyynyjä jäivät välillä jännitykseen sovitettaessa moottoria paikalleen, jolloin ne olivat vaarassa vaurioitua. Parin tunnin taistelun jälkeen moottori lepäsi kannatintyynyjensä varassa. Lopuksi asennettiin vielä vaihteiston kannatin kiinni koriin.

#### 4.2.9 Johtosarjan asennus moottoriin ja polttoainejärjestelmän muutokset

Moottorin ollessa paikoillaan moottoritilassa asennettiin sen johtosarja väliaikaisesti paikoilleen. Kaikki tarvittavat antureiden ja toimilaitteiden liittimet kytkettiin kiinni, sekä asennettiin pari maadoituskaapelia moottorin ja korin välille. Tässä vaiheessa jätettiin moot-

torinohjainlaite eli ECU (Engine Control Unit), sulakerasia, ajoneston ohjainlaite ja lukupuola, S70:n virtalukonpohja, sekä relerasia johtoineen irralleen moottorin reunaan. Kaikki tarpeellisiksi katsotut moottorin johtosarjan maadoitusjohdot kytkettiin kiinni ja yhdistettiin moottorin johtosarja sekä auton oma sähköjärjestelmä akkuun (kuva 19). Purkuautona toimineen S70:n virta-avain teipattiin kiinni ajonestolaitteen lukupuolaan, jotta avaimen siru tunnistettaisiin.



Kuva 19. Moottorin johtosarja kytkettynä koekäyttöä varten.

Auton polttoainesäiliön ollessa irrallaan ja polttoainelinjojen puuttuessa tuli moottorille asentaa väliaikainen polttoainejärjestelmä. S70:n polttoainesuodatinjalkaan vaihdettiin uusi polttoainesuodatin ja suodatinjalka kiinnitettiin väliaikaisesti nippusiteillä kiinni moottorin sivulle. Suodattimelta vedettiin polttoaineletkut suoraan 10 litran kanisteriin ja asetettiin kanisteri jäähdyttimen paikalle.

### 4.3 Koekäyttö

Projektin edettyä tähän vaiheeseen oli vuorossa moottorin ensimmäinen koekäynnistysyritys tässä autossa. Se oli jännittävä hetki, sillä moottorin sähköjärjestelmän kytkentöjen oikeellisuudesta ei ollut täyttä varmuutta. Kaiken uskottiin olevan kunnossa ja virtalukon pohjaa käännettiin ruuvitalalla. Virtojen kytkeytyessä moottorin johtosarjan ylilatausreleet napsahtivat, mutta mitään muuta ei huomattu tapahtuneen. Edes käynnistysmoottori ei kytkeytynyt toimintaan. Jonkin aikaa kytkentöjen tutkimisen jälkeen huomattiin yhden maadoitusjohdon olevan irrallaan. Kytettäessä kyseinen johto auton runkoon starttimoottori alkoi toimia, mutta polttoainetta ei vielä tulla suutinputkille eikä moottori käynnistynyt.

Mittailujen ja pohdiskelujen tuloksena uskottiin vian olleen siinä, ettei ECU maadoittanut jostain syystä polttoainejärjestelmän päärelettä. Varsinaisesta vian aiheuttajasta ei tässä vaiheessa ollut varmuutta, mutta sen epäiltiin liittyvän jotenkin ajonestolaitteen toimintaan. Pitkään jatkuneen vianetsinnän sekä kytkentäkaavioiden tutkinnan jälkeen, huomattiin virtalukon pohjalta puuttuneen kaksi johtoa. Kyseisistä johdoista toisen oli tarkoitus antaa herätevirta ECU:lle. Puuttuvat johdot kytkettiin virtalukon pohjaan, jolloin virrat päälle käännettäessä polttoainejärjestelmän rele alkoi vetää ECU:n ohjaamana ja ruisutuspumppun sammutinsolenoidi naksahdi, kuten oli tarkoituskin. Startatessa huomattiin iloksi, että polttoainetta alkoi myös tulla suutinputkista ja moottori hörähteli lupaavasti. Suutinputkien kiristämisen jälkeen moottori käynnistyi välittömästi.

Moottorin saaminen käyntiin muokatulla johtosarjalla ja projektiauton korissa paikallaan ollessa oli eräs projektin suurimmista ilon aiheista. Tässä vaiheessa moottorista puuttui vielä jäähdytysnesteet, joten sitä ei voinut käyttää pitkään yhtäjaksoisesti. Jonkin ajan kuluttua moottoria yritettiin käynnistää uudestaan, muttei se tahtonut enää käynnistyä. Sankkaa harmaata savua tulvi pakoputkesta ja palamattoman dieselin tuoksu oli aistittavissa (kuva 20).





Kuva 20. Sankkaa savua tulvii pakoputkesta.

Pitkän starttaamisen jälkeen moottori käynnistyi jälleen, mutta pyrki sammumaan heti kaasua annettaessa. Ruiskutuksen perusennakkoa aikaistettiin kääntämällä ruiskutus-pumppua sen normaaliin pyörintäsuuntaan päin. Tämän seurauksena savutus loppui ja moottori vastasi kaasuun paremmin, sekä käynnistyi helposti myös puolilämpimänä.

#### 4.4 Jäähdytysjärjestelmä

Moottorin onnistuneen koekäytön jälkeen oli vuorossa jäähdytysjärjestelmän rakentaminen. Tämä oli välttämätöntä, jottei moottori pääsisi ylikuumentamaan pidempään jatkuvan yhtäjaksoisen käytön aikana.

#### 4.4.1 Jäähdytin

Jäähdyttimenä päätettiin käyttää S70:stä purettua jäähdytintä, sillä 740:stä puuttui hankintahetkellä siihen joskus kuulunut jäähdytin eikä vastaavan hankintaan ollut varaa. Lisäksi S70:n jäähdyttimeen kuului myös siihen kuuluva sähköpuhallin, jota oli mahdollista ohjata alkuperäiseen tapaan moottorinohjainlaitteen saaman lämpötilatiedon avulla. Jäähdyttimen kiinnityksiä sekä sen yläpinnan muoveja täytyi muokata, jotta jäähdytin istui paikoilleen autoon. Puhallin asennettiin jäähdyttimen takapuolelle sen alkuperäiselle paikalleen, sekä puhallinta ohjaava rele sen läheisyyteen.

#### 4.4.2 Letkut ja putket

Jäähdytysjärjestelmän nestelinjojen tekeminen oli yksi hankalimmista ja aikaa vievimmistä vaiheista. Poikittaismoottorisesta autosta peräisin olevan jäähdyttimen ylävesiletkun lähtö oli ns. väärällä puolella ja letku täytyi saada vedettyä jotenkin moottorin toiselle puolelle. Lisäksi etsinnöistä huolimatta ei löydetty mistään sopivia letkuja, joissa toinen pää olisi ollut selvästi isompi kuin toinen.

Tämän vuoksi päädyttiin ostamaan 32 mm ja 34 mm alumiiniputkea, sekä rakentamaan putkista ja letkuista sopivat ylä- ja alavesilinjat. Supistus ohuemmasta paksumpaan letkuun toteutettiin hitsaamalla kaksi eripaksuista alumiiniputkea kiinni toisiinsa. Putket ja letkut yhdistettiin toisiinsa letkunkiristimillä. Toteutuksen huono puoli oli kiristinliitoksien suurehko lukumäärä, mikä on turha epäluotettavuustekijä. Tavoitteena on jossain vaiheessa valmistaa mutkat putkikäyriä käyttäen, jolloin letkuliitoksien määrän saa vähemmäksi.

Ylä- ja alavesilinjojen lisäksi moottorissa on alun perin ollut monta pienempää vesiputkea / -letkua. Ne menivät polttoainekäyttöiselle lisälämmittimelle, lämmityslaitteen kennolle, öljynsuodattimen jalalle, termostaattikotelolle sekä paisuntasäiliölle. Moottorin pitkitäisasennuksesta johtuen metallisia vesiputkia täytyi lyhentää, jotta ne mahtuivat olemaan paikallaan. Pienten letkujen ja putkien sovittaminen oli hieman hankalaa, sillä niiden kiertoreitti täytyi tehdä uusiksi. Piti muistella kuinka nestekierto oli alkujaan S70:ssä toteutettu ja kuinka se olisi järkevintä toteuttaa 740:ssä.

Eräs päänaivaa tuottava seikka oli sylinterikannen takapäätä lähtevä letkunippa, josta menee vesiletku lämmityslaitteen kennolle (kuva 21). Alkuperäisessä alumiinisessa

nipassa oli alun perin 3 kpl hehkutulppia, joiden tarkoitus oli lämmittää lämmityslaitteelle menevää jäähdytysnestettä heti kylmäkäynnistyksen jälkeen. Moottori tuli pitkittäisasennuksessa niin taakse, ettei kyseinen nippa mahtunut olemaan paikoillaan, vaan se otti kiinni auton rintapeltiin.



Kuva 21. Kannen takapäähän muokattu vesiletkunippa hehkutulppineen.

Tiedossa oli, että vastaavalla moottorilla varustetussa Audissa on tämän nipan tilalla lyhyempi muovinen letkunippa, josta puuttuu vesihehkut. Täten hankittiin Audin alkuperäinen nippa ja sovitettiin sitä paikoilleen. Se olikin muuten sopiva, mutta letkulähdön halkaisija oli huomattavasti suurempi kuin Volvon alkuperäisessä alumiinisessä nipassa ja lämmityslaitteen kennolle menevässä letkussa. Lopulta päätettiin leikata alumiininen nippa useampaan osaan ja muokata ne sopiviksi, jonka jälkeen osat hitsattiin yhteen. Tämän jälkeen asennettiin nippa paikoilleen ja tehtiin nestelinjat loppuun.

#### 4.4.3 Lämpömittarin anturi

S70:ssä jäähdytysnesteeseen lämpömittari sai lämpötilatiedon moottorinohjainlaitteen (ECU) kautta, joten moottorissa ei ollut erillistä lämpötila-anturia mittarille. 740:n alkuperäisiä lämpömittarin johtoja ei kuitenkaan uskallettu kytkeä ECU:lle, sillä kytkennän ei uskottu toimivan siten. Siten mietittiin, kuinka saataisiin auton alkuperäinen lämpömittari toimimaan oikein.

Yritettiin selvittää, millaisia lämpömittarin antureita 740:n eri malleissa on ollut käytössä, mutta ei saatu varmuutta niiden yhteensopivuudesta eri mallien lämpömittareiden kanssa. Tämän vuoksi päädyttiin ostamaan auton alkuperäistä vastaava lämpötila-anturi ja asentamaan se ylävesiletkun alumiiniseen letkunippaan. Tässä nipassa sijaitsi myös moottorin alkuperäinen lämpötila-anturi, joka antaa lämpötilatiedon ECU:lle sekä hehkutusjärjestelmän ohjaukselle. Kyseistä anturia vastapäätä oli nipassa tulpattu anturin paikka, johon asennettiin auton alkuperäisen tyyppinen mittarin anturi. Sitä varten oli porattava anturipaikan reikä suuremmaksi ja tehtävä siihen oikeanlainen kierre.

#### 4.5 Polttoainejärjestelmä

Moottorin luotettavan toiminnan ja riittävän suorituskyvyn mahdollistamiseksi on sen polttoainejärjestelmän oltava tarkoituksenmukainen. Koska projektiauto oli alun perin bensiinikäyttöinen, täytyi polttoainejärjestelmään tehdä sen vuoksi pieniä muutoksia. Koska moottorista oli suunnitelmissa ottaa tulevaisuudessa voimaa hieman enemmänkin, pyrittiin se ottamaan huomioon polttoainejärjestelmän muutoksia tehtäessä.

##### 4.5.1 Ruiskutussuuttimet

Esikammiodieseleissä (kuten Mercedes-Benz OM601 – OM606-sarja, VW 1.9 TD ja Volvo D24) parannusta suorituskykyyn haetaan ruiskutuspumpun muutoksilla. Sen sijaan jakajapumpullinen suoraruiskutusdiesel, kuten TDI -moottori, pärjää vakio pumpulla varsin pitkälle. Niissä pumpun sijaan avainasemassa ovat ruiskutussuuttimien kärjet, jotka täytyy vaihtaa paremmin virtaavampiin suurempaa suorituskyvyn parannusta tavoiteltaessa.

Tämän vuoksi vaihdettiin projektiauton moottoriin alkuperäistä virtaavammilla kärjillä varustetut ruiskutus-suuttimet. Vakiokärkien reikäkoko on 0,216 mm, kun taas niiden tilalle vaihdetuissa suuttimissa olevien DSS Ultime 2 -kärkien reikäkoko on tietävästi 0,275 mm. Kyseiset suuttimet olivat aiemmin käytössä edellisessä projektiautossa, eli vastaavalla moottorilla varustetussa vuoden 1996 Audi A6:ssa. Kärkien markkinoija Findiesel ([www.findiesel.fi](http://www.findiesel.fi)) suosittelee näille suutinkärjille sopivaksi moottoritehoksi 50 – 65 hv / suutin, mikä vastaa 5-sylinterisessä moottorissa 275 – 325 hv moottoritehoa. Näin ollen kyseiset kärjet saivat kelvata ensi alkuun tähän projektiin.

Vaihdettuamme suuremmilla kärjillä varustetut suuttimet Volvoon, ei moottori enää suosunut käymään joutokäyntiä hieman lämmentyään. Alkuun luultiin sen johtuvan siitä, että Volvon alkuperäisessä moottorinohjainyksikön ohjelmassa joutokäyntinopeus olisi säädetty hyvin alhaiseksi. Sen seurauksena mahdollisesti jo kulunut ruiskutuspumppu ei olisi kyennyt tuottamaan riittävää painetta, jotta suuremmalla avautumispaineella varustetut suuttimet avautuisivat kunnolla. Kokeiltiin kuitenkin aikaistaa ruiskutusennakkoa, jonka jälkeen moottori pysyi normaalisti joutokäynnillä myös lämmentyään. Suuttimien suurempi avautumispaine nähtävästi kasvatti syttymisviivettä aiheuttaen ongelmia joutokäynnillä.

#### 4.5.2 Polttoainelinjat

Jakajatyypisellä Bosch-ruiskutuspumppulla varustetuissa dieleseissä pumpun sisällä vallitseva kotelopaineen suuruus vaikuttaa ennakonsäätimen toimintaan (Bosch 1989). Jakajapumpullisissa TDI -moottoreissa ei ole alun perin ollut käytössä ulkoista polttoaineen siirtopumppua, vaan ruiskutuspumppun sisäänrakennettu mekaaninen siipipumppu imee polttoaineen suoraan säiliöstä. Kun moottorin suorituskykyä parannetaan runsaasti, auton alkuperäiset polttoaineen siirtolinjat käyvät yleensä liian ahtaiksi aiheuttaen sisäiselle siirtopumpulle liiallisen imuvastuksen. Tämä johtaa helposti ruiskutuspumppun kotelopaineen (pumppun sisäisen polttoaineen paineen) romahtamiseen, mikä taas aiheuttaa sen, että pyydetyt ruiskutusennakot jäävät toteutumatta.

Jotta ruiskutuspumppun kotelopaine pysyisi riittävänä kuormituksesta ja pyörintänopeudesta riippumatta, päätettiin suurentaa Volvon polttoainelinjat riittävän kokoisiksi sekä asentaa sähkötoimisen polttoaineen siirtopumpun. 740:n polttoainesäiliön tasoanturilla varustetussa tankkivarusteessa oli alkujaan n. 6 mm sisähalkaisijaltaan oleva polttoaineen tuloputki ja paluuputki oli sitäkin ohuempi. Lisäksi tuloputken päässä oli sähköinen

säiliön sisällä ollut bensiinin siirtopumppu, joka pumppasi polttoaineen auton alla olleelle painepumpulle.

Projektiauton alkuperäinen metallinen tankkivaruste oli niin pahasti syöpynyt, että se päätettiin korvata parempikuntoisella. Päädettiin poraamaan sen vanhat putket pois ja asentamaan niiden tilalle uudet putket, jotka tehtiin 10 mm sisähalkaisijalla olevasta kupariputkesta (kuva 22). Hankittiin edullinen putkentaivutin, jolla saatiin tehtyä tarvittavat taivutukset kupariputkiin. Vanhojen putkien mukana poistettiin myös vanha tankkipumppu ja asennettiin uudet putket alkuperäisten tilalle. Lopulta tiivistettiin putkien läpiviennit kemiallista metallia ja silikonä käyttäen, sekä asennettiin tankkivaruste ja polttoainesäiliö takaisin paikalleen.



Kuva 22. Tankkivarusteen suuremmat kupariset polttoaineputket.

Polttoainelinjat säiliöltä moottoritilaan sekä takaisin, tehtiin n. 10 mm sisähalkaisijalla olevasta nylonputkesta. Liitoskohdissa käytettiin nylonputken päälle sopivaa 12 mm sisä-

halkaisijalla olevaa kumista polttoaineletkua sekä ruuvattavia letkuklemmareita. Nylonputken sisään laitettiin liitoskohtiin siihen tarkoitetut tukiholkit, jotka ehkäisevät putken painumista kasaan letkunkiristintä kiristettäessä.

Ruiskutuspumppun tulopuolen banjoliitin vaihdettiin myös 10 mm letkulle sopivaksi, alkuperäisen ollessa 8 mm letkulle sopiva. Käytettiin 10 / 12 mm letkusupistajaa, jolla saatiin yhdistettyä 12 mm ja 10 mm letkut. Pumpulta tulevaan paluulinjaan asennettiin 8 mm takaiskuventtiili ruiskutuspumppun läheisyyteen, jonka jälkeen se yhdistettiin 8 mm letkulla 8 / 12 mm letkusupistajaa käyttäen säiliölle menevään paluulinjaan.

#### 4.5.3 Sähköinen polttoaineen siirtopumppu ja polttoainesuodattimet

Sähköiseksi polttoaineen siirtopumpuksi valittiin internet-foorumien (mm. [www.cumminsforum.com](http://www.cumminsforum.com) ja [www.turbodiesel.fi](http://www.turbodiesel.fi)) kautta saatujen käyttökokemusten perusteella hyväksi todettu Carterin P4600HP. Kyseinen pumppu on ensisijaisesti kaasutinmoottoreille suunniteltu matalapainepumppu. Sen on kuitenkin todettu toimivan luotettavasti myös jakajapumpullisissa dieselmoottoreissa (Cummins 5.9 , VW 1.9 TDI). Valmistaja lupaa pumpulle 6-8 psi (n. 0,4-0,6 bar) siirtopaineen ja tuottoa 100 gallonia tunnissa (n. 380 litraa tunnissa). Näin ollen se sopii hyvin käytettäväksi elektronisesti ohjatun jakajapumpun kanssa.

Liian voimakas jakajapumpun esipaineistus saattaisi aiheuttaa ongelmia ennakonsäätimen toiminnassa, vaikka se on ongelma lähinnä mekaanisesti ohjatun jakajapumpun ollessa kyseessä. Carterin pumpun suhteellisen edullinen hankintahinta (n. 135 € Suomessa) myös vaikutti osaltaan pumpun valintaan. Kaikki sähköiset siirtopumput eivät kestä dieseliä, jonka vuoksi valinnan varaa pumpuissa oli huomattavasti vähemmän.

S70:n alkuperäinen moottoritilassa ollut polttoainesuodattimen jalka oli varustettu vain 8 mm ja 6 mm letkuliitännöillä. Lisäksi jalassa oli paluukiertoventtiili, jonka tarkoitus oli lämmittää suodatinta ja ehkäistä siten sen hyytyminen talvella. Paluukiertoventtiili on kuitenkin osoittautunut alttiiksi ilmavuodoille. Tämän vuoksi päätettiin vaihtaa suodatinjalka toisenlaiseen, jotta saataisiin letkuliitännät suuremmiksi ja välttyttäisiin ylimääräisiltä vuoto-kohteilta.

Ensin ajateltiin vaihtaa alkuperäisen suodatinjalan tilalle kahdella suodattimella varustettu yleismallinen Bosch-tyyppinen jalka, jota on käytetty mm. monissa kuorma-au-

toissa. Päädyttiin kuitenkin hankkimaan pääsuodattimeksi yhdellä 10 micronin suodattimella varustettu venekäyttöön tarkoitettu suodatinjalka. Valintaan vaikutti hyvin edullisen hankintahinnan lisäksi se, että tuttava kertoi kyseisen suodatinjalan hyvistä käyttökokeuksista.

Carter suosittelee siirtopumpun imupuolelle asennettavaksi hyvälaatuisen polttoainesuodattimen, joka vähentää pumpun vaurioitumisen riskiä. Tämän vuoksi päätettiin asentaa jonkinlainen karkeasuodatin polttoainesäiliön ja siirtopumpun väliin. Etsinnöistä huolimatta ei kuitenkaan tahtonut löytyä riittävän suurilla liitännöillä varustettua karkeasuodatinta. Lopulta päädyttiin hankkimaan alumiinirunkoinen pestävällä 60 micronin suodatinpanoksella varustettu yleismallinen polttoainesuodatin (GB Billet 158). Siihen sopivat letkuliittimet löydettiin paikallisesta hydraulikkaliikkeestä.

Polttoaineen siirtopumppu ja suodattimet sijoitettiin auton tavaratilassa olevaan varapyöräkoteloon (kuva 23). Siten ne ovat suojassa säältä ja helposti huollettavissa, eivätkä ole tiellä moottoritilassa. Lattaraudasta valmistettiin suodattimille ja pumpulle sopiva asennusrauta, joka kiinnitettiin pulteilla ja muttereilla auton koriin. Suodattimet ja siirtopumppu kiinnitettiin asennusrautaan, sekä tehtiin tarvittavat läpiviennit polttoaineletkuille varapyöräkoteloon.





Kuva 23. Polttoainesuodattimet ja siirtopumppu asennusrautaan kiinnitettynä.

Liitoksissa käytettiin samaa 12 mm polttoaineletkua sekä letkunkiristimiä kuin muuallakin polttoainelinjoissa. Aluksi ajateltiin käyttää siirtopumpun virransyöttöön polttoainesäiliössä olleen pumpun alkuperäistä virtajohtoa. Sen todettiin kuitenkin olevan alimitoitettu, joten pumpulle asennettiin uusi paksumpi virtajohto. Tarkoituksena oli käyttää auton alkuperäistä polttoainepumpun relettä siirtopumpun ohjauksessa. Hetken aikaa releen kytkentöjä tutkittuamme, tehtiin niihin muutoksia joilla saatiin siirtopumppu toimimaan halutulla tavalla. Pumppu kytkeytyy päälle, kun virta-avain käännetään ON -asentoon ja sammuu, kun virrat käännetään pois.

#### 4.6 Pakoputkisto

Auton pakoputkisto rakennettiin suorasta putkesta sekä yleismallisista pakoputkiston osista. Siinä hyödynnettiin S70:n alkuperäistä etuputkea eli niin sanottua down pipea, jossa oli vakioahtimeen sopiva laippa. Laippaan jätettiin lyhyt pätkä alkuperäistä n. 2,25” putkea. Sen jatkoksi hitsattiin 3” putkea, josta tehtiin down pipe loppuun. Sen päähän hitsattiin 3” yleismallisen joustoputken. Putkiston loppuosa oli myös halkaisijaltaan 3” muodostuen yleismallisista pakoputkikäyristä ja suorasta putkesta. Loppuun asennettiin vielä yksi läpivirtaava niin sanottu absorptiovaimennin, mikä oli jäänyt ylimääräiseksi edellisestä projektautosta. Putkiston kiinnityksessä hyödynnettiin osittain auton alkuperäisiä kiinnikkeitä, joita muokattiin sopiviksi.

#### 4.7 Imusarja, ahtopaineputkisto, välijäähdytin sekä ilmansuodatin

D5252T:n alkuperäisen imusarjan paineputki tuli moottorin takapäähän, joten se ei sellaisenaan soveltunut pitkittäisasennukseen. Lisäksi imusarja oli tilavuudeltaan varsin pieni, eikä siten ole optimaalinen. Audin imusarja olisi ollut tilavampi ja pitkittäisasennukseen sopiva, mutta vie syvyysuunnassa turhan paljon tilaa turboahtimen asennukselta. Niinpä päätettiin muokata hankittua D24-moottorin imusarjaa ja tehdä siitä sopiva.

Imusarjaa täytyi lyhentää yhden sylinterin verran, leikata alkuperäinen paineputki pois sekä tulpata sen paikka. Etupäähän tehtiin paikka uudelle 3” paineputkelle, sekä imusarjan päälle 2 pientä 6 mm letkunippaa ahtopainemittarin sekä MAP-anturin (Manifold Air

Pressure) letkuille. Lisäksi poistettiin imusarjasta siinä alun perin ollut EGR-venttiili (Exhaust Gas Recirculation). Tuttava suoritti imusarjan hitsaustyöt TIG-hitsauskoneella.

Ahtopaineputkisto ajateltiin tehdä 3" silikoniletkuista sekä 3" alumiiniputkista. Valmiit alumiiniputkikäyrät sekä silikonikäyrät olivat hyvin kalliita Suomessa. Siksi päädyttiin tilaamaan silikoniletkut Kiinasta, sekä ostamaan suoraa alumiiniputkea paikallisesta rautavaraliikkeestä. Mutkat tehtiin silikonikäyristä ja yhdistettiin ne sopivan mittaisiksi lyhennetyillä suorilla putkilla. Putkien päihin hitsattiin pienet hitsisaumat, jotta letkut pysyisivät paremmin paikoillaan eivätkä luiskahtaisi pois putkien päältä. Letkuliitoksissa käytettiin niin sanottuja T-pultti kiristimiä, jotka tilattiin myös Kiinasta. Niiden täytyisi pitää letkut luotettavammin kiinni, kuin perinteisien ruuvattavien letkunkiristimien.

Ahdetussa moottorissa moottorin imuilma lämpenee yleensä huomattavasti kulkiessaan ahtimen läpi. Kylmä ilma on tiheämpää kuin lämmin, sisältäen siten enemmän happea tilavuuteen suhteutettuna. Mitä enemmän happea moottoriin saadaan menemään, sitä enemmän se kykenee polttamaan polttoainetta ja tuottamaan voimaa. Tämän vuoksi moottorin suorituskyvyn kannalta on edullista, jos moottoriin menevän imu- / ahtoilman lämpötilaa saadaan laskettua.

Ilman lämpötilaa on mahdollista laskea tarkoituksenmukaisella jäähdyttimellä. Ahtoilmanjäähdytin, eli niin sanottu välijäähdytin (intercooler) oli jäänyt edellisestä Audi -projektista jäljelle. Kyseinen välijäähdytin on edullinen mutta toimivaksi todettu, niin sanottu kiinamalli. Se on varustettu 76 mm (3") paksulla 450 x 300 mm kennolla sekä 76 mm letkulähdöillä.

Ilmansuodattimena oli tarkoitus käyttää S70:n alkuperäistä ilmansuodatinkoteloä, mutta se ei kuitenkaan mahtunut järkevästi moottoritilaan. Täten hankittiin sen tilalle yleismallinen kartiosuodatin, joka asennettiin alkuperäiseen imuputkeen ja sen vaatima supistekappale valmistettiin alumiiniputkesta.

#### 4.8 Moottorin sähköjärjestelmän muutokset koeajoa varten

Moottoritilassa irrallaan ollut johtosarja sekä moottorinohjauksen vaatimat toimilaitteet tuli asentaa autoon vakituisille paikoilleen. Aluksi oli tarkoitus sijoittaa moottorinohjainyksikkö, sulakerasiat ja muut toimilaitteet moottoritilan puolelle. Tilanpuutteen vuoksi pää-

dyttiin kuitenkin siirtämään kaikki mahdollinen auton sisätiloihin. Samalla ne olivat paremmin suojassa kosteudelta ja lialta, minkä lisäksi moottoritilan yleisilme koheni ja huoltokohteet ovat nyt paremmin käsillä.

Moottorinohjainyksikkö asennettiin oikeanpuoleisen etujalkatilan sivulle, missä myös auton alkuperäinen ohjainyksikkö oli sijainnut. Sulakerasiat sekä ajoneston toimilaitteet löysivät paikkansa hansikaslokerosta. Muutostyö vaati virtalukon- ja kaasupolkimen johtojen katkaisemisen sekä kytkentöjen uudelleen tekemisen, sillä niiden johdot menivät aiemmin rintapellin läpiviennin kautta moottoritilaan. Tällöin kaikki alkoi olla moottoritilassa oikeilla paikoillaan (kuva 24).



Kuva 24. Moottoritilassa alkaa olla kaikki paikallaan.

#### 4.9 Koeajo

Huhtikuun alussa 2016 Volvo alkoi olla siinä kunnossa, että koitti pienen koeajolenkin aika (kuva 25). Moottori käytettiin ensin lämpimäksi ja huomattiin auton alkuperäisen

jäähdytysnesteen lämpömittarin toimivan sekä öljynpaineiden pysyvän lämpimänä mittarin mukaan noin 1,5 baarissa. Niinpä päätettiin lähteä liikkeelle. Peruutusvaihte kytkeytyi päälle ja kytkin tuntui irrottavan normaalisti.



Kuva 25. Koeajolle lähdössä.

Auto ajettiin ulos tallista ja suoritettiin n. 1 kilometrin mittainen koeajo. Moottori toimi hyvin, vaikkei vetoja ollutkaan erityisen paljon. Jarru- ja kytkinpolkimien katkaisimet eivät olleet vielä paikallaan, joka mahdollisesti aiheutti sen, että moottorinohjain rajoitti ahtopaineen nousua sekä polttoaineen ruiskutusmäärää. Ennakkoluulot kytkimen sintterilevyn hankalasta käyttäytymisestä taisivat olla turhia, sillä kytkimen käyttäminen tuntui koeajon perusteella helpolta. Koeajo suoritettiin rauhallisesti ja enintään n. 60 km / h nopeudella. Äänimaailma oli melko "traktorimainen", johtuen mm. yhdellä pienellä vaihtimella varustetusta 3" pakoputkistosta, sekä äänieristeiden puuttumisesta.

Vaihteensiirto toimi takavetoisille Volvoille tyypilliseen tapaan karkeasti ja vaihdekepin käyttö vaati hieman voiman käyttämistä. Muuten kaikki vaikutti olevan kunnossa, kunnes

yllättäen 3-vaihteelta 2:lle vaihtaessa kytkintä pohjaan painettaessa kuului ikävän kuuloisen ujellus. Sen seurauksena auto ajettiin varovasti takaisin talliin. Kytkin ylhäällä vaihteistosta ei kuulunut mitään ylimääräisiä ääniä, mutta kytkinpoljinta painettaessa sama ujellus toistui yhä uudelleen. Välillä ääni alkoi kuulua vasta vaihdetta päälle laitettaessa.

Vian epäiltiin johtuvan vaurioituneesta kytkinakselin laakeroinnista. Audin vauhtipyörästä poistettu silmälaakeri ei ollut tukemassa kytkinakselin päätä, jolloin akselin kuluneen laakeroinnin vuoksi akselin pää pääsi luultavasti liikkumaan liikaa sivusuunnassa. Kuulunut ääni syntyi mahdollisesti kytkinlevyn reunan ottaessa kiinni vauhtipyörässä olevaan syvennykseen. Kytkinakseli itsessään tai vaihteiston rattaat saattoivat myös aiheuttaa äänen, akselin päästessä liikkumaan epätoivotulla tavalla.

### **Koeajolla ilmenneiden vaihdelaatikko-ongelmien diagnoosi**

Viikkojen kuluttua koeajon jälkeen nostettiin tekniikka pois autosta, jotta selviäisi mistä ujeltava ääni johtui. Vaihdelaatikon ollessa irrallaan, kokeiltiin kytkinakselin sivuttaisvällystä käsin. Akselin päässä todettiin olevan vällystä, muttei mainittavasti enemmän kuin laatikkoa moottorin perään asennettaessa oli tuntunut. Kytkimen osissa ei myöskään näkynyt merkkejä siitä, että levyn reuna olisi päässyt ottamaan kiinni vauhtipyörän syvennyksessä olevaan reunaan kytkinakselin mahdollisesti jousaessa.

Tämän vuoksi on edelleen epäselvää, mistä epänormaali ääni koeajolla johtui. Todennäköisimpänä aiheuttajana pidettäkään edelleen vauhtipyörästä poistetun silmälaakerin puuttumista. Sen seurauksena kytkinakselin pää ei ole riittävän hyvin tuettu, mikä mahdollisesti johti akselin liialliseen taipumiseen ja äänen syntymiseen.

Korjauksena vauhtipyörään täytynee asentaa jonkinlainen silmälaakeri, joka tukisi kytkinakselin päätä. Epäselvää on se, onko autossa koeajolla ollut vaihdelaatikko vielä käytökelpoinen vai onko sen laakerointi vaurioitunut. Lienee kuitenkin viisasta vaihtaa sen tilalle ehjäksi tiedetty laatikko.

## 5 TEHONMITTAUKSEN JA KATSASTAMISEN VAATIMUKSET SEKÄ TARVITTAVAT MUUTOKSET

### 5.1 Auton vaatimat toimenpiteet ja muutokset

Autolla oli tarkoitus päästä huhtikuun 2016 aikana mittaamaan Turun ammattikorkeakoulun tehodynamometriin, jolloin olisi selvinnyt millaiset teho- ja vääntökäyrät moottorista irtoaisi vakioahdinta käyttäen. Sen jälkeen olisi ollut vuorossa sopivan pakosarjan valmistaminen Borg Warnerin suurehkolle muuttuvageometriselle ahtimelle, ahtimen vaihto, 3,5” down pipen tekeminen sekä tehomittaus dynamometrissä.

Valitettavasti vaihdelaatikko-ongelmien myötä tehomittaukset ja katsastus siirtyivät myöhemmäksi, eikä niitä saatu toteutettua opinnäytetyön puitteissa. Samalla suunnitelmat projektin suhteen muuttuivat. Näillä näkymin ensisijaisena tavoitteena on saada auto ajokuntoiseksi ehjällä M46- tai M47-vaihdelaatikolla ja saada muutoskatsastettua auto sen avulla vakioahtimelle. Ahtimen vaihtaminen ja auton muunlainen jatkojalostaminen sen jälkeen on mahdollista. Mahdolliset muutokset tulee muutoskatsastaa uudelleen.

### 5.2 Lain asettamat vaatimukset muutoskatsastukselle

Opinnäytetyöprojektin aloitushetkellä oli vielä epäselvää, tuleeko silloin huhuttu niin sanottujen vähäpäästöisten autojen muutoksia koskeva ajoneuvolain uudistus voimaan, vai ei. Aiemmin lain mukaan vähäpäästöisiksi luokiteltujen autojen (1.1.1992 jälkeen käyttöönotetut henkilöautot ja autot jotka on varustettu kolmitoimikatalyysaattorilla tai merkitty vähäpäästöisiksi) moottorin muuttaminen oli hyvin rajoitettua. Vähäpäästöisen auton moottorin muuttaminen esimerkiksi ahtamalla oli mahdollista lähinnä vaihtamalla autoon samaan mallisarjaan kuuluvasta autosta peräisin oleva ahdettu moottori, tai suorittamalla kalliit virallisen tutkimuslaitoksen (kuten Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy) päästömittaukset hyväksytysti.

Tämän vuoksi opinnäytetyöprojektin kohteeksi valittiin riittävän vanha, ei vähäpäästöinen auto. Tällaiselle autolle on riittänyt katsastustoimipisteellä suoritettava käytönaikainen päästömittaus. Pian projektin aloituksen jälkeen, 1.10.2015 astui voimaan autojen rakennemuutoksia koskeva ajoneuvolain määräys, Auton ja sen perävaunun rakenteen

muuttaminen (Trafi 2015). Se mahdollistaa muun muassa aiemmin vähäpäästöisiksi luokiteltujen, Euro 2 ja Euro II, sekä alempien päästöluokkien autojen vapaammat moottorinmuutokset. Siten esimerkiksi moottorin ahtaminen jälkikäteen on laillista, kun se muutokatsastetaan voimassa olevan ajoneuvolain edellyttämällä tavalla. Mikäli uuden määräyksen voimaantulo olisi ollut varmaa jo projektia aloitettaessa, olisi projektiaihioksi todennäköisesti valikoitunut uudempi ja koriltaan parempikuntoisempi yksilö.

Ennen määräyksen voimaantuloa aloitetut rakennemuutokset saadaan suorittaa päätökseen ja hyväksyä 31 päivään joulukuuta 2019 asti noudattaen ennen tämän määräyksen voimaantuloa voimassa ollutta auton rakenteen muuttamisesta annettua liikenneministeriön päätöstä (779/1998) (Trafi 2015). Tämän vuoksi tavoitteena on suorittaa kyseisen projektin muutokatsastus vanhojen säännösten mukaisesti, sillä se helpottaa hieman toteutusta.

Uuden määräyksen mukaan ahdetun moottorin tehonmittaustodistuksesta on käytävä ilmi mittalaitteella todettu ahtopaine. Sen vuoksi esimerkiksi Turun ammattikorkeakoulun tehodynamometrin tulos ei enää kelpaa tehonmittaustodistukseen, sillä siitä puuttuu ahtopaineen mittaushetken mahdollisuus. Vanhan määräyksen mukaan toimittaessa koulun tehodynamometrin tulos on kelvollinen, jolloin ei tarvitse teettää tehonmittausta muualla ja ylimääräisiltä kustannuksilta säästyään. Koska lain mukaan muutokatsastus täytyy suorittaa eri toimipisteessä kuin tehonmittaus, täytyy se tehdä jossain muualla kuin Turun ammattikorkeakoululla.

Projektiauton ollessa alun perin vertailumoottorilla varustettu, ei auton alustaan ja jarruihin edellytetä muutoksia. Käyttövoiman, moottorin ja vaihteiston muutoksille ei ole juuriakaan erityisiä vaatimuksia, kunhan tehonmittaustodistus täytetään asianmukaisesti ja mitattu moottorin teho jää alle sallitun rajan. Tässä tapauksessa tehoraja on vertailumoottorin (B230ET) teho 134 kW + 20 %, eli 160,8 kW mikä vastaa noin 218,6 hv.

Tehonmittaustodistuksella tarkoitetaan pätevän yrityksen tai yhteisön laatimaa ajoneuvon valmistenumeroilla yksilöityä lausuntoa moottorin tehon mittaustuloksista, johon on yksilöity moottoriin vaihdetut komponentit, tehdyt muutokset sekä suurin ahtopaine (Trafi 2015). Lisäksi määräyksen mukaan muutettujen moottorin kiinnityksien lujuudesta on annettava selvitys.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön aikana tuli eteen muutamia vastoinkäymisiä, jotka osaltaan johtivat siihen, ettei kaikkiin asetettuihin tavoitteisiin päästy varsinaisen opinnäytetyön puitteissa. Projekti on kuitenkin ollut hyvin opettava ja erityisesti hitsaamista tuli harjoiteltua työn eri vaiheissa paljon. Myös moottorinohjauksen sähköjen selvittely oli antoisaa.

Takapakkeja tuntui tulevan aina toisensa jälkeen, minkä lisäksi työn etenemistä hankaloittivat tallipaikan sijainti (noin 40 km kotoa), sekä oletettua suuremmiksi nousseet kustannukset. Yhdessä nämä ja moni muu asia saivat monesti ajattelemaan, että tekisi mieli hylätä koko projekti.

Näin jälkikäteen ajateltuna monen asian olisi voinut tehdä viisaammin. Korin osalta paremmassa kunnossa ollut aihio olisi helpottanut ja nopeuttanut työtä huomattavasti. Kunnollinen budjettisuunnittelu olisi myös säästänyt monelta murheelta ja silloisessa taloustilanteessa koko projekti olisi varmasti kannattanut jättää aloittamatta. Kaikenlaisiin pieniin tarvikkeisiin ja työkaluihin täytyi laittaa miltei päivittäin rahaa, jotta projekti saatiin etenemään. Tallilla kulkiessa polttoaineisiin meni myös huomattavasti enemmän rahaa kuin oli osattu ajatella.

Tähän mennessä projektissa hienointa on ollut varmaankin moottorin ensimmäinen koeikäyttö Volvo 740:n korissa, sekä koeajo, vaikka se oli lyhyt ja päättyi vaihdelaatikko-ongelmiin. Opinnäytetyön päätavoite saavutettiin, eli auto saatiin muutettua valitulle dieselmoottorille sopivaksi. Seuraavaksi tavoitteena on löytää aikaa, rahaa ja intoa saattaa projekti loppuun. Edessä on muun muassa vaihdelaatikon vaihtaminen, tehonmittaukset sekä auton muutoskatsastaminen. Monta mielenkiintoista vaihetta on siis vielä edessä ja harvemminhan tällaiset projektit koskaan tulevat lopullisesti valmiiksi, vaan aina tekee mieli muuttaa tai parantaa jotain.



## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyöprojektin tavoitteena oli suorittaa projektiautona olleen vuoden 1986 Volvo 740:nen käyttövoiman muutos bensiinistä dieseliin, sekä muuttaa alun perin automaattivaihteistolla varustettu auto manuaalivaihteiseksi. Lisäksi auto oli tarkoitus kunnostaa katsastuskelpoiseksi, selvittää lain asettamia vaatimuksia, sekä suorittaa muutokatsastus uudelle tekniikalle. Samalla oli tavoitteena parantaa auton taloudellisuutta ja suorituskykyä alkuperäiseen verrattuna erilaisilla muutoksilla. Opinnäytetyöhön oli tarkoitus laatia autosta ajotilapiirroksiset ennen ja jälkeen muutoksien.

Pääasiallinen tavoite, eli auton käyttövoiman muutos sekä ajokuntoon saattaminen saatiin toteutettua. Kaikkiin projektille asetettuihin tavoitteisiin ei kuitenkaan päästy opinnäytetyön puitteissa, erinäisistä vastoinkäymisistä ja rajallisesta aikataulusta johtuen. Projekti jatkuu vielä varsinaisen opinnäytetyön ulkopuolella.

Vaihdelaatikon rikkoonnuttua auton muutokatsastus sekä tehonmittaukset siirtyivät myöhempään ajankohtaan. Suunnitelmassa on auton muutokatsastamisen jälkeen kasvattaa moottorin tehoa lisäämällä moottoriin syötettävää polttoaineen ja ilman määrää. Tämän jälkeen suoritetaan uusi muutokatsastus.

## LÄHTEET

Cardiagn 2016. Volvo Models S70, V70, C70 Coupe Wiring Diagrams. Viitattu 5.5.2016. <<http://www.cardiagn.com/1998-volvo-models-s70-v70-c70-coupe-wiring-diagrams-pdf/>>.

Cumminsforum 2008. Strange fuel related problem. Viitattu 20.2.2016. <<http://www.cumminsforum.com/forum/98-5-02-powertrain/47035-strange-fuel-related-problem.html>>

Ffp 2014. Viitattu 4.5.2016. <<http://www.ffp.fi/bb/viewtopic.php?t=181240>>

Nuceng 2015. Volvo Transmission Page. Viitattu 23.1.2017. <<http://www.nuceng.ca/bill/volvo/database/tranny.htm#M47>>

Bosch 1989. Bosch Teknistä tietoutta, Dieselmootoreiden polttonesteenruiskutus. Robert Bosch GmbH.

STRO 2005. Rengasnormit 2005. Scandinavian Tire and Rim Organization.

Trafi 2015. Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen (TRAFI/8777/03.04.03.00/2013). Viitattu 26.10.2016. <[http://www.trafi.fi/file-bank/a/1443432413/c8c4bad0b4c0a0ec623af6b6562cf133/18589-8777-2013\\_maarays.pdf](http://www.trafi.fi/file-bank/a/1443432413/c8c4bad0b4c0a0ec623af6b6562cf133/18589-8777-2013_maarays.pdf)>

Turbodiesel 2014. Ulkoiset siirtopumput. Viitattu 20.2.2016. <<http://www.turbodiesel.fi/forum/viewtopic.php?f=8&t=52>>

Volvopedia 2013. D5252T. Viitattu 26.10.2016. <<http://www.volvopedia.de/index.php?title=D5252T>>

Vrcf 2013. Volvo 740 GL D5252T + HX35 & Volvo 850 TDI -96 25.5.2015. Viitattu 26.10.2016. <<http://www.vrcf.fi/foorumi/index.php?topic=522.540>>