

Petri Kuorikoski

# Saab 900S Turbon muunnos RE85-polttoaineelle sopivaksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Opinnäytetyö

26.5.2016

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Polttoainejärjestelmä ja ECU	4
2.1	Suuttimet	4
2.2	Kylmäkäynnistyksen parantaminen	5
2.3	ECU	6
3	Sytytysjärjestelmä	8
3.1	Sytytyspuola	9
3.2	Sytytystulpat	10
4	Voimansiirtolaitteet	11
4.1	Vaihteiston ensiövälytys	11
4.2	Pyörän vetovoima	15
5	Ahdettu ottomoottori	18
5.1	Tehdyt muutokset	19
5.2	Puristussuhteen muutos	20
6	Tehomittaukset	22
6.1	Kulutuslukemat	22
6.2	Tehomittausten tulokset	23
7	Loppupäätelmät	26
	Lähteet	28

Tekijä Otsikko	Petri Kuorikoski Saab 900S Turbon muunnos RE85-polttoaineelle sopivaksi
Sivumäärä Aika	29 sivua 26.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli muuttaa vuosimallin 1990 Saab 900 S ahdettu matalapaineottomoottori toimimaan RE85-polttoaineella. Ottomoottorin puristussuhdetta muutettiin RE85-polttoaineelle sopivaksi. Vaihdelaatikon ensiövälytystä muutettiin, jotta saatiin ottomoottorin kierrosluku alemmaksi. Näin saatiin polttoaineen kulutus matalammaksi. Suuttimet oli vaihdettava paremmin virtaavammaksi, jolloin ilmaseossuhde on sopivampi RE85-polttoaineelle. Sytytyspuola vaihdettiin paremman kipinän aikaansaamiseksi. Autoon uusittiin sylinterinkansi, männät, kampiakselin liukulaakerit, kannen pultit, tulpan johdot, virranjakajankansi ja -pyörijä sekä kaikki ottomoottorin tiivisteet. Ruiskutuksenohjaus elektroniikkaan oli tehtävä muutoksia, jotta auto saatiin toimimaan RE85-polttoaineella.</p> <p>Syitä kokeilla RE85-kerkeaseospolttoainetta vanhaan autoon on monia. RE85-polttoaine tuottaa 80 % vähemmän CO<sub>2</sub>-päästöjä ja on siten ympäristöystävällisempi vaihtoehto. Korkealla kuormituksella ajettaessa RE85:lla saavutetaan korkeampi hyötysuhde kuin bensiinillä ajettaessa. RE85-polttoaine höyrystyy huonosti talvella ja kylmäkäynnistykseen vaaditaan enemmän polttoainetta.</p> <p>Auton tehomittaukset tehtiin dynamometrissä. Autoon saatiin alkuperäisiin ottomoottorin tehoihin nähden lisää noin 88 hv ja vääntömomentti kasvoi 147 Nm. Nyt hevosvoimia oli noin 233 ja vääntömomentti oli 347 Nm.</p>	
Avainsanat	RE85, Saab 900, vaihtoehtoiset polttoaineet

Author Title	Petri Kuorikoski Saab 900S Turbo Modification to Operate with RE85-fuel
Number of Pages Date	29 pages 25 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialization option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to modify a Saab 900 S model 1990 turbo-charged low-pressure petrol engine to operate RE85-fuel. The compression ratio was changed to fit RE85-fuel. The primary gear of the gear-box was modified to get RPMs of the engine lower. Thus, lower fuel consumption was obtained. The injectors had to be changed for better flow so that the air mixture ratio was more suitable for the RE85-fuel. The ignition coil was exchanged for a better spark. The cylinder head, the pistons, the crankshaft bushings, the head bolts, the plug wires, the cover and the rotator of the distributor were replaced in the car as well as all the gaskets of the petrol engine. Changes had to be made in injection control electronics so that the car could work with RE85-fuel.</p> <p>There are many reasons to try to use RE85-high-concentration fuel in an old car. RE85-fuel produces 80 % less CO<sub>2</sub> emissions, and is therefore a more environmentally friendly alternative. Better fuel efficiency can be achieved by driving with RE85-fuel with a heavy load the when operating on petrol. RE85-fuel does not evaporate well during winter and cold-startup requires more fuel.</p> <p>The engine tests were measured on a dynamometer. As a result, it was discovered that the RE85-fuel gave more horsepower and more torque compared to the 98E5-fuel. The test results indicated that in the original the power rate 88 hp and now it was 233 hp. Torque was 147 Nm earlier and now it was 347 Nm.</p>	
Keywords	RE85, Saab 900, alternative fuels

## 1. Johdanto

Työn tavoitteena oli toteuttaa vuosimallin 1990 Saab 900 S ahdetun matalapaineotto-moottorin muunnos RE85-polttoaineelle sopivaksi. Idean projektille sain lukemalla Saab harrastelijoiden keskustelupalstaa [9]. Saab 900 S on alun perin suunniteltu toimimaan pelkästään bensiinillä, mutta tietyt toimenpiteet tekemällä auto on mahdollista saada toimimaan täysin ongelmitta etanolipohjaisella RE85-polttoaineella. Kuvassa 1 näkyy auto, johon muunnos toteutettiin.

St1 on valmistanut biopolttoainetta suomalaisesta elintarviketeollisuuden biojätteestä. Ensimmäiset RE85-asetat tulivat Suomeen vuonna 2009 St1-yhtiön kolmelle jakelu-asetalle Helsingissä. Siitä lähtien polttoaineen kysyntä on kasvanut nopeasti ja tällä hetkellä asemia on jo reilu sata eri puolella Suomea [6].



Kuva 1. Tutkimuskohde

Syitä kokeilla RE85-korkeaseospolttoainetta vanhaan autoon on monia. Suomalaisesta biojätteestä valmistettu RE85-polttoaine vähentää autoilun CO<sub>2</sub>-päästöjä jopa 80 %. Oktaaniluku on 104–106 RON. Näin ollen ahdetuista ottomoottoreista saadaan enemmän vääntöä ja myös tehokemat paranevat. Polttoaineella on erittäin hyvä puristuskestävyys, joten ahdetulla ottomoottorillakaan ei tarvitse pelätä itsesyttymistä ja liekki-rintaman etenemisestä sylinterin seinämällä. Tämä tunnetaan autoteknisessä kielessä

paremmin nakutuksena. Hallitsemattoman palamisen aiheuttavia syitä on yleensä karsitoittuminen, ahtaminen tai huonosti puristusta kestävä polttoaine. Nakutuksen tunnistamisen käyttö ei ole välttämätöntä, kun siirrytään RE85-polttoaineen käyttöön normaaliolosuhteissa. Ongelmana on kuitenkin se, että sylinterin paine kasvaa RE85-polttoainetta käytettäessä, jos tulpan kärjen lämpötila pääsee nousemaan yli 700 °C asteen. Silloin on vaarana, että syntyy nakutusta eli sytytystulppien vaihto tulee tehdä noin 10000–15000 kilometrin välein, kun käytössä on normaalit kuparitulpat [1; 4; 6].

RE85-polttoaineen etuja ovat myös nopeampi palanemisnopeus ja sen ansiosta höyrystymisen jäähdyttävä ominaisuus. Korkealla kuormituksessa ajettaessa RE85:lla saavutetaan korkeampi hyötysuhde kuin bensiinillä ajettaessa. Pienellä kuormituksella ero jää minimaaliseksi. Etuna on korkeaseospolttoaineen edullisuus. Sen hinta on vain noin  $\frac{3}{4}$  osaa bensiinin hinnasta eli noin 0,90 € (RE85) vastaan 1,30 € (E10) vuonna 2016. Myös pakokaasun lämpötila laskee 50–100 astetta bensiiniin verrattuna [2].

Etanolipitoisuus vaihtelee kesällä 75–85 tilavuusprosenttia (vol-%). Tyypillinen arvo on 83 vol-%. Talvella etanolipitoisuus on 70–85 vol-% ja tyypillinen arvo on 82 vol-%. Lisäksi talvella etanoliin lisätään butaania, minkä ansiosta saadaan paremmat kylmäkäynnistysominaisuudet. Bensiinin osuus saattaa silloin olla jopa 20 vol-% kesäisen 15 vol-% sijaan. Paras vääntö RE85-polttoaineella saavutetaan kun etanolin sisältö on yli 75 vol-% (myös talvi käytössä). Teoreettisesti laskettuna etanolia kuluu noin 39 % enemmän stabiileissa olosuhteissa. Käytännössä kulutus on kuitenkin noin 30 % suurempi verrattuna bensiiniin, koska polttoaineessa on huomattavasti huonompi energiatiheys: RON95 42 MJ/kg vastaan RE85 29 MJ/kg. Bensiinin ja RE85:n tiheydessä ei ole sen sijaan suurta eroa: RON95 750 kg/m<sup>3</sup> vastaan RE85 780 kg/m<sup>3</sup> [2; 4, s. 26].

RE85-polttoaine höyrystyy huonosti talvella ja kylmäkäynnistykseen vaaditaan enemmän polttoainetta. Lyhyttä ajoa tulee välttää, koska etanolia pääsee ohipuhalluksen takia sylinterinseinämien kautta ottomoottorin öljypohjaan. Sen seurauksena moottoriöljy laimenee ja liian alhaisessa lämpötilassa etanolia jää öljyn sekaan, jolloin voiteluominaisuudet eivät ole riittävällä tasolla ja ottomoottori kuluu. Tästä syystä etanolin käyttö ei ole niin kannattavaa talvikaudella verrattuna bensiiniin. Talviajossa kannattaa muistaa ottomoottorin esilämmitys, koska kylmäkäynnistyksessä palamaton etanoli päätyy öljypohjaan ja alkaa haihtua vasta, kun moottorin lämpötila nousee 70 °C asteeseen ja aiheuttaa ajettavuusongelmia. Jo noin kymmenen kylmäkäynnistystä voi aiheuttaa ottomoottorin ennenaikaista kulumista. Jos käyttää RE85-polttoainetta on syytä käyttää ottomoottori normaalikäyntilämpötilaan ennen ottomoottorin sammutta-

mista. Näin voi välttää, ettei etanolia jää öljyn sekaan. Talvikäytössä ottomoottorin lämpeneminen tapahtuu nopeammin etanolilla kuin bensiinillä, koska etanolin palamisnopeus on suurempi [4].

Seuraavissa kappaleissa käsitellään polttoainejärjestelmä, sytytysjärjestelmä ja voimansiirtolaitteet sekä puristussuhteen muutos. Saabin muunnos RE85-polttoaineelle selostetaan yksityiskohtaisesti ja tehoja verrataan Saabin alkuperäisiin tehokäyriin. Viimeisessä kappaleessa on loppupäätelmät. Tekstin lisänä on kuvia ja taulukoita projektin vaiheista.

## 2. Polttoainejärjestelmä ja ECU

Saabin polttoainejärjestelmä on tunnetusti tehty kestäväksi korkeaseosetanolia jo 1980-luvulta lähtien. Päätelemä on tehty Tekniikan Maailman artikkelista, jossa mainitaan metanolinkestävistä polttoainelinjoista [13, s. 44]. Tämän perusteella polttoainelinjojen, polttoainepumpun ja tankin uusimiseen ei ollut tarvetta tässä projektissa. Polttoainepumpun tuotto kuitenkin mitattiin ja todettiin sen kapasiteetin olevan raja-arvojen sisällä. Korkeaseosetanoliin siirtyminen sen sijaan vaatii käytännössä aina polttoainesuodattimen uusimisen. RE85-polttoaineen virtausvaatimukset ovat 30–35 %:a korkeammat johtuen etanolin matalammasta energiasisällöstä [4, s. 14]. Vanha suodatin yleensä virtaa huonosti ja tukkeutuu jo 50 000 kilometrin ajon jälkeen. Uudella suodattimella saadaan polttoaineen läpivirtaus paremmaksi ja samalla polttoainepumpun tekemä työ helpottuu.

Metalleista ruostumaton teräs kestää parhaiten polttoainejärjestelmän osissa, kun käytössä on biopohjainen RE85-polttoaine. Muovilaadusta PVC on paras, koska se kestää tässä käyttötarkoituksessa parhaiten [4, s. 27].

Öljynvaihto on suositeltavaa tehdä noin 10000 km välein tai vuoden välein ja käytettäväksi suositellaan API-SN standardin 5W-40 täyssynteettistä öljyä. API-SM standardin mukainen öljy soveltuu huonommin RE85-polttoaineelle. API-luokitus on tehty moottoriöljyille kuvaamaan öljyjen laatutasoa ja käyttöolosuhdeluokkaa. API-SM standardi on vuonna 2005 julkaistu luokka bensiinimoottoreille, jota voidaan käyttää myös vanhemmissa autoissa. API-SN standardi on vuonna 2010 julkaistu luokka bensiinimoottoreille, joka on paranneltu versio API-SM standardista [2; 8].

RE85:n käyttö vaikuttaa moottoriöljyn viskositeettiin. Tämä aiheuttaa öljyn ennen aikaista kemiallista vanhenemista. Myös suuremmalla sylinteriryhmässä vallitsevalla lämpötilalla on suuri merkitys öljyn vanhenemiseen ja etenkin kun käytetään suuria ajonopeuksia ja ajetaan paljon kaupunkiajoa. Täten öljyn vaihtovälit kasvavat noin puolet tiheämmiksi, koska moottoriöljy on jäykempää [4, s. 27].

### 2.1 Suuttimet

Tutkimuksessa käytetty auto on Saab 900 S Combi Coupe 2.0 16V vuosimallia 1990. Tämä kyseinen yksilö oli alun perin varustettu katalysaattorilla ja ilman ahtoilman jäähtymistä. Saabin ehdettu ottomoottori on suunniteltu bensiinillä toimivaksi. Jotta auton



saa toimimaan RE85-polttoaineella, niin pitää tehdä muutoksia polttoaineen suihkutusmäärän lisäämiseksi. Suuttimet on vaihdettava paremmin virtaavammaksi.

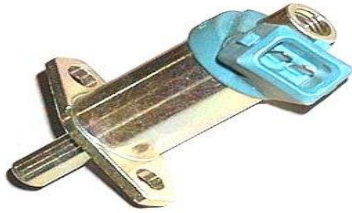
Ruiskutusventtiili on kokonaisuus, jonka pääosat ovat suutin, suutinpidin ja painejousi. Suuttimen tärkein ominaisuus on suutinreikien suuntaus palotilaan, suihkun tunkeutumiskyky palamisilmaan ja kyky hajottaa polttoneste hienojakoiseksi sumuksi. Tasainen, hienojakoinen polttoneste-ilma-seos palotilassa on edellytys seoksen syttymiselle ja oikein palamiselle. Siten myös haitallisia päästöjä syntyy vähemmän ja ottomoottorin polttonesteen kulutus pysyy pienenä [1; 3].

Alkuperäiset vihreät matalaohmiset suuttimet 260 cc/min vaihdettiin ja etuvastuksen tilalle laitettiin hyppylanka. Vanhojen suuttimien tilalle tuli 9000 Aeron korkeaohmiset Bosch -431 loppuiset 350 cc/min suuttimet. Suutintukissa vallitseva polttonesteen paine on 2,8 baaria, jota säätää polttonesteen paineen regulaattori. Kun siihen lisätään ahtopaine 0,9 baaria, niin järjestelmään muodostuu maksimissaan 3,7 baarin paine. – 0,6 baarin alipaineella saadaan päinvastoin järjestelmän paineeksi 2,2 baaria. Näin saadaan polttoaineen ruiskutusmäärä vastaamaan korkeaseosetanolin ilmaseossuhteen (A/R) 9,85:1 vaatimaa määrää osakaasulla ja tuottoa täyskaasulla tarvitaan noin 30–35 prosenttia. Toisaalta seoksen laihalle menosta ei ole juuri haittaakaan, koska seos ei enää syty ja taas liian korkea seos kuivattaa sylinterin seinämiltä öljykalvon pois ja saa aikaan ei toivottua ennenaikaista ottomoottorin kulumista [4; 5; 10].

## 2.2 Kylmäkäynnistyksen parantaminen

Auton kylmäkäynnistämiseen tarvitaan jopa 2 dl biopolttoainetta, kun lämpötila on alhaisempi kuin -10 °C. [4, s. 13] Saabin kylmäkäynnistys aiheutti aluksi ongelmia, mutta parantui lisäämällä Saabin mekaaninen ruiskulaitteiston kylmäkäynnistyssuutin (LH/K-Jetronic-tyyppinen). Kylmäkäynnistyssuuttimen avulla auto saadaan kylmällä ilmalla paremmin käyntiin. Sitä voi käyttää myös kesäkeleillä, jos normaali suuttimien kylmäkäyntirikastus ei ole riittävä [4; 10]. Tämän jälkeen kylmäkäynnistys toimi hyvin, eikä yli 20 asteen pakkasetkaan ole häirinneet käynnistymistä.

Kyseessä on siis 100 cc/min tuottava yksittäinen suutin, joka on kuvassa 2. Asennuskin sujui lähes ongelmitta, sillä paikka löytyy suoraan kaasuläppäkotelosta. Peitelevy otetaan pois ja suutin asennetaan paikalleen. Lisäksi tarvittiin suutintukista haaroitus polttoaineen saamiseksi suuttimelle [4; 10].

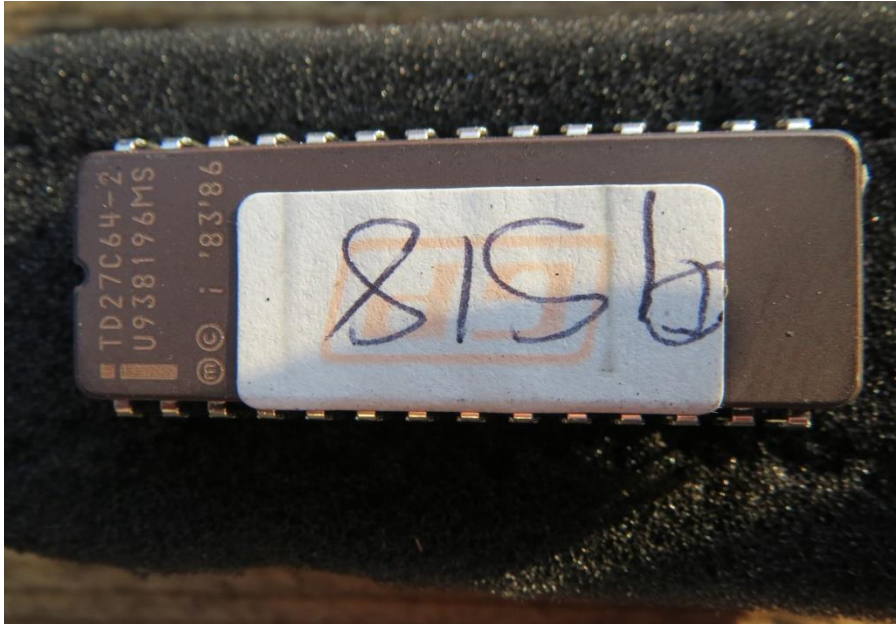


Kuva 2. Kylmäkäynnistysuutin [11]

Ohjaus tapahtuu starttimootorin herätevirtasta ja sarjaan kytketyn painonapin kytkimen avulla suutin saadaan starttauksen yhteydessä aktiivitilaan. Jos painonapin olisi jättänyt pois, niin se olisi kastellut tulpat kuumalla ottomoottorilla aina starttauksen yhteydessä. Syynä on, että suuttimelle tulee jatkuva starttausjännite ja tämä estetään painonapin avulla. Tällä tavalla 2-3 sekuntia nappia painamalla käynnistyksen yhteydessä saadaan sopivasti polttoainetta kylmäkäynnistyksen onnistumiseksi ja normaali lämpöisenä käynnistys tapahtuu ilman rikastussuuttimen käyttöä [4].

### 2.3 ECU

Ruiskutuksenohjauselektroniikkaan eli ECU:un (Engine Control Unit), moottoriohjainyksikkö) on tehtävä muutoksia, jotta auto saadaan toimimaan etanolilla. Lucas CU14.0 Eculle oli ohjelmoitava EEPROM 27C64 piirille uusi ohjelma (kuva 3). Alkuperäinen ohjelma olisi soveltunut vain alle 0,7 baarin ahtopaineille ilmassa rajoituksen takia eli fuel cut. Siten bensiinikäytössä hyväksi todettu viritusohjelma oli tähän projektiin aivan riittävä. Tarkoituksena oli vain rikastaa seosta riittävästi ahtopaineille mentäessä, jotta saadaan tarpeeksi rikas seos ahdetulle ottomoottorille noin 0,9 baarin ahtopaineille. Ahtoilmaa jäähdyttämään lisättiin alkuperäinen Saab 900 turbosarjaan suunniteltu intercooler eli niin sanottu ”postimerkki-malli”. Lisäksi imusarjan jäähdytysnesteen lämpötila-anturi jouduttiin uusimaan, koska resistanssiarvot olivat sallittujen raja-arvojen ulkopuolella [4; 9].



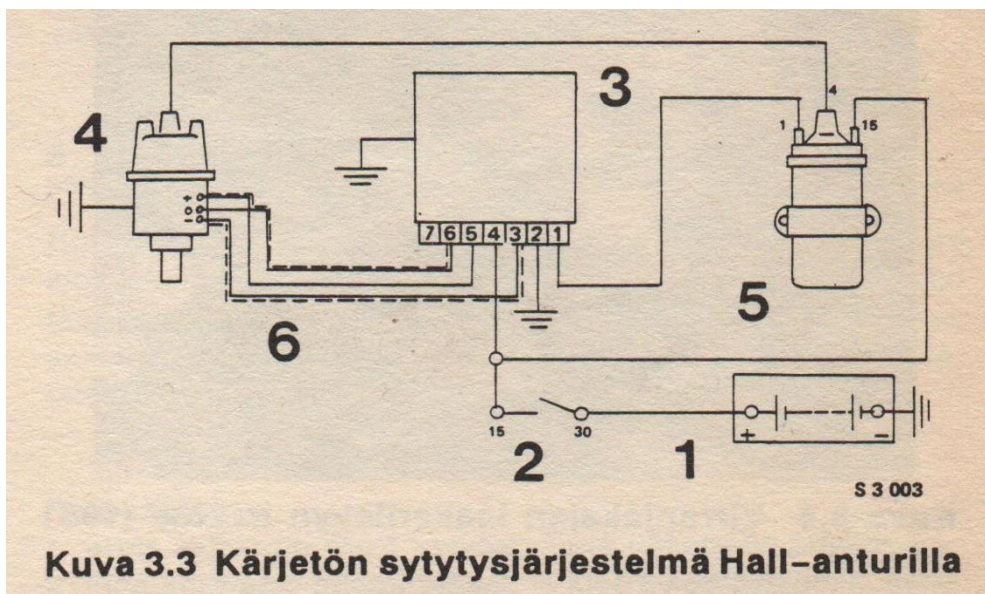
Kuva 3. EEPROM 27C64 piiri

Katalysaattorilla varustetussa mallissa tärkeä laitteiston osa on pakosarjan vieressä sijaitseva lambda-anturi, joka lähettää ohjausyksikölle tiedon pakokaasun happipitoisuudesta. Toimiakseen oikein anturi vaatii korkean lämpötilan ja oikein toimiessaan se parantaa myös moottorin hyötysuhdetta. Kapeakaistaiset lambda-anturit perustuvat joko zirkoniumdioksidiin ( $ZrO_2$ ) tai titaanidioksidin ( $TiO_2$ ) sähköisiin puolijohteisiin. Lambdan signaalijännite vaihtelee 0-1 voltin välillä. Sisäinen resistanssi on pienempi kuin 10 ohmia [1; 10]. Lambda-anturi uusittiin Titania-merkkiseksi, koska perinteinen Boschin alkuperäinen lambda-anturi ei toiminut oikein Lucaksen ruiskutuksen ohjauslaitteella. Signaalimuodot ovat erilaiset ja se on nopeampi reagoimaan lämmön muutokseen [16].

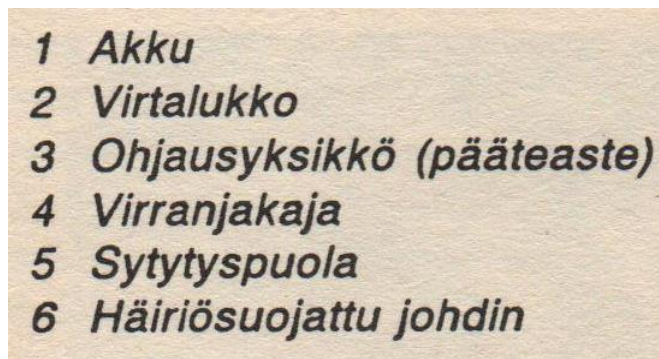
### 3. Sytytysjärjestelmä

Ottomoottorin sylinterissä palamisen käynnistää sytytystulpan karkivälissä tapahtuva sähköpurkaus eli kipinä. Moottori käynnistyy moitteettomasti ja kaasuseos palaa tehokkaasti vain, jos kipinä on riittävän tehokas ja syttyy täsmälleen oikealla hetkellä. Kunnollisella kipinällä on merkitystä hyvän palamisen hyötysuhteen ja pienten pakokaasupäästöjen aikaansaamisessa. Seos palaa täydellisesti keskimäärin noin kahden millisekunnin kuluessa, kun polttoneste-ilmaseoksen koostumus on paras mahdollinen. Sytytyshetken täytyy olla moottorin käyntitilanteen mukaan oikea, jotta palamisen aiheuttama painehuippu saadaan osumaan moottorin käynnin kannalta parhaaseen kohtaan (noin 10–15° JYKK). Sytytyshetki määritellään yleensä kampiakselin kammien asemana yläkuolo kohtaan (YKK) nähden. Yleensä virranjakaja asennetaan moottoriin, niin että sytytyshetki on oikea moottoria käynnistettäessä ja joutokäynnillä. Paras sytytyshetki riippuu monista tekijöistä, kuten moottorin käyntinopeudesta ja kuormitusasteesta, moottorin rakenteesta, polttonesteestä ja käyttöolosuhteista [1, s. 129, 135].

Saabissa on käytössä kärjetön Hall-anturilla varustettu sytytysjärjestelmä. Ensiövirran katkominen hoituu Hall-anturin ja elektronisen ohjausyksikön (pääteasteen) avulla. Sytytyshetki säätyy automaattisesti käyntinopeuden ja kuormitustilan mukaan virranjakajassa olevilla keskipako- ja alipainesäätimillä. Kevyellä kuormituksella ottomoottori saa hitaammin syttyvän ja palavan seoksen, joten tämän vuoksi sytytysennakkoa on lisättävä [3, s. 61].



**Kuva 3.3 Kärjetön sytytysjärjestelmä Hall-anturilla**



Kuva 4. Sytytysjärjestelmä [3, s. 61 ].

Yllä oleva kuva 4 on otettu Saab 900 1979–1993 korjausoppaasta. Kuvassa on selitetty kärjetön sytytysjärjestelmä Hall-anturilla, joka on käytössä tutkimuksen kohteessa olevassa autossa. Vapaasti hengittävässä moottoreissa oli vuosimalliin 1983 asti käytössä tavallinen katkojan kärjillä varustettu sytytysjärjestelmä. Perinteiset katkojan kärjet sallivat vain 3-5 A:n ensiövirran, kun nykyaikaiset elektroniset sytytysjärjestelmät sallivat lähes kaikenlaiset ensiövirrat. Kärjettömällä induktioanturilla varustettu järjestelmä on ollut käytössä Saabin turbomoottoreissa vuosimalliin 1981 asti. Vuosimallista 1982 alkaen turbomoottoreissa on ollut käytössä kärjetön Hall-anturilla varustettu järjestelmä [3, s. 61 ].

### 3.1 Sytytyspuola

Sytytyspuolan tehtävänä on tuottaa sytytystulpalle sytytysimpulssi, jonka jännite ja energiasisältö ovat riittävät [1, s. 139]. Etanolin huonojen höyrystymisominaisuuksien johdosta ja paremman kipinän aikaansaamiseksi, sytytyspuolaksi jouduttiin vaihtamaan öljytäytteinen 45 kV korkeajännitepuola MSD 8202 Blaster 2 (kuva 5). Sen ohjaamisesta vastaa Saabin originaali Bosch-pääteaste. Tärkeää oli löytää sopiva paikka puolalle ja tehdä asianmukainen teline puolalle, koska alkuperäinen puola oli vaakatasossa ja tämä MDS puola toimii ainoastaan pystyasennossa, koska puolassa on öljyjäähdytys. Lisäksi sytytysennakkoa jouduttiin aikaistamaan säätämällä tyhjäkäyntiennakko 16 asteesta noin 24 asteeseen (EYKK) alipainesäätö poiskytkettynä [9].



Kuva 5. Sytytyspuola [12]

### 3.2 Sytytystulpat

Sytytystulppien on kestävä suuria paineita, jännitteitä sekä vaihtelevia lämpötiloja, mutta myös kemiallista ja sähkökemiallista rasitusta. Tulpan toinen pää ulottuu kuumaan äärimmillään jopa 3 000 °C lämpötilaan, jonka paine nousee 50–60 baariin. Tulpan toinen pää on ulkopuolella, jossa olosuhteet vaihtelevat sään ja moottorin lämpötilan mukaan. Tulpan eristeen täytyy kestää enimmillään yli 30 000 V:n jännite. Lisäksi tulpan on tuotettava tehokas sytytyskipinä jopa 200–250 kertaa sekunnissa [1, s. 140].

Sytytystulpan kärkiosan lämpenemiseen ja jäädyttämiseen voidaan vaikuttaa materiaallivalinnalla ja eristinjalan pituudella. Sytytystulppaan sitoutuu moottorin toimiessa runsaasti lämpöä, joka on johdettava siitä pois, jotta tulppa pysyy toimintakunnossa. Jotta korkeaoktaanipitoisesta RE85:sta olisi jotain hyötyä myös kasvavan tehon ja vääntömomentin muodossa, niin tulpiksi valittiin Saabin suosittelema NGK BCP7ES kuparitulpat, joilla kipinä saatiin riittäväksi tähän tarkoitukseen [5; 9].

#### 4. Voimansiirtolaitteet

Voimansiirtoon kuuluvat kytkin, vaihteistot, nivelakselistot, veto- ja tasauspyörästöt ja vetävät akselit. Kytkimen tehtävänä on kytkeä ja irrottaa moottorin yhteys vetäviin pyöriin. Moottorista saatava vääntömomentti siirtyy vauhtipyörästä ja painelevystä kytkinlevyyn. Saab 900 S kytkimenä on kuiva, yksilevyinen, hydraulisesti käytettävä kalvo-jousikytkin. Kytkimen osat voidaan vaihtaa irrottamatta ottomoottoria tai vaihteistoa, koska vauhtipyörä ja kytkin ovat etupuolella ja vaihteisto alapuolella. Vaihteisto on viisinopeuksinen ja käsivalintainen [3, s. 66; 7, s. 184, 188].

##### 4.1 Vaihteiston ensiövälytys

Vaihteiston ensiövälytykseen tehtiin pieni muutos polttoainetaloudellisuutta ajatellen samalla kertaa, kun ottomoottori jouduttiin muutenkin avaamaan kokonaisuudessaan. Uudet vaihdelaatikkoöljyt vaihdettiin myös saman remontin yhteydessä. Ensiövälytyksen rattaat hammasluku sis./ulos 31/26 (GM45612) vaihdettiin vastaamaan (GM45712) eli hammasluku muuttui sis./ulos 32/25. Tällöin myös ensiövälytyksen välityssuhde vaihtui 0,84:stä -> 0,78:ään [5]. Lisäksi vaihdettiin samalla 220 mm vakiokytkimen tilalle uusi Saschin valmistama 228 mm kytkin kasvaneen väännön vuoksi ja vanha antoi jo luistamisen merkkejä.

**Taulukko 1. Alkuperäinen välityssuhde [5, s. 78 Voimansiirto 024-7].**

Vuosi	Malli	Vaihteiston numero	Vetopyörästö	Kokonaisvälityssuhteet					
				1	2	3	4	5	Peruutus
1990	900i kat, i16, i16 kat, S SE, F	GM45612	9:35 3.89	14.85	8.64	5.66	4.09	3.26	16.34

Ensiövaihteen välityssuhde: (31/26) (sisään/ulos) eli välityssuhde on (0.84) =  $i_5$

$$i_1 = 14.85:3.89 \quad 3.82$$

$$i_2 = 8.64:3.89 \quad 2.22$$

$$i_3 = 5.66:3.89 \quad 1.46$$

$$i_4 = 4.09:3.89 \quad 1.05$$

$$i_5 = 3.26:3.89 \quad (0.84)$$

$$i_r = 16.34:3.89 \quad 4.20$$

$$i_v = 35:9 \quad 3.89$$

Renkaan dynaaminen vierintäsäde:

Renkaat ovat kokoa 185/65 R15 eli renkaan dynaaminen vierintäsäde

$$R_d = 0,301 \text{ m}$$

**Taulukko 2 Muutokset [5, s. 78 Voimansiirto 024-7].**

Vuosi	Malli	Vaihteiston numero	Vetopyörästö	Kokonaisvälityssuhteet					
				1	2	3	4	5	Peruutus
1990	900c, i, i16, S16 FE, ME, AU, JP	GM45712	9:35 3.89	13.84	8.05	5.27	3.81	3.04	15.22

Ensiövaihteen välityssuhde: (32/25) (sisään/ulos) eli välityssuhde on (0.78) =  $i_5$

$$i_1 = 13.84:3.89 \quad 3.56$$

$$i_2 = 8.05:3.89 \quad 2.07$$

$$i_3 = 5.27:3.89 \quad 1.35$$

$$i_4 = 3.81:3.89 \quad 0.98$$

$$i_5 = 3.04:3.89 \quad (0.78)$$

$$i_r = 15.22:3.89 \quad 3.91$$

$$i_v = 35:9 \quad 3.89$$

Renkaan dynaaminen vierintäsäde:

Renkaat ovat edelleen samaa kokoa 185/65 R15 eli renkaan dynaaminen vierintäsäde

$$R_d = 0,301 \text{ m}$$

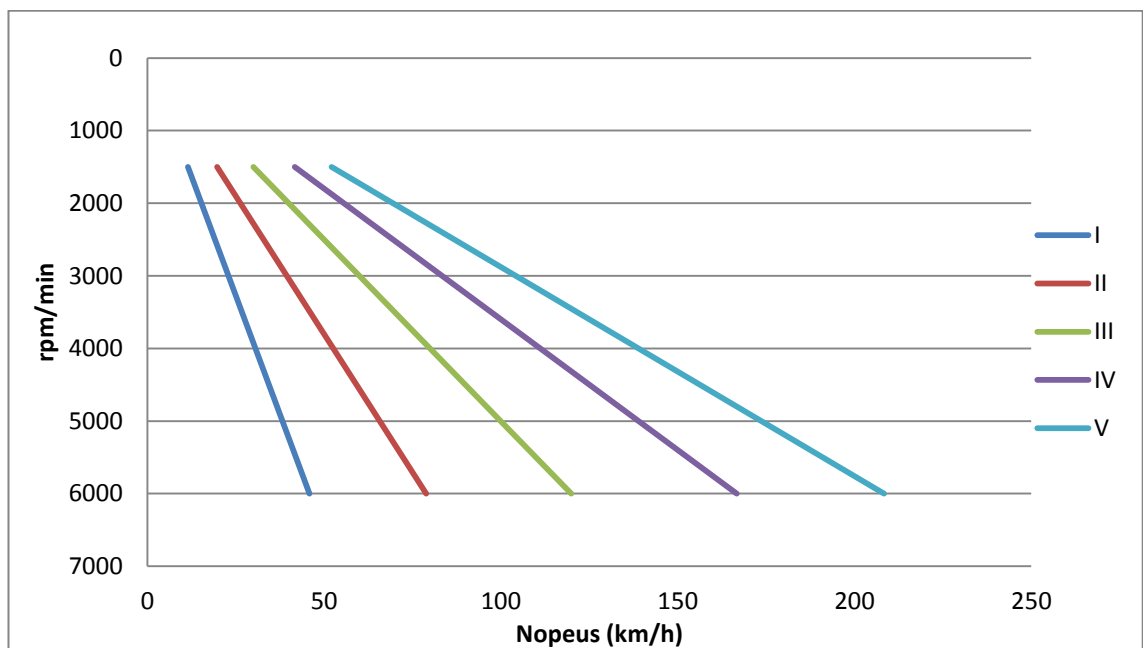
Vertailtaessa yllä olevia taulukoita käy ilmi, että ensiövaihteen hammaspyöriä vaihtamalla välityssuhde muuttui arvosta (31/26) (sisään/ulos) eli välityssuhde on (0.84) =  $i_5$  arvoon (32/25) (sisään/ulos) eli välityssuhde on (0.78) =  $i_5$  [5].



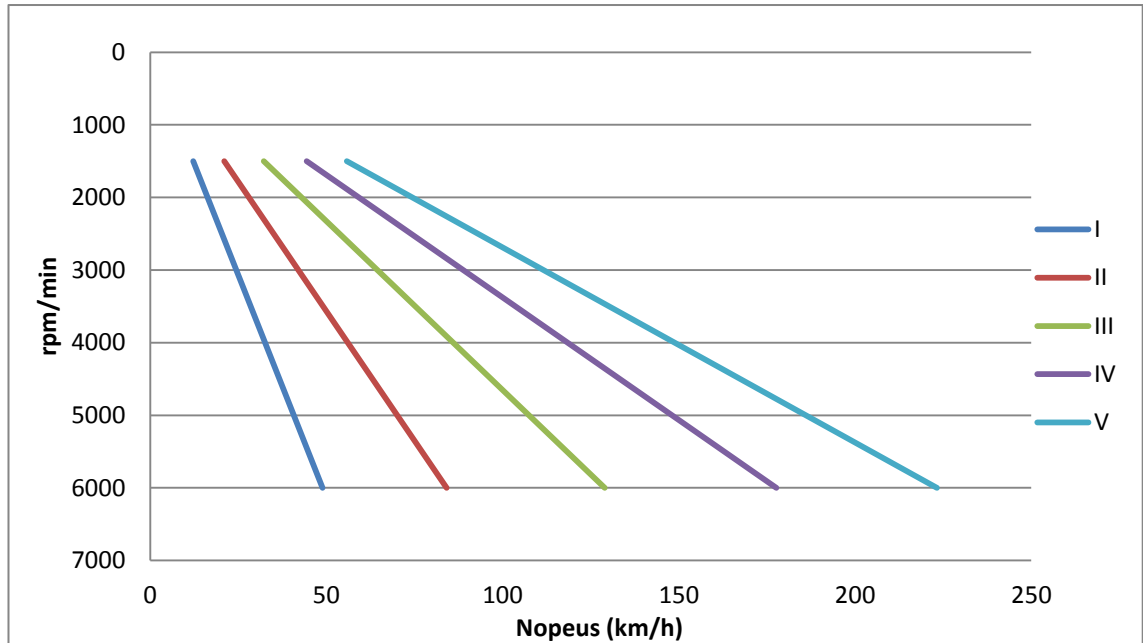


Kuva 6. Ensiövälityksen rattaat, 31 ja 26 hammasta

Kuvassa 6 on auton vaihteistosta poistetut ensiövälityksen hammasrattaat, joiden tilalle tuli 32/25 hammasrattaat.



Kuva 7. Vaihdelaatikon ensiövälitys GM45612



Kuva 8. Vaihdelaatikon ensiövälitys GM45712

Kuvista 7 ja 8 voi verrata esimerkiksi 5-vaihteella ajaessa, kun kierroksia on 3000, että kun vaihdelaatikon ensiövälitys muuttui 6:sta seitsemään, niin 104 km/h nopeus nousi noin 112 km/h. Huippunopeus nousi ajettaessa rajoittajalle 6000 kierrokseen 208 Km/h:sta 223 km/h:iin. Käytännössä on testattu 80 km/h, 100 km/h ja 120 km/h. Verratessa kaavion teoreettisia arvoja ja käytännön arvoja, niin voidaan päätellä, että kuvat pitävät hyvin paikkansa. Nopeusmittariston mittavirhe on noin - 3 km/h kuvassa 9.



Kuva 9. Ensiövälityksen muutoksen vaikutus (GM45712) 5-vaihteella testiajossa

## 4.2 Pyörän vetovoima

Teho ja vääntömomentti kasvavat pyörintänopeuden kasvaessa. Vetovoiman suuruus riippuu moottorin aikaansaamasta vääntömomentista, voimansiirtojärjestelmän kokonaisvälityssuhteesta, renkaan säteestä ja voimansiirtojärjestelmän hyötysuhteesta [15, s.154]. Seuraavissa Excel-kaavioissa on laskettu pyörän vetovoimat (F) vakiotehoilla (kuva 10), harvemmalla ensiövälytyksellä (kuva 12) ja RE85-polttoaineella (kuva 13) tehomittausten perusteella. Arvot on syötetty Excel-taulukkoon ja apuna on käytetty ajotilapiirrosta. Arvot on laskettu 500rpm välein 1500–6000 rpm asti ja tehovääntömomentti kuvaajasta on poimittu kierroslukua vastaava vääntömomentti.

Laskentakaavana on käytetty [15, s.155]:

$$F = \frac{M_m \times i_v \times i_p}{R_d}, \text{ jossa}$$

$M_m$  = Vääntömomentti  $N_m$  (rpm) = Moottorin vääntömomentti

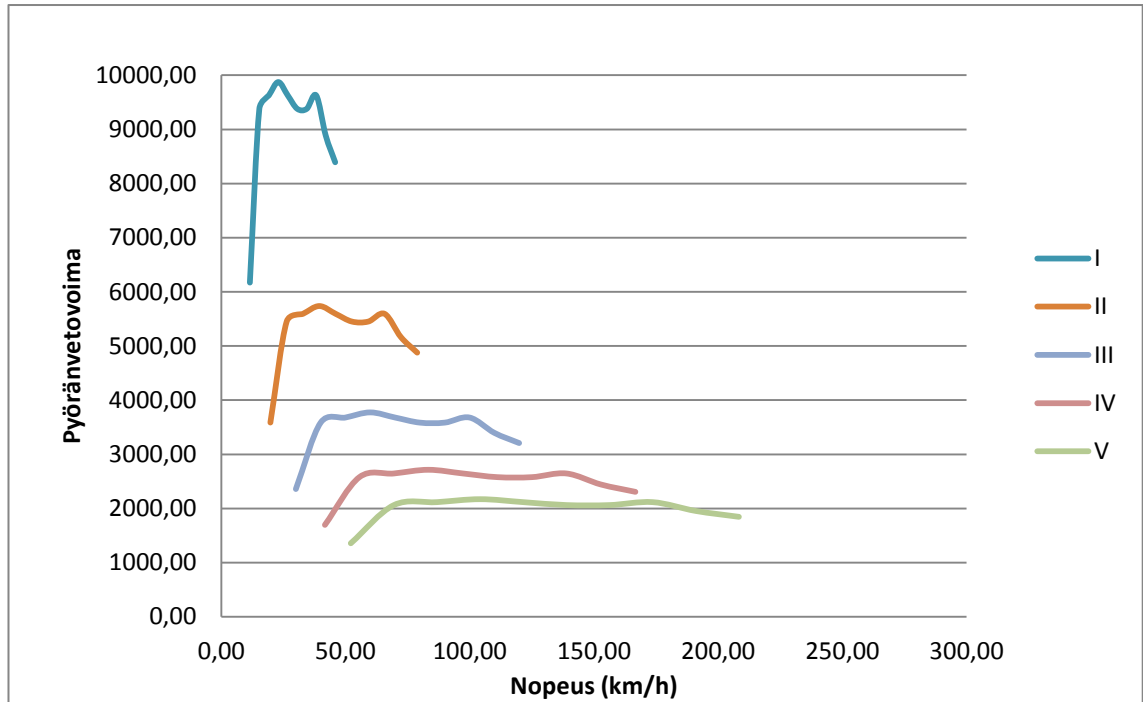
$i_v$  = Vaihteiston välityssuhde

$i_p$  = Vetopyörästä välityssuhde ja

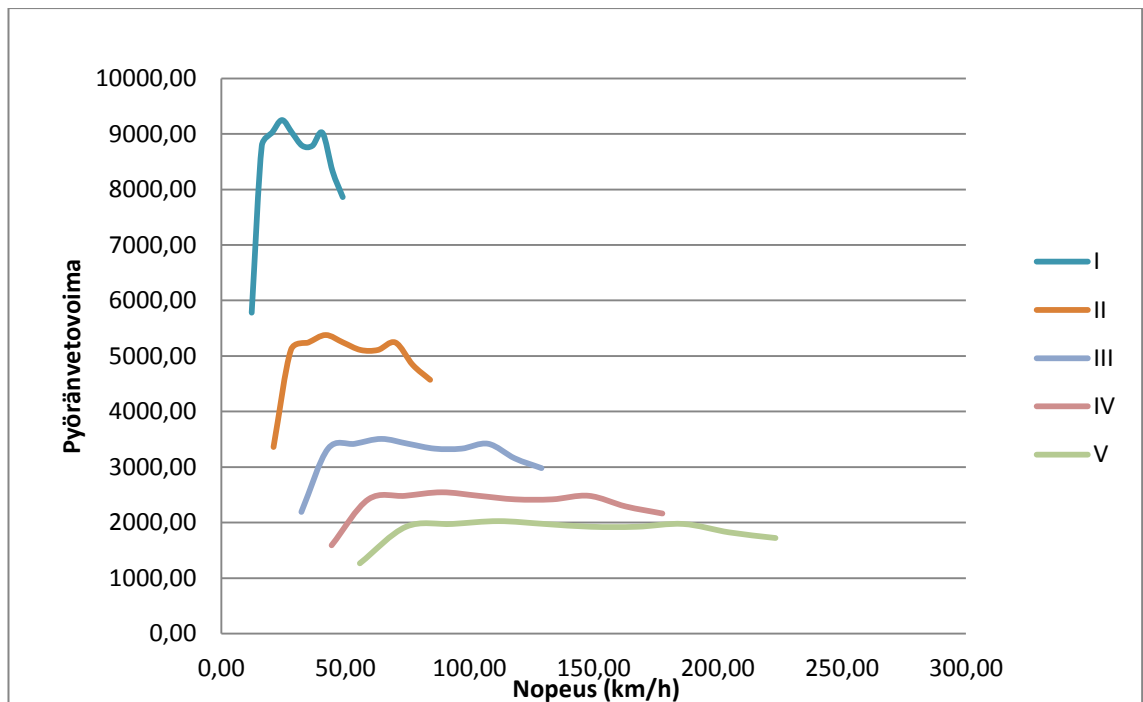
$R_d$  = Renkaan dynaaminen vierintäsäde.

Esimerkiksi:

$$F = \frac{125Nm \times 3.89(i_v) \times 3.82(i_p)}{0,301m(R_d)} = 6171 \text{ N}$$

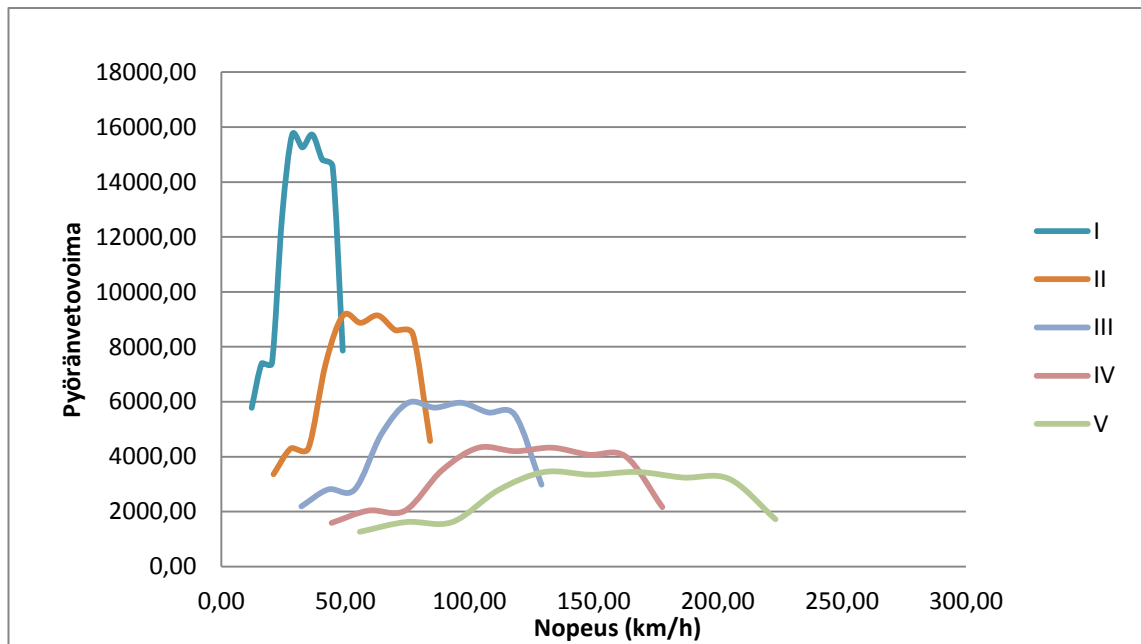


Kuva 10. Pyörän vetovoima ennen ensiövälityksen muutoksia



Kuva 11. Pyörän vetovoima ensiövälityksen muutosten jälkeen

Kuvissa 10 ja 11 on pyörän vetovoima ennen ja jälkeen ensiövälityksen muutoksia. Kuvista voi päätellä, että pyörän vetovoima pienenee joka vaihteella, koska välitys ei ole enää niin tiheä muutosten jälkeen.



Kuva 12. Pyörän vetovoima RE85-polttoaineella

Kuvasta 12 voi päätellä, että pyörän vetovoima on kasvanut huomattavasti.

## 5. Ahdettu ottomoottori

Saab 900S turbon moottori on 2,0 l:n. Iskutilavuus on  $1985 \text{ cm}^3$ . Sylinterin halkaisija ja iskun pituus on 90 x 78 mm. Tutkittavan auton ottomoottori on varustettu kahdella (DOHC-tyyppi) yläpuolisella nokka-akselilla. Sylinterinkannessa on 16 venttiiliä eli kaksi imu- ja kaksi pakoventtiiliä per sylinteri. Ottomoottori on tyypiltään B202LTT eli kyseessä on pakokaasuahtimella varusteltu matalapaine turbo katalysaattorilla ja ahtoilmaa ei jäähdytetä [5]. Autoon on lisätty intercooler eli välijäähdytin jälkikäteen, jotta saadaan parempi sylinterintäytös (kuva 13). Välijäähdytin mahdollistaa suuremman polttonesteen ruiskuttamisen, jolloin moottorin teho kasvaa [15]. Sylinterinkannen rakennetta lukuun ottamatta ovat kaikki Saab 900 ottomoottorit vuosimallista 1981 alkaen perusrakenteeltaan lähes samanlaisia. Vanhempien mallien moottoreissa on virranjakajaa, vesipumppua, öljypumppua ja polttoainepumppua pyörittävä apuakseli [3].



Kuva 13. Saab 900S ahdettu ottomoottori

Tehoksi Saab ilmoittaa käytettäessä 95 oktaanista (E10) polttoainetta [5, s.19]:

- Teho (DIN) (kW (hv)/r/min) 107/(145)/5500, tällöin ahtopaine 0,45 bar (max)
- Vääntömomentti DIN Nm (lbt ft)/r/min 200/(155)3000
- Puristussuhde: 9,0

Moottorin teho on suorassa suhteessa sylinterien saamaan täytökseen. Vapaasti hengittävässä moottorissa sylinterin täytös on aina epätäydellinen, koska imutahdin lopus-

sa paine sylinterissä on pienempi kuin imuilman paine. Täytöstä voidaan lisätä pakokaasuahtimella. Turboahdin muodostuu turbiinista ja samalla akselilla olevasta siipipumpusta. Pakokaasut pakottavat ahtimen pyörimään riittävällä nopeudella jopa 120000 rpm alle yhden baarin ahtopainetta käytettäessä. Riittävästi pyöriessään ahdin nostaa imuilman painetta, jolloin sylintereille virtaa enemmän ilmaa. Tällöin myös polttoainetta on lisättävä samassa suhteessa, jotta moottorissa syntyy suurempi energiamäärä jokaista työtahtia kohden. Seurauksena on siis suurempi vääntömomentti ja kasvanut teho [1, s. 32].

### 5.1. Tehdyt muutokset

Ottomoottorin täydellinen purkamisen aloitettiin alun perin ilmenneen kansivian takia. Autossa meni kaksi kertaa ennen lopullista purkamista kansipahvi. Moottori huohotti myös öljynmittatikun tarkistusputkesta reilusti. Tästä päätettiin koneremontin olevan tuloillaan. Tämän jälkeen vielä alkuperäistä kantta laskettiin reilut 2-3 mm, mutta seurauksena oli liian suuri puristussuhde ja imuventtiilien osuminen mäntiin. Kantta oli laskettu tätä ennen jo 1 mm ottomoottorin lämpötilaongelmien takia edellisellä omistajalla. Tämän syyn ja seurauksen takia koko moottori jouduttiin kasaamaan käytännössä uudestaan.

Ottomoottori nostettiin pois auton korista ja todettiin mäntien olevan käyttökelvottomat. Männänrenkaat kuluttavat sylinterin seinämiä männän liikkeessä sylinterissä. Erityisesti sylinterin yläpäässä mäntien kulumisen on nopeampaa, koska lämpötila on korkea ja voitelu puutteellisempi. Nopeampaa kulumista voi aiheuttaa myös huonolaatuinen voiteluöljy, virheellinen ajotapa tai toistuvat kylmäkäynnistykset.

Männissä oli kiinnileikkautumisen jälkiä ja puristusvoima oli kokonaan männänrenkaista kadoksissa (kuva 14). Öljyrenkaat todettiin myös huonokuntoisiksi, joten päätettiin tehdä täydellinen koneremontti. Kuluneessa sylinterissä männänrenkaat eivät tiivistä kunnolla ja palamiskaasut pääsevät niiden ohi kampikammioon ja sieltä öljy pääsee palotilaan. Tällöin moottorin suorituskyky heikkenee, poltonesteen ja voiteluöljyn kulutus kasvaa ja moottorin käynnistyminen vaikeutuu. Männät hankittiin Saab Clubin kautta käytettynä öljy- ja männänrenkaineen. Kampiakseli ja kiertokannet todettiin käyttökuntoisiksi ja sylinteriryhmä. Kaikkiin sylintereihin tehtiin kuitenkin kevyt hoonaus ennen mäntien asentamista. Hoonausliike (isku/kierros) on oltava sellainen, että muodostuva työstöjälki (hoonaukskulma) on 40–80°. Hoonauksessa on tärkeää valvoa hoonauskivien kuntoa ja kulumista ja käyttää hyvälaatuista hoonausöljyä virtaamaan sylinterien seinämille [1, s. 332].

Jakoketju jouduttiin uusimaan kiristimineen kokonaisuudessaan. Kiertokannen liuku-laakerit uusittiin samalla. Kaikki tiivisteet käytiin läpi ja vaihdettiin uusiin. Lisäksi hankittiin uusi kansi.



Kuva 14. Vanhan männän kiinnileikkautumisjäljet

## 5.2. Puristussuhteen muutos

Sylinterin koko tilavuus on puristustilavuuden ja isku-tilavuuden summa. Puristussuhteeksi ( $\varepsilon$ ) sanotaan lukua, joka ilmoittaa kuinka monta kertaa puristustilavuus sisältyy tähän koko sylinterintilavuuteen. Sama voidaan esittää myös kaavan muodossa:

$$\varepsilon = \frac{V_i + V_p}{V_p} \quad \text{tai} \quad \varepsilon = \frac{V_i}{V_p} + 1$$

Isku-tilavuus  $V_i$  on iskunpituutta (s) vastaava sylinterin tilavuus. Kaavassa  $V_i$  on isku-tilavuus ja  $V_p$  on puristustilavuus, joka jää männän yläpuolelle männän ollessa yläkuolokohdassa [1, s. 118; 7, s. 131].

Ottomootorin puristussuhteen noustessa moottorista saadaan enemmän tehoa käytettyyn polttonestemäärään verrattuna. Ongelmia voi aiheuttaa polttonesteen puristuskestävyys (oktaaniluku) ja moottorin osien mekaaninen kestävyys. Ottomootorissa puristussuhde on tavallisesti 7-11 [1, s. 118]. Tavoitteena oli saada Saabin B202LTT ahdestusta ottomootorista parempi sylinteritäytös RE85-polttoaineelle. Tämän takia ottomootorin volumetristä hyötysuhdetta täytyi parantaa. Alkuperäinen puristussuhde oli 9,00:1, eli tällöin sylinterikannen yhden sylinterin palotilan tilavuus on vakiomitoilla 62 ml + männän kuoppa + tiiviste 15 ml = 77 ml. Tällöin ei vielä saavuteta RE85-



polttoaineella parasta mahdollista polttoainetaloudellisuutta, joten puristussuhteen nostaminen on paikallaan. Vanhaan sylinterinkanteen kokeiltiin myös 42 ml:n versiota, jolloin puristussuhteeksi tuli 12,81:1. Yli 12,00:1 puristus ei tuottanut hyvää tulosta ja kolmos sylinteristä katosivat puristuspaineet. Imuventtiilit osuivat kaikkiin männän lakeihin ja kansipahvi meni taas kerran hajalle. Sylinteriryhmään pääsi kaikki jäähdytysnestet aiheuttaen mäntien leikkaamisen kiinni, koska voitelukalvoa ei ollut enää sylinterien seinämissä. Tämän jälkeen uudemman sylinterin kannen vaihdon jälkeen palotilan tilavuudeksi mitattiin n. 50 ml + 15 ml = 65 ml joka vastaa n. 10,93:1 puristussuhdetta. Männänkuopan 15 ml:n viemää tilavuutta ei oteta huomiota laskukaavassa. Kaikkien neljän sylinterin palotilan tilavuus on 50 ml x 4 = 200 ml eli 200 cm<sup>3</sup>. Tämä voidaan esittää myös kaavan muodossa:

$$\varepsilon = \frac{1985\text{cm}^3}{200\text{cm}^3} + 1 \approx 10,93$$

Tällä tavoin turbon heräämisestä tuli hillitympää alakierroksilta lähtiessä eli ns. vanhaa kunnon ”turbopotkua” saatiin vähän hillittyä. Polttoainekulutus laski myös puristussuhteen nousun myötä n. 0.5 l / 100 km. Huomattavaa on, että yli 12,00:1 puristussuhde ei enää merkittävästi paranna hyötysuhdetta RE85-polttoainetta käytettäessä. Puristussuhdetta pystyisi vielä hieman kasvattamaan, mutta vaarana on, että imuventtiilit lyövät taas männän lakeen. Riski on liian suuri, jotta tätä kannattaisi enää toteuttaa, kun moottori toimii näillä säädöillä moitteettomasti [9].

## 6. Tehomittaukset

Tässä kappaleessa on tutkittu miten kaikki vaihdetut osat ja muutostyöt vaikuttavat auton tehoihin ja vääntömomenttiin ja polttoaineen kulutukseen. Autoon vaihdettiin myös uusi vesipumppu ja termostaatti kuluneiden osien tilalle. Kuvassa 15 on autosta poistetut vanhat osat, kuten mm. sylinterin kansi, männät, sytytyspuola, suuttimet, ensiöväilyksen rattaat ja EEPROM-piiri. Bypass-venttiili vaihdettiin, koska sen kalvo oli mennyt rikki.

### 6.1 Kulutuslukemat

Käytännön ajossa on havaittu polttoaineen kulutuksen vähentyneen, kun puristussuhdetta ja vaihdelaatikon ensiöväilystä muutettiin. Lambdan vaihto oikean tyyppiseksi on myös vähentänyt polttoaineen kulutusta. Ennen näitä muutoksia RE85:n kulutus oli 12 l/100 km maantieajossa. Tällä hetkellä auto kuluttaa noin 10 l/100 km. Bensiinillä ajo kulutti noin 7 l/100 km.

Autolla ajettiin testilenkkiä kevään 2016 aikana, kun kaikki muutostyöt ja testit dynaometrissä oli tehty. Nopeus pidettiin ajon aikana mittarin mukaan noin 100–110 km/h. Testitulosten mukaan Kokkolan St1-kylmäasemalta Kärsämäen St1-kylmäasemalle ajo kulutti polttoainetta 15,48 litraa. Keskikulutus/100 km oli siis noin 10,66, kun välimatka oli noin 165 km.



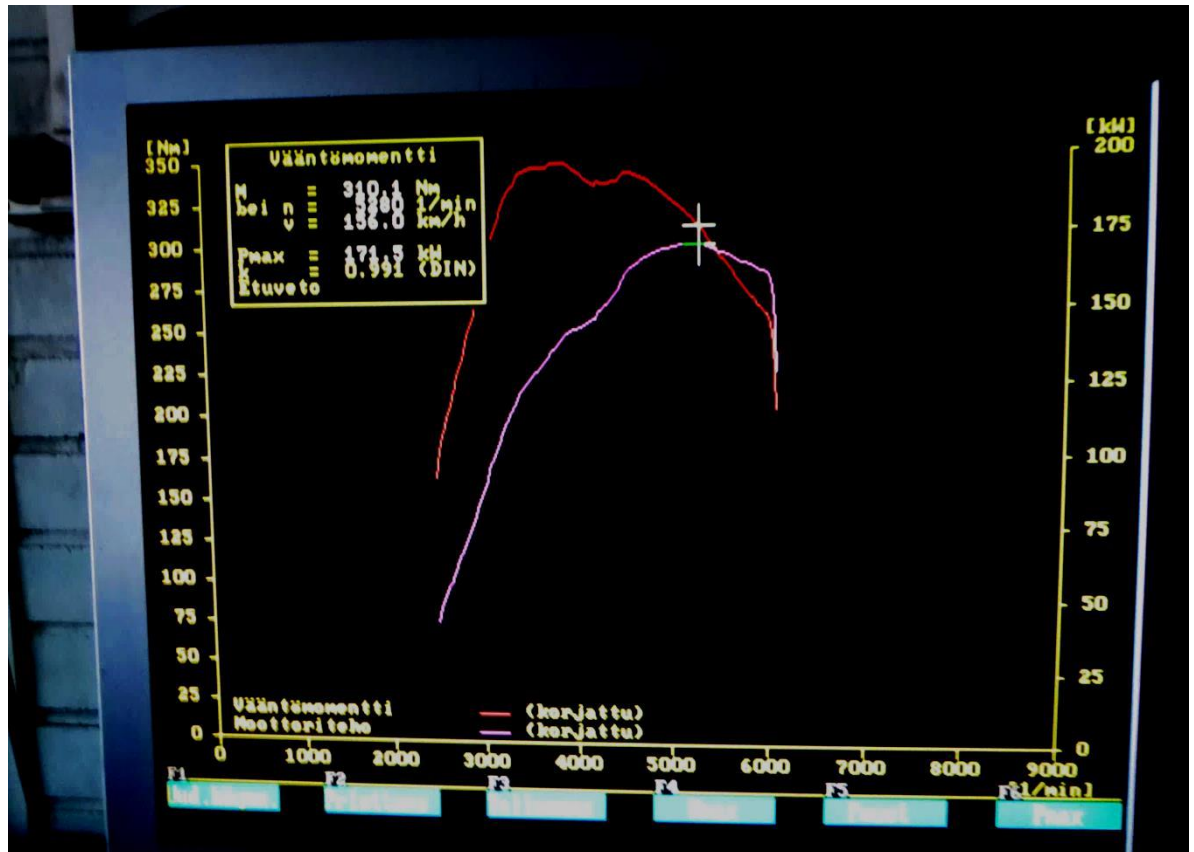
Kuva 15. Autosta poistetut/vaihdetut osat

## 6.2 Tehomittauksen tulokset

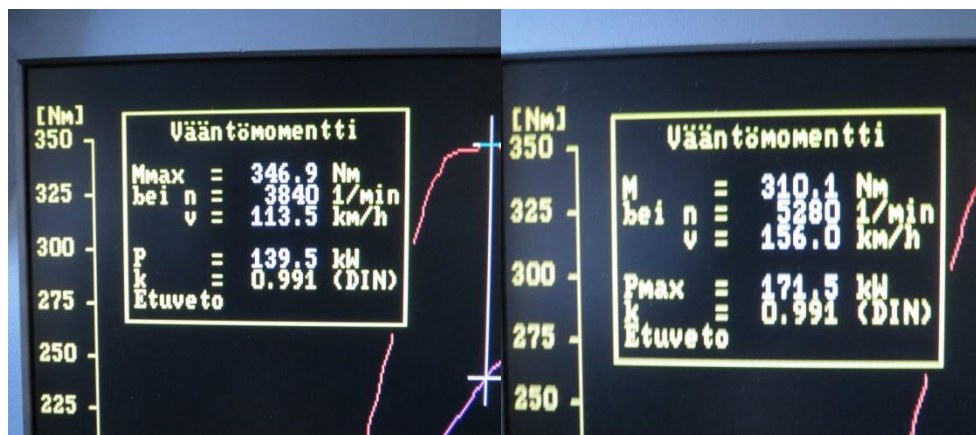
Tehomittaukset suoritettiin Kokkolan Autohuollossa 14.4.2016. Ilman lämpötila oli +7 astetta ja ympäristön ilmanpaine noin 1009 hPa. Renkaiden paine oli 2,5 bar. Mittaus tehtiin dynamometrissä. Mittauslaitteisto oli kalibroitu pari kuukautta ennen mittauksia, joten sillä saatiin todenmukaisemmin paikkansa pitäviä arvoja.



Kuva 16. Auto menossa penkitykseen



Kuva 17. Moottorin teho- ja vääntömomenttikäyrä



Kuva 18. Maksimi vääntömomentti (Mmax) ja maksimi teho (Pmax)

Tehoksi mitattiin kuvien 17 ja 18 mukaan käytettäessä RE85-polttoainetta:

- Teho (DIN) (kW (hv)/r/min) 171,5/(233)/5280, tällöin ahtopaine 0.85bar (max)
- Vääntömomentti DIN Nm (lbt ft)/r/min 347/(267)3840
- Puristussuhde: 10,93 (kaavasta laskettu arvo)

Autoon saatiin siis alkuperäisiin ottomoottorin tehoihin nähden lisää noin 88 hv ja vääntömomentti kasvoi 147 Nm. Nyt hevosvoimia oli noin 233 ja vääntömomentti oli 347 Nm. Huomioitavaa on kuitenkin, että ahtopaineet ovat 0,4 baaria korkeammat ja käytössä on intercooler. Akselitehoksi saatiin noin 140 Kw ja akselilta tulevaksi vääntömomentiksi noin 310 Nm.

## 7. Loppupäätelmät

Saabin muuntaminen RE85-polttoaineella toimivaksi on mielestäni kannattavaa ja opettavaista. Ei ole välttämätöntä ostaa uutta ja kallista flexifuel-mallin autoa, kun vanhan bensiinillä toimineen auton voi uudistaa toimimaan RE85-polttoaineella. Auto on toiminut hyvin muutosten jälkeen. Olen toteuttanut bensiinikäyttöisen auton muuntamisen RE85-polttoaineelle sopivaksi myös Saab 9-5 mallin autoon ja toteutus on onnistunut. Useisiin Saabin automalleihin voi toteuttaa muunnoksen yksinkertaisesti ohjelmalla moottorihjauksen uudelleen tai kuten tämän opinnäytetyön Saab 900 S turbon projektissa soveltamalla teoriaa ja käytäntöä yrityksen ja erehdyksen kautta oppimalla.

Ongelmana näiden vanhempien automallien kohdalla vain on vaikeus löytää hyvää yksilöä, joka olisi vähän ajettu ja hyväkuntoinen. Lisäksi on tehtävä muutostöitä, joka aiheuttaa lisävaivaa ja kuluja. Harmittavaa on myös, että Saabien valmistaminen loppui Trollhättanissa pitkien perinteiden jälkeen. Saab syntyi jo 1930-luvulla, koska Ruotsissa tarvittiin omaa lentokonetuotantoa maan ilmavoimille. Vuonna 1937 yritys sai nimekseen Svenska Aeroplan Aktie Bolag. Näistä etukirjaimista syntyi lyhenne SAAB, joka on käytössä edelleen sellaisenaan. Tarina alkoi pienestä lentokonetehtaasta AB AJS, joka sijaitsi Linköpingissä. Ensimmäinen sarjatuotantovalmisteinen Saab oli mallia 92. Saab on ollut aina edelläkävijä turbotekniikan kehittämisessä ja tunnettu turvallisuudesta sekä laadusta [14, s. 35–39].

Harrastuksena ainakin tällainen muutostöiden tekeminen on mielenkiintoista tekemistä. Taloudellisesti se ei välttämättä ole ainakaan aluksi kannattavaa, mutta jos auto toimii etanolilla hyvin, niin se voi olla pidemmällä aikavälillä kannattavaa. Myös muilla auto-merkeillä onnistuu jälkikäteen muuttaminen RE85-polttoaineelle soveltuvaksi, mutta tässä tutkimuksessa on keskitytty vain Saab 900 S malliin. Siirtyminen RE85-polttoaineella ajamiseen on kuitenkin aika lopullinen päätös, sillä autoa on enää vaikea muuttaa takaisin bensiinikäyttöön.

Oli myös hienoa huomata, että autoon saatiin vakiotehoihin nähden oletettua enemmän lisää tehoa ja vääntöä ahdettuun ottomoottoriin. Toivottavasti tulevaisuudessa RE85-polttoainetta on saatavilla kattavasti ympäri Suomen. Esimerkiksi Ruotsissa biopolttoainetta on ollut jo aikaisemmin saatavilla ympäri Ruotsin. Suomessa St1 on 2014 parantanut RE85:n koostumusta parantamalla voitelevuutta ja tehoa, mutta tästä ei ole tutkimustietoa. Tosiasia on, että plug-in-hybrid- ja sähköautot lisääntyvät, mutta mielestäni bioetanolikäyttöisille autoille on myös kysyntää. Moni on kiinnostunut fossiilisten

polttoaineiden vaihtamisesta ekologisempiin vaihtoehtoihin ja jotkut korjaamot tekevät nykyään bensiini-autoihin muunnoksia, jotta niillä voisi ajaa RE85-polttoaineella.

## Lähteet

- 1 Lehtinen, Arto & Rantala, Jouko. 2014. Autotekniikka 4 Moottori. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- 2 Neste Oil: Ajoneuvojen voiteluaineet – opas
- 3 Mauno, Esko. 1991. Saab 900 1979–1993: korjausopas. Helsinki: Alfamer Oy.
- 4 M.Sc. Kjell Bergström, B.Sc. Sven-Anders Melin & Ph.D. C. Coleman Jones. General Motors Powertrain: The New ECOTEC Turbo BioPower Engine from GM Powertrain - Utilizing the Power of Nature's resources. 2007. 28. Internationales Wiener Motorensymposium.
- 5 Saab 900 Korjaamon käsikirja, tekniset tiedot M 1981–93. 1992. Trollhättan, Ruotsi: Service Support, Saab Automobile AB
- 6 RE85 – Tehokkaampi bioetanoli suomalaisesta jätteestä. Verkkodokumentti. <[www.st1.fi/tuotteet/re85](http://www.st1.fi/tuotteet/re85)>, luettu 4.5.2016
- 7 Karhima, Matti. 2008. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 1, Auton käytön ja rakenteen perusteet. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy
- 8 API SN Engine Oil Category. Verkkodokumentti. <[www.oilspecifications.org/articles/api-sn.php](http://www.oilspecifications.org/articles/api-sn.php)>, Luettu 18.4.2016
- 9 Suomen SAAB-klubi ry, Mallikohtainen foorumi 90, 99, OG900. Verkkodokumentti. <[foorumi.saabclub.fi/viewforum.php?f=11](http://foorumi.saabclub.fi/viewforum.php?f=11)>, Luettu 21.4.2016
- 10 Titania lambda sensor. Verkkodokumentti. <[www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/titania-lambda-sensor](http://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/titania-lambda-sensor)>, Luettu 21.4.2016
- 11 AutohausAZ. Verkkodokumentti. <[www.autohausaz.com/secure/PartImages/0280170434.jpg](http://www.autohausaz.com/secure/PartImages/0280170434.jpg)>, Luettu 17.4.2016



- 12 Blaster 2 Coil High Performance. Verkkodokumentti.  
<[www.msperformance.com/products/coils/performance\\_street/parts/8202](http://www.msperformance.com/products/coils/performance_street/parts/8202)>,  
Luettu 17.4.2016
- 13 Nylund, Olle. 1980. Viina maistuu Autollekin. Tekniikan Maailma 17/80.
- 14 Pohjalainen, Vesa. 2004. Saabin historiaa tutuksi osa 1. Saabisti -lehti 1/2004.
- 15 Nieminen, Simo. 2005. Auton rakenne 1 Moottori ja tehonsiirto. Helsinki: Werner-Söderström Osakeyhtiö.
- 16 Titanium (Titania) Sensors. Verkkodokumentti.  
<[www.lambdapower.co.uk/TechNotes/Tech-7.asp](http://www.lambdapower.co.uk/TechNotes/Tech-7.asp)>, Luettu 20.5.2016