

Niilo Pistemaa

PRO-TEC-MOOTTORINPUHDISTUSAINEIDEN TESTAUS

PRO-TEC-MOOTTORINPUHDISTUSAINEIDEN TESTAUS

Niilo Pistemaa
Opinnäytetyö
2018
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Niilo Pistemaa
Opinnäytetyön nimi: Pro-Tec-moottorin puhdistusaineiden testaus
Työn ohjaaja: Janne Ilomäki, Jyrki Impiö
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2018
Sivumäärä: 53 + 0 liitettä

Opinnäytetyössä testattiin Bluechemin valmistamia Pro-Tec-lisäaineita, jotka on valmistettu käytettäväksi ajoneuvojen polttomoottoreissa vähentämään kalliiden korjaustoi-
menpiteiden tarvetta. Työn toimeksiantajana oli Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus Oy,
ja yhteyshenkilönä toimi Jyrki Impiö.

Testauksen kohteena olleet lisäaineet on tarkoitettu polttomoottorin imuputkistojen ja
hiukkassuodattimien puhdistamiseen. Aineiden toimivuutta tutkittiin Oulun ammattikor-
keakoulun autolaboratorion laitteilla. Tarkkailun kohteina eri aineiden testeissä olivat
moottorin mekaaninen kunto ja suorituskyky, auton omien antureiden mittaamat suuret
ja silmällä havaittavat muutokset.

Tavoitteena oli saada selkeää näyttöä puhdistusaineiden toimivuudesta ja kokeilla puh-
distusaineita kolmeen eri autoon. Suurimman kiinnostuksen kohteena olivat PSA-kon-
sernin THP-moottorit niiden karstoittumisongelmien vuoksi.

Testauksien tulokset olivat positiivisia. Testattavana olleet Bluechemin Pro-Tec-lisäai-
neet osoittautuivat hyödyllisiksi polttomoottorien huollonomaisessa puhdistuksessa.
Hiukkassuodattimien vastapaineet ja lämpötilat saatiin laskemaan, ja imusarjojen puh-
distustoimenpiteissä oli selvästi nähtävissä karstan vähenemistä. Kaikki puhdistusaineet
olivat helppokäyttöisiä, mutta Triple X:n ja DPF Top Gun Cleanerin ohjeenmukaiseen
käyttöön tarvittiin omat laitteensa.

Asiasanat: Pro-Tec, lisäaineet, hiukkassuodatin

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT PUHDISTUSAINEEET	8
2.1 Pro-Tec DPF Top Gun Cleaner	8
2.2 Pro-Tec DPF Catalyst Cleaner	8
2.3 Pro-Tec DPF Super Clean	9
2.4 Pro-Tec Triple X Air Intake Cleaner	10
2.5 Pro-Tec Oxicat	11
2.6 Pro-Tec Carbon X	12
3 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEISTOT	14
3.1 Rototest -alustadynamometri	14
3.2 Bosch FSA 740 -järjestelmätesteri	15
3.3 Fujitech-endoskooppi	17
3.4 Pro-Tec Clear Flow	18
4 PUHDISTUSAINEIDEN TESTAUKSET AJONEUVOISSA	19
4.1 Lexus IS220d	19
4.1.1 Lähtötilanne	19
4.1.2 Puhdistaminen	20
4.1.3 Lopputulos	22
4.1.4 Jälkitarkastus	27
4.2 Audi A4 2,0 TFSI	30
4.2.1 Lähtötilanne	30
4.2.2 Puhdistaminen	31
4.2.3 Lopputulos	32
4.3 Volvo V70 2,5TDI	34
4.3.1 Lähtötilanne	34
4.3.2 Puhdistaminen	34
4.3.3 Lopputulos	35

4.4 VW Touran 1,6 TDI	37
4.4.1 Lähtötilanne	38
4.4.2 Puhdistaminen	39
4.4.3 Lopputulos	40
4.5 Peugeot 308 125THP	42
4.5.1 Lähtötilanne	42
4.5.2 Puhdistaminen	44
4.5.3 Lopputulos	44
4.6 VW Transporter T5 2,5 TDI	46
5 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	52

SANASTO

EGR	Exhaust gas recirculator, pakokaasun takaisinkierrätys
DPF	Diesel particle filter, hiukkassuodatin
endoskooppi	tähystyskamera
regenerointi	hiukkassuodattimen puhtaaksi polttaminen nokihiukkasten poistamiseksi ja vastapaineen laskemiseksi
OBD-portti	On Board Diagnosis, useimmissa ajoneuvoissa vuodesta 1996 lähtien ollut vikakoodien lukupistoke

1 JOHDANTO

Nykyaikaisissa otto- ja dieselmootoreissa päästöjen vähentämiseksi käytettävien teknisten ratkaisujen vuoksi huollonomaisten puhdistuksen tarve tietyillä osa-alueilla on lisääntynyt. Näistä merkittävimpiä ongelmia ovat imukanavistojen ja venttiilien karstoittuminen sekä dieselmootoreissa hiukkassuodattimien tukkeutuminen.

Tässä opinnäytetyössä testataan imusarjan ja hiukkassuodattimen tukkeutumisongelmien ennaltaehkäisyyn ja korjaamiseen tarkoitettuja puhdistus- ja lisäaineita. Testeissä käytetään ammattikäyttöön suunniteltuja Pro-Tec-tuotemerkin moottorin puhdistus- ja lisäaineita, jotka ovat Bluechemin valmistamia. Työssä jatketaan vuonna 2017 Oulun ammattikorkeakoulussa tehtyä tutkimusta saman valmistajan puhdistusaineista (1), mutta tällä kertaa perehdytään ainoastaan hiukkassuodattimien ja imusarjojen puhdistusaineisiin. Tavoitteena on saada molempiin puhdistustoimenpiteisiin kolme erilaista ja mahdollisimman nykyaikaista ajoneuvoa, joissa puhdistusaineita voidaan testata. Vaikutuksen toteamiseksi tarkastellaan kohdeajoneuvojen toimintaa vikadiagnostiikan, suorituskyky-mittausten ja visuaalisten tarkastelujen avulla.

Ykkösvaraosakeskus Oy

Oy Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus on Ylivieskan alueella toimiva, Timo Kallion vuonna 1997 perustama varaosa- ja tarvike liike. Nykyisin yrityksen kauppiaina toimii Jari Karhula ja yritys kuuluu Fixus-ketjuun (2).

2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT PUHDISTUSAINHEET

Tässä luvussa kerrotaan työssä käytettävistä puhdistusaineista, niiden ominaisuuksista ja käyttötarkoituksista. Kaikki mainitut puhdistus- ja lisäaineet on tarkoitettu ainoastaan ammattikäyttöön, eikä niitä myydä suoraan kuluttajalle.

2.1 Pro-Tec DPF Top Gun Cleaner

Pro-Tec DPF Top Gun Cleaner on erityisellä laitteella tehtävään hiukkassuodattimen huuhteluun tarkoitettu aine, jonka käyttö ei vaadi hiukkassuodattimen irrotusta. Puhdistusaine lisätään hiukkassuodattimeen esimerkiksi lämpöanturin reiästä. Valmistajan mukaan DPF Top Gun Cleaner puhdistaa hiukkassuodattimen tehokkaasti nokikertymistä ja sitä voidaan käyttää kaikkiin hiukkassuodattimiin. (3.) Kuvassa 1 on DPF Top Gun Cleaner ja annostelulaite.



KUVA 1. Pro-Tec DPF Top Gun Cleaner ja annostelulaite (4)

2.2 Pro-Tec DPF Catalyst Cleaner

Pro-Tec DPF Catalyst Cleaner on katalysaattorien ja hiukkassuodattimien puhdistamiseen tarkoitettu vaahto, joka valmistajan mukaan liuottaa ja poistaa nokikertymiä ja epäpuhtauksia. Aine on lähes vastaava kuin DPF Top Gun Cleaner, mutta se toimitetaan

spraypullossa ja soveltuu käytettäväksi myös bensiinimoottorien katalysaattoreille. Lisäksi DPF Catalyst Cleaneria suositellaan myös EGR-venttiilien puhdistamiseen. (5.)



Kuva 2 DPF Catalyst Cleaner (5)

2.3 Pro-Tec DPF Super Clean

Pro-Tec DPF Super Clean on polttoaineen joukkoon lisättävä hiukkassuodattimen puhdistusaine, joka vaikuttaa moottorissa tapahtuvan palamisprosessin jälkeen. Valmistajan mukaan DPF Super Clean laskee hiukkassuodattimessa olevien nokihiukkasten syttymislämpötilaa, minkä seurauksena ajonaikainen regeneraatio tehostuu ja hiukkassuodatin puhdistuu myös lyhyillä ajomatkoilla. DPF Super Clean on tarkoitettu käytettäväksi säännöllisesti ennaltaehkäisemään hiukkassuodattimen tukkeutumista tai hiukkassuodattimen pesun yhteydessä. (6.) Tuotteen myyntipakkaus kuvassa 2.



KUVA 3. Pro-Tec DPF Super Clean (7)

2.4 Pro-Tec Triple X Air Intake Cleaner

Pro-Tec Triple X Air Intake Cleaner (kuva 3) on monitoimiaiaine, joka on suunniteltu puhdistamaan imusarja, venttiilit, palotila ja happitunnistin. Valmistajan mukaan Triple X ehkäisee myös uuden karstakerrostuman muodostumista. Triple X -liuosta on saatavana erikseen diesel- ja bensiinimoottoreille soveltuvana. Tuotteen tehokkaaseen käyttöön vaaditaan Clear Flow -annostelija, jolla aine suihkutetaan hienona sumuna moottorin imuilman sekaan moottorin käydessä korotettua joutokäyntiä eli noin 2 000 rpm. (8.) Tästä tuotteesta on tullut myös uusi versio, Triple X Plus, joka tulee korvaamaan vanhat Triple X -tuotteet.



KUVA 4. Pro-Tec Triple X (9)

2.5 Pro-Tec Oxicat

Pro-Tec Oxicat on katalysaattorin ja happianturin puhdistamiseen tarkoitettu, polttoaineen joukkoon lisättävä puhdistusaine. Valmistajan mukaan tuote ehkäisee karstoittumista ja liuottaa hartsin ja karstan koko polttoainejärjestelmästä. Ainetta voidaan käyttää diesel- ja bensiinimoottoreissa yksistään tai esimerkiksi hiukkassuodattimen puhdistamisen yhteydessä tehostamaan toimenpidettä. Säännöllisellä käytöllä Oxicat pitää myös EGR-venttiilit ja muuttuvasiipiset turboahtimet puhtaampina ja pidentää niiden kestoikää. (10.) Kuvassa 4 on tuotteen myyntipakkaus, joka sisältää tarvittavan määrän yhteen käsittelyyn.



KUVA 5. Pro-Tec Oxicat (10)

2.6 Pro-Tec Carbon X

Pro-Tec Carbon X on kaikkien polttomoottorien paltilojen puhdistamiseen tarkoitettu tuote, jolla voidaan puhdistaa myös imukanavat sekä EGR-venttiilit. Tuote toimitetaan kuvan 5 mukaisesti kahdessa pakkauksessa, K1 ja K2. Ensimmäinen sisältää puhdistusvaahdon, joka valmistajan mukaan puhdistaa karstakerrostumia moottorista kuitenkin moottorin tiivisteitä vahingoittamatta. Toinen tuotteeseen kuuluva pakkaus K2 on neutraalointi aine, joka suihkutetaan puhdistettavaan kohteeseen K1:n vaikutusajan jälkeen ja muuttaa K1:n vesiliukoiseksi nesteeksi. K2 sisältää myös tehokkaita voitelulisäaineita moottorin turvallisen käynnistämisen takaamiseksi puhdistuskäsittelyn jälkeen. Carbon X:llä tehdyn paltilojen puhdistamisen jälkeen tuotteen valmistaja suosittelee käsittelyä Pro-Tec Engine Flushilla ja öljynvaihtoa. (11.)



KUVA 6. Pro-Tec Carbon X (11)

3 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEISTOT

Jokaisesta testiajoneuvosta kerättiin ensimmäisenä lähtötiedot, joiden mittaamiseen käytettiin Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratoriosta löytyviä laitteistoja. Hiukkassuodattimien puhdistuksissa tutkittavia parametreja olivat moottorin suorituskyky, paine-ero ja pakokaasun lämpötilat ennen hiukkassuodatinta ja sen jälkeen. Vastaavasti imusarjojen puhdistuksissa keskityttiin erityisesti visuaalisiin tarkasteluihin.

3.1 Rototest -alustadynamometri

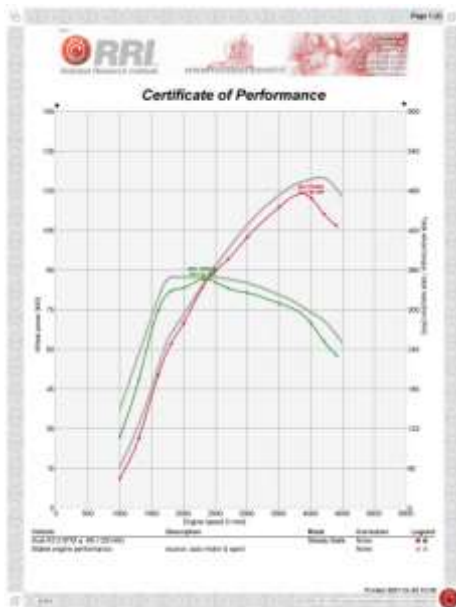
Moottorin suorituskyvyn mittaamiseen käytettiin Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa olevaa Rototestin valmistamaa alustadynamometriä. Toisin kuin tavanomaisissa tehomittausdynamometreissa, Rototestin mittausyksiköt kiinnitetään suoraan pyörännapoihin kuten kuvassa 6. Etuna Rototestin ratkaisussa on se, ettei luistoa tapahdu auton ja dynamometrin välillä kuten tehonmittausrullilla ajettaessa. Tämän ansiosta tulokset ovat tarkempia. Lisäksi Oulun ammattikorkeakoulun laitteistolla voidaan mitata nelipyörävetoisia ajoneuvoja.



KUVA 7. Ajoneuvo kiinnitettynä alustadynamometriin (13)

Jokaisesta tehdystä mittauksesta saadaan kuvan 7 mukainen raportti, jossa näkyy teho- ja vääntömomenttikäyrät. Kaikissa tässä tutkimuksessa tehdyissä suorituskykymittauksissa tuloksien vertailukelpoisuuden varmistamiseksi on käytetty ISO 1585 -standardin

mukaista korjauskerrointa, joka kompensoi ympäristön lämpötilan ja ilmantiheyden vaihtelut (12.)



KUVA 8 Rototest-dynamometrissa saatu suorituskykykuvaaja (14)

3.2 Bosch FSA 740 -järjestelmätesteri

Hiukkassuodattimen paine- ja lämpötilatietojen mittaamiseen käytettiin Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorion Bosch FSA 740 -järjestelmätesteriä, jossa on oskiloskooppi ja Esi-tronic-diagnostiikkaohjelmisto.



KUVA 9. Bosch FSA -järjestelmätesteri (15)

ESI-tronicin avulla on mahdollista lukea reaaliaikaisia mitta-arvoja OBD-portin kautta moottorin käydessä, jolloin mittaukseen ei tarvita erillisiä paine- ja lämpötila-antureita, vaan voidaan hyödyntää auton omaa järjestelmää. Kuvassa 9 on Boschin järjestelmätesterillä saatuja mittaustuloksia.



KUVA 10. FSA 740:llä saatuja mittaustuloksia

3.3 Fuj:tech-endoskooppi

Imusarjojen kuvaukseen hankittiin Fuj:techin valmistama älypuhelimkeen liitettävän endoskooppi, koska muutoin imusarjojen sisäosien kuvaaminen olisi ollut mahdotonta. Laitteessa on pieni, halkaisijaltaan 5,5 mm:n valaistu kamera 5 m pitkän johtimen päässä. Valon kirkkaus on säädettävissä, jotta valaistus olisi sopiva eri olosuhteissa. Kuvan tarkkuus on 1,3 MP ja kuvakulma 60°. (16.)



KUVA 11. Fuj:tech-endoskooppi (16)

3.4 Pro-Tec Clear Flow

Clear Flow on Bluechemin markkinoima paineilmatoiminen laite, joka on suunniteltu polttoainejärjestelmien ja ilmanoton puhdistamiseen. Clear Flow'ta käytetään puhdistusaineen annostelemiseen polttoainejärjestelmään tai imuilman sekaan, puhdistettavan kohteen mukaan. Kuvassa 11 on Clear Flow -laite adaptereineen.



KUVA 12. Pro-Tec Clear Flow (17)

4 PUHDISTUSAINOIDEN TESTAUKSET AJONEUVOISSA

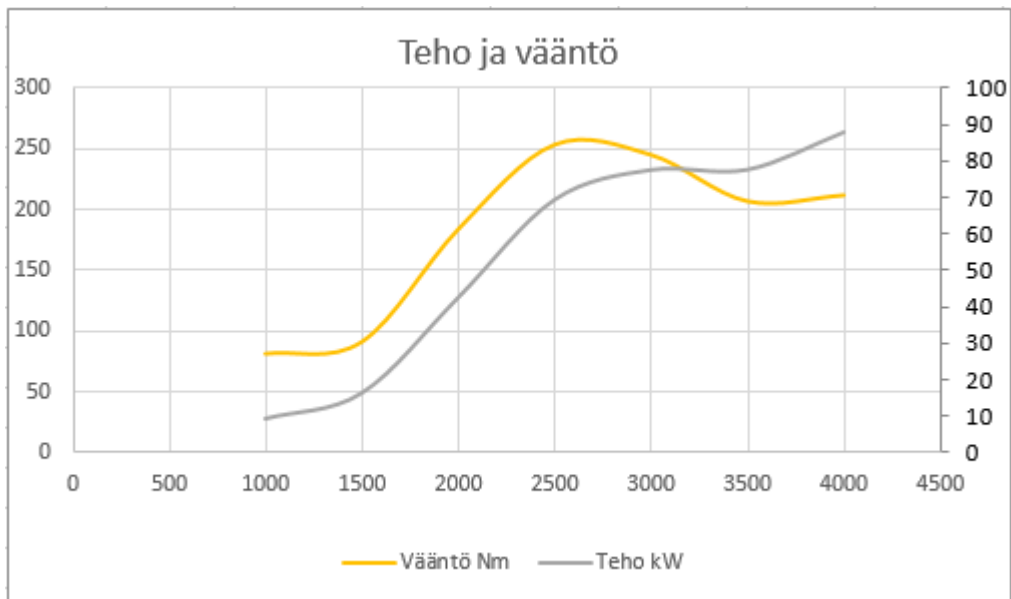
4.1 Lexus IS220d

Ensimmäisenä koeajoneuvona oli toimeksiantajan kautta hankittu Lexus IS220d. Autossa on Toyotan valmistama 2,2-litrainen common rail diesel, varustettuna pakokaasuahdaimella ja ahtoilman jäähdyttimellä. Pakokaasun puhdistuksesta huolehtivat EGR ja hiukkassuodatin. Lexusin tekniset tiedot ovat seuraavat:

-mittarilukema	288 000 km
-vuosimalli	2008
-teho	130 kW / 3 600 rpm (18)
-vääntömomentti	400 Nm / 2 000 rpm (18)
-iskutilavuus	2 231 cm ³ (18).

4.1.1 Lähtötilanne

Lexus valittiin mukaan testaukseen, koska epäiltiin hiukkassuodattimen tukkeutuneen. Samalla päädyttiin puhdistamaan myös imusarja, sillä sen tiedettiin olevan karstoittunut pakokaasun takaisinkierätyksestä vuoksi. Työskentely aloitettiin tehomittauksella, jota seurasi imusarjan valokuvaus ja hiukkassuodattimen vastapaineiden ja lämpötilojen luku testerillä. Vastapaineet ja lämpötilat luettiin käyntilämpimästä moottorista ilman kuormitusta ja tulokset ovat taulukossa 1. Tehomittauksessa ihmetystä aiheutti suuri ero tehtaan ilmoittamissa ja mitatuissa suoritusarvoissa. Mittauksen mukaan moottori tuottaa ainoastaan 90 kW:n tehon, kun valmistajan ilmoittama moottoriteho on 130 kW. Myös maksimi vääntömomentissa oli huomattavaa eroa, sillä mitattu vääntömomentti oli vain 296 Nm kun tehtaan ilmoittama on 400 Nm. Mittaustulokset ovat kuvassa 12.



KUVA 13. Moottorin teho- ja vääntökäyrät ennen puhdistusta. Vertailukelpoisuuden varmistamiseksi käytettiin ISO 1585 -standardin mukaista korjauskerrointa

TAULUKKO 1. ESI-tronicilla mitatut hiukkassuodattimen lämpötilat ja paineet ennen puhdistusta

Rpm	Vastapaine [mbar]	Lämpötila ennen [°C]
1000	13	198
2000	35	189
3000	40	196
4000	57	186

4.1.2 Puhdistaminen

Puhdistustoimenpiteet aloitettiin imusarjan puhdistamisella, johon käytettiin Triple X Intake Cleaneria. Vaikutusta tehostamaan lisättiin Oxicat-puhdistusainetta polttoainetankkiin. Imusarjan puhdistusaine annosteltiin Clear Flow -laitteella imuputkeen, heti ilmamasamittarin jälkeen. Clear Flow'n suutin asennettiin imuputkeen kiinnittyvän huohotinputken tilalle tämän irrottamisen jälkeen. Suutin kiinnitettiin painamalla se kumisessa putkessa olevaan reikään. Tämän jälkeen valmisteltiin puhdistuslaite käyttövalmiiksi sekä kytkettiin se paineilma-verkkoon kuvan 13 mukaisesti.



KUVA 14. Clear Flow -laite liitettynä ajoneuvoon.

Seuraavassa vaiheessa moottori käynnistettiin ja kierrokset nostettiin noin 2 000 rpm lukemaan. Auton käydessä korotettua joutokäyntiä annosteltiin puhdistusainetta kahden minuutin jaksoissa imuilmaan, ja suihkutusjaksojen välissä pidettiin kahden minuutin tauot. Kun koko puhdistusaine annos oli suihkutettu, moottori sammutettiin ja puhdistuslaitteisto purettiin pois ajoneuvosta.

Ennen koeajoa suoritettiin hiukkassuodattimen puhdistaminen. DPF Catalyst Clean -vahto suihkutettiin hiukkassuodatinta ennen sijaitsevan lämpöanturin reiästä. Aineen ruiskuttaminen tapahtui 5 sekunnin jaksoissa, joiden välissä odotettiin 10 sekuntia, jotta vahto ehtisi tunkeutua suodattimeen eikä valuisi lämpöanturin reiästä ulos.

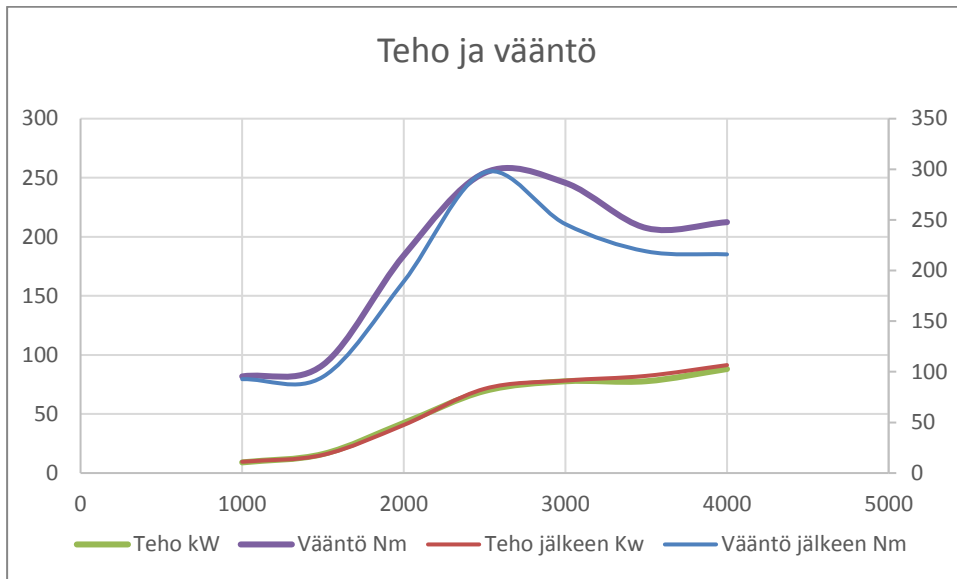
Kun puhdistusaine oli suihkutettu hiukkassuodattimeen, laitettiin järjestelmätesteriä apuna käyttäen moottorinohjaus regenerointi tilaan OBD-portin kautta. Auton moottoria käytettiin 2 500 rpm:n kierroksilla paikallaan, samalla seuraten pakokaasujen lämpötilan nousua testerin ruudulta. Alussa kaikki näytti lupaavalta, mutta kun pakolämmöt olivat nousseet noin 400 °C:iin, lämmön nousu loppui kokonaan. Tarvittava lämpötila nokihiuk-

kasen palamiselle on yli 600 °C, joten saavutettu lämpötila ei ole riittävä täydelliseen puhdistuspalamiseen. Myös kaasupolkimen painamisesta huolimatta auto alkoi itsestään laskea kierroksia pykälittäin. Tästä syystä pakolämmöt alkoivat laskea. Moottorin kierroksia yritettiin korottaa painamalla lisää kaasua, mutta auto ei reagoanut kaasun painamiseen lainkaan. Ainoastaan kierrosten laskeminen oli mahdollista. Kaasupoljinta pidettiin painettuna vielä hetki, jos moottorin kierrokset ja pakolämmöt nousisivat, mutta mitään ei tapahtunut.

Seuraavaksi suoritettiin koeajo, jonka aikana auton annettiin olla vielä regenerointi tilassa, sillä ajatuksella, että puhdistuspoltto tapahtuisi koeajon aikana. Tämäkään toimenpide ei onnistunut toivotusti, sillä lyhyen ajomatkan jälkeen moottorin lämmöt alkoivat laskea pakkasen vuoksi.

4.1.3 Lopputulos

Puhdistustoimenpiteiden jälkeen tehtiin samat mittaukset kuin ennen puhdistusta. Suorituskykymittauksesta saadut tulokset olivat edelleen oudon pienet verrattuna tehtaan ilmoittamiin, mutta viimeisessä imusarjan kuvauksissa huomattiin ilmansuodattimen olevan todella likainen. Tukkeutunut suodatin oli siis todennäköisin syy tehottomuuteen, sillä auton vikamuistissa ei ollut yhtään vikakoodeja tallentuneena. Valitettavasti ilmansuodattimen vaihdon tai mittauksen aikaisen poiston vaikutusta moottorin suorituskykyyn ei päästy enää kokeilemaan alustadynamometrillä, sillä auto täytyi luovuttaa takaisin omistajalleen. Kuvassa 14 moottorin suorituskyky ennen ja jälkeen puhdistustoimenpiteen. Kuvan 14 kuvaajasta näkee selvän eron ennen ja jälkeen tuloksen välillä.



KUVA 14. Moottorin teho- ja vääntökäyrät puhdistusta ennen ja sen jälkeen. Vertailukelpoisuuden varmistamiseksi käytettiin ISO 1585 -standardin mukaista korjauskerrointa

TAULUKKO 2. Suorituskykymittausten aikaiset ulkoilman lämmöt ja paineet

Säätila mittaushetkellä	Ennen	Jälkeen
Lämpötila [°C]	-7.2	-6.7
Paine [hPa]	1004.6	1003.8

TAULUKKO 3. Hiukkassuodattimen lämpötilat ja paineet puhdistuksen jälkeen. Oranssilla pohjalla olevat arvot ovat ennen puhdistusta.

Rpm	Vastapaine [mbar]	Lämpötila jälkeen [°C]	Vastapaine [mbar]	Lämpötila ennen [°C]
1000	4	119	13	198
2000	20	119	35	189
3000	35	126	40	196
4000	58	128	57	186

Hiukkassuodattimen puhdistamisen täydellisestä onnistumisesta ei ole takeita, mutta vastapaineita ja lämpötilatietoja tutkiessa olivat vastapaine ja lämpötilat pienemmät käsitteilyn jälkeen joka viittaa ainakin osittaiseen puhdistumiseen. Lisäksi myöhemmin selvisi, että kierrosten laskeminen paikallaan tehtävän regeneroinnin aikana on tämän ajo-neuvomallin kohdalla normaalia.

Imusarjassa ja EGR -järjestelmän osissa oli huomattavissa puhdistumista kuten alla olevista ennen ja jälkeen kuvista voi nähdä. Lisäksi karsta oli pehmentynyt aineiden vaikutuksesta helpommin irtoavaksi. Tältä osin puhdistaminen oli siis onnistunut.

Kuvat ovat siinä järjestyksessä kuin kuvatut osat on irrotettu ajoneuvosta. Kuvassa 15 EGR-venttiilin tulopuoli, eli mihin kiinnittyy suoraan pakosarjasta tuleva pakokaasu putki.



KUVA 15. EGR-venttiilin tulopuoli ennen puhdistusta (vas.) ja sen jälkeen

Seuraavassa kuvassa (kuva 16.) on EGR-venttiili kuvattu toiselta puolelta, eli siitä osasta joka tulee imusarjassa olevaa pakokaasukanavaa (kuva 17) vasten



KUVA 16. EGR-venttiilin imusarjan puoli ennen puhdistusta (vas.) ja sen jälkeen



KUVA 17. Imusarjan EGR -kanava ennen puhdistusta (vas.) ja sen jälkeen

Viimeisissä kahdessa kuvassa on kuvattu imusarjan alkuosuus heti kaasuläpän takaa (kuva 18), ja kaasuläppä (kuva 19). Imusarjan mutkassa (kuva 18) näkyy selvästi, kuinka puhdistusaine on alkanut liuottaa karstaa irti kanavan seinämiltä.



KUVA 18. Imusarja kaasuläpän takaa ennen puhdistusta (vas.) ja sen jälkeen



KUVA 19. Kaasuläppä ennen puhdistusta (vas.) ja sen jälkeen

4.1.4 Jälkitarkastus

Noin kaksi viikkoa puhdistamisen jälkeen imusarja kuvattiin uudelleen, jotta nähtäisiin, jatkuuko puhdistuminen käsittelyn jälkeen. EGR-järjestelmän osia tarkkailtaessa on huomattavissa käsittelyssä pehmenneen karstan irtoamista, joka näkyy selvimmin kuvissa 20 ja 21.



KUVA 20. EGR -kanava imusarjassa kaksi viikkoa puhdistuksen jälkeen



KUVA 21. EGR -kanava imusarjassa kaksi viikkoa puhdistamisen jälkeen

Karstan vähentyminen viittaa siihen, että toimenpiteen alussa polttoaineeseen lisätty Oxicat -lisäaine on puhdistanut kanavia myös käsittelyn jälkeen. Oxicat-lisäaine lisättiin polttoainetankkiin juuri siksi, koska se toimii palotapahtuman jälkeen. Toisin sanoen lisäaine kulkeutuu pakokaasujen mukana EGR -järjestelmän läpi imusarjaan, ja näin ollen poistaa ja pehmentää karstaa myös imusarjassa. Kuvassa 22 näkyy EGR-venttiili sen molemmilta puolilta, ja kuvassa 23 endoskooppikuvaa imusarjan sisältä heti kaasuläpän takaa.



KUVA 22. EGR-venttiili kaksi viikkoa puhdistuksen jälkeen



KUVA 23. Endoskooppikuvia imusarjan sisältä

4.2 Audi A4 2,0 TFSI

Ensimmäiseen bensiinimoottorin imusarjan puhdistukseen saatiin käytettäväksi B7-korinen Audi A4. Autossa on 2 -litrainen turboahdettu suorasuihkutteinen bensiinimoottori, jossa pakokaasujen puhdistus on toteutettu katalysaattorilla ja EGR -järjestelmällä. Tämä auto on testaamiseen hyvin soveltuva, sillä useissa suorasuihkutteisissa bensiinimoottoreissa on ongelmia imusarjan ja venttiilien karstoittumisen kanssa. Audiin oli aikaisemmin tehty imusarjan puhdistus mekaanisesti, jolloin imusarja oli irrotettu ja puhdistettu. Tästä oli kumminkin kulunut jo muutama vuosi ja 30 000 km, joten karstaa oli alkanut jo muodostua. Odotusarvona oli, että yhden puhdistuskerran vaikutukset näkyvät selvemmin tällaisissa tapauksessa joissa karstaa ei ole vielä muodostunut suuria määriä. Audin tekniset tiedot ovat seuraavat:

-mittarilukema	155 000 km
-vuosimalli	2008
-teho	130 kW / 3 600 rpm (18)
-vääntömomentti	400 Nm / 2 000 rpm (18)
-iskutilavuus	2 231 cm ³ (18).

4.2.1 Lähtötilanne

Toimenpiteet aloitettiin kuvaamalla imusarja mahdollisimman hyvin. Tässä haasteita tuotti imusarjan materiaali, sillä karstakerrostumat erottuivat erittäin huonosti mustasta muovipinnasta. Endoskooppi ujutettiin sisään imusarjan lämpötunnistimen reiästä ja samalla pidettiin kaasuläppää auki, jotta oli mahdollista näyttää taskulampulla lisää valoa imusarjaan. Imusarjan osion, jossa imuputket yhdistyvät, kuvaus onnistui ongelmitta

(kuva 24), mutta yritettäessä kuvata venttiileitä, kameraan tarttui karstaa imuputkien seinämiltä, minkä vuoksi venttiileistä ei saatu käyttökelpoista kuvaa. Voitiin kumminkin todeta, että imusarja oli puhdistamisen tarpeessa.



KUVA 15. Endoskooppi kuva imusarjan sisältä ennen puhdistusta

4.2.2 Puhdistaminen

Lähtötilanteen kuvaamisen jälkeen irrotetut osat asennettiin takaisin, ja clear flow -laitteen suutin asennettiin välijäähdyttimen ja ahtoputken liitospaikkaan ujuttamalla se saumakohtaan sisälle putkeen. Tämän jälkeen annosteltiin clear flow -laitteeseen 375 ml Triple X Intake Cleaneria ja käynnistettiin moottori. Moottorin kierrokset nostettiin noin 2 500rpm:ään, minkä aikana annosteltiin puhdistusainetta jaksoittain imuilman sekaan.

Jaksottaisella suihkuttamisella pyritään välttämään suuren puhdistusainemäärän kerääntymistä imuputkistoon. Kun kaikki puhdistusaine oli suihkutettu imusarjaan, annettiin moottorin käydä vielä hetki, jotta kaikki puhdistusaine kulkeutuisi pois imusarjasta. Tämän jälkeen moottori sammutettiin ja poistettiin annostelusuuin imuputkesta. Seuraavana

suoritettiin koeajo, jonka aikana oli havaittavissa huomattavaa savutusta ensimmäisissä kiihdytyksissä. Savutus kumminkin loppui hetken kuluttua kokonaan, ja loppu koeajo sujui ongelmitta.

4.2.3 Lopputulos

Ajon jälkeen imusarjan kuvattiin uudestaan, ja puhdistumista sekä karstan pehmenemistä oli havaittavissa. Karstaa kumminkin oli vielä jäljellä imusarjassa, sillä venttiileitä ei päästy kuvaamaan koska endoskooppi sotkeutui ujutettaessa sitä venttiileitä kohti. Puhdistuksen jälkeiset kuvaukset suoritettiin samalla tavalla kuin sitä edeltävätkin. Vertailun helpottamiseksi ennen ja jälkeen kuvat ovat päällekkäin kuvassa 25.



KUVA 25 Imusarja, ylemmässä kuvassa ennen ja alemmassa puhdistuksen jälkeen

4.3 Volvo V70 2,5TDI

Yksi imusarjan puhdistuksen kohteista oli Volvo V70. Tutkimuksessa mukana ollut yksilö on vuosimallia 1998, eli mallisarjan ensimmäistä sukupolvea, ja on varustettu VAG-konsernin valmistamalla 2,5-litraisella suorasuihkutteisella ja turboahdetulla dieselmoottorilla. Kyseinen ajoneuvo valittiin toimenpiteeseen, sillä vanhasta iästään ja suuresta ajo-suoritteesta johtuen EGR -järjestelmä oli karstoittanut imusarjaa runsaasti. Volvon tekniset tiedot ovat seuraavat:

-mittarilukema	413 000 km
-vuosimalli	1998
-teho	103 kW/4 000 rpm (18)
-vääntömomentti	290 Nm/1 900-3 100 rpm (18)
-iskutilavuus	2 460 cm ³ (18).

4.3.1 Lähtötilanne

Operaatio aloitettiin lähtötilanteen tarkastelulla. Tässä tapauksessa imusarja irrotettiin kokonaan hyvien kuvien saamiseksi, sillä kyseinen toimenpide on tämän ikäisessä autossa helppo. Kun imusarja saatiin irrotettua, ilmeni, että karstaa oli kertynyt hyvin paljon imusarjan kaikkiin osiin jotka ovat EGR-venttiilin jälkeen. Pahimpia olivat kannessa olevat imukanavat ja venttiilit, joista 5. sylinterin kanavassa oli paljon helposti irtoavaa öljyistä karstaa. Imukanavat kuvattiin sekä imusarjan että kannen puolelta, ja kannesta otetuissa kuvissa näkyvät myös selvästi venttiilien varret ja lautaset.

4.3.2 Puhdistaminen

Kuvauksen jälkeen asennettiin imusarja takaisin paikoilleen ja ennen ahtoputken kiinnitystä asennettiin Clear Flow -laitteen suutin liitoksen väliin, jotta puhdistusaine saadaan ruiskutettua imukanavistoon. Kun kaikki osat olivat paikoillaan, käynnistettiin moottori ja kierrokset nostettiin noin 2 000rpm:n lukemaan.

Auton käydessä korkeaa joutokäyntiä, alettiin suihkuttamaan puhdistusainetta jaksoittain imuilman sekaan. Työ sujui pitkään ongelmitta, kunnes yhtäkkiä moottori alkoi nostaa kierroksia itsekseen ja pitää voimakasta kalisevaa ääntä. Puhdistusainesuutin suljettiin välittömästi ja moottorin kierrokset laskettiin takaisin tyhjäkäynnille, jolloin kalina vaimeni

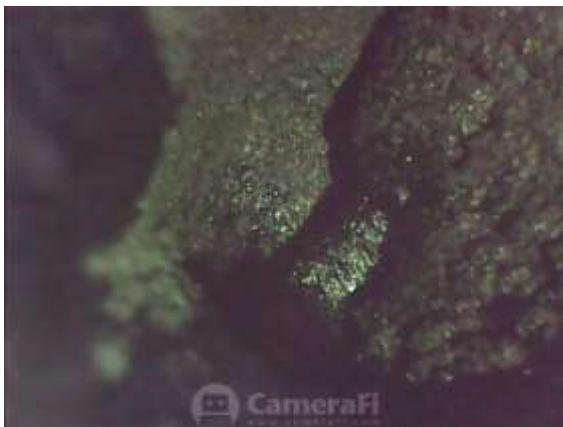
ja loppui hetken kuluttua kokonaan. Auton annettiin käydä hetken tyhjäkäyntiä, ja puhdistusaineen suihkutusta imusarjaan jatkettiin välikohtauksesta huolimatta. Hetken kaikki sujui mallikkaasti, kunnes sama kalina ja kierrosten nousu tapahtuivat uudestaan. Tilanne tasaantui samalla tavalla kuin aiemmin, mutta tällä kertaa päätettiin lopettaa puhdistusoperaatio välittömästi moottorivaurion estämiseksi. Päätöstä puolsi vielä sekin, että puhdistusaineannos oli saatu suihkutettua lähes kokonaan moottoriin.

4.3.3 Lopputulos

Puhdistamisen jälkeen imusarja irrotettiin uudelleen, ja kuvattiin kanavat kannen ja imusarjan puolilta (kuvat 26 ja 27). Imusarja irrotettaessa huomattiin, että sen sisään oli kertynyt huomattava määrä puhdistusainetta, joka valui lattialle irrotuksen yhteydessä. Ainoa paikka, minne puhdistusaine oli voinut kerääntyä, on EGR-venttiilin kanava, joka on imusarjan yhdysputken alaosassa ennen imutorvia. Kerääntymiseen saattoi vaikuttaa tulpattu EGR-venttiili, jolloin kanavassa ei ole virtausta ollenkaan. Imukanavistoa tutkiessa huomattiin, että selkeää puhdistumista oli tapahtunut, mutta vaikutti siltä, että suurin osa puhdistusaineesta oli virrannut 5. sylinteriin, koska sen imukanavissa puhdistuminen oli tehokkainta. Tähän ilmeisiä syitä ovat kyseisen imutorven sijainti ja lähtötilanne, sillä lähtötilanteessa tämä kanava oli kaikista karstaisin ja öljyisin. Lisäksi 5. sylinterin imutorvi on ensimmäisenä ahtoputken ja puhdistusainesuuttimen suunnasta katsottuna. Puhdistustoimenpiteen aikana kuuluneelle kalinalle ei löydetty mitään selkeää syytä. Venttiilien istukkapintojen välissä ei näkynyt karstan palasia tai mitään muutakaan. Kasaamisen jälkeen, kun moottori käynnistettiin uudelleen, kuului pari kolahdusta ennen käynnistymistä, ja käynnistymisen jälkeen moottorin käynti oli epätasaista hetken aikaa. Puhdistuksen aikana kuuluneista ikävistä äänistä huolimatta, on testiajoneuvo toiminut ongelmitta jo 7000 km ajan päivittäisessä ajossa.



KUVA 26. 5. sylinterin imukanava imusarjan puolelta, vasemmalla ennen ja oikealla puhdistustoimenpiteen jälkeen



KUVAT 27. Kannen imukanavat, vasemmalla ennen ja oikealla puhdistustoimenpiteen jälkeen

4.4 VW Touran 1,6 TDI

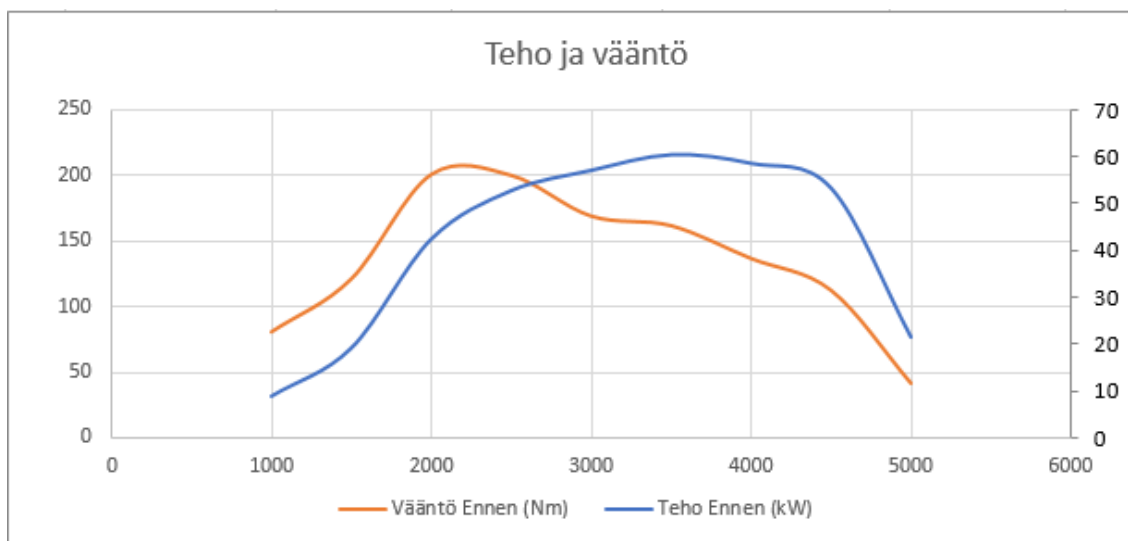
Yksi hiukkassuodattimen puhdistus operaatioista tehtiin vuoden 2013 VW Touran tila-autoon. Autossa ei ole ollut oireita hiukkassuodattimen tukkoisuuteen liittyen, mutta koska tällä yksilöllä ajetaan vain lyhyitä matkoja, ajateltiin puhdistuksen olevan hyödyksi. Lyhyet ajomatkat aiheuttavat hiukkassuodattimella varustetuissa ajoneuvoissa suodattimen tukkeutumista, sillä automaattinen regenerointi ei toimi lyhyillä matkoilla toivotusti. Kyseinen

yksilö on 1,6 litraisella common rail dieselmootorilla, jonka pakokaasunpuhdistuksesta huolehtii EGR ja hiukkassuodatin. VW Touranin tekniset tiedot ovat seuraavat:

-mittarilukema	108 000 km
-vuosimalli	2013
-teho	77 kW/4 400 rpm (18)
-vääntömomentti	250 Nm /1 500-2 500 rpm (18)
-iskutilavuus	1 598 cm ³ (18).

4.4.1 Lähtötilanne

VW Touraniin tehtävä hiukkassuodattimen puhdistus toimenpide oli hyvin samanlainen kuin Lexuksessakin. Ensimmäisenä tehtiin suorituskykymittaus alustadynamometrillä, jonka tulokset näkyvät kuvassa 28. Tämän jälkeen hiukkassuodattimen lämpötilat ja paineet luettiin käyntilämpimästä moottorista ilman kuormaa käyttäen diagnostiikkatesteriä (taulukko 4).



KUVA 28. Moottorin teho- ja vääntökäyrät ennen puhdistusta. Vertailukelpoisuuden varmistamiseksi käytettiin ISO 1585 -standardin mukaista korjauskerrointa

TAULUKKO 4. Hiukkassuodattimesta mitatut paineet ja lämpötilat ennen puhdistusta

RPM	Paine-ero [mbar]	Lämpötila [°C]
780	4	136.5
2000	27	137.4
2500	33	137.4

4.4.2 Puhdistaminen

Puhdistamiseen käytettiin ruiskulla annosteltavaa Pro-Tec Top Gun Cleaneria, jonka ruiskuttaminen hiukkassuodattimeen onnistui helposti lambda-anturin reiästä anturi irrottamalla. Lambda-anturi sijaitsee pakoputkessa turboahtimen ja katalysaattori-hiukkassuodatin paketin välissä, joten myös katalysaattoriin kertynyt noki saadaan huuhdeltua ja poltettua pois vastapainetta lisäämässä.

Vaahto suihkutettiin viiden sekunnin jaksoissa, joiden välissä odotettiin hetki, jotta vaahto ehtisi tunkeutua suodattimeen. Vaahtoa suihkutettiin hiukkassuodattimeen 500 ml, joka on valmistajan suosittelema määrä yhteen käsittelyyn. Puhdistusaineen suihkutuksen jälkeen asennettiin lambda-anturi takaisin paikalleen, ja käynnistettiin moottori regenerointi tilassa. Regeneroinnin käynnistäminen tapahtui Bosch ESI-tronicilla OBD-portin kautta, ja vaihtoehtoina olivat paikallaan tai ajon aikana tehtävä regenerointi. Päädyttiin tekemään ajon aikana tapahtuva regenerointi, sillä kuormitettuna pakokaasujen lämpötila saadaan helpommin riittävän korkealle nokihukkasten palamiseksi. Lisäksi ESI-tronicin ohjeen mukaan pakokaasuimurin käyttö ei ole suositeltua koska pakokaasujen lämpötilat nousevat hyvin korkeiksi regeneroinnin aikana, joten tämäkin puolsi ajon aikaista regenerointia.

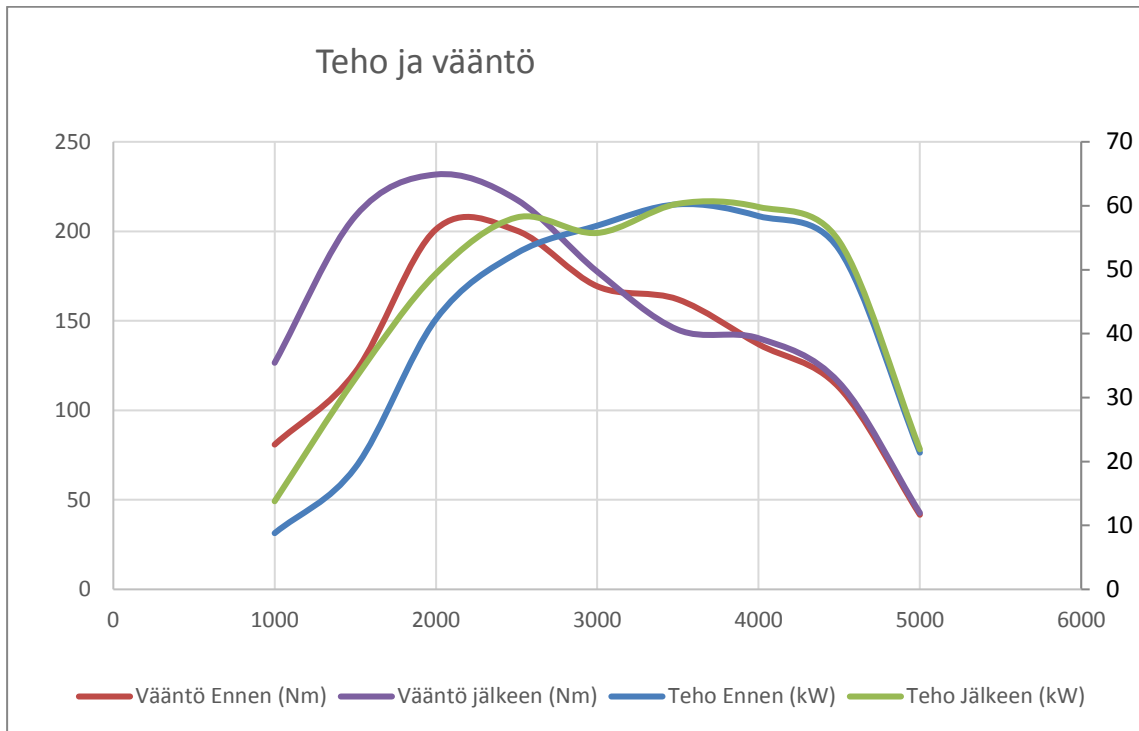
Ajon aikana tarkkailtiin jäähdytysnesteen ja moottoriöljyn lämpötilaa auton ajotietokoneesta, sillä regenerointi tapahtuma nostaa myös moottorin lämpötiloja selvästi. Regeneroinnin loppuminen näkyi selvästi jäähdytysnesteen ja öljyn lämpötiloissa, sillä 10 kilometrin ajon jälkeen molemmat lämpötilat alkoivat laskea.

4.4.3 Lopputulos

Koeajon jälkeen suoritettiin uusi suorituskykymittaus sekä hiukkassuodattimen paineiden ja lämpötilojen luku testerillä. Ennen ja jälkeen tehtyjen suorituskykymittausten vertailun helpottamiseksi käytettiin ISO 1585 -standardin mukaista korjauskerrointa, jonka laskeamiseen tarvittavat mittausympäristön tiedot ovat taulukossa 5.

Suorituskyvyssä oli yllättäviä eroja mittauskertojen välillä, jotka näkyvät selkeästi kuvan 29 taulukossa. Puhdistustoimenpiteiden jälkeen saadut suoritusarvot ovat väännön osalta paljon suuremmat, ja teho kasvaa nopeammin kierrosluvun suhteen kuin ennen puhdistusta. Vaikutus on yllättävän suuri, sillä hiukkassuodattimen vastapaineissa ei ilmennyt juurikaan eroavaisuutta mittausten välillä, eikä autolle ollut tehty mitään muutoksia. Selkeimmin hiukkassuodattimen tilan muutos näkyi pakokaasujen lämpötiloissa, jotka olivat laskeneet noin 20°C jokaisessa mittapisteessä. Hiukkassuodattimesta mitatut lämpötilat ja paineet mittauspisteineen löytyvät alla olevasta taulukosta 6.

Mahdollinen syy puhdistuksen pieneen vaikutukseen tässä tapauksessa oli auton vähäinen ajosuorite, ja juuri ennen testikäyttöä ajettu 160 km:n siirtymä testipaikalle. Siirtymän vaikutus johtuu siitä, että auton oma järjestelmä suorittaa regeneroinnin hiukkassuodattimelle pidempien ajomatkojen aikana. Tällöin noki ehditään polttaa paremmin pois suodattimesta.



KUVA 29. Touranin teho- ja vääntömomentti kuvaaja. Vertailukelpoisuuden varmistamiseksi käytettiin ISO 1585 -standardin mukaista korjauskerrointa

TAULUKKO 5. Suorituskykymittausten aikaiset ulkoilman lämmöt ja paineet, joita käytetty korjauskertoimen määrittämiseen

Säätila mittaushetkellä	Ennen	Jälkeen
Lämpötila [°C]	-19.1	-12.2
Paine [hPa]	1054.5	1047.5

TAULUKKO 6. DPF:n vastapaineet ja lämpötilat. Oranssilla pohjalla ennen toimenpidettä mitatut arvot

RPM	Paine-ero [mbar]	Lämpötila [°C]	Paine-ero [mbar]	Lämpötila [°C]
780	10	112.5	4	136.5
2000	25	110.5	27	137.4
2500	33	112.5	33	137.4

4.5 Peugeot 308 125THP

Peugeotiin oli alun perin tarkoitus tehdä imusarjan puhdistus Pro-Tec Triple X:llä, mutta autoa haettaessa selvisi, että autossa olevat päästöjenkäsittely laitteet voivat vaurioitua moottorin käydessä tehtävässä puhdistuksessa. Siksi tehtiin palotilojen puhdistus Pro-Tec Carbon X:llä. Peugeot 308:n tekniset tiedot ovat seuraavat:

- mittarilukema 28 750 km
- vuosimalli 2013
- teho 92 kW/6 000 rpm (18)
- vääntömomentti 200 Nm/1 400 rpm (18)
- iskutilavuus 1 598 cm³ (18).

4.5.1 Lähtötilanne

Toimenpide aloitettiin puristuspainemittauksella ja palotilojen kuvaamisella. Puristuspainemittaus suoritettiin käyntilämpöiseen moottoriin, ja moottorin käynnistyminen estettiin irrottamalla sytytystulpat sekä puolat. Kuvassa 30 ovat ennen puhdistamista mitatut puristuspaineet ja kuvassa 31 endoskooppi kuva männänpäällä olevasta palotilasta.



KUVA 30. Puristusaineet ennen puhdistusta



KUVA 31. Palotila ennen puhdistusta.

4.5.2 Puhdistaminen

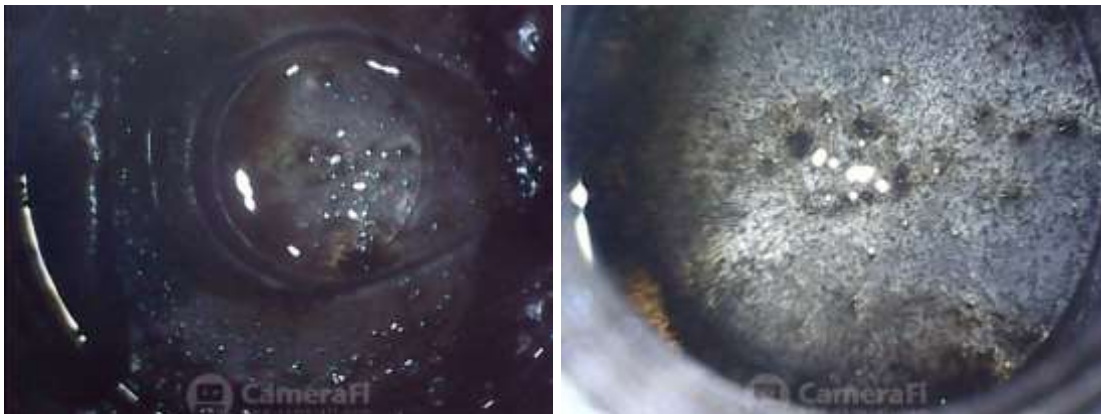
Palotilojen puhdistusoperaatio oli hyvin yksinkertainen. Puristuspainemittauksen ja palotilojen kuvauksen jälkeen ruiskutettiin sytytystulppien rei'istä Carbon X K1-puhdistusvaahto sylintereihin. Puhdistusvaahtoa ruiskutettiin jokaiseen sylinteriin niin paljon, että sitä alkoi hieman tulla ulos tulpanreiästä. Puhdistusvaahton vaikutusaika on 20 minuuttia, jonka aikana pyöritettiin moottoria hieman, jotta puhdistusvaahto kulkeutuisi paremmin myös venttiilien istukkapinnoille ja varsille. Kun aineen vaikutusaika oli kulunut, suihkutettiin Carbon X K2-neutralointi aine palotiloihin ja annettiin vaikuttaa 10 minuuttia. Neutralointiaineen vaikutusajan loputtua, imuroitiin palotilaan jäljelle jääneet epäpuhtaudet alipainekannulla pois. Vielä ennen sytytystulppien ja puolien asennusta, kuvattiin palotilat sekä pyöritettiin moottoria hieman käynnistimellä, jotta viimeisetkin puhdistusaineet saatiin sylintereistä poistettua. Kasaamisen jälkeen suoritettiin koeajo, jonka jälkeen toistettiin puristuspainemittaus.

4.5.3 Lopputulos

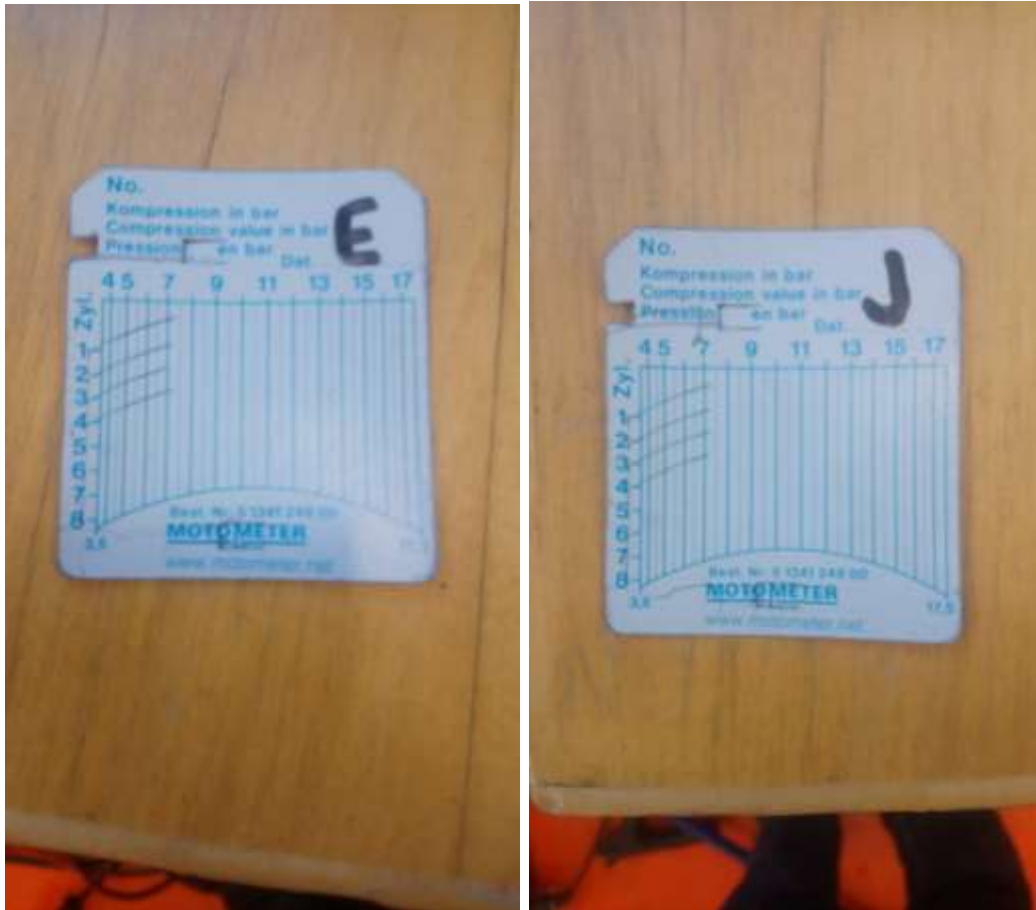
Mittaustuloksia ja kuvamateriaalia tarkastellessa huomaa selvästi aineen toimivuuden. Mäntien päällä oleva karsta on liuennut lähes kokonaan, ja myös puristusaineet ovat parantuneet kahdessa sylinterissä mikä viittaa venttiilien istukkapintojen puhdistumiseen. Kuvissa 32 ja 33 ovat ennen ja jälkeen otokset palotilasta, ja puristusaineiden ennen ja jälkeen tulokset kuva 34.



KUVA 32. Palotila ennen puhdistusta



KUVA 33. Palotila puhdistuksen jälkeen



KUVA 34. Puristusaineet ennen ja jälkeen

4.6 VW Transporter T5 2,5 TDI

Pro-Tec Carbon X:ää testattiin mielenkiinnosta myös imusarjassa esiintyvään pehmeään öljyiseen karstaan, sillä tutkimuskäyttöön oli saatavilla VW Transporterin irtonainen EGR-venttiili, joka oli pahasti karstoittunut. Venttiili käsiteltiin kahteen kertaan Carbon X:llä, ja antaen puhdistusvaahdon vaikuttaa molemmilla kerroilla 20 minuuttia. Neutralointiainetta käytettiin ohjeen mukaisesti molemmissa käsittelyissä. Käsittelyjen välissä EGR-venttiili huuhdeltiin vedellä ja kuivattiin paineilmalla. Lisäksi venttiili kuvattiin ennen puhdistusta (kuva 35), ja molempien puhdistuskertojen jälkeen (kuvat 35 ja 36). Karstakerrostumat lähtivät irtoamaan ilman hankausta yllättävän helposti, ja jäljelle jäänyt karsta oli pehmentynyt huomattavasti.



KUVA 35. Vasemmassa kuvassa EGR-venttiili ennen, ja oikealla ensimmäisen puhdistuskerran jälkeen.



KUVA 36. EGR-venttiili toisen puhdistuskerran jälkeen

Tämän aineen käyttöä imujärjestelmän osien puhdistamisessa hankaloittaa se, että lähes kaikki puhdistusaine on saatava pois moottorista ennen käynnistystä. Helpointa on käyttää tuotetta irto-osiin kuten tämän EGR-venttiilin tapauksessa, sillä puhdistusaine ja kars-tajäämät ovat helposti poistettavissa.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli saada selkeitä tutkimustuloksia Bluechemin valmistamien Pro-Tec-lisäaineiden toimivuudesta henkilöautojen polttomoottoreissa Ykkösvaraosakeskus Oy:n toimeksiannosta. Tutkittavana osa-alueena olivat hiukkassuodattimen, imusarjan ja palotilojen puhdistamiseen tarkoitetut aineet.

Kaikkiaan tutkimustyö oli mielenkiintoinen, sillä yleensä tällaisiin puhdistusaineisiin suhtaudutaan epäluuloisesti. Tämä johtunee siitä, että harvoin on tarjolla mitään muuta tutkimustietoa tai todisteita toimivuudesta kuin ainevalmistajan itse tekemät testaukset ja TÜV-sertifikaatit, joista ei saa suoraa tietoa aineen toimivuudesta. Saadut tulokset ovat odotetun kaltaisia, mutta on selvästi huomattavissa, että käytetyt imujärjestelmän puhdistamiseen tarkoitetut aineet toimivat parhaiten käyttämällä niitä säännöllisesti ja huolonomaisesti. Tällöin moottoriin ei pääse kertymään niin paljoa epäpuhtauksia, ettei puhdistaminen testatuilla aineilla enää onnistu tai puhdistaminen aiheuttaa vaurioriskin. Hiukkassuodattimien tutkimisessa olisi ollut hyödyllistä tietää vastapaineiden ja lämpötilojen ohjearvot, jotta olisi voinut verrata tuloksia uuteen suodattimeen. Lisäksi hiukkassuodattimen mitta-arvot olisi voitu lukea moottorin ollessa kuormituksen alaisena dynamometrissä jolloin, puhdistamisen onnistumisesta olisi saatu kattavammin tietoa.

Yhteenvetoon on koottu arvostelu jokaisen testatun aineen toimivuudesta ja käytettävyydestä, jotta tulokset selkeytyvät. Arvosanat ja lyhyet perustelut taulukossa 7, jossa arvosteluasteikko 1–5, jossa 1 on huonoin ja 5 paras arvosana.

TAULUKKO 7. Puhdistusaineiden loppuarvostelu

Tuote	Arvosana	Perustelu
DPF Top Gun Cleaner	3	Toimiva puhdistusaine, käytettävyys erillisen annostelijan vuoksi laskee arvostelua.
DPF Catalyst Cleaner	4	Vastaava aine kuin Top Gun Cleaner, mutta toimitetaan spraypulloissa, joten helpompi käyttää myös ahtaissa paikoissa.
Triple X Air Intake Cleaner	4	Erittäin tehokkaasti karstaa pehmitävä ja poistava tuote, helppo käyttää erillisestä annostelijasta huolimatta. Arvosanaa laskee ongelmat Volvon kanssa
Oxicat	2	Hankala arvioida, koska ei käytetty missään testissä yksistään, vaan pelkästään muiden aineiden kanssa. Todella helppo käyttää, sillä annostellaan suoraan polttoaineen joukkoon.
Carbon X	5	Tehokkaasti erilaisiin karstakerrostumiin tepsivä puhdistusaine. Helppokäyttöinen koska toimitetaan spraypulloissa. Puhdistusaine ja karstatajämät helposti poistettavissa vedellä.

Epäselväksi vielä jäi ainakin Oxycatin toimivuus erityisesti sellaisissa tapauksissa, joissa sitä käytetään yksistään, sillä näissä testeissä sitä on käytetty ainoastaan muiden aineiden kanssa. Vastaavasti imusarjan puhdistumisesta varsinaisen toimenpiteen jälkeen olisi ollut hyvä saada tietoa myös ilman Oxycatia. Toimeksiantajan mukaan Oxycatin toimivuudesta on tullut paljon hyvää palautetta käyttäjiltä. Varsinkin muuttuvasiipisten turboahtimien puhdistamisessa aineen väitetään olevan tehokas, joten olisi mielenkiintoista saada kattavaa tutkimustietoa tämän tuotteen toimivuudesta.

LÄHTEET

1. Virkkula, Sami 2017. Pro-Tec-lisäaineiden vaikutus polttomoottorissa. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikka. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/130774>. Hakupäivä 10.5.2018.
2. Yritys. Ylivieska: Oy Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus. Toimeksiantajayrityksen tiedot. Saatavissa: <https://www.ykkosvaraosakeskus.fi/yritys.html>. Hakupäivä 12.10.2018.
3. Pro-Tec DPF Top Gun Cleaner. Ykkösvaraosakeskus Oy:n esite. Ylivieska: Bluechem.
4. Pro-Tec DPF Top Gun Cleaner. Suomen Työkalu Oy. STG Group. Saatavissa: <https://www.suomentyokalu.fi/korjaamolaitteet/pro-tec-ja-autoprofi-huoltokemikaalit/pro-tec-kemikaalit-korjaamokayttoon/pakokaasujarjestelma/pro-tec-dpf-gun-flush-p-9334.html>. Hakupäivä 25.4.2018.
5. Pro-Tec DPF Catalyst Cleaner (DCC). 2017. Pro-Tec. Bluechem Group. Saatavissa: <http://www.pro-tec-deutschland.com/en/products/engine/exhaust-system/dpf-catalyst-cleaner>. Hakupäivä 22.1.2019
6. Pro-Tec DPF Super Clean. Ykkösvaraosakeskus Oy:n esite. Ylivieska: Bluechem.
7. DPF Super Clean (DPFSC). 2017. Pro-Tec. Bluechem Group. Saatavissa: <http://www.pro-tec-deutschland.com/en/products/engine/exhaust-system/dpf-super-clean>. Hakupäivä 25.4.2018.
8. Pro-Tec Triple X Air Intake Cleaner. Ykkösvaraosakeskus Oy:n esite. Ylivieska: Bluechem.

9. Air Intake Cleaner Triple X Diesel. Riga Latvia: Pro-Tec Baltija. Saatavissa: <http://www.pro-tec-baltija.com/176eng.html>. Hakupäivä 25.4.2018.

10. Pro-Tec Oxicat. Suomen työkalu Oy. STG Group. Saatavissa: <https://www.suomen-tyokalu.fi/korjaamolaitteet/pro-tec-ja-autoprofi-huoltokemikaalit/pro-tec-kemikaalit-korjaamokayttoon/pakokaasujarjestelma/pro-tec-oxicat-oxygen-sensor-catalytic-converter-cleaner-p-9332.html> Hakupäivä 25.4.2018.

11. Pro-Tec Carbon X. Suomen työkalu Oy. STG Group. Saatavissa: <https://www.suomen-tyokalu.fi/korjaamolaitteet/pro-tec-ja-autoprofi-huoltokemikaalit/pro-tec-kemikaalit-korjaamokayttoon/ilmanottojarjestelma/pro-tec-carbon-x-p4650-p-9340.html>. Hakupäivä 25.4.2018.

12. Ilomäki, Janne 2017. 5K00BJ23 Engine laboratory measurements. Opintojakson oppimateriaali keväällä 2017. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma

13. Dynamometrin kiinnitys ajoneuvoon. Rototest research performancegraphs. Rototest research EU. Saatavissa: <http://rototest-research.eu/popup/performancegraphs.php?ChartsID=696>. Hakupäivä 25.4.2018

14. Rototest kuvaaja, Rototest research performancegraphs. Rototest research EU. Saatavissa: <http://rototest-research.eu/popup/performancegraphs.php?ChartSID=696>. Hakupäivä 25.4.2018

15. Bosch FSA. Ade-systems. Saatavissa: <http://www.adesystems.co.uk/garage-equipment/vehicle-system-analysers/fsa-unit/2/fsa-740-with-kts-540>. Hakupäivä 25.4.2018.

16. Fujitech endoskooppi. 2018. Verkkokauppa.com. Saatavissa: https://www.verkko-kauppa.com/fi/product/45839/hxrkb/Fuj-tech-USB-endoskooppi-5-met-ria?gclid=Cj0KCQiAiKrUBRD6ARIsADS2OLn-QbJsnkBYLVRcwchGcMX-iVDBBZbxF6viZ55pUd9r-5wyijONvFsaAgOBEALw_wcB. Hakupäivä 19.2.2018.
17. Pro-Tec Clear Flow. 2018. Bluechem Group . Saatavissa: <https://www.bluechem-group.com/en/news/news/triple-x-plus-and-clear-flow-7675.html>. Hakupäivä 25.4.2018.
18. Autodata.com. Ulkomaalainen korjaamokäyttöön tarkoitettu ajoneuvotietokanta. Vaatii kirjautumisen. Kaikkien testattujen ajoneuvojen tekniset tiedot. Saatavissa: <https://workshop.autodata-group.com/login>. Hakupäivä 25.4.2018.