

Miikka Hietala

Pakokaasujen jälkikäsittely kuorma-autoissa

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö
Koulutusohjelma: Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Miikka Hietala

Työn nimi: Pakokaasujen jälkikäsitteily kuorma-autoissa

Ohjaaja: Hannu Ylinen

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 1

Työssä tutkittiin pakokaasujen jälkikäsitteilyjärjestelmiä kuorma-autoissa. Työn teki ajankohtaiseksi kiristyvät pakokaasunormit, jotka edellyttävät uusien tekniikoiden käyttöönottoa myös työkonvalmistajilta. Tavoitteena oli saada tietoa järjestelmien toiminnasta ja toimivuudesta kuorma-autoissa.

Työ toteutettiin tutustumalla järjestelmien itseopiskelumateriaaleihin ja korjausohjeisiin sekä haastattelemalla korjaamoilla työskenteleviä henkilöitä.

Työssä esitetään aluksi Euro-päästörajoitusten kehittymistä raja-arvoineen kuorma-autoissa. Tämän jälkeen käydään läpi kolme yleisintä käytössä olevaa järjestelmää: SCR, EGR ja DPF. SCR tarkoittaa pakokaasujen puhdistusta pelkistyslisäaineen avulla, EGR pakokaasujen takaisinkierrätystä ja DPF hiukkassuodatusta.

Työn tuloksena selvisi muutamia yleisimpiä SCR- EGR- ja DPF-järjestelmien toimintaa häiritseviä vikoja. Ne on tuotu työssä esille.

Lopuksi työssä pohditaan järjestelmien toimivuutta ja soveltuvuutta työkonisiin.

Avainsanat: Euro-päästörajoitukset, SCR, EGR, DPF, kuorma-auto, tekniikka.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automotive and Transportation Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Miikka Hietala

Title of thesis: Exhaust gas treatment systems for trucks

Supervisor: Hannu Ylinen

Year: 2010

Number of pages: 38

Number of appendices: 1

This thesis covers the exhaust gas treatment systems for trucks. The work was relevant due to the tightening of the emission standards which require the introduction of new technologies from the manufacturers. The goal was to obtain the information of the operational aspects of the systems and their applications in trucks.

The work was carried out by getting to know the self-study materials of the systems and repair instructions, and by interviewing people who service the trucks.

First of all, the work presents the Euro emission limits and the development of the limit values in the trucks. After that the three most commonly used systems are covered. Their abbreviations are SCR, EGR and DPF. SCR stands for the selective catalytic reduction, EGR is the exhaust gas recycling and DPF means the diesel particulate filter.

The results pointed out some of the most common problems in the SCR, EGR and DPF systems. The problems are clearly brought up in the thesis.

Finally, the functionality and compatibility of the systems in industrial machines is discussed.

Keywords: Euro emission limits, SCR, EGR, DPF, truck, technology.

SISÄLTÖ

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

THESIS ABSTRACT

SISÄLTÖ

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	EURO-PÄÄSTÖRAJOITUKSET	10
3	SCR	13
3.1	Yleistä	13
3.2	Kolmivaiheinen järjestelmä.	14
3.3	Järjestelmän komponentit	15
3.3.1	Pelkistyslisiäaineen lämmitys.....	17
3.3.2	Pelkistyslisiäaineen syöttö, annostelu ja ruiskutus paineilmalla.....	17
3.3.3	Pelkistyslisiäaineen syöttö, annostelu ja ruiskutus pumpulla	18
3.4	Ongelmat	19
3.5	Huollot.....	20
3.6	Euro 4:stä Euro 5:een	21
4	EGR	22
4.1	Yleistä	22
4.2	EGR:n virtaukset ja toiminta.....	23
4.3	EGR-järjestelmien toteutukset.....	25
4.3.1	Toteutus turbocompound-yksiköllä	25
4.3.2	Toteutus XPI-moottorissa.....	28
4.3.3	Toteutus CGI-järjestelmällä.....	30
4.4	Ongelmat	32
4.5	Euro 4:sta Euro 5:een	32
5	DPF ELI HIUKKASSUODATIN	33
5.1	Yleistä	33

5.2 Toiminta	33
5.3 Regenerointi.....	34
5.4 Ongelmat	35
6 JÄRJESTELMIEN SOVELTUVUUS TYÖKONEISIIN.....	36
7 YHTEENVETO.....	37
8 LÄHTEET.....	38
LIITTEET	

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

SCR	Selective Catalytic Reduction eli pakokaasujen puhdistaminen pelkistyslisäaineella
EGR	Exhaust Gas Recirculation eli pakokaasujen takaisin kiertäys
DPF	Diesel Particulate Filter eli hiukkassuodatin
Adblue	Urea-vesiliuos
LPL	Low-pressure loop, EGR-rakenne, jossa pakokaasut otetaan matalapainepuolelta turbon jälkeen, ns."kylmä-EGR"
HPL	High-pressure loop, EGR-rakenne jossa pakokaasut otetaan korkeapainepuolelta ennen turboa, ns."kuuma-EGR"
CGI	Clean Gas Induction eli puhtaan kaasun imu
CRS-järjestelmä	Catepillarin hiukkassuodattimen regenerointijärjestelmä

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Pakokaasumääräysten kehittyminen kuorma-autoissa. (Nylund, Erkkilä & Hartikka 2007, 7.).....	12
Kuvio 2. SCR-järjestelmä. (Biofuel 2010.).....	13
Kuvio 3. Komponenttien sijoitus järjestelmässä. (Scania SCR 2010.)	16
Kuvio 4. Pumpumoottorin toiminta-asennot. (Volkswagen 424 2009.).....	19
Kuvio 5. EGR-järjestelmän periaatteet. (Laurikko 2005, 22.)	23
Kuvio 6. EGR-komponenttien sijoituskaavio turbocompound-yksikkö järjestelmässä. (Scania EGR 2010.)	26
Kuvio 7. EGR-järjestelmän toimintakaavio ilman turbocompound-yksikköä. (Scania EGR 2010.).....	27
Kuvio 8. Toimintakaavio XPI-moottoreissa. (Scania EGR 2010.).....	30
Kuvio 9. CGI ohjaimet ilman kulkuun. (Caterpillar.).....	31
Kuvio 10. CGI:n sijoitus moottorissa. (Caterpillar.).....	31
Kuvio 11. DPF suodatustekniikka. (Caterpillar.).....	34
Taulukko 1 Euro-päästörajoitukset kuorma-autoissa (Dieselnet, [viitattu 20.1.2010].).....	10

1 JOHDANTO

Euro-päästörajoitukset ovat tuoneet tiukentuessaan haasteita moottorivalmistajille. Päästöjä pitäisi saada pienennettyä, mutta samalla kuluttajat haluavat enemmän tehoa moottoreihin. Yhtälö kuulostaa mahdottomalta. Tämän vuoksi kehitellään pakokaasujen jälkikäsitteilyjärjestelmiä pienentämään päästöjä. Tehoa moottoreihin saadaan muun muassa kehittämällä polttoaineen ruiskutusjärjestelmää. Suomen arktiset olosuhteet vaikeuttavat järjestelmien toimivuutta. Tämä tuo valmistajille lisähaasteita järjestelmiä kehitettäessä.

Työssä esitellään päästörajoitukset euroopassa ja rajoitusten kehittyminen raja-arvoineen. Työssä esitetään kolme yleisintä tapaa pakokaasujen puhdistamiseen kuorma-autoissa, näitä ovat SCR-, EGR- ja DPF-järjestelmät. SCR on pakokaasujen puhdistamista pelkistyslisäaineella, EGR on pakokaasujen takaisinkierrätystä ja DPF on hiukassuodatin. Työssä esitetään järjestelmien toiminta, tutustutaan komponentteihin ja tutkitaan eri valmistajien toteutustapoja sekä käytönaikaisia ongelmia. Samalla tutkitaan, miten päästöt on saatu pienennettyä Euro 4:sta Euro 5:een.

Työn toimeksianto saatiin työkonemoottoreihin keskittyneeltä valmistajalta, koska myös työkoneissa päästörajat tiukentuvat. Tämän vuoksi työssä pohditaan järjestelmien soveltuvuutta työkoneisiin. Kuorma-autojen järjestelmien sovittaminen työkoneisiin ei ole aivan yksinkertaista, esim. joidenkin työkoneiden pieni moottoritila tai vaihtelevat käyttöolosuhteet vaikeuttavat järjestelmien sovitusta.

2 EURO-PÄÄSTÖRAJOITUKSET

EU-direktivit säätelevät kuorma-autojen pakokaasupäästöjä. Pakokaasuista mitataan häkä- (CO), hiilivety- (HC), typenoksidi- (NOx) ja hiukkas- (PM) määriä. Direktiivii määrää raja-arvot, jotka pitää toteutua tietystä ajankohdasta eteenpäin. Raja-arvot ja mittausmenetelmät päästöille on määrätty Euro-normeissa, jotka erotetaan toisistaan numeroin, esim. Euro 1 ja Euro 2. Tällä hetkellä on voimassa Euro 5. Se esiteltiin vuonna 2008 ja astui voimaan lokakuussa 2009. Euro 6:n arvioitu käyttöönotto vuosi on 2014. Taulukossa 1 on esitetty Euro-päästörajoitukset kuorma-autoille.

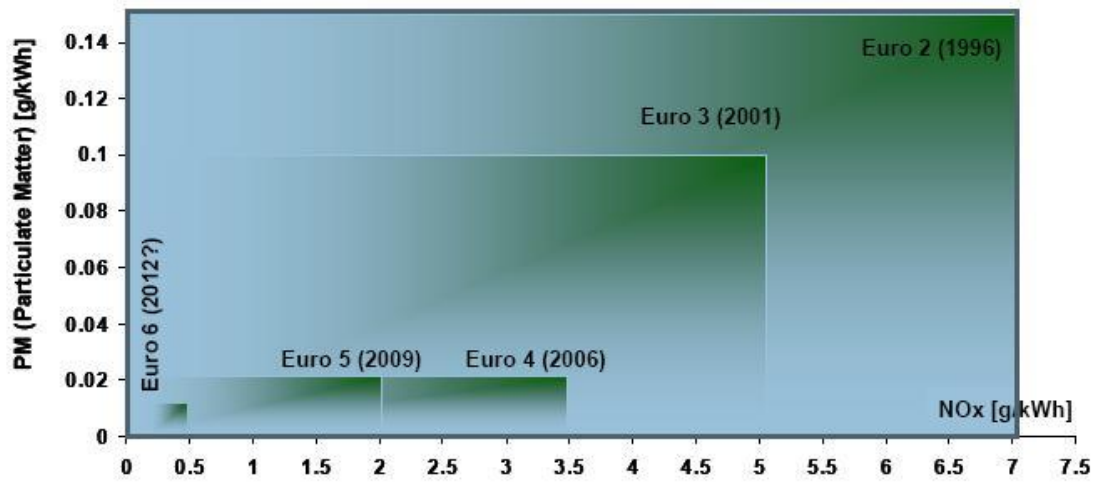
Taulukko 1. Euro -päästörajoitukset kuorma-autoissa. (Dieselnet, [viitattu 20.1.2010].)

Euro-normi ja voimaantulo	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	Partikkelit (g/kWh)
Euro 1, 1993	4,5	1,1	8	0,36
Euro 2, 1995/1996 ko	4	1,1	7	0,15
Euro 3, 2000/2001 ko	2,1	0,66	5	0,1
Euro 4, 2005/2006 ko	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro 5, 2008/2009 ko	1,5	0,46	2	0,02
Euro 6 2013/2014 ko*	1,5	0,13	0,4	0,01

ko = käyttöönotto, * = Arvio

Euro 3 -luokasta siirtyminen Euro 4 -luokkaan tarkoitti päästöarvojen kiristymistä, esimerkiksi hiukkaspäästön (PM) raja-arvo laski 80 %:a ja typen oksidien (NOx) raja-arvo 30 %:a. Euro 4- ja Euro 5 -luokissa on sama hiukkasraja, mutta typen oksidien (NOx) raja-arvo Euro 5 -luokkaan siirryttäessä laskee entisestään noin 40 %:a. Seuraava vaihe on voimaan tuleva Euro 6. Saavuttaakseen Euro 4 ja 5 -päästövaatimukset autonvalmistajat ovat joutuneet ottamaan käyttöön uutta moottori- ja pakokaasunpuhdistustekniikkaa. Tämä vaikuttaa sekä ajoneuvojen hintaan että niiden polttoaineen kulutukseen. (Nylund, Erkkilä & Hartikka 2007, 11)

Dieselmoottorin päästöjen rajoittamisessa perusongelmana kuorma-autoissa on NOx:n ja hiukkasten samanaikainen alentaminen. Aikainen ruiskutus vähentää hiukkasia ja polttoaineen kulutusta, mutta samalla lisää NOx-päästöä. Typen oksidien ja hiukkasten välinen riippuvuus voidaan pienentää vain pakokaasujen jälkikäsittelytekniikan avulla. Vedenjakajaksi muodostuu se, mitä tekniikkaa, EGR:ää vai SCR:ää, käytetään NOx-päästöjen alentamiseksi. Kuvio 1 esittää typen oksidien ja hiukkasten kehittymistä eurooppalaisissa kuorma-autoissa. Kuviossa 1 on virheellisesti arvioitu käyttöönottovuosi Euro 6 -päästöluokalle. (Nylund, Erkkilä & Hartikka 2007, 11)

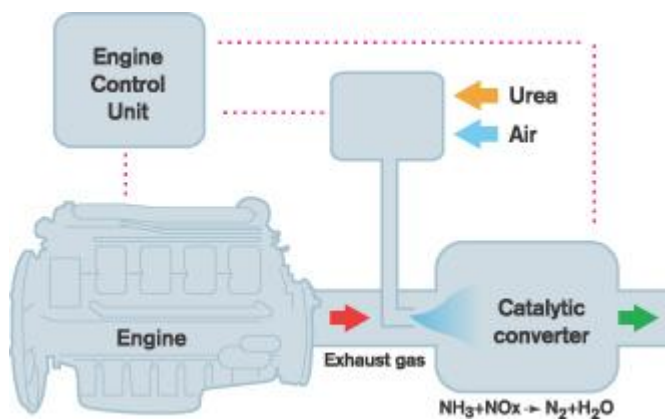


Kuvio 1. Pakokaasumääräysten kehittyminen kuorma-autoissa. (Nylund, Erkkilä & Hartikka 2007, 7)

3 SCR

3.1 Yleistä

SCR (selective catalytic reduction) järjestelmällä alennetaan pakokaasupäästöjä pelkistyslisäainetta (Adblue eli urea- ja vesiliuos) käyttäen. SCR-järjestelmä vaatii erillisen pelkistyslisäainesäiliön, joka on valmistettu alumiinista tai muovista. Säiliöstä pelkistyslisäaine pumpataan suuttimelle, joka ruiskuttaa pelkistysaineen joko paineilmaohjauksella tai pumpun tuottamalla paineella. Pelkistyslisäaineen ruiskutusta ja annostelua ohjataan elektronisella ohjausjärjestelmällä. Ruiskutuksen jälkeen pelkistyslisäaine ja päästöt kulkeutuvat SCR-katalysaattoriin, jossa päästöt reagoivat pelkistyslisäaineen kanssa muodostaen haitallisista typen oksidien (NO_x) päästöistä vettä ja hiilidioksidia. SCR-katalysaattori on asennettu äänen- vaimentimeen ja on valmistettu vanadiinista tai perusmetallista. Kuviossa 2 on esitelty järjestelmän toiminta. Järjestelmät voidaan jakaa kahteen päätyyppiin ruiskutustavan mukaan: paineilma- ja pumppuavusteiseen ruiskutukseen.



Kuvio 2. SCR-järjestelmä. (Biofuel 2010.)

3.2 Kolmivaiheinen järjestelmä

SCR-järjestelmä on kolmivaiheinen: käynnistys, annostelu ja sammutus.

Käynnistämävaiheessa SCR-järjestelmä tekee useita testejä, jolloin se varmistuu normaalista toiminnasta. Vian ilmentyessä vääntömomentti voi rajoittua voimassa olevan lainsäädännön mukaisesti. Tämä tarkoittaa 40 %:n maksimivääntömomentin alenemista, jolloin moottorilla on käytettävissä 60 % maksimivääntömomentista. Laki astui voimaan 1.10.2007. (Scania SCR 2010.)

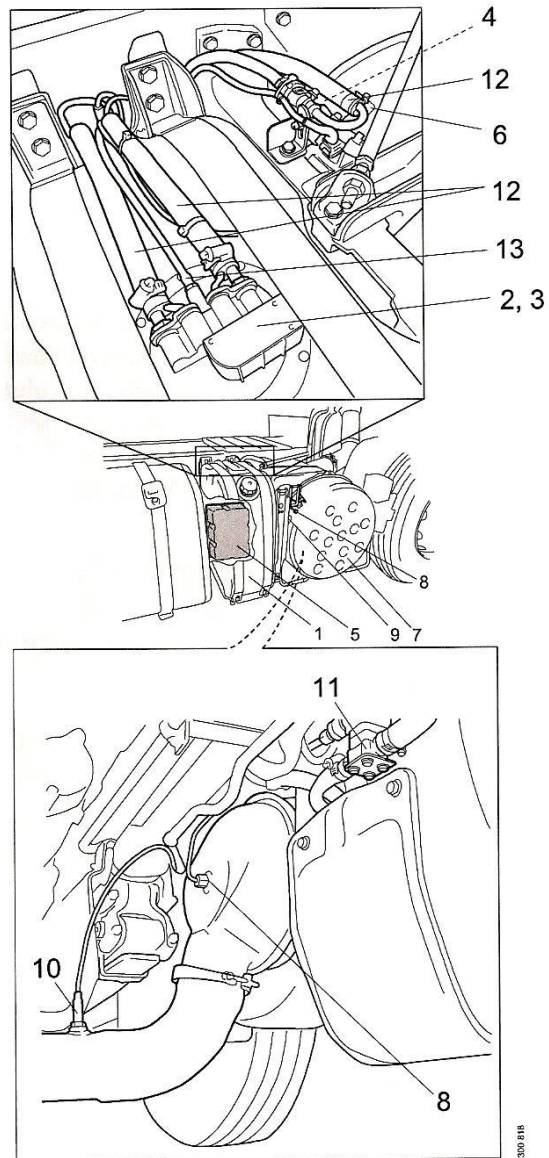
Annosteluvaiheessa, ajoneuvon ollessa joutokäynnillä tai katalysaattorin lämpötilan ollessa matala pelkistyslisäaineen annostelua ei tapahdu. NOx-päästöjen väheneminen katalysaattorissa tapahtuu ainoastaan katalysaattorin lämpötilan ollessa yli 200 °C. Annostelun määrä lasketaan moottorinohjausjärjestelmässä ja saatu arvo lähetetään SCR-järjestelmille. Annostelun aikana SCR-järjestelmä mittaa pyydetyn pelkistyslisäaineen määrää. Jos järjestelmä ei saa annostelupyyntöä noin 15 minuutin kuluessa, järjestelmä tekee sammutusvaiheen ja siirtyy valmiustilaan. Uuden annostelupyynnön saadessaan järjestelmä käynnistyy käynnistymisvaiheen mukaisesti ja annostelu voidaan aloittaa. Myös annosteluvaiheessa järjestelmä tekee useita testejä ja varmistaa oikean toimivuuden. (Scania SCR 2010.)

Annosteluvaiheessa järjestelmän putkissa on pelkistysainetta ja painetta. Moottorin sammuttua järjestelmä aloittaa sammutusvaiheen, jolloin järjestelmän putkistot tyhjennetään takaisin säiliöön. Pelkistyslisäaineen poistuessa järjestelmän säiliöstä kuuluu kuplintaa, joka johtuu ilmasta ja pelkistyslisäaineesta. Pääyksikön ja pelkistyslisäainesäiliön välinen syöttöletku ei tyhjene koskaan. Jos järjestelmä on valmiustilassa ja moottori sammutetaan, järjestelmän tyhjennystä ei tapahdu. Järjestelmän toimivuuden kannalta tärkeää on sammutusvaihe, joka kestää tavallisesti 80 sekuntia. Tämän aikana päävirtakytkimestä ei saa kytkeä virtaa pois, koska tällöin sammutusvaihe keskeytyy ja järjestelmään jää lisäainetta. Tämän seurauksena on lainsäädännön mukainen vääntömomentin 40 %:n alennus. (Scania SCR 2010.)

3.3 Järjestelmän komponentit

Järjestelmän komponentit sijaitsevat rungossa yleensä katalysaattorin läheisyydessä. Järjestelmän komponentit on esitetty seuraavassa kuviossa (kuvio 3).

1. Pelkistyslisäaineen säiliö
2. Säiliön tasoanturi
3. Säiliön lämpötila-anturi
4. Paineilmasyöttö
5. Pääyksikkö
6. Pelkistyslisäaineen annostelija
7. SCR-katalysaattori
8. Pakokaasun lämpötila-anturi (ennen katalysaattoria)
9. Suutin
10. NO_x-anturi
11. Lämmityksen vesiventtiili
12. Pelkistyslisäaineen ja jäähdytysnesteen letkut
13. Ilmausputki (vanhoissa järjestelmissä, uusissa ilmaus tapahtuu täyttökorkin kautta)



Kuvio 3. Komponenttien sijoitus järjestelmässä. (Scania SCR 2010.)

3.3.1 Pelkistyslisäaineen lämmitys

Koska pelkistyslisäaine jäätyy jo -11 °C :ssa, järjestelmää on lämmitettävä. Säiliö, letkut ja annostelija lämmitetään moottorista tulevalla jäähdytysnesteellä ja sähkölämmityselementti lämmittää pääyksikössä (kuvio 3). Ennen lämmitystä moottorin lämpötilan on oltava vähintään 60 °C . (Scania SCR 2010.)

Lämmitysjärjestelmä kytkeytyy päälle ulkolämpötilan ollessa noin 8 °C . Lämmitysjärjestelmä lämmittää järjestelmää kunnes pelkistysaine on 15 °C . Tämän jälkeen lämmitysjärjestelmä sammuu ja käynnistyy uudelleen, kun järjestelmä on alle 10 °C . Järjestelmä pyrkii pitämään pelkistyslisäaineen 15 °C :ssa. Järjestelmässä tapahtuu useita testejä, jotka varmistavat sulatuksen onnistuvuuden. Jos järjestelmässä ei tapahdu lämmitystä, mittaristoon syttyvät varoitusvalot. Ulkolämpötilan laskiessa alle -12 °C :een SCR-järjestelmän lämmitys ei kytkeydy päälle. Tällöin pelkistyslisäainetta ei syötetä järjestelmään. Lämmityksen ollessa valmiiksi käynnissä ulkolämpötilan laskiessa alle -10 °C :een lämmitys ei sammua, ennen kuin moottori sammutetaan. Tästä johtuen letkut voivat olla järjestelmän pois kytkennän jälkeen lämpimiä. (Scania SCR 2010.)

Joidenkin moottorivalmistajien SCR-järjestelmät lupaavat järjestelmän lämmityksen toimivan -40 °C ulkolämpötilaan saakka. Silti itse järjestelmä ei ole käytössä, ennen kuin pelkistyslisäaine on saavuttanut 15 °C . (Mäkelä 2010.)

3.3.2 Pelkistyslisäaineen syöttö, annostelu ja ruiskutus paineilmalla

Paineilma-avusteisessa järjestelmässä pelkistyslisäaine imetään pumpulla säiliöstä, josta se menee esisuodattimen kautta pääyksikköön. Pääyksiköstä se virtaa ruiskutusventtiiliin, joka on osa annostelumoduulia (pelkistyslisäaineen annostelija). Sekoituskammiossa neste sekoitetaan paineilman kanssa nestesumuksi. Se ruiskutetaan suuttimien kautta ja sekoittuu pakokaasuihin ennen katalysaattoria. Moottorin ohjainyksikkö säätelee annostusten määrää, josta lähetetään tieto SCR-

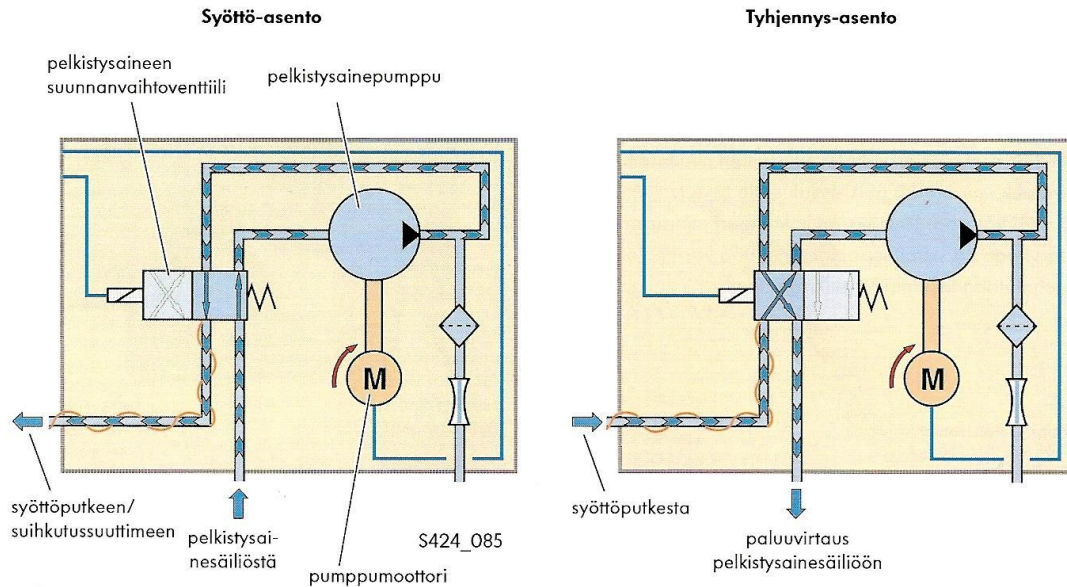
ohjausyksikköön. SCR-ohjausyksikkö säätää ruiskutusventtiiliä, jolloin oikea määrä pelkistyslisäainetta sekoittuu paineilmaan sekoituskammiossa. Ohivirtausventtiili ja pumpun nopeuden vaihtelu säätelevät painetta pumpussa. Palautusputkesta nesteen palauttaa säiliöön magneettiventtiili, joka on käytön aikana yleensä kiinni. (Scania SCR 2010.)

3.3.3 Pelkistyslisäaineen syöttö, annostelu ja ruiskutus pumpulla

Pumppulla toimivassa SCR-järjestelmässä pelkistysaineen pumppu imee pelkistysaineen säiliöstä ja pumppaa noin 5 barin paineella syöttöputken kautta suihkutussuuttimelle. Suihkutussuuttimen ollessa lepoasennossa syöttöreivät sulkeutuvat venttiilijousen voimalla. Pelkistysaineen suihkuttamiseksi moottorin ohjainlaite ohjaa magneettikämiä. Muodostuu magneettikenttä, jolloin venttiiliankkuri ja venttiilineula nousee. Tällöin venttiili avautuu ja pelkistysainetta suihkutetaan. Magneettikentän loppuessa venttiilijousen voima sulkee venttiilineulan. Magneettikenttä loppuu, kun magneettikämiä ei ohjata. (Volkswagen 424 2009.)

Samalla yhteen suuntaa pyörivällä pumppumoottorilla mahdollistetaan sammutusvaihe suunnanvaihtoventtiilin avulla. Suunnanvaihtoventtiili vaihtaa pelkistysaineen virtaussuuntaa, jolloin pelkistysaine virtaa takaisin säiliöön. Kuviossa 4 on esitetty syötön ja tyhjennyksen toiminta-asennot. (Volkswagen 424 2009.)

Vaikka syöttö tapahtuisi pumpulla, järjestelmän tyhjennys saattaa olla ilmatoiminen. Järjestelmien itsediagnostiikassa on myös eroja, eli järjestelmät tarkastelevat komponenttien toimivuutta kaiken aikaa tai ainoastaan silloin, kun kyseistä komponenttia esimerkiksi käytetään lämmitysvastusta. (Mäkelä 2010.)



Kuvio 4. Pumpumootorin toiminta-asennot. (Volkswagen 424 2009.)

3.4 Ongelmat

Ongelmana SCR-järjestelmissä on pelkistysaineen heikko pakkaskestävyys ja ilman kanssa kosketuksiin joutuessaan pelkistysaineen (AdBlue) kiteytyminen. Kiteynyt pelkistysaine tukkii suuttimen. Kiteytyminen suuttimessa voi johtua suurista lämpötilamuutoksista tai järjestelmään jääneestä pelkistysaineesta esimerkiksi sammutusvaiheen jälkeen. Kiteytynyt pelkistysaine voi jumittaa suuttimen kiinni tai auki. Tukkeutunut suutin voidaan saada puhdistettua kuumalla vedellä. Jos tämä ei auta, suutin on vaihdettava uuteen. Auki olevasta suuttimesta seuraa katalysaattorin tukkeutuminen, jolloin aiheutuu tehottomuutta ja kovaa polttoaineen kuluusta. Tukkeutuneen katalysaattorin saa useimmiten puhdistettua pesemällä sen kuumalla vedellä. (Mäkelä 2010.)

Puhtaus on erittäin tärkeää järjestelmän toimivuuden kannalta. Pelkistyslisäaineessa olevat epäpuhtaudet kuluttavat suuttimen neulaa. Epäpuhtaudet voivat myös aiheuttaa NOx-anturin väärän toiminnan. NOx-anturit ovat herkkiä vahingoittumaan, yleensä vahingoittunut anturi näyttää liian korkeaa partikkeliarvoa (esimerkiksi 1600 ppm). Vahingoittuminen saattaa johtua myös kovasta pakkasesta.

Pelkistysainetankissa ja letkustoissa on lämmitysvastuksia, jotka voivat rikkoutua. Rikkoutuneen vastuksen järjestelmä saattaa havaita vasta lämmitysvaiheessa, jolloin vikakoodi ilmestyy mittaristoon. (Mäkelä 2010.)

Pelkistysaineen syötön ohjausparametreissa saattaa olla eroja. Kesällä vaadittavat parametrit eroavat talven parametreista. Eli talvella järjestelmä voi toimia hyvin, mutta kesällä järjestelmä ilmoittaa päästötason ylityksestä, vaikka kaikki olisi kunnossa. Yleensä tilanne korjautuu ohjelmistopäivityksellä. (Mäkelä 2010.)

Ongelmista voi seurata vääntömomentin aleneminen. Vaikka Adblue on urea- ja vesiliuosta, sitä ei saa jatkaa vedellä. Öljyn, dieselin tai muun vieraan aineen tankkaaminen pelkistyslisäainesäiliöön aiheuttaa rikkoutumisen järjestelmässä. Ilman pelkistyslisäainetta ajettaessa seuraa myös vääntömomentin alennus.

3.5 Huollot

SCR-järjestelmän esisuodatin on huoltovapaa. Muut järjestelmän suodattimet ovat pääyksikössä ja ne kannattaa vaihtaa säännöllisesti. Myös tankki kannattaa pestä kuumalla vedellä säännöllisesti, vähintään kerran vuodessa, jolloin sieltä saadaan kiteytynyt Adblue pois. Säiliö joko irroitetaan ajoneuvosta tai pyritään puhdistamaan paikoillaan. Tankkiin päästetään kuumaa vettä ja tyhjennetään täyttökorkin kautta tai pohjassa olevasta tyhjennysaukosta. NOx-anturi on huoltovapaa. Myös lisäainesäiliön täyttöaukon ympäristö on syytä puhdistaa säännöllisesti. (Mäkelä 2010.)

3.6 Euro 4:stä Euro 5:een

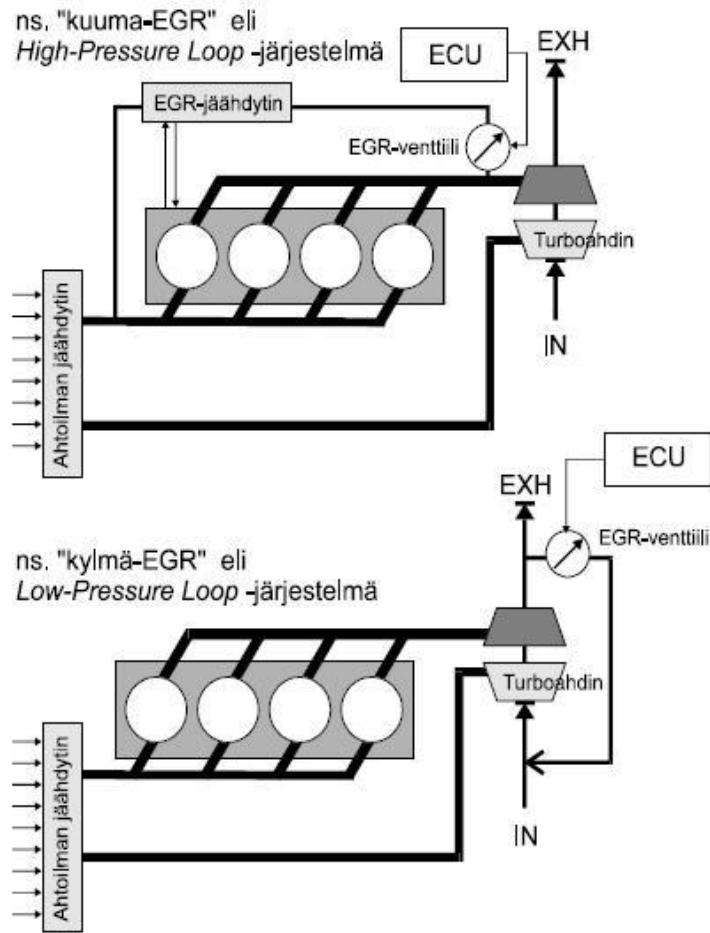
SCR-menetelmä soveltuu käytettäväksi niin Euro 4 - kuin Euro 5 -sovellutusten yhteydessä. Jotta typpioksidien määrä saadaan pienemmäksi, AdBlueta ruiskutetaan Euro 5 -moottoreissa enemmän. Euro 4 -sovellutuksissa käytetään pelkistyslisäainetta noin 3–4 % polttoaineen määrästä, kun vastaava prosenttiluku Euro 5:ssä on noin 5–7 %. Tämä tarkoittaa sitä, että uusia komponentteja ei tarvita siirryttäessä Euro 4:stä Euro 5:een. (Volvo 2010.)

4 EGR

4.1 Yleistä

EGR (Exhaust Gas Recirculation) tarkoittaa pakokaasujen takaisinkiertäystä. Järjestelmä kierrättää osan pakokaasuista EGR-venttilin kautta EGR-jäähdytimeen, josta pakokaasut menevät takaisin moottoriin. Moottoriin menevät jäähtyneet pakokaasut sekoittuvat imuilmaan ja vähentävät happipitoisuutta. Tämä alentaa palamislämpötilaa, jolloin pakokaasujen typpioksidien (NO_x) määrä alenee. (Scania EGR 2010.)

Uusimmissa EGR-järjestelmissä EGR-venttiili on sähkötoiminen ja elektronisesti moottorinohjausjärjestelmän kautta säädetty. EGR-rakenteena käytetään kahta järjestelmää, joko perinteistä "kylmää" eli LPL (low-pressure loop) järjestelmää tai uudempaa "kuumaa", eli HPL (high-pressure loop) järjestelmää. HPL-järjestelmässä pakokaasua ohjataan turboahtimen turbiinin korkeapaineiselta puolelta erillisen jäähdyttimen kautta imusarjaan, kun taas LPL-rakenteessa pakokaasu otetaan matalapaineisena turbon jälkeen ja ohjataan ahtimen imupuolelle. Kuviossa 5 on esitetty kummatkin tapaukset. HPL-järjestelmässä ongelmaksi muodostuu riittämätön pakokaasun paine korkeammissa kuormituksissa, jolloin ahtopaine tyypillisesti kasvaa suuremmaksi kuin pakokaasun paine ennen turbiinia. Ratkaisuna tähän on muuttuvageometrinen ahdin ja myös korkea ruiskutusaine helpottaa EGR:n käyttöä. (Laurikko 2005, 22.)



Kuvio 5. EGR-järjestelmän periaatteet. (Laurikko 2005, 22.)

4.2 EGR:n virtaukset ja toiminta

Pakokaasujen virtausta ohjaa moottorin ohjausyksikkö, joka säätelee moottoriin palautuvien kaasujen määrää eli EGR-osuutta. Osuus mitataan prosentteina eli tietty prosenttimäärä vastaa pakokaasujen määrää ja loput on ilmaa. (Scania EGR 2010.)

Massavirtausanturilta, ahtoilman paineanturilta ja lämpötila-antureilta menee tieto moottorin ohjausyksikölle, joka laskee anturitietojen perusteella sylintereihin johdettavien kaasujen kokonaismäärän (ilma ja EGR-kaasut). Kaasujen kokonaismäärästä vähennetään massavirtausanturin mittaama ilmavirta, tämän perusteella

ohjausyksikkö laskee EGR-osuuden. EGR-venttiili sulkeutuu esiasetetuin aikaväleihin estääkseen kaasujen paluuvirtauksen, jolloin mittaustarkkuus nousee ja vääriä arvoilta vältytään. Massavirtausanturin antamia arvoja verrataan ohjausyksikössä sylintereihin johdettavien kaasujen määrään ja näiden määrien pitäisi olla samat. Arvojen poiketessa toisistaan ohjausyksikkö kalibroi massavirtausanturin. (Scania EGR 2010.)

EGR-järjestelmän toiminnan katkaisun jälkeen järjestelmä aktivoituu uudelleen tietyn aikavälein. Vian ilmentyessä muodostuu vikakoodi, josta seuraa EGR-järjestelmän pois kytkentä tai pakokaasujen kierrätys ilman massavirtausanturin tietoja. Tällöin EGR-pitoisuutta säädetään ennaltamääritettyjä asentoarvoja käyttäen, jolloin massavirtausanturin kalibrointia ei tapahdu. Vika ilmoitetaan kojelaudassa varoitusvalolla. (Scania EGR 2010.)

Kylmässä moottorissa, eli jäähdytysnesteen lämpötilan ollessa alle 55–60 °C (riippuen järjestelmästä), pakokaasuja ei kierrätetä. Tällöin ohjausyksikkö ei lähetä proportionaaliventtiilille EGR-venttiilin avaussignaalia. Jäähdytysnesteen lämpötilan noustessa tarvittavaan lämpötilaan lähetetään avaussignaali. Tämän jälkeen EGR-kaasut virtaavat EGR-jäähdyttimen kautta takaisin moottoriin. Nopea kaasupolkimen painallus aiheuttaa EGR-venttiilin sulkeutumisen. Tällä kompensoidaan ilman puutetta, jota esiintyy ennen turboahtimen ahtamisen käynnistymistä. (Scania EGR 2010.)

EGR-järjestelmän toiminta katkaistaan, jos:

- imusarjassa on jäätymisvaara. ”Kun kuumat pakokaasut 180 °C kohtaavat kylmää ilmaa muodostuu kondensaatiota. Tämä merkitsee sitä, että EGR-järjestelmän voi sulkea ajoittain pois käytöstä.”
- pakokaasujarru on käytössä.
- kaasupoljinta polkaisten nopeasti
- ilmanpaineen vaikuttaessa moottorin suorituskykyyn.

- jäähdytyslämpötila on liian korkea. Ylittäessä 100 °C EGR-venttiili sulkeutuu, jotta vältetään EGR-jäähdyttimen kuormitus lisälämmöllä.
- valkosavurajoitin on aktiivinen.

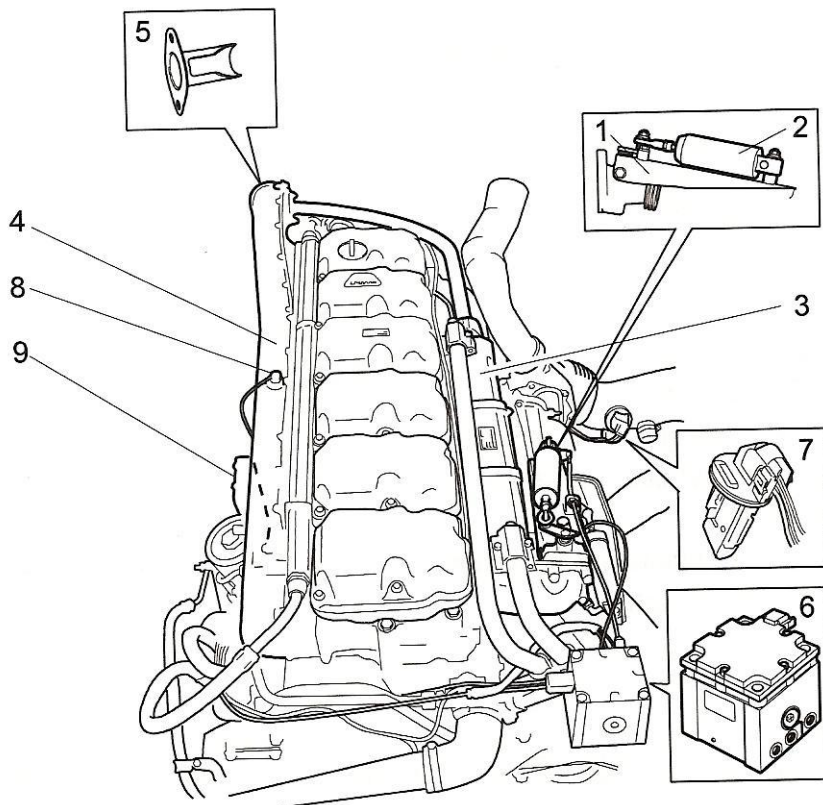
(Scania EGR 2010.)

4.3 EGR-järjestelmien toteutukset

4.3.1 Toteutus turbocompound-yksiköllä

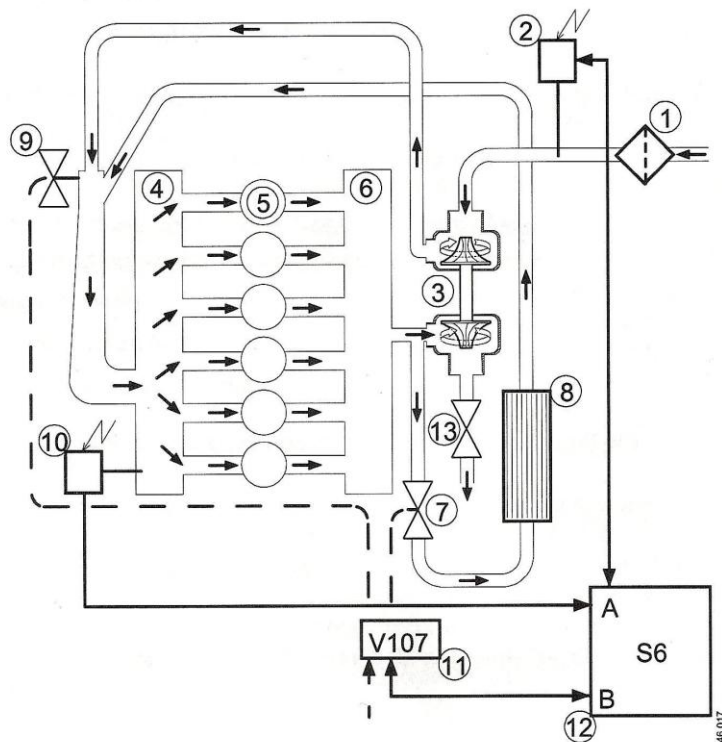
Turbocompound tarkoittaa pakokaasuista tulevan energian ottamista talteen turboahdistimesta alavirtaan olevalla toisella pakokaasuturbiinilla. Järjestelmässä moottorin ohjausyksikkö ohjaa EGR-venttiilin toimintaa venttiilien avulla. Kuviossa 6 on EGR-komponenttien sijoituskaavio turbocompound-yksikköjärjestelmässä. Ilman turbocompound-yksikköä olevaa järjestelmää ohjausyksikkö ohjaa EGR-venttiilin lisäksi kurkun sisäosan kiilan toimintaa venttiilien avulla ja kuvion (6) suutinputki (numero 5) on korvattu kurkun paineilmatoimisella käyttösylinterillä. Tällöin varmistetaan kummassakin järjestelmässä oikea EGR-määrä kaikissa toimintatilanteissa. Ilman turbocompound-yksikköä olevassa järjestelmässä 1000–1500 r/min:n kierroslukualueella kurkun sisäosan kiila sulkeutuu kokonaan ja kiila on auki, kun kierrokset ovat yli 1500 r/min. Kuviossa 7 on toimintakaavio EGR-järjestelmästä ilman turbocompound-yksikköä. Turbocompound-yksiköllä olevalla järjestelmällä toimintakaavio on muuten sama mutta puuttuu kurkku (kuvio 7, numero 9). (Scania EGR 2010.)

1. EGR-venttiili
2. EGR-venttiin paineilmatomisen käyttösylinteri
3. EGR-jäähdytin
4. Imusarja
5. Suutinputki
6. Venttiililohko proportionaaliventtiilillä
7. Massavirtausanturi
8. Ahtoilman paine- ja lämpötila-anturi
9. Moottorinohjauslaite



Kuvio 6. EGR-komponenttien sijoituskaavio turbocompound-yksikkö järjestelmässä. (Scania EGR 2010.)

1. Ilmansuodatin
2. Massavirtausanturi
3. Turboahdin
4. Imusarja
5. Sylinterit
6. Pakosarja
7. EGR-venttiili paineilmatoimisella käyttösylinterillä
8. EGR-jäähdytin
9. Kurkku (sisäänrakennettu imusarjaan) paineilmatoimisella käyttösylinterillä
10. Ahtoilman paine- ja lämpötila-anturi
11. Venttiililohko, jossa on EGR-venttiilin propotionaaliventtiili sekä kurkun ON/OFF-venttiili
12. Moottorin ohjausyksikkö
13. Pakokaasujarru



Kuvio 7. EGR-järjestelmän toimintakaavio ilman turbocompound-yksikköä. Paineilmapiputket on merkitty katkoviivalla. (Scania EGR 2010.)

4.3.2 Toteutus XPI-moottorissa

XPI-ruiskutustekniikan avulla polttoaineen syöttö ja ruiskutusaine, joka on erittäin korkea, voidaan määrittää hyvin tarkasti moottorin käyntinopeudesta riippumatta. XPI-ruiskutustekniikka on common rail-järjestelmä, joka säätyy jatkuvasti vaihtuvien nopeuksien ja tilanteiden sovittamiseksi. XPI-moottoreissa EGR-järjestelmä eroaa normaalista järjestelmästä. Pakokaasuista osa johdetaan muuttuvageometriseen turboahtimen turbiiniin ja osa EGR-venttiiliin. EGR-venttiilillä kytketään päälle ja pois päältä EGR-järjestelmä, ja muuttuvageometrisella turboahtimella ohjataan EGR-määrää. Kuviossa 8 on toimintakaavio. (Scania EGR 2010.)

Pakokaasut jäähdytetään kahdessa vaiheessa:

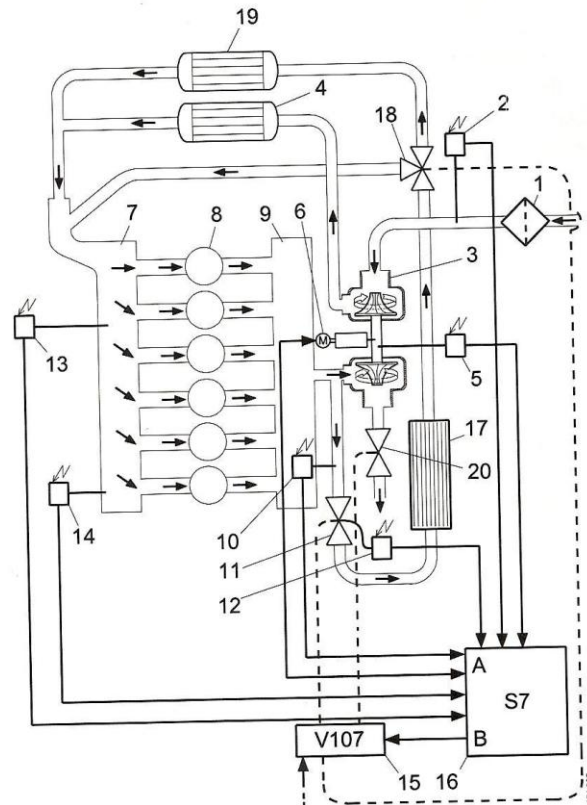
1. Pakokaasut johdetaan vesijäähdytteisen EGR-jäähdyttimen läpi moottoriin.
2. Pakokaasut menevät ilmajäähdytteisen EGR-jäähdyttimen läpi, joka on asennettu välijäähdyttimen yläpuolelle.

Joissakin 5-sylinterisissä moottoreissa ilmajäähdytteinen EGR-jäähdytin on jätetty pois.

Vesijäähdytteisen ja ilmajäähdytteisen EGR-jäähdyttimien välillä on ohivirtausventtiili. Sen tehtävä on, ulkoilman lämpötilan ollessa alhainen, ohjata pakokaasut suoraan ilmajäähdytteisen jäähdyttimen ohi moottorin imuilmaan. Näin estetään veden jäätyminen ilmajäähdytteiseen EGR-jäähdytimeen. Kuviossa 8 näkyy ohivirtauskanava selvästi. (Scania EGR 2010.)

XPI-moottoreissa EGR-järjestelmä toimii käyntinopeuden ollessa noin 800–2100 r/min jäähdytysnesteen ollessa yli 55 °C. (Scania EGR 2010.)

1. Ilmansuodatin
2. Massavirtausanturi
3. Turboahdin
4. Välijäähdytin
5. Turboahtimen kierroslukuanturi
6. Turboahtimen sähköinen käyttölaite
7. Imusarja
8. Sylinterit
9. Pakosarja
10. Anturi pakokaasun vastapaineen mittaamiseen
11. EGR-venttiili paineilmatoimisella käyttösylinterillä
12. EGR-venttiilin asentoanturi
13. Ahtoilman lämpötila-anturi
14. Ahtoilman paineanturi
15. Venttiililohko, jossa on EGR-venttiilin proportionaaliventtiili, pakokaasujarru sekä ohivirtauksen ON/OFF-venttiili
16. Moottorin ohjausyksikkö
17. Vesijäähdytteinen EGR-jäähdytin
18. Lämpäventtiili
19. Ilmajäähdytteinen EGR-jäähdytin
20. Pakokaasujarru



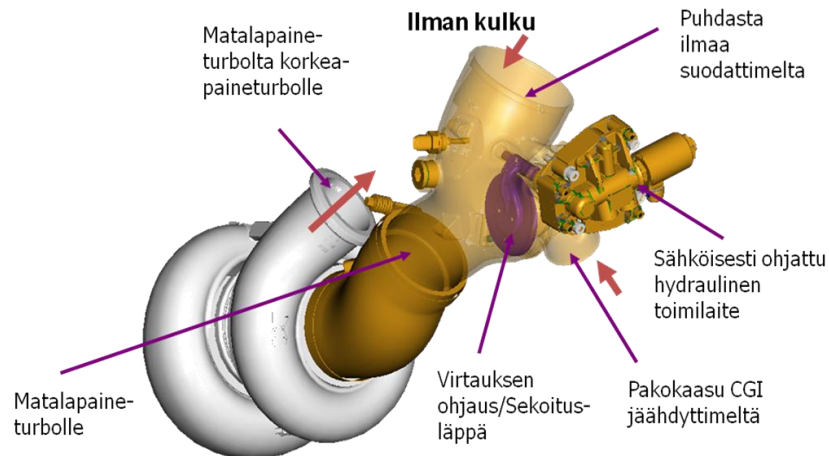
Kuvio 8. Toimintakaavio XPI-moottoreissa, jossa paineilmaputket on merkitty katkoviivalla. (Scania EGR 2010.)

4.3.3 Toteutus CGI-järjestelmällä

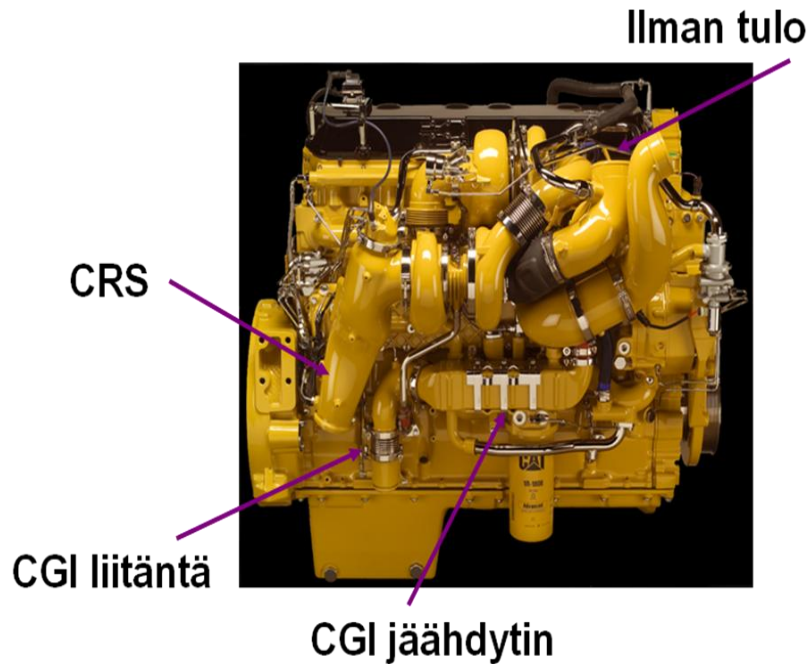
Catepillar käyttää järjestelmästä nimitystä CGI (Clean Gas Induction, puhtaan kaasun imu) -järjestelmä, jossa osa pakokaasuista kierrätetään uudestaan. Järjestelmä on LPL-rakenteinen ("kylmä-EGR") eli pakokaasu otetaan matalapaineisena turbon jälkeen. Kaasu jäähdytetään, siihen sekoitetaan lisää viileää, puhdasta ilmaa ja se palautetaan moottoriin. Pakokaasut ovat menneet dieselhiukkassuodattimen läpi, joten suurin osa epäpuhtauksista on poistettu.

CGI:n ollessa pois käytöstä virtauksen ohjauksen läppä (kuvio 9) on kiinni, jolloin kaikki ilma on ilmansuodattimelta tulevaa. Rajoitetussa virtauksessa läppä on osittain auki, jolloin CGI-jäähdyttimeltä tulee osa ilmasta, mutta pääasiassa moottori

ottaa puhdasta ilmaa. Suuressa CGI-virtauksessa läppä rajoittaa puhtaan ilman tuloa, koska läppä kääntyy puhtaan ilman virtauksen eteen. (Caterpillar.)



Kuvio 9. CGI ohjaimet ilman kulkuun. (Caterpillar.)



Kuvio 10. CGI:n sijoitus moottorissa. (Caterpillar.)

4.4 Ongelmat

EGR-järjestelmän yleisimpiä ongelmia on imusarjan tukkeutuminen. Tukkeutuminen johtuu järjestelmän nokeentumisesta, koska imukanavassa on yleensä jonkin verran öljysumua. Tukkeutuminen aiheuttaa järjestelmässä EGR-venttiilien tarttumista, josta seuraa ahtopaineongelmia. EGR-järjestelmässä on vähemmän antureita kuin SCR-järjestelmässä, joten anturiviat eivät ole kovin yleisiä. (Mäkelä 2010.)

Vikoja tutkitaan tiiviystarkastuksilla sekä asento- ja lämpötilatietoja seuraamalla. Tiiviystarkastuksella varmistetaan, ettei järjestelmä vuoda. Asentotarkastuksella varmistetaan venttiilien toiminta-asento. Lämpötilatarkastuksessa järjestelmän toimintalämpötilaa seurataan, jolloin saadaan selville mahdollinen anturivika. (Mäkelä 2010.)

4.5 Euro 4:sta Euro 5:een

Päästöjen pienentämiseksi on pakokaasujen takaisinkierätyksen osuutta lisätty. Samalla jäähdytystä on tehostettu ja polttoaineruiskutusta parannettu.

5 DPF ELI HIUKKASSUODATIN

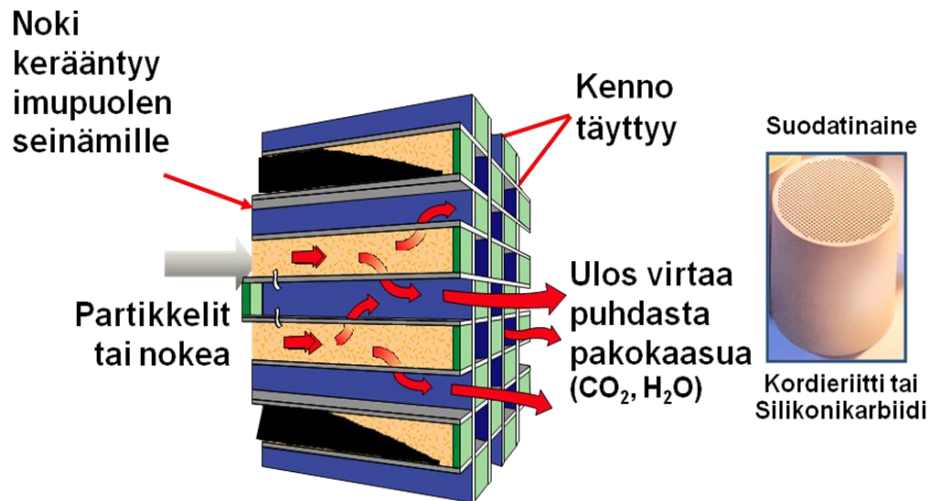
5.1 Yleistä

DPF (Diesel Particulate Filter) on dieselhiukkassuodatin. Sen tarkoituksena on kerätä pakokaasusta partikkeleita eli nokea, joka sisältää moottoriöljyä ja polttoainejäämiä, ja polttaa korkeassa lämpötilassa noen sisältämät saasteet tuhaksi. Hiukkassuodatin on erillinen järjestelmä. (Turbotec 2010.)

5.2 Toiminta

Nokihiukkaset tulevat moottorista katalysaattorin läpi, katalysaattorin jälkeen hiukkaset menevät DPF-suodattimeen. Suodattimessa hiukkaset kerääntyvät seinämille. Kun hiukkasia on kerääntynyt tarpeeksi suodattimeen, suodattimessa tapahtuu regenerointi eli nokihiukkaset poltetaan pois. Suodatinaine on koodieriittä tai siliikonikarbiidia. Kuviossa 11 esitetään suodatustekniikka. (Caterpillar.)

Vaihtoehtoinen DPF-suodatin on kennomainen piikarbidista valmistettu keramiikkaosa. Se on jaettu kanaviin, jotka muodostuvat tulo- ja poistokanavista. Ne on erotettu suodatinseinämillä, jotka on pinnoitettu alumiinioksidin (ja ceriumoksidin) aluskerroksella. (Volkswagen 336 2005.)



Kuvio 11. DPF suodatustekniikka (Caterpillar.)

5.3 Regenerointi

Regenerointi eli hiukkasten poltto on suoritettava säännöllisesti, jottei suodatin tukkeudu eikä toiminta heikkene. Regenerointi tarvitsee normaalia korkeamman lämpötilan pakoputkistossa. Passiivinen regenerointi tapahtuu itsestään suurella moottorin kuormituksella, esimerkiksi moottoritiellä ajettaessa pakokaasujen lämpötilan ollessa noin 300–350 °C. Aktiivinen regenerointi suoritetaan kun järjestelmä on saavuttanut tietyn nokikuormituksen, jolloin moottorinohjaus käynnistää regeneroinnin. Pakokaasun lämpötila on noin 600–650 °C. Lyhyitä matkoja ajettaessa järjestelmä ei ehdi puhdistaa nokihiukkasia. Tällöin tietyn nokihiukkasraja-arvon saavuttaessaan järjestelmä antaa ilmoituksen mittaristoon. Tällöin kehoitetaan ajamaan jonkin aikaa suuremmalla nopeudella, jolloin lämpötila nousee ja järjestelmä pystyy suorittamaan puhdistuksen. Tätä kutsutaan puhdistusajoksi. Regenerointi pystytään suorittamaan myös korjaamoissa testerillä. (Volkswagen 336 2005.)

Vaihtoehtoinen regenerointi on CRS-järjestelmä, jonka prosessi vastaa ottomoottorin toimintaa. Diesel-polttoaine syötetään erilliseen palokammioon ja sytytetään kipinällä. Diesel ohjataan moottorin esisuodattimen jälkeen polttimelle. Kun moottorin ohjainyksikkö havaitsee karstan kertymisen tai alkavan kertymään, CRS käyt-

tää vain tarkasti määritellyn määrän polttoainetta karstan kuumentamiseen ja ha-
pettamiseen. (Caterpillar.)

Passiivinen regenerointi tapahtuu, kun moottoria kuormitetaan raskaasti ja pako-
kaasujen lämpötila on riittävän korkea pienen nokimäärän regeneroimiseksi. Aktii-
vinen regenerointi tapahtuu automaattisesti ajoneuvon liikkua yli 10 km/h, tämä
ei vaadi kuljettajan toimenpidettä, tai manuaalisesti paikallaan, tämä on kuljettajan
käynnistettävä. Manuaalisesti kytkettäessä regenerointivalo syttyy, jolloin kuljettaja
aloittaa regeneroinnin katkaisimesta ajoneuvon ollessaan paikallaan ja vaihteen
ollessa vapaalla. Regenerointi ei tapahdu vikakoodien tai muiden tapahtumien ol-
lessa päällä. Regenerointi ei myöskään tapahdu liian alhaisessa jäähdytysnesteen
(alle 60 °C) tai pakokaasun (alle 75 °C) lämpötilassa. Regenerointi vaatii moottorin
olemista käynnissä. (Caterpillar.)

5.4 Ongelmat

DPF-järjestelmän yleisin ongelma on loukun tukkeutuminen, joka johtuu lyhyestä
ja kevyestä ajosta. Toinen yleinen vika on sähköinen vika hiukkassuodattimen yli
vaikuttavaa paine-eroa mittaavassa anturissa. Regenerointi aiheuttaa tietynlaisia
ongelmia järjestelmässä. Liian pitkä väli regeneroinneissa tukeuttaa loukun ja jär-
jestelmä ei pysty regeneroitumaan. Regenerointi ei välttämättä tapahdu ajon aika-
na, ja on hakeuduttava korjaamolle, jolloin regenerointi tehdään testerillä. CRS-
järjestelmässä ongelma saattaa syntyä polttimen suuttimen tukkeutuessa, jolloin
järjestelmä ei pysty regeneroimaan. Ongelma korjaantuu puhdistamalla suutin
säännöllisesti huollon yhteydessä. (Mäkelä 2010.)

6 JÄRJESTELMIEN SOVELTUVUUS TYÖKONEISIIN

Tiukentuvat päästörajoitukset työkoneissa vaativat valmistajilta uutta teknologiaa päästöjen pienentämiseksi. Työkoneissa voidaan soveltaa kuorma-autoissa käytettyjä pakokaasujen jälkikäsitteilymenetelmiä, jotka esiteltiin työssä aiemmin. Joissakin työkoneissa, esimerkiksi traktoreissa, pienet tilat konehuoneessa vaikeuttavat järjestelmien sovitusta. Suurin huolenaihe kuitenkin on epäpuhtaissa olosuhteissa työskentely ja erilaiset käyttötarkoitukset, jolloin järjestelmien toimivuus on koetuksella.

Yksinkertaisin ratkaisu on sijoittaa SCR-järjestelmä työkoneisiin, jolloin tilaa ei tarvitse kuin erilliselle säiliölle ja SCR-katalysaattorille. Säiliön sijoittaminen ei varmastikaan ole ongelma, mutta säiliön täyttöaukko täytyisi saada mahdollisimman puhtaaseen paikkaan. Se ei kuitenkaan saa olla kovin hankalassa paikassakaan, jotta järjestelmä on helppo täyttää. SCR-järjestelmän puhtaus on kaiken lähtökohalta haluttaessa varmistaa järjestelmän toimivuus.

EGR-järjestelmän sijoittaminen työkoneisiin vaatii enemmän tilaa, sekä pakokaasujen kierrätykselle että EGR-jäähdyttimelle. Se myös lisää moottorin lämpökuormaa. EGR-järjestelmä on kuitenkin kuljettajan kannalta huolettomampi vaihtoehto työkoneissa, koska ei tarvitse huolehtia lisäaineen riittävydestä. Samalla vältytään epäpuhtauksien pääsemisestä järjestelmään työolosuhteissa.

DPF-järjestelmän toimivuus työkoneissa riippuu täysin työkoneen käyttötarkoituksesta. Kevyessä ajossa hiukkasia kerääntyy, mutta regenerointia ei pysty suorittamaan pienen kuormituksen johdosta. Tällaisessa ajossa DPF-järjestelmässä täytyy olla erillinen katkaisin regeneroinnin suorittamiseen. Raskaassa kuormituksessa, esimerkiksi turveurakoinnissa, regenerointi pystytään suorittamaan normaalissa ajossa. Tosin olosuhteista johtuen regenerointi saattaa aiheuttaa suuren tulipalovaaran.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tuottaa käyttökelpoista tietoa SCR-, EGR- ja DPF-järjestelmistä, niiden toiminnasta yleensä ja arktisissa olosuhteissa, mahdollisista ongelmista järjestelmissä ja niiden korjauksista. SCR- ja EGR-järjestelmien toiminnan kuvaus onnistui hyvin ja järjestelmistä oli tietoa hyvin saatavilla. Järjestelmien ongelmat oli vaikeampi selvittää, mutta niistäkin saatiin kohtalaisen hyvin tietoa. DPF:n eli hiukkassuodattimen toimintaan perehdytään työssä vain yleisesti, koska tietoa oli hankalasti saatavilla. Tiedon vähäisyys johtuu DPF-suodattimien vähäisestä käytöstä kuorma-autoissa. Järjestelmä on enemmänkin käytössä henkilöautopuolella.

Koska DPF-suodattimesta on heikosti tietoa, se olisi hyvä aihe jatkotutkimuksille. Samalla jatkotutkimuksissa voisi paneutua EGR-järjestelmän ongelmiin paremmin, koska tässä on varmasti puutteita. Ajan kuluessa tulee varmasti esille uusia ongelmia järjestelmien kehityksen myötä. Myös SCR-järjestelmissä tapahtuu varmasti kehitystä, koska tämänhetkinen toiminta kovalla pakkasella on todella heikkoa.

Voidaan arvioida Euro-päästörajoitusten tiukentumisen myötä kuorma-autojen korjaamopäivien lisääntyvän talvisin, koska joudutaan käyttämään monenlaisia järjestelmiä päästöjen pienentämiseksi. Tulevien päästörajoitusten saavuttamiseksi joudutaan todennäköisesti ottamaan käyttöön uusia järjestelmiä vanhan järjestelmän rinnalle, esimerkiksi SCR- ja EGR-järjestelmien yhteiskäyttöä. Moottorivalmistajilla on kova työ saada toimivat järjestelmät, jotka täyttävät tulevat Euro-normit.

8 LÄHTEET

Biofuel. 2010. [verkkodokumentti]. [viitattu 5.5.2010] Saatavana: http://www.biofuel-express.com/6storage/877/10/scr_flowchart.jpg

Caterpillar. Ei päiväystä. Caterpillar C15-moottori. Ppt-esitys.

Dieselnet. 2010. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.4.2010] Saatavana: <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Laurikko, J. 2005. Polttoaineiden ja ajoneuvotekniikan kehitys ja tulevaisuus liikenteen päästöjen vähentämisessä. [verkkodokumentti]. Helsinki: YTV. [viitattu 14.4.2010]. Saatavana: http://www.ytv.fi/NR/rdonlyres/F4C03999-5A76-48B4-A3F7-7FFA8BBD49A1/0/kehitys_nettil_osal.pdf

Mäkelä, J. 2010. Työnjohtaja, Volvo korjaamo, Seinäjoki. Haastattelu 7.5.2010.

Nylund, N-O., Erkkilä, K. & Hartikka, T. 6.2.2007. Kaupunkibussien polttoaineenkulutus ja pakokaasupäästöt: Uusimman dieseltekniikan suorituskyky. [verkkodokumentti]. Espoo. [viitattu 16.4.2010]. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2372.pdf>

Scania EGR. 2010. itseopiskelukäsikirja. 9.2.2010.

Scania SCR. 2010. itseopiskelukäsikirja. 9.2.2010.

Turbotec. 2010. DPF-partikkelisuodatin. [verkkodokumentti]. [viitattu 8.4.2010]. Saatavana: <http://www.turbotec.com/henkiloautot/chiptuning/dpf.php>

Volkswagen 336. 2005. Katalyyttisesti pinnoitettu dieselhiukkassuodatin. itseopiskelukäsikirja.

Volkswagen 424. 2009. Pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmä: Selective Catalytic Reduction. Itseopiskelukäsikirja.

Volvo. 2010. Jälkikäsittely muuttaa pakokaasut typpikaasuksi ja vedeksi. [verkkodokumentti]. [viitattu 17.4.2010]. Saatavana: http://www.volvotrucks.com/trucks/finland-market/fi-fi/aboutus/Environment/euro4_euro5/scr_technology/Pages/scr_technology.aspx

LIITTEET

Liite 1. Pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmien merkkikohtainen taulukko.

Pakokaasujen jälkikäsitteilyjärjestelmien merkiköhtäinen taulukko

Moottorivalmistaja	Moottori	SCR-järjestelmä	*syöttö	*tyhjennys	EGR-järjestelmä	matalapaine/korkeapaine	DPF-järjestelmä
Caterpillar (Sisu)	rivi 6				x	matalapaine	x (CRS- regenerointi)
Iveco	rivi 6	x	pumppu	pumppu			
Man (2009 asti)	rivi 6				x	korkeapaine	x
Man (uudet)	rivi 6	x	paineilma	paineilma			
Man	V8	x	paineilma	paineilma			
Mercedes-Benz	V6 ja V8	x	pumppu	paineilma			
Renault/Sisu	rivi 6	x	pumppu	pumppu			
Scania	rivi 6				x	korkeapaine	
Scania	V8	x	paineilma	paineilma			
Volvo	rivi 6	x	pumppu	pumppu			