

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma  
Auto- ja työkonetekniikka

Tutkintotyö

Juha Hietanen

# **Vaihtoehtoiset polttoaineet ja moottoritekniikka**

Työn ohjaaja: Marko Mäkilouko

Työn teettäjä: Tampereen ammattikorkeakoulu, valvojana Marko Mäkilouko  
Oulu 2007

## TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka

Auto- ja työkonetekniikka

Hietanen, Juha

Vaihtoehtoiset polttoaineet ja moottoritekniikka

Tutkintotyö

25 sivua + 26 liitesivua

Työn ohjaaja

Marko Mäkilouko

Työn teettäjä

Tampereen ammattikorkeakoulu

Huhtikuu 2007

Hakusanat

vaihtoehtoiset polttoaineet, biodiesel, NExBTL, bioetanoli, vety

## TIIVISTELMÄ

Euroopan unioni asettaa tiukkoja päästötavoitteita. Fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen uusiutuvilla polttoaineilla on myös asetettu tavoitteet. Tavoitteet eivät kaikilta osin kohtaa, ja kompromisseja joudutaan tekemään. Osa tavoitteista puoltaa dieselyökiertoa ja osa ottotyökiertoa. Hiilidioksidipäästötavoitteet saattavat vaatia myös pakokaasun jälkikäsittelyn parannuksia, sillä pelkästään polttoaineita kehittämällä ei välttämättä saavuteta tavoitteita.

Ensimmäisen sukupolven biodieseleistä ollaan luopumassa peltopohjaisten raaka-aineiden ja huonojen käyttöominaisuuksien takia. Suomen olosuhteissa mielenkiintoisin polttoainevaihtoehto on Neste Oilin kesällä tuotantoon tuleva toisen sukupolven NExBTL-biodiesel. NExBTL valmistetaan vetykäsittelyllä kasviöljyistä ja eläinrasvoista. Nykyiseen autokantaan se soveltuu ilman muutoksia, ja sekoitussuhteelle ei ole rajoituksia. Kolmannen sukupolven biodiesel on jo kehitteillä. Lopputuote on hyvin samantyyppinen toisen sukupolven biodieseliin verrattuna, mutta sen valmistus tapahtunee kaasutuksen ja Fischer-Tropsch-menetelmän avulla.

Vety on ollut pitkään tutkimuksen ja kehityksen kohteena. Ensimmäiset autot ovat jo sarjatuotannossa ja kenttätutkimuksessa. Vedyn kohdalla monia ongelmia on vielä ratkaisematta. Muun muassa säilytys ja jakelu aiheuttavat ongelmia.

Etanolin käytön kannatus on hiipumassa. Peltopohjaisista raaka-aineista tehdyn bioetanolin valmistaminen saattaa jopa lisätä fossiilisten polttoaineiden kulutusta.

Siirtymävaiheessa tullaan käyttämään niin sanottuja Bi-Fuel-autoja. Eri valmistajilla on omat nimityksensä järjestelmälle, jossa ajoneuvoa voidaan käyttää kahdella tai useammalla eri polttoaineella.

Kiinnostus kaasuautoihin on nousemassa. Metaanilla toimivia autoja onkin jo kenttätutkimuksissa sekä kevyen että raskaan kaluston puolella.

Moottoritekniset muutokset kohdistuvat lähes kokonaan polttoainelaitteistoon ja moottorinohjausparametreihin.

Vasta tulevaisuus näyttää lopullisen suunnan vaihtoehtoisten polttoaineiden käytölle.

TAMPERE POLYTECHNIC

Automobile and Transport Engineering

Automobile and Industrial Vehicle Engineering

Hietanen, Juha Alternative fuels and engine engineering

Engineering Thesis 25 pages + 26 appendices

Thesis Supervisor Marko Mäkilouko

Commissioning Company Tampere Polytechnic

April 2007

Keywords alternative fuels, biodiesel, NExBTL, bioethanol, hydrogen

## ABSTRACT

The European Union sets strict limits to emissions released to nature. They are also working towards being able to substitute fossil fuels for renewable resources. Not all targets are being met, and therefore compromising is necessary. Some objectives favor the diesel operation cycle while others recommend the otto operation cycle. Meeting with goals set to reduce carbon dioxide emissions might demand improvements to the post-treatment of car exhaust, since it is unlikely we will meet these targets through only improving the fuels used.

Field-based raw materials and weak usability are resulting in abandoning first generation biodiesels. From a Finnish viewpoint the most interesting alternative fuel is the second generation NExBTL, a biodiesel to be released during summer 2007 by Neste Oil. NExBTL is made from vegetable oil and animal fat by hydrogen treatment. No alterations to the fuel are required when put into cars used today, and the mixing ratio needs not be limited. A third generation biodiesel is already being developed. It will not differ significantly from the second generation biodiesel, but it will most likely be made through gasification and the Fischer-Tropsch method.

Scientists have studied the possibilities of using hydrogen in new developments for years. The first of these cars are already being mass-produced and going through a series of field studies. However, there still are numerous unsolved issues concerning the use of hydrogen, such as storage and distribution.

Using ethanol in producing new generation fuel is no longer a widely supported idea. Bioethanol, made with field-based raw materials, might even add to the consumption of fossil fuels.

What will be used during the transitional period are the so-called Bi-Fuel cars. Different manufacturers have their own terms for the system, where the vehicle can be run with two or more different fuels.

Recently, gas-operated cars have awakened an interest in the world. Methane is being field-tested in both lightweight and heavyweight vehicles.

Almost all changes to the engine will be targeted towards the fuel apparatus or to the engine control parameters.

To learn which direction the development of alternative fuels will go to, one still has to wait for what the future does hold.

## ALKUSANAT

Edellytyksenä moottoritekniikan oppimiselle ja kehitykselle on, että ymmärtää sen, että vaihtoehtoiset polttoaineet ovat tulleet jäädäkseen. Ne ovat osa tätä päivää ja tulevaisuutta myös.

Työn aiheena vaihtoehtoiset polttoaineet olivat mielenkiintoinen ja haasteellinen projekti. Materiaali päivittyy koko ajan, ja ajan hermolla pysyminen oli tärkeää. Lisäksi aiheen ajankohtaisuuden huomasi siitä, että useissa tiedotusvälineissä julkaistiin relevanttia tietoa lähes päivittäin. Työhöni olen koontanut yhteen näiden tiedotusvälineiden annin lisäksi perustiedot nykypäivän vaihtoehtoisista polttoaineista.

Kiitän Marko Mäkiloukoa työn aiheesta sekä neuvoista ja niksistä ongelmatilanteissa sekä Neste Oilin Markku Niemeä materiaalin hakuun liittyvistä neuvoista.

Juha Hietanen

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 BIODIESEL	10
2.1 Yleistä	10
2.2 Valmistus	11
2.3 Käyttö	11
2.4 NExBTL	11
3 ETANOLI	12
3.1 Yleistä	12
3.2 Valmistus	13
3.3 Käyttö	14
3.4. Ajoneuvosovellusesimerkki, SAAB 9-5 2.0T BioPower	14
4 MUUT VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET	15
4.1 Nestekaasu	15
4.2 Maakaasu	15
4.3 Biokaasu	15
4.4 Dimetyylieetteri	16
4.5 Metanoli	16
4.6 Vety	16
5 PÄÄSTÖMÄÄRÄYKSET, PÄÄSTÖT JA YMPÄRISTÖ	19
6 VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET POLTTOMOOTTOREISSA	20
6.1 Yleistä	20
6.2 Helsingin kaupungin liikenne ja biopolttoaineet	20
7 LOPPUTULOKSET	21
LÄHTEET	23
LIITELUETTELO	25

## SANASTO

Biodiesel:	Uusiutuvista raaka-aineista jalostettu dieselpolttoaine
Bioetanoli:	Uusiutuvista raaka-aineista valmistettu etanoli
Setaaniluku:	Kuvaa polttoaineen syttyvyyttä diesel-prosessilla toimivassa palotilassa. Setaaniluvun ollessa riittävän korkea, polttoaine syttyy nopeasti ruiskutuksen alettua. Setaaniluvun jäädessä liian pieneksi, kasvavat päästöt, melu ja moottorin mekaaninen rasitus.
Setaani-indeksi:	Kuvaa polttoaineen syttyvyyttä kuten setaanilukukin. Setaani-indeksi lasketaan tilastoihin perustuvalla matemaattisella kaavalla polttoaineen tiheyden ja tislausalueen arvojen perusteella.
Oktaaniluku:	Ilmaisee puristuskestävyyttä (ottomoottoriprosessi) eli kykyä estää sylinterissä tapahtuva itsesytytys. Ilmoitetaan asteikolla RON (tutkimusoktaaniluku) tai MON (moottorioktaaniluku). MON on lukuarvoltaan pienempi.
NExBTL:	Next Generation Biomass to Liquid, Neste Oilin toisen sukupolven biodiesel
BEST:	BioEthanol for Sustainable Transport
FAME:	Rasvahappojen metyyliesteri (fatty acid methyl ester) esimerkiksi RME
GTL:	Gas to Liquid, korkealuokkainen maakaasusta tuotettu synteettinen dieselpolttoaine
RME:	Rypsimetyyliesteri
ETBE:	Etyyli-tert-butyylieetteri, bensiinikomponentti
Anaerobikäsittely:	Anaerobikäsittelyssä eli niin sanotusti mädätyksessä orgaanista ainetta hajotetaan hapettomissa olosuhteissa toimivien mikro-organismien avulla.
LTC:	Low temperature combustion
HCCI:	Homogeneous charge compression ignition

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on kartoittaa vaihtoehtoisten polttoaineiden nykytilanne ja mahdollisuudet tieliikennekäytössä ja selvittää niiden vaikutukset moottoritekniikkaan. Pääpaino on nykyisten ja lähitulevaisuuden polttoaineissa.

Uusiutumattomien energialähteiden riittävyys on pitkäaikainen ihmiskuntaa koskeva aihe. Öljyvarantojen riittävydestä on keskusteltu jo kauan ja ensimmäisten ennustusten mukaan sen olisi pitänyt jo loppua. Moottoritekniikan kehittymisen ja uusien öljyesiintymien löytymisen takia öljyä riittää vielä vuosiksi eteenpäin (liite 8) /8/.

Liikenteessä käytettävät raakaöljypohjaiset polttoaineet sisältävät poltettaessa hiilidioksidiksi CO<sub>2</sub> yhdistyvää hiiltä. Hiilidioksidi on pieninä pitoisuuksina myrkytön ja kasvien kasvulle välttämätön kaasu. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvu edistää kasvihuoneilmiötä. Hiilidioksidi onkin merkittävin kasvihuonekaasu. Ottomoottori tuottaa enemmän hiilidioksidia kuin dieselmoottori, koska ottomoottori kuluttaa enemmän polttoainetta ja bensiinin valmistus aiheuttaa enemmän hiilidioksidipäästöjä.

Biopolttoaineiden yleistymistä ovat rajoittaneet tuotannon mahdollisuudet ja kustannukset. Suomi ei ole myöntänyt biopolttoaineille valmisteveron alennusta tai verovapautta.

Biopolttoaineet ovat ainakin periaatteessa hiilettömiä energianlähteitä.

Biopolttoaineen raaka-aineena käytetyt kasvit sitovat yhteyttämällä hiilidioksidin, joka vapautuu niistä valmistetun polttoaineen palaessa ja polttoainetta valmistettaessa. Raaka-aineeksi soveltuvia kasveja on mahdollista kasvattaa useimmissa maissa ja se lisäksi omavaraisuutta.

Viljelykasvipohjaista etanolia ja biodieseliä valmistetaan lähinnä Brasiliassa, Yhdysvalloissa ja joissakin EU maissa. Brasilian, Yhdysvaltojen ja Ruotsin pääasiassa käytetty biopolttoaine on etanoli ja sen sekoitukset tavanomaisten

polttoaineiden kanssa. Ranska ja Espanja käyttävät etanolia ETBE lisäainekomponenttina. Biodieselin pääasiallisia käyttäjiä ovat Saksa, Ranska ja Italia. Italiassa valtaosa biodieselistä käytetään lämmitykseen.

Vuonna 2003 EU:ssa etanolin ja biodieselin tuotanto oli yhteensä noin 1,5 miljoonaa öljykvivalenttitonnia. Saksa on biodieselin suurin tuottajamaa. Vuonna 2003 tuotettiin yhteensä 1,5 miljoonaa tonnia (1,35 Mtoe/a). Biopolttoaine-etanolia valmistetaan pääasiassa Espanjassa, Puolassa, Ranskassa, Ruotsissa ja Tsekissä Espanjan ollessa suurin tuottajamaa. Yhteensä etanolia valmistettiin vuonna 2003 noin 450000 tonnia (0,29 Mtoe/a). EU:n vapaaehtoinen tavoiteosuus 5,75 % biopolttoaineita merkitsisi EU:ssa arviolta 17-18 Mtoe:n vuosittaista käyttö määrää.

Bioraaka-aineista valmistetaan kaupallisesti kasviöljyihin pohjautuvaa biodieseliä, etanolia ja biokaasuja. Vielä kehitys- ja tutkimusvaiheessa ovat metanolin ja synteettisten polttoaineiden kuten Fischer – Tropsch –polttoaineiden valmistus biomassasta, sekä etanolin valmistus lignoselluloosapohjaisesta biomassasta. Lisäksi ovat esimerkiksi mäntyöljypohjaiset tuotteet kuten mäntyöljyn esterit. Etanolin valmistusta puusta tutkitaan lähinnä Yhdysvalloissa, Ruotsissa ja Kanadassa. Ruotsissa on keväällä 2004 aloittanut koetehdas, joka tuottaa 400 - 500 litraa etanolia vuorokaudessa puuraaka-aineista.

Biopolttoaineita on mahdollista valmistaa biomassasta myös niin sanotun synteetikaasureitin kautta. Prosessissa biomassasta valmistetaan ensin termisesti kaasuttamalla synteetikaasua ja edelleen synteetikaasusta polttonesteitä esimerkiksi metanolia tai Fischer - Tropsch -polttoaineita. Kaasutuksen tuotekaasu täytyy puhdistaa epäpuhtauksista eri kaasunpuhdistusmenetelmillä ja konvertoida synteetiproessin vaatimusten mukaiseksi synteetikaasuksi. Synteetikaasua voidaan valmistaa monista erilaisista biomassoista. /15/

Ruotsissa on käytetty pääasiassa etanolia biopolttoaineena. Nykyisin tilanne on kääntynyt siihen, että etanolin käytön katsotaan vievän tilaa muilta vaihtoehtoisilta polttoaineilta. Ruotsi onkin kiinnostunut muun muassa synteetikaasun kautta valmistetusta biodieselistä. Jo tämän päivän synteettinen dieselöljy on puhtaampaa kuin paraskin Ruotsissa myytävä dieselöljy.



USA:n ilmavoimat käyttävät noin 11 miljardia litraa polttoaineita vuodessa, joten ilmavoimilla on syynsä päästä eroon raakaöljyriippuvuudestaan. Ilmavoimien kiinnostus vaihtoehtoisista polttoaineista vaikuttaa luonnollisesti myös tieliikenteeseen. USA:n ilmavoimat ovat tutkineet Fischer-Tropsch-menetelmällä kivihiilestä valmistettavaa polttoainetta. Muun muassa B52-pommikoneissa tulokset ovat olleet lupaavia.

Etanolin käyttö USA:ssa on ollut mahdollista lähinnä verohelpotusten ansiosta. Jokaista etanoligallonaa tuetaan 0,51 dollarilla. Etanolibuumi hiipunee myös USA:ssa, koska jokainen etanoligallonan valmistus kuluttaa 1,29 gallonaa fossiilisia polttoaineita. Etanolin valmistukseen käytetyn maissin lannoitus ja kastelu kuluttavat paljon polttoainetta ja lisäksi maissin kuljetus, valmistusprosessi ja valmiin etanolin kuljetus ovat kalliita. /2/

Vuoden 2004 alussa käynnistyi EU:n rahoittama Volkswagen Ag:n 20 miljoonan euron kehityshanke, jossa kehitetään erityisesti synteetisikaasupohjaisia liikenteen polttoaineiden tuotantoprosesseja. Fischer-Tropsch-menetelmällä tuotetun dieselin tuotantokustannuksien tavoitearvona on Keski-Euroopassa paikallisista raaka-aineista 0,70 € ekvivalentti öljylitra. Suomessa on panostettu valmistusprosessin kehittämiseen VTT:n vetämässä Ultra clean gas –hankkeessa. /15/

Liikenteen polttoaineita voidaan valmistaa myös biomassasta termisen kaasutuksen kautta saatavan synteetisikaasun avulla. Synteetisikaasusta voidaan tunnettujen valmistusprosessien avulla valmistaa korkealuokkaista Fischer-Tropsch-dieseliä, metanolia ja dimetyylieetteriä. Lisäksi voidaan valmistaa synteettistä maakaasua tai vetyä. Synteetisikaasua on mahdollista valmistaa biomassan lisäksi muun muassa maakaasusta tai kivihiilestä. Suomessa mahdollisia raaka-aineita ovat metsätähteet, kuori, ruokohelmi, jätepohjaiset raaka-aineet ja turve. Ruotsissa on tutkittu myös sellunkeiton jätelien käyttöä synteetisikaasun valmistuksessa.

Suomessa on kaavailtu liikenteen biopolttoaineiden sekä sähkön- ja lämmöntuotannon integrointia. Integroinnin etuna saavutettaisiin erittäin korkea biomassan käyttöaste, jolloin energiahyötysuhde voisi olla jopa 90 prosentin luokkaa. /16/

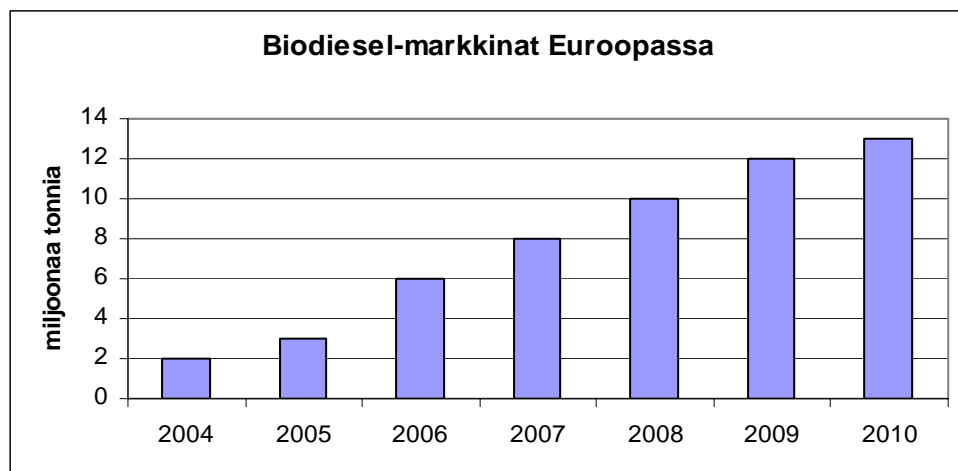
Oman lisänsä kokonaisuuteen tuovat uudet kehitteillä olevat palamisprosessit ja niiden vaatimukset polttoaineille. Viimeaikainen palamisprosessien tutkimus on menossa kohti diesel- ja ottomoottorityökiertojen yhdistämistä. Tällä pyritään eroon molempien työkiertojen huonoista puolista. Ottomoottorin alhainen puristussuhde ja pumppaushäviöt osakuormalla laskevat hyötysuhdetta. Puristussuhteen nosto aiheuttaa nakutusta, ja tehonsäätö vaatii virtauksen kuristuksen. Dieselmoottorissa palamislämpötila on aina niin korkea, että syntyy nokipartikkeleita. Palamislämpötilaa nostettaessa nokipartikkelien tuotto vähenee mutta typenoksidipäästöt lisääntyvät (liite 10).

Palamislämpötilaa ja ilmakerrointa tutkittaessa on mahdollisuus löytää alue, jossa sekä nokipartikkelien ja typenoksidien tuotto on vähäistä. Tällä toiminta-alueella toimivia palamisprosesseja kutsutaan yleisesti LTC-prosesseiksi. /3/

## 2 BIODIESEL

### 2.1 Yleistä

Biodiesel käsitteellä tarkoitetaan polttoainetta, jota käytetään dieselperiaatteella toimivissa polttomoottoreissa ja joka valmistetaan eloperäisestä raaka-aineesta. Yleisimpiä raaka-aineita ovat rypsi, rapsi ja soija. Biodieseleistä käytetään termejä ensimmäisen ja toisen sukupolven biodiesel. Tulevaisuudessa on näkyvissä jo kolmannen sukupolven biodiesel, joka valmistetaan kaasutuksella ja Fischer-Tropsch-menetelmällä. Kaupallisen tuotannon on arvioitu alkavan vuonna 2015.



Kuva 1: Biodiesel-markkina-arvio Euroopassa vuosina 2004-2010 /4/

## 2.2 Valmistus

Ensimmäisen sukupolven biodiesel

Kasviöljyt eivät sellaisenaan sovellu nykydieselmootteihin. Öljy vaihtoesteröidään alkoholin kanssa, jotta saavutetaan parempi viskositeetti ja kylmäominaisuudet. Alkoholina käytetään usein metanolia. RME:n (rypsimetyyliesterin) käsittelyn ensimmäisessä vaiheessa siemenet puristetaan, jolloin saadaan raakaöljyä.

## 2.3 Käyttö

Biodiesel soveltuu dieselprosessiin puhtaana biodieselinä tai sekoitettuna mineraaliöljystä valmistettuun dieselöljyyn. Tosin joidenkin auto- ja moottorinvalmistajien takuu raukeaa, jos käytetään muuta kuin tavanomaista dieseliä. FAME vaatii joitain muutoksia ainakin polttoainejärjestelmään, koska kaikki kumitiivisteet eivät kestä FAME:ä. Varastoinnissa on otettava huomioon, että orgaanisissa tuotteissa rasvat hapettuvat helpommin kuin mineraaliöljytuotteissa, jotka ovat epäorgaanisia yhdisteitä. /14/

Ensimmäisen sukupolven biodieseliä on ongelmia ovat muun muassa heikohko varastoitavuus ja käytännössä noin 5 prosentin mahdollinen sekoitussuhde normaaliin dieselöljyyn.

## 2.4 NExBTL

Neste Oilin vuonna 2007 valmistukseen tulevaa toisen sukupolven biodieseliä on alettu kehittää jo 1990-luvun puolivälistä lähtien. NExBTL on ensimmäinen polttoaineen raaka-aineen vetykäsittelyllä valmistettava biodiesel. Valmistus tapahtuu Porvoossa sijaitsevassa tuotantolaitoksessa. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 340 000 tonnia, joka vastaa noin 16 prosenttia Suomen dieselöljyn kulutuksesta. /17/

NExBTL -biodiesel vastaa ominaisuuksiltaan parhaita jo olemassa olevia dieselpolttoaineita, kuten GTL-biodieseliä tai ruotsalaisen ympäristöluokan 1

polttoaineita. NExBTL on rikitön, hapeton, typtön ja aromaattivapaa. Tuote vastaa muutoin EN590:n ja WWFC:n luokan 4 vaatimuksia, mutta se on kevyempää.

Kylmäominaisuudet voidaan säätää tuotantovaiheessa välillä  $-5...-30$  °C eri käyttöolosuhteita varten. Lämpöarvo vastaa EN590:n hiilivetypolttoainetta. Säilyvyys on hyvä ja vesiliukoisuus matala. Setaaniluku on erittäin korkea.

NExBTL sopii nykyiselle autokannalle sekä polttoaineen jakelujärjestelmälle, ja sitä voidaan sekoittaa perinteisiin dieselpolttoaineisiin missä sekoitussuhteessa tahansa. Sekoituksella ei ole merkittävää vaikutusta polttoaineen kulutukseen.

NExBTL vähentää sekä säädeltyjä että säätelemättömiä pakokaasupäästöjä. Päästöjen väheneminen riippuu NExBTL:n määrästä, mikäli se on sekoitettuna tavanomaiseen dieseliin. Tuloksia liitteessä 2 (kuvat 1-13).

## Valmistus

Neste Oil on kehittänyt NExBTL-tekniikan, jolla kasviöljyistä ja eläinrasvoista voidaan valmistaa biodieseliä. Valmistukseen käytetään vetykäsittelyä (liite 5).

## Käyttö

NExBTL-biodieseliä voidaan käyttää kaikissa dieselmoottoreissa. Sekoitussuhteella tavanomaiseen dieselpolttoaineeseen ei ole rajoitusta.

## 3 ETANOLI

### 3.1 Yleistä

Bioetanoliksi kutsutaan etanolia, joka valmistetaan sokeripitoisista kasveista tai jätteiden biohajoavista osista. Myös tärkkelyspitoiset kasvit soveltuvat raaka-aineeksi. Raaka-aineina käytetään esimerkiksi sokeriruokoa, sokerijuurikasta, maissia, ohraa ja perunaa.

Etanoli asettaa vaatimuksia polttoaineen syöttö- ja siirtolaitteille. Etanolin sisältämät vesi-, happo- ja liima-aineet voivat vahingoittaa metalli-, kumi- ja muoviosia. /1/

Etanolin, bensiinin ja eetterikomponenttien ominaisuudet ovat liitteessä 6 (taulukko1).

### 3.2 Valmistus

Bioetanolin yleinen valmistustapa on fermentoida sokereita mikro-organismien avulla alkoholiksi. Valmistukseen voidaan käyttää useita eri sokeripitoisia raaka-aineita.

Eniten käytetty sokeripitoinen raaka-aine on sokeriruoko, josta valmistetaan noin 60 % maailman etanolista. Loppuosa valmistetaan yleensä viljasta, pääasiassa maissista.

Suomessa suurin osa etanolista valmistetaan viljasta. Eniten käytetään ohraa. Toinen hyvä vaihtoehto on vehnä, joka soveltuu myös erinomaisesti etanolin raaka-aineeksi. Ohra soveltuu viljeltäväksi lähes kaikkialla Suomessa.

Ohrasta tuotetun etanolin valmistusprosessi voidaan jakaa seuraaviin osiin:

1. siemenien esikäsittely: vilja puhdistetaan ja jauhetaan; erotetaan epäpuhtaudet
2. nesteytys: jauhettuun viljaan lisätään vettä, entsyymejä ja kemikaaleja
3. sokerointi ja fermentointi
4. etanolin tislauksen ja vedenpoiston: etanoli tislataan ja väkevöidään dehydratoiduksi etanoliksi
5. rankin käsittely ja rehun kuivaus.

Käymisprosessilla sokeripitoiset raaka-aineet voidaan käyttää suoraan etanoliksi. Tärkkelyspitoiset raaka-aineet tarvitsevat tärkkelyksen hydrolysoimisen entsyymeillä sokeriksi ennen käymisprosessia. /16/

Vaihtoehtona syötäväksi kelpaaville raaka-aineille on ainakin lignoselluloosan eli selluloosan, hemiselluloosan ja ligniinin muodostaman massan sokerit. Näiden

sokeriyhdisteiden rakenne vaatii erilaisen kemiallisen prosessin kuin kasvipäriset sokerit. Käymisen sijaan käytetään hydrolyysireaktiota, jolla sokerit pilkotaan lukuisiksi sokeriyhdisteiksi ligniinin erotuksen jälkeen. Osa näistä sokeriyhdisteistä vaatii suurehkot jatkojalostusprosessit, ja sen takia onkin helpompi jalostaa puhdasta hemiselluloosaa. Hemiselluloosan tuotantoprosessin kehitys on jo aloitettu. Metsäteollisuuden sivutuotteita ja ylijäämiä käytetään ainakin vielä nykyisin hyvin paljon sähkön tuotantoon, koska sähkön tuotanto Suomessa saa EU:n verotukea, toisin kuin liikennepolttoaineet. /14/

Suomessa ST1 ja VTT ovat perustaneet yhtiön nimeltä ST1 Biofuels Oy, jonka siirrettävät Etanolix-tuotantolaitokset tuottavat etanolia jätteestä. Etanolin jatkokäsittely tehdään St1:n öljyterminaaleissa. Prosessin tehokkuus perustuu käymiseen ja siihen liittyvään haihdutukseen.

### 3.3 Käyttö

Etanolia voidaan käyttää bensiinin korvaajana joko puhtaana etanolina tai erilaisina eetteriyhdisteinä kuten ETBE ja TAEE. Vielä nykyisin valmistettavista tuotteista pieni osa on valmistettu bioperäisistä raaka-aineista. EU on rajoittanut alkoholien pitoisuutta bensiinissä happipitoisuuden takia. Sallittu enimmäismäärä on direktiivin mukaan 5 %. /14/

Etanolia käytetään myös muiden oksygenaattien korvaajana. Etanoli toimii bensiininlisäaineena kuten muutkin oksygenaatit, eli se nostaa oktaanilukua ja tehostaa muiden bensiinikomponenttien palamista. /10/

Käyttöominaisuuksien kannalta etanoli on alkoholeista parempi vaihtoehto kuin metanoli. Etanolilla on suurempi lämpöarvo, suurempi vesitoleranssi, pienempi korroosiovaikutus ja pienempi höyrynpainetta nostava vaikutus kuin metanolilla.

### 3.4. Ajoneuvosovellusesimerkki, SAAB 9-5 2.0T BioPower

Saab on kehittänyt uuden BioPower-mallinimeä kantavan 9-5-sarjaan kuuluvan bioetanolikäyttöisen henkilöauton. Auto käyttää polttoaineenaan joko E 85-bioetanolia tai normaalia bensiiniä (liite 4). /20/

## 4 MUUT VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET

### 4.1 Nestekaasu /15/

Dieselmootoria käytettäessä nestekaasulla on puristussuhdetta laskettava ja palotilaa muotoiltava perinteiseen dieselmootoriin verrattuna.

Polttoainejärjestelmän on vastattava kaasun asettamia painevaatimuksia luonnollisesti sekä diesel- että ottomootoreissa.

### 4.2 Maakaasu /15/

Maakaasu sopii hyvän puristuskestävyytensä takia ottomootoriprosessiin.

Molekyyli rakenne on tasalaatuista. Maakaasu palaa hyvin, eikä se sisällä päästöjen kannalta haitallisia aineita. Esimerkiksi Volvolla on valikoimassaan Volvo V70 Bi-Fuel-malli, joka toimii maakaasulla. Lisätietoa Volvo Bi-Fuel-autosta on liitteessä 13.

### 4.3 Biokaasu

Mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa muodostuu biokaasua. Biokaasu sisältää pääasiassa hiilidioksidia ja metaania. Tuotantotapa vaikuttaa metaanipitoisuuteen. Tuotantotapoja ovat muun muassa jätevesilietteen käsittelylaitokset, orgaanisen aineen mädättämöt ja kaatopaikkakaasujen talteenotto.

Liikennekäyttöön biokaasu on puhdistettava ja metaanipitoisuus saatava nousemaan yli 90 %:n tasolle, kun se puhdistamattomassa biokaasussa on vain 50–75 %. Puhdistetun biokaasun lämpöarvo on noin  $9,8/1000 \text{ Nm}^3$ . /14/

Orgaanisista materiaaleista, kuten jätevesilietteistä ja biojätteistä, voidaan anaerobikäsittelyssä tuottaa niin sanottua biokaasua. Biokaasu koostuu lähinnä metaanista ja hiilidioksidista. Kaatopaikoilla muodostuu vastaavaa kaasua, jota kutsutaan kaatopaikkakaasuksi. Biokaasut vaativat puhdistuksen ja paineistuksen, jotta niitä voidaan käyttää liikennepolttoaineena. Myös terminen kaasutus saattaa olla tulevaisuudessa mahdollinen keino valmistaa kaasumaista polttoainetta.

Termisellä kaasutuksella tuotetaan vetyä ja hiilimonoksidia sisältävää polttokaasua, joka voidaan prosessoida edelleen metaaniksi. Terminen kaasutus mahdollistaa siis sekä nestemäisen että kaasumaisen biopolttoaineen tuotannon tieliikennekäyttöön.

/15/

#### 4.4 Dimetyylieetteri /1/

Dimetyyliesteriä voidaan valmistaa synteesikaasusta. DME on ominaisuuksiltaan lähellä nestekaasua, ja se vaatii paineistetun säilytyksen. Hyvien syttymisominaisuuksien ansiosta sitä käytetään dieselprosessilla toimivissa polttomoottoreissa. Etuina ovat muun muassa vähäiset noki- ja typenoksidipäästöt. Moottoripolttoaineena DME on tosin huono, koska sillä on erittäin alhainen viskositeetti, alhainen voitelevuus, korkea haihtuvuus ja alhainen lämpöarvo. Kaasumaisen olomuotonsa takia DME vaatii erityisen suihkutuslaitteiston.

#### 4.5 Metanoli

Metanolin kanssa on aina käytettävä väliliuottimia. Suomen ilmasto-olosuhteissa metanoli voi erottua bensiinistä, jolloin alkoholi ja kosteus jäävät säiliön pohjalle ja bensiini erottuu pinnalle.

Metanoli asettaa etanolin tapaan vaatimuksia polttoaineen syöttö- ja siirtojärjestelmille. Metanolin sisältämät vesi-, happo- ja liima-aineokset voivat vahingoittaa metalli-, kumi- ja muoviosia /1/.

#### 4.6 Vety

##### Polttokennon perusrakenne /14/

Polttokennoksi kutsutaan laitetta, jossa vety yhtyy happeen tuottaen sähkövirtaa. Peruseriäteen keksi brittiläinen tiedemies William Grove jo vuonna 1839, mutta ensimmäinen toimiva laitteisto saatiin aikaan vasta 1950. Yhdysvaltain avaruushallinto NASA vauhditti polttokennojen kehitystä 1960-luvulla



Gemini- ja Apollo-avaruusohjelmillaan, joissa polttokennoilla oli tärkeä osa sähköntuotossa.

Polttokennon sähkökemiallinen reaktio syntyy, kun levymäisille elektrodeille johdetaan anodille vetyä ja katodille happea. Vety molekyyli jakautuu, ja atomit jaetaan edelleen katalyyttien ja eräänlaisten puoliläpäisevien kalvojen avulla protoneiksi ja elektroneiksi. Protonit pääsevät katodille elektrolyytin läpi, mutta elektronit joutuvat kiertämään, jolloin elektrodien välille syntyy potentiaaliero. Prosessi on pitkälle käänteinen veden elektrolyyttisen hajottamisen kanssa.

Koska yhden kennon jännite on vain noin 0,7 V, kennoja pitää kytkeä yhteen suuri määrä riittävän korkean jännitetaso ja tehotiheyden saavuttamiseksi. Tyypillinen käyttöjännitetaso sähkömoottoreilla on noin 200 - 300 V, eli kennoja tarvitaan useita satoja. Polttokennon etu energian muuntimena polttomoottoriin nähden on riippumattomuus lämpövoimakoneiden teoreettisena perustana olevasta Carnot-prosessin hyötysuhteesta, joka rajoittaa parhaimpienkin mäntämoottorien hyötysuhteen noin 40 % tasolle. Sähkökemiallisissa polttokennoissa 60 – 70 % hyötysuhteet ovat täysin mahdollisia ja saavutettavissa.

### Polttokennotyypit ja –rakenteet /14/

Polttokennoja on toteutettu usealla eri rakenneperiaatteella eli erilaisilla elektrolyyteillä. Ajoneuvokäyttöön soveliaimmat olisivat PEM (proton exchange membrane) ja PAFC (phosphoric acid fuel cell). MCFC (molten carbonate fuel cell)- ja SOFC (solid oxide fuel cell)-kennoissa korkea toimintalämpötila tekee niistä vaikeita soveltaa ajoneuvoon. Selkeästi kiinnostavin ja myös intensiivisimmän tutkimus- ja kehitystyön kohteena oleva kennotyyppi ajoneuvoja ajatellen on PEM. Sen tehotiheys on riittävä, jotta laitteesta ei tule liian kookasta tai painavaa. Myös käytön dynamiikka eli säädettävyys on riittävän hyvä. Parhaiden kennojen on mahdollista seurata normaalissa liikennetilanteissa esiintyviä tehontarpeen muutoksia, joten tarve käyttää akustoa puskuroivana tehoreservinä on vähäinen. Mahdollisen polttoaineprosessorin hidas käynnistyminen saattaa kuitenkin edellyttää akustoa.

## Polttokenokäyttöisten autojen kehitystilanne

Polttokenno on sähkökemiallinen muunnin, joka mahdollistaa sähköenergian tuottamisen vetykaasusta ja ilmasta. Koska vetypolttoaineessa ei ole hiiltä, reaktiotuotteena syntyy vain vettä. Autokäyttöön tarkoitetut PEM-polttokennot toimivat myös niin matalassa lämpötilassa, että typenoksidien tuottoa ei esiinny. Polttokennovoimalaitteen hyötysuhde on hyvä etenkin pienillä kuormitusasteilla. Energiankäytön kokonaishyötysuhde riippuu kuitenkin ratkaisevasti vedyn tuotantotavasta. Vety ei ole varsinainen polttoaine, sillä sitä ei tavata luonnosta puhtaana. Vety on erikseen valmistettava, mikä vaatii tuotantotavasta riippuen vaihtelevan määrän energiaa. Vety on siis energian kantaja.

Polttokennosta odotetaan varteenotettavaa kilpailijaa perinteisille polttomoottoreille. Noin kymmenen vuoden intensiivisen kehitystyön seurauksena alan kärkiyritykset ovat päässeet jo sille tasolle, että yksittäiskappaleina valmistetuista prototyypeistä on saatu hyviä käyttökokemuksia ja autoja on alettu valmistaa koesarjoissa. Koesarjojen autot viedään kenttäkäyttökokeisiin eri puolille maailmaa, etenkin Kaliforniaan ja Japaniin, mutta myös Washingtoniin, Singaporeen ja Berliiniin. Kokeiluvaiheen jälkeen tuotteen uskotaan saavuttaneen kuluttajalle tarjottavalle tuotteelle välttämättömät käyttövarmuuden ja mukavuuden sekä turvallisuusominaisuudet. Sarjavalmistuksen aloittaminen voisi olla mahdollista noin vuonna 2010, mutta polttokennoautojen markkinaosuuden uskotaan nousevan merkittäväksi vasta noin vuonna 2020 - 2025. Suurimmat kehityshaasteet liittyvät polttokennovoimalaitteen hintaan, joka toistaiseksi on vielä moninkertainen siihen tasoon nähden, mitä pidetään kaupallisen menestymisen edellytyksenä. Merkittävin kustannus syntyy polttokennon sisältämistä jalometalleista, joita riittävän tehosiheyden aikaansaamiseksi tarvitaan vielä paljon. /14/

BMW on aloittanut pienimuotoisen vetyauton sarjatuotannon. BMW Hydrogen 7 on alkuun vain sadan auton sarja, mutta tuotanto on suunniteltu sarjatuotantoa silmälläpitäen. Vetyautojen yleistymisen esteenä ovat muun muassa jakeluverkoston puuttuminen ja vedyn hankala säilytys autossa. / 7/

## 5 PÄÄSTÖMÄÄRÄYKSET, PÄÄSTÖT JA YMPÄRISTÖ

VTT:n ja MTT:n tutkimuksen mukaan liikenteessä käytettävät peltopohjaiset biopolttoaineet eivät välttämättä ole ympäristön kannalta ystävällisempi vaihtoehto kuin fossiiliset polttoaineet, jos otetaan huomioon koko tuotanto- ja käyttöketju. Esimerkiksi kotimaisen ohraetanolin tai rypsiä valmistetun biodieselin tuotanto ja käyttö saattavat lisätä kasvihuonepäästöjä verrattaessa fossiilisiin polttoaineisiin. Energiankulutus polttoaineen energiasisältöä kohden voi olla 3–5-kertainen verrattaessa fossiilisten polttoaineiden tuotannossa kuluvaan energiaan. /12/

Kehitteillä olevien toisen sukupolven biopolttoaineiden kustannukset hiilidioksidipäästövähennyksessä ovat nykyisellä raakaöljyn hinnalla noin 30-100 euroa per hiilidioksidiekvivalenttitonni. /8/

Päästö määräyksien kiristytessä ei välttyä ongelmilta. Raskaan kaluston puolella Euro5-taso saavutetaan testeissä irtomoottoreilla, mutta todellisessa käytössä moottorit joutuvat ihan erilaisiin käyttöolosuhteisiin kuin optimoitu irtomoottori testissä. Kevyen dieselkaluston puolella ongelmia tulee viimeistään Euro6-tason typenoksidien kanssa. Vaihtoehtona voi olla scr-tekniikan tuleminen myös kevyen kaluston ajoneuvoihin. Tästä siirrytään seuraavaan ongelmaan, kun typenoksidipäästöjen vähennys nostaa polttoaineenkulutusta, joka edelleen nostaa hiilidioksidipäästöjä. Ratkaisu on vielä avoin, sillä typenoksidipäästöjen vähennys puoltaisi ottomoottoreita ja hiilidioksidipäästöjen vähennys dieselmoottoreita.

Suomessa esimerkiksi NExBTL:n tuotannon sivutuotteena saatava hiilidioksidi otetaan talteen. AGA:lla on Kilpilahden alueella ilmakaasutehdas, josta yritys toimittaa vuosittain noin 80 000 tonnia typpeä Neste Oilin putkistoon. AGA:lla on Neste Oilin jalostamon alueella hiilidioksidin talteenottolaitos, jonka kapasiteetti on noin 400 000 tonnia vuodessa. Laitos on Euroopan suurimpia. AGA käyttää Neste Oilille tarpeettoman hiilidioksidin, jolla voidaan korvata muun muassa ilmakehälle haitallisia aineita, kuten freonia ja ammoniakkia. Jätekaasu sisältää noin 45 % hiilidioksidia. AGA:n hiilidioksidi on lisäksi elintarvikelaatua eli hyvin puhdasta. /17/

## 6 VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET POLTTOMOOTTOREISSA

### 6.1 Yleistä

Vaihtoehtoisia polttoaineita kehitetään toimimaan jo olemassa olevissa moottoreissa ilman muutoksia tai vain vähäisillä muutoksilla. Muutoksen tarpeen määrittelee käytettävä polttoaine. Käytettäessä pienten pitoisuuksien seospolttoaineita, esimerkiksi 95% bensiiniä ja 5% etanolia, muutoksia ei tarvita. Käytettäessä korkeita pitoisuuksia tai puhdasta biopolttoainetta tarvitsee moottorinohjausyksikkö uudet ohjausparametrit. Moottorit, jotka voivat käyttää sekä normaalia polttoainetta että biopolttoainetta, tarvitsevat automatiikan, joka tunnistaa käytettävän polttoaineen ja säätää siten moottorinohjausyksikön. NExBTL-biodieseliä käytettäessä ei ole rajaa sekoitusasteelle.

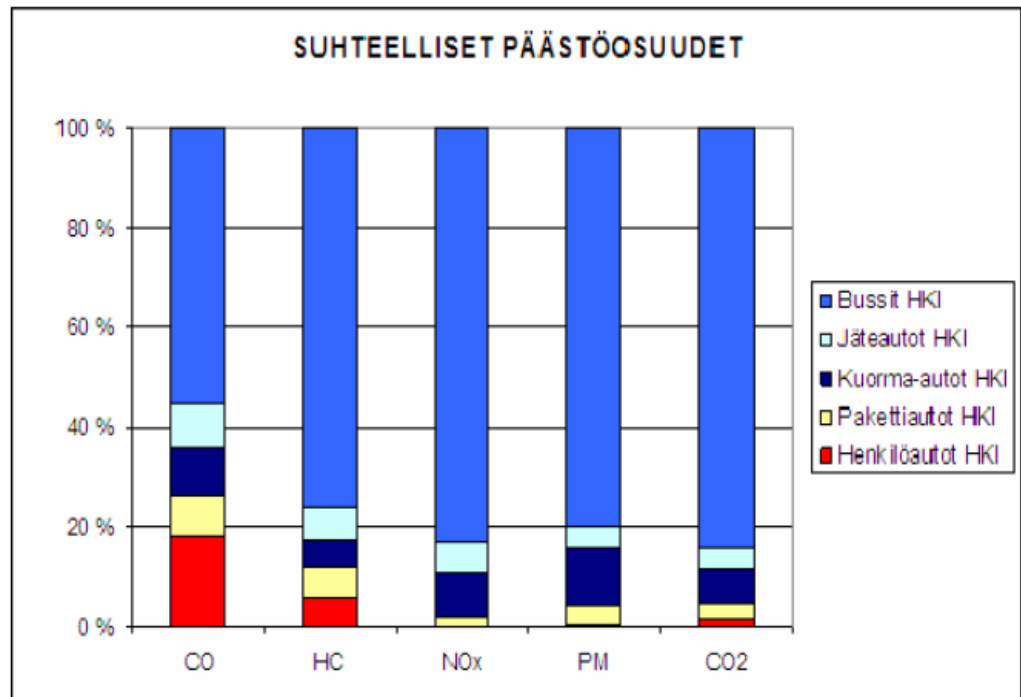
FFV-autojen käyttöön ja pakokaasupäästöihin on kiinnitetty huomiota, etenkin kyseenalaisen pakokaasuhyväksynnän takia. FFV-autot on toistaiseksi hyväksytty liikenteeseen bensiinillä tehtyjen pakokaasumittauksien perusteella. Etenkin FFV-autojen hiilivety- ja häkäpäästöt nousevat kylmässä. /12/

### 6.2 Helsingin kaupungin liikenne ja biopolttoaineet

Joulukuussa 2005 julkaistun vähäpäästöisiä raskaita ajoneuvoja koskevan direktiiviluonnoksen mukaan julkishallinnon hankinnoista vähintään 25 prosenttia tulisi olla niin sanotun EVV-päästöluokan mukaisia ajoneuvoja. Bussien päästöt ovat pienentyneet teknisen kehityksen myötä. Ilmanlaatuvaatimukset tiukentuvat jatkossakin, eli tarvitaan jatkotoimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi. Ratkaisuksi on valittu niin sanotut toisen sukupolven biopolttoaineet.

Käytössä on myös 29 Euro5-luokan bussia, joissa käytetään scr-tekniikkaa.

Pääkaupunkiseudun suurin ajoneuvoryhmä kunnallisen päätöksenteon kannalta on ehdottomasti bussit, joita on noin 1400 kappaletta. Vuotuinen nettoajomäärä on noin 83 miljoonaa kilometriä. Bussit ovatkin siis merkittävimmissä osassa päästöjen alentamisessa, koska suurin osa päästöistä aiheutuu juuri busseista.



Kuva 2: Ajoneuvoryhmien suhteelliset päästöt pääkaupunkiseudulla /18/

## 7 LOPPUTULOKSET

Käyttökelpoisia vaihtoehtoisia polttoaineita on monia. Valmistustekniikat ovat hallussa, mutta usein rajoittavaksi tekijäksi muodostuvat kustannukset. Enää ei vedota niinkään polttoaineiden puhtauteen, koska sekä uusiutuvista että uusiutumattomista raaka-aineista valmistetut polttoaineet saavuttavat asetetut tavoitteet. Päästöjen puhtauteen vaikutetaan toki muillakin keinoilla kuin polttoaineella, esimerkiksi katalysaattorilla ja muilla moottoriteknisillä ratkaisuilla, jotka voivat olla pakollisia tulevien päästömääräyksiä täyttämiseksi.

Parasta vaihtoehtoa haettaessa on keskityttävä kokonaisuuteen.

Suuntana on siirtyä pois peltopohjaisista raaka-aineista kannattavuuden ja myös eettisten syiden takia. Toisen sukupolven biodieseltuotanto alkaa Neste Oilin tuotantolaitoksessa Porvoossa kesällä 2007, jolloin saadaan tuloksia NExBTL:n tullessa kuluttajien saataville.

Vetykäyttö on edelleen kehitysvaiheessa, vaikka autoja onkin jo tuotannossa ja kenttätutkimuksissa. Lähitulevaisuudessa tullaan käyttämään muita vaihtoehtoisia polttoaineita kuin vetyä.

Uusia polttoainevaihtoehtoja testataan kenttäkokeilla, ja tuotantomahdollisuuksia ja –prosesseja tutkitaan, testataan ja kehitetään jatkuvasti.

Käynnissä on selvä siirtymävaihe vaihtoehtoisiin polttoaineisiin. Autonvalmistajat tuovat markkinoille niin sanottuja Bi- ja Multi-Fuel-autoja, joilla voi ajaa sekä tavanomaisilla että vaihtoehtoisilla polttoaineilla. Varsinaisia pelkällä vaihtoehtoisella polttoaineella toimivia autoja on vielä melko vähän markkinoilla.

Polttoaineiden jakeluverkosto ei ole mahdollistanut eri polttoaineiden yhtenevää käyttöä joka paikassa, mikä on hidastanut tavanomaisista polttoaineista luopumista.

Polttomoottorin työkiertoja tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti. Nykyisten ja tulevien polttoaineiden soveltuvuus esimerkiksi HCCI-prosessiin on vielä avoin.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

1. Bosch, Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Gummerus Oy. Jyväskylä 2003. 1021 s.
2. Grönholm, Michael – Räsänen, Petteri, Etanolibuumi hiipumassa. Suomen Autolehti 8/2006, s. 30-31.
3. Koisaari, Tapio, Diesel ja otto lähenevät toisiaan. Suomen Autolehti 10/2006, s. 6-9.
4. Orpana, Kari, Dieselpolttoaineopas. Neste Oil Oyj. Espoo 2006. 46s.
5. Riikonen, Pauli, Metaaniautossa perustekniikkaa. Suomen Autolehti 2/2007, s. 24-26.
6. Riikonen, Pauli, Etanolia jätteestä. Suomen Autolehti 6/2006, s. 53-54.
7. Rinta-Toralta, Harri, Vetyauto sarjatuotantoon. Suomen Autolehti 2/2007, s. 28-29.
8. Öljyä riittää. Suomen Autolehti 10/2006, s. 46-47.

### Sähköiset lähteet

9. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/30/EY, liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä [viitattu 13.7.2006] Saatavissa: <http://www.ebb-eu.org/legis/OJ%20promotion%20FIN.pdf>
10. Isosaari, Kyösti, Bensiiniopas. 3.painos. Neste Oil Oyj. Nomini. 2004. 44s. [viitattu 17.9.2006] Saatavissa: <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,88,286,3641>
11. Kaitale, Tarja, Biodiesel tukee hyvin Neste Oilin strategiaa. 2005. [viitattu 14.7.2006] Saatavissa: <http://www.termo.hut.fi/Ene-39/4006/biodiesel1.ppt>
12. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä, Liikenteen biopolttoaineiden tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa. KTM Julkaisuja 11/2006. KTM. 2006. 138 s. [viitattu 8.11.2006] Saatavissa: [http://www.ktm.fi/files/16086/Mietinto\\_final\\_090306.pdf](http://www.ktm.fi/files/16086/Mietinto_final_090306.pdf)
13. Laurinko, Juhani, Ajoneuvokalusto ja tieliikenteen energianhuolto vuonna 2020: Käytännön toteutusvaihtoehdot Suomessa. VTT. 2005. 102s. [viitattu 10.11.2006] Saatavissa: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/ClimBus/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta\\_ ja\\_aktivointi/Julkaisut/Projektiaineistot/2002/Raportit/finfuel2020-raportti-final\\_new.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/ClimBus/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ ja_aktivointi/Julkaisut/Projektiaineistot/2002/Raportit/finfuel2020-raportti-final_new.pdf)
14. Laurinko, Juhani, Vaihtoehtoisten polttoaineiden ja ajoneuvotekniikan kehitys ja tulevaisuus liikenteen päästöjen vähentämisessä osa2. VTT. Helsinki 2005. 101s. [viitattu 2.10.2006] Saatavissa: [http://www.ytv.fi/NR/rdonlyres/DAB10824-9B24-4B01-8237-B36F82B66D10/0/kehitys\\_netii\\_osaII.pdf](http://www.ytv.fi/NR/rdonlyres/DAB10824-9B24-4B01-8237-B36F82B66D10/0/kehitys_netii_osaII.pdf)

15. Mäkinen, Tuula – Sipilä Kai – Nylund, Nils-Olof, Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. VTT tiedotteita 2288. VTT. Espoo 2005. 102 s. [viitattu 16.10.2006] Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2288.pdf>

16. Mäkinen, Tuula – Soimakallio, Sampo – Paappanen, Teuvo – Pahkala, Katri – Mikkola, Hannu, Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. VTT tiedotteita 2357. VTT. Espoo 2006. 134 s. [viitattu 3.11.2006] Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2357.pdf>

17. Neste Oil Oyj. lehdistötiedotteet [viitattu 14.3.2007] Saatavissa: <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,88,100>

18. Nylund, Nils-Olof – Lajunen, Antti – Sipilä, Esa – Mäkelä, Kari, Vähäpäästöiset ajoneuvot Helsingissä. TransEnergy Consulting – VTT. 2006. 142 s. [viitattu 12.4.2007] Saatavissa: [http://www.hel.fi/wps/wcm/resources/file/eb7cb5012be09cd/HKI\\_YMPK\\_TEK\\_Raportti\\_taista\\_raportti.pdf](http://www.hel.fi/wps/wcm/resources/file/eb7cb5012be09cd/HKI_YMPK_TEK_Raportti_taista_raportti.pdf)

19. Rantanen, Leena – Linnaila, Raimo – Aakko, Päivi – Harju, Tiina, NExBTL – Biodiesel fuel of the second generation. SAE International. 2005. 17s. [viitattu 7.11.2006] Saatavissa: <http://www.nesteoil.com/binary.asp?GUID=6D18F58B-6CBB-456E-B781-64DEB22DD54D>

20. Saab asiakaspalvelu. [sähköposti] 15.9.2006



## LIITELUETTELO

Liite 1: Henkilöautojen ja raskaankaluston päästömääräyksiä

Liite 2: NExBTL:n vaikutus päästöihin ja polttoainenkulutukseen

Liite 3: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/30/EY, liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä

Liite 4: SAAB 9-5 2.0T BioPower

Liite 5: NExBTL:n valmistus

Liite 6: Bensiini, etanoli ym. vertailutaulukko

Liite 7: RME:n valmistuskaaviot. Yleinen, teollinen ja maatilamittakaava.

Liite 8: Öljyä riittää

Liite 9: NExBTL:n, tavanomaisen dieselin ja RME:in vertailutaulukko

Liite 10: Diesel ja otto lähenevät toisiaan

Liite 11: Neste Oilin lehdistötiedotteita

Liite 12: Eri dieseltyyppien ominaisuuksia

Liite 13: Metaaniautossa perustekniikkaa

Liite 14: Etanolia jätteestä

Henkilöautojen ja raskaankaluston päästömääräyksiä /4/

Taulukko 1: DIESEL

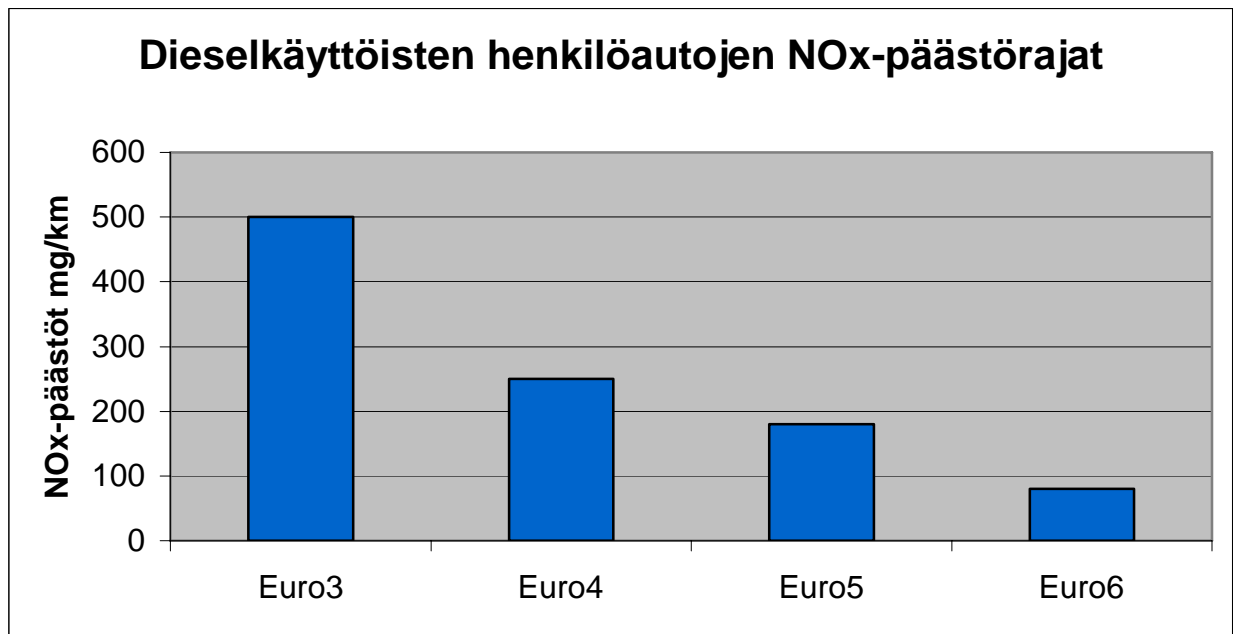
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset
Euro2	1,0			0,1
Euro3	0,64		0,5	0,05
Euro4	0,5		0,25	0,025
Euro5	0,5		0,18	0,005
Euro6			0,08	0,005

Taulukko 2: BENSIINI

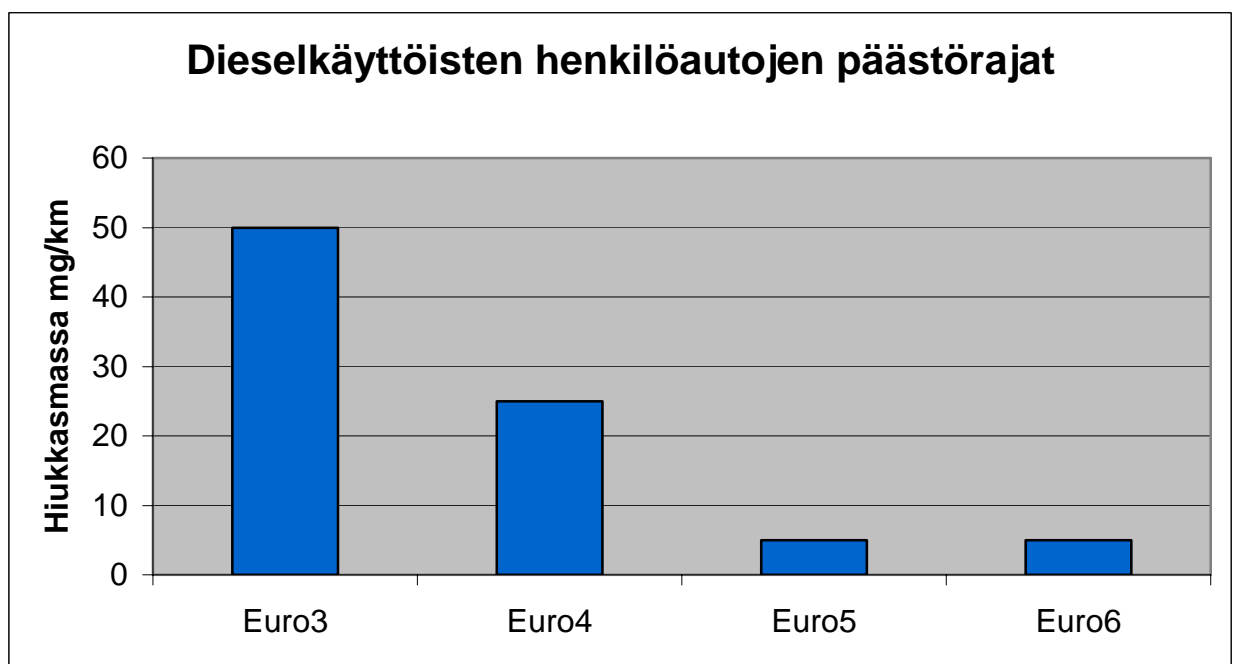
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset
Euro2	2,2			
Euro3	2,3	0,2	0,15	
Euro4	1,0	0,1	0,08	
Euro5	1,0	0,075	0,06	
Euro6				

Taulukko 3: Raskaan kaluston päästömääräyksiä

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset
Euro2 (1996)	4,0	1,1	7,0	0,15
Euro3 (2000)	2,1	0,66	5,0	0,1
Euro4 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro5 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02
Euro6				



Kuva 1: Diesikäyttöisten henkilöautojen NO<sub>x</sub>-päästörajat /4/



Kuva 2: Diesikäyttöisten henkilöautojen hiukkaspäästörajat /4/

## NExBTL:n vaikutus päästöihin ja polttoaineen kulutukseen

Testissä käytetyt autot /19/

Taulukko 1: Mittauksissa käytetyt ajoneuvot /19/

	A	B	C
Vuosimalli	2000	2004	1999
Mittarilukema [km]	144000	13300	187000
Moottorin tilavuus [dm <sup>3</sup> ]	1,9	1,4	2,4
Polttoaineensyöttö	suoraruiskutus+turbo	suoraruiskutus+turbo	suoraruiskutus+turbo
P-A laitteiston tyyppi	yksikkösuuttimet	CommonRail	CommonRail
Pakokaasunpuhdistus	hapetuskatalysaattori	hapetuskatalysaattori	hapetuskatalysaattori

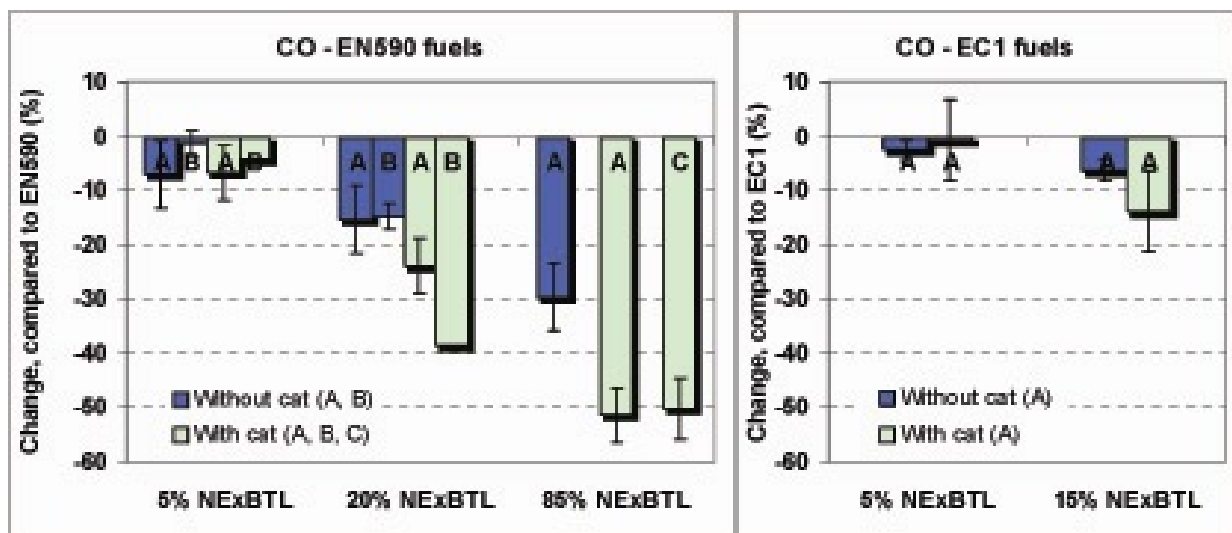
Mittauksissa, joissa ei käytetä pakokaasun jälkikäsittelyä, katalysaattorin vaikutus eliminoidaan. Katalyyttiset aineet poistetaan katalysaattorista ja sitä käytetään tyhjänä.

### Polttoaineet /19/

Testeissä käytettiin kahden eri polttoainevaatimuksen mukaista polttoainetta sekoitettuna NExBTL:n kanssa. Polttoainevaatimukset olivat EN590 ja EC1 (Swedish Environmental Class 1). Molemmat testeissä käytetyt polttoaineet ovat rikkittömiä eli rikkipitoisuus on alle 10mg/kg.

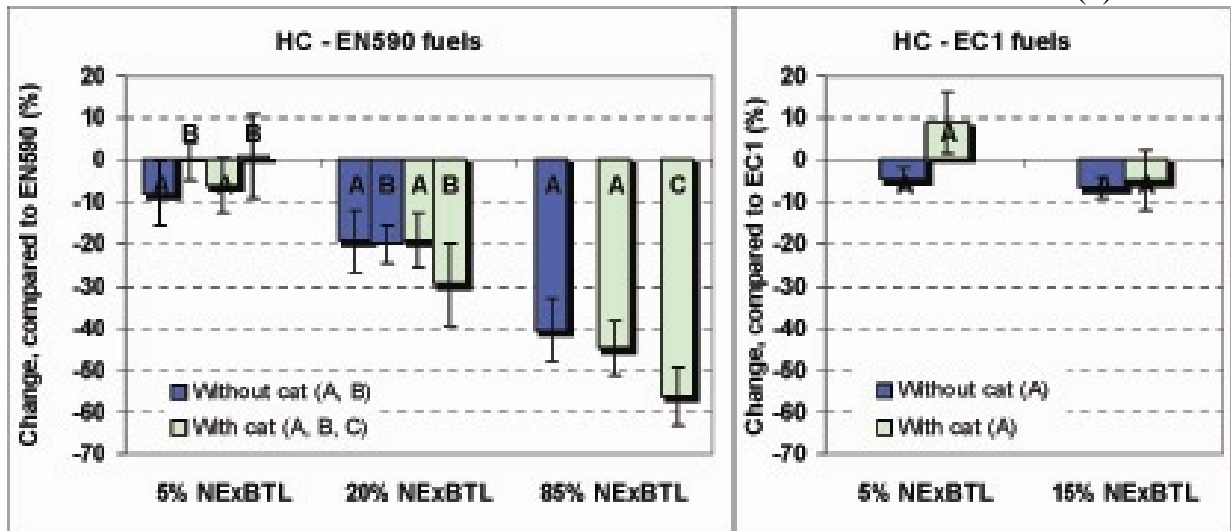
### Tulokset /19/

Testituloksiin on merkitty vaihteluväli janalla pylväisiin.



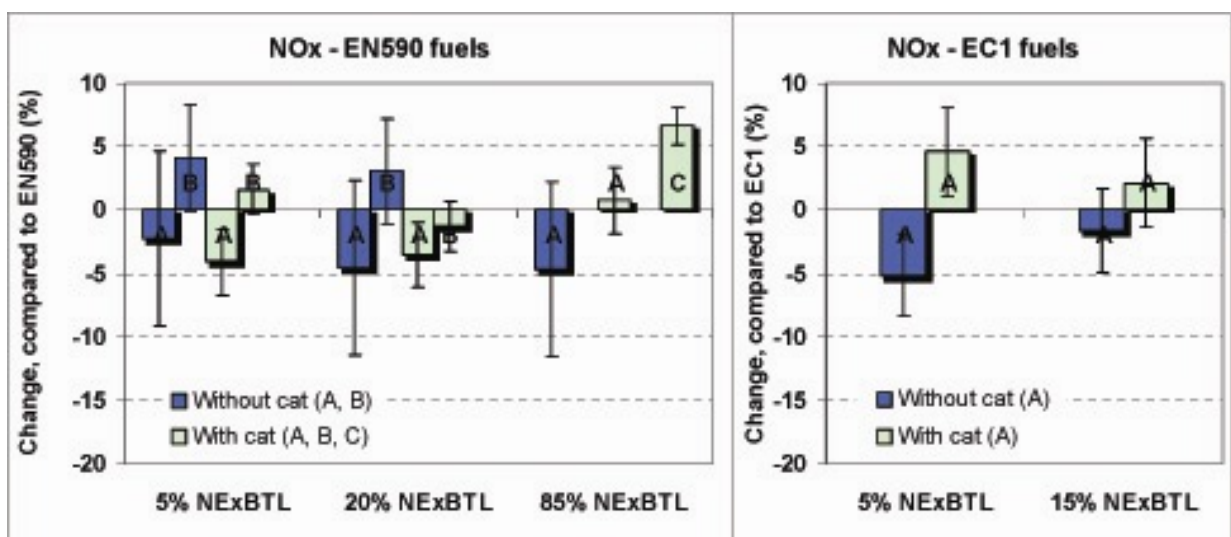
Kuva 1: Muutokset CO -päästöissä /19/

Vaikutus on hyvin selkeä ja se näyttäisi olevan suoraan verrannollinen NExBTL:n sekoitussuhteeseen. Myös katalysaattorin merkitys korostuu.



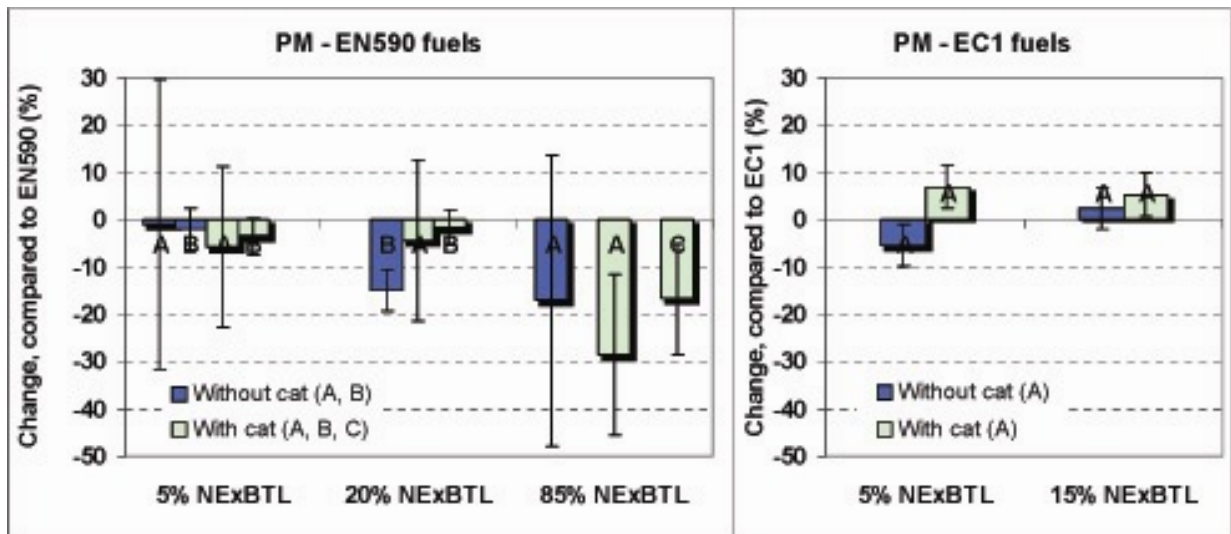
Kuva 2: Muutokset HC -päästöissä /19/

Vaikutus on lähes suoraan verrannollinen NExBTL:n sekoitussuhteeseen. Katalysaattorin vaikutus on merkittävä.

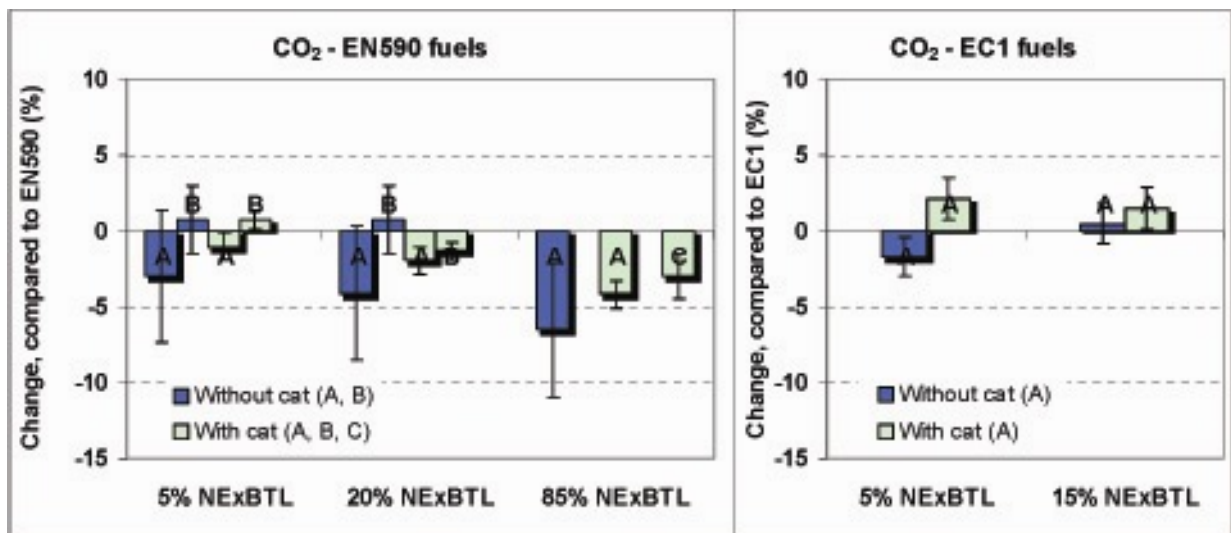


Kuva 3: Muutokset NO<sub>x</sub> -päästöissä /19/

Vaihteluväli on hyvin suuri ja yksiselitteistä tulosta ei ole. Katalysaattorista (hapetuskatalysaattori) ei ole apua typenoksidipäästöissä.

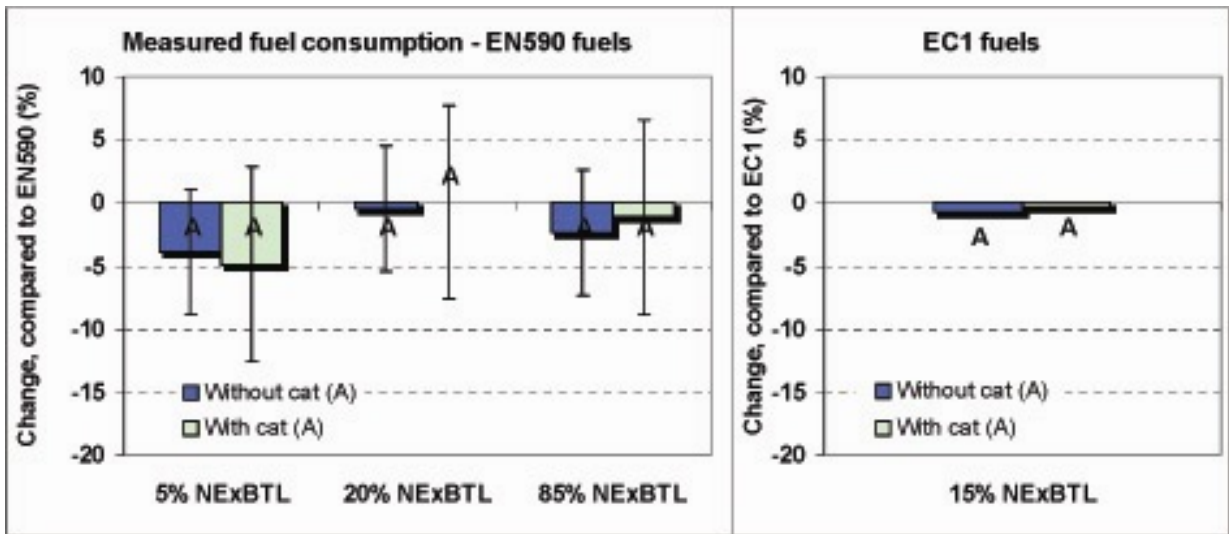


Kuva 4: Muutokset partikkelipäästöissä /19/

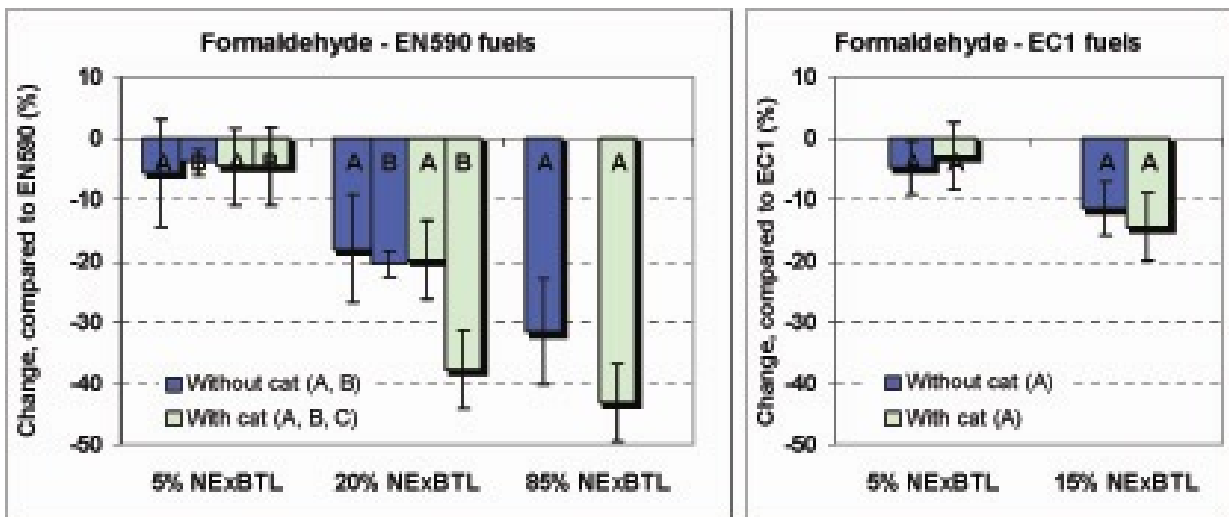


Kuva 5: Muutokset CO<sub>2</sub> -päästöissä /19/

Kun huomioidaan vaihteluväli, on vähennys melko pieni suuremmallakin sekoitussuhteella.

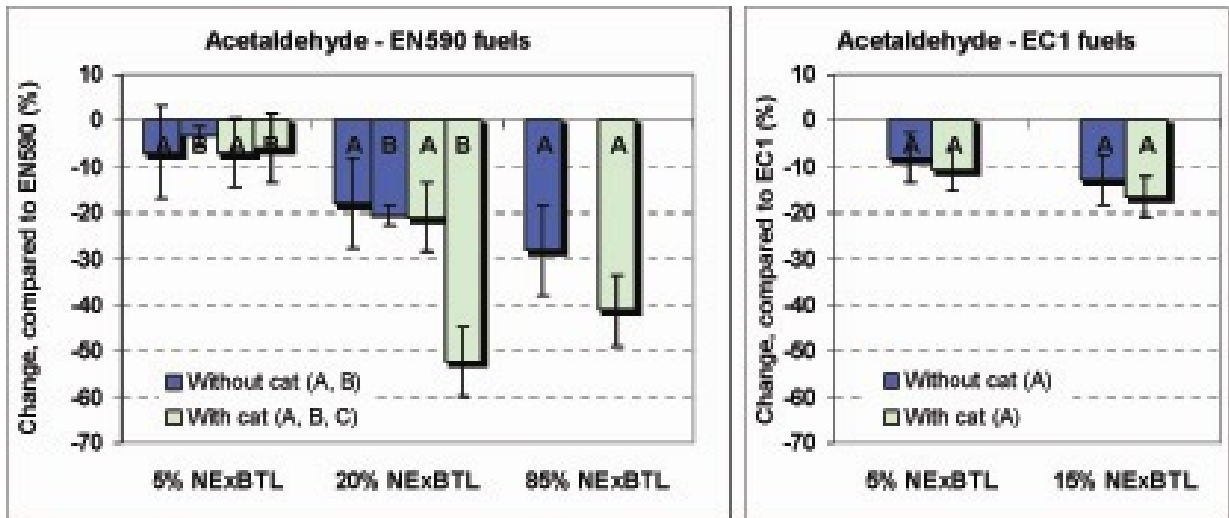


Kuva 6: Muutokset polttoainenkulutuksessa /19/



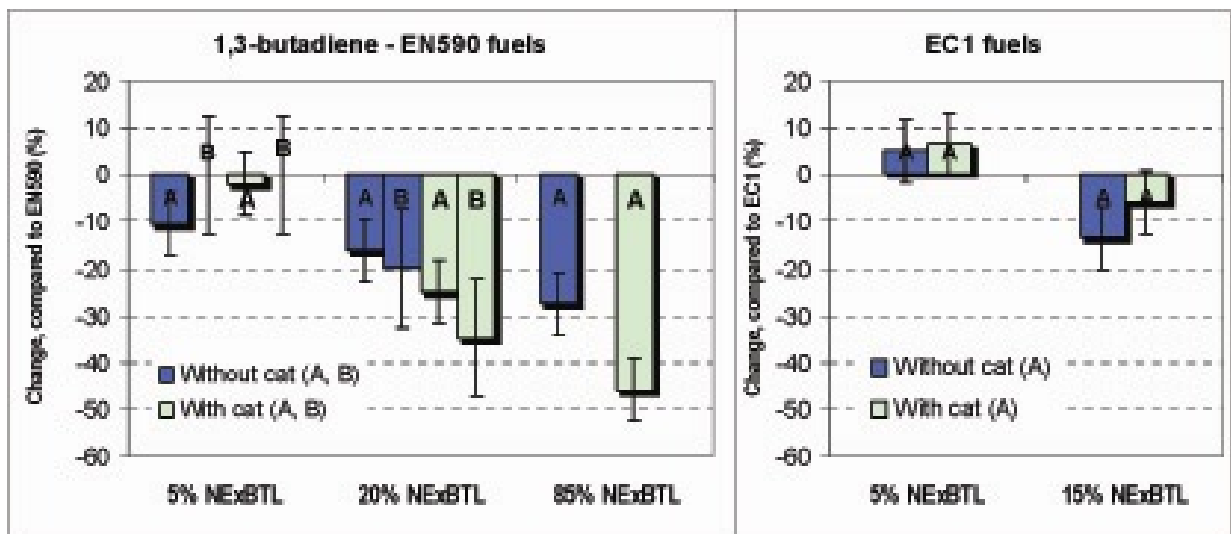
Kuva 7: Muutokset formaldehydipäästöissä /19/

Formaldehydipäästöissä on merkittävä vähennys, mutta katalysaattorin merkitys jää melko vähäiseksi.



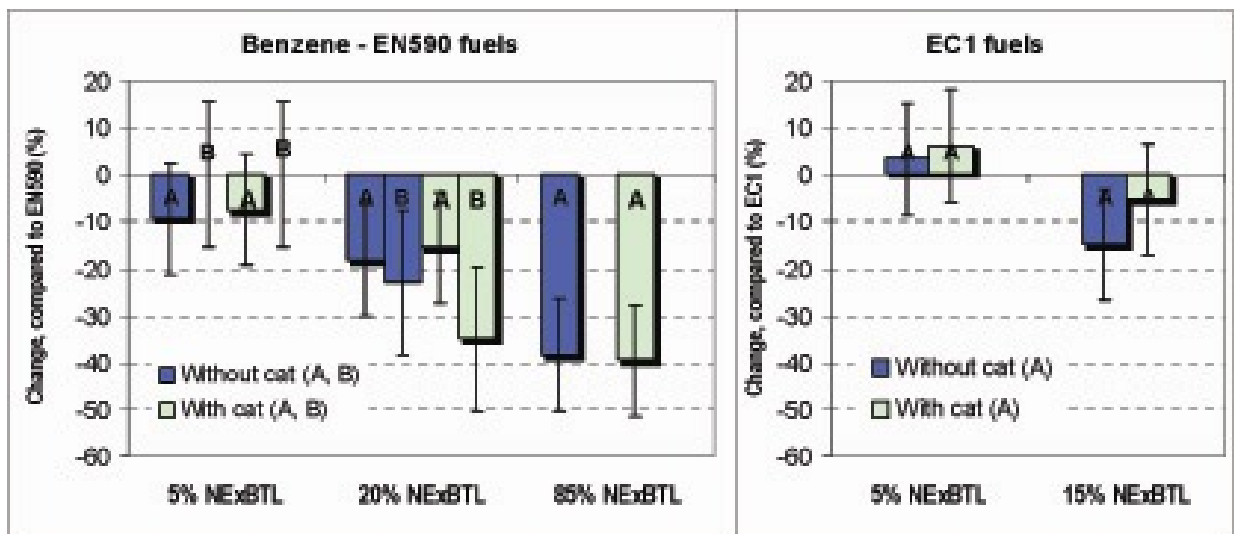
Kuva 8: Muutokset asetaldehidipäästöissä /19/

Asetaldehidipäästöissä on merkittävä vähennys, joka on suurempi suuremmilla sekoitussuhteilla



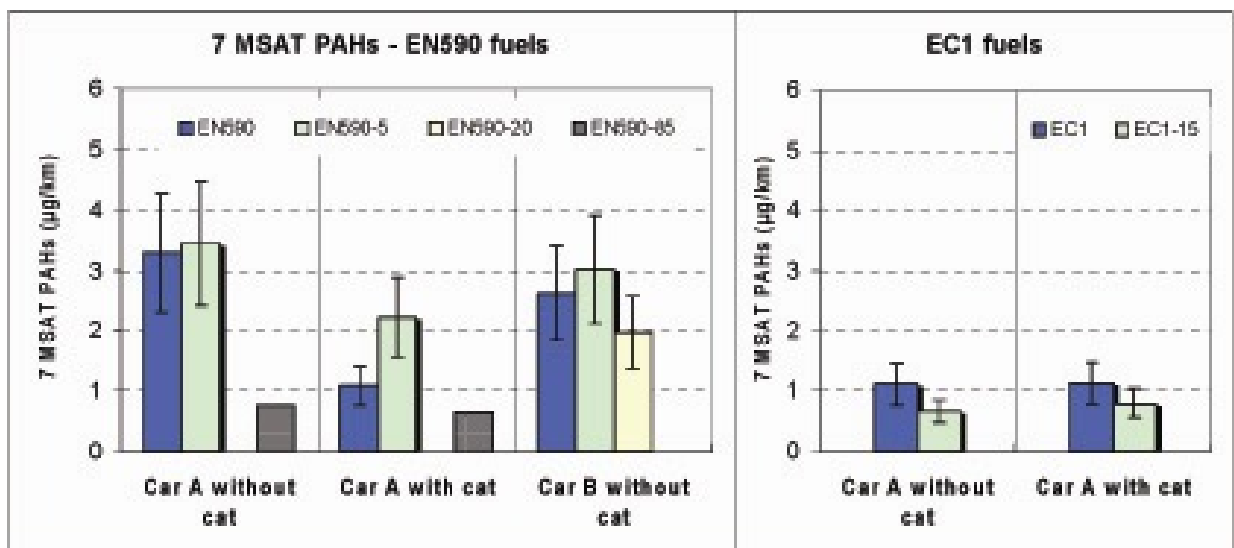
Kuva 9: Muutokset 1,3-butadiinipäästöissä /19/



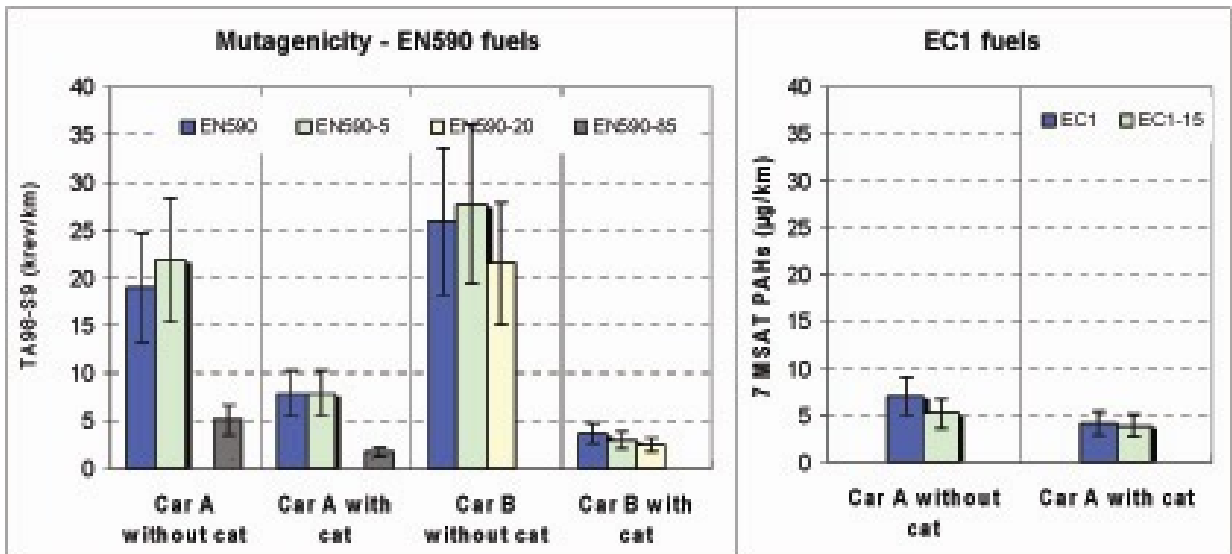


Kuva 10: Muutokset bentseenipäästöissä /19/

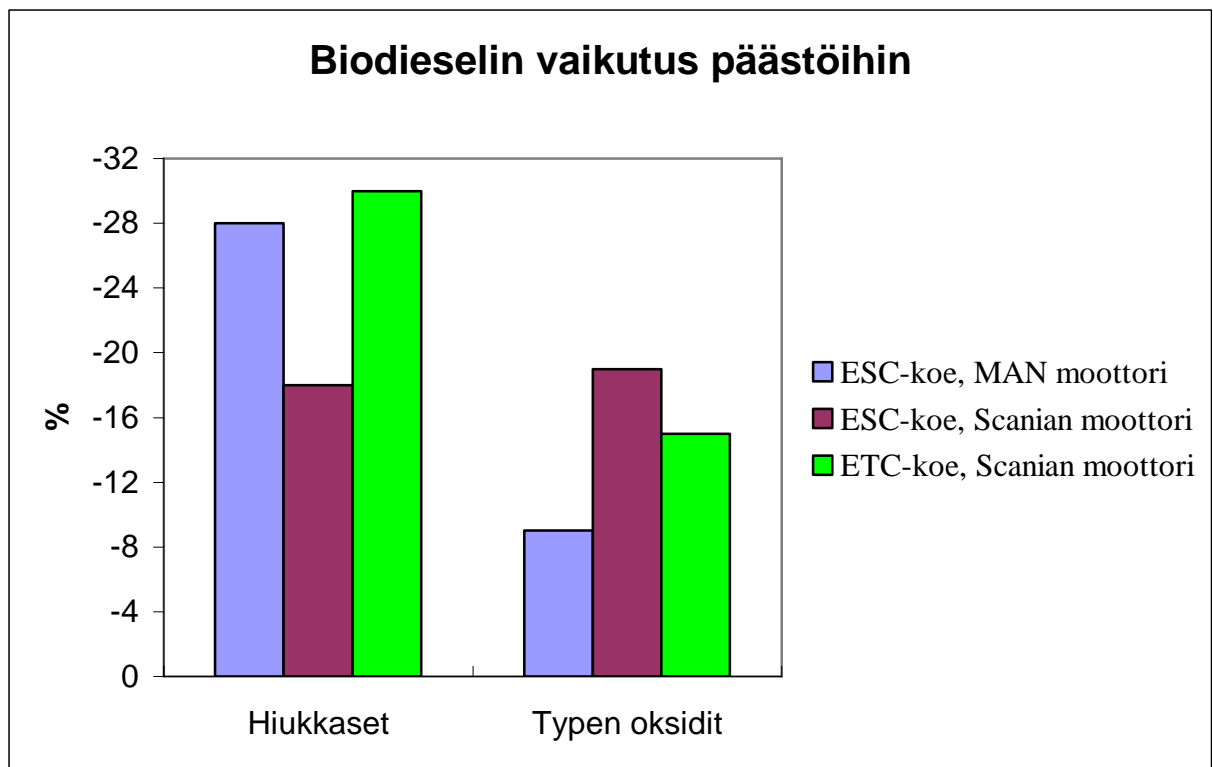
Bentseenipäästöissä on merkittävä vähennys etenkin suuremmilla sekoitussuhteilla.



Kuva 11: Muutokset polyaromaateissa /19/



Kuva 12: Mutagenisuus /19/



Kuva 13: NExBTL verrattuna tavanomaiseen fossiiliseen dieseliin /4/

## Direktiivi 2003/30/EY /9/

Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto ovat laatineet direktiivin 2003/30/EY, joka koskee liikenteessä käytettävien biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämistä. Seuraavassa pääkohtia direktiivistä:

- Liikennettä koskevassa komission valkoisessa kirjassa ”Eurooppalainen liikennepolitiikka vuoteen 2010: valintojen aika” odotetaan liikenteen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen kasvavan vuosien 1990 ja 2010 välillä 50 prosenttia eli noin 1113 miljoonaa tonniin pääasiassa liikenteen takia, joka aiheuttaa 84 prosenttia koko liikenteen hiilidioksidipäästöistä. Tämän vuoksi valkoisessa kirjassa vaaditaan ekologisesta näkökulmasta lähtien, että liikenteen riippuvuutta öljystä (nyt 98 prosenttia) on vähennettävä käyttämällä vaihtoehtoisia polttoaineita kuten biopolttoaineita.

- Komission vihreässä kirjassa ”Energianhuoltostrategia Euroopalle” asetetaan tavoitteeksi, että 20 prosenttia tavanomaisista polttoaineista korvataan vaihtoehtoisilla polttoaineilla tieliikenteen alalla vuoteen 2020 mennessä.

- Olisi otettava käyttöön toimenpiteitä, joilla voidaan nopeasti kehittää laatuvaatimuksia moottoriajoneuvoissa sekä puhtaina että tavanomaisiin polttoaineisiin sekoitettuna käytettäviä biopolttoaineita varten. Vaikka jätteiden biohajoava osa voi olla käyttökelpoinen biopolttoaineiden tuotantolähde, laatuvaatimuksissa on otettava huomioon jätteen mahdollinen saastuminen, jotta vältetään tiettyjen komponenttien aiheuttama ajoneuvon vahingoittuminen tai päästöjen laadun huonontuminen.

- Biopolttoaineina pidetään ainakin seuraavia tuotteita:

- bioetanoli: etanoli, joka tuotetaan biomassasta ja/tai jätteiden biohajoavasta osasta käytettäväksi biopolttoaineena.
- biodiesel: laadultaan dieselöljyä vastaava metyyliesteri, joka tuotetaan kasvi- tai eläinöljystä käytettäväksi biopolttoaineena.

- Biopolttoaineita voidaan asettaa saataville ainakin seuraavissa muodoissa:

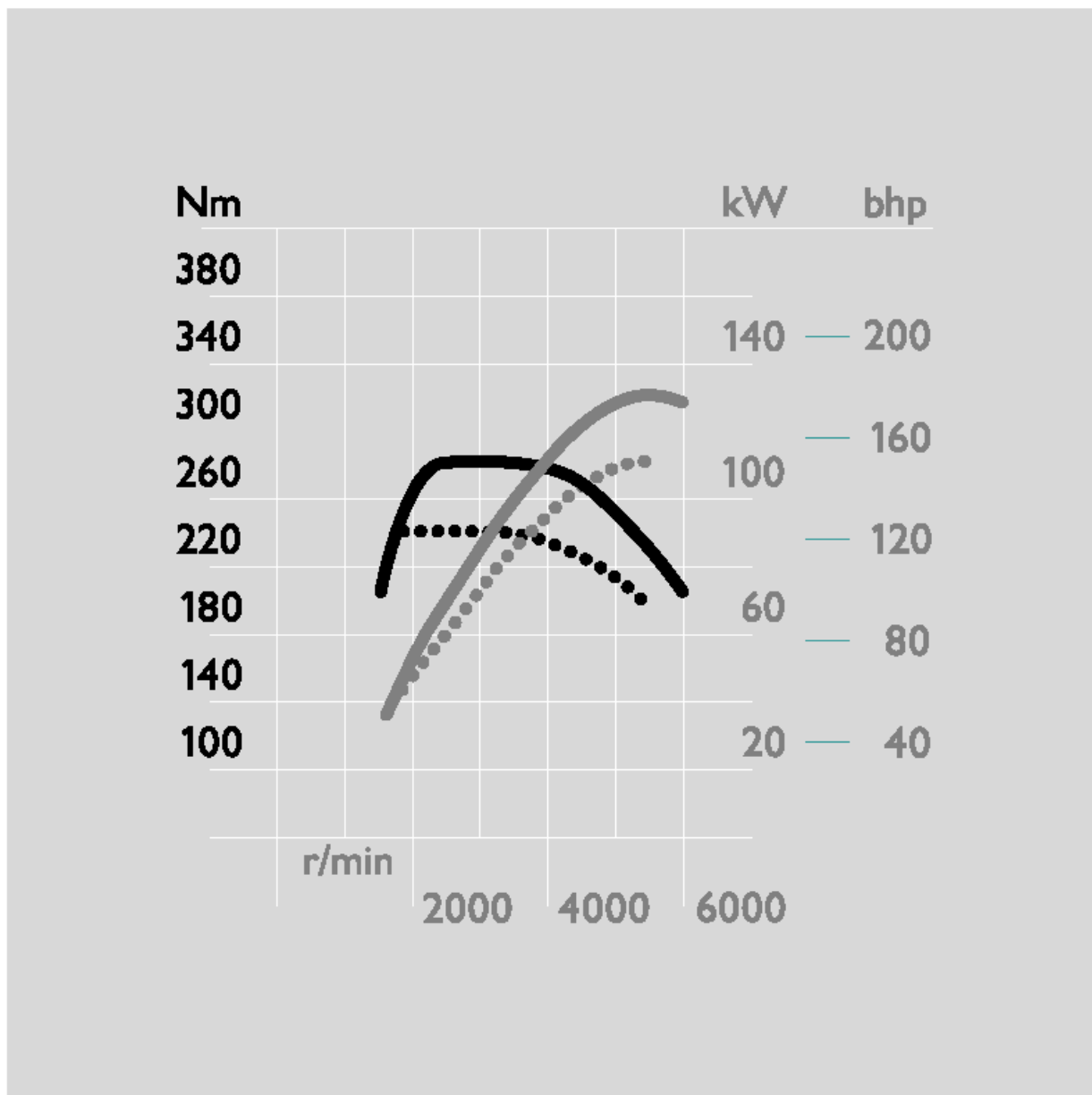
- puhtaina biopolttoaineina tai korkeina pitoisuuksina kivennäisöljyjohdannaisissa liikennesovelluksia koskevien erityisten laatustandardien mukaisesti.
- kivennäisöljyjohdannaisiin sekoitettuna biopolttoaineina siten, että täytetään asianmukaiset eurooppalaiset standardit, joissa määritetään liikennepolttoaineita koskevat tekniset vaatimukset (EN 228 ja EN 590).

- Jäsenvaltioiden olisi toimenpiteitä toteuttaessa otettava huomioon erilaisten biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden ilmastoon ja ympäristöön kohdistuva kokonaisvaikutus, ja ne voivat tukea ensisijaisesti niitä polttoaineita, joilla tämä kokonaisvaikutus on erittäin hyvä ja kustannustehokas, ottaen samalla huomioon myös kilpailukyvyyn ja huoltovarmuuden.

- Jäsenvaltioiden on huolehdittava, että biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden saatavuudesta tiedotetaan yleisölle. Myyntipisteissä on biopolttoaineiden prosenttiosuuksien osalta oltava erityismerkintä, jos

kivennäisöljyjohdannaisiin sekoitetun biopolttoaineen, joka on rasvahapon metyyliesteriä (FAME) tai bioetanolia, osuus ylittää viisi prosenttia.

## Saab 9-5 2.0t BioPower, 180 bhp



..... Gasoline  
———— E85

Kuva 1: Teho- ja vääntökäyrät /20/

Etanolia käytettäessä voidaan nostaa ahtopainetta bensiinimoottoriin verrattuna. Etanolin korkeampi puristuskestävyys on ratkaiseva tekijä asiassa, koska moottorit ovat muuten samanlaiset mukaan lukien puristussuhde. Saabilla on myös konseptiauto E100, joka käyttää polttoaineena 100-prosenttista etanolia. /20/

Taulukko1: Bensiini- ja etanolimallin tekniset tiedot /20/

## Gasoline and BioPower engines

Engines	2.0t	2.0t BioPower
Displacement	1.985 dm <sup>3</sup>	1,985 dm <sup>3</sup>
Cylinders	4	4
Bore/stroke	90/78 mm	90/78 mm
EEC max. rating	150 bhp (110 kW) @ 5500 rpm.	180 bhp (132 kW) @ 5500 rpm.
EEC max. torque	240 Nm @ 1800 - 3500 rpm.	280 Nm @ 1800 - 3500 rpm.
Compression ratio	9.3:1	9.3:1
Recommended octane rating	95 RON	E85/95 RON

Performance	2.0t		2.0t BioPower	
	M5	A5	M5	A5 <sup>2</sup>
0-100 km/h (s) Sedan (SportCombi)	9.8 (10.2)	11.6 (12.5)	8.5 (9.0)	X <sup>3</sup>
60-100 km/h in 4th gear (s) Sedan (SportCombi)	9.6 (10.4)	NA	7.9 (8.7)	X <sup>3</sup>
80-120 km/h in 5th gear (s) Sedan (SportCombi)	14.9 (16.3)	NA	12.6 (14.1)	X <sup>3</sup>
Top speed km/h Sedan (SportCombi)	215 (210)	210 (205)	225 (220)	X <sup>3</sup>

Bensiini-, diesel- ja etanolimallin teknisiä tietoja /20/  
*The New Saab 9-5 Sedan and SportCombi range :*

## Technical Specifications and Performance

### Engines

Front-wheel-drive, transversely installed, hydraulic engine mountings.

#### Gasoline:

1985 / 2290 cc. 4 cylinders in-line. Cast iron block, alloy cylinder head. Turbocharged, intercooled. DOHC, 16-valve. Twin balancer shafts. Saab Trionic 7 engine management. Direct ignition, multi-point fuel injection.

Euro 4 Emissions (Jan 06) compliant

#### Diesel:

1910 cc. 4 cylinders in-line. Aluminum cylinder head, cast iron block. DOHC 16v Common rail, direct and multiple injection. Turbocharged, VNT, intercooled.

Maintenance-free particulate filter.

Euro 4 Emissions (Jan 06) compliant

#### BioPower:

1985 cc. 4 cylinders in-line. Cast iron block, alloy cylinder head. Turbocharged, intercooled. DOHC, 16-valve. Twin balancer shafts. Saab Trionic 7 engine management. Direct ignition, multi-point fuel injection.

Fuelled by ethanol (E85)/gasoline in any proportions

Euro 4 Emissions (Jan 06) compliant

### Transmissions

5-speed manual gearbox with single dry-plate clutch, diaphragm spring.

5-speed automatic transmission with direct mechanical lock-up in third and fourth gears, Saab Sentronic selection via steering wheel buttons.

### Steering

Rack and pinion, hydraulic power assistance  
Turning circle: 10.8 m (kerb to kerb)

### Suspension

Front: McPherson strut type with twin tube shock absorbers and anti-roll bar. Isolated subframe

Rear: Independent, multi link, one longitudinal and two transverse. Coil over twin tube shock absorbers. Anti-roll bar. Isolated subframe.

### Wheels, Tires

15 x 6", 205/65

16 x 6.5", 215/55

17 x 7", 225/45

17 x 7.5", 235/45

### Brakes

Hydraulic, dual circuit, 9" tandem vacuum booster.

ESP<sup>®</sup>, ABS, TCS, EBD

Discs: Front. Ventilated 308/288 mm

Rear. Ventilated 300 mm/ solid 286 mm

### Capacities

Luggage:

Sedan: Volume 500 dm<sup>3</sup> VDA

Rear seat folds down or 60/40, load-through hatch

SportCombi: Volume 416 dm<sup>3</sup>, 1490 dm<sup>3</sup> rear seat folded

60/40 split. Removable rear seat.

Fuel tank: 75 liters

### Weights

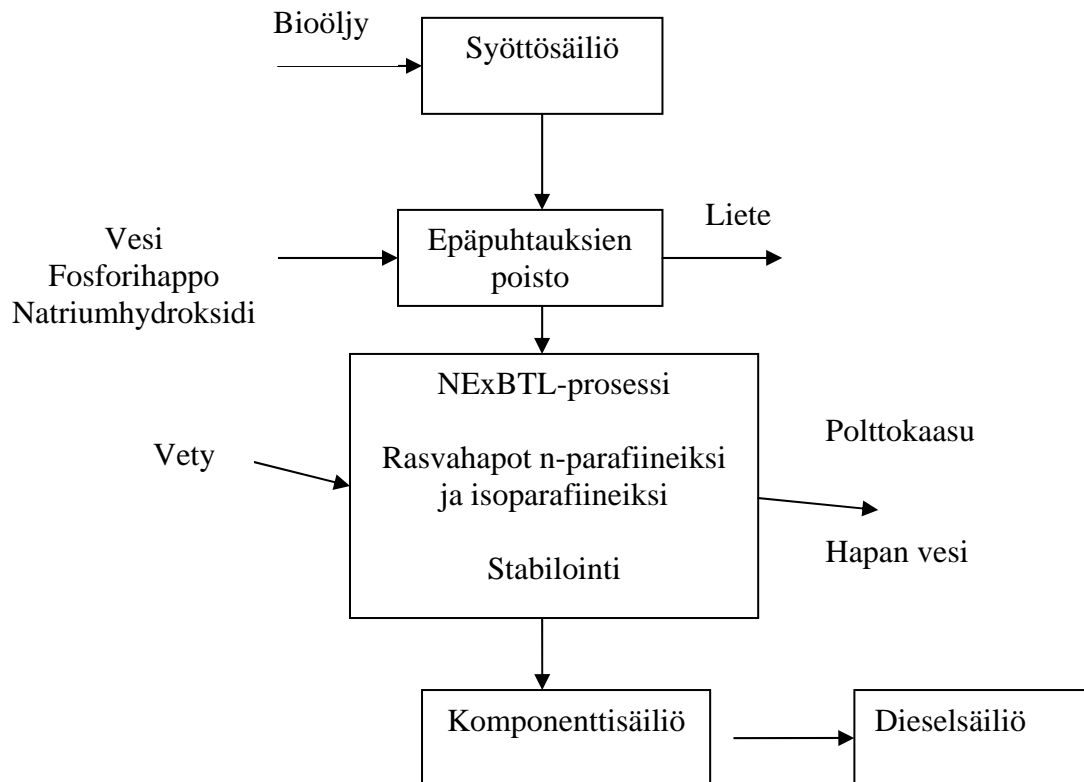
Kerb: 1500-1745 kg

Max. gross: 2050-2190 kg

Max. roof load: 100 kg.

Max. trailer load: 1800 kg (braked)

### NExBTL:n valmistus /11/



Kuva 1: NExBTL-prosessi /11/

### Esikäsitely /11/

Esikäsitely on lähinnä epäpuhtauksien poistamista, jossa raaka-aineet käsitellään fosforihapolla, natriumhydroksidilla ja vedellä. Muodostuva liete sisältää muun muassa fosforia, typpeä, öljyä, rasvaa sekä metalleja.

### Rasvahappojen vetykäsitely /11/

Rasvahapot vedytetään n-parafiineiksi. Vedytysvaiheen lämpötila on 330-450°C ja paine 5MPa.

### Isomerointi /11/

Hyvien kylmäominaisuuksien takia hiilivetyseos isomeroidaan eli N-parafiinin molekyyliarakennetta käsitellään sopivalla katalyytillä siten, että hiilten kokonaismäärä pysyy suurena. Katalyytti on mahdollisimman vähän krakkaavaa. Hiiliketjuun syntyy metyylihaaroja sopiviin kohtiin. Liian pitkään menevä isomerointi laskee setaanilukua.



Isomeroinnin lämpötila on suunnilleen sama kuin vetykäsittelyn lämpötila. Käytettävä paine on 3,5-4MPa katalyytin stabiloimiseksi.

### Jatkokäsittely /11/

Jatkokäsittelyssä tuote stabiloidaan. NExBTL -komponentit erotellaan prosessissa syntyvistä kaasuista ja bensiinikomponenteista.

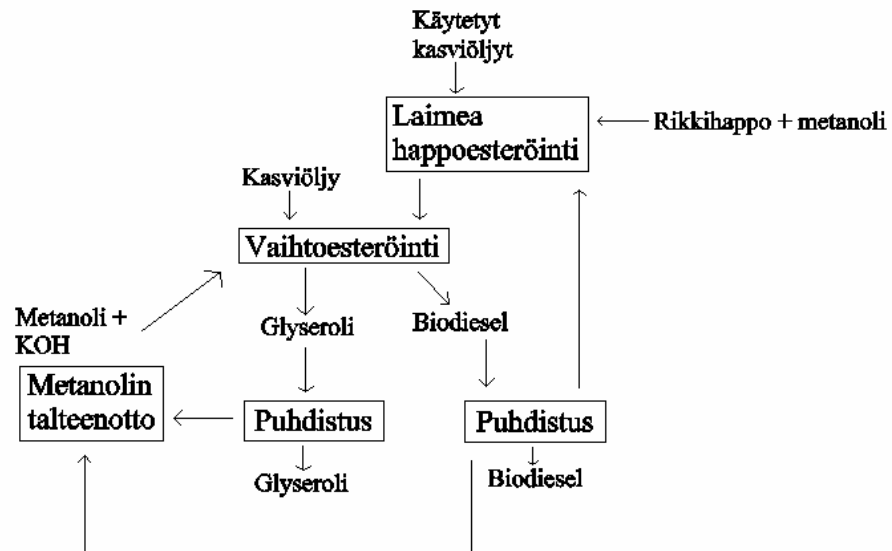
Taulukko 1: Vertailutaulukko /10/

	Bensiini	Etanoli	Metanoli	MTBE	ETBE	TAME
Kemiallinen kaava		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{OH}$	$(\text{CH}_3)_3\text{COCH}_3$	$(\text{CH}_3)_3\text{COC}_2\text{H}_5$	$(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{COCH}_3$
Molekyylipaino [g/mol]	32	46,1	32	88,2	102,2	102,2
Tiheys 15°C [kg/l]	0,75	0,79	0,79	0,75	0,75	0,77
Kiehumispiste [°C]	30	78	65	55	73	85
Oktaaniluku [RON]	95	108	108	117	118	112
Lämpöarvo [MJ/kg]	43	26,4	19,6	35	36	36
Höyrynpaine, Raid [kPa]	60-90	17	32	55	28	14
Happipitoisuus [p-%]	0	34,7	49,9	18,2	15,7	15,7
Stoikiometrinen ilmakerroin	14,7	9	6,4	11,7	12,2	12,1

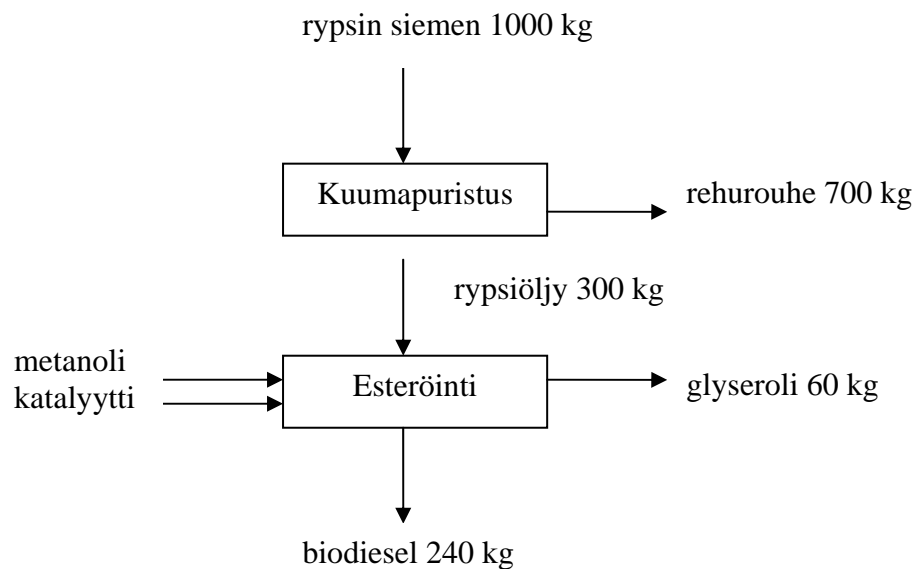
Eetterien valmistuksessa raaka-aineena ovat alkoholi ja hiilivety. Mahdollisia eetterikomponentteja ovat esimerkiksi MTBE, ETBE, TAME ja TAEE. Alkoholin osuus eetterin lämpöarvosta on noin 15-30%. Suomessa on eniten käytössä MTBE, jonka käyttö Yhdysvalloissa on vähenemässä pohjavesiongelman takia.

Bensiinin osalta EU direktiivit ja EN228 -normi rajoittavat happipitoisten komponenttien määrää. Polttoaineen maksimihappipitoisuus saa olla 2,7 p-% ja osalle yksittäisille oksygenaateille on annettu maksimipitoisuudet: etanoli 5 vol-%, metanoli 3 vol-% ja eetterit 15 vol-%. /10/

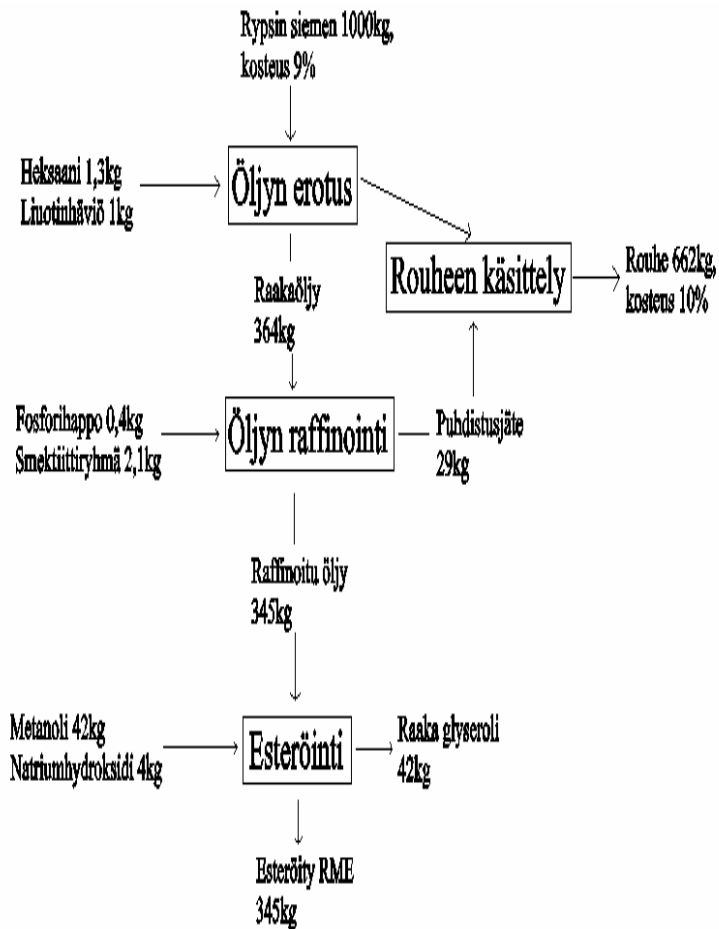
RME:n valmistusprosessi /13/



Kuva 1: RME prosessi yleisesti. /13/



Kuva 2: RME prosessi maatilamittakaavassa. Rehurouheen ja rypsin siemenen massat on ilmoitettu märkämässana. /13/



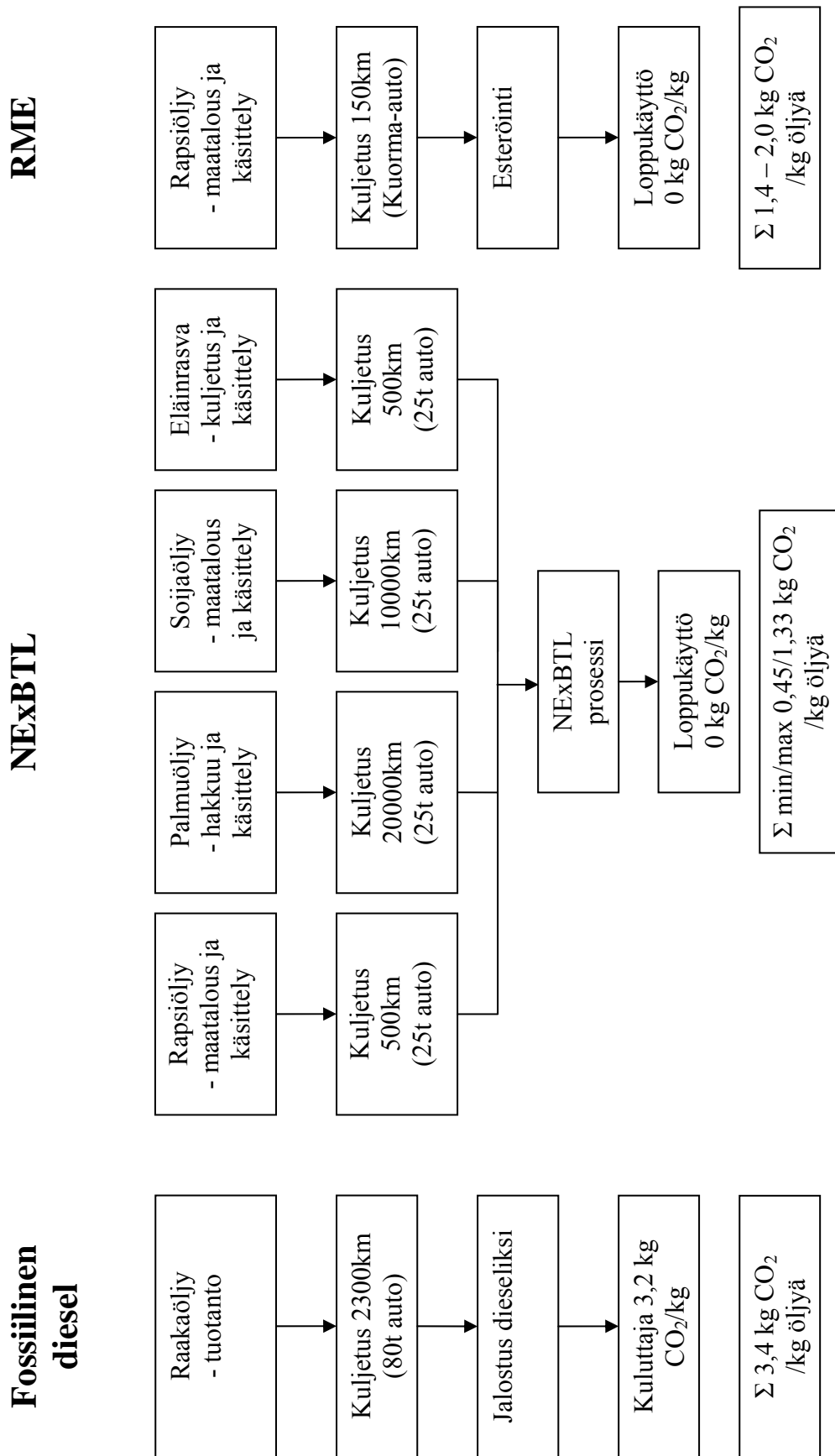
Kuva 3: RME-prosessi teollisuusmittakaavassa. /13/

## Öljyä riittää /8/

Öljyn loppumisesta on esitetty monia erilaisia ennusteita, mutta uusimpien tietojen mukaan öljytuotanto pystyy vastaamaan kulutuksen kasvuun uusien löytöjen ja tehostetun poraustekniikan ansiosta. Tuoreimman ennusteen mukaan maailman öljynkulutus on vuonna 2006 84,7 miljoonaa barreliä päivässä joka tarkoittaa litroissa melkein 13500 miljoonaa litraa päivässä. Kasvua edellisvuoteen olisi tällöin 1,3 prosenttia ja vuoden 2007 kasvun ennustetaan olevan 1,8 prosenttia.

Uudet öljylöydöt ja vanhojen öljykenttien tarkempi hyödyntäminen auttavat vastaamaan jatkuvasti kasvavaan öljyn kysyntään.

Maailman suurimmat öljyntuottajamaat vuonna 2006 olivat Saudi-Arabia, Venäjä, Yhdysvallat, Iran ja Meksiko. Edellä mainitut maat tuottivat 36 prosenttia maailman raakaöljystä. /2/



Kuva 1: Eri dieseltyyppien kokonaishiiliidioksidipäästöt. /11/

### Diesel ja otto lähenevät toisiaan /3/

Viimeaikainen palamisprosessien tutkimus on menossa kohti diesel- ja ottomoottorityökiertojen yhdistämistä. Tällä pyritään eroon molempien työkiertojen huonoista puolista. Ottomoottorin alhainen puristussuhde ja pumppaushäviöt osakuormalla laskevat hyötysuhdetta. Puristussuhteen nosto aiheuttaa nakutusta ja tehonsäätö vaatii virtauksen kuristuksen. Dieselmoottorissa palamislämpötila on aina niin korkea, että syntyy nokipartikkeleita. Palamislämpötilaa nostettaessa nokipartikkelien tuotto vähenee mutta typenoksidipäästöt lisääntyvät.

Palamislämpötilaa ja ilmakerrointa tutkittaessa on mahdollisuus löytää alue, jossa sekä nokipartikkelien että typenoksidien tuotto on vähäistä. Tällä toiminta-alueella toimivia palamisprosesseja kutsutaan yleisesti LTC-prosesseiksi. LTC-prosessin teoria todettiin pakokaasun takaisinkierrätyskokeilla, joissa takaisin kierrätettävän pakokaasun määrää kasvatettiin aina 60-65 prosenttiin asti eli selvästi yli järkevien rajojen. Kokeissa huomattiin partikkelipäästöjen kasvavan tiettyyn rajaan asti, jonka jälkeen ne kääntyvät laskuun. Suuren jäännöskaasun määrän takia palaminen hidastuu reilusti ja palamislämpötila putoaa niin alas, ettei nokea enää muodostu. Perinteisillä prosesseilla ei päästä halutulle palamislämpötila-ilmakerroin- alueelle.

Ensimmäisenä julkisuuteen pääsi HCCI-prosessi, vaikka se ei varsinaisesti olekaan LTC-prosessi jokaisessa toimintapisteessään liian korkean palamislämpötilan takia. HCCI:ssä ilman ja polttoaineen tasakoosteinen seos puristussytytetään. Sytytys hetki määräytyy seoksen rikkaudesta, sylinterin olosuhteista ja polttoaineen ominaisuuksista. Jotta palaminen olisi edes jotenkin hallittavissa, on seoksen oltava melko laiha. Nykytilanteessa HCCI-prosessi pystytään hallitsemaan vain osakuormalla. Reaalimoottoreissa tilanne voidaan ohittaa siirtymällä täyden kuorman alueella otto- tai dieselyökiertoon.

Seosta puristettaessa sylinterissä vallitsevat olosuhteet muuttuvat jatkuvasti palamiselle edullisemmiksi ja lopulta polttoaineen ja ilman seos syttyy. Palamiseen vaikuttavia parametreja ovat muun muassa tehollinen puristussuhde, imuilman lämpötila ja seossuhde. Jos parametreja ei muuteta, moottori pysyy samassa toimintapisteessä eli tuotettu teho pysyy samana. Moottorin tehon nostamiseksi palamista tulisi nopeuttaa ja palamisen ajoitus pitäisi olla kohdallaan. Ruiskutusmäärän lisäys ei riitä, koska palaminen nopeutuu liikaa ja ajoitus on virheellinen. Palamisen alkamisajankohtaa määriteltäessä on takaisin kierrätettävän pakokaasun määrä tärkeä. Pakokaasun määrällä voidaan viivästyttää syttymistä. Prosessin hallinnan kannalta on myös tärkeä saada lämpö vapautumaan tarpeeksi hitaasti.

Nykyiset polttoaineet eivät välttämättä ole parhaita mahdollisia LTC-prosessiin. Matalan palamislämmön prosesseissa polttoaineseos sytytetään puristamalla, jolloin käytettävän polttoaineen puristuskestävyydellä on suuri vaikutus syttymishetkeen ja sitä kautta käytettävissä oleviin ilmakertoimiin. Dieselpolttoaineen itsesyttymislämpötila on melko alhainen ja LTC-prosessin kannalta se pitäisi olla korkeampi. Happipitoisissa polttoaineissa sitoutunut happi lisää paikallista ilmakerrointa ja vähentää siis noen tuottoa.

Lopuksi mainittakoon, että mikäli joku LTC-prosesseista olisi huomattavasti parempi kuin nykyiset prosessit, olisi se jo keksitty.

### Neste Oilin lehdistötiedotteita /17/

Neste Oil toi ensimmäisenä Suomessa markkinoille bensiinin, joka sisältää biokomponentteja. Bensiini on 98-oktaanista ja siihen on lisätty 2-5 % EU-alueelta hankittua etanolia tai ETBE:ä. Polttoaineen jakelu aloitettiin 10.4.2006.

19.9.2006 Neste Oil ilmoitti tehneensä pitkäaikaisen sopimuksen Altian kanssa. Neste Oil ostaa Altialta vuosittain 76000 kuutiometriä etanolia. Sopimus astuu voimaan vuoden 2009 alusta. Etanoli käytetään pääasiassa ETBE-bensiinikomponentin valmistukseen tai sekoitetaan sellaisenaan bensiinin joukkoon.

Biodieselin valmistusta varten Neste Oil on tehnyt hankintasopimukset Honkajoki Oy:n ja Findest Protein Oy:n kanssa. Elintarviketuotantoon kelpaamattomien eläinrasvojen käyttö nostaa eläinrasvojen jalostusastetta ja tukee myös Euroopan Unionin tavoitteita.

Neste Oil on päättänyt rakentaa toisen huippulaatuista biodieseliä valmistavan tuotantolaitoksen Porvoon jalostamolle. Laitoksen tuotantokapasiteetti on sama kuin Porvooseen valmistuvan ensimmäisen laitoksen kapasiteetti eli 170 000 tonnia biodieseliä vuodessa. Ensimmäinen biodiesellaitos käynnistyy Porvoossa kesällä 2007.



Taulukko1: Eri dieselyyppien ominaisuuksia /11/

Dieselyyppi	NExBTL	GTL diesel	FAME (RME)	Normaali diesel (EN590) kesälaatu
Tiheys +15°C (kg/m <sup>3</sup> )	780 - 785	77- 7085	≈ 885	≈ 835
Viskositeetti +40°C (mm <sup>2</sup> /s)	3.0 - 3.5	≈ 3.2- 4.5	≈ 4.5	≈ 3.5
Setaani-indeksi tai -luku	98 - 99	≈ 73 - 81	≈ 51	≈ 53
10 % tislauk (°C)	≈ 260- 270	≈ 260	≈ 340	≈ 200
90 % tislauk (°C)	295 - 300	325 - 330	≈ 355	≈ 350
Samepiste (°C)	≈ - 15	≈ 0 ... +3	≈ 0 ... - 5	≈ - 5
Ylempi lämpöarvo (MJ/kg)	≈ 44	≈ 43	≈ 38	≈ 43
Alempi lämpöarvo (MJ/l)	≈ 34,5	≈ 33,8	≈ 34	≈ 36
Polyaromaatit (paino-%)	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 4
Happipitoisuus (paino-%)	≈ 0	≈ 0	≈ 11	0
Rikkipitoisuus (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10

## Metaaniautossa perustekniikkaa /5/

Metaani on toimiva ratkaisu moottoripolttoaineena ja jakeluverkostokin on laajentunut ja laajentuu koko ajan.

Autokäytössä metaanin alkuperällä ei ole merkitystä, vaan se voi olla joko maakaasua tai biologisesti valmistettua. Riittävä laatu, volyymi ja kustannukset ovat biokaasun käytön haasteita verrattaessa maakaasuun, jota saadaan yleensä öljynporauksen sivutuotteena. Maakaasun tankkausasemia on Suomessa ainakin Helsingin Malmilla ja Sörnäisissä, Kotkassa, Kouvossa, Tampereella sekä Haminassa.

Pakollisten kaasusäiliöiden hinta, sijoitus autoon ja painonlisäys ovat merkittävässä asemassa. Rinnakkaiset polttoainejärjestelmät nostavat luonnollisesti hintaa.

Esimerkkiautossa, Volvo V70 Bi-Fuel:issa, kaasusäiliöt on onnistuttu sijoittamaan auton alle takaosaan, jolloin matkustamon tiloista ei ole tarvinnut tinkiä. V70 Bi-Fuel-mallissa kaasusäiliöitä on kolme. Iso säiliö on valmistettu alumiinista ja päällystetty komposiittimateriaalilla. Kahden pienemmän säiliön valmistusmateriaali on teräs. Tilavuutta säiliöillä on yhteensä 99 litraa ja suurin täyttöpaine 200 baria. Kaasukäytöllä auton toimintasäde on noin 300 km ja 29 litran bensiinisäiliön turvin toimintasäde kasvaa noin 340 km. Auto käynnistetään aina bensiinillä ja kaasukäyttöön siirtyminen tapahtuu automaattisesti. Vaihdon tapahtuessa moottoriin syötetään hetken aikaa sekä bensiiniä että kaasua.

Kaasusäiliöissä on turvaventtiilit, jotka päästävät ylimääräisen kaasun ulos säiliöstä, mikäli paine tai lämpötila kasvaa liian suureksi. Teräksisessä kaasulinjastossa on venttiilit, jotka sulkevat kaasun syötön, jos auto on bensiinikäytöllä, sammutettuna tai kolarin sattuessa. Moottorin tilan paineenalennuksessa kaasun paine putoaa kahdessa vaiheessa ensin 200 barista 5 bariin ja lopputulos 0,96 baria suurempi, kuin imusarjan paine. Polttoaineenjakajasta kaasu virtaa imusarjassa sijaitseviin suuttimiin.

Bensiini- ja kaasuversion isoin ero on sylinterinkannen palotilan muotoilussa. Muita eroja ovat muun muassa venttiilien pinnoitemateriaali ja säiliöiden aiheuttamat korimuutokset. Painoero autoissa on vain 68 kilogrammaa. Sytytysjärjestelmä ja sytytystulpat ovat molemmissa samat. Moottorin teho on molemmissa versioissa 103 kW, mutta kaasuversion maksimitehon kierrosluku on 5800 1/min kun se bensiiniversion on 4500 1/min. Kaasuversion maksimivääntömomentti on 192 Nm ja bensiiniversion 220 Nm pyörintänopeuksilla 4500 1/min ja 3300 1/min. Kaasuversion on kaksi katalysaattoria. Huoltoväli on kaasuversion 20000 kilometriä ja bensiiniversion 30000 kilometriä.

Hiilidioksidipäästöt ovat kaasuversion pienemmät verrattaessa bensiini- ja dieselmalleihin. Hiilidioksidipäästöt ovat 169 g/km kaasuversion, 214 g/km 2.4l:n bensiiniversion ja 179 g/km 2.5l:n dieselversion. Kaikki arvot ovat viisivaihteisella manuaalivaihteistolla mitattuja.

Volvo on siirtymässä pois Bi-Fuel-malleista, sillä tilalle on tulossa Multi-Fuel-mallit. Multi-Fuel-autojen on tarkoitus toimia bensiinillä, E85-etanolilla, metaanilla sekä hytaanilla, jossa on 90% metaania ja 10% vetyä. Nähtäväksi jää, kuinka kaikkien neljän polttoaineen säiliöt ja laitteistot saadaan mahdutettua samaan autoon.

## Etanolia jätteestä /6/

ST1 ja VTT ovat perustaneet yhteisyrityksen, St1 Biofuels Oy:n, joka valmistaa etanolia uudella menetelmällä. Etanolin valmistus on kannattavaa pienemmässäkin mittakaavassa. Tuotanto on tarkoitus toteuttaa hajautetusti useassa paikassa. Järjestelmän tulisi suunnitelmien mukaan mahtua muutama rekkakonttiin eli laitteiston siirto on helppoa ja nopeaa. Laitteisto tarvitsee toimiakseen puhdasta vettä, viemäriä ja sähköä. Etanolix-tuotantoyksiköt tuottavat 50-prosenttista etanolia. Prosessin raaka-aineeksi soveltuvat monet sellaiset tuotteet, jotka muutoin menisivät biojätteeksi.

Yksi tuotantoyksikkö pystyy tuottamaan tyypillisesti 500-1500 tonnia 50-prosenttista etanolia vuodessa. Tarkoitus on saada Suomeen 6-8 yksikköä vuoteen 2008 mennessä. Prosessi toimii miehittämättömänä. Prosessin tehokkuus perustuu käymiseen ja siihen yhdistettyyn haihdutukseen.

Syntyvä etanoli kuljetetaan St1:n öljyterminaaliin jalostettavaksi. Kuljetus toteutetaan järkevästi ilman tyhjällä autolla ajoa eli säiliöauto vie valmiin polttoaineen jakeluasemalle, ajaa tuotantopisteeseen ja sieltä takaisin öljyterminaaliin.

Hiilidioksiditaseessa ja kustannuksissa ollaan lähes nollassa puhuttaessa raaka-aineesta, jos verrataan jätettä esimerkiksi peltoviljeltyyn viljaan.