

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Auto- ja korjaamotekniikka

Opinnäytetyö

Jukka Hautamäki

AUTOJEN VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Tekn. Lis. Tauno Kulojärvi
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka

Auto- ja korjaamotekniikka

Hautamäki, Jukka

Autojen vaihtoehtoiset polttoaineet

Opinnäytetyö

35 sivua

Työn ohjaaja

Tekn. Lis. Tauno Kulojärvi

Työn teettäjä

Tampereen ammattikorkeakoulu

Huhtikuu 2008

Hakusanat

Biopolttoaineet, hybridi, kaasu, vety

TIIVISTELMÄ

Kiinnostus ajoneuvojen kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi on tällä hetkellä kasvamassa. Maailman öljyvarat vähenevät ja polttoaineen hinta on jatkuvassa nousussa. Niinpä auton valmistajat ja monet tutkimuslaitokset ovat alkaneet tutkia vaihtoehtoja fossiilisille saastuttaville polttoaineille.

Tässä työssä tutkittiin teoreettisesti vaihtoehtoisten polttoaineiden ominaisuuksia, käytettävyyttä, mahdollisia hyötyjä ja haittoja, ja tietysti otettu huomioon myös eräs tulevaisuuden näkökulma, jota ei vielä nykytekniikalla ole mahdollista toteuttaa. Se on helium-3 isotoopin hakeminen kuusta ja sen käyttö fuusioreaktorin polttoaineena. Tietoa kerättiin tutustumalla lähteisiin ja tulokseksi saatiin, että nykyiset vaihtoehtoiset polttoaineet ovat vielä kaukana täysin päästöttömästä ratkaisusta. Vety olisi ihanteellinen polttoaine, jos sen tuotanto olisi paikallista ja valmistukseen ei tarvittaisi muuta energiaa. Työ sopii tietolähteeksi aiheesta kiinnostuneille.

TAMPERE POLYTECHNIC
Automobile and Transport Engineering
Automobile and Garage Engineering
Hautamäki, Jukka Alternative fuels for automobiles
Engineering Thesis 35 pages
Thesis Supervisor Lis. Tech. Tauno Kulojärvi
Commissioning Company Tampere polytechnic
April 2008
Keywords Biofuels, hybrid, gas, hydrogen

ABSTRACT

The interest of reducing vehicles green house gas emissions is growing. The oil capacity of the world is reducing and the prices of the fuels are rising. So the car manufacturers and many research centers have started to study alternatives to polluting fossil fuels.

In this study there is theoretically informed the qualities and benefits and disadvantages of the alternative fuels. This study gives information to those who are interested in this subject.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO.....	5
2 AUTOJEN POLTTOAINEET	6
3 KAASU AUTON POLTTOAINEENA.....	7
3.1 Maakaasu.....	7
3.2 Nestekaasu.....	12
4 SÄHKÖAUTOT.....	14
5 AURINKOKENNO VOIMANLÄHTEENÄ	16
6 BIOPOLTTOAINEET	17
6.1 Biokaasu	17
6.2 Biodiesel.....	18
6.3 Etanoli.....	20
6.4 Metanoli.....	21
7 HYBRIDITEKNOLOGIA	22
8 VETY AUTON POLTTOAINEENA.....	25
9 HELIUM 3 FUUSIOREAKTORIN POLTTOAINEENA	26
10 OTTOMOOTTORIN MUUTTAMINEN ETANOLILLA TOIMIVAKSI.....	27
11 TULOSTEN ARVIOINTI	31
12 OMAT PÄÄTELMÄT.....	32
LÄHTEET.....	33

1 JOHDANTO

Öljyn kulutus ylittää tällä hetkellä sen tuotannon, joten öljypohjaisille polttoaineille on kehitettävä vaihtoehtoja, ennen kuin öljy loppuu tai siitä tulee liian kallista jokapäiväiseen käyttöön. Työn tarkoitus ei ole selvittää parasta vaihtoehtoa, vaan teoreettisesti käsitellä tietoa vaihtoehtoisista polttoaineista.

Tässä työssä on tavoitteena tutkia autokäyttöön sopivimmat polttoainevaihtoehdot. Näitä ovat kaasu, sähkö, aurinko, biopolttoaineet, hybriditeknologia ja vety. Työssä selvitetään myös, mitä muutoksia perusmoottoriin tulisi tehdä etanolin käytön mahdollistamiseksi. Lisäksi selvitetään, mitä muutoksia bensiinimoottoriin tulee tehdä etanolikäytön mahdollistamiseksi.

Aiheen laajuuden takia on pois jätetty joitakin kehitysasteella olevia vaihtoehtoja ja keskitytty tällä hetkellä käytössä oleviin menetelmiin, joissa pyritään polttoaineiden avulla pienentämään päästöjä. Lisäksi työssä pohditaan erästä tulevaisuuden ratkaisua, jota ei vielä nykytekniikalla ole mahdollista toteuttaa.

2 AUTOJEN POLTTOAINEET

Suurin osa maailman ajoneuvoista käy öljytuotteilla, joita ovat bensiini ja dieselöljy. Myös maakaasua käytetään ajoneuvojen polttoaineena. Näiden rinnalle on tullut erilaisia vaihtoehtoisia polttoaineita. Kiinnostus vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöön on syntynyt mahdollisuuksista öljyriippuvuuden vähentämiseen sekä halvan paikallisesti tuotettavan polttoaineen hyödyntämiseen. Totta kai tavoitteena on myös hiilidioksidi- ja muiden kasvihuonepäästöjen vähentäminen. Jatkuvasti tiukentuvat päästömääräykset asettavat ajoneuvojen valmistajille suuria haasteita. /6/

Vertailtaessa polttoaineita on otettava huomioon koko toimitus- ja käyttöketju eli raaka-aineen hankinta, jalostus, siirto, jakelu sekä käyttö ajoneuvoissa.

Laajamittaista vaihtoehtoisten polttoaineiden markkinointia suunniteltaessa on otettava huomioon myös käytettävissä olevien raaka-aineiden tuotantokapasiteetti sekä jakeluverkko. /6/

Nykyisellä moottoritekniikalla kyetään käyttämään muitakin kuin fossiilisia polttoaineita. Joidenkin ratkaisujen osalla moottoria tarvitsisi muuttaa vain vähän tai ei ollenkaan. Taulukosta 1 selviää, minkälaisilla polttoaineilla saadaan erilaiset autojen voimanlähteet toimimaan.

Taulukko 1 Eri voimanlähteisiin sopivat polttoaineet /17/

Voimanlähde	Käyttökelpoiset polttoaineet
Otto-moottori, tavallinen kipinäsytytys	Bensiini, biokaasu, maakaasu, nestekaasu, metanoli, etanoli ja vety
Otto-moottori, suorasuihkutus, kipinäsytytys	Bensiini, metanoli, etanoli ja nestemäinen vety
Diesel-moottori, suoraruiskutus, puristusytytys	Diesel, biodiesel
Otto-moottori, suorasuihkutus, kipinäsytytys, hybridi	Bensiini, metanoli, etanoli ja nestemäinen vety
Diesel-moottori, suoraruiskutus, puristusytytys, hybridi	Diesel, biodiesel
Akkukäyttöinen sähkömoottori	Sähkö, aurinkokennolla tuotettu sähkö
Polttokenno	Vety, metanoli, etanoli, bensiini, diesel, biokaasu, maakaasu, nestekaasu

3 KAASU AUTON POLTTOAINEENA

Autot pystyvät toimimaan myös erilaisilla kaasuilla, kuten biokaasulla, maakaasulla tai nestekaasulla. Polttomoottori saadaan toimimaan myös kaasumaisella vedyllä. Autoja, joiden polttomoottorit toimivat häkäkaasulla, käytettiin Suomessa sodan aikana. Tarvittava häkä aikaansaatiiin puuhiilestä. /22/

Moottorit, jotka käyvät kaasulla, ovat ottomoottoreita ja tarvitsevat enemmän energiaa samaan työsuoritteeseen kuin tavanomainen dieselmoottori. Toinen huomioitava asia kaasun käytössä on raskaiden paineistettujen polttoainesäiliöiden tarve, mikä vaikuttaa ajomatkaan, joustavuuteen ja matkustajakapasiteettiin. /16/

Kaasu palaa öljyä puhtaammin, joten sen käyttö polttoaineena vähentää saasteita. Liikenteessä olevat bensiinikäyttöiset autot saadaan muutettua maakaasulla toimiviksi, mutta nykyään yhä suurempi osa autoista valmistetaan suoraan kaasukäyttöisiksi. Pienemmissä kaasukäyttöisissä autoissa on myös bensiinitankki, mutta suuremmissa autoissa on enää vain kaasusäiliö. Kaasuauton hankintaan houkuttelee kaasun edullinen hinta sekä matalammat hiilidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöt. Autojen polttoaineeksi myytävä maakaasu maksaa 0,98 €/kg. Bensiinilitraa vastaavaksi energiaksi laskettuna maksaa maakaasu vain runsaat 60 senttiä. /22/

Vuonna 2006 oli maailmassa noin 5,7 miljoonaa kaasukäyttöistä kulkuneuvoa. Euroopan joissakin maissa ja Japanissa, jossa osa takseista liikkuu kaasulla, kaasuautoit käyttävät pääasiassa nestekaasua. Nestekaasun etuna on sen varastointi maakaasua huomattavasti pienemmässä paineessa, jolloin käytetty kaasupullo saadaan kevyemmäksi. /22/

3.1 Maakaasu /12/

Verrattuna nestemäisiin polttoaineisiin on maakaasu kemiallisesti yksinkertainen. Se koostuu pääosin metaanista, sekä pienistä määristä etaania ja propaania. Sen koostumus hiukan vaihtelee eri alueilla. Suomessa käytössä oleva, Venäjältä tuleva kaasu on erittäin puhdasta: sen metaanipitoisuus on jopa yli 98 %.

Maakaasu on siihen sisällytettyjä hajusteita lukuun ottamatta rikitön, eikä sen saatavuus ole riippuvainen öljynjalostuskapasiteetista.

Ominaisuudet

Maakaasu muodostaa helposti ilman kanssa homogeenisen seoksen. Kemiallisen rakenteensa ansiosta se palaa puhtaasti ja nopeamatta ja soveltuu erittäin hyvin ottomoottorin polttoaineeksi. Dieselprosessin polttoaineeksi se ei sovellu.

Maakaasulla on erittäin korkea oktaaniluku (n. 130), joka mahdollistaa korkeamman puristussuhteen käytön kuin bensiinimoottorissa. Tämän ansiosta moottorin hyötysuhde on korkeampi (bensiinimoottorin hyötysuhde n. 30 %). Korkeapuristeisenkin maakaasumoottorin hyötysuhde jää kuitenkin dieselmoottoria pienemmäksi (dieselmoottorin hyötysuhde n. 40 %). /12/

Valmistus ja jakelu

Maakaasu otetaan yleisimmin talteen kaasukentiltä lähes valmiina tuotteena, joten kuivaus- ja puhdistustoimia lukuun ottamatta varsinaista jalostusta ei tarvita.

Maakaasu porataan maankuoresta samankaltaisista tuotantolähteistä kuin öljykin. Eri tuotantoalueiden välillä esiintyy suuriakin eroja sekä kaasun määrässä että laadussa. /12/

Maakaasu saadaan nesteytettyä n. $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa. Se voidaan siirtää tässä muodossa sellaisille alueille, joihin kaasuputkistoa ei ole vedetty. Tämä on kaasuna olevan kaasun käyttöä kalliimpi tapa, mutta silti maailmanlaajuisesti käytetystä maakaasusta yli neljännes siirretään käyttöpaikalleen tällä tavoin. Esimerkiksi Japanissa käytetään pelkästään nesteytettyä siirrettyä maakaasua. /12/

Tankkaus ja varastointi autossa

Maakaasu pystytään tankkaamaan ajoneuvoon joko paineistettuna tai nesteytettynä. Näistä paineistettu muoto on selvästi yleisempi. Autojen maakaasusäiliöiden

painetaso on luokkaa 20–25 MPa, mikä asettaa säiliöille suuret lujuusvaatimukset. Säiliöt tulevat siis huomattavasti suuremmiksi, painavammiksi ja kalliimmiksi kuin nestemäisen polttoaineen säiliöt. /12/

Maakaasulla toimiva Opel Astra Caravan on varustettu kaasusäiliöiden lisäksi bensiinisäiliöllä. Kuvassa 1 esitetään miten säiliöt ovat sijoitettu. /30/



Kuva 1 Opel Astra Caravan kaasusäiliöt ja bensiinisäiliö /30/

Maakaasun sisältämä energia on 20 MPa:n paineessakin tilavuusyksikköä kohti selvästi pienempi kuin nestemäisillä polttoaineilla, esimerkiksi vain noin neljännes bensiinin vastaavasta. Vastaavasti yhdellä tankkauksella pystytään ajamaan suhteessa lyhyempi matka. /12/

Paineistetun maakaasun tankkaus vaatii aina kompressorin, joka pystyy paineistamaan kaasun halutulle tasolle. Tämä nostaa tankkausjärjestelmän kustannuksia. Tankkaus voidaan toteuttaa myös niinsanottuna hidastankkauksena, jolloin kaasusäiliöiden täyttäminen voi kestää jopa yön yli. Tähän tankkaukseen tarvittavan hitaan kompressorin hintaluokka on vain muutamia tuhansia euroja. /12/

Maakaasu tankataan kuvassa 2 esitetystä normaalin bensiinsitulpan tilalle sijoitetusta erikoisliitimellä varustetusta täyttöaukosta.



Kuva 2 Maakaasun täyttöaukko /30/

Sopivuus nykyisiin ja tuleviin moottoreihin

Maakaasu sopii erittäin hyvin ottomoottorin polttoaineeksi, mutta korkean puristuskestävyytensä takia ei sellaisenaan sovi dieselprosessiin. Useimmissa tapauksissa kannattaakin dieselmoottori kaasuun siirryttäessä muuttaa ottomoottoriperiaatteella toimivaksi. /12/

Tulevaisuudessa valmistetaan jo alusta saakka kaasukäyttöisiksi suunniteltuja raskaita ajoneuvomoottoreita. Tällöin moottori voidaan suunnitella kevyemmäksi kuin nykyiset dieselmoottoreihin perustuvat kaasumoottorit, koska kaasumoottorin mekaanisen lujuuden ei tarvitse olla yhtä suuri kuin dieselmoottorin. Koska maakaasulla on suurempi lämpöarvo, voidaan kaasumoottorin suurempi jäähdytystarve ottaa huomioon jo suunnittelun alusta saakka. /12/

Käytön kustannukset

Maakaasu on normaalisti halvempaa kuin perinteiset nestemäiset polttoaineet, mutta hinta riippuu voimakkaasti tietyllä markkina-alueella sovellettavasta verotuksesta. Maakaasun suurempi kulutus dieseliin nähden vähentää säästöä polttoainekuluissa, vaikka itse kaasu olisikin selvästi halvempaa. Itse maakaasuajoneuvo on noin 10 - 20 % kalliimpi kuin vastaava diesel- tai bensiiniversio. Lisäksi toimivan tankkausjärjestelmän rakentaminen maksaa noin miljoona euroa. /12/

Käyttö ajoneuvoissa

Maakaasu on polttoaine, jolla saavutetaan todella vähäiset päästöt varsinkin nykyisiin dieselmoottoreihin verrattuna. Maakaasun parhaita käyttökohteita ovat keskitetysti samalta tankkauspaikalta tankkaavat taajama-autot.

Maakaasun varastointi autossa on kalliimpaa ja vaikeampaa kuin perinteisillä nestemäisillä polttoaineilla. Lisäksi ajomatka tankkausta kohti jää lyhyemmäksi. Maakaasumoottori on vähän taloudellisempi kuin vastaava bensiinimoottori, mutta aina epätaloudellisempi kuin diesel. /12/

Lakimuutos, joka tuli voimaan vuoden 2004 alussa, mahdollisti aiempaa laajemman taloudellisesti kannattavan maakaasun liikennekäytön. Nykyään maakaasukäyttöisiä henkilö- ja pakettiautoja verotetaan kuten tavallisia bensiinikäyttöisiä ajoneuvoja, kun aiemmin alle 3 500 kg maakaasuajoneuvoja verotettiin jopa 20-kertaisesti dieselajoneuvoihin verrattuna. Käytännössä vanha verotuskäytäntö johti siihen, että maakaasua käytettiin pääasiassa kaupunkilinja-autoissa. Veromuutoksen jälkeen maakaasun käyttö myös henkilö- ja pakettiautoissa on tullut aiempaa kannattavammaksi. Kuorma-autojen verotuskäytäntö maakaasukäyttöisten ajoneuvojen osalta vastaa nykyisin dieselkäyttöisiä kuorma-autoja. /12/

3.2 Nestekaasu /13/

Verrattuna nestemäisiin polttoaineisiin on nestekaasu kemiallisesti yksinkertainen, joka on pääosin butaania ja propaania. Moottoreissa käytettävä nestekaasu saisi sisältää mahdollisimman pieniä määriä olefiineiksi kutsuttuja hiilivetyjä (esim. propeeni), koska niillä on pieni oktaaniluku ja ne karstoittavat moottoria.

Ominaisuudet

Nestekaasu muodostaa homogeenisen seoksen ilman kanssa helposti kuten maakaasukin. Suhteellisen yksinkertaisen kemiallisen rakenteensa vuoksi se palaa puhtaasti ja soveltuu hyvin ottomoottoripolttoaineeksi, mutta se ei sovi diesel-prosessiin. /13/

Valmistus ja jakelu

Noin puolet tuotetusta nestekaasusta otetaan suoraan talteen öljy- ja kaasukentiltä, jolloin varsinaista jalostusta ei tarvita. Toinen puoli tuotetusta nestekaasusta saadaan raakaöljyn jalostuksessa suoratislaamalla tai jälkikäsitteilyssä, erilaisissa krakkausprosesseissa.

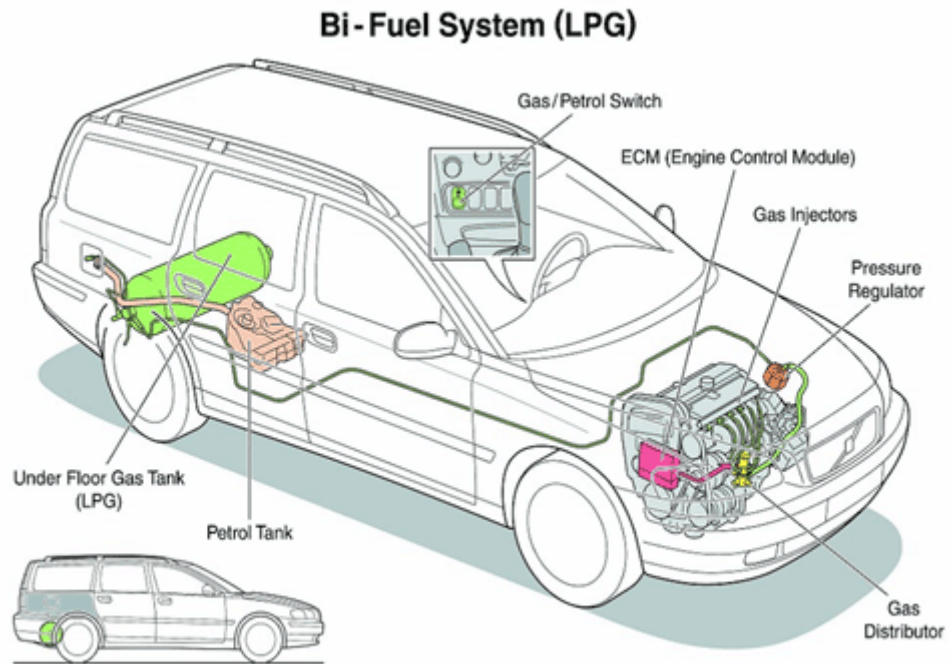
Nestekaasua siirretään tarkoitusta varten valmistetuissa painesäiliöissä (< 2,5 MPa) säiliölaivoilla, rautateillä ja maantiekuljetuksena. Pienkulutusasiakkaille (esimerkiksi trukkikäyttö) nestekaasu toimitetaan teräs-, alumiini- ja nykyisin myös komposiittisäiliöissä. Suurasiakkaille ja jakeluasemille nestekaasu toimitetaan yleensä säiliöautoilla. /13/

Tankkaus ja varastointi autossa

Nestekaasuautoissa käytetään kiinteitä polttoainesäiliöitä eikä vaihtopulloja. Polttoaine tankataan varastosäiliöstä ajoneuvoon. Tankkaukseen kuluva aika on melkein sama kuin tankattaessa bensiiniä tai dieseliä. Painetaso autojen säiliöissä riippuu kaasun koostumuksesta ja lämpötilasta, joista molemmat vaikuttavat kaasun höyrynpaineeseen. Käytännössä painealue liikkuu 0,5 – 1,5 MPa:n välillä

säiliöiden turvaventtiilin ollessa säädettyinä 2,5 MPa:iin. Painesäiliörakenteen vuoksi säiliöt ovat kalliimmat ja painavammat ja vievät vähän enemmän tilaa kuin bensiini- tai dieselpolttoainesäiliöt. /13/

Kuvassa 3 esitetään nestekaasusäiliö henkilöautossa. Autossa myös bensiinitankki, joten autolla voi ajaa kummalla polttoaineella tahansa. Käytettävän polttoaineen valinta tapahtuu auton sisällä olevan kytkimen avulla. /18/



Kuva 3 Nestekaasusäiliö autossa /18/

Nestekaasun sisältämä energia on tilavuusyksikköä kohti pienempi kuin bensiinillä ja dieselillä, esim. n. 70 % dieselin vastaavasta. Siksi tankkauksella ajettava matka lyhenee vastaavassa suhteessa. Lisäksi kaasumoottorin otto-prosessin hyötysuhde on hieman dieseliä huonompi, mikä tietenkin kasvattaa tarvittavaa säiliökapasiteettia. Verrattuna dieseliin nestekaasusäiliöiden tilavuuden onkin oltava noin kaksinkertainen. Kaasusäiliöt ovat myös paljon painavampia kuin dieseltankit, koska niiden on kestävä painetta. Tankeilta vaadittava painetaso on vain noin kymmenesosa maakaasun vastaavasta. /13/

Yksinkertaisimmillaan nestekaasun tankkausasema on siirrettävä ”kontti”, jossa on varastosäiliö, pumppu, mittari ja letku. Siten polttoaineen jakelu on melko yksinkertaisesti ja edullisesti sijoitettavissa esimerkiksi bussivarikoille. Monessa

Keski-Euroopan maassa nestekaasujakelumittareita on yleisillä huoltamoillakin.

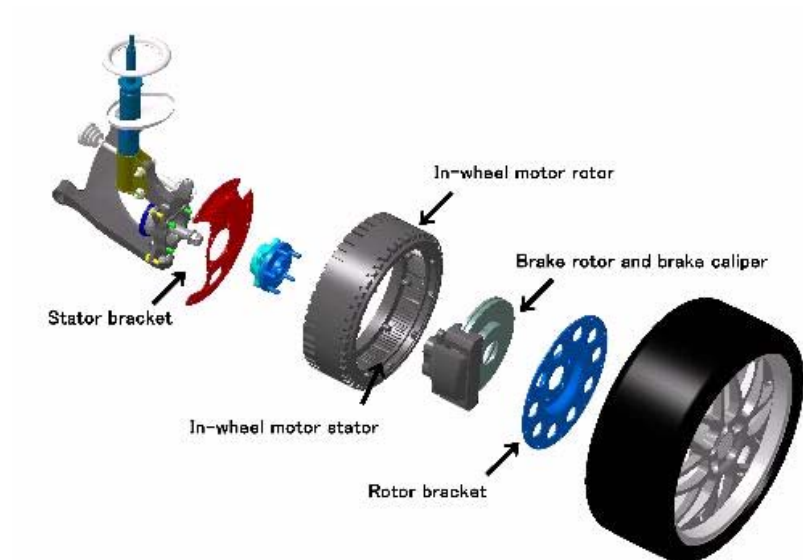
/13/

Sopivuus nykyisiin ja tuleviin moottoreihin

Nestekaasu sopii erittäin hyvin ottomoottoripolttoaineeksi, mutta suuren puristuskestävyytensä takia ei dieselprosessiin. Raskaat nestekaasumoottorit ovatkin yleensä dieselistä kipinäsytytteiseksi muutettuja. Lähtökohtana on käytetty dieselmoottoria, koska sopivan järeitä bensiinimoottoreita ei juuri valmisteta. Kun dieselmoottori muutetaan toimimaan nestekaasulla, puristussuhdetta on alennettava, palotilan muotoilua on muutettava ja dieselpolttoainejärjestelmä korvattava kaasulaitteiston vaatimilla painesäiliöillä ja -putkistoilla. Kaasu saadaan ruiskutettua moottoriin elektronisesti ohjattuna joko kaasumaisena tai uusimmissa järjestelmissä jopa nestemäisenä. Aikaisemmin käytettiin yleisesti niin sanottua kaasunsekoitinta, jossa ilma ja kaasu sekoittuvat aivan kuten bensiinikaasuttimissa. Muunnettaessa dieselmoottoria kaasukäytölle on otettava huomioon, että pakokaasun lämpötilan kasvun takia moottorin sekä sitä ympäröivän tilan lämpörasitukset kasvavat huomattavasti, koska nestekaasun lämpöarvo on dieselöljyä suurempi. Muutettaessa bensiinimoottoria toimimaan nestekaasulla selvittää yleensä melko vähäisin muutostöin. Dieselin tapaan koko ajoneuvon polttoainejärjestelmä on korvattava kaasulaitteistolla. Puristussuhde säilytetään yleensä samana kuin bensiiniversiossa nakutusvaaran vuoksi. /13/

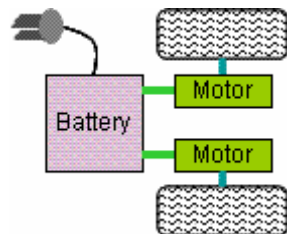
4 SÄHKÖAUTOT

Sähköä on käytetty auton voimanlähteenä kauemmin kuin nestemäisiä polttoaineita. Tavallisessa sähköautossa sähkö on kemiallisesti varastoitu ajoneuvon akkuihin, jotka ladataan sähköverkosta. Akulta moottorille lähtevää jännitettä säädellään ”kaasupolkimella”. Sähkömoottori pyörittää pyöriä vetoakselienvälityksellä tai sähkömoottorit voidaan sijoittaa pyörien sisään (kuva 4). Sähköautossa on normaalisti vain kaksi vaihdetta: yksi eteen ja yksi taakse. /22/

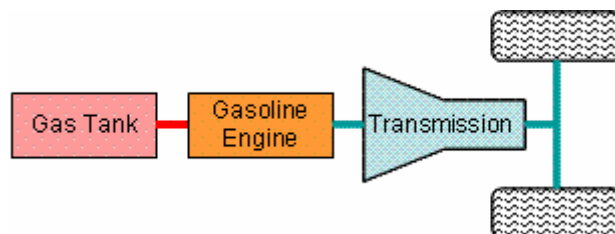


Kuva 4 Sähkömoottori pyörän sisällä /7/

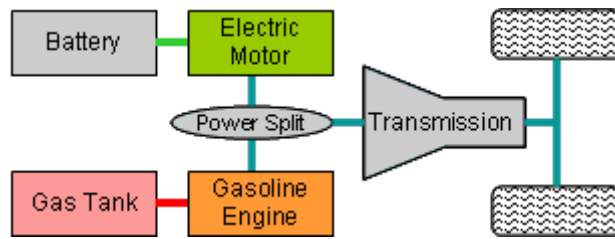
Akkuun perustuva sähköauto on teknisesti yksinkertainen polttomoottori- tai hybridautoihin verrattuna (Kuvat 4-6). Sen vikaantumisherkkyyks on aivan eri luokkaa kuin perinteisillä autoilla sähköauton eduksi. Se ei myöskään saastuta lainkaan, mikäli sähkön tuotannossa ei synny päästöjä. Akkuteknologian kehittymättömyys on toistaiseksi estänyt sähköautojen yleistymisen, vaikka kehitystä on vuosien varrella tapahtunut. /22/



Kuva 4 Akkukäyttöinen sähköauto /19/



Kuva 5 Polttomoottoriauton periaatekuva /19/

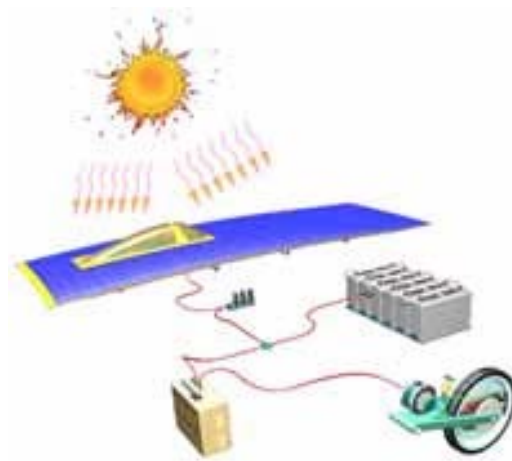


Kuva 6 Hybridauton periaatekuva (Toyota Prius) /19/

5 AURINKOKENNO VOIMANLÄHTEENÄ

Sähköauto voidaan varustaa myös aurinkokennoilla, jolloin saadaan aurinkoenergialla kulkeva auto. Auringosta sähkönsä saavat autot rakennetaan mahdollisimman keveiksi aurinkokennojen huonon hyötysuhteen vuoksi (hyötysuhde n. 15...20 %). Samalla pyritään maksimoimaan aurinkokennojen pinta-ala. Auringosta sähkönsä saavissa autoissa mukana on myös akku, jolla saadaan tehoa kiihdytyksiin ja varmistetaan sujuva kulku puolipilvisellä säällä (kuva 7).

/22/



Kuva 7 Aurinkokennolla varustetun sähköauton komponentit /20/

Aurinkokennon toiminta muodostuu karkeasti kahdesta osasta: saapuva fotoni synnyttää absorboivaan puolijohotteeseen varauksenkuljettajia. Elektronit kerätään johtimiin, jotka johtavat sähköä kulutuslaitteeseen. /23/

6 BIOPOLTTOAINEET

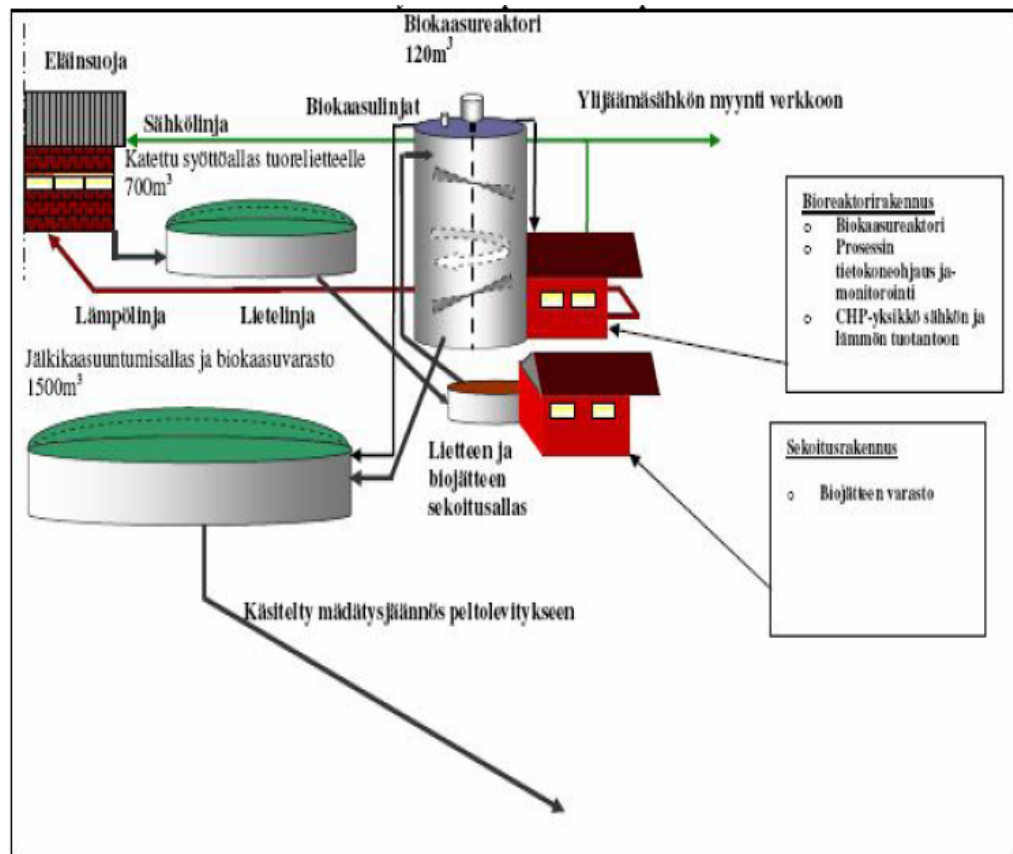
Biopolttoaineita käytetään sekä bensiini- että dieselmootoreihin korvaamaan fossiilisia polttoaineita. Biopolttoaineita ovat biokaasu, biodiesel, etanoli ja metanoli. /22/

6.1 Biokaasu

Biokaasu koostuu pääosin metaanista ja on ominaisuuksiltaan lähellä maakaasua. Biokaasun polttoainekäyttö säästää ympäristöä kasvihuonekaasujen osalta, koska biokaasuauto lasketaan nettopäästöiltään hiilidioksidineutraaliksi. Noin 60 kg tavallista ruokajätettä riittää tuottamaan kaasua noin 100 km:n ajomatkalle, ja yhden lehmän vuodessa tuottama lantamäärä noin 4 000 km:n ajomatkalle.

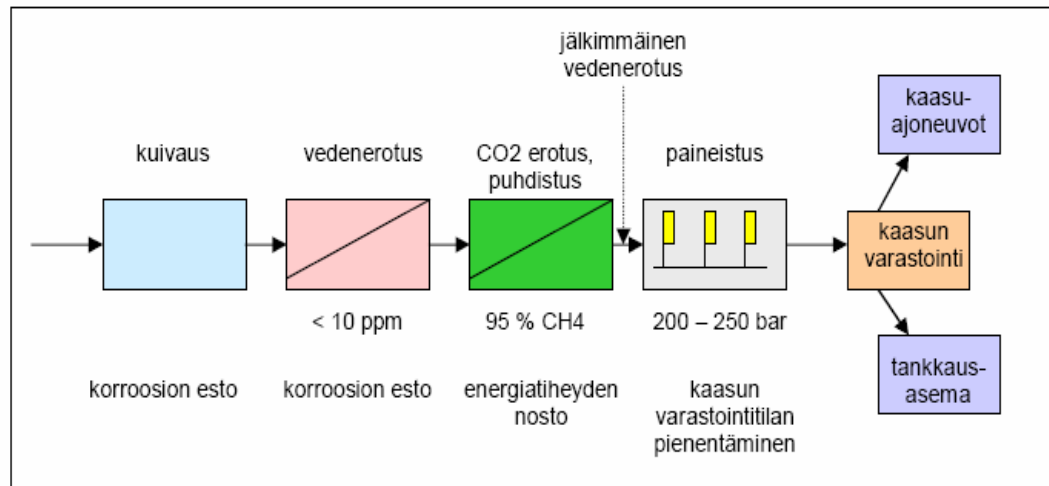
Pakoputkesta tulee lähinnä vettä ja hiilidioksidia. Lisätuna biokaasun käytöstä olisi esimerkiksi riskialttiiden öljykuljetusten väheneminen. /22/

Kuvassa 8 esitetään maatalouden biokaasun tuotannon prosessikaavio.



Kuva 8 Maatalouden biokaasun tuotannon prosessikaavio /10/

Jotta biokaasua voidaan käyttää autossa polttoaineena, se on puhdistettava. Kaasun puhdistuksessa siitä poistetaan vesi, hiilidioksidi, rikkivety ja muut epäpuhtaudet ja sen metaanipitoisuus nostetaan yli 97 %:iin. Kuvassa 9 esitetään biokaasun puhdistusketju auton polttoaineeksi. /10/



Kuva 9 Biokaasun puhdistusketju auton polttoaineeksi /10/

6.2 Biodiesel

Fossiiliseen polttoaineeseen voidaan lisätä biodieseliä ilman ongelmia, ja kesäisin voidaan käyttää biodieseliä puhtaana. Ainoastaan kylmyys rajoittaa käyttöä, joten biodieselin ominaisuuksia pyritään kehittämään jatkuvasti kestävämmän entistä paremmin myös kylmää. /9/

Rypsimetyyliesterin samepiste on pienempi kuin fossiilisen kesälaadun dieselpolttoaineen (rypsimetyyliesterin samepiste n.0...5 °C). /10/

Biodieselin käytöllä voidaan alentaa huomattavasti kasvihuonekaasupäästöjä. Täysin rikitön biodiesel voitelee myös polttoainejärjestelmää ja puhdistaa pakokaasujärjestelmää. /9/

Nimityksellä biodiesel viitataan yleisesti ottaen kaikkiin tavallista dieseliä vastaaviin setaaniluvun mukaan määriteltyihin eloperäisiin polttoaineisiin, joten biodieselistä puhuttaessa voi olla kyse hyvinkin erilaisista aineista, jotka on valmistettu erilaisilla prosesseilla erilaisista raaka-aineista. Biodiesel on

perinteisesti esteri, ja esimerkiksi amerikkalaisen standardin mukaan vain tätä voidaan kutsua biodieseliksi. /24/

Tekniikka, jolla kasviöljyistä tehdään biodieseliä, on ollut kaupallisesti käytössä usean vuoden ajan. Rypsiöljystä tehdään biodieseliä yksinkertaisen esteröintiprosessin avulla. Murskatuista siemenistä puristettu tai uutettu öljy reagoi pienen metanolimäärän kanssa katalyytin läsnä ollessa. Reaktion tuloksena syntyvä biodiesel sekoitetaan yleensä tavanomaiseen fossiiliseen dieseliin jalostamossa. /29/

Euroopassa käytetyistä biodieseleistä perinteisin on rypsiöljystä ja metanolista valmistettu esteri, RME (rypsimetyyliesteri). Rypsimetyyliesterin ohella on mahdollista valmistaa rypsiöljystä biodieseliä myös etanolilla, jolloin tuotteeksi tulee rypsiöljyn-etyyliesteri, REE (rypsietyyliesteri). Rypsiöljypohjaiset biodieselit ovat tyypillinen tuote Euroopassa, kun taas soijapavuista tehty biodiesel on esimerkiksi Yhdysvalloissa laajasti valmistettu. Käytettävä raaka-aine riippuu todella paljon paikallisista olosuhteista ja viljelytottumuksista. Kun puhutaan jalostamattomista kasviöljyistä, ei pitäisi käyttää termiä biodiesel, vaan ennemminkin pitäisi puhua bioöljystä. Biodieselillä tarkoitetaan kasviöljyistä puhuttaessa kasviöljyjen transestereitä, koska niiden ominaisuudet vastaavat kansainvälistä biodieselstandardia. Kasviöljyt ovat biodieseliä viskoottisempia, ja niiden setaaniluku on dieselpolttoaineita korkeampi. /12/

Neste Oil on kehittänyt NExBTL-tekniikan, jolla kasviöljyistä ja eläinrasvoista pystytään valmistamaan dieselpolttoainetta. Nesteen NExBTL-diesel vastaa ominaisuuksiltaan parhaita olemassa olevia dieselpolttoaineita, kuten GTL:ää (Gas to Liquid) tai ruotsalaisen ympäristöluokan 1 polttoaineita. NExBTL on rikitön, hapeton, tyydyttävä ja aromaattivapaa diesel, ja sillä on erittäin korkea setaaniluku. /14/

NExBTL-dieselin kylmäominaisuudet (samepiste) saadaan säädettyä tuotantovaiheessa välille $-5...-30$ °C eri sääolosuhteisiin sopivaksi. Lämpöarvo vastaa tavallista kesälaadun dieseliä, säilyvyys on hyvä ja vesiliukoisuus matala. NExBTL-diesel sopii suoraan nykyiselle autokannalle sekä dieselpolttoaineen jakelujärjestelmälle, ja sitä voidaan sekoittaa keskenään perinteisten

dieselpolttoaineiden kanssa. NExBTL-sekoituksella ei ole vaikutusta ajoneuvon polttoaineen kulutukseen. NExBTL:llä saadaan vähennettyä sekä säädeltyjä että säätelemättömiä pakokaasupäästöjä. Päästöjen väheneminen riippuu suoraan NExBTL:n määrästä. /14/

6.3 Etanoli

Etanoli eli etyylialkoholi on esimerkiksi alkoholijuomissa käytettävä myrkyllinen, antiseptinen alkoholi. Etanoli on normaaliolosuhteissa olomuodoltaan väritöntä nestettä. /25/

Etanoli valmistetaan tyypillisesti sokeriruo'osta tai sokerijuurikkaasta käymisprosessin avulla, mutta sitä voidaan valmistaa myös biologisista jätteistä, viljasta ja puunjalostusteollisuuden sivutuotteista. /16/

Bensiiniin voidaan sekoittaa muutama prosentti etanolia ilman, että se aiheuttaa ongelmia moottorin toiminnassa. Muuttamalla moottorin säätöjä polttomoottori saadaan toimimaan myös 85 %:lla (E85) tai jopa 100 %:lla etanolilla. Ruotsissa, Saksassa ja Yhdysvalloissa saa polttoaineiden jakeluasemilta biopolttoaineita tai niiden seoksia tavallisten öljypohjaisten polttoaineiden kanssa. /22/

Ottomoottoria voidaan käyttää etanolilla eli tavallisella viinalla. Etanolin oktaaniluku ja tämän vuoksi myös puristuskestävyys on huomattavasti tavallista bensiiniä parempi (väkiviinalla 110, E85:llä 106), mikä taas mahdollistaa puristussuhteen nostamisen jopa arvoon 12. Korkean puristussuhteen ansiosta moottorin hyötysuhde parantuu. Etanolilla on kuitenkin huomattavasti bensiiniä alhaisempi lämpöarvo, minkä vuoksi moottorin litramääräinen kulutus kasvaa noin 25 prosenttia. /25/

Teknisesti etanolia voidaan lisätä bensiinin joukkoon tai käyttää yksinään. Moottoriin tarvitsee tehdä vain vähäisiä muutoksia, mutta etanolin tarvitseman korkeamman höyrystymislämmön ja pienemmän höyrynpaineen vuoksi moottorin käynnistäminen kylmänä vaikeutuu huomattavasti. Talvilaadun

etanolipolttoaineeseen usein lisätään helposti haihtuvia ja palavia yhdisteitä, kuten esimerkiksi eetteriä tai pentaania. Etanolin valmistaminen käymisprosessin kautta on teknisesti melko helppo toteuttaa, mutta Suomessa lainsäädännölliset ongelmat tulevat vastaan, paitsi liikennepolttoaineiden verotuksen niin myös alkoholilainsäädännön osalta. Etanoli ja bensiinin sekä viinan seokset olivat suosittuja myös autoilun alkuaikoina 1920-luvulla, mutta halvan lyijyllisen bensiinin tarjonta syrjäytti ne. /25/

Etanoli vaikuttaa myös palamisessa tarvittavaan ilmamäärään. Etanolissa on happea enemmän kuin bensiinissä, joten etanolia käytettäessä tarvittava ilmamäärä suhteessa polttoaineeseen pienenee. Tavanomaisen bensiinin ilma-polttoaineseossuhteen tulee olla noin 14,6, mikä tarkoittaa että 1 kg bensiiniä tarvitsee 14,6 kg ilmaa palaakseen täydellisesti. Etanolilla suhde on 1 kg polttoainetta ja 9 kg ilmaa. /29/

Etanolin vaihtoehto on metanoli, helpomman ja halvemmän valmistuksen ansiosta. Metanolin haittapuolena on erittäin suuri myrkyllisyys: jo vähäinen määrä metanolia voi olla kuolettava. /25/

6.4 Metanoli

Metanoli eli metyylialkoholi on erittäin myrkyllinen alkoholi. Metanoli hapettuu ihmisen elimistössä myrkylliseksi formaldehydiksi ja muurahaishapoksi. Metanoli on normaaliolosuhteissa olomuodoltaan väritöntä nestettä. /27/

Metanoli on eräs vahva vaihtoehto ajoneuvojen synteettiseksi fossiiliseksi polttoaineeksi siirryttäessä fuusioreaktorin ja vetytalouden valtakautteen. Sähköenergian varastointi ajoneuvoihin on hankalaa ja epätaloudellista, samoin myös vedyn. Metanolin käyttö, käsittely ja jakelu muistuttaa hyvin läheisesti bensiinin vastaavia prosesseja. Metanolia saadaan valmistettua useilla eri menetelmillä, esimerkiksi maakaasusta syntetisoimalla, mutta helpointa on antaa vedyn vain reagoida hiilimonoksidin (= häkäkaasun) kanssa. Reaktiota saadaan kiihdytettyä katalyyteillä, joita ovat kupari tai sinkki. /27/

Ilmakehän hiilidioksiditasapaino ei häiriinny, jos metanolin tuotannossa tarvittavan hiilimonoksidin tuotantoon käytetään esimerkiksi energiakasveja kuten puuta tai vaikkapa jät-paperia. Vaikka näiden sijaan käytettäisiinkin hiilimonoksidin tuottamiseen kivihiilivaroja tai öljyä, olisi kasvihuonekaasupäästöjen vähennys erittäin suuri perinteisten fossiilisten polttoaineiden polttoon verrattuna. Metanolia käytetään tällä hetkellä polttoaineena raketeissa, rata-autoissa (kuten Champ Car) ja kiihdytysautoissa. Metanoli on suosituin polttomoottoreilla varustettujen pienoismallien polttoaine. Metanolilla toimivat polttokennot ovat ehkä tulevaisuudessa kannettavien tietokoneiden, matkapuhelinten ja vastaavien piensovellusten tärkein sähkönlähde. Metanolipolttokennosta ei saada ratkaisua lähitulevaisuuden sähköautoille kalliin hintansa vuoksi, mutta se tulee luultavasti korvaamaan lyijyakun ja laturin henkilöautojen sähköjärjestelmissä. Liikenneonnettomuuksissa metanolin ongelma on, että se palaa värittömällä liekillä ja sen synnyttämä korkea lämpötila. Tämän ongelman ratkaisu voisi olla värillistä savua tuottavan kemikaalin lisääminen metanolipolttoaineen sekaan. /27/

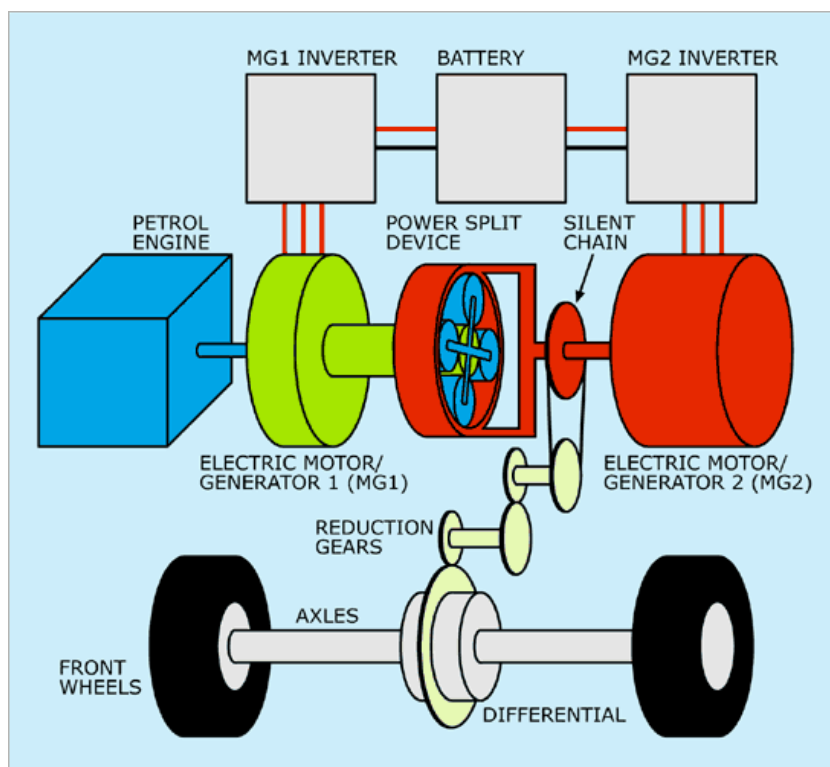
Alkoholeilla litramääräinen polttoaineen kulutus on puolitoista - kaksinkertainen bensiiniin nähden. Ero johtuu alkoholien alhaisemmasta lämpöarvosta. Hyvin suunniteltu ja toteutettu alkoholimoottori voi olla hyötysuhteeltaan bensiinimoottoria parempi, koska alkoholeilla on bensiiniä parempi puristuskestävyys. Tämä tarkoittaa bensiiniä alhaisempaa energiankulutusta energiayksiköittäin ilmaistuna, kuten esimerkiksi kilowattitunteja ajettua matkayksikköä kohti. /11/

7 HYBRIDITEKNOLOGIA

Hybridiautoilla on perinteistä polttomoottoriautoa pienempi polttoaineenkulutus, koska sen polttomoottori pystytään mitoittamaan normaalia pienemmäksi ja tästä johtuen se toimii suuremmalla tehollisella keskipaineella. Ajoneuvon hybridirakenteen mukaisesti voidaan kiihdytyksissä avustaa sähkömoottorilla tai auto liikkuu pelkästään sähkömoottoreilla polttomoottorin ladatessa akkua. Polttomoottori voidaan tietysti myös sammuttaa lyhyissä liikenteen pysähdyksissä. Normaalissa tasaisessa maantieajossa, jossa polttomoottoria käytetään jatkuvasti, hybridilla ei saavuteta säästöjä. /26/

Ympäristönäkökulmaa ajatellen hybridauto on hyvä siirtymävaihe odottaessa vety- tai sähköauton laajamittaista käyttöönottoa. Näistä tosin sähköauto on jo teknisesti toteutuskelpoinen ja ympäristövaikutusten vähäisyydessä ylivoimainen, jos sähkö kyettäisiin tuottamaan hiilidioksidivapaasti. /26/

Kuvassa 10 esitetään pelkistetty hybridauton komponenttikaavio.



Kuva 10 Hybridauton komponenttikaavio /8/

Hybridautoja on valmistettu monilla erilaisilla järjestelmillä kevythybrideistä täyshybrideihin. Yleensä hybridautoa ajetaan pienissä nopeuksissa ainoastaan sähkömoottorilla, kiihdytyksissä ja suurissa nopeuksissa polttomoottori käynnistetään. Pelkällä sähkömoottorilla ajettaessa ei polttoainetta kulu ollenkaan. Sähkömoottorin tarvitsema energia tuotetaan kuitenkin auton polttomoottorin voimin eli hybridin ainoa energialähde on bensiini tai diesel. /26/

Nykyisin tavallisessa hybridautossa sähkömoottori ja polttomoottori toimivat kiinteässä yhteistoiminnassa. Niiden tarjoama teho riippuu paljolti kuormitustilanteesta. Polttomoottorin toimiessa akut latautuvat samalla. Joissain autoissa kerätään myös jarrutusenergiaa talteen. Niin sanotuissa kevythybrideissä käytetään sähkömoottoria vain liikkeellelähdöissä, jolloin se avustaa polttomoottoria. Polttomoottori ei käy, jos auto on pysähdyksissä. Se käy vain

silloin, kun autolla liikutaan. Tällaisia kevythybridejä ovat esimerkiksi Chevrolet Silverado ja GMC Sierra. General Motorsin ilmoituksen mukaan järjestelmä säästää noin 10 % polttoainekuluissa. /26/

Joissakin autoissa käytetään sähkömoottoria ainoastaan lisävoimanlähteenä. Tällaiset autot toimivat pääasiassa pelkän polttomoottorin avulla, mutta silloin, kun tarvitaan tehoa normaalia enemmän, sähkömoottorilla voidaan lisätä käytössä olevaa vääntömomenttia. Esimerkiksi Toyota Dyna -jakeluautohybridissä käytetään tällaista järjestelmää tavallisen dieselmootorin rinnalla. /26/

Jatkuvatoimisessa hybridiautossa sähkömoottorin tarvitsemille akuille tuotetaan koko ajan lisää virtaa esimerkiksi pienellä polttomoottorilla. Tällöin voimanlähteenä toimii pelkkä sähkömoottori ja polttomoottoria käytetään pelkkään sähkömoottorien energiantuotantoon. Polttomoottorin hyötysuhde saadaan optimoitua, ja se käy koko ajan tasaisilla kierroksilla auton nopeudesta riippumatta. Tällöin polttoaineen palaminen tapahtuu mahdollisimman täydellisesti. /26/

Plug-in-hybridiautoon on lisätty sähköpistoke ja latausmahdollisuus, jolloin autolla pystytään ajamaan käyttäen energianlähteenä fossiilisten polttoaineiden sijaan myös uusiutuvia energialähteillä (kuten aurinko-, tuuli- ja vesivoimalla) tuotettua sähköä. Toistaiseksi yksikään autovalmistaja ei ole ryhtynyt sarjavalmistamaan tällaista ajoneuvoa. Plug-in-hybridejä saadaan tehtyä kuitenkin pienempien yritysten ja harrastajien voimin muuntamalla niitä tehdasvalmistetuista hybrideistä. PSA-konserni on kehittänyt omaa hybridiään dieselmootorin pohjalle. Omissa itse suorittamissaan testeissään se on saanut Peugeot 307- ja Citroën C4 -autojen keskipulutukseksi vain 3,4 l/100 km. Autojen on suunniteltu tulevan tuotantoon vuoden 2010 paikkeilla. /26/

Hybridiautojen suosion kasvua on toistaiseksi hillinnyt niiden liian korkea hankintahinta. Hintaan on toistaiseksi vaikuttanut ainakin polttomoottoriautoja selvästi pienemmän tuotantomäärät. Käyttökustannuksiltaan ne tulevat kuitenkin normaaleja bensiinimoottoreita halvemmiksi. /26/

8 VETY AUTON POLTTOAINEENA

Vety on planeettamme yleisin alkuaine. Sitä on sitoutuneena monissa yhdisteissä myös fossiilisissa polttoaineissa. Vety sinänsä on puhdas polttoaine, jonka palaessa muodostuu reaktiotuotteena pelkästään vettä. /15/

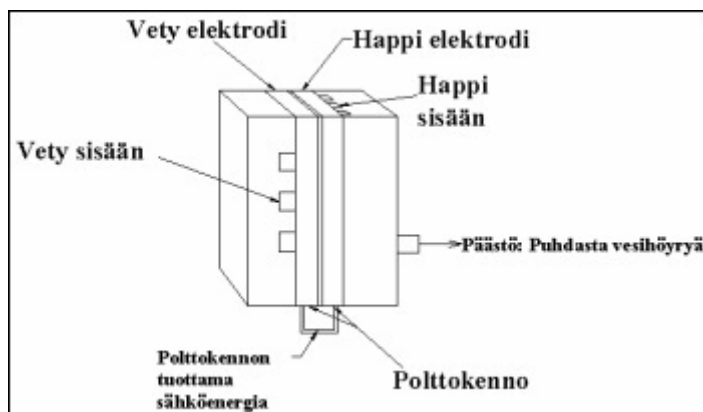
Öljystä (tai maakaasusta) on mahdollista valmistaa reformoinnilla vetyä, jolla voidaan käyttää energiansa polttokennosta saavaa autoa, silti reformoinnista syntyy yhtä paljon hiilidioksidia kuin syntyisi, jos sama määrä öljyä poltettaisiin moottorissa. Autossa vetypolttokennon hyötysuhde voi käytännössä olla noin 60 %. Koska katalyyttisessä reformoinnissa menetetään hiilen poltosta saatava energia, tulee hyötysuhteeksi parhaimmillaan noin 40 %. Tämä on selvästi parempi kuin polttomoottorilla. Verrattuna polttomoottoriin päästöjä syntyy noin 60 % vähemmän. Polttokennon päästöt ovat yksinomaan vettä. Jos vetyä kyettäisiin tuottamaan jollain muulla keinolla, olisi se saastuttavuuden kannalta todella edullinen vaihtoehto. /11/

Polttokenno

Polttokennoautolla tarkoitetaan autoa, joka saa energiansa polttokennolla aikaansaataavasta sähköstä. Polttokennolla pystytään tuottamaan sähköä yleensä vedystä ja hapestä. Vetyä saadaan valmistettua sähkön avulla vedestä, ja sitä voidaan säilöä tankkeihin. Happi taas saadaan ilmasta. Kennon tuottama sähkö voidaan varastoida akkuihin, joita pystytään lataamaan myös jarrutuksen aikana. Akusta sähkö johdetaan auton sähkömoottoriin, jolloin ajoneuvo toimii kuten tavallinen sähköauto. Autoissa pystytään käyttämään myös rinnakkain polttomoottoria ja polttokennoa (hybridiauto). /28/

Polttokenno on vetyauton niinsanottu moottori. Polttokenno on sähkökemiallinen laite, joka muuttaa vedyn energian sähköksi ja lämmöksi ilman välivaiheita. Polttokennossa ei ole liikkuvia osia, joten huoltokustannuksia ei ole. Kuvassa 11 esitetään pelkistetty kuva polttokennosta. Polttokenno toimii niin, että polttokennon anodille syötetään vetyä. Vety taas pilkotaan vetyioneiksi ja

elektroneiksi. Nämä johdetaan elektrolyytin läpi katodille, jolle syötetään happea. Reaktion lopputuloksena syntyy sähköä ja vettä, eli se on täysin päästötön. /22/



Kuva 11 Polttokennon rakenne /5/

9 HELIUM 3 FUUSIOREAKTORIN POLTTOAINEENA

Tulevaisuudessa, ehkä jo vuosisadan lopussa, ihminen kykenee matkustamaan maapallon ulkopuolelle hakemaan tarpeellisia mineraaleja ja polttoaineita. Esimerkiksi kuusta löytyy maapallolle harvinaista helium 3 -isotooppia, jota voidaan käyttää hyödyksi fuusioreaktorin polttoaineena. Fuusioreaktorin energiaa voidaan käyttää vedyn valmistukseen, jota voidaan taas käyttää ajoneuvojen polttoaineena. Lisäksi kuussa on paljon maapallolle suhteellisen harvinaisia platinametalleja, joita voidaan käyttää hyödyksi polttokennojen valmistuksessa. Tämän energiamuodon hankaluudeksi muodostuu kuuhun pääseminen ja materiaalin maahan kuljetus. Tämä ei nykylaitteilla ole vielä mahdollista, koska helium 3 on sitoutuneena kuukiviin, joten kuuhun olisi saatava jonkinlainen keräys- ja käsittelyasema, joka jalostaisi kuukivistä helium 3 -isotoopit ja muut tärkeät mineraalit maahan tuotaviksi eivätkä raketit joutuisi tuomaan turhaa kuukivikuormaa mukanaan. /4/

10 OTTOMOOTTORIN MUUTTAMINEN ETANOLILLA TOIMIVAKSI

Nykyaikaisissa henkilöauton moottoreissa on sylinterien täytöstä parantavaa tekniikkaa, kuten muuttuvaa venttilien ajoitus ja nousu. Koska etanolin palamiseen tarvittava ilmamäärä on pienempi kuin bensiinillä, eivät nämä ominaisuudet ole välttämättömiä. Tässä muunnettavana moottorina on perinteistä mallia oleva Toyotan 1,3- litrainen moottori.

Lähtötiedot

Ajoneuvo	Toyota Corolla
Moottorin tunnus	2E
Moottorin iskutilavuus	1295 cm ³
Puristussuhde ϵ	9,3
Sylinterin halkaisija d	73 mm
Sylinteriluku z	4
Iskun pituus s	77,4 mm
Teho	55 kW/ 6200 rpm
Vääntömomentti	103 Nm/ 4200 rpm

Tarvittavat muutokset

Moottorin polttoainejärjestelmää tarvitsee muuttaa polttoainepumpun osalta. Koska etanolilla on bensiiniä pienempi lämpöarvo, sitä kuluu enemmän. Polttoainetankki on vaihdettava suurempaan, jotta autolla pystyttäisiin ajamaan sama matka kuin käytettäessä tavallista bensiiniä. Myös kaikki etanolin kanssa tekemisissä olevat osat on vaihdettava tai pinnoitettava alkoholia kestäviksi. Alkoholia kestäviä materiaaleja ovat mm. ruostumaton teräs, pronssi, komposiittimateriaalit, viton ja teflon. Kaasuttimen säätöjä on muutettava ja suuttimet vaihdettava tai vaihtoehtoisesti koko kaasutin on vaihdettava. Imu- ja pakosarja on vaihdettava. Puristussuhdetta olisi hyvä muuttaa, koska etanolin oktaaniluku on korkeampi ja tästä johtuen myös moottorin hyötysuhdetta saadaan kasvatettua. Myös

jonkinlainen polttoaineen esilämmitin olisi tarpeen, jotta kylmäkäynnistys olisi mahdollinen. /10/

Puristussuhteen muuttaminen /1/

Puristussuhteen pitäisi olla noin 12, jotta moottori toimisi ihanteellisesti. Tämä onnistuu sylinterikantta ja sylinterilohkoa muuttamalla. Myös kampikoneistoa muuttamalla voidaan vaikuttaa puristussuhteeseen. Seuraavaksi lasketaan, kuinka monta millimetriä täytyy kussakin muutoksessa poistaa ainetta tai vastaavasti kasvattaa pituutta esimerkiksi kampikoneiston osalta.

Puristussuhde lasketaan kaavasta

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad (1)$$

Jossa V_h on sylinterin täytöstilavuus ja V_c on puristustilavuus.

Täytöstilavuus saadaan laskettua kaavasta

$$V_h = \frac{\pi * d^2 * s}{4} \quad (2)$$

Jossa d on sylinterin halkaisija ja s on iskun pituus.

$$V_h = \frac{\pi * (73 \text{ mm})^2 * 77,4 \text{ mm}}{4} = 323949 \text{ mm}^3$$

Tuntematon puristustilavuus saadaan laskettua kaavaa 1 hiukan muokkaamalla ja sijoittamalla tunnetut arvot siihen.

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = \frac{323949 \text{ mm}^3}{9,3 - 1} = 39030 \text{ mm}^3$$

Jotta saataisiin puristussuhteeksi 12, on muutettava joitain tunnetuista parametreistä. Näitä ovat sylinterin halkaisija, iskun pituus ja puristustilavuus.

Muutetaan ensin puristustilavuutta, joka onnistuu sylinterikantta tai sylinterilohkoa koneistamalla.

Ensin lasketaan puristustilavuus joka vaaditaan puristussuhteella 12.

$$V_c = \frac{323949 \text{ mm}^3}{12 - 1} = 29449,9 \text{ mm}^3$$

Lasketaan, kuinka monta millimetriä sylinterikannesta tai sylinterilohkosta on koneistettava pois. Tämä voidaan laskea kaavan 2 avulla, joka periaatteessa on lieriön tilavuuden kaava. Muuttamalla kaavaa saadaan laskettua puristustilan korkeus. Ensin lasketaan alkuperäinen korkeus ja sitten koneistuksen jälkeinen, lopullinen korkeus. Näin saadaan, paljonko materiaalia pitää poistaa sylinterikannesta tai sylinterilohkosta.

$$\frac{4 * 39030 \text{ mm}^3}{\pi * (73 \text{ mm})^2} = 9,3253 \text{ mm}$$

$$\frac{4 * 29449,9 \text{ mm}^3}{\pi * (73 \text{ mm})^2} = 7,03636 \text{ mm}$$

Kun lasketaan näiden erotus, saadaan poistettava lukema.

$$9,3253 \text{ mm} - 7,03636 \text{ mm} = 2,28894 \text{ mm}$$

Sylinterikannesta tai sylinterilohkosta poistetaan noin 2,29 mm, jotta saadaan puristussuhde lukemaan 12. Käytännössä ei ole mahdollista koneistaa sylinterikannesta noin paljon, mutta sylinterilohkosta sen sijaan voi ottaa vaikka koko määrän. Mieluiten otetaan hiukan sylinterikannesta ja loput sylinterilohkosta parhaan tuloksen aikaan saamiseksi.

Seuraavaksi lasketaan, paljonko pitäisi sylinterin halkaisijaa suurentaa, jotta kyseinen puristus suhde olisi mahdollinen. Yhtälöt 1 ja 2 on tätä varten yhdistettävä.

$$d = \sqrt{\frac{4 * (\varepsilon * V_c - V_c)}{\pi * s}} = \sqrt{\frac{4 * (12 * 39030 \text{ mm}^3 - 39030 \text{ mm}^3)}{\pi * 77,4 \text{ mm}}} = 84,0389 \text{ mm}$$

Lasketaan erotus alkuperäiseen sylinterin halkaisijaan nähden.

$$84,0389 \text{ mm} - 73 \text{ mm} = 11,0389 \text{ mm}$$

Sylinterin halkaisijaa pitäisi suurentaa noin 11 millimetriä. Noin suuri halkaisijan suurenus ei ole käytännössä mahdollista, koska sylinterin seinämät eivät ole jäähditysvesitilojen takia kovinkaan paksut.

Sitten lasketaan, paljonko iskunpituutta tulisi kasvattaa, jotta puristussuhde 12 saataisiin toteutettua.

$$s = \frac{4 * (\varepsilon * V_c - V_c)}{\pi * d^2} = \frac{4 * (12 * 39030 \text{ mm}^3 - 39030 \text{ mm}^3)}{\pi * (73 \text{ mm})^2} = 102,578 \text{ mm}$$

Lasketaan erotus alkuperäiseen iskunpituuteen verrattuna.

$$102,578 \text{ mm} - 77,4 \text{ mm} = 25,178 \text{ mm}$$

Iskunpituutta on suurennettava noin 25,2 millimetriä.

Lähdettäessä muuttamaan puristussuhdetta kannattaa muuttaa jokaista osa aluetta hiukan. Kuten laskuista voidaan todeta, osa muutoksista on mahdoton toteuttaa. Esimerkiksi sylinterin halkaisijaa ei pysty muuttamaan kuin hiukan, ja jos muutettaisiin kampikoneisto tarvittavaan iskunpituuteen, tulisi mäntä sylinterikannesta läpi.

11 TULOSTEN ARVIOINTI

Kaikilla tässä työssä käsitellyillä päästöjen vähentämistekniikoilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Taulukossa 2 on lyhyesti esitetty läpikäytyjen tekniikoiden etuja ja haittoja.

Taulukko 2 Voimanlähteiden etuja ja haittoja /2/

VOIMANLÄHDE	EDUT	HAITAT
Akkukäyttöinen sähkömoottori	Ei päästöjä, hiljainen	Miten sähkö tuotetaan ja varastoidaan, toimintasäde
Bensiini-hybridi	Hyvä kompromissi, ei tarvitse ladata, toiminta kaupungissa	Kulutus maantiellä, hinta
Diesel-hybridi	Hyvä kompromissi, ei tarvitse ladata	Hinta
Plug-in-hybridit	Nollapäästö rajoitetulla kantamalla	Akut nostavat painoa, akkujen kestävyys
Etanoli	Alemmat päästöt, sopii suoraan polttomoottoriin	Tuotanto, raaka-aineet
Maakaasu	Vähentää CO ₂ -päästöjä, edullinen	Paikallinen ratkaisu, vaatii jakeluverkoston
Nestekaasu	Palaa puhtaasti	Jakeluverkosto
Vety polttomoottorissa	Päästöt, melko yksinkertainen tekniikka	Jakelu, varastointi
Polttokenno	Likimain nollapäästöt	Hinta, toteutus kelpoinen vasta vuonna...

Vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotossa ongelmia tuottavat esimerkiksi valmistuksen hankaluus, valmistushinta, jakeluverkon puuttuminen, liian suuri verotus, hybridien osalta kallis hankintahinta, joidenkin ratkaisujen paikallisuus (esimerkiksi kaasuauto) ja ennen kaikkea fossiilisten polttoaineiden saatavuus ja

hinta ovat edelleen kohtuullisia, joten ei ole vielä tarvetta ryhtyä suurimittaisesti muuttamaan ajoneuvoja käymään vaihtoehtoisilla polttoaineilla.

Tavallisen henkilöauton muuttaminen toimimaan esimerkiksi etanolilla tulisi kohtuuttoman kalliiksi nykyisiin polttoaineen hintoihin nähden. Lisäksi pitäisi tietää, millainen verotus kohdistuisi tällaisiin muutettuihin ajoneuvoihin. Koska etanolia ei vielä tänä päivänä myydä huoltoasemilla, ovat etanoliautot vielä tulevaisuutta.

Kuten taulukosta 3 voi huomata, on vedyllä huomattavasti korkeampi lämpöarvo kuin muilla tässä työssä käsitellyillä polttoaineilla. Siksi se olisi mitä todennäköisimmin tulevaisuuden ratkaisu. Vedyn ongelmat ovat sen varastoinnissa, jakelussa ja tuotannossa. Vety pitäisi voida valmistaa paikallisesti, ja jakeluasemia pitäisi olla sijoitettuna hyvin lyhyiden matkojen etäisyyksillä.

Taulukko 3 Polttoaineiden lämpöarvot /3/

POLTTOAINE	LÄMPÖARVO MJ/kg
Maakaasu	50
Nestekaasu	46
Biokaasu	50
Biodiesel	39
Etanoli	27
Metanoli	20
Vety	120
Bensiini	43
Diesel	43

12 OMAT PÄÄTELMÄT

Työssä tutkittiin vaihtoehtoisia polttoaineita. Tässä onnistuttiin esittelemään nykyisin käytössä olevat vaihtoehdot, ja työ toimii tietolähteenä aiheesta kiinnostuneille.

Nykyisin puheenaiheena olevat kasvihuonepäästöt ja niiden vähentäminen saivat minut kiinnostumaan aiheesta. Suuri osa tutkituista menetelmistä ei vähennä

päästöjä huomattavasti, mutta ne ovat tärkeitä siirtymävaiheeseen ratkaisuja siihen asti, kunnes tuotantoon saadaan täysin päästötön ajoneuvo.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 Bauer, Horst-Dietsche, Karl-Heinz-Crepin, Jürgen- Dinkler, Folkhart, Autoteknillinen taskukirja, 6. painos, Gummerus Oy, Jyväskylä 2003, s. 1021
- 2 Eskola, Vesa, Uhkapilvien alla, Tuulilasi, nro 3/2008 s. 88-92, A-lehdet Oy
- 3 Mäkelä, Mikko-Soininen, Lauri-Tuomola, Seppo-Öistämö, Juhani-Salmelin, Terttu, Tekniikan kaavasto, Tammertekniikka, 4. painos, Jyväskylä 2002, s. 192
- 4 50 vuoden kuluttua energiaa tuodaan kuusta, Tieteen kuvalehti, nro 3/2008 s. 24-29, Bonnier Publications Oy

Sähköiset lähteet

- 5 [www-sivu]. [viitattu 20.1.2008] saatavissa:
<http://www.alaparkki.com/arkisto/toyotaprius.php>
- 6 [www-sivu]. [viitattu 20.1.2008] saatavissa:
<http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/teemat.asp?ao=1061&nimi=Vaihtoehdot+polttoaineet>
- 7 [www-sivu]. [viitattu 6.5.2008] saatavissa:
http://bioage.typepad.com/photos/uncategorized/lancer_miev.PNG
- 8 [www-sivu]. [viitattu 3.5.2008] saatavissa:
<http://www.cleangreencar.co.nz/page/prius-technical-info>
- 9 [www-sivu]. [viitattu 22.1.2008] saatavissa:
<http://www.limetti.fi/biodiesel/>
- 10 [www-sivu]. [viitattu 5.5.2008] saatavissa:
http://www.lut.fi/fi/yliopisto_lyhyesti/alueyksikot/mikkelin_yksikko/bioenergiatekniikka/EN%20B-171.pdf

- 11 [www-sivu]. [viitattu 2.2.2008] saatavissa:
<http://www.motiva.fi/fi/yjay/kuljetusala/polttoainevaihtoehdot/alkoholit.html>
- 12 [www-sivu]. [viitattu 28.2.2008] saatavissa:
<http://www.motiva.fi/fi/yjay/kuljetusala/polttoainevaihtoehdot/maakaasu.html>
- 13 [www-sivu]. [viitattu 28.2.2008] saatavissa:
<http://www.motiva.fi/fi/yjay/kuljetusala/polttoainevaihtoehdot/nestekaasu.html>
- 14 [www-sivu]. [viitattu 11.3.2008] saatavissa:
<http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%3b2655%3b2698%3b8158%3b8162>
- 15 [www-sivu]. [viitattu 12.2.2008] saatavissa:
<http://www.norssi.helsinki.fi/Home/FysKem/Kemia/Alkuaineet/Alkuaineet/Vety.htm>
- 16 [www-sivu]. [viitattu 22.2.2008] saatavissa:
http://www.scania.fi/bus/engines/alternative_fuels/
- 17 Science Direct [Sähköinen kirjasto]. [viitattu 23.2.2008]
Encyclopedia of Energy, 2004, sivut 771-789, Michael Wang
- 18 [www-sivu]. [viitattu 5.5.2008] saatavissa:
http://www.shell.com/home/content/phen/shell_for_businesses/lpg_bulk/autogas/lpgforbus_whatisautogas_113002.html
- 19 [www-sivu]. [viitattu 5.5.2008] saatavissa:
<http://smartgreenenergy.com/quick-summaries/quick-summary-understanding-hybrid-cars/>
- 20 [www-sivu]. [viitattu 5.5.2008] saatavissa:
<http://solarcar.tafesa.edu.au/raakelly.htm>
- 21 [www-sivu]. [viitattu 23.2.2008] saatavissa:
http://www.verkkouutiset.fi/arkisto/Arkisto_2000/14.huhtikuu/olj21500.htm
- 22 [www-sivu]. [viitattu 24.2.2008] saatavissa:
http://fi.wikipedia.org/wiki/Ajoneuvon_vaihtoehtoiset_polttoaineet
- 23 [www-sivu]. [viitattu 6.5.2008] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokenno>

- 24 [www-sivu]. [viitattu 24.2.2008] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>
- 25 [www-sivu]. [viitattu 24.2.2008] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Etanoli>
- 26 [www-sivu]. [viitattu 24.2.2008] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Hybridiauto>
- 27 [www-sivu]. [viitattu 24.2.2008] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Metanoli>
- 28 [www-sivu]. [viitattu 24.2.2008] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Vetyauto>
- 29 [www-sivu]. [viitattu 30.4.2008] saatavissa:
http://www.treatise.eu.com/UserFiles/File/Vaihtoehdoiset%20polttoaineet%20ja%20ajoneuvot%20Manual_FI.pdf
- 30 [www-sivu]. [viitattu 5.5.2008] saatavissa:
<http://www.tuulilasi.fi/valokeila/?article=111100&print=true>