

Seppo Jaakkola - Timo Iivarinen - Jani Rikka

**HYBRIDI- JA SÄHKÖAJONEUVOJEN TEKNIIKAN
ESISELVITYS**

Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisuja
Saimaa University of Applied Sciences Publications

Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisuja
Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 25
ISBN 978-952-5714-57-9 (PDF)
ISSN 1797-7266

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Yleistä	6
2.1	Hybridiautot.....	6
2.2	Hybridimoottori.....	6
2.3	Akut.....	8
2.4	Sähkömoottori.....	9
	Kuva 3: Daimlerin ja Boschin valmistama sähkömoottori MB- ja Smart- sähköautoihin (Autobild 2011).....	9
2.5	Generaattori.....	9
2.5.1	Sähköenergian muodostuminen.....	9
2.5.2	Generaattorin toiminta.....	10
2.5.3	Sähkötörmöriikka ja sähkön tuoton säätö.....	10
2.6	Ohjausyksikkö.....	11
2.7	Polttokenno.....	11
3	Hybridiautot.....	12
3.1	Toyota Prius.....	12
3.2	Lexus GS 450h.....	15
3.3	Fisker Karma	18
4	Hybridibussi.....	20
4.1	Selvää säästöä	21
4.1	Volvo FM Hybrid Konseptin tekniset tiedot	22
5	Sähköautot.....	23
5.1	Suomalainen sähköautoyhteisö	23
5.1.1	Auton ominaisuudet.....	25
5.1.2	Tekniikka (Auton protovaiheeseen valittu).....	25
6	Sähkötrukki	27

6.1	Linde.....	27
6.2	Hyundai 20B-7.....	28
7	Mietteitä, ajatuksia ja pohdiskelua.....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET.....	41
	Toyota PriusHSD.....	41
	Lexus GS 450h.....	45
	Linde E12 386.....	49

1 Johdanto

Esiselvityksen tarkoitus on kertoa sähkö- ja hybridikäyttöisten kulkuneuvojen tekniikasta. Aihealueet sivuavat koulun tulevia projekteja. Työssä on keskitytty kulkuneuvojen komponentteihin ja niiden ominaisuuksiin. Alussa on kerrottu komponenteista ja niiden ominaisuuksista, jotka liittyvät monien sähkö- ja hybridikäyttöisten laiteiden eri sovelluksiin.

Esiselvitystyössä on keskitytty valittuihin hybridiautotyyppihin sekä hybridibussiin, sähköautoon ja muutamaaan sähkötrukkiin.

Työssä on kerrottu hybridiauton perinteiset vaihtoehdot ja niiden muutamien moottoritekniikoiden toimintaperiaatteet.

Esiselvityksen lopussa on jonkin verran mietteitä ja pohdiskelua sähkö- ja hybriditekniikkaan liittyen.

2 Yleistä

2.1 Hybridiautot

Hybridiautoja ryhmitellään yleisimmin niiden moottoreiden sijoittelun perusteella. Moottorit voivat olla sarjaan- tai rinnankytkettynä (Kevythybridi) (Kuva 1), tai näiden yhdistelmänä (Täyshybridi) ja pelkkänä käynnistysmoottorina (Mikrohybridi)(Kuva 2). Hybridiauton yleisimmät moottorit ovat sähkö- ja polttomoottori. Näiden lisäksi voimalaitteisiin kuuluu akku, generaattori ja ohjauselektronikka. (Hybridiauto 2011)

Hybridin kehitys on aloitettu jo useita vuosikymmeniä sitten. Toisen maailmansodan jälkeen yritykset alkoivat kehittää moottoreitaan ja miettimään eri vaihtoehtoja voimanlähteiksi. Useilla automerkeillä on ollut erilaisia kokeiluita, ja niin niitä tehdään vieläkin. Toyota, Rover, Chrysler ja Opel ovat muun muassa kokeilleet joissain malleissaan kaasuturbiineja. Tämän etuna pidettiin sen polttoainejoustavuutta. Sähkömoottori on nykypäivänä eniten kehitetyin ja suosituin moottori hybriditeollisuudessa.

Opel uskoo tulevaisuuden autojensa toimivan sähköllä, joka tuotetaan polttokennoilla vedystä. Tähän ei kuitenkaan ole vielä päästy, tällä hetkellä tyydytään väliaikaisratkaisuihin kuten sähköverkosta ladattaviin autoihin, joiden toimintasädetä voidaan jatkaa polttomoottorigeneraattorilla. (Tuulilasi 2011,7 s.32-34)

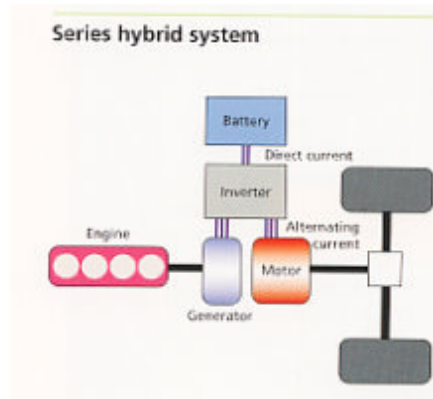
Toyota puolestaan toivoo saavansa pistoke-mallinsa myyntiin. Priuksen plug-in mallia pyritään saamaan markkinoille vuonna 2012. Lexus Hybrid Driven bensiini- ja sähkömoottori on taas hyvin suorituskykyinen, josta jäljempänä lisää.

2.2 Hybridimoottori

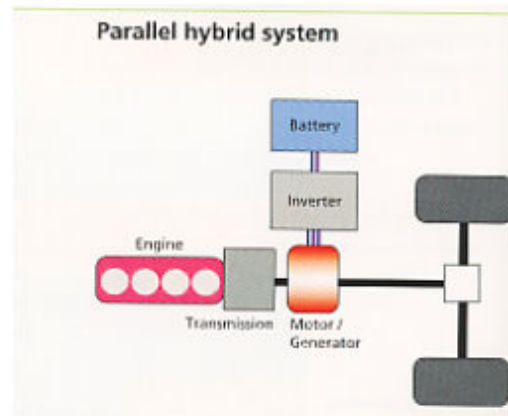
Nykypäivän hybridimoottorin sovelluksissa pohjana yleisimmin toimii kaksi moottoria, rinnan tai sarjassa (kuva 1), tai näiden yhdistelmänä, kuten Priuksessa. Tämän päivän sarjatuotannossa olevissa hybridiajoneuvoissa ne kaksi ovat yleisimmin polttomoottori ja sähkömoottori.

Polttomoottori toimii bensiinillä tai dieselillä. Sähkömoottori toimii matalilla nopeuksilla ja tasaisessa ajossa ja polttomoottori kytkeytyy päälle kiihdytyksissä ja kovaa ajettaessa, mihin sähkömoottorin tehot eivät vielä riitä. Yritykset eivät ole halunneet rakentaa tehokkaampaa sähkömoottoria, komponenttien hinnan ja korkean myyntihinnan takia, ainakaan sarjatuotantoon.

Sarjahybridijärjestelmä



Rinnakkaishybridijärjestelmä

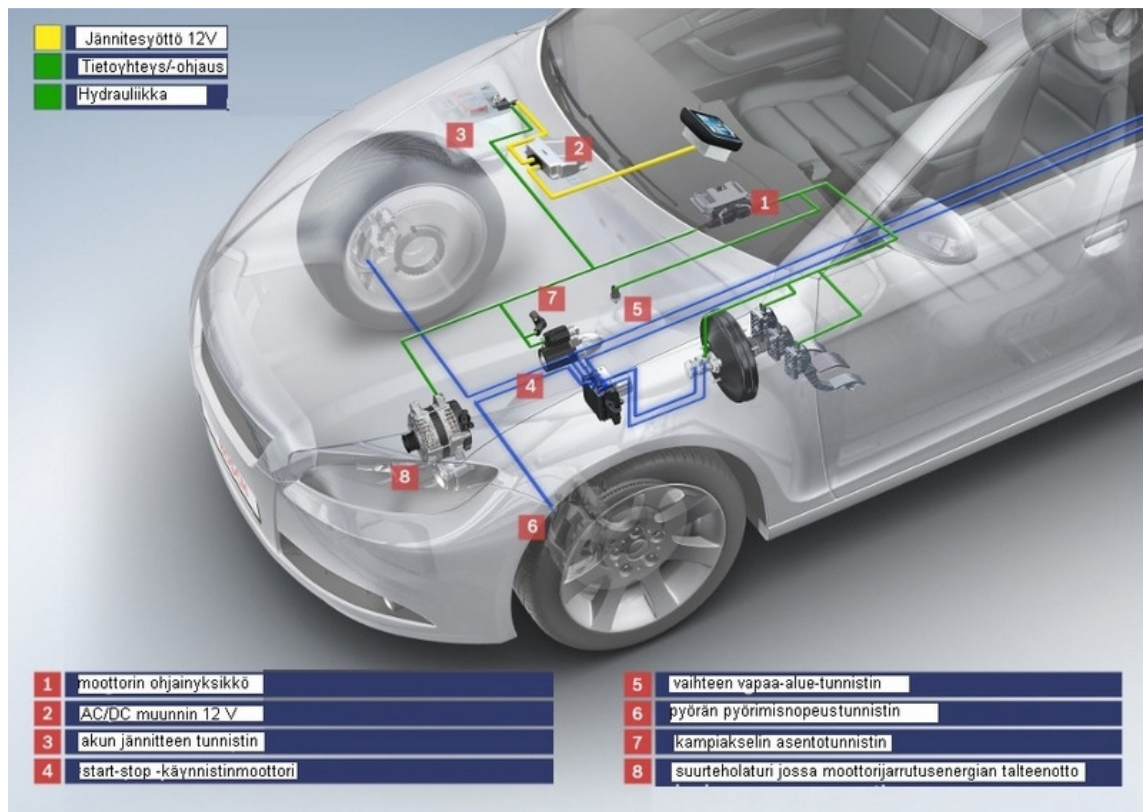


Kuva 1: Hybridijärjestelmän kaksi erilaista muotoa (Autoalantiedotuskeskus)

Pelkällä sähkömoottorilla ajettaessa polttoaineen kulutus on nollassa. Monissa ajoneuvoissa on akkua varaavia komponentteja kuten jarrulevyt, joiden jarrutusenergiaa muutetaan lämmöstä sähköksi. Yritykset ovat myös miettineet jarrutusenergian muuttamista paineeksi ja sen varaamista paineakkuihin. Tähän ei ole kuitenkaan lähdetty, koska sähköksi muuttaminen on kuviteltu tarpeellisemmaksi. Usein sähkömoottori toimii myös generaattorina, joka lataa akkuja jarrutuksissa. Tämän päivän sovellusten sähkömoottorien teho on noin 60 kilowatin (82hv) luokkaa.

Täyshybridi on rinnan- ja sarjaankytkennän yhdistelmä, jolla voidaan ajaa käyttäen moottoreita erikseen tai yhtä aikaa.

Mikrohybridissä on pieni sähkömoottori, joka ei ole suoraan yhteydessä vetäviin pyöriin. Sähkömoottori toimii polttomoottorin käynnistimenä. Mikrohybridiä sanotaan Start- Stop- järjestelmäksi (Kuva 2).



Kuva 2: Start- Stop- järjestelmän toimintaperiaate. (Tuulilasi 10.9.2009)

Kuvassa kaksi esitetty Bosch:n Start- Stop- järjestelmä sammuttaa auton aina kun se pysäytetään liikenteessä. Moottori käynnistyy automaattisesti, kun kytkin painetaan pohjaan ja vaihde kytketään päälle.

Moottori sammuu kuitenkin vain, jos akussa on tarpeeksi energiaa uudelleen käynnistymiseen. Siitä pitää huolen akun valvontayksikkö, joka tunnistaa akun varaustilan. Järjestelmän kuuluu myös mm. kampiakselin pyörintänopeustunnistin, poljinyksikkö ja AMG- syväpurkausakku. (Tuulilasi 10.9.2009)

2.3 Akut

Suurin osa käytössä olevista hybridiajoneuvojen akuista on NiMH- (Nikkeli-MetalliHybridi) akkuja. Li-ioni-akut (Litium-ioni) ovat myös jo paljon testattuja, mutta NiMH- akut ovat vielä halvempuutensa vuoksi monien valmistajien suosiossa. Esimerkiksi Toyota pelkää, etteivät autot mene kaupaksi, jos he laittavat useamman akun tai vaihtaisivat akut Li-ioni- akkuihin, siitä johtuvan korkeamman hinnan vuoksi. Näillä näkymin uusi Prius kuitenkin pitää sisällään Li-ioni-akuston. Li-ioni-akut ovat kuitenkin tulossa kovaa vauhtia myös muihin sarjavalmisteteisiin autoihin ja jotkut niitä jo käyttävätkin. (Bloomberg)

Green autoblogin (2010) mukaan Toyota on testannut Li-ioni- akkuja ja ne ovat tuottaneet polttoainetaloudellisempaa tulosta. Testissä oli ollut vain 126 Priusta, Yhdysvalloissa, Japanissa ja Euroopassa. Eräs analyttikko on maininnut haastattelussa, että akkuja testanneet yritykset olisivat olleet aikeissa

siirtyä käyttämään sitä. Nikkeli-akkuja viedään massamarkkinoille niiden halvemman hinnan takia. (Green Autoblog 2009)

2.4 Sähkömoottori



Kuva 3: Daimlerin ja Boschin valmistama sähkömoottori MB- ja Smart-sähköautoihin (Autobild 2011)

2.5 Generaattori

Generaattori eli sähkögeneraattori on kone, joka muuttaa mekaanista liike-energiaa sähkövirraksi.

2.5.1 Sähköenergian muodostuminen

Magneettikentässä liikkuvaan (pyörivään) sähköjohtimeen indusoituu sähkömotorinen voima (jännite) ja sitä kautta sähkövirta. Ilmiötä kutsutaan sähkömagneettiseksi induktioksi. Indusoituneen jännitteen suuruus riippuu magneettikentän voimakkuudesta, johtimen pituudesta ja sen pyörimisnopeudesta magneettikentässä eli magneettivuon vaihtelusta. Johtimessa kulkee sähkövirta vasta sitten kun se on kytketty suljetuksi virtapiiriksi.

Yksinkertaisimmillaan generaattori on sähköjohtimesta muodostettu silmukka jota pyöritetään magneettikentässä, tai magneettia pyöritetään silmukan ympärillä, mikä synnyttää johtimeen sähkövirran energian pysyvyyden mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä että energia ei häviä, vaan se muuttaa muotoaan energiamuodosta toiseen, esimerkiksi generaattorissa liike-energia muuttuu sähköenergiaksi.

2.5.2 Generaattorin toiminta



Kuva 4: Kuvassa on roottori käämeineen, akselilla käämityksen edessä on roottorin kommutaattori.



Kuva 5: Staattorin levypakka ilman käämejä

Generaattori koostuu kahdesta osasta, jotka muuttavat liike-energian sähköksi. Toinen on seisoja eli staattori (Kuva 5), ja toinen pyörijä eli roottori (Kuva 4). Generaattorityypistä riippuu kuinka osat ovat magnetoitu, ja muodostuuko käyttövirta staattorilla vai roottorilla.

Yksinkertaisessa generaattorissa roottorina on kestopagneetti, joka on ympäröity staattorilla. Staattori on rautalevyistä koostuva levypakka, jossa on urat (ks. kuva 5). Staattorin levyrakenteen estää pyörrevirtojen ja näin energiahäviöiden muodostumisen.

Staattorin uriin kierretään silmukoiksi käämi, ja pyöritettäessä magneettista roottoria staattorin sisällä, staattorin käämeihin indusoituu sähkövirta. Tällainen rakenne voidaan valmistaa myös siten, että staattori on magneettinen ja roottorissa on käämitys. Tällöin roottorilla muodostuva virta saadaan siirrettyä ulkopuolisiin johtimiin joko liukurenkailla tai kommutaattorilla kuten kuvassa neljä. (Generaattori.verkkojulkaisu)

2.5.3 Sähkömotoriikka ja sähkön tuoton säätö

Sähkövirran muuttuminen pyrkii korvaamaan magneettikentän muutoksen ja magneettikentän muuttuminen sähkövirran muutoksen. Edellisessä tapauksessa kyse on generaattorista, jälkimmäisessä tapauksessa puolestaan sähkömoottorista. Näin ollen kytkentöjä sopivasti muuttaen (konetyypistä riippuen) sähkömoottori voidaan muuttaa generaattoriksi, tai päinvastoin. (Generaattori.verkkojulkaisu)

Verkkosähkön tuottamisessa käytetään tavallisesti tahtigeneraattoreita, koska vaihtosähkön taajuuden 50 tai 60 Hz on oltava tarkka, jotta sähköä käyttävät koneet eivät vaurioituisi. Myös tasasähkö esimerkiksi autoissa tuotetaan vaihtovirtageneraattoreilla (laturi) ja sähkö tasasuunnataan diodin avulla. Autoissa on akku varastoimassa sähköenergiaa, joten tuoton ja kulutuksen ei tarvitse olla aivan samassa suhteessa.

Sähköverkossa täytyy kulutuksen ja tuoton olla jatkuvasti tasapainossa. Tämän vuoksi voimalaitoksissa sähkö tuotetaan pääasiassa vierasmagnetoiduilla tahtigeneraattoreilla, joissa on automaattinen jännitteen säätö (Generaattori.verkkojulkaisu).

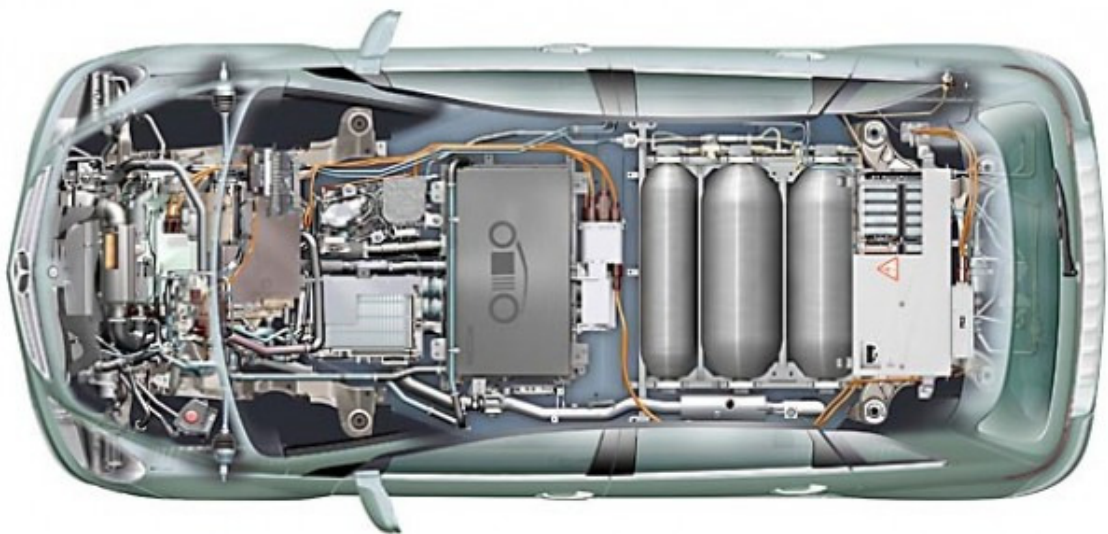
2.6 Ohjausyksikkö

Ohjausyksikkö huolehtii hybridi- tai sähköjärjestelmän kokonaishallinnasta. Se valitsee tilanteeseen sopivimman voimanlähteen, jos kyseessä on hybridi-kulkuneuvo, ja säätää siirtymisiä moottorilta toiselle huolehtien samalla toimintojen vaihtumisen tasaisuudesta ja mukavuudesta ja valitsee käyttötavan järjestelmän rajoitusten puitteissa.

2.7 Polttokenno

Polttokenno on laite, jolla tuotetaan sähköä. Sen energian lähteenä on vetyä. Laite ei myöskään tuota typenoksidipäästöjä ja on käytönajan päästöjen osalta täysin puhdas. Koko energiaketjun päästöt käytönajalta riippuvat täysin siitä kuinka vety on tuotettu. Polttokenno tuottaa käyttökoneeseen sähköenergiaa ja prosessin sivutuotteina syntyy ainoastaan puhdasta vettä.

Polttokennoautoja on jo maailmalla. Mercedes haluaa näyttää että polttokennoautot ovat jo valmiita maailman markkinoille.



Kuva 6: Mercedes-Benz B F-Cell:n polttokennokoneisto. (Autobild 2011)

Kuvassa kuusi esitetyn auton konepellin alta löytyy sähkömoottori ja laitteiston tarvitsema elektroniikka. Auton takaosassa on polttokennokoneisto ja niiden polttoaineena toimivan vedyn säilytysjärjestelmä. Akut on sijoitettu polttokennokoneiston tapaan sandwich-alustarakenteen sisään akselien väliin. Näin painopiste on saatu alas ja auto on täten turvallisempi ajaa. Litiumioniakun kapasiteetti on 1,4 kWh ja on 30 % suurempi vastaavan kokoiseen nikkeli- metallihybridi- akkuun verrattuna (Autopokkari 2011). Polttokennokäyttöisen sähkömoottorin kylmäkäynnistys onnistuu vielä -25 celsius-asteen kylmyydessä. Kosteuden poistosta on huolehdittu hyvin eikä vesi pääse jäätymään polttokennoon.

Autoa kerrotaan testatun jo jopa 1,3 miljoonan kilometrin verran, toisistaan poikkeavissa ajotilanteissa ja ajo-olosuhteissa. Auton suorituskyky vastaa kaksilitraista bensiiniautoa, mutta keskkulutuksen sanotaan olevan luokkaa 3,3 L / 100 km kohden.

Kolmeen tankkiin säilötty vetykaasu painaa ainoastaan 12 kiloa, paine tankeissa on 700 baaria. Tankit on sinetöity, joten kaasu ei pääse purkautumaan, vaikka seisoi tankissa pitempiä aikoja. Auton toimintasäde on jopa 400 kilometriä, ja tankkaukseen kuluu aikaa vain kolme minuuttia (Autobild 2011).

Polttokennoautojen yleistymisen esteenä on vedyn tankkausverkoston puute.

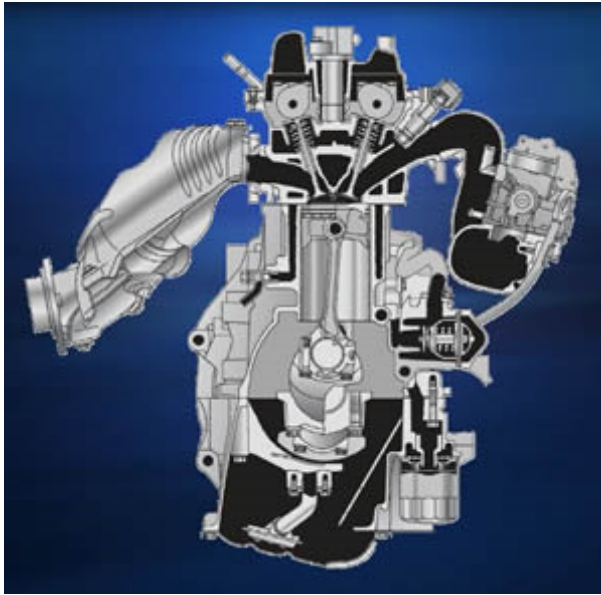
3 Hybridiautot

3.1 Toyota Prius

Ensimmäiset sarjavalmistetut Toyota Prius -hybridiautot valmistettiin vuonna 1996. Toyotan ensimmäinen Prius-mallinen hybridiauto tuotiin kansan tietouteen vuonna 1997. Eurooppaan niitä rantautui vuotta myöhemmin. Suomeen niitä saatiin vain muutama. Vuonna 2004 luotiin toinen sukupolvi ja 2009 saatiin nähdä kolmas sukupolvi. Vuonna 2012 on lupailtu neljättä sukupolvea sarjatuotantoon, joka on pistoke-Prius (Autoesittely Toyota Prius 2011).

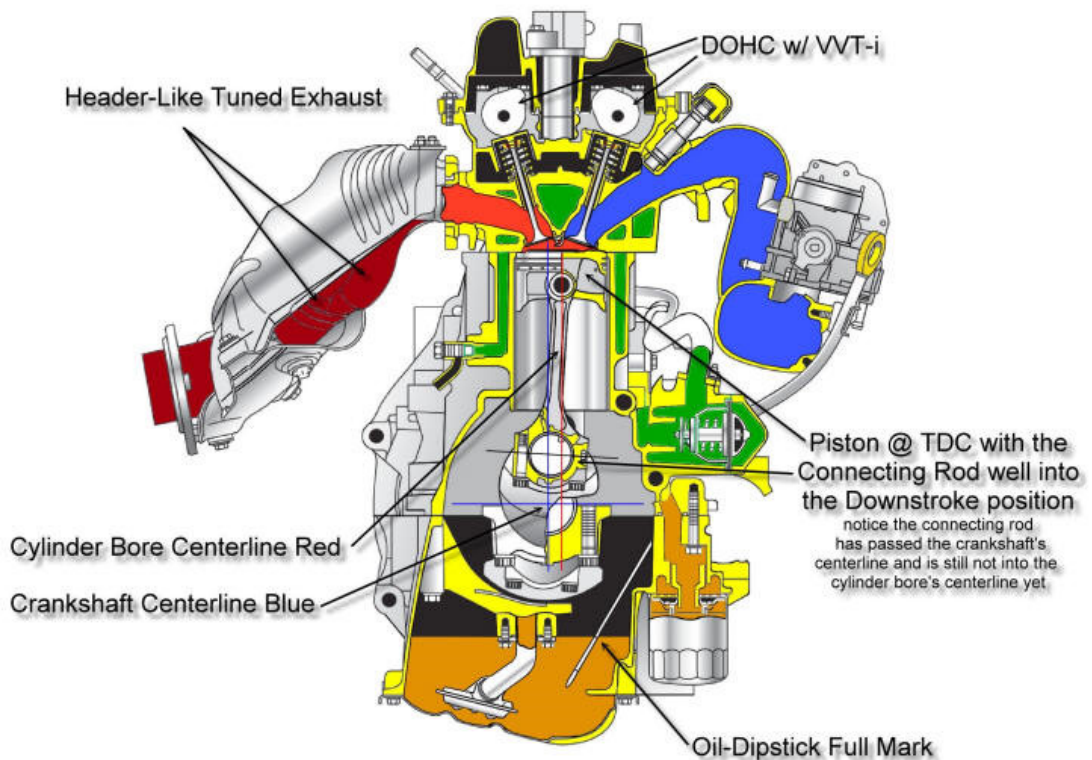
Toisen sukupolven versioista Priuksen sylinterin iskutilavuutta on muutettu 1,5 litrasta 1,8 litraan. Samoin mallin korkeutta on pienennetty ja täten saatu ilmanvastusta pienentymään. Siitä johtuen kulutus on pienentynyt.

Kolmannen sukupolven Toyota Priuksen polttomoottorina toimii neljäsylinterinen Atkinson-moottori (Kuvat 7 ja 8) (73kW / 98hv) ja sähkömoottorina synkronimoottori kestopagneetein (käyttöjännite 650 V, teho 60kW (80hv), suurin vääntö 207 Nm).



Kuva 7: Toyota Priuksen Atkinson moottori.

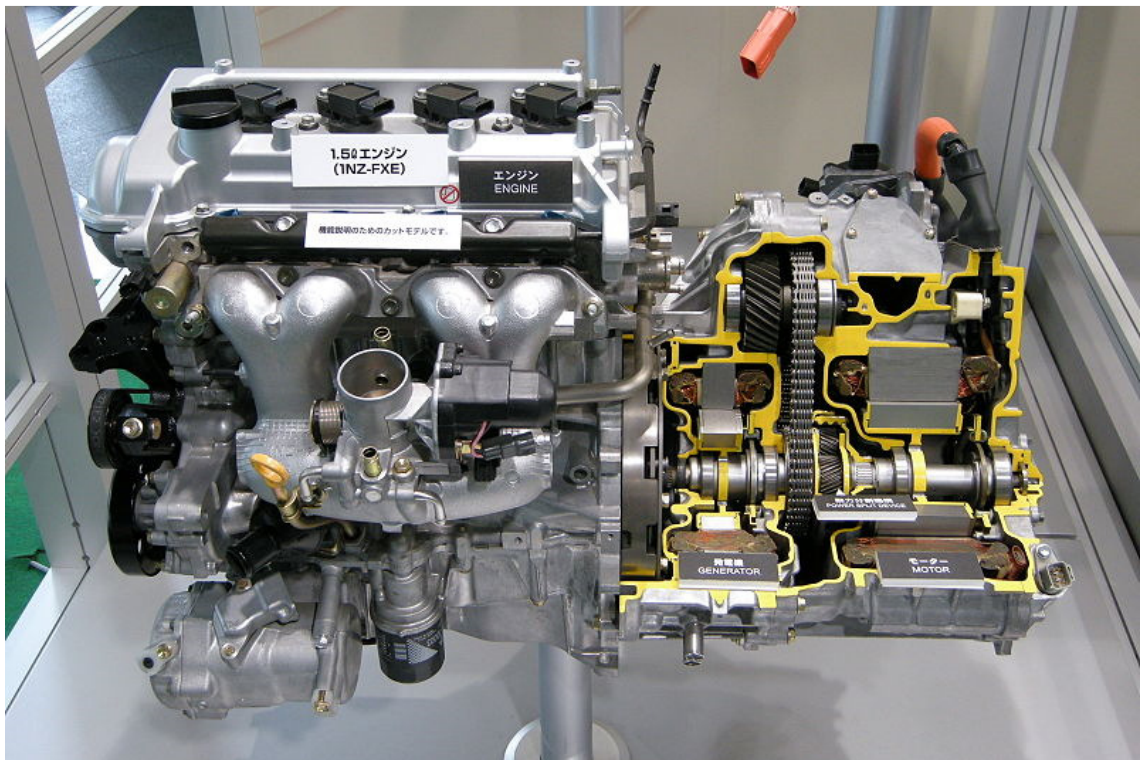
THS II - ICE



An inline 4-cylinder, chain-driven 4-valve - DOHC engine featuring Toyota's VVT-i (Variable Valve Timing-intelligent) system. This engine is designed with the high-expansion ratio Atkinson cycle with an offset crankshaft & Pentroof shaped combustion chamber incorporating the "Oblique Squish"

Kuva 8: Toyota Priuksen Atkinson- moottorin leikkauskuva, jossa on merkittävien osien nimet

Atkinson-moottori ei ole tavallinen nelitahtinen ottomoottori, siinä käytetään Atkinson-työkiertoa. Moottorin työtahti on venytetty mahdollisimman pitkäksi. Moottorissa ei ole niinkään pyritty tehojen lisäämiseen vaan ennemminkin kohottamaan hyötysuhdetta mahdollisimman hyväksi. Pakoventtiilit aukeavat tavallista myöhemmin, jolloin pakokaasut ehtivät laajeta mahdollisimman paljon ja siten se luovuttaa energiansa tehokkaasti. Pumppaushäviö pienennetään normaalia myöhemmin, vasta puristustahdin puolivälin aikaan. Tällöin imusarjasta virtaa seosta takaisin imusarjaan ja edelleen toisiin sylintereihin. Tämä takaisin virtaus laskee todellista puristussuhdetta ja samalla myös pienentää moottorin kokoa puristustahdissa. Yhdistettynä pitkään paisuntaan työtahdin aikana saadaan tällöin polttoaineen energia käytettyä mahdollisimman hyvin hyödyksi (Honkola Janne; Tutkintotyö Hybridauto Toyota Prius s.16).



Kuva 9: Hybrid Synergy Drive-moottori, sähkömoottori ja generaattori.

Tuulilasi-lehti testasi eri merkkien hybridaajoneuvoja. Vuoden 2011 kolmannessa lehdessä oli kymmenen eri merkkistä autoa. Toyotalta testitiin pääsi kolme ajoneuvoa Prius (Kuva 10), Auris ja iQ. Kaksi ensimmäistä sijoittui edellä olevassa järjestyksessä testin kärkeen ja iQ oli testin toiseksi huonoin. Prius ei ollut ylivoimaisesti paras kaikissa, mutta sijoittui kuitenkin kaikilla osa-alueilla jos ei kärkeen niin kuitenkin sen tuntumaan. Testin eri osa-alueina olivat kulutus, erilaiset pakokaasupäästöt, kiihtyvyyden, sitkeys, sisätilat, tavaratilat ja turvavarusteet. Puolet kokonaispistemäärästä tulevat kulutukseen liittyvistä testeistä (Ekoautovertailu).



Kuva 10: Toyota Prius ekoautotestin voittaja.
(Tuulilasi 3/2011 s. 65- 77)

3.2 Lexus GS 450h

Lexus GS ylellinen sedan (Kuva 12), joka on luotu täyttämään välimatka kilpailussa ES:n ja LS:n mallin välillä ja kilpailemaan BMW 5-sarjan ja Mercedesen E-sarjan kanssa. GS-mallia on saatavana V6-, V8-, ja hybridiversiona (GS 450h) Lexus GS (Lexus GS -verkkojulkaisu).

Sen toiminta perustuu uudenaikaiseen 3,5 litran V6-suoraruiskutusbensinimoottoriin (Kuva 11) ja 147kW sähkömoottorin yhdistelmään. Sähkömoottorin energia varastoidaan nikkelimetallihybridi (Ni-Mh) -akkuun, jonka jännite on 288 voltia. GS 450h kiihtyy tasaisesti 0-100 km/h vaivattomasti kuudessa sekunnissa ja 85-120 km/h kiihdytys onnistuu viidessä sekunnissa. Mallin huippunopeus on rajoitettu 250 km/h:iin. Sähkömoottori on polttomoottorin tukena, auttamassa tasaisessa kiihdytyksessä. Vakiovarusteena löytyy myös portaaton automaattivaihteisto.

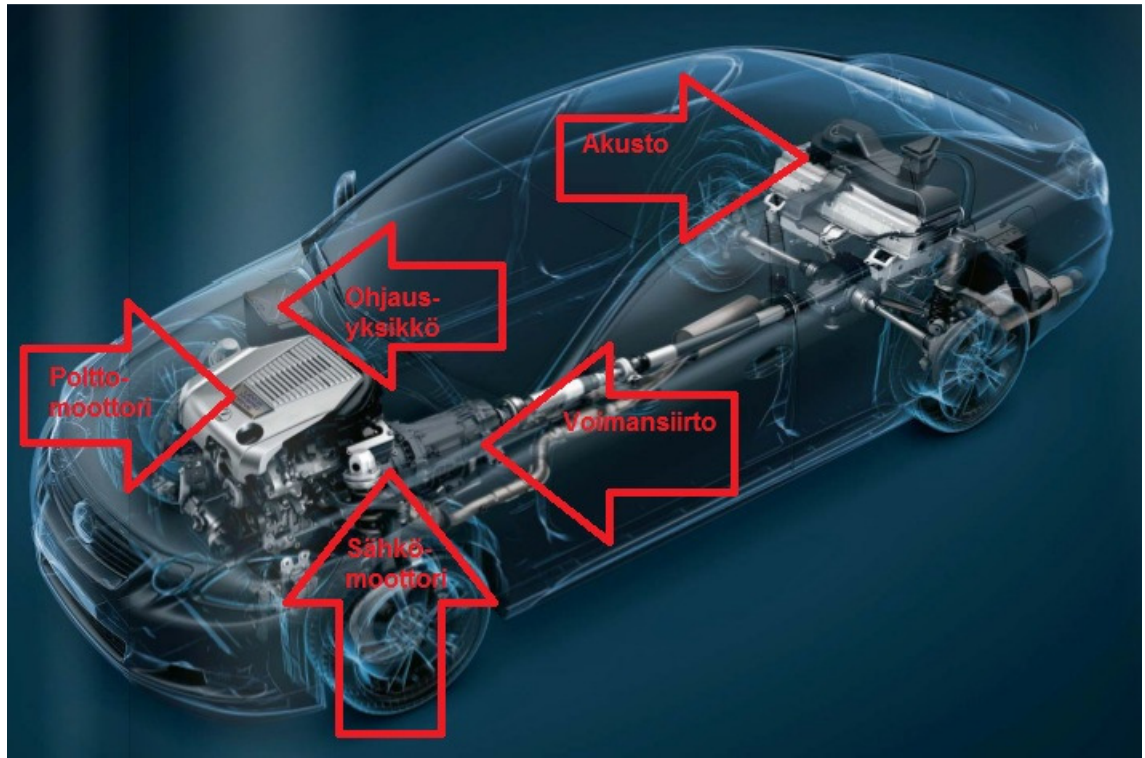


Kuva 11: Lexus GS:n V6-moottori.

Tämä kyseinen malli kuluttaa polttoainetta suunnilleen saman verran kuin neljäsylinterinen kaksilitrainen ajoneuvo, noin 7,6 litraa sataa kilometriä kohti. Samoin kuin muutkin hybridautot, ajettaessa alhaisilla nopeuksilla ja käynnistettäessä ei päästöjä synny lainkaan, vaan auto toimii sähkömoottorilla.

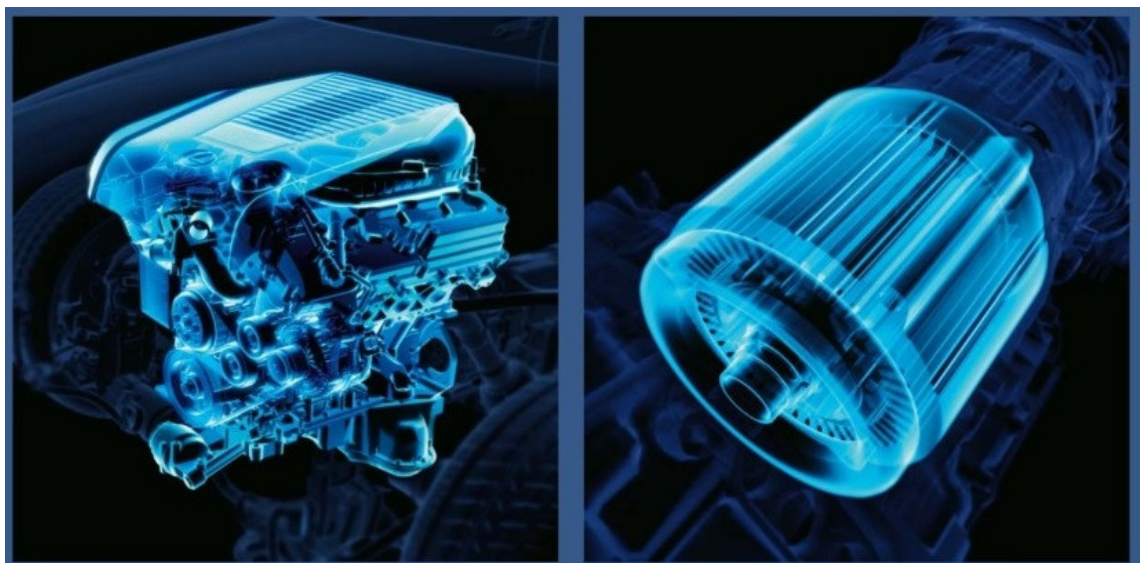


Kuva 12: Lexus GS 450h.



Kuva 13: Lexus GS 450h:n läpileikkaus.

Kuvassa 13 läpileikatun auton konepellin alla on vierekkäin poltto- ja sähkömoottori. Sähkömoottorin perään on sijoitettu voimansiirto, joka vie liikkeen takapyörille. Oikean etupyörän vieressä on laitteiston ohjausyksikkö. Takapyörien välissä on akkusarja.

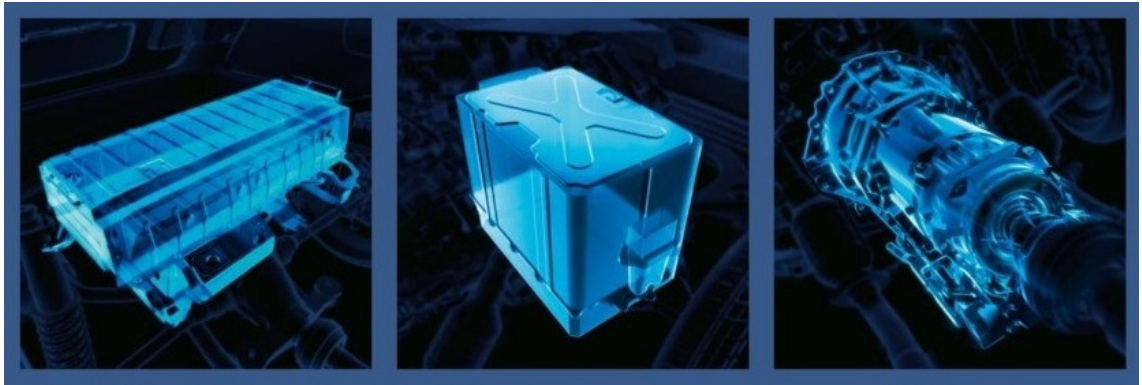


Kuva 14: Lexus GS 450h:n V6-moottori ja sähkömoottori.

3,5-litrainen kokonaan alumiininen V6-moottori (Kuvan 14 vasemman puoleinen) antaa jopa 218 kW kierrosalueella 6400 rpm ja tarjoaa 368 Nm vääntömomentin kierrosalueella 4800 rpm. Moottoria sanotaan erittäin herkäksi

mutta tasakäyntiseksi. Moottorissa on D-4S suoraruiskutusjärjestelmä, joka sisältää kaksi ruiskua yhtä sylinteriä kohden. Tällä varmistetaan moottorin optimaalinen tehokkuus ja suurempi vääntömomenti, mutta se myös vähentää polttoaineen kulutusta ja päästöjä.

Pienikokoinen ja kevyt vesijäähdytteinen tahtimoottori (Kuvan 14: oikean puoleinen) on kehityksen ja sähkömekaanisen toiminnan tuloksena erittäin tasainen ja hiljainen. Moottori tuottaa käynnissä ollessaan 650 Voltin käyttöjännitteen, jonka ansiosta se antaa 147 kW tehon ja 275 Nm hetkellisen vääntömomentin.



Kuva 15: Lexus GS 450h:n akkujärjestelmä, ohjausyksikkö ja voimansiirto.

Akkujärjestelmä (Kuva 15 vasemmalla) varastoi sähkömoottorin ja kuluttavan koneiston tarvitseman energian.

Ohjausyksikkö (Kuva 15 keskellä) toimii hybridijärjestelmän niin sanottuina aivoina. Ohjausyksikkö optimoi kaiken aikaa energiankulutusta. PCU (Power Control Unit) pitää huolen siitä, että tehoa riittää kun sitä tarvitaan ja muina aikoina se varastoi sähköä myöhempää käyttöä varten.

Voimansiirto on toteutettu elektronisesti ohjatulla portaattomalla automaattiplaneettavaihteistolla (E-CVT) (Kuva 15 oikealla).

3.3 Fisker Karma

Suomen Uudessakaupungissa Valmet Automotive valmistaa Fisker Karmaa (Kuva 16), joka on uuden sukupolven plug in hybrid. Auto esiteltiin yleisölle 14. tammikuuta 2008.

Autossa on kaksi 150 kW:n nestejäähdytteistä kestmagneettisähkömoottoria (Kuva 17), joiden kokonaisteho on 300 kW / 408 hv ja maksimivääntö 1300 Nm. Bensiinimoottorina (Kuva 17) on täysalumiininen 260 hv turboahdettu kahden litran suoraruiskumoottori, joka on yhteydessä vain 175 kilowatin generaattoriin. Sähkömoottorin voimin voi ajaa jopa 80 km. Autoon on lisänä saatavana aurinkopaneeli, jolla voidaan ladata akkuja ja joka toimii ilmastoinnin voimanlähteenä auton ollessa pysäköitynä. Paneelin nimellisteho on 120 wattia.

Bensiinimoottoria käytetään sähkömoottorin apuna sport-moodilla ajettaessa, koska akkujen teho ei yksin riitä. Samoin 80 kilometrin ajon jälkeen, kun akut

ovat tyhjä, otetaan polttomoottori käyttöön normaalilla ajo-moodilla. Polttomoottoria käytetään normaalin hybridauton tapaan. Autoa liikutetaan aina sähkömoottorin takapyöriin tuottamalla voimalla.

Autossa ei ole vaihteita, paitsi eteen- ja taaksepäin valinta, kuljettaja voi kuitenkin valita kolmen teho-moodin väliltä. Ns. Stealth Modella ajettaessa, käytetään ainoastaan akkuja ja sähkömoottoreita. Tällöin auto kulkee melkein äänettömästi, auton maksiminopeus on korkeintaan 150 kilometriä tunnissa maksimissaan 80 kilometrin matkan ajan. Sähkö-moodin kiihtyvyys on hieman huonompi noin 7,5 sekuntia nolasta sataan kilometriin tunnissa. Sport-moodissa saavutetaan autolle luvattu noin kuuden sekunnin kiihtyvyys nolasta sataan, samoin saavutetaan 201 kilometrin tuntinopeus. Autolla varmasti pääsisi kovempaakin mutta huippunopeus on rajoitettu. Hill-moodi kasvattaa moottorijarrutusta.

Energiavarastona on nestejäähdytteinen akusto, joka on sijoitettu auton keskelle pituussuuntaan lattiapaneelin alle. Litiumioniakun lataaminen kestää 230 voltilla noin 3 tuntia ja 115 voltilla noin 6 tuntia (vastaava latausvirta 35 A ja -teho 230 V jännitteellä noin 8 kW). Akun kapasiteetti on 22,6 kilowattituntia ja teho 200 kilowattia (500 A, 400 V) (Fisker Karma -verkkojulkaisu).

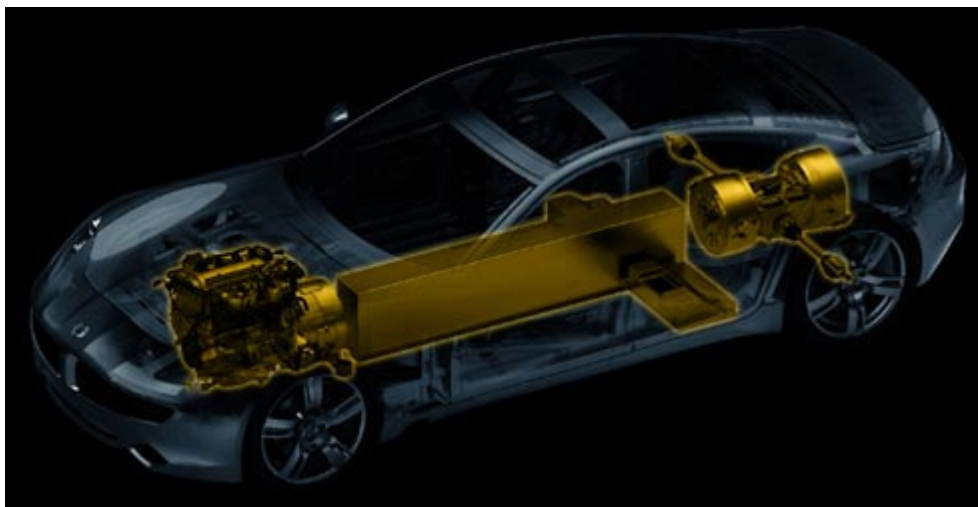
Auton huippunopeus on 201 kilometriä tunnissa ja kiihtyvyys 97 kilometriin tunnissa 5,8 sekunnissa.

Auton suuren akkukapasiteetin takia auto on melko painava eli noin 2100 kg. Auton pituus on noin 5 m ja leveys noin 2 m, mutta korkeus on vain 133 cm. Auton akselinväli mahdollistaa melko hyvät jalkatilat takamatkustajillekin. Mataluuden takia istuma-asento kuitenkin voi olla aika makaava. Runko on alumiinista ja osa korin osista on lasikuitua.

Jarrut on varustettu energian talteenottojärjestelmällä (Tekniikanmaailma 11/2011).



Kuva 16: Fisker Karma.



Kuva 17: Fisker Karman hybridi-järjestelmä: Edessä keskellä polttomoottori-generaattori yhdistelmä, keskellä pitkittäin on akku-järjestelmä, takana kaksi sähkömoottoria, jotka pyörittävät takapyöriä (Fiskerautomotive-verkkojulkaisu).

Automoblogin mukaan Karma kuluttaa puolet vähemmän bensaa kuin uusi Prius (Automoblog 2009).

Karman tekniset tiedot löytyvät liitteenä raportin lopussa.

4 Hybridibussi

Suomen ensimmäiset hybridibussit ovat Turussa liikenteessä. Turun Kaupunkiliikenne Oy on hankkinut neljä Volvon 7700 bussia

paikallisliikenteeseen. Niillä saavutetaan neljänneksen säästö polttoaineen kulutuksessa.

Busseissa on jarrutusenergian talteenottojärjestelmä. Dieselmoottorin tukena on sähkömoottori. Dieselmoottori sammuu liikennevaloissa ja pysähdyksissä. Dieselmoottori käynnistyy kun vauhti nousee yli 15-20 kilometriin tunnissa.

Volvon hybridibusseille luvataan kohtalaisia polttoainesäästöjä ja hiukkaspäästöjen ja typpipäästöjen vähenemistä perinteisiin linja-autoihin verrattuna.

4.1 Selvää säästöä

Koeajetun bussin valmistaja Volvo lupaa, että hybridimallin avulla voidaan alentaa haitallisia hiilidioksidipäästöjä 30 prosenttia. Hiukkaspäästöjen ja typpioksidipäästöjen luvataan vähenevän 40-50 prosenttia. Molemmat luvut toteutuvat siis vastaavan dieselmallin päästöihin verrattuna. Lisävarusteena saatavan hiukkassuodattimen avulla päästöjä voidaan valmistajan mukaan vähentää vielä entisestään.

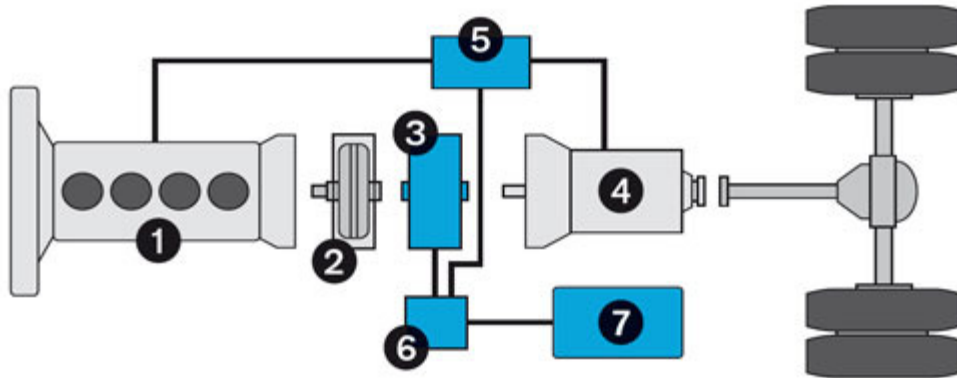
Volvolla arvioidaan, että hybridibussin elinikä on yhtä pitkä kuin vastaavalla dieselbussilla. Huolto-ohjelmakin on molemmissa sama. Sähkögeneraattori on niin tehokas, että sitä voidaan käyttää useimmissa tapauksissa myös bussin pysäyttämiseen, joten pyöräjarrujen kuluminen vähenee ja jarrupäällysteiden kestoikä kasvaa. Olennaista säästöä on luvassa myös polttoainepuolelle. Kaikkiaan kulutus pienenee valmistajan laskelmien mukaan 20-30 prosenttia.

Käytössä oleva hybriditeknologia on ollut olemassa jo jonkin aikaa, mutta tiukentuvista ympäristövaatimuksista huolimatta se on ollut investointina liian kallis. Lisäksi tekniikan avulla saavutettavat polttoainesäästöt ovat pitkään olleet vaatimattomalla tasolla, joten laajaa teollista tuotantoa ei ole aloitettu kysynnän puuttuessa. Tähän Volvo 7700 (Kuva 20) hybridibussi lupaa muutosta.

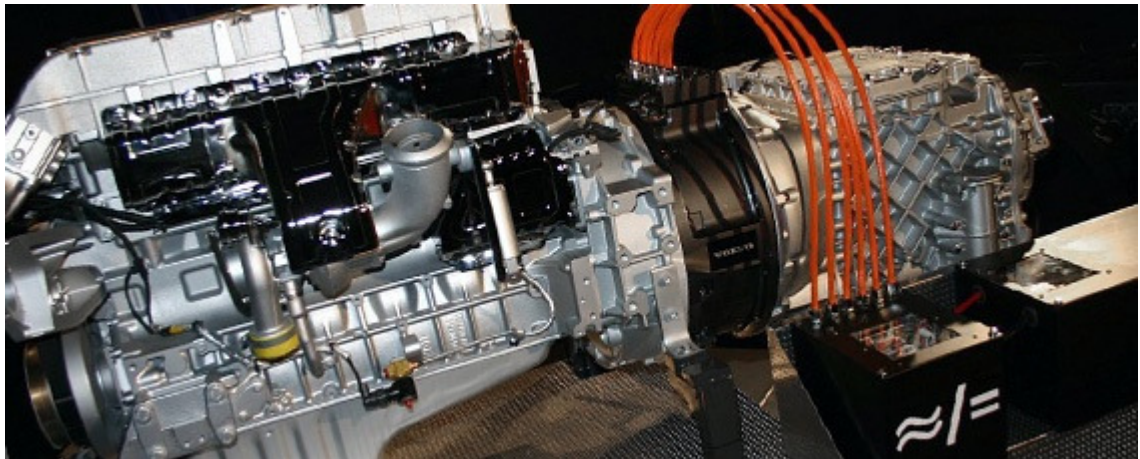
Volvo on kehittänyt sähköä ja dieselveimaa käyttävän rinnakkaishybriditekniikan, jota voidaan käyttää bussien lisäksi myös jakelukuorma-autoissa ja maansiirtokoneissa. Tekniikan kaikki keskeiset komponentit ovat Volvon itsensä kehittämiä ja soveltuvat hyvin ajoneuvoille, jotka lähtevät liikkeelle ja pysähtyvät useasti raskaassa ajossa.

Kehitystä jarruttaneiden kustannusten alentaminen onnistuu suurten valmistusmäärien ja alhaisempien tuotantokustannusten kautta. Lopullista hintaa hybridituotteille ei ole vielä annettu, mutta valmistajan edustajan mukaan vastaavaan dieselversioon verrattuna kustannuksia kertyy noin 30 prosenttia enemmän hybridin tapauksessa.

Volvon laskelman mukaan investointi maksaa itsensä takaisin bussiyritykselle 5-7 vuodessa riippuen polttoaineen hinnasta ja ajosuoritteesta (Antti Hentinen 2009).



Kuva 18: Volvon 7700-hybridibussin voimansiirto: 1. Dieselmoottori, 2. Kytkin, 3. Sähkömoottori, 4. Vaihteisto, 5. Moottorin ohjausyksikkö, 6. DC-AC- muunnin, 7. Akut (Soili Semkina 2011)



Kuva 19: I-SAM parallel hybrid system (volvotrucs)

Volvon I-SAM (Kuva 19) käyttää rinnan olevaa hybridijärjestelmää. Voimansiirtojärjestelmä on nimetty I-SAM:ksi (Integrated Starter, Alternator Motor). Järjestelmä pitää sisällään tehokkaan sähkömoottorin, voimansiirron, viisi litraisen diesel-moottorin ja automaattivaihteiston. Moottori toimii myös vaihtovirtageneraattorina.

4.1 Volvo FM Hybrid Konseptin tekniset tiedot

- Volvo FM ja sen yhteydessä I-SAM
- 6-vaiheinen PM tahtimoottori
- Teho 120 kW
- Vääntömomentti 800 Nm
- Volvo MD9 moottori
- I- Shift vaihteisto



Kuva 20: Turun kaupunkiliikenteen hybridibussi (Turkulainen 2011)

Liitteissä on bussin tekniset tiedot.

5 Sähköautot

Sähköautot eivät ole mitään uusia keksintöjä. Ne vain jäivät polttomoottoreiden ja öljyteollisuuden jalkoihin. Monet yritykset ovat pyrkineet tuomaan sähköauton taas markkinoille. 1900-luvulla sähköautot olivat suosituimpia ajoneuvoja. Syynä sähköauton syrjäytymiseen pidettiin energian vaikeampaa varastointia ja öljy-yhtiöiden suurta painostusta.

Suomessa on vielä todella vähän sähköautoja. Yritykset ovat saattaneet ostaa autoja työkäyttöön mutta pääsääntöisesti se on ollut vain kokeilua. Esimerkiksi Itellalla on ollut parhaimmillaan 61 kappaletta Suomessa valmistettua Elcat-sähköautoa samaan aikaan käytössä. Vuonna 2006 poistui viimeinen Elcat käytöstä sen valmistuksen loputtua. Tällä hetkellä postilla on kokeilussa Citroen Berlingon sähköautoversio (Sähköautot Suomessa -verkkójulkaisu).

Sähköautoilun eräs vitsaus on niin sanottu dieselvero eli käyttövoimavero, joka on määrätty laissa, koska kuluttaja ei joudu maksamaan veroa bensasta. Tämä on osittain öljy-yhtiöiden ja valtioiden syytä (Sähköauto-verkkójulkaisu).

5.1 Suomalainen sähköautoyhteisö

Sähköautot-Nyt! -yhteisön suunnittelema ja muuttama eCorolla (Kuva 21) tulee kaikkien nähtäväksi, piirustukset ja muut tekniset tiedot julkaistaan kun projekti valmistuu (eCorolla-verkkójulkaisu). Corollan tavallisen polttomoottorin tilalle on vaihdettu sähkömoottori.



Kuva 21: Kuvassa on sedan mallinen eCorolla (Harry Kuurio 2009).

Ulospäin auto ei erotu tavanomaisesta Corollasta. Tuttu ja turvallinen linja jatkuu myös sisällä, ainoastaan vaihdevivusto poikkeaa alkuperäisestä.

Liikkeelle eCorolla lähtee äänettömästi lipuen kuten sähköautot yleensä, ja tarvittaessa kiihtyvyyden on varsin ripeää. Virallisesti suorituskyvyn kerrotaan toistaiseksi vain olevan "riittävä".

Toimintasäteeksi luvataan perusakuin 150 km, ja tyhjän akun täyteen latauksen kestävän kotitöpselistä noin 10 tuntia. Kapasiteetiltaan suurempiakin akkuja on saatavana.

eCorollan idea on yksinkertaisuudessaan mielenkiintoinen: luodaan massamuunnos, joka hyödyntää valmiita tehdaskomponentteja. Massatuotannossa komponenttien hinnat laskevat eikä autoilijan tarvitse luopua nykyisestä kulkupelistään. Avoimen koodin idea takaa, että kilpailu toimii kuluttajan eduksi. Näin kynnyksen sähköauton hankkimiseksi alenee.

Kun sähkömuunnos on tehty, pääsee nauttimaan sähkön vähintään kolminkertaisesta energiatehokkuudesta polttomoottoriin verrattuna. Ajamisen kustannukset laskevat siis huomattavasti.

Tavoitteeksi esitetään tilanne, jossa muuntaminen polttomoottoriautosta sähköiseksi sujuu päivässä. Auto viedään aamulla pajalle, ja jo illalla sen voi hakea sähköversiona kotiin. Tähän päästään modulaarisella rakenteella, jota voidaan halutessa soveltaa lopulta autoon kuin autoon.

Vaikka prototyyppi eCorolla 1.0 on varsin valmiin tuntuinen, ei kauppaan ihan vielä kannata rynnätä. Ensi vuonna on nimittäin luvassa vasta 20 auton esisarja, joka toimii samalla testikalustona. Mutta jos arvailla pitää, eCorolla 2.0 (Kuva 32) -nimeä kantavalle versiolle voi kuitenkin ennustaa hyvää menekkiä, niin tuttu kanta-auto on suomalaisille.

Tällä hetkellä muunnoksen hinta asettuu 10 000-20 000 euron välille riippuen valittavista komponenteista, lähinnä akkutyyppistä. Hinnan odotetaan kuitenkin laskevan nopeasti (eCorolla. Sähköautot-Nyt!).



Kuva 22: Suomalaisen sähköautoyhteisön sähköautoksi muutattama Toyota Corolla wagon (eCorolla-verkkojulkaisu)

5.1.1 Auton ominaisuudet

- Ajokapasiteetti: 150 km (lisääkustolla 300 km)
- Korityyppi: valittavissa (sedan (Kuva 27)/ hatchback/wagon(Kuva 22))
- Suorituskyky: polttomoottoriversiota vastaava
- Jarrut: auton alkuperäiset + regeneroivat (=ottavat jarrutusenergian talteen)
- Turvalaitteet: auton alkuperäiset
- Väri: valittavissa
- Varustelutaso: valittavissa
- Ajotietokone: vakiona
- Lataus:
 - Vakiolaturilla: n. 10 tuntia (16 A liitännästä, vastaava kuin esim. lämmitystolpissa)
 - Kolmivaihelaturilla: n. 3,5 tuntia (3x16 A kolmivaihelaitantä)
 - Pikalataus: teknisesti mahdollinen alle 30 minuutissa (edellyttää pikalatausasemien rakentamista)

5.1.2 Tekniikka (Auton protovaiheeseen valittu)

- Moottori ja ohjauselektronikka: Azure Dynamics (AC24LS, AT1200 ja DMOC445)



Kuva 23: Moottori ja ohjauselektronikka (eCorolla. Sähköautot-Nyt!)

- Moottorin teho: 15 kW (jatkuva) / 47 kW (huippu)
- Moottorinohjain: 38 kW (jatkuva) / 78 kW (huippu)
- Akusto: Thunder- Sky Litiumrautafosfaatti (LiFePO4) Mallin numero: WB-LYP90AHA



Kuva 24: Litiumrautafosfaatti-akku (eCorolla. Sähköautot-Nyt!)

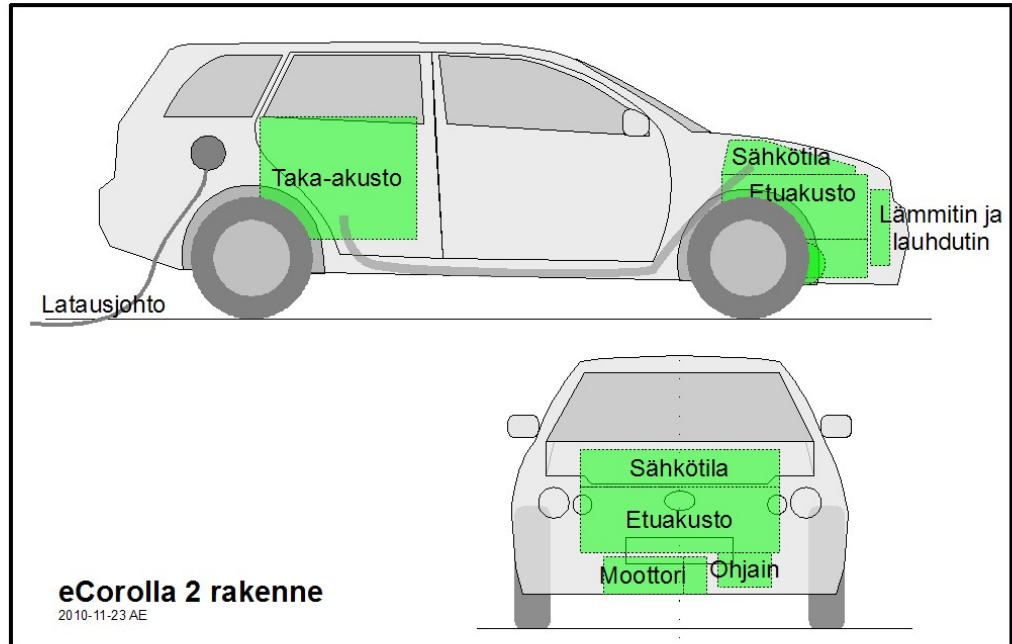
- 105 kpl 90 Ah akkuja
- akuston kapasiteetti 30 kWh
- Laturi: Powerfinn PAC3200



Kuva 25: Laturi: Powerfinn PAC3200 (Powerfinn)

- Akuston hallintajärjestelmä: LITHIUM BALANCE A/S / eBMS

- Hallintaelektroniikka: eECU
- Käyttöliittymä: eGUI
- Äänimaailma: eAUDIO



Kuva 26: eCorollan 2 rakenne (eCorolla 2. Sähköautot-Nyt!)

6 Sähkötrukki

6.1 Linde

Trukissa on kaksi voimakasta vaihtovirtamoottoria integroituna etuakseliin. Saumattoman kiihtyvyyden ansiosta ajo on mukavaa. Vääntöominaisuudet muuttuvat ajotilanteen ja kaasun käytön mukaan.



Kuva 27: Linde E12 386 (Electric Counterbalance Trucks. Linde)



Kuva 28: Kuvassa on Linden kompakti vetoakseli (Electric Counterbalance Trucks. Linde)

Vetoakseliin on integroitu AC nostomoottori. Siinä on optimaalinen energiatehokkuus. Elektroniset komponentit sijaitsevat suljetussa yksikössä ja ovat täten täydellisessä suojassa.



Kuva 29: Energianhallinnan ohjausyksikkö (Electric Counterbalance Trucks. Linde)

Laitteella saadaan optimoituja energian kulutus. Siitä näkee akun kunnon tarkasti. Laitteeseen voi valita sisäänrakennetun suurtaajuuslaturin, joka tuo mukavuutta ja joustavuutta.

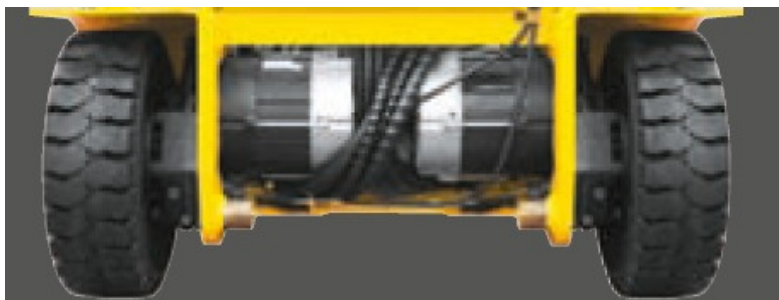
Tekniset tiedot ovat lopussa liitteenä.

6.2 Hyundai 20B-7

Hyundai 20B-7 on keskikokoinen sähkötrukki, joka ainakin päällisin puolin näyttää helpolta käyttää ja huoltaa.

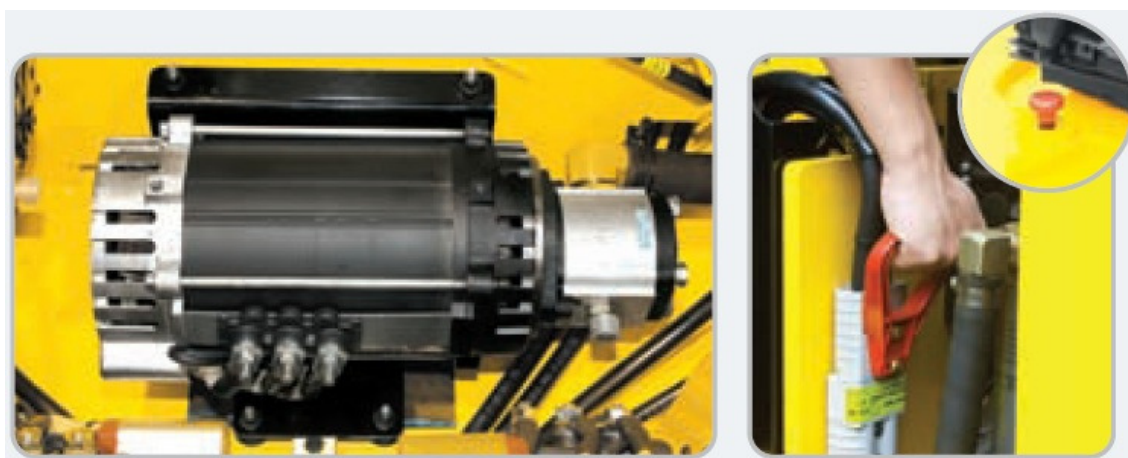


Kuva 30: Hyundai 20B-7 sähkötrukki (Hyundai Heavy Industries Co.)



Kuva 31: Sähkömoottorit (Hyundai Heavy Industries Co.)

Sähkömoottoreina ovat korkealaatuiset vaihtovirtamoottorit. Kotelointi pidentää moottoreiden ikää. Moottoreissa on vähemmän kuluvia osia kuin edeltäjissään, tämä vähentää huoltokuluja ja parantaa luotettavuutta.



Kuva 32: Hydraulimoottori ja päävirtakytkin (Hyundai Heavy Industries Co.)



Kuva 33: Istuimen alla oleva akkujärjestelmä (Hyundai Heavy Industries Co.)

Akun vaihto on tehty helpoksi.

20B-7 Sähkötrukin teknisiä tietoja:

moottorin malli:	2 x Sauer Danfoss (asema)
Ajonopeus (purettu):	17,0 km / h
Kantavuus:	2,000 kg
Min. kääntösäde:	1,780 mm
Nostonopeus (purettu):	600 mm / s
akun jännite:	48 V

7 Mietteitä, ajatuksia ja pohdiskelua

Miksi hybridi- ja sähkökäyttöisistä kulkuneuvojen käytöstä verotetaan samalla tavalla kuin polttomoottorikäyttöistä? Verotuksella ei varsinaisesti kannusteta uusien innovaatioiden käyttöön.

Aina kun tehdään erilaisia ”ekokulkuneuvoja” on syytä miettiä asiaa hieman syvällisemmin. Esimerkiksi miten kulkuneuvon käyttämä energia on tuotettu, on se sitten sähkö, vety tai mikä muu hyvänsä. Miten sen eri komponentit on valmistettu, ovatko ne tehty ekologisesti. Uusilla laitteilla ja niiden päästöttömyydellä olisi kuitenkin pyritään maailmaa mullistaviin ekotekoihin. Tällöin olisi ennen kaikkea mietittävä edellä mainittuja asioita.

Voiko kaksi sähkömoottoria toimia rinnankytkettynä, toisen ajaessa laitetta ja toisen ladatessa akkuja? Voisihan siinä olla useampikin moottori ei välttämättä kahta.

Pystyttäisiinkö ilmavirran aiheuttamaa vastusta varastoimaan energiaksi myös erilaisten sovellusten avulla ajoneuvoteollisuudessa?

Monissa kulkuneuvoissa on hienoja yksittäisiä laitteita ja sovelluksia. Niitä yhdistelemällä voisi saada entistä energiatehokkaampia ja tehon häviöitä vähentäviä kulkuneuvoja.

Hybridibussien katoille olisi järkevää laittaa useita aurinkopaneelilyksiköitä energian talteen ottamista varten. Tällöin saataisiin energiaa moottoreille, ilmalämpöpumpuille ja muulle energiaa kuluttavalle koneistolle.

LÄHTEET

Antti Hentinen, Hybridibussi testissä –

Helsinki suosii pieniä päästöjä, 20.3.2009

<http://plaza.fi/moottori/ajankohtaista/hybridibussi-testissa-helsinki-suosii-pienia-paastoja>. Luettu 6.10.2011.

Autoalan tiedotuskeskus. Polttoaineet ja moottoritekнологia.

<http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/teemat.asp?ao=3454&nimi=Polttoaineet+ja+moottoritekнологia&osio=pol>.

Autobild, artikkeli 21.5.2011

<http://www.autobild.fi/artikkeli/5795/daimler-ja-bosch-valmistamaan-moottoreita-mb-ja-smart-sahkoautoihin/>

Autoesittely Toyota Prius 2011. Automerkit.fi. Kirjoitettu 12.03.2011

<http://www.automerkit.fi/uutiset-trendit/autoesittelyt/artikkelit/autoesittely-toyota-prius-2011.html>. Luettu 5.10.2011.

Automoblog 2009. <http://www.automoblog.net/2009/01/16/detroit-2009-production-fisker-karma-sedan/> Luettu.5.10.2011.

Autopokkari-lehden artikkeli 9.6.2011.

http://www.autokanta.com/autopokkari/tekniikka_ ja_koeajot/?x139047=3648337

Luettu 7.10.2011.

Bloomberg.com.

<http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=a17Ov7Jyo2nU>.

Luettu 10.10.2011.

Detroit 2009: Production Fisker Karma is revealed, jaws begin dropping.

eCorolla-verkkajulkaisu.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/ECorolla>. Luettu 6.10.2011.

eCorolla. Sähköautot-Nyt!

<http://www.sahkoautot.fi/autot:saehkoeinen-toyota-corolla>. Luettu 7.10.2011.

Ekoautovertailu. Tuulilasi.fi. <http://www.toyota.fi/ajankohtaista/uutiset/>

[Toyotan_tayshybrideille_kaksoisvoitto_Ekoauto_2011_vertailusta.aspx?](http://www.toyota.fi/ajankohtaista/uutiset/Toyotan_tayshybrideille_kaksoisvoitto_Ekoauto_2011_vertailusta.aspx?WT.mc_id=Search_Koeajo/Automallit_Prius&WT.adsite=Google&WT.srch=1)

[WT.mc_id=Search_Koeajo/Automallit_Prius&WT.adsite=Google&WT.srch=1](http://www.toyota.fi/ajankohtaista/uutiset/Toyotan_tayshybrideille_kaksoisvoitto_Ekoauto_2011_vertailusta.aspx?WT.mc_id=Search_Koeajo/Automallit_Prius&WT.adsite=Google&WT.srch=1)

Luettu 10.10.2011.

Electric Counterbalance Trucks. Linde.

<http://linde-brandmaster.1000grad.com/linde/admin/>

[working_folder/cropped/p_e16-20_4w_br386_en_si.pdf](http://linde-brandmaster.1000grad.com/linde/admin/working_folder/cropped/p_e16-20_4w_br386_en_si.pdf). Luettu 10.10.2011.

Fiskerautomotive-verkkajulkaisu. <http://www.fiskerautomotive.com/en-us>.

Luettu 11.10.2011.

Fisker Karma –verkkajulkaisu. http://fi.wikipedia.org/wiki/Fisker_Karma.

Luettu 10.10.2011

Generaattori.verkkajulkaisu. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Generaattori>

Luettu 6.10.2011.

Green Autoblog 15.9.2009.

<http://green.autoblog.com/2009/09/15/report-toyota-secretly-tested-lithium-ion-priuses-for-three-years>. Luettu 11.10.2011.

Harry Kuurio. Iltasanomat 9.11.2009

<http://www.iltasanomat.fi/autot/tee-itse-sahko-corolla-prototyyppe-vaalimistui/art-1288336439845.html>. Luettu 6.10.2011.

Honkola Janne; Tutkintotyö Hybridiauto Toyota Prius s.16

Hybridiauto 2011. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hybridiauto>. Luettu 5.10.2011.

Hyundai Heavy Industries Co.

<http://pdf.directindustry.com/pdf/hyundai-heavy-industries/16-18-20b-7-ac/17582-166393.html> Luettu.10.10.2011.

Mercedes-Benz B F-Cell:n polttokennokoneisto. Autobild-lehden artikkeli 25.05.2011.

<http://www.autobild.fi/artikkeli/6063/mercedes-benz-b-f-cell-on-sarjavalmisteen-polttokennoauto/> Luettu 5.10.2011.

Lexus GS-verkkojulkaisu. http://fi.wikipedia.org/wiki/Lexus_GS
Luettu 7.10.2011.

Powerfinn. Products-3200W.tuote-esite <http://www.powerfinn.fi/3200W>
Luettu 10.10.2011.

Soili Semkina. Turkuun Suomen ensimmäiset hybridibussit.

Tekniikka&Talous 24.5.2011.

<http://www.tekniikkatalous.fi/duuniauto/turkuun+suomen+ensimmaiset+hybridibussit/>

a631853. Luettu 7.10.2011.

Sähköauto-verkkojulkaisu.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6auto>. Luettu 5.10.2011.

Sähköautot Suomessa-verkkojulkaisu.

http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6autot_Suomessa

Luettu 5.10.2011.

Tekniikanmaailma 11/2011

Turkulainen 26.5.2011. Turussa liikennöivät Suomen ensimmäiset hybridibussit.
<http://www.turkulainen.fi/artikkeli/55901-turussa-liikenneivat-suomen-ensimmaiset-hybridibussit>. Luettu 7.10.2011.

Tuulilasi 2011,7 s.32-34

Volvotrucks. I-SAM parallel hybrid systems.

<http://www.volvotrucks.com/trucks/uk-market/en-gb/aboutus/environment-new/volvohybridconcept/teshnology/Pages/volvoi-samhybridsystem.aspx>.

Luettu 6.10.2011.

KUVAT

Kuva 1: Hybridijärjestelmän kaksi erilaista muotoa. Autoalan tiedotuskeskus. Polttoaineet ja moottoritekhnologia.

<http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/teemat.asp?ao=3454&nimi=Polttoaineet+ja+moottoritekhnologia&osio=pol>

Kuva 2: Star- Stop- järjestelmän toimintaperiaate. Tuulilasi 10.9.2009

<http://www.tuulilasi.fi/artikkelit/boschin-start-stop-jarjestelma-jo-miljoonassa-autossa>

Kuva 3: Daimlerin ja Boschin valmistama sähkömoottori MB- ja Smart-sähköautoihin. Autobild, artikkeli 21.5.2011

<http://www.autobild.fi/artikkeli/5795/daimler-ja-bosch-valmistamaan-moottoreita-mb-ja-smart-sahkoautoihin/>

Kuva 4: Roottori käämeineen. Akselilla käämityksen edessä on roottorin kommutaattori.

(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Armature.JPG>)

Kuva 5: Staattorin levypakka ilman käämejä

(http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Stator_feuillet%C3%A9.jpg)

Kuva 6: Mercedes-Benz B F-Cell:n polttokennokoneisto. Autobild-lehden artikkeli 25.05.2011. <http://www.autobild.fi/artikkeli/6063/mercedes-benz-b-f-cell-on-sarjavalmistainen-polttokennoauto/>

Kuva 7: Toyota Priuksen Atkinson- moottori.

(<http://www.greencar.com/articles/toyota-prius-hybrid-synergy-drive-decreases-exhaust-emissions.php>)

Kuva 8: Toyota Priuksen Atkinson- moottorin leikkauskuva, jossa on merkittävät osien nimet. Prius Palm Mileage Simulator. <http://privatenrg.com/>

Kuva 9: Hybrid Synergy Drive-moottori, sähkömoottori ja generaattori.
(http://translate.google.fi/translate?hl=fi&langpair=en|fi&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_vehicle_drivetrain)

Kuva 10: Toyota Prius ekoautotestin voittaja
(Tuulilasi 3/2011 s. 65- 77)

Kuva 11: Lexus GS:n V6-moottori.
(<http://www.lexus.fi/range/gs/ebrochure/index.aspx>)

Kuva 12: Lexus GS 450h.
http://www.lexus.fi/Images/Lex8RangGsGallDoDeskMed01_tcm610-940600.jpg

Kuva 13: Lexus GS 450h:n läpileikkaus.
<http://www.lexus.fi/range/gs/ebrochure/index.aspx>

Kuva 14: Lexus GS 450h:n V6-moottori ja sähkömoottori.
http://www.lexus.fi/eBrochures/GS_tcm610-934817.zip/GS/index.html?webtrendsID=FIFI

Kuva 15: GS 450h:n akkujärjestelmä, ohjausyksikkö ja voimansiirto.

Esite:s.24-25. http://www.lexus.fi/eBrochures/GS_tcm610-934817.zip/GS/index.html?webtrendsID=FIFI

Kuva 16: Fisker Karma. <http://murobbs.plaza.fi/autot-ja-muut-moottoriajoneuvot/753402-fisker-karma.html>

Kuva 17: Fisker Karman hybridi-järjestelmä: Edessä keskellä polttomoottori generaattori yhdistelmä. Keskellä pitkittäin on akku-järjestelmä. Takana kaksi sähkömoottoria, jotka pyörittävät takapyöriä.
<http://www.fiskerautomotive.com/en-us>

Kuva 18: Volvon 7700-hybridibussin voimansiirtolinja: 1. Dieselmoottori, 2. Kytkin, 3. Sähkämoottori, 4. Vaihteisto, 5. Moottorin ohjausyksikkö, 6. DC-AC-muunnin, 7. Akut.

Soili Semkina. Turkuun Suomen ensimmäiset hybridibussit. Tekniikka&Talous 24.5.2011.

<http://www.tekniikkatalous.fi/duuniauto/turkuun+suomen+ensimmaiset+hybridibussit/a631853>

Kuva 19: I-SAM parallel hybrid system.

Volvo Trucks. <http://www.volvotrucks.com/trucks/uk-market/en-gb/aboutus/environment-new/volvohybridconcept/teshnoology/Pages/volvo-i-samhybridsystem.aspx>

Kuva 20: Kuvassa on Turun kaupunkiliikenteen hybridibussi. Turkulainen 26.5.2011. Turussa liikennöivät Suomen ensimmäiset hybridibussit. <http://www.turkulainen.fi/artikkeli/55901-turussa-liikenneovat-suomen-ensimmaiset-hybridibussit>

Kuva 21: Kuvassa on sedan mallinen eCorolla. Harry Kuurio. Iltasanomat 9.11.2009

<http://www.iltasanomat.fi/autot/tee-itse-sahko-corolla--prototyyppe-vaalimistui/art-1288336439845.html>

Kuva 22: Suomalaisen sähköautoyhteisön sähköautoksi muutattama Toyota Corolla wagon. eCorolla-verkkojulkaisu. <http://fi.wikipedia.org/wiki/ECorolla>

Kuva 23: Moottori ja ohjauselektronikka.

eCorolla 2. Sähköautot-Nyt! <http://www.sahkoautot.fi/autot:saehkoeinen-toyota-corolla>

Kuva 24: Litiumrautafosfaatti- akku.

eCorolla 2. Sähköautot-Nyt! <http://www.sahkoautot.fi/autot:saehkoeinen-toyota-corolla>

Kuva 25: Laturi: Powerfinn PAC3200.

Powerfinn. Products-3200W.tuote-esite <http://www.powerfinn.fi/3200W>

Kuva 26: eCorollan 2 rakenne.

eCorolla 2. Sähköautot-Nyt! <http://www.sahkoautot.fi/wiki:ecorolla-2>

Kuva 27: Linde E12 386.

Electric Counterbalance Trucks. Linde. http://linde-brandmaster.1000grad.com/linde/admin/working_folder/cropped/p_e16-20_4w_br386_en_si.pdf

Kuva 28: Kuvassa on Linden kompakti vetoakseli.

Electric Counterbalance Trucks. Linde http://linde-brandmaster.1000grad.com/linde/admin/working_folder/cropped/p_e16-20_4w_br386_en_si.pdf

Kuva 29: Energian hallinnan ohjausyksikkö.

Electric Counterbalance Trucks. Linde. http://linde-brandmaster.1000grad.com/linde/admin/working_folder/cropped/p_e16-20_4w_br386_en_si.pdf

Kuva 30: Hyundai 20B-7 sähkötrukki.

Direct Industry Catalog Search. Hyundai Heavy Industries Co. <http://pdf.directindustry.com/pdf/hyundai-heavy-industries/16-18-20b-7-ac/17582-166393-4.html>

Kuva 31: Sähkömoottorit.

Direct Industry Catalog Search. Hyundai Heavy Industries Co. <http://pdf.directindustry.com/pdf/hyundai-heavy-industries/16-18-20b-7-ac/17582-166393-4.html>

Kuva 32: Hydraulimoottori ja päävirtakytkin.

Direct Industry Catalog Search. Hyundai Heavy Industries Co.
<http://pdf.directindustry.com/pdf/hyundai-heavy-industries/16-18-20b-7-ac/17582-166393-4.html>

Kuva 33: Kuvassa on istuimen alla oleva akkujärjestelmä. Direct Industry Catalog Search. Hyundai Heavy Industries Co.
<http://pdf.directindustry.com/pdf/hyundai-heavy-industries/16-18-20b-7-ac/17582-166393.html>

TAULUKOT

Taulukko 1: teho-kierros-vääntö-diagrammi
<http://www.vw-m.de/index.php?id=17&L=1>

Loput taulukot LIITTEISSÄ

Atkinsonin toimintakierron voi katsoa sivustolta:
<http://www.animatedengines.com/atkinson.shtml> . Sivustolta löytyy myös muidenkin moottoreiden yksinkertaistetut toimintatavat.

Hybridibussista on pieni videon pätkä osoitteessa:
<http://areena.yle.fi/video/1306326481694> .

Sähköautot Nyt! -yhteisön sivuilla on laaja akkujen vertailutaulukko osoitteessa:
<http://www.rni.helsinki.fi/~mkt/cgi-bin/EVbattery?compact>

Englannin kielinen sivusto Toyota Priuksen testeistä ja tekniikasta löytyy osoitteesta: <http://privatenrg.com/#Startup>

Volvon hybridibussista löytyy lisätietoja osoitteesta:
<http://www.volvotrucks.com/trucks/finland-market/fi-fi/newsmedia/pressreleases/Pages/pressreleases.aspx?pubid=10876>

Samaa asiaa on käsitelty myös tämän julkaisun kohdassa ”hybridibussi”.

LIITTEET

Toyota PriusHSD Sol 5ov SR	
Hinta	
Hinta veroineen:	36985.55 euroa
Hinta ilman autoveroa:	31490.00 euroa
Autovero:	5495.55 euroa
Vapaa autoetu:	730.00 euroa
Auton käyttöetu:	500.00 euroa
Hinnastotyyppi:	Normaali
Hinnan päivämäärä:	7.7.2011
Mitat	
Pituus:	4460 mm
Leveys:	1745 mm
Korkeus:	1490 mm
Akseliväli:	2700 mm
Raideväli edessä:	1525 mm
Raideleveys takana:	1520 mm

Oma massa:	1445 kg
Kokonaismassa:	1805 kg
Suurin sallittu massa etuakselilla:	1020 kg
Suurin sallittu massa taka-akselilla:	980 kg
Jarrullisen perävaunun max. paino:	0 kg
Jarruttoman perävaunun max. paino:	0 kg
Vetokoukun suurin pystykuormitus:	0 kg
Suurin sallittu yhdistelmämassa (auto+perävaunu):	0 kg
Polttoainetankin koko:	45 l
Tavaratila normaaliasennossa, VDA mitattu:	446 l
Tavaratila maksimikoossa, VDA mitattu:	1120 l
Rengaskoko, edessä:	195/65R15
Rengaskoko, takana:	195/65R15
Yleiset	
Kategoria:	M1
Kori:	Hatchback
Ovien lukumäärä:	5
Henkilöluku:	5
Voimansiirto:	Edessä

Vaihteisto:	Portaaton
Vaihteiden lukumäärä:	0
Jarrut, edessä:	Levyjarrut jäähdytetyt
Jarrut, takana:	Levyjarrut tavallinen
ABS:	Y
Hätäjarrutusavustus:	1
Vetoluistonesto:	1
Ajonvakautus:	1
Moottori	
Moottorin toimintaperiaate:	4-tahtinen, otto
Polttoaine:	Bensiini
Sylinteriluku:	4
Iskutilavuus:	1798 cm ³
Ilmapumppu:	N
Katalysaattori:	Y
Pakokaasujen takaisinkeräys:	Y
Turbo tai mekaaninen ahdin:	N
Moottorityyppi:	Rivi
Polttoaineensyöttö:	Bensiinin sähköinen monipistesuihkutusjärjestelmä

Jakopää:	Ketju
Puristussuhde:	13
Suorituskyky	
Huippunopeus:	180 km/h
Kiihtyvyys 0-100 km/h:	10.4 s
Suurin teho:	73 kW
Suurimman tehon käyntinopeus (r/min):	5200
Suurin vääntö:	142 Nm
Suurimman väännön käyntinopeus:	4000 r/min
Päästöt	
Hiilidioksidipäästöt:	89 g/km
Hiilivetyypäästöt:	0.0584 g/km
Hiilimonoksidipäästöt:	0.258 g/km
Hiilivety- ja typpioksidipäästöt:	0.0642 g/km
Typpioksidipäästöt:	0.0058 g/km
Päästöluokka:	EURO 5
Ohiajomelu:	69 dB
Käyntimelu:	73 dB
Käyntimelun käyntinopeus:	2500 r/min

Kulutus EU-mittausnormien mukaan	
Kaupunkikulutus:	3.9 l/100 km
Maantiekulutus:	3.7 l/100 km
Yhdistetty kulutus:	3.9 l/100 km

Taulukko 2: Toyota Priuksen teknisiä tietoja.
<http://www.tuulilasi.fi/autot/toyota/prius/hsd-sol-5ov-sr>

Lexus GS 450h

Moottori

Iskutilavuus (cm ³)	3456
Sylinteriluku / venttiilit	V6/24
Suurin teho (kW/k/min)	254 @ 6400
Suurin vääntö (Nm/k/min)	368 @ 4800
Suurin teho (hv/k/min)	345 @ 6400
Polttoaine	Bensiini

Vaihteisto

Voimansiirto Takaveto

Vaihteistotyyppi Automaattivaihteisto, elektronisesti ohjattu muuttuvavälityksinen voimansiirto (E-CVT)

HYBRIDITEKNOLOGIA

Suurin teho (hv)	254
SÄHKÖMOOTTORI	Tyyppi AC synchronous, permanent magnet
SUURTEHOAKKU	
Tyyppi	Nickel- Metalhybride (Ni-Mh)
Jännite (v)	288
Suorituskyky	
Huippunopeus (km/h)	240
Kiihtyvyys 0-100 km/h (s)	5,9
Ilmanvastuskerroin	0.27
Kulutus Kaupunki (l/100 km)	9.3
Maantie (l/100km)	7.1
Yhdistetty kulutus (l/100km)	7,6
Yhdistetty polttoaineen kulutus (l/100km)	7,7
PÄÄSTÖT	
CO2-päästöt, yhdistetty (g/km)	179
Jousitus	
Jousitus edessä	Kaksoispoikittaistukivarsijousitus
Jousitus takana	Multi- link
OHJAUS	
Tyyppi	Rack and pinion
Kääntö	(lukosta lukkoon) 2.7-3.7

Jarrut

Jarrut edessä	Jäähdytetyt levyjarrut
Jarrut takana	Jäähdytetyt levyjarrut

Mitat ja massat

Kokonaismassa (kg)	2355
Omamassa (kg)	1860- 1930
Perävaunumassa jarruin (kg)	2000
Perävaunumassa jarruita (kg)	750
Kokonaispituus (mm)	4850
Kokonaisleveys (mm)	1820
Kokonaiskorkeus (mm)	1430
Akseliväli (mm)	2850
Raideleveys edessä (mm)	1540
Raideleveys takana (mm)	1545
Kääntösäde (m)	5.2
Polttoainesäiliön tilavuus (l)	65
Tavaratilan tilavuus (l)	320

Taulukko 3: Lexus GS 450h:n teknisiä tietoja.
(<http://www.lexus.fi/range/gs/specifications/technical-data/index.aspx?model=GS&submodel=GS%20450h>)

Fisker Karma tekniset tiedot

Valmistaja ja valmistusmaa	Fisker, Suomi
Valmistusaika	2010–
Luokka	Suuri auto
Kori	4-ovinen Sedan
Moottori	R4 / 2 kpl sähkömoottoreita
Iskutilavuus	1998 cm ³
Teho	190 kW / 2 x 150 kW
Voimanvälitys	Takaveto
Huippunopeus	200 km/h (rajoitettu)
Kiihtyvyys	6,0 s (0–100 km/h)
Kulutus	3,5 l/100 km (yhd. EU)
CO ₂ -päästöt	83 g/km
Hintaluokka	n. 69.600–79.700€

Taulukko 4: Fisker Karma tekniset tiedot
(http://www.autowiki.fi/index.php/Fisker_Karma)

Linde E12 386

Ominaisuudet

Nimelliskapasiteetti 1,0-1,8t, ppe
500 mm

Max. nostokorkeudet nimelliskapasiteetilla 4,0 -
5,0 mm

Ajomoottori 2,2 kW

Nostomoottori 3,0 kW

Ajonopeus taakan kanssa/ilman taakkaa

Saatavana erilaisia mastoja ja lisälaitteita

- + Uusi energiapihi sähkövastapainotrukki
- › Uutta AC-tekniikkaa
- › Ergonominen Linde-ohjaamokonsepti
- › Kapeat mastoprofiilit, kallistussylinterit trukin katolla
- + Tehokas, tuottava ja kestävä

Taulukko 7: Linde E12 386 Tekniset tiedot

(http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/trukit/vastapainotrukit/fi_FI/1218386_1/)