

Ajoneuvot 2015 -strategia

Teknologinen kehitys  
– ajoneuvot ja polttoaineet

Taustamuistio A2

Juhani Laurikko

VTT



## JOHDANTO

Tämä muistio on Ajoneuvostrategia 2015 -hankkeen taustamuistio 2B, jossa kuvataan yleistä teknologista kehitystä ajoneuvojen ja polttoaineiden osalta, joka heijastuu Suomen automarkkinoille ja polttoainehuoltoon. Muistion tehtävä on ohjata strategiatyötä identifioimalla sellaisia tulevia kehityskulkuja, joihin Suomessa on varauduttava, ja joihin mahdollisesti sisältyy sellaisia piirteitä, että Suomen erityisolosuhteet (ankarat sääolosuhteet, pitkät välimatkat, laaja pinta-ala, verrattain pieni autokanta) tulisi ottaa huomioon.

Tulevaisuutta ja kehitystä ajatellen on merkillepantavaa, että ajoneuvojen ja niiden moottorien valmistusta ja teknistä kehitystyötä ei tehdä Suomessa muille kuin laivamoottorikokoluokan moottoreille (Wärtsilä Diesel) ja työkonedieselmoottoreille (SisuDiesel). Suomi on siis lähes kokonaan sen kehityksen varassa, jota tehdään globaalien kulkuneuvo- ja moottorinvalmistajien toimesta ja jonka tuloksena syntyneitä tuotteita tarjotaan Suomen markkinoille. Liikennepolttoaineiden osalta tilanne on siltä osin toisenlainen, sillä valtaosa Suomessa käytettävistä liikennepolttoaineista valmistetaan kotimaassa, ja kotimainen polttoaineteollisuus on kehitysintensiivistä, edustaen alansa terävintä kärkeä.

# SISÄLLYSLUETTELO

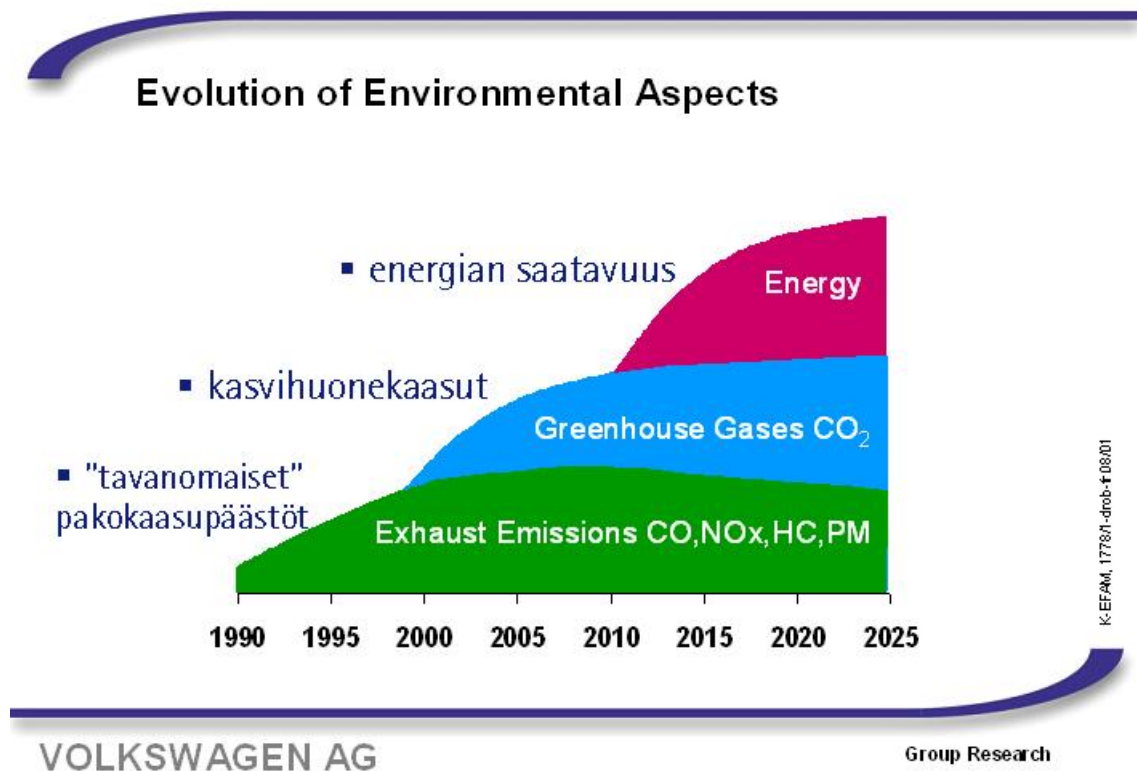
<b>1. KESKEISET KEHITYSTAVOITTEET .....</b>	<b>4</b>
1.1 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN.....	4
1.2 ÖLJYRIIPPUVUUDEN VÄHENTÄMINEN & ENERGIAOMAVARAISUUDEN LISÄÄMINEN.....	5
1.3 LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMINEN.....	5
1.4 KANNATTAVUUDEN JA KILPAILUKYVYN SÄILYTTÄMINEN (AJONEUVOTEOLLISUUS).....	6
<b>2. AJONEUVOTEKNIikka.....</b>	<b>7</b>
2.1 AJONEUVOSUUNNITTELUN RISTIPAINHEET .....	7
2.2 HENKILÖAUTOJEN RAKENTEEN KEHITYSPIIRTEITÄ .....	7
2.2.1. Ilmanvastus ja aerodynamiikka .....	7
2.2.2. Passiivinen (kolari) turvallisuus .....	8
2.2.3. Ajoneuvojen rakenteen (massan) keventäminen .....	9
2.3 AKTIIVINEN TURVALLISUUS, UUDET JÄRJESTELMÄT .....	9
<b>3. MOOTTORI- JA VOIMALAITETEKNIikka.....</b>	<b>12</b>
3.1 MÄNTÄMOOTTORI EDELLEEN KÄYTTÖ- JA KEHITYSKELPOINEN .....	12
3.2 POLTTOAINEEN KULUTUKSEN VÄHENTÄMINEN, DIESEL VS. OTTO .....	12
3.3 ”DOWNSIZING” JA ”DISPLACEMENT-ON-DEMAND” .....	12
3.4 UUDET PALAMISPROSESSIT.....	13
3.5 HYBRIDIRATKAISUT.....	13
3.6 PAKOKAASUPÄÄSTÖJEN HALLINTA .....	14
<b>4. UUDET VOIMALAITTEET .....</b>	<b>17</b>
4.1.1. Sähkökäyttö.....	17
4.1.2. Polttokennot autokäytössä.....	18
<b>5. POLTTOAINEET JA ENERGIAN KANTAJAT.....</b>	<b>22</b>
5.1 YLEINEN TAVOITE: ”DECARBONIZING” .....	22
5.2 EU:N TAVOITTEET UUSIUTUVIEN KÄYTÖSTÄ.....	22
5.3 BIOPOLTTOAINEIDEN RAAKA-AINEPOHJA.....	22
<b>6. UUSIEN POLTTOAINEIDEN YHTEENSOPIVUUS NYKYISEEN KALUSTOON.....</b>	<b>24</b>
6.1 UUDET ENERGIAN KANTAJAT: SÄHKÖ JA VETY .....	24
6.2 JAKELUINFRASTRUKTUURI.....	24
6.3 KÄYTTÖTURVALLISUUSTEKIJÄT .....	24
<b>7. KEHITYKSEEN MUKAUTUMINEN JA SIIHEN VAIKUTTAMINEN .....</b>	<b>26</b>

# 1. Keskeiset kehitystavoitteet

## 1.1 Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen

Keskeinen haaste maailman kulkuvälineteollisuudelle on kasvihuonekaasupäästöjen – pääasiassa hiilidioksidin – päästöjen vähentäminen. Se on vienyt ykköspaikan aikaisemmalta, myös ympäristöasioihin liittyvältä haasteelta, joka oli terveydelle haitallisten ja ympäristöä happamoittavien pakokaasupäästöjen vähentäminen. Pakokaasujen tehokas puhdistustekniikka yhdessä kehittyneen moottoritekniikan kanssa on suureksi osaksi ratkaissut näiden "tavanomaisten pakokaasupäästöjen" hallinnan.

Koska hiilidioksidi on nykyisin käytettävien raakaöljystä jalostettujen hiilivetypolttoaineiden palamisen lopputuote, eikä sitä millään järkevällä tekniikalla voi pakokaasuista poistaa, on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen mahdollista ainoastaan vähentämällä energian ja polttoaineen kulutusta.



Kuva 1. Ajoneuvoteollisuuden ympäristöhaasteet eri vuosikymmeninä (VAG).

Koska markkinavoimat eivät ole riittävän tehokkaasti ohjanneet kehitystä autojen polttoaineen kulutuksen pienentämiseksi, on julkinen valta pyrkinyt painostamaan teollisuutta erilaisin tavoin, kuten Yhdysvaltain CAFE-ohjelma (Corporate Average Fuel Economy), jossa kunkin valmistajan vuosittain myymien autojen keskikulutusta on seurattu. Mikäli tavoitetta ei ole saavutettu, seuraamuksena on ollut ylityksen mukaan määräytyvä sakkomaksu. Euroopan Unionissa on sovittu varsin pitkälle samansisältöisen ohjelman käynnistämiseksi, koska sitä edeltänyt yritys, autoteollisuuden Komissiolle antama vapaaehtoinen sitoumus ei ole tuonut toivottuja tuloksia.

## 1.2 Öljyriippuvuuden vähentäminen & energiaomavaraisuuden lisääminen

Toinen autoalan suurista haasteista on johdannainen edellisestä: öljyriippuvuuden vähentäminen. Koska fossiilisten polttoaineiden poltosta aiheutuu hiilidioksidipäästöjä, olisi päästöjen rajoittamiseksi pyrittävä muiden polttoaineiden tai energiamuotojen käyttämiseen öljyn sijasta.

Öljyriippuvuuden vähentämisen rinnalla pyritään samalla edistämään alueellista energiaomavaraisuutta, koska liian suuri riippuvuus tuontienergiasta on –ainakin periaatteellinen – uhka taloudelle ja yhteiskunnan toimivuudelle. Tästä toimii erinomaisena esimerkkinä Yhdysvaltojen harjoittama ulko- ja voimapolitiikka, jonka keskeisiä tavoitteita on ollut turvata riittävä öljynsaanti maan taloudelle, jonka riippuvuus öljystä on kasvanut erittäin suureksi samalla kun maan omat öljyvarat ovat jo lähes kokonaan ehtyneet. Sotilaalliset operaatiot Lähi-Idässä – Kuwaitissa ja kahdesti Irakissa – ovat pyrkineet pitämään alueen sellaisten voimien hallinnassa, jotka ovat suosiollisia Yhdysvaltain kanssa käytävälle öljykaupalle.

Myös Euroopan Unioni on energiastrategiassaan nimennyt energiaomavaraisuuden kasvattamisen keskeiseksi tavoitteeksi, koska myös EU-alueen omat öljyvarat ovat hupenemassa, kun Pohjanmeren kenttien tuotantoa ei enää ole kyetty lisäämään, jolloin tuonti Lähi-Idästä ja Venäjältä on johtanut lisääntyvään riippuvuuteen tuonnista.

## 1.3 Liikenneturvallisuuden parantaminen

Euroopassa tapahtuu vuosittain runsaat pari miljoonaa tieliikenneonnettomuutta, joissa kuolee yli 40 000 ihmistä (EU25 vuonna 2007 43 000 kuolemaa) ja yli 1,5 milj. loukkaantuu. Lukumääräisesti suurimpana ovat tietysti auto-onnettomuudet, mutta kuoleman riski jouduttaessa moottoripyörällä onnettomuuteen on kymmenkertainen. Kehitys on ollut hyvin positiivista, koska vielä vuonna 1998 rekisteröitiin Euroopassa noin 120 000 liikennekuolemaa. Tavoitteena on kuitenkin, että kuolemien määrä voidaan edelleen vähentää tasolle 25 000 vuoteen 2010 mennessä. Osassa jäsenmaita on kansallisesti vielä kovempia tavoitteita, kuten Ruotsin "nollavisio", joka tähtää liikennekuolemien täydelliseen eliminointiin.

Vaikka merkittävää osaa liikenneonnettomuuksissa näytteleekin alkoholi, sekä erilaiset olosuhteista aiheutuvat tekijät (sade, lumi, liukkaus jne.), on myös ajoneuvolla ja sen tekniikalla huomattava osuus. Perinteisin turvallisuuteen liittyvä ominaisuus on ollut ns. passiivinen turvallisuus, jolla tarkoitetaan niitä erilaisia teknologioita, joilla on pyritty vähentämään autossa olijoiden vammautumista törmäystilanteessa. Varhaisimpia tässä ryhmässä ovat turvavyöt ja istuimien pääntuet, sittemmin mukaan on tullut ns. turvakoritekniikka ja turvatyyny. Suuri osa näistä on nykyisin säädetty myös pakollisiksi.

Keskeisiä henkilöautojen (kori)rakenteen kehityspiirteitä onkin jo usean vuoden ajan ollut passiivisen kolariturvallisuuden parantaminen. Järjestelmällinen kolaritestien ohjaama kehitystyö on merkittävässä määrin parantanut uusien autojen turvallisuutta, ja kasvattanut sisällä olijoiden mahdollisuuksia selviytyä kolarissa elossa ja vähin vammoin.

Toinen, koko ajan laajeneva turvallisuustekniikan alue on ns. aktiivinen turvallisuus, jolla pyritään ehkäisemään onnettomuuksia. Sen perustana ovat erilaiset ajajan havainnointikykyä parantavat laitteet ja järjestelmät, joista perinteisimpiä ovat ajovalot, taustapeilit ja lasien huurteenpoistojärjestelmät. Luvussa 2.3 valotetaan enemmän näitä järjestelmiä ja niiden tekniikan kehitystä.

Ajoneuvoelektronikan kehittymisen myötä tähän ryhmään liitettiin erilaisia järjestelmiä, joilla parannettiin ajajan mahdollisuuksia hallita autoa. Ensin kehitettiin lukkiutumattomat jarrut, nyttemmin myös aktiiviseen ajonhallintaan liittyvät vetoluistonesto ja ESP, jolla yhdistetään eri järjestelmien toiminnot pyrkien helpottamaan auton ohjattavuutta ja pysymistä tiellä poikkeuksellisissakin ajo-olosuhteissa, kuten liukkaalla kelillä.

Viime aikoina on nostettu myös esiin liikenteen epäsuorat haittavaikutukset, joista myös aiheutuu kuolemantapauksia. Niitä syntyy liikenneperäisten päästöjen likaaman, epäpuhtaan ilman hengittämisestä ja liikennemelun synnyttämästä stressistä, joista viimeksi mainittu voi aiheuttaa jopa 50 000 vuosittaista kuolemaa<sup>1</sup>, ja epäpuhtas hengitysilma lasketaan osalliseksi miljooniin kuolemiin vuosittain.

#### 1.4 Kannattavuuden ja kilpailukyvyn säilyttäminen (ajoneuvoteollisuus)

Ajoneuvoteollisuus alihankkijaverkostoineen on merkittävä työllistäjä ja "talousmoottori" niin Euroopassa kuin Yhdysvalloissa, Japanissa ja muualla Kaakkois-Aasiassa (Korea, Kiina). Ajoneuvojen kysynnän hiipuminen läntisissä teollisuusmaissa autoistumisasteen lähes työssä "kyllästymispistettä" (noin 500 autoa/1000 asukasta) ja kysynnän voimakaskin nousu vaurastuvissa talouksissa (Kiina, Intia, Venäjä, Etelä-Amerikka) on johtamassa tuotannon siirtymistä näille uusille markkina-alueille. Sitä on vauhdittamassa teollisuustyön kallistuminen perinteisissä autonvalmistusmaissa.

Ajoneuvovalmistus, erityisesti henkilöautojen, on myös voimakkaasti kilpailtu teollisuudenala, jossa kaikki joutuvat jatkuvasti kamppailemaan kuluttajien suosiosta, koska merkin vaihtaminen on hyvinkin helppoa ja yleistä, jos mallivalikoima, laatu ja hintataso eivät kohdata ostajien toiveita. Siksi autonvalmistus ei ole suhteellisesti ottaen kovin kannattavaa, ja monet yhtiöt ovat olleet vaikeuksissa jo ennen viime kuukausien talouslaman puhkeamista.

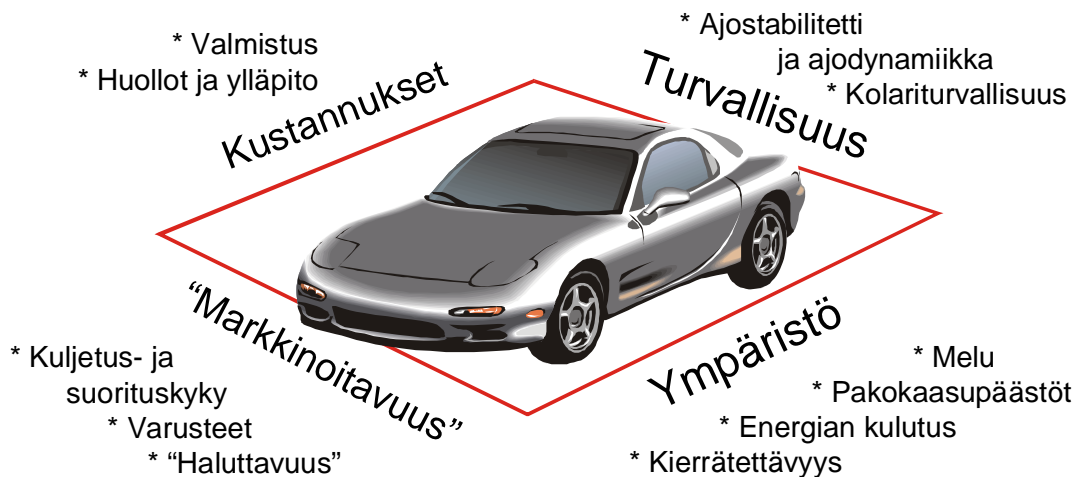
---

<sup>1</sup> [www.transportenvironment.org/News/2008/2/50000-heart-deaths-a-year-caused-by-traffic-noise/](http://www.transportenvironment.org/News/2008/2/50000-heart-deaths-a-year-caused-by-traffic-noise/)

## 2. Ajoneuvotekniikka

### 2.1 Ajoneuvosuunnittelun ristipaineet

Ajoneuvosuunnittelija kohtaa monenlaisia vaatimuksia ja haasteita, joista osa on jopa ristiriitaisia keskenään. Erityisen haastavaa on henkilöauton suunnittelu, koska siinä yhdistyy niin monia teknisiä ja myös ei-teknisiä vaatimuksia, koska henkilöautosta on tullut myös vahvasti sosiaalinen ilmiö. Kuvassa 2 on pyritty hahmottelemaan sitä monien ristikkäisten vaatimusten ja ominaisuuksien kenttää, jossa ajoneuvon suunnittelu tapahtuu.



Kuva 2. Autonsuunnittelun ristikkäisiä vaatimuksia (Laurikko).

Ensisijaisestihan auto suunnitellaan markkinoitavaksi, ja auton käyttäjää kiinnostaa luonnollisesti ajoneuvon suoritus- ja kuljetuskyyky, sekä käyttö- ja ylläpitokustannukset. Näiden lisäksi nykypäivänä pitkälti julkisen vallan sääntelytoimien ansiosta autoon kohdistuu myös lukuisia ympäristötekijöihin ja turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia. Lopputulos tulee olla kaikkien näiden vaatimusten ja toiveiden suhteen sopiva kompromissi.

### 2.2 Henkilöautojen rakenteen kehityspiirteitä

#### 2.2.1. Ilmanvastus ja aerodynamiikka

Auton korin ilmanvastuksen pienentämisessä on tehty melkoisia harppauksia 1980-luvun aikana. Tietokonesimuloinnilla ja tuulitunnelikokeilla on etsitty virtausvastusten kannalta edullisimpia muotoja varsin menestyksellisesti. Rajoittavana tekijänä alkaa olla matkustajatilän koko ja muoto, mikä käytännössä osittain sanelee korin korkeuden ja poikkipinta-alan. Kokonaisvastusta ei siksi voi kovin paljon enää pienentää. Kehityskulku on osin mennyt jopa vastakkaiseen suuntaan, kun viime vuosina koriltaan varsin korkeat ja nelikulmaiset tila-autot ovat lisänneet suosiotaan.

### 2.2.2. Passiivinen (kolari) turvallisuus

Koritekniikan kehitystä on vahvasti ohjannut kolaritestien kehittäminen ja järjestelmällinen testaustyö, jonka tuloksia raportoidaan julkisesti. Euroopassa julkishallinnon, kansainvälisen autoliiton (FIA) ja eri autoalan kuluttajajärjestöjen yhteenliittymänä toimiva EuroNCAP<sup>2</sup> tekee näitä testejä uusille malleille.



Kuva 3. Törmäystesitit ovat ohjanneet merkittäväällä tavalla autojen koriturvallisuutta (EuroNCAP).

Kantava yleispiirre on ollut tehdä matkustamosta luja kehikko, ja etu ja takaosista törmäyksessä energiaa sitovia "puskureita", joiden rakenteiden muodonmuutokseen häviää suuri osa törmäyksessä vapautuvasta energiasta, jolloin matkustamo-osa pysyy paremmin eheänä, ja sen keskimääräinen hidastuvuus pienenee, jolloin kuljettajan ja matkustajien kokema "väkivaltaisuus" pienenee, ja vammautuminen sen mukana.

Törmäyksessä laukeavat turvatyynyt tehostavat turvavöiden toimintaa, pehmentävät pysähdystä ja pitävät sisällä olijat turvarakenteiden piirissä. Alkuaan yhdestä ajajaa suojaavasta turvatyynystä on nykypäivänä edetty jo 6–10 turvatyynyn järjestelmiin, joissa kaikille matkustajille on omat etutyynyt, ja lisäksi useita sivutyynyjä. Tämän suuntainen kehitys todennäköisesti vielä jatkuu, ja samalla turvatyynyjärjestelmien laukaisulogiikkaa kehitetään ottamaan paremmin huomioon erilaiset, eri suunnista tulevat törmäykset.

Haasteena tulee olemaan monimutkaisella tekniikalla varustettujen autojen pitäminen toiminnallisesti moitteettomassa kunnossa, kun ajan myötä mm. erilaiset johtimien liitokset hapettuvat ja antureihin ilmaantuu iän myötä toimintapuuutteita. Myös erilaiset kemialliset panokset, joilla turvatyynyjärjestelmiä käytetään, saattavat ajan myötä vaatia uudistamista.

<sup>2</sup> <http://www.euroncap.com/home.aspx>



### 2.2.3. Ajoneuvojen rakenteen (massan) keventäminen

Edellisen kohdan kuvaamien rakenteellisten turvatekijöiden lisääminen on noin kymmenen vuoden kuluessa kasvattanut keskikokoisen perheauton massaa jopa 500 kg. Myös erilaisten lisä- ja mukavuusvarusteiden, kuten ohjaustehostimien ja ilmastointilaitteiden yleistymisen, on jarruttanut positiivista kehitystä tuoden autoon paitsi lisäpainoa, myös lisää energian kulutusta.

Auton energian kulutuksen pienentämiseksi olisi kuitenkin edullista, että auto olisi kevyt, koska silloin sen kiihdyttämiseen tarvittaisiin vähemmän energiaa. Siksi tehdäänkin määrätietoista kehitystyötä uusien kevyempien rakenteiden kehittämiseksi. Tähän liittyy myös uusien, kustannuksiltaan hyväksyttävien keveiden materiaalien kehittäminen. Uusien materiaalien kehittämistä ohjaavat paitsi vaatimukset sarjavalmistuksen edellyttämästä mittatarkkuudesta ja helposta työstettävyydestä, myös tiukat vaatimukset turvallisuudesta kolarissa (esim. hiilikuitu pirstoutuu rikkoutuessaan teräviksi säleiksi), sekä kierrätettävyydestä<sup>3</sup>, kun ajoneuvo elinkaarensa lopulla poistetaan käytöstä

## 2.3 Aktiivinen turvallisuus, uudet järjestelmät

Autojen aktiivinen turvatekniikka kehittyi suuntaan, jossa antureiden ja anturijärjestelmien merkitys korostuu kaikessa ajamisen tarkkailussa. Auton ympäristöä havainnoidaan erillisillä tutka-, kamera- ja lasertekniikoilla. Myös kuljettajan vireyttä ja tarkkaavaisuuden suuntaa seurataan kehon liikkeistä ja auton liiketilän mittauksen avulla.

Kehitystyö on vienyt aikaa, koska anturitekniikka, antureilla kerättyjen tietojen käsittelyn nopeus eivät ole riittäneet nopeasti liikkuvan auton tarpeisiin. Kymmenen viime vuoden aikana suurin harppaus on otettu juuri laskentatehossa, ja tämä mahdollistaa aikaisempaa täydellisempien mallien käytön reaaliajassa; jopa kolmiulotteisen mallintamisen aikaisempien 2D-mallien sijaan. Myös ympäristöä havainnoivien antureiden toimintavarmuutta huonoissa keliolosuhteissa on parannettu ja esimerkiksi jalankulkijoiden havaitsemisesta on tullut luotettavampaa. Laskentatehon kasvu on edistänyt myös datafuusion käyttöä eli useilla antureilla kerätyn tiedon yhdistämistä ja tulkintaa.

Anturien ja tietotekniikan lisääntyminen vaikuttaa paljon myös autojen järjestelmäarkkitehtuuriin. Koska monissa sovelluksissa käytetään samoja antureita, esimerkiksi kiihtyvyyssantureita, tulisi tietojen olla saatavilla auton väylältä useaan eri käyttötarkoitukseen. Tiedonsiirron tarve kasvaa, mikä näkyy autojen väylätekniikoiden kehityksessä. Myös matkapuhelimet, navigaattorit ja musiikkisoittimet kommunikoivat jo nyt auton järjestelmien kanssa.

Ajajaa auton hallinnassa avustavista järjestelmistä (ABS, ASR, ESP jne.) on nykypäivänä henkilöautojen aktiivisessa turvallisuudessa edetty jo sille tasolle, että eräät järjestelmät voivat puuttua ajoneuvon hallintaan, jos ne havaitsevat vaaratilanteen, eikä kuljettaja reagoi annetun turva-ajan puitteissa. Tällainen on esim. automaattiseen jarrutukseen kykenevä Volvon hiljattain markkinoille tuoma CitySafety, jolla pyritään estämään kaupunkiliikenteessä tyypillisiä peräänajoja. Myös muilla valmistajilla on kokeilussa ja kehitteillä vastaavia, ja tämän tyyppisten järjestelmien runsastuminen lähivuosina on hyvin todennäköistä. Niiden rinnalle tulee myös lisää ja entistä parempia kuljettajan havainnointikykyä ja ajovireyttä parantavia järjestelmiä.

---

<sup>3</sup> Ns. End-of-Life Vehicle eli ELV-direktiivi Directive 2000/53/EC.

Taulukko 1. Kuljettajan tukijärjestelmien kehitystavoitteita.

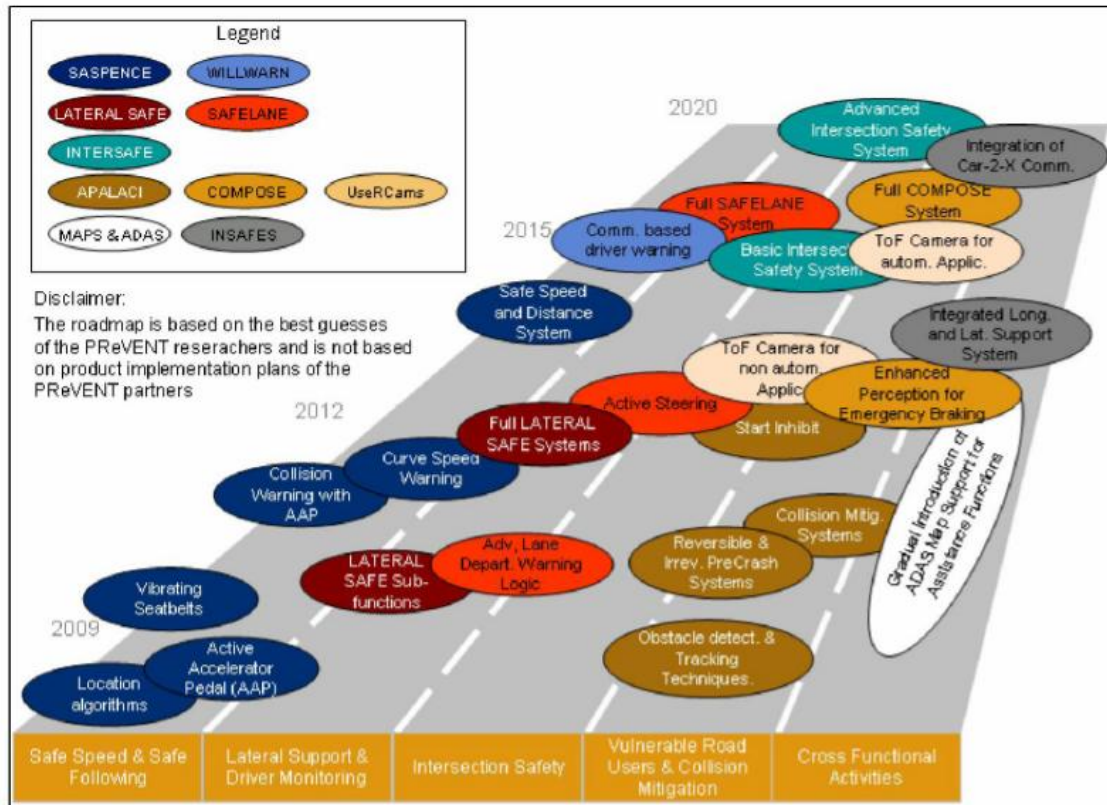
Yleisiä kehitystavoitteita	Käytetty tekniikka
Ympäristön havainnointi ja elektronisen turvavyöhykkeen muodostaminen auton ympärille	Kameratyypiset anturit ja kuvankäsittely, kartat, paikannus ja kommunikaatio muiden tienkäyttäjien kanssa
Kommunikointi ympäristön kanssa.	Kommunikoi toisille vaaranpaikoista, rikkoutumisista yms. ja kokoaa tietoa kartoista ja taustajärjestelmistä
Tilannetietoisuus ja kuljettajan varoittaminen vaaratilanteista	Auton liiketilan mittaus, kuljettajan viireystilan seuranta ja ympäristöstä mitatun tiedon yhdistäminen arvioksi kokonaistilanteesta. Kuljettajaa varoitetaan tarvittaessa. "Warning management" tarpeen, jotta ei useita päällekkäisiä varoituksia.
Osittain automatisoitu ohjaus, esimerkiksi pysäköinti, hätäjarrutus ja kaistalla pito. Ikääntyneiden ja vammaisten mahdollisuudet ajaa autoa paranevat.	Perustuu tilanteen arviointiin (hätäjarrutus, nukahtaneen pito kaistalla) tai käyttäjä käynnistää toiminnon (pysäköintiäpu)
Mukavampi ajaa, mukautuu kuljettajan ominaisuuksiin	Käyttäjäprofiilien luonti, asetusten pito muistissa, kuljettajan tunnistaminen, ajamista helpottavat automaatiikat.
Kytkenät nomadisiin laitteisiin	Esimerkiksi Bluetooth-radioyhteyttä käyttäen musiikin siirto, auton kaiutinjärjestelmän käyttö puhelinsoitoissa, kytkenät navigaatiolaitteisiin

Seuraavat askeleet älykkään auton kehityksessä liittyvät ns. kooperatiiviseen ajamiseen, jossa auto kommunikoi muiden autojen kanssa sekä ottaa vastaan tietoa taustajärjestelmistä liikenteen eri osapuolilta, esimerkiksi tienpitäjältä. Muita kehitystavoitteita ovat kuljettajan ominaisuuksiin mukautuva auto ja esimerkiksi pysäköinnin ja ruuhka-ajon automatisointi; ruuhkassa ja taajamaliikenteessä auto pysähtyy tarvittaessa itsestään ja lähtee liikkeelle automaattisesti. Kaikilla näillä voidaan parantaa liikenteen sujuvuutta ja sitä kautta vähentää myös energian kulutusta ja siitä aiheutuvia ei-toivottuja päästöjä.

Pidemmällä tulevaisuudessa otetaan jo askelia kohti autonomista eli itsenäisesti liikkuvaa autoa. Jo tämän päivän teknologialla useista reiteistä suoriuduttaisiin tietokoneen ohjaamana, mutta vajavainen ympäristön ja etenkin jalankulkijoiden havainnointi, sujuvan toiminnan vaikeus ruuhkaliikenteessä, tuotevastuu onnettomuustilanteissa ja lain asettamat rajoitukset hillitsevät visioita. Ennen markkinoille pääsyään kehittyneimmät kuljettajan tukijärjestelmät edellyttävät kattavia turvallisuustestauksen ja tuotehyväksynnän menettelyjä.

Erilaiset informaatioteknologian sovellukset liikenteessä eli nk. liikennetelematikka yleistyy siis koko ajan. Osa siitä liittyy läheisesti väyläinfrastruktuuriin ja antaa ajajalle mm. informaatiota liikennetilanteista ja ajo-olosuhteista, Osa taas liittyy suunnistukseen ja reitinvalintaan (ajoneuvonavigointi). Varsinkin jälkimmäinen on voimakkaasti lisääntynyt, ja tulee jatkossa entistä monipuolisemmin integroitumaan infrastruktuuripohjaisiin järjestelmiin.

Tällä hetkellä paras arvio uusien kuljettajan tukijärjestelmien markkinoille tulosta löytynee EU:n rahoittaman PReVENT-projektin työstämästä roadmapista, kuva 4.



Kuva 4. Arvio kuljettajan tukijärjestelmien markkinoille tulosta (Lähde: EU-PRéVENT).

Kaikkia kuvan 4 esittelemiä kokonaisuuksia ei ehkä sellaisenaan tule markkinoille, vaan tuotteet voivat olla yksinkertaistettuja. Karttaan ja paikannukseen perustuvat järjestelmät ovat tällä hetkellä yleistymässä nopeimmin. Esteiden karkea havainnointi, kaistavahti ja juuri ennen törmäystä tapahtuvat varotoimenpiteet ovat aikajanelä seuraavina.

Koska yksittäiset järjestelmät ovat kalliita, autoteollisuus luultavimmin hakee tulevaisuudessa entistä hanakammin pakettiratkaisuja. Tällöin samaan pakettiin sisällytetään monta toimintoa, jotka hyödyntävät samoja antureita ja muita komponentteja. Kuluttajien maksuhalukkuuden ollessa rajallinen paketointi voi tuottaa helpommin myytävän tuotteen kuin toimijoiden myyminen erillisinä järjestelminä. Tämä selittää osaltaan aiempaa kehitystä (esimerkiksi ESC<sup>4</sup> hyödyntää ABS-antureita, kehityskulku ACC - Forward Collision Warning - ACC Stop and go - Emergency Braking) ja myös PREVENTin Roadmap-kuvan toteutusjärjestyksiä. Hagleitnerin (2008) mukaan edistynyt jarrujärjestelmä ja seuraamisetaisyysanturit ovat tällä hetkellä avainasemassa järjestelmien markkinoille tulossa. ESC ja Brake Assist (BAS) ovat tulevien turvajärjestelmäpakettien perustana. Mukavuustoiminnon ACC perustalle rakennettaneen monia turvallisuuspaketteja.

Järjestelmien laskennalliset hyödyt ohjaavat rahoitusta ja politiikkaa. Komission tavoitteena on esimerkiksi saavuttaa 100 % ESC:n käyttö uusissa autoissa vuonna 2013 (vuonna 2005 EU-25 keskiarvo oli 40 % ja parhaassa maassa, Ruotsissa 97 % vuoden 2008 syksyllä). ChooseESC!-mainoskampanja tukee tämän tavoitteen saavuttamisessa. Uutena järjestelmänä pyritään saamaan eCall optiona kaikkiin uusiin ajoneuvoihin 2012 alkaen.

<sup>4</sup> Liitteessä 1 on esitetty ajoneuvojen erilaisten telemaattisten järjestelmien nimet ja lyhyet kuvaukset.

## 3. Moottori- ja voimalaitetekniikka

### 3.1 Mäntämoottori edelleen käyttö- ja kehityskelpoinen

Käyttövoiman tuotanto on liikennevälineen energiankäytön ja sen ympäristövaikutuksien syntymisen kannalta keskeinen tekijä. Jo noin sadan vuoden ajan autojen voimalaitteena on lähes yksinomaan käytetty mäntäpolttomootoria, jonka polttoaineena on ollut jokin raakaöljyjaloste, tavallisimmin bensiini tai dieselöljy, nykyisin lisääntyvässä määrin myös maa- tai nestekaasu.

Mäntämoottoria on onnistuttu kehittämään jatkuvasti vastaamaan kulloisenkin ajankohdan sille asettamia vaatimuksia. Niistä tärkeimmät ovat nykyään varmasti vähäiset ympäristöpäästöt ja pieni energian kulutus, mutta myös käyttövarmuus ja edullinen hinta ovat koko ajan seuranneet mukana. Teollisuus on investoinut mäntämoottorien kehitykseen ja valmistukseen mittavia summia, ja varmasti haluaa jatkaa näiden investointien hyväksikäyttöä vielä pitkälle tulevaisuuteen.

### 3.2 Polttoaineen kulutuksen vähentäminen, diesel vs. otto

Keskeinen kehityskohde autojen moottoreissa on jo pitkään ollut hyötysuhteen parantaminen. Tähän on tullut lisää mahdollisuuksia, kun pakokaasujen haitallisia päästöjä on opittu entistä paremmin hallitsemaan erilaisilla puhdistusjärjestelmillä. Avaintekijänä viimeaikaisessa kehityksessä on ollut tehokkaan, mikroprosessoritekniikkaan perustuvan ohjauksen ja säädön käyttöönotto sekä otto- että etenkin dieselmoottoreissa. Parantuvan säätötekniikan mukanaan tuomat mahdollisuudet perustuvatkin lähinnä moottorille syötettävän polttoainemäärän ja koko palamisprosessin entistä tarkempaan hallintaan liikennetilanteen mukaan nopeasti muuttuvissa kuormitusilanteissa. Säätöjärjestelmien nopeuden ja tehon koko ajan parantuessa mäntämoottorin säätö voidaan jo lähitulevaisuudessa optimoida jopa sylinterikohtaisesti, jolloin lopputulos paranee entisestään.

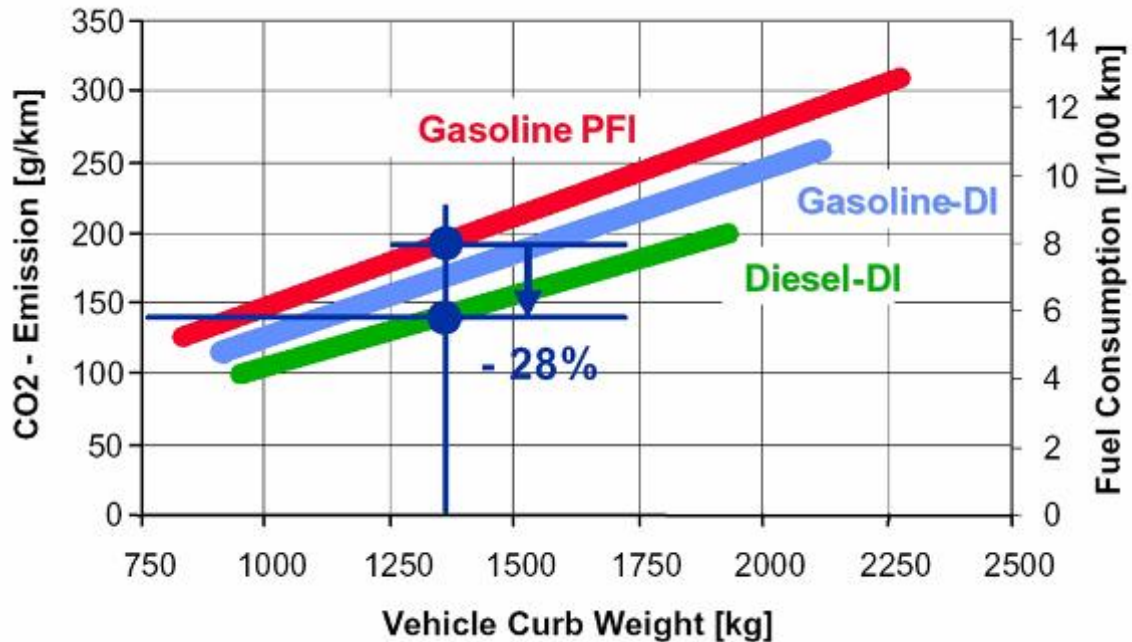
Pyrittäessä parantamaan auton energiataloutta on hyötysuhteeltaan ottomoottoria parempi dieselmoottori vallannut siltä alaa. Euroopassa tämä kehitys on ollut erityisen merkille pantavaa, sillä eurooppalaiset autonvalmistajat ovat painottaneet dieselmoottorin kehitystä tavoitellessaan malliston keskimääräisen hiilidioksidinpäästön alenemaa Euroopan Komission kanssa vuonna 1998 tehdyn tavoitesopimuksen mukaisesti (tavoite oli 140 g/km vuonna 2008). Läntisessä Euroopassa jo muutama vuosi sitten keskimäärin joka toinen uusi rekisteröitävä auto oli dieselmoottorinen kun dieselosuus vielä 1997 oli vain runsaat 20 %.

### 3.3 "Downsizing" ja "displacement-on-demand"

Parempaa polttoainetaloutta tavoiteltaessa on moottorien iskuilavuutta pienennetty, ja erilaisten tehokkaiden ahdintekniikoiden käyttöä lisätty. Tällä tavoin saadaan jo 1.4 litran moottorista yhtä paljon tehoa ja vääntömomenttia kuin "normaalista" 2-litraisesta, mutta pienemmän moottorin polttoainetalous on parempi, noin 5–10 %

Toinen kehityslinja pyrkii sovittamaan moottorin toiminnan entistä paremmin liikennetilanteen mukaan muuttuviin teho vaatimuksiin. Kun hitaasti ja tasaisesti ajettaessa tehontarve on hyvin pieni, voidaan osa sylintereistä kytkeä pois toiminnasta. Silloin käynnissä olevien sylinterien kuormitusaste nousee ja hyötysuhde paranee. Kun tehontarve taas kasvaa, lepuutetut sylinterit aktivoidaan. Tämä tekniikka, jota englannin kielellä kutsutaan ni-

mikkeellä "displacement-on-demand", soveltuu varsinkin suurien autojen monisynterisiin moottoreihin. Tähän liittyen kehitteillä on myös sähköisesti ohjattu venttiilikoneisto, joka sallisi moottorin täytösasteen nykyistä paremman ja joustavamman säädön sekä sylinterien ajoittaisen käytöstä poissulkemisen.



Kuva 5. Dieselmoottori on taloudellisempi kuin perinteinen otto/bensiinimoottori (gasoline PFI), ja jopa vaikka ottomoottorissa olisi suoraruiskutus (gasoline DI).

### 3.4 Uudet palamisprosessit

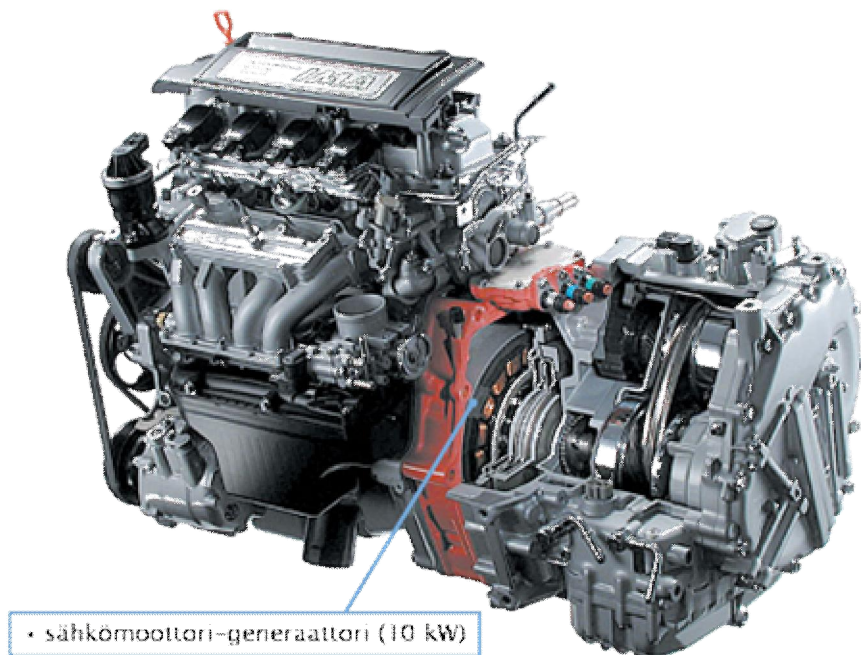
Perinteisten otto- ja dieselmoottorien rinnalle on myös kehitteillä aivan uusia prosesseja, mm. HCCI ("Homogenous Charge Compression Ignition"), jossa yhdistyvät otto- ja dieselprosessien ominaisuudet. Sille kehitetään myös ominaisuuksiltaan nykyisistä poikkeavia polttoaineita.

### 3.5 Hybridiratkaisut

Ajoneuvomoottorin kuormitus muuttuu ajon aikana liikennetilanteiden pakottaman lähes jatkuvasti. Silloin moottorin toiminta joutuu usein pois siltä alueelta, jossa se on taloudellisinta. Vaihteiston ja voimansiirron optimoinnilla ja yhdistettäessä niiden ohjaus moottorin säätöelektroniikkaan, voidaan päästä lähemmäs moottorin polttoaineen kulutuksen kannalta edullisinta aluetta. Samoin jos henkilöautojen suorituskykyvaatimuksista tingittäisiin, tulisi toimeen myös suhteellisesti pienemmällä moottorilla, joka toimisi suuremman osan ajasta korkeammalla kuormitustasolla ja siten myös paremmalla hyötysuhteella kuin suurikokoinen ja -tehoinen moottori.

Samaa tehonsäädön optimoinnin kehityslinjaa edustavat myös erilaiset ns. hybridikäytöt, joilla polttomoottori voidaan optimoida toimimaan aina parhaalla mahdollisella tavalla. Kun polttomoottori erotetaan vetopyöristä sähköisen ajovoimansiirron avulla, voidaan moottoria kuormittaa aina riittävästi, tai joissain tilanteissa jopa sammuttaa se kokonaan. Samalla jäävät pois nopeat kuormituksen muutokset, jotka pahimmin haittaavat moottorin toimintaa. Käyttämällä moottorin rinnalla jotain energiavarastoa, kuten vaikkapa akkua, tullaan toimeen suhteellisesti ottaen pienemmällä moottorilla, kun energiavaraston puskurivaikutus

tuo kiihdytystilanteessa lisävoimaa. Kokonaishyötysuhdetta parantaa edelleen mahdollisuus hidastuksissa ja jarrutuksissa ottaa talteen liike-energiaa, joka nykyisissä autoissa hukataan jarruissa lämmöksi. Tätä kutsutaan regeneraatioksi.



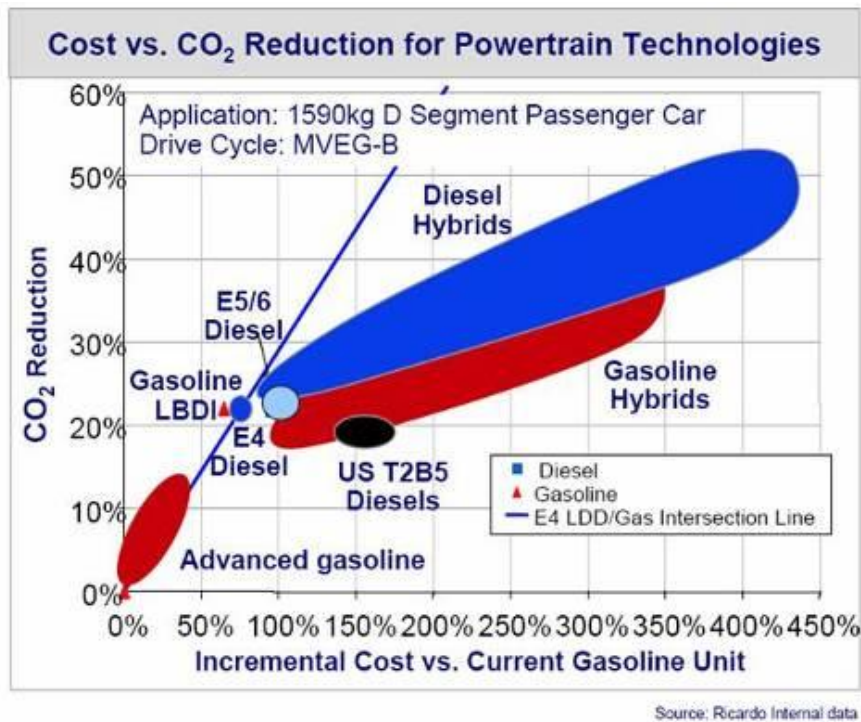
Kuva 6. Osahybridissä on vain pienitehoinen moottori-generaattori, joka antaa apuvoimaa ja auttaa liike-energian regeneroinnissa (Honda IMA).

Varsinaisten "täshybridien" rinnalle on tulossa myös malleja, joissa polttomoottorin toimintaa tehostetaan ja kulutusta vähennetään pienehköllä sähkömoottori-generaattori - yhdistelmällä. Niissä polttomoottori voidaan ajoittain, esimerkiksi katkonaisessa ruuhkaliikenteessä, pysäyttää, ja käynnistää hyvin nopeasti, kun liikennetilanne taas sallii liikkeellelähden. Sähkömoottorin kiihdytyksissä antaman avustuksen ansiosta tullaan myös toimeen pienemmällä polttomoottorilla. Polttoainetalouden parantuminen on luonnollisesti vähäisempää kuin täshybrideissä, mutta vastaavasti valmistuskustannukset paljon pienemmät.

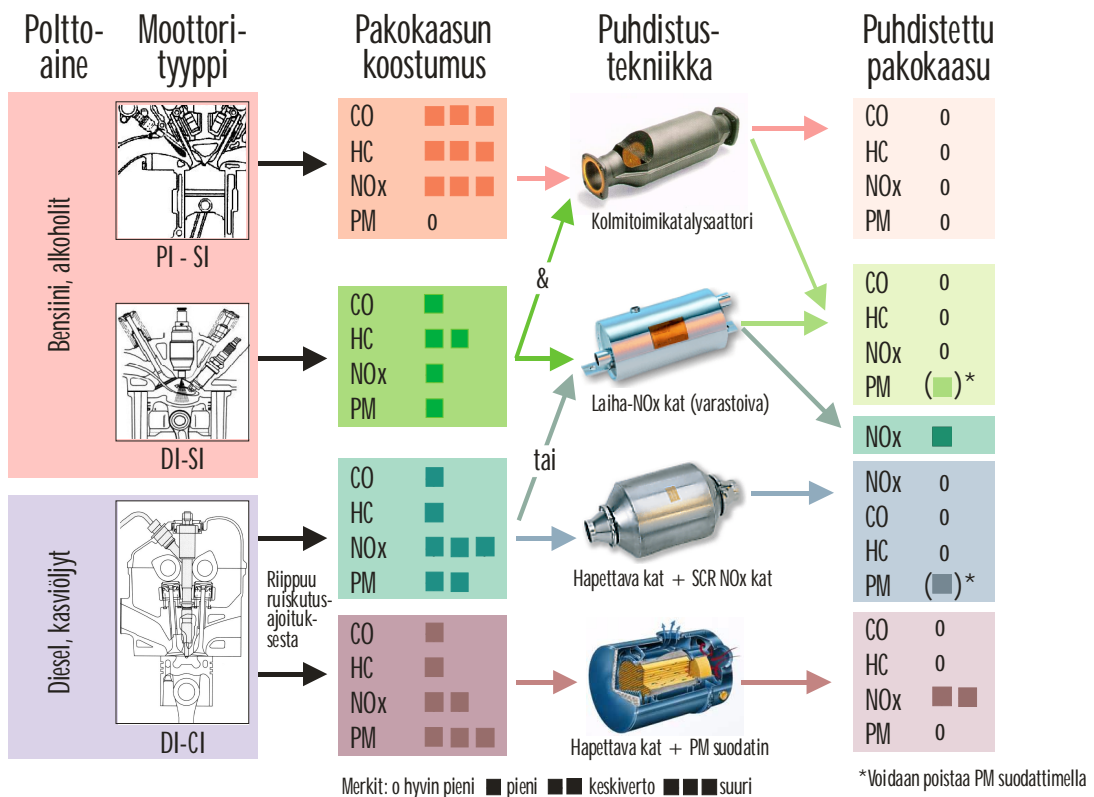
### 3.6 Pakokaasupäästöjen hallinta

Dieselmootoreissa elektronisen säätötekniikan käytön lisäksi polttoaineen ruiskutuspaineen kasvattaminen on vallitseva kehityssuunta. Näiden avulla on tähän asti voitu täyttää vaatimukset päästöjen vähentämiseksi, ja samanaikaisesti pitää polttoainetalous hyvänä. Päästömääräysten kiristyminen EU:ssa vuonna 2009 (ns. EURO5) ja etenkin vuonna 2014 (EURO6) asettaa kuitenkin niin tiukkoja rajoja hiukkas- ja NOx-päästöille, että niistä ei enää selvitä ilman tehokasta puhdistustekniikkaa. Kehitteillä on sekä typen oksideja pelkistäviä että hiukkasia suodattavia ratkaisuja. Ensimmäiset näistä ovat jo ehtineet kauppoissa ostettavissa oleviin autoihin. Mutta uusia ja tehokkaampia vielä kehitetään. Silti dieselmootorin kokonaistuotantokustannusten ennakoidaan kasvavan tulevilla vuosikymmenellä parantaen taas ottomoottorien kilpailukykyä, koska niissä pakokaasupäästöjen hallinta on kustannusvaikutuksiltaan pienemmässä roolissa.

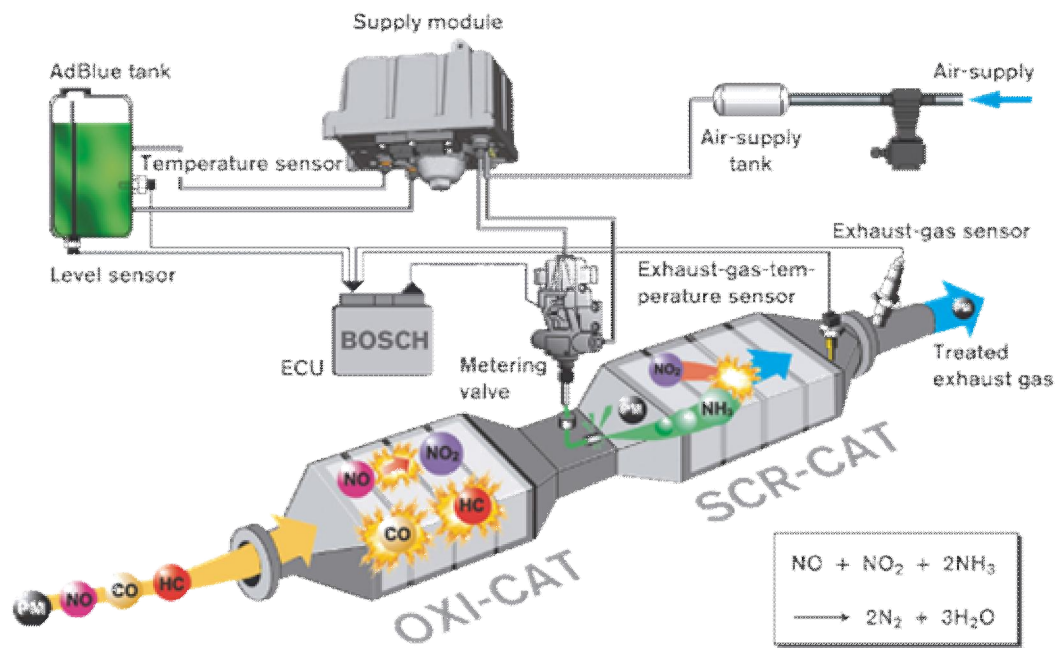




Kuva 7. Eri tekniikoita hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen ja niiden lisäkustannus (Ricardo)



Kuva 8. Pakokaasunpuhdistimien eri peruslajit eri moottorityypeille (Laurikko).



Kuva 9. Selective Catalytic Reduction (SCR) puhdistusjärjestelmä dieselmoottorin typen oksideille (BOSCH)



## 4. Uudet voimalaitteet

### 4.1.1. Sähkökäyttö

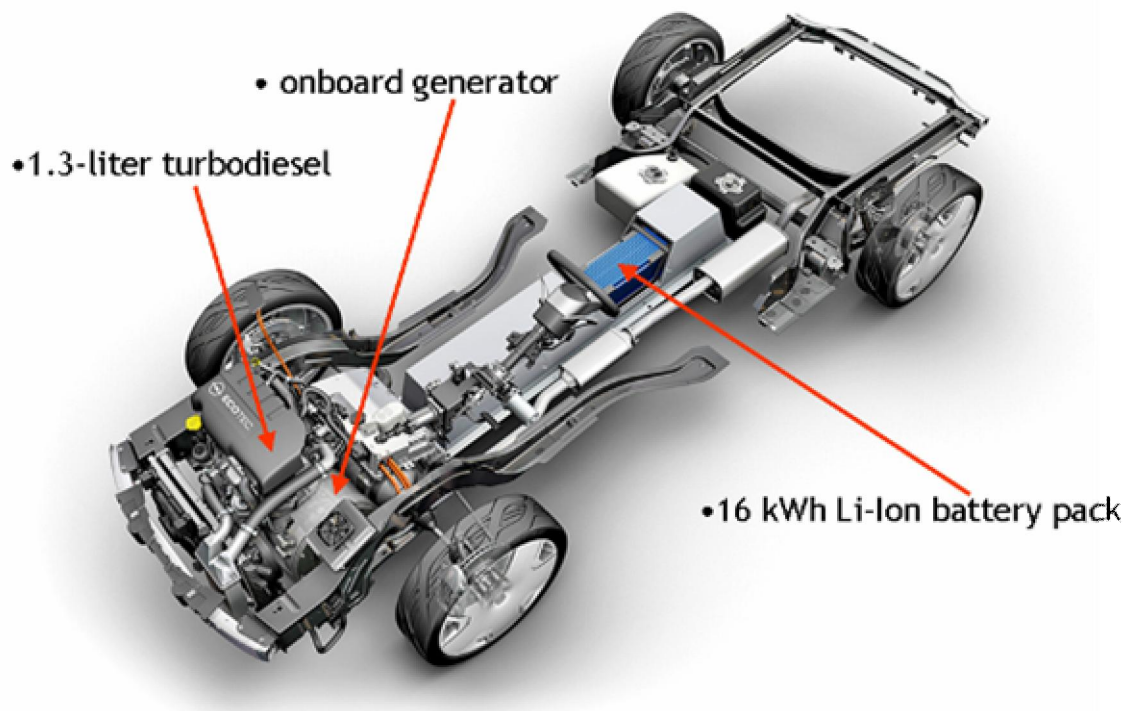
Varteenotettavaa kilpailijaa ei mäntämoottorille ole vielä ilmestynyt, vaikka esimerkiksi sähkökäyttöisten autojen historia on yhtä pitkä kuin polttomoottoriautojen. Pääsyy on selkeästi sähkön vaikea varastoitavuus. Nykyisten parhaidenkin akkujen tarjoama teho- ja energiatiheys on vielä suhteellisen vaatimaton ja hinta korkea verrattuna nestemäisten hiilivetyjen vastaaviin arvoihin. Siksi akkusähköauto on jäänyt marginaaliseksi erikoisuudeksi.

Uuden akkuteknologian kuten litiumioniakkujen kehitystyö on viime vuosina etenkin Yhdysvalloissa kuitenkin vienyt sähköautojen teknologiaa eteenpäin, ja tuottanut uuden tuotekonseptin, ns. lataushybridin ("plug-in hybrid"), jossa yhdistyvät verkosta ladattava sähköauto ja polttomoottorihybridi uudella tavalla antaen noin 50–100 km toimintamatkan kertalatauksella (5-6 tuntia), ja lopusta toimintamatkasta huolehtii polttomoottori tavanomaiseen tapaan toimien myös akkujen "laturina".

Kuvissa 10 ja 11 on esitetty ensimmäinen tällainen "plug-in" -hybridiauto ja sen tekniikkaa. Kuvan 10 auto on GM:n Chevrolet Volt -nimellä esittelemä tuote, jonka sarjavalmistus alkaa vuonna 2011, ellei nykyinen talouskriisi aja yhtiötä aivan ylipääsemättömiin vaikeuksiin. Autossa on 16 kWh litium-ioniakku, jonka latausaika on noin 5-6 tuntia, ja siitä riittää virtaa noin 50-65 km ajoon. Generaattoria pyörittävä polttomoottori on 53 kW (1 dm<sup>3</sup>, 3 syl.), ja sille bensiiniä on 45 litraa. Kokonaisajomatkaksi saadaan siten jopa noin 1000 km. GM on esitellyt myös dieselversion Opel-tuotemerkillä, jossa 1.3 dm<sup>3</sup> turbodiesel (kuva 11). Vastaavan tyyppisiä autoja on odotettavissa muutaman vuoden kuluessa moneltakin autonvalmistajalta



Kuva 10. Chevrolet Volt Plug-in hybridiauto (GM).



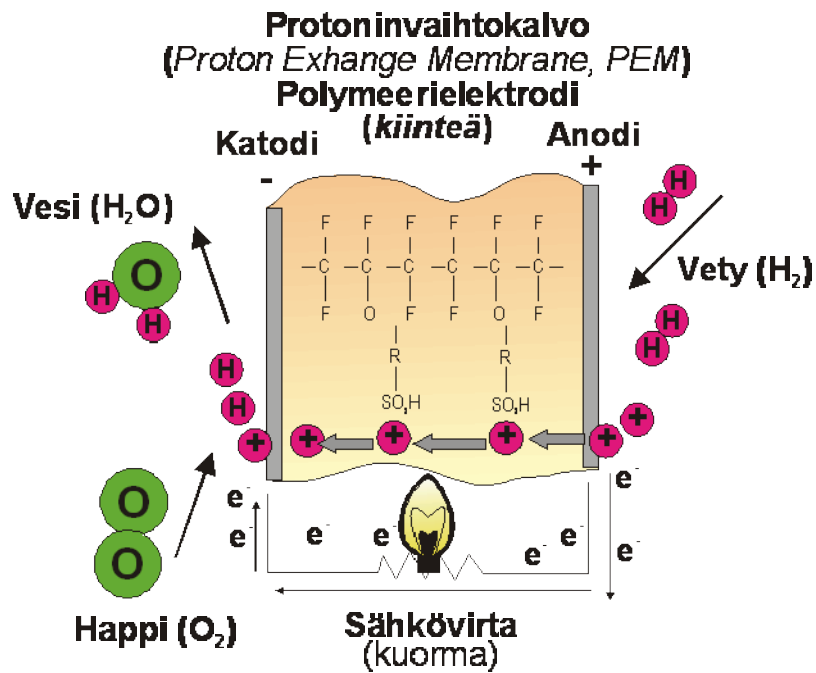
Kuva 11. Opel Flextrema Plug-in hybridi-auton periaaterakenne (GM).

#### 4.1.2. Polttokennot autokäytössä

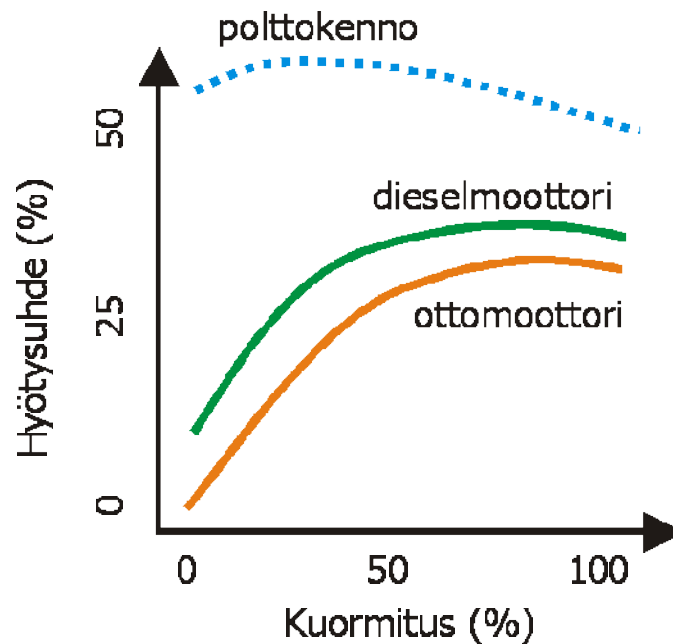
Hybridi-autot ja sähköiset ajovoimansiirrot tasoittavat tietä myös aivan uusille voimailaitteille. Tulevaisuuden hybridi-autossa sähkö todennäköisesti tuotetaan nykyisen polttomoottori-generaattori-yhdistelmän sijasta polttokennolla.

Polttokennossa vety yhtyy ilman happeen synnyttäen sähkövirtaa. Koska reaktio toimii verrattain matalassa lämpötilassa ilman varsinaista palamisprosessia, ei siinä synny mitään haitallisia päästöjä, ainoastaan puhdasta vettä. Siitä odotetaan tulevan "tämän vuosituhannen voimalaite" ja vaihtoehto, joka lopullisesti syrjäyttäisi mäntämoottorit.

Polttokenno ei kuitenkaan ole parhaimmillaan todella suurissa, yli 250 kW yksiköissä, koska polttokenno on "2D"-moottori, sillä siinä teho kasvaa suhteessa pinta-alaan, mutta mäntämoottori on "3D-moottori", eli teho kasvaa suhteessa tilavuuteen. Siten isotehoinen polttokennomoottori on paljon suurikokoisempi kuin mäntäpolttomoottori. Pitkältä tästä syystä – sekä sähkön tai vedyn vaikean varastoitavuuden takia – uskotaan yleisesti, että raskaissa ajoneuvoissa, etenkin pitkämatkaisessa tavaraliikenteessä, dieselmoottori säilyttää vahvan asemansa vielä vuosikymmeniä. Sen polttoaine sen sijaan voi olla biomassasta valmistettua, jolloin sen nettohiilipäästöt ovat vähäisemmät. Ainoastaan kaupunkiliikenteessä, etenkin busseissa, vetypolttokenno on vahvoilla dieseliin nähden.



Kuva 12. Polttokennon toiminnan periaatekaavio.



Kuva 13. Polttokennon hyötysuhde on parempi kuin mäntämoottorien, etenkin osakuorma-alueella, jota moottorin käyntiajasta on huomattava osa.

Pelkää polttokenno ei toki yksinään riitä, vaan toimiakseen se vaatii joukon apulaitteita ja ohjausjärjestelmän, joka huolehtii prosessien valvonnasta ja ohjauksesta. Tuotekehittäjillä onkin haasteena laitteistojen pienentäminen ja integrointi niin, että ne saataisiin sijoitettua autoon ilman, että hyötytilavuutta joudutaan pienentämään.

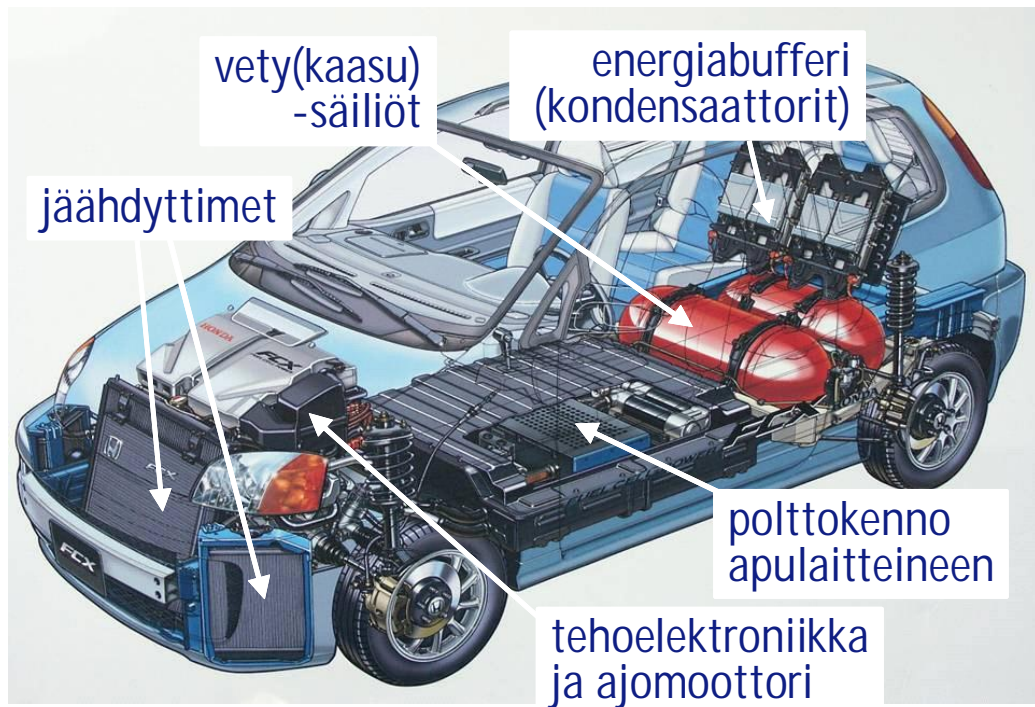


Kuva 14. Autokäyttöön sovitettu polttokenno apulaitteineen (Ballard).

Polttokennosähköautojen kehitystyöhön panostettiin autoteollisuudessa voimakkaasti 2000-luvun taitteessa. Kehitysoptimismi on sittemmin hieman laantunut, sillä vaikka polttokennon tehoitiheys ja muukin tekninen suorituskyky on parantunut huomattavasti mittavien kehityspanostusten ansioista, on polttokennolla tuotettu teho vielä ainakin kymmenen kertaa kalliimpaa kuin nykyisillä mäntämootoreilla, eikä hintaa aivan lähivuosina vielä saada kilpailukykyiselle tasolle massamarkkinoita ajatellen. Hintaa kertyy pääasiassa erilaisista katalyyttinä toimivista jalometalleista, joita tarvitaan vielä melkoisia määriä tavoitetasoon verrattuna

Polttokennokäyttöisten autojen kehittämistyö ja markkinoille tulo on juuri tällä hetkellä ehkä vähäisemmän mielenkiinnon kohteena kuin vielä 3–5 vuotta sitten. Syynä ovat toisaalta ne vaikeudet, joita kehitystyössä on kohdattu, ja toisaalta autoteollisuuden nopeasti kasvanut mielenkiinto plug-in –hybridiautojen kehittämiseen markkinakelpoiseksi. Polttokennoautolle on siis annettu ”aikalisä”.

Kaikilla isoilla autoyhtiöillä on kuitenkin edelleen jonkinlaiset kehitysohjelmat, ja optimismi autojen sarjavalmistuksen aloittamisesta oli varsin suuri vielä viisi vuotta sitten. Nyt optimismi on hieman taantunut, ja realismi tullut sijalle. Toistaiseksi puhutaan vielä varsin vaatimattomista tuotantoluvuista: kumulatiivisesti ja maailmanlaajuisesti on tuotettu ehkä runsaat 500 yksikköä, ja nämäkin ovat vielä tarkoin valituissa kenttäkokeissa, ei varsinaisilla loppukäyttäjillä.



Kuva 15. Polttokennoauton alajärjestelmät ja kaaviokuva (Honda)

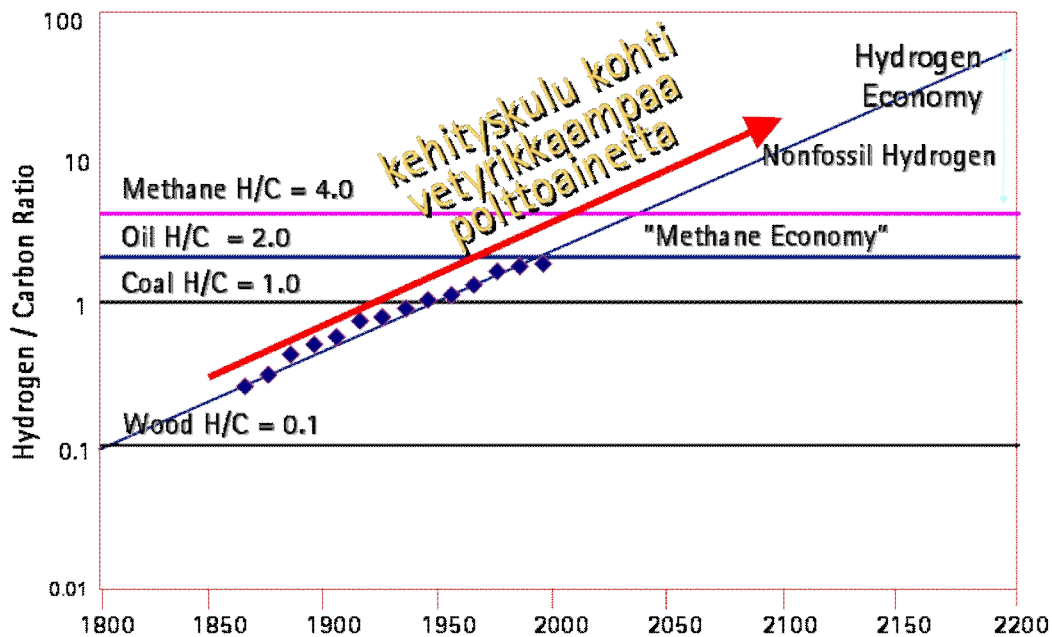
Tärkeimpinä haasteina pidetään korkeita valmistuskustannuksia ja toisaalta puuttuvaa vedyn jakeluinfrastruktuuria. Kustannusten tulee alentua noin kymmenesosaan ennen kuin edes pienimittakaavainen tuotanto ja kaupallinen toiminta on mahdollista. Toisaalta perinteisempien polttomoottori-hybridiautojen kohdalla kustannustaso on noin kymmenessä vuodessa alentunut alle puoleen, joten aivan ylivoimaisesta haasteesta ei ole kysymys, ja polttokennon rakenteen kehittyminen vie koko ajan suursarjatuotantoon sopivampaan suuntaan, minkä pitäisi alentaa loppuhintaa merkittävästi.



## 5. Polttoaineet ja energian kantajat

### 5.1 Yleinen tavoite: "decarbonizing"

Yleinen historiallinen kehitys polttoaineiden käytössä jo ennen kuin hiilidioksidipäästöistä tuli ongelma, on ollut enemmän vetyä suhteessa hiileen sisältävän polttoaineen käyttö. Oheinen kuva selventää sitä, ja osoittaa lainalaisuuden pätevän, kun puusta siirryttiin kivihiileen, ja siitä edelleen öljyyn ja nyt maakaasu alkaa vallata käyttöosuutta öljyltä. Tämä "luonnollinen" kehityskulku vie siis tulevaisuudessa kohti puhtaan vedyn käyttöä.



Kuva 16. Eri polttoaineiden hiilisältöjä (Lähde: "Freeing Energy from Carbon," N. Nakićenovic, Daedalus, Vol 125, #3 (1996), pp. 95-112.

### 5.2 EU:n tavoitteet uusiutuvien käytöstä

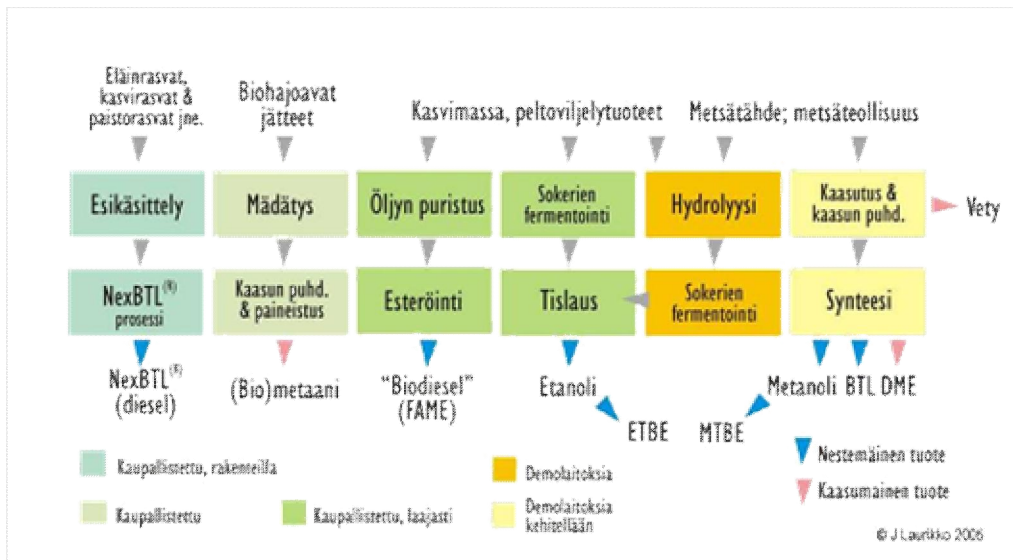
Euroopan Unionin energiastrategia asettaa varsin kunnianhimoisia tavoitteita uusiutuvien energioiden käytöstä. Suurin osa tästä suuntautuu sähkön ja lämmöntuotantoon, mutta myös liikenteeseen haluttaisiin tuoda kasvava määrä uusiutuvaa energiaa.

Aluksi ohjelmassa oli vain tieliikenne ja biopolttoaineet, mutta nykyvaiheessa mukaan on otettu koko maaliikennesektori ja myös sähköenergia. Suurin osa siitä kuitenkin käytettävien raideliikenteessä, mutta osaltaan tämä tasoittaa tietä myös sähkön käytölle autoissa.

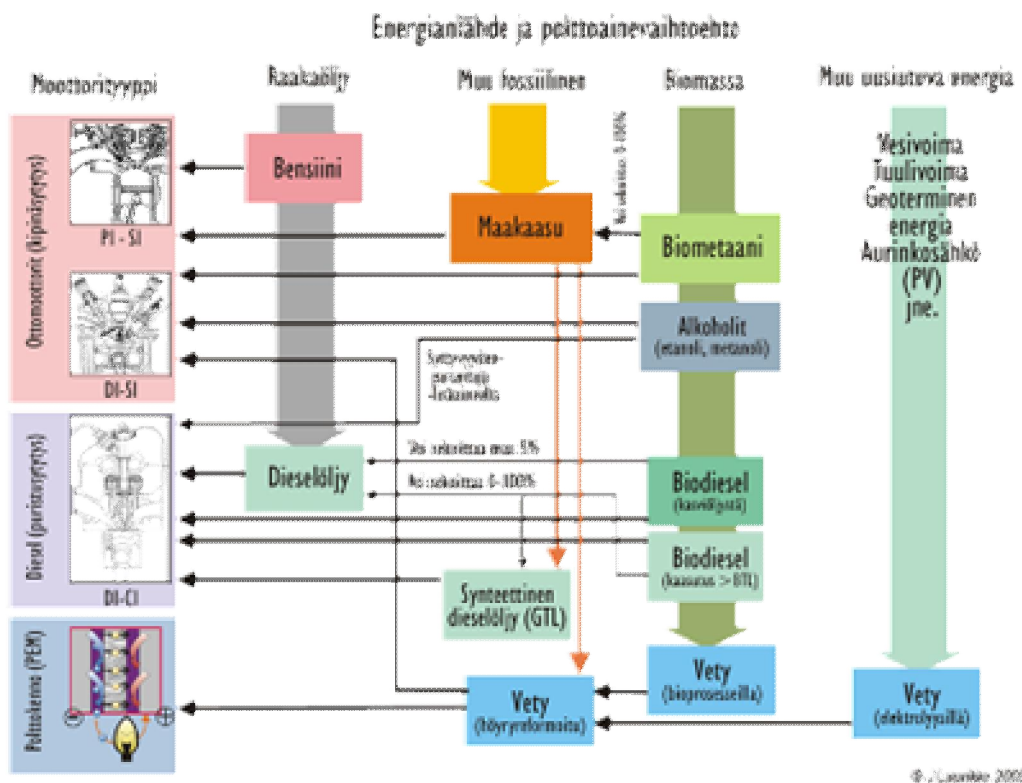
### 5.3 Biopolttoaineiden raaka-ainepohja

Biopolttoaineista, niiden valmistuksesta ja käytön mielekkyydestä suhteessa saavutettaviin päästövähennyksiin, on käyty vilkasta keskustelua jo useamman vuoden ajan. Ensimmäisen mentyä ohi on huomattu, että laajamittaiseksi kasvava biopolttoaineiden valmistus ja käyttö edellyttää niin luonnon kuin etiikan kannalta kestävästi raaka-ainepohjan löytämistä. Pellolla tuotettavien ravinnoksi kelpaavien biomassojen käyttö ei voi olla järkevää, vaan tilalle on löydettävä jotain muuta. Tarjolla on mm. metsätähteet, (teu-

ras)eläinrasvat, jätteet ja erilaiset ei-syötävät kasvit, kuten trooppinen jathropa, josta saadaan kasviöljyä.



Kuva 17. Biopolttoaineiden raaka-aineita ja valmistusprosesseja.



Kuva 18. Vaihtoehtopolttoaineiden periaatteellinen sopivuus eri moottorityyppeihin.

## 6. Uusien polttoaineiden yhteensopivuus nykyiseen kalustoon

Uusien polttoaineiden markkinoille tulo luo aina kehityspaineita myös ajoneuvoihin. Parhaat vaihtoehdot ovat luonnollisesti sellaisia, että niitä voidaan käyttää sekoitettuna nyky-polttoaineisiin, tai jopa sellaisenaan.

Perinteisistä "klassisista" biopolttoaineista kasviöljyesterit (FAME) ja etanoli soveltuvat vain matalina seoksina nykyisiin autoihin, ja siksi polttoainestandardit rajaavakin niiden käytön maksimissaan 5 %:een. Jo lähiaikoina on kuitenkin tulossa muutos, joka sallii suuremmat seostukset. Sen seurauksia ei vielä tarkkaan ole selvitetty.

### 6.1 Uudet energian kantajat: sähkö ja vety

Polttoneiteiden rinnalle ovat energian kantajiksi nousemassa ehkä jo lähivuosinakin ainakin sähkö, mutta melko pian sen jälkeen myös vety, ellei akkujen kehitystyössä saavuteta todella merkittäviä uusia läpimurtoja, joilla niiden kapasiteettia kasvatetaan ja hintaa alennetaan.

Kumpikin "polttoaine" tuo omat uudet vaatimuksensa sekä jakelujärjestelmään, että käyttö-turvallisuuteen.

### 6.2 Jakeluinfrastruktuuri

Sähköllä laaja ja kohtuullisen hyvin liikennekäyttöönkin sovitettavissa oleva tuotanto ja jakelujärjestelmä. Kapasiteettiakin riittää vielä moniksi vuosiksi, vaikka käyttö lisääntyykin.

Vedyttä sen sijaan puuttuu sekä tuotanto- että jakelujärjestelmä. Jos vetykäyttöisiä autoja kuitenkin halutaan tuoda markkinoille, vedyn saatavuutta on lisättävä.

### 6.3 Käyttöturvallisuustekijät

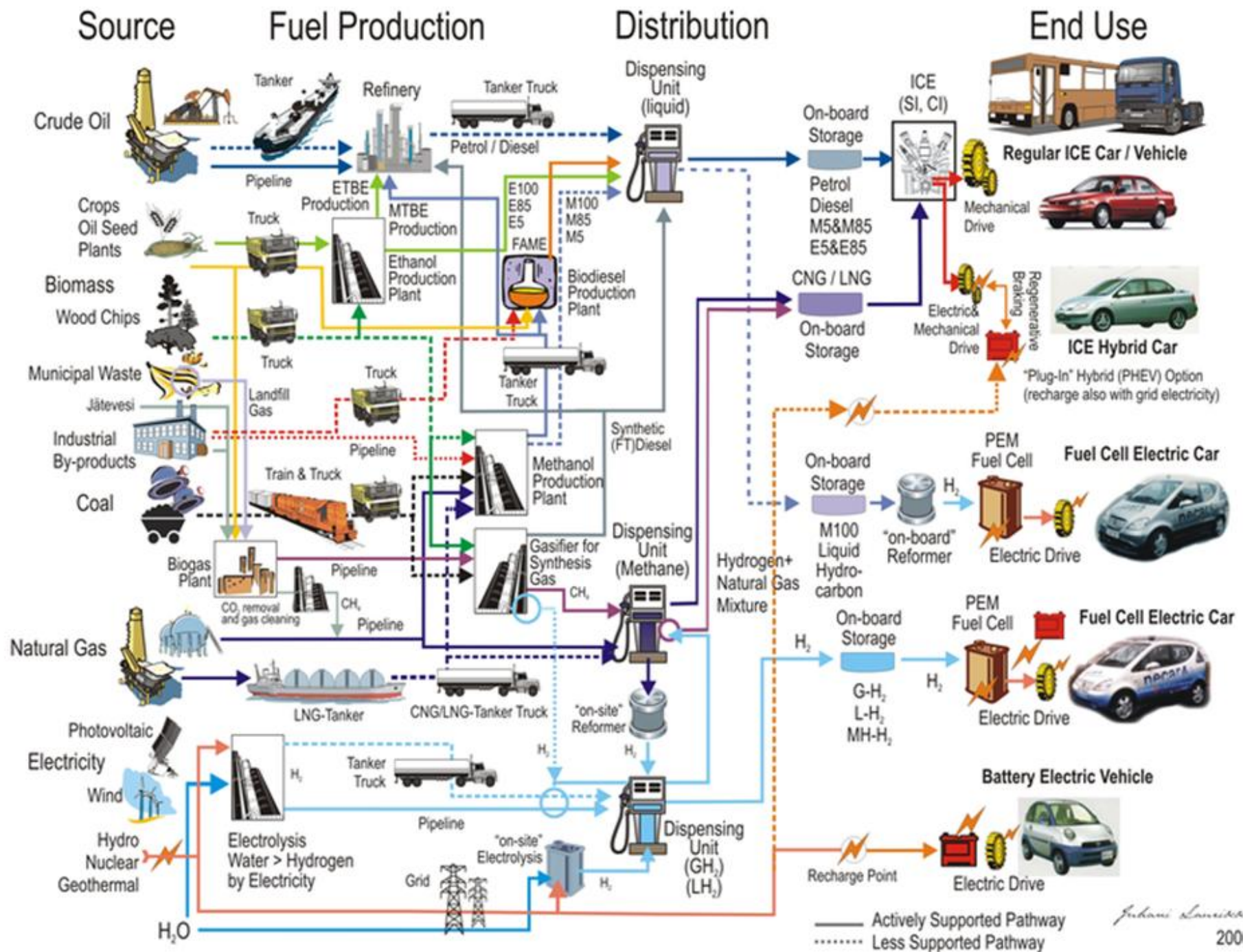
Uusien polttoaine- ja energiavaihtoehtojen käyttöturvallisuudesta on huolehdittava.

Sähköön liittyy riski, jos sitä käytetään korkeajännitteisenä. Myös kehittyneet akut ovat monin tavoin erilaisia kuin perinteiset lyijyakut, ja niiden turvajärjestelmät on kehitettävä riittäväälle tasolle.

Vedyn käyttöön liittyviä turvariskejä ovat korkeat varastointipaineet (700 bar), joita tarvitaan riittävän energiatiheyden saavuttamiseksi, sekä vuotoherkkyys yhdistettynä laajoihin syttymisrajoihin ilmassa. Tästä saattaa seurata potentiaalisia räjähdysvaarallisia tilanteita, ellei käyttöturvallisuudesta huolehdita.

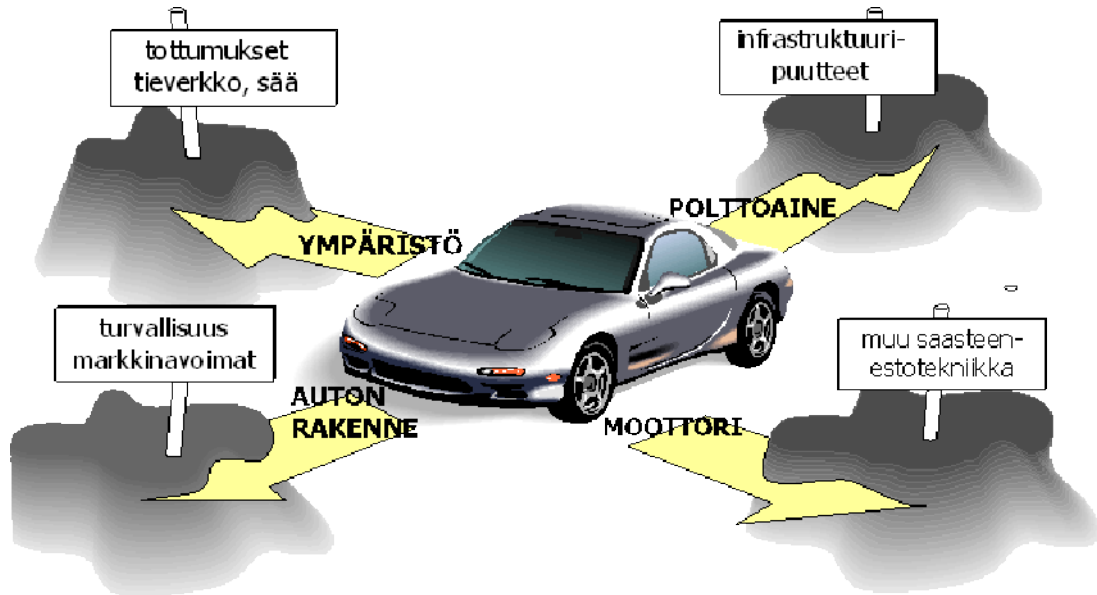
Periaatteessa kumpaankaan energiankantajaan ei kuitenkaan pitäisi liittyä mitään "ylipääsemättömiä" käyttöturvallisuusongelmia, joka estäisi niiden tulon laajamittaiseen käyttöön.





## 7. Kehitykseen mukautuminen ja siihen vaikuttaminen

Useat tekijät estävät ja hidastavat kehitystä ja muutoksia. Kuva 19 havainnollistaa näistä tärkeimpiä.

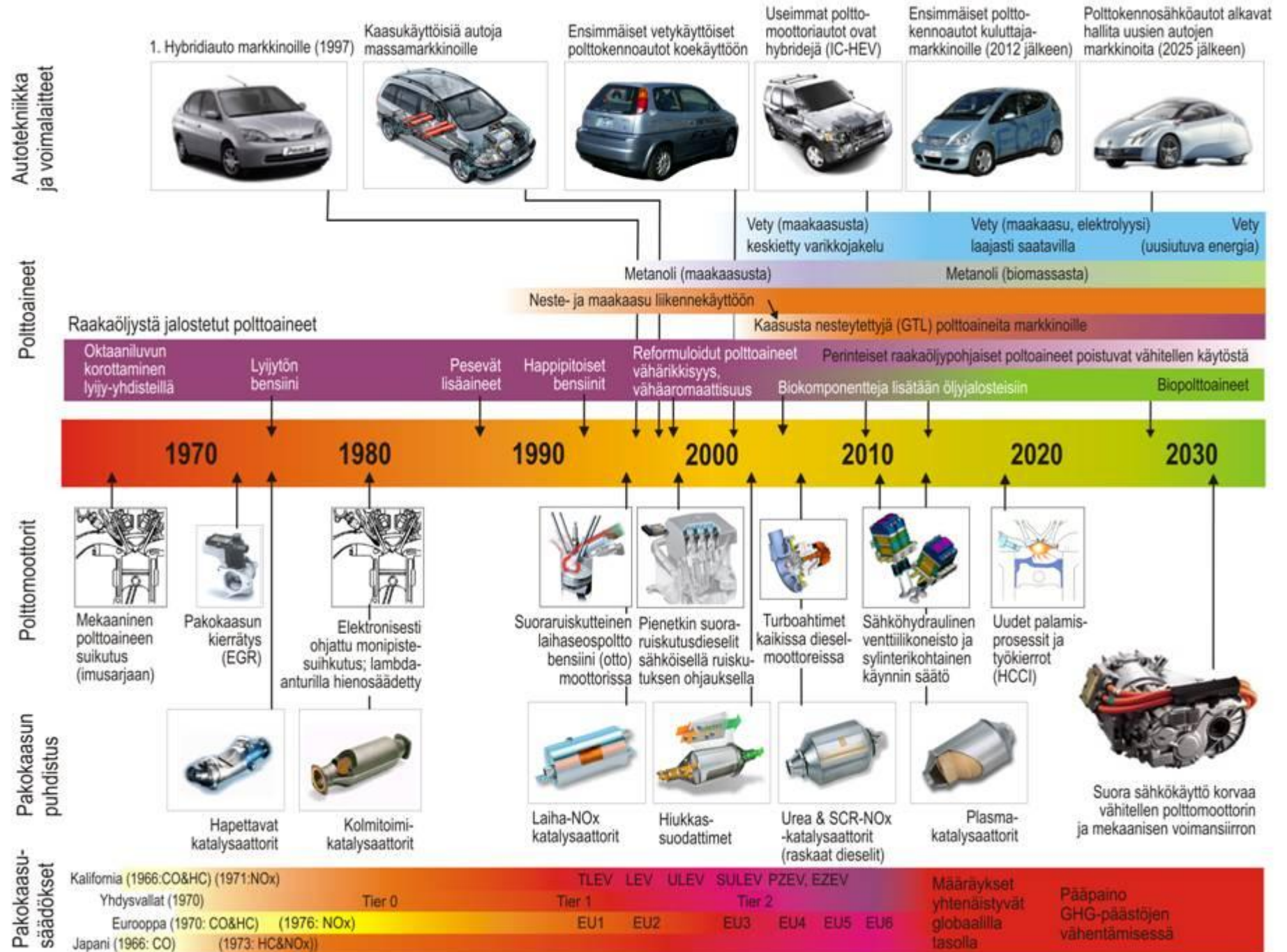


Kuva 19. Kehittämisen keskeisiä esteitä ja hidasteita.

Kuten jo edellä todettiin, auton rakennetta kehitetään nykypäivänä pitkälti turvallisuusnäkökohdat huomioon ottaen, mutta käyttäjien mieltymykset ja tarpeet saattavat olla osin ristiriidassa sen kanssa. Voimalaitteiden kehittämistä entistä taloudellisemmaksi jarruttaa ja vaikeuttaa samanaikainen vaatimus myrkyllisten ja happamoittavien pakokaasupäästöjen pitämisestä erittäin vähäisinä. Suurissa ajoneuvodieselmoottoreissa tämä ristiriita on pahimmillaan, mutta heijastuu myös henkilöautomootoreihin.

Uusien polttoaine- ja energiavaihtoehtojen käyttöönottoa hidastaa usein puuttuva jakeluinfrastruktuuri, jonka rakentaminen markkinaehtoisesti ei ole edes mahdollista, sillä investoinneista kertyy liiketoimintaa yleensä liian hitaasti, ellei uutta polttoainetta käyttävien ajoneuvojen yleistymistä samanaikaisesti kyetä jollain keinolla vauhdittamaan. Liikennetelemaatiikan sovellukset ja uudet informaatio- ja turvajärjestelmät kärsivät osaltaan samankaltaisista infrastruktuurin standardointiin, sekä rakentamisen kalleuteen ja hitauteen liittyvistä ongelmista.





Liite 1

Ajoneuvojen erilaisten telemaattisten järjestelmien nimet ja lyhyet kuvaukset.

Järjestelmän nimi (lyhenne)	Kuvaus toiminnasta (Vaikutusarvio hanke)
Ajonvakautusjärjestelmä (Electronic stability control, ESC)	Ajonvakautusjärjestelmän tarkoitus on korjata kuljettajan tekemiä ohjausvirheitä ja ehkäistä luisumista aktiivisella jarrujen väliintulolla ja moottorin vääntöä säätämällä (eIMPACT)
Kaistalla pysymisen tuki (Lane keeping support)	Kaistalla pysymisen tuen aktiivinen ohjaustuki auttaa kuljettajaa pitämään ajoneuvon oikealla kaistalla. (eIMPACT)
Ylinopeuksista ja vaarallisista paikoista varoittava järjestelmä (Maps&Adas)	Järjestelmä varoittaa kuljettajaa nopeusrajoituksen ylittämisestä sekä onnettomuusalttiista paikoista, kuten tiukoista kaarteista ja jyrkistä mutkista. (PREVAL)
Dynaaminen nopeusrajoitus	Järjestelmä antaa nopeussuosituksen, joka ottaa nopeusrajoituksen lisäksi huomioon kelin, tiellä olevat esteet ja ruuhkatilanteet (CODIA)
Törmäyksen esto- ja varoitusjärjestelmässä (Emergency braking)	Järjestelmässä on erilaisia toimintoja, joiden avulla kuljettaja voi välttää törmäyksiä edellä ajavaan. Järjestelmä lieventää sellaisten törmäyksien seurauksia, jota ei voida välttää. Toimintoihin kuuluvat: ennakoiva jarrutusavustin, ennakoiva törmäysvaroitus, ennakoiva hätäjarrutusavustin (eIMPACT)
Turvallista nopeutta ja etäisyyttä suosittava järjestelmä (Saspence)	Järjestelmä antaa kuljettajalle varoituksia tai suostuksia turvallisen nopeuden ja välimatkan pitämiseksi edellä ajavaan. Järjestelmä ottaa huomioon olosuhteita, kuten tiegeometrian (PREVAL)
Automaattinen hätäviestijärjestelmä eCall	Järjestelmä lähettää hätäviestin ja avaa puheyhteyden lähimpään hätäkeskukseen onnettomuuden sattuessa. (eIMPACT)
Kuljettajan vireystilan tarkkailu (Driver drowsiness monitoring and warning)	Kuljettajan vireystilaa tarkkaileva järjestelmä varoittaa kuljettajaa vireystilan heikentyessä. (eIMPACT)
Paikallisista vaaroista varoittava järjestelmä (Wireless local danger warning)	Järjestelmä välittää muihin autoihin dynaamista tietoa havaitsemistaan esteistä, huonosta säästä ja kelistä sekä ruuhkista (CODIA)
Risteysajon turvallisuustuki	Järjestelmä havainnoi muita liikkuja risteyksissä ja varoittaa kuljettajaa mahdollisista törmäyksistä, väistämisvelvollisuudesta ja punaisista valoista. (CODIA)
Pimeän ajan tuki (Night vision warning)	Auttaa kuljettajaa näkemään ajovalojen valokeilaa pidemmälle ja tarvittaessa myös varoittaa kuljettajaa esteistä ajoradalla. (eIMPACT)
Kaistanvaihdon tuki (Lane change assistant and warning)	Kaistanvaihdon tuki varoittaa lähellä olevista ajoneuvoista (ajoneuvon vieressä tai takana) juuri ennen kaistanvaihtoa. (eIMPACT)
Kevyen liikenteen onnettomuuksien seurauksia lieventävä järjestelmä	Järjestelmä tunnistaa suojattomat tienkäyttäjät ja tarvittaessa varoittaa kuljettajaa ja tekee automaattisen hätäjarrutuksen (ei passiivisen turvallisuuden lisäystä) (eIMPACT)
Koko nopeusalueen kattava ajo- ja liikennetilanteeseen sopeutuva vakionopeuden säädin (ACC FSR)	Järjestelmä pitää ajoneuvon nopeuden kuljettajan määrittämällä tasolla, tai mikäli edellä ajaa hitaampi ajoneuvo, järjestelmä pitää kuljettajan määrittelemän etäisyyden edellä ajavaan ajoneuvoon. (eIMPACT)
Risteysajon turvallisuustuki (Intersection safety)	Järjestelmä tunnistaa muut risteyksessä olevat tai sitä lähestyvät tienkäyttäjät (lyhyellä aikavälillä muut ajoneuvot, pidemmällä myös jalankulkijat ja pyöräilijät). Törmäyskurssilla olevat tienkäyttäjät sekä törmäyksen läheisyys määritetään, ja kuljettajia varoitetaan tilanteesta. (CODIA)
Onnettomuuksista varoittava järjestelmä	Järjestelmä havaitsee onnettomuuden ja lähettää tietoa ajoneuvon sijainnista välittömässä läheisyydessä sijaitseville muille ajoneuvoille sekä onnettomuuspaikkaa lähestyville. (CODIA)
Vaihtuvasuuntaiset kaistat	Vaihtuvasuuntaiset kaistat toimivat monikaistaisilla kaupunkiteillä tai moottoriteillä. Järjestelmä optimoi liikenteen kulkua sopeuttamalla kaistojen määrän ja suunnan liikennemäärän mukaiseksi. Tieto kerätään silmukoiden, kameroiden ja ajoneuvojen kautta ja lähetetään liikennekeskukseen käsiteltäväksi. (CODIA)