



# Sähköauto

---

## Energiatalouden perusteita Sähköautot Suomessa

AuLi Sähköautoseminaari

Metropolia 30.9.2008

Arto Haakana

A.Haakana Consulting

# Sisältö

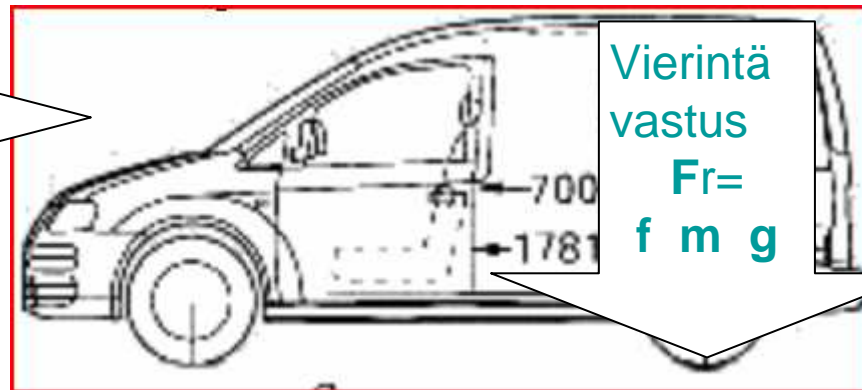
---

- Auto Energian käyttäjänä
- Sähkö auton tarvitseman energian tuottajana
- Pyörämoottorit
- Sähköauto Suomessa

Näkökulma: Tietoja toimittamiseen

# AUTO ENERGIANKÄYTTÄJÄNÄ ULKOISET VASTUSVOIMAT

Ilmanvastus  $F_i = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_v$



$\rho$  = ilmantiheys 1,28 kg/m<sup>3</sup> (vakio)

$v$  = nopeus m/s (mittaus sykli)

$A$  = otsapinta-ala m<sup>2</sup>

$C_v$  = ilmavastuskerroin (0,25-0,40)

(Pisaran ilmavastuskerroin 0,05)

$f$  = vierintävastuskerroin renkaan (0.15)

$m$  = autonpaino kg

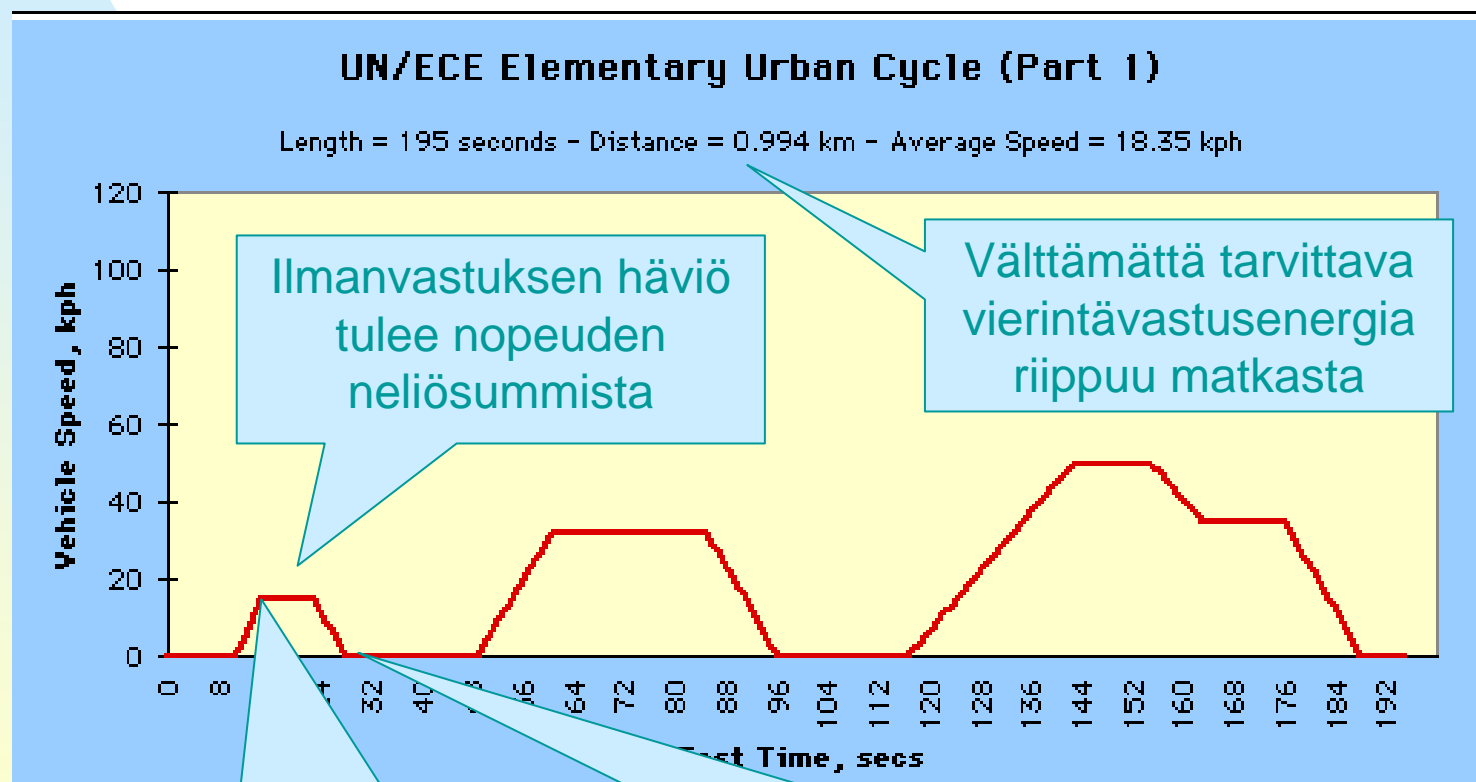
$g$  = maanvetovoima vakio 9.81 kgm/s<sup>2</sup>

**Kiihdytyksen liike-energia sama kuin hidastuksen voimantuoton/talteenoton hyötysuhteen ollessa 100 %**

# AUTO ENERGIANKÄYTTÄJÄNÄ

## POLTTOAINEEN KULUTUKSEN MITTAUSSYKLIT

### KAUPUNKIKULUTUS ECE15 URBAN



Ilmanvastuksen häviö tulee nopeuden neliösummista

Välttämättä tarvittava vierintävastusenergia riippuu matkasta

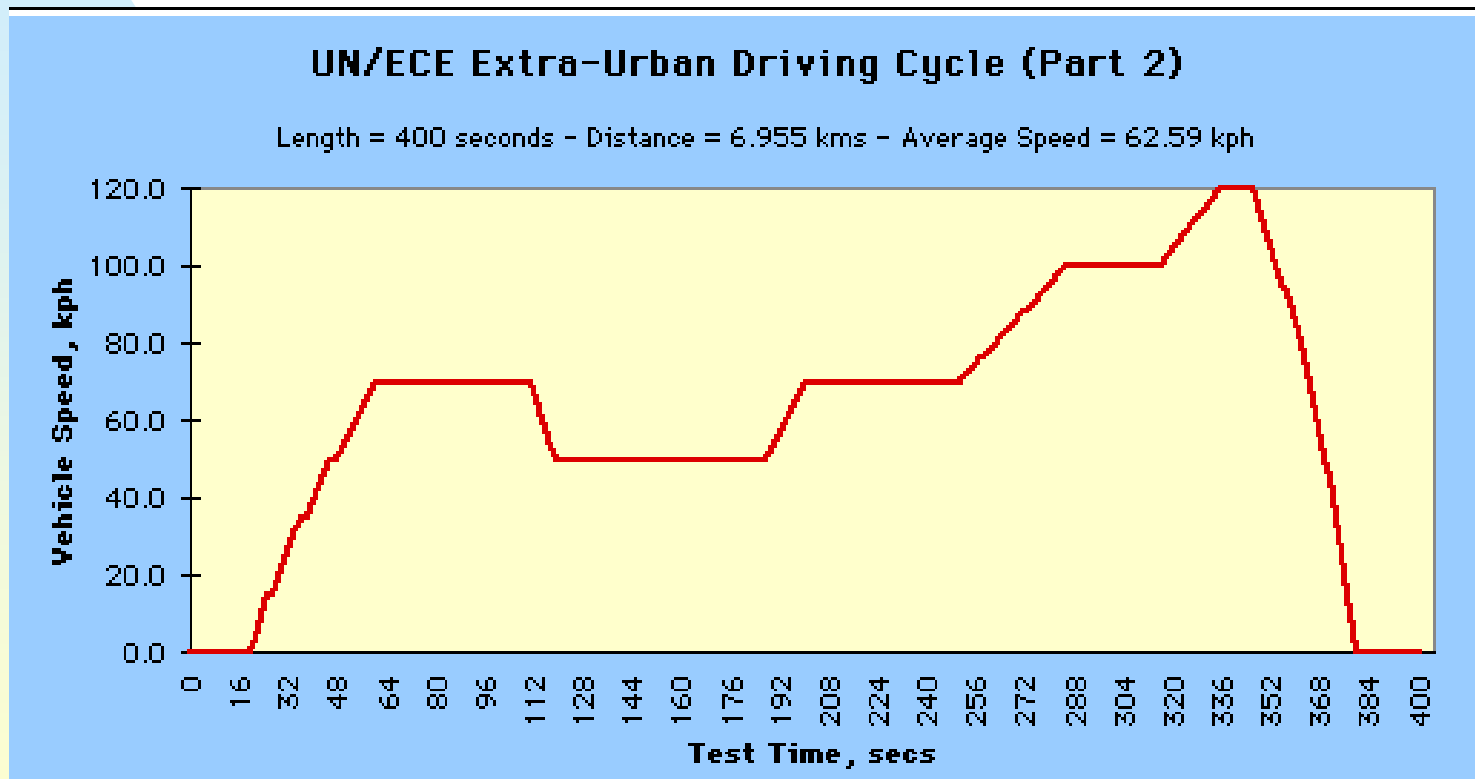
Kiihdyksen välttämätön liike-energia on  $-\frac{1}{2}m*v^2$

Jarrutettaessa teoreettinen liike-energia palautuu  $+\frac{1}{2}m*v^2$

# AUTO ENERGIANKÄYTTÄJÄNÄ

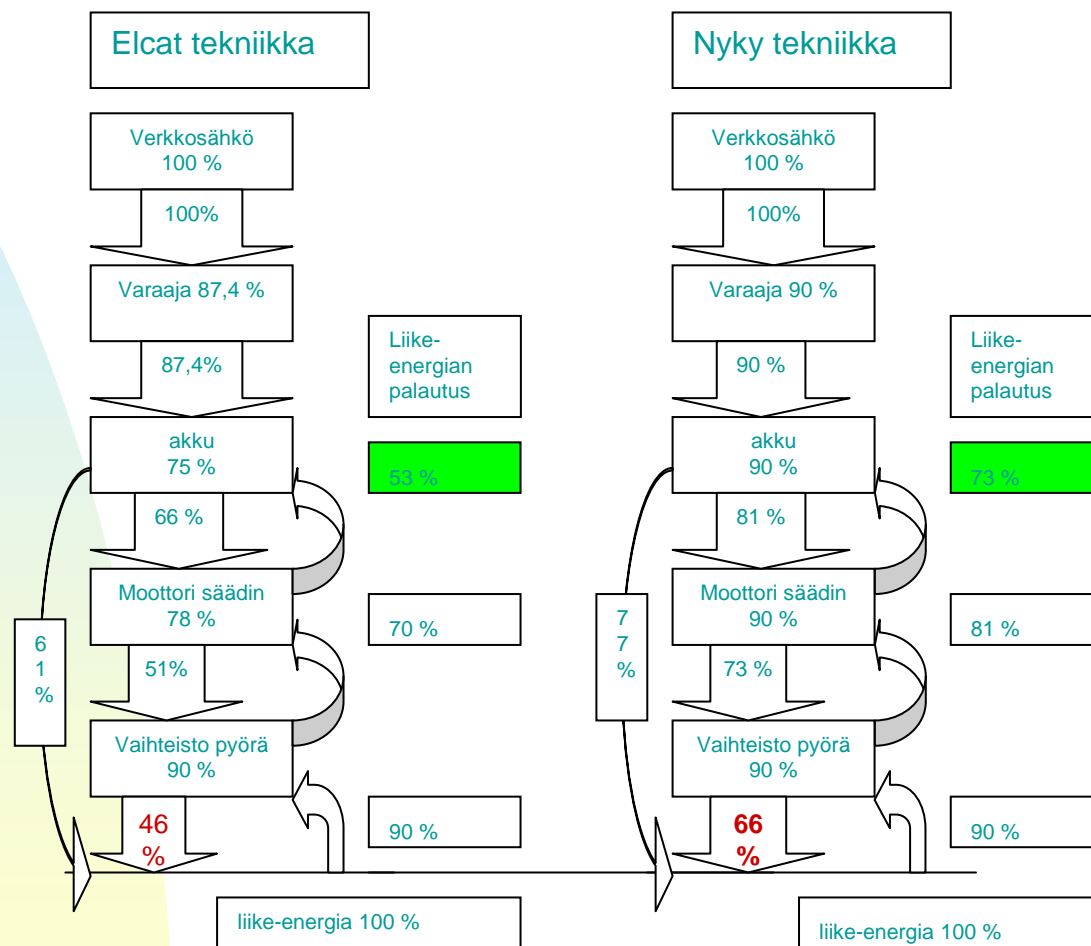
## POLTTOAINEEN KULUTUKSEN MITTAUSSYKLIT

### MAANTIEKULUTUS EUDC



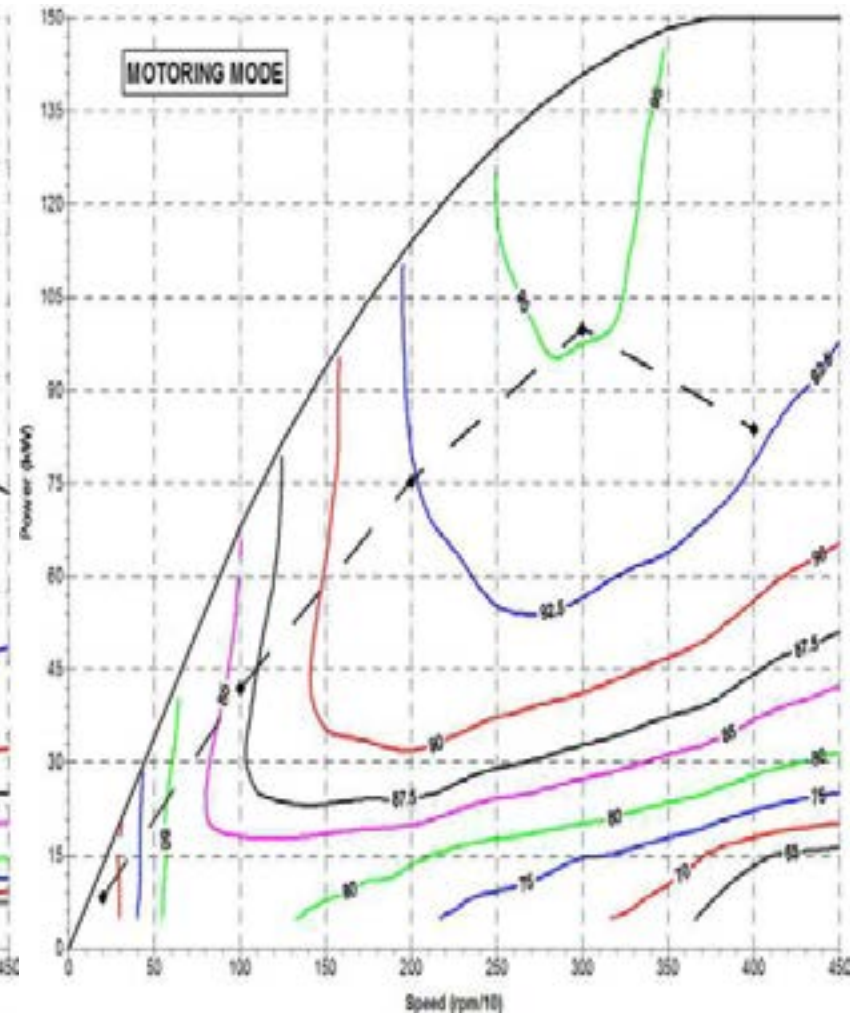
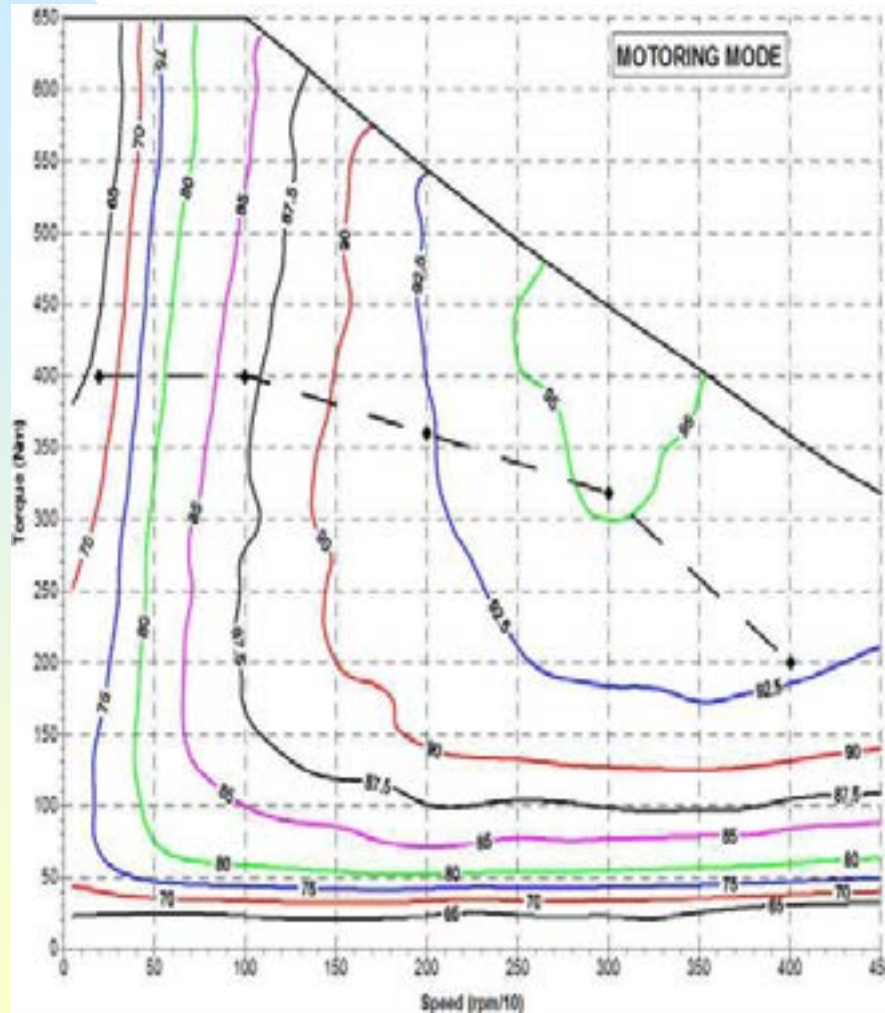
Polttoaineenyhdistetty kulutus sisältää  
noin 36% kaupunkisykliä ja 64% maantiesykliä

# SÄHKÖAUTON VOIMATUOTTO HYÖSUHTEET



Moottori ja akkutekniikan ansiosta sähköauton energiankulutus on vähentynyt 43 % ja jarrutusenergian talteenotto parantunut

# SÄHKÖAUTON MOOTTORIN HYÖTYSUHDE



Esimerkkinä UQM 150 kW/640Nm sähköautomoottori hyötysuhde käyrästä momentin ja tehon mukaan. Moottori painaa 91 kg

# Miten verrata toimittajana sähkö/polttomoottoriauton POLTTOAINEKULUTUSLASKELMAA

Polttoarvon käyttö energiamäärän vertaamisessa on hyvä tapa.

**1 litra diesel polttoainetta polttoarvo 10 kWh**

1 litra bensiiniä polttoarvo 9 kWh

**ESIM:**

1. Sähköauto kuluttaa 22 kWh verkkosähköä/100 km

2. Jaa kilowattituntimäärä 10:llä ja saat lukeman dieselkulutuksena

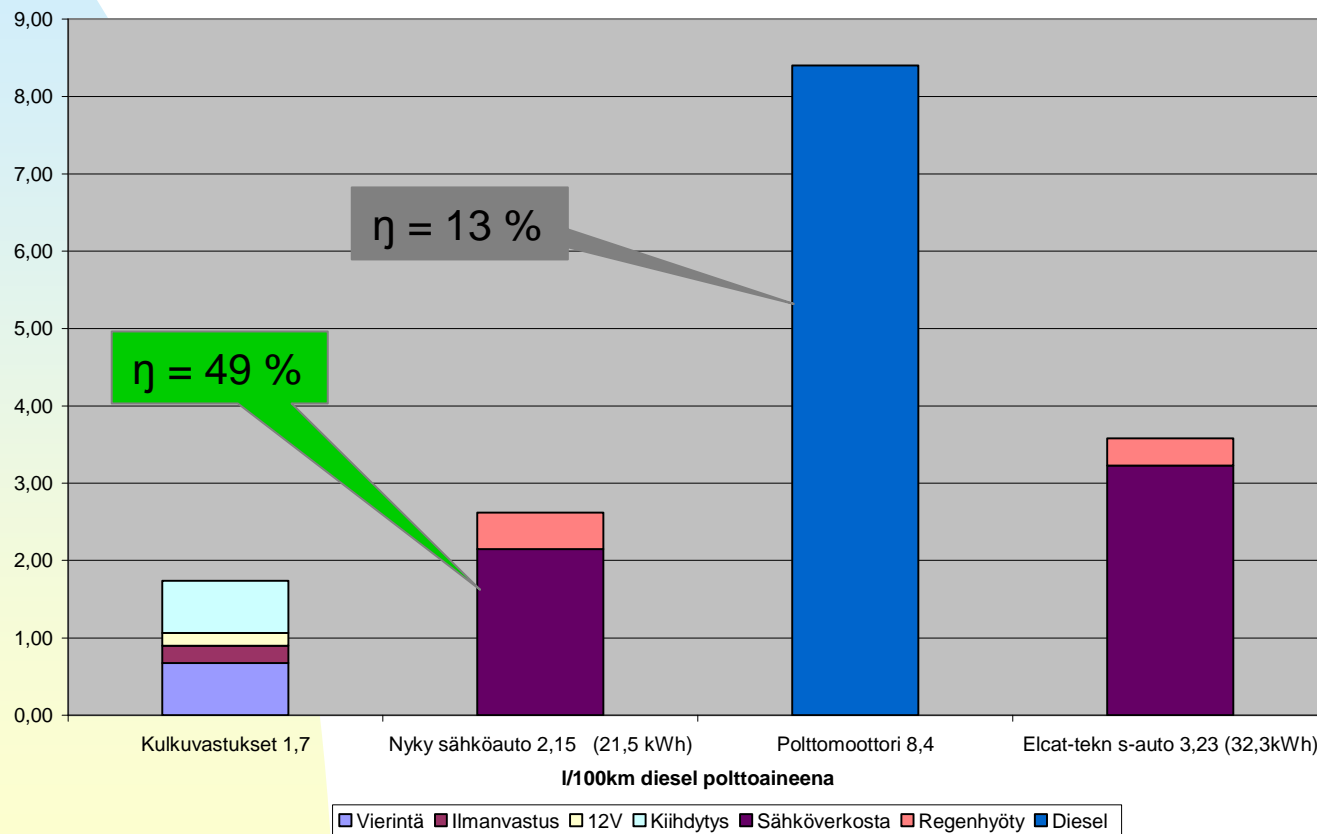
 3. Diesel auton vastaava kulutus on 2,2 litraa

Paljonko polttoainetta sitten 22 kWh sähkön tuottamiseen voimalaitoksessa on tarvittu on jo eri asia.



# POLTTOAINEKULUTUSLASKELMA DIESEL "VW-Caddy sähköautona"

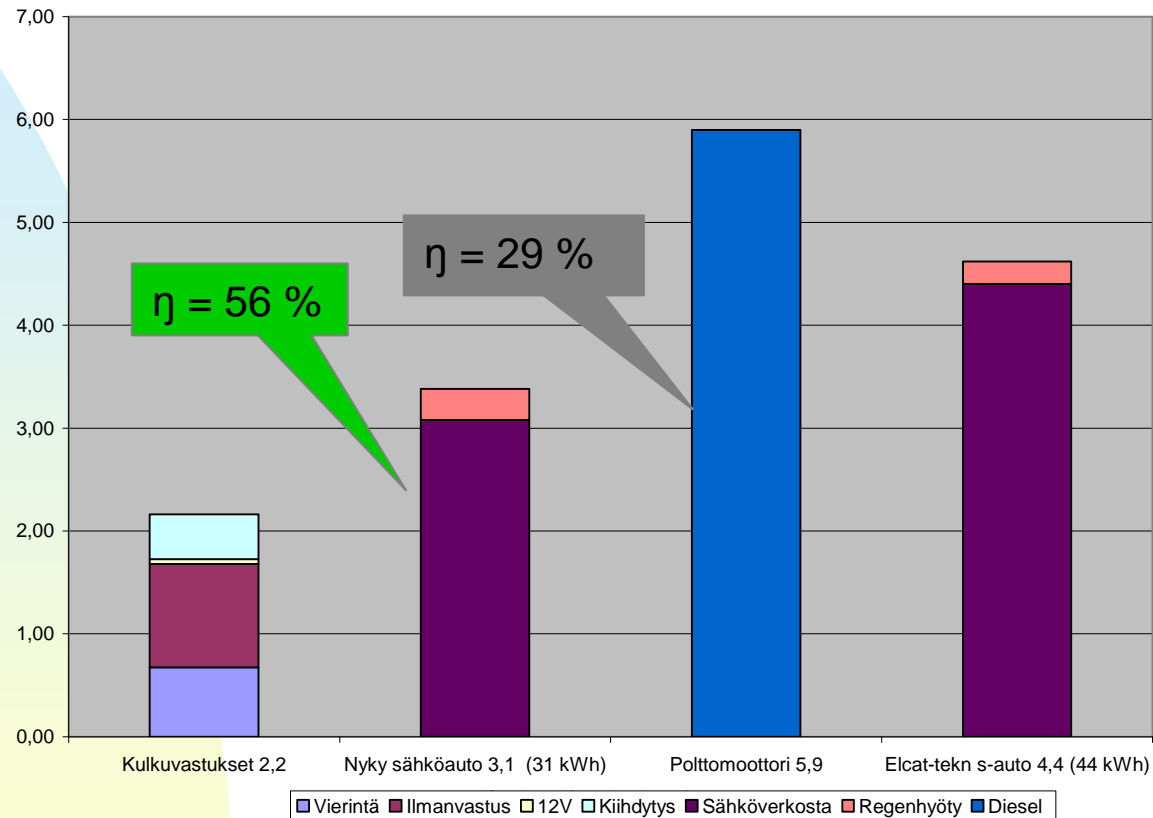
VW Caddy 77kW Diesel Aut Kaupunkisykli



Nykyaikainen sähköauto käyttää 62-74 % vähemmän energiaa kaupunkiajossa kuin automaattivaihteinen dieselauto.

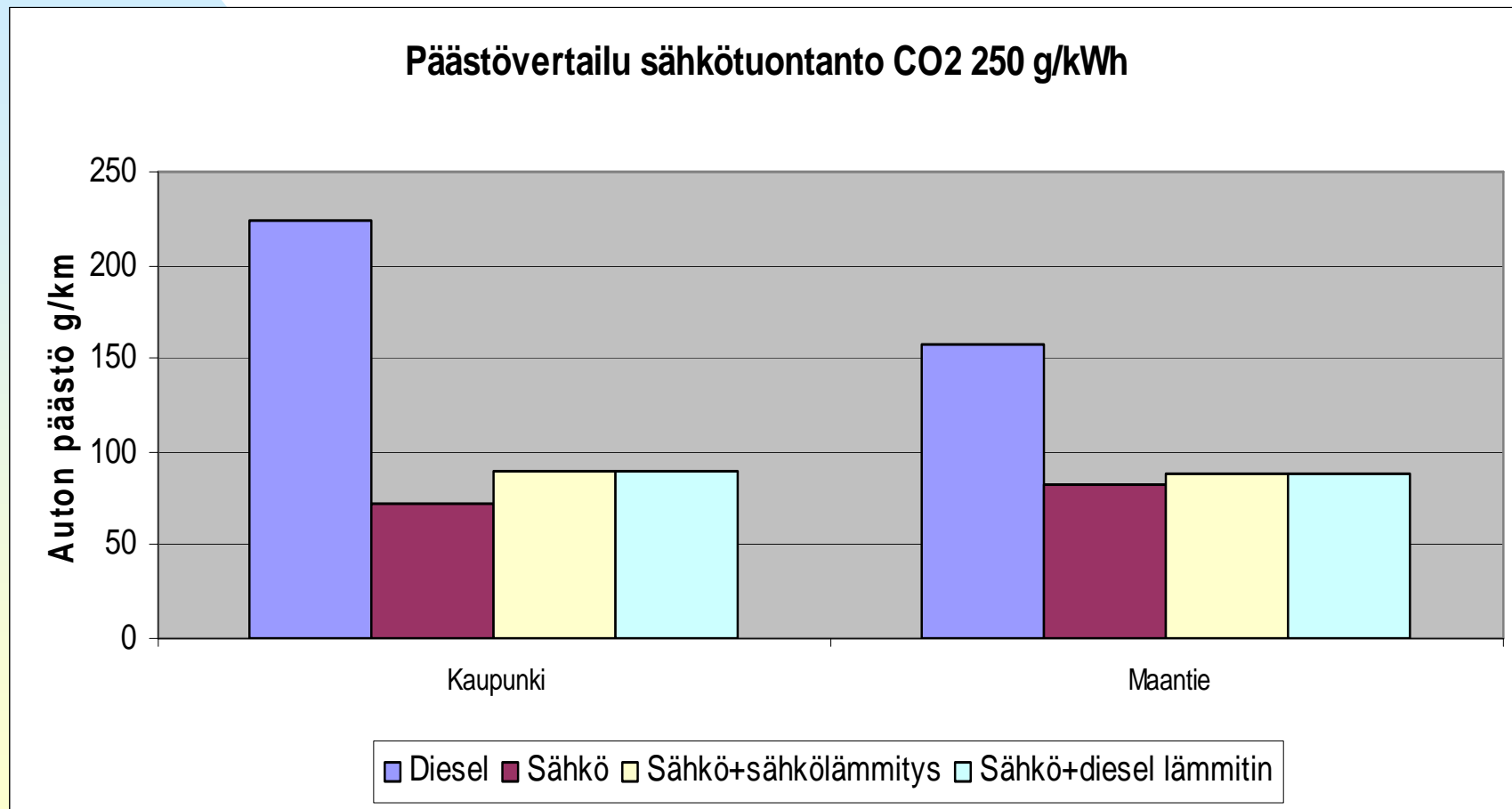
# POLTTOAINEKULUTUSLASKELMA DIESEL "VW-Caddy sähköautona"

VW Caddy Diesel 77 kW Aut Maantiesykli



Sähköauto säästää 48 % maantiesyklissä

# HIILIDIOSIDI PÄÄSTÖLASKELMA DIESEL "VW-Caddy sähköautona"

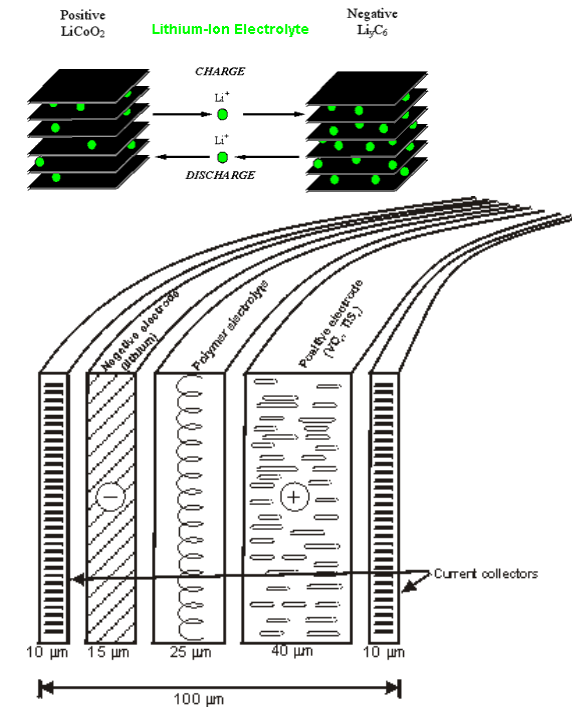


2007 keskimääräinen Suomessa tuotetun sähkön CO2 päästö 204 g/kWh

# AKKU KEMIAN TUNNUSLUKUJA

Anode	Atomic mass (g)	Standard potential (V)	Density g/cm <sub>3</sub>	Melting point °C	Electrochemical Equivalence (Ah/g)
<b>Li</b>	<b>6.94</b>	<b>3.05</b>	<b>0.54</b>	<b>180</b>	<b>3.86</b>
Na	23.0	2.7	0.97	97.8	1.16
Mg	24.3	2.4	1.74	650	2.20
Al	26.9	1.7	2.7	659	2.98
Ca	40.1	2.87	1.54	851	1.34
Fe	55.8	0.44	7.85	1528	0.96
Zn	65.4	0.76	7.1	419	0.82
Cd	112	0.40	8.65	321	0.48
Pb	207	0.13	11.3	327	0.26

## Electrochemical Equivalence (Ah/g)



**Akku Kapasiteetti kWh Paino kg**

**LITIUM 30 300**

**LYIJY 30 1000**

**ZEBRA 30 255**

**Liikkuvien ionien paino kg**

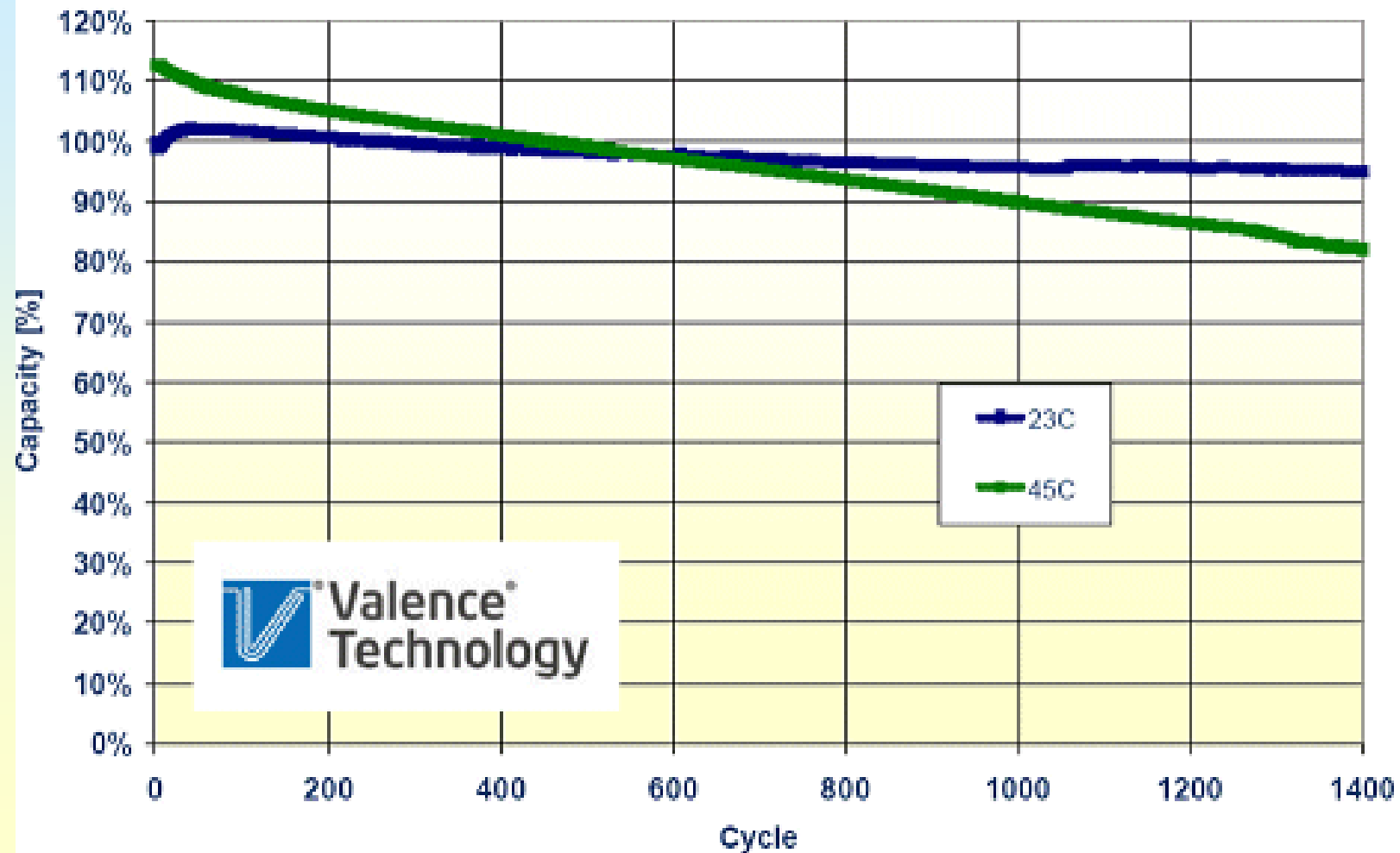
**2.7 (elektroneja liikkuu 0,4 g)**

**59**

**18**

# LÄMPÖ TAPPAA LITIUMAKUSTON

Valence Lithium Phosphate IFR18650 Energy Cell  
Cycle life performance, 100% DOD, C/2 cycling at various temperatures

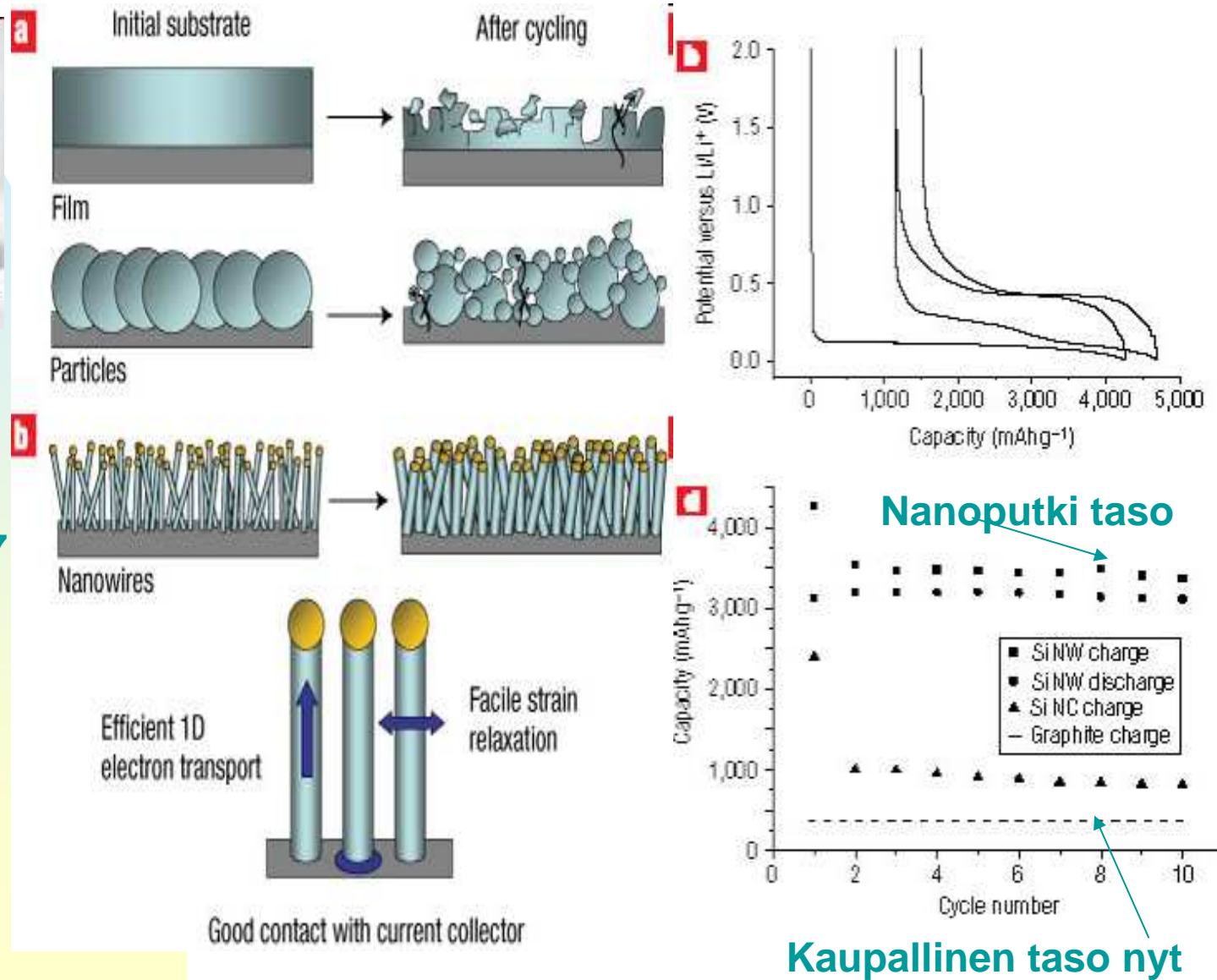


# Nanoputkilla 10 kertainen energiamäärä

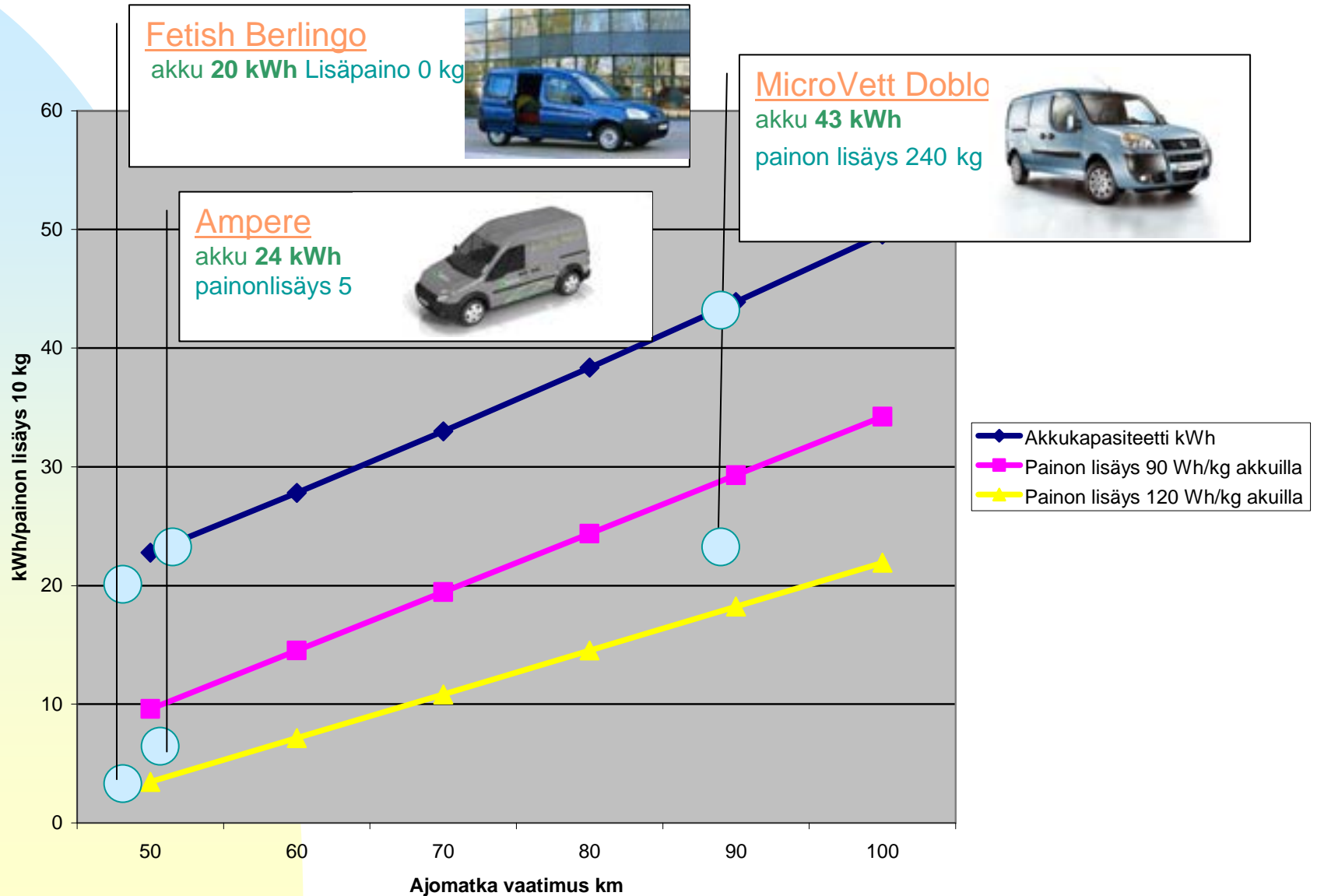


Stanfordin  
Prof. Yi Cui  
julkaisu 2007

Stanford  
Professor  
Gets \$10  
Million From  
Saudi  
University  
April 4, 2008



# Ajomatka sama valmistajan mukaan. Entäs erot todellisuudessa!



# Pahoja kysymyksiä sähköautojen myyjille

- Onko ajomatka ilmoitettu uusilla akuilla ja tyhjäksi vetäen?
- Paljonko ajomatkaa on jäljellä 200 000 km kohdalla?
- Paljonko akut lämpenevät ajon aikana/varauksen aikana
- Missä lämpötilassa akkujen kestävyys on testattu

**Todennäköisesti akuston uusiminen on halvempaa kuin nyt!**

**Vähemmällä rahalla saanee paremman akuston.**

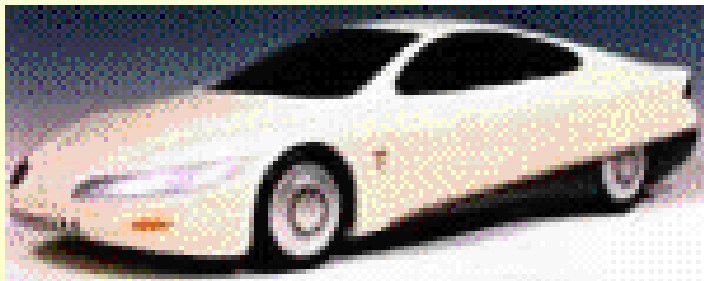
**Sopiiko uusi akusto vanhan paikalle heittämällä on jo toinen asia.**



# Pyörämoottoriko sähköauton tulevaisuus?

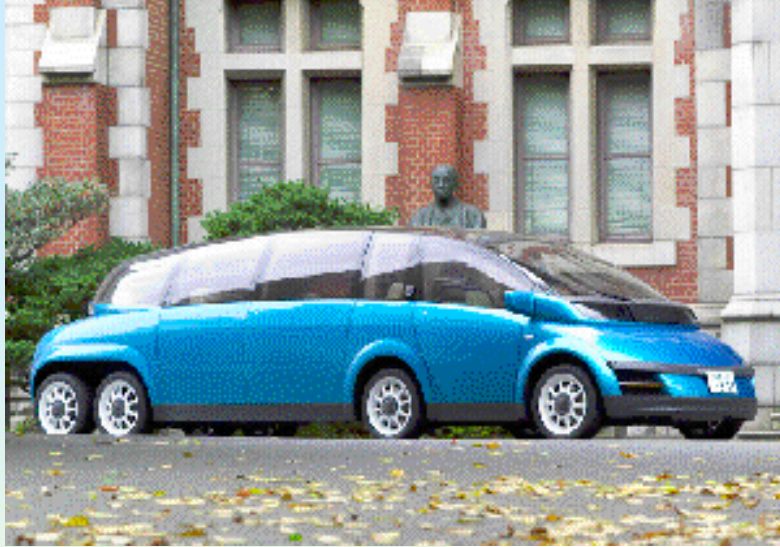


Itävaltalainen sähkötekniikko F. Porsche teki ensimmäiset pyörämoottorit sähköautoihin vuonna 1899. Ne painoivat 100 kg. Kuvassa 15 hevosvoiman etupyörä moottoreilla varustettu hybridi PS-Elecko-Benzin "Tonneau" Modell 62



1980-luvun lopulla japanilaiset tekivät IZA sähköauton, jonka pyörämoottori painoi 60 kg ja ajomatka oli 548 km 40 km/h tasaisella nopeudella ajaen.

# KAZ limousine pyörämootoriauto Japanista



Paikkamäärä 8

Pituus 6,7 m

Paino 3000 kg matkustajineen

Moottoriteho 440 KW

Huippunopeus 311 km/h

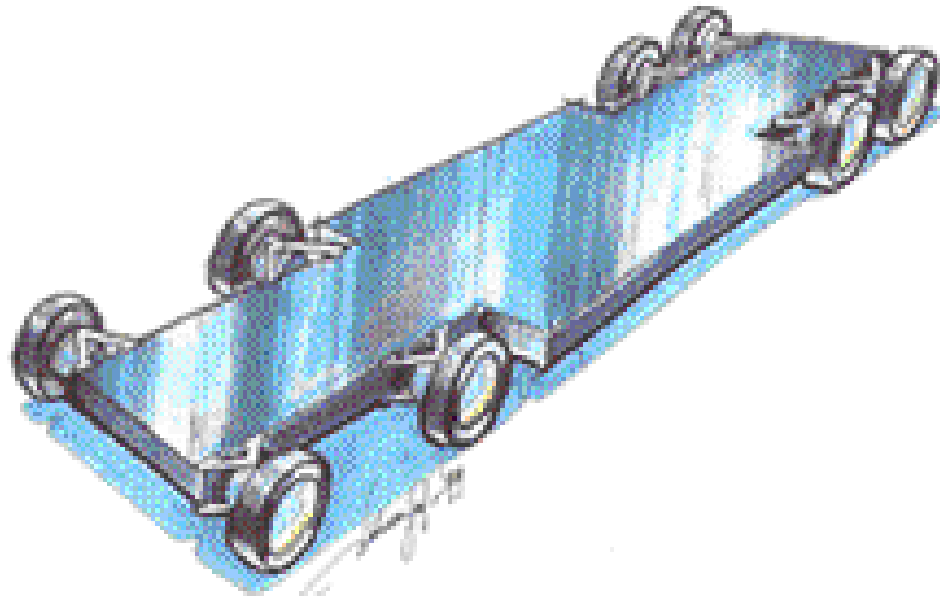
Kiihtyvyys 0-100 km/h alle 7 s

0-400m 15,3 s

Ajomatka 300 km (100km/h)

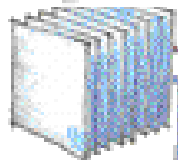
Akku Litium-ioni

# Pyörämootoriauton perusratkaisuja



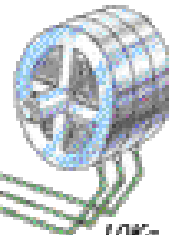
AUXILIARY  
POWER SOURS

**Li-ION BATTERY**  
(TRIPLE ENERGY AND POWER  
OVER LEAD-ACID BATTERY)  
4.1V, 80Ah, 3.5kg, 84 x 2cells



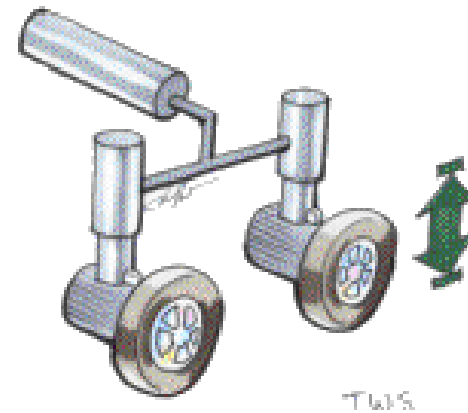
**HIGH EFFICIENT  
INVERTER**  
(IPM IS USED AS A  
SWITCHING DEVICE)

**PERMANENT  
MAGNET MOTOR**  
(Nd-Fe MAGNET)



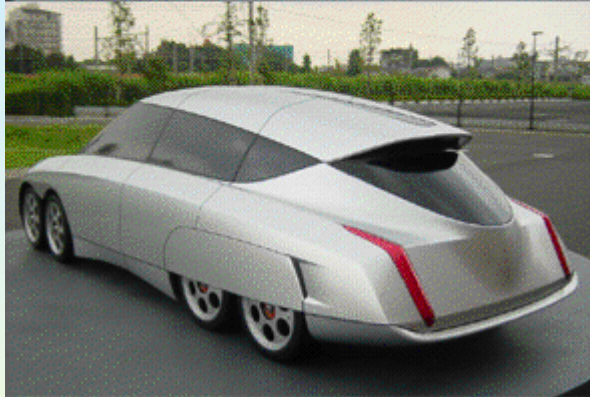
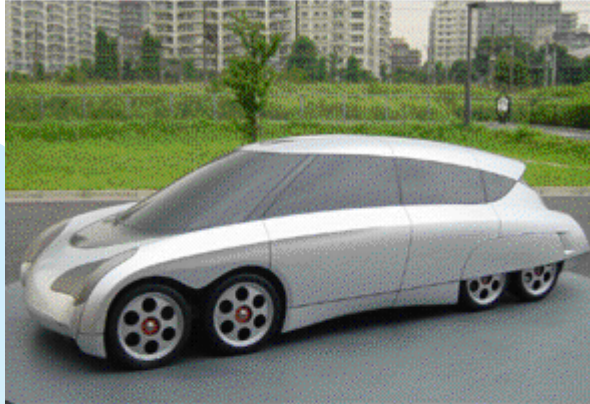
10Kg. m.  
1200rpm.  
55Kg x 8Motors

Akut ja koko elektroniikka sijoitettu alustaan. Pyörä ratkaisu mahdollistaa matalan maavaran 150 mm. Sisätilat suuremmat (pienet pyöräkotelot)



**Akkujen iskunvaimennus:**  
Auto ei niiaa. Tien tärinä ei välity sisälle

# ELICA uusi malli KAZista



採用案のH-CAR 5分の1スケールモデル

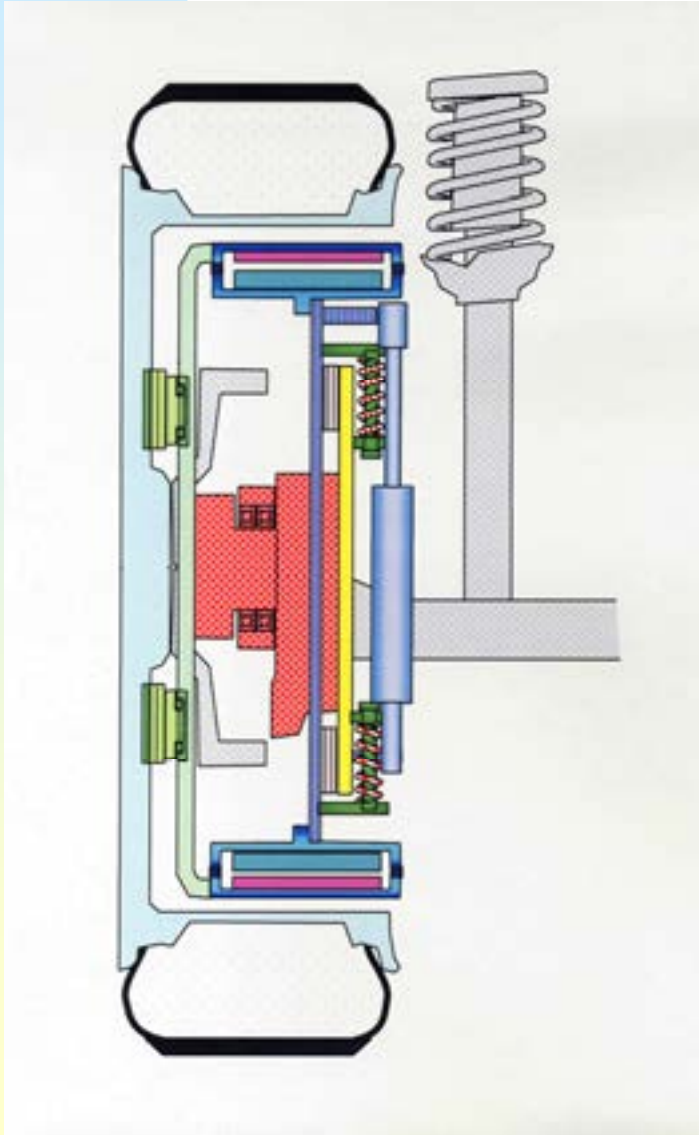


Alusta mahdollistaa monet koriratkaisut

	typeA	typeB
Pituus	5100	
Leveys	1900	
Korkeus	1365	1415
Matkustajat	5	
Akku	Litium-ioni	
Motoriteho	60 kW×8 = 480 kW	
Huippunopeus	400km/h	190km/h
Kiihtyvyys	0.4G	0.8G
0-400m	15.3s	11.3s
Ajomatka	200km	320km

[/www.youtube.com/watch?v=g2X7TgpYlaY](http://www.youtube.com/watch?v=g2X7TgpYlaY)

# Bridgestonen patentoima jousitettu pyörämoottori



# SÄHKÖAUTO SUOMESSA

- Oliko Suomen ensimmäinen auto sähköauto? 1899 Lehdessä mainostettiin jo sähköautoa

1909 Helsingissä  
Palolaitoksella  
sähköauto, joka  
oli käytössä  
vuoteen 1927 asti



Sähköauto vuodelta 1909.  
Huippunopeus 35 km / h.  
Kuljettajana Flink ja vieressä ruiskumestari Leskinen.  
Kuva Helsingin kaupunginmuseo.

# SÄHKÖAUTO SUOMESSA

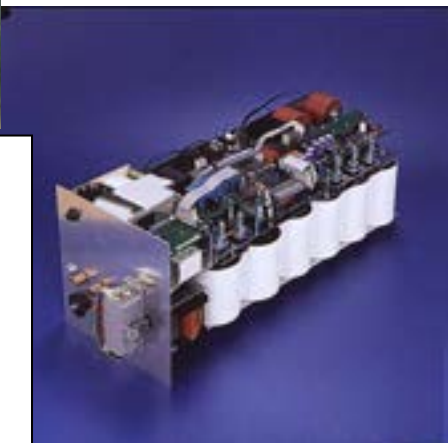
- 1975 IVO hankki Englannista ensimmäiset sähköautonsa, 2 kpl Enfieldiä
- 1981 2 kpl VW Transporter autoja koekäytössä Hämeen Sähköllä ja Postilla.
- 1984 Valmistettiin 2 kpl Talbot Horizon autoja (IVO, Neste, Kymi-Strömberg ja Saab-Valmet)
- 1985 Elcat-sähköajoneuvoprojekti perustetaan
- 1985-89 Elcat valmisti 3 kpl Finnvan muovikoriautoja



ELCAT FINNVAN, 1989

# SÄHKÖAUTO SUOMESSA

- 1991 Elcat Cityvan tuotanto alkoi
- 1991 AC Micra, AC-Sähköautot Oy
- 1993 AC Micra II, AC-Sähköautot Oy
- 1995 Elcat Cityvan 200 valmistus aloitettiin
- 1995 Elcat-Volvo (EVF-Team) voitti Electro-Solar Cupin maailmanmestaruuden
- 1998 Suomen Postilla 60 sähköautoa päivittäisessä käytössä.
- 1998 Elcat 202 valmistus alkoi



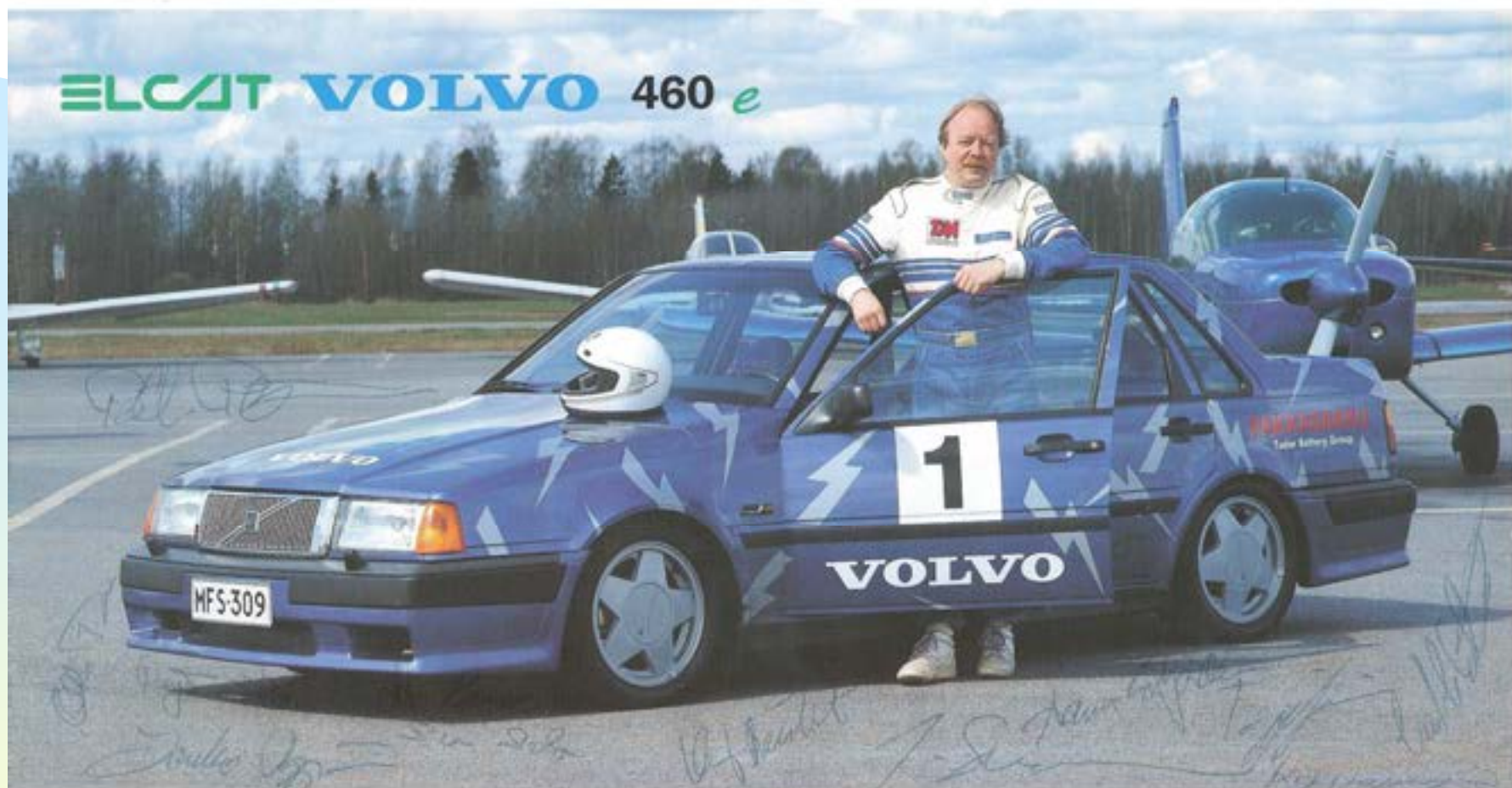
1997 käynnistyi uuden sukupolven sähköautohanke.

Hankeessa kehitettiin 100 kW moottorikäyttöpakettia, johon kuului mm. 10 kertaa nopeampi varaaja.

Hanke jäi kesken Fortumin luovuttua kehitystoiminnoistaan 2000



# ELCAT VOLVO 460 e



## RACING TEAM 1992 CONVERTED BY: RESISTANT A/S ELCAT VOLVO PAKKASAKKU

### ELCAT VOLVO RACING TEAM 1992 is backed by:

- VOLVO's experience as manufacturer of safe cars.
- ELCAT's experience in electric cars since 1975 and manufacture of more than 100 electric cars.
- PAKKASAKKU Oy's 70 years' knowhow as battery manufacturer.

ELCAT VOLVO 460 E car was designed as a test vehicle. With small changes, it can be turned to everyman's family car.

### ELCAT VOLVO RACING TEAM 1992 stützt sich auf:

- VOLVO's Erfahrung als Hersteller von sicheren Autos.
- ELCAT's Erfahrung in elektrischen Autos vom 1975 an; Herstellung von mehr als 100 elektrischen Autos.
- PAKKASAKKU Oy's Qualifikation als Batteriehersteller während 70 Jahre.

ELCAT VOLVO 460 E Auto wurde als Testwagen entworfen. Mit kleinen Veränderungen kann es in einem Familienwagen für jeden umgestaltet werden.

Technical data	RACE CAR RENNWAGEN	FAMILY CAR FAMILIENWAGEN	Technische Daten
Base vehicle	VOLVO 460 DL	VOLVO 460 DL	Grundwagen
Seating	2	4	Plätze
GWV	1485 kg	1340 kg	Eigengewicht
Speed (limited)	120 km/h	120 km/h	Geschwindigkeit (begrenzt)
Range 50 km/h	200 km	125 km	Reichweite 50 km/h
Motor power	24 kW	42 kW	Motorleistung
Motor torque	220 Nm	350 Nm	Drehmoment
Regenerative braking	NO/NEIN	YES/JA	Nutzbremsung
Gear box	5 + R	5 + R	Getriebe
Battery voltage	108 V	96 V	Batteriespannung
Battery capacity	270 Ah	190 Ah	Kapazität
Battery weight	693 kg	600 kg	Gewicht
Battery type	EV502	EV447	Type
Tires	195/50R15	185/65R14	Reifen

# ELCAT Cityvan 202 - suorituskyky

- Huippunopeus 90 km/h
- Kiihtyvyys 0-50 km/h 13 s
- Ajomatka
  - ☞ kaupunki 80 km
  - ☞ 50 km/h 110 km
- **VARAAJA**
- Verkkoliitäntä 230 V / 16 A
- Latausaika
  - ☞ 0-100 % 9 h
  - ☞ 0-90% 5 h



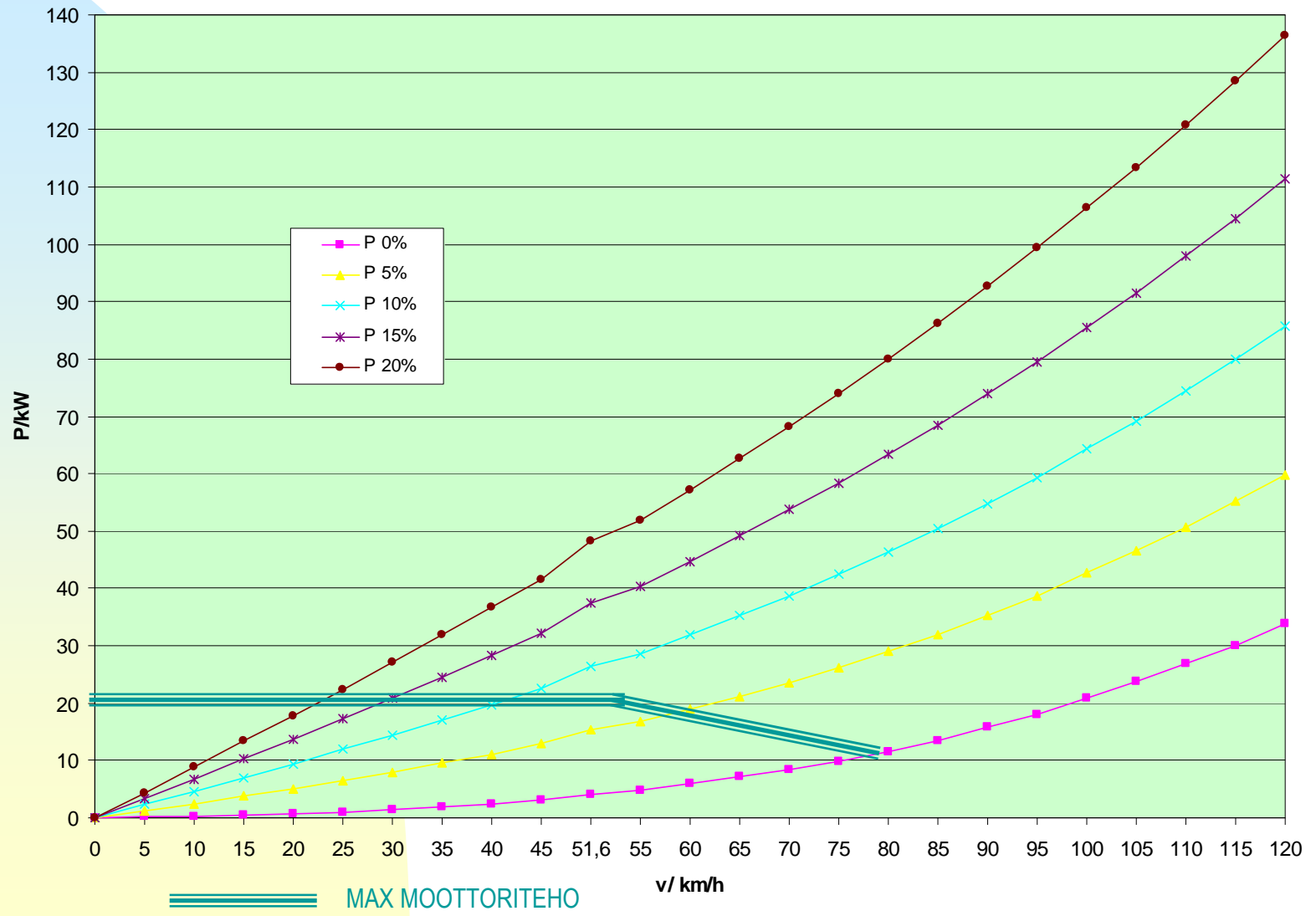
# AJOMATKAN LISÄYS

- **Välilataus**
  - 15 km/h
  - 230V/16 A
- Pikalataus**
- Akuston vaihto**
  - 30-40 km/h - 60-70 km / vaihto
  - 380V/3x16A



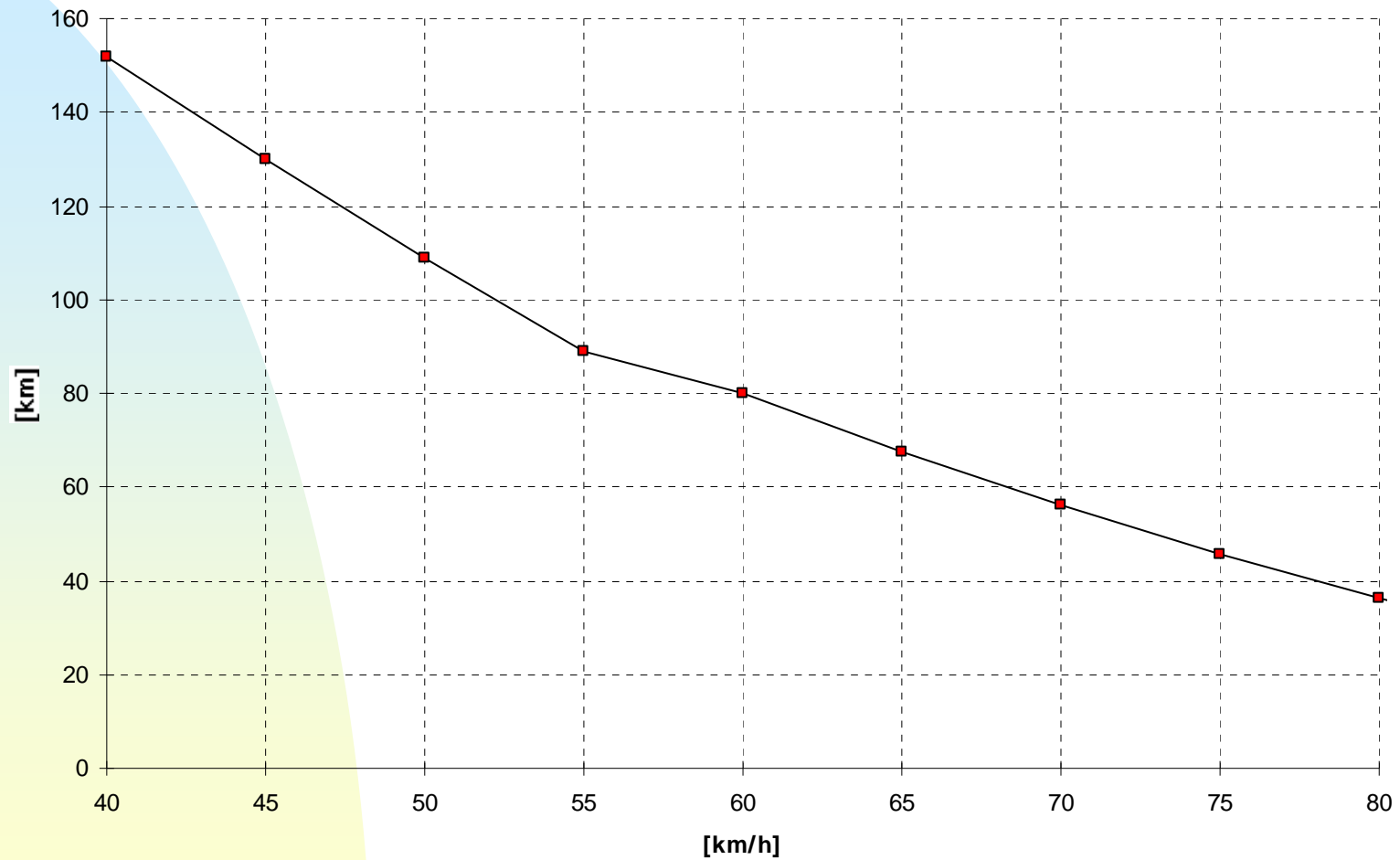
# ELCAT CITYVAN 200 AJOTILA

traction force and gradeability



# AJONOPEUDEN VAIKUTUS AJOMATKAAN

ELCAT CITYVAN 200  
RANGE



# SÄHKÖAUTO SUOMESSA

- 2001 Elcatin tuotanto päättyi
- 2002 Elcat maahantuo sähköskoottereita ja -polkupyöriä sekä Melex työajoneuvoja
- 2005 FEVT konvertoi sähköautoja litiumakku käyttöisiksi testejä varten
- 2005 CityCarClub aloittaa Segway-”sähkökävelijän” maahantuonnin



# SÄHKÖAUTO SUOMESSA

- 2007 Sähköautot Nyt avoin yhteisö alkaa kehittää @Corollaa tavoitteena rakentaa 500 sähköautoa
- 2008 Uudenkaupungin autotehdas ilmoittaa aloittavansa Fisker-Karma sähköauton tuotannon 2010
- 2008 European Batteries aloittaa litiumakkutehtaan rakentamisen Varkauteen.





**Kiitos!**

**Thank You for Your Attention!**



# PERUSTIETOA POLTTOAINEISTA

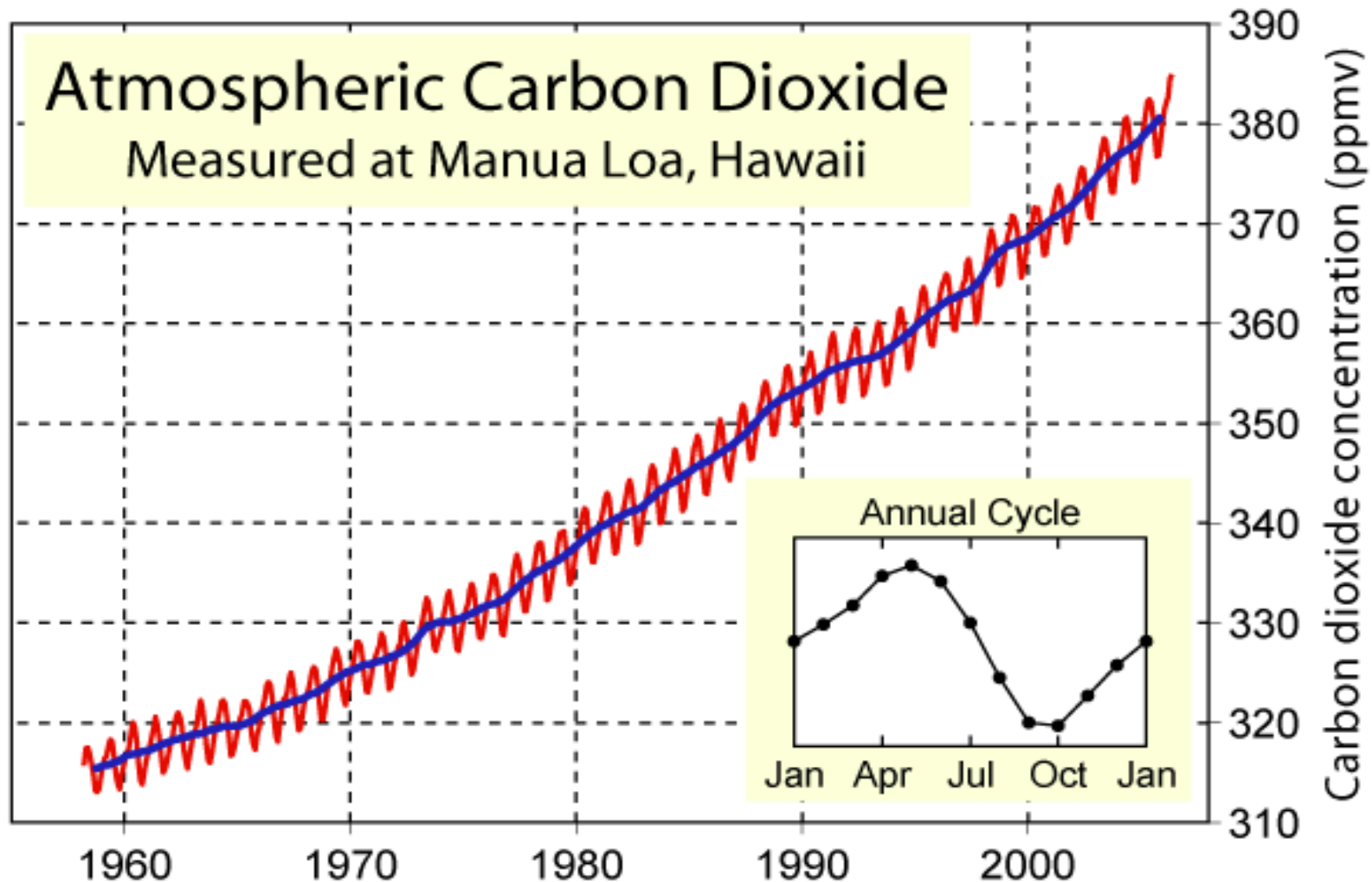
C02 päästö poltettassa 1 miljoonan öljytonnin energiamäärä

Polttoaine	C02	Vert. öljyyn	Vert. hiili
Hiili	4 milj. tn	+ 25 %	0 %
Öljy	3.2 milj tn	0 %	- 20 %
Kaasu	2.4 milj. tn	-25 %	- 40 %

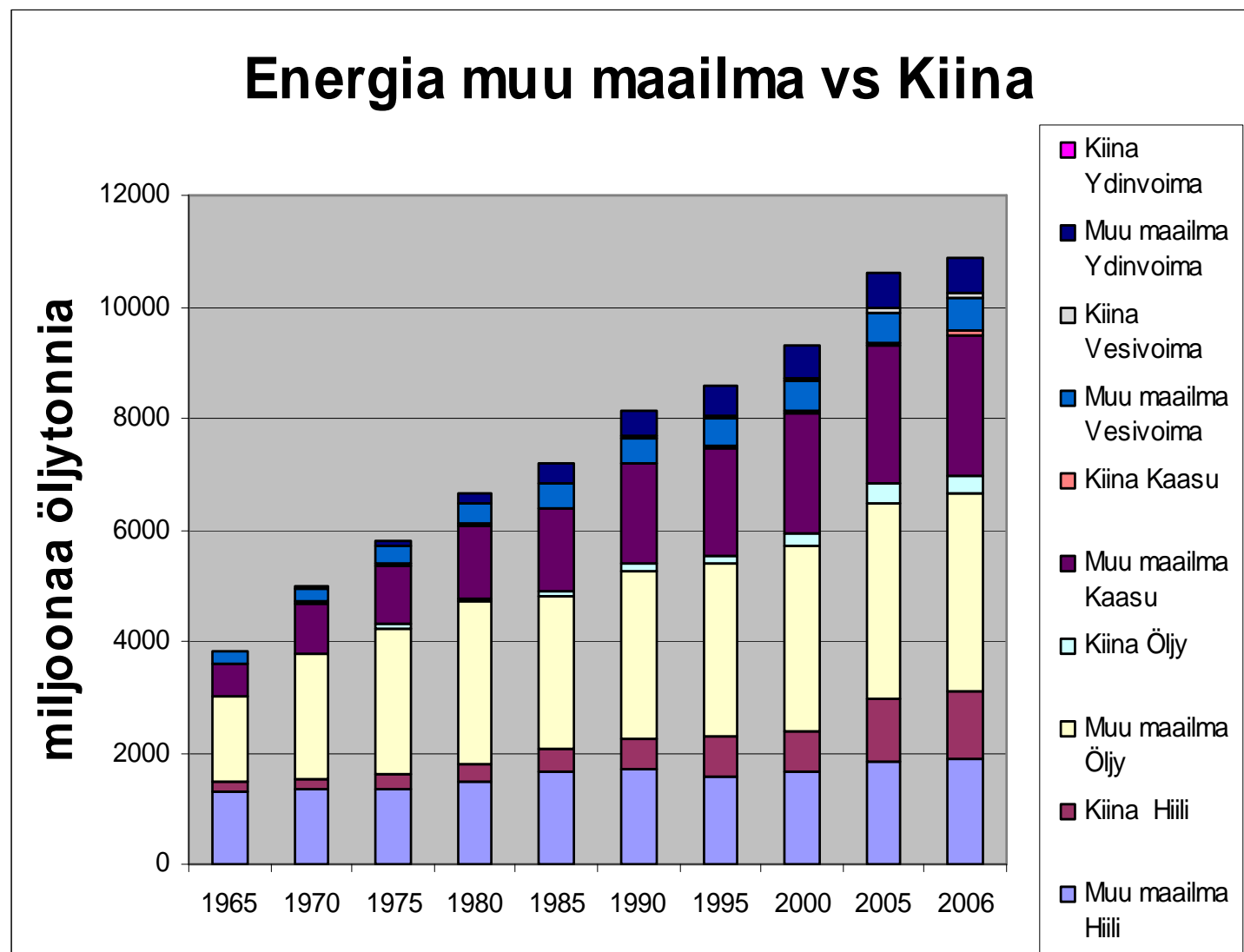
Syy: Öljyssä ja kaasussa on vetyä.

# PERUSTIETOA POLTTOAINEISTA

## CO2 päästöt maailma



# PERUSTIETOA POLTTOAINEISTA



# BIOPOLTTOAINE

## MAHDOLLISUUS VAI MAATALOUSPOLITIIKKAA?

Öljynpumppaaminen maksaa 1-7 USD/Barreli

Polttoaineen jalostusmarginaali 2-6 USD/Barreli

Huoltoaseman pumpussa: polttoaineen työ ja pääomakustannus on 5-10 c/litra!

Raakaöljyn myyntihinta 70-90% kustannuksia korkeampi ja nostaa verottoman hinnan 45 c/litra bensa diesel 51 c/litra

Polttoainevero 50-70% nostaa hinnan 130 c/litra bensa ja 100 c/litra diesel

# BIOPOLTTOAINE

## RIKKAAN BIOPOLTTOAINE = RUOKA KÖYHÄN SUUSTA?

Ihmisen energiatarve/päivä  $2500 \text{ kcal} = n.10000 \text{ kJ} = n.3 \text{ kWh} = n.0,3 \text{ litraa bensaa/päivässä} = \text{auto kulkee tällä } 3 \text{ km!}$

Ihmisen vuosienergiatarve  $100 \text{ litraa bensaa} = 150 \text{ litraa etanolia}$

Ihmisen CO<sub>2</sub> päästö on noin  $400 \text{ kg}$  vuodessa

Ihmiskunnan CO<sub>2</sub> päästöt/vuosi  $= 6\,000\,000\,000 \times 400 \text{ kg} = 240 \text{ miljoonaa tonnia}$

Maailman CO<sub>2</sub> päästöt  $30\,000 \text{ miljoonaa tonnia}$

Bioenergialla CO<sub>2</sub> päästöjen korvaaminen vaatii yli  $100$  kertaa enemmän kuin ihmisten ruoan tarve.

# SÄHKÖ-, HYBRIDIAUTO JA AKKU TIETOA INTERNETISTÄ

## ■ Järjestöjen ja viranomais sivustoja

- ◆ [www.sahkoajoneuvoyhdistys.fi](http://www.sahkoajoneuvoyhdistys.fi)
- ◆ [www.sweva.org](http://www.sweva.org)
- ◆ [www.elbil.no/norstart](http://www.elbil.no/norstart)
- ◆ [www.averre.org](http://www.averre.org)
- ◆ [www.evaa.org](http://www.evaa.org)
- ◆ [www.evaap.org](http://www.evaap.org)
- ◆ [www.evs.org](http://www.evs.org)
- ◆ [www.eaaev.org](http://www.eaaev.org)
- ◆ [www.calcars.org](http://www.calcars.org)
- ◆ [www.citelec.org](http://www.citelec.org)
- ◆ [www.ieahev.org](http://www.ieahev.org)
- ◆ [www.sahkoautot.fi](http://www.sahkoautot.fi)

## ■ Yrityksiä

- ◆ [www.elcat.fi](http://www.elcat.fi)
- ◆ [www.hydrocell.fi](http://www.hydrocell.fi)
- ◆ [www.fevt.com](http://www.fevt.com)
- ◆ [www.evf-electric.fi](http://www.evf-electric.fi)
- ◆ [www.electricocean.fi](http://www.electricocean.fi)

## ■ Nettilehtiä, Akkutietoa

- ◆ [www.evworld.com](http://www.evworld.com)
- ◆ [www.e-driveonline.com](http://www.e-driveonline.com)
- ◆ [www.batteryuniversity.com](http://www.batteryuniversity.com)

## ■ Lisätietoa ja kysymykset:

- ◆ [arto\\_haakana@hotmail.com](mailto:arto_haakana@hotmail.com)