

Toyota Prius & Plug-in-hybrider

Peter Åstrand

UppLYSning 2007-10-02



Agenda

- Första delen: Toyota Hybrid Synergy Drive
- Paus
- Andra delen: Plug-in-hybrider

Om mig

- Intresserad av...
 - Teknik i alla dess former: Datorer, elektronik, starkström
 - Fordon: Bilar, motorcyklar, fyrhjulingar, Segways osv
 - Miljöteknik
 - => **Prius bilen för mig!**
- Översatt delar av CalCars webbsidor till svenska (www.calcars.org/sv)

Om CalCars

- Icke vinstdrivande organisation bildad av entreprenörer, ingenjörer, miljövännar och konsumenter
- Gjorde första plug-in-hybrid-konverteringen: Prius+
- Mål: Att få biltillverkare att bygga plug-in-hybrider

Toyota Prius

- Världens första massproducerade elhybridfordon (760000)



Källa: <http://www.chassetoyota.com>

- Den mest bensinsnåla bilen på marknaden (enligt EPA och Konsumentverket)
- Generation 1, 2 och 3 introducerades i om årsmodellerna 1998, 2001 resp. 2004

Hybridbilar

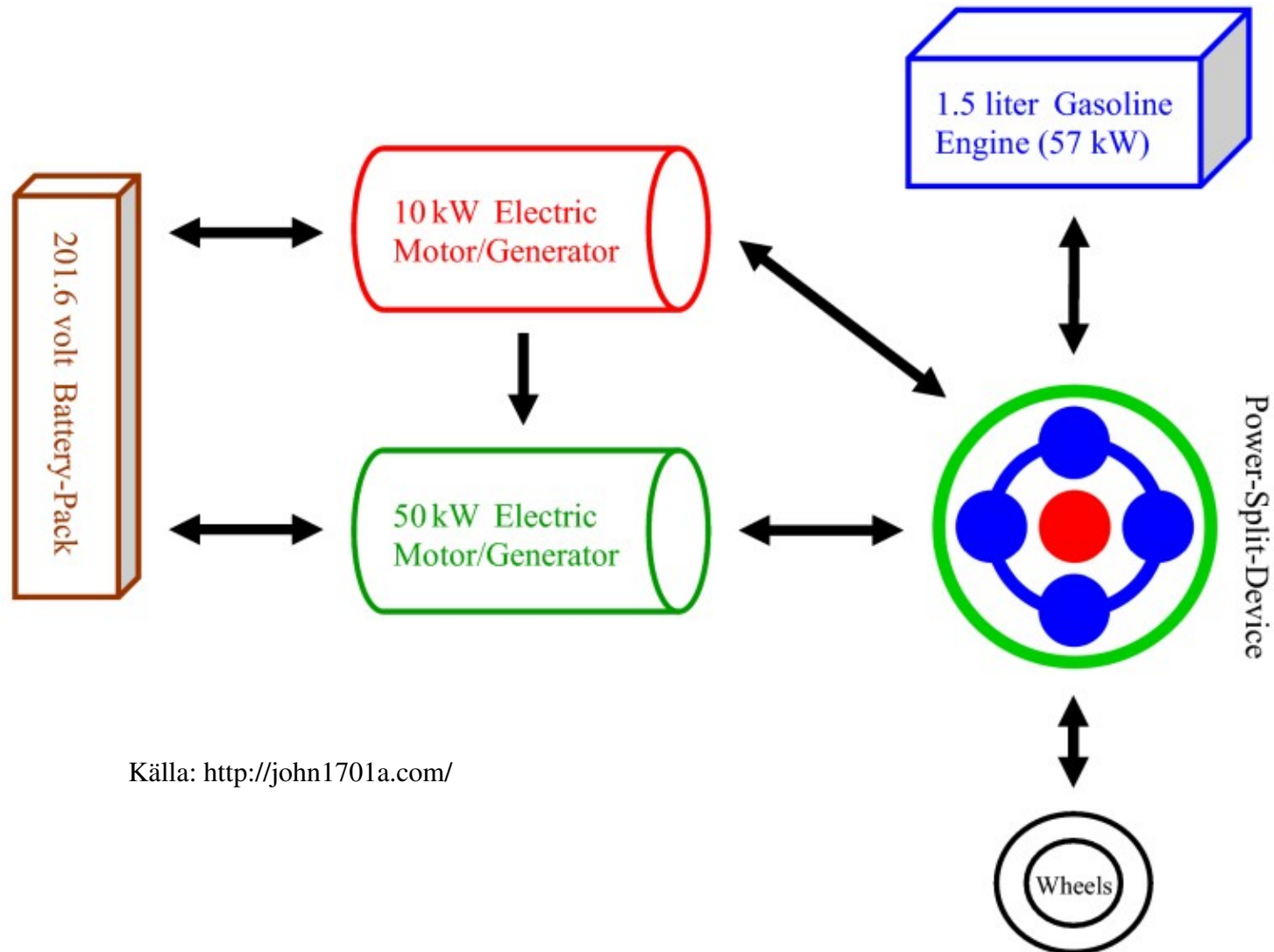
- Vad är en hybridbil ("Hybrid Electric Vehicle")? Typiskt:
 - Både konventionell motor och eldrift
 - Regenerativ bromsning – inbromsning laddar batterierna
 - Bensinmotorn stängs av när den inte behövs
 - Första: *Mixte* 1901 av Ferdinand Porsche
- Flera olika typer finns: parallell, seriell, seriell-parallell (Prius)

Hybrid Synergy Drive

- Drivlinan i moderna Prius (gen 3) och även Highlander, Camry och flera Lexus-modeller.
- En utveckling av Toyotas tidigare system (THS)



Hybrid Synergy Drive



Källa: <http://john1701a.com/>

Bensinmotorn 1NZ-FXE

- 1500 cm³, 57 kW, 5000 rpm
- Insugsventilerna stängs sent - Atkinson-cykel istället för Otto-cykel
- VVT-i (Variable Valve Timing w. intelligence)
 - Insugsventilerna öppningsposition kan styras dynamiskt
 - Start och stopp av motorn kan göras vid mkt låg kompression – undviker slitage
 - Uppvärmning av motor och katalysator går snabbare

Bensinmotorn 1NZ-FXE

- Låg intern friktion
- ”Årets motor” 2004
- Sämre vridmoment och effekt – men bättre effektivitet!
- Elmotorn kompenserar
- Motorn behöver bara ha kapacitet för den *genomsnittliga* effekten

Hybridbatteriet

- NiMH, 168 celler, 201 V nominellt
- 45 kg, 1.3 kWh (40% kan användas)
- Förväntad livslängd 15 år. Garanti 8 år / 15000 mil (10 år / 24000 mil i Kalifornien)



Källa: <http://www.hybridinterfaces.ca/>

Hybridbatteriet

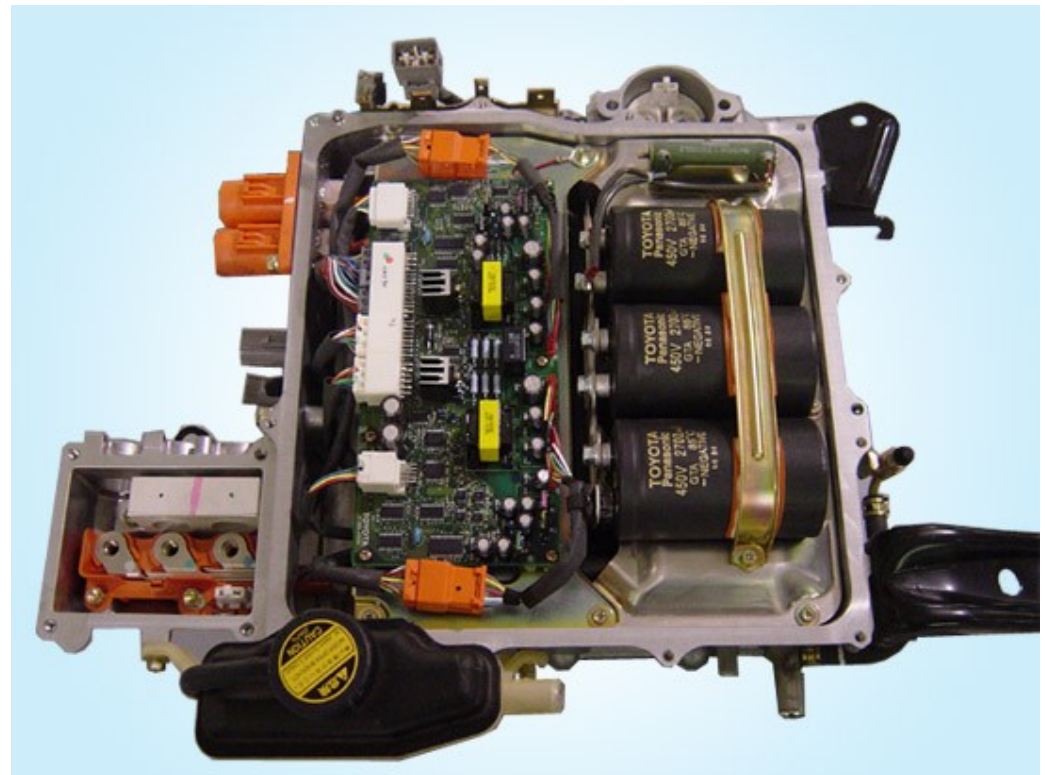
- Kontakter t.v, med vätgas + magnetfält för att släcka gnistbågen.
- Huvudsäkring 125 A
- Många övervaknings- och säkerhetssystem



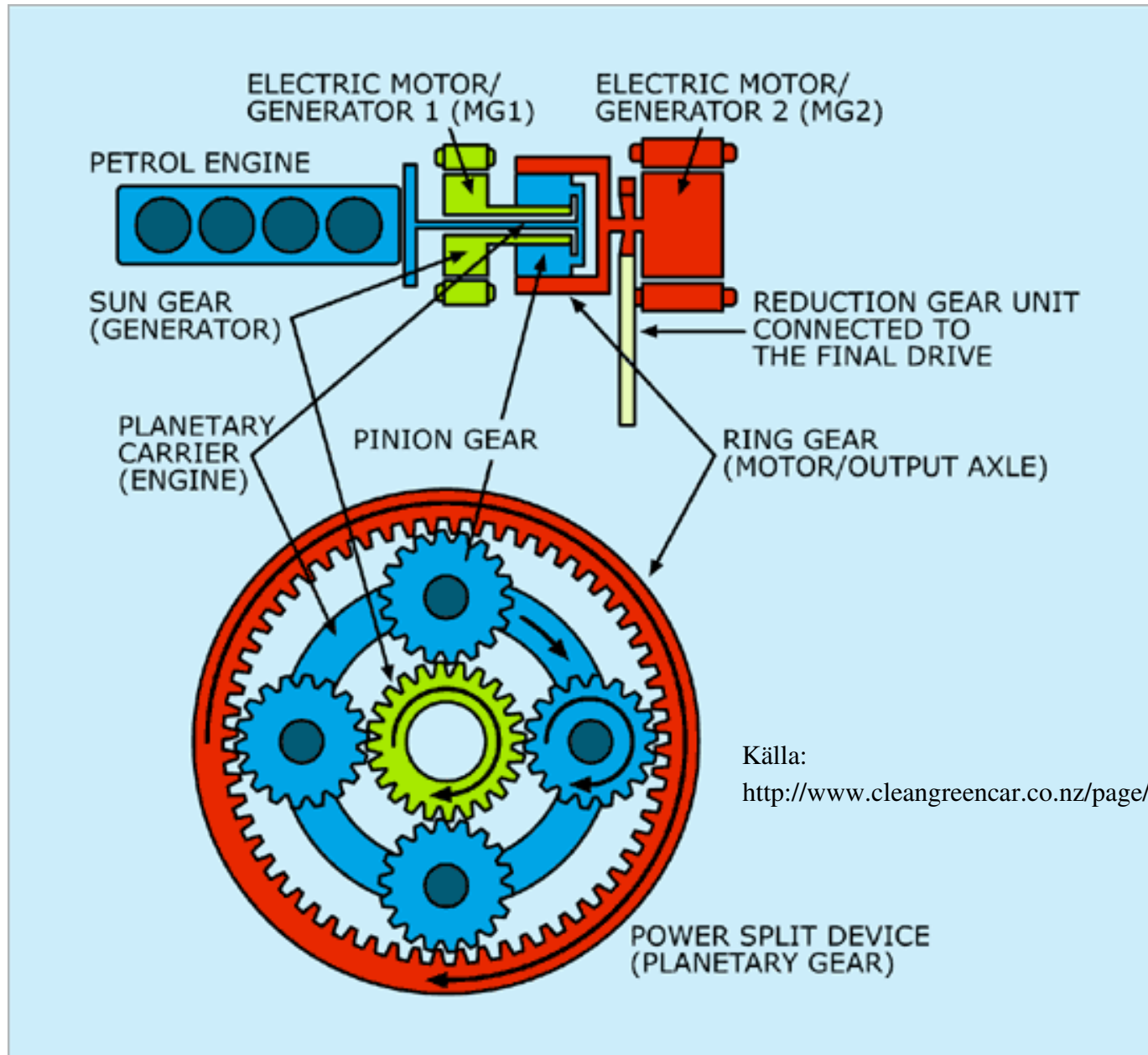
Källa: <http://www.hybridinterfaces.ca/>

Invertern

- Konverterar energin mellan batteriet och motorer / generatorer (201 V DC \Leftrightarrow 500 V AC)
- Datorstyrd, IGBT-typ, vätskekyld
- Klarar upp till 50 kW
- En del av ”växellådan”



Power Split Device



Power Split Device

- Enkel konstruktion, men svår att förstå sig på!
- Seriehybrid och parallellhybrid på samma gång
- Bensinmotorn kan driva bilen mekaniskt, samtidigt som batteriet laddas *eller* hjälper till

Power Split Device

- Steglös inkoppling av bensinmotorn
- ECVT – elektronisk steglös växellåda
- Endast 21 delar
 - En konventionell automatlåda har ca 700 delar!



ICE (Internal Combustion Engine)



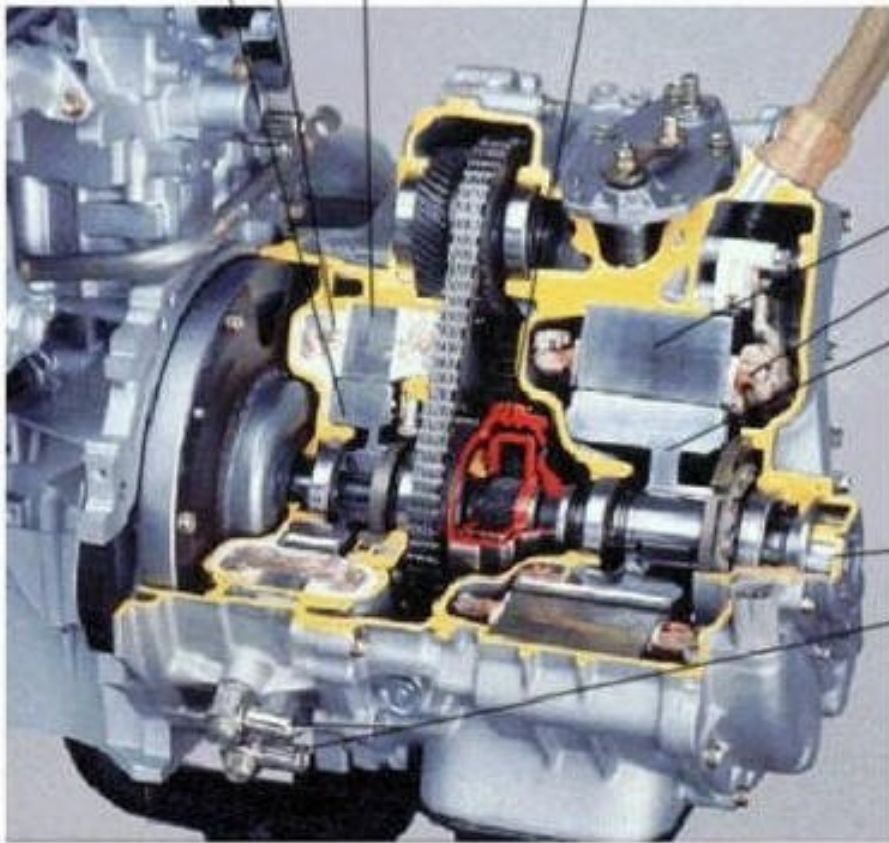
Ring Gear

Planetary Gears

Sun Gear

MG1 (Motor / Generator 1)
MG1 Windings
MG1 Rotor

PSD (Power Split Device)



MG2 (Motor / Generator 2)
MG2 Windings
MG2 Rotor

Oil Pump
Coolant Fittings



Källa: <http://privatenrg.com/>

Motor/generator 2 (MG2)

- Trefas synkronmotor, 50 kW
- Vattenkyld
- Kopplad direkt till framaxeln och planetväxelns yttre kuggkrans
- Tillför huvudsakligen *vridmoment*
- Generator vid inbromsning (0-21 kW)

Motor/generator 1 (MG1)






- Som MG2, men mindre: 18 kW
- Monterad på solhjulet
- Tillför huvudsakligen *hastighet*

- <file:///home/astrand/upplysning/PSDAnim.swf>
- <http://eahart.com//flash/PSDAnim.swf>

Varför drar den så lite?

- Effektiv motor
 - Stannar vid rödljus och i låga hastigheter.
Kan alltid jobba på optimalt varv.
(Underlättar även för katalysatorn –
tomgångskörning kyler den)
- Regenerativ inbromsning
- Lågt luftmotstånd (0,26)
- ”Termos” för kylvätskan (endast USA)
- Datorn hjälper/sporrar till småkörning

Funkar det?

	Well-to-Tank ¹ (fuel production efficiency) (%)	Tank-to-Wheel ² (vehicle efficiency) (%)	Overall efficiency (Well-to-Tank x Tank-to-Wheel) (%)			
			10	20	30	40
Recent Gasoline Car	88	16				
Previous Prius	88	32				
New Prius		37				
Toyota FCHV ³	58	50				
FCHV Target ³	70	60				

1. Source: Toyota study, Japanese energy conditions 2. Source: Toyota in-house testing, Japanese 10/15 mode 3. Hydrogen from CNG

Funkar det?

- Uppgiven förbrukning: 4,2 / 4,3 / 5,0
(landsväg / blandat / stadskörning)
- Som vanligt: ofta mer i praktiken
- Påverkas av temperatur, hastighet, vind, backar, AC, strålkastare, acceleration osv osv
- Går att köra snålt ifall man vill!

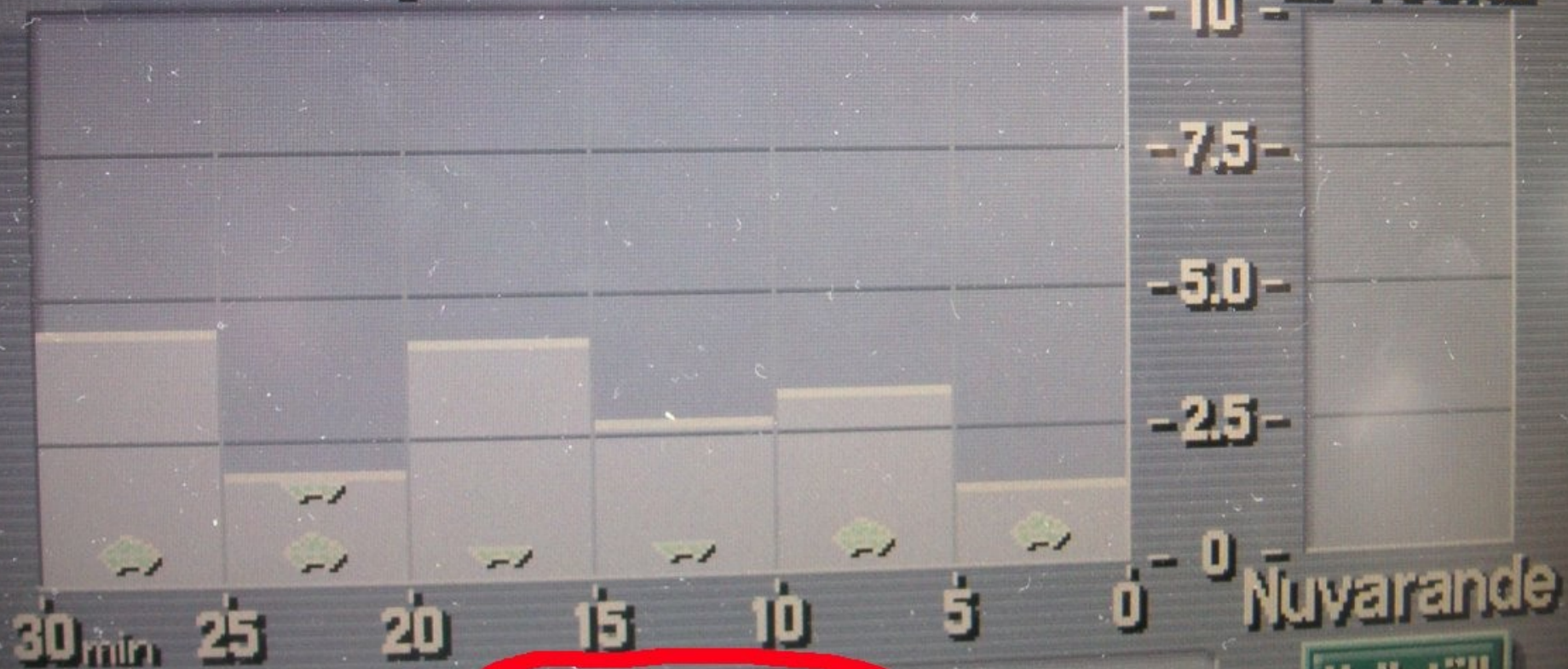


Förbrukning

= 50Wh regenererade

Uttemp. 19 °C

L/100km



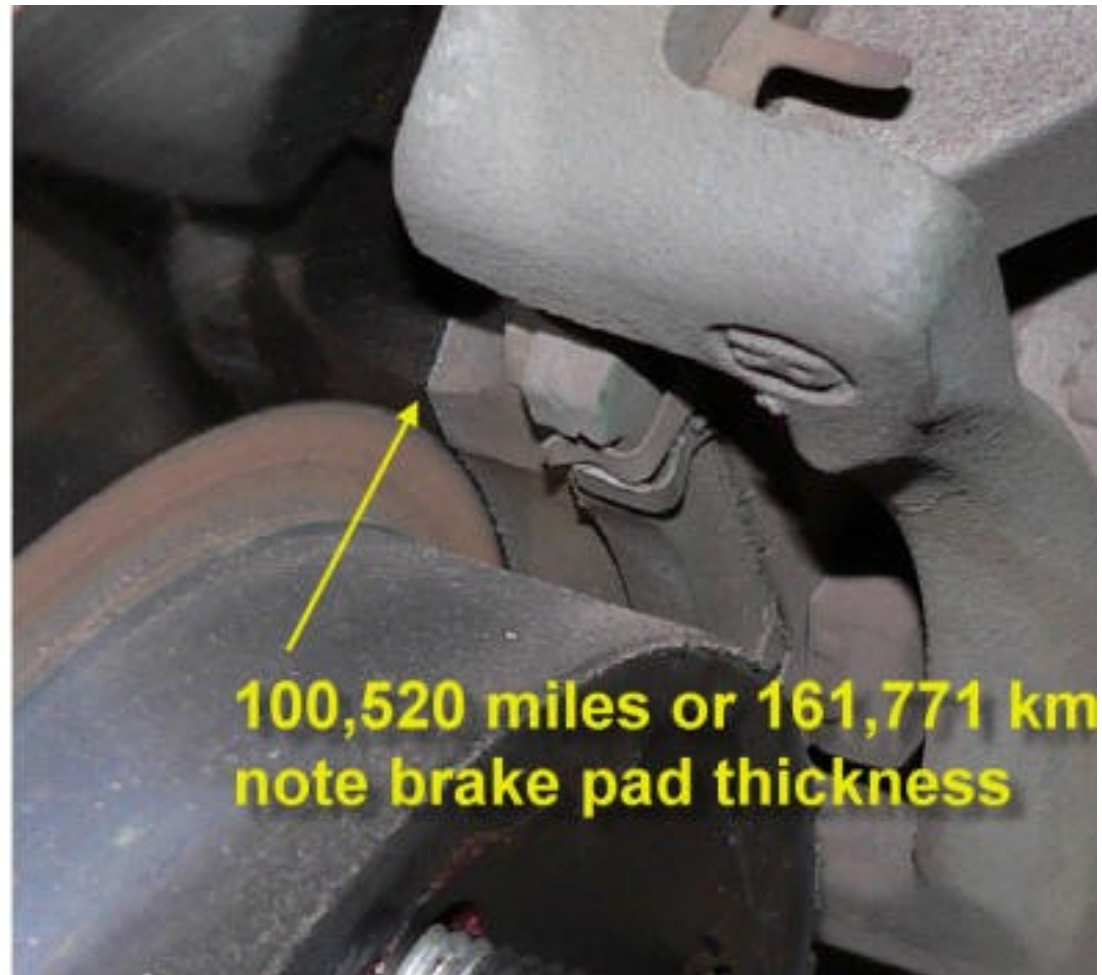
Energi

Genomsnitt
3.2 L/100km 18 km

Nollställ

Andra fördelar

- Minskat slitage på bromsar:



Paus

Extra: Annorlundheter

- Annorunda bildelar:
 - Elektrisk AC, elektrisk servostyrning, elektriska vattenpumpar
- Bildelar som saknas:
 - Koppling
 - Generator
 - Startmotor
 - Momentomvandlare

Extra: nätverk

- CAN-bus (Controller Area Network) möjliggör kommunikation mellan alla viktigare styrsystem
 - ISO-standard
 - SAE J1939 utökar CAN med standardiserade meddelanden för t.ex. motorvarvtal
 - En relativt öppen bus. De flesta Prius-specifika meddelanden är kända mha ”reverse engineering”

CAN System Diagram

('04 & later Prius)

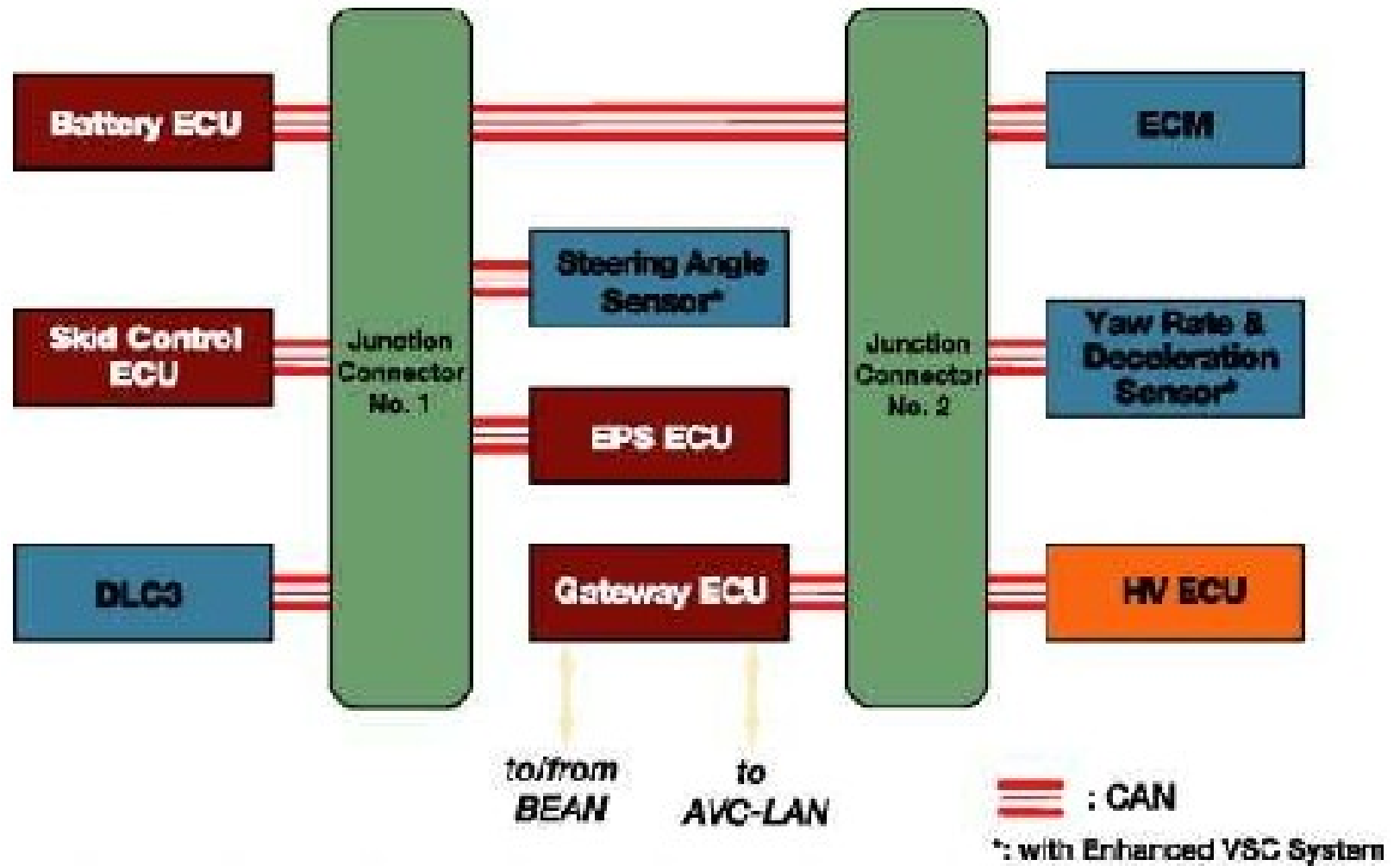


Figure 8.6

00:29 0.4 Miles **45.0** MPH **68.3** MPG 27.2 MPH 0.008 Gal



9.16 Gal
77%
372 MI 146 MI
115.0 mi = 2.737 Gal

230 °C 93
71 °C 63

14%
Chg: 92.4 A
Dischg: 182.6 A

26%

Källa: <http://www.vassfamily.net/ToyotaPrius/CAN/cindex.html>

13.3A
222.0 v
10s: 2.4kw

54.0%
25 °C
218 v

1280

[32 - 18]

3815 M=40.4 %

56.0 Kbps

Plug-in-hybrider

- Minska koldioxidutsläppen
- Minska bränslekostnader

Plug-in-hybrider

- ”Stop fund terrorism!” ”The cash register at your gas station is a collection box for Al Qaeda!”
- I framförallt är ett olje-oberoende minst lika viktigt som miljöaspekterna

Fler fördelar

- Tystare
- Lägre underhållskostnader
- En *gradvis övergång* till elbilar
- Bilen kan fungera som nödkraftverk -
”Vehicle To Grid” (V2G)

Plug-in-hybrider - princip

- Princip:
 - Större batteripaket, gjorda för djupurladdning, ca 5 till 10 kWh
 - Möjlighet att ladda från elnätet
 - Övertyga bilen om att använda el så mkt som möjligt

Prius+

- Den första plug-in-hybriden, av CalCars 2004
 - 4.8 kWh PbA (18 MC-batterier), 130 kg
 - 20 km EV-räckvidd



Batterityper - bly/syra

- Gammal, beprövad teknik
- Vanligt ”bilbatteri”
- Användes i Prius+
- Låg investering
- Hög vikt
- Kort livslängd, 200-300 cykler

Batterityper -

NickelMetalHydrid

- Cobasys har 125 patent på NiMH och vill inte sälja lagom stora batteriet, i små volymer
- Konspirationsteori: Delägaren ChevronTexaco motarbetar EVs/PHEVs
- Säker, beprövad teknik
- Flera typer av NiMH har nu dykt upp som hävdas undvika patenten

Batterityper -

NickelMetalHydrid

- Klarar 2000-3000 cykler, i princip bilens livslängd
 - Dock: djupurladdning påverkar
- Energidensitet: 30-80 Wh/kg
- Kostnad idag: ca 10 kkr/kWh
- NiMH = existerande teknik

Batterityper - Lithium-jon

- Morgondagens teknik i fordonssammanhang
- Vanligt förekommande i t.ex. Laptops
- Ej lika beprövade som NiMH
- Energidensitet: 160 Wh/kg
- Kostnad idag: som för NiMH

EV only vs Blended Mode

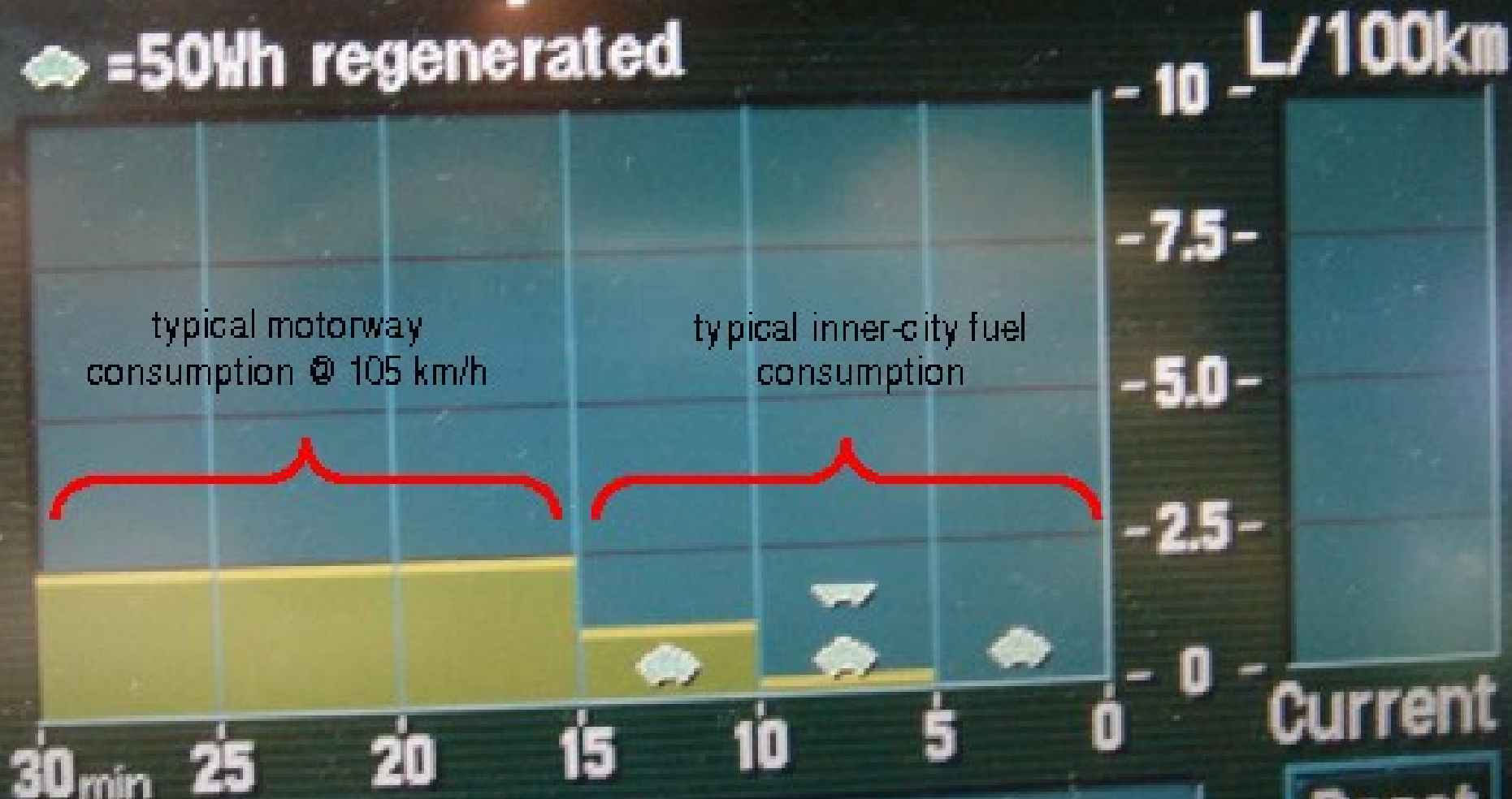
- EV only: Bensinmotorn används i princip inte öht.
 - Extremt låg / ingen bränsleförbrukning på begränsad körsträcka.
- Blended Mode: Bensin+el.
 - Sänker förbrukningen över lång körsträcka
- När batteriet är slut blir bilen en vanlig hybrid
 - ”Elbil med bensintank som reserv”



Consumption

Outside temp. 23 °C

= 50Wh regenerated



Energy

Average
1.8 L/100km 140 km

Reset

Screenshot of the Prius fuel consumption screen. Comments by SP Innovation.

Prius som plattform

- + Öppen plattform
- - EV-mode begränsat till 50 km/h
- - Bensinmotorn smörjer PSD – *kanske* inte bra att köra i EV-läge för länge
- - Mjukvaran begränsar EV-läget till 25 kWh

Toyota "Plug-in HV"

- Toyotas egna prototyp
- 2.6 kWh NiMH (2 st Prius-batterier), 13 km EV-räckvidd
- Max EV-hastighet 100 km/h!
- Laddtid ~1h
- Anser att HSD är en bra plattform
- Vägtester i Japan, Europa, USA. 10 bilar ute.

Chevrolet Volt

- Konzeptbil, siktar på produktion 2010
- Seriehybrid
- EV-räckvidd 64 km
- Batterier från A123, lithium-jon, 16 kWh

Konverterings-kit

- Finns idag 6 kommersiella leverantörer, 1 DIY/OpenSource-kit
- De första leveranserna från de kommersiella lev. har nyligen skett
- Priser: 20-280 KSEK (plus bil)
- 46 plug-in-hybrider existerar, de flesta i bilparker
- www.eaa-phev.org/wiki/Prius_PHEV#Kits_and_Conversions

Ekonomi

- Serietillverkade PHEVs mkt billigare:
 - ”We estimate automakers could sell small, 30-mile range PHEVs for \$3000 more than hybrids, \$5000 more than non-hybrids” - CalCars
- Jämför bränslecellsbil (Honda FCX) som kostar ca 10 000 000 SEK

Ekonomi

- El är billigt!
 - Det går åt ca 2 kWh per mil, dvs endast ett par kronor
- Men: batterikostnaden överskuggar:

	Kwh	Livscyklar	Livsår	Kostnad	Kostnad/mil
EVP20-12 PbA	3	200-400	1-2	6000	8-16
Nilar NiMH	5	2000	10	50000	7
PSI Li-ion	4	2000	10	35000	5

- Brytpunkt: Ingen vinst nu, men snart...

Argument & motargument

- ”Elproduktionen släpper också ut koldioxid”
- Även med kolkraftverk så minskas utsläppen (se t.ex. EPRI-NRDC-studien)
- Elproduktionen blir renare med tiden

Argument & motargument

- ”Elnätet klarar inte av belastningen”
 - Inte sant i USA iaf. Det nuvarande nätet klarar miljontals plug-in-hybrider.
 - De flesta laddar på natten
 - V2G kan tom hjälpa till att utjämna belastningstoppar



Mer information

- www.calcars.org/sv
- www.eaa-phev.org
- mycanscan.sourceforge.net
- www.cleangreencar.co.nz/page/prius-technical-info
- Boken "Plug-in Hybrids"
- Who Killed the Electric Car?

Extra: Volvo ReCharge

- Koncept för serie-plug-in-hybrid, baserad på C30
- 12 kWh litium-polmer, 100 km EV-räckvidd
- Full laddning ~3h