

Millä Suomi liikkuu – tulevaisuuden polttoaineet puntarissa

TkT Kimmo Klemola
Kemiantekniikan yliassistentti
Lappeenrannan teknillinen yliopisto

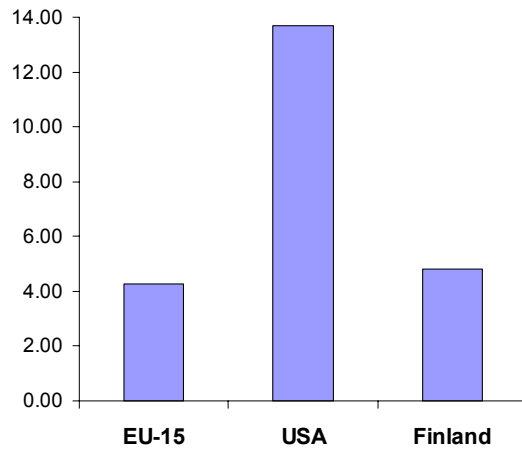
Studia Generalia
Oulu 31.10.2007

Öljynkulutus yhden ihmisen elinaikana



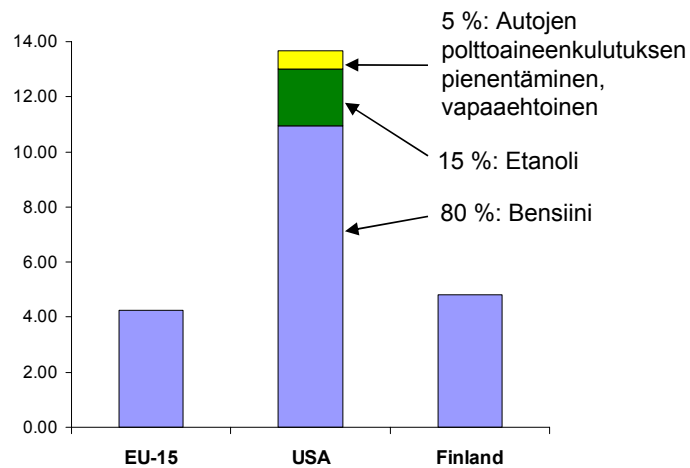
Raakaöljynkulutus yksityisautoiluun

Tynnyriä raakaöljyä/henkilö/vuosi



Bushin tavoite vähentää bensiinin kulutusta 20 % vuoteen 2017

Tynnyriä raakaöljyä/henkilö/vuosi



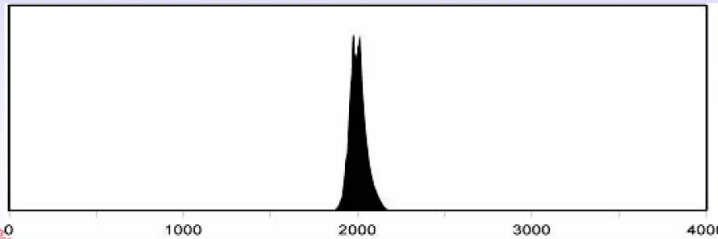
The future of energy

Economist.com

The end of the Oil Age

Oct 23rd 2003

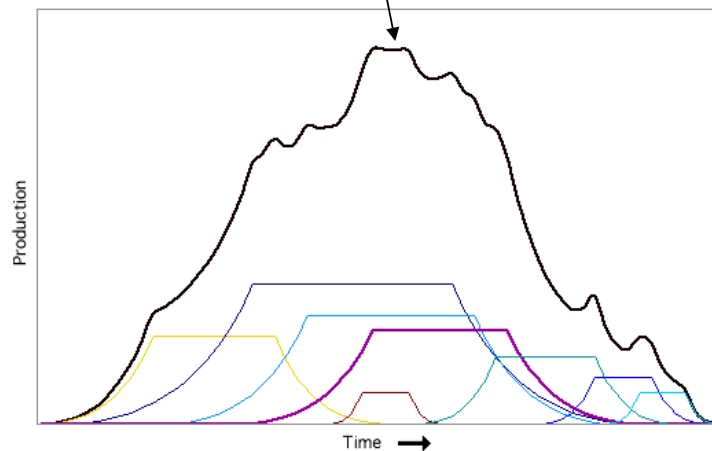
Leaders from The Economist print edition



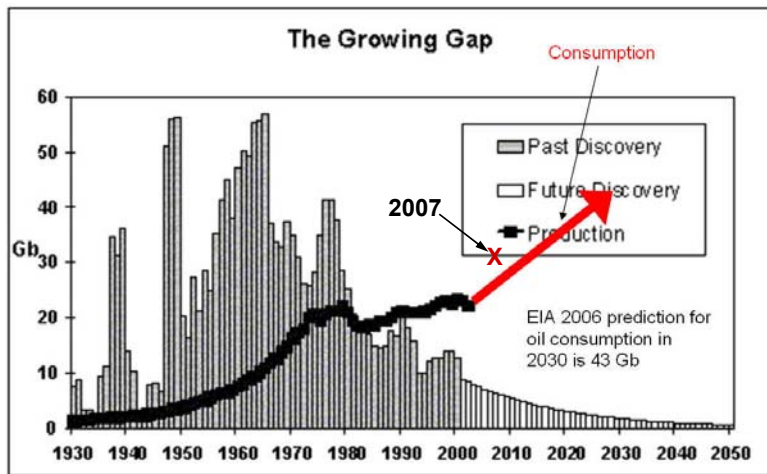
Kjell Aleklett

Öllyhuippu – peak oil

Öljyn tuotannon huippu- eli lakipiste. Milloin se on edessä?

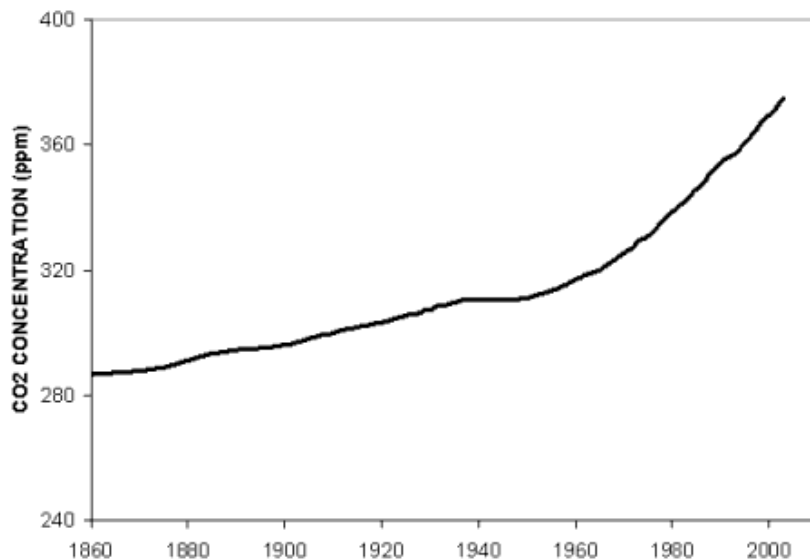


Öllyhuippu – peak oil



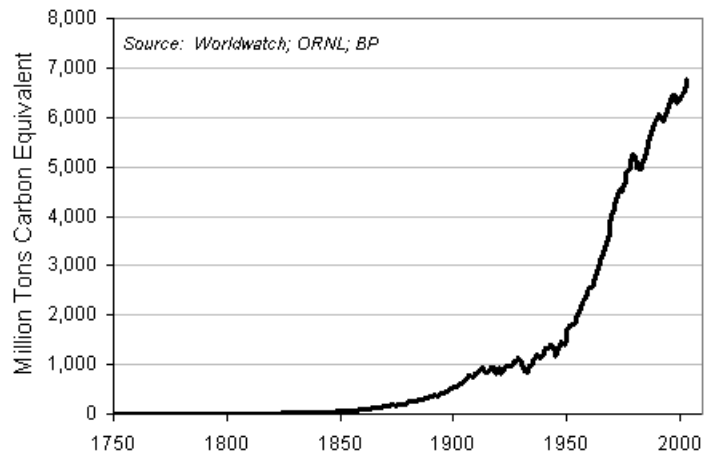
Lähde: ASPO – Association for the Study of Peak Oil

Ilmastonmuutos

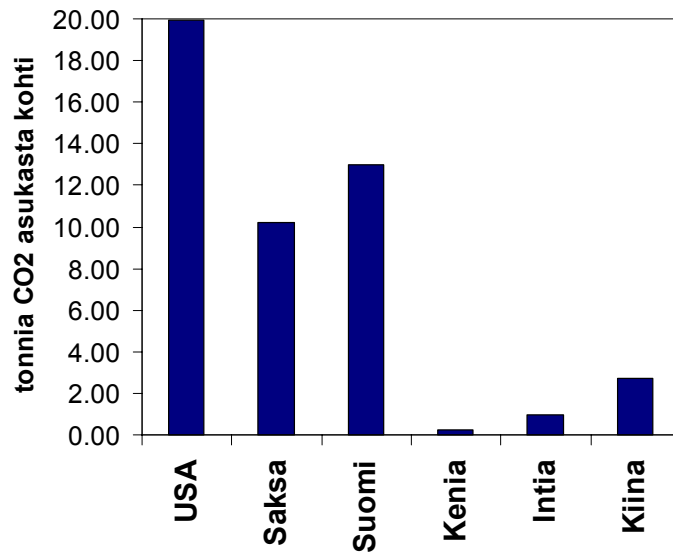


Ilmastonmuutos

Maailman fossiilipolttoaineiden kulutus
1751–2003



Hiilidioksidipäästöt henkeä kohti vuodessa



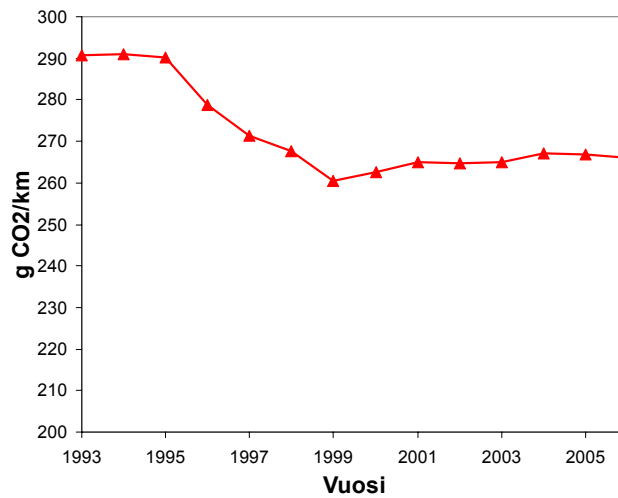
Maailmanpolitiikka



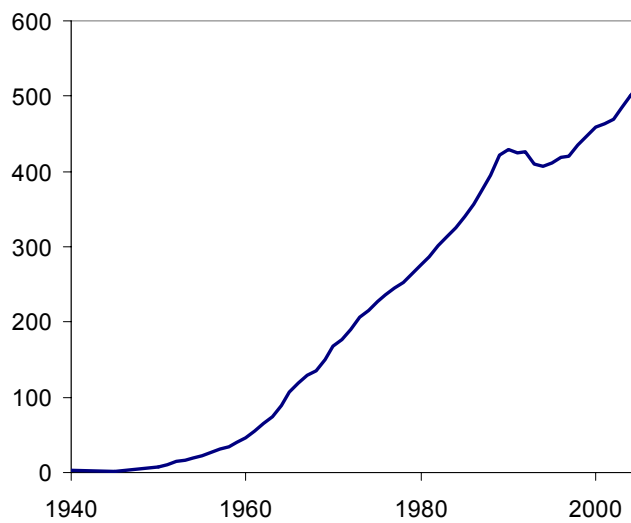
Kulutustottumukset menevät väärään suuntaan –
USA:n autokanta (henkilöautot, maasturit, pickupit)

	1987	2005
Kulutus, L/100 km	10,65	11,20
Paino, kg	1325	1719
Hevosvoimia	118	212
Moottoritilavuus, L	2,87	3,43
Kiihtyvyys, 0–100, s	13,1	9,9
Maasturien ja pickupien osuus, %	28	50
Myytyjä autoja, miljoonaa	14,87	17,15

Suomessa myytyjen uusien henkilöautojen koko elinkaaren keskimääräiset hiilidioksidipäästöt vuosina 1993–2006, g CO₂/km

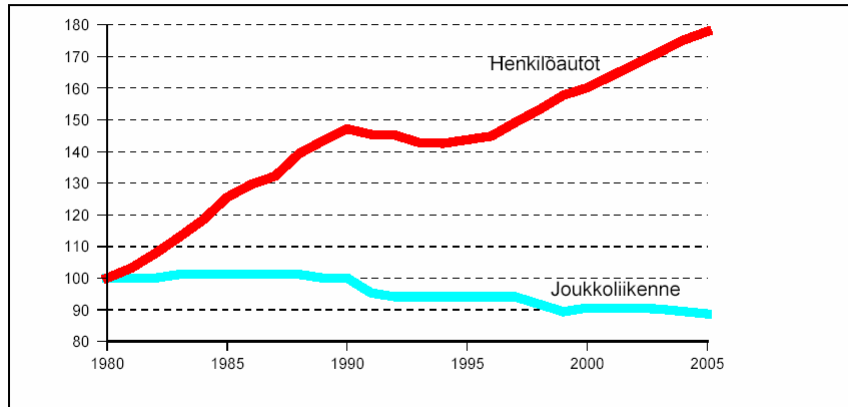


Henkilö- ja pakettiautoja 1000 asukasta kohti Suomessa



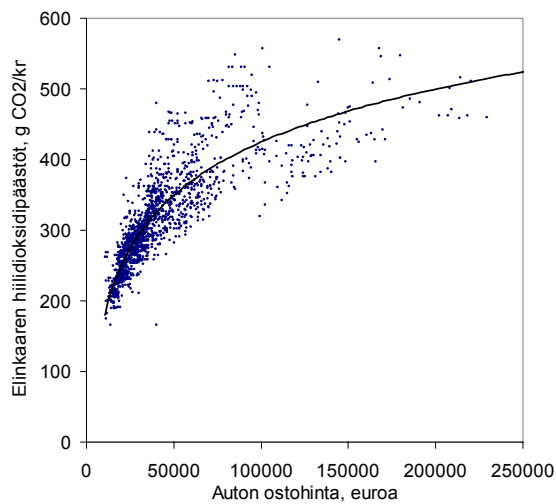
Joukkoliikenteen ja henkilöautojen käyttö Suomessa

Kuvio 16. Joukkoliikenne- ja henkilöautoliikennesuoritteiden kehitys (1980=100)



Luonnonvarat ja ympäristö 2006

Auton elinkaaren hiilidioksidipäästöt kasvavat mitä kalliimpi auto on



AKE-tietokanta 2007, Kimmo Klemola 2007

Maailman polttoainetuotanto

- Bensiini 1059 Mt (miljoonaa tonnia) (2006)
- Diesel 814 Mt (2006)
- Etanoli 36,2 Mt (2005)
- Biodiesel 2,3 Mt (2005)
- Etanolin ja biodieselin tuotanto on kasvanut voimakkaasti vuoden 2005 jälkeen ja kasvun ennustetaan jatkuvan.

Tieliikenteen ”polttoaineet” ja ”biopolttoaineet”

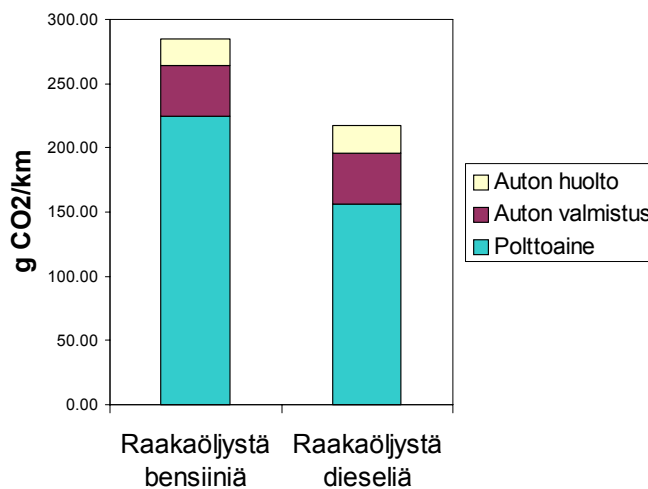
- Nestemäiset
 - **Bensiini**
 - **Diesel**
 - **Etanoli ja sen eetterijohdannaiset ETBE ja TAAE (1G/2G)**
 - **Biodiesel (1G/2G)**
 - **Metanoli ja sen eetterijohdannaiset MTBE ja TAME (biometanoli (2G))**
 - **Biobutanoli (1G/2G)**
- Kaasumaiset
 - Metaani (**maakaasu, biokaasu**)
 - **Dimetyylieetteri (biodimetyylieetteri (2G))**
 - **LPG** (liquid petroleum gas, öljynjalostuksen nestekaasu)
 - **Vety (biovety (2G))**
 - **Ilma** (www.theaircar.com)
- Kiinteät
 - **Puupilke ja turve**
- Muut
 - **Sähkö (biosähkö)**

1G = ensimmäisen sukupolven, 2G = toisen sukupolven biopolttoaine.

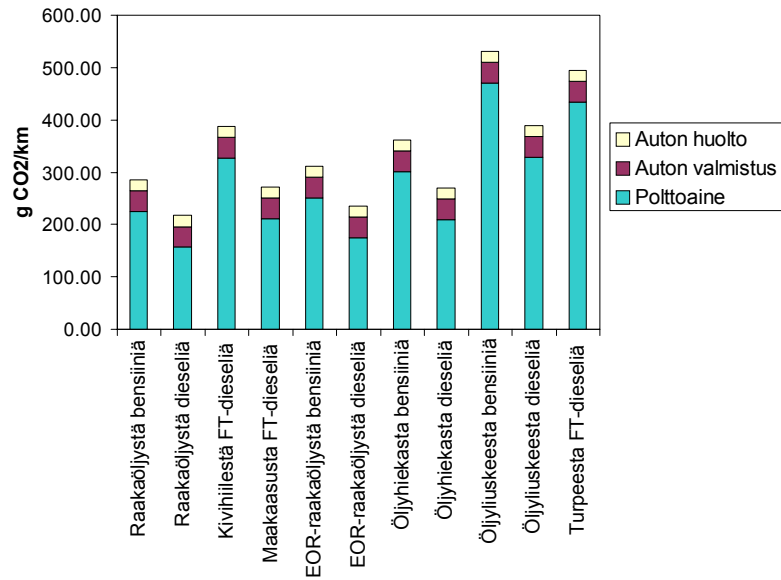
Bensiini- ja dieselautot

- Vuonna 2006 myytyjen uusien henkilöautojen keskimääräinen omamassa oli 1381 kg
 - 1381-kg bensiiniauton kulutus 8,22 L/100 km
 - 1381-kg dieselauton kulutus 5,58 L/100 km
- 1381-kg bensiiniauton koko elinkaaren hiilidioksidipäästöt 87,7 tonnia.
- 1381-kg dieselauton koko elinkaaren hiilidioksidipäästöt 63,5 tonnia.

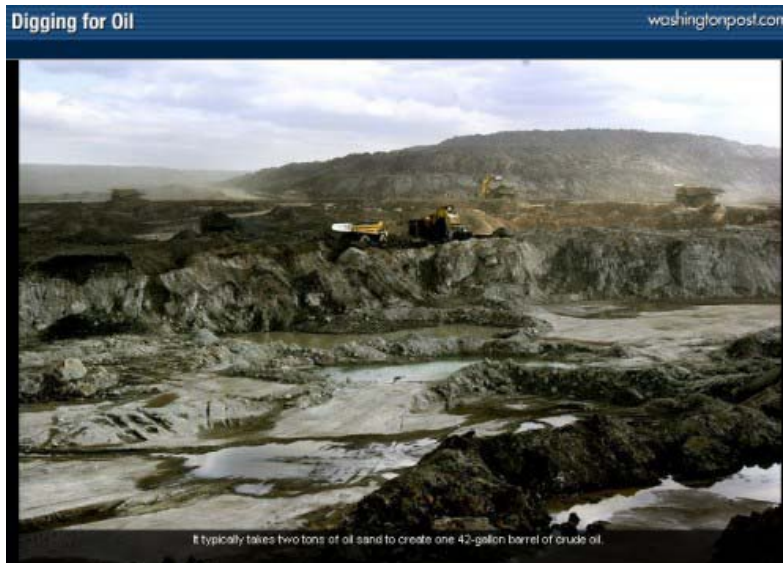
Bensiini- ja dieselautot – elinkaaren CO₂-päästöt



Fossiiliset polttoaineet – elinkaaren CO₂-päästöt



Öljyhiekkä



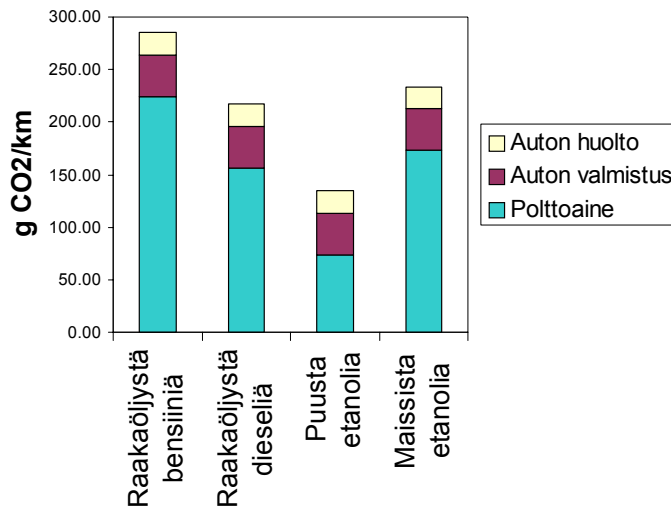
Palava kivi, öljyliuske



Etanoli

- Etanolia voidaan tuottaa esimerkiksi viljasta, sokeriruo'osta, maissista tai vaikkapa puuperäisestä massasta
- Etanolin energiatase on usein huono.
- Joidenkin laskelmien mukaan etanolin energia-arvo on pienempi kuin sen valmistamiseen käytettyjen fossiiliraaka-aineiden energia-arvo. Fossiilisia raaka-aineita kuluu mm. lannoitteisiin, sadonkorjuuseen, tislaukseen ja kuljetukseen.

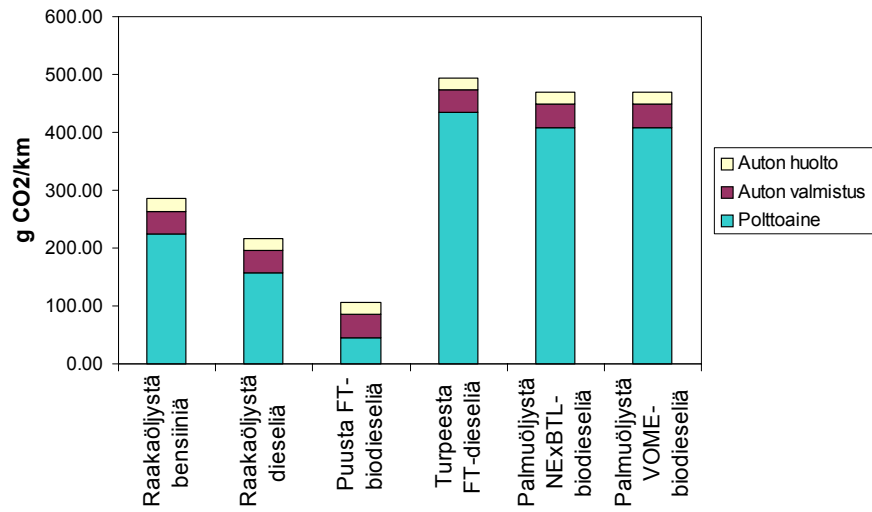
Etanoli – elinkaaren CO₂-päästöt



Biodiesel

- Valmistetaan kasviöljyjen ja metanolin tai etanolin vaihtoesteröinnillä tai vedyttämällä kasviöljyjä (Nesteen biodiesel).
- Kasvihuonetaseet huonoja.
- Voidaan myös valmistaa biosynteetikasusta Fischer–Tropsch-synteetillä:
 - puusta
 - heinäkasveista
 - jätteistä
 - (turpeesta)

Biodiesel – elinkaaren CO₂-päästöt



Metanoli

- Metanolia voidaan valmistaa fossiilisista polttoaineista tai biomassasta höyryreformoimalla ensin synteetikaasuksi, josta metanoli valmistetaan.
- Biometanoli ei ole pitkään aikaan kilpailukykyinen ”dinometanolin” kanssa.
- Metanoli on käyttökelpoinen polttoaine ja soveltuu myös polttokennojen raaka-aineeksi. Onkin alettu puhua tulevasta metanolitaloudesta.

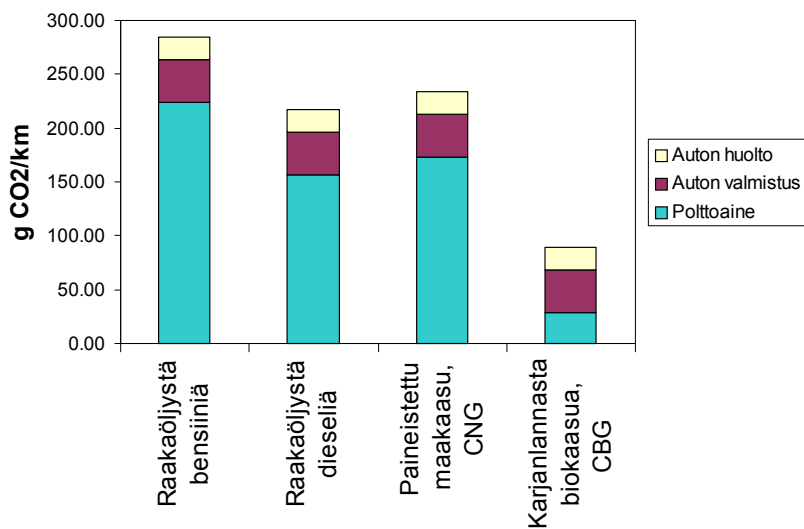
Biobutanoli

- Uusi biopolttoaine-ehdokka.
- British Petroleum ja Dupont testaavat yhdessä biobutanolin valmistamista.

Maakaasu/biokaasu

- Metaani CH₄
- Maailmassa muutama miljoona metaanilla toimivaa autoa, "Bifuel".

Maakaasu/biokaasu – elinkaaren CO₂-päästöt



Dimetyylieetteri

- Kaasumainen dieselmootoreihin sopiva polttoaine.
- Volvo on tutkinut DME:n käyttöä.

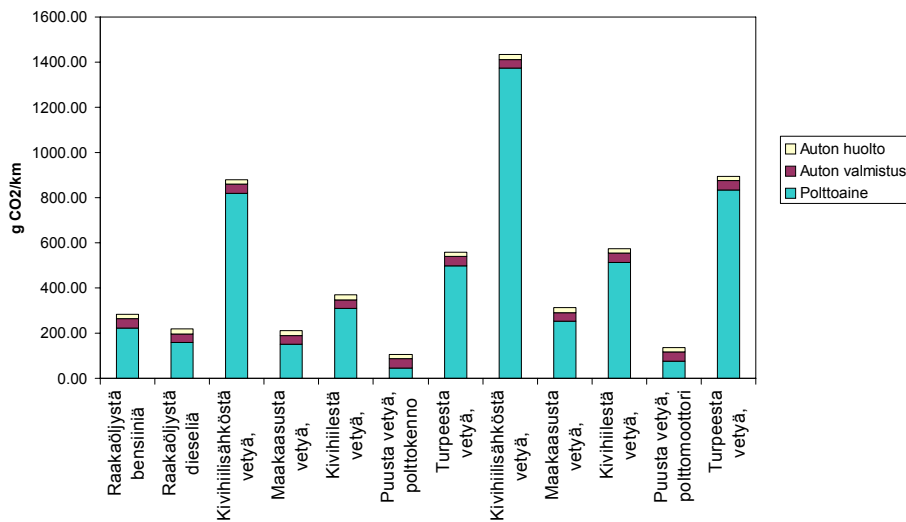
LPG

- Liquefied Petroleum Gas, öljynjalostuksen nestekaasu
- Öljynjalostuksen (ja maakaasun) sivutuotekaasuja voidaan käyttää polttoaineena.

Vety

- Polttokennot ja vetytalous
- Paljon resursseja satsattu
- Erittäin paljon mahdollista, ettei tule toteutumaan kuin pienimuotoisena.

Vety – elinkaaren CO₂-päästöt

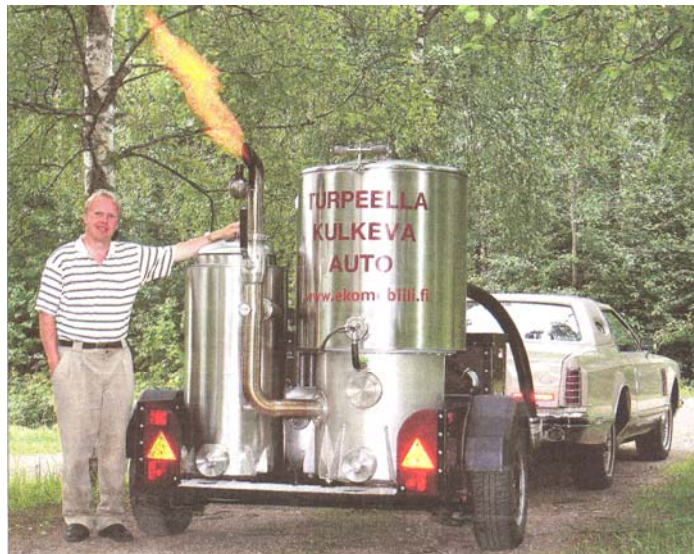


Liikenteen energiantuotanto – vetyautot

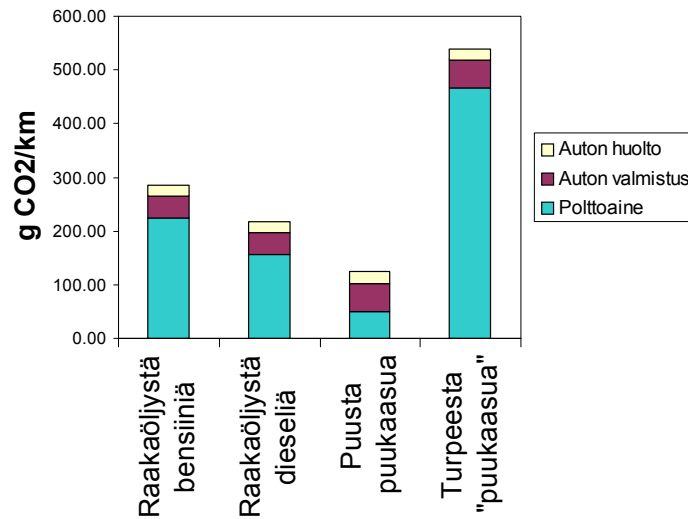
Sama määrä energiaa ympäröivissä olosuhteissa: bensiini- ja vetyauto



Häkäpönttöautot



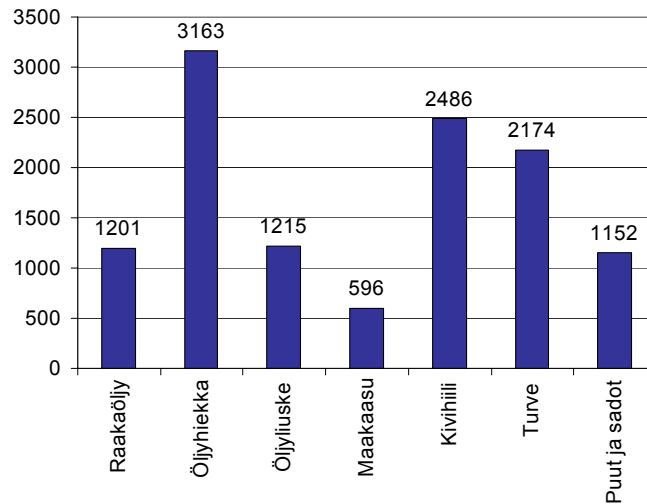
Häkäpönttöautot – elinkaaren CO₂-päästöt



Sähköautot

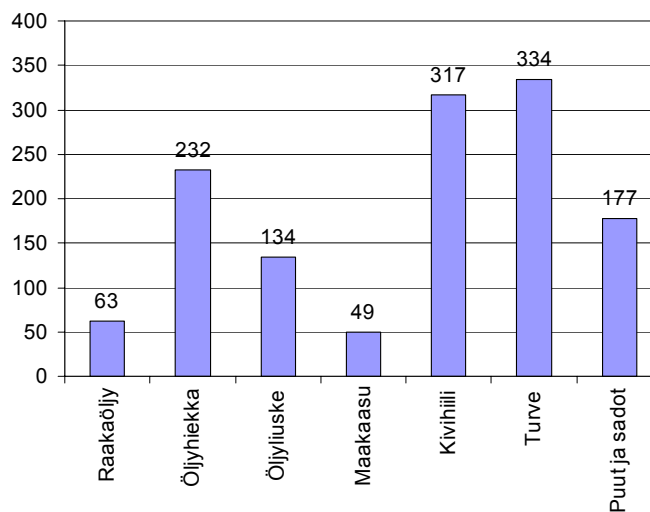
- Voimanlähteenä akku ja sähkömoottori
- Sähköautojen piti lyödä itsensä läpi 2000-luvun alussa, mutta niin ei käynyt.
- Akkuteknologia on kuitenkin viime vuosina mennyt kaikessa hiljaisuudessa eteenpäin ja kustannuksia on saatu painettua alas.

Raaka-ainevarojen teorettinen potentiaali korvaamaan raakaöljyä tieliikenteessä, miljardia öljybarrelia = 387 vuodeksi



Vuonna 2006 raakaöljynkulutus oli noin 31 miljardia barrelia.

Raaka-ainevarojen teorettinen potentiaali nostaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta

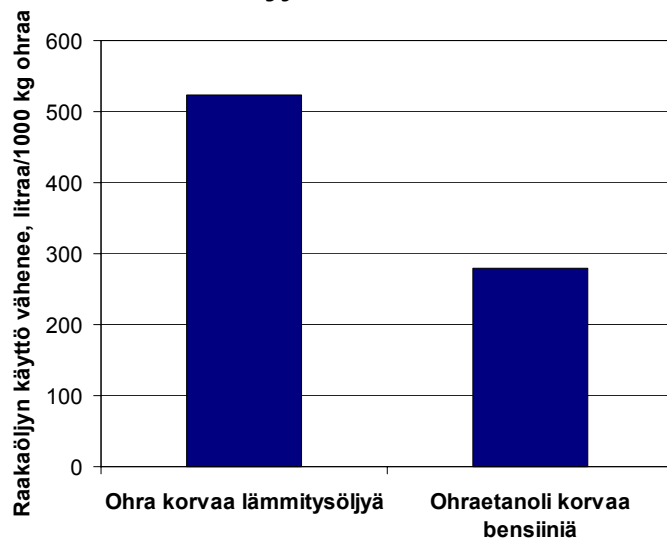


Vuonna 2006 ilmakehän hiilidioksidipitoisuus oli 385 ppm.

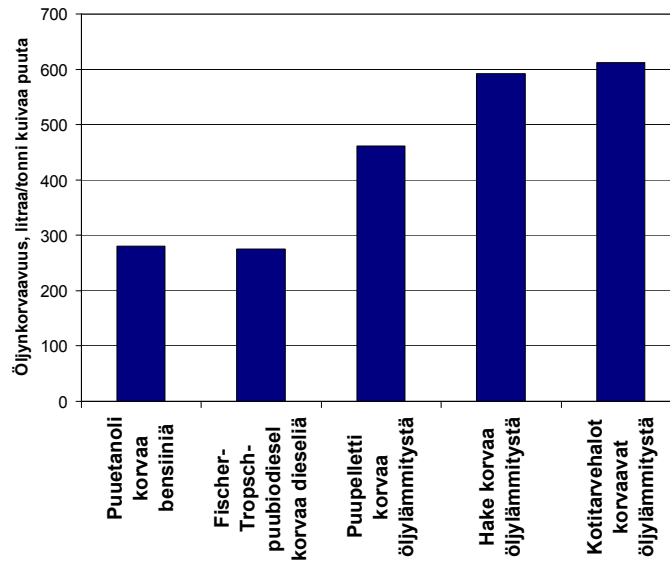
Biomassan vaihtoehtoiset käyttökohteet



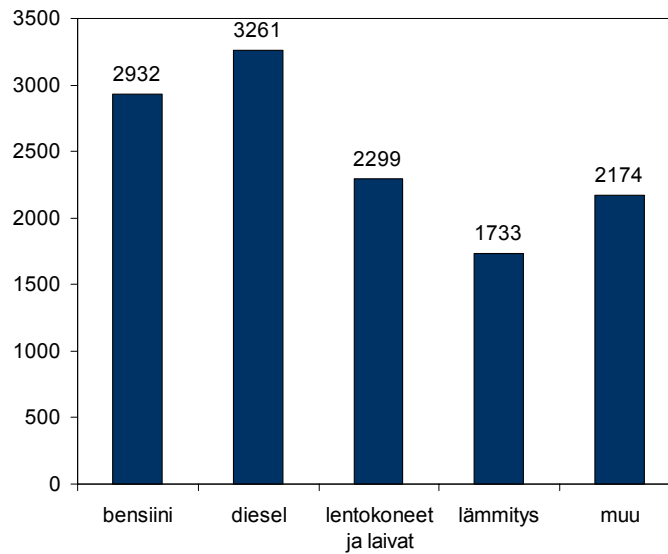
Viljan käyttö energiaksi – raakaöljyn korvaavuus



Puun käyttö energiaksi – raakaöljyn korvaavuus



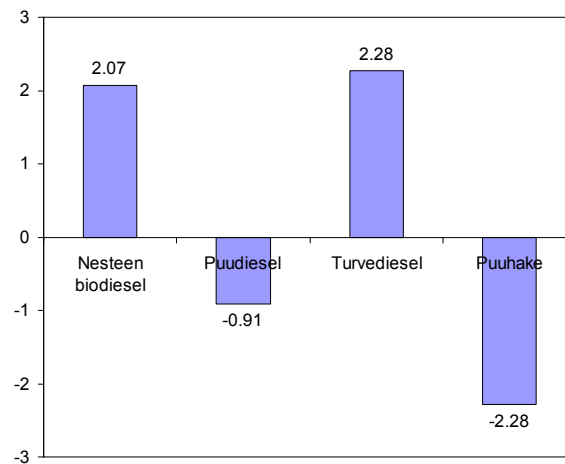
Suomen öljynkulutus, miljoonaa litraa



Tieliikenteen öljynkulutuksesta (benssiini ja diesel) 5,75 % tulee 2010 mennessä korvata biopolttoaineilla

- Suomessa tavoitteeseen aiotaan päästä Nesteen biodieselillä.
- Kaksi laitosta, joista toinen on valmis, tulee tuottamaan 435 miljoonaa litraa biodieseliä.
- Raaka-aine palmuöljy (ruokaöljy)
- Uusia palmuöljyplantaaseja varten täytyy raivata sademetsää. Nesteen Suomen tuotantoa varten 117000 hehtaaria.
- Laitokset korvaisivat 8,4 % tieliikennepolttoaineista.
- Myöhemmin on tarkoitus rakentaa puu- tai turvediesellaitoksia.

Jos Nesteen biodieselin korvaama öljymäärä korvattaisiin eri tavoilla: vaikutus CO₂-päästöihin (miljoonaa tonnia)



Kaikki maailman ruoka, viini, viina ja olut autojen polttoaineiksi:

- 40,3 % maailman autojen polttoaineenkulutuksesta

Kaikki maailmassa käytetty puu autojen polttoaineiksi (selluetanoli):

- 16,7 % maailman autojen polttoaineenkulutuksesta



Kaikki maailmassa tuotettu ruoka, viini, viina, olut ja puu autojen polttoaineiksi:

- 57 % maailman autojen polttoaineenkulutuksesta

Suomen maa-ala ja "bio"varat

- Peltoa 2,2 miljoona hehtaaria
- Metsää 22,93 miljoona hehtaaria
 - Puuta 2190 miljoonaa m³
 - Vuotuinen kasvu 97,1 miljoonaa m³
 - Vuotuinen kestävä hakkuumäärä 71,0 miljoonaa m³
 - Hakkuutähteitä voidaan käyttää lisäksi 7,7 miljoonaa m³
 - Puuta käytetään Suomessa nykyisin 80 miljoonaa m³
- Suota 8,92 miljoonaa hehtaaria
 - 4800 Mt C hiiltä Suomen soissa (423 Mt puustossa)
 - 4 Mt C/vuosi hiiltä sitoutuu Suomen soihin (19,5 Mt C puustoon)
 - 1,7 Mt C/vuosi turvekäyttö (16 Mt C puun)
 - Turvevarat vastaavat 4,4 miljardia tonnia öljyä (Norjan öljyvarat 1,3 miljardia tonnia)

Rintalan raportti helmikuussa 2007

- Käytettävissä olevat kotimaiset raaka-ainevarat autojen polttoaineiksi tai lämmitykseen
 - Kokonaisöljynkulutus **12.4** miljardia litraa)
 - Puu 5,4 miljoonaa m³
 - 0,60 mrd litraa raakaöljyä korvaisi autojen polttoaineena
 - 1,28 mrd litraa raakaöljyä korvaisi lämmityksessä
 - Turve
 - 0,27 mrd litraa raakaöljyä korvaisi autojen polttoaineena
 - 0,58 mrd litraa raakaöljyä korvaisi lämmityksessä
 - Kierrätysjätteet, oljet, ruokohelpi
 - 0,24 mrd litraa raakaöljyä korvaisi autojen polttoaineena
 - 0,53 mrd litraa raakaöljyä korvaisi lämmityksessä
 - Vilja
 - 0,14 mrd litraa raakaöljyä korvaisi autojen polttoaineena
 - 0,27 mrd litraa raakaöljyä korvaisi lämmityksessä
 - Yhteensä
 - **1,26** mrd litraa raakaöljyä korvaisi autojen polttoaineena
 - **2,66** mrd litraa raakaöljyä korvaisi lämmityksessä

Vaihtoehto energian säästäminen – esimerkkinä autojen polttoaineen kulutuksen vähentäminen 50 %:lla

Tavoitteeseen päästään leikkaamalla (Suomi)

- autojen määrää 20,6 %
 - 2,71 miljoonaa 12/2005
 - 2,15 miljoonaa (12/1997 määrä) tavoite
- ajettuja kilometrejä per auto 20,6 %
 - 16 100 km/vuosi 2005
 - 12 800 km/vuosi tavoite
- polttoaineen kulutusta 20,6 %
 - 7,98 L/100 km 2005
 - 6,34 L/100 km tavoite (Ford Mondeo 2.2 TDCi)

Ruotsin malli: “Vår största miljöbil” Chevrolet Tahoe

- Kulutus E85: 22,4 L/100 km
- Kaupunkiajossa: 34,1 L/100 km
- Omamassa: 2506 kg
- Moottorilavuus: 5,3 L



Neljän hengen Thaimaan matka

- kuluttaa 4617 litraa raakaöljyä.
- aiheuttaa 6,2 miljoonan litran hiilidioksidipäästöt = 11,4 tonnia CO₂
- Hinta olisi 3763 euroa suurempi, jos polttoainevero olisi tieliikenteen polttoaineverojen suuruinen.
- vastaa 168 vuorokauden tauotonta auton tyhjäkäyntiä.
- vastaa 57290 km tavallisella perheautolla ajoa.
- 4,95 hehtaaria ohrapeltoa tarvitaan tuottamaan vastaava bioetanolimäärä.

Neljän hengen Thaimaan matka

- 29683 limppua saataisiin ko. ohrasta.
- 0,46 hehtaaria metsää tulisi avohakata, jotta saatu puumäärä tuottaisi tarvittavan polttoainemäärän.
- vastaa 72 pinomottia sekahalkoja.
- vastaa 424 vuotta digisovittimen valmiustilassa oloa.
- vastaa 545 vuoden energiansäästölamppun tuomaa hyötyä.