



Professori Heikki Liimatainen

MITEN PÄÄSTÄ FOSSIILITTOMAN LIIKENTEEN TIEKARTAN TAVOITTEISIIN?

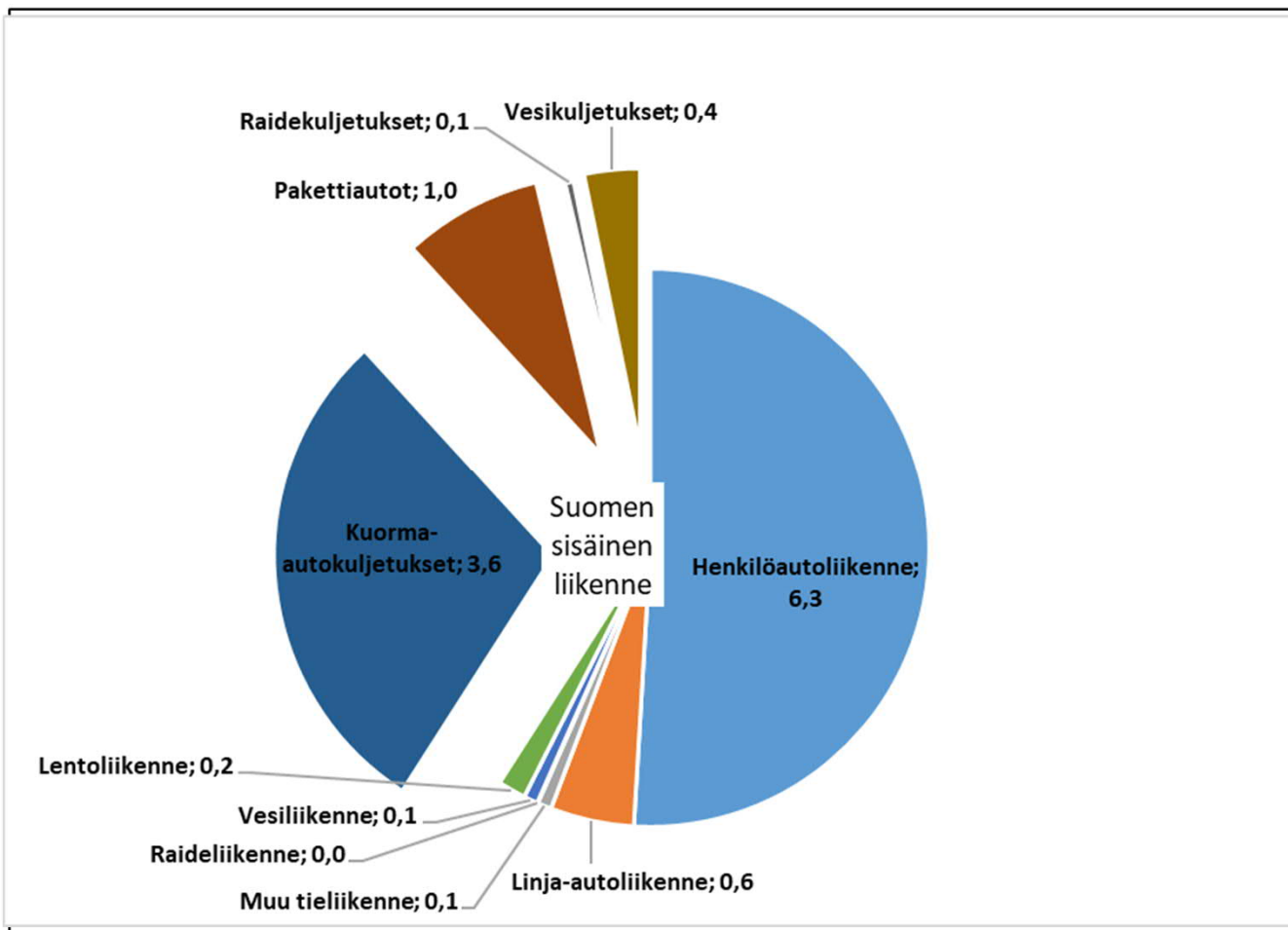
Liikenteen CO₂-päästöt 2016: 12,5 Mt (+ ulkomaan liikenne 10 Mt)

Ulkomaan
 vesikuljetukset:
 6,0
 (MERIMA 2013)

Ulkomaan
 tiekuljetukset:
 0,4

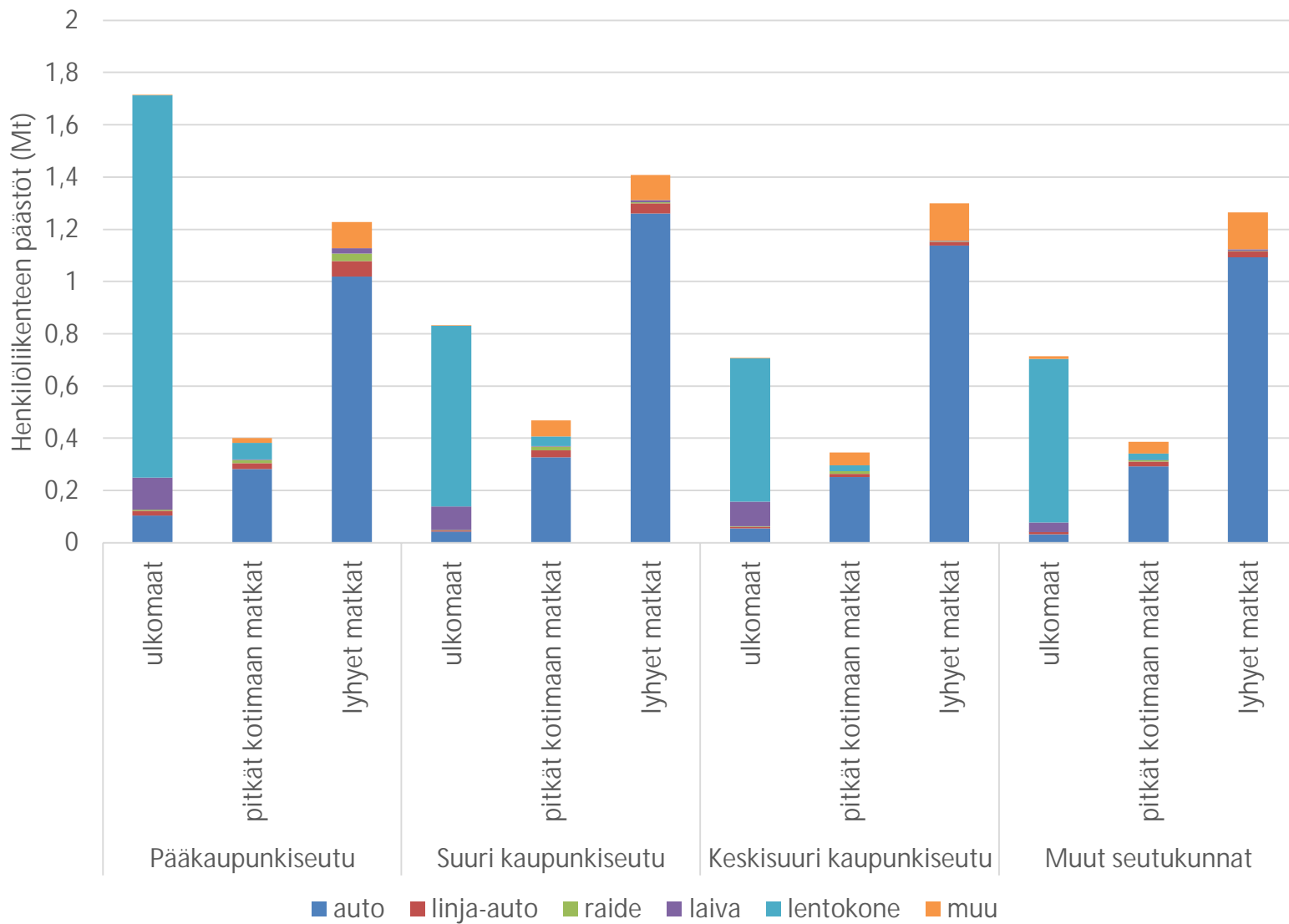
Ulkomaan
 lennot: 3,3

Ulkomaan
 risteilyt: 0,3

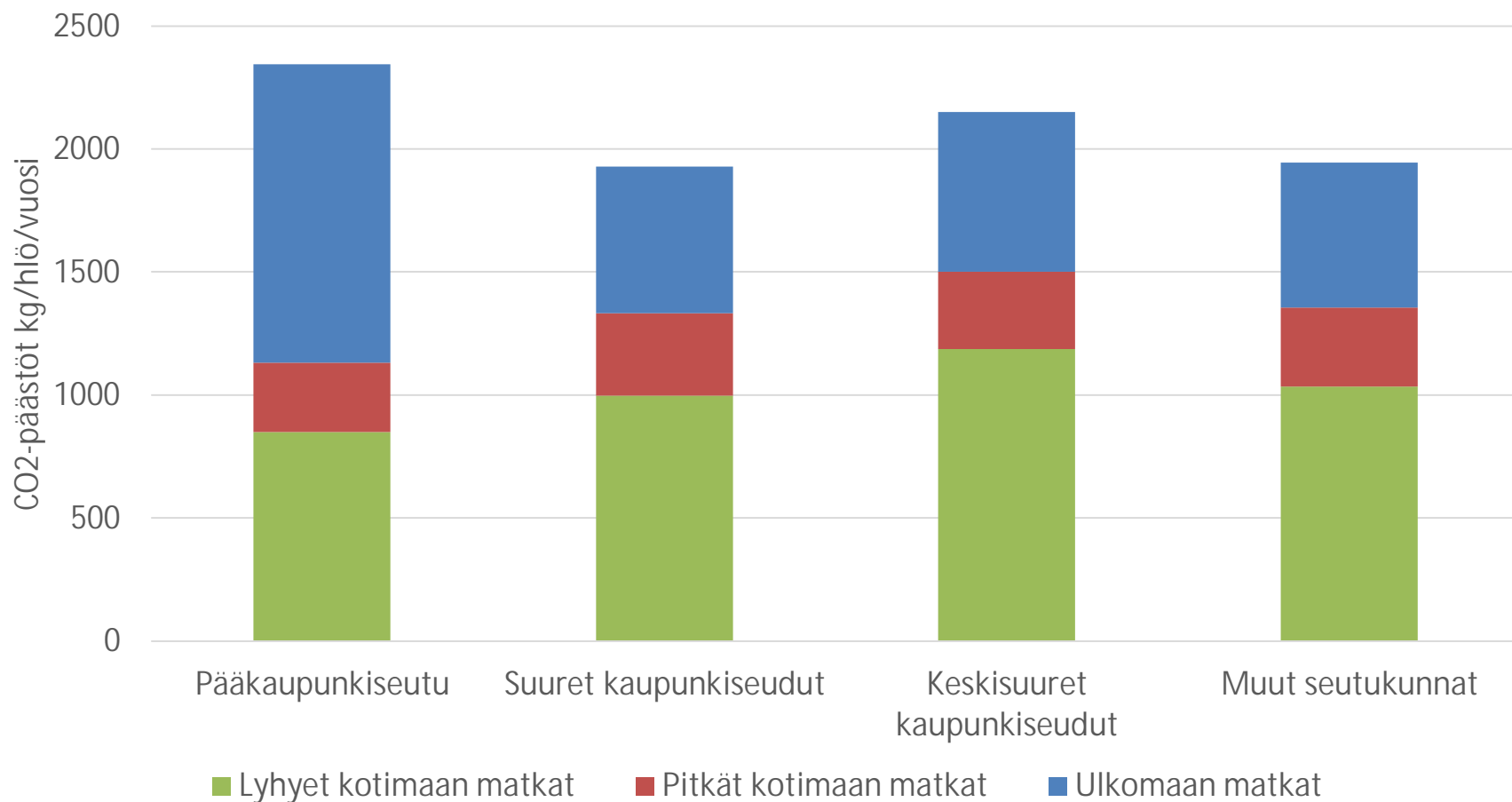


Ulkomaan
 tieliikenne: 0,3

Maakuntien ja kuntien rooli liikenteen ilmastotoimissa



Liikenteen päästöt yksilön näkökulmasta

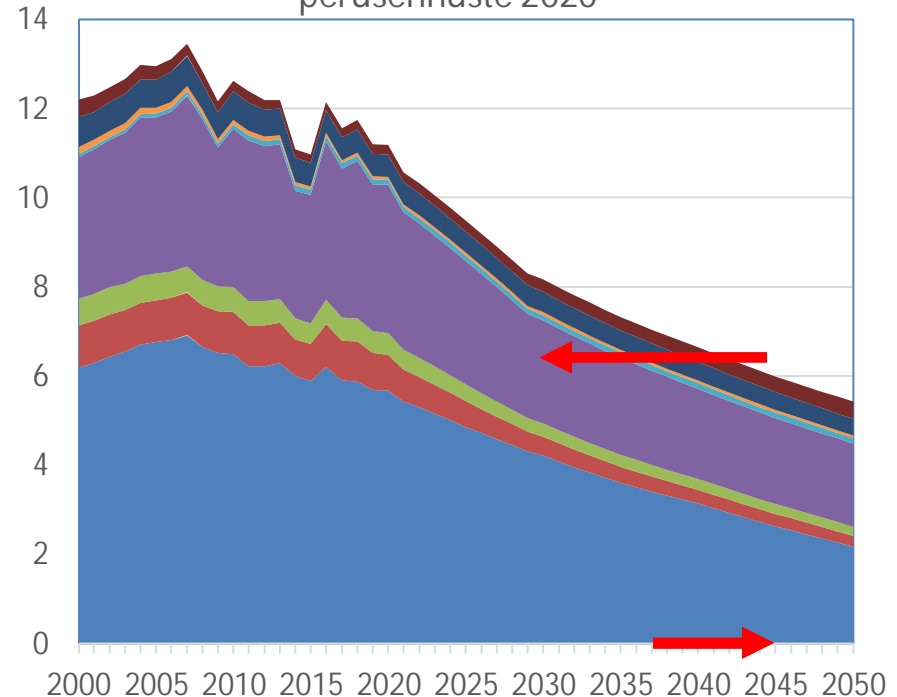


Tavoitteet vs. trendi

Tavoitteena on

- **-50 % 2030, vuoden 2005 tasosta, eli 6,4 Mt eli -5 Mt vuoden 2017 tasosta**
- **”pitkällä aikavälillä erittäin vähäpäästöinen liikenne”: 0 Mt vuonna 2045**

Liikenteen CO₂-päästöt (Milj.tonnia/a) LVM perusennuste 2020



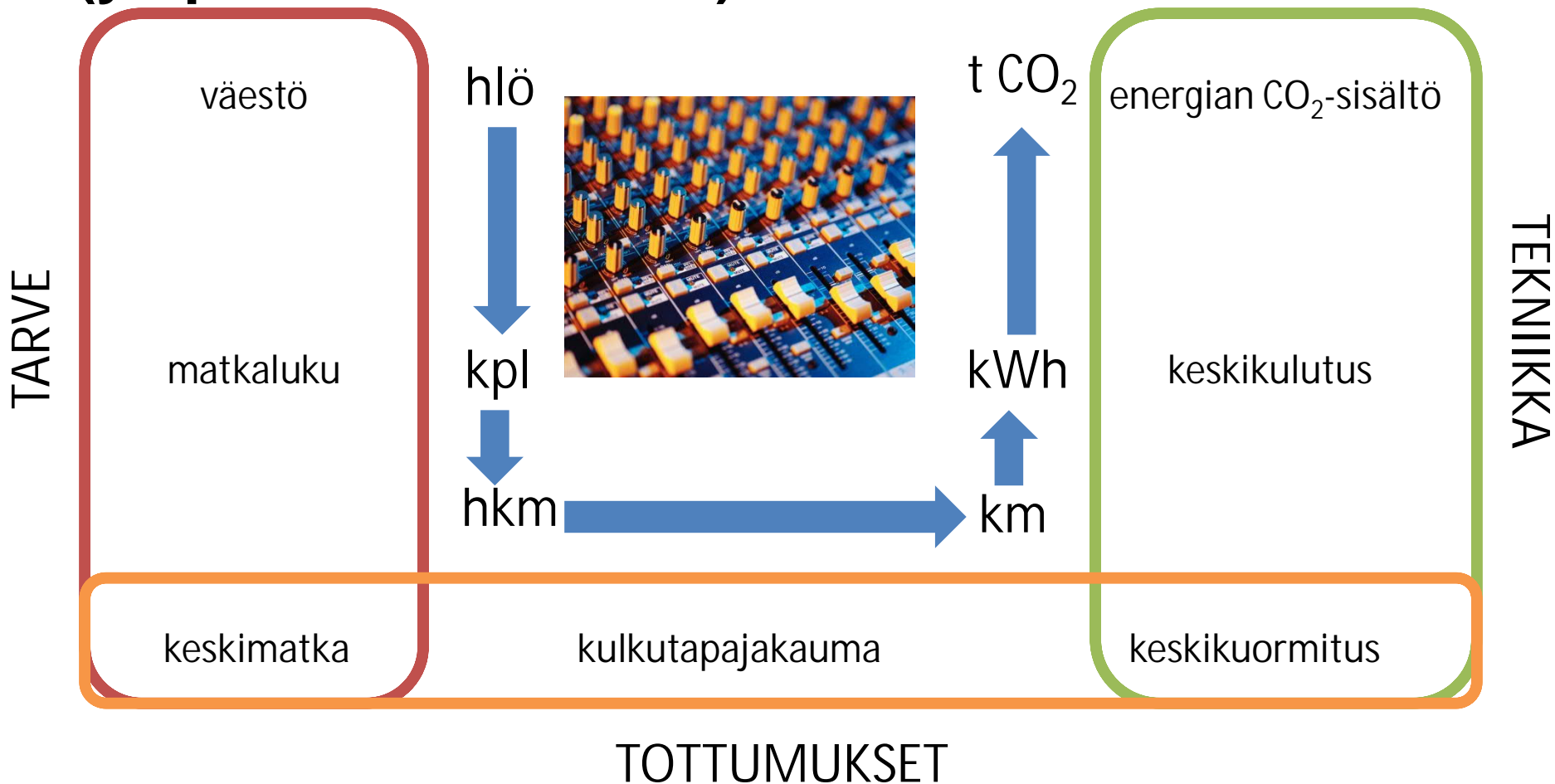
- Henkilöautot
- Linja-autot
- Moottoripyörät ja mopedit
- Vesiliikenne
- Pakettiautot
- Kuorma-autot
- Rautatieliikenne (diesel)
- Kotimaan lentoliikenne

Ihan oikeasti tarvitaan kaikki toimet, täysimääräisinä ja heti!

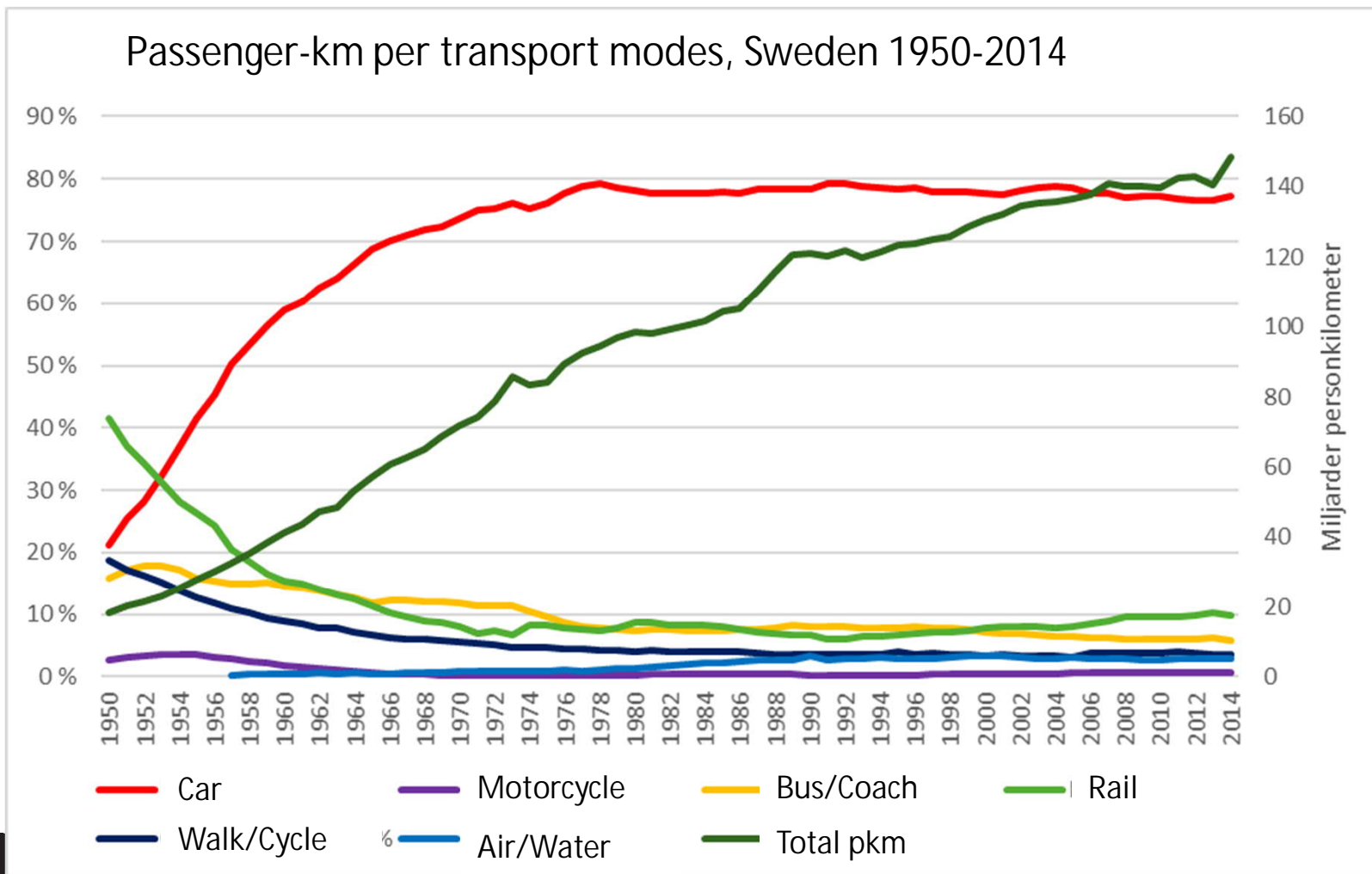
Päästövähennystavoitteet vs. autokannan uudistuminen

- **Vuonna 2022 ensirekisteröitävistä autoista**
 - lähes kaikki ovat liikenteessä vielä vuonna 2030,
 - noin 80 % vuonna 2035,
 - noin 50 % vuonna 2040,
 - noin 25 % vuonna 2045 ja
 - noin 10 % vuonna 2050.
- **Liikenteen päästöt 6 Mt 2030**
- **3-4 Mt 2035 (perusennusteen mukaan KA+PA+vesi = 3 Mt + jo nyt rekisterissä olevat henkilöautot 1-1,5 Mt)**
- **1-2 Mt 2040**
- **0 Mt 2045**
- **→ jo nyt on selvää, että 1) muiden kuin täyssähköhenkilöautojen myynti on saatava loppumaan mahdollisimman pian ja 2) uusiutuvien polttoaineiden sekoitevelvoitetta liikenteessä tulee nostaa vähintään 5 % vuodessa vuosina 2030-2044, jotta saavutetaan ilmastolaissa asetetut päästövähennykset liikenteen osalta.**

Liikenteen murroksen miksauspöytä (ympäristönäkökulma)



30 vuoden määrätietoisella työllä saa aikaan suuren muutoksen



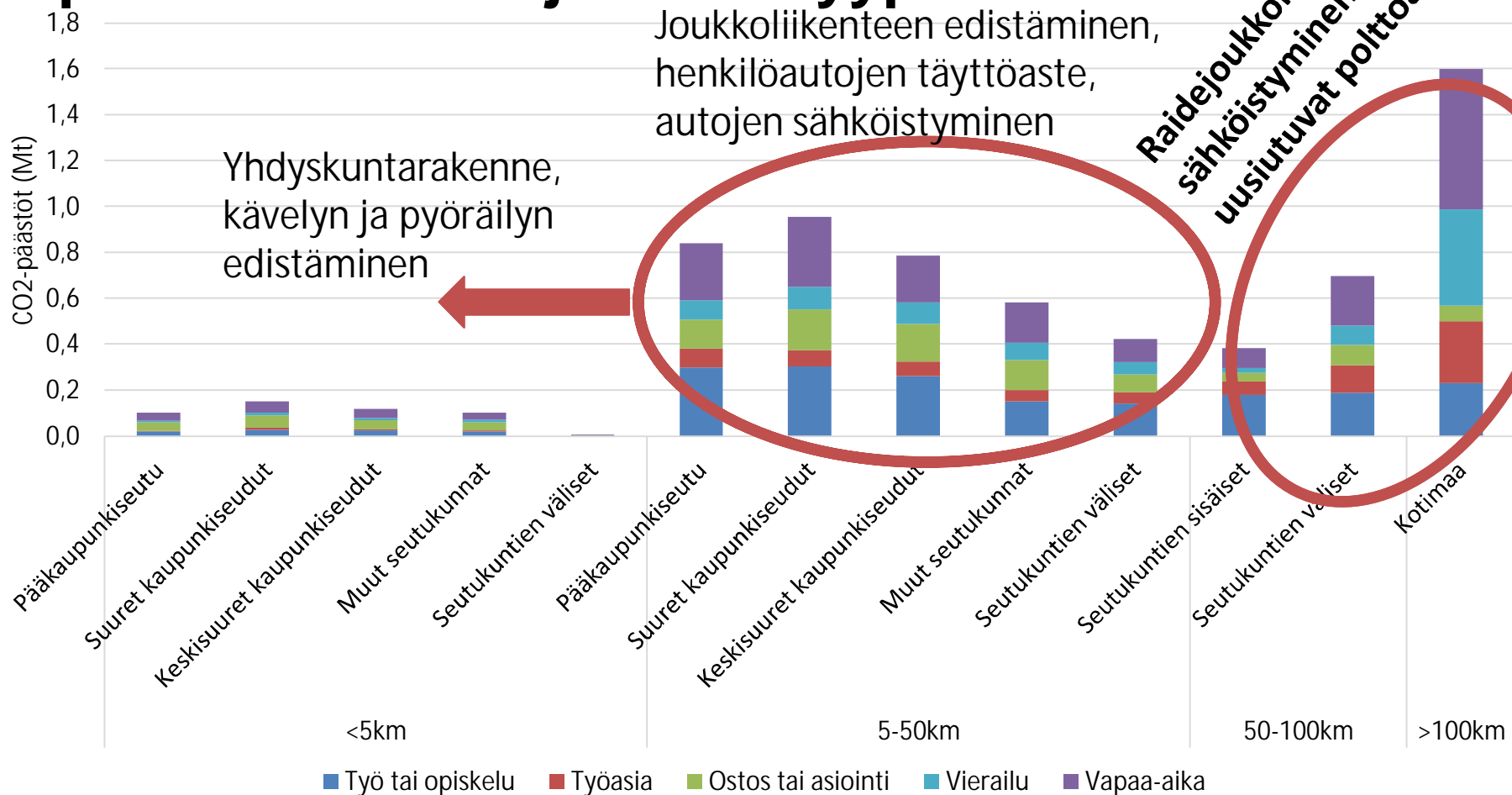
Päätöksenteon tasot ja aikajänteet

| Toimenpide | Päätöksentekotaso | | | Aikajänne | | |
|---|--|--|-----------------------------|--|---|---|
| | Kunta | Suomi | EU | 2020-2025 | 2025-2035 | 2035-2050 |
| Yhdyskuntarakenteen suunnittelu ja ohjaus | maapolitiikka, kaavoitus, palvelujen järjestäminen | maankäytön ohjaus, parhaiden käytäntöjen levittäminen, verotus | | asemakaavat, normit, verotus | yleiskaavat, asumisen, palvelujen ja työpaikkojen sijoittuminen | maakuntakaavat, kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteen muutos |
| Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen | väylä-investoinnit | suunnittelun ohjaus, liikkumisen ohjaus | | viihtyisä liikennenympäristö | pyöräilyn laatukäytävät | autottomat elinympäristöt |
| Joukkoliikenteen edistäminen | väylä-investoinnit, palvelutason parantaminen | infrastruktuuri, järjestelmät, väyläinvestoinnit | | maksu- ja tietojärjestelmät, j-l-etuudet, kutsujoukkoliikenne, palvelutaso | liityntäpysäköinti j-l-kaistat ja -kadut | raidejoukko-liikenne |
| Henkilöautojen käyttötapojen muutos | pysäköinti | verotus, tuet | robottiautojen lainsäädäntö | kimppakyydit, yhteiskäyttöautot | liikenne palveluna (MaaS) | robottiautot |
| Autojen energiankulutuksen pienentäminen | | verotus | päästörajat | verotus | päästörajat | päästörajat |
| Vaihtoehtoiset käyttövoimat | infrastruktuuri | verotus, infrastruktuuri | standardit | verotus, standardit | infrastruktuuri (sähkö) | infrastruktuuri (vety) |
| Tavarankuljetusten tehostaminen | kaupunkilogistiikka | infrastruktuuri, tuet | päästörajat | kuljetusten yhdistely, energiatehokas kalusto | vaihtoehtoiset käyttövoimat | tavararadat |



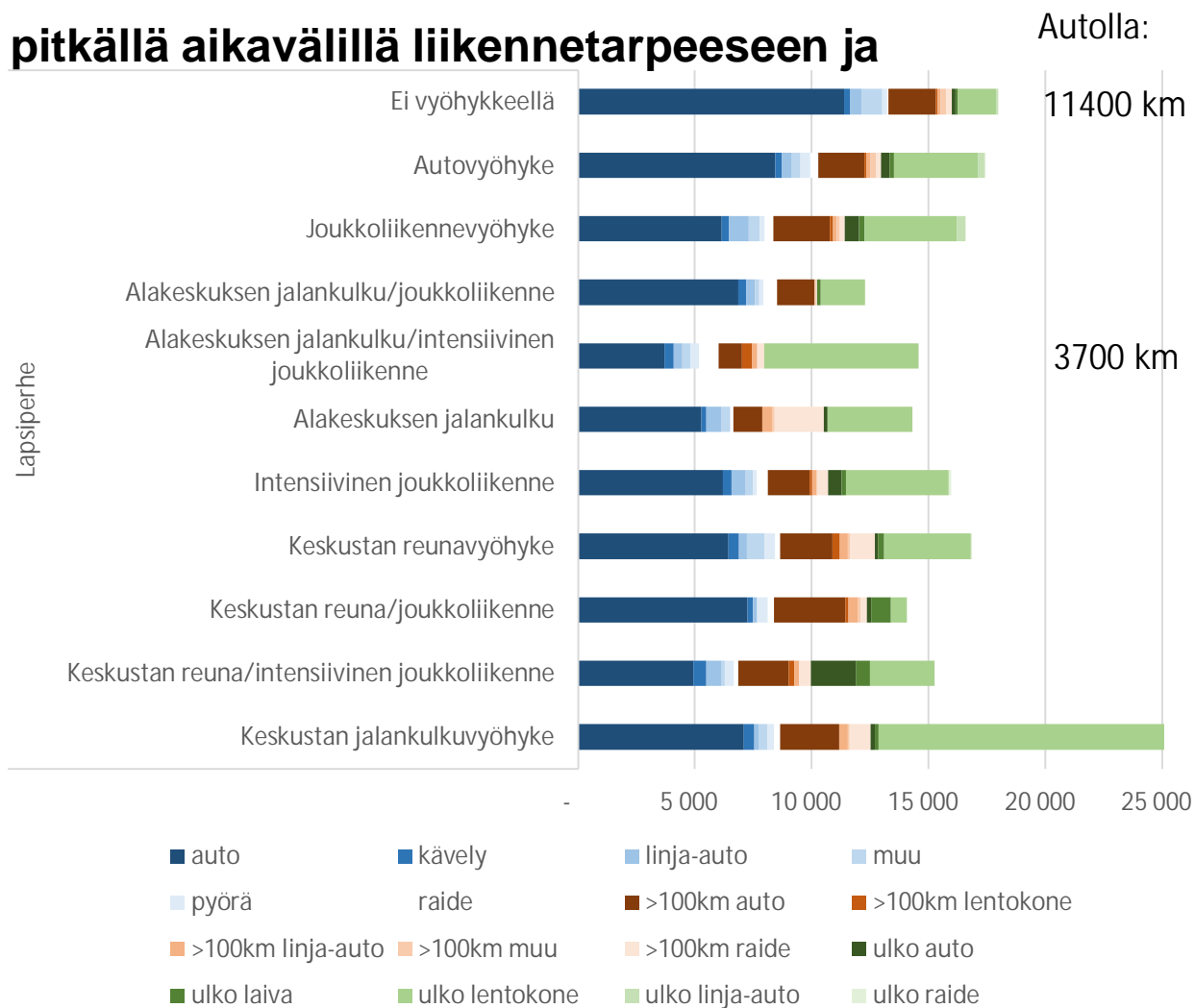
Henkilöliikenne

Henkilöliikenteen päästöt alueittain, pituusluokittain ja matkatyypeittäin



Ennen kaikkea vaikuta pitkällä aikavälillä liikennetarpeeseen ja kulkutapoihin

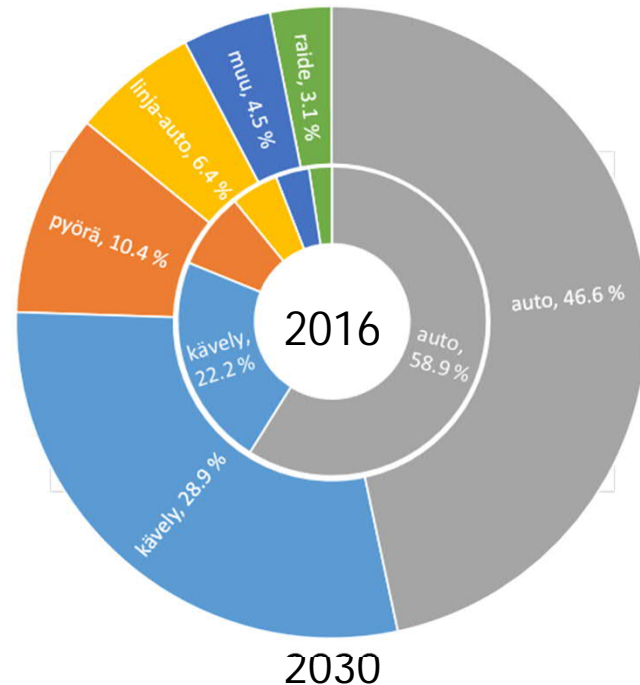
- Asuinpaikan palvelu- ja liikennepalvelutarjonta vaikuttaa voimakkaasti liikkumistarpeeseen ja siten tarpeellisen liikenteen määritelmään
- Yhdyskuntarakenteeseen kohdistuvat toimet hyväksyttäviä



Kävely, pyöräily ja joukkoliikenne

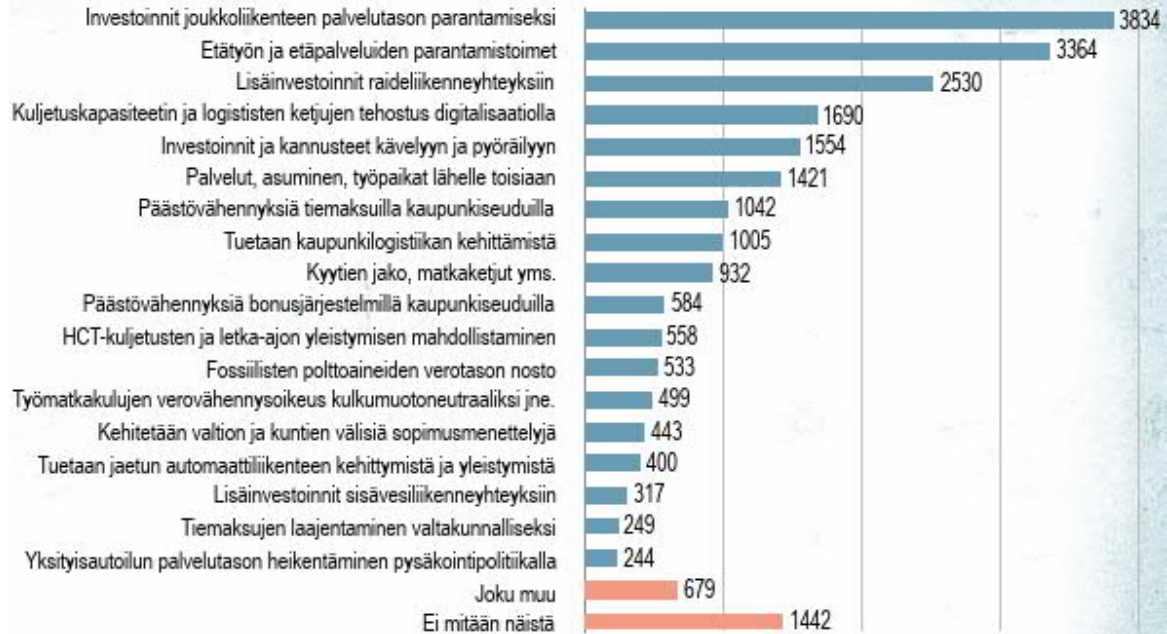
- KäPy+joli kulutapaosuudet +30 % vuoden 2016 tasosta
- HA osuus -21 %

Äärimmäisen vaikeaa:
moninkertaistettava joukkoliikenteen rahoitus, muutettava katuja käpy+joli -kaduiksi, otettava kaistoja joukkoliikennekaistoiksi, käytettävä investointirahat raideverkkoon, kehitettävä liityntäpysäköintiä



Kulcutavan ohjaaminen on hyväksyttävämpää kuin luulit

- Tietoisuus ongelmasta on korkealla tasolla
- Toimenpiteiden ymmärrettävyys tärkeää
- Porkkanat tietysti suositumpia kuin kepit
- Liikenteen päästövähennyksiin tarvitaan kaikki toimenpiteet, joten sekä keppiä että porkkanaa tulee käyttää



Haluaisitko vähentää henkilöautolla liikkumista ilmastonmuutoksen takia?
 (kaikki vastaajat)

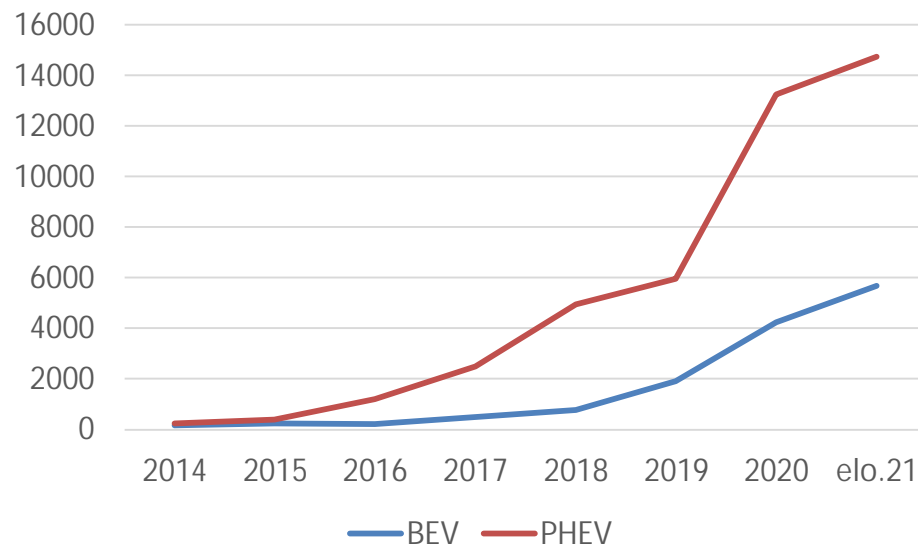


Sähköistyminen

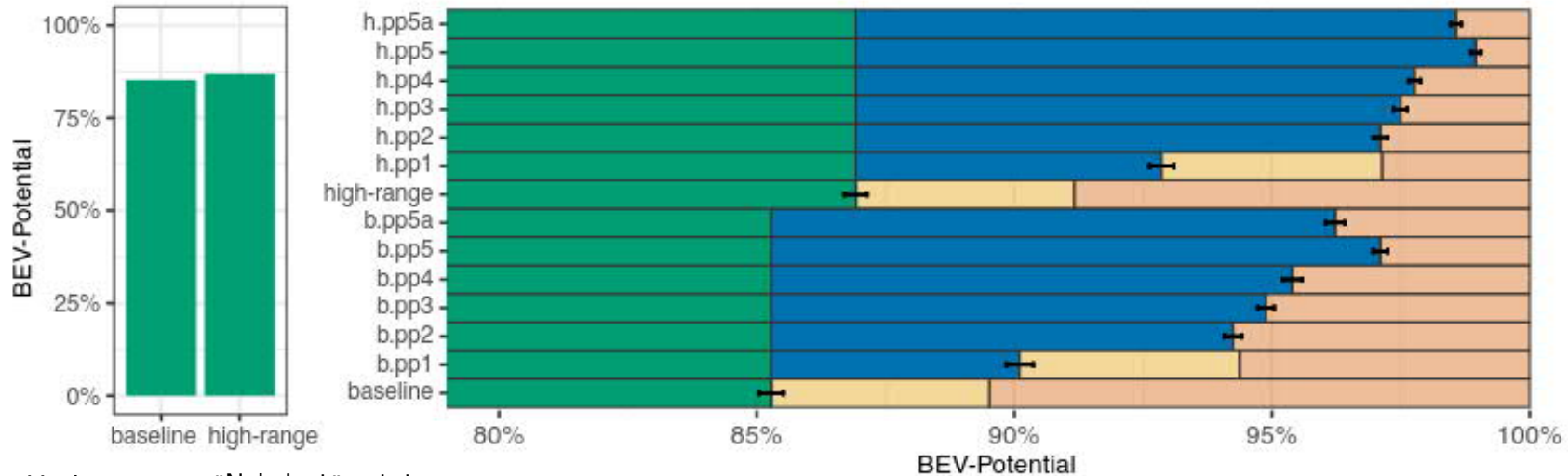
- **Tiekartan tavoite: 700 000 sähkö- / 130 000 kaasuautoa**
- **Perusskenaario 2030 vs. määrä 6/2021:**

| | |
|----------------|--------|
| – 268 495 BEV | 14 682 |
| – 334 774 PHEV | 62 786 |
| – 23 971 kaasu | 13 483 |

Ensirekisteröinnit



Kuinka suuri osa matkoista Suomessa voidaan ajaa sähköautolla?



"Vanhat" autot (n. 150 km) "Nykyiset" autot (200+ km)

Run-out failure Zero-charge failure Policy effect Scenario BEV-potential

Lataus loppuu kesken

Ei kotilatausmahdollisuutta

Toimenpiteen vaikutus

Tilanne ilman toimenpiteitä

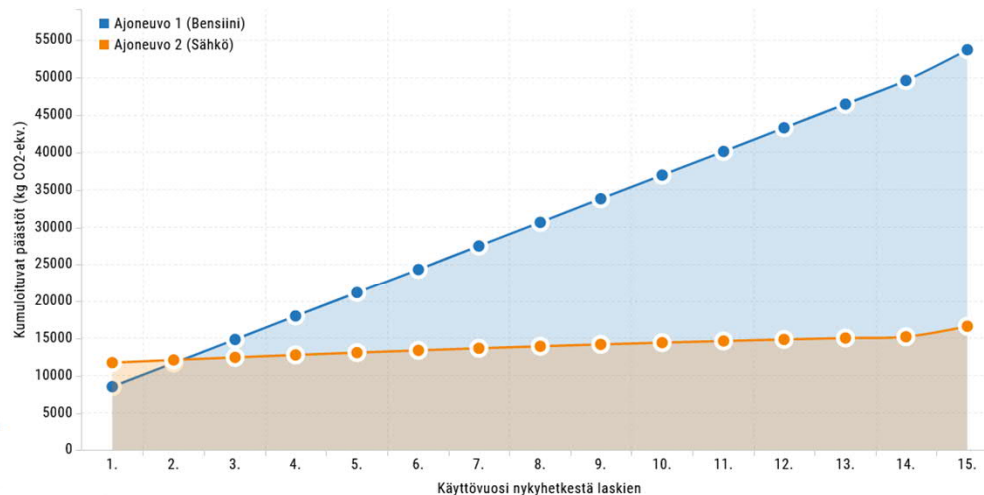
- **Pp1: kotilatauksen parantaminen 1.8kW → 7.4 kW laturit**
- **Pp2: julkiset latauspisteet, niille, joilla ei nyt kotilatausta (kadunvarsipysäköinti)**
- **Pp3: 75 % työpaikkojen pysäköinnistä latausmahdollisuudella**
- **Pp4: 60 % ostos- ja vapaa-ajan aktiviteettien pysäköinnistä latausmahdollisuudella**
- **Pp5: pääteiden huoltoasemat (ABC-ketjun toimipaikat) 50 kW latausasemilla**
- **Pp5a: kuten pp5, mutta ilman pp3 ja pp4**

Sähköautojen elinkaari päästöt ja -kustannukset

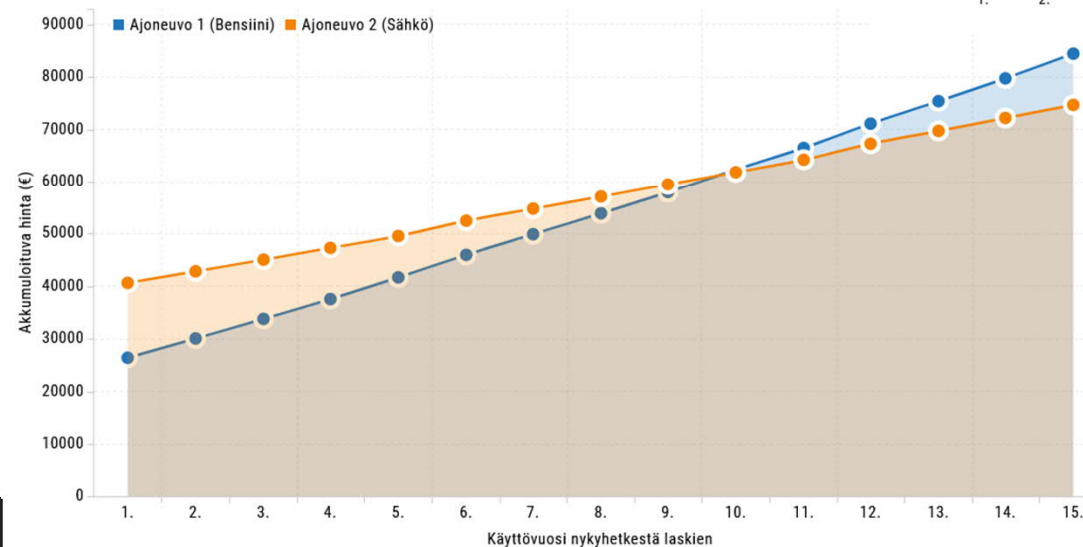
Sähkö n. 4 €/100km, kaupungissa vähemmän
(20 kWh * 0,2 €/kWh)

Bensa n. 15 €/100km, kaupungissa enemmän
(7 l * 2,1 €/l; n. 66 kWh * 0,23 €/kWh)

Ajoneuvojen elinkaariset päästöt (kg CO2-ekv.)



Ajoneuvojen elinkaariset kustannukset (€)



<https://autokalkulaattori.fi/>

Sähköautot ja sähköverkko

- **2,6 milj. sähköhenkilöautoa = 10 % lisää Suomen sähkönkulutukseen + kuorma-autot n. 3 % lisää**
- **Teoreettinen lataustehon maksimitarve (kaikki autot samaan aikaan latauksessa) n. 5 GW = 3 ydinreaktoria**
 - Päivän ja yön välillä suomessa 1-2 GW ero tehon tarpeessa → älykkäällä latauksella tasoittaa tehoeron
 - Mahdollisuus käyttää sähköautoja kaksisuuntaisena sähkövarastona tasoittamaan aurinko- ja tuulisähkön tuotannon vaihtelua



Tiekuljetukset

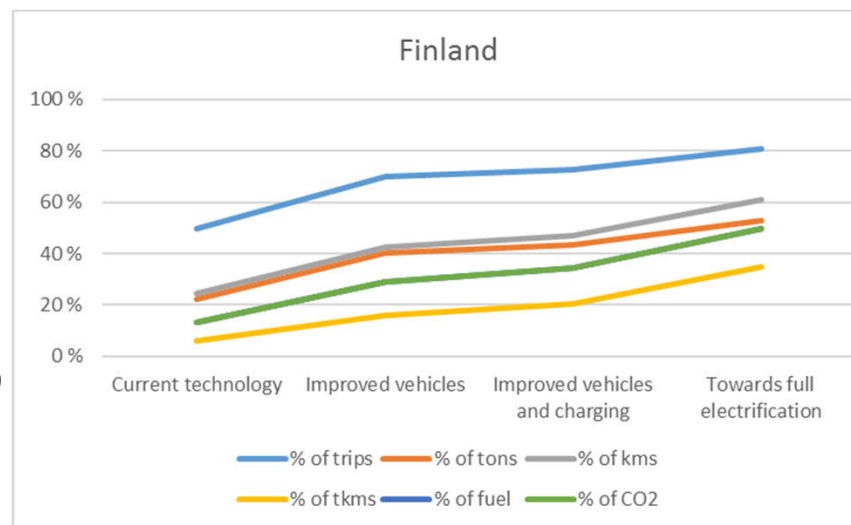
Uusiutuva diesel

- **Jakeluvolvoitteen mukainen 30 % uusiutuvan dieselin osuus kuorma-autokuljetusten polttoaineesta ei riitä päästöjen puolittamiseen, vaikka kaikki edellä mainittu toteutuisi.**
- **Uusiutuvan dieselin osuuden tulisi olla 45 %, jotta 50 % päästövähennystavoite saavutetaan.**
- **Vaihtoehtona (nesteytetty) biokaasu, jonka tuotannon potentiaali 9,3 TWh lähes täsmälleen Suomen täysperävaunuyhdistelmien nykyinen energiankulutus**

Sähkökuorma-autot

(<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.017>)

- Markkinoille on tulossa sähkökuorma-autoja puoliperävaunu-kokoluokkaan saakka.
- Puoliperävaunu tarvitsee jopa 1,5 MW lataustehon (=10 * henkilöauto)
- Kuljetussuoritteesta osuus voisi olla noin 6 %, mutta matkoista 50 %, koska sähkökuorma-autoilla kuljetettaisiin kevyempiä ja lyhyempiä kuljetuksia.



Vetypolttokennot

Vedyn jakeluverkostoa ei ole Suomessa (maailmassa 350 asemaa)

| Vehicle architecture | Author | Grid-to-Wheel (System efficiency broken down) | Total system efficiency |
|----------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|
| Fuel Cell Vehicle | (Salahuddin et al., 2018) | Electrolysis efficiency – 75% Compression efficiency – 90% Transportation efficiency – 80% H ₂ to Fuel Cell to energy output – 50% Electric powertrain – 88.5% | 23.9% |
| Electric Vehicle | (Salahuddin, Ejaz, & Iqbal, 2018) | Grid efficiency – 95.0% Charger efficiency (AC/DC) - 92.0% Charging efficiency – 90.0% Electric powertrain – 88.5% | 67.2% |

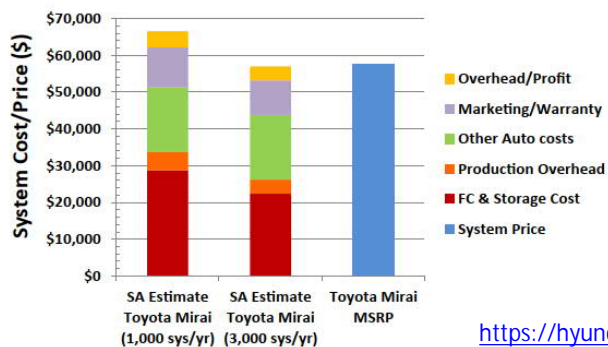


FIGURE 3. Validation of SA's DFMA¹ model of the Toyota Mirai FC vehicle



<https://hyundai-hm.com/en/2020/10/07/hyundai-motors-delivery-of-xcient-fuel-cell-trucks-in-europe-heralds-its-commercial-truck-expansion-to-global-markets/>

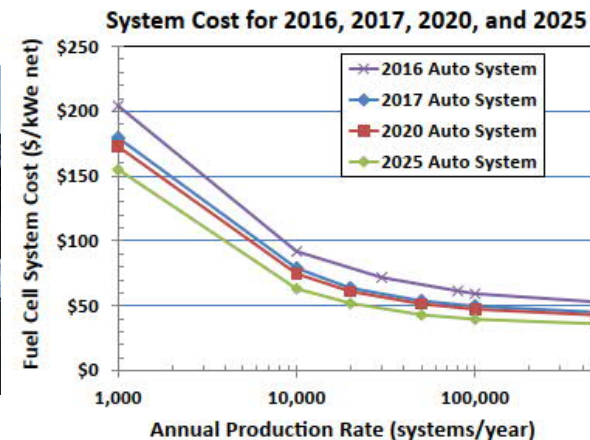


FIGURE 1. System cost for 2016, 2017, 2020, and 2025 analyses at all production rates

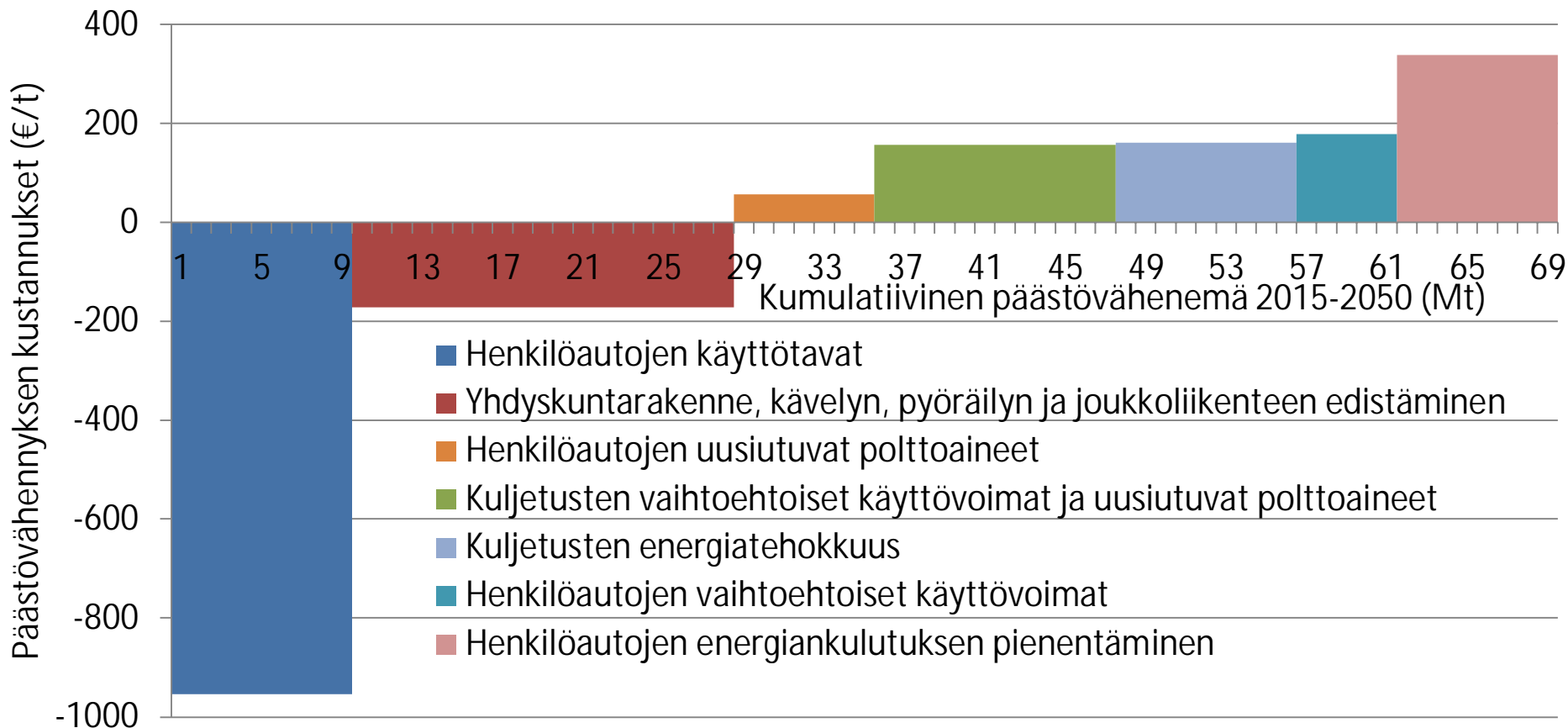


Yhteenveto

Kestävä liikennejärjestelmä: kohti triplanollavisiota 2045

- **0 liikenteessä kuollutta**
 - (Kansallinen liikenneturvallisuuksuunnitelma, LVM 2000)
- **0 päästöt**
 - (Energia- ja ilmastostrategia, TEM 2016)
- **0 liikenteellisesti rajoitettua ihmistä tai yritystä**
 - (Liikenneköyhyys Suomessa – näkökulmia liikkumisen sosiaaliseen kestävyteen, TTY/Verne 2018)
- **Liikennejärjestelmän** kehittäminen edistää kaikkia
- **Ajoneuvoteknologian** kehittäminen edistää myös turvallisuutta, voi kasvattaa liikenneköyhyyttä
- **Polttoaineteknologian** kehittäminen ei edistä muita ja päästöjäkin lähinnä laskennallisesti

Yhteenvedo kustannustehokkuudesta, -52 €/t, mutta 225 €/t vain teknologisilla keinoilla



Lisätietoja:

Heikki Liimatainen

Professori, TkT

Liikenteen tutkimuskeskus Verne

Tampereen yliopisto

Puh. +358408490320

Twitter: @liikenneproffa

heikki.liimatainen@tuni.fi

<https://research.tuni.fi/verne/>

Ilmastopai

TARVE, TOTTUMUKSET, TEKNIIKKA/
ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄN
LIIKENTEESSÄ



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

LIIKENTEEN PÄÄSTÖTAVOITTEIDEN
SAAVUTTAMINEN 2030 –
POLITIIKKATOIMENPITEIDEN TARKASTELU

HEIKKI LIIMATAINEN, RIKU VIRI

Suomen ilmastopaneeli
Raportti 2/2017