

Arvioita ajoneuvoliikenteen päästökehityksestä:

Taustaa HLJ 2015 -työhön

Kirjoittajat: Nils-Olof Nylund & Kari Mäkelä

HSL Helsingin seudun liikenne

HSL Helsingin seudun liikenne
Opastinsilta 6 A
PL 100, 00077 HSL00520 Helsinki
puhelin (09) 4766 4444
www.hsl.fi

Lisätietoja: Nimi, puhelin
etunimi.sukunimi@hsl.fi

Copyright: Kartat, graafit, ja muut kuvat
Kansikuva: HSL / kuvaajan nimi
Taitto: Henkilön nimi (tarvittaessa)

Painopaikka
Helsinki 2013

Esipuhe

VTT on Helsingin seudun liikenteen (HSL) toimeksiannosta arvioinut ajoneuvoliikenteen päästökehitystä eri skenaarioissa (toivottava/ei-toivottava kehitys). Tarkasteluajankohdiksi toivottiin vuosia 2025 ja 2040. Tarkastelu liittyy Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman (HLJ 2015) valmisteluun.

Yhteyshenkilöinä HSL:ssä ovat toimineet Johanna Vilkuna ja Veera Lehto.

Espoo 29.8.2014

Tekijät

Tiivistelmäsiivu

Julkaisija: HSL Helsingin seudun liikenne			
Tekijät: Nils-Olof Nylund & Kari Mäkelä (VTT)			Päivämäärä 22.9.2014
Julkaisun nimi: Arvioita ajoneuvoliikenteen päästökehityksestä, taustaa HLJ 2015 -työhön			
Rahoittaja / Toimeksiantaja: HSL			
Tiivistelmä:			
VTT on Helsingin seudun liikenteen (HSL) toimeksiannosta arvioinut ajoneuvoliikenteen päästökehitystä eri skenaarioissa (toivottava/ei-toivottava kehitys). Tavoitteena oli tutkia miten esim. ajoneuvokaluston uusiminen, uuden ajoneuvotekniikan käyttöönotto ja biopolttoaineet vaikuttavat päästökehitykseen. Tieliikenteen suoritteet kiinnitettiin Liikenneviraston kesäkuussa 2014 julkaisemaan valtakunnalliseen tieliikenne-ennusteeseen 2030. Laskentaa varten muodostettiin neljä erilaista skenaariota, joista kolme perustuu vuoden 2013 "Nordic Energy Technology Perspectives" kalustojakautumiin ja biopolttoaineosuuksiin. Laskennassa käytettiin VTT:n ALIISA laskentamallia, joka on LIISA laskentamallin alamalli.			
Tarkasteluissa keskityttiin tieliikenteen hiilidioksidipäästöihin. Suoritteita ja kulku/kuljetustapoja ei varioitu, eikä laskennoissa otettu kantaa vaihtoehtoisten skenaarioiden tai tekniikoiden kustannustehokkuuteen päästöjen alentamisessa.			
Tehtyjen tarkastelujen perusteella voidaan tehdä karkeita arvioita siitä, missä vaihteluvälissä liikenteen CO₂-päästöt voisivat tulevaisuudessa olla. Tarkasteluissa on paljon epävarmuustekijöitä. Tulevaisuuskuviin vaikuttavat tekniikan ja sen kehittämisen lisäksi sääntely ja erilaiset kannustimet. Sääntelyä on niin EU- tasolla (esim. autojen CO₂-päästörajat) kuin kansallisessa tasolla (esim. biopolttoaineiden jakeluvelvoite).			
Laskelmat osoittavat, että Liikenneviraston arvioimilla suoritteilla perinteistä ajoneuvotekniikkaa ja 15 %:n biopolttoaineosuutta käyttämällä Suomen tieliikenne ei saavuta EU:n alustavia ilmastotavoitteita vuosille 2030 ja 2050. Käytännössä kasvavat liikennesuoritteet mitätöivät perinteisen ajoneuvokaluston energiatehokkuuden parantumisen, ja päästövähennemät jäävät biopolttoaineiden varaan. Tavoitteet voidaan saavuttaa lisäämällä biopolttoaineiden osuutta ja ottamalla käyttöön vaihtoehtoisia ajoneuvotekniikoita. Helsingin seudun osalta kehitys saattaa olla suotuisampaa kuin koko maan osalta keskimäärin. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat mm. keskimääräistä uudempi ajoneuvokalusto, mahdollisuus lisätä joukkoliikenteen osuutta ja se että liikennejärjestelmää kehitetään kokonaisvaltaisesti.			
Avainsanat: ajoneuvo, päästökehitys, liikennejärjestelmä, HLJ 2015			
Sarjan nimi ja numero: HSL:n julkaisuja X/2014			
ISSN 1798-6176 (nid.)	ISBN (nid.)	Kieli: suomi	Sivuja: 29
ISSN 1798-6184 (pdf)	ISBN (pdf)		
HSL Helsingin seudun liikenne, PL 100, 00077 HSL, puhelin (09) 4766 4444			

Sammandragssida

Utgivare: HRT Helsingforsregionens trafik			
Författare: Nils-Olof Nylund & Kari Mäkelä (VTT)			Datum 22.9.2014
Publikationens titel: Uppskattningar av fordonstrafikens utsläppsutveckling, bakgrund till HLJ 2015 -arbete			
Finansiär / Uppdragsgivare: HRT			
Sammandrag:			
VTT har på uppdrag av Helsingforsregionens trafik (HRT) uppskattat fordonstrafikens utsläppsutveckling i olika scenarier (önskvärd/icke önskvärd utveckling). Syftet var att undersöka hur t.ex. förnyelse av fordonsmateriel, ibruktagande av ny fordonsteknik och biobränslen påverkar utsläppsutvecklingen. Vägtrafikens prestationer fästs i den riksomfattande vägtrafikprognosen 2030 som Trafikverket publicerade i juni 2014. För räkningen skapades fyra olika scenarier varav tre baserar sig på årets 2013 "Nordic Energy Technology Perspectives" fordonsfördelningar och biobränsleandelar. I räkningen användes VTT:s ALISA-räkningsmodell som är LIISA-räkningsmodellens undermodell. I granskningarna koncentrerades till vägtrafikens koldioxidutsläpp. Prestationer och färd/transportsätt varierades inte och i räkningarna togs inte heller ställning till alternativa scenariernas eller teknikernas kostnadseffektivitet för att minska utsläpp. På basis av de utförda granskningarna kan man göra grova uppskattningar i vilken variationsbredd kunde trafikens CO2-utsläpp vara i framtiden. I granskningarna finns många osäkerhetsfaktorer. Utöver teknologin och dess utveckling påverkar reglering och olika premier till framtidsbilder. Reglering finns såväl på EU-nivå (t.ex. bilarnas CO2-utsläppsgränser) som på nationell nivå (t.ex. distributionsplikten för biobränslen). Räkningarna visar att med Trafikverkets uppskattade prestationer, traditionell fordonsteknik och 15 % andel av biobränsle når Finlands vägtrafik inte EU:s preliminära klimatmålsättningar för år 2030 och 2050. I praktiken upphäver ökade trafikprestationerna den traditionella fordonsmaterielens förbättrade energieffektivitet och utsläppsminskningarna är beroende av biobränslen. Målsättningarna kan nås genom att öka andelen av biobränslen och genom att ta i bruk alternativa fordonstekniker. När det gäller Helsingfors kan utvecklingen vara gynnsammare än när det gäller hela landet i genomsnitt. Faktorer som påverkar detta är bl.a. fordonsmateriel som är nyare än i genomsnitt, möjligheten att öka kollektivtrafikens andel och det att trafiksystemet utvecklas helhetsbetonat.			
Nyckelord: fordon, utsläppsutveckling, trafiksystem, HLJ 2015			
Publikationsseriens titel och nummer: HRT X/2014			
ISSN 1798-6176 (häft.)	ISBN (häft.)	Språk: finska	Sidantal: 29
ISSN 1798-6184 (pdf)	ISBN (pdf)		
HRT Helsingforsregionens trafik, PB 100, 00077 HRT, tfn (09) 4766 4444			

Abstract page

Published by: HSL Helsinki Region Transport			
Author: Nils-Olof Nylund & Kari Mäkelä (VTT)		Date of publication 22.9.2014	
Title of publication: Estimations of vehicular emission development, background for HLJ 2015			
Financed by / Commissioned by: Helsinki Region Transport HSL			
Abstract: will be added later			
Keywords: vehicle, emission development, transport system, HLJ 2015			
Publication series title and number: HSL Publications X/2014			
ISSN 1798-6176 (Print)	ISBN (Print)	Language: Finnish	Pages: 29
ISSN 1798-6184 (PDF)	ISBN (PDF)		
HSL Helsinki Region Transport, PO Box 100, 00077 HSL, Tel.+358 9 4766 4444			

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	5
2	Rajaukset	5
3	Menetelmät.....	5
4	Viitekehys	6
4.1	Yleistä	6
4.2	Säänneltyt päästöt	6
4.3	CO ₂ -päästöt	8
4.4	Biopolttoaineita koskevat kehitysnäkymät	10
4.5	EU:n vuoden 2030 ilmasto- ja energiatavoitteet	11
5	Skenaarioiden muodostaminen.....	12
5.1	Yleistä	12
5.2	Perusskenaario	12
5.2.1	Yleistä	12
5.2.2	"Perusura"	12
5.2.3	Nopeutettu kaluston uusiminen	13
5.2.4	Energiatehokkuus kehitty perusuraa suotuisammin	13
5.2.5	Energiatehokkuus kehitty perusuraa epäsuotuisammin	13
5.3	NETP 2013:een perustuvat skenaariot.....	13
6	Tulosten tarkastelu	16
6.1	Yleistä	16
6.2	Perusskenaario ja sen muunnelmät	17
6.3	NETP 2013:n pohjalta muodostetut skenaariot	17
7	Johtopäätökset	18
7.1	Yleistä	18
7.2	Helsingin seutu	19

1 Johdanto

Helsingin seudun liikenne (HSL) on tilannut VTT:ltä tarkastelun ajoneuvoliikenteen päästökehityksestä kahdessa eri tapauksessa: tapauksesta jossa päästöt alenevat suotuisasti ja tapauksesta jossa kehitys on hidasta. Tarkasteluajankohdiksi on toivottu vuosia 2025 ja 2040. Tarkastelu liittyy Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman (HLJ 2015) valmisteluun.

Tavoitteena on tutkia miten esim. ajoneuvokaluston uusiminen, uuden ajoneuvotekniikan käyttöönotto ja biopolttoaineet vaikuttavat päästökehitykseen.

Selvitystä laajennettiin kuitenkin siten, että tarkastelu tehtiin yhteensä neljälle eri skenaariolle, ja yhden skenaarion puitteissa tehtiin lisäksi herkkyystarkasteluja.

Ei-toivottu kehitys päästöjen vähentymisessä voisi sisältää mm. seuraavia elementtejä:

- autokalustoa ei saada uudistettua halutulla nopeudella
- uusien autojen energiatehokkuus ei parane odotetusti
 - o harhaan johtavat mittausmenetelmät
 - o raskaan kaluston puolella huomattavasti vähemmän tehostamispotentiaalia kuin henkilöautoissa
- biopolttoaineita ei sittenkään oteta laajamittaiseen käyttöön
 - o käynnissä oleva keskustelu biopolttoaineiden kestävyyskriteereistä
 - o epävarmuuden ilmapiiri saattaa johtaa siihen, että esim. puubiomassan kaasutukseen perustuvat isot biopolttoainelaitokset jäävät toteutumatta
- ajoneuvojen sähköistäminen ei etene toivotulla nopeudella
 - o henkilöautojen kohdalla kehitystä voivat rajoittaa mm. autojen korkea hinta, riittämätön toimintamatka ja julkisen pikalatausverkoston riittämättömyys
 - o sähköbussien kohdalla ongelmia voivat aiheuttaa mm. pikalatauksen yleinen haasteellisuus ja standardoinnin puute.

2 Rajaukset

Tarkastelu tehdään käyttäen valtakunnallisia suorite- ja kalustoennusteita, eli arviot eivät ole HSL-alueelle spesifisiä. Suhteellisia lukuja voidaan käyttää arvioitaessa kehitystä HSL-alueella.

Tarkastelu rajoittuu pelkästään ajoneuvokaluston muutoksiin, eri tekniikkavaihtoehtoihin ja polttoaineisiin. Suoritteita ja kulku/kuljetustapoja ei varioida. Mahdollisuudet joukkoliikenteen käytön edistämiseen ovat pääkaupunkiseudulla paremmat kuin maassa keskimäärin, joten todellinen kehitys HSL-alueella voisi olla suotuisampaa kuin mitä suhteellinen tarkastelu antaa aiheen olettaa.

Tarkastelu painottuu hiilidioksidipäästöihin (CO₂). Tarkastelu ei ota kantaa eri vaihtoehtojen kustannusvaikutuksiin.

3 Menetelmät

Tarkastelu rakentuu seuraavista elementeistä:

- Liikenneviraston kesäkuussa 2014 julkaisemaan valtakunnalliseen tieliikenne-ennusteeseen 2030 [1]
- Vaihtoehtoiset autokalusto- ja energijakautumat perustuvat vuoden 2013 julkaisuun ”Nordic Energy Technology Perspectives: Pathways to a Carbon Neutral Energy Future” (NETP) [2]
- VTT:n kehitteillä olevaan ajoneuvokaluston, energiamäärien ja CO₂-päästöjen ALIISA laskentamalliin (ALIISA on VTT:n LIISA [3] laskentamallin alamalli).

Suoritteet on arvioitu Liikenneviraston ennusteen mukaan. Autokantaa on kasvatettu vastaamaan ajosuoritteiden kasvua. Laskennassa muuttujia ovat mm. autojen myyntimäärät, poistoikä, polttoaineen kulutus, energiatehokkuuden parantuminen, autokaluston jakautuma (perinteiset bensiini/dieselautot, vaihtoehtoiset tekniikat) ja tieliikenteen käyttämä energia (benssiini, diesel, biopolttoaineet, sähkö, vety).

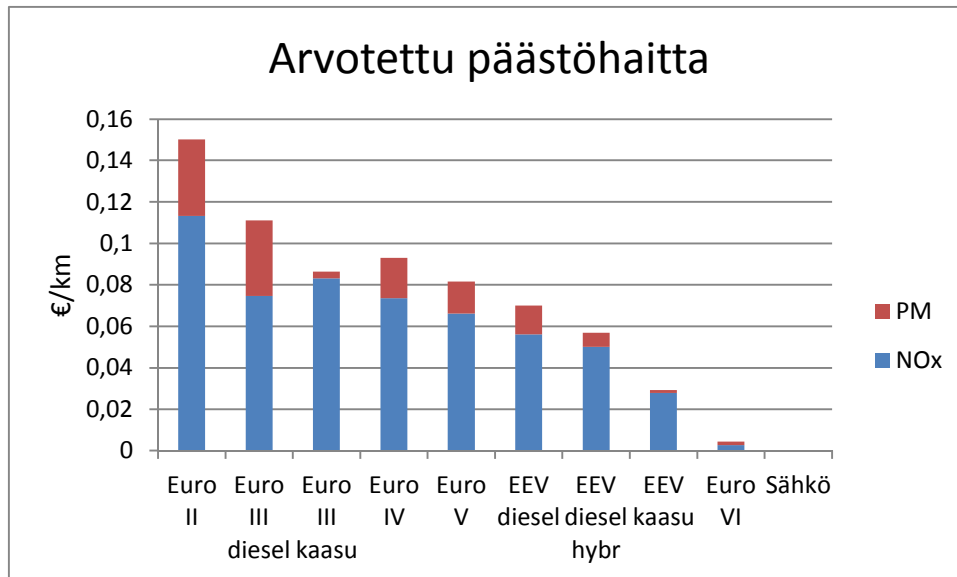
4 Viitekehys

4.1 Yleistä

Tulevan arviointi on haastavaa. Arviointeihin liittyy epävarmuuksia mm. ajosuoritteiden, energiatehokkuuden, uuden/vaihtoehtoisen tekniikan (uudet ajoneuvotyypit, uudet polttoaineet) markkinoille tuloon ja myös sääntelyyn liittyen. Varmuudella voidaan sanoa, että uudet autot tulevat olemaan säänneltyjen päästöjen osalta puhtaammat kuin vanhat autot.

4.2 Säännellyt päästöt

Euro 6 normi henkilöautoille [4] ja Euro VI normi raskaalle kalustolle [5] ovat käytännössä tuoneet uusien autojen päästöt lähelle nollatasoa. Säänneltyjen päästöjen vähentymiseen vaikuttaakin lähinnä kaluston uusiutumisenopeus. HSL alueella on jo käytössä Euro VI dieselbusseja, ja VTT:llä on näistä autoista alustavia mittaustuloksia. Autot ovat osoittautuneet erittäin vähäpäästöisiksi, typen oksidien (NO_x) päästö on luokkaa 0,3 g/km ja hiukkaspäästö (PM) luokkaa 0,01 g/km. Kuvassa 1 on laskenta eri päästöluokkia edustavien bussien päästöhaitoista typen oksidien (NO_x) ja hiukkasten (PM) osalta. Laskenta perustuu direktiivin 2009/33/EY [6] haitta-arvoihin (käytetty direktiivin sallimia maksimiarvoja= perusarvot * 2) ja VTT:n mittaamiin päästöarvoihin.



Kuva 1. Bussikaluston arvotettu NO_x- ja PM-päästöhaitta Braunschweig ajosyklissä.

Kuvaan on sisällytetty myös sähköbussi, jonka laskennallinen NO_x- ja PM-päästöhaitta on nolla. Euro III – EEV tasoisten dieselautojen päästöhaitta on keskimäärin noin 0,09 €/km, erot eri auto-luokkien välillä ovat pienet. Euro VI autojen laskennallinen päästöhaitta on selvästi alle 0,005 €/km, eli luku on suuruusluokkaisesti alle 5 % Euro III – EEV keskiarvosta. Kuvassa käytetyllä asteikolla Euro VI dieselbussi ei juuri poikkea sähköbussista.

Lähipäästöjen osalta on kolme kipupistettä:

- vanhojen dieselautojen hiukkaspäästöt
- hiukkaspäästöjä vähentävällä jälkikäsitteilytekniikalla varustettujen dieselautojen suorat typpidioksidi (NO₂) -päästöt
- suoraruiskutustekniikalla varustettujen ottomoottorien hiukkaspäästöt (lähinnä hiukkaslukumäärä).

Henkilöautojen Euro 5 normi ja raskaiden ajoneuvojen Euro VI normi edellyttävät käytännössä varsinaisen hiukkassuodattimen käyttöä. Tältä osin kaluston uusiutuminen ratkaisee ongelman.

Hiukkaskatalysaattoreiden ja hiukkassuodattimien käyttö saattaa kuitenkin lisätä suoraa NO₂-päästöä. EEV dieselbusseista mitatut NO_x-päästöt ovat keskimäärin noin 7 g/km, ja suora NO₂-päästö pahimmillaan noin 3 g/km. Euro VI autoissa NO_x-taso alenee todella merkittävästi, ja samalla NO₂-päästö alenee samassa suhteessa.

Henkilöautojen osalta merkittävimmät muutokset Euro 5 luokasta Euro 6 luokkaan ovat dieselautojen NO_x-raja-arvon alentuminen (0,18 -> 0,08 g/km) ja hiukkaslukumääräraja suoraruiskutuksella varustetuille otto (bensini) moottoreille. Henkilöautojenkin kohdalla Euro 6 luokka siis alentaa NO_x-päästöjä ja sitä kautta myös suoraa NO₂-päästöä.

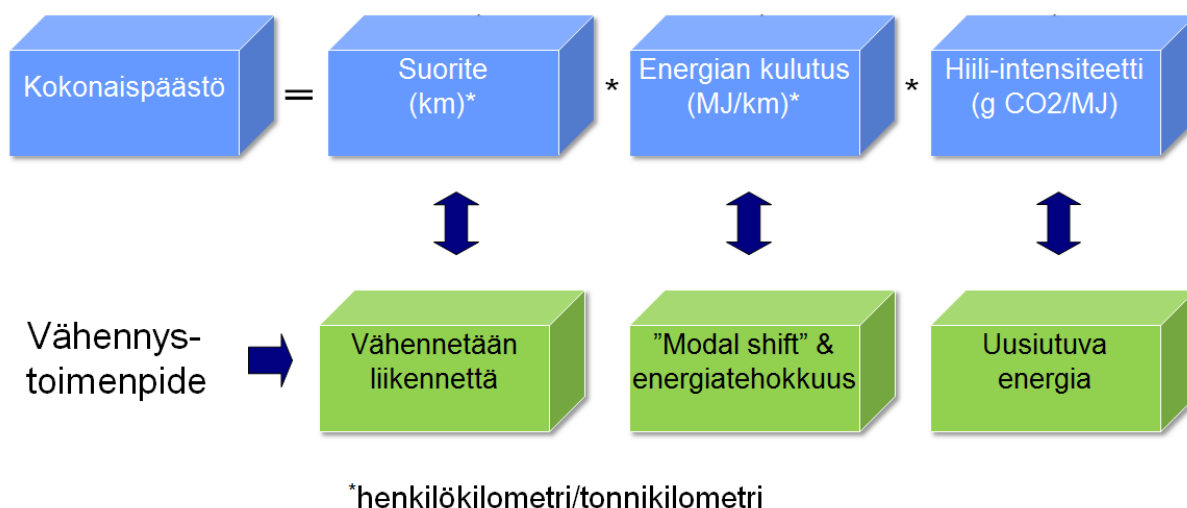
Suoraruiskutuksella varustettujen ottomoottorien hiukkaspäästöt taas tulevat kuntoon hiukkaslukumäärärajan ansiosta. Myös bensiinimoottoreihin on kaavailtu hiukkassuodattimia.

Päästönormien kiristyminen ei kuitenkaan tarkoita alhaisempaa polttoaineen kulutusta tai CO₂ -päästöä. On arvioitu, että raskaan kaluston Euro VI lisää polttoaineen kulutusta 0–5 % Euro V/EEV -tasoon verrattuna.

4.3 CO₂-päästöt

Mm. seuraavat tekijät vaikuttavat tieliikenteen CO₂-päästöt (kts. myös kuva 2):

- ajosuoritteet
 - o ajosuoritteisiin voidaan vaikuttaa maankäytön ja toimintojen suunnittelulla
 - o maankäytön vaikutukset näkyvät vasta pitkällä aikavälillä
- ominaisenergian kulutus (MJ/km tai oikeammin MJ/henkilökilometri tai MJ/tonnikilometri)
 - o tähän vaikuttavat mm. energiatehokkuus ja kulku/kuljetusmuodon valinta
 - o parhaimmillaan bussiliikenne on huomattavasti henkilöautoliikennettä tehokkaampaa (HSL-alueen bussiliikenteen keskimääräiselläkin kuormituksella vähintään kaksi kertaa henkilöautoliikennettä tehokkaampaa, viite keskustelu Reijo Mäkinen)
- käytetyn energian hiili-intensiteetti (g CO₂/MJ)
 - o uusiutuvalla sähköllä, uusiutuvalla vedyllä ja parhaimmilla biopolttoaineilla on periaatteessa mahdollista saavuttaa CO₂ vapaa liikennejärjestelmä
 - o nykYTEKNIKALLA maakaasu (fossiilinen) alentaa WTW CO₂ -päästöjä n. 20 % bensiiniä korvattaessa, dieseliä korvattaessa maakaasulla CO₂-päästöt eivät alene (maa- ja biokaasun osalta pitää aina huomioida myös metaanipäästöt).



Kuva 2. CO₂-päästöjen muodostuminen ja päästöihin vaikuttaminen.

CO₂-päästöjen alentumiseen liittyy enemmän epävarmuustekijöitä kuin säänneltyihin päästöihin. Henkilö- ja pakettiautojen CO₂-päästöä ja täten epäsuorasti myös energiatehokkuutta säännellään uusien autojen osalta sitovien keskimääräisten CO₂-päästöjen avulla. Määrittely perustuu pakoputkesta vapautuvan CO₂:n mittaamiseen. Henkilöautoille tavoite on keskimäärin 130 g/km vuonna 2015 ja 95 g/km vuonna 2021 [7].

Standardoitua mittausmenetelmää on kritisoitu siitä, että se antaa käytännön ajoa selvästi alemmat CO₂-päästö- ja kulutuslukemat. Mittausmenetelmää tullaan muuttamaan, ja uusi metodiikka tulee mahdollisesti voimaan 2017 [4,8]. Euroopassa ollaan vasta harkitsemassa raskaan kaluston CO₂-tai polttoaineenkulutusnormeja. Mallinnukseen perustuva CO₂-määritysmenetelmä raskaalle kalustolle (VECTO) saattaa tulla käyttöön 2015 [9].

Nykyinen henkilö- ja pakettiautojen CO₂-mittausmenetelmä kuvaa ensisijaisesti auton energiatehokkuutta tai polttoaineen kulutusta. Menetelmä toki huomioi myös polttoaineen verrattaessa esim. bensiini- ja maakaasuautoa. Bensiinin ja maakaasun ominais-CO₂-päästöissä on eroa (73,6 vs. 56,2 g CO₂/MJ) [10]. Näin ollen identtisellä energian kulutuksella (MJ/km) maakaasuautosta mitataan n. 25 % bensiiniautoa alhaisempi CO₂-päästö.

Mittaus ei kuitenkaan huomioi biopolttoaineiden käyttöä. Fossiilisella dieselpolttoaineella ja uusiutuvalla dieselillä saadaan pakoputken päästä mitattuna käytännössä sama CO₂-päästö. Toisaalta sähköauto määrittellen käytön osalta aina CO₂-päästötämäksi. Koska henkilöautojen verotus (autovero ja ajoneuvovero) perustuvat CO₂-päästöön, sähköauto saa veroetua mutta biopolttoaineita käyttämään kykenevä polttomootoriauto ei. Tämä saattaa vaikuttaa siihen mihin suuntaan autokalusto uusiutuu.

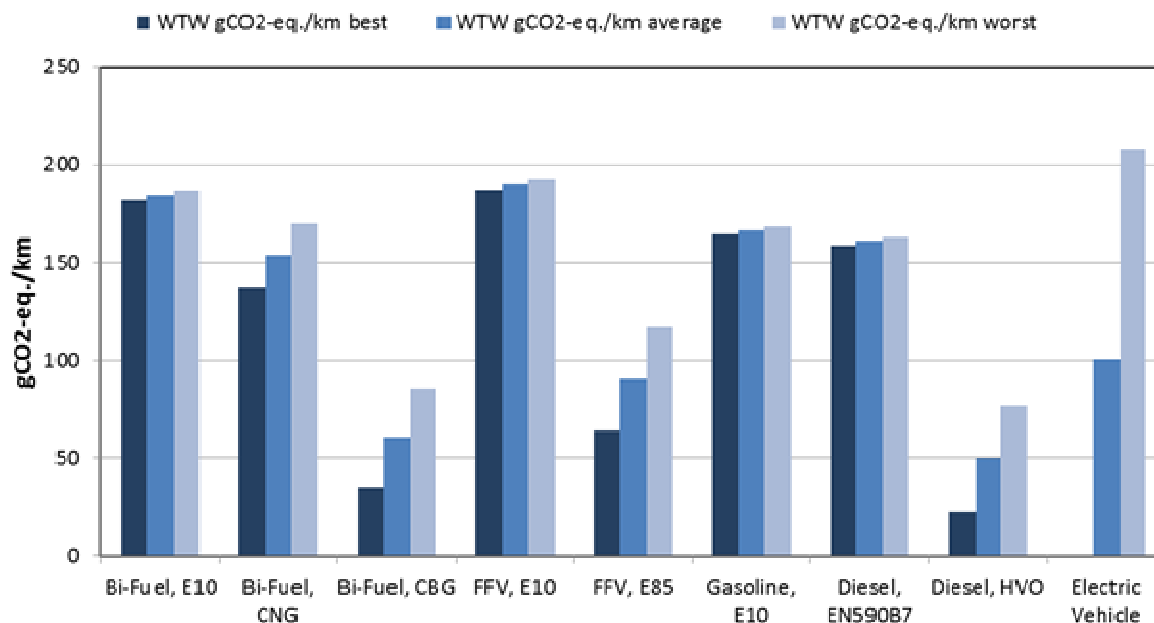
Vaihtoehtoisille energioille CO₂-tarkastelut tulisi aina tehdä elinkaaritarkasteluna, well-to-wheel (WTW), huomioiden sekä energian/polttoaineen tuotannon että loppukäytön päästöt ja energian kulutus. Fossiilisilla polttoaineilla polttoaineketjun alkupään (well-to-tank, WTT) osuus päästöistä ja energian kulutuksesta on suuruusluokkaisesti 15–20 % koko polttoaineketjun arvoista.

Biopolttoaineiden kohdalla käytännöksi on muodostunut, että loppukäyttö katsotaan CO₂-neutraaliksi (oletetaan että vapautuva CO₂ kiertää ja sitoutuu uudestaan biomassaan), ja mahdolliset CO₂-päästöt allokoitetaan polttoaineen tuotantoon (WTT osuuteen). Näin ollen biopolttoaineet lasketaan liikenteen päästötaseisiin nollapäästöisinä, ja tuotannon päästöt allokoitetaan muihin taseisiin. Uusiutuvan energian edistämistä koskevassa direktiivissä 2009/28/EY [11] parhaimpien biopolttoaineiden oletetaan vähentävän kasvihuonekaasupäästöjä elinkaariperiaatteella yli 90 %.

Sähkön CO₂-intensiteetti vaihtelee uusiutuvan sähkön nollasta hiilipohjaisen sähköntuotannon lukuun, joka on pahimmillaan noin 1000 g/kWh. WTW tarkastelussa sähköauto onkin uusiutuvalla sähköllä aidosti CO₂-vapaa, mutta toisessa äärilaidassa hiilisähköä käyttävä sähköauto aiheuttaa suuremmat CO₂-päästöt kuin bensiini- tai dieselauto perinteisellä polttoaineella.

Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n moottoripolttoaineita käsittelevässä Advanced Motor Fuels -tutkimussopimuksessa on tehty tarkasteluja WTW-periaatteella vaihtoehtoisille tekniikoille [12,13,14]. Kuvassa 3 on esimerkki WTW tarkastelusta tietyllä ylemmän keskiluokan henkilöautolle. Autosta on olemassa bensiini, diesel, etanoli (FFV) ja kaasuersiot. Lisäksi käytettävissä oli muunnossähköauto. Kaikkien versioiden energiankulutus ja CO₂-päästöt mitattiin VTT:llä. Mittaamalla samaa autotyyppiä itse auto pystyttiin vakiomaan, ja näin saamaan suora vertailu eri käyttövoimavaihtoehtojen välille. Polttoaine/energiaketjun alkupää arvioitiin käyttämällä direktiivin 2009/28/EY arvoja ja JEC (Joint Research Centre- EUCAR- CONCAWE) arvoja [10,11]. Kuvaan on kullekin tekniikkavaihtoehdolle merkitty kolme eri tulosta, polttoaineketjun alkupään kannalta huonoin ja paras vaihtoehto sekä näiden keskiarvo.

Arvot ovat haarukassa 0–210 g CO₂/km, ja molemmat ääriarvot liittyvät sähköautoon. Bensiinillä arvo on keskimäärin n. 180 g/km, dieselillä ja maakaasulla noin 150 g/km. Biopolttoaineille haarukka on 20–120 g/km.



Kuva 3. Well-to-wheel CO₂ (ekvivalentti) päästöt tietyn henkilöauton eri tekniikkavaihtoehdoille. Bi-fuel: kaksoispolttoaineauto (benssiini/maakaasu), CNG= paineistettu maakaasu, CBG= paineistettu biokaasu, FFV= flexible fuel vehicle (etanoliauto), HVO= uusiutuva parafiininen dieselpolttoaine [14].

Vuonna 2015 tai vuonna 2020 uutena rekisteröitävästä autosta voidaan varmuudella sanoa, että se on lähes nollapäästöinen keskimääräiseen tämänhetkiseen autokantaan verrattuna. CO₂-päästön ennustaminen onkin haastavampaa. Henkilöautojen kohdalla keskimääräinen polttoaineen kulutus tulee laskemaan. Elinkaaritarkastelussa 2020 vuosimallin henkilöauton CO₂ -päästö voikin sitten olla haarukassa 80-0 % verrattuna nykyautoon fossiilisella polttoaineella, riippuen siitä onko käyttövoimana 2020 perinteinen fossiilinen polttoaine, biopolttoaine vai uusiutuva sähkö.

4.4 Biopolttoaineita koskevat kehitysnäkymät

Uusiutuvan energian edistämistä koskevaan direktiiviin 2009/28/EY sisältyy sitova velvoite 10 %:n uusiutuvan energian osuudesta liikenteessä vuonna 2020. Suurin osa tästä velvoitteesta tullaan täyttämään biopolttoaineiden avulla, koska sähköautojen osuus autokannassa kasvaa pakostakin hyvin hitaasti.

Suomessa biopolttoaineiden käyttöönottoa on haluttu nopeuttaa biopolttoaineiden jakeluvelvoitteella (laki 1420/2010) [15]. Jakeluvelvoite edellyttää portaittain kasvavaa, vuonna 2020 laskennalliseen 20 %:iin yltävää biopolttoaineosuutta. Eräille biopolttoaineille käytetään em. direktiivin mukaista ns. tuplalaskentaa, toisin sanoen eräät jätteisiin ja tähteisiin perustuvat biopolttoaineet saadaan laskea velvoitteeseen kertoimella kaksi. Biopolttoaine ei kuitenkaan vähennä kasvihuonekaasupäästöjä määräänsä enempää. Niinpä liikenne- ja viestintäministeriön ILPO-seurannassa ja ns. ILARI baseline -skenaariossa biopolttoaineiden todelliseksi osuudeksi on arvioitu 15 % (10 % perinteisiä biopolttoaineita ja 5 % tuplalaskettavia edistyskellisiä biopolttoaineita, jolloin laskennalliseksi osuudeksi

si muodostuu em. 20 %) [16]. Jakeluvetoilaki sisältää maininnan siitä, että velvoitetta voidaan tarkistaa, jos toiminnan reunaehdot muuttuvat oleellisesti.

Biopolttoaineiden kestävyyskriteereistä ja epäsuorista maankäytön vaikutuksista (Indirect Land Use Change ILUC) on keskusteltu laajasti. Komissio on valmistellut kestävyyskriteerejä koskevan esityksen, jonka ministerineuvosto hyväksyi kokouksessaan kesäkuussa 2014 [17]. Perinteisiin raaka-aineisiin (ravintokasveihin) perustuville biopolttoaineille asetettaisiin 7 %:n katto, ja edistyksellisille biopolttoaineille asetettaisiin kansallisella tasolla viitteellinen 0,5 %:n tavoite (jonka tosin saisi ylittää). Ehdotuksen käsittelyä jatketaan parlamentissa syksyllä 2014. Jos esitys hyväksytään, biopolttoaineiden eurooppalainen "referenssitaso" onkin enää 7,5 %. Puuttuva osuus 10 %:n tavoitteesta saavutetaan sähköllä. Jo aikaisemmin oli päätetty siitä, että sähköautojen käyttämä uusiutuva sähkö lasketaan velvoitteeseen kertoimella 2,5, nyt tieliikenteelle ehdotetaan kerrointa 5. Uudessa esityksessä ehdotetaan, että myös raideliikenteen uusiutuva sähkö lasketaan kertoimella 2,5 (aikaisemmin kerroin oli 1).

4.5 EU:n vuoden 2030 ilmasto- ja energiavoitteet

Komissio julkaisi tammikuussa 2014 ehdotuksen vuoden 2030 ilmasto- ja energiapolitiittisista tavoitteista. Ehdotusta koskevassa tiedonannossa [18,19] todetaan, että komissio katsoo, ettei ole aiheellista asettaa uusia tavoitteita uusiutuvalle energialle eikä sellaisten polttoaineiden kasvihuonekaasuintensiteetille, joita käytetään liikenteen alalla tai muilla osa-aloilla, vuoden 2020 jälkeistä aikaa silmällä pitäen.

"Analyysi siitä, miten voitaisiin minimoida maankäytön muutoksesta aiheutuvat välilliset päästöt, osoitti selvästi, että ensimmäisen sukupolven biopolttoaineilla voidaan vain rajallisesti vähentää hiilidioksidia liikenteen alalla. Komissio on jo esittänyt esimerkiksi, että ravintokasveihin pohjautuvilla biopolttoaineilla ei pitäisi antaa julkista tukea vuoden 2020 jälkeen" [19].

Toteutuessaan ehdotus tarkoittaisi sitä, että ainoa vuodelle 2030 asetettava tavoite olisi sitova kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite, 40 % vuonna 2030 vuoden 1990 tasosta. Komissio ehdottaa, että EU-tason 40 %:n vähennystavoite jaetaan EU:n päästökauppajärjestelmän ja päästökaupan ulkopuolisten alojen välillä siten, että päästökauppasektorin (PKS) tavoitteeksi tulisi 43 %:n vähennys ja päästökaupan ulkopuolisen sektorin (ei-päästökauppasektori, EPKS, ml. liikenne) tavoitteeksi vastaavasti 30 %:n vähennys vuoden 2005 tasosta.

Vuoden 2030 ilmasto- ja energiapolitiittisia tavoitteita koskevan toimenpidepaketin vaikutuksia Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen tutkittiin VTT:n ja Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen (VATT) yhteistyönä työ- ja elinkeinoministeriön sekä ympäristöministeriön toimeksiannosta [20]. Hankkeessa tehtyjen alustavien laskelmien perusteella toisen sukupolven biopolttoaineet olisivat Suomelle kustannustehokkain tapa vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä, jolloin biojalosteiden osuus maantieliikenteessä kasvaisi jopa lähelle 40 %:a vuoteen 2030 mennessä.

Näin ollen biopolttoaineiden osuus liikenteessä vuonna 2030 saattaa olla mitä tahansa 7,5 %:n ja 40 %:n välillä.

5 Skenaarioiden muodostaminen

5.1 Yleistä

Laskennassa on tarkasteltu neljää eri skenaariota:

1. Perusskenaario ilman mitään vaihtoehtotekniikoita (sisältää kuitenkin vakiomäärän biopolttoaineita, 15 % vuodesta 2020 eteenpäin)

Kolme skenaariota perustuen NETP 2013 julkaisuissa esitettyihin skenaarioihin:

1. Ei-toivottu kehitys, NETP 2013 termeillä 4DS ("business as usual", maapallon lämpötila nousee 4° C)
2. "Kestävä kehitys", NETP 2013 termeillä 2DS (päästöjä hillitään, maapallon lämpötila nousee enintään 2 ° C)
3. Ihanteellinen kehitys hiilineutraaliin energiajärjestelmään CNS= Carbon Neutral Scenario

Kaikissa skenaarioissa on käytetty valtakunnalliseen tieliikenne-ennusteen suoritearvoja ja samoja autojen kokonaismääriä.

Perusskenaarion sisällä tehtiin tiettyjä herkkyystarkasteluja. Kaksi muuta skenaariota taas kiinnitettiin perusskenaarion ja sen perustapaukseen.

Tarkasteluväli ulottuu vuoteen 2050. Lähes kaikkien muutosten on oletettu tapahtuvan lineaarisesti nykyhetkestä vuoteen 2050. Referenssivuotena on vuosi 2005, jolloin tieliikenteen CO₂-päästöt olivat 11,7 Mt.

5.2 Perusskenaario

5.2.1 Yleistä

Perusskenaario kuvaa tilannetta, jossa ei oteta merkittävässä määrin käyttöön uusia ajoneuvoteknologioita. Tässä tapauksessa käytössä on siis vain bensiini- ja dieselajoneuvoja, joiden polttoaineissa on tietty määrä biokomponentteja. Energiatehokkuuden parantumisesta on tehty tiettyjä olettamuksia.

Tämän skenaarion idea on lähinnä osoittaa, miten suoritteiden kasvu ja energiatehokkuuden parantuminen vaikuttavat tieliikenteen CO₂ päästöihin.

5.2.2 "Perusura"

Perusskenaarion "perusura" on johdettu seuraavasti:

- suoritteet Liikenneviraston ennusteen mukaan (kasvava trendi)
- kaluston lukumäärä on suhteutettu suoritteisiin (ajoneuvokohtainen suorite ei muutu, eli autokanta kasvaa suoritteiden suhteessa)
- henkilöautojen romutusikä laskee vuoden 2013 luvusta 20 vuotta 18 vuoteen vuonna 2050
- pakettiautojen ja raskaiden ajoneuvojen romutusikä pysyy muuttumattomana (19 vuotta)

- uusien henkilöautojen keskimääräinen CO₂ päästö on Euroopassa keskimäärin 130 g/km vuonna 2015 ja 95 g/km vuonna 2021, mutta Suomen osalta keskiarvot ovat hieman suuremmat (vajaa 10 %, Suomessa ostetaan isoimpia autoja kuin Euroopassa keskimäärin)
- uusissa henkilö- ja pakettiautoissa polttoaineen kulutus alenee 2 % vuodessa vuoteen 2020, siitä eteenpäin 1,5 % vuodessa (luku sisältää hybridisoinnin vaikutukset)
- uusissa raskaissa ajoneuvoissa polttoaineen kulutus alenee 1 % vuodessa vuoteen 2020, siitä eteenpäin 0,5 % vuodessa (suhteellinen energiatehokkuus jo nyt selvästi henkilöautoja parempi, raskaissa kuorma-autoissa hybridisoinnin tuomat hyödyt rajalliset)
- käytössä on ainoastaan bensiini- ja dieselautoja
- biopolttoaineiden osuus kasvaa jakeluvelvoitelain mukaisesti vuoteen 2020, laskennallinen osuus on 20 % ja todellinen biopolttoaineosuus 15 % vuonna 2020 (biopolttoaineet vähentävät liikenteen CO₂ päästötasetta 15 %)
- biopolttoaineiden todellinen osuus on vakio 15 % vuodesta 2020 vuoteen 2050.

”Perusuran” rinnalle muodostettiin kolme vaihtoehtoista polkua (perusuraan verrattuna, yksi muutos kerrallaan).

5.2.3 Nopeutettu kaluston uusiminen

Suomessa on EU:n vanhimpiin kuuluva autokanta. Päästöjä, sekä säänneltyjä että CO₂-päästöjä, voitaisiin alentaa autokaluston uudistumista nopeuttamalla. Tarkastelu tehtiin seuraavasti:

- henkilöautojen osalta romutusikä laskee vuoden 2013 luvusta 20 vuotta 15 vuoteen vuonna 2050
- pakettiautojen ja raskaiden ajoneuvojen romutusikä laskee vuoden 2013 luvusta 19 vuotta 15 vuoteen vuonna 2050.

5.2.4 Energiatehokkuus kehittyä perusuraa suotuisammin

Fossiilisia polttoaineita käytettäessä CO₂-päästö on suoraan verrannollinen energian käyttöön. Energiatehokkuuden osalta suotuisa kehitys on laskettu seuraavasti:

- uusissa henkilö- ja pakettiautoissa polttoaineen kulutus alenee 2 % vuodessa aina vuoteen 2050 asti
- uusissa raskaissa ajoneuvoissa polttoaineen kulutus alenee 1 % vuodessa aina vuoteen 2050 asti.

5.2.5 Energiatehokkuus kehittyä perusuraa epäsuotuisammin

Tässä tapauksessa on oletettu, että kehitys on vuoden 2020 jälkeen henkilöautoilla ”perusuraa” hitaampaa, ja että kehitys pysähtyy raskaan kaluston osalta vuoden 2020 jälkeen:

- uusissa henkilö- ja pakettiautoissa polttoaineen kulutus alenee 2 % vuodessa vuoteen 2020, siitä eteenpäin 1 % vuodessa
- uusissa raskaissa ajoneuvoissa polttoaineen kulutus alenee 1 % vuodessa vuoteen 2020, siitä eteenpäin 0 % vuodessa.

5.3 NETP 2013:een perustuvat skenaariot

Kansainvälinen energiajärjestö IEA ja Norden (Nordic Energy Research) julkaisivat alkuvuodesta 2013 yhteistyössä raportin "Nordic Energy Technology Perspectives: Pathways to a Carbon Neutral Energy Future" [2]. Raportissa on esitelty kolme pääskenaariota vuoteen 2050 mentäessä, 4 oC (4DS) ja 2 oC (2DS) lämpötilan nousuun perustuvat skenaariot ja lisäksi hiilineutraali skenaario CNS (Carbon Neutral Scenario), joista viimeksi mainitusta on vielä kaksi rinnakkaista skenaariota, sähköön perustuva CNES ja biopolttoaineisiin perustuva CNBS

Raportti käsittelee myös liikenteen energiaa, eli liikenteellekin löytyy kolme pääskenaariota ja lisäksi kaksi vaihtoehtoista skenaariota hiilineutraalille skenaariolle (Taulukko 1).

Muuttujina liikenteen osalta ovat:

- suoritteet (avoid)
- energiatehokkuuden parantuminen (efficiency improvements)
- ajoneuvoteknologioiden jakautuma (mm. sähköautot, lataushybridit, polttokennoautot, kaasuautot, technology switch)
- biopolttoaineiden osuus nestemäisissä polttoaineissa (haarukka 10 – 75 %, fuel switch)
- liikkumis-/kuljetusmuotojen jakautuma (modal shift).

Käsillä olevaa HLJ 2015 -selvitystä varten valittiin kaikki kolme NETP 2013 -pääskenaariota, ääripäitä edustavat 4DS ("business as usual", "menee huonosti kehityspolku"), todennäköistä kehitystä edustava 2DS (päästöjä rajoitetaan merkittävästi) ja hiilineutraalin skenaarion perustapaus CNS (progressiivinen ihanteellinen kehityspolku).

NETP 2013:sta otettiin kuitenkin vain energiatehokkuuden parantumiseen, ajoneuvoteknologioiden jakautumaan ja biopolttoaineiden osuuteen liittyvät luvut, ja nämä kiinnitettiin ALIISA laskennan perusskenaarion "perusura" tapaukseen. Laskennassa ei siis huomioitu NETP:n avoid ja modal shift elementtejä.

Taulukko 1. NETP 2013 vaihtoehtoiset skenaariot liikenteen osalta [2].

Measures/means	4DS	2DS	CNS	CNES	CNBS
Avoid	No avoidance strategy.	4% reduction in passenger transport.	4% reduction in passenger transport.	Same as CNS.	Same as CNS.
Efficiency improvements	40% reduction of average tested new PLDV fleet fuel consumption.	55% reduction of average tested new PLDV fleet fuel consumption (excluding the effect of electrification).	60% reduction of average tested new PLDV fleet fuel consumption (excluding the effect of electrification).	Same as CNS.	Same as CNS.
	15% reduction of average tested new CV fleet fuel consumption.	30% reduction of average tested new CV fleet fuel consumption.	45% reduction of average tested new CV fleet fuel consumption.	Same as CNS.	Same as CNS. The substitution of FCEVs by hybrids and conventional ICE vehicles somewhat lowers overall fleet efficiency in the road transport sector.
	1% annual reduction on energy intensity per pkm in air transport.	1.5% annual reduction on energy intensity per pkm in air transport.	1.5% annual reduction on energy intensity per pkm in air transport.	Same as CNS.	Same as CNS.
	0.4% annual reduction on energy intensity per pkm in rail transport.	1% annual reduction on energy intensity per pkm in rail transport.	1% annual reduction on energy intensity per pkm in rail transport.	Same as CNS.	Same as CNS.
Technology switch	Stock of PLDVs by 2050: 15% EVs (PHEV and BEV), 30% conventional hybrids, 50% conventional ICE.	45% stock share of EVs (PHEV and BEV), 15% stock share of FCEVs, 15% stock share of conventional hybrids on PLDVs.	55% stock share of EVs (PHEV and BEV), 15% stock share of FCEVs, 15% stock share of conventional hybrids on PLDVs.	65% stock share of EVs (PHEV and BEV), the share of BEVs on stock is 50% higher than in the CNS (reducing the share of conventional hybrid vehicles).	Like CNS for PLDVs, FCEVs are substituted by PHEVs.
	Minor penetration of CNG trucks.	10% sales share of CNG trucks, progressive hybridisation of short- and medium-haul trucks, 10% sales share of FC trucks. Full electrification of rail.	No conventional ICE LCV (<3.5t) sold, 75% sales share of alternative power-train configuration (hybridisation, CNG, FC) of medium- and long-haul trucks.	Same as CNS for all other transport modes.	Like CNS for road freight, FC trucks are substituted by hybrids and conventional ICE trucks. Same as CNS for all other transport modes.
Fuel switch	10% share of biofuels in petroleum blends.	35% share of biofuels in petroleum blends.	75% share of biofuels in petroleum blends.	Same as CNS.	100% share of biofuels in petroleum blends.
Modal shift	No shift strategy.	20% reduction in individual pkm, shifted equally to bus and rail. 50% of road freight transport growth is shifted to rail.	20% reduction in individual pkm, shifted equally to bus and rail. 50% of road freight transport growth is shifted to rail.	Same as CNS.	Same as CNS.

CNS skenaarion mukaan lineaarisella kehityksellä biopolttoaineiden osuus vuonna 2030 olisi noin 40 %, vastaten VTT:n ja VATT:in työ- ja elinkeinoministeriölle tekemässä raportissa [18] esitettyä lukua.

NETP 2013:n liikenneskenarioissa ei ole erikseen lukuja bussikalustolle, ja lisäksi tietyissä taulukon 1 kohdissa on epätarkkuuksia (esim. jakautumien summa ei välttämättä ole 100 %, välillä luvut ovat uusille autoille, välillä autokannalle).

Laskennassa käytetyt NETP 2013:n perusteella johdetut kalustojakautumat on esitetty taulukossa 2, jossa on mukana VTT:n generoimat luvut bussikalustolle (bussikalusto keskimäärin, ei pelkää kaupunkibussit).

Taulukko 2. Laskennassa käytetyt ajoneuvokalustoa koskevat oletukset.

	4DS	2DS	CNS
Henkilöautojen polttoaineen kulutuksen väheneminen % (ilman sähköistystä)	40	55	60
Hyötyajoneuvojen polttoaineen kulutuksen väheneminen %	15	30	45
Henkilöautokaluston jakautuma			
• akkusähköautot ja lataushybridit yhteensä	15	45	55
• autonomisia hybridejä	30	15	15
• polttokennoautoja	-	15	15
• perinteisiä polttomootoriautoja	55	25	15
Hyötyajoneuvojen jakautuma/pakettiautot			
• vaihtoehtoiset ajoneuvot	-	40	100
• perinteiset ajoneuvot	100	60	-
Hyötyajoneuvojen jakautuma/kuorma-autot			
• kaasuauto	5	10	25
• muut vaihtoehtotekniikat (hybridi, polttokenno)	-	20	50
• perinteiset ajoneuvot	95	70	25
Hyötyajoneuvojen jakautuma/bussit			
• kaasuauto	5	5	10
• hybridit	10	15	20
• sähkö	10	15	20
• polttokenno	5	5	10
• perinteiset ajoneuvot	70	60	40
Polttoaineiden bio-osuus	10	35	75

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Yleistä

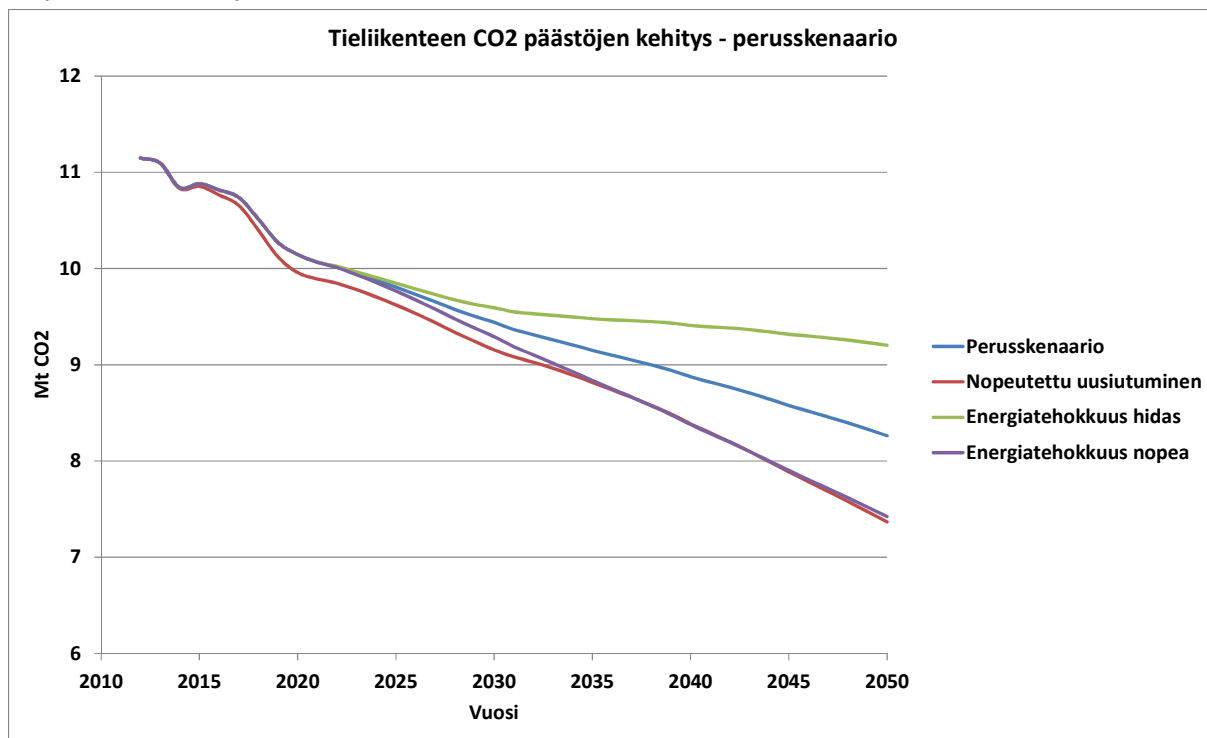
Tehtyjen tarkastelujen perusteella voidaan tehdä arvioita siitä, missä vaihteluvälissä liikenteen CO₂-päästöt voisivat tulevaisuudessa olla. Tarkasteluissa on paljon epävarmuustekijöitä. Tulevaisuuskuviiin vaikuttavat tekniikan ja sen kehittämisen lisäksi sääntely ja erilaiset kannustimet. Sääntelyä on niin EU- tasolla (esim. autojen CO₂-päästörajat) kuin kansallisella tasolla (esim. biopolttoaineiden jakelunelvoite).

Tarkastelu on tehty koko maan tasolla. Pääkaupunkiseudulla on maan keskiarvoa uudempi auto-kanta. Liikennemäärin ja sitä kautta päästöihin voidaan vaikuttaa hyvällä maan käytön suunnittelulla ja esim. joukkoliikennettä edistämällä. Joukkoliikenteen edistämisen mahdollisuudet ovat paremmat pääkaupunkiseudulla kuin maassa keskimäärin. Em. mainittuja tekijöitä ei ole huomioitu, eli pääkaupunkiseudulle suhteutetut luvut saattavat antaa tilanteesta liian synkän kuvan.

Laskennan yksinkertaistamiseksi muutokset on tuotu malliin pääasiassa lineaarisesti. Uuden ajoneuvotekniikan osalta tämä ei toteudu käytännössä, tekniikka kypsyy ja hinnat alentuvat ajan kuluessa.

6.2 Perusskenaario ja sen muunnelmät

Kuvassa 4 on perusskenaario eri muunnelmineen. Perusuran mukainen kehitys antaa vuoden 2050 CO₂ päästöiksi 8,3 Mt. Kaluston uusimisen nopeuttaminen ja energiatehokkuuden parantaminen johtavat samaan lopputulokseen, 7,4 Mt. Jos energiatehokkuus ei kehity suotuisasti, päästöt vuonna 2050 ovat 9,2 Mt. Kuvasta nähdään, että eri tapausten välille alkaa syntyä merkittävämpiä eroja vuoden 2030 jälkeen.



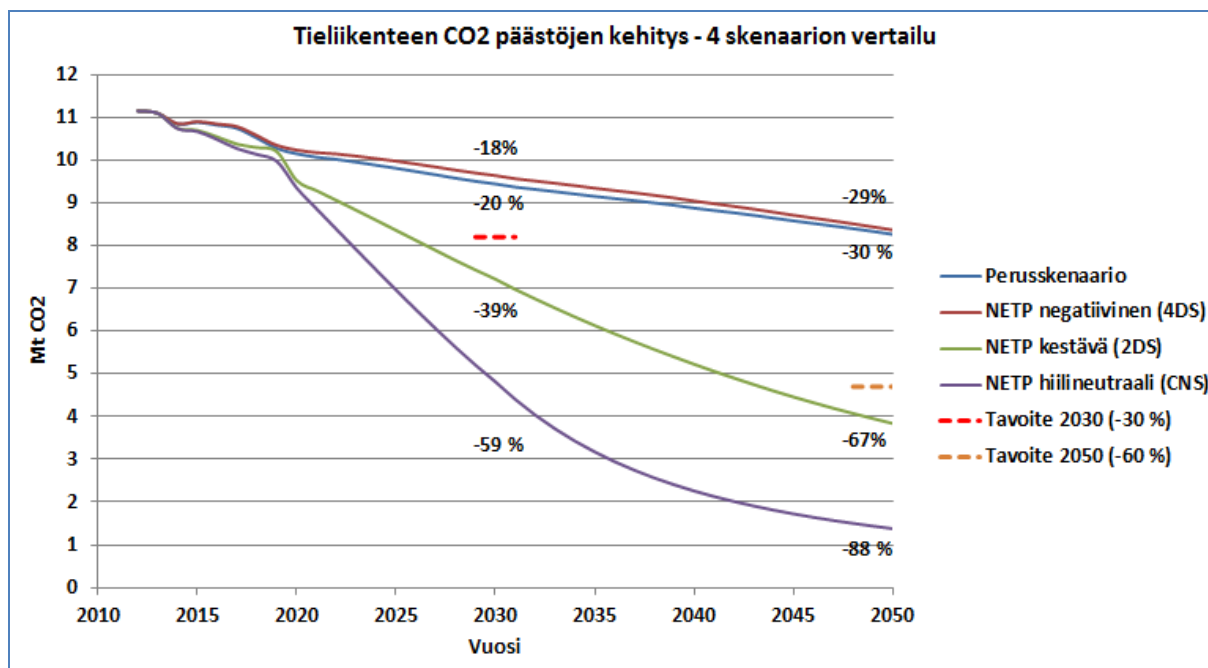
Kuva 4. Tieliikenteen CO₂-päästöjen kehittyminen, perusskenaario ja sen eri muunnelmät.

Perusuralla saavutetaan 20 %:n vähenemä vuonna 2030 ja 30 %:n vähenemä vuonna 2050. Tämä kehitys ei ole riittävä, jos ei-päästökauppasektorin päästöjä halutaan alentaa 30 % vuoteen 2030 mennessä (alustavat EU:n vuoden ilmasto- ja energiatavoitteet vuodelle 2030) tai 60 – 80 % vuoteen 2050 mennessä (Liikenteen valkoisessa kirjassa [19] mainittu liikenteelle -60 % tavoite vuoteen 2050 mennessä).

6.3 NETP 2013:n pohjalta muodostetut skenaariot

Kuvassa 5 on kolme NETP 2013:n pohjalta muodostettua skenaariota ja kuvan 4 "perusura". Kuvasta nähdään, että "perusura" ja 4DS ovat hyvin lähellä toisiaan, eli lisätoimenpiteitä tarvitaan ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

NETP 2013:n 2DS-skenaarioon perustuvalla tarkastelulla saavutetaan ja jopa ylitetään EU:n asettamat ilmastotavoitteet, ei-päästökauppasektorin -30 % vuonna 2030 liikenteen -60 % vuonna 2050. Luvut vuodelle 2030 ovat 7,2 Mt CO₂ (-39 %) ja vuodelle 2050 3,8 Mt (-67 %). NETP 2013:n CNS skenaarioon perustuva tarkastelu täyttää kirkkaasti sekä vuoden 2030 että vuoden 2050 tavoitteet. Tässä tapauksessa CO₂ päästöt ovat 7,0 Mt (-59 %) vuonna 2030 ja 1,4 Mt (-88 %) vuonna 2050.



Kuva 5. Tieliikenteen CO₂ päästöjen kehittyminen, neljän skenaarion vertailu.

Taulukossa 3 on esitetty kuvaan 5 perustuvat suhteelliset päästöluvut (2005= 100 %) ja päästövähennykset HLJ 2015 kohdevuosille (2025 ja 2040).

Taulukko 3. Neljän skenaarion suhteelliset päästöluvut (2005= 100 %) ja päästövähennykset HLJ 2015 kohdevuosille (2025 ja 2040). Referenssivuosi 2005.

	Perusskenaario jäljellä/vähennelmä (%)		NETP 4DS jäljellä/vähennelmä (%)		NETP 2DS jäljellä/vähennelmä (%)		NETP CNS jäljellä/vähennelmä (%)	
2025	84	-16	85	-15	71	-29	59	-41
2040	76	-24	77	-23	45	-55	19	-81

7 Johtopäätökset

7.1 Yleistä

Laskelmat antavat osviittaa siitä, miten muutokset ajoneuvokalustossa ja polttoaineissa voisivat vaikuttaa tieliikenteen tulevaan päästökehitykseen.

Laskelmat osoittavat, että Liikenneviraston arvioimilla suoritteilla perinteistä ajoneuvotekniikkaa ja 15 %:n biopolttoaineosuutta käyttämällä Suomen tieliikenne ei saavuta EU:n alustavia ilmastotavoitteita vuosille 2030 ja 2050. Käytännössä kasvavat liikennesuoritteet mitätöivät perinteisen ajoneuvokaluston energiatehokkuuden parantumisen, ja päästövähennykset jäävät biopolttoaineiden varaan.

Autokaluston uusiutumisen nopeuttaminen ja energiatehokkuuden suotuisa kehittyminen parantaisivat tilannetta hieman, mutta muutokset näkyisivät selvästi vasta vuoden 2030 jälkeen. Vuoden 2030 tavoite, CO₂ -30 %, voidaan saavuttaa tilanteessa, jossa käytetään perinteisiä ajoneuvoja (benssiini ja diesel) edellyttäen, että polttoaineessa on vajaa 30 % bio-osuutta.

Käyttämällä NETP 2013 -julkaisun 2DS-skenaarion oletuksia vaihtoehtoisten ajoneuvotekniikoiden ja biopolttoaineiden osuuksista sekä vuoden 2030 että vuoden 2050 CO₂-vähennystavoitteet täyttyvät. Jo tämä skenaario edellyttää, että perinteisten polttomoottori-autojen osuus henkilöautokannasta on enää 25 % vuonna 2050, sähköautojen (akkusähköautot, ladattavat hybridit ja polttokennoautot) dominoidessa yhteensä 60 %:n osuudella. Hyötyajoneuvoissa perinteisten ajoneuvojen osuus olisi merkittävästi suurempi, 60–70 %, ja bio-osuus polttoaineissa olisi 35 %.

Nimensä mukaisesti hiilivapaassa skenaariossa CNS tieliikenteen CO₂-päästöt alenevat lähes 90 % vuoteen 2050 mentäessä. Tämä edellyttäisi massiivista siirtymistä vaihtoehtoisiin ajoneuvoihin (sähköajoneuvoihin painottuen) ja korkeaa 75 %:n bio-osuutta jäljelle jääviin polttoaineisiin.

7.2 Helsingin seutu

Perusskenaariota tarkasteltaessa Helsingin seudun osalta kehitys saattaa olla suotuisampaa kuin koko maan osalta keskimäärin. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat mm. keskimääräistä uudempi ajoneuvokalusto, mahdollisuus lisätä joukkoliikenteen osuutta ja se että liikennejärjestelmää kehitetään kokonaisvaltaisesti.

Helsingin seudulla päästöjä voidaan alentaa mm. hyvällä liikennejärjestelmän suunnittelulla ja edistämällä joukkoliikennettä, pyöräilyä ja kävelyä. Tietotekniikan tehokkaalla hyödyntämisellä ja uusilla kaupunkilogistiikan toimintamalleilla toimintoja pystytään tehostamaan merkittävästi, ja näin aikaansaadaan päästövähennyksiä. Tietotekniikan merkitys kasvaakin kaikkialla, jatkossa liikennejärjestelmän eri osat kommunikoivat keskenään, ja liikenteestä on käytettävissä reaaliaikainen tilannekuva.

Myös ajoneuvojen ja polttoaineiden osalta kehitykseen voidaan vaikuttaa ainakin jossakin määrin (käsillä olevan tarkastelun aihepiiri). HSL ja sen sisarjärjestö Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY voivat tilaamiensa palveluiden osalta (bussiliikenne, jätehuolto) entistä enemmän painottaa ympäristöarvoja. HSL:llä on jo nyt järjestelmä energiatehokkuuden ja biopolttoaineiden käytön palkitsemiseksi. HSL:llä on lisäksi suunnitelmia sähköbussien käyttöön ottamiseksi.

Ongelma piilee kuitenkin siinä, että tieliikenteen CO₂-päästöjen osalta henkilöautot ovat täysin dominoivassa asemassa. LIISA-laskentamallin mukaan Etelä-Suomen alueella henkilöautojen osuus tieliikenteen CO₂-päästöistä on 67 %, ja bussiliikenteen vain noin 3 %. Pakettiautojen osuus on n. 11 % ja kuorma-autojen osuus n 19 %. Jos päästöjä halutaan alentaa, toimenpiteiden pitäisi kohdistua ensisijaisesti henkilöautoihin. On vaikea löytää tapoja, joilla seudullisella tasolla vaikutetaan kuluttajien auto- ja polttoainevalintoihin. Biopolttoaineen jakeluvelvoite toimii valtakunnan tasolla, Helsingin seudulle räätälöity biopolttoainevelvoite ei ole käytännössä mahdollinen.

Helsingillä on käytössä sekä kannustimia että rajoitteita autoille [21]. Helsinki myöntää alennuksen pysäköintimaksuista vähäpäästöisille henkilöautoille. Raskaan kaluston osalta kantakaupungin alueelle on muodostettu ympäristövyöhyke, joka koskee HSL:n kilpailuttamaa Helsingin sisäistä ja

seudullista bussiliikennettä sekä HSY:n kilpailuttamaa jätteenkuljetusta. Ympäristövyöhykkeellä vanhempien autojen liikennöintiä rajoitetaan Euro-luokkaan (säänneltyihin päästöihin) perustuen.

Helsingin kaupungin verkkosivuilla todetaan lisäksi, että kaupunki noudattaa myös omissa ajoneuvohankinnoissaan asetettuja päästökriteereitä. Lisäksi sivuilla sanotaan:

"Liityntäpysäköintialueille ja keskeisille paikoille kaupunkiin perustetaan latauspaikkoja täyssähkö-autoille ja ladattaville hybrideille. Kaupunki selvittää yhdessä yhteistyötahojen kanssa myös sähkö- ja kaasujakeluverkostojen laajentamista sekä biokaasun saanti- ja jakelumahdollisuuksia."

Henkilöautoille kohdistetut kannustimet ovat haastavia, koska ne saattavat lisätä henkilöautojen käyttöä ja haitata joukkoliikennettä (pois lukien esim. vähäpäästöisten autojen etu liityntäpysäköinnissä). Hyvänä esimerkkinä tästä ovat norjalaiset kannustimet sähköautoille, joiden on nyt todettu aiheuttavan hallaa joukkoliikenteelle [22]. Raskaan kaluston tapaan myös henkilöautoille voitaisiin ottaa käyttöön ympäristövyöhyke, jolloin esim. Helsingin kantakaupungin alueella saisi ajaa vain sähköautolla tai muulla vähäpäästöisellä autolla. Tällainen toimenpide saattaisi toisaalta kannustaa vähäpäästöisten autojen hankintaan ja toisaalta lisätä joukkoliikenteen osuutta. Kovin laajaksi vyöhykettä ei ole mahdollista määritellä, ja vaikutusten arviointi vaatisi erillisen selvityksen.

Lähdeluettelo

- Ristikartano, J. et al. (2014). Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2014. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-13_valtakunnallinen_tieliikenne-ennuste_web.pdf
- [2] Nordic Energy Technology Perspectives. Pathways to a Carbon Neutral Energy Future. NETP 2013. <http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2012/03/Nordic-Energy-Technology-Perspectives.pdf>
- [3] LIISA 2012. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä. <http://www.lipasto.vtt.fi/liisa/index.htm>
- [4] Worldwide Emission Standards. Passenger Cars and Light Duty Vehicles. 2014/2015. <http://delphi.com/pdf/emissions/delphi-worldwide-emissions-standards-passenger-cars-light-duty-vehicles-2014-2015.pdf>
- [5] Worldwide Emission Standards. Heavy Duty and Off-Highway Vehicles. 2013/2014. <http://delphi.com/pdf/emissions/Delphi-Heavy-Duty-Emissions-Brochure-2013-2014.pdf>
- [6] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/33/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottoriajoneuvojen edistämisestä. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:120:0005:0012:FI:PDF>
- [7] Reducing CO₂ emissions from passenger cars http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm
- [8] World Forum for the Harmonization of Vehicle Regulations. WP 29. http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/grpedoc_2014.html
- [9] Reducing CO₂ emissions from Heavy-Duty Vehicles. http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy/index_en.htm
- [10] Edwards, R. (2014). Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. CONCAWE – EUCAR – JRC -report. Well-to-tank Appendix 4 – Version 4a, April 2014. http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report_2014/wtt_appendix_4_v4a.pdf
- [11] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>
- [12] Nylund, N.-O. & Koponen, K. (2012). Fuel and technology options for buses. Overall energy efficiency and emission performance. Espoo 2012. VTT Technology 46. 294 p. + app. 94 p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T46.pdf>
- [13] Nuottimäki, J., Laurikko, J., Nylund, N.-O. (2014). Performance evaluation of passenger car, fuel and powerplant options. Paper F2014-CET-040, Proc. FISITA World Automotive Congress, 2-6 June, 2014, Maastricht, The Netherlands.
- [14] Nuottimäki, J. et al. (2014). Well-to-Wheels analysis for urban busses and passenger cars with different fuel and energy options. VTT Research Report VTT-R-03914-14.
- [15] 1420/2010. Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101420>
- [16] Tuominen, A. et al. (2012). Ilmastonmuutoksen hillinnän toimepidekokonaisuudet liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 15/2012.

- http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1986562&name=DLFE-17241.pdf&title=Julkaisu+15-2012
- [17] Proposal on indirect land-use change: Council reaches Agreement.
http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/trans/143191.pdf
- [18] Vuoteen 2030 ulottuvat ilmasto- ja energiatarvitteet kilpailukykyiselle, varmalle ja vähähiiliselle EU:n taloudelle. Lehdistötiedote 22.1.2014. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_fi.htm
- [19] Communication from the Commission to the Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee for Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. Brussels 22.1.2014.
http://ec.europa.eu/energy/doc/2030/com_2014_15_en.pdf
- [20] Koljonen, T. et al. (2014). EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Taustaraportti. VTT Technology 170.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T170.pdf>
- [21] Vähäpäästöisten ajoneuvojen edistäminen ja ympäristövyöhykkeen perustaminen Helsingissä.
http://www.hel.fi/hki/ymk/fi/Ymp_riist_n+tila/Liikenne/Vahapaastoiset+ajoneuvot+ja+ymparisto_vyohyke
- [22] Bussikuskit suuttuivat Norjassa: Sähköautot tukkivat joukkoliikennekaistat.
<http://www.hs.fi/ulkomaat/Bussikuskit+suuttuivat+Norjassa++s%C3%A4hk%C3%B6autot+tukkivat+joukkoliikennekaistat/a1409453126185>

Taulukko 1. (Otsikko 6)

Liite 1. (Otsikko 7)

Kuva 1. (Otsikko 8)

Lähde (Otsikko 9)