



TRANSECO TUTKIMUSOHJELMA - TIELIIKENTEEN ENERGIANSAÄSTÖ JA UUSIUTUVA ENERGIA

Vuosiraportti 2010

Kirjoittajat: Nils-Olof Nylund, Juhani Laurikko

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi TransEco-tutkimusohjelma: Tieliikenteen energiansäästö ja uusiutuva energia. Vuosiraportti 2010.		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot TransEco johtoryhmä		Asiakkaan viite
Projektin nimi Suomi 2020-2030		Projektin numero/lyhytnimi 40981
Raportin laatija(t) Nils-Olof Nylund, Juhani Laurikko		Sivujen/liitesivujen lukumäärä 123
Avainsanat Liikenteen energiankäyttö, energian säästö, uusiutuva energia		Raportin numero VTT-R-04288-11
Tiivistelmä <p>VTT käynnisti vuonna 2009 tieliikenteen energiansäästön ja uusiutuvan energian tutkimusohjelman TransEcon. Viisivuotinen (2009 – 2013) TransEco-ohjelma muodostaa tutkimusplatformin, jonka puitteissa kokonaisvaltaisesti tarkastellaan ja kehitetään tieliikennesektorin energia- ja päästöratkaisuja, ja johon tukeudutaan Suomelle sopivia toimintamalleja kehitettäessä ja markkinoille tuotaessa.</p> <p>TransEcon käynnistyessä 2009 mukana olivat seuraavat tutkimusosapuolet: VTT (koordinaattori), Oulun yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Metropolia ja Turun ammattikorkeakoulu. 2010 mukaan tulivat lisäksi Turun Yliopisto, valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT ja konsulttiyritys Ramboll Oy. Motiva hoitaa ohjelman ulkoista viestintää.</p> <p>Tutkimushankkeet jakautuvat neljään pääryhmään: ajoneuvotutkimus, polttoainetutkimus, järjestelmätutkimus ja kansainvälinen yhteistyö. Näiden lisäksi hankkeen koordinaatio ja viestintä muodostavat viidennen kokonaisuuden. Järjestelmätutkimuksella tarkoitetaan tässä lähinnä strategiseen päätöksentekoon ja ohjauskeinoihin liittyvää tutkimusta.</p>		
Luottamuksellisuus	Julkinen	
Espoo 30.06.2011 Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Nils-Olof Nylund Tutkimusprofessori	Ari Juva TkT, TransEco JoRy:n PJ	Jukka Lehtomäki Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot Juhani Laurikko (toim.) juhani.laurikko@vtt.fi , puh. 020 722 5463		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) TransEcon johtoryhmä, TransEcon tutkijaosapuolet, www.transeco.fi raporttijakelu		
<p style="text-align: center;"><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>		

Alkusanat

VTT käynnisti vuonna 2009 tieliikenteen energiansäästön ja uusiutuvan energian tutkimusohjelman TransEcon. TransEco-ohjelma muodostaa tutkimusplatformin, jonka puitteissa kokonaisvaltaisesti tarkastellaan ja kehitetään tieliikennesektorin energia- ja päästöratkaisuja, ja johon tukeudutaan Suomelle sopivia toimintamalleja kehitettäessä ja markkinoille tuotaessa.

Ensimmäisessä, huhtikuussa 2010 päivätyssä vuosiraportissa esiteltiin ohjelmakokonaisuus, sen hankkeet ja joitakin alustavia tuloksia. Vuosi 2010 oli ohjelman ensimmäinen täysi toimintavuosi. Niinpä käsillä oleva vuoden 2010 vuosiraportti painottuu varsinaisten tutkimustulosten esittelyyn. TransEcon vuoden 2009 kokokohta oli 4.11.2009 Espoon Otaniemessä pidetty julkinen käynnistysseminaari, joka kokosi lähes 200 osanottajaa. Vuonna 2010 ei järjestetty yleistä seminaaria, vaan 18.11.2010 järjestettiin tutkijaseminaari, tavoitteena verkottaa TransEcon tutkijaosapuolia ja esitellä tutkimustuloksia. Samassa yhteydessä järjestettiin myös tietoisuus kansainvälisen energiajärjestön IEA:n liikenteeseen liittyvistä tutkimussopimuksista.

TransEcon johtoryhmässä ovat edustettuina neljä liikenteen ja energian osalta keskeistä ministeriötä, liikenne- ja viestintäministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö, ympäristöministeriö ja valtiovarainministeriö. Lisäksi johtoryhmässä ovat mukana Tekes, liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan virastot, yritykset, kuntasektori ja ajoneuvo- ja energia-alan etujärjestöt. TransEcon vahvuus on yhteistyöhön perustuva toimintamalli. Johtoryhmässä ovat edustettuina kaikki keskeiset tieliikennealaan vaikuttavat tahot. TransEcon käynnistyessä mukana olivat seuraavat tutkimustahot: VTT (hoitaa myös ohjelman koordinoinnin), Oulun yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu, Metropolia ja Turun ammattikorkeakoulu. Vuoden 2010 joukkoon liittyivät lisäksi Turun Yliopisto, valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT ja konsulttiyritys Ramboll Finland Oy. Motiva hoitaa ohjelman ulkoista viestintää.

Vuonna 2010 oli käynnissä yhteensä 19 tutkimuksellista projektia tai osatehtävää. Hankkeiden vuosien 2009 ja 2010 yhteenlaskettu budjetti on noin 5,8 M€

Espoo 31.5.2011

Nils-Olof Nylund

TransEco-ohjelman ohjelmapäällikkö ja koordinaattori

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	3
1 TransEco-ohjelman rakenne ja tavoitteet	7
2 Vuosien 2009 ja 2010 tutkimushankkeet ja tutkimusosapuolet.....	9
2.1 Yleistä	9
2.2 Ajoneuvotutkimus.....	10
2.3 Polttoainetutkimus.....	11
2.4 Järjestelmätutkimus	11
2.5 Kansainvälinen yhteistyö.....	12
2.6 Koordinaatio ja viestintä.....	13
3 Ohjelman rahoitus, volyyymi ja johtoryhmä	14
4 Vuoden 2010 raportointi	16
5 Ajoneuvotutkimus	17
5.1 EFFICARUSE – Käyttäjälähtöiset toimenpiteet henkilöautoliikenteen energiatehokkuuden parantamisen välineinä.....	18
5.1.1 Lähtökohta ja tavoite.....	18
5.1.2 Tutkimuksen kohteet ja alatehtävät.....	18
5.1.3 Sähköautojen energiatase ja –talous.....	18
5.2 Ajoneuvojen ja työkoneiden sähköisen voimansiirron kehittäminen.....	24
5.2.1 2010 Aktiviteetit.....	24
5.2.2 Tulokset	25
5.2.3 Jäljellä olevat tehtävät.....	25
5.3 HDENIQ Energiatehokas ja älykäs raskas ajoneuvo	26
5.3.1 Lähtökohta ja tavoite.....	26
5.3.2 Bussimittaukset.....	26
5.3.3 Kuorma-automittaukset.....	30
5.3.4 Menetelmäkehitys	32
5.3.5 Raskaiden ajoneuvojen aerodynamiikka.....	33
5.3.6 Apulaitteiden energian kulutus.....	35
5.3.7 Kaupunkibussien päästöt ja energiankulutus kylmässä	37
5.3.8 Rengastutkimus	39
5.3.9 Ajoneuvojen IT-ratkaisut	39
5.4 Raskaan ajoneuvon massan ja liukkauden estimointimenetelmä	41
5.4.1 Johdanto	41
5.4.2 Älykkään raskaan ajoneuvon esiselvitys.....	41
5.4.3 Ajoneuvon tiedonkeruujärjestelmän suunnittelu ja toteutus	43
5.5 Ajoneuvotekniikkaan liittyvät diplomityöt	46
5.5.1 Johdanto	46
5.5.2 HVAC – heating, ventilation, air-conditioning.....	46

5.5.3	Renkaiden tasapainotuksen ja paineen vaikutuksista energiankulutukseen ja liikenneturvallisuuteen	49
5.5.4	Auxiliary power needs.....	51
5.5.5	Vuoden 2011 suunnitelmat	54
5.6	Raskaiden ajoneuvojen elinkaaren hallinta	55
5.6.1	Johdanto	55
5.6.2	Vuoden 2010 työt.....	55
5.7	Asiakaskohtainen kuljetusten päästöjen mittaaminen ja raportointi & energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi	59
5.8	eStorage – sähköajoneuvojen energiavarastot: tutkimusympäristön vaatimusten määrittely	61
5.8.1	Tausta ja tehtävänanto	61
5.8.2	Kyselytutkimus	62
5.8.3	Tutkimusympäristön perustaminen	63
6	Polttoainetutkimus	64
6.1	RE85-polttoaineen optimointi Suomen käyttöolosuhteisiin.....	65
6.1.1	Johdanto	65
6.1.2	Tavoitteet	65
6.1.3	Tulokset	66
6.2	Korkeaseosteiset biokomponentit henkilöautojen polttoaineisiin – muut kuin etanoli	69
6.2.1	Yleistä	69
6.2.2	Biobensiini.....	69
6.2.3	Dieselosuus	69
6.3	Etanolipolttoaine raskaassa autokalustossa	71
6.3.1	Johdanto	71
6.3.2	Kuorma-auto- ja bussimittausten tulokset	71
6.3.3	Raskaiden etanolimoottorien tutkimusvalmius	74
7	Järjestelmälohko.....	75
7.1	Ajoneuvojen energiankäyttöön ja päästöihin liittyvien hankkeiden ja toimenpiteiden arviointimenetelmä.....	76
7.1.1	Tausta ja tavoitteet.....	76
7.1.2	Arviointimenetelmä	76
7.1.3	Jatkotyö.....	78
7.2	Verotusmallit ja muut ohjaukset	80
7.2.1	Johdanto	80
7.2.2	Hallituksen esitys energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 147/2010 vp).....	80
7.2.3	Uusi verojärjestelmä	81
7.3	Henkilöautokannan ennuste- ja hallintamalli	85
7.3.1	Tausta ja tavoitteet.....	85
7.3.2	Tutkimusryhmä	85
7.3.3	Vuonna 2010 tehdyt työvaiheet.....	85
7.3.4	Seuraavat työvaiheet	88

7.4	Tiekartat.....	89
7.4.1	Johdanto	89
7.4.2	Arvioita polttoainemäärien kehitymisestä, biopolttoainelueista ja biopolttoaineiden tuotantopotentiaaleista Suomessa	90
7.4.3	Uusiutuvaa energiaa koskevien velvoitteiden kustannusvaikutukset ...	97
7.5	Joukkoliikenteen energiatehokkuuden seuranta, raportointi ja kehittäminen (JOLEN).....	100
7.6	KULJETUS - Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi	104
7.7	Ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteiden vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointi liikennesektorilla (ILARI)	105
7.7.1	Tausta ja tavoitteet.....	105
7.7.2	Työvaiheet	105
7.7.3	Työn eteneminen	107
7.8	ENT Electromobility: Electric Road Transport policies in Europe till 2015: opportunities, experiences and best practices	108
7.9	Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta.....	109
8	Kansainvälinen toiminta.....	114
8.1	Yleinen kansainvälinen toiminta.....	115
8.2	ERA-NET Transport (ENT) –toiminta.....	116
8.3	IEA-TOIMINTA.....	117
8.3.1	Johdanto	117
8.3.2	EUWP	118
8.3.3	Transport Contact Group TCG.....	119
8.3.4	Electric Vehicle Initiative	119
8.3.5	Advanced Motor Fuels	121
9	Yhteenveto	123

1 TransEco-ohjelman rakenne ja tavoitteet

TransEco-ohjelman taustat ja viitekehys on esitetty tarkemmin vuoden 2009 vuosiraportissa, joka on ladattavissa URL-osoitteesta:

http://www.transeco.fi/files/164/TransEco_vuosiraportti_2009_final.pdf

VTT:n käynnistämä viisivuotinen (2009 – 2013) TransEco-ohjelma muodostaa tutkimusplatformin, jonka puitteissa kokonaisvaltaisesti tarkastellaan ja kehitetään tieliikennesektorin energia- ja päästöratkaisuja, ja johon tukeudutaan Suomelle sopivia toimintamalleja kehitettäessä ja markkinoille tuotaessa. Suomesta löytyy osaamista mm. polttoainetalouksien, liikenteen biopolttoainesten, IT-tekniikan ja ajoneuvotekniikan (mm. kevytrakennetekniikka, sähkö- ja hybridi-autot, renkaat, pakokaasupuhdistimet, työkonemootorit) alueilla. Kaikkia mahdollisia elementtejä pitäisi käyttää hyväksi liikenteen ympäristövaikutusten vähentämiseksi.

TransEcon tavoitteet määriteltiin seuraavasti:

TransEco-tutkimuskokonaisuus toimii työkaluna sopeutettaessa Suomen tieliikenne mahdollisimman kustannustehokkaasti EU-tason ja kansallisiin ilmastotavoitteisiin. Näin kyetään myös tehokkaimmin vaikuttamaan EU:n direktiivivalmisteluun ja Suomelle sopivimpien ratkaisujen ja teknologiaviennin kehittämiseen. Keskeisiä tehtäviä ovat energiankäytön tehostaminen ja uusiutuvan (hiilidioksidipäästöttömän) energian käyttöönotto tieliikenteessä. Ohjelman avulla luodaan Suomelle uusiutuvan energian, energian säästön ja CO₂-vähennysten kehityspolut sekä identifioidaan tärkeimmät sellaiset keinot, joilla kehitystä voidaan pyrkiä ohjaamaan halutulle uralle. Toimintamalli perustuu päättäjien, yritysten, tutkijoiden ja muiden liikennesektorin toimijoiden hyvään yhteistyöhön.

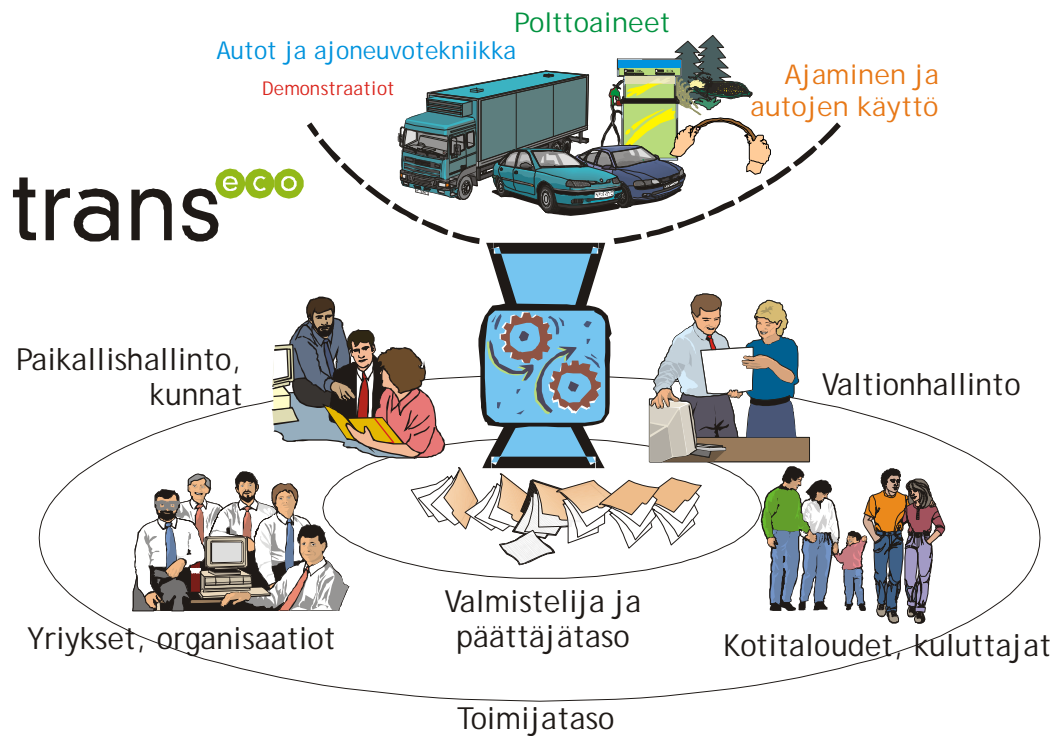
TransEco-ohjelma rakentuu neljän ”tukipilarin” varaan:

- tutkimus ja tekniikka
- demonstraatiot (ensisijaisesti yritysveltoiset)
- päätöksenteko ja ohjauskeinot
- vuorovaikutus

Ilman riittävää tietopohjaa ei voida tehdä pitkälle tähtäviä päätöksiä liikenteen energiaratkaisuista ja näihin vaadittavista ohjauskeinoista. Tietopohjaa taas luodaan tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja yritysten tutkimustoiminnalla ja pääsääntöisesti yritysten vetämillä demonstraatiohankkeilla. Osa tutkimushankkeista rakennetaan siten, että ne palvelevat yritysten demonstraatiohankkeita teknisellä tuella. Uusien ratkaisujen markkinoille saamiseen tarvitaan ohjausta kannustimien ja tietyissä tapauksissa velvoitteiden avulla. Varsinkin henkilöautoliikenteen osalta jossa päätöstentekijöiden lukumäärä on huomattava, on myös panostettava vuorovaikutukseen tiedotus-, informaatio- ja koulutustoiminnan muodossa.

TransEcon puitteissa tapahtuva tutkimus painottuu soveltavaan tutkimukseen ja kohtuullisen lyhyellä aikavälillä markkinoille tuleviin tuotteisiin ja palveluihin. Erilaisten palveluiden ja päätöksenteon apuvälineiden kehittämisellä on tärkeä asema TransEcoassa. Klusterimaisella toimintamallilla haetaan tehokkuutta päättäjien, yritysten ja tutkijatahojen yhteistyöhön sekä uusien ympäristömyönteisten toimintamallien, palveluiden ja tuotteiden kehittämiseen.

Kuva 1.1 havainnollistaa TransEcon toimintamallia.



Kuva 1.1. TransEcon toimintamalli.

2 Vuosien 2009 ja 2010 tutkimushankkeet ja tutkimusosapuolet

2.1 Yleistä

TransEcon varsinaiset tutkimushankkeet on jaettu neljään päälohkoon:

1. Ajoneuvotutkimus
2. Polttoainetutkimus
3. Järjestelmätutkimus
4. Kansainvälinen yhteistyö

Näiden lisäksi hankkeen koordinaatio ja viestintä muodostavat viidennen kokonaisuuden. Järjestelmätutkimuksella tarkoitetaan tässä lähinnä strategiseen päätöksentekoon ja ohjauskeinoihin sekä uuden teknologian markkinoille tuomiseen liittyvää tutkimusta.

Ensimmäiset osahankkeiden tai osatehtävien loppuraportit saatiin vuonna 2010.

Tutkimusosapuolet TransEcoossa vuosina 2009 - 2010 olivat:

- Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu (ajoneuvotekniikka)
- Motiva Oy (viestintä)
- Metropolia (sähköajoneuvojen tekniikka)
- Oulun yliopisto/Sähkö- ja tietotekniikan osasto (ajoneuvojen IT-sovellukset)
- Ramboll (uusi, sähköautojen käyttöönotto)
- Tampereen teknillinen yliopisto (raportointijärjestelmät, toimintamallit ja ohjauskeinot)
- Turun ammattikorkeakoulu (ajoneuvotekniikka)
- Turun yliopisto/ Tulevaisuuden tutkimuskeskus TUTU (uusi, ohjauskeinot ja vaikuttavuus)
- VATT (uusi, uusiutuvan energian kansantaloudelliset vaikutukset)
- VTT (ajoneuvotekniikka, polttoainetekniikka, toimintamallit ja ohjauskeinot, kansainvälinen yhteistyö, koordinaatio)

Tässä raportissa ei referoida yritysten vastuulla olevia demonstraatiohankkeita. Näitä hankkeita ovat kuitenkin:

- Kaasukuorma-autojen demonstraatio
 - Helsingin kaupunki ja Lassila & Tikanoja
 - päättyi vuoden 2009 lopulla
- Uusiutuvan NExBTL-dieselpolttoaineen demonstrointi pääkaupunkiseudun bussikalustossa (OPTIBIO)
 - HSL, Neste Oil & Proventia Emission Control
 - päättyi vuoden 2010 lopulla
- Korkeaseosteinen FFV-autojen RE85 etanolipolttoaine
- St1

- kokeilu aluksi pääkaupunkiseudulla
- jakelun laajentuminen koko maahan 2011
- Raskaiden etanoliautojen demonstraatio
 - esikokeet vuoden 2010 puolella
 - varsinaisen kenttäkokeen käynnistyminen 2011
- Sähköautojen demonstraatiot
 - aluksi mm. Fortum ja Espoon kaupunki
 - keväällä useamman demonstraatiohankkeen valistelu Tekesin uuden ”EVE”-ohjelman puitteissa

Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n puitteissa toteutettava, VTT:n koordinoima tutkimushanke ”Fuel and technology alternatives for buses” (2009 – 2011) ei varsinaisesti kuulu TransEcon piiriin. Hankkeella on kuitenkin selviä liittymäkohtia TransEco’on.

2.2 Ajoneuvotutkimus

Ajoneuvotutkimus kattaa sekä henkilöautot että raskaan kaluston. Uutena elementtinä 2010 mukaan tuli sähköajoneuvojen energiavarastojen tutkimus. TransEcon ajoneuvotutkimukseen kuuluu seuraavat osahankkeet (suluissa vastuutaho ja aloitusvuosi):

- 1.1 EFFICARUSE – Käyttäjälähtöiset toimenpiteet henkilöautoliikenteen energiatehokkuuden parantamisen välineinä (VTT, 2009)
- 1.2 HDENIQ – Energiatehokas ja älykäs raskas ajoneuvo (VTT, 2009)
- 1.3 RAMSES - Raskaan ajoneuvon massan sekä liukkauden estimointijärjestelmä (Oulun Yliopisto, liittyy HDENIQ:iin, 2009)
- 1.4 Ajoneuvojen ja työkoneiden sähköisen voimansiirron kehittäminen (Metropolia, 2009)
- 1.5 Ajoneuvotekniikkaan liittyvät diplomityöt: HVAC, apulaitteiden tehontarve & renkaiden tasapainotuksen ja paineen vaikutuksista energiankulutukseen (Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, liittyy HDENIQ:iin, 2009)
- 1.6 Raskaiden ajoneuvojen elinkaaren hallinta (Turun ammattikorkeakoulu, liittyy HDENIQ:iin, 2009)
- 1.7 Asiakaskohtainen kuljetusten päästöjen mittaaminen ja raportointi & energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi, voitaisiin katsoa kuuluvaksi järjestelmä-lohkoon (Tampereen teknillinen yliopisto, liittyy HDENIQ:iin, 2009)
- 1.8 eSTORAGE – Sähköajoneuvojen energiavarastot. Esitutkimus tutkimusympäristön vaatimusten määrittelystä. (VTT ja Aalto-yliopisto, 2010)

Sähköautoihin liittyvä tekninen tutkimus toteutuu pääasiassa TransEcon ajoneuvohankkeiden puitteissa. Järjestelmälohkossakin vuonna 2010 käynnistyi kaksi uutta sähköautohanketta (kts. 2.4). Ajoneuvohankkeissa tutkitaan myös

vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöä yleisellä tasolla niin henkilöautoissa kuin raskaassa kalustossa.

2.3 Polttoainetutkimus

Polttoainetutkimus kuten myös sähköautoja koskeva tutkimus on keskittynyt henkilöautokaluston energiavaihtoehtoihin. Henkilöautoissa vaihtoehtojen lukumäärä on suurempi kuin raskaassa ajoneuvokalustossa, joka toimii pääosin dieselpolttoaineella myös vuonna 2020. Vuonna 2010 tehtiin kuitenkin uusi avaus raskaan kaluston vaihtoehtoihin polttoaineisiin. Tutkimuksen kohteeksi otettiin lisääaineistetun etanolin käyttö dieselperiaatteella toimivissa moottoreissa (Scanian tekniikka). TransEcon puitteissa polttoainetutkimuksen hankkeet ovat seuraavat:

- 1.1 Korkean pitoisuuden etanolipolttoaineet henkilöautokalustossa (VTT ja Metropolia yhteistyössä St1:n kanssa, 2009)
- 1.2 Korkeaseosteiset biokomponentit henkilöautojen polttoaineisiin – muut kuin etanoli (VTT yhteistyössä Neste Oilin kanssa, 2009)
- 1.3 Korkean pitoisuuden etanolipolttoaine raskaassa kalustossa (VTT yhteistyössä St1:n kanssa, 2010)

Hankkeita, jotka liittyvät uusiutuvan dieselpolttoaineen valmistukseen ja demonstroiintiin raskaassa kalustossa (mm. pääkaupunkiseudun OPTIBIO-bussihanke) on toteutettu mm. BioRefine-ohjelman puitteissa.

2.4 Järjestelmätutkimus

Osakokonaisuus mm. kerää tietoa mm. TransEcon ajoneuvo- ja polttoainehankkeista sekä eri yritysten demonstraatiohankkeista tehden synteesejä eri teknisten ratkaisujen soveltuvuudesta ja potentiaalista Suomessa. Tämä tieto yhdistetään mm. ILPO-ohjelmassa ja energiansäästön ja energiatehokkuuden toimikunnan liikennejaoksessa ehdotettuihin toimenpiteisiin näiden energia- ja päästövaikutusten sekä kustannusvaikutusten arvioimiseksi. Tehtävään kuuluu kiinteästi erilaisten uuden teknologian kannustustoimenpiteiden arviointi ja tie liikenteen verotusmallien kehittäminen. Pääosa järjestelmätutkimuksesta toteutetaan osana TransEcon tutkimussuunnitelmassa kuvattua ”Suomi 2020 – 2030” kokonaisuutta. Tämän kokonaisuuden puitteissa käynnistettiin ”Tiekartat” hanke, jossa mm. selvitetään liikenteen uusiutuvan energian velvoitteiden vaihtoehtoisia toteutusvaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia kansantalouteen. VATT liittyi mukaan tutkijaosapuolena tässä työssä.

Järjestelmätutkimuksessa käynnistyi vuonna 2010 kaksi uutta sähköautohanketta, ERA-NET Transport’in puitteissa tehtävä ”best practices” hanke, ja liikenneministeri Anu Vehviläisen tilaama selvitys sähköautoista liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta.

Liikenne- ja viestintäministeriön toivomuksesta TransEcoon liitettiin kaksi ohjelman ulkopuolella käynnistynyttä hanketta, toinen joukkoliikenteen ja toinen kuljetusalan energiatehokkuudesta. Molemmissa vastuutahona on Tampereen teknillinen yliopisto, ja päärahoittaja sektoritutkimus/kestävä kehitys.

SETUILMU-rahoituksella käynnistyi lisäksi uusi VTT:n ja Turun yliopiston yhteishanke ilmastomuutoksen hillinnän toimenpiteiden vaikutusten ja vaikuttavuuden arvioinnista.

Järjestelmälohkon hankkeet ovat:

- 3.1 Tarkastelukehikko: Ajoneuvojen energiankäyttöön ja päästöihin liittyvien toimenpiteiden vaikutukset (VTT, 2009)
- 3.2 Verotusmallit ja muut ohjauskeinot (VTT, 2009)
- 3.3 AHMA – Henkilöautokannan ennustemalli (TTY ja VTT, 2009)
- 3.4 Tiekartat (VTT ja VATT, 2010)
- 3.5 JOLEN - Joukkoliikenteen energiatehokkuuden seuranta, raportointi ja kehittäminen (TTY, 2009)
- 3.6 KULJETUS - Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi (TTY 2010)
- 3.7 ILARI - Ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteiden vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointi liikennesektorilla (VTT ja TY, 2010)
- 3.8 ENT Electromobility: Electric Road Transport policies in Europe till 2015: opportunities, experiences and best practices (Ramboll 2010)
- 3.9 Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopoliittikan näkökulmasta (VTT, 2010)

2.5 Kansainvälinen yhteistyö

TransEcon runkosuunnitelmaan kirjattiin pitkä luettelo kansainvälisen toimintaan liittyviä tehtäviä. Vuonna 2009 mm. kaikki kansainväliseen energiajärjestöön IEA:han liittyvät yleiset tehtävät toteutettiin muulla kuin TransEco-rahoituksella. Vuonna 2010 yleinen toiminta Advanced Motor Fuels (AMF) – tutkimussopimuksessa ja EUWP Vice Chairman for Transport-tehtävä hoidettiin eSTORAGE-hankkeen kautta kanavoidulla rahoituksella. Vice Chairman for Transport –tehtävä on näköalapaikka IEA:n liikennetutkimukseen. AMF:n lisäksi TransEco:on läheisesti liittyviä IEA:n tutkimusopimuksia ovat mm. ”Bioenergy” ja ”Hybrid and Electric Vehicles HEV”.

Kohdassa 2.1 mainittu IEA-bussihanke toimii erillisrahoituksella (Suomesta mm. Tekes, HSL, yritykset, ja tämän lisäksi kansainvälistä rahoitusta).

Kansainvälisen yhteistyön osalta TransEcon puitteissa vuodelle 2009 avattiin kaksi hanketta, yleinen kansainvälinen toiminta ja ERA-NET toiminta. Vuonna 2010 luetteloon liitettiin yleinen IEA-toiminta. Lohkon hankkeet ovat siten:

- 4.1 Yleinen kansainvälinen toiminta (VTT, 2009)
- 4.2 ERA-NET Transport (ENT) –toiminta (VTT, 2009)
- 4.3 IEA-toiminta (VTT, 2010)

Vuoden 2009 vuosiraportissa selostettiin mm. CEN TC 320 WG 10 – työryhmän toimintaa ja ERA-NET Electromobility valmistelua. Lisäksi kerrottiin Nordisk Vägforum (NVF) Fordon och Transporter –jaoksen toiminnasta.

Käsillä olevan raportin luvussa 4 (Hankekohtainen raportointi) raportoidaan CEN- ja IEA –toiminnasta. ERA-NET:ista ei raportoida yleisellä tasolla, vaan Ramboll Oy:n toteuttaman sähköautoselvityksen kautta.

2.6 Koordinaatio ja viestintä

Koordinaation puitteissa hoidetaan ohjelman jokapäiväistä hallintoa ja kommunikointia ohjelman osapuolten kesken. Koordinaatiosta vastaa VTT.

Koordinaation puitteissa VTT palvelee valtionhallintoa ”help-desk” palvelulla. Käytännössä tämä tarkoittaa pienimuotoista konsultaatiota ajoneuvo- ja polttoaineteknisissä kysymyksissä. Vuonna 2009 -2010 sähköajoneuvot, biopolttoaineet ja polttoaineverotus ovat olleet kuumia aiheita.

Ulkopuolisesta viestinnästä vastaa Motiva Oy. Rahoitus viestinnän hoitamiseen tuli vuosina 2009 - 2010 suoraan työ- ja elinkeinoministeriöstä. Viestinnän osalta vuoden 2010 tärkeimmät tapahtumat olivat:

- Tiedotustilaisuus kylmäoptimoidusta RE85 etanolipolttoaineesta 20.4.2010
- Sähköautodemonstraatioiden työpaja 24.5.2010
- TransEcon esittely eduskunnassa 7.10.2010
- TransEco tutkijaseminaari 18.11.2010

Valtiovarainministeriön Leo Parkkosen avustuksella järjestyi tilaisuus esittää TransEcoa eduskunnassa 7.10.2010. Kohde oli liikenteen kannalta tärkeimmät valiokunnat (valtiovarain-, liikenne- ja ympäristövaliokunnat) ja kuulijoina oli puheenjohtajat, varapuheenjohtajat ja sihteerit.

Vuoden 2010 seminaari järjestettiin ensisijaisesti tutkijoille ja TransEcon johdoryhmäläisille suunnattuna verkottumis- ja tiedonvaihtoseminaarina. Seminaarissa esitettiin lisäksi yhteenveto IEA:n liikenteeseen liittyvistä tutkimussopimuksista.

Työpajojen ja seminaarien aineistot sekä tiedotteet löytyvät TransEcon verkkosivuilta ositteesta www.transec.fi

3 Ohjelman rahoitus, volyymi ja johtoryhmä

Ohjelman rahoitus on koottu siten, että osaprojekteihin on tapauskohtaisesti haettu rahoitusta eri rahoituslähteistä. Toimintamalli ei siis ole sellainen, että TransEcolle on annettu eri rahoittajien toimesta tietty rahapotti, jota sitten jaetaan eri projekteille. Eri rahoittajat sitoutuivat vuonna 2009 1 – 3 vuoden rahoitusjaksoon.

Vuodesta 2009 vuoteen 2010 rahoittajakentässä tapahtui organisatorisia muutoksia. Liikenne- ja viestintäministeriön alaisten virastojen rakennetta muutettiin, ja muodostettiin toisaalta Liikennevirasto ja toisaalta Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi. Myös kuntasektorilla tapahtui muutoksia. Liikenteen tilaajaorganisaatiot YTV:n liikenneosasto ja HKL Suunnitteluyksikkö yhdistyivät uudeksi Helsingin seudun liikenne kuntayhtymäksi (HSL).

Suurin yksittäinen rahoittaja on Tekes. Tekesin rahoitus, joka kohdistuu varsinaiseen tekniseen kehitystyöhön, on seuraava:

- Hankkeet 1.1 EFFICARUSE ja 1.2 HDENIQ (VTT) yhteensä 1.000.000 € vuosille 2009 – 2011
- Hanke 1.3 RAMSES (Oulun yliopisto) yhteensä 185.000 € vuosille 2009 – 2011
- Hanke 1.4 Ajoneuvojen ja työkonien sähköisen voimansiirron kehittäminen (Metropolia) yhteensä 425.000 € vuosille 2009 – 2010

Tekesin yhteissumma TransEcon ajoneuvohankkeisiin vuosille 2009 – 2011 on näin ollen 1.610.000 €

Muita merkittäviä rahoitussitoumuksia ovat:

- Työ- ja elinkeinoministeriö: biopolttoainetutkimus yhteensä 600.000 € vuosille 2009 – 2010 (lisäksi TEM kattoi jaksolla 2009 - 2010 Motivan kustannukset ulkoisesta viestinnästä)
- Valtiovarainministeriö: veromallit, ohjauskeinot ja skenaariotarkastelut yhteensä 300.000 € vuosille 2009 – 2010
- Liikenne- ja viestintäministeriö 380.000 € vuosille 2009 - 2010 (sisältäen 80.000 € vuoden 2010 sähköautohankkeisiin)
- Ajoneuvohallintokeskus AKE 120.000 € vuodelle 2009 ja TraFi 140.000 € vuodelle 2010
- St1: biopolttoaine- ja sähköautotutkimus yhteensä 110.000 € vuosille 2009 – 2010
- Neste Oil: biopolttoaine- ja energiansäästötutkimus yhteensä 78.000 € vuosille 2009 – 2010
- YTV: energiansäästötutkimus 70.000 € vuodelle 2009
- HKL Suunnitteluyksikkö: energiansäästötutkimus 60.000 € vuodelle 2009
- HSL: energiansäästötutkimus 130.000 € vuodelle 2010
- Fortum: sähköautotutkimus yhteensä 60.000 € vuosille 2009 – 2010

- Liikennevirasto: hankkeen koordinaatio 50.000 €vuodelle 2010
- VTT: omarahoitusosuus yhteensä 1.400.000 €vuosille 2009 -2010

Likimääräinen arvio vuosien 2009 – 2010 yhteenlasketusta volyymista on 5,8 M€ Vuosien 2009 ja 2010 yhteenlaskettu volyymi on työaikana yhteensä noin 300 henkilötyökuukautta.

TransEcon johtoryhmän kokoonpano vuoden 2010 lopulla oli seuraava (varsinaiset jäsenet):

- Ari Juva, puheenjohtaja
- TEM: Jukka Saarinen
- VM: Leo Parkkonen
- LVM: Saara Jääskeläinen
- YM: Risto Kuusisto
- Tekes: Martti Korkiakoski
- TraFi: Kari Alppivuori
- Liikennevirasto: Mikko Räsänen
- HSL: Reijo Mäkinen
- Neste Oil: Kari Kolsi
- ST1: Jari Suominen
- ÖKL: Helena Vänskä
- Valmet Automotive: Aimo Åhlman
- Autotuojat: Mikael Rehula
- VTT: Kai Sipilä

4 Vuoden 2010 raportointi

Ensimmäinen TransEco vuosiraportti, 2009, tehtiin huhtikuussa 2010. Kaikkia TransEcoon kuuluvia varsinaisia tutkimushankkeita pyydettiin taas vuodenvaihteessa 2010/2011 toimittamaan lyhyet yhteenvedot vuoden 2010 tekemisistä ja mahdollisista tarkennuksista vuoden 2011 toimintaan. Kuten vuoden 2009 raportin kohdalla kontribuutioille ei annettu tarkkaa formaattia, joten esitystavat poikkeavat tosistaan toimija- ja hankekohtaisesti. Osa hankkeista ehdittiin vain käynnistämään vuoden 2009 puolella, joten vuoden 2009 raportista oli vähänlaisesti varsinaisia tuloksia. Nyt käsillä olevassa vuoden 2010 on jo paljon tuloksia eri osahankkeista.

Hankkeet esitellään seuraavissa kappaleissa kohdassa 2 esitetyn järjestyksen mukaisesti.

Kaikkia hankkeiden taustatietoja ei kerrata vuoden 2010 vuosiraportissa, vaan näiden osalta viitataan TransEcon ensimmäiseen, vuoden 2009 vuosiraporttiin (http://www.transec.fi/files/164/TransEco_vuosiraportti_2009_final.pdf)



5 Ajoneuvotutkimus

5.1 EFFICARUSE – Käyttäjälähtöiset toimenpiteet henkilöautoliikenteen energiatehokkuuden parantamisen välineinä

Hankekoodi	1.1
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Juhani Laurikko, Jukka Nuottimäki

5.1.1 Lähtökohta ja tavoite

Henkilöauton käytön ja koko henkilöautoliikenteen energiatehokkuus riippuu useasta osatekijästä, joista huomattava osa on käyttäjäriippuvia, eli ajoneuvon omistaja (tai haltija) ja käyttäjä omilla valinnoillaan ja toimillaan vaikuttaa energian kulutukseen. Tässä hankkeessa on tarkoitus tarkastella näitä käyttäjälähtöisiä toimi ja valintoja (ml. auton valinta), ja niitä mahdollisuuksia, joita ne tarjoavat energian käytön vähentämiseen.

Hankkeen tavoitteiden yksityiskohtaisempi kuvaus sisältyy vuoden 2009 TransEco-vuosiraporttiin.

5.1.2 Tutkimuksen kohteet ja alatehtävät

Hankkeella on seuraavat osa- ja alatehtävät:

- Markkinoilla olevien autojen vertailu: kulutus ja päästöt ”todellisessa ajossa”
- Energiatehokas auton käyttö
- Taloudellinen ajotapa nykyautoissa
- Kuljettajan apuvälineet taloudelliseen ajamiseen
- Elinkaaren hallinta: huolto ja ylläpito, rengasvalinnat

Osatehtävien sisällön yksityiskohtaisempi kuvaus sisältyy vuoden 2009 TransEco-vuosiraporttiin.

Omana selkeänä osaprojektinaan toteutetaan sähköautojen ja lataushybridien energiankäytön tutkimus, jossa laajalla mittaussarjalla selvitetään erityyppisten sähköautojen suorituskyky vaihtelevissa ajosykkeissä ja eri käyttölämpötiloissa. Tutkimuksella selvitetään mm. kokonaishyötysuhdetta, toimintamatkaa, akkujen latauksen ja purkauksen tehokkuutta sekä eri osajärjestelmien tehohäviöitä.

5.1.3 Sähköautojen energiatase ja –talous

Hybridiautojen kenttätestit

Edellä luetelluista osatehtävistä sähkö- ja lataushybridiautoja koskeva osuus on jatkunut toista vuotta. Sen puitteissa on käytötestattu todellisessa ajossa rinnakkain tavallista, ns. autonomista hybridiautoa (Toyota Prius), jossa kaikki ajoenergia otetaan polttoaineesta ja samanlaista autoa, johon on asennettu lisäakusto (Hymotion, 5 kWh), jota voidaan ladata sähköverkosta. Täyteen lada-

tusta akusta riittää apuenergiaa noin 40 - 50 km ajoon. Energiavirta on vain yksisuuntainen, eli lisäakun tyhjennyttyä moottori/generaattori ei yritä ladata sitä, vaan sen jälkeen auton hybridijärjestelmä toimii tavanomaisen mallin mukaan, ja sähkön varastointikapasiteetti rajoittuu vain auton omaan, verrattain pieneen puskuriakkuun (n. 1,3 kWh).

Autot ovat VTT:n hallinnassa, ja niitä käyttää kymmenkunta eri ajajaa jokapäiväisissä ajotehtävissä. Tulosten vertailu ristiin autojen välillä antaa hyvän kuvan tämän tyyppisen lisäsähköjärjestelmän potentiaalista tuoda sähköä henkilöauton energiankäyttöön. Havaintojen mukaan sopivissa olosuhteissa ajomatkan kokonaisenergiankäytöstä jopa 30 - 40 % voi tulla sähköstä. Kylmä ilma kuitenkin vähentää tätä potentiaalia, koska moottoria on käytettävä matkustamon lämmittämiseksi enemmän kuin kesäolosuhteissa. Myös lisäakun toiminnassa on havaittu heikkenemää pakkasten kiristytessä. Autojen mittausjakson ajalta kerättyjen tietojen mukaan lämpötilan vaihteluväli on ollut noin 50 °C (-20 °C ja + 30 °C välillä). Pakkasen puolella lämpötila on vuoden aikana ollut noin 133 päivänä, joista suurimman ajan, eli noin 100 päivää, välillä 0 °C ja -10 °C.

Toistuvien vertailukelpoisten ajosuoritteiden keräämiseksi autoja on käytetty myös työmatka-ajossa. Käyttäjät on jaoteltu työmatkan pituuden mukaan kahteen ryhmään, yli 30 km pituisiin työmatkoihin sekä alle 15 km pituisiin työmatkoihin. Yli 30 km pituisilla matkoilla kulutus on ollut ladattavalla hybridi-autolla keskimäärin n. 27 % pienempi. Mittaustulokset on esitetty taulukoissa 5.1 ja 5.2, joissa muutos kuvaa ladattavan hybridi-auton polttoaineen kulutuksen muutosta verrattuna autonomisen hybridi-auton kulutukseen.

Taulukko 5.1 Kulutuksen muutos yli 30 km työmatka-ajossa

	Työmatkan pituus	Ajokerrat	Muutos "kotoa töihin"	Muutos "töistä kotiin"	Keskiarvo
Käyttäjä	[km]	#	[%]	[%]	[%]
Kuljettaja A*	30	127	-2 %	-37 %	-19 %
Kuljettaja B	43	49	-33 %	-39 %	-36 %
Kuljettaja C	57	154	-28 %	-26 %	-27 %
Ryhmän keskiarvo	43		-21 %	-34 %	-27 %
* HUOM: Käyttäjällä ei ole mahdollisuutta sähkön lataukseen kotona, mutta "töistä kotiin" ajosta jää akkukapasiteettia vielä n. 10 km ajoa varten					

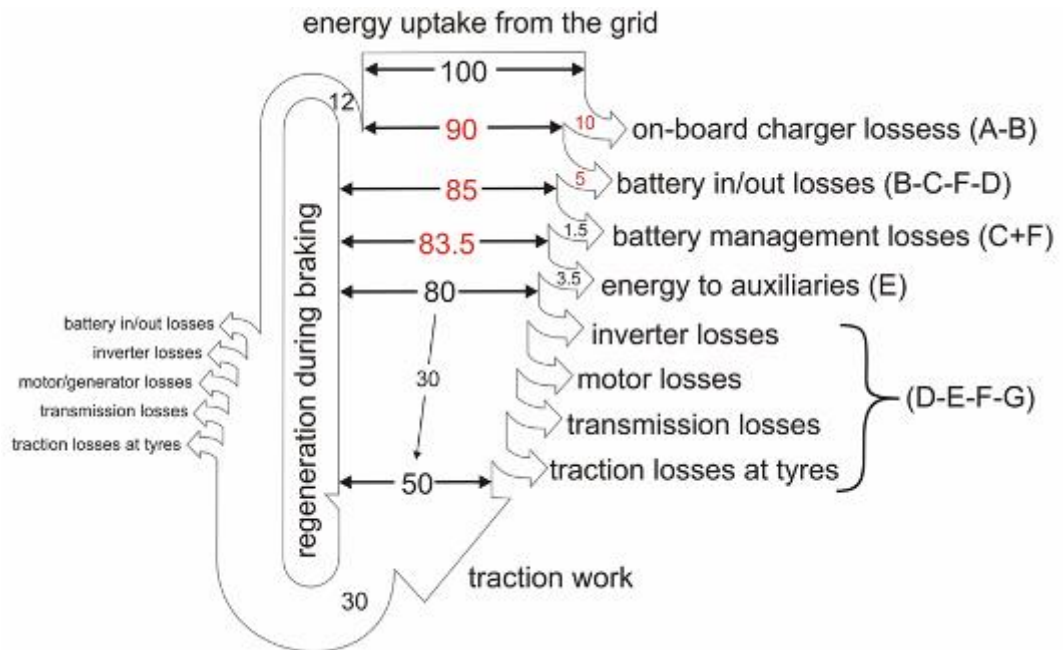
Taulukosta 5.2 on nähtävissä, että alle 15 km työmatkoilla tutkittavien ajoneuvojen polttoaineen kulutusero on ollut vielä suurempi. Verrattuna autonomiseen hybridiin ladattavan hybridi-auton polttoaineen kulutus on ollut keskimäärin 43 % pienempi.

Taulukko 5.2 Kulutuksen muutos alle 15 km työmatka-ajossa

	Työmatkan pituus	Ajokerrat	Muutos "kotoa töihin"	Muutos "töistä kotiin"	Keskiarvo
Käyttäjä	[km]	#	[%]	[%]	[%]
Kuljettaja D	9	89	-30 %	-34 %	-32 %
Kuljettaja E	11	39	-49 %	-62 %	-56 %
Kuljettaja F	14	66	-42 %	-42 %	-42 %
Ryhmän keskiarvo	11		-40 %	-46 %	-43 %

Sähköautojen energiatase – Passat BEV

Sähköautojen energiatasetta koskevassa osassa on tutkittu lataushybridiautojen lisäksi myös akkusähköautoja (FEVT¹in¹ konvertoima VW Passat BEV ja European Batteriesin sekä Valmet Automotiven konvertoima VW Caddy). Energiahävikin mittauksia energiaketjun eri osissa on jatkettu Passatilla laboratorioolosuhteissa, etenemällä latauksesta pyörien tuottamaan vetovoimaan. Tähän on liittynyt myös menetelmäkehitystä, jolla em. mittaukset on voitu suorittaa. Sähköenergia jakautuu Passatin tapauksessa kuvan 5.1 mukaisesti eri toimilaitteille. Mittauksien perusteella ajoneuvoon ladatusta sähköenergiasta noin 50 % päättyy ajoneuvon työntövoimaksi ja jarrutusten energiasta saadaan talteen energiaketjun häviöiden jälkeen noin 12 %.



Kuva 5.1 Sähköauton energiankulutuksen jakautuminen

Sekä hybridiautojen vertailusta että sähköauton hyötysuhteen määrittämisestä julkaistiin sähkö- ja hybridiautojen maailmankongressin (EVS-25) yhteydessä tieteelliset paperit. Hybridiautojen osuudesta pidettiin suullinen esitelmä, ja hyötysuhdetarkasteluista posterit.

¹ nyttemmin European Batteries

Sähköautojen energiatalous – Sähkökäyttöinen jakeluauto

Kahdella postinjakeluun tarkoitettulla akkusähköautolla tutkittiin sähköautojen energiankulutusta ja toimintasädetä eri olosuhteissa. Mittaukset suoritettiin viidellä eri ajosyklillä kahdessa lämpötilassa (+23 ja -20 °C). Käytetyt ajosyklit olivat:

- 1 ECE15, eli Eurooppalaisen tyyppihyväksymistestisyklin kaupunkiajoa kuvaava osio
- 2 EUDC, eli Eurooppalaisen tyyppihyväksymistestisyklin maantieajoa kuvaava osio
- 3 NEDC, eli Eurooppalainen tyyppihyväksymistestisykli. Sisältää ECE15 osuuden ja EUDC osuuden
- 4 Haja-asutussykli on Itellan haja-asutusalueen postinjakelusta mitattu ajosykli
- 5 Taajamasykli on Itellan taajama-alueen postinjakelusta mitattu ajosykli

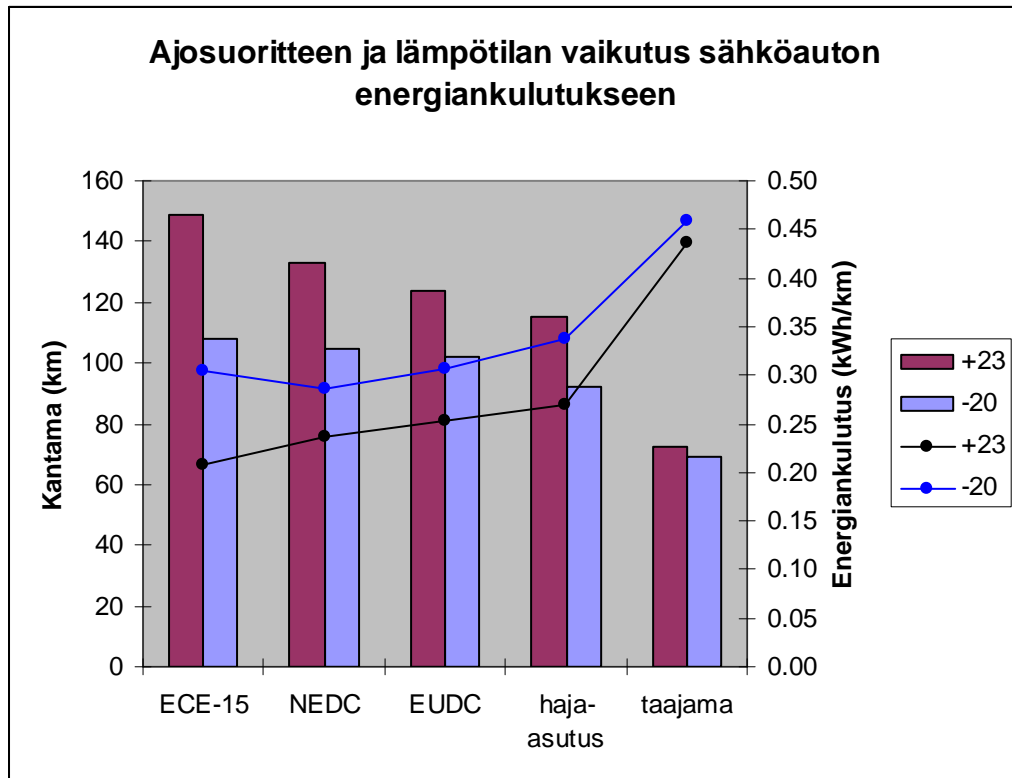
Akkusähköautot olivat European Batteriesin ja Valmet Automotiven konvertoimia VW Caddyja, jotka siirtyivät laboratoriomittausten jälkeen kenttäkokeisiin Itellan jakeluajoon. Kuvassa 5.2 esitettyjen mittaustulosten perusteella ajotapahtuma ja lämpötila vaikuttivat energiankulutukseen selvästi. Paljon voimakkaita kiihdytyksiä ja jarrutuksia sisältänyt taajamasykli kaksinkertaisti energiankulutuksen verrattuna maltillisempia kiihtyvyyksiä sisältäneeseen ECE-15 sykliin. Samalla ajoneuvon saavuttama kantama puolittui.

Pakkanen kasvatti energiankulutusta keskimäärin noin 20 – 25 %, tosin ääripäänä paljon paikallaan oloa sisältävässä ECE-15 syklissä energiankulutus kasvoi miltei 50 %. Kova pakkanen pienensi autolla saavutettavaa toimintasädetä keskimäärin noin 20 – 30 %.

Sähkökäyttöisen postiauton tuloksille haetaan vertailupohja vuoden 2011 puolella toistamalla mittaukset vastaavalla polttomoottorikäyttöisellä autolla.

Markkinoilla olevien autojen vertailu: kulutus ja päästöt ”todellisessa ajossa”

Autojen voimalaitevaihtoehtojen vertailuosiossa työ on käynnistetty selvittämällä uusimpien voimalaitevaihtoehtojen teknisiä ominaisuuksia kirjallisuustyönä. Samoin on perehdytty pakokaasun puhdistustekniikan viimeaikaiseen ja tulevaan kehitykseen, jotta voitaisiin tunnistaa sen myötä mahdollisesti esiin tulevia ongelmia.



Kuva 5.2 Ajosuoritteen ja lämpötilan vaikutus sähköauton energiankulutukseen. Yhden dieselpolttoaineliträn sisältämä energiamäärä on 36 MJ eli n. 10 kWh. Sähköauton energiankulutus 0,45 kWh/km vastaa näin ollen dieselauton kulutusarvoa 4,5 l/100 km.

Energiatehokas auton käyttö

Auton energiantehokkaan käytön tutkimuksen yhtenä tavoitteena on selvittää, miten uusi moottoritekniikka vaikuttaa taloudelliseen ajotapaan. Mitattavaksi kartoitettiin Suomessa yleisiä uusia ajoneuvoja ja mittauksiin valittiin lopulta 15 yleistä autoa vuosien 2006 – 2009 myyntitilastojen perusteella. Kesän 2010 aikana toteutettiin esivalmisteluja ominaiskulutuskäyrästöjen mittauksia varten määrittämällä mittausautojen ajovastukset, moottorin tehokäyrät sekä vaihteiston välityssuhteet. Ominaiskulutuskäyrästöjen mittaukset on suunniteltu toteutettavaksi alkuvuodesta 2011.

Julkaisut ja konferenssiesitelmät

Hankkeen tutkimustuloksia on esitetty FISITA 2010 kongressissa Budapestissa toukokuussa 2010 [1], sekä Kiinan Shenzhenissä 5-9.11.2010 järjestetyssä EVS-25 kongressissa. [2], [3].

[1] Laurikko, Juhani, Pellikka, Ari-Pekka, Fuel Economy and Energy Consumption of Hybrid And Plug-In Hybrid Cars in Nordic Climate Conditions. Paper F2010-A-049. Proc. of FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest, Hungary, June 2010.

[2] Laurikko Juhani, Pellikka, Ari-Pekka, Fuel Economy and Energy Consumption of Hybrid and Plug-in Hybrid Cars in Nordic Climate Conditions. Proceedings of 25th World Electric Vehicle Symposium and Exposition (EVS25), Shenzhen, China, November 2010.

[3] Laurikko, Juhani, Erkkilä, Kimmo, Assessment of the Energy Efficiency of the Propulsion System in an Electric Vehicle – Methodology and First Results. Proceedings of 25th World Electric Vehicle Symposium and Exposition (EVS25), Shenzhen, China, November 2010.

5.2 Ajoneuvojen ja työkoneiden sähköisen voimansiirron kehittäminen

Hankekoodi	1.4
Vastuutaho	Metropolia Ammattikorkeakoulu
Raportointi	Sami Ruotsalainen

5.2.1 2010 Aktiviteetit

Hankkeessa suunniteltujen voimansiirron komponenttien valmistuttua pääosin vuoden 2009 aikana vuoden 2010 tärkeimmät tehtävät ovat olleet näiden komponenttien ja järjestelmien integrointi E-RA testiajoneuvoon vuoden alussa, sitä seurannut järjestelmätestaus sekä suorituskyky- ja energiankulutusmittaukset. Huhtikuun alussa testiajoneuvo laivattiin Yhdysvaltoihin Automotive X PRIZE kilpailuihin joiden aikana ja yhteydessä suoritettiin jatkokehitystä ja useita energiankulutusmittauksia. Mittauksista saadut tulokset on raportoitu TransEco tutkijaseminaarissa marraskuussa 2010. Pikalatausdemonstraation toteutusta jouduttiin siirtämään eteenpäin noin vuodella akkutoimituksen myöhästyttyä ja 6 kuukauden mittaisen kilpailuoperaation tultua väliin. Testiajoneuvon palattua Yhdysvalloista sille ryhdyttiin tekemään raskasta huoltoa ja samalla valmistelemaan pikalatausdemonstraatiota sekä ajoneuvon, että pikalatauslaitteiston asennuksen osalta.

Hankkeen ohjausryhmä on kokoontunut neljä kertaa vuoden 2010 aikana. Kuvassa 5.24 E-RA testiajoneuvo on kilparadalla.



Kuva 5.24. E-RA testiajoneuvo kilparadalla.

5.2.2 Tulokset

Voimansiirron suunnittelu ja toteutus on osoittautunut onnistuneeksi. Suoravetomoottorit ovat toimineet luotettavasti ja teollisuuskäyttöön tarkoitetuista taajuusmuuttajista muokatut invertterit ovat toimineet ajoneuvodemonstraatiossa hyvin. Moottorien suorituskyky on vastannut hyvin suunniteltua.

Akunhallintajärjestelmän kanssa on ollut jatkuvia vaikeuksia ja myös akuston integrointi on osoittautunut epäluotettavaksi. Muutamassa akkukennossa on havaittu elektrolyyttivuotoja ja yksi akkuterminaalien hitsausliitos on pettänyt.

Akuston tuuletus on osoittautunut riittäväksi jäähdytysratkaisuksi.

Ohjausjärjestelmän toteutus on osoittautunut toimivaksi ja luotettavaksi. Jäähdytysjärjestelmän toteutus on myös onnistunut hyvin ja eikä moottorien ja invertterien jäähdytysveden lämpötilojen kanssa ole ollut vaikeuksia edes USA:n kesän kuumissa olosuhteissa ajettujen kilpailujen aikana.

Ajoneuvolle mitattiin keskimääräiseksi energiankulutukseksi X-Prize kilpailujen aikana noin 145 Wh/km. Kilpailujen lopputuloksissa RaceAbout tiimi sijoittui niukasti toiseksi rinnanistuttavien kaksipaikkaisten ajoneuvojen sarjassa.

5.2.3 Jäljellä olevat tehtävät

Moottori-invertteri yhdistelmälle tullaan tekemään hyötysuhdemittauksia koepenkissä.

Pikalatausdemon toteutus on viivästynyt alkuperäisestä aikataulusta, sillä sitä ei ehditty toteuttaa mm. akkupaketin toimituksen viivästymisen vuoksi ennen auton laivaamista X-Prize kilpailuun. Auto vietti kilpailumatkalla lähes 7 kuukautta palaten Suomeen lokakuun lopussa. Pikalatausdemo päätettiin siirtää loppukevälle 2011, jotta auto ehditään huoltaa ja demo valmistella perusteellisesti. Projektille on haettu ja myönnetty jatkoaikaa 31.5.2011 asti.

5.3 HDENIQ Energiatehokas ja älykäs raskas ajoneuvo

Hankekoodi	1.2
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Matti Ahtiainen, Petri Laine, Paula Silvonen, Kimmo Erkkilä

5.3.1 Lähtökohta ja tavoite

Energiatehokas ja älykäs raskas ajoneuvo, HDENIQ-projekti, jatkaa raskaiden maantieajoneuvojen energiankulutuksen, päästöjen ja turvallisuuden tutkimusta aikaisempien HDenergia ja RASTU-projektien hengessä. Projektin otsikkotasolla mainittu energiankulutus toimii tutkimuksessa alatehtäviä yhdistävänä tekijänä. Toinen otsikkotason teema on älykkyys, joka viittaa ITC-järjestelmien mahdollisuuksiin energiankulutuksen, turvallisuuden ja palvelutason lisääjänä.

Tutkimushanke palvelee henkilö- ja kuljetusratkaisujen tuottajia sekä eri viranomaistahoja, ja luo pohjaa uusille liiketoimintamahdollisuuksille teknisiin sovelluksiin ja palveluihin liittyen

- Antaa uutta tietoa ja välineitä vaikuttaa energiatehokkaiden palveluratkaisujen tuottamiseen sekä julkisella että yksityisellä sektorilla
- Luo uusia välineitä ja mittareita joilla voidaan luotettavasti vertailla erilaisien valintojen kokonaisvaikutuksia niiden elinkaaren ajalla
- Todellisten säästöpotentiaalien selvittäminen mahdollistaa liikennöitsijöiden, liikenteen tilaajien, valmistajien ja yhteiskunnan päättäjien päätöksenteon – Ilman tietoa todellisista vaikutuksista päätöksiä on vaikea tehdä.
- Antaa luotettavaa tietoa uuden tekniikan pakokaasupäästöistä, mitä voidaan hyödyntää kalustovalinnoissa ja päästölaskelmien tekemisessä
- Luo uusia innovatiivisia ITC-järjestelmiä hyödyntäviä toimintaa tehostavia, turvallisuutta parantavia ja palvelutasoa parantavia menetelmiä ja niiden ympärille palvelumalleja

HDENIQ-hankeeseen liittyvät VTT:n tekemiset on raportoitu tässä alaluvussa (5.3). Vastaavasti HDENIQ-kokonaisuuteen liittyvät Oulun Yliopiston työt on raportoitu alaluvussa 5.4, Aalto Yliopiston työt 5.5, Turun Ammattikorkeakoulun työt 5.6 ja Tampereen Teknillisen Yliopiston tekemiset alaluvussa 5.7.

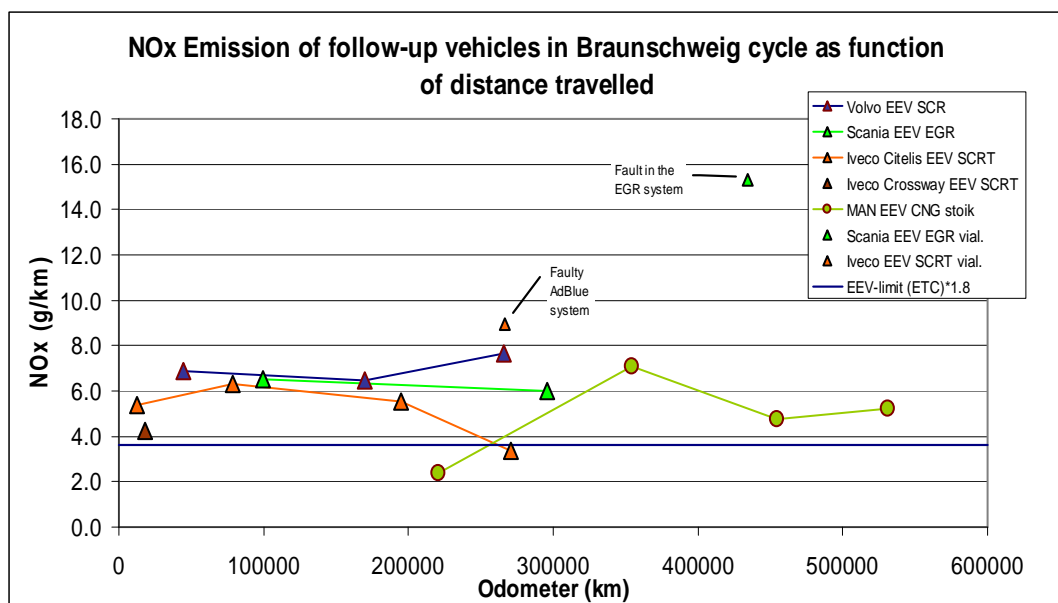
5.3.2 Bussimittaukset

Vuoden 2010 bussimittaukset koostuivat pääasiassa EEV-päästötasoisten autojen seurantamittauksista. Seurantamittauksissa käytetään edelleen Braunschweig-bussisykliä. Ajoneuvoja mitattiin yhteensä 6 kappaletta: Iveco Crossway ja Citelis, Volvo B7R, Scania K230, sekä kaksi MAN:in maakaasuversiota (CNG): stoikiometrinen ahtamaton versio sekä ahdettu sekajärjestelmää (lean-mix) hyödyntävä versio. Iveco Crossway oli uusi ajoneuvo seurantaan, merkin ja mallin yleistettyä merkittävästi pääkaupunkiseudun liikenteessä. Iveco käyttää SCR-katalyysattorin ja varsinaisen hiukkassuodattimen yhdistelmää (SCRT).



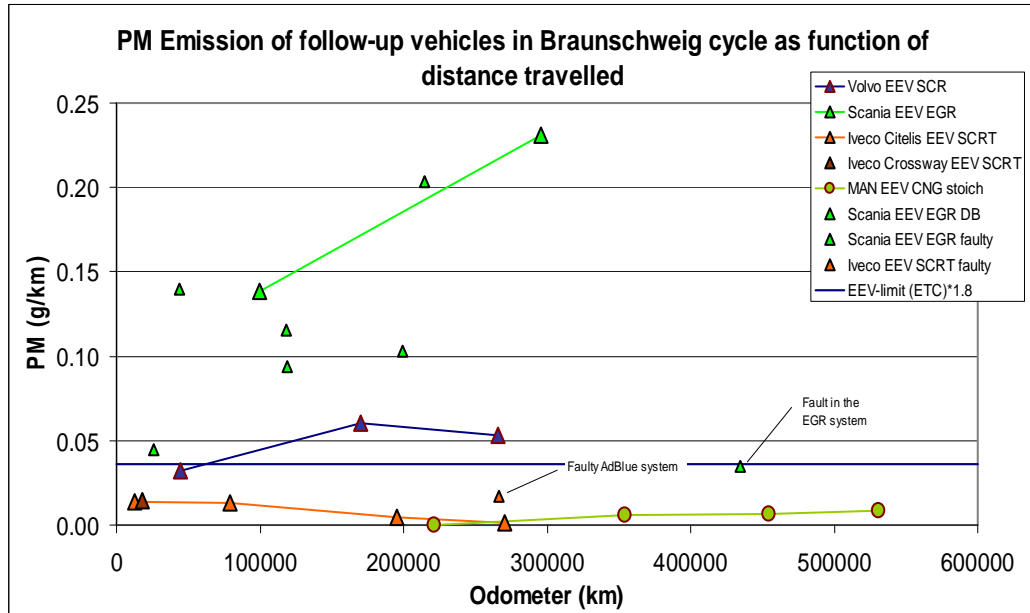
Kuva 5.3 VTT:n alustadynamometrillä on tutkittu lukuisilla eri puhdistinjärjestelmällä varustettuja linja-autoja.

Kuva 5.4 esittää seuranta-ajoneuvojen NO_x päästöjen kehittymistä ajomatkan funktiona. Seurannassa olleen maakaasubussin typenoksidipäästöissä on havaittu suurta vaihtelua. Selitys vaihteluun on ainakin osittain löydettävissä ajoneuvon huoltohistoriasta. Korkean mittaustuloksen jälkeen (n. 350.000 km) ajoneuvon vaihdettu useita komponentteja, jotka vaikuttavat moottorin toimintaan ja päästöihin.



Kuva 5.4 Seuranta-ajoneuvojen NO_x-päästöt Braunschweig syklissä.

Kuva 5 esittää seuranta-ajoneuvojen hiukkaspäästöjen kehittymistä ajomatkan funktiona. Merkille pantavaa on EGR-tekniikalla varustetun Scanian partikkelipäästön kasvaminen nopeasti kilometrien karttuessa. Kuvassa on esitetty pienemmällä kolmioilla muiden Scania EEV –autojen mittaustuloksia. Scania poikkeavat siis selvästi muista autoista korkeiden hiukkaspäästöjensä takia. SCR-tekniikalla varustettujen ajoneuvojen partikkelipäästö pysyy kilometrikeritymän mukaan huomattavasti vakaampana.



Kuva 5.5 Seuranta-ajoneuvojen PM-päästöjä Braunschweig syklissä.

Bussikalustolla tehtiin myös jälkiasennettavien pakokaasunjälkikäsitelyjärjestelmien kehitystyötä yhteistyössä Proventia Emission Controlin kanssa.. Scaniaan Euro III-tasoisien kaupunkilinja-auto ruiskutuksen ajoitusta pyrittiin muokkaamaan, jotta jälkikäsitelyjärjestelmien toiminnalle kyettäisiin luomaan suotuisimmat toimintaolosuhteet ja kyettäisiin käyttämään edullisempia jälkikäsitelyratkaisuja. Lisäksi tavoitteena oli maltillinen polttoaineen kulutuksen lasku. Ruiskutuksen ajoitukseen pyrittiin vaikuttamaan ensivaiheessa elektronisesti, myöhemmin mekaanisesti. Elektronisilla säätökeinoilla ei päästy toivottuun lopputulokseen. Mekaanisella säädöllä toivottu vaikutus nähtiin vasta suurella ruiskutusennakon muutoksella, jolloin ajoneuvon moottorinohjaus päättyi vikaan. Ilmeisesti ajoneuvon elektroninen säätö kykeni kompensoimaan pienemmät mekaaniset muutokset, mikä antaa aiheen olettaa myös elektronisen ennakon säädön olevan mahdollinen.

Uutena toimintana mittauksia suoritettiin myös palveluliikenteeseen tarkoitettulla kalustolla. Näiden ajoneuvojen mittauksissa pyrittiin selvittämään diesel- ja maakaasutekniikoiden eroavaisuuksia polttoaineen kulutuksen ja lähipäästöjen osalta. Mittaukset suoritettiin kahdella Helsingin Palveluauton Mercedes-Benz Sprinterillä, joista toinen oli varustettu dieselmoottorilla, ja toinen ahde- tulla stoikiometrisellä maakaasumoottorilla (kuva 5.6). Näillä henkilöautoiksi rekisteröidyillä ajoneuvoilla simuloitiin Helsingin palveluliikenteessä käytettäviä pienoislinja-autoja.



Kuva 5.6 Kaasumoottorilla varustettu Mercedes-Benz Sprinter mittauksissa alustadynamometrillä.

Taulukossa 5.3 on esitetty diesel- ja CNG-vertailuajoneuvojen päästökertoimet eri kuormilla.

Taulukko 5.3. Diesel- ja CNG-palveluliikenneajoneuvojen päästökertoimet.

Jouko cycle	Load	CO (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)	CO ₂ (g/km)	FC kg/100km	FC MJ/km
Diesel vehicle	w/o load	0.023	0.020	0.001	2.056	0.008	351.5	11.38	489.3
	half load	0.043	0.017	0.002	2.251	0.009	382.3	12.45	535.4
	full load	0.051	0.011	0.002	2.508	0.011	416.6	13.46	578.9
CNG vehicle	w/o load	0.035	0.021	0.011	0.025	0.005	317.2	12.24	612.0
	half load	0.020	0.022	0.011	0.034	0.005	342.2	13.43	671.4
	full load	0.027	<0.010	0.012	0.026	0.004	372.8	14.49	724.3

Vuoden 2010 lopulla julkaistiin kuvaukset VTT:n menetelmistä linja-auto-mittauksissa ja siihen perustuvat euroluokka- ja merkkikohtaiset mittausten keskiarvotulokset. Tutkimusraportti päästötietokannasta VTT-M-10542-10 on löydettävissä TransEco-tutkimusohjelman internetsivuilta HDENIQ-hankkeen julkaisuista (www.transec.fi).

Syksyllä 2010 HSL toteutti pitkään suunnitellun päästöpisteitysuudistuksen, jossa kaupunkibussien päästöt arvioidaan ensimmäistä kertaa automerkki ja mallikohtaisesti todellista ajoa vastaavien päästötulosten perusteella. Näin liikenteen tilaaja voi varmistaa puhtaammalle tekniikalle pisteiden kautta annetun kilpailuedun todelliset ympäristövaikutukset. Tietävästi HSL on toiminnallaan tässä edelläkävijä maailmalaajuisestikin.

5.3.3 Kuorma-automittaukset

Kuorma-automittauksissa suoritettiin seurantamittauksia 60-tonnisten yhdistelmien vetoautoille (vetoauton kokonaismassa 26 tonnia) ja uusien Euro V-autojen vertailua jakeluautokokoluokassa (18 tonnia).

Raskaista seuranta-autoista yksi oli Scanian Euro IV –päästötasoinen vetoauto (kuva 5.7) ja kolme Euro V –tasoisia vetoautoja, joista kaksi Scania-merkkisiä ja yksi Mercedes-Benz-merkkinen. Scanioista toinen on SCR-pakokaasujen jälkikäsittelytekniikalla varustettu ja toinen EGR-pakokaasujen takaisinkierrätystekniikalla varustettu. Teholuokiltaan ajoneuvot olivat 420 - 440 hv.



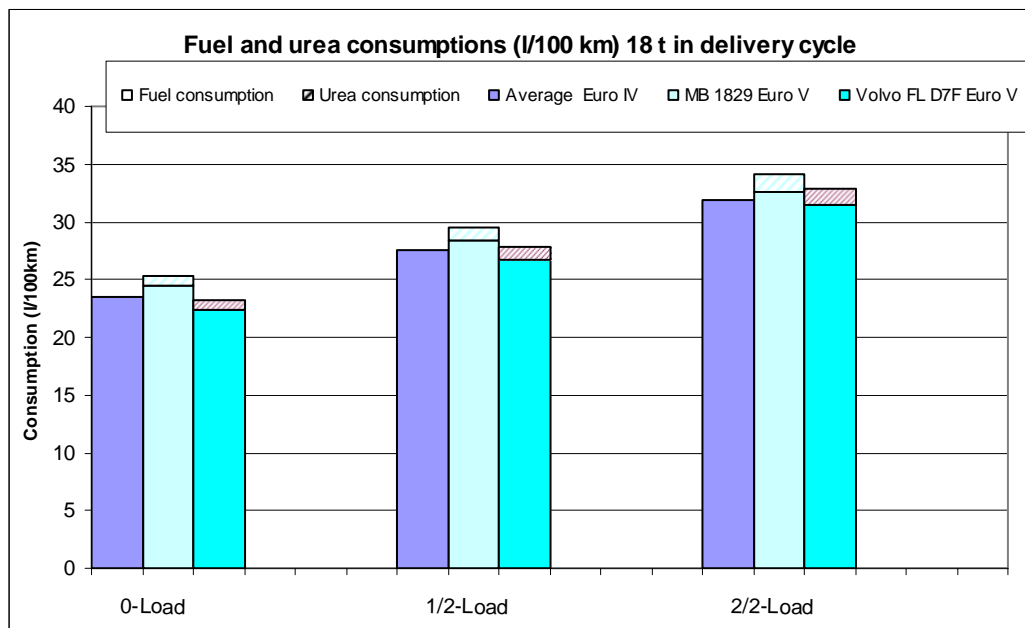
Kuva 5.7 Scanian yhdistelmän vetoauto seurantamittauksissa. Auton edessä laboratoriolaitteisiin kuuluva jäähdytyspuhallin.

Uusia Euro V –päästötasoa edustavia 18 tonnin jakeluautoja mitattiin kaksi kappaletta: Mercedes-Benz Axor 1829 (Kuva 5.8) ja Volvo FL D7F. Molemmat ajoneuvot olivat varustettu SCR-järjestelmällä. Mittaukset suoritettiin kolmella erityyppisellä syklillä ja kolmella kuormalla. Mittauksissa VTT:n maantiesykliä, aluejakelusyклиä ja uutta keskustajakelusyклиä, joka kuvataan tarkemmin myöhemmin.

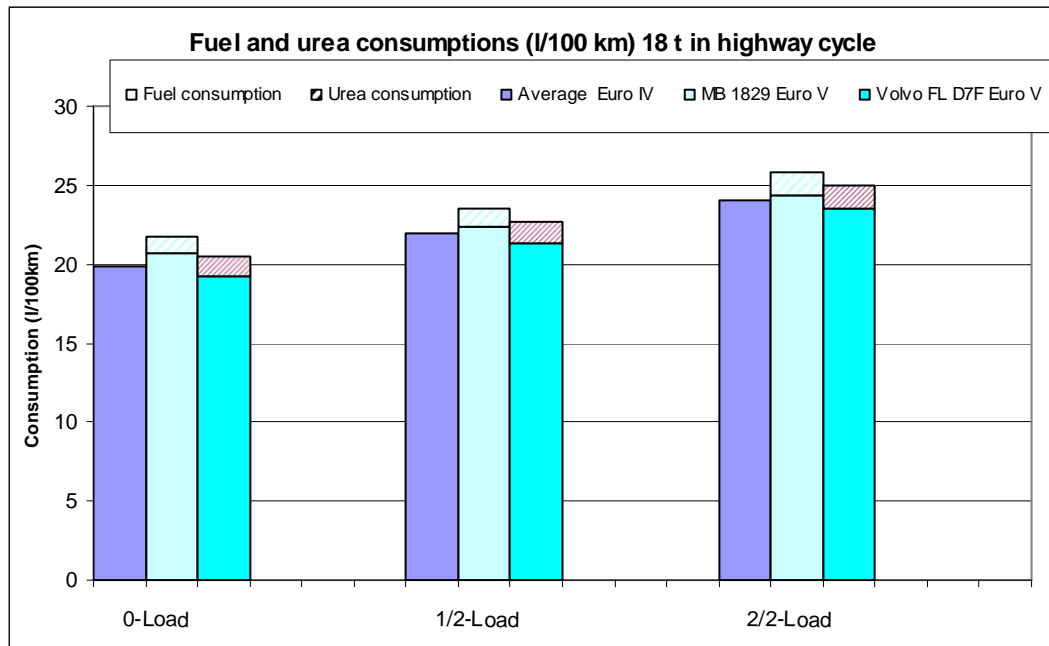
Polttoaineen ja urean kulutuksen osalta tulokset on esitetty kuvissa 5.9 (aluejakelusyкли) ja 5.10 (maantiesykli). Kuvissa on referenssinä mukana Euro IV luokan keskiarvotulokset.



Kuva 5.8 Mercedes-Benz kuorma-auto mittauksissa alustadynamometrillä. Ajoneuvon rungon päälle lastattu painoja riittävän pidon takaamiseksi.



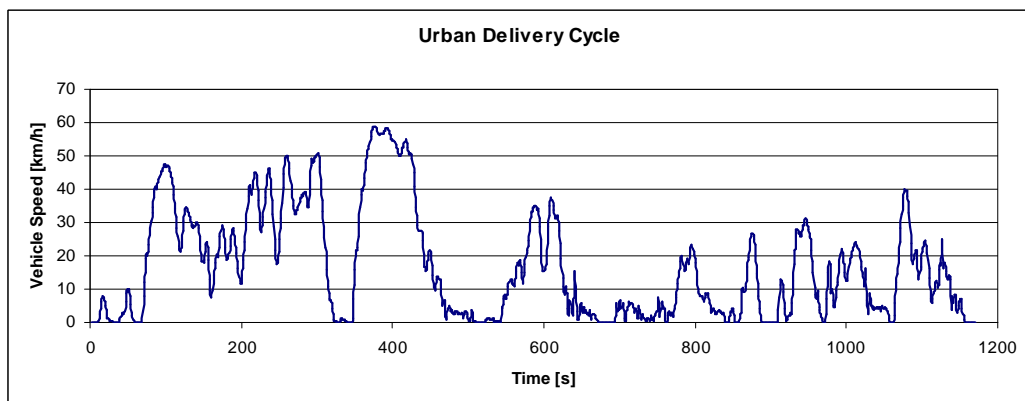
Kuva 5.9 Polttoaineen ja AdBlue-urealiuoksen kulutus aluejakelusyklissä eri kuormilla



Kuva 5.10 Polttoaineen ja AdBlue-urealiuoksen kulutus maantiesyklissä eri kuormilla

5.3.4 Menetelmäkehitys

Jakeluautojen mittauksiin kehitettiin uusi keskustajakelusykli. Kuvassa 5.11 oleva sykli perustuu tallenteseen todellisesta jakeluajosta 18 tonnin ajoneuvolla Helsingin keskusta-alueella. Aiemmat jakelusyklit ovat suunnattu joko pienille kuorma-autoille (kevyen >3.5t kuorma-auton ”rullakkojakelu”) tai kehitettäviä pitkin tapahtuvaan jakeluun (raskaampien max. 26t kuorma-autojen aluejakelu).

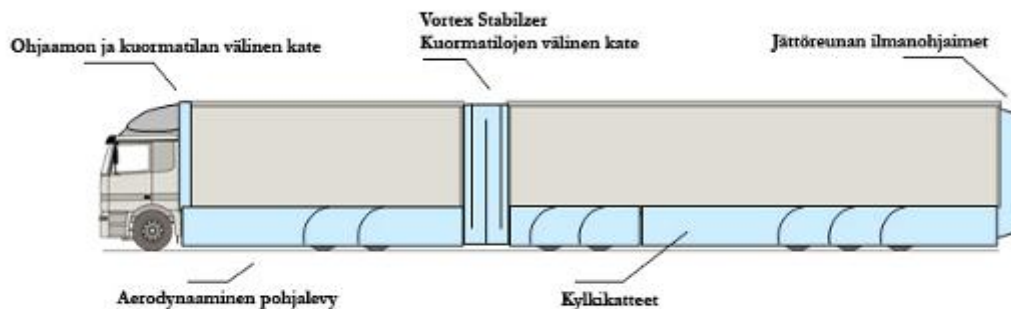


Kuva 5.11 Aika-nopeusprofiili keskustajakelusyklissä.

5.3.5 Raskaiden ajoneuvojen aerodynamiikka

Raskaan kaluston aerodynaamisten parannuskeinojen suunnittelutyö on saatu päätökseen ja osasarjalle etsitään valmistajaa.

Osasarjan jokainen osa pyrkii luomaan kokonaisuuden, joka parantaa kokonaisvaltaisesti virtausta ajoneuvon ympärillä. Kuva 5.12 esittää tätä kokonaisuutta. VTT konseptin mukaisesti kaikki osat ovat kuitenkin hyödynnettävissä myös sellaisenaan. Näin voidaan tarjota liikennöitsijöille heti käyttöön sovellettavia ratkaisuja.



Kuva 5.12 Raskaan kaluston aerodynaamisen osasarjan konsepti

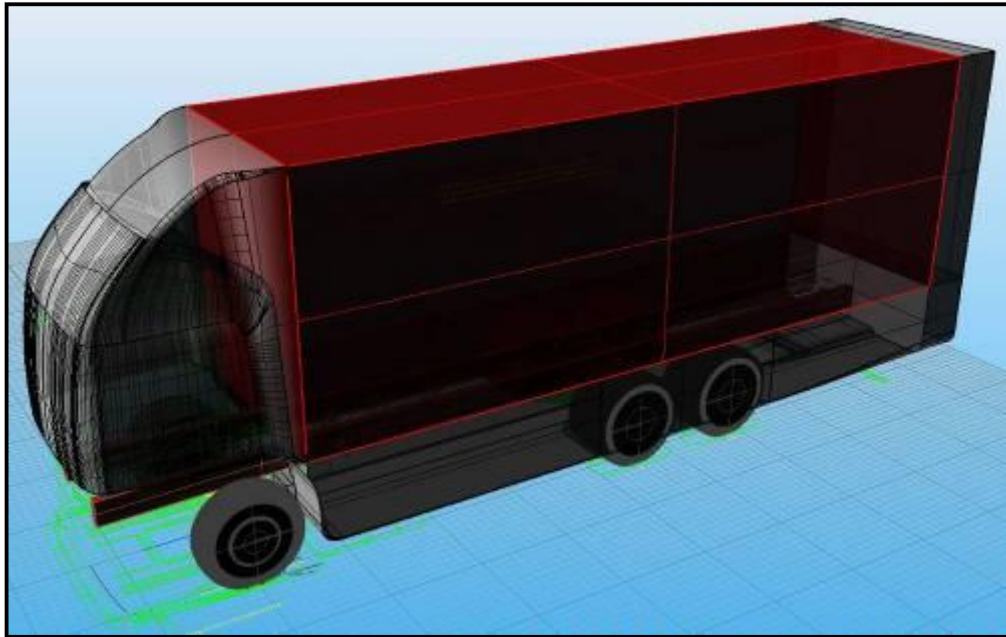
Osasarja koostuu 6 erillisestä parannuskohteesta.

- Ajoneuvon johtoreunan ja kuormatilan saumattomasti yhdistävä kate, joka sallii hytin jouston.
- Ajoneuvon vetolinjan ja pyörät sulkeva kate vähentää alustan epätasaisuuksien sekä renkaiden aiheuttamia häiriöitä virtauskenttään. Ajoneuvon pohjassa kulkeva kanava alkaa vetoauton alta
- Kuormatilojen välinen kate ohjaa ilman kuormatilojen välisen raon yli säilyttäen tasaisen virtauksen ajoneuvon ympärillä.
- Dolly vaunun (apuperävaunun, jolla puoliperävaunu yhdistetään vetoautoon) kate muotoilee vaunun sopimaan ajoneuvon virtaviivaiseen muotoon. Dolly vaunun kate on osa ajoneuvon alla kulkevaa kanavaa
- Trailerin kate sulkee vaunun epätasaisen pohjan ja renkaat. Koko yhdistelmän alla kulkeva kanava jatkuu tässä osassa ja ohjaa virtausta yhdistelmän jättöreunalle ja vähentää virtauskentän irtoamisen aiheuttamaa pyörteilyä
- Trailerin jättöreunan kate ohjaa virtausta yhdistelmän taakse vähentäen virtauskentän irtoamisesta johtuvaa pyörteilyä

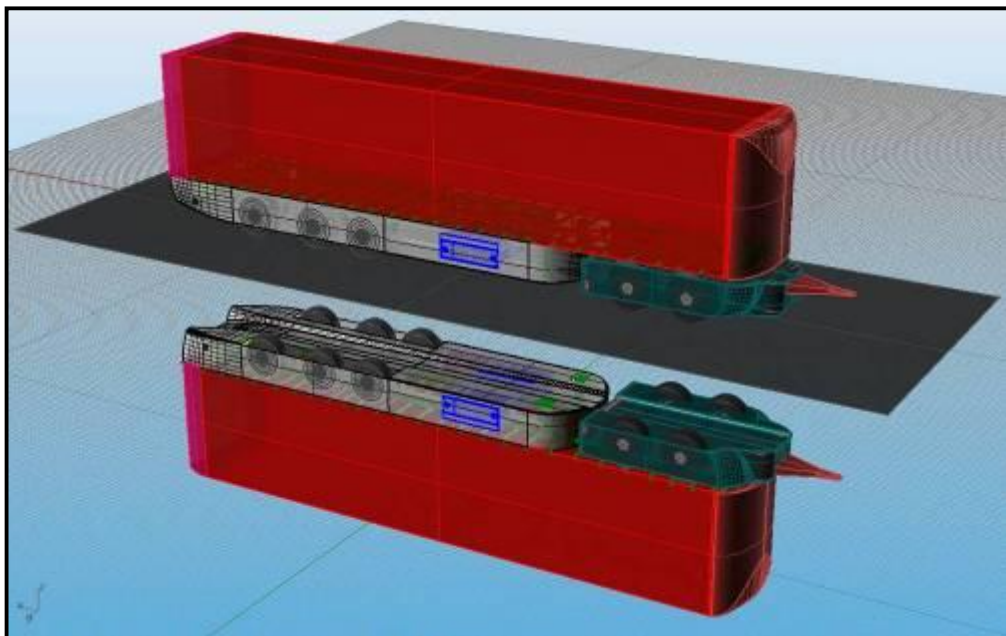
Esimerkkejä kohteiden suunnittelukuvista ovat kuva 5.13 ja kuva 5.14.

Osana aerodynamiikan tutkimusta HDENIQ-projektissa tullaan tutkimaan kotimaisen kaupallisesti tarjolla olevien tuotteiden vaikutusta raskaan ajoneuvon suorituskykyyn.

Lisäksi VTT toimii yhteistyössä Parlok Oy:n kanssa raskaan kaluston aerodynaamisen kylkikateratkaisun kehityksessä.



Kuva 5.13 Raskaan ajoneuvon aerodynaaminen osasarja



Kuva 5.14 Trailerin aerodynaaminen osasarja

5.3.6 Apulaitteiden energian kulutus

Tutkimukseen valittujen ajoneuvojen anturoinnit on suoritettu ja tiedonkeruu aloitettu. Samat tiedonkeruulaitteet palvelevat kyseisen tehtävän lisäksi myös automaattisen liukkauden- ja kuormantunnistuksen tiedonkeruulaitteina.

Kerätty data valottaa kuvaa erityyppisten raskaiden ajoneuvojen todellisesta käyttöprofiilista, käyttöympäristöstä sekä eri apulaitteiden toiminta-asteista ja niiden energian kulutuksesta. Seurannan tuloksia voidaan käyttää monella tapaa. On esimerkiksi mahdollista tehdä havaintoja eri apulaitteiden vaikutuksesta energian kulutukseen ja toisaalta arvioida sitä kautta syntyviä energian säästö potentiaaleja. Toisaalta voidaan tehdä havaintoja ajoneuvojen todellisesta toimintaympäristöstä ja sen seurannaisvaikutuksista.

Apulaitetutkimuksen piirissä on seuraavat ajoneuvotyypit:

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| • Transpoint | Mercedes-Benz, 60 t kuorma-auto |
| • Transpoint | Scania, 18 t jakelukuorma-auto |
| • Veolia Transport | Scania, 2- akselinen kaupunkibussi |
| • Koiviston Auto -Yhtymä | Kabus, 2- akselinen kaupunkibussi |
| • Koiviston Auto -Yhtymä | Kabus, pitkän matkan linja-auto |
| • Nokian Renkaat | Volvo, 24 t tutkimusajoneuvo |

Anturointikohteet vaihtelevat ajoneuvotyypin mukaan siten, että jokaisesta ajoneuvoluokasta saadaan keskeisin data. Alla on esitetty esimerkkinä Veolia Transport Finland Oy:n kaupunkibussin anturointikokonaisuus. Ajoneuvo ja tiedonkeruun päätelaite on esitetty kuvissa 5.15. ja 5.16.

Veolia Transport Finlandin kaupunkibussin anturointi

- Tilatieto
 - § Ilmastoinnin kompressori
- Paine
 - § Paineilmakompressori
 - § Ohjaustehostin
- Virta
 - § Laturi 1, Laturi 2
- Lämpötila
 - § Jäähdytysnesteen paluu
 - § Moottoriöljy
 - § Vetopyörästö-öljy
 - § Sisätila (3 pistettä)
 - § Ulkolämpötila
- Pulssisuhde
 - § Jäähdytyspuhaltimen ohjaus



Kuva 5.15 2- akselinen kaupunkibussi apulaite anturoinnissa



Kuva 5.16 Tiedonkeruun päätelaite

Yleinen trendi kulkee kohti apulaitteiden sähköistymistä. Seurantatutkimus osoittaa missä kohteissa sähköiset apulaitteet antaisivat merkittävimmän hyödyn. Apulaitteita koskeva työ kattaa myös uusien sähköisten järjestelmien seurannan.

5.3.7 Kaupunkibussien päästöt ja energiankulutus kylmässä

Alkuvuodesta 2011 suoritettiin kenttäkokeita uusimmalla bussikalustolla talviolosuhteissa. Tehtävän tavoite oli tarkastella uuden bussikaluston suorituskykyä kylmäkäynnistyksen jälkeen ja toimintaa käyttölämpötilaisena kylmässä ilmanalassa. Päästömittaukset toteutettiin kannettavilla PEMS (*Portable Emissions Measurement System*) mittalaitteilla.

Tutkimus toteutettiin ajamalla kenttäolosuhteissa SORT2 –sykliä sekä Braunschweig-sykliä. Braunschweig-sykli on VTT:n bussimittausten perussykli. SORT-syklit puolestaan ovat kansainvälisen joukkoliikennejärjestön UITP:n polttoaineen kulutuksen mittaamiseen kehittämiä syklejä. SORT syklit, joita on kolme kappaletta, ajetaan tien päällä. SORT2 on näistä se sykli, joka antaa lähimpänä Braunschweig-sykliä olevia kulutuslukemia.



Kuva 5.17 PEMS mittaukset kylmässä talvissäässä tehtiin Varkauden lentokentällä

Kylmämittauksiin valittiin keskeisimmät pääkaupunkiseudun bussiliikenteessä olevista uusista ajoneuvotyypeistä. Ajoneuvot olivat Volvo SCR, Scania EGR ja Iveco SCRT, kaikki EEV päästöluokituksella

Kaikille ajoneuvoille suoritettiin kaksiosainen mittasarja. Ennen jokaista mittauspäivää ajoneuvon annettiin jäähtyä ympäröivissä olosuhteissa. Mittaussuunnitelman perusajatus oli mitata ensin kylmäkäynnistyspäästöt, jonka jälkeen ajettiin mitattavaa ajosykliä niin pitkään että auto saavutti käyttölämpötilansa.

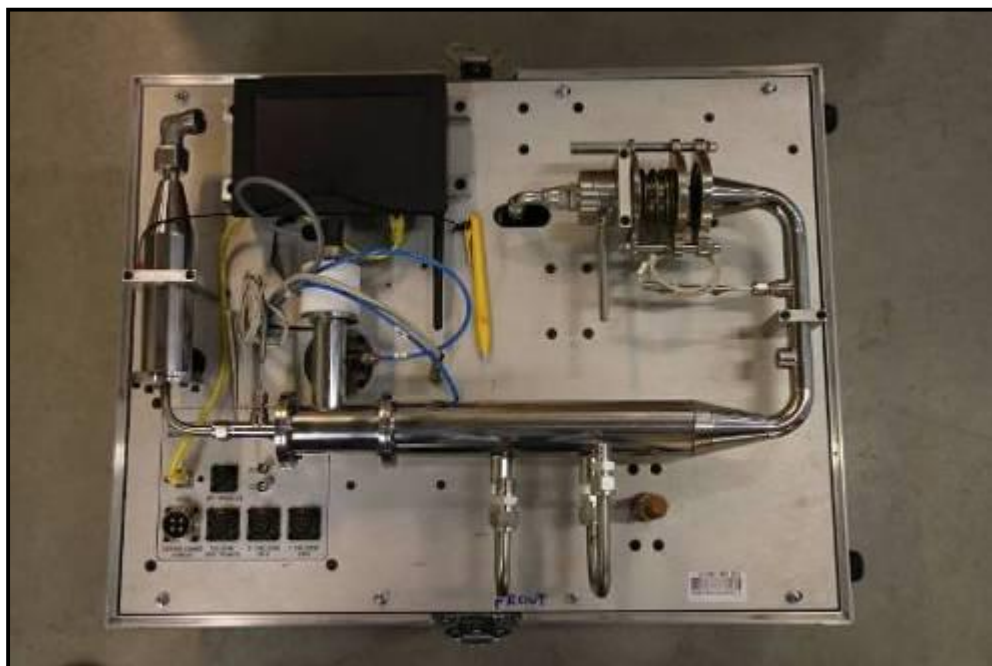
Tutkimuksessa käytetty PEMS laitteisto saatiin lainaksi EU-JRC laboratorioista. VTT tutkimussuunnitelma sopi erinomaisesti EU PEMS-PM hankkeen rinnalle, jossa perehdytään PEMS laitteiden käyttökelpoisuuteen käytön aikaisessa seurannassa (in-use compliance). Tarkemmin hanke on toinen osa PEMS

kokonaisuutta ja keskittyy kannettavien partikkelimittausjärjestelmien arviointiin. [Lisätietoja EU:n tutkimuksesta eu-pems.jrc.ec.europa.eu]

Kylmä ilmanala on yksi myös JRC:tä kiinnostavista erikoistilanteista, jota heidän on kuitenkin hyvin vaikea tutkia. VTT tutkimustulokset päätettiin jakaa JRC kanssa. Tutkimusta tukemaan VTT:lle toimitettiin PEMS kaasumaisten päästöjen analyysointilaite sekä kokeellinen partikkelimittausjärjestelmä. Kuvat 5.18 ja 5.19 esittävät tätä laitteistoa



Kuva 5.18. SEMTECH PEM analysaattori



Kuva 5.19. Uusin PEMS tekniikka sisältää myös partikkelipäästöjen määrittämisen

5.3.8 Rengastutkimus

Aikaisemmissa VTT:n tutkimuksissa keskityttiin renkaiden energiankulutuksen selvittämiseen, jättäen kannattavuuden arvioinnin muilta osin liikennöitsijän tehtäväksi. HDENIQ-hankkeen renkaiden vaikutusten arviointia on laajennettu ottamaan huomioon myös renkaiden kulumisen ja turvallisuus. Energiankulutus määritellään alustadynamometri ja maantiemittauksilla, kun taas kestävyyttä arvioidaan liikennöitsijöiden ja rengasvalmistajan kanssa yhteistyössä toteutettavien kenttätestien kautta. Turvallisuutta lähestytään liukkaan kelin testien (Nokian Renkaat) ja automaattisen liukkaudentunnistusmenetelmän keinoin.

Renkaiden kenttätutkimus käynnistettiin vuoden 2010 loppu puolella. Kenttätutkimuksen alussa määriteltiin vertailtavien rengastyypin vaikutus energiankulutukseen raskaalla alustadynamometrillä. Itse kenttätesteissä tutkitaan renkaiden kulumista ja vetopito-ominaisuuksia raskaassa kuorma-auto kalustossa sekä renkaan kulumista kaupunkibusseissa. Seurannan lopussa renkaiden suorituskyky tullaan tutkimaan uudelleen ja tehdään havaintoja kulumisen vaikutuksesta kulutukseen sekä vedon alaiseen muodon muutokseen.

Energiankulutus-, kestävyys- ja logistiikkatekijöiden huomioimista päätettiin kehittää web-pohjainen rengaslaskuri, jonka avulla rengasvaihtoehtoja voidaan arvioida joko VTT:n mittausten tai itse syötettyjen lähtöarvojen perusteella. Rengasdataan perustuva rengaslaskuri tullaan julkaisemaan verkkoversiona VTT:n web-sivustolla, ja se linkitetään TransEco web-portaaliin. Laskuri antaa käyttäjälleen mahdollisuuden arvioida parasta rengasvaihtoehtoa perustuen renkaan kulutustulokseen sekä käyttäjän määrittelemään hintaan ja km-keston.

Renkaiden virhetilanteiden kuten epätasapaino ja paine vaikutuksia tutkittiin maantietestein sekä dynamometrikokein. Tulosten analyysi tulee osoittamaan raskaan kaluston renkaan herkkyyden eri poikkeamilla.

5.3.9 Ajoneuvojen IT-ratkaisut

HDENIQ-projektissa jatketaan RASTU-projektissa aloitettua kuljettajan ajotavan optimointiin liittyvää tutkimusta, sekä automaattisen liukkaudentunnistusmenetelmän kehittämistä. Liukkaudentunnistus- ja kuormantunnistusmenetelmän kehittämistä. Liukkaudentunnistus- ja kuormantunnistus –tehtävään osallistuu VTT:n ohella myös Oulun Yliopisto. Tehtävänjako on karkeasti tehty siten, että VTT kehittää kokonaisjärjestelmää ja Oulun Yliopisto varsinaisia havaintoja tekeviä laskenta-algoritmeja sekä menetelmiä tarkentavia muita ohjelmistoja (autossa ja taustajärjestelmissä).

Ajo-opastin

Ajo-opastimessa tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia vaikuttaa kuljettajan ajo-suoritukseen reaaliaikaisesti, huomioiden mm. aikataulussa pysyminen, liikenneturvallisuus ja energiankulutus.

Vuoden 2010 aikana kehitettiin ajo-opastinlaitteen tausta- ja raportointijärjestelmä. Ohjelmistolla voidaan muodostaa ajo-opastimen tarvitsemat reittitiedot erimuotoisten lähtötietojen perusteella ja analysoida ajotapahtumia kuljettaja- ja ajoneuvo-kohtaisesti. Ohjelmisto on käynnissä AC-Sähköautot Oy:n hal-

linnoimalla palvelimella, ja liikennöitsijällä on pääsy sen käyttöliittymään web-selaimella. Käyttöliittymän kautta liikennöitsijä voi tarkastella kuljettaja- ja ajoneuvokohtaisia analyysituloksia ja yhteenvetoraportteja.

Jyväskylän Liikenteen autoihin asennettiin ajo-opastinlaitteet. Jyväskylän testireiteistä muodostettiin reittitiedostot ajo-opastinlaitteen taustaohjelmistolla, ja reittitiedot ladattiin opastinlaitteisiin. Tiedon keruu aloitettiin vuoden 2010 lopulla.

Vuonna 2010 aloitettiin myös yhteistyö EU Telefot-hankkeen kanssa [lisätietoja www.telefot.eu]. Hankkeesta saadaan lisää tutkimustukea opastimen vaikutusten arviointiin, mm. asenteita ja kokemuksia luotaavien kuljettajien haastattelujen kautta.

Liukkaudentunnistus

Automaattista liukkaudentunnistusta tutkitaan kolmella eri laitekannalla, aikaisemmasta RASTU-projektista vapautuneilla TechnoSmart päätelaitteilla, AC-Sähköautojen laitteilla ja EC-Toolsin VR Transpointille toimittamilla laitteet.

TechnoSmart-päätelaitteiden tavoite on selvittää automaattisen liukkaudentunnistuksen soveltuvuus renkaiden suorituskyvyn arviointiin todellisissa ajoolosuhteissa. AC-Sähköautojen laitteilla kerätään huomattavan suuri määrä tietoa auton toiminnasta, mukaan lukien koko ajoneuvon CAN-väyläliikenne ja runsas joukko olosuhdetietoja, joita käytetään menetelmien kehittämiseen (Oulun Yliopisto) ja kohdassa 5.2.6 kuvattuun apulaitteiden energiankulutus- ja olosuhdetutkimukseen. EC-Toolsin toimittamilla laitteilla (Aplicom) tutkitaan liukkaudentunnistusjärjestelmän soveltuvuutta yksinkertaisempaan laiteympäristöön (erillinen TULI-hanke) ja kehitetään taustajärjestelmää.

Vuonna 2010 toteutettiin Aplicom-laitteen kanssa yhteensopiva liukkaudentunnistus-ohjelmamoduuli yhteistyössä EC-Tools Oy:n kanssa. Ohjelma laskee liukkausindeksiä CAN-väylästä luettavien tietojen perusteella. Liukkausindeksi ja lähtötiedot lähetetään eteenpäin Aplicom-laitteesta. Lisäksi alettiin toteuttaa palvelinohjelmistoa, joka kerää ja varastoi liukkaustiedon, lähettää tarvittaessa liukkaustietoa ja -varoituksia takaisin autoille, sekä visualisoi liukkaat tieosuudet karttakäyttöliittymään.

5.4 Raskaan ajoneuvon massan ja liukkauden estimointimenetelmä

Hankekoodi	1.3
Vastuutaho	Oulun yliopisto
Raportointi	Kai Noponen

5.4.1 Johdanto

Oulun Yliopisto osallistuu HDENIQ-hankeeseen rinnakkaisella RAMSES-hankkeella. Oulun Yliopistolla on kaksi päätehtävää; Älykkään raskaan ajoneuvon esiselvitys sekä automaattisen liukkauden- ja kuormantunnistusjärjestelmien algoritmikehitys (VTT tutkii järjestelmää kokonaisuutena).

5.4.2 Älykkään raskaan ajoneuvon esiselvitys

Toisen projektivuoden aikana tehtiin esiselvitys Informaatiojärjestelmien käytöstä bussi- ja kuorma-autoyritysten toiminnan tehostamiseen erilaisiin älykkäisiin autojärjestelmiin. Esiselvitys pohjautuu projektissa aiemmin tehtyyn selvitykseen ”Älykäs linja-auto”, joka käsitteli mm. ICT-arkkitehtuureja, telematiikkaa sekä valmiita tuotteita ja niiden hyödyntämistä älykkäällä tavalla linja-autoliikenteessä.

Tässä esiselvityksessä keskityttiin raskaiden ajoneuvojen tutkimuksellisiin kysymyksiin painottaen algoritmien ideointia ja kehitystarpeita. Käsiteltyjä aihealueita olivat energiatehokkuus ja sen parantaminen, turvallisuus, liukkaus ja muut sääolosuhteet, menetelmien suorituskyky ja algoritmien kompleksisuus.

Energiatehokkuuden mittaamisesta tarkasteltiin kirjallisuudessa käytettyjen automaattisten mittareiden kautta. Näihin lukeutuvat perinteisen tonnikilometrin (tkm) lisäksi muun muassa

- tkm / CO₂, tonnikilometriä per päästetty hiilidioksidikilogramma,
- Evu (Efficiency of Vehicle Use), joka pelkän tonnikilometrimäärän lisäksi ottaa huomioon tyhjän auton ja kuorman massan,
- E (Efficiency) on Evu:sta edelleen johdettu tarkempi mittari, jossa parametreina käytetään lisäksi auton tyyppiä, kuljettajan toimintaa ja reittiä,
- OVE (Overall Vehicle Efficiency) mittaa ajoneuvon käytön tehokkuutta kuljettajan taukojen, kuormausajan, kuormausasteen, ajonopeuden ja kuljetuksen tason suhteen,
- OE (Overall Efficiency) mittaa kuljetuksen tehokkuutta aikatehokkuuden, reittitehokkuuden, ajonopeustehokkuuden ja kuljetuskapasiteetin käytön tehokkuuden avulla.

Tarkemmat mittarit vaativat tyhjän auton ja kuorman massan, minkä vuoksi massan estimointi on tärkeää. Tarkin arvio saadaan mikäli kuormausaste (load

factor) tunnetaan. Selvitystulosten pohjalta tarkasteltiin uusien tarkempien mitareiden kehitystarpeita.

Telematiikkapalveluiden osalta selvitettiin kuljettajille hyödyllisintä tietoa kuten onnettomuuspaikat, suljetut tiet ja kaistat, sää, ennustettu ajoaika kohteeseen sekä odotusajat terminaaleissa ja porteissa. Telematiikkapalvelut tehostavat aikataulutusprosessia. Suuri haaste on datan automaattinen käyttö. Ajoneuvoja voidaan reitittää eri optimointikriteereillä. Reititysjärjestelmät ovat usein staattisia, mutta reaaliaikainen reitittäminen on tehokkaammin muutoksiin reagoiva. Eräitä olennaisia reititysparametreja ovat muun muassa sääolosuhteiden muutokset ja liikennetieto. Eräs haastava ongelma on telematiikan tietoturvan taso.

Tietoturva käsittelevässä esiselvityksen osiossa todettiin auton sisäisten järjestelmien tietoturvan olevan olematon. Eräänä esimerkkinä olkoon, että esimerkiksi sisäiset ECU:t eivät autentikoi käskyjä. CAN-väylän protokollassa on useita tietoturvarajoitteita. Erilaisilla langattomilla verkoilla voidaan muodostaa yhteyksiä auton sisäisiin järjestelmiin. Joissakin uusissa autoissa tällaisia ulkopuolelta käskyjä ottavia verkkoja voi olla jopa enemmän kuin 5. On avoin kysymys, mitä voi tapahtua, jos jossain näistä on tietoturva-aukko. Esimerkiksi vuonna 2010 julkaistussa tutkimuksessa (Koscher et al.) on esitetty kysymys: Jos auton sisäiseen järjestelmään on päästy ulkopuolelta, niin mitä autolle voidaan käytännössä tehdä? Tutkimuksen mukaan tällöin voidaan kuljettajan jättää huomiotta kuljettajan ohjausliikkeitä, jarruja voidaan kytkeä pois käytössä, voidaan laukaista lukkojarrutus tai yksittäisten renkaiden jarrutus, moottori voidaan sammuttaa jne.

Esiselvityksen älykästä navigaatiota käsittelevässä osassa perehdyttiin reitinoptimointiongelmaan (VRP). Koska ongelma on NP-vaikea, ei optimaalista ratkaisua pystytä löytämään nopeasti mikäli reittipisteitä paljon. Esiselvityksessä perehdyttiin ongelman eri variantteihin, kuten CVRP (*Capacitated vehicle routing problem*), stokastiset rajoitteet jne. Näiden ratkaisualgoritmeja ovat eksakti ratkaisuun ja approksimointia käyttävät algoritmit, joissa alalajeina heuristiset ja metaheuristiset. Selvityksessä kiinnitettiin huomiota menetelmien laskennalliseen kompleksisuuteen. Erityisesti tutkittiin energiatehokkuuteen vaikuttavien lisäparametrien syöttöä reitinoptimointialgoritmeille. Näistä sään vaikutus näkyy mm. viiveiden kasvuna ja matkustusajan varianssin muutoksina. Sää tietoa on laajasti saatavilla telematiikan avulla. Selvityksessä tarkasteltiinkin mm. sitä, miten reitityksen energiatehokkuutta voidaan parantaa ottamalla tuuli huomioon. Myös tien laatu vaikuttaa mm. vierintävastukseen ja siten energiankulutukseen. Tämän lisäksi sää muokkaa tilannetta tuoden tien pinnalle esim. vettä, sohjoa, lunta tai jäätä. Nopeasti muuttuvien parametrien vaikutus reititykseen vaatii joko niiden mittaamisen suoraan tai estimoinnin erilaisten mittaustulosten avulla. Esimerkiksi liikenteen parametrien estimointiin on kehitetty useita menetelmiä.

Turvallisuuteen keskittyvässä osassa tarkastelu sää ja sen vaikutukset on luonnollisesti merkittävä tekijä. Tuuli aiheuttaa oskillointia ajoneuvoon. On olemassa reaktiivisia järjestelmiä, jotka aktiivisesti vaimentavat tätä oskillointia. Vaaranpaikkojen tunnistaminen etukäteen ja niihin varautuminen mahdollistaisi kuitenkin proaktiivisen toiminnan. Renkaan kunnon automaattista tarkkailua on aiemmin tarkkailtu usein lähinnä renkaanpaineen osalta paineantureilla,

mutta se onnistuu myös mm. kiihtyvyyssantureilla. Jousituksen parametrien mallinnus ja estimointi mahdollistaa anturivikojen, heikentyneen jousituksen, ja renkaan kunnan tarkkaillun, mikä voidaan toteuttaa myös ajon aikana reaaliaikaisesti tapahtuvana varoitusjärjestelmänä.

Massa vaikuttaa suoraan auton käyttäytymistä sääteleviin parametreihin, joten se on tunnettava riittävällä tarkkuudella monia algoritmeja ja mittareita varten. Massan estimointiin on useita menetelmiä, joita ovat mm. jousitusdynamiikkaan perustuvat, lateraalidynamiikkaan perustuvat, pitkittäisdynamiikkaan perustuvat ja voimansiirtoon perustuvat menetelmät. Eri menetelmien fuusio nähtiin esiselvityksessä potentiaalisena tutkimusaiheena.

5.4.3 Ajoneuvon tiedonkeruujärjestelmän suunnittelu ja toteutus

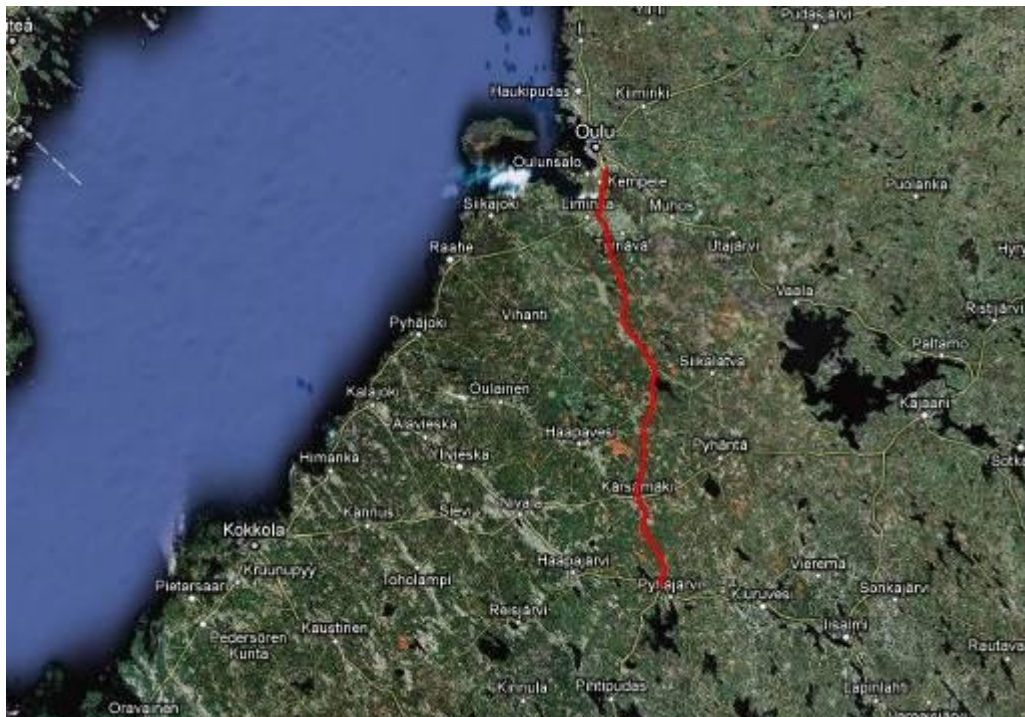
Kevään 2010 aikana saatettiin ajoneuvotietokoneiden hankinnan kilpailutus päätökseen yhteistyössä VTT:n kanssa. Hankittuja ajoneuvotietokoneita (Kuva 5.20) asennettiin kesän/syksyn 2010 aikana. Joulukuussa saimme pääsyn laite-toimittajan toteuttamaan palvelimeen. Alihankintana toimitetusta järjestelmästä ja Oulun yliopiston kehittämästä järjestelmästä syntyy kokonaisuutena ajoneuvojen tiedonkeruujärjestelmä. Samat tiedonkeruulaitteet palvelevat kyseisen tehtävän lisäksi myös apulaitteiden energian kulutuksen (kts. kohta 5.2.6) tiedonkeruulaitteina (kuva 5.21).



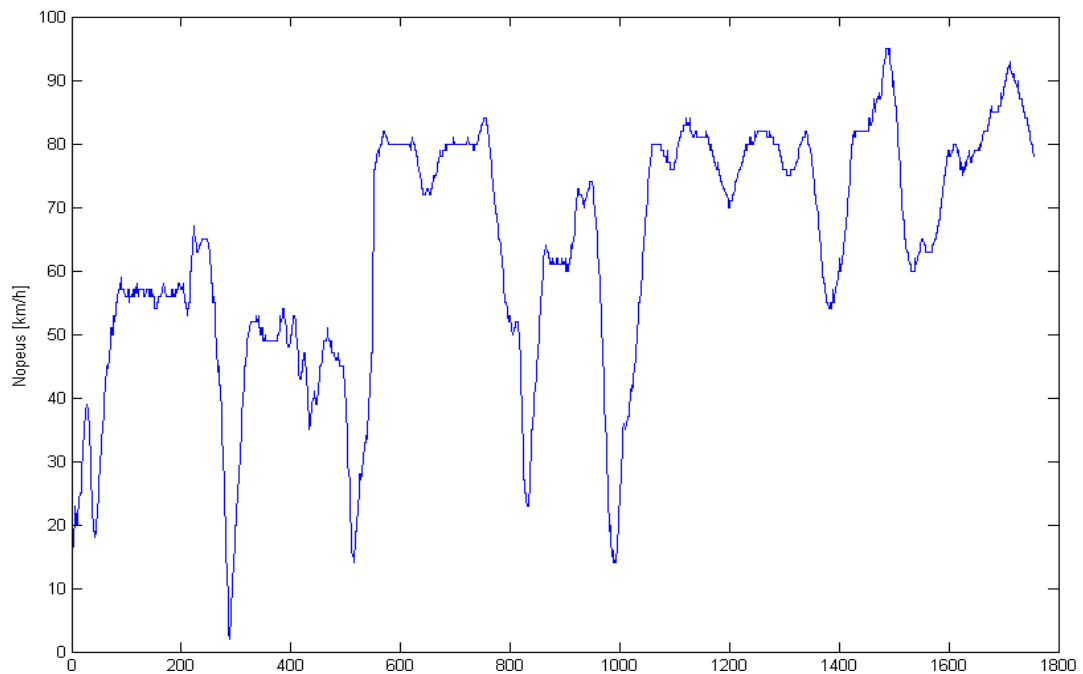
Kuva 5.20. Ajoneuvotietokone ja sen käyttöliittymä.

Ajoneuvoista kerättyä tietoa on saatu aina marraskuun 2010 loppupuolelta alkaen. Tietoa on saatu laajemmin vuoden 2011 alkupuolen aikana. Kevään 2011 aikana on yhteistyössä laite-toimittajan kanssa korjattu järjestelmässä ilmenneitä alkuvaiheen puutteita. Lisäksi on selvitetty saatavien tietojen laajuutta ja autojen välisiä eroavaisuuksia.

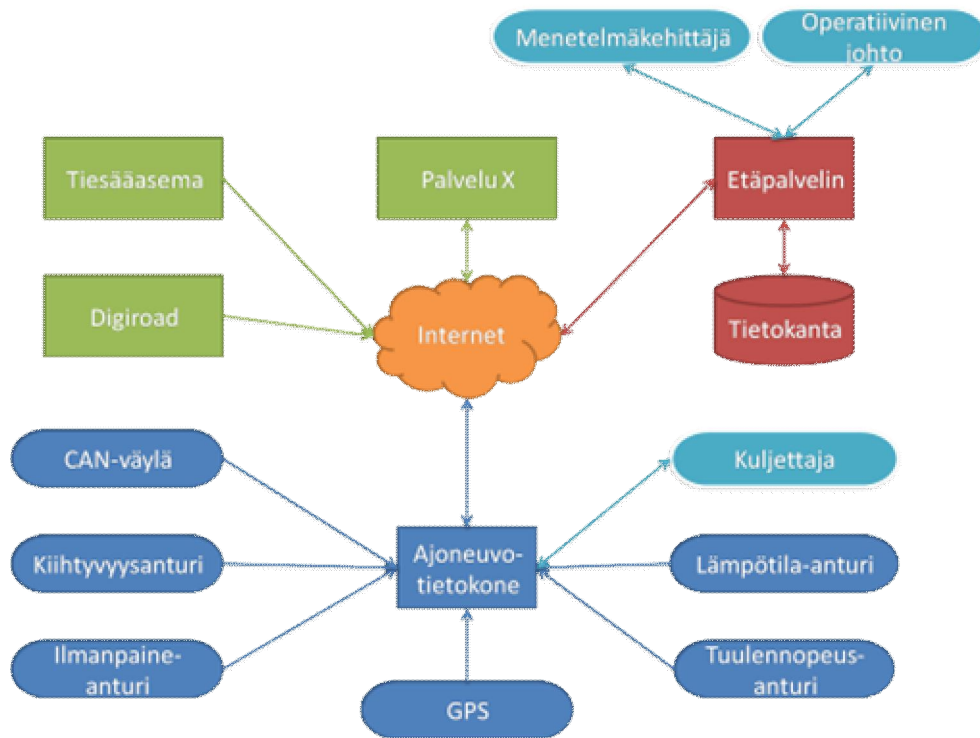
Tehtyjen tarkastelujen mukaan tiedonkeruujärjestelmän tuottama data on kokonaisuutena hyvälaatuista, mutta erot ajoneuvojen tuottamissa tiedoissa ovat suuria. Kuvassa 5.22 on esitetty käytännön tasolla erikseen suodattamattoman GPS-reittidatan laatua karttaprojektion avulla. Vaikka mittakaava onkin suhteellisen pieni, voidaan havaita reitin säännöllisyys. Kuvassa 5.23 on esimerkki GPS-pohjaisesta nopeustiedosta.



Kuva 5.21. Havainnekuva ajoneuvojen tiedonkeruujärjestelmän rakenteesta.



Kuva 5.22. GPS-paikkatietoon pohjautuva ajoneuvon reittiesimerkki.



Kuva 5.23. Esimerkki GPS-pohjaisesta nopeusdatasta.

5.5 Ajoneuvotekniikkaan liittyvät diplomityöt

Hankekoodi	1.5
Vastuutaho	Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu Koneenrakennustekniikan laitos Ajoneuvotekniikan tutkimusryhmä
Raportointi	Osku Kaijalainen

5.5.1 Johdanto

HDENIQ-projektin aloituskokouksessa johtoryhmässä sovittiin TKK:lla (2010 alusta Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu) tehtäväksi 3 diplomityötä aiheina

- HVAC – heating, ventilation, air-conditioning (lämmitys, ilmanvaihto, ilmastointi)
- Renkaiden tasapainotuksen ja paineen vaikutuksista energiankulutukseen ja liikenneturvallisuuteen
- Auxiliary power needs (apulaitteiden tehontarve)

5.5.2 HVAC – heating, ventilation, air-conditioning

- Diplomityö: Mikko Laamanen: Ilmastointijärjestelmän vaikutus ajoneuvojen energiankulutukseen, 2010

Nousevan elintason myötä ihmisten mukavuudenhalu lisääntyy, mikä asettaa kehittämispaineita myös ajoneuvojen mukavuuselektronikalle. HVAC- eli lämmitys-, ilman-vaihto- ja ilmastointijärjestelmän tehtävänä on luoda ajoneuvon sisälle matkustajien kannalta miellyttävä ilmasto. Se siirtää lämpöä ajoneuvon matkustamoon tai sieltä pois, säätelee ilman kosteutta ja huolehtii ilman puhdistuksesta sekä kierrättämisestä ajoneuvossa. HVAC-järjestelmä on oleellinen osa ajoneuvon turvallisuutta huolehtien kuljettajan vireydestä ja mahdollistaen hyvän näkyvyyden ulos ajoneuvosta. Perinteisesti suunnittelussa on lähdetty liikkeelle lämmitys- ja jäähdytystehosta ja hyötysuhde on ollut toissijainen asia.

Työssä luotiin katsaus nykyisiin ja lähitulevaisuuden teknologioihin sekä arviointiin energiankulutusta. Tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon ja missä kohdin järjestelmää energiaa kuluu, kun ajoneuvon matkustamo jäähdytetään, lämmitetään ja sen ilmaa vaihdetaan. Lisäksi tarkoitus on tunnistaa teknisten ratkaisujen erot säädettävyyden ja energiatehokkuuden kannalta.

Ajoneuvojen lämmittämiseen on useita eri toteutustapoja, joista yleisin on polttomoottorin yhteydessä oleva lämmönvaihdin, joka hyödyntää moottorin hukkalämpöä sisään tulevan ilman lämmittämiseen. Tämän lisäksi on käytössä erilisiä lisälämmittämiä, jotka voivat olla polttoaine- tai sähkökäyttöisiä. Jäähdytys taas perustuu yleisimmin nesteen höyrystymiseen, joka sitoo lämpöä ja si-

toutunut lämpö siirretään toisessa paikassa takaisin ulkoilmaan. Yleisin kylmäaine on R-134a.

Jäähdytyksessä tarvitaan kompressoria, joka yleensä ottaa käyttövoimansa ajoneuvon moottorista hihnapyörästön välityksellä. Kylmäkuljetuksissa on erillinen kompressori erillisellä diesel-moottorilla. Erityisesti hybridiajoneuvoissa kompressorin muuttaminen sähkökäyttöiseksi tuo suuria etuja, koska silloin jäähdytystä varten ei tarvitse pitää polttomoottoria käynnissä. Vastaavasti raskasta kalustoa käytetään paljon tyhjäkäynnillä mukavuustason ylläpitämiseksi. Sähkökäyttöisen kompressorin pyörimisnopeus on lisäksi riippumaton moottorin pyörimisnopeudesta, joten sen koko ja komponentit voidaan valita paremmalla hyötysuhteella toimiviksi. Myös kompressorin säätö helpottuu ja magneettikytkimen tarve poistuu. Kompressori voi kuluttaa jopa 80 % ilmastoinnin käyttämiseen tarvittavasta energiasta, joten sen ominaisuuksilla on huomattava vaikutus polttoaineenkulutukseen perinteisissä ajoneuvoissa ja erityisesti hybridi-, sähkö- sekä polttokennoajoneuvoissa.

Kylmäaineen valinnalla voidaan vaikuttaa järjestelmän hyötysuhteeseen, mutta ympäristön kannalta pitää ottaa huomioon myös sen suorat päästöt aineen vuotamisen yhteydessä. Hybridi- ja sähköajoneuvoissa pitää myös akkuja ja sähkömoottoria jäähdyttää, mikä tuo oman lisän lämpöenergianhallintaan. Esimerkiksi litium-ioni –akkujen jäähdytys tulee integroida osaksi ilmastointijärjestelmää; perinteinen jäähdytystapa ei riitä.

Ilmanjakeluun pitää myös kiinnittää huomiota, erityisesti linja-autoissa ja kuormatilojen jäähdytyksen yhteydessä. Niissä tasainen jakautuminen edellyttää laitteiston hajauttamista useaan eri paikkaan. Kuormatiloissa usein ilman syöttö tapahtuu ajoneuvon päältä ja jäähdytysyksikön tuulettimia käytetään lämpötilasäädellyn ilman kierrättämiseen ajoneuvon sisällä. Ilman syöttö- ja paluupuolen ollessa samalla puolella ajoneuvoa tasaisen lämpötilajakauman saavuttaminen koko kuorman välillä on haasteellista, jolloin tarvitaan suurempaa ilman virtausta.

Myös ajoneuvon konstruktio vaikuttaa lämmitys- ja jäähdytystarpeeseen. Erityisesti lasien ja ilmanvaihtojärjestelmän kautta tapahtuva lämmönsiirto sen sijaan on huomattavaa. Myös matkustajien määrä vaikuttaa järjestelmän kuormaan erityisesti linja-autoissa, joissa ihmismassan tuoma lämpökuorma on huomattavan suuri.

Ajoneuvon ilmastointijärjestelmä on monimutkainen järjestelmä ja sen yksittäisten osien toiminta vaikuttaa läheisesti koko järjestelmän suorituskykyyn. Optimaalinen ja turvallinen toiminta jatkuvasti muuttuvissa olosuhteissa vaatii järjestelmän tarkan säädön mahdollistavia komponentteja. Säätö perustuu suurelta osin erilaisten antureiden ja toimilaitteiden käyttöön ja järjestelmän automaatioasteesta sekä toteutustavasta riippuen säädössä hyödynnetään eriasteista informaatiota. Manuaalinen ilmastointijärjestelmä ei kykene pitämään ajoneuvon matkustamon lämpötilaa vakiona, koska järjestelmä ei pysty reagoimaan matkustamon muuttuviin olosuhteisiin. Tämä tuo haasteita erityisesti linja-autoissa, joissa kuljettaja joutuu säätämään matkustamon lämpötilaa pelkkän arvion perusteella. Lisäksi on olemassa puoliautomaattisia järjestelmiä. Automaattinen järjestelmä pyrkii pitämään halutun lämpötilan kaikkialla matkusta-

mossa. Lisäksi monialueilmastoinnin avulla matkustamon eri osissa voidaan ylläpitää erilaisia olosuhteita.

Ajoneuvojen tyyppihyväksyntätestissä mitataan hiilidioksidipäästöjä, mutta testi jättää kuitenkin nykyisessä muodossaan huomioimatta useat päästöjen lähteet, kuten ilmastointilaitteet sekä lisälämmittimet. Tästä syystä Euroopan komissio on teettänyt tutkimustyötä, jonka tarkoituksena on ollut selvittää lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän vaikutus kevyiden ajoneuvojen polttoaineenkulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin sekä löytää luotettava menetelmä päästöjen ja kulutuksen mittaamiseksi. Tavoitteena olisi sisällyttää ilmastoinnin ja lisälämmittimen lisäkulutuksen mittaamenetelmä tyyppihyväksyntätestiin, jolloin myös niiden aiheuttama epäsuora vaikutus päästöihin tulisi huomioiduksi. Ilmastointijärjestelmän polttoaineenkulutukseen vaikuttaa huomattava määrä sekä ajoneuvon sisäisiä että ulkoisia tekijöitä, mikä vaikeuttaa kulutuksen mittaamista. Mittausykleinä käytetään henkilöautoille Yhdysvalloissa SC03-sykliä ja Euroopassa NEDC-sykliä. Raskaan kaluston ilmastoinnin kulutuksen määrittämiseen ei ole standardoitua ajosykliä. Lisäksi mittaushuoneen pitää olla erikseen ilmastoinnin mittausta varten rakennettu, jotta muuttuvat olosuhteet saadaan osaksi mittausta.

Ilmastoinnin polttoaineenkulutusta henkilöautoissa on tutkittu paljon. Erilaisten mittaamenetelmien ja oletusten takia erilaisia tuloksia on kuitenkin lähes yhtä paljon kuin tutkimustahoja. Näin ollen yksiselitteisen yhteenvedon tekeminen niistä on mahdotonta. Hyötyajoneuvojen ilmastoinnin kulutusta koskevien tutkimusten löytäminen osoittautui työtä tehdessä erittäin vaikeaksi. Asia ei ole mahdollisesti raskaan kaluston puolella vielä tähän mennessä ollut sellainen, että siihen olisi kiinnitetty julkisissa lähteissä laajemmin huomiota. Haasteena on mahdollinen tiedon olemattomuus tai luottamuksellisuus. Tiedon puute ei kuitenkaan tarkoita, että se olisi tarpeetonta tai merkityksetöntä, vaan se voi olla osoitus siitä, että tietoa ei ole vielä tarvittu. Tulevaisuudessa asia tulee olemaan varmasti toisin.

Diplomityössä on esitetty tuloksia, jotka havainnollistavat polttoaineenkulutuksen kannalta merkittäviä järjestelmäkohtaisia eroja sekä polttoaineenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä. Kaikkia tuloksia ei pystytä esittämään tässä yhteydessä. Vakioilavuuksisella kompressorilla varustettu manuaalinen ilmastointijärjestelmä voi lisätä ajoneuvon polttoaineenkulutusta jopa 2,5-kertaisesti verrattuna kehittyneempään ilmastointijärjestelmään. Normaalisissa henkilöautossa ilmastoinnin aiheuttama kulutuslisä voi olla jopa 20%.

Hybridiajoneuvoissa ilmastoinnin suhteellinen polttoaineenkulutus on huomattavan suuri. Ilmastointi voi kuluttaa polttoainetta jopa enemmän kuin ajoneuvon liikuttaminen. Esimerkiksi Toyota Prius II:n ilmastoinnin polttoaineenkulutus kaupunkisyklissä 35 °C ulkolämpötilassa oli 3,8 l/100km. Ajoneuvon polttoaineenkulutus ilman ilmastointia oli samoissa olosuhteissa 2,6 l/100km.

Raskaan kaluston ilmastointilaitteen polttoaineenkulutusta voidaan suuntaantavasti arvioida kompressorin ottotehojen avulla. Esimerkiksi kaupunkilinja-auton kohdalla tarkasteltavana ajosyklinä voidaan käyttää Braunschweig-sykliä, joka kuvaa kaupunkilinja-autolle tyypillistä ajotapahtumaa. Ilmastointilaitte nostaa polttoaineenkulutusta 18 kW:n keskimääräisellä kompressorin teholla arvioituna 47 % ja sen osuus kulutuksesta on 32 %. Linja-auton polttoai-

neenkulutuksen arvioitiin olevan ilman ilmastointia 44 l/100km, ja ilmastoinnin kanssa kulutukseksi saatiin noin 65 l/100km eli ilmastoinnin polttoaineenkulutus on noin 21 l/100km.

Raskaan kaluston puolella ajoneuvotyypistä riippuen kuormatilan jäähdytyslaitteiston keskimääräinen polttoaineenkulutus on 15 – 25 % ajoneuvon moottorin polttoaineenkulutuksesta. Lisäksi kaupunkikuljetuksissa polttoaineenkulutus on keskimäärin 16 % korkeampi verrattuna pitkän matkan kuljetuksiin johtuen muun muassa toistuvista ovien avauksista.

Vain ajoneuvon toimintaympäristön jatkuvasti huomioivalla dynaamisesti ja älykkäästi ohjatulla järjestelmällä, jonka suunnittelussa on lisäksi huomioitu toimintaan koko järjestelmätasolla vaikuttavat tekijät, on mahdollista saavuttaa optimaalinen järjestelmän tehokkuus muuttuvissa toimintaolosuhteissa. Ilmastointijärjestelmän tehokkuutta voidaan lisätä parantamalla sen yksittäisten komponenttien toimintaa optimoimalla niiden painehäviöitä ja tehokkuutta, mutta parhaaseen suorituskykyyn päästään vain, kun järjestelmää käsitellään kokonaisuutena. Järjestelmän järkevällä ohjauksella sekä lämpökuorman, virrankulutuksen ja kompressorin ottotehon pienentämisellä matkustamoa voidaan lämmittää tai jäähdyttää vain niin paljon ja usein, kun on riittävän matkustamon mukavuustason ja turvallisuuden kannalta välttämätöntä. Myös esim. eristyksellä ja lämpöä heijastavilla materiaaleilla voidaan pienentää lämpökuormaa ja jäähdytyksen tarvetta.

Taukotuuletuksella matkustamoon saadaan jatkuvasti raikasta ilmaa ja sisälämpötilaa voidaan laskea kesäolosuhteissa jopa 50 % verrattuna ajoneuvoon, jossa taukotuuletusta ei ole käytetty. Taukotuuletuksessa voidaan hyödyntää aurinkoenergiaa ajoneuvojen kattoluukun tai koko katon yhteyteen asennettavien aurinkokennojen avulla. Vastaavasti raskaalla kalustolla on tekniikoita, joilla voidaan vähentää vain ilmanvaihdon takia tarvittua tyhjäkäyntiä. Lisäksi on olemassa joukko vaihtoehtoisia järjestelmiä liittyen mm. kylmäaineeseen, jäähdytysmenetelmiin, lämmönvaihtimiin ja kuormatilojen jäähdytykseen. Näitä on tarkasteltu lähemmin diplomityössä.

5.5.3 Renkaiden tasapainotuksen ja paineen vaikutuksista energiankulutukseen ja liikenneturvallisuuteen

- Diplomityö: Timo Naskali: Renkaiden epätasapainon, ilmanpaineen ja muotovirheiden vaikutus raskaan kaluston energiankulutukseen, 2010

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää millaisia vaikutuksia renkaan epätasapainolla, ilmanpaineella ja muotovirheillä on raskaan kaluston energiankulutukseen. Samalla tarkasteltiin millaisia muita vaikutuksia kyseisillä renkaiden ominaisuuksilla on niin ajoneuvon kuin ympäristönkin kannalta. Asioita on tarkasteltu myös kustannusten ja kannattavuuden näkökulmasta.

Työn perustana on suurelta osin kirjallisuustutkimus kyseisistä asioista. Varsinaisia suoria tutkimuksia ei epätasapainon vaikutuksista energiankulutukseen löytynyt. Löydettyjen lähteiden perusteella keskeisten aiheiden ympärillä on markkinoilla monia erilaisia ratkaisuja, joten aiheeseen liittyyvä mainosmateri-

aalia tulee helposti vastaan. Kuitenkaan mainosväitteiden perustoiksi ei löytynyt merkittäviä selvitys- tai tutkimustuloksia.

Epätasapainon syynä on vanne tai rengas, mutta yleensä niitä tarkastellaan kokonaisuutena, pyöränä. Staattisessa epätasapainossa massa on epätasapainossa renkaan keskilinjalla ja se voidaan tasapainottaa vastapuolelle asennettavalla painolla. Dynaamisessa epätasapainossa epätasapaino on muualla kuin pyörän keskilinjalla ja painot pitää asetella ristikkäin eri puolille vannetta. Sallittu raja on 2000gcm (2000g epätasapaino 1cm etäisyydellä pyörintäakselin keskikohdasta). Liika valmistustarkkuus kuitenkin nostaa kustannuksia, koska elastisena materiaalina kumista on vaikea tehdä "täydellistä" rengasta. Lisäksi renkasiin voi jäädä asennuksen yhteydessä muotovirhettä ja uriin jää käytön aikana kiviä. Myös vanteisiin tulee epätasapainoa hitsausaumoista, venttiileistä ja liasta. Tasapainotus voidaan tehdä kiinteillä painoilla, irtokehällä tai irtomateriaalilla.

Suurimpia epätasapainon haittoja ovat virheellinen kuluminen, matkustusmukavuuden lasku ja ratin tärinä. Epätasapainolla ei juurikaan ole vaikutusta vierinvastukseen, kulutuksen nousuun tai alustarakenteiden heikkenemiseen. Esimerkiksi 250 g epätasapaino 52 cm säteellä 80 km/h nopeudessa aiheuttaa simuloinneissa kulutuslisän 0,000229 l/100km.

Rengaspaine on kompromissi eri ajotilanteiden välillä. Suuri paine nostaa rengasmelua ja tien kulumista, mutta pienentää vierinvastusta kovalla pinnalla. Vastaavasti matalammalla paineella saadaan suurempi tiekosketuksen pinta-ala ja pienempi vierinvastus pehmeällä pinnalla. Vyörenkailla paine ei vaikuta normaaliin kulumiseen, mutta kylläkin muihin ominaisuuksiin, kuten käyttöikään, epätasaiseen kulumiseen tai runkorakenteen vaurioitumiseen. Yleisesti raja rungon vaurioitumiselle on 20 % painevajaus. Lisäksi rengaspaineella on vaikutus liikenneturvallisuuteen. Rengaspaineen merkitys on tiedostettu, mutta eräessä tutkimuksessa todettiin 20 %:ssa renkaista olevan suosituspaineesta poikkeava rengaspaine, yleensä vajaapaineen suuntaan. Suhteellisesti eniten vajaapaineisia oli paripyörissä, joissa painevajaus on vaikea havaita. Haastattelun perusteella rengaspaineita arvioitiin yleensä vain silmämääräisesti.

Kulutusalien prosentuaalinen kasvu lisääntyy nopeuden noustessa. Erään tutkimuksen mukaan 3 bar paine-ero suosituspaineen läheisyydessä kasvattaa kulutusta jopa 2 %, mikä 60 tonnin yhdistelmässä tarkoittaisi ~3 l/100km, jos kaikki renkaat olisivat vajaapaineisia. 10 % vajaapaine lisää kulutusta 0,5 - 0,75 % ja 20 % vajaapaine 1 - 1,75 %. Tämän perusteella yhden renkaan 15 % vajaapaine lisää kulutusta 0,2 %, joka tarkoittaa 40 l/100km kulutuksella 0,08 l/100km.

Muotovirheitä voi syntyä renkaan ja vanteen valmistusprosessin aikana. Käytön aikana syntyvät muotovirheet luetaan yleensä kulumavirheiksi. Teräsvanneen mittatarkkuus heikkenee jännitysten poistumien ja pysyvien muodonmuutosten myötä, esim. säteisheitto siirtyy renkaaseen. Tämän vaikutusta voidaan pienentää asentamalla renkaan matalin kohta vanteen korkeimmalle kohdalle. Muotovirheen vaikutus on pitkälti sama kuin epätasapainossa. Ainoa suurempi ero on, että muotovirhe voi aiheuttaa iskunvaimentimen männänvarren kulumista ja muotovirhettä ei saa pois tasapainottamalla. Suurin sallittu säteisheiton "raja" premium-renkaissa on 1,5 mm etupyörillä ja 2 mm vetävillä pyörillä. Sivuttaisheitossa rajat ovat vastaavasti 2,0 - 2,2 mm ja 2,2- 2,5 mm. Kulutuspin-

nan muotovirhettä voi korjata hieman hiomalla, mutta muuten korjaaminen ei kannata.

Koottujen tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että renkaan epätasapainolla ei ole juurikaan vaikutusta energiankulutuksen kannalta. Muut ajoneuvon kulumista aiheuttavat vaikutukset jäävät myös melko pieniksi. Tulos johtuu suurelta osin siitä, että raskaassa kalustossa pyöränkuormat ovat niin suuria, ettei niihin aiheudu merkittävää vaihtelua epätasapainosta maantienopeuksillakaan. Tiehen aiheutuvat rasitukset kasvavat jonkin verran. Eniten vaikutusta on matkustusmukavuuteen ja ohjauspyörän värinöihin.

Löydettyjen tulosten perusteeksi on tehty vertailevia laskelmia, jotka tukevat tuloksia siitä, että epätasapainolla ei ole havaittavaa vaikutusta energiankulutuksen kannalta. Muotovirheistä aiheutuvat vaikutukset ovat paljolti epätasapainosta aiheutuvien kaltaisia, eikä useimmilla tavanomaista suuruusluokkaa olevilla virheillä ole kovinkaan suurta vaikutusta energiankulutukseen. Nokian Renkailla tehtiin epätasapainon ja säteisheiton vaikutuksia kartoittava mittaus, jonka tulokset ovat samassa linjassa edellisten arvioiden kanssa epätasapainon vähäisestä vaikutuksesta energiankulutukseen. Sen sijaan matkustusmukavuuteen useimmat muotovirheet ja erityisesti pyörän säteisheitto vaikuttavat. Muotovirheistä ja epätasapainosta aiheutuu pitkällä aikavälillä renkaan nopeampaa ja epätasaisempaa kulumista, joka nostaa rengaskustannuksia.

5.5.4 Auxliary power needs

- Raportti: Matti Juhala, Johannes Kankare, Mikko Laamanen: Katsaus ajoneuvojen oheisjärjestelmien energiankulutukseen ja –tuottamiseen, 2010

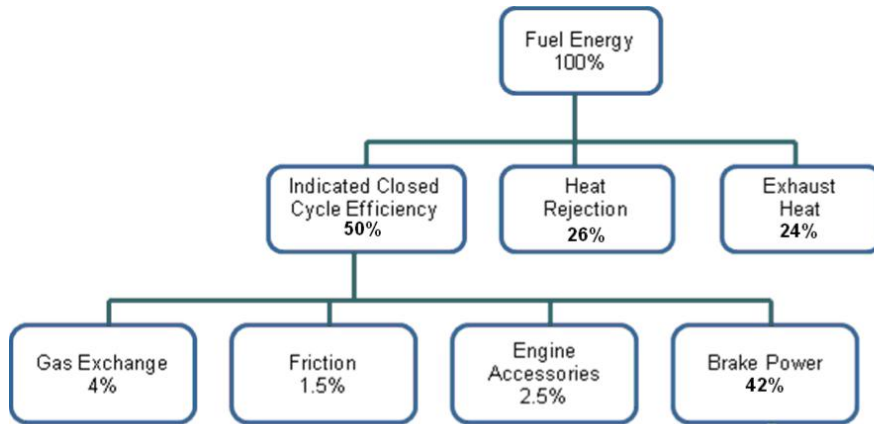
Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen tätä osatehtävää ei tehty diplomityönä, vaan tutkijatyönä Aalto-yliopiston henkilökunnan toimesta.

Työssä selvitettiin kolmea energian kannalta olennaista osaa ajoneuvoista – energiaa kuluttavia järjestelmiä, energiaa tuottavia järjestelmiä sekä pakokaasujen lämpöenergian hyödyntämistä. Kuvassa 5.25 on esitetty nykyaikaisen raskaan ajoneuvon moottorin energiatase. Lukuarvot ovat kuormituksen ym. vaikutuksesta johtuen vain suuntaa antavia, mutta niiden perusteella voidaan päätellä, minkälaisia mahdollisuuksia hyötysuhteen parantamiselle voisi löytyä. Merkittävimmät häviökohteet on jäähdytys ja pakokaasut. Näiden energian talteenotto voisi tuoda merkittävää parannusta.

Moottorin toiminnan kannalta tarpeellisten apulaitteiden optimointi voisi myös tarjota parannusmahdollisuuksia häviöiden edustaessa noin 2,5 % osuutta ajoneuvon kokonaisenergiankulutuksesta. Erityisesti apulaitteiden toiminnan sähköistäminen ja säätöominaisuuksien parantaminen on viimeaikoina ollut tutkimuksen kohteena.

Sähkökäyttöön siirtyminen vaikuttaa kahdella tavalla. Ensinnäkin on huomattava, että tällaisissa tapauksissa moottorista syntyvän mekaanisen energian muuntaminen sähköiseksi ja jälleen mekaaniseen tai hydrauliseen muotoon aiheuttaa muunnoshäviöitä. Tunnetustihan hammasvälityksen hyötysuhde on varsin korkea. Toisaalta sähköinen järjestelmä tarjoaa merkittävästi paremmat

säätömahdollisuudet, erityisesti mahdollisuuden laitteen lepuuttamiseen energiaa kuluttamatta silloin, kun käyttötarvetta ei ole. Sovelluksesta riippuen näin saatava säästö voi olla hyvinkin huomattava.



Kuva 5.25. Nykyaikaisen raskaan ajoneuvon moottorin energiatase.

Sähköinen voimansiirto mahdollistaa myös laitteiden, kuten jäähdytys- tai tuuletuspuhaltimien nopeuden säätämisen moottorin pyörintänopeudesta riippumattomalla tavalla. Näin jäähdytystehoa voidaan säätää syntyvän jäähdytystarpeen perusteella. Apulaitteiden käytön sähköistämisestä saatavat hyödyt korostuvat hybridiajoneuvojen yhteydessä. Sähköistyksen merkitys on suurempi, kun ajoneuvoa käytetään vaihtelevissa olosuhteissa joihin sisältyy myös merkittäviä joutokäyntijaksoja.

On arvioitu, että hybridiajoneuvoissa moottorin apulaitteiden sähkökäytöllä voitaisiin saavuttaa noin 3...5 % suuruinen säästö energian kulutuksessa. Eräässä tutkimuksessa 2 eri ajosyklillä todettiin apulaitteiden energiankulutukseksi 4,7...7,3 %. Tämä antaa käsityksen apulaitteiden uudelleen suunnittelun avulla mahdollisesti saavutettavasta energiansäästöstä. Käytännössäkin ainoastaan osa tästä kulutuksesta voidaan säästää.

Lämmönhallinnalla voi olla merkittävä vaikutus energiankulutukseen, päästöihin, luotettavuuteen ja turvallisuuteen. Hybridi- ja polttokennoajoneuvojen arvioidaan entisestään kasvattavan jäähdytystarvetta. HVAC-järjestelmien osalta yllä on tiivistys Mikko Laamasen diplomityöstä (kts. julkaisu yllä).

Mekaanisista apulaitteista, joista löytyy sähköisiä sovelluksia, tai joita voidaan tulevaisuudessa sähköistää, ovat mm. öljypumppu, ohjaustehostin, paineilman tuotto, alipaineen tuotto ja venttiilinohjaus. Sähköntarpeen lisääntymisen ja käynnistys/pysäytys toimintojen myötä perinteisestä käynnistimestä ollaan enenevässä määrin luopumassa. Se voidaan korvata järjestelyllä, jossa sama moottori toimii sekä käynnistimenä että generaattorina.

Viime aikoina polttokennot ovat saaneet varsin paljon julkisuutta. Hyvistä laboratorioissa saaduista tutkimustuloksista huolimatta järjestelmien kaupallistaminen on kohdannut monia ongelmia. Polttokennojen käyttökohteet ovatkin muuttuneet niin, että niiden käyttö apuvoimanlähteenä on noussut vahvemmin

mielenkiinnon kohteeksi. Tällöin vältetään liikkumiskäyttöön liittyviltä suurilta kuormanvaihteluilta ja käynnistyminenkin voidaan tehdä hitaammin.

Pyrkimys joutokäynnin vähentämiseen on johtanut myös perinteiseen diesel- tai ottomoottoriin perustuvien järjestelmien käyttöön. Tässä tarkoituksessa myös Wankel-moottori on varteenotettava vaihtoehto. Varsin uusi tulokas APU-järjestelmänä on pieneen kaasuturbiiniin perustuva generaattori. Niiden ajoneuvosovellukset ovat vielä kokeiluja. Pääasiallisena käyttökohteena ovat hajautetun lämmön ja sähkön tuoton sovellukset. Niiden arvioidaan kuitenkin yleistyvän myös hybridiajoneuvojen toimintasäteen laajennussovelluksissa.

Energiamuodonmuutoksiin liittyy aina enemmän tai vähemmän häviöitä. Ajoneuvoissa nämä häviöt ilmenevät yleensä lämpönä. Tunnettuahan on, että esimerkiksi polttomoottorin energiasta suurin osa häviää pakokaasujen ja jäähdytysjärjestelmän kautta. Parhaimmillaan polttomoottorin hyötysuhde voi olla jopa yli 50 %, mutta käytännössä hyötysuhde kevyellä kuormituksella toimittaessa on vain muutamia prosentteja. Tästä johtuu mielenkiinto pakokaasujen ja jäähdytysjärjestelmän sisältämän energian hyödyntämiseen.

Hybriditeknologian myötä tarve moottorin lämmön lyhytaikaiseen varastointiin on noussut uudestaan esille. Hybridijärjestelmille on ominaista, että polttomoottori sammutetaan usein varsin lyhyeksi ajaksi joko sähköllä ajettaessa tai liikennetilanteen aiheuttaman seisahduksen ajaksi. Tällöin moottorin uudelleen käynnistämisen varmistaminen ja päästöjen hallitseminen hyötyisivät lämpöenergian lyhytaikaisesta varastoinnista. Raportissa on käyty läpi eri työprosesseja ja niiden eroavaisuuksia.

Käytettäessä mekaanista tehoturbiinia ahdettu moottori sinällään säilyy muuttumattomana. Pakojärjestelmään lisätään imuilmaa ahtavan turbiinin jälkeen toinen turbiini, joka hyödyntää pakokaasuissa jäljellä olevaa energiaa. Turbiini on hammasvälityksellä kytketty auton voimansiirtoakselille. Kirjallisuudesta löytyvät tiedot tehoturbiinin tuottamasta energiankulutuksen pienenemisestä vaihtelevat suuruusluokassa 2,5 - 5 %. Ricardon arvion hyöty jää luokkaan 1,5 %. Mekaanisen tehoturbiinin kustannus on suuruusluokkaa 5 - 10 % voimansiirron kokonaiskustannuksesta. Sähköinen tehoturbiini muistuttaa mekaanista tehoturbiinia lukuun ottamatta sitä, että turbiini käyttää sähköä tuottavaa generaattoria. Järjestelmällä väitetään saavutettavan jopa 10 % energiasäästöä. Ricardon arvion mukaan todelliset säästöt olisivat luokkaa 3 %. Sähköisen tehoturbiinin kustannuksista Ricardo arvioi niiden olevan suuruusluokkaa 22 - 42 % voimansiirron kustannuksista. Tämä johtuu osittain pakokaasupäästöjen säätelyn monimutkaistumisesta.

Pakokaasujen jäännösenergiasta suuri osa on lämpöenergian muodossa. Tämä on kohdistanut tutkijoiden mielenkiinnon erilaisiin termosähköisiin ratkaisuihin, joilla pyritään tuottamaan sähköenergiaa suoraan lämmöstä.

Ricardo arvioi Seebeck-ilmioon perustuvien termosähköisten muuntimien energiansäästömahdollisuudeksi 2 %. Järjestelmät ovat edelleen tutkimuksen alkuvaiheessa ja niiden menestyminen riippuu voimakkaasti materiaalien kehittymisestä. Seebeck-ilmion lisäksi tutkimuksen kohteena ovat Litium-hybridikennot, lämpö-valosähköinen ilmiö (termal emitter + valokenno) ja terminen tunnelointi / lämpöioninen emissio. Autovalmistajista ainakin BMW

ja Volkswagen ovat kehittäneet Seebeck-ilmiöön perustuvia termosähköisiä muuntimia pakokaasujen energian talteen ottamiseksi. BMW:n prototyypin kerrotaan tuottavan 200 W ja Volkswagenin 600 W moottoritieajossa. BMW on arvellut, että ensimmäiset laitteella varustetut ajoneuvot saattaisivat tulla markkinoille vuonna 2014. Paitsi lämpöenergian talteenottoa, lämpösähköisiä ilmiöitä ja stirling-prosessia voidaan hyödyntää myös vaikkapa lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Esimerkkinä termosähköinen lämpöpumppu penkinjäähdytyksessä.

Energiankäytön kannalta kehittynyt säätötekniikka tarjoaa mahdollisuuksia energiankulutuksen ja tehon optimointiin. Tällä alueella kehitystyö on vasta aluillaan vaikka markkinoilta löytyy jo sovelluksia, joissa energiaa säännöstellään kokonaisuutta silmälläpitäen. Alkuvaiheen järjestelmät olivat yksinkertaisia. Niissä moottorin kuormittuessa tilapäisesti tavanomaista enemmän pienennettiin hetkellisesti sähköistä kuormaa kytkemällä vaikkapa penkin tai takalasin lämmitys pois toiminnasta.

Hybridiajoneuvojen myötä ja sähköisen kuormituksen lisääntyessä järjestelmien merkitys on kasvanut. Energiavirtojen hallinta ja sääntely tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia, mutta toisaalta järjestelmien, olosuhteiden ja käyttötapojen kompleksisuus asettaa suuria haasteita energianhallintajärjestelmien suunnittelulle. Erityisesti silloin, kun pyritään säätelemään samanaikaisesti mekaanista-, kemiallista-, sähkö- ja lämpöenergiaa.

Tehdyn selvityksen mukaan on nähtävissä, että tutkimusaktiviteetti oheisjärjestelmien energian kulutuksen ja tuoton alueella on kasvanut. Monia tuotteita ja ratkaisuja on jo kaupallisesti saatavilla, vaikkakin niiden kehitystyö jatkuu.

Erityinen mielenkiinto kohdistuu hukkalämmön toisaalta vähentämiseen hyötysuhteita parantamalla ja toisaalta hyödyntämiseen lämmityksen ohella myös erilaisissa toisiojärjestelmissä.

Arvioiden mukaan näiden järjestelmien kehittäminen tarjoaa useiden kymmenien prosenttien säästöpotentiaalin, vaikkakin järjestelmien monimutkaistumisen myötä kohoavat valmistus ja huoltokustannukset syövät osan saavutettavista hyödyistä.

5.5.5 Vuoden 2011 suunnitelmat

Huhtikuun alussa aloittaa uusi diplomityöntekijä aiheenaan Linja-autokaluston optimointi ja kohdennus, työn valmistumisaikataulu on lokakuun lopussa. Lisäksi yksi tutkimusaihe tehdään tutkijatyönä diplomityön sijaan.

5.6 Raskaiden ajoneuvojen elinkaaren hallinta

Hankekoodi	1.6
Vastuutaho	Turun ammattikorkeakoulu
Raportointi	Rami Wahlsten

5.6.1 Johdanto

Ajoneuvojen teknisen kunnan ylläpitäminen on osa elinkaaren hallintaa, ja sillä on myös suora yhteys liikenneturvallisuuteen. Teknisen kunnan varmistamiseksi katsastustoiminnalla on merkittävä rooli. Tutkimushankkeen tavoitteena on kehittää raskaiden ajoneuvojen jarrujen katsastusmenetelmiä siten, että saadaan nykyistä luotettavampi kuva niiden teknisestä kunnosta entistä kustannustehokkaammin. TransEcoassa katsastustoimintaan ja erityisesti jarruihin liittyy tutkimusta tehdään TraFin toivomuksesta ja TraFin rahoituksella.

Nykyisin käytössä olevien menetelmien tarkkuudessa on toivomisen varaa, koska eri valmistajien laitteilla tehdyt jarrutarkastukset samalle autoyksilölle saattavat antaa tuloksia, jotka poikkeavat toisistaan runsaastikin..

Erytishuomio asetetaan sähköisesti ohjattujen paineilmajarrujen tarkastusmenettelyyn. Tavoitteena on laatia suositus raskaiden ajoneuvojen katsastusmenettelyn uusista käytännöistä, joissa erityishuomio on asetettu jarrutarkastukseen. Kehitettyjä uusia käytäntöjä voidaan esitellä myös muille Pohjoismaille mahdolliseen yhdenmukaiseen menettelyyn siirtymistä varten.

5.6.2 Vuoden 2010 työt

Ruotsin ja Norjan jarrutarkastusten selvittäminen

Ruotsissa ja Norjassa käytettäviä testausmenetelmiä selvitettiin kirjallisen materiaalin ja käytettävissä olleiden tutkimusraporttien pohjalta. Vuonna 2004 tehdyssä tutkimuksessa, jossa tutkittiin raskaiden ajoneuvojen jarrutarkastuksia Ruotsissa, oli käytössä niin sanottu yhden pisteen tarkastusmenetelmä. Myöhemmin kuitenkin Ruotsissa on luotettavuuden parantamiseksi siirrytty käyttämään kahden pisteen mittausmenetelmää. Ruotsissa ei päädytty Suomessa käytettävään pienimmän neliösumman menetelmään, koska kahden pisteen menetelmän vaatimien laitteiden hankintakustannukset ovat edullisemmat.

Mittausmenetelmissä ja arviointikriteereissä on maiden välillä eroavaisuuksia, merkittävin ero on kuitenkin käytetyissä laskentamenetelmissä. Eri laskentamenetelmillä jarrudynamometrillä saatuja hidastuvuuksia verrattiin 2004 tehdyssä tutkimuksessa tiehidastuvuusmittauksissa saatuihin hidastuvuuksiin. Jarrudynamometrillä laskennallisesti saadut hidastuvuudet olivat suurempia kuin tiehidastuvuusmittauksissa.

Tutkimuksessa oli selvitetty myös lämpötilan vaikutusta jarrujen suorituskykyyn. Lämpötilan vaikutusta tarkasteltiin tiehidastuvuusmittauksen yhteydessä:

saavutettava hidastuvuus kasvoi jarrujen lämpötilan noustessa. Lämpötilan ollessa välillä 60 - 95 °C saavutettu hidastuvuus pysyi lähes vakiona. Lämpötilan edelleen noustessa hidastuvuus alkoi laskea.

Tienvarsitarkastusten tilastojen käsittely

Tievarsitarkastukseen liittyen tutkittiin tausta-aineistona Ajoneuvohallintokeskuksen 2007 julkaisemaa raporttia tienvarsitarkastusten vaikuttavuudesta ja Ajoneuvohallintokeskuksen 2009 julkaisemaa raportti Raskaiden ajoneuvojen kunnon ja kuorman vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen. Jo viime vuonna saadut tulokset jarrujärjestelmissä olevista vioista vahvistuivat näiden raporttien perusteella. Jarrujärjestelmävikoja osoittautui olevan noin 15 %:ssa autoista.

Vuonna 2009 tehdyssä tutkimuksessa oli haastateltu myös kuljettajia. Haastateluissa kuljettajat ovat korostaneet jarrujen kunnon merkitystä, sillä jarruvikojen havaitseminen on kuljettajalle vaikeaa etenkin hyvissä olosuhteissa ajattaessa. Ajosuoritteiden ja tilastojen perusteella raportissa ehdotetaan kolme vuotta vanhemmille raskaille ajoneuvoille vuosikatsastusten välissä kevyempää tarkastusta, jossa tarkastettaisiin jarrujärjestelmän kunto.

Katsastuksen tilastojen käsittely

Katsastukseen liittyvää tilastotietoa selvitettiin A-katsastuksen ja K1-Katsastajien vikatilastojen pohjalta. Vuoden 2009 em. kahden katsastusketjun yhteenlasketuissa tilastoissa oli kaikkiaan 87300 raskaan ajoneuvon katsastusta.

Vikatilastoissa käsitellään suhteellisen yksityiskohtaisesti katsastuksen yhteydessä eri komponenteissa havaittuja vikoja. Kaikkiaan em. 87300:ssa raskaassa ajoneuvossa oli havaittu 23180 jarrujärjestelmään liittyvää vikaa.

Sähköisesti ohjattuihin jarrujärjestelmiin liittyviä vikatapauksia oli koko aineistossa vain 17 kpl, joista 11 kpl oli merkkivalon ilmaisemia vikoja ja 6 kpl oli EBS-modulaattoriventtiilin vikoja. Sähköjarruihin liittyviä vikatyyppejä esiintyi siis vain kahta erilaista.

Sähköjarrujärjestelmä saattaa olla osallisena muihinkin vikoihin, mutta sitä ei katsastustilastojen perusteella pystytä osoittamaan. Myös vikojen erilaiset kirjaamismenetelmät saattavat vaikuttaa tilastoista saataviin tuloksiin. Esimerkiksi EBS-modulaattoriventtiilin vika saattaa olla joko mekaaninen, sähköinen tai sen kiinnitys voi olla puutteellinen.

Huoltohistoriatietojen selvittäminen

Huoltohistoriatietoja selvitettiin Schenker Gargo Oy:n Turun kaluston huolto-raporttien perusteella. Erityisesti keskityttiin sähköisesti ohjattuihin jarrujärjestelmiin ja niissä havaittuihin vikoihin. Saimme käyttöömme 75 ajoneuvon huolto-raportit kymmenen vuoden ajalta. Huolto-raporttien perusteella erilaisia jarrujärjestelmiin liittyviä sähkövikoja oli 34 % kaikista vioista. Tyypillisin havaittu sähkövika oli ABS/EBS-pistoke vika (68 % kaikista sähkövioista). Myös

kaikista jarrujärjestelmiin liittyvistä vioista ABS/EBS-pistoke oli yleisin (30 %).

Ajoneuvojen huoltojen ajankohtaa verrattiin myös niille suoritettuihin määräaikaikatsastuksiin. Tällä pyrittiin selvittämään, onko auto jouduttu viemään jarruvian takia korjaamolle pian katsastuksen jälkeen, jolloin jarrut todennäköisesti olisivat olleet vialliset jo autoa katsastettaessa. Tällaisia tapauksia ei juurikaan havaittu.

Huoltohistorian perusteella tietojen saaminen jarrukorjauksista osoittautui haasteelliseksi, koska korjaustiedot olivat tallennettuna korjaamo-ohjelmistoihin kaikkien muiden huolto- ja korjaustoimenpiteiden kanssa. Eri nimikkeillä kirjattujen jarrukorjausten poimiminen erilleen osoittautui varsin työlääksi tässäkin mittakaavassa.

Korjaamohaastattelut

Jarrukorjauksia suorittavien korjaamoiden haastatteluilla pyrittiin selvittämään korjaamojen näkemyksiä nykyisistä tarkastusmenetelmistä. Haastatteluja suoritettiin Turun alueella toimivissa jarrukorjaamoissa. Lähinnä pyrittiin keskittymään sähköisesti ohjattuihin jarrujärjestelmiin.

Haastatteluissa ilmeni, että korjaamojen ja katsastusasemien tarkastusten tulokset olivat pääsääntöisesti yhteneviä. Joitakin vikoja oli havaittu korjaamalla, joita katsastuksessa ei oltu pystytty havaitsemaan. Esimerkiksi jousipalkeen painetunnistimen lähettämää väärää painetietoa ei katsastuksessa pystytty havaitsemaan. Vika on havaittavissa vasta järjestelmätesterin avulla.

Kyselyssä tiedusteltiin myös tarkastusvälin tihentämisestä. Tähän kysymykseen kaikki vastasivat nykyisen välin olevan sopiva. Keskusteluissa ilmeni myös yhden korjaamon asiakkaiden siirtyminen puolivuotistarkastuksista keran vuodessa tehtäviin tarkastuksiin.

Schenker Cargo Oy kuljettajakysely

Kysely toteutettiin autoinsinöörin opinnäytetyön yhteydessä. Tarkoituksena oli tutkia raskaan kaluston jarrujärjestelmän ongelmakohtia ja ongelmien laatua. Tarkoituksena oli myös selvittää, miten ongelmatilanteissa kuljetusyriyksessä on toimittu ja miten ne on ratkaistu. Lähtökohtana työlle oli ammattikuljettajille tehty kyselytutkimus.

Kyselyssä kerättiin kuljettajilta tietoa ja näkemyksiä raskaan kaluston jarrujärjestelmän toimivuudesta. Samalla kyseltiin mielipiteitä tienvarsitarkastuksista ja raskaan kaluston katsastuksista.

Ajotietokoneen ilmoittaman vian oli havainnut vuoden aikana lähes puolet kuljettajista. Vetoauton ja perävaunun jarrujen välisen epätasapainon oli havainnut yli puolet kuljettajista. Tyypillisin kuljettajien havaitsema yksittäinen vika oli perävaunun ja auton välinen sähkökytkentä. Yli puolet kuljettajista oli sitä mieltä, että tienvarsitarkastuksia oli riittävästi. Kaikki vastaajat pitivät katsastustiheyttä riittävänä ja 95 % piti katsastusta riittävän laajana.

Uuden katsastusdirektiivin vaikutus toimintaan

Uusi katsastusdirektiivi on annettu 5. päivänä heinäkuuta 2010. Katsastusdirektiivi tulee pääosiltaan voimaan 31. päivänä joulukuuta 2011. Direktiivissä on uutena vaatimuksena tiehidastuvuusmittauksen suorittaminen, ellei ajoneuvoa pystytä tarkastamaan perinteisellä jarrudynamometrillä. Tämä edellyttää hidastuvuusmittalaitteen hankintaa tarkastuksia suorittaville katsastustoimipaikoille.

5.7 Asiakaskohtainen kuljetusten päästöjen mittaaminen ja raportointi & energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi

Hankekoodi	1.7
Vastuutaho	Tampereen teknillinen yliopisto
Raportointi	Heikki Liimatainen

Alkuperäiseen tutkimussuunnitelmaan oli kirjattu kaksi osatehtävää, ”Asiakaskohtainen kuljetusten päästöjen mittaaminen ja raportointi” sekä ”Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi”. Ensin mainitussa osatehtävässä tavoitteena oli toteuttaa tarkan polttoaineenkulutuksen mittaamisen mahdollistavat toimintaprosessit ja tekniset järjestelmät Transpoint Oy:n käyttöön. Jälkimmäisen tehtävän tavoitteena oli luoda määrittelyt energiatehokkuustoimenpiteiden arviointimallille.

Tämä osatehtäväkokonaisuus toteutettiin VTT:n HDENIQ-projektin liitännäisenä, ja tästä syystä se kirjattiin kuuluvaksi ajoneuvotutkimuksen lohkokon, vaikka se yhtä hyvin voitaisiin katsoa liittyväksi järjestelmätutkimukseen.

Kokonaisuudesta valmistui loppuraportti jo syksyllä 2010:

- Heikki Liimatainen: Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi. Tampereen teknillinen yliopisto. Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos. Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 77. Tampere 2010.
(<http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201011151365>,
<http://www.transec.fi/files/259/TTY-Kuljetusalan.energiatehokkuuden.raportointi.ja.arviointi.pdf>)

Lisäksi aiheesta tehtiin konferenssiesitelmä:

- Liimatainen, H. 2010. Shippers' Views on Environmental Reporting of Logistics and Implications for Logistics Service Providers. Logistics Research Network 2010 Proceedings. September 8-10, Harrogate, United Kingdom. 7 p.

Tutkimuksen tuloksena määritettiin tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen tavoite yhtenä energiatehokkuuden lukuarvona ensimmäistä kertaa. Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointiin esitellään raportissa ylhäältä-alas- ja alhaalta-ylös -menetelmät ja näihin liittyvät tietolähteet. Energiatehokkuuden raportointiin ja vaikutusten arviointiin yritystasolla liittyviä seikkoja havainnollistetaan laskentaesimerkin avulla.

Ympäristöasiat, erityisesti energiatehokkuuden parantaminen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen, tulevat jatkuvasti tärkeämmiksi yhteiskunnallisiksi tavoitteiksi. Kehitys näkyy myös kuljetusalalla konkreettisimmin Tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen muodossa. Sopimus on sinällään vahva viesti kuljetusalalle energiatehokkuuden parantamisen tarpeesta,

mutta sopimuksen toimeenpanossa ja seurannassa on ratkaistavana suuria kysymyksiä. Suurimmat näistä ovat yritysten motivointi sopimukseen liittymiseksi ja energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten todentaminen niin yrityskuin kansallisellakin tasolla. Nämä kysymykset liittyvät kiinteästi toisiinsa, sillä yrityksiä voisi motivoida liittymään sopimukseen, mikäli sopimuksen valtakunnallinen seurantatyökalu tarjoaisi välineitä energiatehokkuuden kehittämiseen yrityksen päivittäisessä toiminnassa.

Päivittäisen energiatehokkuustoiminnan tukemiseksi ja energiatehokkuustiedon laadun parantamiseksi työkalun pitäisi mahdollistaa matkakohtaisten energiankulutus ja lastitietojen käsittely. Matkakohtaiset tiedot mahdollistaisivat työkalun käyttämisen myös nykyisen Tiekuljetusten tavarankuljetustilaston tietojen täydentäjänä tai jopa korvaajana. Työkalu voisi korvata yritysten omia kalustonhallinnan järjestelmiä, mikäli sillä olisi suora liittymä Trafim ajoneuvorekisteriin. Työkalun pitäisi myös mahdollistaa helppo tiedonsiirto yritysten omien järjestelmien kanssa. Suomen pienyritysvaltaisessa kuljetuskentässä suurimmalla osalla yrityksistä ei kuitenkaan ole omia järjestelmiä, joten valtakunnallisella työkalulla voisi olla aidosti lisäarvoa yritysten toimintaan. Yhtenä lisäarvon lähteenä kaikille yrityksille työkalu voisi myös tarjota kertomuksia energiatehokkuuden parhaista käytännöistä ja puolueetonta tutkimustietoa tehostamistoimenpiteiden vaikutuksista. Tällaista tietoa on tuotettu runsaasti Suomessa HDenergia-, RASTU- ja TransEco-tutkimusohjelmissa, mutta tiedon jakaminen ja toimenpiteiden jalkauttaminen yrityskenälle on koettu vaikeaksi.

Ilman toimivaa seurantatyökalua energiatehokkuussopimuksen seuranta on vaikeaa. Tämä on käynyt hyvin ilmi sopimuksen kahden ensimmäisen toimintavuoden aikana. Eräs esimerkki tästä on, että sopimuksen tavoite määritettiin yhtenä lukuna (3,57 tkm/kWh) ensimmäistä kertaa tässä raportissa. Määrittely myötä havaittiin ongelmia käytettävissä tilastoissa ja itse tavoitteen asettelu sanamuodoissa, joiden myötä energiatehokkuustavoitteesta ollaan tällä hetkellä kauempana kuin sopimustekstistä voisi päätellä.

Määrittelyihin liittyvät ongelmat vaikeuttavat energiatehokkuustyötä myös yritystasolla. Tehdyssä kyselyssä havaittiin, että kuljetusyritysten ympäristöraportoinnille on olemassa selkeä tarve kuljetusasiakkaiden keskuudessa. Tähän tarpeeseen vastaamiseksi kuitenkin tarvitaan selkeitä pelisääntöjä esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen asiakaskohtaiseen laskentaan kuljetustehtävissä. Työ näiden pelisääntöjen määrittelemiseksi aloitettiin tässä tutkimuksessa, mutta niin pelisääntöjen vakiinnuttamiseksi kuin muiden yllä mainittujen energiatehokkuutta parantavien toimien jalkauttamiseksi tarvitaan runsaasti kiinteää yhteistyötä alan viranomaisten, liittojen, tutkimuslaitosten ja yritysten kesken tutkimuksen ja koulutuksen saralla.

Osatehtäväkokonaisuus päättyi vuoden 2010 puolella, ja tutkimus jatkuu uudella hankkeella (kts. 7.6).

5.8 eStorage – sähköajoneuvojen energiavarastot: tutkimusympäristön vaatimusten määrittely

Hankekoodi	1.8
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Mikko Pihlatie

5.8.1 Tausta ja tehtävänanto

Kansainvälinen tilanne liittyen sähkön varastointiin, akkuteknologiaan ja sähköajoneuvoihin kehittyy nopeasti. Akkuteknologian kehitys on mahdollistanut sähköautojen uuden tulemisen: suuret autonvalmistajat ovat jo tuoneet tai lähiaikoina tuomassa markkinoille hybridi- tai sähköautoja. Monet työkonvalmistajat ovat esitelleet suunnitelmia erityyppisten työkonoiden sähköistämiseksi. Suuri osa tästä kehityksestä pohjautuu litium-ioniakkujen viimeaikaiseen kehitykseen yhdistettynä liikennepolttoaineiden hintakehitykseen. Vaikka Li-ioniakkujen suorituskyvyn kehitys on ollut melko hidasta, on materiaali- ja valmistustekniikan kehityksen myötä sähköajoneuvojen massavalmistus lähdössä nopeasti käyntiin. Litiumioniakkujen massavalmistukseen ollaan parhailaan tekemässä merkittäviä lisäinvestointeja sekä Aasiassa, Pohjois-Amerikassa että Euroopassa.

Ajoneuvojen sähköistämisen tuomiin teknologisiin ja liiketoimintamahdollisuuksiin liittyy epävarmuuksia ja riskejä – tulevan kehityksen arviointi on vaikeaa ja kehitystä voi olla vaikea mitata. Perinteisten fossiilisten moottoripolttoaineiden odotettava hintakehitys tulee kuitenkin varmistamaan hybridisoitujen ja sähköistettyjen ajoneuvojen kiinnostavuuden. Kansainvälisellä tasolla teknologia kehittyy joka tapauksessa nopeasti ja kehityksessä mukana pysyminen edellyttää suomalaisen osaamis pohjan nopeaa laajentamista. Tähän osaltaan tähtää Tekesin EVE – Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät –ohjelma 2011–2015, jossa ensi vaiheessa keskitytään testi ympäristöjen luomiseen.

Suomalaisella teollisuudella on merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia sähköisiin ajoneuvoihin ja niiden järjestelmiin liittyen. Suomesta löytyy sekä autojen, työkonoiden että akkuteknologian valmistavaa teollisuutta. Lisäksi Suomessa on maailmanlaajuisestikin merkittävää osaamista sähköajoneuvojen järjestelmien osakomponenttien osalta, esim. tehoelektronikan komponenteissa. Suomalainen lohkolämmittimen pistorasioiden valmis verkosto voi edesauttaa ladattavien hybridi-autojen käyttöönottoa. Uuden teknologian kehityksessä ja kaupallistamisvaiheessa keskeiseksi kilpailutekijäksi voi nousta tutkimus- ja kehitystoimintaan tarvittavien testi ympäristöjen olemassaolo. Räätelöityä ja kallista tutkimuslaitekantaa ei ole järkevää hankkia kutakin hanketta varten tai jokaisen toimijan toimesta erikseen, vaan parempaan tehokkuuteen päästään yhdistämällä resursseja tutkimusympäristöihin. Tärkeä komponentti kaikissa sähköajoneuvoissa on sähköinen energiavarasto – riippumatta sähköistyksen tai hybridisoinnin toteutustavasta, sähköenergialla toteutetaan osa voimalinjasta tai ajoneuvon toiminnallisuudesta. Teollisuuden ja sähköajoneuvojen käyttäjien keskeisiä kysymyksiä ovat energiavarastojen kohdalla elinikä, luotettavuus, turvallisuus sekä varaston kapasiteetti ja muut sähköiset ominaisuudet. Näiden määrittäminen ja soveltaminen on tutkimuksellinen haaste. Teknisenä haaste-

na tässä työssä ovat autojen ja työkoneiden voimakkaasti toisistaan eroavat elinikävaatimukset, käyttösyklit, käyttöajat sekä ympäristöolosuhteiden vaikutusten huomioon ottaminen.

Projektin eStorage puitteissa tehtävä selvitystyö liittyy sähköajoneuvojen energiavarastoihin liittyviin tutkimustarpeisiin. VTT:n ja Aalto-yliopiston yhteisprojektissa eSTORAGE on aikavälillä 1.3.2010 – 31.5.2011 määritetään sähköisiin energiavarastoihin erityisesti ajoneuvo- ja työkonesovelluksissa liittyviä tutkimustarpeita. Käsitteellä sähköajoneuvo ymmärretään tässä yhteydessä sekä autot, raskas liikenne että työkoneet. Näihin eri alakategorioihin kuuluvat ajoneuvot ymmärretään laajasti, sisältäen eri kokoluokkien osa- ja täyssähköiset sovellukset, mukaan lukien hybridiratkaisut sekä maalla että vedessä. Edelleen, sähköiset energiavarastot voivat koostua paitsi akuista, myös superkondensaattoreista tai polttokennoista tai näiden yhdistelmistä (hybridivarastot).

eSTORAGE:n keskeisenä tausta-ajatuksena on mahdollistaa ja määritellä verkottunut kansallinen tutkimusympäristö, joka luo edellytykset tutkimusta ja kehitystä tukevalle tutkimukselle, toimeksiannoille ja eri osapuolten yhteisprojekteille. Samalla voidaan vahvistaa myös kansainvälistä tutkimusyhteistyötä.

5.8.2 Kyselytutkimus

Projektissa toteutettiin vuoden 2010 aikana tekninen kysely, jonka kysymyksenasettelu oli tehty melko yksityiskohtaiseksi ja siinä pyrittiin pureutumaan riittävällä tarkkuudella tuotekehitystä tukevan tutkimus- ja testaustoiminnan tarpeisiin. Kartoituksen kohteena olivat seuraavat aihepiirit:

1. Kokonaisten sähköajoneuvojen kehitys ja testaus
2. Erillisten energiavarastojen (akut, akustot, superkond.) tutkimus
3. Akkutyypit ja -materiaalit, valmistustekniikka ja sähkökemiat
4. Energiavarastojen osakomponenttien ja aihepiiriä tukeva tutkimus
5. Energiavarastoihin ja sähköajoneuvoihin liittyvä standardointityö
6. Stationääriset sähkövarastot

Kysely toteutettiin sähköisesti verkossa tapahtuvana tutkimuksena, kyselyn sisältönä oli asteikko-, monivalinta- ja avoimia kysymyksiä. Kysely lähetettiin laajalla jakelulla yli sadalle vastaanottajalle. Vastauksia saatiin kaikkiaan 35 kpl, nämä jakautuivat 30 eri organisaatioon jaoteltuna seuraavasti: yritykset 19 kpl, tutkimuslaitokset/yliopistot/ammattikorkeakoulut 12 kpl ja etujärjestöt/yhdistykset 4 kpl. Kyselyä täydentäviä vierailukäyntejä tehtiin 9 kpl ja lisäksi puhelinhaastatteluita.

Tarkasteltaessa kyselyn tuloksia on hyvä huomata, että kyselyn otos ei ole täysin kattava kuvaamaan Suomen sähköajoneuvojen ja energiavarastojen tutkimushankkeista kokonaisuutena. Samalla kuitenkin vastausten laajuus ja niiden painottuminen sähköajoneuvoalan yrityksiin on riittävä antamaan suhteellisen

luotettava kuvan ajankohtaisesta tilanteesta. Kyselyn tulokset raportoidaan yksityiskohtaisesti keväällä 2011 julkaistavassa raportissa.

5.8.3 Tutkimusympäristön perustaminen

Projektin selvitys- ja tutkimustyön pohjalta ehdotettavan sähköajoneuvojen ja niiden energiavarastojen testiympäristön ja osaamiskeskittymän potentiaali on suomalaisen ajoneuvo- ja työkoneteollisuuden tarvitseminen uusien osaajien kouluttaminen, uusien tuotteiden mahdollistaminen sekä komponenttiteollisuuden toimintaedellytysten parantaminen. Suomessa on perinteisesti ollut korkea sähkötekniistä osaamista ja nyt on tarve laajentaa tuota osaamista energiavarastoja hyödyntävien korkeatehoisten, liikkuviin ajoneuvoihin tarkoitettujen ratkaisujen suuntaan.

eStorage:n työn pohjalta on jo jätetty aihakemus Tekesin ”Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät” eli EVE-ohjelman hakuun 31.3.2011 sähköajoneuvojen energiavarastojen testiympäristön perustamiseksi. Ehdotettavan testiympäristön perustajakonsortion muodostavat VTT, Aalto-yliopisto ja Metropolia ammattikorkeakoulu.



6 Polttoainetutkimus

6.1 RE85-polttoaineen optimointi Suomen käyttöolosuhteisiin

Hankekoodi	2.1
Vastuutaho	VTT yhteistyössä St1:n kanssa
Raportointi	Juhani Laurikko
Yrityskontakti	Jari Suominen/St1

6.1.1 Johdanto

St1 käynnisti huhtikuussa 2009 kaksivuotisen korkeaseosteisen etanolipolttoaineen kenttäkokeen yhdessä eräiden automaahantuojiin (Ford, Volvo, Saab) ja muiden autoalan toimijoiden kanssa. Polttoaineen jakelu tapahtuu seitsemältä asemalta pääkaupunkiseudulla, Ne ovat Espoossa Kilo ja Suomenoja, Vantaalla Petikko ja lentoasema, sekä Helsingissä Mäkkylä, Vallila ja Herttoniemi.

Tuotteessa on noin 70 % bioetanolia, jota St1 valmistaa suomalaisesta elintarviketeollisuuden biojätteestä Etanolix[®] konseptillaan. Valtiovaranministeriö on myöntänyt kokeiluhankkeessa käytettävälle polttoaineelle verohuojennuksen.

VTT:n tehtävä on tukea St1:n kokeiluhanketta sekä FFV-tekniikan optimoinnissa kylmään ilmastoon siihen liittyvine mittauksineen ja analyysineen.

FFV ajoneuvot voivat käyttää polttoaineena korkeaseosteista etanolipolttoainetta (E85), bensiiniä sellaisenaan, tai mitä tahansa näiden polttoaineiden seosta. E85-polttoaineessa on etanolia nimellisesti maksimissaan 85 %. Käytännössä talvella etanolin osuus on pienempi, kuitenkin vähintään 70 – 75 %. Sallittu alaraja on valmisteilla olevassa E85-standardissa (CEN/TS 15293 luonnos, prEN 15293) on vielä neuvottelujen kohde. E85-polttoaineessa hiilivetykomponenttia tarvitaan sekä parantamaan kylmäkäynnistyvyyttä että lisäämään paloturvallisuutta. Paloturvallisuus parantuu koska hiilivetylisäys muuttaa puhtaan etanolin lähes näkymättömän palamisliekin kellertäväksi ja näkyväksi. Lisäksi hiilivetylisäys nostaa polttoainesäiliöiden ilmatilassa olevan seoksen höyrynpainetta niin, että seos useimmissa tilanteissa muuttuu ylikylläiseksi ja syttymiskelvottomaksi.

Niin sanotussa “normi-E85” -polttoaineessa hiilivetykomponenttina käytetään tavallisesti kauppalaatuista bensiiniä. Tavallinen bensiini ei kuitenkaan riitä takamaan optimaalista toimivuutta kylmissä olosuhteissa. Esimerkiksi Ruotsin Vägverket on saanut teettämässään mittauksissa tuloksia, joiden mukaan kylmäkäytössä esiintyy korkeita etanoli ja aldehidipitoisuuksia.

6.1.2 Tavoitteet

Hankkeen tutkimuksellisenä perusajatuksena on polttoaineen optimointi kylmäkäyttöä ajatellen korvaamalla tavallinen bensiini esim. butaanin, pentaanin ja ETBE:n seoksilla. Optimaalinen polttoaine voi olla erilainen eri vuodenaikoina, ja siksi välipitoisuuksien käyttötarve talviaikana ja vaikutukset polttoainejakeluun ovat myös tarkastelun kohteena.

6.1.3 Tulokset

Hankkeessa on tehty 2010 loppuun mennessä yli 100 pakokaasukoetta VTT:n jäädytetyssä henkilöautojen pakokaasulaboratoriossa eri lämpötiloissa. Mitattavia suureita ovat olleet:

- säännellyt pakokaasupäästöt
- sääntelemättömät päästöt (etanoli, asetaldehydi, formaldehydi)
- polttoaineen kulutus
- käynnistyvyysraja
- ajettavuus/käynnin tasaisuus

Testeissä on käytetty kolmea eri FFVautoa, jotka kaikki ovat normaaleja markkinoilla olevia, EURO4-hyväksytyjä malleja (Volvo V70 FlexiFuel, Saab 93 1.8t BioPower ja Ford Mondeo FFV). Polttoaineseoksia on tutkittu viittä erilaista, ja lisäksi vertailumielessä E10 polttoaine (kesä- ja talvilaatu), joka edusti kokeissa vuoden 2011 alusta jakeluun tulevaa ”normaalibensiiniä”. Taulukossa 6.1 on esitetty tutkitut yhdistelmät. Punaisella merkitty yhdistelmä ei ollut mahdollinen, koska autot eivät enää käynnistyneet.

Taulukko 6.1. Koesarjassa tutkitut polttoaine ja lämpötilayhdistelmät.

polttoaine	koelämpötila					
	Pa1	+23	-7			
Pa2	+23	-7				
Pa3	+23	-7				
Pa1T			-15	-20	-25	-25 LL
Pa5			-15	-20	-25	
Pa7		-7		-20	-25	-25 LL
E10K	+23	-7				
E10T		-7			-25	

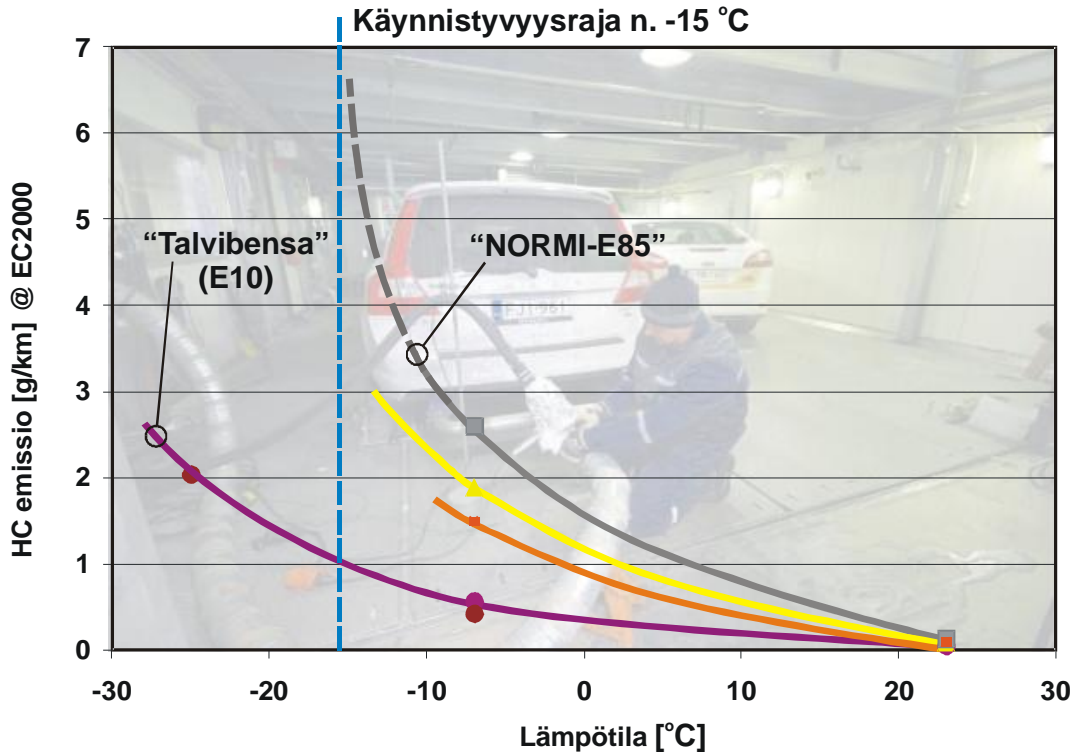
LL = lohkolämmitin 2 h

Tulosten analyysi osoitti, että vaikka korkeaseosetanolipolttoaineella mm. hiilivetyypäästöt olivat suuremmat kuin verrokkina mitatuilla E10-bensiineillä, tuottivat kaikki tutkitut koepolttoainelaadut kuitenkin vähemmän säänneltyjä pakokaasupäästöjä kuin ”normi-E85” eli etanolin ja bensiinin seos. Eri koeautoilla vaste oli hieman erilainen, ja siksi tulosten hajonta oli verrattain suuri. Kaikki kokeet kuitenkin ajettiin toistoina, mikä paransi tulosaineiston tilastollista luotettavuutta.

Vaikka kylmäkäynnistys kylmässä lämpötilassa nostikin päästöjä, tämä rajoittuu vain ajon ensimmäisiin kilometreihin. Tulosten mukaan kylmäkäynnistykseen aiheuttama lisäpäästö väheni nopeasti moottorin ja pakokaasun puhdistuslaitteiston lämmitessä ensimmäisten 2-5 ajo-km aikana. Lämpimäksi ajettulla moottorilla ei ulkolämpötila enää vaikuta päästöihin juuri lainkaan.

Korkeaseosetanolipolttoaineiden selkein haaste ovat kylmät käyttölämpötilat. Etanolin heikon höyrystymisen takia moottorin käynti huonontuu, mikä johtaa palamattomien hiilivetyjen päästöjen lisääntymiseen. Riittävän kylmässä lämpötilassa moottori ei enää käynnisty.

Koetulosten mukaan “normi-E85” –polttoaineen käynnistyvyysraja on jossain n. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ tienoilla, mutta kesälaatusillakin koeseoksilla käynnistyvyys oli parempi ja hiilivety päästöt paljon pienemmät kuin tällä peruslaadulla. Kuvassa 6.1 on esitetty hiilivety päästöjen vertailu eri polttoaineiden välillä käynnistyslämpötilan funktiona.

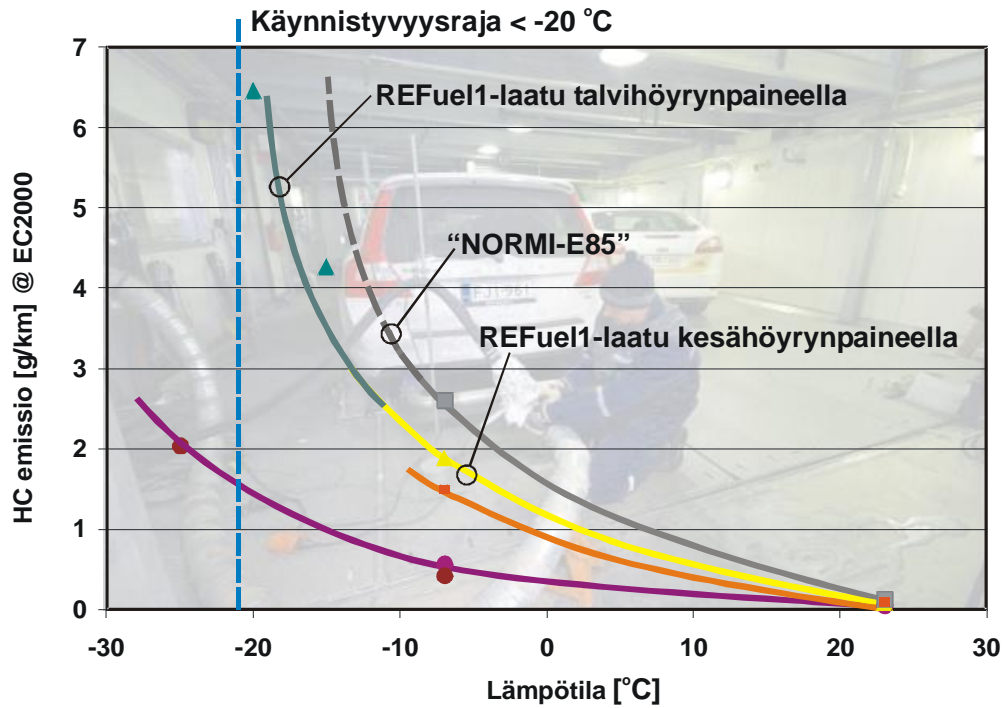


Kuva 6.1 Hiilivety päästöjen vertailu eri polttoaineiden välillä käynnistyslämpötilan funktiona.

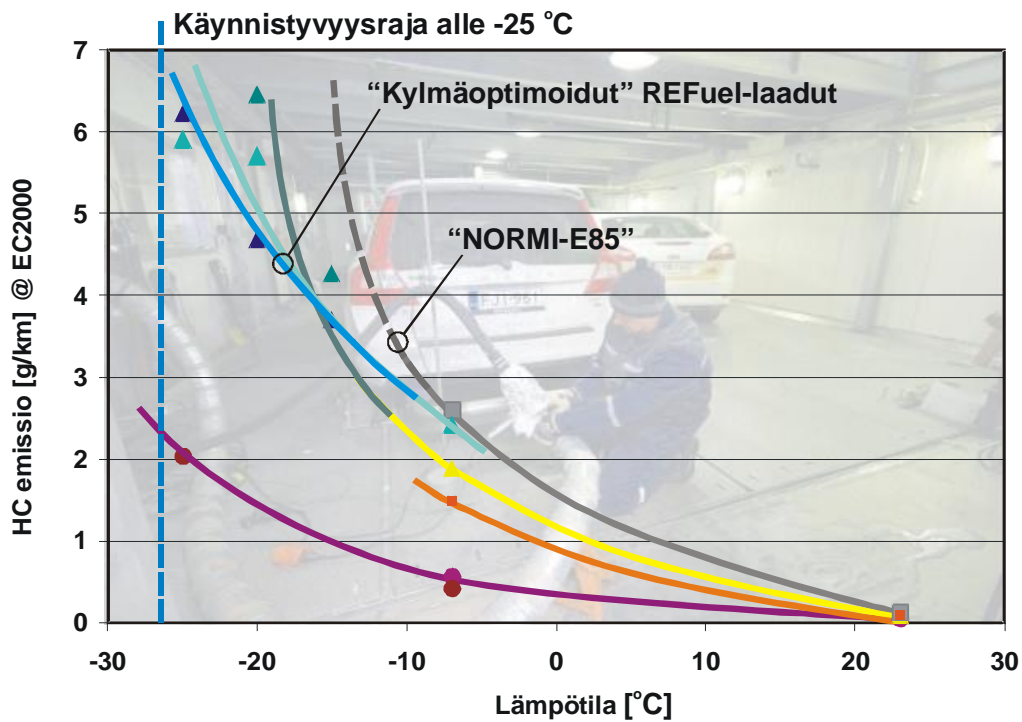
Talviolosuhteita vastaavalla höyrynpaineella koepolttoainelaatu n:o 1 käynnistyi riittävän hyvin vielä $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa, ja siksi se valittiin kenttäkokeessa käytettäväksi. Kuvassa 6.2 on esitetty tämän koelaadun päästöt suhteessa “normi-E85” ja E10 bensiiniin. Polttoaineessa oli etanolia 70 % sekä sen lisäksi ETBE:tä 25 %, ja butaania 4,6 %.

Vielä tätäkin alemmissa lämpötiloissa kokeiltiin kahta “kylmäoptimoitua” koepolttoainesekeitusta, ja molemmilla käynnistyvyysraja oli alle $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, ja polttoaineilla hiilivety päästöjen taso oli samaa luokkaa kuin koelaadulla n:o 1 vielä yli 10 astetta matalammassa lämpötilassa. Tämä nähdään kuvasta 6.3.

Kokeita on vielä määrä jatkaa keväällä 2011, ja silloin tutkitaan vielä muutamia koeseoksia sekä vesipitoisen polttoaineen (5 % H_2O) toimintaa. Lisäksi mitataan uusinta tekniikkaa edustavien suoraruiskutteisten FFV-autojen päästöprofiilit RE85-kauppalaadulla, joka siis vastaa koepolttoainelaatua 1. Osassa mittauksia mitataan kaasumaisten päästöjen lisäksi myös hiukkaspäästöjä.



Kuva 6.2. Hiilivetyypäästöjen vertailua eri “normi-E85” laadun ja koepolttoaine n:o 1:n välillä käynnistyslämpötilan funktiona.



Kuva 6.3. Hiilivetyypäästöjen vertailua “normi-E85” laadun ja eri kylmäoptimoitujen koepolttoaineiden välillä käynnistyslämpötilan funktiona.

6.2 Korkeaseosteiset biokomponentit henkilöautojen polttoaineisiin – muut kuin etanoli

Hankekoodi	2.2
Vastuutaho	VTT, yhteistyössä Neste Oil
Raportointi	Päivi Aakko-Saksa, Matti Kytö
Yrityskontakti	Seppo Mikkonen, Leena Rantanen-Kolehmainen/Neste Oil

6.2.1 Yleistä

Tämä osatehtävä jakautuu kahteen osaan, bensiinin muihin biokomponentteihin kuin etanoliin ja diesikäyttöisen henkilöautokaluston biokomponentteihin.

6.2.2 Biobensiini

Bensiinin biokomponentteja voidaan valmistaa useilla vaihtoehtoisilla reiteillä, esim. kasviöljyjen ja rasvojen vetykäsittelyllä, Fischer-Tropsch synteesillä, ”Metanolista bensiiniä, MTG”-prosessilla ja korkeampien alkoholien prosesseilla. Avainkysymys onkin, mitkä prosessit ovat potentiaalisia ja kustannustehokkaita ja missä mittakaavassa. VTT aloitti vuonna 2009 aiheesta kirjallisuusselvityksen, joka on nyt viimeistelty.

Hankkeen kokeellisessa osiossa valituilla polttoaineilla tutkittiin päästöjä ja toimintaa autoissa, myös polttoaineenkulutusta. Neste Oil ja VTT viimeistelivät polttoaine- ja mittausmatriisin vuoden 2010 alussa. Tutkimuspolttoaineet valmistettiin keväällä/kesällä 2010. Tutkimuksessa oli mukana 15 polttoainetta, joiden kuvaus on seuraava:

- Referenssinä: Hapeton bensiini, E10-bensiini, E30-bensiini, E85
- Biobensiinit, matalampi bioenergiataso (7 – 14 %): polttoaineita, jotka sisältävät NExBTL-prosessin tuotetta, isobutanolia, n-butanolia tai ETBE:a
- Bioenergiaa 22 %: polttoaineita, jotka sisältävät vaihtelevasti etanolia, isobutanolia ja/tai NExBTL-prosessin tuotetta.

Mittaukset tehtiin syksyllä 2010 kolmella autolla, jotka edustivat eri tekniikoita. Tutkimus tehtiin -7 °C lämpötilassa mitaten kattavasti säänneltyjä ja sääntelemättömiä päästöjä. Osa päästöistä on analysoitu ja niiden osalta on edistetty myös raportointia. Hiukkasten orgaanisen osuuden PAH-analyysit ja mutaageenisen aktiivisuuden määrittäminen ovat vielä kesken.

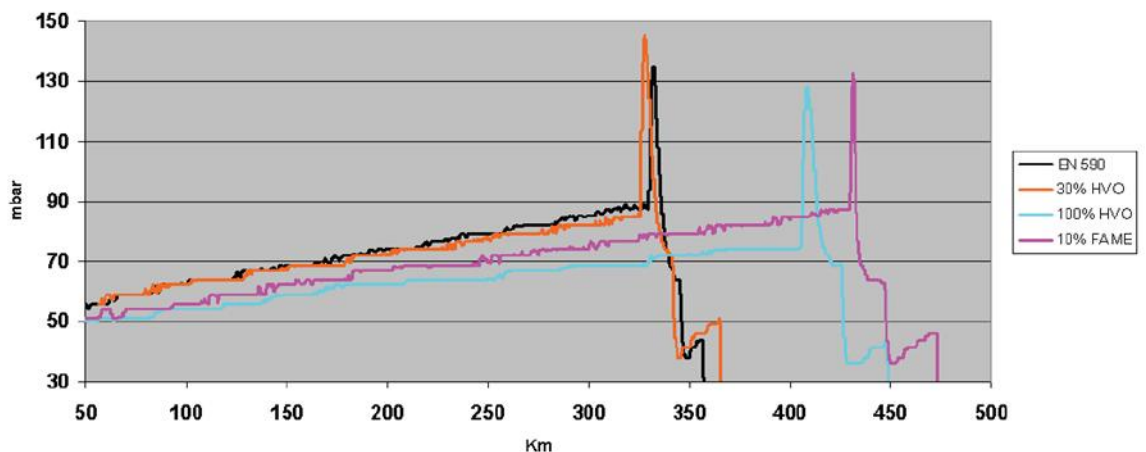
Valmiiden tulosten osalta valmistellaan artikkelia, joka tulotisiin julkaisemaan syksyllä 2011 Society of Automotive Engineers –järjestön artikkelina (SAE paperi). Hankkeen tulokset ja loppuraportti pyritään viimeistelemään kesään 2011 mennessä.

6.2.3 Dieselosuus

Dieselosuus toteutettiin diplomityön puitteissa. Työn keskeisin asia oli polttoaineen merkitys hiukkassuodattimella varustetun henkilöauton toimintaan, tar-

kemmin regenerointiväliin ja sitä kautta polttoaineenkulutukseen, huoltokustannuksiin ja kestävyYTEEN. Taustalla on polttoaineen laatuvaatimusten pitkäaikainen trendi entistä puhtaampaan suuntaan ja pelko FAME (Fatty Acid Methyl Ester= perinteinen esteröity biodiesel) osuuden ylärajan noston aiheuttamasta askeleesta taaksepäin ja edelleen mahdollisesta pakokaasujen puhdistusjärjestelmien kuormittumisen lisääntymisestä.

Diplomityö valmistui kesäkuussa 2010. Kokeellinen osuus toteutettiin yhdellä ajoneuvolla ja neljällä polttoaineella. Puhtaalla HVO polttoaineella (Hydrotreated Vegetable Oil) regenerointiväli kasvoi 20 % pidemmäksi tavanomaiseen dieselpolttoaineeseen ja 30 % HVO polttoainetta sisältävään polttoaineeseen verrattuna (kuva 6.4). Samoin tapahtui keskimäärin 10 % FAMEa sisältävällä polttoaineella, mutta tulosten hajonta tällä polttoaineella oli suuri. HVO polttoaineella painehäviö suodattimen yli kasvoi selvästi hitaimmin ja pakokaasun vastapaine ennen suodatinta regeneroinnin alkaessa oli pienempi kuin muilla polttoaineilla. Regeneroinnin käynnistymiseen johti kokeessa olleella ajoneuvolla selvästi vastapaineen lisäksi muita tekijöitä. Ajoneuvon ohjausjärjestelmä näytti arvioivan regenerointitarvetta tietyin välein ja käynnisti regeneroinnin tarvittaessa.



Kuva 6.4. Hiukkassuodattimen vastapaineen kehittyminen ajomatkan funktiona. Piikit kuvaavat regeneroinnin esiintymiskohtaa.

Dieselosuudesta on myös tehty SAE Paper, joka esitettäneen syksyllä 2011 SAE konferenssissa.

Diplomityö: Kopperoinen, A., Polttoainelaadun vaikutus dieselhenkilöauton hiukkassuodattimen toimintaan. Oulun yliopisto, Konetekniikan osasto. Toukokuu 2010. 80 s. + liitt. 1 s.

SAE Paper ehdokas (lähetetty arvioitavaksi): Kopperoinen, A., Kytö, M. & Mikkonen, S., Effect of Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) on Particulate Filters of Diesel Cars

6.3 Etanolipolttoaine raskaassa autokalustossa

Hankekoodi	2.3
Vastuutaho	VTT yhteistyössä St1:n kanssa
Raportointi	Juhani Laurikko
Yrityskontakti	Jari Suominen/St1

6.3.1 Johdanto

Osahankkeessa tutkitaan etanolin käyttöä polttoaineena raskaissa ajoneuvoissa. Etanoli ei sellaisenaan sovellu vakiokuntoisen dieselmoottorin polttoaineeksi, sillä se ei syty pelkällä puristuslämmöllä. Mikäli etanoliin kuitenkin sekoitetaan riittävä määrä syttyvyyttä parantavaa lisäainetta, sitä voidaan käyttää dieselmoottorissa, varsinkin jos moottorin puristussudetta on hieman nostettu. Scanialla on ollut jo pitempään tarjolla moottori, joka toimii tämän konseptin mukaisesti, ja mm. Tukholman paikallisliikenteessä on ollut käytössä satoja busseja, joissa voimalaitteena on tällainen moottori. Toinen teknologinen ratkaisu olisi varustaa moottori syttymisen varmistavilla järjestelmillä, sytytystulpin, hehkutulpin, tai dieselpolttoaineen pilot-ruiskutuksella.

Vaikka Ruotsissa on näitä etanolibusseja käytetty jo pitkään, ei Suomessa ole toistaiseksi lainkaan kokemusta raskaista etanoliautoista. Siksi tässä osatehtävässä onkin tavoitteena pohjustaa käyttökoetta Scanian etanolimoottorilla varustetuilla autoilla. Varsinainen kenttäkoe toteutuu yrityshankkeena.

Kenttäkoetta tukevassa kokeellisessa osuudessa tehtiin mittauksia VTT:n raskaan kaluston alustadynamometrissa Scanian etanolidieselmoottorilla varustetulla autolla jäljitellen sekä jakeluautoa että kaupunkilinja-autoa, jotka ovat potentiaalisimmat käyttösovellukset tälle tekniikalle. Bussimittaukset tehtiin rinnakkaisina kohdassa 2.1. mainitun IEA bussihankkeen ”Fuel and technology alternatives for buses” kanssa.

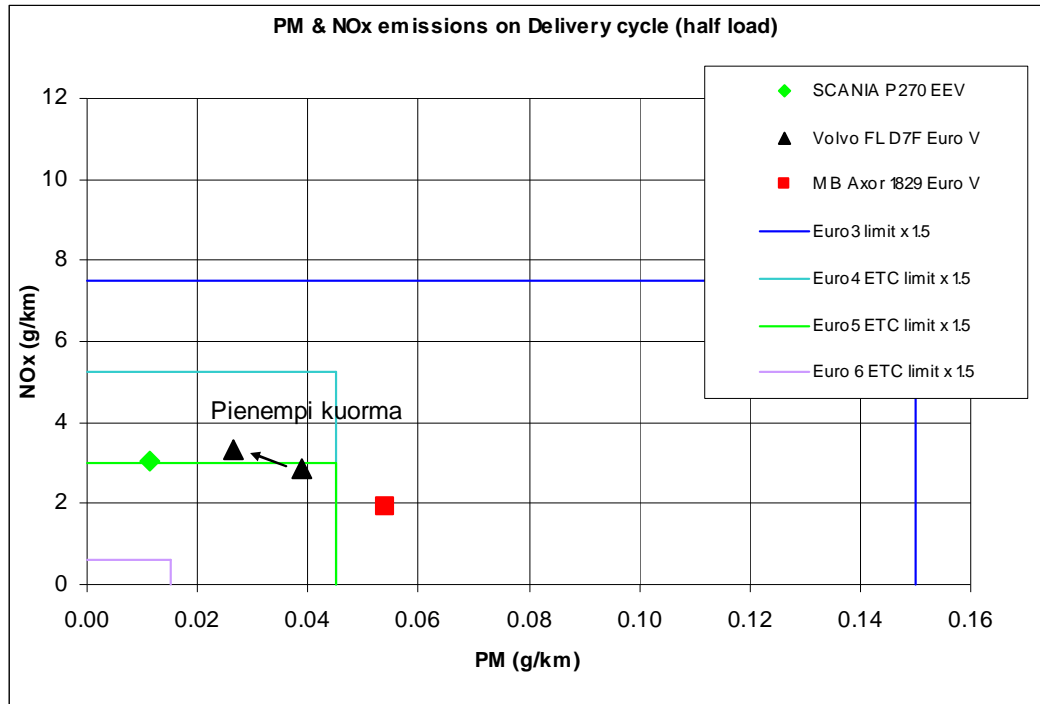
Raskaiden etanoliautojen mittaukset olivat tarpeen, koska etanoliautojen todellisesta suorituskyvystä niin päästöjen kuin polttoaineen kulutuksen osalta on esitetty erittäin niukasti julkista tietoa. Kuorma-autona sillä ajettiin taajamajakelusykli (”Itella-jakelu”), aluejakelusykli (”TR-jakelu”) ja maantieajosykli (TR-maantie”). Bussia testattiin useammalla IEA bussihankkeeseen kuuluvalla testisyklillä, ml. Braunschweig, Pariisin keskusta-ajoa kuvaava ADEME-sykli ja New York Bus Cycle.

Etanoliautojen polttoaineena oli St1:n RED95, tarkoittaen lisäaineistettua (mm. syttyvyydenparantajalisäaine, voitelevuuslisäaine) n. 5 % vettä sisältävää etanolia.

6.3.2 Kuorma-auto- ja bussimittausten tulokset

VTT:n suorittamien mittausten mukaan Scanian etanolidieselmoottorilla varustetun auton säännellyt haitalliset pakokaasupäästöt olivat varsin pienet. Kuor-

ma-automittauksissa sen päästöt typen oksidien (NO_x) suhteen olivat samaa tasoa kuin vastaavilla Euro V -dieselautoilla, mutta hiukkaspäästöt (PM) olivat selvästi (70 – 85 %) dieselitä pienemmät, lähellä jo Euro VI –tasoa. Kuvassa 6.5 on esitetty NO_x - ja PM-päästöt TR-jakelu -sykliä käytettäessä. Vertailuna on kaksi vastaavaa Euro V –dieselautoa (Volvo FL D7 F, MB Axor 1829).

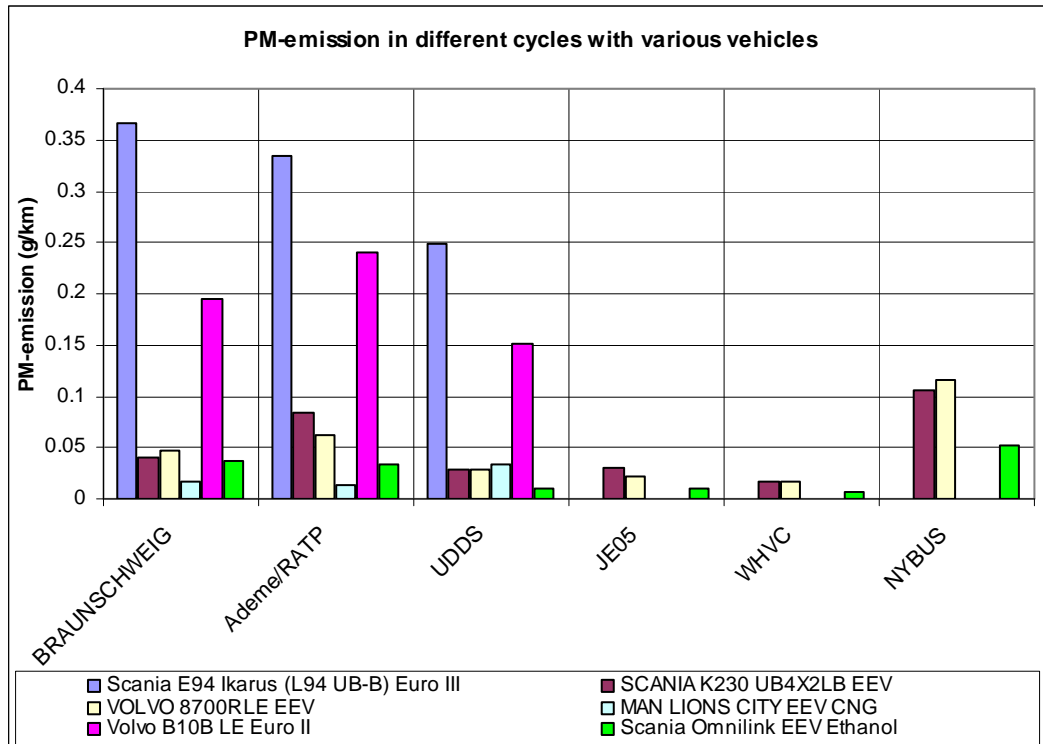


Kuva 6.5. NO_x - ja PM-päästöt TR_jakelu-syklissä. Scania P270 EEV (RED95), Volvo FL D7 F (diesel) ja MB Axor 1829 (diesel).

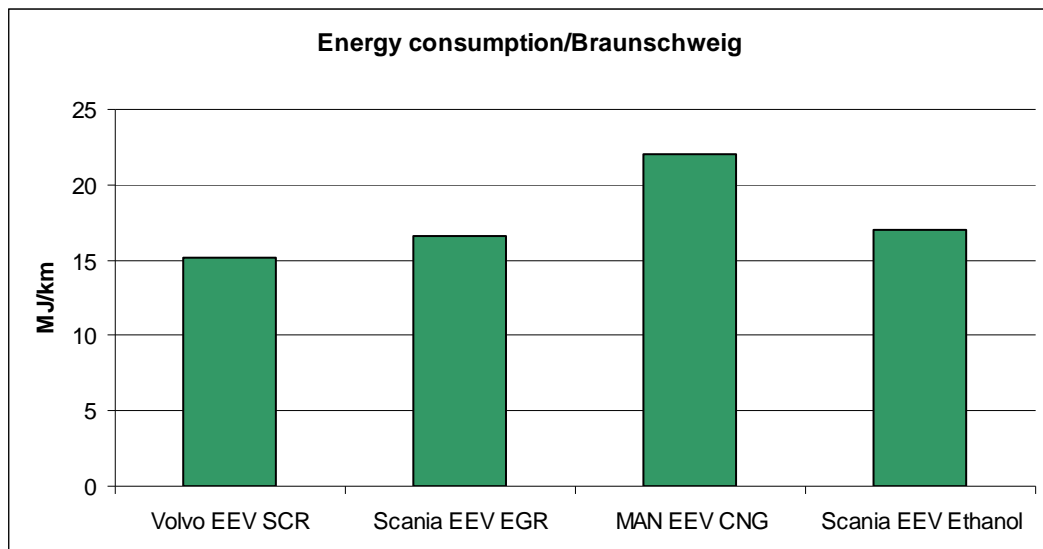
Vastaavasti bussimittauksissa verrattaessa etanolimoottoriauton päästöjä dieselbussien tuloksiin, nähtiin, että NO_x -päästöt olivat hieman pienemmät kuin keskimäärin diesel-EEV –autoilla, mutta pienhiukkasten massapäästö (PM) oli EEV-dieselmoottoriautoihin verrattuna vielä 20 - 70 % pienempi, eli lähes samaa tasoa kuin kaasumoottoristen EEV-linja-autojen hiukkaspäästöt. Kuvassa 6.6 on esitetty tällainen vertailu.

Koska etanolin lämpöarvo on selvästi dieselin lämpöarvoa alhaisempi, polttoaineen litramääräinen kulutus oli etanolikuorma-autolla luonnollisesti suurempi kuin dieselautoilla, noin 1,8 ... 2,2 -kertainen. Lämpöarvoeroilla kompensoituna erot kaventuvat kuorma-autojen osalta tasolle 10...30 %. Suurin selittävä tekijä energiakulutuserolle oli etanoliauton automaattivaihteisto (diesilverrokeissa oli manuaalivaihteistot). Bussien osalta tarkastelu on oikeudenmukaisempaa, koska kaikissa mitatuissa autoissa oli automaattivaihteistot. Bussiluokassa etanoliauton energian kulutus oli vain n. 3 % korkeampi Scanian EEV-dieseliin verrattuna, mutta toisaalta yli 20 % alhaisempi stoikiometriseen maa-kaasuautoon verrattuna (kuva 6.7).

Näiden lupaavien ennakkotulosten perusteella pyrittiin käynnistämään kenttäkoe, ja St1 ryhtyi etsimään sopivia kumppaniyrityksiä, jotka voisivat ottaa tällaiset autot osaksi omaa toimintaansa, jolloin niistä saataisiin vertailutietoa.



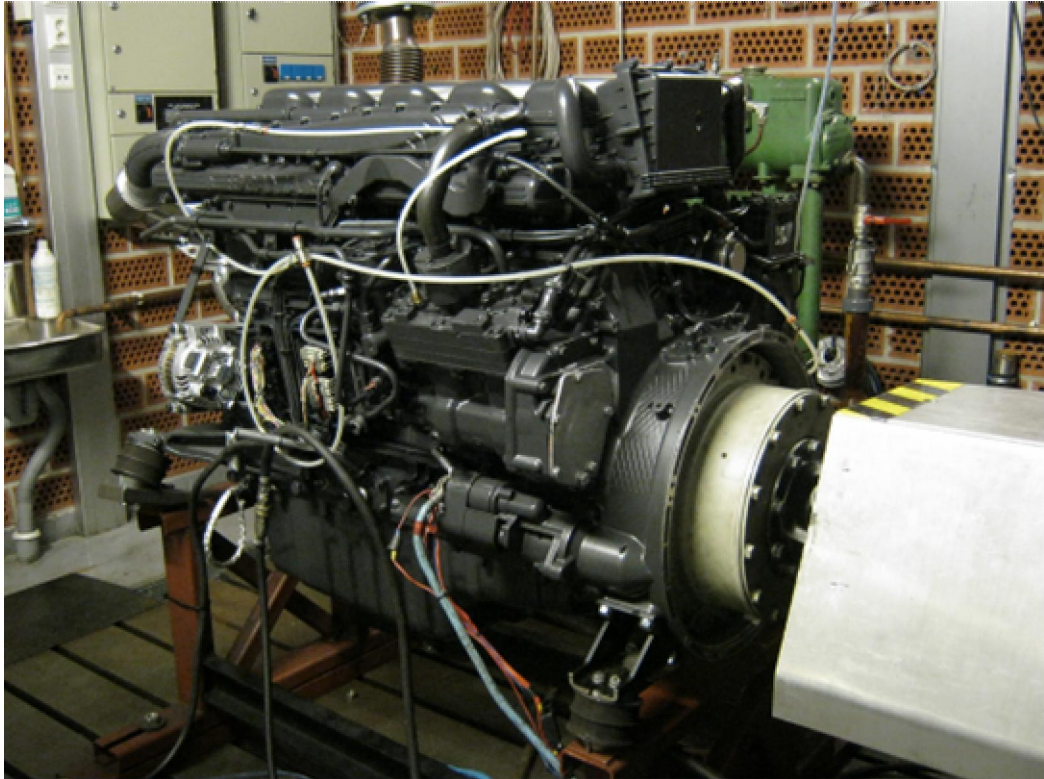
Kuva 6.6. PM-päästöt eri bussisykleissä. Scania Omnilink EEV Ethanol (RED95), sekä verrokkit diesel- ja maakaasukäyttöisinä (CNG).



Kuva 6.7. Etanolibussin energian kulutus Braunschweig-syklissä suhteessa muihin tekniikoihin.

6.3.3 Raskaiden etanolimoottorien tutkimusvalmius

Kenttäkokeen ja tulevan raskaan kaluston etanolipolttoainetutkimuksen tueksi VTT:n moottorilaboratorioon on hankittu 9-litrainen ja 270-hevosvoimainen Scania etanolimoottori penkkikoemoottoriksi. Keväällä 2011 moottorin asennustyöt ovat käynnissä (kuva 6.8).



Kuva 6.8. VTT:lle hankittu Scania etanolimoottori.



7 Järjestelmälohko

7.1 Ajoneuvojen energiankäyttöön ja päästöihin liittyvien hankkeiden ja toimenpiteiden arviointimenetelmä

Hankekoodi	3.1
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Anu Tuominen, Tuuli Järvi, Kari Mäkelä, Jutta Jantunen,

7.1.1 Tausta ja tavoitteet

Liikennejärjestelmää kehitettäessä päätöksenteon tueksi tarvitaan tietoa kehittämistoimenpiteiden vaikutuksista. Liikenteen kehittämistoimenpiteet ovat suu- relta osin systeemisiä, eli ne edellyttävät muutoksia osajärjestelmissä, toiminta- ympäristössä ja infrastruktuurissa. Lisäksi eri osien välillä on riippuvuuksia. Uuden tuotteen tai palvelun läpimeno edellyttää täydentäviä ja tukevia toimen- piteitä. Liikennejärjestelmän kehittämisen kenttä on siis hyvin monitahoinen ja haastava.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää menetelmä tieliikenteen energiankäyttöön ja päästöihin liittyvien T&K -hankkeiden ja niitä tukevien, liikennejärjestel- mään kohdistuvien, toimenpiteiden vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointiin liikennejärjestelmätasolla. Lisäksi työssä testataan menetelmän käyttökelpoi- suutta TransEco-ohjelman (tai vaihtoehtoisesti aiempien saman aihepiirin tut- kimusohjelmien) hankkeilla ja niihin läheisesti liittyvillä toimenpiteillä. Mene- telmäkehityksen lähtökohtana on käytetty kansallisen liikennejärjestelmän pit- kän aikavälin strategisia suunnitelmia, erityisesti Liikenne- ja viestintäministe- riön Ilmastopoliittista ohjelmaa (ILPO) ja Älyliikenteen strategiaa sekä Liiken- neviraston pitkän tähtäimen suunnitelmaa, Liikenneolosuhteet 2035.

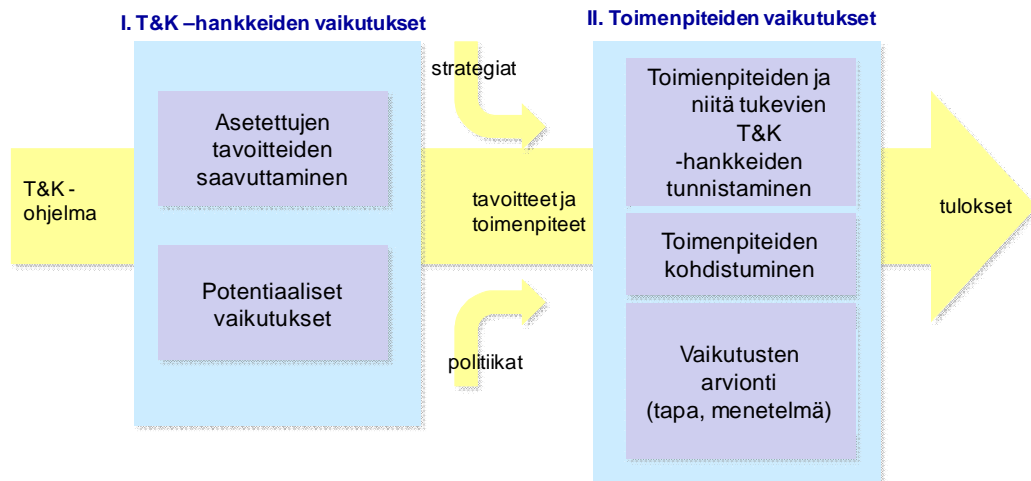
TransEco tutkimusohjelma koostuu tutkimus- ja tekniikkahankkeista sekä de- monstraatioista. Hankkeiden esittämien tai testaamien toimenpiteiden järjevä käyttöönnotto ja eri tavoitteiden keskinäiset suhteet ja painotukset edellyttävät tutkimus- ja demonstraatiotulosten vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointia. Tässä yhteydessä on syytä tarkastella sekä tutkimus-/demonstraatiohankkeiden tuloksia ja vaikutuksia että arvioida (ex-ante) näiden esittämien toimenpiteiden tai muutosten kohdistumista ja vaikutuksia liikennejärjestelmään. Työ edistää koko tutkimusohjelman hankkeiden hyödynnettävyyttä.

7.1.2 Arviointimenetelmä

Työssä kehitetty arviointimenetelmä koostuu kahdesta osasta, T&K – hankkeiden vaikutusten arvioinnista ja kyseisten hankkeiden esittämien kehit- tämistoimenpiteiden vaikutusten arvioinnista (kuva 7.1).

Ensimmäinen osa (I) tarkastelee tutkimus- ja demonstraationhankkeiden vaiku- tuksia. Tässä yhteydessä keskeisiä kysymyksiä ovat seuraavat. Onko hankkeille asetetut tavoitteet saavutettu? Mitkä ovat hankkeen (potentiaaliset) vaikutuk- set? Hankkeille asetettujen tavoitteiden saavuttamista on syytä tarkastella useil- la tasoilla, vähintään projektikohtaisesti ja suhteessa koko tutkimusohjelmalle asetettuihin tavoitteisiin. Muita mahdollisia tavoitteita ovat mm. ohjelman osa-

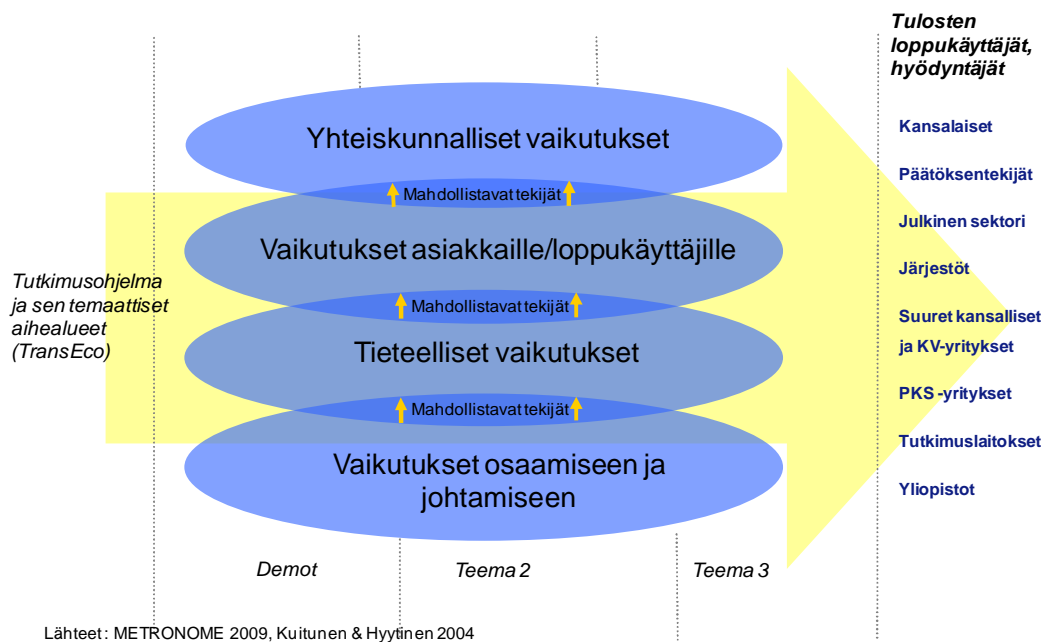
kokonaisuuksille asetetut tavoitteet ja laajat, kansalliset/EU-tason tavoitteet. Käytännössä arviointi tehdään kullekin arvioitavalle hankkeelle erikseen ja dokumentoidaan arviointimatriisiin. Tavoitteiden saavuttamista arvioidaan kullakin arvioinnin tasolla skaalalla: täysin-osittain-välillisesti-ei lankaan.



Kuva 7.1. Arviointimenetelmän osat.

Hankkeiden potentiaalisia vaikutuksia arvioidaan Kuvan 7.2 mukaisen vaikutuskehikon avulla. Kullakin hankkeella voidaan nähdä olevan vaikutuksia neljässä eri vaikutusryhmässä, joita ovat: vaikutukset osaamiseen ja johtamiseen, tieteelliset vaikutukset, vaikutukset asiakkaille/loppukäyttäjille ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Kunkin ryhmän vaikutuksilla on (pääasialliset) omat loppukäyttäjensä. Hankkeen vaikuttavuus kasvaa noustaessa kuvan 7.2 ”vaikuttavuuspinossa” ylöspäin. Käytännössä arviointi tehdään määrittelemällä kullekin vaikutusryhmälle keskeiset n. viisi indikaattoria ja (esim. tieteellisten julkaisujen määrä, käynnistyneet uudet tuotekehitysprojektit tai kontribuutio lainsäädäntöön), ja arvioimalla näiden avulla yksittäisten hankkeiden vaikutuksia.

Toinen osa (II) tarkastelee tutkimus- ja demonstraatiohankkeissa käsiteltyjen liikennejärjestelmän kehittämistoimenpiteiden tai muutosten kohdistumista ja vaikutuksia (etukäteisarviointi) liikennejärjestelmään. Tarkasteltavia vaikutusalueita ovat erityisesti: liikennejärjestelmän toimivuus, ympäristövaikutukset sekä hyväksyttävyyys, käytettävyys ja toteuttamiskelpoisuus käyttäjien näkökulmasta.



Kuva 7.2. T&K-hankeen vaikutuskehikko.

Käytännössä toisen osan arviointi koostuu seuraavista vaiheista.

1. Selvitetään mitä liikenteen energiankäyttöön ja päästöihin liittyviä toimenpiteitä liikennejärjestelmän pitkän aikavälin strategiat esittävät asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.
2. Analysoidaan mitä esitetyistä toimenpiteistä TransEco:n hankkeet tukevat ja millä tavalla.
3. Arvioidaan missä liikennejärjestelmän osissa toimet aiheuttavat muutoksia / mihin vaikutukset kohdistuvat. Apuna käytetään Liikennejärjestelmän TILA – projektissa määriteltyjä liikennejärjestelmän vaikutusalueita (Liite 1, taulukokotokuva).
4. Määritetään toimenpiteiden vaikutusarvioinnin tapa ja arviointimenetelmä.
5. Identifioidaan mitä toimintaympäristön muutosvoimia (Political, Economical, Social, Technological, Environmental) tulee arvioinnissa ottaa huomioon.

7.1.3 Jatkotyö

Työ jatkuu vuonna 2011 edellä kuvatun arviointikehikon testaamisella otoksella TransEco hankkeita tai vaihtoehtoisesti otoksella aiempien saman aihepiirin tutkimusohjelmien hankkeita ja niihin läheisesti liittyvillä toimenpiteillä. Testauksen perusteella kehikkoa muokataan ilmenneiden puutteiden pohjalta. Lisäksi määritellään arviointikehikon yleistettävyyttä ja hyödynnettävyyttä myös muissa tutkimusohjelmissa/ muilla sektoreilla.

7.2 Verotusmallit ja muut ohjauskeinot

Hankekoodi	3.2
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Nils-Olof Nylund

7.2.1 Johdanto

Edellisessä TransEco vuosiraportissa selostettiin liikennepolttoaineiden uuden verotusmallin kehitystyötä. Tämä työ raportoitiin vuonna 2010 VTT:n tiedotteita sarjassa ”Polttoaineiden laatuporttustuksen kehittäminen” (VTT Tiedotteita 2528). Vuonna 2010 VTT teki valtiovarainministeriölle liikennepolttoaineiden verojen laskentamallin hienosäätöä ja laskentoja eri polttoaineiden verotasojen määrittämiseksi tiiviissä yhteistyössä valtiovarainministeriön virkamiesten kanssa.

7.2.2 Hallituksen esitys energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 147/2010 vp)

Valtiovarainministeriö esitti ensimmäisen luonnoksen uudistetusta energiaveropakettista heinäkuussa 2010. Esitys kattoi liikennepolttoaineiden lisäksi myös lämmityspolttoaineet ja sähkön. Esitykseen tehtiin hienosäätöä lähinnä maakaasun verotuksen, dieselpolttoaineen veronkorotuksen voimaan astumisen ja muutetun käyttövoimaveron voimaan astumisen osalta. Lopullinen esitys, eli Hallituksen esitys Eduskunnalle energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 147/2010 vp) annettiin syyskuussa 2010.

Esityksen perusteluissa todettiin mm. seuraavaa (teliikennettä koskeva teksti):

”Esityksessä ehdotetaan muutettavaksi nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annettua lakia siten, että polttoaineiden verotus perustuisi polttoaineen energiasisältöön ja poltosta syntyvään hiilidioksidin ominaispäästöön, jolloin valmisteverona kannettava vero muutettaisiin nimeltään energiasisältöveroksi ja hiilidioksidiveroksi. Huoltovarmuusmaksu säilyisi nykyisenä sekä tasoltaan että perusteeltaan. Ehdotetut muutokset edellyttävät myös ajoneuvoverolain muuttamista.

Fossiilisilta ja bioperäisiltä polttoaineilta kannettaisiin energiasisältöön suhteutettua energiasisältöveroa, mikä alentaisi erityisesti etanolin veroa. Hiilidioksidiveron laskentaperustetta nostettaisiin nykyisestä (50 €/tonni CO₂, toim. huomautus). Hiilidioksidiverossa otettaisiin huomioon biopolttoaineilla saavutettavat hiilidioksidin vähenemät suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin, mikä antaisi etua hiilidioksiditehokkaille biopolttoaineille. Biokaasu säilyisi verottomana.

Lisäksi otettaisiin käyttöön energiasisältöverosta tehtävä laatuporttustus terveydelle haitallisia lähipäästöjä vähentäville polttoaineille. Laatuporttustus koskisi liikennepolttoaineista parafiinistä dieseliä. Maa- ja biokaasun osalta lähipääs-

töhyöty otettaisiin huomioon henkilöautojen käyttövoimaveron tasoa alentavana tekijänä.

Ajoneuvoja koskeva, energiasisältöön sekä hiilidioksidi- ja lähipäästöihin perustuva rakenneuudistus toteutettaisiin polttoaineiden verotuksella tai polttoaineverotuksen ja ajoneuvojen käyttövoimaveron yhdistelmällä. Dieselautojen sekä kaasu- ja sähkökäyttöisten henkilöautojen käyttövoimaverotus muuttuisi.

Liikennepolttoaineiden polttoaineverotuksen rakennemuutos toteutettaisiin mahdollisimman tuottoneutraalisti. Bensiinin verotasoon ei esitetä muutoksia ja dieselöljylle ehdotettu veronkorotus ehdotetaan otettavaksi huomioon henkilö- ja kuorma-autojen käyttövoimaveron yleistä tasoa alentamalla.

Maakaasun veronkorotus ehdotetaan toteuttavaksi portaittain. Maakaasun verotusmenettely ehdotetaan yhdenmukaistettavaksi muun valmisteverotuksen kanssa. Siitä suoritettaisiin vero luovutettaessa maakaasua kulutukseen maakaasun siirtoverkosta nykyisen maahantuontiverotuksen sijasta.

Lait ovat tarkoitetut tulemaan voimaan vuoden 2011 alusta edellyttäen, että komissio myöntää ehdotetuille muutoksille tarvittavat valtioneuvoston päätökset. Fossiilisen dieselöljyn veronkorotusta sovellettaisiin kuitenkin vasta vuoden 2012 alusta. Henkilö- ja kuorma-autojen käyttövoimaveron alennus toteutuisi vastaavasti täysimääräisenä vasta vuonna 2012. Kaasu- ja sähkökäyttöisten henkilöautojen käyttövoimaveron muutokset toteutuisivat vasta vuonna 2013.”

Esitystä käsiteltiin mm. eri valiokunnissa syksyllä, ja joulukuussa 2010 Eduskunta saattoi hyväksyä esityksen. Liikenteen osalta tämä merkitsi seuraavia muutoksia:

- Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetun lain muuttamisesta
- Laki ajoneuvoverolain 11 §:n muuttamisesta
- Laki ajoneuvoverolain 12 §:n 2 momentin kumoamisesta

7.2.3 Uusi verojärjestelmä

Uusi ympäristö-ohjaava liikennepolttoaineiden verotusmalli perustuu siis seuraaviin tekijöihin:

- energiasisältöön (energiasisältövero)
- hiilidioksidipäästöön (hiilidioksidivero)
- lähipäästöihin (laatuporrastus)

Lisäksi kaikilta nestemäisiltä polttoaineilta kerätään pieni huoltovarmuusmaksu. Bensiinin kokonaisverotasoa (0,627 €/l) ei muutettu. Hiilidioksidiveron määräytymisperusteena käytettiin CO₂ hintaa 50 €/tonni. Bensiinin litramääräinen hiilidioksidivero määräytyy seuraavasti:

- vero (€/l) = ominais-CO₂-päästö * energiasisältö * CO₂ hinta =

$$72,9 \text{ g CO}_2/\text{MJ}^2 * 32 \text{ MJ/l}^3 * 50 \text{ €/tonni} * 10^{-6} = 0,1166 \text{ €/l}$$

(lämpöarvoon suhteutettuna $0,1166 \text{ €/l} / 32 \text{ MJ/l} = 0,0036 \text{ €/MJ}$)
 Bensiinin litramääräinen energiavero määritetään vähennyslaskulla:

• kokonaisvero	0,627 €/l
• huoltovarmuusmaksu	-0,0068 €/l
• hiilidioksidivero	<u>-0,1166 €/l</u>
• energiasisältövero	0,5036 €/l

(lämpöarvoon suhteutettuna $0,5036 \text{ €/l} / 32 \text{ MJ/l} = 0,0157 \text{ €/MJ}$)

Lämpöarvoon suhteutetut verokomponentit ovat siten:

• energiasisältövero	0,0157 €/MJ
• hiilidioksidivero	0,0036 €/MJ

Lähtökohtaisesti näitä arvoja käytetään kaikille polttoainevaihtoehdoille.

Biopolttoaineiden tuoma CO₂ päästövähennemä huomioidaan RES-direktiivin (2009/28/EY) periaatteiden mukaisesti. Päästövähennemä lasketaan suhteessa korvattavaan tuotteeseen. Menettelyä on kuitenkin yksinkertaistettu siten, että CO₂ päästövähennemille käytetään kolmea luokkaa (suluissa verotaulukossa oleva kirjainmerkintä)

- 0 %: biopolttoaine ei täytä RES-minimivaatimuksia (-)
- 50 %: biopolttoaine täyttää RES-minimivaatimukset ()
- 100 %: tuplalaskentaan kelpuutettava biopolttoaine (T)

Laskentaesimerkki etanolille selittää veron muodostumista:

• energiaverokomponentti: $0,0157 \text{ €/MJ} * 21 \text{ MJ/l}^4 =$	0,3305 €/l
• CO ₂ vero etanolille	
o ei täytä RES: $0,0036 \text{ €/MJ} * 21 \text{ MJ/l} =$	0,0765 €/l
o täyttää RES-minimivaatimukset:	
$0,5 * 0,0036 \text{ €/MJ} * 21 \text{ MJ/l} =$	0,0383 €/l
o tuplalaskettava:	0 €/l

Bensiinin ja eri etanolivaihtoehtojen verot on esitetty taulukossa 7.1.

Jos dieselpolttoainetta verotettaisiin täysmääräisesti, veron tulisi edellä olevin perustein olla n. 0,70 €/l. Tämä edellyttäisi hyötyliikenteelle hankalaa veronpalausjärjestelmää. Niinpä dieselin energiavero-osuus säilyy entisellään, 0,307 €/l, ja vain CO₂ komponentti kasvaa (n. 0,08 €/l, aikaisempi lisäveron laskenta-peruste CO₂ 20 €/tonni, nyt 50 €/tonni). Aikaisempi kokonaisverotaso oli 0,364 €/l, ja uusi verotaso on 0,443 €/l.

² lähde Tilastokeskus

³ RES-direktiivi

⁴ RES-direktiivi

Taulukko 7.1. Bensiinin ja etanolin verot.

Vero (€/l)	Bensiini	Etanoli ei-RES	Etanoli RES-min.	Etanoli tuplalask.
Energiavero	0,5036	0,3305	0,3305	0,3305
CO ₂ vero	0,1166	0,0765	0,0383	0
Huoltovarmuus	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068
Kokonaisvero	0,627	0,4138	0,3755	0,3373

Koska dieselpolttoainetta ei veroteta täysimääräisesti, dieselhenkilöautoilla säilytetään käyttövoimavero. Myös sähköautoilla käyttövoimavero säilyy, mutta taso laskee merkittävästi. Käyttövoimavero tulee nyt myös metaanikäyttöisille henkilöautoille. Sähköä tai maakaasua ei toistaiseksi pystytä verottomaan käyttökohteen mukaan, ja siksi käyttövoimavero on ainoa vaihtoehto veroasteen tasaamiseksi. Uutta on nyt käyttövoimaveron porrastus tekniikan mukaan. Perustelu porrastukselle on, ettei esim. täyssähköautolla yllätä dieselhenkilöauton vuositaiseen ajosuoritteeseen. Kaasuautojen osalta on huomioitu, että metaanin tankkausverkosto on suhteellisen rajoitettu.

Käyttövoimaverotasot ovat jatkossa (vero päivää kohti kokonaismassan alkavaltta 100 kg:lta):

- 5,5 senttiä, jos ajoneuvon käyttövoimana on dieselpolttoaine (laskee hieman nykyisestä koska dieselpolttoaineen vero nousee)
- 1,5 senttiä, jos ajoneuvon käyttövoima on sähkö
- 0,5 senttiä, jos ajoneuvon käyttövoima on sähkö ja moottoribensiini
- 4,9 senttiä, jos ajoneuvon käyttövoima on sähkö ja dieselöljy
- 3,1 senttiä, jos ajoneuvon käyttövoima on metaanista koostuva polttoaine

Kokonaismassalla 2000 kg dieselauton vero on 401 €a, kaasuauton 226 €a ja täyssähköauton 109 €a.

Parafiiniselle dieselpolttopaineelle ja metaanille annetaan hyvitystä vähentyneistä lähipäästöistä. Parafiinisen dieselpolttoaineen osalta energiaverokomponenttia alennetaan 0,05 €/l. Metaanin osalta lähipäästövaikutus huomioidaan käyttövoimaveroa määritettäessä.

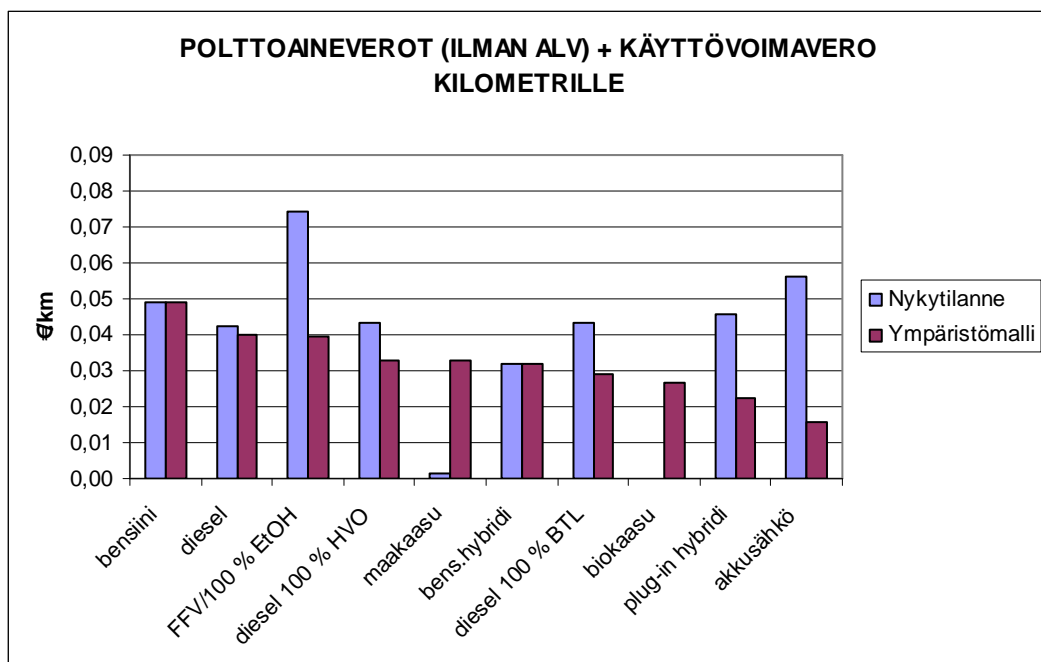
Ihannetapauksessa kaikkia energiamuotoja verotettaisiin samoin perustein, eikä käyttövoimaveroa tarvittaisi. Koska tällainen verotus ei onnistu käytännössä, eikä sitä edes haluta dieselpolttoaineen osalta, on ”ihannemaailman” veroprofiilit toteutettu polttoaineveron ja käyttövoimaveron yhdistelmällä. Nyt liikenteen energiaverotuksessa on ensimmäistä kertaa käytössä objektiivinen ja läpinäkyvä verotusjärjestelmä, jossa verotetaan energiaa, CO₂ päästöjä, huomioidaan lähipäästöt ja tasataan verorasitus ajoneuvoryhmäkohtaisilla tyypillisiin ajosuoritteisiin perustuvalla käyttövoimaverolla.

Henkilöautojen osalta bensiinillä ja dieselpolttoaineella kokonaisverorasitus ei muutu, kun taas etanolilla ja sähköllä verorasitus laskee merkittävästi. Maakaasu

on uudistuksessa suurin häviöjä. Maakaasun vero on nousemassa portaittain, ja lisäksi metaanikäyttöisille henkilöautoille tulee käyttövoimavero (joskin diesel-autoja alhaisempi). Aikaisemmin maakaasulla verotaso on ollut hyvin matala muihin liikenteen energiamuotoihin verrattuna. Biokaasu jää edelleen verottomaksi, joten esim. bussiliikenteessä biokaasun kilpailukyky paranee, koska busseista ei peritä käyttövoimaveroa. Kuorma-autoille dieselpolttoaineen veron korotus kompensoidaan osittain käyttövoimaveroa laskemalla (vero on kuorma-autoissa luonteeltaan toisenlainen kuin henkilöautoissa). Bussien osalta kohonnutta polttoaineveroa ei pystytä kompensamaan, koska käyttövoimaveroa ei pystytä käyttämään tasauselementtinä.

Kaikkienensa veromuutos on liikennepolttoaineiden osalta lähes tuottoneutraali. Lämmitys- ja voimalaitospolttoaineista kevyen ja raskaan polttoöljyn, kivihiilen ja maakaasun sekä sähkön valmisteveroja korotetaan verojen rakennemuutoksen yhteydessä noin 730 M€a työnantajan kansaneläkemaksun poistamisesta aiheutuvien verotuottomenetysten korvaamiseksi.

Kuvassa 7.3 on henkilöauton eri tekniikoiden verorasitus ennen ja jälkeen veromuutoksen. Ympäristömallissa verorasitus määräytyy ensisijaisesti energiankulutuksen mukaan. Koska malli verottaa energian loppukäyttöä, verorasitus on pienimmillään akkusähköauton kohdalla.



Kuva 7.3. Vuotuinen verorasitus (polttoainevero + käyttövoimavero) eri tekniikoille.

7.3 Henkilöautokannan ennuste- ja hallintamalli

Hankekoodi	3.3
Vastuutaho	Tampereen teknillinen yliopisto & VTT
Raportointi	Hanna Kalenoja

7.3.1 Tausta ja tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa ennustemalli henkilöautokannan koostumuksen ja alueellisten liikennesuoritteiden arviointiin. Menetelmällä on mahdollista arvioida erilaisten yhteiskunnallisten ohjaustoimenpiteiden – kuten verotuksen ja lainsäädännön – vaikutuksia autokannan kehitykseen ja henkilöautosuoritteeseen. Ajosuoritteen ja autokannan koostumuksen avulla on mahdollista tuottaa tarvittavia lähtötietoja tietoja esimerkiksi liikenteen energiankulutuksen ja ympäristövaikutusten arviointiin. Malli laaditaan kuvaamaan henkilöautokannan kehitystä vuosina 2010–2030.

7.3.2 Tutkimusryhmä

Hanke toteutetaan Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Tiedonhallinnan ja logistiikan laitoksen, VTT:n ja Suomen Ympäristökeskuksen yhteishankkeena. Hankkeen vastuullinen toteuttaja on TTY. Hankkeen toteuttamiseen osallistuvat seuraavat yksiköt (sulkeissa avainhenkilöt):

- Tampereen teknillinen yliopisto (TTY), Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos, erikoistutkija Hanna Kalenoja
- VTT, erikoistutkija Juhani Laurikko Ajoneuvot-tiimistä, erikoistutkija Tuuli Järvi ja erikoistutkija Kari Mäkelä Liikennejärjestelmien hallinta -tiimistä
- Suomen ympäristökeskus (SYKE), vanhempi tutkija Mika Ristimäki ympäristöpolitiikan tutkimusohjelmasta, Ristimäki toimii hankkeessa YKR-aineistoasiantuntijana

Hankkeen ohjausryhmään kuuluvat Heikki Kuitunen ja Juha Kenraali valtiovarainministeriöstä, Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Kari Alppivuori ja Juhani Intosalmi TraFista, Lauri Ali-Mattila Liikennevirastosta ja Harri Kallberg Tieliikenteen Tietokeskus Oy:stä. Ohjausryhmän kokouksiin ovat valtiovarainministeriöstä osallistuneet lisäksi Veli Auvinen, Henna-Riikka Nalli ja Elina Pylkkänen.

Ohjausryhmä on kokoontunut vuoden 2010 aikana kolme kertaa. Lisäksi työssä on pidetty erillisiä aineistopalavereja TraFin ja valtiovarainministeriön kanssa.

7.3.3 Vuonna 2010 tehdyt työvaiheet

Vuoden 2010 alkupuolella kartoitettiin mallin lähtöaineistoiksi soveltuvia aineistoja. Yksilömallit perustuvat pääosin henkilöliikennetutkimusaineistoihin sekä ajoneuvorekisteritietoihin. Lisäksi on selvitetty mahdollisuutta hyödyntää mallin lähtötietoina VM:n tulonjakomallin (TUJA-mallin) lähtöaineistoa. Henkilöhaas-

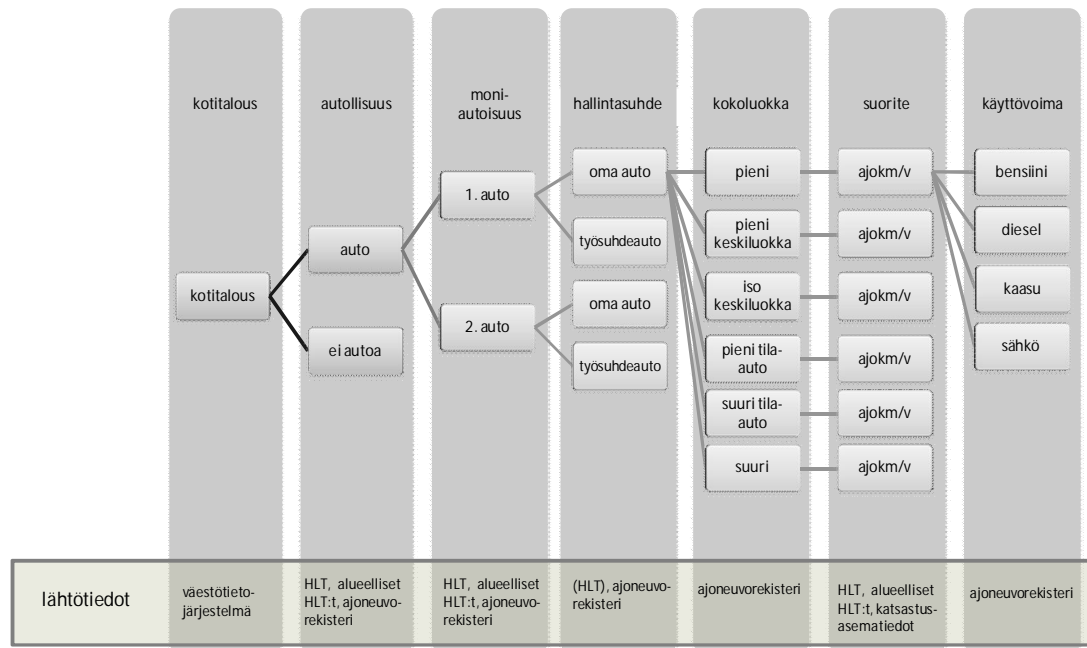
tatteluaineistot sisältävät tietoa kotitalouksien autollisuuden ja liikkumistarpeen mallinnukseen, mutta auton valintaa ja auton omistussuhteen valintaa on mahdollista mallintaa ainoastaan ajoneuvorekisterin ja mahdollisesti TUJA-mallin tiedoilla, sillä henkilöhaastattelut eivät pääosin sisällä tietoja kotitalouksien omistamien autojen ominaisuuksista (esimerkiksi auton ikä, auton malli, auton omistussuhde), jotka puolestaan poimitaan Ajoneuvorekisteristä

Mallinnusta varten ajoneuvorekisterissä olevien liikennekäytöstä väliaikaisesti poistettujen ajoneuvojen joukosta karsitaan ajoneuvon iän ja liikennekäytöstä poistamisen keston perusteella pois ne ajoneuvot, jotka todennäköisesti on poistettu lopullisesti liikennekäytöstä.

Ajokortillisuusennusteet luodaan TTY:llä viime vuosina tehtyjen ajokortin haltijoiden alueellisten mallien pohjalta. Tärkeänä tietolähteenä ajosuoritteiden mallinnuksessa ovat henkilöliikennetutkimuksen lisäksi katsastusasemilta kerätyt mittarilukematiedot.

Vuoden 2010 aikana on toteutettu laaja kirjallisuustutkimus, jossa on kartoitettu erilaisia autonomistus- ja autokantamallien rakenteita. Kirjallisuudesta on löytynyt noin 80 soveltuvaa lähdetä, joissa on kuvattu autonomistusta tai -valintaa tai ajoneuvokantaa. Suurimmassa osassa autokantamalleja ja autonomistusta ja -hankintaa koskevia malleja tavoitteena on ollut ennakoida liikenteen kysyntää ja hiilidioksidipäästöjä. Lähes kaikissa malleissa on mekanismeja, joilla voidaan selvittää taloudellisen ohjauksen vaikutuksia ajoneuvokannan kokoon ja ominaisuuksiin. Aggregaatti- ja disaggregaattimallien yhdistelmät ovat melko yleisiä autokantamalleissa. Erilaisten kotitaloustyyppien ryhmittelystä on löydettävissä kirjallisuudesta hyviä esimerkkejä. Kotitalouksien autonomistuksen on havaittu taloudellisen ohjauksen keinoin muuttuvan herkemmin kaupunkiseuduilla kuin harvaan asutuilla alueilla, sillä kaupunkiseuduilla kotitalouksilla on useimmiten valittavanaan myös muita kulkutapoja.

Työssä on syksyllä 2010 laadittu luonnos väestö- ja kotitalousrakenteen mallista ja autonomistumalleista. Luonnosvaiheen väestö- ja kotitalousrakenteen malli jakaantuu kotitalouden elinvaiheen ja kotitalouden koon mukaisesti ryhmiin. Lisäksi väestö- ja kotitalousrakenteen malleihin sisältyy alueellinen jako ja yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyyttä kuvaava jako, joka kuvaa alue- ja yhdyskuntarakennetta sekä liikkumismahdollisuuksia. Autonomistuksen ja käytön mallien lähtöaineistoja ovat vuosina 2004 – 2010 tehdyt alueelliset liikennetutkimukset sekä valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2004 – 2005. Autonomistuksen ja käyttötapojen mallien lähtökohtana on yksilökohtainen ja kotitalouskohtainen liikkumistarve ja se sisältää myös ajokortillisuusmallin. Autonomistumalleissa mallinnetaan todennäköisyyttä sille, onko kotitaloudessa 0, 1 tai enemmän kuin 1 autoa. Auton valintamallissa mallinnetaan sitä, päädytäänkö kotitaloudessa oman auton, työsuhdeauton tai yhteiskäyttöauton hankintaan sekä sitä, minkä kokoluokan autoon valinta kohdistuu. Lisäksi mallinnetaan auton käyttöä, eli vuosisuoritetta. Kuvassa 7.4 on esitetty mallin alustava rakenne.



Kuva 7.4. Mallin alustava rakenne

Ajoneuvojen kokoluokkina mallissa hyödynnetään ajoneuvojen pituuteen ja korkeuteen perustuvaa kokoluokitusta (taulukko 7.2). Ajoneuvojen polttoaineenkulutusta ja hiilidioksidipäästöjä voidaan massaa ja moottoritulavuutta paremmin kuvata ajoneuvon pituudella ja korkeudella. Myös valintamalliin kuvautuvien käyttöominaisuuksien kuvaamiseen pituus ja korkeus soveltuvat hyvin, sillä niiden perusteella ajoneuvot voidaan jakaa pieniin autoihin, keskiluokan autoihin, suuriin autoihin ja tila-autoihin. Luokituksen tulisi olla riittävän yksinkertainen, jotta se voidaan kuvata kotitalouskohtaisessa auton valintamallissa, mutta riittävän yksityiskohtainen, jotta sen perusteella voidaan kuvata autokannan koostumus vaikutusten arviointia varten (esimerkiksi polttoaineenkulutus, hiilidioksidipäästöt ja verokertymä).

Taulukko 7.2. Mallissa käytettävä henkilöautojen kokoluokitus.

Kokoluokka	Pituus mm	Henkilömäärä	Tyypillisin päästöluokka
Pienet autot	>3 700 - 4 170	4-5	B
Pieni keskiluokka	>4 170 - 4 570	5	C
Suuri keskiluokka	>4 570 - 4 850	5	C
Suuret autot	>4 850 - 5 075	5	D
Tila-autot	>4 350	7	D
Suuret tila-autot	–	9	F

7.3.4 Seuraavat työvaiheet

Seuraavissa työvaiheissa autonomistumalleja täydennetään ja niiden perusteella syntyville kotitalousluokille luodaan alueellinen ennustemalli. Auton valintaa ja suoritetta kuvaavat mallit on tarkoitus laatia kevään aikana ja autokantaa koskeva mallinnusvaihe aloitetaan loppukeväästä 2011.

7.4 Tiekartat

Hankekoodi	3.4
Vastuutaho	VTT alihankkijana VATT
Raportointi	Nils-Olof Nylund

7.4.1 Johdanto

Osahanketta ryhdyttiin edistämään vuonna 2010. ”Tiekartat” on osa alkuperäisen TransEco tutkimussuunnitelman ”Suomi 2020 – 2030 toimintamallit” –kokonaisuutta, joka kuvattiin seuraavasti:

”Suomi 2020 – 2030 toimintamallit” -osatehtävässä päätavoite on laatia laskentamalleja ja muita työkaluja, joilla arvioidaan mm. erilaisia polttoaine- ja energiaketjuja (polttoaineskenaariot), autokannan koon ja koostumuksen muutoksia (teknologiaskenaariot) ja tuottaa päätöksentekoa tukevaa, jäsenettyä ja pitkälle jalostettua tietoa. Osatehtävän tulosten keskeiset hyödyntäjät ovat julkishallinnon yksiköt (TEM, LVM, VM, YM, Liikennevirasto, Liikenteen turvallisuusvirasto), mutta osio tukee myös yksityisen sektorin toimijoita niiden ennakoidessa ja suunnitellessa omia liiketoimintamahdollisuuksiaan ja arvioidessa uusien teknologiavaihtoehtojen markkinoille tulon edellytyksiä.”

Edellisissä kohdissa esitetyt ”Verotusmallit ja muut ohjaukset” ja ”Henkilöautokannan ennuste- ja hallintamalli” liittyvät tiiviisti tähän Suomi 2020 – 2030 –kokonaisuuteen. Tiekartat-osatehtävässä toiminta on käynnistynyt tarkasteluilla siitä, miten Suomi voi täyttää liikenteen uusituvan energian velvoitteet vuodelle 2020. Tarkasteluissa on vähintään kolme dimensiota:

- autokalusto ja autokalustosta syntyvät rajoitteet (esim. mikä on autokaluston kyky ottaa vastaan biopolttoaineita, ”biopolttoainenielu”, sähköautojen hidas yleistyminen autokannassa)
- biopolttoaineiden osalta kestävyyskriteerit täyttävien raaka-aineiden ja prosessointikapasiteetin rajoitteet
- vaihtoehtoisten toimintamallien vaikutukset kansantalouden kannalta

Eduskunta hyväksyi joulukuussa 2010 polttoaineverotuksen muutoksen lisäksi lain biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta (1420/2010). RES-direktiivi asettaa EU-tasoisena 10 %:n minimivelvoitteen liikenteen uusiutuvalla energialla vuodelle 2020. Uusiutuvat energia voi olla joko biopolttoaineita tai uusiutuvaa sähköä.

Suomen uusi biovelvoitelaki on varsin progressiivinen, sillä vuoden 2020 tavoite on peräti 20 % biopolttoaineita. Lain perusteluissa todetaan, että tavoite pyritään ensisijaisesti täyttämään ns. tuplalaskettavilla biokomponenteilla.

Hallituksen esityksessä (HE 197/2010 vp) sanotaan:

”Korkealla, EU:n vaatimukset ylittävällä velvoitetasolla halutaan erityisesti kannustaa investointeja toisen sukupolven teknologioihin, jotka hyödyntävät tuplalaskennan piirissä olevia kotimaisia raaka-ainelähteitä. Esityksen keskeisenä tavoitteena on myös jakeluelvoitteen porrastaminen niin, että liikenteen biopolttoaineita koskeva tavoite saavutetaan mahdollisimman kustannustehokkaasti.”

Lakitekstissä (1420/2019) sanotaan seuraavasti:

”Jakelija on velvollinen toimittamaan biopolttoaineita kulutukseen. Biopolttoaineiden energiasisällön osuus jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä (jakeluelvoite) tulee olla vähintään:

- 1) 6,0 prosenttia vuosina 2011—2014;*
- 2) 8,0 prosenttia vuonna 2015;*
- 3) 10,0 prosenttia vuonna 2016;*
- 4) 12,0 prosenttia vuonna 2017;*
- 5) 15,0 prosenttia vuonna 2018;*
- 6) 18,0 prosenttia vuonna 2019;*
- 7) 20,0 prosenttia vuonna 2020 ja sen jälkeen”*

7.4.2 Arvioita polttoainemäärien kehittymisestä, biopolttoainenieluista ja biopolttoaineiden tuotantopotentiaaleista Suomessa

VTT teki kesällä 2010 taustalaskelmia biopolttoaineista ja sähköautoista vuoteen 2020 mentäessä. Laskelmat on dokumentoitu diarioidussa muistiossa VTT-M-05319-10, josta seuraavassa lainauksia. Dokumentti laadittiin ennen HE 197/2010 vp:n julkaisua.

Polttoainemäärät ja niiden kehittyminen

Vuonna 2009 Suomessa kulutettiin ÖKKL:n tilastojen mukaan 1714 ktoe bensiiniä ja 2177 ktoe dieselpolttoainetta (ÖKKL 2010). Vuoden 2005 kulutusluvut olivat vastaavasti 1876 ktoe bensiiniä ja 2013 ktoe dieselpolttoainetta.

Tehdyssä yksinkertaistetussa tarkastelussa on oletettu että em. polttoainemäärät kulutetaan kokonaisuudessaan tieliikenteessä, ja tarkastelut tehdään pelkästään CO₂:n osalta. Fossiilisen CO₂-päästön vähentäminen 15 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä tarkoittaa että vuoden 2020 yhteenlaskettu bensiini ja dieselin määrä on 3306 ktoe.

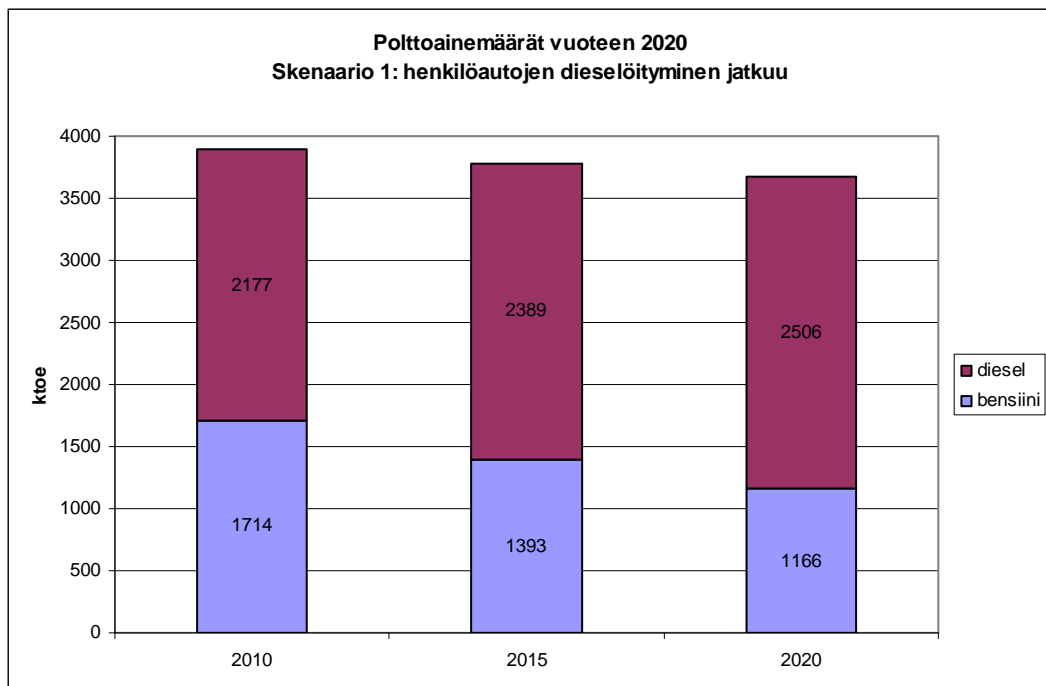
Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma ILPO olettaa, että vuonna 2020 käytössä on 10 % biopolttoaineita energiana laskien, ja että biopolttoaineet liikenteen CO₂-taseessa lasketaan hiilineutraaleiksi. ILPO:sta johdettu polttoaineiden kokonaismäärä vuonna 2020 on näin ollen 3673 ktoe, josta fossiilisia polttoaineita em. 3306 ktoe ja biopolttoaineita 367 ktoe.

ILPO:n mukaan yli 90 % liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä syntyy tieliikenteestä ja tieliikenteen sisällä 60 % henkilöautoista. Koska raskas kalusto toimii käytännössä pelkästään dieselillä, edellä mainituista luvuista voidaan johtaa vuonna 2009 dieselhenkilöautoissa käytetyn polttoaineen määrä.

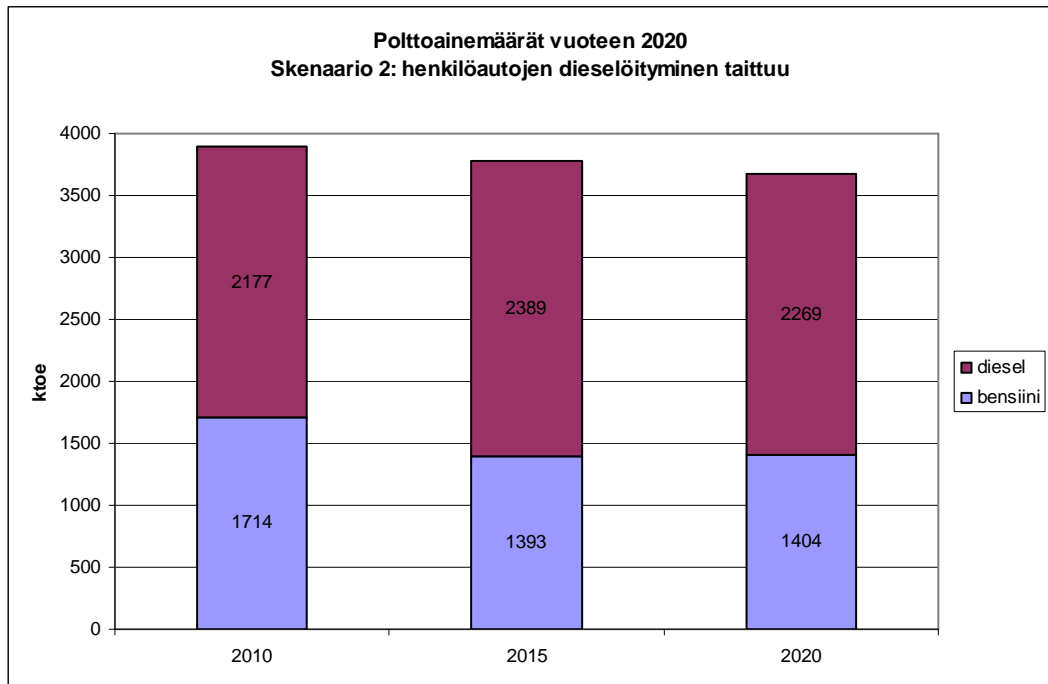
Dieselhenkilöautojen osuus autokannassa vaikuttaa bensiini ja dieselin jakautumaan. Tällä hetkellä dieselien osuus uusissa henkilöautoissa on noin 50 %, eli bensiini kulutus on laskussa. Vuoteen 2020 ulottuvissa tarkasteluissa on laskettu kaksi vaihtoehtoa:

1. dieselautojen osuus uusissa henkilöautoissa säilyy 50 %:ssa aina vuoteen 2020 asti (henkilöautojen dieselöityminen jatkuu)
2. dieselautojen osuus uusissa henkilöautoissa on 50 % vuoteen 2015 asti, mutta laskee tämän jälkeen tasolle 30 % ollen 30 % aikavälillä 2015 – 2020, tämä voisi johtua esim. kiristyvistä pakokaasumääräyksistä jotka ovat helpommin täytettävissä bensiini- kuin dieselmootoreilla (henkilöautojen dieselöityminen taittuu)

Polttoaineiden kokonaismäärän oletetaan pysyvän muuttumattomana vaikka bensiini- ja dieselhenkilöautojen suhteet muuttuvat. Näillä kahdella tarkastelutavalla päädytään kuvien 7.4 (dieselskenaario) ja 7.5 (bensiniskenaario) polttoainemääriin ja jakautumiin. Vuodelle 2010 on käytetty vuoden 2009 lukuja, ja vuodelle 2015 vuosien 2010 ja 2020 keskiarvoja.



Kuva 7.4. Skenaarion 1 (henkilöautojen dieselöityminen jatkuu) polttoainemäärät.



Kuva 7.5. Skenaarion 2 (henkilöautojen dieselöityminen taittuu) polttoainemäärät.

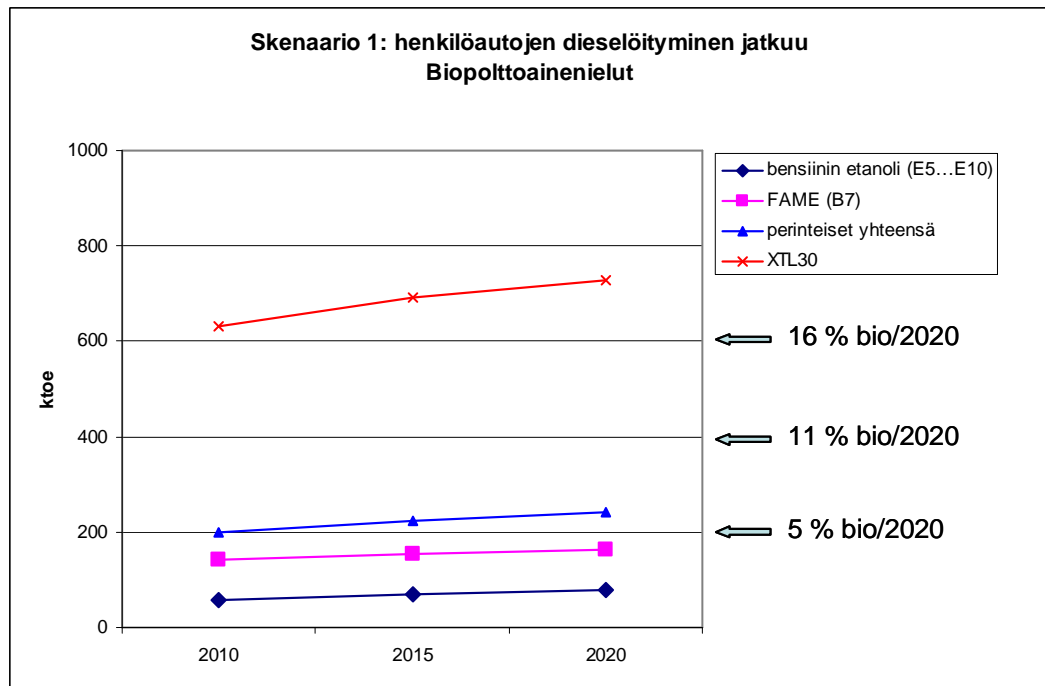
Biopolttoainenielut

Biopolttoaineiden määriä tarkastellaan aluksi sen perustella, miten paljon polttoainenormit sallivat biokomponentteja ilman mitään kalustomodifikaatioita. Vuonna 2010 bensiinissä sai olla 5 til-% etanolia (E5), joka on energiaosuutena 3,3 %. Pitoisuus on vuodesta 2011 alkaen 10 til-% (E10), jolloin energiaosuudeksi muodostuu 6,7 %. Tämä on keskimääräinen oletus vuodelle 2020. Etanolin energiaosuudet bensiinissä ovat siis 3,3 % (2010), 5,0 % (2015) ja 6,7 % (2020).

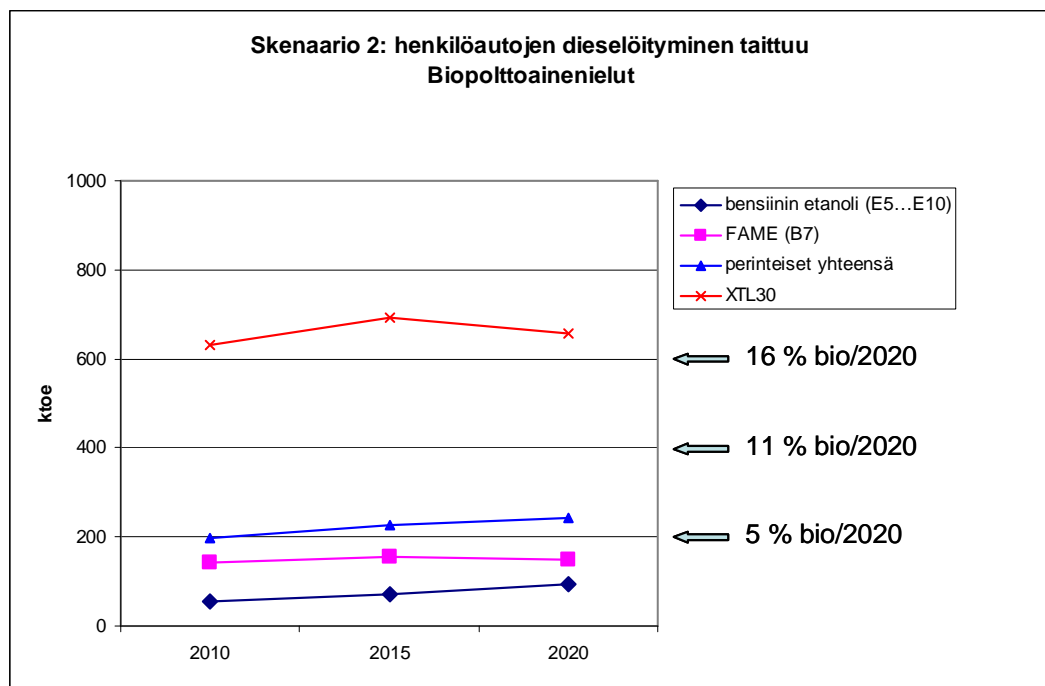
Dieselpolttoaineessa sallitaan 7 til-% FAME biodieseliä (B7), joka on energiaosuutena 6,5 %. Parafiinista dieselpolttoainetta (XTL) voidaan kaikkien voimassa olevien polttoainenormien puitteissa käyttää 30 til-% (XTL30), vastaten 29 %:n energiaosuutta.

Kuvissa 7.6 ja 7.7 on esitetty ne biopolttoainemäärät joihin päästään etanolilla, FAME:lla ja XTL-polttoaineella.

Etanolin (E10) ja FAME:n (B7) yhdistelmällä päästään kummassakin skenaariossa vain 6,6 %:n bio-osuuteen vuonna 2020. Pelkästään XTL30:llä saavutetaan 18 – 20 %:n bio-osuus.



Kuva 7.6. Skenaarion 1 (henkilöautojen dieselöityminen jatkuu) biokomponenttinielut.



Kuva 7.7. Skenaarion 2 (henkilöautojen dieselöityminen taittuu) biokomponenttinielut.

Henkilöautokaluston vaihtoehtoiset ratkaisut (FFV, kaasu ja sähkö)

Henkilöautojen osalta on tarkasteltu kolmea tekniikkavaihtoehtoa, jotka ovat FFV eli korkeaseosetanolipolttoainetta (maks. 85 % EtOH) käyttävä bensiinimoottoriauto, metaania (maa- tai biokaasu) polttoaineena käyttävä tai (akku)sähköauto. Kullekin näille on arvioitu kaksi erilaista yleistymisskenaariota, ”perus” ja ”kiihdytetty”. Vaihtoehtojen oletetaan korvaavan lähinnä bensiinikäyttöisiä autoja, ei niinkään dieselhenkilöautoja. Vaihtoehtoiset skenaariot vä-

hentävät jossain määrin perinteisen kaluston bensiiniseoksissa käytettävän etanolin määrää. Perusskenaariossa oletetaan, että henkilöautojen dieselöityminen jatkuu. Kiihdytetty skenaario edellyttää, että dieselöityminen taittuu jotta vaihtoehdoille ”saadaan tilaa”.

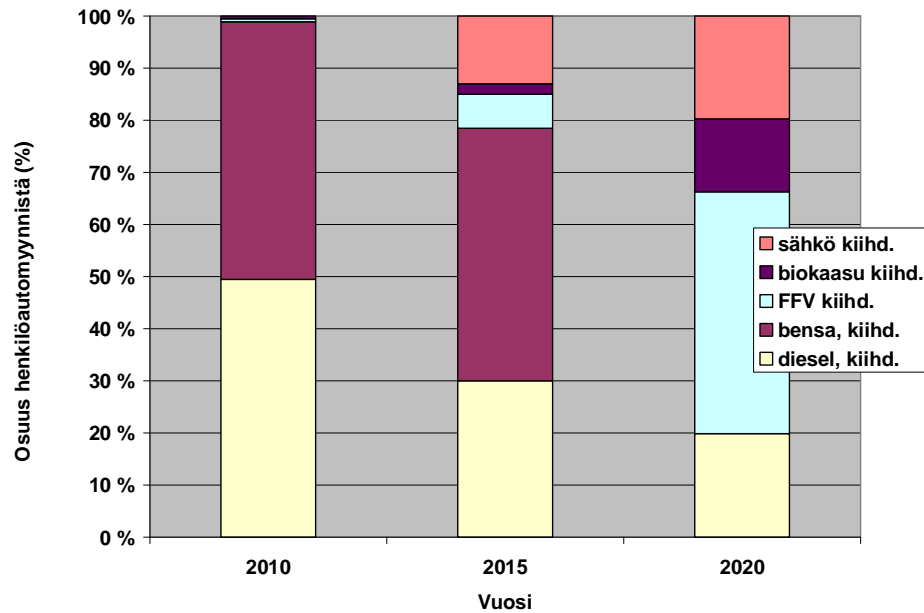
FFV-autot ovat teknisesti varsin vähän normaalista poikkeavia ja niiden valmistuksen lisäkustannus on varsin pieni, useissa jo markkinoilla olevissa se ei edes näy loppuhinnassa. Siten niiden yleistymiselle on pienin kynnys, ja tarkastelussa olevissa kahdessa vaihtoehdossa on oletettu niiden osuuden lisääntyvän ensirekisteröinneissä vuoteen 2020 mennessä joko niin että niiden osuus uusissa bensiinautoista on 22 % (”perus”) tai 100 % (”kiihdytetty”), eli jälkimmäinen niin että kaikki uudet bensiinimoottoriautot vuonna 2020 ja siitä eteenpäin rakennettaisiin FFV-tekniikalla.

Kaasupolttoainetta käyttävä henkilöauto on normaalisti kaksoispolttoaineauto, eli kaasun lisäksi niissä on varapolttoaineena bensiini. Koska autoon pitää käytännössä tehdä kaksi polttoainejärjestelmää ja korkeapaineakaasusäiliöt, on lisäkustannus selvästi suurempi kuin edellisessä tapauksessa, ja nostaa auton kuluttajahintaa useammalla tuhannella eurolla. Kun myös kaasun saatavuus on toistaiseksi rajattu maantieteellisesti Etelä- ja Kaakkois-Suomeen, on luultavaa, että kaasuautojen yleistyminen on paljon hitaampaa kuin FFV-tekniikan. Siksi perusskenaariossa niiden on oletettu saavuttavan puolet FFV-autojen myyntiosuudesta, ja kiihdytetyssä vaihtoehdossa yltävän samaan myyntiosuuteen kuin FFV-perusskenaariossa, eli noin 20 % osuus vuoden 2020 uusien bensiinautojen myynnistä.

Sähköautojen kohdalla lisäkustannukset ovat aivan omaa luokkaansa, ja hintalisä tavanomaiseen autoon verrattuna on aluksi vähintään 20.000 € Siksi on luultavaa, että ainakaan ilman mittavia tukitoimia ei niiden yleistyminen ole todennäköistä. Tässä tarkastelussa persusvaihtoehdoksi on otettu 7 % myyntiosuus vuoden 2020 uusista autoista. Luku perustuu mm. Frost & Sullivan’in (2010) ja IEA:n (2009) ennusteisiin. ”Kiihdytetyssä” skenaariossa on lähtökohtana TEM:in sähköautotyöryhmän vuoden 2009 kesällä julkistama 25 % myyntiosuustavoite vuonna 2020, joka autolukumääränä tarkoittaisi yli 30 000 auton vuosimyyntiä.

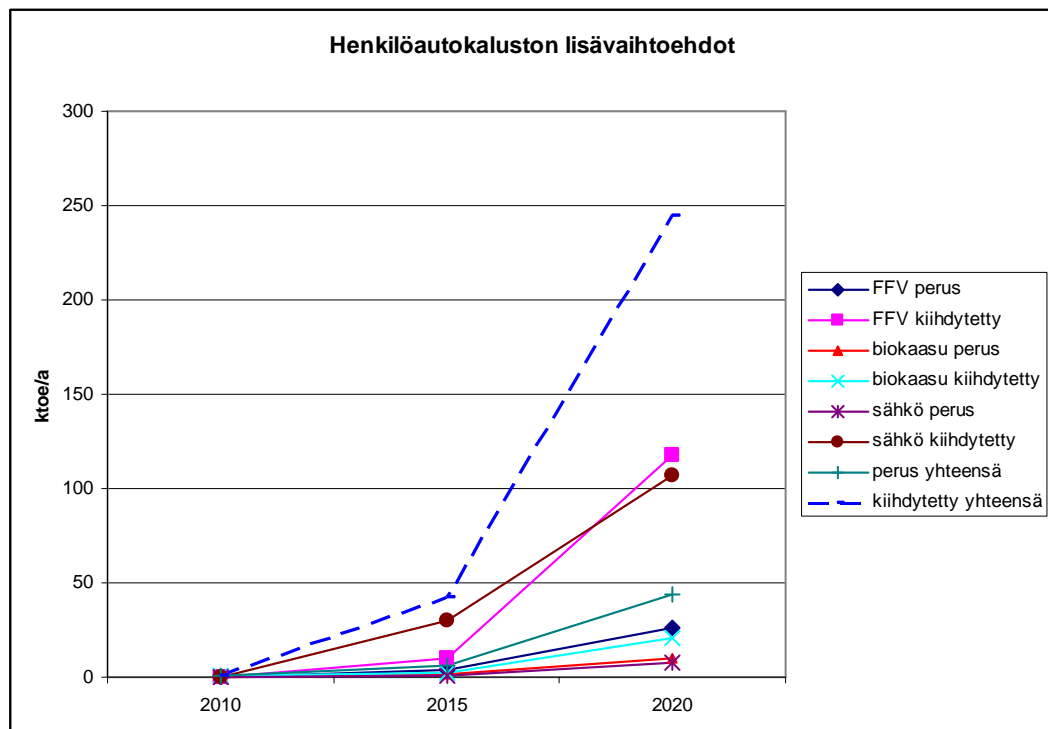
Perusskenaario voi toteutua sellaisenaan, mutta ”kiihdytetty” -skenaariossa kaikki vaihtoehdot eivät voi toteutua maksimissaan, koska ne kilpailevat keskenään. Jos ne summataan, henkilöautokanta kasvaa noin 35 % yli ennustetun koon. Toisaalta, jos sähköautoilla on vain 10 000 km vuosisuorite, niitä tarvitaan lukumääräisesti enemmän tuottamaan sama ajosuorite kuin normaaleilla poltto-moottoriautoilla, joilla keskisuurite on luokkaa 15 000 km/vuosi.

Kuvassa 7.8 on esitetty eri tekniikoiden osuudet uusien henkilöautojen myynnistä kiihdytetyssä skenaariossa.



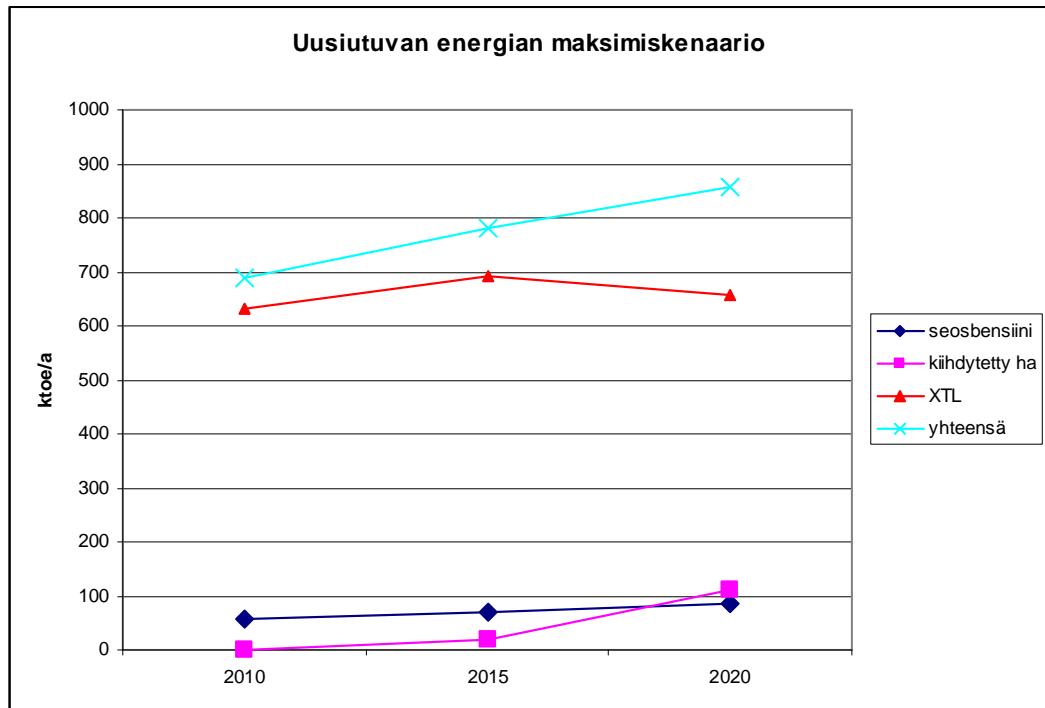
Kuva 7.8. Eri tekniikoiden osuudet uusien henkilöautojen vuosittaisesta myynnistä kiihdytetyssä skenaariossa.

Perusskenaariossa eri vaihtoehtojen vaikutus vuonna 2020 on haarukassa 8 – 26 ktoe, ja yhteenlaskettu vaikutus on 44 ktoe. Kiihdytetyssä skenaariossa luvut ovat vastaavasti 21 – 118 ktoe (kuva 7.9). Kiihdytetyn skenaarion yhteenlaskettu vaikutus on merkitty kuvaan katkoviivalla, koska osuudet eivät ole summattavissa. Sähköautot on arvioitu sen mukaan miten ne korvaavat polttoaineita, ei niissä käytetty sähkömäärän perusteella.



Kuva 7.9. Henkilöautokaluston lisävaihtoehdot. Katkoviivalla merkitty ”kiihdytetty yhteensä” ei ole realistinen vaihtoehto.

Maksimaalinen uusiutuvan energian skenaario on muodostettu yhdistämällä etanolia sisältävä bensiini, kiihdytetyn skenaarion keskiarvo FFV- ja sähköautoista (eivät voi toteutua samanaikaisesti) sekä lisäksi 30 til-% XTL-komponenttia kaikessa dieselpolttoaineessa (dieselöityminen taittuu trendin mukaan). Tällä yhdistelmällä päästäisiin vuonna 2020 noin 25 %:n todelliseen uusiutuvan energian osuuteen (kuva 7.10).



Kuva 7.10. Uusiutuvan energian maksimiskenaario.

Tuplalaskettavien biokomponenttien vaikutus ja vuoden 2020 uusiutuvan energian tavoite

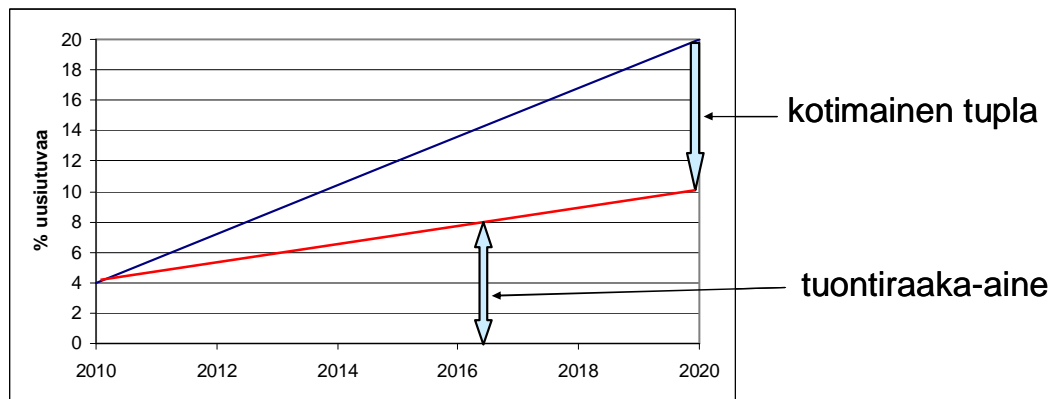
ILPO edellyttää, että meillä on oikeasti 10 % biokomponentteja vuonna 2020. RES-direktiivin tuplalaskentasääntö ei vaikuta liikennesektorille kohdistettavaan CO₂-taakkaan, ainoastaan laskennalliseen uusiutuvan energian määrään.

Kotimaassa valmistettava jäteperäinen etanoli ja puuraaka-aineeseen perustuva BTL hyväksytään tuplalaskentasäännön piiriin. Pelkästään parafiinisella dieselpolttoaineella saavutetaan faktisesti noin 20 % bio-osuus. Jos tämä parafiininen hyväksytään tuplalaskettavaksi, laskennallinen bio-osuus olisi tällöin noin 40 %. Näiden lukujen päälle tulisi vielä tuplalaskettava etanoli.

Kuva 7.11 havainnollistaa miten kotimaisen tuplalaskettavan biopolttoaineen saatavuus vaikuttaa lähinnä tuontiraaka-aineeseen perustuvan ei-tuplalaskettavan biopolttoaineen tarpeeseen.

Jos vuoden 2020 uusiutuvan energian tavoitteeksi asetetaan 20 %, 19 % jää kattavaksi biopolttoaineilla, koska realistinen sähköautojen kontribuutio on suuruusluokkaisesti 1 %. Määränä 19 % vuoden 2020 arvoidusta polttoainemäärästä on noin 700 ktoe. Tuplalaskentasäännöllä määrä puolittuu ollen 350 ktoe. Jos tuplalaskettavia biopolttoaineita ei ole käytettävissä ja ollaan sitouduttu 20 %:n

uusiutuvan energian tavoitteeseen, on lähinnä tuontiraaka-aineeseen pohjautuvan biopolttoaineen tarve tällöin em. 700 ktoe.



370 000 toe tuplalaskettavaa= 20 %

185 000 toe tuplalaskettavaa= 10 %

Kuva 7.11. Tuplalaskettavan biopolttoaineen ja tuontiraaka-aineeseen perustuvan biopolttoaineen suhde.

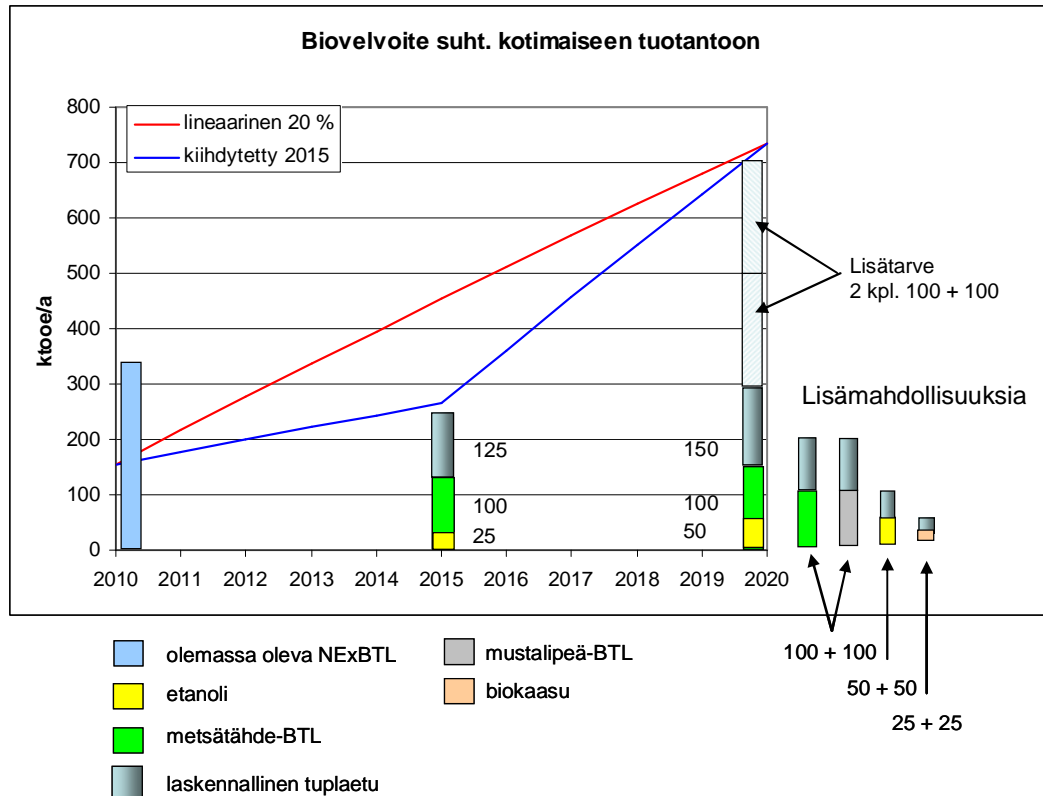
Biopolttoaineiden tuotantopotentiali Suomessa

Jakeluvuittelain mukainen 4 %:n määrävaatimus vuodelle 2010 vastaa noin 160 ktoe/a biopolttoainetta. Suomessa valmistetaan hiljan valmistuneissa laitoksissa kasviöljypohjaista parafiinista dieselöljyä noin 340 ktoe/a sekä jättepohjaista etanolia noin 2 ktoe/a. Lisäksi valmistetaan biokaasuja kaasuautoihin megawattitasolla, alle 1 ktoe/a. Maakaasun liikennekäyttö on noin 5 miljoonaa m³/a vastaten noin 4 ktoe/a. Ulkomailta voidaan tuoda lisäksi markkinaehtoisesti etanolia ja FAME-biodieseliä sekä tulevaisuudessa mahdollisesti myös kasviöljypohjaista parafiinista dieselöljyä.

Suomessa on useita julkistettuja toisen sukupolven biopolttoaineiden kehityshankkeita, jotka tähtäävät jäte-, metsätähde- ja olkipohjaisten jne. biopolttoaineiden kaupallistamiseen Euroopan markkinoille (mm. kolme NER 300 – hakemusta keväällä 2011). Parafiinista dieselpolttoainetta metsätähdeistä valmistavan tehtaan suunniteltu tuotantomäärä on tyypillisesti 100–250 ktoe/a. Muita vaihtoehtoja ovat mm. jäteraaka-aineeseen pohjautuva etanoli ja biokaasu. Kuvassa 7.12. on hahmoteltu kotimaisen biopolttoainetuotannon potentiaalia.

7.4.3 Uusiutuvaa energia koskevien velvoitteiden kustannusvaikutukset

VTT teki kesällä 2010 yksinkertaistettuja laskelmia eri tavalla toteutettujen biovelvoitteiden kustannusvaikutuksista. Loppusyksystä 2010 Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT kytkettiin mukaan työhön. VATT:in tehtävä määriteltiin seuraavasti:



Kuva 7.12. Kotimaisen biopolttoainetuotannon kehitysskenaarioita.

VATT tekee skenaariotarkasteluja kansantalouden näkökulmasta TransEco-ohjelman Suomi 2020 - 2030 -hankkeeseen. Ensi vaiheessa tarkastellaan vuoden 2020 uusiutuvan energian lisäämisen ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen tavoitteita. Tarkasteltavat vaihtoehdot ovat:

- 10 ja 20 % perinteisiä biopolttoaineita (lähinnä tuontiraaka-aineeseen perustuen, ilman tuplalaskentaa)
- 10 ja 20 % edistyksellisiä biopolttoaineita (metsä-BTL ja jäte-etanoli, tuplalaskenta, faktiset määrät 5 ja 10 %)
- sähköautot
- henkilöautokaluston uudistaminen (lähinnä energiatehokkuus)

VATT tekee laskentaa VATTAGE-mallilla, jonka ominaisuuksia ovat mm.(Honkatukia 2011):

- Laskennallinen yleisen tasapainon malli (AGE)
- Perustuu laajaan tietokantaan
- Tuotanto- ja kysyntäfunktioiden parametrit aluetason ekonometriasta
- Dynaaminen
- Tasapainomallit soveltuvat sekä mikro- että makrotaloudellisten kysymysten analysointiin
 - yritysten voitonmaksimointi – panoskysynät, investoinnit
 - kuluttajan ongelma – kulutuskysyntä, säästäminen

- eksogeeniset rajoitteet - resurssit
- julkinen sektori noudattaa politiikkasääntöjä
- Skenaarioanalyysi ja politiikka-analyysi linkittyvät luontevasti toisiinsa
- Malli mahdollistaa myös hyvinvointitarkastelun

VATTAGE-laskenta on käynnissä, ja tästä osuudesta odotetaan raporttia alkusyksystä 2011.

7.5 Joukkoliikenteen energiatehokkuuden seuranta, raportointi ja kehittäminen (JOLEN)

Hankekoodi	3.5
Vastuutaho	Tampereen teknillinen yliopisto, Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos
Raportointi	Heikki Liimatainen

Tampereen teknillinen yliopisto tarkasteli vuoden 2010 aikana energiatehokkuuden seuranta ja raportointia sekä tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointia tavaraliikenteessä ja linja-autoliikenteessä (tavaraliikenne katso kohta 5.7). Joukkoliikennettä koskeva, sektoritutkimusrahoituksella toteutettu JOLEN-hanke liitettiin liikenne- ja viestintäministeriön toivomuksesta TransEco-ohjelmaan vuonna 2010. Tavaraliikenteen tapaan myös linja-autoliikenteestä julkaistiin loppuraportti ja konferenssiesitelmä vuonna 2010:

- Metsäpuro, P., Liimatainen, H., Rauhamäki, H., Mäntynen, J. 2011. Joukkoliikenteen energiatehokkuuden seuranta, raportointi ja kehittäminen. Sektoritutkimuksen neuvottelukunnan julkaisuja 1:2011. (http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tiede/setu/liitteet/SETU_1-2011.pdf)
- Metsäpuro, P., Liimatainen, H. 2010. Joukkoliikenteen energiatehokkuus tilaajien ja tuottajien näkökulmasta. Väylät & Liikenne 2010. Jyväskylä 13.-14.10.2010.

Joukkoliikenteen energiatehokkuuden seuranta, raportointi ja kehittäminen -suositukset

Tiivistelmä:

Energiatehokkuuteen ei kaupunkien joukkoliikenteen tilaamisessa ole toistaiseksi kiinnitetty huomiota. Tilaajat kokevat, ettei heillä ole riittävää osaamista tai resursseja osaamisen hankkimiseen. He eivät myöskään ole tietoisia liikenteen energiankäytöstä. Tilaajien tulisi edellyttää energiatehokkuuden säännöllistä raportointia, sillä energiankulutustaan tarkasti seuraava liikennöitsijä on useimmiten myös energiatehokas. Energiatehokkuussopimukseen liittymistä voitaisiin myös käyttää kilpailutuksen kriteerinä. Yritykset ovat kokeilleet melko laajasti halpoja ja yksinkertaisia energiatehokkuustoimenpiteitä, (ajonopeudet, tyhjäkäynti, rengaspaineet ja taloudellinen ajotapa). Suuria investointeja vaativat toimenpiteet, kuten kevytrakenteisten tai hybridiautojen hankinta, eivät ole käytössä. Niiden edistämiseksi ehdotetaan hankintatukitoiminnan käynnistämistä.

Joukkoliikenteen tilaamisessa yhteiskunnan toimenpiteet ovat toistaiseksi kohdistuneet haitallisten lähipäästöjen vähentämiseen. Kasvihuonekaasujen ja energiankulutuksen vähentäminen on kuitenkin jo noussut EU:n ja Suomen liikennepoliittisissa linjauksissa tärkeään asemaan. On myös nähtävissä, että edullisen fossiilisen energian aika alkaa olla menneisyyttä. Tämä lisää entisestään kuljetusyritysten ja koko yhteiskunnan tarvetta toimenpiteille energiatehokkuuden parantamiseksi. Suurin osa joukkoliikenteestä tuotetaan fossiilisia energiavaroja

hyödyntämällä ja toiminnan ylläpitämiseksi valtion ja kaupunkien on tuettava joukkoliikennettä subventoimalla siihen. Kallistuvan energian ja kiristyvän kuntatalouden tilanteessa tarvitaan toimenpiteitä joukkoliikenteen energiankulutuksen pienentämiseksi.

Energiatehokkuuden parantamiseksi jokaisen tahon tulisi tiedostaa ja tunnistaa omissa käsissä olevat työkalut, mutta myös hahmottaa oma tehtävänsä kokonaisuuden osana. Tähän raporttiin on koottu työkaluja, joilla tilaaja ja tuottaja voivat osaltaan vaikuttaa joukkoliikenteen energiatehokkuuteen. Joukkoliikenteen tilaajien kohdalla ongelmaksi koettiin se, että heillä ei ole tällä hetkellä tarpeeksi tietoa vaikutusmahdollisuuksistaan parantaa energiatehokkuutta. Joukkoliikenteen tuottajat taas kokevat, että suurin ongelma energiatehokkuuden parantamiseksi on resurssien puute. Pienten askelten politiikka ja toimiva energiankulutuksen seuranta voisi olla avain energiatehokkuuden parantamiseen, jolloin pien-tenkin toimenpiteiden vaikutuksista saataisiin positiivisia kokemuksia.

Valtakunnan tason suosituksia

Jatkokehitystä tarvitaan erityisesti kilpailuskriteerien tarkempaan määrittelyyn ja siihen, että löydetään keinoja kriteerien painotuksen määrittämiseen. Kilpailutuksen kriteerien tulkinnanvaraisuuden vähentämiseksi pitäisi valtakunnan tasolla tehdä määrityksiä esimerkiksi siitä, mitä käytännössä tarkoittavat hybridi-, kevytrakenne- ja aerodynaamisesti muotoiltu linja-auto, alhaisen vierinvastuksen renkaat tai taloudellisen ajotavan seuranta- ja kannustinjärjestelmä?

Energiatehokkuustoimenpiteiden tekemisen rohkaisemiseksi pitäisi ETS-tietopankkiin lisätä osio, jossa esitellään esimerkiksi uutta kalustoa ja toimenpiteitä, joiden avulla liikennöitsijät ovat parantaneet energiatehokkuuttansa. ETS-tietopankkiin tulisi myös liittää sovellus, jolla liikennöitsijät voisivat ennakoida mahdollisten energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksia energiankulutukseen ja talouteen omalla kalustollaan. Tällaisen sovelluksen taustatiedoiksi tarvitaan runsaasti tutkimustietoa eri toimenpiteiden vaikutuksista. Tietopankin kehittämiseksi tulisi myös selvittää mahdollisuutta saada autokohtaiset polttoaineenkulutustiedot siirrettyä suoraan polttoaineen jakelijan tietojärjestelmistä ETS-tietopankkiin. Autokohtaisilla polttoaineen maksukorteilla tämän pitäisi olla teknisesti täysin mahdollista. Myös liikennesuoritiedon automaattinen kerääminen tankkausten yhteydessä on mahdollista telemaattisilla järjestelmillä. Tällaisia järjestelmiä on käytössä joillain yrityksillä omilla varikoillaan, jotka on varustettu polttoainesäiliöillä. Monilla suurilla yrityksillä on myös omat, yksityiskohtaisetkin ympäristöasioiden seuranta- ja raportointijärjestelmät. Tällaisten järjestelmien tietojen pitäisi olla mahdollisimman automaattisesti siirrettävissä ETS-tietopankkiin. Näillä toimenpiteillä ETS-tietopankista saataisiin yritysten näkökulmasta houkuttelevampi ja useampien yritysten raportoidessa tietopankkiin, siitä tulee käyttökelpoinen väline myös valtakunnallisten ja alueellisten tavoitteiden seurantaan.

Liikennöitsijöiden energiatehokkuustyön tukemiseksi tulisi myös käynnistää laaja tiedotus- ja koulutustoiminta, jonka kautta myös ETS-tietopankin uudet toiminnot saataisiin laajamittaiseen hyötykäyttöön. Koulutuksen lisäksi tulisi käynnistää joukkoliikenteen energiakatselmustoiminta, jonka puitteissa liikennöitsijät voisivat tehdä energiatehokkuuden kehittämissuunnitelman energia-asiantuntijan opastuksella. Energiakatselmustoiminnan vauhdittamiseksi valtio voisi korvata osan liikennöitsijälle aiheutuvista kustannuksista.

Valtion ja kuntien taloudellista tukea tarvitaan myös uusien energiatehokkaiden ajoneuvoteknologioiden käyttöönoton vauhdittamiseksi. Monissa maissa esimerkiksi hybridikaluston ostoon on saatavissa suoraa taloudellista tukea ja näistä esimerkeistä voidaan ottaa oppia myös Suomessa. Tukitoimia ei kuitenkaan tule keskittää vain yhden teknologian edistämiseen, koska eri liikennetyypeissä tehokkaimmat keinot energiankulutuksen vähentämiseksi ovat erilaisia. Kaupunkiliikenteessä korostuvat hybriditekniikan hyödyt, vakiovuoro- ja tilausajoliikenteessä puolestaan aerodynamiikka ja kevytrakenteen tuoma massan vähennys. Valtion tuen avulla voidaan lisätä uusien teknologioiden kysyntää ja ohjata siten myös ajoneuvovalmistajien tuotekehitystä energiatehokkaaseen suuntaan.

Suosituksia joukkoliikenteen tilaajille

Tilaaaja-tuottaja –mallissa joukkoliikenteen tilaajat valitsevat liikennöitsijät kilpailuttamalla heitä erilaisin kriteerein. Tilaajan energiatehokkuustoimenpiteiden suhteen avainasemaan nouseekin juuri kilpailutus ja siinä käytetyt kriteerit. Tehokkaimpien vaikutusten aikaansaamiseksi energiatehokkuustoimenpiteet tulisi kohdistaa ensisijaisesti suuremmille kaupunkiseuduille. Tämän takia suurempien kaupunkien esimerkkiasemaa on korostettu ja niihin on laadittu laajempi kriteeristö kuin pienempiin kaupunkeihin. Toisaalta ympäristötavoitteiden toteutumiseen tarvitaan myös pienempiä, ympäristöystävällisyyden kannalta esimerkillisiä kaupunkeja rohkaisemaan muita.

Haastatteluiden perusteella kävi ilmi, että tilaajat eivät ole kovin tietoisia kilpailuttamansa liikenteen energiankulutuksesta. Energiankulutukseen liittyviä tietoja ei raportoida kuin Tampereella ja Helsingissä kaupungin liikelaitosten osalta. Lisäksi useimmissa kaupungeissa ei ole edes keskusteltu joukkoliikenteen energiatehokkuudesta ja sen parantamisen on ajateltu olevan vain liikennöitsijän tehtävä. Tilaajien tulisikin rohkaista tuottajiaan raportoimaan tietoja energiankulutuksesta. Tietojen hyödyntämisen ja eteenpäin raportoimisen lisäksi tämä olisi keino kertoa myös tuottajalle, että tilaaja on todella kiinnostunut liikennöintiin kuluvasta energiasta. Tutkimusten mukaan energiankulutustaan tarkasti seuraava yritys on todennäköisesti energiatehokkaampi kuin alan toimijat keskimäärin. Tilaajan kannalta olisi myös hyvä olla tietoinen siitä, mistä he tuottajille maksavat.

Kaupungeissa käytössä olevissa kilpailutuksen kriteereissä pääpaino on kustannuksissa ja melko pienen painoarvonsa siihen tuovat laatu- sekä ympäristöperusteiset kriteerit. Kilpailutuksessa tulisikin ottaa huomioon näiden lisäksi myös tuottajien energiatehokkuus ja kannustaa sen kehittämiseen. Energiatehokkuuden parantuessa myös liikennöinnistä aiheutuvat kustannukset pysyvät pidemmällä aikavälillä vakaampana. Energiatehokkuuden määrittely on kuitenkin monimutkaista ja sopivien kriteerien löytäminen voi olla useimmille tilaajille vaikea tehtävä. Tämän takia ministeriöiden ja alan liittojen tulisi ottaa tässä asiassa vetovastuu ja määrittellä yhteisiä ja yleisesti hyväksyttäviä toimintatapoja energiatehokkuuden huomioimiseksi joukkoliikenteen tarjouskilpailussa.

Suosituksia joukkoliikenteen tuottajille

Ensisijainen toimenpide joukkoliikenteen tuottajilla on luotettavan seurantajärjestelmän käyttöönotto. Seurantajärjestelmä luo edellytykset tarkastella erilaisten toimenpiteiden vaikutusta ja se ohjaa päätöksentekoa kohti energiatehokkaampia ratkaisuita. Seurantajärjestelmä voidaan nähdä johdon työkaluna,

jolla voidaan seurata kuljettajien yhden ammattitaidon osa-alueen kehittymistä ja tarvittaessa myös palkita hyvästä suorituksesta.

Liikennöitsijöiden tulisi myös hankkia tietoa erilaisista toimenpiteistä, joilla energiatehokkuutta voidaan parantaa. Kun liikennöitsijällä on tietoa toimenpiteiden vaikutuksista ja niiden tarvitsemista resursseista, on niiden käyttöönotolle paremmat edellytykset. Tiedon hankkimisessa ja jakamisessa ETS-tietopankilla onkin suuri rooli, jossa jaetut käyttäjäkokemukset rohkaisevat muita hyödyntämään erilaisia keinoja energiatehokkuuden parantamiseksi.

Pidemmällä aikavälillä liikennöitsijöiden vaatimukset energiatehokkaammasta kalustosta asettavat myös kalustonvalmistajille paineita kehittää ajoneuvokalustoa energiataloudellisempaan suuntaan. Uudempia teknologioita hyödyntävä kalusto on useimmiten perinteistä kalustoa kalliimpaa. Tähän yhtenä keinona liikennöitsijöillä on yhteishankinta. Yhteishankinnassa kaksi tai useampi liikennöitsijä ostaa valmistajalta kerralla suuremman määrän ajoneuvokalustoa, jolloin ostajan asema esimerkiksi hintaneuvotteluissa on parempi kuin yksin ostaessa.

Linja-auton mitoittaminen matkustajamäärän mukaan on sekä energiatehokkuuden että kustannusten kannalta tärkeää. Kaluston mitoittamisessa tilaajan ja tuottajan on tehtävä yhteistyötä, jotta tuottajan hankkima erikoiskalusto tulee mahdollisimman tehokkaasti hyödynnettyä. Erityisesti kaupunkiliikenteessä tarvitaan kehitystyötä, jotta linjoilta saadaan luotettavaa tietoa matkustajaprofiileista ja kaluston käyttöä voidaan mitoittaa niiden mukaan.

7.6 KULJETUS - Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi

Hankekoodi	3.6
Vastuutaho	Tampereen teknillinen yliopisto, Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos
Raportointi	Heikki Liimatainen

Tiekuljetusalan energiatehokkuuden tutkimusta (kts. kohta 5.7) jatketaan ”Tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuus (KULJETUS)” -hankkeella. JOLEN:in tapaan KULJETUS-hankkeen päärahoitus tulee sektoritutkimuksesta. KULJETUS-hankkeen tavoitteena on ennakoida Suomen tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuutta vuoteen 2016 ja 2030 nykyisten trendien valossa sekä esittää toimenpidesuosituksia energiatehokkuus- ja hiilidioksidipäästötavoitteiden saavuttamiseksi. Päättökysymys on: Miten Suomen tiekuljetusala saavuttaa sille asetetut energiatehokkuus- ja hiilidioksidipäästötavoitteet vuonna 2016 ja 2030?

Tutkimuskysymykseen vastataan hyödyntäen neljää tarkastelutapaa, jotka ovat:

- toimintaympäristön kartoitus (kirjallisuuskatsaus),
- tilastotietojen tarkastelu (trendianalyysi),
- tiekuljetusoperaattoreiden näkemysten kartoitus (laaja internet-kysely) ja
- asiantuntijaneelin näkemysten kartoitus (Delfoi-kysely).

Tutkimusosioiden taitekohdissa toteutetaan työpajat helmikuussa, toukokuussa ja marraskuussa 2011. Työpajoihin kutsutaan hankkeen tutkijat, rahoittajat ja yhteistyökumppanit sekä ulkopuolisia asiantuntijoita ja sidosryhmien edustajia. Työpajoissa tarkastellaan valmistuneiden tutkimusosioiden tuloksia ja syvennetään osioissa kerättyä tietoa työpajojen osallistujien näkemyksillä.

7.7 Ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteiden vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointi liikennesektorilla (ILARI)

Hankekoodi	3.7
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Anu Tuominen

7.7.1 Tausta ja tavoitteet

Liikenne aiheuttaa noin 20 prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Päästöjen vähentämistä ohjaavat useat kansainväliset ja kansalliset strategiat, joista liikennesektorille tärkein on Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020 (ILPO). Ohjelma esittää kymmenen toiminnan aluetta, joilla liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala voi osallistua kasvihuonekaasujen vähentämiseen.

Kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavien ohjauskeinojen vaikutuksia ja vaikuttavuutta on perinteisesti arvioitu yksittäisinä; keinojen yhteensopivuutta (synergioita ja ristiriitoja) ja systeemisiä vaikutuksia ei ole juurikaan tutkittu. Liikennesektorin ohjauskeinot ovat kuitenkin suurelta osin systeemisiä, eli ne edellyttävät muutoksia osajärjestelmissä, toimintaympäristössä ja infrastruktuurissa. Lisäksi eri osien välillä on riippuvuuksia. Uuden tuotteen tai palvelun läpimeno edellyttää täydentäviä ja tukevia toimenpiteitä.

Ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi onkin tärkeää löytää ne ohjauskeinokokonaisuudet, joilla voidaan arvioida olevan kokonaisuutena parhaat (ja kustannustehokkaimmat) vaikutusmahdollisuudet.

Työllä on kaksi tavoitetta. Poliittikatavoitteena on selvittää vaihtoehtoisten liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä ja energiankulutusta vähentävien ohjauskeinokokonaisuuksien vaikutukset, vaikuttavuus ja mahdollisesti myös kustannustehokkuus Suomessa ilmastostrategioiden mukaisissa tavoitetilanteissa vuosina 2020 ja 2050. Teoreettisena tavoitteena on tutkia erilaisten kvantitatiivisten ohjauskeinojen vaikutusten arvioinnin menetelmien ja ennakoinnin menetelmien (mm. skenaarit) potentiaalia toisiaan täydentävinä elementteinä ilmastotavoitteiden saavuttamisen arvioinnissa liikennesektorilla

Työ käynnistyi marraskuussa 2011, joten seuraavassa keskitytään käynnistyneiden ja tulevien työvaiheiden kuvaukseen.

7.7.2 Työvaiheet

Työ koostuu seuraavista kahdeksasta työpaketista.

1. Taustat ja vertailutilanne (baseline ja ulkopuoliset driverit)

Työpaketissa määritetään selkeät peruslähtökohdat ja määrittelyt vertailutilanteelle (baseline) ja ulkopuoliset driverit, jotka vaikuttavat kasvihuonekaasujen kehitykseen liikennesektorilla. Menetelmänä on kirjallisuusselvitys ja kansallisten ja kansainvälisten ilmastostrategioiden tarkastelu.

2. *Visioiden luonti*

Laaditaan kaksi visiota, jotka perustuvat Suomen ilmastotavoitteisiin vuosille 2020 ja 2050. Asiantuntijoiden visio tuotetaan Suomen Akatemian CAST – hankkeeseen (Liikenteen ilmastokeskustelun poikkitieteellinen analyysi) perustuen, toinen tarkastelemalla nuorten tulevaisuuskuvia. Erilaiset visiot heijastelevat erilaisia tapoja/mahdollisuuksia saavuttaa ilmastotavoitteet. Menetelminä ovat CAST – hankkeen Delphi- aineiston analyysi ja nuorten ainekirjoitus.

3. *Liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavien ohjauskeinojen keräys ja ryhmittely*

Tarkasteltavat ohjauskeinot valitaan kirjallisuuteen ja olemassa oleviin strategialinjauksiin perustuen. Ohjauskeinot ryhmitellään joko niiden tyyppin tai vaikutusten perusteella. Kirjallisuusselvitys kattaa myös ohjauskeinojen liikenteen tai ajoneuvojen kysynnän aika-, hinta- tms. joustokertoimet.

4. *Liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavien ohjauskeinojen vaikutusten arviointi*

Työpaketissa 3 valittujen ohjauskeinojen vaikutuksen suuruuden arvioimiseksi ohjauskeinot kohdistetaan liikennesuoritteiden ositteisiin kuten esim. pääteiden työmatkoihin. Tämän jälkeen arvioidaan ohjauskeinojen vaikutuksen suuruus liikennesuoritteeseen. Laskentaa varten tehdään yksinkertainen Excel-työkalu, jotta laskenta voidaan toistaa eri lähtöarvoilla skenaariotyöskentelyssä. Suoritemuutosten perusteella lasketaan ohjauskeinojen vaikutukset liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin VTT:n LIPASTO – järjestelmän avulla. Vaikutuksia pyritään arvioimaan sekä määrällisesti että laadullisesti. Arvioinnin kohteena ovat suorat vaikutukset, synergistiset vaikutukset & konfliktit, keinojen toteuttamismahdollisuudet ja hyväksyttävyyden. Menetelminä ovat kirjallisuusselvitys ja asiantuntija-arviot.

5. *Liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavien ohjauskeinojen paketointi*

Työpaketin 4 tulosten perusteella haetaan toisiaan tukevia ohjauskeinoja, arvioidaan niiden yhteisvaikutus ja etsitään kustannustehokkaimpia ohjauskeinojen yhdistelmiä. Ohjauskeinopaketit kootaan työn edellisten vaiheiden tuloksiin perustuen ja niitä täydennetään ja muokataan asiantuntijatyöpajan ja työn ohjausryhmän kommenttien perusteella.

6. *Skenaarioiden laadinta*

Skenaariot kuvaavat polkuja visioiden saavuttamiseen. Kumpaakin visiota (asiantuntijoiden ja nuorten) lähestytään kahden skenaarion avulla, joista toinen painottuu enemmän teknologiseen, toinen yhteiskunnalliseen muutokseen. Edellisessä työpaketissa paketoituja keinoja ajetaan sisään skenaarioihin sen mukaan, että ne ovat yhteneväisiä visioiden kanssa. Asiantuntijatyöskentelyssä (esim. yhteinen työpaja työpaketin 5 kanssa) käytetään tulevaisuustaulukkometelmää keinopakettien ja visioiden täsmentämiseen. Visioita verrataan baseliin-skenaarioon ja kvantifioidaan yhteensopivat oletukset päästöjen laskemiseen.

7. *Vuorovaikutus, synteesi, viestintä*

8. *Projektin johto ja raportointi*

7.7.3 Työn eteneminen

Vuoden 2010 lopussa käynnistyivät työpaketit 1 ja 2. Työpakettien 1 Baseline – skenaarion määrittelyt valmistuvat helmikuussa 2011. Työpakettien 2 molempien visioiden aineistojen keräys tehtiin vuoden 2010 lopussa, lopulliset visiot valmistuvat helmikuussa 2011. Työpakettien 1 ja 2 yhteinen raportti julkaistaan Turun yliopiston Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen e-julkaisusarjassa.

Työ jatkuu vuonna 2011 edellä kuvattujen vaiheiden mukaisesti. Työ valmistuu vuoden 2012 toukokuussa.

7.8 ENT Electromobility: Electric Road Transport policies in Europe till 2015: opportunities, experiences and best practices

Hankekoodi	3.8
Vastuutaho	Ramboll Finland Oy
Raportointi	Aki Lumiaho (psta Juhani Laurikko)

Eurooppalainen yhteishanke sähköautojärjestelmän edistämiseksi

Tutkimus on lähtöisin Transport ERA-Net'in piirissä vuoden 2009 lopulla toteutetusta yhteishausta, jossa olivat mukana Hollanti, Suomi, Itävalta, Norja ja Puola. Se myös toteutettiin viiden eri maan tutkimusorganisaatioiden yhteistyönä. Suomen osuudesta vastasi Ramboll Finland Oy yhteistyökumppaninaan Hermia Oy.

Tavoitteena oli tehdä taustaselvitys sähkö- ja sähkö-hybridiautoista ja erilaisista niiden markkinoille tuloa vauhdittavista politiikoista ja toimenpiteistä, joita on jo menestyksellisesti sovellettu. Pääpaino oli hankkeessa mukana olleissa maissa, mutta kokemuksia kerättiin myös muista maista. Ne yhdennettiin eräänlaiseksi poliittisille päättäjille suunnatuksi ohjekäsikirjaksi ("Handbook of Electric Mobility") siitä, miten sähköautoja ja sähkökäyttöä liikenteessä voi ja tulisi edistää, ja minkälaiset ovat välttämättömät toimet sähköajoneuvojen integroimiseksi osaksi liikennejärjestelmää.

Toinen osa hanketta oli toisaalta kartoittaa viriävää sähköautotarjontaa ja toisaalta etsiä kunkin maan kansallisista markkinoista mahdollisuuksia tarjolla olevien autojen käyttöönotolle. Tässä pyrittiin tunnistamaan loppukäyttäjryhmät ja niiden tarpeet, ja löytämään edellytykset niiden tyydyttämiseen tajolla olevilla vaihtoehtoilla. Vaikka kansallisella tasolla markkina alkuvaiheessa on hyvinkin pirstaleinen, voi niitä synergisesti yhdistelemällä saada Euroopan tasolla jo kohtuullisen mittavaa kysyntää.

Hankkeen alkuvaiheessa kukin osallistuja kartoitti kansalliset markkinapotentiaalit ja tunnisti eri käyttäjäryhmät, joiden yhteisvaikutuksena sähköautojen käyttöönotto alkaa ja kehittyy. Sen jälkeen tehtiin näille ryhmille suunnattuja haastatteluja ja käytiin keskusteluja. Lopuksi maittain kerätyt tulokset yhdennettiin tavoitteena Eurooppalaisen näkemyksen ja toimintatavan muodostaminen, ottaen kuitenkin huomioon kansalliset erityispiirteet

Alkuperäisen aikataulun mukaan hankkeen piti valmistua jo vuoden 2010 aikana, mutta konsortion puolalaisen osapuolen jouduttua toimenpidekieltoon oman maansa rahoittajatahon taholta, raportointi viivästyi, ja se valmistui lopullisesti vasta keväällä 2011 aikana.

Transport ERA-Net –portaali: <http://www.transport-era.net/>

ENT 19 ohjeet yhteishakuun: <http://www.transport-era.net/action-groups/ent-19-electric-mobility.html>. Jossa lisätietoa hankkeen taustoista. Sivustolle tullaan myöhemmin lisäämään linkki raporttiin.

Seuraavana vaiheena toteutettiin keväällä 2011 yhteishaku "ERA-NET Plus Electromobility+", josta yksityiskohtaisemmin sivulla <http://www.transport-era.net/electromobility.html>

7.9 Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta

Hankekoodi	3.9
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Nils-Olof Nylund

Liikenne- ja viestintäministeriö päätti huhtikuussa 2010 teettää selvityksen, jonka tavoitteena on toimia pohjana sähköautojen hankintaa ja käyttöä sekä uuden teknologian edistämistä sekä liikennejärjestelmätason varautumista koskevia päätöksiä varten.

Toimeksiannon mukaan selvityksen tulisi käsitellä mm. seuraavia osa-alueita:

- kansainvälisen kehityksen arviointi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä
- julkishallinnon toimet edelläkävijänä sähköautojen käyttöönottamiseksi
- sähköautojen käyttöön tarvittava infrastruktuuri
- sähköautojen käyttöönoton vaikutukset energian kulutukseen ja käyttöön, kasvihuonekaasupäästöihin, liikenteen sujuvuuteen sekä turvallisuuteen
- sähköautot liikennepolitiikan näkökulmasta ja osana toimivaa liikennejärjestelmää

Liiketoiminnan edellytysten luominen rajattiin selvityksen ulkopuolella, koska liiketoimintamahdollisuuksia on selvitetty mm. työ- ja elinkeinoministeriön, Tekesin ja Finpron toimesta. Työ sovittiin tehtäväksi TransEco sateenvarjon alla.

Työ raportointiin ministeri Vehviläiselle 16.2.2011. Varsinainen raportti, laajuudeltaan 233, julkaistiin LVM:n verkkojulkaisuna.

Latauslinkki: <http://www.lvm.fi/web/fi/julkaisu/view/1230128>.

Raporttiin sisältyy 13-sivuinen laajennettu tiivistelmä toimenpidesuosituksineen. Johtopäätöksinä esitetään seuraavaa:

”Sähköautojen todellinen tuleminen on mitä todennäköisimmin alkanut. Alkukiihdytys on kuitenkin pakostakin maltillinen, eikä sähköautoista vielä ole apua vuoden 2020 energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Toisaalta niitä ei myöskään tarvita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Tilanne muuttunee merkittävästi vuoteen 2030 ja varsinkin vuoteen 2050 mentäessä. Sähköauto ei tule ratkaisemaan henkilöautoliikenteen perusongelmia, suoritteiden ja ruuhkautumisen lisääntymistä. mahdolliset sähköautojen edistämiseen tähtäävät kannustimet eivät saa olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen tavoitteiden kanssa.

Sähköautojen tulemiseen on syytä alkaa varautua jo nyt. Rakentamisessa niin asuntojen kuin julkisten rakennusten osalta tulisi varautua ainakin sähköautojen hitaaseen lataukseen. Uudisrakentamisessa ja saneerauksissa riittävien kaapelointien tekeminen tai aikakin putkitusten ja kaapelireittien varaaminen ei ole merkittävä kustannus. Pikalatauksen osalta ohjeistukseen on otettava pieni aikalisä, koska standardointi ja tekniikkavalinnat ovat osittain vielä auki.

Sähköautojen määrän lisääntyessä on tärkeää, että sähköautojen lataus ohjataan älykkäästi jotta vältytään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Komponentit älykkään lataamisen toteuttamiseen kiinteistötasolla ovat jo olemassa, mutta ylempillä verkon tasoilla älykästä latausta ei Suomessa ole vielä demonstroitu. Sähkön tuotantokapasiteetti sinällään ei tule rajoittamaan sähköautojen käyttöönottoa.

Liikennepolitiikan ja kustannustehokkuuden näkökulmista Suomessa ei ole perusteltua välittömästi pyrkiä sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Ainakin sähköautojen hinnan oletetaan laskevan varsin nopeasti, ja myös suorituskyvyn parantumisesta on toiveita. Tällä hetkellä autokaluston uudistaminen perinteistä tekniikka edustavilla vähäpäästöisillä autoilla on sähköautojen käyttöönottoa huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Niissä maissa, joissa panostetaan voimakkaasti sähköautoihin ja niiden markkinoille tuomiseen, on yleensä vahva autoteollisuus. Edistämisen taustalla on teollisuuspoliittisia tavoitteita. Muunkinlaisia esimerkkejä löytyy. Portugalissa ja Tanskassa ei ole merkittävää autoteollisuutta, mutta nämä maat taas painostavat voimakkaasti tuulivoiman tuotantoon. Tuulivoiman yhteydessä sähköautot ja niiden ohjattu lataus on tervetullut säätöelementti.

Toisaalta meidän tulee mahdollisimman nopeasti saada palautetietoa ja referenssejä sähköautoista ja niihin liittyvistä järjestelmistä. Näitä tarvitsevat ne yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä. Myös yleinen päätöksenteko tarvitsee tietoa sähköautojen todellisesta suorituskyvystä ja kustannuksista. Me emme vielä ole siinä tilanteessa, että meillä olisi kaikin puolin varmennettua tietoa sähköautoista. Kysymykset, joihin tarvitaan vastauksia, ovat mm.:

- miten sähköautot toimivat osana liikennejärjestelmää?*
- minkälaista infrastruktuuria ja tietojärjestelmiä sähköautot tarvitsevat tuekseen?*
- mitä uusia toimintamalleja ja palvelukonsepteja sähköautot mahdollistavat?*
- miten kustannustehokkaita sähköautot ovat liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä?"*

Toimenpidesuosituksen osalta kirjattiin seuraavaa:

"Sähköautojen käyttöönoton mahdollistaminen edellyttää tiettyjä toimenpiteitä. Liikennepolitiikan ja kustannustehokkuuden näkökulmista Suomessa ei kuitenkaan ole perusteltua välittömästi pyrkiä sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen.

Aikataulullisesti suositukset on jaettu kolmeen ryhmään kiireellisyyden mukaan:

1-luokka (kiireellisin):

- osaamisen kehittäminen
 - tutkimuksen ja tuotekehityksen lisäksi pitäisi muistaa myös korjaamotoiminta, katsastustoiminta ja pelastushenkilöstön koulutus
- sähköautojen lataukseen valmistautumisen sisällyttäminen erilaisiin viranomaisohjeisiin, mm. rakentamismääräyksiin

- koskee aluksi hidasta latausta
- julkisia latauspisteitä koskevan informaatiojärjestelmän luominen
- laajojen (1000 – 2000 autoa) demohankkeiden käynnistäminen
 - pitää toteuttaa hyvässä yhteistyössä eri toimijoiden kesken
 - tulee palvella useita tarkoituksia
- sähköautojen turvallisuuden varmistaminen (työ on jo käynnissä LVM:n ja TUKESin toimesta)

2-luokka:

- älykkään latauksen demonstrointi kiinteistötason verkon yläpuolisilla tasoilla
- pikalataukseen varautumisen ohjeistus

3-luokka (vähiten kiireellinen):

- pikalatausverkoston rakentaminen
- mahdolliset kannustimet sähköautojen laajamittaiseen käyttöönottoon

Seuraavassa esitetään esimerkkejä ja suosituksia siitä, miten Suomessa tulisi varautua sähköautojen tuloon ja käyttöönottoon. Suositusten luonne vaihtelee laajasti järjestelmätason asioista teknisiin yksityiskohtiin. Esitysjärjestys ei välttämättä ole prioriteetti- tai aikataulullinen järjestys.

Sähköautojen latauksen huomioiminen rakentamisessa ja rakentamismääräyksissä

- Helsingin Kalasatama on esimerkki uudesta kohteesta, jossa varaudutaan sähköautojen lataukseen. Jotta varautumisesta tulisi kattava, vaatimukset ja määrittelyt tulisi viedä rakentamismääräyksiin. Nyt luotava rakennuskanta on varmasti käytössä vielä vuonna 2050, jolloin sähköautojen penetraatio lienee merkittävä. Varautuminen sinällään ei ole kallista niin kauan kun on kyse vain johdotuksista tai putkituksista. Hidas lataus on määritelty riittävän tarkasti jo nyt, nopean latauksen standardointi ja tekniikkavalinnat ovat vielä osittain auki.

Julkisen latausverkoston suunnittelu ja julkinen tuki verkon rakentamiseen

- Julkinen latausverkosto, varsinkin jos siihen liittyy pikalatausmahdollisuus, ei rakentune liiketaloudellisin perustein ilman yhteiskunnan tukea. Hitaan latauksen pisteen hinnaksi on arvioitu paikasta riippuen 1000 – 8000 €, nopean latauksen pisteen hinnaksi yli 20.000 €. Kaupalliset toimijat rakentavat latauspisteitä mm. kauppakeskusten pysäköintihalleihin. Esiselvitykset tarvittavan verkon kattavuuden ja muiden ominaisuuksien määrittämiseksi voitaisiin aloittaa kohtuullisen nopeasti. Selvityksissä tulisi huomioida käytetyn energian maksutavat. Ilman julkisia latausverkkoja sähköautojen käyttö on mahdollista vain niille, joilla on oma pysyvä autopaikka.

Julkisten latauspisteiden informaatiojärjestelmä

- Suomeen pitäisi nopealla aikataululla saada aikaan informaatiojärjestelmä julkisista latauspisteistä. Tällä hetkellä tietoa ei löydy kootusti mistään. Motiva Oy voisi olla sopiva ”kotipesä” informaatiojärjestelmälle, koska Motiva tuottaa jo nyt autoilun ympäristövaikutuksiin liittyvää tietoa.

Varaudutaan sähköautojen tulemiseen koulutuksessa

- Sähköautojen tulemiseen tulee varautua niin korjaamoissa, katsastusasemilla kuin pelastusviranomaisten toiminnassa. Autoalan keskusjärjestö AKL on tehnyt asiasta alustavan kartoituksen Fokus 2015 –raportissaan (<http://194.157.221.15/Portals/akl/AKL-Fokus-FINAL.pdf>), ja Tampereen ElectriCity on järjestänyt ensimmäiset sähköajoneuvoasentajakurssinsa. Sähköautojen turvallisuuteen liittyvä ohjelma käynnistettiin LVM:n ja TUKESin toimesta syksyllä 2010.

Sähköautojen strukturoitu demonstraatio

- Suomeen pitäisi mahdollisimman nopeasti saada aikaan laaja, suuruusluokaisesti 1000 – 2000 auton sähköautodemonstraatio. Demonstraation tulee palvella useita eri tavoitteita: sähköautoihin liittyvien toimintamallien kehitys ja verifiointi, palaute autojen todellisesta suorituskyvystä, palautetta tuotekehitykseen, palautetta autojen latauksesta ja latauksen vaikutuksista sähköverkon eri tasoihin. Demossa tarvitaan eri toimijoiden hyvää yhteistyötä, ja kuppikuntaisuus on syytä unohtaa. Demoa ei pidä pilkkoa liian pieniin osiin, koska tällöin menetetään kriittinen massa ja esim. tieto siitä, miten suurempi automäärä vaikuttaa sähköverkkoihin. Demo voitaisiin jakaa kahteen tai kolmeen kohteeseen. Yksi voisi olla pääkaupunkiseutu, yksi joku pohjoisen kaupunki, esim. Oulu tai Rovaniemi, ja yksi pienehkö maaseutupaikkakunta. Demo kohdistettaisiin ensisijaisesti yrityksiin ja julkisen sektorin toimijoihin, ei yksityishenkilöihin. Demonstraatio toteutetaan Tekesin EVE-ohjelman puitteissa.

Julkinen tuki kokeiluhankkeisiin

- Laajan kokeiluhankkeen edistämiseksi koehankkeen sähköautoille esitetään harkittavaksi hankintatukea. Jos autoja on 2000, ja tukimäärä on esimerkiksi keskimäärin 5000 €/auto, tuen kokonaisarvoksi tulee 10 miljoonaa €. Edellytys tuelle on, että auto on mukana demonstraatiohankkeessa siten, että sen toiminnasta ja käytöstä kerätään palautetietoa. Lisäksi on huolehdittava siitä, että eri toimijoita kohdellaan yhdenvertaisesti ja EU-oikeudelliset näkökohdat otetaan huomioon päätöksiä tehtäessä. Hankintatuki on hallinnollisesti ja oikeudellisesti helpompi mekanismi kuin esimerkiksi verohuojennus.

Älykkään latauksen demonstrointi

- Em. laaja sähköautodemo pitäisi toteuttaa siten, että sitä voidaan käyttää alustana myös älykkäiden latausjärjestelmien kehittämiseen ja kokeiluun. Tällöin on tarpeen selvittää latauksen vaikutukset myös kiinteistöverkkojen yläpuolella oleviin sähköverkkoihin.

Kiirohdetaan hitaasti suurten automäärien osalta hitaasti

- Tällä hetkellä ei ole perusteita laajamittaiseen sähköautojen käyttöönottoon ja esim. tavallisille kuluttajille suunnattuihin taloudellisiin kannustimiin. Sähköautot ovat vielä hyvin kalliita, ja niiden todelliseen suorituskykyyn ja talouteen liittyy vielä kysymysmerkkejä. Mahdollisiin edistämishjelmiin voidaan ottaa kantaa esim. siinä vaiheessa, kun em. laajasta demosta on saatu kokemuksia ja kun sähköautojen hinnat ovat tasaantuneet. Aikanaan voitaisiin harkita verotuksen säätöä esim. laskemalla autoveron leikkauspistettä, joka nyt on 60 g CO₂/km, tai vaihtoehtoisesti korottamalla progressiota enemmän päästöjä aiheuttavien autojen osalta.

Kannustimet harkiten käyttöön

- Sellaisia kannustimia, jotka voisivat olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen ja sen kilpailukyvyn kanssa tulisi välttää. Tähän ryhmään kuuluvat esim. joukkoliikennekaistojen avaaminen sähköautoille ja pysäköintietuisuuksien tarjoaminen sähköautoille kaupunkikeskustoissa. Kannustimien osalta voitaisiin suosia sellaisia toimia, jotka järkevällä tavalla linkittävät sähköautot joukkoliikennejärjestelmiin. Käytännön esimerkki voisi olla sähköautojen huomioiminen ja suosiminen liityntäpysäköinneissä.

Julkinen sektori ja yritykset näyttämään esimerkkiä

- Julkisen sektorin pitäisi puhtaiden ja energiatehokkaiden autojen edistämistä koskevan direktiivin hengessä ottaa käyttöön sähköautoja. Sama pätee tiettyihin yrityksiin. Tuotantokäytössä olevien polttomoottoriautojen korvaaminen sähköautoilla ei lisäisi autojen määrää, vaan saisi aikaan aidon siirtymisen polttomoottoriautoista sähköön. Tuotantokäytössä olevien autojen käyttö on helpommin suunniteltavissa ja ennakoitavissa yksityisautoihin verrattuna. Tuotantokäytössä olevien sähköautojen teknologiariskit kohdistuvat yhteisöihin ja yrityksiin, ei yksittäiseen kuluttajaan.

Kuluttajille mahdollisuus kokeilla sähköautoja

- Perustetaan julkisen rahoituksen turvin joukko sähköautojen lainauspisteitä, joista yksityiset kuluttajat ja myös yritykset voivat edullisesti vuokrata käyttöönsä sähköautoja tutustumista ja arviointia varten esim. viikon jaksoksi.

Suomi-vaatimukset sähköautoille

- Englannissa sähköautojen rahallisen tuen ehdoksi on asetettu tiettyjä suorituskyky- ja turvallisuusvaatimuksia. Suomen osalta voitaisiin harkita vastaavan tyyppistä menettelyä, erityisesti Suomen talvioloja ajatellen. Suomessa autot tulisi varustaa polttoainetoimimisilla lämmittimillä. Esim. venepuolelta löytyy hyviä esimerkkejä sprillä (etanolilla) toimivista lämmittimistä. Kotimaisessa Elcat sähköautossa oli aikanaan biodieselkäyttöinen lämmitin. Sähköautojen toimintamatka määritetään noin +23 oC lämpötilassa, joten tulos ei ole mitenkään edustava Suomen talvessa. Ruotsi ja Suomi tekivät aikanaan yhteistyötä polttomoottoriautojen kylmätestauksessa, ja osittain tämän työn ansiosta eurooppalaiseen pakokaasulainsäädäntöön sisältyy -7 oC lämpötilassa tehtävä pakokaasukoe. Nyt onkin käynnistymässä yhteispohjoismainen hanke, RekkEVIDde, jossa mm. tutkitaan sähköautojen toimintaa kylmässä. Tavoitteena voisi olla sähköautojen kylmätestauksen sisällyttäminen normeihin ja suorituskykykriteereihin.

Valtionhallinnon yhteistyö sähköautoasioissa

- Työ- ja elinkeinoministeriön ”Sähköajoneuvot Suomessa” –työryhmässä oli mukana sähköautojen käyttöönoton kannalta kolme keskeistä ministeriötä: TEM, liikenne- ja viestintäministeriö sekä valtiovarainministeriö. Valtionhallinnon yhteistyötä sähköautoasioissa tulisi jatkaa. Em. ministeriöiden lisäksi sähköautojen seurantaryhmään tulisi kutsua ainakin kaavoituksesta ja rakentamismääräyksistä vastaava ympäristöministeriö, Liikennevirasto, liikenteen turvallisuusvirasto TraFi ja Tekes. Tämän ryhmän osalta työn painopiste olisi liikennepolitiikassa, sähköautojen käytön mahdollistavassa infrastruktuurissa ja sähköautojen käyttöönotossa. Liiketoiminnan kehittämistä jatkettaisiin edelleen akselilla TEM – Tekes –Finpro.



8 Kansainvälinen toiminta

8.1 Yleinen kansainvälinen toiminta

Hankekoodi	4.1
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Kari Mäkelä

Edellisessä TransEco vuosiraportissa kerrottiin mm. Nordisk Vägforum (NVF) Fordon och Transporter –jakson toiminnasta ja Helsingissä helmikuussa 2010 järjestetystä seminaarista. Tällä kertaa raportoidaan CEN 320 –toiminnasta (CEN/TC 320 WG10 Energy consumption and Green house gas emissions of transport services), joka eteni standardin luonnosvaiheeseen keväällä 2011.

Euroopan standardisointikeskus CEN perusti vuoden 2008 lopulla työryhmän tekemään standardia CEN/TC 320 WG10 Energy consumption and Green house gas emissions of transport services. Tarkempi määrittely kuuluu: “Standard on methodology for calculation, declaration and reporting on energy consumption and GHG emissions in transport services (goods and passengers transport)”.

Standardin Suomen vastuutaho on Yleinen Teollisuusliitto (Pertti Isoniemi). YTL nimitti Suomen jäseneksi ensin Nils-Olof Nylundin ja sen jälkeen Kimmo Erkkilän. Erkkilä kävi ensimmäisessä kokouksessa vuoden 2008 lopulla. Kokouksessa ilmeni, että kyse on hyvin paljon samasta aihepiiristä, jota VTT:n Kari Mäkelän tekemä LIPASTO yksikköpäästöt edustaa. Vuoden 2009 alkupuolella Kari Mäkelä nimitettiin Suomen edustajaksi. Mäkelä osallistui vuoden 2009 aikana kaikkiaan viiteen kokoukseen Pariisissa ja Brysselissä.

Vuoden 2010 puolella pidettiin kaksi kokousta, Pariisissa ja Berliinissä, joissa Mäkelä oli Suomen edustajana. Runsaista kokoontumisista huolimatta tekstisisältöä ei saatu sovittua ajoissa eri tahojen lobbausten ja jahkailujen vuoksi. Lopulta päädyttiin siihen, että neljän hengen ydinryhmä kirjoittaa tekstin, johon työryhmän WG10 jäsenet saavat ottaa kantaa. Joulukuussa 2010 valmistui tekstiluonnos lausuntokierrosta varten (aikataulukuva). Käännös vaiheen jälkeen standardiluonnos lähetettiin jäsenmailhin 17.3.2011 lausuntokierrokselle. Suomessa luonnos tuli lausuntokierrokselle 13.4. Lausuntoaika Yleiselle teollisuusliitolle on 15.6.2011. Määräaika CEN:in suuntaan on 17.8.2011, jonka jälkeen seuraa kahdeksan kuukauden WG10:n tekemä muokausvaihe, jossa otetaan huomioon kaikki lausunnot luonnoksesta. Standardi on valmis syksyllä 2012, jos standardi hyväksytään äänestyksessä.

Suomen seurantaryhmässä (Mirror Group) on vain kaksi jäsenorganisaatiota, VTT ja HSL. Luonnoksesta voi lausua kommenttinsa muutkin tahot, mutta viralliset kommentit esittää ja äänestää voivat vain seurantaryhmän jäsenet. Koska kyseessä on Suomen etu, on VTT halunnut laajempaa keskustelua ja näkemyksiä standardiluonnoksesta ja perjantaina 20.5.2011 järjestetään liikenne- ja viestintäministeriössä keskustelutilaisuus, johon on kutsuttu eri intressitahoja. Standardia koskevia lisäkysymyksiä voi esittää Kari Mäkelälle.

8.2 ERA-NET Transport (ENT) –toiminta

Hankekoodi	4.2
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Juhani Laurikko

Kuten jo kohdassa 7.8 mainittiin, ERA-NET Transport'in puitteissa toteutettiin keväällä 2011 yhteishaku "ERA-NET Plus Electromobility+".

Osallistuvat maat olivat Ranska, Saksa, Hollanti, Itävalta, Suomi, Norja, Ruotsi, Tanska, Puola, Turkki sekä alueina Flanders Belgiasta, Piedmont Italiasta ja Andalusia Espanjasta.

Haussa, joka päättyi maaliskuun lopussa, etsittiin useamman maan yhteishankkeita. Niiden tuli kohdistua jollekin viidestä pääaihealueesta, jotka olivat:

1. Energia- ja ympäristöpolitiikan yhteisnäkökulma
2. Käyttäjryhmät, käytötavat, toimijat ja taloudelliset mallit
3. Latausjärjestelmät ja niiden teknologia
4. Testaus, käyttökokeet ja standardit
5. Teknologiapohjaiset innovaatiot

Hanke-ehdotusten arviointi on meneillään, ja suunnitellun aikataulun mukaan mahdolliset tutkimukset käynnistyvät joulukuussa 2011.

Lisää aiheesta sivulla <http://www.transport-era.net/electromobility.html>

8.3 IEA-TOIMINTA

Hankekoodi	4.3
Vastuutaho	VTT
Raportointi	Nils-Olof Nylund

8.3.1 Johdanto

eSTORAGE-hakemuksessa (kts. 5.8) oli yksi työpaketti (WP5) koskien kansainvälistä toimintaa. Kirjaus tehtiin seuraavasti:

”Uusi tutkimusyksikkö pyrkii nopeasti kansainvälistymään. Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n tiedonvaihtotoiminnan lisäksi pyritään tutkimusyhteistyöhön sopivien kansainvälisten tutkimusyksiköiden kanssa. Tällä hetkellä Tekes rahoittaa IEA-toimintaa joko suoraan tai tutkimushankkeiden kautta.

Erityisesti selvitetään EU:n FP7 tutkimushaut ja pyritään näihin mukaan yhdessä Suomalaisten yritysten kanssa.

Lisäksi selvitetään mahdolliset tutkijanvaihtokohteet hyödyntäen olemassa olevia IEA- ym. suhteita.

IEA:n End Use Working Party (EUWP) –ryhmän alla toimii Transport Contact Group (TCG), jonka tarkoituksena on edistää IEA:n liikenteeseen liittyvien kahdeksan tutkimussopimuksen yhteistyötä. EUWP Vice Chairman for Transport – tehtävää ja samalla TCG:n puheenjohtajuutta hoitaa tällä hetkellä VTT. Useampi TCG:iin osallistuvista tutkimussopimuksista liittyy suoraan tai epäsuorasti sähköajoneuvoihin tai liikenteen uusiutuvaan energiaan: Advanced Fuel Cells, Advanced Materials for Transport, Advanced Motor Fuels, Hybrid and Electric Vehicles sekä Hydrogen. TCG tarjoaa erinomaisen näköalapaikan uusimman ajoneuvotekniikan ja sähköajoneuvojen kehitykseen. EUWP kokoontuu kaksi kertaa vuodessa ja TCG kerran vuodessa. Lisäksi Vice Chairman for Transport osallistuu säännöllisesti eri tutkimussopimuksien ExCo-kokouksiin. Sekä VTT että Aalto Yliopisto osallistuvat IEA-toimintaan. Tekesin toivomuksesta nyt esitettävään tutkimushankkeeseen sisällytetään sekä TCG-toiminta että toiminta AMF-sopimuksen puitteissa. Näitä toimintoja rahoitettiin aikaisemmin suoraan, mutta tämä käytäntö päättyi vuodenvaihteessa 2009/2010. Vuositasolla tähän hankkeeseen kytkettävän IEA-toiminnan kustannukset ovat 50.000 €.”

IEA toiminta (EUWP, TCG, Advanced Motor Fuels) toteutui suunnitellusti eSTORAGE:n puitteissa. Muulla rahoituksella Aalto-yliopisto osallistui mm. Hybrid and Electric Vehicle ja Hydrogen tutkimussopimukseen ja VTT Advanced Fuel Cells ja Bioenergy tutkimussopimukseen.

Ensimmäisen Clean Energy Ministerial kokouksen yhteydessä heinäkuussa 2010 Kiina ja Yhdysvallat tekivät sähköautoihin liittyvän ”Electric Vehicle Initiative EVI” –aloitteen. IEA sihteeristö otti tehtäväkseen hallinnoida EVI:ä, ja on sen jälkeen järjestänyt kaksi EVI tapahtumaa, ensimmäisen syyskuussa 2010 Parii-

sisä ja toisen huhtikuussa 2011 Shanghaissa. EVE-ohjelman käynnistämisen myötä Suomi on liittynyt mukaan EVI:in.

8.3.2 EUWP

Raportoitavana jaksona järjestettiin kaksi EUWP-kokousta, 23-24.9.2010 Washington D.C:ssä Yhdysvalloissa ja 28-23.3.2011 Madridissa Espanjassa.

Washingtonin kokous jäi tynkäkokoukseksi, koska paikalla olivat edustettuina vain Hollanti, Itävalta, Kanada, Saksa, Suomi, Tsekki, UK ja USA. Esillä oli kahden tutkimussopimuksen, *Energy Conservation through Energy Storage (ECES)* ja *Cooperative Programme for Assessing the Impacts of High-Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector (HTS)* jatkohakemukset. EUWP päättyi kannattamaan kummankin jatkoa.

Nylund esitti lyhyen katsauksen Suomen tapahtumista (maininnat energiaverotuksen uudistamistyöstä ja tekesin alustavasta päätöksestä käynnistää sähköajoneuvo-ohjelma). Lisäksi Nylund esitti Vice Chairman for Transport –katsauksen liikenteeseen liittyvistä tutkimussopimuksista. EUWP päätti toimintatavan muuttamisesta. Sovittiin, että jatkossa kevään kokous on luonteeltaan strategiakokous, ja että hallinnolliset asiat, kuten tutkimussopimusten jatkot käsitellään syksyn kokouksessa. Osittain päätöksen takana on CERT:in virtaviivaistettu prosessi tutkimussopimusten jatkamiseksi. Kokouksen loppuksi suoritettiin Vice Chairman –uudelleenvalinnat: Electricity (Peter Vesteech), Industry (Hamid Mohamed) ja Transport (Nils-Olof Nylund). Vice Chairman for Buildings –valinta jäi auki, EUWP:n puheenjohtaja Herman Halozan hoitaa tointa väliaikaisesti.

Kevään 2011 kokous Madridissa painottui näin ollen strategiatyöskentelyyn. Osanotto Madridin kokouksessa oli normaalilla tasolla. Tutkimussopimuksilta tähän kokoukseen ei pyydetty varsinaista raporttia, ainoastaan tietoa mahdollisista ongelmista ja huolista. Kokouksen ohjelmaan sisältyi mm. käynnistymässä olevan uuden Smart Grid –ohjelman (ISGAN) esittely, Espanjan kunnianhimoisen sähköauto-ohjelman esittely ja tutustumiskäynti CIEMAT energiatutkimuskeskukseen. Varsinaisessa kokouksessa Nylund esitti yhteenvedon Pariisissa maaliskuussa 2011 pidetystä TCG kokouksesta sekä liikenteeseen liittyvien sopimusten esille tuomista seikoista (ei suurempia ongelmia). Lisäksi Nylund esitti lyhyen katsauksen Suomen tilanteeseen (energiaverouudistus, uudistettu biopolttoaineiden jakeluvelvoitelaki, Tekesin uusi strategia ja uudet Green Growth ja EVE –ohjelmat). Kokouksessa valittiin uusi Vice Chairman for Buildings, Tsekin Eva Slovakova.

Washingtonin pöytäkirja löytyy IEA:n verkkosivuilta (Delegates/cert/euwp...), Madridin kokouksen pöytäkirja on työn alla IEA sihteeristössä.

EUWP Vice Chairman for Transport –ominaisuudessa Nylund osallistui lisäksi seuraaviin tapahtumiin:

- IEA Energy Technology Network Communication Seminar/Workshop, Paris, 7 September, 2010
- Combustion Implementing Agreement: Collaborative Tasks Alternative Fuels in Combustion ja ExCo-kokous, molemmat Pariisissa IEA:n pääkonttorissa 8.3.2011

8.3.3 Transport Contact Group TCG

Vuoden 2011 Transport Contact Group –kokous järjestettiin IEA:n pääkonttorissa 9.3.2011 Combustion Implementing Agreement ExCo-kokouksen (8.3.2011) jälkeen. Kokouksessa oli edustettuina neljä tutkimussopimusta:

- Advanced Motor Fuels (Nylund)
- Bioenergy/Task 39 (Axel Munack)
- Combustion (Martti Larmi)
- Hydrogen (Antonio Garcia-Corde)

Sihteeristön puolesta paikalla olivat:

- Tali Trigg
- Alexander Körner
- Hiroyuki Kaneko

Kokoukseen osallistuneet sopimukset esittelivät toimintaansa. Varsinkin akselilla AMF-Bioenergy-Combustion löytyy erinomaisia yhteistyömahdollisuuksia. Toinen keskeinen keskustelunaihe oli yhteistyö tutkimussopimusten ja IEA sihteeristön välillä. Tutkimussopimukset kokevat varsin usein, että heidän asiantuntemuksensa sivuutetaan erilaisten IEA:n nimissä tehtävien raporttien laadinnassa. Ne kerrat, jolloin sihteeristö lähettää raportteja kommentoitavaksi, kommentointiaika on usein varsin lyhyt.

Osallistujat pitivät TCG-toimintaa hyödyllisenä, ja seuraava kokous järjestetään noin vuoden kuluttua.

TCG-aineisto (<http://transport.pp.fi/TCG%20meetings/9.3.2011/>), ml. pöytäkirja: <http://transport.pp.fi>

Käyttäjätunnus: transport; Salasana: LESSCO2

8.3.4 Electric Vehicle Initiative

Ensimmäinen EVI-tapahtuma järjestettiin Pariisin autonäyttelyn yhteydessä 30.9-1.10.2010. Tilaisuus oli luonteeltaan kutsutilaisuus, ja siihen osallistui n. 70 henkilöä. Tilaisuudessa pidettiin erinomaisia esityksiä, niin maakatsauksia kuin teknisiä esityksiä, ja näistä oli suurta hyötyä liikenne- ja viestintäministeriölle tehdyn sähköautoraportin laadinnassa. Pariisin autonäyttelyn puolella järjestettiin lisäksi julkinen ”High-level Roundtable” (Advanced Vehicle Leadership Forum), johon osallistuivat mm. ministeri Jean-Louis Borloo, IEA:n pääjohtaja Nubuo Tanaka ja Renault-Nissanin pääjohtaja Carlos Ghosn.

http://www.iea.org/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=398

http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Toinen EVI-tapahtuma järjestettiin Shanghaissa 20-22.4.2011. EVI:ssä on nyt mukana 13 maata ja IEA:

- Kiina
- Tanska
- Suomi
- Ranska
- Intia
- Saksa
- Japani
- Portugali
- Etelä-Afrikka
- Espanja
- Ruotsi
- UK
- USA

Suomesta tapahtumaan osallistuivat Nylund maaedustajana ja GreenNet Finlandin Arto Haakana Espoon, Helsingin ja Vantaan yhteisenä edustajana. Tapahtuma oli monikerroksinen:

- EVI Advisory Group Meeting (osallistuvien maiden maaedustajat)
- EVI Meeting (Government representatives & pilot city representatives)
- Advanced Vehicle Leadership Forum
- International Forum on Electric Vehicle Pilot Cities and Industrial Development

Tälläkin kertaa IEA:n pääjohtaja Nubuo Tanaka osallistui tilaisuuteen. Tapahtumien varsinainen merkkihenkilö oli kuitenkin Kiinan tiede- ja teknologiaministeri Gang Wan. Shanghaissa julkaistiin juhlallisina menoin ”*Shanghai Declaration by International Pilot Cities under the framework of Electric Vehicle Initiative*”.

Tapahtumasta on tulossa yksityiskohtainen matkaselostus (Haakana & Nylund). IEA:n sivuilta tietoa löytyy osoitteesta

http://www.iea.org/index_info.asp?id=1930.

IEA:n puolella EVI hakee vielä lopullista muotoaan. IEA sihteeristön toiminta on toistaiseksi rajoittunut tapahtumien järjestelyyn ja sähköautoja koskevan maakohtaisen tiedon keruuseen.

8.3.5 Advanced Motor Fuels

Raportoitavalla jaksolla on ollut kaksi AMF ExCo-kokousta, Ottawassa Kanadassa 12-14.5.2010 ja Thessalonikissa Kreikassa 9-11.11.2010. Ottawan kokous järjestettiin Transportation Technologies and Fuels Forum (TTFF) yhteydessä. TTFF on vuosittain järjestettävä tapahtuma, jonka järjestävät yhdessä NRCan ja US DOE (<http://www.transportationforum.net/>).

Thessalonikin kokous oli poikkeuksellinen siinä mielessä, että siinä tehtiin päätökset neljän uuden Annexin käynnistämisestä:

- Annex XL: Life Cycle Analysis of Transportation Fuel Pathways
 - NRCan/Peter Reilly-Roe, Canada
 - cost sharing
 - 2011
- Annex XLI: Alternative Fuels for Marine Applications
 - NRCan, Canada & FEEC, USA
 - combination of cost and task sharing
 - first phase, “Alternative Fuels Evaluation” 2011
 - second phase (under discussion): Ship Operators’ Challenges
- Annex XLII: Toxicity of Exhaust Gases and Particles from IC Engines
 - AFBH, Switzerland
 - international coordination of particulate toxicity related work
 - task sharing
- Annex XLIII: Performance Evaluation of Passenger Car Fuel and Powerplant Options
 - VTT Technical Research Centre of Finland
 - task sharing
 - 2011 - 2012

Annex XLIII:ssa (43) vertaillaan erilaisia henkilöautotekniikoita toisiinsa. Mukana on niin polttomoottoriautoja kuin sähköautoja. Hanke toteutetaan usean osapuolen yhteistyönä VTT:n vastatessa kokonaishankkeen koordinoinnista. Suomen/VTT:n osuutta rahoittavat Tekes, European Batteries, Gasum, Neste Oil, St1 ja VTT itse.

Thessalonikin kokouksessa pitkäaikainen AMF:n sihteeri Claës Pilo (SDAB/Ruotsi) luopui tehtävästään, ja tilalle astui Dina Bakovsky (BioEnergy 2020/Itävalta). Bakovsky toimii myös IEA Bioenergy sopimuksen puitteissa, joten hänen valintansa katsottiin lisäävän AMF:n ja Bioenergyn tiedonvaihtoa ja yhteistyömahdollisuuksia. Kokous päätti, että AMFI uutislehden teko siirtyy VTT:n Päivi Aakko-Saksalta Bakovskyille (Aakko-Saksan oma toive). Aakko-Saksa jatkaa AMF verkkosivujen ylläpitoa ja polttoainetietokannan kehittämistä.

Kanadan NRCan:in Jean-Francois Gagné valittiin Thessalonikissa AMF:n uudeksi puheenjohtajaksi. Nylund siirtyy varapuheenjohtajaksi, ja toiseksi varapuheenjohtajaksi valittiin Shinichi Goto, AIST, Japani. AMF-kokousten pöytäkirjat löytyvät osoitteesta www.iea-amf.vtt.fi:

IEA Implementing Agreement on **Advanced Motor Fuels**

About AMF

- General Activities
- Strategy
- How to Join

Organisation

- Participants
- Contact

Technical Annexes

- Annex info
- Public reports

Downloadables

- Annual reports
- Technical reports
- Newsletters

Events and links

- Events
- Links

MEMBER AREA

Welcome to IEA Advanced Motor Fuels site

Advanced Motor Fuels (AMF) is one of the International Energy Agency's (IEA) transportation related Implementing Agreements. Information on IEA's structure for energy technology related R&D and IEA's Technology Agreements can be found at www.iea.org

Transportation in itself is a function with significant impacts on energy, emissions and even on economy. The share of energy used in transport is high, ranging typically from some 20 to 30 % of the total energy consumption. The share of harmful emissions from the transport sector is in general even higher than its share of energy usage.

The transport sector is facing many challenges. Today this sector is practically totally dependent on crude oil derived fuels. The number of vehicles around the world is increasing rapidly, and so are the environmental impacts and the use of energy in transport. Whereas many other sectors of society have been able to stabilise or cut CO₂ emissions, transport related CO₂ emissions tend to be increasing both in volume and in absolute terms.

At the same time new possibilities are opening up. The array of options is widening, not closing in. This is true for both fuel and vehicle technology options. We are closer than ever to a wide scale use of alternative fuels. Today we have biofuels and natural gas on the agenda, for tomorrow there might be synthetic and even hydrogen. We already have hybrid and natural gas vehicles in the market, as well as the first experimental series of fuel cell vehicles. At the same time, the internal combustion engine is improving, with features like direct injection, flexible engine controls and new combustion systems.

AMF provides an international platform for co-operation to promote cleaner and more energy efficient fuels and vehicle technologies. AMF welcomes interested parties to make contact and to become members of the AMF family.

News

Particulate Emissions & Toxicity of 2 S scooters...

Next IEA/AMF ExCo Meeting

[More news...](#)

Brochure

AMF Outreach

AMF Flyer

- Site updates -
Website info

User name: **iea-amf**
 Password: **altfuel**

Disclaimer: Advanced Motor Fuels is an Implementing Agreement of the International Energy Agency (IEA). Views, findings and publications of the IEA Advanced Motor Fuels Agreement do not necessarily represent the views or policies of the International Energy Agency.

IEA Implementing Agreement on **Advanced Motor Fuels**

AMF Business

- IEA Guidelines
- Strategy
- Particulate reports
- Co-operation

ExCo Meetings

AMF Annexes

- Proposals
- Annexes
- Annex budgets

Library

- Country reports
- Publications
- AMF-Logos etc.

Contact Information

Fuel Info - Trial

PUBLIC AREA

IEA Guidelines

Advanced Motor Fuels (AMF) is one of the International Energy Agency's (IEA) Implementing Agreements (list of IAs). Information on IEA's transport related Implementing Agreements can be found at www.iea.org

The IEAs created a legal contract, Implementing Agreement, which defines a system of standard rules and regulations. In addition, IEA has created a Handbook for Implementing Agreements to define general guidelines.

- The legal Implementing Agreement of AMF.
- IEA Handbook for Implementing Agreements.
- IEA logo - Guidelines for use

● ● ●

IEA - AMF

Member Area

Confidential

● ● ●

Quick links

[Fuel Info - final](#)

[ExCo 40 in Thessaloniki](#)

[Newsletters](#)

Updating
Mail to [www.iea.org](#)

Disclaimer: Advanced Motor Fuels is an Implementing Agreement of the International Energy Agency (IEA). Views, findings and publications of the IEA Advanced Motor Fuels Agreement do not necessarily represent the views or policies of the International Energy Agency.

Member Area

User name: **iea-amf**

Password: **altfuel**

ExCo Meetings

9 Yhteenveto

Vuosi 2010 oli TransEco-ohjelman ensimmäinen täysi toimintavuosi. Kaikkia alkuperäiseen tutkimussuunnitelmaan kirjattuja aiheita on voitu edistää, eikä mainittaviin tutkimussuunnitelman muutoksiin ole ollut tarvetta. TransEco laajeni lisäksi vuoden 2010 aikana kun ohjelmassa puitteissa käynnistyi uusia hankkeita ja kun ohjelmaan liitettiin ohjelman ulkopuolella käynnistettyjä hankkeita.

Ohjelman johtoryhmä kokoontui marraskuussa 2010 päättämään vuoden 2011 rahoituksesta ja vuonna 2011 käynnistettävistä uusista hankkeista. Uusia hankkeita käynnistyy yhteensä viisi. Lisäksi voidaan olettaa, että Tekesin uuteen EVE-ohjelmaan liittyen käynnistyy TransEcoa sivuavia hankkeita. TransEcon suurimpien kolmivuotisten hankkeiden rahoitus päättyy 2011, joten vuoden loppulla on edessä mahdollinen väliarviointi ja seuraavan tutkimusvaiheen (2012 – 2013) tarkempi suunnittelu.

.