

M2T0242

**KUORMA-AUTOKALUSTON
PÄÄSTÖKERTOIMET**

Markku Ikonen
VTT Prosessit, Moottorit ja ajoneuvot

MOBILE2-vuosiraportti 2002

Raportointiaika
Raportointikausi

Tammikuu 2003
1.1.2002 – 31.12.2002

Projektin koodi	M2T0242		
Projektin nimi	Kuorma-autokaluston päästökertoimet		
Vastuuorganisaatio	VTT Prosessit		
Projektin vastuhenkilö	Markku Ikonen		
Projektin yhteyshenkilö	Markku Ikonen		
Puhelinnumero	Telefax	Osoite	
09-456 78749	09-460 493	PL 1601 (Biologinkuja 5), 02044 VTT (Espoo)	
		Sähköpostiosoite	

Muut tahot:

Organisaatio	Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite

Hankkeen alkamisaika	Hankkeen suunniteltu kesto	Hankkeen suunniteltu päättymisaika
1.1.2002	36 kk	31.12.2004

Projektin rahoitus (k€)

Organisaatio	2000	2001*	2002*	2003*	Yhteensä
MOBILE² -rahoitus (yht. 76 k€)					
AKE			34		
LVM			42		
Yhteensä			76		

* suunniteltu

Hankkeen tavoite

Tavoitena on raskaan kuorma-autokaluston ominaispäästöjen (päästökertoimien) kartoitus mm. päästö-laskentamalleja varten. Hanke on täten hyvin samankaltainen kuin bussikaluston evaluointihanke, ja palvelee mm. LIISA- laskentajärjestelmän ylläpitoa.

Raskaiden ajoneuvojen päästöjen laskenta on tähän asti perustunut lähinnä vakiokuormituksella tapahtuvien (steady-state) tyyppihyväksymistestien tuloksina syntyneisiin g/kWh-arvoihin, joiden muuntaminen kilometriperustaisiksi on perustunut arviointiin. Puheena olevassa hankkeessa tuotetaan uudella raskaalla alustadynamometrillä suoraan g/km-arvoja, mikä tarkoittaa päästöinventaaariolaskelmia huomattavasti

Lisäksi hankkeeseen kuuluvilla mittauksilla voidaan verrata toisiinsa eri ajoneuvotekniikoita sekä selvittää miten hyvin eri ikäisten ajoneuvojen todellinen päästö taso vastaa tyyppihyväksynnän perusteena olleita päästöarvoja. Samojen autoyksilöiden mittaaminen useasti noin vuoden välein tuo päivänvaloon kaluston ikääntymisestä aiheutuvat päästömuutokset.

Polttoaineen rikkipitoisuuden vaikutusta päästöihin selvitetään tekemällä päästökokeet kahdella eri rikkitason dieselpolttoaineella.

Projektin julkaisuluettelo

(MOBILE² -julkaisut ja muut julkaisut projektiin liittyen)

Valmisteilla: Vuosiraportti vuodelta 2002

Seminaarit

(Seminaarit ja konferenssit joissa projektia on esitelty, ml. MOBILE²-seminaarit)

MOBILE²-seurantaryhmä 28.5.2002

MOBILE²-seurantaryhmä 5.11.2002

Opinnäytteet hankkeeseen liittyen

Patentit hankkeeseen liittyen

1. JOHDANTO

Kyseessä oleva projekti selvittää Suomessa käytössä olevan kuorma-autokaluston ominaispäästöjä (päästökertoimia). Vuosina 2002-2004 toteutettava hanke kuuluu laajaan VTT:n RAKE (Raskaan ajoneuvokaluston kehityshanke) -kokonaisuuteen. KUORMA-AUTOKALUSTON PÄÄSTÖKERTOIMET ("RAKETRUCK") -hanke hyödyntää VTT:n uutta raskaiden ajoneuvojen alustadynamometriä, ja projekti kuuluu vuosina 2002-2003 Mobile²- tutkimuskokonaisuuteen.

VTT:n vuonna 2002 käyttöön otettu raskaiden ajoneuvojen pakokaasulaboratorio avasi uusia mahdollisuuksia kuorma- ja linja-autojen ympäristövaikutusten tutkimukseen. Transientti-tyyppinen moottoridynamometri sekä maantiesimulointiin pystyvä alustadynamometri ajanmukaisine pakokaasunkeruu- ja mittalaitteineen mahdollistavat aikaisempaa tarkemmat sekä monipuolisemmat pakokaasupäästö- sekä energiankulutusmittaukset raskaille ajoneuvoille. Hanke hyödyntää raskasta alustadynamometriä.

2. TAVOITTEET

Projektin tavoitteena on raskaan kuorma-autokaluston ominaispäästöjen (päästökertoimien) määrittäminen transienttiasioissa mm. päästölaskentamalleja varten. Lisäksi tavoitteena on suorittaa transientti- ja staattisten päästötulosten keskinäistä vertailua. Hanke on samankaltainen kuin niin ikään RAKE-kokonaisuuteen kuuluva bussikaluston evaluointihanke, ja se palvelee mm. LIISA-päästölaskentajärjestelmän ylläpitoa.

Raskaiden ajoneuvojen päästöjen laskenta on tähän asti perustunut lähinnä vakiokuormituksella tapahtuvien (steady-state) tyyppihyväksymistestien tuloksina syntyneisiin g/kWh-arvoihin, joiden muuntaminen kilometriperusteisiksi on perustunut arviointiin. Puheena olevassa hankkeessa tuotetaan uudella raskaalla alustadynamometrillä suoraan g/km-arvoja, mikä tarkoittaa päästöinventaaariolaskelmia huomattavasti

Lisäksi hankkeeseen kuuluvilla mittauksilla voidaan verrata toisiinsa eri ajoneuvotekniikoita sekä selvittää, miten hyvin eri ikäisten ajoneuvojen todellinen päästötaso vastaa tyyppihyväksynnän perusteena olleita päästöarvoja. Mahdollisuuksien mukaan samojen autoyksilöiden mittaaminen useasti noin vuoden välein tuo esille kaluston ikääntymisestä aiheutuvat päästömuutokset.

Polttoaineen rikkipitoisuuden vaikutusta päästöihin selvitetään tekemällä päästökokeet kahdella eri rikkitason dieselpolttoaineella.

Hankkeeseen on lisäksi sisällytetty uuden mittalaitteiston (raskas alustadynamometri ja siihen liittyvä pakokaasumittausjärjestelmä) hyödyntämiseen liittyvää valmistelevaa menetelmäkehitystyötä.

3. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

3.1 Lopullinen tutkimussuunnitelma

Hanketta supistettiin alkuperäiseen projektisuunnitelmaan (Nils-Olof Nylund 24.9.2001) nähdessä, koska osa suunnitellusta rahoituksesta jäi toteutumatta. Hankkeen vuoden 2002 lopullinen raami on kirjattu toteutuneen rahoituksen pohjalta (LVM ja AKE yht. 76 k€) laadittuun revisioituun tutkimussuunnitelmaan (Markku Ikonen 18.4.2002).

Vuoden 2002 mittauskokonaisuuden yksityiskohdat lyötiin lukkoon johtoryhmän kokouksessa VTT:llä 25.9.2002. Kolme eri kokonaispainoluokkaa (max 12,5, max 18 ja max 26 tonnia) edustavien kuorma-autojen pakokaasumittaukset sovittiin tehtäväksi kahdella eri dieselpolttoaineella. Autot sovittiin mitattaviksi täyttä kantavuutta vastaavalla kuormalla. Yksi autoista sovittiin ajettavaksi lisäksi kuormaamattomana. Samassa kokouksessa mittaukset päätettiin toteuttaa uudehkoilla Euro 2 -päästöluokan autoilla.

Transienttijaosyklariksi valittiin henkilöautojen tyyppihyväksyntäsykli, josta päästöt sovittiin määritettäväksi erikseen kaupunki- ja maantieajo-osuuksilta. Syklin maantieosuutta päätettiin modifioida siten, että suurin käytettävä ajonopeus on 85 km/h, jolloin auton nopeudenrajoitin ei vaikuta tilanteeseen. Lisäksi mittaukset sovittiin tehtäväksi kahdella vakioajonopeudella. Keskustelujen jälkeen sekä VTT/RTE:n että Kuorma-autoliiton kanssa mittauksissa käytettäväksi vakionopeuksiksi valittiin nopeudet 65 ja 85 km/h.

Lisäksi lähinnä VTT:n aloitteesta päätettiin tehdä mittauksia simuloimalla tyyppihyväksynnässä käytettävää staattista moottoritestiä (ECE R49) alustadynamometrillä, jotta mitattavan autoyksilön päästötasoa voitaisiin peilata moottorityypin tyyppihyväksynnän virallisiin raja-arvoihin.

3.2 Menetelmäkehitys

3.2.1 Yleistä

Hankkeen menetelmäkehitystyöosuudessa perehdyttiin sekä uuden raskaan alustadynamometrin että uusien pakokaasumittalaitteiden käyttöön. Perehtymisen erityiskohteina olivat dynamometrin eri käyttömoodit (maantiesimulointi-, vakionopeus-, nopeusrajoitus-, vakiokiihtyvyyssmoodi jne.), dataloggausjärjestelmä sekä kuljettajan ajolaitteen (driver's aid) käyttö ja ohjelmointi.

Lisäksi hankittiin rutiinia erityyppisten autojen kiinnittämisestä rullille sekä pakoputkistojen liittämistä CVS-laitteeseen. Myös eri ajosyklarien ajettavuutta erityyppisillä autoilla selvitettiin, mukaan lukien käsivalintaisen sekä automaattivaihteiston vaikutus erityyppisten syklien ajettavuuteen. Myös renkaan ja dynamometrin rullan välisen kitkan riittävyyttä tarkasteltiin eri akselipainoilla rajuudeltaan erilaisia kiihdytys- ja hidastustilanteita ajatellen.

Itse alustadynamometrin lisäksi uusina laitteina on otettu käyttöön raskaiden ajoneuvojen vakioilavuuskeräin eli CVS-laite pakokaasunäytteen laimennusta ja tilavuusvirtamittausta varten. Myös uusi pakokaasuanalysointijärjestelmä sekä partikkelikeräin ovat olleet käyttöönoton ja perehtymisen kohteina.

3.2.2 Voimansiirtohäviöt

Koska alustadynamometriä käytettäessä moottorin tuottama momentti mitataan vetovoimana dynamometrin rullan ja renkaan kosketuskohdasta, mitattu arvo ei suoraan kerro moottorilta tulevaa momenttia, koska moottorin kampiakselin ja dynamometrirullan välillä vaikuttavat voimansiirron sekä rengas-/rullakosketuksen häviöt. Jotta vetopyörätehosta voitaisiin päätellä kampiakseliteho, häviöiden suuruusluokka on tunnettava.

Voimansiirtohäviöiden suuruuden, luonteen ja jakauman selvittämiseksi loppukesällä 2002 tehtiin erillinen mittasarja tätä tarkoitusta varten erikseen instrumentoidulla koeautolla. Käytössä oli Sisu SM 260 -tukkiauto, jonka kardaaniakseliin asennettiin venymäliuska-anturi, jolla voitiin mitata akselilla vaikuttavaa momenttia.

Koeautoksi valittiin autoyksilö, jossa oli sama moottorityyppi, jollainen on VTT:llä aikaisemmin moottoridynamometrissä mitattu. Näin ollen alustadynamometrissä vetopyöriltä mitattua rajamomenttikäyrää voitiin verrata moottoridynamometrissä kampiakselilta mitattuun ja saada näin selville voimansiirron kokonaishäviöt täyskuormalla. Venymäliuskamittaus kardaaniakselilla puolestaan mahdollisti häviöiden jakamisen kahtia, eli moottorin ja kardaaniakselin väliset häviöt (vaihteisto) saatiin erotetuksi kardaaniakselin ja vetopyörien välisistä häviöistä (vetopyörästö sekä rengaskosketus).

Kaikki voimalinjan häviöitä selvittäneet mittaukset tehtiin sekä ns. suoralla vaihteella että sellaisella, jota käyttäen voima kulki hammaskosketusten kautta. Näin saatiin selville hammaspyöräparien vaikutus tehohäviöön vaihteistossa.

3.2.3 Ajoastukset

Kuorma-auton kokonaisajovastusten määrittämiseksi sekä oikeiden dynamometrille syötettävien vastuskertoimien selvittämiseksi kesällä 2002 tehtiin rullauskokeita maantiellä. Käytössä oli VTT:n LPG-käyttöinen 2-akselinen 18-tonninen Sisu vaihtolavakuorma-auto.

Kokeet tehtiin Hämeenlinnan moottoritiellä Nurmijärven ja Hyvinkään välimaastossa, jossa on yksi Helsingin seudun parhaista lähes tasaisista ja suorista, riittävän pitkistä tieosuuksista. Mittaukset tehtiin neljään kertaan molempiin ajosuuntiin sekä tyhjällä että täyteen kantavuuteen kuormatulla autolla. Lisämittauksia tehtiin vielä kardaaniakselin venymäliuskamittauksessa käytetyllä em. autoa raskaammalla autolla (Sisu SM 260).

Maantierullausten suorittaminen on hankalaa ja aikaa vievää työtä eikä sitä ole kaikissa sää- ja keliolosuhteissa edes mahdollista suorittaa luotettavasti.

Itse mittaukset vaativat runsaasti aikaa, koska toistoja on tehtävä runsaasti. Lisäksi tuulen vaikutuksen sekä tien kallistusten eliminoimiseksi mittaukset on tehtävä kahteen suuntaan,

joten aikaa kuluu runsaasti, koska moottoritiellä autoa ei voida kääntää missä tahansa, vaan on ajettava sopivalle kääntöpaikalle ja takaisin ennen seuraavan mittauksen aloittamista.

VTT:n koeautolla rullausmatka ja -aika olivat 85 km/h:n lähtönopeudesta tyhjänä n. 1.8 km ja 165 s, ja täyteen kuormatulla autolla vastaavasti lähes 2.5 km ja 210 s. Näin ollen itse mittausjaksoihin kuluu runsaasti aikaa.

Rullauksen laajamittaista käyttöä hidastaa myös mittauspaikalle siirtymiseen tarvittava aika, koska mittaukseen kelpaavia tasaisia ja riittävän pitkiä tieosuuksia on harvassa. Nyt käytetty paikka Hämeenlinnan moottoritiellä sijaitsee runsaan 30 km:n päässä Otaniemestä, josta sinne siirtyminen kestää n. 45 min. Tämäntapaisten mittausten tekoa hankaloittaa lisäksi se, että muun liikenteen häiriintymisen minimoimiseksi rullauskokeet on pyrittävä suorittamaan hiljaisen liikenteen aikana myöhään illalla.

Maantiellä suoritettujen rullauskokeiden tuloksista päätettiin tehdä teoreettisia tarkasteluja, joiden avulla mitatut tulokset on voitu riittävällä tarkkuudella ekstrapoloida edustamaan myös muita autoja kuin maantiellä rullatut yksilöt olivat. Näin menetellen jokaisella mittauksien tulevalle autolla ei ole tarvinnut käydä maantiellä rullaamassa.

3.3 Varsinaiset mittaukset

Vuoden 2002 koeautoiksi valittiin seuraavat Euro 2 -päästöluokituksen mukaiset autot:

Painoluokka max 12.5 t: Mercedes Benz 1017L -jakeluauto vm. 1999
kok.paino 10.5 t, iskutil. 4.25 l, ajokm. 113 000

Painoluokka max 18 t: MAN 18.284 -jakeluauto (2-aks.) vm. 2000
kok.paino 18 t, iskutil. 6.9 l, ajokm. 134 000 km

Painoluokka max 26 t: MAN 26.462 -täysperävaunun vetoauto (3-aks.) vm. 2001
kok.paino 26 t, 2001, iskutil. 12.0 l, ajokm. 152 000 km

Tavoitteena oli valita kaikki kolme autoa eri merkkien edustajista, mutta koska tärkeimmiksi valintakriteereiksi asetettiin autojen paino- ja päästöluokat sekä ikä, valinta jouduttiin sopivien tarjokkaiden puutteessa kohdistamaan kahteen samanmerkkiseen autoon. Koeautoista kaksi saatiin Sisu-Auto Oy:n ja kolmas Konekesko Oy:n vaihtoautovalikoimista.

Polttoaineina käytettiin johtoryhmässä päätettyjä rikkitasoltaan n. 10 ja n. 50 ppm:n polttoaineita. Matalampirikkinen on Ruotsin markkinoille tarkoitettua Miljöklass 1 (MK1) -tyyppistä dieseliä, jonka valmistaja on Fortum Oil and Gas. Korkeampirikkinen polttoaine hankittiin Oy Teboil Ab:ltä, jolta oli saatavissa sopivan rikkipitoisuustason (tarkka arvo 46 ppm) dieseliä. Kaikki kokeet suoritettiin kaikilla autoilla molemmilla polttoaineilla.

Kevyimmällä autolla (MB 1017L) ajettiin useita kokeita eri inertia-arvoilla osana dynamometrin asetusarvojen vaikutuksen selvitystä. Käytetyistä vastusarvoista parhaiten todellisia ajovastuksia vastaaviksi todettiin täyden kuorman arvot, joten tämän auton tulokset

tullaan raportoimaan täydellä kuormalla eli 10.5 tonnin kokonaispainolla. Autolla ajettiin sekä transientti-, vakionopeus- (65 ja 85 km/h) että ECE R49 -kokeet.

Keskipainoluokan (18 t) autolla (MAN 18.284) ajettiin transientti- ja vakionopeuskokeet sekä täydellä painolla että tyhjää autoa simuloiden. Lisäksi yksi tarkistuspiste ajettiin puolella kuormalla. Myös ECE R49 -simulointi suoritettiin.

Raskaimmalla (26 t) autolla (MAN 26.462) täydellinen koesarja ajettiin täydellä kuormalla, ja lisäksi ajettiin tarkistuspiste tyhjän auton vastusarvoilla. Myös ECE R49 -simulointi suoritettiin.

3.4 Resurssien käyttö verrattuna suunnitelmaan

Resurssit vuodelle 2002 käytettiin suunnitellusti. Koska mittaukset ajoittuivat loppuvuoteen ja päättyivät vasta juuri joulun alla, tulosten käsittely ja raportointi tapahtuu pääasiassa vuoden 2003 puolella ja osittain vuoden 2003 resursseilla. Useampivuotisen projektin ollessa kyseessä tästä ei kuitenkaan aiheudu haittaa.

3.5 Esiin tulleet ongelmat

Sopivien koeautojen saanti osoittautui jossain määrin ongelmalliseksi. Autoja saatiin ystävällismielisesti lainaksi pääkaupunkiseudun kuorma-autoliikkeiden (Sisu-Auto ja Konekesko) vaihtoautovarastoista. Näin menetellen oli kussakin tilanteessa kuitenkin tyydyttävä siihen, mitä autoja sattui kulloisenkin tarpeen hetkellä olemaan tarjolla. Etukäteisvarautuminen asiaan ei auttanut, koska vaihtoautomyyjät eivät mielellään pidä autojaan varattuna tulevaa pakokaasumittaustarvetta varten, jos sopiva asiakas sattuu kohdalle ja haluaa ostaa auton.

Toisaalta, vaihtoautovarastossa olevien autojen käyttö koeautoina on ollut hyvä ratkaisu siksi, että vaihtoautot eivät ole tiiviissä jokapäiväisessä käytössä, kuten raskaat autot yleensä, joten niiden laina-aikaa ei ole tarvinnut tietää tarkkaan etukäteen. Lisäksi laina-aika on ollut helppoa saada riittävän pitkäksi. Tämä on helpottanut töiden suoritusta, koska etukäteen on yleensä vaikeata arvioida, kuinka monta päivää mittauksiin valmisteluineen ja jälkitöineen kuluu; varsinkin pakoputken liittämisen näytteenkeruulaitteistoon saattaa viedä paljonkin aikaa. Tästä työvaiheesta tosin voi joissakin tapauksissa selviytyä hyvinkin nopeasti.

4. TULOKSET

Vuoden 2002 mittaukset suoritettiin loppuun 18.12.2002, ja tulosten käsittely on meneillään. Hankkeesta on valmisteilla vuoden 2002 vuosiraportti, jossa tulokset tullaan raportoimaan.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset tehdään vasta, kun tulokset on käsitely (ks. edell. kohta).

6. JATKOSUUNNITELMAT

Alustavan tiedon mukaan AKE haluaa laajentaa projektin volyymiä vuodelle 2003 aikaisemmin suunnitellusta. Yksityiskohtainen tutkimussuunnitelma vuodelle 2003 voidaan laatia kun volyymi sekä AKE:n tarpeet ovat tarkkaan tiedossa.

Vuoden 2003 kokonaisuuteen on alustavasti suunniteltu uusia dimensiota. Raskaampien kokonaispainojen eli kokonaisten ajoneuvoyhdistelmien simulointia on kaavailtu mahdollisesti aina 60 tonniin saakka. Suurimmat kokonaispainot tullaan mittamaan vakionopeuskokeina, koska yli 30 tonnin massat ovat liian suuria alustadynamometrin inertiasimuloinnille. Vakionopeuskokeiden käyttö näissä tapauksissa tosin vastaa hyvin myös todellisuutta, koska raskailla yhdistelmillä ei tyypillisesti ajeta taajama-ajoa.

Haluttaessa voidaan mittauksissa ottaa myös tien gradientti huomioon, mikä avaa kiinnostavia uusia mahdollisuuksia raskaiden yhdistelmien päästövaikutuksia selvittäessä. Toinen uusi selvityskohde on auton ikä: sen vaikutusta tullaan tutkimaan mittaamalla projektin ensimmäisenä vuonna mitattuja vanhempia ja uudempia eli Euro 1- ja Euro 3 -tason autoja.

Koeautoiksi pyritään jatkossa valitsemaan vuoden 2002 mittauskokonaisuuteen kuulumattomia automerkkejä eli esim. Volvoja, Scanioita ja Sisuja.

Vuoden 2004 toiminta tullaan suunnittelemaan myöhemmin perustuen osittain vuoden 2003 kokemuksille.

