



C

SÄHKÖAUTOJEN TESTAUSPROTOKOLLAT



C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 9

Tuomo Kupiainen

SÄHKÖAUTOJEN TESTAUSPROTOKOLLAT

Centria ammattikorkeakoulu 2013

JULKAISIJA:

Centria ammattikorkeakoulu
Talonpojankatu 2A, 67100 Kokkola

JAKELU:

Centria kirjasto- ja tietopalvelu
kirjasto.kokkola@centria.fi, p. 040 808 5102

Taitto: Centria ammattikorkeakoulu / markkinointi- ja viestintäpalvelut

C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 9
ISBN 978-952-6602-58-5
ISSN 2341-7846

SISÄLLYS

1. Johdanto	4
2. SFS standardit	4
2.1. SK69 – Sähköautot	5
2.2. Sähköturvallisuus (verkko)	5
2.3. Ajoneuvo	5
2.4. Akusto	6
2.5. Latauslaitteet	7
2.6. Kommunikaatio	8
2.7. Sähköautojen EMC-hyväksynät	8
3. Toimintamatkan testaus	8
3.1. NEDC	8
3.2. WLTP	9
4. ECE R101	10
4.1. Luokka M1	10
4.2. Luokka N1	10
5. RekkEViDe	11
5.1. Testaus Citroen C-Zerolla	11
5.2. Testaus Nissan Leafillä	12
6. Grøn Bil –hanke Norjassa	12
7. EVELINA-hanke	13
8. OAMK ja Oulun yliopisto	14
9. WintEVE mittausjärjestelmä	15
9.1. Järjestelmän kuvaus	15
9.2. Mitattavat asiat	17
9.3. KAMK:n laboratorioympäristö	18
10. Hyödyntämismahdollisuudet Centrian/KAMK:n sovelluskehityksessä	18
11. Use Cases	19
11.1. Toyota Hilux –työkone (Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu)	19
12. Johtopäätökset	21
13. Toimenpide-ehdotuksia	22
Lähdeluettelo	23

1. Johdanto

Testaamisen ja käytettävien testausprotokollien tulisi perustua standardeihin. Jonkin asian testaamiselle ei välttämättä ole valmista protokollaa vaan se täytyy luoda testattavaa asiaa varten käyttäen pohjana standardissa määritettyjä, täytettäviä kriteerejä. Näitä kriteerejä voivat olla mm. mitattavat parametrit, esiasetukset testattavaan laitteeseen tai komponenttiin, hyväksyttävien mittaustulosten raja-arvot, jne. Usein myös se miten, millä ja millaisissa olosuhteissa testataan on määritelty standardeissa.

Sähköautoihin liittyviä standardeja ovat mm. infrastruktuuriin liittyvät standardit (kuten latausliitäntä), komponenttien standardointi, yleisesti ajoneuvoihin liittyvä standardointi soveltuvin osin ja akustoon liittyvä standardointi.

Tässä työssä pyritään selvittämään sähköautojen testaamisessa käytettäviä testausprotokollia ja suosituksia. Asiaa selvitetään aluksi niitä määrittävien standardien kautta. Tutustutaan myös tarkemmin ECE R101 testausprotokollaan koskien sähköautojen testausta. Lisäksi selvitetään erilaisissa sähköautoiluun liittyvissä hankkeissa käytettyjä testausprotokollia/standardeja.

Työssä selvitetään myös oman hankkeemme eli WintEVE:n sisällä tehtyä sähköautoiluun liittyvää mittausjärjestelmää, joka on tehty yhteistyössä Centria tutkimus ja kehityksen ja Kajaanin ammattikorkeakoulun kanssa.

Lisäksi yksi esimerkki testiprotokollasta esitellään yhden käytännön tapauksen kohdalla.

2. SFS standardit

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on standardisoinnin keskusjärjestö maassamme. SFS:n päätehtäviä ovat SFS-standardien laadinta, vahvistaminen, julkaiseminen, myynti ja tiedottaminen. SFS on jäsenenä kansainvälisessä standardisoimisjärjestössä ISO:ssa (International Organization for Standardization).

Pääsosa SFS-standardeista perustuu kansainvälisiin tai eurooppalaisiin standardeihin. Standardien laatiminen tapahtuu yhteistyössä SFS:n ja kolmentoista toimialayhteisön kanssa.

Sähköautoiluun liittyviä standardointityöryhmiä kansainvälisesti ovat mm. IEC:n (International Electrotechnical Commission) ja ISO:n työryhmät:

- IECTC (Technical Committee) 69: Electric road vehicles and electric industrial trucks
- IECTC 21: Secondary cells and batteries
- IECTC 77: Electromagnetic compatibility
- ISO TC 22: Road Vehicles
 - o Subcommittee 21: Electrically propelled road vehicles
 - Working Group 1: Vehicle operation conditions, vehicle safety and energy storage installation
 - Working Group 2: Definitions and methods of measurement of vehicle performance and energy consumption

Suomessa toimii standardoimiskomitea SK69 - "Sähköautot ja latausjärjestelmät". [1]

2.1. SK69 – Sähköautot

Ajoneuvojen kansainvälinen standardisointi hoidetaan pääasiassa komiteassa ISO TC 22. Eurooppalaisella tasolla on autojen standardisoinnissa keskitytty EU:n mandaattien kohdentamisiin standardisointiprojekteihin komiteassa CEN (European Committee for Standardization) TC 301. Näissä komiteoissa tapahtuvaa standardisointia seuraa ja siihen osallistuu Suomen edustajana YTL (Yleinen Teollisuusliitto).

Sähköautojen latausjärjestelmien samoin kuin autoissa käytettävien sähköisten ja elektronisten komponenttien standardisoinnista huolehtii IEC. Sähköautojen latausjärjestelmiä standardisoi IEC TC 69 ja elektronisia komponentteja lukuisat komponenttikomiteat, joiden työhön osallistumisesta vastaa Suomessa SESKO. Sähköautojen standardoinnissa mukana ovat seuraavat komiteat edellä mainittujen lisäksi:

- CEN TC 301 "Road vehicles"
- CLC (Cenelec)/TC 69X "Electrical systems for electric road vehicles"

Sähköautojen standardointiin liittyy keskeisesti myös pistokytkimien osalta IEC:n komponenttikomitea IEC SC 23H "Industrial, plugs and socket-outlets" . [2]

2.2. Sähköturvallisuus (verkko)

Sähköturvallisuusstandardit valmistelee SESKO IEC:ssä tehtävän työn pohjalta. Suurin osa Suomessa käytössä olevista sähköalan standardeista perustuu suoraan vastaaviin IEC-standardeihin.

SFS 6000-7-722 - Erikoistilojen – ja asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Sovelletaan piireihin, joita käytetään sähköajoneuvojen lataukseen ja suojaukseen silloin, kun ajoneuvosta syötetään sähköä jakeluverkkoon. Induktiivinen lataus ei kuulu tämän standardin sovellusalueeseen. [3]

SFS 6000 (2012) - Pienjännitesähköasennuksia koskeva standardisarja, joka koskee myös pienjännitejakeluverkoja ja siinä olevia kansallisia osia, joiden myötä sarja kattaa kaikki normaalit, korkeintaan 1000 V vaihtojännitteiset ja 1500 V tasajännitteiset sähköasennukset. Osat koskevat mm. johtojärjestelmiä, kytkentää, ohjausta, maadoittamista, suojohtimia, jakokeskuksia ja kaapelointia. [4]

SFS-EN 50191 (2011) - Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö pysyville ja tilapäisille toimenpiteille. [5]

2.3. Ajoneuvo

Ajoneuvojen osalta alla joitakin tärkeitä standardeja, joiden mukaan sähkökäyttöisten moottoriajoneuvojen testauksen protokollat pitäisi suunnitella.

SFS-EN 1821-1:en - Sähkökäyttöiset moottoriajoneuvot. Suoritusarvot. Suorituskyvyn mittaaminen. Osa 1: Puhtaasti sähkökäyttöiset ajoneuvot. (Tämä standardi määrittelee periaatteet, olosuhteet ja prosessit testimodeille, joilla mitataan puhtaasti sähkökäyttöisen ajoneuvon suorituskäykyä. Suorituskäyky käsite koostuu osakäsitteistä: nopeus, kiihtyvyyys, jne.). [6]

SFS-EN 1986-1:en - Sähkömoottorikäyttöiset ajoneuvot. Energian käytön mittaaminen. Osa 1: Aidosti sähkökäyttöiset ajoneuvot. (Tämä standardi määrittelee prosessin, jota sovelletaan aidosti sähkökäyttöisen ajoneuvon ajosäteen ja kulutuksen mittaamiseen. Standardi soveltuu kv. ajoneuvoluokkien M1, M2, N1 ja N2 sekä moottoroituihin kolmipyöriin ja nelipyöriin. Tämä standardi ei sovellu hybrideihin eikä osittain sähköllä kulkeviin ajoneuvoihin). [7]

SFS-EN 1987-1:en - Sähkömoottorikäyttöiset ajoneuvot. Erityiset turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Mukana oleva energiavarasto. (Tämän eurooppalaisen standardin tavoite on määritellä kattavasti erityiset turvallisuusvaatimukset sähkökäyttöisille ajoneuvoille sekä käyttäjien että ympäristön turvallisuuden takaamiseksi. Tämä standardi ei koske huoltoa eikä erityisvaatimuksia ajoneuvoille, jotka on liitetty ulkoiseen virtalähteeseen. Tämä osa käsittelee mukana olevaan energiavarastoon liittyviä erityisvaatimuksia). [8]

SFS-EN 1987-2:en - Sähkömoottorikäyttöiset ajoneuvot. Erityiset turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Toiminnallinen turvallisuus ja suojaus vikatilanteita vastaan. (Tämän eurooppalaisen standardin tavoite on määritellä kattavasti erityiset turvallisuusvaatimukset sähkökäyttöisille ajoneuvoille sekä käyttäjien että ympäristön turvallisuuden takaamiseksi. Tämä standardi ei koske huoltoa eikä erityisvaatimuksia ajoneuvoille, jotka on liitetty ulkoiseen virtalähteeseen. Tämä osa käsittelee toiminnallista turvallisuutta ja suojautumista vikatilanteita vastaan). [9]

SFS-EN 1987-3:en - Sähkömoottorikäyttöiset moottoriajoneuvot. Erityiset turvallisuusvaatimukset. Osa 3: Käyttäjien suojaus sähköstä johtuvaa vaaratekijää vastaan. (Tämä standardi määrittelee vaatimukset sähköturvallisuuden kannalta, kun sähköajoneuvo ei ole kytkettynä ulkoiseen virtalähteeseen. Soveltuu sähköajoneuvoille, joissa suurin sallittu sähköpiirin jännite on 750 V DC tai 500 V AC). [10]

2.4. Akusto

SFS-EN 50272-1 - Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Tämä standardi koskee nimellisjännitteeltään enintään 1500 V (tasasähkö) akkuasennuksia ja standardissa määritellään akkujen ja akkuasennusten yleiset turvallisuusvaatimukset, joita sovelletaan tämän standardisarjan muille osille. [11]

SFS-EN 50272-2 - Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: paikallisakat. Standardi koskee paikallisakkuja ja -akustoja (lyijyakut ja nikkeli-kadmiumakat), joiden nimellisjännite on enintään 1500 V (DC). Standardissa määritellään turvallisuusvaatimukset sähköisiltä vaikutuksilta, kaasun purkauksilta ja elektrolyyttistä johtuvilta vaikutuksilta suojautumiseen akustojen asentamiseen, käyttöön, tarkastukseen, huoltoon ja hävittämiseen liittyen. Standardin mukaisten akustojen pääkäyttökohteita ovat: tietoliikennesovellukset, voimalaitosovellukset, turvalaistutus- ja hälytysjärjestelmät, UPS-sovellukset, moottoreiden käynnistysjärjestelmät ja aurinkoenergiaan perustuvat sähköjärjestelmät. [12]

SFS-EN 50272-3 - Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 3: Ajovoima-akut. Soveltamisala Tämä eurooppalainen standardi koskee sähköisissä kulkuneuvoissa käytettäviä ajovoima-akkuja ja kyseisten akkujen asennuksia. Kulkuneuvoissa käytettäviä ajovoima-akkuja ovat teollisuustrukeissa (nostotrukit, hinastrukit, puhdistuslaitteet, automaattisesti ohjatut kulkuneuvot) käytettävät akut, akkukäyttöisten vetureiden akut, sähköautojen ja vastaavien kulkuneuvojen (esim. henkilö- ja tavarakuljetuksiin käytettävät sähköautot, golfautot, akkukäyttöiset polkupyörät ja pyörätuolit) akut. Nimellisjännitteet ovat enintään 1000 V (vaihto-

sähkö) ja 1500 V (tasasähkö). Standardi määrittelee perusmenetelmät sähkön, kaasunkehityksen ja elektrolyytin aiheuttamilta vaikutuksilta suojautumiseen. Standardissa määritellään akkujen ja akustojen asentamiseen, käyttöön, tarkastukseen ja hävittämiseen liittyvät turvallisuusvaatimukset. Standardi käsittelee lyijyakkuja ja nikkeli-kadmiumakkuja ja muita alkaaliakkuja. HUOM. Standardia on tarkoitus täydentää sitä mukaa, kun uusia akkutyyppejä tulee markkinoille.[13]

Taulukossa 1 luetellaan lisäksi muita akkuteknologian standardeja.

Standardi	Nimi
IEC TC 21	Secondary cells and batteries
QC/T741-2006 - QC/T744-2006	Batteries and Ultracapacitors for Electric Vehicles
IEC 61982:2012	Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles - Performance and endurance tests
EN 1987-1	Electrically propelled road vehicles – Specific requirements for safety P1
ISO/DIS 12405-1	Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery system
ISO/TR 11955:2008	Hybrid-electric road vehicles -- Guidelines for charge balance measurement
IEC 21/712/FDIS	Safety requirements for secondary batteries and battery installations P3 traction batteries

Taulukko 1. Akkuteknologian standardeja

2.5. Latauslaitteet

EN 62196-1 ja -2 - IEC:n pistokytkinstandardit, joista osa 1 sisältää pistokytkimien rakenne- ja testausvaatimukset ja osa 2 sisältää kolmen eri pistokytkinjärjestelmän (tyypit 1, 2 ja 3) määrittäykset mittalehtineen. [14]

IEC 62196-3 – Tämä standardi käsittelee sähköauton pikalatauspistokytäkintä DC- ja AC/DC-pistokytkin (mittalehdet). [15]

SFS 6000-8-813 - Pistokytkimien valinta ja asentaminen, määrittelee mitä pistorasioita Suomessa käytetään sähköajoneuvojen lataukseen. [15]

IEC 61439-7 - Sähköauton latauksessa käytettävän keskuksen vaatimukset määritellään tässä standardissa. [16]

Pistokytkinstandardit liittyvät kiinteästi koko latausjärjestelmän turvallisuusvaatimuksia käsittelevään standardiin SFS-EN 61851-1.

SFS-EN 61851-1 - Tässä standardissa määritellään sähköauton lataukselle neljä eri menetelmää sähköauton liittämiseksi sähköverkkoon (lataustavat 1-4).

SFS-EN 61851-21 – Standardi, joka määrittelee sähköajoneuvon vaatimukset, kun se yhdistetään vaihto- tai tasasähkölatausasemaan. [17]

SFS-EN 61851-23 - Standardi määrittelee tasasähkölatausasemaa koskevat vaatimukset (siirretään jatkossa osaan -1). [17]

2.6. Kommunikaatio

Kommunikaatio sähköautojen lataukseen liittyen vaatii monenlaisten säädösten huomioimista. Standardit määrittävät paitsi itse sähköverkon osien vaatimuksista myös niihin liittyvien tietoverkkojen ja –järjestelmien rakenteesta. Sitten tulevat vielä sähköverkon ja ajoneuvon välisen tiedonsiirron määrittävät standardit mukaanlukien latausaseman ja ajoneuvon välisen kommunikaation. Huomioitavia standardeja ovat ainakin:

IEC/EN 61850-7-420 - Standardi tietoverkkojen ja –järjestelmien määrittämiseksi sähköaseman automaatiolle. Osa 7-420 määrittelee perusrakenteen tietojärjestelmälle koskien jaettuja energianlähteitä. [18]

ISO/IEC 15118-1, -2 ja -3 - Standardi ajoneuvon ja sähköverkon väliselle tiedonsiirrolle. [15]

SFS-EN 61851-24 - Standardi DC-latausaseman ja EV:n välisen kommunikaation määrittämiseksi. [15]

2.7. Sähköautojen EMC-hyväksynät

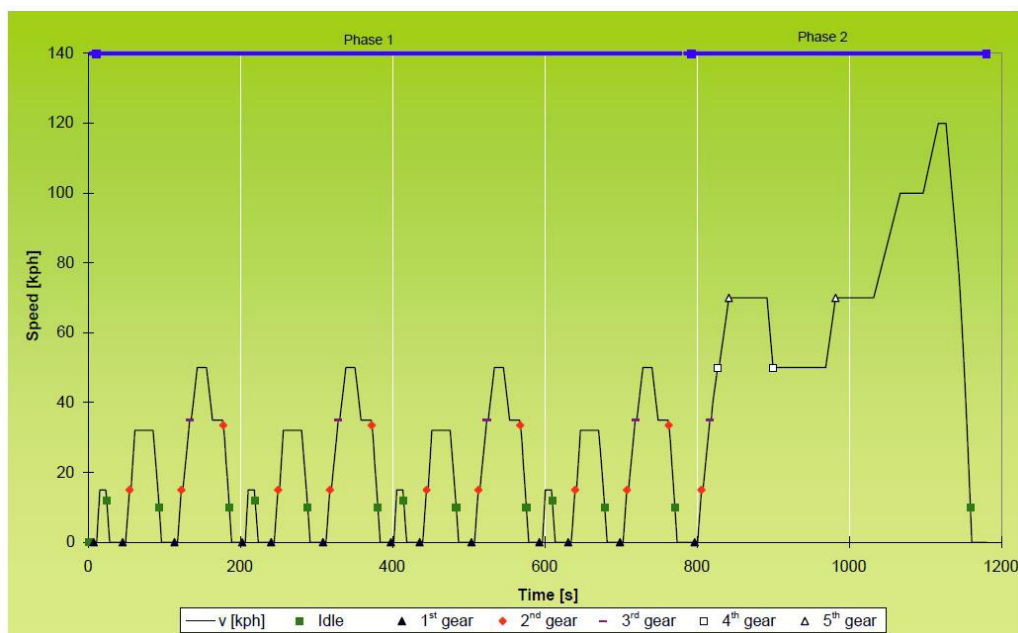
Direktiivit ja standardit : Sähköajoneuvoja koskevat EMC-direktiivit: Lähinnä 2004/104/EC (ajoneuvojen EMC) ja 2004/108/EY (yleinen EMC). Jos ajoneuvo sisältää GSM-modulin, on sovellettava myös R&TTE-direktiiviä 1999/5/EY. [19]

3. Toimintamatkan testaus

Sähköauton toimintamatkan (ja myös energiankulutuksen) mittaamiseen on käytössä useita erilaisia testiprotokollia maailmalla. New European Driving Cycle (NEDC) on eurooppalaisen ajotavan mukainen testisykli. Uutena menetelmänä on tulossa Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP), joka on puolestaan maailmanlaajuinen testisykli.

3.1. NEDC

NEDC testisykli on ollut luokitusyksi uusille ajoneuvotyypeille Euroopassa vuodesta 1996 lähtien. Testin ensimmäinen vaihe (ks. kuva 1) käsittelee kaupunkiajoa (urban), jossa ajoneuvo käynnistetään aamulla oltuaan parkissa yön yli ja sillä on ajetaan stop-and-go –moodilla. Toinen vaihe kuvaa maantieajoa (extra-urban), missä maksiminopeus on 120 km/h. NEDC testisykli kestää n. 20 minuuttia ja ajettavat matkat ovat n. 4 km (kaupunkiajo) ja n. 7 km (maantieajo). Suositeltu moottorilämpötila ennen auton käynnistystä kylmätestissä on 22 °C ± 2 °C.

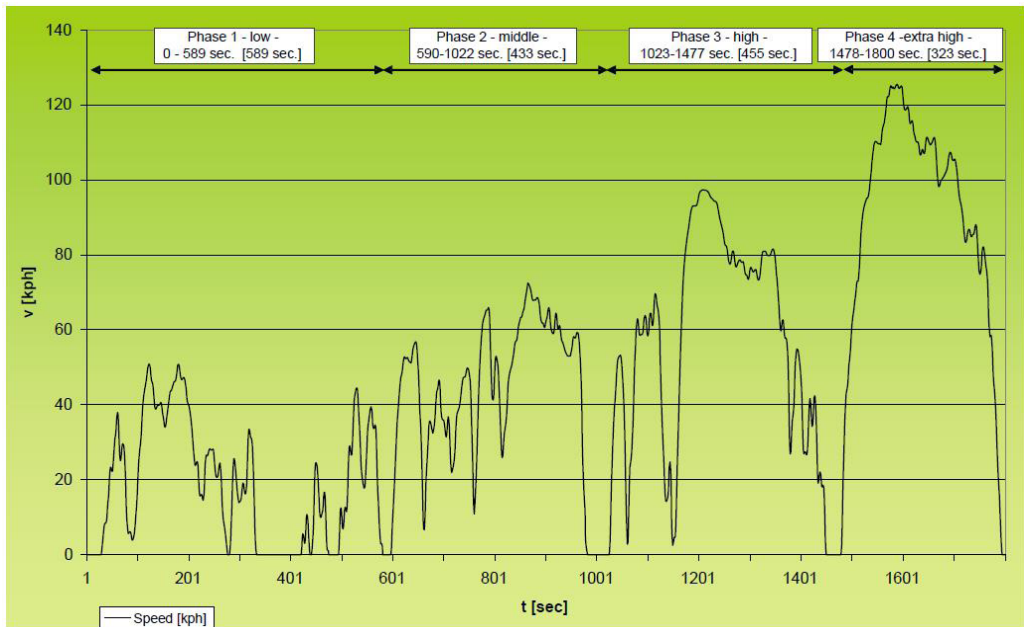


Kuva 1. NEDC-testisykli [20]

3.2. WLTP

Uusi maailmanlaajuinen kevyiden ajoneuvojen testisykli WLTP on korvaamassa NEDC:n. Kuten kuvassa 2 näkyy WLTP koostuu neljästä vaiheesta: hidas kaupunkiajo (low), keskinopea taa- jama-ajo (middle), nopea maantieajo (high), ja moottoritieajo (extra high) ja sen on tarkoitus kattaa niin monta tosielämän ajotilannetta kuin on mahdollista. Ajomatkat ovat vaiheittain: n. 3 km (low), n. 5 km (middle), n. 7 km (high) ja n. 7,7 km (extra high).

WLTP:ssä, toisin kuin NEDC:ssä, on joko päiväajovalot tai lähivalot kytkettynä testisyklin aika- na kuten ilmastointi. WLTP-testissä suositeltava moottorin lämpötila ennen aloitusta on 90 °C. Lisäksi tehdään seuraavat asetukset manuaalisesti säädettävässä ilmastoinnissa: laite päälle, lämpötila n. 20 °C lämpötila kuljettajan ja matkustajan päänkorkeudella heidän välissään, pu- haltimen nopeus 1/3 ... 1/4 ja puhaltimen suuntaus tuulilasiin/lattialle. Automaatti-ilmastoinnin asetukset ovat seuraavat: laite päälle, lämpötilalavaltsin 20 °C, puhaltimen nopeus ja suuntaus automaattisesti. [20]



Kuva 2. WLTP-testisykli [20]

4. ECE R101

Ajoneuvot on jaettu ajoneuvojenperusluokkiin ja niiden alaluokkiin. Erikoiskäyttöön tarkoitettujen ajoneuvojen on jaettu tarkempiin luokkiin (esim. matkailuauto).

Auto on henkilöiden (luokka M) tai tavarankuljetukseen taikka määrättyyn erikoistehtävään valmistettu moottorikäyttöinen ajoneuvo, jossa on vähintään neljä pyörää tai telat ja jonka suurin rakenteellinen nopeus on suurempi kuin 25 kilometriä tunnissa.

4.1. Luokka M₁

Henkilöiden kuljetukseen valmistettu ajoneuvo, jossa on kuljettajan lisäksi tilaa enintään kahdeksalle henkilölle.

4.2. Luokka N₁

Tavarankuljetukseen tarkoitettu ajoneuvo, jonka kokonaismassa on enintään 3,5 tonnia. [21],[22]

Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan Talouskomission (UN-ECE) alaisena ylläpidetään ja kehitetään lukuisia teknisiä säädöksiä, jotka koskevat ajoneuvojen rakennetta. Sääntö ECE-R 100 koskee nimenomaisesti ajoneuvoluokkien M ja N sähköajoneuvoja, niiden rakennetta, toiminnallista turvallisuutta ja vetypäästöjä latauksen aikana. Ajoneuvon tulee olla ko. säännön mukaan hyväksytty, ennen kuin auto voidaan tyyppihyväksyä ja rekisteröidä. Sähköautojen energian kulutuksen ja toimintamatkan mittaus on määritelty säännössä ECE R-101.

USA:ssa ja Japanissa on omat mittausmenetelmänsä, USA:ssa SAE standardit J1634 (sähköau-

tot, peruttu 2002, nyt revisioitavana) ja J1711 (hybridit ml. lataushybridit) ja Japanissa sähköautojen mittaamenetelmä Z108-1994.

Säännön R-101 liitteissä mittaamenetelmät on eritelty seuraavasti:

- Liite 6: pelkällä polttomoottorilla varustettujen autojen CO₂-päästö ja polttoaineen kulutus
- Liite 7: täyssähköauton sähköenergian kulutus
- Liite 8: hybridi-auton CO₂-päästö, polttoaineen kulutus ja sähköenergian kulutus (kattaa sekä autonomiset että ladattavat hybridit)
- Liite 9: sähköisen toimintamatkan määrittäminen täyssähköautoille ja lataushybrideille [23]

5. RekkeVidde

RekkeVidde-projektin tavoitteena oli luoda menetelmä, jolla voidaan luotettavasti arvioida sähköautojen suorituskykyä todellisissa Pohjolan käyttöolosuhteissa ja täten luoda oikeaa ja vertailuun soveltuvaa tietoa eri valmistajien tuotteista. [24]

Sähköautojen talvitestausta suoritettiin kenttäoloissa tammikuussa 2013. Testejä tehtiin NEDC-testaukseen perustuen. Seuraavia asioita testattiin:

1. Ajomatka akuston tyhjäksi ajossa neljällä eri autolla, eri nopeuksilla, esilämmityksellä ja ilman,
2. Ajomatka perustuen Controller Area Network (CAN) -väyläinfoon eri tehoisilla akuilla eri autoissa, lämmityksellä ja ilman,
3. Viiden eri auton sisälämpötilat jaloille ja päätälaan mitattuna 5 km ja 35 km jälkeen kovilla pakkasilla (-13 °C -> -29 °C),
4. Sisälämpötila lattiassa NEDC testin aikana neljässä eri autossa, -15 °C ulkolämpötilassa ja osalla autoista käytetty esilämmitystä,
5. Sisälämpötila lattiassa NEDC testin aikana kolmessa eri autossa, -30 °C ulkolämpötilassa (kaksi autoa esilämmitetty),
6. Energian käytön vertailu neljässä eri autossa, kahdessa eri ulkolämpötilassa (-14 ja -20 °C): CAN-väylän info vs. latausanalysointori,
7. SOC-tason kehitys akuston tyhjäksi ajotestissä eri autoille [25]

RekkeVidde mukana ollut VTT teki laboratorio-oloissa testejä kahdella sähköautolla: Citroen C-Zero ja Nissan Leaf.

5.1. Testaus Citroen C-Zerolla

Testiolosuhteet vaihtelivat lämpötilojen mukaan:

1. Normaali lämpötila (+23 °C)
 - Ilmanvastus normaalilämpötilassa

- Tieolosuhde normaali asfaltti

2. Nollan asteen ympäristön lämpötila (-0°C)

- Ilmanvastus nollassa asteessa

- Tieolosuhde normaali asfaltti

3. Kylmä ympäristön lämpötila (-20 °C)

- Ilmanvastus kylmässä lämpötilassa

- Tieolosuhde normaali asfaltti / vanha lumi / uusi lumi

Edellämainitujen testiolosuhteiden mukaan mitattiin:

- Energian kulutusta verrattuna normaali lämpötilaan (%) ja testisyklinä olivat seuraavat: NEDC, Helsingin kaupunkiympäristö, suomalainen maantie sekä kolmen edellisen keskiarvo.

- Arvioitu ajomatka (km) ja testisyklinä olivat: NEDC, Helsingin kaupunkiympäristö, Artemis testisykli: Urban, suomalainen maantie, Artemis testisykli: Road EV, Artemis testisykli: Motorway EV, keskiarvo kolmelle testille (NEDC, Helsingin kaupunkiympäristö ja suomalainen maantie) sekä keskiarvo kaikille testisykleille.

- Verkon energian käyttö (kWh/km) seuraavilla testisykleillä: NEDC, suomalainen kaupunkialue, suomalainen maantie.

5.2. Testaus Nissan Leafillä

Myös Nissan Leafin testeissä olosuhteita vaihdeltiin lämpötilan mukaan:

1. Normaali lämpötila (+23 °C)

- Ilmanvastus normaalilämpötilassa

- Tieolosuhde normaali asfaltti (road load for normal asphalt)

2. Kylmä ympäristön lämpötila (-20 °C)

- Ilmanvastus kylmässä lämpötilassa

- Tieolosuhde normaali asfaltti

- Lämmityslaitteen käyttö

- Polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttö (Webasto)

Edellämainitujen testiolosuhteiden mukaan mitattiin:

- Arvioitu ajosäde (km) eri lämpötiloissa ja ilman oman lämmityslaitteen käyttöä, sen kanssa ja vain lisälämmittimen käytöllä. Viimemainitulla saatiin myös tietoa paljonko sen avulla saa "lisäkilometrejä" arvioituun ajosäteeseen. Testisyklinä olivat: NEDC, Helsingin kaupunkiympäristö sekä maantie. [26]

6. Grøn Bil –hanke Norjassa

Testit olleet vain informatiivisia, eivätkä ole perustuneet mihinkään standardiin tai protokolaan. [27]

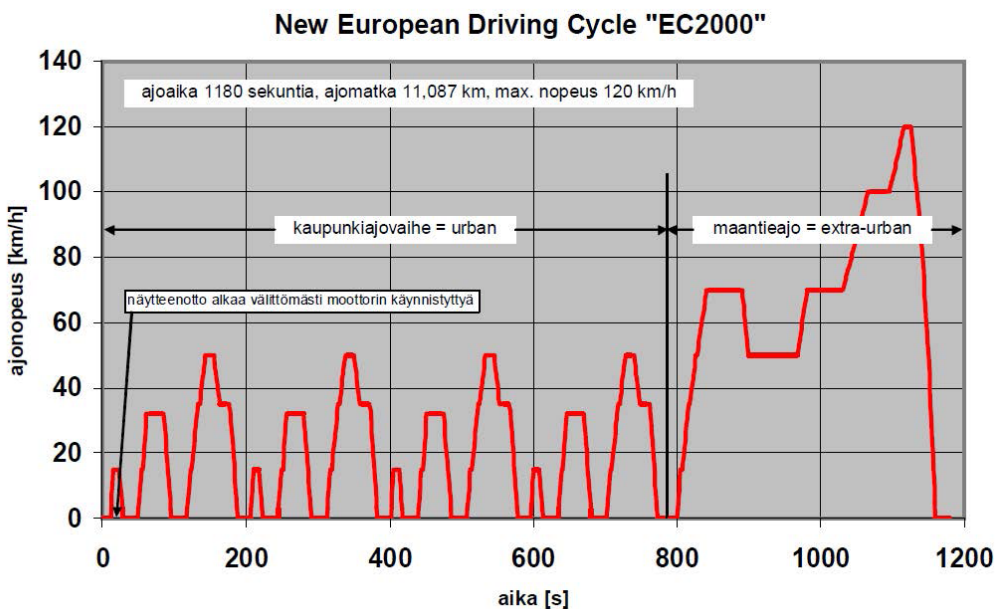
7. EVELINA-hanke

EVELINA-hanke on osa Tekesin EVE-ohjelmaa tavoitteenaan mm. testata sähköajoneuvoja erilaisissa toimintaympäristöissä ja olosuhteissa. Tutkimuskohteena on sähköajoneuvot ja niiden vaikutus liikenteeseen, energian jakeluun ja tuotantoon.

Mitään systemaattista testausta ei hankkeessa ole ajoneuvoille tehty. Pääosin on ollut kysymys opiskelijavoimin tehdyistä käytettävyydestestauksista ja kokemusten hankkimisista siitä, sopiiko sähköajoneuvo arkipäiväiseen käyttöön.

Akkujen erillistestaukseen laboratorioissa on rakennettu kaksi testausjärjestelmää. Täysin valmiina tuotantoajoon ne eivät vielä ole, mutta kokeita niillä jo on tehty. Järjestelmillä on tarkoitus mallintaa akkujen kuormittumista ja latausta ajoneuvojen normaalia käyttötilannetta jäljitellen. Tähän tarvitaan tietoa menetelmistä, joilla sähköajoneuvojen ajomatkoja vertaillaan. Tässä suhteessa Euroopassa ja Amerikassa on erilaiset käytännöt.

Akkustestausjärjestelmiin voi ohjelmoida haluttuja ajo- ja lataussyklejä. Kuvissa 3 ja 4 esimerkkinä NEDC ajosykli, jollaisella testiä voi tehdä. [28]



Kuva 3. NEDC-ajosykli [23]

Estimated energy consumption in NEDC (New European Driving Cycle)

→ http://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle

Basic calculation data

car	EVE-Smart 1
total vehicle weight (pass. + payload) in kg	915
drag coefficient cw	0,37
frontal area in m ²	2,1
rolling resistance coefficient cr	0,013
efficiency battery to wheels	0,81
efficiency gearbox (motor to wheels)	0,9
efficiency drivetrain (inverter to motor)	0,95
efficiency battery (battery to inverter)	0,95

acceleration energy : $E = \frac{1}{2} * m * (v_2^2 - v_1^2)$

energy for air resistance: $E = cw * A * 0,61 \text{ kg/m}^3 * v^2 * s$

energy for rolling resistance : $E = cr * m * 9,81 \text{ N/kg} * s$

energy for incline : $m * 9,81 \text{ N/kg} * h$ → estimation here = round trip, i.e. no altitude difference (start = destination)

NEDC = 4 x ECE-15 city cycle + 1 x EUDC freeway cycle

1 x ECE-15 = ca. 0,97 km

1x EUDC = ca. 6,88 km

Total NEDC = ca. 4 x 0,97 km + 6,88 km = 10,76 km

needed energy from battery in total for 1 x ECE-15 (kWh)	0,068
needed energy from battery in total for 100 km ECE-15 (kWh)	7,039
needed energy from battery in total for 1 x EUDC (kWh)	0,886
needed energy from battery in total for 100 km EUDC (kWh)	12,976
needed energy from battery in total for complete NEDC (kWh)	1,159

Kuva 4. NEDC:n mukaisen testin dataa [29]

Oikeilla ajoneuvoilla ajettaessa pyritään ajamaan tiettyjä reittejä vaihtelevissa olosuhteissa. Ajosykli on tarkoitettu saadaan syötettyä akkujentestausjärjestelmiin. Testausjärjestelmissä on tarkoitus käyttää myös todellisista ajoreiteistä saatuja syklejä kuormitustietoina. Ideana on saada laboratoriomittauksissa akkujen kuormittuminen noudattamaan todellisia tilanteita. Tällöin saadaan akkumittauksissa akkujen mahdolliset vanhenemisilmiöt paremmin näkyviin kuin jotain tasaista vastuskuormaa käyttämällä. Ja näissä akkujentestausjärjestelmissä on käytössä ajoneuvomoottorit, jotka kuormittavat akkuja. Moottoreiden tehoa ja vääntömomenttia voi säädellä halutun kuormitusrytmin mukaisesti. Vielä nämä akkujentestausjärjestelmät eivät ole valmiina vaan ohjausohjelmien teko kesken (tilanne 16.8.2013). [28]

8. OAMK ja Oulun yliopisto

Oulun Seudun Ammattikorkeakoulun ns. Hilux-projekti, on oppilaitoksen auto- ja kuljetustekniikkaan suuntautuneiden konetekniikan opiskelijoiden projekti tavoitteenaan tuottaa Oulun kaupungin tekniselle liikelaitokselle sähköllä liikkuva Pick-Up. Kyseessä olevan sähköauton suorituskykyvaatimuksia on määritetty tieajo- ja dynametrimittauksin sähkömoottorin,

voimansiirtöjärjestelmän ja akkukapasiteetin mitoittamiseksi, mm. muutaman insinööriyön voimin. [30]

Suorituskykymittauksissa ei ole käytetty standardeja tai protokollia. Mittauksia on tehty aidoissa olosuhteissa aidolla kalustolla riittävän määrä ja sitä kautta on määritetty oikeat suorituskykytarpeet. Ajotilatutkimuksessa, joka autoihin tehdään ja minkä opiskelijat tekevät harjoitustyönäkin, asiat määritellään myös teoreettisesti. Tällä hetkellä ei tietojen mukaan OAMK:lla ole suunnitelmia standardien käytöstä. [31]

Oulun yliopistolla viedään tietoturvatutkimuksen osalta tuloksia sopivassa määrin myös opetukseen esim. ohjelmistotekniikan kursseihin. [32]

9. WintEVE mittausjärjestelmä

WintEVE-projektin ensimmäisessä vaiheessa on kehitetty Centria tutkimus ja kehityksen Ylivieskan yksikön ja Kajaanin ammattikorkeakoulun (KAMK) kanssa mittausjärjestelmää, jolla voidaan suorittaa sähköautolla ajon aikana mittauksia auton toiminnasta ja energiankulutuksesta CAN-väylästä lukien. Lisäksi saadaan reaaliaikaisia sijaintitietoja (GPS) ja reitin olosuhdetietoja (tien pinnasta) sekä säätietoja reitin varrella olevista antureista. Nämä olosuhte- ja säätiedot saadaan antureista järjestelmään käyttäen langatonta, lyhyille matkoille tarkoitettua siirtotekniikkaa (MiWi).

9.1. Järjestelmän kuvaus

Mittausjärjestelmä koostuu viidestä sovelluksesta, joista kolme sijaitsee ajoneuvon PC:ssä, yksi palvelimella ja yksi on työpöytäsovellus järjestelmän hallintaan ja tehtyjen mittausten monitorointiin.

Ytimenä toimii DeliveryApp-sovellus, joka käynnistää MeasurementCoren ja graafisen käyttöliittymän (Graphical User Interface, GUI) sovellukset. [33]

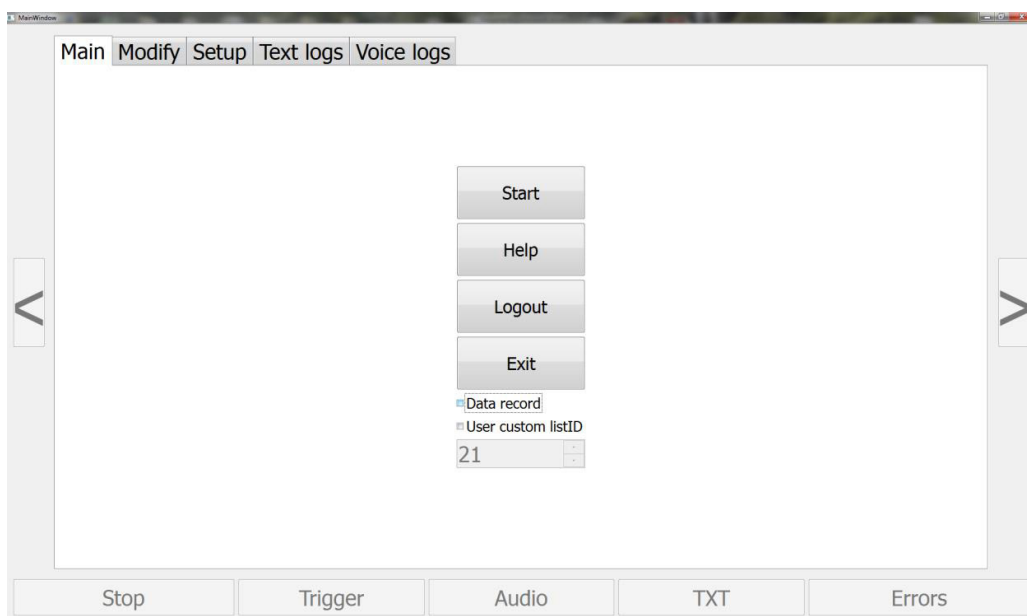
MeasurementCore tukee tällä hetkellä usempia protokollia, kuin vain Nissan Leafia. Sen ympärille löytyy tuki mm. seuraaville: Fleet Management System (FMS), SAE J1979 (OBD –II PDIS, mikä on tyypillisesti käytettävä henkilöajoneuvostandardi). [34]

Onnistuneen järjestelmän käynnistyksen jälkeen käyttäjä (testaaja) kirjautuu GUI:hin. Kirjautumistiedot välitetään DeliveryApp:lle, joka annettujen tietojen avulla luo yhteyden palvelimelle. Onnistuneen kirjautumisen jälkeen käyttäjä valitsee GUI:ssa halutun testaussuunnitelman listasta, jolla näkyy ne suunnitelmat, joihin käyttäjällä on oikeus (kuva 5).

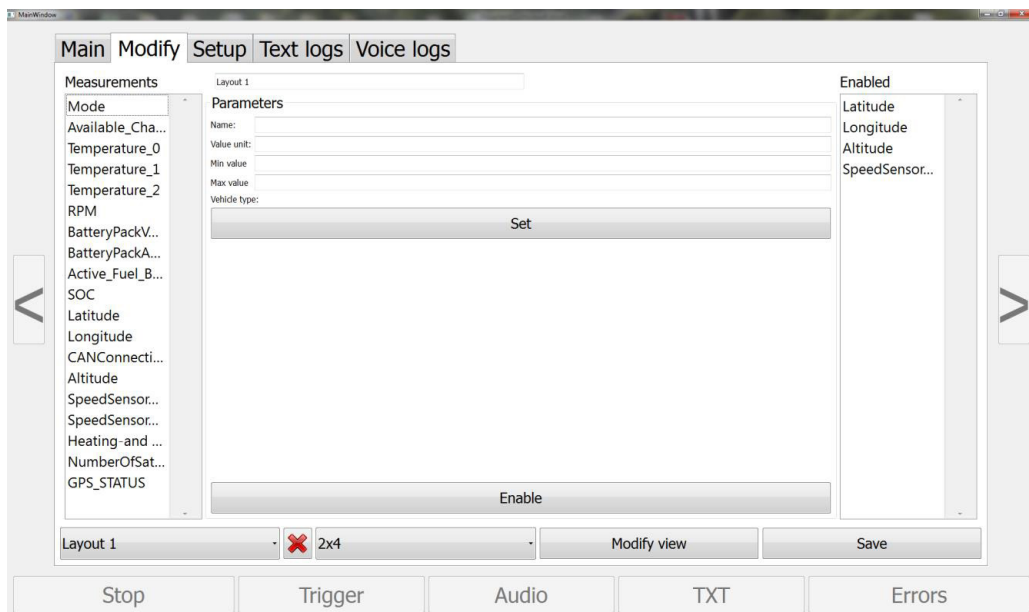


Kuva 5. Testaussuunnitelman valintaikkuna

Seuraavissa kuvissa näkyvät GUI:n perusnäkö (kuva 6) ja mittauksien valintanäkymä (kuva 7). Mittauksien valinnassa käyttäjä voi valita ne mittaukset, joita haluaa tehdä.



Kuva 6. GUI perusnäkö



Kuva 7. Mittauksien valinta

Lisäksi valitut mittaukset voidaan asettaa erilaisiin näkymiin seuranta varten.

WintEVE-mittausjärjestelmässä tietoja luetaan siis ajoneuvon CAN-väylästä ja myös näitä CAN-asetuksia voidaan muokata.

Esivalmistelujen jälkeen mittaukset aloitetaan ja niiden aikana voi tehdä seuraavia toimenpiteitä:

- Trigger-painikkeella saadan "merkattua" tapahtumapaikka, johon voi jälkikäteen tuloksia tarkasteltaessa palata aikajanalla
- Audio-painikkeella voidaan tehdä audio-tallenne
- TXT-painikkeella voidaan luoda teksti-tiedosto
- Errors-painikkeella pääsee katsomaan kohtia, joissa on tapahtunut mittauksen aikana sille mahdollisesti asetetun ala- tai ylärajan ylityksiä

Mittauksen lopetus tehdään Stop-painikkeella, jonka jälkeen avautuu testiraporttipohja, johon käyttäjä voi halutessaan täyttää täydentäviä tietoja mittauksesta.

Testauksen aikana syntyneet sekä tekstimuotoiset logit että äänilogit tallennetaan paikallisesti ja ne ovat seurattavissa ajoneuvon sovelluksessa.

Mittausjärjestelmään kuuluu myös ManagementForMeasuring-sovellus, jolla käyttäjä voi tehdä testausuunnitelman vaikkapa jollekin yritykselle ja muokata sitä. [33]

9.2. Mitattavat asiat

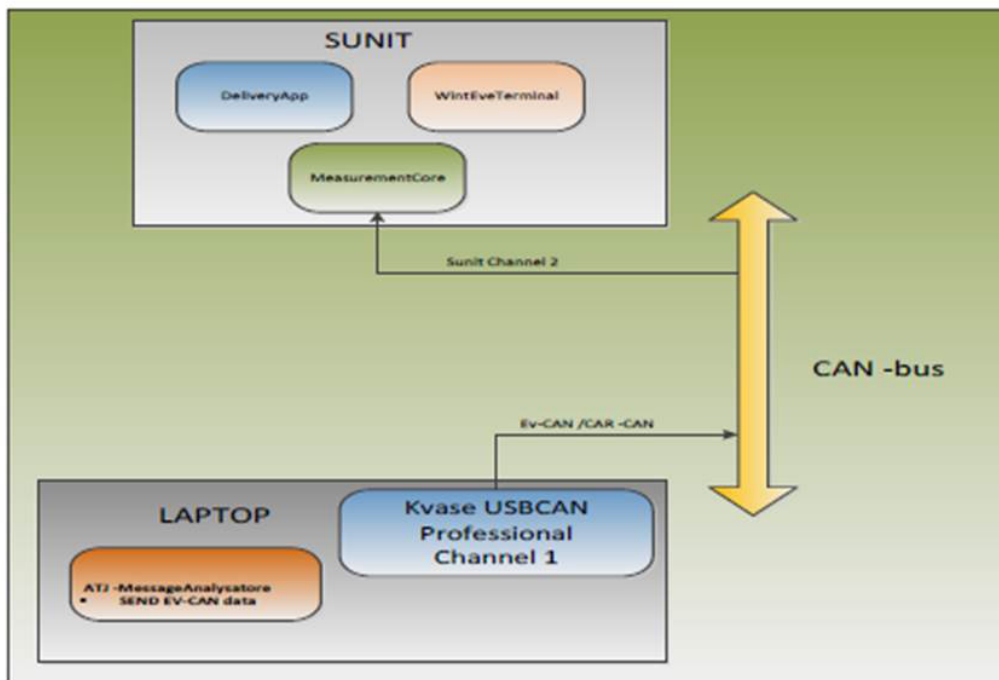
WintEVE-mittausjärjestelmällä voidaan mitata hyvin monipuolisesti autossa ajon aikana tapahtuvia asioita. Näitä CAN-väylästä mitattavia tietoja ovat mm. akun varaustila (%) (State

of Charge, SOC), renkaan pyörimisnopeus (SpeedSensorLeft / -Right), akuston modulien lämpötila (Temperature_0, _1, _2), moottorin teho (MotorPower, W), akuston jännite (BatteryPackVolts, V), akustosta otettava kokonaisvirta (BatteryPackAmps, A). [34]

MiWi-järjestelmällä tien varren lähetin lähettää auton vastaanottimeen tienvarsiantureiden keräämää tietoa sääoloista: ilmanpaine, kosteus, lämpötila, valoisuus (ja optiona myös tien pinnan antureiden keräämää tietoa tien pinnan olosuhteista: lumen syvyys, tien pinnan jäätyneisyys). Muulloin, kun testiautolla ei ajeta reitillä, lähetin voi lähettää tietoja verkkoyhteyden kautta palvelimelle. Näin lähettimet ja anturit toimivat sääasemina tarjoten reaaliaikaista tietoa sääoloista. [35]

9.3. KAMK:n laboratorioympäristö

KAMK:lla olevassa laboratorioympäristössä voidaan testata Nissan Leaf:in CAN-väylän toimintaa kuvan 8 lohkokaaavion mukaisesti. Ympäristöllä voidaan testata erilaisia standardeja kuten juuri em. Leafista nauhoitettuja tietoja (EV-CAN, CAR-CAN). Sen lisäksi ympäristöllä voidaan testata useiden kanavien toimintaa ja viestien välitystä. Tietojen oikeellisuutta voi testata ATJ-MessageAnalysator:in avulla, joka pystyy lähettämään nauhoitettua tietoa CAN-väylään. Vertailemalla lähetettävää tietoa ja testattavan sovelluksen välisiä tuloksia voidaan tietojen oikeellisuus tarkistaa. [34]



Kuva 8. Lohkokaavio CAN-Bus väylän testaamisesta [34]

10. Hyödyntämismahdollisuudet Centrian/KAMK:n sovelluskehityksessä

Mittausjärjestelmää sellaisenaan voi hyödyntää verifointiin eli jos kehitetään jotain toista spesifistä sovellusta tai halutaan tietää onko ko. mittaukset mahdollisia jossain toisessa ajoneuvossa. Sinänsä järjestelmä on tiukkaan sidoksissa ajoneuvoihin.

Tienvarsisensorit – MiWi järjestelmässä – on helposti irroitettavissa systeemistä, jolloin niiden avulla voidaan saada olosuhdetietoa erilaisissa paikoissa, esim. kasvihuoneet, ns. älytaloissa mittauksien kerääjänä ja missä milloinkin on tarvetta.

Mittausjärjestelmän osaa ilman MeasurementCorea (ajoneuvon väyläkommunikointisovellus) voidaan hyödyntää muissa käyttötapauksissa, jos kehitetään MeasurementCoren tilalle jokin tarkoitukseen sopiva sovellus. Esim. tietoliikenneverkkoa analysoivalta laitteelta datanluenta-sovelluksena voidaan hyödyntää olemassa olevaa muuta mittausjärjestelmää, jolloin GUI:lla voidaan reaaliaikaisesti tarkastella mitattua dataa ja myöhemmin tarkkailusovelluksella voidaan toteuttaa jälkitarkastelua. Tosin tietokanta on suunniteltu ajoneuvoille, joten siellä joutuisi soveltamaan. [36]

KAMK:n näkökulmasta WintEVE:n mittausjärjestelmää kokonaisuudessaan voisi ehkä hyödyntää esim. heidän Datacenter-laboratoriossa. Ammattimaisemman ja enemmän laskentatehoa vaativan toiminnan osalta järjestelmän käyttäjäksi pitäisi saada asiakkaita ja ympäristö esim. Kajaani DC Cluster pilveen. [34]

11. Use Cases

11.1. Toyota Hilux –työkone (Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu)

Ryhmä Oulun Seudun Ammattikorkeakoulun tekniikan opiskelijoita suunnitteli ja toteutti Toyota Hiluxiin uuden sähkökäyttöisen voimansiirron, joka korvasi polttomoottorin. Tilaajana ja koekäyttäjänä oli Oulun kaupungin tekninen liikelaitos, jonka työkäyttöön tämä sähköinen työkone tehtiin. Sähkökäyttöinen Toyota Hilux on tarkoitettu pyöriteiden ja kävelykatujen tehokkaaseen, taloudelliseen ja ympäristöystävälliseen huoltamiseen. Kuvassa 9 Toyota Hilux ilman lumiauraa ja kuvissa 10 ja 11 moottoritila ja sähkömoottorin sijoitus.



Kuva 9. Toyota Hilux – sähkötyökone



Kuva 10. Hiluxin moottoritila ilman polttomoottoria



Kuva 11. Sähkömoottori kiinnitettynä alkuperäiseen alennusvaihteeseen

Esimerkiksi lämpötilojen mittauksesta:

Esivalmistelu

Toyota Hilux oli rakennettu moottorin ja voimansiirron osalta uudelleen valmiiksi eli sähköinen voimansiirto oli saatettu toimintakuntoon. Lämpötilojen mittausta varten sähkömoottorin si-

sään oli sijoitettu 5 anturia. Akustossa puolestaan oli jokaiselle modulille oma lämpötila-anturinsa. Lisäksi jäädytysnesteen lämpötilan mittaukselle oli kolme anturia. Testausvaiheessa mitattiin lämpötilat vielä ohjaamon sisältä ja ulkoa sekä taajuusmuuttajan sisältä.

Testaus/mittaus

Varsinainen testitapahtuma oli sitten kaupungin työntekijöiden suorittamaa normaalia työajoa, jota suoritettiin niin kauan kunnes akuston virta loppui. Työajoon kuului lumen aurausta ja hiekoitusta. Testiajossa oli mukana OAMK:n opiskelija, joka huolehti mittauksen sujuvuudesta työajon aikana.

Tiedonkeruujärjestelmänä oli Canopen-järjestelmä.

Mittauksen jälkeen

Mittausajojen jälkeen tiedot kerättiin ja analysoitiin sekä koostettiin raporteiksi.

Hyödyntäminen

Projektia ja siinä tehtyjä ja opittuja asioita hyödynnetään soveltuvin osin myös opetuksessa. Lisäksi tämän projektin puitteissa on tehty 8 opinnäytetyötä.

Työkoneprojektia on tarkoitus jatkaa ja etsiä yhteistökumppaneita sekä käyttökohteita, joihin tässä kehitettyä tekniikkaa voidaan soveltaa. [37], [38]

12. Johtopäätökset

Testausprotokollat ovat enimmäkseen tapauskohtaisia ja yleensä vasta jonkin asian testausvaiheessa syntyviä käytäntöjä. Standardeihin pohjautuvia julkisia testausprotokollia ei juurikaan ole olemassa, eikä ainakaan saatavilla kovin helposti. Testaaminen tehdään yleensä jonkin ominaisuuden tai toiminnallisuuden selvittämiseksi testattavasta kohteesta. Aina se ei ole tarkalleen standardin määrittämän arvon mittaamista vaan halutun toiminnallisuuden toteamista.

Suurilla toimijoilla, esim. autonvalmistajat, testaustoimintaan on jo kehittynyt testausprotokollat, jotka kuitenkin ovat tarkoin varjeltuja menetelmiä, eikä niistä anneta ulospäin tietoja. Pienemmässä mittakaavassa esim. erilaisissa projekteissa toimijat, testatessaan jotain HW- tai SW-osaa, kehittävät itse testausprotokollansa ellei sellaista löydy virallisessa muodossa jonkin standardointielimen hyväksymänä.

Sähköautoiluun liittyy paljon standardeja. Sekä sähköautoon ja sen eri osiin että siihen liittyviin muihin toimintoihin on jo olemassa tai parhaillaan kehitetään standardeja. Koska nämä perusasiat ovat tällä hetkellä vielä useimmiten kehitysvaiheessa, ei näihin liittyviä virallisia testausprotokollia ole vielä paljonkaan olemassa.

Joissakin asioissa on kuitenkin kehitetty vapaasti saatavissa olevia testausprotokollia. Esimerkiksi sähköauton toimintamatkan testauksessa on käytössä ainakin eurooppalaisen ajotavan mukainen NEDC –ajosyklistesti. Tämä on hyvä lähtökohta, sillä tärkeimpiä asioita, ellei tärkein, on sähköauton toimintamatka, jonka pystyy ajamaan yhdellä latauksella ja siihen liittyvä ener-

giankulutus. NEDC-testiä kehittyneempi versio on tulossa oleva WLTP –ajosyklistesti, joka on maailmanlaajuinen. Nämä normaaleja ajotilanteita markkeeraavat testit antavat hyvin kuvaa siitä, miten jonkin sähköauton kapasiteetti riittää ja millainen on energiankulutus tietyissä olosuhteissa. Edellä mainitut ajosyklistestit eivät tietenkään yksin riitä, kun tarvitaan tietoa, jonka avulla sähköisten ajoneuvojen SW- ja HW-osia halutaan kehittää ja parantaa. Lisäksi tulee myös muut sähköautoiluun liittyvät asiat kuten latausinfrastruktuurin ja lisäpalveluiden rakentaminen, jotka vaativat omanlaisiaan testejä kehitystyön eteenpäin viemiseksi.

Erilaisissa sähköautoiluun liittyvissä hankkeissa tehdään lähes poikkeuksetta jonkinlaista testausta. Joissakin hankkeissa, joissa on suoritettu ajotestausta on käytetty testausprotokollayhdistelmää, jossa osana on ollut esim. NEDC-ajosykli. Riippuen siitä, mitä testataan protokollien käyttö vaihtelee ja usein sellaisia ei käytetä tai ei voida käyttää, koska kehitettävä kohteelle ei yksinkertaisesti ole testausprotokollaa. Tällaisissa tilanteissa tulee siis testattaessa luotua omanlainen testausprotokolla, joka sopii kuitenkin vain siihen tilanteeseen ja sille kohteelle. Olisi tärkeää, että näissä tilanteissa syntyneestä testausprotokollasta tehtäisiin dokumentti, jota voitaisiin hyödyntää myöhemmin.

WintEVE-projektin yhteydessä luotu mittausjärjestelmä on merkittävä edistysaskel, sillä sen avulla saadaan tarkkaa tietoa testattavan auton tapahtumista CAN-väylän kautta. Tapahtumia voi seurata reaaliajassa testiajoa suoritettaessa ja tiedot siirtyvät langattomasti järjestelmään kuuluvan yhteyden kautta serverille. Toinen merkittävä etu mittausjärjestelmässä on mahdollisuus käyttää sitä myös reaaliaikaisten sää- ja olosuhdetietojen keräämiseen erillisen MiWi-verkon kautta reitin varrella olevista antureista. Tavallaan tämä mittausjärjestelmä voi olla omalta osaltaan edistämässä testausprotokollan tai –protokollien kehittymistä, sillä siinä oleva mahdollisuus valita tarkasteluun eri parametreja tuo testaukseen erilaisia mahdollisuuksia sen mukaan mitä tietoja testeissä halutaan saada esille.

Sähköautojen testausprotokollia ei siis nykyhetkellä ole juuri olemassa. Standardit kehittyvät ja valmistuvat vähitellen ja niihin perustuvat testausprotokollat tulevat oletettavasti lisääntymään lähivuosina. Se miten laajasti muodostuvia protokollia tulee yleiseen käyttöön on silti vaikea sanoa, sillä niiden kehittäjät halunnevat pitää menetelmänsä omana tietonaan, ainakin aluksi.

13. Toimenpide-ehdotuksia

Jatkossa voisi tehdä esimerkiksi selvitystä siten, että keskittyisi johonkin tiettyyn standardiin ja siihen pohjautuvien testiprotokollien ja suositusten etsimiseen yrityksistä, oppilaitoksista, tutkimusorganisaatioista, osa- ja komponenttivalmistajilta, jne.

Kun ollaan jatkossa mukana aihealueeseen liittyvässä projektissa, voisi kenties yhtenä tehtävänä olla testausmenetelmän tai –suunnitelman kehittäminen yhteistyössä projektissa mukana olevien osapuolten kanssa. Ja tähän liittyen erilaisten testitapausten laatiminen tulisi myös mahdolliseksi.

Lähdeluettelo

[1] Sähköautot – Nyt!; 2011; Sähköautojen standardointi ; Sähköautot – Nyt! –hanke; Saatavilla:<http://www.sahkoautot.fi/wiki:saehkoeautojen-standardointi>; Luettu 5.8.2013

[2] Sesko; www-sivut, saatavilla: http://www.sesko.fi/portal/fi/standardointikomiteat/komitealista_ja_komiteasivut/sk_69__sahkoautot_/; Luettu 6.8.2013

[3] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=248594>; Luettu 28.8.2013)

[4] SESKO; www-sivut, saatavilla: http://www.sesko.fi/portal/fi/standardeja_ja_direktiiveja_valikoituja_standardisarjoja/sahkoasennukset/sfs_6000/; Luettu 28.8.2013

[5] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=241041>; Luettu 28.8.2013

[6] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet;jsessionid=ee4e783a8774085c48b087d418bdb1865508d07a67ba164b363d52e17d1dfa8f.e3eRchaTbxmRe3iNb3yKbNeNeo?action=productInfo&productID=146955>; Luettu 28.8.2013

[7] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet;jsessionid=ee4e783a8774085c48b087d418bdb1865508d07a67ba164b363d52e17d1dfa8f.e3eRchaTbxmRe3iNb3yKbNeNeo?action=productInfo&productID=146256>; Luettu 28.8.2013

[8] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet;jsessionid=ceaa23cd5ca46c354a6663af429ffb844c37a296a4aacffdeb9e4d9794cc2fe.e3eRchaTbxmRe3iNb3yKbx4Seo?action=productInfo&productID=144119>; Luettu 28.8.2013

[9] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet;jsessionid=43f2e472d255beed3bb60d45c61974835002ae31b08493cc3adc2e6055f6d51c.e3eRchaTbxmRe3iNb3yKbNeLeo?action=productInfo&productID=144396>; Luettu 28.8.2013

[10] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet;jsessionid=32a9f495ba57ffa8c359f1e6b8cd3428e1b859f27405de9ba684307c6727c407.e3eRchaTbxmRe3iNb3yKbNmPeo?action=productInfo&productID=150275>; Luettu 28.8.2013

[11] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=251074>; Luettu 28.8.2013

[12] SESKO; www-sivut, saatavilla: http://www.sesko.fi/portal/fi/ajankohtaista/uudet_julkaisut?bid=386; Luettu 11.7.2013

[13] SFS verkkokauppa; www-sivut, saatavilla: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=148562>; Luettu 28.8.2013

[14] SESKO; www-sivut, saatavilla: <http://www.sesko.fi/portal/fi/ajankohtaista/uutiset?bid=643>; Luettu 28.8.2013

- [15] Ensto Oy; Rae, Matti; 2012; Latausstandardit ; pdf-dokumentti; saatavilla: http://www.angelfire.com/pro/auli/vanhat/aineistoja/12sahko_rae.pdf; Luettu 28.8.2013
- [16] SESKO; Sähköautojen ja latausjärjestelmien standardisointi ; komiteaesite, pdf-dokumentti; saatavilla: http://www.sesko.fi/attachments/komiteaesitteet/sk69_sahkoautot_jve.pdf; Luettu 28.8.2013
- [17] SESKO; 2011; Sähköautojen lataukseen liittyvä standardisointi ; Plaani 1/2011, pdf-dokumentti; saatavilla: http://www.sesko.fi/attachments/artikkelit/plaani_1_2011_sahkoautojen_lataukseen_liittyva_standardointi_jve.pdf; Luettu 28.8.2013
- [18] SESKO; www-sivut, saatavilla: http://www.sesko.fi/attachments/standardivuosisuunnitelma_2009web.pdf; Luettu 28.8.2013
- [19] Sähköautot – Nyt!; Sähköautojen EMC-hyväksynnät; Sähköautot – Nyt! –hanke; saatavilla: <http://www.sahkoautot.fi/wiki:saehkoeautojen-emc-hyvaeksynnaet>; Luettu 5.8.2013
- [20] ADAC, 10 April 2013, EcoTest, Testing and Assessment Protocol, Version 3.1, Saatavilla: http://www.ecotest.eu/html/EcoTest_%20Protocol_120227_EN.pdf; Luettu 21.8.2013
- [21] Trafi; 2013; Ajoneuvoluokat; www-sivu, saatavilla: <http://www.trafi.fi/tieliikenne/katsastukset/ajoneuvoluokat>; Luettu 15.8.2013
- [22] United Nations; 30 June 2011; Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3) Revision 2 ; ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2; pdf-dokumentti, saatavilla: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29resolutions/ECE-TRANS-WP29-78-r2e.pdf>; Luettu 12.7.2013
- [23] Nylund, Nils-Olof; 12/2011; Sähköautojen tulevaisuus Suomessa - Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta ; Liikenne- ja viestintäministeriö, Julkaisuja 12/2011; pdf-dokumentti, saatavilla: www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11701.pdf&title=Julkaisu+12-2011; Luettu 29.7.2013
- [24] Tekes; 2013; EVE-ohjelman projektien yleiset tiedot; www-sivu, saatavilla: <http://www.tekes.fi/ohjelmat/EVE/Projektit?id=10480049>; Luettu 15.8.2013
- [25] TSS (Test Site Sweden); 2013; EV Field winter testing 2013 ; pdf-dokumentti, saatavilla: http://www.greenetfinland.fi/research/images/5/5b/Summary_wintertesting_2013_2_TSS_short.pdf; Luettu 31.7.13
- [26] VTT; Laurikko, Juhani; 18.03.2013; Results for Citroën C-Zero and Nissan Leaf ; pdf-dokumentti, saatavilla: http://www.greenetfinland.fi/research/images/e/e7/Rekvide_18.3.2013_Laurikko_short.pdf; Luettu 1.8.2013
- [27] Sähköpostikeskustelu Kupiainen-Hannisdahl 5.-13.8.2013
- [28] Sähköpostikeskustelu Savonia AMK:n Risto Niemen kanssa 15.-16.8.2013
- [29] NEDC-ajosykli; pdf-dokumentti, saatavilla: http://ecarsnow-italy.wdfiles.com/local--files/ecars:smart-fortwo-elettrica/Range_Calculation_NEDC_City_and_freeway_Smart.pdf; Luettu 16.8.2013

- [30] Sähköpostikeskustelu OAMK:n Mauri Haatajan kanssa 30.-31.7.2013
- [31] Sähköpostikeskustelu OAMK:n Arto Lehtosen kanssa 31.7.-15.8.2013
- [32] Sähköpostikeskustelu Oulun Yliopiston Juha Röningin kanssa 30.7.2013
- [33] Verronen, Pertti; 23.8.2013; Mittausjärjestelmä lyhyesti.doc ; Word-dokumentti
- [34] Sähköpostikeskustelu Sami Leskisen kanssa 22.8.-2.9.2013
- [35] Keskustelu Mika Pahkasalon kanssa 27.8.2013
- [36] Sähköpostikeskustelu Pertti Verrosen kanssa 28.8.2013
- [37] Keskustelu Kupiainen – Lehtonen 20.9.2013 OAMK:lla.
- [38] Hilux-sähkötyökone –esite; OAMK

SÄHKÖAUTOJEN TESTAUSPROTOKOLLAT

Tässä julkaisussa pyritään selvittämään sähköautojen testaamisessa käytettäviä testausprotokollia ja suosituksia.

Asiaa selvitetään aluksi niitä määrittävien standardien kautta. Tutustutaan myös tarkemmin ECE R101 testausprotokollaan koskien sähköautojen testausta. Lisäksi selvitetään erilaisissa sähköautoiluun liittyvissä hankkeissa käytettyjä testausprotokollia/standardeja.

Raportissa selvitetään myös WintEVE-hankkeen sisällä tehtyä sähköautoiluun liittyvää mittausjärjestelmää, joka on tehty yhteistyössä Centria ammattikorkeakoulun ja Kajaanin ammattikorkeakoulun kanssa.

■ C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 9

■ ISBN 978-952-6602-58-5

■ ISSN 2341-7846