



C

TEKNOLOGIAKARTOITUS: Akustiikkatestaus



C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 18

Joni Heikkilä & Sakari Nokela

**TEKNOLOGIAKARTOITUS:
Akustiikkatestaus**

Centria ammattikorkeakoulu 2014

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

Kannen kuva: Sinus Messtechnik GmbH (http://www.soundbook.de/download/Pass_By_E.pdf)

C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 18

ISBN 978-952-6602-72-1

ISSN 2341-7846

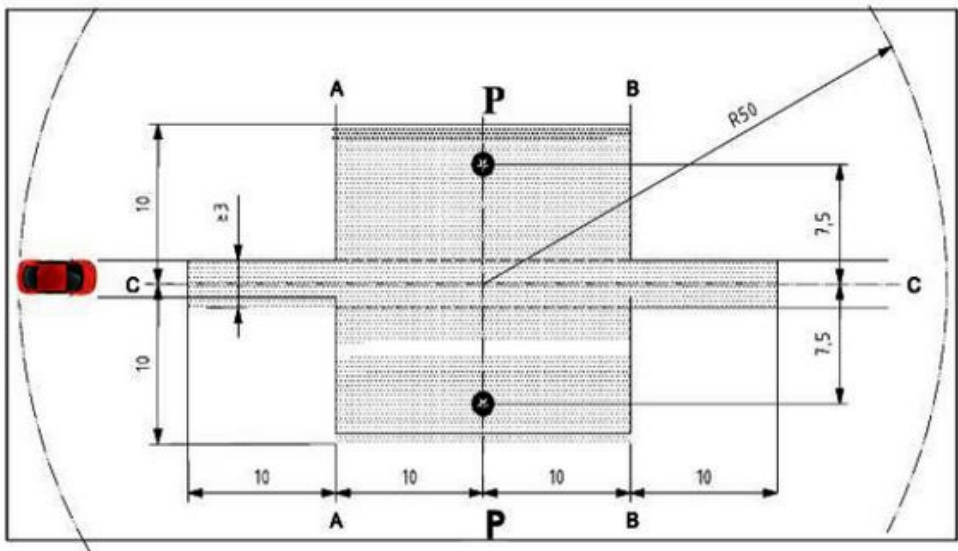
SISÄLLYS

1. Melun mittaukseen liittyviä standardeja.....	4
1.1 ISO 362-2.....	4
1.2 Muita standardeja.....	4
2. Tutkimukset Suomessa	5
2.1 Rengasmelun emissio ja leviäminen eri tiepäällysteillä, Diplomityö.....	5
2.2 Auton sisälle kuuluvan rengasmelun vaimentaminen, Opinnäytetyö.....	5
2.3 Tieliikennemelun taajuusjakauma, Työterveyslaitos.....	5
2.4 Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastuksessa, Trafi/AKE.....	5
3. Laitetoimittajat.....	6
3.1 MIP Electronics Oy.....	6
3.2 APL Systems	12
3.3 Pietiko Oy, Cirrus MK427	12
3.4 Amestec Oy, Pulsar äänitasomittarit.....	12
3.5 Metric Industrial Oy, Brüel & Kjær	13
4. Vaatimusmäärittely	14
5. Lähteet	16

1. Melun mittaukseen liittyviä standardeja

1.1 ISO 362-2

ISO 362-2 on standardi ohiajomelun mittaukseen. Standardi määrittää vaatimukset muun muassa testiradalle, jonka keskilinjasta ei saa olla 50 metrin säteellä mitään häiritseviä rakennuksia, puita tai penkereitä. Testialueen leveys pitää olla 15 metriä ja pituus 20 metriä. Mikrofonit sijoitetaan 1.2 metrin korkeudelle ja 7.5 metrin etäisyydelle keskilinjasta. Mittaus käynnistetään 10 metriä ennen mikrofoneja ja lopetetaan 10 metrin päähän mikrofoneista. Sääsamalla mitataan lämpötilaa, tuulen nopeutta, ilman painetta, ilman suhteellista kosteutta. Joissakin tapauksissa mitataan myös tuulen suuntaa ja radan lämpötilaa. Jokaiselle mittaukselle on määritelty mittaustarkkuus. Tutka sekä sensorit jotka käynnistävät ja pysäyttävät mittauksen voidaan korvata GPS:llä. [16]



Kuvio 1. Testiradan mitat. [18]

1.2 Muita standardeja

- ISO 5128-1980 (Acoustics-Measurement of noise inside motor vehicles). Standardissa kuvataan menetelmä auton sisätilan melun mittaamiseksi.
- ISO 13325 käytetään rengasmelun mittaamiseen.
- ISO 11819 on tiepäällysteiden liikennemeluvaikutuksen mittaamiseen.

2. Tutkimukset Suomessa

2.1 Rengasmelun emissio ja leviäminen eri tiepäällysteillä, Diplomityö

Vierintämelun tutkimus- ja kehittämishankkeessa tutkittiin renkaiden ja tiepäällysteiden tuottamaa melua ja sen leviämistä. Sovellettuja ohiajomittauksia tehtiin useissa kohteissa pääkaupunkiseudulla sekä rullausmenetelmällä Nokian Renkaiden koeradalla. Testeissä oli neljä mittauspistettä. Vakioetäisyydellä oli kolme mittauspistettä, nämä sijaitsivat 10 m päässä tien keskilinjasta. Kaksi mittauspistettä oli asetettu Nordtest-menetelmän mukaan 0.2m ja 4m korkeudelle sekä yksi mittauspiste ISO:n vakiokorkeudelle 1.2m. Neljäs mittauspiste sijaitsi 25-65m etäisyydellä tiestä maaston mukaan vaihdellen. Mittausinformaatio tallennettiin DAT-nauhureilla, jolloin dataa voitiin käsitellä jälkepäin. Mittauksissa käytettiin Brüel & Kjær äänitasomittareita ja mikrofoneja sekä GRASS valmistamia mikrofoneja. [6]

2.2 Auton sisälle kuuluvan rengasmelun vaimentaminen, Opinnäytetyö

Opinnäytetyössä tutkittiin auton sisälle kuuluvaa rengasmelua ja sen vaimentamista eri materiaaleilla. Mittauksissa käytetyt mittarit olivat integroiva äänitasomittari 7078 sekä Labpro taajuusmittari. Mittaukset suoritettiin 60, 70, 80, 90, 100 ja 120 km/h ajonopeudella auton suurimmalla vaihteella. Mittalaitteet oli sijoitettu etupenkkinen niskatukien korkeudelle ajoneuvon keskilinjalle. [7]

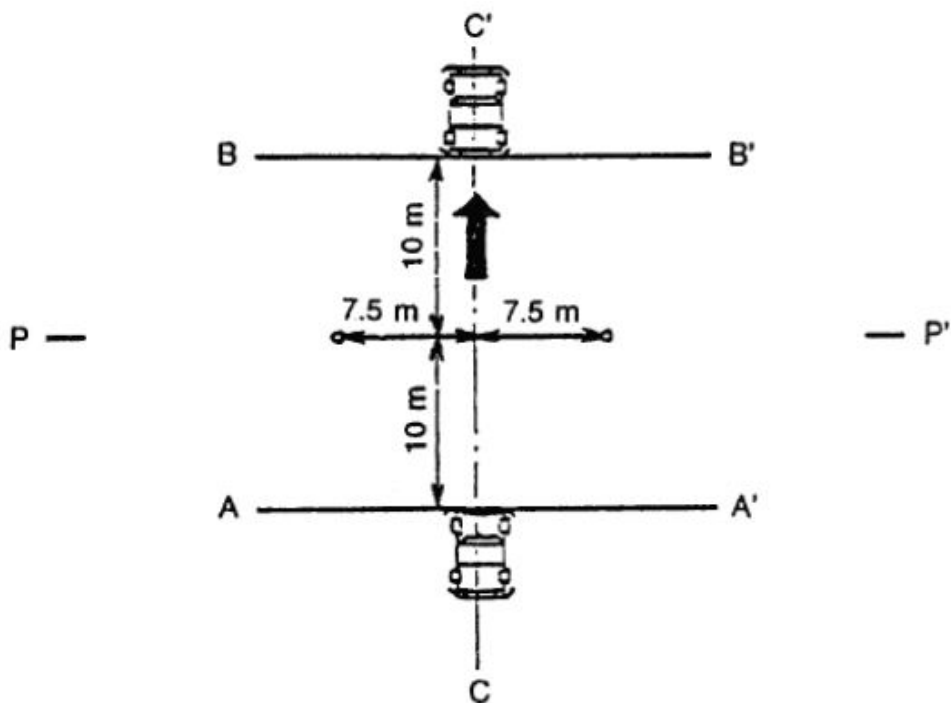
2.3 Tieliikennemelun taajuusjakauma, Työterveyslaitos

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri liikennenopeuksien liikennemelun taajuusjakauma. Mittaukset suoritettiin kolmessa eri paikassa joissa oli eri liikennenopeudet, alle 50km/h, 60km/h ja 80km/h. Mittauksien taajuusalue oli 20-20000Hz. Liikennemelun vuorokautista vaihtelua mitattiin Casella CEL-360 melualtistus-mittareilla, jotka tallensivat A-taajuuspainotetun ekvivalenttiäänitason sekä C-painotetun huippuäänepainetason minuutin välein vähintään 24 tunnin ajan. Mittarit sijoitettiin kohteissa eri etäisyyksille tien reunaviivasta riippuen siitä, että miten ne voitiin turvallisesti jättää mittaamaan yön yli. Tulokset normeerattiin vastaamaan 20m etäisyyttä tien lähimmästä reunaviivasta. Mittauskorkeus oli 1.5m. Melutasot ja taajuusanalyysi mitattiin B&K 2260 Investigator -tarkkuusäänitasomittarilla. Sinus samurai -ohjelmistolla, Sinus Harmonie -mittausjärjestelmällä ja GRAS 40 AF -vapaakenttä-mikrofonilla tallennettiin kohteiden ääninäytteitä. Mittauksista huomattiin että liikennenopeus vaikutti selvästi liikennemelun äänenpainetasoon ja taajuusjakaumaan. [8]

2.4 Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastuksessa, Trafi/AKE

Tutkimuksessa tarkasteltiin paikallaan olevien ajoneuvojen eri maissa käytettäviin melumittausmenetelmiin. Tutkimuksessa selvitettiin myös millä menetelmillä voitaisiin melumittauksia suorittaa katsastustoimipaikoilla. Tutkimuksen yhteydessä suoritettiin myös mittauksia liikkuville sekä paikallaan oleville ajoneuvoille. Ohiajomittaukset suoritettiin testiradalla jonne mikrofonit oli sijoitettu 7,5 metrin etäisyydelle ja 1,2 metrin

korkeudelle ajoradan keskilinjasta. Mittausmenetelmiä oli kaksi erilaista. Ajonopeus oli 50km/h koko mittauslinjan ajan. Toisessa mittauksessa mittauslinjan alkaessa 50km/h ajonopeudesta painettiin kaasu pohjaan. Tasaisen nopeuden enimmäistaso LpAF,max mittaus tulokset vaihtelivat 70-83 dB välillä ja keskiarvo oli 76 dB. Kiihtyvän nopeuden mittaus tulokset vaihtelivat 73-95 dB välillä ja keskiarvo oli 80 dB. Mittauksissa käytetyt laitteet olivat tarkkuusäänitasomittari B&K 2231, 2260, DAT-nauhuri Denon DTR 80P, äänitasokalibraattori B&K 4231 ja tuulisuoja B&K UA0237. Analysoinnissa käytetyt laitteet olivat DAT-nauhuri Denon DTR 80P ja tietokoneohjattu 4-kanavainen äänenmittaus- ja analysointilaitteisto B&K Pulse, LANInterface Module 7533, 4/2 kanavainen Input/Output Module. [12]



Kuvio 2. Mittausasetelma. [12]

3. Laitetoimittajat

3.1 MIP Electronics Oy

Akustinen kamera, Nor-848, Norsonic

Mittauslaitetta on kolme eri kokoa. Mittausantennin halkaisija 0,4/1,2/1,6 metriä, joissa 128/256/384 mikrofonia. Mittausantenniin on integroitu laajakulmakamera. Mittaukselle voidaan määrittää ylä- ja alarajataajuudet, väri-intensiteettikuvat valittavissa joko tasoon tai taajuuteen pohjautuen. Näyttää äänilähteen reaaliajassa, jolloin voidaan kuvasta valita tietty alue ja kuunnella ja analysoida siitä lähtevää ääntä. Analysointi voidaan tehdä myös jälkepäin. Mukaan tulee tietokone ohjelmistoinen, josta saadaan mm. PDF raportit mittaus tuloksista.



Kuvio 3. Akustinen kamera Nor-848. [1]

Specifications	0.4 meter array	1 meter array	1.6 meter array
Number of microphones	128	256	384
Max sound level (re. 20 µPa)		110 dB	
Noise level, A-weighted		10 dB	
Microphone frequency range		20 Hz – 20 kHz	
Mapping frequency range	316 Hz - 15kHz	125 Hz – 15 kHz	80 Hz – 15 kHz
Sampling frequency		44.1 kHz	
Analysing spectrum		1/1 octave or 1/3 octave or FFT	
FFT spectra		4096 lines 11,8 Hz line width	
Focal distance		0,5 m to infinity	
Optical camera resolution		1600 x 1200	
Optical camera frame rate		15 frames/sec	
Optical/acoustic covering angle		± 48,5° horizontal ± 35° vertical	
Temperature range		-10°C to +40 °C	
Humidity range		up to 90 % RH	
Mains supply (via mains adaptor)		100 - 230 V (50-60 Hz)	
DC supply		11–36 V	
Power consumption frontend		Max. 20 W	
Disc diameter	43cm x 4.5 cm	103 cm x 4.5 cm	164 cm x 4.5 cm
Weight (excl. tripod)	2,4 kg	11 kg	16 kg
Ingress protection code		IP 40	

Kuvio 4. Akustisen kameran tekniset tiedot. [1]

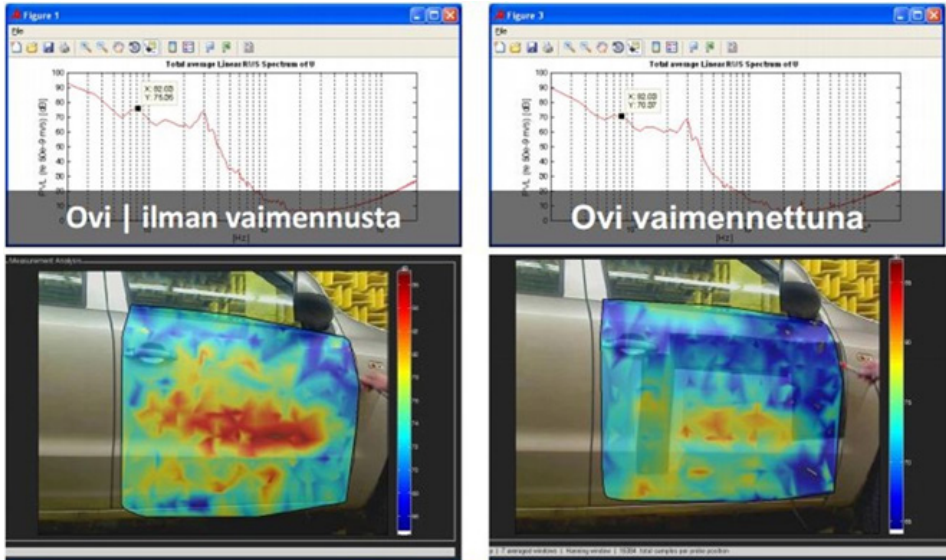


Kuvio 5. Ohjelmisto. [1]

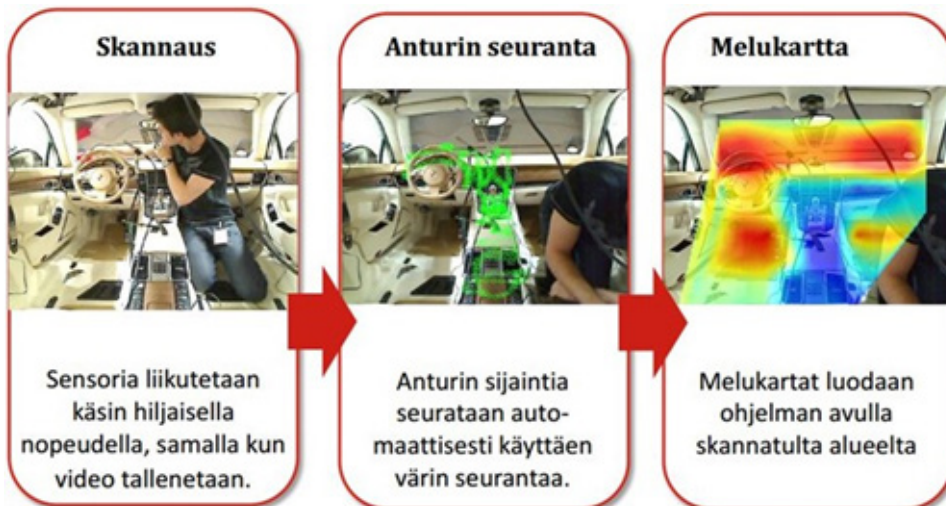
Kyseisen akustisen kameran huonoina puolina voidaan pitää hintaa n.85000€ sekä käyttölämpötilaa, joka ulottuu vain -10 °C, jolloin talviolosuhteissa mittaaminen voi olla hie- man hankalaa.[1]

Melulähteiden skannaus, Microflown lähikenttä akustinen kamera

Microflown akustinen kamera soveltuu nopeaan ja tarkkaan äänilähteen paikannuk- seen. Mittalaitetta voidaan käyttää mitattavien kohteiden todellisissa käyttöympäris- töissä. Ohjelmistosta saadaan graafinen värikartta, josta näkee äänen paineen, partik- kelinopeuden, äänen intensiteetin, impedanssin, absorption ja heijastuksen. Anturit mittaavat myös matalat taajuudet, jopa 20Hz asti. Sovelluskohteita ovat muun muas- sa autojen sisämelun mittaukset, melulähteiden paikannukset, äänen eristyksen opti- moinnit.[1]



Kuvio 6. Ajoneuvon oven vaimennuksen mittaus.[1]



Kuvio 7. Ajoneuvon sisätilan mittaus.[1]

Mittausjärjestelmä ulkokäyttöön

Käyttämällä Nor1506 säänkestävää salkkua voidaan mittausjärjestelmää käyttää puolipysyviin ulkomittauksiin. Salkku sisältää paikat mittauslaitteelle, mikrofonille, moodeille, kalibraattorille, sovittimelle, mikrofonitelineelle ja kahdelle akulle. Sopii Nor118,121,131,140 mittareille. Mikrofoneille löytyy ulkosuojauksittejä tai sitten voidaan käyttää suoraan ulkokäyttöön suunniteltuja mikrofoneja.



Kuvio 8. Säänkestävä salkku mittalaitteistolle sekä ulkomikrofoni.[1]

Technical specifications:

Nominal sensitivity:	50 mV/Pa
Frequency response:	IEC 60651 Type 1, IEC61672-1 Class1 and ANSI S1.4-1983 Type 1
Vertical 0° incidence rel. 1000Hz:	(i.e. the vertical incidence for Nor1210A and the horizontal incidence for 1210C)
	20 Hz - 80 Hz: ± 1 dB
	80 Hz - 4 kHz: ± 0.7 dB
	4 kHz - 8 kHz: ± 1 dB
	8 kHz - 12 kHz: ±1.5 dB
	12 Hz - 20 kHz: + 1.5 dB, - 5 dB
Dynamic range (upper limit):	> 156 dB SPL (at - 20 dB setting) relative to 20 µPa
Total system-noise level:	A-weighted < 20 dB re. 20 µPa (Optionally 17 dBA) Linear < 23 dB re. 20 µPa
Output impedance:	< 50 Ω
Output current:	> 25 mA
Power supply:	12 - 18 Vdc, 3W
Power consumption:	120 mA at 15 V (180 mA at 15 V with calibrator "on")
Operating-temperature range:	- 40 °C to + 50 °C
Electrostatic actuator level:	90 dB re. 20 µPa at 1000 Hz ± 0.2 dB at 23 °C
Dimensions:	Casing (ext. dia.): 40 mm (1.57 in) Length: 520 mm (20.5 in)
Pole-adaptor thread:	50 mm (1.97 in) x G 1 1/2 in ((ISO 228/1)
Weight:	1.3 kg (2.8 lbs)
EMC:	EN50081-1, EN 50082-1
Safety:	EN 61010-1, 1993 portable equipment pollution category 2

Kuvio 9. Nor1210 mikrofoniin tekniset tiedot. [1]

Sinus Soundbook, universaali akustinen mittausjärjestelmä

Kestävä rakenne, IP54 suojausluokka. Laitteita on 2-, 4- tai 8-kanavan malleja. Saatavilla lisävarusteena Pass-By Measurement-ohjelmisto, jolloin se soveltuu muun muassa ohiajoäänen mittaukseen standardin ISO362:n mukaan. Mittausjärjestelmä sisältää SINUS SoundBook -mittalaitteen sekä SAMURAI -mittausohjelmiston.

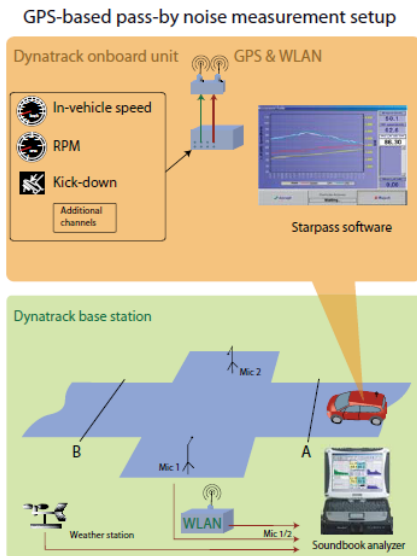
Mittausjärjestelmä sisältää myös sääaseman, tutkan tai GPS:n ajoneuvon nopeuden määrittämiseksi, neljä mikrofonia sekä kaapelit. Lisäksi tarvitaan tietokone ajoneuvoon, jolloin mittauksia voidaan ohjata ajoneuvosta käsin.[9]



Kuvio 10. Sinus Soundbook. [1]

<p>DYNATRACK onboard-unit</p> <p>GNSS Unit - Receiver:</p> <ul style="list-style-type: none">• Data rate 20 Hz (standard) up to 100 Hz (Option)• High performance GPS receiver, using carrier and phase signals• Position precision: 10 mm code, 0.1 mm phase• Absolute position accuracy: 10 cm (differential mode)• Speed accuracy 0.02 m/s (0.072 km/h) <p>Radio Unit:</p> <ul style="list-style-type: none">• Optimized WLAN technology• Range: 500 m (line-of-sight)• Adjustable output power	<p>GPS & WLAN antenna integrated in magnetic aerodynamic unit</p> <p>Channels and Connections:</p> <ul style="list-style-type: none">• 3 x 12bit DC channels, 20 Hz (throttle, etc.)• 2 ch TTL input, 2 ch TTL output• 1 ch RPM: 1-20 kHz, adjustable threshold• Ethernet port for connecting Flybook mini-PC• 2 expansion ports for external modules, 1 GPS expansion port <p>General:</p> <ul style="list-style-type: none">• Dimensions: 220 x 170 x 45 mm• Weight: 0.750 kg• Power supply: 12 VDC / 0.4 A max
<p>DYNATRACK base-unit</p> <p>Radio Unit:</p> <ul style="list-style-type: none">• Optimized WLAN technology• Range: 500 m (line-of-sight)• Adjustable output power• Omni-directional antenna• Signal range coverage expandable by diversity antenna <p>Channels and Connections:</p> <ul style="list-style-type: none">• 1 Ethernet port for connecting Soundbook• 2 expansion ports• Integrated meteo station (optional) <p>General:</p> <ul style="list-style-type: none">• Dimensions: 220 x 170 x 45 mm• Weight: 0.350 kg• Tripod support• Battery power supply 12V / 7.5 Ah (24 h battery runtime)	<p>SOUNDBOOK</p> <p>Basic unit of the measurement system based on Toughbook™ CF-19.</p> <ul style="list-style-type: none">• Multi-channel analyzer (2/4/8 ch) with 2 trigger/tacho channels and up to 5 service channels• 80 GByte HDD, PCMCIA, Express, USB• High-contrast, touch-screen display - 10.4" TFT (1024 x 768)• Shock, vibration, humidity and dust resistant magnesium case with IP54 protection and shock resistance according to MIL-STD 810F• Temperature range from -10 °C to +50 °C• Lithium ion battery pack with 4 hours of autonomy• Dimensions: 280 x 220 x 65 mm• Weight: 3.1 kg• Tripod support
<p>STARPASS Software</p> <ul style="list-style-type: none">• User interface oriented towards 'in-field' use• Virtual gates for the measurement area• Subsystem quality control in real-time: radio link, satellite solution, signal acquisition• Real-time connection with Soundbook analyzer• Time synchronization of measurements by GNSS clock• Adaptive information interface for measurement parameters• Complies with the new ISO 362/08 standard• Acceleration pre-test• ISO 362/98 pass-by test• ISO 13335 coast-down test• Customized project for each kind of test• On-line conditional tests during trial sessions• Final assessment values computed over session results• Customized vehicle database for all sensitive data• Interactive test guidance• Acoustics and visual guidance warnings• Exporting features (csv file format)• Remote control of Soundbook analyzer• Management of auxiliary inputs/outputs (OBD, IMU) - optional	<p>SAMURAI</p> <ul style="list-style-type: none">• Sound Level Meter according to following standards: IEC 60651/804 type 1, IEC 61672 class 1• Digital filters in real-time from 0.04 Hz to 40 kHz according to IEC 61260 standard class 0 (1/1 and 1/3 octaves)• THD + Noise > 85 dB in standard mode and more than 120 dB in 'Extended Range'• 'Multi-analysis': all channels of the instrument can measure in parallel and in real-time SLM values, FFT, 1/3 octaves together with time signal recording (.wav)• Weighting filters A, C, Z and time weightings Fast, Slow, Impulse in parallel• Software option PASS-BY Noise necessary <p>Noise & Vibration Works for Windows</p> <p>Recommended post processing software package for Soundbook.</p> <ul style="list-style-type: none">• Report generator• A - B test comparison• Software option PASS-BY Noise necessary <p>Options</p> <p>We offer many further options such as weather stations, 2nd Soundbook in the vehicle and also customized adaptation of hard- and software. Please ask our technical support or our local representatives.</p>

Kuvio 11. Mittausjärjestelmän tekniset tiedot. [9]



Kuvio 12. Ohiajoäänänen mittaus. [9]

3.2 APL Systems

Vuokraavat langattomia melumittauslaitteistoja. Soveltuvat niin pitkäaikaiseen jatkuvatoimiseen mittaukseen kuin lyhytaikaiseen melumittaukseen. Mittauslaitteet ovat akkukäyttöisiä ja ne tallentavat jatkuvasti koko äänialueen spektrin. [2]

3.3 Pietiko Oy, Cirrus MK427

Ympäristömelulähetin ulkokäyttöön. Mittausalue on 30-100dB(A), joka saadaan ulos virtasignaalilla 4-20mA, näin ollen se on helppo liittää olemassa oleviin mittausjärjestelmiin. Laitteessa on automaattinen kalibroitijärjestelmä, jolloin sitä ei tarvitse lähettää kalibroitavaksi. [3]

3.4 Amestec Oy, Pulsar äänitasomittarit

Pulsar äänitasomittarit soveltuvat esimerkiksi autojen, moottoripyörien, koneiden ja laitteiden melupäästömittauksiin. Tiettyihin malleihin saatavilla sääsuojakittejä, jolloin mittaukset pystytään tekemään ulkotiloissa. Lisäämällä modeemin saadaan mittausluoket ladattua langattomasti. [4]



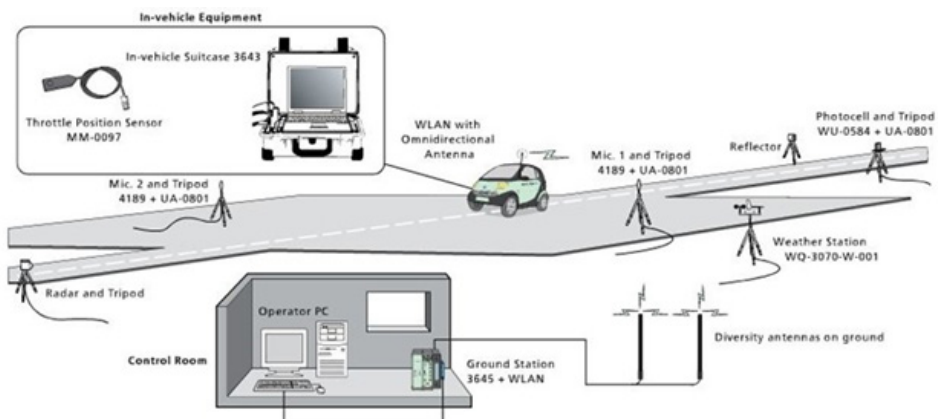
Kuvio 13. Cirrus MK427. [3]



Kuvio 14. Pulsar laitteisto ulkokäyttöön. [5]

3.5 Metric Industrial Oy, Brüel & Kjær

Metric Industrial Oy myy Suomessa Brüel & Kjær valmistamia mittausjärjestelmiä. Heilä löytyy mittausjärjestelmä ohiajomelun mittaamiseen standardin ISO362 mukaisesti. Mittausjärjestelmä sisältää ajoneuvoyksikön, tietokoneen, sääaseman, kaksi mikkiä, tutkan tai GPS:n. Laitteilla pystyy lisäksi lukemaan ajoneuvon CAN-väljän informaatiota. Tietokone ja ajoneuvoyksikkö kommunikoivat langattomasti keskenään. [10][11]



Kuvio 15. Ohiajomelun mittausmenetelmä Brüel & Kjær laitteilla. [10]

4. Vaatimusmäärittely

Yksinkertaisimmillaan ohiajomelu- ja sisätilanmelunmittaukseen riittää tarkkuusluokan 1 äänitasomittari, mikrofonijalusta sekä valokenno, jolla saadaan ohiajomittaus käynnistettyä automaattisesti. Sisätilanmelua mitattaessa asetetaan äänitasomittari ajoneuvon keskilinjalle niskatuen korkeudelle. Tällä laitteistolla ei kuitenkaan saada paikannettua tarkasti melulähteitä.

Jos halutaan ohiajomelumittaukseen standardin mukainen laitteisto, voidaan siinä käyttää esimerkiksi SINUS SoundBook -mittalaitetta ja SAMURAI -mittausohjelmistoa. Mikrofoneja löytyy ulkokäyttöön soveltuvia, jolloin ne voidaan sijoittaa pidemmäksi aikaa esimerkiksi testiradalle. Hintahaitari edellä oleville laitteille on 2000 - 40000€ välillä. Jos melulähde halutaan paikantaa, voidaan käyttää akustista kameraa. Alla olevassa kuvassa mitataan talvirenkaiden melua Luulajan teknillisen yliopiston projektissa.



Kuvio 16. Akustinen kamera. [19]

Toisaalta sähköautot ovat jo varsin hiljaisia ja esimerkiksi jalankulkijoita ajatellen pieni melu ei ole haitaksi. Tästä syystä melun mittaamisen voisi keskittää pelkästään ajoneuvon sisätilaan ja tutkia kuinka ajoneuvon saisi kuljettajalle hiljaisemmaksi, tällöin ei laitteistoltakaan vaadita äärimmäisiä sääolosuhteita.

Mittausjärjestelmä voisi koostua useammasta mikrofonista joista saadaan ulos virta- tai jännitesignaali, lisäksi GPS josta saadaan ajoneuvon nopeus. Yhden mikrofonin paikka voisi olla vakio eli kuljettajan ja kartanlukijan väliin niskatukien korkeudelle. Muilla mikrofoneilla voisi etsiä ajoneuvosta ne meluisimmat paikat ja tutkia kuinka niitä saisi vaimennettua. LabVIEW-ohjelmistolla voisi tehdä mittaussovelluksen kannettavalle tietokoneelle jolla voisi tallentaa ja graafisesti esittää jokaisen mikrofonin mittausarvon suhteessa ajoneuvon nopeuteen.

Mittauksia voisi suorittaa eri sääolosuhteissa ja eri rengassarjoilla ja tutkia näiden vaikutuksia.

Tarvittavat laitteet:

- Mikrofonit
- A/D-muunnin
- GPS
- Kannettava tietokone + LabVIEW-sovellus

Markkinoille tulee jatkuvasti uusia ratkaisuja melunmittaukseen. Kesäkuussa 2014 Stuttgartin Automotive Testing messuilla esiteltiin englantilaisen THP Systemsin edustama SeeV-S205 laitteisto [20].

Mittausantennin halkaisija on 0,35 metriä, jossa on 30 mikrofonia. Mittausantenniin on integroitu laajakulmakamera. Mittaukselle voidaan määrittää ylä- ja alarajataajuudet, väri-intensiteettikuvat valittavissa joko tasoon tai taajuuteen pohjautuen. Laitteisto näyttää äänilähteen reaaliajassa, jolloin voidaan kuvasta valita tietty alue ja kuunnella ja analysoida siitä lähtevää ääntä. Analysointi voidaan tehdä myös jälkepäin. Mukaan tulee tietokone ohjelmistoinen, josta saadaan mm. PDF-raportit mittaustuloksista. Laitteiston toimitukseen kuuluu mukaan myös puolen päivän koulutus ja käyttöönotto. Hintaa laitteistolla on noin 27,500 € (ALV 0%).



5. Lähteet

[1] MIP Electronics Oy:

www.mip.fi

<http://audiovideo.fi/testi/norsonic-nor848-10-akustinen-kamera-testissa>

[2] APL Systems:

www.apl.fi

Sähköpostikeskustelu

[3] Pietiko Oy:

www.pietiko.fi

[4] Amestec Oy:

www.amestec.fi

[5] Pulsar Instruments Plc:

www.pulsarinstruments.com

[6] Rengasmelun emissio ja leviäminen eri tiepäällysteillä:

http://rmseura.tkk.fi/rmlehti/2008/nro1/RakMek_41_1_2008_1.pdf

http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/Kokkonen_Lahti.pdf

<http://lib.tkk.fi/Dipl/2008/urno10295.pdf>

[7] Auton sisälle kuuluvan rengasmelun vaimentaminen:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27496/Pirinen_Juha.pdf?sequence=1

[8] Tieliikennemelun taajuusjakauma, Työterveyslaitos:

http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/Tieliikennemelun_tajuusjakauma.pdf

[9] Sinus Soundbook&Samurai Option:PASS-BY MEASUREMENT:

http://www.soundbook.de/download/Pass_By_E.pdf

[10] Brüel & Kjær:

<http://www.bksv.com/>

[11] Metric Industrial Oy:

<http://www.metric.fi>

[12] Trafi/AKE, Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastuksessa:

http://www.trafi.fi/palvelut/julkaisut/aken_julkaisut/2008

[13] Tiehallinto, Tieliikenteen melu:

http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/meluesite_tammikuu_06_a4.pdf

[14] Are vehicles driven in electric mode so quiet that they need acoustic warning signals?:

http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p997.pdf

[15] Sound perception of electric vehicles:
https://www.uni-due.de/~hk0378/publikationen/2012/en/201203_Sound_perceptions_of_electric%20vehicles_ATZ_.pdf

[16] Noise measurement system meets new ISO standards in Pass By Noise with unique global positioning and triggering capabilities:
http://www.rmmecc.com/files/item_files/DriveByNoiseTechBrief.pdf

[17] <http://www.tcpsc.com/pavement-surface-characteristics/iso-10844-noise-test-tracks/>

[18] Test track:
<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12428>

[19] Luulajan teknillinen yliopisto, akustinen kamera:
<http://www.ltu.se/centres/Centre-for-Automotive-Systems-Technologies-and-Testing/Pagaende-projekt/Test-Services-for-Winter-Tires-TSW-1.88239?l=en>

[20] THP Systems UK:
www.thp-systems.com


TEKNOLOGIAKARTOITUS: Akustiikkatestausta


Tässä teknologiakartoituksessa luodaan katsaus Suomessa toimiviin akustiikkatestausten eli melun mittauksen mittalaitetoimittajiin, mittalaitteisiin sekä mittausten menetelmiin.

Dokumentissa selvitetään myös eri melutasomittausten standardeja sekä suomalaisia tutkimuksia liittyen ajoneuvojen melutason mittaukseen.

Vaativuusmäärittelyssä havainnollistetaan yksi vaihtoehto minkälainen arktisissa olosuhteissa toimiva melutasomittausjärjestelmä voisi olla kaupallisia vaihtoehtoja hyödyntäen.

 C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 18

 ISBN 978-952-6602-72-1

 ISSN 2341-7846