

RENGASMELUN EMISSIO JA LEVIÄMINEN ERI TIEPÄÄLLYSTEILLÄ

Jarno Kokkonen ja Tapio Lahti

Insinööritoimisto Akukon Oy
Kornetintie 4 A, 00380 HELSINKI
jarno.kokkonen@akukon.fi

1 JOHDANTO

Tieliikenteen melu on ylivoimaisesti merkittävin ympäristömelun lähde. Valtaosa tieliikennemelusta syntyy renkaan ja tienpinnan kosketuksessa. Liikenne- ja viestintäministeriön johdolla meneillään olevassa *Vierintämelun vähentäminen (VIEME)* -tutkimushankkeessa tutkitaan renkaiden ja tiepäällysteiden aiheuttamaa melua ja sen leviämistä. Tavoitteena on melutasojen alentaminen sekä melulle altistumisen vähentäminen taloudellisesti ilman, että pölyongelmat lisääntyvät ja liikenneturvallisuus heikkenee.

Hankkeen melua koskevaan osaan osallistuu myös TKK:n Autotekniikan laboratorio. Se on käyttänyt tutkimuksissa lähimittausmenetelmää, jossa rengasta hinataan erityisessä perävaunussa ja mittaukset tehdään vaunun kaiuttoman kopan sisällä, aivan renkaan ja tienpinnan lähellä. Melututkimusten toisen osan muodostaa Akukonin osuus, jossa tutkitaan melun säteilyä ja leviämistä tien ympäristöön.

Itse mittausten ja niiden välittömien tulosten ohella tämän osan toinen päätavoite on selvittää mittaustietojen kytkentää erityisesti pian käyttöön tulevaan EU:n tieliikennemelun Harmonoise-laskentamalliin. Tätä koskeva osuus oli mukana jo vuosien 2001–2003 HILJA-projektissa [1]. Se jäi kuitenkin tuloksiltaan suhteellisen niukaksi, ja selvityksen jatkamisen ja syventämisen on katsottu olevan edelleen tarpeellista ja tärkeää.

Uusia tietoja pyritään saamaan mallin vierintämelua koskevan lähdeosan ja leviämisosan keskinäisestä sovituksesta, erityisesti hiljaisten päällysteiden ja renkaiden osalta. Mallinnuksen ja vertailumittausten avulla on tarkoitus tutkia melun lähileviämistä valituissa kohteissa.

Tässä artikkelissa esitetään rengasmelun leviämistä koskevan osaprojektin alustavia tuloksia, jotka perustuvat vuoden 2006 ja alkuvuoden 2007 ohiajomittauksiin.

2 MITTAUSJÄRJESTELYT JA -MENETELMÄT

Mittauksia on tehty sovellettuina ohiajomittauksina (SPB) vakioliikenteessä useissa eri kohteissa Pääkaupunkiseudulla sekä rullausmenetelmällä (CB) Nokian Renkaiden koeradalla. Yhtä vakioliikenteen kohdetta (Helsingin Pirkkolantie) on tutkittu muita tarkemmin, eli mittaukset on toistettu useita kertoja eri vuodenaikoina.

Vakioliikenteessä suoritetuissa mittauksissa tiepäällysteenä kussakin kohteessa oli hiljainen yksikerroksinen kivimastikiasfaltti (SMA) ja sen lähellä referenssipäällysteenä tavallinen asfalttibetoni (AB). Koeradalla on standardin ISO 10844 mukainen päällyste, joka on periaatteessa vastaava kuin SMA maksimiraekolla 8 mm.

Mitatut hiljaiset päällysteet olivat Pirkkolantietä lukuun ottamatta noin vuoden ikäisiä eli ensimmäisen talven rasituksen käyneitä. Tällöin niiden ominaisuuksien pitäisi aikaisemman selvityksen mukaan olla vakiintuneita [1].



Kuva 1. Mikrofonit Nokian Renkaiden koeradalla.

Pirkkolantien II-mittaus tehtiin vain kahden viikon kuluttua päällystämisestä. Pirkkolantie III mitattiin talven jälkeen, kun nastarenkaat olivat vielä käytössä ja Pirkkolantie IV:n tulokset ovat peräisin kesän ensimmäisten hellepäivien jälkeisistä mittauksista, jotka ovat vertailukelpoisia Röykän ja Klaukkalan mittausten kanssa.

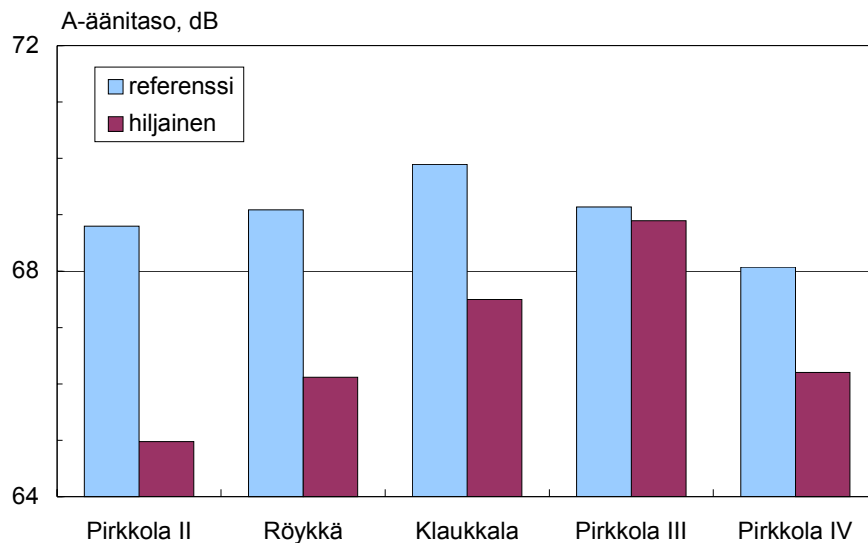
Referenssipäällysteet olivat samalla tieosuudella olevia hyväkuntoisia mutta iäkkäämpiä päällysteitä kuin hiljaiset päällysteet.

Mittauspisteitä oli neljä. Vakioetäisyydellä eli 10 m päässä tien keskilinjasta oli kolme mittauspistettä. Kaksi pistettä oli sijoitettu Nordtest-menetelmän mukaisesti korkeuksille 0,2 m ja 4 m sekä yksi perinteiselle ISO:n vakiokorkeudelle 1,2 m. Näiden lähipisteiden lisäksi oli käytössä neljäs eli kaukopiste, joka sijaitsi maaston mukaan vaihdellen 25–65 m etäisyydellä tiestä. Kaikki mittaussignaalit tallennettiin DAT-nauhureilla, minkä ansiosta tallennetuille signaaleille on voitu tehdä monipuolista jälkikäsitelyä.

Pirkkolantien aineisto luokiteltiin ja editoitiin erityisen yksityiskohtaisesti, jotta sitä voitiin analysoida tarkemmin ja jotta eri aikoina tehdyt mittaukset saatiin keskenään vertailukelpoiksi. Analyysissä tehtiin lämpötila- ja etäisyyskorjaukset. Kokonaisäänitasot normalisoitiin nykyisen pohjoismaisen laskentamallin lähtöarvoon (joka vastaa liikennemäärää 1000 ajoneuvoa tunnissa, ei raskaita ajoneuvoja ja nopeutta 50 km/h). Lämpötilakorjauksena käytettiin Harmonoise-laskentamallin kertoimia, jotka riippuvat tienpinnasta ja ilman lämpötilasta.

Jotta tulokset olisivat luotettavia, mittausjakson tulee sisältää riittävän paljon puhtaita ohiajoja. Raskaiden ajoneuvojen osalta tämä kriteeri ei täytynyt, joten niistä ei saatu yleispäteviä tuloksia. Raskaiden ajoneuvojen kanssa on sekin ongelma, että tulokset edustavat kyseessä olevan mittauspaikan ajoneuvokoostumusta. Esimerkiksi Pirkkolantiella raskas liikenne koostui lähinnä Ikarus E94 2- ja 3-akselisista matalalattiaisista linja-autoista. Vastaavasti muualla jakautuma voi olla toisenlainen. Esimerkiksi paperitehtaan tai sorakuopan lähistöllä raskaiden ajoneuvojen jakauma voi hyvinkin koostua lähinnä tukkirekoista tai maansiirtoautoista.

Kokonaistasojen analyysissä tulee myös ottaa huomioon ajoneuvojen todellinen keskimääräinen etäisyys mittauspisteistä. Tiettyyn aikaan yhteen suuntaan menijöitä voi olla huomattavasti enemmän kuin toiseen. Esimerkiksi Pirkkolantiella jakauma itään ja länteen menevien välillä vaihteli yhtä suuresta kaksi- tai jopa kolminkertaiseen. Nopeusjakaumissa ei havaittu merkittäviä eroja.



Kuva 2. Päälystevertailun kokonaistulokset koko liikennevirralle, normalisoituna nykyisen pohjoismaisen tieliikennemelun laskentamallin nimellistilanteeseen. Mallin lähtöarvo = 68 dB.

3 TULOKSIA

3.1 Päälystevertailu

Tulokset osoittavat, että hiljaiset päälysteet olivat yleensä n. 2–4 dB hiljaisempia kuin vertailupäälysteet. Kuvasta 2 näkyy, että, hiljainen päälyste on talvella käytännössä yhtä äänekäs kuin tavallinen päälyste (Pirkkola III).

Tuloksista on myös nähtävissä, että suuri liikennemäärä heikentää hiljaisten ominaisuuksien säilymistä. Klaukkalantiellä keskimääräinen vuorokauden liikennemäärä on noin 16000 ajoneuvoa, kun Röykkässä se on vain noin 1/5 ja Pirkkolantiellä puolet siitä eli 8000.

3.2 Renkaiden vaikutus emissioon

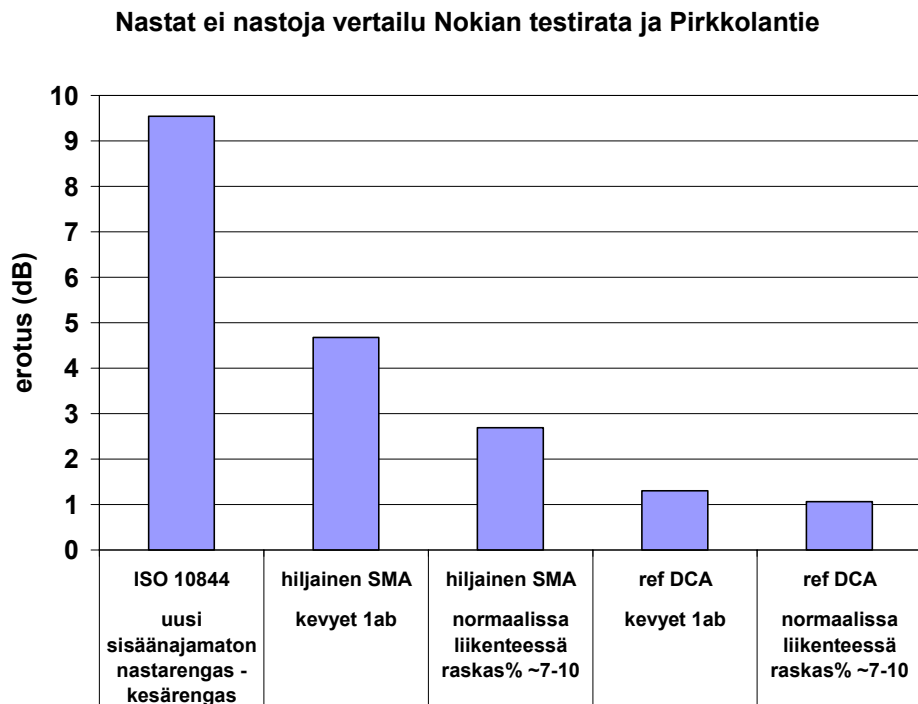
Kuvassa 3 on esitetty nasta- ja kesärenkaiden tasoeroja hiljaisilla SMA-päälysteillä ja tavallisella päälysteellä. Vertailun vuoksi mukana on myös nastarenkaiden vaikutus tavallisessa vakioliikenteessä, jossa joukossa on myös kitkarenkaita ja raskaita ajoneuvoja.

Koeradalla suoritettujen mittauksien perusteella kitka- ja kesärenkas ovat suunnilleen yhtä meluisat. Taulukossa 1 on esitetty rengasvertailun kokonaistulokset. Niistä havaitaan, että sisäänajamaton nastarenkas on selvästi äänekkäämpi kuin testin muut renkaat.

Nastarenkailla ja muilla kuvioituilla renkailla iskuperäinen melu on pääasiallinen melun lähde.

Kuviopalan iskut

Kuviopalan iskussa renkaan kuviopala tai muu osa kuten nasta iskeytyy tienpintaan aiheuttaen radiaalisia värähtelyjä, jotka leviävät myös tangentialisina värähtelyinä renkaan pinnassa ja vyörakenteessa, leviten renkaan kylkiin. Sama ilmiö tapahtuu myös silloin kun kontaktivoima vapautuu jättöreunan puolella.



Kuva 3. Nastarenkaiden vaikutus rengasmelun emissioon. Standardin ISO 10844 pinnoite on Nokian koeradalta; muut tulokset ovat Pirkkolantieltä..

Taulukko 1. Rengasvertailun kokonaistulokset: melupäästöt (A -äänitehotasot L_{WA}) sekä vertailun vuoksi EU:n uuden Harmonoise-laskentamallin nimellistilanteen vierimismelun päästöt [dB].

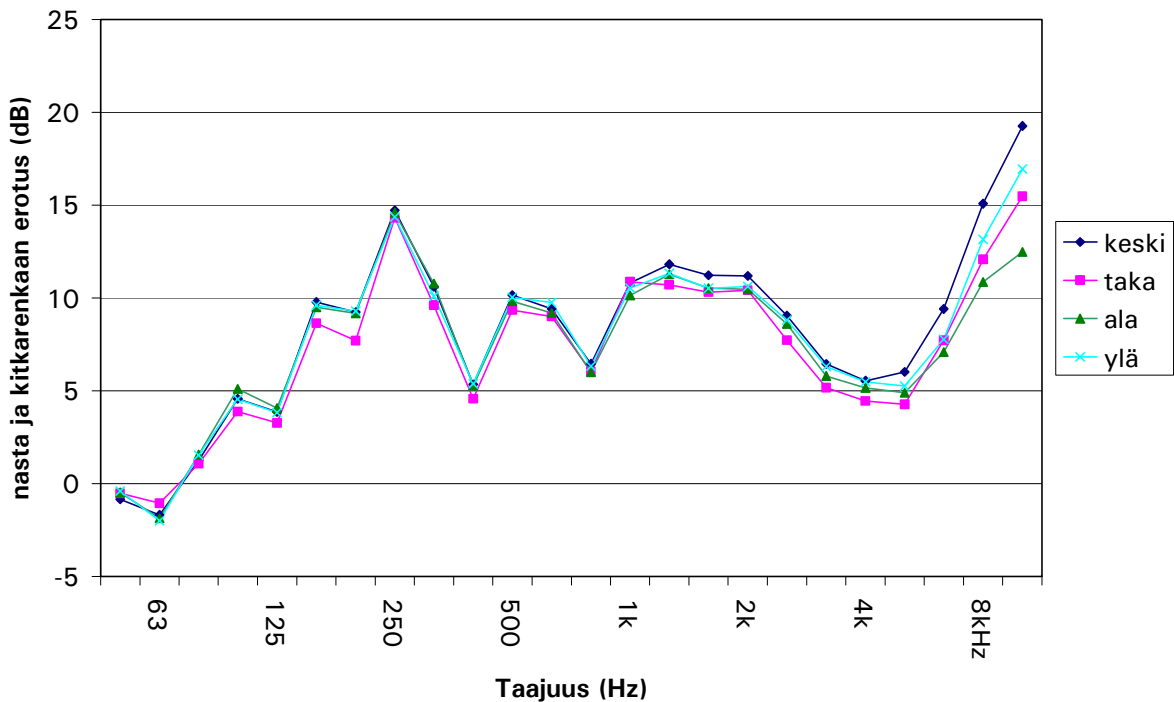
rengas	50 km/h	80 km/h
kesä	93,3	100,4
kitka	94,1	100,9
nasta	102,8	109,2
Harmonoise vakio	93,5	99,9

Tienkarheudesta aiheutuvat iskut

Toisena iskuvärähtelynä on tiepinnan karheudesta aiheutuvat iskut, joiden mekanismi on sama kuin kuviopalan iskussa, mutta jossa tienpinnan vaihtelu ”vasaroi” renkaan pintaa johtoreunan puolella ja vastaavasti vapauttaa jättöreunan puolella. Iskut ilmenevät tietyllä taajuudella, riippuen kuviopalojen välisestä etäisyydestä tai tien pinnan karheudesta sekä ajoneuvon nopeudesta. Iskuvoimien aiheuttamat perustaajuudet voidaan laskea kaavan (1) avulla.

$$f = v / \lambda \quad (1)$$

λ on kuvioinnin tai tien pinnoitteen jakson pituus ja v auton nopeus. Iskun aiheuttaman herätteen amplitudiin liittyy hyvin monimutkaisia muuttujia, kuten kuvion syvyys, leveys, kumin kovuus jne. Renkaan vyörakenteen resonanssit voivat merkittävästi vahvistaa iskusta aiheutuvia herätteitä [2].



Kuva 4. Nastojen vaikutus testirenkään terssispektriin nopeudella 50 km/h..

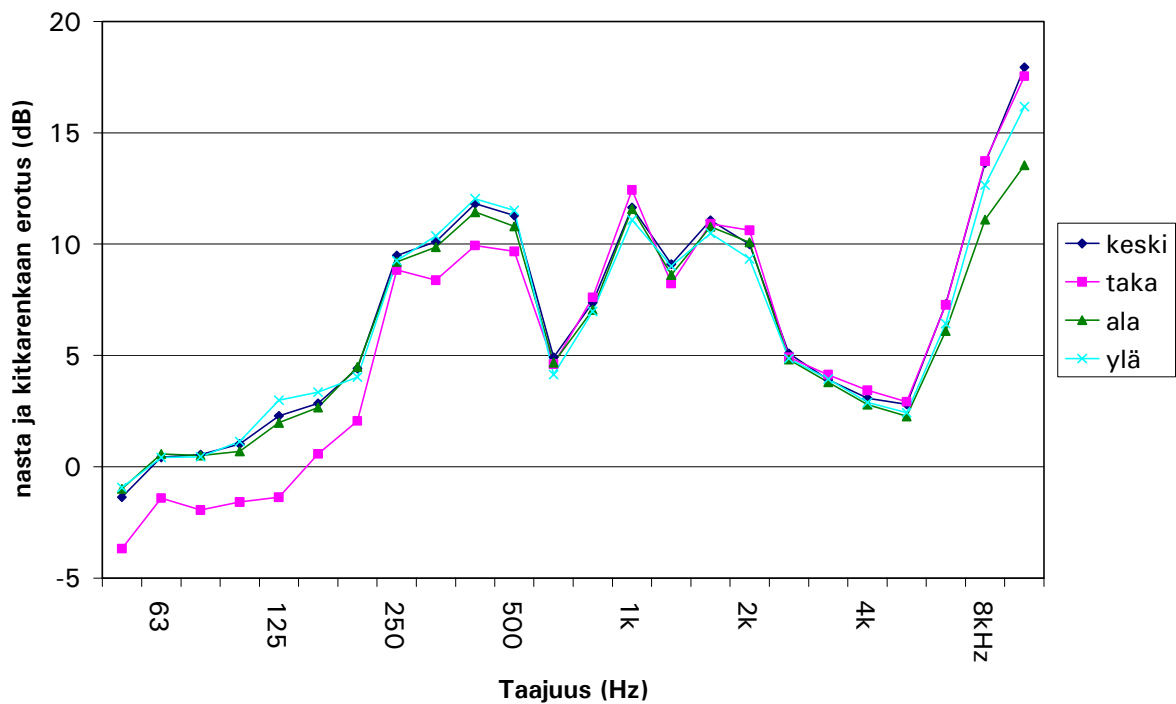
Nastarenkään tangentiaalinen rapina tienpäällysteessä aiheuttaa piikin spektriin 6–7 kHz kohdasta alkaen. Mutta kun tutkitaan kahden samanlaisen nasta- ja kitkarenkään spektrien erotusta, nähdään helposti renkaan periodisen kuviopalan iskuista aiheutuva voimakas korostus terssikaistalla 250 Hz (nastarenkäällä). Nastan painautuminen kuviopalaan saa myös kumipalan värähtelemään radiaalisesti, mikä näkyy keskitaajuuksilla [2]. Tämä lienee pääsyy nastarenkaiden äänekkyteen.

Kun verrataan kuvien 4 ja 5 terssispektrien erotuksia, nähdään myös miten periodisen kuviopalan iskun aiheuttama piikki siirtyy nopeuden kasvaessa. Kaavan (1) avulla voidaan laskea testatun renkaan kuviopalan jakson pituudeksi noin 56 mm, kun nopeudella 13,9 m/s taajuus on 250 Hz. Kun nopeudeksi vaihdetaan 22,2 m/s, saadaan taajuudeksi 400 Hz, mikä näkyy selvänä piikkinä kuvassa 5.

3.3 Rengasmelun suuntaavuus yläviistoon

Kaikissa mittauksissa on havaittavissa, että kun etäisyyskompensoinnit on tehty, ylämikrofonin (4 m) tasot ovat hiukan suuremmat kuin keskimikrofonin (1,2 m) ja selvästi suuremmat kuin alamikrofonin (0,2 m). Ilmiö esiintyy korkeilla taajuuksilla. Tyypillisesti yläpisteen A-painotettu taso oli noin 1 dB suurempi kuin keskimikrofonilla. Alamikrofonin tulokseen vaikutti ilmeisen paljon maanpinnan vaimennus.

Henkilöauton rengasmelun vertikaaliseen suuntaavuuteen vaikuttanee lähinnä auton kori. Eri renkailla tai tien pinnoitteilla ei havaittu olevan vaikutusta suuntaavuuteen.



Kuva 5. Nastojen vaikutus testirenkään terssispektriin nopeudella 80 km/h..

LÄHTEET

1. KELKKA M, HYYPPÄ I, RAITANEN N, VALTONEN J & SAINIO P, Hiljaiset päällysteet – Tuotevaatimukset ja mittarit. *TKK Tielaboratorion julkaisuja TKK-TIE-A55*, Espoo 2003, 67 s.
2. SANDBERG U & EJSMONT J, *Tyre/road Noise ReferenceBook*. Informex, Kisa (Ruotsi) 2002, s.105–126.