

Ympäristömeludirektiivi

Toisen vaiheen selvityksissä tarvittavat toimenpiteet

Raimo Eurasto



Ympäristömeludirektiivi

Toisen vaiheen selvityksissä tarvittavat toimenpiteet

Raimo Eurasto



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ
MILJÖMINISTERIET
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 17 | 2010

Ympäristöministeriö

Rakennetun ympäristön osasto

Taitto: Marjatta Naukkarinen

Kansikuva: Riku Lumiaro

Julkaisu on saatavana vain internetistä:

www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö

> Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja

Helsinki 2010

ISBN 978-952-11-3786-0 (PDF)

ISSN 1796-170X (verkkokj.)

ESIPUHE

Tämän selvityksen on tehnyt VTT ympäristöministeriön toimeksiannosta osana ympäristömeludirektiivin kansallista toimeenpanoa. Työn tavoitteena on selvittää mitä toimenpiteitä laskentamallien käyttöönotto vaatii Suomessa erityisesti laskennan lähtöarvojen suhteen. Raportissa on käsitelty Nord2000-mallia, Harmonoise/Imagine-mallia sekä kehitteillä olevaa yhteistä EU-mallia. Kunkin mallin peruseriaatteet on käyty läpi ja selvitetty minkälaisia lähtötietoja mallien käytössä Suomessa tarvitaan ja miten ne tulisi määrittää.

Raportin on laatinut tutkija Raimo Eurasto Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta. Työtä on valvonut ympäristöneuvos Ari Saarinen ympäristöministeriöstä.

Ympäristöministeriö kiittää kaikkia selvityksen toteuttamisessa mukana olleita.

Ympäristöministeriö

SISÄLLYS

Esipuhe	3
1 Johdanto	7
2 Nord2000	9
2.1 Tieliikenne	9
2.1.1 Ajoneuvoryhmät	10
2.1.2 Tien pinta	10
2.1.3 Ajotapa ja muut erityisolot	11
2.1.4 Äänilähde	11
2.2 Raideliikenne	12
2.2.1 Junatyypiryhmät	13
2.2.2 Ratakiskoryhmät	13
2.2.3 Ajotapa	14
2.2.4 Äänilähde	14
2.2.5 Ratakorjaus	15
2.3 Äänen eteneminen	15
2.4 Sääolot	15
2.4.1 Keskiäänitason vuosikeskiarvo	16
3 Harmonoise/Imagine	17
3.1 Tieliikenne	17
3.1.1 Lähdemalli	18
3.2 Raideliikenne	19
3.2.1 Äänilähde	19
3.3 Teollisuus	20
3.4 Sääolot	20
4 EU:n yhteinen malli	21
4.1 Mallin peruseriaatteet	21
4.1.1 Tieliikenne	21
4.1.2 Raideliikenne	22
4.1.3 Äänen eteneminen	22
4.1.4 Sääolot	22
5 Uusien mallien käyttöönoton vaatimia toimenpiteitä Suomessa	23
5.1 Tieliikenne	23
5.1.1 Lähteen voimakkuus eri ajoneuvoryhmille	23
5.1.2 Laskennassa tarvittavat lähteiden tiedot	24
5.2 Raideliikenne	25
5.2.1 Äänilähteen meluemissiotietojen määrittäminen	26
5.2.2 Kiskojen karheus	28
5.3 Teollisuus	28
5.4 Äänen etenemisen laskennassa tarvittavat tiedot	29

5.5	Sääoloihin ja vuodenaikavaihteluihin liittyvät tiedot	30
5.5.1	Sääolot	30
5.5.2	Vuodenaikavaihtelut.....	30
5.5.3	Sääolotietojen saatavuus.....	31
5.6	Muiden maiden tietojen käyttö Suomessa	32
6	Yhteenveto tarvittavista toimenpiteistä	34
6.1	Äänilähteisiin liittyvät tiedot	35
6.1.1	Tieliikenne	35
6.1.2	Raideliikenne	35
6.1.3	Teollisuus.....	36
6.2	Äänen etenemiseen liittyvät tiedot	37
6.3	Sääoloihin ja vuodenaikavaihteluihin liittyvät tiedot	37
	Viitteet	38
	Kuvailulehti	40
	Presentationsblad	41
	Documentation page	42

1 Johdanto

Valtioneuvoston asetuksessa N:o 801 Euroopan yhteisön edellyttämistä meluselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmista [1] kuvatut ympäristömeludirektiivin [2] mukaiset ensimmäisen vaiheen meluselvitykset saatiin Suomessa valmiiksi vuonna 2007.

Selvityksissä nojaututtiin ensisijaisesti Euroopan komission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) -työryhmän laatimaan julkaisuun Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure esitettyihin ohjeisiin. Laskentamallien ja selvitysmenetelmien käytössä sekä tulosten raportoinnissa otettiin huomioon myös seuraavat ohjeet ja selvitykset:

- Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston 7.9.2006 päivätyt yleiset ohjeet ympäristömeludirektiivin mukaisista tie- ja raideliikennemelun ylimenokauden laskentamalleista [3, 4, 5, 6].
- Suomen ympäristö -sarjan raportti SY753 Ympäristömeludirektiivin täytäntöönpanoon liittyvät laskentamallivertailut [7].
- Meluntorjunta taajamissa -hankkeessa laadittu selvitys meluselvitysten laskennallisista menettelyistä (julkaisussa "MELUTTA-hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 20/2007").

Toisessa vaiheessa, vuonna 2012, selvitykset tehdään ensimmäisen vaiheen kohteiden lisäksi seuraavista kohteista:

- yli 100 000 asukkaan väestökeskittymät
- tiet, joilla on yli 3 miljoonaa ajoneuvoa / vuosi
- radat, joilla on yli 30 000 junaa / vuosi
- lentoasemat, joissa on yli 50 000 lento-olentoa ja laskeutumista / vuosi.

Toisen vaiheen meluselvityksiä varten on ympäristöministeriön toimeksiannosta valmisteltu ohjeita, joissa on otettu huomioon EU-meluselvitysten ensimmäisessä vaiheessa saatuja kokemuksia meluselvitysten tekemisestä sekä EU:lta tullut uusin asiaan liittyvä tieto [8]. Koska vielä ei ole saatu päätöstä siitä, mitä laskentamalleja meluselvitysten toisessa vaiheessa tullaan käyttämään, ohjeiden sellaiset osat, jotka riippuvat laskennassa käytettävistä laskentamalleista, on laadittu olettamalla, että toisen vaiheen meluselvityksissä Suomessa tullaan käyttämään samoja laskentamalleja kuin ensimmäisellä kierroksella.

Euroopan Komission toimesta on lähiaikoina tutkittu yhteisten harmonisoitujen mallien käyttöönottomahdollisuuksia toisen vaiheen EU-meluselvityksissä. Näiden tutkimusten mukaan parhaiten soveltuvia yhteisiksi laskentamenetelmiksi olisivat Nord2000-malli (tieliikenne ja raideliikenne) ja Harmonoise-malli (tie- ja raideliikenne sekä teollisuusmelu). Jatkotutkimusten perusteella on päädytty kuitenkin siihen lopputulokseen, että mikään olemassa oleva laskentamalli ei sovellu sellaisenaan

suurten alueiden meluselvitysten tekemisen. Tästä syystä toisen vaiheen laskentaa varten on tarkoitus kehittää uusi yhteinen EU-malli (työnimenä CNOSSOS-EU), joka perustuu olemassa olevien mallien (esimerkiksi Harmonoise, Nord2000 ja NMPB) tietoihin. Mallista on tarkoitus tehdä kaksi eri versiota, joista toinen on yksinkertaistettu laajojen alueiden meluselvityksiin (kuten EU-meluselvitykset) tarkoitettu menetelmä ja toinen yksityiskohtainen pienempien alueiden tarkempia meluselvityksiä varten tarkoitettu menetelmä. Mallin ensimmäinen version oletetaan olevan saatavilla kesällä 2010. On kuitenkin vielä epävarmaa saadaanko uudet mallit implementoitua tarpeeksi ajoissa luotettavasti melun laskentaohjelmistoihin siten, että niitä voitaisiin käyttää toisen vaiheen EU-meluselvitysten tekemisessä.

Uusien yhteisten mallien mahdollinen käyttö EU-meluselvitysten toisessa vaiheessa aiheuttaa useita muutoksia laskennassa tarvittaviin tietoihin, jotka tulisi ottaa huomioon EU-meluselvitysten ensimmäisen vaiheen perusteella tehdyissä ohjeissa [8]. Uusien mallien käyttöönotto Suomessa vaatii myös useiden malleihin liittyvien seikkojen selvittämisen. Esimerkkeinä näistä voidaan mainita mallien vaatimat liikennevälineiden melupäästöjä kuvaavat lähtöarvot ja sääoloja kuvaavien tilastotietojen selvittäminen eri osissa Suomea. Uusien mallien käyttöönottoa varten olisi tiedettävä, minkälaisia lähtötietoja Suomessa tarvitaan, miten ne tulisi määrittää ja miten ne olisivat parhaiten saatavissa. Tarvittavat lähtötiedot tulisi hankkia mahdollisimman nopeasti, jotta uusia malleja pystyttäisiin käyttämään täysipainoisesti, jos EU vaatii niiden käyttöä EU-meluselvitysten toisessa vaiheessa.

Tässä raportissa on selvitetty uusien mallien käyttöönoton vaatimia toimenpiteitä Suomessa keskittyen lähinnä Nord2000- ja Harmonoise-malleihin, sillä uudesta kehitteillä olevasta EU-mallista ei ole vielä saatavissa kovinkaan tarkkoja tietoja. EU-malli perustuu kuitenkin suurelta osaltaan juuri Nord2000- ja Harmonoise-malleihin, joten esitettyjen toimenpiteiden periaatteet soveltuvat suurimmaksi osaksi myös siihen. Aluksi luvuissa 2–4 on selvitetty Nord2000-, Harmonoise- ja EU-mallien lähdemallien yksityiskohtia ja ympäristömeludirektiivin mukaisen vuosikeskiarvon määrittämisessä tarvittavia sääolotietoja. Tämän jälkeen luvuissa 5–6 on käyty läpi mallien käyttöönoton vaatimia toimenpiteitä Suomessa.

2 Nord2000

Nord2000-malli [9–14] on täysin uudistettu malli verrattuna vanhoihin yhteispohjais-
misiin tie- ja raideliikennemelun laskentamalleihin. Malli on jaettu kahteen erilliseen
osaan: lähdeosaan ja äänen etenemisoosaan. Äänen eteneminen lasketaan samalla ta-
valla eri melutyypeille ja ainoastaan lähdeosa on erilainen erilaisilla ympäristömelu-
tyypeillä. Aikaisemmasta poiketen laskenta tehdään terssikaistoittain ja lähteen tiedot
annetaan äänitehotasoina. Mallin lähdeosat tie- ja raideliikenteelle julkaistiin alun
perin vuonna 2001 [9, 10] ja vuonna 2006 julkaistiin Harmonoise-projektin perusteella
korjattu versio tieliikenteelle [14]. Mallilla voidaan ottaa huomioon myös sääolojen
vaikutus melutasoihin.

Mallia varten kehitettyihin lähdemalleihin tie- ja raideliikenteelle sisältyy eri
korkeuksille sijoitettuja äänilähteitä ja tällä hetkellä äänitehotasot on saatavilla
1/3-oktaaveittain kolmelle tieliikenteen ajoneuvoryhmälle ja 20 junatyypille. Suo-
malaisia junatyyppejä ei raideliikenteen lähdemallissa ole vielä mukana ja myös
tieliikenteen ajoneuvoille Suomen tiedot ovat puutteelliset, sillä mittauksia on tehty
vain muutamalla mittauspaikalla.

Seuraavassa on käyty lyhyesti läpi Nord2000-mallin ominaisuuksia keskittyen erik-
seen tieliikenteeseen (luku 2.1), raideliikenteeseen (luku 2.2), äänen etenemiseen (luku
2.3) sekä sääolojen vaikutukseen (luku 2.4).

2.1

Tieliikenne

Lähteen kuvaamiseksi Nord2000 Road-mallissa [14] tarvitaan seuraavat tiedot:

- ajoneuvon ryhmä
- tienpinnan ryhmä
- ajotapa ja muut erityisolot
- tienpinnan lämpötila
- ajoneuvojen nopeus.

Tällä hetkellä ei ole saatavilla kaikkia laskennassa tarvittavia parametreja, joten
laskennassa on käytettävä yksinkertaistuksia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että
laskennassa käytetään vain kolmea ajoneuvoryhmää, yhtä tienpinnan tyyppiä ja yhtä
ajotapaa muuttuvina parametreina.

2.1.1

Ajoneuvoryhmät

Mallissa ajoneuvot jaetaan neljään pääryhmään ja nämä edelleen alaryhmiin:

- kevyet ajoneuvot (henkilöautot, pakettiautot ja muut kevyet ajoneuvot)
- kaksiakseliset raskaat ajoneuvot (kaupunkibussit ja kuorma-autot)
- useampiakseliset raskaat ajoneuvot (suuremmat bussit ja rekat)
- mopedit ja moottoripyörät.

Aikaisemmin mukana ollut viides luokka "muut raskaat ajoneuvot" poistettiin Imagine-projektin yhteydessä.

Kullekin ajoneuvoryhmälle on tarkoitus määrittää omat lähtöarvonsa, mutta tällä hetkellä tietojen puuttuessa käytetään kolmea pääryhmää, taulukko 1.

Taulukko 1. Nord2000-mallin mukaiset ajoneuvoryhmät.

ajoneuvo-ryhmä	kuvaus	suurin kokonais-paino (kg)	ajoneuvon pituus (m)	ominaisuuksia
1	kevyet	3 500	< 5,5	Lisäparametrit: -nastarenkaat -märkä tienpinta
2	keskiraskaat	3 500–12 000	5,6–12,5	2 akselia, 6 pyörää
3	raskaat	> 12 000	> 12,5	3 tai useampi akseli Lisäparametri: akselien keskimääräinen lukumäärä

Kullekin ajoneuvoryhmälle määritetään äänitehotasoreferenssi, jossa on mahdollista ottaa huomioon sekä horisontaalinen että vertikaalinen suuntaavuus.

2.1.2

Tien pinta

Viitteessä [14] annetut ajoneuvojen äänitehotasot vastaavat seuraavaa tiepäällystettä ja seuraavia olosuhteita:

- päällystetyyppi: asfalttibetoni AB 11 (mallissa käytetty merkintää DAC 11) tai kivimastiksiasfaltti SMA 11, maksimiraekoko 11 mm, yli 2 vuotta vanha
- ilman lämpötila 20 °C
- maa: Tanska (Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa tarvitaan lisäkorjaus).

Jos tiepäällysteen ominaisuudet tai olosuhteet poikkeavat edellä annetuista, äänitehotasoihin tehdään korjaus viitteessä [13] annettujen ohjeiden mukaisesti.

Asfaltista tehdyille tienpinnoille syötetään malliin seuraavat tiedot:

- 1) maa (DK, FI, NO tai SE)
- 2) asfaltin suurin raekoko
- 3) onko päällyste DAC vai SMA
- 4) ilman lämpötila.

Mallissa on mahdollista käyttää myös itse määriteltyjä tienpintojen ominaisuuksia. Taulukossa 2 on annettu korjauksia joillekin erityyppisille tienpinnoille.

Taulukko 2. Tiepäällystekorjauksia.

Tien pinnan tyyppi	merkintä	ajoneuvoryhmä	
		I	2 tai 3
Asfalttibetoni	DAC II	0	0
Huokoinen asfaltti 0/08, alle 3 vuotta vanha	PAC 8	-5,8	-3,7
Huokoinen asfaltti 0/11, alle 3 vuotta vanha	PAC 11	-3,1	-3,7
Huokoinen asfaltti 0/16, alle 3 vuotta vanha	PAC 16	-2	-3
Sementtibetoni, pitkittäin harjattu	CCB lo	1,3	1,7
Sementtibetoni, poikittain harjattu	CCB tr	3,7	2,1
Tasaiset katukivet	PS even	3	2
Epätasaiset katukivet	PS uneven	6	4

2.1.3

Ajotapa ja muut erityisolot

Viitteessä [14] annetut ajoneuvojen äänitehotasojen määrittämisessä tarvittavat ker-
toimet vastaavat tasaisella nopeudella vapaasti kulkevaa liikennettä. Ajoneuvoluok-
kien 2 ja 3 moottori- ja pakokaasumelun muuttuminen kiihdytyksessä /jarruttamises-
sa sekä ylä- tai alamäessä voidaan korjata viitteessä [13] annettujen ohjeiden avulla.

2.1.4

Äänilähde

Alkuperäinen vuonna 2001 julkistettu Nord2000-mallin tieliikenteen lähdemalli oli
perustana Harmonoise-mallin lähdemallin tekemisessä. Tämän valmistumisen jäl-
keen havaittiin, että Harmonoise-mallin lähdemallissa oli joitakin seikkoja otettu
paremmin huomioon kuin Nord2000-mallissa. Tästä syystä Nord2000 Road-mallin
lähdemallia korjattiin vuonna 2006 [14] ottamalla huomioon Harmonoise-projektin
yhteydessä tulleita seikkoja sekä sovittamalla joitakin seikkoja pohjoismaiden olo-
suhteisiin. Seuraavassa on tarkasteltu lyhyesti tätä korjattua lähdemallia.

Nord2000-mallissa kullekin ajoneuvoluokalle käytetään kahta äänilähteen kor-
keutta. Toinen sijaitsee 0,01 m korkeudella tien pinnasta ja toinen 0,3 m korkeudella
(kevyet ajoneuvot) ja 0,75 m korkeudella (raskaat ajoneuvot). Molemmat äänilähteet
sijaitsevat ajoneuvon lähimpien pyörien kohdalla (ei ajoneuvon keskikohdalla, kuten
vanhassa tieliikennemelun laskentamallissa). Raskailla ajoneuvoilla käytetään myös
lisäkorkeutta 3,5 m, jos ajoneuvossa on korkealle ulottuva pakoputki. Pyörien ja tien
pinnan kosketuksesta johtuvasta vierintämelusta 80 % oletetaan säteilevän alemmasta
äänilähteen sijainnista ja vastaavasti 20 % yleimmästä sijainnista.

Taulukossa 3 on esitetty Nord2000 Road-mallissa käytetyt osäänilähteiden si-
jainnit ja taajuusalueet keveille ajoneuvoille. Vastaavat tiedot raskaille ajoneuvoille
ovat taulukossa 4.

Taulukko 3. Nord2000 Road-mallin osäänilähteet, kevyet ajoneuvot.

	korkeus (m)	taajuusalue (Hz)
äänilähde 1	0,01	25–10 000
äänilähde 2	0,3	25–10 000

Taulukko 4. Nord2000 Road-mallin osäänilähteet, raskaat ajoneuvot.

	korkeus (m)	taajuusalue (Hz)
äänilähde 1	0,01	2 000–10 000
äänilähde 2	0,75	25 (250)–10 000
äänilähde 3 pystyssä oleva pakoputki	3,5	50–315

Vierintämelu referenssioloissa saadaan kaavasta:

$$L_{WR}(f) = a_R(f) + b_R(f) \lg(v/v_{ref}) \quad (1)$$

missä $v_{ref} = 70$ km/h.

Kertoimien a_R ja b_R arvot saadaan määritettyä (1/3-oktaaveittain) eri ajoneuvoryhmille tehtyjen mittausten perusteella. Raskailla ajoneuvoilla tehdään korjaus myös akselien lukumäärän mukaan.

Työntövoimamelusta (sisältäen esimerkiksi pakokaasu-, moottori- ja imumelun) 80 % oletetaan säteilevän 0,3 m korkeudella (kevyet ajoneuvot) ja 0,75 m (raskaat ajoneuvot) olevasta äänilähteestä. Vastaavasti 20 % oletetaan säteilevän 0,01 m korkeudella olevasta äänilähteestä.

Pakokaasu- ja moottorimelun äänitehoa kuvataan kaavalla:

$$L_{WP}(f) = a_p(f) + b_p(f)[(v-v_{ref})/v_{ref}] \quad (2)$$

missä $v_{ref} = 70$ km/h.

a_p ja b_p ovat 1/3-oktaaveittain määritettyjä kertoimia.

Edellä esitetyt kaavat kuvaavat normaaliolosuhteissa liikkuvan ajoneuvon äänitehotasoa. Koska käytännössä olot eri tapauksissa voivat poiketa paljonkin näistä referenssioloista, näihin äänitehotasoihin tehdään useita tilanteesta riippuvia korjauksia, esimerkiksi tienpinnan tyyppin ja kunnon, kiihdytyksen, lähteen suuntaavuuden tai renkaiden perusteella.

2.2

Raideliikenne

Nord2000-mallin lähdemalli raideliikenteelle julkaistiin vuonna 2001 [10], eikä siihen ole tällä hetkellä tehty muutoksia, kuten tieliikenteen lähdemallille. Seuraavassa on käyty läpi joitakin lähdemallin ominaisuuksia.

2.2.1

Junatyypiryhmät

Nord2000-mallissa junat jaetaan 5 pääryhmään, joihin jokaiseen kuuluu useampia alaryhmiä. Suomessa junien ryhmäjakoja ei ole tehty. Taulukossa 5 on esimerkkinä Ruotsissa käytetty ryhmäjako.

Taulukko 5. Ruotsissa käytetty Nord2000-mallin mukainen junien ryhmäjako.

Junaryhmä	Alaryhmä	Ryhmän nimi
1		Nopeat junat (> 180 km/h)
	1a	X2000
	1b	Arlanda juna
	1c	Öresund juna
2		InterCity-junat
	2a	RC-veturin vetämät
	2b	
3	3	Paikallisjunat
	3a	X10, X12 (sähkö)
	3b	Y1 (diesel)
	3c	Y2 (diesel)
4		Tavarajunat
	4a	tavalliset, RC-veturi (sähkö)
	4b	tavalliset, T44-veturi (diesel ja sähkö)
	4c	rautamalmijuna
5		Muut junat

2.2.2

Ratakiskoryhmät

Ratakiskot jaetaan neljään ryhmään. Taulukossa 6 on Ruotsissa käytetty kiskoryhmäjäko.

Taulukko 6. Ruotsissa käytetty Nord2000-mallin mukainen kiskoryhmäjäko.

Pääryhmä	Alaryhmä	Nimi
1		Moderni (tukikerros, betonipölkkyt, yhteenhitsatut UIC60-kiskot, vaimennettu)
	1a	hyvä kunto (karheus < X)
	1b	keskimääräinen kunto ($Y \leq \text{karheus} \leq X$)
	1c	huonompi kuin keskimääräinen kunto (karheus > Y)
2		Puolimoderni (tukikerros, betonipölkkyt, yhteenhitsatut UICxx-kiskot, vaimennettu)
	2a	hyvä kunto (karheus < X)
	2b	keskimääräinen kunto ($Y \leq \text{karheus} \leq X$)
	2c	huonompi kuin keskimääräinen kunto (karheus > Y)
3		Vanha (tukikerros, puupölkkyt, kiskoja ei hitsattu, UICxx-kiskot)
	3a	hyvä kunto (karheus < X)
	3b	keskimääräinen kunto ($Y \leq \text{karheus} \leq X$)
	3c	huonompi kuin keskimääräinen kunto (karheus > Y)
4		Kiskot terässillalla
	4a	hyvä kunto (karheus < X)
	4b	keskimääräinen kunto ($Y \leq \text{karheus} \leq X$)
	4c	huonompi kuin keskimääräinen kunto (karheus > Y)

2.2.3

Ajotapa

Ajotapa on jaettu neljän ryhmään, taulukko 7.

Taulukko 7. Nord2000-mallin ajotaparyhmät raideliikenteelle.

Ryhmä	Nimi	Kuvaus
1	normaali ajo	tasainen nopeus
2	kiihdytys	jatkuva kiihdytys (esimerkiksi asemalta lähtö)
3	jarrutus	jatkuva jarrutus (esimerkiksi asemalle tulo)
4	kaarteet	kaarrekirkunta

2.2.4

Äänilähde

Ihannetapauksessa kunkin osäänilähteen äänitehotaso pitäisi olla tiedossa, esimerkiksi veturit ja junavaunut tulisi käsitellä erikseen. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole käytettävissä tarpeeksi tietoja tätä varten, vaan lähtökohtana äänitehojen määrittämisessä ovat ohiajoista mitatut äänialtistustasot, jotka sisältävät koko junan aiheuttaman äänen. Äänitehotasot määritetään perustuen näihin äänialtistustasoihin ja ääniteho jaetaan osalähteisiin lähdemallin mukaisesti.

Taulukossa 8 on annettu osäänilähteiden oletussijainnit.

Taulukko 8. Osäänilähteiden oletussijainnit.

	korkeus (m)	taajuusalue (Hz)	horisontaalinen sijainti
äänilähde 1 pyörä/kisko	0,01	200–10 000	tasaisesti jakautunut junan pituudelle
äänilähde 2 pyörä/kisko	0,35	200–10 000	tasaisesti jakautunut junan pituudelle
äänilähde 3 pyörä/kisko	0,7	200–10 000	tasaisesti jakautunut junan pituudelle
äänilähde 4 moottori	2,5	25–160	moottorin tuuletus- aukkojen kohdalla

Jos muuta tietoa ei ole saatavilla, kaikkien pyörän ja kiskon kosketuksesta aiheutuvien melulähteiden oletetaan olevan yhtä voimakkaita ja äänitehotaso jaetaan tasaisesti niiden kesken.

Lähteen voimakkuutta kuvaavat äänitehotasot tarvitaan mallissa nopeuden funktiona 1/3-oktaavikaistoittain ilmaistuina äänitehotasoina metrin junan pituutta kohden.

Nord2000-mallissa lähteen voimakkuus $L_{W,1m}$ ilmaistaan 1/3-oktaaveittain 1 m junan pituutta kohden ja se saadaan nopeuden funktiona lausekkeesta

$$L_{W,1m} = a \lg(v/100) + b \quad (3)$$

missä

v on nopeus (km/h)

a ja b ovat vakioita, jotka määritetään eri nopeusalueilla tehtyjen äänialtistustasomittausten tuloksista lineaarisella regressiolla.

2.2.5

Ratakorjaus

Mallissa on tarkoitus käyttää korjausta, jolla voidaan ottaa huomioon ratojen ja kiskojen ominaisuuksia (ratakorjaus/kiskokorjaus). Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole käytettävissä luotettavia mittaustietoja näiden korjauksien määrittämiseksi. Tästä syystä mallissa käytetään taulukon 9 mukaisia arvioita ratakorjaukselle, mikäli mittaustietoja ei ole olemassa.

Taulukko 9. Ratakorjaus.

radan ominaisuudet	tehollinen etäisyys	korjaus (dB)
kiskojatkoksia	jatkuva	+3
vaihteita ja risteyksiä	10 m vaihteesta	+6
silta ilman tukikerrosta	sillan pituus	+6
silta tukikerroksella	sillan pituus	+3

2.3

Äänen eteneminen

Mallilla voidaan äänen eteneminen laskea terssikaistoittain taajuusalueella 25 Hz–10 kHz. Etenemismallia voidaan käyttää kaikyypisille maastoprofiileille edellyttäen, että maasto voidaan approksimoida joillakin suorilla osa-alueilla. Kutakin osa-aluetta kuvataan sen pinnan impedanssilla ja epätasaisuudella.

Äänen etenemisen laskentaa varten tarvitaan seuraavat lähtötiedot:

- kunkin äänen etenemistien geometria
- kunkin äänen etenemistiellä olevan maan pinnan ja esteen pinnan virtausvastus
- kunkin maan pinnan epätasaisuus
- ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus.

Mallissa on taulukko, jossa maanpinta on jaettu kuuteen eri luokkaan riippuen maanpinnan virtausvastuksesta. Samoin on annettu tarvittavien lisätietojen oletusarvot yleislaskentaa varten.

2.4

Sääolot

Mallilla voidaan ottaa huomioon myös sääolojen vaikutus äänen etenemiseen.

Mallilla voidaan laskea:

- melutasojen vuosikeskiarvo
- tiettyjen sääolojen aikana vallitseva melutaso
- tietyn hetken sääoloja vastaava melutaso.

Tietyt sääolot voivat olla esimerkiksi ennakoita annettuja sääoloja, kuten tällä hetkellä käytössä olevien laskentamallien perusoletuksia vastaavat sääolot. Tietyn hetken sääolot puolestaan kuvaavat lyhyen ajan sääoloja ja näitä tietoja voidaan käyttää esimerkiksi verrattaessa lyhytaikaisten mittausten tuloksia laskettuihin tuloksiin.

Sääolojen vaikutuksen määrittämiseksi laskentaa varten tarvitaan muun muassa seuraavat tiedot (sulkeissa annettu oletusarvot):

- maanpinnan keskimääräinen epätasaisuus, yleensä 0,02–0,05 m (0,05 m)
- lämpötila maanpinnalla (15 °C)
- lämpötilagradientti (0 °C/m)
- lämpötilagradienttien keskihajonta (0 °C/m)
- tuulen nopeus määritellyllä mittauskorkeudella
- tuulen nopeuden vaihtelujen keskihajonta määritellyllä korkeudella
- tuulen ja lämpötilan turbulenssin voimakkuus.

Vuoden 1996 tieliikennemelun laskentamallissa äänen etenemisen laskennassa oletettiin, että laskentatulosta vastasi 1–2 m/s myötätuulella mitattua A-painotettua melutasoa. Vastaavasti vuoden 1996 raideliikennemelun laskentamallissa oletettiin, että laskentatulosta vastasi 3 m/s myötätuulella tai inversiotilanteessa mitattuja melutasoja. Nord2000-mallissa laskenta voidaan tehdä ennalta valittuja oloja vastaavissa tilanteissa ja erilaiset sääolot voidaan ottaa huomioon käyttämällä laskennassa tietyille parametreille erilaisia arvoja. Esimerkkinä voidaan mainita, että vuoden 1996 tieliikennemelun laskentamallin sääoloja vastaavat Nord2000-mallissa melko hyvin seuraavat parametrien arvot:

- $z_0 = 0,025$ m
- $A = 0,25$ (vastaa tuulen nopeutta 1,5 m/s 10 m korkeudella)
- $B = 0$ (vastaa lämpötilagradienttia 0 °C/m)
- $t = 15$ °C (äänen nopeus on tällöin 340 m/s)
- $RH = 70$ %
- $C_w^2 = 0,12$ m⁴/3 s⁻²
- $C_t^2 = 0,008$ Ks⁻²
- $\sigma_w = 0,5$ m/s
- $\sigma_{dt/dz} = 0$

missä

z_0 on maanpinnan epätasaisuus

t on ilman lämpötila

RH on ilman suhteellinen kosteus

C_w on tuulen turbulenssiparametri

C_t on lämpötilan turbulenssiparametri

σ_w on tuulen nopeuden keskihajonta

$\sigma_{dt/dz}$ on lämpötilagradientin keskihajonta

A ja B ovat tuulen nopeusprofiilin määrittämisessä käytettäviä kertoimia.

2.4.1

Keskiäänitason vuosikeskiarvo

Alun perin mallissa käytettiin vuosikeskiarvon laskennassa 25 sääluokkaa, joille kullekin määritettiin niiden esiintymistodennäköisyys perustuen useamman vuoden meteorologisiin tilastotietoihin. Todennäköisyydet määritettiin erikseen päivä-, ilta- ja yöajalle 10° välein, millä otettiin huomioon joidenkin meteorologisten tietojen suuntariippuvuus. Pian kuitenkin havaittiin, että yhtä hyvään tarkkuuteen päästiin käyttämällä vain yhdeksää sääluokkaa. Laajojen alueiden meluselvitysten tekemisessä laskenta-aika tuli kuitenkin liian suureksi, vaikka sääluokkien määrää vähennettiin, joten ensimmäisen kierroksen EU-meluselvityksissä Tanskassa käytettiin laskennassa ainoastaan neljää sääluokkaa [15]. Kaupunkien keskusta-alueilla sääolot jätettiin ottamatta huomioon, eli laskennassa käytettiin vain yhtä sääluokkaa.

3 Harmonoise/Imagine

Harmonoise-projektissa kehitettiin menetelmät tie- ja raideliikennemelun laskemiseksi (lähdemallit ja äänen eteneminen) [17–23]. Näitä menetelmiä kehitettiin edelleen Imagine-projektissa, joten Imagine-projektin dokumentit sisältävät laskentamenetelmien uusimmat tiedot [24–32]. Harmonoise-malleista kehitettiin kaksi eri versiota, ”Engineering-method” ja ”Reference method”, jotka eroavat toisistaan tarkkuusasteiltaan. Imagine-projektin yhteydessä käsiteltiin myös teollisuusmelun laskemiseen liittyviä menetelmiä [33–35].

Seuraavassa tarkoitetaan Harmonoise-malleilla mallien uusinta versiota, joka siis sisältää myös Imagine-projektissa tehdyt muutokset.

3.1

Tieliikenne

Harmonoise-mallissa käytetään samanlaista ajoneuvojen ryhmäjakoja kuin Nord2000-mallissa. Koska eri maiden ajoneuvokannoissa on eroja, Harmonoise-mallissa on määritelty kaikkiaan 15–18 eri ajoneuvoryhmää, joista neljä (viides ryhmä ”muut raskaat ajoneuvot” poistettiin Imagine-projektin yhteydessä) on valittu pääryhmiksi.

Pääryhmät ovat:

- kevyet ajoneuvot (henkilöautot ja kevyet pakettiautot)
- keskiraskaat ajoneuvot (raskaat pakettiautot, 2-akseliset kuorma-autot ja bussit)
- raskaat ajoneuvot (kuorma-autot ja bussit, joissa on enemmän kuin 2 akselia ja rekat)
- kaksipyöräiset ajoneuvot (mopedit ja moottoripyörät).

Kukin pääryhmä voidaan jakaa saatavilla olevien tietojen perusteella erilaisiin alaryhmiin, mutta yleensä pääryhmien käyttäminen on riittävää.

Harmonoise-malliin soveltuvaa tieliikenteen lähdemallia [17] kehitettiin edelleen Imagine-projektissa siten, että lähdemalli kuvaisi ”keskimääräisellä” eurooppalaisella tiellä kulkevan ajoneuvon aiheuttamaan äänitehotasoa [26]. Lähdemalli jaetaan kahteen eri melutyyppiin:

- renkaiden ja tien pinnan kosketuksesta syntyvä vierintämelu (sisältää myös aerodynaamisen melun)
- työntövoimamelu sisältäen moottorimelun ja pakokaasumelun.

Lähdemalli

Harmonoise-mallin lähdemalli on periaatteessa sama kuin Nord2000-mallissa, mutta Nord2000 sisältää joitakin nimenomaan pohjoismaisia olosuhteita varten tehtyjä korjauksia. Kaikki lähteiden perusäänitehotiedot ovat voimassa Nord2000-mallin tavoin seuraavien ehtojen vallitessa:

- tasainen ajonopeus
- ilman lämpötila 20 °C
- tien pinta DAC 0/11 tai SMA 0/11.

Harmonoise-mallissa lähdemallin äänitehotasot kuvaavat normaaliolosuhteissa liikukuvan keskimääräisen eurooppalaisen ajoneuvon äänitehotasoa. Koska käytännössä olot eri maissa voivat poiketa paljonkin näistä referenssioloista, näihin äänitehotasoihin voidaan tehdä useita tilanteesta riippuvia korjauksia, esimerkiksi tienpinnan tyypin ja kunnon, kiihdytyksen, lähteen suuntaavuuden tai renkaiden perusteella.

Imagine-projektin yhteydessä korjattiin joitakin alkuperäisessä Harmonoise-mallissa olevia tietoja ja lisättiin uusia korjaustermejä perustuen laajempiin mittauksiin ja analyysiin. Esimerkkejä näistä muutoksista ovat:

- työntövoimamelun osuus on pienentynyt kaikilla ajoneuvoryhmillä verrattuna vierintämeluun, sillä uudemmilla ajoneuvoilla työntövoimamelu on pienentynyt
- ajoneuvoryhmistä poistettiin ryhmä ”muut raskaat ajoneuvot”
- ajoneuvon kiihdytystä kuvaava kerroin on muuttunut
- suuntaavuutta, tien pinnan ikää ja märkyyttä kuvaavia kertoimia on yksinkertaistettu
- mukaan on otettu paikallisia korjauksia.

Lähteen äänitehoa kuvaavat yhtälöt sekä äänilähteiden korkeudet ovat pysyneet samoina, jotka ovat samanlaiset kuin Nord2000-mallissa.

Harmonoise-mallissa on annettu lähdemallille muun muassa seuraavanlaisia korjaustermejä:

- tien pinnan tyyppi, ikä, märkyys
- ajoneuvon kiihdytys ja hidastuminen (taajuusriippuvainen)
- ramppien vaikutus
- lähteiden horisontaalinen ja vertikaalinen suuntaavuus
- Diesel-ajoneuvojen osuus
- talvirenkaiden ja nastarenkaiden käyttö
- ajoneuvojen paino ja renkaiden leveys.

Eri maissa sovellettavia paikallisia korjauksia voidaan tehdä esimerkiksi seuraavien seikkojen mukaan:

- ajoneuvojen keskimääräinen paino
- moottorin tyyppi
- keskimääräinen ajoneuvojen ikä ja kunto
- tyypilliset renkaiden ominaisuudet
- kunkin ajoneuvoryhmän keskimääräinen rakenne.

Raideliikenne

Harmonoise-mallin raideliikenteen lähdemallia hahmoteltiin viitteessä [18] ja sitä kehitettiin edelleen Imagine-projektissa [28–30]. Vierintämelu jaetaan mallissa junan aiheuttamaan osaan ja kiskojen aiheuttamaan osaan. Lähdemallissa junan pyörien ja kiskojen yhdistetty karheus (epätasaisuus) on tärkein parametri vierintämelua määrittäessä. Tällä saavutetaan parannus laskentatarkkuudessa, sillä paikallisesti kiskojen karheuden erilaiset arvot voivat aiheuttaa lähes 20 dB eroja melutasoissa. Tällä hetkellä käytössä olevilla raideliikennemelun laskentamalleilla lähtöarvot on yleensä määritetty keskimääräisessä kunnossa olevilla kiskoilla kulkevien junien ohi-ajojen mittauksien perusteella, kun taas Harmonoise-mallin yhteydessä lähtöarvojen määrittämisessä tarvitaan myös kiskojen karheuden määrittäminen.

3.2.1

Äänilähde

Harmonoise-mallissa erotellaan seuraavat melulähteet:

- junasta johtuva vierintämelu (sisältäen kaarrekirskunnan ja jarrujen äänet)
- radasta johtuva vierintämelu
- vetovoimamelu (sisältäen moottorin, tuulettimien ja kompressoreiden melun)
- aerodynaaminen melu.

Lähdemalli sisältää kaikki osäänilähteet, jotka voivat vaikuttaa tietyissä käyttöoloissa tai tietyillä paikoilla keskimääräisiin melutasoihin. Mallissa käytetään lähteiden korkeuksia 0 m, 0,5 m, 2 m, 3 m ja 4 m radan pinnan yläpuolella, joten äänilähteiden korkeudet poikkeavat hieman Nord2000-mallissa käytetyistä äänilähteiden korkeuksista.

Mallissa kukin käyttötilanne voi sisältää useita lähteitä taulukon 10 mukaisesti. Käytännössä yleensä vain yksi tai muutama lähde on dominoiva tietyssä käyttötilanteessa, mutta mallin käytössä on otettava huomioon, että joissakin tapauksissa useat äänilähteet vaikuttavat yhdessä. Samoin jotkut lähteet voivat dominoida tietyllä taajuusalueella.

Taulukko 10. Harmonoise-mallin äänilähteet eri käyttötilanteissa.

Tilanne	Vierintä- ja iskumelu	Veto-voimamelu	Jarrutusmelu	Kaarrekirskunta	Aerodynaaminen melu
vakionopeus	X	X	X	X	X
jarrutus	X	X	X	X	X
kiihdytys	X	X		X	X
kaarteet	X	X	X	X	X
tyhjäkäynti		X			

Mallissa on annettu kaikille osäänilähteille tällä hetkellä parhaaseen tietoon perustuvia oletusarvoja (erikseen tasaisesti kulkevalle, kiihdyttävälle ja jarruttavalle junalle), jos itse tehtyjen mittausten tuloksia ei ole käytettävissä. Oletusarvojen käytön todetaan kuitenkin voivan johtaa virheisiin, jos käytössä olevien junatyypin meluemissio poikkeaa oletusarvoista.

Lähteen äänitehotason määrittämiseksi Harmonoise-mallissa tarvitaan seuraavat tiedot:

- junien ja ratojen tiedot (esimerkiksi eri junatyyppit, kiskojen karheus)
- liikenteen tiedot (esimerkiksi junien määrät erikseen päivä- ilta- ja yöajalle, junien nopeus, kiihdytys/jarrutus).

3.3

Teollisuus

Imagine-projektin yhteydessä kehitettiin menetelmiä, joilla pystytään määrittämään teollisuuden aiheuttama melu käyttämällä Harmonoise-projektin yhteydessä kehitettyjä äänen etenemismalleja [33-34]. Mallin tarvitsemat lähteiden tiedot on mahdollista määrittää olemassa olevien standardien ja ohjeiden perusteella. Työn yhteydessä muodostettiin myös teollisuusmelun tietokanta SourcedB [35], jossa on annettu suuri joukko erityyppisten koneiden ja toimintojen äänitehotasoja. Näitä on mahdollista käyttää oletusarvoina teollisuusmelun laskennassa, mikäli mittaustietoja ei ole saatavilla.

Teollisuusmelulle ei ole mahdollista muodostaa tie- ja raideliikenteen lähdemalleja vastaavaa yhtä lähdemallia, vaan kukin teollisuuslaitos tai muu teollisuusmelulähde vaatii lähteiden ominaisuuksien erillisen määrittämisen joko mittaamalla tai jollain muulla tavalla. Lähteiden tietoja on usein yksinkertaistettava, jotta tietoja pystytään käyttämään malliin syötettävänä lähtötietona ja jotta laskennan käytännön suorittaminen olisi mahdollista.

Jotta teollisuusmelun laskenta olisi mahdollista Harmonoise-mallilla, tarvitaan muun muassa seuraavanlaisia tietoja lähteistä:

- melulähteiden sijainnit, korkeudet ja mitat
- melulähteiden tyyppi (piste-, viiva-, alue- tai tilavuuslähde)
- käyttöolot
- ääniteho taajuuskaistoittain
kunkin käyttömuodon melun suuntaavuus
- käyntiajat (päivä, ilta, yö).

3.4

Sääolot

Harmonoise-projektissa selvitettiin meteorologisten olojen (tuulen suunta ja nopeus sekä lämpötilan muuttuminen korkeuden muuttuessa) vaikutusta melutasoihin. Projektissa havaittiin, että pitkän ajan keskimääräisten melutasojen määrittämistä varten lyhyemmän ajan melutaso pitää painottaa ottamalla huomioon tiettyjen sääolojen esiintymistodennäköisyys [22].

Imagine-projektissa kehitettiin puolestaan yksityiskohtaiset menetelmät sääolojen vaikutuksen huomioon ottamiseksi [24, 25]. Menetelmien validoinnissa käytettiin 200 sääololuokkaa (8 tuulen suuntaa, 5 tuulen nopeusluokkaa ja 5 stabiilisuusluokkaa). Jotta sääolojen vaikutuksen määrittäminen olisi käytännössä mahdollista, sääololuokkien määrää vähennettiin 25 sääololuokkaan. Laajojen alueiden meluselvitysten tekemistä varten sääololuokkia vähennettiin lisää siten, että laskennassa käytetään neljää sääololuokkaa.

Pitkän ajan Lden ja Lnight-arvot saadaan määrittämällä kunkin sääololuokan esiintymistodennäköisyys ilmastollisesti edustavan vuoden tietojen perusteella. Sääololuokkien määrittäminen tehdään samalla tavalla kuin Nord2000-mallissa.

4 EU:n yhteinen malli

Ensimmäisen vaiheen EU-meluselvitysten tekemisen jälkeen havaittiin, että selvityksissä käytetyt erilaiset laskentamenetelmät aiheuttivat sen, että eri maiden tulosten vertaaminen ei ollut mahdollista kovinkaan hyvällä tarkkuudella. Koska Harmonoise- ja Imagine-projektien tuloksena ei saatu aikaan käytännössä EU-meluselvityksissä hyvin toimivaa laskentajärjestelmää, päätettiin vuonna 2009 ruveta tutkimaan mahdollisuuksia kaikille maille yhteisten laskentamenetelmien aikaansaamiseksi toisen vaiheen laskentoja varten.

Euroopan Komission toimesta tutkittiin mahdollisuuksia käyttää tällä hetkellä saatavilla olevia laskentamalleja toisen vaiheen laskennoissa. Näiden tutkimusten [36-40] pohjalta päädyttiin alustavasti lopputulokseen, jonka mukaan parhaiten soveltuvia yhteisiksi laskentamenetelmiksi olisivat Nord2000-malli (tieliikenne ja raideliikenne) ja Harmonoise-malli (tie- ja raideliikenne sekä teollisuusmelu). Jatkotarkastelujen jälkeen todettiin, että mikään olemassa oleva malli ei sovellu kovinkaan hyvin laajojen alueiden meluselvitysten tekemiseen. Tästä syystä uusimpana vaihtoehtona on esitetty uuden yhteisen EU-mallin (työnimenä CNOSSOS-EU) kehittämistä. Malli perustuu olemassa olevien mallien (esimerkiksi Harmonoise/Imagine, Nord2000, NMPB 2008 ja Schall03) tietoihin.

Mallista on tarkoitus tehdä kaksi eri versiota, joista toinen on yksinkertaistettu laajojen alueiden meluselvityksiin (kuten EU-meluselvitykset) tarkoitettu menetelmä ja toinen yksityiskohtainen pienempien alueiden tarkempia meluselvityksiä varten tarkoitettu menetelmä. Mallin ensimmäinen versio oletetaan olevan saatavilla keuhkolla 2010.

Tällä hetkellä mallista on saatavissa vain hajanaisia tietoja, mutta seuraavaan on koottu EU-meluselvityksiä varten tarkoitettujen mallien tärkeimpiä oletettuja ominaisuuksia.

4.1

Mallin peruseräperiaatteet

EU:n yhteiselle mallille on esitetty kaksi eri tarkoitusta. Mallia on ensinnäkin tarkoitus käyttää laajojen alueiden meluselvitysten tekemiseen. Tämän tyyppisissä selvityksissä, joihin ympäristömeludirektiivin mukaiset meluselvityksetkin kuuluvat, tarkkuusvaatimuksille ei aseteta kovinkaan suuria vaatimuksia. Mallin toinen käyttötarkoitus on puolestaan rajoitettujen alueiden yksityiskohtaisten meluselvitysten tekeminen, joissa tarkkuusvaatimus on paljon suurempi.

Malli on tarkoitus tehdä siten, että lähdemalli ja äänen etenemisen laskenta ovat molemmissa käyttötarkoituksissa samat, mutta EU-meluselvityksissä on tarkoitus käyttää runsaasti ennalta annettuja arvoja useille lähtötiedoille. Menetelmiin on tarkoitus sisällyttää ohjeita lähtötietojen keräämiseksi ja eri käyttötarkoituksia varten

esitettyjä tarkkuusvaatimuksia. Samoin on tarkoitus antaa ohjeita esimerkiksi laskentaohjelmistojen laskentaan liittyvistä asetuksista, tietokantojen käytöstä sekä melulle altistuvien ihmisten määrän arvioimisesta.

4.1.1

Tieliikenne

Tieliikenteen laskennassa on hahmoteltu muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- vähintään neljä ajoneuvoryhmää, jotka vastaavat Harmonoise-menetelmässä käytettyjä ryhmiä
- tien pinnan tyyppi otetaan huomioon (luultavasti Harmonoisea vastaavalla tavalla)
- moottorimelu ja vierintämelu erotellaan toisistaan samoin eri rengastyypit
- kiihdytys ja jarrutus sekä ylä- ja alamäet otetaan huomioon
- eri maiden ajoneuvokantojen erot otetaan huomioon
- myös alle 50 km/h nopeuksilla nopeuskorjaus otetaan huomioon.

4.1.2

Raideliikenne

Raideliikenteen laskennassa on hahmoteltu muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- erotellaan vierintämelu, moottorimelu, jäähdytysmelu ja aerodynaaminen melu
- eri junatyyppit ja erilaiset radat otetaan huomioon
- junien pyörien ja kiskojen karheus otetaan huomioon
- erityiskohdat ja -tilanteet otetaan huomioon (sillat, kaarrekirkkunta)
- mahdollisuus määrittää kansallisia melupäästötietoja sovittamalla oletusarvoja perustuen tietylle junakalustolle tehtyihin mittauksiin.

Äänilähde muodostuu neljästä tai viidestä osäänilähteestä, joista 2 alinna sijaitsevaa ovat samoja kuin Imagine-projektissa ja 2 (tai 3) muuta määritellään asiantuntijoiden lausuntojen perusteella.

4.1.3

Äänen eteneminen

Maaston muodot, maanpinnan vaikutus sekä diffraktio ja esteiden vaikutus otetaan huomioon samalla tavalla kuin Harmonoise/Imagine-malleissa. Heijastusten vaikutuksen määrittämistä yksinkertaistetaan joiltakin osilta.

4.1.4

Sääolot

Mallissa on tarkoitus käyttää neljää sääololuokkaa Harmonoise/Imagine-mallien tavoin, mutta kaupunkialueilla käytetään vain yhtä sääololuokkaa.

5 Uusien mallien käyttöönoton vaatimia toimenpiteitä Suomessa

Uusissa malleissa käytetään yksityiskohtaisempia lähtötietoja kuin tällä hetkellä käytössä olevissa malleissa. Jos Suomessa halutaan käyttää näitä uusia ja kehittyneempiä malleja, mallien vaatimat tiedot on oltava saatavilla sekä melulähteille että äänen etenemiselle. Seuraavassa on käsitelty mallien käyttöönoton vaatimia toimenpiteitä Suomessa erikseen tieliikenteelle, raideliikenteelle, teollisuudelle, äänen etenemiselle sekä sääoloille.

5.1

Tieliikenne

Nord2000-mallissa tieliikennemelun laskemista varten tarvitaan Suomessa käytössä olevien ajoneuvojen äänitehot, jotka voidaan määrittää luvussa 5.1.1 esitetyllä tavalla eri ajoneuvoryhmille eri nopeusalueilla tehdyistä äänialtistustasomittauksista. Mittausten tuloksia voidaan käyttää myös Harmonoise-mallin äänitehon lähtöarvojen sovittamiseen Suomen oloihin. Lukuun 5.1.2 on puolestaan koottu tieliikennemelun laskennassa tarvittavia lähteeseen liittyviä tietoja.

5.1.1

Lähteen voimakkuus eri ajoneuvoryhmille

Harmonoise-mallissa ei välttämättä tarvita erikseen eri maissa tehtyjä äänitehon lähtöarvon määrittämiä, sillä mallin kehitysvaiheessa tehtiin Euroopassa käytössä olevalle ajoneuvokannalle runsaasti mittauksia, joiden perusteella on pystytty määrittämään ”keskimääräisten” Euroopassa käytössä olevien ajoneuvoryhmien äänitehotasot. Näitä tasoja joudutaan kuitenkin joissakin tilanteissa korjaamaan esimerkiksi paikallisten olosuhteiden ja erilaisten ajoneuvokantojen takia. Tällaista hienosäätöä varten tarvitaan myös Suomessa tehtyjä mittauksia, joiden avulla on mahdollista päästä laskentatuloksissa parempaan tarkkuuteen.

Nord2000-mallissa äänitehon lähtöarvot on määritetty Tanskassa, Norjassa ja Ruotsissa, mutta Suomessa mittauksia on tehty vain kolmella mittauspaikalla. Luotettavien laskentojen tekemistä varten Suomessa tarvitaan lisämittauksia eri ajoneuvoryhmien äänitehotasojen määrittämiseksi.

Nord2000-mallissa äänilähteen voimakkuus ilmaistaan äänitehotasona nopeuden funktiona erikseen eri ajoneuvoryhmille (taajuusalue 25–10 000 Hz). Käytännössä äänitehotasojen määrittäminen tapahtuu mittaamalla eri nopeusalueilla useiden yksittäisten ajoneuvojen ohiajon äänialtistustasot (10 m etäisyydellä ja korkeuksilla 0,2 m ja 4,0 m) ja laskemalla näistä lähdemallin avulla äänitehotasot. Äänitehotasojen keskimääräistys tehdään 5 km/h askelin.

Äänitehotaso L_w määritetään kaavalla:

$$L_w = L_{E,0 m} + C(\theta) + 10 \lg\left(\frac{v}{\theta}\right) \quad (4)$$

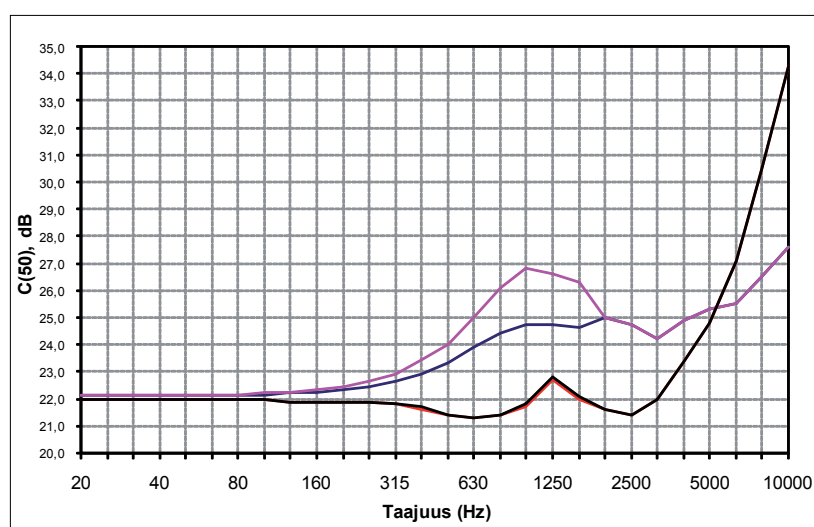
missä

$L_{E,10m}$ on 10 m etäisyydellä mitattu äänialtistustaso (mitattu korkeuksilla 0,2 m ja 4,0 m, joista valitaan suurempi)

$C(50)$ on mikrofonin korkeuksille 0,2 m ja 4,0 m laskettu siirtofunktio

v on ajoneuvon nopeus.

Äänitehotaso jaetaan korkeuksilla 0,01 m ja 0,3 m sijaitsevien pistelähteiden kesken. Siirtofunktiot $C(50)$ eri ajoneuvoryhmille saadaan kuvan 1 mukaisista käyristä.



Kuva 1. Siirtofunktiot $C(50)$ eri ajoneuvoryhmille.

Mittaustulosten ja luvussa 2.1.4 annettujen kaavojen (1) ja (2) sekä kaavan (4) avulla voidaan määrittää vierintämelulle kertoimien a_R ja b_R arvot 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 25 Hz–10 000 Hz erikseen eri ajoneuvoryhmille. Vastaavasti pakokaasu- ja moottorimelulle voidaan määrittää kertoimien a_p ja b_p arvot.

5.1.2

Laskennassa tarvittavat lähteiden tiedot

Laskentaa varten tarvitaan seuraavat tiedot äänilähteistä:

- kunkin ajoneuvoryhmän ajoneuvojen lukumäärä erikseen päivä-, ilta- ja yöajalle
- kunkin ajoneuvoryhmän ajoneuvojen nopeus (km/h).

Lisäkorjauksia varten tarvitaan esimerkiksi seuraavia tietoja:

- kunkin ajoneuvoryhmän kiihdytys/jarrutus mahdollisimman tarkasti (m/s^2)
- tien pinnan tyyppi ja/tai sen materiaalin tiedot (esimerkiksi kiviaineksen raekoko ja huokoisuus)
- alueellisia korjauksia varten tilastollisia tietoja paikallisesta ajoneuvokannasta: esimerkiksi dieselajoneuvojen osuus, talvirenkaiden käyttö, nastarenkaiden käyttö, ajoneuvojen keskimääräinen paino, renkaiden keskimääräinen leveys.

Uusien laskentamallien käyttöä varten Suomessa tulisi olla tietoa vähintään kolmelle ajoneuvoryhmälle (kevyet, keskiraskaat ja raskaat ajoneuvot) ajoneuvojen keskimääräisistä määristä ja nopeuksista erikseen päivä-, ilta- ja yöajalle.

Lisäkorjaukset ovat vaihtoehtoisia ja niiden oletusarvo on 0 dB, joten mallia voidaan käyttää ilman näitä korjauksia. Niiden vaikutus voi paikallisesti olla kuitenkin huomattava, joten korjausten käyttäminen on suositeltavaa, mikäli tiedot ovat saatavilla.

Esimerkiksi Nord2000-mallissa [14] on annettu korjauksia rengas/tie-yhdistelmälle sekä nastarenkaille.

5.2

Raideliikenne

Nord2000-mallissa sekä myös Harmonoise-mallissa junat on ryhmitelty junatyyppeihin siten, että kuhunkin ryhmään kuuluvien erillisten samanpituisten ja samalla nopeudella kulkevien junien meluemissioiden oletetaan olevan samanlaisia. Hieman toisistaan poikkeavat junat on sijoitettu pääryhmien alaryhmiksi.

Nord2000-mallissa junat jaetaan 5 pääryhmään, joihin jokaiseen kuuluu useampia alaryhmiä. Suomen osalta ryhmäjako ei ole tehty, joten ennen äänitehojen lähtöarvojen määrittämistä Suomessa käytössä oleva junakalusto tulee jakaa Nord2000-mallin mukaisiin ryhmiin. Vastaavanlaista ryhmäjako voidaan käyttää myös Harmonoise-mallin ja luultavasti myös kehitteillä olevan yhteisen EU-mallin yhteydessä.

Taulukossa 11 on annettu ehdotus ryhmäjaoksi perustuen muissa pohjoismaissa tehtyihin ryhmäjakoihin ja Suomessa käytössä oleviin junatyyppeihin.

Taulukko 11. Ehdotus Suomessa tehtävissä Nord2000-mallin mukaisissa laskennoissa käytettäväksi junien ryhmäjaoksi.

Junaryhmä	Alaryhmä	Ryhmän nimi
1		Nopeat junat
	1a	Pendolino (Sm3)
	1b	Allegro
2		InterCity-junat ja pikajunat
	2 a	IC (Sr1- ja Sr2-veturin vetämät IC-vaunut)
	2 b	IC2 (kaksikerroksiset IC-vaunut)
	2 c	Sr1 (Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen vaunut)
3	3	Paikallis- ja taajamajunat
	3 a	Sm1 ja Sm2
	3 b	Sm4
	3 c	Sm5
4		Tavarajunat
	4 a	Sr1- tai Sr2-veturin vetämät suomalaiset tavaravaunut
	4 b	dieselveturin vetämät suomalaiset tavaravaunut
	4 c	venäläiset tavarajunat
5		Muut junat

Nord2000-mallissa ratakiskot jaetaan neljään ryhmään. Taulukossa 12 on annettu ehdotus Suomessa käytettävistä kiskoryhmistä.

Taulukko 12. Ehdotus Nord2000-mallin mukaisiksi kiskoryhmiksi.

Pääryhmä	Alaryhmä	Nimi
1		Nykyaikainen (UIC60-kiskot, betonipölkkyt)
	1a	hyvä kunto
	1b	keskimääräinen kunto
	1c	huonompi kuin keksimääräinen kunto
2		Melkein nykyaikainen
	2a	hyvä kunto
	2b	keskimääräinen kunto
	2c	huonompi kuin keksimääräinen kunto
3		Vanha (puupölkkyt)
	3a	hyvä kunto
	3b	keskimääräinen kunto
	3c	huonompi kuin keksimääräinen kunto
4		Kiskot terässillalla
	4a	hyvä kunto
	4b	keskimääräinen kunto
	4c	huonompi kuin keksimääräinen kunto

5.2.1

Äänilähteen meluemissiotietojen määrittäminen

Nord2000-mallin mukaiset äänitehot tulee määrittää kullekin Suomessa käytössä olevalle junaryhmälle (pääryhmälle ja alaryhmälle erikseen). Tämä voidaan tehdä seuraavassa esitetyllä tavalla. Harmonoise-mallissa äänitehojen määrittäminen vaatii melutietojen lisäksi myös kiskojen karheuden määrittämisen.

Nord2000-mallissa lähtöarvojen määrittämistä varten mitataan useiden eri nopeuksilla kulkevien ja eri junatyyppeihin kuuluvien junien äänialtistustaso (etäisyys 7,5–15 m kiskojen keskiviivasta ja korkeus 1,2 m kiskojen pinnan tasosta) 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 25 Hz–10 000 Hz. Junien nopeudet mitataan esimerkiksi käsitutkalla.

Kunkin ohiajon äänialtistustaso (1/3-oktaaveittain ja A-painotettuna) normalisoidaan vastaamaan 100 m junan pituutta ja 10 m etäisyyttä. Mitatut normalisoidut tasot muunnetaan vastaamaan 1 m junan pituutta vastaavaksi äänitehotasoksi 1/3-oktaavikaistoittain taajuusalueella 25 Hz–10 kHz.

Äänitehotaso $L_{W,1m}$ kullakin 1/3-oktaavikaistalla saadaan lausekkeesta:

$$L_{W,1m} = L_E(v) - 10 \lg(l) + 10 \lg(v/50) + C(50) \quad (5)$$

missä

l on junan pituus (m)

v on junan nopeus (km/h)

$C(50)$ on äänitehotason ja äänialtistustason välinen siirtofunktio nopeudella 50 km/h ja se saadaan lausekkeesta

$$C(50) = L_{W,1m} - L_E(50) \quad (6)$$

Siirtofunktio C(50) sisältää mittauspaike maaston vaikutuksen ja se voidaan laskea käyttämällä Nord2000-mallilla käyttämällä siinä annettuja oletusarvoja lähdemallille (äänilähteen korkeus 2,5 m taajuusalueella 25 Hz–160 Hz ja vastaavasti taajuusalueella 200 Hz–10 kHz energia on jakautunut tasan korkeuksille 0,01 m, 0,35 m ja 0,7 m).

Nord2000-mallissa lähteen voimakkuus $L_{W,1m}$ (1/3-oktaaveittain taajuusalueella 25 Hz–10 kHz) ilmaistaan seuraavasti:

$$L_{W,1m} = a \lg(v/100) + b \quad (7)$$

missä

v on nopeus (km/h)

a ja b ovat vakioita, jotka voidaan määrittää lineaarisella regressiolla.

Harmonoise-mallissa on annettu tarkat ohjeet lähteen emissiotasojen mittaamiseksi. Kullekin mitattavalle junatyypille on aluksi määritettävä junatyypille olennaiset osamelulähteet ja tämän jälkeen mittaukset tehdään standardin ISO 3095 mukaisesti mallissa esitetyn poikkeamin. Mittaustulosten perusteella määritetään osäänilähteiden äänitehot metriä kohden. Osaäänilähteet sijoitetaan tämän jälkeen yhdelle tai useammalle äänilähteen korkeudelle (katso luku 3.2.1). Kukin äänilähdetyyppi vaatii erityisen mittaustavan ja nämä on esitetty mallin taustadokumenteissa.

Esimerkiksi vierintämelulle (joka on suurimmalla osalla Suomessa käytössä olevista junatyypeistä pääasiallinen melu) mittaukset tehdään 7,5 m etäisyydellä kiskoien keskiviivasta ja 1,2 m korkeudella kiskoien pinnasta ja mittauksissa mitataan äänenpainetaso 1/3-oktaaveittain junan ohituksen ajalta sekä junan nopeus. Mittaus on käytännössä samanlainen kuin Nord2000-mallin yhteydessä.

Vierintämelulle on tiedettävä erikseen radan ja junan aiheuttamat osuudet. Tätä varten tarvitaan junien pyörien ja kiskoien yhdistetty tehollinen karheus. Mallissa on annettu siirtofunktiot, joiden avulla on mahdollista määrittää radan ja junan aiheuttamien osien äänitehot pituusyksikköä kohden. Tätä varten on ohiajomelun lisäksi määritettävä kokonaiskarheus joko mittaamalla kiskoien tärinä tai mittaamalla suoraan junan pyörien ja kiskoien karheudet.

Kansallisille junakalustoille pitää muodostaa lähdemallit asettamalla Harmonoise-mallin parametrit siten, että saadaan oikeat emissiotasot. Tätä varten saatavilla olevia tietoja kansallisesta junakalustosta ja radoista tulee verrata mallin mukaisiin tietoihin ja asettaa esimerkiksi pyörien ja kiskoien karheudet ja siirtofunktiot tasolle, jolla saadaan mallia vastaavat emissiotasot. Joissakin tapauksissa tämä voi vaatia ”ekvivalenttisen junan” muodostamista, esimerkiksi veturin ja matkustajavaunujen yhdistelmä tai erilaisia tavaravaunuja sisältävä tavarajuna.

Jos käytettävissä on vain äänenpainetasot 1/3-oktaaveittain ilman kiskoien karheustietoa tai kiskoien tärinämittaustuloksia, joissakin tapauksissa on mahdollista määrittää lähteen emissiotiedot äänenpainemittaustulosten avulla. Tällä tavalla määritetyt tiedot eivät kuitenkaan ole yhtä tarkkoja kuin yksityiskohtaisella menettelyllä saatavat tulokset. Mittausten tulokset on oltava saatavilla junan ohitusajan keskiäänitasoina $L_{peq,TP}$, joiden perusteella voidaan arvioida laskennassa tarvittavat tiedot.

Myös kiskoien karheus voidaan arvioida, jos on käytettävissä rata tai juna, jolle tiedot ovat olemassa. Tämä on mahdollista, jos vierintämelu on määräävin melutyyppe. Koska tietyllä rata/juna-yhdistelmällä on vakiona pysyvä siirtofunktio, melutasojen erot eri paikoilla (samalla nopeudella ja samantyyppisellä raiteella) johtuvat vain tehollisesta kiskoien ja pyörien kokonaiskarheudesta.

Kokonaissiirtofunktio voidaan mitata yhdellä paikalla käyttämällä mikrofonia ja tärinäanturia raiteen alla. Kun yhdellä paikalla mitatun juna/rata-yhdistelmän siirtofunktio (ja täten paikan kokonaiskarheus) on tiedossa, sen avulla voidaan määrittää

tehollinen karheus muilla mittauspaikoilla samantyyppisen junan ohiajon perusteella. Kokonaissiirtofunktion avulla voidaan tämän jälkeen määrittää junan ja radan aiheuttamat äänitehot erikseen mallissa annettujen oletuskertoimien avulla.

Junien emissiomittauksissa tulee määrittää myös seuraavat tiedot junista: junan tyyppi, akselien lukumäärä, vetovoimatyyppi, kuorma, pyörien läpimitta ja jarrujen tyyppi.

Vetovoimameluun liittyvät lähtöarvot mitataan standardissa ISO 3095 kullekin käyttömuodolle annettujen ohjeiden mukaisesti. Samoin kaarrekirskuntaan ja jarrutsmeluun liittyvät määritykset tehdään standardin ISO 3095 mukaisesti.

Aerodynaamista melua ei tällä hetkellä Suomessa käytössä olevilla junatyypeillä tarvitse ottaa huomioon, sillä sen vaikutus alkaa vasta noin 250 km/h kulkevilla junilla.

5.2.2

Kiskojen karheus

Harmonoise-mallin käyttö edellyttää, että on tiedossa kunkin maan kiskojen keskimääräinen karheus. Hollannissa tämä on määritetty siten, että kiskojen karheuksia on mitattu useilla eri paikoilla ja näistä on yksinkertaisesti määritetty keskiarvo. Samanlaiset mittaukset olisi tehtävä Suomen rataverkostolle, mikäli halutaan käyttää Harmonoise-mallia (tämä koskee todennäköisesti myös kehitteillä olevaa EU:n yhteistä mallia).

5.3

Teollisuus

Teollisuusmelun laskennassa voidaan käyttää Harmonoise-projektin yhteydessä kehitettyä äänen etenemismallia ja periaatteessa myös Nord2000-mallin äänen etenemismallia on mahdollista käyttää teollisuusmelun laskentaan. Koska laskennassa tarvittavat lähde- ja kuvaavat tiedot täytyy määrittää mittaamalla tai arvioimalla vastaavalla tavalla kuin tällä hetkellä käytössä olevilla teollisuusmelun laskentamalleilla, muutos Harmonoise-mallin käyttöön ei vaadi uusien asioiden selvittämistä kuten tie- ja raideliikenteen kohdalla. Riittävää on, että laskennan lähde- ja kuvaavat tiedot on määritetty mallin edellyttämällä tavalla.

Lähteen tietojen määrittämiseksi voidaan käyttää esimerkiksi seuraavanlaisia mittaustapoja:

- lähteen lähellä mitattujen äänenpainetasojen avulla määritetään lähteen ääniteho ja suuntaavuus
- kauempana lähteestä mitattujen äänenpainetasojen avulla määritetään lähteen ääniteho
- melutiedot määritetään lähteen valmistajalta saatavien tietojen perusteella
- käytetään melutietokannasta (SourceDB) saatuja tietoja
- arvioidaan tarvittavat tiedot.

Ohjeita lähteiden tietojen määrittämiseksi mittaamalla on annettu viitteessä [33].

Äänen etenemisen laskennassa tarvittavat tiedot

Uusien laskentamallien käyttö aiheuttaa sen, että äänen etenemisen laskennassa tarvitaan joitakin uusia tietoja verrattuna tällä hetkellä käytössä oleviin laskentamalleihin. Jotta laskenta voitaisiin suorittaa, nämä tiedot on hankittava joko määrittämällä ne saatavilla olevien tietojen perusteella tai käyttämällä tiedoille oletusarvoja tai arvioita, mikäli tietoja ei ole saatavilla.

Nord2000-mallissa maan pinta jaetaan 8 luokkaan aiemmin käytetyn kahden luokan (kova/pehmeä) sijasta. Taulukkoon 13 on koottu mallissa käytetyt maan pinnan luokat ja niitä kuvaavat virtausvastukset.

Taulukko 13. Nord2000-mallissa käytetyt maan pinnan luokat ja niitä kuvaavat edustavat virtausvastusluokat.

Luokka	Virtausvastusluokka σ (kPas/m ²)	Kuvaus
A	12,5	erittäin pehmeä
B	31,5	pehmeä metsämaa (paksu sammal, lyhytkasvuinen tiivis kanervamaa)
C	80	pakkautumaton, irtonainen maa (ruoho, turve, irtonainen maa-aines)
D	200	tavallinen pakkautumaton maa (pelto, metsä)
E	500	pakkautunut maa ja sora (puisto, pakkautunut nurmikko)
F	2 000	pakkautunut tiivis maa (soratie, pysäköintialue, ISO 10844 asfaltti)
G	20 000	kova pinta (suurin osa tavallisesta asfaltista)
H	200 000	erittäin kova ja tiivis pinta (tiivis asfaltti, betoni, vesi)

Maan pintaa kuvaavien luokkien lisäksi Nord2000-mallissa käytetään erilaisia menettelytapoja esimerkiksi absorboivien esteiden ominaisuuksien ja maanpinnan karheuden huomioon ottamiseksi. Näitä vastaavat luokat on annettu viitteessä [13].

Myös Harmonoise-mallissa käytetään Nord2000-mallia vastaavaa maan pinnan ominaisuuksien kuvaamista virtausvastuksen avulla.

Harmonoise-mallissa on annettu taulukon 14 mukaiset tiedot äänen etenemisen laskennassa tarvittavien lähtötietojen tarkkuuksille.

Taulukko 14. Harmonoise-mallin äänen etenemisen laskennassa tarvittavat lähtötiedoille annetut vaatimukset eri tarkkuuksilla.

	tarkkuusvaatimus		
	suuri	keskimäärin	pieni
etäisyystiedot	1 m	2 m	5 m
korkeustiedot	0,5 m	1 m	2,5 m
esteiden korkeus matalalla olevien äänilähteiden lähellä	0,25 m	0,5 m	1 m
muiden esteiden korkeus	10 %	20 %	50 %
äänien etenemisen laskennan tyypillinen tarkkuus	< 0,5 dB	< 1 dB	< 3 dB

Sääoloihin ja vuodenaikavaihteluihin liittyvät tiedot

Ympäristömeludirektiivin mukaisten L_{den} - ja L_{night} -arvojen määrittäminen perustuu koko vuoden ajalta määritettyihin keskiäänitasoihin. Määrittämisessä tulee siis ottaa huomioon sääolojen ja vuodenaikavaihtelujen vaikutus keskiäänitasoihin, jotka määritetään vuotuisena keskiarvona. Sääolojen vaikutus voidaan arvioida uusilla laskentamalleilla, mikäli laskennassa tarvittavat tilastolliset sääolotiedot ovat saatavilla. Myös vuodenaikavaihteluiden huomioon ottaminen on malleilla mahdollista, mutta useita laskennassa tarvittavia Suomen oloja kuvaavia tietoja ei vielä ole oikeassa muodossa saatavilla.

5.5.1

Sääolot

Sekä Nord2000- että Harmonoise-malleissa käytetään samanlaista menettelytapaa pitkän ajan L_{den} ja L_{night} -arvojen määrittämiseksi. Tätä varten on määritettävä kunkin sääololuokan esiintymistodennäköisyys ilmastollisesti edustavan vuoden tietojen perusteella. On todennäköistä, että myös uudessa kehitteillä olevassa yhteisessä EU-mallissa käytetään samanlaista menettelytapaa pitkän ajan meluarvojen määrittämiseksi.

Suomessa sääololuokat on määritetty ainoastaan yhden sääaseman (Helsinki-Vantaan lentoasema) tietojen perusteella, joten toisen vaiheen laskentaa varten on määritettävä sääololuokat kutakin tarkasteltavaa aluetta lähinnä olevan sääaseman (jolta tiedot ovat saatavissa) tietojen perusteella.

Sääoloja kuvaavien tilastollisten kertoimien määrittämistä varten tarvitaan seuraavat tiedot (kullekin tunnille tai vähintään kolmen tunnin välein):

- paikan koordinaatti
- päivämäärä
- kellonaika
- tuulen nopeus (korkeudella 10 m)
- tuulen suunta (korkeudella 10 m)
- pilvisyys (kahdeksasosina)
- ilman suhteellinen kosteus
- ilman lämpötila.

Jos tiedot puuttuvat joiltakin ajoilta, puuttuva tieto voidaan arvioida interpoloimalla.

Edellä esitettyjen tietojen avulla voidaan sääoloja kuvaavat tilastolliset kertoimet määrittää käyttämällä Nord2000-projektin yhteydessä kehitettyä Matlab-ohjelmaa.

5.5.2

Vuodenaikavaihtelut

Tuuli- ja lämpötilagradienttien lisäksi on myös muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa keskiäänitasojen vuosikeskiarvoon. Tekijät voidaan jakaa äänen etenemiseen liittyviin tekijöihin ja lähteiden melupäästöihin liittyviin tekijöihin.

Maanpinnan ominaisuudet muuttuva paljon eri vuodenaikoina ja esimerkiksi kesällä kasvillisuuden peittämä maa absorboi ääntä eri tavalla kuin talvella lumen peittämä maa tai syksyllä paljas ja jäinen maa. Maavaimennus voi myös muuttua, jos melulähteen ja tarkastelupisteen välinen maasto on sateen jäljiltä märkä. Jotta nämä seikat voitaisiin ottaa huomioon laskennassa, meluselvityksissä tarkasteltavien alueiden osien maanpintojen akustiset impedanssit eri vuodenaikoina tulisi olla tiedossa.

Liikennemäärien lisäksi tieliikenteen melupäästön osalta keskiäänitason vuosikeskiarvoon vaikuttavia tekijöitä on useita. Ajoneuvojen melupäästö muuttuu eri vuodenaikoina ja erilaisissa sääoloissa. Ajoneuvojen rengasmeluun vaikuttaa tienpinnan tila (kuiva, märkä, kostea, luminen tai jäinen tienpinta). Talviaikana useissa ajoneuvoissa on nastat renkaissa, mikä voi lisätä melupäästöä. Myös tienpinnan lämpötila vaikuttaa rengasmeluun ja lämpötila voi joissakin tilanteissa vaikuttaa myös moottorimeluun. Tieliikenteen melupäästöihin liittyvien vuosikeskiarvoon vaikuttavien tekijöiden huomiotta jättämisen laskennassa aiheuttaa laskentatulokseen virhettä, jonka suuruusluokan arvioimiseksi Suomen oloissa ei tällä hetkellä ole riittävästi tietoa.

Koska näistä ja useista muista tekijöistä aiheutuvien vaikutusten määrittämiseksi ei ole annettu EU:n ohjeita, tekijöiden vaikutus tulisi selvittää Suomen oloja vastaavasti, jolloin niiden ottaminen huomioon laskennassa olisi mahdollista.

5.5.3

Sääolotietojen saatavuus

Ilmatieteen laitoksella on eri puolilla Suomea useita säätietoja mittaavia asemia, joilta on mahdollista saada sääolotietoja jopa useiden kymmenien vuosien ajalta. Säätietoja mittaavia asemia on erilaisia ja niiltä saatavat tiedot poikkeavat toisistaan. Täydellimmät tiedot on mahdollista saada sääasemilta.

Toisen vaiheen meluselvityksen piiriin kuuluvien alueiden läheisyydestä löytyy esimerkiksi taulukkojen 15 (taajamat) ja 16 (tieliikenne) mukaisia sääasemia, joilta sääololuokkien määrittämisessä tarvittavat tiedot ovat saatavilla.

Taulukko 15. Sääasemia taajamissa tai taajamien läheisyydessä.

sääasema	leveyspiiri	pituuspiiri	korkeus merenpinnasta (m)
Helsinki Kumpula	60° 12'	24° 57'	26
Helsinki-Vantaan lentoasema	60° 19'	24° 57'	53
Turun lentoasema	60° 30'	22° 16'	47
Tampere-Pirkkalan lentoasema	61° 25'	23° 37'	112
Oulun lentoasema	64° 55'	25° 21'	14
Lahti Laune	60° 57'	25° 38'	78

Taulukko 16. Sääasemia tieliikenteen laskenta-alueiden läheisyydessä.

sääasema	leveyspiiri	pituuspiiri	korkeus merenpinnasta (m)
Kauhavan lentokenttä	63° 07'	23° 02'	42
Kuopion lentoasema	63° 00'	27° 48'	94
Joensuun lentoasema	62° 39'	29° 36'	121
Jyväskylän lentoasema	62° 24'	25° 40'	139
Mikkelin lentoasema	61° 41'	27° 12'	101
Savonlinnan lentoasema	61° 56'	28° 56'	92
Rovaniemen lentoasema	66° 33'	25° 50'	195
Kotka Haapasaari	60° 17'	27° 11'	4
Hämeenlinna Katinen	60° 59'	24° 29'	87
Porvoo Harabacka	60° 23'	25° 36'	22

Sääololuokkia kuvaavien kertoimien laskemiseksi kultakin taulukoissa olevilta sääasemilta on saatava edellä esitetyn mukaiset ilmastollisesti edustavan vuoden sää-tiedot.

5.6

Muiden maiden tietojen käyttö Suomessa

Nord2000-mallia varten on määritetty äänitehojen lähtöarvot sekä tie- että raide-liikenteelle Tanskassa, Ruotsissa ja Norjassa, mutta Suomen osalta lähtöarvot ovat puutteelliset. Tieliikenteelle on tehty mallin mukaisia mittauksia vain kolmella mit-tauspaikalla ja raideliikenteelle ei junien ryhmittelyä eikä äänitehon lähtöarvojen määrittämistä ole vielä tehty.

Myös sääoloja kuvaavat tiedot ovat puutteellisia, sillä sääoloja kuvaavat todennäköisyydet on määritetty vain yhden sääaseman (Helsinki–Vantaan lentoasema) yhden edustavan vuoden perusteella.

Mikäli Suomessa ei jostain syystä kyetä hankkimaan oman maan tilannetta kuvaavia lähtöarvoja, muiden pohjoismaiden tietojen käyttö on mahdollista parhaiten tieliikennemelun osalta, sillä mallin tausta-aineistossa [14] on tehty vertailu eri pohjoismaiden ajoneuvokannan ja tiestön välillä. Vertailun mukaan Suomen äänitehotiedot kolmelta mittauspaijalta ovat keveiden ajoneuvojen osalta melko samanlaisia kuin Ruotsissa, joten Ruotsin äänitehoja kuvaavien kertoimien käyttö Suomessa on omien tietojen puuttuessa mahdollista. Tästä voi kuitenkin aiheutua ylimääräistä virhettä laskentatulokseen, joten haluttaessa päästä parempaan tarkkuuteen, Suomessa tulisi tehdä lisämittauksia tieliikenteelle ja määrittää omat äänitehoja kuvaavat kertoimet laskennassa käytettäväksi.

Viitteessä [14] on annettu Nord2000-mallissa tällä hetkellä käytettävät korjaustermit tieliikenteen vierintämelulle Suomelle, Ruotsille ja Norjalle, taulukko 17.

Taulukko 17. Suomessa käytettävät Nord2000-mallin korjaustermit tieliikenteen vierintämelulle.

taajuus	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	6,3k	8k	10k
korjaus	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	-1	-2	-3	-4	-4	-3	-1	0	2

Raideliikennemelun laskennassa muiden pohjoismaiden tietojen käyttö Suomessa johtaa liian suureen epävarmuuteen, sillä Suomessa käytössä olevat junatyypit, radat ja kiskojen kunnat ovat erilaisia kuin muissa pohjoismaissa. Suomessa junatyypit tulisi jakaa Nord2000-mallin mukaisiin ryhmiin ja alaryhmiin ja määrittää näille kullekin omat äänitehoja kuvaavat kertoimensa.

Sääolotiedot vaihtelevat sen verran paljon eri alueilla, että laskennassa tulisi aina käyttää laskenta-alueella lähinnä olevan sääaseman tietoja, joten muiden maiden tietojen käyttö ei ole tässä yhteydessä mahdollista.

6 Yhteenveto tarvittavista toimenpiteistä

Raportissa on käsitelty uusimpien melun laskennassa käytettävien laskentamallien käyttöönotossa Suomessa tarvittavia toimenpiteitä. Uusissa malleissa lähdeosa ja äänen etenemisosa on erotettu kokonaan toisistaan ja erityyppisten melulähteiden laskennassa on mahdollista käyttää samoja algoritmeja äänen etenemiselle. Uusien mallien lähdeosan ja äänen etenemisosan lähtötietojen määrittämiseksi tarvitaan joitakin sellaisia tietoja, joita tällä hetkellä käytössä olevien mallien käytössä ei ole tarvittu.

Raportissa on käsitelty Nord2000-mallia, Harmonoise/Imagine-mallia sekä kehitteillä olevaa yhteistä EU-mallia. Kunkin mallin peruseriaatteet on käyty läpi ja selvitetty, minkälaisia lähtötietoja mallien käytössä Suomessa tarvitaan ja miten ne tulisi määrittää.

Mallien käytössä Suomessa tarvittavat lähtötiedot voidaan jakaa kahteen ryhmään, joista toisen muodostavat välttämättömät tiedot, joita ilman malleja ei pystytä käyttämään. Toisen ryhmän muodostavat puolestaan tiedot, joita ilman malleja pystytään käyttämään, mutta tietojen puuttuessa laskennalla saavutettava tarkkuus huononee selvästi (itse määritettyjen tietojen sijasta käytetään oletusarvoja). Jotkut tarvittavista tiedoista ovat samanlaisia (tai ainakin samantyyppisiä ja perustuvat samanlaisiin mittauksiin tai määrittäisiin) kaikissa kolmessa mallissa, kun taas jotkut tiedot ovat erilaisia eri malleissa.

Taulukossa 18 on esitetty yhteenveto tie- ja raideliikennemelun laskentamallien käyttöönotossa Suomessa tarvittavista äänilähteeseen ja säätilaan liittyvistä toimenpiteistä. Sulkeissa olevat merkinnät tarkoittavat sitä, että ilman näitä tietoja laskennalla saavutettava tarkkuus huononee, mutta laskenta pystytään kuitenkin suorittamaan.

Taulukko 18. Yhteenveto tie- ja raideliikennemelun laskentamallien käyttöönotossa Suomessa tarvittavista välttämättömistä toimenpiteistä.

	Tieliikenne		Raideliikenne	
	välttämätön	ei välttämätön	välttämätön	ei välttämätön
kulkuvälineiden ryhmäjako	X		X	
suomalaiset äänitehotasot	X	(X)	X	
tiepäälyste/kiskojen karheus		X	(X)	X
ajotapa		X		X
sääolot	X		X	
vuodenaikavaihtelut		X		X

Äänilähteisiin liittyvät tiedot

Suurimmat muutokset uusien laskentamallien käyttö aiheuttaa äänilähteiden äänitehojen määrittämiseen. Seuraavassa on annettu yhteenvedot tie- ja raideliikennemelun sekä teollisuusmelun laskennassa tarvittavista toimenpiteistä.

6.1.1

Tieliikenne

Kaikissa kolmessa mallissa käytetään vähintään kolmea ajoneuvoryhmää. Mallien käyttöä varten ajoneuvot jaetaan aiemmasta poiketen vähintään keveisiin, keskiras-kaisiin ja raskaisiin ajoneuvoihin. Tarvittaessa mukaan otetaan ryhmä kaksipyöräiset ajoneuvot (mopedit ja moottoripyörät). Ajoneuvoryhmien tiedot (määrät ja nopeudet erikseen päivä-, ilta- ja yöajalle) ovat välttämättömiä laskennan suorittamisessa, mutta ne voidaan arvioida, jos tietoja ei ole saatavilla.

Kaikissa malleissa ajoneuvojen äänitehotasot vastaavat tiettyä tiepäällystetyyppiä. Jos päällyste poikkeaa tästä, äänitehotasoihin tehdään päällysteen huomioon ottava korjaus. Tätä varten tulee tietää laskennassa tarkasteltavien teiden päällysteiden tyyppi. Malleissa voidaan käyttää korjaukselle arvoa 0, jos tarkempaa tietoa ei ole, joten päällysteiden tiedot eivät ole välttämättömiä laskennan suorittamista varten.

Kaikissa malleissa tarvitaan suomalaista ajoneuvokantaa vastaavat äänitehotiedot. Ajoneuvojen äänitehotietoja varten on tehtävä mittauksia eri ajoneuvoryhmille useilla mittauspaikeilla.

Nord2000-mallin äänitehotietoja varten Suomessa on mittauksia tehty kolmella mittauspaikeilla, mutta malli ei sisällä Suomen tietoja. Nord2000-mallin äänitehot määritetään kahdella eri mikrofonin korkeudella mitattujen ohiajojen äänialtistustasojen perusteella. Nord2000-mallissa on mahdollista käyttää Ruotsissa määritettyjä äänitehoja, joiden on havaittu pohjoismaissa mitatuista tuloksista vastaavan parhaiten Suomessa kolmella mittauspaikeilla määritettyjä äänitehoja, mutta tällöin mallilla saavutettava tarkkuus huononee.

Harmonoise-malli sisältää ”keskimääräisten” eurooppalaisten ajoneuvojen äänitehotiedot, mutta myös sen käyttö vaatii Suomessa tehtyjä mittauksia, joiden perusteella laskennassa käytettävät äänitehot voidaan hienosäätää Suomen ajoneuvokantaa paremmin vastaavaksi. Mittaukset voidaan tehdä Nord2000-mallia vastaavalla tavalla. On oletettavaa, että uusi yhteinen EU-malli perustuu äänitehojen osalta Harmonoise-malliin, joten mittauksia voidaan käyttää myös sen hienosäätämiseen.

6.1.2

Raideliikenne

Suomessa käytössä olevat junatyypit on jaettava mallien mukaisiin ryhmiin. Hyvä lähtökohta on Nord2000-mallin mukainen ryhmäjako (katso taulukko 5), jossa junat on jaettu viiteen pääryhmään ja nämä tarvittaessa alaryhmiin.

Kaikille junaryhmille alaryhmineen on määritettävä malleissa tarvittavat lähteiden melupäästöjä kuvaavat äänitehot.

Äänitehojen määrittämistä varten on eri nopeusalueilla tehtävä useita mittauksia erityyppisten junien ohiajoille. Tällä hetkellä käytössä olevan raideliikennemelun laskentamallin lähtöarvot perustuvat 1,8–2 m korkeudella kiskojen pinnasta tehtyihin äänialtistustasojen mittauksiin. Nord2000-mallia varten mittaukset suositellaan tehtäväksi 1,2 m korkeudella kiskojen pinnasta (sama korkeus kuin standardissa ISO 3095) ja 7,5–15 m etäisyydellä kiskojen keskiviivasta. Myös Harmonoise-mallissa mittaukset

pyritään tekemään standardia ISO 3095 vastaavalla tavalla. Äänitehojen määrittämisessä on mahdollista käyttää hyväksi joitakin aiemmin tehtyjä mittauksia uudelleenanalysoinnin jälkeen, mutta uusia mittauksia on välttämätön tehdä, sillä käytössä on uusia junatyyppejä (esimerkiksi Sm5 ja Allegro), joiden lähtöarvomittauksia ei ole vielä tehty. Tällä hetkellä käytössä olevan raideliikennemelun laskentamallin lähtöarvot on määritetty noin 10 vuotta sitten ja ne perustuvat osaksi yli 15 vuotta sitten tehtyihin mittauksiin. Uusia mittauksia tarvitaan, jotta melutiedot vastaisivat paremmin tämän hetken todellista tilannetta ja jotta kiskoissa ja junakalustoissa tapahtuneet muutokset voitaisiin ottaa huomioon melun määrittämisessä.

Imagine-projektin yhteydessä kehitettiin eurooppalaista junakalustoa kuvaava melutietokanta, johon on koottu tietoja eri maissa tehdyistä junien melumittauksista, mutta mukana ei ole suomalaisia junatyyppejä. Tietokantaan liitettävät mittaustulokset tulee olla peräisin mittauksista, jotka täyttävät tietokannassa annetut vaatimukset. Suomessa tehtävät uudet mittaukset olisi hyvä tehdä tietokannan vaatimukset täyttäväksi, jolloin ne voitaisiin liittää mukaan siihen. Tämä edellyttää melumittausten lisäksi myös kiskojen karheuden määrittämisen mittauspaikoilla. Harmonoise-mallin käyttö vaatii myös Suomen rataverkon keskimääräisen karheuden määrittämisen. Myös Nord2000-mallissa ja kehitteillä olevassa EU-mallissa tarvitaan tietoja kiskojen karheuksista, joten laskentamallien käyttö vaatii vähintään kiskojen keskimääräinen karheuden selvittämisen Suomen rataverkostossa.

Kehitteillä olevasta EU:n yhteistä raideliikennemelun laskentamallista saatavilla olevien tietojen mukaan mallissa on mahdollisuus määrittää kansallisia melupäästötietoja sovittamalla oletusarvoja perustuen tietyille junakalustolle tehtyihin mittauksiin. Mittaukset perustunevat myös tässä tapauksessa standardin ISO 3095 mukaisiin mittauksiin, joten jos Suomessa tehdään uusia mittauksia standardin ISO 3095 mukaisesti, mittausten tuloksia voidaan käyttää hyväksi kaikkien tarkasteltavien uusien raideliikennemelun laskentamallien äänitehojen määrittämisessä.

Raideliikennemelun laskennan helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi sekä laskennan tarkkuuden parantamiseksi tulisi kehittää järjestelmä, jonka avulla laskentaa varten on mahdollista helposti saada kullakin rata-osalla liikennöivien eri junatyyppeiden tarkat keskimääräiset tiedot (erikseen päivä-, iltaja- ja yöajalle) sisältäen liikennemäärät ja nopeudet. Tiedoissa tulisi ottaa huomioon ratojen eri osilla mahdollisesti käytettävät erilaiset keskimääräiset nopeudet ja myös tavarajunien tietojen tulisi vastata todellista liikennettä.

6.1.3

Teollisuus

Uusissa malleissa laskennassa tarvittavat lähdettä kuvaavat tiedot määritetään vastaavalla tavalla kuin tällä hetkellä käytössä olevilla teollisuusmelun laskentamalleilla mittaamalla tai arvioimalla. Tästä syystä muutos uusien mallien käyttöön ei vaadi lähteiden osalta uusien asioiden selvittämistä kuten tie- ja raideliikenteen kohdalla. Riittävää on, että laskennan lähdettä kuvaavat ja muut tiedot on määritetty mallien edellyttämällä tavalla. Sääoloihin liittyvät tiedot koskevat myös teollisuusmelun laskemista.

Äänen etenemiseen liittyvät tiedot

Uusien laskentamallien käyttö aiheuttaa sen, että äänen etenemisen laskennassa tarvitaan yksityiskohtaisempia tietoja kuin tällä hetkellä käytössä olevilla laskentamalleilla. Nämä voidaan kuitenkin tietojen puuttuessa korvata laskennassa oletusarvoilla, joten tarkempien äänen etenemiseen liittyvien tietojen hankkiminen ei ole tässä vaiheessa aivan välttämätöntä laskennasta suoriutumisen kannalta.

Sääoloihin ja vuodenaikavaihteluihin liittyvät tiedot

Sekä Nord2000- että Harmonoise/Imagine-malleissa käytetään samanlaista menettelytapaa pitkän ajan L_{den} ja L_{night} -arvojen määrittämiseksi. Tätä varten on määritettävä kunkin sääololuokan esiintymistodennäköisyys ilmastollisesti edustavan vuoden tietojen perusteella. On todennäköistä, että myös uudessa kehitteillä olevassa yhteisessä EU-mallissa käytetään samanlaista menettelytapaa pitkän ajan meluarvojen määrittämiseksi.

Uusien laskentamallien käyttö vaatii sääolotietojen määrittämisen Suomessa. Laskennassa tarvittavat sääololuokat määritetään tarkasteltavaa aluetta lähinnä olevan sääaseman (jolta tiedot ovat saatavissa) tietojen perusteella käyttämällä Nord2000- ja Harmonoise-malleissa annettua menetelmää. Taulukoihin 15 ja 16 on koottu esimerkkejä sääasemista, joilta tarvittavat tiedot sääololuokkien määrittämiseksi ovat saatavilla EU-meluselvitysten toisen vaiheen laskentaa varten. Näiltä sääasemilta on hankittava edustavan vuoden sääolotiedot vähintään 3 tunnin välein ja näiden perusteella on määritettävä kunkin sääololuokan esiintymistodennäköisyys.

Vuodenaikavaihteluita (esimerkiksi maanpinnan erilaiset akustiset impedanssit eri vuodenaikoina) ei tällä hetkellä yleensä oteta huomioon laskennassa, mutta jatkossa vuodenaikavaihtelujen keskiäänitasojen vuosikeskiarvoihin aiheuttamien vaikutusten huomioon ottamisella voidaan parantaa laskennalla saavutettavaa tarkkuutta. Tätä varten vuodenaikavaihteluihin liittyvien tekijöiden vaikutus tulisi selvittää Suomen oloja vastaavasti ja kerätä tilastotietoja tekijöiden ominaisuuksista Suomen eri osissa.

VIITTEET

- Valtioneuvoston asetus N:o 801 Euroopan yhteisön edellyttämistä meluselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmista. Helsinki 19.8.2004.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta (ympäristömeludirektiivi). 18.7.2002. 25 s.
- Tieliikennemelun laskentamalli. Ympäristöministeriön ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston ohje 6/1993. Helsinki 1993. 82 s.
- Ympäristömeludirektiivin mukainen ylimenokauden tieliikennemelun laskentamalli. Ympäristöministeriön ohje, 7.9.2006 .
- Raideliikennemelun laskentamalli. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston ympäristöopas 97. Helsinki 2002. 117 s.
- Ympäristömeludirektiivin mukainen ylimenokauden raideliikennemelun laskentamalli. Ympäristöministeriön ohje, 7.9.2006.
- Eurasto, Raimo. Ympäristömeludirektiivin täytäntöönpanoon liittyvät laskentamallivertailut. Suomen Ympäristö 753. Ympäristöministeriö 2005. 72 s.
- Ympäristömeludirektiivin mukaiset meluselvitykset. VTT raporttiluonnos 15.4.2010.
- Jonasson, HG & Storeheier, S. Nord2000. New Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise, version 1,0. SP Rapport 2001:10, Borås 2001, 59 s.
- Jonasson, HG & Storeheier, S. Nord2000. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise, version 1,0. SP Rapport 2001:11, Borås 2001, 59 s.
- Plovsing, B. and Kragh, J. Nord2000. Comprehensive Outdoor Sound Propagation Model. Part 1: Propagation in an Atmosphere without Significant Refraction, DELTA Akustik & Vibration, Rapport AV 1849/00, revised Hørsholm 2006.
- Plovsing, B. and Kragh, J. Nord2000. Comprehensive Outdoor Sound Propagation Model. Part 2: Propagation in an Atmosphere with Refraction, DELTA Akustik & Vibration, Rapport AV 1851/00, revised Hørsholm 2006.
- User's Guide Nord2000 Road. Delta AV 1171/06. Hørsholm, May 2006.
- Jonasson, H. Acoustic Source Modelling of Nordic Road Vehicles, SP Rapport 2006:12, Energy Technology, Borås 2006.
- Plovsing, Birger Noise mapping by use of Nord2000. Reduction of number of meteo-classes from nine to four. DELTA Danish Electronics Light & Acoustics Working Report No. 18 2007.
- Kartlegging av utendørs støy langs høyt trafikkerte riksveger i henhold til kapittel 5 i forurensningsforskriften. Vegdirektoratet Utbyggingsavdelingen Miljøseksjonen. Rapport 2007/18. 2007-12-21.
- H. Jonasson et al., "Source modelling of road vehicles", Deliverable 9 of the HARMONOISE project, report HAR11TR-041210-SP10, Borås (SE), 17 December 2004.
- WP1.2 Rail Sources. Categorisation of vehicles and tracks: overview and draft proposal Type of document: Technical report HAR12TR-021107-SNCF10. 04/04/2003.
- Talotte, C & al. Railway source models for integration in the new European noise prediction method proposed in Harmonoise. Journal of Sound and Vibration 293 (2006) 975–98.
- Work Package 2. Reference Model, Task 2.4. Choice of basic sound propagation models. Deliverable 14 of the Harmonoise project. Technical Report HAR24-TR021018-TNO10. 12 December 2002.
- Work Package 2. Reference Model. Description of the Reference model. Deliverable 16 of the Harmonoise project. Technical Report HAR29TR-041118-TNO10. 22 December 2004.
- Harmonoise WP 3. Deliverable 18. Engineering method for road traffic and railway noise after validation and fine-tuning. Technical Report HAR32TR-040922-DGMR20 20 January 2005.
- Watts, G. Harmonoise prediction model for road traffic noise. PPR 034. Clients project reference number UG473.
- IMAGINE – State of the Art. Deliverable 2 of the IMAGINE project. IMA10TR-040423-AEATNL32. 14 October 2004.
- IMAGINE – Determination of Lden by calculation - definition of meteorological classes – extra document. IMA010TR-070222-DeltaRail10. 2007-01-11.
- IMAGINE – Guidelines for the use of traffic models for noise mapping and noise action planning. Deliverable 7 of the IMAGINE project. IMA02DR7-060531-TNO.10. 06-05-31.
- The Noise Emission Model For European Road Traffic. Deliverable 11 of the IMAGINE project. IMA55TR-060821-MP10. January 11th, 2007.
- IMAGINE – Work Package 6. Measured railway noise source data in the public domain or via the Imagine project. IMA6TR-050110-AEATUK01. January 2005.
- IMAGINE – Work Package 6. Railway noise source model, default source data and measurement protocol. IMA6TR-050912-TNO01. September 12, 2005.
- IMAGINE – WP6: Rail noise sources D12/D13. Rail noise database and manual for implementation. IMA6TR-061015-AEATUK10. 14 February 2007
- IMAGINE – userinterface database. IMA6MO-041014-AEATNL02. 24 november 2004.
- IMAGINE – Assessment Programme for Parameters of the "general" European vehicle fleet. Deliverable D3 of the IMAGINE project IMA52TR-060111-MP10. January 11th, 2006
- IMAGINE – Measurement Methods. WP7: Industrial Noise. IMA07TR-050418-MBBM03. 2005-08-01.

IMAGINE – Guidelines for producing strategic noise maps on industrial sources. Deliverable [14] of the IMAGINE project. IMAWP7D14-060811-DGMR03. 07-02-12.

IMAGINE – Description of the Source Database. WP7: Industrial Noise. IMA07TR-050418-DGMR02. 06-02-07.

Administrative arrangement between DG ENV and DG JRC on “Technical advice on the preparation of the common European assessment methods to be used by the EU Member States for strategic noise mapping after adoption as specified in the Directive 2002/49/EC”. DRAFT TECHNICAL REPORT no. 2 (ver. 15) on Evaluation exercise for supporting the selection of the common assessment methods for the purpose of strategic noise mapping.

WORKSHOP on “Selection of common noise assessment methods in EU” 8 – 9 September 2009, BRUXELLES.

European Commission Joint Research Center. Requirements and criteria for the selection of the future european common environmental noise calculation methods. 19.6.2009.

Kephalopoulos, S. Towards common noise assessment methods in EU. Meeting of the EIONET National Reference Centres for Noise 14-15 October 2009, Copenhagen.

Paviotti, M. The new Common Method? UIC workshop The EU Directive 2002/49 (END) Challenges of the European railways options and obligations 03-04 November 2009, Copenhagen.

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Rakennetun ympäristön osasto	Julkaisu-aika	Lokakuu 2010
Tekijä(t)	Raimo Eurasto (VTT)		
Julkaisun nimi	Ympäristömeludirektiivi. Toisen vaiheen selvityksissä tarvittavat toimenpiteet.		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 17/2010		
Julkaisun teema			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Direktiivi ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta (ympäristömeludirektiivi) (2002/49/EY) tuli voimaan 18.7.2002. Direktiivin tavoitteena on saada Euroopan yhteisölle yhteinen toimintamalli, jonka avulla voidaan välttää, ehkäistä tai vähentää ympäristömelulle altistumisen haittoja. Direktiivi edellyttää useita muutoksia nykyisin käytössä oleviin ympäristömelun arviointimenetelmiin direktiivin mukaisten strategisten melukartoitusten ja toimintasuunnitelmien tekemisessä.</p> <p>Selvityksessä tutkitaan mitä toimenpiteitä laskentamallien käyttöönotto vaatii Suomessa erityisesti laskennan lähtöarvojen suhteen.</p>		
Asiasanat	Ympäristömelu, ympäristöakustiikka, laskentamallit, direktiivit		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö		
		ISBN 978-952-11-3786-0 (PDF)	ISSN 1796-170X (verkkoj.)
	Sivuja 42	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen
Julkaisun myynti/ jakaja	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja		
Julkaisun kustantaja			
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2010		

PRESENTATIONSBLAD

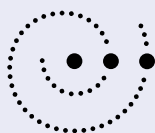
Utgivare	Miljöministeriet Avdelningen för den byggda miljön	Datum Oktober 2010
Författare	Raimo Eurasto (VTT)	
Publikationens titel	Ympäristömeludirektiivi. Toisen vaiheen selvityksissä tarvittavat toimenpiteet. (Direktivet om omgivningsbuller. Åtgärder som krävs i andra skedet av genomförandet.)	
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 17/2010	
Publikationens tema		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt		
Sammandrag	<p>Direktiv 2002/49/EG om bedömning och hantering av omgivningsbuller trädde i kraft 18.7.2002. Direktivet åsyftar en för Europeiska gemenskapen gemensam handlingsmodell som gör det möjligt att undvika, förebygga eller minska exponeringen för omgivningsbuller. Direktivet förutsätter ett antal ändringar i de nu använda metoderna för bedömning av omgivningsbuller då bullerkartläggningar och handlingsplaner läggs upp enligt direktivet.</p> <p>I utredningen undersöks vilka åtgärder som krävs för att ta i bruk beräkningsmetoder i Finland i synnerhet när det gäller utgångsvärdena för beräkningen.</p>	
Nyckelord	Omgivningsbuller, omgivningsakustik, beräkningsmetod, direktiv	
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet	
	ISBN 978-952-11-3786-0 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)
	Sidantal 42	Språk Finska
	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja	
Förläggare		
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2010	

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment Department of the Built Environment		<i>Date</i> October 2010
<i>Author(s)</i>	Raimo Eurasto (VTT)		
<i>Title of publication</i>	Ympäristömeludirektiivi. Toisen vaiheen selvityksissä tarvittavat toimenpiteet. (Environmental noise directive.Actions needed in the second phase of implementation.)		
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Ministry of the Environment 17/2010		
<i>Theme of publication</i>			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>			
<i>Abstract</i>	<p>Directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise came into force on 18 July 2002. The directive aims at a common approach in the European Union to avoid, prevent or reduce harmful effects, including annoyance, from noise exposure. The directive will require a number of changes in the presently used methods for assessing environmental noise, when doing strategic noise mapping and action plans in accordance with the directive.</p> <p>The study examines actions needed to implement prediction models in Finland especially concerning the starting values for the calculation.</p>		
<i>Keywords</i>	Environmental noise, environmental acoustics, calculation methods, directives		
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of the Environment		
		ISBN 978-952-11-3786-0 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)
	No. of pages 42	Language Finnish	Restrictions For public use
<i>For sale at/ distributor</i>	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja		
<i>Financier of publication</i>			
<i>Printing place and year</i>	Helsinki 2010		

Ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) tavoitteena on Euroopan yhteisön yhteinen toimintamalli ympäristömelun aiheuttamien haittojen välttämiseen, ehkäisemiseen tai vähentämiseen.

Tässä julkaisussa on otettu huomioon EU-meluselvitysten ensimmäisessä vaiheessa saadut kokemukset meluselvitysten tekemisestä sekä EU:lta tullut uusin asiaan liittyvä tieto. Julkaisussa esitetään uusien ympäristömelun laskentamallien käyttöönoton vaatimia toimenpiteitä Suomessa. Uusien yhteisten mallien käyttö EU-meluselvityksissä aiheuttaa useita muutoksia laskennassa tarvittaviin tietoihin ja mallien käyttöönotto Suomessa vaatii useiden malleihin liittyvien seikkojen selvittämisen. Raportissa on käsitelty toimenpiteitä, joita laskentamallien käyttö Suomessa edellyttää.



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ
MILJÖMINISTERIET
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT