

Meetmed müra vähendamiseks – põhimõtted ja mürabarjäärade piirangud

Volker Mellert

Oldenburgi Ülikool

*Tänuavaldused Kathleen Polandile, Roland Krusele, Rainer
Matuschekile*

Eesmärgid

- Euroopa Keskkonnamüra Direktiiv
- Mürakaart ja müraseire tulemused
- Mürabarjäärade peamised akustilised omadused
 - Lainete difraktsioon ja paindumine ülaservas
 - Ilmastikuolude mõju lainete levile
 - Akustiline takistus / neeldumine
- Kokkuvõte

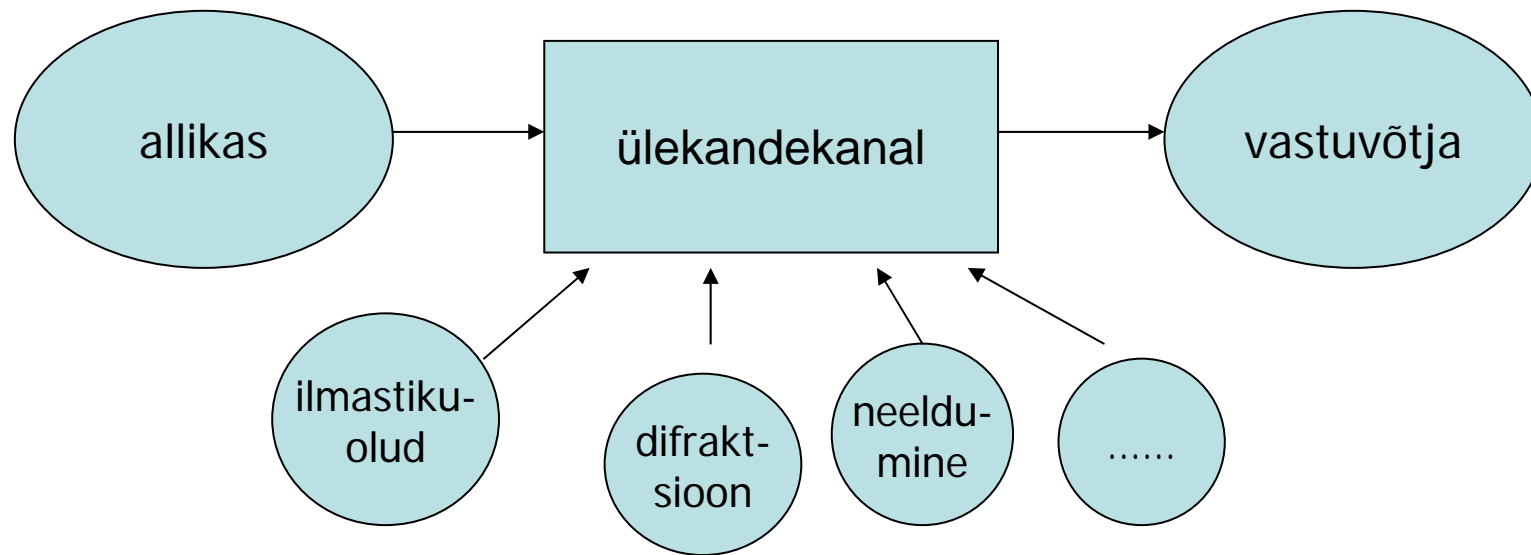
Euroopa Keskkonnamüra Direktiiv

- (9) Valitud ühtsed müraindikaatorid on L_{den} häirivuse hindamiseks ja L_{night} ööune häirimise hindamiseks. Samuti on kasulik lubada liikmesriikidel kasutada täiendavaid indikaatoreid, selleks et jälgida või ohjata konkreetseid müraolukordi.
- (10) Teatud huvipiirkondades tuleks läbi viia müra strateegiline kaardistamine, kuna selle abil võib saada andmeid, mis on vajalikud müratasemete kirjeldamiseks selles piirkonnas.
- (11) Tegevuskavad peaksid käsitlema esmatähtsaid toiminguid nendes huvipiirkondades ja pädevad asutused peaksid kavad koostama üldsusega konsulteerides.

Keskkonnamüra Direktiivi artikkel 4

- 1. Liikmesriigid määravad käesoleva direktiivi rakendamiseks kõikide asjakohaste tasandite pädevad asutused ja organid, sealhulgas asutused, kelle ülesandeks on:
 - (a) koostada ja vajaduse korral kinnitada linnastute, põhimaanteede, põhiraudteede ja põhilennujaamade mürakaardid ja tegevuskavad;
 - (b) koguda mürakaarte ja tegevuskavasid.

Harmonoise / Imagine

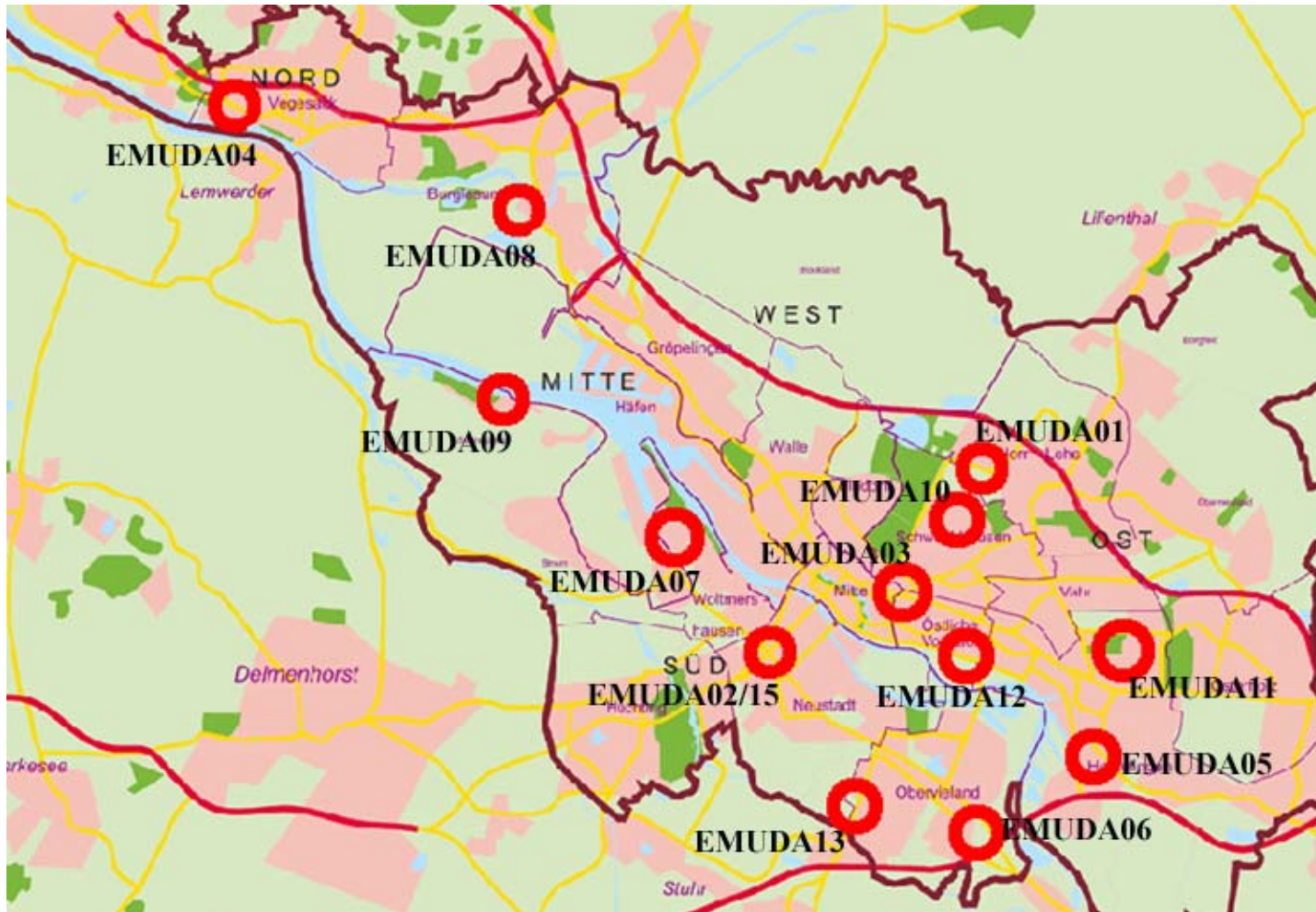


- Acta Acustica united with Acustica eriväljaanne, 93, (2007), mille juhtkirja kirjutas A E. M. Salomons: *Building Europe's Future Harmonized Mapping Methods*. (Euroopa tuleviku harmoniseeritud kaardistamismeetodite loomine). Acta Acustica united with Acustica, 93, (2007), V–VI)

Eesmärgid

- Euroopa Keskkonnamüra Direktiiv
- Mürakaart ja müraseire tulemused
- Mürabarjäärade peamised akustilised omadused
 - Lainete difraktsioon ja paindumine ülaservas
 - Ilmastikuolude mõju lainete levile
 - Akustiline takistus / neeldumine
- Kokkuvõte

13 müraseire terminali Bremenis



Tüüpiline ülesehitus



Uuringut toetasid

BIG Bremen, Brüel & Kjær, ted GmbH, Stapelfeldt GmbH ja deBAKOM GmbH

Tasemed vastavalt Euroopa Keskkonnamüra Direktiivile 2002/49/EC: täheldatud pikaajalised tasemete erinevused $L(\text{measured}) - L(\text{calculated})$

Mõõdetud indikaatori hälve arvatud indikaatorist dB(A)				
Station	L_{day}	L_{evening}	L_{night}	L_{den}
01 – Universitätsallee	-0,7	-0,8	2,6	0,8
02 – Neuenlanderstr.	-3,5	-7,8	0,1	-2,0
03 – Dobbenweg	-2,1	-4,4	3,7	0,5
04 – Vulkan	-1,3	-9,6	2,4	-2,5
05 – Hemelingen	1,4	0,6	1,5	1,3
06 – In der Tränke	-2,9	-3,1	-1,2	-1,9
07 – Dorfkampsweg	-5,1	-7,1	-1,7	-4,1
08 – Dungerstr. arvatud antud väärtustega	-6,4	-6,8	-2,6	-4,9
08 – Dungerstr. arvatud korrigeeritud väärtustega (kiirus, DTV)*	-0,2	-1,4	1,5	0,4
09 – Seehausen	0,5	0,8	-0,1	0,2
10 – Baumschulenweg	9,9	3,0	5,3	7,8
11 – Schloßpark	5,3	3,8	1,5	2,6
12 – Osterdeich/ Stader Str.	-1,2	1,2	3,6	1,3
13 – Kattenturmer Herrstr.	-1,3	1,5	2,2	0,6

hälve rohkem kui



Eesmärgid

- Euroopa Keskkonnamüra Direktiiv
- Mürakaart ja müraseire tulemused
- Mürabarjäärade peamised akustilised omadused
 - Lainete difraktsioon ja paindumine ülaservas
 - Ilmastikuolude mõju lainete levile
 - Akustiline takistus / neeldumine
- Kokkuvõte

Saksa suunis arvestusskeemi koostamiseks VDI 2720

Befinden sich reflektierende Flächen in der Nähe des Schallschirms (siehe Bild 1b), so ist zusätzlich eine Rechnung mit Spiegelschallquellen durchzuführen (siehe auch Richtlinie VDI 2714).

If there are reflecting surfaces close to the screen (see Figure 1b), a further calculation must be carried out using image sound sources (see also Guideline VDI 2714).

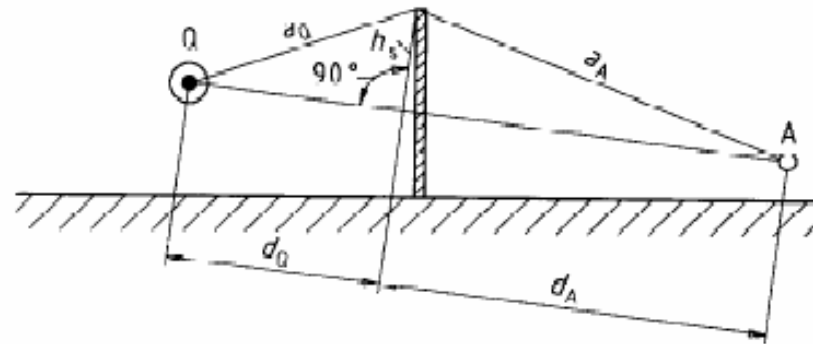


Bild 2: Geometrische Kenngrößen für die Einfachbeugung eines Schallstrahls in der Schnittebene durch Schallquelle Q, Immissionsort A und den Punkt auf der Beugungskante, der den kürzesten Weg für den gebeugten Schall bestimmt

Figure 2: Characteristic geometric quantities for a single diffraction of a sound ray in the sectional plane through the sound source Q, the immission point A, and the point on the diffracting edge that determines the shortest path for the diffracted sound

3.3 Abschirmmaß

Das Abschirmmaß D_z wird nach Gl. (7) berechnet:

$$D_z = 10 \lg \left(C_1 + \frac{C_2}{\lambda} C_3 z K_W \right) \text{ dB} \quad (7)$$

Darin bedeutet:

$$C_1 = 3$$

3.3 Barrier attenuation

The barrier attenuation D_z is calculated according to Equation (7):

$$D_z = 10 \lg \left(C_1 + \frac{C_2}{\lambda} C_3 z K_W \right) \text{ dB} \quad (7)$$

where

$$C_1 = 3$$

Eeldused lihtsustatud mudeli puhul

- Saksa suunis ZTV-Lsw 06:
Eeldatakse, et sumbumine ilma täiendava peegeldamiseta või paindumiseta barjääri taha on suurem kui 24 dB (juhtum B3, EN 1793-2)
- Tagajärg:
Sisestuskadu määratakse üldjuhul helilainete suuruse ja servades (ülaservas) paindumise alusel
- Lihtne skeem:
Difraktsiooni sisestuskadu on proportsionaalne sagedusega, s.t mida lühem lainepikkus, seda sarnasem on tingimus geomeetrilisele akustikale (vari)

6.4.2 Diffraction model

For the insertion loss caused by a screening object, the solution of Deygout is applied. It is based on the Fresnel number N_f given by equation 68:

$$N_f = \text{sign}(h_{\text{eff}}) \frac{2(R_s + R_R - R)}{\lambda} \quad (68)$$

where

- h_{eff} is the effective height of the barrier;
- R_s is the path length between the source and the top edge of the barrier;
- R_R is the path length between the top edge of the barrier and the receiver;
- λ is the acoustic wavelength.

In Equation 68 $\text{sign}(h_{\text{eff}})$ is the signum function ($\text{sign} = 1$ for $h_{\text{eff}} > 0$, $\text{sign} = 0$ for $h_{\text{eff}} = 0$, $\text{sign} = -1$ for $h_{\text{eff}} < 0$).

An illustration of the geometrical quantities is given in figure 16.

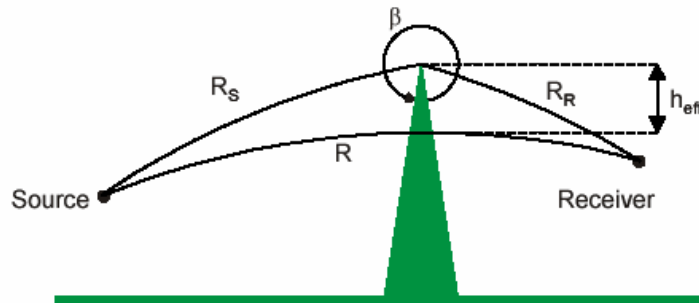


Fig. 16: Definition of quantities for diffraction over a sharp edge barrier

The attenuation due to diffraction by a barrier is given by:

$$A_{\text{diff}} = 0 \quad \text{for } N_f \leq -0.25 \quad (69a)$$

$$A_{\text{diff}} = 6 - 12\sqrt{-N_f} \quad \text{for } -0.25 \leq N_f < 0 \quad (74b)$$

$$A_{\text{diff}} = 6 + 12\sqrt{N_f} \quad \text{for } 0 \leq N_f < 0.25 \quad (74c)$$

$$A_{\text{diff}} = 8 + 8\sqrt{N_f} \quad \text{for } 0.25 \leq N_f < 1 \quad (74d)$$

$$A_{\text{diff}} = 16 + 10 \lg N_f \quad \text{for } N_f \geq 1 \quad (74e)$$

Harmonoise'i projekti arvestusskeem

Fresneli numbri definitsioon Harmonoise'i projektis

6.4.2 Diffraction model

For the insertion loss caused by a screening object, the solution of Deygout is applied. It is based on the Fresnel number N_f given by equation 68:

$$N_f = \text{sign}(h_{\text{eff}}) \frac{2(R_s + R_R - R)}{\lambda} \quad (68)$$

where

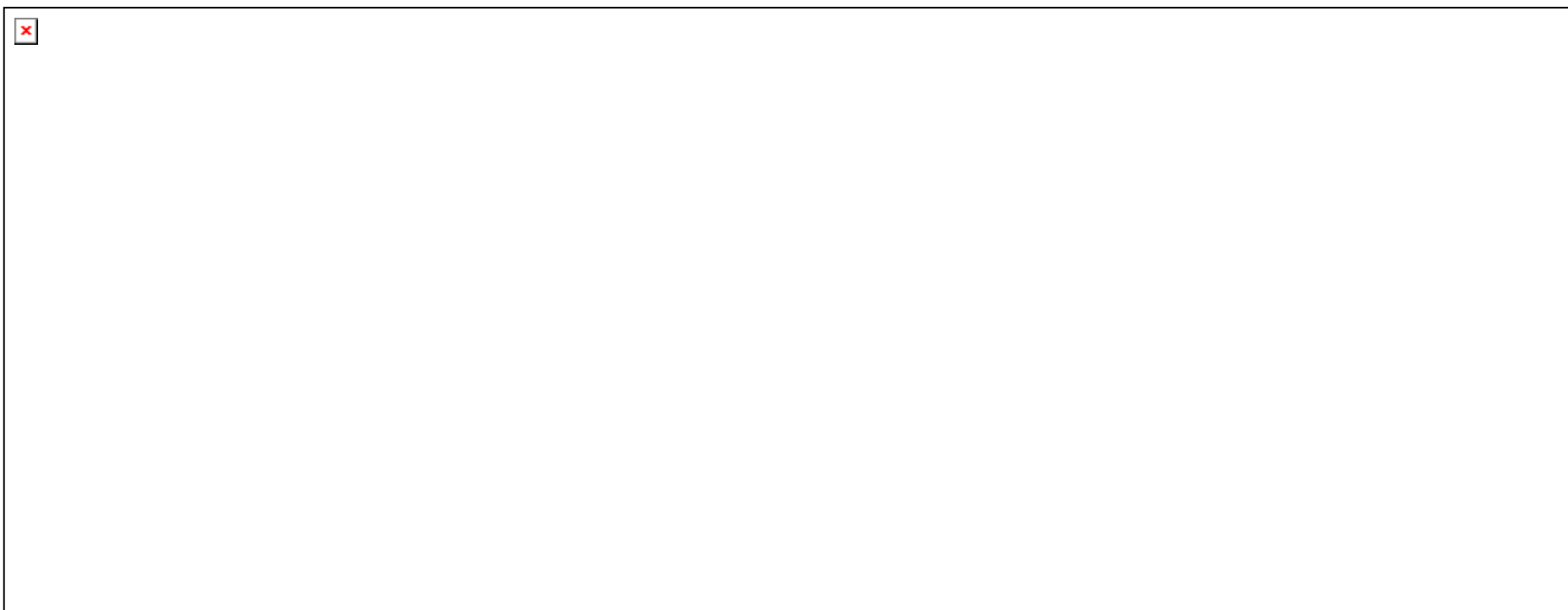
- h_{eff} is the effective height of the barrier;
- R_s is the path length between the source and the top edge of the barrier;
- R_R is the path length between the top edge of the barrier and the receiver;
- λ is the acoustic wavelength.

In Equation 68 $\text{sign}(h_{\text{eff}})$ is the signum function (sign = 1 for $h_{\text{eff}} > 0$, sign = 0 for $h_{\text{eff}} = 0$, sign = -1 for $h_{\text{eff}} < 0$).

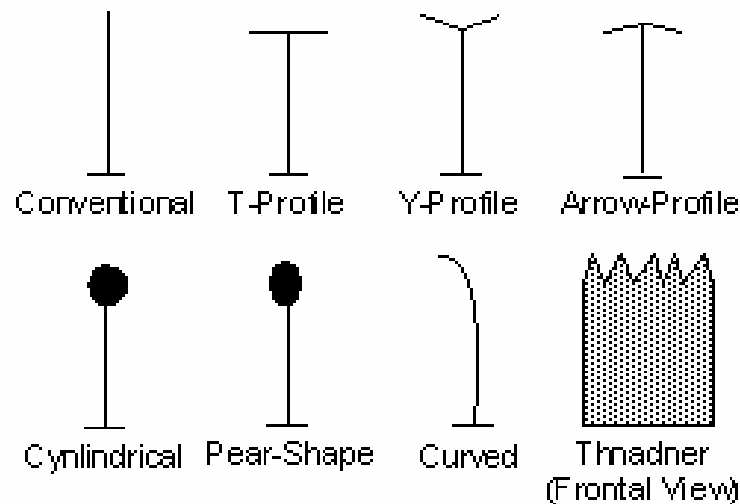
An illustration of the geometrical quantities is given in figure 16.



Difraktsioon Harmonoise'i ettepanekus



Mürabarjääri ülemise osa konstruktsioon difraktsiooni vähendamiseks



Allikas: USA Transpordiministeriumi föderaalne kiirteede amet (*U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.*
<http://www.fhwa.dot.gov/environMent/>)

Mürabarjääri difraktsiooni hindamine kasutades *in situ* mõõtmistehnikat

G R Watts, M Surgand, P A Morgan (TRL Limited, UK)
IOA SC02 (2002)

- Euroopa Standardiseerimiskomitee (2000)
Pr ENV 1793-5. *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 5: Intrinsic characteristics – In-situ values of sound reflection and airborne sound insulation.* (Teeliiklusrüüra vähendamise viisid – testimetod akustilise toimivuse määratlemiseks – Osa 5: Olemuslikud tunnused – heli peegeldamise *in situ* väärtused ja õhu kaudu leviva heli isoleerimine.)
Brüssel, Belgia: CEN.
- Watts G R, D H Crombie ja D C Hothersall (1994). *Acoustic performance of new designs of traffic noise barriers: Full scale tests.* (Teeliikluse mürabarjäärude uute projektide akustiline toimivus: täieulatuslikud katsed.) *Journal of Sound and Vibration* 177 (3), 289-305.

Mürabarjääri difraktsiooni hindamine kasutades *in situ* mõõtmistehnikat

G R Watts, M Surgand, P A Morgan (TRL Limited, UK)
IOA SC02 (2002)

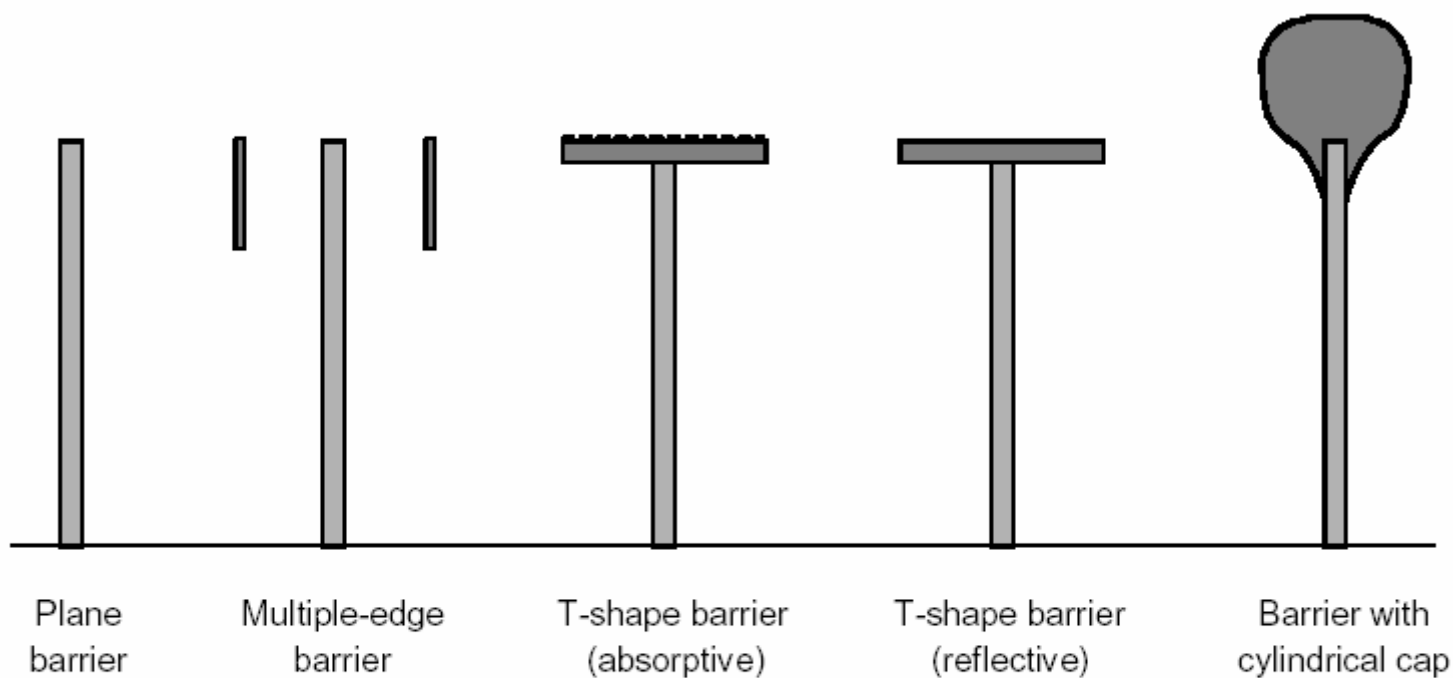
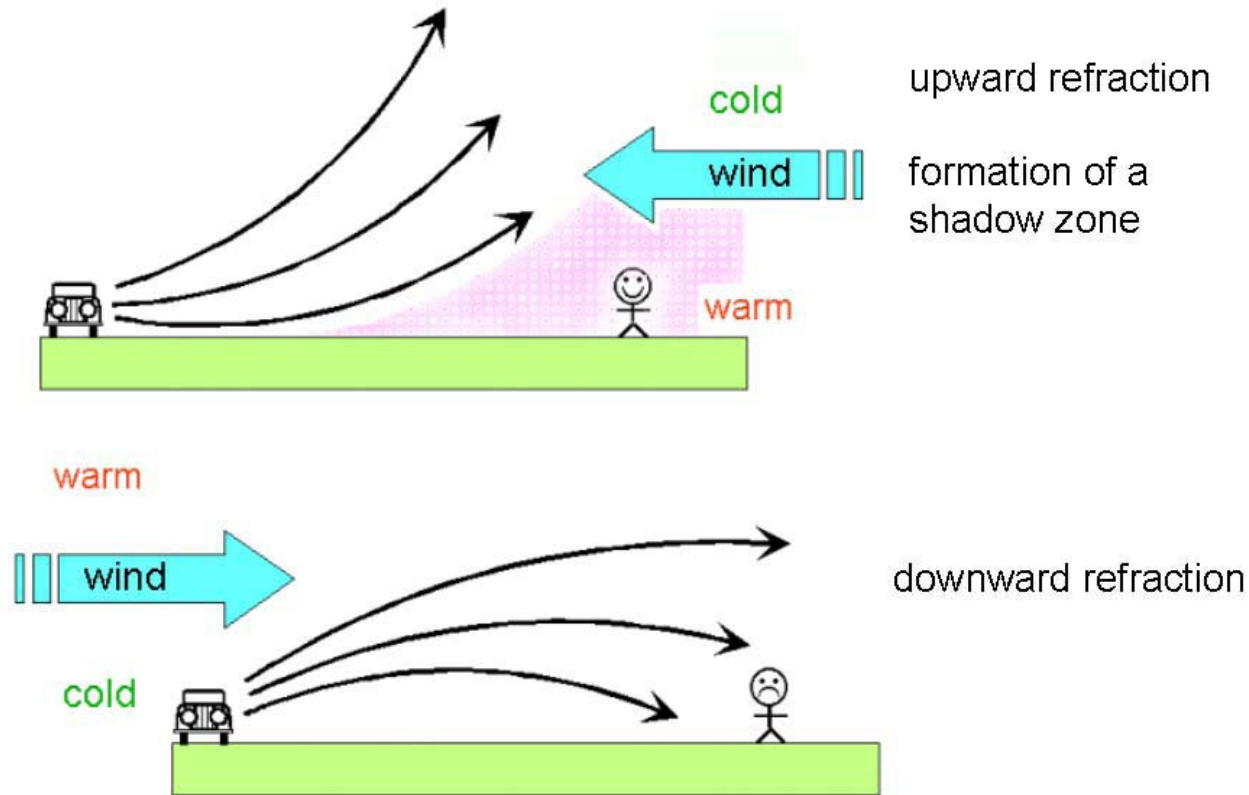


Figure 2: Noise barrier profiles tested on the barrier facility

Eesmärgid

- Euroopa Keskkonnamüra Direktiiv
- Mürakaart ja müraseire tulemused
- Mürabarjäärade peamised akustilised omadused
 - Lainete difraktsioon ja paindumine ülaservas
 - Ilmastikuolude mõju lainete levile
 - Akustiline takistus / neeldumine
- Kokkuvõte

Tuule kiiruse profiil ja müra levi

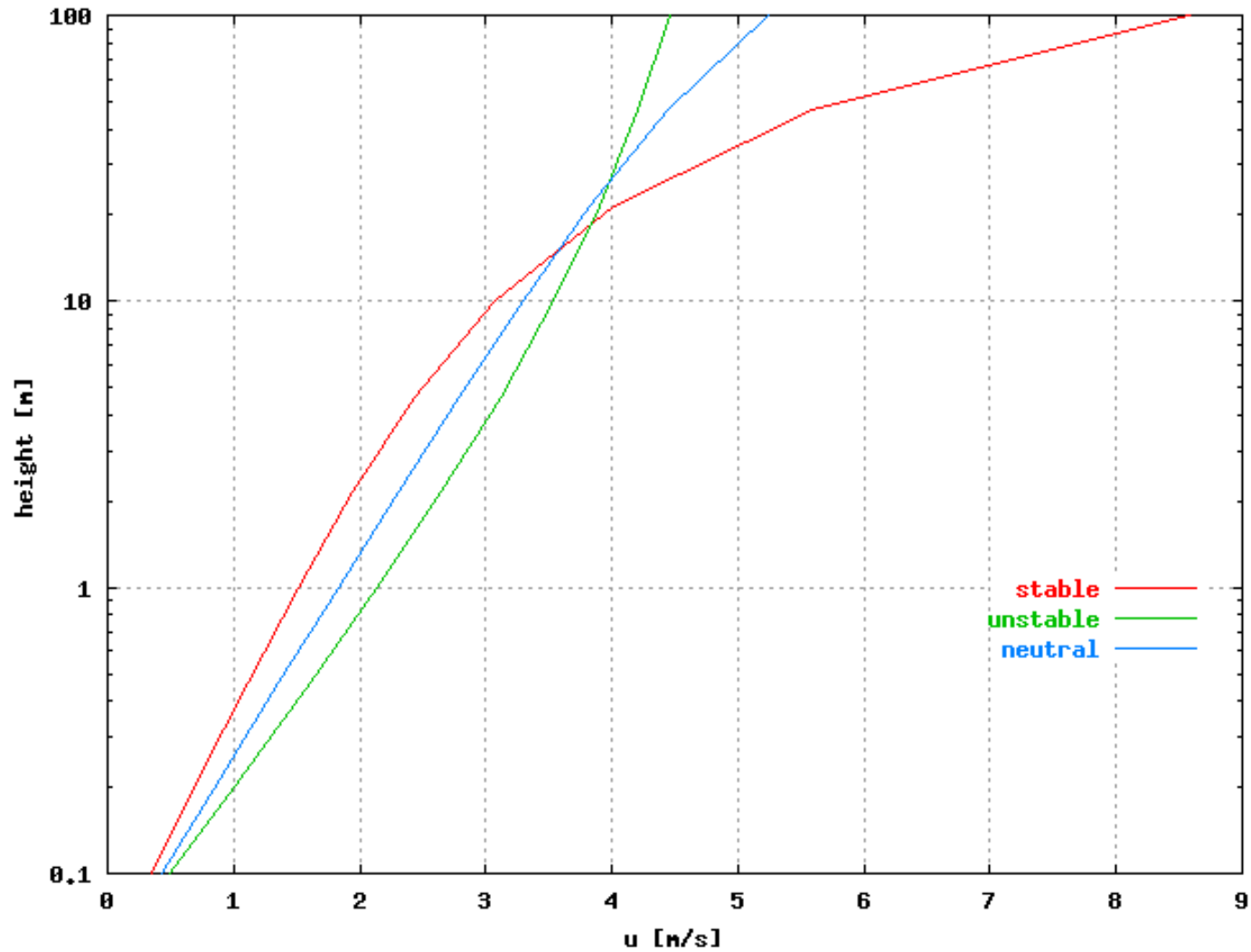


(Allikas D. Heimann: *Influence of meteorological parameters on outdoor noise propagation*. (Meteoroloogiliste parameetrite mõju müra levimisele välistingimustes) Euronoise, Naapoli, 2003)

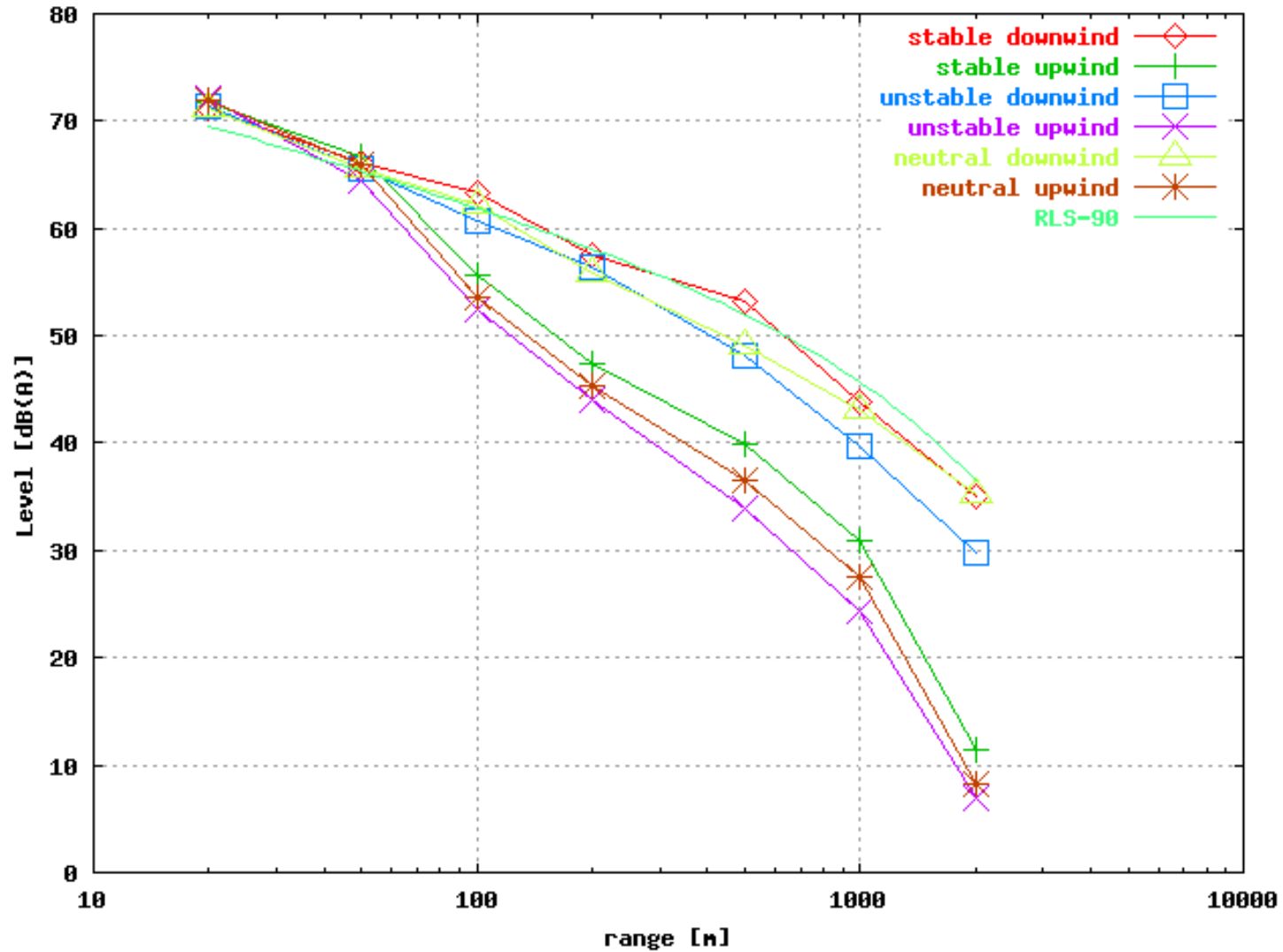
Lainete levi arvutamine

- Fast Field Programme (FFP)
- Kihiline meedium (atmosfäär)
- Maapinna takistus
- *Model calculations with a Fast Field Programme and comparison with selected procedures to calculate road traffic propagation under defined meteorological conditions.* (Näidisarvutused Fast Field Programme'i abil ning võrdlemine valitud protseduuridega, arvutamaks teeliikluse müra levi määratletud ilmastikutingimustes) Matuschek, Mellert, Kephelopoulos. Esitatud 2007.

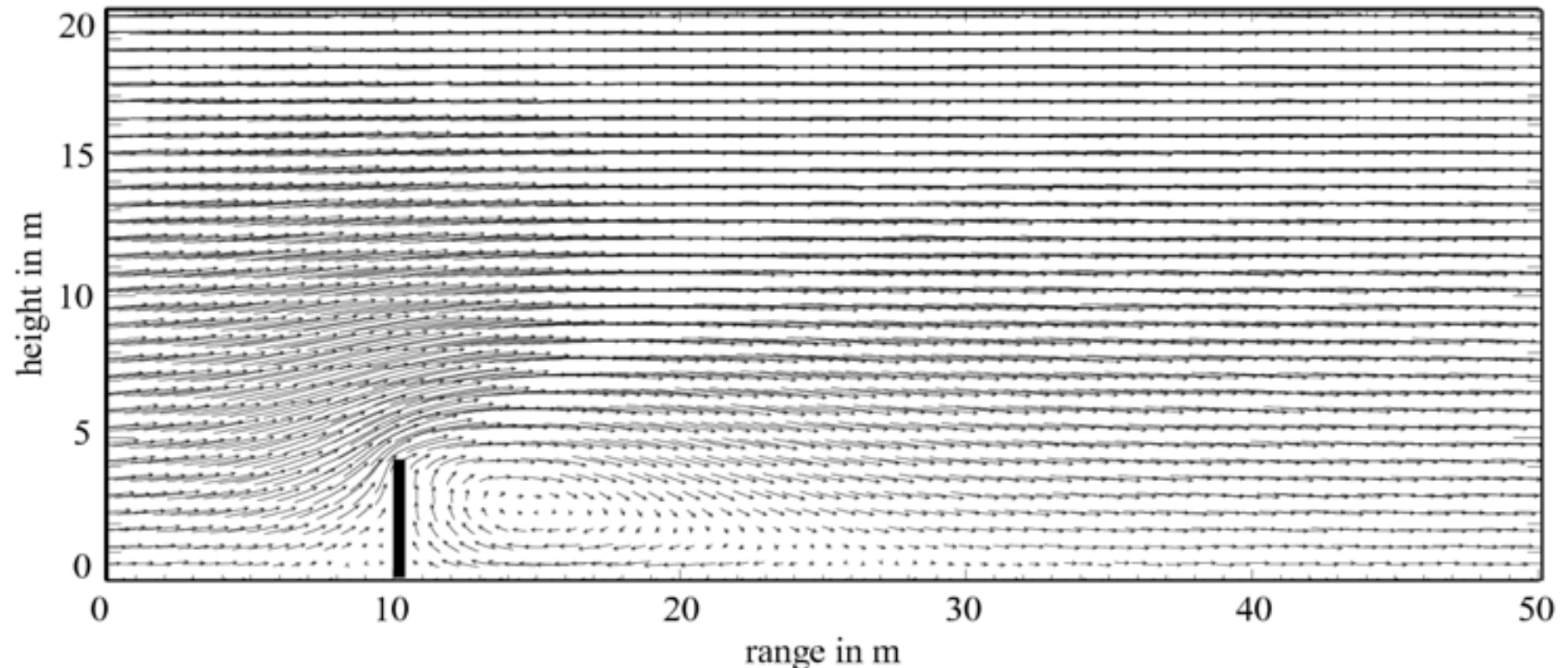
Tuuleprofiil lainete levi arvutamiseks



Lainete levi FFP arvutus

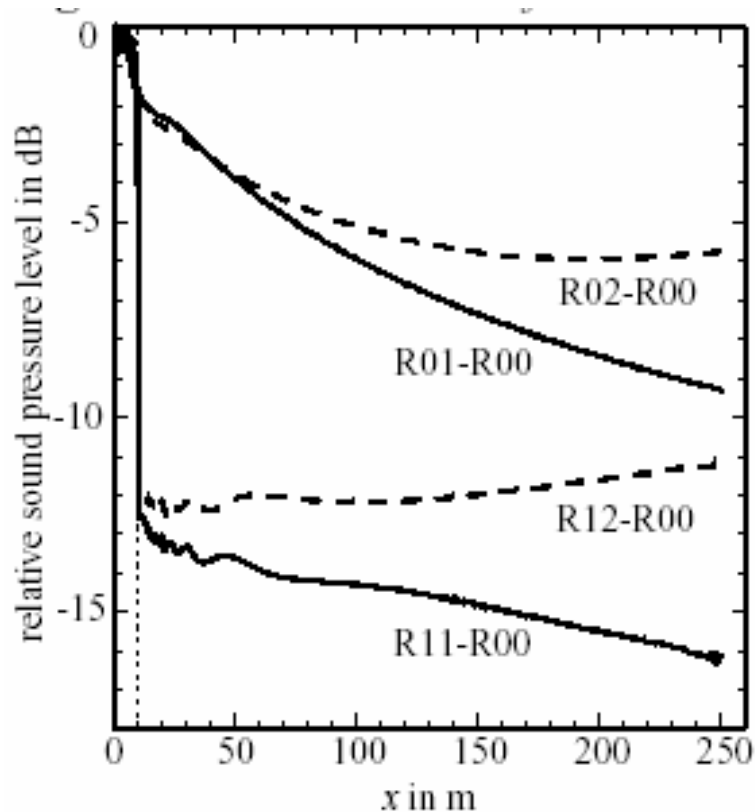


Ilmastikutingimused: õhuvoolu simulatsioon üle barjääri



D. Heimann: *Meteorological aspects in modelling noise propagation outdoors.* (Meteoroloogilised aspektid müra levimisel välistingimustes.) Euronoise, Naapoli 2003.

Ilmastikutingimused: emissioonitasemete muutumine



R01-R00: maapinna mõju

R02-R00: maapinna ja tuule mõju

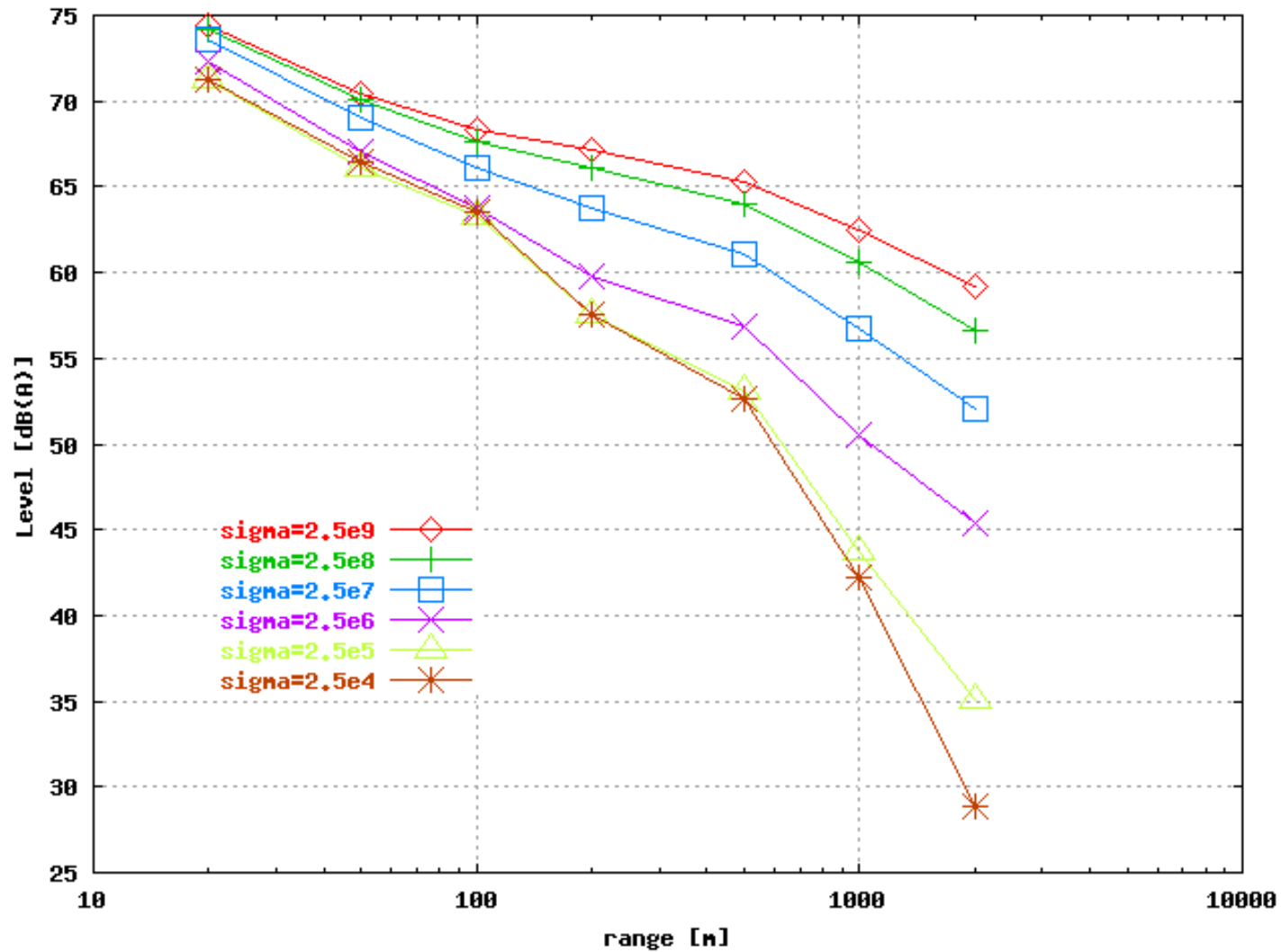
R11-R00: ekraani ja maapinna mõju

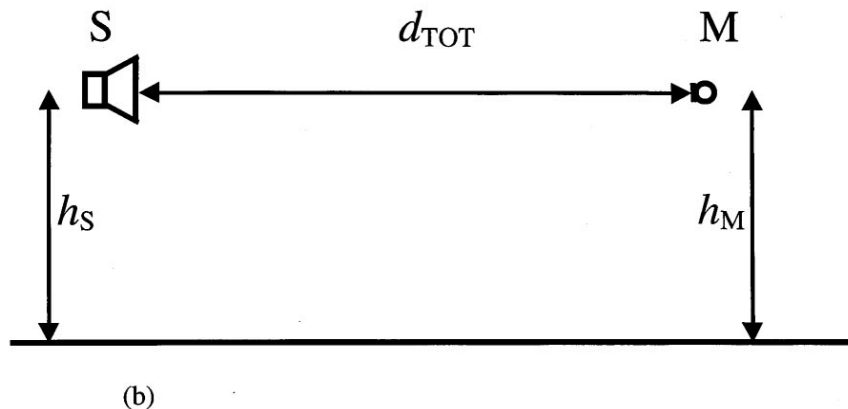
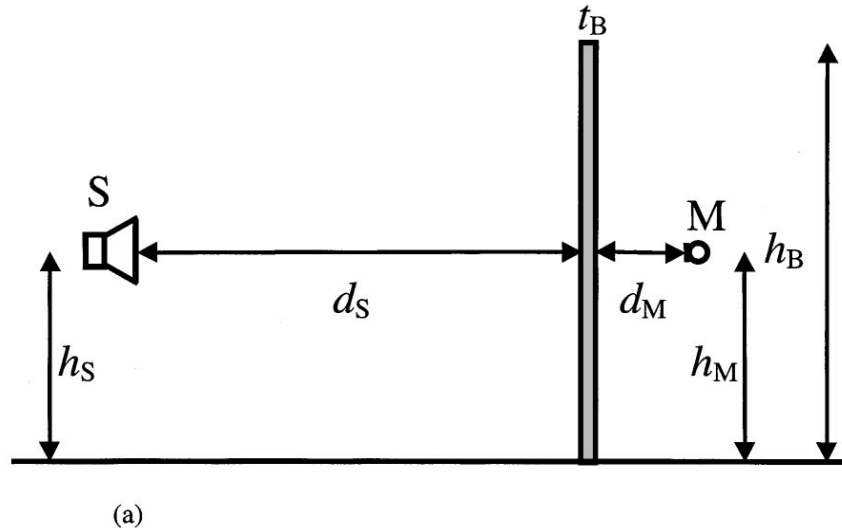
R12-R00: ekraani, maapinna ja tuule mõju.

Eesmärgid

- Euroopa Keskkonnamüra Direktiiv
- Mürakaart ja müraseire tulemused
- Mürabarjäärade peamised akustilised omadused
 - Lainete difraktsioon ja paindumine ülaservas
 - Ilmastikuolude mõju lainete levile
 - Akustiline takistus / neeldumine
- Kokkuvõte

Lainete levi: neelav ja peegeldav maapind





Heliisolatsiooni indeksi mõõtmine *in situ*

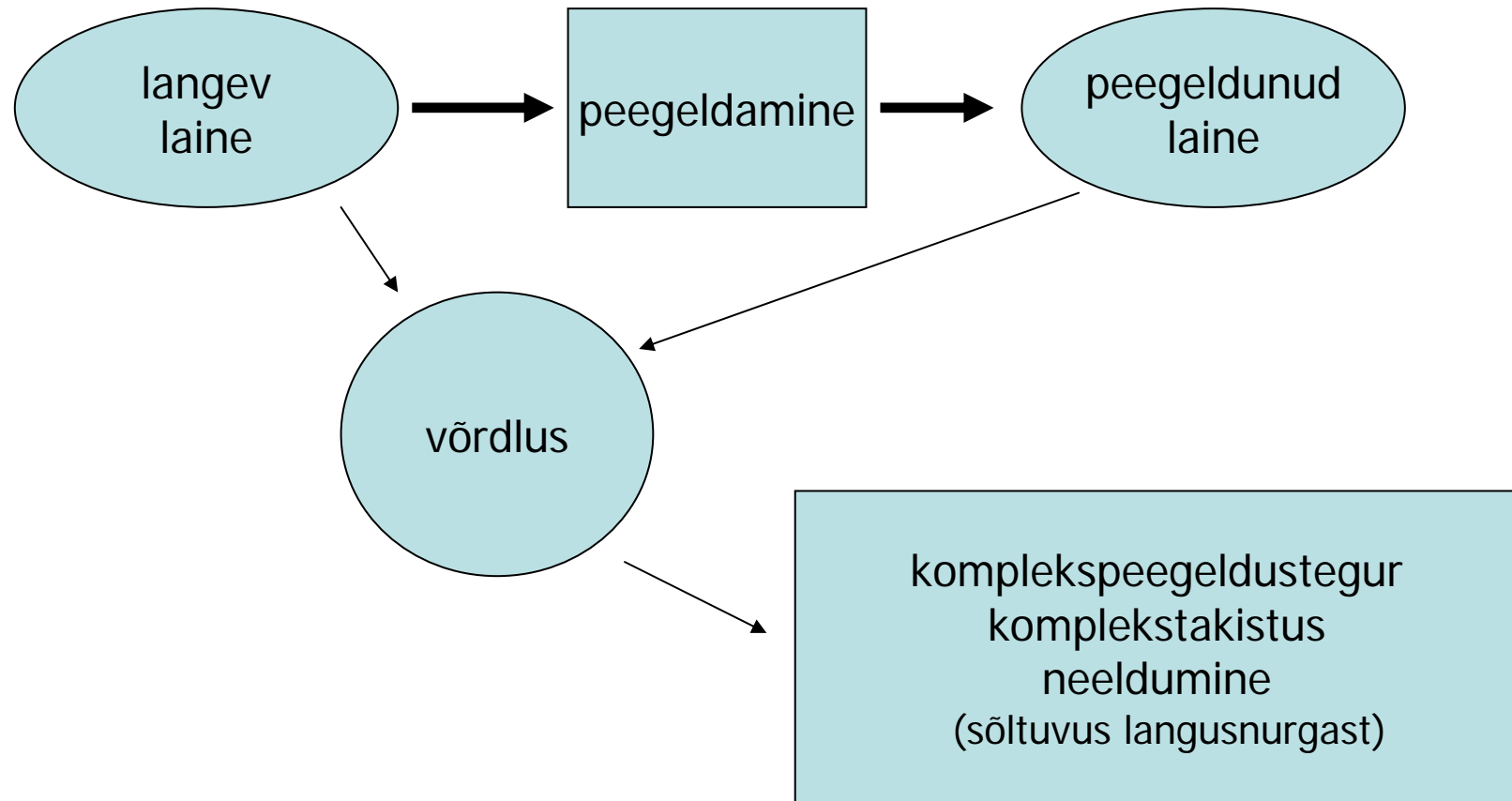
Põhimõtteline ülesehitus
Garai ja Guidorzi põhjal:

European methodology for testing the airborne sound insulation characteristics of noise barriers in situ: Experimental verification and comparison with laboratory data.

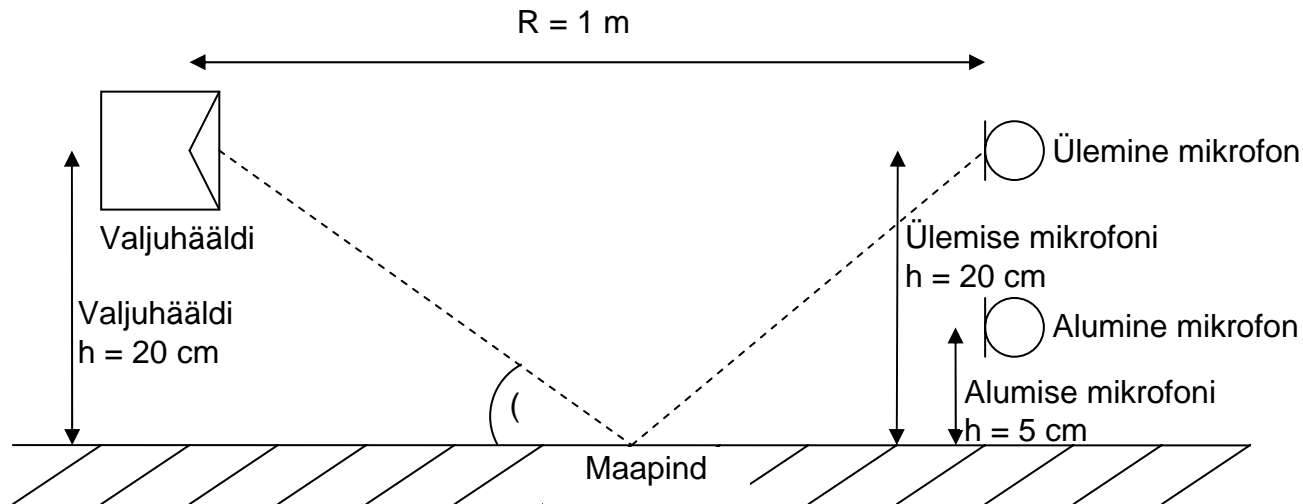
(Euroopa metodoloogia mürabarjäärade isolatsiooniomaduste *in situ* testimiseks õhu kaudu leviva heli puhul: eksperimentaalne kontrollimine ja võrdlus laboriandmetega.)

Journal of the Acoustic Society of America 108, 1054 (2000)

Põhimõtteline ülesehitus 'peegeldamine – takistus'

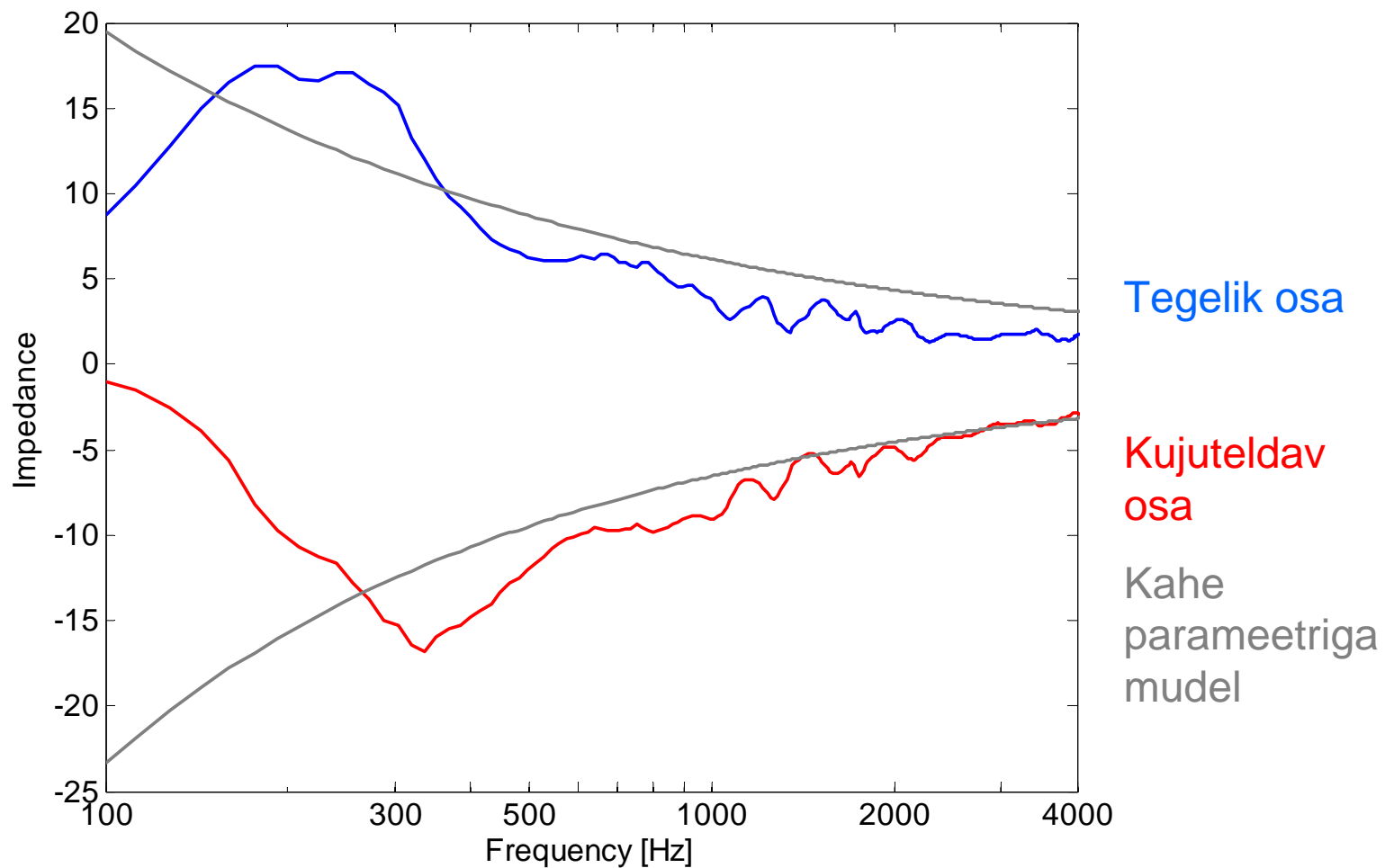


Mõõtmise näide: ülesehitus



B-geomeetria ANSI S1.18 (USA riiklik standard) põhjal

Mõõtmise näide: jalgpalliväljak



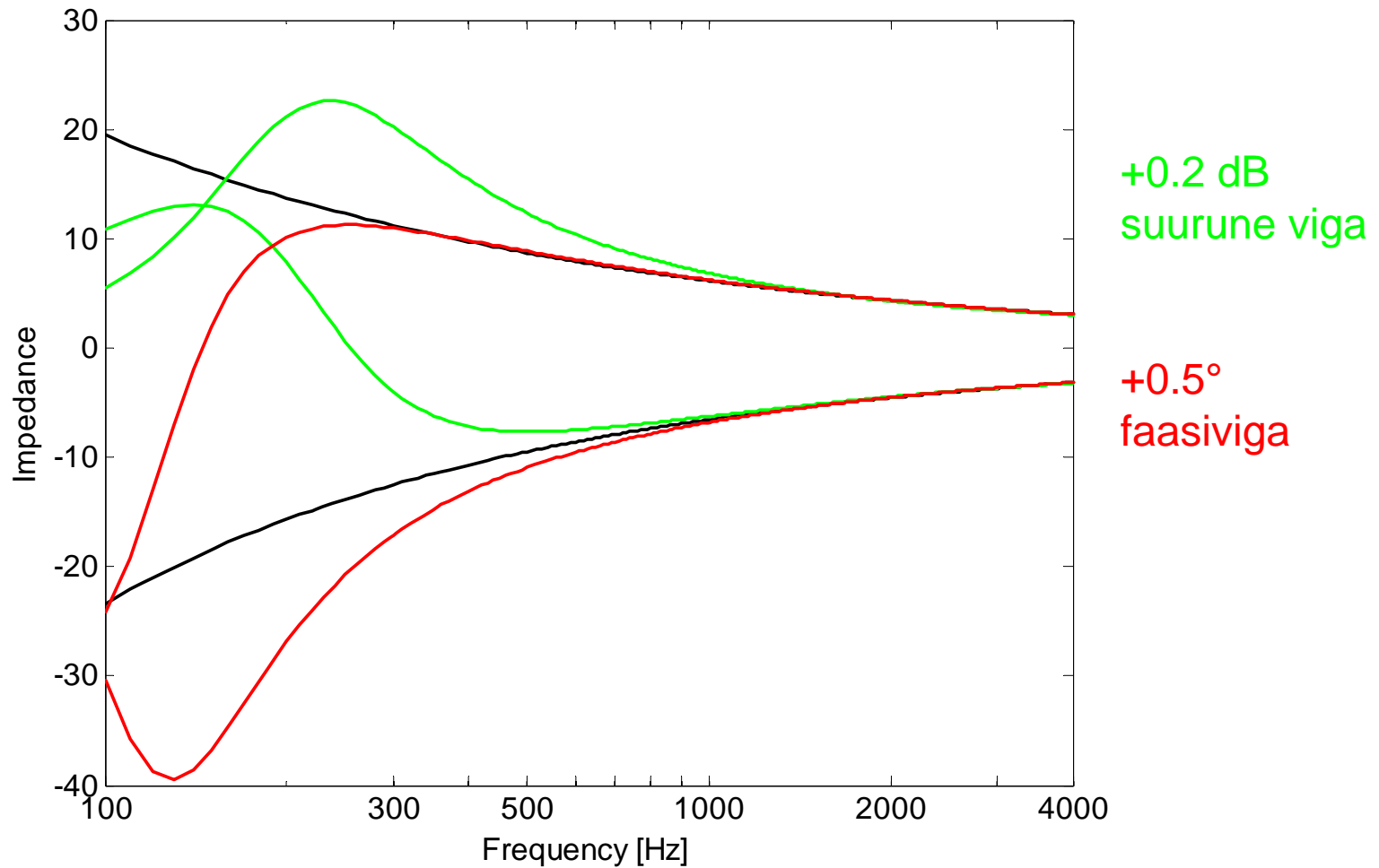
Kruse ja Mellert: *Effect and minimization of errors in in situ ground impedance measurements.*

(Maapinna takistuse *in situ* mõõtmiste vigade mõju ja nende minimeerimine.)

(Applied Acoustics. 2008. Trükis)

- Väikesed vead mikrofonide sobitamises põhjustavad olulisi vigu mõõdetud takistuses (neeldumises)
- Vead muutuvad väga suureks madalatel sagedustel
- Vead on „asümmeetrilised“: keskmise arvutamine ei ole võimalik.

Vigade mõju: ülekandefunktsioon



Kokkuvõte

- Riiklikud suunised müra levi arvutamiseks ja müra vähendamiseks barjääride abil toimivad hästi ning need sobivad optimeerimiseks.
- Euroopa suunised ühtlustavad rahvuslikke suuniseid ning hõlmavad rohkem levikuteede füüsikalisi komponente (näit ilmastikuolud).
- Barjääri ülaosa optimeerimist tuule kiiruse profiili suhtes ei ole lõpetatud.
- Neeldumise *in situ* mõõtmine vajab täiustamist.
- Müra kaardistamise protseduurid on hästi väljakujunenud, kuid puuduvad kehtivad sisendandmed – valitud kohtades toimuv emissiooniseire on väga soovitatav.