



Lietuvos akustikų sąjunga



# Vėjo jėgainių infragarsas

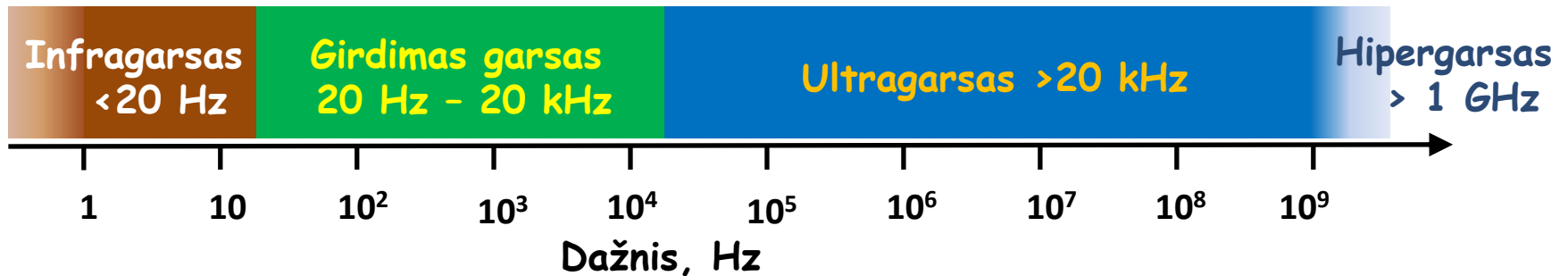
Prof. dr. Daumantas Čiplies

2020

# Kas tai yra infragarsas?

Infragarsu paprastai vadiname garsą, kurio dažniai yra žemiau girdimojo garso dažnių ruožo apatinės ribos 16 Hz (arba, suapvalinus, 20 Hz).

## Garsų skalė



# Kaip įvertinamas infragarso stiprumas?

Infragarso, kaip ir bet kokio kito garso stiprumą vertiname jo santykiu su tam tikra atskaitos verte. Paprastai šis santykis išreiškiamas decibelais.

	Garso slėgis	Garso intensyvumas	Garso slėgio/intensyvumo lygis
Atskaitos vertė	20 $\mu$ Pa	$10^{-12}$ W/m <sup>2</sup>	0 dB
Padidinus garso slėgį 1000 kartų, intensyvumas padidėja milijoną kartų			
	20 mPa	$10^{-6}$ W/m <sup>2</sup>	60 dB

Žmogus eidamas patiria maždaug 1 Hz 74 dB infragarsą (0,1 Pa).

Bėgdamas – apie 2 Hz 90 dB.

Vaikas sūpynėse – 0,5 Hz 110 dB

Judesio metu kinta galvos aukštis, taigi ir oro slėgis, veikantis ausies būgnelį.



# Ar žmogus gali girdėti infragarsą?

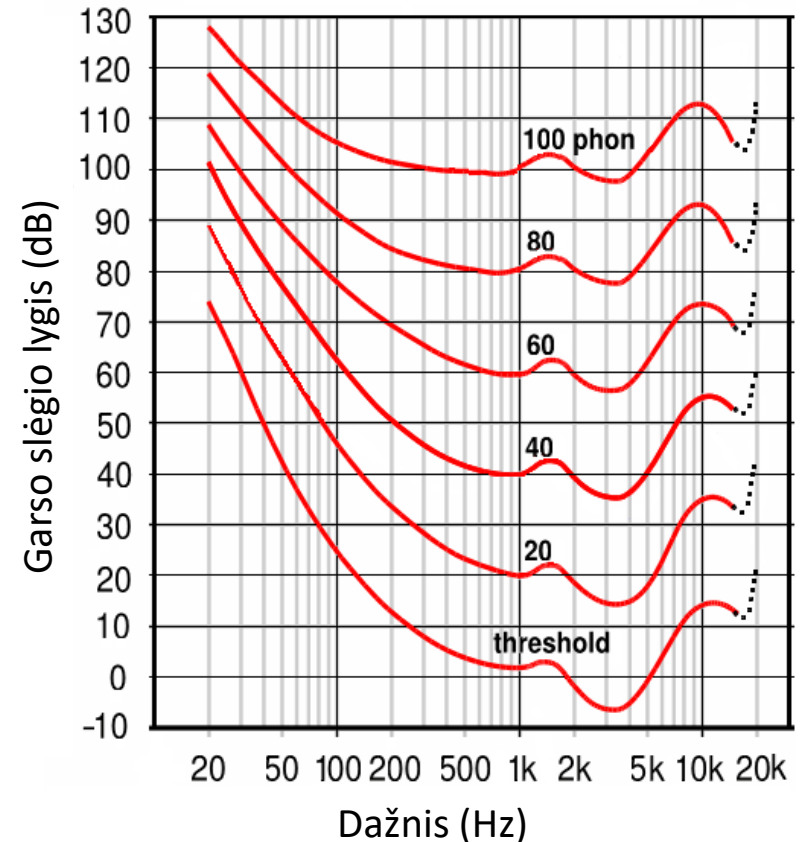
Taip, galima girdėti ir infragarsą, jeigu tik jis yra pakankamai stiprus. Tikslūs laboratoriniai matavimai rodo, kad akustinėje kameroje žmogus gali girdėti 4 Hz dažnio garsą, o su ausinėmis – iki 1,5 Hz.



G. Leventhall, Progress in Biophysics and Molecular Biology **93**, 13-17 (2007).

Skirtingo dažnio garsus žmogus girdi nevienodai

Vienodo garsumo kreivės



# Koks infragarsas yra saugus ?

## Lietuvos higienos norma HN 30:2018

„Infragarsas ir žemadažnis garsas: ribiniai dydžiai gyvenamosiose, specialiosiose ir visuomeninėse patalpose“

Dažnis, Hz	Girdimumo riba ( $L_{HS}$ ), dB
8	95,5
10	91,5
12.5	87,5
16	83,5
20	74

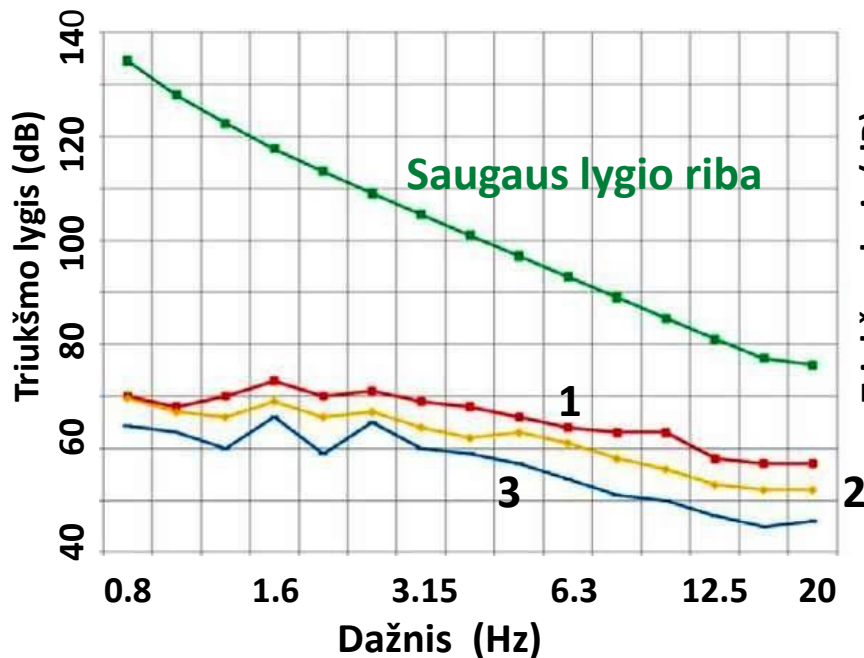
## Švedijos norma minus 15-20 dB

Dažnis, Hz	Garso lygis, dB
2	110-115
2,5	106-111
3,15	102-107
4	98-103
5	94-99
6,3	90-95
8	86-91
10	82-87
12,5	78-83
16	74-79
20	70-75

*N. Karlsson and H. Tjårnbro, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2012*

# Kiek infragarso skleidžia vėjo jėgainė?

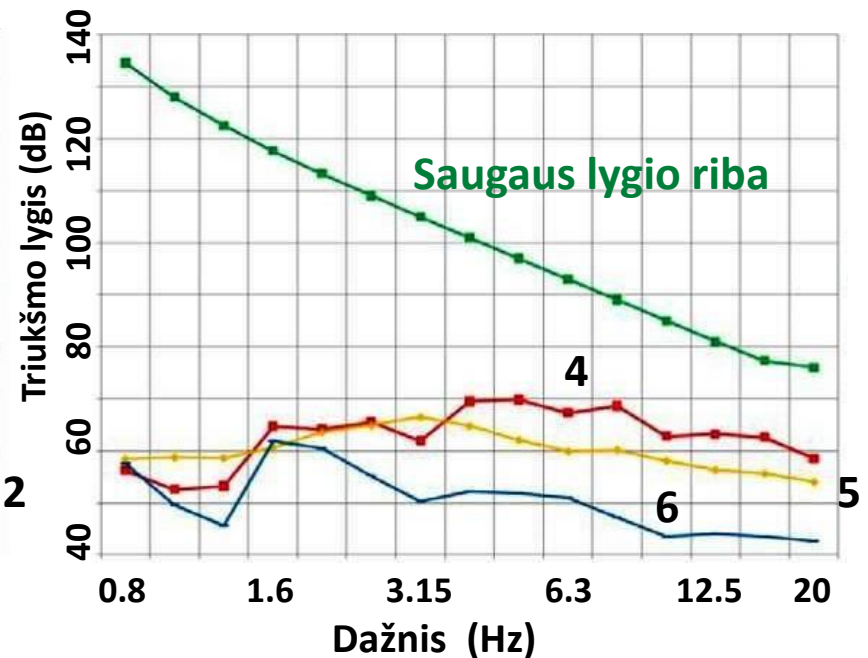
Vėjo jėgainių infragarso lygio matavimai



Nuotolis pavėjui nuo jėgainės pagrindo:  
(1) 85 m, (2) 185 m, (3) 360 m.

Matuota Clements Gap (Australija) parke, kurį sudaro 27 2,1 MW turbinos, esant 6-8 m/s vėjo greičiui.

Palyginimui: infragarso lygio iš kitų šaltinių matavimai



(4) paplūdimyje 25 m nuo vandens,  
(5) 250 m nuo uolėtos pakrantės,  
(6) sausumoje 8 km nuo jūros.

C. Turnbull et al, "Measurement and level of infrasound from wind farms and other sources", *Acoustics Australia* 40 (1), 45-50 (1990)

# Kaip infragarso lygis kinta su nuotoliu?

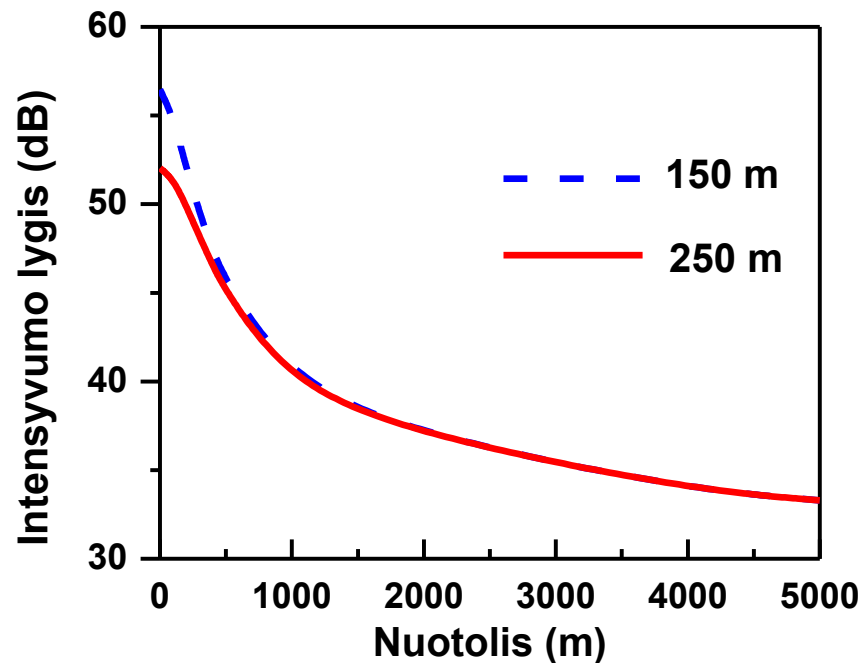
Infragarsas sklidimo eigoje silpnėja.

Iki 1 km  $I \sim 1/R^2$  (sumažėja 6 dB padvigubinus atstumą).

Virš 1 km  $I \sim 1/R$  (sumažėja 3 dB padvigubinus atstumą).

- Pvz., 1,5 km atstumu nuo šaltinio infragarso intensyvumas yra maždaug 10 kartus mažesnis (-10 dB) negu 400 m nuotolyje.

Infragarso intensyvumo lygio priklausomybė nuo atstumo nuo jėgainės pagrindo esant dviems skirtingiems bokšto aukščiams

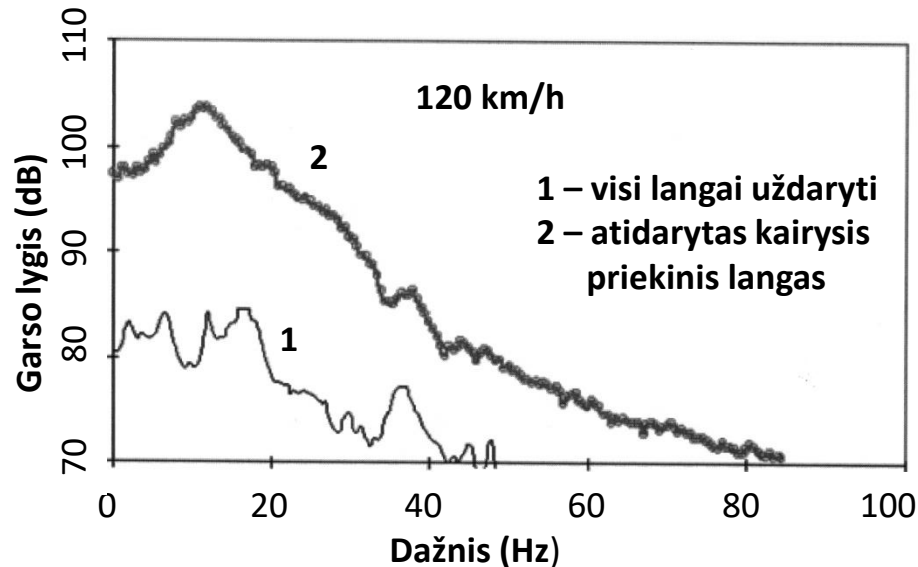


# Gamtiniai infragarso šaltiniai

Šaltinis	Dažnis (Hz)	Nuotolis (km)	Garso lygis (dB)
Tornadai	0.02 - 10	30 – 800	68-84
Vėjas kalnuose	0.02 – 0.1		74 – 104
Stiprūs žemės drebėjimai	0.03 – 0.1	100 – 1000	74 – 100
Vulkanų išsiveržimai	<0.01	~1000	118
Sniego lavinos	0.05 - 2	100	60 -68
Meteoritai	0.05 – 5	100 – 1000	68 - 94
Šiaurės pašvaistė	0.001 – 0.1		74 - 88
Jūros bangavimas	0.12 – 0.5		54 – 94



## Infragarsas automobilyje



**Traktoriai 120-128 dB**

**Skalbimo mašina grežimo režime skleidžia apie 81 dB infragarą.**

*N. Karlsson and H. Tjårnbro, "Motion sickness in cars"  
Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden, 2012*

# Apibendrinimas

Vėjo jėgainių sukeliama infragarso ir jo poveikio žmogui bei aplinkai tyrimams skiriamas didžiulis dėmesys.

Vėjo energetiką vystančių šalių vyriausybių užsakymu atliekami ilgalaikiai tyrimai, pvz. 2014 m. paskelbti vienerių metų tyrimų programos Kanadoje rezultatai, 2020 m. birželio mėn - dviejų metų Suomijoje, ir t.t.

Tyrimų rezultatai rodo, kad vėjo jėgainių skleidžiamo infragarso lygis yra santykinai žemas lyginant su foniniais gamtiniais ir kitais žmogaus sukurtais infragarso šaltiniais.

Vėjo jėgainių infragarsas neviršija saugaus lygio ir nesukelia žalos žmonių sveikatai ar savijautai.

# Literatūra

1. P. Ilgakojis, E. Jotautienė, S. Merkevičius, J. Bazaras. An investigation of infrasonic in traffic flow noise. *WIT Transactions on the Built Environment*. 77, 511-520 (2005).
2. B. Jaskelvičius, N. Užpelkienė. Research and assessment of wind turbine's noise in Vydmantai. *J. of Environmental Engineering and Landscape Management*. 16, 2, 76-82 (2008).
3. D. Gužas, R. Viršilas. Infrasound hazards for the environment and the ways of protection. *Ultragarsas*. 64, 3, 34-37 (2009).
4. L. Žukienė, A. Kanapickas, S. Žukas. Spectrum analysis of wind turbine noise in Vydmantai. *Ekologija*, 57, 2, 81-85 (2011).
5. J. Mažuolis. Vėjo jėgainių keliamo triukšmo bei apsaugos priemonių tyrimas ir vertinimas. Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“, Vilnius (2013).
6. V. Katinas, M. Marčiukaitis, M. Tamašauskienė. Analysis of the wind turbine noise emissions and impact on the environment. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 58, 825-831 (2016).
7. IEC, 1994. 60050-801:1994 International electrotechnical vocabulary—chapter 801: acoustics and electroacoustics.
9. British-Standards, 1995. BS4727-3 Electrotechnical, power, telecommunication, electronics and lighting. Part 3: terms particular to telecommunications and electronics. Group 08: acoustics and electroacoustics.
10. G. Leventhall. What is infrasound? *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 93 130–137(2007).
11. T. Watanabe, H. Møller, H. Low frequency hearing thresholds in pressure field and free field. *J. Low Frequency Noise Vibrat.* 9,106–115 (1990).
12. N.S. Yeowart, M.E. Bryan, W. Tempest. The monaural MAP threshold of hearing at frequencies from 1.5 to 100 c/s. *J. Sound Vibrat.* 6, 335–342 (1967).

13. International Standard ISO:226, 2003. Acoustics—normal equal-loudness contours.
14. International Standard ISO 7196: 1995 (E). Acoustics - Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements. Reviewed and confirmed in 2017.
15. Lietuvos higienos norma HN 30:2018. Infragarsas ir žemadažnis garsas: ribiniai dydžiai gyvenamosiose, specialiosiose ir visuomeninėse patalpose.
16. N. Karlsson and H. Tjårnbro. Motion sickness in cars: Physiological and psychological influences on motion sickness. Bachelor of Science Thesis on behalf of Volvo Cars. Chalmers University of Technology , Gothenburg, Sweden (2012).
17. J. Jakobsen. Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration. J. Low Freq.Noise Vib. **20**, 3, 141-148 (2001).
18. C. Turnbull et al. Measurement and level of infrasound from wind farms and other sources. Acoustics Australia 40 (1), 45-50 (1990).
19. G. P. Van der Berg et al. Windfarm perception: visual and acoustic impact of wind turbine of wind turbine farms on residents. Report FP6-2005-Science-and-society. University of Groningen, Göteborg University, 2008.
20. J. M. Noble and S.M. Tenney. Long range detection and modeling of sounding rocket launches. Proc. 2003 BACIMO Conf., Monterey, USA (2003).
21. B. Bilski. Exposure to infrasonic noise in agriculture. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 24, 1, 86-89 (2017).
22. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/health-risks-safety/radiation/everyday-things-emit-radiation/wind-turbine-noise.html>