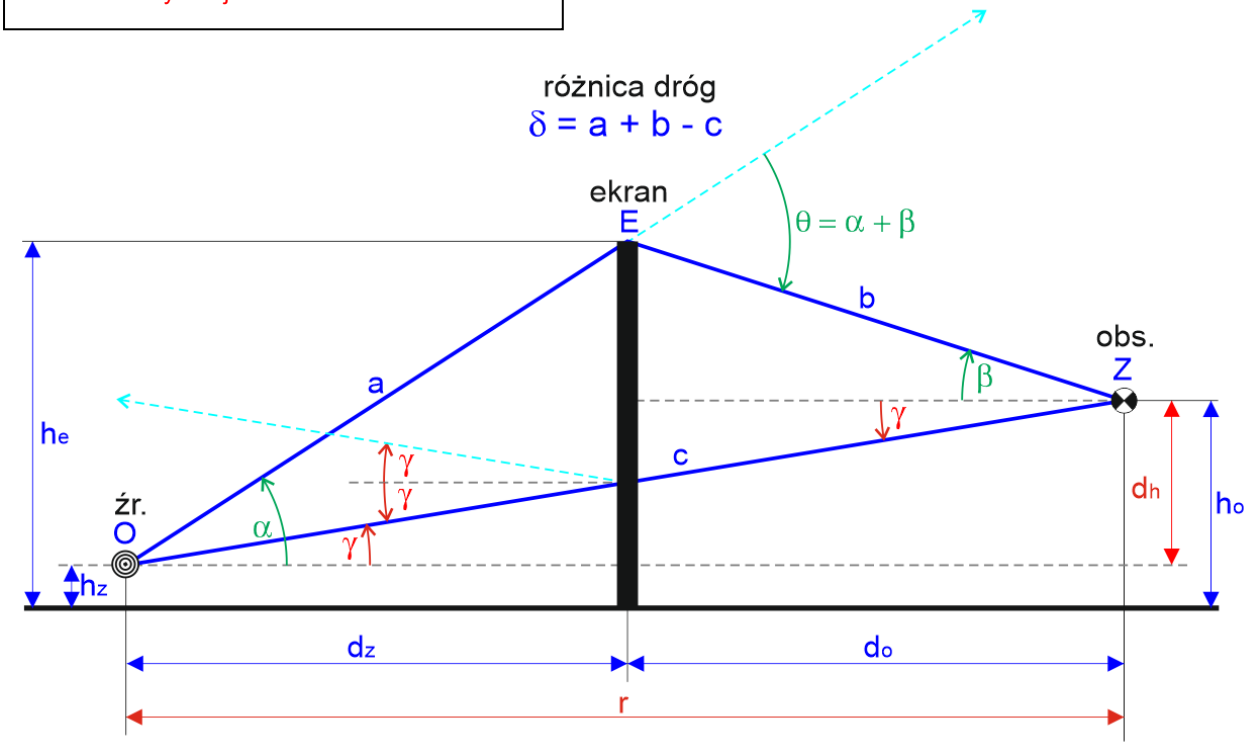
Ekranowanie

Porównanie wzoru Sommerfeld'a wynikającego z modelu falowego, z innymi wzorami wykorzystywanymi do obliczeń skuteczności ekranowania akustycznego wraz z propozycją własnego wzoru uproszczonego, który daje w wyniku bardziej realne wartości.

Materiał do dyskusji.

NTL - M.Kirpluk
Mikołaj Kirpluk „NTL-M.Kirpluk"
00-761 Warszawa, ul.Belwederska 3 m.6
korespondencja / laboratorium: 43-200 Pszczyna, ul.Bratnia 33
tel. (+48) 502 216620, mkirpluk@ntlmk.com
www.ntlmk.com



Skuteczność ekranowania wg rozwiązań Sommerfeld'a:

$$\Delta L_E = -10 \cdot \lg\left[\frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{2} - C(\upsilon)\right)^2 + \left(\frac{1}{2} - S(\upsilon)\right)^2}\right]$$

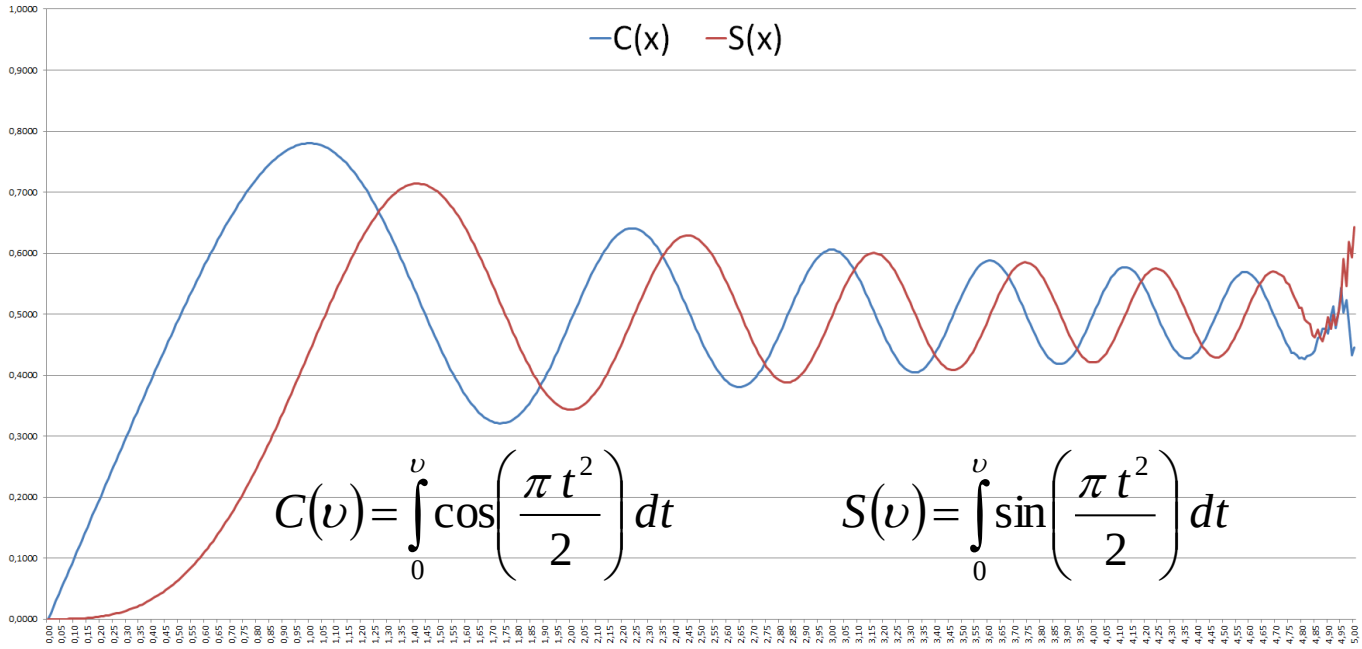
gdzie υ - parametr dyfrakcyjny dla źródła punktowego (dalej analizowany):

$$\upsilon_{pkt} = \sqrt{N \cdot \frac{a+b}{a \cdot b}} \qquad \text{oraz} \qquad N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2f\delta}{c}$$

lub υ - parametr dyfrakcyjny dla źródła liniowego (informacyjnie):

$$\upsilon_{lin} = \sqrt{2N} \qquad \text{oraz} \qquad N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2f\delta}{c}$$

Całki Fresnel'a w rozwiązaniu Sommerfeld'a (suma szeregów dla 55 iteracji):



Wyniki analiz przedstawiono w załącznikach.

Wyniki obliczeń wg Sommerfelda porównano z innymi wzorami na obliczanie skuteczności ekranowania:

a) wzór Kurzego-Andersona:

$$\Delta L = 5 + 20 \cdot \lg\left(\frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh\sqrt{2\pi N}}\right) \qquad N = \frac{2\delta}{\lambda}$$

b) wzór Maekawy (dla źródła punktowego):

$$\Delta L = 10 \cdot \lg(3 + 20 \cdot N)$$

c) wzór wg normy ISO 9613-2 oraz wg Instrukcji ITB 338:
- wzór „złagodzony" względem wzoru Maekawy, ale nadal pozostaje dla δ=0 niefizyczna wartość ekranowania 4,8 dB niezależna od częstotliwości;

$$\Delta L_e = 10 \cdot \log\left(3 + \frac{20}{\lambda} \cdot \delta\right) = 10 \cdot \lg(3 + 10 \cdot N)$$

d) wzór własny - opr. Mikołaj Kirpluk 2023 - **propozycja**:
- po analizie błędów we wzorze powyżej, wprowadzono pod logarytmem liczbę 1, żeby zapewnić ΔL=0 dB dla δ=0 oraz usunięto czynnik 10 przy liczbie Fresnel'a w celu urealnienia skuteczności ekranowań:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg(1 + N) \qquad N = \frac{2\delta}{\lambda}$$

Opracowanie wykonano przy pomocy:

- arkusza kalkulacyjnego **Microsoft Excel** - aplikacja własna:
  - w tym definicje makr dla całek Fresnela liczone iteracyjnie jako suma szeregu dla n=55.
- modelu sztucznej inteligencji (AI) **Microsoft Copilot**:
  - dla zapytania: Policz ekranowanie fali akustycznej. Źródło emituje falę cylindryczną / sferyczną. Analizujemy tylko ugięcie fali na górnej krawędzi ekranu. Nie analizujemy odbicia. Powierzchnia pozioma idealnie chłonna. Nie używamy przybliżenia Maekawy. Nie używamy wzorów z norm. Nie używamy wzorów z instrukcji ITB.

Załączniki:

1. zależność tłumienia od **kąta ugięcia** θ - h_z = 0m, d_z = 4m, $\boldsymbol{h_e}$ **= 4m**, d_o = 4m
2. zależność tłumienia od **kąta ugięcia** θ - h_z = 0m, d_z = 4m, $\boldsymbol{h_e}$ **= 4m**, d_o = 20m
3. zależność tłumienia od **kąta ugięcia** θ - h_z = 0m, d_z = 4m, $\boldsymbol{h_e}$ **= 4m**, d_o = 100m
4. zależność tłumienia od **odległości od ekranu** $\boldsymbol{d_o}$ - h_z = 0m, d_z = 4m, $\boldsymbol{h_e}$ **= 4m**, h_0 = 4m
5. zależność tłumienia od **odległości od ekranu** $\boldsymbol{d_o}$ - h_z = 0m, d_z = 4m, $\boldsymbol{h_e}$ **= 6m**, h_0 = 4m
6. zależność tłumienia od **odległości od ekranu** $\boldsymbol{d_o}$ - h_z = 0m, d_z = 4m, $\boldsymbol{h_e}$ **= 8m**, h_0 = 4m
7. zależność tłumienia od **częstotliwości** dla ekranów $\boldsymbol{h_e}$ **= 0, 4, 6, 8m**

Wnioski:

- we wszystkich dotychczas publikowanych modelach ekranowania otrzymujemy dla małych kątów ugięcia (<5°) tłumienia rzędu 5 dB - i to niezależnie od częstotliwości;
- wzór Sommerfeld'a, poza sytuacją dla δ=0, daje znacznie bardziej wiarygodne (mniejsze!) skuteczności ekranowania niż dotychczas stosowane wzory;
- propozycja własna wzoru - wg Mikołaj Kirpluk 2023 - daje skuteczności porównywalne z rozwiązaniami Sommerfeld'a;

Do modelowania w środowisku sytuacji „*najniekorzystniejszych*" bezpieczniejsze jest użycie niżej zaproponowanego wzoru na skuteczność ekranowania:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg(1 + N) \qquad N = \frac{2\delta}{\lambda}$$

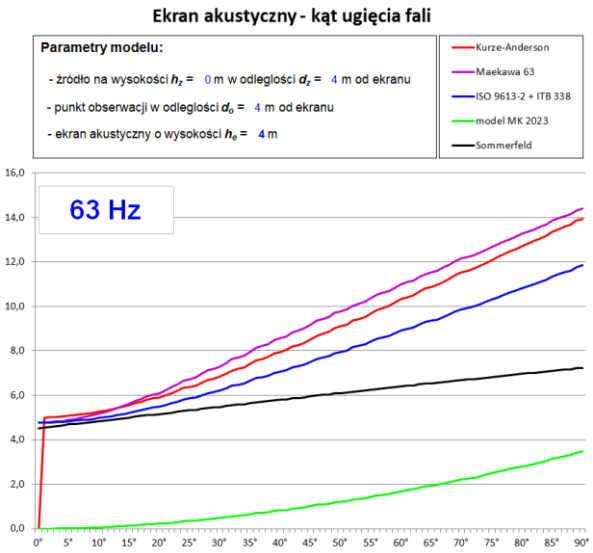
Opracował: **Mikołaj Kirpluk**

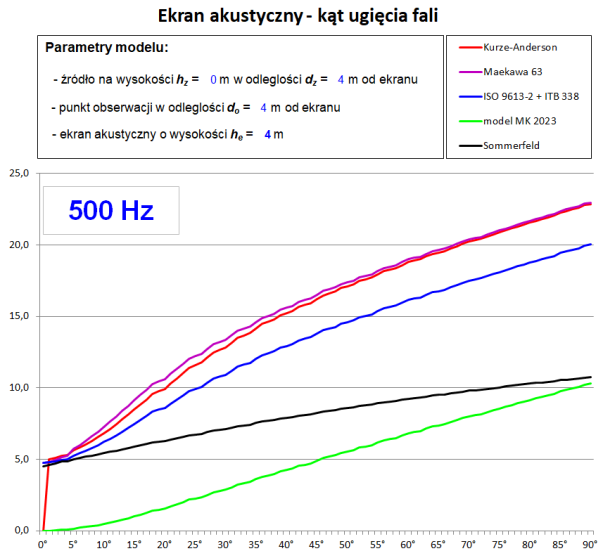
2026-10-11

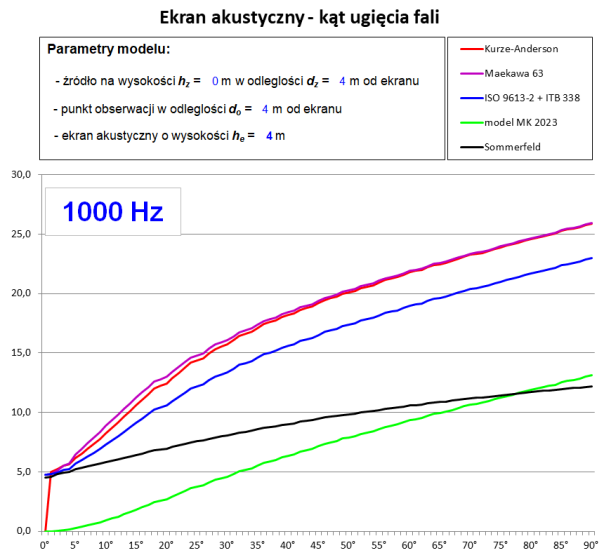
Prawa autorskie: © Mikołaj Kirpluk 2026
Licencja do wykorzystania: *pro publico bono*
Dostępne na stronie www.ntlmk.com w zakładce *„E-biblioteka"*

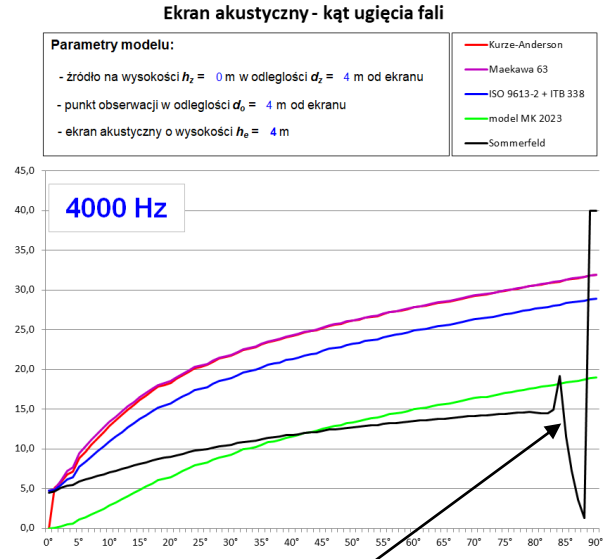
Załącznik 1

h_z = 0m, d_z = 4m, h_e = **4m**, d_0 = **4m**





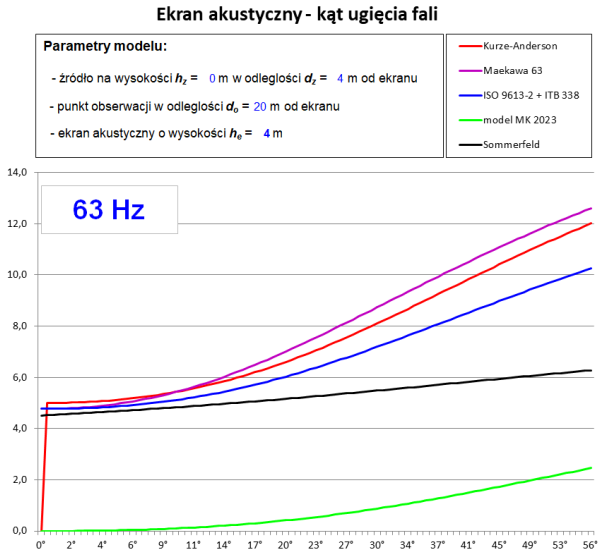


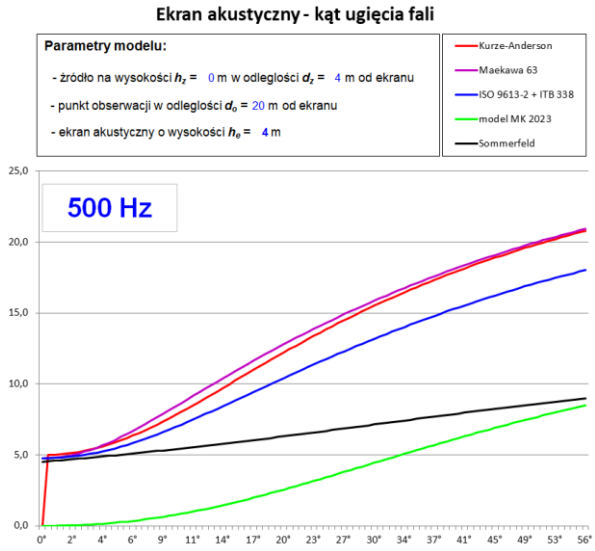


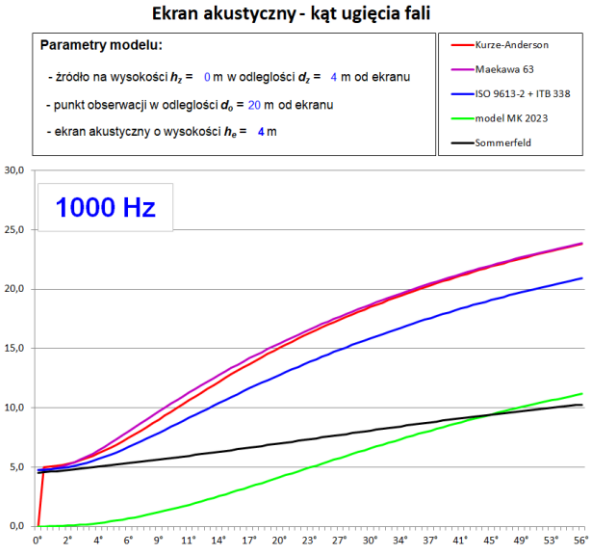
załamanie modelu obliczeniowego całek Fresnel'a

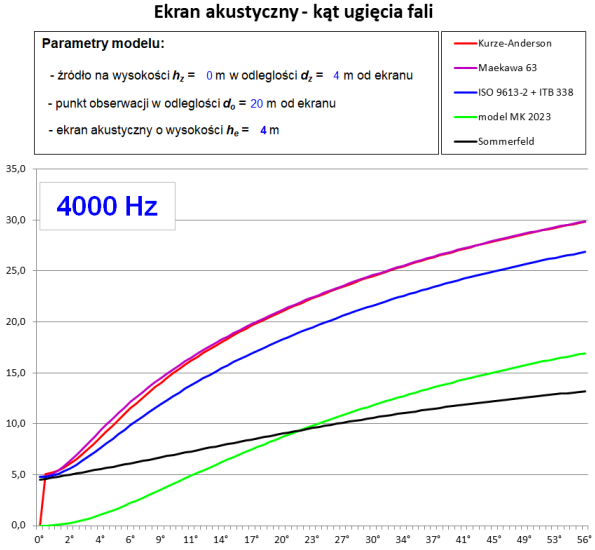
Załącznik 2

h_z = 0m, d_z = 4m, h_e = **4m**, d_0 = **20m**



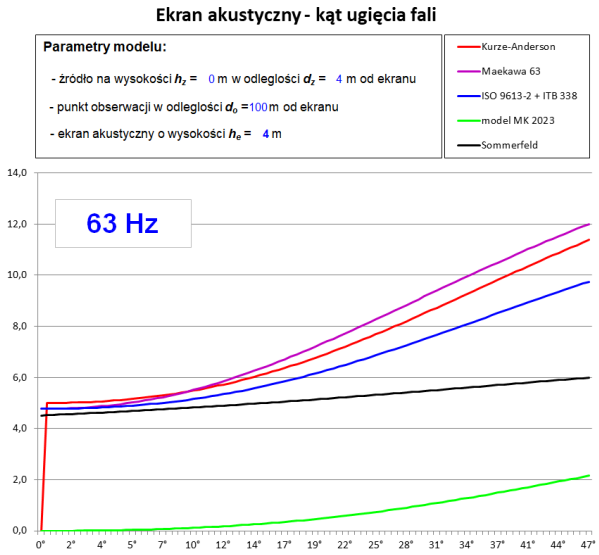


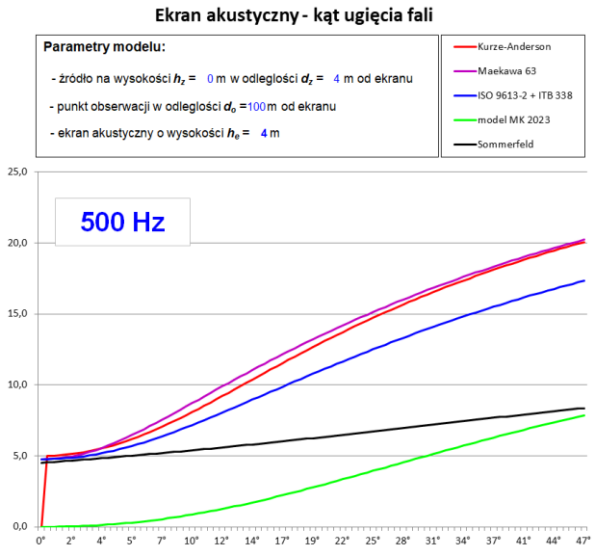


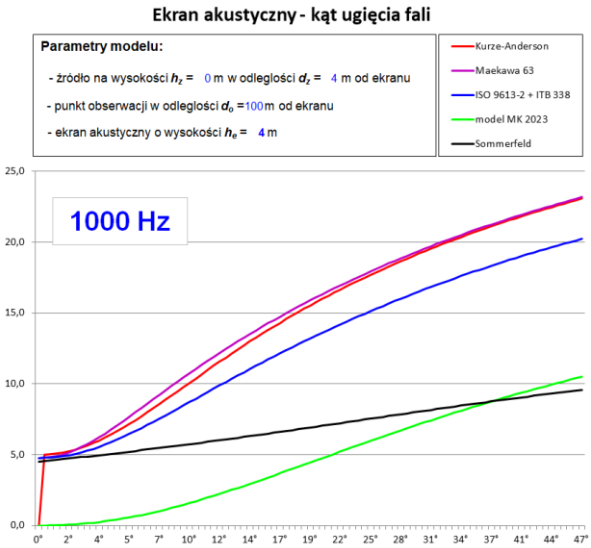


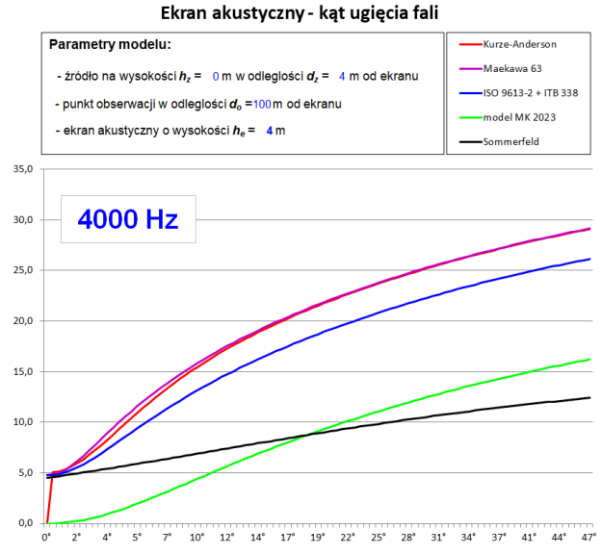
Załącznik 3

h_z = 0m, d_z = 4m, h_e = **4m**, d_0 = **100m**





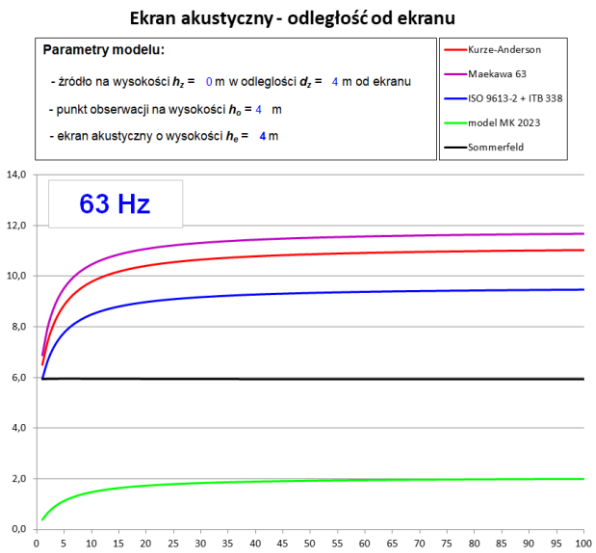


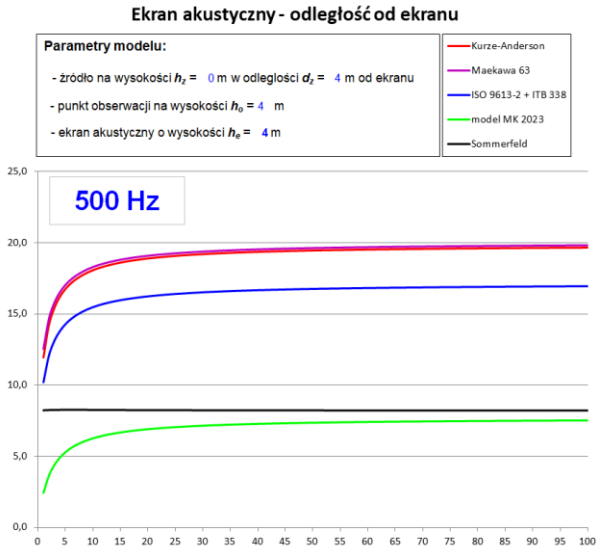


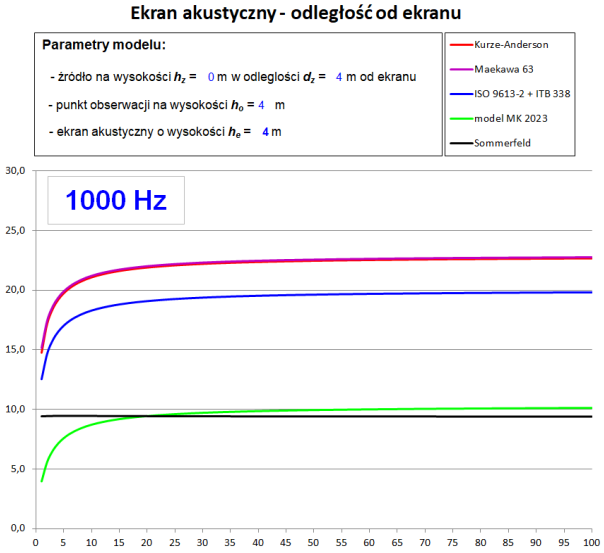
Załącznik 4

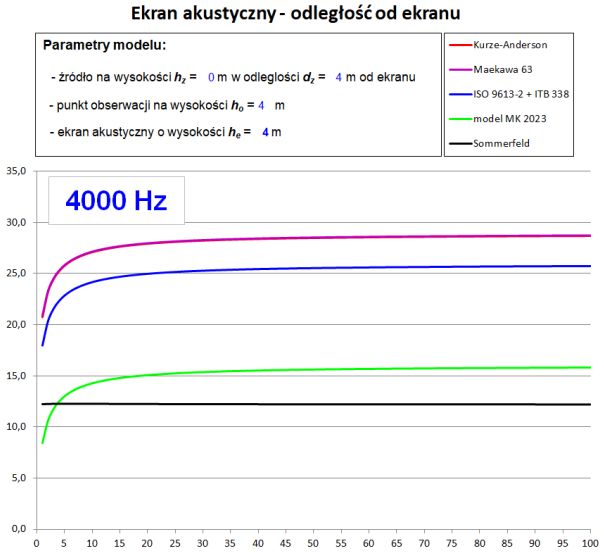
h_z = 0m, d_z = 4m, **h_e = 4m**, h_0 = 4m

Uwaga: skala odległości liniowa.



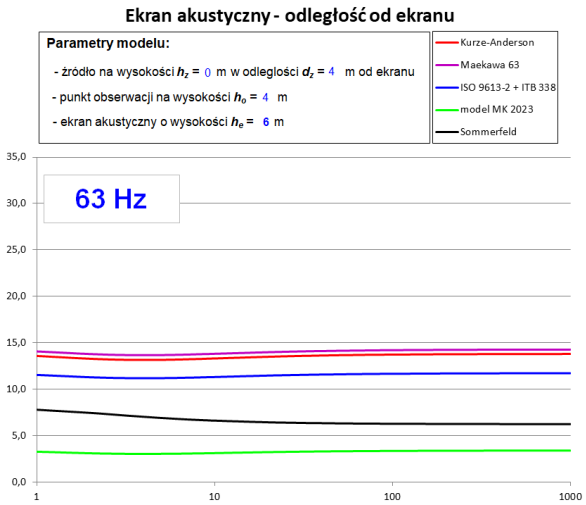


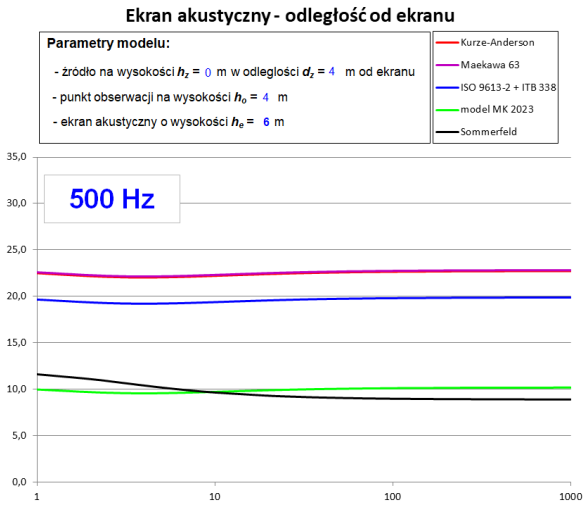


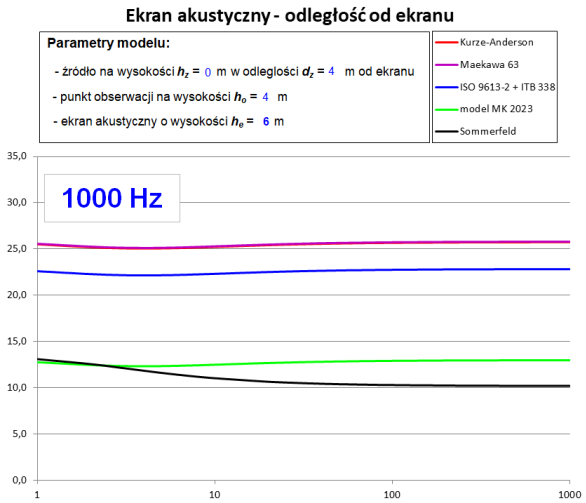


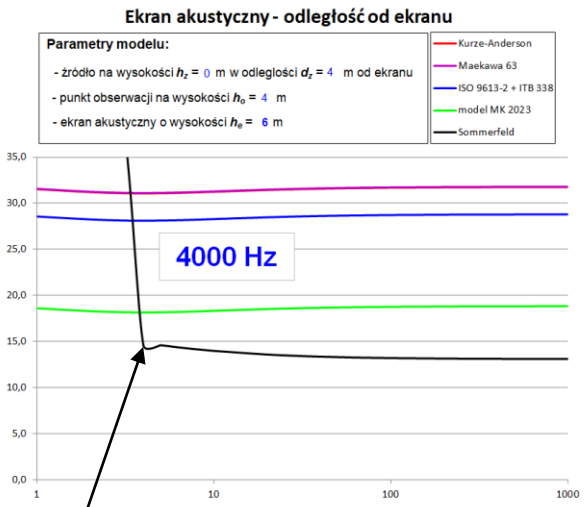
Załącznik 5

h_z = 0m, d_z = 4m, **h_e = 6m**, h_0 = 4m





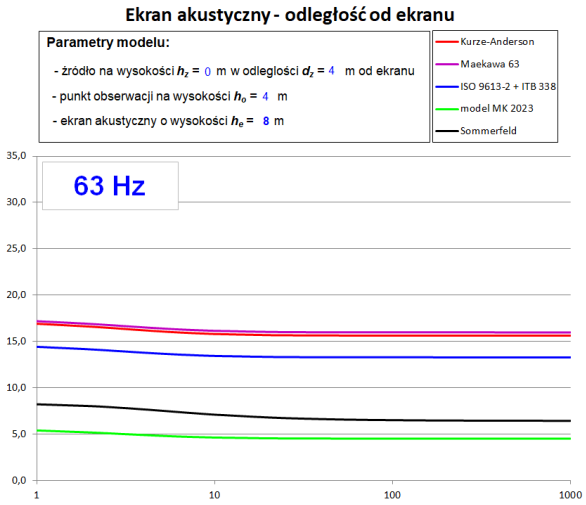


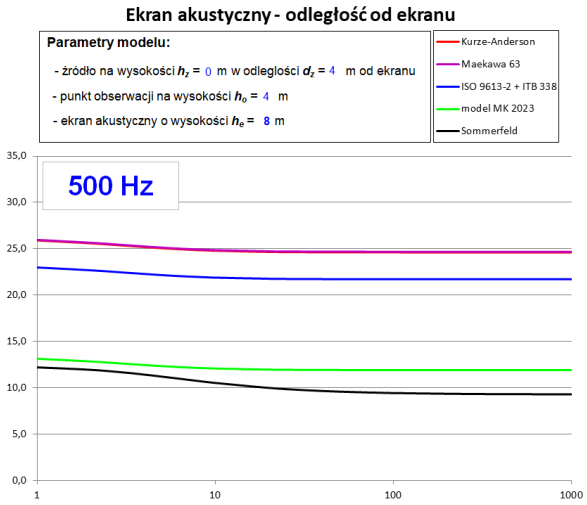


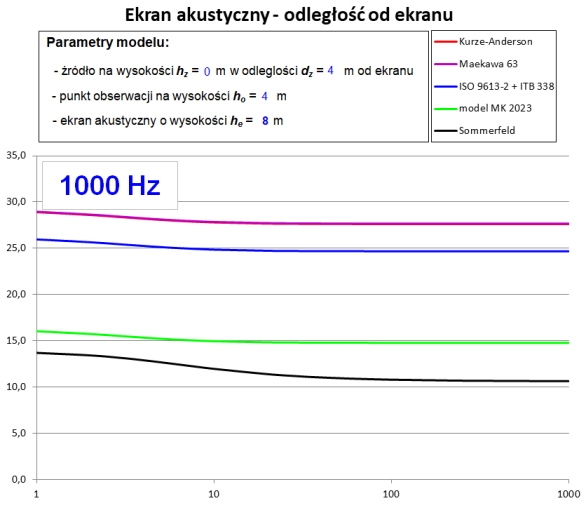
załamanie modelu obliczeniowego całek Fresnel'a

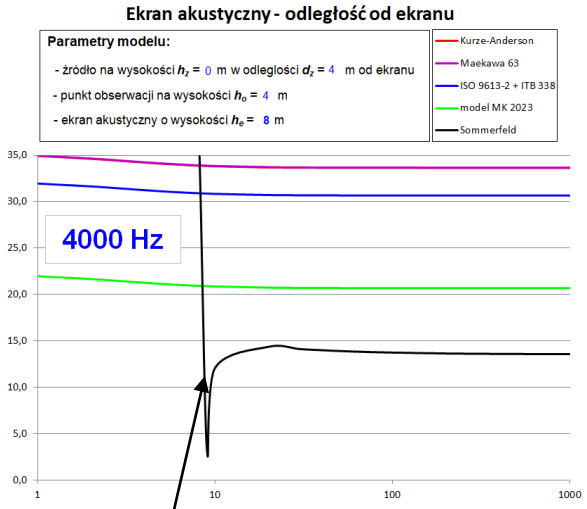
Załącznik 6

h_z = 0m, d_z = 4m, **h_e = 8m**, h_0 = 4m







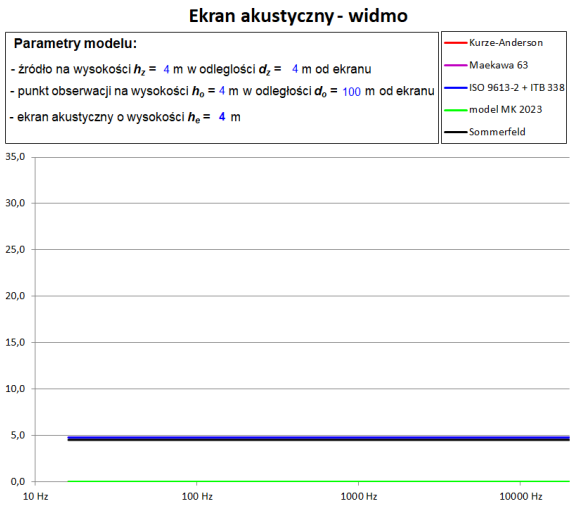


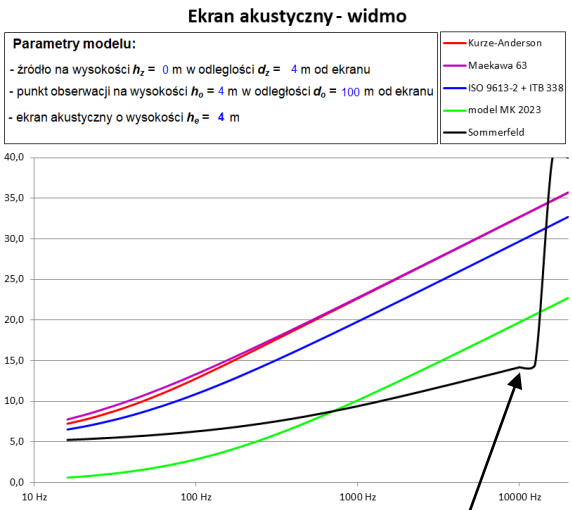
załamanie modelu obliczeniowego całek Fresnel'a

Załącznik 7

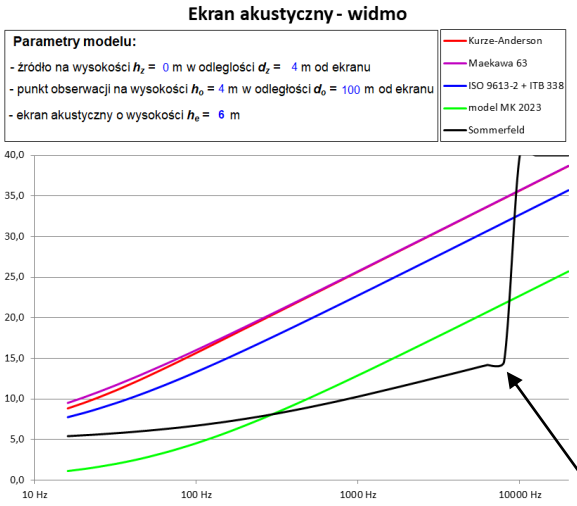
widmo tłumienia

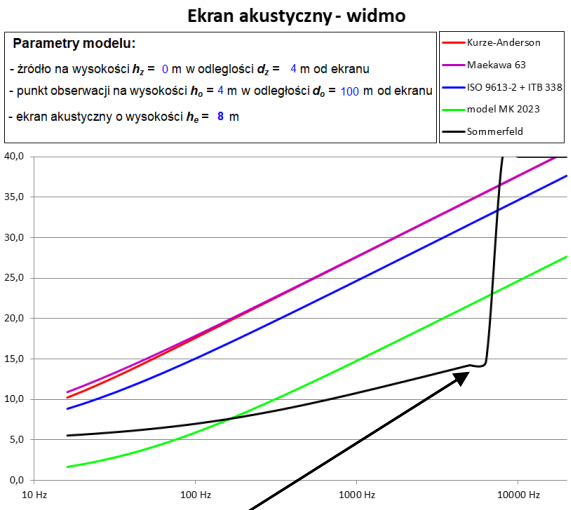
linia propagacji na prostej źródło - krawędź ekranu - odbiornik





załamanie modelu obliczeniowego całek Fresnel'a





załamanie modelu obliczeniowego całek Fresnel'a