



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

„Monitorowanie narażenia na hałas i szacowanie ryzyka uszkodzenia
słuchu u pracowników różnych grup zawodowych”
Łódź, 04 listopada 2020 r.

Szacowanie czasowego przesunięcia progu słuchu (TTS) po narażeniu na hałas



Adam Dudarewicz¹, Kamil Zaborowski¹,
Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczynska¹,
Anna Wolniakowska²,
Mariola Śliwińska-Kowalska²

¹Zakład Zagrożeń Fizycznych

¹Klinika Audiologii i Foniatrii

Instytut Medycyny Pracy w Łodzi



Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia





Wprowadzenie

Ekspozycja na dźwięki o wysokich poziomach może prowadzić do pogorszenia stanu słuchu.

Pogorszenie może pojawić się w postaci:

- czasowego przesunięcia progu słuchu (**TTS**)
- trwałego przesunięcia progu słuchu (**PTS**)



Wprowadzenie

- **TTS** jest odwracalną zmianą, która pojawia się po krótkotrwałym narażeniu na hałas i powraca do poziomu sprzed ekspozycji, zwykle w ciągu 24 godzin,
- **PTS** rozwija się powoli w wyniku wieloletniej ekspozycji i jest nieodwracalny.

Zwykle trwałe uszkodzenie słuchu wywołane hałasem poprzedzane jest pojawieniem się czasowego pogorszenia słuchu po narażeniu na hałas.

Zakłada się, że bezpieczna ekspozycja akustyczna nie powinna prowadzić do zmian słuchu zarówno trwałych jak i czasowych.



Szacowanie wartości TTS

W przypadku **TTS** nie istnieją powszechnie stosowane metody oceny ryzyka jego pojawienia się i szacowania jego spodziewanych wartości.

Zaproponowano model szacowania wielkości spodziewanych **TTS**, który zależy od następujących czynników:

- **czasu ekspozycji**
- **poziomu ciśnienia akustycznego**
- **stanu słuchu narażonych osób**



Szacowanie wartości TTS

Do przewidywania wartości TTS zastosowano zweryfikowany predykcyjny model opracowany przez J.H. Millsa (1979) i W. Melnicka (1991), a następnie model zaadaptowany dla osób z upośledzeniem słuchu przez J.H. Macrae (1994).

- Czasowe przesunięcie progu słuchu (**TTS**) osiąga maksymalną wartość (asymptotyczne przesunięcie progu słuchu – **ATS**) po 8 do 10 godzin ekspozycji na hałas, niezależnie od tego, czy jest stabilny czy przerywany.
- Po zaprzestaniu ekspozycji na hałas następuje regeneracja narządu słuchu i powrót do wyjściowego progu słuchu (**TTS** zanika).
- Zarówno wzrost, jak i zanikanie **TTS** można opisać prostymi funkcjami wykładniczymi.

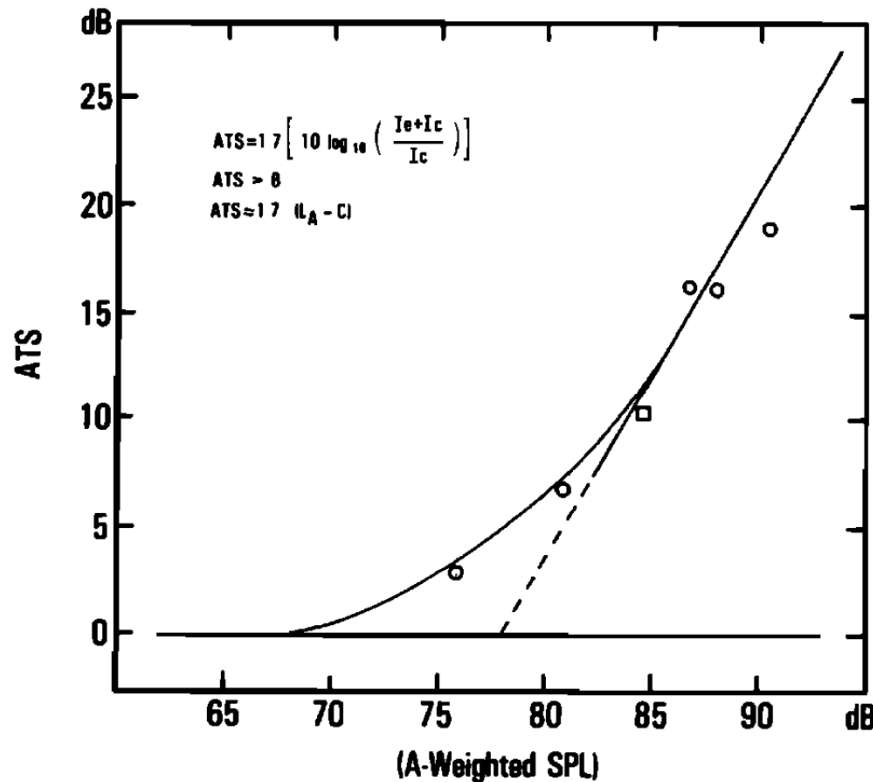
Mills J.H. et al.: Temporary threshold shifts in humans exposed to octave bands of noise for 16 to 24 hours. J. Acoust. Soc. Am. 1979, 65(5), 1238-1248

Mills J.H. et al.: Temporary threshold shifts produced by wideband noise. J. Acoust. Soc. Am. 1979, 65(5), 1238-1248

Melnick W.: Human temporary threshold shift (TTS) and damage risk. J. Acoust. Soc. Am. 1991, 90(1), 147-154



Szacowanie wartości TTS Asymptotyczny próg słuchu (ATS)



**Poziom krytyczny dla
hałasu szerokopasmowego
→ 78 dBA**

FIG. 5. Threshold shifts at asymptote as a function of the A-weighted SPL of the noise (dBA). The equations describing the fitted lines are those developed some 10 years ago for ATS in chinchilla (see Carder and Miller, 1972; Mills and Talo, 1972). Here, the data from Figs. 1 and 3 have been replotted. Greatest weighting in the curve fitting was given to the datum points for the 87- and 88-dBA exposures where the *N* is greatest. With this weighting the estimated subtractive constant is 78 dBA. ATS data from Nixon *et al.* (1977) for 24- and 48-h exposures at 85 dBA are included (□).

Mills J.H. *et al.*: Temporary threshold shifts produced by wideband noise.
J. Acoust. Soc. Am. 1979, 65(5), 1238-1248



Szacowanie wartości TTS

- **Narastanie progu słuchu**

Jeśli czas ekspozycji jest mniejszy niż ten, po którym pojawia się **ATS** to wartość **TTS**, którego należy się spodziewać w określonym czasie **T**, jest równy:

$$TTS_T = ATS \cdot \left(1 - e^{-\frac{T}{t_0}}\right)$$

gdzie: t_0 jest stałą czasową ($t_0=2$ h).

- **Obniżanie progu słuchu**

Po zakończeniu narażenia, próg słuchu zaczyna powracać do wartości wyjściowej. Wielkość **TTS** po określonym czasie **T** wyraża wzór:

$$TTS_T = ATS \cdot e^{-\frac{T}{t_0}}$$

gdzie t_0 jest stałą czasową ($t_0=7,2$ h).

Równania te odnoszą się tylko do TTS u osób z normalnym słuchem



Szacowanie wartości TTS dla osób z normalnym słuchem

Asymptotyczne przesunięcie progu słuchu (ATS_f) dla pasm oktaowych o częstotliwości „f”

$$ATS_f = 1.7 \cdot \left\{ 10 \cdot \log \left[\frac{(I_{ef} + I_{cf})}{I_{cf}} \right] \right\}$$

gdzie: I_{ef} = natężenia dźwięku w paśmie oktaowym „f” ($= 4 \times 10^{-10} \times 10^{L_{ef}/10}$ Pa²)

I_{cf} = natężenie o poziomie krytycznym w paśmie „f” ($= 4 \times 10^{-10} \times 10^{L_{cf}/10}$ Pa²)

$$TTS_f = ATS_f \cdot \left(1 - e^{-\frac{T}{t_0}} \right)$$

gdzie: $T = t_0 \ln[1/(1-TTS/ATS_f)]$

$T = t_0 \ln\{1/(1-TTS/ 1.7 [10 \log_{10}(10^{0.1L_{ef}} + 10^{0.1L_{cf}})] / 10^{0.1L_{cf}})\}$

$t_0 = 2$ h

Wartości poziomów krytycznych (L_{cf}) w pasmach oktaowych: 74.0 dB dla 4 kHz, 78 dB dla 2 kHz oraz 82 dB dla 1 i 0,5 kHz, **a dla hałasu szerokopasmowego 78 dBA**



Szacowanie wartości TTS dla osób z normalnym słuchem

Do przewidywania **TTS** można zastosować model obliczeniowy opracowany przez Mills et al.

Czasowe przesunięcie progu wynikające z ekspozycji na hałas szerokopasmowy można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$TTS = 1.7 \cdot \left\{ 10 \cdot \log \left[\frac{\left(10^{\frac{L_{Aeq,T}}{10}} + 10^{\frac{L_c}{10}} \right)}{10^{\frac{L_c}{10}}} \right] \right\} \cdot \left(1 - e^{-\frac{T}{t_0}} \right)$$

gdzie:

$L_{Aeq,T}$ - równoważny poziom dźwięku A,

L_c - poziom krytyczny równy 78 dB A dla hałasu szerokopasmowego

T - czas narażenia,

t_0 - stała równa 2 godziny.

Asymptotyczne przesunięcie progu słuchu (ATS_f) dla pasm oktawowych o częstotliwości „f” można obliczyć podstawiając do powyższego równania wartości poziomów krytycznych (L_{cf}) w pasmach oktawowych: **74.0 dB dla 4 kHz, 78 dB dla 2 kHz oraz 82 dB dla 1 i 0,5 kHz**



Szacowanie wartości TTS

Narastanie i zanikanie TTS

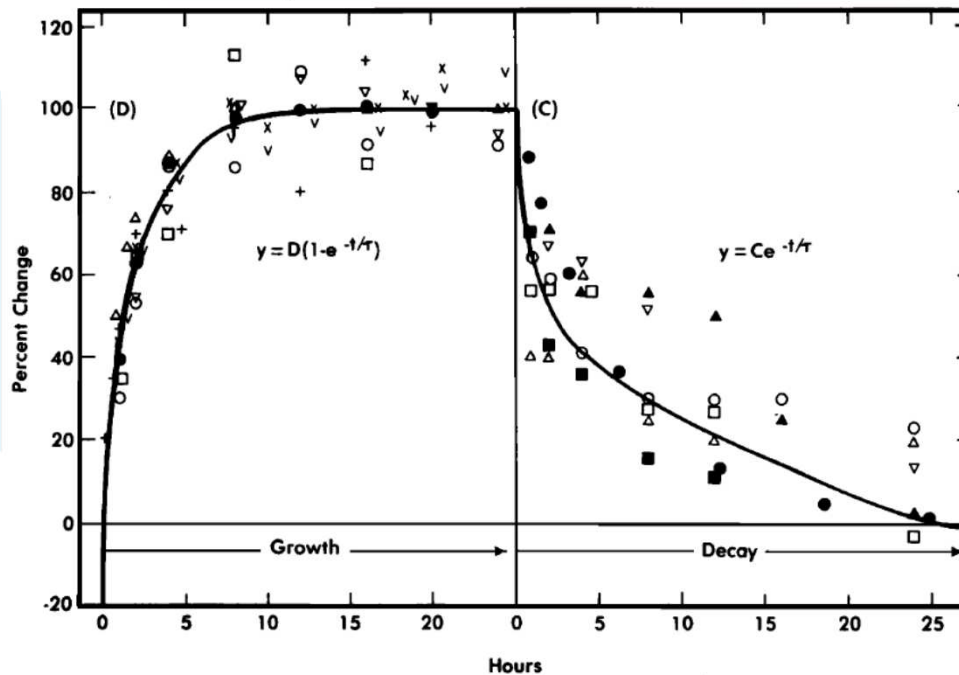


FIG. 10. Growth and decay of threshold shifts plotted as percent change where the asymptotic threshold shift is 100%. Data for this figure are taken from Figs. 2, 3, 4, and 9, Mills *et al.* (+, 0.5 kHz, 1970), Melnick (Δ , 4.0 kHz, 1976), Ward (∇ , 4.0 kHz, 1976), and Barry (\times , 2.0 kHz; v , 0.5 kHz, 1976).

Mills J.H. *et al.*: Temporary threshold shifts in humans exposed to octave bands of noise for 16 to 24 hours. *J. Acoust. Soc. Am.* 1979, 65(5), 1238-1248



Szacowanie wartości TTS dla osób z uszkodzonym słuchem

Przewidywany **TTS** w uchu osłabionym jest różnicą pomiędzy przesuniętym progrem (**HL'**) a początkowym **HL**

$$TTS = HL' - HL$$

Według Macrae (1994) **TTS** (przy określonej ekspozycji na hałas) u osób z uszkodzeniem słuchu można obliczyć według poniższego równania:

$$TTS_{HL} = 10 \cdot \log \left\{ \left[\left(10^{\frac{TTS_n}{10}} \right)^P + \left(10^{\frac{HL}{10}} \right)^P - 1 \right]^{\frac{1}{P}} \right\} - HL$$

HL' - próg słuchu po ekspozycji na wysokie poziomy ciśnienia akustycznego

HL - próg słuchu przed narażeniem

TTS_n - jest czasowym przesunięciem progu słuchu, który pojawiłby się u osób z normalnym słuchem.

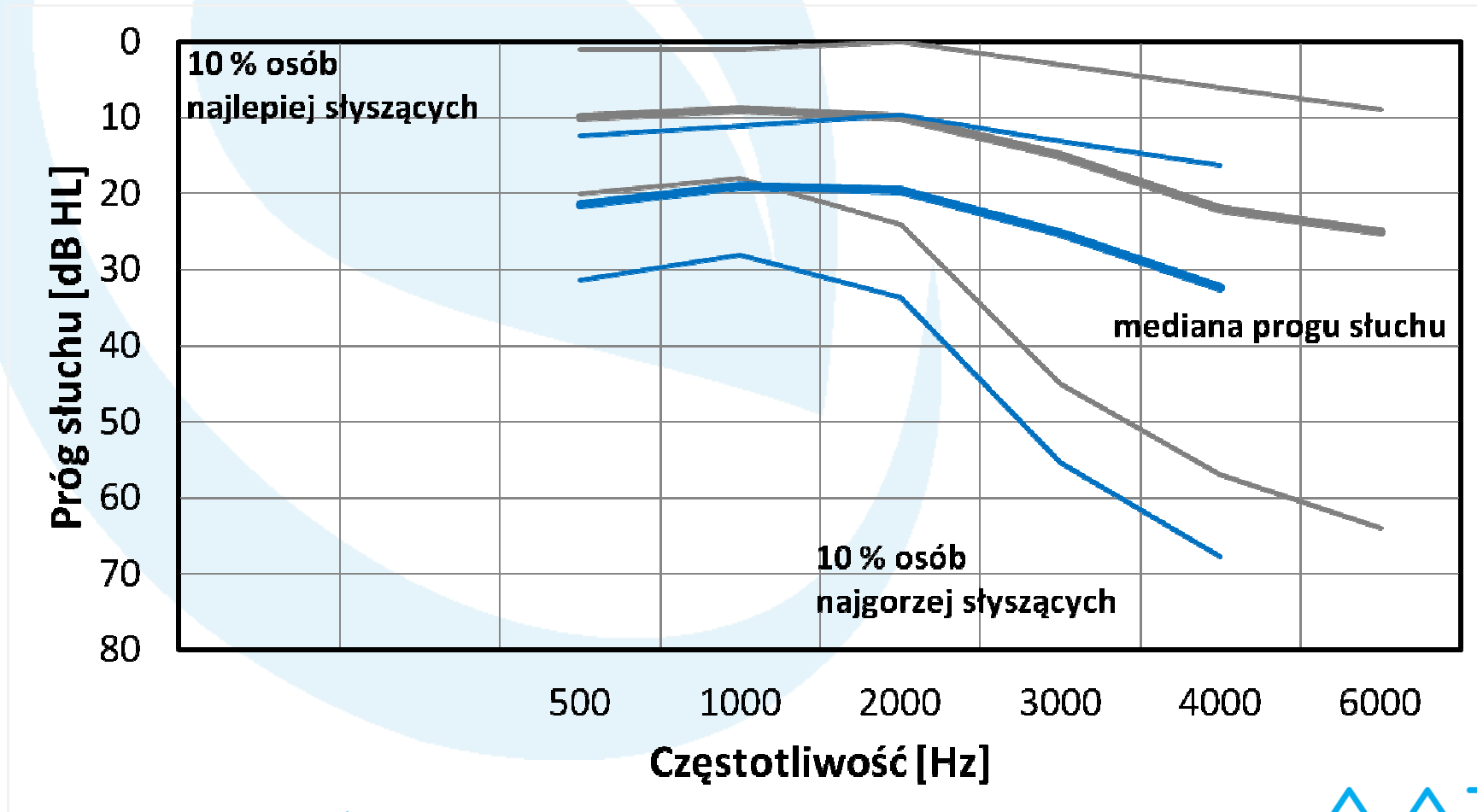
P - stała równa 0,2

Macrae J.H.: Prediction of asymptotic threshold shift caused by hearing aid use. *J. Speech Hear. Res.* 1994, 37, 1450–1458



INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

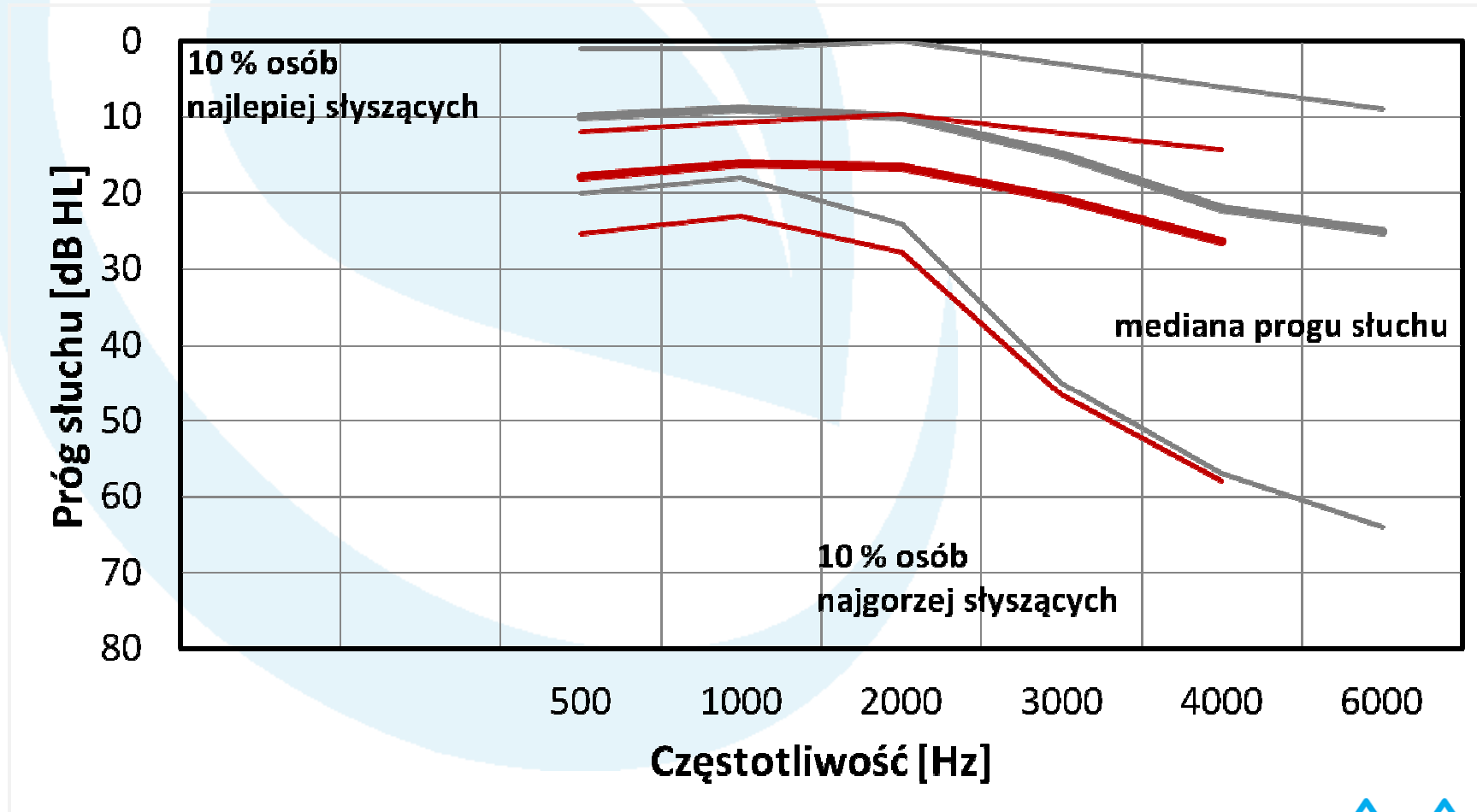
Szacowanie wartości TTS – koncert - osoby z normalnym słuchem





INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

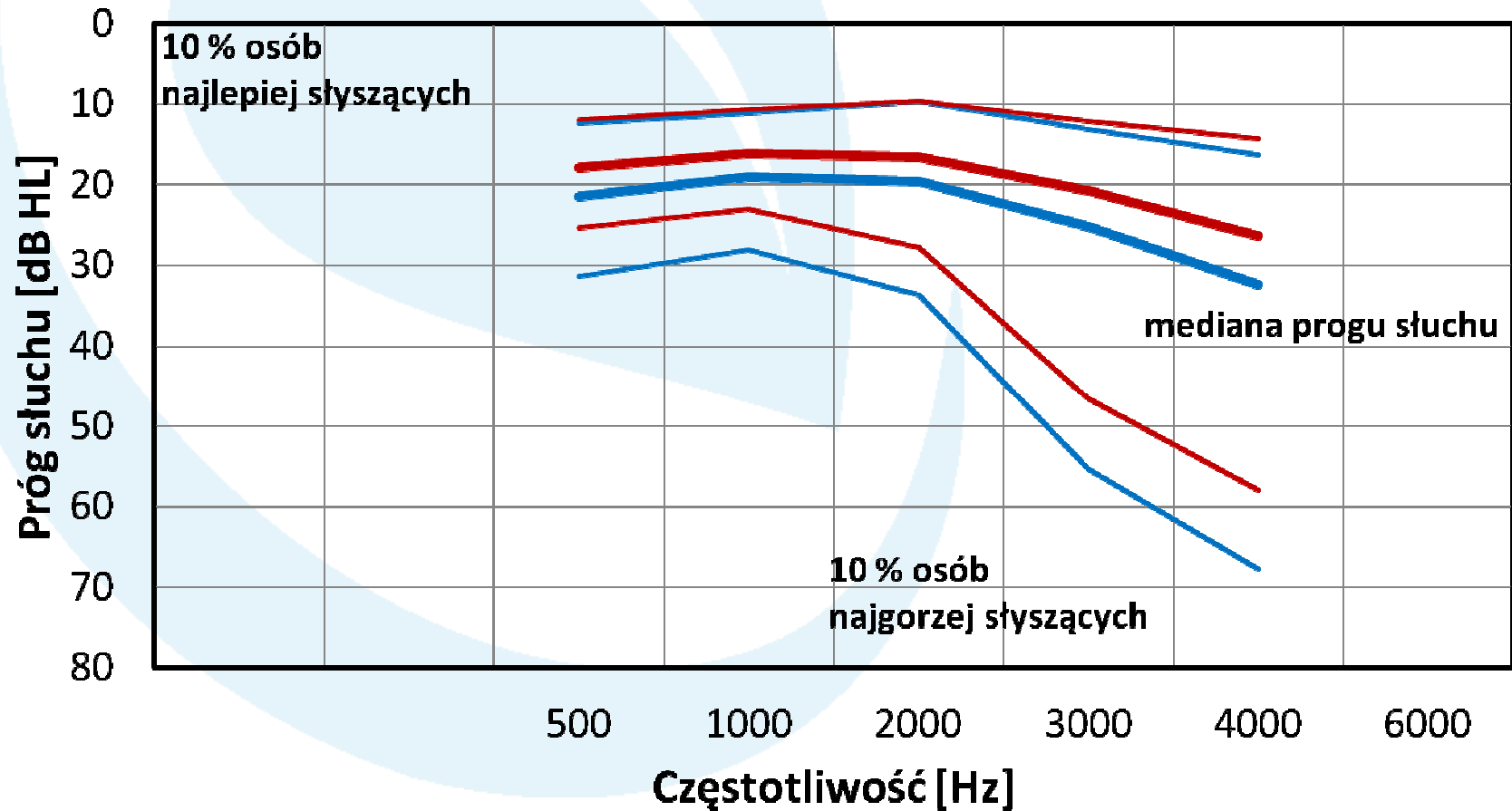
Szacowne wartości TTS – koncert - osoby z uszkodzonym słuchem





INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

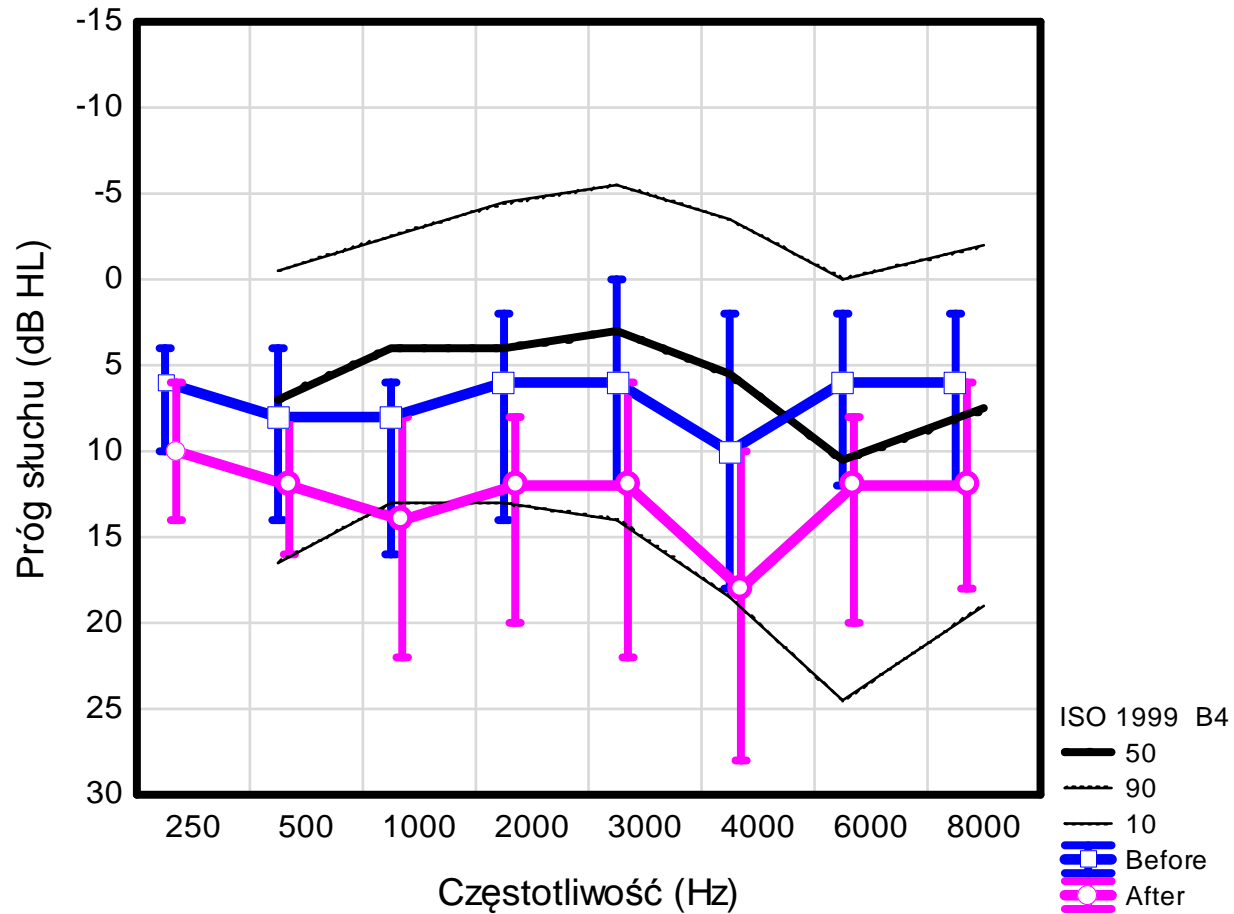
Szacowanie wartości TTS dla osób z normalnym i uszkodzonym słuchem





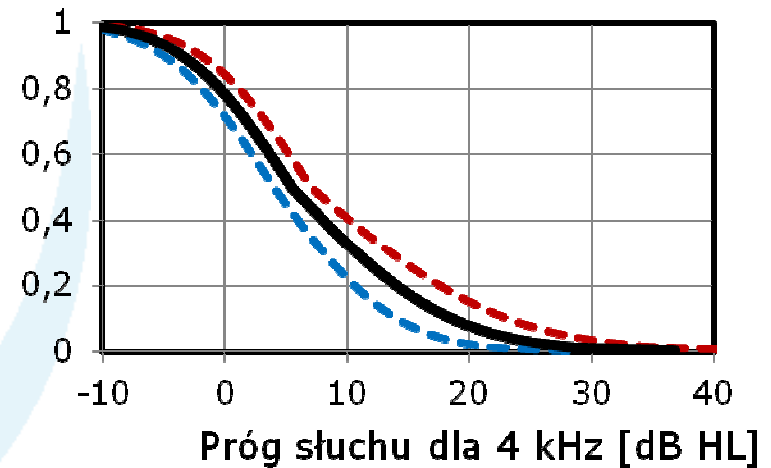
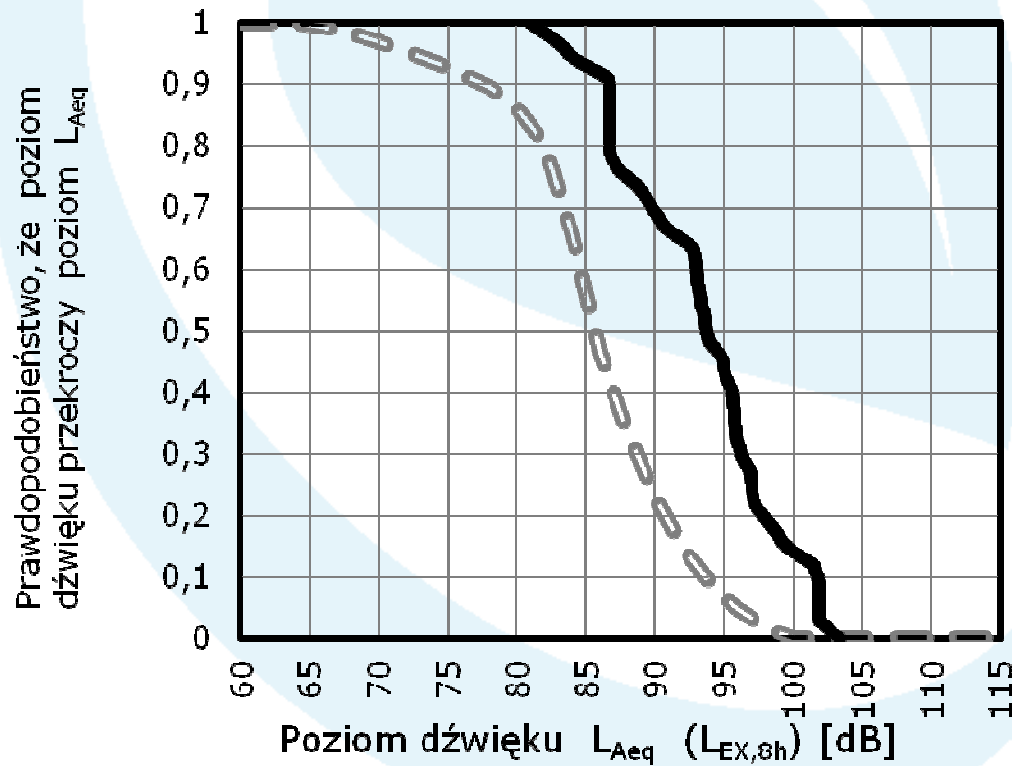
INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

Wartości TTS w dyskotekach obserwowane i przewidywane





Wartości TTS w dyskotekach obserwowane i przewidywane

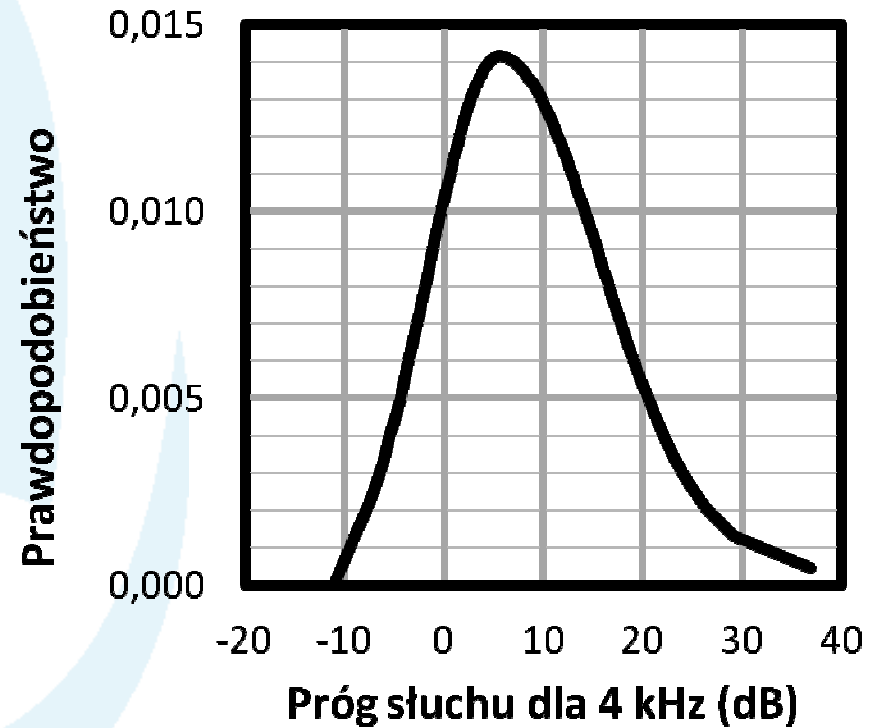
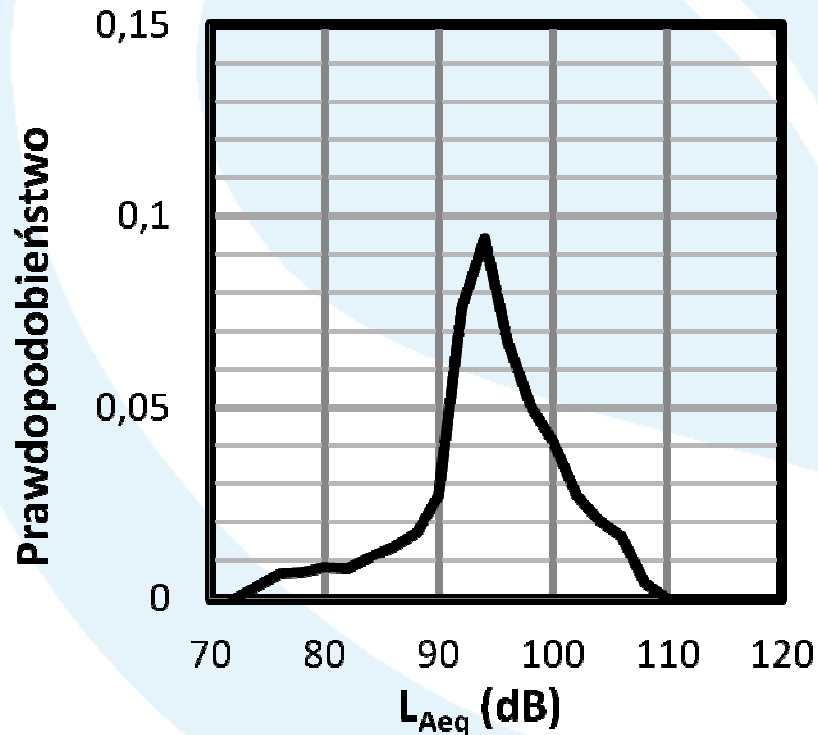


Rozkład poziomu dźwięku

Rozkład progu słuchu (4 kHz)



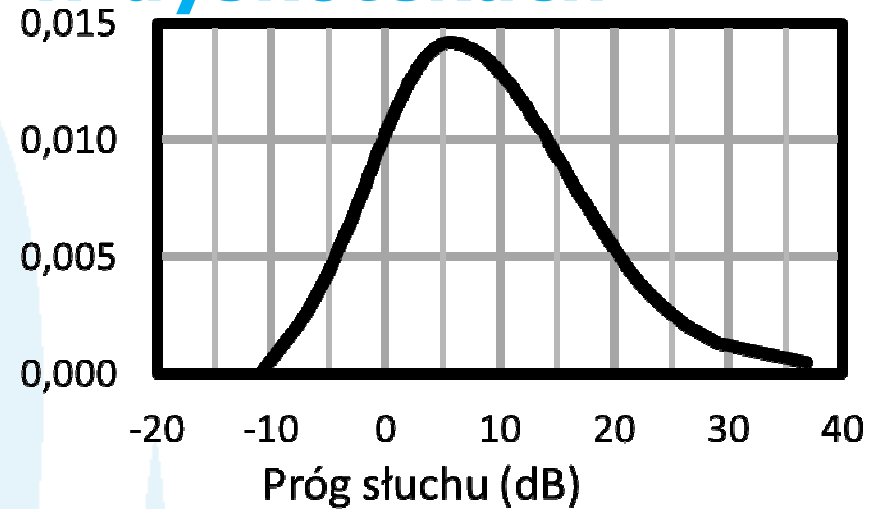
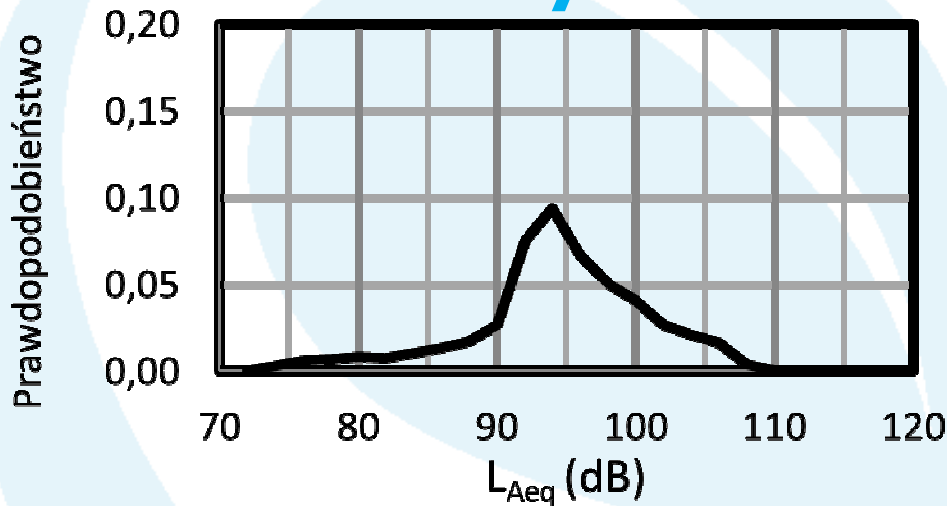
Przewidywane TTS w dyskotekach



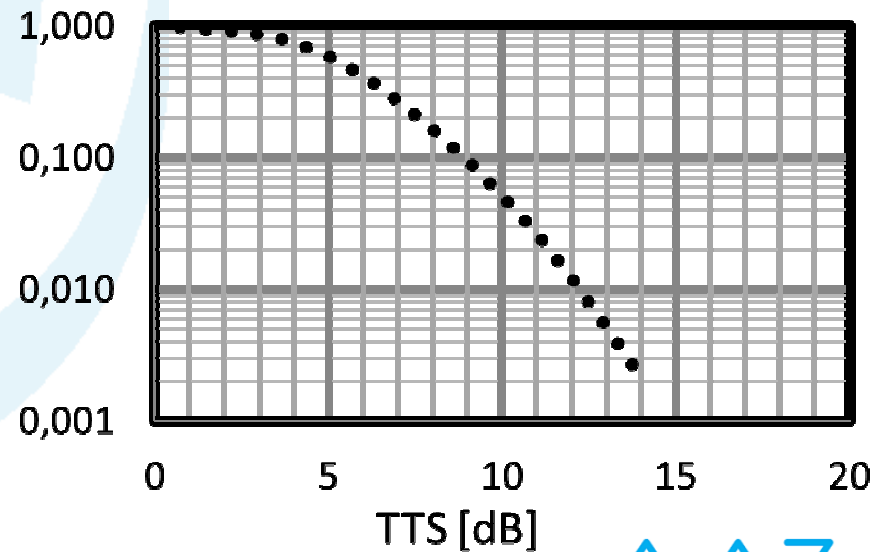
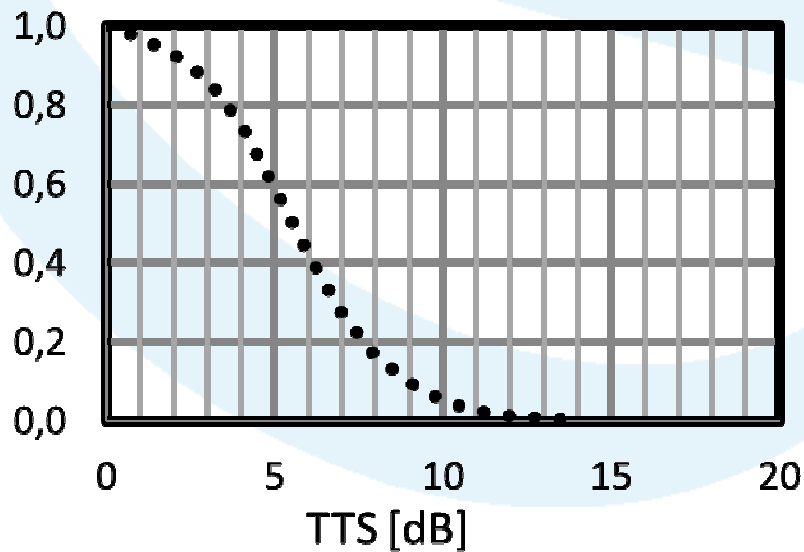
Rozkłady



Przewidywane TTS w dyskotekach



Ryzyko pojawienia się
TTS przekraczające
określoną wartość

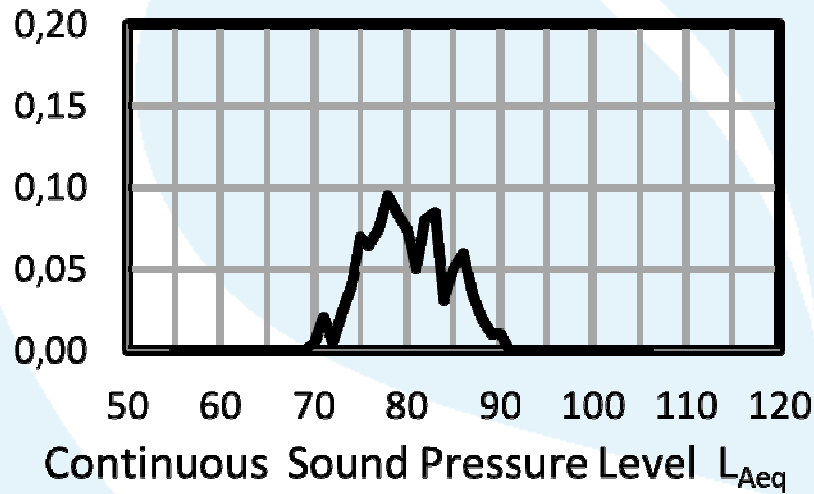




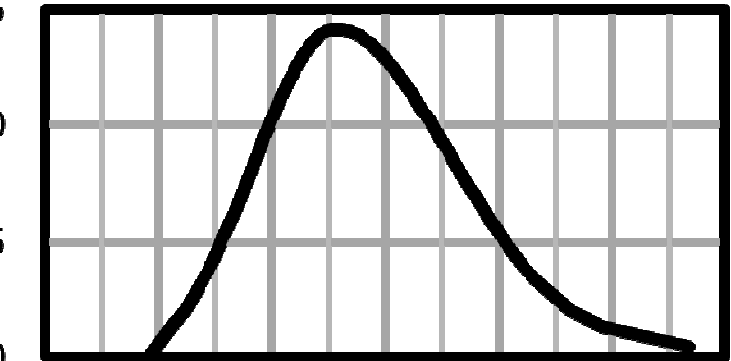
INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

Przewidywane TTS; aktywność pozazawodowa

Prawdopodobieństwo

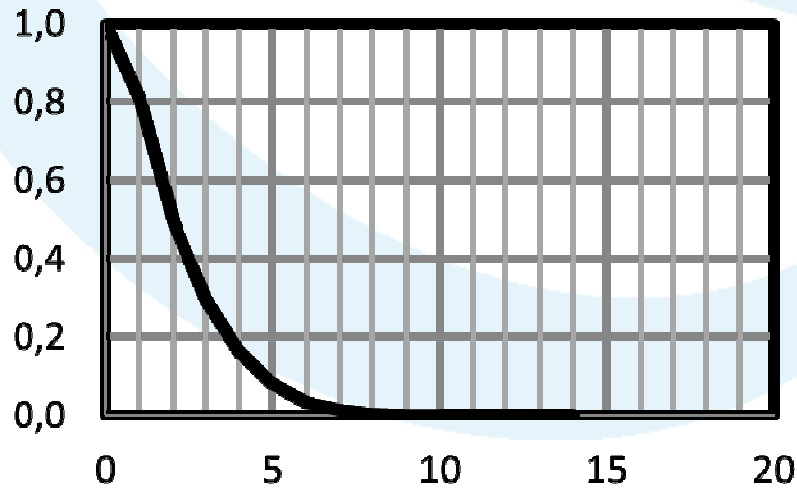


0,015
0,010
0,005
0,000

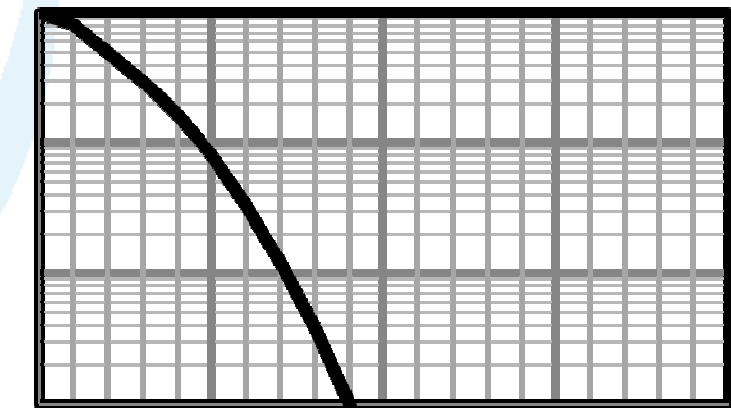


-20 -10 0 10 20 30 40
Próg słuchu (dB)

Ryzyko pojawienia się
TTS przekraczające
określoną wartość



1,000
0,100
0,010
0,001



0 5 10 15 20
TTS [dB]



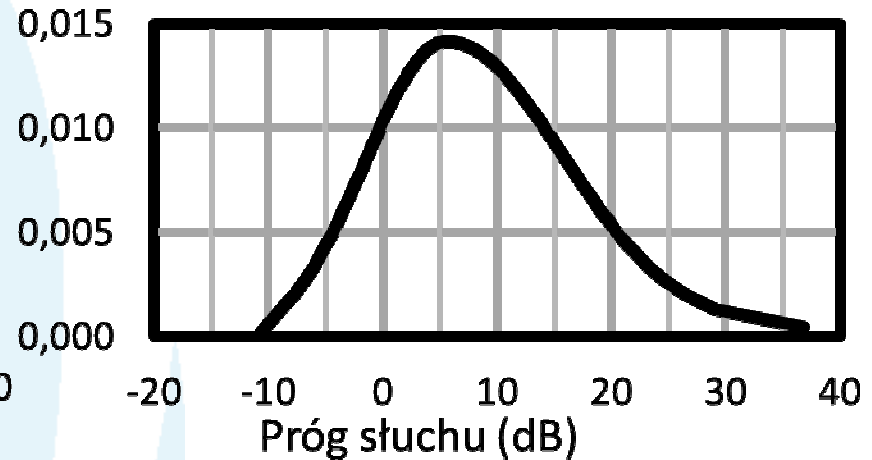
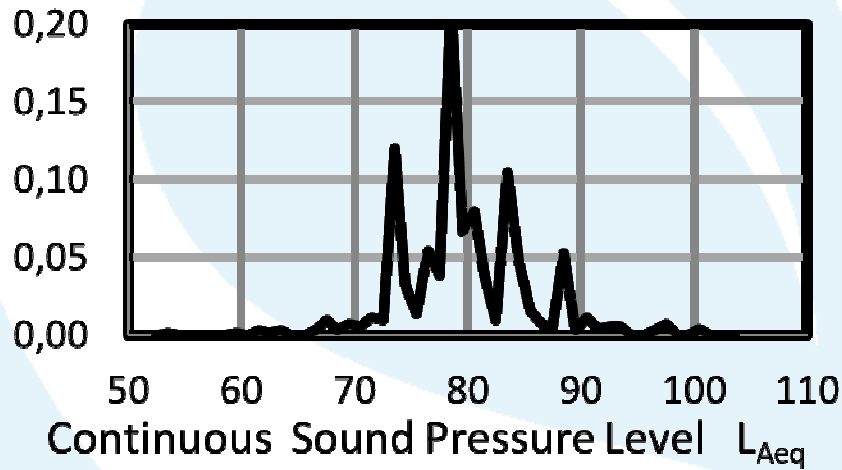
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia



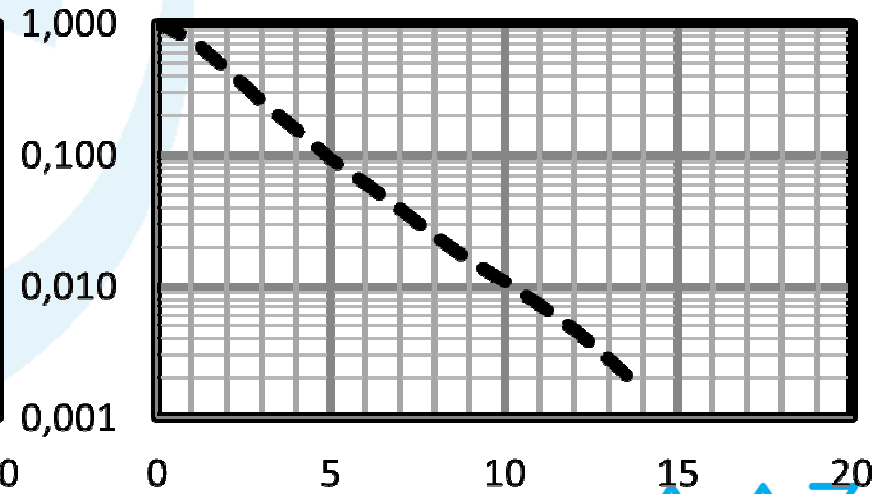
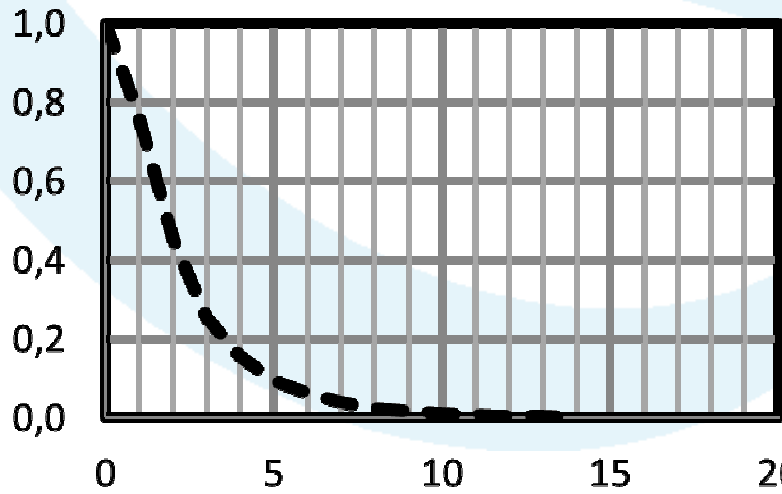


Przewidywane TTS; Centra usług telemarketingowych

Prawdopodobieństwo

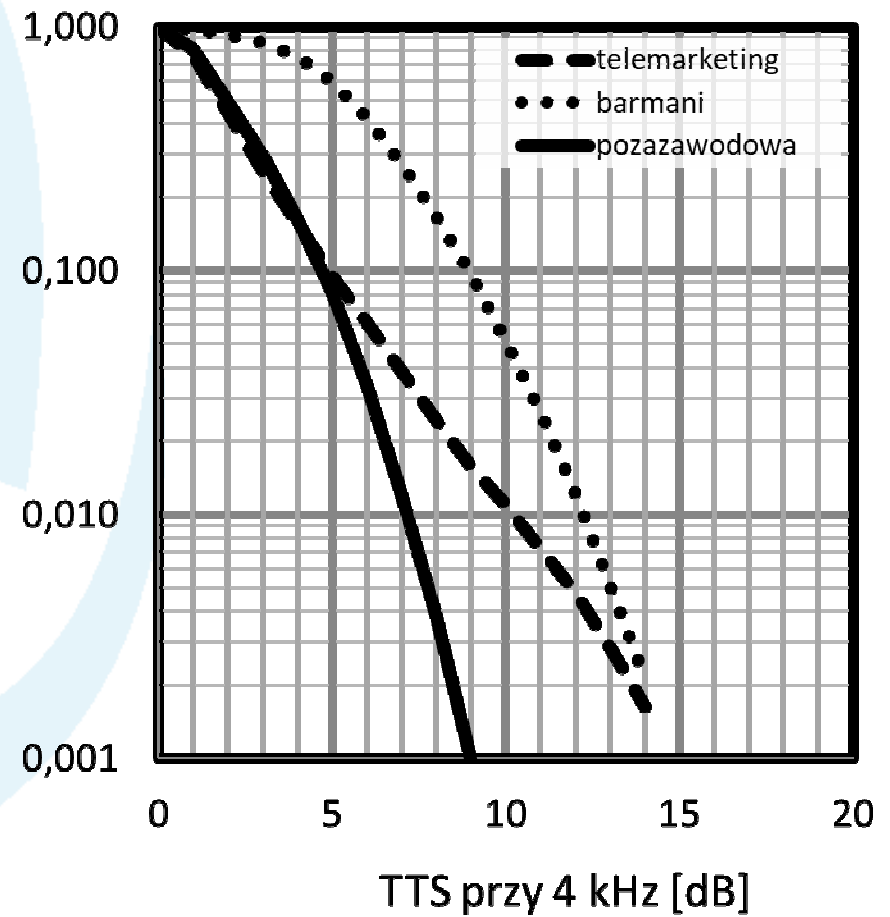
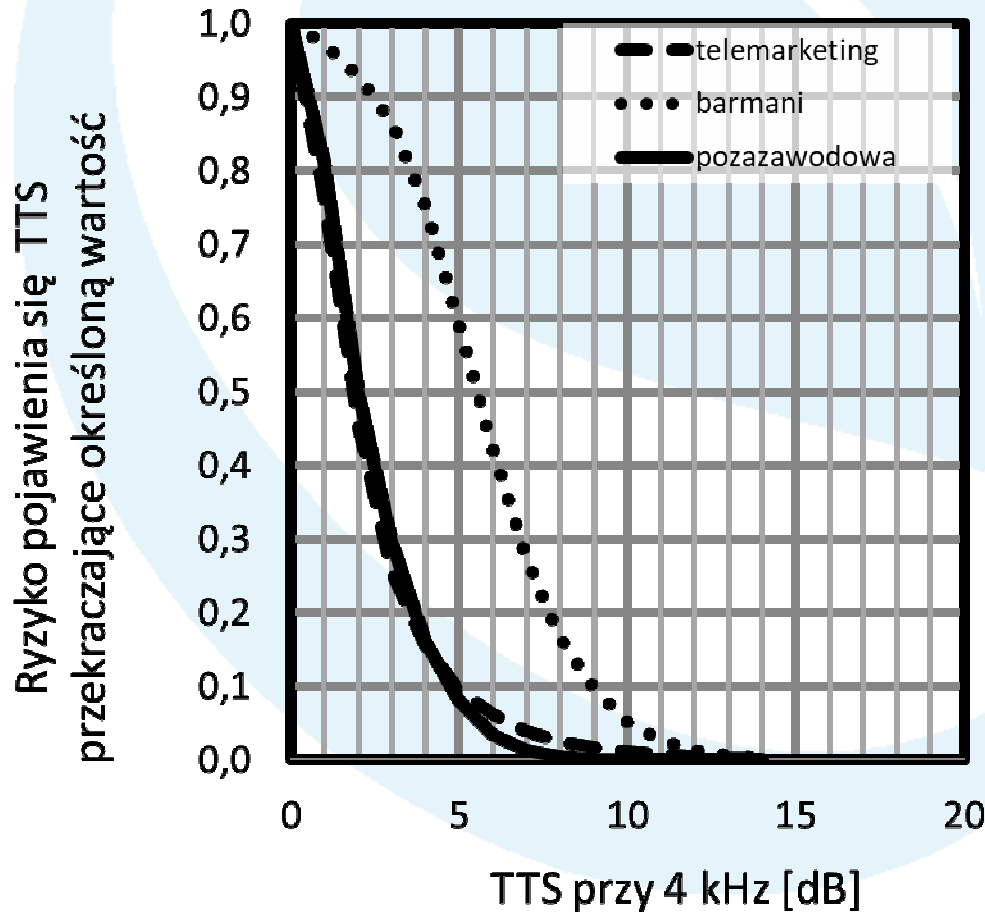


Ryzyko pojawienia się
TTS przekraczające
określoną wartość





Przewidywane TTS w różnych miejscach





Podsumowanie

- Przewidywania modelu obliczeniowego wykazały zgodność z obserwowanymi **TTS** w grupie barmanów pracujących w dyskotekach i klubach muzycznych.
- Model daje możliwość szacowania ryzyka pojawienia się **TTS** w przypadku różnych sytuacji związanych z ekspozycją na hałas.



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

Dziękuję za uwagę !



*Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia*

