

# Metody pomiarów charakterystyk wnętrza

TECHNIKA NAGŁAŚNIANIA

KATEDRA SYSTEMÓW MULTIMEDIALNYCH

MGR INŻ. WANDA LUDWIKOWSKA

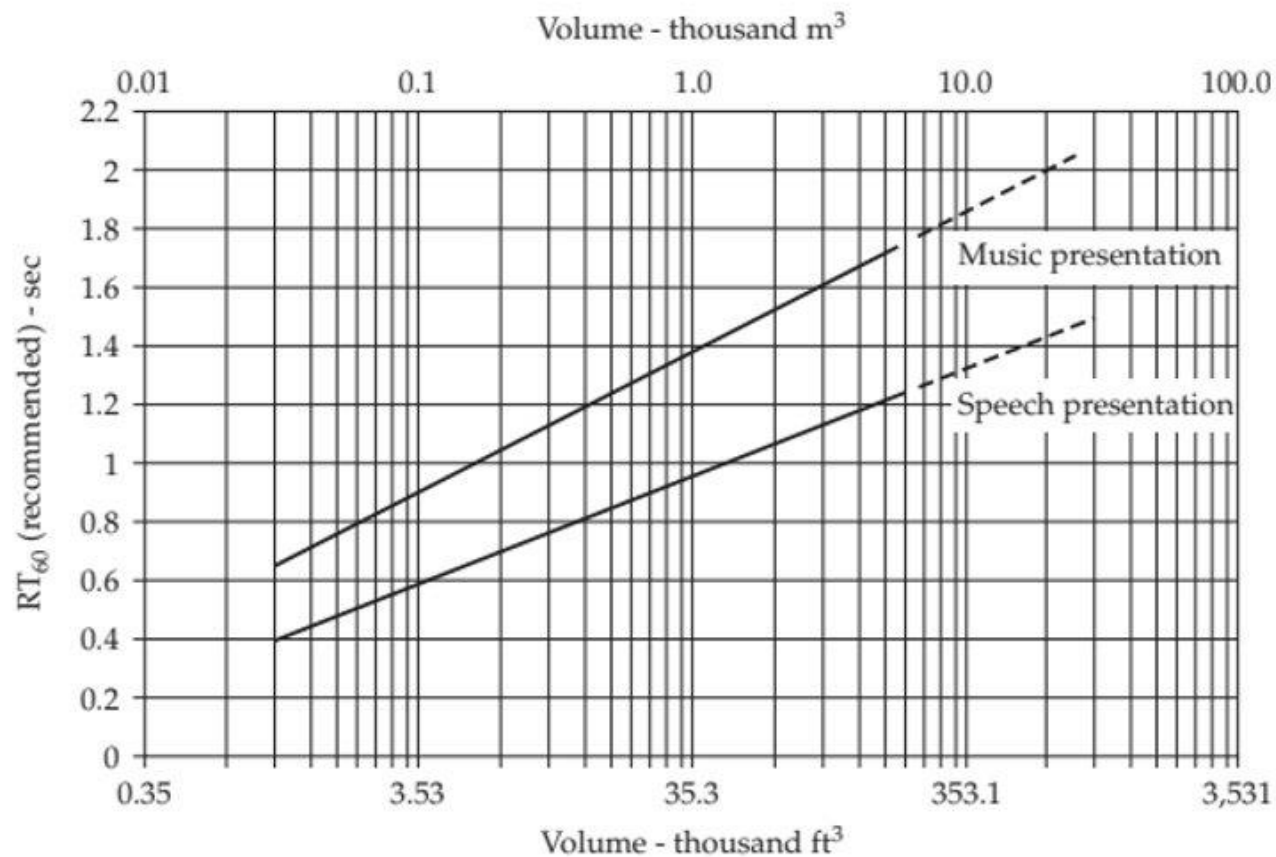
# Plan prezentacji:

1. Podstawowe zagadnienia
2. Czas pogłosu - przypomnienie i zależności
3. Współczynnik pochłaniania dźwięku
4. Parametry akustyczne i ich powiązania
5. Norma PN-EN ISO 3382
6. Norma PN-EN IEC 60268-16
7. Case study

# Podstawowe zagadnienia

Czyli co warto wiedzieć  
przed pomiarami akustycznymi

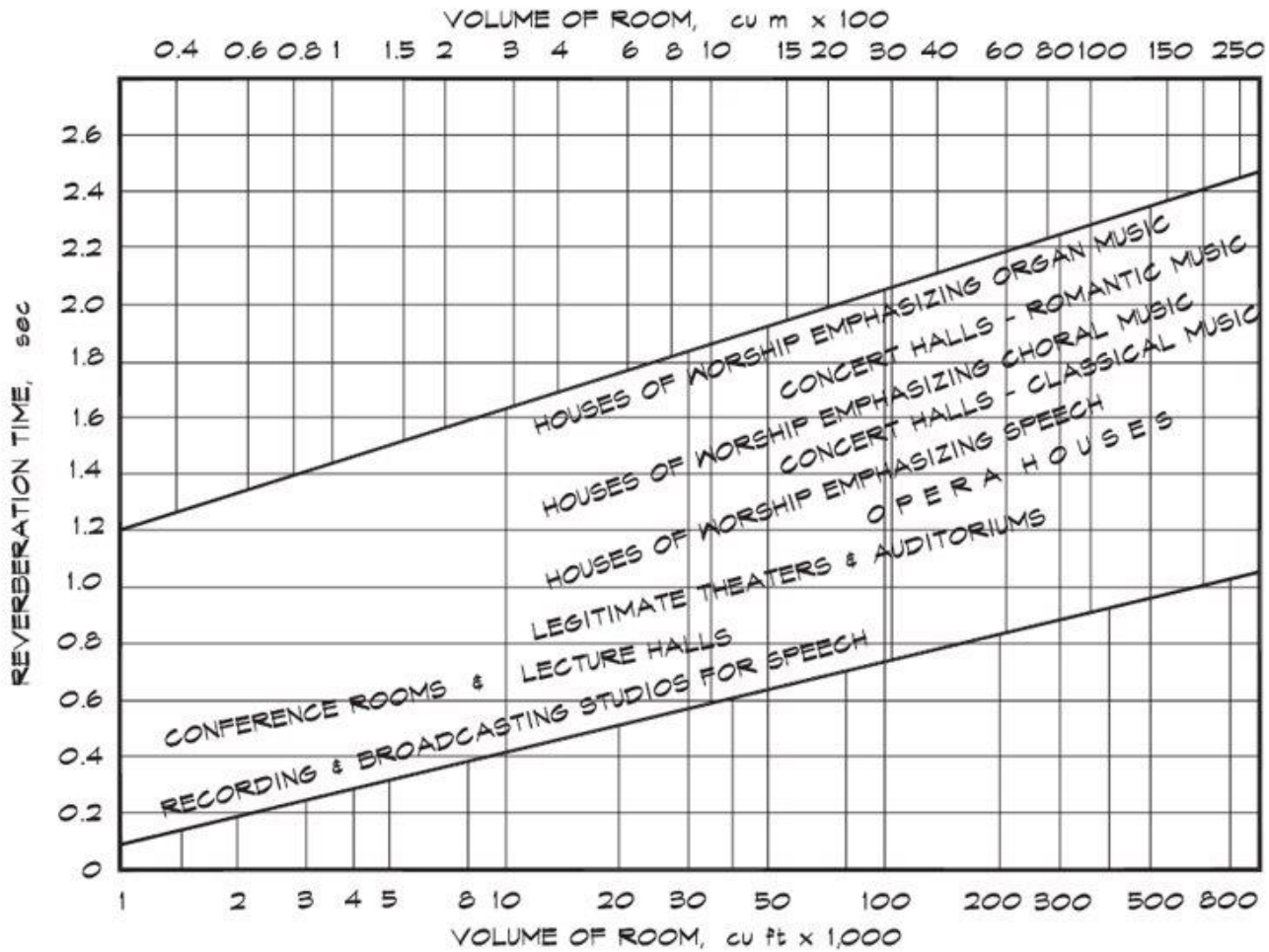
- rodzaje parametrów akustycznych:
  - podział na obiektywne i subiektywne,
  - jak są ze sobą powiązane,
  - w jaki sposób są obliczane,
  - co oznaczają uzyskane wyniki,
- krzywe izofoniczne i wrażliwość ludzkiego słuchu,
- krzywe korekcyjne (w szczególności A).



Czas pogłosu w zależności od objętości pomieszczenia

# Czas pogłosu

- def.: czas potrzebny do obniżenia się ciśnienia akustycznego dźwięku o 60 dB od momentu wyłączenia dźwięku,
- mnogość wzorów ułatwiających obliczenie/oszacowanie czasu pogłosu,
- podstawowy parametr opisujący akustykę pomieszczenia.



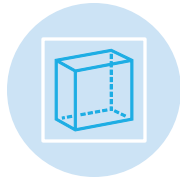
# Czas pogłosu

---

Czas pogłosu w zależności od objętości różnego rodzaju pomieszczeń

# Czas pogłosu

Czynniki na niego wpływające:



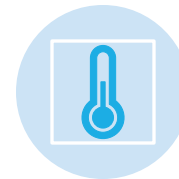
Wielkość i kształt  
pomieszczenia



Elementy  
wyposażenia wnętrza



Materiały  
architektoniczne i  
konstrukcyjne



Temperatura



Wilgotność



Obecność  
słuchaczy/widzów

# Współczynnik pochłaniania dźwięku

---

Jest to parametr opisujący właściwości dźwiękochłonne ciał fizycznych.  
Współczynnik pochłaniania określany jest wzorem:

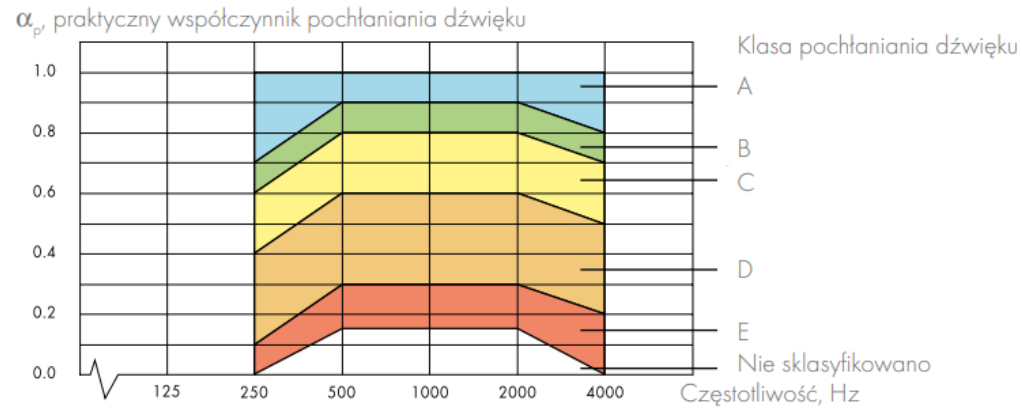
$$\alpha = E_{\text{poch}} / E_{\text{pad}},$$

gdzie:  $E_{\text{poch}}$ ,  $E_{\text{pad}}$  – energia fali odpowiednio pochłoniętej i padającej w jednostce czasu.

Ilość pochłoniętej energii jest zależna od właściwości dźwiękochłonnych obiektu, na który pada fala dźwiękowa (struktury wierzchniej warstwy, faktury, grubości itp.) oraz od częstotliwości padającego dźwięku.

# Współczynnik pochłaniania dźwięku

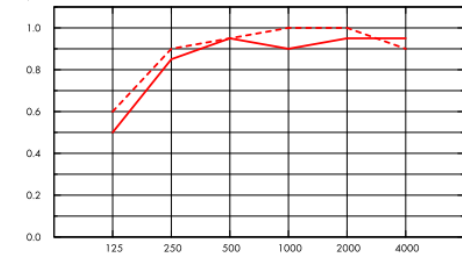
## Klasy pochłaniania dźwięku A-E według normy EN ISO 11654.



## Pochłanianie dźwięku:

Pomiary przeprowadzane zgodnie z EN ISO 354. Klasyfikacja zgodnie z EN ISO 11654.

$\alpha_p$ , Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku



- Hygiene Performance A 20 mm, 200 mm o.d.s.
- - - Hygiene Performance A 40 mm, 200 mm o.d.s.
- o.d.s = c.w.k. = całkowita wysokość konstrukcyjna

d mm	c.w.k. mm	$\alpha_p$ , Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku						$\alpha_w$	Klasa pochłaniania dźwięku
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
20	200	0.50	0.85	0.95	0.90	0.95	0.95	0.95	A
40	200	0.60	0.90	0.95	1.00	1.00	0.90	1.00	A



# Parametry akustyczne i ich powiązania

Parametry liczone z:

- wartości ciśnienia akustycznego:
  - poziom ciśnienia akustycznego SPL,
  - siła dźwięku G,
  - klarowność mowy  $C_{50}$ ,
  - klarowność muzyki  $C_{80}$ ,
  - wyrazistość  $D_{50}$ ,
  - czas centralny  $T_S$ ,
- poziomu ciśnienia dźwięku:
  - czas pogłosu RT,
  - wczesny czas zaniku EDT,
- czasu pogłosu i poziomu sygnału do szumu:
  - współczynnik zrozumiałości mowy STI.

# Norma PN-EN ISO 3382

---

## „Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń”

- Część 1: Pomieszczenia specjalne
- Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach

### Najważniejsze aspekty:

- sprzęt pomiarowy:
  - źródło - głośnik wszechkierunkowy,
  - odbiorniki – mikrofony wszechkierunkowe możliwie jak najmniejsze (najlepiej ok. 13 mm średnicy, dopuszczalne również typu ciśnieniowego/pola swobodnego o średnicy do 26 mm),
  - mikrofony powinny być przyłączone:
    - bezpośrednio do wzmacniacza, zestawu filtrów i systemu do wyświetlania krzywych zaniku lub do urządzeń analizujących, umożliwiających uzyskanie odpowiedzi impulsowych;
    - do urządzenia zapisującego w celu wykonania późniejszej analizy.
- ustawienie sprzętu w pomieszczeniu:
  - źródło w miejscu, z którego typowo rozchodzi się dźwięk, 1,5 m nad ziemią,
  - odbiorniki w miejscach, gdzie normalnie przebywają słuchacze i gdzie zmiany czasu pogłosu mogą być znaczące, 1,2 m nad ziemią imitując siedzących słuchaczy, minimum 1 m od najbliższej powierzchni.

# Norma PN-EN ISO 3382

---

## Najważniejsze aspekty:

- ustawienie sprzętu względem siebie:
  - źródło minimalnie 1,5 m od najbliższego odbiornika,
  - między odbiornikami minimum 2 m odległości.

## Przygotowania przed pomiarami:

- stan zajętości pomieszczenia:
  - niezajęty,
  - studyjny,
  - zajęty.
- pomiar temperatury i wilgotności,
- wybór metody pomiarowej:
  - szumu przerywanego,
  - całkowania odpowiedzi impulsowej.

Po przeprowadzonych pomiarach należy upewnić się, że nie było zakłóceń negatywnie wpływających na ostatecznie uzyskane wyniki typu zmiany sygnału, echo, nieliniowe zakłócenia, raptowny lub zmienny hałas.

# Norma PN-EN IEC 60268-16

---

„Urządzenia systemów elektroakustycznych - Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy”

- Podział na metody bezpośrednie i pośrednie:
  - bezpośrednie - użycie modulowanego sygnału testowego, którego widmo powinno być podobne do standardowego widma mowy,
  - pośrednie - wykorzystująca odpowiedź impulsową do późniejszej analizy.
- Podział metod pomiarowych, które w zależności od badanego obiektu mogą skrócić czas pomiarów, a jednocześnie zapewnić wiarygodne wyniki końcowe, np. STIPA (ang. *Speech Transmission Index for Public Address Systems*).

# Norma PN-EN IEC 60268-16

---

## Najważniejsze aspekty (dla metody STIPA):

- sprzęt pomiarowy:
  - źródło - sztuczne usta lub imitujący je głośnik (wymagane odpowiednie wymiary),
  - odbiorniki – mikrofony wszechkierunkowe,
- ustawienie sprzętu w pomieszczeniu:
  - źródło w miejscu, z którego typowo rozchodzi się dźwięk,
  - odbiorniki w miejscach, gdzie normalnie przebywają słuchacze i gdzie zmiany czasu pogłosu mogą być znaczące, 1,2 m nad ziemią imitując siedzących słuchaczy.
- wymagania podczas pomiarów:
  - sygnał testowy wynosi co najmniej 60 dBA lub jest dobrany dla danego obiektu,
  - należy wykonać minimalnie 2 pomiary w jednym miejscu ze względu na ograniczone pasmo oraz losowość sygnału testowego.





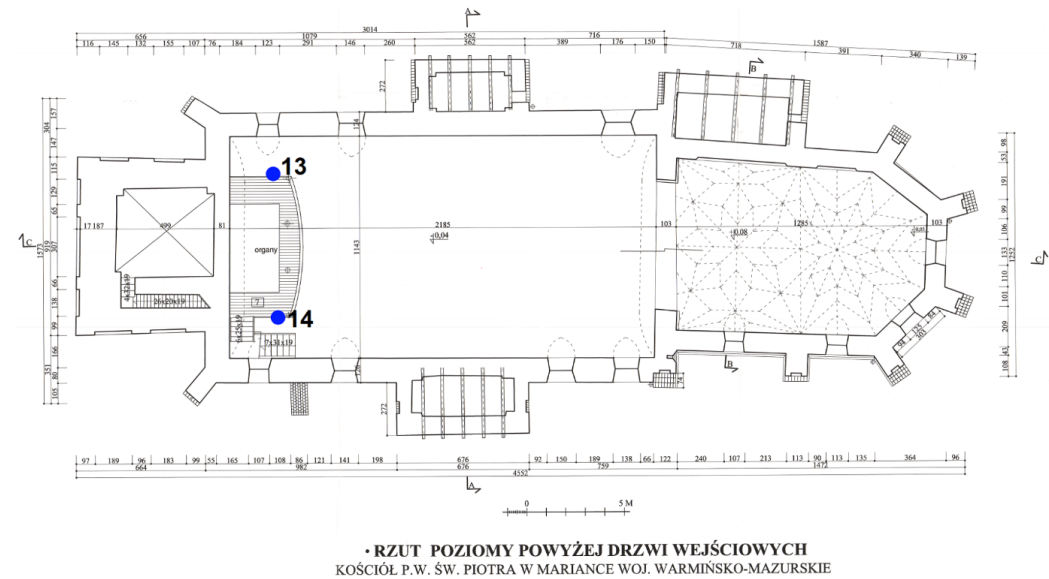
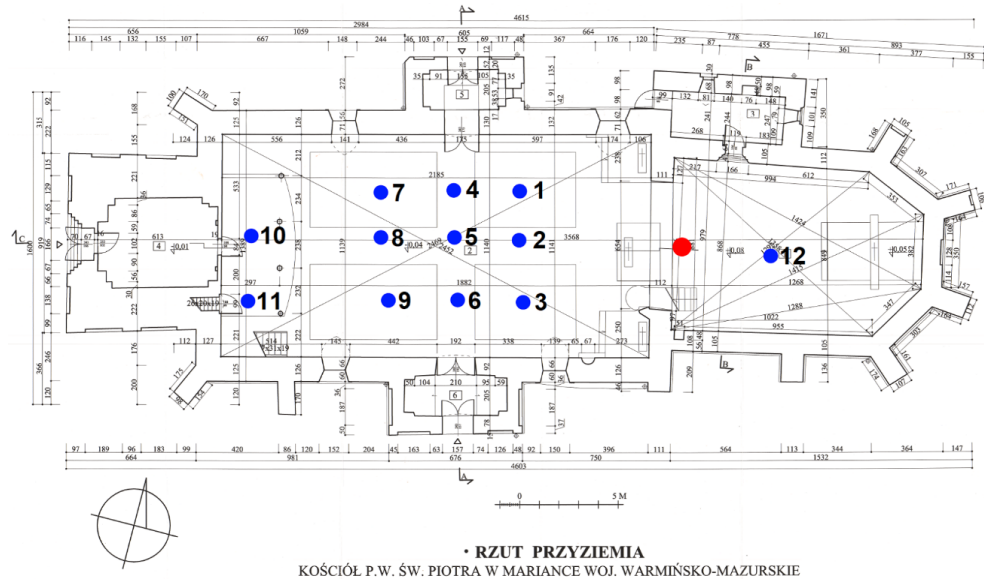
# Case study

---

POMIARY W KOŚCIELE PW. ŚW. PIOTRA I PAWŁA W MARIANCE



# Case study



Umiejscowienie źródła (czerwone koło) i odbiorników (niebieskie koła)



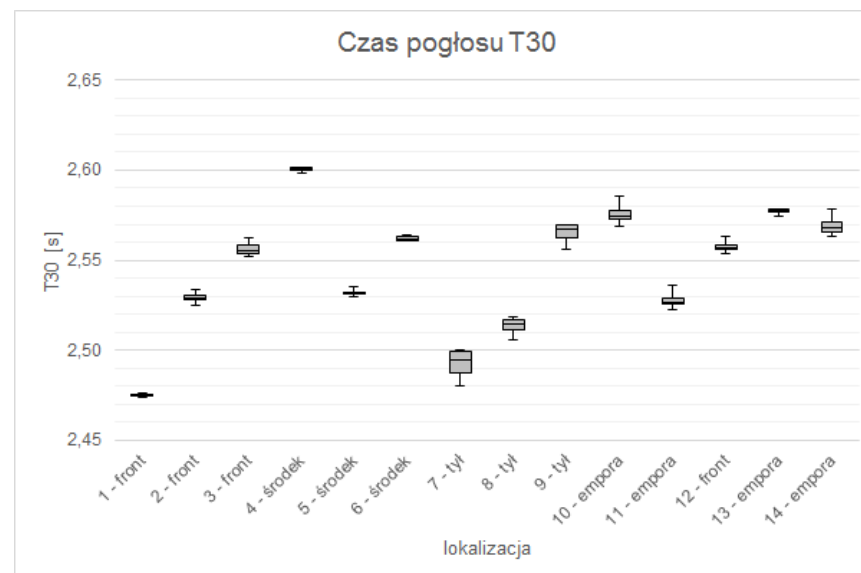
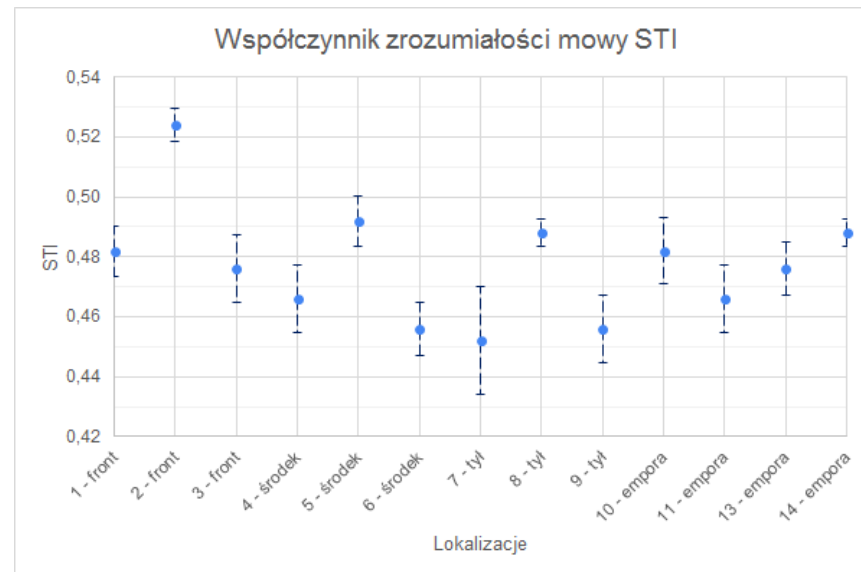
## Case study

Rozmieszczenie sprzętu podczas badań



# Case study

Uzyskane wyniki pomiarowe



# Wybrana bibliografia:

---

1. Barron M.: *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, 2<sup>nd</sup> Edition, Taylor & Francis, 2009.
2. Beranek. L.: *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 2004.
3. Cox T.J., D'Antonio P.: *Acoustics Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application*, Taylor & Francis, 2004.
4. Ecophon: *Ecophon Hygiene™*, [https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/pl/broszury/pl\\_2019-hygiene-system.pdf](https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/pl/broszury/pl_2019-hygiene-system.pdf).
5. Ecophon: *Karta produktu Ecophon Hygiene Performance A*, <https://www.ecophon.com/api/product/download?id=72371cf6-d513-4e9e-87d7-0bbc7facf127&href=/ecophon/artifact/72371cf6-d513-4e9e-87d7-0bbc7facf127?updated=2022-03-29%2006:58:57.961833Z&fileName=Hygiene%20Performance%20A-PRODUCT-PL.pdf&fileType=.pdf&currentLanguage=pl&comingFromProductPage=true>.
6. Everest F.A., Pohlmann K.C.: *Master Handbook of Acoustics*, 5<sup>th</sup> Edition, The McGraw-Hill Companies, 2009.
7. Kahn D.W.: *How Room Acoustics Design of Worship Spaces Is Shaped by Worship Styles and Priorities*, *Acoustics Today*, Volume 17, Issue 3, Fall 2021.
8. Long M.: *Architectural Acoustics*, 1<sup>st</sup> Edition, Academic Press, 2005.
9. PN-EN ISO 3382-1:2009 – Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 1: Pomieszczenia specjalne, 2009.
10. PN-EN ISO 3382-1:2010 – Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 1: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach, 2010.
11. PN-EN IEC 60268-16:2011 - Urządzenia systemów elektroakustycznych - Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy, 2011.
12. Rossing T.D.: *Springer Handbook of Acoustics*, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 2014.