

**AUTOREFERAT
PRZEDSTAWIAJĄCY
OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ
NAUKOWYCH**

ARTURA NOWOŚWIATA

Politechnika Śląska w Gliwicach

Wydział Budownictwa

Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli

Na podstawie art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1789)

Załącznik nr 3

Gliwice, 2019 r.

SPIS TREŚCI

1. Dane autora	5
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	5
2.1. Pozostałe dyplomy i świadectwa świadczące o samokształceniu	6
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych, przebiegu działalności naukowej i dydaktyczne	6
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2017 r. poz. 1789	7
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	7
4.2. Wykaz prac naukowych, dokumentujących osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego	8
4.3. Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz ze wskazaniem ich ewentualnego wykorzystania	8
4.3.1. Motywacja i cel naukowy	8
4.3.2. Oryginalne osiągnięcie naukowe	9
4.3.3. Osiągnięte wyniki	10
4.4. Podsumowanie i kierunki dalszych prac	33
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych, świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta	36
5.1. Działalność badawcza	36
5.1.1. Ogólna charakterystyka działalności naukowej i dydaktycznej	36
5.1.2. Szczegółowa charakterystyka badań naukowych prowadzonych przez habilitanta	38
5.2. Podsumowanie dorobku naukowego habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych	42
5.2.1. Publikacje habilitanta na serwerach bibliograficznych oraz cytowania i wskaźniki	43
5.2.2. Referaty konferencyjne	44
5.2.3. Artykuły	45
5.3. Działalność recenzencka	47
5.3.1. Recenzent w czasopismach naukowych	47
5.3.2. Recenzent i ekspert NCBiR	48
5.3.3. Pozostałe recenzje i opinie	48
5.4. Działalność w realizacji grantów oraz prac badawczych i usługowych	49
5.4.1. Realizacja grantów dydaktycznych	49
5.4.2. Realizacja grantów Naukowo - Badawczych	49

Załącznik nr 3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

5.4.3. Realizacja prac badawczych i usługowych	50
5.5. Działalność dydaktyczna	51
5.6. Działalność organizacyjna	52
5.7. Działalność szkoleniowa i popularyzatorska	53
5.8. Współpraca między jednostkami naukowymi	54
5.9. Działalność inżynierska	54
5.10. Nagrody i wyróżnienia	55
5.11. Tabelaryczne zestawienie najważniejszych osiągnięć habilitanta	56

1. Dane autora

Artur NOWOŚWIAT

Dane kontaktowe: Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice
tel.: 32 237 28 78
e-mail.: Artur.nowoswiat@polsl.pl

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- **2005 r. – dr inż. nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo, w specjalności fizyka budowli**, Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa.

Tytuł pracy doktorskiej: *Zastosowanie analizy statystyczno-korelacyjnej w badaniach akustyki wnętrza.*

Promotor: dr hab. inż. Tadeusz Zakrzewski, Politechnika Śląska

Recenzenci: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Engel, dr h.c., Akademia Górniczo Hutnicza
dr hab. inż. Jerzy Skrzypczyk, Politechnika Śląska

- **1999 r. – mgr inż. matematyki w zakresie matematyka stosowana i modelowanie matematyczne**, Politechnika Śląska, Wydział matematyczno-fizyczny.

Tytuł rozprawy magisterskiej: *Zastosowanie metody szeregów w analizie stochastycznych układów dynamicznych.*

Promotor: dr hab. inż. Lesław Socha, Politechnika Śląska

Koreferent: dr Ryszard Bartłomiejczyk, Politechnika Śląska

2.1. Pozostałe dyplomy i świadectwa świadczące o doksztalcaniu się habilitanta

- **2007 r. – Zaświadczenie ukończenia Studium Doskonalenia Pedagogicznego dla nauczycieli akademickich**, Politechnika Śląska, Ośrodek Badań i Doskonalenia Dydaktyki
- **2015 r. – Menadżer Projektu Badawczo – Rozwojowego, studia podyplomowe**, Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu, Wydział zamiejscowy w Chorzowie.
- **2011 r. – Świadectwo ukończenia kursu „STATISTICA kurs podstawowy”**, StatSoft Polska
- **2011 r. – Świadectwo ukończenia kursu „Prognozowanie i analiza szeregów czasowych”**, StatSoft Polska
- **2011 r. – Certyfikat ukończenia szkolenia „Innowacyjne Kadry Akademickie”**, Technopark Gliwice
- **2011 r. – Zaświadczenie ukończenia szkolenia „Przygotowanie do pracy w charakterze kierownika projektów badawczych”**, Politechnika Śląska
- **2016 r. – Certyfikat szkolenia „Przygotowanie i prowadzenie zajęć dydaktycznych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość”**, Politechnika Śląska
- **2017 r. – Certyfikat szkolenia z zakresu oceny wniosków w ramach POIR 2014-2020**, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
- **2018 r. – Certyfikat szkolenia z zakresu nowych kryteriów i modelu oceny wniosków NCBR w ramach POIR 2014-2020**, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych, przebiegu działalności naukowej i dydaktycznej

- 1.10.2000 r. – 13.07.2005 r. – uczestnik studiów doktoranckich
- 0.1.10. 2005 r. – nadal – Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa.
Stanowisko:
01.10.2005r. – 30.09.2006r. – asystent
01.10.2006r. – do dzisiaj – adiunkt

Załącznik nr 3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

- 11.2011 r. – 02.2012 r. – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Umowa o Dzieło
Stanowisko - Wykładowca
- 10.2012r. – 02.2013r. – Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, Wydział Nauk Technicznych, Umowa o Dzieło
Stanowisko: wykładowca w ramach studiów podyplomowych –
Audyting energetyczny w budownictwie na potrzeby termomodernizacji oraz certyfikacji energetycznej budynku.
- 01.10.2014r. – 22.02.2015r. – Akademia Techniczno – Humanistyczna w Bielsku Białej, Umowa Zlecenie
Stanowisko - Wykładowca

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1789)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

ZASTOSOWANIE METOD PERTURBACYJNYCH W OCENIE AKUSTYCZNEJ WNĘTRZ DO ODBIORU DŹWIĘKU SŁOWNEGO

4.2. Praca naukowa, dokumentująca osiągnięcie naukowe, stanowiąca podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Nowoświat A.: *Zastosowanie metod perturbacyjnych w ocenie akustycznej wnętrz do odbioru dźwięku słownego*. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2019.

Recenzenci wydawniczy wskazanej monografii:

Prof. dr hab. inż. Wojciech Batko – Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie

Prof. dr hab. inż. Henryk Nowak – Politechnika Wrocławska

4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz ze wskazaniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1. Motywacja i cel naukowy

Akustyka wnętrz zawiera się w obszarze zainteresowań ogólnie rozumianej Fizyki Budowli. Dziedzina ta jest częścią dyscypliny naukowej Budownictwo, o czym świadczy fakt iż zawiera się w normach przypisanych do budownictwa, np. PN-B-02151. *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań*.

Czas pogłosu pomieszczenia jest jednym z najważniejszych parametrów opisujących jego własności akustyczne. Istnieją również inne parametry opisujące własności akustyczne pomieszczeń, ale większość z nich zależy od czasu pogłosu. Literatura dotycząca akustyki pomieszczeń wskazuje, że podczas projektowania własności akustycznych pomieszczeń napotyka się na dwa rodzaje problemów – pierwszy dotyczący niedokładności szacowania czasu pogłosu metodami teoretycznymi bądź symulacyjnymi a drugi dotyczy dużych różnic w otrzymanych wynikach w zależności od stosowanego wzoru obliczeniowego. Na niedokładność szacowania czasu pogłosu znacząco wpływa nieznanostwo dokładnych własności dźwiękochłonnych materiałów ograniczających pomieszczenie, czy też nierównomierny rozkład pola akustycznego. W wielu współczesnych pracach badacze próbują rozwiązać te problemy. Przykładowo Neubauer i Kostek badali wpływ stosowanego modelu teoretycznego na wynik czasu pogłosu przy różnych wariantach położenia powierzchni pochłaniających dźwięk. Poza tym Neubauer opracował nowy sposób szacowania czasu pogłosu. Przedstawił swój wzór w postaci dwuczłonowej, w którym wyróżnił człon Eyringa i Kuttruffa. Podobnie Arau-Puchades i Berardi opracowali własny model szacowania czasu pogłosu. Tylko w latach 2017-2018 powstało kilkadziesiąt artykułów opublikowanych w znaczących czasopiśmie, które poruszają tematykę szacowania czasu pogłosu.

Dlatego w swojej monografii habilitacyjnej opracowałem nowe metody perturbacyjne zastosowane zarówno we wzorach klasycznych jak i w Perturbacyjnej Metodzie Minimalizacji Reszt opracowanej przez habilitanta.

Pierwszym celem pracy było zidentyfikowanie czynników wpływających na wartość czasu pogłosu w pomieszczeniu i próba określenia ich wpływu na tę wartość. Drugim celem było opracowanie modeli perturbacyjnych, z wykorzystaniem liczb perturbacyjnych i zidentyfikowanych czynników, za pomocą których szacowany był czas pogłosu w pomieszczeniu.

Osiągnięcie tych celów wymagało realizacji następujących celów szczegółowych:

1. badań studialnych,
2. walidacji programu komputerowego,
3. zdefiniowania zaburzeń,
4. opracowania algorytmów perturbacyjnych,
5. weryfikacji empirycznej.

4.3.2. Oryginalne osiągnięcie naukowe

Przedstawiane przeze mnie osiągnięcie naukowe można rozpatrywać w dwóch obszarach. Pierwszy obszar dotyczy głównego nurtu mojej monografii i zaliczyłbym do tego:

1. Opracowanie algorytmów perturbacyjnych dla wielu modeli klasycznych szacowania czasu pogłosu i dla szacowania wskaźnika zrozumiałości mowy STI, według modelu Nowoświata opublikowanego wspólnie z Olechowską w Applied Acoustics i Archives of Acoustics.
2. Zastosowanie metod perturbacyjnych w szczególności nowej algebry liczb perturbacyjnych do modyfikacji modelu Sabine'a i modyfikacji innych modeli teoretycznych.
3. Opracowanie Perturbacyjnej Metody Minimalizacji Reszt. Opracowanie jest perturbacyjną modyfikacją opublikowanego w Applied Acoustics algorytmu Metody Minimalizacji Reszt.

W celu uzyskania wskazanych powyżej wyników zrealizowałem oryginalne cele pośrednie, do których zaliczam:

4. Walidację programu ODEON na podstawie modelu komory pogłosowej laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej oraz zastosowanie przy tym szacowania błędu symulacji oraz błędu eksperymentalnego.

5. Zdefiniowanie zaburzeń występujących w modelu perturbacyjnym, jako pięciu czynników wpływających na wartość czasu pogłosu w pomieszczeniu. Do zaburzeń tych zaliczyłem: ε_1 – wpływ rozmieszczenia materiału dźwiękochłonnego na szacowany czas pogłosu, ε_2 – wpływ zmiany kształtu pomieszczenia na szacowany czas pogłosu, ε_3 – wpływ współczynnika rozproszenia na szacowany czas pogłosu, ε_4 – wpływ mikroklimatu we wnętrzu na szacowany czas pogłosu oraz ε_5 – wpływ sposobu uśredniania wyników pomiaru oraz niepewności pomiarowej na szacowany czas pogłosu.

Do drugiego obszaru oryginalnego osiągnięcia zaliczyłbym:

6. Krytyczne przeanalizowanie dostępnych pozycji literatury tematu, dotyczącej szacowania czasu pogłosu. Przeanalizowałem w sposób autorski wiele prac wskazując znaczenie badań nad teoretycznymi modelami szacowania czasu pogłosu oraz pokazałem różnice pomiędzy stosowanymi modelami dla różnych pomieszczeń z różnymi rozmieszczeniami materiałów dźwiękochłonnych.
7. Korzystając z dostępnej literatury pokazałem wyprowadzenie teoretycznych modeli szacowania czasu pogłosu Sabine’a i Eyringa oraz opierając się na równaniach opisujących energię akustyczną i na pracach Lama pokazałem zależność pomiędzy znanymi wskaźnikami oceny akustycznej wewnątrz a czasem pogłosu.
8. W obszarze tym wskazałem nie tylko osiągnięcia innych naukowców, ale również własne osiągnięcie, którym był model szacowania wskaźnika STI w oparciu o czas pogłosu. Model ten był opublikowany w *Applied Acoustics* a jego pozytywnej weryfikacji na tle własnych badań dokonano w pracy Leccese z zespołem w roku 2018 w *Applied Acoustics*.

4.3.3. Osiągnięte wyniki

W ujęciu klasycznym, jak ujął to prof. Skrzypczyk [7], teoria perturbacji prowadzi do rozwiązania w postaci szeregów potęgowych względem pewnego “małego” parametru, będącego miarą odchylenia problemu dokładnego od zagadnienia, które można rozwiązać w sposób dokładny. Dokładne rozwiązanie x w postaci szeregu względem małego parametru można zapisać w postaci:

$$x = x_0 + \varepsilon x_1 + \varepsilon^2 x_2 + \varepsilon^3 x_3 + \varepsilon^4 x_4 + \dots, \quad (1)$$

przy czym:

ε – “mały” parametr,

x_0 – znane rozwiązanie problemu początkowego,

$x_1, x_2, x_3, x_4 \dots$ – “wyższe rzędy” aproksymacji, znajduwane w kolejnych iteracjach procedury perturbacyjnej.

W rozważaniach niniejszego osiągnięcia metody perturbacyjne będą stosowane w zakresie algebry liczb perturbacyjnych zdefiniowanych przez prof. Skrzypczyka [7], a uogólnione przez autora niniejszego osiągnięcia w pracy [2].

DEFINICJA 1. Liczbę perturbacyjną (ε – liczba) definiuje się jako uporządkowaną parę liczb rzeczywistych $(x, y) \in \mathbb{R}^2$. Zbiór liczb perturbacyjnych oznaczono jako R_ε [7].

Na podstawie definicji 1. można zdefiniować uogólnienie na liczbę n – perturbacyjną

DEFINICJA 2. Liczbę n -perturbacyjną definiuje się jako uporządkowany zbiór liczb rzeczywistych $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^{n+1}$. Zbiór liczb n -perturbacyjnych jest oznaczony jako $R_{n\varepsilon}$ [2].

Jeżeli dwie liczby $x, y \in R_{n\varepsilon}$ będą liczbami n -perturbacyjnymi zapisanymi jako $x = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)$, $y = (y_0, y_1, y_2, \dots, y_n)$, $x_i, y_i \in \mathbb{R}$, $i = 0, \dots, n$, to można powiedzieć, że $x \equiv y$ wtedy i tylko wtedy gdy $x_i = y_i$ dla każdego $i = 0, \dots, n$.

W zbiorze liczb n -perturbacyjnych $R_{n\varepsilon}$ wprowadzić można działania dodawania $(+_{n\varepsilon})$

i mnożenia $(\bullet_{n\varepsilon})$ oraz określić elementy neutralne dodawania $0_{n\varepsilon} := \left(\underbrace{0, 0, \dots, 0}_{n+1 \text{ razy}} \right)$

i mnożenia $1_{n\varepsilon} := \left(1, \underbrace{0, \dots, 0}_n \right)$. W tak określonym zbiorze $R_{n\varepsilon}$, który nazwany został ciałem

liczb n -perturbacyjnych, zachowane są przemienność i łączność dodawania, a także przemienność i łączność mnożenia oraz prawo rozdzielności. Określone ciało $R_{n\varepsilon}$ nie zawiera ciała liczb rzeczywistych \mathbb{R} . Można jednak wykazać, że liczby rzeczywiste mogą być traktowane jako pewne elementy ciała $R_{n\varepsilon}$, z zachowaniem działań algebraicznych oraz elementów neutralnych dodawania i mnożenia [7].

Uogólniając teorię wprowadzoną przez Skrzypczyka [7] zdefiniowano działania dodawania $(+_{n\varepsilon})$ i mnożenia $(\bullet_{n\varepsilon})$ [8, 3].

Dla trzech liczb n perturbacyjnych: $x = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)$, $y = (y_0, y_1, y_2, \dots, y_n)$,

$z = (z_0, z_1, z_2, \dots, z_n)$ oraz liczby rzeczywistej A zapisuje się:

$$x +_{n\varepsilon} y := (x_0 + y_0, x_1 + y_1, x_2 + y_2, \dots, x_n + y_n), \quad (2)$$

$$A +_{n\varepsilon} y := (A + x_0, x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3)$$

$$x \bullet_{n\varepsilon} y := (x_0 y_0, x_0 y_1 + x_1 y_0, x_0 y_2 + x_2 y_0, \dots, x_0 y_n + x_n y_0), \quad (4)$$

Twierdzenie 1. Zbiór $R_{n\varepsilon}$ z działaniami dodawania $(+_{n\varepsilon})$ i mnożenia $(\bullet_{n\varepsilon})$ określonymi

wzorami (2) i (4) oraz z wyróżnionymi elementami zerowym $0_{n\varepsilon} = \left(\underbrace{0, 0, \dots, 0}_{n+1 \text{ razy}} \right)$

oraz jedynekowym $I_{n\varepsilon} = \left(1, \underbrace{0, \dots, 0}_n \right)$ jest ciałem. Ciało to nazwano ciałem liczb perturbacyjnych

[7].

Dowód tego twierdzenia przeprowadzono w monografii habilitacyjnej [3].

Potęgowanie liczb n -perturbacyjnych:

$$z^2 = zz = (z_0^2, 2z_0 z_1, 2z_0 z_2, \dots, 2z_0 z_n), \quad (5)$$

pamiętając, że: $z^2 \equiv (0, 0, 0, \dots, 0)$, jeśli $z_0 = 0$. Otrzymano zatem:

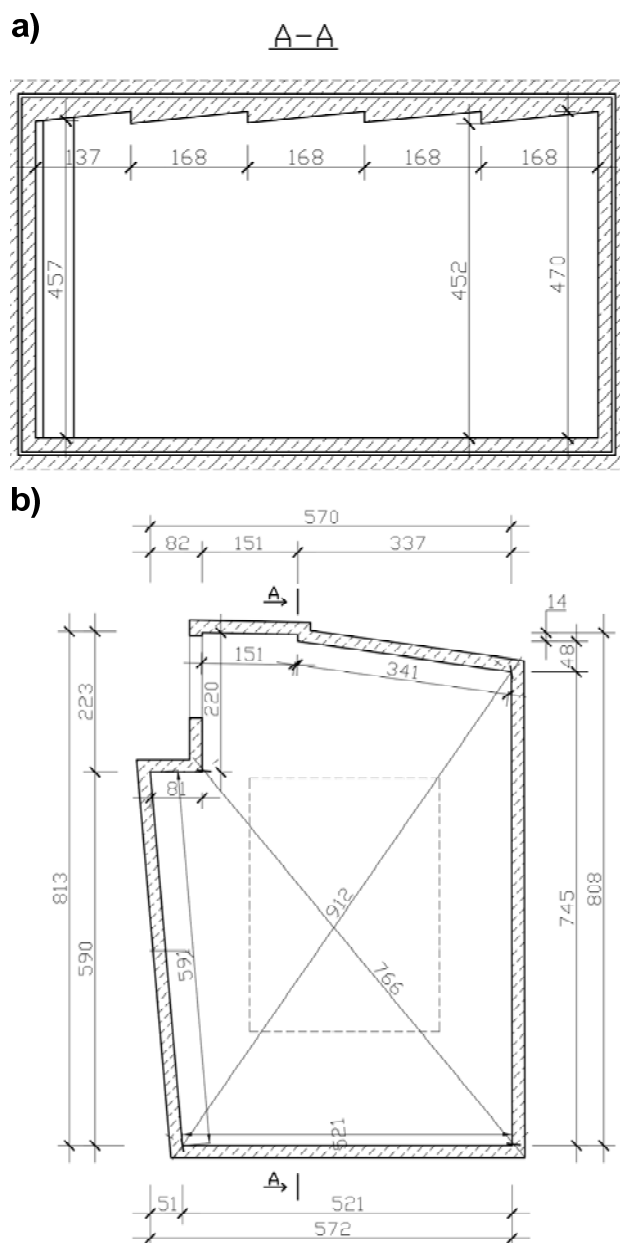
$$z^3 = zz^2 = (z_0, z_1, \dots, z_n) (z_0^2, 2z_0 z_1, \dots, 2z_0 z_n) = (z_0^3, 3z_0^2 z_1, \dots, 3z_0^2 z_n), \quad (6)$$

$$z^k = zz^{k-1} = (z_0^k, kz_0^{k-1} z_1, kz_0^{k-1} z_2, \dots, kz_0^{k-1} z_n), \quad (7)$$

Ponieważ w wielu klasycznych modelach czasu pogłosu występują logarytmy, to przedstawiono jeszcze wzór na logarytm liczby perturbacyjnej:

$$\ln_{\varepsilon} (a + \varepsilon b) = \ln a + \frac{\varepsilon b}{a}, \quad (8)$$

W celu zastosowania metod perturbacyjnych należy wyznaczyć małe parametry opisane w równaniu (1), z tym że w przypadku perturbacji w modelach czasu pogłosu potrzeba jest określić małe parametry jako zaburzenia wpływające na warunki pogłosowe w pomieszczeniu. Zaburzeń wpływających na czas pogłosu może być n . Jednakże dla celów przedstawianego osiągnięcia zidentyfikowano ich pięć – ε_1 – wpływ rozmieszczenia materiału dźwiękochłonnego na szacowany czas pogłosu, ε_2 – wpływ zmiany kształtu pomieszczenia na szacowany czas pogłosu, ε_3 – wpływ współczynnika rozproszenia na szacowany czas pogłosu, ε_4 – wpływ mikroklimatu we wnętrzu na szacowany czas pogłosu oraz ε_5 – wpływ sposobu uśredniania wyników pomiaru oraz niepewności pomiarowej na szacowany czas pogłosu. Oczywistym jest, że aby móc określić poszczególne wpływy, to należałoby wykonać szereg systematycznych badań, zmieniając w zaplanowany sposób czy to rozkład materiałów dźwiękochłonnych czy kształt pomieszczenia, czy materiałów ograniczających pomieszczenie, itp. Wykonanie tych wszystkich pomiarów jest zarówno ekonomicznie jak i technicznie niewykonalne. Dlatego w monografii habilitacyjnej [3] zostały przedstawione modele numeryczne stosowane w szacowaniu czasu pogłosu a potem na podstawie analiz numerycznych wybrano program ODEON jako ten, w którym wykonano wszystkie wspomniane eksperymenty. Zanim jednak do tego doszło postanowiono dokonać walidacji modelu numerycznego. W tym celu wykonano pomiar czasu pogłosu w komorze pogłosowej Laboratorium Budownictwa Politechniki Śląskiej, której przekrój i rzut przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Komora pogłosowa: a) przekrój komory pogłosowej b) rzut komory pogłosowej

Objętość komory pogłosowej równa 192,7 m³ oraz jej kształt spełniają warunek normy [N-1]:

$$l_{\max} < 1,9V^{1/3}, \quad (9)$$

gdzie:

l_{\max} – długość najdłuższego odcinka linii prostej we wnętrzu komory (na przykład w prostopadłościennym komorze jest to dłuższa przekątna), podana w metrach,

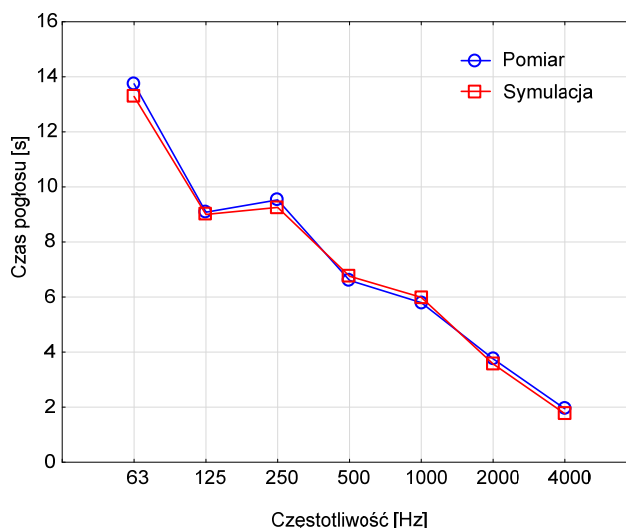
V – objętość komory, w metrach sześciennych.

W przypadku opisywanych badań mamy: $l_{\max} = 9,12$ m , $1,9V^{1/3} = 10,97$. W celu zapewnienia rozproszonego pola akustycznego użyto stałych podwieszanych elementów rozpraszających. Mikrofony stosowane do pomiaru miały wszechkierunkową charakterystykę, natomiast źródło

dźwięku miało wszechkierunkową charakterystykę promieniowania. Pomiarzy zostały wykonane przy dwóch pozycjach źródła dźwięku. Dla każdej pozycji źródła zastosowano sześć ustawień mikrofonów. Dla każdego ustawienia mikrofonów wykonano sześć powtórzeń pomiarowych. Wszystkie kombinacje pozwoliły uzyskać 12 przestrzennie niezależnie zmierzonych krzywych zaniku. Łącznie wykonano $12 \times 6 = 72$ pomiary.

Tor nadawczy składał się z generatora szumu białego i różowego wraz ze wzmacniaczem oraz kolumny głośnikowej o kulistej charakterystyce promieniowania. Część odbiorcza składała się z analizatora akustycznego, mikrofonów, przedwzmacniacza, kalibratora akustycznego oraz komputera z zainstalowanym oprogramowaniem.

W programie ODEON odwzorowano geometrię komory pogłosowej oraz ustawienie mikrofonów i źródła dźwięku. Pomiary i symulacje wykonane były w temperaturze pomieszczenia $15,5^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej w pomieszczeniu wynoszącej 30%. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wyniki pomiaru i symulacji czasu pogłosu T_{30} w komorze pogłosowej

Jak można zauważyć na rysunku 2 wyniki symulacji są zbliżone z wynikami pomiaru. Różnice pomiędzy symulacją i pomiarem przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Różnica między wartościami symulacji a pomiarem w komorze pogłosowej

Czas pogłosu	Pomiar	symulacja	Różnica między wartościami symulacji a zmierzonymi
63 Hz	13,75	13,29	-0,46
125 Hz	9,08	9	-0,08
250 Hz	9,53	9,26	-0,27
500 Hz	6,61	6,76	0,15
1000 Hz	5,8	5,99	0,19
2000 Hz	3,76	3,57	-0,19
4000 Hz	1,94	1,76	-0,18
Średni poziom 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz	5,39	5,44	0,05

Średni błąd względny przybliżenia czasów pogłosu dla częstotliwości z zakresu 63 – 4000 Hz wynosi 4%. Natomiast błąd względny dla średniego czasu pogłosu z zakresu częstotliwości 500 – 2000 Hz wynosi 0,9%.

Ponieważ zjawiska fizyczne są bardzo złożone i brak jest pełnej wiedzy o ich naturze, natomiast modele numeryczne reprezentują podejście przybliżone, więc weryfikacja i walidacja numerycznych modeli zjawisk naturalnych jest niemożliwa. Dlatego przyjęto następującą definicję:

Definicja 3. *Przez walidację rozumiemy ocenę poprawności modelu w odniesieniu do wyników badań eksperymentalnych.*

W pracy sprawdzono też inny sposób walidacji poprzez zastosowanie oryginalnej metody zaproponowanej przez Sterna z zespołem [9], w której wykorzystano tzw. metrykę walidacji procesu. W metodzie tej przyjęto kryterium poprawnej walidacji numerycznej opisane poniższym warunkiem:

$$|E| < U_V, \quad (10)$$

gdzie: E – wartość błędu porównania, U_V – niepewność walidacji.

Wartość błędu porównania określono następująco:

$$E = \delta_E - \delta_S, \quad (11)$$

gdzie: δ_E – błąd eksperymentalny, δ_S – błąd symulacji.

$$\delta_S = \delta_{SMA} + \delta_{SPD} + \delta_{SN}, \quad (12)$$

gdzie:

δ_{SMA} – błąd wynikający z założeń modelu,

δ_{SPD} – błąd wynikający z wykorzystania danych wejściowych,

δ_{SN} – błąd wynikający z symulacji numerycznej.

Na podstawie własnych przemyśleń autora niniejszego opracowania i na podstawie kolejnych prac Sterna z zespołem [10] wywnioskowano, że określony wzorem (12) błąd symulacji jest bardzo trudny do oszacowania dla gotowego oprogramowania, np. ODEON. Dlatego też zaproponowano prostszy sposób obliczania wyrażony wzorem:

$$\delta_S = |S - P|, \quad (13)$$

gdzie: S – wynik symulacji, P – wynik pomiaru.

Wartość niepewności walidacji, określono jako:

$$U_V^2 = U_E^2 + U_{SPE}^2 + U_S^2, \quad (14)$$

gdzie:

U_E – niepewność eksperymentalna,

U_{SPE} – niepewność eksperymentalna wykorzystania danych wejściowych,

U_S – niepewność symulacji.

W przypadku modelowania komory pogłosowej w laboratorium i pomiarów czasu pogłosu wyniki zebrano w tablicach 2 i 3.

Tablica 2. Parametry walidacji czasu pogłosu T . Wartość błędu

Częstotliwość mierzonego T	Parametry błędu [%]		Wartość błędu [%]
	δ_E	δ_S	E
63 Hz	5,74	3,46	2,28
125 Hz	3,01	0,89	2,12
250 Hz	1,92	2,92	1,00
500 Hz	1,38	2,27	0,89
1000 Hz	0,98	3,28	2,3
2000 Hz	0,64	5,32	4,68
4000 Hz	0,59	10,23	9,64

Tablica 3. Parametry walidacji czasu pogłosu T . Niepewność walidacji

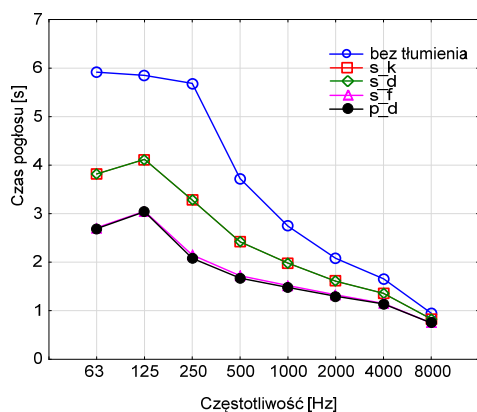
Częstotliwość mierzonego T	Wartość niepewności [%]		Niepewność walidacji [%]
	U_E	U_S	
63 Hz	11,26	3,46	11,78
125 Hz	5,90	0,89	5,96
250 Hz	3,76	2,92	4,76
500 Hz	2,70	2,27	3,53
1000 Hz	1,92	3,28	3,8
2000 Hz	1,25	5,32	5,46
4000 Hz	1,15	10,23	10,29

Ponieważ zachodzi warunek $|E| < U_V$, to walidacja spełnia założenia Sterna.

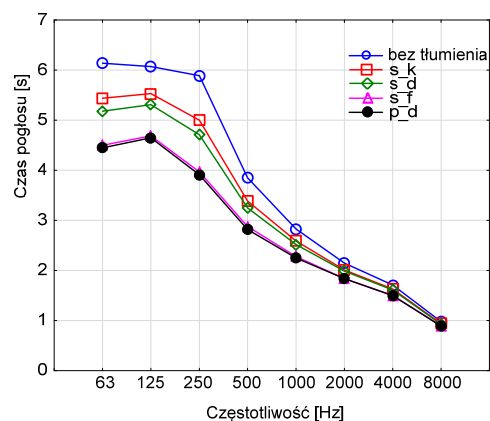
Po przeprowadzeniu argumentacji dotyczącej słuszności wyboru metody numerycznej przy pomocy programu ODEON można przejść do szacowania pięciu wskazanych zaburzeń. Przyjęto podstawowe założenie, że $0 \leq \varepsilon \leq 0,1$. Wartość 0,1 to jest zaburzenie współczynnika pochłaniania dźwięku na poziomie 10%.

W pierwszej kolejności podjęto próbę szacowania zaburzenia ε_1 związanego z rozmieszczeniem materiałów dźwiękochłonnych. W tym celu wykonano eksperyment numeryczny, w którym rozważano trzy pomieszczenia. Opis eksperymentu zawarto w rozdziale 4.1. monografii [3]. Okazuje się, że sposób rozmieszczenia materiału dźwiękochłonnego wpływa na wartość czasu pogłosu co pokazano na rysunku 3.

a)



b)

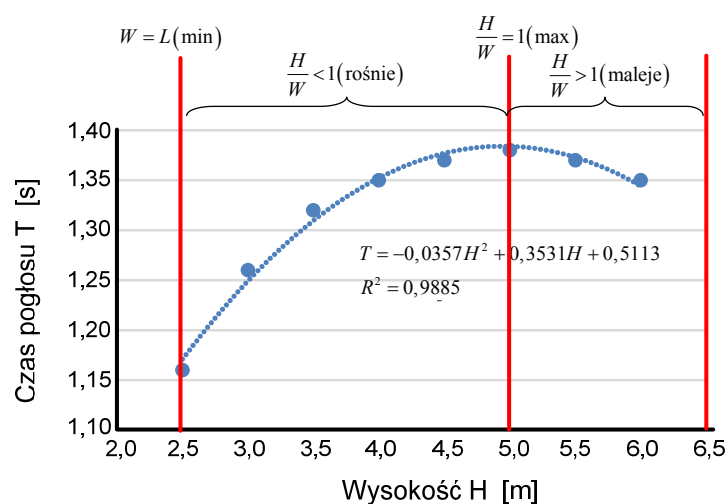


Rys. 3. Uśrednione czasy pogłosu T_{30} dla różnego położenia materiałów dźwiękochłonnych w pomieszczeniach o wysokości 3 m a) pomieszczenie o podstawie kwadratu 9m x 9m b) pomieszczenie o podstawie prostokąta 9m x 27m. Materiał dźwiękochłonny rozmieszczano odpowiednio: s_k ściana krótsza, s_d ściana dłuższa, s_f sufit, p_d podłoga

Podsumowując wyniki tych badań zaproponowano przyjmowanie wartości ε_1 dla częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz i 2000 Hz.

Kolejne zaburzenie ε_2 związane jest z kształtem pomieszczenia. W tym celu wykonano różne eksperymenty numeryczne opisane w monografii [3]. W eksperymencie pierwszym zamodelowano w programie ODEON pomieszczenie prostopadłościenne, w którym zmieniano stosunek długości do szerokości. Badania wykonano zachowując stałą kubaturę pomieszczenia wynoszącą $V = 2700 \text{ m}^3$. Ponieważ przy zmianie stosunku długości do szerokości pomieszczenia, przy jednoczesnym zachowaniu stałej kubatury, niemożliwe jest zachowanie stałej powierzchni przegród ograniczających pomieszczenie, więc ustalono jako constans powierzchnię pochłaniającą dźwięk. Rozważano dwa przypadki pogłosowe w pomieszczeniu. W pierwszym przypadku ustalono powierzchnię pochłaniającą na poziomie $A = 216 \text{ m}^2$, w drugim $A = 1728 \text{ m}^2$. Na podstawie przedstawionego eksperymentu [3] oszacowano ε_2 dla pomieszczeń słabo wytlumionych oraz dla dobrze wytlumionych.

W kolejnym eksperymencie badano wpływ stosunku wysokości pomieszczenia do jego szerokości, przy zachowaniu stałej długości i kubatury. Do eksperymentu przyjęto stały współczynnik pochłaniania dźwięku wszystkich przegród ograniczających pomieszczenie $\alpha = 0,1$.

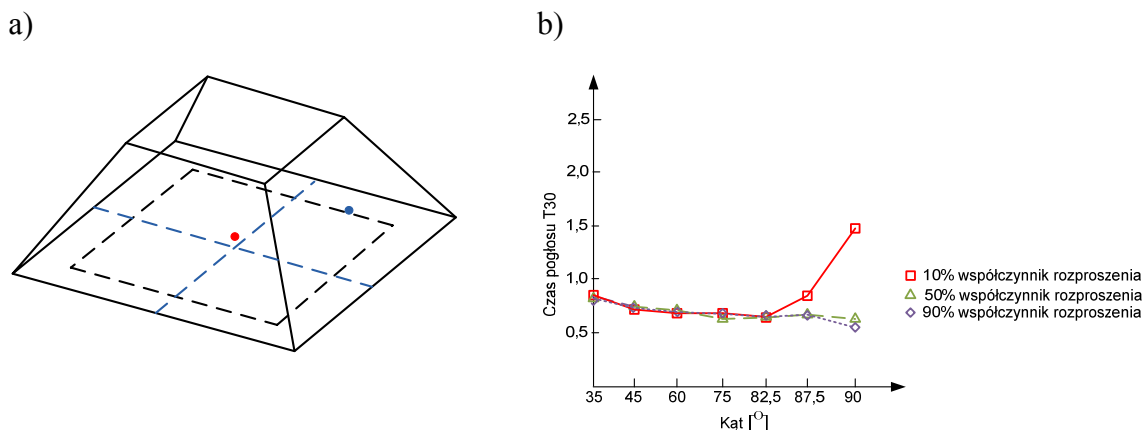


Rys. 4. Czas pogłosu w funkcji wysokości pomieszczenia przy stałej długości $L = 10 \text{ m}$, kubaturze $V = 250 \text{ m}^3$, współczynniku pochłaniania $\alpha = 0,1$.

W tym przypadku zaproponowano ε_2 szacować na podstawie równania opisującego parabolę przedstawioną na rysunku 4. $T = -0,0357H^2 + 0,3531H + 0,5113$.

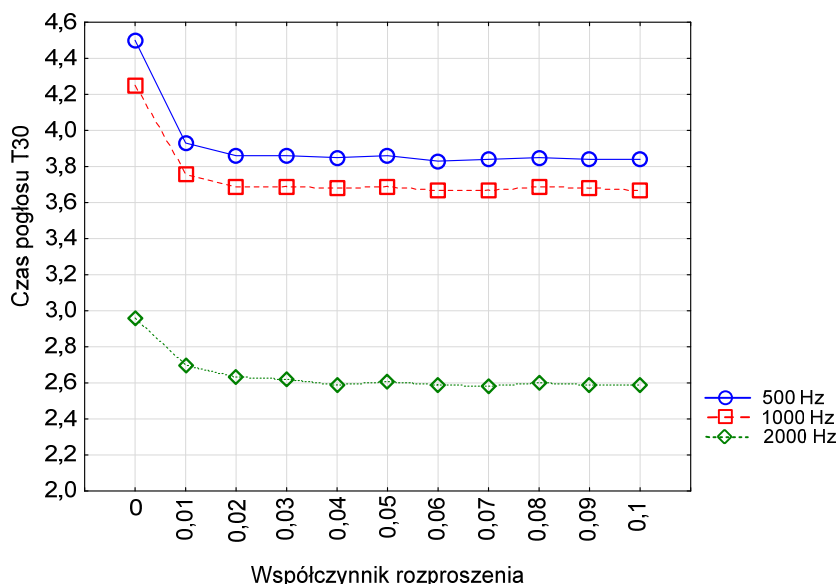
Wykonano również eksperymenty dotyczące pomieszczeń ze ściętym narożem i w takich przypadkach na podstawie wyników przedstawionych w monografii [3] można przyjąć

$\varepsilon_2 = 0$. Ciekawe wyniki otrzymano powtarzając eksperyment zaproponowany w pracy doktorskiej przez Fjaerli [1]. Na rysunku 5 a) przedstawiono rozważany model pomieszczenia [1] a na rysunku 5 b) wyniki czasu pogłosu pomieszczenia przy zmianie kąta nachylenia ścian w stosunku do podłogi dla różnych współczynników rozproszenia.



Rys. 5. a) Pomieszczenie o pochylonych ścianach, b) czas pogłosu w funkcji kąta nachylenia ściany. Wyniki dla trzech sytuacji współczynnika rozproszenia [1]

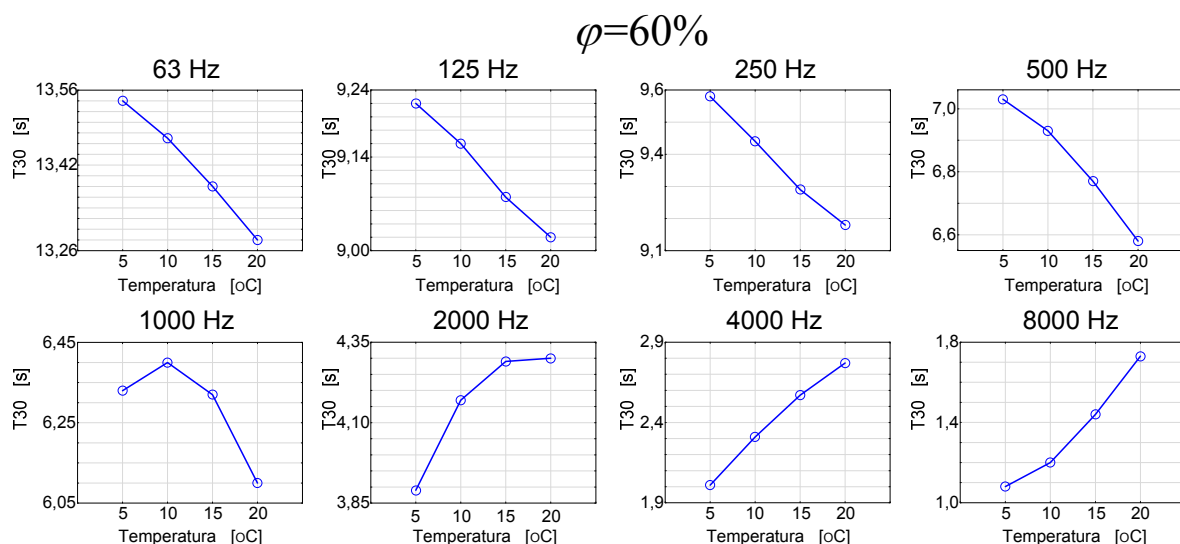
Trzecim rozważanym zaburzeniem jest współczynnik rozproszenia. W tym punkcie analizowano wyniki Fariny, Wanga i wspomnianej już Fjaerli. Jednak kluczowymi rezultatami okazały się analizy własne pomieszczenia w którym zmieniano współczynnik rozproszenia. Wyniki tych analiz przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Zmiana czasu pogłosu T30 dla różnych współczynników rozproszenia

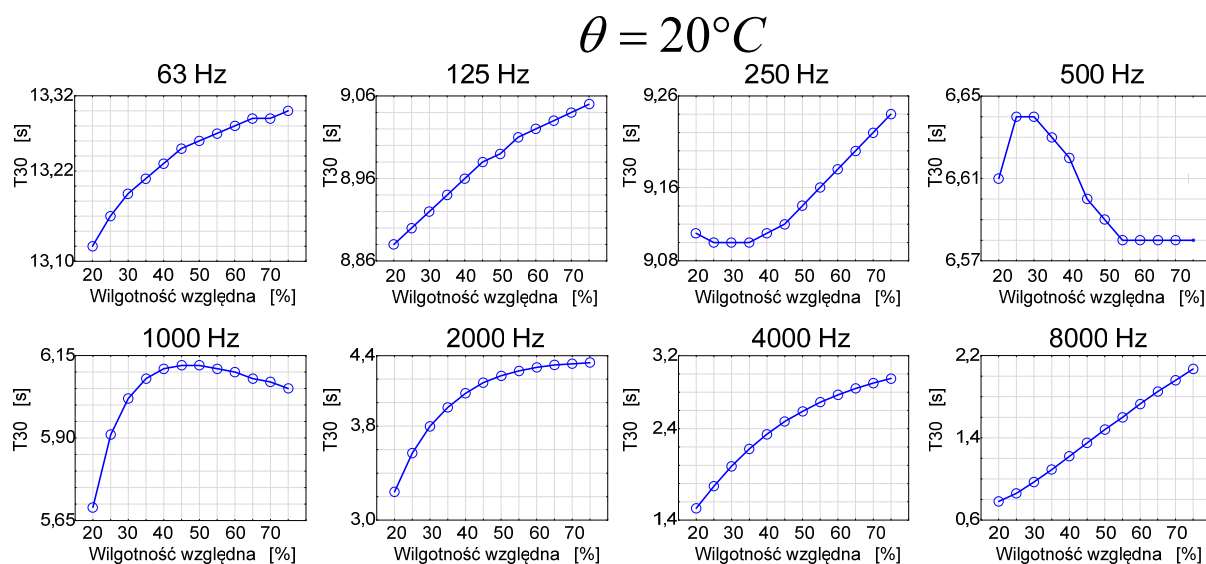
Rozważanym czwartym zaburzeniem był wpływ temperatury i wilgotności powietrza na wynik czasu pogłosu. Na podstawie pomiarów w komorze pogłosowej potwierdzono wpływ mikroklimatu wnętrza na czas pogłosu. Dlatego powtórzono te wyniki w symulacjach

komputerowych i stwierdzono, że w ODEON bardzo dobrze odzwierciedlono pomiar co było podstawą do zamodelowania wirtualnego laboratorium. Okazało się, że czas pogłosu był wrażliwy na zmiany temperatury. Przy czym te zmiany zależały zarówno od wilgotności powietrza jak i od analizowanego pasma częstotliwości. Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunku 7.



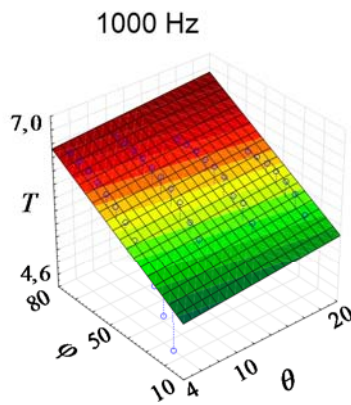
Rys. 7. Czasy pogłosu w funkcji temperatury powietrza dla częstotliwości oktawowych dla przykładowej wilgotności powietrza w pomieszczeniu

Podobne analizy wykonano w funkcji wilgotności przy różnych temperaturach i pasmach częstotliwości. Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunku 8.

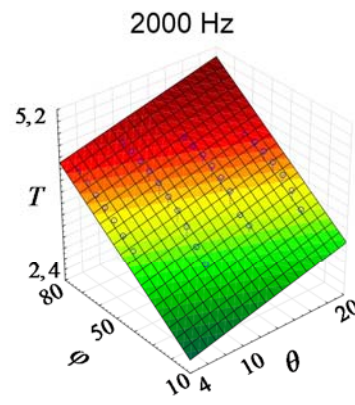


Rys. 8. Czasy pogłosu w funkcji wilgotności powietrza dla częstotliwości oktawowych dla przykładowej temperatury powietrza w pomieszczeniu

Analizując te zmiany postanowiono przedstawić wykres zmian czasu pogłosu w funkcji temperatury i wilgotności powietrza. Przykładowy wynik przedstawiono na rysunku 9.



$$T = 0,011 \cdot \theta + 0,0183 \cdot \varphi + 5,0187$$
$$R(T/\theta\varphi)_{\text{wielor.}} = 0,7855, \quad p \ll 0,05$$



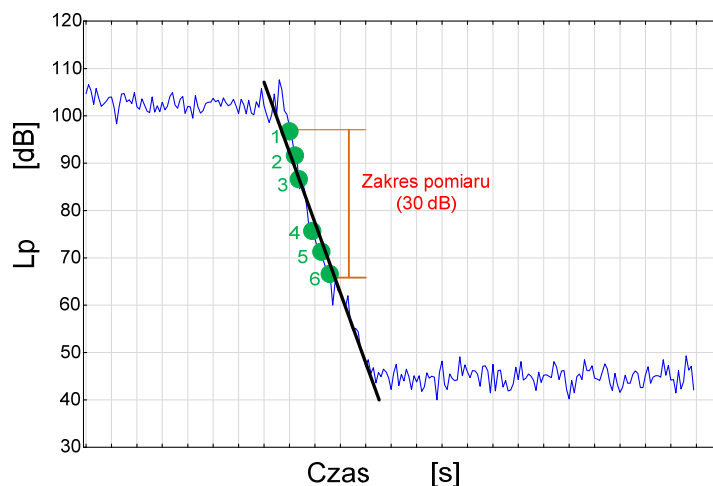
$$T = 0,0405 \cdot \theta + 0,00267 \cdot \varphi + 2,006$$
$$R(T/\theta\varphi)_{\text{wielor.}} = 0,9485, \quad p \ll 0,05$$

Rys. 9. Czasy pogłosu w funkcji wilgotności i temperatury powietrza dla częstotliwości oktaowych

Równania czasu pogłosu przedstawione wykresami na rysunku 9. dla każdej częstotliwości środkowej są inne i możemy traktować je jako wytyczne do szacowania zmian parametru ε_4 w stosunku do warunków normalnych panujących w pomieszczeniu, tj. temperatura 20°C, wilgotność względna 55%. Oczywiście równania te wyznaczone są dla komory pogłosowej, co oznacza, że dla pomieszczeń o innych parametrach chłonności akustycznej bądź też o znacznie większej kubaturze wartość ε_4 może być inna i każdy badacz może sam oszacować sobie tę wartość.

Ostatnim rozważanym zaburzeniem jest sposób szacowania czasu pogłosu na podstawie pomiarów szybkości zaniku dźwięku. W przypadku gdy mamy do czynienia z wieloma punktami pomiarowymi, to otrzymujemy tyle krzywych zaniku dźwięku ile jest pomiarów. Zatem zaproponowano uśrednienie wszystkich krzywych zaniku dźwięku w następujący sposób:

1. Na każdej krzywej (rys. 10) wybrać sześć punktów pomiarowych, tzn. trzy pierwsze punkty od momentu obniżenia się poziomu ciśnienia akustycznego o 5 dB, i trzy ostatnie punkty, które kończą spadek poziomu ciśnienia akustycznego.
2. Przez wyznaczone sześć punktów wyznaczmy metodą najmniejszych kwadratów prostą, na podstawie której szacujemy czas pogłosu.



Rys. 10. Aproxymacja liniowa fragmentu krzywej zaniku dźwięku

Przykładowo wykonany pomiar zaniku dźwięku dla 500 Hz aproksymowany sześcioma punktami przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Funkcja regresji z 24 fragmentów krzywych zaniku dźwięku dla częstotliwości 500 Hz.
Równanie regresji $L_p = -3,873 \cdot x + 98,4117$, x – numer próbki

Błąd standardowy estymacji wyniósł $u(L) = 2,66$ dB. Czas pogłosu wyznaczono na podstawie zależności:

$$T = \frac{60}{d}. \quad (15)$$

gdzie: d – szybkość zaniku dźwięku w dB/s, $d = \frac{\Delta L}{\Delta \tau}$,

ΔL – różnica poziomów dźwięku,

$\Delta \tau$ – przyrost czasu zaniku dźwięku.

Wykorzystując równanie regresji rys.11, mamy: $L_1 = 94,5$ dB, $L_6 = 75,2$ dB.

Średni przyrost czasu wynosi: $\Delta\tau = 0,039\text{s}$, natomiast średni błąd standardowy $u(\tau) = 0,055\text{s}$.

Zatem czas pogłosu wynosi: $T_{500} = 1,21\text{s}$.

Niepewność pomiaru wyznaczymy jako niepewność złożoną:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial T(\Delta L, \Delta\tau)}{\partial \Delta L}\right)^2 u^2(L) + \left(\frac{\partial T(\Delta L, \Delta\tau)}{\partial \Delta\tau}\right)^2 u^2(\tau)}. \quad (16)$$

Przyjmując błąd standardowy estymacji jako niepewność standardową, mamy $u_c = 0,08\text{s}$.

W efekcie końcowym możemy zapisać: $T_{500} = 1,21 \pm 0,08\text{s}$.

Zauważono również [3], że czas pogłosu wyznaczony na podstawie każdej z 24 krzywych pogłosowych a następnie uśredniony przyjmie inną wartość: $T_{500} = 1,30 \pm 0,153\text{s}$, gdzie niepewność pomiaru przyjęto jako niepewność standardową.

Podsumowując powyższe rozważania i te opisane w monografii [3], można stwierdzić, że wskazane jest aby ε_5 przyjmować przynajmniej na podstawie pomiarów w podobnych pomieszczeniach do tych, dla których będziemy prowadzić szacowanie czasu pogłosu. Dodatkowym wnioskiem z przeprowadzonych analiz jest fakt, że wartość czasu pogłosu szacowana na podstawie pomiarów zaniku dźwięku zależy od sposobu uśredniania. Niepewność takiego pomiaru też może zależeć od sposobu uśredniania wartości pomiarowych. Zidentyfikowane i opisane pięć zaburzeń zastosowano do perturbacji siedmiu klasycznych modeli szacowania czasu pogłosu. W tym miejscu pokazane zostaną tylko dwa algorytmy, pozostałe są opisane w monografii [3].

PERTURBOWANY MODEL SABINE'A

Perturbacyjny model Sabine'a w sytuacji, gdy 5ε -perturbacji podlega tylko współczynnik pochłaniania, w najogólniejszej postaci można zapisać za pomocą wzoru:

$$\tilde{T}_{Sab, 5\varepsilon} = \frac{0,161V}{S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab, 5\varepsilon}}. \quad (17)$$

Wykorzystując zdefiniowane działania w algebrze liczb perturbacyjnych, można sformułować algorytm obliczeniowy:

Niech $\tilde{\alpha}_{Sab, 5\varepsilon} = \bar{\alpha}_{Sab, 0} + \varepsilon_1 \tilde{\alpha}_{Sab, 1} + \varepsilon_2 \tilde{\alpha}_{Sab, 2} + \varepsilon_3 \tilde{\alpha}_{Sab, 3} + \varepsilon_4 \tilde{\alpha}_{Sab, 4} + \varepsilon_5 \tilde{\alpha}_{Sab, 5}$,

przy czym $\bar{\alpha}_{Sab, 0} = \bar{\alpha}_{Sab}$. Wówczas stosuje się algorytm:

1. Wyznacza się część główną członu $0,161 \cdot V$.
2. Wyznacza się człon perturbowany $S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab, 5\varepsilon}$.
 - a. Część główna $S \cdot \bar{\alpha}_{Sab, 0}$.

- b. Pierwsza perturbacja $S \cdot \varepsilon_1 \tilde{\alpha}_{Sab,1} + \varepsilon_1 S_1 \cdot \bar{\alpha}_{Sab,0}$, przy czym $\varepsilon_1 S_1 = 0$ (powierzchnia nie jest perturbowana).
- c. Druga perturbacja $S \cdot \varepsilon_2 \tilde{\alpha}_{Sab,2} + \varepsilon_2 S_2 \cdot \bar{\alpha}_{Sab,0}$, przy czym $\varepsilon_2 S_2 = 0$.
- d. Trzecia perturbacja $S \cdot \varepsilon_3 \tilde{\alpha}_{Sab,3} + \varepsilon_3 S_3 \cdot \bar{\alpha}_{Sab,0}$, przy czym $\varepsilon_3 S_3 = 0$.
- e. Czwarta perturbacja $S \cdot \varepsilon_4 \tilde{\alpha}_{Sab,4} + \varepsilon_4 S_4 \cdot \bar{\alpha}_{Sab,0}$, przy czym $\varepsilon_4 S_4 = 0$.
- f. Piąta perturbacja $S \cdot \varepsilon_5 \tilde{\alpha}_{Sab,5} + \varepsilon_5 S_5 \cdot \bar{\alpha}_{Sab,0}$, przy czym $\varepsilon_5 S_5 = 0$.
3. Wyznacza się odwrotności $\frac{1}{S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab,5\varepsilon}}$, wykorzystując wzór:

$$x^{-1} = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)^{-1} = \left(\frac{1}{x_0}, -\frac{x_1}{x_0^2}, -\frac{x_2}{x_0^2}, \dots, -\frac{x_n}{x_0^2} \right), \quad x_0 \neq 0. \quad (18)$$

- a. Część główna $\frac{1}{S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab,0}}$.
- b. Kolejne perturbacje: pierwsza $\frac{1}{S \cdot \varepsilon_1 \tilde{\alpha}_{Sab,1}}$, druga $\frac{1}{S \cdot \varepsilon_2 \tilde{\alpha}_{Sab,2}}$, trzecia $\frac{1}{S \cdot \varepsilon_3 \tilde{\alpha}_{Sab,3}}$,
czwarta $\frac{1}{S \cdot \varepsilon_4 \tilde{\alpha}_{Sab,4}}$, piąta $\frac{1}{S \cdot \varepsilon_5 \tilde{\alpha}_{Sab,5}}$.

4. Wyznacza się zaburzony wzór Sabine'a

a. Oblicza się człon główny $T_{sab,0} = 0,161V \cdot \frac{1}{S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab,0}}$.

b. Wyznacza się kolejno człony perturbowane $\tilde{T}_{sab,1} = 0,161V \cdot \frac{1}{S \cdot \varepsilon_1 \tilde{\alpha}_{Sab,1}}$,

$$\tilde{T}_{sab,2} = 0,161V \cdot \frac{1}{S \cdot \varepsilon_2 \tilde{\alpha}_{Sab,2}}, \dots, \tilde{T}_{sab,5} = 0,161V \cdot \frac{1}{S \cdot \varepsilon_5 \tilde{\alpha}_{Sab,5}}.$$

c. Oblicza się sumę perturbacji $\sum_{i=1}^5 \frac{0,161V}{S \cdot \varepsilon_i \tilde{\alpha}_{Sab,i}}$.

- d. Wyznacza się obszary perturbowane

$$\tilde{T}_{sab,5\varepsilon} = 0,161V \cdot \frac{1}{S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab,0}} - 0,161V \sum_{i=1}^5 \frac{1}{S \cdot \varepsilon_i \tilde{\alpha}_{Sab,i}},$$

$$\overline{\tilde{T}_{sab,5\varepsilon}} = 0,161V \cdot \frac{1}{S \cdot \tilde{\alpha}_{Sab,0}} + 0,161V \sum_{i=1}^5 \frac{1}{S \cdot \varepsilon_i \tilde{\alpha}_{Sab,i}}.$$

gdzie $\overline{T_{Sab,5\varepsilon}}$ jest ograniczeniem górnym czasu pogłosu Sabine'a wynikającym z zastosowania zaburzeń perturbacyjnych, $\check{T}_{Sab,5\varepsilon}$ jest ograniczeniem dolnym czasu pogłosu Sabine'a wynikającym z uwzględnienia zaburzeń perturbacyjnych.

PERTURBOWANY MODEL EYRINGA

Perturbacyjny model Eyringa, w sytuacji gdy perturbacji podlega tylko współczynnik pochłaniania w najogólniejszej postaci można zapisać za pomocą wzoru:

$$\check{T}_{Eyr,5\varepsilon} = \frac{0,161V}{S \cdot \ln(1 - \check{\alpha}_{Sab,5\varepsilon})}. \quad (19)$$

Wykorzystując zdefiniowane dla liczb perturbacyjnych, można sformułować algorytm obliczeniowy.

1. Wyznacza się część główną członu $0,161 \cdot V$.
2. Wyznacza się człon perturbowany: $S \cdot \ln(1 - \check{\alpha}_{Sab,5\varepsilon})$.
 - a. Część główna i perturbacje: $1 - \overline{\alpha}_{Sab,0}$, $0 - \varepsilon_1 \check{\alpha}_{Sab,1}$, $0 - \varepsilon_2 \check{\alpha}_{Sab,2}$, $0 - \varepsilon_3 \check{\alpha}_{Sab,3}$, $0 - \varepsilon_4 \check{\alpha}_{Sab,4}$, $0 - \varepsilon_5 \check{\alpha}_{Sab,5}$.
 - b. Wyznacza się logarytmy naturalne $\ln(1 - \check{\alpha}_{Sab,5\varepsilon})$, wykorzystując wzór (8).
 - c. Wykonujemy kolejne przekształcenia analogicznie jak dla modelu Sabine'a.

PERTURBACYJNY MODEL MINIMALIZACJI RESZT (PMMR)

Model Minimalizacji Reszt (MMR) został już opublikowany w pracach [4], [5] i przywołany w monografii [3]. Celem tego przywołania było wyjaśnienie metody PMMR opartej na metodzie MMR. W tym miejscu podam krótką charakterystykę algorytmu PMMR, odsyłając do pełnego algorytmu opartego na MMR opisanego w monografii [3].

Podobnie jak w metodzie MMR opisanej w monografii [3], wykorzystuje się pomiar czasu pogłosu T_p pomieszczenia referencyjnego, a następnie oblicza się kolejne różnice: $R_1 = T_p - T_{Sab,5\varepsilon}$, $R_2 = T_p - T_{Eyr,5\varepsilon}$, ... (zwane resztami), gdzie T_p — zmierzony czas pogłosu, $T_{Sab,5\varepsilon}$, $T_{Eyr,5\varepsilon}$, ... — czasy pogłosu obliczone opisanymi perturbowanymi metodami teoretycznymi. Dwukrotne zastosowanie algorytmu MMR dla perturbowanych modeli teoretycznych opisuje algorytm PMMR.

Przy czym pierwszy raz stosuje się algorytm dla czasu pogłosu $T_{szacowane} + \check{T}_{n\varepsilon_sk}$, a drugi dla czasu pogłosu $T_{szacowane} - \check{T}_{n\varepsilon_sk}$,

gdzie $\check{T}_{n\varepsilon_sk} = \left| T_0 + \varepsilon_1 \check{K}_{\varepsilon_1} + \varepsilon_2 \check{K}_{\varepsilon_2} + \varepsilon_3 \check{K}_{\varepsilon_3} + \varepsilon_4 \check{K}_{\varepsilon_4} + \varepsilon_5 \check{K}_{\varepsilon_5} + 0_{n\varepsilon} + \dots + 0_{n\varepsilon} \right|$.

PERTURBACYJNY MODEL STI

Perturbacyjny model szacowania wskaźnika zrozumiałości mowy oparty jest na wzorze STI mojego autorstwa opublikowanym w pracy [6]. Otrzymuje się zatem:

$$\widetilde{STI}_{5\varepsilon} = A \ln \check{T}_{5\varepsilon} + B. \quad (20)$$

gdzie $A = -0,2078$, $B = 0,6488$.

Algorytm wyznaczania

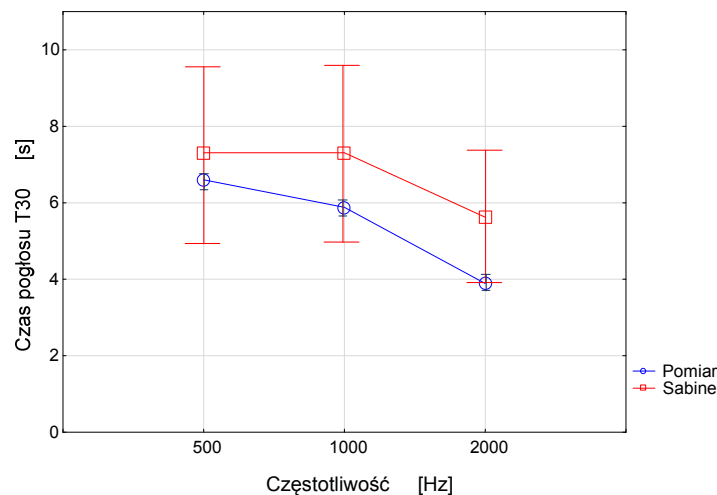
1. Wyznacza się $\ln \check{T}_{5\varepsilon}$ za pomocą wzoru (8), wykonując działania jak dla modelu Eyringa
2. Wykonuje się proste działania mnożenia i dodawania.

Opracowane modele perturbacyjne zweryfikowano za pomocą pomiarów. Należy przy tym pamiętać, że nawet te modele bez chociażby „grubego” przybliżenia parametrów dźwiękochłonnych przegród ograniczających pomieszczenie nie sprawdzą się w stopniu wystarczającym.

W pierwszej kolejności poddano weryfikacji perturbowane modele klasyczne, wyznaczając górne i dolne ograniczenia dla komory pogłosowej i porównano je z pomiarem.

Na wykresie przedstawionym na rysunku 12. pokazano zastosowanie metod perturbacyjnych dla klasycznego modelu Sabine’a. Wynik takiej perturbacji zapiszemy następująco:

$$\check{T}_{n\varepsilon_sabine} = \pm \left| T_0 + \varepsilon_1 \check{T}_1 + \varepsilon_2 \check{T}_2 + \varepsilon_3 \check{T}_3 + \varepsilon_4 \check{T}_4 + \varepsilon_5 \check{T}_5 \right|$$



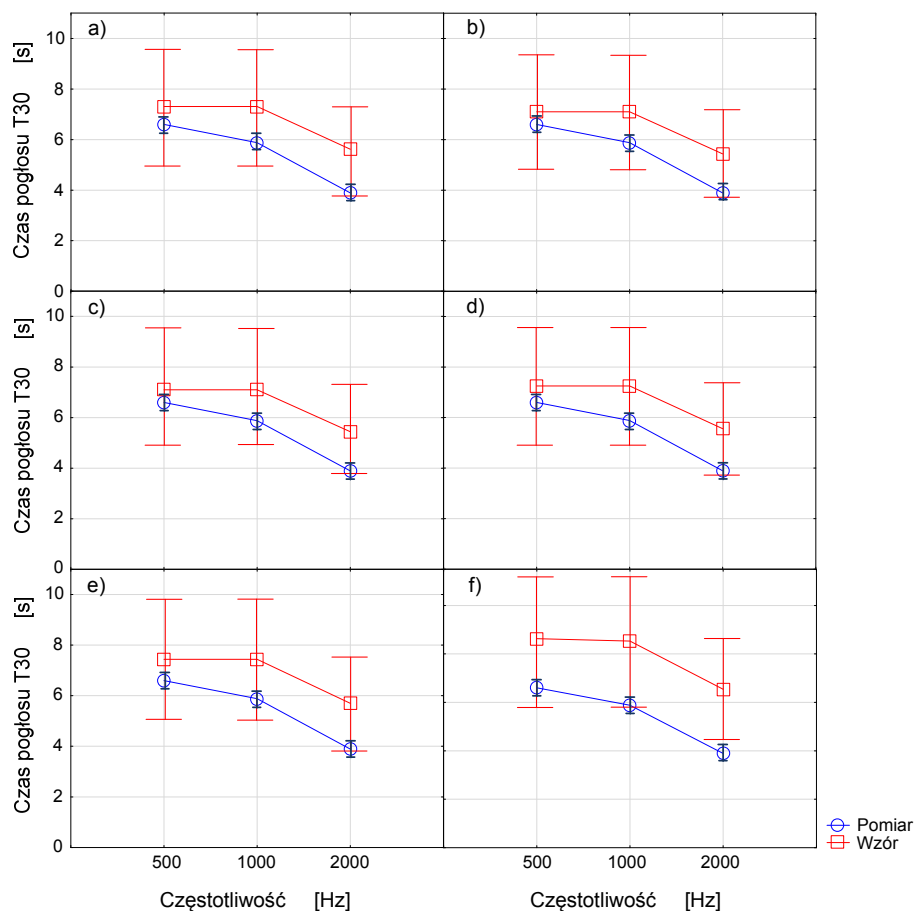
Rys. 12. Perturbacja modelu Sabine’a

Ze względu na duży błąd zastosowania modelu Sabine'a, wynikający zarówno z tablicowego doboru współczynnika pochłaniania dźwięku przegród ograniczających komorę pogłosową, jak i nieuwzględnienia w modelu Sabine'a dyfuzorów występujących w komorze, suma perturbacji jest dość duża i wynosi $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i \right| = 2,30$.

$$\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i \right| = 2,30$$

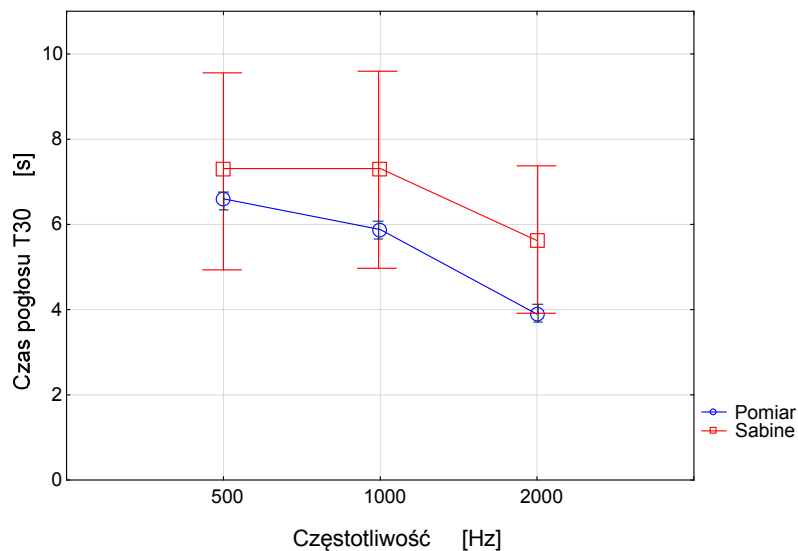
Analiza wykresu przedstawionego na rysunku 12 sprowokowała do rozważenia, czy uwzględnienie zaburzenia współczynnika pochłaniania dźwięku w innych modelach teoretycznych da podobne wyniki. Na rysunku 13. przedstawiono wyniki takich analiz. We wszystkich analizowanych przypadkach przyjęto skrajnie wysokie wartości „małych” parametrów ε na poziomie 0,1. Wyjątkiem był ε_5 dla którego podstawą przyjęcia była niepewność pomiarowa na poziomie 1%.

W analizowanych na rysunkach 12 i 13 przypadkach przyjmowano dla wszystkich częstotliwości podobny poziom zaburzenia. Natomiast — jak wykazano we wcześniejszych rozdziałach — zaburzenie dla każdej z częstotliwości powinno być inne. Jak powszechnie wiadomo właściwości materiałowe dotyczące pochłaniania dźwięku są różne dla różnych częstotliwości.



Rys. 13. Perturbacje zastosowane dla różnych modeli: a) Eyringa, b) Millingtona, c) Fitzroya, d) Kurttruffa, e) Neubauera, f) Pujolle'a

Jak można wywnioskować z analizy wykresów przedstawionych na rysunku 13, pięć modeli zachowuje się bardzo podobnie. Natomiast model Pujolle'a ma inny charakter dolnego ograniczenia perturbacji. Wynikać to może z faktu że model Pujolle'a jest wrażliwy na dokładność pomiaru długości, szerokości i wysokości pomieszczenia, co w przypadku komory pogłosowej było obarczone błędem. Zauważyć można również, że przedstawione na wykresach 12 i 13 tzw. „wąsy” obrazują obszar, który w publikacji Nowoświata i zespołu [2] nazwany był „obszarem wiarygodności” i wyznaczony jest przez dolną i górną granicę wynikłą z zaburzenia wzorów teoretycznych. Jak łatwo zauważyć wartości czasu pogłosu obliczone za pomocą wzorów teoretycznych są większe niż te z pomiarów. Można również zauważyć, że wartość czasu pogłosu otrzymana za pomocą wzoru teoretycznego i dolne ograniczenie „obszaru wiarygodności” wyznaczają obszar w którym znajduje się wynik pomiaru. Poddamy jeszcze analizie wzór Sabine'a stosując inne wartości ε dla różnych częstotliwości.

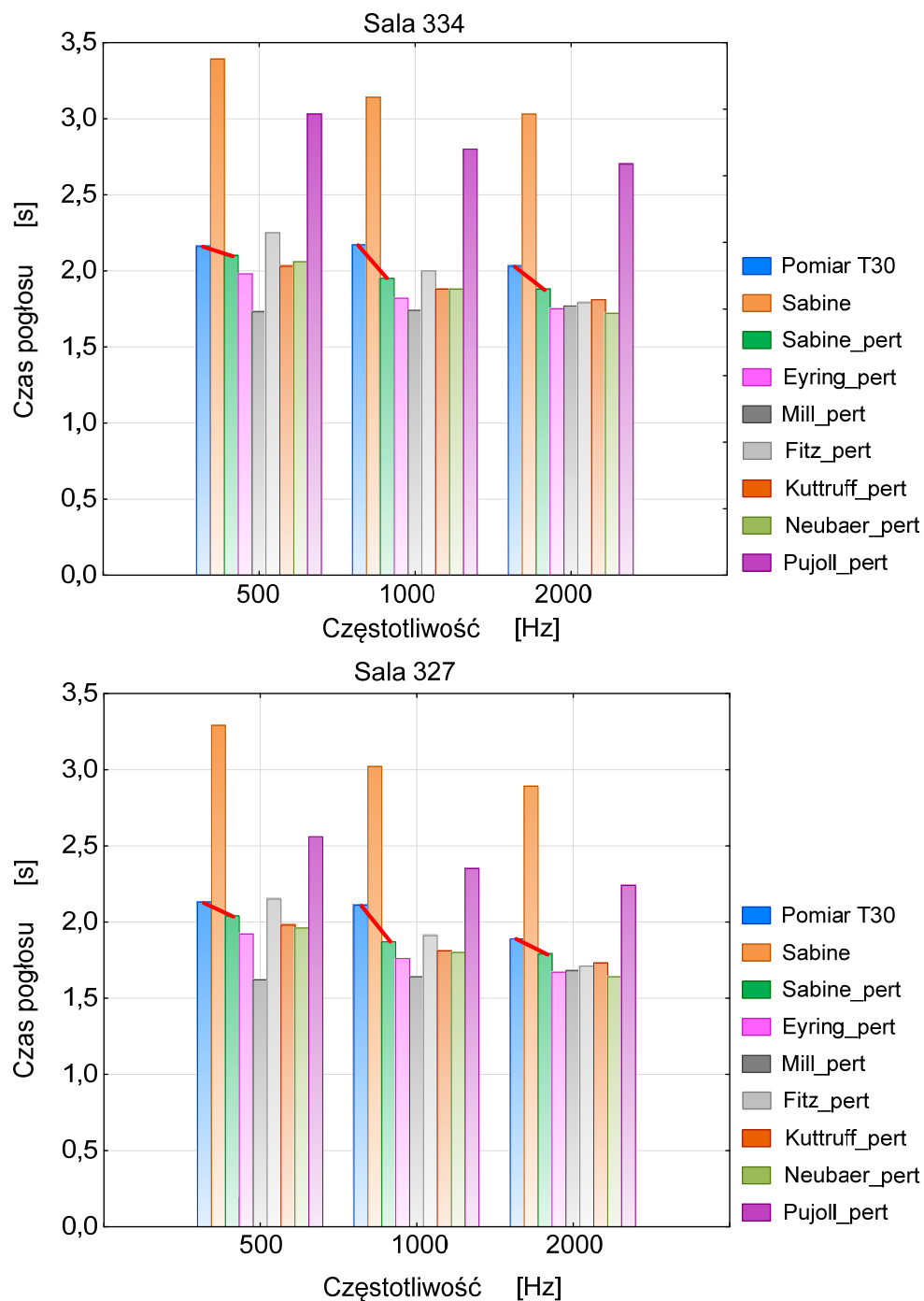


Rys. 14. Perturbacja modelu Sabine'a uwzględniająca różne ε dla różnych częstotliwości

Przyjmując różne wartości epsilon dla różnych częstotliwości można znacznie dokładniej przybliżyć modelem Sabine'a pomiar rzeczywisty. W takim przypadku:

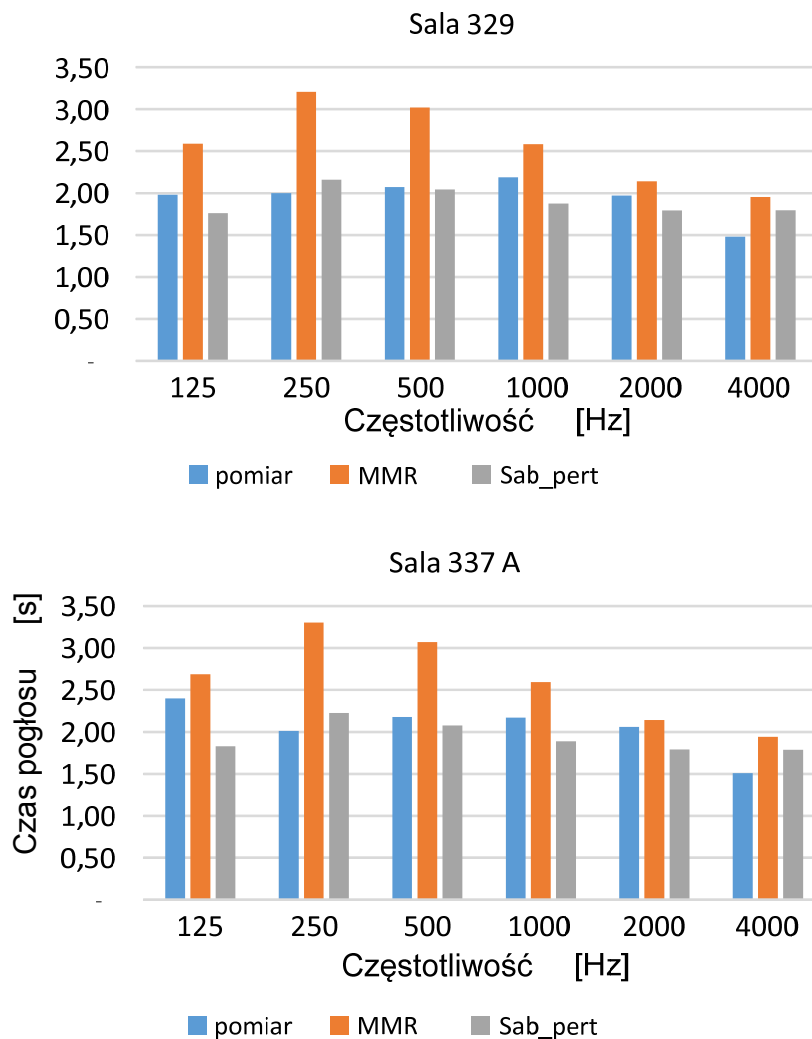
- dla 500 Hz otrzymano sumę perturbacji 0,99,
- dla 1000 Hz otrzymano sumę perturbacji 1,64,
- dla 2000 Hz otrzymano sumę perturbacji 1,77.

Ostatecznie weryfikację przedstawionych modeli przeprowadzono dla pomieszczeń dydaktycznych. Opis pomieszczeń, opis algorytmu i sposób pomiaru można znaleźć w monografii habilitacyjnej autora tego opracowania [3]. W tym miejscu przedstawię wyniki końcowe przedmiotowej weryfikacji. W pierwszej kolejności pokazano weryfikację wszystkich perturbowanych modeli klasycznych.



Rys. 15. Wartości czasu pogłosu zmierzone i obliczone za pomocą perturbowanych modeli teoretycznych

W drugiej kolejności weryfikację przeprowadzono dla dwóch pomieszczeń dydaktycznych Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, tj. pomieszczenia o numerze 329 i pomieszczenia o numerze 337A. Oba pomieszczenia różnią się kubaturą. Weryfikacja polegała na porównaniu pomiaru metody MMR i metody perturbowanego modelu Sabine'a



Rys. 16. Zmierzone i obliczone metodami MMR i perturbacyjnym modelem Sabine’a czasy pogłosu w funkcji częstotliwości

Sumy perturbacji dla modelu Sabine’a dla różnych częstotliwości wynosiły, odpowiednio:

- dla pomieszczenia 325 $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i^{500} \right| = 1,24$, $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i^{1000} \right| = 1,14$, $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i^{2000} \right| = 1,09$,
- dla pomieszczenia 334 $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i^{500} \right| = 1,29$, $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i^{1000} \right| = 1,19$, $\left| \sum_{i=1}^5 \varepsilon_i^{2000} \right| = 1,15$.

Sprawdźmy teraz model PMMR

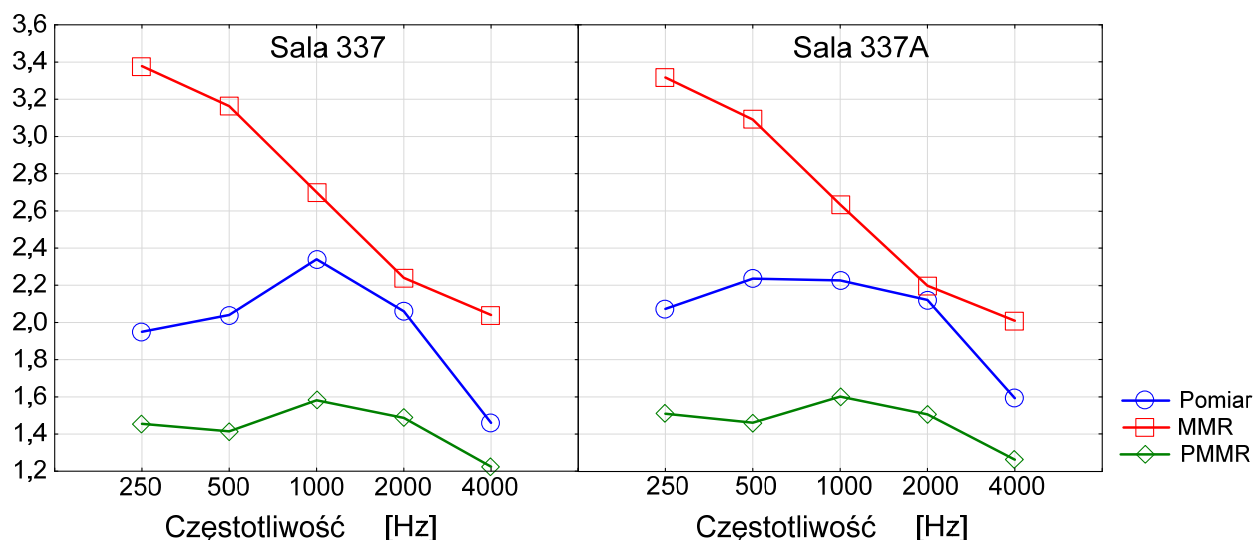
Algorytm PMMR

- Za pomocą perturbowanych modeli teoretycznych wyznaczamy z zależności

$$\underline{T} = \left| T_{mierzona} \pm \check{T}_{Se} \right| \text{ dolne granice czasu pogłosu.}$$

2. Dla każdego z pomieszczeń obliczamy czasy pogłosu T oraz czasy pogłosu \underline{T} w funkcji częstotliwości, a następnie dla obu tych czasów pogłosu stosujemy punkt pierwszy metody MMR opisany w monografii. Otrzymano następujące wyniki: $T(125) = 2,64$ s, $T(250) = 3,28$ s, $T(500) = 3,10$ s, $T(1000) = 3,01$ s, $T(2000) = 2,69$ s, $T(4000) = 2,54$ s, $\underline{T}(125) = 2,25$ s, $\underline{T}(250) = 2,19$ s, $\underline{T}(500) = 2,15$ s, $\underline{T}(1000) = 2,295$ s, $\underline{T}(2000) = 2,14$ s, $\underline{T}(4000) = 1,73$ s.
3. Przez punkty $T(125), T(250), \dots, T(4000)$ oraz przez punkty $\underline{T}(125), \underline{T}(250), \dots, \underline{T}(4000)$ prowadzimy aproksymujące wielomiany piątego stopnia: $T_t(x) = 0,0029x^5 - 0,0564x^4 + 0,4728x^3 - 2,0951x^2 + 4,3643x - 0,0444$ oraz $\underline{T}_t(x) = 0,098x^5 - 0,173x^4 + 1,1205x^3 - 3,2625x^2 + 4,1702x + 0,389$, a następnie obliczamy: $T_t(125) = 2,64$, $T_t(250) = 3,28$, $T_t(500) = 3,11$, $T_t(1000) = 3,05$, $T_t(2000) = 2,79$, $T_t(4000) = 2,96$ oraz $\underline{T}_t(125) = 1,48$, $\underline{T}_t(250) = 1,41$, $\underline{T}_t(500) = 1,38$, $\underline{T}_t(1000) = 1,55$, $\underline{T}_t(2000) = 1,46$, $\underline{T}_t(4000) = 1,21$.
4. Zgodnie z algorytmem MMR wyznaczamy punkty K , otrzymując: $K_{125} = 0,91$, $K_{250} = 0,92$, $K_{500} = 0,92$, $K_{1000} = 0,98$, $K_{2000} = 0,94$, $K_{4000} = 0,99$ oraz $\underline{K}_{125} = 0,51$, $\underline{K}_{250} = 0,40$, $\underline{K}_{500} = 0,41$, $\underline{K}_{1000} = 0,50$, $\underline{K}_{2000} = 0,49$, $\underline{K}_{4000} = 0,41$
5. Przez tak otrzymane punkty prowadzimy wielomiany aproksymujące: $y = 0,0048x^5 - 0,082x^4 + 0,5162x^3 - 1,4874x^2 + 1,9386x + 0,0211$ oraz dla dolnej granicy $\underline{y} = 0,0027x^5 - 0,0456x^4 + 0,2729x^3 - 0,6775x^2 + 0,6101x + 0,346$. W ten sposób otrzymujemy: $K(125) = 0,9113$, $K(250) = 0,9199$, $K(500) = 0,9121$, $K(1000) = 0,9371$, $K(2000) = 0,8041$, $K(4000) = 0,6583$ oraz $\underline{K}(125) = 0,5086$, $\underline{K}(250) = 0,3962$, $\underline{K}(500) = 0,4096$, $\underline{K}(1000) = 0,4998$, $\underline{K}(2000) = 0,4914$, $\underline{K}(4000) = 0,4050$.
6. Tak wyznaczone $K(f)$ stosujemy we wzorze Sabine'a, otrzymując: $T_{Sabine_sk}(f) = K(f) \cdot T_{sab}(f)$.

Na rysunku 17. przedstawiono wyniki dla sal 337 oraz 337A. Są to te pomieszczenia, które nie brały udziału w algorytmie MMR i PMMR.



Rys. 17..Zmierzone i obliczone metodami MMR i PMMR czasy pogłosu w funkcji częstotliwości

Jak można zauważyć na wykresach przedstawionych na rysunku 17, metoda PMMR lepiej zachowuje charakter zmian czasu pogłosu w funkcji częstotliwości niż metoda MMR. Jednak to metoda MMR daje bliższe pomiarom wyniki. Może się tak dzieć dlatego, że sumy perturbacji wszystkich metod w pewien sposób się dodają, co może zwiększać niedokładność przybliżenia. Ostatnim zweryfikowanym modelem perturbacyjnym jest wskaźnik STI. Wyniki zebrano w tabelicy 4

Tabela 4. Wskaźnik transmisji mowy STI dla różnych pomieszczeń wyznaczony różnymi metodami

Materiał	Współczynnik pochłaniania dźwięku					
	Pasma częstotliwości					
	325	327	334	335	336	337A
STI _(Nowoświat)	0,51	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49
STI ₍₂₀₎	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41
STI _{ODEON}	0,41	0,41	0,41	0,41	0,39	0,41

W tabelicy 4. porównano STI otrzymane różnymi metodami, przy czym wzór STI_(Nowoświat) jest wzorem (1.34) z monografii i z publikacji [6].

4.4. Podsumowanie i kierunki dalszych prac

Przedstawione modele perturbacyjne zweryfikowano doświadczalnie. Podjęto się wykonania dwóch rodzajów doświadczeń: w warunkach laboratoryjnych i warunkach rzeczywistych w pomieszczeniach dydaktycznych. Doświadczenie przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych opierało się na pomiarach czasu pogłosu wykonanych w komorze pogłosowej

laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Pomieszczenie laboratoryjne zwymiarowano i określono współczynniki pochłaniania dźwięku dla przegród ograniczających to pomieszczenie. Dla tak określonej geometrii pomieszczenia i parametrów przegród ograniczających pomieszczenie wykonano obliczenia czasu pogłosu z użyciem formuł teoretycznych, w których parametr pochłaniania dźwięku został zaburzony. Okazało się, że uwzględniając wpływ zaburzenia jako perturbacje wzorów teoretycznych otrzymano ograniczenie górne i dolne czasu pogłosu otrzymanego za pomocą znanych klasycznych modeli teoretycznych. Okazało się również, że wynik pomiaru mieści się w tym ograniczeniu. Ponadto można zauważyć, że dolne ograniczenie wynikające z perturbacji odwzorowuje pomiar. W szczególności odwzorowanie to jest dobrze widoczne dla modelu Sabine'a. Wynikać to może z faktu, że model Sabine'a jest najprostszym modelem szacowania czasu pogłosu i suma perturbacji jest wówczas najmniejsza.

Zadowolające wyniki otrzymane w warunkach laboratoryjnych skłoniły autora do przeprowadzenia badań w warunkach rzeczywistego obiektu budowlanego. Wybrany obiekt był Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, a pomiary czasu pogłosu wykonano w pomieszczeniach dydaktycznych siedziby Wydziału. W pierwszej kolejności poddano analizie wyniki otrzymane za pomocą perturbacji modelu MMR, tworząc przy tym nowy model zwany Perturbowanym Modelem Minimalizacji Reszt PMMR. Okazało się, że model PMMR ilościowo nie poprawia znacząco wyników otrzymanych za pomocą modelu MMR, ale otrzymana charakterystyka w funkcji częstotliwości odzwierciedla pomiar dokładniej niż model MMR. Natomiast perturbowany model Sabine'a pozwolił otrzymać wyniki lepiej odwzorowujące pomiar niż te otrzymane za pomocą MMR czy PMMR.

Ponadto wykonano analizy perturbacyjnego modelu STI. Okazało się, że uwzględniając zaburzenia czasu pogłosu, wynikające z kształtu pomieszczenia, dyfuzyjności, warunków temperaturowych i wilgotnościowych, rozproszenia fali dźwiękowej i niepewności pomiarowej, otrzymuje się wyniki STI prawie tożsame z otrzymanymi za pomocą programu ODEON.

Przedstawione badania nie kończą prac nad nieklasycznym podejściem do szacowania czasu pogłosu. W zasadzie można uznać, że wyniki opracowane w monografii [3] są początkiem wyznaczania nowego kierunku dalszych badań. Niewątpliwie należy dużo dokładniej określić parametry ε dla rozważanych pięciu zaburzeń. Jest to wyzwanie bardzo trudne i wymagające niestandardowego podejścia do badanego zagadnienia. Na pewno należałoby określić jeszcze inne niż zidentyfikowane w niniejszej pracy zaburzenia wpływające na czas pogłosu. Dopracowania w zakresie aplikacyjnym wymaga zarówno metoda MMR, jak i metoda PMMR. Zaproponowane kierunki dalszych badań niewątpliwie pozwolą dopracować nieklasyczne metody perturbacyjne, a w późniejszym etapie umożliwią zastosowanie tych metod podczas projektowania akustycznego wnętrza.

Efektem końcowym przyszłych prac może być zastosowanie algebry liczb perturbacyjnych do modeli promieniowych i hybrydowych, co pozwoli udoskonalić metody komputerowe i uzyskać w ten sposób wyniki numeryczne istotnie przybliżające wynik pomiarowy.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Fjaerli A.: *Room Geometries with non-classical Reverberation Times*. NTNU-Trondheim Norwegian University of Science and Technology, 2015
- [2] Nowoświat A., Skrzypczyk J., Krause P., Steidl T., Winkler-Skalna A.: *Estimation of thermal transmittance based on temperature measurements with the application of perturbation numbers*. Heat and Mass Transfer, **54**, 2018, s. 1477 – 1489.
- [3] Nowoświat A. *zastosowanie metod perturbacyjnych w ocenie akustycznej wnętrz do odbioru dźwięku słownego*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2019
- [4] Nowoświat A., Olechowska M., Ślusarek J.: *Prediction of reverberation time using the residual minimization method*. Applied Acoustics, **106**, 2016, s. 42-50.
- [5] Nowoświat A., Olechowska M.: *Estimation of reverberation time in classrooms using the Residual Minimization Method*. Archives of Acoustics, **42**(4), 2017, s. 609-617.
- [6] Nowoświat A., Olechowska M.: *Fast estimation of speech transmission index using the reverberation time*. Applied Acoustics, **102**, 2016, s. 55 – 61.
- [7] Skrzypczyk J.: *h Metody perturbacyjne I. Nowa metodologia algebraiczna. Zastosowania w mechanice i akustyce*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
- [8] Skrzypczyk J.: *Multi-Scale Perturbation Methods in Mechanics*. Modelowanie Inżynierskie, **32**, 2006, s. 427 – 432.
- [9] Stern F., Wilson R., Coleman H., Paterson E.G.: *Comprehensive approach to verification and validation of CFD simulations-Part 1: Methodology and procedures*. Journal of Fluids Engineering, **123**(4), 2001, s. 793-802
- [10] Stern F., Wilson R., Shao J.: *Quantitative V&V of CFD simulations and certification of CFD codes*. International Journal for Numerical Methods in Fluids. **50**(11), 2006, s. 1335-1355
- [N-1] PN-EN ISO 354 (2003). Akustyka. Pomiar pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych, świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta

5.1. Działalność badawcza

5.1.1. Ogólna charakterystyka działalności naukowej i dydaktycznej

W swojej pracy naukowej wyróżniam główne obszary działalności, takie jak: akustyka budowlana, akustyka środowiskowa i fizyka cieplna budowli. Wszystkie te obszary są częścią specjalności Fizyka Budowli. Wymienione aspekty aktywności zawsze, przekładały się na moją działalność dydaktyczną realizowaną w Politechnice Śląskiej oraz w ramach towarzyszącej działalności szkoleniowo – popularyzatorskiej. Efektem aktywności w wymienionych obszarach nauki był szereg publikacji naukowych na konferencjach krajowych i międzynarodowych, w czasopiśmie branżowych oraz opracowań o charakterze monograficznym o zasięgu ogólnokrajowym.

Oddzielny obszar działalności stanowi aktywność inżynierska, ekspercka, recenzencka i szkoleniowa w zakresie fizyki budowli.

Ponadto prowadziłem działalność niezwiązaną z głównym nurtem moich zainteresowań naukowych. Działalność ta skupiała się wokół pisania podręczników i zbiorów zadań z matematyki, których łącznie wydałem 19 pozycji (załącznik nr 5).

Działalność naukowa podczas odbywania studiów doktoranckich

Moja aktywność naukowa podczas odbywania studiów doktoranckich w latach 10.2000r. – 07.2005r. związana była głównie z akustyką budowlaną i obejmowała prace w zakresie:

- czasu pogłosu i zrozumiałości mowy w pomieszczeniu,
- metod korelacyjnych w akustyce wnętrza.

Zdobyte umiejętności i doświadczenia wykorzystałem w pracy doktorskiej poświęconej akustyce wnętrza pt. *Zastosowanie analizy statystyczno – korelacyjnej w badaniach akustyki wnętrza*, którą obroniłem w 2005 roku. Za oryginalne osiągnięcie tej pracy uważam opracowanie modelu logarytmicznego służącego do szacowania wskaźnika STI.

Częstkowe wyniki badań związanych z pracą doktorską publikowałem na konferencjach i w Zeszytach naukowych:

- II Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Budownictwo, z. 93,
- III Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Budownictwo z. 95,

Załącznik nr 3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

- 50 Otwarte Seminarium z Akustyki, OSA 2003, Szczyrk – Gliwice,
- V Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Budownictwo z. 102,

Byłem również autorem artykułu w czasopiśmie punktowanym

- Nowoświat A. (2002). *Optimal control of a Duffing oscillator under parametric and external excitations*. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, vol. **40**, nr 2, s. 435-447.

Działalność związana z pisaniem podręczników podczas odbywania studiów doktoranckich

Oprócz działalności naukowej finalizowanej artykułami naukowymi i wystąpieniami konferencyjnymi miałem duży udział w publikacjach dydaktycznych dotyczących matematyki dla szkół średnich. W tym czasie byłem współautorem następujących pozycji:

- Nowoświat A., Bartłomiejczyk R., Nowoświat K., Bartłomiejczyk L.: Matematyka. Matura 2004/2005. Oryginalne zestawy maturalne z pełnymi rozwiązaniami. Wyd. C.K.A., Gliwice, 2004,
- Nowoświat A., Michalak E.: Matematyka. Egzaminacje wstępne na wyższe uczelnie techniczne 2000-2003, Wyd. C.K.A., Gliwice, 2004.

Badania naukowe prowadzone po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, związane z przewodem habilitacyjnym oraz inną działalnością autora

Działalność naukowa w okresie 10.2005 r. – 12.2019 r. stanowi zarówno kontynuację prac realizowanych w okresie wcześniejszym jak i uczestnictwo w pracach dotyczących transportu ciepła przez przegrody budowlane i efektywności energetycznej budynków. Prace prowadziłem wielowątkowo, z tym że główny nacisk położyłem na zagadnienia związane z akustyką wewnątrz:

- szacowanie czasu pogłosu, w tym współautorstwo w opracowaniu algorytmu szacowania czasu pogłosu nazwanego Metoda Minimalizacji Reszt (MMR),
- szacowanie wskaźnika transmisji mowy STI, w tym opracowanie modelu zależnego od czasu pogłosu,
- akustyka pomieszczeń służących do prowadzenia zajęć dydaktycznych.

Drugim wątkiem moich prac były zagadnienia materiałowe w akustyce i hałas środowiskowy:

- badania dotyczące wpływu starzenia się ekranów akustycznych na ich właściwości akustyczne,

- zagadnienia akustyki środowiskowej w aspekcie certyfikacji tzw. „zielonych budynków”, w szczególności certyfikacji BREEAM.

Trzecim wątkiem moich prac były zagadnienia izolacyjności akustycznej przegród budowlanych. W tym zakresie nie mam znaczących publikacji, jednakże byłem współautorem wygłoszonych referatów na Konferencjach krajowych i zagranicznych oraz prowadziłem działalność usługowo-badawczą:

- izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przegród budowlanych oraz w budynkach wielorodzinnych.

Do innej działalności naukowej należy zaliczyć badania dotyczące transportu ciepła i efektywności energetycznej budynków. Co prawda badania te pozornie są odległe od zagadnień akustyki, ale podobnie jak akustyka tak i transport ciepła jest częścią fizyki budowli. Często w literaturze polskiej i zagranicznej można spotkać badania dotyczące korelacji izolacyjności cieplnej i akustycznej przegród budowlanych. Ponadto ciekawym mogą być badania nad którymi obecnie pracuję dotyczące wpływu materiałów stosowanych do dociepleń od wewnątrz na akustykę wewnątrz.

5.1.2. Szczegółowa charakterystyka badań naukowych prowadzonych przez habilitanta

Badania akustyki wewnątrz

Badania dotyczące akustyki wewnątrz są głównym kierunkiem moich zainteresowań naukowych. W pierwszym okresie swojej pracy naukowej zajmowałem się przede wszystkim klasycznymi modelami czasu pogłosu oraz wpływem czasu pogłosu na wskaźnik zrozumiałości mowy. Badania te zaowocowały pracą doktorską, w której opracowałem algorytm szacowania wskaźnika transmisji mowy STI znając wartość czasu pogłosu. Po kilku latach wróciłem do tego modelu i wraz z dr Olechowską zweryfikowałem go za pomocą modelowania komputerowego w programie ODEON. Prace te w roku 2016 sfinalizowaliśmy artykułem w czasopiśmie Applied Acoustics. Równocześnie na podstawie klasycznych metod szacowania czasu pogłosu próbowałem poprawić jego szacowanie. Zastosowanie metody najmniejszych kwadratów i za pomocą kolejnych przybliżeń wraz z dr Olechowską i prof. Ślusarkiem opracowaliśmy metodę, którą nazwaliśmy Metodą Minimalizacji Reszt MMR. Również wyniki tych badań opublikowaliśmy w czasopiśmie Applied Acoustics. Metodę MMR zweryfikowaliśmy za pomocą pomiarów w pomieszczeniach dydaktycznych Wydziału

Budownictwa Politechniki Śląskiej. W roku 2016 wyniki tej pracy badawczej opublikowaliśmy wraz z dr Olechowską w czasopiśmie Archives of Acoustics. Dalsze moje prace dotyczyły wpływu różnych czynników na wartość czasu pogłosu. Wyniki cząstkowe publikowane były na konferencjach naukowych, co zaowocowało opracowaniem metod perturbacyjnych PMMR (Perturbacyjna Metoda Minimalizacji Reszt) oraz perturbowanymi metodami klasycznymi co było podstawą opracowania monografii habilitacyjnej. Wszystkie opisane i opublikowane badania były skutkiem powstania zespołu badawczego, który pod moim kierunkiem realizował i publikował wspomniane prace.

Badania dotyczące hałasu środowiskowego

Moje zainteresowania w zakresie hałasu środowiskowego zapoczątkowane były pracami zleconymi dla Katedry Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, w której jestem pracownikiem. Badania te dotyczyły głównie parametrów opisujących właściwości ekranów akustycznych. Do badań tych można zaliczyć: „*Badania laboratoryjne izolacyjności akustycznej i właściwości dźwiękochłonnych paneli trocinozrębkobetonowych*”, „*Pomiary laboratoryjne izolacyjności akustycznej właściwej ekranu akustycznego Zielona Ściana*” czy „*Pomiary laboratoryjne dźwiękochłonności żelbetowego prefabrykowanego ekranu akustycznego typu SBP*”. Badania dotyczące parametrów izolacyjności akustycznej oraz dźwiękochłonności ekranów akustycznych przyczyniły się do realizacji projektu badawczego dotyczącego wpływu starzenia ekranów akustycznych na zmianę parametrów ich dźwiękochłonności. Wyniki tych prac opublikowano pod moim kierunkiem w czasopismach: Applied Acoustics i Archives of Acoustics.

W roku 2017 nawiązałem współpracę z przedsiębiorcami, która przede wszystkim dotyczyła pomiarów hałasu środowiskowego w aspekcie certyfikacji „zielonych budynków”. Głównie dotyczyło to certyfikacji BREEAM. Współpraca ta była początkiem prac dotyczących wpływu wyboru punktów pomiarowych na spełnienie wymagań dotyczących certyfikacji BREEAM i LEED. Wyniki te opublikowano w czasopiśmie International Journal of Acoustics and Vibration.

Badania dotyczące izolacyjności akustycznej

Badania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród o złożonej strukturze były w obszarze moich zainteresowań podczas realizacji grantu finansowanego przez NCN w latach 2009 – 2012, *prognozowanie właściwości termicznych i akustycznych zewnętrznych przegród*

budowlanych o złożonej strukturze, którego kierownikiem był Pan prof. Jan Ślusarek. W tym grancie występowałem jako główny wykonawca. W pracy tej między innymi zajmowałem się badaniami izolacyjności akustycznej izolacji transparentnych. Między innymi odpowiadałem za badania dotyczące:

- Określenia wpływu zastosowania dwóch rodzajów izolacji systemowych na izolacyjność akustyczną właściwą ściany z bloczków wapienno-piaskowych gr. 24 cm.
- Określenia wpływu zastosowania ocieplenia na izolacyjność akustyczną właściwą ściany z bloczków wapienno-piaskowych gr. 24 cm.
- Określenia izolacyjności akustycznej właściwej dwóch różnych systemów ściennych opartych na ścianie z pustaków ceramicznych.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów, dla ścian bazowych oraz dla ścian odpowiadających im z adaptacją akustyczną wyznaczono następujące parametry akustyczne:

- charakterystykę izolacyjności akustycznej właściwej w funkcji częstotliwości R , wg PN-EN ISO 140-3:1999 - pomiary wykonane w pasmach tercjowych, w poszerzonym zakresie częstotliwości 50÷5000 Hz,
- ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej R_w , oraz wskaźniki oceny izolacyjności akustycznej właściwej: R_{A1} i R_{A2} w zakresie częstotliwości 100÷5000 Hz wg PN-EN ISO 717-1:1999,
- charakterystykę poprawy izolacyjności akustycznej właściwej w funkcji częstotliwości ΔR , wg PN-EN ISO 140-16:2008 - pomiary wykonane w pasmach tercjowych w poszerzonym zakresie częstotliwości 50÷5000 Hz,
- bezpośrednią różnicę wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej $\Delta R_{w,direct}$ oraz wskaźniki poprawy izolacyjności akustycznej właściwej ważone według charakterystyki A ; $\Delta(R_w + C)_{direct}$ i $\Delta(R_w + C_{tr})_{direct}$ wyznaczoną dla zakresu częstotliwości 100÷5000 Hz wg PN-EN ISO 140-16:2008 i PN-EN ISO 717-1:1999.

Poza realizacją, jako główny wykonawca grantu, brałem czynny udział w wielu pracach usługowych zleczanych Katedrze w której jestem zatrudniony. Między innymi realizowałem badania dotyczące: pomiarów laboratoryjnych zmniejszenia poziomu dźwięków uderzeniowych oraz hałasu kroków, emitowanego przez lekką konstrukcję podłogową na podkładzie produkcji VTM czy też badania izolacyjności od dźwięków uderzeniowych układu

podłogowego w postaci podłogi pływającej z warstwą izolacji POLYTECH ACOUSTICO na wzorcowym stropie żelbetowym.

Badania dotyczące fizyki ciepłej budynków

W ramach omawianego już grantu finansowanego przez NCN w latach 2009-2012 *prognozowanie właściwości termicznych i akustycznych zewnętrznych przegród budowlanych o złożonej strukturze*, realizowałem zadania dotyczące transportu ciepła przez przegrody o złożonej strukturze. Moim głównym zadaniem w tym zakresie było modelowanie efektywności energetycznej modułów PV zintegrowanych z przegrodą zewnętrzną budynku. Ponadto zajmowałem się oceną skutków energetycznych zastosowania izolacji transparentnej w lokalnych warunkach klimatycznych i w skali całego sezonu grzewczego.

Moje doświadczenia zdobyte podczas realizowania omówionego już grantu badawczego zaowocowały uczestnictwem jako główny wykonawca w kolejnym grantie badawczym, który w latach 2010 – 2013 pod kierownictwem profesora Zbigniewa Popiołka był finansowany przez NCBiR jako projekt strategiczny o nazwie *Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków. Zadanie 4. Rozwój diagnostyki ciepłej budynków*. Moim wkładem w zrealizowanie grantu był czynny udział w badaniach zespołu dotyczących diagnostyki in-situ izolacyjności cieplnej. Zadanie to realizowano w kilku etapach. W pierwszym etapie dokonano klasyfikacji istniejących przegród budowlanych z uwzględnieniem ich charakterystyki izolacyjności cieplnej. W etapie drugim opracowano procedurę do szybkich pomiarów in situ charakterystyki cieplnej przegrody. Nasze wyniki zaowocowały opracowaniem schematu ogólnej procedury wykonywania diagnostyki izolacyjności cieplnej przegród, który został opublikowany w „*Poradnik diagnostyki ciepłej budynków*” Wydawnictwa Politechniki Śląskiej. Jednym z elementów tej procedury był sposób szacowania współczynnika przenikania ciepła na podstawie pomiarów temperatury, który został opublikowany w *Heat and Mass Transfer*.

Moje doświadczenia podczas realizacji wspomnianych grantów zaowocowały współpracą z Instytutem Techniki Budowlanej Oddział w Katowicach, która zaowocowała wspólną publikacją w czasopiśmie *Architecture Civil Engineering Environment*.

Moje zainteresowania w zakresie fizyki ciepłej w budownictwie miały swoje przełożenie również w pracach dotyczących wpływu łączników z recyklingu na rozkład temperatury wokół

punktowych mostków termicznych. Wyniki tych prac opublikowałem wraz z zespołem w czasopiśmie *Construction and Building Materials*.

Brałem również udział w innych pracach, np. dotyczących efektywnej przewodności cieplnej, które opublikowaliśmy w *Journal of Building Physics*.

W ramach badań cieplnych byłem **promotorem pomocniczym** doktoratu Pani mgr inż. Iwony Pokorska-Silva pt. „*Analiza efektywności termicznej budynków na podstawie badań doświadczalnych i symulacji numerycznych*”. Obrona pracy doktorskiej odbyła się w dniu 14.11.2018 r. i doktorantka obroniła pracę **z wyróżnieniem**. Podczas współpracy podczas realizacji pracy doktorskiej opublikowaliśmy razem publikację w czasopiśmie z tzw. Listy A: *Periodica Polytechnica Civil Engineering*.

5.2. Podsumowanie dorobku naukowego habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

W całym okresie pracy naukowej, w latach 2000 – 2018 byłem autorem lub współautorem **104 pozycji** literaturowych (dane z biblioteki Politechniki Śląskiej). Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (13.07.2005 r.) opublikowałem 96 prac obejmujących: monografie, podręczniki i zbiory zadań, inne wydawnictwa zwarte, rozdziały w pracach zbiorowych, artykuły i referaty konferencyjne. **Sumaryczna liczba punktów** za publikacje naukowe obliczona według wytycznych MNiSW po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (10.2005 – 12.2018) **wyniosła 378**. Ponadto 4 opublikowane artykuły, które czekają na indeksację w bazie Web of Science dają łącznie **60 punktów** (15 za artykuł) oraz monografia opublikowana w 2019 roku **80 punktów**. Sumarycznie po indeksacji konferencji w bazie Web of Science zaliczyć będzie można **518 punktów**.

W dalszej części podsumowałem dorobek, podając publikacje na serwerach bibliograficznych oraz cytowania w bazach, uczestnictwo w konferencjach krajowych i zagranicznych, artykuły w czasopismach zagranicznych i krajowych oraz monografie, podręczniki i zbiory zadań. Szczegółowe zestawienie dorobku naukowego podałem w załączniku nr 5.

5.2.1. Publikacje habilitanta na serwerach bibliograficznych oraz cytowania i wskaźniki

Poniżej przedstawiłem syntetyczne wyniki dotyczące dorobku zawarte na serwerach bibliograficznych. Okres analizy obejmuje lata 2006 – 2018. Szczegółowe dane zawarto w załączniku nr 5 i nr 7.

Journal Citation Reports (JCR):

Liczba opublikowanych prac:	11 publikacji,
Impact Factor:	3.485 (Construction and Building Materials)
	1.494 (Heat and Mass Transfer)
	1.226 (Journal of Building Physics)
	0.917 (Archives of Acoustics)
	0.375 (International Journal of Acoustics and Vibration)
	0.636 (Periodica Polytechnica Civil Engineering)
	0.917 (Archives of Acoustics)
	1.921 (Applied Acoustics)
	1.921 (Applied Acoustics)
	0.816 (Archives of Acoustics)
	1.921 (Applied Acoustics)
Sumaryczny Impact Factor	15.629

Web of Science:

Liczba opublikowanych prac:	15
Liczba cytowań:	32
Indeks <i>h</i> :	4

Scopus:

Liczba opublikowanych prac:	13
Liczba cytowań:	26
Indeks <i>h</i> :	4

Google Scholar według poradnika Publish or Perish:

Liczba opublikowanych prac:	31
Liczba cytowań:	57
Indeks <i>h</i> :	4
Indeks <i>g</i>	6

5.2.2. Referaty konferencyjne

Po obronie pracy doktorskiej uczestniczyłem w następujących 5. Konferencjach międzynarodowych i zagranicznych oraz 10 krajowych:

Konferencje międzynarodowe i zagraniczne

1. 53rd Open Seminar on Acoustics OSA'06, Zakopane 11-15 September 2006
(1 referat)
2. Architektura i technika a zdrowie. At-z, VII Międzynarodowe sympozjum, Gliwice 21 września 2010 **(1 referat)**
3. 58 Otwarte Seminarium z Akustyki. 58th Open Seminar on Acoustics. 13-16 September 2011. Gdańsk – Jurata. Międzynarodowa Konferencja organizowana przez Polskie Towarzystwo Akustyczne Oddział Gdański oraz German Acoustical Society DEGA **(1 referat)**
4. VII Conference Solina 2018. Sustainable Development Architecture-Building Construction – Environmental Engineering and Protection Innovative Energy-Efficient Technologies Utilization of Renewable Energy Sources. Polańczyk, Poland, June 19-23, 2018 **(2 referaty – opublikowane w E3S Web of Conferences, indeksowane w bazach Scopus i Web of Science)**,
5. 3rd World Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium. WMCAUS, 2018, Prague, 18-22 June, 2018 **(2 referaty – opublikowane w IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, indeksowane w bazach Scopus i Web of Science)**

Konferencje krajowe

1. Konferencja naukowo-techniczna, Wisła 2009. **(2 referaty)**
2. Fizyka budowli w teorii i praktyce. XII konferencja naukowo-techniczna Łódź 2009. **(3 referaty)**
3. 57 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA'10, Gliwice, 2010 **(1 referat)**
4. Fizyka budowli w teorii i praktyce. XIII konferencja naukowo-techniczna Łódź 2011. **(5 referatów)**
5. Kompleksowa diagnostyka cieplna in situ budynków. Konferencja naukowa, 16 listopada 2012 r. **(1 referat)**
6. Fizyka budowli w teorii i praktyce. XIV konferencja naukowo-techniczna Łódź-Słok 2013 **(3 referaty)**
7. Fizyka budowli w teorii i praktyce. XV konferencja naukowo-techniczna Łódź-Słok 2015 **(2 referaty)**
8. VI Konferencja naukowo-techniczna, Solina 2016. Architektura-budownictwo-inżynieria i ochrona środowiska. Innowacyjne technologie energooszczędnie-wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Rzeszów-Polańczyk, 21-25 czerwca 2016. **(1 referat)**
9. X Sympozjum z cyklu Budownictwo Ogólne. Zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe i ciepłno-wilgotnościowe. 29-31 maj 2017, Fujotowo **(1 referat)**
10. Fizyka budowli w teorii i praktyce. XVI konferencja naukowo-techniczna Łódź-Słok 2017 **(3 referaty)**

Ogółem opublikowałem **29** referaty konferencyjne, z których 4 zostało ujęte w bazach **Web of Science** i **Scopus**.

Szczegółowy wykaz referatów konferencyjnych i rozdziałów w monografiach i pracach zbiorowych przedstawiono w załączniku 5.

5.2.3. Artykuły

Jako autor wiodący lub współautor opublikowałem 11 artykułów w czasopiśmie posiadających Impact Factor oraz 24 artykuły w czasopiśmie nieposiadających współczynnika wpływu.

Czasopisma posiadające IF

1. Applied Acoustics (vol.106, s. 42-50, 2016 r., vol. 102, s. 55-61, 2016 r., vol. 111,

Załącznik nr 3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

- s. 8-15, 2016 r.) – **3 publikacje**, IF = 1,921, MNiSW = 30 pkt
2. Archives of Acoustics (vol. **41** no. 1, s. 15-26, 2006 r. – **1 publikacja**, IF = 0,816, MNiSW = 20 pkt
 3. Archives of Acoustics (vol. **42** no. 4, s. 609-617, 2017 r., vol. **43** no. 2, s. 323-327, 2018 r.) – **2 publikacje**, IF = 0,917, MNiSW = 20 pkt
 4. Periodica Polytechnica Civil Engineering (vol. **62** iss. 1, s. 173-179, 2018 r.) – **1 publikacja**, IF = 0,636, MNiSW = 15 pkt
 5. International Journal of Acoustics and Vibration (vol. **23** no. 3, s. 392-401, 2018 r.) – **1 publikacja**, IF = 0,375, MNiSW = 15 pkt
 6. Journal of Building Physics (vol. **42** iss. 1, s. 6-15, 2018 r.) – **1 publikacja**, IF = 1,226, MNiSW = 35 pkt
 7. Heat and Mass Transfer (vol. **54** iss. 5, s. 1477-1489, 2018 r.) – **1 publikacja**, IF = 1,494, MNiSW = 25 pkt
 8. Construction and Building Materials (vol. **167**, s. 553-565, 2018 r.) – **1 publikacja**, IF = 3,485, MNiSW = 40 pkt

Punktowane czasopisma nieposiadające IF

1. Architecture Civil Engineering Environment ACEE (vol. **9** no.1, s. 85-94, 2016; vol. **9** no.2, s. 93-104, 2016; vol. **9** no. 3, s. 95-104, 2016; vol. **10** no. 4, s. 73-87, 2017) – **4 publikacje**, MNiSW = 11
2. Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury (**t. 33** z. 63, nr 4/16, s. 347-354, 2016) – **1 publikacja**, MNiSW = 9
3. Izolacje (**R. 21** nr 1, s. 28-30, 2016; **R. 21** nr 2, s. 46-63, 2016; **R. 21** nr 3, s. 18-23, 2016; **R. 21** nr 4, s. 20-27, 2016) – **4 publikacje**, MNiSW = 6 pkt
4. Magazyn Autostrady (**nr 7**, s. 26-32, 2016) – **1 publikacja**, MNiSW = 5 pkt
5. Materiały Budowlane (**nr 5**, s. 67-68, 2017, **nr 12**, s. 3-5, 2018) – **2 publikacje**, MNiSW = 8 pkt

Niepunktowane czasopisma nieposiadające IF

1. Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce (**t. 2** nr 1, s. 217-220, 2007; **t. 4** nr 1, s. 29-32, 2009; **t. 6** nr 3, s. 11-16, 2011; **t. 6** nr 3, s. 69-71, 2011; **t. 6** nr 4, s. 15-20, 2011; **t. 6** nr 4, s. 49-52, 2011; **t. 8** nr 1, s. 33-38, 2016; **t. 8** nr 2, s. 5-8, 2016; **t. 9** nr 1, s. 19-24, 2017; **t. 9** nr 4, s. 21-24, 2017; **t. 10** nr 1, s. 31-34, 2018) – **11 publikacji**

5.2.4. Monografie, podręczniki i inne wydawnictwa zwarte

Byłem autorem lub współautorem **2**. Monografii:

- Wydawnictwo Politechniki Śląskiej (2019) – 1. monografia
- Stowarzyszenie Producentów Betonów (2016) – 1. monografia

Byłem współautorem **11**. rozdziałów w monografiach lub pracach zbiorowych

- Instytut Fizyki Budowli Katarzyna i Piotr Klemm – łącznie **3** rozdziały
- Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki – łącznie **3** rozdziały
- Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Wydział Budownictwa – łącznie **4** rozdziały
- Informator budowlany. Murator t. 2. – łącznie **1** rozdział

Byłem autorem lub współautorem **19**. podręczników lub zbiorów zadań z matematyki, w tym: **3**. recenzowanych przez recenzentów MEN podręczników, **3**. nierecenzowanych podręczników dla nauczycieli oraz **13**. zbiorów zadań dla szkół średnich.

- Wydawnictwo Helion – **3** recenzowane przez recenzentów MEN podręczniki z matematyki
- Wydawnictwo Helion – **3** nierecenzowane poradniki dla nauczycieli szkół średnich
- Wydawnictwo Helion – **3** zbiory zadań dla uczniów szkół średnich
- Wydawnictwo C.K.A. – **10** zbiorów zadań dla uczniów szkół średnich

5.3. Działalność recenzencka

5.3.1. Recenzent w czasopismach naukowych

Od 2016 roku czyli od roku w którym opublikowałem swoje pierwsze prace w czasopismach posiadających Impact Factor, byłem zapraszany do recenzowania artykułów naukowych. Do dnia dzisiejszego czasopisma zwracają się do mnie z prośbą o wykonanie recenzji, np. Acta Acustica united with Acustica w 2019, Archives of Acoustics w 2018. Poniżej wymieniam czasopisma w których takie recenzje wykonałem:

Czasopisma z Impact Factor (załącznik 10)

- | | | | |
|----|------------------------------------|------------|------------------------------------|
| 1. | Expert Systems with Applications – | IF = 3.768 | MNiSW = 35 pkt - 1 recenzja |
| 2. | Indoor Air – | IF = 4.396 | MNiSW = 45 pkt - 2 recenzje |
| 3. | Acta Acustica united with Acustica | IF = 1.129 | MNiSW = 25 pkt - 2 recenzje |
| 4. | Archives of Acoustics | IF = 0.917 | MNiSW = 20 pkt - 2 recenzje |

5. Periodica Polytechnica Civil Engineering IF = 0.636 MNiSW = 15 pkt - **1 recenzja**

Pozostałe czasopisma

6. Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury MNiSW = 9 pkt - **1 recenzja**

5.3.2. Recenzent i ekspert w NCBiR (załącznik 10)

Jestem wpisany na listę kandydatów na eksperta Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w dniu 2. grudnia 2016 roku potwierdziło w swoim piśmie iż do tego dnia wykonałem **25 recenzji** zleczanych przez NCBiR. Od tego momentu uczestniczyłem w kilku panelach eksperckich co łącznie skutkowało oceną kolejnych Wniosków projektowych. Poza oceną Wniosków projektowych byłem oceniającym sprawozdania cząstkowe, sprawozdania końcowe oraz wnioski odwoławcze. Recenzowałem projektu z różnych ścieżek: 1.1.1. dla małych i średnich przedsiębiorstw, 1.1.1. dla dużych przedsiębiorstw, demonstrator, badania stosowane i wiele innych. Łącznie brałem udział w ocenie **ponad 49 projektów**.

5.3.3. Pozostałe recenzje i opinie

Jestem wpisany na listę rzeczoznawców MEN ds. podręczników szkolnych z matematyki. Zatem jako rzeczoznawca wykonałem recenzje wydawnicze dla Śląskiej Sieci Metropolitalnej i Wydawnictwa Helion. Ponadto opiniowałem innowacyjne programy nauczania: *korelacja przedmiotowa na lekcjach matematyki i fizyki w technikum* oraz *korelacja przedmiotowa na lekcjach fizyki i matematyki w gimnazjum*, które finansowane były przez Ośrodek Rozwoju Edukacji.

Opracowywałem również koreferat sprawozdania końcowego pracy z działalności statutowej pt. *Analiza wpływu wybranych czynników na wynik pomiaru właściwości cieplnych materiałów termoizolacyjnych*, zleconej przez Instytut Techniki Budowlanej.

5.4. Działalność w realizacji grantów oraz prac badawczo usługowych

5.4.1. Realizacja grantów dydaktycznych

Jestem kierownikiem grantu dydaktycznego POWER pt. *Podniesienie kompetencji dydaktycznych nauczycieli akademickich w zakresie innowacyjnych metod nauczania*, który jest finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W projekcie realizowane są trzy zadania:

- Innowacyjne metody dydaktyczne – w ramach tego zadania realizowane są zajęcia dotyczące: webquest, flipped classroom, peer learning, learning-by-doing, desighnthinking
- Innowacyjne metody dydaktyczne w zajęciach anglojęzycznych – w ramach tego zadania realizowane są zajęcia dotyczące: Scaffolding, visual aids, active learning, authenticity, multiple Focus
- Podniesienie kompetencji informatycznych w dydaktyce wraz z zarządzaniem informacją – w ramach tego zadania realizowane są zajęcia dotyczące: chmury internetowej oraz dokumentów w chmurze, arkusza kalkulacyjnego dla zaawansowanych, prezentacji multimedialnych i przede wszystkim zagadnień BIM w budownictwie.

5.4.2. Realizacja grantów naukowo-badawczych

Do tej pory brałem udział jako wykonawca bądź główny wykonawca w pięciu grantach naukowo-badawczych oraz JM Rektor Politechniki Śląskiej przyznał mi grant habilitacyjny.

Jako główny wykonawca brałem udział w następujących grantach:

- 2009 – 2012 *Prognozowanie właściwości termicznych i akustycznych zewnętrznych przegród budowlanych o złożonej strukturze*, **NCN**, dofinansowanie **320 000 zł**
- 2010 – 2013 *Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków. Zadanie 4. Rozwój diagnostyki cieplnej budynków*, **NCBiR** – Program badań strategicznych, dofinansowanie **7 000 000 zł**.
- 2010 – 2013 *Prognozowanie trwałości komponentów budowlanych eksponowanych na czynniki atmosferyczne na podstawie testów przyspieszonego starzenia*, **NCN**, dofinansowanie **310 000 zł**.

Jako wykonawca brałem udział w następujących grantach:

- 2009 – 2013 *Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego*, **POIG**, dofinansowanie **12 000 000 zł**. Rodzaj moich czynności podzielony był na organizacyjne i naukowe. Do obowiązków organizacyjnych należało nadzorowanie prawidłowości procedur pomiarowych, identyfikacja próbek badawczych i identyfikowalności wyników, organizowanie i nadzorowanie przygotowania stanowisk pomiarowych, przestrzegania ustaleń recepturowych, dokumentowanie przebiegu badań i rejestrowanie wyników oraz koordynowanie wykonywania badań laboratoryjnych. Do obowiązków naukowych należały prace koncepcyjne dotyczące zakresu badań, procedur badawczych oraz przygotowania prób badawczych. Ponadto do moich obowiązków naukowych należało prowadzenie analiz wyników badań laboratoryjnych oraz interpretacja i opracowanie wniosków z badań.
- 2006 – 2008 *Wpływ właściwości reologicznych i udziału zaczynu w betonie, jego samozagęszczalność i wytrzymałość*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, charakter mojego udziału polegał na umowę zlecenie, która polegała na opracowaniu wyników końcowych oraz modelowaniu statystycznym
- 2017 – Grant habilitacyjny
- 2018 – Projakościowy grant JM Rektora Politechniki Śląskiej za artykuły w wysoko punktowanych czasopismach

5.4.3. Realizacja prac badawczych i usługowych

Jako pracownik Wydziału Budownictwa brałem udział w szeregu prac naukowych i usługowych. Poniżej prezentuje te prace, które realizowałem od roku 2006, czyli od momentu mojej pracy w nowopowstałej Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli.

- Do prac usługowych należy zaliczyć **27 prac** (U-641/RB-4/09, U-767/RB-9/09, U-786/RB-9/09, U-618/RB9/2012, U-633/RB9-2012, U-651/RB9/2012, U-661/RB9/2012, U-675/RB9/2012, U-763/RB9/2012, U-803/RB9/2012, U-807/RB9/2012, U-861/RB9/2012, U-673/RB9/2013, U-740/RB9/2013, U-776/RB3/2013, U-689/RB3/2014, U-717/RB3/2014, U-761/RB3/2014, U-769/RB3/2014, U-777/RB3/2014, U-645/RB3/2016, U-623/RB3/2018, U-634/RB3/2018, U-640/RB3/2018, U-651/RB3/2018, U-665/RB3/2018, U-674/RB3/2018)
- Do prac naukowych należy zaliczyć **15 prac**: (NB-73/RB-4/06, NB-103/RB-4/06,

NB-146/RB-4/09, NB-63/RB-9/10, NB-64/RB9/10, BK-257/RB-4/07,
BW-476/RB-9/09, BK-235/RB4/09, BK-330/RB9/2012, BK-282/RB3/2013,
BK-239/RB3/2014, BK-228/RB32015, BK-245/RB3/2016, BK-228/RB3/2017,
BK-236/RB3/2018)

- Praca Naukowo-Badawcza – Miejski Budynek Jutra 2030. Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli była podwykonawcą w ramach projektu celowego, którego realizatorami byli Mostostal Warszawa, Acciona Nieruchomości Sp. z o.o. oraz Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie. Ja byłem jednym z wykonawcą tej pracy w ramach podwykonawstwa Katedry.

5.5. Działalność dydaktyczna

Będąc zatrudnionym na stanowisku adiunkta najpierw Katedrze w Procesów Budowlanych a następnie w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli prowadziłem zajęcia dydaktyczne w formie wykładów i ćwiczeń projektowych na Wydziale Budownictwa i Wydziale Architektury Politechniki Śląskiej. Zestawienie zajęć dydaktycznych pokazałem w poniższej tabelicy.

Wydział	Przedmiot	Rodzaj zajęć	Studia
Wydział Architektury	Fizyka Budowli	Wykład, ćwiczenia projektowe	Jednolite studia magisterskie
	Akustyka	Wykład, ćwiczenia projektowe	Jednolite studia magisterskie
Wydział Budownictwa	Podstawy eksploatacji obiektów budowlanych	Wykład, ćwiczenia projektowe	Studia inżynierskie
	Fizyka budowli	Wykład, ćwiczenia	Studia inżynierskie
	Modele badań przedsięwzięć	Wykład, seminarium	Studia magisterskie
	Ochrona środowiskowa w budownictwie	Wykład, ćwiczenia projektowe i laboratoryjne	Studia magisterskie
	Ochrona fizyczna budynków	wykład	Studia inżynierskie
	Rozwiązywanie problemów decyzyjnych	Wykład, ćwiczenia	Studia magisterskie
	Prawo budowlane i ochrona własności intelektualnej	Wykład, seminarium	Studia magisterskie

	Prawo w budownictwie	Wykład, ćwiczenia seminaryjne	Studia inżynierskie
	Seminarium dyplomowe	seminarium	Studia magisterskie

Byłem promotorem **ponad 60. prac magisterskich i ponad 10 prac inżynierskich**. Prace dotyczyły zagadnień teoretycznych i praktycznych dotyczących fizyki budowli.

Trzy spośród prac magisterskich zwieńczone zostały wspólną publikacją w czasopiśmie indeksowanym w WoS lub artykułem konferencyjnym indeksowanym w Scopus.

Moim sukcesem dydaktycznym było **promotorstwo pomocnicze w doktoracie**, który zakończył się obroną **z wyróżnieniem**.

5.6. Działalność organizacyjna

Do ważniejszych prac organizacyjnych, w których uczestniczyłem jako adiunkt można zaliczyć:

- Członkostwo w składzie Rady Wydziału Budownictwa – kadencja 2012 – 2016
- Członkostwo w składzie Rady Wydziału Budownictwa – kadencja 2018 – 2020
- Członkostwo w Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej Doktorantów – kadencja 2016-2020
- Pełnomocnik Dziekana Wydziału Budownictwa ds. Zarządzania Projektami

Ponadto jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Akustycznego Oddział Górnośląski.

Komitety i Redakcje Konferencji naukowych

- Byłem w komitecie organizacyjnym III Konferencji Naukowej Doktorantów Wydziałów Budownictwa w 2002 roku
- Brałem udział w opracowaniu redakcyjnym materiałów konferencyjnych z Konferencji Naukowo-technicznej *Inżynieria Procesów Budowlanych*, Wisła 2009

5.7. Działalność szkoleniowa i popularyzatorska

Działalność szkoleniowo – dydaktyczna jest kolejnym aspektem mojej działalności realizowanej równolegle z działalnością dydaktyczną na Wydziale Budownictwa. Do ważniejszych szkoleń które prowadziłem zaliczam:

- Wygłoszenie w dniu 18.03.2009 r. wykładu na szkoleniu warsztatowym PZITB w Częstochowie pt. *Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej budynku*
- Opracowanie i współprowadzenie kursu dla Tikkurila w Dębicy. Nazwa kursu: *Podstawowe pojęcia budownictwa ogólnego i prawa budowlanego w ujęciu praktycznym*. Liczba godzin kursu :54

Brałem udział w popularyzowaniu nauki dla uczniów szkół średnich. Do takich działań zaliczam:

- W roku 2009 przeprowadzenie pierwszego wykładu dla uczestników projektu (uczniowie technikum budowlanego w Rudzie Śląskiej) *Zdaj maturę idź na studia*
- W roku 2009 przeprowadzenie drugiego wykładu dla uczestników projektu (uczniowie technikum budowlanego w Rudzie Śląskiej) *Zdaj maturę idź na studia*
- W roku 2010 przeprowadzenie wykładu dla uczestników projektu (uczniowie technikum budowlanego w Rudzie Śląskiej) *Zdaj maturę idź na studia*
- W roku 2011 przeprowadzenie wykładu dla uczestników projektu (uczniowie technikum budowlanego w Rudzie Śląskiej) *Zdaj maturę idź na studia*
- Od roku 2007 prowadzę w ramach *Maratonu matematycznego* coroczne wykłady w Zabrzeńskim Centrum Kształcenia Ogólnego i Zawodowego
- Moje cztery artykuły w czasopiśmie *Izolacje* z roku 2016 (R.21/1, R.21/2, R.21/3, R.21/4) uważam jako szeroko popularyzujące akustykę budowlaną.
- Członek zespołu redakcyjnego wydawnictwa książek popularnonaukowych:
 - Weisman A.: „Świat bez nas”. Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2007, ISBN. 836020690-2.
 - Flannery T.: „Twórcy pogody”. Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2005, ISBN. 836020699-6.
 - Simms A.: „Tescopol”, Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2007, ISBN.836020695-3
 - Matthews R.: „Pytania z sufitu wzięte i zagadki codzienności”, Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2005, ISBN. 836020698-8.
 - Scott Ch.T.: „Czas komórek macierzystych”, Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2008, ISBN. 836020697-X.

- Guttman B.S.: „Ewolucjonizm”, Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2005, ISBN. 836020696-1.
- Matthews R.: „ 25 wielkich idei. Nauka, która zmienia nasz czas”, Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2005, ISBN. 8360206-91-0.
- Haisch B.: „Teoria Boga”, Wydawnictwo C.K.A., Gliwice, 2008, ISBN. 978-83-602-0693-5.

5.8. Współpraca między jednostkami naukowymi

W latach 2015 – 2018 współpracowałem z ITB oddział w Katowicach. Współpraca naukowa zakończyła się wspólnymi publikacjami naukowymi

1. Nowoświat A., Skrzypczyk J., Krause P., Steidl T., Winkler-Skalna A.: *Estimation of thermal transmittance based on temperature measurements with the application of perturbation numbers*. Heat and Mass Transfer, **54**, 2018, s. 1477 – 1489.
2. Nowoświat A., Knap P.: *The impact of polymer raw materials from the recycling proces on the strength of connectors in non structural applications*. Architecture Civil Engineering Environment, ACEE, vol. 9, no. 2, 2016, s. 93-104

5.9. Działalność inżynierska

Oprócz działalności naukowej, dydaktycznej eksperckiej i recenzenckiej prowadzę również działalność związaną z inżynierią akustyczną.

- Od roku 2017 wykonałem szereg opinii (ponad 7) polegających na ocenie protokołów z pomiarów akustycznych hałasu środowiskowego i hałasu występującego w pomieszczeniach. Opinie te były niezbędne do przyjęcia przez asesorów wyników świadczących o możliwości otrzymania przez budynek certyfikatu BREEAM
- Byłem współautorem pomiarów, oceny, ekspertyzy i zaleceń przy występujących problemach akustycznych na 39. i 40. kondygnacji biurowca Q22 w Warszawie.

5.10. Nagrody i wyróżnienia

Otrzymałem pięć nagród JM Rektora Politechniki Śląskiej

- 2010 – Zespołowa Nagroda Rektora II stopnia za osiągnięcia organizacyjne
- 2012 – Zespołowa Nagroda Rektora III stopnia za osiągnięcia dydaktyczne
- 2014 – Zespołowa Nagroda Rektora II stopnia za osiągnięcia dydaktyczne
- 2017 – Zespołowa Nagroda Rektora II stopnia za osiągnięcia naukowe
- 2018 – Zespołowa Nagroda Rektora III stopnia za osiągnięcia organizacyjne

Zostałem również odznaczony przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej

- 2018 – Medal Brązowy za Długoletnią Służbę, legitymacja nr 408-2017-125.

5.11. Tabelaryczne zestawienie najważniejszych osiągnięć habilitanta

NAUKA	Łączny IF	15.629
	Punkty MNiSW	450 (z monografią) + 60 konferencje indeksowane
	Wskaźnik Hirsza WoS, Scopus	4
	Recenzje artykułów w czasopismach posiadających IF	7 recenzji
	Udział w zespołach grantowych	6 grantów
Dydaktyczne	Organizowane kursy i szkolenia lub prowadzenie szkolenia	<ul style="list-style-type: none"> • Tikkurila organizowałem kurs i współprowadziłem • Prowadziłem szkolenie dla PZITB w Częstochowie
	Liczba dyplomów	
	Popularyzacja nauki	<ul style="list-style-type: none"> • Szereg wykładów dla szkół średnich • 4 artykuły w czasopiśmie „Izolacje”
	Promotorstwo pomocnicze doktoratu	1 doktorat z wyróżnieniem
Organizacyjne	Członkostwo w organizacjach	Polskie Towarzystwo Akustyczne
	Członkostwo w zespołach uczelnianych	<ul style="list-style-type: none"> • Rada Wydziału Budownictwa • Uczelniana Komisja Dyscyplinarna ds. doktorantów
	Pełnomocnictwa	Pełnomocnik Dziekana Wydziału Budownictwa ds. zarządzania projektami
Popularyzatorskie	Coroczne wykłady dla szkół średnich z zastosowań matematyki w technice	Ponad 15
	Organizacja szkoleń	1 szkolenie dla Tikkurila
	Zespół redakcyjny	8 książek popularnonaukowych jako członek zespołu redakcyjnego

ARTUR NOWOSWIAT