AKADEMIA GÓRNICZO - HUTNICZA
im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki

Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej wg PN-EN ISO 354:2005

Tytuł opracowania: **Badania współczynnika pochłaniania dźwięku: Paneli PET o grubości 12 mm**

Zleceniodawca: **ELZAP Polska Sp. z o.o.**
ul. Surzyckiego 16A
30-721 Kraków

Nr umowy: **5.5.130.496**

KRAKÓW kwiecień 2022

Nazwa jednostki wykonującej badania:	AKADEMIA GÓRNICZO - HUTNICZA im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Katedra Mechaniki i Wibroakustyki	
Temat:	Badania współczynnika pochłaniania dźwięku: Paneli PET o grubości 12 mm	
Zleceniodawca:	ELZAP Polska Sp. z o.o. ul. Surzyckiego 16A 30-721 Kraków	
Data zlecenia:	25.04.2022	
Nr przyjęcia zlecenia:	WIMiR/KMiW/0154-26/2022	
Data przyjęcia zlecenia:	28.04.2022	
Nr umowy:	5.5.130.496	
Kierownik pracy:	dr hab. inż. Tadeusz Kamisiński, prof. AGH	Podpis:
Wykonawcy:	dr inż. Adam Pilch dr inż. Jarosław Rubacha mgr. inż. Aleksandra Chojak mgr. inż. Bartłomiej Chojnacki mgr inż. Jacek Frączek	
Tel/fax:	(4812) 617-35-17	
E-mail	kamisins@agh.edu.pl	
Pieczęć:	AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Katedra Mechaniki i Wibroakustyki 30-059 Kraków Al. Mickiewicza 30, pow. D-1 tel. 12 617-30-54 fax 12 633-23-14 NIP 6750001529	

Przedstawione w raporcie wyniki odnoszą się jedynie do badanych próbek.

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu innego, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.

Akademia Górniczo - Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
tel. 12 617-35-17, e-mail: lat@agh.edu.pl

Spis treści

1. Wstęp 4

1.1. Podstawa opracowania 4

1.2. Przedmiot, cel i zakres pracy 4

2. Opis badanej próbki 5

3. Warunki pomiarowe, stanowisko pomiarowe i sposób przeprowadzenia pomiarów ..7

4. Wyniki badań 10

5. Karty raportowe 11

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu inaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody kierownika jednostki wykonującej badania.

1. Wstęp

1.1. Podstawa opracowania

Zlecenie z dnia 25.04.2022 potwierdzenie przyjęcia zlecenia z dnia 28.04.2022.

Polskie Normy:

- PN-EN ISO 354:2005 - *Akustyka. Pomiar pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej*
- PN-EN ISO 11654 – *Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźnik pochłaniania dźwięku*
- ASTM C423-17 *Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method*

1.2. Przedmiot, cel i zakres pracy

Przedmiotem pracy było wykonanie badania współczynnika pochłaniania dźwięku próbki dostarczonej przez Zleceniodawcę. Badania wykonano wg normy PN-EN ISO 354:2005. Wartości wskaźnika pochłaniania dźwięku oraz klasy pochłaniania dźwięku określono wg normy PN-EN ISO 11654:1999. Wskaźniki NRC (Noise Reduction Coefficient) oraz SAA (Sound Absorptive Average) obliczono wg normy ASTM C423-17.

Praca obejmowała:

- przygotowanie stanowiska pomiarowego,
- wykonanie pomiarów parametrów akustycznych,
- opracowanie wyników badań,

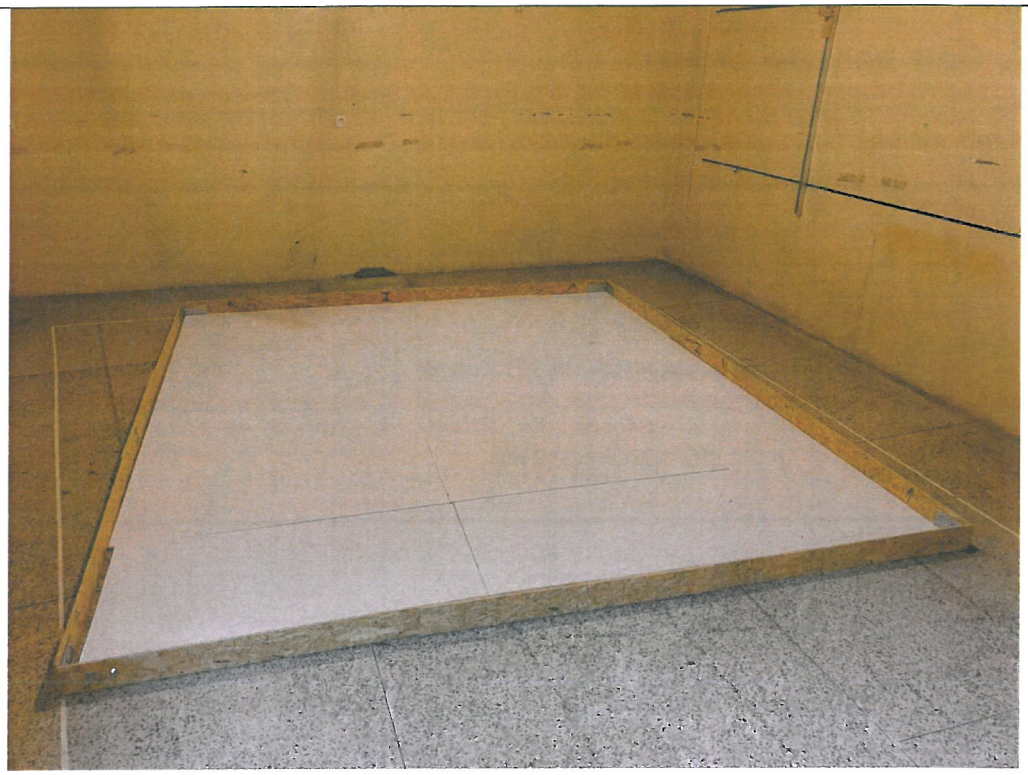
Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści oraz powielania raportu innej, jak w całości
bez pisemnej zgody kierownika jednostki wykonującej badania.

2. Opis badanej próbki

Opis próbki	
Nazwa:	Panel PET o grubości 12 mm
Producent:	ELZAP Polska Sp. z o.o. ul. Surzyckiego 16A, 30-721 Kraków
Budowa:	- panel PET o grubości 12 mm,
Pole powierzchni badanej próbki S [m^2]:	10,5
Wymiary elementów [mm]:	-
Wymiary próbki [mm]:	3500 x 3000 x 12
Liczba elementów:	-
Sposób montażu:	
Typ montażu:	A
Opis montażu:	Panele zamontowano na podłodze komory pogłosowej. Powierzchnie boczne próbki obudowano ramą z płyt OSB.

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu niniejszej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.

Akademia Górniczo - Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
tel. 12 617-35-17, e-mail: lat@agh.edu.pl



Rysunek 1 Sposób zamontowania próbki w komorze pogłosowej

*Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu inaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.*

3. Warunki pomiarowe, stanowisko pomiarowe i sposób przeprowadzenia pomiarów

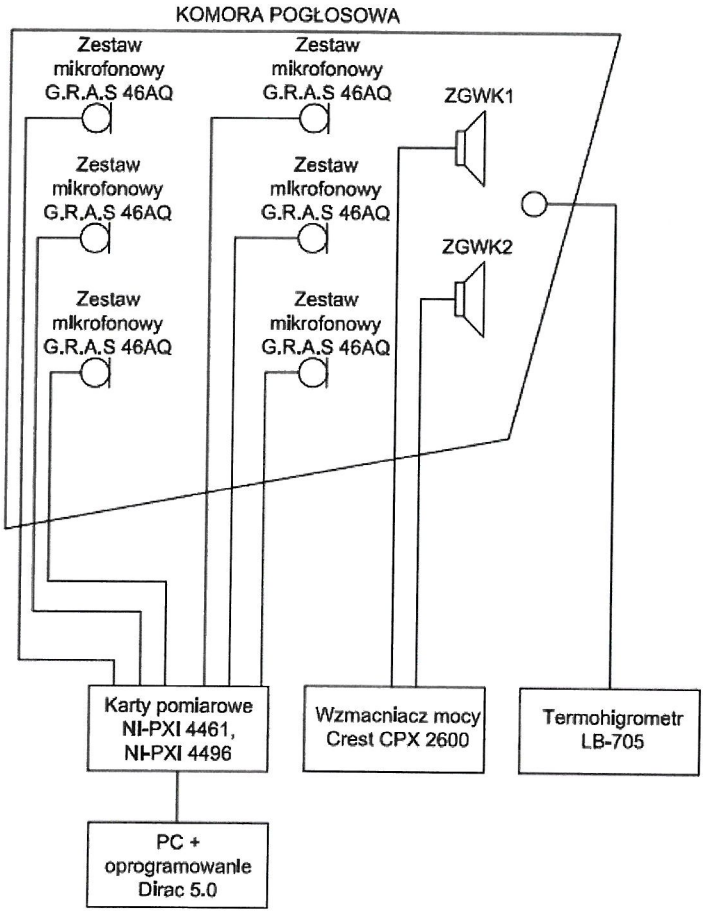
Warunki pomiarowe	
Temperatura powietrza – komora z próbką[°C]:	24,8
Temperatura powietrza – komora bez próbki[°C]:	24,8
Wilgotność względna – komora z próbką[%]:	35,0
Wilgotność względna – komora bezz próbki[%]:	35,1
Opis metody pomiaru	
Metoda pomiaru:	Pomiar i obliczenia współczynnika pochłaniania dźwięku przeprowadzono wg normy PN-EN ISO 354:2005. Czas pogłosu T_1 i T_2 wyznaczono metodą całkowania odpowiedzi impulsowej na podstawie analizy odpowiedzi impulsowych przy użyciu oprogramowania B&K 7841 Dirac 5.0. Wskaźnik pochłaniania dźwięku α_w obliczono wg normy PN-EN ISO 11654:1999. Wskaźniki NRC i SAA obliczono wg normy ASTM C423-17.
Sygnał pomiarowy:	**<u>Pusta komora pogłosowa</u>:** typ: sinus przestrajany (sweep sine) liczba uśrednień (cykli): 3 czas jednego cyklu: 10,92 s częstotliwość próbkowania: 48 kHz **<u>Komora pogłosowa z badana próbką</u>:** typ: sinus przestrajany (sweep sine) liczba uśrednień (cykli): 3 czas jednego cyklu: 10,92 s częstotliwość próbkowania: 48 kHz

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu inaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody kierownika jednostki wykonującej badania.

Stanowisko pomiarowe:	
Objętość komory pogłosowej [m^3]:	180,4
Pole powierzchni ograniczających komorę pogłosową [m^2]:	193,6
Liczba elementów rozpraszających w komorze:	5
Aparatura pomiarowa:	
Źródła dźwięku:	Liczba źródeł dźwięku: 2 (w stałych pozycjach) Typ: ZGWK1, ZGWK2 Rodzaj: Dwunastościenne źródła wszechkierunkowe
Mikrofony pomiarowe:	Typ: G.R.A.S. 46AQ Liczba: 6 (w stałych pozycjach)
Liczba niezależnych punktów pomiarowych:	12
Analizator/rejestrator:	System pomiarowy NI PXI-1082e: Karty pomiarowe NI PXI-4461, NI PXIe-4496 Komputer przemysłowy NI PXI-8108 z oprogramowaniem LabView 2011 oraz B&K 7841 Dirac 5.0
Termo-higrometr:	LB-701 z panelem odczytowym LB-705

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu innej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.

Akademia Górniczo - Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
tel. 12 617-35-17, e-mail: lat@agh.edu.pl

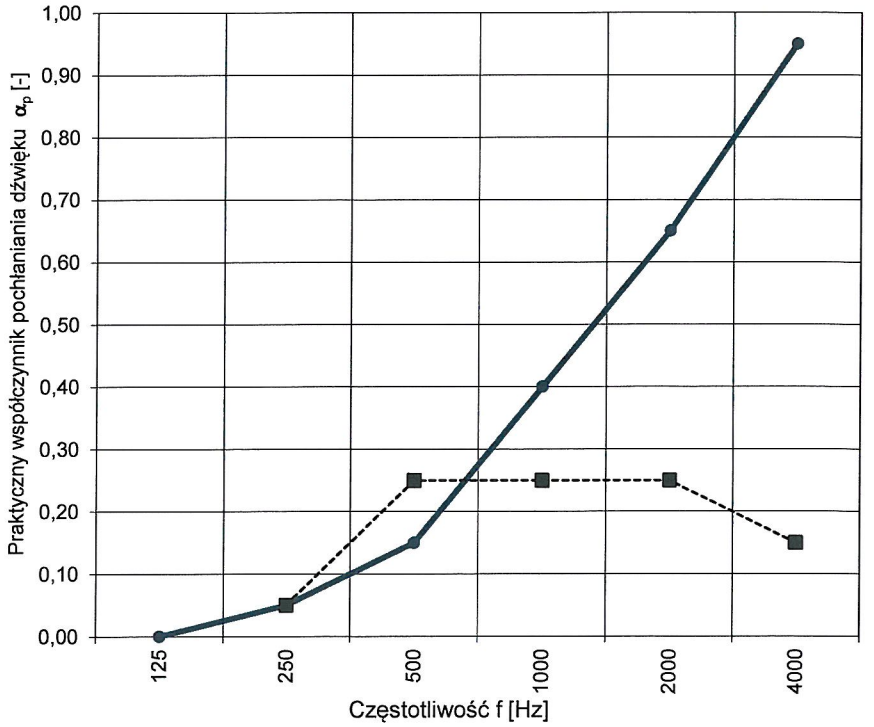


Rysunek 2 Schemat stanowiska do pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu inaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.

4. Wyniki badań

Zgodnie z normą PN-EN ISO 354:2005 wartości współczynnika pochłaniania dźwięku α_s zaokrąglono z dokładnością do 0,01. Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku α_p zgodnie z normą PN-EN ISO 11654:1999 obliczono dla każdego *i*-tego pasma oktawowego 125Hz do 4kHz, jako wartość średniej arytmetycznej współczynników pochłaniania dźwięku dla pasm 1/3-oktawowych znajdujących się w danej oktawie. Wartości średnie obliczone zostały z dokładnością do dwóch miejsc dziesiętnych i zaokrąglone z dokładnością do 0,05. Wartość wskaźnika pochłaniania dźwięku α_w wyznaczono zgodnie z normą PN-EN ISO 11654:1999 na podstawie przesuniętej krzywej odniesienia dla 500 Hz.



Rysunek 3 Wykres praktycznego współczynnika i przesunięta krzywa odniesienia dla zbadanej próbki

Na podstawie normy PN-EN ISO 11654:1999 wyznaczono wartość wskaźnika pochłaniana dźwięku **α_w=0,30(MH).** Zgodnie z załącznikiem B do normy zbadanej próbce przypisano **klasę pochłaniania dźwięku D**. Wartości wskaźników **NRC=0,40** oraz **SAA=0,42** obliczono według normy ASTM C423-17.

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu bliższej, jak w całości
bez pisemnej zgody kierownika jednostki wykonującej badania.

5. Karty raportowe

Wyniki badań współczynnika pochłaniania dźwięku przedstawiono w postaci kart raportowych wg normy PN-EN ISO 354:2005. Zawierają one informacje dotyczące wyników badań próbki pomiarowej oraz stanowiska pomiarowego.

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści oraz powielania raportu innaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Tel/fax. (4812) 617-35-17

Zleceniodawca:
ELZAP Polska Sp. z o.o.
ul. Surzyckiego 16A, 30-721 Kraków

Świadectwo z Badań Akustycznych

Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej wg PN-EN ISO 354:2005

Nazwa badanej próbki:

Panel PET o grubości 12 mm

Producent:
ELZAP Polska Sp. z o.o.
ul. Surzyckiego 16A, 30-721 Kraków

Opis próbki:
- panel PET o grubości 12 mm,

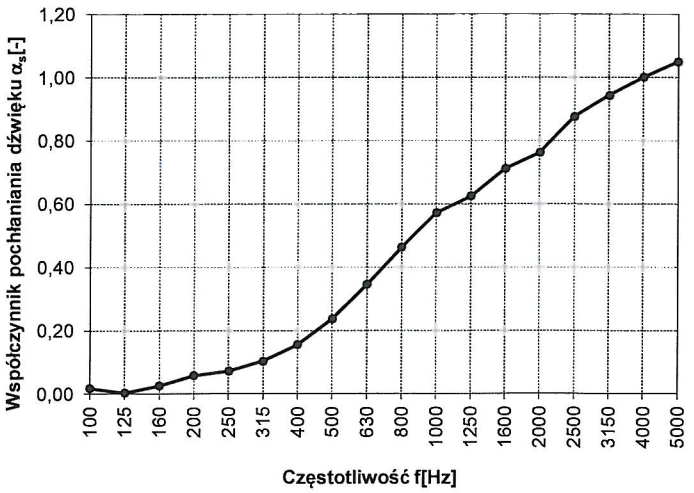
Data pomiaru: **28.04.2022**

Warunki pomiaru:

Wymiar całkowity [mm]:	**3500 x 3000 x 12**
Wymiar elementu [mm]:	**-**
Ilość elementów [szt.]:	**-**
Powierzchnia [m^2]:	**10,5**
Sposób montażu:	**A**
Temperatura z próbką t [°C]:	**24,8**
Temperatura bez próbki t [°C]:	**24,8**
Wilgotność względna z próbką h [%]:	**35,0**
Wilgotność względna bez próbki h [%]:	**35,1**
Liczba mikrofonów:	**6**
Liczba pozycji źrodła dźwięku:	**2**
Liczba elem. rozpraszających:	**5**
Objętość komory pogłosowej[m^3]:	**180,4**
Powierzchnia całkowita komory [m^2]:	**193,6**

f[Hz]	T_1[s]	T_2[s]	α_s	α_p
100	10,61	9,93	0,02	
125	7,15	7,09	0,00	0,00
160	7,75	7,23	0,03	
200	8,01	6,85	0,06	
250	8,61	7,01	0,07	0,10
315	8,30	6,32	0,10	
400	7,78	5,40	0,16	
500	7,05	4,39	0,24	0,25
630	7,17	3,77	0,35	
800	6,61	3,13	0,46	
1000	6,11	2,69	0,57	0,55
1250	5,48	2,44	0,62	
1600	4,59	2,10	0,71	
2000	4,16	1,93	0,76	0,80
2500	3,66	1,69	0,88	
3150	3,30	1,55	0,94	
4000	2,53	1,31	1,00	1,00
5000	2,12	1,17	1,05	

Klasa pochłaniania: D
αw=0,30(MH)
NRC= 0,40
SAA= 0,42



α_s Współczynnik pochłaniania dźwięku wg (PN-EN ISO 354:2005)
α_p Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku wg (PN-EN ISO 11654:1999)
α_w Wskaźnik pochłaniania dźwięku wg (PN-EN ISO 11654:1999)
T_1, T_2 Czas pogłosu komory pustej, z próbką (PN-EN ISO 354:2005)
NRC Noise reduction coefficient wg ASTM C423-17
SAA Sound absorptive average wg ASTM C423-17

Pieczęć:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30, paw. D-1
tel. 12 617-30-54, fax 12 633-28-14
NIP 6750001022

Kierownik tematu:
dr hab. inż. Tadeusz Kamisiński, prof. AGH
kamisins@agh.edu.pl

Badania wykonał:
dr inż. Adam Pilch
dr inż. Jarosław Rubacha
mgr inż. Aleksandra Chojak
mgr inż. Bartłomiej Chojnacki
mgr inż. Jacek Frączek

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu inaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.

AGH University of Science and Technology
Faculty of Mechanical Engineering and Robotics
Department of Mechanics and Vibroacoustics
Al. Mickiewicza 30, 30-059 KRAKÓW
Tel/fax. (4812) 617-35-17

Client:
ELZAP Polska Sp. z o.o.
ul. Surzyckiego 16A, 30-721 Kraków

Measurement of sound absorption coefficient in a reverberation room according to ISO 354:2003

Specimen:

PET 12 mm

Producer:

ELZAP Polska Sp. z o.o.
ul. Surzyckiego 16A, 30-721 Kraków

Specimen scheme:
- PET panel, 12 mm thick,

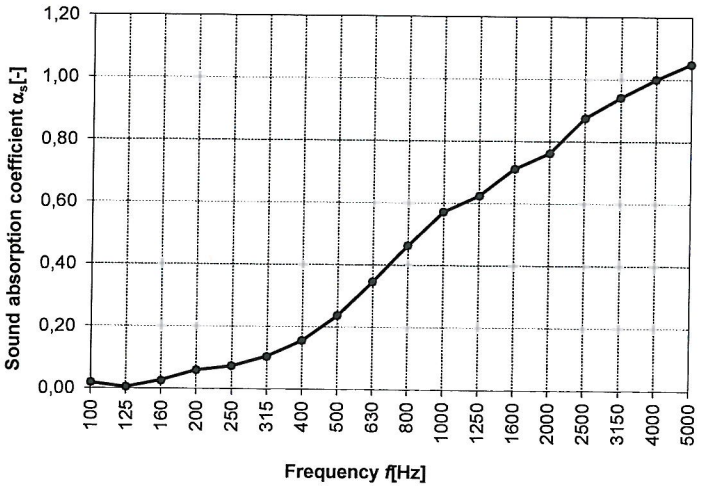
Test Date: **28.04.2022**

Conditions:

Sample size [mm]:	**3500 x 3000 x 12**
Element size: [mm]:	-
Elements number:	-
Sample area [m^2]:	**10,5**
Mounting method:	**A**
Temperature - with sample t [°C]:	**24,8**
Temperature - without sample t [°C]:	**24,8**
rel. humidity - without sample h [%]:	**35,0**
rel. humidity - with sample h [%]:	**35,1**
Microphone positions:	**6**
Loudspeaker positions:	**2**
Diffusors number:	**5**
Chamber Volume V [m^3]:	**180,4**
Walls area [m^2]:	**193,6**

f[Hz]	T_1[s]	T_2[s]	α_s	α_p
100	10,61	9,93	0,02	
125	7,15	7,09	0,00	0,00
160	7,75	7,23	0,03	
200	8,01	6,85	0,06	
250	8,61	7,01	0,07	0,10
315	8,30	6,32	0,10	
400	7,78	5,40	0,16	
500	7,05	4,39	0,24	0,25
630	7,17	3,77	0,35	
800	6,61	3,13	0,46	
1000	6,11	2,69	0,57	0,55
1250	5,48	2,44	0,62	
1600	4,59	2,10	0,71	
2000	4,16	1,93	0,76	0,80
2500	3,66	1,69	0,88	
3150	3,30	1,55	0,94	
4000	2,53	1,31	1,00	1,00
5000	2,12	1,17	1,05	

Absorption class: D
αw=0,30(MH)
NRC= 0,40
SAA= 0,42



α_s Sound absorption coefficient ISO 354:2003
α_p Practical sound absorption coefficient ISO 11654:1997
α_w Weighted sound absorption coefficient ISO 11654:1997
T_1, T_2 Reverberation time of the empty chamber and with sample ISO 354:2003
NRC Noise reduction coefficient ASTM C423-17
SAA Sound absorptive average ASTM C423-17

Stamp:

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30, paw. D-1
tel. 12 617-30-64 fax 12 633-23-14
NIP 675000 1923

Project manager:
dr hab. inż. Tadeusz Kamisiński, prof. AGH
kamisins@agh.edu.pl

Technical specialist:
dr inż. Adam Pilch
dr inż. Jarosław Rubacha
mgr inż. Aleksandra Chojak
mgr inż. Bartłomiej Chojnacki
mgr inż. Jacek Frączek

Przedstawione w niniejszym raporcie wyniki odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu.
Zabrania się dokonywania zmian w treści, oraz powielania raportu inaczej, jak w całości
bez pisemnej zgody Kierownika Jednostki wykonującej badania.