



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 oraz równoważnego pola po-  
wierzchni dźwiękochłonnej – ustroje  
dźwiękochłonne Selva Tower**


Zleceniodawca:

**Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznania**

Numer umowy:

**5.5.130.855**

KRAKÓW lipiec 2018

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 oraz równoważnego pola powierzchni dźwiękochłonnej – ustroje dźwiękochłonne Selva Tower	
Zlecniodawca:	Bejot Sp. z o.o. ul. Wybickiego 2a, Manieczki 63-112 Brodnica k/Poznań	
Data zlecenia:	23.07.18	
Nr przyjęcia zlecenia:	WIMiR/KMiW/0154-36/2018	
Data przyjęcia zlecenia:	23.07.18	
Numer umowy:	5.5.130.855	
Kierownik pracy:	dr hab. inż. Tadeusz Kamisiński prof. AGH	Podpis: 
Wykonawcy:	dr inż. Adam Pilch mgr inż. Wojciech Binek	
Telefon	(4812) 617-35-17	
E-mail:	kamisins@agh.edu.pl	
Pieczczęć:	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 6750001923	

**Przedstawione w raporcie wyniki odnoszą się jedynie do badanych próbek.**

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
1.1	Podstawa opracowania . . . . .	3
1.2	Przedmiot, cel i zakres pracy . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Opis próbki</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Warunki pomiarowe, stanowisko pomiarowe i sposób przeprowadzenia pomiarów</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Wyniki badań</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Karty raportowe</b>	<b>10</b>

# 1 Wstęp

## 1.1 Podstawa opracowania

Zlecenie z dnia 23.07.18 oraz potwierdzenie przyjęcia zlecenia nr WIMiR/KMiW/0154-36/2018 z dnia 23.07.18.

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

## 1.2 Przedmiot, cel i zakres pracy

Przedmiotem pracy było wykonanie badania współczynnika pochłaniania dźwięku oraz równoważnego pola powierzchni dźwiękochłonnej 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.

Praca obejmowała:

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

## 2 Opis próbki

Opis próbki	
Nazwa i opis:	<b>Selva Tower</b> Drewniana rama Wypełnienie: włóknina Pokrycie: tkanina tapicerska
Pole powierzchni badanej próbki S [m <sup>2</sup> ]:	10,1
Wymiary elementów [mm]:	2000x400x400
Wymiary próbki [mm]:	-
Liczba elementów:	3
Sposób montażu	
Typ montażu:	Dyskretne elementy dźwiękochłonne PN-EN ISO 354-2005
Opis montażu:	Elementy ustawiono w pionie w dowolnej konfiguracji na podłodze komory. Pole powierzchni próbki wyznaczono jako całkowite pole powierzchni bocznych i górnych elementów.





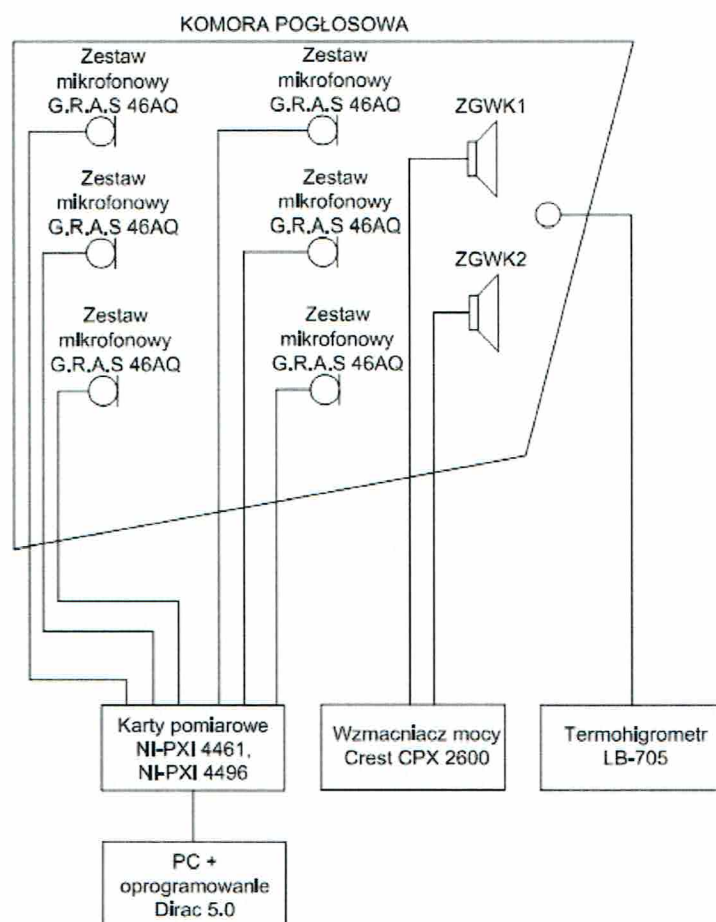
Rysunek 1. Widok próbki w komorze pogłosowej

### 3 Warunki pomiarowe, stanowisko pomiarowe i sposób przeprowadzenia pomiarów

Warunki pomiarowe	
Temperatura powietrza z próbką: [°C]:	25.4
Temperatura powietrza bez próbki: [°C]:	24.6
Wilgotność względna z próbką[%]:	51.05
Wilgotność względna bez próbki[%]:	44.7
Opis metody pomiaru	
Metoda pomiaru:	<p>Pomiar i obliczenia współczynnika pochłaniania dźwięku przeprowadzono wg normy PN-EN ISO 354:2005. Czas pogłosu T1 i T2 wyznaczono metodą całkowania odpowiedzi impulsowej na podstawie analizy odpowiedzi impulsowych przy użyciu oprogramowania B&amp;K 7841 Dirac 5.0.</p> <p>Wskaźnik pochłaniania dźwięku <math>\alpha_w</math> obliczono wg normy PN-EN ISO 11654:1999.</p>
Sygnał pomiarowy:	<p><b>Pusta komora pogłosowa:</b>                      typ: sinus przestrajany (sweep sine)                      liczba uśrednień (cykli): 3                      czas jednego cyklu: 10,92 s                      częstotliwość próbkowania: 48 kHz</p> <p><b>Komora pogłosowa z badaną próbką:</b>                      typ: sinus przestrajany (sweep sine)                      liczba uśrednień (cykli): 3                      czas jednego cyklu: 10,92 s                      częstotliwość próbkowania: 48 kHz</p>
Stanowisko pomiarowe	
Objętość komory pogłosowej [m <sup>3</sup> ]:	180,4

Pole powierzchni ograniczających komorę pogłosową [ $m^2$ ]:	193,6
Liczba elementów rozpraszających w komorze:	5
<b>Aparatura pomiarowa</b>	
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

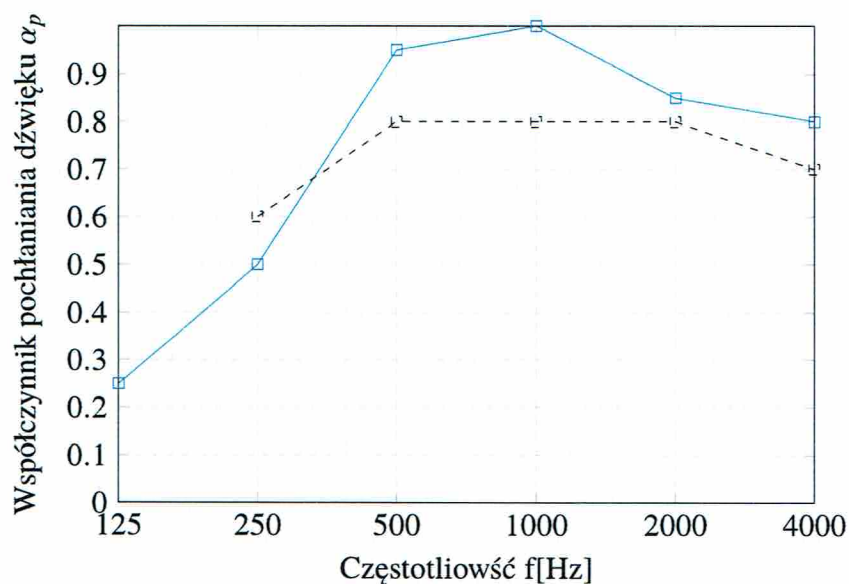




Rysunek 2. Schemat stanowiska do pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku

## 4 Wyniki badań

Zgodnie z normą PN-EN ISO 354:2005 wartości współczynnika pochłaniania dźwięku  $\alpha_s$  zaokrąglono z dokładnością do 0,01. Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku  $\alpha_p$  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  $\alpha_w$  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 uzyskanych wyników pomiarów wyznaczono wartość wskaźnika pochłaniania dźwięku  $\alpha_w = 0,80$ . Zgodnie z załącznikiem B normy PN-EN ISO 11654:1999 zbadanej próbce przypisano **klasę pochłaniania dźwięku B**.

Równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej pojedynczego elementu  $A_{obj}$  wyznaczono na podstawie zależności:

$$A_{obj} = A_T / n,$$

gdzie:  $A_T$  – równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej próbki,  $n$  – liczba elementów.

## 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.



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

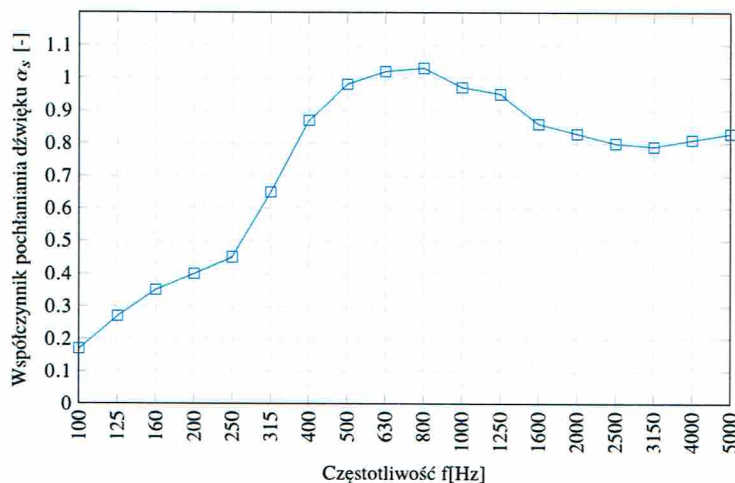
Zleceniodawca:  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

## Świadectwo z Badań Akustycznych

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

Data pomiaru:		25.07.18
Warunki pomiaru:		
Nazwa badanej próbki:	Wymiar całkowity [mm]:	-
Selva Tower – ustroje dźwiękochłonne 2000x400x400	Wymiar elementu [mm]:	2000x400x400
	Liczba elementów [szt.]:	3
	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]:	10,1
Producent:	Typ montażu:	Dyskretne elementy dźwiękochłonne PN-EN ISO 354-2005
Bejot Sp. z o.o. ul. Wybickiego 2a, Manieczki 63-112 Brodnica k/Poznań		
Opis próbki:	Temperatura z próbką t [°C]:	25,4
Drewniana rama	Temperatura bez próbki t [°C]:	24,6
Wypełnienie: włókna	Wilgotność względna z próbką [%]:	51,05
Pokrycie: tkanina tapicerska	Wilgotność względna bez próbki [%]:	44,7
	Liczba mikrofonów:	6
	Liczba źródeł dźwięku:	2
	Liczba elem. rozpraszających:	5
	Objętość komory pogłosowej [m <sup>3</sup> ]:	180,4
	Powierzchnia całkowita komory [m <sup>2</sup> ]:	193,6

f [Hz]	T <sub>1</sub> [s]	T <sub>2</sub> [s]	$\alpha_s$	$\alpha_p$
100	11.31	6.83	0.17	0.25
125	8.01	4.60	0.27	
160	8.33	4.15	0.35	
200	9.43	4.08	0.40	0.50
250	10.17	3.92	0.45	
315	9.67	3.02	0.65	
400	9.12	2.42	0.87	0.95
500	8.09	2.14	0.98	
630	8.12	2.08	1.02	
800	7.28	2.00	1.03	1.00
1000	6.70	2.04	0.97	
1250	6.03	2.00	0.95	
1600	4.91	1.98	0.86	0.85
2000	4.45	1.95	0.83	
2500	3.94	1.88	0.80	
3150	3.49	1.80	0.79	0.80
4000	2.81	1.61	0.81	
5000	2.34	1.45	0.83	



Klasa pochłaniania: B  
 $\alpha_w : 0,80$

$\alpha_s$  Współczynnik pochłaniania dźwięku wg PN-EN ISO 354:2005  
 $\alpha_p$  Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku wg PN-EN ISO 11654:1999  
 $\alpha_w$  Wskaźnik pochłaniania dźwięku wg PN-EN ISO 11654:1999  
 $T_1, T_2$  Czas pogłosu komory puste, z próbką wg PN-EN ISO 354:2005

Pieczczęć:  
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 6750001923

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

Badana wykonał:  
dr inż. Adam Pilch  
mgr inż. Wojciech Binek





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:  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

## Measurement of sound absorption coefficient in a reverberation chamber according to PN-EN ISO 354:2005

**Sample:**  
Selva Tower – sound absorbers 2000x400x400

**Producer:**  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

**Sample description:**  
Wooden frame  
Filling: nonwoven  
Covering: upholstery fabric

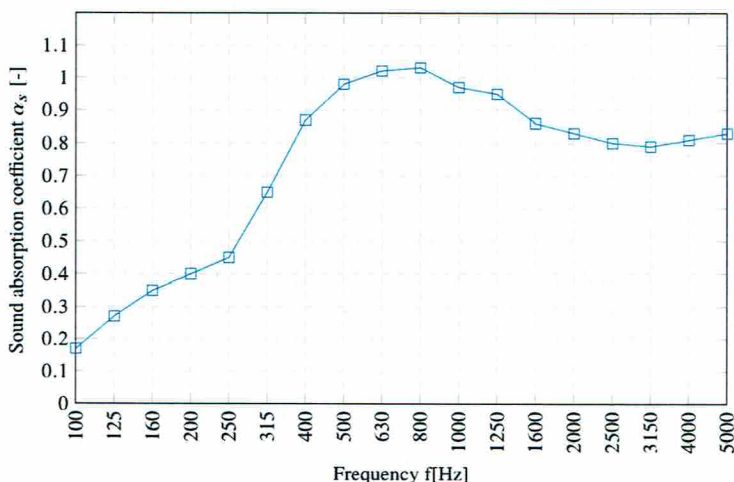
Test date: 25.07.18

**Conditions:**  
Sample size [mm]: -  
Element size [mm]: 2000x400x400  
Element number [no.]: 3  
Sample area [ $m^2$ ]: 10,1  
Mounting method: Discrete sound absorbers PN-EN ISO 354:2005

Temperature with sample  $t[^\circ C]$ : 25,4  
Temperature without sample  $t[^\circ C]$ : 24,6  
rel. humidity with sample [%]: 51,05  
rel. humidity without sample [%]: 44,7  
Microphone positions: 6  
Loudspeaker positions: 2  
Diffusors number: 5  
Chamber volume [ $m^3$ ]: 180,4  
Walls area [ $m^2$ ]: 193,6

$f[Hz]$	$T_1[s]$	$T_2[s]$	$\alpha_s$	$\alpha_p$
100	11.31	6.83	0.17	0.25
125	8.01	4.60	0.27	
160	8.33	4.15	0.35	
200	9.43	4.08	0.40	0.50
250	10.17	3.92	0.45	
315	9.67	3.02	0.65	
400	9.12	2.42	0.87	0.95
500	8.09	2.14	0.98	
630	8.12	2.08	1.02	
800	7.28	2.00	1.03	1.00
1000	6.70	2.04	0.97	
1250	6.03	2.00	0.95	
1600	4.91	1.98	0.86	0.85
2000	4.45	1.95	0.83	
2500	3.94	1.88	0.80	
3150	3.49	1.80	0.79	0.80
4000	2.81	1.61	0.81	
5000	2.34	1.45	0.83	

**Absorption class: B**  
 $\alpha_w : 0,80$



$\alpha_s$  Sound absorpton coefficient PN-EN ISO 354:2005  
 $\alpha_p$  Practical sound absorpton coefficient PN-EN ISO 11654:1999  
 $\alpha_w$  Weighted sound absorpton coefficient PN-EN ISO 11654:1999  
 $T_1, T_2$  Chamber reverberation time while empty and with sample PN-EN ISO 354:2005

**Stamp:**  
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 12 633-23-14  
NIP 6750001923

**Project manager:**  
dr hab. inż. Tadeusz Kamiński prof. AGH  
kami@agh.edu.pl

**Technical specialist:**  
dr inż. Adam Pilch  
mgr inż. Wojciech Binek





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

Zleceniodawca:  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

## Świadectwo z Badań Akustycznych

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

Nazwa badanej próbki:  
Selva Tower – ustroje dźwiękochłonne 2000x400x400

Producent:  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

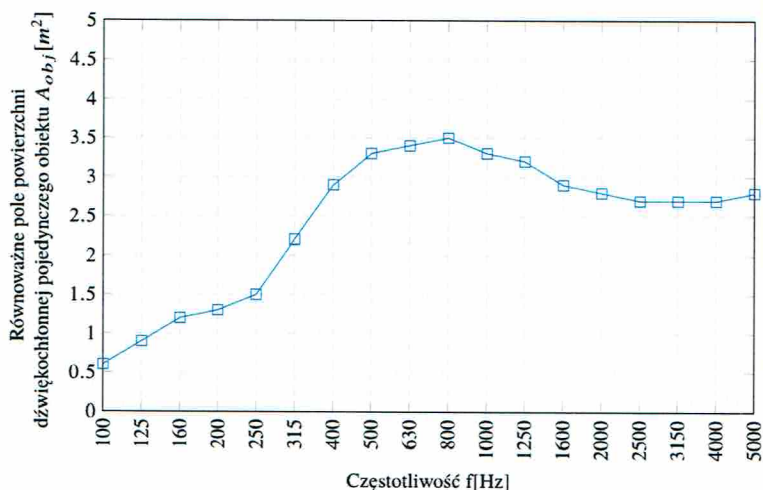
Opis próbki:  
Drewniana rama  
Wypełnienie: włókna  
Pokrycie: tkanina tapicerska

Data pomiaru: 25.07.18

Warunki pomiaru:  
Wymiar całkowity [mm]: -  
Wymiar elementu [mm]: 2000x400x400  
Liczba elementów [szt.]: 3  
Powierzchnia [ $m^2$ ]: 10,1  
Typ montażu: Dyskretne elementy dźwiękochłonne PN-EN ISO 354-2005

Temperatura z próbką  $t$  [ $^{\circ}C$ ]: 25,4  
Temperatura bez próbki  $t$  [ $^{\circ}C$ ]: 24,6  
Wilgotność względna z próbką [%]: 51,05  
Wilgotność względna bez próbki [%]: 44,7  
Liczba mikrofonów: 6  
Liczba źródeł 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]	$A_{obj}$ [ $m^2$ ]
100	11.31	6.83	0.6
125	8.01	4.60	0.9
160	8.33	4.15	1.2
200	9.43	4.08	1.3
250	10.17	3.92	1.5
315	9.67	3.02	2.2
400	9.12	2.42	2.9
500	8.09	2.14	3.3
630	8.12	2.08	3.4
800	7.28	2.00	3.5
1000	6.70	2.04	3.3
1250	6.03	2.00	3.2
1600	4.91	1.98	2.9
2000	4.45	1.95	2.8
2500	3.94	1.88	2.7
3150	3.49	1.80	2.7
4000	2.81	1.61	2.7
5000	2.34	1.45	2.8



$A_{obj}$  Równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej pojedynczego obiektu wg PN-EN ISO 354:2005

$T_1, T_2$  Czas pogłosu komory puste, z próbką wg PN-EN ISO 354:2005

**Placzący:** MIA 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 6750001929

**Kierownik tematu:**  
dr hab. inż. Tadeusz Kamiński prof. AGH  
kami@agh.edu.pl

**Badana wykonał:**  
dr inż. Adam Pilch  
mgr inż. Wojciech Binek



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:  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

## Measurement of sound absorption coefficient in a reverberation chamber according to PN-EN ISO 354:2005

Test date: 25.07.18

**Sample:**  
Selva Tower – sound absorbers 2000x400x400

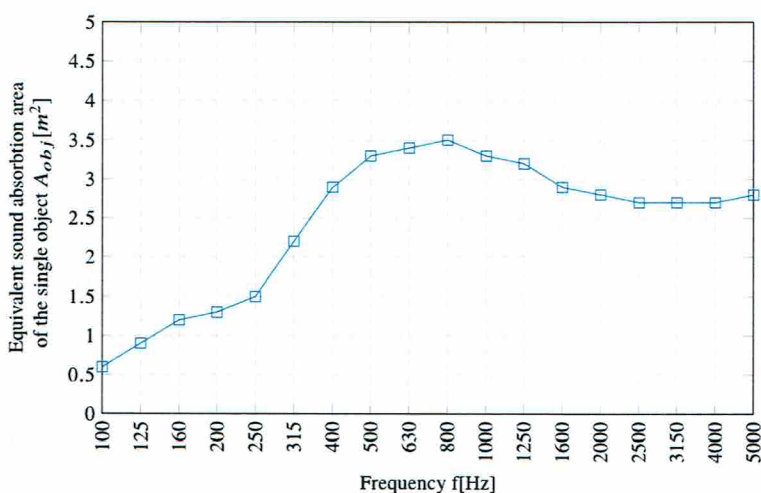
**Producer:**  
Bejot Sp. z o.o.  
ul. Wybickiego 2a, Manieczki  
63-112 Brodnica k/Poznań

**Sample description:**  
Wooden frame  
Filling: nonwoven  
Covering: upholstery fabric

**Conditions:**  
Sample size [mm]: -  
Element size [mm]: 2000x400x400  
Element number [no.]: 3  
Sample area [ $m^2$ ]: 10.1  
Mounting method: Discrete sound absorbers PN-EN ISO 354:2005

Temperature with sample  $t$  [ $^{\circ}C$ ]: 25.4  
Temperature without sample  $t$  [ $^{\circ}C$ ]: 24.6  
rel. humidity with sample [%]: 51.05  
rel. humidity without sample [%]: 44.7  
Microphone positions: 6  
Loudspeaker positions: 2  
Diffusors number: 5  
Chamber volume [ $m^3$ ]: 180.4  
Walls area [ $m^2$ ]: 193.6

$f$ [Hz]	$T_1$ [s]	$T_2$ [s]	$A_{obj}$ [ $m^2$ ]
100	11.31	6.83	0.6
125	8.01	4.60	0.9
160	8.33	4.15	1.2
200	9.43	4.08	1.3
250	10.17	3.92	1.5
315	9.67	3.02	2.2
400	9.12	2.42	2.9
500	8.09	2.14	3.3
630	8.12	2.08	3.4
800	7.28	2.00	3.5
1000	6.70	2.04	3.3
1250	6.03	2.00	3.2
1600	4.91	1.98	2.9
2000	4.45	1.95	2.8
2500	3.94	1.88	2.7
3150	3.49	1.80	2.7
4000	2.81	1.61	2.7
5000	2.34	1.45	2.8



$A_{obj}$  Element equivalent sound absorption area PN-EN ISO 354:2005  
 $T_1, T_2$  Chamber reverberation time while empty and with sample PN-EN ISO 354:2005

**Stamp:** AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Katedra Mechaniki i Vibroakustyki  
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30, paw. D-1  
tel. 12 617-30-64 fax 12 633-23-14  
NIP 6750001923

**Project manager:**  
dr hab. inż. Tadeusz Kamiński prof. AGH  
kamisins@agh.edu.pl

**Technical specialist:**  
dr inż. Adam Pilch  
mgr inż. Wojciech Binek