



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 pochłaniania dźwięku  
budek telefonicznych Quadra Phonebox**

Zlecniodawca:

**Bejot sp. z o.o.,  
ul. Wybickiego 2A, Manieczki,  
63-112 Brodnica**

Nr umowy:

**5.5.130.542**

KRAKÓW marzec 2017

Nazwa jednostki wykonującej badania:	AKADEMIA GÓRNICZO - HUTNICZA im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Katedra Mechaniki i Wibroakustyki	
Temat:	Badania pochłaniania dźwięku budek telefonicznych Quadra Phonebox	
Zleceniodawca:	Bejot sp. z o.o., ul. Wybickiego 2A, Manieczki, 63-112 Brodnica	
Data zlecenia:	02.03.2017	
Data przyjęcia zlecenia:	WIMiR/KMiW/0154-19/2017	
Nr przyjęcia zlecenia:	06.03.2017	
Nr umowy:	5.5.130.542	
Kierownik pracy:	dr inż. Jarosław Rubacha	Podpis:
Wykonawcy:	dr inż. Artur Flach dr inż. Adam Pilch	
Tel/fax:	(4812) 617-35-17	
E-mail	jrubacha@agh.edu.pl	
Pieczęć:		

---

## Spis treści

<b>1. Wstęp .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Podstawa opracowania .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Przedmiot, cel i zakres pracy.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Opis badanej próbki .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Warunki pomiarowe, stanowisko pomiarowe i sposób przeprowadzenia pomiarów..</b>	<b>7</b>
<b>4. Wyniki badań .....</b>	<b>9</b>

## 1. Wstęp

### 1.1. Podstawa opracowania

Zlecenie z dnia 02.03.2017r. oraz potwierdzenie przyjęcia zlecenia nr WIMiR/KMiW/0154-19/2017 z dnia 06.03.2017r.

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*

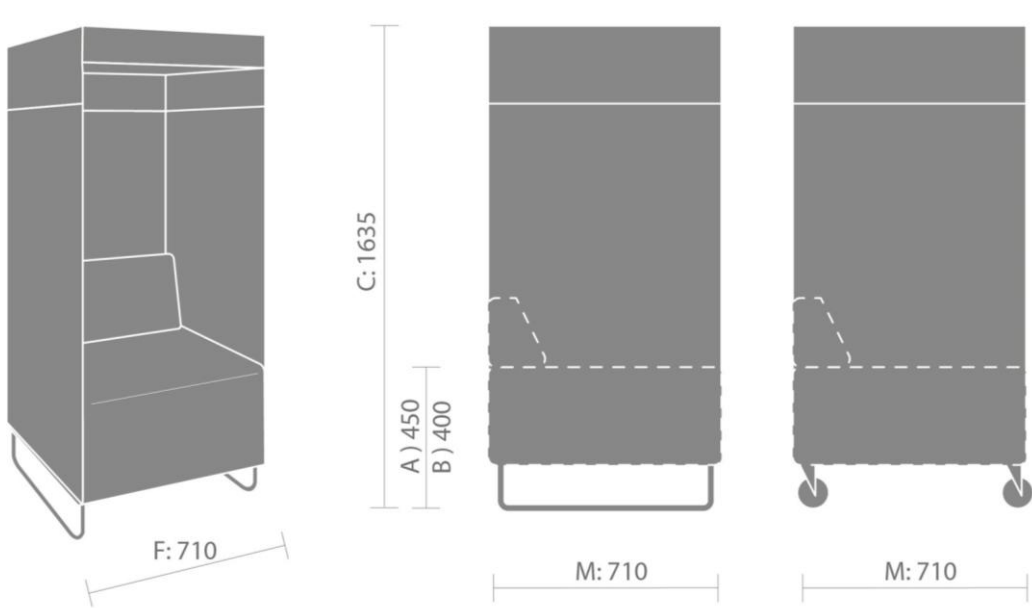
### 1.2. Przedmiot, cel i zakres pracy

Przedmiotem pracy były badania parametrów akustycznych budek telefonicznych Quadra Phonebox, wyprodukowanych przez Zleceniodawcę. Celem pracy było określenie współczynnika pochłaniania dźwięku oraz równoważnego pola powierzchni dźwiękochłonnej pojedynczego elementu.

Praca obejmowała:

- przygotowanie stanowiska pomiarowego
- wykonanie niezbędnych pomiarów parametrów akustycznych foteli
- opracowanie wyników badań

## 2. Opis badanej próbki

Opis próbki:	
Nazwa:	Quadra Phonebox,
Producent:	Bejot sp. z o.o., ul. Wybickiego 2A, Manieczki, 63-112 Brodnica
Budowa budki telefonicznej:	<b>Ścianki:</b> Tapicerowane tkaniną. Ramowa konstrukcja wypełniona włókniną bawełnianą. <b>Siedzisko:</b> Tapicerowane tkaniną. Konstrukcja skrzyniowa obita pianką, otwarta od dołu, <b>Daszek:</b> Tapicerowany tkaniną. Konstrukcja skrzyniowa obita pianką, <b>Baza:</b> Skrętne koła,
 <p>The technical drawing illustrates the dimensions of the Quadra Phonebox booth. It includes an isometric view on the left showing the booth's structure with a base, side panels, and a top canopy. To the right, two side profile views are shown, one for each base height option (A and B). The front view shows the booth's width. Dimensions are labeled as follows: C: 1635 (total height), F: 710 (width), M: 710 (base width), A) 450 (base height option A), and B) 400 (base height option B). Dashed lines in the side profiles indicate the internal structure and the position of the seat and backrest.</p>	

**Rysunek 1 Wymiary badanych elementów**

<b>Pole powierzchni badanej próbki S [m<sup>2</sup>]:</b>	<b>15,4</b> Jako pole powierzchni próbki przyjęto sumę powierzchni górnej i bocznych prostopadłościanu opisującego bryłę badanego elementu
<b>Wymiary elementów [mm]:</b>	1635 x 710 x 710
<b>Liczba elementów:</b>	3
<b>Sposób montażu:</b>	
<b>Opis montażu:</b>	Badane elementy ustawiono na podłodze komy pogłosowej



**Rysunek 2 Budki telefoniczne Quadra Phonebox ustawione do badań w komorze pogłosowej**

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

<b>Warunki pomiarowe:</b>	
<b>Temperatura powietrza [°C]:</b>	wg. kart pomiarowych
<b>Wilgotność względna [%]:</b>	wg. kart pomiarowych
<b>Opis metody pomiaru:</b>	
<b>Metoda pomiaru:</b>	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 $\alpha_w$ obliczono wg normy PN-EN ISO 11654:1999.
<b>Sygnał pomiarowy:</b>	<u><b>Pusta komora pogłosowa:</b></u> typ: sinus przestrajany (sweep sine) liczba uśrednień (cykli): 3 czas jednego cyklu: 10,92 s częstotliwość próbkowania: 48 kHz <u><b>Komora pogłosowa z badaną próbką:</b></u> typ: sinus przestrajany (sweep sine) liczba uśrednień (cykli): 3 czas jednego cyklu: 10,92 s częstotliwość próbkowania: 48 kHz
<b>Stanowisko pomiarowe:</b>	
<b>Objętość komory pogłosowej [m³]:</b>	180,4
<b>Pole powierzchni ograniczających komorę pogłosową [m²]:</b>	193,6
<b>Liczba elementów rozpraszających w komorze:</b>	5

<b>Aparatura pomiarowa:</b>	
<b>Źródła dźwięku:</b>	Liczba źródeł dźwięku: 2 (w stałych pozycjach) Typ: ZGWK1, ZGWK2 Rodzaj: Dwunastościenne źródła wszechkierunkowe
<b>Mikrofony pomiarowe:</b>	Typ: G.R.A.S. 46AQ Liczba: 6 (w stałych pozycjach)
<b>Liczba niezależnych punktów pomiarowych:</b>	12
<b>Analizator/rejestrator:</b>	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
<b>Termo-higrometr:</b>	LB-701 z panelem odczytowym LB-705

**KOMORA POGŁOSOWA**

The diagram illustrates the measurement setup within a soundproof chamber. It features two microphone sets (Zestaw mikrofonowy G.R.A.S 46AQ) and two sound sources (ZGWK1, ZGWK2). The microphones are connected to NI-PXI 4461 and NI-PXI 4496 measurement cards. The sound sources are connected to a power amplifier (Wzmacniacz mocy Crest CPX 2600). A thermohygrometer (Termohigrometr LB-705) is also connected to the system. The entire setup is controlled by a PC with Dirac 5.0 software.

**Rysunek 3 Schemat stanowiska do pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku**



---

## 4. Wyniki badań

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

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.



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

Zleciennodawca:  
**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:

Data pomiaru:

06-03-2017

**Quadra Phonebox**

Producent:

Warunki pomiaru:

**BEJOT SP. Z O.O.**

Wymiar całkowity [mm]:

-

ul. Wybickiego 2a, Manieczki

Wymiar elementu [mm]:

1635x710x710

63-112 Brodnica k/Poznań

Ilość elementów [szt.]:

3

Powierzchnia [m<sup>2</sup>]:

15,4

Sposób montażu:

na podłodze komory

Temperatura z próbką  $t$  [°C]:

23,6

Temperatura bez próbki  $t$  [°C]:

23,6

Wilgotność względna z próbką  $h$  [%]:

33,7

Wilgotność względna bez próbki  $h$  [%]:

33,7

Liczba mikrofonów:

6

Liczba pozycji źródła dźwięku:

2

Liczba elem. rozpraszających:

5

Objętość komory pogłosowej [m<sup>3</sup>]:

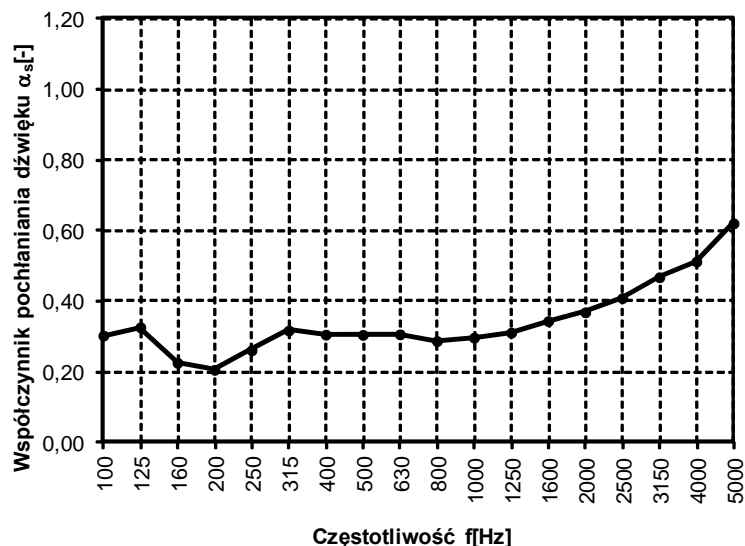
180,4

Powierzchnia całkowita komory [m<sup>2</sup>]:

193,6

$f$ [Hz]	$T_1$ [s]	$T_2$ [s]	$\alpha_s$	$\alpha_p$
100	10,20	3,87	0,30	0,30
125	7,68	3,30	0,32	
160	6,98	3,81	0,22	
200	7,80	4,22	0,20	0,25
250	8,65	3,94	0,26	
315	8,53	3,50	0,32	
400	8,24	3,53	0,30	0,30
500	7,74	3,44	0,30	
630	7,78	3,44	0,30	
800	7,10	3,41	0,29	0,30
1000	6,64	3,25	0,30	
1250	5,94	3,00	0,31	
1600	4,96	2,61	0,34	0,35
2000	4,33	2,35	0,37	
2500	3,71	2,06	0,41	
3150	3,20	1,79	0,47	0,55
4000	2,52	1,50	0,51	
5000	2,02	1,22	0,62	

**Klasa pochłaniania: D**  
 **$\alpha_w=0,35(H)$**



$\alpha_s$  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 pustej, z próbką (PN-EN ISO 354:2005)

Pieczęć:

Kierownik tematu:

dr inż. Jarosław Rubacha  
jrubacha@agh.edu.pl

Badania wykonał:

dr inż. Artur Flach  
dr inż. Adam Pilch



**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

Zleceńdawa ca:  
**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:

Data pomiaru:

06-03-2017

**Quadra Phonebox**

Producent:

Warunki pomiaru:

**BEJOT SP. Z O.O.**

Wymiar całkowity [mm]:

-

ul. Wybickiego 2a, Manieczki

Wymiar elementu [mm]:

1635x710x710

63-112 Brodnica k/Poznań

Ilość elementów [szt.]:

3

Powierzchnia [m<sup>2</sup>]:

15,4

Sposób montażu:

na podłodze komory

Temperatura z próbką  $t$  [°C]:

23,6

Temperatura bez próbki  $t$  [°C]:

23,6

Wilgotność względna z próbką  $h$  [%]:

33,7

Wilgotność względna bez próbki  $h$  [%]:

34,2

Liczba mikrofonów:

6

Liczba pozycji źródła dźwięku:

2

Liczba elem. rozpraszających:

5

Objętość komory pogłosowej [m<sup>3</sup>]:

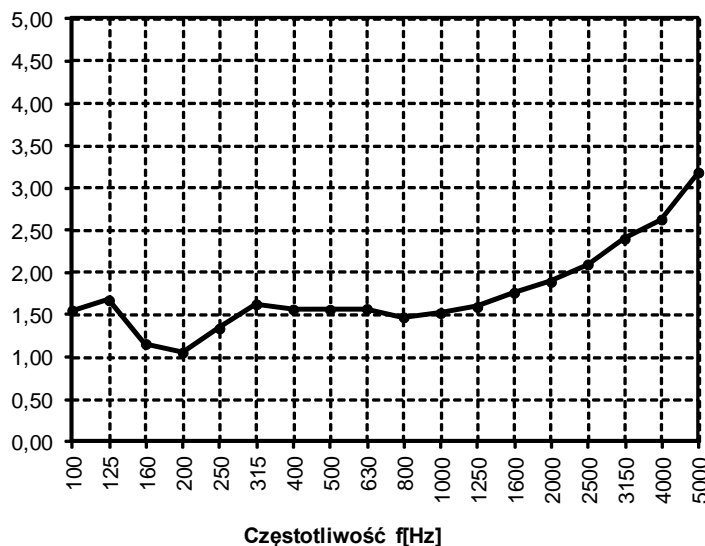
180,4

Powierzchnia całkowita komory [m<sup>2</sup>]:

193,6

$f$ [Hz]	$T_1$ [s]	$T_2$ [s]	$A_{obj}$ [m <sup>2</sup> ]
100	10,20	3,87	1,55
125	7,68	3,30	1,67
160	6,98	3,81	1,15
200	7,80	4,22	1,05
250	8,65	3,94	1,33
315	8,53	3,50	1,62
400	8,24	3,53	1,56
500	7,74	3,44	1,56
630	7,78	3,44	1,57
800	7,10	3,41	1,47
1000	6,64	3,25	1,52
1250	5,94	3,00	1,59
1600	4,96	2,61	1,76
2000	4,33	2,35	1,88
2500	3,71	2,06	2,09
3150	3,20	1,79	2,39
4000	2,52	1,50	2,62
5000	2,02	1,22	3,18

Równoważne pole powierzchni  
dźwiękochłonnej pojedynczego obiektu  
 $A_{obj}$  [m<sup>2</sup>]



$\alpha_s$  Współczynnik pochłaniania dźwięku wg (PN-EN ISO 354:2005)

$\alpha_p$  Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku wg (PN-EN ISO 11654:1999)

$T_1, T_2$  Czas pogłosu komory pustej, z próbką (PN-EN ISO 354:2005)

Pieczęć:

Kierownik tematu:

dr inż. Jarosław Rubacha  
jrubacha@agh.edu.pl

Badania wykonał:

dr inż. Artur Flach  
dr inż. Adam Pilch



**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 room according to PN-EN ISO 354:2005

Sample: **Quadra Phonebox** Test Date: **06-03-2017**

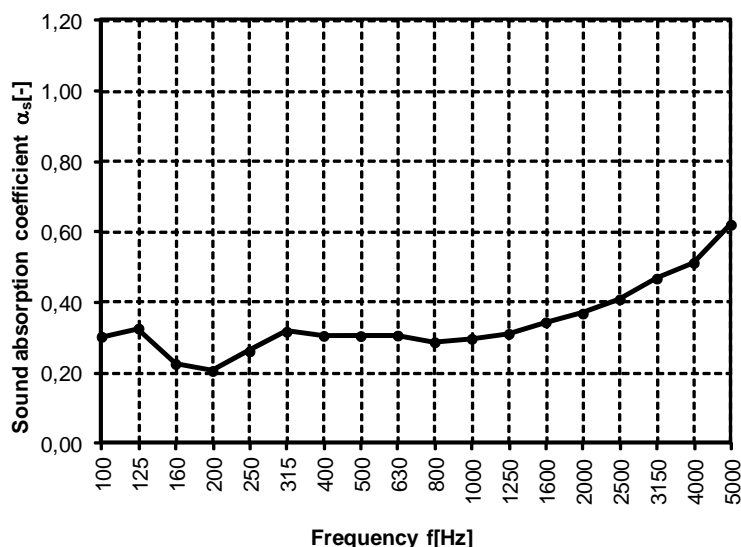
**Quadra Phonebox**

Producer:  
**BEJOT SP. Z O.O.**  
**ul. Wybickiego 2a, Manieczki**  
**63-112 Brodnica k/Poznań**

Conditions:  
Sample size [mm]: -  
Element size [mm]: **1635x710x710**  
Elements number: **3**  
Sample area [m<sup>2</sup>]: **15,4**  
Mounting method: **placed on the floor**  
  
Temperature with sample  $t$  [°C]: **23,6**  
Temperature without sample  $t$  [°C]: **23,6**  
rel. humidity with sample  $h$  [%]: **33,7**  
rel. humidity without sample  $h$  [%]: **34,2**  
Microphone positions: **6**  
Loudspeaker positions: **2**  
Diffusors number: **5**  
Chamber Volume  $V$  [m<sup>3</sup>]: **180,4**  
Walls area [m<sup>2</sup>]: **193,6**

$f$ [Hz]	$T_1$ [s]	$T_2$ [s]	$\alpha_s$	$\alpha_p$
100	10,20	3,87	0,30	0,30
125	7,68	3,30	0,32	
160	6,98	3,81	0,22	
200	7,80	4,22	0,20	
250	8,65	3,94	0,26	
315	8,53	3,50	0,32	0,25
400	8,24	3,53	0,30	
500	7,74	3,44	0,30	
630	7,78	3,44	0,30	
800	7,10	3,41	0,29	
1000	6,64	3,25	0,30	0,30
1250	5,94	3,00	0,31	
1600	4,96	2,61	0,34	
2000	4,33	2,35	0,37	
2500	3,71	2,06	0,41	
3150	3,20	1,79	0,47	0,35
4000	2,52	1,50	0,51	
5000	2,02	1,22	0,62	

**Absorption class: D**  
 **$\alpha_w=0,35(H)$**



$\alpha_s$  Sound absorption coefficient PN-EN ISO 354:2005  
 $\alpha_p$  Practical sound absorption coefficient PN-EN ISO 11654:1999  
 $\alpha_w$  Weighted sound absorption coefficient PN-EN ISO 11654:1999  
 $T_1, T_2$  Reverberation time of the empty chamber and with sample PN-EN ISO 354:2005

Stamp:

Project manager:  
dr inż. Jarosław Rubacha  
jrubacha@agh.edu.pl

Technical specialist:  
dr inż. Artur Flach  
dr inż. Adam Pilch



**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/Poznania**

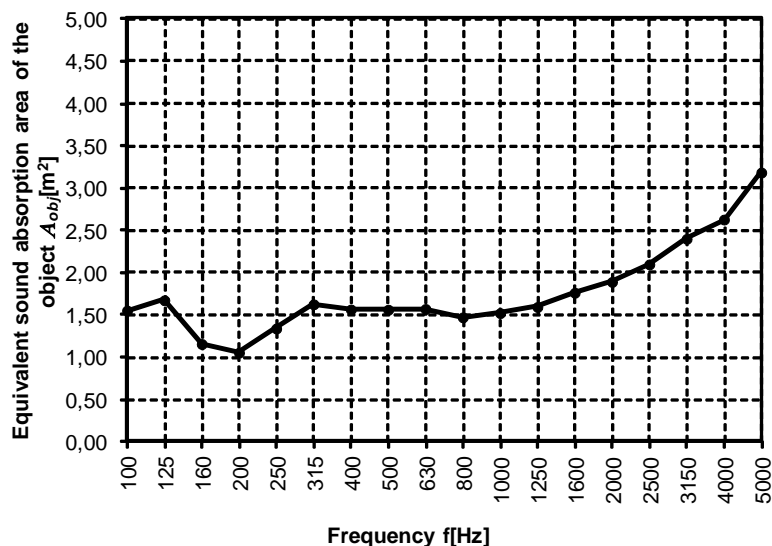
### Measurement of sound absorption coefficient in a reverberation room according to PN-EN ISO 354:2005

Sample: **Quadra Phonebox** Test Date: **06-03-2017**

Producer:  
**BEJOT SP. Z O.O.**  
**ul. Wybickiego 2a, Manieczki**  
**63-112 Brodnica k/Poznania**

Conditions:  
Sample size [mm]: -  
Element size [mm]: **1635x710x710**  
Elements number: **3**  
Sample area [m<sup>2</sup>]: **15,4**  
Mounting method: **placed on the floor**  
  
Temperature with sample  $t$  [°C]: **23,6**  
Temperature without sample  $t$  [°C]: **23,6**  
rel. humidity without sample  $h$  [%]: **33,7**  
rel. humidity with sample  $h$  [%]: **34,2**  
Microphone positions: **6**  
Loudspeaker positions: **2**  
Diffusors number: **5**  
Chamber Volume  $V$  [m<sup>3</sup>]: **180,4**  
Walls area [m<sup>2</sup>]: **193,6**

$f$ [Hz]	$T_1$ [s]	$T_2$ [s]	$A_{obj}$ [m <sup>2</sup> ]
100	10,20	3,87	1,55
125	7,68	3,30	1,67
160	6,98	3,81	1,15
200	7,80	4,22	1,05
250	8,65	3,94	1,33
315	8,53	3,50	1,62
400	8,24	3,53	1,56
500	7,74	3,44	1,56
630	7,78	3,44	1,57
800	7,10	3,41	1,47
1000	6,64	3,25	1,52
1250	5,94	3,00	1,59
1600	4,96	2,61	1,76
2000	4,33	2,35	1,88
2500	3,71	2,06	2,09
3150	3,20	1,79	2,39
4000	2,52	1,50	2,62
5000	2,02	1,22	3,18



$\alpha_s$  Sound absorption coefficient (PN-EN ISO 354:2005)

$\alpha_p$  Practical sound absorption coefficient (PN-EN ISO 11654:1999)

$T_1, T_2$  Reverberation time of the empty chamber and with sample (PN-EN ISO 354:2005)

Stamp:

Project manager:  
dr inż. Jarosław Rubacha  
jrubacha@agh.edu.pl

Technical specialist:  
dr inż. Artur Flach  
dr inż. Adam Pilch