



## InnoRenew CoE

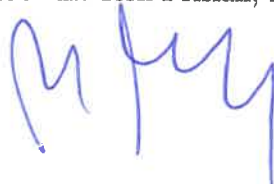

Livade 6a  
6310 Izola/Isola  
Slovenija

ID za DDV: SI65332547  
TRR: SI56029220262173147

T: +386 40 282 944  
E: coe@innorenew.eu  
www.innorenew.eu

# POROČILO

## Meritev absorpcije zvoka

naročnik	Ursa Slovenija d.o.o.
merilni postopek	SIST EN ISO 354:2004
testni vzorec	Ursa FP Basic d=100
montaža	Tip A
št. poročila	AL-RP-0005-10-2022-SI
skupno št. strani	10
datum	13. 10. 2022
laboratorij	Akustični laboratorij InnoRenew CoE Livade 6a, SI-6310 Izola/Isola, Slovenija
avtor	doc. dr. Rok Prislan, Msc Engineering Acoustics
podpis	
žig	



## **Kazalo**

<b>1 STANDARDI</b>	<b>3</b>
<b>2 TESTNI VZOREC</b>	<b>3</b>
<b>3 MONTAŽA</b>	<b>3</b>
<b>4 PRINCIP MERJENJA</b>	<b>4</b>
<b>5 MERILNA OPREMA</b>	<b>5</b>
<b>6 MERILNI POSTOPEK</b>	<b>6</b>
<b>7 ZRAČNI POGOJI</b>	<b>6</b>
<b>8 REZULTATI</b>	<b>7</b>
<b>PRILOGA A: IZKAZ MERITVE</b>	<b>9</b>
<b>PRILOGA B: LASTNOSTI ODMEVNICE</b>	<b>10</b>



## 1 STANDARDI

Meritev poteka skladno z:

- SIST EN ISO 354:2004 – Akustika – Merjenje absorpcije zvoka v odmevnic (sprejet v EU kot europska norma EN ISO 354:2003)
- SIST EN ISO 11654:1999 Akustika – Absorberji zvoka za uporabo v stavbah – Vrednotenje zvočne absorpcije (ISO 11654:1997)

## 2 TESTNI VZOREC

Testni vzorec je bil dostavljen v akustični laboratorij InnoRenew CoE s strani naročnika Ursa Slovenija d.o.o.. Testni vzorec tvori 15 pravokotnih plošč mineralne volne dimenzije (širina x dolžina x debelina) 60 cm x 120 cm x 10 cm.

Testni vzorec tvori 15 plošč, ki so za potrebe meritve poravnane v pravokotno mrežo 3 x 5. Dimenzija vzorca je 3.61 m x of 3.05 m kvadratura pa  $S = 11.01 \text{ m}^2$ . Postavitev zadošča zahtevam standarda SIST EN ISO 354:2004 za ravninske absorberje ( $10\text{-}12 \text{ m}^2$ ), za katere določimo koeficient zvočne absorpcije.

## 3 MONTAŽA

Testni vzorec je postavljen neposredno na toga tla odmevnice. Strani vzorca so zaprte s 30 mm debelimi letvami vezane plošče, ki so tesno zatesnjene. Montaža ustreza Tip A mounting kot je definirana v prilogi B standarda SIST EN ISO 354:2004.

Montaža testnega vzorca med meritvijo je prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Postavitev testnega vzorca v času meritve.

## 4 PRINCIP MERJENJA

Meritev je izvedena skladno z zahtevami standarda SIST EN ISO 354:2004 v odmevnici Akustičnega laboratorija InnoRenew CoE (Livade 6a, SI-6310 Izola/Isola, Slovenia). Podrobnosti odmevnice do podane v Prilogi B poročila.

Osnovna izvedena meritev je meritev odmevnega časa,  $T$ , pri dveh pogojih:

- v prazni odmevnici ( $T_1$ ),
- v odmevnici s testnimi vzorci ( $T_2$ ).

Vnos testnih vzorcev v splošnem poveča absorpcijo v prostor, zaradi česar se odmevni čas skrajša. Razlika odmevnih časov je povezana z zvočno absorpcijskimi lastnostmi testnega vzorca.

Na osnovi izmerjenih odmevnih časov v prazni odmevnici izračunamo ekvivalentno absorpcijsko površino  $A_1$  v 1/3-oktavnih pasovih kot

$$A_1 = \frac{55.3 V}{c T_1} - 4 V m_1 \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

kjer je:

- $V$  [m<sup>3</sup>] volumen odmevnice
- $T_1$  [s] odmevni čas v prazni odmevnici
- $m_1$  [m<sup>-1</sup>] koeficienti atenuacije določeni z

$$m_1 = \frac{\alpha}{10 \log e} \quad [\text{m}^{-1}], \quad (2)$$

kjer so  $\alpha$  koeficienti določeni skladno z ISO 9613-1.

- $c$  [m/s] je hitrost širjenja zvoka v zraku, določena z enačbo

$$c = 331 + 0.6 t \quad [\text{m/s}], \quad (3)$$

pri čemer je  $t$  temperatura v °C (zveza velja v območju 15 - 30 °C).

Ekvivalentna zvočna absorpcija  $A_2$  odmevnice po vnosu testnega vzorca je izračunana na analogen način, pri čemer se za oznako odmevnega časa in koeficientov atenuacije uporabi indeks 2.

Ekvivalentna zvočna absorpcija  $A$  testnega vzorca se izračuna na osnovi razlike absorpcij

$$A = A_2 - A_1. \quad (4)$$

V koliko je kvadratura testnega vzorca  $S$  med 10 and 12 m<sup>2</sup>, lahko določimo koeficiente zvočne absorpcije kot

$$\alpha = \frac{A}{S}. \quad (5)$$

## 5 MERILNA OPREMA

Za izvedbo meritve je uporabljena sledeča merilna oprema:

- 6 fazno usklajenih mikrofonov: Brüel & Kjær Type 4958  
frekvenčni odziv: 10 Hz–20 kHz ( $\pm 3$  dB), dinamični razpon: 28-140 dB, lastni šum < 28 dBA
- sistem za zajem signalov: Brüel & Kjær LAN-XI Type 3053-B-120-R, UA-2107-12  
12 vhodnih kanalov, frekvenčno območje: 0-25.6 kHz, bitna globina: 24 bit
- avdio signalni generator: NTI, Minirator MR-PRO  
enakomernost odziva  $\pm 0.2$  dB (10 Hz-20 kHz), signal vzbujanja: 20 Hz–20 kHz, eksponentni sinusni prelet
- zvočni izvor: NTI DS3 dodecahedron neusmetjen zvočnik, NTI PA3 ojačevalnik  
skladnost z standardoma ISO 16283 in ISO 3382, SPL=120.5 dB
- programska oprema za zajem: Brüel & Kjær BK Connect
- obdelava signalov v programskem jeziku python



## 6 MERILNI POSTOPEK

Za določitev odmevnega časa uporabimo metodo integriranega impulznega odziva. Meritev impulznega odziva izvedemo na 6 mikrofonskih legah in 2 zvočniških legah. Skupno je uporabljenih 12 merilnih kombinacij mikrofona-zvočnik.

Kot signal vzbujanja uporabimo eksponentni sinusni prelet v frekvenčnem območju od 20 Hz do 20 kHz. Trajanje preleta je 10 s, ki mu sledi 10 s tišine. Na posamezni merilni legi so posnete tri ponovitve signala, impulzni odziv pa je določen na osnovi povprečnega frekvenčnega odziva.

Odmevni čas je določen s prileganjem linearne funkcije na logaritmirano inverzno integrirano absolutno vrednost impulznega odziva, in sicer v 20 dB dinamičnem razponu (-5 dB do -25 dB). Analizo izvedemo v standardiziranih 1/3-oktavnih pasovih med 100 in 5000 Hz. Vrednosti  $\alpha$  v 1/1-oktavnih pasovih izračunamo kot aritmetično povprečje pripadajočih 1/3-oktavnih pasov.

## 7 ZRAČNI POGOJI

Zračni pogoji v času merjenja so podani v Tabeli 1.

prazen prostor		prostor z testnim vzorcem	
Temperatura	Relativna vlažnost	Temperatura	Relativna vlažnost
22°C	68%	22°C	68%

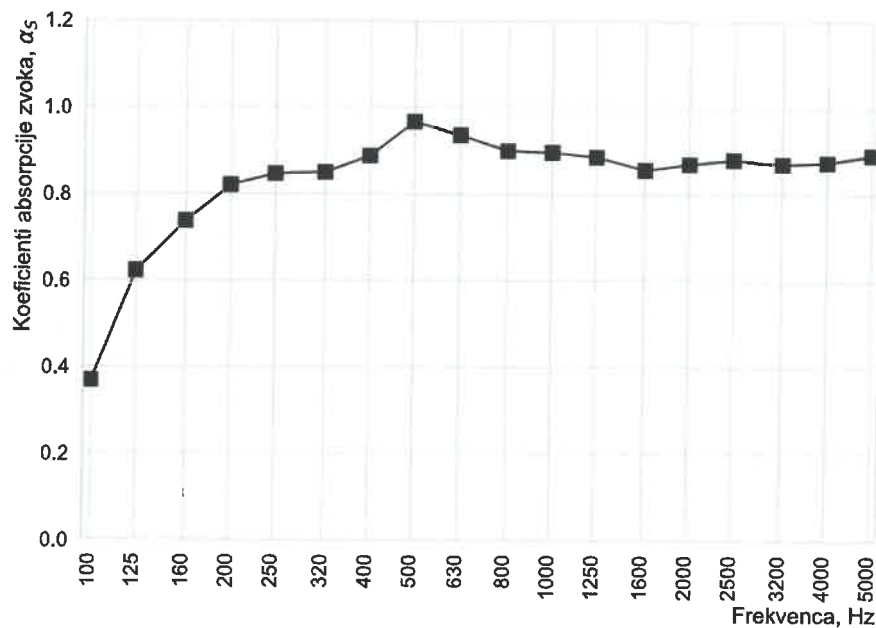
Tabela 1: Zračni pogoji v času meritve.

## 8 REZULTATI

Izmerjeni koeficienti zvočne absorpcije  $\alpha_S$  v 1/3-oktavnih pasovih in izračunani koeficienti v 1/1-oktavnih pasovih so navedeni v tabeli 2. Vednosti v 1/3-oktavnih pasovih so izrisani na Sliki 2.

Frekvenca [Hz]	$\alpha_S$	
	1/3-oktave	1/1-oktave
50	0.02	
63	0.02	<b>0.03</b>
80	0.05	
100	0.37	
125	0.62	<b>0.58</b>
160	0.74	
200	0.82	
250	0.85	<b>0.84</b>
320	0.85	
400	0.89	
500	0.97	<b>0.93</b>
630	0.94	
800	0.90	
1000	0.90	<b>0.89</b>
1250	0.89	
1600	0.86	
2000	0.87	<b>0.87</b>
2500	0.88	
3200	0.87	
4000	0.87	<b>0.88</b>
5000	0.89	

Tabela 2: Izmerjen koeficient zvočne absorpcije  $\alpha_S$ .

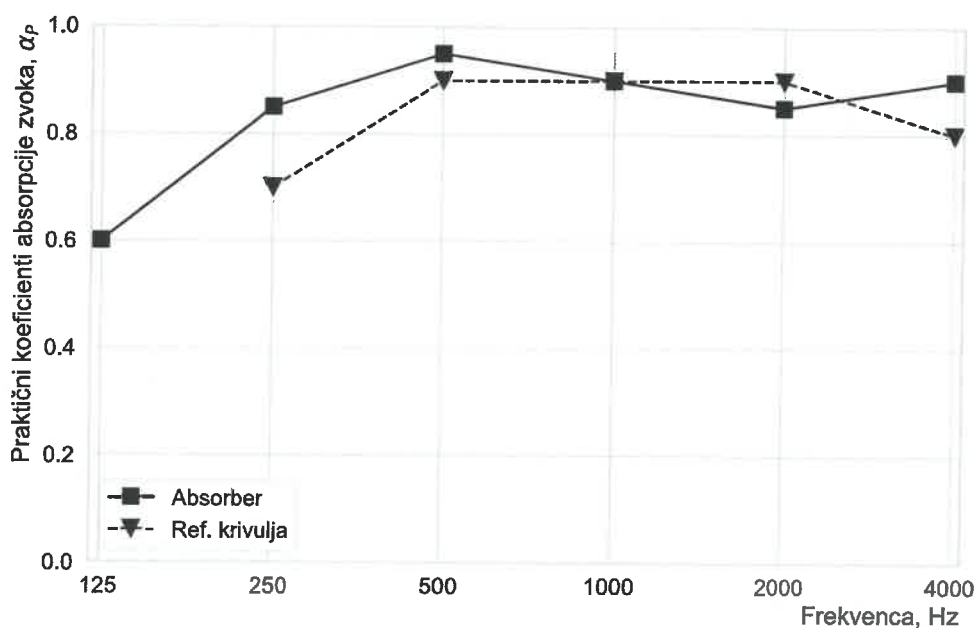


Slika 2: Izmerjeni koeficienti zvočne absorpcije  $\alpha_S$  izmerjeni v 1/3-oktavnih pasovih.

Praktični koeficienti absorpcije  $\alpha_P$  (zaokroženi v koraku 0.05) so podani v Tabeli 3 za vsak 1/1-oktavni pas. Vrednosti so izrisane tudi na Sliki 3 skupaj z ISO 11654 referenčno krivuljo.

Frekvenca [Hz]	$\alpha_P$
63	0.05
125	0.60
250	0.60
500	0.85
1000	0.90
2000	0.85
4000	0.90

Tabela 3: Praktični koeficienti zvočne absorpcije  $\alpha_P$ .



Slika 3: Praktični koeficienti absorpcije  $\alpha_P$  v 1/1-oktavnih pasovih skupaj s pripadajočo referenčno krivuljo.

Skladno z ISO 11654 ugotavljamo, da je:

- utežen koeficient zvočne absorpcije  $\alpha_w = 0.9$ .
- razvrstitev: **razred A**.

Izmerjene vrednosti veljajo izključno za testni vzorec.



## PRILOGA A: IZKAZ MERITVE

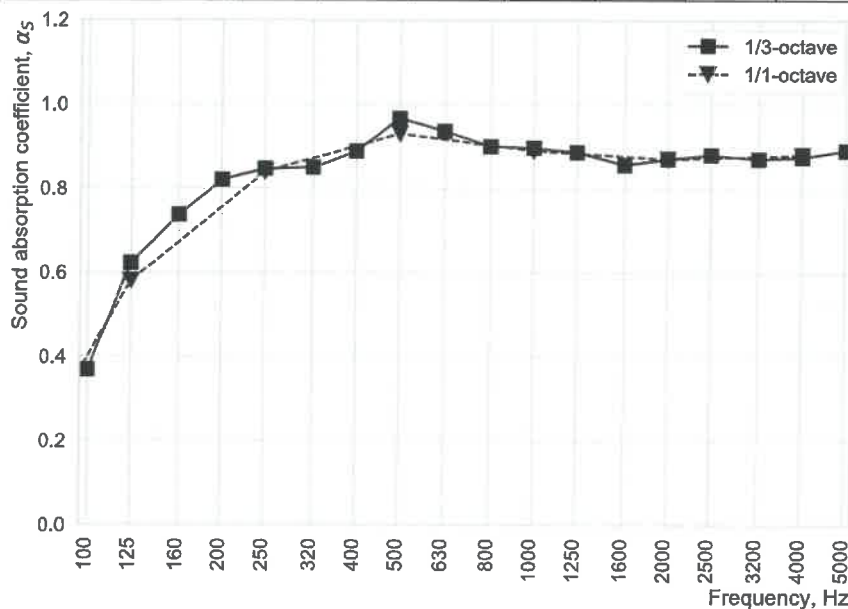
### MERJENJE ZVOČNE ABSORPCIJE V ODMEVNICI SKLADNO S SIST EN ISO 354:2004

laboratorij	Akustični laboratorij InnoRenew CoE
naslov	Livade 6a, SI-6310 Izola/Isola Slovenija
datum	13. 10. 2022
naročnik	Ursa Slovenija d.o.o.
naziv vzorca	Ursa FP Basic d=100
površina	11.01 m <sup>2</sup>
montaža	Tip A
volumen	283.65 m <sup>3</sup>
zračni pogoji	22°C, RH=68%
metoda	int. imp. odziva
št. leg	12
vrednotenje	ISO 11654
$\alpha_w$	0.9
razvrstitev	razred A



Testni vzorec tvori 15 pravokotnih plošč mineralne volne dimenzije (širina x dolžina x debelina) 60 cm x 120 cm x 10 cm.

1/3-oktave [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
$\alpha_S$	0.02	0.02	0.05	0.37	0.62	0.74	0.82	0.85	0.85	0.89	0.97
1/3-oktave [Hz]	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	
$\alpha_S$	0.94	0.90	0.90	0.89	0.86	0.87	0.88	0.87	0.87	0.89	
1/1-oktave [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000				
$\alpha_S$	0.03	0.58	0.84	0.93	0.89	0.87	0.88				



doc. dr. Rok Prislan  
Msc Engineering Acoustics

podpis:

žig:



## PRILOGA B: LASTNOSTI ODMEVNICE

### ODMEVNICA

laboratorij	Akustični laboratorij InnoRenew CoE
naslov	Livade 6a, SI-6310, Izola/Isola, Slovenija
volumen prostora	283.65 m <sup>3</sup>
obodne površine (stene, tla in strop)	11.01 m <sup>2</sup>
difuzija	Neravne stene in strop delujejo kot difuzor.

### MERITEV V PRAZNEM PROSTORU

datum	13. 10. 2022
temperatura zraka	22°C
relativna vlažnost zraka	68%
merilna metoda	integriran impulzni odziv
merilne lege (kombinacije mikrofona-zvočnik)	12

### ODMEVNI ČAS

1/3-oktave [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
$T_1$ [s]	14.20	14.42	15.54	14.73	14.81	14.70	14.28	14.01	13.76	13.49	12.76
1/3-oktave [Hz]	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	
$T_1$ [s]	12.31	11.68	11.63	10.89	10	8.91	7.76	6.24	4.81	3.52	

### TLORIS:

