



InnoRenew CoE

Livade 6
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 stenski paneli |
| montaža | Type A |
| št. poročila | AL-RP-0001-02-2022-SI |
| skupno št. strani | 10 |
| datum | 28. 02. 2022 |
| laboratorij | Akustični laboratorij InnoRenew CoE Livade 6, SI-6310 Izola/Isola, Slovenija |
| avtor | doc. dr. Rok Prislan, Msc Engineering Acoustics |
| podpis |  |
| žig |  InnoRenew CoE Livade 6 6310 Izola - Isola Slovenija - Slovenia |



Kazalo

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



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 zvočno absorpcijskih stenskih panelov dimenzije (širina x dolžina x debelina) 64 cm x 124 cm x 5 cm. Paneli so iz 5 cm debele steklene volne v togem okviru. Zadnja stran volne je zaščiten z voalom. Prednja in stranske stranice panela so zaključene v tekstilu potiskanem z grafičnim motivom.

Testni vzorec tvori 15 panelov, ki so za potrebe meritve poravnani v pravokotno mrežo 3 x 5. Dimenzija vzorca je 3.72 m x of 3.2 m kvadratura pa $S = 11.9 \text{ m}^2$. Postavitev zadošča zahtevam standarda SIST EN ISO 354:2004 za ravninske absorberje (10-12 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 Type 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 6, 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 odmenih 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 [m³] volumen odmevnice
- T_1 [s] odmevni čas v prazni odmevnici
- m_1 [m⁻¹] koeficienti atenuacije določeni z

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

kjer so α 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 m², 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 (± 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 ± 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 12 mikrofonskih legah in 2 zvočniških legah. Skupno je uporabljenih 24 merilnih kombinacij mikrofona-zvočnik.

Kot signal vzbujanja uporabimo eksponentni sinusni prelet v frekvenčnem območju od 20 Hz do 20 kHz. Trajanje preleta je 15 s, ki mu sledi 5 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 α 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 |
| 15°C | 70% | 15°C | 71% |

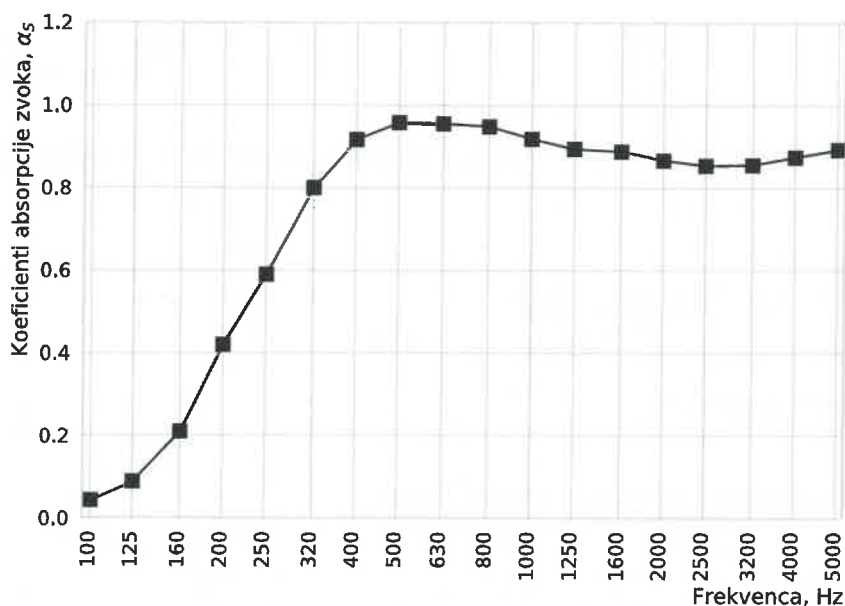
Tabela 1: Zračni pogoji v času meritve.

8 REZULTATI

Izmerjeni koeficienti zvočne absorpcije α_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] | α_S | |
|----------------|------------|------------|
| | 1/3-oktave | 1/1-oktave |
| 50 | 0.01 | |
| 63 | 0.02 | 0.02 |
| 80 | 0.03 | |
| 100 | 0.04 | |
| 125 | 0.09 | 0.11 |
| 160 | 0.21 | |
| 200 | 0.42 | |
| 250 | 0.59 | 0.60 |
| 320 | 0.80 | |
| 400 | 0.92 | |
| 500 | 0.96 | 0.94 |
| 630 | 0.96 | |
| 800 | 0.95 | |
| 1000 | 0.92 | 0.92 |
| 1250 | 0.89 | |
| 1600 | 0.89 | |
| 2000 | 0.87 | 0.87 |
| 2500 | 0.85 | |
| 3200 | 0.86 | |
| 4000 | 0.87 | 0.87 |
| 5000 | 0.89 | |

Tabela 2: Izmerjen koeficient zvočne absorpcije α_S .

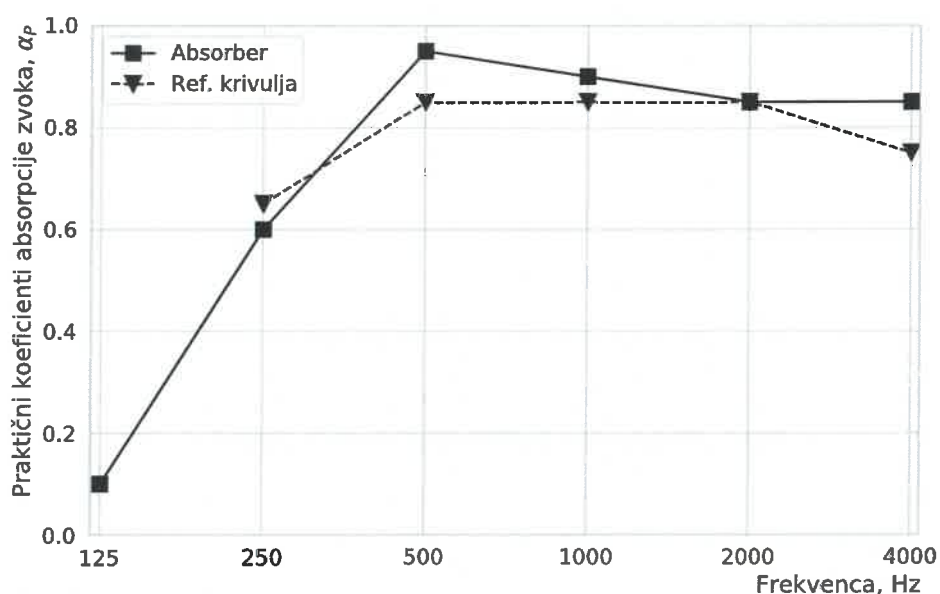


Slika 2: Izmerjeni koeficienti zvočne absorpcije α_S izmerjeni v 1/3-oktavnih pasovih.

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

| Frekvenca [Hz] | α_P |
|----------------|------------|
| 63 | 0 |
| 125 | 0.10 |
| 250 | 0.60 |
| 500 | 0.95 |
| 1000 | 0.90 |
| 2000 | 0.85 |
| 4000 | 0.85 |

Tabela 3: Praktični koeficienti zvočne absorpcije α_P .



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

Skladno z ISO 11654 ugotavljamo, da je:

- utežen koeficient zvočne absorpcije $\alpha_w = 0.85$.
- razvrstitev: **razred B**.

Izmerjene vrednosti veljajo izključno za testni vzorec.

PRILOGA A: IZKAZ MERITVE

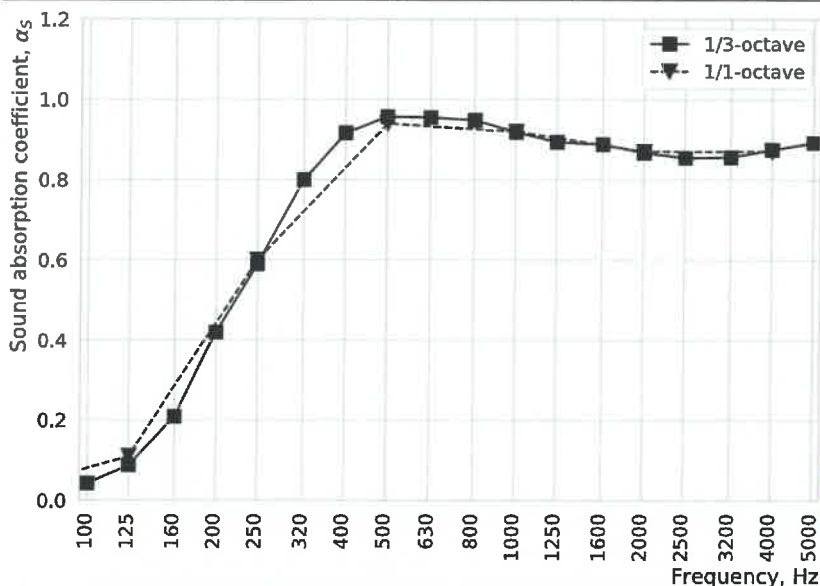
MERJENJE ZVOČNE ABSORPCIJE V ODMEVNICI SKLADNO Z SIST EN ISO 354:2004

| | |
|---------------|--|
| laboratorij | Acoustic laboratory InnoRenew CoE |
| naslov | Livade 6, SI-6310 Izola/Isola Slovenija |
| datum | 28. 02. 2022 |
| naročnik | Ursa Slovenija d.o.o. |
| naziv vzorca | Ursa stenski paneli |
| površina | 11.9 m ² |
| montaža | Type A |
| volumen | 283.65 m ³ |
| zračni pogoji | 15°C, RH=70% |
| metoda | int. imp. odziva |
| št. leg | 24 |
| vrednotenje | ISO 11654 |
| α_w | 0.85 |
| razvrstitev | razred B |



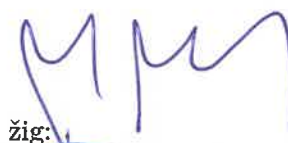
Testni vzorec tvori 15 pravokotnih zvočno absorpcijskih stenskih panelov dimenzije (širina x dolžina x debelina) 64 cm x 124 cm x 5 cm. Paneli so iz 5 cm debele steklene volne v togem okviru. Zadnja stran volne je zaščitena z voalom. Prednja in stranske stranice panela so zaključene v tekstilu potiskanem z grafičnim motivom.

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1/3-oktave [Hz] | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 |
| α_s | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.09 | 0.21 | 0.42 | 0.59 | 0.80 | 0.92 | 0.96 |
| 1/3-oktave [Hz] | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 | |
| α_s | 0.96 | 0.95 | 0.92 | 0.89 | 0.89 | 0.87 | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.89 | |
| 1/1-oktave [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | | | | |
| α_s | 0.02 | 0.11 | 0.60 | 0.94 | 0.92 | 0.87 | 0.87 | | | | |



doc. dr. Rok Prislan
Msc Engineering Acoustics

podpis:



žig:



InnoRenew CoE
Livade 6
6310 Izola - Isola
Slovenija - Slovenia

PRILOGA B: LASTNOSTI ODMEVNICE

ODMEVNICA

| | |
|--|--|
| laboratorij | Akustični laboratorij InnoRenew CoE |
| naslov | Livade 6, SI-6310, Izola/Isola, Slovenija |
| volumen prostora | 283.65 m ³ |
| obodne površine (stene, tla in strop) | 300.1 m ² |
| difuzija | Neravne stene in strop delujejo kot difuzor. |

MERITEV V PRAZEM PROSTORU

| | |
|--|---------------------------|
| datum | 28. 02. 2022 |
| temperatura zraka | 15°C |
| relativna vlažnost zraka | 71% |
| merilna metoda | integriran impulzni odziv |
| merilne lege (kombinacije mikrofona-zvočnika) | 24 |

ODMEVNI ČAS

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1/3-oktave [Hz] | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 |
| T_1 [s] | 15.17 | 15.75 | 15.80 | 15.20 | 14.56 | 14.50 | 13.86 | 13.30 | 13.27 | 12.35 | 12.22 |
| 1/3-oktave [Hz] | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 | |
| T_1 [s] | 11.60 | 10.84 | 10.55 | 9.72 | 8.82 | 7.54 | 6.32 | 4.99 | 3.83 | 2.90 | |

TLORIS:

