

Turku AMK, Kira Circularis -projekti  
Yhteistyökumppani: Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, [juha.kauppinen@yeseco.fi](mailto:juha.kauppinen@yeseco.fi)

## AKUSTISEN ABSORPTIOSUHTEEN MÄÄRITYS STANDARDIN ISO 10534-2 MUKAAN

### 1 TILAAJA

Turku AMK, Kira Circularis -projekti

### 2 TARKOITUS

Tarkoitus oli määrittää akustinen absorptiosuhde ISO 10534-2 mukaan viidelle eri tuotteelle. Joka tuotteesta toimitettiin yksi näyte (vesileikattu kiekko, halkaisija 63,50 mm). Jokainen tuote mitattiin kahteen kertaan, joista raportoidaan keskiarvo. Näytteiden absorptiosuhde mitattiin taustassa kiinni (ISO 354 Type A) ja 200 mm alas laskettuna (Type E-200).

### 3 TULOKSET

Tulokset ovat liitteessä 1. Tuotekuvaukset on liitteessä 2.

### 4 ALLEKIRJOITUKSET



Valtteri Hongisto  
tutkimusryhmän vetäjä



Reijo Alakoivu  
tutkimusinsinööri

Turun ammattikorkeakoulu  
Akustiikkalaboratorio

### LIITTEET

1. Mittaustulokset
2. Tuotekuvaukset
3. Mittausmenetelmä

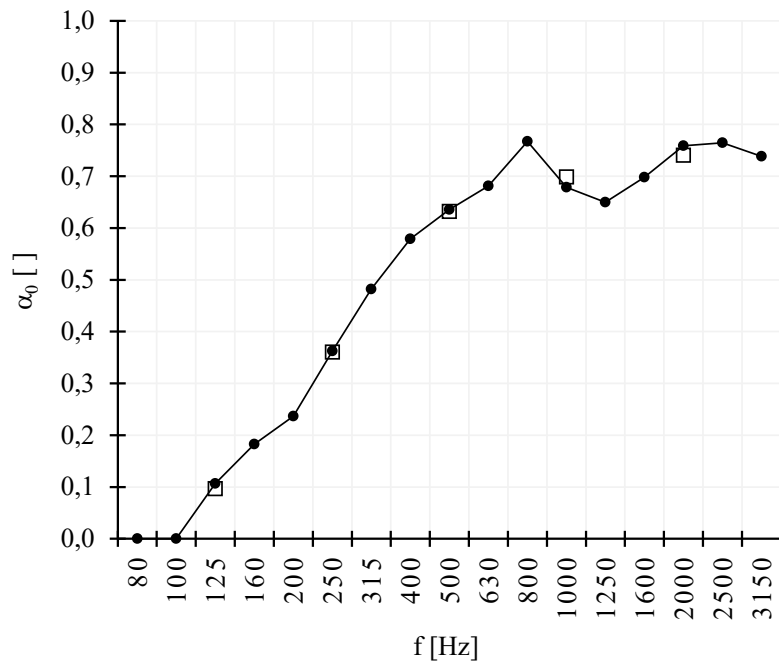
## LIITE 1 – MITTAUSTULOKSET

### Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

<b>Näytteen kuvaus</b>	Still T 45 mm, tuote 1 Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m <sup>3</sup> , paksuus 6 mm Kerros 2: Ekovilla 35 mm Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m <sup>3</sup> , paksuus 4 mm		
<b>Näytekoko:</b>	Kiekko, halkaisija 63,50 mm		
<b>Näytteiden määrä:</b>	Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo		
<b>Mittalaite</b>	B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto		
<b>Tilaja:</b>	Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti		
<b>Yhteistyökumppani:</b>	Yeseco Oy, Juha Kauppinen p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi		
<b>Testipäivä:</b>	13.12.2024	Huoneilman lämpötila:	20,7 °C
<b>Luokka:</b>	<input type="checkbox"/> C **	Ilmanpaine:	1023,9 mbar
		Huoneilman suhteellinen kosteus:	25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f [Hz]	$\alpha_0$ [ ]	$\alpha_0$ [ ]
80	0	
100	0,00	
125	0,11	0,10
160	0,18	
200	0,24	
250	0,36	0,36
315	0,48	
400	0,58	
500	0,64	0,63
630	0,68	
800	0,77	
1000	0,68	0,70
1250	0,65	
1600	0,70	
2000	0,76	0,74
2500	0,76	
3150	0,74	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote 2  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm

### Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

Ilmanpaine:

1023,9 mbar

### Luokka:

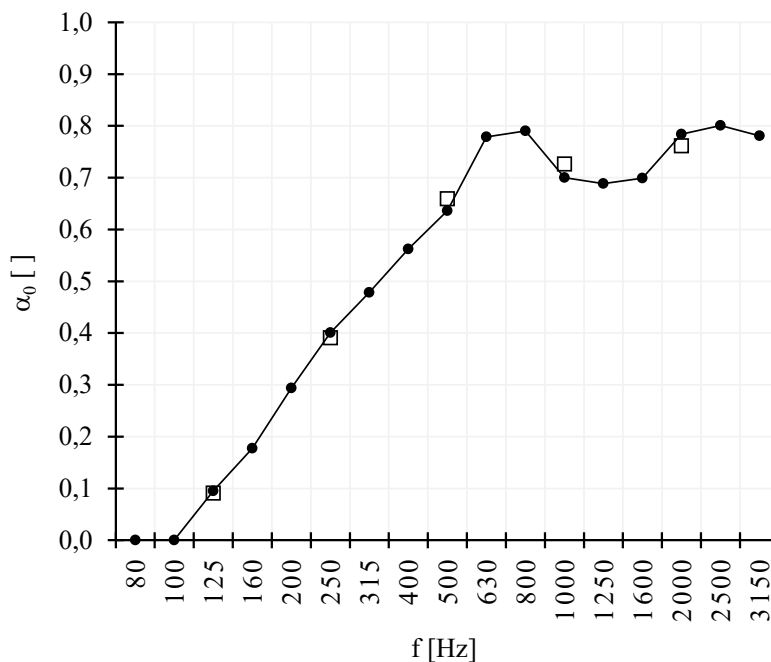
\*\*

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f	$\alpha_0$	$\alpha_0$
[Hz]	[ ]	[ ]
80	0	
100	0,00	
125	0,10	0,09
160	0,18	
200	0,29	
250	0,40	0,39
315	0,48	
400	0,56	
500	0,64	0,66
630	0,78	
800	0,79	
1000	0,70	0,73
1250	0,69	
1600	0,70	
2000	0,78	0,76
2500	0,80	
3150	0,78	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote 3  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm

### Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

Ilmanpaine:

1023,9 mbar

### Luokka:

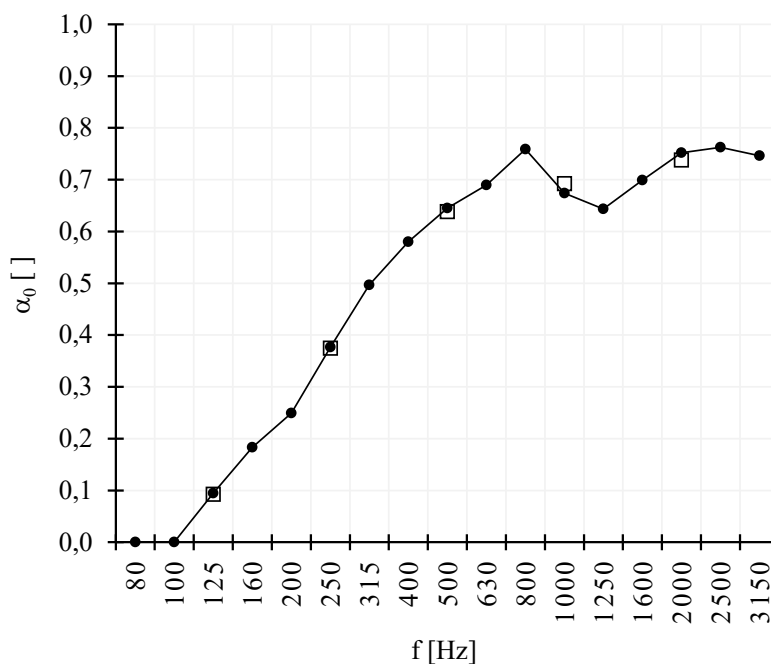
C \*\*

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f	$\alpha_0$	$\alpha_0$
[Hz]	[ ]	[ ]
80	0	
100	0,00	
125	0,09	0,09
160	0,18	
200	0,25	
250	0,38	0,37
315	0,50	
400	0,58	
500	0,64	0,64
630	0,69	
800	0,76	
1000	0,67	0,69
1250	0,64	
1600	0,70	
2000	0,75	0,74
2500	0,76	
3150	0,75	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote S  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm

### Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

Ilmanpaine:

1023,9 mbar

### Luokka:

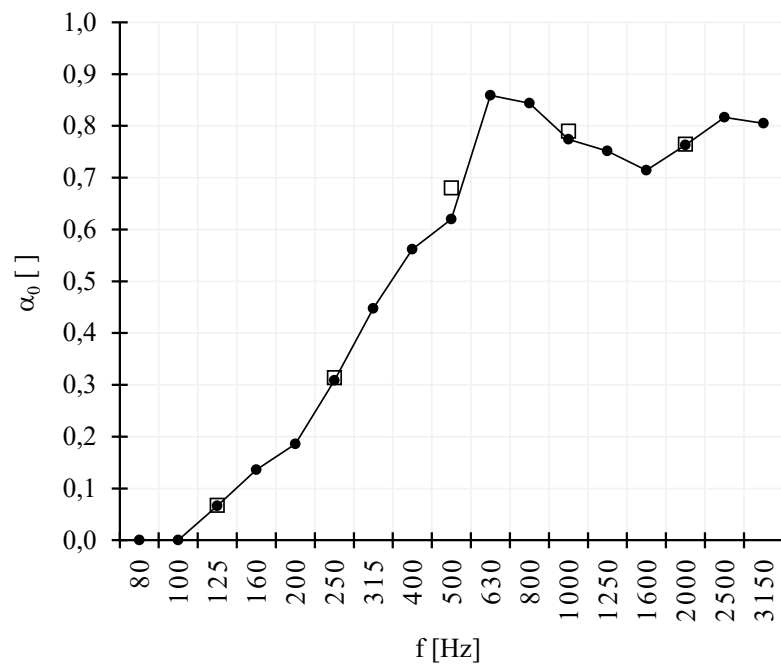
C \*\*

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f	$\alpha_0$	$\alpha_0$
[Hz]	[ ]	[ ]
80	0	
100	0,00	
125	0,07	0,07
160	0,14	
200	0,19	
250	0,31	0,31
315	0,45	
400	0,56	
500	0,62	0,68
630	0,86	
800	0,84	
1000	0,77	0,79
1250	0,75	
1600	0,71	
2000	0,76	0,76
2500	0,82	
3150	0,80	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote T  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm

### Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

Ilmanpaine:

1023,9 mbar

### Luokka:

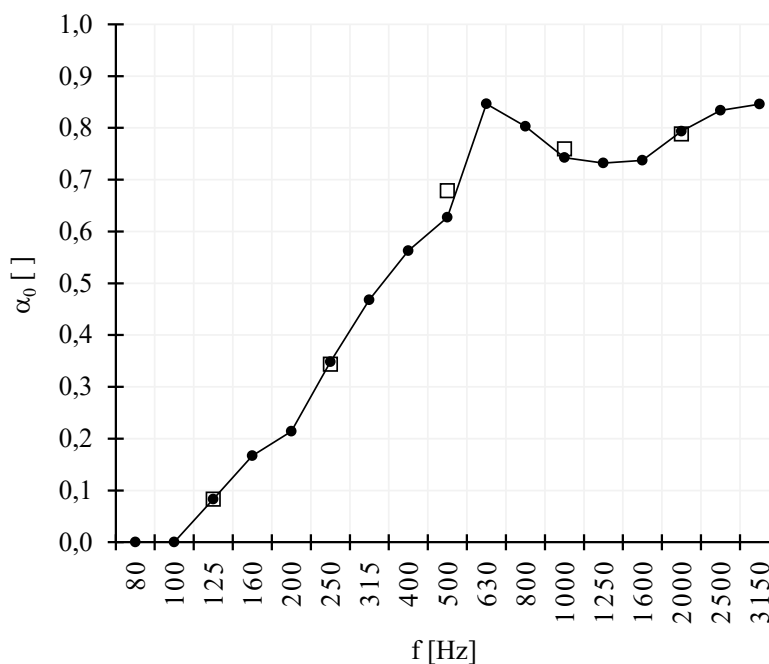
C \*\*

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f	$\alpha_0$	$\alpha_0$
[Hz]	[ ]	[ ]
80	0	
100	0,00	
125	0,08	0,08
160	0,17	
200	0,21	
250	0,35	0,34
315	0,47	
400	0,56	
500	0,63	0,68
630	0,85	
800	0,80	
1000	0,74	0,76
1250	0,73	
1600	0,74	
2000	0,79	0,79
2500	0,83	
3150	0,85	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote 1  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm  
Kerros 4: Ilmarako 155 mm

### Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

### Luokka:

\*\*

Ilmanpaine:

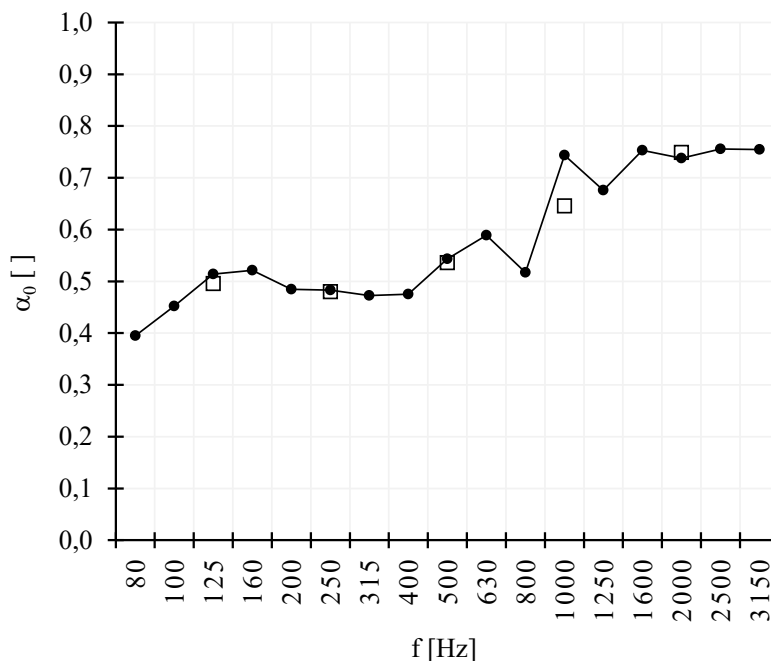
1023,9 mbar

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f [Hz]	$\alpha_0$ [ ]	$\alpha_0$ [ ]
80	0,39	
100	0,45	
125	0,51	0,50
160	0,52	
200	0,48	
250	0,48	0,48
315	0,47	
400	0,48	
500	0,54	0,54
630	0,59	
800	0,52	
1000	0,74	0,65
1250	0,68	
1600	0,75	
2000	0,74	0,75
2500	0,76	
3150	0,75	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote 2  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm  
Kerros 4: Ilmarako 155 mm

### Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

### Luokka:

\*\*

Ilmanpaine:

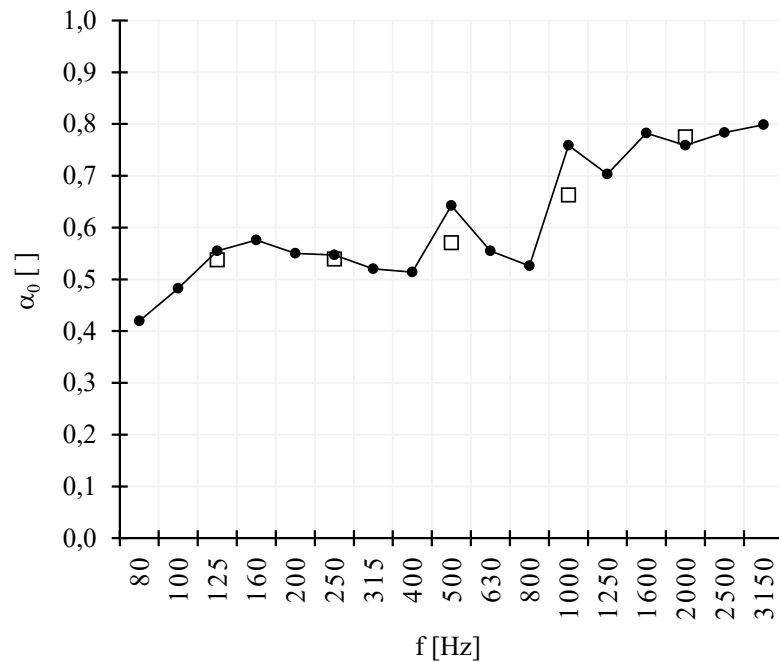
1023,9 mbar

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f [Hz]	$\alpha_0$ [ ]	$\alpha_0$ [ ]
80	0,42	
100	0,48	
125	0,55	0,54
160	0,58	
200	0,55	
250	0,55	0,54
315	0,52	
400	0,51	
500	0,64	0,57
630	0,55	
800	0,53	
1000	0,76	0,66
1250	0,70	
1600	0,78	
2000	0,76	0,77
2500	0,78	
3150	0,80	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote 3  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm  
Kerros 4: Ilmarako 155 mm

### Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

### Luokka:

C \*\*

Ilmanpaine:

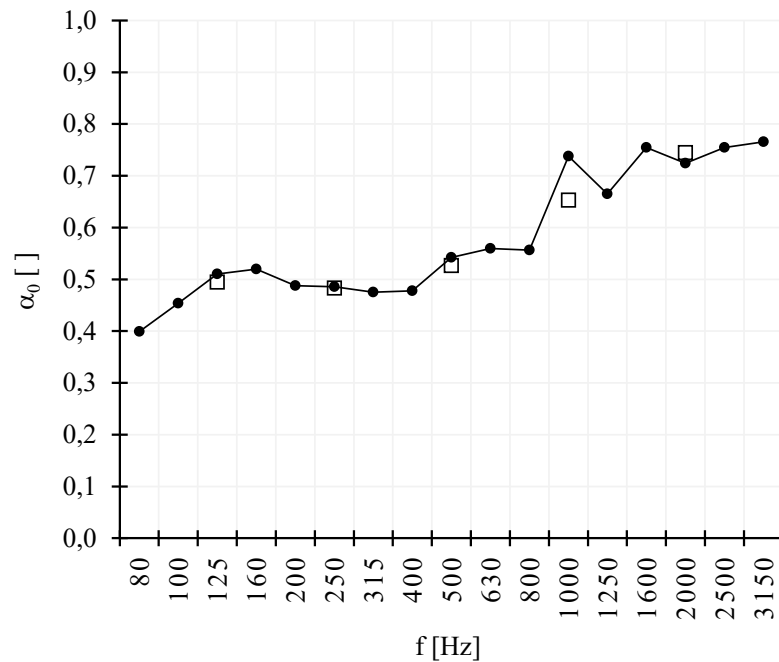
1023,9 mbar

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f [Hz]	$\alpha_0$ [ ]	$\alpha_0$ [ ]
80	0,40	
100	0,45	
125	0,51	0,49
160	0,52	
200	0,49	
250	0,49	0,48
315	0,48	
400	0,48	
500	0,54	0,53
630	0,56	
800	0,56	
1000	0,74	0,65
1250	0,66	
1600	0,75	
2000	0,72	0,74
2500	0,75	
3150	0,77	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote S  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm  
Kerros 4: Ilmarako 155 mm

### Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

### Luokka:

\*\*

Ilmanpaine:

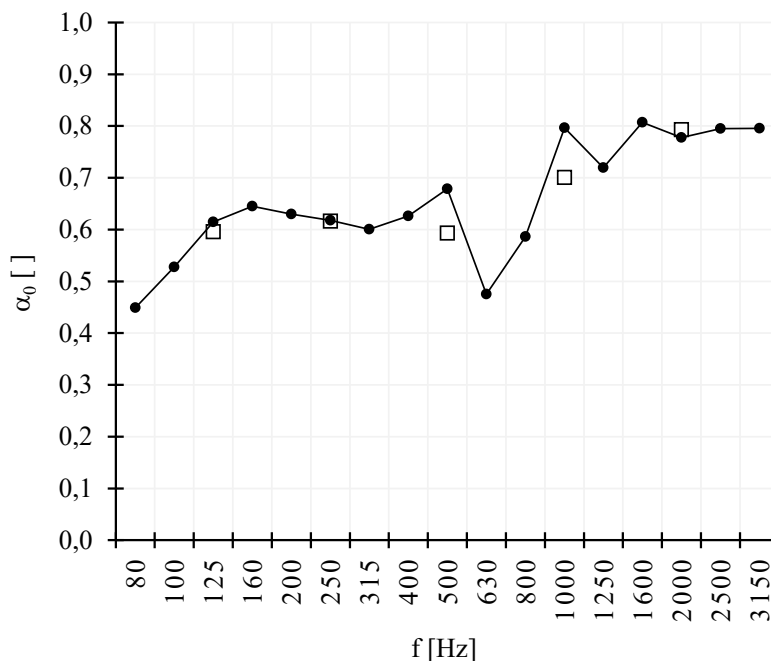
1023,9 mbar

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f [Hz]	$\alpha_0$ [ ]	$\alpha_0$ [ ]
80	0,45	
100	0,53	
125	0,61	0,60
160	0,64	
200	0,63	
250	0,62	0,62
315	0,60	
400	0,63	
500	0,68	0,59
630	0,48	
800	0,59	
1000	0,80	0,70
1250	0,72	
1600	0,81	
2000	0,78	0,79
2500	0,79	
3150	0,80	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

### Näytteen kuvaus

Still T 45 mm, tuote T  
Kerros 1: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 6 mm  
Kerros 2: Ekovilla 35 mm  
Kerros 3: PET + Hamppu, 146 kg/m<sup>3</sup>, paksuus 4 mm  
Kerros 4: Ilmarako 155 mm

### Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

### Näytteiden määrä:

Tulos on 1 näytteelle kahteen kertaan tehdyn mittauksen keskiarvo

### Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

### Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

### Yhteistyökumppani:

Yeseco Oy, Juha Kauppinen  
p. 050 341 1025, juha.kauppinen@yeseco.fi

### Testipäivä:

13.12.2024

Huoneilman lämpötila:

20,7 °C

### Luokka:

\*\*

Ilmanpaine:

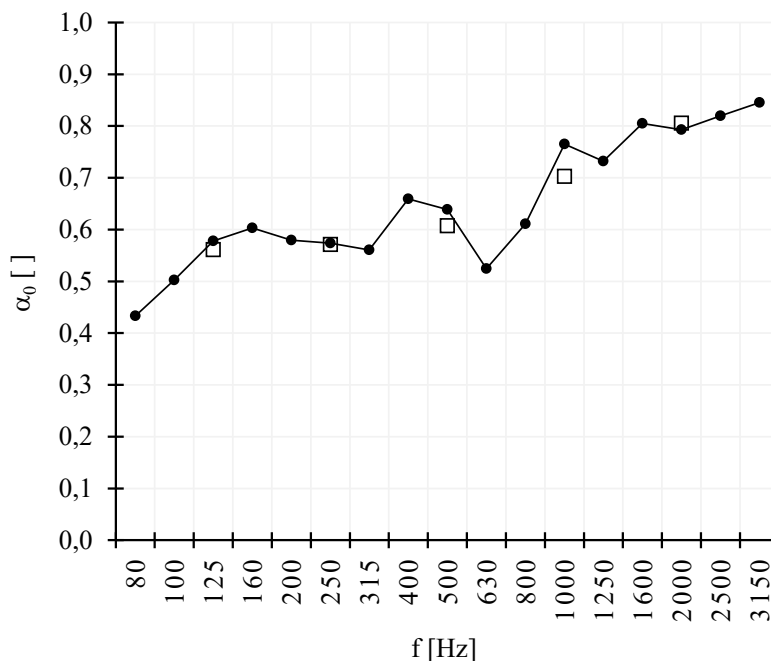
1023,9 mbar

Huoneilman suhteellinen kosteus:

25 %

### Tulokset taajuuskaistoittain (1/3-oktaavit ja 1/1- oktaavit)

f [Hz]	$\alpha_0$ [ ]	$\alpha_0$ [ ]
80	0,43	
100	0,50	
125	0,58	0,56
160	0,60	
200	0,58	
250	0,57	0,57
315	0,56	
400	0,66	
500	0,64	0,61
630	0,52	
800	0,61	
1000	0,77	0,70
1250	0,73	
1600	0,80	
2000	0,79	0,81
2500	0,82	
3150	0,85	



\*\* Luokka ei suoraan vastaa ISO 11654 mukaista määritettyä absorptioluokkaa.  
Se tulisi määrittää ISO 354 mukaan tehdyillä mittauksilla alueella 200-5000 Hz.

## LIITE 2 – TUOTEKUVAUKSET

Testisarjassa testattiin maalausmetodin ja maalityypin vaikutusta absorptioon. Näytteet 1, 2 ja 3 on maalattu korkeapaineruiskulla (maalinäyte 1,2 ja 3). Näyte S on ohentamaton maali uudella ruiskulla (1 kerrosta maalia). Näyte T on vesiohenne ja vanhalla ruiskulla (useampi maalikerros):

**Taulukko 2.1.** Tuotteiden mitat.

Tuote	Halkaisija (mm)	Korkeus (mm)	Paino (g)	Tilavuus (m3)	Tiheys (kg/m3)
Tuote 1	63,3	43	13,99	0,0001353	103,4
Tuote 2	63,3	43	13,01	0,0001353	96,1
Tuote 3	63,3	43	14,26	0,0001353	105,4
Tuote S	63,3	43	12,28	0,0001353	90,7
Tuote T	63,3	44,3	13,99	0,0001394	100,3



Kuva L2.1 Mittaussarjan 2 näytteet. Ylärivillä Still T 45 mm, näytteet 1, 2 ja 3. Alarivillä näytteet S ja T.

## METHODS

The normal incidence sound absorption coefficient is determined with an impedance tube using the transfer function method according to the standard ISO 10534-2. In this method, a chirp excitation signal is played through a loudspeaker attached at one end of the tube (Fig. 1). The test specimen is attached to the other end of the tube. Sound propagates as a plane wave in the tube below a certain frequency, which depends on the diameter of the tube. The sound wave reflects from the specimen (material sample + possible air gap), and the superposition of the incoming and reflected sound waves is measured with two microphones near the test specimen. The complex acoustic transfer function between the microphones is determined, from which the normal incidence sound absorption coefficients are calculated.

The internal diameter of the impedance tube (Brüel & Kjaer 4206A) was 63.5 mm, see Fig. 2. Sound pressure in the tube was measured using two pressure microphones (1/4" Brüel & Kjaer 4187 equipped with preamplifier Brüel & Kjaer 2670 and a GRAS-12AA microphone amplifier) mounted to the sidewall of the tube. Spacing of the microphones was either 31.8 mm (160–3150 Hz) or 63.5 mm (80–2440 Hz). The measurement was performed using both the microphone spacings so that the results were reported within 80–3150 Hz. Chirp excitation signal generated by the measurement computer was used as the measurement signal. The signal was amplified with a power amplifier (Brüel & Kjaer 2716C). The transfer function was calculated from the microphone signals. AD and DA conversions were made using ESI MAYA 22 USB sound card. The calibration of the microphones and the cables was checked before the measurements with a sound level calibrator (Brüel & Kjaer 4231).

Analyses were conducted using a MATLAB code and frequency resolution 1.46 Hz. The results were averaged into one-third octave bands and octave bands.

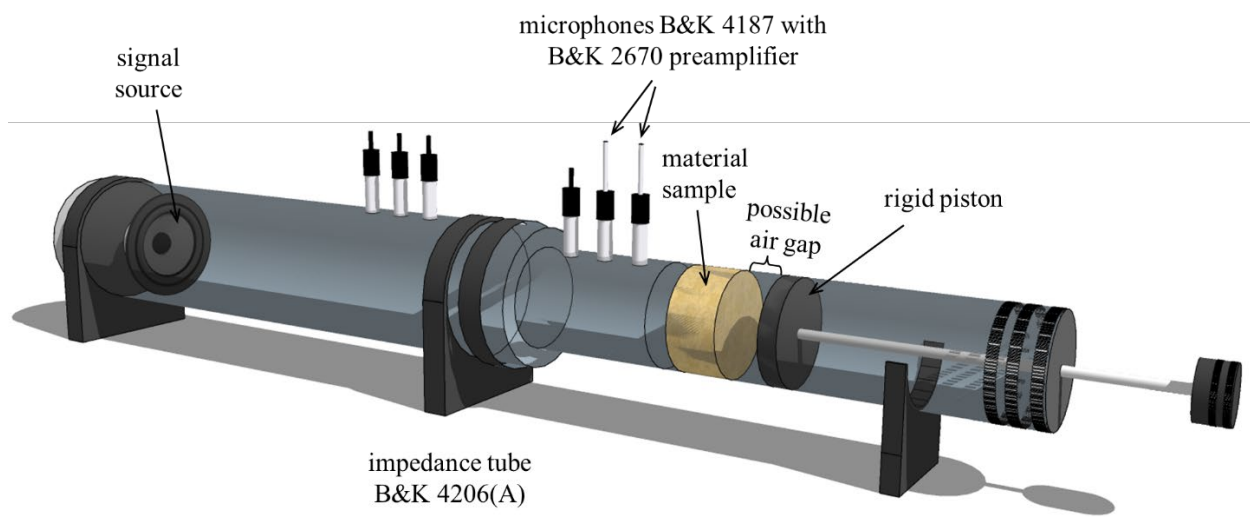


Fig. 1. The impedance tube.



Fig. 2. An example of test piece installation in the sample tube.

## REFERENCES

ISO 10534-2: 1998(E) Acoustics Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes, International Organization for Standardization, 1998, Genève, Switzerland

SFS-EN ISO 11654:1997 (E) Acoustics - Sound absorbers for use in buildings - Rating of sound absorption, International Organization for Standardization, 1997, Genève, Switzerland.