

Turku AMK, Kira Circularis -projekti
Yhteistyökumppani: Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
kimmo.huttunen@fiberwood.com, +358 40 864 9003

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 9 eri tuotteelle. Joka tuotteesta toimitettiin kaksi näytettä (vesileikattu kiekko, halkaisija 63,50 mm), joista raportoidaan mittausten keskiarvo. Jokaisen tuotteen absorptiosuhde mitattiin taustassa kiinni (ISO 354 Type A). Lisäksi paras tuote mitattiin 100 mm ja 200 mm alas las-kulla (Type E100, E200).

3 TULOKSET

Tulokset ovat liitteessä 1. Tuotekuvaukset on liitteessä 2.

4 ALLEKIRJOITUKSET



Valtteri Hongisto
tutkimusryhmän vetäjä



Reijo Alakoivu
tutkimusinsinööri

Turun ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liiketoiminta, Rakennusteollisuus
akustiikka

LIITTEET

1. Mittaustulokset
2. Tuotekuvaukset
3. Mittausmenetelmä

LIITE 1 – MITTAUSTULOKSET

Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen standardin ISO 10534-2 mukaan

Näytteen kuvaus

Sarja 1, tuote 001
Kerros 1: Puukuitu 29.5 mm (tiheys 135 kg/m³)

Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

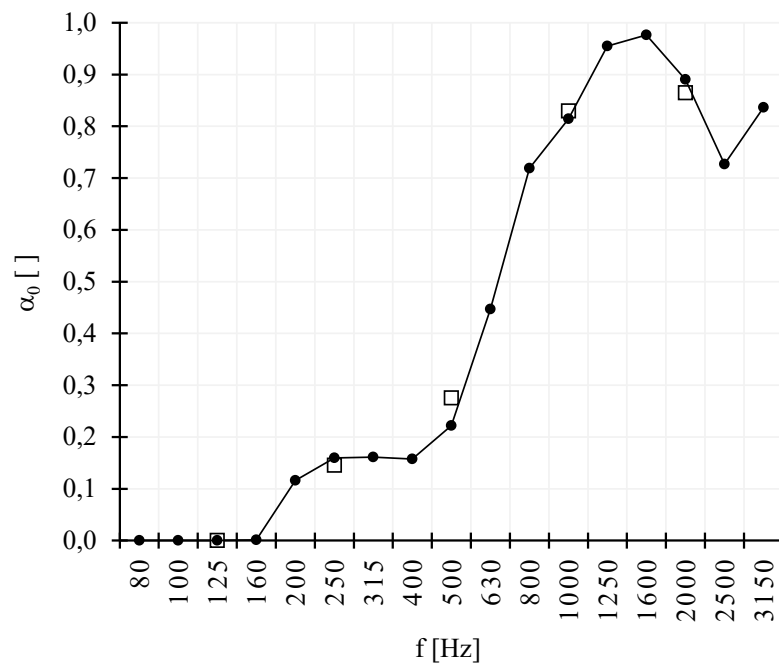
D **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f [Hz]	α_0 []	α_0 []
80	0	
100	0,00	
125	0,00	0,00
160	0,00	
200	0,12	
250	0,16	0,15
315	0,16	
400	0,16	
500	0,22	0,28
630	0,45	
800	0,72	
1000	0,81	0,83
1250	0,95	
1600	0,98	
2000	0,89	0,86
2500	0,73	
3150	0,84	



** 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

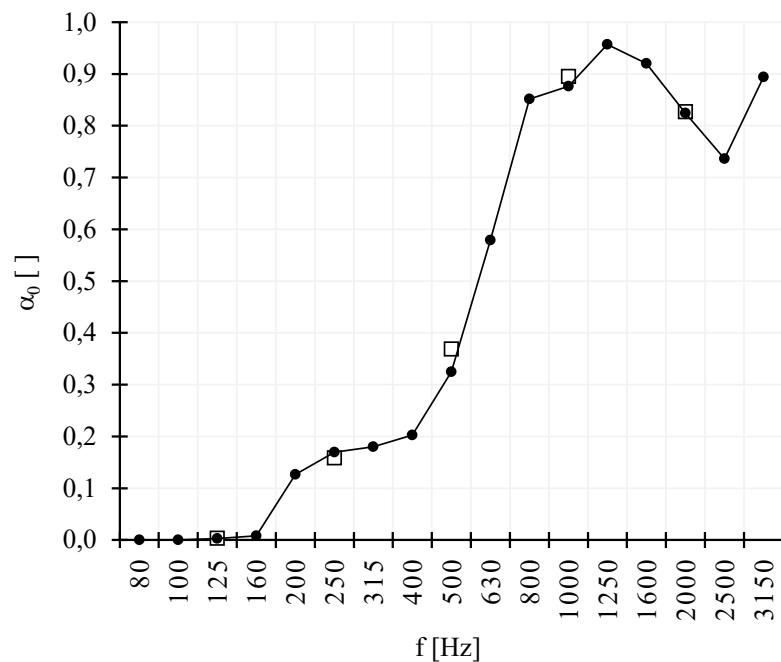
Näytteen kuvaus Sarja 1, tuote 003
Kerros 1: Puukuitu 31.8 mm (tiheys 156 kg/m³)

Näytekoko: Kiekko, halkaisija 63,50 mm
Näytteiden määrä: Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo
Mittalaite B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto
Tilaja: Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti
Yhteistyökumppani: Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä: 5.12.2024 Huoneilman lämpötila: 21,5 °C
Ilmanpaine: 1020,7 mbar
Luokka: D ** Huoneilman suhteellinen kosteus: 36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,00	0,00
160	0,01	
200	0,13	
250	0,17	0,16
315	0,18	
400	0,20	
500	0,32	0,37
630	0,58	
800	0,85	
1000	0,88	0,90
1250	0,96	
1600	0,92	
2000	0,82	0,83
2500	0,74	
3150	0,89	



** 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

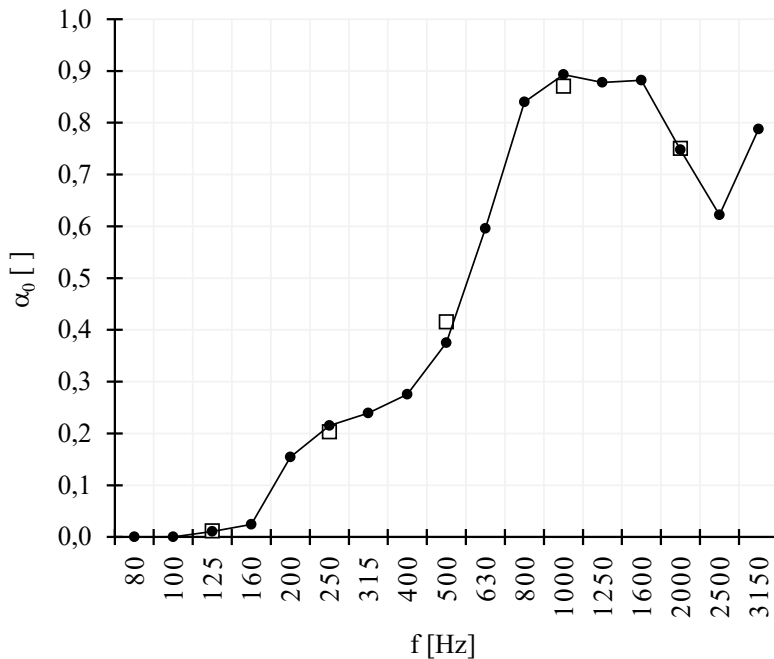
Näytteen kuvaus Sarja 1, tuote 005
Kerros 1: Puukuitu 31.9 mm (tiheys 139 kg/m³)

Näytekoko: Kiekko, halkaisija 63,50 mm
Näytteiden määrä: Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo
Mittalaite B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto
Tilaaaja: Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti
Yhteistyökumppani: Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä: 5.12.2024 Huoneilman lämpötila: 21,5 °C
Ilmanpaine: 1020,7 mbar
Luokka: D ** Huoneilman suhteellinen kosteus: 36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,01	0,01
160	0,02	
200	0,15	
250	0,22	0,20
315	0,24	
400	0,28	
500	0,37	0,42
630	0,60	
800	0,84	
1000	0,89	0,87
1250	0,88	
1600	0,88	
2000	0,75	0,75
2500	0,62	
3150	0,79	



** 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

Sarja 1, tuote 006
Kerros 1: Puukuitu 33.4 mm (tiheys 153 kg/m³)

Näytekoko:

Kiekkokoko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

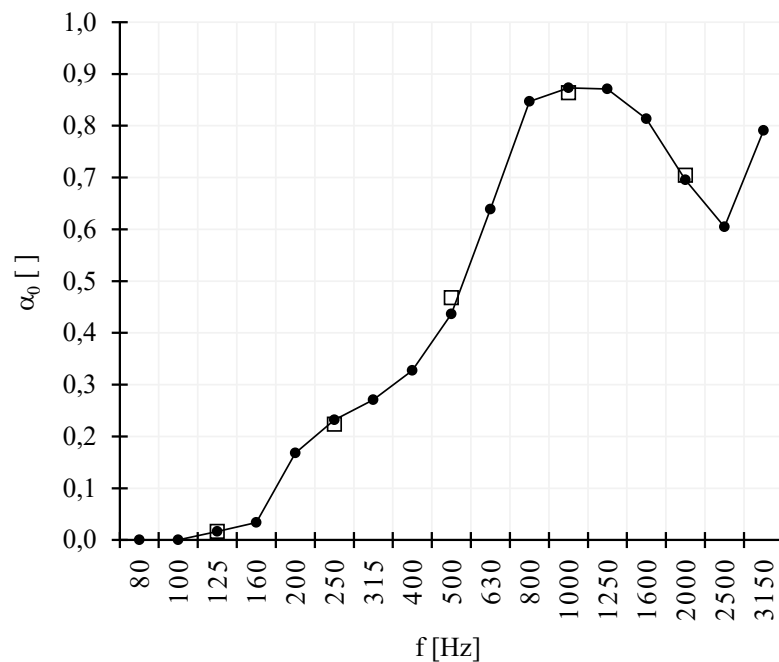
D **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,02	0,02
160	0,03	
200	0,17	
250	0,23	0,22
315	0,27	
400	0,33	
500	0,44	0,47
630	0,64	
800	0,85	
1000	0,87	0,86
1250	0,87	
1600	0,81	
2000	0,70	0,70
2500	0,60	
3150	0,79	



** 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

Sarja1, tuote 007
Kerros 1: Puukuitu 33 mm (tiheys 168 kg/m³)

Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

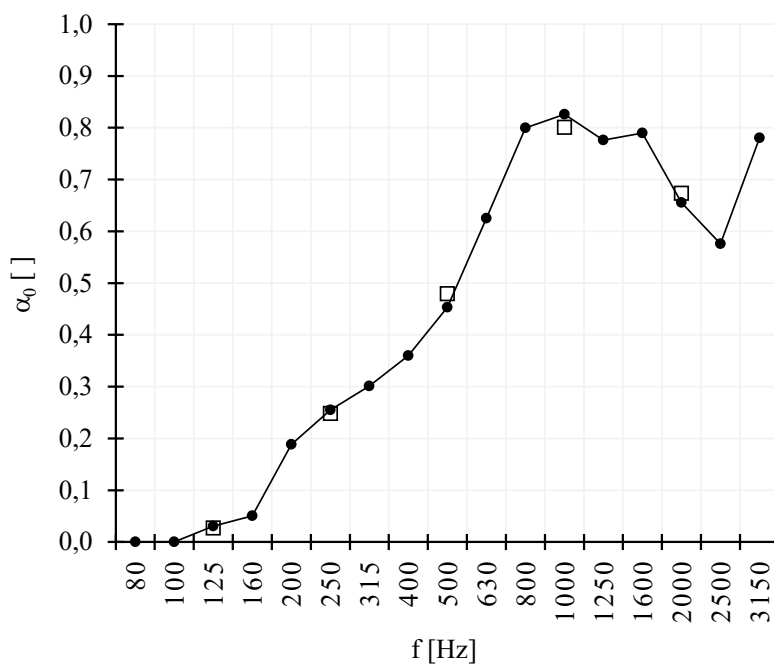
D **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,03	0,03
160	0,05	
200	0,19	
250	0,26	0,25
315	0,30	
400	0,36	
500	0,45	0,48
630	0,62	
800	0,80	
1000	0,83	0,80
1250	0,78	
1600	0,79	
2000	0,66	0,67
2500	0,58	
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

Sarja 1, tuote 008
Kerros 1: Puukuitu 34.3 mm (tiheys 197 kg/m³)

Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

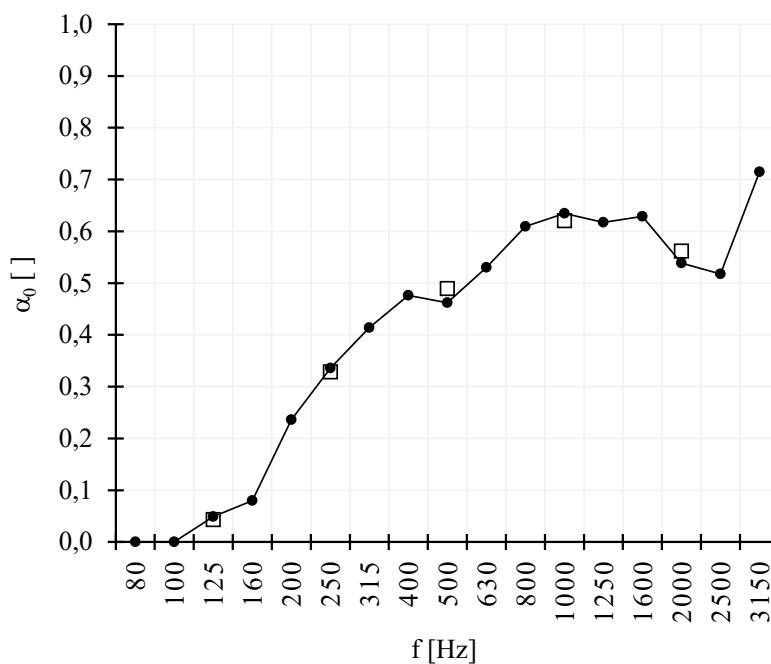
D **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f [Hz]	α_0 []	α_0 []
80	0	
100	0,00	
125	0,05	0,04
160	0,08	
200	0,24	
250	0,34	0,33
315	0,41	
400	0,48	
500	0,46	0,49
630	0,53	
800	0,61	
1000	0,63	0,62
1250	0,62	
1600	0,63	
2000	0,54	0,56
2500	0,52	
3150	0,71	



** 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

Sarja 1, tuote 008
Kerros 1: Puukuitu 34.3 mm (tiheys 197 kg/m³)
Kerros 2: ilmarako 65 mm

Näytekokko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

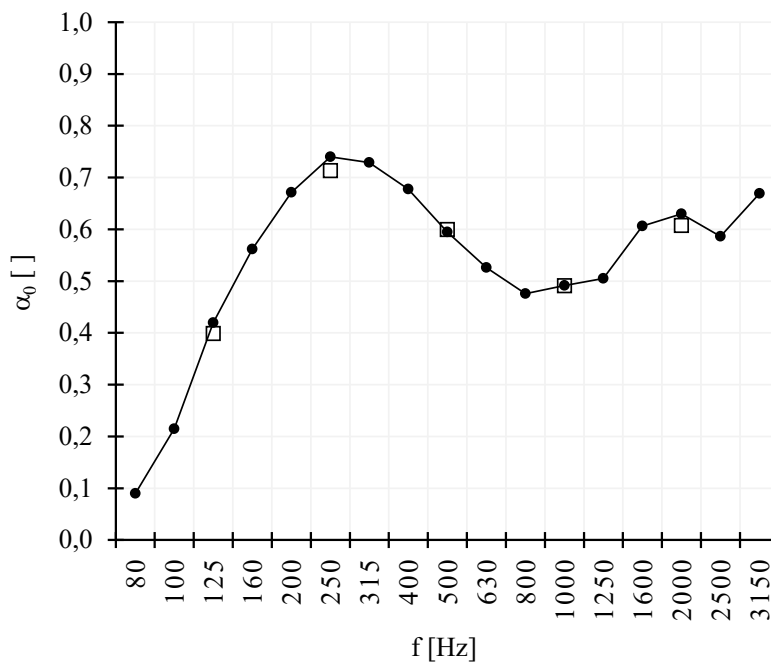
C **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0,09	
100	0,21	
125	0,42	0,40
160	0,56	
200	0,67	
250	0,74	0,71
315	0,73	
400	0,68	
500	0,59	0,60
630	0,53	
800	0,48	
1000	0,49	0,49
1250	0,51	
1600	0,61	
2000	0,63	0,61
2500	0,59	
3150	0,67	



** 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

Sarja 1, tuote 008
Kerros 1: Puukuitu 34.3 mm (tiheys 197 kg/m³)
Kerros 2: ilmarako 165 mm

Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

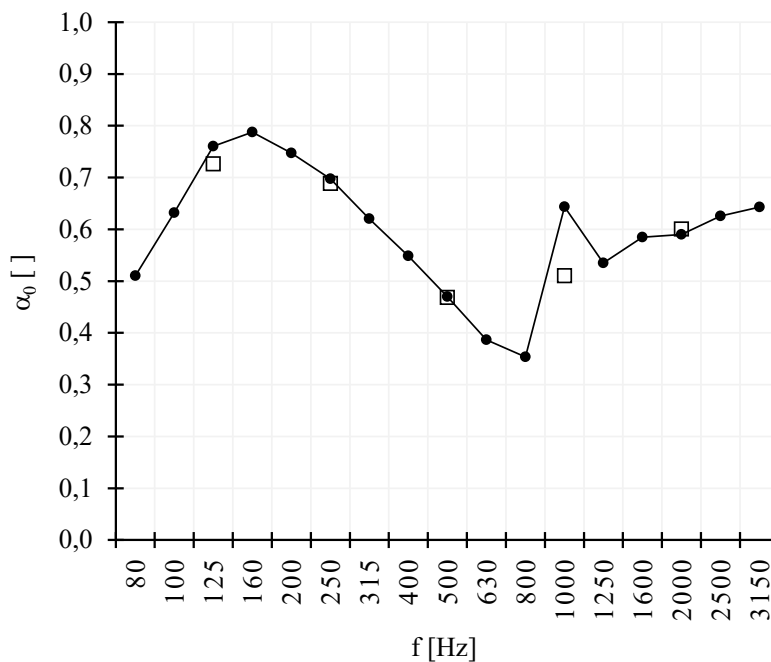
D **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0,51	
100	0,63	
125	0,76	0,73
160	0,79	
200	0,75	
250	0,70	0,69
315	0,62	
400	0,55	
500	0,47	0,47
630	0,39	
800	0,35	
1000	0,64	0,51
1250	0,53	
1600	0,58	
2000	0,59	0,60
2500	0,63	
3150	0,64	



** 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

Sarja 1, tuote 009
Kerros 1: Puukuitu 34.8 mm (tiheys 197 kg/m³)

Näytekoko:

Kiekko, halkaisija 63,50 mm

Näytteiden määrä:

Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo

Mittalaite

B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto

Tilaaaja:

Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti

Yhteistyökumppani:

Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä:

5.12.2024

Huoneilman lämpötila:

21,5 °C

Ilmanpaine:

1020,7 mbar

Luokka:

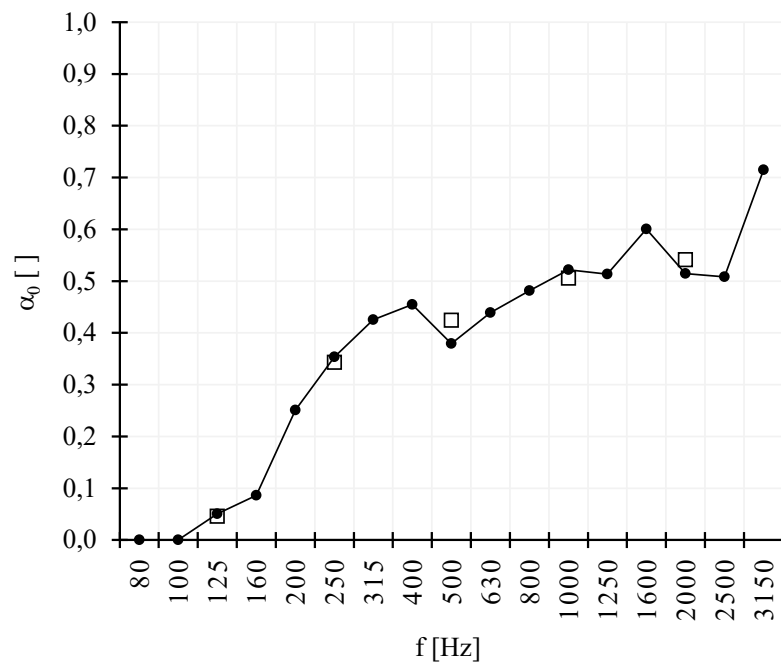
D **

Huoneilman suhteellinen kosteus:

36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,05	0,05
160	0,09	
200	0,25	
250	0,35	0,34
315	0,43	
400	0,45	
500	0,38	0,42
630	0,44	
800	0,48	
1000	0,52	0,51
1250	0,51	
1600	0,60	
2000	0,51	0,54
2500	0,51	
3150	0,71	



** 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

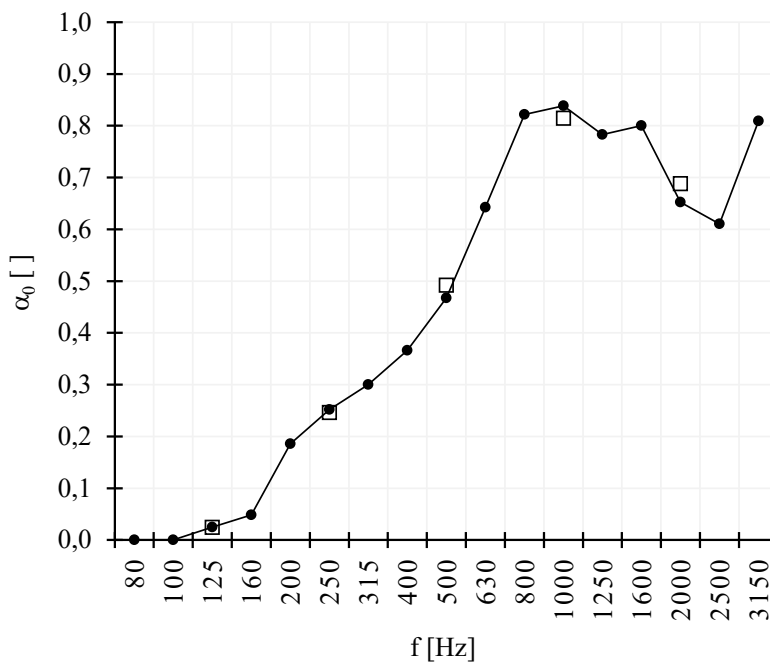
Näytteen kuvaus Sarja 1, tuote 010
Kerros 1: Puukuitu 33.9 mm (tiheys 166 kg/m³)

Näytekoko: Kiekko, halkaisija 63,50 mm
Näytteiden määrä: Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo
Mittalaite B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto
Tilaaaja: Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti
Yhteistyökumppani: Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä: 5.12.2024 Huoneilman lämpötila: 21,5 °C
Ilmanpaine: 1020,7 mbar
Luokka: D ** Huoneilman suhteellinen kosteus: 36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,02	0,02
160	0,05	
200	0,19	
250	0,25	0,25
315	0,30	
400	0,37	
500	0,47	0,49
630	0,64	
800	0,82	
1000	0,84	0,81
1250	0,78	
1600	0,80	
2000	0,65	0,69
2500	0,61	
3150	0,81	



** 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

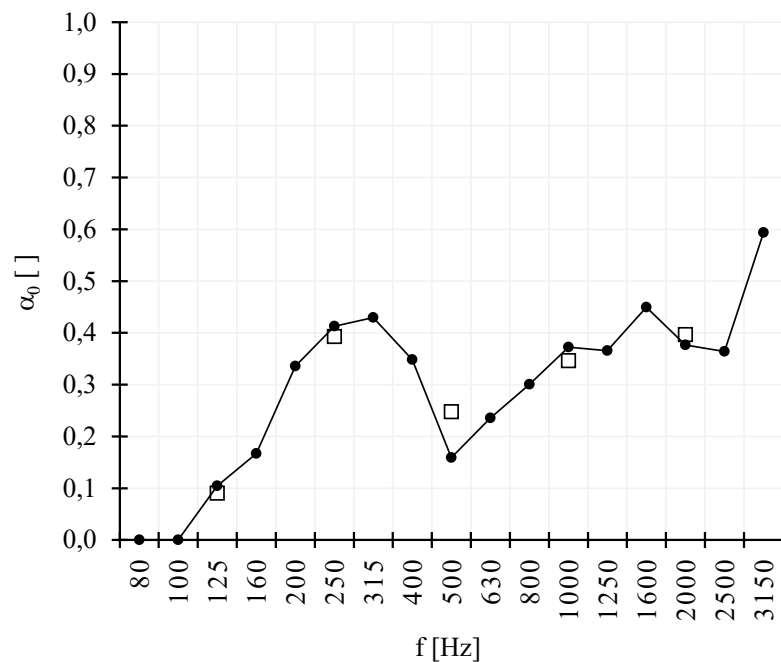
Näytteen kuvaus Sarja 1, tuote 011
Kerros 1: Puukuitu 33.9 mm (tiheys 166 kg/m³)

Näytekoko: Kiekko, halkaisija 63,50 mm
Näytteiden määrä: Tulos on 2 näytteelle tehdyn mittauksen keskiarvo
Mittalaite B&K 4206A, Matlab analyysiohjelmisto
Tilaja: Turun ammattikorkeakoulu, Kira Circularis- projekti
Yhteistyökumppani: Fiberwood Oy, Kimmo Huttunen
p. +358 40 864 9003, kimmo.huttunen@fiberwood.com

Testipäivä: 5.12.2024 Huoneilman lämpötila: 21,5 °C
Ilmanpaine: 1020,7 mbar
Luokka: D ** Huoneilman suhteellinen kosteus: 36 %

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

f	α_0	α_0
[Hz]	[]	[]
80	0	
100	0,00	
125	0,10	0,09
160	0,17	
200	0,34	
250	0,41	0,39
315	0,43	
400	0,35	
500	0,16	0,25
630	0,24	
800	0,30	
1000	0,37	0,35
1250	0,37	
1600	0,45	
2000	0,38	0,40
2500	0,36	
3150	0,59	



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

LIITE 2 – TUOTEKUVAUKSET

Taulukko 2.1. Tuotteiden mitat.

<u>Tuote</u>	<u>Näyte</u>	<u>Halkaisija</u>	<u>Korkeus (mm)</u>	<u>Paino (g)</u>	<u>Tilavuus (m3)</u>	<u>Tiheys (kg/m3)</u>
001	A	63,2	29,5	12,49	9,25435E-05	135,0
001	B	63,3	29,6	12,48	9,31513E-05	134,0
003	A	62,5	31,9	14,99	9,7868E-05	153,2
003	B	62	31,7	15,11	9,57045E-05	157,9
005	A	63	32,65	14,3	0,000101778	140,5
005	B	63,3	31,2	13,58	9,81865E-05	138,3
006	A	63	32,9	15,75	0,000102557	153,6
006	B	63	33,9	16,01	0,000105675	151,5
007	A	62,9	33,5	17,48	0,000104096	167,9
007	B	63	32,5	16,99	0,00010131	167,7
008	A	63	34,5	21,4	0,000107545	199,0
008	B	63	34,1	20,78	0,000106298	195,5
009	A	65,5	34,6	23,01	0,000116587	197,4
009	B	65,5	35	23,29	0,000117934	197,5
010	A	63	33,7	17,62	0,000105051	167,7
010	B	63	34	17,34	0,000105986	163,6
011	A	63	34,3	28,64	0,000106922	267,9
011	B	63	33,8	28,28	0,000105363	268,4



Kuva L2.1 Mittaussarjan 1 näytteet: 001A, 003A, 005A, 006A, 007A, 008A, 009A, 010A ja 011A.

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 & Kjær 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.

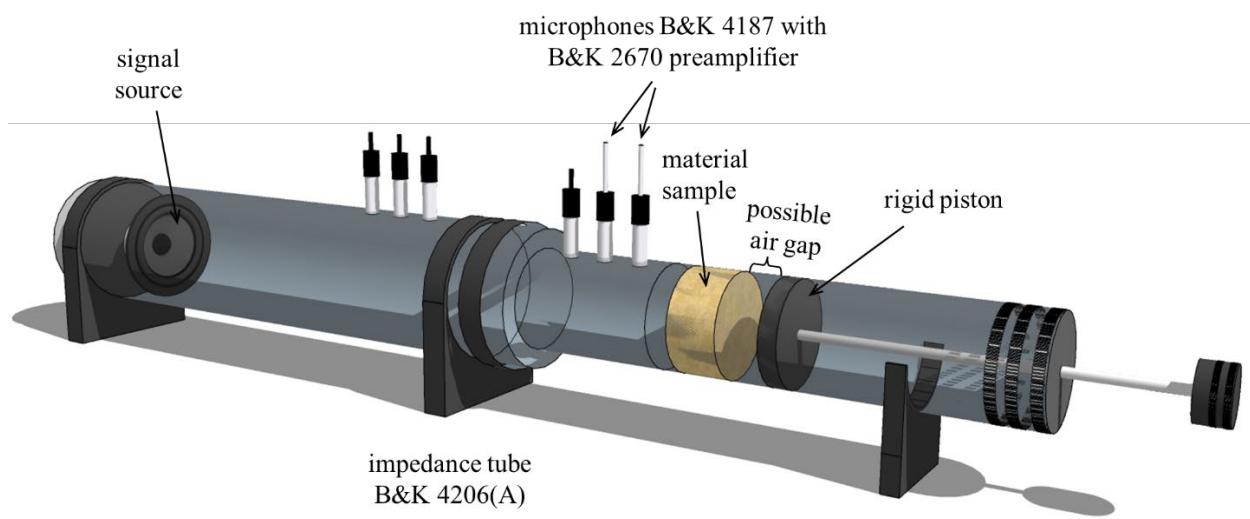


Fig. 1. The impedance tube.



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.