



Zenner

Mittauspöytäkirja

Lindab Oy

Jäähdytyspaneelin Atrium Plana
ääniabsorption määrittäminen kaiuntahuoneessa

5.5.2017

Työ 3101-1

Sisällys

1. Yleistä	3
1.1. Tilaaja	3
1.2. Suorittaja.....	3
1.3. Ajankohta.....	3
1.4. Mitattavat tuotteet.....	3
1.5. Tehtävä.....	4
1.6. Mittauslaitteisto	4
2. Mittausten suorittaminen	5
3. Tulokset.....	6
4. Tulosten arviointi ja mittausepävarmuus	7
Viitteet	7
Litteet	7

1. Yleistä

1.1. Tilaaja

Lindab Oy
Juvan teollisuuskatu 3
02920 Espoo
Pasi Sauvolainen
Puh. +358 40 560 8482
Sähköposti: pasi.sauvolainen@lindab.com

1.2. Suorittaja

Insinööritoimisto W. Zenner Oy
LVI- ja äänilaboratorio
Johannes Usano, DI (yhteyshenkilö)
Joonas Koskimäki, DI (mittaukset, yhteyshenkilö)
Vihdintie 11 C
00320 Helsinki
Puh. (09) 4778 370 (vaihde)
Puh. 040 900 4775 (Johannes Usano)
Sähköposti: etunimi.sukunimi@zenner.fi

1.3. Ajankohta

Mittaukset: 4/2017
Pöytäkirja: 5.5.2017

1.4. Mitattavat tuotteet

Mitattavina tuotteina oli 6 kpl Lindab Oy:n valmistamia jäähdytyspaneeleita mallia Atrium Plana. Paneelit ovat nimellismitoiltaan 3000 mm x 1200 mm ja ne koostuvat alumiinisesta lämpöä säteilevästä pinnasta, johon on hitsattu kupariset jäähdytysjohdot. Kolmen paneelin pinta oli perforoitu (\varnothing 3 mm viistorei'itys mallia M6 full, reikäpinta-ala 19,64 %), ja kolmen paneelin pinta oli perforoimaton.

Paneelit on varustettu 30 mm:n paksuisella Lindab:n Acutec-äänenvaimennuslevyillä (polyesteriä, pinnoitettu toiselta puolelta). Lisäksi osassa mittauksista käytettiin lisävaimennukseen 50 mm Acutec-levyjä.

Taulukossa 1 on esitetty mitattavan tuotteen mitat. Kuvassa 1 on esitetty valokuvia mitatuista laitteista.

Taulukko 1. Mitattujen jäähdytyspaneelien mitat.

Leveys	1192 mm
Syvyys	2988 mm
Korkeus	35 mm



Kuva 1. Mitattu jäähdytyspaneeli Atrium Plana (perforoitu malli).

1.5. Tehtävä

Tehtävänä oli määrittää jäähdytyspaneelien ääniabsorptio-ominaisuudet standardin SFS-EN ISO 354 [1] mukaisesti kuudella eri asennustavalla.

1.6. Mittauslaitteisto

Sinus Messtechnic Apollo – monikanavareaaliaika-analysaattori (4-kanavainen)
Grant SQ 2020-2F8 – 16/8-kanavainen dataloggeri
Gras 46AE – mittausmikrofonit (4 kpl)
Brüel & Kjær 4231 – äänitasokalibraattori
Ins.tsto. W. Zenner Oy – pallokaiutin (12 x seas MCA15RCY)
the t.amp E-400 – audiovahvistin
NTI MR-PRO - audiosignaali generaattori
DeltaOhm HD9908TBARO – barometri (PI)
Laboratorioelohopeabarometri (PI)
Laboratorioelohopealämpömittareita (TI)
Lambrecht 761 – tarkkuuspsykrometri (MI)
Vaisala HMW93D lämpötila- ja kosteusmittari (TI/MI)
Kaiuntahuone ~72 m³

2. Mittausten suorittaminen

Jäähdytyspaneelien ääniabsorptio-ominaisuudet määriteltiin kaiuntahuonemenetelmällä standardin SFS-EN ISO 354 [1] mukaisesti kuudessa eri mittaustilanteessa (kuusi erilaista asennustapaa):

1. 200 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva
2. 400 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva
3. 200 mm alaslasku, 30 + 50 mm Acutec, perforoitu leijuva
4. 200 mm alakatto, 30 mm Acutec, perforoitu
5. 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoitu, 50 mm Acutec katossa
6. 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoimaton, 50 mm Acutec katossa

Kaikissa mittaustilanteissa paitsi alakattoasennuksen tapauksessa (mittaustilanne 4) jäähdytyspaneelit oli sijoitettu vierekkäin siten, että niiden välillä oli 200 mm paneeliväli. Alakattoasennuksen tapauksessa paneeliväliä ei ollut, ja kolmen paneelin kokonaisuuden reunat oli ympäröity 200 mm x 50 mm puulankuilla (mäntyä, pintamassa > 20 kg/m²). Periaatekuvat mittaustilanteista ja asennustavoista on esitetty liitteessä A.

Kaikissa mittauksissa absorptiomateriaalin (Acutec) pinnoitettu pinta oli ulospäin rakenteesta. (asennustavoissa 1-4 pinnoitettu pinta kattoa kohti ja asennustavoissa 5-6 pinnoitettu pinta näkyvässä).

Mittaustapana käytettiin ns. "keskeytetty kohina" -menetelmää (Interrupted noise method). Lähdesignaalina käytettiin vaaleanpunaista kohinaa. Jälkikaiunta-ajan laskennassa käytettiin 20 dB vaimenemaa (T_{20}). Mittauksissa käytettiin kolmea eri kaiutinpaikkaa, joissa jokaisessa oli neljä eri mikrofoniapaikkaa. Kussakin mittauspisteessä mitattiin kuusi vaimenemaa. Mitatuista jälkikaiunta-ajoista (yhteensä 72 kpl / mittaus) määritettiin standardin mukaisesti jäähdytyspaneelien absorptioala A_{obj} (m²). Lisäksi määritettiin absorptioala A_{area} (m²/m²), joka kuvaa absorptioalaa asennustavan mukaista neliometriä kohden.

Em. lisäksi mitattiin kaiuntahuoneen ilman lämpötilaa, ilmanpainetta sekä suhteellista kosteutta ilman absorption määrittämiseksi.

3. Tulokset

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty yhteenvedot ääniabsorptiomittauksista (absorptioalat A_{obj} [m^2] ja A_{area} [m^2/m^2]). Yksityiskohtaisemmat tulokset on esitetty liitteessä B.

Taulukko 2. Yhteenvedo mitatuista yhden paneelin absorptioaloista A_{obj} [m^2].

Mittaustilanne	A_{obj} [m^2]							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1. 200 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva	0,26	0,56	0,88	2,45	2,29	2,19	2,27	2,56
2. 400 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva	0,34	0,61	1,08	1,86	2,23	2,31	2,63	2,71
3. 200 mm alaslasku, 30 + 50 mm Acutec, perforoitu leijuva	0,68	1,65	2,84	4,14	3,62	2,89	2,77	2,88
4. 200 mm alakatto, 30 mm Acutec, perforoitu	0,57	0,86	1,42	2,38	2,18	2,02	2,07	2,01
5. 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoitu, 50 mm Acutec katossa	0,49	1,21	1,90	3,57	3,90	3,48	3,02	2,77
6. 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoimaton, 50 mm Acutec katossa	0,57	1,52	2,28	2,00	1,72	1,53	1,39	1,48

Taulukko 3. Yhteenvedo mitatuista absorptioaloista yhtä asennustavan mukaista neliötä kohden A_{area} [m^2/m^2].

Mittaustilanne	A_{area} [m^2/m^2]							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1. 200 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva	0,06	0,14	0,21	0,59	0,55	0,53	0,55	0,61
2. 400 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva	0,08	0,15	0,26	0,45	0,54	0,56	0,63	0,65
3. 200 mm alaslasku, 30 + 50 mm Acutec, perforoitu leijuva	0,16	0,40	0,68	1,00	0,87	0,70	0,67	0,69
4. 200 mm alakatto, 30 mm Acutec, perforoitu	0,16	0,24	0,40	0,67	0,61	0,57	0,58	0,56
5. 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoitu, 50 mm Acutec katossa	0,12	0,29	0,46	0,86	0,94	0,84	0,73	0,67
6. 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoimaton, 50 mm Acutec katossa	0,14	0,37	0,55	0,48	0,41	0,37	0,33	0,36

Huom. taulukon 3 arvot A_{area} ovat riippuvaisia paneelin asennustavan mukaisesta pinta-alasta: asennustavoissa 1, 2, 3, 5 ja 6 yhden paneelin laskennallinen pinta-ala $S_{alaslaskettu, leijuva} = (1,19 \text{ m} + 0,20 \text{ m}) * 2,99 \text{ m}$, ja asennustavassa 4 yhden paneelin laskennallinen pinta-ala on $S_{alakattoasennus} = 1,19 \text{ m} * 2,99 \text{ m}$.

Asennustavan 4. (alakattoasennus) tapauksessa määritettiin jäähdytyspaneelille myös absorptiokertoimet α_{pi} ja α_w standardin SFS-EN ISO 11654 mukaisesti [2]. Taulukossa 4 on esitetty em. tulokset.

Taulukko 4. Mitatut absorptiokertoimet alakattoasennuksen tapauksessa.

Mittaustilanne	α_{pi}								α_w
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
4. 200 mm alakatto, 30 mm Acutec, perforoitu	0.15	0.25	0.45	0.65	0.60	0.55	0.60	0.55	0.60

4. Tulosten arviointi ja mittausepävarmuus

Kaiuntahuoneen absorptioalavaatimus täyttää standardin SFS-EN ISO 354 mukaiset vaatimukset, mutta tilavuus on standardin vaatimusta (150 m³) pienempi. Em. johdosta taajuusalueella 50 Hz – 160 Hz arvioitu mittausepävarmuus on hieman standardin arviota suurempi. Taulukossa 5 on esitetty arvioitu mittausepävarmuus jäähdytyspaneelien absorptiomittauksissa.

Taulukko 5. Arvioitu mittausepävarmuus jäähdytyspaneelien absorptiomittauksissa.

	Arvioitu mittausepävarmuus [m ²] tai [m ² /m ²]							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Absorptioala A _{obj} [m ²]	± 0.05	± 0.10	± 0.17	± 0.19	± 0.14	± 0.09	± 0.07	± 0.07
Absorptioala A _{area} [m ² /m ²]	± 0.01	± 0.02	± 0.04	± 0.05	± 0.03	± 0.02	± 0.02	± 0.02

INSINÖÖRITOIMISTO W. ZENNER OY

Johannes Usano

Joona Koskimäki

Viitteet

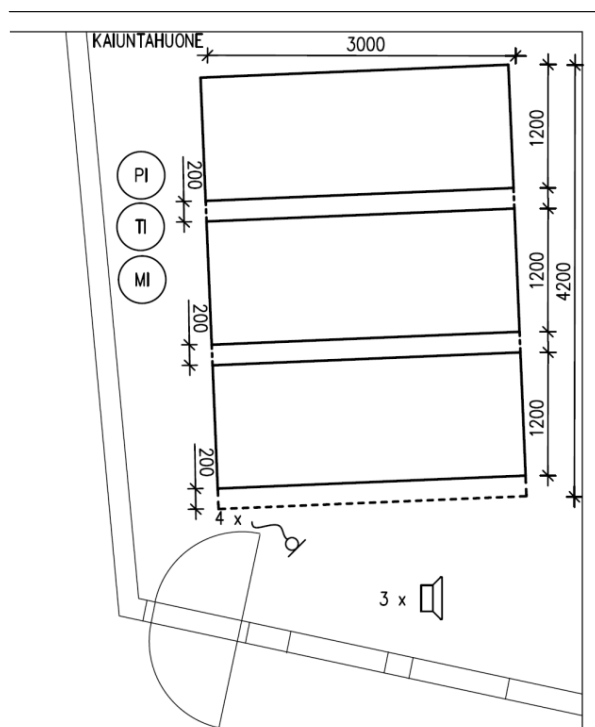
- [1] SFS-EN ISO 354:2003(E). Akustiikka. Ääniabsorption mittaaminen kaiuntahuoneessa.
- [2] SFS-EN ISO 11654:1997. Akustiikka. Rakennuksissa käytettävät absorbentit. Ääniabsorption luokitus.

Liitteet

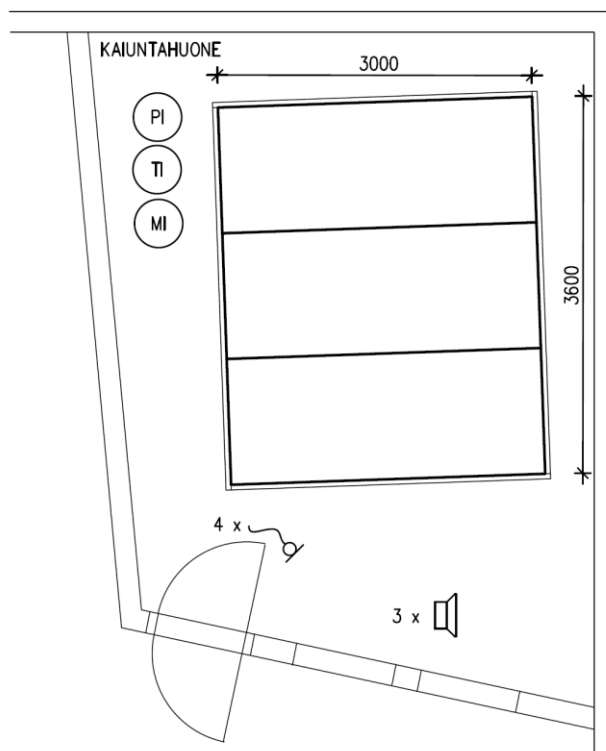
- Liite A Mittaushuone ja -tilanteet
- Liite B Yksityiskohtaisemmat mittauks tulokset



Liite A: Mittaushuone ja -tilanteet

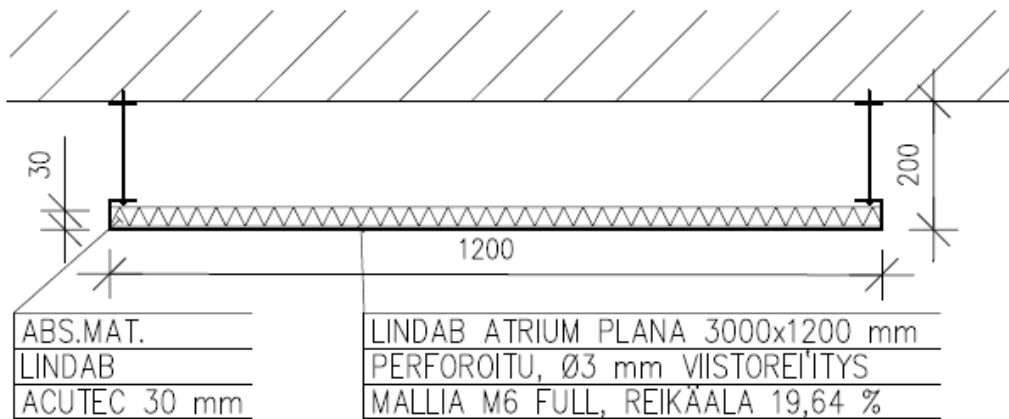


Kuva A-1. Periaatekuva absorptiomittauksista mittaustilanteissa 1–3 ja 5–6.

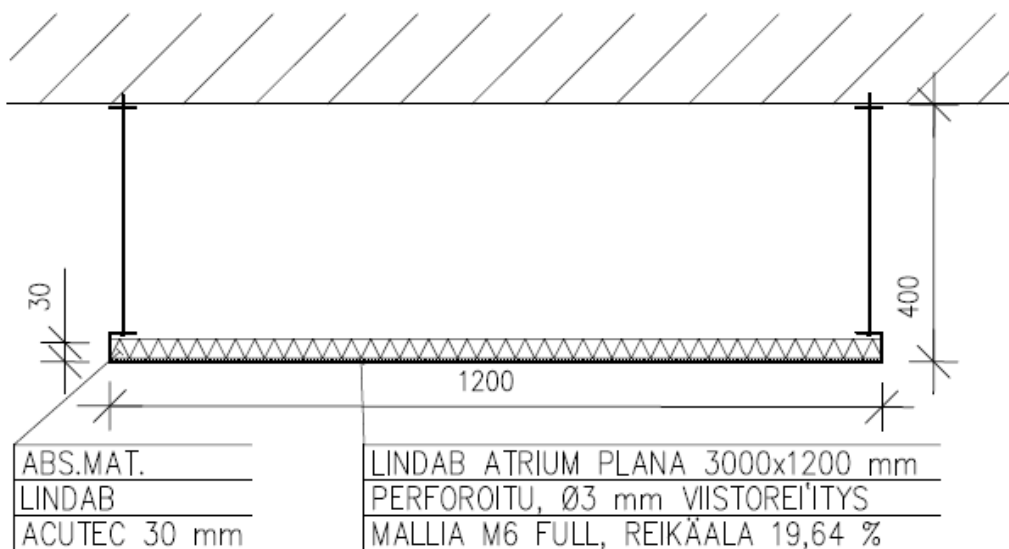


Kuva A-2. Periaatekuva absorptiomittauksista mittaustilanteessa 4.

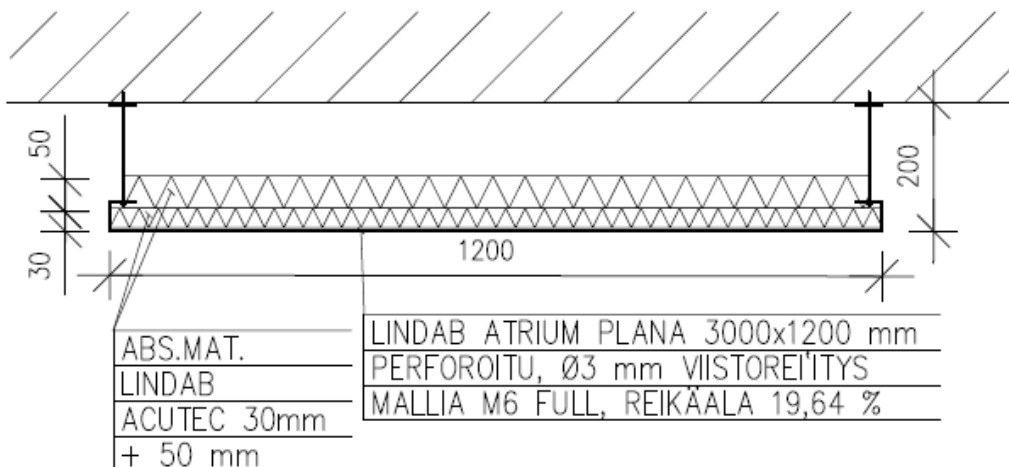
1. 200 mm ALASLASKU, 30 mm ACUTEC, PERFOROITU PANEELI, LEIJUVA ASENNUS



2. 400 mm ALASLASKU, 30 mm ACUTEC, PERFOROITU PANEELI, LEIJUVA ASENNUS

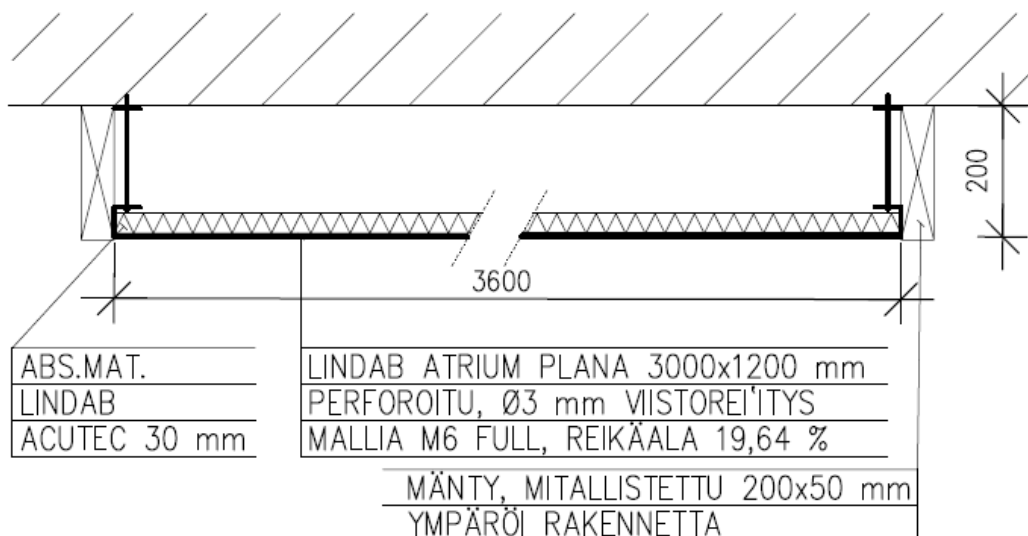
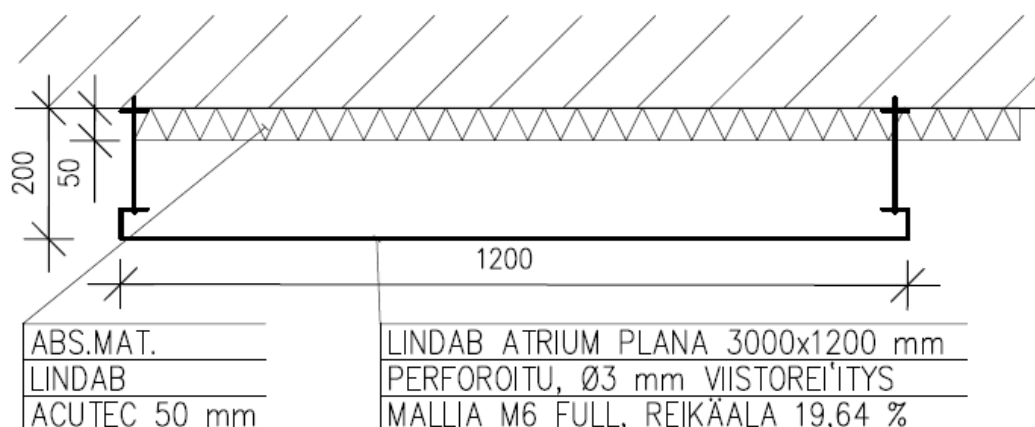
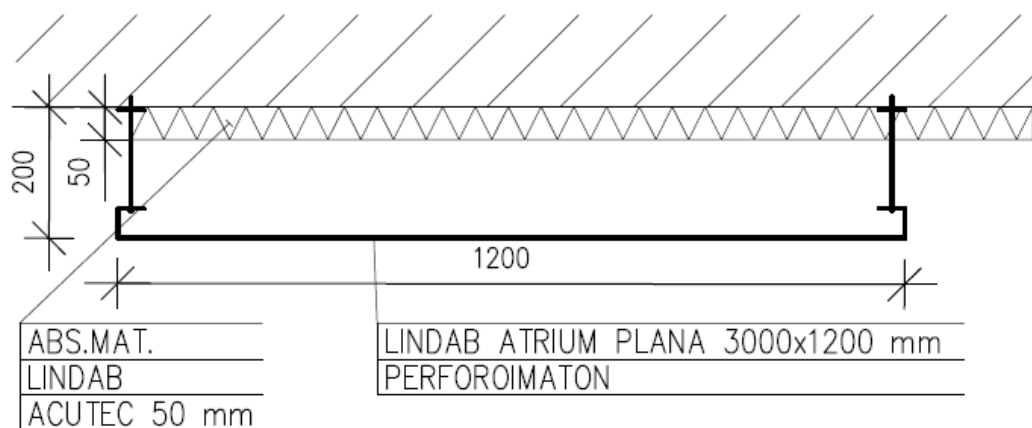


3. 200 mm ALASLASKU, 30 mm + 50 mm ACUTEC, PERFOROITU PANEELI, LEIJUVA ASENNUS



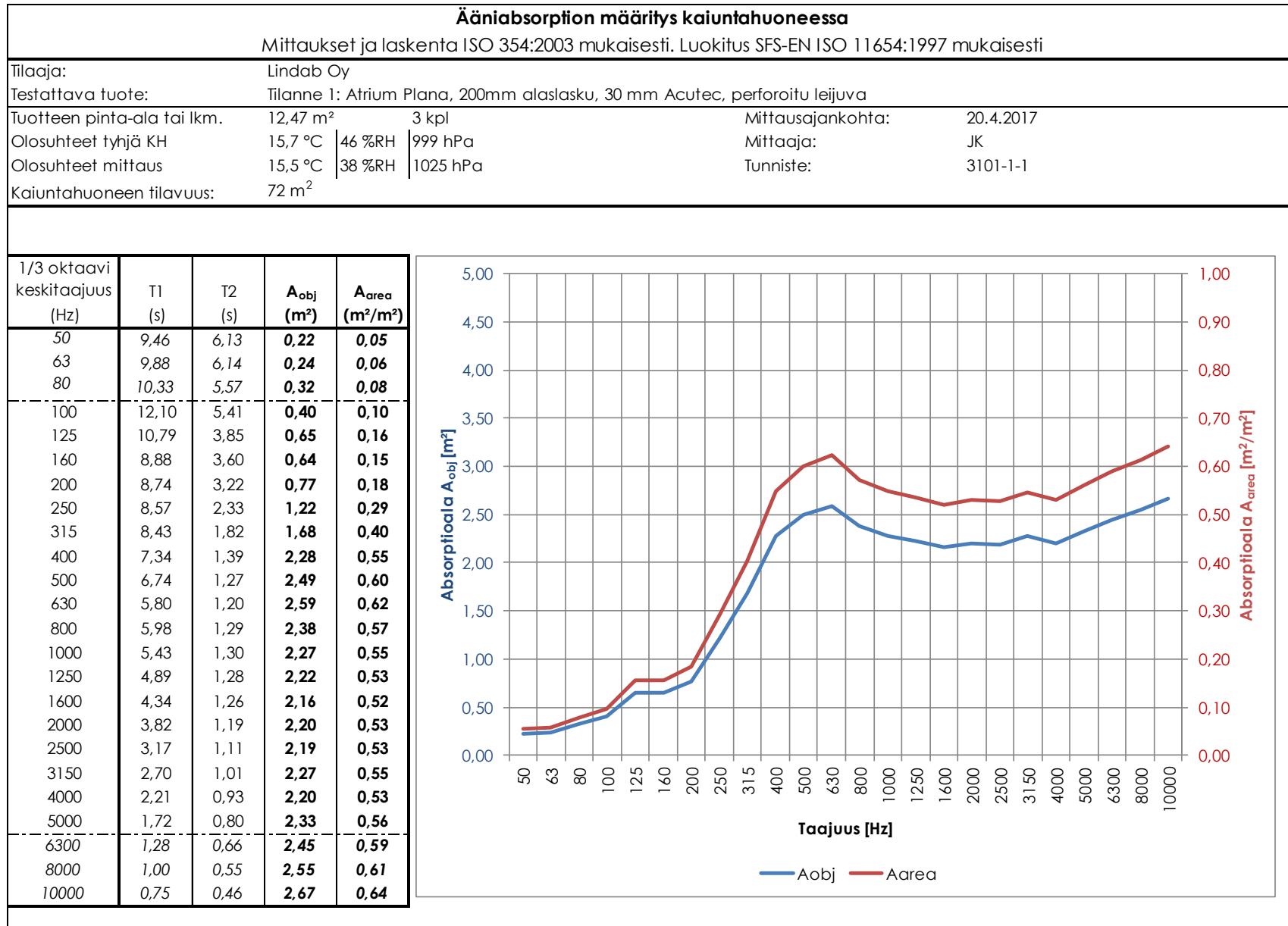
Kuva A-2. Jäähdytyspaneelien asennustilanteet 1-3.

4. 200 mm ALASLASKU, 30 mm ACUTEC, PERFOROITU PANEELI, LEIJUVA ASENNUS

5. 200 mm ALASLASKU, EI ACUTEC, PERFOROITU PANEELI, LEIJUVA ASENNUS
50 mm ACUTEC KATOSSA6. 200 mm ALASLASKU, EI ACUTEC, PERFOROIMATON PANEELI, LEIJUVA ASENNUS
50 mm ACUTEC KATOSSA

Kuva A-3. Jäähdytyspaneelien asennustilanteet 4-6.

Liite B: Yksityiskohtaisemmat mittau tulokset

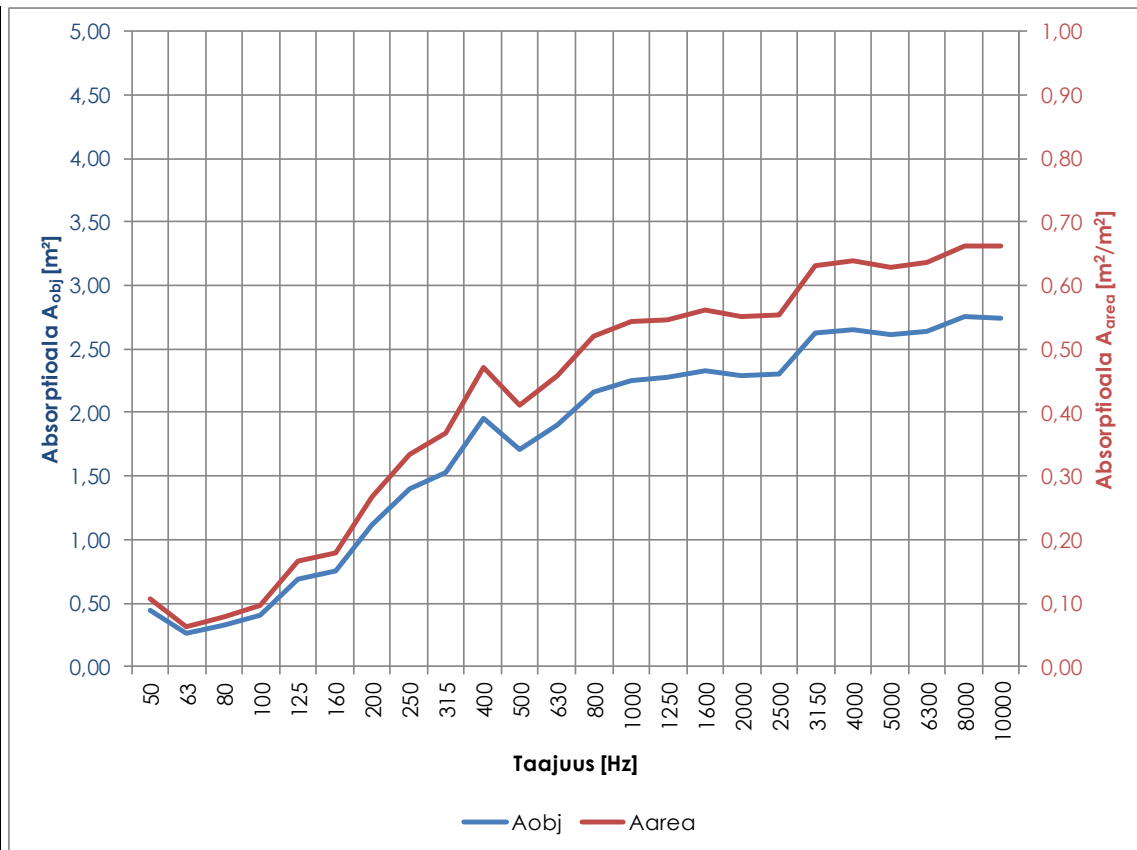


Äniabsorptiön määrittäminen kaiuntahuoneessa

Mittaukset ja laskenta ISO 354:2003 mukaisesti. Luokitus SFS-EN ISO 11654:1997 mukaisesti

Tilaja:	Lindab Oy			Mittausajankohta:	20.4.2017
Testattava tuote:	Tilanne 2: Atrium Plana, 400 mm alaslasku, 30 mm Acutec, perforoitu leijuva			Mittaja:	JK
Tuotteen pinta-ala tai lkm.	12,47 m ²	3 kpl		Tunniste:	3101-1-2
Olosuhteet tyhjä KH	15,7 °C	46 %RH	999 hPa		
Olosuhteet mittaus	15,6 °C	38 %RH	1022 hPa		
Kaiuntahuoneen tilavuus:	72 m ³				

1/3 oktaavi keskitäajuus (Hz)	T1 (s)	T2 (s)	A _{obj} (m ²)	A _{area} (m ² /m ²)
50	9,46	4,57	0,44	0,11
63	9,88	5,93	0,26	0,06
80	10,33	5,56	0,32	0,08
100	12,10	5,41	0,40	0,10
125	10,79	3,71	0,69	0,17
160	8,88	3,29	0,75	0,18
200	8,74	2,51	1,11	0,27
250	8,57	2,11	1,39	0,33
315	8,43	1,96	1,53	0,37
400	7,34	1,57	1,96	0,47
500	6,74	1,70	1,71	0,41
630	5,80	1,52	1,90	0,46
800	5,98	1,39	2,16	0,52
1000	5,43	1,31	2,26	0,54
1250	4,89	1,26	2,27	0,55
1600	4,34	1,20	2,33	0,56
2000	3,82	1,16	2,29	0,55
2500	3,17	1,08	2,31	0,55
3150	2,70	0,93	2,62	0,63
4000	2,21	0,85	2,66	0,64
5000	1,72	0,76	2,61	0,63
6300	1,28	0,64	2,64	0,64
8000	1,00	0,54	2,75	0,66
10000	0,75	0,46	2,75	0,66

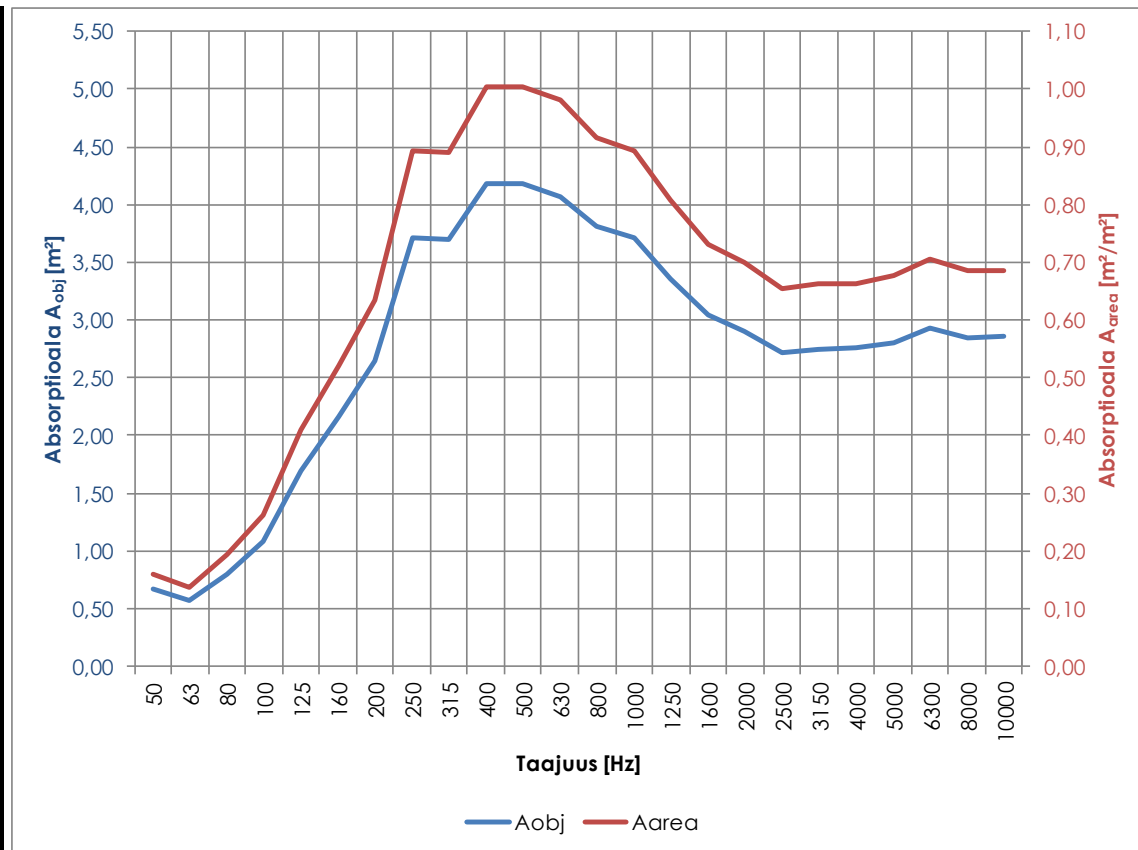


Ääniabsorptiion määrittäminen kaiuntahuoneessa

Mittaukset ja laskenta ISO 354:2003 mukaisesti. Luokitus SFS-EN ISO 11654:1997 mukaisesti

Tilaja:	Lindab Oy			Mittausajankohta:	24.4.2017
Testattava tuote:	Tilanne 3: Atrium Plana, 200 mm alaslasku, 30 + 50 mm Acutec, perforoitu leijuva			Mittaja:	JK
Tuotteen pinta-ala tai lkm.	12,47 m ²	3 kpl		Tunniste:	3101-1-3
Olosuhteet tyhjä KH	15,7 °C	46 %RH	999 hPa		
Olosuhteet mittaus	15,6 °C	44 %RH	1004 hPa		
Kaiuntahuoneen tilavuus:	72 m ³				

1/3 oktaavi keskitajuus (Hz)	T1 (s)	T2 (s)	A _{obj} (m ²)	A _{area} (m ² /m ²)
50	9,46	3,60	0,67	0,16
63	9,88	4,03	0,57	0,14
80	10,33	3,31	0,80	0,19
100	12,10	2,76	1,09	0,26
125	10,79	1,89	1,70	0,41
160	8,88	1,50	2,17	0,52
200	8,74	1,26	2,64	0,64
250	8,57	0,94	3,72	0,89
315	8,43	0,94	3,70	0,89
400	7,34	0,83	4,18	1,00
500	6,74	0,82	4,17	1,00
630	5,80	0,82	4,07	0,98
800	5,98	0,87	3,81	0,92
1000	5,43	0,88	3,71	0,89
1250	4,89	0,94	3,35	0,81
1600	4,34	0,99	3,04	0,73
2000	3,82	0,99	2,90	0,70
2500	3,17	0,98	2,72	0,66
3150	2,70	0,92	2,75	0,66
4000	2,21	0,85	2,76	0,66
5000	1,72	0,76	2,81	0,68
6300	1,28	0,64	2,93	0,71
8000	1,00	0,56	2,85	0,69
10000	0,75	0,47	2,85	0,69

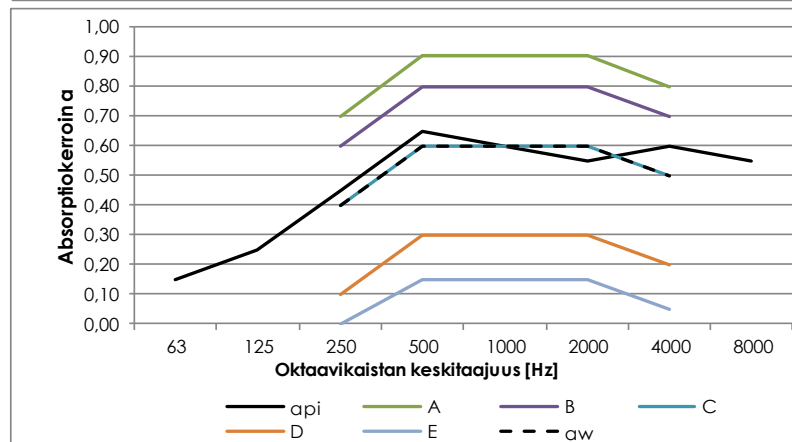
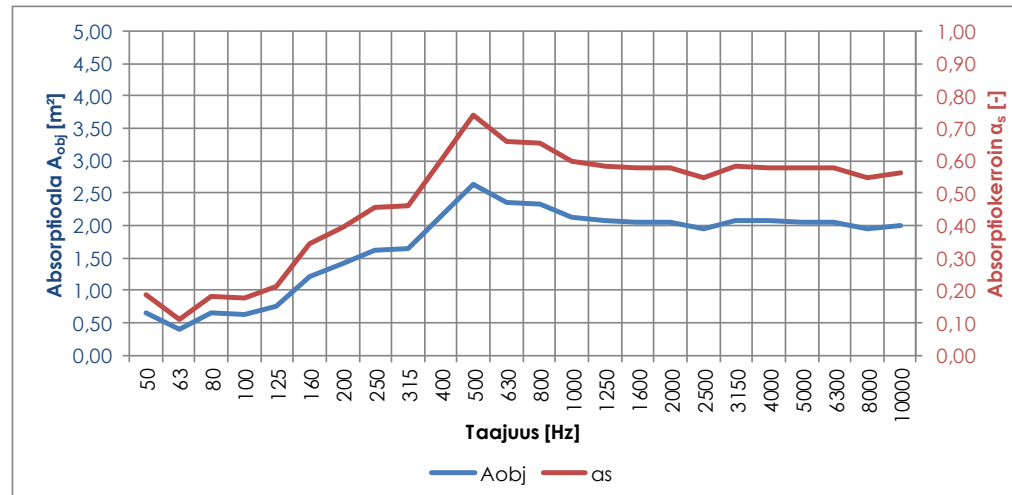


Ääniabsorptio määrittäminen kaiuntahuoneessa

Mittaukset ja laskenta ISO 354:2003 mukaisesti. Luokitus SFS-EN ISO 11654:1997 mukaisesti

Tilaaaja:	Lindab Oy				
Testattava tuote:	Tilanne 4: Atrium Plana, 200 mm alakatto, 30 mm Acutec, perforoitu				
Tuotteen pinta-ala:	10,67 m ²	3 kpl	Mittausajankohta:	21.4.2017	
Olosuhteet tyhjä KH	15,7 °C	46 %RH	999 hPa	Mittaja:	JK
Olosuhteet mittaus	15,5 °C	43 %RH	995 hPa	Tunniste:	3101-1-4
Kaiuntahuoneen tilavuus:	72 m ³				

1/3 oktaavi keskitäajuus (Hz)	T1 (s)	T2 (s)	A _{obj} (m ²)	α _s (-)	α _{pi} (-)
50	9,46	3,64	0,66	0,18	0,15
63	9,88	4,99	0,39	0,11	
80	10,33	3,78	0,65	0,18	
100	12,10	4,13	0,62	0,17	0,25
125	10,79	3,51	0,75	0,21	
160	8,88	2,35	1,22	0,34	
200	8,74	2,10	1,41	0,40	0,45
250	8,57	1,88	1,62	0,46	
315	8,43	1,86	1,64	0,46	
400	7,34	1,45	2,15	0,61	0,65
500	6,74	1,21	2,64	0,74	
630	5,80	1,29	2,35	0,66	
800	5,98	1,31	2,32	0,65	0,60
1000	5,43	1,37	2,14	0,60	
1250	4,89	1,35	2,08	0,58	
1600	4,34	1,31	2,06	0,58	0,55
2000	3,82	1,26	2,06	0,58	
2500	3,17	1,22	1,95	0,55	
3150	2,70	1,09	2,07	0,58	0,60
4000	2,21	1,00	2,07	0,58	
5000	1,72	0,88	2,06	0,58	
6300	1,28	0,74	2,06	0,58	0,55
8000	1,00	0,64	1,96	0,55	
10000	0,75	0,52	2,00	0,56	



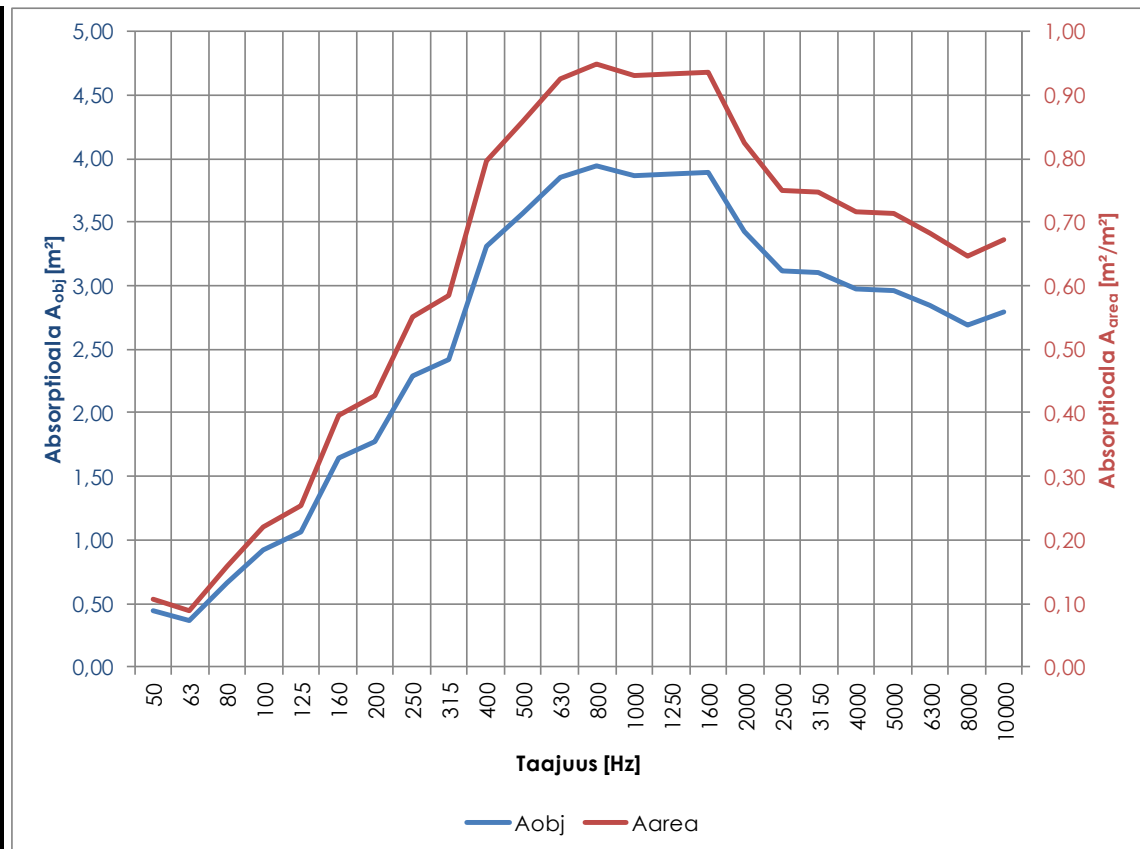
Absorptio-kerroin α_w
0,60
Absorptio-luokka
C

Äniabsorptiion määrittäminen kaiuntahuoneessa

Mittaukset ja laskenta ISO 354:2003 mukaisesti. Luokitus SFS-EN ISO 11654:1997 mukaisesti

Tilaaja:	Lindab Oy			Mittausajankohta:	24.4.2017
Testattava tuote:	Tilanne 5: Atrium Plana, 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoitu, 50 mm Acutec katossa			Mittaja:	JK
Tuotteen pinta-ala tai lkm.	12,47 m ²	3 kpl		Tunniste:	3101-1-5
Olosuhteet tyhjä KH	15,7 °C	46 %RH	999 hPa		
Olosuhteet mittaus	15,7 °C	44 %RH	1004 hPa		
Kaiuntahuoneen tilavuus:	72 m ³				

1/3 oktaavi keskitajuus (Hz)	T1 (s)	T2 (s)	A _{obj} (m ²)	A _{area} (m ² /m ²)
50	9,46	4,57	0,44	0,11
63	9,88	5,11	0,37	0,09
80	10,33	3,77	0,66	0,16
100	12,10	3,14	0,92	0,22
125	10,79	2,74	1,06	0,25
160	8,88	1,87	1,64	0,39
200	8,74	1,76	1,77	0,43
250	8,57	1,42	2,29	0,55
315	8,43	1,35	2,42	0,58
400	7,34	1,02	3,31	0,80
500	6,74	0,94	3,56	0,86
630	5,80	0,86	3,85	0,93
800	5,98	0,85	3,94	0,95
1000	5,43	0,85	3,87	0,93
1250	4,89	0,83	3,88	0,93
1600	4,34	0,81	3,89	0,94
2000	3,82	0,88	3,42	0,82
2500	3,17	0,89	3,12	0,75
3150	2,70	0,85	3,11	0,75
4000	2,21	0,82	2,98	0,72
5000	1,72	0,74	2,96	0,71
6300	1,28	0,65	2,84	0,68
8000	1,00	0,58	2,69	0,65
10000	0,75	0,48	2,79	0,67



Äniabsorptiion määrittäminen kaiuntahuoneessa

Mittaukset ja laskenta ISO 354:2003 mukaisesti. Luokitus SFS-EN ISO 11654:1997 mukaisesti

Tilaja:	Lindab Oy			Mittausajankohta:	25.4.2017
Testattava tuote:	Tilanne 6: Atrium Plana, 200 mm alaslasku, ei Acutec, perforoimaton, 50 mm Acutec katossa			Mittaja:	JK
Tuotteen pinta-ala tai lkm.	12,47 m ²	3 kpl		Tunniste:	3101-1-6
Olosuhteet tyhjä KH	15,7 °C	46 %RH	999 hPa		
Olosuhteet mittaus	15,8 °C	46 %RH	999 hPa		
Kaiuntahuoneen tilavuus:	72 m ³				

1/3 oktaavi keskitäajuus (Hz)	T1 (s)	T2 (s)	A _{obj} (m ²)	A _{area} (m ² /m ²)
50	9,46	4,26	0,50	0,12
63	9,88	4,52	0,47	0,11
80	10,33	3,53	0,73	0,17
100	12,10	2,85	1,05	0,25
125	10,79	2,06	1,53	0,37
160	8,88	1,61	1,98	0,48
200	8,74	1,35	2,45	0,59
250	8,57	1,36	2,40	0,58
315	8,43	1,31	2,51	0,60
400	7,34	1,41	2,22	0,54
500	6,74	1,54	1,95	0,47
630	5,80	1,55	1,84	0,44
800	5,98	1,65	1,71	0,41
1000	5,43	1,57	1,76	0,42
1250	4,89	1,57	1,69	0,41
1600	4,34	1,53	1,65	0,40
2000	3,82	1,54	1,51	0,36
2500	3,17	1,46	1,44	0,35
3150	2,70	1,37	1,40	0,34
4000	2,21	1,23	1,39	0,34
5000	1,72	1,07	1,37	0,33
6300	1,28	0,87	1,46	0,35
8000	1,00	0,73	1,45	0,35
10000	0,75	0,58	1,54	0,37

