

PAKSUT MONIKERROKSISET ABSORPTIORAKENTEET – YKSITTÄISTAPPAUS MONITOIMISALIN ALAKATTORAKENTEESTA

Janne Saarelainen¹, Olli Salmensaari¹

¹ Akukon Oy
Polttimonkatu 4
33210 TAMPERE
janne.saarelainen@akukon.com

² Akukon Oy
Hiomotie 19
00380 HELSINKI
olli.salmensaari@akukon.com

Tiivistelmä

Osana koulu- ja kulttuurikohteen monitoimisalın huoneakustista suunnittelua suoritettiin alakattorakenteen äänenabsorption laboratoriomittaukset standardin ISO 354:2003 mukaisesti. Alakattorakenne koostuu 750 mm ilmavälistä, 250 mm villakerroksesta, 12 mm vanerilevykentistä ja 45x45 puurimoituksesta. Rakenteesta suoritettiin kuusi äänen absorptiosuhdemittausta varioiden levykenttien välistä rakoa ja rimoitusta.

Alakattorakenteella tavoitellaan huomattavaa äänen absorptiota pienillä taajuuksilla ja heijastavuutta keski- ja suurilla taajuuksilla. Laboratoriossa mitatun testitilanteen kaksi äänenabsorptio taajuuden suhteen vastaa alakattorakenteelta toivottua käyttäytymistä.

1 JOHDANTO

Koulu- ja kulttuurirakennuskohteeseen suunnitellaan monitoimisalia, jota on tarkoitus käyttää puhe-esityksiin, oppitunteihin, luentoisiin, elokuvaan, elokuvafestivaaleihin, musiikkiesityksiin, näytelmiin, teatteritoimintaan, infotilaisuuksiin, joulun- ja kevätjuhliin, vanhojen tansseihin ja musiikkiliikuntaan. Tila suunnitellaan jaettavaksi äänieristysnostoseinällä kahtia. Tilan etuosaan sijoitetaan näyttämö.

Monitoimisalın huoneakustiikka suunnitellaan siten, että pienille taajuuksille tuotetaan kiinteä tehokas äänenabsorptio ja keskitaajuuksille sekä suurille taajuuksille muuntojousto sivuseinille sähkökäyttöisillä rullaverhoilla. Sivuseinille ja kattopintaan sijoitetaan ääntä sirottavaa rimoitusta. Pienten taajuuksien äänenabsorptiomateriaalina toimii ensisijaisesti tilan alakattorakenne.

Monitoimisalın suunnitellun alakattorakenteen absorptiosuhde mitattiin akustiikan laboratoriossa. Tässä artikkelissa esitetään mitattu alakattorakenne ja mittaustulokset.



© 2023 Janne Saarelainen ja Olli Salmensaari. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannais-teoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

Absorptiosuhde mitattiin standardin ISO 354:2003 mukaisesti [1]. Painotettu akustinen absorptiosuhde ja akustinen luokka on määritetty standardin SFS-EN-ISO 11654:1997 mukaisesti [2].

2 ALAKATTORAKENNE

Suunniteltu alakattorakenne on rakennekerroksiltaan seuraavanlainen:

- 750 mm ilmaväli
- 250 mm pehmeä villa
- 12 mm havuvaneri, 300 mm leveät kentät, 60 mm rako levyjen välissä
- 45x45 mm puurimoitus levyjen reunoilla

Alakattorakenteella tavoitellaan tehokasta vaimennusta pienillä taajuuksilla ja heijastavuutta keski- ja suurilla taajuuksilla. Rakenteessa yhdistyy monikerroksellisuus, suuri ilmaväli, levyresonaattori ja Helmholtz-resonaattori.

3 MITTAUSTILANTEET

Alakattorakenteelle suoritettiin yhteensä kuusi erillistä absorptiosuhdemittausta. Eri tilanteilla tutkittiin vanerilevyjen vaikutusta, levykenttien rakojen leveyden vaikutusta absorptiosuhteeseen ja Helmholtz-resonaattoriin sekä rimoituksen vaikutusta absorptiosuhteeseen.

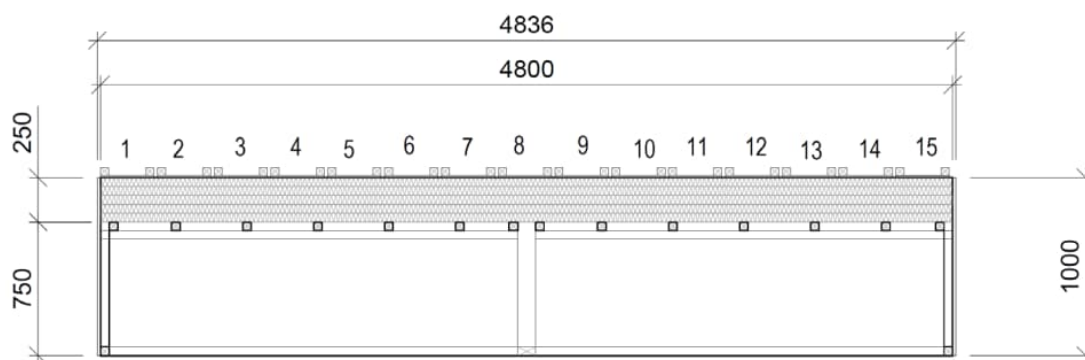
Mittaustilanteet olivat seuraavanlaiset:

- Testitilanne 1:
 - o 750 mm ilmaväli
 - o 250 mm villa
 - o 12 mm havuvaneri, 300 mm leveät kentät, 20 mm rako levyjen välissä
 - o 45x45 mm puurimoitus levyjen reunoilla
- Testitilanne 2:
 - o 750 mm ilmaväli
 - o 250 mm villa
 - o 12 mm havuvaneri, 300 mm leveät kentät, 60 mm rako levyjen välissä
 - o 45x45 mm puurimoitus levyjen reunoilla
- Testitilanne 3:
 - o 750 mm ilmaväli
 - o 250 mm villa
 - o 12 mm havuvaneri, 2x300 mm leveät kentät, 20 mm rako levyjen välissä
 - kaksi levykenttää yhdistetty
 - o 45x45 mm puurimoitus levyjen reunoilla
 - jokaisen levyn reunalla
- Testitilanne 4:
 - o 750 mm ilmaväli
 - o 250 mm villa
 - o 12 mm havuvaneri, 300 mm leveät kentät, 20 mm rako levyjen välissä
 - o ei rimoitusta
- Testitilanne 5:
 - o 750 mm ilmaväli
 - o 250 mm villa

- 12 mm havuvaneri, ei rakoja
- ei rimoitusta
- Testitilanne 6:
 - 750 mm ilmaväli
 - 250 mm villa
 - ei vaneria
 - ei rimoitusta

Villana käytettiin 50x1200x600 mm Ewonawool-polyesterikuituvillalevyjä. Levyjä asetettiin päällekkäin viisi kerrosta. Mittaukset suoritettiin Turun Ammattikorkeakoulun akustisen laboratorion kaiuntahuoneessa Valtteri Hongiston tutkimusryhmän toimesta.

Kuvassa 1 on esitetty leikkauspiirustus testitilanteen yksi laboratorioon toteutetusta rakenteesta. Koska testirakenne tarvitsee huomattavan ilmavälin ja eristekerroksen toteutettiin rakennelma puurunkoisena. Koska alakattorakenne tulee käyttötilanteessa olemaan reunoiltaan tiivis, lisättiin testirakenteen rungon ympärille 18 mm MDF-levytys. Villakerroksille rakennettiin muodostuneeseen kotelorakenteeseen oma kannakointi noin 400 mm kannakointivälillä. Vanerilevykentät kiinnitettiin kotelorakenteen puurunkoon mekaanisesti ruuvaamalla. Kuvassa 2 on esitetty valokuvat testitilanteesta yksi laboratorioissa kokoamishetkeltä ja valmiina. Kotelorakenne tilattiin mittatilaustyönä Puucomp Oy:ltä.



Kuva 1. Leikkauspiirros testitilanteen yksi rakenteesta.

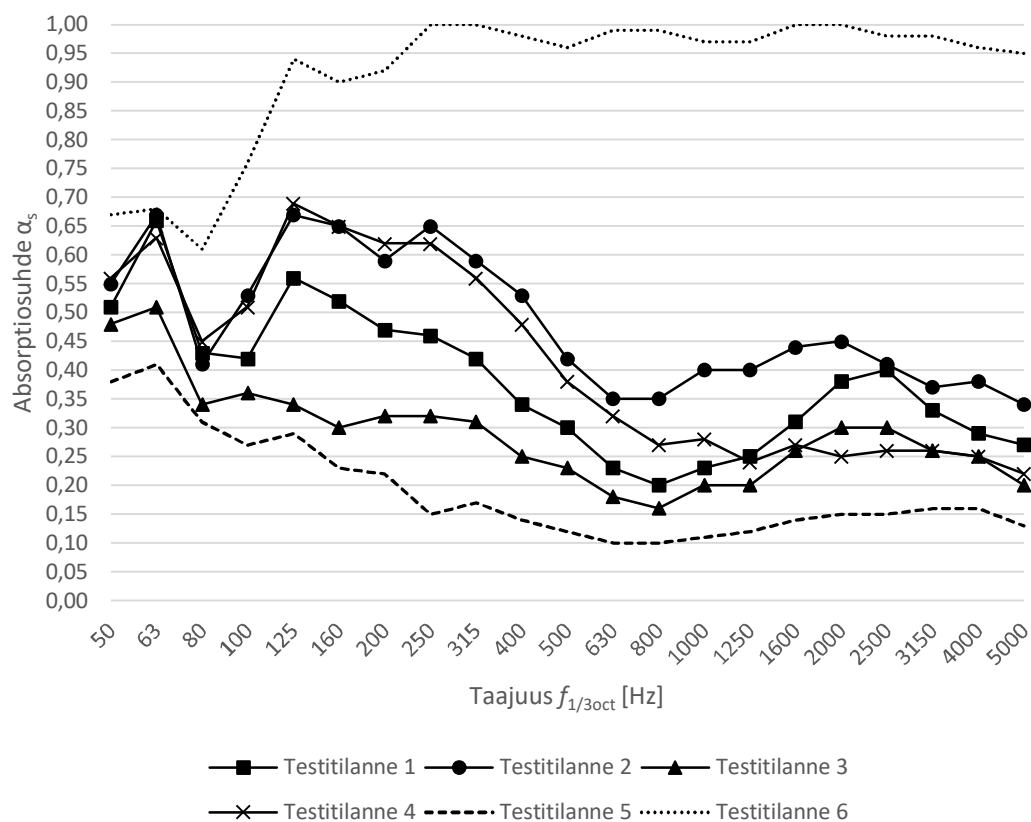


Kuva 2. Valokuvat testitilanteen yksi rakennusvaiheesta ja valmiista rakenteesta.

4 MITTAUSTULOKSET

Kuvassa 3 on esitetty testitilanteiden ISO 354:2003 mukaiset absorptiosuhteen mittaustulokset terssikaistoittain. Standardin mukaisten mittausten taajuusalue on 100 Hz – 5000 Hz

[3]. Kuvissa esitetään lisäksi standardoinnin ulkopuolelta pienten taajuuksien terssikaistaiset absorptiosuhdetulokset 50 Hz – 80 Hz [4].



Kuva 3. Testitilanteiden 1 - 6 absorptiosuhdemittaustulokset terssikaistoittain.

Taulukossa 1 on esitetty testitilanteiden standardin SFS-EN-ISO 11654:1997 mukaisesti painotettu akustinen absorptiosuhde sekä absorptioluokka [3].

Taulukko 1. Testitilanteiden painotettu akustinen absorptiosuhde ja absorptioluokka.

Testitilanne	α_w	Absorptioluokka
Testitilanne 1	0,30	D
Testitilanne 2	0,45	D
Testitilanne 3	0,25	E
Testitilanne 4	0,30	D
Testitilanne 5	0,15	E
Testitilanne 6	1,00	A

5 POHDINTA

Testitilanteessa kaksi, jossa rakoleveys on 60 mm, saavutetaan noin 0,2 suurempi absorptiosuhde terssikaistoittain taajuusvälillä 125 Hz – 1600 Hz testitilanteeseen yksi nähden, jossa rakoleveys on 20 mm. Standardin ulkopuoleisella taajuusalueella eli alle 100 Hz taajuuksilla tilanteiden välillä ei ole eroa. Testitilanteissa saavutetaan suurilla taajuuksilla keskitaajuuksia suurempi absorptio johtuen rimoituksesta saatavasta sironnasta sekä Helmholtz-resonaattorista. Testitilanne kaksi käyttäytyy käyttötarkoitukseen nähden toivotulla tavalla; toisaalta absorptiosuhteen huomattava pienentyminen terssikaistojen 63 Hz ja 125 Hz välillä on epäedullinen.

Testitilanteen kolme absorptiosuhdetulokset ovat tilanteita yksi ja kaksi pienempiä. Testitilanteen kolme tulokset lähestyvät täysin ummistetun kannen testitilannetta 6. Testitilanteessa kolme on havaittavissa suurilla taajuuksilla keskitaajuuksia suurempia absorptiosuhdearvoja johtuen rimoituksesta aiheutuvasta sironnasta ja Helmholtz-resonaattorista.

Testitilanteessa neljä, jossa vanerilevyistä on poistettu rimoitus ja vanerilevykenttien väliset raot ovat 20 mm, saavutetaan lähes testitilannetta kaksi vastaavia tuloksia pienillä taajuuksilla ja keskitaajuuksilla. Suurilla taajuuksilla absorptiosuhde on testitilanteeseen kaksi nähden pienempi johtuen tasaisemmasta heijastuksesta ilman rimoitusta. Testitilanteen neljä absorptiosuhde on pienillä taajuuksilla ja keskitaajuuksilla huomattavasti suurempi testitilanteeseen yksi nähden; tästä voidaan päätellä, että rimoituksen vanerilevyyn tuottamalla taivutusjäykkyydellä on merkittävä vaikutus absorptiosuhteeseen.

Testitilanteen viisi tulokset ovat odotetun kaltaisia paksulle villakerrokselle keskitaajuuksilla ja suurilla taajuuksilla. Villakerroksen paksuus tilanteen ilmavälin kanssa ei kuitenkaan riitä tuottamaan pienillä alle 125 Hz taajuuksilla keskitaajuuksia ja suuria taajuuksia vastaavia absorptiosuhdearvoja.

Testitilanteen kuusi tulokset edustavat suljetun kotelon käyttäytymistä. Suljetulla kotelolla absorptiosuhde on huomattavasti pienempi koko taajuusalueella kuin raollisissa testitilanteissa. Tulokuvaaja on kuitenkin muodoltaan hyvin testitilanteiden yksi ja kaltainen. Suljetun kotelon tilanteessa voi olla mahdollista, että kotelon MDF-levyt vaikuttavat tulokseen.

Testitilanteiden painotetut akustiset absorptiosuhdetulokset sekä absorptioluokat edustavat kunkin mittauksen absorptiosuhdetuloksia taajuuden suhteen. Absorptioluokka vaihtelee tilanteiden välillä luokasta E luokkaan A. Tavoiteltaessa materiaalilta tai rakenteelta huomattavaa vaimennusta pienillä taajuuksilla ja heijastusta suurilla taajuuksilla saadaan painotetuksi akustiseksi absorptiosuhteeksi pieniä lukuarvoja. Mikäli tällaisen rakenteen painotettua akustista absorptiosuhdetta ja absorptioluokkaa haluttaisiin käyttää rakennushankkeessa materiaalivalintaa ohjaavana teknisenä mittalukuna, voisi SFS-EN-ISO 11654:1997 mukaisen muotoindikaattorin ilmoittaminen painotetun absorptiosuhteen yhteydessä olla mielekäästä; esimerkiksi testitilanteen yksi absorptioluokka muotoindikaattorin kanssa olisi $\alpha_w = 0,30(L)$. Tällaisten rakenteiden osalta lienee kuitenkin turvallisempaa olla käyttämättä painotettua akustista absorptiosuhdetta ja akustista luokkaa materiaalivalintaa ohjaavina teknisinä mittalukuina; akustikko arvioi rakenteen akustiset ominaisuudet ja riittävyyden tapauskohtaisesti.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Laboratoriossa testatulla rakenteella on mahdollista saavuttaa huomattava vaimennus pienillä taajuuksilla ja heijastusta keskitaajuuksilla sekä suurilla taajuuksilla. Testitilanne kaksi vastaa parhaiten monitoimisalın alakattorakenteelta toivottua äänenabsorptiota.

Laboratoriossa mitatun rakenteen testitilanteiden perustella levytyksellä, rimoituksella ja rakojen leveydellä käytännössä hienosäädetään absorptiosuhdetta ääripäiden välillä, kun ääripäät ovat täysin ummistettu rakenne ja täysin avoin rakenne.

VIITTEET

- [1] ISO 354:2003. Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room. The International Organization for Standardization. 2003.
- [2] ISO 11654:1997. Acoustics – Sound absorbers for use in buildings – Rating of sound absorption. The International Organization for Standardization. 1997.
- [3] Hongisto V., Hakala J., Alakoivu R., Akustisen absorptiosuhteen määrittäminen laboratoriossa. Mittausraportti. 2022.
- [4] Hongisto V., Hakala J., Akustinen absorptiosuhde 50-5000 Hz. Mittausraportti. 2022.