

MUUNNELTAVAN AKUSTIIKAN OPTIMOINTI

Henrik Möller¹

¹ Akukon Oy
Hiomotie 19
00380 Helsingki
henrik.moller@akukon.fi

Tiivistelmä

Perinteisesti muunneltavia akustiikkapintoja on lähinnä ollut käytössä ns. monitoimisaleissa, mutta nykyisin lähes kaikissa esitystiloissa on jonkinlainen muunneltava akustiikka. Niiden avulla voidaan parantaa salin akustisia olosuhteita eri esityksiä varten, olkoon kyseessä sitten klassisen musiikin salin muuttaminen vahvistetun musiikin esitystilaksi tai vain salin hienosäätö esim. kamarimusiikin esitystä varten.

Tässä artikkelissa esitetään erityyppisiä ratkaisuja, niiden toimivuutta ja käytettyjen materiaalien akustisia ominaisuuksia.

1 JOHDANTO

Vaikka mikä tahansa esitystila periaatteessa on jonkin asteinen monitoimitila, varsinaisia monitoimitiloja alettiin rakentaa noin 1930-luvulta eteenpäin. Varsinkin 60- ja 70-luvulle monitoimitiloja rakennettiin melkoinen määrä. Näiden salien katsotaan kuitenkin yleisesti olevan ”kompromissisaleja”, eli yleinen mielipide on, että ”ne ovat saleja joka eivät toimi mihinkään”. Noin 1980 alkaen on kuitenkin rakennettu saleja, jotka sisältävät varsin mittavia muunneltavia akustisia rakenteita. Esimerkkeinä tästä ovat Artekin salit, kuten Symphony Hall Birminghamissa ja Derngate Hall Northamptonissa Englannissa sekä Sibelius-talo Lahdessa.

Yli puolet saleista, jotka rakennettiin Suomessa vuonna 1980 ja 2000 välillä, sisältävät jonkinlaista muunneltavaa akustiikkaa varsinaisten näyttämöverhojen lisäksi.

On tiedossa että salin akustiset vaatimukset akustiselle musiikille ovat melko erilaiset kuin vahvistetulle musiikille. Suurin ongelma soittaessa vahvistettua musiikkia akustisen musiikin salissa on puutteellinen ”kontrolli” matalilla taajuuksilla johtuen sekä salien pitkähäköstä jälkikaiunta-ajasta matalilla taajuuksilla että kaiutinjärjestelmien heikosta suuntaavuudesta matalilla taajuuksilla. Jälkikaiunta-aika noin 10 000 m³ kokoisessa salissa tulee olemaan matalilla taajuuksilla noin 1,4 – 1,6 s sähköisesti vahvistetulle musiikille ja akustiselle musiikille noin 2,0 – 2,2 s.

Toisen sanoen on selvää, että tarvitaan muunneltavia akustisia rakenteita, ei ainoastaan keski- ja korkeilla taajuuksilla, vaan myös matalilla taajuuksilla.

2 MUUNNELTAVIA AKUSTISIA MATERIAALEJA

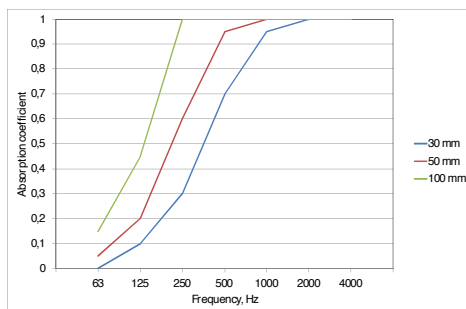
2.1 Mineraalivilla ja vastaavat

Suomen 1980 – 2000 rakennetuissa monitoimisaleissa tyypillinen akustinen muunneltava pinta on mineraalivillatäytteiset elementit, joita voi avata ja sulkea. Tyypillisesti ne on sijoitettu sivuseinille, ja ideana on, että ne toimivat vaimennuselementtinä kun ne ovat auki, ja jonkinlaisena ”hajottavana” elementtinä kun ne on suljettu.



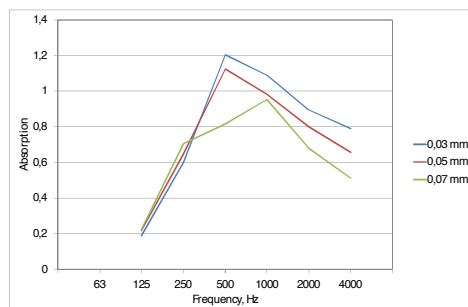
Kuva 1: Muunneltavia akustiikkaelementtejä (”Flip-Flops”) Sipoon Topelius-salissa.

Mineraalivilla, kuten muut huokoiset materiaalit, on periaatteessa diskanttivaimennin. Rajataajuus, jonka yläpuolella materiaali toimii, on riippuvainen materiaalin paksuudesta siten, että kun materiaalin paksuuden kaksinkertaistaa, rajataajuus siirtyy yhden oktaavin alaspäin. Käytännössä vaimennusominaisuudet pysyvät samanlaisina korkeilla taajuuksilla riippumatta paksuudesta.



Kuva 2: Pehmeäpintaisen mineraalivillan vaimennusominaisuudet paksuuden funktiona. (Paroc Parafon Buller, tiedot valmistajalta)

Jos lisätään ohut kalvo (tai maali) mineraalivillalevyn päälle, voi saada pintaan hieman heijastusta korkeilla taajuuksilla. Lisäksi parhaimmassa tapauksessa pinnan vaimennusominaisuuksiin keski- ja matalilla taajuuksilla voidaan saada lievä parannus.

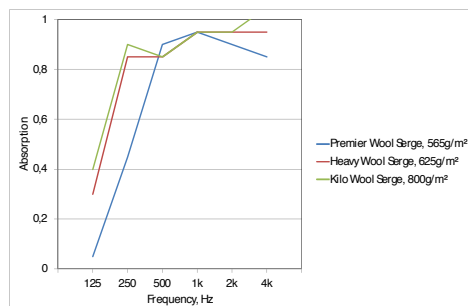


Kuva 3: Vaimennusominaisuuksien muutos, kun ohut kalvo on laitettu mineraalivillalevyn päälle, 50 mm Rockwool 47 kg/m³ [3]

2.2 Verhot

Verhot ovat melko yleisiä elementtejä saleissa sekä näyttämöverhoina, akustisina elementteinä että vanhemmissa saleissa sisustuselementteinä.

Akustiikan kannalta verhot ovat periaatteessa huokoisia vaimennuselementtejä, eli ne vaimentavat korkeita taajuuksia mutteivät matalia taajuuksia.



Kuva 4: Eri painoisten Wool Serge -verhojen vaimennusominaisuudet (Tiedot valmistajalta J.C.Joel/SRL)

Kuvassa 4 on esitetty tyypillisten Molton/Wool Serge -verhojen vaimennusominaisuudet. Kuten kuvasta käy ilmi, ei ole suoraa yhteyttä painon ja vaimennusominaisuuksien välillä. Tämä tulee vielä selvemmin esiin, kun tarkastellaan eri materiaaleista olevia verhoja. Sama ilmiö on näkyvässä, kun verrataan verhomateriaalien vaimennusominaisuuksia verhon ja pinnan välisen etäisyyden funktiona.(?)

3.3 Matalien taajuuksien vaimentimet

Perinteisesti on ollut vaikea saavuttaa hallittu muutos matalien taajuuksien akustisissa ominaisuuksissa, kun periaatteessa kaikki materiaalit, joita käytetään akustiseen muunneltavuuteen, toimivat enimmäkseen vain keski- ja korkeilla taajuuksilla.

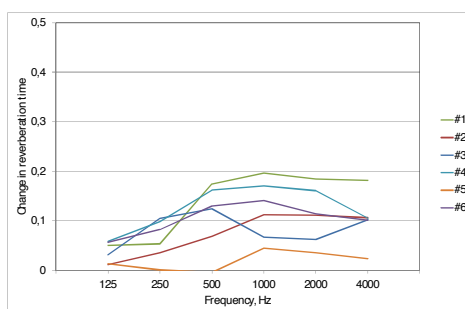
On kuitenkin mahdollista saavuttaa muunneltavuus, jos optimoidaan vaimennuksen sijoitus siten, että verhot toimivat esimerkiksi resonaattorina rakenteen sisällä, kuten kattorakenteiden sisällä tai tekniikan kanssa.

On myös uusia kaupallisia muunneltavia bassovaimennustuotteita saatavana, kuten Flexacoustic [4]

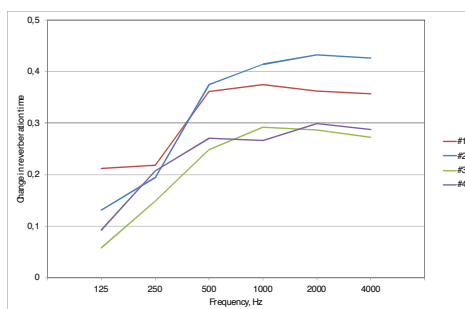
3 MITTAUSTULOKSIA SALEISTA, JOISSA ON MUUNNELTAVA AKUSTIIKKA

Aikaisemmin on tutkittu 35 salia, jotka on rakennettu vuonna 1980 ja 2000 välisenä aikana [5]. Näistä saleista 15 salissa oli varsinainen muunneltava akustiikka, toisen sanaan muunneltavia pintoja yleisöalueella, näyttämöverhojen lisäksi.

Kuvassa 5 on esitetty jälkikaiunta-ajan muutos prosentteina käytettäessä vain yleisö alueen muunneltavia pintoja ja kuvassa 6 käytettäessä sekä yleisöalueen muunneltavia pintoja että näyttämöverhoja.



Kuva 5: Jälkikaiunta-ajan muutos, vain yleisöalueen pinnat



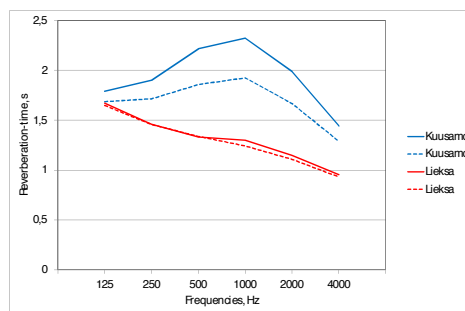
Kuva 6: Jälkikaiunta-ajan muutos, sekä yleisöalueen pinnat että näyttämöverhot

Kuten käy ilmi kuvasta 5, yleisöalueen muunneltavien pintojen vaikutus jälkikaiunta-aikaan on melko pieni, ja vaikutus on vain keski- ja korkeille taajuuksille. Kuten kuvasta 6:sta nähdään, näyttämöverhojen vaikutus on suurempi, mutta edelleen vaikutus on lä-

hinnä keski- ja korkeilla taajuuksilla, ja muutos matalilla taajuuksilla ei ole kovin merkittävä.

Jossain saleissa pieni muutos johtuu siitä, että sali on muutenkin jo melko vaimea, mutta osassa saleista on melko pitkä jälkikaiunta-aika, ja muutos on silti melko pieni eikä tee salin akustisia olosuhteita sähköisesti vahvistetulle musiikille sopivaksi.

Kuitenkin useimmissa saleissa muutos EDT oli isompi kuin muutos jälkikaiunta-aikaan, kun käytettiin yleisöalueella olevia muunneltavia pintoja.



Kuva 7: Kuusamo-talon ja Lieksa-talon jälkikaiunta-ajan muutos, muunneltavien akustisten pintojen pehmeät (pisteiviiva) ja kovat.

Molemmissa kuvan 7 saleissa on käänneltävät ("flip-flop") elementit sivuseinillä. Lieksa-talossa muutos on hyvin pieni, lähinnä siksi että sali on jo perus asetuksilla melko vaimea, ja näin tarvitaan melko suuret pinnat jos haluaa siihen muutosta. Molemmissa saleissa on myös selvä, että jälkikaiunta-aika on hieman liian pitkä matalilla taajuuksilla sähköisesti vahvistettua musiikkia varten.

4 YHTEENVETO

On selvä että jälkikaiunta-ajan tarkastelu ei ole riittävä kuvaamaan salien muunneltavia akustisia ominaisuuksia. Todennäköisesti sekä EDT, Strength ja Clarity ja erityisesti niiden riippuvuus etäisyydestä pitäisi analysoida, jotta saadaan parempi käsitys salien muunneltavan akustiikan toimivuudesta.

Yleisöalueiden lisävaimennuksen vaikutus

Yleisesti yleisöalueen muunneltavien rakenteiden vaikutus akustiikkaan, tai ainakin jälkikaiunta-aikaan, on hyvin pieni. Näiden pintojen vaikutus jälkikaiunta-aikaan matalilla taajuuksilla on olematon.

Näyttämöverhojen vaikutus

Mittauksista käy selvästi ilmi, että näyttämöverhot ovat ne pinnat, joilla on suurin vaikutus salien jälkikaiunta-aikaan. Tämä muodostuu ongelmalliseksi, kun se tarkoittaa, että näyttämö on eri akustinen tila kuin itse sali.

Muunneltavuus matalilla taajuuksilla

On selvää, että on vaikea saada oikea muutos aikaiseksi matalilla taajuuksilla perinteisillä menetelmillä. Toisaalta voidaan myös todeta, että 10 000 m³ monikäyttösalissa muutos matalilla taajuuksilla 1,7 s:sta 1,4 s:iin on riittävä, jotta sali saadaan sopivaksi sähköisesti vahvistetulle musiikille.

Esitelmässä esitetään muutamia uudempiä esimerkkejä saleista, joissa on toteutettu hie-
man laajempia muunneltavia akustisia rakenteita.

VIITTEET

- [1] Adelman-Larsen, N. W., *Rock and Pop Venues; Acoustic and Architectural Design*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2014).
- [2] Barron, M., *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, E & F Spon, London (1998)
- [3] Ström S., Romakustisk prosjektering, Prosjekteringsanvisning og datasamling for lydadsorberende materialer og konstruksjoner, measurement report A17, Sintef, Trondheim (1979)
- [4] Adelman-Larsen N., Thompson E. and Dammerud J.J., On a new, variable broadband absorption product and acceptable tolerances of T30 in halls for amplified music, Akutek.info
- [5] Möller H., Lahti T. and Ruusuvoori A., Acoustical conditions of Finnish concert spaces, Proc. B-NAM 2002, 26–28.8.2002, Lyngby, 83–90
- [6] Möller H. and Peltonen P., Lateral efficiency in small auditoriums, Presented at the ASA 75th Convention, New York, May 2004, paper 2aAAa8
- [7] Hyde J.R. and Möller H., Sound Strength in small halls, Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol 28, PT.2 2006
- [8] Möller H. and Hyde J.R., Behavior of Lateral Energy in small concert halls. Proceedings of ICA 2007, Madrid 2007
- [9] Möller H., Optimizing variable acoustic surfaces. Proceedings of ICSV 2017, London 2017