

TÄMÄ AKUSTIIKKA ON NIIN UUTTA!

Mikko Kylliäinen

Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy
Pinninkatu 58 A, 33100 Tampere
mikko.kylliainen@helimaki.fi

1 JOHDANTO

Tämän kirjoitelman syntymiseen on johtanut kaksi ärsykettä. Ensimmäinen niistä on väite, jonka jokainen rakentamisen parissa työskentelevä akustiikan asiantuntija on todennäköisesti kuullut montakin kertaa suunnittelu- tai työmaakokouksissa: ”Tämä akustiikka on niin uutta”. Näin väittäessään rakennushankkeen muut osapuolet pyrkivät luultavasti joko selittämään, miksi tilan käyttötarkoituksen edellyttämiä ääniolosuhteita ei ole otettu huomioon tai perustelemaan, miksi niin ei tarvitsisi tehdä.

Akustiikka on tieteenalana yhtä vanha kuin muutkin tieteet, mutta väite akustiikan uutuudesta on siinä mielessä perusteltu, että se on vaikuttanut ihmisen ympäristöön ja elinolosuhteisiin jonkin verran lyhyemmän ajan kuin muut tieteet, kuten mekaniikka tai kemia [1–5]. Mutta milloin tuo vaikutus Suomessa alkoi? Milloin täällä toisin sanoen alettiin suunnitella rakennusten akustisia olosuhteita tieteellisen tiedon pohjalta ja millaisia rakennuksia tällöin suunniteltiin?

Tieteellisiin teorioihin perustuva suunnittelu ei ole ainoa tapa suunnitella. Kautta aikojen rakennuksia on suunniteltu myös kopioimalla esimerkiksi kirjallisuudessa esitetyjä tai opintomatkoilla nähtyjä, hyväksi havaittuja ratkaisuja. Näin ollen herää kysymys siitä, milloin Suomessa on alettu keskustella akustiikasta rakentamisen yhteydessä ja milloin akustiikka käsitteenä on ylipäätään saanut laajempaa huomiota.

2 TANSSIVA PAPPI POHTII AKUSTIIKKA

Jälkimmäisen johdannossa esitetyn kysymyksen ärsyksenä toimi joitakin vuosia sitten Erik Wahlströmin romaani *Tanssiva pappi* [6]. Se on Finlandia-palkintoehdokkaanakin ollut kaunokirjallinen teos, jonka kirjailija on rakentanut Uno Cygnaeuksen (1810–1888), kansakoulumme isän, elämän pohjalle. Cygnaeus toimi pappina ensimmäisessä virassaan Viipurin kirkkoherran apulaisena 1830-luvun lopulla [7]. Kirjailija lähettää nuoren Cygnaeuksen lohduttamaan sairasta ja panee hänet lukemaan kirkkokäsikirjasta rukouksen. Päähenkilön ajatuksia tässä tilanteessa kuvataan kirjassa näin:

Kirjan sanat huumasivat aina Unon, erityisesti kun hän luki ne itse. Myös nyt hän tunsi, miten ilmausten kauneus houkutteli viettelevästi. Mutta jokin ei ollut kohdallaan. Hän ei ollut nyt kauniissa kirkossa eikä sunnuntaivalo siivilöitynyt lasimaalausten läpi. Akustiikka oli huono.

Tätä kohtaa lukiessa akustikkoa alkaa naurattaa vähintään sisäänpäin: kirjailijahan on sortunut selvään anakronismiin! Tokkopa edes yliopistosivistystä saanut suomalainen 1830-luvulla on paljontaan akustiikkaa pohdiskellut, jos edes on sellaista käsitettä tuntenut? Mutta kun asia jää kuitenkin vaivaamaan, on siitä otettava tarkemmin selvää. Tässä tulee avuksi Kansalliskirjaston historiallinen sanomalehtikirjasto, johon digitoidaan Suomessa vuoteen 1890 mennessä ilmestyneiden sanomalehtien kaikki numerot [8].

Vanhojen sanomalehtien digitoituja numeroita selatessaan akustikko havaitsee olleensa väärässä: hakusanat *akustik* ja *akustisk* tuottavat vuoden 1838 sanomalehtiin neljä osumaa. Kaikki nämä neljä akustiikkaa koskevaa uutista tosin ovat siteerauksia ulkomaisista sanomalehdistä. Esimerkiksi *Borgåtidning* lainasi 20.1.1838 saksalaisen professorin kertomusta matkaltaan Pariisiin, jossa saarnan kuuluvuutta Notre Damessa hänen mukaansa heikensi pehmeiden seinävaatteiden liian suuri määrä. *Åbo Tidningar* siteerasi 7.4.1838 toista saksalaista, joka oli vierailut musiikkifestivaaleilla Birminghamissa. Matkailija kuvasi tarkasti konserttisalin mitasuhteet ja totesi lopuksi tilan parhaaksi näkemäkseen konserttisaliksi, joka voisi toimia akustisesti mallina muille vastaaville saleille. Kolmas matkailija kuvaili *Borgå Tidning*issä 6.6.1838 teatterielämää Amsterdamissa, jossa saksalainen teatteri hänen mukaansa oli rakennettu akustiikan ehdoilla ja poikkesi siten kaupungin muista teattereista.

3 SUOMEN ENSIMMÄINEN AKUSTIIKKAKOHU?

20 vuotta myöhemmin akustiikkaa koskevien lehtiartikkelien määrä ei juuri ole kasvanut, sillä hakusanat tuottavat vuodelle 1858 viisi osumaa. Kirjoitusten luonteessa on kuitenkin tapahtunut muutos, sillä enää ei pelkästään siteerata ulkomaisia lehtiä, vaan toimittajat tai lehtien avustajat arvioivat akustiikkaa myös itse. *Åbo Underrättelser* uutisoi keväällä ruotsalaisen lauluyhtyeen kiertueen etenemisestä Suomessa. Kiertueensa lopuksi ruotsalaiset esiintyivät Turussa lyseon juhlasalissa, jota he kehuivat parhaaksi Suomen kiertueellaan kohtaamakseen musiikkisaliksi. Akustisesti parhaaksi mainittiin tosin Porvoon lyseon juhlasali [9]. Keskustelussa Suomen parhaasta konserttisalista on tämän päivän näkökulmasta paljon tuttua: nykyisinkin sanomalehdet kärkkäästi julkaisevat musiikkitalojen tai muiden esiintymistilojen akustiikkaa koskevia mielipiteitä, olivatpa ne kiittäviä tai moittivia.

1850-luvun lopulla Helsingin ensimmäinen, C. L. Engelin suunnittelema teatteritalo vuodelta 1827 oli käynyt ahtaaksi, ja uuden teatterin suunnittelijaksi oli valittu Ruotsista Suomeen 1851 muuttanut Georg Theodor Chiewitz (1815–1862) [10]. Keväällä 1858 Chiewitzin suunnitelmat *Nya Teaternin* rakentamiseksi olivat esillä Helsingissä. Suunnitelmat nähnyt *Wiborg-lehden* Helsingin kirjeenvaihtaja arvosteli niitä kirjoituksessaan: hän vertaili suunnitellun ja moititun vanhan teatterin mittoja todeten niiden muistuttavan toisiaan; uuden teatterin näyttämöaukon mitat oli hänen mukaansa suunniteltu vastoin kaikkia uusissa teattereissa noudatettuja sääntöjä sekä akustiikan että näkyvyyden suhteen; lisäksi teatteria olisi korotettava yhdellä kerroksella ja lisättävä yksi parvi, jolloin katsomoa olisi myös pidennettävä [11].

Teatterisuunnitelman saamat moitteet kantautuivat Turkuun, jossa Chiewitz toimi Turun ja Porin läänin lääninarkkitehtina ja hoiti samalla Turun kaupunginarkkitehdin virkaa [10]. Muutamaa viikkoa myöhemmin hän julkaisi kotikaupunkinsa sanomalehdessä vastineen [12] ”tehdäkseen selkoa todellisista olosuhteista niille, joilla ei ole itse mahdollisuutta ottaa niistä selvää”. Vertaamalla suunnittelemansa näyttämöaukon mittoja suurten keskieuropalaisten teattereiden näyttämöaukkoihin Chiewitz todisteli suunnitelmansa korrektiutta. Vertailtavina olivat teatterit Münchenissä, Dresdenissä, oopperatalo *La Fenice* Venetsiassa sekä *Covent Garden* ja *Dury Lanen* teatteri Lontoossa. Tämän jälkeen Chiewitz selosti periaatteita, jotka olivat ohjanneet näyttämön ja katsomon akustista suunnittelua. Lopuksi hän huomautti rakennusmateriaalien vaikutuksesta akustiikkaan.

Johtopäätöksenä akustisista suunnitteluperiaatteista Chiewitz totesi, että tässä suhteessa mitään varmuutta ei ole. Hän vertasi teatterirakennuksia soittimiin: vaikka sama soitinvalmistaja tekisi samoista materiaaleista kaksi rakenteeltaan samanlaista soitinta, soittimet eivät välttämättä kuitenkaan soi samalla tavalla. Tätä arkkitehti piti valitettavana tosiasiana, mutta ratkaisuongelmaan oli kuitenkin se, että suunnittelijan pitää seurata parhaita mahdollisia esimerkejä. Akustisesti onnellisen lopputuloksen saavuttamiseksi Chiewitz kertoi suunnitelmansa

esikuvana olleen vuonna 1780 valmistuneen Grand Théâtre de Bordeaux'n, jonka hän sanoi toimineen mallina monelle muullekin teatterille. Enää ei ole mahdollista selvittää, oliko akustiikan suhteen oikeassa arkkitehti Chiewitz vai hänen arvostelijansa, sillä Chiewitzin teatteritalo paloi vuonna 1863, vain kolme vuotta valmistumisensa jälkeen. Sen paikalla on nykyinen Svenska Teatern, joka valmistui 1866. Kohu teatterin akustiikasta oli kuitenkin saatu aikaan.

Mielenkiintoiseksi Chiewitzin kirjoituksen tekee se, että hän näyttää olleen jossain määrin perehtynyt akustisiin kysymyksiin, vaikka totesikin suunnittelun olevan epävarmalla pohjalla. Niinpä Nya Teaternin akustiikan suunnittelu perustui hyväksi havaittujen ratkaisujen toistamiseen. Kirjoituksesta käy ilmi, että Chiewitz tunsipaitsi synnyinkaupunkinsa Tukholman teatterit, myös useita Saksan teattereita. Se, miten hän oli tutustunut Keski-Euroopan teatreihin, ei kirjoituksesta selviä, mutta uransa aiemmissa vaiheissa hän oli työskennellyt Ruotsin lisäksi Kreikassa, Ranskassa ja Englannissa [10].

4 SUOMEEN SYNTYY AKUSTIKKOJEN AMMATTIKUNTA

4.1 Taustalla akustiikan kansainvälinen kehitys

Akustiikan kehitystä oli rajoittanut 1700-luvulle saakka matemaattisten analyysimenetelmien puute ja sen jälkeen objektiivisten mittalaitteiden puute. Akustisia ilmiöitä pystyttiin pitkään todentamaan vain subjektiivisesti tutkijan kuuloaistin avulla, toisaalta ei ollut olemassa vakioäänilähteitä, jotka tuottaisivat aina samanlaisen herätteen [3]. Chiewitzin suunnitelmassa Nya Teaternia akustiikan kehitys oli alkanut ottaa yhä suurempia askeleita, mutta huoneakustinen suunnittelu jäi 1800-luvulla varsin kokemusperäiseksi ilman teoreettista taustaa [13].

Nya Teatern on toisaalta hyvä esimerkki siitä, millaisiin rakennushankkeisiin tietoa akustiikasta tarvittiin. Pari sataa vuotta aiemmin nopeutunut teollinen vallankumous oli johtanut varallisuuden kerääntymiseen porvaristolle. Tämä oli johtanut teatterin, oopperan ja konserttisesitysten kaupallistumiseen aluksi Englannissa ja Alankomaissa. 1700-luvun loppuun mennessä teatterista ja konserteista oli tullut julkista toimintaa ja suosittua ajanvietettä koko Euroopassa. Kaupallisuus tarkoitti sitä, että esitykset rahoitettiin pääsylipputulolla toisin kuin hovimusiikki, jonka yleisö oli läsnä ruhtinaan kutsusta. Musiikkielämän ja teatterin kaupallistuminen loi uusia akustisia vaatimuksia: 1700-luvun kaupalliset teatterit ja konserttisalit olivat suurempia kuin edeltäjänsä hoviteatterit ja palatsien musiikkisalit. Koska esitykset rahoitettiin pääsylipputulolla, esitystilojen ylläpito oli sitä tuottavampaa, mitä enemmän paikkoja oli. Samalla kuitenkin kuuluvuus tuli haasteellisemmaksi. Toisaalta maksava yleisö edellytti, että rahan vastineeksi se pystyi näkemään ja kuulemaan esityksen. [2, 5, 13–15]

1700-luvulla differentiaalilaskennan myötä akustiikan kehittymistä jarruttanut matemaattisten analyysimenetelmien puute alkoi poistua, ja nykyaikaisen fysikaalisen akustiikan perusta syntyi 1800-luvun kuluessa ja loppupuolella eritoten lordi Rayleigh'n (1842–1919) työn tuloksena. Rayleigh'n teoksen on sanottu merkinneen klassisen fysikaalisen akustiikan päättymistä ja tien avausta nykyaikaiseen fysikaaliseen akustiikkaan [3–4]. *The theory of sound* jäi Rayleigh'n elinaikana merkitykseltään vähäiseksi, koska mahdollisuuksia käytännön soveluksiin Rayleigh'n teorioiden perusteella ei ollut eikä mittausten menetelmiä, joilla ääni-ilmiöiden suuruutta olisi voitu mitata [4]. Ilman sähköakustisia mittalaitteita työskenteli myös Wallace Clement Sabine (1868–1919), jonka työ tiedemiehenä loi perustan paitsi huoneakustiikalle tieteenalana, myös akustiselle konsultoinnille sekä materiaalitutkimukselle ja –teollisuudelle. Kondensaattorimikrofonin keksiminen ensimmäisen maailmansodan aikana johti tieteellisen tutkimuksen nopeaan lisääntymiseen Yhdysvalloissa 1920-luvulla. Samaan aikaan alkoi myös materiaalteollisuuden, kaupallisen testaus- ja mittaustoiminnan sekä akustiseen suunnitteluun erikoistuneen insinöörikunnan laajeneminen. [5]

4.2 Akustiikkasuunnittelua 1930-luvun Suomessa

Teknillisessä Aikakauslehdessä julkaistiin vuonna 1931 diplomi-insinööri Jaakko Packalénin (1886–1935) artikkeli *Huoneakustiikasta*. Packalén oli rakennusinsinööri ja työskenteli monissa vaativissa rakennushankkeissa rakennesuunnittelijana. Lisäksi hän oli perehtynyt akustiikkaan. Artikkelinsa aluksi Packalén totesi:

Jo vuosituhansia on rakennustekniikan alalla käsitelty rakennusakustisia kysymyksiä, mutta varsinaista tieteellistä työtä tällä alalla on suoritettu vain viimeisten vuosikymmenien aikana.

Artikkelissaan Packalén selosti Sabinen työtä, jonka hän määritteli urauurtavaksi, kertoi äänen liittyvistä luonnonvakioista, rakennusmateriaalien absorptiosuhteista, jälkikaiunta-ajan laskemisesta sekä erilaisten tilojen muodon valinnasta. Artikkelinsa aluksi mainitsemansa akustiikan kehityksen viimeisten vuosikymmenien aikana Packalén tiivistä artikkelinsa päätöskappaleeseen [16]:

Katson voivani väittää, että huoneakustiikan alalla nykyisin ollaan jo siksi selvällä pohjalla, että suurin piirtein katsoen hyvä akustiikka varmuudella on jo järjestettävissä uusiin huoneustoihin ja että myös vanhat epäonnistuneet laitokset voidaan korjata. Suurinta vaikeutta tuottavat vielä äänen laatuun kohdistuvat hienoimmat vivahtukset.

Packalén käytti akustiikasta hankkimiaan tietoja monissa rakennuskohteissa. Paljon huomiota rakennusalan ammattilehdissä sai Eduskuntatalo, jonka istuntosalin kupoli verhoiltiin Yhdysvalloista tuoduilla ääntä vaimentavilla rakennuslevyillä. Istuntosalin huoneakustiikan lisäksi Packalén selvitti Eduskuntatalon välipohjarakenteiden ääneneristyksiä. Myöhemmin hän osallistui myös Messuhallin, Helsingin konservatorion konserttisalin ja Yleisradion Fabianinkadun toimitalon akustiikan suunnitteluun. [17–21]

Yleisradion puolesta teknillisenä asiantuntijana Fabianinkadun radiotalon rakennushankkeessa oli diplomi-insinööri T. K. Laakso (1899–1979). Radiotalon kellariin rakennettiin akustiikkalaboratorio, jossa tehtyjen ääneneristysmittausten tuloksia Laakso esitteli rakennusalan lehdissä [22–24]. Laakso toimi myös konsulttina jo 1930-luvulla. Hän selosti vuonna 1939 Arkkitehti-lehdessä Hotelli Aulangon juhlasalin huoneakustiikkaa suunnitellessaan käyttämiään periaatteita [25]:

[...] on erikoisesti pyritty saamaan salille sekä riittävä tavukäsitettävyyttä että myöskin kirkkaanheleä sointiväri t.s. sali on koetettu muodostaa sekä musiikki- että puheesityksiin akustisesti soveltuvaksi. Sen akustinen tulos perustuukin pääasiassa kolmeen perustekijään: salin vinokaidemuotoon, seinäpinnoilla käytettyihin n.s. vibratiokykyisiin aineisiin ja katon akustiseen käsittelyyn. Salin pohjan puolisuunnikasmuoto, t.s. seinien epäyhdensuuntaisuus pakottaa ääniaallot tasaisesti heijastumaan yli katon ja lopuksi hakeutumaan suureen aulaan, josta ne sen katon suuren vaimennuskyvyn vuoksi eivät pääse heijastumaan takaisin. Salissa on laajat lasipinnat ja seiniä peittävät puupanelit, jotka molemmat ovat n.s. vibratiokykyisiä aineita. Niiden ansiosta myöskin matalille äänille saadaan tarpeeksi vaimennusta, jolloin salin sointisävy tulee kirkkaaksi. Jotta kuitenkin salin liiallinen kaikuvaisuus tulisi alennetuksi tarpeelliseen määräänsä ja jotta katon ja lattian yhdensuuntaisuus ei saisi aikaan haitallisia äänenkasautumisia, on katto päällystetty ääntä kylliksi vaimentavalla aineella, joksi on valittu asbestikuitumassa.

Rakennesuunnittelijana työskennellyt diplomi-insinööri Uno Varjo laati 1930-luvulla myös akustiikkasuunnitelmia. Hän vastasi akustiikan suunnittelusta esimerkiksi Helsingin Yrjönkadulla sijaitsevan Keskinäisen Vakuutusyhtiö Suomen toimitalon muutos- ja laajennushankkeessa 1930-luvun lopulla. Rakennuksessa oli muun muassa elokuvateatteri [26]. Packalénin ja Laakson tapaan Uno Varjo kirjoitti useita artikkeleita akustiikasta [27–29]. Niissä hän esimerkiksi määritteli musiikki- ja puhetilän huoneakustiikan tavalla, johon 70 vuotta myöhemmin ei juuri ole lisättävää [30]:

Huoneen hyvällä akustiikalla tarkoitetaan – kuten tiedämme – äänisuhteitten sellaisia ominaisuuksia, että huoneessa esitetty puhe ja musiikki kuuluu korvaan kauniina, luonnollisena ja selvänä huoneen jokaisessa kohdassa.

Rakennusten akustiikkasuunnittelun alkaessa 1930-luvun Suomessa Teknillisessä korkeakoulussa ei ollut akustiikan oppituolia, vaan se perustettiin vasta vuosikymmeniä myöhemmin. Rakennusakustiikan oppituolia – kuten tiedämme – ei ole maassamme vieläkään. Suomen omat resurssit tehdä tutkimusta tai kehittää uutta teknologiaa olivat toisin sanoen hyvin rajalliset. Packalénin, Laakson ja Varjon kirjoittamista artikkeleista käy ilmi, että he olivat hankineet tietonsa akustiikasta ulkomailta. Artikkelinsa johdannossa vuonna 1931 Packalén totesi Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen urauurtavaksi ja Euroopassa Saksan käyvän tutkimuksen etunenässä. Myös Uno Varjo ja T. K. Laakso olivat artikkeleistaan päätellen hankineet tietämyksensä akustiikasta näistä maista peräisin olevasta kirjallisuudesta sekä Ruotsista.

5 AKUSTIIKAN MERKITYS RAKENTAMISESSA ON TIEDETTY KAUAN

Akustiikkaa koskeneiden sanomalehtiartikkelien määrä 1800-luvun alkupuolella ei ollut suuren suuri, mutta joka tapauksessa se osoittaa, että Suomessa ainakaan sanomalehtiä lukeneelle, opillista sivistystä saaneelle kansanosalle akustiikan tunteminen käsitteenä ei ollut mahdollista lähes 200 vuotta sitten. Myöhemmin 1800-luvulla kotimaisessa keskustelussa heijastuu kansainvälinen kehitys: teatterirakennusten, konserttisalien ja muiden rakennusten suunnittelussa tarvittiin tietoa akustiikasta, mutta sitä ei ollut riittävästi olemassa. Näin ollen suunnittelijat joutuivat turvautumaan kokemusperäisiin havaintoihin ja hyväksi todettujen ratkaisujen toistamiseen.

Tieteelliseen tietoon perustuva rakennusten akustiikkasuunnittelu alkoi Suomessa suunnilleen samaan aikaan kuin muuallakin maailmassa: 1930-luvulla Suomeen syntyi akustiikan asiantuntijoiden ammattikunta. Nämä asiantuntijat suunnittelivat samanlaisia rakennuksia kuin nykyisetkin asiantuntijat: konserttisaleja, elokuvateattereita, studioita, puhesaleja, toimistorakennuksia, hotelleja. Tieteelliseen tietoon perustuvalla akustiikkasuunnittelulla on Suomessa siten jo noin 80 vuoden perinteet. Vaikka näin onkin, muuten olen sitä mieltä, että Suomessa tarvitaan akustiikan oppituolit teknillisten yliopistojen rakennusteknillisissä tiedekunnissa. Vasta sitten akustiikka voi muuttua rakentajien mielissä uudesta asiasta vanhaksi ja itsestään selväksi.

VIITTEET

1. BEYER R T, *Sounds of our times – two hundred years of acoustics*. Springer-Verlag, New York 1998.
2. GOUK P, *Music, science and natural magic in seventeenth-century England*. Yale University Press, London 1999.
3. HUNT F V, *Origins in acoustics – The science of sound from antiquity to the age of Newton*. Yale University Press, New Haven 1978.

4. LINDSAY R B, The story of acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America* **39**(1966)4, s. 629–644.
5. THOMPSON E, *The soundscape of modernity – Architectural acoustics and the culture of listening in America, 1900–1933*. The MIT Press, Cambridge 2002.
6. WAHLSTRÖM E, *Tanssiva pappi*. Schildts Kustannus Oy, Helsinki 2004.
7. LUUKKANEN T-L, Uno Cygnaeus – kansakoulujen ylitarkastaja, pappi. *Suomen Kansallisbiografia* 2, s. 310–315. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Helsinki 2003.
8. <http://digi.lib.helsinki.fi/sanomalehti/>, luettu 11.4.2009.
9. Åbo Underrättelser 18.5.1858.
10. VALANTO S, Georg Theodor Chiewitz – lääninarkkitehti. *Suomen Kansallisbiografia* 2, s. 189–190. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Helsinki 2003.
11. Wiborg 17.3.1858.
12. CHIEWITZ, G TH, Till redaktionen af tidningen Åbo Underrättelser. *Åbo Underrättelser* 6.4.1858.
13. WEINZIERL S, *Beethovens Konzerträume – Raumakustik und symphonische Aufführungspraxis an der Schwelle zum modernen Konzertwesen*. Verlag Erwin Bochinsky, Frankfurt am Main 2002.
14. BERANEK L, *Concert halls and opera houses – Music, acoustics, and architecture*. Springer-Verlag, New York 2004.
15. SKODA R, *Die Leipziger Gewandhausbauten*. Verlag Bauwesen, Berlin 2001.
16. PACKALÈN J, Huoneakustiikasta. *Teknillinen Aikakauslehti* **10**(1931), s. 495–501.
17. PACKALÈN J, Eduskuntatalon rakennusteknisestä puolesta. *Arkkitehti* **1**(1931), s. 86–89.
18. SIRÈN J S, Eduskuntatalo – muutamia muistiinpanoja rakennusajalta. *Rakennustaito* **12–13**(1931), s. 171–185.
19. HAKALA-ZILLIACUS L-M, *Suomen Eduskuntatalo* (2. p.). Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 875, Helsinki 2002.
20. HYTÖNEN A & LUUKKONEN R-V, Messuhalli – ensimmäinen rakennusvaihe. *Arkkitehti* 1935, s. 121–126.
21. SCHRODERUS E, Huoneakustiikasta. *Arkkitehti* **1**(1935), s. 6–12.
22. LYYTINEN E, Perustamisesta talvisotaan. *Yleisradion historia – 1. osa*, s. 11–128. Yleisradio Oy, Helsinki 1996.
23. LAAKSO T K, Rakennusten akustisista kysymyksistä. *Teknillinen Aikakauslehti* **7–8**(1937), s. 259–276.
24. LAAKSO T K, Rakennusten ääneneristyksestä. *Rakennustaito* **4**(1937), s. 55–61.
25. LAAKSO T K, Hotelli Aulangon akustiikkakäsittely. *Arkkitehti* **1**(1939), s. 14–15.
26. HYTÖNEN A & LUUKKONEN R-V, Keskinäisen Vakuutusyhtiö Suomen uutisrakennus ja toimitalon muutostyö. *Arkkitehti*(1939), s. 103–113.
27. VARJO U, Huonerakennusten äänen eristyksistä. *Teknillinen Aikakauslehti* **5–6**(1936), s. 226–229.
28. VARJO U, Huoneakustiikka ja äänen eristys. LINDBERG C (toim.), *Keksintöjen kirja: Rakennustaide ja rakennustekniikka*, s. 799–808. Werner Söderström Osakeyhtiö, Helsinki 1938.
29. VARJO U, Äänen eristys. *Arkkitehti* (1938), s. 114–115.
30. VARJO U, Huoneakustiikasta. *Rakennustaito* **12**(1937), s. 216–219.