

KANSALLISOOPPERAN ORKESTERIHARJOITUSSALIN HUONEAKUSTIIKAN ONGELMAT

Mikko Kylliäinen¹, Heikki Helimäki²

¹ Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy
Hermiankatu 6-8 H
33720 Tampere
mikko.kylliainen@helimaki.fi

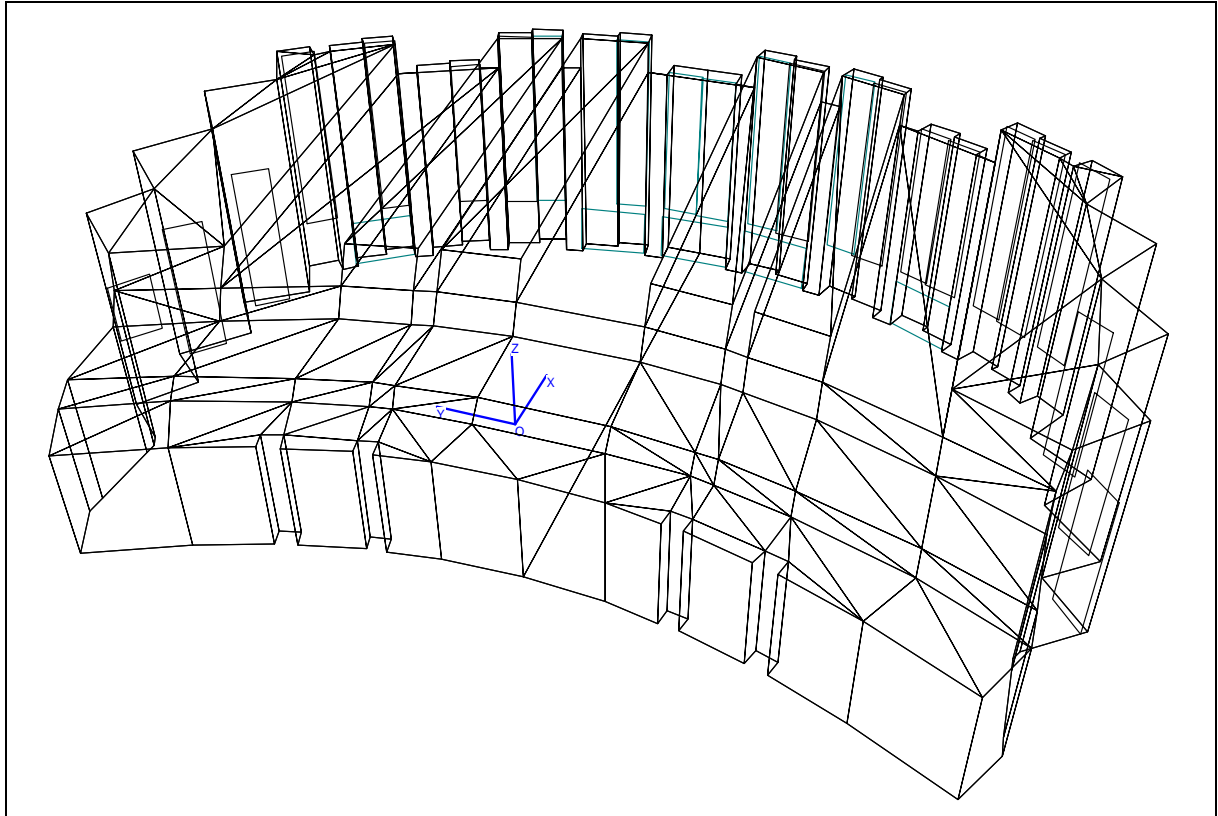
² Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy
Apollonkatu 10 B
00100 Helsinki
heikki.helimaki@helimaki.fi

1 HISTORIA

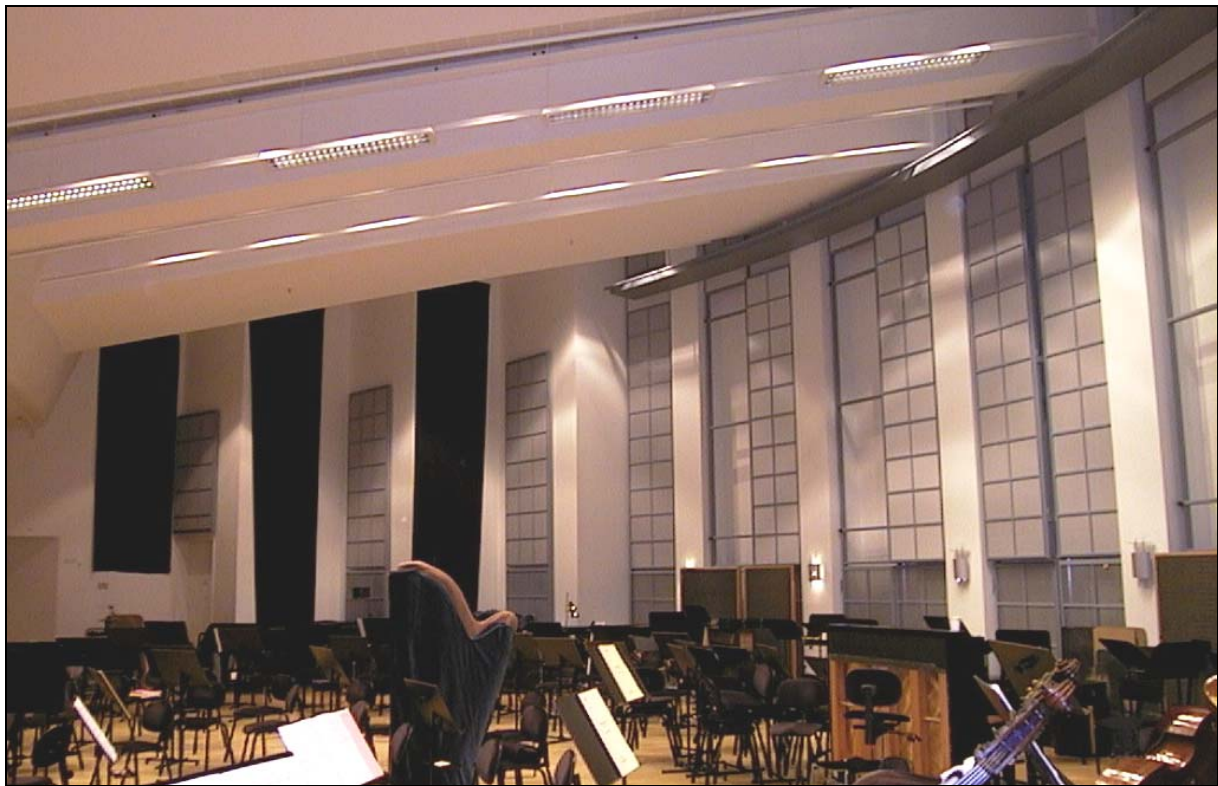
Kansallisoopperan Töölönlahden rannalle valmistuneen talon vihkiäiskonsertti pidettiin syksyllä 1993. Rakennushankkeen myöhäisessä vaiheessa pääkatsomon alle nuottivarastoksi suunniteltu tila oli päätetty muuttaa orkesterin harjoitussaliksi. Tilan perusmuotoon ei tällöin enää ollut mahdollista vaikuttaa. Tilassa on kaaren muotoinen etu- ja takaseinä ja taaksepäin nouseva vino katto (kuva 1). Salin sivuseinillä on levyrakentein toteutettu symmetrinen sahalaitakuvio. Salin kaarevan takaseinän yläosassa on muunteluelementtejä, joissa toisella puolella on heijastava pinta ja toisella 100 mm paksu mineraalivilla. Elementtien alapää on noin 2 m korkeudella salin lattiasta. Osalla kattopintaa on myös 100 mm paksu mineraalivillakerros. Muilta osin kaikki salin näkyvät seinä- ja kattopinnat ovat kaksinkertaisia sileitä kipsilevyrakenteita.

Tilan huoneakustiikkaa on pidetty ongelmallisena alusta saakka: aluksi orkesterinjohtajan paikka oli takaseinän lähellä, mutta soittosuunta on myöhemmin käännetty päinvastaiseksi niin, että johtajan paikka on lähellä etuseinää salin matalammalla puolella. Sivuseinät ja salin nurkat synnyttävät tilaan erityisesti salin leveyssuunnassa vaakasuuntaisia tärykaikukenttiä, joihin on yritetty vaikuttaa lisäämällä sivuseinille mineraalivillaa ja verhoja. Lisäksi salin säteen suuntaisia heijastuksia takaseinän alaosan kautta on pyritty estämään tuomalla saliin ääntä vaimentavia seinäkkeitä. Nämä toimenpiteet eivät kuitenkaan ole riittävästi parantaneet tilannetta, sillä mineraalivillakerrokset eivät kata sivuseinien koko pinta-alaa ja verhot ovat liian ohuita toimiakseen absorptiomateriaalina (kuva 2). Osa soittajista, mutta erityisesti ylikapellimestari on kokenut tilanteen ongelmalliseksi: orkesterin harjoittaminen ja virheiden paikallistaminen on ollut hankalaa, koska ääni heijastuu orkesterinjohtajan paikalta katsottuna voimakkaasti muun muassa takaviistosta salin etunurkista.

Kansallisooppera teetti kesällä 2004 orkesteriharjoitussalin ongelmien tutkimiseksi huoneakustisen selvityksen: salin huoneakustiset parametrit mitattiin ja salista laadittiin huoneakustinen malli, jonka avulla salin ongelmakohdat voitiin todentaa ja laatia suunnitelma huoneakustiikan parantamiseksi.



Kuva 1. Kansallisoopperan orkesteriharjoitussalin muoto.



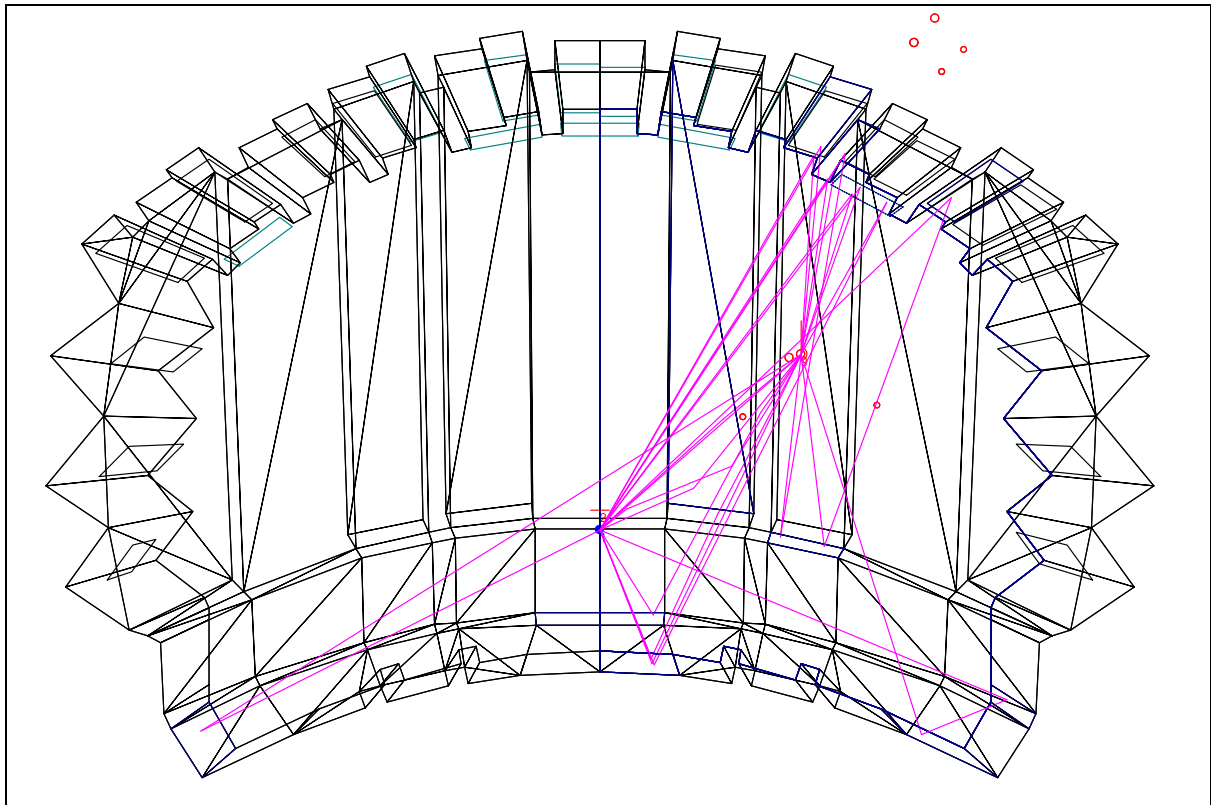
Kuva 2. Orkesteriharjoitussalin kaarevan takaseinän yläosassa on muunteluelementtejä (oikealla). Salin sahalaitakuvioisille sivuseinille on salin valmistumisen jälkeen asennettu mineraalivillaa sekä verhoja, mutta ne eivät ole olleet riittäviä huoneakustiikan parantamiseksi (vasemmalla).

2 HAVAINNOT

Orkesteriharjoitussalin huoneakustiset parametrit mitattiin orkesterinjohtajan korokkeelta siten, että äänilähdettä siirrettiin eri paikkoihin ympäri salia. Salin huoneakustiset parametrit on esitetty taulukossa 1. Mittausten aikana tehtiin myös aistihavaintoja. Mittausten ja aistihavaintojen perusteella orkesteriharjoitussalin huoneakustiset ongelmat johtuvat seuraavista syistä:

- salin takaseinän muunteluelementit alkavat liian korkealta, jolloin salin alaosaan syntyy vaakasuora vaakasuora äänikenttä, joka ei vaimene.
- tärykaikujen estämiseksi sivuseinille jälkeensä asennetut elementit eivät poista kokonaan tärykaikua, sillä elementtien viereen jää pinta, josta tärykaiku pääsee syntymään (kuva 2). Lisäksi yhdellä sivuseinän osalla on äänitystarkkaamoon johtava ovi, jonka kohdalla vaimennuselementtiä ei ole.
- orkesteriharjoitussalin sisäänkäynnit sijaitsevat etuseinien nurkissa. Nurkkien täysin sileistä ja vaimentamattomista pinnoista syntyy voimakkaita äänikeskittymiä, joiden johdosta ääni paikallistuu täysin väärään suuntaan toiselle puolelle tilaa.

Mittausten ja aistihavaintojen lisäksi orkesteriharjoitussalin huoneakustiikkaa tutkittiin myös tietokonemallinnuksella, johon käytettiin Odeon 6.5 -ohjelmaa. Huoneakustinen malli sovitettiin mittaustuloksiin, minkä jälkeen sen avulla saatiin vahvistetuksi mittausten aikana tehdyt aistihavainnot: sivuseinien välille syntyy vaakasuuntaisia tärykaikukenttiä ja orkesterinjohtajan paikka saa myöhäisiä heijastuksia salin etunurkista (kuva 3).



Kuva 3. Orkesteriharjoitussaliin syntyvät tärykaiut ja voimakkaat äänen keskittymät salin etunurkista näkyvät myös salin huoneakustisessa mallissa.

Taulukko 1. Orkesteriharjoitussalin huoneakustisia parametreja keskiarvona 17 pisteessä tehdyistä mittauksista.

Parametri	Oktaavikaista [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T_{30} [s]	1,08	1,04	1,06	0,94	0,94	0,96	0,92	0,85
C_{50} [dB]	2,65	1,20	0,92	1,76	1,91	1,95	1,81	2,19
C_{80} [dB]	4,61	3,92	4,06	4,56	4,86	4,71	4,99	5,54
D_{50} [%]	81,7	56,9	55,0	59,4	60,4	59,6	62,1	74,6

3 RATKAISUT

Orkesteriharjoitussalin huoneakustisessa mallissa näkyi selvästi, että heijastukset eivät saavu orkesterinjohtajan paikalle joka suunnasta niin kuin niiden tasapainoisesti soivassa tilassa pitäisi saapua. Äänikenttä pyrkii muodostumaan jossain määrin salin säteen suuntaiseksi, salin leveysuuntaiseksi tai salin etunurkkien kautta kiertäväksi. Korjausratkaisujen lähtökohdaksi tuli siten pyrkimys hajottaa sekä vaimentaa äänikenttää. Toimenpiteiden tiedettiin johtavan jälkikaiunta-ajan lyhenemiseen, mutta tarvittaessa lyhenemistä voitaisiin kompensoida sulkemalla takaseinän yläosan muunteluelementtejä. Hajottamalla ja vaimentamalla äänikenttää pyrittiin vähentämään orkesterinjohtajan paikalle saapuvia myöhäisiä heijastuksia eli suunnittelukriteereinä käytettyjen huoneakustisten parametrien C_{50} , C_{80} ja D_{50} tuli kasvaa. Tietokonemallinnuksella tutkittiin erilaisia korjausvaihtoehtoja, joista tärkeimmiksi katsottiin:

1. Salin etunurkkien sileät seinäpinnat vaimennetaan mineraalivillalla (kuva 4).
2. Kaarevan takaseinän alaosan vaimentaminen mineraalivillalla. Kaikkiin paikkoihin mineraalivillaa ei ollut mahdollista asentaa, sillä salin ilmastonin tuloilma johdetaan takaseinän alaosan kautta.
3. Salin sivuseinille myöhemmin tärykaiun vaimentamiseksi tehtyjä elementtejä laajennetaan seinien koko alalle. Samoin äänitystarkkaamon ovi peitetään mineraalivillalla.

Lisäksi ehdotettiin, että salin kaareva etuseinä tulisi muuttaa diffuosoivaksi, samoin seinän kaarevan takaosan mineraalivillapintojen väliin jäävät sileät kipsilevyseinät alaosaltaan. Mallinnuksella tutkittiin myös, kuinka soittosuunnan muuttaminen vaikuttaisi orkesterinjohtajan tilanteeseen. Alkuperäinen soittosuunta, jossa johtajan paikka oli takaseinän keskellä, osoitautui kuitenkin selvästi ongelmallisemmaksi, joten aikanaan tehty ratkaisu suunnanmuutoksesta on ollut oikea.



Kuva 4. Orkesterisalin etunurkasta syntyvät äänikeskittymät ja äänen paikallistuminen väärään paikkaan on estetty vaimentamalla nurkan sileät seinäpinnat.

Orkesterisalin huoneakustisia parametreja ei ole ollut mahdollista mitata korjausten jälkeen. Saliin on tehty vain osa suunnitelluista parannuksista, mutta nähtävästi niilläkin on pystytty poistamaan suurimmat ongelmat, sillä Kansallisoopperan kiinteistöstä vastaavien henkilöiden mukaan orkesteriharjoitussalin huoneakustiikan ongelmia koskevia valituksia ei ole enää tullut.