

MOSKOVAN P. I. TCHAIKOVSKY KONSERVATORION SUUREN SALIN AKUSTIIKKA

Henrik Möller, Sara Vehviläinen, Dmitri Tishko, Thomas Wulfrank¹ and Sergey I Rozanov²

Akukon Oy
Kornetintie 4 A, 00380 HELSINKI
henrik.moller@akukon.fi

¹Kahle Acoustics, Brussels, Belgia

²Moscow P.I. Tchaikovsky Conservatory, Moskova, Venejä

1 JOHDANTO

Moskovan P. I. Tchaikovsky -konservatorio sijaitsee 1900-luvulta peräisin olevassa rakennuksessa keskellä Moskovaa. Suuri Konserttisali (Bolshoi Sal) on todennäköisesti yksi Venäjän pidetyimmistä konserttisaleista, sekä muusikoiden että yleisön puolesta. Salia remontoidaan parhaillaan, ja se avataan kesällä kansainvälistä Tchaikovsky-kilpailua varten.

Remontin suunnittelun yhteydessä salin akustisia olosuhteita tutkittiin saliakustisin mittauksin, kuuntelutestein sekä yleisölle ja muusikoille tehdyn kyselytutkimuksen avulla. Lisäksi salia on tutkittu sekä 1:20 pienoismallin että tietokonemallin avulla.

2 YLEISKUVAUS SALISTA

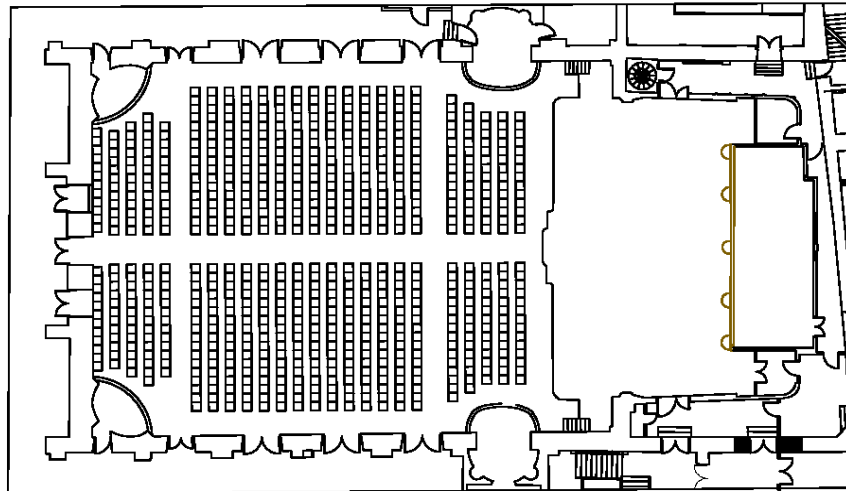
Bolshoi Sali on periaatteessa kenkälaatikon muotoinen. Salissa on yksi hyvin syvä takaparveke ja yksi kerros sivuparvekkeita, joka ulottuu noin 3 m näyttämön reunalta. Salin näyttämö on semi-proceniium, tarkoittaen että noin puolet näyttämöstä on proceniiumin (näyttämöaukon) takana ja puolet etupuolella.

Salin kokonaispituus (takaseinästä urkujen etupintaan) on 56 m, ja näyttämön etureunasta takaseinään 45 m. Salin kokonaisleveys on 21,8 m ja leveys parvekkeiden välillä on 17 m. Salin kokonaiskorkeus on 17,7 m

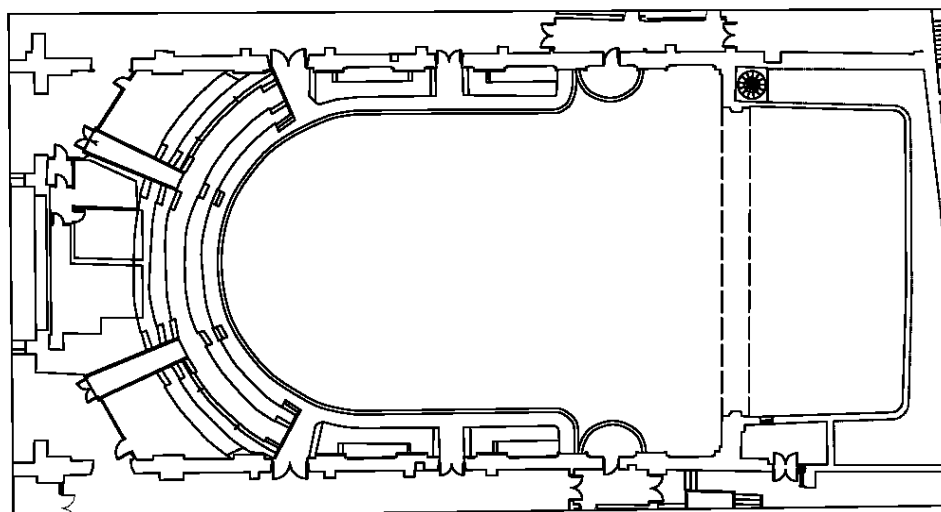
Näyttämön korkeus on 12 m ja syvyys noin 10,7 m, mitattuna näyttämön etureunasta urkuihin asti. Varsinaisen näyttämöaukon leveys on 17,4 m ja katon korkeus näyttämöaukon takana on 11 m. Salissa on kaiken kaikkiaan 1737 istuinpaikkaa.

Suurin osa salin pinnoista on ornamentoitu. Permannon ja sivuparvekkeiden tuoleissa on ohut istuin- ja selkänojapehmuste. Takaparvekkeen penkit ovat täysin kovia.

Remontin tarkoitus on ehostaa ja korjata kaikki pinnat ja uusia talotekniikka, mutta ehdottomasti säilyttää salin akustiset olosuhteet.



Kuva 1: *Permannon pohjakuva*



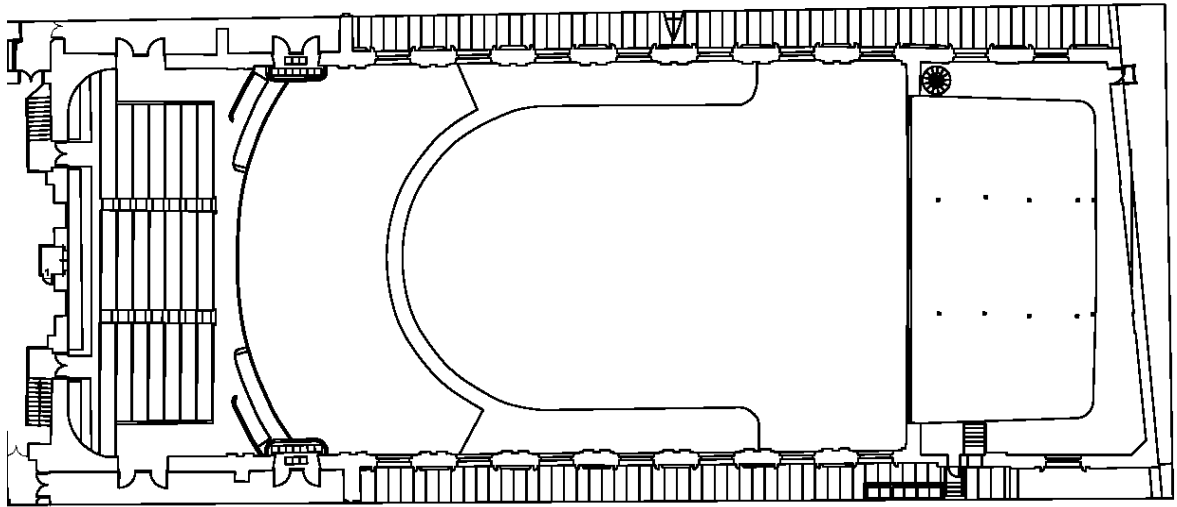
Kuva 2: *Alimman parveketason pohjakuva*

3 MITTAUSTULOKSET

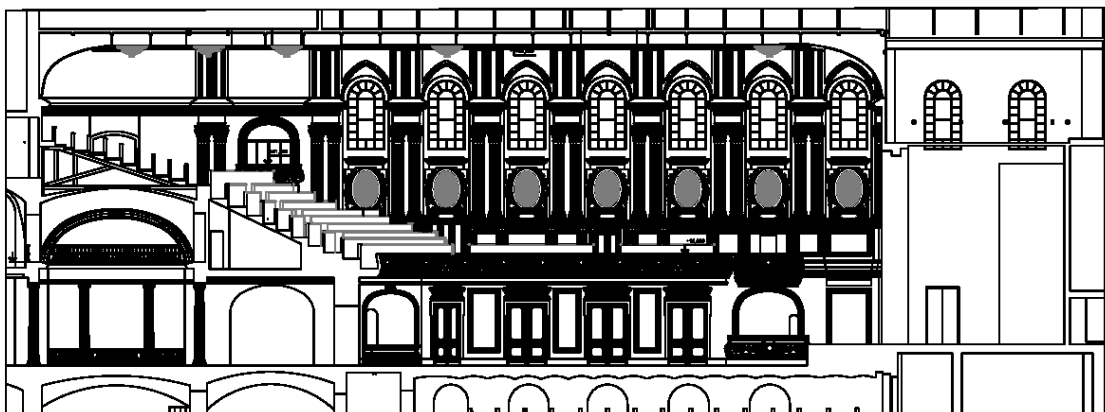
3.1 Tausta

Salissa suoritettiin sekä akustiset mittaukset että subjektiiviset kuuntelutestit. Lisäksi salin akustisia olosuhteita testattiin sekä 1:20 pienoismallin että tietokonemallin avulla.

Tässä paperissa on esitetty vain valikoidut mittaustulokset. Enemmän tuloksia on esitetty viitteessä [4].



Kuva 3: Ylimmän parveketason pohjakuva

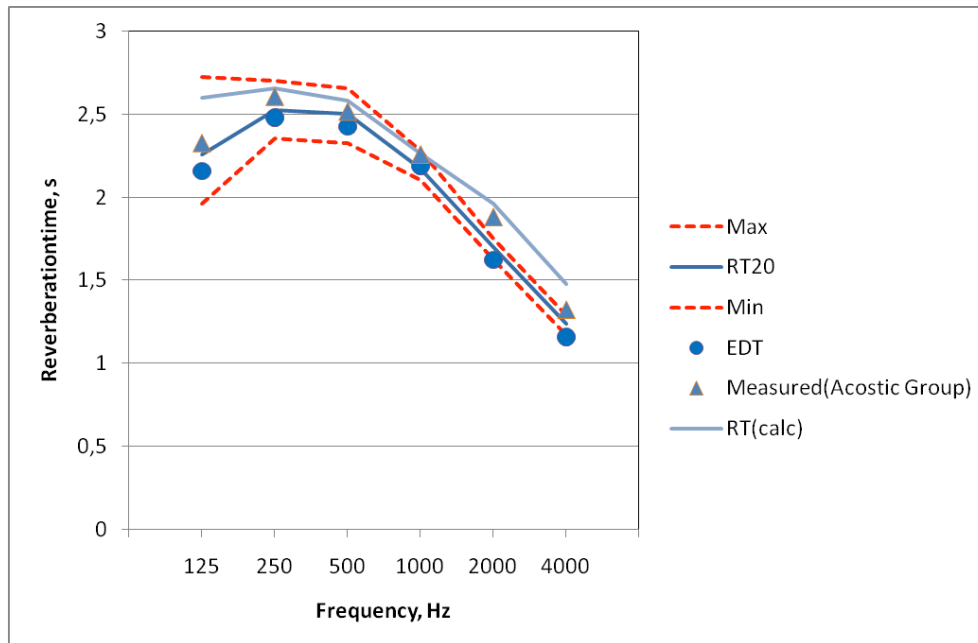


Kuva 4: Salin pitkittäisleikkaus

3.2 Yleisöparametrit

Kuvassa 5 on esitetty tyhjän salin jälkikaiunta-aika (RT20) ja varhainen vaimennusaika (EDT). Lisäksi on esitetty tietokonemallissa laskettu jälkikaiunta-aika (RT(calc)).

Kuten kuvasta käy ilmi, mitatut ja simuloidut arvot ovat hyvin lähellä toisiaan, paitsi 125 Hz:in oktaavissa. Makrinenkon ja Lannien vuonna 1988 tekemät mittaukset [1], osoittivat jonkin verran pitempää jälkikaiunta-aikaa sekä 125 Hz:n että 250 Hz:in oktaavissa. Suurin syy tähän on todennäköisesti, että permannon lattian akustiset ominaisuudet ovat muuttuneet viimeisen 20 vuoden aikana. Nykyinen lattia oli hyvin joustava, osittain siksi että osa kantavista rakenteista oli antanut periksi. On melko selvää, että tällä on iso vaikutus mittaus tuloksiin, ainakin tyhjässä salissa.



Kuva 5: Mitattu ja simuloitu jälkikaiunta-aika, max ja min arvot sekä aikaisemmin mitatut arvot ja varhainen vaimennusaika (EDT).

Joka tapauksessa, kun yhdistettiin mittaustulokset ja kyselytutkimuksen tulokset, on selvää ettei lyhyempää jälkikaiunta-aikaa bassotaajuuksilla ole koettu ongelmalliseksi.

Konsertin aikana tehdystä äänityksestä jälkikaiunta-aika täydessä salissa on arvioitu 1,9 s keskitaajuuksilla.

On selvää, että mitattu jälkikaiunta-aika on verrattavissa maailman parhaisiin saleihin.

Taulukko 1. Eräiden salien jälkikaiunta-aika keskitaajuuksilla.

Sali	paikkoja	RT ₆₀
Boston Symphony Hall	2625	2,5 s
Concertgebouw, Amsterdam	2040	2,5 s
Usher Hall, Edinburgh	2548	2,0 s
Musikverein, Wien	1600	2,0 s
Sibelius Hall, Lahti	1500	2,4 s
Bolshoi Hall, Moskova	1737	2,4 s

Yleisesti mitattu ja laskettu Selvyys (C_{80}) korreloivat hyvin keskenään. Ero mitattujen ja laskettujen arvojen välillä on vähemmän kuin standardipoikkeama, lukuun ottamatta 2000 Hz ja 4000 Hz oktaaveissa.

Selvyys keskitaajuudella on -2,6 dB, joka on Viennan Musikvereinin ja Amsterdamin Concertgebouwin arvojen ja uudemmissa konserttisaleissa mitattujen tyypillisten C_{80} -arvojen välimaastossa. Tämä on ymmärrettävää, kun otetaan huomioon Musikvereinin, Concertgebouwin ja Bolshoi salin geometriset eroavaisuudet.

Keskimääräinen voimakkuus (Strength) keskitaajuuksilla on 5,0 dB, joka yleisesti hyväksytyllä ideaalialueella klassisille konserttisaleille (normaalisti ideaalina pidetään väliä 3-6 dB).

Kuten voidaan odottaa, voimakkuusarvot ovat hieman korkeammat permannolla, mutta hieman yllättäen mitatut arvot olivat varsin hyvät myös takaparvekkeilla, poiketen vain noin 0,5 dB permannon arvoista.

3.3 Lavaparametrit

Kuten voidaan odottaa salilta, jossa on jonkinlainen näyttämöaukko, varhainen vaimennus näyttämöllä EDTP on huomattavasti matalampi kuin muualla (EDT). Muusikoille tehdyn kyselytutkimuksen perusteella tätä ei kuitenkaan pidetty ongelmallisena.

Mitattujen ja laskettujen suuri ero matalilla taajuuksilla selittyy pääosin mittauksiin liittyvillä epävarmuuksilla. STtotal-arvoille mitattujen ja laskettujen arvojen vastaavuus oli varsin hyvä, kun taas STearly-arvoilla erot olivat hieman suurempia. Yksi selitys on se, että Stearly-arvot ovat herkempiä näyttämön layoutille, eli orkesterituolien ja telineiden määrälle ja sijoittelulle. Tätä ei tietenkään voida simuloida tietokoneilla – ainakaan nykyisillä – mutta mittaukset tehdään tavallisesti siten, että näyttämö on kalustettu. Joka tapauksessa mitatut arvot eivät indikoineet mitään ongelmia siinä, ettei näyttämö antaisi tarvittavaa tukea.

4 YHTEENVETO

Esitetyt mittaukset ja tutkimukset periaatteessa osoittavat, että P.I. Tchaikovsky -konservatorion Bolshoi Salilla on oikein hyvä akustiikka, joka on täysin vertailukelpoinen muiden 19. vuosisadan suurten salien kanssa.

Salin layoutia tarkasteltaessa huomataan, että sali poikkeaa tyypillisestä kenkälaatikkomallista joiltain osin: siinä on syvä takaparveke ja näyttämöaukko. Molempia ominaisuuksia voitaisiin pitää akustisina heikkouksina, erityisesti ajatellen katselulinjaa takaparvekkeen takaosasta.

Kuitenkin sekä mittaukset että kuuntelukokemukset salissa osoittavat, että salin akustiset ominaisuudet ovat yleisesti erittäin hyvät, ja jopa takaparvekkeella aivan hyväksyttävät.

Yllättäen tutkimukset eivät myöskään paljastaneet mitään isompia ongelmia äänen heijastumisessa näyttämön takaosasta eikä tasapainossa näyttämön etu- ja takaosien välillä. Tätä kannattaisi tutkia lisää.

VIITTEET

1. L.I. MAKRINENKO, M. YU. LANNIE ET AL, Acoustics of the Bolshoi Hall of the Moscow Conservatory”, *Structural and acoustic means and methods of noise protection* (Moscow, 1989, PP.169)
2. MÖLLER H & HYDE J, Behavior of lateral energy in small concert halls, *Proceedings of the 19th ICA*, 2007, Madrid
3. PELTONEN T, A Multichannel Measurement System for Room Acoustics Analysis, M.Sc. Thesis, *Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing, Department of Electrical and Communications Engineering, Helsinki University of Technology* 2000.
4. MÖLLER H, VEHVILÄINEN S, TISHKO D, WULFRANK T & ROZANOV S, Acoustic description of the Great hall of the Moscow P. I. Tchaikovsky Conservatory, *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010*, 23-27 August 2010, Sydney, Australia