

Wilma Riiheläinen

TAMPEREEN RAATHUONEEN JUHLASALIN AKUSTIIKKA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Mikko Kylliäinen
Toukokuu 2024

TIIVISTELMÄ

Wilma Riiheläinen: Tampereen raatihuoneen konserttisalin akustiikka
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2024

Tampereen Raatihuoneen juhlasalissa järjestetään erilaisia tapahtumia, tämän tunnelman ja monipuolisen akustiikan ansiosta. Myös konsertteja on järjestetty siitä asti, kun rakennus valmistui vuonna 1889. 1800-luvulla raatihuoneiden juhlasaleja käytettiin usein konserttisaleina, koska muita tiloja ei ollut. Tampereen Raatihuoneella järjestetään edelleen konsertteja, erityisesti klassisia- ja kamarimusiikkikonsertteja. Konserttisalien akustiikkaan vaikuttavat tekijät ovat muun muassa tilan muoto ja suuruus sekä yleisön ja orkesterin suuruus. Tämän työn tavoitteena on tutkia Tampereen raatihuoneen juhlasalin akustiikkaa näiden tekijöiden avulla sekä laskea juhlasalin jälkikaiunta-aika Sabinen määritelmän avulla. Juhlasalia tarkastellaan konserttisalina, vaikka kyseisessä salissa järjestetään myös muita tapahtumia.

Salin jälkikaiunta-aika on se nopeus, jossa ääni vaimenee sen jälkeen, kun äänilähde on suljettu. Tässä työssä käytetään Sabinen määritelmää jälkikaiunta-ajasta, joka kuvaa nopeutta, jolloin äänentaso laskee 60 dB. Jälkikaiunta-ajan laskemiseen tarvitaan tilan tilavuus sekä kokonaisabsorptioala. Tulokseksi saatiin 2,1 s 500 Hz keskitaajuudella. Virheitä on kuitenkin saattanut syntyä siitä, että lasku tehtiin yksinkertaisempänä ja absorptiosuhteet otettiin tutkimuskirjallisuudesta, sen sijaan, että ne olisi mitattu juuri kyseisen tilan materiaaleille. Tulos on kuitenkin lähellä muiden samanlaisten juhlasalien jälkikaiunta-aikaa.

Laskennan tuloksen ja konserttiarvosteluiden avulla selviää, että Tampereen Raatihuoneen juhlasalin akustiikkaa soveltuu hyvin klassisen musiikin konserteille. Raatihuoneen muoto ja suuruus on suotuista ja vaikuttaa positiivisesti jälkikaiunta-ajan suuruuteen. Konserttiarvostelut tukevat tämän työn johtopäätöksiä.

Avainsanat: Tampereen Raatihuone, jälkikaiunta-aika, absorptio

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
2.1 Aineistot.....	3
2.2 Tampereen Raatihuoneen rakennushistoria	3
2.3 Konsertit Tampereen raatihuoneen juhlasalissa	5
2.3 Äänen absorptio ja jälkikaiunta-aika.....	7
3. JUHLASALIN AKUSTIIKKA	9
3.1 Juhlasalin jälkikaiunta-aika	9
3.2 Juhlasalin koko ja muoto	13
3.3 Orkesterin ja yleisön suuruus.....	14
3.4 Akustiikan parannusvaihtoehtoja	15
3.5 Nykyiset vaatimukset.....	16
4. YHTEENVETO.....	17
LÄHTEET	18
LIITE A.....	20

1. JOHDANTO

Klassisen musiikin konsertit pidettiin ennen ja pidetään edelleen tunnelmallisissa raati- ja seurahuoneissa. Kamariyhtye Pirkanmaan barokki esitti tammikuussa Antonio Vivaldin Vuodenajat Talvi-konserton Tampereen Raatihuoneella. Hautalan (2024) mukaan raatihuone toimi täydellisesti konserttisalina kyseiselle konsertolle sekä akustiikan että tunnelman puolesta.

Raati- ja seurahuoneita rakennettiin paljon Suomessa 1800-luvulla. Juhlasalien tarve kasvoi, koska seuraelämä siirtyi yksityisistä tiloista julkisiin 1700-luvun lopulla. Ensimmäinen musiikkisalina toiminut raatihuone valmistui Viipurissa vuonna 1797. Viipurin raatihuoneessa järjestettiin sinfoniakonsertteja ja monet kuorot sekä orkesterit esiintyivät tässä juhlasalissa. (Niskanen 2008) Konsertteja järjestettiin raati- ja seurahuoneissa, kunnes ensimmäinen nykyaikainen konserttisali, Helsingin konservatorion konserttisali, otettiin käyttöön 1930-luvun alussa (Hämäläinen 2020).

Myös Tampereen Raatihuoneella on pitkä historia. Juhlasalia käytettiin aktiivisesti, koska sali oli vuosikymmenten ajan tärkeä ja myös paras musiikkisali kaupungissa. Raatihuoneella esiintyi kotimaisia sekä kansainvälisiä tähtiä 1800-luvun lopulla. Jean Sibeliuksen konsertit olivat niin suosittuja tapahtumia raatihuoneella, että juhlasali täyttyi helposti. Tampereen kaupunginorkesteri aloitti toimintansa vuonna 1947. Kamarimusiikkikonsertteja järjestetään edelleen kerran vuodessa. (Järvelä 2007)

Tampereen Raatihuoneen juhlasalin akustiikkaa tutkiessa on hyvä saada laaja yleiskuva historiasta. Tämän myötä tässä työssä keskitytään myös kirjallisuustutkimukseen ja raatihuoneen rakennus- sekä konserttihistoriaan. Raatihuoneella järjestetään erilaisia tapahtumia, kuten vastaanottoja, juhlia, lounaita ja lehdistötilaisuuksia (Allinniemi, henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2024). Tässä työssä fokusoidaan kuitenkin juhlasalin akustiseen toimivuuteen konserttien aikana.

Tämän työn tavoitteena on tutkia Tampereen raatihuoneen juhlasalin akustiikkaa. Akustiikan laatuun vaikuttavat esimerkiksi äänen absorptio, jälkikaiunta-aika, ja tilan koko. Konserttisaleissa on lisäksi otettava huomioon yleisön ja orkesterin suuruus. Tavoitteena on selvittää konserttisalin jälkikaiunta-aika ja verrata niitä nykyajan käsityksiin sekä nykyajan konserttisaleihin. Lisäksi pohditaan juhlasalin muotoa ja kokoa, sekä yleisön ja orkesterin vaikutusta akustiikkaan. Työssä pohditaan myös, miten juhlasalin akustiikkaa

voitaisiin parantaa. Lopuksi analysoidaan jälkikaiunta-aikaa sekä muita akustiikkaan vaikuttavia tekijöitä, jotta voidaan tehdä johtopäätös juhlasalin akustiikasta. Sanomalehdistä löytyvät arvostelut otetaan myös huomioon lopullisessa pohdinnassa.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Aineistot

Tässä kandidaatintyössä käytetään kirjallisten ja artikkelien tietoa. Tutkimuskirjallisuudesta löytyy yleistietoa huoneakustiikasta ja määritelmät käsitteille. Tutkimuskirjallisuudesta saadaan myös tietoa Tampereen Raatihuoneen historiasta. Historian tutkiminen on tärkeää, koska se luo yleiskuvan raatihuoneen juhlasalin käytöstä. Järvelä (2007) kertoo kirjassaan Tampereen Raatihuoneen rakennushistoriasta sekä merkittävistä historian tapahtumista, jotka ovat vaikuttaneet raatihuoneen toimintaan. Raatihuoneissa on vuosien varrella ollut erilaista toimintaa. Niskanen (2008) on tutkinut suomen musiikkihistoriaa ja erityisesti raati- ja seurahuoneiden juhlasalien toimintaa konserttisaleina. Tampereen raatihuoneen juhlasalissa järjestetään monenlaisia tapahtumia, mutta tässä työssä tutkitaan juhlasalin toimintaa konserttisalina.

Tutkimuskirjallisuudesta saadaan tarvittavat kaavat ja käsitteet huoneakustiikkaan liittyen. Kylliäinen et al. (2023) ovat kirjoittaneet kattavan tutkielman talonrakentamisen akustiikasta, josta saadaan hyödyllistä tietoa akustiikan käsitteistä sekä tarvittavat kaavat jälkikaiunta-ajan laskemiseen. Tässä työssä lasketaan juhlasalin jälkikaiunta-aika. Laskentaan tarvittavat mitat saadaan raatihuoneen pääpiirustuksista, jotka on saatu Tampereen kaupungin Rakennusvalvonnan arkistosta (Liite A).

Tutkimuskirjallisuudesta löytyy myös tietoa konserttisalien akustiikasta. Tämä on hyödyllistä tietoa, koska raatihuoneen juhlasalin huoneakustiikkaa voidaan verrata nykypäivän vaatimuksiin. Kylliäinen et al. ovat tutkineet Helsingin 1800-luvun konserttitilojen huoneakustiikan mallintamista. Tampereen raatihuone kuuluu myös 1800-luvun konserttitiloihin, jonka myötä kyseinen aineisto toimii mainiona tiedonlähteenä.

Sanomalehdistä löytyy arvosteluita konserteista. Arvostelut kohdistuvat enemmän konsertin laatuun kuin akustiikan toimivuuteen, mutta arvostelut antavat kuitenkin hyvän yleiskuvan. Aamulehdestä löytyy arvosteluita Tampereen raatihuoneen konserteista, joita voidaan analysoida ja hyödyntää tämän työn johtopäätöksissä.

2.2 Tampereen Raatihuoneen rakennushistoria

Tampereen vanha raatihuone sijaitsi Kauppakadulla, ja se rakennettiin vuonna 1802. Kaupunki ja hallinto kasvoivat kuitenkin nopeasti 1800-luvulla, minkä seurauksena tarvittiin uusi raatihuone. Vanha raatihuone oli lisäksi huonossa kunnossa, joten uusi rakennus tulisi tarpeeseen. (Niskanen 2008)

Arkkitehdin valinta sekä piirustusten hyväksyminen kesti vuosikymmeniä. Ensimmäinen arkkitehtiehdokas oli Ludvig Isak Lindqvist, joka oli aikoinaan tunnettu sellivankiloiden ja kirkkojen suunnittelija. Hän oli suunnitellut Tampereen kaupunginvankilan, jonka viereen uusi raatihuone tultaisiin rakentamaan. Lindqvist lähetti lopulliset piirustukset ja palkkiolaskun Tampereelle vuonna 1877. Asia ei kuitenkaan edennyt, koska Lindqvist halusi lähettää piirustukset Pariisiin maailmannäyttelyyn. Lindqvist sai piirustukset takaisin ja myös palkkiorahan, jonka seurauksena raatihuoneen suunnittelu pysähtyi hetkeksi. Tämän tapahtuman jälkeen oli muutama arkkitehtiehdokas, esimerkiksi ruotsalainen A.E. Melander ja Th. Decker, mutta lopuksi päädyttiin Georg Schreckin suunnitelmiin. (Niskanen 2008).

Schreck valittiin, koska hänen kustannusarvionsa oli halvempi kuin Deckerin ja Schreckin suunnitelmissa koko raatihuone oli varattu virastoille. Suunnitelmat hyväksyttiin kokouksessa 29.12.1886, mutta piirustukset vahvistettiin Tampereen maistraatissa vasta 5.10.1887. Rakennustyön valvomiseen valittiin erillinen komitea. Kaivutyöt aloitettiin heti syksyllä, vaikka piirustuksia täydennettiin vielä myöhemmin. Hirrestä tehdyt perustukset työnnettiin käsin maahan. Rakentaminen suoritettiin osaurakoina, mikä nopeutti urakkaa huomattavasti. Rakentaminen sujui hyvin lukuun ottamatta parkettiin kohdistuvaa kosteus uhkaa, joka syntyi lokakuussa 1889. Parketin asentajat olivat huolissaan parketin kuivumisesta, sillä syksy oli kostea ja kosteus pääsi sisään raatihuoneeseen ovista ja ikkunoista. Parketti kuitenkin kuivui suunnitelmien mukaan, ja tämän myötä raatihuone valmistui vuoden 1889 lopulla. (Niskanen 2008).

1800-luvulla elettiin uusrenessanssin aikaa, jonka seurauksena koristemaalaukset nousivat tärkeäksi osaksi raatihuoneen viimeistelyä (Niskanen 2008). Juhlasalissa on kattomaalaukset ja paljon muita yksityiskohtia. Salin huonekorkeus on noin 8 metriä (kuva 1). Salomo Wuori johti maalaustöitä, jotka aloitettiin vuonna 1889. Koristemaalaukset maalattiin kuitenkin nopeasti peittoon valmistumisen jälkeen, sillä uusrenessanssin aika oli ohi. Huonekalut sopivat myös hyvin juhlasalin tunnelmaan. Suurin osa raatihuoneen huonekaluista ostettiin Ruotsista, myös juhlasalin kattokruunut. (Niskanen 2008).



Kuva 1. Raatihuoneen juhlasali.

Raatihuoneella on haluttu säilyttää 1800-luvun ilme, jonka vuoksi raatihuoneella on tehty muutama peruskorjaus. Viimeisin korjausurakka aloitettiin lokakuussa 2003. Tämän urakan tarkoituksena oli tehdä kattava peruskorjaus. Molemmissa kerroksissa haluttiin tuoda alkuperäiset pinnat esille korjausten lisäksi. Myös julkisivua kunnostettiin ja raatihuone sai alkuperäisen sävyn takaisin. Tämä korjausurakka oli historian kattavin kunnostus, johon kuului esimerkiksi vesikaton, ikkunoiden ja viemärien kunnostus. Korjaustyöt maksoivat yhteensä 4,130 miljoonaa euroa. (Niskanen 2008).

2.3 Konsertit Tampereen raatihuoneen juhlasalissa

Suomessa klassinen musiikki ja orkestereiden juuret ulottuvat 1700-luvun lopulle ja Turkuun. Turun soitannollinen seura perustettiin vuonna 1790, jonka seurauksena klassinen musiikki heräsi eloon Suomessa. (Vainio 1992) Konserttitiloina toimivat esimerkiksi ravintoloiden salit ja myöhemmin raati- ja seurahuoneiden juhlasalit. Klassisia konsertteja on järjestetty raatihuoneiden juhlasaleissa 1800-luvun alussa, koska muita konserttitiloja ei vielä ollut olemassa. Helsingin konservatorion konserttisali, joka rakennettiin 1930-luvun alussa, oli Suomen ensimmäinen nykyaikainen konserttisali (Hämäläinen 2020).

Järvelän mukaan (2007) Tampereen raatihuoneen juhlasalin akustiikka sai runsaasti kiitosta ja tämän myötä juhlasali oli aktiivisessa käytössä 1960-luvun alkuun asti. Tampe-

reen raatihuoneen valmistuttua konsertteja pidettiin tiuhasti ja juhlasalissa esiintyivät tunnetut kotimaiset ja myös kansainväliset säveltäjät. Jean Sibelius esiintyi ensimmäistä kertaa raatihuoneen juhlasalissa 1898, mikä sai juhlasalin täyttymään ihmisistä (Järvelä 2007).

Kaupungit omat esiintyjät esiintyivät myös raatihuoneella 1890-luvulta alkaen, jolloin Tampereen ainoa orkesteri koostui harrastajasoittajista. Raatihuoneella esiintyi Tampereen kaupungin omia orkestereita eri kokoonpanoilla, mutta soittajat siirrettiin kaupungin palkkalistoille vasta vuonna 1947 kunnallistamisen myötä. Tampereen kaupungin orkesteri piti ensimmäisen konserttinsa 12.1.1947 (kuva 2). Kaupunginorkesterin konsertit siirrettiin 1960 Yhteiskunnallisen Korkeakoulun juhlasaliin, nykyisin Tampereen yliopiston Päätalon juhlasali. Vuonna 2002 kaupunginorkesterin tukiyhdistys Pro Orchestra päättivät ylläpitää kaupunginorkesterin toimintaa järjestämällä kamarimusiikkikonsertteja joka toinen vuosi.



Kuva 2. Tampereen kaupungin orkesterin ensimmäinen konsertti raatihuoneen juhlasalissa 12.1.1947 (Raunio, 1947)

Vuoden sisällä raatihuoneella on esiintynyt muun muassa Pirkanmaan barokki ja Tampere Cappella. Tampereen Cappella esiintyi alkuvuodesta 2023 ja konsertti oli suuri menestys. Hautalan (2023) mukaan Tampereen raatihuoneen juhlasali tunnelmallinen paikka musiikille ja hän antoi konsertille viisi tähteä. Pirkanmaan Barokki esiintyi raatihuoneella 14.1.2024. Orkesteri soitti Vivaldin vuodenajat Talvi-konserton. Hautalan (2024) mukaan myös tämä konsertti oli jätti menestys ja hänen mielestään Pirkanmaan Barokki voisi olla raatihuoneen vakituinen yhtye. Raatihuoneen konserteilla on pitkä historia ja juhlasalia käytetään edelleen sen vaikuttavan akustiikan ja tunnelman ansiosta.

2.3 Äänen absorptio ja jälkikaiunta-aika

Ääniaallon osuessa rakenteeseen se heijastuu takaisin huoneeseen, mutta ei samalla ääniteholla kuin äänilähteestä lähtevä aalto. Tämä johtuu siitä, että osa ääniaallosta heijastuu ja osa siirtyy rakenteeseen. Rakenteessa ääniteho muuttuu joko lämmöksi, tai liike-energia muuttaa muotoaan. Ääniteho, joka ei heijastu, on absorboitunut. Materiaalien absorptiokyvyn avulla voidaan vaikuttaa esimerkiksi konserttisalien ääniolosuhteisiin. (Kylliäinen et al. 2023)

Absorptiokerroin α kuvaa materiaalin kykyä absorboida äänitehoa. Absorptiokerroin on pienempi kuin 1, mutta suurempi kuin 0. Jos absorptiokerroin on 0 se tarkoittaa, että ääniteho pysyy samana ja heijastus on täydellinen. Absorptiokerroimen arvo riippuu taajuudesta ja se mitataan oktaavikaistoittain 125–4000 Hz keskitaajuuksilla. Materiaalien absorptiokerroimet selvitetään mittauksien avulla. (Kylliäinen et al. 2023)

Jälkikaiunta-aika T [s] on se nopeus, jossa tilan äänenpainetaso laskee sen jälkeen, kun äänilähde suljetaan. Lyhyt jälkikaiunta-aika tarkoittaa sitä, että ääni vaimenee nopeasti tilassa. Pitkä jälkikaiunta-aika tarkoittaa vastaavasti, että ääni jää soimaan kauemmin. Sabinen määritelmän mukaan jälkikaiunta-aika T_{60} on se aika, jonka jälkeen äänentaso on laskenut 60 dB. Sabinen määritelmä jälkikaiunta-ajasta syntyi 1800-luvun lopulla, samoihin aikoihin kun Tampereen Raatihuone valmistui (Thompson 2004). Sabinen määrittelemällä jälkikaiunta-ajalla on seuraava yhteys:

$$T = 0,16 \frac{V}{A}, \quad (1)$$

jossa V [m³] on huoneen tilavuus ja A [m²] huoneen absorptioala. Sabinen kaavaa käytetään, kun tarkastellaan tietyn tilan käyttötarkoituksen perusteella tavoiteltavaa jälkikaiunta-aikaa. Tilan absorptioalaa tarvitaan jälkikaiunta-ajan laskemiseen. Koko huoneen absorptioala on

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i, \quad (2)$$

jossa α_i on absorptiosuhde ja S_i [m²] on huoneen pintojen pinta-alat. (Kylliäinen et al. 2023)

Konsertin aikana yleisö lasketaan absorboivaksi pinnaksi, jonka vuoksi yleisö ja kalustus vaikuttavat tilan jälkikaiunta-aikaan. Ilma absorboi myös ääntä, mutta tämän vaikutus jälkikaiunta-aikaan näkyy pääasiassa vain oktaavikaistoilla, kun tilan tilavuus on suuri. Jälkikaiunta-ajan laskussa käytetään ilman absorptioalaa tilavuuden sekä taajuuden perusteella. Lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus vaikuttavat ilman absorptioalaan. (Kylläinen et. al. 2023)

3. JUHLASALIN AKUSTIIKKA

3.1 Juhlasalin jälkikaiunta-aika

Liitteen A piirustuksista saadaan juhlasalin mitat, joiden avulla voidaan laskea juhlasalin pinta-alat sekä tilavuus. Juhlasalilla on seuraavat mitat:

- Huonekorkeus: 8,4 m
- Pidempi sivu: 17,7 m
- Lyhyempi sivu: 11,5 m
- Tilavuus: 1710 m³

Pinta-alat, jotka huomioidaan laskuissa ovat seinät, katto, ikkunat, ovet sekä yleisön ja orkesterin rajaama pinta-ala. Seinien kokonais pinta-alasta on vähennetty ikkunoiden ja ovien pinta-alat, koska kyseisillä rakenteilla on eri absorptiosuhteet. Taulukossa 1 on esitetty juhlasalin eri pintojen pinta-alat. Raatihuoneen juhlasalissa soitetaan enimmäkseen klassista musiikkia, joten yleisöllä on istumapaikat. Yleisön pinta-alana voidaan käyttää 2 henkilöä per neliometri (Adelman-Larsen, 2010). Raatihuoneen juhlasalin konserteissa yleisö vaihtelee välillä 50–200 (Allinniemi, henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2024). Laskussa käytetään yleisön suuruutena 200, jolloin yleisön rajaama pinta-ala on 100 m². Orkesterin pinta-ala on arvio kuvasta 2.

Taulukko 1. Juhlasalin rakenteiden pinta-alat.

	Pinta-ala (m ²)
Seinät	426,4
Katto	203,6
Lattia	203,6
Ikkunat	46,5
Ovet	17,7
Yleisö	100
Orkesteri	45

Laskentaan tarvitaan myös absorptiosuhteet, jotka valikoidaan pintojen materiaalien mukaan. Yleisölle ja tuolille on omat absorptiosuhteet, jotka myös huomioidaan lopullisessa

laskennassa. Tässä työssä käytetään valmiiksi mitattuja absorptiokertoimia (taulukko 2). Niemi (2014) on käyttänyt Odeon sovelluksen materiaalikirjaston absorptiokertoimia ja tämän työn laskuissa käytetään samoja kertoimia. Absorptiokertoimet on mitattu kuudelle oktaaviikaistalle. Raatihuoneen seinien materiaali on kivimuuri (Allinniemi, henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2024). Ovet ovat puurakenteisia ja ikkunoiden lasit oletetaan ohuiksi. Yleisön absorptiosuhteet ovat määritelty täydelle salille.

Taulukko 2. Absorptiokertoimet.

	Absorptiokertoimet					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Yleisön alue	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
Orkesterin alue	0,18	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Ikkunat	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Ovet	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Katto	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05
Seinät	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Lattia	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07

Pinta-alojen ja absorptiokertoimen avulla voidaan nyt laskea absorptioalat jokaiselle oktaavikaistalle (kaava 1). Ilma vaikuttaa myös jälkikaiunta-aikaan absorptioalalla. Kylliäinen et. al. (2023) ovat esittäneet ilman absorptioalat, joita käytetään myös tässä laskussa.

Taulukko 3. Absorptioalat oktaavikaistoittain.

	Absorptioalat					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Yleisön alue	51,0	64,0	75,0	80,0	82,0	83,0
Orkesterin alue	8,10	5,40	4,50	4,05	3,60	3,15
Ikkunat	3,26	2,33	1,67	1,12	0,65	0,37
Ovet	2,48	1,78	1,06	1,41	1,77	1,77
Katto	38,7	28,5	18,3	12,2	12,2	10,2
Seinät	8,53	8,53	12,8	17,1	21,3	21,3
Lattia	11,8	8,65	7,9	5,50	4,72	5,50
Ilma	0	1,2	2,3	5,2	10,0	30,0

Jälkikaiunta-ajan laskemiseen tarvitaan koko tilan tilavuus ja huoneen absorptioala. Taulukossa 3 esitetyt absorptio pinta-alat lasketaan yhteen jokaisen oktaavikaistan kohdalle, kuten taulukossa 4 on esitetty.

Taulukko 4. Kokonaisabsorptioalat oktaaviikaistoittain.

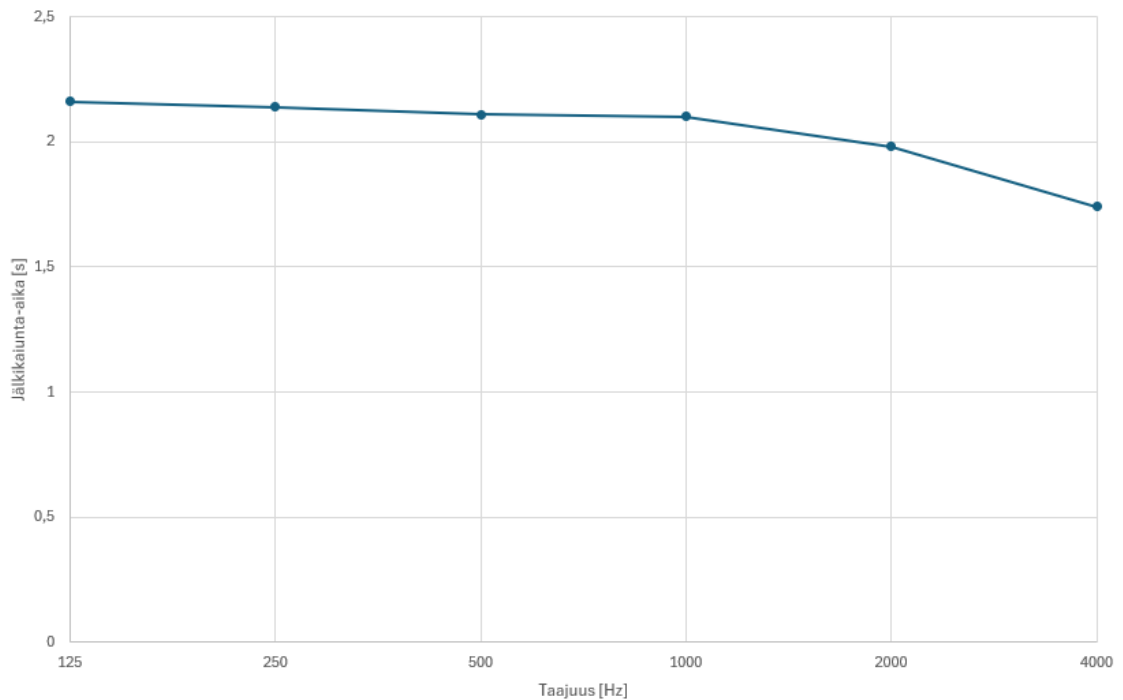
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Kokonais absorptio pinta-ala (m ²)	126,6	127,1	127,4	128,3	137,7	157,1

Lopuksi saadaan laskettua Tampereen Raatihuoneen juhlasalin jälkikaiunta-aika Sabinen kaavalla (kaava 2).

Taulukko 5. Tampereen Raatihuoneen juhlasalin jälkikaiunta-ajat.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Jälki- kaiunta- ajat (s)	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	1,7

Tämän laskennan tulos on arvio, mutta tuloksesta voidaan päätellä, että se on järkevä. Virheitä on saattanut syntyä absorptiokertoimien valinnassa ja pinta-alojen arvioinnissa. Absorptiokertoimet saadaan mittauksien avulla, mutta tässä työssä käytettiin tutkimuskirjallisuudesta saatuja valmiiksi mitattuja kertoimia. Jälkikaiunta-aika määritetään myös yleensä mittausten avulla, jolloin tulos on tarkka ja luotettava.

**Kuva 3.** Tampereen Raatihuoneen juhlasalin jälkikaiunta-ajat esitetty oktaavikaistojen keskitaajuuksilla.

Tampere-talon ison konserttisalin jälkikaiunta-aika on 1,8 s 500 Hz keskitaajuudella (Kylläinen et al. 2023). Kyseinen konserttisali on isompi kuin Tampereen raatihuoneen juhlasali, joten salien jälkikaiunta-aikoja ei voida suoraan verrata toisiinsa. Raatihuoneen juhlasalin jälkikaiunta-aika 500 Hz keskitaajuudella on 2,11 s, eli hieman suurempi kuin Tampere-talon konserttisalin. Raatihuoneen juhlasalin akustiikka poikkeaa Tampere-talon konserttisalin akustiikasta, koska raatihuoneen juhlasali ei alun perin suunniteltu pelkästään klassisia konsertteja varten. Tampereen Raatihuoneen juhlasalin kaltaisilla sa-

leilla on kuitenkin samansuuruiset arvot jälkikaiunta-ajalle. Helsingin vapaapalokunnan-talon juhlasalin jälkikaiunta-ajaksi yleisön kanssa on saatu 2,1 s 500 Hz keskitaajuudella mallintamisen avulla (Niemi 2014). Jälkikaiunta-aika on siis täysin sama kuin tämän laskun tulos raatihuoneen juhlasalille.

Verrataan vielä laskennan tulos vastaavalla laskulla, mutta muutetaan yleisön määräksi 50. Tällöin saadaan taulukossa 5 esitetyt arvot jälkikaiunta-ajalle. Tuloksesta huomaa, että yleisön suuruudella on kohtalaisen suuri vaikutus juhlasalin jälkikaiunta-aikaan. Tämä tuo myös haasteita Tampereen Raatihuoneen juhlasalin akustiikkaan liittyen, koska yleisön määrä vaihtelee paljon riippuen siitä, minkä suuruinen konsertti on kyseessä ja paljonko lippuja on myyty.

Taulukko 5. Jälkikaiunta-ajat, kun yleisön suuruus on 50.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Jälki-kaiunta-ajat (s)	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	2,7

3.2 Juhlasalin koko ja muoto

Konserttisalit voidaan jakaa kolmeen luokkaan niiden muodon perusteella: suorakulmaiset, viuhkamaiset ja ympäröivät salit. Tampereen raatihuoneen juhlasali on suorakaiteen muotoinen niin kuin myös monet muut 1800-luvun konserttisalit Suomessa ovat. 1800-luvulla konserttisalina toimivat raati- ja seurahuoneiden juhlasalit, jotka olivat suorakaiteenmuotoisia. Tämä muoto toimi hyvin, koska saleja käytettiin konserttien lisäksi esimerkiksi isompiin juhliin ja illalliskutsuihin. Kenkälaatikon muotoiset juhlasalit olivat yleisiä Suomessa 1930-luvulle saakka, jonka jälkeen viuhkan muotoiset konserttisalit yleistyivät. Idea viuhkan muotoisesta konserttisalista syntyi elokuvateattereista, joissa tavoitteena oli yleisön sijoittaminen lähelle valkokangasta. (Kylliäinen et. al. 2023)

Juhlasalin koko ja muoto vaikuttavat huoneakustiikan laatuun. Yleisö kokee äänen laadun eri tavalla, riippuen siitä kuinka lähellä orkesteria he istuvat. Konserttisali, jossa suuri osa yleisöstä istuu lähellä esiintymislavaa, on paras vaihtoehto, jonka takia pitkät ja kapeat salit tulisi välttää. Suorakaiteen muotoisissa saleissa, jossa orkesteri soittaa yhdessä päädyssä, ongelmana on yleisön etäisyys orkesterista ja äänentoistolaitteista. Suorakaiteen muotoinen sali on kuitenkin suotuisa, jos sali on kooltaan pieni. Lavan

edusta tulisi olla neliönmuotoinen, jotta yleisön etäisyys äänilähteeseen olisi mahdollisimman pieni. (Adelman-Larsen 2014)

Huonekorkeus vaikuttaa huoneakustiikkaan ja tämän myötä konsertin laatuun. Pieni huonekorkeus on ongelmallinen, koska eturiveissä oleva yleisö kokee äänen liian kovaksi ja takarivillä olevat kokevat äänen liian hiljaiseksi. Mitä isompi sali, sitä korkeampi tilan tulisi olla, jotta tila olisi huoneakustiikaltaan laadukas. (Adelman-Larsen 2014) Suuri huonekorkeus on suotuisa, jotta vaakasuuntaiset äänen heijastukset saapuisivat yleisölle ennen katosta saapuvia heijastuksia. Huonekorkeus vaikuttaa lisäksi jälkikaiunta-aikaan positiivisesti, sillä salin tilavuus kasvaa, vaikka yleisön peittämä pinta-ala pysyy samana. (Kylliäinen et al. 2023)

Tampereen raatihuoneen juhlasalin muoto on akustisesta näkökulmasta hyvä. Orkesteri soittaa yleensä tilan pitkän sivun päädyssä ja yleisö istuu orkesterin edessä. Sali ei ole liian iso, mikä on positiivinen asia, koska yleisö kokee äänen laadun samana eturivissä ja takarivissä. Suuri huonekorkeus on myös positiivinen asia, koska se tekee tilavuudesta isomman ja vaikuttaa suoraan jälkikaiunta-ajan suuruuteen.

3.3 Orkesterin ja yleisön suuruus

Moderniin täysikokoiseen sinfoniaorkesteriin kuuluu jousisoittajat, puupuhaltimet, vaskipuhaltimet sekä lyömäsoittimet. Orkesterin koko voi vaihdella välillä 70–100. (Laursen & Rasmussen, 2014). Tampereen raatihuoneella orkesterin koko on kuitenkin ollut hieman pienempi johtuen siitä, että tila ei ole tarpeeksi iso täysikokoiselle sinfoniaorkesterille. Kuvasta 4 voidaan arvioida Tampereen kaupungin orkesterin suuruudeksi noin 50 soittajaa. Juhlasali näyttää täydeltä, joten tämän kokoluokan orkesteri on todennäköisesti suurin mahdollinen tähän tilaan. Kyseisellä orkesterilla on noin 30 jousisoittajaa, 10 puhallinsoittajaa ja loput soittavat lyömäsoittimia (kuva 4). Tampereen Raatihuoneen juhlasalin akustiikan kannalta orkestereiden eri koot tuovat haasteita. Äänentaso on hyvin erilainen riippuen siitä, soittaako juhlasalissa iso orkesteri vai pelkästään muutama jousisoittajaa.



Kuva 4. Tampereen kaupungin orkesterin kokoonpano vuonna 1947. (Staf 1950–1959)

Tampereen Raatihuoneella yleisöllä on istumapaikat. Maksimikapasiteetti on 400, mutta tämän kokoinen yleisö on harvinainen eikä raatihuoneella ole aikoihin ollut näin isoa yleisöä (Allinniemi 2024, henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2024). Yleisön suuruus vaikuttaa huoneakustiikkaan, koska he toimivat myös absorptiolähteenä. Konserttitilanteessa yleisö toimii absorboivana pintana, kun muut pinnat heijastavat ääntä (Kylliäinen et al. 2023). Yleisön suuruus vaikuttaa täten merkittävästi salin jälkikaiunta-aikaan.

3.4 Akustiikan parannusvaihtoehtoja

Tampereen Raatihuoneen juhlasalissa on käytetty taustaseiniä, mattoja sekä irrallisia lavoja akustiikan parantamiseksi (Allinniemi, henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2024). On suositeltavaa, että lava olisi ylempänä kuin yleisön alue, koska lavan korkeus vaikuttaa äänen kirkkauteen ja basson voimakkuuteen. (Kylliäinen et al. 2023) Raatihuoneen juhlasalin konserteissa orkesteri on yleensä samalla tasolla kuin yleisö, mikä saattaa vaikuttaa negatiivisesti akustiikan laatuun.

Tilan rakenteiden materiaalit vaikuttavat suuresti huoneen akustiikkaan. Tampereen Raatihuoneen juhlasalin seinät, lattiat ja katto ovat osa koko raatihuoneen historiallista kuvaa, joten näiden muokkaaminen olisi haasteellista. Tämän vuoksi erilliset tilapäiset taustaseinät ja matot ovat vaihtoehtoja paremman akustiikan saavuttamiseksi. Lisäämällä muita materiaaleja, jotka absorboivat ääntä, jälkikaiunta-aika pienenee ja akustiikka paranee.

3.5 Nykyiset vaatimukset

Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus SFS 5907 (2022) sisältää vaatimuksia eri tilojen jälkikaiunta-ajoista. Tässä luokituksessa ei kuitenkaan löydy vaatimuksia konserttitilojen jälkikaiunta-ajalle, koska konserttitiloissa on huomioitava muuttuvia tekijöitä rakenteiden ja salin koon lisäksi. Vaativiin tiloihin, kuten konserttisaleihin, ei ole olemassa määräyksiä, koska tilojen ominaisuudet vaihtelevat paljon. Muuttuvat tekijät, esimerkiksi yleisö ja kalusteet, vaikuttavat huoneakustiikan laatuun. Tutkimuskirjallisuudesta löytyy kuitenkin suositeltavia jälkikaiunta-aikoja eri musiikkityylien konserttitiloihin. Hyväksi koetussa konserttisalissa, jonka sali on täynnä yleisöä, jälkikaiunta-aika on välillä 1,8–2,1 s (Beranek 2004). Tampereen Raatihuoneen juhlasalin jälkikaiunta-aika laskussa tulos sijoittuu myös tähän väliin, mikä viittaisi siihen, että akustiikka on hyvä, kun raatihuoneen juhlasalia tarkastetaan konserttisalina.

Konserttisalien suunnittelun tavoitteena on luoda tila, jonka akustiset ominaisuudet ovat mahdollisimman samanlaiset, siitä huolimatta onko yleisöä paikalla vai ei. Jotta tämä saavutetaan, tulisi penkkien absorptiokerroin olla mahdollisimman lähellä istuvan yleisön absorptiokertoimia. (Kylliäinen et al. 2023) Tampereen raatihuoneen juhlasalia ei alun perin suunniteltu ainoastaan konserttisaliksi, joten on vaikea luoda samanlaisia akustisia ominaisuuksia kuin nykyajan konserttisaleihin. Tavoite, että akustiikka olisi samanlainen riippumatta siitä, onko juhlasali täynnä vai ei on haastava toteuttaa.

4. YHTEENVETO

Tampereen raatihuoneen juhlasalissa järjestetään monia erilaisia tapahtumia, kuten konsertteja. Juhlasalissa on ainutlaatuinen tunnelma, jonka myötä konsertit luovat tietynlaisen vaikutuksen yleisöön. Raatihuoneen juhlasali oli pitkään merkittävimpiä konserttisaleja Tampereella, koska muita tiloja ei ollut saatavilla. Tämän lisäksi juhlasalissa järjestettiin hienoja juhlia ja illallisia. Raatihuoneen pitkän historian aikana juhlasalissa on esiintynyt tunnettuja nimiä ja juhlasalissa järjestetään edelleen konsertteja, vaikka Tampereelta löytyy uudempiä konserttisaleja. Tämä johtuu siitä, että juhlasalin akustiikka on soveltuva erityisesti klassisille konserteille.

Jälkikaiunta-aika on suure, joka kertoo paljon tilan akustiikasta. Tämän työn tavoitteena oli laskea Tampereen Raatihuoneen juhlasalin jälkikaiunta-aika Sabinen kaavalla. Tulokseksi saatiin noin 2 s. Tämä tulos on arvio, koska jälkikaiunta-aika määritetään yleensä mittauksien avulla, jolloin tulos on tarkka. Laskennassa on saattanut syntyä virheitä, esimerkiksi koska absorptiosuhteet on otettu tutkimuskirjallisuudesta, eikä niitä ole mitattu nimenomaan juhlasalin materiaaleista. Lasku on siis arvio, mutta jos tulosta verrataan samankaltaisiin tiloihin, voidaan todeta, että jälkikaiunta-aika on samansuuruinen.

Konserttisalien akustiikkaan vaikuttavat myös muut asiat, kuten salin koko sekä yleisön ja orkesterin suuruus. Tampereen Raatihuoneen juhlasaliin maksimi kapasiteetti on 400 henkilöä, mutta yleensä tapahtumissa on 50–200 henkilöä. Koska yleisö lasketaan absorboivaksi pinnaksi, tämä luo haasteita akustiikan kannalta. Juhlasalin eduksi muodostuu kuitenkin suuri huonekorkeus sekä suorakaiteenmuoto, koska nämä ovat toivottuja ominaisuuksia konserttisalissa.

Tampereen Raatihuoneen on historiallisesti merkittävä rakennus, jossa on haluttu säilyttää 1800-luvun tyyli. Tämän vuoksi on vaikeaa tehdä korjauksia ja muutoksia akustiikan parantamiseen. Akustiikka voidaan kuitenkin parantaa pienillä muutoksilla, kuten siirrettävillä seinillä tai matoilla. Näin saadaan lisää absorboivia pintoja.

Konserttiarvioiden ja tämän työn laskun perusteella voidaan todeta, että akustiikka on soveltuva klassisille konserteille. Myös muut akustiikkaan vaikuttavat tekijät, jotka käytiin läpi tässä työssä, viittaavat siihen, että akustiikka on hyvä. Konserttiarvioissa akustiikkaa kuvataan hyväksi ja soveltuvaksi konserteille. Lisäksi raatihuoneen tunnelma ja historiallisuus luo suotuisan tilan klassiselle musiikille.

LÄHTEET

- Adelman-Larsen, N.W. (2014). Rock and Pop venues, Acoustic and Architectural design, Tanska.
- Adelman-Larsen, N.W., Thompson, E. & Gade, AC. (2010). Suitable reverberation times for halls for rock and pop music, Tanska.
- Allinniemi, M. (2024) Suunnittelupäällikkö, Tampereen tilapalvelut, Tampere. Henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2024.
- Beranek, L. (2004). Concert halls and opera houses: music, acoustics, and architecture. Springer verlag, New York.
- Hautala, H. (2024). Tampereen hienoin konserttikattaus huipentui viikonloppuna – viiden tähden elämys täytti Raatihuoneen juhlasalin. Aamulehti. Saatavissa (viitattu 4.4.2024): <https://www.aamulehti.fi/kulttuuri/art-2000010119512.html>
- Hautala, H. (2023). Arvio: Laatukuoro loisti Tampereen raatihuoneen hienossa akustikassa – Lauri Viitakin pääsi menoihin mukaan. Aamulehti. Saatavissa (viitattu 4.4.2024): <https://www.aamulehti.fi/musiikki/art-2000009371808.html>
- Hämäläinen, R. (2020) Uuden talon vihkiäiset. Blogiteksti. Taideyliopisto. Saatavissa (Viitattu 15.5.2024): <https://blogit.uniarts.fi/kirjoitus/uuden-talon-vihkiaiset/>
- Järvelä, A. (2007). Tampereen Raatihuone. Tampereen kaupunki.
- Kylliäinen, M., Niemi, H., Jäppinen, J., Lindqvist, M. (2015). Helsingin keskeisten 1800-luvun konserttitilojen huoneakustiikan mallintaminen, Helsinki.
- Kylliäinen, M., Tervo, S. & Yli-Pietilä, A. (2023). Talonrakentamisen akustiikka, Tampere. Saatavissa (viitattu 10.3.2024): <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/144820/978-952-03-2743-9.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Laursen, L., Rasmussen, K. A. (2014). The Idiomatic Orchestra. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 8.4.2024): <https://theidiomaticorchestra.net/>
- Niemi, H. (2014). Helsingin kadonneiden 1800-luvun konserttitilojen akustiikan mallinnus ja auralisointi. Diplomityö. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/22608/Niemi.pdf?sequence=3>
- Niskanen, R. (2008). Missä soitto soi, Musiikkitalat Suomessa. Multikustannus.
- Raunio, J. (1947) Tampereen historialliset museot. Kuva. Tampere.

SFS 5907 (2022). Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus. Suomen standardoimisliitto SFS. (viitattu 18.4.2024).

Staf, E.W. (1950–1959) Tampereen historialliset museot. Kuva. Tampere.

Thompson, E. (2004). The soundscape of modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America 1900-1933. MIT Press. America.

Vainio, M. (1992). Orkesteri etsii tietään; Tutkielma Suomen orkesterihistorian vaiheilta.

