

# JYVÄSKYLÄ SINFONIAN HARJOITUSSALIN KORJAUS

Henry Niemi, Mikko Kylliäinen, Jesse Lietzén, Mikko Tarri

A-Insinöörit  
Puutarhakatu 10  
33210 Tampere  
[etunimi.sukunimi@ains.fi](mailto:etunimi.sukunimi@ains.fi)

## Tiivistelmä

Jyväskylä Sinfonian konserttipaikkana on Jyväskylän teatteritalo, mutta harjoitussali on muutaman korttelin päässä liikekiinteistössä Jyväskylän keskustassa. Harjoitussali on toteutettu alkujaan tennishalliksi rakennettuun ullakotilaan, jossa sittemmin on toiminut autoliike. Salin korkeuden ja tilavuuden määrittää alkuperäinen katon muoto. Jyväskylä Sinfonian muusikot ovat kokeneet harjoitussalin liian kuivaksi. Toisaalta äänitaso harjoitusten aikana on ollut suuri, mikä ehkä osittain on johtunut siitä, että muusikot ovat joutuneet istumaan salissa varsin tiiviissä muodostelmassa. Korjaushankkeessa tavoitteeksi asetettiin tilan soinnin parantaminen kaiuntaa lisäämällä siten, että äänitaso ei saa kasvaa. Harjoitussalin tilavuutta voitiin jonkin verran kasvattaa. Lisäksi salista poistettiin melko paljon absorptiomateriaalia sekä muokattiin seinäpintoja ja kattoa. Mittaustulokset osoittavat, että näillä toimilla kaiuntaa on saatu lisätyksi. Tehtyjen kyselyjen ja haastattelujen perusteella myös muusikot ovat kokeneet tilan akustiikan korjauksen jälkeen paremmaksi kuin aiemmin.

## 1 JOHDANTO

Jyväskylä Sinfonia on 38-henkinen sinfoniaorkesteri, jonka kapellimestarina toimii Ville Matvejeff. Orkesterilla on konsertteja 1–2 kertaa viikossa ja sen ohjelmisto sisältää barokin, klassismin, romantiikan ja nykymusiikin teoksia.

Orkesterin harjoitustila sijaitsee Jyväskylän keskustassa vuonna 1938 rakennetun Kolmikulman kauppakeskuksen ylimmässä kerroksessa. Harjoitussali oli noin 17 m pitkä ja 15 m leveä hallimainen tila, jossa on noin 7 m korkea kaareva katto. Tilaa on aiemmin käytetty mm. tennishallina ennen kuin se otettiin orkesterin käyttöön. Orkesterilta on tullut valituksia tilan kaiuntaisuudesta. Muusikoiden mielestä tila on liian kuiva orkesterisoittoon. Lisäksi työterveyshuolto oli mitannut liian voimakkaita äänitasoja orkesterin harjoitusten aikana.

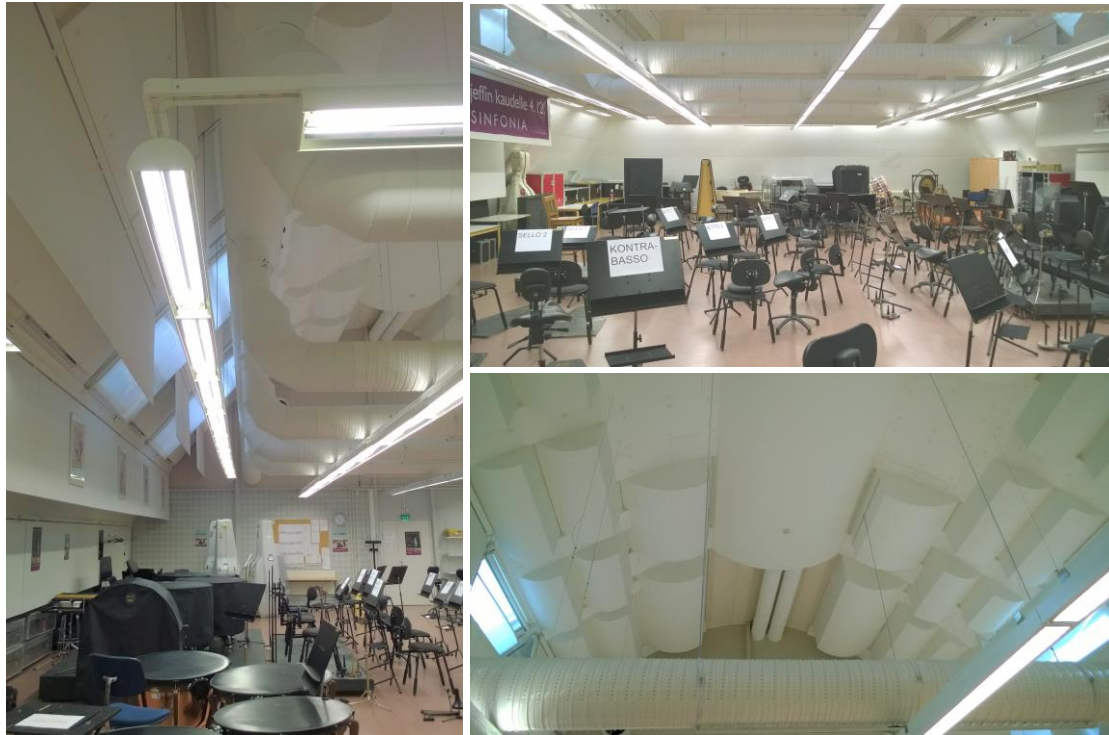
Tilan kaarevat kattopinnat oli päällystetty mineraalivillalla ja tilan kattoon oli sijoitettu useita kuperia levypintoja. Lisäksi seinille oli ripustettu pystysuoria levypintoja, joista osan taakse oli myös lisätty mineraalivillaa (kuva 1).



© 2019 Etunimi1 Sukunimi1, Etunimi2 Sukunimi2 ja Etunimi3 Sukunimi3. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Ei sovitettu –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

Orkesterin harjoitustilan huoneakustiikan ohjearvoja ja muita kriteerejä on esitetty norjalaisessa standardissa NS 8178:2014 [2]. Standardin mukaan sinfoniaorkesterin harjoitustilan tilavuus tulisi olla vähintään 1800 m<sup>3</sup>. Ennen korjaustoimenpiteitä tilan pinta-ala oli 264 m<sup>2</sup> ja tilavuus vain 1100 m<sup>3</sup>. Tälle pienemmälle tilavuudelle oli standardissa asetettu voimakkaalle akustiselle musiikille jälkikaiunta-ajan tavoitteeksi 0,9–1,4 sekuntia.

Tilan ominaisuuksien ja muusikoiden valitusten perusteella tilan korjaussuunnittelun tavoitteeksi asetettiin tilan jälkikaiunta-ajan lisääminen siten, että tilan voimakkuus ei kasva.



KUVA 1. Harjoitustila ennen korjauksia.

## 2 MENETELMÄT

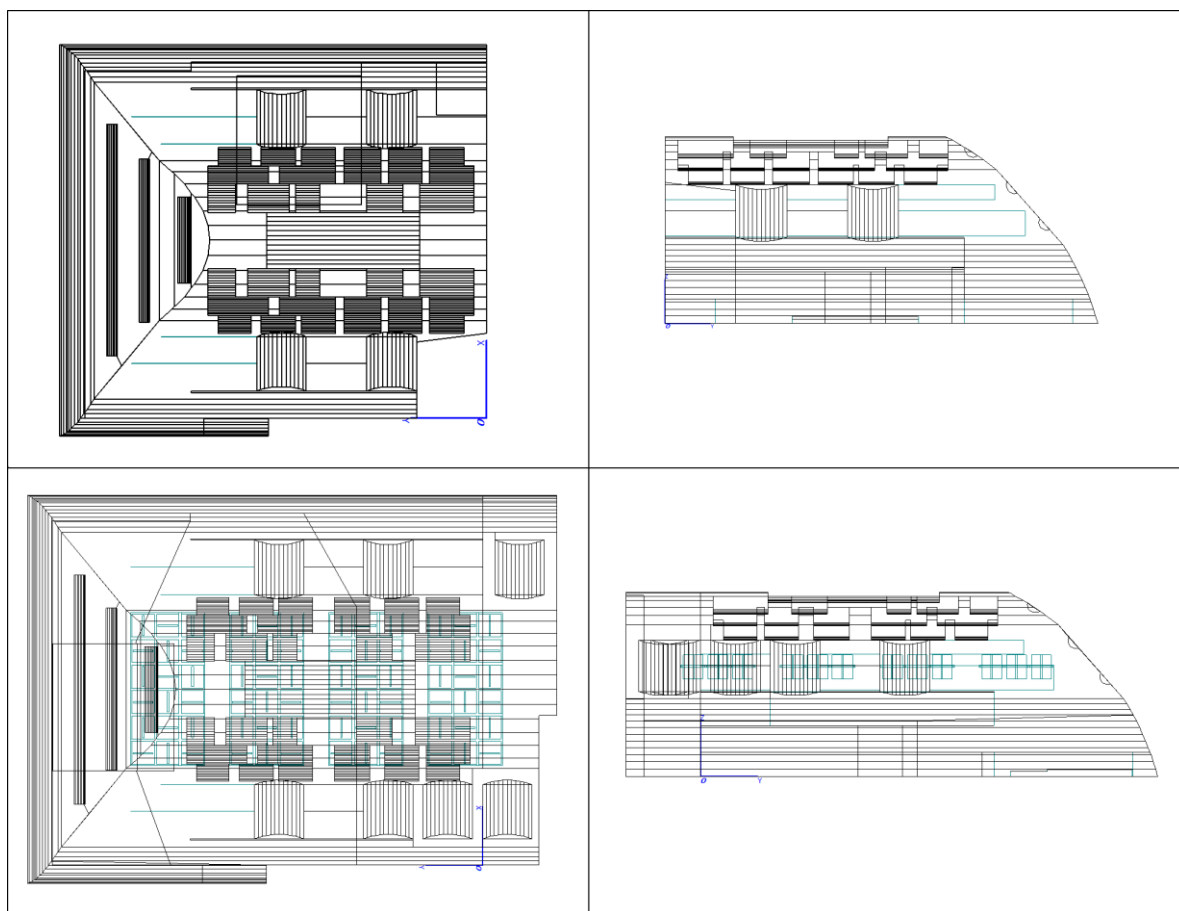
### 2.1 Mittaukset

Harjoitustilassa suoritettiin huoneakustisia mittauksia standardin ISO 3382-1 [1] mukaisesti integroidulla impulssivastemenetelmällä käyttäen siniaaltopyyhkäisyjä. Mittaukset tehtiin käyttäen mallinnus- ja mittausohjelmistoa Odeon 13.02. Harjoitustilassa mitattiin standardin mukaiset parametrit: jälkikaiunta-aika  $T_{30}$ , varhainen jälkikaiunta-aika  $EDT$ , selvyys  $C_{80}$ , voimakkuus  $G$  sekä lavaparametrit  $ST_{early}$  ja  $ST_{late}$ .

Parametrit mitattiin käyttäen 4 kaiutinpistettä ja 8 vastaanottopistettä. Lavaparametrit määritettiin käyttäen 12 vastaanottopistettä, jotka määritettiin kaiutinpisteiden ympärille standardin mukaisesti. Mittaukset suoritettiin ennen korjausta sekä korjausten jälkeen mallinnustulosten ja korjaustoimenpiteiden varmistamiseksi.

## 2.2 Mallinnus

Tilasta luotiin Sketchup-ohjelmassa 3D-tilamalli, joka muunnettiin huoneakustiseksi malliksi Odeon Auditorium 13.02 -mallinnusohjelmalla (kuva 2). Huoneakustisen mallin absorptio-ominaisuudet kalibroitiin vastaamaan mittaustuloksia, käyttäen mallissa samoja lähde- ja vastaanottopisteitä kuin mittauksissa. Mallin kalibrointi suoritettiin käyttämällä ISO 3382-1 [1] parametrejä  $T_{30}$ ,  $EDT$ ,  $C_{80}$  ja  $G$  kunnes mallilla lasketut arvot vastasivat mitattuja arvoja mittaustarkkuuden puitteissa. Mallin avulla tutkittiin tilan huoneakustian ominaisuuksia ja kokeiltiin erilaisten korjaustoimenpiteiden vaikutusta salissa koetuihin ongelmiin.



KUVA 2. Harjoitustilan huoneakustinen malli ennen korjausta (ylhäällä) ja korjausten jälkeen (alhaalla)

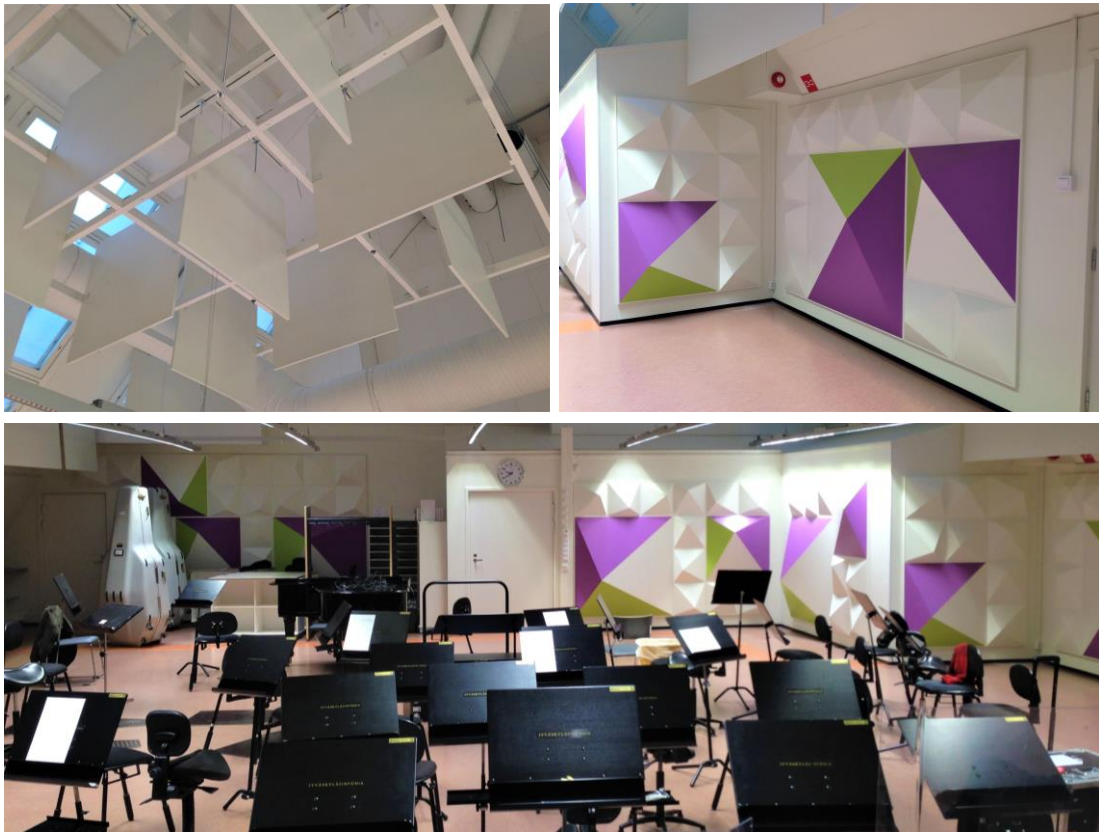
## 2.3 Kysely

Korjaustoimenpiteiden subjektiivisten muutosten tutkimiseksi orkesterille jaettiin korjaustoimenpiteiden jälkeen kysely tilan akustiikasta. Kysely suoritettiin, kun orkesteri oli ehtinyt harjoitella uudessa salissa noin kuukauden ajan. Muusikoilta kysyttiin soitin ja istumapaikka orkesterissa. Muusikoita pyydettiin sen jälkeen arvioimaan akustiikan muutokset tilassa asteikolla 1–5. Kysymykset liittyivät soittajien keskinäiseen kuuluvuuteen, soittamisen yleiseen helppouteen, virityksen kuuntelemiseen ja tilan akustiikan yleiseen arviointiin.

### 3 KORJAUSTOIMENPITEET

Pääasiallinen keino kasvattaa tilan jälkikaiunta-aikaa lisäämättä äänenvoimakkuutta oli tilavuuden lisääminen. Tämän lisäksi tilaan lisättiin levykerroksia, diffuusorilevyjä sekä vaimennusta. Salin tilavuutta lisättiin purkamalla tilan päätyseinä. Tilan lattiapinta-ala kasvoi tällöin 264 m<sup>2</sup>:stä 312 m<sup>2</sup>:iin ja tilavuus kasvoi 1100 m<sup>3</sup>:stä 1500 m<sup>3</sup>:iin. Uudelle päätyseinälle lisättiin 30 m<sup>2</sup> alalle 20 mm paksua mineraalivillaa suoraan seinäpintaan kiinnitettynä. (kuva 3)

Kaarevien seinien alaosaan alle 3 m korkeudelle lisättiin kolme kipsilevyä pienentämään levyseinän absorptiota bassotaajuuksilla ja alimmat katosta ripustetut kipsilevyt poistettiin tilasta. Tilan keskelle, soittajien yläpuolelle, lisättiin pystysuuntaisia levyjä, jotka ripustettiin 3 x 3 m kehikkoon poikittain toisiinsa nähden Arau-Puchadesin [3–4] kuvauksen mukaisesti. Lisäksi tilan alaosaan alle 2,2 m korkeudelle lisättiin diffusioivia pyramidin muotoisia pintoja (kuva 3).



KUVA 3. Harjoitustila korjausten jälkeen.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Mittaukset

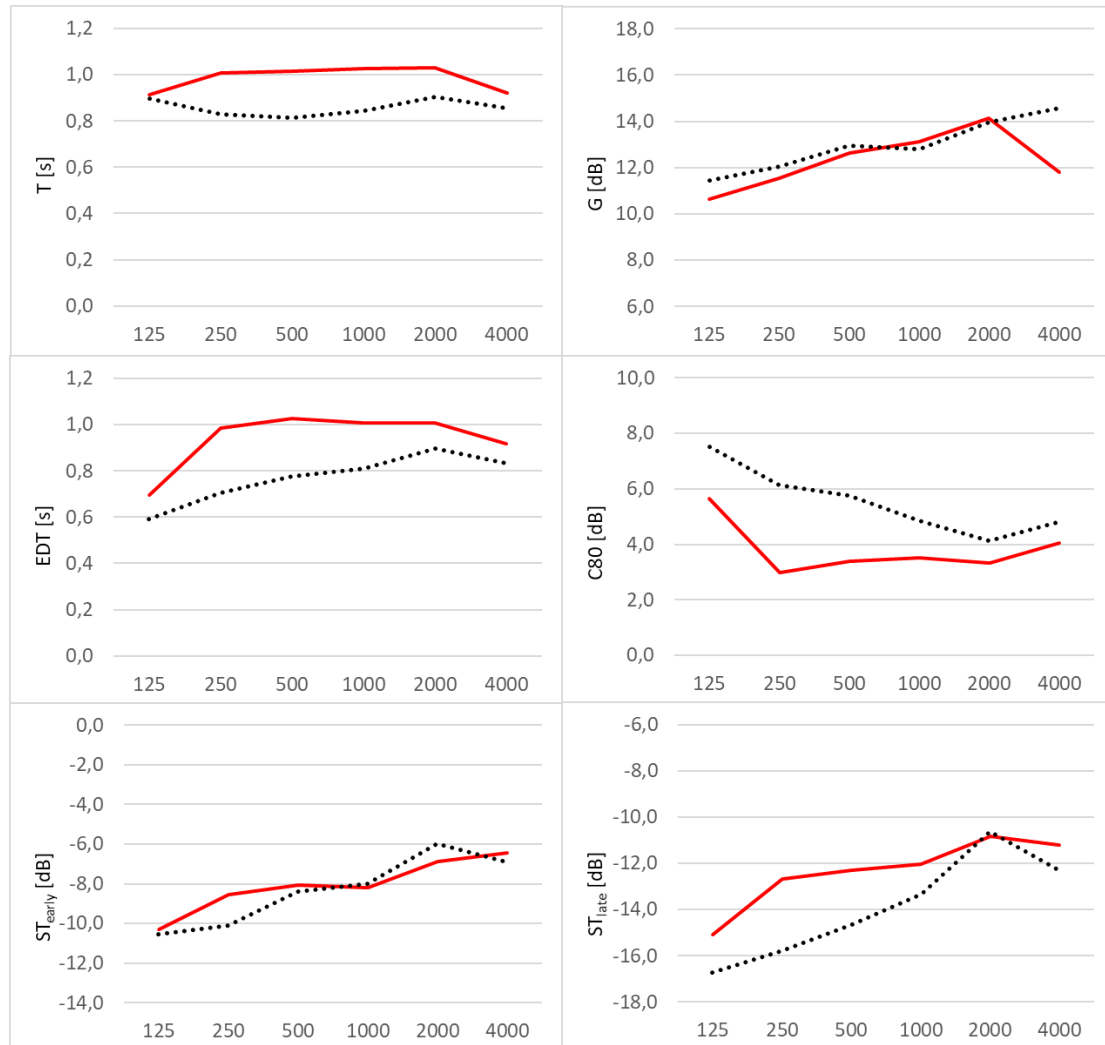
Huoneakustisten mittausten kaikkien vastaanotto- ja lähdepisteiden keskiarvot on esitetty taulukossa 1 sekä kuvassa 3 ennen korjauksia sekä niiden jälkeen. Kuvaajassa tulokset ennen korjauksia on esitetty katkoviivalla ja tulokset korjausten jälkeen yhtenäisellä viivalla.

Tuloksista nähdään, että ennen korjaustoimenpiteitä jälkikaiunta-aika alittaa standardin NS 8178:2014 [2] 1100 m<sup>3</sup> tilavuudelle asetetun 0,9 s ohjearvon. Tuloksista nähdään myös, että varhainen jälkikaiunta-aika *EDT* on merkittävästi lyhyempi pienillä taajuuksilla, mikä voidaan tulkita lämmön puutteeseen orkesterin soinnissa. Tilan voimakkuus on yli 10 dB ja kasvaa suurille taajuuksille, mikä viittaa siihen, että äänenvoimakkuus tilassa nousee helposti liian suureksi. Selvyys *C*<sub>80</sub> korreloi selvästi varhaisen jälkikaiunta-ajan kanssa, ollen poikkeuksellisen suuri pienillä taajuuksilla.

Korjausten jälkeen tehtyjen mittausten tuloksista nähdään, että korjaustoimenpiteillä onnistuttiin kasvattamaan jälkikaiunta-aikaa sekä varhaista jälkikaiunta-aikaa noin 0,2 sekuntia. *EDT* kasvoi 250 Hz oktaavikaistalla jopa 0,3 sekuntia, mutta parannus ei ole enää niin voimakas 125 Hz alueella.

TAULUKKO 1. Huoneakustiset parametrit salissa ennen korjauksia ja korjausten jälkeen.

| Mitatut parametrit              |         | Oktaavikaistat [Hz] |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                 |         | 125                 | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000  |
| <i>T</i> <sub>30</sub> [s]      | Ennen   | 0,9                 | 0,8   | 0,8   | 0,8   | 0,9   | 0,9   |
|                                 | Jälkeen | 0,9                 | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 0,9   |
| <i>EDT</i> [s]                  | Ennen   | 0,6                 | 0,7   | 0,8   | 0,8   | 0,9   | 0,8   |
|                                 | Jälkeen | 0,7                 | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 0,9   |
| <i>C</i> <sub>80</sub> [dB]     | Ennen   | 7,5                 | 6,1   | 5,8   | 4,9   | 4,1   | 4,8   |
|                                 | Jälkeen | 5,7                 | 3,0   | 3,4   | 3,5   | 3,3   | 4,1   |
| <i>G</i> [dB]                   | Ennen   | 11,5                | 12,1  | 12,9  | 12,8  | 14,0  | 14,6  |
|                                 | Jälkeen | 10,7                | 11,5  | 12,6  | 13,1  | 14,1  | 11,8  |
| <i>ST</i> <sub>early</sub> [dB] | Ennen   | -10,6               | -10,1 | -8,4  | -8,0  | -6,0  | -6,9  |
|                                 | Jälkeen | -10,3               | -8,6  | -8,1  | -8,2  | -6,9  | -6,5  |
| <i>ST</i> <sub>late</sub> [dB]  | Ennen   | -16,7               | -15,8 | -14,7 | -13,3 | -10,6 | -12,3 |
|                                 | Jälkeen | -15,1               | -12,7 | -12,3 | -12,0 | -10,9 | -11,2 |



KUVA 3. Mittaustulokset ennen korjauksia (katkoviiva) ja korjausten jälkeen (punainen viiva).

Lavaparametrit  $ST_{\text{early}}$  ja  $ST_{\text{late}}$  ovat molemmat heikompia pienillä taajuuksilla, vahvistuksen muiden mittalukujen kanssa sen, että sali vahvistaa ääntä heikosti pienillä taajuuksilla. Korjauksen yhteydessä varhainen tuki ei muuttunut merkittävästi, mutta myöhäinen tuki parani erityisesti 125–500 Hz taajuusalueella.

### 4.3 Kysely

Muusikoille jaetun kyselyn tulokset on esitetty taulukossa 2. Orkesterin 38 muusikosta vain 16 palautti kyselyn, joten vastausprosentti oli ainoastaan 42 %. Tällöin on mahdollista, että tulokset ovat vääristyneet.

Kysely osoittaa, että yleisesti ottaen muusikot kokevat harjoitussalin ominaisuuksien parantuneen. Orkesteri kokee, että puhallin- ja lyömäsoittimet kuuluvat tilassa paremmin. Osa muusikoista myös kommentoi, että nämä soittimet kuuluvat liian voimakkaasti. Tuloksista nähdään myös, että tilan jälkikaiunta-ajan pidennys havaittiin myös subjektiivisesti.

Kyselyn lisäksi korjauksen jälkeen haastateltiin orkesterin valtuuskuntaa, jossa jäseninä on muusikoita puupuhallin- ja jousisektioista. Haastattelussa palaute oli paljon positiivisempaa. Valtuuskunta mainitsi, että korjauksen seurauksena keskinäinen kuuluvuus, omien soitinryhmän kuuluvuus ja äänten eroteltavuus ovat parantuneet. Jousisoittajien ei uudessa tilassa tarvinnut enää ”prässätä” (soittaa voimakkaasti) ja tilan sointi oli yleisesti parantunut. Orkesterin valtuuskunnan mielipide oli, että tilassa on yleisesti parempi työskennellä kuin ennen korjausta.

TAULUKKO 2. Kyselyn vastausten keskiarvot (korjauksen jälkeen).

| Kysymys   | Asteikko (1-5)         | Keskiarvo |
|---|------------------------|-----------|
| Kuinka hyvin kuulet oman soittosi?                | heikommin - paremmin   | 3,6       |
| Kuinka hyvin kuulet oman soitinryhmäsi?           | heikommin - paremmin   | 3,1       |
| Kuinka hyvin kuulet I-viulut?                     | heikommin - paremmin   | 3,6       |
| Kuinka hyvin kuulet II-viulut?                    | heikommin - paremmin   | 3,1       |
| Kuinka hyvin kuulet alttoviulut?                  | heikommin - paremmin   | 3,3       |
| Kuinka hyvin kuulet sellot ja bassot?             | heikommin - paremmin   | 3,6       |
| Kuinka hyvin kuulet puupuhaltimet?                | heikommin - paremmin   | 3,7       |
| Kuinka hyvin kuulet vaskipuhaltimet?              | heikommin - paremmin   | 3,9       |
| Kuinka hyvin kuulet lyömäsoittimet?               | heikommin - paremmin   | 3,7       |
| Yhteissoitto tilassa on                           | vaikeampaa - helpompaa | 3,5       |
| Yleisvirityksen kuunteleminen tilassa on          | vaikeampaa - helpompaa | 3,5       |
| Sävyjen ja nyanssien tekeminen tilassa on         | vaikeampaa - helpompaa | 3,4       |
| Kuinka suurella voimakkuudella joudut soittamaan? | kovempaa – hiljempaa   | 3,1       |
| Tilan sointi on                                   | kuivempi – eloisampi   | 3,7       |
| Tilan akustiikka yleisesti on                     | huonompi - parempi     | 3,6       |

## 5 YHTEENVETO

Jyväskylä Sinfonian harjoitustila koettiin ongelmalliseksi soinnin puutteen ja liiallisen äänenvoimakkuuden suhteen, mistä johtuen salissa suoritettiin akustisia mittauksia ja tehtiin korjaussuunnittelua. Mittaukset vahvistivat, että koetut puutteet johtuivat liian vähäisestä kaiunnasta ( $T_{30}$ ,  $EDT$ ) ja liian suuresta voimakkuudesta ( $G$ ). Voimakkuus ja myöhäinen tuki oli heikompaa pienillä taajuuksilla, jolloin salin tuottamasta soinnista puuttui lämpöä.

Mallinnuksen avulla tilaan suunniteltiin ja toteutettiin korjaustoimenpiteitä. Salin tilavuutta lisättiin purkamalla yksi seinistä, levyseiniin lisättiin levykerroksia parantamaan kaiuntaa pienillä taajuuksilla ja tilaan lisättiin diffuusoripintoja. Esitetyillä toimenpiteillä salin jälkikaiuntaa onnistuttiin pidentämään n. 0,2 sekunnilla kasvattamatta salin voimakkuutta. Salin myöhäinen tuki myös parani pienillä taajuuksilla, korjaten hieman salin soinnin diskanttipainotteisuutta.

Muusikoille tehtiin kysely ja haastattelu korjausten jälkeen. Kyselyn tulokset olivat vaihtelevia, mutta ne osoittivat, että salin jälkikaiunta-ajan pidennys oli subjektiivisesti havaittavissa. Soittajien kanssa tehdyn haastattelun perusteella korjauksesta saatiin positiivista palautetta ja orkesteri koki, että korjauksilla oli positiivinen vaikutus salissa työkentelyyn.

## VIITTEET

- [1] SFS-EN ISO 3382-1. 2009. Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [2] NS 8178. 2014. Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance. Lysaker, Standard Norge.
- [3] H. Arau-Puchades. 2012. The refurbishment of Tonhalle St. Gallen. *Building Acoustics*. Vol. 19(3), p. 185-204.
- [4] U. Berardi, H. Arau-Puchades. 2013. Increasing reverberation time with diffusers: a new acoustic design for more sustainable halls. *International Symposium on Room Acoustics*. Toronto, June 9–11.