

ĐÁNH GIÁ MỨC ỒN NỀN VÀ THỜI GIAN ÂM VANG TRONG CÁC LỚP HỌC TRONG DẢI TẦN SỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHẢ NĂNG NGHE HIỂU

Nguyễn Thị Khánh Phương^{a,*}, Nguyễn Thị Hoa^a

^a*Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 24/12/2024, Sửa xong 11/3/2025, Chấp nhận đăng 24/3/2025

Tóm tắt

Môi trường âm thanh trong lớp học được đánh giá qua hai chỉ số: mức ồn nền và thời gian âm vang, cả hai đều ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng âm thanh, hiệu quả giảng dạy của giáo viên và khả năng tiếp thu của học sinh. Nghiên cứu thực hiện khảo sát, đánh giá hai chỉ số nêu trên trong toàn bộ dải tần số và trong dải tần số ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu: 1.000 Hz – 4.000 Hz đối với lớp nghe giảng và 125 Hz – 4.000 Hz đối với các lớp biểu diễn/nhạc kịch trong một trường học tại Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy các lớp học được khảo sát đều không đảm bảo mức ồn nền cho phép khi vận hành hệ thống HVAC. Khi không vận hành hệ thống HVAC, các lớp nghe giảng đều đạt yêu cầu mức ồn nền, trong khi các lớp biểu diễn/nhạc kịch có khả năng bị suy giảm khả năng nghe hiểu lời kịch ở phạm vi tần số thấp 125 Hz – 500 Hz. Có 50% số lớp học được khảo sát không đảm bảo yêu cầu về thời gian âm vang, đều là các lớp nghe giảng chưa được xử lý âm học. Lớp học nhỏ với bề mặt phản xạ âm lớn có thể bị ảnh hưởng nặng nề hơn về mức ồn nền và thời gian âm vang do cộng hưởng âm.

Từ khoá: mức ồn nền; thời gian âm vang; khả năng hiểu; âm học trường học; cộng hưởng âm; mức ồn do thiết bị.

EVALUATION OF BACKGROUND NOISE LEVEL AND REVERSE TIME IN CLASSROOMS IN FREQUENCY RANGES AFFECTING SPEECH INTELLIGIBILITY

Abstract

The classroom acoustic environment is assessed through two key indicators: background noise level and reverberation time, both of which directly impact sound quality, teaching effectiveness, and students' learning comprehension. The study involved surveying and evaluating these two indicators across the entire frequency range and within the frequency ranges critical for speech intelligibility: 1,000 Hz to 4,000 Hz for lecture classrooms, and 125 Hz to 4,000 Hz for performance/drama rooms at a school in Hanoi. The findings revealed that all surveyed classrooms failed to meet the permissible background noise levels when HVAC systems were operational. Without HVAC operation, lecture classrooms met the required background noise, whereas performance/drama rooms showed potential speech intelligibility degradation at low frequencies (125 Hz – 500 Hz). Additionally, fifty percent of the surveyed classrooms did not meet the reverberation time requirements, all of which were lecture rooms that had not been acoustically treated. Small classrooms with large sound-reflective surfaces were found to be more severely affected by elevated background noise levels and prolonged reverberation times due to acoustic resonance.

Keywords: background noise; reverberation time; intelligibility; classroom acoustics; acoustic resonance; equipment noise.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2025-19\(2V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.huce2025-19(2V)-05) © 2025 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: phuongntk@huce.edu.vn (Phuong, N. T. K.)

1. Giới thiệu

Đảm bảo môi trường âm thanh tốt cho việc nghe hiểu là nhiệm vụ thiết yếu, đóng vai trò quan trọng trong trải nghiệm học tập. Một lớp học có trường âm thanh kém, không đảm bảo mức ồn nền, thời gian âm vang và không đảm bảo khả năng nghe hiểu sẽ gây khó khăn cho cả người dạy và người học, giảm năng suất và chất lượng giảng dạy, học tập [1–4]. Hai chỉ số quan trọng được xem xét trong yêu cầu chất lượng âm thanh lớp học là mức ồn nền (L_{Aeq} , dBA) và thời gian âm vang (RT, s). Các chỉ số này thường được xem xét ở các dải tần số trung bình từ 500 Hz đến 1.000 Hz theo tác giả Arau và tiêu chuẩn NS 8178 [5–7], hay dải tần 250 Hz đến 2.000 Hz theo tiêu chuẩn BB93 [8]. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng, giáo viên hoạt động hiệu quả hơn khi lớp học có môi trường âm thanh tốt, việc nói trong một lớp học ồn ào có thể gây căng thẳng cho giáo viên và có thể dẫn đến các vấn đề về giọng nói [9–11]. Một số nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của môi trường âm thanh trong lớp học như tiếng ồn tác động đến sức khỏe tâm lý của học sinh [12–14]. Các nghiên cứu của Roy, da Cruz và cs. [15, 16] cho thấy rằng mức ồn nền và thời gian âm vang có ảnh hưởng đáng kể đến trải nghiệm học tập của học sinh cũng như hiệu quả giảng dạy của giáo viên. Mặc dù đã có các tiêu chuẩn và khuyến nghị về âm thanh trong lớp học nhưng các lớp học gặp vấn đề về âm thanh vẫn rất phổ biến [17–19]. Một nghiên cứu về chất lượng âm thanh trong lớp học đã khảo sát 17 lớp học ở các trường trung học tại Hàn Quốc, nơi vẫn chưa có các tiêu chuẩn âm học cụ thể cho lớp học [20]. Nghiên cứu này tập trung vào tiêu chí về khả năng hiểu lời nói thông qua các bài kiểm tra. Kết quả nghiên cứu cho thấy thời gian âm vang phù hợp cho lớp học là 0,76 s, với mức ồn nền dưới 35 dBA [20]. Trong nghiên cứu của Kristiansen và cs. [21] các tác giả đã đánh giá mức độ hài lòng của giáo viên bằng cách sử dụng chỉ số đo lường sức khỏe tinh thần với các chỉ số khác nhau: mức độ hài lòng với công việc, sự khó chịu và căng thẳng về thể chất, thiếu năng lượng, thiếu động lực, buồn ngủ và ý muốn rời bỏ công việc. Cuối cùng, nghiên cứu đã rút ra hai chỉ số quan trọng: thiếu năng lượng và ý muốn rời bỏ công việc nếu môi trường âm học không được đảm bảo.

Mặc dù việc thiết kế tuân thủ các tiêu chuẩn về âm học nhưng vẫn xảy ra các vấn đề về đảm bảo khả năng nghe hiểu. Điều đó có thể được giải thích trên cơ sở xem xét ảnh hưởng của các dải tần số âm đến độ rõ, đối với lớp học nghe giảng từ 1.000 đến 4.000 Hz theo [22] và biểu diễn/nhạc kịch từ 125 đến 4.000 Hz theo ISO [23]. Các giới hạn này cũng được sử dụng khi đánh giá, thiết kế thời gian âm vang tại Thụy Điển và Phần Lan [24], thay vì xem xét tiêu chuẩn BB93 và thực hành thiết kế theo chỉ số NRC theo dải tần 250 – 2.000 Hz. Tại Việt Nam, thiết kế mức ồn cho phép tại các vị trí làm việc sử dụng TCVN 3985:1999, TCVN 175:2005 và QCVN 24:2016/BYT. Tuy nhiên các tài liệu này chưa có quy định cụ thể đối với mức ồn nền và thời gian âm vang trong các không gian lớp học hoặc đã hết hiệu lực: ví dụ TCVN 175:2005 Mức ồn tối đa cho phép trong công trình công cộng – Tiêu chuẩn thiết kế có quy định mức ồn chấp nhận được trong lớp học phổ thông không quá 45 dBA, tuy nhiên tiêu chuẩn này hiện nay đã hết hiệu lực sử dụng và không có quy định về thời gian âm vang cho phép trong lớp học. Trong một số thiết kế trường học đòi hỏi kiểm soát chất lượng âm học phòng cao thường được lấy theo tiêu chuẩn nước ngoài (sử dụng nhiều là BB93). Việc xác định các chỉ số đánh giá chất lượng môi trường âm học trong các lớp học, xem xét đến các dải tần số quan trọng cải thiện khả năng nghe hiểu cần được xem xét một cách đầy đủ hơn trong bối cảnh nâng cao chất lượng môi trường học tập tại Việt Nam.

2. Tiêu chuẩn tham chiếu thiết kế âm học cho trường học và phạm vi tần số cải thiện khả năng nghe hiểu

Do các tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam chưa có quy định cụ thể đối với mức ồn nền và thời gian âm vang trong các không gian lớp học hoặc đã hết hiệu lực nên nhóm nghiên cứu lựa chọn tiêu chuẩn BB93 để tham chiếu kết quả khảo sát đo lường.

2.1. Tiêu chuẩn tham chiếu BB93

Với mục tiêu đánh giá môi trường âm thanh trong các lớp học, có xem xét đến khả năng nghe hiểu, nghiên cứu này thực hiện các phép đo, đánh giá: mức ồn nền và thời gian âm vang, tham chiếu theo tiêu chuẩn thiết kế âm trường học BB93 [8]. Các lớp học được lựa chọn khảo sát chia thành hai nhóm chính: lớp “nghe giảng” và lớp “biểu diễn/nhạc kịch”, có kích thước và tỷ lệ khác nhau tại một trường trung học ở Hà Nội. Phạm vi tần số được đề xuất lựa chọn nghiên cứu ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu lời nói: đối với lớp nghe giảng từ 1.000 Hz đến 4.000 Hz, đối với lớp biểu diễn/nhạc kịch từ 125 Hz đến 4.000 Hz. Việc đánh giá đúng hiệu quả âm học ở các tần số ảnh hưởng tới độ rõ của âm thanh sẽ giúp điều chỉnh thiết kế kiến trúc, cơ điện, sử dụng vật liệu nội thất nhằm cải thiện môi trường âm học cho lớp học một cách hiệu quả. Đối với các lớp học yêu cầu độ rõ của lời nói, cần thời gian âm vang ngắn hơn, trong khi đối với các lớp nghe nhạc, thời gian âm vang cần dài hơn. Các giá trị yêu cầu về thời gian âm vang và mức ồn nền tối đa cho phép trong tiêu chuẩn Building Bulletin 93: Acoustic Design of Schools - Performance Standards (Vương quốc Anh) được cung cấp trong Bảng 1.

Bảng 1. Tiêu chuẩn mức ồn tối đa trong trường học [8]

| Chức năng lớp | Giới hạn trên của mức ồn nền cho phép, dBA |
|--|--|
| Lớp học trung học, khu vực giảng dạy chung, lớp hội thảo, lớp hướng dẫn, lớp thí nghiệm ngôn ngữ | 35 |
| Lớp học nhạc của trường trung học cơ sở Các lớp thực hành (nhỏ và lớn)/lớp học Lớp biểu diễn | 35 |

Bảng 2. Tiêu chuẩn thời gian âm vang trong trường học [8]

| Chức năng lớp | RTmf*, s |
|--|---|
| Trường trung học cơ sở: lớp học, khu giảng dạy chung, lớp hội thảo, lớp dạy kèm, lớp thí nghiệm ngôn ngữ, lớp học (nghiên cứu cá nhân, chữa bài, lớp giáo viên), lớp thí nghiệm khoa học | $\leq 0,8$ |
| Không gian giảng dạy dành riêng cho học sinh có nhu cầu nghe hoặc giao tiếp đặc biệt | $RT \leq 0,4$ s trung bình các dải tần số trung tâm 125 Hz – 4000 Hz và $T \leq 0,6$ s trong mỗi dải từ 125 Hz – 4.000 Hz |
| Lớp tập nhạc kịch | $\leq 1,0$ |

*RTmf, là giá trị trung bình cộng của thời gian âm vang trong các dải tần số trung bình 500 Hz, 1.000 Hz và 2.000 Hz.

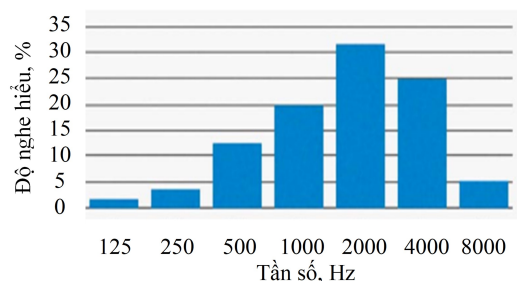
Căn cứ yêu cầu ở Bảng 1 và Bảng 2 về thời gian âm vang và mức ồn nền của lớp học, xác định được:

- Thời gian âm vang yêu cầu đối với các lớp nghe giảng là $RT \leq 0,8$ s.
- Thời gian âm vang yêu cầu đối với các lớp biểu diễn/nhạc kịch là $RT \leq 1$ s.
- Mức ồn tối đa cho phép trong lớp học là 35 dBA.

2.2. Các dải tần số cải thiện khả năng nghe hiểu

a. Các dải tần số quan trọng

Tần số cơ bản của giọng nói con người được đánh giá trong khoảng từ 80 – 400 Hz (khu vực tần số cơ bản). Năng lượng của các âm nguyên âm chủ yếu nằm trong khoảng từ 250 – 2.000 Hz; các phụ âm có tiếng (b, d, m, v.v.) trong khoảng từ 250 – 4.000 Hz và các phụ âm không có tiếng (f/ph, s, t, v.v.) thay đổi đáng kể về cường độ và nằm trong khoảng tần số từ 2.000 – 4.000 Hz [25]. Trong các ngôn ngữ có thanh điệu như tiếng Trung, tiếng Thái và tiếng Việt, người nói sử dụng thanh điệu từ vừng hoặc tần số cơ bản để truyền đạt ý nghĩa. Trong các ngôn ngữ không có thanh điệu như tiếng Anh, tiếng Tây Ban Nha, tiếng Nhật, v.v., các từ được phân biệt bằng cách thay đổi nguyên âm, phụ âm hoặc cả hai. Tuy nhiên, trong hai yếu tố này, các phụ âm là quan trọng nhất [26]. Hình 1 thể hiện phạm vi tần số nghe được và khả năng nghe hiểu tại các tần số, tập trung ở 1.000 – 4.000 Hz. Tương tự, khi xét khả năng nghe hiểu bằng phương pháp sử dụng bộ lọc tần số giọng nói [22], kết quả cũng cho thấy rằng Bộ lọc Cao tần (High Pass Filter) cắt năng lượng của các dải tần số dưới 500 Hz trong khi vẫn đảm bảo rằng tín hiệu giọng nói vẫn rõ ràng, và chỉ giảm 5% khả năng nghe hiểu. Tuy nhiên, việc sử dụng Bộ lọc Thấp tần (Low Pass Filter) để giảm năng lượng ở các tần số trên 1.000 Hz làm giảm khả năng nghe hiểu đến 40%. Bảng phương pháp này cũng cho kết quả các dải tần số quan trọng xác định khả năng hiểu của giọng nói nằm trong giới hạn 1.000 – 4.000 Hz [22, 27].



Hình 1. Phạm vi tần số và tỷ lệ (%) nghe hiểu ở tần số quan trọng tập trung ở 1.000 – 4.000 Hz

b. Chênh lệch giữa mức năng lượng tín hiệu giọng nói và mức ồn nền

Tất cả các tín hiệu âm thanh khác ngoài mục đích tiếp nhận (nghe giảng/nhạc kịch) được coi là âm thanh gây nhiễu. Trong các lớp học, âm thanh do hệ thống HVAC, các thiết bị gây ồn khác có thể khiến giảm khả năng nghe hiểu. Đối với lớp nghe tiếng nói, tỷ lệ giữa âm thanh tín hiệu (âm thanh giọng nói) và mức ồn nền, sau đây ký hiệu là (S/N) được đặc trưng bởi mức độ che lấp âm thanh bởi mức ồn nền [22]. Theo đây, các mức S/N 15, 10, 5 tương đương tín hiệu âm thanh giọng nói lớn hơn mức ồn nền 15, 10, 5 dB. Khi S/N mang trị số âm (-) có nghĩa mức ồn nền lớn hơn âm thanh tín hiệu giọng nói và làm giảm khả năng nghe hiểu. Để tăng khả năng nghe hiểu trong lớp học, cần lưu ý các yêu cầu:

- Mức ồn nền toàn dải cần đảm bảo tối thiểu dưới 40 dB(A).
- Âm thanh tiếng nói khuyến nghị ở mức 15 dB(A) cao hơn khi mức ồn nền lớn hơn 40 dB(A) (S/N 15).
- Dải tần số 1.000 Hz – 4.000 Hz phải được đảm bảo “rõ ràng” (kept clear): khi thêm nhạc làm nền cho tường thuật, bộ cân bằng equalizer cần giảm mức âm của nhạc nền trong dải tần số này từ 5-10 dB để cải thiện độ rõ cho âm thanh tiếng nói.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Đặc điểm các lớp học được lựa chọn khảo sát

Khảo sát thực hiện trên sáu lớp với hai chức năng chính là nghe giảng và biểu diễn/nhạc kịch, đặc điểm về diện tích và bề mặt hoàn thiện nội thất các lớp được mô tả trong Bảng 3. Các lớp biểu diễn/nhạc kịch đều được thiết kế và có xử lý tiêu âm trần, sàn trải thảm (Hình 2). Các lớp học không

được thiết kế âm học đầy đủ từ đầu. Trong quá trình dạy học, các lớp học có được xử lý thêm tiêu âm trên bề mặt tường (Hình 2(c)). Các lớp học có hai thiết kế chính:

- Các lớp học lý thuyết sử dụng trần thạch cao, các bề mặt không xử lý tiêu âm.
- Các lớp học thực hành trần gỗ trang trí, các bề mặt không xử lý tiêu âm.

Bảng 3. Mô tả đặc điểm bề mặt nội thất các lớp khảo sát

| Lớp | Mô tả lớp |
|---|--|
| <p>a. Chức năng: Nghe giảng;</p> <p>Yêu cầu âm học: $T_{1000-4000} \leq 0,8$ s; $L_{1000-4000} \leq 35$ dBA; $L_{Aeq} \leq 35$ dBA</p> | |
| Lớp học 1: 5 điểm đo Lớp vận động thể chất Diện tích 150 m ² | - Trần thạch cao tiêu âm - Sàn lát gỗ - Cửa kính hai bên |
| Lớp học 2: 3 điểm đo Lớp học lý thuyết Diện tích 102 m ² | - Trần không xử lý tiêu âm - Sàn gỗ - Tường xử lý tám tiêu âm một phần |
| Lớp học 3: 2 điểm đo Lớp học thực hành Diện tích 74 m ² | - Trần gỗ, không xử lý tiêu âm - Sàn gạch - Hai bên cửa/vách kính |
| Lớp học 4: 3 điểm đo Diện tích 100 m ² | - Trần gỗ, không xử lý tiêu âm - Sàn gạch - Hai bên cửa/vách kính |
| <p>b. Chức năng: biểu diễn/nhạc kịch</p> <p>Yêu cầu âm học: $T_{250-4000} \leq 1,0$ s; $L_{250-4000} \leq 35$ dBA; $L_{Aeq} \leq 35$ dBA</p> | |
| Lớp học 5: 3 điểm đo Diện tích 101 m ² | - Trần tiêu âm - Sàn trải thảm - Tường gạch gỗ ốp - Không có cửa, vách kính |
| Lớp học 6: 2 điểm đo Diện tích 75 m ² | - Trần tiêu âm - Sàn trải thảm - Vách gỗ, cửa kính |



(a) Lớp biểu diễn/nhạc kịch



(b) Lớp học thực hành



(c) Lớp học lý thuyết

Hình 2. Hình ảnh các lớp học

3.2. Phương pháp đo và thiết bị đo

Nghiên cứu tiến hành đo lường mức ồn nền và thời gian âm vang trong sáu lớp học trong hai trường hợp: A - khi vận hành hệ thống sưởi ấm, điều hòa không khí và thông gió cưỡng bức (HVAC); B - khi không vận hành hệ thống sưởi ấm, điều hòa không khí và thông gió cưỡng bức (HVAC). Trong thời gian khảo sát, mức ồn bên ngoài các lớp học không vượt quá 55 dBA, tuân thủ QCVN 26:2010/BTNMT. Phương pháp đo lường tuân theo phương pháp quy định trong TCVN 7878-2:2018 (ISO 1996-2:2017). Máy đo đặt tại 2 - 5 điểm, phân bố đều theo diện tích phòng, trên độ cao 1,2 m so với mặt sàn, cách tường tối thiểu 1 m, cách cửa sổ kính tối thiểu 1,5 m. Thời gian đo lường trong ngày được chia thành 4 ổp (2 ổp buổi sáng, 2 ổp buổi chiều), mỗi ổp đo 30 phút, tốc độ lấy số liệu là 1s/1 số liệu. Số điểm đo và các lớp học khảo sát được mô tả ở Bảng 3. Mức ồn nền được đo theo toàn bộ dải tần số, các kết quả đo trong sáu lớp được lấy giá trị trung bình. Đánh giá ảnh hưởng của mức ồn nền và thời gian âm vang (RT) đến khả năng nghe hiểu được xét trên dải tần 1.000 – 4.000 Hz với lớp nghe tiếng nói, 125 – 4.000 Hz với lớp nghe âm nhạc. Đây là phạm vi thính giác điển hình cho lớp biểu diễn khuyến nghị xem xét ISO, “Measurement of Room Acoustic Parameters- Part 1: Performance Spaces,” 3382-1:2009.

Các thiết bị đo lường đều đáp ứng yêu cầu của máy đo mức âm loại 1 theo tiêu chuẩn IEC 651 và được hiệu chuẩn theo Tiêu chuẩn ISO 160283:2014 theo giấy chứng nhận số V12.CN5.315.22 ngày 25/11/2022 của Viện đo lường Việt Nam. Các thiết bị đo lường được thể hiện trong Hình 3.

- Hệ thống thiết bị phân tích âm thanh tổng hợp 2270G - Đan Mạch.
- Phần mềm BZ7229 và phần mềm phân tích âm thanh BZ7830 và BZ5503.



Hình 3. Các thiết bị đo mức ồn nền và thời gian âm vang theo dải tần số

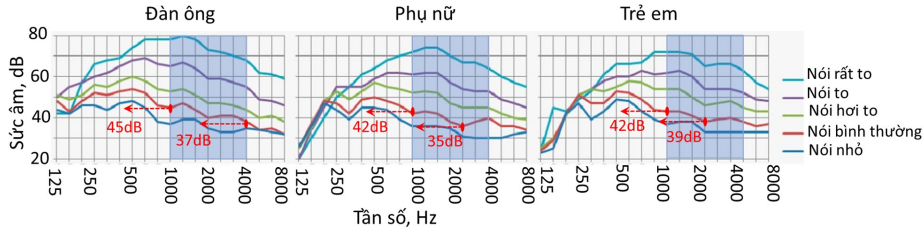
Các kết quả đo lường sau đó được tổng hợp, phân tích đánh giá theo dải tần số ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu và đối chiếu, so sánh với tiêu chuẩn quy định về mức ồn nền và thời gian âm vang đối với lớp học BB93 [8].

4. Kết quả đo lường và bàn luận

Các kết quả đo lường cho thấy mức ồn nền trên toàn bộ dải tần số đo được trong trường hợp không vận hành hệ thống HVAC từ 30,6 đến 35,1 dBA, đảm bảo mức ồn cho phép. Khi vận hành hệ thống HVAC, mức ồn nền trên toàn bộ dải tần số đo được dao động từ 47,6 đến 56,1 dBA, cao hơn rất nhiều so với trường hợp không vận hành hệ thống HVAC và không đảm bảo mức ồn nền yêu cầu.

Theo phổ giọng nói của con người (Hình 4), các ngưỡng 35 dB và 42 dB là mức âm tối thiểu tại dải tần 1.000 Hz – 4.000 Hz và 125 Hz – 1.000 Hz khi nói bình thường [22]. Để đảm bảo khả năng

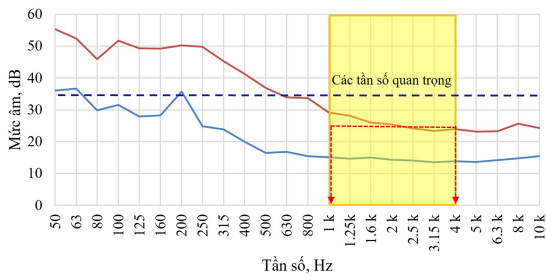
nghe hiểu, mức ồn nền phải nhỏ hơn ít nhất 10 dB so với mức âm của phổ giọng nói. Do đó mức ồn nền tối đa chấp nhận được trong dải 1.000 – 4.000 Hz là 25 dBA, dải 125 Hz – 1.000 Hz là 32 dBA.



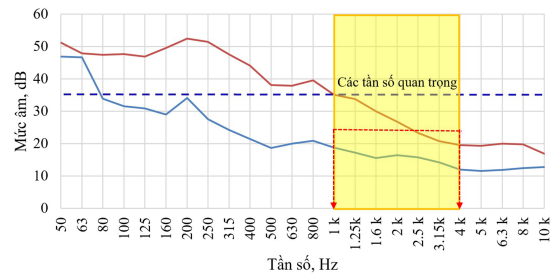
Hình 4. Mức âm theo phổ giọng nói của con người [22]

Xem xét phạm vi dải tần số ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu, khi vận hành hệ thống HVAC (trường hợp A), tất cả các lớp học đều có mức ồn nền cao, vượt quá ngưỡng cho phép (xem Hình 5). Khi không vận hành hệ thống HVAC (trường hợp B), tất cả các lớp nghe giảng có mức ồn nền trung bình trong phạm vi dải tần 1.000 Hz – 4.000 Hz từ 10 dBA – 18,8 dBA. Mức ồn nền này đảm bảo thấp hơn ít nhất 10 dB so với mức âm giọng nói bình thường, (xem Hình 4, Hình 5(a)–(d)). Mức ồn nền trung bình trong hai lớp biểu diễn/nhạc kịch đo được trong phạm vi dải tần 125 Hz – 4.000 Hz từ 20,1 dBA đến 24,5 dBA. Các giá trị này đảm bảo khả năng nghe hiểu lời thoại trong biểu diễn với nỗ lực nói trung bình, tuy nhiên mức âm nói khẽ sẽ có khả năng bị che lấp ở phạm vi tần số thấp 125, 250, 500 Hz.

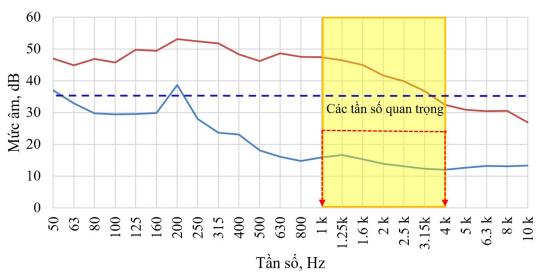
Kết quả đo lường thời gian âm vang cho thấy 50% số lớp không đảm bảo yêu cầu, do thiết kế không xem xét đến vấn đề sử dụng vật liệu tiêu âm (lớp học 2, 3, 4 với thời gian âm vang lần lượt là 1,09 s; 1,38 s; 1,36 s). Các lớp biểu diễn/nhạc kịch đều được thiết kế tiêu âm và đạt thời gian âm vang yêu cầu (xem Hình 6, Bảng 4). Trong đó lớp học 3, 4 có thời gian âm vang lớn nhất đều hoàn thiện bề mặt gỗ sồi rãnh đặc kết hợp thạch cao tiêu âm rất thấp.



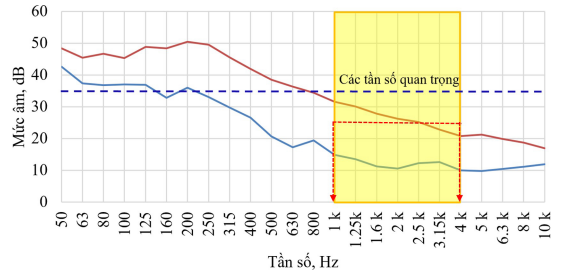
(a) Lớp học 1



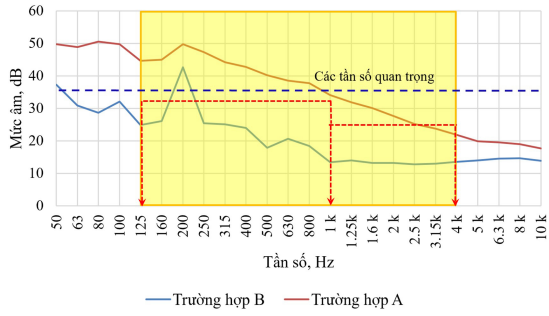
(b) Lớp học 2



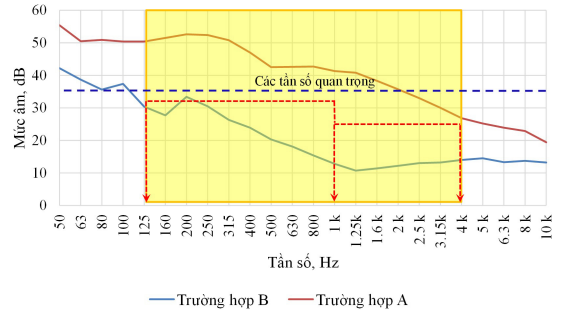
(c) Lớp học 3



(d) Lớp học 4

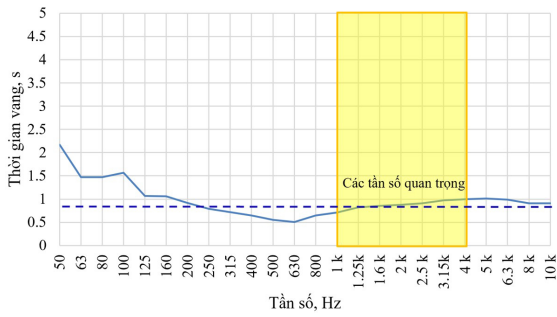


(e) Lớp học 5

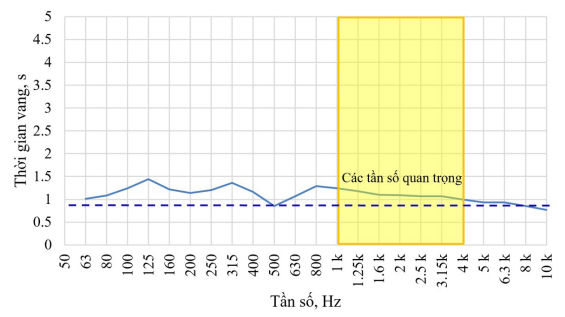


(f) Lớp học 6

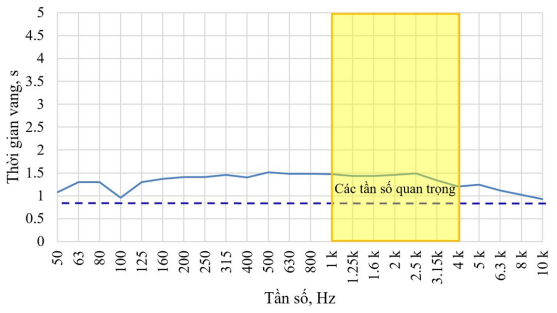
Hình 5. Thực trạng mức ồn nền trung bình tại sáu lớp học khảo sát trong hai trường hợp A, B, đối chiếu với yêu cầu L_{Aeq} (đường đứt màu xanh) và $L_{125-1000\&1000-4000}$ (đường đứt màu đỏ)



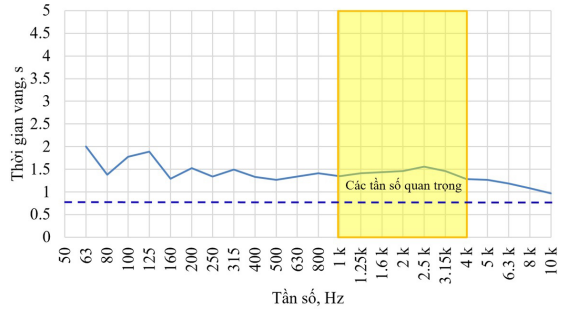
(a) Lớp học 1



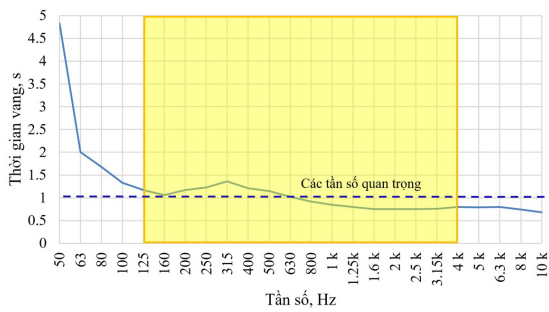
(b) Lớp học 2



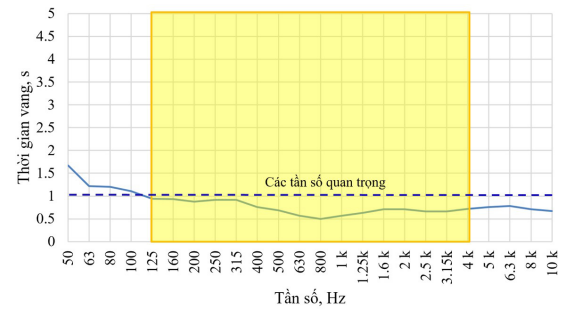
(c) Lớp học 3



(d) Lớp học 4



(e) Lớp học 5



(f) Lớp học 6

Hình 6. Thời gian âm vang trung bình tại 6 lớp học khảo sát

Từ kết quả khảo sát, có thể thấy vấn đề tồn tại lớn nhất chính là khi vận hành hệ thống HVAC, mức ồn nền đo được trên toàn dải tần số và xét riêng ở dải tần số quan trọng ảnh hưởng khả năng nghe hiểu đều vượt giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn BB93. Nếu xét theo tiêu chuẩn cũ TCXDVN 175:2005 với giới hạn mức ồn cho phép 45 dBA thì các lớp học số 1, 4, 5 có thể được chấp nhận (mức ồn vượt giới hạn không quá 5%, xem Bảng 4). Có thể thấy tiêu chuẩn cũ đã hết hiệu lực có giới hạn quy định mức ồn khá cao, điều này ảnh hưởng đến chất lượng nghe hiểu trong lớp học. Ngoài ra, các lớp học nghe giảng hầu như chưa được lưu ý khi thiết kế tiêu âm cho bề mặt hoàn thiện, trong bốn lớp học nghe giảng được khảo sát chỉ có một lớp đạt yêu cầu do được thiết kế trần thạch cao tiêu âm và sàn gỗ; hai lớp biểu diễn/nhạc kịch đảm bảo yêu cầu thời gian âm vang cho phép do được chú ý thiết kế trần tiêu âm và sàn trải thảm hoặc tấm trải thảm chuyên dụng.

Phần lớn các lớp học đạt được yêu cầu về mức ồn nền và thời gian âm vang cho phép chỉ khi không vận hành hệ thống HVAC. Trong đó duy nhất lớp học 1 là lớp học nghe giảng hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu đối với mức ồn cho phép và thời gian âm vang trung bình đạt yêu cầu. Hai lớp biểu diễn/nhạc kịch khi hoàn toàn sử dụng âm thanh tự nhiên sẽ có khả năng bị mức ồn nền ở phạm vi tần số thấp từ 125 Hz – 250 Hz che lấp nếu mức âm giọng nói nhỏ (khẽ), đặc biệt sẽ giảm khả năng nghe hiểu lời hát nếu có thêm mức âm từ nhạc cụ biểu diễn. Điều này có thể được khắc phục bằng sử dụng hệ thống điện thanh cho các lớp biểu diễn/nhạc kịch, xem xét hiệu chỉnh mức âm của người biểu diễn với mức âm nhạc cụ tại các dải tần số thấp để đảm bảo khả năng nghe hiểu rõ ràng. Các kết quả từ khảo sát môi trường âm thanh trong các lớp được cho trong Bảng 4.

Bảng 4. Đánh giá chất lượng âm thanh trong các lớp học từ kết quả khảo sát

| Lớp học | L_{Aeq}^* , dBA tham chiếu tiêu chuẩn BB93 [8] | | $L_{(f)}^{**}$ tham chiếu theo dải tần ảnh hưởng khả năng nghe hiểu, dBA | | RT** (s) |
|--|---|--------------|---|---------------------|-------------------|
| | Trường hợp A | Trường hợp B | Trường hợp A | Trường hợp B | |
| Chức năng: Nghe giảng; Yêu cầu: $L_{Aeq} \leq 35$ dBA; $L_{1000-4000} \leq 25$ dBA; $T_{1000-4000} \leq 0,8$ s | | | | | |
| Lớp học 1- nghe giảng, 150 m ² | 47,6 Không đạt | 30,6 Đạt | 32,0 Không đạt | 20,0 Đạt | 0,82 Đạt |
| Lớp học 2- nghe giảng, 102 m ² | 49,6 Không đạt | 31,6 Đạt | 36,0 Không đạt | 21,9 Đạt | 1,09 Không đạt |
| Lớp học 3- nghe giảng, 74 m ² | 56,1 Không đạt | 32,3 Đạt | 48,8 Không đạt | 19,6 Đạt | 1,40 Không đạt |
| Lớp học 4- nghe giảng, 100 m ² | 47,6 Không đạt | 32,7 Đạt | 33,3 Không đạt | 17,8 Đạt | 1,32 Không đạt |
| Chức năng lớp: biểu diễn/nhạc kịch Yêu cầu: $L_{Aeq} \leq 35$ dBA; $L_{125-1000} \leq 32$ dBA; $L_{1000-4000} \leq 25$ dBA; $T_{125-4000} \leq 1,0$ s | | | | | |
| Lớp học 5- biểu diễn/nhạc kịch, 101 m ² | 47,7 Không đạt | 35,1 Đạt | 41,8 35,5 Không đạt | 20,1 21,9 Đạt | 0,99 Đạt |
| Lớp học 6- biểu diễn/nhạc kịch, 75 m ² | 52,6 Không đạt | 30,9 Đạt | 46,6 46,3 Không đạt | 23,6 24,5 Đạt | 0,76 Đạt |

* Mức ồn nền toàn dải trung bình, dBA.

** Mức ồn nền xét trong dải 1000 – 4000 với lớp học, 125 – 4000 Hz với lớp biểu diễn/nhạc kịch.

Xem xét về khối tích phòng ảnh hưởng đến môi trường âm học, hai lớp học có thiết kế hoàn thiện

nội thất hoàn toàn giống nhau là lớp học 4 (100 m²) và lớp học 3 (74 m²): mặt bằng hình chữ nhật với thiết kế kiến trúc, nội thất sử dụng trần gỗ, sàn gạch và các mặt tường sơn, thiết bị nội thất mặt bàn gỗ (dạng nội thất mô tả trên Hình 2b) đều là các bề mặt phản xạ âm. Khi hai lớp học ở trạng thái hoàn toàn yên tĩnh (trường hợp B), mức ồn nền xét trên toàn bộ dải rộng và xét trên dải hẹp 1.000 Hz – 4.000 Hz hầu như không có sự chênh lệch đáng kể. Tuy nhiên dưới ảnh hưởng của tiếng ồn hệ thống HVAC thì lớp học 3 với diện tích nhỏ hơn, có mức ồn nền trên toàn dải cũng như xét trong dải hẹp cao hơn đáng kể so với mức ồn trong lớp học 4. Cụ thể: mức ồn nền trên toàn bộ dải tần trong lớp học 3 là 56,7 dBA, trong lớp học 4 là 47,6 dBA; mức ồn trên dải tần số 1.000 Hz – 4.000 Hz trong lớp học 3 là 47,4; 41,6; 32,4 dB, lớn hơn rất nhiều so với lớp học 4 với mức ồn 31,6; 26,2; 20,8 dB. Kết quả khảo sát còn cho thấy lớp học 3 có giá trị thời gian âm vang 1,40 s, lớn hơn lớp học 4 với thời gian âm vang 1,32 s – Điều này ngược với xu hướng tỷ lệ thuận giữa thời gian âm vang và khối tích lớp khi điều kiện bề mặt nội thất hoàn toàn sử dụng vật liệu như nhau. Thêm nữa, hai lớp học nhỏ nhất là lớp học 3 (74 m²) và lớp học 6 (76 m²) có mức ồn nền dưới ảnh hưởng của tiếng ồn HVAC lớn hơn nhiều so với các lớp học khác. Trong lớp học 6 các bề mặt được xử lý tiêu âm, thời gian âm vang được cải thiện đáng kể. Các kết quả này hỗ trợ quan điểm dựa trên quy tắc ngón tay (rule of thumb) về khả năng cộng hưởng và gia tăng năng lượng tiếng ồn, kéo dài thời gian âm vang trong các không gian mặt bằng phòng chữ nhật có diện tích nhỏ, các bề mặt nội thất là vật liệu cứng (bề mặt phản xạ âm) [28].

Như vậy, khi thiết kế môi trường âm thanh cho các lớp học không những cần xem xét mức ồn nền và thời gian âm vang trên toàn dải tần số mà còn cần xem xét các giá trị này trong dải tần “quan trọng” ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu. Cụ thể là dải tần 1.000 – 4.000 Hz đối với lớp học nghe tiếng nói và 125 – 4.000 Hz đối với lớp học nghe và biểu diễn âm nhạc. Những giá trị này hiện chưa được quy định trong các tiêu chuẩn hiện hành. Cần thiết kế cách âm, tiêu âm chống ồn cho hệ thống HVAC để đảm bảo mức ồn gây ra bởi hệ thống này dưới 35 dBA trên toàn bộ dải tần số và dưới 25 dB tại các dải tần 1.000 Hz – 4.000 Hz đối với phòng nghe giảng; dưới 25 – 32 dB tại dải tần từ 125 Hz – 4.000 Hz đối với phòng biểu diễn/nhạc kịch.

5. Kết luận

Các mô hình trường học được trang bị hệ thống HVAC đang ngày càng phổ biến ở Việt Nam để tăng cường điều kiện tiện nghi học tập cho học sinh. Mặc dù những lớp học dạng này được cải thiện nhiều về tiện nghi nhiệt, nhưng việc xem xét thiết kế nội thất và hệ thống kỹ thuật HVAC cùng với yêu cầu âm học chưa được đầy đủ. Các tiêu chuẩn âm học Việt Nam như TCXDVN 175:2005 có mức ồn trong các lớp học phổ thông quy định tối đa 45 dBA, mức ồn này tương đương trong một số lớp học có vận hành hệ thống HVAC. Tuy nhiên khi phân tích mức âm theo phổ giọng nói con người (Hình 4, mục 4) cho thấy đây không phải mức ồn nền lý tưởng đảm bảo tốt khả năng nghe hiểu trong lớp học. Khi đó, tiêu chuẩn BB93 với mức ồn nền quy định tối đa 35 dBA và các quy định về thời gian âm vang có thể được sử dụng đánh giá âm thanh trong lớp học hiệu quả hơn.

Các kết quả phân tích từ việc khảo sát sáu lớp học thí điểm: bốn lớp nghe giảng, hai lớp biểu diễn/nhạc kịch với diện tích từ 74 m² – 150 m² cho thấy: việc đánh giá âm học thông qua mức ồn nền và thời gian âm vang hầu như chưa được xem xét tại các tần số quan trọng của giọng nói ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu; mức ồn nền khi vận hành hệ thống HVAC là nguyên nhân chính làm giảm khả năng nghe hiểu trong các lớp học; thiết kế nội thất các lớp học chưa tính đến biện pháp tiêu âm đảm bảo tuân thủ thời gian âm vang theo yêu cầu. Điều này dễ dẫn đến các hiệu ứng không mong muốn tại các phòng học nhỏ với bề mặt nội thất phản xạ âm cao sẽ xảy ra hiện tượng cộng hưởng âm làm trầm trọng thêm mức ồn nền và kéo dài thời gian âm vang của phòng. Từ kết quả nghiên cứu,

những khuyến nghị có thể xem xét nhằm cải thiện chất lượng âm thanh trong các lớp học sử dụng hệ thống HVAC hiện nay:

- Cần thiết kế đảm bảo mức ồn nền trên toàn dải tần số và trong các dải tần số ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu.

- Đối với phòng biểu diễn/nhạc kịch cần xem xét hệ thống điện thanh tăng cường để điều chỉnh phổ âm thanh đảm bảo độ rõ tại các tần số thấp dưới 250 Hz, tăng khả năng nghe hiểu lời nhạc kịch trong quá trình biểu diễn.

- Các phòng học cần thiết phải được tính toán và thiết kế đảm bảo thời gian âm vang theo yêu cầu với việc sử dụng tiêu âm trần và/hoặc tường.

- Đối với các lớp học nhỏ cần tăng cường hơn các biện pháp cách âm từ môi trường bên ngoài và tăng cường hơn lượng hút âm trong phòng để đảm bảo mức ồn nền và thời gian âm vang cho phép. Tuyệt đối tránh sử dụng các bề mặt phản xạ âm cao như gỗ, kính, các bề mặt vật liệu cứng khác.

Nghiên cứu này là một thử nghiệm tiếp cận toàn diện hơn trong việc đánh giá môi trường âm thanh trong các lớp học hiện đại với hai chỉ số cơ bản là mức ồn nền và thời gian âm vang trên toàn dải tần số và các dải tần ảnh hưởng đến khả năng nghe hiểu của lời nói trong điều kiện vận hành hệ thống HVAC. Để đảm bảo môi trường âm thanh hiệu quả trong hoạt động giảng dạy, việc thiết kế cách âm, tiêu âm là cần thiết cho cả kiến trúc nội thất và hệ thống kỹ thuật, HVAC. Một khi không được thiết kế đầy đủ, các lớp học có thể bị suy giảm khả năng nghe hiểu, giảm độ rõ, cộng hưởng âm, tăng các hiện tượng âm xấu trong các phòng học.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội trong Đề tài mã số 01-2024/KHXD.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bistafa, S. R., Bradley, J. S. (2000). [Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics](#). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(2):861–875.
- [2] Cunha, I. B., Mattos, T., Bertoli, S. R. (2013). [Sound quality in small music classrooms](#). *Proceedings of Meetings on Acoustics*, ASA, 19(1):040113–040113.
- [3] Kristiansen, J., Lund, S. P., Nielsen, P. M., Persson, R., Shibuya, H. (2011). [Determinants of noise annoyance in teachers from schools with different classroom reverberation times](#). *Journal of Environmental Psychology*, 31(4):383–392.
- [4] Ramma, L. (2007). [Rethinking our classrooms: assessment of background noise levels and reverberation in schools](#). *Education as Change*, 11(2):115–130.
- [5] Pereira, A., Gaspar, A., Godinho, L., Amado Mendes, P., Mateus, D., Carbajo, J., Ramis, J., Poveda, P. (2021). [On the use of Perforated sound absorption systems for variable acoustics room design](#). *Buildings*, 11(11):543.
- [6] Arau, H. (1999). *ABC de la Acústica Arquitectónica*. Technology & Engineering, Barcelona, Spain.
- [7] NS 8178:2014 (2014). *Acoustic Criteria for Rooms and Spaces for Music Rehearsal and Performance*. Standard Norge: Oslo, Norway, In Norwegian.
- [8] Building bulletin 93 (2015). *Acoustic design of schools: Performance standards*. Department for Education.
- [9] Mogas Recalde, J., Palau, R., Márquez, M. (2021). [How Classroom Acoustics Influence Students and Teachers: A Systematic Literature Review](#). *Journal of Technology and Science Education*, 11(2):245–259.
- [10] Rantala, L. M., Sala, E. (2015). [Effects of classroom acoustics on teachers' voices](#). *Building Acoustics*, 22(3–4):243–258.
- [11] Berg, F. S., Blair, J. C., Benson, P. V. (1996). [Classroom acoustics: The problem, impact, and solution](#). *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 27(1):16–20.

- [12] Astolfi, A., Puglisi, G. E., Murgia, S., Minelli, G., Pellerey, F., Prato, A., Sacco, T. (2019). [Influence of classroom acoustics on noise disturbance and well-being for first graders](#). *Frontiers in Psychology*, 10: 482200.
- [13] Connolly, D. M., Dockrell, J. E., Shield, B. M., Conetta, R., Cox, T. J. (2015). [Students' perceptions of school acoustics and the impact of noise on teaching and learning in secondary schools: Findings of a questionnaire survey](#). *Energy Procedia*, 78:3114–3119.
- [14] Sala, E., Rantala, L. (2016). [Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland](#). *Applied Acoustics*, 114:252–259.
- [15] Roy, K. P., Li, J. (2013). [Background noise in Chinese schools - student and teacher perceptions](#). *Proceedings of Meetings on Acoustics*, ASA, 19(1):040122–040122.
- [16] da Cruz, A. D., Alves Silvério, K. C., Da Costa, A. R. A., Moret, A. L. M., Lauris, J. R. P., de Souza Jacob, R. T. (2016). [Evaluating effectiveness of dynamic soundfield system in the classroom](#). *Noise and Health*, 18(80):42–49.
- [17] Gheller, F., Lovo, E., Arsie, A., Bovo, R. (2019). [Classroom acoustics: Listening problems in children](#). *Building Acoustics*, 27(1):47–59.
- [18] Rosenberg, G. (2010). [Classroom acoustics](#). *Seminars in Hearing*, 31(3):188–202.
- [19] Mealings, K., Buchholz, J. M. (2024). [The effect of classroom acoustics and noise on high school students' listening, learning and well-being: a scoping review](#). *Facilities*, 42(5/6):485–503.
- [20] Park, C.-J., Haan, C.-H. (2021). [Initial study on the reverberation time standard for the Korean middle and high school classrooms using speech intelligibility tests](#). *Buildings*, 11(8):354.
- [21] Kristiansen, J., Persson, R., Lund, S. P., Shibuya, H., Nielsen, P. M. (2011). [Effects of classroom acoustics and self-reported noise exposure on teachers' well-being](#). *Environment and Behavior*, 45(2):283–300.
- [22] Dpamicrophones. [Facts about speech intelligibility](#). Accessed on 20/01/2024.
- [23] ISO 3382-1:2009 (2009). [Measurement of Room Acoustic Parameters- Part 1: Performance Spaces](#).
- [24] Rasmussen, B., Carrascal García, T. (2019). [Acoustic regulations for offices-comparison between selected countries in europe](#). *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 259(1).
- [25] Ecophone. [Generating and understanding speech](#). Accessed on 20/01/2024.
- [26] French, N. R., Steinberg, J. C. (1947). [Factors governing the intelligibility of speech sounds](#). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 19(1):90–119.
- [27] Jokinen, E., Takanen, M., Pulakka, H., Alku, P. (2014). [Enhancement of speech intelligibility in near-end noise conditions with phase modification](#). *Interspeech 2014*, ISCA, 1643–1647.
- [28] Meissner, M. (2017). [Acoustics of small rectangular rooms: Analytical and numerical determination of reverberation parameters](#). *Applied Acoustics*, 120:111–119.