



ผลกระทบของการดูดซับเสียงที่มีต่อคุณภาพเสียงภายในห้องเรียน

ภาสิต ลีนิวา*

ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ประพัทธ์พงษ์ อุปลา

หลักสูตรสหวิทยาการการวิจัยเพื่อการออกแบบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-6369-9266 อีเมล: pasitlee@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.03.002

รับเมื่อ 21 มีนาคม 2560 ตอรับเมื่อ 4 สิงหาคม 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 20 มีนาคม 2561

© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณร้อยละของพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้องเรียน กับค่าดัชนีทางเสียงสามดัชนีที่บ่งบอกคุณลักษณะทางเสียงของห้อง การวิจัยเป็นลักษณะวิจัยเชิงทดลองโดยเลือกพื้นที่ การศึกษาห้องเรียนขนาดใหญ่ของสถาบันการศึกษาภาครัฐในประเทศไทย ห้องเรียนขนาดใหญ่นั้นหมายถึงห้องเรียนที่มีขนาด ปริมาตรตั้งแต่ 288-566 ลูกบาศก์เมตร ทำการศึกษาห้องเรียนจำนวนหกห้องที่เป็นตัวแทนของแต่ละคณะภายในสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ประกอบด้วยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศ วิธีการศึกษาเริ่มต้นตั้งแต่การสำรวจสภาพแวดล้อมกายภาพ ภายในห้อง มิติความกว้าง ลึก สูงของห้องรวมถึงขนาดของพื้นผิวดูดซับเสียง เพื่อนำมาคำนวณเป็นสัดส่วนร้อยละของพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้องเรียน (PAS) รวมถึงทำการวัดค่าระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (BNL) ค่าระยะเวลาที่ก้องกังวาน (RT) และดัชนีการส่งผ่านการพูด (STI) โดยมีการอ้างอิงกับค่ามาตรฐาน ANSI S12.60 ผลจากการวิจัยพบว่า PAS มีความสัมพันธ์กับดัชนี STI รวมถึง RT และ BNL เมื่อในห้องเรียนมีวัสดุดูดซับเสียงจะทำให้ ค่า STI เพิ่มขึ้น 6.12-20.39% แต่กลับมีผลทำให้ RT และ BNL ลดลง 1.45-16.54% และ 1.5-3.0% ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงช่วยลดเสียงรบกวน ลดเสียงก้อง และช่วยเพิ่มความชัดเจนในการพูด นอกจากนี้เมื่อทดสอบค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$) พบว่า PAS มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทิศทางเดียวกับดัชนี STI ($r = 0.617$) รวมถึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนี RT ($r = -0.557$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดัชนี BNL

คำสำคัญ: คุณภาพเสียงในห้องเรียน, การดูดซับเสียง, ความชัดเจนทางการพูด, ดัชนีชี้วัดทางเสียง

Effects of Sound Absorption on Acoustics Quality in Classrooms

Pasit Leeniva*

Department of Interior Architecture, School of Architecture, Bangkok University, Bangkok, Thailand

Prapatpong Upala

Multidisciplinary Design Research Program, Faculty of Architecture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08-6369-9266, E-mail: pasitlee@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.03.002

Received 21 March 2017; Accepted 4 August 2017; Published online: 20 March 2018

© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this study is to investigate the relationships between the percentage of absorbing surface area to the total surface area of a classroom and three different acoustical indexes of the room. This paper is the experimental research that investigated six large classrooms of a public university in Thailand that were as large as 288–566 cubic meters. These lecture rooms, each belonged to the faculty of engineering, architecture, agriculture, science, industrial education and information technology of KMUTL, were investigated in the following manners: the width, depth, and height of each room, as well as the dimensions of the curtains and blinds. Measurements of the Background Noise Level (BNL), Reverberation Time (RT) and Speech Transmission Index (STI) followed ANSI S12.60 standard. These measurements yielded the percentage of the absorbing surface areas to the total surface areas (PAS). Then, the BNL, RT, and STI were obtained by generating test sounds with a sound generator. The results show the relationship between PAS and STI, RT, BN. STI increased by 6.12–20.39%, but RT and BNL decreased by 1.45–16.54% and 1.5–3.0%, respectively, as PAS increased. Moreover, Pearson correlation analysis determined the relationships between PAS and the three indexes at 99% confidence level. The relationship between PAS and STI was significant at $r = 0.617$ as well as PAS and RT was significant at $r = -0.557$ but the correlation between PAS and BNL was insignificant at this confidence level.

Keywords: Classroom Acoustic, Sound Absorption, Speech Intelligibility, Acoustical Indexes

Please cite this article as: P. Leeniva and P. Upala, "Effects of sound absorption on acoustics quality in classrooms," *The Journal of KMUTNB*, vol. 28, no. 2, pp. 361–372, Apr.–Jun. 2018 (in Thai).

1. บทนำ

ห้องเรียนเป็นพื้นที่ที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากในเรื่องของคุณภาพเสียง เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนในปัจจุบัน ให้ความสำคัญกับการสื่อสารด้วยวิธีการพูด อรรถาธิบาย (Verbal Communication) สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการพูดสื่อสารที่มีประสิทธิภาพที่ดีจะนำไปสู่ความเข้าใจในการพูด (Speech Intelligibility) ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพในการเรียนรู้ สภาพแวดล้อมกายภาพของห้องจึงมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพเสียงที่เกิดขึ้น [1], [2] การศึกษาก่อนหน้านี้ระบุว่า ห้องเรียนที่มีคุณภาพเสียงไม่ดียังส่งผลกระทบต่อความสามารถในการอ่านและคุณภาพการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังส่งผลเสียในด้านทัศนคติและสภาวะทางอารมณ์ของผู้เรียน [3], [4]

ห้องเรียนส่วนใหญ่มีภาวะเสียงที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะห้องเรียนของสถาบันการศึกษาภาครัฐ กล่าวคือมีเสียงก้องกังวานอันมีสาเหตุมาจาก ภายในห้องนั้นมีพื้นผิวของวัสดุดูดซับเสียงน้อยมากหรือแทบจะไม่มีเลย [5] หากสภาพแวดล้อมภายในห้องมีวัสดุดูดซับเสียงน้อยจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะการก้องกังวานและเกิดเสียงรบกวน [6] อย่างไรก็ตามวัสดุดูดซับเสียงที่ทุกห้องเรียนมักจะมีติดตั้งคือวัสดุรองแสงบริเวณหน้าต่าง วัสดุที่มีขนาดพื้นผิวแตกต่างกันย่อมจะส่งผลกระทบต่อตอบสนองทางเสียงที่ไม่เหมือนกัน วัสดุดูดซับเสียงนั้นอ้างอิงจากค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของเสียง (Noise Reduction Coefficient; NRC) NRC มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 วัสดุที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่สูง ยกตัวอย่างเช่น ฝ้าบาน วัสดุที่มีรูพรุน แผ่นอะคูสติค เบาะนั่ง เป็นต้น [7], [8]

การประเมินคุณภาพเสียงภายในห้อง ทดสอบได้จากค่าดัชนีชี้วัดทางเสียง ได้แก่ ระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (Background Noise Level; BNL) ระยะเวลาการก้องกังวาน (Reverberation Time; RT) และดัชนีการส่งผ่านการพูด (Speech Transmission Index; STI) [9], [10] ด้วยเหตุนี้จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับเสียงภายในห้องเปรียบเทียบกับค่าดัชนีชี้วัดคุณลักษณะทางเสียงของ

ห้องเรียนขนาดใหญ่

1.1 ห้องเรียนของมหาวิทยาลัยของรัฐ

ห้องเรียนที่นำมาศึกษาในครั้งนี้เป็นห้องเรียนขนาดใหญ่ หมายถึง ห้องเรียนที่มีปริมาตร 288–566 ลูกบาศก์เมตร ขนาดดังกล่าวอ้างอิงตามมาตรฐาน ANSI S12.60 โดย Acoustical Society of America หรือ ASA [11] หรือห้องเรียนสำหรับนักศึกษา 100 ถึง 120 ที่นั่ง พื้นที่ทำการศึกษาคือห้องเรียนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMUTL) ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยของรัฐในประเทศไทย คัดเลือกจำนวนหกห้องจากแต่ละคณะที่เปิดสอนในระดับปริญญาตรี ได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สภาพแวดล้อมกายภาพของแต่ละห้องไม่มีความแตกต่างกันในด้านวัสดุรวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จากรูปที่ 1 แสดงภาพของห้องเรียนแต่ละคณะที่มีวัสดุพื้นผนัง เพดาน ในลักษณะเดียวกัน คือพื้นผิวเรียบ มัน เพื่ออำนวยความสะดวกและดูแลรักษา วัสดุพื้น ได้แก่ หินขัดหรือกระเบื้องปูพื้นผิวเรียบ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบโดยที่ผนังบางส่วนเป็นยิบซัมบอร์ด (Gypsum Board) ฝ้าเพดานกรวยยิบซัมบอร์ดเรียบเช่นเดียวกัน ความแตกต่างของแต่ละห้องนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ 1) ปริมาณของพื้นผิวดูดซับเสียง 2) ขนาดของระยะกว้าง ลึก สูงภายในห้อง โดยที่ขณะทำการเก็บข้อมูลภายในห้องจะไม่มีเฟอร์นิเจอร์และไม่มีกิจกรรมการเรียนการสอน

1.2 ค่าดัชนีชี้วัดทางเสียง

คุณลักษณะทางเสียงของห้อง (Room Acoustical Characteristics) บ่งบอกจากจากค่าดัชนีทางเสียงทั้ง 3 ดัชนี ได้แก่ เสียงรบกวนพื้นหลัง ระยะเวลาการก้องกังวาน และดัชนีการส่งผ่านการพูด [10] ดัชนีชี้วัดเหล่านี้มีการกำหนดเป็นมาตรฐานในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมัน ฝรั่งเศส หรือบราซิล สำหรับในประเทศไทยโดย



รูปที่ 1 ตัวอย่างห้องเรียนของหกคณะ แสดงลักษณะของวัสดุ พื้น ผนัง เพดาน และการติดตั้งผ้าม่าน

กรมควบคุมมลพิษอ้างอิงจากมาตรฐาน ANSI S12.60 ของ ประเทศสหรัฐอเมริกา ค่ามาตรฐานดัชนีชี้วัดทางเสียงสำหรับ ห้องเรียนขนาดใหญ่ แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของดัชนีชี้วัดทางเสียงสำหรับ ห้องเรียนขนาดใหญ่

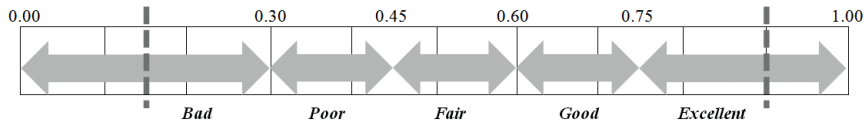
Acoustical indexes	Value	Standards	Years of definition
Background Noise Level (BNL)	35-40 dBA	ANSI S12.60	2002
Reverberation Time (RT)	≤ 0.7 second	ANSI S12.60	2002
Speech Transmission Index (STI)	≥ 0.62	IEC 60268-16 ed.4	2011

ค่าระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (Background Noise Level หรือ Ambient Noise) เป็นค่าที่วัดระดับความดังของเสียงในขณะที่ห้องเรียนไม่มีกิจกรรมการเรียนการสอนใดๆ หน่วยวัดระดับเสียงที่ใช้เป็นมาตรฐานสากลคือ เดซิเบลเอ (A-weighted decibels; dBA) ค่า BNL ตามมาตรฐาน ANSI S12.60 สำหรับห้องเรียนขนาดใหญ่ระบุไว้ว่าในช่วง 35-40 dBA อย่างไรก็ตาม BNL ภายในห้องเรียนนั้นไม่ควรจะสูงเกิน 70 dBA โดยอาจได้รับผลกระทบมาจาก สภาพแวดล้อมโดย

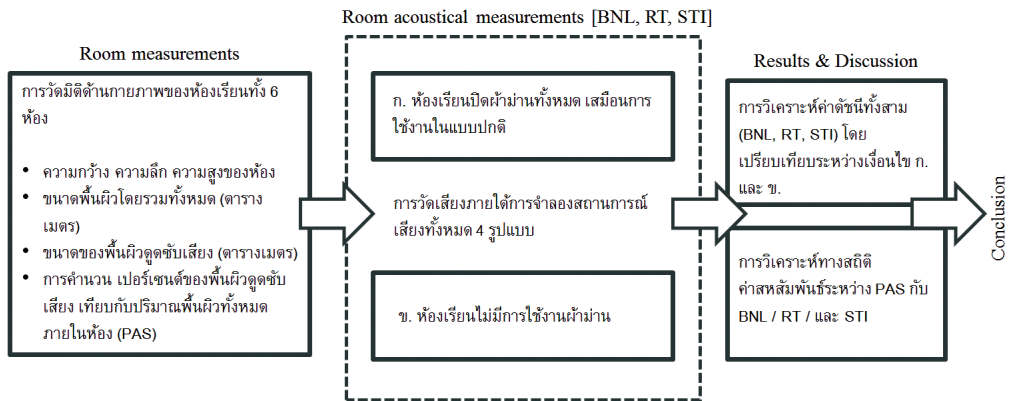
รอบจากการจราจร พื้นที่ข้างเคียงหรือพื้นที่ใกล้เคียงติดกัน [11] และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เสียงจากสภาพแวดล้อมภายใน เช่น เสียงจากระบบปรับอากาศ ระบบหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า รวมถึง เสียงก้องกังวานและเสียงสะท้อน

ระยะเวลาที่ก้องกังวาน (Reverberation Time; RT) หมายถึง ระยะเวลาการก้องกังวานของเสียงภายในห้อง มีหน่วยวัดเป็นวินาที เรียกโดยย่อว่า RT (หรือ RT60) RT60 หมายถึงวิธีในการวัดโดยจะทำการกำเนิดเสียงให้ดังขึ้น 60 dBA โดยเพิ่มจากระดับ BNL ของห้องนั้น แล้วเริ่มจับเวลาจนถึงเวลาที่เสียงจางหายไปกลับสู่ BNL ในระดับปกติ ห้องเรียนขนาดใหญ่ควรมีค่า RT ไม่เกิน 0.7 วินาที [12] ปัจจุบันที่มีผลต่อ RT ได้แก่ ขนาดปริมาตรของห้องและความสามารถในการดูดซับเสียง [13]

ดัชนีการส่งผ่านการพูด (Speech Transmission Index; STI) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งบอกความชัดเจนในการพูด ค่า STI จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0-1 โดยที่ 0 หมายถึง ไม่มีความชัดเจนอย่างยิ่ง และ 1 หมายถึงมีความชัดเจนที่สมบูรณ์มาก ความหมายของระดับค่า STI ดูได้จากรูปที่ 2 ค่า STI ที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนควรมีค่ามากกว่า 0.6 ขึ้นไป [14], [15] ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า STI เป็นผลมาจาก ระดับความดังของระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง และระยะเวลาการก้องกังวานภายในห้องเรียน



รูปที่ 2 ช่วงของระดับค่าดัชนีการส่งผ่านการพูด (STI) และความหมายในแต่ละช่วง



รูปที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาโดยสังเขป

2. วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนในการวิจัย

ขั้นตอนโดยสรุปของการศึกษาค้างนี้แสดงในรูปที่ 3 แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการวัดพื้นที่ห้องเรียนทั้งหกห้อง การวัดความกว้าง ความลึก ความสูงภายในห้อง รวมถึงวัดขนาดพื้นที่ของพื้นผิวดูดซับเสียง โดยเครื่องมือวัดระยะ ได้แก่ เครื่องเลเซอร์วัดระยะยี่ห้อ New Pro รุ่น DM-220 (accurate to within $\pm 0.5\%$ ระยะการวัด 0.5 ถึง 18 เมตร) จากการวัดระยะจะทำให้สามารถคำนวณปริมาณพื้นผิวทั้งหมดของห้อง รวมถึงคำนวณขนาดของพื้นที่ดูดซับเสียง หลังจากนั้นจึงจะนำมาสรุปเป็นร้อยละของพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้อง (PAS)

2) ขั้นตอนการวัดค่าสภาพแวดล้อมเสียง โดยจะทำการวัดค่าดัชนีทางเสียง 3 ดัชนี ได้แก่ ระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (BNL) ระยะเวลาก้องกังวาน (RT) และดัชนีการส่งผ่านการพูด (STI) จำลองสถานการณ์เสียงทั้งหมด 4 รูปแบบ 1) ปิดและเปิดระบบทั้งหมด หมายถึงปิดและเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมถึงระบบเครื่องปรับอากาศเพื่อวัดค่า BNL 2) เปิดเสียงลูกโป่งระเบิดเพื่อวัดค่า RT 3) จำลองเสียงพูดบรรยายเป็นระยะเวลา 1 นาที

จากโปรแกรมจำลองเสียงพูด jRaja-VAJA v.6.0 (Home edition) NECTEC ประเทศไทย 4) จำลองเสียงเพลงเป็นเวลา 1 นาที โดยเปิดจากโปรแกรม Audacity v.2.1.2 แต่ละห้อง จะทำการกำหนดเงื่อนไขในการวัดไว้ 2 รูปแบบ คือ ก. ห้องที่มีพื้นผิวดูดซับเสียงหรือห้องที่มีการใช้งานผ่านตามปกติ ข. ห้องที่ไม่มีพื้นผิวดูดซับเสียงโดยนำเอาผ้ามาออกทั้งหมด

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการวิเคราะห์ค่าดัชนี STI RT และ BNL เปรียบเทียบแต่ละห้องในแบบ ก. และ ข. โดยนำเสนอในรูปแบบกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละห้องเทียบกับค่ามาตรฐานของแต่ละดัชนี นอกจากนี้จะนำเสนอในรูปแบบ Sound Contour Maps เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างห้องที่มีพื้นผิวดูดซับเสียงและห้องที่ไม่มีพื้นผิวดูดซับเสียง ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Pearson ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < .01$) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย PAS กับดัชนีทางเสียงทั้งสามดัชนี ได้แก่ STI, RT และ BNL

ส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 2 อุปกรณ์การวัดเสียงและแอปพลิเคชันวิเคราะห์เสียง

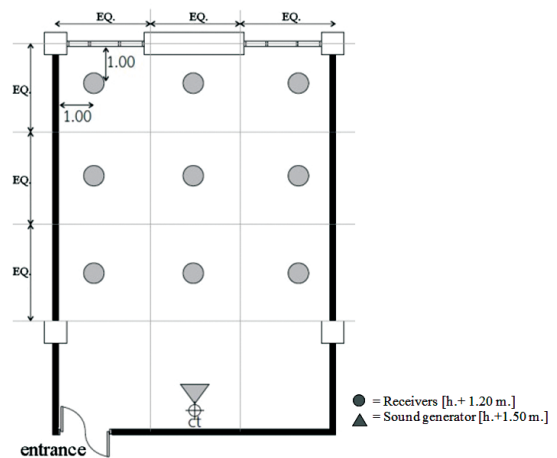
Instruments and Software	Specification and Details	Standard or Certified
Sound generator (Speaker)	Roland, 6.5” neodymium speakers *2, 40–140 dBA, wide dynamic range and flat	European Directive 89/336/EEC
Microphone (Receiver)	Dayton, iMM-6 iDevice Calibrated Measurement Microphone, for use with iOS, true omnidirectional pattern with calibrated flat frequency response	IEC 60268-4
BNL measurement	SLA v2.2 by Toon.LLC, iOS application	IEC 61672-1; 2013 & JIS C 1509-1
RT measurement	APM Tool v2.0 by Suonoevita, iOS application	IEC 61672 & ISO 3382
STI measurement	iSTI by Embedded acoustics, iOS application	IEC-60268-16; 1998

ผลที่ได้จะทำให้ทราบอิทธิพลของพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้องที่มีต่อ ดัชนีชี้วัดทางเสียง

2.2 วิธีการวัดค่าทางเสียงของห้อง

การวัดค่าดัชนี BNL, RT และ STI ในครั้งนี้ประเมินและวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชันจากโทรศัพท์มือถือ ที่มีชื่อว่า SPL, APM, tool และ iSTI ตามลำดับ ประเมินค่าเสียงผ่านทางไมโครโฟนสำหรับการวัด (Calibrated Measurement Microphone) ยี่ห้อ Dayton รุ่น iMM-6 การอ้างอิงมาตรฐานสากลของแอปพลิเคชันและไมโครโฟน ผ่านมาตรฐานสากลที่กำหนดโดยคณะกรรมการสากลว่าด้วยสาขาอิเล็กทรอนิกส์ (International Electrotechnical Commission; IEC) จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นรายละเอียดของอุปกรณ์แอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์เสียง การระบุรายละเอียดตลอดจนการอ้างอิงมาตรฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามอื่นๆ ประกอบไปด้วยขาปรับระดับสำหรับติดตั้งไมโครโฟน ขาตั้งลำโพง ฟองน้ำกันลม แบบฟอร์มสำหรับจับบันทึก คอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ (iphone5s ระบบปฏิบัติการ iOS version 9.3)

แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องกำเนิดเสียงและจุดวัดเสียง ตำแหน่งเครื่องกำเนิดเสียงอ้างอิงจากตำแหน่งที่อาจารย์ยืนสอน คือบริเวณด้านหน้ากึ่งกลางห้อง ที่ระดับความสูง 1.50 เมตร ตำแหน่งของอุปกรณ์ภาครับอ้างอิงความสูงจากระดับหูของนักเรียนในขณะนั่งฟังบรรยาย คือระดับความสูง 1.20 เมตร กำหนดตำแหน่งไว้ทั้งหมด 9 จุด



รูปที่ 4 แนวทางในการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการวัดค่าดัชนีทางเสียง

กระจายทั่วห้อง โดยตำแหน่งที่อยู่ติดกับผนังจะกำหนดให้มีระยะห่าง 1.00 เมตร แสดงในรูปที่ 4 ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นเวลากลางวัน ไม่มีกิจกรรมการเรียนการสอน ไม่มีนักศึกษาภายในอาคารเรียนแต่ละหลัง รวมถึงไม่มีกิจกรรมใดๆ ในพื้นที่รอบข้างหรือพื้นที่ใกล้เคียงติดกัน สภาพอากาศในขณะเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างปกติ ไม่มีฝนตก พายุหรือลมแรง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองจะเรียงลำดับจากปัจจัยที่มีอิทธิพลมากไปสู่ปัจจัยอิทธิพลน้อย โดยเริ่มต้นจากตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 3 สรุปค่าระยะต่างๆ ของแต่ละห้องเรียน ปริมาณพื้นผิวทั้งหมด พื้นผิวซับเสียง และค่า PAS

Large Classrooms ^a	W. (m.)	D. (m.)	H. (m.)	Floor Area (m ²)	Room Volume (m ³)	Absorbing Surface Area (m ²)	The Total Surface Area (m ²)	PAS (%)	Group
ENG	8.50	12.50	3.20	106.25	340.00	61.44	346.90	17.71	I
IDED	8.50	19.00	2.50	161.50	403.75	54.00	460.50	11.73	
ARCH	8.80	14.75	3.30	129.80	428.34	77.72	415.03	18.73	
SCI	6.50	18.50	2.65	120.25	318.66	15.84	373.01	4.25	II
AGRI	10.50	10.50	2.90	110.25	319.73	6.00	342.30	1.75	
IT	8.70	16.20	3.00	140.94	422.80	35.04	431.28	8.13	

Note. ^a ENG = Faculty of Engineer, IDED = Faculty of Industrial Education, ARCH = Faculty of Architecture, SCI = Faculty of Science, AGRI = Faculty of Agriculture and IT = Faculty of Information Technology

ได้แก่ PAS และปัจจัยที่เป็นตัวแปรตามได้แก่ STI, RT และ BNL ตามลำดับ หลังจากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 4 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ

3.1 ร้อยละของพื้นผิวดูดซับเสียง (PAS)

PAS ย่อมาจากคำว่า Percentage of Absorbing Surface Areas เป็นค่าสัดส่วนระหว่าง ปริมาณของพื้นผิวดูดซับเสียง เปรียบเทียบกับพื้นผิวของระนาบทั้งหมดในห้อง การสรุปค่าระยะต่างๆ ค่าปริมาณพื้นผิวทั้งหมดภายในห้อง ค่าปริมาณพื้นผิวดูดซับเสียง และ PAS ของหกห้องเรียน แสดงไว้ในตารางที่ 3 ขนาดปริมาตรของห้องเรียนทั้งหมดอยู่ในช่วง 288–566 ลูกบาศก์เมตร เป็นไปตามเกณฑ์ของ ANSI S12.60 เมื่อพิจารณาค่า PAS จะสามารถแบ่งกลุ่มห้องเรียนได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ Group I คือ กลุ่มที่มีสัดส่วนของพื้นผิวดูดซับเสียงมาก ได้แก่ ห้องเรียน ENG, IDED และ ARCH ส่วน Group II หมายถึง กลุ่มที่มีสัดส่วนของพื้นผิวดูดซับเสียงน้อย ได้แก่ ห้องเรียนของคณะ SCI, AGRI และ IT

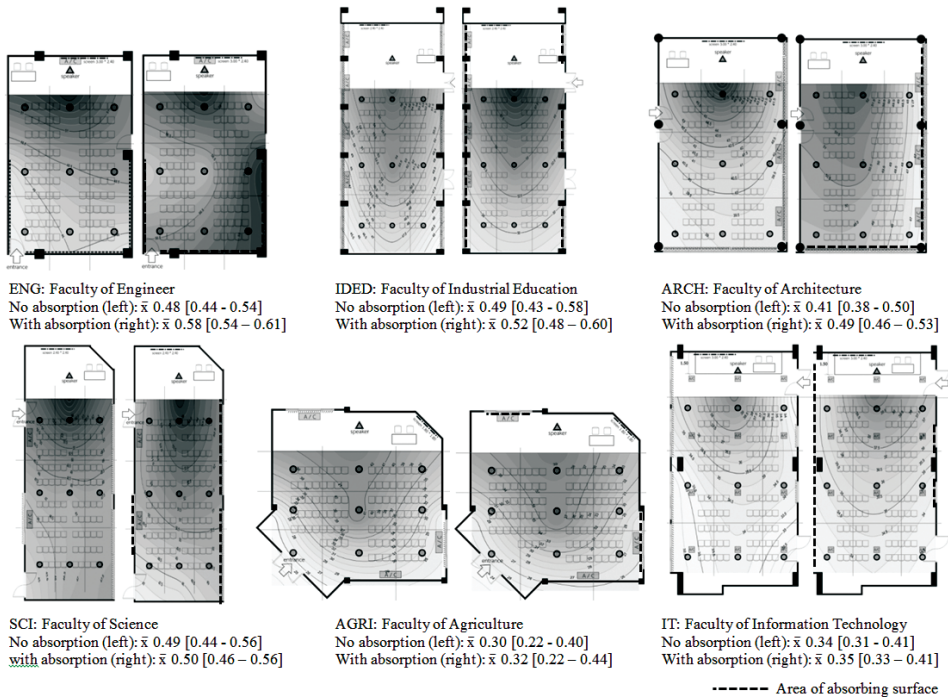
ทั้งนี้การจำแนกพื้นผิวดูดซับเสียงเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM ที่มีการกำหนดสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) โดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลักคือ กลุ่มวัสดุที่มีการสะท้อนของเสียง เช่น แผ่นยิปซัมบอร์ดเรียบ คอนกรีตฉาบเรียบ วัสดุผิวเรียบ กระดาษ ขอบหน้าต่าง เป็นต้น สำหรับกลุ่มวัสดุที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง คือ ฝ้าผาน วัสดุที่มีรูพรุน

เบา นวม ฟองน้ำ ในการทดลองครั้งนี้กำหนดวัสดุดูดซับเสียงภายในห้องเรียนคือ ฝ้าผานซึ่งมีค่า NRC=0.5 เป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง [8]

3.2 การเปรียบเทียบค่า STI

ค่า STI หรือ Speech Transmission Index เป็นค่าดัชนีที่ใช้วัดค่าความชัดเจนของการพูดสื่อสาร (Speech Intelligibility) เป็นดัชนีที่บอกคุณลักษณะทางเสียงที่สำคัญสำหรับห้องหรือพื้นที่ที่ใช้เพื่อสื่อสารผ่านการพูดและฟัง เช่น ห้องเรียน ห้องประชุม ระดับค่า STI ที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนควรมีค่ามากกว่า 0.60 หมายถึงความชัดเจนดีจากการประเมินค่า STI ทั่วห้องเรียน ด้วยวิธี In-field Acoustical Measurement แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของ STI แต่ละห้องนั้นไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.58

จากรูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระดับค่า STI ของแต่ละห้องในภาวะที่ไม่มีวัสดุดูดซับเสียงและมีวัสดุดูดซับเสียงในภาพรวมจะเห็นได้ว่าเมื่อในห้องมีวัสดุดูดซับเสียงแล้วจะทำให้ค่า STI ในแต่ละห้องในมีค่าเฉลี่ยที่ดีขึ้นสามารถเพิ่มค่า STI ได้ 2.01% ถึง 21.00% ภาพในลักษณะ Contour Map จะแสดงให้เห็นตำแหน่งที่เสียงชัดเจนหรือพื้นที่ที่มีค่า STI สูง (พื้นที่สีเทาเข้ม) และบริเวณที่ STI ต่ำ (พื้นที่สีเทาอ่อน) โดยปกติเมื่อห้องไม่มีวัสดุดูดซับเสียงการกระจายตัวของ



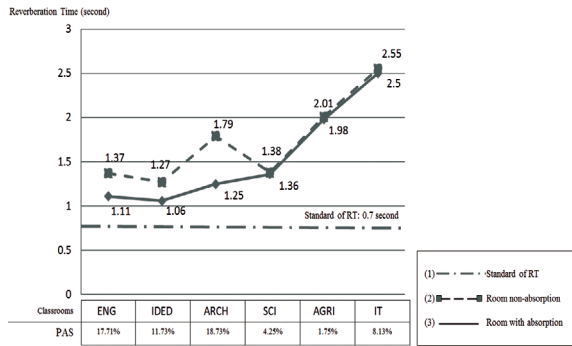
รูปที่ 5 STI Contour Maps แสดงการกระจายระดับของค่า STI

เสียงจะเป็นลักษณะ Normal Curve กล่าวคือพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียง (ด้านหน้า-กลางห้อง) ก็จะมีค่าความชัดเจนมากกว่าบริเวณอื่นและจะค่อยๆ ลดระดับลงเมื่อระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อในห้องมีการเพิ่มวัสดุดูดซับเสียงก็จะทำให้รูปแบบการกระจายของ Contour Map แตกต่างออกไป กล่าวคือ ทำให้ค่า STI เพิ่มสูงขึ้นและขยายวงกว้างขึ้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่ใกล้กับวัสดุดูดซับเสียงก็จะมี ค่า STI เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หากพิจารณาจำแนกตามกลุ่ม PAS กลุ่มที่มี PAS มาก (ENG, IDED, ARCH) จะมีค่า STI เพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย 15.77% โดยเพิ่มสูงสุดได้ 20.80% ในขณะที่กลุ่ม PAS น้อย (SCI, AGRI, IT) ค่า STI เพิ่มขึ้นน้อยมากโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.38% เพิ่มได้สูงสุด 6.67% โดยมีปัจจัยที่ส่งผลนอกเหนือจาก PAS ได้แก่ BNL ที่เมื่อในห้องเปิดเครื่องปรับอากาศ รวมถึงสภาวะก้องกังวานในห้อง อย่างไรก็ตามในการประเมินค่า STI ครั้งนี้ ซึ่งเป็นการประเมินจากสภาพแวดล้อมจริงไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่ง ปริมาณพื้นผิวดูดซับเสียง ค่าที่วัดได้จึงเป็น

ข้อมูลเชิงประจักษ์ ภายใต้สภาวะการใช้งานภายในห้องเรียน ซึ่งจะนำไปเป็นฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย PAS กับดัชนีชี้วัดทางเสียง ด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

3.3 การเปรียบเทียบค่า RT

การวัดค่า RT ใช้วิธีการสร้างเสียงแบบเสียงกระแทก (Impulse Noise) โดยใช้เสียงลูกโป่งระเบิดที่เปิดจากเครื่องกำเนิดเสียง กำหนดระดับความดังไว้ที่ BNL + 60 dBA (BNL เมื่อปิดเครื่องปรับอากาศ) ช่วงความถี่สำหรับการวัดค่า RT คือช่วง 500–2000 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ของเสียงพูดปกติ ค่าระยะเวลาการก้องกังวาน (RT) สำหรับห้องที่มีปริมาตรมากกว่า 288 ลบ.ม. แต่ไม่เกิน 566 ลบ.ม. ตามมาตรฐาน ANSI S12.60 กำหนดไว้ว่าไม่ควรมีค่าเกิน 0.7 วินาที จากรูปที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของ RT ในแต่ละห้องโดยเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐาน พบว่า ห้องเรียนทั้งหมดห้องมีค่า RT สูงกว่ามาตรฐานทั้งสิ้นซึ่งถือว่ามีความก้องมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.73 วินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 โดยมีค่าต่ำสุด 1.27



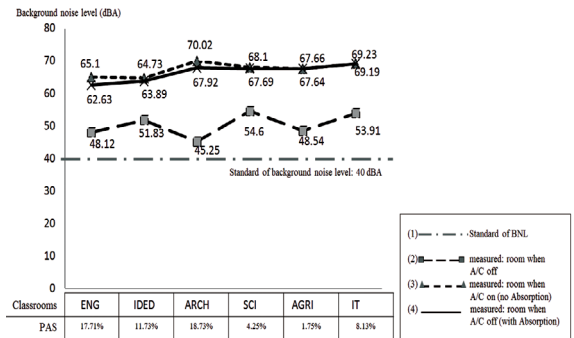
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่า RT

และสูงสุด 2.55 วินาที แต่เมื่อในห้องมีวัสดุดูดซับเสียงจะทำให้ค่าเฉลี่ยลดลงเหลือ 1.54 วินาที S.D. 0.57 มีค่าต่ำสุดคือ 1.06 และสูงสุด 2.50 วินาที หรืออาจกล่าวได้ว่า ห้องที่มีวัสดุดูดซับเสียงจะทำให้ค่า RT ลดลงโดยเฉลี่ย 11.77% ขึ้นอยู่กับปริมาณของพื้นผิวดูดซับเสียง

3.4 การเปรียบเทียบค่า BNL

จากการวัดค่า BNL ของห้องเรียนทั้งหมดหกห้องเรียน โดยทำการเปรียบเทียบกันระหว่าง ห้องที่มีพื้นผิวดูดซับเสียง และห้องที่ปราศจากพื้นผิวดูดซับเสียง การเก็บข้อมูลจะทำในทั้ง 2 สภาวะคือ ปิดเครื่องปรับอากาศ และเปิดเครื่องปรับอากาศ เพื่อสังเกตความแตกต่างของระดับเสียงที่เปลี่ยนไป จากรูปที่ 7 แสดงให้ระดับ BNL ของแต่ละห้องโดยเทียบกับค่ามาตรฐานที่ระดับ 40 dBA จะเห็นว่าทุกห้องมีค่าที่สูงกว่ามาตรฐานทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศแล้วระดับ BNL ของทุกห้องจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ระดับที่เพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย 32.13% (21.17-51.13) แต่เมื่อมีพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้องจะทำให้ระดับ BNL ลดลงเฉลี่ย 1.85% โดยห้องของ ENG มีระดับที่ลดลงมากที่สุด ในขณะที่ห้องของ SCI, AGRI และ IT นั้นแทบจะไม่มีลดลงเลย

รูปแบบการกระจายของเสียงในแต่ละห้องเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศและเปรียบเทียบระหว่างห้องที่มีและไม่มีพื้นผิวดูดซับเสียง แสดงในรูปที่ 8 การนำเสนอ Sound Contour Map จะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของรูปแบบเสียงที่เปลี่ยนไปกับตำแหน่งของพื้นผิวดูดซับเสียงที่เพิ่มเข้ามา

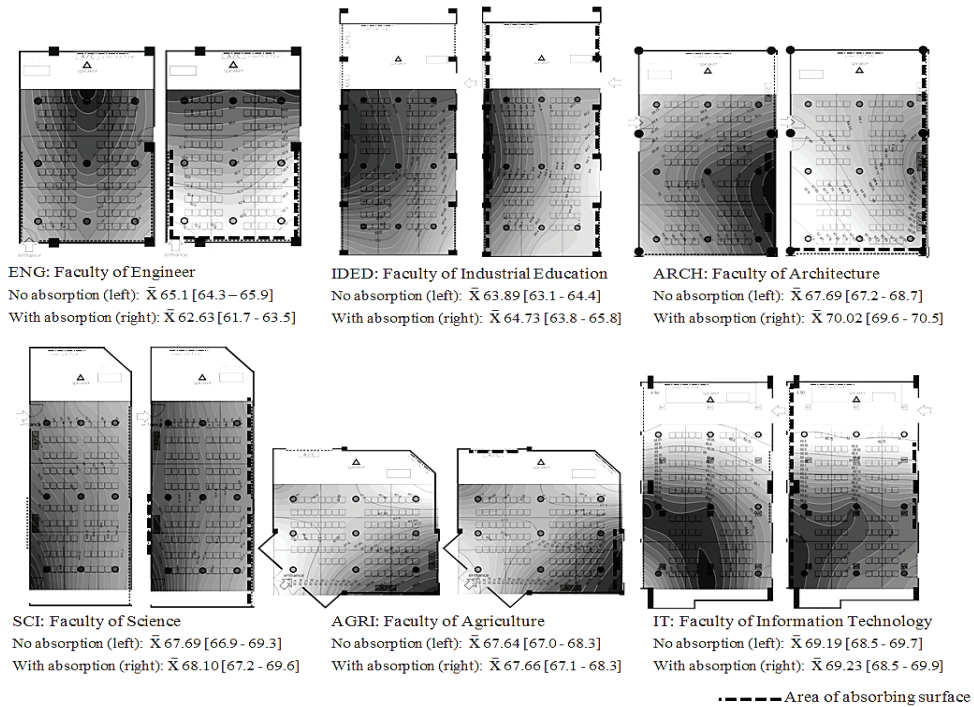


รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่า BNL

โดยที่สีเทาเข้มหมายถึงเสียงในระดับที่ตั้งมากและสีเทาอ่อนระดับเสียงเบา จากภาพจะเห็นได้ว่าเสียงจากเครื่องปรับอากาศเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ BNL ดังเกินระดับปกติและระดับจะลดลงเมื่อมีพื้นผิวดูดซับเสียง สำหรับห้องเรียนของ ENG, IDED และ ARCH จะเห็นรูปแบบที่เปลี่ยนไปได้อย่างชัดเจน โดยการดูดซับเสียงจะทำให้ค่าเฉลี่ย BNL ลดระดับลง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับพื้นผิวดูดซับเสียง ส่วนห้องของ SCI และ AGRI นั้นแทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากทั้งระดับเสียงและรูปแบบ (Sound Pattern) ส่วนห้องของคณะ IT จะเห็นว่าระดับ BNL เปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ว่า Sound Pattern มีการปรับเปลี่ยนเมื่อมีพื้นผิวดูดซับเสียง ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า พื้นผิวดูดซับเสียงนั้นมีผลกระทบต่อความดังของเสียง และส่งผลต่อรูปแบบของเสียงภายในห้อง

3.5 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง PAS กับดัชนีทางเสียง

Pearson Correlation Analysis เป็นวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัย PAS กับ ค่าดัชนีชี้วัดทางเสียง (STI, RT, BNL) โดยทดสอบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (* $p < 0.01$) จากตารางที่ 4 และรูปที่ 9 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรดัชนีทางเสียง โดยพบว่า ตัวแปร PAS มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 กับตัวแปร STI และ RT โดยมีความสัมพันธ์สูงระหว่างตัวแปร PAS กับ STI เป็นไปในทิศทางบวก ($r = 0.617$) ในขณะที่มีความสัมพันธ์ค่อนข้าง



รูปที่ 8 Sound Contour Map ของแต่ละห้อง เปรียบเทียบเมื่อมีและไม่มีพื้นผิวดูดซับเสียง

ข้างสูงกับ RT แต่เป็นไปในทิศทางลบ ($r = -0.557$) อธิบายได้ว่า เมื่อภายในห้องเรียนมีปริมาณพื้นผิวดูดซับเสียงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เสียงก้องกังวานลดน้อยลงและทำให้การพูดสื่อสารชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในตารางที่ 4 ยังแสดงให้เห็นว่า PAS และ BNL ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การที่ดัชนี BNL กับ PAS ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อกัน อาจเป็นผลมาจากปัจจัยแทรกซ้อน ได้แก่ ระดับเสียงรบกวนพื้นหลังเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งในแต่ละห้องมีลักษณะของระบบปรับอากาศที่แตกต่างกันทั้งรูปแบบของเครื่องปรับอากาศ จำนวน และตำแหน่งซึ่งส่งผลต่อการทดลองครั้งนี้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ดัชนีพบว่า RT มีความสัมพันธ์กับทั้ง STI และ BNL โดยที่ RT มีความสัมพันธ์น้อยในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับตัวแปร BNL ($r = 0.155$) และมีความสัมพันธ์สูงมากในทิศทางตรงข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับตัวแปร STI ($r = -0.804$) ในขณะที่ BNL และ STI

ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน จากข้อมูลทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ระดับของความก้องกังวานนั้นมีผลเป็นอย่างมากต่อความชัดเจนในการพูดสื่อสาร กล่าวคือ หากระดับความก้องกังวานมากจะทำให้ความชัดเจนในการพูดนั้นน้อยลง นอกจากนี้เสียงก้องกังวานยังส่งผลต่อเล็กน้อยต่อระดับเสียงรบกวนพื้นหลังอีกเช่นกัน

ตารางที่ 4 ตารางค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง PAS กับ STI, RT และ BNL

Variable ^a	PAS	STI	RT	BNL
PAS	1			
STI	.617**	1		
RT	-.557**	-.804**	1	
BNL	-.119	-.112	.155*	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

^a PAS = ร้อยละของพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้อง

STI = ดัชนีการส่งผ่านการพูด RT=เวลาที่ก้องกังวานและ

BNL = ระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง



4. สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจสภาพแวดล้อมเสียงภายในห้องเรียนขนาดใหญ่จำนวนหกห้อง โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยปริมาณร้อยละของพื้นผิวดูดซับเสียง (PAS) ที่มีอยู่ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดทางเสียง ดัชนีที่ทำการประเมินนั้นประกอบด้วย ระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (BNL) ระยะเวลาการก้องกังวาน (RT) และดัชนีการส่งผ่านการพูด (STI) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย PAS กับ STI, RT และ BNL

ผลจากการวิจัยพบว่า PAS มีความสัมพันธ์กับดัชนีชี้วัดคุณลักษณะทางเสียงของห้องได้แก่ ดัชนี STI, RT และ BNL โดยเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติจะพบว่า PAS มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กับตัวแปร STI และ RT โดยมีความสัมพันธ์สูงในทิศทางบวกกับ STI ในขณะที่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงในทิศทางลบกับ RT อธิบายได้ว่า ปริมาณของพื้นผิวดูดซับเสียงภายในห้องนั้นหากมีปริมาณมากจะสามารถทำให้ภาวะความก้องกังวานภายในห้องลดน้อยลงและทำให้ความชัดเจนในการพูดสื่อสารชัดเจนยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง PAS และ BNL โดยอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยแทรกสอด ได้แก่ ปัจจัยระบบปรับอากาศในแต่ละห้องเรียนที่ส่งผลต่อระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง อย่างไรก็ตามในสภาวะการใช้งานจริงของอาคารยังมีปัจจัยแวดล้อมอีกมากที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมเสียง ทั้งปัจจัยภายนอกอาคาร พื้นที่ใช้สอย เสียง หรือแม้แต่ปัจจัยภายในอีกจำนวนมาก เช่น ปริมาตรของห้อง สัดส่วนของห้อง เฟอร์นิเจอร์ภายใน ตลอดจนอุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯ อีกทั้งในกิจกรรมการเรียนการสอนยังประกอบด้วยปัจจัยบุคคลที่เป็นผู้เรียนและผู้สอน ซึ่งตัวบุคคลนั้นก็ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับเสียงเช่นเดียวกัน รวมถึงยังส่งผลต่อภาวะก้องกังวานและระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง ปัจจัยเหล่านี้ยังต้องการการศึกษาในเชิงลึกเพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบ ปรับปรุงสภาพแวดล้อมห้องเรียนที่เอื้ออำนวยต่อสภาพแวดล้อมเสียงที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] R. Paradis, "Acoustic Comfort," in *Whole Building Design Guide*, Washington, DC: National Institute of Building Sciences, 2014.
- [2] S. K. Tang and M. H. Yeung, "Speech transmission index or rapid speech transmission index for classrooms? A designer's point of view," *Journal of Sound and Vibration*, vol. 276, pp. 431-439, 2003.
- [3] M. Klatt and J. Hellbrück, "Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children: A field study," presented at the 19th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Lisbon, Portugal, June, 2010.
- [4] E. Asutay, D. Vastfjäll, A. Tajadura-Jimenez, A. Genell, P. Bergman, and M. Kleiner, "Emoacoustics: A study of the psychoacoustical and psychological dimensions of emotional sound design," *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 60, no. 1, pp. 21-28, 2012.
- [5] P. Leeniva and P. Upala, "Integration of psychoacoustics and activities in learning environment," presented at the European Network for Housing Research (ENHR), Lisbon, Portugal, June 28-July 1, 2015.
- [6] P. Larm, J. Keranen, R. Helenius, J. Hakala, and V. Hongisto, "Acoustics in open-plan offices - A laboratory study," in *Proceeding the Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting*, 2004, pp. 2021-2025.
- [7] J. P. Cowan, *Handbook of Environmental Acoustics*, Van Nostrand Reinhold: International Thomson Publishing Company, 1994.

- [8] *Sound absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method*, ASTM Standards C423-90a, 1998.
- [9] S. K. Tang and C. T. Wong, “Performance of noise indices in office environment dominated by noise from human speech,” *Applied Acoustics*, vol. 55, no. 4, pp. 293–305, 1998.
- [10] P. H. Zannin and C. R. Marcon, “Objective and subjective evaluation of the acoustic comfort in classrooms,” *Applied Ergonomics*, vol. 38, pp. 675–680, 2007.
- [11] *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools*, American National Standard - ANSI-S12.60, 2002.
- [12] H. Fuchs, X. Zha, X. Zhou, and H. Drotleff, “Creating low-noise environments in communication rooms,” *Applied Acoustics*, vol. 62, pp. 1375–1396, 2001.
- [13] W. Cabanaugh and J. Wikes, *Architectural Acoustics: Principles and Practice*. New York: John Wiley & Sons, 1998, pp. 21–22.
- [14] *IEC - Examples of STI qualification bands and typical applications*, IEC standard 60268-16, 2011.
- [15] E. Sala and V. Viljanen, “Improvement of acoustics conditions for speech communication in classrooms,” *Applied Acoustics*, vol. 45, pp. 81–91, 1995.