

ฉนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียง
จากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

นพวรรณ สราสำรวย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

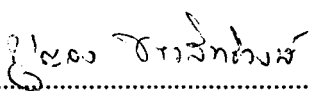
2551

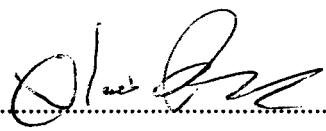
ฉนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

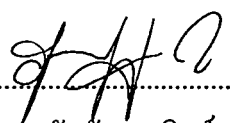
นพวรรณ สราสำรวย

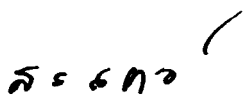
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

รองศาสตราจารย์..........ประธานกรรมการ
(ดร. บุญจง ขาวสิทธิพงษ์)

รองศาสตราจารย์..........กรรมการ
(ดร. จำลอง โพธิ์บุญ)

รองศาสตราจารย์..........กรรมการ
(ดร. วัชรชัย สุกดิษฐ์)

รองศาสตราจารย์..........คณบดี
(ดร. สุรสิทธิ์ วชิรขจร)

วันที่๕ ม.ค. พ.ศ. 2551

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	ฉนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
ชื่อผู้เขียน	นางสาวนพวรรณ สราสำรวย
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา	2551

การศึกษาเรื่องฉนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน และระดับความดันเสียงสูงสุดของฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีน โพลียูรีเทน โพลีเอทิสไตรีน โพลีสไตรีน โพลีเอทิสไตรีน บับเบิ้ลฟอยล์ อีกทั้งหาแนวทางการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมเพื่อการลดเสียง สำหรับผู้ที่ต้องการปรับปรุงอาคารที่อยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เนื่องจากการศึกษาวิจัยเชิงกึ่งทดลองและมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มีปัจจัยเดียว ทั้งนี้ ได้สร้างแบบจำลองที่ทำมาจากฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ การพิจารณาเลือกความหนาของฉนวนกันความร้อนขึ้นอยู่กับความเป็นที่นิยมใช้และหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า จนวนกันความร้อนที่ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน และระดับความดันเสียงสูงสุดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชนิดที่ลดระดับเสียงได้ดีที่สุด คือ โยเซลลูโลส รองลงมา คือ โพลียูรีเทน โยแก้วแบบคลุม โพลีเอทรีนบีบบีตฟอยด์ โยแก้วแบบแผ่น ตามลำดับ สำหรับจนวนกันความร้อนชนิดโพลิเอทรีนลดระดับความดันเสียงสูงสุดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืนได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จนวนกันความร้อนชนิดโพลิสไตรีนลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน และระดับความดันเสียงสูงสุดได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้อเสนอแนะของการวิจัยจึงแนะนำให้เลือกใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีน โพลียูรีเทน โยแก้วแบบคลุม โพลีเอทรีนแบบบีตฟอยด์ โยแก้วแบบแผ่น ตามลำดับ

ABSTRACT

Title of Thesis	Thermal Insulation and Reduction of Noise Pollution from Suvarnabhumi Airport
Author	Miss Noppawan Sarasumruay
Degree	Master of Science (Environmental Management)
Year	2008

The purposes of this research were to (1) study the following thermal insulations: Cellulose Fiber, Fiberglass Boards, Fiberglass Blanket, Polystyrene, Polyurethane, Polyethylene and Polyethylene Bubble Foil in terms of their capacity to reduce Equivalent Continuous Sound Pressure Level, Day-Night Sound Pressure Level and Maximum Sound Pressure Level; (2) find appropriate thermal insulations to reduce noise caused by aircraft for those who were impacted by the operation of Suvarnabhumi Airport and would like to renovate their buildings. The research was quasi-experimental study employing one-factor completely randomized design. In the experiment, models of the thermal insulations were built. Thickness of each thermal insulation sheet used in this study depended on its popularity and availability in the market.

The result showed that capacity of the thermal insulations used in this study in terms of reducing Equivalent Continuous Sound Pressure Level, Day-Night Sound Pressure Level and Maximum Sound Pressure Level were significantly different at 0.05 level. The most effective thermal insulation was Cellulose, followed by Polyurethane, Fiberglass Blanket, Polyethylene Bubble Foil and Fiberglass Board respectively. In terms of reducing Maximum Sound Pressure Level, capacity of Polyethylene thermal insulation was significantly different at 0.05 level; but in terms of Equivalent Continuous Sound Pressure Level and Day-Night Sound Pressure, were not significantly different at 0.05 level. As for Polystyrene thermal insulation, its capacity in terms of reducing Equivalent Continuous Sound Pressure Level, Day-Night Sound Pressure Level and Maximum Sound Pressure Level were not significantly different at 0.05 level.

The most appropriate thermal insulations suggested by the research result were Cellulose fiber, followed by Polyurethane, Fiberglass blanket, Polyethylene Bubble Foil and Fiberglass boards respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากสถาบันและบุคคลหลายท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนกำลังใจอันมีคุณค่ายิ่ง

ผู้เขียนขอขอบพระคุณสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ สถานที่ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา ความรู้ทางวิชาการต่าง ๆ รวมถึงส่งเสริมคุณธรรมอันดีงามให้แก่ผู้เขียน

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. บุญจง ขาวสิทธิวงษ์ ประธานกรรมการควบคุม วิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์และควบคุมการจัดทำ วิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในหลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ และอบรมจริยธรรมแก่ผู้เขียนด้วยความปรารถนาดีตลอดมา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะพัฒนา สังคมและสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานระหว่างการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณบริษัทมีอะซิลลิง วอลล์ จำกัด บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด บริษัท เน เซอร์วิลอินซูเลชั่น (ประเทศไทย) จำกัด และบริษัท เกรทโฟม โพรดักส์ จำกัด ที่ได้ให้ความ อนุเคราะห์จนวนกันความร้อนที่ใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

ขอขอบคุณพระเจ้าและพี่น้องคริสเตียนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้กำลังใจ ด้วยความรักห่วงใยเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนบุคคลอื่น ๆ ที่ผู้เขียนไม่สามารถกล่าวถึงได้ทั้งหมดที่ได้ ให้ความช่วยเหลือระหว่างการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมชาย สราสารวย และคุณแม่สุจิตรา สราสารวย ผู้ เป็นแรงบันดาลใจสำคัญยิ่งระหว่างการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้ คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบความดีทั้งหมดแด่คุณพ่อ คุณแม่ และ คณาจารย์ผู้ให้ความรู้ทุกท่าน ด้วยความเคารพอย่างสูง

นพวรรณ สราสารวย

กันยายน 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมติฐาน	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 ความหมายและทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง	7
2.2 มลพิษทางเสียง	23
2.3 เครื่องมือ อุปกรณ์ และการตรวจวัดระดับเสียง	27
2.4 มาตรฐานระดับเสียง	33
2.5 การควบคุมมลพิษทางเสียง	36
2.6 แนวทางการควบคุมมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยาน	37
2.7 ฉนวนกันความร้อนและการประยุกต์ใช้เพื่อการลดเสียง	39
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50

บทที่ 3 วิธีการวิจัย	53
3.1 กรอบแนวคิดและตัวแปร	54
3.2 การเตรียมแบบจำลอง	55
3.3 พื้นที่ทำการทดลอง	58
3.4 เครื่องวัดเสียงและตำแหน่งที่ตั้งแบบจำลอง	60
3.5 วิธีการทดลอง	62
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	63
บทที่ 4 ผลการศึกษา	64
4.1 ผลการตรวจวัดระดับเสียง	64
4.2 เปรียบเทียบการลดระดับเสียงของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ	68
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุป	73
5.2 อภิปรายผล	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	86
ภาคผนวก ก ข้อมูลฉนวนกันความร้อน	87
ภาคผนวก ข ผลการตรวจวัดระดับเสียง	90
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	99
ประวัติผู้เขียน	103

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความดันเสียง (Sound Pressure) และระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level)	13
2.2 มาตรฐานระดับเสียงตามข้อกำหนดของหน่วยงานต่าง ๆ	34
2.3 ค่าระดับเสียงในพื้นที่พักอาศัยของประเทศต่าง ๆ	34
2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน	46
2.5 เปรียบเทียบข้อดีข้อจำกัดของฉนวนกันความร้อน	49
3.1 รายละเอียดของโครงสร้างแบบจำลอง	55
3.2 ลักษณะพื้นผิวและแบบจำลองของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ	56
3.3 การสุ่มตำแหน่งที่ตั้งแบบจำลองในแต่ละวัน	61
3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)	63
4.1 ผลการตรวจวัดระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	64
4.2 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยของชุดทดลองฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม	69
5.1 ค่าร้อยละระดับเสียงที่ลดลงของชุดทดลองฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของคลื่นเสียง	9
2.2 ความยาวคลื่น	10
2.3 การสะท้อนของเสียง	14
2.4 การสะท้อนของเสียงจากลักษณะผิวโค้งแบบต่าง ๆ (1) แหล่งเสียงสะท้อน อยู่ใกล้ผิวโค้งนูน (2) แหล่งเสียงสะท้อนอยู่ใกล้ผิวโค้งเว้า (3) จุดเสียง สะท้อนกับผิวสะท้อนพาราโบลา	14
2.5 Normal Temperature Gradient Effect	16
2.6 Inverted Temperature Gradient Effect	16
2.7 Effect of Wind on Wavefront	17
2.8 Effect of Wind Gradient on Sound Propagation	17
2.9 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงที่มีช่องว่างขนาดเล็กกว่าช่วงคลื่นเสียงและ มีการสะท้อนก่อนผ่านช่องว่าง	18
2.10 การกระจายของเสียงที่ตกกระทบลงบนผิวโค้งนูน	18
2.11 ระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงเวลาใด ๆ	20
2.12 ส่วนประกอบของหู	24
2.13 ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง	27
2.14 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบต่าง ๆ	29
2.15 การถ่วงน้ำหนักเวลาแบบต่าง ๆ	30
2.16 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่าน และผู้รับ	36
2.17 การดูดซับและสะท้อนพลังงานเสียงของวัสดุดูดซับเสียง	40
3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	54
3.2 พื้นที่ทดลองและสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง	58
3.3 แผนที่แนวเส้นระดับเสียงทางทิศเหนือของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ	59
3.4 การสอบเทียบเครื่องวัดเสียง	60

3.5 การวางเครื่องวัดเสียงภายในแบบจำลอง	60
3.6 ตำแหน่งที่ตั้งแบบจำลอง	61
3.7 ตำแหน่งการวางแบบจำลองในแต่ละวัน	62
4.1 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) ของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ	70
4.2 ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ	71
4.3 ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

“ท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิ” หรือ “สนามบินสุวรรณภูมิ” เป็นท่าอากาศยานนานาชาติขนาดใหญ่ที่ได้รับการกำหนดให้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการส่งเสริมและพัฒนาความเจริญด้านเศรษฐกิจ สังคม การท่องเที่ยว และด้านอื่น ๆ ของประเทศในฐานะเป็นศูนย์กลางการขนส่งทางอากาศที่ทันสมัยของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ ที่สามารถรองรับการบินและส่วนแบ่งตลาดการบินที่มีความหนาแน่นทางการบินสูงทั้งระดับทวีป ภูมิภาค และภายในประเทศได้อย่างสมบูรณ์ สามารถรองรับผู้โดยสารได้ปีละ 45 ล้านคน ด้วยจำนวน 76 เที่ยวบินต่อชั่วโมงในปัจจุบัน ทั้งนี้ ได้เปิดใช้สนามบินเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2549 (บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน), 2550: 50) ท่าอากาศยานแห่งนี้มีแผนดำเนินการมาเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 40 ปี ได้จัดเตรียมรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในปี พ.ศ. 2539 และได้รับความเห็นชอบจากสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ใน พ.ศ. 2544 และ 2545 ตามลำดับ ในการก่อสร้างท่าอากาศยานฯ จนกระทั่งการจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิเพิ่มเติม (สืบเนื่องจากการเพิ่มผู้โดยสารในปีเปิดดำเนินการ) (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2551) จากรายงานดังกล่าวได้มีการคาดการณ์ระดับเสียงที่เกิดขึ้นในหน่วย NEF (Noise Exposure Forecast) และได้เตรียมการป้องกันและลดมลพิษทางเสียงในเบื้องต้นไว้แล้ว อย่างไรก็ตาม ระดับเสียงที่เกิดขึ้นจริงหลังเปิดดำเนินการสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้มากจนก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบทางเสียงต่อผู้ที่มีโอกาสสัมผัสเสียงดังอย่างมาก

สถิติการร้องเรียนตั้งแต่เริ่มเปิดใช้สนามบินจนถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 54 ราย พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ เขตลาดกระบัง รองลงมา คือ จังหวัดสมุทรปราการ เขตมีนบุรี และเขตหนองจอก ตามลำดับ (ข่าวสด, 15 พฤศจิกายน 2550) แม้ว่าจะลดผลกระทบทางเสียง โดยใช้มาตรการทางเทคนิค ได้แก่ การกำหนดวิธีการบินขึ้น - ลง ปรับปรุง

เส้นทางบิน กำหนดประเภทของอากาศยานที่จะใช้สนามบิน และมาตรการชดเชยผู้ได้รับผลกระทบจากเสียง ซึ่งคาดว่าใช้งบประมาณ 3,736,005,002 บาท สำหรับสิ่งปลูกสร้างจำนวน 27,795 อาคารในพื้นที่ NEF 30 - 40 รวมถึงการเฝ้าระวังด้วยการตั้งเครื่องวัดระดับเสียงในพื้นที่ต่าง ๆ จำนวน 10 สถานีโดยกรมควบคุมมลพิษ (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2549) ในอนาคตหากพัฒนาเต็มพื้นที่จะมีการขยายช่องทางการบินเพิ่มขึ้นอีก 2 ช่องทางเพื่อรองรับผู้โดยสาร 100 ล้านคนต่อปี (บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน), 2545: 17) จะมีผู้ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงมากขึ้น อาจส่งผลให้เกิดปัญหาชุมชนต่อต้าน การสูญเสียจากการจ่ายค่าชดเชยมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าเกิดความสูญเสียทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยากจะยุติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืน

การนำฉนวนกันความร้อนมาใช้ในการควบคุมมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานฯ เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ง่าย เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ทั่วไป ราคาไม่แพง และมีการพัฒนามาเป็นเวลานาน นอกจากนี้ ฉนวนกันความร้อนหลาย ๆ ชนิดมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงด้วย ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการลดผลกระทบทางเสียงโดยใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ ว่าแต่ละชนิดสามารถลดระดับเสียงลงได้เท่าไร เพื่อนำมาซึ่งแนวทางการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับผู้ที่ต้องการปรับปรุงอาคารที่อยู่บริเวณรอบท่าอากาศยานฯ เพื่อลดความรำคาญและอันตรายอันเกิดจากผลกระทบทางเสียง ตลอดจนเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความยั่งยืนให้แก่ท่าอากาศยานฯ อันเป็นความภาคภูมิใจของประเทศชาติต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ของฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber) ใยแก้วแบบแผ่น (Fiberglass Boards) ใยแก้วแบบคลุม (Fiberglass Blanket) โพลิสไตรีน (Polystyrene) โพลียูรีเทน (Polyurethane) โพลีเอทิลีน (Polyethylene) และโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยล์ (Polyethylene Bubble Foil)

1.2.2 เพื่อหาแนวทางการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมเพื่อการลดเสียง สำหรับผู้ที่ต้องการปรับปรุงอาคารที่อยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 จนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ มีผลต่อการลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้แตกต่างกัน

1.3.2 จนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ มีผลต่อการลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้แตกต่างกัน

1.3.3 จนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ มีผลต่อการลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.4.1.1 จนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้จนวนกันความร้อนเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีขายอยู่ในท้องตลาดและเป็นชนิดที่ได้รับความนิยมติดตั้งภายในอาคารที่พักอาศัย ได้แก่

- 1) ใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber)
- 2) ใยแก้วแบบแผ่น (Fiberglass Boards)
- 3) ใยแก้วแบบคลุม (Fiberglass Blanket)
- 4) โพลิสไตรีน (Polystyrene)
- 5) โพลียูรีเทน (Polyurethane)
- 6) โพลีเอทธิลีน (Polyethylene)
- 7) โพลีเอทธิลีนบับเบิลฟอยล์ (Polyethylene Bubble Foil)

1.4.1.2 คำนีเสียงที่ทำการตรวจวัด คือ ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) และระดับเสียงพื้นฐานหรือระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (L_{AF90})

ข้อตกลงเบื้องต้น เนื่องจากการวิจัยแบบกึ่งทดลอง จึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาให้ทั้งหมดมีลักษณะเหมือนกันและใช้เครื่องมือวัดเสียงชนิดเดียวกัน ต่างกันเพียงชนิดของจนวนกันความร้อน ดังนั้น เมื่อนำไปใช้งานจริง จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ลักษณะการติดตั้งจนวนกันความร้อน ชนิดของหลังคา ช่องระบายอากาศ เป็นต้น

1.4.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาในครั้งนี้ทำการทดลองบริเวณคาเฟ่ ชั้น 4 อพาร์ทเมนต์คุณสมศักดิ์ โอแสงใส เลขที่ 131/22 หมู่ 3 ซอยวัดบำรุงرين ถนนร่มเกล้า แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในพื้นที่แนวเส้นระดับเสียง NEF 30 – 35

1.4.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 8 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2551

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความสามารถในการลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 hr}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ของฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส ใยแก้วแบบแผ่น ใยแก้วแบบคลุม โพลิสไตรีน โพลียูรีเทน โพลีเอทธิลีน และโพลีเอทธิลีนบับเบิลฟอยล์

1.5.2 ทราบแนวทางการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมเพื่อการลดเสียง สำหรับผู้ที่ต้องการปรับปรุงอาคารที่อยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

1.5.3 ทราบข้อเสนอแนะในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนเพื่อเป็นประโยชน์ในการกันเสียงควบคู่ไปกับการกันความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.4 เป็นข้อมูลสำหรับผู้พักอาศัยบริเวณรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในการเตรียมการป้องกันมลพิษทางเสียงอันเนื่องจากการขยายช่องทางการบินเพื่อรองรับผู้โดยสารจำนวนมากขึ้นในอนาคต

1.6 นิยามศัพท์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ให้คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ดังนี้

1.6.1 เสียงรบกวน (Noise) หมายถึง เสียงที่ไม่พึงประสงค์อันก่อให้เกิดความรำคาญต่อร่างกายและจิตใจ

1.6.2 เดซิเบล (Decibel; dB) หมายถึง หน่วยวัดระดับความดังเสียง

1.6.3 เดซิเบล (เอ) (Decibel A; dB(A)) หมายถึง หน่วยวัดระดับความดังเสียง โดยใช้ค่าวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบ A จากการใช้เครื่องมือวัดผลให้คล้ายคลึงกับการได้ยินของมนุษย์ในความถี่ต่าง ๆ

1.6.4 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (Equivalent Continuous Sound Pressure Level; $L_{Aeq, 24hr}$) หมายถึง ระดับเสียงในอุดมคติที่บอกการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงานเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่ A หมายถึง วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบ A

1.6.5 ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (Day-Night Sound Pressure Level; L_{dn}) หมายถึง ค่า $L_{eq, 24hr}$ ที่ใช้การประเมิน ด้วยการบวก 10 dB เพิ่มเข้าไปกับค่า $L_{eq, 1hr}$ ในช่วงของช่วงเวลากลางคืน (22:00-07:00 น.)

1.6.6 ระดับความดันเสียงสูงสุด (Maximum Sound Pressure Level; L_{AFmax}) หมายถึง ค่าสูงสุดของระดับความดันเสียงที่ปรากฏในช่วงเวลาที่กำหนด โดยที่ A คือ วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบ A และ F คือ วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาแบบ Fast

1.6.7 ระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (Percentile Level 90; L_{AF90}) หมายถึง ค่าระดับเสียงของบริเวณนั้นที่ร้อยละ 90 ของเวลาทำการตรวจวัดทั้งหมดมีค่าเกินกว่าค่า L_{AF90} หรือเรียกว่า “เสียงพื้นฐาน” ในมาตรฐานเสียงรบกวนของไทย โดยที่ A คือ วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบ A และ F คือ วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาแบบ Fast

1.6.8 ระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise Level) หมายถึง ระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมในขณะที่ยังไม่เกิดเสียงเครื่องบิน ซึ่งคาดว่าประชาชนจะได้รับการรบกวน ทำให้ทราบว่าประชาชนอยู่ในบริเวณได้รับเสียงเครื่องบินหรือไม่ได้รับเสียงเครื่องบิน

1.6.9 Noise Exposure Forecast (NEF) หมายถึง แนวเส้นระดับเสียงที่ได้จากการพยากรณ์ โดยการใช้แบบจำลอง Integrated Noise Model (INM) ของสำนักงานบริหารการบินแห่งสหรัฐอเมริกา (USFAA) Version 6.0

1.6.10 วัสดุดูดซับเสียง (Sound Absorption Material) หมายถึง วัสดุที่สามารถดูดซับเสียงได้ เนื่องจากมีลักษณะเป็นรูพรุน หรือมีความยืดหยุ่น หรือก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์

1.6.11 ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยที่อุณหภูมิทั้งสองด้านจะต้องแตกต่างกัน

1.6.13 ฉนวนกันความร้อนใยแก้ว (Fiberglass Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุที่ได้จากการหลอมละลายแก้วแล้วทำให้เป็นเส้นใย ใช้สารยึดช่วยยึดเส้นใยแก้วให้เกาะเป็นแผ่น โดยมีแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ห่อหุ้มไว้ทั้งหมด มีทั้งแบบแผ่น (Boards) ความหนาแน่น 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความหนา 75 มิลลิเมตร และแบบคลุม (Blanket) ความหนาแน่น 12 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนา 20 มิลลิเมตร

1.6.14 ฉนวนกันความร้อนโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุที่ผลิตจากสไตรีนโพลิเมอร์แบบขยายตัว โดยเอาเม็ดโฟมขนาดเล็ก ๆ มาอัดเข้าด้วยกัน (Inter Connecting Cell In) ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมแทรกอยู่ ความหนา 50 มิลลิเมตร

1.6.15 ฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนโพลิเมอร์ โดยพ่นให้เกิดเป็นโฟม เซลล์ภายในจะบรรจุด้วยก๊าซฟลูออโรคาร์บอน ความหนา 50 มิลลิเมตร

1.6.16 ฉนวนกันความร้อนโพลีเอทิลีน (Polyethylene Foam Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุที่ผลิตจากเอทิลีนโพลิเมอร์ มีลักษณะเป็นแผ่น โครงสร้างเป็นเซลล์ปิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็กที่เกาะกันต่อเนื่อง โดยมีแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์หุ้มผิวไว้ 1 ด้าน ความหนา 10 มิลลิเมตร

1.6.17 ฉนวนกันความร้อนโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยล์ ((Polyethylene Bubble Foil Thermal Insulation) หมายถึง วัสดุซึ่งประกอบไปด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นบนเป็นแผ่น Pure Aluminum Foil (ร้อยละ 99.4) มีความหนา 8 ไมครอน ชั้นแกนกลางเป็น Polyethylene Bubbles Sheet ขนาดใหญ่ (8 มิลลิเมตร) และชั้นล่างเป็นแผ่น Pure Aluminum Foil (ร้อยละ 99.4) แต่ละชั้นเคลือบด้วยสารป้องกันไฟ และสารป้องกันการกัดกร่อน ความหนา 9.0 - 9.5 มิลลิเมตร

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเรื่อง จนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 ความหมายและทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง
- 2.2 มลพิษทางเสียง
- 2.3 เครื่องมือ อุปกรณ์ และการตรวจวัดระดับเสียง
- 2.4 มาตรฐานระดับเสียง
- 2.5 การควบคุมมลพิษทางเสียง
- 2.6 แนวทางการควบคุมมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยาน
- 2.7 จนวนกันความร้อนและการประยุกต์ใช้เพื่อลดระดับเสียง
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง

2.1.1 ความหมายของคำว่า เสียง

ราชบัณฑิตยสถาน (2542) ได้ให้ความหมายของคำว่า เสียง คือ สิ่งที่ได้รับรู้ได้ด้วยหู เช่น เสียงฟ้าร้อง เสียงเพลง เสียงพูด

McMullan (1991: 3) ให้นิยามของคำว่า เสียง (sound) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของความดันอากาศอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้นติด ๆ กันอย่างต่อเนื่อง

กฤติกา เลิศสวัสดิ์ (2544: 1) ได้ให้นิยามของเสียงทางกายภาพว่า ความสั่นสะเทือนของตัวกลาง หรืออากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ จากแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดการสั่นนั้น

เกษม จันทรแก่ (2541: 362) ให้ความหมายว่า เสียงที่เกิดขึ้นด้วยความไพเราะ ไม่มีพิษภัยต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งมีชีวิต ซึ่งเสียงลักษณะนี้ก่อให้เกิดผลดีต่อผู้ฟังมาก เช่น เสียงเพลง เป็นต้น

สิทธิชัย ดันชนะสถฤณต์ (2541: 165) ได้ให้ความหมายว่า เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของก๊าซ ของเหลว ของแข็ง แล้วทำให้เกิดคลื่นเสียงขึ้น

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, พัฒนา มุลพฤกษ์ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2541: 11) กล่าวว่า เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุและทำให้ตัวกลางซึ่งปกติ คือ อากาศสั่นสะเทือนไปด้วย การสั่นสะเทือนของอากาศทำให้เกิดความดันเป็นคลื่นส่งต่อไปจากแหล่งกำเนิด เมื่อคลื่นเสียงกระทบหูจะได้ยินเสียง

ณัชชาธิ์ พรหมวิสุทธิพล (2549: 8) เสียง คือ การสั่นสะเทือนของอนุภาคที่เป็นแหล่งกำเนิด ผ่านตัวกลางหรืออากาศมาถึงผู้รับเสียง โดยมนุษย์ได้ยินด้วยอวัยวะรับเสียง คือ หู

กล่าวโดยสรุปแล้ว เสียง คือ พลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางมากระทบหู

2.1.2 ชนิดและแหล่งกำเนิดเสียง

2.1.2.1 ชนิดของเสียง

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534: 2) ได้แบ่งชนิดของเสียงออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) เสียงที่คงสม่ำเสมอ (Steady - state Noise) เป็นเสียงที่ต่อเนื่องที่มีลักษณะและความเข้มของเสียงที่ค่อนข้างคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงเกินกว่า +5 เดซิเบลในหนึ่งวินาที เช่น เสียงจากพัดลม เสียงเครื่องจักร เสียงจากเครื่องทอผ้า เป็นต้น

2) เสียงที่เปลี่ยนแปลงระดับเสมอ (Fluctuating Noise) เป็นเสียงที่มีความเข้มสูง ๆ ต่ำ ๆ การเปลี่ยนแปลงระดับเกินกว่า 5 เดซิเบลในหนึ่งวินาที เช่น เสียงไซเรน เสียงจากบัส ไซมไฟฟ้า เสียงเลื่อยวงเดือน เป็นต้น

3) เสียงที่คงเป็นระยะ (Intermittent Noise) เป็นเสียงที่ไม่ต่อเนื่องแตกต่างจากเสียงกระทบ (Impulsive Noise) ในแง่ที่มีระยะเวลาที่ยาวนานกว่า และมีลักษณะที่ไม่แน่ชัด เช่น เสียงจากการจราจร เสียงจากเครื่องอัดลม เสียงเครื่องบิน เป็นต้น

4) เสียงรบกวน (Impulse or Impact Noise) เป็นเสียงที่เกิดขึ้นแล้วค่อย ๆ หายไปเหมือนเสียงปืน เสียงกระทบนี้มีระยะเวลาที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 0.5 วินาที เสียงกระทบอาจจะเกิดขึ้น ๆ กัน หรืออาจจะเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้งก็ได้ เช่น เสียงจากการตีหรือทุบโลหะ เสียงระเบิด เสียงจากการตอกเสาเข็ม เป็นต้น

2.1.2.2 แหล่งกำเนิดของเสียง

กฤติกา เลิศสวัสดิ์ (2544: 12 - 13) ได้ทำการจำแนกชนิดของแหล่งกำเนิดเสียง (Type of Sound Sources) โดยแหล่งกำเนิดเสียงตามทฤษฎีการลดทอนเสียงมี 3 ชนิด ได้แก่

1) แหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด (Point Source or Spherical Source) แหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด จะแผ่กระจายพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นรูปทรงกลม (Sphere) ตามแนวรัศมีของทรงกลมหรือระยะทางจากจุดกึ่งกลางแหล่งกำเนิดเสียงถึงจุดรับเสียง

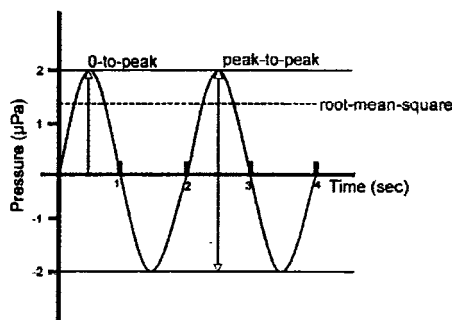
2) แหล่งกำเนิดเสียงแบบเส้น (Line Source) แหล่งกำเนิดเสียงแบบเส้นมีการแผ่กระจายพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นรูปทรงกระบอก (Cylindrical Surface) จากแนวกึ่งกลางของแหล่งกำเนิดเสียงตามระยะทางในแนวเส้นรัศมี

3) แหล่งกำเนิดเสียงแบบพื้นที่ (Area Source) แหล่งกำเนิดเสียงแบบพื้นที่มีการแผ่กระจายพลังงานเสียงออกจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นคลื่นระนาบ (Plane Wave) จากแหล่งกำเนิดเสียงตามระยะทาง

ดังนั้น เสียงจากอากาศยานจึงเป็นเสียงชนิดที่ดังเป็นระยะ จากการที่เครื่องบินบินผ่านไปทีละลำ และมีแหล่งกำเนิดแบบเส้น

2.1.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่นเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ขณะที่วัตถุกำลังสั่นจะส่งพลังงานผ่านตัวกลาง โดยที่ตัวกลางนั้น ๆ ไม่ได้เคลื่อนที่ตามไปด้วย ทำให้ตัวกลางสั่นสะเทือนต่อเนื่องกันไป เรียกว่า “คลื่นเสียง” อันเป็นผลมาจากการอัดและขยายตัวของตัวกลาง การอัดและขยายตัว 1 คู่ เรียกว่า “1 ช่วงคลื่นหรือความยาวคลื่น” แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของคลื่นเสียง

แหล่งที่มา: University of Rhode Island, 2550.

หมายเหตุ: Root Mean Square คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

คุณสมบัติสำคัญบางประการของเสียงที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้มี 7 ประการ รายละเอียดดังนี้

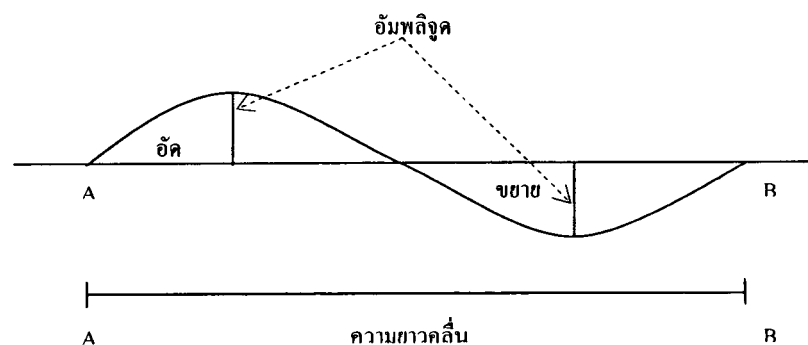
2.1.3.1 ความถี่ของเสียง (Frequency; f in Hz)

ความถี่ของเสียง หมายถึง จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศตามลักษณะของการอัดและขยายของโมเลกุลของอากาศในหนึ่งวินาที โดยทั่วไปใช้หน่วยเฮิรตซ์ (Hertz; Hz) หรือรอบต่อวินาที (Cycle per Second) โดยปกติหูของมนุษย์มีความสามารถในการได้ยินเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 - 20,000 เฮิรตซ์ เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ ถือว่าเป็นคลื่นเสียงความถี่ต่ำหรือเสียงต่ำ และหากมีความถี่มากกว่า 20,000 เฮิรตซ์ จัดว่าเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงหรือเสียงสูง (เกษม จันทร์แก้ว, 2541: 375 - 376) โดยปกติจะกำหนดให้เสียงที่มีความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ เป็นตัวแบ่งระหว่างเสียงที่มีความถี่สูงและเสียงที่มีความถี่ต่ำ (วิฑูรย์ สิมะโชคดี, 2544: 4)

อินฟราซาวด์ (Infrasound) คือ เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เป็นเสียงที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน สำหรับอัลตราซาวด์ (Ultrasound) คือ เสียงที่มีความถี่มากกว่า 20,000 เฮิรตซ์ขึ้นไป (กรมอนามัย, 2535: 1)

2.1.3.2 ความยาวคลื่น (Wavelength; λ in Meters)

ความยาวคลื่น หมายถึง ระยะทางจากยอดคลื่นหนึ่งไปอีกยอดคลื่นหนึ่ง หรือระยะทางของการเกิดคลื่น 1 คลื่น มีหน่วยเป็น เมตร (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 1) แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ความยาวคลื่น

แหล่งที่มา: สุริยา ตูลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และสสิต วงศ์สวรรค์, 2544: 288.

2.1.3.3 คาบ (Period; T in Seconds)

คาบ คือ ระยะเวลาการสั้นของคลื่นครบ 1 รอบ หรือระยะเวลาที่ครบหนึ่งความยาวคลื่น มีหน่วยเป็นวินาที คาบมีความสัมพันธ์กับความถี่ของเสียง ดังสมการที่ 1 (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 5 - 6)

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ $T =$ คาบเวลา (วินาที)
 $f =$ ความถี่ (Hz)

2.1.3.4 กำลังของเสียง (Sound Power)

กำลังของเสียงของแหล่งกำเนิด คือ ผลรวมของพลังงานที่แผ่กระจายออกไปโดยแหล่งกำเนิดต่อ 1 หน่วยเวลา (ราฟิง มังคละสวัสดิ์, 2530: 25)

2.1.3.5 ความเข้มของเสียง (Sound Intensity; I)

ความเข้มเสียง เป็นปริมาณเวกเตอร์ (Vector) ในขณะที่ความดันเสียง (Sound Pressure) เป็นปริมาณสเกลาร์ (Scalar) โดยที่ความเข้มเสียง คือ พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา ดังสมการที่ 2 (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 1-8)

$$\begin{aligned} \text{Sound Intensity} &= \text{Sound Pressure} \times \text{Particle Velocity} \\ I &= p \cdot \vec{u} = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot u dt \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

เมื่อ $I =$ ความเข้มเสียงที่ได้รับ
 $p =$ ความดันเสียงที่ได้ยิน
 $\vec{u} =$ ความเร็วอนุภาค

2.1.3.6 อัตราเร็วของเสียง (Speed of Sound; C in Meter/Second)

อัตราเร็วของเสียงในอากาศ คือ อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นความดันเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปในตัวกลาง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) อัตราเร็วของเสียงมีความสัมพันธ์กับความถี่และความยาวคลื่น ดังสมการที่ 3 (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 6)

$$\begin{aligned} C &= f \lambda \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

เมื่อ $C =$ ความเร็วของเสียง
 $f =$ ความถี่ (Hz)
 $\lambda =$ ความยาวคลื่น

เสียงเดินทางไปในอากาศด้วยอัตราเร็วประมาณ 340 เมตรต่อวินาที ถ้าในของเหลวและของแข็งมากกว่านี้ เช่น ในน้ำ 1,500 เมตรต่อวินาที และในเหล็ก 5,000 เมตรต่อวินาที เป็นต้น ความเร็วของเสียงในอากาศยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังสมการที่ 4 (วิบูลย์ สิมะโชค, 2544: 3)

$$C = 49.03 \sqrt{R} \quad \dots\dots\dots(4)$$

เมื่อ C = ความเร็วของเสียง (ฟิตต่อวินาที)

R = อุณหภูมิ (Rankine) มีค่าเท่ากับ $459.7 +$ องศาฟาเรนไฮต์

2.1.3.7 ระดับความดันของเสียง (Sound Pressure Level; SPL)

การอธิบายความดันเสียงที่มนุษย์ได้ยินโดยใช้การเปลี่ยนแปลงความดันเสียง (Sound Pressure) ในหน่วยปาสคาล (Pa) นั้นยุ่งยาก และไม่สะดวก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ทำให้หูเรารับรู้เสียงได้แล้ว ดังนั้น จึงมีการคิดค้นหน่วยที่ทำให้กล่าวถึงความดันเสียงที่หูได้ยินได้ง่ายกว่า คือ เบล (Bels) แต่ก็ยังเป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไปสำหรับระดับความดันเสียงที่มนุษย์ได้ยิน จึงทำให้เหมาะสมเป็นหน่วย เดซิเบล (Decibel; dB) ดังสมการที่ 5 และ 6 (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 9)

$$\text{เนื่องจาก } I \propto p^2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{ดังนั้น } L_p = \log_{10} \frac{I}{I_0} = \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{เมื่อ } p_0 = \text{ความดันเสียงอ้างอิง}$$

$$I_0 = \text{ความเข้มเสียงอ้างอิงเท่ากับ } 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

ระดับความดันของเสียง (Sound Pressure Level) 0 เดซิเบล มีค่าเทียบเท่ากับความดันเสียง (Sound Pressure) เท่ากับ 0.0002 คาซินต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 0.0002 ไมโครบาร์ หรือ 0.00002 นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นระดับเสียงที่มนุษย์เริ่มรับการได้ยิน (Threshold of Hearing) และระดับความดันเสียง 120 เดซิเบล มีค่าเทียบเท่ากับความดันเสียง 200 คาซินต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 200 ไมโครบาร์ ซึ่งเป็นระดับที่ปวดแสบปวดร้อน (Threshold of Pain) ถ้าความดันเสียงเพิ่มสองเท่า ระดับความดันเสียงจะเพิ่ม 6 เดซิเบล (วิฑูรย์ สิมะโชคดี, 2544: 6) ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเสียง และระดับความดันเสียงแสดงในตารางที่ 2.1

2.1.4 ปรากฏการณ์ของเสียง

คุณสมบัติเฉพาะของเสียงก่อให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

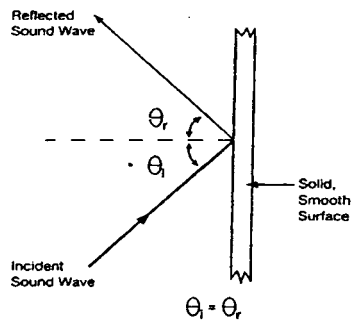
2.1.4.1 การสะท้อน (Reflection)

เกษม จันทรแก้ว (2541: 393 - 394) กล่าวถึงการสะท้อนว่า เมื่อเสียงเดินทางกระทบผิววัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าช่วงคลื่นตกกระทบ แล้วเปลี่ยนทิศทางด้วยมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังภาพที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความดันเสียง (Sound Pressure) และระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level)

ความดันเสียง Sound Pressure (Microbar)	ระดับความดันเสียง Sound Pressure Level (dB re. 0.0002 Microbar)	ตัวอย่าง
0.0002	0	ระดับรับรู้การได้ยิน
0.00063	10	ระดับรับรู้การได้ยิน
0.002	20	ระดับรับรู้การได้ยิน
0.0063	30	เสียงกระซิบเบา ๆ (ระยะห่าง 5 ซม.)
0.02	40	สำนักงานเงียบ ๆ
		ห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน
0.063	50	สำนักงานใหญ่ สถานที่พักอาศัย
0.2	60	เสียงสนทนา (ระยะห่าง 3 ฟุต)
0.63	70	เสียงรถไฟ (ระยะห่าง 100 ฟุต)
1.0	74	เสียงรถยนต์ (ระยะห่าง 30 ฟุต)
2.0	80	เสียงในโรงงานทั่วไป
6.3	90	เสียงรถไฟใต้ดิน
20	100	เสียงเครื่องทอผ้า เตาหลอมไฟฟ้า
63	110	โรงงานอุตสาหกรรมไม้เฟอร์นิเจอร์
200	120	เสียงไซเรน (ห่าง 100 ฟุต)
		เสียงที่ทำให้ปวดแก้วหู
2,000	140	เสียงเครื่องบินเจ็ต
200,000	150	เสียงจรวดที่ออกจากฐาน

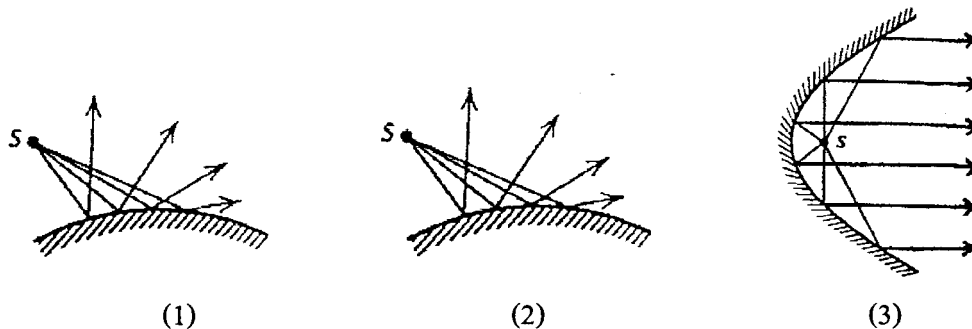
แหล่งที่มา: วิทยุ สิมะ โชคดี, 2544: 6.



ภาพที่ 2.3 การสะท้อนของเสียง

แหล่งที่มา: เกษม จันทรแก้ว, 2541: 393.

การสะท้อนของเสียงขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุและลักษณะผิวของวัตถุ โดยถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นเสียงที่ตกกระทบจะเกิดการสะท้อนได้ดี ส่วนพื้นผิวของวัตถุ ถ้าวัตถุมีผิวเรียบ มุมตกกระทบจะเท่ากับมุมสะท้อน ถ้าวัตถุมีผิวโค้งก็จะมีลำเสียงที่กระจัดกระจายกันไปแล้วแต่ลักษณะผิวโค้งนั้น ๆ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การสะท้อนของเสียงจากลักษณะผิวโค้งแบบต่าง ๆ (1) แหล่งเสียงสะท้อนอยู่ใกล้ผิวโค้ง

นูน (2) แหล่งเสียงสะท้อนอยู่ใกล้ผิวโค้งเว้า (3) จุดเสียงสะท้อนกับผิวสะท้อนพาราโบลา
แหล่งที่มา: เกษม จันทรแก้ว, 2541: 394.

หมายเหตุ: S หมายถึง แหล่งกำเนิดเสียง

ราพีง มังคละสวัสดิ์ (2530: 13 - 14) ได้อธิบายถึงเสียงเดินทางไปกระทบสิ่งกีดขวางว่า พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน (Absorption) ไปเป็นพลังงานความร้อน พลังงานอีกส่วนหนึ่งจะสามารถผ่านวัตถุนั้น พลังงานส่วนสุดท้ายจะสะท้อนกลับ ตัวอย่างกรณีฝ่าผนังแข็ง มีการดูดกลืนและการส่งผ่านทะลุไปน้อยมาก จึงมีพลังงานที่สะท้อนมาก เกิดการสะท้อนไปมาหลายหน ต่อมาพลังงานอ่อนกำลังจนทำให้ไม่ได้ยินเสียงนั้นอีก นั่นคือ จะได้ยินเสียงนั้นนานกว่าปกติ ในทางตรงข้าม กรณีไม่มีตัวกลางในการสะท้อนกลับ เช่น การพูดในที่โล่งแจ้ง หรือในพื้นที่ที่มีความอ่อนนุ่ม

ขรุขระ ซึ่งจะดูดกลืนพลังงานเสียง เช่น ฝ้าม่าน ฝ้ากำแพงหยาบๆ สำลึ เป็นต้น พลังงานเสียงที่สะท้อนเกิดการสะท้อนไม่นานนั้น นั่นคือ จะได้ยินเสียงสั้น ๆ ห้วน ๆ

2.1.4.2 การหักเห (Refraction)

เกษม จันทรแก้ว (2541: 394 - 396) กล่าวถึงการหักเหว่า เกิดขึ้นเมื่อเสียงจากตัวกลางเก่าผ่านเข้าสู่ตัวกลางใหม่อย่างต่อเนื่องมีขนาดมุมหักเหผันแปรไปตามสภาพตัวกลาง อธิบายได้จากกฎของ Snell's Law ดังสมการที่ 7

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} \quad \dots\dots\dots(7)$$

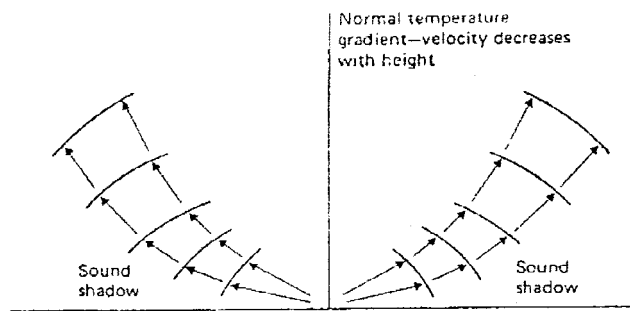
เมื่อ C_2 = ความเร็วเสียงทะลุผ่านตัวกลางใหม่
 C_1 = ความเร็วเสียงที่ตกลงสู่ตัวกลาง
 θ_t = มุมทะลุผ่านตัวกลางใหม่
 θ_i = มุมเสียงที่ตกลงสู่ตัวกลางใหม่

ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อย เมื่อเสียงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปสู่อีกตัวกลางหนึ่ง เช่น ผ่านบรรยากาศที่มีอุณหภูมิ ความชื้น ทิศทาง และความเร็วลม จะทำให้ความเร็วและทิศทางของเสียงเปลี่ยนไป โดยความเร็วเสียงกับอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 8

$$C = 20.05 \sqrt{T} \quad \dots\dots\dots(8)$$

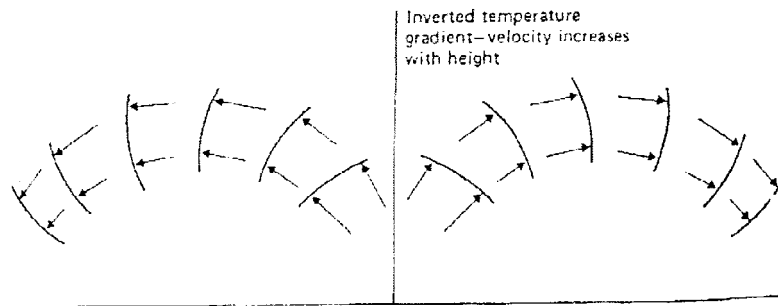
เมื่อ T = Absolute Temperature (K)

ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นย่อมมีผลทำให้ความเร็วเสียงเพิ่มขึ้นด้วย ในสภาวะปกติคือ ระดับที่สูงขึ้นอุณหภูมิจะลดลง ซึ่งอยู่ในภาวะ Adiabatic Lapse Rate เสียงเมื่อออกจากแหล่งแล้ว จะถูกบังคับโดยสภาวะอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้น ทำให้เกิดเงาเสียง (Sound Shadow) ดังภาพที่ 2.5 แต่ในลักษณะอากาศที่เป็นภาวะอากาศที่ร้อนกว่า จะทำให้เสียงเปลี่ยนทิศและไม่ปรากฏว่ามีเงาเสียง หมายถึงไม่มีมุมอับของเสียงที่เด่นชัดเลย ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 Normal Temperature Gradient Effect

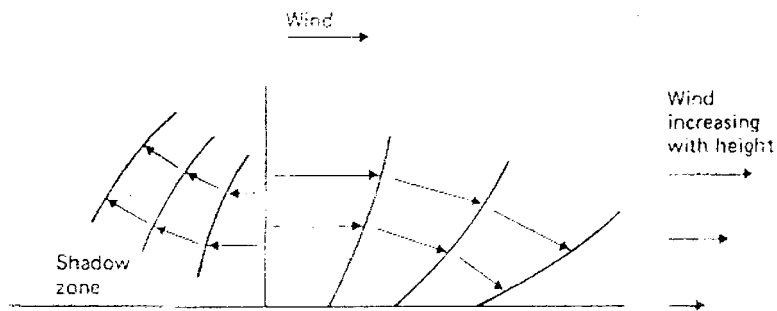
แหล่งที่มา: Porges, 1997 อ้างถึงใน เกษม จันทรแก้ว, 2541: 390.



ภาพที่ 2.6 Inverted Temperature Gradient Effect

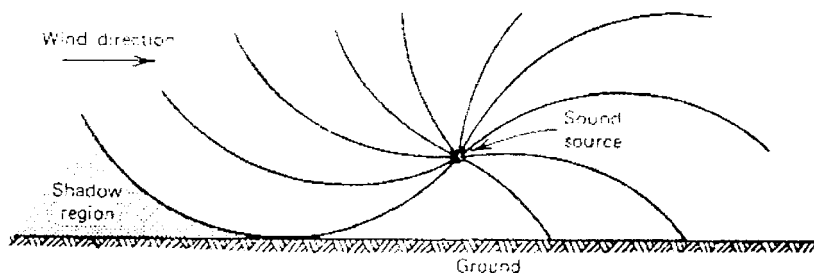
แหล่งที่มา: Porges, 1997 อ้างถึงใน เกษม จันทรแก้ว, 2541: 390.

ลม คือ อากาศในภาวะเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของอากาศเช่นนี้มีพลังสูงมาก สามารถเปลี่ยนทิศทางของคลื่นเสียงได้ ภาพที่ 2.7 แสดงกรณีแหล่งเสียงอยู่ใต้ลม และผู้รับเสียงอยู่เหนือลมแล้ว ลมจะบังคับให้เสียงยกตัวลอยไปด้วย จึงทำให้เกิดเงาเสียง สามารถรับฟังได้ ณ จุดนี้ชัดเจน หรือไม่สามารรถได้ยินอะไรเลย ในทางตรงข้าม ภาพที่ 2.8 แสดงกรณีเสียงอยู่เหนือลม ลมจะช่วยให้การเคลื่อนที่ของเสียงอย่างทั่วถึง ไม่ปรากฏเงาเสียง



ภาพที่ 2.7 Effect of Wind on Wavefront

แหล่งที่มา: Porges, 1997 อ้างถึงใน เกษม จันทรแก้ว, 2541: 391.



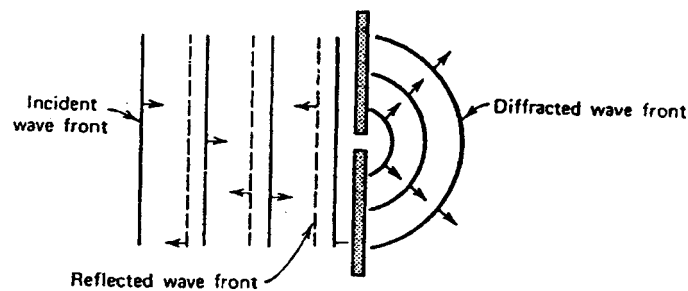
ภาพที่ 2.8 Effect of Wind Gradient on Sound Propagation

แหล่งที่มา: Porges, 1997 อ้างถึงใน เกษม จันทรแก้ว, 2541: 391.

ความชื้นในอากาศสามารถดูดซับความร้อนได้ดี เสียงก็เป็นพลังงานชนิดหนึ่ง เมื่อเสียงเดินทางผ่านวัตถุ จะมีการถ่ายทอดพลังงานความร้อนทำให้พลังงานของคลื่นลดลงเรื่อย ๆ ดังนั้น หากมีความชื้นในอากาศสูง ย่อมทำให้เสียงถูกดูดซับมาก พลังงานเสียงก็ลดลง

2.1.4.3 การเลี้ยวเบน (Diffraction)

การเลี้ยวเบน เป็นปรากฏการณ์ของคลื่นเสียงโค้งอ้อมกำแพงกั้นเสียง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อช่วงคลื่นมีขนาดใหญ่กว่าหรือมีความสูงและความกว้างสิ่งกีดขวาง (Barrier) ที่เสียงเดินทางผ่าน ดังภาพที่ 2.9 (เกษม จันทรแก้ว, 2541: 396)

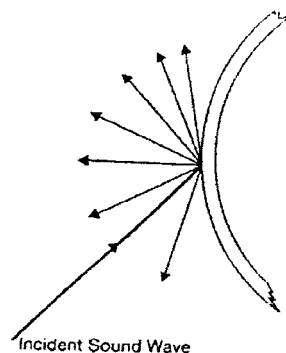


ภาพที่ 2.9 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงที่มีช่องว่างขนาดเล็กกว่าช่วงคลื่นเสียง และมีการสะท้อนก่อนผ่านช่องว่าง

แหล่งที่มา: Cuniff, 1977 อ้างถึงใน เกษม จันทรแก้ว, 2541: 397.

2.1.4.4 การกระจาย (Diffusion)

การกระจายของเสียงเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงสะท้อนจากผิวโค้งทรงกลม หรือผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 2.10 (เกษม จันทรแก้ว, 2541: 396)



ภาพที่ 2.10 การกระจายของเสียงที่ตกกระทบบนผิวโค้งนูน

แหล่งที่มา: Cowan, 1994 อ้างถึงใน เกษม จันทรแก้ว, 2541: 399.

2.1.4.5 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler Effect)

ดอปเพลอร์ เป็นปรากฏการณ์ที่ได้ยินเสียงผิดไปจากเดิม อาจเป็นเสียงดังกังหรือเสียงค่อยบ้าง เนื่องจากความถี่เสียงที่ได้ยินนั้นไม่เท่ากัน เกิดจากการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเสียง หรือผู้สังเกต หรือทั้งสองอย่าง (เกษม จันทรแก้ว, 2541: 386)

2.1.4.6 การสั่นพ้องหรือการกำทอน (Resonance)

การสั่นพ้องหรือการกำทอน เป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเสียงสองคลื่นมีความถี่เท่ากัน รวมกัน ทำให้ Amplitude ใหญ่ขึ้น เสียงจึงดังมากกว่าปกติ ในทำนองเดียวกันอาจเกิดจากเสียงสะท้อน (Echo) ที่มีความถี่เท่ากับธรรมชาติของคลื่นเสียงนั้น จึงทำให้วัตถุที่เสียงตกกระทบเกิดการสั่นสะเทือนด้วยแรงดันเสียง เช่น เสียงเครื่องบินทำให้กระจกสั่นสะเทือน เป็นต้น (เกษม จันทร์แก้ว, 2541: 403)

2.1.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการแสดงค่าระดับเสียง

การเลือกพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการแสดงค่าระดับเสียงขึ้นอยู่กับสถานการณ์เสียงหนึ่ง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องเลือกให้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการประเมิน การควบคุม การตรวจวัด เป็นต้น เพื่อสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง การอธิบายเสียงที่ได้ยินในเชิงสมการคณิตศาสตร์ สามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 1 - 16) ดังนี้

2.1.5.1 ฟังก์ชันของเวลา

ฟังก์ชันของเวลาสามารถอธิบายเสียงในลักษณะระดับความดังของเสียงในช่วงระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป พารามิเตอร์ที่ใช้ในการแสดงค่าระดับเสียงตามฟังก์ชันเวลามี ดังนี้

1) เดซิเบล (Decibel; dB) คือ หน่วยวัดในสเกลลอการิทึมของระดับความเข้มของเสียงใด ๆ ต่อระดับความเข้มของเสียงมาตรฐานหรือระดับขีดเริ่มการได้ยิน (The Threshold of Hearing) ดังสมการที่ 9

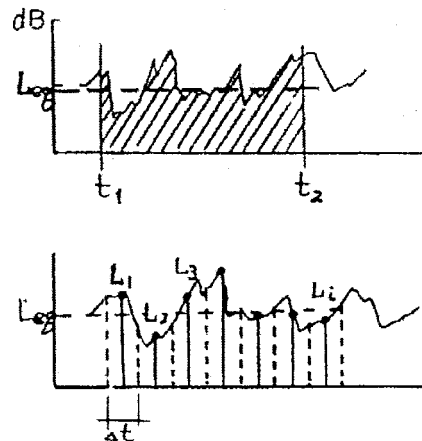
$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{เมื่อ } P_{ref} = 20 \mu\text{Pa}$$

2) ระดับเสียง (Sound Level or Noise Level in dB) คือ ระดับเสียง มักใช้แทนคำว่า “ระดับความดันเสียง” หรือ “Sound Pressure Level; SPL in dB”

3) ระดับความดันเสียงสูงสุด (Maximum Sound Pressure Level; L_{max} in dB) คือ ค่าสูงสุดของระดับความดันเสียงที่ปรากฏในช่วงเวลาที่กำหนด ค่านี้จะขึ้นอยู่กับวงจรรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency Weighting) และวงจรรถ่วงน้ำหนักเวลา (Time Weighting)

4) ระดับเสียงเฉลี่ย (Equivalent Sound Level; L_{eq}) คือ ค่าระดับเสียงในอุดมคติที่บอกการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงานเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา มักเรียกกันว่า ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 2.11 และมีการคำนวณ ดังสมการที่ 10 และ 11



ภาพที่ 2.11 ระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงเวลาใด ๆ

แหล่งที่มา: กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 2-6.

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{t_1 - t_2} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_t}{P_0} \right) dt \right) \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$= 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \right) \quad \dots\dots\dots(11)$$

เมื่อ P_t = Effective Pressure (Pa)
 P_0 = Reference Pressure, 20 μ Pa
 N = จำนวนครั้งของการวัด
 L_i = ระดับเสียงที่ i

ในกรณีที่ทราบระดับเสียงเป็นช่วงเวลาหนึ่ง ๆ (t) แล้ว ต้องการหาค่าระดับเสียงนั้นในอีกช่วงเวลาหนึ่ง ๆ (T) โดยที่ $T \geq t$ ให้ใช้สมการที่ 12

$$L_{eq, T} = L_p + 10 \log \frac{t_2}{T} \quad \dots\dots\dots(12)$$

4) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (Day - night Sound Pressure Level; L_{dn}) คือ ค่า $L_{eq, 24hr}$ ที่ใช้การประเมิน ด้วยการบวก 10 dB เพิ่มเข้าไปกับค่า $L_{eq, 1hr}$ ในช่วงเวลาของกลางคืน (22:00 - 07:00 น.) ปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาประกาศใช้เป็นกฎหมาย

5) ระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (Percentile Level 90; L_{AF90}) หมายถึง ค่าระดับเสียงของบริเวณนั้นที่ร้อยละ 90 ของเวลาทำการตรวจวัดทั้งหมดมีค่าเกินกว่าค่า L_{AF90} หรือเรียกว่า “เสียงพื้นฐาน” หรือ Background Noise Level ในมาตรฐานเสียงรบกวนของไทย

2.1.5.2 ฟังก์ชันของความถี่

กฤติกา เลิศสวัสดิ์ (2544: 1 - 2) กล่าวถึงฟังก์ชันของความถี่ว่าอธิบายลักษณะของเสียงว่ามีความถี่สูงหรือต่ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทำให้เข้าใจถึงธรรมชาติของเสียงนั้น ๆ ผลการรบกวนของเสียงต่อมนุษย์ นอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับความดังแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงด้วย พารามิเตอร์ที่ใช้ในการแสดงค่าระดับเสียงตามฟังก์ชันความถี่ที่เกี่ยวข้อง คือ

Noise Exposure Forecast (NEF) คือ ค่าพารามิเตอร์ พัฒนาโดยประเทศสหรัฐอเมริกาและใช้โดยหน่วยงานของรัฐบาลกลางในการจัดทำนโยบายเรื่องเสียงจากเครื่องบิน ซึ่งมีพื้นฐานในการคำนวณมาจาก EPNL และมีข้อกำหนดในการบินช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ดังสมการที่ 13 (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 16) มักจะใช้สำหรับการคาดการณ์ว่าในพื้นที่โดยรอบโครงการสนามบินได้รับเสียงรบกวนหรือไม่ ตามปกติมักสร้างเส้นระดับเสียง (Noise Contour) เพื่อแสดงว่าระยะห่างจากโครงการเท่าใดได้รับผลกระทบจากเสียงรบกวนหรือไม่ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534: 28 - 29) ปฏิบัติการของชุมชนต่อ NEF น้อยกว่า 20 ไม่เกิดการต่อต้าน NEF 20 - 30 อาจเกิดการรบกวนกิจกรรมในพื้นที่อยู่อาศัย NEF 30 - 40 เกิดการบ่นต่อว่าเนื่องจากรบกวนกิจกรรมที่ต้องการความเป็นส่วนตัวและอาจเกิดกลุ่มประท้วง NEF มากกว่า 40 เกิดการต่อต้านอย่างมากและเกิดกลุ่มประท้วง (Raney and Cawthorn, 1991: 47.16)

$$NEF = 10 \log_{10} \sum_{ij} \text{antilog} \left(\frac{NEF_{ij}}{10} \right) \dots\dots\dots(13)$$

เมื่อ NEF_{ij} = NEF of Each Aircraft in Their Route

ค่าคาดการณ์เสียงในหน่วย NEF จะเป็นค่าเฉลี่ยทั้งปี ซึ่งแปรผันไปตามการใช้ทางวิ่งจำนวนเที่ยวบิน ประเภทของเครื่องบิน เส้นทางการบิน เป็นต้น การบวกค่า NEF ด้วยจำนวน 30 จึงจะนำไปเทียบเท่ากับค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{eq, 24hr}$) ที่มีหน่วยเป็นเดซิเบล (เอ) (บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). ฝ่ายสิ่งแวดล้อม, 2551)

2.1.6 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้

การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ ต้องสังเกตว่าสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นว่าเป็นฟังก์ชันของเวลาหรือไม่ ถ้าเป็นฟังก์ชันของเวลาให้เลือกพารามิเตอร์ในฟังก์ชันของเวลา หากไม่เป็นฟังก์ชันของเวลาให้เลือกพารามิเตอร์ในฟังก์ชันของความถี่ (กฤติกา เลิศสวัสดิ์, 2544: 4)

สำหรับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการวัดเสียงจากอากาศยานถูกประเมินว่าเหมือนแหล่งเสียงรบกวนทั่ว ๆ ไปแล้ว จึงใช้ L_{AFmax} และ L_{AE} สำหรับเหตุการณ์เดี่ยว ๆ และใช้ $L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$ สำหรับเสียงของอากาศยานที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมถึง L_{dn} ซึ่งมีการเพิ่มค่าแก้ไข 10 dB(A) กับค่าจากการวัด L_{Aeq} อันเนื่องมาจากความรู้สึกถูกรบกวนในเวลากลางคืน (พจมาน ทำจิน, 2545: 62) ใช้วงจรถ่วงน้ำหนักแบบเอ เนื่องจากเป็นวงจรที่มีการตอบสนองของเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ เหมือนการได้ยินของมนุษย์และเหมาะกับการวัดช่วงแถบความถี่กว้าง เช่น การวัดที่ครอบคลุมพิสัยความถี่ทั้งหมดของการได้ยิน (พจมาน ทำจิน, 2545: 25) มาตรฐานระดับเสียงทั่วไปของประเทศไทยกำหนดให้ใช้ค่า $L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$ และ L_{AFmax} สำหรับมาตรฐานระดับสากล องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization; ISO) และองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency; U.S. EPA) ได้เสนอแนะว่า การตรวจวัดเสียงรบกวนโดยทั่วไปควรตรวจวัดเป็นแบบ L_{eq} และ L_{dn} ซึ่งอาจจะเป็นตัวแทนของระดับเสียงโดยทั่วไปได้ดีกว่าการตรวจวัดระดับเสียงแบบอื่น (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534: 8)

การศึกษาเรื่อง การประเมินความเหมาะสมของดัชนีเสียงภายในอาคาร ของ Ayr, Cirillo, Fato and Martellotta (2002: 143 - 144) เปรียบเทียบดัชนี L_{Aeq} , L_{A90} , L_{A10} , L_{A5} , $L_{A10} - L_{A90}$, LLz , LLs , NC , PNC , NCB , NR , RC , RNC , ONI และ L_{NP} ด้วยการตรวจวัดระดับเสียงและใช้แบบสอบถาม พบว่า ดัชนีที่สัมพันธ์กันกับความรู้สึกความรำคาญ ความดัง และความพึงพอใจได้ดีที่สุด คือ L_{Aeq} และ L_{A5} ตามลำดับ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Tang (1997: 1657) เรื่อง ดัชนีเสียงที่เหมาะสมกับสำนักงานที่ติดเครื่องปรับอากาศพบว่า ดัชนีเสียง L_{Aeq} มีความสัมพันธ์กับระบบการได้ยินของมนุษย์มากที่สุด

ดังนั้น การศึกษาจะวนกันความรบกวนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จึงใช้พารามิเตอร์ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) รวมถึงระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (L_{AF90}) เพื่อทำให้ทราบระดับเสียงพื้นฐานขณะที่ยังไม่เกิดเสียงจากอากาศยาน

2.2 มลพิษทางเสียง

เสียงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว เกิดจากแหล่งกำเนิดหลายประเภท ความดังและความถี่อยู่ในระดับที่แตกต่างกันไป ไม่ใช่เสียงทุกเสียงจะเป็นเสียงที่ไพเราะเสมอไป แต่มีเสียงบางประเภทเป็นมลพิษ ในหัวข้อนี้จึงนำเสนอความหมายและผลของมลพิษทางเสียง ดังนี้

2.2.1 ความหมายของคำว่า “มลพิษทางเสียง”

คำว่ามลพิษทางเสียง (Noise Pollution) หรือเสียงรบกวน (Noise) มีผู้ให้นิยามไว้ เช่น

Harris (1957: 1) กล่าวว่า “เสียงรบกวน” (Noise) คือ เสียงที่ไม่ต้องการ

มนัส สุวรรณ (2530: 149) มลพิษทางเสียง หมายถึง เสียงที่เราไม่ต้องการ

กฤติกา เลิศสวัสดิ์ (2544: 1) เสียงรบกวน หมายถึง เสียงที่มนุษย์ไม่ต้องการได้ยิน หรือไม่พึงประสงค์จะรับรู้ ซึ่งความรู้สึกต่อเสียงนี้จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละคน

กรมอนามัย (2535: 1) เสียงรบกวน หมายถึง เสียงที่ไม่พึงปรารถนา หรือเกินขีดความสามารถของโสตประสาทจะรับได้ ผลของการรบกวนขึ้นอยู่กับระดับเสียง และความถี่ของเสียง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2538: 124) กล่าวว่า เสียงรบกวน คือ เสียงที่ทำให้ผู้ได้ยินเกิดความรำคาญทั้งทางร่างกายและจิตใจ และเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานของคนเรา

เกษม จันทร์แก้ว (2541: 362) กล่าวว่า เป็นเสียงที่ไม่พึงปรารถนาและเกินขีดความสามารถของโสตประสาทจะรับได้

ศิริกัลยา สุจิตตานนท์ และคณะ (2541: 285) กล่าวว่า เสียงเป็นพิษ คือ เสียงรบกวนที่ดัง อีกทั้งก่อให้เกิดความรำคาญหงุดหงิด หรือตกใจแก่ผู้ได้ยินเสียงนั้น และถ้าเสียงดังมาก ๆ ก็เป็นอันตรายต่อหู ทำให้หูตึง หูหนวก อีกทั้งยังทำลายสุขภาพอีกด้วย

กล่าวโดยสรุป มลพิษทางเสียงหรือเสียงรบกวน หมายถึง เสียงที่ไม่พึงประสงค์อันก่อให้เกิดความรำคาญต่อร่างกายและจิตใจของมนุษย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับเสียง ความถี่ของเสียง และความพึงพอใจของแต่ละคน

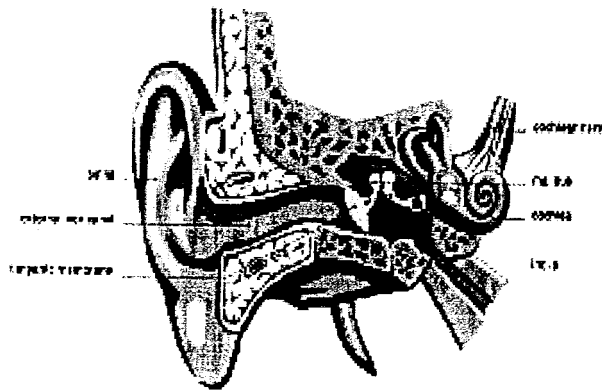
2.2.2 ผลของมลพิษทางเสียง

จากความหมายของมลพิษทางเสียงในหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่ามลพิษทางเสียงไม่ใช่เป็นเพียงเสียงดังมากเกินไปเท่านั้น แต่ยังรวมถึงเสียงเบาที่ไม่พึงปรารถนาที่ส่งผลทั้งต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต สำหรับงานวิจัยนี้ ต้องการหาแนวทางการลดผลกระทบทางเสียงที่เกิดขึ้นกับผู้อยู่อาศัยในอาคารบ้านพักอาศัย จึงศึกษาถึงผลของมลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นกับมนุษย์เป็นหลัก ทั้งนี้

มลพิษทางเสียงส่งผลกระทบต่อระบบการได้ยินโดยตรง จึงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการได้ยินของมนุษย์ และอันตรายของมลพิษทางเสียง ดังนี้

2.2.2.1 ระบบการได้ยิน

กรมอนามัย (2535: 17) กล่าวว่า เมื่อคลื่นเสียงจากภายนอก ผ่านเข้าสู่หูชั้นนอกเข้าไปกระทบแก้วหูซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ทำให้เกิดความสั่นสะเทือนขึ้น แล้วความสั่นสะเทือนนั้นจะถูกส่งผ่านต่อไปยังกระดูกอ่อนเล็ก ๆ 3 ชิ้น ในช่องหูชั้นกลาง แล้วผ่านเข้าสู่ช่องหูชั้นในซึ่งมีลักษณะเป็นก้นหอย และเป็นที่อยู่ของเซลล์ประสาทรับเสียง พลังงานสั่นสะเทือนจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นคลื่นไฟฟ้า หลังจากนั้นจะถูกส่งไปยังสมองโดยทางประสาทหู ทำให้เรารู้สึกว่าเราได้ยินเสียง ส่วนประกอบของหูแสดงดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ส่วนประกอบของหู

แหล่งที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550.

2.2.2.2 อันตรายของมลพิษทางเสียง

เกษม จันทร์แก้ว (2541: 451) กล่าวถึงอันตรายของเสียงต่อระบบการได้ยินว่า ส่วนใหญ่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นกับหูชั้นในที่อวัยวะรับเสียงส่วนที่อยู่ภายในกระดูกก้นหอย (Cochlea) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนและเปราะบางมาก โดยจะมีการเคลื่อนไหวสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลาที่ได้ยินเสียง หรือเมื่อมีคลื่นเสียงมากระทบไม่ว่าเสียงนั้นจะดังหรือค่อย เสียงยิ่งดังมากก็จะยิ่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอวัยวะรับเสียงมากขึ้น อันเป็นเหตุให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อหรือเกิดการทำลายเซลล์ประสาท ทำให้เกิดอาการหูตึงหรือหูหนวกได้ อันตรายที่เกิดขึ้นต่อระบบการได้ยินของคนเรา หรือการสูญเสียการได้ยินอันเนื่องมาจากเสียงนั้นเป็นลักษณะอาการที่ความสามารถในการได้ยินเสียงลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลปกติ การสูญเสียการได้ยินนั้นโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 1) ระดับความดังของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียง 2) ระดับความดังของเสียงในแต่ละความถี่ 3) ระยะเวลาที่บุคคลได้รับหรือสัมผัสเสียงนั้น ๆ 4) ลักษณะเฉพาะของบุคคลและสมรรถนะความทนได้ของบุคคล

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบการได้ยิน ได้แก่ ความเข้มของเสียง ชนิดของเสียง ความถี่ของเสียง ระยะเวลาที่ได้รับเสียงต่อวัน จำนวนปี ความไวต่อเสียงของแต่ละคน อายุ ระยะทางและตำแหน่งของหูถึงแหล่งเสียง ผลรวมของการสูญเสียการได้ยินกับโรคหูสภาพแวดล้อมของแหล่งเสียง เป็นต้น

กรมอนามัย (2535: 17 - 18) กล่าวถึงอันตรายของมลพิษทางเสียงที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์มี 6 ประการ ดังนี้

1) อันตรายต่อระบบการได้ยิน

อันตรายต่อระบบการได้ยินอาจจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะ (เกษม จันทร์แก้ว, 2541: 451 - 452) คือ

(1) การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราว (Temporary Hearing Loss) จะเกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงที่ดังสม่ำเสมอและต่อเนื่องกัน ที่มีระดับความเข้มสูงถึงระดับอันตราย 100 เดซิเบล (หรือสูงกว่า) ความถี่ของเสียงที่พบว่าจะก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยินเพียงชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่ คือ ที่ความถี่ 4,000 และ 6,000 เฮิรตซ์ นอกจากนี้ ระยะเวลาในการรับเสียงจะต้องนานพอควร อาการหูตึงหรือหูหนวกชั่วคราวที่เกิดขึ้น เนื่องจากอวัยวะรับเสียงเสียการทำงานชั่วคราว แต่ยังไม่ถึงมากพอที่จะทำให้เกิดการทำลายปลายประสาทและเซลล์ประสาทอย่างถาวร อาการหูหนวกชั่วคราวอาจกลับคืนเป็นปกติหลังจากได้พัก 2 - 3 ชั่วโมง หรือหลังจากได้ออกจากบริเวณที่มีเสียงดัง

(2) การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร (Permanent Hearing Loss) จะเกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงที่มีความเข้มสูงมากเป็นประจำ และเป็นระยะเวลานานหลายปี ลักษณะการสูญเสียแบบถาวรนี้ไม่มีโอกาสกลับคืนสู่สภาพการได้ยินปกติได้ และไม่มีทางรักษาให้หายได้ ช่วงความถี่ของเสียงที่ทำให้เกิดการสูญเสียแบบถาวรอยู่ระหว่าง 3,000 - 6,000 เฮิรตซ์ และส่วนใหญ่จะพบที่ความถี่ 4,000 เฮิรตซ์ ที่มีระดับความเข้ม 65 เดซิเบล (เอ) หรือสูงกว่า

การสูญเสียการได้ยินแบบถาวรที่จัดเป็นอันตรายอย่างเฉียบพลัน เกิดจากการได้รับหรือสัมผัสเสียงที่ดังมากในทันที เช่น เสียงระเบิด เสียงประทัด เสียงฟ้าผ่า เป็นต้น เนื่องจากลักษณะการรับเสียงดังกล่าว จะก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนภายในอวัยวะรับเสียงอย่างมาก เกิดการฉีกขาดทำลาย บางกรณีไม่เพียงแต่ทำให้ปลายประสาทและเซลล์ประสาทถูกทำลายเท่านั้น อาจทำให้แก้วหูฉีกขาดด้วย นั่นคือ บุคคลนั้นจะสูญเสียการได้ยินทันทีเช่นกัน นอกจากนี้ การสูญเสียการได้ยินแบบถาวรอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น ยาที่ใช้รักษาโรคบางชนิด อาจทำให้เกิด

ความผิดปกติของหูได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่สามารถแยกความแตกต่างจากสาเหตุการสัมผัสเสียงที่ดังมากได้ การสูญเสียการได้ยินยังอาจเกิดขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น เรียกว่าเพรสบายคูซิส (Presbycusis)

2) เสียงรบกวนการหลับนอน (Interference with Sleep) ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของบุคคลและลักษณะของเสียงรบกวน โดยทั่ว ๆ ไปในสถานที่พักนอนหลับนอนไม่ควรมียังเสียงดังเกินกว่า 50 เดซิเบล (เอ) (เกษม จันทรแก่, 2541: 453) เสียงที่สูงกว่า 48 เดซิเบล (เอ) รบกวนการนอนหลับของคนส่วนใหญ่ได้ เสียงที่มีความดังมากกว่า 100 เดซิเบล สามารถปลุกคนนอนหลับให้ตื่นได้ทุกคน เสียงที่มีความดังประมาณ 70 เดซิเบล สามารถปลุกคนบางคนให้ตื่นจากการนอนหลับได้ แม้ว่าบางทีเสียงมีความดังไม่มากพอที่จะปลุกให้คนตื่นได้ แต่ก็สามารถรบกวนการนอนหลับ ทำให้หลับไม่สนิท ถึงหลับแล้วก็ตื่นง่าย นอนไม่ค่อยหลับ ขณะนอนหลับหัวใจจะเต้นเร็วขึ้น ประสาทเครียดและอาจทำให้เกิดโรคหัวใจได้ (สุริยา ตูลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และสถิต วงศ์สวรรค์, 2544: 307) นอกจากนี้ ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสเสียงจากเครื่องบินกับผลกระทบต่อสุขภาพทั่วไปของคนในชุมชน การใช้ยานอนหลับ และการใช้ยาโรคหัวใจ (Franssen, Wiechen, Nagelkerke and Lebet, 2004: 405 - 413)

3) อันตรายต่อสุขภาพโดยทั่ว ๆ ไป (General Effects on Health) แม้ยังไม่อาจพิสูจน์ได้อย่างแน่ชัด แต่ก็มีข้อมูลที่เชื่อถือได้ว่า เสียงที่มีความดังเกินไประดับนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างแน่นอน โดยมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น ความดันโลหิตสูงขึ้น การทำงานของกระเพาะอาหารผิดปกติ เกิดความตึงเครียด และทำให้เกิดชีพจรเต้นผิดปกติ เกิดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ รวมทั้งอาจเกิดโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษ (Thyrototoxicosis) ได้ (เกษม จันทรแก่, 2541: 453) กลุ่มประชากรที่มีอายุ เพศ การสูบบุหรี่ และการศึกษาลดต่างกัน ประชากรที่สัมผัสเสียงจากเครื่องบินที่ดังเกิน 55 เดซิเบล (เอ) จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดความดันโลหิตสูงเป็น 1.6 เท่าเทียบกับกลุ่มที่ไม่สัมผัส (ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.0 - 2.5) และจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.8 เท่า ถ้าระดับเสียงเกิน 72 เดซิเบล (เอ) (Rosenlund, Berglund and Pershagen, 2001: 769 - 773) นอกจากนี้ อาจเป็นสาเหตุของการฆ่าตัวตาย ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าร้อยละ 100 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.99 สำหรับคนที่มีอายุระหว่าง 45 - 54 ปี ที่สัมผัสเสียงดังจากเครื่องบิน (Meecham and Show, 1993: 1091 - 1094)

4) ความรำคาญจากเสียง (Annoyance) อาจหมายถึง ความรำคาญ หงุดหงิด ไม่สบายใจ เพราะไม่มีวิธีการวัดความรำคาญได้โดยตรง แต่อาจทราบข้อบ่งชี้ถึงสาเหตุแห่งความรำคาญที่เกิดจากเสียงได้จากการสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเสียงการสัญจรของรถบนถนน ที่รำคาญมากที่สุด คือ ขณะอยู่ในบ้านและพบว่าเสียงที่ทำให้รำคาญนั้นเป็นเสียงที่มาจากนอกบ้าน และส่วนใหญ่เป็นเสียงรถที่วิ่งผ่านไปมา (สิทธิชัย ดันธนะสฤษฎ์, 2541: 191)

5) เสียงรบกวนการทำงานและประสิทธิภาพการทำงาน (Interference with Performance and Efficiency) จากการศึกษาวิจัย พบว่า เสียงที่ดังติดต่อกันตลอดเวลา นั้น อิทธิพลของเสียงอาจทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน และทำให้ความถูกต้องแม่นยำในการปฏิบัติงานเสียไปด้วย (เกษม จันทรแก้ว, 2541: 453)

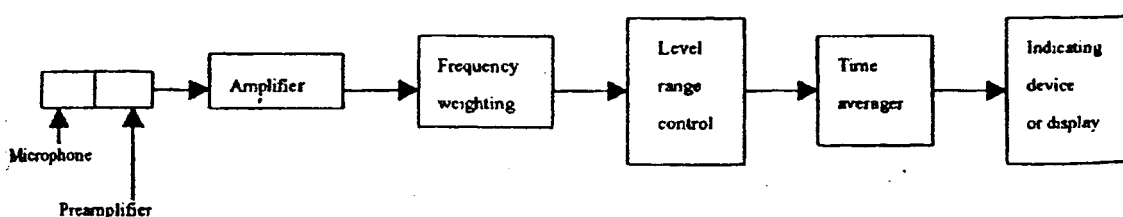
6) เสียงรบกวนการติดต่อสื่อสาร (Interference with Communication) เสียงดังจะขัดขวางทำให้ไม่ได้ยินเสียงอื่น ๆ เช่น รบกวนเสียงสนทนา เสียงพูดทางโทรศัพท์ หรือเสียงสัญญาณภัยต่าง ๆ ทำให้อาจเกิดอุบัติเหตุได้ (กรมอนามัย, 2535: 18)

2.3 เครื่องมือ อุปกรณ์ และการตรวจวัดระดับเสียง

การตรวจวัดระดับเสียงนับว่าเป็นเรื่องสำคัญอีกประการหนึ่ง เนื่องจากมีผลต่อความถูกต้อง ความเที่ยงและความตรงในการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนามโดยตรง ในหัวข้อนี้จึงอธิบายเรื่องเครื่องมือวัดระดับเสียง ส่วนประกอบต่าง ๆ การเลือกเครื่องมือและการตรวจวัดระดับเสียงรายละเอียดมีดังนี้

2.3.1 เครื่องมือวัดระดับเสียง (Sound Level Meter)

เครื่องมือที่ใช้วัดระดับเสียง คือ Sound Level Meter ประกอบด้วย ไมโครโฟน (Microphone) ส่วนประมวลผลข้อมูล และหน่วยการแสดงค่า ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง

แหล่งที่มา: พจมาน ทำจิน, นันทวัน ว. สิงหะคเชนทร์ และสรรพัทศ กุมภล่ำ, 2544: 1.

มาตรฐานของเครื่องวัดระดับเสียงในปัจจุบันจะอ้างอิงกับมาตรฐานนานาชาติของการผลิตเครื่องมือ คือ มาตรฐาน IEC60651: 1979, Sound Level Meters และ IEC60804: 1988, Integrating

Averaging Sound Level Meters ซึ่งมีการกำหนดความแม่นยำของเครื่องมือไว้ 4 ระดับ ดังนี้ (พจนาน ท่าจีน, นันทวัน ว. สิงหะเชนทร์ และสรทศ กุมภล้า, 2544: 1)

1) Type 0 (Class 0) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงมาก มีการเปลี่ยนแปลงต่อการตอบสนองความถี่และการตอบสนองต่อทิศทางน้อยมาก ใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ซึ่ง เกษม จันทรแก้ว (2541: 440) กล่าวว่า มีความผิดพลาด 0.4 เดซิเบล

2) Type 1 (Class 1) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำในการวัดเสียงรบกวน เมื่อการวัดในสนามเสียงต้องการความแม่นยำสูงตลอดพิสัยของการวัด ซึ่ง เกษม จันทรแก้ว (2541: 440) กล่าวว่า มีความผิดพลาด 1.0 เดซิเบล

3) Type 2 (Class 2) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวัตถุประสงค์ทั่ว ๆ ไป ในสถานะที่ไม่เข้มงวดนักต่อความแม่นยำ ซึ่ง เกษม จันทรแก้ว (2541: 442) กล่าวว่า มีความผิดพลาด 1.5 เดซิเบล

4) Type 3 (Class 3) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำน้อยกว่าชนิดอื่น ๆ แต่ก็ป็นชนิดที่ใช้งานง่ายที่สุดใช้กับงานสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ซึ่ง เกษม จันทรแก้ว (2541: 442) กล่าวว่า มีความผิดพลาดมากกว่า 1.5 เดซิเบล

2.3.2 ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง

2.3.2.1 ไมโครโฟน

ไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยมากจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณก่อนที่จะประมวลต่อไป โดยที่อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Preamplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณนั้นนำเข้าสู่ส่วนต่อไปของเครื่องวัดเสียง (พจนาน ท่าจีน และคณะ, 2544: 2)

2.3.2.2 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency Weighting Network)

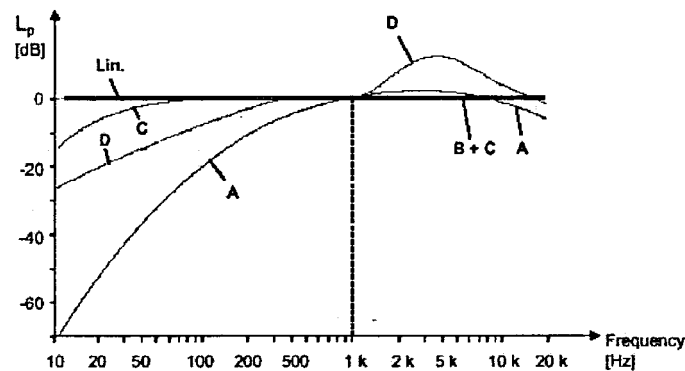
พจนาน ท่าจีน และคณะ (2544: 3) กล่าวว่าสัญญาณเสียงที่ผ่านจากไมโครโฟนและวงจรขยายสัญญาณแล้ว จะต้องผ่านวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ที่จะถ่วงน้ำหนักความถี่เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ซึ่ง กรมอนามัย (2535: 7) ได้อธิบายไว้ดังนี้

1) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบเอ (A - weighted in dB(A)) มีคุณลักษณะการตอบสนองไม่ดีเท่าแบบ B และ C แต่เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ตรงกับความรู้สึกรำคาญของคน (ที่ระดับ Threshold) มากกว่าแบบ B และ C ดังนั้น มาตรฐานของการบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัย และองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมอเมริกา จึงได้กำหนดให้ทำการวัดระดับเสียงรบกวนเฉลี่ยในสเกล A - weighted เป็นมาตรฐาน

2) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบบี (B - weighted in dB(B)) มีเหตุผลการกรองเช่นเดียวกับ A - weighted แต่ใช้กับเสียงที่มีความเข้มปานกลาง (ความถี่ประมาณ 400 - 3,000 เฮิรตซ์) ปัจจุบันไม่ค่อยใช้แล้ว

3) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบซี (C - weighted in dB(C)) ไม่มีการกรองมากนัก ดังนั้น ผลการวัดเสียงจึงใกล้เคียงกับความจริง ใช้เป็นครั้งแรกเมื่อมีเหตุผลว่ากลุ่มเสียงความถี่ต่ำจะถูกกรองมากเกินไปถ้าใช้ A - weighted

4) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบดี (D - weighted in dB(D)) ใช้กับการวัดเสียงจากอากาศยาน



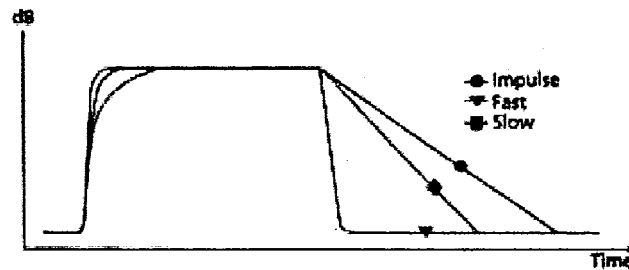
ภาพที่ 2.14 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบต่าง ๆ

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551.

2.3.2.3 วงจรถ่วงน้ำหนักเวลา (Time - weighting Network)

พจนาน ทำจิน และคณะ (2544: 5 - 6) กล่าวว่า สัญญาณเสียงในสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงความดันอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการตรวจวัดระดับเสียงจะต้องมีวงจรที่สามารถตรวจวัดระดับเสียงที่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาที่นิยมใช้ในเครื่องวัดเสียง มีอยู่ 2 แบบ คือ

1) วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential Time Weighting Network) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น มีการออกแบบค่าคงที่ของเวลาไม่เท่ากัน 4 แบบ ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 การถ่วงน้ำหนักเวลาแบบต่าง ๆ

แหล่งที่มา: พจนาน ทาจีน, 2545: 59.

(1) แบบ Fast มีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 125 ms หรือ 125×10^{-3} วินาที สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้น มีประโยชน์เมื่อตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างรวดเร็ว ซึ่ง กรมอนามัย (2535: 6) กล่าวว่า ใช้วัดเสียงที่เปลี่ยนแปลงระดับเสมอ (Fluctuating Noise) เป็นเสียงที่มีความเข้มสูง ๆ ต่ำ ๆ

(2) แบบ Slow มีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 1,000 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น มีประโยชน์เมื่อตรวจวัดระดับเสียงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ หรือเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ๆ ซึ่ง กรมอนามัย (2535: 6) กล่าวว่า ใช้วัดเสียงที่คงสม่ำเสมอ (Steady - state Noise) ที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 5 เดซิเบล ในหนึ่งวินาที

(3) แบบ Impulse มีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 35 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และ 1,500 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ใช้ประโยชน์ในการวัดระดับเสียงที่เกิดในช่วงสั้น ๆ ซึ่ง กรมอนามัย (2535: 6) กล่าวว่า ใช้วัดเสียงกระแทกที่เกิดขึ้นแล้วค่อย ๆ หายไป มีระยะเวลาที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 0.5 วินาที

(4) แบบ Peak การตอบสนองต่อขีดสูงสุดที่ใช้ในการวัดระดับเสียงที่ขอดีสมบูรณ์ (Absolute Peak) มีประโยชน์ในการประเมินค่าการสูญเสียการได้ยินของผู้ปฏิบัติงาน เมื่อเกิดสัญญาณระดับเสียงในช่วงสั้น ๆ ซึ่ง กรมอนามัย (2535: 6) กล่าวว่า ใช้วัดระดับเสียงสูงสุดของเสียงกระแทก

2) วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาแบบค่าเฉลี่ยตามเวลา (Equivalent Continuous Sound Level) ใช้สำหรับการวัดเสียงที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดเวลาโดยใช้ฟังก์ชันของ L_{eq} เครื่องมือที่ใช้วัด คือ Integrating Averaging Sound Level Meter การวัดสามารถเลือกช่วงการวัดให้เหมาะสมกับระดับความดันเสียง ประโยชน์ของวงจรนี้ คือ การวัด Sound Exposure Level (SEL) ซึ่งคือ การรวมกำลังสองของความดันเสียงตลอดช่วงเวลาที่พิจารณาและสัมพันธ์กับพลังงานของ

สัญญาณเสียง SEL มีประโยชน์เป็นพิเศษในการวัดเสียงที่เกิดซ้ำ ๆ หรือเสียงในเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง เช่น เสียงจากเครื่องบินที่บินไปมา รวมทั้งการขึ้นและลงที่สนามบิน เป็นต้น

2.3.2.4 หน่วยการแสดงค่า (พจมาน ทำจีน และคณะ, 2544: 3-6) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) แบบอุปมาน (Analog) โดยมีเข็มชี้เคลื่อนไปตลอดสเกล และ 2) แบบตัวเลข (Quasi - analog)

2.3.2.5 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ (พจมาน ทำจีน และคณะ, 2544: 6 - 9) ได้แก่

1) เครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ออกเทฟ (Octave Band Analyzer) เนื่องจากเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ จะมีระดับเสียงในแต่ละความถี่แตกต่างกัน การตรวจวัดระดับเสียงเป็นเดซิเบลเอ ซึ่งเมื่อรวมทุกความถี่อาจไม่เพียงพอต่อการนำข้อมูลไปใช้งาน จึงวิเคราะห์สเปกตรัมเพื่อพิจารณาแถบความถี่หรือส่วนประกอบของระดับเสียงถ่วงน้ำหนักแบบเอแยกตามความถี่

2) เครื่องบันทึกข้อมูลเสียงต่อเนื่อง (Level Recorder) เป็นอุปกรณ์สำคัญในการเก็บข้อมูลระดับเสียงในทอมฟังก์ชันของเวลา และเป็นการเก็บหลักฐานที่ดีไว้ในภายหลัง

3) เครื่องบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงแบบดิจิทัล (Digital Audio Recorder) เป็นอุปกรณ์ที่จัดเก็บสัญญาณไว้ในเทปมีความหนาแน่น และประสิทธิภาพสูงในการบันทึกและเล่นสัญญาณเสียงให้มีความผิดพลาดจากสัญญาณเสียงจริงน้อยมากตามค่ามาตรฐานกำหนด

4) อุปกรณ์กันลม (Windscreen) มีคุณสมบัติป้องกันเสียงที่เกิดจากลมวิ่งผ่านไมโครโฟนที่ทำให้ค่าระดับเสียงที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่ถูกต้องตรงความเป็นจริง ซึ่งป้องกันเสียงลมที่มีความเร็วไม่เกิน 5 เมตรต่อวินาที นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกอีกด้วย

5) เสาหรือขาตั้ง สำหรับติดตั้งไมโครโฟนให้มีความสูงจากพื้นดินอย่างน้อย 1.2 เมตร เพื่อเป็นการป้องกันเสียงสะท้อนจากพื้นโดยรอบขณะที่ทำการตรวจวัด

6) Heater สำหรับไมโครโฟนที่ใช้ภายนอกอาคาร เพื่อปรับสภาพให้อุณหภูมิเป็นภาวะปกติ

7) Rain Cab สำหรับไมโครโฟนที่ใช้ภายนอกอาคาร เพื่อกันฝน หรือหิมะ

8) อุปกรณ์ป้องกันนก สำหรับกันนก หรือสัตว์ปีกอื่น ๆ มาเกาะบนอุปกรณ์กันลมที่สวมอยู่บนไมโครโฟน

2.3.3 การเลือกเครื่องมือในการตรวจวัดเสียง

พจมาน ทำจีน และคณะ (2544: 9 - 10) ได้กล่าวถึงการเลือกเครื่องมือในการตรวจวัดระดับเสียงว่าการตรวจวัดที่ถูกต้องแม่นยำนั้นขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่มีอยู่ได้อย่างถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ของการตรวจวัด ความสามารถและข้อจำกัดของอุปกรณ์ ตลอดจนวิธีการดูแลรักษา ตามที่กำหนดในคู่มือการใช้งาน กรณีการวัดเสียงจากจุดรับเสียงหรือสิ่งแวดล้อม

ได้ให้ข้อควรพิจารณา ดังต่อไปนี้ 1) เครื่องวัด แบบ Integrating Precision Sound Level Meter 2) ไมโครโฟน แบบ Free Field Type 1 3) สอบเทียบ Acoustic Calibrator 4) สภาพแวดล้อมทางเสียง Outdoor or Indoor และ 5) อื่น ๆ ได้แก่ ขาตั้งไมโครโฟน ควรปรับระดับความสูงได้ 20 - 150 เซนติเมตร เครื่องบันทึกข้อมูล Analog or Digital Recorder, Level Recorder, DAT Recorder, Data Logger และเครื่องพิมพ์ข้อมูล

2.3.4 การตรวจวัดระดับเสียง

วิธีการตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไปมีดังนี้

2.3.4.1 การเตรียมตัว

1) การกำหนดวัตถุประสงค์ในการวัด ได้แก่ มาตรฐานวิธีการอ้างอิง แหล่งกำเนิดเสียงหลัก คุณลักษณะของเสียง ทิศทางแหล่งกำเนิดเสียง ระยะเวลาในการเกิดเสียง ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะ ทิศทาง ระดับของแหล่งกำเนิดเสียง ระดับเสียงพื้นฐานและองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดเสียงพื้นฐาน ปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ระดับความแม่นยำในการวัด สถานที่ตรวจวัด และจำนวนจุดตรวจวัด

2) การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ การศึกษาคู่มือการใช้งานเครื่องมือวัดเสียง การตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณเสียงในเครื่องวัดเสียง และการตรวจสอบแบตเตอรี่ว่ามีเพียงพอ สอบเทียบไมโครโฟนก่อนและหลังการตรวจวัดด้วย Acoustic Calibrator ตรวจสอบ และสอบเทียบอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ

2.3.4.2 ดำรวจสภาพแวดล้อม

1) สภาพของบริเวณที่ตรวจวัดเสียง กรณีสภาวะปิดหรือภายในอาคารจะเกิดสนามเสียง 3 แบบ คือ Near Field, Far Field และ Reverberant Field ซึ่งคุณลักษณะของสนามเสียงจะขึ้นอยู่กับ การดูดกลืนของห้อง ขนาดของแหล่งกำเนิดเสียง

2) การบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ แหล่งกำเนิดเสียงรอบกวนอื่น ๆ ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อระดับเสียง ข้อมูลสภาพทางอุตุนิยมวิทยา

2.3.4.3 วิธีการตรวจวัดระดับเสียง

1) การตั้งฟังก์ชันต่าง ๆ ของเครื่องมือให้เป็นไปตามมาตรฐาน
 2) การพิจารณาค่าแ่งที่ตั้งไมโครโฟน
 3) การปรับแก้ค่าที่จำเป็นต่อการวัด ได้แก่ การปรับแก้ค่าจากข้อมูลสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

2.3.4.4 การบันทึกข้อมูล มีดังนี้

- 1) แหล่งกำเนิดเสียง ได้แก่ ลักษณะเสียง สภาพการทำงาน ตำแหน่งที่ตั้ง ระยะเวลาที่เกิดเสียง ความถี่ และทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง
- 2) สภาวะแวดล้อมของบริเวณที่จะตรวจวัดเสียง กรณีภายในอาคาร ควรมี ตำแหน่งที่ตั้ง ขนาดห้อง รายละเอียดทางกายภาพของกำแพง เพดานและพื้น แพนผังที่ตั้ง อุณหภูมิ ความชื้น และความดันบรรยากาศ
- 3) เครื่องมือและอุปกรณ์ ได้แก่ ชื่อบริษัทผู้ผลิต ชนิด รุ่น หมายเลขเครื่อง ความยาวสายต่อไมโครโฟน วันที่สอบเทียบจากห้องปฏิบัติการครั้งล่าสุด
- 4) ข้อมูลการตรวจวัด ได้แก่ ตำแหน่งทิศทางของไมโครโฟน ผลจากการทดสอบความไวของไมโครโฟน วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่และเวลาที่เลือกใช้ ช่วงความกว้างของระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ ระดับเสียงพื้นฐานในแต่ละตำแหน่งของไมโครโฟน ค่าปรับแก้ต่าง ๆ ที่เกิดจากการใช้งานอุปกรณ์ในภาคสนาม วัน เวลา และสถานที่ตรวจวัด

2.4 มาตรฐานระดับเสียง

ระดับเสียงรบกวนที่เป็นค่ามาตรฐานแน่นอนนั้นไม่สามารถบอกได้ เนื่องจากเสียงรบกวนเป็นเรื่องความรู้สึกของคนต่อระดับเสียงขนาดต่าง ๆ ในหัวข้อนี้จึงศึกษาเรื่องค่ามาตรฐานระดับเสียงในชุมชนทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย ดังนี้

2.4.1 มาตรฐานระดับเสียงพื้นที่ชุมชนในต่างประเทศ

มาตรฐานระดับเสียงในพื้นที่ชุมชนถูกกำหนดไว้โดยหน่วยงานและประเทศต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1.1 หน่วยงานต่างประเทศ

หน่วยงานต่างประเทศ ได้แก่ องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) คู่มือสิ่งแวดล้อมของธนาคารโลก (World Bank Environmental Guideline) และองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency; U.S. EPA) ให้ไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับเสียงตามข้อกำหนดของหน่วยงานต่าง ๆ

ข้อกำหนด	ดัชนีเสียง (dB(A))	ระดับเสียงสูงสุดที่เสนอแนะ	
		ภายในที่พักอาศัย ทั่วไป (Indoor)	ภายนอกที่พักหรือชุมชน ในเขตเมือง (Outdoor)
WHO	L_{eq}	45 (07.00 - 22.00 น.)	55 (22.00 - 07.00 น.)
World Bank Environmental Guideline	L_{dn}	45	55
U.S. EPA	L_{dn}	45	55

หมายเหตุ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534: 8 - 15.

2.4.1.2 ประเทศต่าง ๆ ได้กำหนดค่าระดับเสียงที่ยอมให้มีได้ในชุมชน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าระดับเสียงในพื้นที่พักอาศัยของประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	ดัชนีเสียง (dB(A))	เวลากลางวัน	Rest Periods	เวลากลางคืน	Immission Point
ออสเตรีย	L_r	50 - 55	-	40 - 50	Free Field
เบลเยียม (Flemish)	L_{95}	45 - 50	40 - 45	35 - 40	-
แคนาดา	L_r	$L_{Aeq,1h}$ of traffic Noise			
จีน	L_{Aeq}	55		45	-
เดนมาร์ก	L_r	45 - 50	40 - 45	35 - 40	Free Field
ฝรั่งเศส	L_r	50 - 55	45 - 50	40 - 45	Facade
เยอรมนี	L_r	50 - 55	ปรับแก้ 6 dB	35 - 40	Free Field
อังกฤษ	L_r	$L_{90} + 10$ dB	-	$L_{50} + 10$ dB	-
ฮ่องกง	L_r	65 - 70	-	50 - 55	-
อิตาลี	L_r	50 - 55	-	40 - 45	-
ญี่ปุ่น	L_{50}	50 - 60	45 - 50	40 - 50	Facade

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ประเทศ	ดัชนีเสียง (dB(A))	เวลากลางวัน	Rest Periods	เวลากลางคืน	Immission Point
เกาหลี	L_r	50	45	40	-
เนเธอร์แลนด์	L_r	50	45	40	Free Field
นอร์เวย์	L_r	50	45	40	Free Field
สวีเดน	L_r	50 - 55	45 - 50	40 - 45	Free Field
สวิตเซอร์แลนด์	L_r^*	60	-	50	Free Field

แหล่งที่มา: สุวลักษณ์ จุสวัสดี และประธาน อารีพล, 2544: 16.

หมายเหตุ: L_r (Rating Noise Level) หมายถึง ค่าที่มาจากการคำนวณ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการรบกวนของเสียงที่มีต่อมนุษย์ การประเมินค่านี้ให้เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของค่าระดับเสียงรบกวนต่อชุมชน ตามปกติจะมีความแตกต่างในการประมาณค่านี้ของแต่ละประเทศ ขึ้นกับปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการรบกวนของเสียงในชุมชน รวมทั้งลักษณะกิจกรรม วัฒนธรรมและประเพณีของคนในแต่ละท้องถิ่นด้วย

* หมายถึง ปรับค่า +5 สำหรับพื้นที่ย่านอุตสาหกรรมและการค้า

2.4.1.3 สมาพันธ์บริหารการบินแห่งสหรัฐอเมริกา (Federal Aviation Administration; FAA) (FAA, 1999 อ้างถึงใน ศรีธร สุกสอาด, 2550: 21)

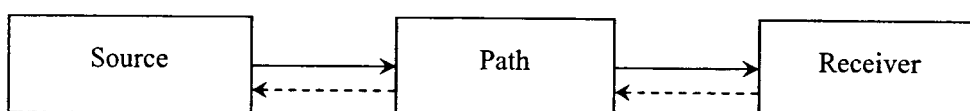
ข้อกำหนดของ FAA กำหนดแนวทางการใช้ที่ดินที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานโดยใช้ค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มาใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดกิจกรรมในแต่ละโซน ซึ่งค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) นี้มีค่าเท่ากับ NEF + 35 โดยประมาณ กำหนดให้แผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยควรมีค่า L_{dn} อยู่ในช่วง 55 - 65 เดซิเบล (เอ) หรือเท่ากับ NEF 20 - 30

2.4.2 มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปในประเทศไทย

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงทั่วไป (2540: 46 - 47) จากประกาศดังกล่าว มีการกำหนดค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 70 เดซิเบล (เอ) และค่าระดับเสียงสูงสุดขณะใดขณะหนึ่งต้องไม่เกิน 115 เดซิเบล (เอ)

2.5 การควบคุมมลพิษทางเสียง

การควบคุมมลพิษทางเสียงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระดับเสียงไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน และผู้ได้รับเสียงเกิดความพอใจ ซึ่งมลพิษทางเสียงจะถูกควบคุมได้มากน้อยเพียงใดนั้น จำเป็นต้องเข้าใจเรื่องการเดินทางของเสียงก่อน ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่าน และผู้รับ

แหล่งที่มา: Harris, 1957: 2.

แหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่าน และผู้รับต่างมีความสัมพันธ์ โดยลูกศรทึบแสดงให้เห็นถึงการเดินทางของเสียงจากแหล่งกำเนิดไปสู่ผู้รับ และลูกศรโปร่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ (Harris, 1957: 2) หลักการควบคุมเสียงมี 3 ประการ ดังนี้ (Harris, 1957: 4 - 6; เกษม จันทรแก้ว, 2541: 454 - 460)

2.5.1 การควบคุมที่แหล่งกำเนิด (Source)

เป็นวิธีการและมาตรการที่เหมาะสมที่สุด สรุปได้ดังนี้

2.5.1.1 การลด Amplitude ของเสียงที่มีพลังงานมาก ได้แก่ การลดการกระแทกของวัตถุอย่างรุนแรง การรักษาสมดุลของมวล การปรับความถี่ของการสั่นของวัตถุไม่ให้ตรงกับความถี่ธรรมชาติ (การเพิ่ม/ลดน้ำหนักหรือการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวาง)

2.5.1.2 การลด/ปรับปรุงองค์ประกอบที่มีเสียงดัง

2.5.1.3 การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติ/การดำเนินงาน

2.5.2 การควบคุมที่ทางผ่านของเสียง (Path)

เป็นวิธีการที่จะสกัดกั้นมิให้เสียงไปทำอันตรายต่อผู้รับเสียง ซึ่งอาจจะทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.5.2.1 การเลือกพื้นที่หรือเว้นระยะห่างจากแหล่งกำเนิด เพื่อให้พลังงานเสียงลดลงตามระยะทาง (Inverse Square Law)

2.5.2.2 การออกแบบ โดยใช้ภาพร่าง (Layout) เพื่อวางตำแหน่งของห้อง หรือผู้รับ ให้เหมาะสมหรือไม่อยู่ในทิศทางที่อาจได้รับเสียง

2.5.2.3 การใช้วัสดุ/กำแพงกัน เพื่อให้เสียงเกิดการสะท้อน หักเห หรือถูกดูดซับ

2.5.3 การควบคุมที่ผู้รับเสียง (Receiver)

โดยการใช้เครื่องป้องกันอันตรายต่อหู ซึ่งจะใช้เป็นมาตรการขั้นสุดท้าย เนื่องจากผู้ใช้งานมีความรู้สึกต่อต้านการนำเอาอุปกรณ์ต่าง ๆ มาครอบหรือมาปิดอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันเสียง (Ear Protector) ได้แก่

2.5.3.1 เครื่องอุดหู (Ear Plugs) เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก เบา พกพาสะดวก และไม่กีดขวางการทำงาน

2.5.3.2 เครื่องครอบหู (Ear Muffs) เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก ขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า Ear Plugs ในการป้องกันเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 เฮิร์ตซ์

2.5.3.3 Semi - insert เป็นอุปกรณ์ที่รวมข้อดีของ Ear Plugs และ Ear Muffs เข้าไว้ด้วยกัน กล่าวคือ อุปกรณ์จะมีขนาดเล็ก ไม่กีดขวางการทำงาน พกพาได้ง่ายและให้ประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงสูงพอสมควร

2.5.3.4 Helmet เป็นอุปกรณ์ป้องกันเสียงที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะคล้ายหมวกกันน็อก

2.6 แนวทางการควบคุมมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยาน

อากาศยาน (Aircraft) หรือเครื่องบิน มักก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงขณะเครื่องบินกำลังบินขึ้นและลงจอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะบินอยู่เหนือศีรษะ (Aoi, 1992: 6-6) แนวทางการควบคุมมลพิษทางเสียงจากอากาศยานมี 4 ประการ (Bragdon, 1987: 20/3 - 20/18) ดังนี้

2.6.1 การควบคุมมลพิษทางเสียงในบรรยากาศ

ได้แก่ หลีกเลี่ยงสถานการณ์ที่เสียงต่ออันตราย ซึ่งมักเป็นช่วงเวลากลางคืน ข้อห้ามสำหรับการบินขึ้นลง กฎที่ใช้จำกัดระยะทางในการบินขึ้นจากท่าอากาศยานหรือร่อนลงจนถึงท่าอากาศยาน การกำหนดเส้นทางเดินของอากาศยาน กำหนดมาตรฐานการปลดปล่อยมลพิษทางเสียง การติดตามตรวจสอบมลพิษทางเสียง และการควบคุมการฝึกหัดกิจกรรมทางด้านอากาศยาน

2.6.2 การควบคุมมลพิษทางเสียงบริเวณพื้นดิน

ได้แก่ การควบคุมจำนวนเที่ยวบินในแต่ละช่องทาง การคำนึงถึงความสามารถในการรองรับเที่ยวบินและผู้โดยสารในแต่ละปี การเลือกใช้ทางขึ้นลงของเครื่องบิน กำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของอากาศยานที่จะต้องขึ้นหรือลงจอด การบำรุงรักษาทำอากาศยาน และการรักษาซ่อมแซมเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดเสียงจากอากาศยาน

2.6.3 ข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ได้แก่ การจัดทำแผนภาพรวม กำหนดพื้นที่ (Zoning) กำหนดเกณฑ์การก่อสร้างอาคารสูงๆ การออกแบบพื้นที่ การทบทวนผลกระทบสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงสิ่งแวดล้อมของเมืองให้สอดคล้องกับแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปิดเผยข้อมูลมลพิษทางเสียง ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจของประชาชนในการซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ ข้อกำหนดการจัดแบ่งที่ดินเป็นแปลงย่อย ๆ เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ การชดเชยในกับพื้นที่บางประเภท เช่น พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อเสียง เป็นต้น สิทธิในการใช้ทรัพย์สินของผู้อื่น เช่น เช่า ซื้อ เป็นต้น ต้องตกลงถึงพื้นที่ว่างในอากาศด้วย ข้อกำหนดการก่อสร้างบ้าน และการใช้นวนกันเสียง

2.6.4 การใช้หลักเศรษฐศาสตร์ควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ได้แก่ การเก็บภาษี ข้อตกลงในการซื้อขาย การให้เงินกู้และสินเชื่อให้แก่ผู้ที่พัฒนาที่ดินตามแผนการใช้ประโยชน์ ทางเลือกในการซื้อขาย การจัดการทางการเงินของสาธารณชนและส่วนบุคคล จัดทำธนาคารที่ดิน กำหนดเป็นพื้นที่พิเศษที่รัฐบาลสามารถควบคุมได้ และการเปลี่ยนแปลงโยกย้ายการพัฒนาอย่างถูกต้อง

สำหรับทำอากาศยานสุวรรณภูมิมีมาตรการป้องกันแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงที่อาจเกิดขึ้นกับชุมชนโดยรอบทำอากาศยาน ซึ่ง วิชัย รูปจำดี และคณะ (2550, 2-7 - 2-13) เสนอไว้ 3 ประการ คือ 1) มาตรการแก้ปัญหามลพิษทางเสียงที่ทำอากาศยาน ได้แก่ การดำเนินการตามข้อกำหนดเพื่อลดและป้องกันปัญหาเสียงรบกวนจากอากาศยาน ตามอนุสัญญาองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization; ICAO) ในภาคผนวก 16 เกี่ยวกับการป้องกันสิ่งแวดล้อม (Annex 16 – Environment Protection) เพื่อให้ประเทศสมาชิกปฏิบัติในการบินระหว่างประเทศ โดยภาคผนวก 16 ฉบับที่ 1 การห้ามอากาศยานที่มีระดับเสียงสูงเกินกว่ามาตรฐานระหว่างประเทศใช้ทำอากาศยานในประเทศไทย (Phase – out Program) การจำกัดระยะเวลาการบินในช่วงกลางคืน วิธีการบินและเส้นทางการบิน การติดตามตรวจวัดระดับเสียง เขตควบคุมมลพิษ 2) มาตรการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงโดยวิธีการจัดการ ได้แก่ การ

วางแผนการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับระดับเสียงบริเวณรอบท่าอากาศยานนานาชาติ แผนการจัดการมลพิษทางเสียงและ Noise Compatibility Program การรองรับอนุกรมมาตรฐานการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (ISO 14000) และการจัดทำโครงการอนุรักษ์พลังงานภายในท่าอากาศยาน และ 3) มาตรการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงที่ผู้รับได้ยิน ได้แก่ กำหนดเกณฑ์ระดับเสียงที่ยอมให้มีได้ในชุมชนโดยรอบท่าอากาศยาน

จะเห็นได้ว่าการควบคุมมลพิษทางเสียงจากอากาศยานข้างต้น เน้นการควบคุมที่แหล่งกำเนิดและที่ทางผ่านของเสียงมากกว่าการควบคุมที่ผู้รับเสียง โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ เทคโนโลยีและเทคนิคทางด้านอากาศยาน การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ กฎหมาย เป็นต้น ทั้งนี้ การควบคุมมลพิษทางเสียงจากแหล่งกำเนิด (อากาศยาน) อยู่ในความรับผิดชอบของ บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) และองค์การที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับอากาศยาน สำหรับประชาชนผู้ได้รับความเดือดร้อนและต้องการลดมลพิษทางเสียงด้วยวิธีการที่เป็นไปได้ นั่น คือ การควบคุมที่ทางผ่านของเสียง ซึ่ง โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล (2550: บทคัดย่อ) แนะนำหลักการควบคุมเสียงสำหรับอาคาร กรณีเสียงจากภายนอกอาคาร (External Noises) ไว้ว่า ให้ควบคุมด้วยระยะทาง หลีกเสียงบริเวณที่เสียงกระทบโดยตรง ใช้การวางผังอาคาร และเลือกใช้วัสดุซับเสียงให้กับกรอบอาคาร

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการลดผลกระทบทางเสียงโดยใช้วัสดุดูดซับเสียงเป็นหลัก เนื่องจาก ผู้ได้รับผลกระทบทางเสียงสามารถดำเนินการติดตั้งปรับปรุงในง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่สร้างขึ้นโดยปราศจากการวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงมาก่อน และอยู่ในพื้นที่แนวเส้นระดับเสียง 30 - 40 ซึ่งตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 เรื่อง การแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ กำหนดให้พื้นที่ที่มีระดับเสียงรบกวนเกินกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) จะต้องดำเนินการสนับสนุนและปรับปรุงหรือติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ลดผลกระทบทางเสียง (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2549)

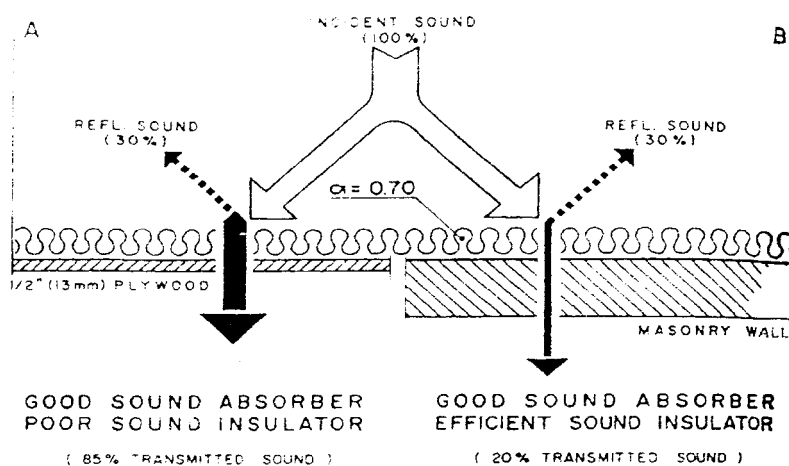
2.7 ฉนวนกันความร้อนและการประยุกต์ใช้เพื่อลดระดับเสียง

ฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่ผลิตและมีการใช้มาเป็นเวลานาน ด้วยเหตุผลที่ราคาไม่แพงหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด อีกทั้งฉนวนบางชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงได้ ทำให้ได้รับประโยชน์ทั้งในการกันความร้อนและกันเสียง ในหัวข้อนี้จะศึกษาเรื่องวัสดุดูดซับเสียง ฉนวนกันความร้อน อันนำไปสู่การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนมาใช้ในการลดเสียง

2.7.1 วัสดุดูดซับเสียง

2.7.1.1 การดูดซับและสะท้อนพลังงานของวัสดุดูดซับเสียง

เกษม จันทร์แก้ว (2541: 455 - 458) กล่าวถึงการติดตั้งวัสดุหรือกำแพงกัน เพื่อให้เสียงเกิดการสะท้อน หักเห หรือถูกดูดซับ ซึ่งวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับเสียง (Sound Absorption Material) ได้แก่ วัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนหรือช่องว่างที่วัสดุนั้น ๆ โดยช่องว่างหรือรูพรุนจะทำหน้าที่ดูดซับพลังงานเสียง โดยการที่โมเลกุลของอากาศที่เป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ของเสียง เมื่อเข้าไปในช่องว่างหรือรูพรุนก็จะเกิดการเสียดสีกับผนังภายในรูพรุน ซึ่งก็จะเกิดการสูญเสียพลังงานเสียง โดยการเปลี่ยนรูปจากพลังงานเสียงเป็นพลังงานความร้อน อย่างไรก็ตาม พลังงานเสียงก็จะถูกส่งผ่าน (Transmission) ไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุด้วย หรืออาจกล่าวได้ว่า พลังงานเสียงเมื่อตกกระทบผิววัสดุรูพรุนส่วนหนึ่งของพลังงานจะถูกสะท้อนกลับออกไป โดยการสะท้อนกลับนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient) แตกต่างกันไป พลังงานที่เหลือก็จะถูกดูดซับและถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ในขณะเดียวกันพลังงานที่เหลือดังกล่าวก็อาจจะส่งผ่านไปสู่อีกด้านหนึ่งของวัสดุได้เช่นกัน ดังภาพที่ 2.17 ดังนั้น วัสดุดูดซับเสียงที่ดีก็จะต้องมีความสามารถในการส่งผ่านเสียงสูงหรือเป็น “ฉนวนเสียง” (Sound Insulation) ที่ไม่ดี



ภาพที่ 2.17 การดูดซับและสะท้อนพลังงานเสียงของวัสดุดูดซับเสียง

แหล่งที่มา: Doell and Arch, 1972 อ้างถึงใน เกษม จันทร์แก้ว, 2541: 458.

วัสดุดูดซับเสียงชนิดใดสามารถลดเสียงได้ดีหรือไม่ให้ดูที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient; α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (Noise Reduction Coefficient; NRC) ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าลดเสียงได้ดี (Moulder, 1991: 30.2 - 30.3)

2.7.1.2 ประเภทของวัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียงที่ใช้ในการออกแบบ การก่อสร้างห้อง หรือบริเวณที่มีความไวต่อการได้รับผลกระทบทางเสียงนั้น เกษม จันทรแก้ว (2541: 459) จำแนกประเภทไว้ ดังนี้ 1) วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นรูพรุน (Porous Material) ได้แก่ วัสดุที่มีลักษณะรูขนาดเล็กละเอียดอยู่ในผิวของวัสดุ นั้น ๆ เช่น เติ้นย ปูน (Plaster) เป็นต้น ซึ่งรูดังกล่าวจะเป็นบริเวณการเปลี่ยนแปลงพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานความร้อน 2) วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นแผ่นสำหรับบุ (Panel Absorption) ได้แก่ วัสดุที่ถูกติดตั้งบนผนังของห้องหรือโครงสร้าง หรืออาจใช้แขวน โดยวัสดุดังกล่าวจะแยกตัวเองออกจากผนังหรือผิวโครงสร้างปกติ วัสดุที่ใช้อาจทำจาก เยื่อไม้ ยิปซัมบอร์ด เป็นต้น ซึ่งวัสดุประเภทนี้สามารถดูดกลืนเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ และ 3) วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นโพรง/ช่อง (Cavity Resonator) วัสดุที่มีลักษณะเป็นช่องหรือโพรงที่มีขนาดแตกต่างกันในผนังหรือโครงสร้างของวัตถุ ซึ่งแต่ละช่องจะเรียกว่า “Soundbox” วัสดุประเภทนี้จะมีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 เฮิรตซ์ และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น

นอกจากนี้ Harris (1991: 10) อธิบายว่า วัสดุดูดซับเสียงมี 3 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่ วัสดุที่มีความพรุน (Porous Absorptive Materials) วัสดุที่มีความยืดหยุ่น (Diaphragmatic Absorbers) และวัสดุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ (Reactive Absorbers)

2.7.2 ฉนวนกันความร้อน

ในหัวข้อนี้จะสร้างความเข้าใจในเรื่องพื้นฐานเกี่ยวกับฉนวนกันความร้อน ดังนี้

2.7.2.1 ชนิดพื้นฐานของฉนวนกันความร้อน

ตระการ ก้าวไกลกรรม (2537: 50 - 92) ได้กล่าวถึงชนิดของฉนวนกันความร้อน ดังนี้

1) ฉนวนชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ (Air) อาจถูกประกอบเป็นพื้นผิวเดียวอย่างง่าย หรืออาจเป็นพื้นผิวหลาย ๆ ชั้น ซึ่งมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นของพื้นผิว ความต้านทานความร้อนจะเกิดจากชั้นของพื้นผิวเอง และชั้นของอากาศในลักษณะนำความร้อนหรือพาความร้อนรอบระหว่างชั้นอากาศนี้

2) ฉนวนแบบเซลล์ (Cellular Material) จะประกอบไปด้วยเซลล์เล็ก ๆ ที่ผลึกติดกับเซลล์อื่น ๆ ฉนวนแบบเซลล์ผลิตขึ้นจากแก้วพลาสติก และยาง เช่น เซลลูลาร์กลาส

(Cellular Glass) โฟมอิลlechโตเมरिकแบบขยายตัว โฟมโพลีสไตรีน โฟมโพลิไซโซไซยานูเรต และโพลิยูรีเทน และโฟมยูเรียฟอรัมาลดีไรด์ เป็นต้น

3) ฉนวนแบบเส้นใย (Fibrous Material) ประกอบด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก เส้นใยเหล่านี้อาจทำมาจากวัสดุอินทรีย์ อย่างเช่น เส้นผม ใยพืชต่าง ๆ หรืออาจทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยหิน ใยซีลิก ใยอลูมินาซิลิกา ใยแร่หิน (Asbestos) หรือใยคาร์บอน เป็นต้น

4) ฉนวนแบบเกล็ด (Flake Material) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก อนุภาคหรือเกล็ดเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในช่องอากาศ หรือทำให้เกาะตัวเข้าด้วยกัน เพื่อทำเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ฉนวนแบบเกล็ดที่มีรูปทรงแข็งแรงสามารถใช้งานเป็นฉนวนท่อ หรือการใช้งานอื่น ๆ ในลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด เช่น เพอร์ไลต์ (Perlite) และเวอร์มิคูไลต์ (Vermiculite) เป็นต้น

5) ฉนวนแบบเกรนูลาร์ (Granular Material) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง ซึ่งช่องกลวงเหล่านี้สามารถถ่ายเทอากาศระหว่างกันและกันได้ จึงทำให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้ เช่น แมกนีเซียม แคลเซียมซิลิเกต ดินไดอะตอม (Diatomaceous Earth) ซึ่งใช้เป็นฉนวนในระบบท่อทางด้านอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ยังมีไม้ก๊อกพืช (Vegetable Cork) ซึ่งใช้งานการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ

6) ฉนวนแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี (Reflective Foils) ประกอบด้วยแผ่นบางบางที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูง หรือสภาพการแผ่รังสีต่ำ โดยแผ่นบางเหล่านี้จะเป็นช่องเพื่อสะท้อนรังสีความร้อนกลับ เนื่องจากแต่ละแผ่นที่แยกจากกันจะทำให้การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลของการนำความร้อน และการพาความร้อนลดลง

2.7.2.2 การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อน โดยมีข้อควรพิจารณา ดังนี้ 1) คุณสมบัติความเป็นฉนวน ได้แก่ การต้านทานความร้อนสูง (Resistivity – R) การนำความร้อนต่ำ (Conductivity – K) และความจุความร้อนต่ำ หรือไม่สะสมความร้อนในเนื้อวัสดุ (Thermal Capacity) 2) ราคาวัสดุไม่สูง 3) ไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 4) ขั้นตอนการก่อสร้างง่าย 5) อายุการใช้งานนาน และ 6) คุณสมบัติทุกข้อรวมกัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 53)

2.7.3 การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในการลดเสียง

หัวข้อที่ผ่านมาทำให้ทราบถึง หลักการดูดซับและสะท้อนพลังงานของวัสดุดูดซับเสียง ประเภทของวัสดุดูดซับเสียง ประเภทและชนิดของฉนวนกันความร้อนแล้วนั้น ในหัวข้อนี้จะนำไปสู่การเลือกฉนวนกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับเสียง โดยพิจารณาเหตุผล

สำคัญ ดังนี้ 1) มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ดี 2) เหมาะสำหรับการติดตั้งภายในอาคารบ้านพักอาศัย 3) สามารถนำมาติดตั้งภายหลังจากการก่อสร้างบ้านเสร็จเรียบร้อยแล้ว 4) ราคาไม่สูงจนเกินไป 5) ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางลบต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยภายในบ้าน และ 6) สามารถหาซื้อได้ทั่วไป

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้งานวิจัยนี้ไม่เลือกใช้แผ่นสะท้อนความร้อน เนื่องจากขาดคุณสมบัติในการดูดซับเสียง ไม่ใช้ใยหิน เนื่องจาก เส้นใยดังกล่าวส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัสและหายใจเอาฝุ่นของเส้นใยเข้าไป อาจทำให้เกิดโรคปอดจากแร่ใยหิน (Asbestosis) มะเร็งเยื่อหุ้มปอด และหลอดลมได้ ซึ่งมักใช้เวลา 10 ปีจึงจะแสดงอาการป่วยให้เห็น (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2539) สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการค้นหาโรคปอดจากแร่ใยหิน และปัจจัยที่มีผลต่อความผิดปกติของคนงานกลุ่มเสี่ยง พบว่า กลุ่มตัวอย่าง 140 ราย มีจำนวน 41 ราย ที่มีความผิดปกติที่ปอด และ 5 รายที่อาจพัฒนาไปเป็น โรคปอดจากแร่ใยหินได้ (วิชชุดา โจนานนท์, 2547: บทคัดย่อ) ไม่ใช้แคลเซียมซิลิเกต เซลลูลาร์กลาส โฟมชนิดสารยึดหยุ่น และฉนวนพีโนลิกโฟม เนื่องจากเหมาะกับการหุ้มฉนวนท่อ/ภาชนะในกระบวนการทางอุตสาหกรรม และมีค่าใช้จ่ายสูง ไม่ใช้เพอร์ไลท์ และเวอร์มิคูไลท์ เนื่องจากไม่เหมาะสมกับการติดตั้งภายหลังจากการก่อสร้างบ้านที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

ดังนั้น ฉนวนกันความร้อนที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ได้แก่ ใยเซลลูโลสชนิดเยื่อกระดาษ (Cellulose Fiber) ใยแก้ว (Fiberglass) โพลิสไตรีน (Polystyrene) โพลียูรีเทน (Polyurethane) และโพลิเอทิลีน (Polyethylene) มีรายละเอียดดังนี้

2.7.3.1 ใยเซลลูโลสชนิดเยื่อกระดาษ (Cellulose Fiber) ฉนวนกันความร้อนประเภทเส้นใยเซลลูโลส ผลิตขึ้นมากจากการนำไม้หรือกระดาษที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ หรือรีไซเคิล (Recycle) ด้วยการดัดแปลงและดัดให้กระจายออกทำการย่อยละเอียดจนเป็นปุย จากนั้นทำการประสานเข้าด้วยกันด้วยกรดบอแรกซ์ บอแรกซ์ 5-โมล หรือส่วนผสมของวัสดุทั้งสองนี้ ซึ่งจะช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้ การดูดซับความชื้น และยับยั้งการเจริญเติบโตของฟังก์ไจได้ในบางส่วนด้วย มีคุณสมบัติทางความร้อนดี ราคาถูก และผลิตด้วยกรรมวิธีง่าย จึงเป็นที่นิยมชนิดหนึ่งสำหรับการประยุกต์ใช้งานแบบเทปบรรจุในโพรงผนังและห้องเพดานของอาคารที่พักอาศัย แต่อาจจะใช้ในลักษณะแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นและแบบคลุมหรือแบบโฟมฉีดเข้าไปในช่อง สำหรับเป็นฉนวนใต้ฝ้าเพดาน หลังคา หรือถึงใต้ดินขนาดใหญ่ การดูดซับเสียงดี (ตระการ ก้าวกลีกรรม, 2537: 55)

2.7.3.2 ใยแก้ว (Fiberglass) ใยแก้วเป็นฉนวนที่ผลิตจากการหลอมแก้วแล้วปั่นออกมาเป็นเส้นใยสีขาว จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนเซตปิด ใยแก้วมีความหนาแน่นต่างกันตั้งแต่ 10 - 64

กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หรือมากกว่า อาจผลิตในรูปแบบแผ่นแข็ง แบบม้วน หรือขึ้นเป็นรูปทรงต่าง ๆ กัน ตัวเส้นใยจะถูกเคลือบไว้ด้วยตัวประสาน (Binder) เช่น ฟีนอลิกเรซิน ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเส้นใย ที่พบมากจะเป็นฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งจะให้สีเหลืองหลังการผลิต

ตัวใยแก้วเป็นสารอนินทรีย์จึงไม่ติดไฟ แต่ตัวประสานจะติดไฟได้ จึงควรพิจารณาคุณสมบัติในการใช้งาน การดูดซับความชื้น ซึ่งมีผลทำให้การต้านทานความร้อนลดลง จึงต้องมีแผ่นมาประกบเพื่อช่วยต้านทานไอน้ำ เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ หรือฟิล์มพลาสติกห่อหุ้ม ขณะใช้งานจริง ต้องพิจารณาคุณภาพและคุณสมบัติการติดไฟในการเลือกใช้งานด้วย จากการที่ขนาดของเส้นใยแก้วที่เล็กและยาวทำให้มีคุณสมบัติในการขึ้นรูป หรือขึ้นความหนาได้ดี สำหรับกลิ่นที่มาจากตัวประสานควรจัดเก็บในพื้นที่เปิดโล่ง คุณสมบัติของใยแก้ว การใช้งานโดยทั่วไป จะวางฉนวนใยแก้วที่มีการหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เหนือฝ้าเพดาน ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้งานโดยตรง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 38)

2.7.3.3 โพลิสไตรีน (Polystyrene) จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด มี 2 ลักษณะ คือ

1) ฉนวนโพลิสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene) ผลิตโดยกระบวนการอัดรีด ทำให้มีเซลล์ที่ละเอียดซึ่งมีอากาศผสมกับก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ปัจจุบันมีการใช้ก๊าซประเภทอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์เรือนกระจก) อยู่ภายใน ทำให้มีสภาพในการนำความร้อนที่ต่ำกว่าโพลิสไตรีนแบบหล่อ มีโครงสร้างและรูปร่างที่แข็งแรงคงที่มากกว่า ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับและต้านทานไอน้ำได้ดี แต่ข้อเสีย คือ ติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ในบรรยากาศจะมีการเสื่อมสภาพได้ จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน ปัจจุบันยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างสูง

2) ฉนวนโพลิสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene) เป็นสไตรีนโพลิเมอร์เช่นกัน แต่ผลิตโดยกระบวนการหล่อหรือขยายตัว ผลคือ เซลล์จะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่า ความหนาแน่นต่ำกว่า ด้านทานไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟ และก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แต่มีราคาถูกกว่า เสื่อมสภาพจากการสัมผัสรังสี UV ในบรรยากาศได้เช่นกัน จึงควรเลือกใช้ในโครงเคร่าปิดหรือมีแผ่นปิดผิว โดยมีการขึ้นรูปประกอบเป็นผนังมีแผ่นปิด 2 ด้านเพื่อป้องกันรังสี UV และใช้งานได้สะดวก ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 41)

2.7.3.4 โพลียูรีเทน (Polyurethane) เป็นพลาสติกโพลิเมอร์ ประเภทหนึ่ง พ่นให้เกิดเป็นโฟมมีลักษณะแข็ง อาทิ การพ่นเพื่อป้องกันความร้อนใต้หลังคา จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่ง

เซลล์ปิด เซลล์ภายในจะบรรจุด้วยก๊าซฟลูออโรคาร์บอน เป็นก๊าซที่มีค่าการนำความร้อน (K) ต่ำกว่าอากาศ ทำให้อนวนประเภทนี้มีสภาพการนำความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตาม การนำความร้อนของฉนวนประเภทนี้จะเพิ่มขึ้นหรือค่าการต้านทานความร้อน (R – value) จะลดลงตามอายุการใช้งาน เนื่องมาจากการแพร่กระจายของอากาศเข้าไปในเซลล์ โดยเฉพาะกรณีที่สัมผัสกับรังสี UV จะทำให้สีของฉนวนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพลง โดยเฉพาะโฟมที่ไม่ได้ปิดผิว การดูดซับน้ำจะมีบ้าง เนื่องจากไม่ใช่เซลล์ปิดทั้งหมด และในกรณีเกิดเพลิงไหม้แม้ว่าจะมีการผสมสารป้องกันการติดไฟแล้ว แต่ก็ยังก่อให้เกิดก๊าซที่มีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นอันตราย เนื้อฉนวนขยายและหดตัวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หากใช้โครงเคร่าปิด เช่น ผนังห้องเย็น หรือมีวัสดุปิดผิวที่แข็งแรงพอ ก็จะเป็นฉนวนที่ดีมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 42)

2.7.3.5 โพลีเอทิลีน (Polyethylene) เป็นเอทเรลีน โพลีเมอร์ที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นมีฟองละเอียดของก๊าซอยู่ด้านใน จัดอยู่ในกลุ่มของฉนวนแบบเซลล์ปิด มีลักษณะอ่อนนุ่ม จึงไม่ควรใช้กับงานที่มีการกดทับ การต้านทานไอน้ำอยู่ในเกณฑ์สูง มีการเสื่อมสภาพได้จากรังสี UV จึงควรมีแผ่นปิดผิวขณะใช้งาน หรือไม่สัมผัสกับรังสี UV โดยตรง การเลือกใช้งานป้องกันความร้อนในระบบหลังคาของประเทศไทย ต้องพิจารณาความหนาของฉนวน ให้มีค่าการต้านทานความร้อน (R – value) ที่เพียงพอ คือ มีความหนาไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร ในการใช้ติดได้แผ่นหลังคา ซึ่งความหนาดังกล่าว จะต้านทานการไหลผ่านของพลังงานความร้อนได้น้อย และเนื่องจากเป็นโพลิเมอร์พลาสติกประเภทหนึ่ง จึงก่อให้เกิดควันปริมาณมาก และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นอันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 41)

เปรียบเทียบคุณสมบัติ ข้อดี ข้อจำกัดของฉนวนกันความร้อนเป็นไปตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของทนทานกันความร้อน

รายการ	ใยแก้ว 2"	ใยแก้ว 4"	ใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber)	โพลิสไตรีน (Polystyrene)	โพลียูรีเทน (Polyurethane)	โพลีเอทิลีน (Polyethylene)
รูปแบบกายภาพ	หุ้มปิด, บุได้หลังคา, ปูบนฝ้า, (แผ่น)	หุ้มปิด, บุได้หลังคา, ปูบนฝ้า, (แผ่น)	หุ้มปิด, บุได้หลังคา, ปูบนฝ้า, (แผ่น)	หุ้ม ปิด บุ	ฉีดยื่น	ฉีดยื่น
ราคาต่อหน่วย (บาท)	180	300	300	112 (100 มม.)	2,400	4,500
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	75	125	125	700 (40 มม.)	270	314
วัสดุ+ค่าแรง+ติดตั้ง/ตร.ม. (บาท)	95	145	145	720 (40 มม.)	533	400
ขนาด (Volume)(cm. ³)	5 x 60 x 400	10 x 60 x 400	7.5 x 60 x 400	10 x 60 x 120	>25	>25
หนา x กว้าง x ยาว (cm. x cm. x cm.)	(ความหนาชนิด หุ้มและบุ >50 มม. ชนิดบุ >75 มม. ชนิดแผ่น > 50 มม.)	(ความหนาชนิด หุ้มและบุ >50 มม. ชนิดบุ >75 มม. ชนิดแผ่น > 50 มม.)	(ความหนาชนิด หุ้มและบุ >50 มม. ชนิดบุ >75 มม. ชนิดแผ่น > 50 มม.)			
น้ำหนักต่อ ตร.ม. (kg./m ²)	0.5 - 0.8	0.8 - 1.5	2.5	-	0.8	-
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (°C)	- 51 ถึง 204	- 51 ถึง 204	-	<80	>-25 ถึง 90	>-25 ถึง 85
ค่าความหนาแน่น (kg./m ³)	16	69	45 - 80	1 ปอนด์/ลบ.ฟ.	35 - 40	≥ 30 - 50
	>64 มม. (หุ้ม)	>64 มม. (หุ้ม)		16	16	
	>24 มม. (บุ)	>24 มม. (บุ)				
	>16 มม. (บุ)	>16 มม. (บุ)				
	>32 มม. (แผ่น)	>32 มม. (แผ่น)				

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

รายการ	ใยแก้ว 2" (2" Fiberglass)	ใยแก้ว 4" (4" Fiberglass)	ใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber)	โพลิสไตรีน (Polystyrene)	โพลียูรีเทน (Polyurethane)	โพลีเอทิลีน (Polyethylene)
วัสดุปิดผิว	อคูมินีเยนฟอยล์	อคูมินีเยนฟอยล์	-	ชิปซัมบอร์ค	-	-
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	95	95	-	-	-	-
ค่าการดูดกลืนความร้อน (%)	5	5	-	-	-	-
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer – Q Value) (Watt/m ²)	1.451 (นุ) 0.696 (นุ) 1.539 (แผ่น)	-	-	-	8.48 hr.ft ² ° F/Btu	-
ค่าการนำความร้อน (Conductivity - K Value)(W/m.K)	0.035 (นุ) 0.0365 (นุ) และ 0.033 (แผ่น)	0.0365	0.029 - 0.045	0.035	0.017 – 0.045 0.024	<0.023
ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity – R Value)(m ² K/W)	1.392	2.334	1.875	0.70 - 0.85	9.09	-
ค่าการต้านทานแรงอัด	-	-	-	0.25 - 11	2.2	-
ค่าการกันเสียง (dB)	-	-	>42 - 95%	-	>70	-
การทนไฟ	-	-	ชะลอการลามของไฟ	150 - 180 ° F ไม่ทนไฟ เว้นแต่ใช้วัสดุกันไฟ	ชะลอการลาม ของไฟ	ชะลอการลาม ของไฟ
การปลดออก	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
อัตราการซึมผ่าน (%)	<3	<3	2	ต่ำ	5 - 10	2 - 5

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

รายการ	ใยแก้ว 2" (2" Fiberglass)	ใยแก้ว 4" (4" Fiberglass)	ใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber)	โพลีสไตรีน (Polystyrene)	โพลียูรีเทน (Polyurethane)	โพลีเอทิลีน (Polyethylene)
การทนต่อการกัดกร่อน	ไม่กัดกร่อนโลหะ	ไม่กัดกร่อนโลหะ	-	ทนกรดต่าง เสื่อมเมื่อโดน uv	ทนกรดต่าง เสื่อมเมื่อโดน uv	ทนกรดต่าง เสื่อมเมื่อโดน uv
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และ ความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา	ไม่ขึ้นรา	ไม่ขึ้นรา เนื่องจาก ผสมสารกันเชื้อรา	-	-	-
การยืดหดตัวของวัสดุ	คืนรูปดี ไม่หดตัวแต่ เมื่อขึ้นหรือหมดอายุ ใช้จะยุบตัวเป็นฟูน	คืนรูปดี ไม่หดตัวแต่ เมื่อขึ้นหรือหมดอายุ ใช้จะยุบตัวเป็นฟูน	ไม่หดแต่ระยะยาว จะมีการยุบตัว	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือ ฉีกขาดง่าย	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือ ฉีกขาดง่าย	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือ ฉีกขาดง่าย
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	ค่อนข้างน้อย	มาก	มาก	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับ ความต้องการใช้	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ง่าย	แบบพ่นต้อง ใช้ช่างเฉพาะ	ง่าย สะดวก	ง่าย สะดวก	ง่าย สะดวก
การบำรุงรักษา	-	เปลี่ยนใหม่ เมื่อ หมดอายุการใช้งาน	เปลี่ยนใหม่ เมื่อ หมดอายุการใช้งาน	-	-	-
อายุใช้งาน (ปี)	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 15	5 - 20	5 - 20

แหล่งที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 49 - 50.

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อดีข้อจำกัดของฉนวนกันความร้อน

รายการ	ใยแก้ว (Fiberglass)	ใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber)	โพลีสไตรีน (Polystyrene)	โพลียูรีเทน (Polyurethane)	โพลีเอทิลีน (Polyethylene)
ข้อดี	- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร - ง่าย - ติดตั้งง่าย - นำความร้อนต่ำ	- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร - ง่าย - ติดตั้งง่าย - นำความร้อนต่ำ	- นำความร้อนต่ำ - ใช้เป็นตัวหลักหรือกันซึม - การแทรกซึมไอน้ำและการดูดกลืนความร้อนต่ำ - น้ำหนักเบา - ผลผลิตต่าง ๆ ได้ - เป็นที่อยู่อาศัยของแมลง - ต่าง ๆ หากไม่มีการป้องกันที่ดีพอ	- ส่งความร้อนต่ำ - ไม่ลามไฟ - ติดตั้งง่ายสะดวกอายุใช้งานนาน - ประหยัดพลังงาน - ป้องกันเสียง - เป็นเนื้อเดียวกันทำให้ป้องกันความชื้นดี - เป็นที่อยู่อาศัยของแมลง ถ้าชื้นมาก ๆ - ทำให้เสื่อมสภาพ - เกิดไฟไหม้จะมีควันมากและเกิดก๊าซไฮโดร ไซยาไนด์เป็นอันตรายถึงชีวิต - ความต้านทานการขูดขีดต่ำ - คิวหน้ำเป็นอุปสรรคในการตกแต่ง	- ไม่ติดไฟ - ปรับรูปได้ - เบา - ติดได้ง่าย - กันเสียง - การนำความร้อนต่ำสุด - เป็นที่อยู่อาศัยของแมลง - หากไม่มีการป้องกัน ถ้าชื้นมาก ๆ จะทำให้เสื่อมสภาพ
ข้อจำกัด	- น้ำหนักมาก - เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม - ย่อยสลายไม่ได้ - มีกลิ่นเมื่อขึ้นคุณสมบัติจะลดลง - สัตว์เล็กทำรังภายใน - ตัวประสาน ลูกใหม่ได้ - น้ำหนักมาก	- น้ำหนักมาก - เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม - ย่อยสลายไม่ได้ - มีกลิ่น - สัตว์เล็กทำรังภายใน - ตัวประสาน ลูกใหม่ได้ - น้ำหนักมาก			

แหล่งที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 50.

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศ ศรีวัฒนพล (2550: 699 - 705) ทำการศึกษาเรื่อง วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกก โดยตัวแปรที่ศึกษา คือ อัตราส่วนระหว่างกายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกก ความหนา และความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียง ประสิทธิภาพและความสามารถในการดูดกลืนเสียง พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) วัดตามหลักการของมาตรฐาน ASTM E 1050-90 พบว่า แผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกที่สร้างขึ้นมีค่า α ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน แต่สามารถดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ได้สูงสุดในทุกตัวแปรที่ทำการศึกษา และเมื่อนำค่า NRC ของแผ่นดูดกลืนเสียงทุกตัวแปรไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่ออัตราส่วนระหว่างกายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อใยกก ความหนา และความหนาแน่นของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกมีค่าเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดกลืนเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับประสิทธิภาพการดูดกลืนเสียงซึ่งบอกด้วยค่า NRC ของแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.52 - 0.83

วิรัช เอื้อทรงธรรม (2550: 1 - 2) มีการศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากท่าอากาศยานที่มีต่อชุมชนโดยรอบและแนวทางการจัดการ: กรณีศึกษาท่าอากาศยานภูเก็ต พบว่า ระดับเสียงในปี พ.ศ. 2549 ยังไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชน แต่อีก 5 ปี (พ.ศ. 2554) และ 10 ปี (พ.ศ. 2559) คาดการณ์ค่า NEF สูงขึ้น 10 - 12 และค่า DNL สูงขึ้น 10 - 12 เดซิเบล เนื่องจากมูลค่าการค้าระหว่างประเทศและรายได้จากการท่องเที่ยวสูงขึ้นทุกปี จึงทำให้ท่าอากาศยานภูเก็ตมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมาก ค่า NEF และ DNL ระดับนี้ส่งผลกระทบต่อชุมชนบริเวณมัธยศนูรุลอียาติยะห์ โชคดีฟาร์ม และศูนย์พัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ซึ่งต้องเตรียมมาตรการแก้ไข คือ บ้านพักอาศัยควรใช้วัสดุป้องกันเสียงในบริเวณดังกล่าว และการปรับเปลี่ยนเส้นทางการบินหรือหลีกเลี่ยงการบินในเวลา กลางคืน เป็นต้น

วิรัช รูปขำดี และคณะ (2550: 16 - 35) เสนอการปรับปรุงอาคารที่อยู่ในพื้นที่แนวเส้นระดับเสียง NEF 30 ขึ้นไปจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ซึ่งได้ทดลองปรับปรุงกับบ้านตัวอย่าง แนะนำการปรับปรุงในส่วนหลังคาและผนังของอาคารด้วยฉนวนกันความร้อนในการลดระดับเสียง โดยใช้ชนิดเยื่อกระดาษ และโพลียูรีเทนโฟม

สมศักดิ์ ธรรมเวชวิติ (2549: 3) ทำการศึกษาเรื่อง แนวความคิดในการใช้วัสดุดูดซับเสียง อันเนื่องมาจากผลกระทบสนามบินสุวรรณภูมิ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนโดยรอบอาคาร ใช้วิธีปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีใบหนาทึบ โตเร็ว ทำทางเดินเชื่อมระหว่างอาคาร และการติดตั้งหลังคา Sky Light โดยใช้แผ่น Polycarbonate Sheet ชนิดป้องกันเสียง สำหรับส่วนตัวอาคารที่มีความห้วนไหว

ต่อเสียงน้อย ใช้วิธีพ่นโพลียูรีเทนโฟมได้หลังความหนาแน่นประมาณ 40 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หนา 2 นิ้ว แล้วตีฝ้าเพดานยิบฉั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตรปิด ลดเสียงได้ 35 - 40 เดซิเบล และการตีฝ้าเพดานซ้อนทับฝ้าเพดานเดิม

ณัชชากรีย์ พรหมวิสุทธิพล (2549: 83 - 84) ทำการศึกษาเรื่องความสามารถในการลดระดับเสียงของอาคารบ้านพักอาศัยที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ทำการศึกษาพื้นที่นอกอาคาร ในอาคารคอนกรีตไม่ติดเครื่องปรับอากาศ และในอาคารคอนกรีตติดเครื่องปรับอากาศ และระยะทางที่แตกต่างกัน คือ ระยะทางห่างจากปลายทางวิ่งด้านทิศตะวันออกของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิไปทางทิศเหนือ 2,100 เมตร 3,750 เมตร และ 6,100 เมตร พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{eq, 24hr}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{max}) ในพื้นที่ลักษณะต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในอาคารคอนกรีตมีระดับเสียงต่ำกว่าพื้นที่นอกอาคาร และในอาคารคอนกรีตที่ติดเครื่องปรับอากาศมีระดับเสียงต่ำกว่าในอาคารที่ไม่ติดเครื่องปรับอากาศ อีกทั้งพื้นที่ที่อยู่ห่างจากปลายทางวิ่งมากจะมีแนวโน้มของระดับเสียงลดลง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2547: 2-38 - 2-50) ศึกษาแนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พบว่า ฉนวนกันความร้อนชนิดเอียร์กระดาศ มีค่าการกั้นเสียงมากกว่าร้อยละ 42 - 95 เดซิเบล ยิบฉั่มบอร์ด มีค่าการกั้นเสียงร้อยละ 65 เดซิเบล ฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม มีค่าการกั้นเสียงมากกว่าร้อยละ 70 เดซิเบล

นวรรัตน์ มิตรจิตร (2544: 88 - 89) ศึกษาความสามารถในการลดระดับความดังของเสียงของคอนกรีตน้ำหนักเบา ซึ่งคอนกรีตน้ำหนักเบามีแรงอัดไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีส่วนประกอบต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด - แกลบเผา และปูนซีเมนต์ - ขี้เถ้าแกลบ ทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงทั้งแบบความถี่เดียว และความถี่รวม เพื่อทดสอบความสามารถในการส่งผ่านเสียง การดูดกลืนเสียง และประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียง พบว่า คอนกรีตน้ำหนักเบาทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการลดระดับความดังเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป ความสามารถในการลดเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังเสียงแบบความถี่เดียว ของวัสดุ ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด - แกลบเผา และปูนซีเมนต์ - ขี้เถ้าแกลบ มีค่า 0.50, 0.51 และ 0.49 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงแบบความถี่รวม ของวัสดุ ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด, ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด - แกลบเผา และปูนซีเมนต์ - ขี้เถ้าแกลบ มีค่าร้อยละ 9.16 - 9.99, 10.36 - 10.70 และ 9.30 - 10.17 ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงของวัสดุขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุด้วย

นิรันดร์ วิทิตอนันต์ (2535: 112 - 113) ทำการศึกษาสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุพูน ที่ใช้เกลบ จี๊กบ และโยมะพร้าว เป็นส่วนประกอบความหนา 5.0 เซนติเมตร ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 60 เซนติเมตร พบว่า ความสามารถในการส่งผ่านเสียงของวัตถุพูน จะแปรผกผันกับความถี่เสียง ส่วนความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุจะแปรผันตรงกับ ความถี่เสียง ยกเว้นที่ความถี่ในช่วง 1,000 - 2,000 เฮิรตซ์ เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์กำทอน สำหรับ ประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงของวัตถุพูนที่ใช้เกลบ จี๊กบ และโยมะพร้าวเป็น ส่วนประกอบ มีค่าร้อยละ 98.56, 96.39 และ 37.34 ตามลำดับ สำหรับสัมประสิทธิ์การลดระดับ ความดังเสียงของวัตถุพูนต่อเสียงชนิดความถี่เดียวของวัตถุพูนที่ใช้เกลบ จี๊กบ และโยมะพร้าว เป็นส่วนประกอบมีค่า 0.91, 0.89 และ 0.46 ตามลำดับ

สุทัศน์ สุทธิฤทธิ์ (2533: 68 - 69) ศึกษาประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงจากเศษ วัสดุพืชแห้ง พบว่า ที่ความหนาแน่นและความหนาของวัสดุเท่ากัน กาบมะพร้าวจะมีประสิทธิภาพ ดีที่สุด รองลงมา คือ ผักตบชวา และน้อยที่สุด คือ ฟางข้าว ซึ่งมีประสิทธิภาพการลดระดับความดัง ของเสียงร้อยละ 2.18, 1.78 และ 0.9 ตามลำดับ

จากงานวิจัยข้างต้น ทำให้ทราบว่าวัสดุหลายชนิดทั้งเศษวัสดุจากธรรมชาติ วัสดุจากการ สังเคราะห์ ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่ที่มีคุณสมบัติด้านความพูนจะสามารถลดระดับความดังเสียงได้ ในขณะที่ปัญหาผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและอาจ เพิ่มทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาทวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อ ประโยชน์ในการเลือกใช้ทวนกันความร้อนสำหรับการลดระดับเสียงทำให้บรรเทาปัญหาได้อย่าง รวดเร็ว และทันต่อการใช้งาน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

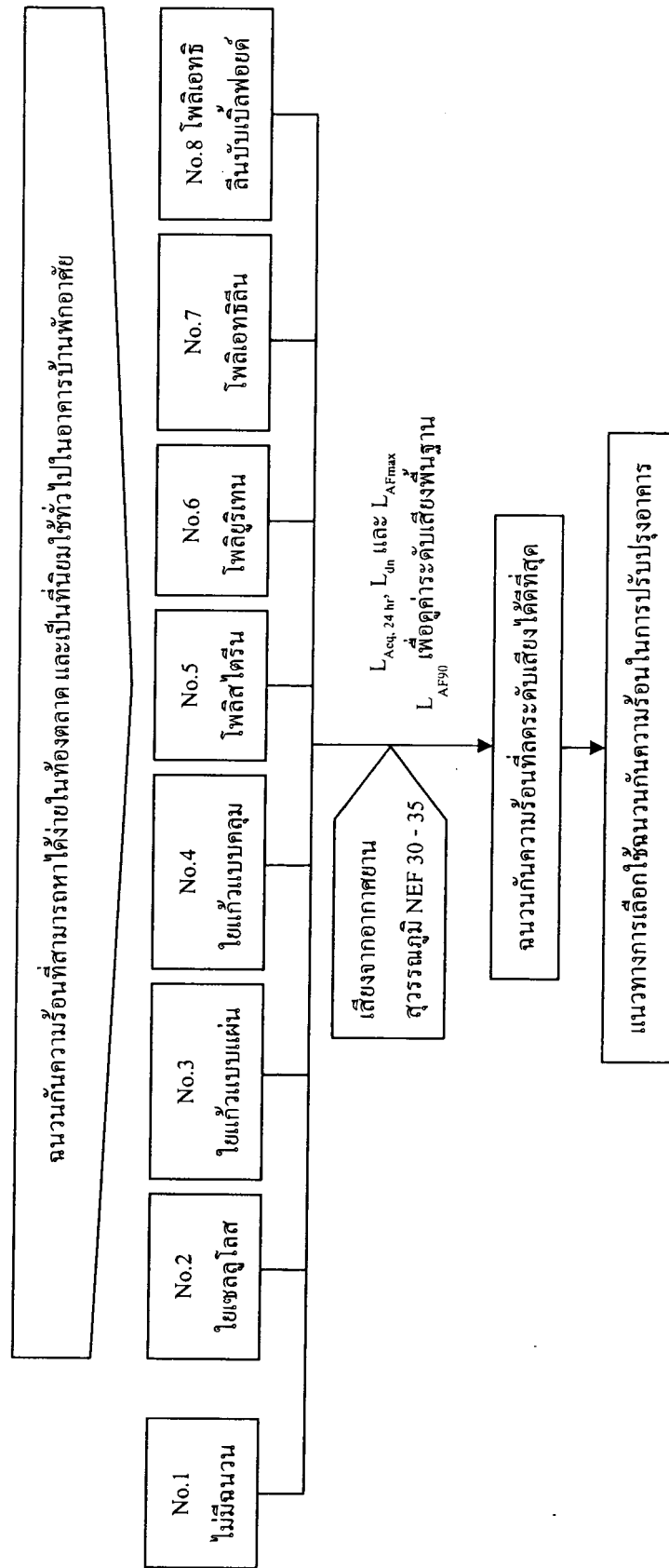
การศึกษาเรื่อง ฆนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เป็น การศึกษาวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi Experiment Research) เนื่องจากการวิจัยที่สามารถควบคุม ตัวแปรได้บางส่วน (เกษม สาหร่ายทิพย์, 2543: 35) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design) เนื่องจากหน่วยทดลองแต่ละหน่วยมีความสม่ำเสมอ กัน (Homogeneous) (สุรพล อุปติสสสกุล, 2523: 24) มีปัจจัยเดียว (Single - factor) สิ่งทดลอง 7 ทริท เมนต์หรือชนิดของฆนวนกันความร้อน 7 ชนิด ได้แก่ ฆนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส ใยแก้ว แบบแผ่น ใยแก้วแบบคลุม โพลิสไตรีน โพลียูรีเทน โพลีเอทธิลีน และโพลีเอทธิลีนบับเบิลฟอยล์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (3 Replicates) เท่ากับมีหน่วยทดลองทั้งหมด $= 7 \times 3 = 21$ หน่วยทดลอง

ฆนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ ที่นำมาสร้างเป็นแบบจำลองจะกำหนดให้มีปริมาตรภายใน เท่ากัน คือ 0.216 ลูกบาศก์เมตร ดำเนินการทดลองในพื้นที่บริเวณคาเฟ่ ชั้น 4 อพาร์ทเมนต์คุณ สมศักดิ์ โอแสงใส เลขที่ 131/22 หมู่ 3 ซอยวัดบึงารุ่งรัศมี ถนนร่มเกล้า แขวงลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในแนวเส้นระดับเสียง NEF 30 - 35 ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 เครื่องบินมีทิศทางบินลง แล้วดำเนินการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 hr}$) ระดับ เสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) สำหรับชุดทดลองทั้ง 7 ชุด ทดลองและชุดควบคุม นอกจากนี้ ยังตรวจวัดระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (L_{AF90}) สำหรับชุด ควบคุมด้วย ทั้งนี้ ตำแหน่งของการวางแบบจำลองจะสลับตำแหน่งกันในแต่ละวันที่เริ่มต้นทำการ เก็บข้อมูล (เวลาประมาณ 07.00 น.) โดยสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธี จีบฉลาก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะเป็นการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทริทเมนต์รายคู่ใช้วิธีการทดสอบพหุพิสัยด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการ วิเคราะห์ มีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 กรอบแนวคิดและตัวแปร

3.1.1 กรอบแนวคิด



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.1.2 ตัวแปร

3.1.2.1 ตัวแปรต้น คือ จนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ

3.1.2.2 ตัวแปรตาม

- 1) การลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$)
- 2) การลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn})
- 3) การลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax})

3.1.2.3 ตัวแปรควบคุม

- 1) โครงสร้างแบบจำลอง
- 2) เครื่องมือวัดเสียง และอุปกรณ์อื่น ๆ

3.1.2.4 ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ คือ สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ลม ความชื้น เป็นต้น

3.2 การเตรียมแบบจำลอง

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาสร้างขึ้นโดยให้มีลักษณะทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์คล้ายรูปทรงของอาคาร มีส่วนประกอบดังนี้

3.2.1 โครงสร้างไม้

โครงสร้างทำจากไม้แปรรูปขนาดหน้าตัด 1.4 x 1.4 เซนติเมตร ต่อกันเป็นโครงรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เพื่อช่วยยึดป้องกันไม่ให้ฉนวนกันความร้อนเกิดการอ่อนตัวและล้มลงมา อีกทั้งฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิดมีความหนาแตกต่างกัน จึงต้องกำหนดให้ขนาดโครงสร้างแปรเปลี่ยนไปตามความหนาของฉนวนกันความร้อน เพื่อให้ใส่ได้พอดีกับโครงสร้าง รายละเอียดขนาดโครงสร้าง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของโครงสร้างแบบจำลอง

ชนิด	ฉนวนกันความร้อน		ขนาดโครงสร้าง (กว้าง x ยาว x สูง) (มม.)
	ความหนา (มม.)		
ใยเซลลูโลส	50		700 x 700 x 700
ใยแก้วแบบแผ่น	20		640 x 640 x 640
ใยแก้วแบบคลุม	75		750 x 750 x 750

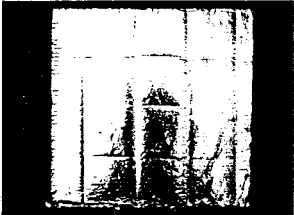
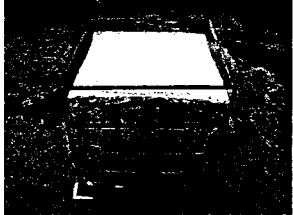
ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ฉนวนกันความร้อน		ขนาดโครงสร้าง
ชนิด	ความหนา (มม.)	(กว้าง x ยาว x สูง) (มม.)
โพลีสไตรีน	50	700 x 700 x 700
โพลียูรีเทน	50	700 x 700 x 700
โพลีเอทิลีน	10	620 x 620 x 620
โพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยล์	9.0 - 9.5	618 x 618 x 618

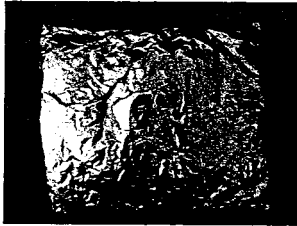
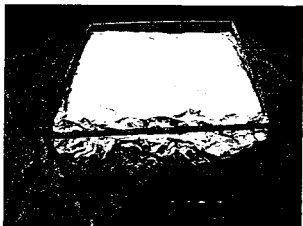
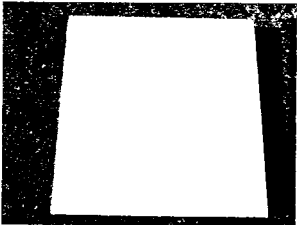
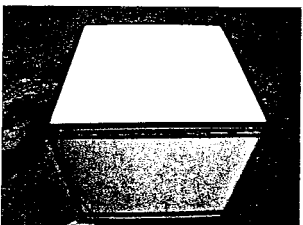
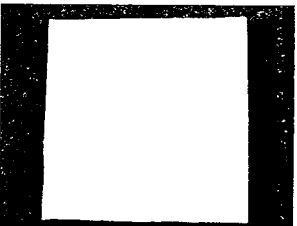
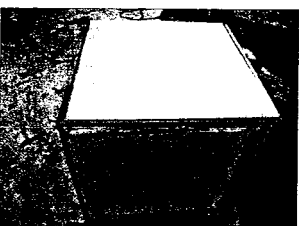
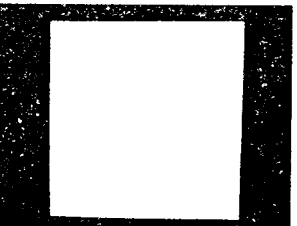
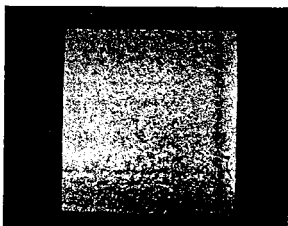
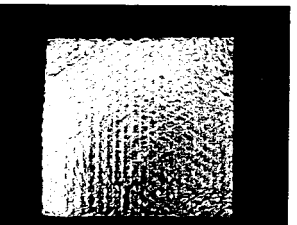
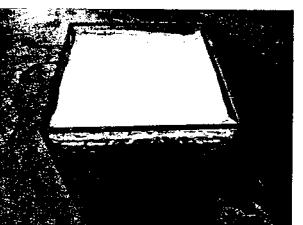
3.2.2 ฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในการทดลองทั้งแบบแผ่นและแบบคลุมจะนำมาประกอบกันเป็นทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ กำหนดให้มีปริมาตรภายในเท่ากับ 0.216 ลูกบาศก์เมตรทั้งหมด ลักษณะพื้นผิวของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ และแบบจำลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลักษณะพื้นผิวและแบบจำลองของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ

ชนิดฉนวน กันความร้อน	ลักษณะพื้นผิวของฉนวนกันความร้อน	แบบจำลอง
โพลีเอทิลีน		
		
โพลียูรีเทน แบบคลุม*		

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ชนิดฉนวน กันความร้อน	ลักษณะพื้นผิวของฉนวนกันความร้อน	แบบจำลอง
ใยแก้ว แบบคลุม*		
โพลีสไตรีน*		
โพลียูรีเทน*		
โพลีเอทิลีน		
โพลีเอทิลีน บับเบิลฟอยล์*		

หมายเหตุ : * หมายถึง ผิววัสดุทั้ง 2 หน้า เหมือนกัน

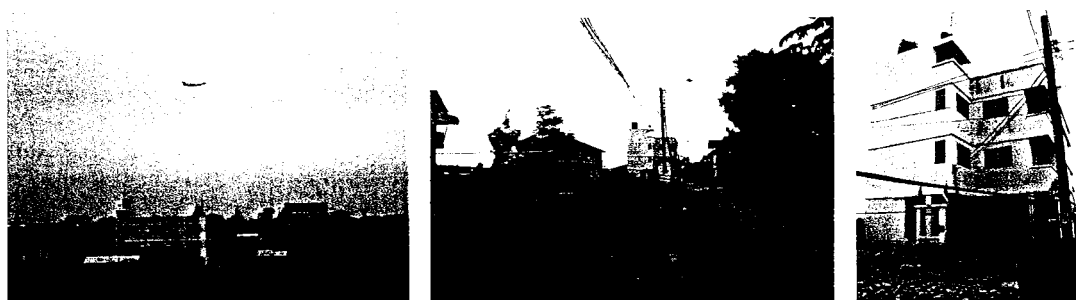
ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนโฟลมีนํ้าหนักมาก จำเป็นต้องใช้ไม้ช่วยยึดด้านข้างทั้ง 4 ด้าน เพื่อป้องกันการหักพังลงมา

3.2.3 วัสดุปิดรอยต่อ

พอยต์เทปขนาดความกว้าง 2 นิ้ว สำหรับงานฉนวน โดยปิดรอยต่อระหว่างแผ่นฉนวนกันความร้อนด้านนอก

3.3 พื้นที่ทำการทดลอง

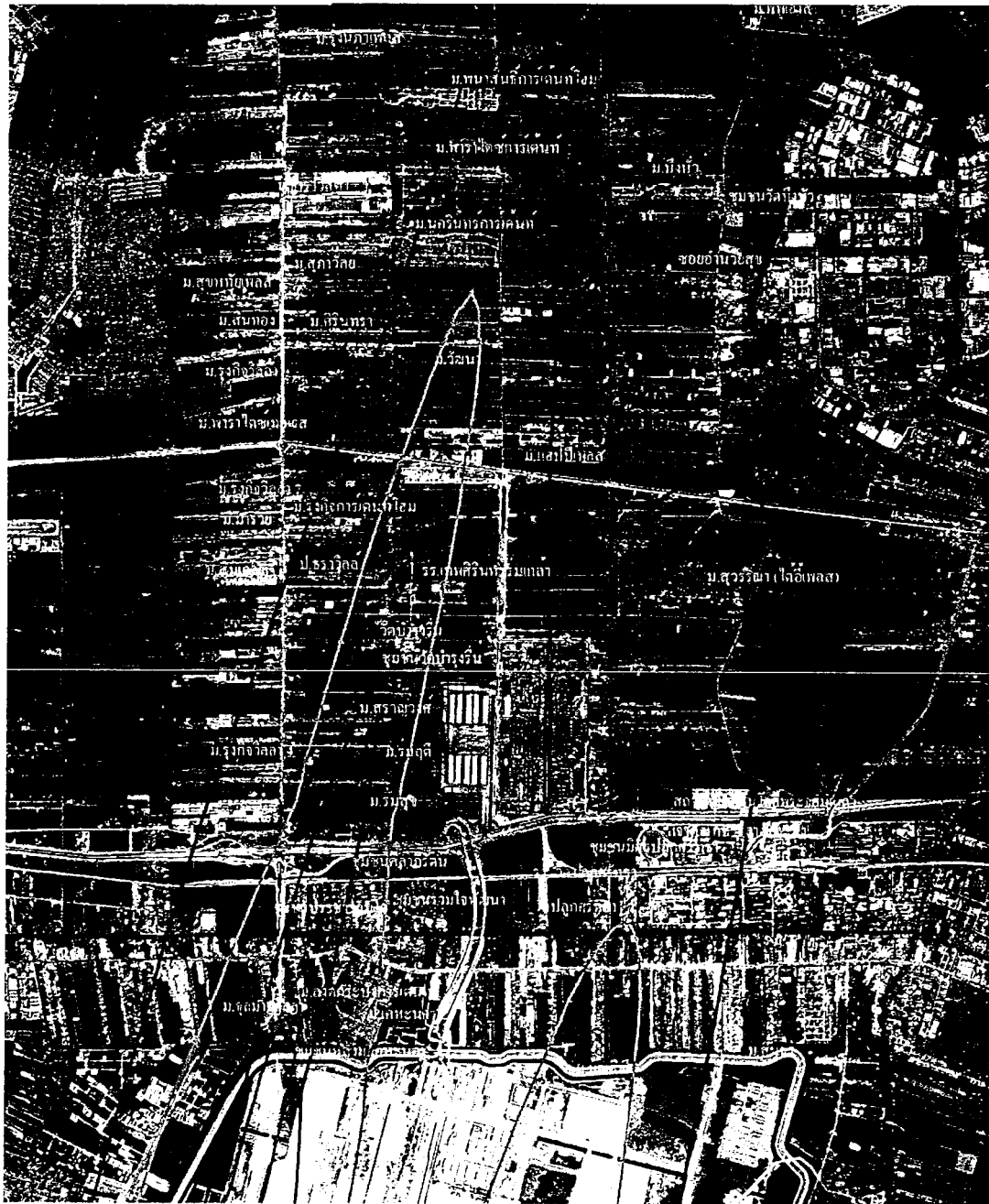
บริเวณคาเฟ่ ชั้น 4 อพาร์ทเมนต์คุณสมศักดิ์ โอแสงใส เลขที่ 131/22 หมู่ 3 ซอยวัดบำรุง รื่น ถนนร่มเกล้า แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร พื้นที่ประมาณ 10 x 15 ตารางเมตร ลักษณะพื้นที่ทดลองและสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 พื้นที่ทดลองและสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง

สำหรับตำแหน่งที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ห่างจากปลายช่องทางวิ่ง (Runway) ด้านตะวันตกเป็นระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.3 มีปริมาณเที่ยวบินร้อยละ 80 โดยประมาณ ระหว่างเดือนมีนาคมถึงตุลาคมของทุกปี เครื่องบินมีทิศทางการบินลง (Landing) เป็นพื้นที่ซึ่งอยู่ในแนวเส้นเสียง NEF 30 - 35 ตั้งอยู่ห่างจากถนนสายหลักประมาณ 300 เมตร บริเวณคาเฟ่ไม่มีสิ่งกีดขวางทางเดินของเสียง นอกจากนี้ ยังอยู่ใกล้กับสถานีตรวจวัดระดับเสียงของการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิซึ่งตั้งอยู่บริเวณวัดบำรุงรื่น

ทั้งนี้ ได้ทำการสำรวจสถานที่ทำการทดลองก่อนการทดลองจริง และตรวจสอบข้อมูลระดับเสียง อุณหภูมิ ความชื้น และความดันบรรยากาศบริเวณอพาร์ทเมนต์จากกรมควบคุมมลพิษ ก่อน



ภาพที่ 3.3 แผนที่แนวเส้นระดับเสียงทางทิศเหนือของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

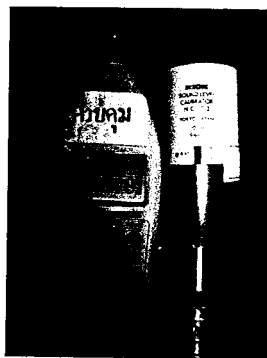
หมายเหตุ: ★ ตำแหน่งพื้นที่ทดลอง

	NEF 45
	NEF 40
	NEF 35
	NEF 30

3.4 เครื่องวัดเสียงและตำแหน่งที่ตั้งแบบจำลอง

3.4.1 เครื่องวัดเสียง อุปกรณ์อื่น ๆ และตำแหน่งเครื่องวัดเสียงภายในแบบจำลอง

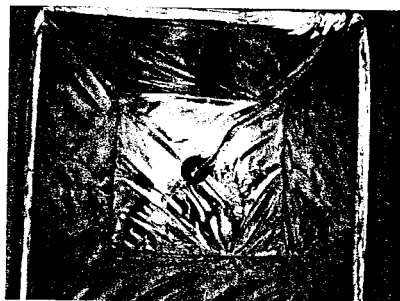
3.4.1.1 เครื่องวัดเสียง ชนิด Sound Level Meter Type 2 ยี่ห้อ Rion รุ่น NL - 21 จำนวน 8 เครื่อง โดยศึกษาคู่มือการใช้งานเครื่องมือวัดเสียง ตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณเสียง แบตเตอรี่ รวมถึงการสอบเทียบไมโครโฟนด้วย Acoustic Calibrator ยี่ห้อ Rion รุ่น NC - 73 เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 เวลาประมาณ 21.00 น.



ภาพที่ 3.4 การสอบเทียบเครื่องวัดเสียง

3.4.1.2 อุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่ กล่องเก็บเครื่องมือเพื่อป้องกันน้ำฝน เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับถ่ายโอนและประมวลผลข้อมูล กล้องถ่ายรูป กล้องวิดีโอ เป็นต้น

3.4.1.3 ตำแหน่งเครื่องวัดเสียงภายในแบบจำลอง วางอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางของแบบจำลอง



Top View

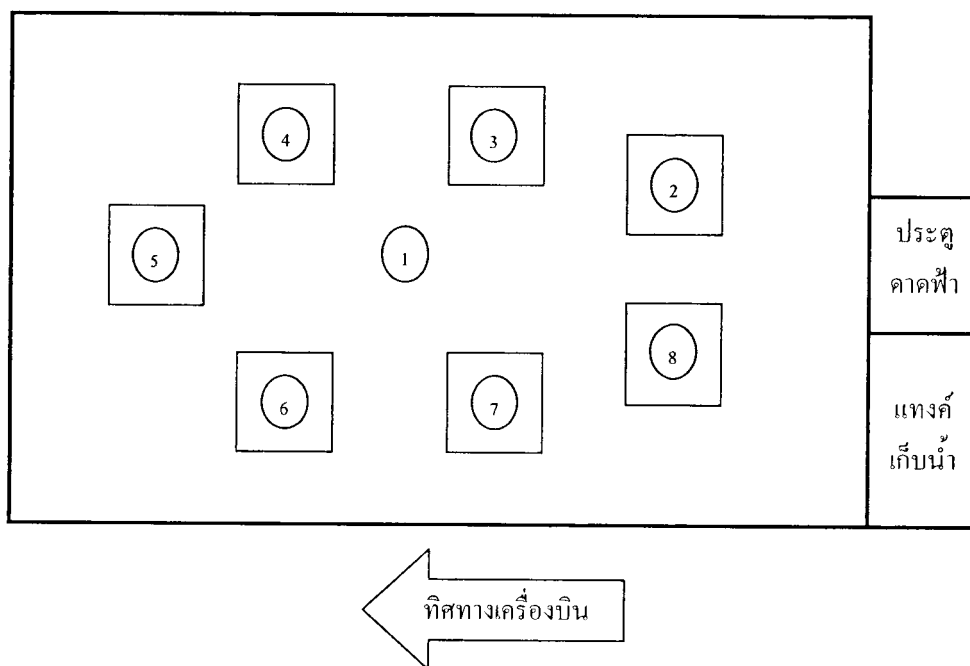


Side View

ภาพที่ 3.5 การวางเครื่องวัดเสียงภายในแบบจำลอง

3.4.2 การสุ่มตำแหน่งที่ตั้ง

แบบจำลองหมายเลข 2 - 8 ซึ่งภายในมีเครื่องวัดเสียงอยู่บริเวณจุดศูนย์กลาง จะวางในลักษณะเป็นวงกลมล้อมรอบชุดควบคุมหมายเลข 1 ซึ่งอยู่บริเวณตรงกลาง แสดงดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ตำแหน่งที่ตั้งแบบจำลอง

เวลาประมาณ 07.00 น. ของแต่ละวันจะทำการสลับตำแหน่งแบบจำลองหมายเลข 2 - 8 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลาก เพื่อขจัดตัวแปรอื่นอาจเกิดขึ้นจากระยะทางระหว่างแบบจำลองกับแหล่งกำเนิดเสียงจากอากาศยาน สำหรับชุดควบคุมไม่สลับตำแหน่ง ผลของการสุ่มตัวอย่าง เป็นไปตามตารางที่ 3.3 และแสดงด้วยภาพที่ 3.7 ดังนี้

ตารางที่ 3.3 การสุ่มตำแหน่งที่ตั้งแบบจำลองในแต่ละวัน

ชุดทดลอง	หมายเลขเครื่องวัดเสียง	ตำแหน่ง		
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
ไลเชลดูโลส	2	6	2	3
ไลแก้วแบบแผ่น	3	3	4	5
ไลแก้วแบบคลุม	4	7	6	7

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ชดทดลอง	จำนวนกันความร้อน	หมายเลขเครื่องวัดเสียง	ตำแหน่ง		
			วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
โพลิสไตรีน	5		8	7	8
โพลียูรีเทน	6		5	3	6
โพลีเอทธิลีน	7		2	8	2
โพลีเอทธิลีนบับเบิลฟอยล์	8		4	5	4



วันที่ 1



วันที่ 2



วันที่ 3

ภาพที่ 3.7 ตำแหน่งการวางแบบจำลองในแต่ละวัน

3.5 วิธีการทดลอง

เมื่อเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ศึกษาและเตรียมสภาพพื้นที่ทดลองพร้อมแล้ว จึงทำการทดลองภายในพื้นที่ทดลอง กำหนดให้มีชุดควบคุม 1 ชุด และชุดทดลอง 7 ชุด โดยเริ่มทำการทดลองเก็บข้อมูลระดับเสียงพร้อมกันในเวลา 07.00 น. ต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ของวัน

พฤษภาคม พ.ศ. 2551 จนถึงเวลา 07.00 น. ของวันอาทิตย์ที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551 เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลระดับเสียงที่ได้มีความเที่ยง ทุก ๆ เวลา 07.00 น. ของแต่ละวัน จะทำการสลับตำแหน่งแบบจำลองตามที่ได้สุ่มตัวอย่างไว้แล้วข้างต้น เสร็จสิ้นการทดลองจะได้ข้อมูลระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) สำหรับชุดทดลองและชุดควบคุม และระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (L_{AF90}) สำหรับชุดควบคุมเพื่อค่าระดับเสียงพื้นฐาน ข้อมูลระดับเสียงข้างต้นจะออกมาเป็นค่าระดับเสียงตามรายชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลรายชั่วโมงมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเป็นรายวัน จะได้ข้อมูลระดับเสียงรายวันจำนวน 3 ค่า หรือ 3 ชั่วโมง นำข้อมูลระดับเสียงไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะเป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ดังตารางที่ 3.4 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เวอร์ชัน 6.12 (SAS Institute, 1996: 10) และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพหุคูณทุกคู่โดยใช้สถิติ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Source	df	SS	MS	F
Treatment	k-1	$\sum n_i (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	$SST_r / (k-1)$	MST_r / MSE
Error	$\sum n_i - k$	$\sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$SSE / (\sum n_i - 1)$	
Total	$\sum n_i - 1$	$\sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$		

เมื่อวิเคราะห์ผลแล้ว พบว่า กรณีที่ค่าเฉลี่ยมีตัวอักษรแตกต่างกัน เช่น a b เป็นต้น แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แปลว่าฉนวนกันความร้อนชนิดนั้น ๆ มีผลในการลดระดับเสียงแตกต่างกัน กรณีที่ค่าเฉลี่ยมีตัวอักษรเหมือนกัน เช่น a a เป็นต้น แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แปลว่าฉนวนกันความร้อนชนิดนั้น ๆ มีผลในการลดระดับเสียงไม่แตกต่างกัน

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการดำเนินการตามวิธีการวิจัยในบทที่ผ่านมา ทำให้ทราบผลการศึกษาเรื่อง จนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิว่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในชุดควบคุมและชุดทดลองจนวนกันความร้อนทั้ง 7 ทรีทเมนต์ ได้แก่ จนวนกันความร้อนชนิดไฮเซลลูโลส ไฮแก้วแบบแผ่น ไฮแก้วแบบคลุม โพลิสไตรีน โพลียูรีเทน โพลีเอทิลีน และโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยล์ และยังทราบถึงระดับเสียงที่ลดลงของชุดทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีรายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลการตรวจวัดระดับเสียง

การตรวจวัดระดับเสียงในบริเวณพื้นที่ทดลองที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีดัชนีที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ระดับเสียงพื้นฐานหรือระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (L_{AF90}) ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ผลการตรวจวัดระดับเสียงของชุดควบคุมและชุดทดลองทั้ง 7 ทรีทเมนต์ เป็นไปตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))

จนวนกัน ความร้อน	ครั้งที่	ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ระดับเสียงเฉลี่ย กลางวันกลางคืน	ระดับความดัน เสียงสูงสุด	ระดับเสียง พื้นฐาน
		($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$)	(L_{dn})	(L_{AFmax})	(L_{AF90})
ชุดควบคุม	1	55.07	58.82	86.7	50.21
	2	54.39	58.14	104.1	49.38
	3	53.98	57.73	96.9	49.42

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

จำนวนกัน ความร้อน	ครั้งที่	ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ระดับเสียงเฉลี่ย กลางวันกลางคืน	ระดับความดัน เสียงสูงสุด	ระดับเสียง พื้นฐาน
		($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$)	(L_{dn})	(L_{AFmax})	(L_{AF90})
โพลีเอทิลีน	$\bar{x}$	54.48	58.23	95.90	49.67
	SD	0.55	0.55	8.74	0.47
	1	45.94	49.70	74.3	-
	2	47.23	50.98	76.8	-
	3	45.81	49.56	76.7	-
	$\bar{x}$	46.33	50.08	75.93	-
โพลีเอทิลีน	SD	0.79	0.78	1.42	-
	1	51.92	55.67	80.2	-
	2	50.51	54.26	85.5	-
	3	49.90	53.65	80.6	-
	$\bar{x}$	50.78	54.86	82.10	-
	SD	1.04	1.04	2.95	-
โพลีเอทิลีน	1	50.13	53.88	74.0	-
	2	49.96	53.71	80.7	-
	3	49.41	53.16	81.6	-
	$\bar{x}$	49.83	53.58	78.77	-
	SD	0.38	0.38	4.15	-
	1	53.87	57.62	84.7	-
โพลีเอทิลีน	2	53.25	57.00	96.9	-
	3	53.25	57.00	94.4	-
	$\bar{x}$	53.46	57.21	92.00	-
	SD	0.36	0.36	6.44	-
	1	48.15	51.90	84.4	-
	2	49.07	52.82	82.5	-
โพลีเอทิลีน	3	47.90	51.65	79.2	-

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ณวนกัน ความร้อน	ครั้งที่	ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$)	ระดับเสียงเฉลี่ย กลางวันกลางคืน (L_{dn})	ระดับความดัน เสียงสูงสุด (L_{AFmax})	ระดับเสียง พื้นฐาน (L_{AF90})
โพลีเอทรีน	$\bar{x}$	48.37	52.12	82.03	-
	SD	0.62	0.62	2.63	-
	1	54.07	57.82	79.7	-
	2	53.18	56.93	87.6	-
	3	52.37	56.12	86.4	-
	$\bar{x}$	53.21	56.96	84.57	-
โพลีเอทรีน บับเบิลฟอยล์	SD	0.85	0.85	4.26	-
	1	52.21	55.96	84.1	-
	2	48.96	52.71	84.4	-
	3	49.19	52.94	85.2	-
	$\bar{x}$	50.12	53.87	84.57	-
	SD	1.81	1.81	0.57	-

หมายเหตุ: $\bar{x}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

4.1.1 ชุดควบคุม

ผลการตรวจวัดระดับเสียงในชุดควบคุม พบว่า ระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (L_{AF90}) หรือระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมเดิมขณะยังไม่มีเสียงรบกวนจากแหล่งกำเนิด มีค่าอยู่ระหว่าง 49.38 - 50.21 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 53.98 - 55.07 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 57.54 - 58.60 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 86.7 - 104.1 เดซิเบล (เอ)

4.1.2 จนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 45.81 - 47.23 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 49.56 - 50.98 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 74.3 - 76.8 เดซิเบล (เอ)

4.1.3 จนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบแผ่น

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบแผ่น พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 49.90 - 51.92 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 53.65 - 55.67 เดซิเบล (เอ) และ ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 80.2 - 85.5 เดซิเบล (เอ)

4.1.4 จนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบคลุม

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบคลุม พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 49.41 - 50.13 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 53.16 - 53.88 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 74.0 - 81.6 เดซิเบล (เอ)

4.1.5 จนวนกันความร้อนชนิดโพลีสไตรีน

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดโพลีสไตรีน พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 53.25 - 53.87 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 57.00 - 57.62 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 84.7 - 96.9 เดซิเบล (เอ)

4.1.6 จนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทน

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทน พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 47.90 - 49.07 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 51.65 - 52.82 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 79.2 - 84.4 เดซิเบล (เอ)

4.1.7 จนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทรีลีน

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทรีลีน พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 52.37 - 54.07 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 56.12 - 57.82 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 79.7 - 87.6 เดซิเบล (เอ)

4.1.8 จนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทรีลีนแบบบีลฟอยด์

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับจนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทรีลีนแบบบีลฟอยด์ พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 48.96 - 52.21 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มีค่าอยู่ระหว่าง 52.71 - 55.96 เดซิเบล (เอ) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีค่าอยู่ระหว่าง 84.1 - 85.2 เดซิเบล (เอ)

สิ่งที่น่าสังเกตคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มีค่าเท่ากัน เนื่องจาก ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) คำนวณมาจากระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) โดยบวก 10 ในช่วงเวลากลางคืน นอกจากนี้ ชุดควบคุมและชุดทดลองส่วนใหญ่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มากกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) นั่นคือ ข้อมูลระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีการกระจายตัวมากกว่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) และระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn})

4.2 เปรียบเทียบการลดระดับเสียงของจนวนกันความร้อนชนิดต่างๆ

เมื่อนำค่าระดับเสียงเฉลี่ยของชุดทดลองทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เป็นไปตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยของชุดทดลองจนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม

จนวนกัน ความร้อน	ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง			ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน			ระดับความดันเสียงสูงสุด		
	(L _{Aeq, 24 hr})			กลางคืน (L _{dn})			(L _{AFmax})		
	ค่าเฉลี่ย (dB(A))*	ผลต่าง (dB(A))	ผลต่าง (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย (dB(A))*	ผลต่าง (dB(A))	ผลต่าง (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย (dB(A))*	ผลต่าง (dB(A))	ผลต่าง (ร้อยละ)
ชุดควบคุม	54.48 ^a	0.00	0.00	58.23 ^a	0.00	0.00	95.90 ^a	0.00	0.00
ใยเซลลูโลส	46.33 ^d	8.15	14.96	50.08 ^d	8.15	14.00	75.93 ^c	19.97	20.82
ใยแก้วแบบแผ่น	50.78 ^b	3.70	6.79	54.53 ^b	3.70	6.35	82.10 ^c	13.80	14.39
ใยแก้วแบบคลุม	49.83 ^{bc}	4.65	8.54	53.58 ^{bc}	4.65	7.99	78.77 ^c	17.13	17.86
โพลิสไตรีน	53.46 ^a	1.02	1.87	57.21 ^a	1.02	1.75	92.00 ^{ab}	3.90	4.07
โพลียูรีเทน	48.37 ^c	6.11	11.22	52.12 ^c	6.11	10.49	82.03 ^c	13.87	14.46
โพลีเอทิลีน	53.21 ^a	1.27	2.33	56.96 ^a	1.27	2.18	84.57 ^{bc}	11.33	11.81
โพลีเอทิลีน	50.12 ^b	4.36	8.00	58.23 ^b	4.36	7.49	84.57 ^{bc}	11.33	11.81
บับเบิลฟอยด์									
CV (ร้อยละ)		1.77			1.67			5.48	

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

* หมายถึง การทดสอบค่าทางสถิติกระทำเฉพาะในส่วนนี้

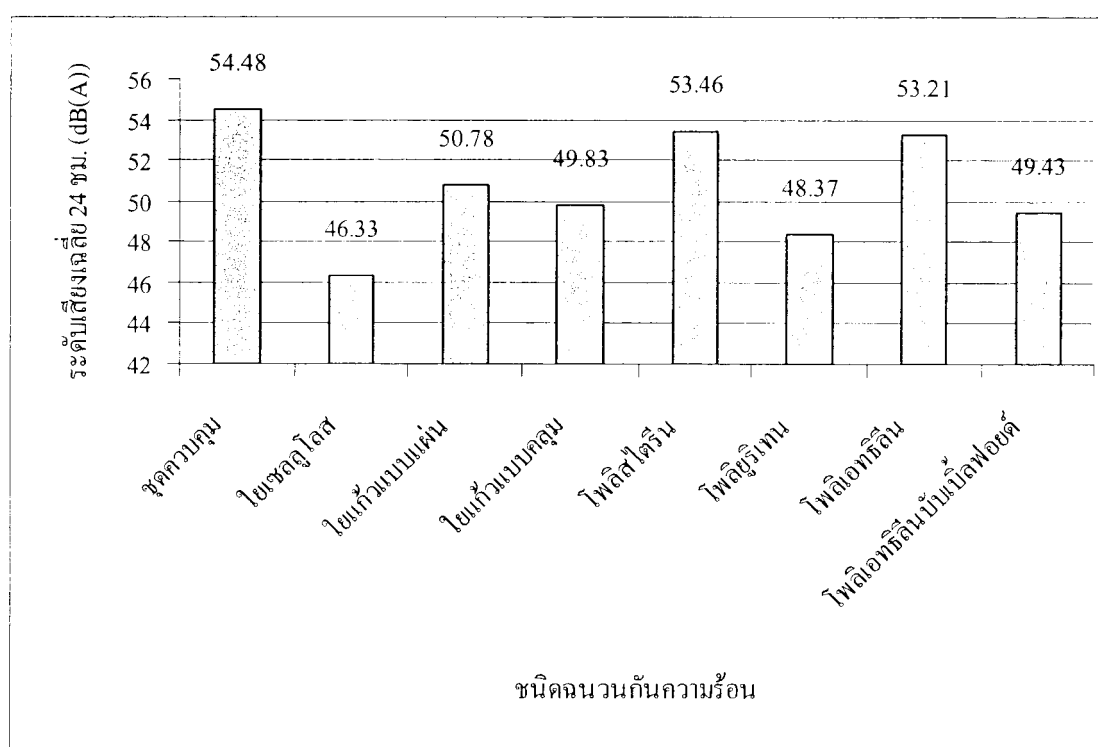
CV หมายถึง สัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation)

ผลต่าง (dB(A)) หมายถึง ค่าระดับเสียงเฉลี่ยชุดควบคุม – ค่าระดับเสียงเฉลี่ยภายในชุดทดลอง

4.2.1 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{Aeq, 24 hr})

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{Aeq, 24 hr}) ของชุดควบคุมและชุดทดลองจนวนกันความร้อน พบว่า จนวนกันความร้อน 5 ชนิด ที่การลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{Aeq, 24 hr}) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ได้แก่ จนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลสลดระดับเสียงได้สูงสุดถึง 8.15 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 14.96 ของระดับเสียงชุดควบคุม รองลงมา คือ จนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้ 6.11 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 11.22 ของระดับเสียงชุดควบคุม จนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบคลุมลดระดับเสียงลงได้ 4.65 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 8.54 ของระดับเสียงชุดควบคุม จนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ลดระดับ

เสียงได้ 4.36 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 8.00 ของระดับเสียงชุดควบคุม และฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบแผ่นลดระดับเสียงได้ 3.70 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 6.79 ของระดับเสียงชุดควบคุม ตามลำดับ สำหรับฉนวนกันความร้อนอีก 2 ชนิด ที่การลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Acq, 24hr}$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนและฉนวนกันความร้อนโพลิสไตรีน ดังภาพที่ 4.1 นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับร้อยละ 1.77 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าข้อมูลระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Acq, 24hr}$) มีการกระจายต่ำ

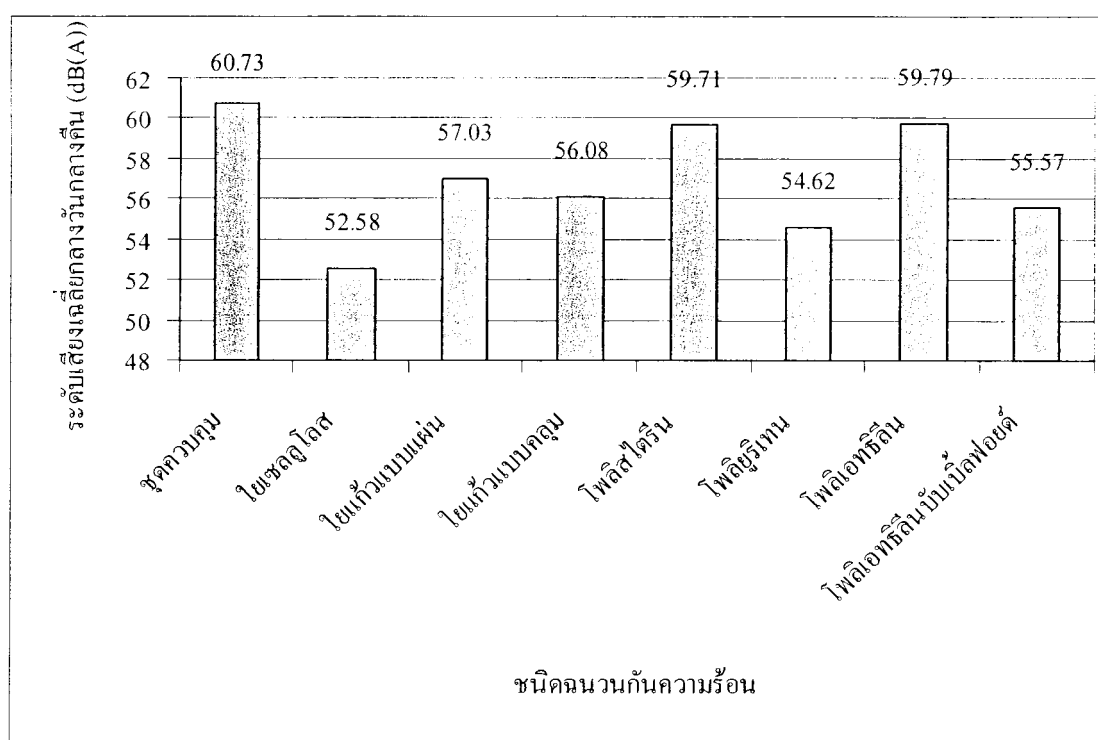


ภาพที่ 4.1 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Acq, 24hr}$) ของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ

4.2.2 ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn})

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ของชุดควบคุมและชุดทดลอง ฉนวนกันความร้อน พบว่า ฉนวนกันความร้อน 5 ชนิด ที่การลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดโยเซลลูโลสลดระดับเสียงได้สูงสุดถึง 8.15 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 14.00 ของระดับเสียงชุดควบคุม รองลงมาคือ ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้ 6.11 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 10.49 ของระดับเสียงชุดควบคุม ฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบคลุมลดระดับเสียงลงได้ 4.65

เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 7.99 ของระดับเสียงชุดควบคุม ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยล์ลดระดับเสียงได้ 4.36 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 7.49 ของระดับเสียงชุดควบคุม และฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบแผ่นลดระดับเสียงได้ 3.70 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 6.35 ของระดับเสียงชุดควบคุม ตามลำดับ สำหรับฉนวนกันความร้อนอีก 2 ชนิด ที่การลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนและฉนวนกันความร้อนโพลิสไตรีน ดังภาพที่ 4.2 นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับร้อยละ 1.67 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าข้อมูลระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) มีการกระจายต่ำ

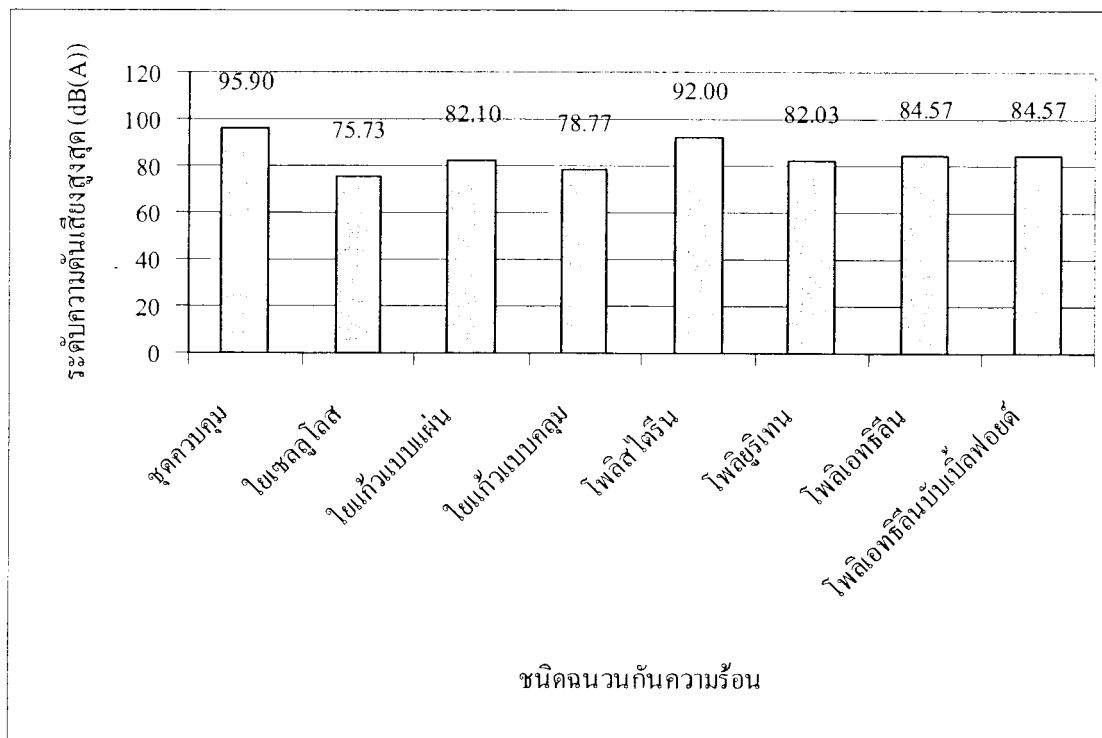


ภาพที่ 4.2 ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ของฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ

4.2.3 ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax})

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ของชุดควบคุมและชุดทดลอง ฉนวนกันความร้อน พบว่า ฉนวนกันความร้อน 6 ชนิด ที่การลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลสลดระดับเสียงได้สูงสุดถึง 19.97 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 20.82 ของระดับเสียงชุดควบคุม

รองลงมาคือ จนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบคลุมลดระดับเสียงได้ 17.13 เดซิเบล (เอ) หรือ ร้อยละ 17.86 ของระดับเสียงชุดควบคุม จนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบแผ่นลดระดับเสียงได้ 13.80 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 14.39 ของระดับเสียงชุดควบคุม จนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ลดระดับเสียงได้เท่ากันคือ 11.33 เดซิเบล (เอ) หรือร้อยละ 11.81 ของระดับเสียงชุดควบคุม ตามลำดับ สำหรับจนวนกันความร้อนชนิดโพลิสไตรีนลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 4.3 นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับร้อยละ 5.48 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าข้อมูลระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) มีการกระจายต่ำ แต่ยังมากกว่าการกระจายของข้อมูลระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 hr}$) และระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn})



ภาพที่ 4.3 ระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ของจนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาเรื่องฉนวนกันความร้อนกับการลดระดับเสียงจากสนามบินสุวรรณภูมิ ในบทที่ผ่านมา ทำให้ได้รับข้อสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุป

การศึกษาศนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ 7 ชนิด ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส ใยแก้วแบบแผ่น ใยแก้วแบบคลุม โพลีไทรรีน โพลียูรีเทน โพลีเอทิลีน และโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ แต่ละชนิดลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้แตกต่างกัน ทำให้ทราบว่าฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคารบริเวณรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เมื่อพิจารณาในแง่ของการใช้ประโยชน์เพื่อลดระดับเสียง ดังนี้

5.1.1 การลดระดับเสียง

5.1.1.1 ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลสลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้สูงสุด รองลงมา คือ โพลียูรีเทน ใยแก้วแบบคลุม โพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ และใยแก้วแบบแผ่น ตามลำดับ

5.1.1.2 ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลสลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน กลางคืน (L_{dn}) ได้สูงสุด รองลงมา คือ โพลียูรีเทน ใยแก้วแบบคลุม โพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ และใยแก้วแบบแผ่น ตามลำดับ

5.1.1.3 ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลสลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้สูงสุด รองลงมา คือ ใยแก้วแบบคลุม โพลียูรีเทน ใยแก้วแบบแผ่น และโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ และโพลีเอทิลีนลดระดับเสียงได้เท่ากัน ตามลำดับ

5.1.2 ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคารบริเวณรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคารบริเวณรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เมื่อพิจารณาในแง่ของการใช้ประโยชน์เพื่อลดระดับเสียง สามารถนำมาจัดลำดับโดยพิจารณาจากค่าร้อยละระดับเสียงที่ลดลงของชุดทดลองฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม ตามตารางที่ 5.1 ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ค่าร้อยละระดับเสียงที่ลดลงของชุดทดลองฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ เทียบกับชุดควบคุม

ลำดับ ที่	ชนิดฉนวน กันความร้อน	ระดับเสียงที่ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ร้อยละ)		
		ระดับเสียง เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ระดับเสียงเฉลี่ย กลางวันกลางคืน	ระดับความ ดันเสียงสูงสุด
		($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$)	(L_{dn})	(L_{AFmax})
1	ใยเซลลูโลส	14.96	14.00	20.82
2	โพลียูรีเทน	11.22	10.49	14.46
3	ใยแก้วแบบคลุม	8.54	7.99	17.86
4	โพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยล์	8.00	7.49	11.81
5	ใยแก้วแบบแผ่น	6.79	6.35	14.39
6	โพลีเอทิลีน	2.33	2.18	11.81
7	โพลิสไตรีน	1.87	1.75	4.07

จากตารางที่ 5.1 พบว่า ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคารบริเวณรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมากที่สุด ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส เนื่องจากลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 14.96 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 14.00 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 20.82 ของชุดควบคุม รองลงมา คือ ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทน ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24\text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 11.22 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 10.49 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 14.46 ของชุด

ควบคุม ฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบคลุม ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 8.54 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 7.99 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 17.86 ของชุดควบคุม ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 8.00 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 7.49 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 11.81 ของชุดควบคุม และฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วแบบแผ่น ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 6.79 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 6.35 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 14.39 ของชุดควบคุม ตามลำดับ

ฉนวนกันความร้อนที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงอาคารบริเวณรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิเนื่องจากลดระดับเสียงได้เพียงเล็กน้อย คือ ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลิสไตรีนลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 1.87 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 1.75 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 4.07 ของชุดควบคุม และฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีน ลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}}$) ได้ร้อยละ 2.33 ของชุดควบคุม ลดระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ได้ร้อยละ 2.18 ของชุดควบคุม และลดระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ได้ร้อยละ 11.81 ของชุดควบคุม

5.2 อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ ได้เลือกฉนวนกันความร้อนที่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ดี ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส ใยแก้วแบบแผ่น ใยแก้วแบบคลุม โพลิสไตรีน โพลียูรีเทน โพลีเอทิลีน และโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ฉนวนกันความร้อนที่ลดระดับเสียงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส โพลียูรีเทน ใยแก้วแบบแผ่น ใยแก้วแบบคลุม และโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบภายในวัสดุนั้นมีความพรุน สอดคล้องกับ Harris (1991: 10) ซึ่งกล่าวว่า วัสดุดูดซับเสียงมี 3 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่ วัสดุที่มีความพรุน วัสดุที่มีความยืดหยุ่น และวัสดุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ และ Moulder (1991: 30.1) พบว่า วัสดุดูดซับเสียงส่วนใหญ่มักเป็นวัสดุที่มีชั้นความพรุนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยรูพรุนควรเชื่อมโยงตลอดถึงกัน รูพรุนนี้อาจเกิดจากการหลอมเส้นใย การทำให้เกิดช่องว่างหรือรอยแตกระหว่างรูพรุน การทำให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ที่เชื่อมถึงกันในองค์ประกอบภายในโฟม นอกจากนี้ Douglas and Reynolds, 1989 อ้างถึงใน จุไรรัตน์ ระเบียบพิมพ์

(2548:15) กล่าวว่า การทดสอบว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียงแบบวัสดุพูนสามารถทำได้โดยให้อากาศผ่านวัสดุนั้น ถ้าอากาศสามารถทะลุผ่านได้แสดงว่าเป็นวัสดุพูน

งานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุพูนที่สามารถลดระดับความดังเสียงได้ เช่น กาบมะพร้าว ผักตบชวา ฟางข้าว มีประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงร้อยละ 2.18, 1.78 และ 0.9 ตามลำดับ (สุทัศน์ สุทธิฤทธิ์, 2533: 68 - 69) แกลบ จี๊บก และใยมะพร้าว มีประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงชนิดความถี่เดียวร้อยละ 0.91, 0.89 และ 0.46 ตามลำดับ (นิรันดร์ วิทิตอนันต์, 2535: 112 - 113) เช่นเดียวกันกับ การใช้คอนกรีตน้ำหนักเบาที่ทำมาจาก ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด ปูนซีเมนต์ - ทรายละเอียด - แกลบเผา และปูนซีเมนต์ - ขี้เถ้าแกลบ มีประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงแบบความถี่เดียวร้อยละ 0.50, 0.51 และ 0.49 ตามลำดับ (นวรรตน์ มิตรจิตร, 2544: 88 - 89) โยกกที่สร้างขึ้นจาก เส้นใยกกผสมกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์สามารถดูดกลืนเสียงได้ดีที่สุดที่ความถี่ 500 และ 1,000 เฮิรตซ์ นอกจากนี้ วัสดุดูดกลืนเสียงหนาเพิ่มขึ้นในขณะที่ความหนาแน่นเท่ากัน จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง (NRC) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และวัสดุดูดกลืนเสียงหนาแน่นเพิ่มขึ้นในขณะที่ความหนาแน่นเท่ากัน จะทำให้ค่า NRC มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย (เกษ ศรีวัฒนพล, 2550: 699 - 705)

ฉนวนกันความร้อนชนิดใยโซลลูโลสลดเสียงได้ดีที่สุด เนื่องจาก องค์ประกอบทำมาจากเยื่อกระดาษซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสประเภทหนึ่ง ผสมกับกาวเพื่อให้จับตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ลักษณะดังกล่าวทำให้ฉนวนชนิดนี้มีความพูนซึ่งรูพูนนี้เชื่อมโยงตลอดถึงกัน ด้วยความหนาแน่นมากถึง 84 - 93 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจึงมีน้ำหนักมาก มีความหนา 50 มิลลิเมตร ซึ่ง เกศ ศรีวัฒนพล (2550: 699 - 705) ศึกษาการลดเสียงของโยกก ซึ่งเป็นใยเซลลูโลสจากธรรมชาติชนิดหนึ่ง พบว่า วัสดุดูดกลืนเสียงหนาแน่นเพิ่มขึ้นในขณะที่ความหนาแน่นเท่ากัน จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทนลดเสียงได้ดีรองลงมา เนื่องจากผลิตจากยูรีเทนโพลิเมอร์ โดยพ่นให้เกิดเป็นโฟม เซลล์ภายในจะบรรจุด้วยก๊าซฟลูออโรคาร์บอน การทำให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ที่เชื่อมถึงกันในองค์ประกอบภายในโฟม ซึ่ง วิชัย รูปจำดี และคณะ (2550: 4-16 - 4-35) แนะนำให้ใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดใยเซลลูโลส และโพลียูรีเทน ในการปรับปรุงอาคารในส่วนหลังคาและผนังสำหรับอาคารที่อยู่ในพื้นที่แนวเส้นระดับเสียง NEF 30 ขึ้นไป และสมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ (2549: 3) แนะนำให้ใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทนพ่นได้หลังคาโดยใช้ความหนาแน่นประมาณ 40 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หนา 2 นิ้ว แล้วทำการตีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ปิด จะสามารถลดเสียงได้ 35 - 40 เดซิเบล สำหรับปรับปรุงอาคารที่มีความอ่อนไหวต่อเสียงน้อย เช่น อาคารบ้านพักอาศัย เป็นต้น

ฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว โดยใยแก้วแบบคลุมลดระดับเสียงได้ดีกว่าใยแก้วแบบคลุม เนื่องจาก ทำมาจากการหลอมละลายแก้วแล้วทำให้เป็นเส้นใย ใช้สารยึดช่วยยึดเส้นใยแก้วให้เกาะเป็นแผ่น มีแผ่นอนุมิเนียมฟอยด์ห่อหุ้มไว้ทั้งหมด เส้นใยเหล่านี้ทำให้เกิดรูพรุนจึงมีผลต่อการลดระดับเสียง โดยใยแก้วแบบคลุม (Blanket) ซึ่งมีความหนาแน่น 12 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความหนา 75 มิลลิเมตร ซึ่งมีความพรุนมากกว่าใยแก้วแบบแผ่น (Boards) ซึ่งมีความหนาแน่น 40 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความหนา 20 มิลลิเมตร

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้ พบว่า มีฉนวนกันความร้อน 2 ชนิดที่การลดระดับเสียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ โพลีสไตรีน และโพลีเอทิลีน โดยฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีสไตรีนมีการลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 hr}$) ระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) และระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจาก ฉนวนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ผลิตจากสไตรีนโพลิเมอร์แบบขยายตัว โดยเอาเม็ดโฟมขนาดเล็ก ๆ มาอัดเข้าด้วยกัน (Inter Connecting Cell In) ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมแทรกอยู่ มีความหนาแน่นมากถึง 550 - 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมมีน้อย จึงมีความพรุนน้อย ทำให้เกิดการสะท้อนของเสียงภายในแบบจำลอง ฉนวนดังกล่าวจึงน่าจะมีคุณสมบัติในการเป็นกำแพงเสียง (Barrier Material) ดีกว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง ซึ่ง ประธาน อารีพล (2538: 33 - 35) กล่าวว่า วัสดุพวก Heavy Non-porous เช่น อิฐ คอนกรีต แก้ว จะมีคุณสมบัติในการเป็นสะท้อนเสียงได้ดี และ Harris (1991: 23) กล่าวว่า ผนังเป็นกำแพงเสียงได้ เมื่อเสียงเดินทางกระทบพื้นผิวจะเกิดการสะท้อนกลับ ลักษณะพื้นผิวต่าง ๆ กันทำให้เกิดการสะท้อนของเสียงแตกต่างกัน

สำหรับฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีเอทิลีนมีการลดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{Aeq, 24 hr}$) และระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากที่ใช้ในการทดลองมีความหนาเพียง 10 มิลลิเมตร (1 เซนติเมตร) ซึ่ง Moulder (1991: 30.1) กล่าวว่า วัสดุดูดซับเสียงส่วนใหญ่ควรมีความหนาอย่างน้อย 0.5 นิ้ว หรือ 1.27 เซนติเมตร และ นวรัตน์ มีตรจิตร (2544: 84) พบว่า ประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงของวัสดุขึ้นอยู่กับความหนาความหนา ดังนั้น ฉนวนดังกล่าวจึงลดระดับเสียงได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม ฉนวนความกันร้อนชนิดโพลีเอทิลีนบับเบิลฟอยด์ ซึ่งมีความหนาเพียง 9.0 - 9.5 มิลลิเมตร กลับลดระดับเสียงได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากมีชั้นของฟองอากาศที่อยู่แทรกอยู่ระหว่างชั้นอนุมิเนียมฟอยด์ เมื่อเสียงเดินทางผ่านอากาศทำให้พลังงานเสียงลดลง

ในอนาคต เมื่อทำอากาศยานสุวรรณภูมิพัฒนาเต็มศักยภาพ จะมีการขยายช่องทางการบิน และกิจกรรมการขนส่งทางอากาศจะเพิ่มขึ้น (บริษัท ทำอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน), 2545: 17) ซึ่ง วิรัช เอื้อทรงธรรม (2550: 1 - 2) ได้คาดการณ์ค่า NEF และ DNL อีก 5 ปี (พ.ศ. 2554) และ 10 ปี (พ.ศ. 2559) ของทำอากาศยานภูเก็ต พบว่า ค่าระดับเสียง NEF และ DNL สูงขึ้น 10 - 12 เนื่องจาก ทำอากาศยานภูเก็ตมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และมีศักยภาพถูกพัฒนาให้เป็นศูนย์กลางการบินของภูมิภาคแห่งที่ 2 รองจากทำอากาศยานสุวรรณภูมิ ดังนั้น ในอนาคตอาจเกิดผลกระทบทางเสียงเพิ่มขึ้นมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

ดังนั้น ผู้ที่ได้รับผลกระทบมลพิษทางเสียงจากทำอากาศยานสุวรรณภูมิในปัจจุบัน และผู้อาศัยอยู่รอบทำอากาศยานฯ ที่ยังไม่ได้รับผลกระทบ แต่ประสงค์เตรียมการป้องกันมลพิษทางเสียงไว้ล่วงหน้า แนวทางหนึ่งในการควบคุมมลพิษที่ทางผ่านของเสียงที่เป็นไปได้สำหรับผู้อาศัยอยู่รอบทำอากาศยานฯ คือ การใช้ฉนวนกันความร้อน เมื่อพิจารณาในแง่ของการใช้ประโยชน์เพื่อลดระดับเสียง งานวิจัยนี้จึงเสนอว่า ควรเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทน โพลีเอทิลีน โพลีเอทรีน บับเบิ้ลฟอยล์ และใยแก้วแบบแผ่น ตามลำดับ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.1.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านราคา รวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่เหมาะสมกับความหนาของฉนวนกันความร้อน เพื่อเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีความหนาเหมาะสมสอดคล้องกับงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด

5.3.1.2 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการสะท้อนพลังงานเสียงของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด เพื่อทราบถึง คุณสมบัติในการเป็นกำแพงกันเสียงด้วย

5.3.1.3 ควรมีการศึกษาการลดระดับเสียงเมื่อทดลองติดตั้งฉนวนกันความร้อนในบ้านจริงๆ

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริโภค

จากการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนกันความร้อนในการลดระดับเสียงจากทำอากาศยานสุวรรณภูมิได้ จึงสรุปประเด็นเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนได้ดังนี้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 49 - 50)

5.3.2.1 ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทน ข้อดี คือ ลดระดับเสียงได้ดีที่สุด การนำเยื่อกระดาษกลับมาใช้เป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม หากนำมาใช้งานจริงควรพิจารณาถึงข้อจำกัด เช่น ราคาปานกลางจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีงบประมาณปานกลาง ค่าการต้านทานความร้อนปานกลางอาจต้องเพิ่มอุณหภูมิเนียมฟอยด์ เพื่อช่วยเพิ่มค่าการต้านทานความร้อนซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย ยุกตัวได้จึงมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานความร้อนและการลดระดับเสียงของฉนวน มีผู้ผลิตค่อนข้างน้อยจึงหาซื้อได้ยาก ฉนวนชนิดนี้มีน้ำหนักมากจึงต้องใช้กับโครงสร้างฝ้าเพดานที่รับน้ำหนักได้มาก เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น เมื่อหมดอายุการใช้งาน 5 - 10 ปี จำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่ ต้องแน่ใจว่าบริเวณที่ติดตั้งป้องกันจากความชื้นได้ เนื่องจากเมื่อชื้นจะทำให้เกิดกลิ่น เป็นที่อยู่ของแมลง และคุณสมบัติการต้านทานความร้อนจะลดลง หรืออาจป้องกันโดยใช้อุณหภูมิเนียมฟอยด์ปิดทับอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย อีกทั้ง เส้นใยเป็นอันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

5.3.2.2 ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลียูรีเทน มีข้อดี คือ ค่าการต้านทานความร้อนสูง ไม่ยุบตัว ไม่ลามไฟ มีอายุการใช้งานยาวนานประมาณ 5 - 20 ปี หากนำมาใช้งานจริงควรพิจารณาถึงข้อจำกัด เช่น ราคาแพงจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีงบประมาณมาก หากเกิดไฟไหม้จะเกิดควันมากและเกิดก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen Cyanide สูตรเคมี: HCN) เป็นอันตรายถึงชีวิต จึงต้องแน่ใจว่ามีระบบป้องกันการเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ได้ อีกทั้ง ต้องแน่ใจว่าบริเวณที่ติดตั้งป้องกันจากความชื้นได้ เนื่องจากเมื่อชื้นจะเกิดกลิ่น เป็นที่อยู่ของแมลง และเสื่อมสภาพได้ เป็นต้น

5.3.2.3 ฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว ซึ่งจากผลศึกษาในงานวิจัยนี้ควรเลือกใช้ใยแก้วแบบคลุม มีข้อดี คือ ราคาถูก เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีงบประมาณน้อย มีผู้ผลิตค่อนข้างมากจึงหาซื้อได้ง่าย หากนำมาใช้งานจริงควรพิจารณาถึงข้อจำกัด เช่น ยุบตัวได้จึงมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานความร้อนและการลดระดับเสียงของฉนวน เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม จึงควรป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเนียมฟอยด์ที่ห่อหุ้มอยู่เกิดรอยฉีกขาดทั้งระหว่างการติดตั้งและใช้งาน หากฉีกขาดต้องซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพดี เมื่อหมดอายุการใช้งาน 5 - 10 ปี จำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่ อีกทั้ง ต้องแน่ใจว่าบริเวณที่ติดตั้งป้องกันจากความชื้นได้ เนื่องจากเมื่อชื้นจะเกิดกลิ่น เป็นที่อยู่ของแมลง และคุณสมบัติการต้านทานความร้อนจะลดลง เป็นต้น

5.3.3 ข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้

5.3.3.1 จำนวนเที่ยวบินช่วงเวลาที่ทำการทดลอง มีความถี่จำนวนเที่ยวบินน้อยกว่าในช่วงที่ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจก่อนการทดลอง

5.3.3.2 เนื่องจากช่วงที่ทำการทดลองเป็นฤดูฝน จึงมีฝนตกและความชื้นสูง ผลการทดลองอาจเกิดความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ดี ได้ทำการทดลองทั้งสิ้น 5 วัน แล้วเลือกเพียง 3 วัน ซึ่งเป็นวันที่ไม่มีฝนตก หรือฝนตกเป็นระยะเวลาสั้น ๆ

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. 2551. การตรวจวัดระดับเสียงในสิ่งแวดล้อม. ค้นวันที่ 31 มีนาคม 2551 จาก <http://www.aqnis.pcd.go.th/noise/noise/definitions.pdf>
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2547. แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ แกรนด์เพรสเอนด์ แฟ็คกิ้ง.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2538. ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- กรมอนามัย. 2535. คู่มือเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เล่ม 4 การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศและเสียง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- กฤติกา เลิศสวัสดิ์. 2544. ความรู้พิสัยพื้นฐานด้านเสียง. ใน มลพิษทางเสียง. ประธาน อารีพล, บรรณาธิการ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. บทที่ 1 - 2. กรุงเทพมหานคร: ชิดส์คลับ. หน้า 1 - 16.
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2539. ปอดและโรคปอด. ค้นวันที่ 27 สิงหาคม 2551 จาก <http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/84/chemistry/lung.htm>
- เกศ ศรีวัฒนพล. 2550. วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา.ฐานข้อมูลการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ค้นวันที่ 31 มีนาคม 2551 จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/kucon.exe?query=%22K=Cyperus%22&database=kucon&search_type=query&table=mona&lang=thai&page_header=tpmon
- เกษม จันทร์แก้ว. 2541. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกษม สหราชทิพย์. 2543. ระเบียบวิธีวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. นครสวรรค์: โรงพิมพ์นิวเสรินคร.
- ข่าวสด. 2550 (15 พฤศจิกายน). สุวรรณภูมิเปลี่ยนเพศสาวบินไทยรีด. ข่าวสด. ค้นวันที่ 15 พฤศจิกายน 2550 จาก <http://www.matichon.co.th/khaosod/>
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2551. ผลการดำเนินงานที่ผ่านมาของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (กรกฎาคม พ.ศ. 2535 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2550). ค้นวันที่ 9 กันยายน 2551 จาก http://www.onep.go.th/neb/1.%20About_neb/webpage/neb_overall_operation.html

- ตระการ ก้าวศิริกรรม. 2537. **คู่มือฉนวนความร้อน**. กรุงเทพมหานคร: เอ็มเอนด์อี.
- จุไรรัตน์ ระเบียบพิมพ์. 2548. **การสังเคราะห์โฟมวัสดุประกอบจากน้ำยางและเศษผงหนัง เพื่อประยุกต์ใช้เป็นฉนวนดูดซับเสียง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล. 2550. **โครงการวิจัยพลังงานและการออกแบบสถาปัตยกรรม**. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณิชารีย์ พรหมวิสุททิพล. 2549. **ความสามารถในการลดระดับเสียงของอาคารบ้านพักอาศัยที่ได้รับผลกระทบทางเสียงทำอาภาศยานสุวรรณภูมิ**. สารนิพนธ์คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- นวรรตน์ มิตรจิตร. 2544. **ความสามารถในการลดระดับความดังของเสียงของคอนกรีตน้ำหนักเบา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิรันดร์ วิหิตอนันต์. 2535. **สมรรถนะในการลดระดับความดังเสียงของวัสดุพูน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัท ทำอาภาศยานไทย จำกัด (มหาชน). 2545. **พิธีวางศิลาฤกษ์ อาคารผู้โดยสารทำอาภาศยานสุวรรณภูมิ**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทำอาภาศยานไทย จำกัด (มหาชน).
- บริษัท ทำอาภาศยานไทย จำกัด (มหาชน). 2550. **รายงานประจำปี พ.ศ. 2550**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทำอาภาศยานไทย จำกัด (มหาชน).
- บริษัท ทำอาภาศยานไทย จำกัด (มหาชน), ฝ่ายสิ่งแวดล้อม. 2551. **ร่วมดูแลผลกระทบ เร่งบรรเทามลพิษ. โครงการดำเนินการตามแผนปฏิบัติการประชาสัมพันธ์ให้กับประชาชนที่อยู่โดยรอบทำอาภาศยานสุวรรณภูมิ**. ค้นวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2551 จาก http://www.envi-suvarnabhumi.com/cd_environment/pdf/part-02.pdf
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง **กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป**. 2540. **ราชกิจจานุเบกษา**. 114, ตอนที่ 27 ง (3 เมษายน): 46-47.
- ประธาน อารีพล. 2538. **เทคนิคการควบคุมมลพิษทางเสียง**. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร มลพิษทางเสียง วันที่ 12 - 16 มิถุนายน 2538. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมทางด้านสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. หน้า 33-35.
- พจมาน ทำจิ้น. 2545. **มลภาวะทางเสียงในสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: เมเซอร์โทรนิคส์.

- พจมาน ทำจิ้น, นันทวัน ว. สิงหะเคนทร์ และสรุทศ ภูมิกล้า. 2544. เครื่องมือและอุปกรณ์ และวิธีการตรวจวัดระดับเสียง. ใน **มลพิษทางเสียง**. ประธาน อารีพล, บรรณาธิการ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. บทที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ชีลค์คลับ. หน้า 1 - 10.
- มนัส สุวรรณ. 2530. **นิเวศวิทยาของมนุษย์**. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2542. **พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน**. ค้นวันที่ 26 มีนาคม 2550. จาก <http://rirs3.royin.go.th>
- ร่ำพี้ง มังคละสวัสดิ์. 2530. **วิศวกรรมระบบเสียง**. กรุงเทพมหานคร: ศรีเทพ.
- วิชชุตา โฉนนานนท์. 2547. **การค้นหาโรคปอดจากแร่ใยหิน และปัจจัยที่มีผลต่อความผิดปกติของคนงานกลุ่มเสียง**. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข.
- วิชัย รูปขำดี และคณะ. 2550. **โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการชดเชยผู้ได้รับผลกระทบทางเสียงจากการดำเนินงานท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ รายงานฉบับสมบูรณ์**. บทที่ 2. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน).
- วิฑูรย์ สิมะโชคดี. 2544. **คู่มือการลดและควบคุมเสียงดังในโรงงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วิรัช เอื้อทรงธรรม. 2550. **ผลกระทบของระดับเสียงจากท่าอากาศยานที่มีต่อชุมชนโดยรอบและแนวทางการจัดการ : กรณีศึกษาท่าอากาศยานภูเก็ต**. สารนิพนธ์คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ศรินทร์ สุกสอาด. 2550. **ผลกระทบของเสียงเครื่องบินต่อการได้ยินของนักศึกษาในมหาวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, พัฒนา มุลพฤกษ์ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2541. **การป้องกันและควบคุมมลพิษ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2550. **มลพิษทางเสียง**. ค้นวันที่ 16 มีนาคม 2550 จาก http://www.ipst.ac.th/ThaiVersion/publications/in_sci/polution.pdf
- สมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ. 2549. **แนวความคิดในการใช้วัสดุดูดซับเสียงอันเนื่องมาจากผลกระทบสนามบินสุวรรณภูมิ**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สิทธิชัย ต้นชนะสฤษฎ์. 2541. **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทัศน์ สุทธิฤทธิ์. 2533. **ประสิทธิภาพการลดระดับความดังของเสียงจากเศษวัสดุพืชแห้ง.**

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุธิตา ตุลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และสถิต วงศ์สวรรค์. 2544. **มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย).** กรุงเทพมหานคร: รวมสาส์น (1977).

สุรพล อุปดิสสกุล. 2523. **สถิติการวางแผนการทดลองเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวลักษณ์ จุสวัตร์ และประธาน อารีพล. 2544. กฎหมาย ข้อบังคับ ข้อเสนอแนะ และเทศบัญญัติ ด้านมลพิษทางเสียง. ใน **มลพิษทางเสียง.** ประธาน อารีพล, บรรณาธิการ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. บทที่ 5. กรุงเทพมหานคร: ชิดศักดิ์. หน้า 16.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2534. **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียง.**

กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. 2549. **ข้อมูลมติคณะรัฐมนตรี (ข้อมูลปี 2500 – ปัจจุบัน) เรื่องการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.** ค้นวันที่ 25 มีนาคม 2551 จาก http://www.cabinet.soc.go.th/soc/Program2-3.jsp?top_serl=210338&key_word=การแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ &owner_dep=&meet_date_dd=&meet_date_mm=&meet_date_yyyy=&doc_id1=&doc_id2=&meet_date_dd2=&meet_date_mm2=&meet_date_yyyy2=

Aoi, Ichiro. 1992. Application of Noise Measurement and Analysis. ใน **เอกสารประกอบการ**

ฝึกอบรม หลักสูตร Noise and Vibration วันที่ 29 มิถุนายน - 3 กรกฎาคม 2535.

กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมทางด้านสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. หน้า 6.

Ayr, U. Cirillo, E. Fato, I. and Martellotta, F. 2002. A New Approach to Assessing the Performance of Noise Indices in Buildings. **Applied Acoustics Journal.** 64 (2003): 129 - 145.

Bragdon, R. Clifford. 1987. Control of Airport Noise Impact. In **Transportation Noise**

Reference Book. Nelson, P.M. , eds. London: Butterworths. Pp. 20/3 - 20/18.

Franssen, M. Van Wiechen, G. Nagelkerke, D and Lebre, E. 2004. Aircraft Noise Around a Large International Airport and Its Impact on General Health and Medication Use.

Journal of Occupational and Environmental Medicine. May 2004; 61: 405 - 413.

- Harris, Cyril M. 1957. **Handbook of Noise Control**. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Harris, David A. 1991. **Noise Control Manual: Guidelines for Problem-Solving in the Industrial/Commercial Acoustic Environment**. New York: Van Nostrand Reinhold.
- McMullan, Randall. 1991. **Noise Control in Buildings**. London: BSP Professional Books.
- Meecham, W.C. and Show, N.A. 1993. Increase in Mortality Rates Due to Aircraft Noise Proceeding. **INTERNOISE 93 (Leuven-Belgium)**. (August 24-26): 1091-1094.
- Moulder, Ron. 1991. Sound-Absorptive Materials. In **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. Cyril M. Harris, eds. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, Inc. Pp. 30.1 - 30.10.
- Raney, J.P. and Cawthorn, J.M. 1991. Aircraft Noise. In **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. Cyril M. Harris, eds. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, Inc. Pp. 47.16.
- Rosenlund, M. Berglind, N. and Pershagen G. 2001. Increased Prevalence of Hypertension in a Population Exposed to Aircraft Noise. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**. 58(December): 769 - 773.
- SAS Institute. 1996. **SAS User's Guide, Version 6.12**. Cary, North Carolina: SAS Institute Incorporation.
- Tang, S. K. 1997. Performance of Noise Indices in Air Conditioned Landscaped Offices. **Journal of the Acoustical Society of America**. 102: 1657 - 1663.
- University of Rhode Island. 2550. Introduction to Signal Levels. **Discovery of Sound in the Sea**. Retrieved November 20, 2007 from <http://www.dosits.org/science/adv/sig-levels.htm>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลนวนกัความร้อน

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลพิกัดความร้อน

คุณสมบัติ	ใย เซลลูโลส	ใยแก้ว แบบแผ่น	ใยแก้ว แบบคลุม	โพลี สไตรีน	โพลี ยูรีเทน	โพลี เอทิลีน	โพลีเอท ซิลีนบับ เบิลฟอยล์
ชื่อทางการค้า	CoolCell Envirobatt	just cool 20 mm.	Stay Cool 75 mm. premium	-	-	Home Base	Polynum Big
บริษัท	เนเชอรัลอิน ซูเลชั่น (ประเทศ ไทย) จำกัด	สยาม ไฟเบอร์ กลาส จก.	สยาม ไฟเบอร์ กลาส จก.	มีสระ ซิลิ่ง วอลส์ จก.	เกรท โฟม โปรดัคส์ บจก.	ไมโคร ไฟเบอร์ อุตสาหกรรม จก.	ลาเกอร์ เทค จก.
ลักษณะการ หุ้มฟอยล์	หุ้มฟอยล์ 1 ด้าน	หุ้มฟอยล์ ทั้งหมด	หุ้มฟอยล์ ทั้งหมด	ไม่มี	ไม่มี	หุ้มฟอยล์ 1 ด้าน	ฟอยล์ 2 ด้าน
ความหนา (มม.)	50	20	75	50	50	10	9.0-9.5
ความหนาแน่น (กก./ม ³)	84-93	40	12	550-650	-	-	-
ขนาด (ม. x ม.)	0.60 x 0.60	0.60 x 0.60	0.60 x 4.00	กำหนด ได้ตาม ต้องการ	กำหนด ได้ตาม ต้องการ	0.60 x 0.60	0.60 x 10.00
การคายความร้อน	-	-	-	-	-	-	0.03
การสะท้อน ความร้อน	-	-	-	-	-	-	0.97
การต้านทาน ความร้อน R-Value (Btu in/(hr ft ² °F)	4.89	12.88	11.54	-	-	-	18.06
ค่าการนำความ ร้อน K-Value (Btu in/ (hr ft ² °F)	0.029	0.038	0.291	-	-	-	-
การดูดซับเสียง (NRC)	>0.75	-	-	-	-	-	0.55
การซึมผ่านของ น้ำ (g/ft ² hr)	-	-	-	-	-	-	0.018

ตารางที่ ก. 1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	ใย เซลลูโลส	ใยแก้ว แบบแผ่น	ใยแก้ว แบบคลุม	โพลี สไตรีน	โพลี ยูรีเทน	โพลี เอทิลีน	โพลีเอท ธีลีนบับ เบิลฟอยด์
อุณหภูมิการ ใช้งาน (°C)	-	-	-	-	-	-	-45 ถึง +97
การเปลี่ยนแปลง ความยาวที่ อุณหภูมิ 110°C	-	-	-	-	-	-	< 0.2
น้ำหนักต่อม้วน (กก.)	-	3.02	2.70, 2.38	-	-	-	-
การรับน้ำหนัก ของผ้าเปดาน (กก.)	-	-	1.125	-	-	-	-
อายุการใช้งาน (ปี)	-	10	-	-	-	-	-
ประสิทธิภาพ การกันความร้อน เมื่อเทียบกับ ไมมีลอน (%)	-	67.6	-	-	-	สูงสุด 95	-

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2551

ภาคผนวก ข
ผลการตรวจวัดระดับเสียง

ตารางที่ ข.1 ผลการวัดระดับเสียงชุดควบคุม (เดซีเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551				30 พฤษภาคม 2551				31 พฤษภาคม 2551			
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{A90}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{A90}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{A90}
07.00-07.59	54.54	54.54	81.3	51.16	52.55	52.55	104.1	48.77	52.77	52.77	83.4	49.69
08.00-08.59	54.14	54.14	77.7	49.58	52.88	52.88	75.5	48.25	53.57	53.57	96.9	49.29
09.00-09.59	53.67	53.67	78.3	48.85	52.38	52.38	83.3	47.83	54.63	54.63	76.8	50.41
10.00-10.59	55.83	55.83	79.4	50.57	53.75	53.75	81.9	47.27	53.55	53.55	82.5	48.72
11.00-11.59	55.61	55.61	80.4	50.66	55.04	55.04	78.2	49.22	54.14	54.14	81.8	48.96
12.00-12.59	56.91	56.91	84.5	49.71	55.25	55.25	80.3	49.86	55.83	55.83	81.0	49.28
13.00-13.59	55.56	55.56	78.9	50.38	53.90	53.90	84.9	49.88	54.67	54.67	81.3	49.88
14.00-14.59	56.56	56.56	79.7	50.15	57.32	57.32	82.7	50.33	56.05	56.05	77.9	50.33
15.00-15.59	56.73	56.73	80.8	50.02	56.00	56.00	83.8	50.51	55.97	55.97	81.0	48.27
16.00-16.59	54.01	54.01	77.6	49.13	54.97	54.97	78.0	51.04	53.57	53.57	77.4	49.22
17.00-17.59	53.08	53.08	80.3	49.37	55.22	55.22	82.4	50.93	55.31	55.31	78.2	50.45
18.00-18.59	56.27	56.27	79.0	51.04	55.13	55.13	77.8	49.92	55.58	55.58	77.6	51.32
19.00-19.59	55.81	55.81	80.6	51.35	57.00	57.00	87.0	50.23	55.78	55.78	77.7	51.30
20.00-20.59	54.90	54.90	78.5	50.82	56.85	56.85	83.7	50.42	55.12	55.12	76.4	51.09
21.00-21.59	55.01	55.01	77.4	51.04	54.47	54.47	83.3	49.02	54.80	54.80	76.7	50.93
22.00-22.59	57.96	67.96	80.7	52.97	53.50	63.50	81.9	48.64	56.92	66.92	80.0	51.51
23.00-23.59	55.78	65.78	77.1	50.08	55.42	65.42	88.6	49.25	56.62	66.62	80.6	50.19
00.00-00.59	51.62	61.62	80.0	47.44	55.35	65.35	79.5	49.56	52.99	62.99	75.4	48.92
01.00-01.59	52.44	62.44	86.7	47.18	52.28	62.28	76.0	47.97	52.08	62.08	79.7	48.14
02.00-02.59	53.14	63.14	78.5	50.99	51.68	61.68	76.6	47.92	48.92	58.92	65.3	46.93
03.00-03.59	53.63	63.63	71.6	52.24	53.43	63.43	82.3	50.43	48.95	58.95	81.1	46.33
04.00-04.59	55.92	65.92	84.4	50.87	52.00	62.00	82.3	49.56	50.03	60.03	78.3	47.22
05.00-05.59	56.00	66.00	83.7	49.51	54.06	64.06	78.7	48.69	53.80	63.80	84.9	48.27
06.00-06.59	56.58	66.58	84.9	49.90	54.89	64.89	79.2	49.66	53.86	63.86	79.0	49.39

ตารางที่ ข. 2 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองนวนกัณความร้อนไฮเซลลูโลส (เดซิเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	48.03	48.03	74.3	47.36	47.36	65.6	46.18	46.18	69.6
08.00-08.59	47.96	47.96	64.3	48.10	48.10	62.8	46.27	46.27	63.9
09.00-09.59	46.96	46.96	62.8	47.96	47.96	69.1	46.31	46.31	64.7
10.00-10.59	45.88	45.88	63.7	48.11	48.11	66.7	46.12	46.12	67.3
11.00-11.59	46.09	46.09	63.1	47.31	47.31	64.4	46.58	46.58	66.3
12.00-12.59	47.13	47.13	65.0	46.69	46.69	68.6	47.23	47.23	68.4
13.00-13.59	46.02	46.02	63.5	46.37	46.37	76.8	46.89	46.89	66.7
14.00-14.59	47.42	47.42	70.5	48.40	48.40	66.0	47.65	47.65	65.0
15.00-15.59	47.06	47.06	64.9	47.40	47.40	65.1	48.29	48.29	70.6
16.00-16.59	46.02	46.02	63.2	46.62	46.62	64.2	46.28	46.28	63.8
17.00-17.59	45.85	45.85	66.0	47.19	47.19	66.5	47.03	47.03	64.7
18.00-18.59	46.98	46.98	62.9	47.89	47.89	68.3	47.23	47.23	66.5
19.00-19.59	45.65	45.65	65.4	49.15	49.15	67.3	47.11	47.11	67.8
20.00-20.59	44.94	44.94	65.2	49.79	49.79	69.0	46.43	46.43	67.1
21.00-21.59	46.12	46.12	69.0	48.09	48.09	71.6	46.75	46.75	65.4
22.00-22.59	47.60	57.60	62.0	47.51	57.51	70.4	48.42	58.42	70.0
23.00-23.59	46.52	56.52	62.2	48.91	58.91	76.4	47.80	57.80	73.1
00.00-00.59	43.73	53.73	61.7	48.25	58.25	66.3	45.57	55.57	64.2
01.00-01.59	43.09	53.09	65.5	45.73	55.73	66.8	44.14	54.14	69.7
02.00-02.59	42.84	52.84	58.5	45.13	55.13	64.2	41.34	51.34	58.7
03.00-03.59	43.00	53.00	55.8	44.18	54.18	64.9	40.72	50.72	65.9
04.00-04.59	44.92	54.92	61.3	44.54	54.54	65.0	40.43	50.43	65.5
05.00-05.59	45.64	55.64	61.4	45.79	55.79	65.2	44.39	54.39	76.7
06.00-06.59	47.24	57.24	64.2	47.10	57.10	65.3	44.34	54.34	66.2

ตารางที่ ข.3 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองจนวนกันความร้อนไขแก้วแบบแผ่น (เดซิเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	51.55	51.55	77.0	48.10	48.10	63.2	48.70	48.70	80.6
08.00-08.59	51.77	51.77	73.7	50.27	50.27	71.7	49.37	49.37	70.1
09.00-09.59	50.48	50.48	74.4	49.86	49.86	80.5	50.18	50.18	73.1
10.00-10.59	51.74	51.74	74.7	51.01	51.01	80.9	49.79	49.79	75.1
11.00-11.59	51.57	51.57	77.7	51.00	51.00	75.4	50.54	50.54	77.3
12.00-12.59	53.60	53.60	78.8	51.09	51.09	76.3	51.95	51.95	76.6
13.00-13.59	52.49	52.49	76.2	49.69	49.69	81.3	51.34	51.34	74.1
14.00-14.59	53.71	53.71	76.3	53.46	53.46	77.1	52.93	52.93	75.7
15.00-15.59	53.92	53.92	78.0	51.82	51.82	81.5	52.01	52.01	77.0
16.00-16.59	50.94	50.94	74.0	50.83	50.83	76.0	49.57	49.57	71.5
17.00-17.59	49.83	49.83	76.4	51.18	51.18	76.0	50.57	50.57	73.7
18.00-18.59	52.68	52.68	74.7	50.77	50.77	74.8	51.06	51.06	71.3
19.00-19.59	51.70	51.70	75.4	53.14	53.14	83.4	51.48	51.48	71.9
20.00-20.59	50.33	50.33	75.4	53.42	53.42	76.6	50.80	50.80	71.4
21.00-21.59	54.25	54.25	72.5	50.67	50.67	78.2	50.66	50.66	72.9
22.00-22.59	62.12	72.12	74.9	50.04	60.04	77.5	52.87	62.87	73.8
23.00-23.59	58.40	68.40	72.0	51.85	61.85	85.5	51.88	61.88	74.3
00.00-00.59	50.55	60.55	73.8	51.72	61.72	75.2	48.99	58.99	70.1
01.00-01.59	48.55	58.55	80.2	48.29	58.29	71.7	47.80	57.80	76.7
02.00-02.59	47.17	57.17	71.0	47.55	57.55	73.0	44.65	54.65	63.1
03.00-03.59	46.77	56.77	63.7	48.49	58.49	77.1	44.86	54.86	76.7
04.00-04.59	49.72	59.72	77.8	47.45	57.45	76.8	45.28	55.28	71.6
05.00-05.59	50.65	60.65	75.3	49.89	59.89	73.7	49.33	59.33	77.4
06.00-06.59	51.61	61.61	77.4	50.66	60.66	75.5	51.03	61.03	78.7

ตารางที่ ข. 4 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองจนวนกันความร้อนไขแก้วแบบคลุม (เดซิเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	51.63	51.63	73.7	48.94	48.94	68.1	49.00	49.00	70.1
08.00-08.59	51.26	51.26	68.0	49.86	49.86	66.4	49.01	49.01	68.0
09.00-09.59	49.85	49.85	68.4	49.45	49.45	71.5	49.55	49.55	67.7
10.00-10.59	50.54	50.54	71.9	49.66	49.66	69.8	48.68	48.68	68.8
11.00-11.59	50.85	50.85	68.9	49.97	49.97	67.5	48.98	48.98	69.0
12.00-12.59	51.23	51.23	71.4	49.97	49.97	69.5	49.82	49.82	70.9
13.00-13.59	50.31	50.31	71.5	49.11	49.11	76.1	49.65	49.65	68.6
14.00-14.59	51.19	51.19	69.1	51.49	51.49	71.5	51.14	51.14	69.9
15.00-15.59	51.00	51.00	69.9	50.29	50.29	70.5	50.30	50.30	74.2
16.00-16.59	49.30	49.30	67.2	49.67	49.67	68.0	48.93	48.93	66.0
17.00-17.59	48.94	48.94	68.7	50.27	50.27	69.6	49.90	49.90	66.5
18.00-18.59	51.45	51.45	74.0	49.88	49.88	68.1	50.73	50.73	67.9
19.00-19.59	50.83	50.83	72.8	51.78	51.78	68.4	51.07	51.07	66.4
20.00-20.59	50.22	50.22	73.0	53.04	53.04	73.5	50.51	50.51	67.8
21.00-21.59	51.65	51.65	72.2	50.78	50.78	76.7	50.75	50.75	68.4
22.00-22.59	54.81	54.81	72.2	50.34	60.34	76.0	52.48	62.48	67.5
23.00-23.59	52.31	62.31	67.8	51.95	61.95	80.7	51.59	61.59	71.5
00.00-00.59	48.24	58.24	71.9	51.09	61.09	70.6	49.45	59.45	66.0
01.00-01.59	48.20	58.20	73.3	48.71	58.71	67.8	48.36	58.36	73.4
02.00-02.59	46.34	56.34	67.9	47.60	57.60	68.4	45.88	55.88	57.7
03.00-03.59	45.35	55.35	59.4	47.44	57.44	69.5	45.82	55.82	68.8
04.00-04.59	48.35	58.35	70.5	47.97	57.97	69.7	45.27	55.27	69.4
05.00-05.59	49.12	59.12	70.5	49.64	59.64	69.1	48.83	58.83	81.6
06.00-06.59	50.13	60.13	71.3	50.07	60.07	67.7	50.11	60.11	74.2

ตารางที่ ข. 5 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองจนวนกันความร้อนโพลีไทรีน (เดซิเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	53.44	53.44	84.7	51.26	51.26	89.3	51.96	51.96	78.4
08.00-08.59	52.90	52.90	74.0	52.13	52.13	77.2	52.49	52.49	73.3
09.00-09.59	51.20	51.20	72.3	51.20	51.20	77.8	53.78	53.78	75.6
10.00-10.59	52.03	52.03	75.9	51.83	51.83	74.5	52.45	52.45	76.4
11.00-11.59	52.55	52.55	74.2	53.67	53.67	79.0	52.55	52.55	79.1
12.00-12.59	53.35	53.35	78.1	53.84	53.84	80.4	54.17	54.17	77.9
13.00-13.59	52.08	52.08	73.5	53.10	53.10	83.6	53.51	53.51	77.1
14.00-14.59	53.11	53.11	74.2	55.55	55.55	77.8	56.69	56.69	87.5
15.00-15.59	53.26	53.26	75.4	54.41	54.41	77.5	54.05	54.05	78.8
16.00-16.59	51.25	51.25	73.3	54.43	54.43	90.5	52.67	52.67	76.1
17.00-17.59	50.57	50.57	73.3	54.11	54.11	76.6	53.98	53.98	75.2
18.00-18.59	53.24	53.24	75.7	53.92	53.92	96.9	54.67	54.67	75.4
19.00-19.59	52.67	52.67	72.0	54.95	54.95	74.5	54.95	54.95	75.0
20.00-20.59	51.76	51.76	73.6	56.44	56.44	81.8	54.31	54.31	76.1
21.00-21.59	57.73	57.73	78.2	53.71	53.71	83.2	54.41	54.41	76.2
22.00-22.59	68.55	78.55	83.6	53.14	63.14	82.0	56.50	66.50	76.5
23.00-23.59	63.79	73.79	81.6	55.32	65.32	85.4	55.48	65.48	76.6
00.00-00.59	54.10	64.10	73.9	54.48	64.48	77.0	52.78	62.78	74.5
01.00-01.59	50.75	60.75	77.5	51.93	61.93	72.4	51.82	61.82	78.5
02.00-02.59	50.07	60.07	74.4	50.55	60.55	73.4	48.90	58.90	63.2
03.00-03.59	51.32	61.32	67.3	50.89	60.89	73.7	48.82	58.82	76.1
04.00-04.59	53.84	63.84	78.8	51.17	61.17	74.2	48.94	58.94	77.1
05.00-05.59	54.48	64.48	78.2	52.78	62.78	73.9	53.08	63.08	81.6
06.00-06.59	54.94	64.94	81.7	53.07	63.07	74.0	55.12	65.12	94.4

ตารางที่ ข. 6 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองนวนก้นความร้อนโพลียูรีเทน (เคซีเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	49.85	49.85	84.4	47.78	47.78	80.1	48.28	48.28	68.6
08.00-08.59	49.47	49.47	69.3	48.92	48.92	65.5	48.28	48.28	63.9
09.00-09.59	48.18	48.18	67.1	48.63	48.63	73.6	48.38	48.38	66.6
10.00-10.59	47.38	47.38	66.5	49.03	49.03	69.9	47.97	47.97	69.3
11.00-11.59	48.08	48.08	69.0	48.70	48.70	68.5	48.38	48.38	67.0
12.00-12.59	49.02	49.02	70.3	48.52	48.52	69.5	48.59	48.59	67.5
13.00-13.59	47.70	47.70	70.2	47.79	47.79	80.4	48.88	48.88	67.9
14.00-14.59	49.11	49.11	69.4	50.58	50.58	70.1	49.51	49.51	66.0
15.00-15.59	48.95	48.95	67.5	49.47	49.47	70.1	49.66	49.66	74.4
16.00-16.59	47.58	47.58	69.7	48.61	48.61	68.2	47.94	47.94	61.8
17.00-17.59	47.25	47.25	65.8	49.41	49.41	72.0	48.49	48.49	64.7
18.00-18.59	50.01	50.01	81.1	48.97	48.97	81.0	48.92	48.92	64.6
19.00-19.59	48.80	48.80	67.2	51.44	51.44	70.5	49.16	49.16	63.3
20.00-20.59	48.48	48.48	66.9	52.24	52.24	72.4	48.63	48.63	64.1
21.00-21.59	49.34	49.34	72.6	50.20	50.20	75.4	49.04	49.04	65.8
22.00-22.59	50.06	60.06	67.1	49.85	59.85	74.8	50.52	60.52	69.0
23.00-23.59	48.71	58.71	64.3	51.31	61.31	82.5	49.84	59.84	71.8
00.00-00.59	46.99	56.99	66.6	51.29	61.29	70.9	47.60	57.60	63.9
01.00-01.59	47.31	57.31	66.3	48.55	58.55	70.3	46.49	56.49	75.2
02.00-02.59	45.61	55.61	62.7	47.23	57.23	69.4	44.35	54.35	57.0
03.00-03.59	44.19	54.19	57.9	45.79	55.79	69.2	43.69	53.69	66.5
04.00-04.59	46.78	56.78	64.8	46.11	56.11	69.4	43.01	53.01	64.9
05.00-05.59	47.62	57.62	66.3	48.10	58.10	69.2	46.39	56.39	79.2
06.00-06.59	49.20	59.20	69.1	49.18	59.18	68.8	47.52	57.52	68.7

ตารางที่ ข.7 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองจนวนกันความร้อนโพลีเอทธิลีน (เดซิเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	53.74	53.74	78.5	51.50	51.50	72.0	51.41	51.41	74.5
08.00-08.59	53.45	53.45	76.1	52.24	52.24	72.2	51.20	51.20	72.4
09.00-09.59	52.07	52.07	75.7	51.35	51.35	78.0	52.51	52.51	75.8
10.00-10.59	53.70	53.70	77.1	52.22	52.22	75.3	51.41	51.41	75.5
11.00-11.59	53.56	53.56	78.2	53.36	53.36	72.6	52.08	52.08	80.9
12.00-12.59	54.72	54.72	79.6	53.69	53.69	78.4	53.55	53.55	76.8
13.00-13.59	53.59	53.59	76.6	52.71	52.71	82.5	52.68	52.68	75.7
14.00-14.59	54.58	54.58	77.0	55.30	55.30	74.7	55.17	55.17	82.1
15.00-15.59	55.09	55.09	76.9	54.38	54.38	79.2	53.84	53.84	77.0
16.00-16.59	52.71	52.71	77.0	54.26	54.26	87.6	51.75	51.75	73.7
17.00-17.59	51.88	51.88	77.7	53.94	53.94	76.0	53.19	53.19	75.1
18.00-18.59	54.92	54.92	76.7	53.34	53.34	72.9	53.63	53.63	73.0
19.00-19.59	53.79	53.79	75.8	55.28	55.28	75.3	54.00	54.00	74.6
20.00-20.59	52.50	52.50	78.5	55.61	55.61	78.8	53.82	53.82	75.5
21.00-21.59	56.60	56.60	75.4	53.47	53.47	80.5	53.94	53.94	75.1
22.00-22.59	64.08	74.08	79.7	53.00	63.00	79.1	55.20	65.20	75.1
23.00-23.59	59.50	69.50	75.4	54.74	64.74	85.4	54.74	64.74	75.7
00.00-00.59	51.92	61.92	74.4	54.81	64.81	74.8	51.67	61.67	73.0
01.00-01.59	50.20	60.20	76.9	52.23	62.23	72.3	50.60	60.60	77.3
02.00-02.59	48.56	58.56	72.1	51.03	61.03	72.2	47.56	57.56	66.0
03.00-03.59	48.08	58.08	65.4	50.97	60.97	73.6	47.51	57.51	75.0
04.00-04.59	51.07	61.07	75.2	50.93	60.93	73.6	48.45	58.45	76.9
05.00-05.59	51.89	61.89	76.8	52.53	62.53	74.4	53.18	63.18	80.5
06.00-06.59	52.79	62.79	77.8	53.46	63.46	73.0	53.84	63.84	86.4

ตารางที่ ข. 8 ผลการวัดระดับเสียงชุดทดลองจนวนกันความร้อนโพลีเอทรีนบับเบิลฟอยล์
(เคซีเบล (เอ))

เวลา	29 พฤษภาคม 2551			30 พฤษภาคม 2551			31 พฤษภาคม 2551		
	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}	L _{Aeq}	L _{dn}	L _{AFmax}
07.00-07.59	49.69	49.69	76.5	47.08	47.08	71.1	47.75	47.75	78.2
08.00-08.59	48.90	48.90	74.3	48.08	48.08	71.8	48.63	48.63	72.5
09.00-09.59	48.56	48.56	78.8	47.53	47.53	76.0	49.17	49.17	73.7
10.00-10.59	50.82	50.82	80.1	48.20	48.20	76.5	48.60	48.60	76.4
11.00-11.59	52.34	52.34	78.2	49.20	49.20	77.3	48.00	48.00	76.8
12.00-12.59	54.16	54.16	80.9	49.45	49.45	75.8	50.83	50.83	78.0
13.00-13.59	53.05	53.05	80.5	48.45	48.45	79.5	50.70	50.70	75.3
14.00-14.59	54.72	54.72	84.1	51.65	51.65	77.2	53.41	53.41	80.3
15.00-15.59	54.87	54.87	78.9	50.01	50.01	81.4	51.63	51.63	77.3
16.00-16.59	52.08	52.08	76.0	49.72	49.72	74.1	48.63	48.63	73.2
17.00-17.59	51.39	51.39	75.5	50.07	50.07	75.1	49.94	49.94	74.3
18.00-18.59	54.78	54.78	81.2	49.97	49.97	71.4	50.91	50.91	72.7
19.00-19.59	53.96	53.96	73.6	52.09	52.09	84.4	51.35	51.35	74.0
20.00-20.59	53.38	53.38	73.1	52.01	52.01	77.9	49.97	49.97	72.6
21.00-21.59	55.51	55.51	76.3	49.11	49.11	78.0	49.94	49.94	74.2
22.00-22.59	60.23	70.23	77.4	48.05	58.05	77.6	52.29	62.29	75.8
23.00-23.59	59.25	69.25	74.9	50.17	60.17	84.3	50.77	60.77	75.8
00.00-00.59	51.35	61.35	74.0	49.58	59.58	74.3	48.28	58.28	71.7
01.00-01.59	48.70	58.70	81.3	46.34	56.34	72.0	46.39	56.39	76.0
02.00-02.59	47.71	57.71	72.7	45.53	55.53	73.4	43.49	53.49	65.7
03.00-03.59	47.16	57.16	66.1	47.46	57.46	77.8	43.76	53.76	78.6
04.00-04.59	49.65	59.65	78.2	47.04	57.04	76.4	44.98	54.98	74.3
05.00-05.59	50.38	60.38	77.5	49.11	59.11	73.7	49.43	59.43	77.0
06.00-06.59	50.34	50.34	77.9	49.11	49.11	73.3	51.69	51.69	85.2

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{eq, 24 hr}$)

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	7	160.819	22.974	28.290	2.66	4.03
Ex.Error	16	12.989	0.812			
Total	23	173.809	7.557			

GRAND MEAN = 50.31583333333333

CV = 1.77 %

LSD .05 = 1.559632

LSD .01 = 2.148209

```

*****
*
*          DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST
*          PROBLEM IDENTIFICATION = Leq
*          NUMBER OF MEANS = 8
*          ERROR DEGREE OF FREEDOM = 16
*          ERROR MEAN SQUARE = 0.51132802
*          STANDARD ERROR OF MEAN = 0.52020127
*
*****

```

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN		RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
control		54.46333	A	
polystyrene		53.45667	A	
polyethylene		53.20667	A	
fiberglass bo		50.77667	B	
polyethylene b		50.09	B	
fiberglass bla		49.83333	BC	
polyurethane		48.37333	C	
cellulose fibe		46.32667	D	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ก.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน (L_{dn})

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	7	160.966	22.995	27.662	2.66	4.0
Ex. Error	16	13.301	0.831			
Total	23	174.268	7.577			

GRAND MEAN = 54.57208333333333

CV = 1.67 %

LSD .05 = 1.578226

LSD .01 = 2.174528

```

*****
*
*           DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST
*
*   PROBLEM IDENTIFICATION   =      Ldn
*
*   NUMBER OF MEANS          =      8
*
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM  =     16
*
*   ERROR MEAN SQUARE        =    0.83130080
*
*   STANDARD ERROR OF MEAN   =    0.52640313
*
*****

```

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN		RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
control		58.23	A	
polystyrene		57.20667	A	
polyethylene		56.95667	A	
fiberglass boa		54.52667	B	
polyethylene b		53.87	B	
fiberglass bla		53.58333	BC	
polyurethane		52.12333	C	
cellulose fike		50.08	D	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับความดันเสียงสูงสุด (L_{AFmax})

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	7	912.960	130.423	6.091	2.66	4.03
Ex. Error	16	342.591	21.412			
Total	23	1255.553	54.589			

GRAND MEAN = 84.48333333333336

CV = 5.48 %

LSD .05 = 8.009731

LSD .01 = 11.03605

```

*****
*
*          DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST
*
*   PROBLEM IDENTIFICATION   =   Lmax
*
*   NUMBER OF MEANS          =       8
*
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM  =      16
*
*   ERROR MEAN SQUARE        =    21.41191101
*
*   STANDARD ERROR OF MEAN   =     3.67157315
*
*****

```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILETY LEVEL .05
control		95.9	A
polystyrene		92.1	AB
polyethylene b		84.56667	BC
polyethylene		84.56667	BC
fiberglass bca		82.1	C
polyurethane		82.03333	C
fiberglass bla		78.76667	C
cellulose fibe		75.93333	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล

นพวรรณ สราสำรว

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2544

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

นักวิชาการสังคมสิ่งแวดล้อม
บริษัท ยูไนเต็ค แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริง คอนซัล
แตนท์ จำกัด