



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

วิศวกรรมศาสตร์

สาขา

คณะ

เรื่อง

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง

Comparison of Noise Level using the Noise Predictions Models and Sound Meter Measurement

นามผู้วิจัย

นางสาวสิรินภา พรหมรักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รongศาสตราจารย์ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลกำจร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รongศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรม
วิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง

Comparison of Noise Level using the Noise Predictions Models
and Sound Level Meter Measurement

โดย

นางสาวสิรินภา พรหมรักษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2557

สิรินภา พรหมรักษ์ 2557: การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้
โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดัง
เสียง ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรม
ความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์
ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, Ph.D. 88 หน้า

ระดับความดังเสียงของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิด
ปัญหาด้านสุขภาพของพนักงานและก่อให้เกิดความรำคาญต่อชุมชน ดังนั้นการตรวจวัดระดับความ
ดังเสียงของเครื่องจักรตามมาตรฐานกฎหมายจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยวิธีการตรวจวัดระดับเสียงตาม
มาตรฐานกฎหมายต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานของคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยเทคนิค
ไฟฟ้าหรือเทียบเท่า นอกจากนี้ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากหน่วยงานราชการ
เป็นผู้ดำเนินการ การตรวจวัด ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระดับความดังเสียง
ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้
โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงกับการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดเพื่อหาระดับความ
เชื่อมั่นของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงาน
อุตสาหกรรม โดยศึกษาที่ระดับความดังเสียง 80 และ 90 dBA ที่ 1/3 Octave Band ความถี่
125, 250, 500 และ 1000 Hz

ผลการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงกับผล
จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง พบว่า ระดับความดังเสียงที่ได้จากทั้ง
2 วิธีไม่แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อระดับความดังเสียง คือ การสะท้อน การดูดซับและ
การหักเหของเสียง นอกจากนี้ผลจากการศึกษา ยังชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการวัดระดับความดัง
เสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง คือ อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ที่
ใช้ในการตรวจวัด

ผลการศึกษารูปได้ว่าการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการตรวจวัดโดย
เครื่องมือวัดระดับความดังเสียงมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีข้อเสนอแนะใน
การนำโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงไปใช้งานจะต้องศึกษาค่าการสะท้อน การดูดซับ และ
การหักเหของเสียงของวัสดุแต่ละประเภทในแต่ละช่วงความถี่ก่อนการกรอกข้อมูลลงในโปรแกรม
เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมมีความถูกต้องมากที่สุด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา ประธานกรรมการ ตลอดจนผู้แทนจากบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ความรู้คำแนะนำ พร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดียิ่งมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างมาก จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณสันชัย ห้างชัยเจริญ กรรมการผู้จัดการ บริษัทสยามไฟเบอร์กลาส จำกัด คุณวรวิทย์ สุริศรากร ผู้จัดการโรงงาน บริษัทสยามไฟเบอร์กลาส จำกัด และ คุณอนุชา ควรรกล้า หน่วยงานเสียงอุตสาหกรรม ที่ให้โอกาสและเวลาในการศึกษาต่อ รวมทั้งความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการศึกษาทดลอง ตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนๆ บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด ที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้เป็นอย่างดียิ่งตลอดการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อคุณพ่อ คุณแม่ คุณสถาปนิก พิรุณดี และพี่ๆ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาโรงกลั่นน้ำมัน ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สิรินภา พรหมรักษ์

กันยายน 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	31
ผลและวิจารณ์	35
ผล 3	5
วิจารณ์ 5	2
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	57
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (SML)	62
ภาคผนวก ข ภาพการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (SML)	72
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง	75
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง	77
ภาคผนวก จ1 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด	85
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ	6
2 ความดันเสียงและระดับความดังเสียงที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วไป	9
3 ค่าคงที่ของวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่	14
4 TLVs for Noise	16
5 จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมจำแนกตามกลุ่มโรค พ.ศ. 2546 – 2552	18
6 มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับตลอดเวลาการทำงานในแต่ละวัน	20
7 มาตรฐานและข้อบังคับสำหรับควบคุมการได้รับสัมผัสเสียงดัง	22
8 OSHA's Noise Standard 29 CFR 1910.95	25
9 มาตรฐานความคลาดเคลื่อนต่อการตอบสนองต่อความถี่สูงสุดสำหรับ Omni Directional Loudspeakers	28
10 ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดที่ความถี่ 125 – 8000 Hz จากการปล่อยเสียงจาก แหล่งกำเนิดเสียง 80 dB	38
11 ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดที่ความถี่ 125 – 8000 Hz จากการปล่อยเสียงจาก แหล่งกำเนิดเสียง 90 dB	38
12 จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง	45
13 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 80 dBA ระหว่างการใช้โปรแกรมฯ กับ การใช้เครื่องมือตรวจวัด	45
14 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 90 dBA ระหว่างการใช้โปรแกรมฯ กับ การใช้เครื่องมือตรวจวัด	46
15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปัจจัยจุดตรวจวัดกับระดับความดังเสียงที่วัดได้	47
16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปัจจัยความถี่กับระดับความดังเสียงที่วัดได้	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 80 dBA	63
ก2 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 90 dBA	67
ค1 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 80	76
ค2 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 90	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง	5
2	พฤติกรรมของคลื่นเสียงเมื่อกระทบผนัง	10
3	วงจรร่วมน้ำหนักความถี่ ข่าย A B และ C	13
4	ร้อยละของผู้ป่วยเหตุจากสภาวะทางกายภาพ จากการประกอบอาชีพและ สิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546 – 2552	19
5	เครื่องมือ Sound Level Meter	26
6	แหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง	28
7	ลักษณะทิศทางการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่ความถี่ 50 – 500 Hz	29
8	ลักษณะทิศทางการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่ความถี่ 1000 – 8000 Hz	29
9	อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับเสียง	31
10	แผนผังแสดงจุดตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SML) และจุด ที่ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง	33
11	ขั้นตอนการทำการวิจัย	34
12	ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับ ความดังเสียงที่ 80 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่	36
13	ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับ ความดังเสียงที่ 90 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่	37
14	ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับ ความดังเสียงที่ 80 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด	40
15	ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับ ความดังเสียงที่ 90 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด	41
16	ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับ ความดังเสียงที่ 80 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่	42
17	ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับ ความดังเสียงที่ 90 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
18 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ 80 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด	43
19 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ 90 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด	44
20 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 125 – 1000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียงที่ 80 dBA	48
21 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 125 – 1000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 90 dBA	49
22 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 2000 – 4000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 80 dBA	50
23 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 2000 – 4000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 90 dBA	50
24 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 4000 – 8000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 80 dBA	51
25 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 4000 – 8000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 90 dBA	51
ภาพผนวกที่	
ข1 เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงและขาตั้ง Tripod	73
ข2 เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง	73
ข3 แหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeakers)	74
ข4 ตัวอย่างจุดตรวจวัดระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงรอบทิศทาง	74
ง1 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 125 Hz	78
ง2 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 250 Hz	78
ง3 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 500 Hz	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข4 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 1000 Hz	79
ข5 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 2000 Hz	80
ข6 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 4000 Hz	80
ข7 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 8000 Hz	81
ง8 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 125 Hz	81
ง9 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 250 Hz	82
ง10 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 500 Hz	82
ง11 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 1000 Hz	83
ง12 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 2000 Hz	83
ง13 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 4000 Hz	84
ง14 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 8000 Hz	84
จ1 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับความดังเสียง	86

**การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง
โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด
ระดับความดังเสียง**

**Comparison of Noise Level using the Noise Predictions Models
and Sound Level Meter Measurement**

คำนำ

ระดับความดังเสียงของเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพของพนักงาน ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีการกำหนดกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 ก็ตาม แต่ปัญหาเรื่องเสียงดังในพื้นที่การทำงานก็ยังพบได้โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทำงาน อาจมีผลกระทบโดยตรงต่อพนักงาน เช่น ทำให้สมรรถภาพการได้ยินของพนักงานลดลงตลอดจนทำให้สูญเสียการได้ยิน ดังนั้น การควบคุมระดับความดังเสียงของเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจึงเป็นสิ่งที่โรงงานอุตสาหกรรมต้องให้ความสำคัญในการดำเนินการ

ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อนแสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการพ.ศ. 2550 ได้กำหนดให้นายจ้างต้องจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือกรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร อุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงานหรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงให้นายจ้างดำเนินการ ตรวจวัดเพิ่มเติมภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ซึ่งการตรวจวัดระดับเสียงต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานขอ คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศ ว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า (International Electrotechnical Commission) หรือเทียบเท่า ดังนี้

(1) เครื่องวัดเสียง ต้องได้มาตรฐาน IEC 651Type 2

(2) เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม ต้องได้มาตรฐาน IEC 61252

(3) เครื่องวัดเสียงกระทบหรือเสียงกระแทก ต้องได้มาตรฐาน IEC 61672 หรือ IEC 60804 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดระดับเสียง ต้องทำการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Noise Calibrator) ที่ได้มาตรฐาน IEC 60942 หรือเทียบเท่าตามวิธีการที่ระบุในคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตก่อนการใช้งานทุกครั้ง และวิธีการตรวจวัดระดับเสียง ให้ตรวจวัดบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติ โดยตั้งค่าเครื่องวัดเสียงที่สเกลเอ (Scale A) การตอบสนองแบบช้า (slow) และตรวจวัดที่ระดับหูของลูกจ้างที่กำลังปฏิบัติงาน ณ จุดนั้นรัศมีไม่เกิน 30 เซนติเมตร

การตรวจวัดตามมาตรฐานกฎหมายนี้มีค่าใช้จ่ายสูงและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากหน่วยงานราชการการประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงสำหรับวางแผนและออกแบบควบคุมระดับความดังเสียงของเครื่องจักร จึงเป็นวิธีการที่สะดวกและประหยัดงบประมาณอีกทั้งสามารถพยากรณ์ระดับความดังเสียงของเครื่องจักรได้ตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงคือความถูกต้องแม่นยำในการรายงานผลการตรวจวัดระดับความดังเสียง ดังนั้น การเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยตรง จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถตัดสินใจวางแผนและออกแบบควบคุมระดับความดังเสียงของเครื่องจักรได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง และการวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงเพื่อหาระดับความเชื่อมั่นของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ขอบเขตของงานวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยแล้วเสร็จอย่างมีประสิทธิภาพภายในระยะเวลาที่กำหนด จึงได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัยไว้ ดังนี้

1. ตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องวัดระดับเสียงเสียง (Sound Level Meter)
2. เปรียบเทียบข้อจำกัดของแหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeakers) ที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดที่ตอบสนองต่อความถี่ต่ำโดยจะตอบสนองความถี่เสียงในช่วงประมาณ 20 – 500 Hz ดังนั้น การทดลองจึงเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ 1/3 Octave Band ตั้งแต่ 125 Hz – 500 Hz
3. สถานที่ที่ใช้ทำการวิจัย ได้แก่ บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด โดยห้องที่ใช้ทำการทดลองเป็นห้องสัมมนา ขนาดกว้าง 9 เมตร ยาว 12 เมตร และสูง 3 เมตร พื้นปูกระเบื้องเซรามิก

การตรวจเอกสาร

เสียงและธรรมชาติของเสียง

Jaantinen (2011) เสียง (Sound) เป็นพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของตัวกลาง โดยตัวกลางอาจจะเป็นได้ทั้งของเหลว ของแข็ง หรือก๊าซ เสียงจะแพร่กระจายผ่านตัวกลางด้วยความเร็ว (C) ความหนาแน่นของตัวกลางมีผลต่อความเร็วของการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางของเสียงโดยเสียงจะเคลื่อนที่ได้ช้าในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่ำ และจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นเมื่อตัวกลางมีความหนาแน่นสูง ความเร็วของเสียงที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศสามารถอธิบายได้ โดยสมการ

$$c(T) = (331.3 + 0.6T/^{\circ}\text{C}) \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (1)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ

วาสนา (2548) เสียง (Sound) คือ พลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของอากาศ หรือตัวกลาง แล้วโมเลกุลของตัวกลางเกิดการอัดและขยายสลับกันไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันตามลักษณะการอัดและขยายของโมเลกุล ทำให้เกิดลักษณะเป็นคลื่นเสียง (Sound wave) เมื่อผ่านเข้าสู่หูและแปลผลออกมาเป็นการได้ยิน

พรพิมล (2545) เสียง (Sound) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันในตัวกลางชนิดต่างๆ เช่นน้ำ อากาศหรือตัวกลางอื่นที่มนุษย์สามารถได้ยิน ความดันที่เปลี่ยนแปลงต่อวินาที เรียกว่า ความถี่ของเสียง มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาที (Cycles/sec) เสียงเป็นรูปแบบของพลังงานที่คนรู้สึกได้ โดยการได้ยิน การสั่นสะเทือน (Vibration) เป็นปรากฏการณ์ของเสียงที่ไม่มีใครได้ยินแต่จะรู้ได้โดยการสัมผัสหรือความรู้สึก เสียงเป็นสิ่งที่เราที่สมองมีการตอบสนองการรับรู้เสียงเป็นผลจากความรู้สึกที่ได้อิน ความรู้สึกในการรับรู้เสียงของแต่ละคนแตกต่างกันไป สำหรับเสียงที่ไม่พึงปรารถนาได้แก่ เสียงที่รบกวนการได้ยิน เสียงที่ทำให้โสตประสาทอ่อนล้า และเสียงที่ดังเกินไป

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2545) เสียงดัง หมายถึง เสียงที่มีความดัง จนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยิน ทั้งนี้กฎหมายแรงงานระบุให้ลูกจ้างที่ทำงานเกิน 8 ชั่วโมงต่อวันโดยไม่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกัน ระดับเสียงที่ได้รับติดต่อกันไม่ให้เกิน 80 เดซิเบลเอ

ระดับเสียงที่ลูกจ้างควรได้รับการเฝ้าระวังการเสื่อมการได้ยินหากต้องทำงานตั้งแต่ 8 ชั่วโมงต่อวัน คือระดับเสียง 85 เดซิเบลเอขึ้นไป (คำแนะนำ) เสียงดังอาจเป็นเสียงรบกวนได้ แต่เสียงรบกวนที่มีความดังต่ำกว่า 80 เดซิเบลเอ ที่ก่อให้เกิดความรำคาญ ไม่จัดเป็นเสียงอันตรายตามกฎหมายแรงงาน เสียงที่คาดว่าจะไม่ทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยินแบบถาวร คือเสียงดังระดับ 75 เดซิเบลเอ

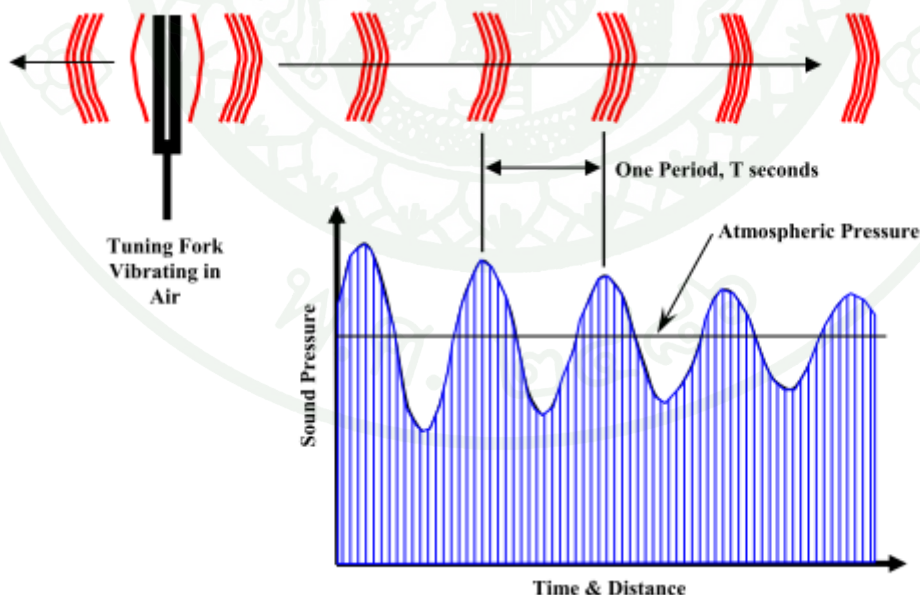
การเกิดเสียงและการกระจายตัวของเสียง

Jaantinen (2011) คลื่นเสียง (Sound Wave) เกิดจากการอัดและขยายตัวของตัวกลาง ลักษณะและความดังของเสียงจะขึ้นอยู่กับความลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียงสัมพันธ์กับความดังของเสียง ซึ่งหมายถึง ความสูงของคลื่นเสียงนั่นเอง ความสัมพันธ์ของความถี่และความยาวคลื่นเสียง สามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$f = \frac{c}{\lambda} \left[\frac{1}{s}, Hz \right] \quad (2)$$

เมื่อ c คือ ความเร็วเสียง (ft หรือ m/s)
 λ คือ ความยาวคลื่นเสียง (ft หรือ m)

Ray (1969) คลื่นเสียง (Sound Wave) เป็นการเคลื่อนที่ของความดันผ่านตัวกลางซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็งรวมทั้งอากาศ คลื่นเสียงคลื่นที่อยู่ในอากาศด้วยความเร็ว 1,127 ft/sec (344 m/s) ที่อุณหภูมิ 68 °F (20 °C) การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลางอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดแรงอัดที่สูง การแพร่กระจายของคลื่นเสียงจะมีลักษณะแพร่กระจายออกไปรอบทิศทางจากแหล่งกำเนิดเสียง คล้ายกับการโยนก้อนหินลงไปในบ่อน้ำ จะทำให้เกิดคลื่นออกมารอบๆ จุดที่โยนก้อนหินลงไป คลื่นเสียงมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคลื่น คือการสะท้อน การเบี่ยงเบนและการหักเห ผ่านวัสดุหรือสิ่งของต่างๆ เช่น ประตู หน้าต่าง พื้น ผนัง เป็นต้น



ภาพที่ 1 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

ที่มา: Ray (1969)

วาสนา (2548) ความถี่เสียง (Frequency of Sound) คือ จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ ตามลักษณะของการอัดและการขยายของโมเลกุลอากาศใน 1 วินาที หรือ จำนวนครั้งของการสั่นสะเทือนต่อ 1 วินาที มีหน่วยเป็น Hertz (Hz) หรือ รอบต่อวินาที

พรพิมล (2545) ความถี่ (Frequency) คือ จำนวนครั้งต่อวินาทีที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดของเสียงแล้วกลับมาที่จุดสมมูลย์แล้วเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ครั้งแรก แล้วกลับมาที่จุดสมมูลย์อีกครั้งหนึ่ง หรือความถี่คือจำนวนครั้งต่อวินาทีที่การสั่นสะเทือนเคลื่อนที่ไปครบหนึ่งรอบมีค่า $1/\lambda$ มนุษย์ได้ยินเสียงในช่วงความถี่ระหว่าง 20-20,000 Hz เสียงที่มนุษย์ได้ยินจะมีผสมกันหลายความถี่และเกิดจากหลายแหล่งกำเนิด องค์ประกอบของความถี่เสียงได้แก่ แถบเสียง (Spectrum) เสียงที่มีความถี่สูงจะนำรัศยากว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ เสียงที่มีความถี่เดียวจะมีอันตรายต่อการได้ยินมากกว่าเสียงที่มีแถบความถี่หลายช่วงอยู่ด้วยกัน

พรพิมล (2545) ความยาวคลื่น (Wavelength) เป็นระยะที่วัดระหว่างจุด 2 จุดในสองช่วงของคลื่น หรือความยาวคลื่นหมายถึง ระยะที่คลื่นเสียงเดินทางครบ 1 รอบ จะใช้แทนด้วย λ (Lamda) เป็นภาษากรีกแปลว่า ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น ฟุตหรือเมตร

พรพิมล (2545) ความเร็วของเสียง (Velocity) ความเร็วของเสียงที่กระจายไปขึ้นอยู่กับมวลและความยืดหยุ่นของตัวกลาง ความเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 22.2°C จะมีความเร็วประมาณ 344 m/s (1,130 ft/sec) เสียงเดินทางในอากาศช้ากว่าแสง ทำให้มนุษย์เห็นแสงสว่างบนท้องฟ้าก่อนจึงได้ยินเสียงฟ้าร้อง ในตัวกลางชนิดเดียวกัน ความเร็วเสียงไม่ขึ้นกับความถี่ นั่นคือ เสียงในทุกๆ ความถี่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ความเร็วเสียงขึ้นกับชนิดของตัวกลาง ถ้าเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน ความเร็วของเสียงจะเพิ่มขึ้นเมื่อตัวกลางหนาแน่นเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ความเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ

ตัวกลาง	ความเร็วเสียง (เมตร/วินาที)
อากาศ	344
ตะกั่ว	1,220
น้ำ	1,410
แผ่นอิฐ	3,000
ไม้	3,400
คอนกรีต	3,400
กระจก	4,100
อลูมิเนียม	5,100
เหล็ก	5,200

ที่มา: Yerges (1969)

วาสนา (2548) ความดันเสียงและระดับความดันเสียง (Sound pressure and sound pressure level) หมายถึง ค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติที่ใช้วัดเสียงสม่ำเสมอ จะวัดออกมาเป็นค่าความดันสูงสุด (Peak pressure values) ซึ่งหน่วยที่วัดจะใช้หน่วยเดียวกันกับความดันบรรยากาศ เช่น มิลลิเมตรปรอท (mmHg) หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in^2) หรือ มิลลิบาร์ (mbars) หรือ ดายน์ต่อตารางเซนติเมตร (dynes/cm^2) หรือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือ ตามมาตรฐานสากลจะใช้ปาสคาล (Pascal) เป็นต้น เครื่องมือวัดระดับความดันเสียงออกมาเป็นเกณฑ์ของลอการิทึม (logarithmic scale) มีหน่วยเป็น “เดซิเบล” (decibel) ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ จะเรียกว่า ระดับความดันเสียง ซึ่งค่าว่าระดับความดันเสียง เพื่อแสดงให้เห็นว่าความดันที่วัดได้จากเครื่องมือวัดนั้น เป็นค่าที่เปรียบเทียบกับความดันอ้างอิง (Sound pressure reference) ความดันอ้างอิงสำหรับการวัดเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 0.00002 Pascal

Dwyer (2010) ความดันเสียง (Sound pressure) คือ ความดันที่ทำให้เกิดการรบกวนคลื่นเสียง โดยหน่วย SI ที่ใช้วัดความดันเสียง คือ หน่วยปาสคาล (Pa) การหาค่าความดันเสียงสามารถอธิบายได้โดยสมการ ดังนี้

$$P = \frac{F}{A} [Pa] \quad (3)$$

เมื่อ F คือ แรง
 A คือ พื้นที่ที่ถูกแรงกระทำ

ความดันเสียงมักจะถูกแปลงให้อยู่ในหน่วยเดซิเบลเพื่อสามารถเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ได้ยินได้ ซึ่งการเปลี่ยนความดันเสียงให้อยู่ในหน่วยเดซิเบล โดยใช้สมการ

$$Lp = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} [dB] \quad (4)$$

เมื่อ P คือ ค่าความดันเสียงที่วัดได้
 P_0 คือ ค่าความดันเสียงอ้างอิง

พรพิมล (2545) Sound Power (w) เป็นหน่วยของพลังงาน/เวลา ที่เสียงออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงในรูปของคลื่นเสียง Sound power level (L_w) แสดงถึงปริมาณของ Sound power ทั้งหมดที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียง มีความสัมพันธ์กับ Reference power ที่ 10^{-12} Watt (W_0) ดังสมการ

$$Lw = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} [Watt] \quad (5)$$

เมื่อ W คือ Sound power (Watt)
 W_0 คือ Reference power (10^{-12} Watt)

รุ่งฟ้า (2548) ความเข้มของเสียงและระดับความเข้มของเสียง (Sound Intensity and Sound Intensity Level) คือ จำนวนพลังงานที่ตกกระจายในแนวตั้งกับพื้นที่หนึ่งหน่วยเวลาหน่วยที่ใช้เป็นหน่วยพื้นที่ เช่น วัดต่อตารางเมตร ความเข้มของเสียง (I) เป็นปริมาณโดยตรงกับกำลังสองของความดันเสียงวาสนา (2548) ความเข้มของเสียงและระดับความเข้มของเสียง คือ พลังงานเสียงเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยตามทิศทางของการกระจายตัวของเสียง ความเข้มเสียง (I) มีความสัมพันธ์กับความดันเสียง ดังนี้

$$I = \frac{P^2}{\rho c} [W/m^2] \quad (6)$$

เมื่อ P คือ ค่าของความดันเสียง
 ρ คือ ค่าความหนาแน่นของตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน
 c คือ ความเร็วเสียงในตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน

จากผลการทดลองพบว่า มนุษย์จะได้ยินเสียงที่ความเข้มต่ำสุด 10^{-12} วัดต่อตารางเมตร โดยที่ความเข้มสูงสุดที่สามารถทนฟังได้เท่ากับ 1 วัดต่อตารางเมตร ในทางปฏิบัติเพื่อให้่ายต่อการคำนวณค่าระดับความเข้มของเสียง (Sound Intensity Level: Li) จึงใช้ความเข้มของเสียงต่ำสุดที่ได้ยินที่มนุษย์สามารถได้ยินเป็นค่าความเข้มเสียงที่ใช้อ้างอิง จะได้ว่าความเข้มเสียง 10^{-12} วัดต่อตารางเมตร เท่ากับ ระดับความเข้มของเสียง 0 เดซิเบล และระดับความเข้มของเสียงที่วัดออกมาจะเป็นหน่วย เดซิเบล (dB) สามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$Li = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} [dB] \quad (7)$$

เมื่อ I คือ ค่าความเข้มเสียงที่วัดได้
 I_0 คือ ความเข้มของเสียงอ้างอิง มีค่าเท่ากับ 10^{-12} W/m^2

สำหรับในอากาศนั้น ความเข้มของเสียงอ้างอิงจะมีค่าใกล้เคียงกับความดันเสียงอ้างอิงที่ 0.00002 N/m^2

วาสนา (2548) มาตราเดซิเบล (Decibels, dB) เป็นหน่วยวัดระดับความดันและระดับความเข้มของเสียงต่อปริมาณอ้างอิง ซึ่งจะไม่มีคามหมายถ้าไม่มีการระบุถึงปริมาณที่อ้างอิงไว้ด้วย เดซิเบล ถูกคิดค้นมาเพื่อความสะดวกในการวัดความดันและความเข้มของ

พรพิมล (2545) Bel เป็นหน่วยวัดที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า สำหรับ (Decibels, dB) เป็นหน่วยที่ใช้สำหรับวัดเสียงโดยที่ $1 \text{ dB} = 1\text{B}/10$ ซึ่ง 1 dB เป็นค่าความดันเสียงที่เป็นค่าความแตกต่างของ

ความดันเสียงเพียงเล็กน้อยที่คนสามารถรับรู้ได้ dB เป็นหน่วยที่ไม่มีทิศทางใช้แสดงสเกล log ของอัตราส่วนปริมาณที่วัดได้ต่อปริมาณของ Reference ในกรณีของเสียงใช้แสดงถึงปริมาณเสียง (Sound power level) ที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังของเสียง (Sound power)

ตารางที่ 2 ความดันเสียงและระดับความดังเสียงที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วไป

ความดันเสียง (นิวตัน/ตร.ม.)	ระดับความดังเสียง (เดซิเบลเอ)	ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่พบ	ความรู้สึกของผู้ได้ยิน
200	140	จุดที่ห่างจากเครื่องบินทหารลง 30 เมตร	ดังมากๆ
63	130	จุดที่คนทำงานกับเครื่องนิวเมตริก	
20	120	หม้อไอน้ำ ค้อนทุบโลหะ	
6.3	110	เครื่องพิมพ์โลหะอัตโนมัติห้องทดลองเครื่องยนต์	ดังมาก
2.0	100	เลื่อยวงเดือนขนาดใหญ่	
0.63	90	บริเวณก่อสร้างที่มีการขุดเจาะ	
0.2	80	เครื่องเป่าลม สำนักงานที่มีเครื่องพิมพ์	ดัง
0.063	70	วิทยุตามบ้านเรือน	
0.02	60	ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคาร	
0.0063	50	เสียงสนทนา สำนักงานทั่วไป	เจ็บบ
0.002	40	บริเวณชานเมือง	
0.00063	30	เสียงกระซิบ	
0.0002	20	ลมหายใจ	เจ็บบสนิท
0.000063	10	-	
0.00002	0	ขีดจำกัดต่ำที่สุดของการได้ยิน	

ที่มา: สราวุธ และจักรกฤษณ์ (2533)

Carré (2010) ระดับความดันเสียงที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง สามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$Lp = Lw + 10 \log_{10} \left(\frac{\Gamma}{4\pi r^2} + \frac{4}{A'} \right) \quad (8)$$

$$A' = \frac{\bar{\alpha} S}{1 - \bar{\alpha}} \quad (9)$$

เมื่อ A' คือ อธิบายถึงลักษณะของห้อง

- $\bar{\alpha}$ คือ วัสดุดูดซับเสียง
 S คือ พื้นที่รวมของห้อง
 Γ คือ ลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียง เช่น ทรงกลม

ครึ่งทรงกลม 1/4 ทรงกลม หรือ 1/8 ทรงกลม

หากพิจารณาจากการที่เสียงถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่ไม่มีผนังหรือสิ่งกีดขวาง ($A' \rightarrow \infty$) ดังนั้นความแตกต่างระหว่างดันเสียงที่ระยะทางต่างกัน สามารถอธิบายได้โดยสมการ

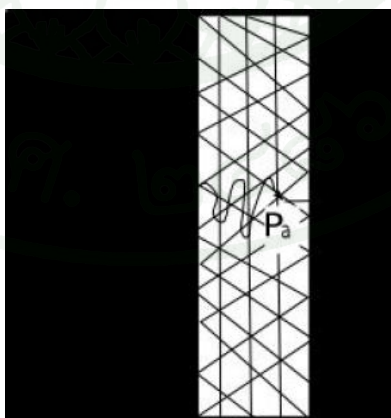
$$Lp_2 - Lp_1 = 20 \log_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right) \quad (10)$$

Markula (2006) เสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงจะถูกส่งออกมารอบๆ ทุกทิศทาง ดังนั้น ความดันเสียงจะเท่ากันเมื่อระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากัน เมื่อสังเกตความเข้มเสียงที่ปล่อยออกมารอบทิศทางโดยเสียงที่ปล่อยออกมาเป็นวงกลม (พื้นที่ของวงกลม เท่ากับ $4\pi r^2$ สามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$I = \left(\frac{W}{4\pi r^2} \right) \quad (11)$$

- เมื่อ W คือ กำลังเสียงจากแหล่งกำเนิด
 r คือ ระยะห่างของแหล่งกำเนิดเสียง

Jaantinen (2011) การดูดซับเสียง (Sound Absorption) เกิดจากการที่เสียงแพร่กระจายผ่านตัวกลางแล้วถูกสะท้อน ดูดซับ หักเห หรือเกิดทั้ง 3 อย่างพร้อมกัน



ภาพที่ 2 พฤติกรรมของคลื่นเสียงเมื่อกระทบผนัง

ที่มา: Jaantinen(2011)

เมื่อคลื่นเสียงกระทบผนังจะเกิดการสะท้อนกลับออกมาจากผนังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ความดัง และชั่วของคลื่นสัญญาณเกิดเป็นแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ ความดังเสียงที่ลดลงหลังจากกระทบกับผนัง เรียกว่า สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (The Absorption Coefficient)

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (12)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และจะแตกต่างกันตามความถี่ดังที่กล่าวมาข้างต้น ค่า α ที่เท่ากับ 0 จะมีความหมายว่า วัสดุดูดซับเสียงนั้นไม่สามารถดูดซับเสียงได้เลย เสียงจะสะท้อนกลับทั้งหมด (วัสดุดูดซับนี้จึงไม่เหมาะจะนำมาใช้ดูดซับเสียง แต่เหมาะจะนำไปใช้ทำเป็นแผ่นกั้นเสียงเพื่อให้เกิดการสะท้อนเสียงกลับให้หมด) และค่า α ที่เท่ากับ 1 จะมีความหมายในทางตรงกันข้ามกับที่กล่าวมาข้างต้น กล่าวคือ วัสดุดูดซับนี้จะมี khả năngดูดซับเสียงได้ทั้งหมด ไม่มีเสียงสะท้อนกลับเลย ในความเป็นจริงแล้วไม่มีวัสดุใดที่มีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 และวัสดุใดที่มีค่า α น้อยกว่า 0.15 จะถือว่าเป็นวัสดุสะท้อนเสียง ถ้ามากกว่า 0.4 ขึ้นไปจะถือเป็นวัสดุดูดซับเสียง เมื่อมีความต้องการลดเสียงสะท้อนภายในห้องทำงานด้วยการใช้วัสดุดูดซับเสียง สามารถจะคำนวณการดูดซับเสียงทั้งหมด (total absorption) ได้จากสมการ

$$A = \alpha_1 s_1 + \alpha_2 s_2 + \dots + \alpha_n s_n \quad (13)$$

เมื่อ	A	คือ	ผลรวมของการดูดซับเสียง หน่วย sabin
	α	คือ	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง
	s	คือ	พื้นที่ผิว

เมื่อคำนวณค่า A ได้แล้ว จึงนำมาคำนวณว่าระดับเสียงสะท้อน (Reverberant field Noise Reduction: NR) จะลดลงไปเท่าใดด้วยสมการ ต่อไปนี้

$$NR = 10 \log_{10} \left(\frac{A_2}{A_1} \right) \quad (14)$$

เมื่อ	NR	คือ	ระดับเสียงสะท้อนที่ลดลง หน่วย dB
	A_1	คือ	ผลรวมของการดูดซับเสียงภายในห้องก่อนติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง (sabins)
	A_2	คือ	ผลรวมของการดูดซับเสียงภายในห้องหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง (sabins)

ความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุ

Webb (1976) อธิบายว่า เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุกันเสียงใดๆ เช่น ผนัง หรือกำแพง จะเกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญ 3 ประการ คือ คลื่นที่ตกกระทบวัตถุ คลื่นที่สะท้อนออกจากวัตถุ คลื่นที่ถูกดูดกลืนในวัตถุ โดยพลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกส่งทะลุผ่านวัตถุไปอีกด้านหนึ่ง พลังงานบางส่วน

จะถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น และส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวกลางเดิม จากกฎทรงพลังงาน สามารถแสดงปรากฏการณ์ข้างต้นด้วยสมการ

$$E_i = E_r + E_a + E_t \quad (15)$$

เมื่อ	E_i	=	พลังงานเสียงที่ตกกระทบวัตถุ
	E_r	=	พลังงานเสียงที่สะท้อนออกจากวัตถุ
	E_a	=	พลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนในวัตถุ
	E_t	=	พลังงานเสียงที่ส่งผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุ

พลังงานของคลื่นเสียงที่ถูกดูดกลืน หรือพลังงานของคลื่นเสียงที่ลดลงเมื่อผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่น ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนกลายเป็นพลังงานความร้อน และจากแนวความคิดเกี่ยวกับการตกกระทบของคลื่นเสียงบนวัตถุใดๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและป้องกันเสียงรบกวนได้ โดยการนำวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงได้ดีมาวางกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ได้รับเสียง

การลดระดับความดังเสียงของวัตถุ

การลดระดับความดังเสียงโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุนั้น สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเสียงกระทบวัตถุใดๆ เสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลในรูปแบบอื่นโดยปกติเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัตถุนั้น อติศศักดิ์ (2524) กล่าวว่า วัตถุที่มีรูพรุนหรือมีช่องอากาศภายในสามารถดูดกลืนเสียงได้ดี โดยมีเสียงตกกระทบผิววัตถุ พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไปโดยผิวของวัตถุ หน่วยของการดูดกลืนมีหน่วยเป็น ซาบินส์ (Sabins) มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างพื้นที่ผิวของวัตถุกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัตถุนั้น ซึ่ง Blitz (1964) กล่าวว่า วัตถุดูดกลืนเสียงคือวัตถุที่มีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นเสียง สำหรับการอธิบายถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุ สามารถอธิบายได้ด้วยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง คือ อัตราส่วนของพลังงานที่ถูกดูดกลืนต่อพลังงานที่ตกกระทบวัตถุนั้น อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัตถุนั้น ยังขึ้นอยู่กับความถี่เสียงและมุมที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบด้วย ซึ่ง Beranek (1971) อธิบายว่า ความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุใดๆ นั้นมิได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุชิ้นนั้นเพียงขึ้นอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับวิธีในการติดตั้งวัตถุนั้นๆ ขนาดและรูปร่างของห้องที่จะนำวัตถุสำหรับกลืนเสียงนั้นไปติดตั้งด้วย

ดัชนีระบุความสามารถในการลดระดับความดังของเสียง

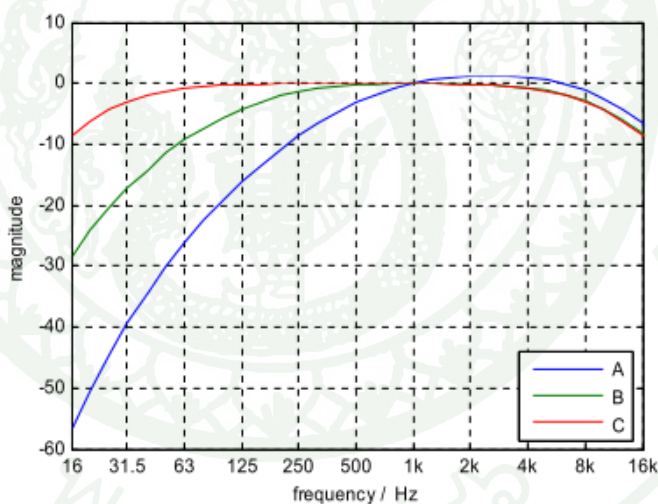
การดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงของวัตถุนั้น สามารถนำมาประยุกต์เพื่อควบคุมระดับความดังเสียงได้ดี โดยพบว่า ถ้าหากต้องการลดระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางเสียงในบริเวณใด

สามารถทำได้โดยการนำวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงได้ดี หรือวัตถุที่มีคุณสมบัติในการส่งผ่านเสียงได้ไม่ดี อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้ง 2 อย่างมาติดตั้ง เพื่อทำเป็นวัตถุควบคุมเสียง โดยดัชนีที่ใช้สำหรับบ่งบอกถึงความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุมีด้วยกันหลายค่า ดังนี้คือ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง (Transmission coefficient) หมายถึง อัตราส่วนของกำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุต่อกำลังเสียงที่ตกกระทบบนวัตถุนั้น ดังสมการ

$$T = \frac{W_t}{W_i} \quad (16)$$

เมื่อ T คือ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง
 W_t คือ กำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (W)
 W_i คือ กำลังเสียงที่ตกกระทบวัตถุ (W)

Markula (2006) วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency weighting) สามารถแยกระดับเสียงออกเป็น 3 ข่าย คือ A, B และ C ข่ายที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ข่าย A เนื่องจากที่ความดันเสียงต่ำ ข่าย A จะมีความถูกต้องแม่นยำในการวัดมากที่สุด ซึ่งคล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบลเอ (dBA)



ภาพที่ 3 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ ข่าย A, B และ C

ที่มา: Markula (2006)

Markula (2006) วงจรถ่วงน้ำหนักเวลา (Time weighting) ในเครื่องมือวัดเสียงใช้สำหรับถ่วงน้ำหนักสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นโดยทั่วไปจะมี 4 แบบ คือ

แบบ Fast จะมีค่าคงที่ของเวลา เท่ากับ 125 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

แบบ Slow จะมีค่าคงที่ของเวลา เท่ากับ 1,000 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับเสียงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ หรือเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ

แบบ Impulse จะมีค่าคงที่ของเวลา เท่ากับ 35 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับใช้วัดระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ วงจรนี้จะปรากฏในเครื่องวัดระดับเสียงบางเครื่องเท่านั้น SLM Standard (IEC 61672-1 2002) วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาแบบ Impulse ซึ่งถูกกล่าวถึงในภาคผนวก อธิบายวงจรนี้ว่า ไม่เหมาะสำหรับการวัดเสียงกระแทกที่ต้องการความถูกต้องสูง และไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประเมินอันตรายจากการสัมผัสเสียงดัง

แบบ Peak การตอบสนองต่อขีดสูงสุดที่ใช้ในการวัดระดับความดันเสียงที่ยอดสมบูรณ์ (Absolute Peak) มีประโยชน์ในการประเมินค่าการสูญเสียการได้ยินของผู้ปฏิบัติงาน เมื่อเกิดสัญญาณระดับเสียงดังในช่วงสั้นๆ

ตารางที่ 3 ค่าคงที่ของวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่

Id	Weighting	Time constant
F	Fast	125 ms
S	Slow	1,000 ms
I	Impulse	35 ms (rise time) and 1,500 ms (decay time)
Peak	Peak	< 50 μ s

ที่มา: Markula (2006)

ประเภทของเสียง

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2545) ประเภทของเสียงแยกประเภทของเสียงออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เสียงบริสุทธิ์ คือ เสียงที่มีความถี่เดียว เช่น เสียงที่เกิดจากการเคาะซ่อมเสียง
2. เสียงผสม คือ เสียงที่เกิดจากเสียงบริสุทธิ์หลายความถี่มารวมกัน เช่น เสียงพูดคุย เสียงดนตรี เป็นต้น

3. เสียงรบกวน คือ เสียงที่ไม่พึงปรารถนาของผู้รับฟัง ซึ่งอาจเป็นเสียงบริสุทธิ์ หรือเสียงผสมก็ได้ เสียงรบกวนอาจก่อให้เกิดความเครียด หรือหากมีความดังในระดับที่อาจก่อให้เกิดอันตรายทำให้หูตึงได้

Markula (2006) ประเภทของเสียงจำแนกตามลักษณะของการเกิดเสียง ได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. Muzzle blast คือเสียงที่เกิดจากการระเบิดบริเวณปากกระบอกปืน เป็นเสียงแหลมและดัง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรอากาศอย่างทันทีทันใด เป็นการเปลี่ยนแปลงความดังเสียงอย่างรุนแรง ในระยะเวลาสั้น

2. Projectile noise คือ เสียงที่เกิดจากการที่อากาศถูกกดดันโดยต้นกำเนิดของเสียง จะกดดันอากาศให้เกิดความไม่สม่ำเสมอ แล้วเคลื่อนตัวผ่านอากาศจนกระทั่งมากระทบหูของเรา เช่น เครื่องบินที่เคลื่อนตัวด้วยความเร็วเหนือเสียง ตัวเครื่องบินเคลื่อนที่ทันคลื่นเสียงที่อยู่ข้างหน้า และก่อคลื่นใหม่ที่มีอัตราส่วนตัวเสริมกำลังกัน ทำให้มีแรงกดดันมากกว่าเสียงธรรมดา

3. Impact noise คือ เป็นเสียงที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดอย่างรวดเร็ว ทฤษฎีที่อธิบายเสียงกระทบสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับ Muzzle blast เสียงกระทบที่เกิดในธรรมชาติเช่น เสียงการตอกเสาเข็ม การป้อนชิ้นงาน การทุบเคาะอย่างแรง เป็นต้น

พรพิมล (2545) ประเภทของเสียง เสียงในอุตสาหกรรม แบ่งเป็น 3 ประเภท

1. เสียงที่มีระดับเสียงคงที่ (Continuous Noise) เป็นเสียงที่มีแถบเสียงกว้างมีระดับเสียงและความถี่ค่อนข้างคงที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียง ≤ 1 วินาที จะจัดเป็นเสียงที่มีระดับเสียงคงที่ ซึ่งคนงานจะได้รับเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเข้ากรณีนี้ สำหรับเสียงที่มีระดับคงที่ได้กำหนดมาตรฐานในเรื่องระดับเสียง ความถี่และช่วงเวลาที่ได้รับเสียงไว้ชัดเจน OSHA Noise Standard กำหนดระดับเสียงที่ยอมให้คนงานได้รับเป็นจำนวนชั่วโมงต่อวันที่ระดับเสียงต่างๆ คนงานจะลดการได้รับเสียงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้โดยใช้การควบคุมทางวิศวกรรมหรือการบริหารจัดการ มาตรฐานแสดงระดับเสียงที่ยอมให้สัมผัสได้ (PEL) เป็น Noise dose ที่ได้รับตลอดเวลา 8 ชั่วโมงที่ระดับเสียง 90 dBA คิดเป็น Noise dose 100% ทุกๆ 5 dBA ที่ระดับเสียงเพิ่มขึ้น เวลาที่ได้รับเสียงจะต้องลดลงครึ่งหนึ่ง เรียกเป็น 5-dBA Exchange rate

2. เสียงดังเป็นครั้งคราว (Intermittent noise) เป็นการได้รับเสียงหลายๆครั้งในการทำงาน เช่น การทำงานอยู่ในที่เงียบๆแล้วมีการสลับไปอยู่ในที่มีเสียงดังในบางช่วงของการทำงานเสียงดังเป็นครั้งคราวที่มีเป็นช่วงๆ ควรจะมีช่วงเวลาที่เกิดเสียงครั้งละมากกว่า 1 วินาที

3. เสียงกระทบ (Impact-type noise) เป็นเสียงที่มีลักษณะแหลมและดัง เช่น เสียงจากการระเบิด ระยะเวลาที่เกิดเสียง Impact noise ควรน้อยกว่า 0.5 วินาทีต่อครั้ง และไม่ควรเกิดซ้ำกันมากกว่า 1 ครั้ง/วินาที คนงานไม่ควรได้รับเสียง Impact noise ที่มีระดับความดันเสียงมากกว่า 140 dB โดยสามารถใช้เวลาที่ได้รับเสียงและจำนวนของ Impact noise เป็นปัจจัยในการประเมินอันตรายที่เป็นไปได้จากเสียง American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) แนะนำมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดเสียงกระทบตาม American National Standards Institute (ANSI) S1.4, S1.25 หรือ IEC804 ซึ่งสามารถตรวจวัดและบันทึกผลขณะที่ทำการตรวจวัดระดับความดังเสียง โดยกำหนดระดับความดังเสียงที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ระหว่าง 80 ถึง 140 dB และระดับเสียงจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างน้อย 63 dB ซึ่งระดับเสียงที่ยอมให้พนักงานสัมผัสโดยไม่ได้สวมใส่เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลต้องไม่เกิน 140 dB ที่วางร่วมน้ำหนักความถี่ C-weighted โดยขีดจำกัดการยอมรับให้สัมผัสกับเสียงดังที่สัมพันธ์กับระยะเวลาแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Threshold Limit Values for Noise^A

Duration per Day		Sound Level dBA ^B
Hours	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Minutes	30	97
	15	100
	7.50 ^C	103
	3.75 ^C	106
	1.88 ^C	109
	0.94 ^C	112
Seconds ^C	28.12	115
	14.06	118
	7.03	121
	3.52	124
	1.76	127
	0.88	130
	0.44	133
	0.22	136
	0.11	139

ตารางที่ 4 (ต่อ)

- หมายเหตุ : ^A ระดับเสียงที่ยอมให้สัมผัสได้โดยไม่มีการสัมผัสเสียงที่ดังต่อเนื่องหรือสัมผัสเสียงกระแทกที่ดังเกิน 140 dB เสียง ที่วัดจนวน้ำหนักความถี่ C-weighted
- ^B ระดับเสียงที่ตรวจวัดโดยใช้ Sound Level Meter ในหน่วยเดซิเบลซึ่งเครื่องมือตรวจวัดจะต้องได้ตามมาตรฐาน American National Standards Institute สำหรับ Sound Level Meter S1.4 (1983) Type S2A ตั้งค่าการตอบสนองแบบ Slow และ A-weighted
- ^C ระดับเสียงที่ต้องควบคุมจากแหล่งกำเนิด โดยที่ไม่สามารถควบคุมโดยวิธีการจัดการ แนะนำให้ใช้การตรวจวัดระดับเสียงโดยใช้ Noise Dosimeter

ที่มา: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2013)

ปัญหาการเสื่อมสมรรถภาพการได้ยิน

สรุปผลที่สำคัญการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร พ.ศ. 2554 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2555) พบว่าปัญหาและอุปสรรคในการทำงานที่เกิดจากความไม่ปลอดภัยในการทำงาน ผู้มีงานทำที่มีปัญหาเกิดจากความไม่ปลอดภัยในการทำงาน จำนวน 3.30 ล้านคน พบว่า เกิดจากการทำงานที่เกี่ยวกับสารเคมีร้อยละ 54.8 การใช้เครื่องจักร การใช้เครื่องมือที่เป็นอันตรายร้อยละ 28.6 ความไม่ปลอดภัยทางหูหรือทางสายตาร้อยละ 7.7 การทำงานในที่สูง ทำงานใต้น้ำ ทำงานใต้ดินร้อยละ 5.3 ที่เหลือเป็นความไม่ปลอดภัยทางด้านอื่นๆ ซึ่งสูงเป็นอันดับที่ 3 ของปัญหาที่เกิดจากความไม่ปลอดภัย และจากการสำรวจปัญหาที่เกิดจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน จำนวน 4.36 ล้านคน พบว่า มีปัญหาในเรื่องอริยาบถในการทำงานร้อยละ 39.8 รองลงมาเป็นฝุ่นละออง ควัน กลิ่นร้อยละ 25.4 แสงสว่างไม่เพียงพอในการทำงาน ร้อยละ 12.9 สถานที่ทำงานไม่สะอาดร้อยละ 11.4 ที่ทำงานมีเสียงดังร้อยละ 3.6 สถานที่ทำงานอากาศไม่ถ่ายเทร้อยละ 2.1 สถานที่ทำงานคับแคปร้อยละ 1.9 ที่เหลือกระจายอยู่ในปัญหาจากสภาพแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งปัญหาเสียงดังในสถานที่ทำงาน อยู่ในลำดับที่ 5 ของปัญหาสภาพแวดล้อมในการทำงาน

ณัฐญา (2542) ศึกษาความชุกและพฤติกรรมในการป้องกันโรคหูตึงเหตุอาชีพ ของผู้ปฏิบัติงานฝ่ายผลิต และฝ่ายบำรุงรักษาในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อัตราความชุกของโรคหูตึงเหตุอาชีพมีค่าเท่ากับ 3.4 ต่อ 100 ประชากร พฤติกรรมในการป้องกันโรคหูตึงเหตุอาชีพโดยรวมพบว่า กลุ่มที่การได้ยินปกติมีพฤติกรรมในการป้องกันโรคร้อยละ 49.1 มากกว่ากลุ่มที่การได้ยินผิดปกติที่มีพฤติกรรมในการป้องกันโรค ร้อยละ 40.9 ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยการรับรู้ สิ่งชักนำให้เกิดการป้องกันโรคและ การเกิดโรคหูตึงเหตุอาชีพ ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการป้องกันโรค ในขณะที่ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ การศึกษา อายุงาน และพฤติกรรมในการป้องกันโรคบางอย่าง เช่น พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันหู การปรับการตรวจการได้ยิน มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหูตึงเหตุอาชีพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

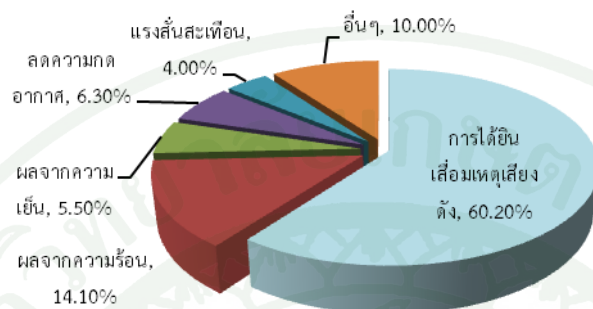
สำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2555) ศึกษาการเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมรูปแบบเชิงรับ (Occupational and Environmental diseases : passive surveillance system) ได้เริ่มพัฒนาขึ้น ตั้งแต่พ.ศ. 2546 และถูกกำหนดเป็นระบบเฝ้าระวังโรคที่สำคัญใน 5 กลุ่มโรคหลักที่ต้องเฝ้าระวัง ได้แก่ กลุ่มโรคติดต่อ กลุ่มโรคเอดส์ และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง กลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และกลุ่มการบาดเจ็บ โดยระบบเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ได้กำหนดโรคที่ต้องเฝ้าระวัง 10 กลุ่มโรค 35 รายโรค ซึ่งผลจากการรายงาน พบว่า จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมจำแนกตามกลุ่มโรค ดังตาราง

ตารางที่ 5 จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมจำแนกตามกลุ่มโรค
พ.ศ. 2546 – 2552

โรคจากการประกอบ อาชีพและ สิ่งแวดล้อม	พ.ศ.							เฉลี่ย/ ปี
	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	
1. โรคปอดและ ทางเดินหายใจ	55	79	104	36	153	197	172	114
2. โรคเหตุสภาวะ ทางกายภาพ	11	8	38	12	12	29	18	183
3. โรคผิวหนัง	225	414	1,817	367	1,229	801	1,130	855
4. โรคกระดูกและ กล้ามเนื้อ	568	1,093	1,929	1,573	1,861	2,377	3,884	1,898
5. โรคพิษจากสัตว์	532	954	874	1,447	1,575	944	907	1,033
6. โรคจากพืช	83	235	232	236	256	158	32	176
7. โรคพิษโลหะหนัก	2	3	2	0	3	2	36	7
8. โรคพิษเหตุสาร ระเหยและสารทำ ละลาย	6	9	2	2	10	40	9	11
9. โรคพิษจากก๊าซ	1	23	151	1	1	12	62	35
10. โรคพิษจาก สารเคมี การเกษตรและ สารเคมีอื่นๆ	40	72	100	60	99	38	50	66

ที่มา: สำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2555)

โรคเหตุสภาวะทางกายภาพ (Physical Hazard) มีจำนวนที่รับรายงาน 128 ราย จำแนกเป็น การได้ยินเสื่อมจากเสียงดัง 77 ราย (ร้อยละ 60.0) ผลจากความร้อน 18 ราย (ร้อยละ 14.0) ผลจากความเย็น 7 ราย (ร้อยละ 6.0) ผลจากการลดความกดอากาศและที่เกี่ยวข้อง 8 ราย (ร้อยละ 6.0) จากแรงสั่นสะเทือน 5 ราย อื่นๆ 13 ราย (ร้อยละ 10.0)



ภาพที่ 4 ร้อยละของผู้ป่วยเหตุจากสภาวะทางกายภาพ จากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546 – 2552

ที่มา: สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2555)

Johnson (2004) ศึกษาเกณฑ์การได้รับสัมผัสเสียงดังในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพ ซึ่ง American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH) แนะนำว่าการได้รับสัมผัสเสียงดังเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง ระดับความดังเสียงต้องไม่เกิน 85 dBA แต่มีบางประเทศที่กำหนดค่าการได้รับสัมผัสเสียงดังเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง ระดับความดังเสียงต้องไม่เกิน 90 dBA จากการศึกษาความแตกต่างของการสัมผัสเสียงดัง 85 dBA และ 90 dBA ต่อสุขภาพพบว่าที่ค่าขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ในสถานที่ทำงาน 85 dBA สามารถลดการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินแบบถาวร (NIPTS) ของกลุ่มคนที่สัมผัสเสียงในสถานที่ทำงาน 40 ปี เฉลี่ยมากกว่า 2 dB ที่ความถี่ 0.5, 1, 2, and 3 kHz ตามมาตรฐาน ISO1999: 1990 (Acoustics -Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment)

กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

1. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 กำหนดให้มีการควบคุมระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงานในแต่ละวัน (Time Weighted Average-TWA) มิให้เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6

1.1 ในบริเวณสถานประกอบการที่มีระดับเสียงกระทบหรือเสียงกระแทก (Impact or

Impulse Noise) เกิน 140 เดซิเบลเอ หรือมีปริมาณเสียงสะสมของเสียงกระทบหรือเสียงกระแทกเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6 นายจ้างต้องให้ลูกจ้างหยุดทำงานจนกว่าจะได้ปรับปรุงหรือแก้ไขระดับเสียง

1.2 ภายในสถานประกอบกิจการที่สภาวะการทำงานมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเกินมาตรฐาน ให้นายจ้างดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขสิ่งที่เป็นต้นกำเนิดของเสียงหรือทางผ่านของเสียง หรือการบริหารจัดการเพื่อให้มีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับอยู่ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดในกรณียังดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขตามวรรคหนึ่งไม่ได้ นายจ้างต้องจัดให้ลูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ตลอดเวลาทำงาน เพื่อลดเสียงให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

ตารางที่ 6 มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับตลอดเวลาการทำงานในแต่ละวัน*

เวลาการทำงานที่ได้รับเสียง (ชั่วโมง)	ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ไม่เกิน (เดซิเบลเอ)
12	87
8	90
7	91
6	92
5	93
4	95
3	97
2	100
1½	102
1	105
½	110
¼ หรือน้อยกว่า	115

หมายเหตุ * 1. เวลาการทำงานที่ได้รับเสียงและระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ให้ใช้ค่ามาตรฐานที่กำหนดในตารางข้างต้นเป็นลำดับแรก หากไม่มีค่ามาตรฐานที่กำหนดตรงตามตารางให้คำนวณจากสูตร ดังนี้

$$T = \frac{8}{2^{(L-90)/5}} \quad (17)$$

เมื่อ T หมายถึง เวลาการทำงานที่ยอมให้ได้รับเสียง (ชั่วโมง)

L หมายถึง ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ในกรณีค่าระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ที่ได้จากการคำนวณมีเศษทศนิยมให้ตัดเศษทศนิยมออก

ที่มา: กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

2. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือ เสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ พ.ศ. 2550 กำหนดให้นายจ้างต้องจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับ ความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร อุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือ เสียงให้นายจ้างตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเพิ่มเติมภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการตรวจวัดระดับเสียงต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานของคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า (International Electrotechnical Commission) หรือเทียบเท่า ดังนี้

2.1 เครื่องวัดเสียง ต้องได้มาตรฐาน IEC 651 Type 2

2.2 เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม ต้องได้มาตรฐาน IEC 61252

2.3 เครื่องวัดเสียงกระทบหรือเสียงกระแทกต้องได้มาตรฐาน IEC 61672 หรือ IEC 60804

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดระดับเสียงตามวรรคหนึ่ง ต้องทำการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ด้วย อุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Noise Calibrator) ที่ได้มาตรฐาน IEC 60942 หรือเทียบเท่า ตามวิธีการที่ระบุในคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตก่อนการใช้งานทุกครั้ง โดยวิธีการตรวจวัดระดับเสียงให้ตรวจวัดบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพ การทำงานปกติ โดยตั้งค่าเครื่องวัดเสียงที่สเกลเอ (Scale A) การตอบสนองแบบช้า (slow) และตรวจวัดที่ระดับหูของลูกจ้างที่กำลังปฏิบัติงาน ณ จุดนั้นรัศมีไม่เกิน 30 เซนติเมตรซึ่ง ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน (TWA) ต้องไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ

3. ประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อมได้กำหนดว่าภายในสถานที่ประกอบการที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน ดังต่อไปนี้

3.1 ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 91 เดซิเบลเอ

3.2 เกินวันละ 7 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องมียกระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ

3.3 เกินวันละ 8 ชั่วโมง จะต้องมียกระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ

3.4 นายจ้างจะให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีระดับเสียงเกินกว่า 140 เดซิเบลเอมิได้

กรณีที่อยู่ในสถานที่ประกอบการที่มีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันเกินกว่าที่กำหนดไว้ให้นายจ้างแก้ไขหรือปรับปรุงสิ่งที่เป็นต้นกำเนิดของเสียงหรือทางผ่านของเสียงให้มีระดับเสียงดังเกินกว่าที่กำหนดในกรณีไม่อาจปรับปรุงหรือแก้ไขสิ่งที่เป็นต้นกำเนิดของเสียงหรือทางผ่านของเสียงให้นายจ้างจัดให้ลูกจ้างสวมใส่ปลั๊กอุดเสียงหรือครอบหูลดเสียงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ตลอดเวลาที่ทำงาน

4. มาตรฐานและข้อบังคับสำหรับควบคุมการได้รับสัมผัสเสียงดัง โดยองค์การแรงงานระหว่างประเทศ (International Labour Organization, ILO) ในแต่ละประเทศได้กำหนดมาตรฐานข้อบังคับหรือกฎหมายสำหรับการได้รับสัมผัสเสียงดังไว้ในระดับที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งทำให้มีความแตกต่างกันการบังคับใช้ ในหลายประเทศได้ประกาศออกมาเป็นกฎหมาย เช่น คณะกรรมการสหภาพยุโรป (CEC) ได้ประกาศกฎหมายการได้รับสัมผัสเสียงดังในปี 1990 (CEC 1986) ซึ่งประเทศที่เป็นสมาชิกใน CEC จะต้องปฏิบัติตามกฎหมายฉบับนี้แต่ในประเทศอื่นๆ ก็มีการกำหนดกฎหมายการได้รับสัมผัสเสียงดังในระดับที่แตกต่างกันดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 7 มาตรฐานและข้อบังคับสำหรับควบคุมการได้รับสัมผัสเสียงดัง

ประเทศ ปีที่ออกกฎหมาย	PELL _{av} , 8 hour, dBA ^a	Exchange Rate dBA ^b	L _{max} rms L _{peak} SPL	Level dBA Engineering Control	Level dBA audiomet ric test ^c
Argentina	90	3	110 dBA		
Australia, ¹ 1993	85	3	140 dBA peak	85	85
Canada, ² 1990	87	3		87	84
CEC, ^{3,4} 1986	85	3	140 dBA peak	90	85
Chile	85	5	115 dBA		
China, ⁵ 1985	70-90	3	115 dBA		
Finland, 1982	85	3		85	
France, 1990	85	3	135 dBA peak		85
Germany, ^{5,6} 1990	85	3	140 dBA peak	90	85

55, 70

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ประเทศ ปีที่ออกกฎหมาย	PELL _{av} , 8 hour, dBA ^a	Exchange Rate dBA ^b	L _{max} rms L _{peak} SPL	Level dBA Engineering Control	Level dBA audiometric test ^c
Chile	85	5	115 dBA		
China, ^b 1985	70-90	3	115 dBA		
Finland, 1982	85	3		85	
France, 1990	85	3	135 dBA peak		85
Germany, ^{3,6} 1990	85 55, 70	3	140 dBA peak	90	85
Hungary	85	3	125 dBA 140 dBA peak	90	
India, ⁷ 1989	90		115 dBA 140 dBA peak		
Italy, 1990	85	3	140 dBA peak	90	85
Netherlands, ⁹ 1981	80	3	140 dBA peak	85	
Norway, 1982	85 55, 70	3	110 dBA		80
Spain, 1989	85	3	140 dBA peak	90	80
Sweden, 1992	85	3	115 dBA 140 dBA peak	85	85
United Kingdom, 1989	85	3	140 dBA peak	90	85

ที่มา: International Labour Organization (2012)

^a PEL คือ ปริมาณระดับความดังเสียงที่พนักงานจะสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง

^b Exchange Rate คือ อัตราที่พลังงานเสียงเพิ่มเป็นสองเท่า

^c Like the PEL คือ ระดับความดังเสียงเฉลี่ยจะเริ่มกำหนดให้มีการควบคุมโดยวิธีการทางวิศวกรรม และตรวจวัดสมรรถภาพการได้ยิน

¹ ระดับความดังเสียงที่ต้องมีการควบคุมโดยวิธีการทางวิศวกรรม ตรวจวัดสมรรถภาพการได้ยิน และจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

²ระดับความดังเสียงแตกต่างกันไปตามเขตพื้นที่: ออนตาริโอ Quebec และ New Brunswick ใช้ 90 dBA และ 5-dB exchange rate Nova Scotia และ Newfoundland ใช้ 85 dBA และ 5-dB exchange rate และ British Columbia ใช้ 90 dBA และ 3-dB exchange rate ซึ่งทุกพื้นที่จะต้องมีการควบคุมทางวิศวกรรมที่ระดับความดังเสียงที่ PEL ส่วน Manitoba มีการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินที่ระดับเสียงมากกว่า 80 dBAและอบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่ได้รับสัมผัสเสียงดังมากกว่า 85 dBA และควบคุมทางวิศวกรรมที่ระดับเสียงมากกว่า 90 dBA

³ ข้อบังคับของ CEC และ เยอรมันนี กำหนดให้ระดับเสียงที่พนักงานได้รับสัมผัสจะต้องต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เนื่องจากระดับเสียงที่กำหนดไว้ในกฎหมายและข้อบังคับไม่ได้เป็นการยืนยันว่าพนักงานจะไม่ได้รับอันตรายจากเสียงดัง

⁴ ประเทศที่อยู่ในสหภาพยุโรปจะต้องปฏิบัติตามข้อบังคับของ EEC เป็นขั้นต่ำ

⁵ ประเทศจีน แยกประเภทในการกำหนดระดับความดังเสียงตามกิจกรรมที่แตกต่างกัน เช่น 70 dBA สำหรับกิจกรรมที่มีการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ห้องคอมพิวเตอร์ 75 dBA สำหรับอุตสาหกรรมหนัก 85 dBA สำหรับห้องทำงานปฏิบัติการที่สร้างขึ้นใหม่ และ 90 dBA ห้องทำงานปฏิบัติการที่สร้างอยู่ก่อนแล้ว

⁶ ประเทศเยอรมันนี กำหนดระดับความดังเสียงสำหรับงานที่ต้องใช้สมาธิ ที่ 55 dBA และ 70 dBA สำหรับงานทั่วไป

⁷ ข้อเสนอแนะ

⁸ กฎหมายควบคุมระดับความดังเสียง ประเทศเนเธอร์แลนด์ กำหนดให้ต้องมีการควบคุมทางวิศวกรรมที่ระดับเสียง 85 dBA ให้จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันเสียงดัง ที่ระดับเสียง 80 dBA และพนักงานจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงดังที่ระดับเสียง 90 dBA

⁹ นิวซีแลนด์ กำหนดระดับเสียงสูงที่สุดที่พนักงานสัมผัสที่ 82 dBA ที่ระยะเวลาการทำงาน 16 ชั่วโมง และพนักงานจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงดังที่ระดับเสียง 115 dBA

¹⁰ นอร์เวย์ กำหนด PEL ที่ 55 dBA สำหรับงานที่ต้องใช้สมาธิ 85 dBA สำหรับงานที่ต้องเน้นการสื่อสารกันด้วยเสียง และ 85 dBA สำหรับพื้นที่การทำงานที่เสียงดัง พนักงานที่สัมผัสเสียงดังเกินกว่า 85 dBA ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงดัง

¹¹ มาตรฐานระดับเสียงที่ถูกกำหนดโดย OSHA จะใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งจะไม่รวมถึงทางด้านการทหารที่มีการกำหนดมาตรฐานที่เข้มกว่า โดย PEL เท่ากับ 85 dBA และ 3-dB exchange rate

5. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) แนะนำค่าการได้รับสัมผัสเสียงของพนักงานในปี พ.ศ. 2515 เนื่องจากพบหลักฐานที่ว่า การสูญเสียการได้ยินอย่างถาวรเกิดจากการได้รับสัมผัสเสียงดัง โดยคำแนะนำสำหรับการได้รับสัมผัสเสียงดังจาก NIOSH (REL) เท่ากับ 85 dBA จากการศึกษาของ NIOSH พบว่าโอกาสเสี่ยงของการสูญเสียการได้ยินของพนักงานที่ได้รับสัมผัสเสียงดัง 85 dBA เป็นเวลา 40 ปี เท่ากับ 8% ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงน้อยกว่าการได้รับสัมผัสเสียงดัง 90 dBA ซึ่งเป็นค่าความดังเสียงที่อนุญาตให้สัมผัสได้ มีโอกาสเสี่ยง เท่ากับ 25% นอกจากนี้ NIOSH ได้แนะนำว่าทุกๆ 3 dB ที่เพิ่มขึ้น เวลาที่ได้รับเสียงจะต้องลดลงครึ่งหนึ่ง

6. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) กำหนดมาตรฐาน OSHA's Noise Standard 29 CFR 1910.95 ลูกจ้างซึ่งได้รับสัมผัสเสียงดัง 85 dB ต่อเนื่องนาน 8 ชั่วโมง (TWA) จะต้องจัดให้มีการทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน และระดับเสียงที่อนุญาตให้ลูกจ้างสัมผัสได้ แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 OSHA's Noise Standard 29 CFR 1910.95

Duration per day , hour	Sound level dBA slow response
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110
¼ or less	115

หมายเหตุ: กรณีที่ลูกจ้างสัมผัสเสียงดังแตกต่างกัน และมีระยะเวลาการสัมผัสที่แตกต่างกันในวันเดียวกัน ต้องคำนวณปริมาณเสียงที่ได้รับ ดังนี้

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_n}{T_n} \quad (18)$$

เมื่อ C_1 คือ ระยะเวลา (จำนวนชั่วโมง) ที่ลูกจ้างได้รับเสียงที่ระดับ 1

T_1 คือ ระยะเวลา (จำนวนชั่วโมง) ที่ยอมให้คนงานได้รับเสียงที่ระดับนั้น

: อนุญาตให้ลูกจ้างสัมผัสเสียงกระแทกที่มีระดับ

ความดังเสียงได้ไม่เกิน

140 dB

ที่มา: Occupational Safety and Health Administration (2012)

แผนการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดระดับความดังเสียงควรจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อวิเคราะห์ในสภาวะที่ไม่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. OSHA Technical Manual (2012) เครื่องวัดระดับเสียง (Sound level meter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดระดับความดังเสียง ซึ่งสามารถใช้ระบุพื้นที่ที่มีเสียงดัง ประเมินการสัมผัสเสียงดังของพนักงาน และประเมินการควบคุมแหล่งกำเนิดเสียงดังได้ Sound Level Meter ประกอบด้วย ไมโครโฟน เครื่องขยายเสียง Frequency response networks และสเกลซึ่ง ANSI ได้จำแนกประเภทของ Sound Level Meter เป็น 3 ประเภท คือ Type 0 เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง มีการเปลี่ยนแปลงต่อการตอบสนองต่อความถี่และการตอบสนองต่อทิศทางของ เสียงน้อยมาก ใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ Type I เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำในการวัดเสียงรบกวน เมื่อการวัดในสนามเสียงต้องการความแม่นยำสูงตลอดพิสัยของการตรวจวัด Type II เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวัตถุประสงค์ทั่วไปในสภาวะที่ไม่ เข้มงวดมากนักต่อความแม่นยำมาก



ภาพที่ 5 เครื่องมือ Sound Level Meter

ที่มา: Occupational Safety and Health Administration (2012)

พรพิมล (2545) Sound level meter เป็นเครื่องวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มีความไว สามารถใช้วัดสัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจากไมโครโฟนที่ติดอยู่กับเครื่องมือ การเปลี่ยนแปลง สัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจากไมโครโฟนจะถูกขยายสัญญาณและเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สัญญาณ จะทำให้เข็มของมิเตอร์เคลื่อนที่ Attenuator จะควบคุมการขยายสัญญาณของเครื่องมือทั้งหมด Weighting networks จะควบคุมการตอบสนองต่อความถี่ที่เฉพาะของการขยายสัญญาณ

1.1 ไมโครโฟน (Microphone) เป็นส่วนรับเสียงจากภายนอก แล้วแปลงเป็น สัญญาณไฟฟ้า (ทำหน้าที่คล้ายแก้วหู) เพื่อให้เครื่องวัดระดับเสียงนำไปวิเคราะห์และแสดงผล ประกอบขึ้นจะอุปกรณ์ที่มีความไวในการแปรสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนที่มีความบอบบางมาก ดังนั้น ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสไมโครโฟนโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านหน้า และเมื่อทำการปรับเทียบระดับ

เสียง ควรกระทำอย่างระมัดระวังที่สุด โดยพึงระลึกเสมอว่า เมื่อไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียง ชำรุด เครื่องวัดระดับเสียงก็ไม่สามารถรายงานผลอย่างถูกต้องได้

1.2 เครื่องขยายเสียง (Attenuators) เป็นส่วนที่ขยายเสียง ปรับได้ในช่วง 10 dB ควรจะมี Gain ที่ใช้ค่าสูงได้ เพื่อให้สามารถใช้วัดสัญญาณที่มีโวลต์เตหต่ำจากไมโครโฟนซึ่งวัดสัญญาณในที่เงียบได้และควรจะมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 20-20,000 Hz ช่วงความถี่ที่น่าสนใจในการวัดเสียงมากที่สุดคือ 500-6,000 Hz

1.3 Weighting networks เครื่อง Sound level meter จะควบคุมการตอบสนองที่ความถี่ต่างๆ สำหรับ A-Weighting networks ใช้สำหรับวัดเสียงเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน OSHA

1.4 Metering system มี 2 ระบบคือ Fast และ Slow ซึ่งจะปรากฏอยู่บน Sound level meter ใน Fast mode เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียง การตอบสนองของสัญญาณจะเร็ว ขณะที่ Slow mode จะตอบสนองช้า

2. เครื่องปรับเทียบระดับเสียง (Calibrator) เป็นเครื่องกำเนิดเสียงที่มีระดับเสียงและความถี่ที่แน่นอนใช้ในการสอบเทียบไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียงให้อ่านค่าได้อย่างถูกต้อง เครื่องปรับเทียบระดับเสียงมี 2 ชนิด ได้แก่ พิสตันโฟน (Piston Phone) และ อะคูสติกคาลิเบรเตอร์ (Acoustic Calibrator) โดยทั่วไปอะคูสติกคาลิเบรเตอร์จะเป็นที่นิยมมากกว่า เนื่องจากใช้งานง่าย ขนาดกะทัดรัด

3. Jaantinen (2011) แหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeakers) นิยมใช้กันมากสำหรับการวัดเสียงแหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทางจะมีรูปทรงหลายด้านซึ่งรูปทรง 8 ด้านเป็นรูปทรงที่ใช้กันมาก ในแต่ละด้านจะติดตั้งลำโพงสำหรับทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง สามารถกำหนดความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดได้ตั้งแต่ 125 – 8000 Hz ซึ่งการตอบสนองของลำโพงต่อความถี่จะแตกต่างกันโดยที่ความถี่ต่ำลำโพงจะสามารถกระจายเสียงออกมารอบทิศทาง แต่เมื่อความถี่สูงขึ้นลักษณะทิศทางการรับเสียงจากลำโพงจะขึ้นอยู่กับการประสิทธิภาพของลำโพง ซึ่งมาตรฐานความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับเสียงที่ดังสะท้อนในแต่ละความถี่ แสดงในตารางที่ 9 ซึ่งจะพบว่าที่ความถี่ 125 – 500 Hz ค่าความคลาดเคลื่อนของการตอบสนองต่อความถี่จะเท่ากับ ± 1 dB แต่ค่าความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น เช่น ที่ความถี่ 1000 Hz จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ± 3 dB และค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ± 6 dB เมื่อเพิ่มความถี่ขึ้นเป็น 4000 Hz ดังนั้น เพื่อลดผลกระทบจากค่าความคลาดเคลื่อนของแหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตของการวิจัยที่ความถี่ 125 – 1000 Hz

ตารางที่ 9 มาตรฐานความคลาดเคลื่อนต่อการตอบสนองต่อความถี่สูงสุดสำหรับ Omni
Directional Loudspeakers

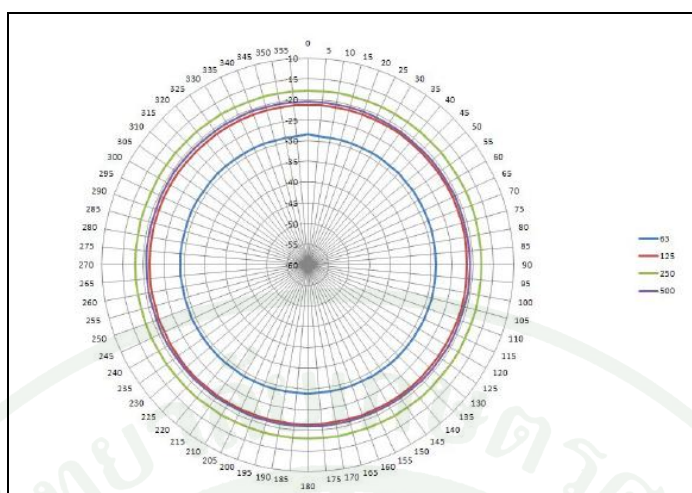
Frequency, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Maximum deviation, dB	±1	±1	±1	±3	±5	±6



ภาพที่ 6 แหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง

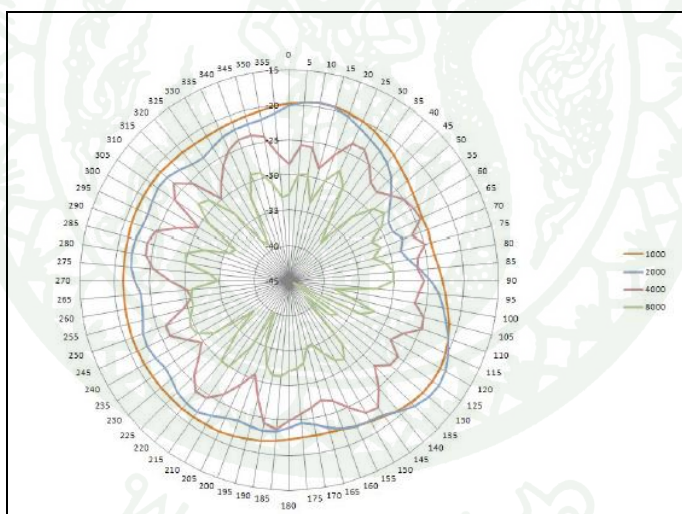
ที่มา: Jaantinen (2011)

ข้อจำกัดของแหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง คือ ลักษณะทิศทางการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่พบว่า การกระจายตัวของเสียงที่ความถี่ต่ำ 50 – 500 Hz มีการกระจายรอบทิศทางลักษณะสม่ำเสมอ แต่เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 1000 – 8000 Hz ลักษณะการกระจายของเสียงจะไม่สม่ำเสมอ ลักษณะการกระจายของเสียงจะแย่งตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ที่ความถี่สูงขึ้น คือ ตั้งแต่ 1000 – 8000 Hz ระดับความดังเสียงที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเสียงรอบทิศทางจะมีค่าไม่คงที่และคลาดเคลื่อนมากกว่าที่ความถี่ต่ำ 50 – 500 Hz ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8



ภาพที่ 7 ลักษณะทิศทางการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่ ความถี่ 50 – 500 Hz

ที่มา: Jaantinen(2011)



ภาพที่ 8 ลักษณะทิศทางการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่ ความถี่ 1000 – 8000 Hz

ที่มา: Jaantinen (2011)

4. โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง NoiseAtWork-Version 3 ซึ่งมีความสามารถในการคำนวณระดับการสัมผัสเสียงของพนักงาน การจัดทำแผนที่เสียง ประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสเสียงดังของพนักงาน รวมถึงสามารถพยากรณ์ระดับความดังเสียงได้อีกด้วย การทำงานของโปรแกรมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 กรอกรข้อมูลเบื้องต้น เช่น กำหนดจุดตรวจวัดระดับความดังเสียงในพื้นที่

4.2 ใส่แผนที่บริเวณที่จะตรวจวัด

4.3 กำหนดขอบเขตของการตรวจวัดลงในแผนที่

4.4 โปรแกรมคำนวณระดับความดังเสียงในแต่ละจุด พร้อมทั้งจัดทำแผนที่เสียง

4.5 กำหนดจุดที่มีพนักงานทำงานอยู่ลงในแผนที่

4.6 กำหนดจุดของแหล่งกำเนิดเสียงในแผนที่และใส่ข้อมูลระดับความดังเสียง เพื่อใช้โปรแกรมสามารถพยากรณ์ระดับความดังเสียงทั้งหมดได้

5. ระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เสริมประกอบ

5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา HP รุ่น ProBook Intel® Core™ i3-2310M CPU @2.10GHz 4.00 GM of RAM 32-bit Operating System

5.2 เครื่องพิมพ์ชนิดใช้เลเซอร์ hp Laser Jet 1200 series

5.3 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล (Digital Camera) SONY Cyber-shot Model NO. DSC – W190

6. โปรแกรมที่ใช้

6.1 NoiseAtWork — Version 3.0 สำหรับใช้วิเคราะห์ระดับความดังเสียง

6.2 Minitab 16 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

6.3 Microsoft office 2010 สำหรับจัดทำเอกสาร

7. เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ Brüel & Kjaer รุ่น Hand-held Analyzer Type 2250

วิธีการ

1. ศึกษาโครงสร้างและวิธีการใช้งานของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

1.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

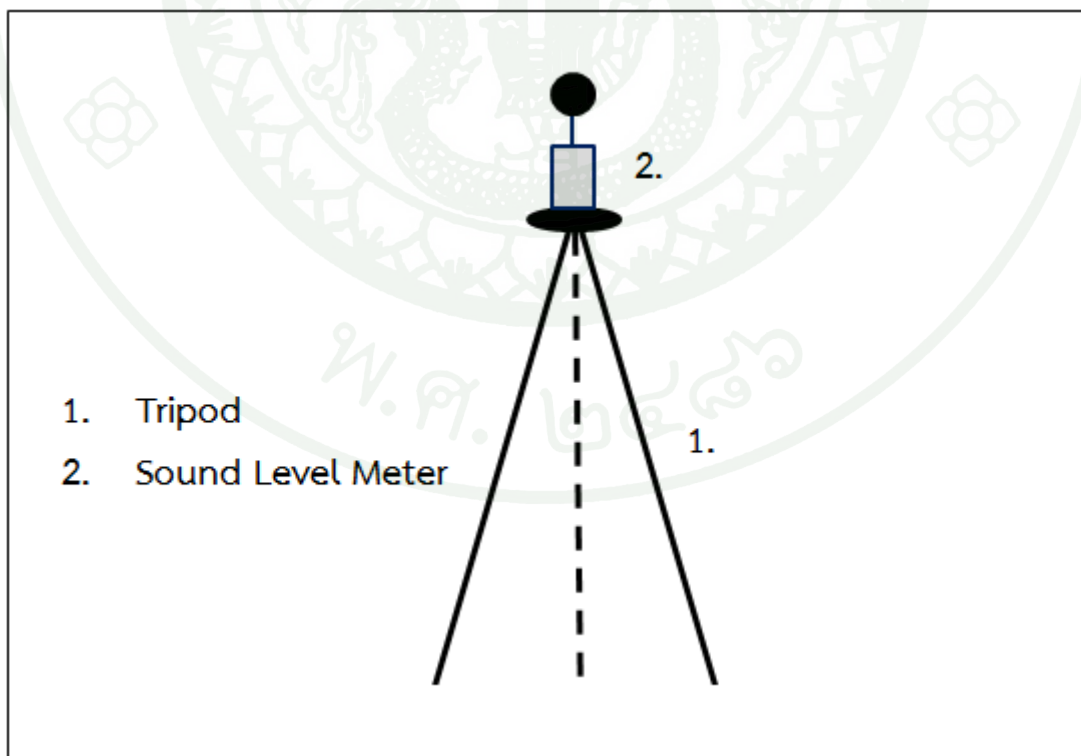
1.2 ข้อจำกัดของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

1.3 ติดตั้งโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงภายในโรงงานอุตสาหกรรม

2. ศึกษาวิธีการตรวจวัดเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) และวิธีการติดตั้งแสดงในภาพ

2.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดเสียง

2.2 ข้อจำกัดของเครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter)



ภาพที่ 9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับเสียง

3. ออกแบบวิธีการทดลองและจำลองสถานการณ์ในพื้นที่จริง

3.1 กำหนดขอบเขตของการศึกษาและตรวจวัดเสียงในโรงงานอุตสาหกรรม

3.2 ตรวจวัดระดับความดังเสียง โดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) เพื่อเปรียบเทียบกับผลจากการใช้โปรแกรม

3.3 กำหนดขนาดของตัวอย่างที่จะตรวจวัด โดยใช้สมการการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยดังสมการ

$$N = \frac{(Z_a + Z_b)^2}{C^2} + 3 \quad (19)$$

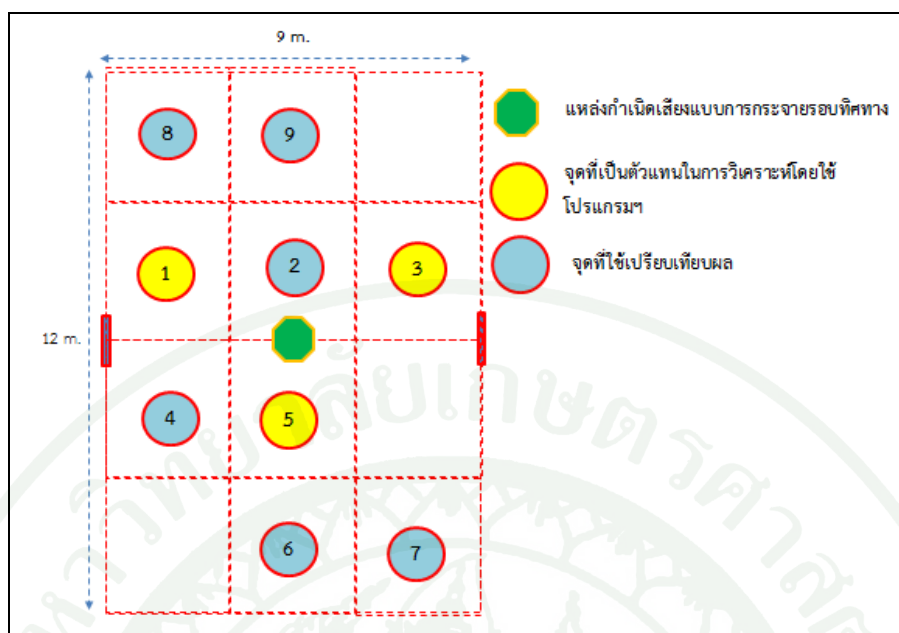
เมื่อ	N	คือ	Sample size (Set)
	Z_a	คือ	Fixed reliability at 95% , $Z_a = 1.96$
	Z_b	คือ	Power of test at 90% , $Z_b = 1.282$
	C	คือ	$\frac{1}{2} \ln (1+r/1-r)$ (at Correlation value (r) = 0.991
ดังนั้น	C	=	2.70)

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{(1.96+1.282)^2}{2.70^2} + 3 \\
 &= 4.44 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

ดังนั้น จึงตรวจวัดระดับเสียงในแต่ละความถี่ 4 ครั้ง

3.4 ปลอ่ยคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง ความถี่ตั้งแต่ 125 – 8000 Hz แล้วทำการตรวจวัดระดับเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงทุกจุด ตั้งแต่จุดที่ 1 ถึง จุดที่ 9 บันทึกผลและตรวจวัดระดับความดังเสียงซ้ำในแต่ละจุด 4 ครั้ง โดยกำหนดระดับความดังเสียงที่ปลอ่ยออกจากแหล่งกำเนิดเสียงที่ 80 dBA และ 90 dBA ตามลำดับ



ภาพที่ 10 แผนผังแสดงจุดตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM) และจุดที่ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

4. บันทึกข้อมูลผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียงลงในโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

4.1 ป้อนข้อมูลระดับความดังเสียงจุดที่ 1 จุดที่ 3 และจุดที่ 5 เข้าไปในโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแหล่งกำเนิดเสียง

4.2 ป้อนข้อมูลขนาดพื้นที่ห้องที่ทำการทดลองรวมถึงสิ่งกีดขวางต่างๆ ภายในห้อง และข้อมูลอื่นๆ ที่อาจจะมีผลต่อการสะท้อน การหักเห หรือการเบี่ยงเบนของเสียง

4.3 โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงจะแสดงระดับความดังเสียงภายในห้องทั่วห้องออกมาเป็นลักษณะแผนที่เสียง

5. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและจากการตรวจวัดเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียงเพื่อตรวจสอบสมมติฐานโดยเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงที่ได้จากการใช้เครื่องมือวัดในแต่ละจุดกับระดับความดังเสียงที่วิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่องมือ ทุกจุดตั้งแต่จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 9

6. ยืนยันผลเปรียบเทียบโดยนำไปวางแผนควบคุมปัจจัยเสียงรบกวนเสียงดังในโรงงาน



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการทำการวิจัย

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการเปรียบเทียบระดับความดังเสียงระหว่างโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง ที่ระดับความดังเสียง 80 dBA และ 90 dBA โดยแยกวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วง คือความถี่ 125, 250, 500 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา เนื่องจากระดับความคลาดเคลื่อนของการตอบสนองต่อความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ในระดับที่ต่ำ คือ ± 1 dB และช่วงความถี่ 1000, 2000, 4000, 8000 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ระดับความคลาดเคลื่อนของการตอบสนองต่อความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงสูงขึ้น คือ ± 3 ถึง ± 6 dB เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (SLM) และการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงทั้ง 2 ช่วงความถี่โดยตรวจวัดทั้งหมด 9 จุด ดังภาพที่ 9 โดยให้จุดที่ 1, 3 และ 5 เป็นระดับความดังเสียงที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง เนื่องจากเป็นจุดที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียงและอยู่บริเวณกลางห้อง ซึ่งผลจากการสะท้อน ดูดกลืน และหักเหของเสียงมีผลต่อจุดที่ 1, 3 และ 5 น้อยกว่าจุดอื่นๆ

ผลการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การศึกษาผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงจากเครื่องมือตรวจวัด การศึกษาระดับความดังเสียงที่ได้จากการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง และ การเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ได้จากทั้ง 2 วิธี

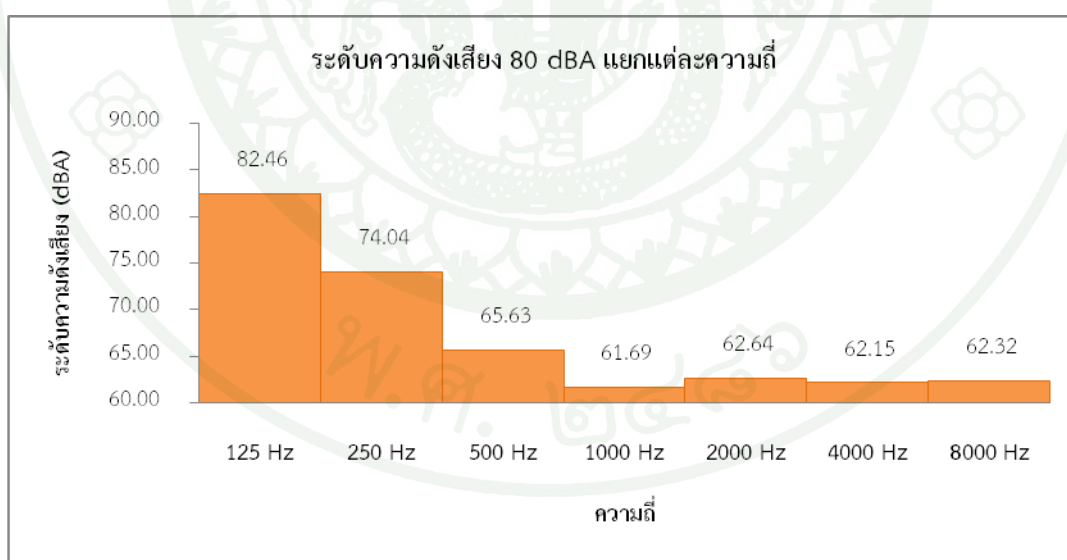
1. ศึกษาผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงจากเครื่องมือตรวจวัด (SLM)

ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงจากเครื่องมือตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 80 dBA และ 90 dBA โดยทำการตรวจวัดที่ละจุดทั้งหมด 9 จุด และตรวจวัดแบบแยกความถี่ 7 ความถี่ ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 และ 8000 Hz พบว่า ที่ช่วงความถี่ต่ำ 125, 250, 500, 1000 Hz ระดับเสียงจะลดลงตามลำดับ เนื่องจาก ที่ความถี่ต่ำ 125 – 500 Hz เสียงจะสามารถแพร่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดได้รอบทิศทาง แต่พบว่าเมื่อความถี่สูงขึ้น คือ 1000, 2000, 4000 และ 8000 Hz ระดับความคลาดเคลื่อนต่อการตอบสนองต่อความถี่จะเพิ่มขึ้นทำให้ระดับความดังเสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่สูงมีความคลาดเคลื่อนออกจากระดับความดังเสียงที่ได้ตั้งค่าไว้ในลักษณะที่ระดับความดังเสียงลดลงจากระดับความดังเสียงที่ตั้งค่าไว้ ประกอบกับลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeaker) ที่เลือกใช้เป็นชนิดที่ตอบสนองต่อความถี่ต่ำโดยจะตอบสนองความถี่เสียงในช่วงประมาณ 20 – 500 Hz ทำให้ระดับความดังเสียงที่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงลดลงที่ความถี่ 1000, 2000, 4000 และ 8000 Hz ซึ่งผลจากการทดลองสอดคล้องกับลักษณะการกระจายตัวของเสียงของลำโพงและลักษณะของลำโพงที่ใช้ทำให้ระดับเสียงที่ตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ความถี่ 1000, 2000, 4000 และ 8000 Hz ลดลงทั้งระดับความดังเสียง 80 dBA และ 90 dBA

1.1 ผลการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM)แยกความถี่

ภาพที่ 12 ผลจากการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด ที่ระดับความถี่ 125 Hz ทั้งหมด 9 จุดระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 82.46 dBA ระดับความถี่ 250 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 74.04 dBA ระดับความถี่ 500 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 65.52 dBA ระดับความถี่ 1000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 61.69 dBA ระดับความถี่ 2000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 62.63 dBA ระดับความถี่ 4000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 62.10 dBA และ ระดับความถี่ 8000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 62.32 dBA

ผลการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM) ที่ระดับความดังเสียง 80 dBA โดยแบ่งช่วงความถี่ออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่ต่ำ 125 – 500 Hz และช่วงความถี่สูง 1000 – 8000 Hz พบว่าช่วงความถี่ต่ำระดับความดังเสียงจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น เช่น ความถี่ 125 Hz ระดับความดังเสียงเท่ากับ 82.46 dBA แต่เมื่อความถี่สูงขึ้นเป็น 250 Hz ทำให้ระดับความดังเสียงลดลง 8.42 dBA เหลือ 74.04 dBA ซึ่งเป็นผลมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ คือ แหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทางที่ใช้ทำการทดลองจะตอบสนองช่วงความถี่ต่ำ 125 – 500 Hz ส่วนระดับความดังเสียงเสียงจะคงที่ในช่วงความถี่สูง คือ 1000 – 8000 Hz แหล่งกำเนิดเสียงจะลดการตอบสนองลงทำให้ระดับความดังเสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงในช่วงความถี่สูงไม่ถึงระดับความดังเสียงตามที่ตั้งค่าไว้

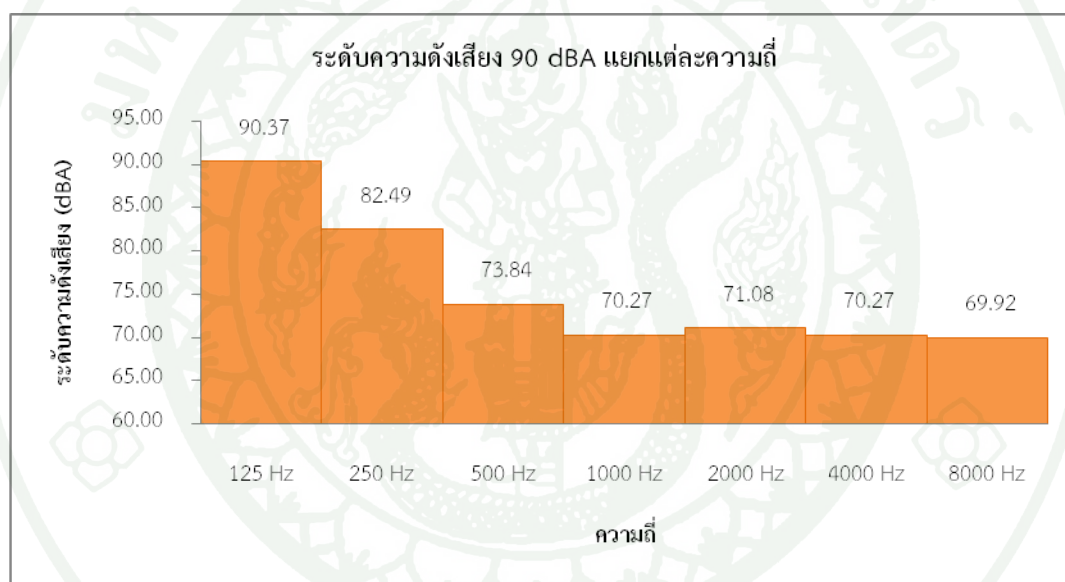


ภาพที่ 12 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ 80 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่

ภาพที่ 13 แสดงผลจากการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด ที่ระดับความถี่ 125 Hz 9 จุด ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 90.37 dBA ระดับความถี่ 250 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย

เท่ากับ 82.49 dBA ระดับความถี่ 500 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 73.84 dBA ระดับความถี่ 1000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 70.27 dBA ระดับความถี่ 2000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 71.08 dBA ระดับความถี่ 4000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 70.27 dBA และ ระดับความถี่ 8000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 69.92 dBA

ผลการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM) ที่ระดับความดังเสียง 90 dBA ให้ผลการทดลองเหมือนกับที่ระดับความดังเสียง 80 dBA นั่นคือ ในช่วงความถี่ต่ำ ระดับความดังเสียงลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นในช่วงความถี่ต่ำและในช่วงความถี่สูง ระดับความดังเสียงเสียงจะเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากใช้แหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทางเดียวกัน ทำให้ลักษณะการกระจายของเสียง ในทั้งช่วงความถี่ต่ำและสูง ที่ระดับความดังเสียง 80 และ 90 dBA เหมือนกัน



ภาพที่ 13 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ 90 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่

ตารางที่ 10 ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดที่ความถี่ 125 – 8000 Hz จากการปล่อยเสียงจาก
แหล่งกำเนิดเสียง 80 dB

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
จุดที่ 1	83.00	73.18	63.79	60.87	62.72	62.99	61.25
จุดที่ 2	83.21	78.64	67.92	65.01	63.40	62.56	63.38
จุดที่ 3	83.51	74.17	64.73	61.03	62.38	62.43	63.00
จุดที่ 4	82.96	73.16	63.71	59.32	62.26	62.12	62.36
จุดที่ 5	82.72	78.12	68.18	65.21	63.70	63.69	63.57
จุดที่ 6	83.64	73.31	64.86	60.55	62.91	63.40	62.98
จุดที่ 7	81.67	75.73	67.07	62.07	61.41	61.53	61.96
จุดที่ 8	82.07	67.81	66.42	61.64	62.62	61.20	61.85
จุดที่ 9	79.34	72.21	63.95	59.53	62.32	59.44	60.49

ตารางที่ 11 ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดที่ความถี่ 125 – 8000 Hz จากการปล่อยเสียงจาก
แหล่งกำเนิดเสียง 90 dB

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
จุดที่ 1	90.96	82.08	71.49	69.23	71.19	70.71	69.66
จุดที่ 2	91.63	86.66	76.26	73.07	72.54	71.00	71.00
จุดที่ 3	91.03	82.75	73.02	69.47	70.93	70.72	70.36
จุดที่ 4	90.81	82.44	73.33	69.63	71.18	70.58	70.07
จุดที่ 5	90.91	86.13	76.17	73.51	72.05	70.80	70.36
จุดที่ 6	91.66	81.95	73.01	69.72	70.89	71.41	71.05
จุดที่ 7	89.53	83.78	75.16	70.59	69.66	69.38	69.65
จุดที่ 8	90.13	76.94	74.30	70.41	71.03	69.46	69.33
จุดที่ 9	86.70	79.72	71.84	66.83	70.23	68.33	67.78

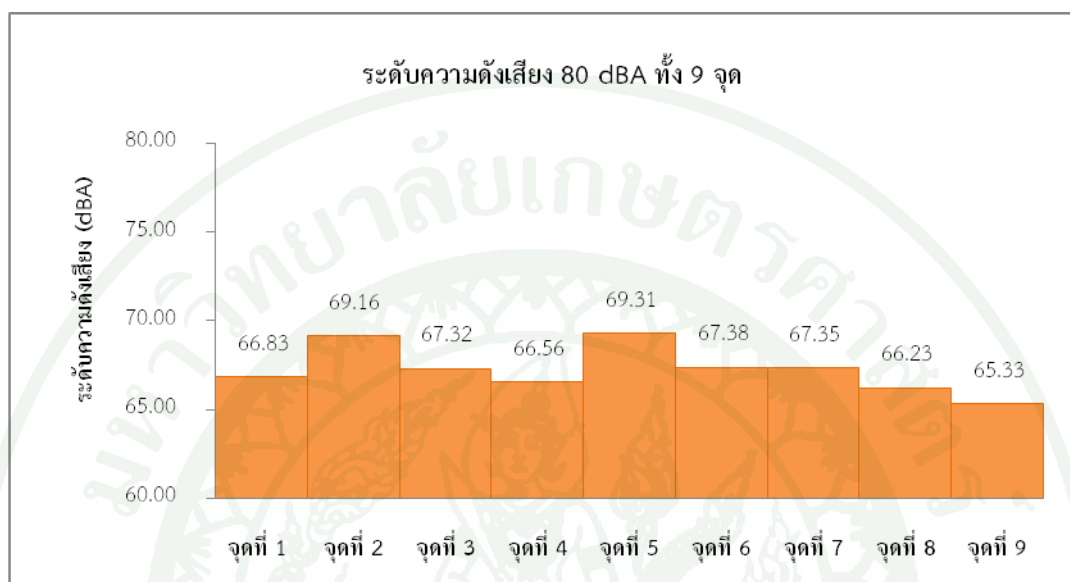
จากตารางที่ 10 และ 11 พบว่าในทุกๆ จุด เมื่อความถี่สูงกว่า 1000 Hz ระดับความดังเสียงจะลดลงจากระดับความดังเสียงที่ความถี่ 500 Hz อยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 dB ทั้งจากการทดลองที่ 80 dB และ 90 dB และหลังจากความถี่ 1000 Hz ระดับความดังเสียงจะเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากการตอบสนองต่อความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงที่ใช้ในการทดลอง และจากการทดลองยังพบว่า ที่ความถี่ 125 – 500 Hz ระดับความดังเสียงจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจาก ลักษณะของ แหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งมีการตอบสนองได้ดีที่ความถี่ต่ำคือ 125 Hz ทำให้ระดับความดังเสียงที่ 125 Hz มีค่าใกล้เคียงกับตามที่ตั้งค่าไว้ และแหล่งกำเนิดเสียงจะลดการตอบสนองที่ความถี่ที่เพิ่มขึ้นจนถึง ความถี่ 1000 - 8000 Hz การตอบสนองของแหล่งกำเนิดเสียงที่ลดลงจึงส่งผลให้ระดับความดังเสียงที่ปล่อยออกมาไม่เป็นไปตามค่าที่ได้ตั้งไว้

1.2 ตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM) ตามจุดตรวจวัด 9 จุด

ภาพที่ 14 แสดงระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 9 จุด ความถี่ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz ตามลำดับ พบว่าระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 1 เท่ากับ 66.83 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 2 เท่ากับ 69.16 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 3 เท่ากับ 67.32 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 4 เท่ากับ 66.56 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 5 เท่ากับ 69.31 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 6 เท่ากับ 67.38 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 7 เท่ากับ 67.35 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 8 เท่ากับ 66.23 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 9 เท่ากับ 65.33 dBA

จากผลการทดลอง สามารถแยกจุดตรวจวัดออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระยะห่างจาก แหล่งกำเนิดเสียง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือ จุดที่ 2 และจุดที่ 5 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุดระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงจุด 2 และ 5 ประมาณ 1.5 เมตร ทำให้มีระดับความดังเสียงมากกว่าจุดอื่นกลุ่มที่ 2 คือจุดที่ 1, 3 และ 4 เป็นจุดที่มีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงใกล้เคียงกัน โดยระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงจุด 1, 3 และ 4 ประมาณ 2.1 เมตรและเป็นจุดที่อยู่ชิดผนังและอยู่ติดกับประตูเข้าออก ทำให้มีระดับเสียงใกล้เคียงกัน และกลุ่มที่ 3 คือ จุดที่ 6 ถึง 9 คือจุดที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุด และอยู่ชิดผนังด้านหน้าและด้านหลังห้อง ระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงจนถึงจุดที่ 6 และ 9 ประมาณ 4.5 เมตร ส่วนระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงจนถึงจุดที่ 7 และ 8 ประมาณ 5.4 เมตร ซึ่งทำให้ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับจุดตรวจวัดมีผลต่อระดับความดังเสียงที่วัดได้ โดยหากพิจารณาจากเสียงที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดที่ไม่มีผนังหรือสิ่งกีดขวางจะพบว่าระดับเสียงจากลดลง 6 dBA เมื่อระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับจุดรับเสียงเพิ่มขึ้น 2 เท่า สำหรับแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด เช่นระดับความดังเสียงที่จุดที่ 9 จะลดลง 6 dBA จากระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ที่จุดที่ 2 คือ 63.16 dBA และระดับความดังเสียงที่จุดที่ 6 ก็จะลดลง 6 dBA จากระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ที่จุดที่ 5 คือ 63.31 dBA แต่เนื่องจากห้องที่ใช้ในการทดลอง มีขนาดความกว้าง 9 เมตร ยาว 12 เมตร มีผนังล้อมรอบทั้ง 4 ด้าน จึงเกิดการสะท้อนของคลื่นเสียง

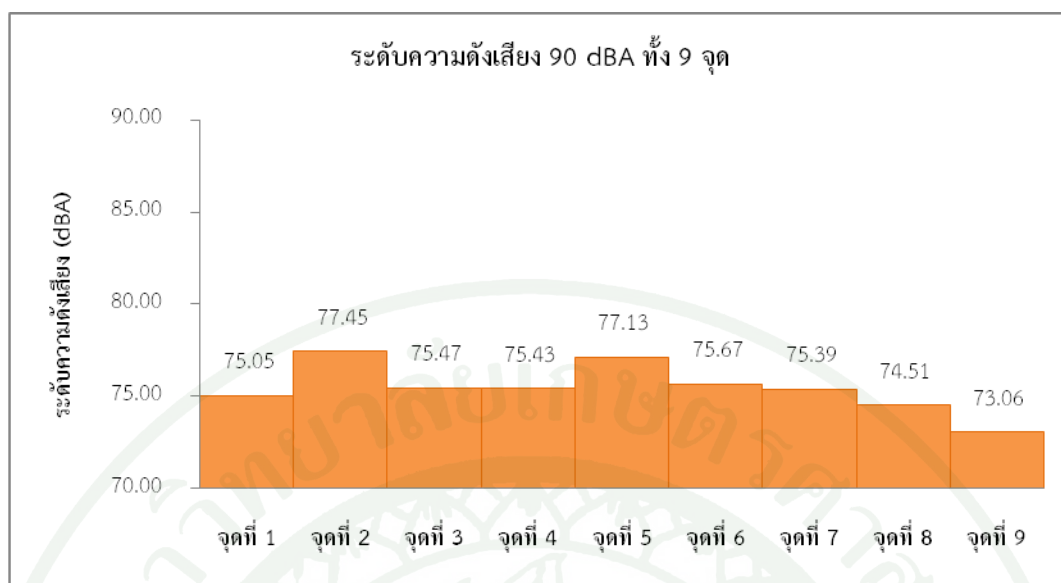
จากผนังทำให้ระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ที่จุด 6 และจุด 9 มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนจุดที่ 7 และ 8 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุดแต่จุดตรวจวัดอยู่บริเวณมุมห้องซึ่งการสะท้อนของคลื่นเสียงบริเวณนี้จะมากที่สุด ทำให้ระดับเสียงที่จุด 7 และ 8 มากกว่าจุดที่ 6 และจุดที่ 9



ภาพที่ 14 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ 80 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด

ภาพที่ 15 แสดงผลจากการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด ความถี่ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz ตามลำดับ พบว่าระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 1 เท่ากับ 75.05 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 2 เท่ากับ 77.45 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 3 เท่ากับ 75.47 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 4 เท่ากับ 75.43 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 5 เท่ากับ 77.13 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 6 เท่ากับ 75.67 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 7 เท่ากับ 75.39 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 8 เท่ากับ 74.51 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 9 เท่ากับ 73.06 dBA

จากผลการทดลองที่ระดับความดังเสียง 90 dBA ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองที่ระดับความดังเสียง 80 dBA ซึ่งสามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน

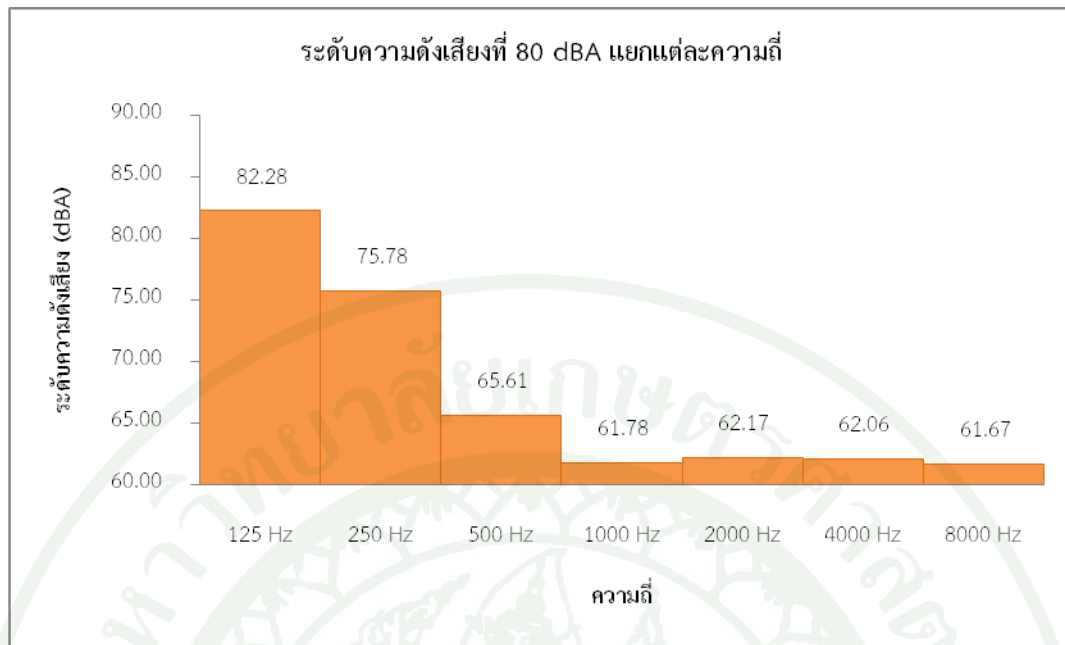


ภาพที่ 15 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ 90 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด

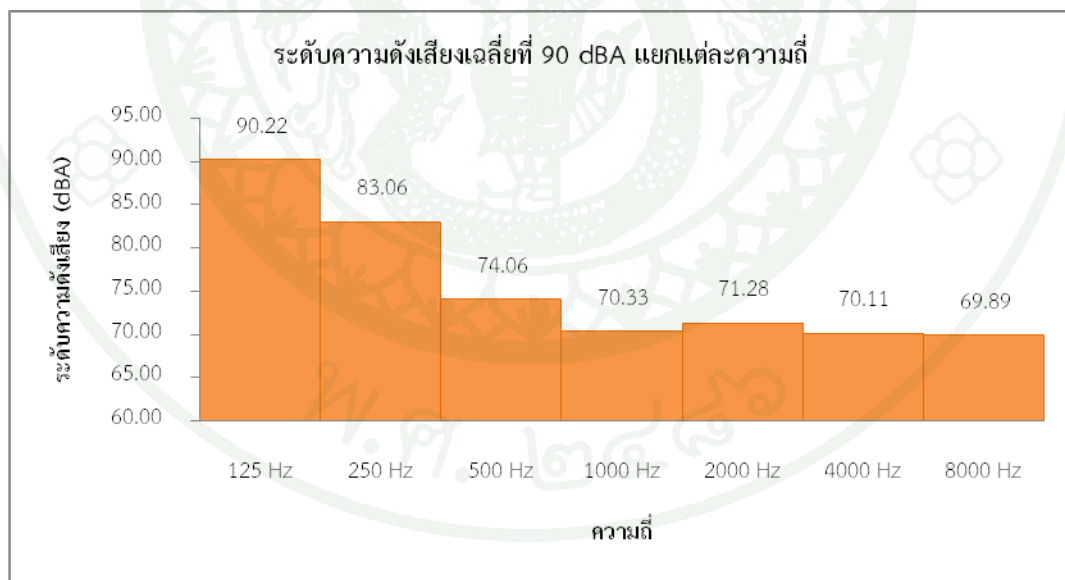
2. ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ที่ระดับความดังเสียง 80 dBA โดยนำผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (SLM) ที่ได้จากจุดตรวจวัดที่ 1, 3 และ 5 ในทุกความถี่ ป้อนลงในโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ระดับความดังเสียงที่ได้จากโปรแกรมดังแสดงในภาพที่ 16 และ 17

ภาพที่ 16 แสดงผลจากการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ระดับความถี่ 125 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 82.28 dBA ระดับความถี่ 250 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 75.78 dBA ระดับความถี่ 500 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 65.61 dBA ระดับความถี่ 1000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 61.78 dBA ระดับความถี่ 2000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 62.17 dBA ระดับความถี่ 4000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 62.06 dBA และ ระดับความถี่ 8000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 61.67 dBA



ภาพที่ 16 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 80 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่



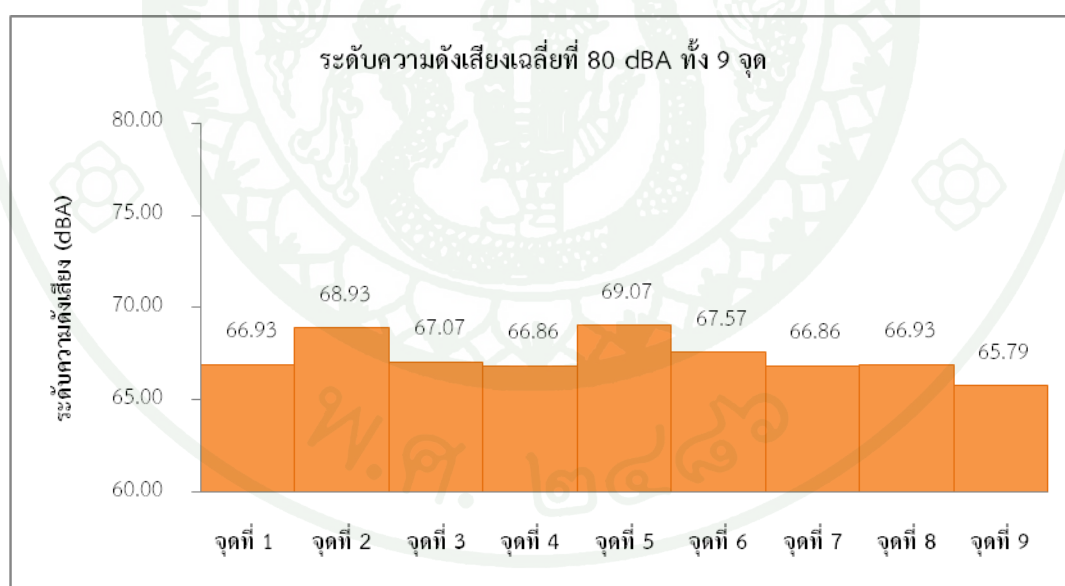
ภาพที่ 17 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 90 dBA แยกความถี่ 7 ความถี่

ภาพที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ระดับความถี่ 125 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 90.22 dBA ระดับความถี่ 250 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 83.06 dBA ระดับความถี่ 500 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ

74.06 dBA ระดับความถี่ 1000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 70.33 dBA ระดับความถี่ 2000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 71.28 dBA ระดับความถี่ 4000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 70.11 dBA และ ระดับความถี่ 8000 Hz ระดับความดังเสียงเฉลี่ย เท่ากับ 69.89 dBA

จากภาพที่ 16 และ 17 พบว่า เมื่อนำระดับความดังเสียงที่ได้จากผลการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM) มาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม ผลการกระจายตัวของเสียงในช่วงความถี่ต่ำ 125 – 500 Hz และช่วงความถี่สูง 1000 – 8000 Hz จะสอดคล้องกับผลที่ได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ช่วงความถี่ แสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ไม่แตกต่างกับผลที่ได้จากการใช้เครื่องมือตรวจวัด

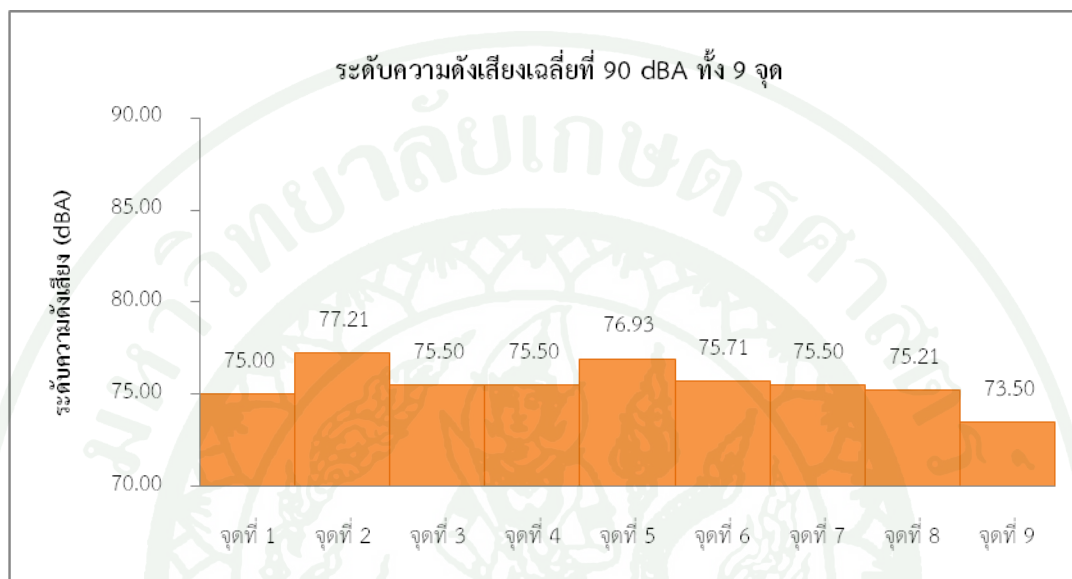
ภาพที่ 18 แสดงผลจากการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด ความถี่ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz ตามลำดับ พบว่าระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 1 เท่ากับ 66.93 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 2 เท่ากับ 68.93 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 3 เท่ากับ 67.07 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 4 เท่ากับ 66.86 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 5 เท่ากับ 69.07 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 6 เท่ากับ 67.57 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 7 เท่ากับ 66.86 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 8 เท่ากับ 66.93 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 9 เท่ากับ 65.79 dBA



ภาพที่ 18 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 80 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด

ภาพที่ 19 แสดงผลจากการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด ความถี่ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz ตามลำดับ พบว่าระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 1 เท่ากับ 75.00 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 2 เท่ากับ 77.21 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 3 เท่ากับ

75.50 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 4 เท่ากับ 75.50 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 5 เท่ากับ 76.93 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 6 เท่ากับ 75.71 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 7 เท่ากับ 75.50 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 8 เท่ากับ 75.21 dBA ระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่จุดที่ 9 เท่ากับ 73.50 dBA



ภาพที่ 19 ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 90 dBA แยกแต่ละจุด ทั้งหมด 9 จุด

จากภาพที่ 18 และ 19 จะเห็นได้ว่า เรารอกรอกข้อมูลระดับความดังเสียงจุดที่ 1, 3 และ 5 ลงในโปรแกรม แล้วให้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่จุดที่ 2, 4, 6, 7, 8 และ 9 ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมลักษณะของความดังเสียงเหมือนกับการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง

3. เปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ได้จากทั้ง 2 วิธี

จากการทดลองหาระดับความดังเสียงในแต่ละความถี่ ตั้งแต่ 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 และ 8000 Hz โดยทดลองที่ 2 ระดับความดังเสียง คือ 80 และ 90 dBA ทั้งหมด 9 จุด โดยทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง ทั้งหมด 504 ตัวอย่าง แยกออกเป็น ระดับความดังเสียง 80 dBA 252 ตัวอย่าง และ ระดับความดังเสียง 90 dBA 252 ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

ระดับความดังเสียง	เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (SLM) (n)	โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง (n)	Total (n)
80 dBA	252	63	315
90 dBA	252	63	315
Total	504	126	630

เมื่อนำผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ได้จากทั้ง 2 วิธี มาวิเคราะห์ข้อมูลแบบ T-Test: Paired Two Sample for Means โดยใช้โปรแกรม MiniTab 16 เพื่อเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุด ระหว่างการใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง และการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

สมมติฐาน

H_0 : ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 วิธี

H_1 : ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดแตกต่างกันระหว่าง 2 วิธี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ 2 ระดับความดังเสียง คือ 80 และ 90 dBA ดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 80 dBA ระหว่างการใช้โปรแกรมฯ กับการใช้เครื่องมือตรวจวัด

จุดที่ตรวจวัด	df	T-Value	P-Value
1	6	-0.33	0.754
2	6	1.57	0.168
3	6	0.77	0.473
4	6	-0.77	0.472
5	6	3.66	<u>0.011</u>
6	6	-0.70	0.509
7	6	3.34	<u>0.016</u>
8	6	-0.64	0.544
9	6	-0.98	0.367

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ 90 dBA ระหว่างการใช้โปรแกรมฯ กับการใช้เครื่องมือตรวจวัด

จุดที่ตรวจวัด	df	T-Value	P-Value
1	6	0.45	0.672
2	6	2.00	0.093
3	6	-0.34	0.746
4	6	-0.72	0.498
5	6	1.90	0.106
6	6	-0.26	0.804
7	6	-0.98	0.366
8	6	-1.25	0.259
9	6	-2.70	<u>0.035</u>

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ T-Test: Paired Two Sample for Means พบว่า P-Value เกือบทั้งหมดมีค่ามากกว่า α (0.05) ดังนั้น จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ สรุปได้ว่า ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันระหว่างตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือกับโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง แต่พบ 2 จุดที่ระดับความดังเสียง 80 dBA แสดงในตารางที่ 13 คือ จุดที่ 5 และ 7 ค่า P-Value (0.011, 0.016) มีค่าน้อยกว่า α (0.05) และ 1 จุดที่ระดับความดังเสียง 90 dBA แสดงในตารางที่ 14 คือ จุดที่ 9 ค่า P-Value (0.035)

จุดที่ปฏิเสธสมมติฐาน 3 จุด เกิดจากผลการตรวจวัดระดับเสียงที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดไม่คงที่ จึงทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตรวจวัดสูงกว่าจุดอื่นๆ โดยมีเกิดขึ้นได้จากสาเหตุ ดังนี้

- ผลจากลักษณะการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่ ที่ความถี่ตั้งแต่ 1000 – 8000 Hz จะมีการกระจายตัวในทิศทางที่ไม่แน่นอนและไม่คงที่ จึงทำให้ระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ในแต่ละครั้งที่ทดลองไม่เท่ากัน

- มีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงอื่นรบกวนขณะทำการทดลอง ห้องที่ใช้ทำการทดลองเป็นห้องสัมมนาอยู่ภายในอาคารเดียวกับอาคารสำนักงานและห้องประชุม ซึ่งขณะทำการทดลองเป็นเวลาทำงานและมีการใช้ห้องประชุม ซึ่งมีเสียงดังจากการปิด เปิดประตูห้องประชุม เสียงเดินของพนักงานรบกวนการทดลอง

4. ผลของปัจจัยจุดตรวจวัดและความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัดที่มีต่อระดับความดังเสียง

เมื่อนำผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงมาวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบ ANOVA เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่อาจจะมีผลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ จุดตรวจวัดและความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด

4.1 เปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่วัดโดยใช้เครื่องมือวัดระดับความดังเสียงกับความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด

สมมุติฐาน

H_0 : ความถี่ไม่มีผลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้

H_1 : ความถี่มีผลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปัจจัยความถี่กับระดับความดังเสียงที่วัดได้

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Hz	6	13800.9	13800.9	2300.1	620.86	0.000
Error	245	907.7	907.7	3.7		
Total	251	14708.5				

จากผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า P-Value (0.000) มีค่าน้อยกว่า α (0.05) ดังนั้น จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า ความถี่มีผลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้

4.2 เปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่วัดโดยใช้เครื่องมือวัดระดับความดังเสียง ระหว่าง 2 ปัจจัย คือ จุดตรวจวัดและความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด

สมมุติฐาน

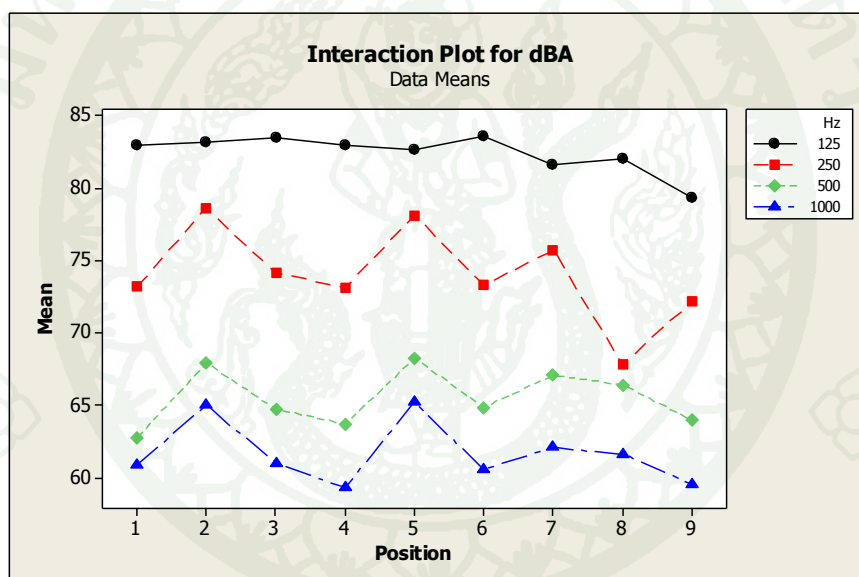
H_0 : อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ ไม่มีผลต่อระดับความดังเสียง

H_1 : อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ มีผลต่อระดับความดังเสียง

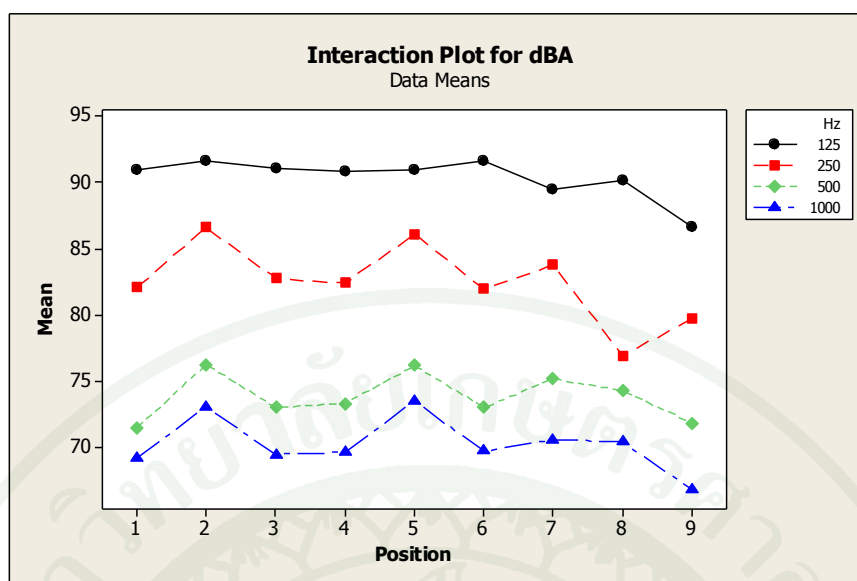
ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่กับระดับความดังเสียงที่วัดได้

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Position	8	380.71	380.71	47.59	62.88	0.000
Hz	6	13800.85	13800.85	2300.14	3039.21	0.000
Position*Hz	48	383.92	383.92	8.00	10.57	0.000
Error	189	143.04	143.04	0.76		
Total	251	14708.52				

จากผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า P-Value (0.000) มีค่าน้อยกว่า α (0.05) ดังนั้น จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ มีผลต่อระดับความดังเสียง



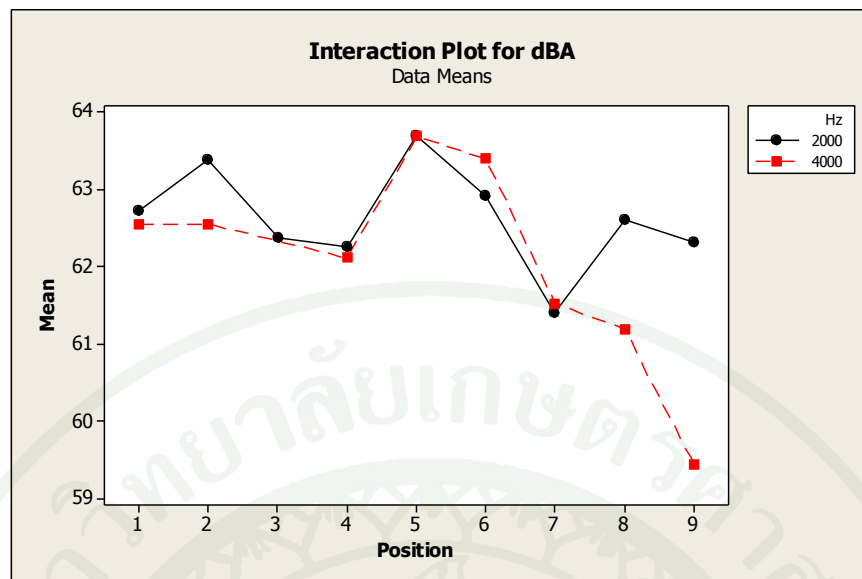
ภาพที่ 20 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 125 – 1000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 80 dBA



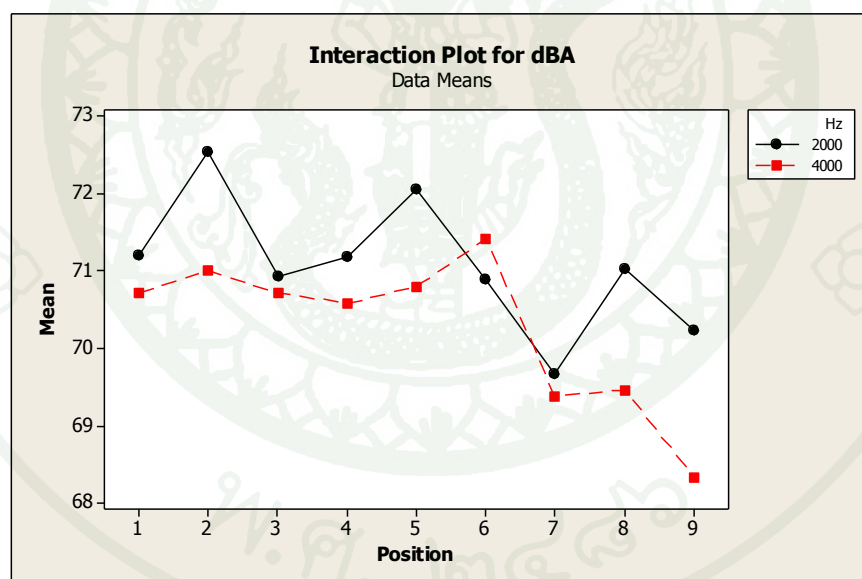
ภาพที่ 21 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 125 – 1000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 90 dBA

จากภาพที่ 20 และ 21 จะเห็นว่าที่ความถี่ 250 - 1000 Hz ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดตรวจวัดเป็นไปในลักษณะเดียวกัน คือ จุดที่ 2 และจุดที่ 5 มีระดับความดังเสียงสูงกว่าจุดอื่นๆ ส่วนจุด 1, 3 และ 4 มีระดับความดังเสียงใกล้เคียงกัน ซึ่งระดับเสียงจะลดลงเมื่อระยะทางจากแหล่งกำเนิดเสียงกับจุดรับเสียงเพิ่มขึ้น โดยทุกๆ ระยะทางที่เพิ่มขึ้น 2 เท้า จะทำให้ระดับเสียงลดลง 6 dBA สำหรับแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด สามารถอธิบายได้จากจุดที่ 6 และจุดที่ 9 ซึ่งมีระยะห่างเป็น 2 เท้าจากจุดที่ 2 และจุดที่ 5 ดังนั้น ระดับความดังเสียง จุดที่ 6 และจุดที่ 9 จะต้องน้อยกว่าจุดที่ 2 และจุดที่ 5 อยู่ 6 dBA แต่เนื่องจากลักษณะของห้องที่ทำการทดลองมีผนังรอบด้านซึ่งการสะท้อนของเสียงจากผนังห้องจะทำให้ระดับเสียงเพิ่มขึ้น ดังนั้น ระดับความดังเสียงจุดที่ 6 และจุดที่ 9 จึงลดลงจากจุดที่ 2 และจุดที่ 5 ไม่ถึง 6 dBA แต่พบว่ามีการลดลงของระดับความดังเสียงอย่างชัดเจน

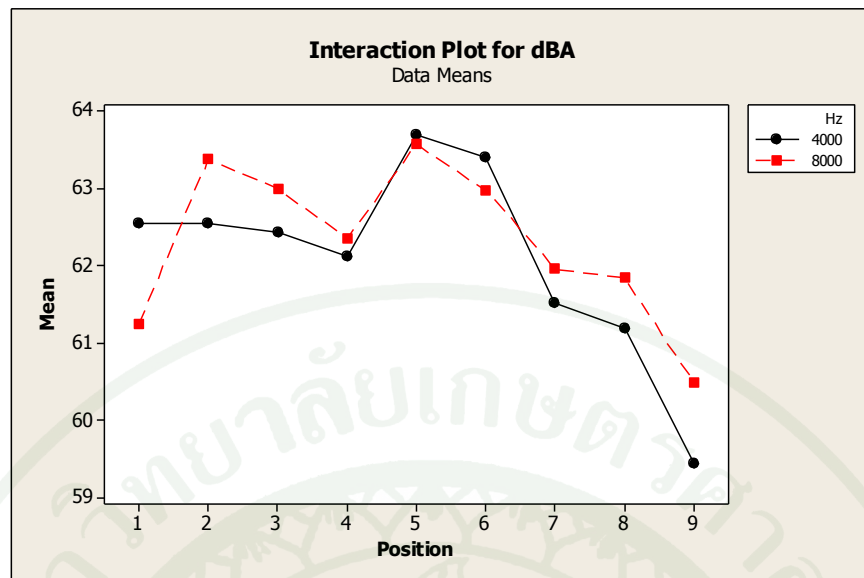
ระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ในแต่ละความถี่นั้น ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ระดับความดังเสียงในแต่ละความถี่แตกต่างกัน คือ คุณลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeakers) หรือลำโพงที่ใช้ในการทดลองนั่นเอง โดยแหล่งกำเนิดเสียงที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะการกำเนิดเสียงซึ่งตอบสนองได้ดีที่ความถี่ 125 – 500 Hz และที่ความถี่ 1000 Hz แหล่งกำเนิดเสียงเริ่มลดการตอบสนองและระดับเสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงเริ่มลดลง จึงทำให้ระดับเสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงน้อยกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ คือ 80 หรือ 90 dBA



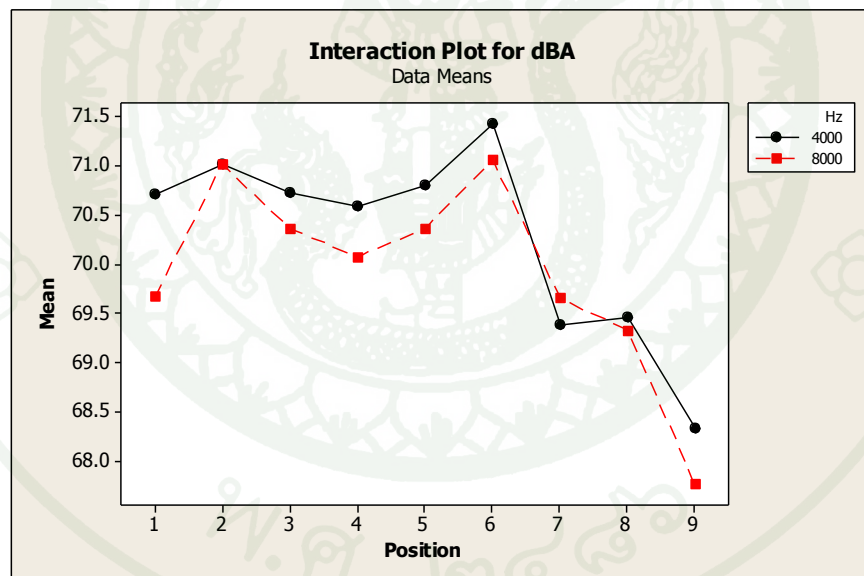
ภาพที่ 22 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 2000 – 4000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 80 dBA



ภาพที่ 23 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 2000 – 4000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 90 dBA



ภาพที่ 24 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 4000 – 8000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 80 dBA



ภาพที่ 25 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่ 4000 – 8000 Hz ที่มีผลต่อระดับความดังเสียง 90 dBA

จากภาพที่ 22 ถึง 25 พบว่าที่ความถี่ 2000 – 8000 Hz ซึ่งเป็นความถี่ที่ระดับความดังเสียงที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเสียงตอบสนองต่อความถี่น้อยกล่าวคือ แหล่งกำเนิดเสียงจะปล่อยคลื่นเสียงออกมาที่ความถี่ 2000 – 8000 Hz ลดลง และทำให้แหล่งกำเนิดเสียงไม่สามารถปล่อยระดับความดังเสียงได้ตามค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งถือว่าเป็นข้อจำกัดของอุปกรณ์

ลักษณะการกระจายตัวของระดับความดังเสียงในแต่ละจุดมีลักษณะที่ไม่แน่นอน ที่ความถี่ 2000 – 8000 Hz เนื่องจากคุณลักษณะของลำโพงขนาดใหญ่ ที่พบว่าเมื่อความถี่สูงการกระจายตัวของเสียงรอบๆ ทิศทางของลำโพงจะไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงตามจุดตรวจวัดไม่สม่ำเสมอ

วิจารณ์

จากการศึกษาวิธีการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด Sound Level Meter และวิธีการใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง สามารถทำการวิจารณ์ได้ดังนี้

การเปรียบเทียบระดับความดังเสียง โดยใช้เครื่องมือตรวจวัด Sound Level Meter และ การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงพบว่าระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันระหว่างทั้ง 2 วิธี โดยมีเพียง 3 จุด ที่ปฏิเสธสมมุติฐานจึงสรุปได้ว่า ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจุด 3 จุด ที่ปฏิเสธสมมุติฐานนั้นโดยเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ลักษณะการกระจายทิศทางของการกระจายตัวของเสียงสำหรับลำโพงขนาดใหญ่ ที่กระจายตัวได้ไม่คงที่ที่ความถี่ 1000 – 8000 Hz ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่เกิดจากอุปกรณ์ หรือ เกิดจากมีแหล่งกำเนิดเสียงอื่นรบกวนการทดลอง เนื่องจากห้องที่ทำการทดลองเป็นห้องสัมมนาที่อยู่ภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งมีเสียงจากห้องประชุมและเสียงที่เกิดจากพนักงาน ทำให้ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดความคลาดเคลื่อนและเมื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือตรวจวัด โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด และอิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด พบว่า ความถี่ที่ใช้ตรวจวัดและอิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดกับความถี่จะมีผลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้เนื่องจาก ระดับความดังเสียงจะลดลงตามลำดับที่ความถี่ 125, 250 และ 500 Hz โดยที่ความถี่ต่ำ 125 – 500 Hz เสียงจะแพร่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeaker) ได้รอบทิศทาง

จากผลการศึกษา พบว่า ผลการวิเคราะห์ระดับเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงมีความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 95% จากผลการทดลองที่ความถี่ต่ำ 125 – 500 Hz ผลการวิเคราะห์ระดับเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงกับการใช้เครื่องมือไม่แตกต่างกัน ส่วนผลการทดลองที่ความถี่สูง 1000 – 8000 Hz มีข้อจำกัดจากแหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งการกระจายของเสียงไม่สม่ำเสมอและระดับความดังเสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงไม่ได้ถึงค่าระดับความดังเสียงที่ตั้งไว้ แต่เมื่อนำผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด (SLM) ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ก็พบว่าระดับความดังเสียงที่ได้จากทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน

ดังนั้น จึงสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ระดับเสียงของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถพยากรณ์ระดับความดังเสียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังจากติดตั้งหรือปรับแต่งเครื่องจักรก่อนการดำเนินการเพื่อหาผลกระทบและวิธีการป้องกันก่อนติดตั้งหรือปรับปรุงเครื่องจักรได้อีกด้วย ซึ่งโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงมีความสามารถและข้อจำกัด ดังนี้

1. ความสามารถของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

1.1 โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง สามารถแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ พื้นฐานของวิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ถูกต้อง

1.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย โดยสามารถป้อนและบันทึกข้อมูลได้ง่ายและสะดวก มีรายการต่างๆ ให้เลือกเพื่อประหยัดเวลาในการป้อนข้อมูล การปรับปรุงแก้ไข การบันทึกข้อมูล และการสรุปและวิเคราะห์ผล

1.3 สามารถนำภาพแผนที่บริเวณที่ตรวจวัด ไฟล์ CAD หรือ สำเนาภาพแผนที่ ป้อนลงในโปรแกรมเพื่อแสดงผลการตรวจวัดออกมาในรูปแบบแผนที่เสียงได้

1.4 สามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลได้หลากหลายรูปแบบ ที่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่จะนำผลที่ได้จากโปรแกรมไปใช้งาน

1.5 โปรแกรมสามารถระบุวัสดุภายในบริเวณพื้นที่ที่ตรวจวัด เช่น วัสดุที่ใช้ทำผนัง ฝ้าเพดาน พื้น เพื่อวิเคราะห์ระดับการดูดซับและระดับการสะท้อนของเสียงจากวัสดุที่มีผลต่อระดับเสียง หรือกรณีที่ไม่มีการดูดซับและการสะท้อนของวัสดุที่ต้องการ ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลการดูดซับและการสะท้อนของวัสดุในฐานข้อมูลของโปรแกรมได้ด้วยตนเอง ทำให้ระดับความดังเสียงที่ได้จากโปรแกรมมีความถูกต้องมากขึ้น

2. ข้อจำกัดของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ถูกออกแบบภายใต้เงื่อนไขที่เสียงมีการแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดอิสระในทุกทิศทาง ในความเป็นจริงยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเสียง เช่น ขนาดของห้อง ประเภทของวัสดุพื้นและผนัง ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมมีรายการวัสดุและอุปกรณ์ที่มีค่าการดูดซับและค่าการสะท้อนของเสียงที่ต่างกัน ให้ผู้ใช้งานได้เลือกใช้ข้อมูล ดังนั้น ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องพิจารณาองค์ประกอบที่กล่าวมาข้างต้น และป้อนข้อมูลลงในโปรแกรมให้ครบถ้วนให้มากที่สุด เพื่อให้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องแม่นยำที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการดำเนินการทดลองเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงและการวัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง โดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeaker) ปลอ่ยเสียงที่ระดับความดัง 80 dBA และ 90 dBA ความถี่ 125 – 8000 Hz ที่ความสูง 1.2 เมตร ภายในห้องขนาดความกว้าง 9 เมตร ยาว 12 เมตร และสูง 3 เมตร แล้ววัดระดับความดังเสียงที่ได้โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) ทั้งหมด 9 จุด เพื่อนำจุดที่ 1, 3 และ 5 ไปใช้เป็นข้อมูลแหล่งกำเนิดเสียงในโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง เพื่อให้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงทำนายระดับความดังเสียงในจุดที่ 2, 4, 6, 7, 8 และ 9 แล้วนำผลระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) เปรียบเทียบกับระดับความดังเสียงที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดเพื่อหาระดับความเชื่อมั่นของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ดังนี้

1. ระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือตรวจวัด และการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง มีระดับไม่แตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 95% จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนเพื่อศึกษาผลกระทบของเสียงและกำหนดมาตรการเพื่อลดผลกระทบของเสียงได้

2. จากการศึกษาผลของความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด และอิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ที่ใช้ในการตรวจวัด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดมาตรการลดผลกระทบของเสียง ดังนี้

2.1 ความถี่มีผลต่อระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้แหล่งกำเนิดแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeaker) จะตอบสนองต่อระดับความดังเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำคือ 125, 250 และ 500 Hz ทำให้ระดับเสียงที่ปลอ่ยออกมาที่ความถี่ต่ำใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้ แต่พบว่าเมื่อความถี่สูงขึ้น คือ คือ 1000, 2000, 4000 และ 8000 Hz การตอบสนองต่อระดับความดังเสียงจะลดลง ทำให้แหล่งกำเนิดเสียงปลอ่ยคลื่นเสียงออกมาไม่เป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ซึ่งลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeaker) ที่เลือกใช้เป็นชนิดที่ตอบสนองต่อความถี่ต่ำโดยจะตอบสนองความถี่เสียงในช่วงประมาณ 20 - 250 Hz

2.2 อิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่มีผลต่อระดับความดังเสียงโดยพบว่าที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดน้อยที่สุด คือ จุดที่ 2 และ จุดที่ 5 จะมีระดับความดังเสียงมากที่สุด เนื่องจาก หากพิจารณาจากเสียงที่ปลอ่ยออกจากแหล่งกำเนิดที่ไม่มีผนังหรือสิ่งกีดขวางจะพบว่าระดับเสียงจากลดลง 6 dBA เมื่อระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับจุดรับเสียงเพิ่มขึ้น 2 เท่า สำหรับแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด แต่เนื่องจากห้องที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความกว้าง 9 เมตร ยาว 12 เมตร มีผนังล้อมรอบทั้ง 4 ด้าน จึงเกิดการสะท้อนของคลื่นเสียงจากผนัง ทำให้ระดับความดังเสียงที่ตรวจวัด

ได้บริเวณจุดตรวจวัดที่อยู่มุมห้องหรือจุดที่อยู่ติดกับผนังห้องลดลงไม่ถึง 6 dBA เมื่อระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

ดังนั้น ปัจจัยที่พึงระวังคือ ความถี่และอิทธิพลร่วมระหว่างจุดตรวจวัดและความถี่ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อระดับความดังเสียง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่อผู้ที่ดำเนินงานวิจัยต่อไป

1. เนื่องจากโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ใช้ในการทดลอง วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency weighting) ข่าย A โดยจะตอบสนองต่อความถี่ที่น้อยกว่า 2500 Hz ลดลงอย่างรวดเร็ว และที่ความถี่สูงกว่า 4000 Hz จึงควรจะมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่วัดได้จากเครื่องมือวัดและจากโปรแกรมวิเคราะห์ความดังเสียงโดยเลือกวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency weighting) ข่าย C ซึ่งจะขยายสัญญาณในช่วงความถี่ 100 -1000 Hz หรือ เลือกข่าย F ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นเดซิเบลธรรมดาๆ (dB) โดยการขยายสัญญาณไม่ได้คำนึงลักษณะความถี่ของเสียงเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและปรับปรุงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากลักษณะความถี่เสียงของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมมีทั้งที่ให้ความถี่ต่ำและสูง โดยที่คลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าสามารถเดินทางไปได้ไกลกว่าทำให้อาจเป็นปัจจัยทำให้เกิดเสียงดังในโรงงานอุตสาหกรรม

2. เนื่องจากแหล่งกำเนิดเสียงแบบกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeaker) ที่เลือกใช้เป็นชนิดที่ตอบสนองต่อความถี่ต่ำโดยจะตอบสนองความถี่เสียงในช่วงประมาณ 20 - 250 Hz ทำให้ระดับความดังเสียงที่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงลดลงที่ความถี่สูง ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่ตอบสนองต่อทุกความถี่เท่าๆ กัน ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้น

แผนการทำวิจัย

ลำดับ	เรื่อง	ม.ค. 56	ก.พ. 56	มี.ค. 56	เม.ย. 56	พ.ค. 56	มิ.ย. 56	ก.ค. 56
1	ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→						
2	ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป	←→						
3	จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง			←→				
4	ดำเนินการทดลองและเปรียบเทียบผล				←→			
5	สรุปผล						←→	

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ : บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด เลขที่ 39 หมู่ 9 ถนนหนองปลากระดี
ตำบลหนองปลิง อำเภอนองแคะ จังหวัดสระบุรี 18140

ระยะเวลา : 1 มกราคม 2556 – 31 กรกฎาคม 2555

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงความถูกต้องและข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง สำหรับการวางแผนและออกแบบควบคุมระดับเสียงของเครื่องจักร

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2546. คู่มือการตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป. หจก. อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ณัฐญา มาประดิษฐ์. 2542. ความชุกและพฤติกรรมในการป้องกันโรคหูตึงเหตุอาชีพของผู้ปฏิบัติงานฝ่ายผลิตและบำรุงรักษาในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม บริษัทผลิตไฟฟ้าแห่งหนึ่งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรพิมล กองทิพย์. 2545. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม. โรงพิมพ์นำอักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

รุ่งฟ้า เตียนโพธิ์ทอง. 2548. การวิเคราะห์ระดับความดังเสียงของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชกิจจานุเบกษา 2549. ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 123 ตอนที่ 23 ก, หน้า 13. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549. 6 มีนาคม พ.ศ. 2549.

ราชกิจจานุเบกษา 2550. ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 124 ตอนที่ 76 ง, หน้า 18. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่องหลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ พ.ศ. 2550. 22 มิถุนายน พ.ศ. 2550.

วาสนา บัวเขียว. 2548. การศึกษาระดับเสียงบริเวณริมถนนเขตมหาวิทยาลัยนเรศวร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. 2545 .ถาม-ตอบ ปัญหาเสียงดัง & หูตึงจากการทำงาน. บริษัท เรียงสาม กราฟฟิค ดีไซน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

สราวุธ สุธรรมมาสา และ จักกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. 2533. **สุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2555. **สถานการณ์สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยจากการทำงาน ปี 2550-2554**. พฤษภาคม 2555.

สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2555. **สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จำแนกตามความรุนแรงและอวัยวะที่ได้รับอันตราย ปี 2554**. แหล่งที่มา: <http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file54/table 52554.html>, 19 เมษายน พ.ศ. 2555.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2555. **สรุปผลที่สำคัญการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร พ.ศ. 2554**. ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา, กรุงเทพฯ.

สำนักโรคบาวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2555. **การพัฒนาระบบเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแบบเชิงรับ (รง.506/2)**. แหล่งที่มา: <http://epid.moph.go.th/wesr/file/y54/F54141.pdf>, 19 เมษายน พ.ศ. 2555.

อดิศักดิ์ นัยนาภาภรณ์. 2524. **วัสดุที่ใช้ทำสิ่งกีดขวางเสียงสำหรับทางด่วนพิเศษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American Conference of Industrial Hygienists. 2013. **Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices**. American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH), Ohio, USA.

Beranek, L.L. 1971. **Noise and Vibration Control**. McGraw-Hill International Press, New York, USA.

Blitz, L. 1964. **Elements of Acoustics of Physics**. 3d ed., Allyn and Bacon, Inc., Boston, USA.

Carré, M. 2010. **Sound Power Estimation with an Acoustic Camera**. Master's Thesis, MSc Programmes in Engineering Media Technology, Department of Human Work Sciences Division of Sound & Vibrations, Luleå University of Technology, Sweden.

Dwyer, B. 2010. **Design of an Electret based Measurement Microphone**. M.E. Thesis, Trinity College Dublin 2 Ireland.

International Labour Organization. 2012. **Occupational Safety and Health Standard and Regulation**. Available Source: http://www.ilo.org/safework_bookshelf/english?content&id=857170557., 10 July 2012.

Jaantinen, J. 2011. **Alternative Methods of Measuring Acoustic Absorption**. Master's Thesis, School of Electrical Engineering, AALTO University, Finland.

Johnson, D.L. 2004. **Exposure Criteria Occupational Exposure Level**. Brüel Bertrand Johnson Acoustics Inc. Utah USA.

Markula, 2006. **Propagation, measurement and assessment of shooting noise**. Master's Thesis, Teknillinen Korkeakoulu Department of Electrical and Communications Engineering Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing, Helsinki University of Technology, Finland.

National Institute for Occupational Safety and Health. 2012. **NIOSH Recommendations for a Noise Standard**. Available Source: [/niosh/topics/noise/about.html](http://www.niosh.gov/topics/noise/about.html)., 6 July 2012.

Occupational Safety and Health Administration. 2012. **Occupational Safety and Health Standards Occupational Health and Environmental Control 1910.95 Occupational noise exposure**. Available Source: http://www.osha-slc.gov/dts/osta/otm/noise_standards_more.html., 9 July 2012.

Ray, E.F. 1969. **Fundamentals of Environmental Sound**. Universal 1925
Hwy.51/138W PO Box 411 Stoughton, Massachusetts, USA.

Softnoise. 2012. **NoiseAtWork-Version 3.0 Software for Visualization and Reporting**. Available Source: <http://www.softnoise.com/naw.htm>,
12 July 2012.

Technical Documentation, 2012. **Hand-held Analyzers Type 2250 and 2270**. Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Naerum Denmark.

Webb, J.D. 1976. **Physics of sound, pp.1-20. In R.I. Woods (ed.)**. Noise Control in Michigan Service. John Wiley and Son, Inc., New York.

Yerdes, L.F. 1969. **Sound, Noise and Vibration Control**. Van Nostrand Reinhold, New York.



ภาคผนวก ก
ผลการตรวจวัดระดับความตึงเครียดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความตึงเครียด (SLM)

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 80 dBA

ลำดับที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	จุดที่ 1,1	84.13	71.97	64.00	60.20	63.80	63.48	61.88
2	จุดที่ 1,2	82.96	73.64	62.00	61.40	62.07	61.77	60.74
3	จุดที่ 1,3	82.34	72.88	63.00	59.86	62.43	62.57	62.13
4	จุดที่ 1,4	82.58	74.24	62.00	62.02	62.58	62.40	60.26
	ค่าเฉลี่ย	83.00	73.18	63.79	60.87	62.72	62.99	61.25
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.69	0.85	0.83	0.88	0.65	0.61	0.78
5	จุดที่ 2,1	82.76	78.58	68.14	65.00	63.60	63.48	63.87
6	จุดที่ 2,2	82.90	79.30	66.92	64.78	62.57	61.77	62.90
7	จุดที่ 2,3	84.00	78.49	69.00	66.08	63.20	62.57	62.64
8	จุดที่ 2,4	83.16	78.17	67.63	64.19	64.21	62.40	64.12
	ค่าเฉลี่ย	83.21	78.64	67.92	65.01	63.40	62.56	63.38
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.48	0.41	0.76	0.68	0.60	0.61	0.63
9	จุดที่ 3,1	82.56	75.12	65.80	62.18	62.10	63.61	62.87
10	จุดที่ 3,2	84.28	73.16	63.87	61.17	63.03	61.69	62.43
11	จุดที่ 3,3	83.07	73.32	64.32	60.10	61.16	62.32	63.24
12	จุดที่ 3,4	84.13	75.08	64.93	60.67	63.24	62.09	63.47
	ค่าเฉลี่ย	83.51	74.17	64.73	61.03	62.38	62.43	63.00
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.72	0.93	0.72	0.76	0.83	0.72	0.39

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
13	จุดที่ 4,1	83.23	74.05	64.12	58.02	62.48	61.81	63.04
14	จุดที่ 4,2	81.88	73.36	62.57	60.07	61.30	62.94	61.24
15	จุดที่ 4,3	82.89	72.01	65.05	60.18	63.12	62.18	62.14
16	จุดที่ 4,4	83.82	73.22	63.10	59.02	62.14	61.53	63.00
	ค่าเฉลี่ย	82.96	73.16	63.71	59.32	62.26	62.12	62.36
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.70	0.73	0.95	0.88	0.66	0.53	0.74
17	จุดที่ 5,1	82.63	78.15	69.00	65.21	64.33	64.77	64.21
18	จุดที่ 5,2	81.84	77.12	67.00	64.42	64.27	63.98	62.44
19	จุดที่ 5,3	82.49	78.13	68.00	66.11	63.18	63.45	65.07
20	จุดที่ 5,4	83.92	79.07	69.00	65.10	63.02	62.56	62.57
	ค่าเฉลี่ย	82.72	78.12	68.18	65.21	63.70	63.69	63.57
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.75	0.69	0.83	0.60	0.60	0.80	1.11

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
21	จุดที่ 6,1	84.14	72.76	65.57	61.02	63.10	63.08	63.05
22	จุดที่ 6,2	82.21	73.75	64.52	61.15	62.23	64.17	64.27
23	จุดที่ 6,3	84.92	72.91	64.19	59.10	64.04	62.11	62.46
24	จุดที่ 6,4	83.30	73.82	65.15	60.94	62.28	64.23	62.14
	ค่าเฉลี่ย	83.64	73.31	64.86	60.55	62.91	63.40	62.98
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.01	0.48	0.54	0.84	0.74	0.87	0.81
25	จุดที่ 7,1	83.15	74.11	67.12	61.31	62.53	62.69	62.83
26	จุดที่ 7,2	80.37	76.02	66.19	62.74	61.74	61.58	62.62
27	จุดที่ 7,3	81.12	75.93	68.01	61.23	60.31	61.18	61.82
28	จุดที่ 7,4	82.02	76.87	66.97	63.01	61.05	60.65	60.56
	ค่าเฉลี่ย	81.67	75.73	67.07	62.07	61.41	61.53	61.96
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.04	1.01	0.65	0.81	0.82	0.75	0.89

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
29	จุดที่ 8,1	82.79	68.92	65.37	62.24	63.16	61.13	62.61
30	จุดที่ 8,2	83.21	67.10	66.81	61.59	62.74	63.01	61.23
31	จุดที่ 8,3	81.21	67.33	67.12	60.87	61.43	60.26	62.55
32	จุดที่ 8,4	81.08	67.90	66.39	61.86	63.13	60.38	61.00
	ค่าเฉลี่ย	82.07	67.81	66.42	61.64	62.62	61.20	61.85
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.94	0.70	0.66	0.50	0.70	1.10	0.74
33	จุดที่ 9,1	80.61	73.17	64.85	60.21	62.82	60.78	61.23
34	จุดที่ 9,2	79.47	72.56	63.81	59.58	61.52	58.61	60.51
35	จุดที่ 9,3	78.19	71.88	63.97	58.62	62.01	59.21	59.67
36	จุดที่ 9,4	79.10	71.21	63.18	59.72	62.93	59.15	60.55
	ค่าเฉลี่ย	79.34	72.21	63.95	59.53	62.32	59.44	60.49
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.87	0.73	0.60	0.58	0.58	0.81	0.55

ตารางผนวกที่ ก2 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 90 dBA

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	จุดที่ 1,1	91.93	82.86	70.42	70.15	71.58	71.71	70.54
2	จุดที่ 1,2	91.20	82.94	70.67	69.87	72.62	70.68	68.56
3	จุดที่ 1,3	89.80	81.32	72.62	68.22	70.60	69.74	69.87
4	จุดที่ 1,4	90.91	81.20	72.26	68.68	69.97	70.70	69.68
	ค่าเฉลี่ย	90.96	82.08	71.49	69.23	71.19	70.71	69.66
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.77	0.82	0.96	0.80	1.00	0.70	0.71
5	จุดที่ 2,1	92.51	87.10	77.12	72.41	73.53	70.74	72.18
6	จุดที่ 2,2	90.42	86.47	76.30	73.11	72.66	72.24	70.91
7	จุดที่ 2,3	91.74	87.05	75.79	72.66	71.55	70.78	69.97
8	จุดที่ 2,4	91.85	86.00	75.81	74.09	72.43	70.25	70.95
	ค่าเฉลี่ย	91.63	86.66	76.26	73.07	72.54	71.00	71.00
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.76	0.45	0.54	0.64	0.70	0.74	0.78

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
9	จุดที่ 3,1	90.43	82.56	73.63	70.83	70.91	71.42	71.76
10	จุดที่ 3,2	91.18	83.88	72.18	68.74	71.49	70.71	70.43
11	จุดที่ 3,3	92.42	81.71	74.04	68.66	71.42	69.93	69.11
12	จุดที่ 3,4	90.10	82.83	72.22	69.64	69.91	70.82	70.14
	ค่าเฉลี่ย	91.03	82.75	73.02	69.47	70.93	70.72	70.36
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.89	0.77	0.83	0.88	0.63	0.53	0.95
13	จุดที่ 4,1	91.76	83.47	72.60	70.41	70.75	71.87	69.74
14	จุดที่ 4,2	90.86	81.81	72.79	68.98	69.89	71.10	70.43
15	จุดที่ 4,3	89.71	82.51	74.16	70.60	71.66	69.54	70.21
16	จุดที่ 4,4	90.92	81.95	73.75	68.52	72.41	69.81	69.90
	ค่าเฉลี่ย	90.81	82.44	73.33	69.63	71.18	70.58	70.07
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.73	0.65	0.65	0.89	0.95	0.95	0.27

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
17	จุดที่ 5,1	92.04	85.75	75.71	73.58	71.44	69.87	70.25
18	จุดที่ 5,2	91.51	86.91	76.22	74.11	71.68	70.76	69.13
19	จุดที่ 5,3	89.64	85.03	77.07	72.74	72.03	72.14	71.24
20	จุดที่ 5,4	90.44	86.84	75.68	73.60	73.06	70.42	70.82
	ค่าเฉลี่ย	90.91	86.13	76.17	73.51	72.05	70.80	70.36
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.93	0.79	0.56	0.49	0.62	0.84	0.79
21	จุดที่ 6,1	91.12	81.52	73.36	70.74	71.88	70.93	71.85
22	จุดที่ 6,2	92.94	81.98	72.67	69.97	70.61	72.51	69.75
23	จุดที่ 6,3	91.87	82.42	72.18	68.53	71.15	71.46	71.77
24	จุดที่ 6,4	90.72	81.88	73.81	69.66	69.92	70.75	70.83
	ค่าเฉลี่ย	91.66	81.95	73.01	69.72	70.89	71.41	71.05
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.85	0.32	0.63	0.79	0.72	0.69	0.85

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
25	จุดที่ 7,1	88.13	84.94	75.83	69.71	70.60	69.83	70.78
26	จุดที่ 7,2	89.71	83.54	74.26	70.49	70.23	70.35	68.77
27	จุดที่ 7,3	90.22	82.78	76.03	71.30	68.36	68.82	69.96
28	จุดที่ 7,4	90.04	83.85	74.52	70.85	69.45	68.52	69.10
	ค่าเฉลี่ย	89.53	83.78	75.16	70.59	69.66	69.38	69.65
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.83	0.78	0.78	0.58	0.86	0.74	0.78
29	จุดที่ 8,1	88.85	75.92	75.57	71.64	71.71	68.46	70.18
30	จุดที่ 8,2	91.02	77.88	74.77	70.46	70.86	70.11	68.67
31	จุดที่ 8,3	90.83	78.01	73.12	68.98	71.60	69.19	68.25
32	จุดที่ 8,4	89.80	75.94	73.75	70.56	69.96	70.08	70.20
	ค่าเฉลี่ย	90.13	76.94	74.30	70.41	71.03	69.46	69.33
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.87	1.01	0.94	0.95	0.70	0.69	0.88

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด, ครั้งที่	ความถี่						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
33	จุดที่ 9,1	86.73	80.72	70.81	65.32	71.90	67.75	68.06
34	จุดที่ 9,2	85.91	79.51	71.63	66.65	69.24	68.60	67.54
35	จุดที่ 9,3	86.38	78.93	73.08	67.84	69.68	69.23	68.82
36	จุดที่ 9,4	87.78	79.72	71.84	67.51	70.10	67.74	66.68
	ค่าเฉลี่ย	86.70	79.72	71.84	66.83	70.23	68.33	67.78
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.69	0.65	0.81	0.97	1.01	0.63	0.78



ภาคผนวก ข

ภาพการตรวจวัดระดับความต้งเสี่ยงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความต้งเสี่ยง (SLM)



ภาพผนวกที่ ข1 เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียงและขาตั้ง Tripod



ภาพผนวกที่ ข2 เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง



ภาพผนวกที่ ข3 แหล่งกำเนิดเสียงแบบการกระจายรอบทิศทาง (Omni Directional Loudspeakers)



ภาพผนวกที่ ข4 ตัวอย่างจุดตรวจวัดระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงรอบทิศทาง



ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ระดับความต้งเสี่ยงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความต้งเสี่ยง

ตารางผนวกที่ ค1 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 80 dBA

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด	ความถี่ที่ระดับความดังเสียง 80dBA (dBA)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	จุดที่ 1	82.50	75.00	64.00	61.00	62.50	62.50	61.00
2	จุดที่ 2	83.00	79.00	67.50	65.00	63.00	62.50	62.50
3	จุดที่ 3	83.50	75.00	65.00	61.00	61.00	62.50	61.50
4	จุดที่ 4	82.50	75.00	64.00	60.50	62.50	62.50	61.00
5	จุดที่ 5	82.50	77.50	68.00	65.00	63.50	63.50	63.50
6	จุดที่ 6	83.50	75.00	65.00	61.00	62.50	63.00	63.00
7	จุดที่ 7	81.50	75.50	67.00	61.00	61.00	61.00	61.00
8	จุดที่ 8	82.00	75.00	66.00	61.00	62.50	61.00	61.00
9	จุดที่ 9	79.50	75.00	64.00	60.50	61.00	60.00	60.50

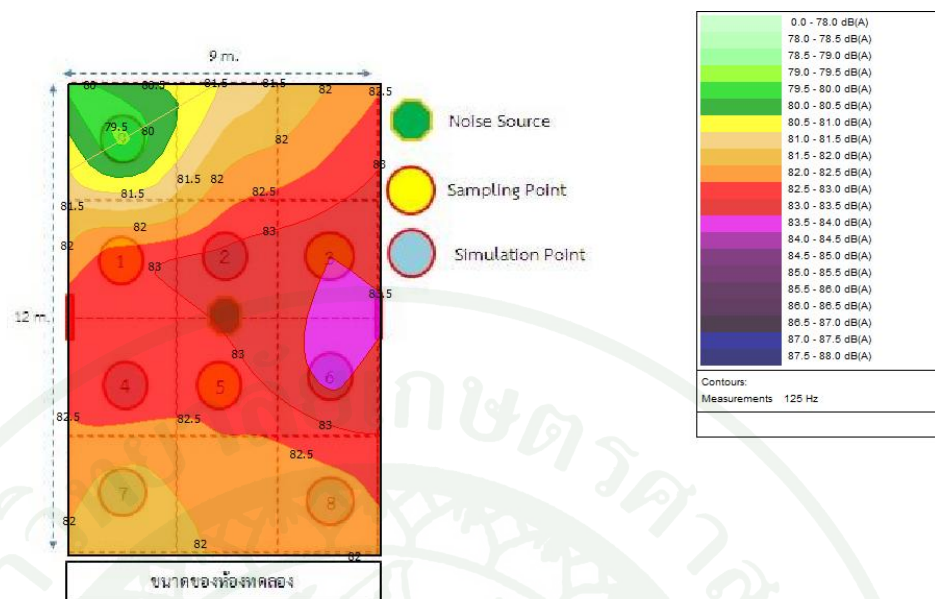
ตารางผนวกที่ ค2 ผลการตรวจวัดที่ระดับความดังเสียง 90 dBA

ลำดับ ที่	จุดตรวจวัด	ความถี่ที่ระดับความดังเสียง 90dBA (dBA)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	จุดที่ 1	90.50	82.00	71.50	69.50	71.50	70.50	69.50
2	จุดที่ 2	91.00	86.50	76.50	73.00	72.50	70.50	70.50
3	จุดที่ 3	91.00	82.50	73.50	69.50	71.00	70.50	70.50
4	จุดที่ 4	90.50	82.50	73.50	70.00	71.50	70.50	70.00
5	จุดที่ 5	90.50	86.00	76.50	73.00	72.00	70.50	70.00
6	จุดที่ 6	91.00	82.50	73.50	70.00	71.00	71.00	71.00
7	จุดที่ 7	90.00	83.50	75.00	70.50	70.00	69.50	70.00
8	จุดที่ 8	90.50	81.00	74.50	70.50	71.00	69.50	69.50
9	จุดที่ 9	87.00	81.00	72.00	67.00	71.00	68.50	68.00

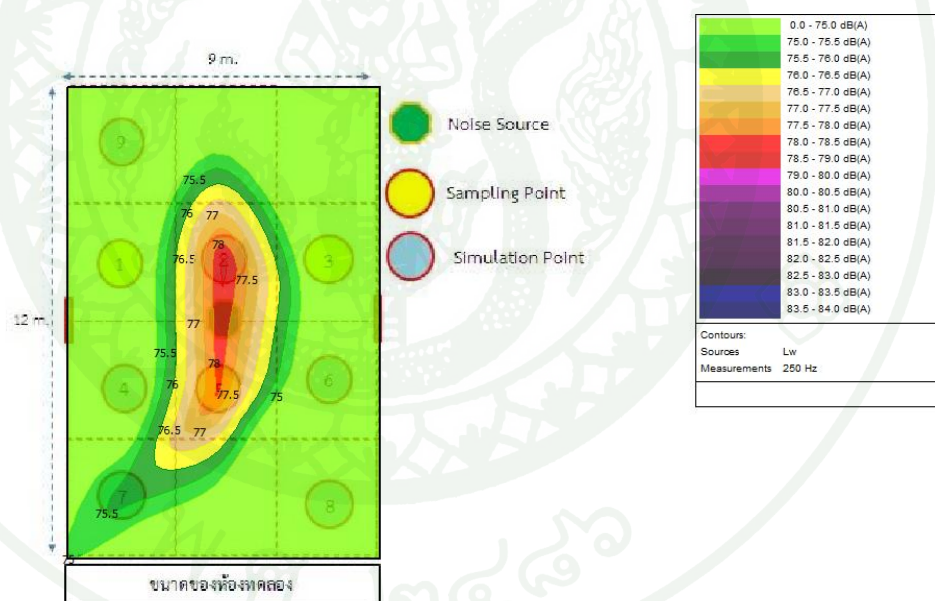


ภาคผนวก ง

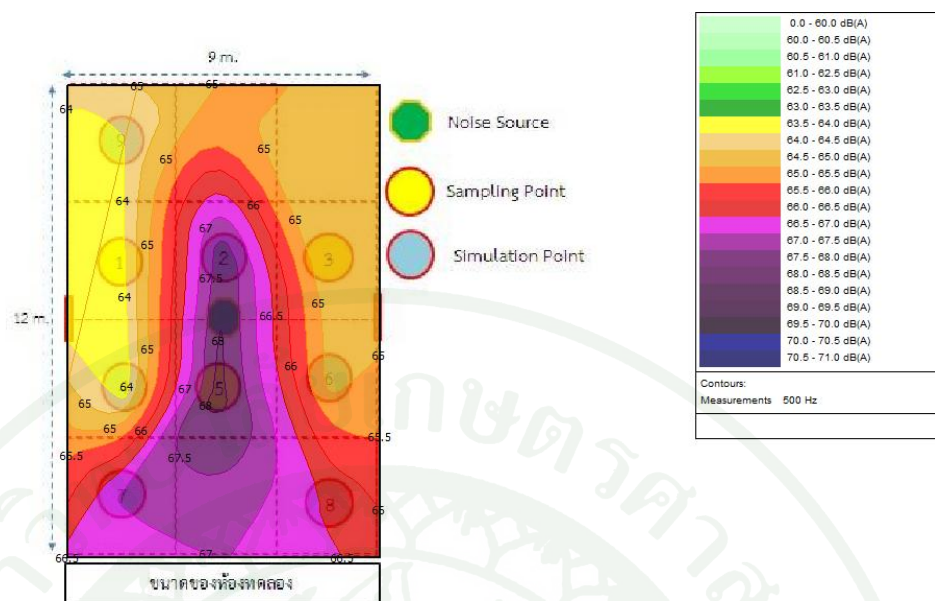
ภาพผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง



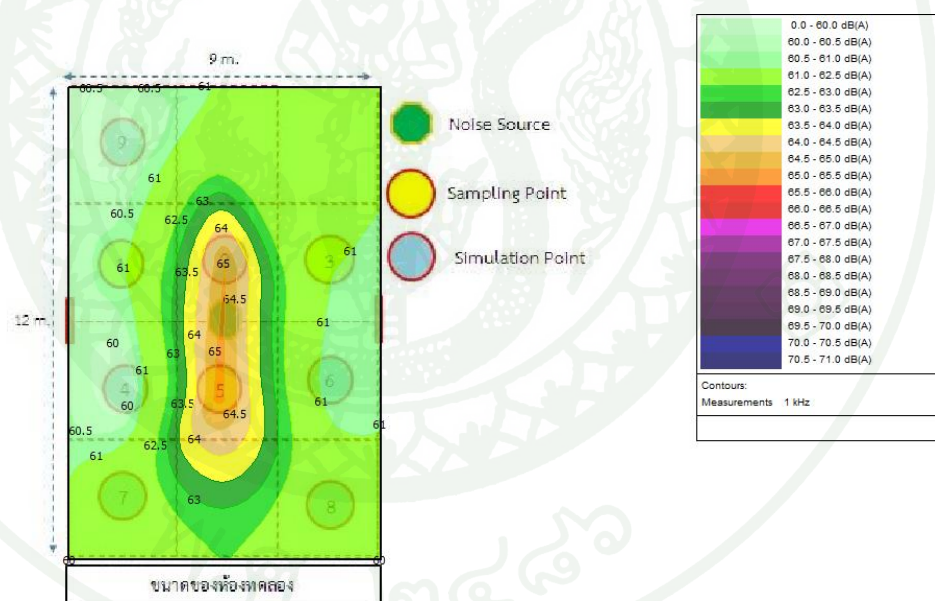
ภาพผนวกที่ ง1 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 125 Hz



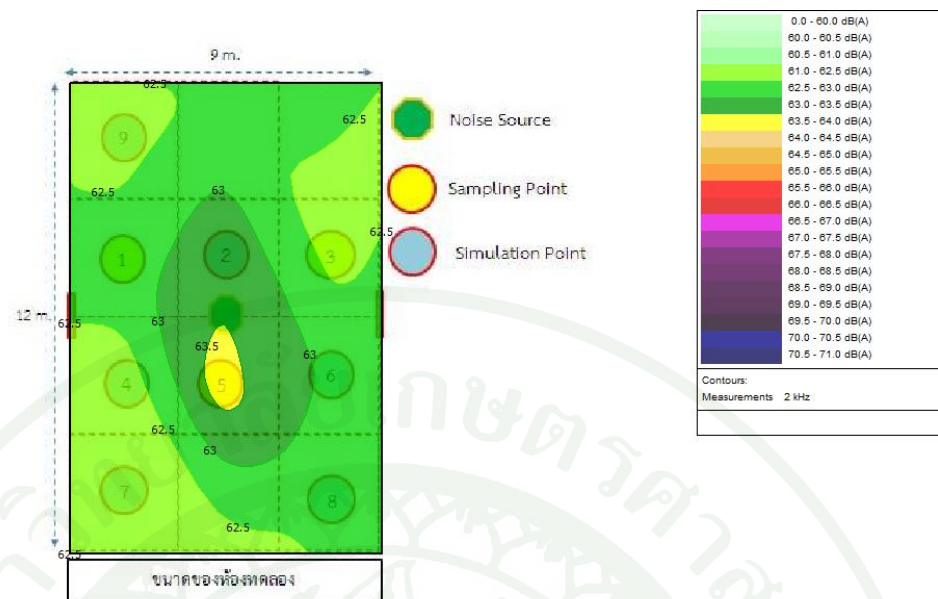
ภาพผนวกที่ ง2 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 250 Hz



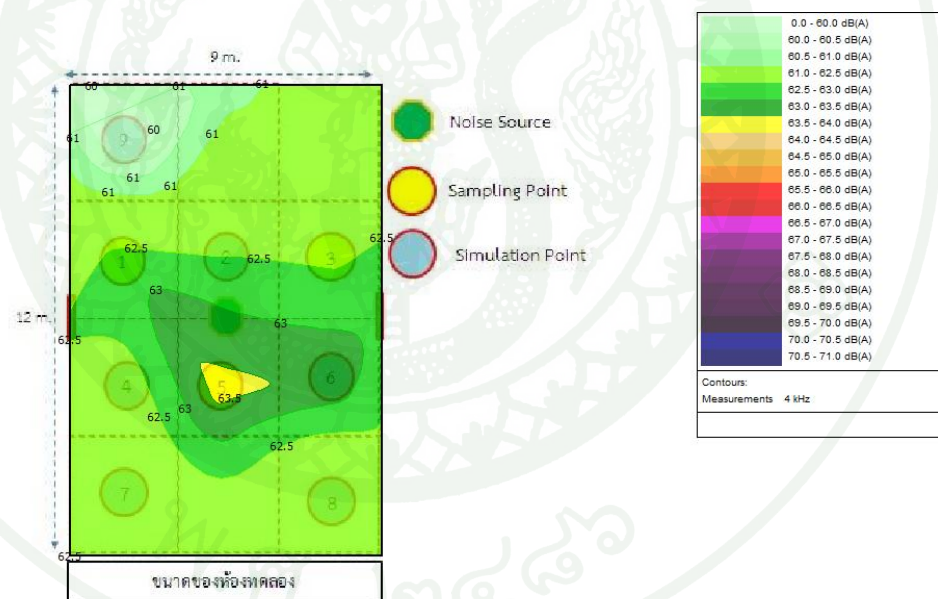
ภาพผนวกที่ ง3 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 500 Hz



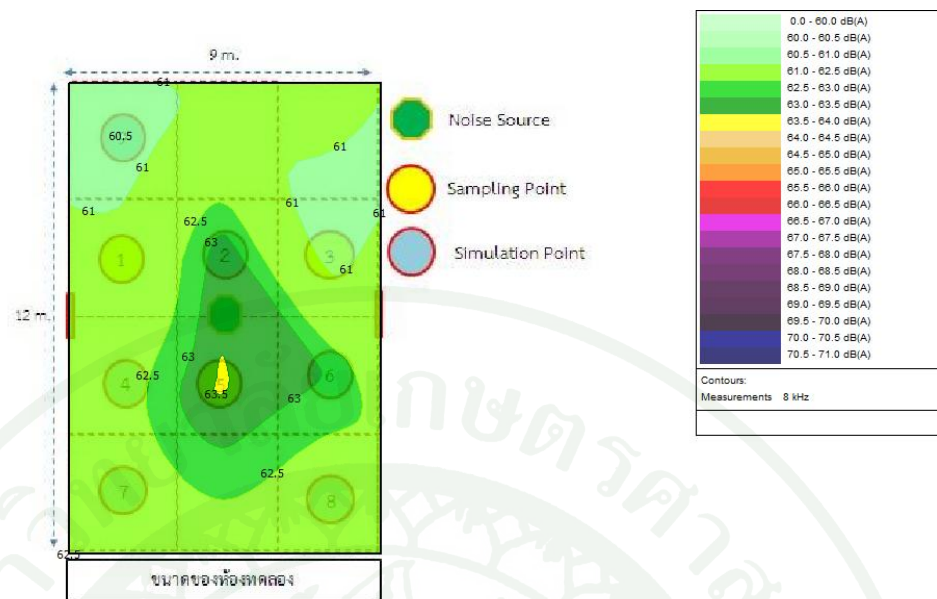
ภาพผนวกที่ ง4 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 1000 Hz



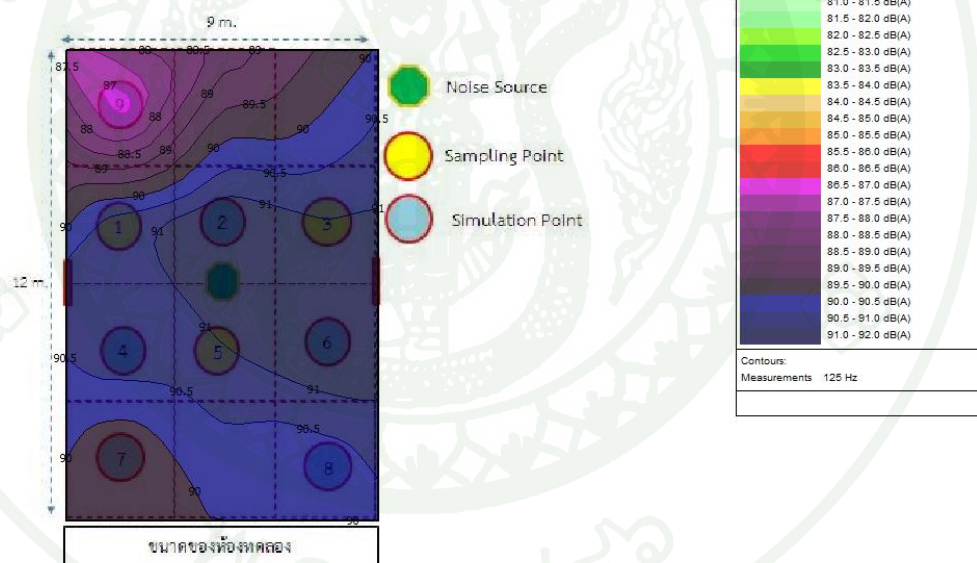
ภาพผนวกที่ ๕๕ ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 2000 Hz



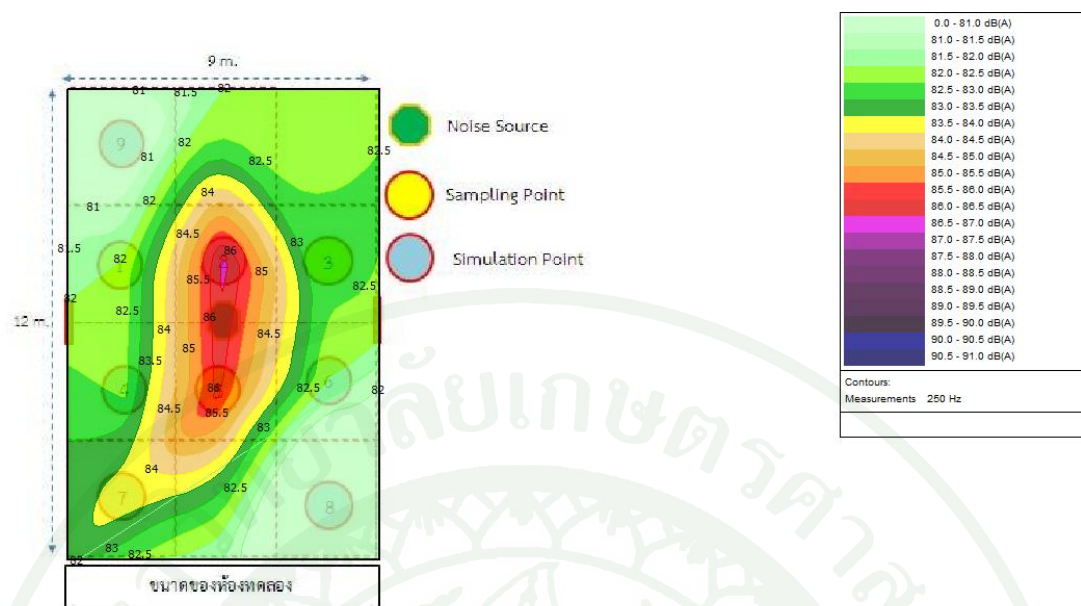
ภาพผนวกที่ ๕๖ ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 4000 Hz



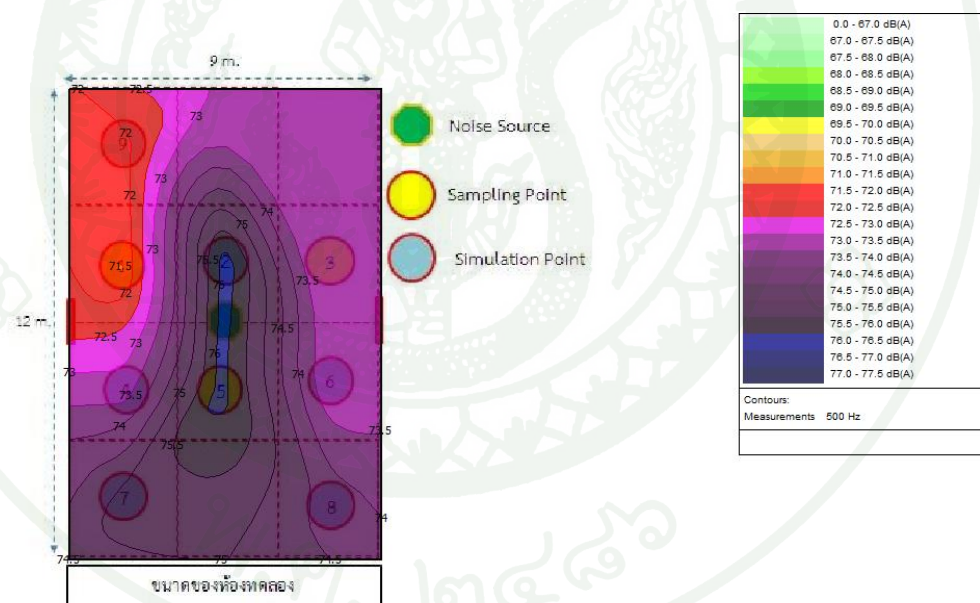
ภาพผนวกที่ ง7 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 80 dBA ที่ 8000 Hz



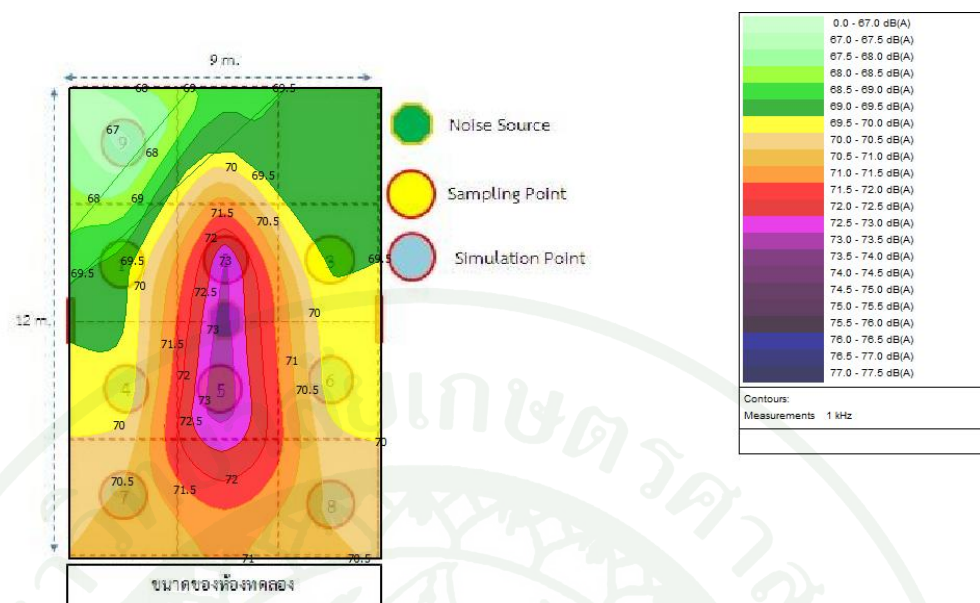
ภาพผนวกที่ ง8 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 125 Hz



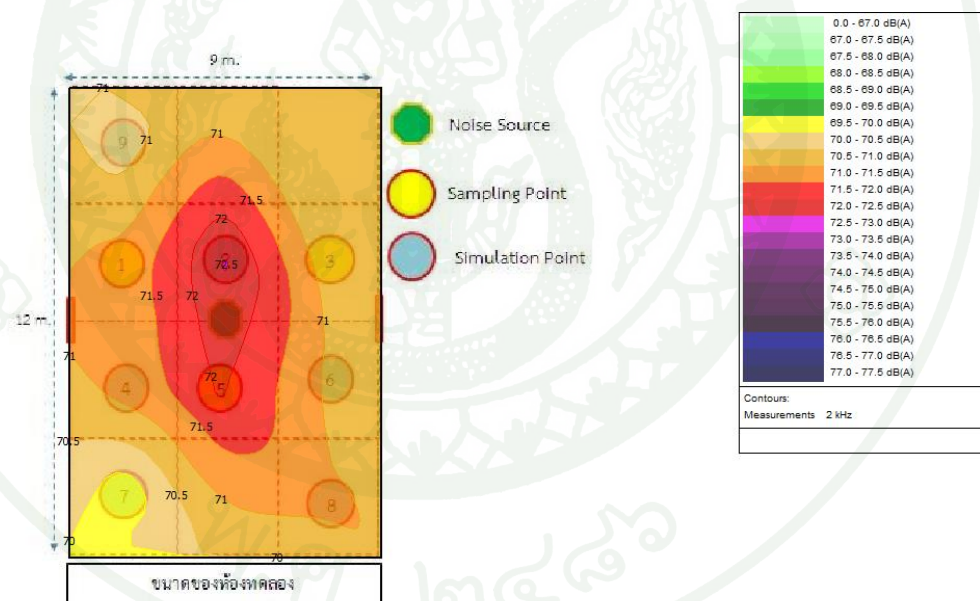
ภาพผนวกที่ ๙ ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 250 Hz



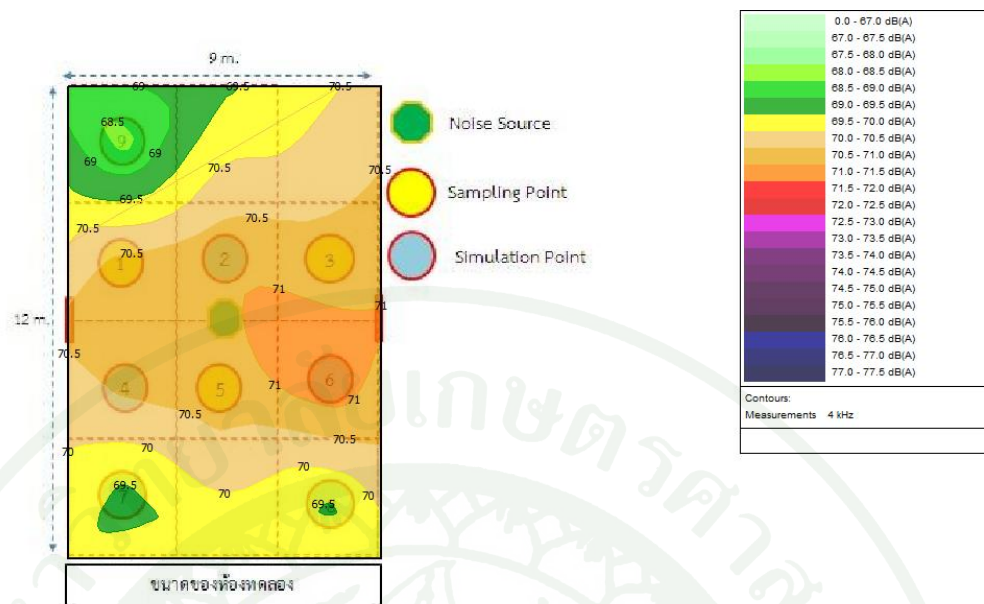
ภาพผนวกที่ ๑๐ ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 500 Hz



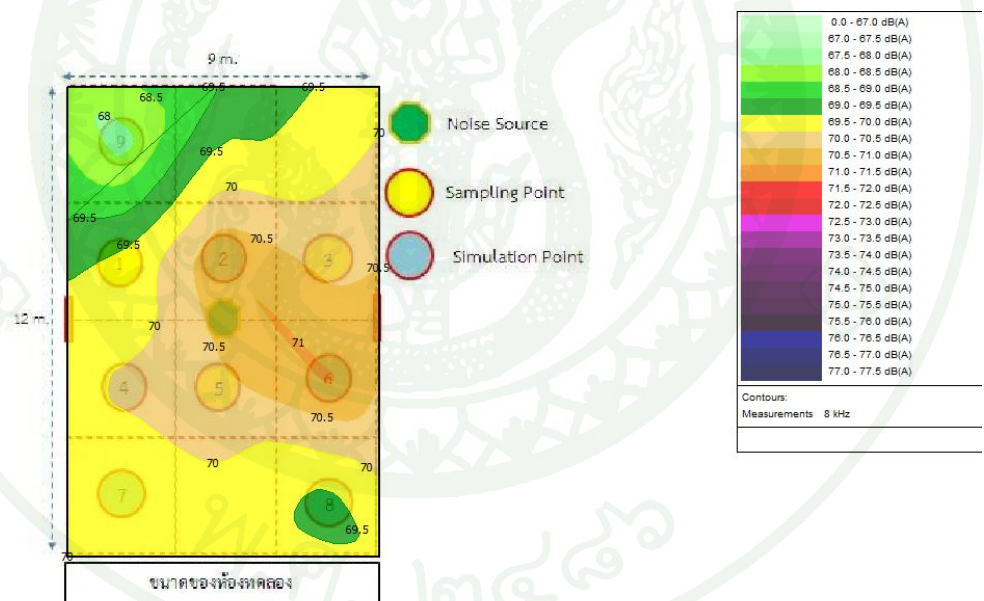
ภาพผนวกที่ ง11 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 1000 Hz



ภาพผนวกที่ ง12 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 2000 Hz



ภาพผนวกที่ ง13 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 4000 Hz



ภาพผนวกที่ ง14 ผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียง 90 dBA ที่ 8000 Hz





คำขอใบรับรองที่ พ. 314/54

ที่ ศทอ. พอ.บป. 680354

รายงานผลการสอบเทียบ

ชื่อผู้ขอใบรับรอง : บริษัท สยามไฟเบอร์ออปติก จำกัด ที่อยู่ : 39 ม.9 อ.หนองปลากระทีป จ.หนองบัวลำภู อ.หนองนาค จ.สระบุรี 18140 สอบเทียบที่ : ห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์ทดสอบและมาตรฐานวิทยาศาสตร์ นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซ. 1 อ.สุขุมวิท อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280 เครื่องมือที่ทำการสอบเทียบ : <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">ประเภท : Sound Level Meter</td> <td style="width: 50%;">สภาวะแวดล้อม :</td> </tr> <tr> <td>ผู้ผลิต : Solo</td> <td>อุณหภูมิ : $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$</td> </tr> <tr> <td>แบบ : 01dB</td> <td>ความชื้นสัมพัทธ์ : $(55 \pm 15) \%$</td> </tr> <tr> <td>หมายเลขเครื่อง : 61169</td> <td>ความดันบรรยากาศ : $(101.325 \pm 1.5) \text{ kPa}$</td> </tr> </table> หมายเลขโมโครโฟน : - หมายเลขไวเตอร์ : - เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ : Multifunction Acoustic Calibrator Brüel&Kjær 4226 S/N 2295571 with Coupler UA0915 S/N 2295571.	ประเภท : Sound Level Meter	สภาวะแวดล้อม :	ผู้ผลิต : Solo	อุณหภูมิ : $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$	แบบ : 01dB	ความชื้นสัมพัทธ์ : $(55 \pm 15) \%$	หมายเลขเครื่อง : 61169	ความดันบรรยากาศ : $(101.325 \pm 1.5) \text{ kPa}$	วิธีการสอบเทียบ : CP.SM.01 based on IEC 61672-3 Electroacoustics-Sound Level meters-Part 3 : Periodic test (2006). The acoustic signal tests of a frequency weighting are tested using a multi-frequency sound calibrator. เครื่องมือนี้ได้รับการสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานของห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสอดคล้องกับวิธีระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ (SI Units) โดย - สถาบันมาตรฐานแห่งชาติ ข้อมูลในการสอบเทียบมีรายละเอียดตามเอกสารแนบ โดยค่าความไม่แน่นอนในที่นี้ใช้อย่างมี ตำแหน่งสำหรับการวัดเท่านั้น ค่าความไม่แน่นอนคำนวณที่ค่า Coverage Factor k เท่ากับ 2 และระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยประมาณ วันที่รับเครื่อง : 25 มี.ค. 2554 วันที่สอบเทียบ : 7 เม.ย. 2554
ประเภท : Sound Level Meter	สภาวะแวดล้อม :								
ผู้ผลิต : Solo	อุณหภูมิ : $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$								
แบบ : 01dB	ความชื้นสัมพัทธ์ : $(55 \pm 15) \%$								
หมายเลขเครื่อง : 61169	ความดันบรรยากาศ : $(101.325 \pm 1.5) \text{ kPa}$								

1/3

ภาพผนวกที่ จ1 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับความดังเสียง


จ.จ.

คำขอตรวจวัดที่ พ. 31454 ที่ ศทอ. พอ.บป. 68/0354

A-Weighting Acoustic Frequency Response

Frequency (Hz)	Standard (dB)	Unit Under Test		Tolerances IEC 61672 Type 1 (±dB)
		Error (dB)	Uncertainty (±dB)	
125	-16.1	0.0	0.26	1.5
1 000	0.0	-0.1	0.26	1.1
4 000	1.0	-1.1	0.26	1.6
8 000	-1.1	-2.3	0.26	2.1, -3.1

หมายเหตุ : (1) ไม่มีการปรับเทียบ
(2) ทดสอบที่ 114.0 dB SPL.
(3) ค่าที่วัดได้ยังไม่รวมค่าแก้ไขที่เกิดจากประเภทของไมโครโฟน

วันที่ทดสอบ : 7 เม.ย. 2554 2/3

ผลการทดสอบครั้งนี้มีความถูกต้องสูง มีขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนที่ได้อ่านไว้เท่านั้น
การนำผลการทดสอบไปใช้จะต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขของการนำไปใช้และข้อควรระวังในการใช้งานด้วย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทอ.) PM3L/MTC-001 Rev.3

สถานที่ : กรุงเทพมหานคร
วันที่ : 15 เม.ย. 2554
โดย : 15 เม.ย. 2554
โดย : 15 เม.ย. 2554

ศูนย์ทดสอบมาตรฐานวิชาการ
15 เม.ย. 2554
15 เม.ย. 2554
15 เม.ย. 2554

ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Sirinapa Prommarak 2014: Comparison of Noise Level using the Noise Predictions Models and Sound Level Meter Measurement. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Prapaisri Sudasna-na-Ayudthya, Ph.D. 88 pages.

Noise from machinery in industrial is a major contribution that can cause health problems for employees and a nuisance to the community. Therefore, the measurement volume of the machine is necessary but the method in legal required standard of International Electrotechnical Commission is equivalent. In addition, the legal also required professionals who have been registered by the government to conduct the measurements. The limitation is in assessing the risk of volume. Therefore, this study aimed to compare of noise levels using the noise predictions models and sound level meter measurement to determine the confidence level for apply in industry. The studied volume are 80 and 90 dBA at 1/3 Octave Band frequency 125, 250, 500 and 1000 Hz

The results showed that the volumes using noise predictions models and sound level meter measurement are not different. Major factors that affected the result were the reflection absorption and refraction of sound. Moreover, the results also indicated that factors that affect to volume measurement using measurement tools are measuring point, methods and frequency used in the measurement. The influenced factors of volume are the interaction between frequency and measuring point.

Thus, it is concluded that the volumes of the 2 method are not different at confidence level of 95 %. Suggestion for using noise predictions model is user must previously study the reflection, absorption and refraction of the material before filling in noise predictions models.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวสิรินภา พรหมรักษ์
เกิดวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด อำเภอบัว จังหวัดน่าน
ประวัติการศึกษา วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล (พ.ศ. 2551)
ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรสิ่งแวดล้อม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)
 สาขาที่ 6 สาขาโรงกลั่น น้ำมัน
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ -