การตรวจวัดและการจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงรบกวนสำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

Measurement and Mapping of Noise Level for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, North Phra Nakhon Campus

โดย

นางสาววรนุช ดีละมัน

ดร.กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล

ดร.ปิยะพงษ์ ปานแก้ว

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๗ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของเสียงที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ เครื่องมือตรวจวัดเสียง โดยทำการตรวจวัดเสียงภายในมหาวิทยาลัยในรูปแบบของระดับเสียงเฉลี่ยแบบต่อเนื่อง 9 ชั่วโมง (L_{eq} 9 hr) ทำการตรวจวัดทั้งหมด 10 สถานี เพื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้ไปจัดทำแผนที่ ผลการวิจัยพบว่า ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 9 ชั่วโมงมีค่าอยู่ระหว่าง 63.10 – 71.20 เดซิเบลเอ โดยสถานีตรวจวัดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณสถานีตรวจวัดหน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาโยธา รองลงมาคือ 67.68 และ 67.39 เดซิเบลเอ คือ บริเวณหน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาไฟฟ้า และ อาคารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า บริเวณสถานีตรวจวัดหน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาโยธา มีค่าที่เกินมาตรฐานเพียงเล็กน้อย และบางช่วงเวลาเท่านั้น ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าระดับเสียงที่เกิดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัย

คำสำคัญ: มลพิษทางเสียง/ เสียงการจราจร/ มหาวิทยาลัย/ แผนที่แสดงระดับเสียง

Abstract

The purpose of this research was characterized the noises at North Phra Nakhon campus, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,Thailand. The instrument of this study was instrument noises. Volume of noise levels were measured in terms of 15 hr and equivalent sound level (L_{eq} 9 hr). 10 samples of noise levels were collected at Rajamangala University Technology Phra Nakhon from 10 stations. The results shown that the average noises volume of 9 hours were in range of 63.10 to 71.20 dBA by measuring station with highest mean of monitoring Station Building Civil Engineering in the area of Electrical Engineering and Mechanical Engineering were found 67.68 and 67.39 dBA, respectively. The results of this study indicated that volume of noises in Rajamangala University of Technology Phra Nakhon were a little bit more than the standard of Pollution Control Department of Thailand and weren't affected to teaching and learning in North Phra Nakhon campus.

Keywords: Noise pollution/ Traffic noise/ University campus/ Noise mapping

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจากคณาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และดร. ปิยะพงษ์ ปานแก้ว ผู้ร่วมจัดทำโครงการวิจัยเป็นอย่างยิ่งที่ค่อยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำการวิจัย และร่วมทำโครงการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ปิยธิดา รุจะศิริ ผู้ช่วยคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการประสานงานและจัดขอทุนสนับสนุนในการจัดทำโครงการวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณคณะวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนเงินวิจัยในโครงการวิจัยเงินงบประมาณรายได้ ปี พ.ศ. 2557

อนึ่งผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอขอบคุณความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่จะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และพร้อมที่จะรับคำแนะนำของทุกท่าน เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญรูป	(ช)
บทที่	
1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ความหมาย	4
คุณสมบัติของเสียง	6
การตรวจวัดระดับเสียง	
อิทธิพลที่มีผลต่อการวัดระดับเสียง	7
มลพิษทางเสียง	10
ผลกระทบจากภาวะมลพิษทางเสียง	12
ความหมายที่เกี่ยวกับพารามิเตอร์ในการตรวจวัดระดับเสียง	13
ค่ามาตรฐานคุณภาพเสียง	15
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	15
สารสนเทศภูมิศาสตร์	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 วิธีดำเนินการ	
พื้นที่เก็บตัวอย่าง	19
เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	21
ขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูล	22
กรอบแนวความคิดในการศึกษา	25
4 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
ระดับเสียงในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	26
การจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-ราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	30
5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	35
ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	37

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ค่าระดับเสียงที่ต้องลบออกจากเสียงทั้งหมดเพื่อหาระดับเสียงของแหล่งกำเนิด	11
2 ระดับค่ามาตรฐานในการตรวจวัดคุณภาพเสียง	15
3 สถานีเก็บตัวอย่างระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	20
4 ค่าระดับเสียงที่วัดได้ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ จำนวน 10 จุด	27
5 แสดงประเภทข้อมูลจากการวิเคราะห์ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	32

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
1 แผนภูมิแสดงการได้ยินเสียง	5
2 ตัวอย่างค่า LA90 และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการตรวจวัดระดับเสียงในหนึ่งช่วงเวลา	14
3 แผนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	16
4 แผนที่แสดงพื้นที่และผังอาคารในมหาวิทยาลัย	19
5 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างระดับเสียงในมหาวิทยาลัย	21
6 เครื่องเก็บพิกัด GPS ยี่ห้อ GARMIN รุ่น etrex 10	22
7 การจัดทำแผนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	22
8 (ก) การเช็คความถูกต้อง (Calibrate) เครื่องมือก่อนและหลังในการสำรวจข้อมูล (ข) การติดตั้งเครื่องวัดเสียง	23
9 จุดตรวจวัดระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	24
10 ผังแสดงแนวคิดในการศึกษา	25
11 ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 9 ชั่วโมง ซึ่งทำการตรวจวัดโดยรอบมหาวิทยาลัย เป็นจำนวน 10 สถานี	26
12 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง ซึ่งทำการตรวจวัดโดยรอบมหาวิทยาลัย เป็นจำนวน 10 จุด	28
13 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 5 สถานี ประกอบด้วยบริเวณห้องสมุด อาคารเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ อาคารวิศวกรรมเครื่องกล อาคารก่อสร้างริมน้ำ และอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า	29
14 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 5 สถานี ประกอบด้วยบริเวณ อาคารอิเล็กทรอนิกส์ อาคารโรงอาหาร อาคารวิศวกรรมโยธา ลานลีลาวดี และอาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	30
15 แผนที่แสดงตำแหน่งอาคาร และตำแหน่งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช-มงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	31
16 แผนที่แสดงระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล-พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางเสียงกลายเป็นอีกหนึ่งปัญหาหลักๆที่พบในชุมชนเมือง โดยมลพิษทางเสียงจะส่งผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชน [17] ปัญหาการเพิ่มมากขึ้น ของมลพิษทางเสียงมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายๆด้านที่เกิดมาจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของชุมชนเมืองทำให้จำนวนของแหล่งกำเนิดเสียงมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เช่น การเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน ถนน และจำนวนยานพาหนะ [13] ในการศึกษาและสำรวจของ Zannin, Calixto, Diniz, Ferreira, และ Schuhli ได้ทำการศึกษาและพบว่าประเภทของเสียงที่สร้างความรำคาญได้มากที่สุดเกิดมาจาก เสียงของยานพาหนะบริเวณแยกที่มีสัญญาไฟจราจร รองลงมาคือ เสียงจากการก่อสร้าง เสียงจากสถานบันเทิง สัญญาณจากไซเรน และเสียงจากการจุดดอกไม้ไฟ เป็นต้น [18]

ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ ในปี พ.ศ.2554 ที่ทำการติดตามและเฝ้าระวังมลพิษทางเสียงอย่างต่อเนื่องจนถึงปี 2543 รายงานว่า ระดับเสียงในกรุงเทพมหานครและบริเวณปริมณฑล มีแนวโน้มจะส่งผลกระทบและเป็นอันตรายต่อการได้ยินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่ค่าที่เกินมาตราฐานจะเป็นบริเวณที่ตรวจวัดริมเส้นทางการจราจรซึ่งมีระดับที่เกินค่ามาตราฐานที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของอเมริกา กำหนดไว้ คือ ค่าระดับเสียงเฉลี่ย (L_{eq}) 24 ชั่วโมง จะต้องมีค่าไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ หากประชาชนต้องอยู่ในบริเวณที่มีเสียงเกินค่ามาตรฐานเป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินได้ หรือก่อให้เกิดความรำคาญ จนมีผลกระทบต่ออารมณ์ การสนทนา และกระทบต่อจิตใจได้

ในบริบทของการเรียนการสอน เสียงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมและความเข้าใจของผู้เรียน โดยสถานที่ซึ่งมีเสียงดังมากจะไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้และการเรียนการสอน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเกิดความเข้าใจได้อย่างเต็มที่ [11] ระดับเสียงที่สูงเกินมาตรฐานไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการใช้ความคิดในการแก้ปัญหาของผู้เรียนอีกด้วยส่งผลให้การพัฒนาความรู้ของผู้เรียนมีระดับที่ต่ำลง ทั้งในเรื่องของการพัฒนาการเขียน การพูด การอ่าน และการใช้คำศัพท์ [8] จากการศึกษาปัญหาด้านเสียงในสิ่งแวดล้อมจากแหล่งชุมชน และบริเวณสถานศึกษาในหลายประเทศ พบว่ามีการจัดทำแผนที่แสดงมลพิษทางเสียงขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการวางแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมใน

พื้นที่ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยวิธีนี้มีการนำไปใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียงในประเทศบราซิล เช่น เมือง เมืองริโอ เดอ จาเนโรและ กูรีตีบา มาแล้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ เป็นสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนในระดับปริญญาตรี มีที่ตั้งติดกับถนนพิบูลสงครามซึ่งมีการจราจรที่หนาแน่นในบางช่วงเวลา รวมทั้งภายในมหาวิทยาลัยยังมีการปรับปรุงและก่อสร้างอาคารในบางพื้นที่ ดังนั้นโครงการวิจัยชิ้นนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษามลพิษทางเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือโดยใช้วิธีการตรวจวัดระดับเสียง และจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเพื่อใช้เป็นข้อมูลเพื่อฐานในการวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงที่จะส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

ศึกษามลพิษทางเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ และจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเพื่อใช้เป็นข้อมูลเพื่อฐานในการป้องกันมลพิษทางเสียงที่จะส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ทำการสำรวจและเก็บพิกัดพื้นที่ในมหาวิทยาลัยเพื่อจัดทำแผนที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

1.3.2 ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

1.3.3 ตรวจวัดระดับเสียงในการประมวลเสียงรบกวน 2 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย

-ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน เป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย (LAeq)

-ระดับเสียงของแหล่งกำเนิด (หรือระดับเสียงขณะมีการรบกวน) เป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย (LAeq)

1.3.4 จัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงจากการตรวจวัดโดยโปรแกรม Arcview

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพื่อหาแนวทางในการป้องกันมลพิษทางเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
- ได้แผนที่แสดงระดับเสียงแต่ละจุดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมาย

เสียง (Sound) หมายถึง เสียงที่เกิดขึ้นด้วยความไพเราะ ไม่มีพิษภัยต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เป็นคลื่นกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือน ก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง อาจจะเป็นอากาศ น้ำ หรือของแข็ง เช่น โลหะ ไม้ พลาสติก อิฐ และคอนกรีต เป็นต้น ไปยังหู แต่เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้เมื่อการสั่นสะเทือนนั้นมาถึงหู มันจะถูกแปลงเป็นพัลส์ประสาท ซึ่งจะถูกส่งไปยังสมอง ทำให้เรารับรู้และจำแนกเสียงต่างๆ ได้ [9]

เสียงรบกวน (Noise) หมายถึง เสียงที่ไม่พึงปราถนา หรือเป็นเสียงที่ไม่มีความไพเราะนุ่มนวล ฟังแล้วกระด้างหู ถ้ารับฟังนานๆจะทำให้สุขภาพอนามัยเสื่อม ทำให้สูญเสียการได้ยิน รบกวนการสื่อสารและกระบวนความคิด มีปัญหาสุขภาพทางจิต เสียงอึกทึกจะทำให้คุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมเสียไป [15] ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดเสียงรบกวนไว้ที่ 10 เดซิเบลเอ ซึ่งหมายความว่า หากระดับความแตกต่างของระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับเสียงพื้นฐานมีค่ามากกว่า 10 เดซิเบลเอ แล้วให้ถือว่าเป็นเสียงรบกวน

เสียงรำคาญ (noise nuisance) หมายถึง เสียงที่เราไม่ต้องการ สามารถก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญได้ชั่วคราวหรือต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน รบกวนความสุขสบายและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ในการประเมินเสียงรำคาญเป็นเรื่องค่อนข้างยาก เนื่องจากบุคคลจะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อระดับเสียงที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ปฏิกิริยาทางด้านจิตใจก็มีส่วนในการตัดสินใจเช่นกัน โดยเสียงที่เหมือนกันบุคคลหนึ่งอาจยอมรับได้แต่อีกบุคคลอาจจะไม่ยอมรับ [16] ลักษณะของเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญมีดังนี้

- เสียงทุ้มที่เกิดขึ้นนานๆติดต่อกัน เช่น เครื่องทอผ้า เสียงจากเครื่องยนต์ เสียงจากเครื่องจักร
- เสียงที่มีความดังมากทำให้เกิดความรำคาญ
- เสียงที่มีความถี่สูงหรือเสียงแหลม มีความถี่มากๆ เกิดขึ้นเป็นเวลานาน จะทำให้รู้สึกเกิดความรำคานได้มากกว่าเสียงที่ความถี่ต่ำกว่าหรือเสียงทุ้ม

- เสียงที่มาจากการกระแทกทั้งในช่วงเวลาสั้นๆ หรือการกระแทกเป็นจังหวะที่ดังมาก
- เสียงที่เกิดความดังเป็นบางช่วงเวลาหรือเป็นพักๆ เช่น เสียงการจราจร
- เสียงที่มีการเพิ่มระดับความดันอย่างรวดเร็วจะส่งผลมากกวาเสียงที่เพิ่มระดับความดันอย่างช้าๆ ถึงแม้สุดท้ายแล้วระดับเสียงจะมีค่าเท่ากัน

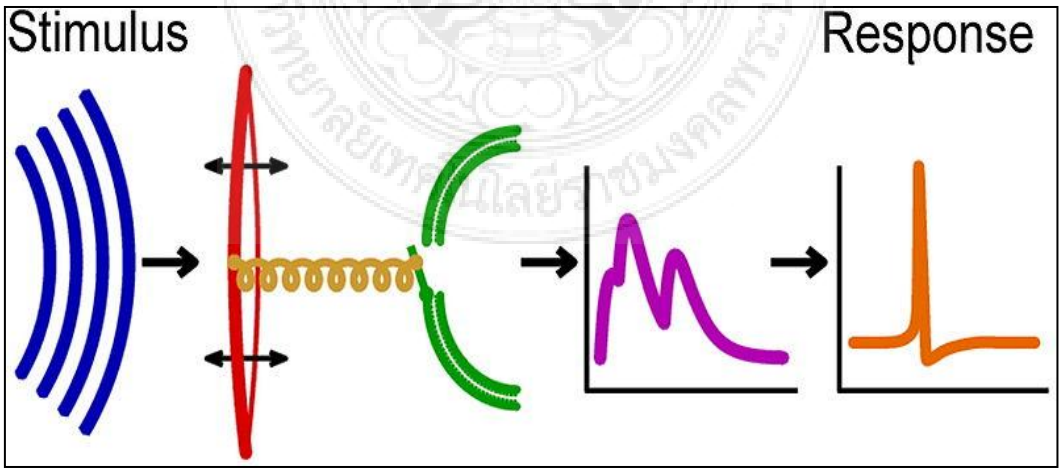
ระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise Level) หมายถึง ระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมเดิมขณะไม่มีเสียงรบกวน จากแหล่งกำเนิดเสียง (L90)

ระดับเสียงขณะมีการรบกวน (Specific Noise Level) หมายถึง ระดับเสียงที่ตรวจวัดหรือคำนวณจากแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน

ระดับเสียงรบกวน หมายถึง ระดับความต่างเสียงขณะมีการรบกวน กับระดับเสียงพื้นฐาน

เสียงกระแทก หมายถึง เสียงที่มีระดับสูง ซึ่งเกิดขึ้นทันทีทันใดและสิ้นสุดภายในเวลาน้อยกว่า 1 s

เสียงเป็นคลื่นตามยาวชนิดหนึ่งซึ่งอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังนั้นคุณสมบัติของเสียงจึงเหมือนคลื่นทุกประการ ตามปกติหูคนสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ ถึง 20,000 เฮิร์ตซ์ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิร์ตซ์นั้น เรียกว่าคลื่นเหนือเสียงหรืออัลตราโซนิก (ultrasonic) ส่วนเสียงที่ความถี่ต่ำกว่า 20 Hz เรียกว่าคลื่นใต้เสียงหรืออินฟราโซนิก (Infrasonic Wave)



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงการได้ยินเสียง

2.2 คุณสมบัติของเสียง

2.2.1 ความถี่ , ความยาวคลื่น และ ความเร็วของการแพร่

คลื่นเสียง (Sound waves) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความถี่ ความดัน ความเร็วของการแพร่ (propagation speed) หรือการสั่นสะเทือนในตัวกลาง เช่น อากาศ ทำให้เกิดความดันเป็นคลื่นส่งต่อจากแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่แพร่ออกจากแหล่งเสียงจะมีลักษณะเป็นคลื่นทรงกลม เป็นคลื่นสามมิติที่มีจุดกำเนิดเป็นจุด แนวหน้าคลื่นครอบคลุมไปรอบทุกทิศทางเสมือนกับลูกทรงกลมหายลูกที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ความยาวของคลื่นในการแพร่ 1 รอบมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\lambda = c / f$$

โดยกำหนดให้

λ = ความยาวคลื่น (m)

c = ความเร็วของการแพร่ (m/s)

f = ความถี่ (Hz)

จากสมการนั้นคือ ค่าความยาวคลื่นจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น ในทางกลับกันค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความถี่ลดลง

ความถี่ (Frequency) หมายถึงจำนวนแหล่งเสียงที่สั่นสะเทือนต่อวินาทีถูกเรียกว่าความถี่ของเสียงและวัดใน 1 รอบต่อวินาที เรียกว่า Hertz (Hz) เสียงที่มีความถี่สูงจะมี pitch sound สูง ซึ่งจะส่งผลรบกวนผู้ฟังได้มากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยการตอบสนองของหูด้วยเช่นกัน หูของมนุษย์และสัตว์ส่วนใหญ่จะมีช่วงของการตอบสนองการได้ยินที่กว้าง อยู่ที่ความถี่ประมาณ 20 Hz – 20,000 Hz [19] เสียงที่ความถี่ต่ำกว่าช่วงการได้ยิน เรียกว่า infrasound และเสียงที่มีความถี่เหนือการได้ยิน เรียกว่า Ultrasound [15]

ความเร็วของการแพร่ (propagation speed) ในส่วนของความเร็วของการแพร่งของเสียงในอากาศจะมีปัจจัยด้านอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังสมการ

$$C = 20.04 [T + 273.16]^{1/2}$$

โดยกำหนดให้ C = ความเร็วของการแพร่ (m/s)

T = อุณหภูมิในอากาศ (℃)

โดยที่คลื่นเสียงจะมีการแพร่ที่แตกต่างกันในของแข็งและของเหลว

2.2.2 กำลังเสียง และความดันเสียง

กำลังเสียง (Sound power) เกิดมาจากอากาศที่สั่นสะเทือน โดยที่ระดับกำลังเสียงเป็นลักษณะของอำนาจการแพร่พลังงานเสียงออกมาจากแหล่งกำเนิด โดยมีค่าอ้างอิงที่ยอมรับได้ทั่วโลก คือ 10^{-12} watt โดยมีสมการระดับกำลังเสียง (L_w) ดังนี้ [12]

$$L_w = 10 \log (W/W_{re}) \text{ (dB)}$$

เมื่อ W_{re} เป็น reference power ของ 10^{-12} watt

W เป็นพลังเสียงที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิด

ความดันเสียง (sound pressure) หมายถึง ค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนไปจากความดันบรรยากาศปกติ ค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ค่าแอมปลิจูด หน่วยที่ใช้คือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือปาสคาล การหาระดับความดันเสียงต้องเทียบกับความดันอ้างอิงที่ 20 ไมโครปาสคาล ซึ่งเป็นความดันเสียงต่ำสุดที่หูคนปกติสามารถได้ยินที่ความถี่ 1,000 Hz โดยระดับความดันเสียงหาได้จากสมการ

$$L_p = 10 \log (P/P_{re})^2 \text{ (dB)}$$

P_{re} คือ 20×10^{-6} pascal หรือ 20 micro Pa

2.2.3 การกระจายและการส่งผ่านของเสียง (Propagation and transmission of sound)

ความเข้มเสียง (sound intensity) หมายถึง กำลังเสียง 1 หน่วยพื้นที่ ความเข้มเสียงขึ้นกับทิศทางการกระจายตัว และระยะทางของเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ความดังเสียงลดลงถ้าระยะทางระหว่างแหล่งเสียงและผู้รับเพิ่มขึ้น

2.2.4 ความดังและระดับความดังของเสียง (Loudness and Loudness Level)

ความดังเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันเสียงและความถี่ของเสียง โดยเสียงบริสุทธิ์ที่มีความถี่ 1,000 Hz และความดัน 20 dB จะฟังชัด ซึ่งขณะเดียวกันเสียงที่มีระดับของความดันที่เท่ากัน แต่ค่าของความถี่ที่ระดับ 100 Hz ไม่สามารถได้ยินเพราะต่ำกว่าขีดเริ่มต้นของการได้ยิน

2.3 การตรวจวัดระดับเสียง

2.3.1 เครื่องวัดระดับเสียง (Sound level meter: SLM)

หลักการทำงานของเครื่องวัดเสียง คือ ตรวจวัดความดันที่เปลี่ยนไปของเสียง โดยอาศัยการวัดเป็นระดับความดันเสียง (dB) ซึ่งไมโครโฟนจะเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำหน้าที่เปลี่ยนความดันของคลื่นเสียงให้เป็น

สัญญาณไฟฟ้า (voltage) สัญญาณนี้มีขนาดเล็กมากจึงต้องผ่านเครื่องขยายกำลัง (preamplifier) ก่อนจะถูกส่งไปวิเคราะห์ ซึ่งสามารถได้ข้อมูลตรงๆ ข้อมูลเวจท์ หรือข้อมูลที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งโดยผ่านที่กรองเสียง หลังจากนั้นจึงผ่านเครื่องขยายกำลังเพื่อให้ได้ข้อมูลอยู่ในระดับที่แสดงออกมาได้ อาจเป็นเข็มมิเตอร์ หรือเป็นสัญญาณแสดงออกที่ออสซิลโลสโคพ (oscilloscope) เข็มบนมิเตอร์สามารถกำหนดความเร็วของการบ่งชี้ให้เร็วหรือช้า ถ้าตั้งมิเตอร์ที่ตำแหน่ง “fast” เข็มจะทำงานภายใน 200 – 250 ms หลังจากเสียง 1,000 HZ ผ่าน preamplifier ถ้าตั้งมิเตอร์ที่ตำแหน่ง “slow” เข็มจะหาค่าเฉลี่ยของระดับเสียงสำหรับระยะเวลาที่นานกว่านี้ [4][7]

เครื่องมือวัดระดับความดังของเสียงมีด้วยกัน 4 ชนิด ประกอบด้วย

Type 1 – Precision SLM เป็นชนิดที่มีความแม่นยำมาก ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานวิจัยโดยเฉพาะ ซึ่งต้องมีความแม่นยำถึง ± 1 dBA

Type 2 – Gerneral Purpose SLM ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วๆไปเป็นชนิดที่ถูกออกแบบเพื่อใช้ในภาคสนาม เป็นชนิดที่ใช้กันมากที่สุดในการใช้ประเมินระดับความดังของเสียง มีความแม่ยำอยู่ที่ ± 2 dBA

Type 3 – Survey SLM ใช้สำหรับการสำรวจขั้นต้น ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการประเมินเสียง

Type 4 – Special Purpose SLM หรือชนิดพิเศษ เครื่องชนิดนี้จะมี weighting network A หรือมีลักษณะเช่นเดียวกับชนิดที่ 1 และ 2 สำหรับการวัดเสียงในชุมชน ควรจะใช้เครื่องวัดเสียงประเภท Type 1 และ Type 2

2.3.2 ส่วนประกอบของเครื่องวัดเสียง

(1) ไมโครโฟน (Microphone) จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนมาก มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ condenser และ ceramic microphones อุปกรณ์ประเภท condenser microphones มีความคงตัวนานไม่ไวต่อการสั่นสะเทือนหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และไม่ไวต่อช่วงอุณหภูมิหรือความดันที่เปลี่ยนแปลงไป ข้อเสียของไมโครโฟนคือจะไวต่อสภาพความชื้นที่สูง ซึ่งเป็นสาเหตุของการรั่วไหลของไฟฟ้า ส่งผลให้มีค่าระดับเสียง background จากไมโครโฟนดังเกินไป สำหรับ ceramic microphones จะมีความทนมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามจะมีความไวต่อแรงสั่นสะเทือนมากกว่า condenser microphones และมีความไวต่ออุณหภูมิ โดยเฉพาะถ้าต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าการตอบสนองต่อความถี่ของ ceramic microphones จะดีกว่าแต่มันก็ถูกพิจารณาว่าด้อยกว่า condenser microphones

(2) Weighting Network เป็นอุปกรณ์ควบคุมการตอบสนองของเครื่องวัดระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ระดีบเสียงเวจท์ (Weighted sound level) เป็นระดับเสียงที่ได้จากการวัดผ่านไมโครโฟนแล้ว

ผ่านไมโครโฟนแล้วผ่านที่กรองเวจท์ ซึ่งจะให้ระดับเวจท์ได้หลายรูปแบบ เช่น A, B, C, D ทั้งนี้เนื่องจากหูคนมีความไวต่อเสียงต่างกันถ้าความถี่ต่างกัน

A-weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับการตอบสนองของคนสำหรับระดับเสียงต่ำ

B-weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับการตอบสนองของคนสำหรับระดับเสียงปานกลาง มีความถี่ประมาณ 400-3,000 Hz

C- weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับการตอบสนองของคนสำหรับระดับเสียงสูง แต่ไม่มีการกรองมากนัก ดังนั้นผลการวัดเสียงจึงใกล้เคียงกับความจริง

D – weighted เป็นการตอบสนองของคนจากเสียงรอบๆสนามบิน จึงใช้กับการวัดเสียงจากท่าอากาศยาน

เสียงเวจท์ที่ใช้มากที่สุด คือ A-weighted ใช้ทั้งวัดเสียงภายในและภายนอกอาคาร การใช้ A-weight scale ควรใช้กับเสียงที่มีแถบคลื่นกว้าง เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้แพร่หลายที่สุดสำหรับการประเมินอันตรายจากเสียง รวมทั้งเสียงรบกวนการสนทนาและเสียงรบกวนในเขตชุมชน ทั้งนี้เนื่องจากถูกสร้างขึ้นมาให้ตอบสนองต่อระดับความดังที่ความถี่ต่างๆได้ใกล้เคียงกับหูของมนุษย์มากที่สุด [3] [4]

(3) ภาคขยายสัญญาณ (Amplifier) สำหรับเครื่องวัดเสียง ต้องมีความสามารถในการขยายสัญญาณที่ช่วงความถี่ระหว่าง 20 – 20,000 Hz และคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการของเครื่องขยายสัญญาณในเครื่องวัดเสียง คือ จะต้องมีเสียงรบกวนที่เกิดจากตัวภาคขยายสัญญาณเองซึ่งเรียกว่า electronic noise ต่ำ [3]

(4) Sound level Meter Detectors เป็นสัญญาณเสียงซึ่งใช้ใน sound level meter RMS (root mean square) เป็นตัวสัญญาณเสียงที่ใช้มากที่สุดและใช้ในการวัดระดับความดันเสียง ถูกเรียกว่า fast และ slow หากใช้ระบบ fast mode จะทำให้ meter ตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเสียง แต่ในระบบ slow mode ระดับการตอบสนองจะลดต่ำลง

(5) Sound level Meter Display หลังจากที่สัญญาณความดันเสียงถูกวัด ผลจะแสดงออกมาในหน่วย dB บน digital หรือ analog meter แบบ digital จะอ่านเป็นจำนวนตัวเลขโดยตรง เมื่อมีระดับเสียง fluctuation เกิดขึ้น การแสดงจำนวนตัวเลขสามารถเข้าใจยากและสับสนแต่แบบ analog meter จะสังเกตง่ายกว่าต่อเสียง fluctuation แต่ก็จะมีความทนทานน้อยกว่าการแสดงแบบ digital

2.4 อิทธิพลที่มีผลต่อการวัดระดับเสียง

2.4.1 อุณหภูมิ (Temperature) เครื่องวัดเสียงส่วนใหญ่ออกแบบมาให้ใช้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง -7 ถึง 66 องศาเซลเซียส การตรวจปรับความถูกต้องจะกระทำกันที่อุณหภูมิห้อง ฉะนั้นถ้านำไปใช้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่างจากอุณหภูมิห้อง จึงควรปรับค่าให้เหมาะสมด้วย

2.4.2 ความชื้น (Humidity) เครื่องวัดระดับเสียงซึ่งผ่านการตรวจสอบจาก OSHA (Occupational Safety and Health Administration) จะสามารถทำงานได้ที่ความชื้นสูงตราบเท่าที่ความชื้นไม่กลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำเกาะไมโครโฟน ไมโครโฟนแบบ ceramic จะทนทานต่อความชื้นที่สูง แต่ชนิด condenser จะล้มเหลวถ้าสัมผัสฝนหรือหยดน้ำจากบรรยากาศเพราะจะทำให้เกิดเสียงแกรกกรากได้

2.4.3 ความดันบรรยากาศ (Barometric Pressure) จะมีผลกระทบต่อเสียงจากเครื่องปรับความถูกต้อง (calibrator) ฉะนั้นต้องปรับค่าความดันบรรยากาศตามที่ผู้ผลิตแนะนำไว้ในหนังสือคู่มือการใช้เครื่องเสมอ โดยทั่วไปถ้าระดับของพื้นที่ที่จะทำการวัดเสียงอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 10,000 ฟุต ผลกระทบเนื่องจากความดันบรรยากาศจะน้อยมาก จึงไม่จำเป็นต้องปรับค่า แต่ถ้าเกินกว่า 10,000 ฟุต หรือมีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศปกติ จำเป็นต้องมีการปรับค่าเพื่อความถูกต้องของการวัด [12]

2.4.4 กระแสลม (Wind) กระสมที่พัดผ่านไมโครโฟนอาจทำให้เกิดเสียงดังขึ้นมาได้ ซึ่งจะทำให้การอ่านค่าของเครื่องสูงกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นการใช้เครื่องป้องกันลม (wind screen) สวมบนไมโครโฟนจะช่วยป้องกันปัญหาที่จะเกิดจากกระแสลมได้ และสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเสียงที่ได้จากการวัดคือเสียงที่ลมที่พัดผ่านไมโครโฟน หรือเป็นเสียงที่วัดได้จากแหล่งกำเนิด ถ้าค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างในขณะไม่มีที่กำบังลม แสดงว่าเสียงที่วัดได้คือเสียงจริงจากแหล่งกำเนิดที่ต้องการ

2.4.5 ความสั่นสะเทือน (Vibration) เมื่อการวัดระดับเสียงมีระดับที่ดังมากกว่า 120 dB คลื่นเสียงอาจจะมีความแรงพอที่จะทำให้โครงสร้างของเครื่องมือ ไมโครโฟน และอุปกรณ์ภายในเกิดการสั่นสะเทือนได้ ดังนั้นในการตรวจวัดควรตั้งเครื่องมืออยู่นอกเขตเสียงดังแล้วแยกไมโครโฟนออกไปโดยใช้สายต่อ ซึ่งสายต่อที่ใช้ต้องเลือกให้เหมาะสมอย่าให้เกิดการสั่นสะเทือนภายในสายต่อเอง

2.4.6 ความยาวของสายไมโครโฟน บางกรณีที่ทำการวัดในพื้นที่ซึ่งนำไมโครโฟนเข้าไปได้โดยเฉพาะ และต้องต่อไมโครโฟนเข้ากับเครื่องวัดเสียงซึ่งอยู่ห่างออกไปด้วยสายไฟที่ยาว ในกรณีเช่นนี้ถ้าไมโครโฟนต่อเข้ากับภาคขยายสัญญาณโดยตรง ความยาวของสายไมโครโฟนจะไม่มีผลต่อการวัดเสียง แต่ถ้าไมโครโฟนไม่ได้ต่อโดยตรงกับภาคขยายสัญญาณ จะต้องทำการปรับแก้ค่าที่อ่านได้สืบเนื่องมาจากการสูญเสียความไวของไมโครโฟน โดยใช้เครื่องตรวจปรับความถูกต้องของเครื่องวัดเสียง

2.4.7 เสียงจากแหล่งอื่น (Background noise) การวัดระดับความดังของเสียงในบางกรณีต้องการวัดเฉพาะเสียงจากแหล่งกำเนิดที่สนใจเท่านั้น เสียงที่เกิดมาจากแหล่งอื่นจึงไม่เป็นที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบว่าเสียง Background ดังเกินไปหรือไม่ โดยต้องหยุดการทำงานของแหล่งเสียงที่เราสนใจ และทำการตรวจวัดระดับเสียง Background โดยรอบทั้งหมด ถ้าพบความแตกต่างระหว่างเสียง Background กับเสียงที่วัดได้ทั้งหมดเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงที่เราสนใจทำงาน มีค่ามากกว่า 10 dB แสดงว่าเสียง Background ไม่มีนัยสำคัญต่อการวัดเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง แต่ถ้าค่าที่ได้น้อยกว่า 10 dB แสดงว่าเสียง Background มีผลต่อการวัดเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง เราต้องทำการลบเสียง Background ออก จึงจะได้ระดับเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 1 ค่าระดับเสียงที่ต้องลบออกจากเสียงทั้งหมดเพื่อหาระดับเสียงของแหล่งกำเนิด [3]

ระดับเสียงแตกต่างระหว่างเสียงทั้งหมด กับเสียง Background (dB)	ระดับเสียงที่ต้องลบออกจากเสียงทั้งหมด เพื่อหาระดับเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง (dB)
8 - 10	0.5
6 - 8	1
4.5 - 6	1.5
4 – 4.5	2.0
3.5	2.5
3	3.0

ถ้าค่าความแตกต่างน้อยกว่า 3 dB แสดงว่าระดับเสียงทั้งหมดของแหล่งกำเนิดเสียงกับ Background noise มีค่าเท่ากัน การวัดระดับเสียงภายใต้สภาพเช่นนี้ไม่สามารถเชื่อถือได้และจะทำได้ยาก ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการวัดภายในสภาพเช่นนี้ เว้นแต่ว่าลด Background noise ลง แต่ถ้าไม่สามารถลดระดับ background noise ลงได้ ก็ควรเลื่อนไมโครโฟนให้เข้าใกล้แหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้น

2.5 มลพิษทางเสียง (Noise Pollution)

เป็นสภาวะที่มีการก่อให้เกิดเสียงที่มีการรบกวน อาจมาจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ทั้งจากมนุษย์ สัตว์ หรือเครื่องจักรต่างๆ โดยหากเกิน 85 เดซิเบล จะเป็นอันตรายต่อหู ยิ่งถ้าเกิน 90 เดซิเบล จะเป็น

อันตรายต่อหูอย่างมาก ดังนั้นไม่ควรเข้าใกล้บริเวณที่มีเสียงดังเกินจะรับได้ทั้งนี้ แหล่งที่มาของเสียงภายนอกทั่วโลกส่วนใหญ่มาจากการก่อสร้างและระบบการขนส่ง รวมทั้ง เสียงรบกวนจากพาหนะยานยนต์ เครื่องบิน และรถไฟ หรือแม้แต่การวางผังเมืองที่ไม่ดีอาจก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงได้เช่นกัน และทางด้านแหล่งอุตสาหกรรมข้างเคียง ตลอดจนการปลูกสร้างที่อยู่อาศัยก็อาจก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงในพื้นที่บริเวณที่อยู่อาศัยได้เช่นกัน

2.5.1 แหล่งกำเนิดภาวะมลพิษทางเสียง

(1) การจราจร มาจากยานพาหนะประเภทต่างๆ เช่น รถไฟ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุก เรือหางยาว และเครื่องบิน เป็นต้น

(2) สถานประกอบการต่างๆ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้าง อู่ซ่อมรถ เป็นต้น

(3) ชุมชนและสถานบริการ ได้แก่ เสียงจากคนหรือเครื่องใช้ภายในบ้าน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ และเสียงในย่านธุรกิจการค้า สถานบันเทิงเริงรมย์ เป็นต้น

2.6 ผลกระทบจากภาวะมลพิษทางเสียง

2.6.1 สูญเสียการได้ยิน (Hearing loss) หูของมนุษย์จะตอบสนองที่ช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20 KHz การได้ยินของมนุษย์จะมีความไวน้อยต่อเสียงที่มีความถี่ต่ำและความถี่ที่สูงมาก ในกระบวนการได้ยินที่ปกติ การที่เสียงสั่นสะเทือนในอากาศและเดินทางผ่านช่องหูเข้าไปกระทบกับแก้วหู จะทำให้บริเวณแก้วหูสั่นสะเทือนตามไปด้วย การสั่นสะเทือนจะส่งผ่านทางกระดูกของหูชั้นกลางไปยังอวัยวะการรับเสียงของหูชั้นใน และที่นี่จะถูกขนส่งโดยเซลล์ขน (hair cells) ไปยังกระแสประสาทและส่งต่อไปยังสมองเข้าสู่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 (auditory nerves) เมื่อนั้นการได้ยินก็จะเกิดขึ้น ถ้าการได้ยินเสียงที่มีความดังเป็นเวลานานๆ จะทำให้ไม่สามารถรับฟังเสียงแผ่วเบาได้เท่าที่ควร นั้นแสดงว่าขอบเขตของระดับเสียงของการได้ยินเลื่อนสูงขึ้นไป จะรู้สึกว่ามีอาการหูอื้อชั่วขณะ เรียกอาการนี้ว่า หูตึงชั่วคราว นั้นคือได้รับเสียงที่ดังในระยะเวลาสั้น และจะกลับคืนสู่ปกติในเวลาเพียงเล็กน้อย ประมาณ 2-3 นาที หลังจากหยุดสัมผัสกับเสียงที่มีความดัง ในทางตรงกันข้าม หากได้รับเสียงที่ดังเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพการได้ยินอย่างถาวร เรียกว่า หูตึงถาวร การทำลายการได้ยินถาวรจะเกิดขึ้นต่อเซลล์ขน ในหูชั้นใน ซึ่งการทำลายนี้จะไม่สามารถซ่อมแซมได้โดยการผ่าตัด มันจะเป็นการทำลายอย่างถาวร ความถี่ที่ทำให้เกิดการหูตึงถาวร คือ ความถี่ประมาณ 4,000 Hz

2.6.2 รบกวนการสื่อสาร (Interference with communication) เสียงดังจะขัดขวางทำให้ไม่ได้ยินเสียงอื่นๆ การพยายามที่จะเข้าใจบุคคลหนึ่งซึ่งกำลังพูดกับเราในสิ่งแวดล้อมที่มีระดับเสียงดังนั้นเป็นเรื่องที่ยาก

2.6.3 รบกวนการนอนหลับ (Disturbance of sleep) เสียงรบกวนเป็นสาเหตุให้มีการนอนหลับยากและทำให้ตื่นขณะนอนหลับอยู่ได้ ได้มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยการทำการตรวจวัดคลื่นสมองด้วยไฟฟ้า การรบกวนการนอนหลับโดยเสียงจะสัมพันธ์กับระดับเสียง ความถี่เสียง ระดับการขึ้นลงของเสียง และความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น เพศ อายุ เป็นต้น

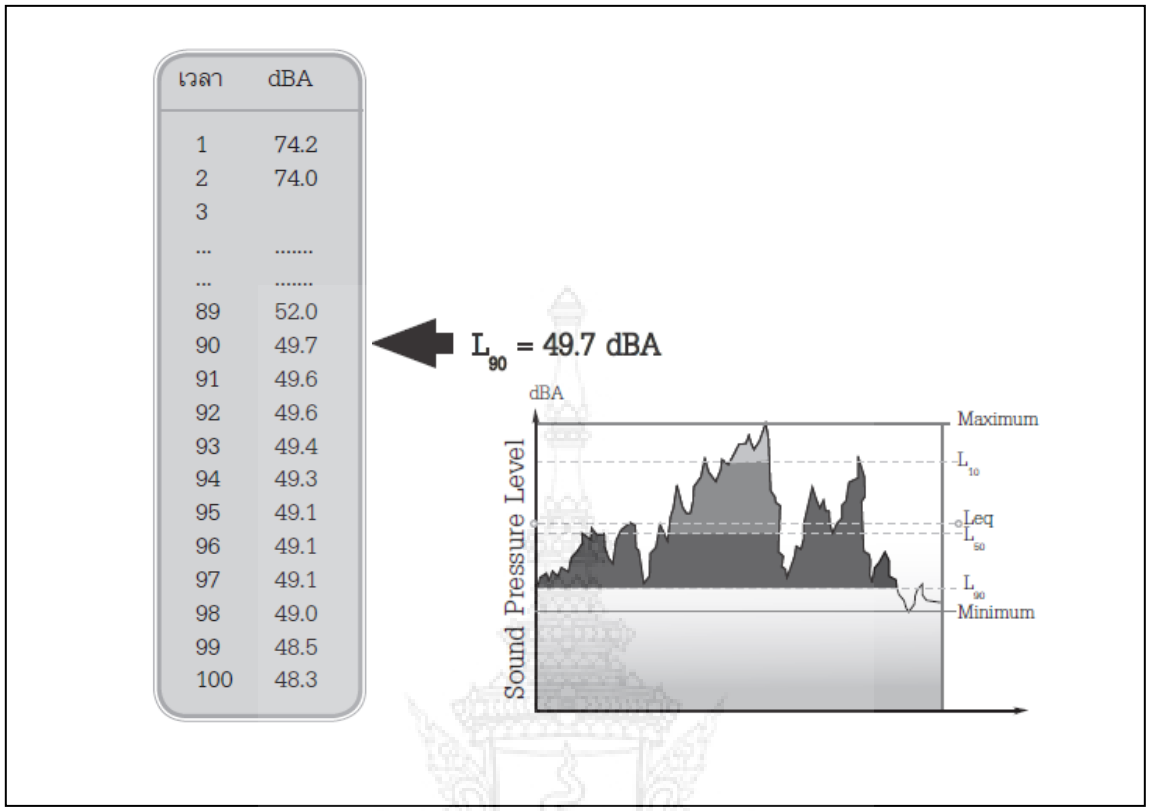
2.6.4 ด้านสรีระวิทยา เช่น ผลกระทบต่อระบบการหมุนเวียนของเลือด ต่อมไร้ท่อ อวัยวะสืบพันธุ์ ระบบประสาท และความผิดปกติของระบบการหดและบีบลำไส้ใหญ่ เป็นต้น

2.6.5 ด้านสุขภาพจิต (Mantal health) ความเครียดจะเกิดขึ้นจากการที่ได้ยินเสียงที่ไม่ต้องการ ทำให้เกิดความรู้สึกรำคาญ ส่งผลต่อการนอนหลับพักผ่อน ผลต่อการทำงานและการเรียนรู้ รบกวนการสนทนาและการบันเทิง ทำให้มนุษย์ต้องเพิ่มความอดทนต่อการได้ยินเสียงที่ไม่ชอบ และเกิดเป็นความเครียดของจิตใจ ส่งผลให้เกิดเป็นปัญหาสุขภาพจิตตามมา

2.7 ความหมายที่เกี่ยวกับพารามิเตอร์ในการตรวจวัดระดับเสียง [1]

2.7.1 ระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise Level) หมายความว่าระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมในขณะยังไม่เกิดเสียงหรือไม่ได้รับเสียงจากแหล่งกำเนิดที่สนใจ แหล่งกำเนิดที่ประชาชนร้องเรียนหรือคาดว่าประชาชนจะได้รับการรบกวน โดยแหล่งกำเนิดอาจหยุดดำเนินการชั่วคราวด้วยคำสั่งเจ้าหน้าที่ คำสั่งศาล หรือเป็นช่วงเวลาปิดทำการ หรือปัจจุบันยังไม่มีแหล่งกำเนิดตั้งอยู่ หรืออยู่ในบริเวณที่ไม่ได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดนั้น

“ระดับเสียงพื้นฐาน” ให้ตรวจวัดเป็นค่าระดับเสียงเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 (Percentile Level 90, LA90) หมายถึง ร้อยละ 90 ของระยะเวลาที่ตรวจวัด จะมีระดับเสียงเกินกว่าค่านี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าตรวจวัดเสียง 100 วินาที ได้ค่าระดับเสียง 100 ค่า หากนำค่าระดับเสียงมาจัดลำดับจากมาก (ลำดับที่ 1) ไปหาน้อย (ลำดับที่ 100) ค่า LA90 จะเป็นค่าลำดับที่ 90 (ภาพที่ 2) หรือหากเป็นกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงในช่วงเวลาใดๆ ค่า LA90 จะมีค่าประมาณดังภาพที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างค่า LA90 และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการตรวจวัดระดับเสียงในหนึ่งช่วงเวลา

2.7.2 ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน (Residual Noise Level) หมายความว่าระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐาน แต่ให้ตรวจวัดเป็นระดับเสียงเฉลี่ย (Equivalent Continuous Sound Pressure Level: LAeq)

2.7.3 ระดับเสียงขณะมีการรบกวน (Specific Noise Level) หมายความว่าระดับเสียงของแหล่งกำเนิดที่สนใจ แหล่งกำเนิดที่ประชาชนร้องเรียน หรือแหล่งกำเนิดที่คาดว่าประชาชนจะได้รับการรบกวน ที่ทำการตรวจวัดเป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย จากนั้นทำการคำนวณเพื่อตัดอิทธิพลเสียงสิ่งแวดล้อม และบางกรณีคำนวณเป็นค่าระดับเสียงตามฐานเวลาที่อ้างอิง (1 ชั่วโมง) ด้วย

2.7.4 มาตรระดับเสียง หมายความว่า เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC 60804 หรือ IEC 61672 ของคณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า (International Electrotechnical Commission, IEC) ที่สามารถตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย และระดับเสียงเปอร์เซนไทล์ที่ 90 ตามระยะเวลาที่กำหนดได้

2.8 ค่ามาตรฐานคุณภาพเสียง [1]

ตารางที่ 2 ระดับค่ามาตรฐานในการตรวจวัดคุณภาพเสียง

<table>
<tr><th colspan="2">มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป</th></tr>
<tr><th>ค่ามาตรฐานระดับเสียง</th><th>การตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป</th></tr>
<tr><td>1. ค่าระดับเสียงสูงสุด ไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ</td><td rowspan="2">1. การตรวจวัดค่าระดับเสียงสูงสุด ให้ใช้มาตรระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงในบริเวณที่มีคนอยู่หรืออาศัยอยู่
2. การตรวจวัดค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ให้ใช้มาตรระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา 24 ชั่วโมงใด ๆ
3. การตั้งไมโครโฟนของมาตรระดับเสียงที่บริเวณภายนอกอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร โดยในรัศมี 3.50 เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟน ต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่
4. การตั้งไมโครโฟนของมาตรระดับเสียงที่บริเวณภายในอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร โดยในรัศมี 1.00 เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟน ต้องไม่มีกำแพงสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่ และต้องห่างจากช่องหน้าต่างหรือช่องทางที่เปิดออกนอกอาคารอย่างน้อย 1.50 เมตร</td></tr>
<tr><td>2.ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิ-เบลเอ</td></tr>
</table>

2.9 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้รับการสถาปนาขึ้นในพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2548 ประกอบด้วยวิทยาเขตเดิม 5 แห่ง คือ วิทยาเขตเทเวศร์ วิทยาเขตโชติเวช วิทยาเขตพณิชยการพระนคร วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ วิทยาเขตพระนครเหนือ สำหรับวิทยาเขตวิทยาเขตพระนครเหนือปัจจุบันจัดเป็นที่ตั้งของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ จากเดิมในปี พ.ศ. 2500 อาจารย์สนั่น สุมิตร อธิบดีกรมอาชีวศึกษาในสมัยนั้น ได้ทำการติดต่อกระทรวงศึกษาธิการขอเปิดโรงเรียนช่างกลเพิ่มขึ้น โดยสำนักนายกรัฐมนตรีได้อนุมัติให้กระทรวงการศึกษาธิการใช้สถานที่เดิมของกรมโยธาธิการที่ตั้งอยู่สะพานพระราม 6 (ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงเรียนช่างกลพระ

นครเหนือกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ) เปิดเป็นโรงเรียนช่างกลพระนครเหนือ โดยที่ถือว่าวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2501 เป็นวันคล้ายวันสถาปัน [17]

รูปที่ 3 แผนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

วันที่ 13 กันยายน 2531 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบันทรงพระกรุณาโปรดเกล้าพระราชทานนามใหม่แก่วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา ว่า "สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล" โดยเป็น วิทยาเขตในสังกัดสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลมีชื่อเต็มว่า"สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ" จนเมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2548 ถูกรวบเข้าเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือมาจนถึงปัจจุบัน [17]

2.10 สารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูล และสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ข้อมูลและแผนที่ในระบบสารสนเทศจะอยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลจะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ [5]

2.10.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Components of GIS) องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) ข้อมูล (Data) และบุคลากร (People) โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่น ๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน

2. โปรแกรม คือชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc/Info, MapInfo ฯลฯ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชั่นการทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล, เรียกค้น, วิเคราะห์ และ จำลองภาพ

3. ข้อมูล คือข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลโดยได้รับการดูแลจากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองลงมาจากบุคลากร

4. บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากร ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาลนั้น ก็จะเป็นเพียงขยะไม่มีคุณค่าใดเลยเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน อาจจะกล่าวได้ว่า ถ้าขาดบุคลากรก็จะไม่มีระบบ GIS

5. วิธีการหรือขั้นตอนการทำงานคือวิธีการที่องค์กรนั้น ๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งานโดยแต่ละ ระบบแต่ละองค์กรย่อมีความแตกต่างกันออกไป ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงานนั้น ๆ เอง [5]

2.11 **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Paulo Henrique Trombetta Zannin และคณะ ได้ทำการศึกษาลักษณะมลพิษของเสียงในมหาวิทยาลัยประเทศบราซิล โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วน คือ ทำการวัดระดับเสียงต่อเนื่องเทียบกันระหว่าง ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน กับ มลพิษทางเสียง และจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงในบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัย ส่วนที่สองใช้แบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 389 คนภายในมหาวิทยาลัย ผลจากการศึกษาพบว่า 89.65% ของ 58 คะแนนมีค่าการประเมินสูงเกิน 55 dB (A) [14]

Flavio Maldonado Bentes และคณะ ทำการวิเคราะห์การได้รับมลพิษทางเสียงโดยรอบสนามบินนานาชาติ viracopos โดยใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณสัดส่วนของผู้ที่ได้รับความรำคาญร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยเปรียบเทียบแบบจำลอง 3 แบบในการจัดสรรสนามบินที่ส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางเสียง จากการศึกษาพบระดับเสียงอยู่ในชวง 60-65 dB (A) [10]

ศริญญา ชูพูล (2544) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเสียงจากการจราจรกับการตอบสนองของประชาชนในชุมชน ในย่านพานิชยกรรมและที่บรเวณที่อยู่อาศัยที่หนาแน่นมากในเขตอำเภอหาดใหญ่ ผลจากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความรำคาญกับค่าระดับเสียงเฉลี่ย 15 ชั่งโมง มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง ระดับเสียงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 68.2 เดซิเบลเอ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรำคาญได้แก่ การประกอบอาชีพลูกจ้าง นักเรียน นักศึกษา แหล่งเสียงจากนอกบ้าน โดยระดับสียงที่เป็นมลภาวะแบบมากที่สุดมีผลกระทบต่อการทำงาน และการนอนหลับ [4]

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ (2552) ศึกษาระดับความดังของเสียงจากการจราจรในเขต อ.เมือง จ.พิษณุโลก โดยเปรียบเทียบกับเกณฑมาตรฐาน รวมทั้งศึกษาผลกระทบของมลพิษทางเสียงโดยใชแบบจำลองทางคณิตศาสตร โดยแตละพื้นที่ทำการตรวจวัดระดับเสียงเปนระยะเวลา 1 ชั่วโมงตั้งแตเวลา 07.30 -08.30 น. พบวาถนนสนามบินมีระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่งโมงสูงสุด โดยมีคาเทากับ 89.56 - 90.14 dBA รองลงมาคือ ถนนสิงหวัฒน มีคาเทากับ 82.20 - 89.48 dBA การศึกษาผลกระทบจากระดับความดังเสียงโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ระดับเสียงจากการจราจรทางราบ เวอร์ชั่น 1.20 (NMTHAI 1.20) ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พบว่า ในพื้นที่ตรวจวัดมีระดับเสียงไม่เกิน 115 dBA ซึ่งระดับเสียงที่อยู่ในช่วง 80-85dBA พบในบริเวณจุดกลางถนนในช่วง 1-5 เมตร ส่วนในพื้นที่ที่ห่างจากจุดกลางถนนส่วนใหญ่มีระดับเสียงไม่ เกิน 80 dBA ซึ่งเป็นระดับเสียงที่ปลอดภัยจากผลกระทบทางเสียง ที่เสนอแนะไว้โดยองค์การอนามัยโลก [2]

บทที่ 3

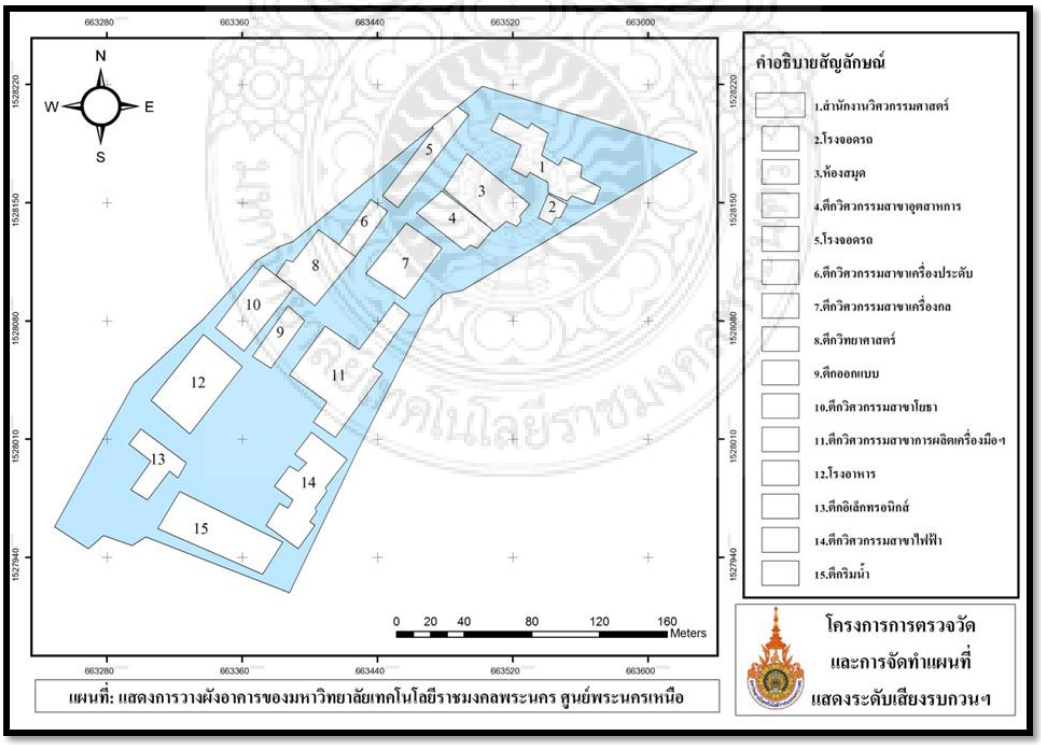
วิธีดำเนินการ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อตรวจวัดคุณภาพเสียงและจัดทำแผนที่ระดับเสียงภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ โดยทำการตรวจวัดระดับเสียงโดยรอบตามสถานีที่กำหนด และนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงต่อไป

3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเก็บพิกัดทางภูมิศาสตร์ตามระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator - UTM) เป็นพิกัดภูมิศาสตร์ในลักษณะกริดระบุตำแหน่งของสิ่งบนผิวโลกในลักษณะระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ เพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่แสดงที่ตั้งของมหาวิทยาลัย และแผนที่แสดงระดับเสียง



รูปที่ 4 แผนที่แสดงพื้นที่และผังอาคารในมหาวิทยาลัย

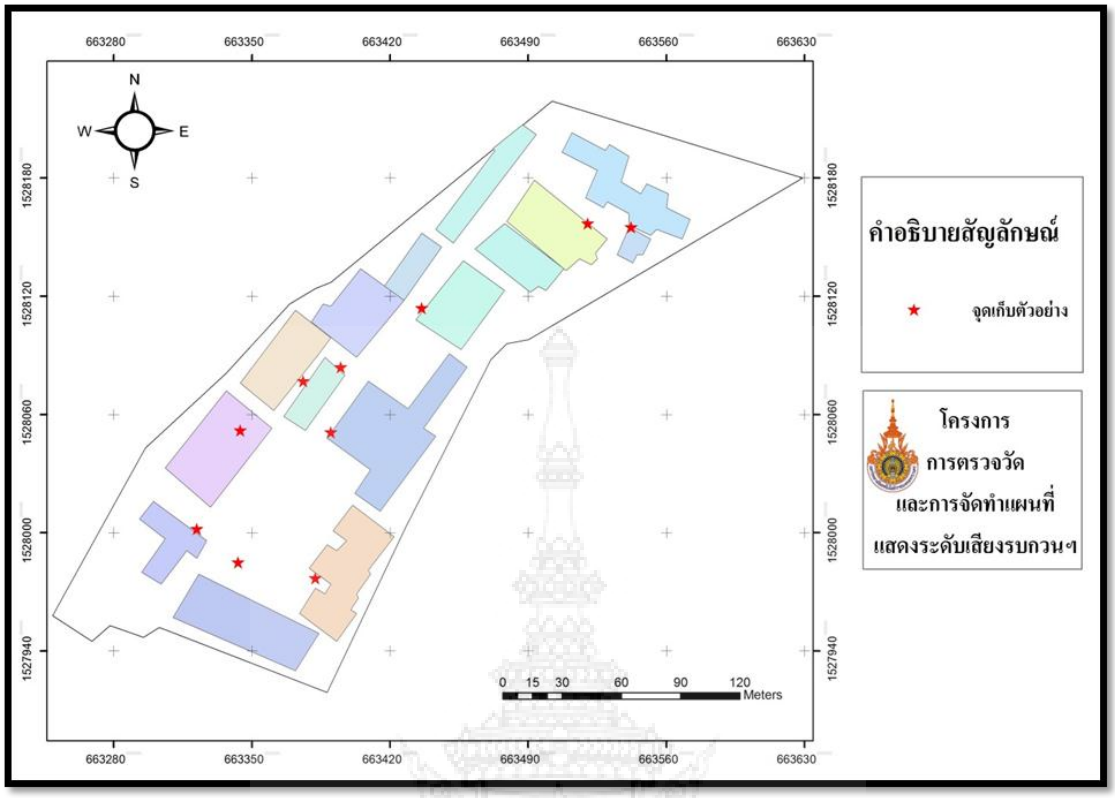
สถานีเก็บตัวอย่างระดับเสียง กำหนดไว้ทั้งหมด 10 สถานีเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สถานีเก็บตัวอย่างระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

ลำดับที่	พิกัดทางภูมิศาสตร์ (UTM)		บริเวณใกล้เคียง
	X	Y	
1	663520	1528157	ห้องสมุด
2	663390	1528051	อาคารวิศวกรรมสาขาอุตสาหการ
3	663436	1528114	อาคารวิศวกรรมสาขาเครื่องกล
4	663382	1527977	อาคารวิศวกรรมสาขาไฟฟ้า
5	663376	1528077	อาคารวิศวกรรมสาขาโยธา
6	663542	1528155	สำนักงานวิศวกรรมศาสตร์
7	663322	1528002	อาคารอิเล็กทรอนิกส์
8	663344	1528052	อาคารโรงอาหาร
9	663395	1528084	อาคารวิทยาศาตร์
10	663343	1527985	อาคารริมน้ำ

ตัวแปรในการศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ Equivalent sound level (L_{eq}) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการวัดระดับเสียง ได้แก่ ปริมาณนักศึกษา, ปริมาณการจราจรภายในมหาวิทยาลัย, กิจกรรมภายในมหาวิทยาลัย เป็นต้น
2. ตัวแปรตาม คือ ระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ภายในมหาวิทยาลัย
3. ตัวแปรควบคุม คือ ช่วงเวลาในการตรวจวัดระดับเสียง, ระยะเวลาในการตรวจวัดระดับเสียง



รูปที่ 5 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างระดับเสียงในมหาวิทยาลัย

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ยี่ห้อ GARMIN รุ่น etrex 10
2. เครื่องวัดเสียง ยี่ห้อ CASELLEA CEL
3. ไมโครโฟน
4. เครื่อง Calibrate
5. นาฬิกาจับเวลา
6. แบบบันทึกข้อมูล
7. เชือกสำหรับกั้นขอบเขตของเครื่องวัดเสียง
8. อุปกรณ์ป้องกันลม
9. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเรียก – รับข้อมูลจากเครื่องวัดเสียง

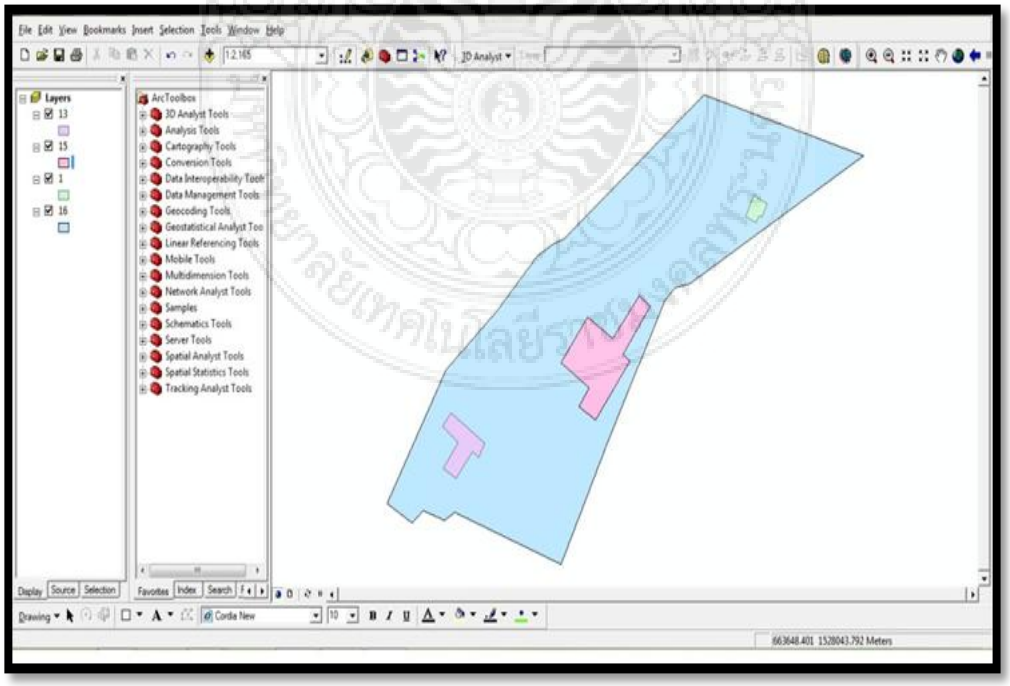
3.3 ขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูล

3.3.1 ทำการหาตำแหน่งพิกัดพื้นที่โดยรอบของมหาวิทยาลัย และตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ด้วยเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ยี่ห้อ GARMIN รุ่น etrex 10

รูปที่ 6 เครื่องเก็บพิกัด GPS ยี่ห้อ GARMIN รุ่น etrex 10

3.3.2 นำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนที่ของมหาวิทยาลัยและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในการวัดระดับเสียง

3.3.3 ก่อนนำเครื่องตรวจวัดระดับเสียงออกไปใช้งาน ต้องทำการเช็คความถูกต้อง (Calibrate) เครื่องมือก่อนและหลังในการสำรวจข้อมูลแต่ละวันโดยปฏิบัติตามคู่มือของเครื่องวัดเสียง



รูปที่ 7 การจัดทำแผนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

3.3.4 มาตรในการวัดเสียงใช้วงจร A-Weighting ความไวของเครื่องวัดเสียงใช้สเกลเร็ว (fast) ในการวัดระดับเสียงใช้การทำงานอัตโนมัติและสามารถคำนวณระดับเสียงออกมาเป็น L_{eq} ได้ โดยการวัดและบันทึกระดับเสียงตั้งค่าให้มีการเก็บข้อมูลอัตโนมัติทุกๆ 10 วินาที การติดตั้งเครื่องวัดเสียงภายนอกอาคารต้องติดตั้งเครื่องสูงกว่าพื้นไม่ต่ำกว่า 1.2 เมตร โดยรอบๆไมโครโฟนในแนวระนาบรัศมี 3.5 เมตร จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางหรือสิ่งที่มีคุณสมบัติสะท้อนขวางอยู่

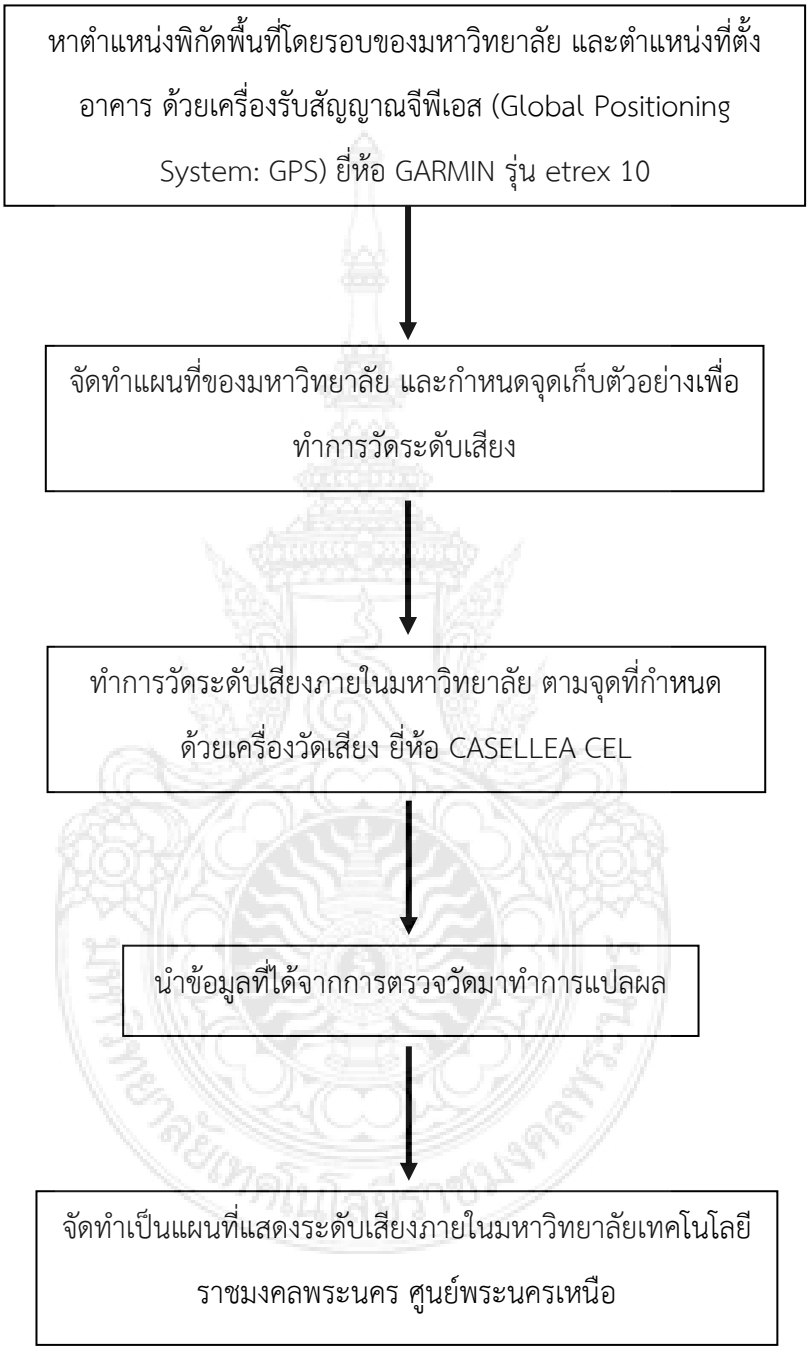
รูปที่ 8 (ก) การเช็คความถูกต้อง (Calibrate) เครื่องมือก่อนและหลังในการสำรวจข้อมูล (ข) การติดตั้งเครื่องวัดเสียง

3.3.5 การตรวจวัดในแต่ละจุดจะทำการตรวจวัดในวันธรรมดา (จันทร์ - ศุกร์) เนื่องจากเป็นวนที่มหาวิทยาลัยมีการเรียนการสอน และกิจกรรมต่างๆ เกิดขึ้น ในส่วนของหยุดราชการ (เสาร์-อาทิตย์) จะไม่มีการตรวจวัด โดยเวลาในการตรวจวัดเสียงในงานวิจัยครั้งนี้ทำการตรวจวัดในช่วง 9 ชั่วโมง คือเวลา 8.00 – 17.00 น.

3.3.6 หลังจากการตรวจวัดระดับเสียงเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ทั้งหมดมาจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงโดยรอบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

รูปที่ 9 จุดตรวจวัดระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

กรอบแนวความคิดในการศึกษา



รูปที่ 10 ผังแสดงแนวคิดในการศึกษา

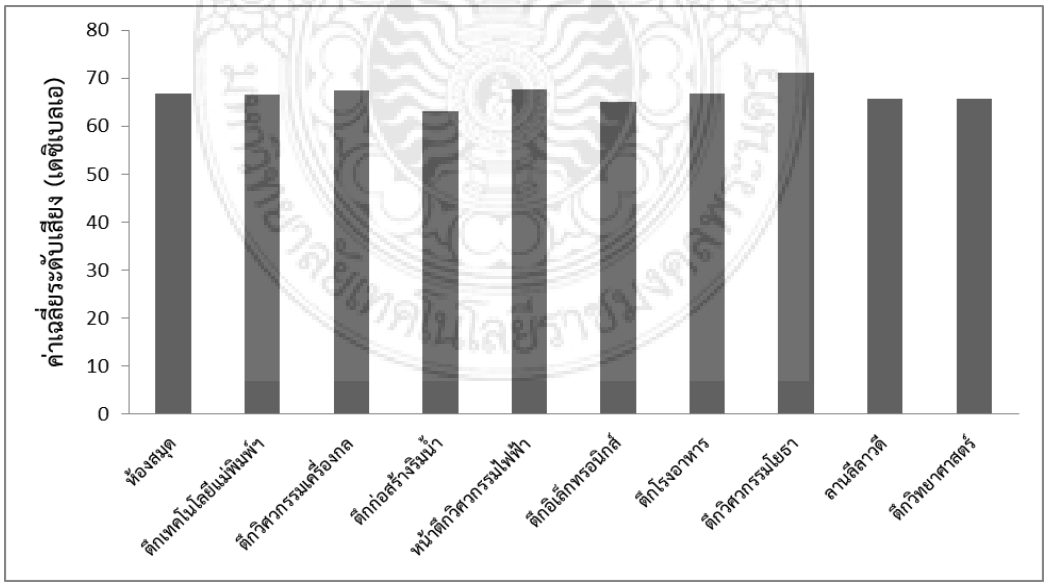
บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

ผลการศึกษาระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศูนย์พระนครเหนือ ซึ่งทำการตรวจวัดโดยรอบมหาวิทยาลัยเป็นจำนวน 10 สถานีตรวจวัด โดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดเสียงเป็นเวลา 9 ชั่วโมงในวันราชการ (จันทร์ – ศุกร์) นำค่าที่ตรวจวัดได้ไปวิเคราะห์ผล พร้อมทั้งจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัย

4.1 ระดับเสียงในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

จากการตรวจวัดระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัย แบ่งออกเป็น 10 สถานีพบว่า ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 9 ชั่วโมงมีค่าอยู่ระหว่าง 63.10 – 71.20 เดซิเบลเอ (ดังแสดงในรูปที่ 11) โดยสถานีตรวจวัดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (71.20 เดซิเบลเอ) คือ บริเวณสถานีตรวจวัดหน้าอาคารวิศวกรรมสาขาโยธา ซึ่งระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ตามช่วงเวลา มีค่าอยู่ระหว่าง 65.04 – 84.51 เดซิเบลเอ ช่วงเวลาที่ตรวจวัดค่าได้สูงสุดคือ 15.01-16.00 น. ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรองลงมาคือ 67.68 เดซิเบลเอ บริเวณหน้าอาคารวิศวกรรมสาขาไฟฟ้า ช่วงเวลาที่ตรวจวัดค่าได้สูงสุดคือ 13.01-14.00 น. และ 67.39 เดซิเบลเอ บริเวณหน้าอาคารวิศวกรรมสาขาเครื่องกล ช่วงเวลาที่ตรวจวัดค่าได้สูงสุดคือ 11.01 -12.00 น. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

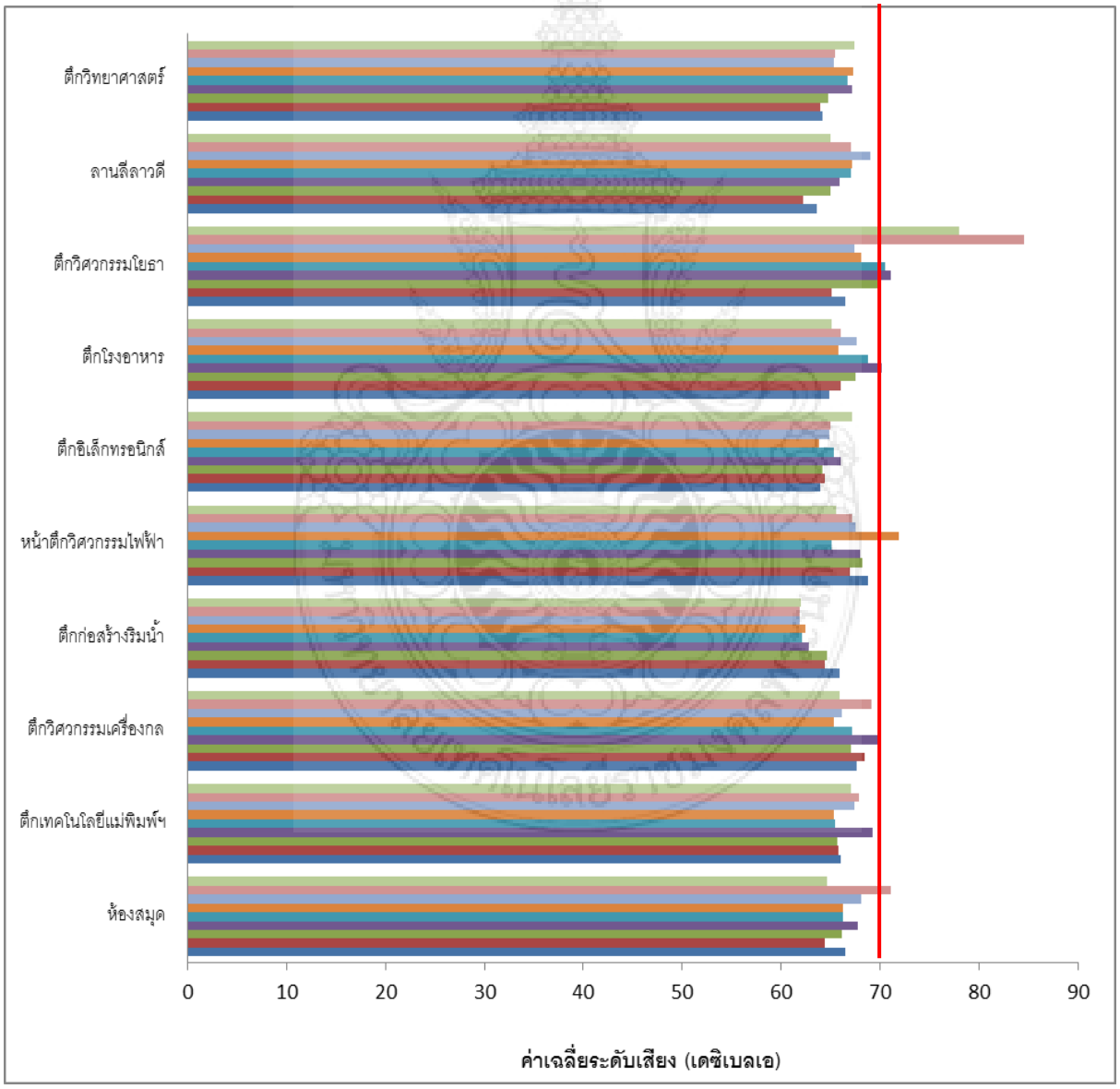


รูปที่ 11 ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 9 ชั่วโมง ซึ่งทำการตรวจวัดโดยรอบมหาวิทยาลัยเป็นจำนวน 10 สถานี

ตารางที่ 4 ค่าระดับเสียงที่วัดได้ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ จำนวน 10 จุด

จุดตรวจวัดเสียง	ค่าระดับเสียงที่วัดได้แบ่งตามช่วงเวลา (เดซิเบลเอ)									ค่าเฉลี่ย
	8.00-9.00	9.01-10.00	10.01-11.00	11.01 -12.00	12.01-13.00	13.01-14.00	14.01-15.00	15.01-16.00	16.01 -17.00	
ห้องสมุด	66.52	64.39	66.11	67.77	66.29	66.28	68.05	71.01	64.66	66.79
อาคารเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ	65.99	65.81	65.63	69.2	65.4	65.31	67.42	67.89	67.05	66.63
อาคารวิศวกรรมเครื่องกล	67.66	68.44	67.02	69.94	67.1	65.28	66.11	69.13	65.86	67.39
อาคารก่อสร้างริมน้ำ	65.87	64.4	64.58	62.8	62.15	62.39	61.87	61.89	61.99	63.10
หน้าอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า	68.76	66.96	68.19	67.97	65.14	71.88	67.51	67.17	65.5	67.68
อาคารอิเล็กทรอนิกส์	63.93	64.36	64.13	66.06	65.28	63.77	64.86	64.92	67.21	64.95
อาคารโรงอาหาร	64.86	65.98	67.46	70.17	68.72	65.76	67.57	65.95	65.09	66.84
อาคารวิศวกรรมโยธา	66.42	65.04	69.79	71.12	70.49	68.08	67.44	84.51	77.94	71.20
ลานลีลาวดี	63.57	62.18	65.01	65.93	67	67.11	68.96	66.99	64.98	65.75
อาคารวิทยาศาสตร์	64.17	63.94	64.78	67.17	66.7	67.31	65.31	65.44	67.38	65.80

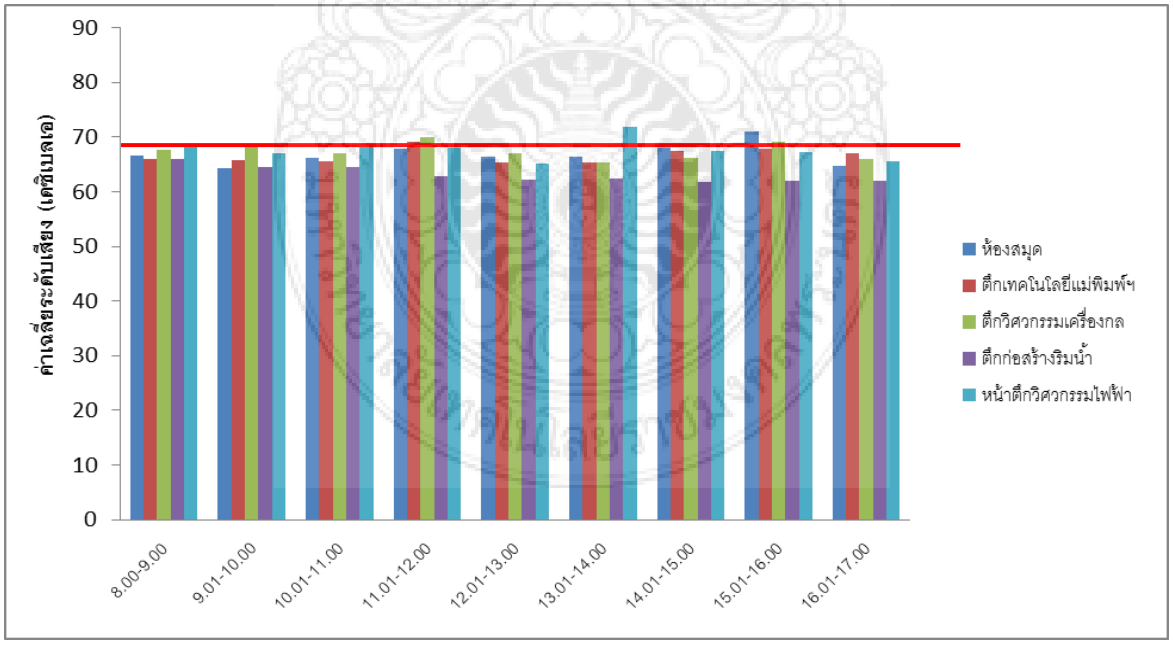
สำหรับค่าระดับเสียงที่วัดได้สูงสุดเมื่อทำการเฉลี่ยตามช่วงเวลา 1 ชั่วโมงพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 84.51 เดซิเบลเอ อยู่ในช่วงเวลา 15.01-16.00 น. รองลงมา คือ 77.94 เดซิเบลเอ อยู่ในช่วงเวลา 16.01 -17.00 น. ลำดับถัดมาที่วัดได้คือ 71.88 และ 71.20 เดซิเบลเอ ซึ่งวัดระดับเสียงได้จากบริเวณอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า และบริเวณอาคารวิศวกรรมโยธา ตามลำดับ ในส่วนของค่าสูงสุดและค่าระดับเสียงที่ตรวจได้ลำดับถัดมาปรากฏว่าตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดเสียงบริเวณอาคารวิศวกรรมสาขาโยธาทั้งหมด เมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้มาเทียบกับค่ามาตรฐานการวัดระดับเสียงโดยไปทั่วเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ พบว่าระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครมีค่าเกินมาตรฐานในบางสถานีตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 12



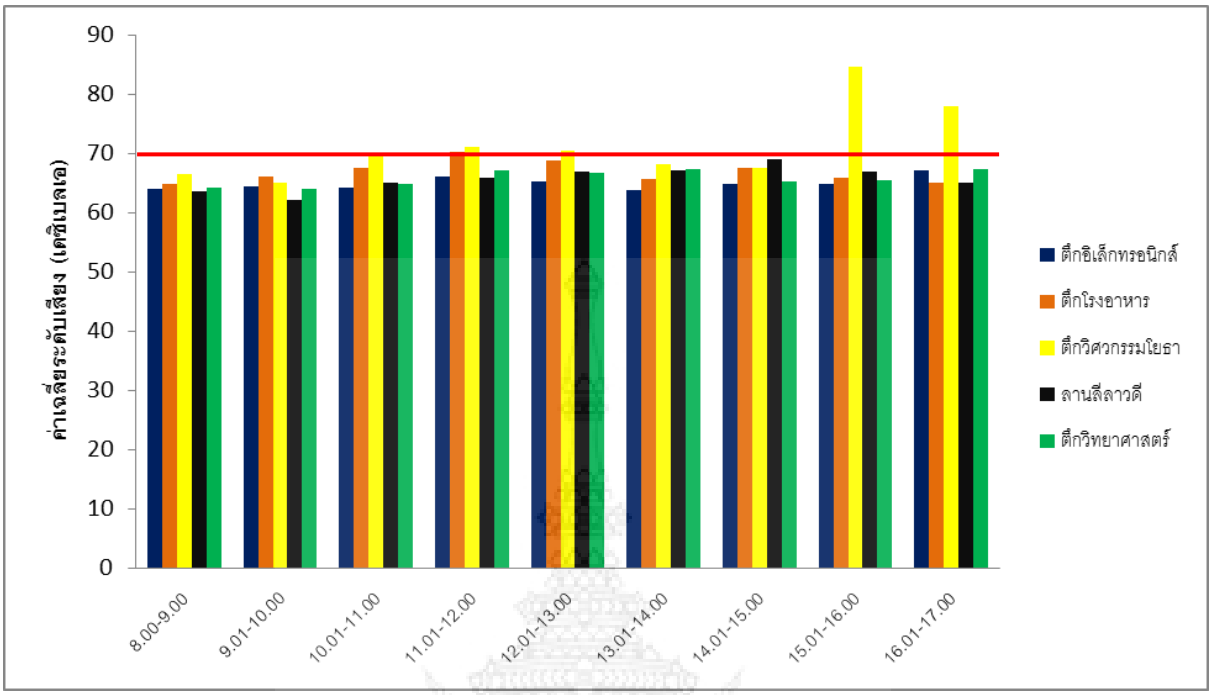
รูปที่ 12 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง ซึ่งทำการตรวจวัดโดยรอบมหาวิทยาลัยเป็นจำนวน 10 จุด

สถานีตรวจวัดระดับเสียงที่มีค่าเกินมาตรฐาน คือจุดตรวจบริเวณอาคารวิศวกรรมโยธา อาคารโรงอาหาร อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า และบริเวณห้องสมุด อย่างไรก็ตามเสียงที่มีระดับเกินมาตรฐานตามสถานีตรวจวัดระดับเสียงที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าระดับเสียงที่เกินมาตรฐานจะปรากฏในบางช่วงเวลาเท่านั้น ไม่ได้เป็นเสียงที่มีความดังอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเวลาที่ปรากฏว่ามีเสียงเกินมาตรฐาน คือช่วงเวลาประมาณ 13.00-14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นักศึกษากำลังจะเข้าเรียนต่อในช่วงบ่าย และช่วงเวลาประมาณ 15.00 – 16.00 น. เป็นช่วงเวลาที่นักศึกษาเลิกเรียน จากข้อมูลการตรวจวัดจะพบว่าในช่วงเวลาอื่นๆระดับความดังของเสียงจะไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่นักศึกษามีการเรียนการสอนอยู่ ดังนั้นการตรวจวัดระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยทั้ง 10 สถานี พบว่ากิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยที่ก่อให้เกิดเสียงดังนั้นไม่น่าจะมีผลต่อการเรียนการสอนของนักศึกษา และอาจารย์ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

อย่างไรก็ตามบริเวณจุดตรวจวัดที่มีระดับเสียงเกินมาตรฐานมาเล็กน้อย เช่น บริเวณอาคารวิศวกรรมโยธา และ อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า ระดับเสียงที่สูงเกินค่าที่กำหนดไว้อาจเกิดมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนเอง เนื่องมาจากอาคารดังกล่าวเป็นบริเวณที่อาจารย์และนักศึกษาใช้สำหรับการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติจึงส่งผลให้ระดับเสียงที่วัดได้มีค่าสูงขึ้นกว่าปกติ



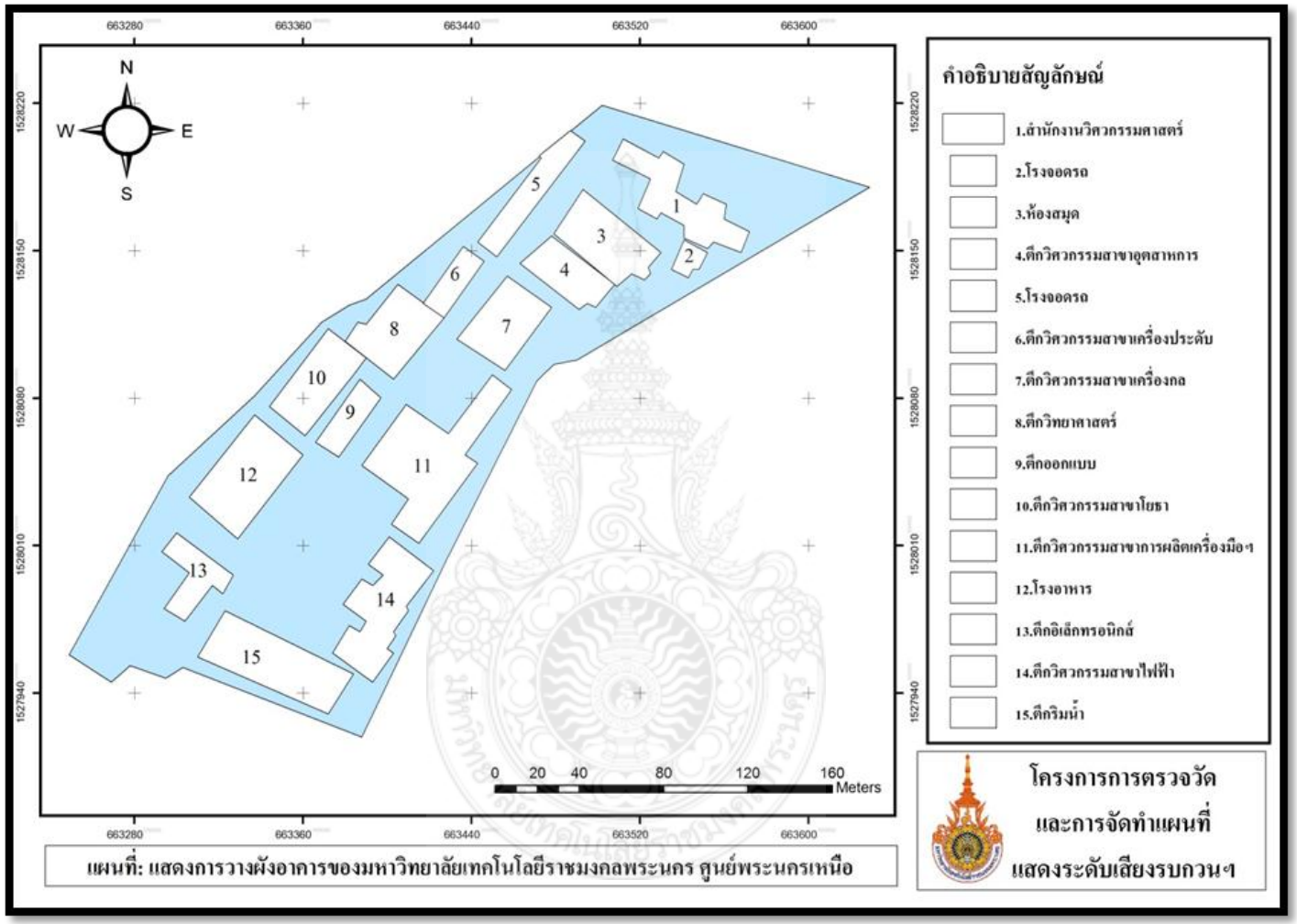
รูปที่ 13 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 5 สถานี ประกอบด้วยบริเวณห้องสมุด อาคารเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ อาคารวิศวกรรมเครื่องกล อาคารก่อสร้างริมน้ำ และอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า



รูปที่ 14 ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง จำนวน 5 สถานี ประกอบด้วยบริเวณอาคารอิเล็กทรอนิกส์ อาคารโรงอาหาร อาคารวิศวกรรมโยธา ลานลีลาวดี และอาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.2 การจัดทำแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

จากการวิเคราะห์และหาค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่ทำการตรวจวัดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาสร้างชั้นข้อมูลเพื่อจัดทำเป็นแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัย โดยเริ่มจากการเก็บพิกัดทางภูมิศาสตร์ เพื่อนำมาสร้างชั้นข้อมูลพื้นที่มหาวิทยาลัยในรูปแบบที่เป็นรูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) ผลจากการสร้างชั้นข้อมูลประเภท โพลิกอน ได้ชั้นข้อมูลประเภทนี้ทั้งหมด 16 ชั้นข้อมูล ประกอบด้วย พื้นที่มหาวิทยาลัย และอาคารต่างๆภายในมหาวิทยาลัยอีก 15 ชั้นข้อมูล ในส่วนของชั้นข้อมูลประเภทจุด (Point) มีการสร้างชั้นข้อมูลทั้งสิ้น 10 ชั้นข้อมูล ประกอบด้วยสถานีตรวจวัดระดับเสียง 10 สถานี (ดังแสดงในตารางที่ 5) ผลจากการนำชั้นข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์มาซ้อนทับกันทำให้ได้แผนที่แสดงตำแหน่งของมหาวิทยาลัยและตำแหน่งของอาคารต่างๆภายในมหาวิทยาลัยดังแสดงในรูปที่ 15



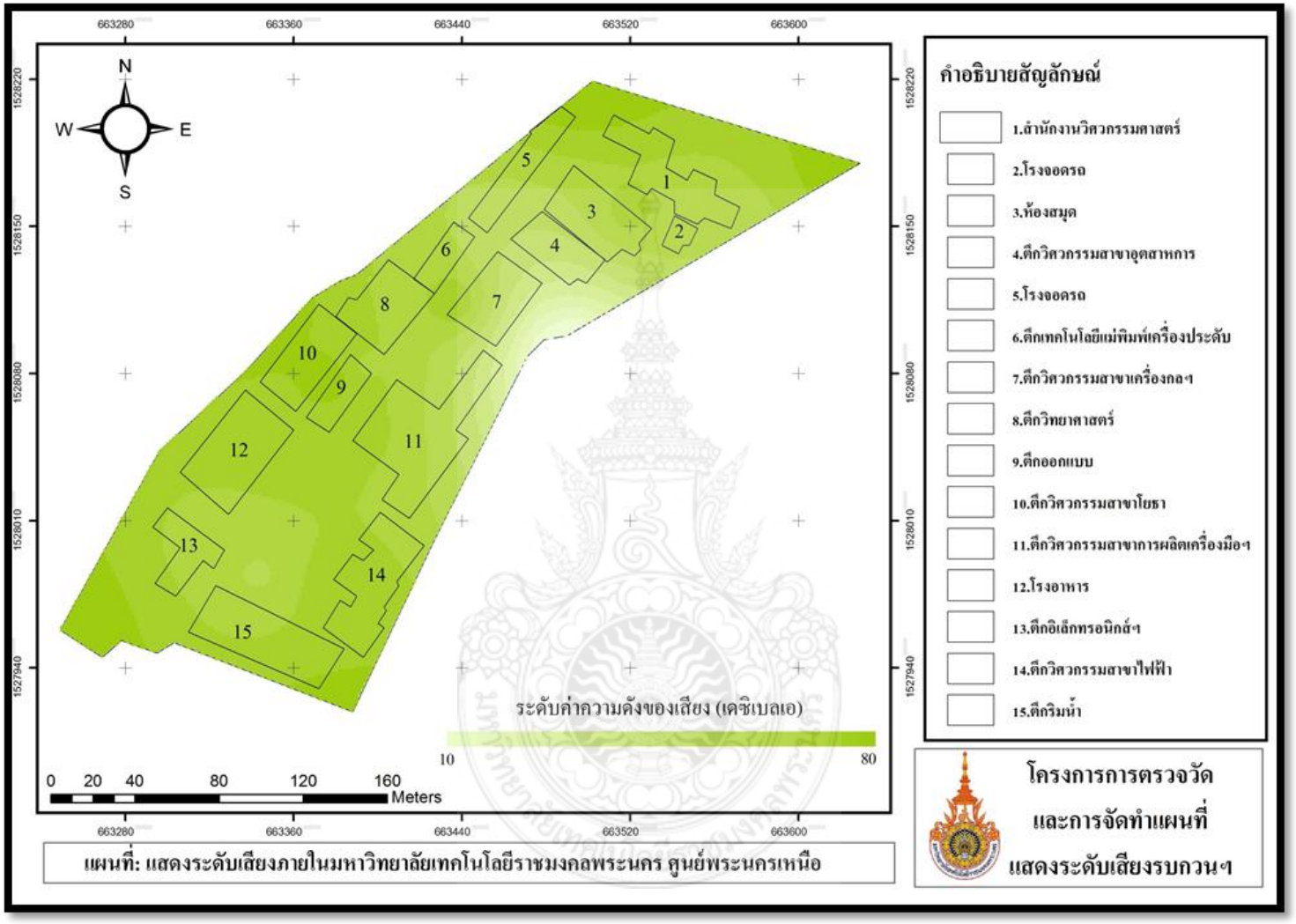
รูปที่ 15 แผนที่แสดงตำแหน่งอาคาร และตำแหน่งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

ตารางที่ 5 แสดงประเภทข้อมูลจากการวิเคราะห์ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ลำดับ	ประเภทข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	
	รูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon)	**จุด (Point)**
1	สำนักงานวิศวกรรมศาสตร์	ห้องสมุด
2	โรงจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์	หน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ
3	ห้องสมุด	บริเวณอาคารก่อสร้างริมน้ำ
4	อาคารวิศวกรรมสาขาอุตสาหการ	หน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาอิเล็กทรอนิกส์
5	โรงจอดรถบัสคณะวิศวกรรมศาสตร์	หน้าอาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
6	อาคารวิศวกรรมสาขาเครื่องประดับฯ	หน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาเครื่องกล
7	อาคารวิศวกรรมสาขาเครื่องกล	หน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
8	อาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	บริเวณอาคารโรงอาหาร
9	อาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาออกแบบ	หน้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาโยธา
10	อาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาโยธา	ลานลีลาวดี
11	อาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาผลิตเครื่องมือฯ	
12	อาคารโรงอาหาร	
13	อาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาอิเล็กทอนิกส์	
14	อาคารวิศวกรรมศาสตร์สาขาไฟฟ้า	
15	อาคารสร้างใหม่ (ริมน้ำ)	
16	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	

ผลจากการนำข้อมูลแผนทีที่ผ่านการวิเคราะห์จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัย เพื่อให้ได้มาซึ่งแผนที่แสดงระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัย พบว่า ระดับสีที่แสดงในแผนที่มีสีจัดเจนและสีเข้มที่สุดพบในบริเวณวิศวกรรมโยธา(ระหว่างอาคารที่ 9- 10) อาจเนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นทางเดินเชื่อมต่อไปยังโรงอาหาร ซึ่งมีอาคาร 2 อาคารที่สร้างติดกันค่อนข้างมาก (ดังแสดงในรูปที่ 4.6) ซึ่งจะทำให้คลื่นเสียงกระจายตัวออกสู่สิ่งแวดล้อมค่อนข้างยาก และเมื่อทำการคิดค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายวัน พบค่าสูงสุดเท่ากับ 71 เดซิเบลเอ บริเวณอาคารวิศวกรรมโยธา รองลงมาคือ 68, 67 เดซิเบลเอ บริเวณอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า และอาคารวิศวกรรมเครื่องกล ตามลำดับ

เมื่อเปรียบกับค่ามาตรฐานการวัดระดับเสียงโดยทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ พบว่าบริเวณอาคารวิศวกรรมโยธามีค่าเกินมาตรฐานมาเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 16 แผนที่แสดงระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาระดับเสียงภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ พบว่าค่าระดับเสียงที่ตรวจวัด มีค่าเฉลี่ยต่อวัน อยู่ในช่วง 63 - 71 เดซิเบลเอ ซึ่งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษพบว่ามีค่าเกินมาตรฐานมาเล็กน้อยเพียง 1 จุด คืออาคารวิศวกรรมโยธา และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน Health and Safety Executive ของประเทศอังกฤษ ซึ่งกำหนดให้ค่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับผู้ที่ทำงาน 8 ชั่วโมง จะต้องได้รับระดับเสียงไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ จึงจะถือว่ามีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ดังนั้นโดยภาพรวมค่าระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ จึงถือว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพค่อนข้างน้อย และอยู่ในเกณฑ์ระดับเสียงทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ และผลที่ได้ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานบ่งชี้ได้ว่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะสั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะเวลายาว เพื่อจะได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและละเอียดมากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น ทิศทางลม เป็นต้น

3. ในการศึกษาครั้งนี้แม้ว่าระดับเสียงที่ทำการตรวจวัดได้จะไม่เกินค่ามาตรฐานทั่วไปที่กำหนดไว้และไม่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน แต่เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ทางมหาวิทยาลัยอาจต้องมีการดำเนินการป้องกันไว้ต้องแต่ต้น ดังนี้

3.1 ต้องเข้มงวดในการใช้ยานพาหนะของนักศึกษาและอาจารย์ภายในมหาวิทยาลัยโดยอาจต้องกำหนดความเร็วในการใช้รถเพื่อป้องกันการเกิดเสียงดัง ในช่วงที่มีการเรียนการสอนได้

3.2 เข้มงวดในเรื่องการใช้รถของนักศึกษาควรจอดในพื้นที่ทีมหาวิทยาลัยกำหนดให้ไม่ควรฝ่าฝืนโดยการนำยานพาหนะมาจอดใกล้อาคารเรียนเนื่องจากอาจมีเสียงรบกวนเกิดขึ้นได้

3.3 ควรมีการกล่าวตักเตือน และกวดขันสำหรับยานพาหนะที่มีการดัดแปลง และก่อให้เกิดเสียงดังมากจนเกิดไปของนักศึกษาและอาจารย์ภายในมหาวิทยาลัย

3.4 หากมีการก่อสร้างอาคารภายในมหาวิทยาลัย ต้องมีการควบคุมเรื่องเสียงและความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการก่อสร้างและหลังจากการก่อสร้างให้ไม่เกิดผลกระทบต่อการเรียนการสอนหรือเกิดขึ้นน้อยที่สุด

3.5 ในกรณีที่หลีกเลี่ยงจากเสียงดังไม่ได้ ควรจัดให้มีที่กั้นเสียงเพิ่มเติมเพื่อลดระดับความรุนแรงของเสียงที่เกิดขึ้น

บรรณานุกรม

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2550). คู่มือวัดเสียงรบกวน, สำนักพิมพ์บริษัท ไอดี.ปริ้นท์ จำกัด

[2] ธันวดี ศรีธาวิรัตน์. 2552. การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการจราจรโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.Rajabhat Journal of Sciences, Humanities and Social Sciences (10) 1-2, 34-45.

[3] วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์. 2534. เครื่องวัดระดับเสียง. เอกสารการสอนชุดวิชา การปฏิบัติงานอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์. หน้า 111-115 .กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

[4] ศริญญา ชูพูล. 2544. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการจราจรกับการตอบสนองของประชาชนในชุมชนพื้นที่พานิชยกรรม และที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[5] ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. 2014. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่: http://www.gisthai.org/about-gis/compo-gis.html

[6] สถาบันเทคโนโลยี. 2557. ประวัติช่างกลพระนครเหนือ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่: http://www.goldgear2475.com/node/5996

[7] Bell, L.H. and Beel, D.H. 1994. Sound Measurement and analysis. In Industrial Noise Control. 135-570

[8] Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Eds.). (1990). Guidelines of community noise. Stokholm University, Karolinska Institute, Stockholm.

[9] Dix, H.M. 1981. Environmental Pollution. New York : John Wiley &sons.

[10] Flavio Maldonado Bentes,Tarcilene Aparecida Heleno & Jules Ghislain Slama. (2012). Analysis of airport noise exposure around Viracopos International Airport using geographic information systems. Journal of Air Transport Management.

[11] Hagen, M., Huber, L., & Kahlert, J. (2002). Acoustic school Sasing. In Proceedings of the international forum Acusticum (Vol. 1). Sevilha, CD-ROM, Sevilha.

[12] Howard, K.P. 1983. Noise Control Management. New York : Van Nostrand Reinhold.

[13] Mohammadi, G. (2009). An investigation of community respond to urban traffic noise. Journal of Environmental Health Science & Engineering, 2, 137–142.

[14] Paulo Henrique Trombetta Zannin , Margret Sibylle Engel, Paulo Eduardo Kirrian Fiedler & Fernando Bunn. (2012). Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. Journal of Cities.

[15] Pfafflin, J.R. and Ziegler, E.N. 1992. Noies. Encyclopedid of Environmental Science and Engineering.2, 782-789.

[16] Rushmoor Borouh Council. 2014. Noise Nuisance [Online]. Available: http://gatekeeper.rushmoor.gov.uk/99env7.htm.

[17] WHO (2003). World Health Organization. Rsum D'orientation Des Directives De I'oms Relatives Au Bruit Dans I'environmental.

[18] Zannin, P. H. T., Calixto, A., Diniz, F. B., Ferreira, J. A., & Schuhli, R. B. (2002). Incmodo causado pelo rudo urbano populao de Curitiba, PR. Revista Sade Pblica (Journal of Public Health), 36, 521–524 (in Portuguese).

[19] U.S. Environmental Protection Agancy .1977. The Urban Noise Survey [online]. Available: http://www.nonoise.org/libary/urban/urban.htm.