



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

วิศวกรรมศาสตร์

สาขา

คณะ

เรื่อง

การประเมินผลกระทบทางเสียงต่อประชากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากการจราจร  
และโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ใน  
การจัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง

The Impact Assessment of Noise to Kasetsart University Population on Traffic  
Road and Green Line Electric Train Project by Management and Noise Analyst  
Assessment Software

นามผู้วิจัย

นางสาวน้ำฝน ยอดดี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์เกียรติคุณ อายูวัฒน์, วศ.ม. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์อภัย ไชยโรหิตะดิษฐ์ ศรีนพคุณ, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลกำจร, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา อีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินผลกระทบทางเสียงต่อประชากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากการจราจร  
และโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ใน  
การจัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง

The Impact Assessment of Noise to Kasetsart University Population on Traffic Road  
and Green Line Electric Train Project by Management and  
Noise Analyst Assessment Software

โดย

นางสาวน้ำฝน ยอดดี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2557

น้ำฝน ยอดดี 2557: การประเมินผลกระทบทางเสียงต่อประชากรมหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์จากการจราจร และโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการประยุกต์ใช้  
โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการจัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง ปริญญาวิศวกรรม  
ศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:  
รองศาสตราจารย์เกียรติไกร อายุวัฒน์, วศ.ม. 145 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินปัญหามลพิษทางเสียงจากการจราจรรอบ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (มก.) และโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการใช้โปรแกรม  
SoundPLAN จำลองการกระจายของมลพิษเสียง โดยแบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การ  
ประเมินผลกระทบมลพิษเสียงโดยภาพรวมในพื้นที่รอบ มก. โดยมีเสียงรบกวนจากการจราจร เป็น  
แหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่สำคัญ พบว่า ค่าความดังเสียง Leq (Equivalent continuous sound  
level) 24 ชั่วโมง เท่ากับ 43.2- 76.3 เดซิเบลเอ โดยส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 87 ของพื้นที่ทำการ  
ประเมินทั้งหมดมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15  
พ.ศ. 2540 เมื่อนำระดับเสียงกลางวันถึงกลางคืน Ldn นำมาเปรียบเทียบกับ US.EPA พบว่าระดับ  
เสียงเท่ากับ 47.8-78 เดซิเบลเอ โดยส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 72 ของพื้นที่ทำการประเมินทั้งหมด  
ซึ่งเกินค่าเสนอแนะของ US.EPA ส่วนที่ 2 การประเมินผลกระทบมลพิษเสียง จากโครงการรถไฟฟ้า  
สายสีเขียว พบว่าก่อนมีโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ค่าระดับความดังเสียง Leq เท่ากับ 65.76 -  
81.45 เดซิเบลเอ โดยพื้นที่ที่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ พื้นที่บริเวณป้ายรถเมล์ ริมรั้ว และด้านหน้า  
ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทย์ และเมื่อจำลองการเกิดผลกระทบทางเสียงหลังมี  
โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเกิดขึ้น พบว่า ค่าความดังเสียง Leq อยู่ระหว่าง 67.9-83.9 เดซิเบลเอ  
โดยระดับเสียงในพื้นที่ต่างๆ เพิ่มขึ้นจากเดิม 1.9-4.0 เดซิเบลเอ และส่วนที่ 3 การวางแผนป้องกัน  
มลพิษทางเสียงโดยการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียงริมทางหลวงความสูง 2 เมตร หลังมีการปรับปรุง  
สภาพตามแนวทางผ่านของเสียง พบว่าค่าความดังเสียงลดลงจากเดิม 0.1-9.8 เดซิเบลเอ

Numfon Yoddee 2014: The Impact Assessment of Noise to Kasetsart University Population on Traffic Road and Green Line Electric Train Project by Management and Noise Analyst Assessment Software. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kiatkrai Ayuwat, M.Eng. 145 pages.

The purpose of this article is to study and evaluate the problems of noise pollution from the traffic and Green Line Electric Train in Kasetsart University area and the effect on people in the surrounding area by using SoundPLAN Software application for management and analysis. It was separated into 3 cases: The first case was to study and evaluate noise distribution around the area outside university boundaries. Noise pollution in this area was caused by traffic on the veriacce roads. The simulation showed that after 24 hours observation using Leq (Equivalent continuous sound level) to evaluate the noise pollution, this area's was 43.2 – 76.3 db(A), which did not exceed the proscribed limit set by The Office of National Environmental Board. It was 87% within the law limit. When comparing this simulation of 47.8 – 78 db(A) Ldn (Day-Night Average Sound Levels) to US.EPA (United States Environmental Protection Agency, it is found that the sound level exceeds this limit by around 72%. The second case was to study and evaluate the effect of noise pollution from the traffic and Green Line Electric Train. Before established Green Line Electric Train, the measurement result was 65.76-81.45 db(A), which did exceed the limit proscribed by the office of National Environmental Board. The areas exceeding this limit was the bus stop near the fence and the entrance to the 6th Honor Anniversary building (veterinarian department). After establishing the Leq of the Green Line Electric Train, an increase of 1.9-4.0 db(A) was shown. The last case was to plan resistance against the noise pollution. An decrease of 0.1-9.8 db(A) was shown after a barrier of 2 meter in height was built.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เกียรติไกร อายุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย โรหิตะดิษฐ์ ศรีนพคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.ก่อโชค จันทรวงกูร ประธานกรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์ วิชัย พงษ์ธาราธิกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบ และแก้ไขงานวิทยานิพนธ์ สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท จีโอนอยด์ จำกัด ที่อนุเคราะห์โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการจัดการ และประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง ขอขอบพระคุณ ทีมงานที่ให้คำแนะนำในการวิจัย และให้ความ อนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทดลอง ขอขอบพระคุณ การรถไฟฟ้ามหานครที่อนุเคราะห์ข้อมูล โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจใน การวิจัย

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและ อำนวยความสะดวกตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่และญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจ ตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

น้ำฝน ยอดดี

พฤษภาคม 2557



## สารบัญ

## หน้า

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| สารบัญ                                                                              | (1) |
| สารบัญตาราง                                                                         | (2) |
| สารบัญภาพ                                                                           | (3) |
| คำนำ                                                                                | 1   |
| วัตถุประสงค์                                                                        | 3   |
| การตรวจเอกสาร                                                                       | 4   |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                                                   | 69  |
| อุปกรณ์                                                                             | 69  |
| วิธีการ                                                                             | 71  |
| ผลและวิจารณ์                                                                        | 92  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                                                   | 123 |
| สรุป                                                                                | 123 |
| ข้อเสนอแนะ                                                                          | 125 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                                | 126 |
| ภาคผนวก                                                                             | 129 |
| ภาคผนวก ก ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานเสียง<br>โดยทั่วไป | 130 |
| ภาคผนวก ข ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน             | 133 |
| ภาคผนวก ค ภาพการตรวจวัดเสียงด้วยเครื่องตรวจวัดเสียง                                 | 135 |
| ภาคผนวก ง การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน                                                | 139 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน                                                          | 145 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                             | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 ความเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ                                                                                     | 9    |
| 2 แสดงความดันเสียงและระดับความดังเสียงที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วไป                                                       | 12   |
| 3 ค่าคงที่ของวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่                                                                                  | 16   |
| 4 พื้นที่ไวต่อการได้รับเสียง                                                                                         | 29   |
| 5 คุณสมบัติการลดเสียงของกำแพงที่ทำจากวัสดุชนิดต่าง                                                                   | 44   |
| 6 คุณสมบัติการลดเสียงของหน้าต่างประเภทต่างๆ (Typical values for the sound insulation of windows)                     | 45   |
| 7 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะของรถไฟฟ้า                                                                                 | 55   |
| 8 Two-sample T for (Sound Level Meter) Vs (SoundPLAN)                                                                | 75   |
| 9 ปริมาณพาหนะ และอัตราความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งผ่านถนนสายหลัก                                                            | 81   |
| 10 สัดส่วนปริมาณการจราจรของกรุงเทพมหานคร                                                                             | 82   |
| 11 แสดงผลของระดับเสียงจากการจราจรรอบบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน                                              | 94   |
| 12 แสดงผลของระดับเสียงจากการจราจรฝั่งถนนพหลโยธิน และโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่วิ่งผ่านมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน | 107  |
| 13 ระดับเสียงจากรถไฟฟ้าของโครงการที่ระยะต่างๆ                                                                        | 110  |
| 14 แสดงผลของระดับเสียงจากการจราจรรอบบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน หลังติดตั้งผนังกันเสียงความสูง 2 เมตร        | 119  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                                                         | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง                                                                                                         | 8    |
| 2 แสดงการแพร่กระจายของเสียงและค่าระดับเสียงที่ลดลงของเสียงแบบต่างๆ                                                                             | 11   |
| 3 การสะท้อนของคลื่นเสียง                                                                                                                       | 14   |
| 4 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ ข่าย A B และ C                                                                                                        | 15   |
| 5 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์เสียง                                                                                             | 17   |
| 6 ช่วงการได้ยินของมนุษย์                                                                                                                       | 20   |
| 7 การใช้พื้นที่ว่างคั่นระหว่างบ้านพักอาศัยและทางหลวง                                                                                           | 37   |
| 8 การใช้พื้นที่สำหรับธุรกิจการค้าคั่นระหว่างบ้านพักอาศัยและทางหลวงการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของต้นกำเนิดเสียงในกรณีนี้กำเนิดเสียง คือถนนหรือทางหลวง | 37   |
| 9 การลดระดับเสียงรบกวนจากการจราจรโดยการอาศัยการปรับรูปแบบของทางหลวง                                                                            | 38   |
| 10 ผลของกำแพงกันเสียงในการกันเสียงในช่วงความถี่ต่างๆ                                                                                           | 40   |
| 11 รูปแบบทางเรขาคณิตแสดงระยะทางที่เสียงเดินทางเพิ่มขึ้นจากการบังของกำแพงกันเสียง                                                               | 40   |
| 12 กำแพงกันเสียงริมทางหลวงรูปแบบต่างๆ ในประเทศญี่ปุ่น                                                                                          | 41   |
| 13 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการลดระดับเสียงบนพื้นที่ริมทางหลวงในสหรัฐอเมริกา                                                                        | 42   |
| 14 เส้นทางสถานีรถไฟสายสีเขียวช่วงหมอชิต – สะพานใหม่                                                                                            | 49   |
| 15 รูปแบบโครงสร้างยกระดับของโครงการ                                                                                                            | 51   |
| 16 แสดงลักษณะของคาน Box Girder                                                                                                                 | 52   |
| 17 ภาพจำลองบริเวณข้ามแยกเกษตร                                                                                                                  | 53   |
| 18 รูปแบบการทำงานของโปรแกรม soundPLAN                                                                                                          | 57   |
| 19 เครื่องมือ Sound Level Meter                                                                                                                | 70   |
| 20 โปรแกรม SoundPLAN และโปรแกรม Google earth                                                                                                   | 71   |
| 21 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับเสียง                                                                                                         | 72   |
| 22 จุดตรวจวัดระดับเสียงบริเวณถนนสุขุมวิท 63 ถึงถนนสุขุมวิท 69                                                                                  | 74   |
| 23 จุดตรวจวัดระดับเสียงบริเวณถนนสุขุมวิท 63 ถึงถนนสุขุมวิท 69 จากโปรแกรม (SoundPLAN)                                                           | 74   |



## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า                                                                                                                            |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 24     | แสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากจราจรโดยเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงและผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงจากโปรแกรม    | 75  |
| 25     | จุดตรวจวัดระดับเสียงสถานีรถไฟ                                                                                                   | 76  |
| 26     | แสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้าโดยเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง และผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงจากโปรแกรม | 77  |
| 27     | การเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ                                                                                         | 79  |
| 28     | แสดงขั้นตอนการคำนวณหาระดับเสียงของ FHWA Model                                                                                   | 80  |
| 29     | การลงข้อมูลจากการจราจรลงในโปรแกรม                                                                                               | 81  |
| 30     | ภาพแสดงการเชื่อมต่อข้อมูลของโปรแกรม soundPLAN และ Google earth                                                                  | 83  |
| 31     | ภาพแสดงการจำลองอาคารลงในโปรแกรม                                                                                                 | 83  |
| 32     | ข้อมูลแนวนอน และอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากโปรแกรม Google earth                                                            | 84  |
| 33     | แสดงจุดตรวจวัดเสียงในพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากโครงรถไฟฟ้ามากที่สุดของ มก.                                                   | 85  |
| 34     | การใส่ข้อมูลรถไฟฟ้าลงในโปรแกรม soundPLAN                                                                                        | 86  |
| 35     | แนวเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่วิ่งผ่านถนนพหลโยธิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน                                                 | 87  |
| 36     | การจำลองสถานี N13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จากโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว                                                | 87  |
| 37     | การลงข้อมูลผนังกันเสียงลงในโปรแกรม                                                                                              | 88  |
| 38     | ขั้นตอนการทำการวิจัย                                                                                                            | 90  |
| 39     | เปรียบเทียบระดับเสียงมากที่สุดที่คำนวณได้ของ $L_{eq24}$ ชั่วโมง, $L_{dn}$ กับมาตรฐานที่กำหนด                                    | 97  |
| 40     | เปรียบเทียบระดับเสียงน้อยที่สุดที่คำนวณได้ของ $L_{eq24}$ ชั่วโมง, $L_{dn}$ กับมาตรฐานที่กำหนด                                   | 98  |
| 41     | แสดงร้อยละค่าระดับความดังเสียง $L_{eq}$ (Equivalent continuous sound level) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                     | 101 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                             | หน้า |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 42     | เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map $L_{eq}$ เฉลี่ย)                                   | 101  |
| 43     | แสดงร้อยละค่าระดับความดังเสียง $L_{dn}$ (Day-Night Average Sound Levels) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                                    | 102  |
| 44     | เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map $L_{dn}$ )                                         | 103  |
| 45     | จุดตรวจวัดเสียงพื้นที่ มก. ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด                                                                                  | 105  |
| 46     | แผนภูมิแท่งแสดงผลการตรวจวัดระดับเสียง $L_{eq}24$ ชั่วโมง และ $L_{max}$                                                                                      | 105  |
| 47     | เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่บริเวณถนนพหลโยธิน และอาคารในเขต มก. ฝั่งถนนพหลโยธิน (Grid noise map $L_{eq}$ เฉลี่ย)                                   | 108  |
| 48     | เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนนพหลโยธิน และอาคารในเขต มก. ฝั่งถนนพหลโยธิน (Grid noise map $L_{dn}$ )                                   | 109  |
| 49     | ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ                                                                                                            | 112  |
| 50     | กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท คอนกรีต และ Brick Block ตามลำดับ                                                                                              | 114  |
| 51     | กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท Masonry Block และโลหะผสม                                                                                                      | 115  |
| 52     | กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท ไม้ และวัสดุโปร่งแสง ตามลำดับ                                                                                                 | 115  |
| 53     | กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท พลาสติก Polyethylene PVC                                                                                                      | 116  |
| 54     | กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท Recycled Rubber และวัสดุผสม                                                                                                   | 117  |
| 55     | Noise barrier height                                                                                                                                        | 117  |
| 56     | Noise barrier Length                                                                                                                                        | 118  |
| 57     | เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map $L_{eq}$ เฉลี่ย) หลังติดตั้งผนังกันเสียง (Barrier) | 121  |
| 58     | เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map $L_{dn}$ ) หลังติดตั้งผนังกันเสียง (Barrier)       | 122  |
| 59     | บริเวณอาคารที่มีค่าระดับความดังเสียง $L_{dn}$ และ $L_{eq}24$ ชั่วโมงที่เกินค่ามาตรฐาน                                                                       | 124  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่                                                                                                                  | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ค1 การวัดเสียงบริเวณบนสถานีรถไฟ อ่อนนุช                                                                                     | 136  |
| ค2 การวัดเสียงบริเวณใต้สถานีรถไฟ อ่อนนุช                                                                                    | 136  |
| ค3 การวัดเสียงบริเวณป้ายรถเมล์ ประตูพหลโยธิน หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                                     | 137  |
| ค4 การวัดเสียงบริเวณด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                | 137  |
| ค5 การวัดเสียงบริเวณริมรั้วอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                 | 138  |
| ค6 การวัดเสียงบริเวณด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                | 138  |
| ง1 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณป้ายรถเมล์ ประตูพหลโยธิน<br>หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                  | 140  |
| ง2 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณริมรั้วโรงอาหาร คณะสัตวแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                             | 141  |
| ง3 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ<br>คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                | 142  |
| ง4 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ<br>ฝั่งทิศตะวันตก คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | 143  |
| ง5 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน ด้านในตึกอาคารเฉลิมพระเกียรติ<br>คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                     | 144  |

## การประเมินผลกระทบทางเสียงต่อประชากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากการจราจร และโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการ จัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง

### The Impact Assessment of Noise to Kasetsart University Population on Traffic Road and Green Line Electric Train Project by Management and Noise Analyst Assessment Software

#### คำนำ

การขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาทำให้ความต้องการในการเดินทางของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และปัญหาจราจรติดขัดจึงเกิดขึ้นตามมา ซึ่งนับวันยิ่งกลายเป็นปัญหาที่สำคัญของคนเมือง ที่รัฐบาลเล็งเห็นความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างเร่งด่วน จะเห็นได้ว่ารัฐบาลมีโครงการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนขึ้นมา เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับประชาชนในการเดินทางมากยิ่งขึ้น ถึงแม้รัฐบาลมีความตั้งใจจริงที่จะแก้ไขวิกฤติการณ์จราจรในเขตเมือง แต่บางครั้งได้ประสบอุปสรรคและไม่สามารถตัดสินใจในการดำเนินโครงการพัฒนาด้านการแก้ไขปัญหาจราจรได้อย่างเด็ดขาด เพราะมีกระแสคัดค้านหรือต่อต้านจากกลุ่มอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การต่อต้านเรื่องการเวนคืนที่ดินของประชากรที่อยู่บริเวณพื้นที่ดำเนินโครงการ กลายเป็นปัญหาที่ถูกหยิบยกขึ้นมาเป็นกระแสคัดค้านมาโดยตลอด ตลอดจนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้ และได้กลายเป็นปัญหาที่รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องพิจารณาอย่างรอบคอบที่สุด ในการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากการดำเนินโครงการพัฒนานั้นๆ

มลพิษทางเสียงเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี การเติบโตทางเศรษฐกิจ รวมถึงการพัฒนาทางด้านคมนาคม การสัญจรทางรถไฟ ทางถนน และทางอากาศ สามารถก่อให้เกิดความรำคาญจากเสียงรบกวนระดับรุนแรงในเขตชุมชนเมืองและย่านชานเมือง ซึ่งมลพิษทางเสียง เป็นเสียงรบกวนที่มีเสียงดังเกินปกติหรือเสียงดังต่อเนื่องยาวนาน จนก่อให้เกิดความรำคาญหรือเกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินของมนุษย์ รวมถึงสภาพแวดล้อมที่มีเสียงสร้างความรบกวน ทำให้เกิดความเครียดทั้งทางร่างกายและจิตใจ ผลระยะสั้นคือ ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญใจ เครียด และในผลระยะยาวอาจก่อให้เกิดโรคประสาทหูเสื่อมได้ในที่สุด ปัญหามลพิษทาง



เสียงเป็นปัญหาระดับชาติ ในหลายประเทศ มีการบังคับใช้กฎหมายที่เข้มงวดสำหรับระดับของเสียง ถ้ามีการวางแผนเพื่อสร้างถนน ทางรถไฟ (รถไฟใต้ดิน รถไฟ หรือรถไฟฟ้า) หรือสนามบินแห่งใหม่ขึ้นในพื้นที่ใกล้เคียงกับที่อยู่อาศัย สำหรับในประเทศไทยมีพระราชบัญญัติต่างๆ ได้กำหนดค่ามาตรฐานเสียงเอาไว้ ได้แก่ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 พระราชบัญญัติการจราจรทางบก (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2535 นอกจากนี้ หากมีการวางแผนที่จะสร้างบ้านเรือนอยู่ในเขตที่มีเสียงอีกทีของถนน ทางรถไฟ หรือการจราจรทางอากาศ ผู้สร้างจะต้องดำเนินการเพื่อให้มีการสำรวจทางด้านเสียง เพื่อให้แน่ใจได้ว่าระดับของเสียงในบ้านเรือนจะไม่สูงเกินไป ดังนั้นการนำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาทำนายระดับเสียงจากการจราจรจึงถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในแง่ของการทำนายระดับเสียงจากการจราจร เช่น เมื่อต้องการทราบระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดหนึ่งในบริเวณที่มีแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่งร่วมกัน หรือสำหรับการวางแผนการสร้างถนน และการวางแผนหรือออกแบบมาตรการ หรืออุปกรณ์สำหรับลดผลกระทบจากเสียงรบกวน เนื่องจากสะดวกในการศึกษา ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายระดับเสียง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เป็นสถานศึกษาที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 846 ไร่ 15 คนะ และ 2 สถาบันสมทบ มีสถานศึกษาและหน่วยงานราชการอยู่ในพื้นที่เดียวกัน มีนิสิต และบุคลากรทั้งหมดจำนวน 43,636 คน แบ่งเป็นจำนวนนิสิต 36,150 คน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556) และบุคลากรจำนวน 7,486 คน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555) ประกอบกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีเขตรั้วติดกับถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนพหลโยธิน ถนนงามวงศ์วาน และถนนวิภาวดีรังสิต เป็นผลให้มีรถยนต์และยานพาหนะอื่นๆ จำนวนมากที่วิ่งผ่านถนนสายหลักทั้ง 3 เส้นนี้ นอกจากนี้แล้วรัฐบาลยังได้มีแผนการที่จะสร้างโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร รถไฟฟ้า ส่วนต่อขยายรถไฟฟ้าบีทีเอสในอนาคต ที่จะวิ่งผ่านหน้ามหาวิทยาลัย โดยมีสองเส้นทางคือ สายหมอชิต และสะพานใหม่ มีสถานียกระดับทั้งหมด 16 สถานีตามแนวเส้นทาง โดยโครงการดังกล่าวเป็นโครงการขนาดใหญ่ย่อมที่จะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางเสียงได้โดยเฉพาะเขตการเรียนการสอน การดำรงชีวิตอยู่ในรั้วมหาวิทยาลัย ดังนั้นปัญหามลพิษทางเสียงที่อาจเกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเป็นสถาบันการศึกษานั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น พร้อมๆ กับการวางแผนดำเนินโครงการตั้งแต่ระยะเริ่มแรกเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางด้านเสียงนั้นเป็นลักษณะอย่างไร ถ้าดำเนินโครงการก่อสร้างแล้วจะมีสภาพผลกระทบอย่างไรและควรมีแนวทางป้องกันหรือปรับปรุงอย่างไร



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำลองการเกิดผลกระทบทางเสียงต่อประชากรในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. เพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางเสียง
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนป้องกันปัญหามลพิษทางเสียง

## ขอบเขตของงานวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยแล้วเสร็จอย่างมีประสิทธิภาพภายในระยะเวลาที่กำหนด จึงได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัยไว้ ดังนี้

1. การใช้เครื่องตรวจวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ตรวจวัดเสียงในพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ
2. การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ความดังเสียง (SoundPLAN) ในการจำลองการเกิดผลกระทบทางเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่ง ได้แก่ เสียงที่เกิดขึ้นจากการจราจรบริเวณมหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ และเสียงที่เกิดขึ้นเมื่อมีรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่วิ่งผ่านมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต
3. สถานที่ใช้ทำการวิจัย ได้แก่ พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียวมากที่สุด ซึ่งจากการตรวจสอบข้อมูลในปัจจุบัน พบว่า พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับโครงการมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่บริเวณป้ายรถเมล์ และอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ ฝั่งถนนพหลโยธิน หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาวิจัยการประเมินผลกระทบทางเสียง จากการจราจร และโครงการสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการจัดการ และประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากหนังสือ และเอกสารต่างๆ และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบทางเสียง จากเสียงที่เกิดจากการจราจร และโครงการสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

### 1. เสียง และมลพิษทางเสียง

เสียง (Sound) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันในตัวกลางชนิดต่างๆ เช่น น้ำ อากาศ หรือตัวกลางอื่นที่มนุษย์สามารถได้ยิน ความดันที่เปลี่ยนแปลงต่อวินาที เรียกว่า ความถี่ของเสียงมีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที ในปัจจุบันเรียกว่า Hertz (Hz) และเป็นรูปแบบของพลังงานที่คนรู้สึกได้โดยการได้ยิน การสัมผัสเพื่อบอกเป็นปรากฏการณ์ของเสียงที่ไม่มีใครได้ยินแต่จะรู้ได้โดยสัมผัสหรือความรู้สึก เป็นสิ่งเร้าที่สมองมีการตอบสนอง การรับรู้เสียงเป็นผลจากความรู้สึกที่ได้ยินเสียง ความรู้สึกในการรับรู้เสียงของแต่ละคนแตกต่างกันไป (พรพิมล, 2545)

เสียงรบกวน (Noise) หมายถึง เสียงที่มนุษย์ไม่ต้องการได้ยิน หรือไม่พึงประสงค์จะรับรู้ ซึ่งความรู้สึกต่อเสียงนี้จะมีผลแตกต่างกันไปในแต่ละคน เมื่อได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกัน อาจเป็นเสียงรบกวนของคนหนึ่งในขณะที่อีกคนอาจรู้สึกชอบอยากได้ยิน เช่น เสียงดนตรีร็อก เสียงจากเครื่องยนต์รถเฟอรรี่ เสียงดนตรีคลาสสิก เป็นต้น แต่ก็จะมีเสียงบางเสียงที่คนส่วนใหญ่รู้สึกว่า เป็นเสียงรบกวน เช่น รอยกรีดหรือชุดบนแผ่นเสียง เสียงการขึ้นรถลงของเครื่องบิน เสียงจากการแข่งรถยนต์ในสนามแข่งรถ เป็นต้น ซึ่งตัดสินว่าเสียงใดเป็นเสียงรบกวนหรือไม่นั้น มีเรื่องความรู้สึกของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องในการพิจารณาแยกแยะความรู้สึกการรับรู้เสียงของมนุษย์ด้วย และตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดเสียงรบกวนไว้ที่ 10 dBA ซึ่งหมายความว่า หากระดับความแตกต่างของระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับเสียงพื้นฐานมีค่ามากกว่า 10 dBA แล้วให้ถือว่าเป็นเสียงรบกวน (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

มลพิษทางเสียง (Noise pollution) หมายถึง ภาวะแวดล้อมที่มีเสียงที่ไม่พึงปรารถนา รบกวนโสตประสาท จนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ หรืออีกนัยหนึ่งคือ เสียงที่ไม่พึงปรารถนานั้นจะต้องเกิดขึ้นในขนาดที่เกินขีดจำกัด และนานพอที่จะก่อให้เกิดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์

และสัตว์ ในขณะที่เดียวกันขนาดของเสียงนั้นอาจเป็นพิษภัยต่อบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่เป็นพิษภัยต่ออีกคนหนึ่งก็ได้ อายุ เพศ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้บุคคลสามารถทนต่อเสียงได้มากน้อยหรือนานแตกต่างกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

ระดับเสียงโดยทั่วไป หมายถึง ระดับเสียงที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปเป็นเสียงจากหลายแหล่งกำเนิดรวมกัน ไม่มีแหล่งกำเนิดเสียงใดเสียงหนึ่งเป็นแหล่งกำเนิดเสียงหลักที่เด่นชัดออกมา

ระดับเสียงสูงสุด( $L_{max}$ ) หมายถึง ค่าระดับเสียงที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นขณะหนึ่ง ในระหว่างการตรวจวัดระดับเสียง โดยมีหน่วยเป็น เดซิเบลเอ : dBA

ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq\ 24\ hr}$ ) หมายถึง ค่าระดับเสียงคงที่ที่มีพลังงานเทียบเท่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งมีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงตามเวลาในช่วง 24 ชั่วโมง (24 Hours A Weighted Equivalent Continuous Sound Level) เรียกย่อๆ ว่า  $L_{eq24hr}$  โดยมีหน่วยเป็น เดซิเบลเอ : dBA

ระดับเสียงที่มีความเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน หมายถึง ระดับเสียงที่มีความเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 5 เดซิเบลเอ ตลอดเวลาการตรวจวัดระดับเสียง

ระดับเสียงที่คงที่ หมายถึง ระดับเสียงที่มีความเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 5 เดซิเบลเอ ตลอดเวลาการตรวจวัดระดับเสียง

ระดับเสียงรบกวน หมายถึง ระดับความต่างเสียงขณะมีการรบกวน กับระดับเสียงพื้นฐาน

ระดับเสียงพื้นฐาน หมายถึง เป็นระดับเสียงที่มีการตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมในขณะยังไม่เกิดเสียงหรือไม่ได้รับเสียงจากแหล่งกำเนิดที่สนใจ แหล่งกำเนิดที่ประชากรร้องเรียนหรือคาดว่าจะประชาชนจะได้รับการรบกวน โดยแหล่งกำเนิดอาจหยุดดำเนินการชั่วคราว ด้วยคำสั่งเจ้าหน้าที่ คำสั่งศาล หรือเป็นช่วงเวลาปิดทำการ หรือปัจจุบันยังไม่มีแหล่งกำเนิดตั้งอยู่ หรืออยู่ในบริเวณที่ไม่ได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดนั้น โดยให้มีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐาน เป็นค่าระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 หมายถึง ร้อยละ 90 ของระยะเวลาที่ตรวจวัด จะมีระดับเสียงเกินกว่าค่านี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าตรวจวัด

เสียง 100 วินาที ได้ค่าระดับเสียง 100 ค่า หากนำค่าระดับเสียงมาจัดลำดับจากมากไปหาน้อย ค่า  $L_{A90}$  จะเป็นค่าลำดับที่ 90

ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน หมายถึง ระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับ ตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐาน แต่ให้ตรวจวัดเป็นระดับเสียงเฉลี่ย (Equivalent Continuous Sound Pressure Level:  $L_{Aeq}$ )

ระดับเสียงขณะมีการรบกวน หมายถึง ระดับเสียงที่ตรวจวัดหรือคำนวณจากแหล่งกำเนิด เสียงรบกวนแหล่งกำเนิดที่ประชาชนร้องเรียน หรือแหล่งกำเนิดที่คาดว่าประชาชนจะได้รับการ รบกวนที่ทำการตรวจวัดเป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย จากนั้นทำการคำนวณเพื่อตัดอิทธิพลเสียง สิ่งแวดล้อม และบางกรณีคำนวณ เป็นค่าระดับเสียงตามฐานเวลาที่อ้างอิงด้วย

เดซิเบลเอ: dBA หรือ เดซิเบลเอ : dBA เป็นหน่วยของค่าระดับเสียงในแบบที่มนุษย์ได้ยิน ซึ่งเป็นหน่วยปกติของการแสดงค่าระดับเสียงที่ยังไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ใดๆ ส่วน A คือประเภทของ วงจรการถ่วงน้ำหนักความถี่ที่ติดตั้งไว้ในเครื่องวัดระดับเสียง เพื่อปรับให้เครื่องวัดระดับเสียงแสดงค่า ระดับเสียงเลียนแบบการได้ยินของมนุษย์ ดังนั้น การแสดงค่าระดับเสียงโดยใช้หน่วยเดซิเบลเอ คือ การบอกให้ทราบว่าระดับเสียงที่เครื่องวัดระดับเสียงแสดงออกมานั้นเท่ากับเสียงที่มนุษย์รับรู้ได้จริง

ค่าระดับเสียงเฉลี่ย (Equivalent Continuous Sound Pressure Level:  $L_{eq}$ ) คือระดับ เสียงของเสียงต่อเนื่องคงที่ซึ่งมีพลังงานเสียงในช่วงเวลาการวัดเสียงตามกำหนด เท่ากับระดับเสียงจริง ที่แปรผันตามเวลา มีหน่วยเป็น dBA ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$L_{eq} = 10 \log 1/n (10^{L1/10} + 10^{L2/10} + \dots + 10^{Ln/10}) \quad (1)$$

เมื่อ  $L_n$  คือ ระดับความดังของเสียงซึ่งวัดครั้งที่  $n$

ระดับเสียงกลางวัน กลางคืน ( $L_{dn}$  : Day-Night equivalent Sound Levels) คือการ ตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง แต่เพื่อชดเชยความรู้สึกรบกวนอันเนื่องมาจากเสียงที่ เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน จึงนำค่าระดับเสียง 10 เดซิเบล มาบวกเพิ่มให้กับระดับเสียงที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาตั้งแต่ 22:00 ถึง 7:00 น. สามารถคำนวณได้จากสมการ 2

$$L_{dn} = 10\log (0.625 \cdot 10^{L_d/10}) + (0.375 \cdot 10^{(L_n+10)/10}) \quad (2)$$

## 2. คลื่นเสียง

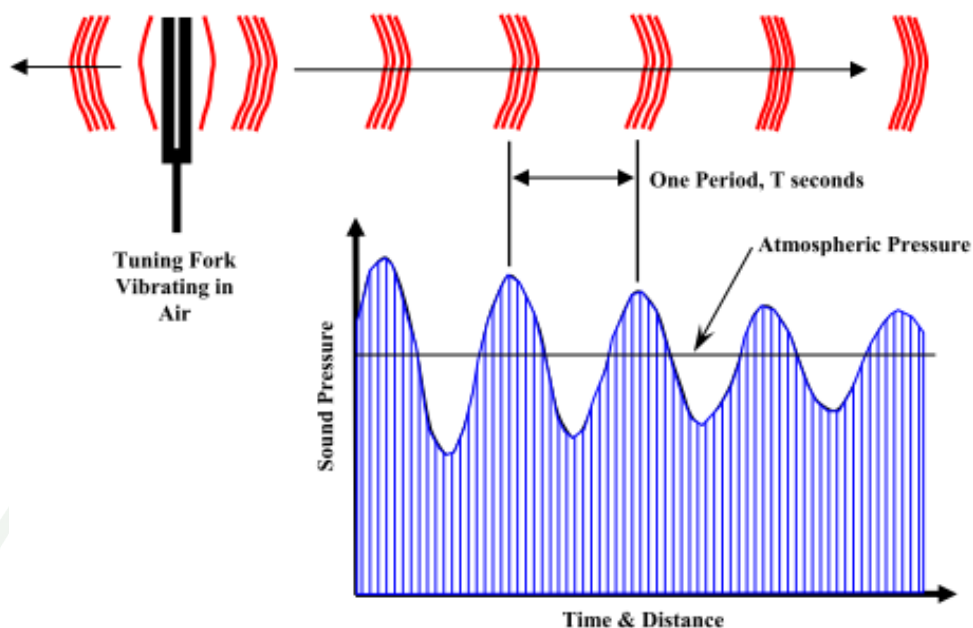
Jaantinen (2011) ได้อธิบายว่าคลื่นเสียง (Sound Wave) เกิดจากการอัดและขยายตัวของตัวกลางลักษณะและความดังของเสียงจะขึ้นอยู่กับความลักษณะของคลื่นเสียง ความเข้มของเสียงสัมพันธ์กับความดังของเสียง ซึ่งหมายถึง ความสูงของคลื่นเสียงนั่นเอง ความสัมพันธ์ของความถี่และความยาวคลื่นเสียง สามารถอธิบายได้โดยสมการ 3

$$f = c / \lambda \text{ [1/s, Hz]} \quad (3)$$

เมื่อ  $c$  คือ ความเร็วเสียง (ft หรือ m/s)  
 $\lambda$  คือ ความยาวคลื่นเสียง (ft หรือ m)

คลื่นเสียง (Sound Wave) เป็นการเคลื่อนที่ของความดันผ่านตัวกลางซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็งรวมทั้งอากาศ คลื่นเสียงเคลื่อนที่ในอากาศด้วยความเร็ว 1,127 ft/sec (344 m/s) ที่อุณหภูมิ 68°F (20°C) การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลางอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดแรงอัดที่สูง การแพร่กระจายของคลื่นเสียงจะมีลักษณะแพร่กระจายออกไปรอบทิศทางจากแหล่งกำเนิดเสียง คล้ายกับการโยนก้อนหินลงไปในบ่อน้ำ จะทำให้เกิดคลื่นออกมารอบๆ จุดที่โยนก้อนหินลงไป คลื่นเสียงมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคลื่น คือ การสะท้อน การเบี่ยงเบนและการหักเห ผ่านวัสดุหรือสิ่งของต่างๆ เช่น ประตู หน้าต่าง พื้น ผนัง เป็นต้น (Ray, 2010) ดังแสดงในภาพที่ 1





ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

ที่มา: Ray (2010)

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

ความถี่ (Frequency) คือ จำนวนครั้งต่อวินาทีที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดของเสียง แล้วกลับมาที่จุดสมดุลแล้วเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ครั้งแรกแล้วกลับมาที่จุดสมดุลอีกครั้งหนึ่ง หรือ ความถี่คือ จำนวนครั้งต่อวินาทีที่การสั่นสะเทือนเคลื่อนที่ไปครบหนึ่งรอบมีค่า  $1/\lambda$  มนุษย์ได้ยินเสียงในช่วงความถี่ระหว่าง 20-20,000 Hz เสียงที่มนุษย์ได้ยินจะมีผสมกันหลายความถี่และเกิดจากหลายแหล่งกำเนิด องค์ประกอบของความถี่เสียง ได้แก่ แถบเสียง (Spectrum) เสียงที่มีความถี่สูงจะน่ารำคาญกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ เสียงที่มีความถี่เดียวจะมีอันตรายต่อการได้ยินมากกว่าเสียงที่มีแถบความถี่หลายช่วงอยู่ด้วยกัน (พรพิมล, 2545)

ความยาวคลื่น (Wavelength) คือระยะที่วัดระหว่างจุด 2 จุดในสองช่วงของคลื่น หรือความยาวคลื่นหมายถึง ระยะที่คลื่นเสียงเดินทางครบ 1 รอบ จะใช้แทนด้วย  $\lambda$  (Lamda) เป็นภาษากรีก แปลว่า ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น ฟุตหรือเมตร (พรพิมล, 2545)

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

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 (2010)

### 3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (V) ความถี่ (f) คาบ (T) และความยาวคลื่น ( $\lambda$ )

ความถี่ (f) ของคลื่นเสียง หมายถึง จำนวนครั้งของคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง ต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น Hertz (Hz) คาบ (T) หมายถึง ช่วงเวลาที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งๆ มีหน่วยเป็นวินาที ความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) หมายถึง ระยะทางในการเคลื่อนที่ของเสียง ในช่วงเวลาของการสั่นสะเทือน 1 รอบ อธิบายได้สมการ 4 และ 5

$$V_s = f \lambda \quad (4)$$

$$F = 1/T \quad (5)$$

|       |           |     |                               |
|-------|-----------|-----|-------------------------------|
| เมื่อ | $V_s$     | คือ | ความเร็วเสียง (เมตรต่อวินาที) |
|       | $\lambda$ | คือ | ความยาวคลื่น (เมตร)           |
|       | $f$       | คือ | ความถี่ (Hz)                  |
|       | $T$       | คือ | คาบ (second)                  |

ภาพที่ 2 แสดงการแพร่กระจายของเสียงและค่าระดับเสียงที่ลดลงของเสียงแบบต่างๆ โดยแสดงให้เห็นว่ายิ่งระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงมีค่ามากเท่าไร ระดับเสียงก็มีค่าลดลงเท่านั้น

ระดับความดันเสียงที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง สามารถอธิบายได้โดยสมการที่ 6

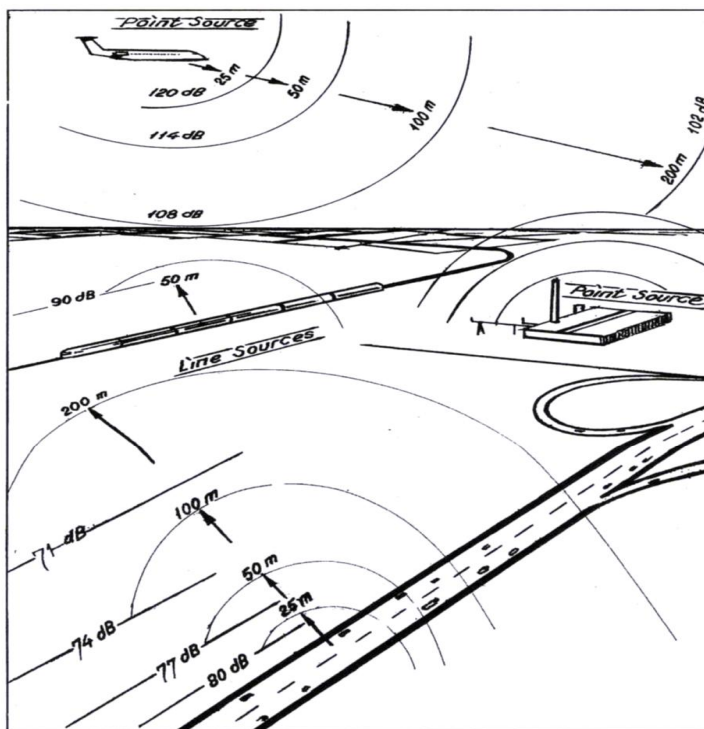
$$L_p = L_w + 10 \log_{10} \left( \frac{r}{4\pi r^2} + \frac{4}{A'} \right) \quad (6)$$

$$A' = \frac{\alpha S}{1 - \alpha} \quad (7)$$

|       |          |     |                                                                                 |
|-------|----------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $A'$     | คือ | อธิบายถึงลักษณะของห้อง                                                          |
|       | $\alpha$ | คือ | วัสดุดูดซับเสียง                                                                |
|       | $S$      | คือ | พื้นที่รวมของห้อง                                                               |
|       | $r$      | คือ | ลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียง เช่น ทรงกลม ครึ่งทรงกลม<br>1/4 ทรงกลม หรือ 1/8 ทรงกลม |

หากพิจารณาจากการที่เสียงถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่ไม่มีผนังหรือสิ่งกีดขวาง ( $A' \rightarrow \infty$ ) ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างระดับเสียงที่ระยะทางต่างกัน สามารถอธิบายได้โดยสมการที่ 8

$$L_{p2} - L_{p1} = 20 \log_{10} \left( \frac{r_1}{r_2} \right) \quad (8)$$



ภาพที่ 2 แสดงการแพร่กระจายของเสียงและค่าระดับเสียงที่ลดลงของเสียงแบบต่างๆ

ที่มา: เกียรติกุล, 2544

#### 4. ความดันเสียงและระดับความดันเสียง

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม (2547) อธิบายถึงความดันเสียงและระดับความดันเสียง หมายถึง ค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ ค่าแอมพลิจูด หน่วยที่ใช้เป็นนิวัตน์ต่อตารางเมตร ( $N/m^2$ ) ค่าความดันจึงถูกตั้งเป็นค่าอ้างอิงในการตรวจวัดระดับความดันเสียงด้วยเครื่องมือวัดเสียง ที่มีหน่วยเป็นเดซิเบล

ความดันเสียง (Sound pressure) คือ ความดันที่ทำให้เกิดการรบกวนคลื่นเสียง โดยหน่วย SI ที่ใช้วัดความดันเสียง คือ หน่วยปาสคาล (Dwyer, 2010)

การหาค่าความดันเสียงสามารถอธิบายได้โดยสมการที่ 9 ดังนี้

$$P = F/A \text{ [Pa]} \quad (9)$$

เมื่อ  $F$  คือ แรง  
 $A$  คือ พื้นที่ที่ถูกระงกระทำ

ความดันเสียงมักจะถูกแปลงให้อยู่ในหน่วยเดซิเบล เพื่อสามารถเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ได้ยินได้ ซึ่งการเปลี่ยนความดันเสียงให้อยู่ในหน่วยเดซิเบล โดยใช้สมการที่ 10

$$L_p = 20 \log_{10} P/P_0 \text{ [dB]} \quad (10)$$

เมื่อ  $P$  คือ ค่าความดันเสียงที่วัดได้  
 $P_0$  คือ ค่าความดันเสียงอ้างอิง

และความดันเสียงและระดับความดังเสียงที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วไปจะแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงความดันเสียงและระดับความดังเสียงที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วไป

| ความดันเสียง<br>(นิวตัน/ตร.ม) | ระดับความดัง<br>เสียง (เดซิเบลเอ) | ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่พบ                          | ความรู้สึกรบกวน<br>ผู้ได้ยิน |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|
| 200                           | 140                               | จุดที่ห่างจากเครื่องบินทหารลง 30 เมตร             | ดังมากๆ                      |
| 60                            | 130                               | จุดที่คนทำงานกับเครื่องนิวเมติก                   | ดังมาก                       |
| 20                            | 120                               | หม้อไอน้ำ ค้อนทุบโลหะ                             |                              |
| 6.3                           | 110                               | เครื่องพิมพ์โลหะอัตโนมัติ<br>ห้องทดลองเครื่องยนต์ |                              |
| 2.0                           | 100                               | เลื่อยวงเดือนขนาดใหญ่                             | ดัง                          |
| 0.63                          | 90                                | บริเวณก่อสร้าง-ที่มีการขุดเจาะ                    |                              |
| 0.2                           | 80                                | เครื่องเป่าผล สำนักงานที่มี<br>เครื่องพิมพ์       |                              |
| 0.063                         | 70                                | วิทยุตามบ้านเรือน                                 | เงียบ                        |
| 0.02                          | 60                                | ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคาร                           |                              |
| 0.0063                        | 50                                | เสียงสนทนา สำนักงานทั่วไป                         |                              |



## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ความดันเสียง<br>(นิวตัน/ตร.ม) | ระดับความดัง<br>เสียง (เดซิเบลเอ) | ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่พบ      | ความรู้สึกของ<br>ผู้ได้ยิน |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 0.002                         | 40                                | บริเวณชานเมือง                | เจ็บสนิท                   |
| 0.00063                       | 30                                | เสียงกระซิบ                   |                            |
| 0.0002                        | 20                                | ลมหายใจ                       |                            |
| 0.000063                      | 10                                | -                             |                            |
| 0.00002                       | 0                                 | ขีดจำกัดต่ำที่สุดของการได้ยิน |                            |

ที่มา: สราวุธ และจักรกฤษณ์ (2533)

### 5. ความเข้มของเสียงและระดับความเข้มเสียง

ความเข้มของเสียง ณ จุดใดจุดหนึ่ง คือ พลังงานเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยตามทิศทางการกระจายตัวของเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ ) ระดับความเข้มของเสียงเป็นค่าความเข้มเสียงที่วัดได้ เปรียบเทียบกับความเข้มของเสียงอ้างอิง ซึ่งมีค่า  $10^{-12} W/m^2$  ซึ่งเป็นความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูคนปกติสามารถได้ยิน เมื่อวัดความเข้มเสียงในรูปของระดับความเข้มของเสียง มีหน่วยเป็นเดซิเบล ใช้ระดับความเข้มเสียง  $10^{-12} W/m^2$  เท่ากับระดับความเข้มของเสียง 0 เดซิเบล

เดซิเบล (Decibel : dB) เป็นหน่วยระดับความดันเสียงและระดับความเข้มเสียง ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการวัดความดันและความเข้มเสียง และเนื่องจากการตอบสนองของหูต่อความดันเสียงในรูป ล็อกกาภิทึม (logarithm)

### 6. กำลังเสียง

พรพิมล (2545) ได้กล่าวถึง Sound Power ( $w$ ) ว่าเป็นหน่วยของพลังงาน/เวลา ที่เสียงออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงในรูปของคลื่นเสียง Sound power level ( $L_w$ ) แสดงถึงปริมาณของ Sound power ทั้งหมดที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียง มีความสัมพันธ์กับ Reference power ที่  $10^{-12}$  Watt ( $W_0$ ) ดังสมการที่ 11

$$L_w = 10 \log_{10} W/W_0 \text{ [Watt]} \quad (11)$$

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

ประธาน (2536) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเสียงและความเข้มของเสียงที่ระยะทางอันหนึ่ง มีดังต่อไปนี้ สมมติว่าแหล่งกำเนิดเสียงเล็กๆ ตั้งอยู่กลางอากาศ และมีกำลังเสียง ( $W$ ) ความเข้มของเสียงที่จุดซึ่งห่างออกไป  $r$  เมตรจะมีค่าสมการที่ 12

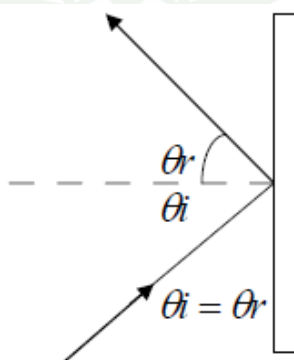
$$I = W/4\pi r^2 \quad (12)$$

เมื่อ  $I$  คือ ความเข้มของเสียง ( watt/m<sup>2</sup>)  
 $W$  คือ กำลังเสียงของแหล่งกำเนิด ( watt)  
 $r$  คือ ระยะทางที่ห่างออกไปจากแหล่งกำเนิด ( m)

## 7. คุณสมบัติของเสียง

ประธาน (2536) อธิบายว่าเสียงเป็นคลื่นตามยาว ซึ่งจะแผ่ออกไปทุกทิศทุกทางโดยผ่านตัวกลาง การแผ่กระจายของเสียง ทำให้เสียงแสดงสมบัติของคลื่นดังนี้

1. การสะท้อนของคลื่นเสียง (reflection) ปรากฏการณ์การสะท้อนของคลื่นเสียง จะเกิดขึ้นเมื่อเสียงเดินทางมากระทบพื้นผิวของวัตถุ มุมตกกระทบจะเท่ากับมุมสะท้อน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การสะท้อนของคลื่นเสียง

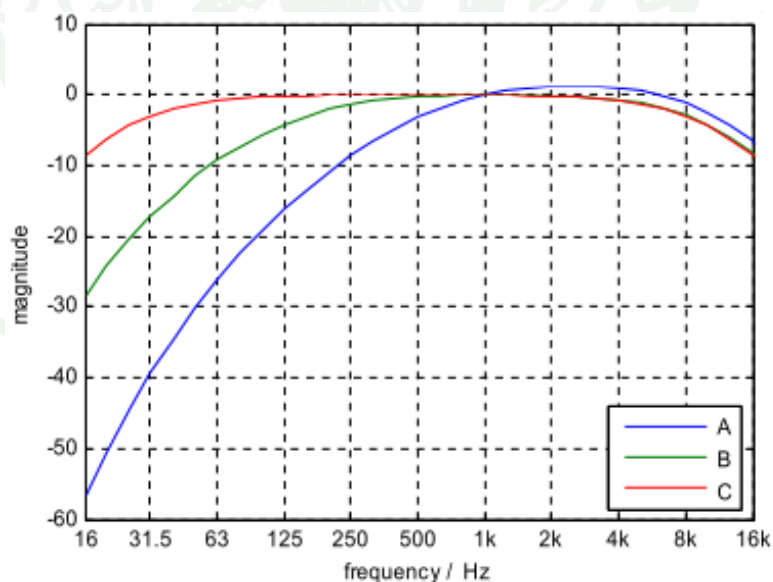
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2544)

การสะท้อนของเสียงจะเกิดได้ดี ถ้าวัตถุนั้นมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นเสียงที่ตกกระทบ และมีผิวเรียบไม่มีคุณสมบัติการดูดกลืนเสียง

2. การเลี้ยวเบน (diffraction) การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงเดินทาง ไปกระทบสิ่งกีดขวางขนาดของสิ่งกีดขวางจะมีผลต่อพื้นที่ที่จะเป็นจุดอับเสียง (shadow zone) ถ้าขนาดของสิ่งกีดขวางเล็กกว่าความยาวคลื่นเสียงในสนามเสียง ผลของการเลี้ยวเบนถือว่าน้อยมาก แต่ ถ้าขนาดของสิ่งกีดขวางใหญ่กว่าความยาวคลื่นเสียงจะทำให้เกิดจุดอับเสียงเกิดขึ้น

3. การหักเห ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลาง คืออากาศที่มีสภาวะ แวดล้อมที่แตกต่างกัน คลื่นเสียงจะเปลี่ยนทิศทางด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากันเมื่อเคลื่อนที่ไปในอากาศที่มี สภาวะแวดล้อมแตกต่างกันในขณะนั้น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ทิศทาง และความเร็วลม

Markula (2006) ได้กล่าวถึง วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency weighting) ว่าสามารถ แยกระดับเสียงออกเป็น 3 ข่าย คือ A B และ C ข่ายที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ข่าย A เนื่องจากที่ ความดันเสียงต่ำข่าย A จะมีความถูกต้องแม่นยำในการวัดมากที่สุด ซึ่งคล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบลเอ (dBA) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ ข่าย A B และ C

ที่มา: Markula (2006)

วงจรวงน้ำหนักเวลา (Time weighting) ในเครื่องมือวัดเสียงใช้สำหรับวงจรวงน้ำหนักสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปจะมี 4 แบบ คือ

1. แบบ Fast จะมีค่าคงที่ของเวลา เท่ากับ 125 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

2. แบบ Slow จะมีค่าคงที่ของเวลา เท่ากับ 1,000 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับการตรวจวัดระดับเสียงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ หรือเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ

3. แบบ Impulse จะมีค่าคงที่ของเวลา เท่ากับ 35 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับใช้วัดระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ วงจรนี้จะปรากฏในเครื่องวัดระดับเสียงบางเครื่องเท่านั้น SLM Stand (IEC 61672-1 2002) วงจรวงน้ำหนักเวลาแบบ Impulse ซึ่งถูกกล่าวถึงในภาคผนวก อธิบายวงจรนี้ว่า ไม่เหมาะสำหรับการวัดเสียงกระแทกที่ต้องการความถูกต้องสูง และไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประเมินอันตรายจากการสัมผัสเสียงดัง

4. แบบ Peak การตอบสนองต่อขีดสูงสุดที่ใช้ในการวัดระดับความดันเสียงที่ยอดสมบูรณ์ (Absolute Peak) มีประโยชน์ในการประเมินค่าการสูญเสียการได้ยินของผู้ปฏิบัติงาน เมื่อเกิดสัญญาณระดับเสียงดังในช่วงสั้นๆ

**ตารางที่ 3** ค่าคงที่ของวงจรวงน้ำหนักรวม

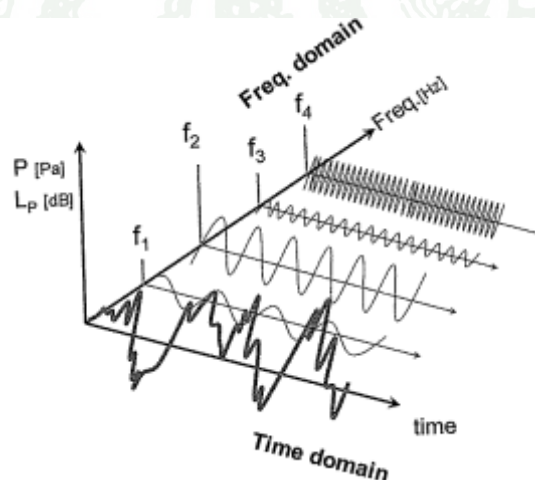
| Id   | Weighting | Time constant                               |
|------|-----------|---------------------------------------------|
| F    | Fast      | 125 ms                                      |
| S    | Slow      | 1,000 ms                                    |
| I    | Impulse   | 35 ms (rise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

ที่มา: Markula (2006)

## 8. พารามิเตอร์ของเสียง

รัฐพล (2554) ได้อธิบายพารามิเตอร์ของเสียงมีความหลากหลาย แต่พื้นฐานการพัฒนาและการนำมาใช้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1. ระดับเสียง (Sound pressure level,  $L_p$ ) เป็นค่าที่บอกถึงระดับพลังงานเสียงที่ผู้รับเสียงได้รับ ระดับเสียงสูงจะส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมมากกว่าระดับเสียงต่ำ
2. ความถี่เสียง (Frequency,  $f$ ) เนื่องจากระดับเสียงจะมีความถี่ที่แตกต่างกันจึงส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในระดับที่ต่างกัน ดังนั้นพารามิเตอร์ของเสียงบางตัวจะพิจารณาความถี่ของเสียงด้วย
3. ระยะเวลา (Time duration) คือ ระยะเวลาในการตรวจวัดเสียงที่นำมาพิจารณาผลกระทบเสียง ช่วงเวลามักจะเป็น 1 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการประเมินผลกระทบของเสียง



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์เสียง

ที่มา: รัฐพล, 2554

จากภาพที่ 5 องค์ประกอบทั้ง 3 ถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของเสียงต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ



1. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับเสียง (แกน  $y$ ) ตามระยะเวลา (แกน  $x$ ) ที่เปลี่ยนแปลงไป (Time domain) พารามิเตอร์ของเสียงที่สำคัญ ได้แก่

- 1.1 ระดับเสียงเฉลี่ย (Equivalent continuous sound pressure level,  $L_{eq}$ )
- 1.2 ระดับเสียงสูงสุดต่ำสุด (Sound maximum and sound minimum levels,  $L_{max}$   $L_{min}$ )
- 1.3 ระดับเสียงสัมผัส (Sound exposure level หรือ SEL,  $L_{AE}$ )
- 1.4 ระดับเสียงกลางวันกลางคืน (Day-night equivalent sound level,  $L_{dn}$ )
- 1.5 ระดับเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile levels,  $L_n$  หรือ  $L_x$ )
- 1.6 ดรรชนีมลพิษทางเสียง (Noise pollution index,  $L_{NP}$ )

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับเสียง (แกน  $y$ ) ตามความถี่ (แกน  $Z$ ) (Frequency domain) พารามิเตอร์ของเสียงที่สำคัญ ได้แก่

- 2.1 การวิเคราะห์ระดับเสียงตามแถบความถี่ (Octave-band analysis)
- 2.2 ระดับความดังเสียง (Loudness level)
- 2.3 ความดังเสียง (Loudness)
- 2.4 การรบกวน (Noisiness)

## 9. ประเภทของเสียง

เสียงโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. เสียงที่ดังสม่ำเสมอ (Steady-state noise) เป็นเสียงที่มีความต่อเนื่อง และมีความเข้มของเสียงที่ค่อนข้างคงที่ คือไม่เปลี่ยนแปลงเกินกว่า  $\pm 5$  เดซิเบล ในหนึ่งวินาที
2. เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับ (Fluctuating noise) เป็นเสียงที่มีความเข้มสูงๆ ต่ำๆ โดยมีความเปลี่ยนแปลงของเสียงเกินกว่า 5 เดซิเบล ในหนึ่งวินาที
3. เสียงกระแทก (Impulse or impact noise) เป็นเสียงที่เกิดขึ้นแล้วค่อยๆ หายไป มีระยะเวลาที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 0.5 วินาที และระดับความดันเสียงจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างน้อย 40 เดซิเบล ภายในระยะเวลานั้น เสียงกระแทกนี้อาจเกิดขึ้นนานๆ ครั้งก็ได้
4. เสียงที่ดังเป็นระยะ (Intermittent noise) เป็นเสียงที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะแตกต่างจากเสียงกระแทกโดยมีระยะเวลาการเกิดเสียงนานกว่าเสียงกระแทก แต่มีลักษณะที่ไม่แน่ชัด

## 10. ช่วงการได้ยินของมนุษย์ (Human hearing range)

McMullan (1991) ได้อธิบายว่า ความไวของระบบการได้ยินต่อคลื่นเสียง ขึ้นอยู่กับความถี่ (frequency) ของเสียง และความดังเสียง (strength) แต่แต่ละคนจะมีความไวในการได้ยินแตกต่างกันเล็กน้อย แต่โดยค่าเฉลี่ยที่สามารถวัดได้ จะนำมาทำแผนที่ของเสียงที่หูสามารถได้ยิน ดังภาพที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเสียงสนทนาโดยทั่วไป มีความถี่อยู่ระหว่าง 60-8,000 Hz และความดังอยู่ระหว่าง 40-80 dB โดยได้แบ่งช่วงของการได้ยินไว้ 2 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงต้นของการได้ยิน (Threshold of hearing) ช่วงต้นของการได้ยินคือเสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์โดยทั่วไปสามารถได้ยิน ที่ความถี่ 1,000 Hz ของการได้ยินจะมีค่าเท่ากับ

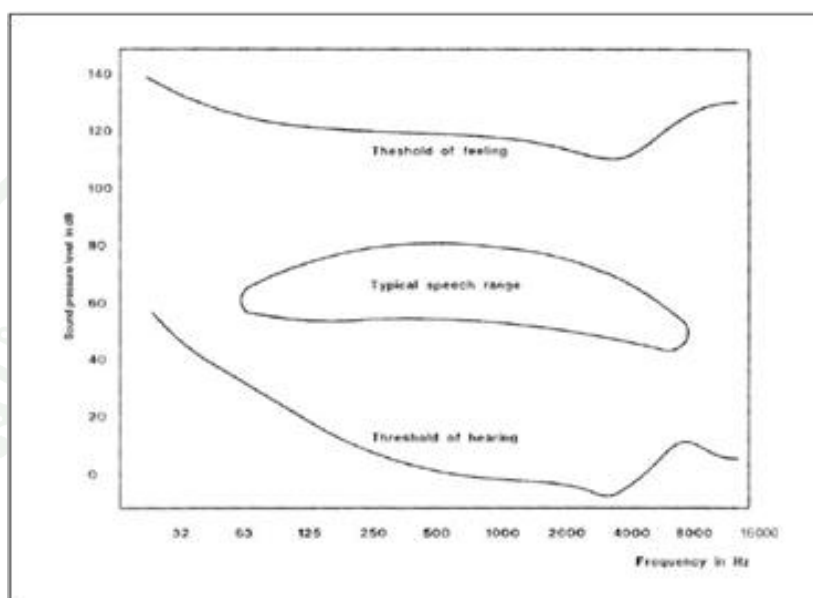
$$-I = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 \text{ เมื่อวัดในรูปของความเข้มเสียง}$$

$$-p = 20 \times 10^{-6} \text{ Pa (หรือ } 20 \text{ } \mu\text{Pa)} \text{ เมื่อวัดในรูปของแรงอัดเสียง}$$

2. ช่วงต้นของการบาดเจ็บ (Threshold of pain) ช่วงต้นของการบาดเจ็บ คือเสียงที่ดังที่สุดที่หูของมนุษย์จะสามารถทนได้ ที่ความถี่ 1,000 Hz ช่วงต้นของการบาดเจ็บจะมีค่าเท่ากับ

$-I = 1 \text{ W/m}^2$  เมื่อวัดในรูปของความเข้มเสียง

$-p = 200 \text{ Pa}$  เมื่อวัดในรูปของแรงอัดเสียง



ภาพที่ 6 ช่วงการได้ยินของมนุษย์

ที่มา: McMullan (1991)

## 11. มลพิษทางเสียง

กรมควบคุมมลพิษ (2544) อธิบายว่า มลพิษทางเสียงเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมของเมืองใหญ่ที่เกิดพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและวัฒนธรรม รวมถึงการเติบโตทางเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นเสียงดังจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เสียงดัง เครื่องจักร การก่อสร้าง เครื่องขยายเสียง โทรศัพท์ วิทยุ อุปกรณ์สื่อสาร เสียงเรียกเข้าโทรศัพท์มือถือ รวมทั้งเสียงสนทนาที่ดังเกินควรและไม่ถูกกาลเทศะ เป็นต้น ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดระดับเสียงเป็นพิษหรือดังเกินไปไว้ที่ 85 เดซิเบลเอ และระดับเสียงที่บุคคลทนรับฟังได้ คือ 120 เดซิเบลเอ สำหรับประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไว้ที่ 70 เดซิเบลเอ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป การกำหนดว่าเสียงใดเป็นเสียงรบกวนขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคล เช่น สภาพอารมณ์ขณะรับฟังเสียง ลักษณะของงาน

สถานที่ เวลา ความหนาแน่น และความดังของเสียง เป็นต้น หากพบว่า การยินห่างกันประมาณหนึ่ง ช่วงแขนแล้วพูดคุยกันด้วยระดับเสียงปกติแล้วไม่ได้ยินหรือไม่เข้าใจกัน แสดงว่าบริเวณนั้นมีเสียงดัง ถึงขั้นอันตรายต่อระบบการได้ยิน

## 12. แหล่งกำเนิดเสียง

พิชัย (2552) ได้ให้ความหมายของแหล่งกำเนิดเสียง คือการเคลื่อนตัวของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้น จะเคลื่อนที่ในลักษณะของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง โดยการเคลื่อนตัวของคลื่นเสียงในแนวราบจะมีลักษณะของการอัดและขยายตัวของคลื่นเสียงตามแนวทางเดินของเสียงในลักษณะเดียวกับการอัดและขยายตัวของคลื่นอากาศในกระบอกสูบเคลื่อนไปมา โดยแบ่งลักษณะทางฟิสิกส์ของแหล่งกำเนิดเสียงไว้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด (Point Source) เสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด จะมีลักษณะการแพร่กระจายของเสียงออกจากจุดกำเนิดเสียงในรูปทรงกลม เช่น เสียงจากการยิงปืน เสียงจากรถยนต์คันเดียวที่วิ่งบนท้องถนน เสียงจากเครื่องบินที่บินผ่าน
2. แหล่งกำเนิดเสียงแบบเส้น (Line Source) เสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแบบเส้นนั้น เป็นเสียงที่มีการแพร่กระจายอย่างต่อเนื่องหรืออาจเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุดที่มีการรวมตัวกันเป็นแนวเส้นของเสียงก็ได้ เช่น เสียงของรถไฟฟ้า เสียงจากรถยนต์ที่วิ่งต่อเนื่องกันมาเป็นขบวน (Queue) เป็นต้น โดยเสียงจะกระจายตัวออกจากแหล่งกำเนิดแบบเส้นในลักษณะทรงกระบอก
3. แหล่งกำเนิดเสียงรวมของแบบจุดและเส้น (Combination of Point and Line Sources) เสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงรวมนี้ จะเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุดรวมเข้าด้วยกัน แหล่งกำเนิดเสียงแบบเสียงประสานรวมกัน เช่น เสียงที่เกิดจากการจราจรของยานพาหนะบนท้องถนน อันเนื่องมาจากรถวิ่งมาคันเดียวๆ รวมกับรถยนต์ที่วิ่งตามกันมาเป็นขบวนบนท้องถนน ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของเสียงที่เกิดขึ้นจากการจราจรบนทางหลวงและถนนทั่วไป

## 13. ลักษณะการแพร่กระจายของเสียง (Sound Propagation)

การแพร่กระจายของเสียง การที่เสียงแพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดโดยอาศัยตัวกลาง ซึ่งความเข้มของเสียงจะลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น โดยลักษณะของการแพร่กระจายของเสียงนั้นขึ้นอยู่กับ

กับชนิดของแหล่งกำเนิดเสียง และปัจจัยต่างๆ เช่น ชั้นบรรยากาศ ความเร็วของเสียง อุณหภูมิ  
ทิศทางการแพร่กระจายของเสียง เป็นต้น

การแพร่กระจายของเสียงแบบจุด (Point Source Propagation) การแพร่กระจายของเสียงแบบจุดนั้น จะมีลักษณะเป็นทรงกลม โดยแหล่งกำเนิดของเสียงนั้นจะอยู่จุดศูนย์กลางของการแพร่กระจาย ระดับเสียงที่แพร่กระจายออกไปออกไปจากจุดกำเนิดเสียงแบบจุดนี้จะลดลงทุกๆ 6dB ทุกๆ ระยะทางที่เพิ่มขึ้นไป 2 เท่า จากแหล่งกำเนิด

การแพร่กระจายเสียงแบบเส้น (Line Source Propagation) การแพร่กระจายของเสียงแบบเส้นนั้น จะมีลักษณะการแพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิด เสียงเป็นรูปทรงกระบอก และทิศทางการแพร่กระจายนั้นจะตั้งฉากกับทิศทางของแหล่งกำเนิด โดยที่ระดับเสียงที่แพร่กระจายออกไปนั้นจะลดลงทุกๆ ระยะที่เพิ่มขึ้น 2 เท่าจากแหล่งกำเนิดการแพร่กระจายเสียงรวมของแบบจุดและแบบเส้น (Combination of Point and Line Sources Propagation)

การแพร่กระจายของเสียงรวมของแบบจุดและแบบเส้นที่แหล่งกำเนิดที่เป็นรถยนต์ต่างๆ ที่วิ่งอยู่ในถนนและทางหลวงต่างๆ นั้นจะมีการแพร่กระจายทั้งแบบจุดและแบบเส้นมาพร้อมกันและด้วยลักษณะการกระจายตัวของแหล่งกำเนิดทั้งจุดและเสียงที่ไม่คงที่อันเนื่องมาจากลักษณะของการกระจายตัวแบบสุ่มของรถยนต์ทั้งคันเดี่ยวและขบวนรถยนต์บนทางหลวง ทำให้ค่าการลดระดับเสียงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น 2 เท่าจะมีค่าที่ไม่คงที่ตามลักษณะของรถวิ่งบนทางหลวง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3-6 dB ขึ้นอยู่กับลักษณะของรถยนต์ที่วิ่ง

#### 14. เสียงจากการจราจร

เสียงจากการจราจรเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะชนิดต่างๆ บนถนนนั้นๆ ระดับเสียงจะมีค่าน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆ ด้าน เสียงจากการจราจรเป็นระดับเสียงรวมที่เกิดจากเสียงของยานพาหนะแต่ละคันที่เคลื่อนที่ผ่านจุดรับเสียง

ชนิดของการจราจร (Type of traffic flow)

1. การจราจรแบบต่อเนื่อง (Uninterrupted flow) มีลักษณะเคลื่อนที่ไปแบบต่อเนื่อง โดยไม่มีการหยุดเพราะสาเหตุใดๆ นอกจากสภาพการจราจรที่คับคั่งและติดขัดเพราะปริมาณยานพาหนะที่มี



จำนวนมาก เช่น การจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน การจราจรบริเวณถนนสายหลักในเมือง กรุงเทพมหานคร ทางด่วนพิเศษ เป็นต้น

2. การจราจรแบบไม่ต่อเนื่อง (Interrupted flow) ยานพาหนะจะมีการหยุดเคลื่อนที่เพราะสาเหตุต่างๆ นอกเหนือไปจากสภาพการจราจรที่ติดขัด เช่น หยุดเคลื่อนที่เพราะติดสัญญาณไฟจราจร ป้ายจราจร หยุดให้คนข้ามถนน หยุดเพราะรถคันหน้าหยุดรับผู้โดยสาร เป็นต้น กระแสการจราจรประเภทนี้จะเกิดขึ้นตามทางแยก และเขตชุมชน เช่น ถนนในกรุงเทพมหานคร และในเมืองใหญ่ๆ

#### ลักษณะและองค์ประกอบของเสียงจากการจราจรบนถนน

1. รถยนต์แต่ละคัน (Individual Vehicle) ในรถยนต์แต่ละคัน มีอุปกรณ์หลายประเภทที่ก่อให้เกิดเสียงดังในระหว่างที่รถยนต์คันนั้นเดินเครื่องหรือวิ่งอยู่ เช่น เครื่องยนต์ ระบบการส่งกำลัง ระบบท่อไอเสีย ตัวถังรถยนต์และกระจกรถ ยางรถยนต์ที่เกี่ยวข้องที่วิ่งไปบนพื้นถนน องค์ประกอบที่ก่อให้เกิดเสียงเหล่านี้อาจมีความแตกต่างกัน ระหว่างรถยนต์ประเภทเดียวกันจากบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน หรือใช้เครื่องยนต์ต่างขนาดกัน รวมถึงรถยนต์คนละประเภทกัน แสดงให้เห็นองค์ประกอบต่างๆ ที่ก่อให้เกิดเสียงในรถยนต์แต่ละคันที่วิ่งบนท้องถนน ถ้าหากพิจารณาประชากรของรถยนต์โดยรวมบนท้องถนน ความแตกต่างที่ชัดเจนจะอยู่กับประเภทของรถ เช่น รถเก๋ง รถบรรทุกมอเตอร์ไซด์ เป็นต้น ความแตกต่างระหว่างเสียงแต่ละคันของรถยนต์ประเภทเดียวกันจะถือว่าไม่ใช่นัยสำคัญมาก เนื่องจากมีความใกล้เคียงกันมาก

2. ประเภทของรถยนต์ (Vehicle Type) ประเภทหรือชนิดของรถยนต์เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเกิดเสียง รวมถึงระดับเสียงที่เกิดจากการจราจรบนท้องถนน โดยทั่วไปแล้วกลุ่มรถยนต์หลักๆ บนถนนจะแยกได้ 3 ประเภท คือ รถยนต์เก๋ง รถยนต์บรรทุก และรถมอเตอร์ไซด์ กลุ่มรถบรรทุกซึ่งเป็นรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่มีกำลังเครื่องมาก จะก่อให้เกิดเสียงดังมากกว่ากลุ่มรถเก๋งและรถมอเตอร์ไซด์ที่มีขนาดเล็ก มีกำลังเครื่องมาก จะก่อให้เกิดระดับเสียงที่ดังกว่ากลุ่มรถเก๋ง และรถมอเตอร์ไซด์ที่มีขนาดเล็กและเครื่องยนต์ที่เล็กกว่าแต่ในระหว่างรถเก๋งและรถมอเตอร์ไซด์นั้นรถมอเตอร์ไซด์จะให้เสียงค่อนข้างดังกว่ารถเก๋ง ทั้งนี้อาจมาจากระบบการเก็บเสียงของท่อไอเสีย การปรับแต่งท่อไอเสีย รวมถึงลักษณะการขับเคลื่อนของรถมอเตอร์ไซด์แต่ละคันบนท้องถนน แต่เนื่องจากในประเทศไทย มีรูปแบบและชนิดของรถบรรทุกหลายชนิดก็ไม่มีใช้ในประเทศทางตะวันตก เช่น รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกพ่วง รวมทั้งรถตุ๊กตุ๊ก ซึ่งมีเฉพาะในประเทศไทย นอกจากนี้รถมอเตอร์ไซด์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไซด์ที่มีขนาดเครื่องยนต์เพียง

100–150 cc ซึ่งแตกต่างจากรถมอเตอร์ไซค์ในประเทศทางตะวันตก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไซค์ขนาดใหญ่มีเครื่องยนต์มากกว่า 250 cc ขึ้นทั้งนั้น ดังนั้น จากความแตกต่างของประเภทรถยนต์ที่มีใช้ในท้องถนนของประเทศไทยจากประเทศอื่น ทำให้ต้องมีการศึกษาเสียงของรถยนต์ประเภทต่างๆ ที่มีอยู่ในท้องถนนของประเทศไทยโดยแบ่งออกเป็นรถยนต์ประเภทต่างๆ 8 ประเภท ดังนี้ รถยนต์เก๋ง รถยนต์กระบะ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง รถกึ่งพ่วง รถมอเตอร์ไซค์ และรถตุ๊กตุ๊ก เป็นต้น

3. ปริมาณการจราจร (Traffic Volume) การเพิ่มจำนวนของรถยนต์ในกระแสจราจรหรือที่เรียกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจร ทำให้ระดับของเสียงการจราจรเพิ่มขึ้นด้วย

4. ความเร็วของการจราจร (Traffic Speed) ความเร็วของการจราจรมีผลต่อระดับเสียงที่เกิดจากการจราจร โดยที่รูปแบบการเคลื่อนตัวของการจราจรบนท้องถนนในแบบการจราจรที่เคลื่อนตัวอย่างต่อเนื่อง (Uninterrupted Flow Traffic Condition – Free-Flow Condition) และแบบจราจรที่ไม่ต่อเนื่อง (Interrupted Flow Traffic Condition-Stop-and-Go Condition) จะมีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงกับความเร็วของการจราจร ในการจราจรแบบเคลื่อนตัวอย่างต่อเนื่อง (Uninterrupted Flow Traffic or Free-Flow Traffic) ซึ่งทั่วไปของการจราจรบนทางหลวงทางด่วนและทางหลวงพิเศษมอเตอร์เวย์ที่มีความเร็วของการจราจรที่ค่อนข้างสูงและต่อเนื่องจากเสียงจากการจราจรจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเฉลี่ยของการจราจร

แต่ในกรณีของการจราจรแบบเคลื่อนตัวไม่ต่อเนื่อง (Interrupted Flow Traffic or Stop and Go Traffic) ซึ่งเป็นรูปแบบของการจราจรบนท้องถนนในเมือง พื้นที่ศูนย์กลางของกิจการการค้าหรือบริเวณใจกลางเมือง ที่มีสัญญาณไฟจราจร ทำให้เกิดการเคลื่อนที่และหยุดของกระแสจราจรที่เกิดสัญญาณไฟเขียว ไฟแดง ตามทางแยกต่างๆ ตลอดเวลาในสภาพของการจราจรแบบนี้ ทำให้ความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนท้องถนนในบริเวณเหล่านี้ต่ำกว่าความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนทางด่วนหรือมอเตอร์เวย์มาก โดยเคลื่อนที่ช้าในช่วงแรกที่มีความเร็วของการจราจรในตัวเมืองต่ำ เสียงหลักจะมาจากเสียงของเครื่องยนต์ การเคลื่อนตัวของรถยนต์ในเกียร์ต่ำซึ่งใช้กำลังเครื่องมากจะมีเสียงที่ดังกว่าเสียงตอนที่ใช้เกียร์สูงที่ความเร็วมากขึ้น ดังนั้น จึงมีผลทำให้ระดับเสียงจราจรลดลงเมื่อความเร็วเฉลี่ยของการจราจรเพิ่มสูงขึ้นถึงประมาณ 35 กม./ชม. จากนั้นเสียงของจราจรจะเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วเฉลี่ยของการจราจร เนื่องจากเสียงในช่วงหลังที่ความสูงชันส่วนใหญ่จะมาจากเสียงล้อรถยนต์ที่บดทับถนน และเสียงจากการประทะของลมกับตัวถังและกระจกรถยนต์ ปรากฏการณ์เช่นนี้จะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นเมื่อมีปริมาณของรถบรรทุกหนักอยู่ในกระแสจราจรเป็นจำนวนมาก

5. พื้นผิวถนน (Road Surface) ความแตกต่างของพื้นผิวถนนที่สัมผัสกับยางรถยนต์ทำให้เกิดความแตกต่างของเสียงจากการจราจรบ้างบางส่วน ในลักษณะของถนนโดยทั่วไปที่ส่วนใหญ่เป็นผิวถนนคอนกรีตหรือผิวยางมะตอยแอสฟัลต์ติกคอนกรีตนั้น ผิวถนนที่มีความหยาบหรือขรุขระมากกว่าจะก่อให้เกิดเสียงของการจราจรที่ดังมากกว่าผิวถนนที่เรียบกว่า แต่เนื่องจากปัจจุบันได้มีการพัฒนาการและใช้งานผิวทางประเภทแอสฟัลติกพอร์น Porous Asphaltic Pavement ในประเทศต่างๆ มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อใช้ประโยชน์ในการลดระดับเสียงการจราจรจากล้อยางและผิวทาง (Tire and Pavement Interactive Noise) และเพื่อการระบายน้ำบนผิวทางให้เร็วขึ้น ผิวทางประเภทนี้ความพรุนของผิวแอสฟัลติกคอนกรีตมากกว่าผิวแอสฟัลติกคอนกรีตชนิด Dense Grade ที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งมีผลทำให้พื้นผิวทางในภาพรวม (Macro Texture of Pavement) มีความหยาบหรือขรุขระมากกว่าผิวทางชนิด Dense Grade ทั้งนี้เพื่อให้ความพรุนของผิวทางชนิดที่เป็นตัวดูดซับพลังงานเสียงที่เกิดจากล้อรถยนต์วิ่งสัมผัสไปบนถนน ทำให้ผิวบางประเภท Porous Asphaltic Pavement นี้ สามารถลดระดับเสียงได้ถึงประมาณ 3-7 dBA

6. ความลาดเอียง (Gradient) ผลกระทบของความลาดเอียงบนของถนน (Gradient) ต่อเสียงจากการจราจรนั้นค่อนข้างที่จะยุ่งยาก เนื่องจากจะมีการเพิ่มของระดับเสียงบางส่วนในช่วงของถนนฝั่งที่กำลังขึ้นเนิน อันเกิดจากเครื่องยนต์ที่กำลังใช้มากขึ้น ในขณะที่บนถนนเดียวกันบนฝั่งทางลงเนินนั้น ระดับเสียงบางส่วนลดลงอันเนื่องมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้อยลง ขณะเดียวกันเสียงรถก็เพิ่มขึ้นด้วยจากความเร็วรถที่เพิ่มขึ้น อันมาจากเสียงล้อรถยนต์ที่สัมผัสกับถนน และเสียงลมปะทะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีรถบรรทุกหนักอยู่ในกระแสจราจรด้วย อย่างไรก็ตาม ในภาพรวมทั้งหมดแล้วเสียงรวมจากการจราจรของถนนช่วงนั้นจะลดลงเมื่อความลาดเอียงของถนนลดลง และเสียงรวมของการจราจรเพิ่มขึ้นเมื่อถนนมีความลาดเอียงเพิ่มขึ้น

แหล่งกำเนิดเสียงจากยานพาหนะ

Bugliarello และคณะ (1976) กล่าวว่าเสียงที่เกิดจากยานพาหนะจะขึ้นอยู่กับ 2 สาเหตุด้วยกัน คือ ความเร็วของเครื่องยนต์ ความเร็วของยานพาหนะ และลักษณะการขับขี่ โดยได้แบ่งแหล่งกำเนิดเสียงไว้ 6 ประเภทด้วยกัน ดังนี้

1. เสียงของยานยนต์ ยานพาหนะเกิดจากเครื่องยนต์ ยาง ล้อรถ และการหมุนวนของอากาศ สำหรับการจราจรในเมืองที่อัตราเร็วต่ำ เครื่องยนต์ เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ แต่เสียงที่อัตราเร็วสูง เสียงยางบดถนนเป็นสำคัญ ส่วนการหมุนวนของอากาศไม่สำคัญเท่าไร เสียงของเครื่องเกิดจาก

พื้นผิวที่มีการสั่น และจากท่อไอเสีย ระบบการส่งกำลัง และพัดลมระบายความร้อน

2. เสียงจากท่อไอเสียท่อไอเสียเป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญมาก ระดับเสียงแปรตามค่าลอการิทึมของอัตราการหมุนของเครื่องยนต์

3. เสียงจากโครงสร้าง และเครื่องยนต์เกิดจากการสั่นสะเทือนของส่วนประกอบของเครื่องยนต์ โดยระดับความดังเสียงจะขึ้นอยู่กับความถี่ของการสั่นสะเทือนและแรงที่มา

4. เสียงจากพัดลมเป็นแหล่งของเสียงที่สำคัญมาก สำหรับรถที่มีการเก็บเสียงที่ดี ระดับของเสียงจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุน รูปร่างและวัสดุที่ใช้ทำใบพัด เครื่องยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้ใบพัดขนาดเล็ก 2 เครื่อง ระดับเสียงจะน้อยกว่าใช้พัดลมขนาดใหญ่เครื่องเดียว

5. เสียงจากยางรถยนต์เกิดขึ้นเนื่องจากการสัมผัสของยางกับพื้นถนน ลักษณะของดอกยาง ความลึกของดอกยาง และสภาพพื้นถนนเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเสียง

6. เสียงจากส่วนอื่นๆ เกิดความชำรุดสึกหรอ ความหลวมของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ เสียงจากเกียร์ของเฟืองท้าย ก็เป็นสาเหตุหนึ่งให้เกิดเสียงดัง

## 15. แหล่งกำเนิดเสียงของรถไฟฟ้า

เกียรติกุล (2544) ได้กล่าวว่าเสียงที่เกิดจากการเดินรถไฟฟ้านั้น มีแหล่งกำเนิดมาจากหลายปัจจัย เช่น ล้อเสียดสีกับราง, ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน, เสียงจากการสั่นสะเทือนของโครงสร้างที่รองรับน้ำหนักของรถไฟฟ้, เสียงจากระบบปรับอากาศ, เสียงจากสิ่งอำนวยความสะดวกบนรถไฟฟ้ และเสียงที่เกิดจากอากาศเสียดสีกับตัวรถไฟฟ้

1. เสียงที่เกิดจากล้อรถไฟฟ้เสียดสีกับราง เมื่อรถไฟฟ้วิ่งไปบนราง ล้อเหล็กจะเสียดสีกับราง ซึ่งเป็นรางเหล็กเช่นกัน จึงทำให้เกิดเสียงที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างล้อกับราง ซึ่งเป็นมูลเหตุหลักที่ทำให้ค่าระดับเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้ามียกระดับเสียงที่สูง แต่เสียงดังกล่าวจะมีความดังเมื่อรถไฟฟ้วิ่งด้วยความเร็วมากกว่า 50 กิโลเมตร ต่อชั่วโมงขึ้นไป

2. เสียงที่เกิดจากระบบขับเคลื่อนตัวรถไฟฟ้ ระบบขับเคลื่อนของรถไฟฟ้เป็นระบบมอเตอร์



ไฟฟ้าขับเคลื่อนเสียงที่เกิดจากระบบขับเคลื่อน จะเกิดจากส่วนประกอบภายในระบบ เช่น ระบบเพลว ระบบลูกปืน เป็นต้น ซึ่งระดับเสียงที่เกิดจากระบบขับเคลื่อนจะสูงหรือต่ำนั้นขึ้นอยู่กับ กำลังของตัวขับเคลื่อน และความเร็วรอบในการขับเคลื่อน

3. เสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโครงสร้างที่รองรับน้ำหนักโครงสร้างที่รองรับน้ำหนักของขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนตามยาวบนรางรถไฟ และระบบรองรับตัวราง (Ballast)

4. เสียงที่เกิดจากระบบปรับอากาศ และสิ่งอำนวยความสะดวกภายในตัวรถไฟฟ้า ระบบปรับอากาศเป็นแหล่งกำเนิดเสียงอีกแหล่งหนึ่งที่มีผลต่อระดับเสียงที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะขณะที่รถไฟฟ้าจอดที่สถานี เสียงที่เกิดจากระบบปรับอากาศจะดังกว่าเสียงที่เกิดจากระบบการทำงานอื่น ๆ

5. เสียงเกิดจากกระแสลมที่ปะทะและเสียดสีกับตัวรถไฟฟ้า ระดับความดังของเสียงที่เกิดขึ้นจากการปะทะและเสียดสี ของอากาศกับตัวถังรถไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการวิ่งของรถไฟฟ้า คือเมื่อรถไฟฟ้ามีความเร็วต่ำระดับความดังของเสียงจะเบา และเมื่อรถไฟฟ้ามีความเร็วสูงขึ้น ระดับความดังของเสียงก็จะสูงขึ้นด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าระดับเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้า

เกียรติกุล (2544) ได้อธิบายว่า เสียงที่เกิดขบวนรถไฟฟ้านั้น มีแหล่งกำเนิดเสียงส่วนใหญ่มาจากล้อที่เสียดสีกับราง ระบบขับเคลื่อนตัวรถ ระบบปรับอากาศ และอากาศที่ปะทะและเสียดสีกับตัวถังรถไฟฟ้า โดยทั่วไปเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำๆ หรือรถไฟฟ้าที่จอดนิ่ง จะเกิดจากเสียงของระบบปรับอากาศ แต่เมื่อรถเริ่มเคลื่อนที่เร็วขึ้น เสียงส่วนใหญ่จะเกิดจากล้อเสียดสีกับราง ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อระดับเสียงจากรถไฟฟ้า สามารถแบ่งแยกตามรายละเอียดได้ ดังนี้

1. ชนิดของระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน ระดับเสียงที่เกิดจากระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนนั้น ขึ้นกับปัจจัย 2 อย่าง คือ กำลังที่ใช้ในระบบขับเคลื่อน และความเร็วของระบบขับเคลื่อน

2. ชนิดของล้อและรางรถไฟ ระดับเสียงที่เกิดจากระบบล้อ ถ้าเป็นล้อเหล็กบนรางเหล็ก ระดับเสียงก็จะดังกว่าระบบล้อยางและระบบราง ถ้ารางเป็นระบบที่มีจุดต่อมาก บริเวณจุดต่อของราง



จะทำให้ค่าระดับเสียงดังมากกว่าระบบรางที่เป็นแบบต่อเนื่อง

3. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถไฟ รถไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ จะทำให้ค่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นน้อย ส่วนรถไฟที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะทำให้ค่าระดับเสียงเกิดขึ้นสูงด้วย โดยเสียงที่เกิดขึ้นนั้นจะเกิดจากการเสียดสีระหว่างล้อกับรางของรถไฟ อากาศที่ปะทะ และเสียดสีกับตัวรถไฟ

4. จำนวนขบวนของรถไฟที่แล่นผ่านจุดวัดเสียง ระดับความดังของเสียงจะขึ้นอยู่กับปริมาณขบวนของรถไฟที่แล่นผ่านจุดรับเสียงนั้น ถ้ามีจำนวนขบวนที่แล่นผ่านมากก็จะทำให้ระดับเสียงมีความดังมาก และถ้าจำนวนขบวนที่แล่นผ่านน้อยก็จะทำให้ระดับเสียงมีความดังน้อยลง

5. ระยะทางจากจุดกำเนิดเสียงถึงจุดรับเสียง ระยะทางจากจุดกำเนิดเสียงถึงจุดรับเสียงที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าระดับเสียงลดลงโดยที่จะลดลง 3-6 dB ทุกระยะทางที่เพิ่มขึ้นสองเท่าขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งกำเนิดเสียงนั้น

6. ความลาดชันของราง (Gradient) ความลาดชันของรางก็มีผลต่อค่าระดับเสียง เพราะว่ารถไฟต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนมากขึ้นขณะวิ่งขึ้นทางลาดชัน ในขณะเดียวกันเวลาวิ่งลงจากทางลาดชันต้องใช้ระบบเบรคมากขึ้น จึงเป็นปัจจัยทำให้ค่าระดับเสียงเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน

7. รัศมีความโค้งของราง (Radius) ความโค้งของรางเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อระดับเสียงที่เกิดขึ้น ถ้ารัศมีความโค้งน้อยๆ จะทำให้เกิดเสียงดังมาก แต่ในทางกลับกันถ้ารัศมีความโค้งมากๆ จะทำให้เกิดเสียงดังน้อยลง เนื่องจากเมื่อรัศมีความโค้งน้อยๆ พื้นที่ผิวสัมผัสที่เสียดสีระหว่างล้อกับรางมากขึ้น จึงทำให้ระดับเสียงที่เกิดจากการเสียดสีสูงขึ้น

8. เครื่องกีดกันเสียง (Noise Barrier) เครื่องกีดกันเสียงมีผลทำให้เกิดการสะท้อนของเสียง และการกระจายของเสียง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าระดับเสียงที่วัดได้

พื้นที่ที่ไวต่อเสียงรบกวน (Noise sensitive land uses)

สำนักงานสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535) ได้อธิบายในการประเมินผลกระทบเรื่องเสียงรบกวน ปัญหาที่พบคือ การที่ไม่ทราบว่าคนในพื้นที่ประเภทต่างๆ มีความรู้สึกต่อเสียงรบกวนมากน้อยเท่าใด

จึงทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบกับมาตรฐานระดับเสียงในแต่ละพื้นที่ได้ ในการกำหนดพื้นที่ที่ไวต่อการได้รับเสียง ดังแสดงตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** พื้นที่ไวต่อการได้รับเสียง

| การแบ่งพื้นที่ (Land uses)                                                                                                                                                                                  | ความไวต่อเสียง (Noise sensitive)                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| สถานศึกษา เช่น โรงเรียน มหาวิทยาลัย<br>โรงพยาบาล<br>โรงละคร<br>พื้นที่ห้ามล่าสัตว์ป่า<br>สถาบันศาสนา<br>สถานที่พักฟื้นผู้ป่วย คนชรา                                                                         | พื้นที่ที่ไวต่อการรับเสียงมาก (Very sensitive)              |
| อพาร์ทเมนต์<br>โรงแรมสำหรับพักตากอากาศ<br>คลินิกรักษาโรค<br>ย่านที่พักอาศัย<br>สวนสาธารณะ                                                                                                                   | พื้นที่ที่ไวต่อการรับเสียง (Sensitive)                      |
| สถานที่ทำการทดลองวิทยาศาสตร์<br><br>สถานที่ราชการ<br>สถานที่บริการประกอบธุรกิจ<br>ภัตตาคารและบาร์<br>สำนักงาน บริษัท<br>ร้านค้าทั่วไป<br>โรงแรมที่มีที่จอดรถยนต์                                            | พื้นที่ที่ไวต่อการได้รับเสียงปานกลาง (Moderately sensitive) |
| พื้นที่เกษตรกรรม<br>พื้นที่สำหรับทำเหมืองแร่ และถลุงแร่<br>พื้นที่แหล่งน้ำ<br>สถานที่เปิดโล่งตามธรรมชาติ<br>พื้นที่ที่ยังไม่เปิดสำหรับการพัฒนา<br>ถนนหรือเส้นทางที่มีการจราจรคับคั่ง<br>สถานที่จอดรถสาธารณะ | พื้นที่ที่ไม่ไวต่อการได้รับเสียง (Insensitive)              |

ที่มา: Mestre and Wooten (1975)

### ผลกระทบจากภาวะมลพิษทางเสียง (Noise Pollution Effects)

สุนันทา (2543) ได้กล่าวว่าผลกระทบของเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์เกิดขึ้นจากการรับรู้ การได้ยินของมนุษย์ถึงแม้ว่าผลกระทบของเสียงรบกวนที่รุนแรงที่สุดอาจไม่ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิต แต่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ทั้งทางตรง (ได้แก่ หูตึง หูหนวก) และทางอ้อม (ได้แก่ เพิ่ม ความเครียด อารมณ์ขุ่นมัว ความดันโลหิตสูง ฯลฯ) เสียงที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมจะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของเสียงนั้นๆ ซึ่งจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ เสียงบริสุทธิ์ (Pure tone) คือเสียงที่มีความถี่เดียว เสียงผสม (Complex tone) คือเสียงที่มีหลายความถี่ผสมกันอย่างมีจังหวะที่เหมาะสม และเสียงรบกวน (Noise) คือเสียงที่มีหลายความถี่ผสมกันโดยไม่มีจังหวะที่เหมาะสม เสียงรบกวนเป็นเสียงที่ไม่พึงปรารถนา ก่อให้เกิดความรำคาญหรือเกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินของมนุษย์เสียงรบกวนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เสียงรบกวนต่อเนื่อง (Continuous noise) คือเสียงที่ดังติดต่อกันไป อาจมีการเปลี่ยนแปลงความดังบ้าง เช่น เสียงดังคงที่ (Steady-state noise) เช่น เสียงจากเครื่องปรับอากาศ และเครื่องระบายอากาศ, เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (Fluctuating noise), เสียงดังเป็นพักๆ (Intermittent noise) คือ เสียงดนตรีต่างๆ และเสียงรถยนต์วิ่ง

2. เสียงรบกวนชั่วคราว (Transient noise) คือเสียงที่ขาดเป็นช่วง ได้แก่

2.1 Impulse noise เป็นเสียงที่เกิดขึ้นในที่ที่ไม่มีเสียงสะท้อน เช่น เสียงยิงปืนในที่โล่ง เสียงตอกเสาเข็ม

2.2 Impact noise เป็นเสียงที่เกิดขึ้นในที่ที่มีเสียงสะท้อน เช่น เสียงโลหะกระทบกัน หรือเสียงยิงปืนในห้อง

โดยผลกระทบจากภาวะมลพิษทางเสียงมีด้วยกัน ดังนี้

1. ผลกระทบต่อการได้ยิน แบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ

1.1 หูหนวกทันที เกิดขึ้นจากการที่อยู่ในบริเวณที่มีเสียงดังเกิน 120 เดซิเบลเอ

1.2 หูอื้อชั่วคราว เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในที่มีระดับเสียงดังตั้งแต่ 80 เดซิเบลเอขึ้นไปในเวลาไม่นานนัก

1.3 หูอื้อถาวร เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีระดับความดังมากเป็นเวลานานๆ

2. ด้านสรีระวิทยา เช่น ผลกระทบต่อระบบการหมุนเวียนของเลือด ต่อมไทรอยด์ อวัยวะสืบพันธุ์ ระบบประสาท และความผิดปกติของระบบการหดและบีบกล้ามเนื้อ เป็นต้น

3. ด้านจิตวิทยา เช่น สร้างความรำคาญ ส่งผลต่อการนอนหลับพักผ่อน ผลต่อการทำงาน และการเรียนรู้ รบกวนการสนทนาและการบันเทิง

4. สมาธิ ความคิด และการเรียนรู้ เช่น การรบกวนสมาธิ การคิดค้น วิเคราะห์ข้อมูล และการลดประสิทธิภาพการเรียนรู้ และการตั้งใจรับฟัง

5. ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน ได้แก่ การรบกวนระบบและความต่อเนื่องของการทำงาน และทำให้งานล่าช้า ลดทั้งคุณภาพและปริมาณการทำงาน

6. การติดต่อสื่อสาร โดยขัดขวางการได้ยินและทำให้ต้องตะโกนสื่อสารกัน ทำให้การสื่อสารบกพร่อง เกิดความเพี้ยนในการได้ยิน ในเด็กเล็กที่กำลังเรียนรู้พูด จะถ่วงพัฒนาการในการฟัง การพูด และการออกเสียง ในผู้ใหญ่จะเป็นอุปสรรคต่อการรับฟังสัญญาณเตือนภัยอันอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุและอันตราย

7. การกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมก้าวร้าว ซึ่งเสียงดังจะเร้าอารมณ์ให้เกิดการสร้างความรุนแรงจนสามารถทำร้ายผู้อื่นได้

8. ด้านสังคม กระบวนการสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ทำให้ขาดความสงบ

9. ด้านเศรษฐกิจ ทำให้มีผลผลิตต่ำเนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานลดลง เสียค่าใช้จ่ายในการควบคุมเสียง

10. ด้านสิ่งแวดล้อม เสียงดังมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ เช่น ทำให้สัตว์ตกใจและอพยพ

หนีไปอยู่อาศัยแหล่งอื่น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศตามมา

11. การเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม กระตุ้นให้เกิดค่านิยมในความรุนแรง ไม่เคารพสิทธิใน  
ความสงบสุขของผู้อื่นและสังคมโดยรวม และการขาดมารยาทสังคมที่ดีงาม

#### ผลกระทบของมลพิษทางเสียงของจราจร (Effect of Traffic Noise)

พิชัย (2552) กล่าวว่ามลพิษทางเสียงจากจราจรมีผลกระทบต่อมนุษย์ในหลายทาง ตั้งแต่มี  
ผลกระทบทางด้านกายภาพ (Physiological Effect) จนไปถึงผลกระทบทางด้านจิตวิทยา  
(Psychological Effect) ซึ่งผลกระทบเหล่านี้จัดเป็นกลุ่ม ได้ดังนี้

##### 1. ผลกระทบที่เป็นอันตราย หรือผลกระทบทางกายภาพ (Hazardous Effect or Physiological Effect)

เสียงสามารถสร้างความเสียหายให้แก่ประสาทหูของมนุษย์ โดยอาจเป็นการทำให้เกิดการ  
หูหนวกชั่วคราวหรือถาวรก็ได้ ขึ้นอยู่กับระดับเสียงและช่วงระยะเวลาที่ได้รับเสียงเหล่านั้นความ  
เสียหายของประสาทหูที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปมาจากกรได้รับเสียงในระดับสูงเป็นเวลานานต่อเนื่องกัน ซึ่ง  
หูของมนุษย์ถ้าได้รับเสียงที่ดังเกินกว่า 90 dB นานกว่า 2-3 นาที แล้ว จะทำให้ความไวของการรับเสียง  
ของหูนั้นลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ประสาทหูที่เสื่อมลงชั่วคราวนี้จะกลับคืนสู่สภาพปกติหลังจากเสียง  
ดังกล่าวหยุดลง ซึ่งช่วงเวลาของการฟื้นตัวนี้ขึ้นอยู่กับระดับของเสียง และช่วงเวลาของการรับเสียงนั้น  
นอกจากนั้นเสียงยังสามารถทำให้เกิดการหูหนวกถาวรได้อันเกิดจากการฉีกขาดของแก้วหู ซึ่งจะเกิด  
จากระดับของเสียงกระแทก (Impulse Noise) ที่ดังมาก เช่น เสียงระเบิด เสียงจากการบินผ่านกำแพง  
เสียง (Sonic Boom) ของเครื่องบินเจ็ต ทำให้เกิดเสียงที่ดังเกินขนาด ประมาณ 150dB หรือมากกว่า  
นั้นในทันทีทันใด อย่างไรก็ตาม เสียงดังขนาดนี้ไม่ได้เกิดขึ้นจากการจราจรของระบบการจราจรและ  
ขนส่งบนท้องถนนทั่วไป

##### 2. ผลกระทบทางด้านความรู้สึก (Subjective Effect)

ผลกระทบทางด้านความรู้สึกของมนุษย์นั้น ได้แก่ การก่อให้เกิดความรำคาญ ความหงุดหงิด  
ความหวงเหว เป็นต้น ผลกระทบกลุ่มนี้ อาจเรียกได้ว่าเป็นลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะที่ไม่เป็นที่ต้องการ  
ของเสียง ผลกระทบทางด้านความรู้สึกนี้ ไม่ได้ขึ้นกับองค์ประกอบอย่างใดอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่าง



เดียว แต่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ หรือการตอบสนองทางด้านความรู้สึกอื่นๆ จำนวนมาก เช่น

- ความแตกต่างของระดับความรำคาญที่เกิดจากเสียงของแต่ละบุคคลที่รับเสียงนั้น
- การปรับตัวเข้ากับเสียงที่เกิดขึ้นที่ได้จากประสบการณ์ในอดีต ทั้งประเภททันทีทันใด และที่ใช้เวลานานของบุคคลผู้รับเสียง
- ความหมายของเสียงเหล่านั้นต่อผู้รับเสียง
- ต้นกำเนิดของเสียงที่เกิดขึ้นว่ามาจากไหน เช่น เสียงดนตรี หรือเสียงจากรถยนต์ที่วิ่งผ่าน
- กิจกรรมในตอนนั้นของผู้ได้รับเสียงว่ากำลังทำอะไรอยู่ เช่น พุดคุย พักผ่อน อ่านหนังสือ หรือนอนหลับ

### 3. ผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรม (Effect on Specific Activities)

ผลกระทบอีกประเภทหนึ่งของเสียงจากการจราจร คือการรบกวนหรือขัดจังหวะการดำเนินกิจกรรมบางอย่างของผู้คน ซึ่งสามารถสรุปถึงกิจกรรมต่างๆ ที่ถูกรบกวน ได้ดังนี้

- การรบกวนการพุดคุยและการรับฟัง ทำให้พุดคุยกันไม่รู้เรื่อง ได้ยินไม่ชัดเจน
- การรบกวนการนอนหลับ ทำให้นอนไม่หลับ หรือสะดุ้งตื่น
- การรบกวนการทำงาน ทำให้ทำงานไม่ได้ หรือทำงานไม่ราบรื่น

### การป้องกันและแก้ไขภาวะมลพิษทางเสียง (Noise Pollution Solutions)

รัฐพล (2554) ได้แบ่งการป้องกันและแก้ไขภาวะมลพิษทางเสียง ไว้ ดังนี้

1. การควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิด เป็นการป้องกันไม่ให้เสียงที่ออกมาดังเกินขนาด เช่น

ควบคุมเสียงจากยานพาหนะ โดยการตรวจจับรถยนต์ที่ก่อให้เกิดเสียงดังเกินมาตรฐาน ออกกฎหมาย และควบคุมอย่างเข้มงวดเกี่ยวกับการปรับแต่งเครื่องยนต์หรือท่อไอเสียที่ทำให้เกิดเสียงดังเกินขนาด หรืออาจมีการติดตั้งเครื่องลดเสียงที่มีประสิทธิภาพที่ยานพาหนะแต่ละชนิด และไม่ใช่แค่โดยไม่จำเป็น โดยเฉพาะในเขตที่พักอาศัย โรงพยาบาล และโรงเรียน สำหรับในโรงงานอุตสาหกรรม ควรใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิดเสียงดัง หรือออกกฎหมายควบคุมแหล่งกำเนิดเสียงทุกแห่ง ให้มีเสียงดังไม่เกินขีดจำกัด

## 2. การป้องกันโดยการปิดกั้นหรือหลีกเลี่ยงเสียงที่เกิดขึ้น

2.1 การไม่เข้าไปในสถานที่ที่มีเสียงดัง เช่น ดิสโก้เทค ไนท์คลับ หรือถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็ควรอยู่ในสถานที่นั้นในช่วงระยะเวลาไม่นานเกินไป

2.2 ปิดกั้นเสียงที่ดังเกินไป เช่น การสร้างผนังเก็บเสียงในโรงงาน การปลูกต้นไม้เป็นแนวกว้างล้อมรอบเพื่อป้องกันเสียงดัง หรือการทำผนังปูนปิดกั้นริมทางด่วน เพื่อป้องกันเสียงที่เกิดจากรถยนต์รบกวนที่อยู่อาศัยริมทางด่วน

2.3 ป้องกันตนเองจากเสียง การทำงานในสถานที่ที่มีเสียงดังมากๆ เป็นระยะเวลานาน ควรมีอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันอันตรายจากเสียงอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ป้องกันเสียงที่นิยม ใช้กัน ได้แก่ เครื่องอุดหู (ear plugs) เป็นพลาสติกอ่อน ใช้ใส่เข้าไปในช่องหูเพื่ออุดหู ใช้ป้องกันเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ดี เครื่องครอบหู (ear muffs) มีลักษณะเป็นนวมสวมครอบหูทั้ง 2 ข้าง ใช้ป้องกันเสียงที่มีความถี่สูงได้ดี สำหรับการอุดหูด้วยสาลีที่สามารถป้องกันเสียงดังได้ต้องเป็นสาลีที่ชุบขี้ผึ้งเท่านั้น หรืออาจใช้เครื่องอุดหูพร้อมกับใช้เครื่องครอบหูในเวลาเดียวกัน ก็จะสามารถป้องกันเสียงได้ดีขึ้น

2.4 ปลุกอาคารบ้านเรือนให้ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าจำเป็นต้องอยู่ใกล้บริเวณนั้น จะต้องใช้วัสดุกันเสียงในการปลูกบ้านและปลูกต้นไม้รอบบริเวณที่พักอาศัยหรือที่ทำงานเพื่อป้องกันเสียงรบกวน

2.5 รัฐบาลต้องวางผังเมือง โดยแบ่งเป็นเขตที่อยู่อาศัย เขตอุตสาหกรรม และเขตเกษตรกรรม ซึ่งปัจจุบันมีกฎหมายเกี่ยวกับการสร้างอาคารอยู่บ้าง แต่เจ้าหน้าที่ก็ยังไม่เข้มงวดเท่าที่ควร

2.6 ผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ที่มีเสียงดัง ควรมีการตรวจการได้ยินก่อนเข้าปฏิบัติงานครั้งแรก และควรตรวจวัดการได้ยินเป็นระยะๆ อาจตรวจวัดทุก 1 ปี เพื่อป้องกันอันตรายจากเสียง

2.7 ถ้าไม่อาจจะลดระดับเสียงลงได้ และไม่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันเสียง ควรจัดระยะเวลาทำงานให้เหมาะสมตามมาตรฐานที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายจากเสียง เช่น พนักงานที่ปฏิบัติงานในสถานที่ที่มีเสียงดังอาจใช้วิธีเปลี่ยนหน้าที่กัน เป็นต้น

3. การให้การศึกษาและฝึกอบรมด้านภาวะมลพิษทางเสียงแก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง
4. สนับสนุนงานวิจัยเกี่ยวกับการป้องกัน ควบคุมและแก้ไขภาวะมลพิษทางเสียง
5. สร้างเครือข่ายตรวจสอบและเฝ้าระวังแหล่งกำเนิดภาวะมลพิษภายในชุมชน
6. รมรณรงค์และประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนรู้ถึงอันตรายจากภาวะมลพิษทางเสียง และร่วมมือกันป้องกันมิให้เกิดมลพิษทางเสียง

พิชัย (2552) ได้กล่าวว่าการป้องกันหรือลดเสียงรบกวนของการจราจรนั้นสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีการเหล่านี้สามารถแยกออกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก คือ การป้องกันที่ต้นกำเนิดเสียง การป้องกันที่ทางผ่านของเสียง การป้องกันที่ผู้รับเสียง และการใช้กฎหมายและมาตรฐานในการควบคุมและป้องกัน

#### 1. การป้องกันที่ต้นกำเนิดเสียง (Noise Control at Source)

การแก้ไขปัญหของเสียงจราจรที่ต้นกำเนิดเสียงเป็นวิธีที่ดีที่สุดถ้าหากสามารถดำเนินการได้ การป้องกันและควบคุมเสียงที่ต้นกำเนิดสามารถทำได้โดยการพัฒนารถยนต์ที่วิ่งได้เงียบกว่าเดิม ซึ่งสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1.1 การใช้ระบบท่อไอเสียที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดระดับเสียงจากการแพร่กระจายพลังงานเสียงจากเครื่องยนต์

1.2 การใช้ตัวยึดเกาะที่แยกการสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนต่างๆ ออกจากกัน และการใช้

วัสดุดูดซับการสั่นสะเทือน เพื่อลดระดับเสียงอันเกิดเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์

1.3 การพัฒนา ดอกยางรถยนต์ที่สามารถลดเสียงของยางรถยนต์ที่วิ่งบนถนนให้น้อยกว่าเดิม แต่ในขณะเดียวกันต้องคงคุณสมบัติของการยึดเกาะถนนไว้ด้วย

1.4 การปรับปรุงผิวถนนโดยลดความขรุขระของผิวทาง และลดรอยต่อให้ล้อรถยนต์วิ่งผ่านโดยมีเสียงดังของถนนที่น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามการลดความขรุขระหรือความหยาบของผิวถนนลงนั้น ก็น้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการลดความขรุขระหรือความหยาบของถนนนั้นก็ต้องพิจารณาถึงอันตรายจากการลื่นไถลของการขับเคลื่อนบนผิวถนนที่ลื่นมากเหล่านั้นประกอบด้วย โดยทั่วไปแล้วผิวทางแอสฟัลติก-คอนกรีต (Asphaltic Concrete Pavement หรือ Flexible Pavement) จะให้เสียงที่เงียบกว่าผิวทางคอนกรีต (Reinforce Concrete Pavement หรือ Rigid Pavement) ที่มีรอยต่อ (Joints) เป็นจำนวนมาก

1.5 การใช้ผิวถนนชนิดแอสฟัลติกคอนกรีตพรุน (Porous Asphaltic Concrete Pavement) ซึ่งเป็นผิวทางแอสฟัลติกชนิดใหม่ที่มีรูพรุน ที่สามารถลดระดับเสียงจากล้อรถวิ่งบนผิวทาง (Tire/Pavement Interaction Noise) ลงได้ที่ 3-7 dBA เมื่อเทียบกับผิวทางแอสฟัลติกแบบเดิมที่เป็นแบบ Dense Grade Asphaltic Concrete หรือ Reinforce Concrete ในขณะที่ยังสามารถให้ความปลอดภัยในการขับรถได้เป็นอย่างดี เนื่องจากผิวทางยังคงมีความฝืดอยู่

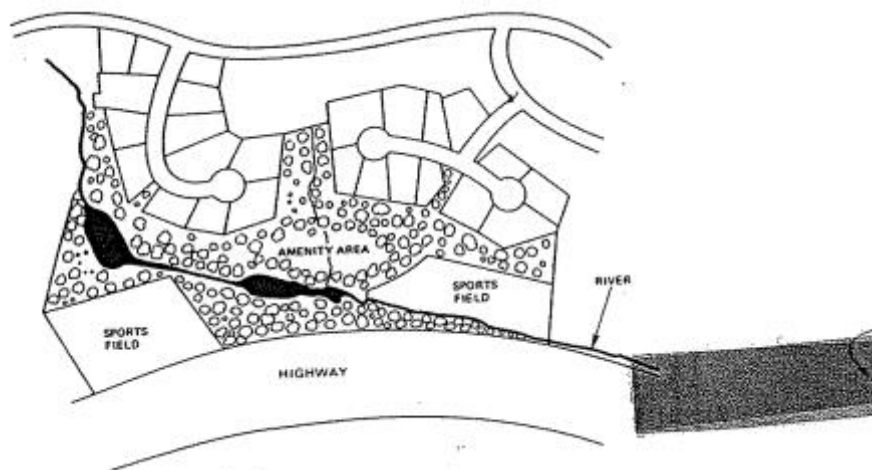
## 2. การป้องกันที่ทางผ่านของเสียง (Noise Control at Path)

การปรับปรุงสภาพตามแนวทางผ่านของเสียงจากต้นกำเนิดเสียงไปยังผู้ได้รับเสียง เป็นวิธีป้องกันเสียงรบกวนจากการจราจรของถนนและทางหลวงที่เป็นที่นิยมแพร่หลายกันมากที่สุด การปรับปรุงสภาพของทางผ่านของเสียงสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

2.1 การเพิ่มระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้รับเสียงตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าระดับเสียงนั้นจะลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการสร้างถนนหรือทางหลวงให้ไกลออกไปจากพื้นที่สำหรับอยู่อาศัยหรือพื้นที่ที่ต้องการความเงียบสงบ หรือสร้างบ้านพักอาศัยห่างออกไปจากทางหลวงที่มีอยู่แล้วจะช่วยลดผลกระทบจากเสียงรบกวนได้ ภาพที่ 7 และ 8 แสดงให้เห็นการลดระดับเสียงรบกวนโดยใช้พื้นที่ว่าง เช่น สวนหย่อม และสนามสำหรับกีฬา เพื่อคั่นระหว่างบ้านพักอาศัย

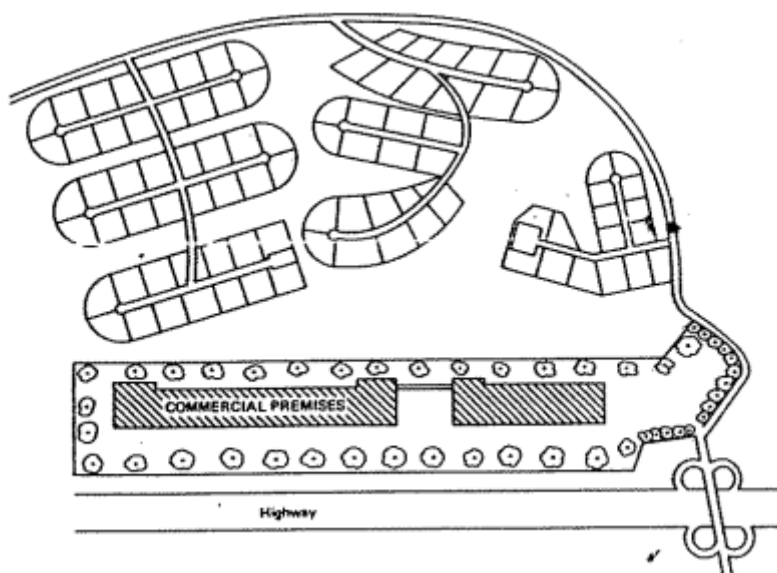


ที่ต้องการความเงียบสงบกับทางหลวง



ภาพที่ 7 การใช้พื้นที่ว่างคั่นระหว่างบ้านพักอาศัยและทางหลวง

ที่มา: พิชัย (2552)



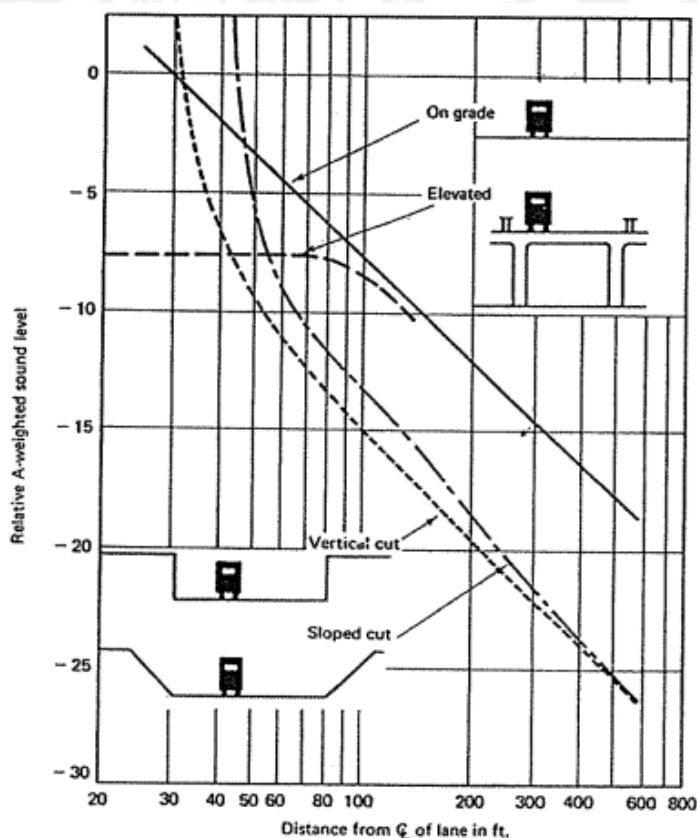
ภาพที่ 8 การใช้พื้นที่สำหรับธุรกิจการค้าคั่นระหว่างบ้านพักอาศัยและทางหลวงการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของต้นกำเนิดเสียงในกรณีนี้กำเนิดเสียง คือถนนหรือทางหลวง

ที่มา: พิชัย (2552)



การปรับเปลี่ยนตำแหน่งทางหลวงสามารถยังดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

1. ยกระดับของทางหลวงให้สูงขึ้นบนโครงสร้างยกระดับหรือบนเนินดินถม ให้อยู่เหนือระดับพื้นดิน
2. ลดระดับของทางหลวงลงจากระดับพื้นดินเดิม โดยขุดลงไปเป็นทางลดระดับ
3. การย้ายแนวเส้นทางของหลวงที่มีปริมาณจราจรมากและความเร็วสูงให้ห่างออกไปจากพื้นที่พักอาศัย หรือชุมชนวิธีการลดระดับเสียงรบกวนจากการจราจร โดยการอาศัยการปรับรูปแบบของทางหลวง ได้แสงไว้ใน ภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การลดระดับเสียงรบกวนจากการจราจรโดยการอาศัยการปรับรูปแบบของทางหลวง

ที่มา: พิชัย (2552)

2.2 การสร้างกำแพงกันเสียงริมทางหลวงกำแพงกันเสียงเหล่านี้สามารถที่จะก่อสร้างได้หลายรูปแบบ และด้วยวัสดุหลายชนิดประกอบกัน ซึ่งสามารถแยกประเภทได้ดังนี้

2.2.1 คอนกรีต ได้แก่ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตหล่อในสถานที่ก่อสร้าง เสาคอนกรีต และแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

2.2.2 ไม้ ได้แก่ ไม้อัด ไม้แผ่นเชื่อมติดกัน ไม้แผ่นต่อกันด้วยการเจาะร่อง ไม้แผ่นวางซ้อนกัน

2.2.3 โลหะ ได้แก่ แผ่นอลูมิเนียม แผ่นเหล็ก

2.2.4 วัสดุสังเคราะห์ ได้แก่ พลาสติก ไฟเบอร์กลาส

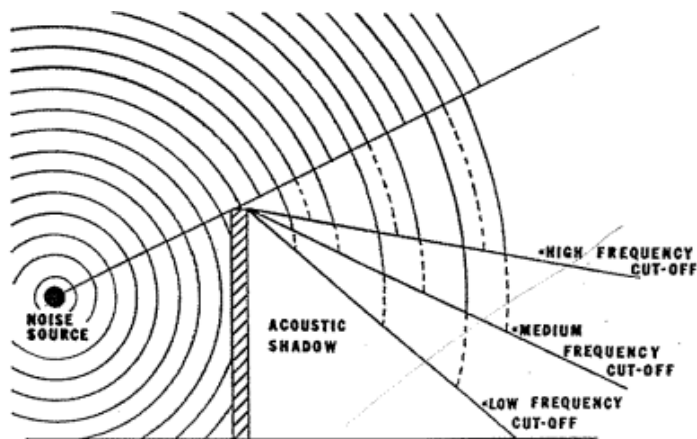
2.2.5 กระจก ได้แก่ กระจกนิรภัย กระจกเสริมลวดตาข่าย

2.2.6 เนินดิน ได้แก่ เนินดินอย่างเดียว เนินดินที่ประกอบด้วยกำแพงคอนกรีตไม้ โลหะ หรือวัสดุสังเคราะห์ เนินดินที่ปลูกทับด้วยหญ้า พุ่มไม้ ต้นไม้วัสดุที่ใช้สร้างกำแพงกันเสียงในกลุ่ม 2.3.3 และ 2.3.4 นั้นสามารถปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยดำเนินการดังนี้

2.2.7 แผ่นเดี่ยวๆ แต่เพิ่มความหนาให้มากขึ้น

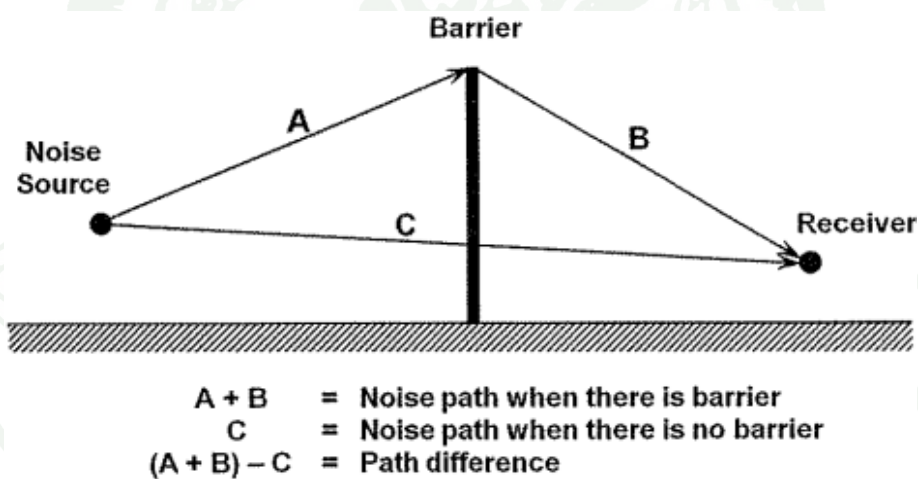
2.2.8 สองแผ่นซ้อนกันโดยแผ่นด้านหน้าเจาะเป็นรูปพรุนเพื่อให้เสียงเข้า แผ่นด้านหลังทึบ เว้นช่องว่างตรงกลางไว้สำหรับใส่วัสดุดูดซับเสียงประเภทเส้นใยไฟเบอร์กลาส เส้นใยสังเคราะห์ หรือโพลียูรีเทนโฟมเป็นต้น

ผลของกำแพงกันเสียงโดยทั่วไปที่มีต่อการลดระดับเสียงนั้นสามารถแสดงได้ใน ภาพที่ 10 โดยที่เสียงที่สามารถลดได้ก่อนคือเสียงประเภทความถี่สูง (High Frequency) จากนั้นก็จะเป็นเสียงที่มากความถี่ปานกลาง (Medium Frequency) และเสียงความถี่ต่ำ (Low Frequency) ในที่สุด และภาพที่ 11 แสดงให้เห็นรูปแบบทางเรขาคณิตที่แสดงให้เห็นถึงการลดระดับเสียงของกำแพงกันเสียงกันเนื่องมาจากกระยะทางที่เสียงเดินทางที่เสียงเดินทางเพิ่มขึ้นจากการบังของกำแพง



ภาพที่ 10 ผลของกำแพงกันเสียงในการกันเสียงในช่วงความถี่ต่างๆ

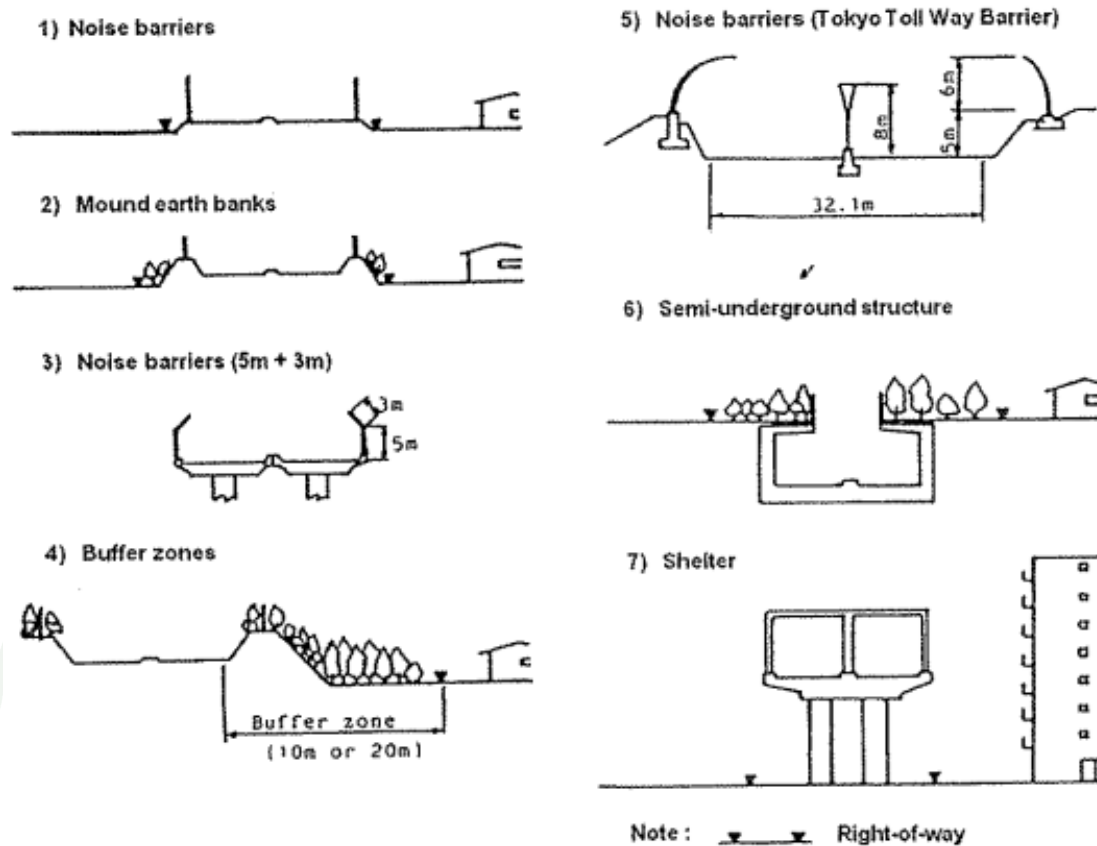
ที่มา: พิชัย (2552)



ภาพที่ 11 รูปแบบทางเรขาคณิตแสดงระยะทางที่เสียงเดินทางเพิ่มขึ้นจากการบังของกำแพงกันเสียง

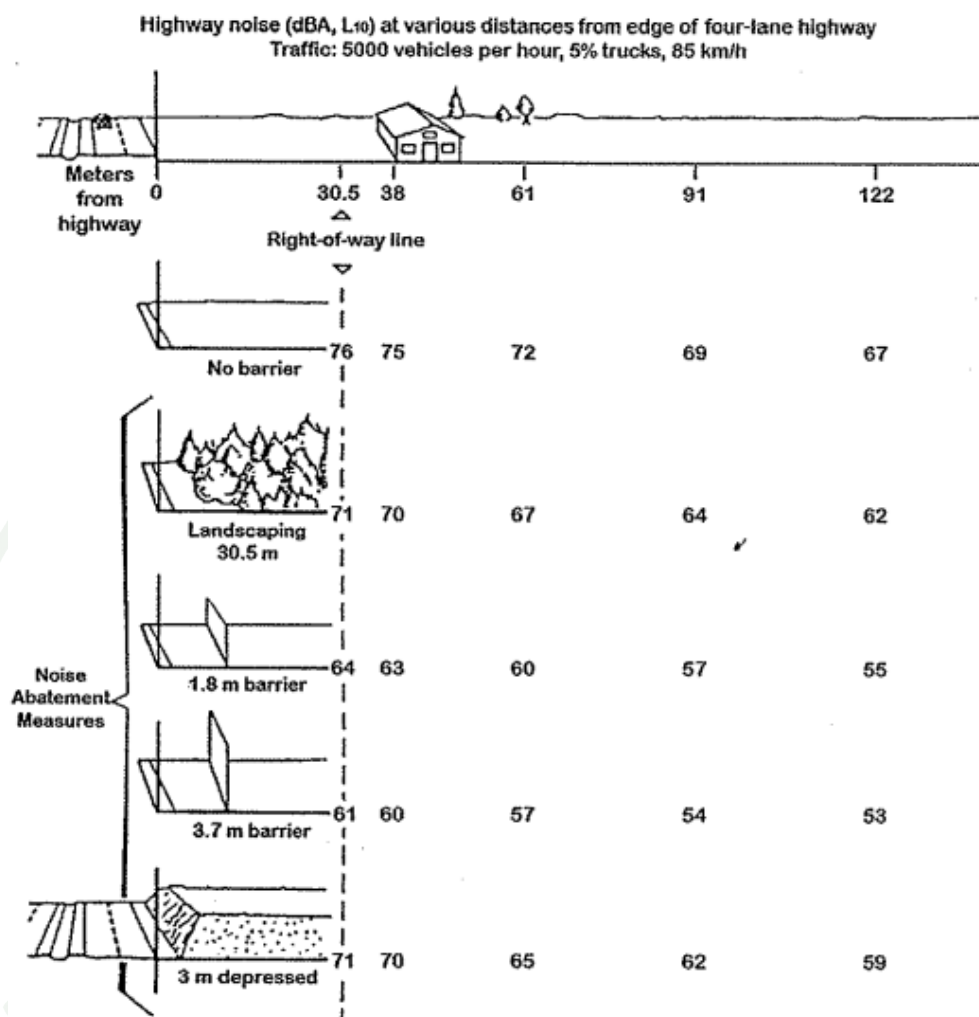
ที่มา: พิชัย (2552)

ภาพที่ 12 แสดงให้เห็นรูปแบบต่างๆ ของกำแพงกันเสียงริมทางหลวง ที่มีใช้กันในประเทศญี่ปุ่น และในรูปที่ ภาพที่ 13 แสดงให้เห็นเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการลดระดับเสียงของทางหลวงในสหรัฐอเมริกาและผลของระดับเสียงบนพื้นที่ริมทางหลวง



ภาพที่ 12 กำแพงกันเสียงริมทางหลวงรูปแบบต่างๆ ในประเทศญี่ปุ่น

ที่มา: พิชัย (2552)



ภาพที่ 13 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการลดระดับเสียงบนพื้นที่ริมทางหลวงในสหรัฐอเมริกา

ที่มา: พิชัย (2552)

โดยวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการป้องกันเสียงรบกวนจากการจราจรในประเทศไทย สามารถจำแนกออกตามรูปแบบการใช้งานได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

1. วัสดุชนิดดูดซับเสียง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังของเสียงหรือ Noise Reduction Coefficient, NRC สูงกว่า 0.4 โดยมีความเหมาะสมในการใช้งานในบริเวณพื้นที่ซึ่งมีที่พักอาศัยและอาคารสูง อยู่อย่างหนาแน่น อาทิเช่น พื้นที่กรุงเทพฯ ชั้นในซึ่งเป็นย่านธุรกิจ และที่พักอาศัยในรูปแบบคอนโดมิเนียมเนื่องจากมีค่าการสะท้อนของเสียงต่ำ จึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ในทิศตรงข้ามกำแพงป้องกันเสียง โดยวัสดุชนิดดูดซับเสียงที่นิยมใช้ในประเทศไทย เป็นวัสดุดูด



ซับเสียงแบบเมมเบรน (Membrane Absorber) ได้แก่ วัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว หรือ GRC (Glassfibre Reinforced Concrete) ซึ่งเป็นการนำเส้นใยแก้วมาผสมในซีเมนต์ มีส่วนประกอบ คือ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หินทราย และ ใยแก้ว ในอัตราส่วนประมาณ 4.5-5% ต่อน้ำหนักที่ความยาว fiber ประมาณ 34-38 mm มีค่าการลดระดับความดังของเสียง (NRC) 0.85 โดยดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่ต่ำ และสามารถลดเสียงได้ประมาณ 30-35 dBA (Graham, T., 1986) ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย อาทิเช่น โครงการพระราชดำรินน ระหว่างถนนวิภาวดีรังสิต-ถนนพหลโยธิน โครงการส่วนเพิ่มเติมดอนเมืองโทลเวย์ และ โครงการถนนยกระดับ ถนนรามคำแหง คิดเป็นพื้นที่ 8,225 ตารางเมตร (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2550)

2. วัสดุชนิดกระจายเสียง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าการลดระดับความดังของเสียง หรือ NRC ต่ำกว่า 0.4 โดยมีความเหมาะสมในการใช้งานในบริเวณพื้นที่พักอาศัย ซึ่งไม่มีอาคารสูง เนื่องจากวัสดุชนิดกระจายเสียงเป็นวัสดุซึ่งมีค่าการสะท้อนเสียงสูงกว่าวัสดุชนิดดูดซับเสียง หรือ อาจกล่าวได้ว่า วัสดุชนิดกระจายเสียง มีกลไกการสะท้อนเป็นกลไกหลักที่ใช้ในการป้องกันเสียง ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมหากจะนำไป ใช้ในพื้นที่ซึ่งมีอาคารสูงอยู่อย่างหนาแน่น เนื่องจากอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อเนื่องแก่ผู้พักอาศัยในทิศตรงข้ามกำแพงป้องกันเสียง โดยวัสดุชนิดกระจายเสียงที่นิยมใช้ ได้แก่ วัสดุซีเมนต์บล็อกผสมโฟม และวัสดุ SUPERBLOCK มีค่าการลดระดับความดังของเสียง (NRC) 0.37 และ 0.17 ตามลำดับ โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่านอยู่ในช่วง 22-30 dBA และ 20-28 dBA ตามลำดับ นอกจากนี้ วัสดุซีเมนต์บล็อกผสมโฟมยังได้รับความนิยมในการใช้งานในอาคารที่พักอาศัย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงและความร้อน

ต้นไม้และพุ่มไม้ต่างๆ ริมทางหลวง ให้ความสวยงามและความเจริญตาแก่ทางหลวงได้ดี แต่ไม่สามารถให้การป้องกันเสียงจากการจราจรของทางหลวงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากอากาศเป็นตัวกลางที่ใช้ในการเดินทางของเสียง และใบไม้ต่างๆ ก็โปร่งจนเสียงเดินทางผ่านได้ดีจากการศึกษาพบว่า การที่จะลดระดับเสียงลง 5 dBA นั้น ต้องใช้ป่าที่หนาทึบ (Dense Woods) ที่มีความลึกประมาณ 100 ฟุต (~30 เมตร)

### 3. การป้องกันที่ผู้รับเสียง (Noise Control at Reciever)

ในสถานการณ์ที่การปรับปรุงที่แหล่งกำเนิดเสียงและทางผ่านของเสียง แล้วยังไม่สามารถลดเสียงลงได้ถึงระดับที่น่าพอใจ ก็มีความจำเป็นที่ต้องทำการป้องกันโดยตรงที่ผู้รับเสียง การป้องกันเสียงที่ผู้รับนั้น เป็นงานที่ยุ้งยากที่สุด และแพงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การป้องกันเสียงในรูปแบบ

อื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากเสียงจะกระจายตัวออกไปในพื้นที่กว้างขวางและความยุ่งยากของแต่ละบุคคลที่มีความพอใจหรือยอมรับเสียงในระดับที่แตกต่างกัน

การป้องกันเสียงให้กับบุคคลแต่ละคนโดยการใช้เครื่องครอบหู (Ear Muffs) หรือที่อุดหู (Ear Plugs) ซึ่งใช้กันโดยทั่วไปในการป้องกันเสียงในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ไม่เป็นที่ยอมรับกันในการใช้ป้องกันเสียงให้กับบุคคลในห้องรับแขกหรือห้องนอนของบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป

การป้องกันที่เหมาะสมที่สุดก็คือ การใช้ประตูหน้าต่างกระจก หรือกระจก 2 ชั้นบนผนังอาคารที่ก่อสร้างด้วยการก่ออิฐหรือผนังคอนกรีตด้านที่หันหน้าไปยังถนนหรือทางหลวง อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีการป้องกันเสียงแบบนี้ ในประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศไทย ก็อาจจะต้องพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายทางด้านการใช้เครื่องปรับอากาศและค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมาด้วย

คุณสมบัติของการลดเสียงของกำแพงที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4 และตารางที่ 5 แสดงให้เห็นการลดเสียงของหน้าต่างประเภทต่างๆ

**ตารางที่ 5** คุณสมบัติการลดเสียงของกำแพงที่ทำจากวัสดุชนิดต่าง

| Description                                                                                  | Approximate mass<br>per unit area ( $\text{kg/m}^2$ ) | Sound insulation<br>(dB) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|
| 100 mm brickwork or concrete blocks                                                          | 200                                                   | 45-50                    |
| 200 mm brickwork or concrete blocks                                                          | 400                                                   | 48-52                    |
| Cavity brickwork                                                                             | 400                                                   | 50-54                    |
| 100 mm hollow concrete blocks                                                                | 120                                                   | 40-42                    |
| 100 mm brickwork plus 12 mm plasterboard on<br>resilient studs with fiberglass in the cavity | 210                                                   | 50-52                    |
| 15 mm timber siding plus fireboard sheathing plus<br>12 mm plasterboard                      | 30                                                    | 36-38                    |
| As above with fiberglass in the cavity                                                       | 30                                                    | 37-39                    |
| 4 mm glass in fixed frame                                                                    | 10                                                    | 25-30                    |
| Two panes of 4 mm glass with 100 mm cavity in<br>fixed frame                                 | 20                                                    | 35-40                    |

ที่มา: พิชัย (2552)

**ตารางที่ 6** คุณสมบัติการลดเสียงของหน้าต่างประเภทต่างๆ (Typical values for the sound insulation of windows)

| Window type                                | Sound insulation (dB) |
|--------------------------------------------|-----------------------|
| Single window open                         | 5-15                  |
| Louvre window closed                       | 10-20                 |
| Single window closed                       | 20-25                 |
| Double window with 100 mm airspace, closed | 30-35                 |
| Double window with 100 mm airspace, sealed | 35                    |

ที่มา: พิชัย (2552)

#### 4. การใช้กฎหมายและมาตรฐาน (Legislation and Standard)

ในปัจจุบันมีการออกกฎหมายและการบังคับใช้มาตรฐานเพื่อควบคุมมลพิษทางเสียงจากการจราจร ได้มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ที่พัฒนาแล้ว กฎหมายเหล่านี้ได้มีการเริ่มต้นกันมาตั้งแต่ประมาณช่วงแรกของ ค.ศ. 1960 (จากการออกกฎหมายว่าด้วยการปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา) และได้มีการปรับปรุงและพัฒนาขึ้นมาตามลำดับกฎหมายและมาตรฐานเหล่านี้เป็นตัวกระตุ้นและบังคับในบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ต่างๆ ทำการพัฒนาและสร้างรถยนต์ที่มีความเงียบมากขึ้นกว่าเดิมเข้าสู่ท้องตลาด ซึ่งในที่สุดแล้ว ก็จะทำให้เสียงที่เกิดจากการจราจรโดยรวมจากท้องถนนลดลงไปด้วย

#### 16. กฎหมายเกี่ยวกับมลพิษทางเสียง

กรมควบคุมมลพิษ (2544) ได้รวบรวมกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางเสียง ไว้ดังนี้

1. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 32(5) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

โดยในประกาศฉบับนี้ให้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปไว้ดังต่อไปนี้ คือ

- (1) ค่าระดับเสียงสูงสุด ไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ
- (2) ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ

การตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป ให้ดำเนินการดังนี้

- (1) การตรวจวัดค่าระดับเสียงสูงสุด ให้ใช้มาตรฐานระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงในบริเวณที่มีคนอยู่หรืออาศัยอยู่
- (2) การตรวจวัดค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ให้ใช้มาตรฐานระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา 24 ชั่วโมงใดๆ
- (3) การตั้งไมโครโฟนของมาตรฐานระดับเสียงที่บริเวณภายนอกอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร โดยรัศมี 3.50 เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่
- (4) การตั้งไมโครโฟนของมาตรฐานระดับเสียงที่บริเวณภายในบริเวณอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร โดยรัศมี 1.00 เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่และต้องห่างจากช่องหน้าต่างหรือช่องทางที่เปิดออกนอกอาคารอย่างน้อย 1.50 เมตร

2. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 17 (พ.ศ. 2543) เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน ซึ่งออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 32(6) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

ได้กำหนดค่าระดับเสียงรบกวนไว้ที่ 10 เดซิเบลเอ หากระดับการรบกวนที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าระดับเสียงรบกวนตามวรรคแรก ให้ถือว่าเป็นเสียงรบกวน และวิธีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐานและระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับเสียงขณะมีการรบกวนและค่าระดับการรบกวน เป็นไปตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ

3. ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดวิธีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐาน และระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับเสียงขณะมีการรบกวน และค่าระดับการรบกวน

ได้กำหนดสมการสำหรับใช้คำนวณค่าระดับการรบกวน ให้นำระดับเสียงขณะมีการรบกวนและระดับเสียงพื้นฐานที่ตรวจวัดได้มาหักลบ โดยเป็นไปตามสูตรที่กำหนด ดังนี้

$$\text{ค่าระดับการรบกวน} = \text{ระดับเสียงขณะมีการรบกวน} - \text{ระดับเสียงพื้นฐาน}$$

4. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดระดับเสียงของรถยนต์ ออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ พ.ศ. 2535

ได้กำหนด ระดับเสียงของรถยนต์ที่ใช้ในทางขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมเสียง แตรสัญญาณจะต้องไม่เกิน

(1) 85 เดซิเบลเอ เมื่อตรวจวัดระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์ 7.5 เมตร หรือ

(2) 100 เดซิเบลเอ เมื่อตรวจวัดระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์ 0.5 เมตร

มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ของประเทศไทย กำหนดค่าระดับเสียงเฉลี่ย ( $L_{eq}$ ) 24 ชั่วโมง ไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ ซึ่งเป็นค่าระดับเสียงที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศ สหรัฐอเมริกา (USEPA) เสนอแนะว่าเป็นระดับเสียงที่หากได้รับอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานอาจมีอันตรายต่อการได้ยินได้

5. องค์การอนามัยโลก WHO (World Health Organization) ได้เสนอแนะระดับเสียงสูงสุด ที่บุคคลทั่วไปสามารถรับได้

-  $L_{eq}$  8 ชั่วโมง 78 เดซิเบลเอ ทุกพื้นที่

6. US.EPA (United State Environmental Protection Agency) และ World Bank Environmental Guidline ได้เสนอแนะระดับเสียงที่บุคคลสามารถรับได้ ดังนี้



- $L_{eq}$  24 ชั่วโมง 70 เดซิเบลเอ ทุกพื้นที่
- $L_{dn}$  ไม่เกิน 55 เดซิเบลเอ

## 17. ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร

ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร เป็นระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ที่สามารถขนส่งผู้โดยสารได้มากกว่า 1,000 คน ต่อขบวน เกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรในกรุงเทพมหานครและเพื่อให้ประชาชนมีทางเลือกในการเดินทางที่มีประสิทธิภาพ สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลาในการเดินทาง และปลอดภัย

### 1. แนวเส้นทางรถไฟฟ้า สายสีเขียว หมอชิต-สะพานใหม่

แนวเส้นทางโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วง หมอชิต-สะพานใหม่ มีระยะทาง 11.4 กิโลเมตร ตลอดแนวเส้นทางอยู่บนถนนพหลโยธิน ซึ่งเป็นแหล่งชุมชน อาคารพาณิชย์และที่พักอาศัยที่ประสบปัญหาการจราจรเป็นอย่างมาก โครงการรถไฟฟ้าส่วนต่อขยายไปยังชานเมืองสายนี้จะมีผลช่วยลดปริมาณรถยนต์ที่จะวิ่งเข้ามาในเมือง อันจะส่งผลให้ลดปัญหาการจราจรติดขัด ลดการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิง ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม แนวเส้นทางเริ่มจากจุดสิ้นสุดโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครบริเวณสถานีหมอชิต จะวิ่งไปตามแนวกลางถนนพหลโยธิน ไปสิ้นสุดที่สะพานข้ามคลองบางเขน บริเวณสะพานใหม่ ตลอดแนวเส้นทางโครงการ ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ มีจำนวน 12 สถานี มีทางวิ่งเป็นทางยกระดับตลอดแนวเส้นทาง โดยมีเสาและโครงสร้างอยู่กลางถนนเป็นส่วนใหญ่ และใช้ระบบรถไฟฟ้าขนาดหนัก (Heavy Rail) เช่นเดียวกับรถไฟฟ้าบีทีเอส โดยมีสถานีห้าแยกลาดพร้าวเป็นสถานีเชื่อมต่อ (Interchange Station) เพื่อเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารระหว่างโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วง หมอชิต-สะพานใหม่ (รถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม) และระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพในปัจจุบัน (BTS)



ภาพที่ 14 เส้นทางสถานีรถไฟฟ้าสายสีเขียวช่วงหมอชิต – สะพานใหม่

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2551)

## 2. องค์ประกอบของโครงการ

องค์ประกอบของโครงการประกอบด้วยแนวเส้นทาง สถานีรถไฟฟ้า อาคารจอดแล้วจร และศูนย์ซ่อมบำรุง และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ดังนี้

1) แนวเส้นทางโครงการเป็นโครงสร้างยกระดับตลอดสาย มีจุดเริ่มต้นที่สถานีห้าแยกลาดพร้าวถึงสถานีสะพานใหม่ มีระยะทาง 11.4 กิโลเมตร

2) สถานีรถไฟฟ้าของโครงการมีจำนวน 12 สถานี ประกอบด้วย สถานีห้าแยกลาดพร้าว สถานีพหลโยธิน 24 สถานีรัชโยธิน สถานีเสนานิคม สถานีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถานีกรมป่าไม้ สถานีบางบัว สถานีกรมทหาร-ราบที่ 11 รักษาพระองค์ สถานีวัดพระศรีมหาธาตุวรวิหาร สถานีอนุสาวรีย์หลักสี่ สถานีสายหยุด และสถานีสะพานใหม่ โดยมีสถานีห้าแยกลาดพร้าวเป็นสถานีเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพในปัจจุบัน (BTS)

3) อาคารจอดแล้วจร 1 แห่ง ตั้งอยู่บริเวณสำนักงานเขตบางเขน ใกล้สถานีวัดพระศรีมหาธาตุ

4) ศูนย์ซ่อมบำรุง ตั้งอยู่ใกล้สถานีสายหยุด (พหลโยธิน 50) (N19) บริเวณด้านล่างสนามบินดอนเมือง

5) สิ่งอำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อ เช่น sky walk ทางขึ้น-ลงสถานี ช่องจอดรถประจำทาง/รถตู้ เป็นต้น

### 3. หลักเกณฑ์ในการออกแบบแนวเส้นทาง

การออกแบบจะเป็นไปตามหลักเกณฑ์และมาตรฐาน โดยมีหลักเกณฑ์ทั่วไปดังนี้

- รัศมีของโค้งราบหลักเลี้ยวรัศมีที่น้อยกว่า 200 เมตร แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดทางกายภาพของเส้นทาง และสูงสุดไม่เกิน 25,000 เมตร
- ความเร็วในการออกแบบแนวเส้นทาง 80 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง
- ความลาดชันของแนวเส้นทางสูงสุดไม่เกิน 3.50%
- แนวของโค้งราบและโค้งดิ่งต้องไม่ซ้อนทับกัน
- สถานีอยู่บนแนวที่เป็นเส้นตรงและมีแนวเส้นตรงอย่างน้อย 20 เมตร จากปลายชานชาลาที่สถานี รวมก่อนและหลังของจุดสิ้นสุดโค้งทางราบและโค้งทางดิ่ง
- การยกโค้ง (Cant) สูงสุดไม่เกิน 110 mm.
- ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟสำหรับทางวิ่งทั่วไปเท่ากับ 3.80 เมตร

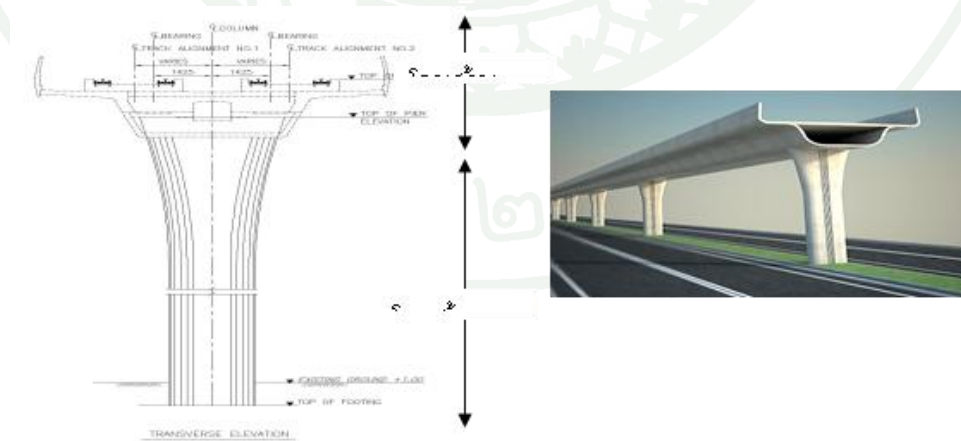
แนวเส้นทางในช่วงของทางวิ่งที่ไม่มีข้อจำกัดเรื่องกายภาพมากนัก โดยส่วนใหญ่สามารถออกแบบให้ได้ความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและระดับสันรางโดยทั่วไปอยู่ที่ระดับ +16.350

(ระดับน้ำทะเลปานกลาง, MSL หรือสูงจากพื้นถนนประมาณ 14.70 เมตร เว้นแต่ช่วงบริเวณยกข้ามทางต่างระดับตอนเมืองโพลล์เวย์และตำแหน่งบริเวณวงเวียนอนุสาวรีย์หลักสี่ จำเป็นต้องลดความเร็ว ออกแบบเนื่องจากข้อจำกัดความลาดชันและลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง โดยที่บริเวณทางต่างระดับตอนเมืองโพลล์เวย์ จะมีความเร็วลดลงเหลือประมาณ 25-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และบริเวณอนุสาวรีย์หลักสี่ จะมีความเร็วลดลงเหลือประมาณ 45-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยแสดงรายละเอียดแยกตามลักษณะของโค้ง

#### 4. รูปแบบทางวิ่ง

โครงสร้างทางวิ่งเป็นโครงสร้างทางยกระดับรองรับรถไฟฟ้า 2 ทาง โดยมีระยะห่างระหว่างกึ่งกลาง 3.80 เมตร โครงสร้างคานซึ่งใช้รองรับทางวิ่งจะเป็นโครงสร้างที่ใช้วิธีการก่อสร้างแบบขึ้นส่วนหล่อสำเร็จในโรงงานแล้วนำมาประกอบติดตั้งในสนามโดยยึดด้วยลวดอัดแรง ทั้งนี้เพื่อให้งานก่อสร้างในสนามสามารถดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อภาระจรรยาบรรณน้อยและคืบพื้นที่ผิวจราจรในงานก่อสร้างให้รวดเร็วที่สุด สำหรับโครงสร้างเสาซึ่งเป็นเสาตอม่อเดี่ยวจะเน้นในเรื่องความสวยงามรวมถึงลักษณะทางด้านวิศวกรรมที่ต้องสอดคล้องกับโครงสร้างคาน ส่วนฐานรากจะใช้เป็นเสาเข็มเดี่ยวเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.80 เมตร รองรับโครงสร้างทางวิ่งโดยการมีเสาเข็มต้นเดียวเชื่อมต่อฐานรากซึ่งจะช่วยให้การก่อสร้างฐานรากทำได้เร็วมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 15

- รูปแบบโครงสร้างทางวิ่งทั่วไป รูปแบบโครงสร้างทางวิ่งยกระดับทั่วไปแบ่งเป็น 2 ส่วน



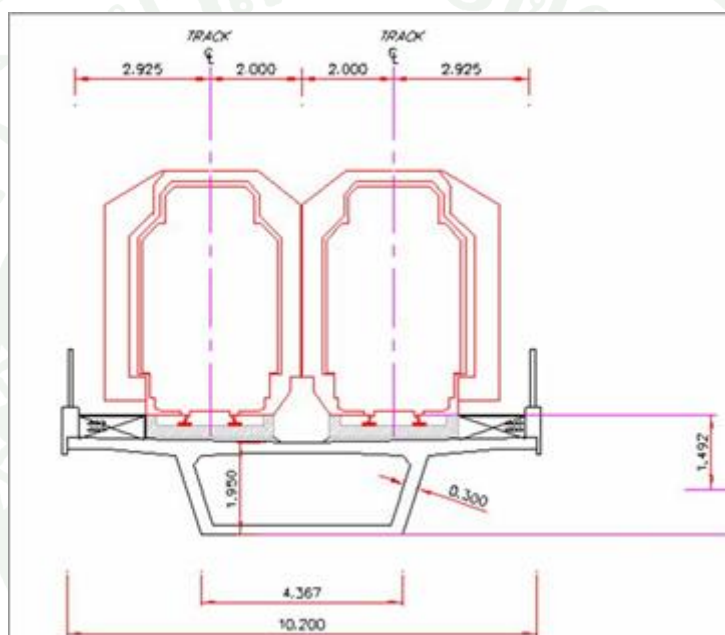
ภาพที่ 15 รูปแบบโครงสร้างยกระดับของโครงการ

ที่มา: การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (2551)



## 1. รูปแบบโครงสร้างส่วนบน

รูปแบบของโครงสร้างส่วนบนใช้คานหล่อสำเร็จจากโรงงานและนำมาติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้าง (Precast Segmental Girder) มีลักษณะคานเป็นแบบ Box Girder มีระยะห่างของเสารองรับระหว่าง 30-35 เมตร โดยพิจารณาตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในปัจจุบันที่อยู่ในแนวเส้นทาง โดยปกติแล้วช่วงห่างระหว่างเสาจะมีระยะ 35 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะของคาน Box Girder

ที่มา: การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (2551)

2. โครงสร้างส่วนล่าง ได้แก่ เสาและฐานรากจะต้องพิจารณาร่วมกับโครงสร้างช่วงบน ทั้งนี้เสาของโครงการเป็นเสาบางประมาณ 1 เมตร สืบเนื่องมาจากโครงสร้างเป็นลักษณะแบบต่อเนื่อง การอัดแรงในคานหากเสาหนาเกินไปจะทำให้แรงอัดถูกต้านด้วยความแข็งแรงของเสา จึงช่วยให้เสามีขนาดเล็กลง สำหรับฐานรากเป็นเสาเข็มเดี่ยวขนาด 1.80 เมตร สามารถรับน้ำหนักสำหรับช่วงสะพาน 35 เมตร ได้ และทำให้การก่อสร้างฐานรากทำได้อย่างรวดเร็ว





ภาพที่ 17 ภาพจำลองบริเวณข้ามแยกเกษตร

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2551)

## 5. รถไฟฟ้า

รถไฟฟ้าสำหรับระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ในช่วงเริ่มต้นในการให้บริการจะเป็นขบวนรถไฟฟ้ายาวสี่คันต่อหนึ่งขบวนรถ โดยสามารถขยายความยาวของขบวนรถเพิ่มเติมจนเป็นหกคันต่อขบวน

รถไฟฟ้าที่จะใช้จะต้องมีรูปแบบที่ทันสมัย ดึงดูดใจ และมีประวัติการใช้งานที่ทดสอบแล้วว่ามีความแน่นอนเชื่อถือได้สูง การออกแบบรถไฟฟ้าจะต้องอ้างอิงกับมาตรฐานสากลต่างๆ เช่น มาตรฐาน IEC, EN, และ UIC โดยครอบคลุมประเด็นการออกแบบ และมาตรฐานด้านสมรรถนะต่างๆ ทุกประเด็น รวมทั้งเรื่องของความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Compatibility - EMC) ด้วย

รถไฟฟ้าที่จะใช้จะต้องมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) ที่ต่ำ โดยเป็นผลมาจากการออกแบบที่ลดความต้องการในการซ่อมบำรุงทั้งในส่วนการซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา และการซ่อมบำรุงนอกแผน (Scheduled and Unscheduled Maintenance) ให้เหลือน้อยที่สุด โดยรถไฟฟ้าจะมีอายุการใช้งาน (Service Life) อย่างน้อยสามสิบ (30) ปี

รถไฟฟ้าที่จะใช้จะต้องให้สภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยแก่ผู้โดยสาร และผู้ปฏิบัติการเดินรถ โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในด้านอัคคีภัย ในกรณีที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ความปลอดภัยของผู้โดยสารถือเป็นสิ่ง สำคัญสูงสุด และผู้เดินรถจะต้องดำเนินการทุกวิถีทางเพื่อลดความเสี่ยงทุกๆ ด้าน ในเรื่องดังกล่าว

ขบวนรถไฟฟ้า โดยปรกติจะวิ่งภายใต้การควบคุมของระบบควบคุมการเดินขบวนรถโดยอัตโนมัติ (Automatic Train Operation) แต่ก็สามารถบังคับขับได้ด้วยมือภายใต้การควบคุมดูแลของระบบควบคุมการวิ่งรถโดยอัตโนมัติ (Automatic Train Protection)

รถไฟฟ้าจะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ตามขีดความสามารถที่ต้องการ ทั้งในช่วงการเดินรถปรกติ (Normal Operation) และในช่วงการเดินรถฉุกเฉินเพื่อกู้ภัย (Rescue Operations)

รถไฟฟ้าจะต้องมีสมรรถนะที่พร้อมสมบูรณ์ในการขับเคลื่อนและในการเบรก ตลอดช่วงแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Working Voltages) ของระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟ ตั้งแต่ค่าต่ำสุดถึงสูงสุด และต้องมีการพิจารณาคำนึงถึงข้อกำหนดความต้องการต่างๆ ของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ไว้ด้วยแล้ว ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟตกลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าใช้งาน การดึงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะต้องไม่เพิ่มสูงขึ้น แต่จะยอมให้สมรรถนะในการขับเคลื่อนค่อยๆ ลดลงแทน

สัดส่วนของจำนวนเพลาขับ (Motored Axles) ในขบวนรถไฟฟ้าแต่ละขบวน จะต้องไม่น้อยกว่า 50% ของจำนวนเพลาทั้งหมด

สมรรถนะของขบวนรถไฟฟ้าทุกขบวนจะต้องได้ตามข้อกำหนดด้านสมรรถนะดังต่อไปนี้ ไม่ว่าจะมีความสึกหรอของล้อมากน้อยเพียงใด ไม่ว่าจะมีความสภาพของรางอย่างไรก็ตามที่ยังอยู่ภายใต้ข้อกำหนดการออกแบบ ไม่จะมีการบรรทุกผู้โดยสารมากน้อยเพียงใด และไม่อาจจะจัดขบวนเป็นกี่คันต่อขบวนก็ตาม

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบของสมรรถนะของรถไฟฟ้า

| ข้อ | องค์ประกอบของสมรรถนะ                                                                                                                            | ค่าที่กำหนด                            |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1   | ความเร็วสูงสุด ในการให้บริการ (Maximum Service Speed)                                                                                           | 80 กม./ชม.                             |
| 2   | อัตราการลดความเร็ว เฉลี่ย ในการให้บริการปกติ (Mean Service Braking Rate) จาก 80 กม./ชม. - 0 กม./ชม.                                             | ไม่น้อยกว่า 1.0 ม./วินาที <sup>2</sup> |
| 3   | อัตราการลดความเร็ว ในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Braking Rate)                                                                                       | 1.3 ม./วินาที <sup>2</sup>             |
| 4   | การเปลี่ยนแปลง อัตราการลดความเร็ว สูงสุด (Maximum Variation in Requested Braking Rate)                                                          | +/- 5%                                 |
| 5   | อัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราเร่ง และอัตราการลดความเร็ว สูงสุดในการเร่งความเร็ว และในการลดความเร็ว (Maximum Jerk Rate in Accelerating or Braking) | 0.7 ม./วินาที <sup>3</sup>             |
| 6   | อัตราเร่งสูงสุด (Maximum Acceleration Rate)                                                                                                     | 1.1 ม./วินาที <sup>2</sup>             |
| 7   | อัตราการเร่งเฉลี่ย (Average Acceleration Rate) จาก 0 กม./ชม. - 30 กม./ชม.                                                                       | ไม่น้อยกว่า 0.9 ม./วินาที <sup>2</sup> |

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2551)

## 18. โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการจัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียงโปรแกรม SoundPLAN

โปรแกรม SoundPLAN เป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ในด้านมลพิษทางเสียง มลพิษทางอากาศ เสียงรบกวนจากการจราจร เสียงดังในโรงงาน อุตสาหกรรม และเสียงเครื่องบิน มีมากกว่า 50 มาตรฐานที่ใช้ซอฟต์แวร์นี้ในการคำนวณ ซึ่ง SoundPLAN จะแสดงแบบจำลองในการแพร่ของมลพิษ ออกแบบโดยบริษัท Braunstein+Berndt GmbH ประเทศเยอรมนี และมี SoundPLAN International LLC ประเทศสหรัฐอเมริกาทำหน้าที่ อินเทอร์เน็ตระหว่างสำนักงานพัฒนามากว่า 30 ประเทศในการจัดจำหน่ายระหว่างประเทศที่ช่วยกระจายและการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ SoundPLAN บนพื้นฐานทั่วโลก และมีการเชื่อมต่อโมเดลให้ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Google Earth ได้ การสร้างแบบจำลอง soundPLAN เพื่อหาระดับเสียงที่ตำแหน่งของผู้รับเสียง (Receivers) ทำโดยการจำลองรถยนต์ รถไฟฟ้าว่าเป็นแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุดที่เคลื่อนที่ รถยนต์แต่ละชนิดจะปล่อยพลังงานจากการเร่งเครื่องยนต์ (Acceleration) จากนั้นพลังงานจะถูกคิดลดจากการลดพลังงานที่ปล่อยจากรถยนต์ได้จากการคำนวณ (Distance) การดูดกลืนของพื้นดิน (Ground absorption) การดูดกลืนจากสภาพอากาศ (Atmospheric absorption) และแนวกันเสียงระหว่างจุดกำเนิดกับจุดรับเสียง (Barrier) จากนั้นแบบจำลองจะทำ

การรวบรวมพลังงานที่ตำแหน่งผู้รับเสียง (Receivers) โดยกำหนดเวลาไว้จากเวลาการวิ่งของรถยนต์แต่ละประเภท แล้วทำการคำนวณค่าระดับเสียงเฉลี่ย ( $L_{eq}$ ) ที่ผู้รับเสียงแต่ละจุดตามระยะเวลาที่กำหนด

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ระดับเสียงจากแบบจำลอง จะต้องทำการใส่ค่าตัวแปรที่สำคัญในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระหว่างการทำนายเสียง คือ

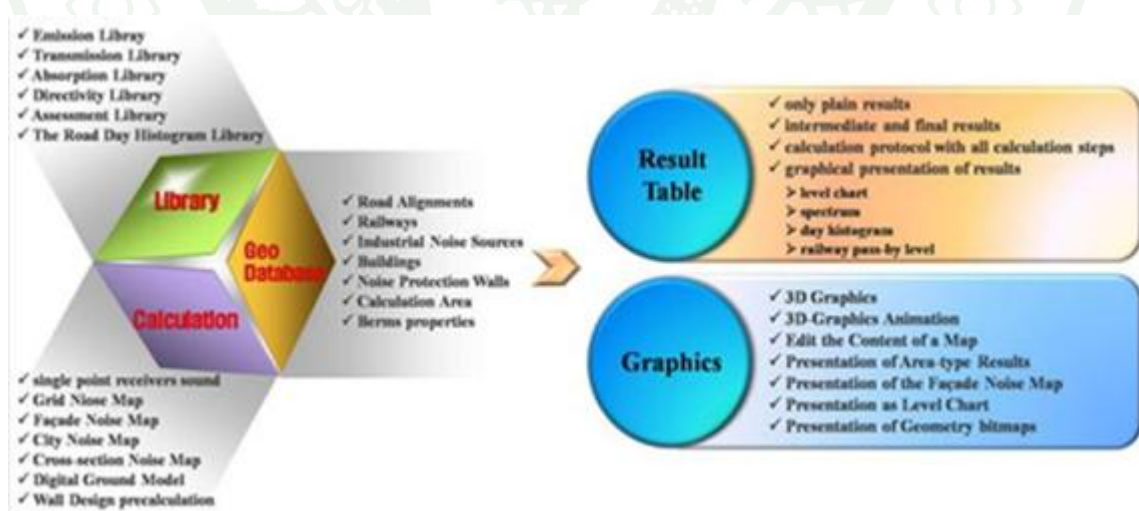
1. ปริมาณการจราจร (Vehicle volume)
2. ความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์ (Vehicle speed)
3. ความสูงของผู้รับเสียง (Receptor height)
4. ตำแหน่งของผู้รับเสียง (Receptor location)
5. ความกว้าง ยาว สูงของถนน
6. ประเภทของพื้นผิว (Surface type)
7. การดูดกลืนของพื้นดิน (Ground absorption)
8. แนวกันเสียง (Barrier)
9. เวลาในการจำลองสถานการณ์ (Simulation time)
10. ผลกระทบจากสิ่งกีดขวาง (Barrier effects)

SoundPLAN เป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ในด้านมลพิษทางเสียง มลพิษทางอากาศ เสียงรบกวนจากการจราจร เสียงดังในโรงงานอุตสาหกรรม และเสียงเครื่องบิน มีมากกว่า 50 มาตรฐานที่ใช้ซอฟต์แวร์นี้ในการคำนวณ ซึ่งการใช้โปรแกรมในรูปแบบของการจำลองเหตุการณ์สมมติขึ้น โดยมีการใช้โปรแกรมเพื่อเป็นการสร้างการจำลองการกระจาย



มลพิษทางเสียง ซึ่งแยกตาม module หลักๆ ที่สำคัญได้ ดังนี้

1. Geo-Database เป็นการนำข้อมูลเข้ามาในโปรแกรมโดยผ่านทาง digitizer คือ การ Import ข้อมูลเข้ามาในโปรแกรม อาทิ bitmap SoundPLAN, DXF, AutoCAD และระบบ GIS ข้อมูลจะประกอบไปด้วย Geo-ไฟล์ที่สามารถทำงานร่วมกันได้เพื่อจำลองสถานการณ์
2. Calculation Coreการคำนวณบนพื้นฐานของข้อมูลที่ป้อนในฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์
3. Result tables (Documentation) ตารางสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของตัวรับสัญญาณ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดข้อมูล แหล่งที่มา เพื่อนำมาตรวจสอบกับข้อเท็จจริง
4. Graphics กราฟิกที่มีการเสนอผลการคำนวณในรูปแบบต่างๆ เช่น 3D Graphics animation, 3D Graphics
5. Library การเข้าถึงข้อมูลต่างๆ เช่น การดูดซึม การส่งสัญญาณ การประมวลผล



ภาพที่ 18 รูปแบบการทำงานของโปรแกรม soundPLAN

ที่มา: Jea Hun Jeong (2010)



ความสามารถของโปรแกรม SoundPLAN สามารถวิเคราะห์ และพยากรณ์ได้ 5 ประเภท

1. เสียงจากถนน
2. เสียงจากรถไฟ
3. เสียงจากเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม
4. เสียงจากเครื่องบินเครื่องบิน
5. คุณภาพอากาศ

ในการวิเคราะห์ และพยากรณ์ของโปรแกรมจะใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. เสียงจากถนน
  - RLS-90 (D)
  - DIN 18005 (D)
  - VBUS (D)
  - RVS 3.02 /4.02 (A),
  - NMPB 96 (F/EU)
  - EMPA StL 86, StL 95 (StL86+), StL 97 (CH),
  - CoRTN (GB)
  - FHWA (USA) (โดยการวิจัยฉบับนี้จะใช้รูปแบบของ FHWA ในการคำนวณระดับเสียง)
  - TNM Road (USA)
  - Statens planverk report no. 48 (DK), 1980
  - ASJ RTN Model B 1998 (Japan) Quality control done by OnoSoki
  - ASJ RTN Model B 2003 (Japan) Quality control done by OnoSoki
  - Nordic Traffic Noise Prediction 1996
  - Nord2000 road, tests still in progress

- Emissions calculation for Hungarian roads
- Russian roads

## 2. เสียงจากรถไฟ

- SCHALL-03 (D)
- Transrapid (D)
- DIN 18005 (D)
- VBUSch (D)
- Calculation of Rail Noise CRN 99 (GB)
- ONR 305011 (A),
- RMR 2002 (NL/EU)
- SEMIBEL (CH)
- Nordic Prediction Method for Train Noise NMT 98 (Scandinavia)
- Nordic Rail Prediction Method Kilde Report 130 (Scandinavia)
- Nord2000 rail
- Japan Narrow Gauge Railways (Japan), Quality control done by OnoSoki
- Emission calculation Hungarian railway
- Russian railway
- French rail NFS 31-133

## 3. เสียงจากเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

- DIN ISO 9613-2 tested
- DIN 18005 Industry (D)
- VDI 2714/2720 tested
- TA Lärm
- ÖAL-28 (A) and General Prediction Method for Industrial Plants (DK)
- Nord2000 Industry (Scandinavia)
- Construction Noise (Hong Kong)
- BS5228 (GB)

- ASJ CN Model 2002 (Japan)
- Concawe (NL)
- TNM Industry (USA)
- VDI 3760 (D)

#### 4. เสียงจากเครื่องบินเครื่องบิน

- AzB
- AzD/AzB 2008
- ECAC Doc 29 (incl. EU interim)
- DIN 45643
- DIN 45684
- ÖAL 24

#### 5. คุณภาพอากาศ

- TA-Luft (Gauss-Model)
- MISKAM und MISKAM
- AUSTAL 2000

โดยในการทำวิจัยนี้จะใช้หลักการวิเคราะห์ระดับเสียงของโปรแกรมจากมาตรฐาน FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model (FHWA) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายระดับเสียงจากการจราจรในลักษณะการเคลื่อนตัวแบบต่อเนื่องในประเทศอเมริกา โดยค่าที่ได้จะแสดงอยู่ในเทอม  $L_{eq}$  ดังสมการที่ 14 ดังนี้

$$L_{eq}(h)_i = (L_o)_{Ei} + 10 \log \left( \frac{N_i \pi D_o}{S_i T} \right) + 10 \log \left( \frac{D_o}{D} \right)^{1+\alpha} + 10 \log \left[ \frac{\omega(\theta_1 \theta_2)}{\pi} \right] + \Delta S \quad (14)$$

โดย  $L_{eq}(h)_i$  คือ ระดับเสียงเฉลี่ยที่เกิดขึ้น ณ จุดรับเสียงที่ต้องการทราบค่าในชั่วโมงที่  $h$  เนื่องจากรถประเภท  $i$  (dBA)

$(L_o)_{Ei}$  คือ ระดับพลังงานเสียงอ้างอิงสำหรับรถประเภท  $i$  (dBA)

$N_i$  คือ จำนวนของรถประเภท  $i$  (คัน/ชั่วโมง)

$D$  คือ ระยะทางตั้งฉากจากจุดวัดเสียงถึงกึ่งกลางช่องจราจร (เมตร)

$D_0$  คือ ระยะอ้างอิง (15 เมตร)

$S_i$  คือ ความเร็วเฉลี่ยของรถประเภท  $i$

$T$  คือ ช่วงเวลาที่ทำการวัดค่า  $L_{eq}$  (ปกติใช้ 1 ชั่วโมง)

$\alpha$  คือ ลักษณะของพื้นที่ระหว่างถนนกับจุดรับเสียงในการดูดซับเสียง (0.5 หรือ 0)

$\omega$  คือ เครื่องหมายแสดงฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับแก้เมื่อช่วงถนนมีความยาวที่จำกัด

$\emptyset$  คือ มุมของถนนเป็นองศาสำหรับช่วงถนนที่ทำการวิเคราะห์เสียง

$\Delta S$  คือ ค่าตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงที่เกิดจากการมีสิ่งกีดขวางหรือกำแพงกันเสียงระหว่างจุดรับเสียงกับช่องทางการจราจร

สำหรับค่า  $L_{eq}(h)$  จะแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. รถยนต์ส่วนบุคคล Passenger Car (PC) หมายถึง รถที่มี 4 ล้อ 2 เพลา หรือมีน้ำหนักบรรทุกสุทธิน้อยกว่า 4,500 กิโลกรัม

$$\begin{aligned} (L_0)_{ELC} &= 38.1 \log S - 2.4 & \text{dBA} & S \geq 50 \text{ km/hr.} \\ &= 62 & \text{dBA} & S < 50 \text{ km/hr} \end{aligned}$$

2. รถบรรทุกขนาดกลาง Medium Truck (MT) หมายถึง รถที่มี 6 ล้อ 2 เพลา หรือมีน้ำหนักบรรทุกสุทธิระหว่าง 4,500 ถึง 12,000 กิโลกรัม

$$\begin{aligned} (L_0)_{EMT} &= 33.9 \log S - 16.4 & \text{dBA} & S \geq 50 \text{ km/hr.} \\ &= 74 & \text{dBA} & S < 50 \text{ km/hr} \end{aligned}$$

3. รถบรรทุกขนาดใหญ่ Heavy Truck (HT) หมายถึง รถที่มี 3 เพลาขึ้นไป หรือมีน้ำหนักบรรทุกสุทธิตั้งแต่ 12,000 กิโลกรัมขึ้นไป

$$\begin{aligned} (L_0)_{EHT} &= 24.6 \log S - 38.5 & \text{dBA} & S \geq 50 \text{ km/hr.} \\ &= 87 & \text{dBA} & S < 50 \text{ km/hr} \end{aligned}$$

## 19. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุชา (2538) ศึกษาผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียง และสั่นสะเทือนจากโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอสโดยการวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการตรวจวัดเสียงในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมก่อนการก่อสร้าง ระหว่างการก่อสร้าง และหลังการก่อสร้างรถไฟฟ้า ตามแนวเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครทั้งหมด 9 สถานี ผลการประเมินพบว่า ระดับความดังเสียงก่อนก่อสร้างค่อนข้างสูง และเกินมาตรฐาน กล่าวคือ  $L_{eq}$  24 มีค่าระหว่าง 59.00–77.53 dB (A)  $L_{dn}$  มีค่าระหว่าง 64.00–82.53 dB (A) ซึ่งเกินค่าที่กำหนดตามมาตรฐานของ US EPA ระดับเสียงสูงสุดที่บุคคลทั่วไปสามารถรับได้คือ  $L_{eq}$  24 ไม่เกิน 70 dBA และ  $L_{dn}$  55 dBA และนอกจากนี้ได้คำนวณระดับความดังเสียงจากถนนที่ระยะห่างและระดับความสูงแตกต่างกันสรุปได้ว่า เมื่อระยะห่าง ความสูงมากขึ้น ค่าระดับความดังเสียงจะมีค่าลดลง และได้คำนวณความดังของเสียงที่มีอาคารสูงปิดกัน และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน พบว่ายิ่งเพิ่มความสูงของ Barrier เท่าไร ค่าระดับความดังเสียงจะมีค่าลดลงเท่านั้น

Abdullah et al. (2009) ได้ศึกษาระดับเสียงจากการจราจรที่เมือง Putrajaya โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมการวิเคราะห์เสียง (SoundPLAN) จากผลการทดสอบทางสถิติ T-test hypothesis พบว่า โดยผลจากการทดสอบทางสถิติ T-test ที่เมือง Putrajaya ได้ผลดังนี้ Mean จากการตรวจวัดจริงเท่ากับ 66.807 จากการใช้โปรแกรม SoundPLAN เท่ากับ 68.336 P (T≤t) one tail เท่ากับ 0.011501 หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการจำลองเสียงโดยใช้โปรแกรม SoundPLAN และการตรวจวัดเสียงด้วยเครื่องมือตรวจวัด Sound level meter และจากการผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ระยะทางจากการจราจรคือปัจจัยหลักในการเพิ่มขึ้นของระดับเสียง

Jeong (2010) ทำการจำลองการแพร่กระจายของเสียงรบกวนจากการก่อสร้างอาคาร และเสียงจากการจราจรทางถนนที่เกิดจากปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการตรวจสอบพื้นที่ใกล้เคียงจากโครงการพัฒนาที่ดิน ในประเทศเกาหลี และได้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโปรแกรม soundPLAN โดยเปรียบเทียบระหว่างระดับเสียงภาคสนามและระดับเสียงที่คาดการณ์พบว่ามีความผิดพลาดสูงสุด 1.4 dBA และข้อผิดพลาดที่น้อยที่สุดของ 0.5 dBA เมื่อเทียบกับระดับเสียงโปรแกรมจำลองอื่นๆ นอกจากนี้ One Sokki (2002) รายงานว่าโปรแกรม SoundPLAN มีความแม่นยำสูง ระดับความเชื่อมั่น  $\pm 1$  dB การจำลองการคาดการณ์ของเสียงจากการก่อสร้างในเมือง มอริส (2007) มีช่วงคาดการณ์ผิดพลาด  $\pm 2$  dBA การทำนายเสียงรถไฟในควีนแลนด์ เฮอร์สชิลล์ (2006) นำเสนอความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรม soundPLAN อยู่ที่ 0.1-2.1 dBA เมื่อเทียบกับผลการตรวจวัดจริง



ประกอบ (2540) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายระดับเสียงที่เกิดจากการจราจรที่มีการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องสำหรับประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากทางหลวงสายหลัก รอบนอกชานเมืองกรุงเทพมหานครจำนวน 6 เส้นทาง อ้างอิงจาก FHWA Model แต่ได้สร้างระดับเสียงอ้างอิง ให้เหมาะสมกับประเทศไทยได้เพิ่มจำนวนรถจักรยานยนต์เข้าไป

สุกร (2545) ทำการเปรียบเทียบผลของระดับเสียงจากแบบจำลอง FHWA และการตรวจวัดจริงโดยวิธี Paired-t Test และการวิเคราะห์การถดถอย และความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับเสียงของแบบจำลอง FHWA และการตรวจวัดจริง พบว่าระดับเสียงจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ FHWA ที่ได้รับการปรับปรุงค่าเทอมระดับเสียงอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริงที่จุดตรวจวัดบริเวณหมู่บ้านอรัญคิวิลาล่างสถิติ  $t \text{ value} = 0.448$   $p > 0.05$  ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ FHWA สามารถทำนายระดับเสียงจากการตรวจวัดจริงได้

มารุพงศ์ (2543) ได้ศึกษาการนำระบบ GIS มาใช้ในการวิเคราะห์และพยากรณ์เสียงจากการจราจร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ FHWA และ CORTN ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจราจรในลักษณะการจราจรแบบต่อเนื่อง เพื่อทำนายเสียงที่เกิดขึ้นจากการจราจร ซึ่งรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 เป็นที่นิยมนำรูปแบบสมการไปใช้งานมากที่สุดรวมทั้งประเทศไทยด้วย ซึ่งค่าระดับเสียงที่ได้จาโปรแกรมมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.07-0.13% ในการพัฒนาระบบ GIS นี้ได้นำมาใช้ช่วยในการสร้าง Noise Contour Line และ Shade ทำให้ทราบถึงบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเสียงที่เกิดจากการจราจร เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการหามาตรการหรือวิธีการที่ควบคุมไม่ให้มีผลกระทบจากเสียงที่เกิดจากการจราจรเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

นิพนธ์ (2537) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า แบบจำลอง (Model) คือ ตัวแทนของสรรพสิ่งอันใดอันหนึ่ง เช่น วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ เป็นต้น และมักจะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการคาดการณ์ (Prediction) และควบคุมสรรพสิ่งนั้นๆ แบบจำลองทำหน้าที่อธิบายลักษณะของวัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือระบบ มากกว่าที่จะใช้บรรยายว่าสิ่งเหล่านั้นเป็นอย่างไร หรือเกิดขึ้นอย่างไร แบบจำลองมักจะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ หรือทำให้มองเห็นว่าถ้าหากสิ่งนั้นหรือระบบนั้นถูกเปลี่ยนแปลงไปทางใดทางหนึ่งหรือหลายทาง จะมีผลกระทบต่อองค์ประกอบอื่นๆ ของสิ่งนั้นๆ และ/หรือ ระบบนั้นๆ

ส่วนการสร้าง และการพิสูจน์ความเชื่อมั่นของแบบจำลอง Law and Kelton (1991) อธิบาย ปัญหาที่พบในการวิเคราะห์แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น หรือได้ทำการพัฒนาขึ้นมานั้น เป็น

ขั้นตอนในการหาความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น หรือได้ทำการพัฒนาขึ้นมานั้น เป็นขั้นตอนในการหาความถูกต้องในการอธิบายด้วยแบบจำลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทดสอบความจริง (Versification) เป็นขั้นตอนทำให้แบบจำลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
2. การหาความถูกต้อง (Validation) ของแบบจำลอง เป็นการยืนยันข้อสรุปของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น เป็นการแสดงความถูกต้องของระบบที่ทำการศึกษา ถ้าแบบจำลองถูกต้องแล้ว การตัดสินใจในผลที่ได้รับน่าจะคล้ายคลึง หรือเหมือนกับการทดลองจริงในระบบดังกล่าว
3. การหาความน่าเชื่อถือ (Credible) เมื่อแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น และได้มีการพิสูจน์ว่ามีความถูกต้องในขั้นตอนสุดท้ายของการพิจารณา เป็นการหาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองดังกล่าว โดยใช้การทดสอบทางสถิติ

การศึกษาสภาพเสียงที่เกิดจากรถไฟในประเทศไทย

การศึกษาสภาพเสียงที่เกิดจากรถไฟในประเทศไทย ประเทศไทยรถไฟเป็นระบบขนส่งมวลชนที่ใช้มากระบบหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษา และสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายเสียงที่เกิดจากระบบรถไฟขึ้นใช้ คือแบบจำลองของเสียงจากรถไฟของประเทศไทย CORTN (Calculation of Rail Traffic Noise) ดังสมการที่ 18

$$L_{eq} = \text{ระดับเสียงอ้างอิง} - 10 \log \left( \frac{d}{25} \right) + 10 \log \left[ \left( \frac{\pi \theta}{180} \right) - \cos 2\alpha \sin \theta - 5 \right] - (0.008d + 0.2) - 0.6I(6 - H) \log \left( \frac{d}{25} \right) \quad (18)$$

เมื่อ  $d$  คือ ระยะทางจากจุดวัดเสียงถึงจุดศูนย์กลางราง  
 $I$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง  
 $H$  คือ ความสูงของจุดวัดเสียงถึงจุดกำเนิดเสียง

### การศึกษาสภาพเสียงที่เกิดจากรถไฟของประเทศเยอรมัน

ประเทศเยอรมันนั้นมีระบบขนส่งขนาดใหญ่หลายรูปแบบ และระบบขนส่งรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากก็คือ รถไฟซึ่งส่วนใหญ่ระบบรถไฟที่ใช้จะเป็นรถไฟฟ้า ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ทำนายเสียงดังกล่าวขึ้นมาใช้งาน คือโมเดลเสียงรถไฟของประเทศเยอรมัน (Schall 03/DIN 1800/Tramsopia) ดังสมการที่ 19

$$L_{m, E} = 10 \times \log \left[ \sum 10^{(0.1 \times (51 + DFZ + DD + DL + DV))} \right] + DTT + DBR + DLC + DRA \quad (19)$$

- เมื่อ  $L_{m, E}$  คือ ระดับเสียงวัดจากศูนย์กลางรางรถไฟถึงจุดวัดเสียงยาว 25 เมตร  
 $DFZ$  คือ ชนิดของรถไฟ  
 $DD$  คือ ชนิดเบรคของรถไฟ  
 $DL$  คือ ความยาวของรถไฟ  
 $DV$  คือ ความเร็วของรถไฟ  
 $51 \text{ dBA}$  คือ ระดับเสียงของรถไฟ 1 คัน (Basic noise level of one train)  
 $DBR$  คือ ชนิดของสะพาน;  $DBR = 3 \text{ dB (A)}$   
 $DTT$  คือ ชนิดของรางรถไฟ  
 $DLC$  คือ รางไขว้กัน;  $DLC = 5 \text{ dB (A)}$   
 $DRA$  คือ รัศมีความโค้ง

### การศึกษาสภาพเสียงที่เกิดจากรถไฟของประเทศนอร์เวย์

ประเทศนอร์เวย์ ซึ่งได้ศึกษาและจัดทำรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงรถไฟไว้คือ The Nordic Rail Traffic Noise Prediction Method ซึ่งใช้แพร่หลายในประเทศบริเวณสแกนดิเนเวีย ดังสมการที่ 20

$$L_{eq} = 50 + 10 \log \left( \frac{I_{24}}{1,000} \right) - 10 \log \left( \frac{a}{100} \right) + 23.5 \log \left( \frac{v}{80} \right) \quad (20)$$

- เมื่อ  $L_{eq}$  คือ  $L_{eq} 24$  ชั่วโมง (dBA)  
 $a$  คือ ระยะทางตั้งฉากจาก ศูนย์กลางรางถึงจุดที่จะทำนายเสียง (เมตร)  
 $I_{24}$  คือ ความยาวรวมของรถไฟที่วิ่งผ่านในเวลา 24 ชั่วโมง

V คือ ความเร็วรถไฟ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

การศึกษาสภาพเสียงที่เกิดจากรถไฟของประเทศออสเตรเลีย

ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งได้ศึกษาสภาพเสียงและจัดทำรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงรถไฟไว้คือ แบบจำลอง OAL 30 ดังสมการที่ 21

$$L_i = L_w - 11 + 10 \log(L_n) + 20 \log\left(\frac{1}{D}\right) + 10 \log(0.15 + 0.85 \sqrt{S/R}) + \text{Air Absorption} + \text{Ground Absorption} + \text{Screening} \quad (21)$$

|       |       |                                                    |
|-------|-------|----------------------------------------------------|
| เมื่อ | $L_i$ | คือ ผลรวมของ Sound Pressure ที่จุดรับเสียง         |
|       | $L_w$ | คือ Sound Power ที่หน้าตัดที่รถไฟวิ่งผ่าน          |
|       | $L_n$ | คือ ความยาวของรถไฟ (เมตร)                          |
|       | $D$   | คือ ระยะทางจากจุดศูนย์กลางรางถึงจุดวัดเสียง (เมตร) |
|       | $S$   | คือ ระยะทางตั้งฉากจากจุดวัดเสียงไปยังรถไฟ (เมตร)   |
|       | $R$   | คือ ระยะทางจากจุดวัดเสียงไปยังรถไฟ (เมตร)          |

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงรถไฟของประเทศออสเตรเลีย

แบบจำลองนี้ได้ทำการศึกษาโดย Judith Lang เป็นการศึกษาเสียงที่เกิดจากรถไฟแต่ละชนิดในประเทศออสเตรเลียซึ่งมีสมการคือ ดังสมการที่ 22 และ 23

$$L_{w,A,eq} = 10 \log \sum 10^{(L_{w,A,eq,i}/10)} \text{ dB} \quad (22)$$

$$L_{w,A,eq,i} = L_{w,A,i} + 10 \log\left(\frac{(N_i \times L_i)}{(V_i \times T_i)}\right) \quad (23)$$

โดยที่

$L_{w,A,eq}$  คือ  $10 \log$

$L_{w,A,eq,i}$  คือ Equivalent Sound Power Level ของรถไฟชนิด i ใน  
ช่วงเวลา T

- $L_{W,A,i}$  คือ Sound Power Level ต่อความยาวของรถไฟชนิดที่  $i$  ความเร็ว  $V$  มีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- $N_i$  คือ จำนวนของรถไฟชนิด  $i$  ที่วิ่งผ่านจุดวัดเสียงในช่วงเวลา  $T_i$
- $L_i$  คือ ความยาวของรถไฟชนิด  $i$  มีหน่วยเป็น เมตร
- $V_i$  คือ ความเร็วของรถไฟชนิด  $i$  มีหน่วยเป็น เมตร ต่อ วินาที
- $T_i$  คือ ช่วงเวลา  $T$  กลางวันมีค่าเท่ากับ  $16 \times 3600$  วินาที  
ช่วงเวลา  $T$  กลางคืนมีค่าเท่ากับ  $8 \times 3600$  วินาที

เกียรติกุล (2544) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงจากรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน โดยทำการศึกษาสภาพเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนบนทางยกระดับของกรุงเทพมหานคร ซึ่งระบบขนส่งมวลชนบนทางยกระดับระบบแรกของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Multiple Regression โดยใช้ Step-Wise Regression Analysis โดยอาศัยโปรแกรม SPSS for Windows ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้าพร้อมกับเสียงจากการจราจร ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองดังสมการที่ 24

$$L_{eq}(tr+tf)(1-hr) = 51.003 + 0.215 S_n + 0.08396 S_f + 0.0007546 L_n \quad (24)$$

$$R^2 = 0.711$$

$$SE = 0.4795$$

เมื่อ  $L_{eq}(tr+tf)(1-hr)$  คือ ค่าระดับดังเสียงเฉลี่ยที่เกิดจากรถไฟฟ้าพร้อมกับเสียงจากการจราจร ใน 1 ชั่วโมง (dBA)

$S_n$  คือ ความเร็วของรถไฟฟ้าด้านใกล้จุดวัดเสียง (กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง)

$S_f$  คือ ความเร็วของรถไฟฟ้าด้านไกลจุดวัดเสียง (กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง)

$L_n$  คือ ความยาวของรถไฟฟ้าด้านใกล้จุดวัดเสียง (เมตร)

$R^2$  คือ Coefficient of Multiple Determination

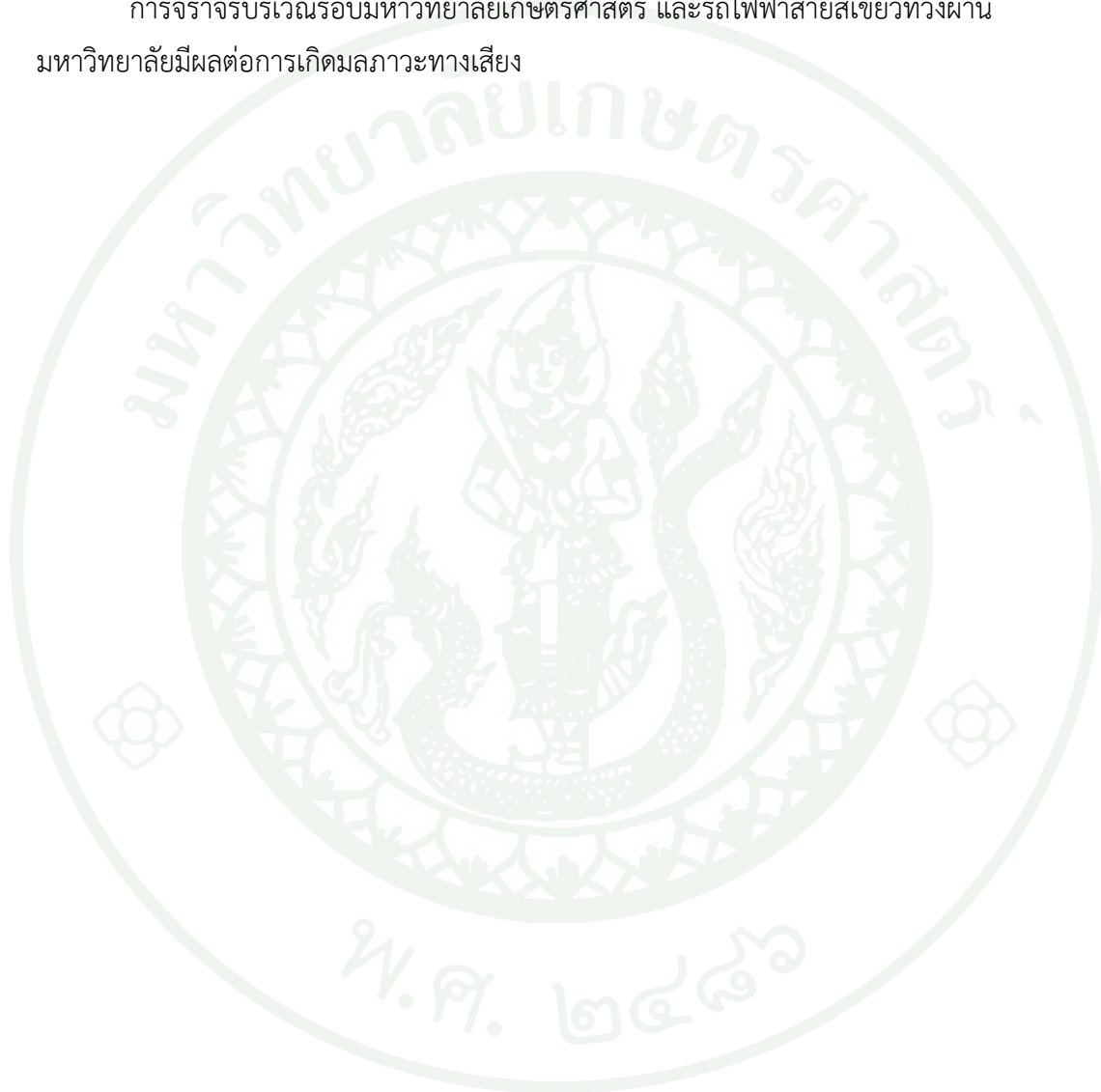
$SE$  คือ Standard Error of Estimate



## แผนการวิจัย

### สมมุติฐานของการวิจัย

การจราจรบริเวณรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่วิ่งผ่านมหาวิทยาลัยมีผลต่อการเกิดมลภาวะทางเสียง



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผล Toshiba Intel inside CORE i5 หน่วยความจำ Ram 1 GB 1 ชุด สำหรับรวบรวมข้อมูล

2. เครื่องวัดระดับเสียง (Sound level meter) SL- 4033SD S/N.013456 ยี่ห้อ LT Lutron ได้รับมาตรฐาน IEC 61672 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดระดับความดังเสียง Sound Level Meter ประกอบด้วย ไมโครโฟน เครือข่ายเสียง Frequency response networks และสเกล ซึ่ง ANSI ได้จำแนกประเภทของ Sound Level Meter เป็น 3 ประเภท คือ Type 0 เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง มีการเปลี่ยนแปลงต่อการตอบสนองต่อความถี่และการตอบสนองต่อทิศทางของเสียง น้อยมาก ใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ Type I เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำในการวัดเสียงรบกวน เมื่อการวัดในสนามเสียงต้องการความแม่นยำสูงตลอดพิสัยของการตรวจวัด Type II เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ ไปในสภาวะที่ไม่เข้มงวดมากนักต่อความแม่นยำมาก โดยเครื่องตรวจวัดที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นประเภท Type I

2.1 ไมโครโฟน (Microphone) เป็นส่วนรับเสียงจากภายนอก แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (ทำหน้าที่คล้ายแก้วหู) เพื่อให้เครื่องวัดระดับเสียงนำไปวิเคราะห์และแสดงผล ประกอบขึ้นจากอุปกรณ์ที่มีความไวในการแปรสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนที่มีความบอบบางมาก ดังนั้น ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสไมโครโฟนโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านหน้า และเมื่อทำการปรับเทียบระดับเสียง ควรกระทำอย่างระมัดระวังที่สุด โดยพึงระลึกเสมอว่า เมื่อไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียงชำรุด เครื่องวัดระดับเสียงก็ไม่สามารถรายงานผลอย่างถูกต้องได้

2.2 เครือข่ายเสียง (Attenuators) เป็นส่วนที่ขยายเสียง ปรับได้ในช่วง 10 dB ควรจะมี Gain ที่ใช้ค่าสูงได้ เพื่อให้สามารถใช้วัดสัญญาณที่มีโวลต์เตจต่ำจากไมโครโฟนซึ่งวัดสัญญาณในที่เงียบได้และควรจะมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 20-20,000 Hz ช่วงความถี่ที่น่าสนใจในการวัดเสียงมากที่สุด คือ 500-6,000 Hz

2.3 Weighting networks เครื่อง Sound level meter จะควบคุมการตอบสนองที่ความถี่ต่างๆ สำหรับ A-Weighting networks ใช้สำหรับวัดเสียงเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

OSHA

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



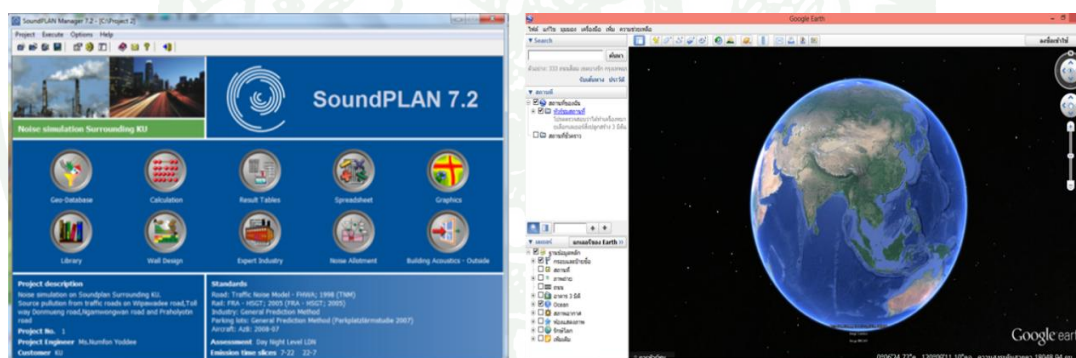
### 3.2 กำหนดจุดที่มีพนักงานทำงานอยู่ลงในแผนที่

3.3 กำหนดจุดของแหล่งกำเนิดเสียงในแผนที่และใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในโปรแกรม เช่น ปริมาณรถ ประเภทของรถ ความเร็วเฉลี่ยของรถ เพื่อใช้โปรแกรมสามารถพยากรณ์ระดับความดังเสียงทั้งหมดได้

### 3.4 กำหนดขอบเขตที่ต้องการให้โปรแกรมคำนวณลงภายในแผนที่

### 3.5 โปรแกรมคำนวณระดับความดังเสียงในแต่ละจุด พร้อมทั้งจัดทำแผนที่เสียง

4. โปรแกรม Google Earth Version 7.1.1.1888 Google Earth เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยบริษัทกูเกิล สำหรับการใช้ดูภาพถ่ายทางอากาศพร้อมทั้งแผนที่ เส้นทาง และผังเมืองซ้อนทับลงในแผนที่



ภาพที่ 20 โปรแกรม SoundPLAN และโปรแกรม Google earth

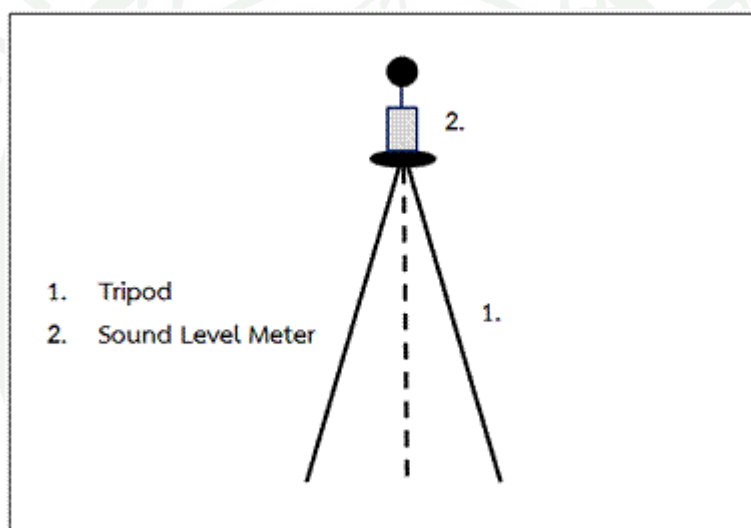
### วิธีการ

การศึกษาและประเมินผลกระทบเสียงบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยอาศัยอุปกรณ์ในการวัดเสียง (Sound level meter) และโปรแกรมวิเคราะห์ระดับเสียง (soundPLAN) โดยแบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่ 1 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียง พื้นที่ มก. ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด ส่วนที่ 2 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียงโดยภาพรวมใน พื้นที่ มก. จากนั้นนำผลระดับเสียงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ซึ่งจะช่วยให้

ประเมินได้ว่า เสียงที่เกิดขึ้นนั้นๆ มีสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายหรือไม่ถ้าเสียงที่วัดได้เกินค่ามาตรฐานควรแก้ไขปรับปรุงอย่างไร และส่วนที่ 3 การวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงโดยการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียง ความสูง 2 เมตร

1. กำหนดปัญหา ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลอ้างอิงที่เกี่ยวข้องงานวิจัย ศึกษาบทความ หนังสือ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทางเสียงจากการจราจรและการขนส่งที่ทำการวิจัยและ soundPLAN

2. ศึกษาวิธีการตรวจวัดเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง ( Sound Level Meter) และวิธีการติดตั้งดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับเสียง

3. ศึกษาโครงสร้างและวิธีการใช้งานของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

3.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

3.2 ข้อจำกัดของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

3.3 ติดตั้งโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

4. ออกแบบวิธีการทดลองและจำลองสถานการณ์ในพื้นที่จริงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง



(Sound Level Meter) เพื่อเปรียบเทียบกับผลจากการใช้โปรแกรม SoundPLAN

4.1 ทำการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ย ( $L_{eq}$ ) โดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) วัดเสียงที่เกิดจากการจราจร ณ จุดตรวจวัด ดังภาพที่ 24 บริเวณถนนสุขุมวิท 63 ถึง ถนนสุขุมวิท 69 จำนวน 6 สถานี เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นย่านที่มีสภาพแวดล้อมหลากหลายรูปแบบ เช่น สถานที่ต้องการความสงบอย่างวัด โรงเรียน และศูนย์กลางค้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกจุดตรวจวัดดังกล่าว เปรียบการตรวจวัดจริงและคำนวณจากโปรแกรม โดยการตรวจวัดต้องให้ระดับของไมโครโฟนอยู่เหนือระดับพื้นดินไม่ต่ำกว่า 1.2 เมตร

4.2 นำข้อมูลค่าระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ ซึ่งเป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ( $L_{eq}$  1 hr) ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานได้ จึงต้องนำค่าที่ทำการตรวจวัดได้นั้นมาคำนวณเพื่อหาค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq}$  24 ชั่วโมง) ในการหาค่าเฉลี่ยในการศึกษาด้านเสียงนั้นต้องหาค่าเฉลี่ยแบบลอการิทึม ระดับเสียงที่ตรวจวัดได้เป็นระดับเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน จึงใช้สูตรในการคำนวณ ดังสมการที่ 25

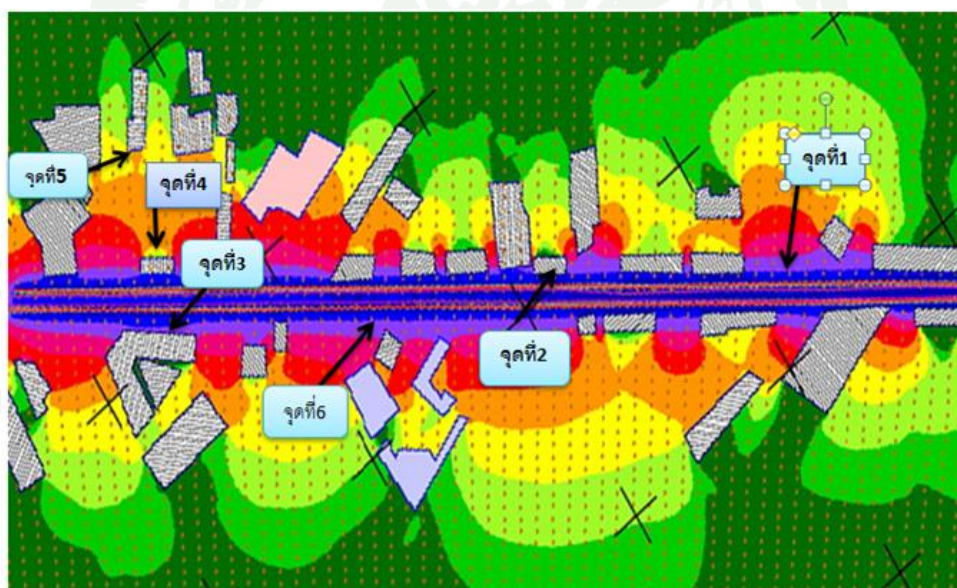
$$L_{Aeq} = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{pAi}} \right) \quad (25)$$

โดยที่

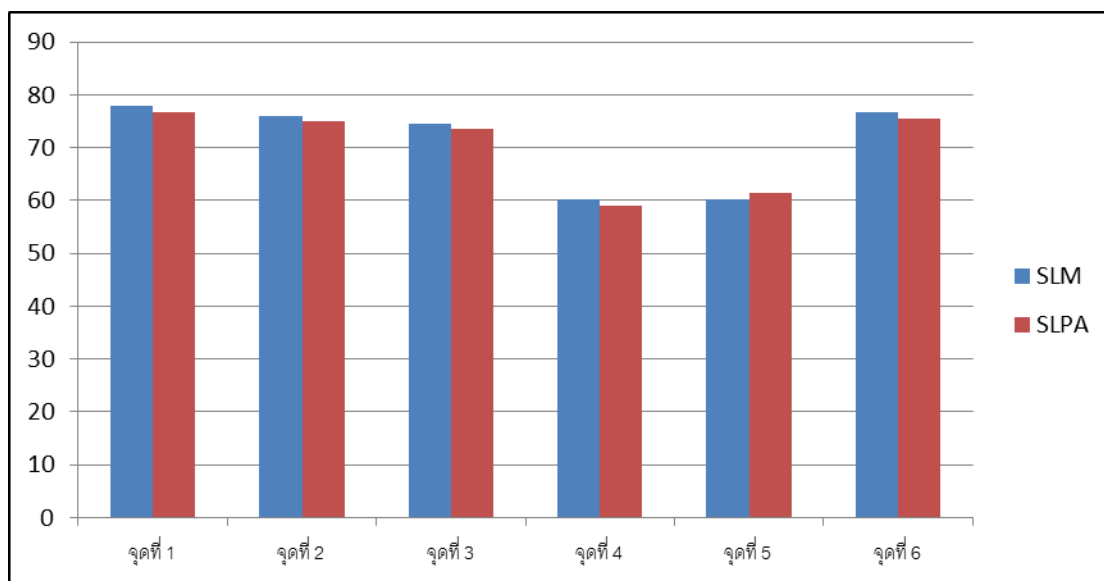
|             |   |                                                                                                                               |
|-------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_{Aeq,T}$ | = | ค่าระดับเสียงเฉลี่ยช่วงเวลา T มีหน่วยเป็นเดซิเบล                                                                              |
| T           | = | ช่วงเวลาทั้งหมดที่ตรวจวัด                                                                                                     |
| $T_1$       | = | เวลาเริ่มต้นการวัดเสียง                                                                                                       |
| $T_2$       | = | เวลาสิ้นสุดการวัดเสียง                                                                                                        |
| $\Delta t$  | = | ช่วงเวลาระหว่างการวัดระดับเสียงแต่ละค่า จากเครื่องวัดระดับเสียง                                                               |
| N           | = | จำนวนของค่าระดับเสียงที่อ่านได้ทั้งหมด ตลอดช่วงเวลา<br>ที่ตรวจวัดเสียง<br>(T) ที่เก็บทั้งหมด $N = \frac{t_1 - t_2}{\Delta t}$ |
| $L_{pAi}$   | = | ค่าระดับเสียงที่วัดได้ มีหน่วยเป็นเดซิเบลเอ                                                                                   |



ภาพที่ 22 จุดตรวจวัดระดับเสียงบริเวณถนนสุขุมวิท 63 ถึงถนนสุขุมวิท 69



ภาพที่ 23 จุดตรวจวัดระดับเสียงบริเวณถนนสุขุมวิท 63 ถึงถนนสุขุมวิท 69 จากโปรแกรม (SoundPLAN)



ภาพที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากจราจรโดยเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงและผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงจากโปรแกรม

นำผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ได้จากทั้ง 2 วิธี มาวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Two Sample T-Test โดยใช้โปรแกรม MiniTab 16 เพื่อเปรียบเทียบระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดได้ ความดังเสียงในแต่ละจุด ระหว่างการใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความดังเสียง (SLM) และการทำแบบจำลองเสียง (SLPA)

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$  : ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 วิธี

$H_1$  : ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดแตกต่างกันระหว่าง 2 วิธี

ตารางที่ 8 Two-sample T for (Sound Level Meter) Vs (SoundPLAN)

|                   | N | Mean   | St Dev | SE Mean |
|-------------------|---|--------|--------|---------|
| Sound Level Meter | 6 | 70.18  | 7.84   | 3.20    |
| SoundPLAN         | 6 | 71.02  | 8.49   | 3.47    |
| Difference        | 6 | -0.833 | 1.093  | 0.446   |

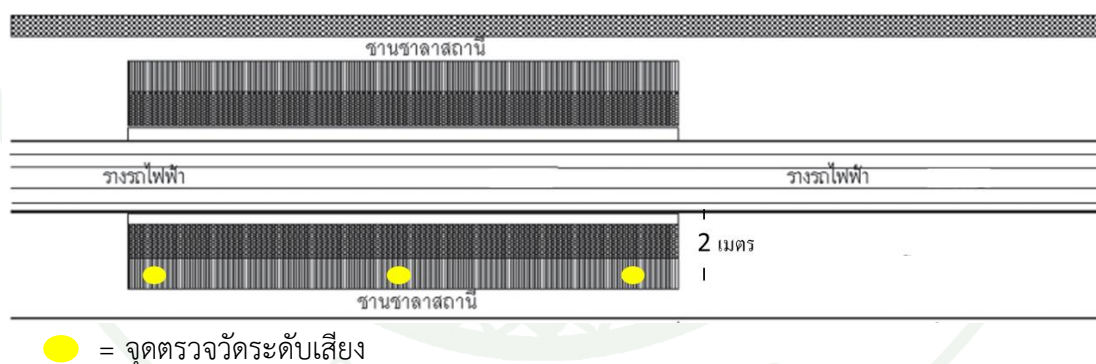


95% CI for mean difference: (-1.980, 0.314)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.87, P - Value = 0.121

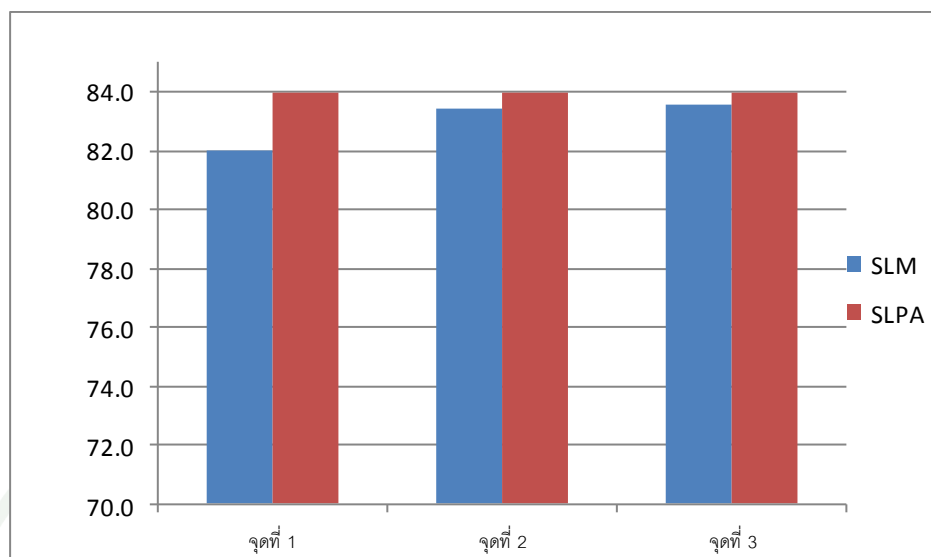
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Two Sample T-Test พบว่า P-Value มีค่ามากกว่า  $\alpha$  (0.05) จึงยอมรับ  $H_0$ : ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 วิธี และปฏิเสธ  $H_1$ : ระดับความดังเสียงในแต่ละจุดแตกต่างกันระหว่าง 2 วิธี ดังนั้นสรุปได้ว่าระดับความดังเสียงในแต่ละจุดไม่แตกต่างกันระหว่างตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) กับแบบจำลองเสียง (SoundPLAN) ดังนั้นจึงสามารถนำโปรแกรมมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความดังเสียงได้

4.3 การตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) วัดเสียงที่เกิดจากจากรถไฟฟ้า โดยทำการตรวจวัดระดับเสียงบนชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าอ่อนนุช ติดตั้งไมโครโฟนสูงจากพื้น 1.2 เมตร ที่ระยะห่างจากชานชาลา 2 เมตร จำนวน 2 จุด ดังแสดงในภาพที่ 25 ตามความยาวของรถไฟฟ้า



ภาพที่ 25 จุดตรวจวัดระดับเสียงสถานีรถไฟฟ้า

ผลการตรวจวัดเสียงบนชานชาลาสถานีรถไฟฟ้าอ่อนนุชโดยเครื่องตรวจวัดเสียง ช่วงเวลาในการพิจารณาค่าระดับเสียง ตั้งแต่รถไฟเริ่มแล่นเข้าสู่สถานี จอดรับส่งผู้โดยสาร จนกระทั่งแล่นออกจากสถานีประมาณ 1-1.20 นาที พบว่ามีค่าระดับเสียงสูงสุด 82-83.1 เดซิเบลเอ และผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงจากโปรแกรมพบว่าค่าระดับเสียงสูงสุดคือ 84 เดซิเบลเอ จากการเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงด้วยเครื่องมือวัดเสียง (SLM) และระดับความดังเสียงจากการคำนวณของโปรแกรม (SLPA) พบว่ามีค่าความคลื่อนเท่ากับ 0.4-2 เดซิเบลเอ ดังแสดงในภาพที่ 26



**ภาพที่ 26** แสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้าโดยเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง และผลการวิเคราะห์ระดับความดังเสียงจากโปรแกรม

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการตรวจวัดเสียงจริง และจากโปรแกรม soundPLAN พบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการตรวจวัดจริง และในการศึกษาจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การศึกษาและการประเมินผลกระทบมลพิษเสียงโดยภาพรวมในพื้นที่ มก.

ส่วนที่ 2 การศึกษาและการประเมินผลกระทบมลพิษเสียง พื้นที่ มก. ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด

ส่วนที่ 3 การวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงโดยการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียงความสูง 2 เมตร

5. วิธีการศึกษา : ส่วนที่ 1 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียงโดยภาพรวมในพื้นที่ มก.

5.1 สำรวจพื้นที่ บริเวณที่อาจมีผลกระทบมลพิษทางเสียงบริเวณโดยรอบ มก.



## 5.2 ศึกษาโครงสร้างและวิธีการใช้งานของโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง

5.3 ทำการรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการป้อนเข้าไปในโปรแกรมในการคำนวณหาค่าระดับเสียงที่เกิดจากการจราจร โดยเลือกรูปแบบการคำนวณที่มีอยู่ในโปรแกรม TNM FHWA Model เป็นรูปแบบการคำนวณที่เป็นที่นิยมมากที่สุดในการใช้ในการคำนวณ หาค่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นจากการจราจร รวมถึงประเทศไทยด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก TNM FHWA Model ในการวิเคราะห์ และพยากรณ์ระดับเสียงจากการจราจร ที่มีอยู่ในโปรแกรม soundPLAN ขั้นตอนในการคำนวณหาค่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นตามรูปแบบสมการ TNM FHWA Model นั้น ในการคำนวณแต่ละส่วนมีขั้นตอนการคำนวณในส่วนต่างๆ ออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 28

5.4 ป้อนข้อมูล เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าระดับเสียงที่เกิดจากการจราจรสำหรับสมการ TNM FHWA Model แบ่งรายละเอียดเป็น 3 ประเภท

### 1. ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network Layer)

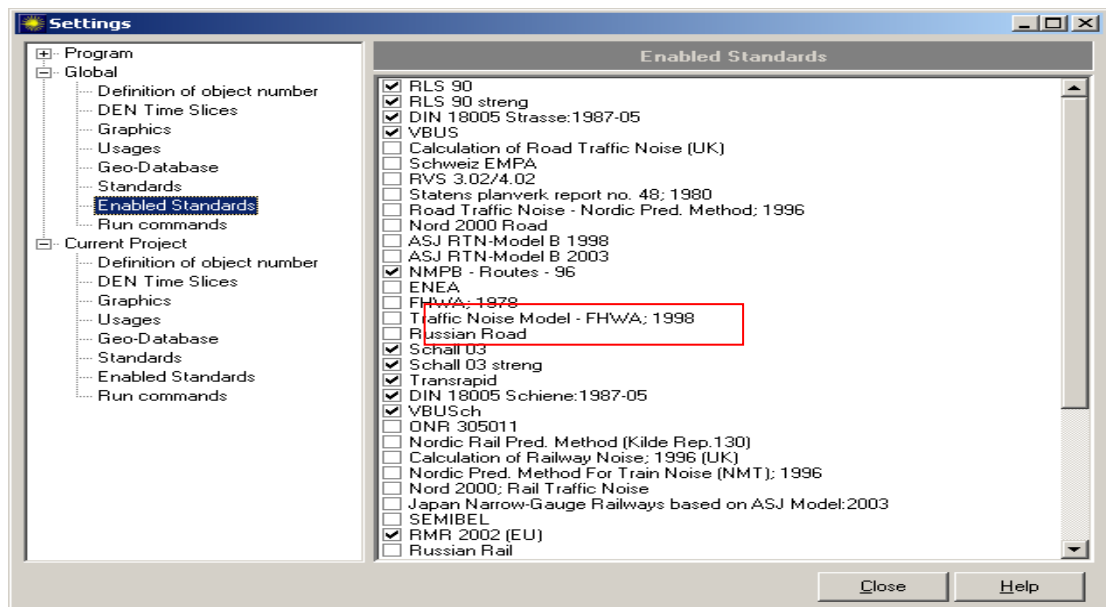
- ความกว้างเขตทาง (เมตร)
- ความกว้างของเกาะกลาง (เมตร)
- ปริมาณการจราจรของรถแต่ละประเภท (คัน/ชั่วโมง)
- ความเร็วเฉลี่ยของรถ (กม./ชม.)

### 2. ข้อมูลสิ่งกีดขวาง (Obstruction Layer)

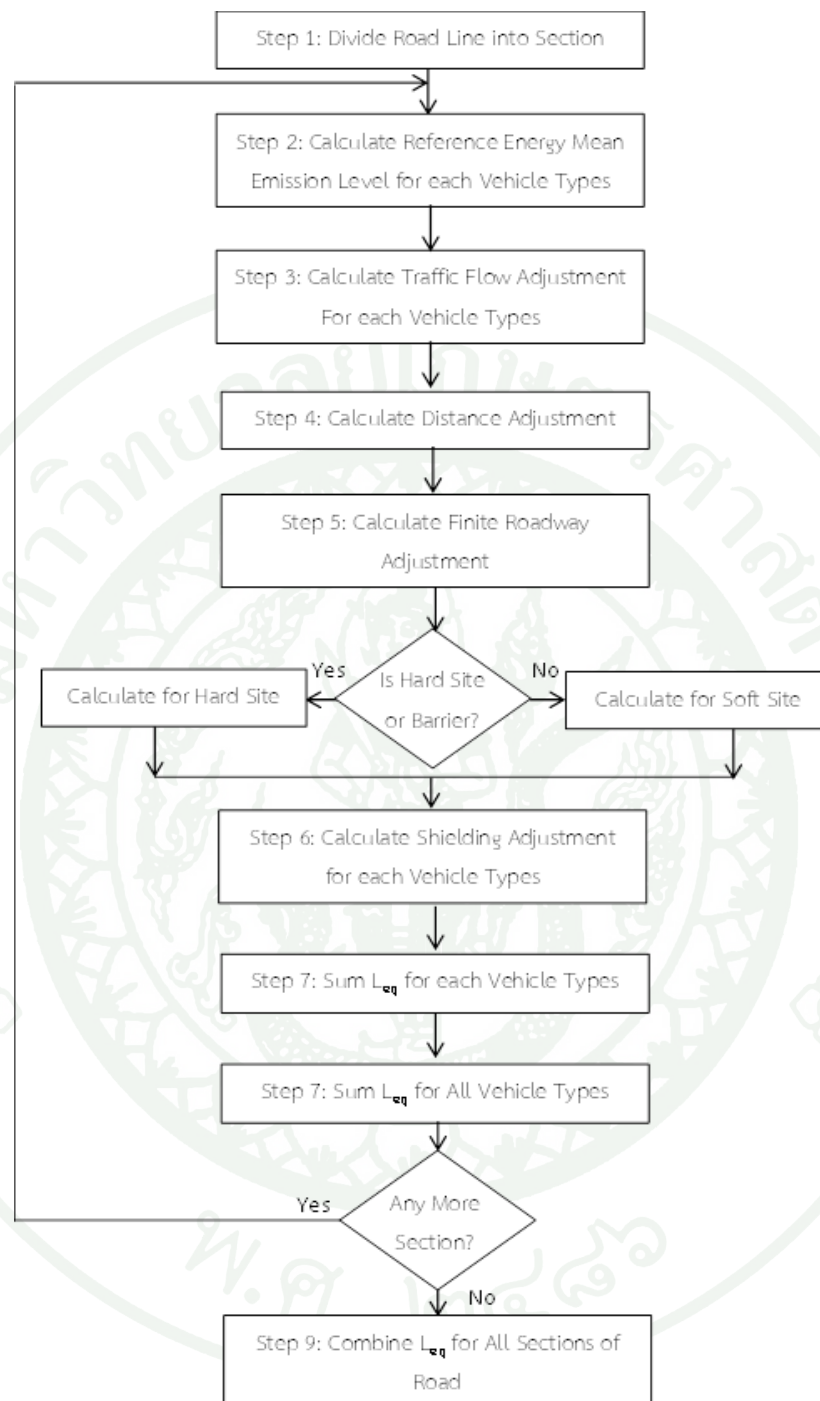
- ความสูงของสิ่งกีดขวาง
- แบบของอาคาร

### 3. ข้อมูลผู้รับผลกระทบ

- ความสูงของผู้รับเสียง
- ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้รับเสียง



ภาพที่ 27 การเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ



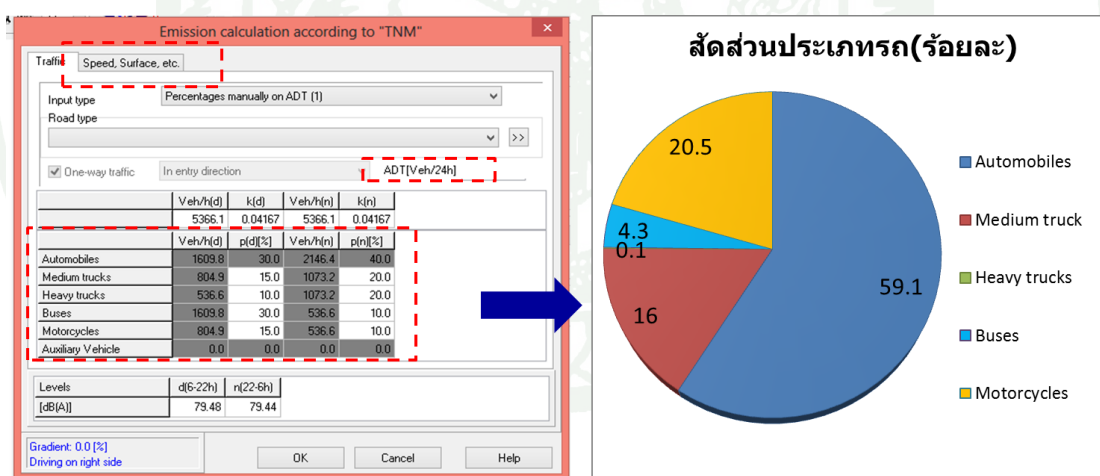
ภาพที่ 28 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาระดับเสียงของ FHWA Model

ที่มา: มารูพงศ์ (2543)

ตารางที่ 9 ปริมาณพาหนะ และอัตราความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งผ่านถนนสายหลัก

| ลำดับ | ชื่อถนน                             | ชื่อแยก                              | ปริมาณรถ<br>(เฉลี่ยจำนวนคันต่อชั่วโมง) | ความเร็วเฉลี่ย<br>(กม/ชั่วโมง/.) |
|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| 1     | พหลโยธิน <sup>(1)</sup>             | แยกเกษตร                             | 5,367                                  | 23.1                             |
| 2     | งามวงศ์วาน <sup>(1)</sup>           | แยกบางเขน <sup>(2)</sup><br>แยกเกษตร | 2,834                                  | 27.1                             |
| 3     | วิภาวดีรังสิต <sup>(1)</sup>        | แยกบางเขน <sup>(2)</sup>             | 1,422                                  | 45.9                             |
| 4     | ทางยกระดับอุตสาหกรรม <sup>(2)</sup> | -                                    | 4,166                                  | 80.0                             |

ที่มา: <sup>(1)</sup> กลุ่มงานสถิติ และข้อมูลกองนโยบาย และแผนงาน สำนักการจราจร และขนส่ง (2555)  
<sup>(2)</sup> บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (2555)



ภาพที่ 29 การลงข้อมูลจากการจราจรลงในโปรแกรม

ที่มา: ดัดแปลงข้อมูลมาจาก: กลุ่มงานสถิติ และข้อมูลกองนโยบาย และแผนงาน สำนักการจราจร และขนส่ง (2555)

ตารางที่ 10 สัดส่วนปริมาณการจราจรของกรุงเทพมหานคร

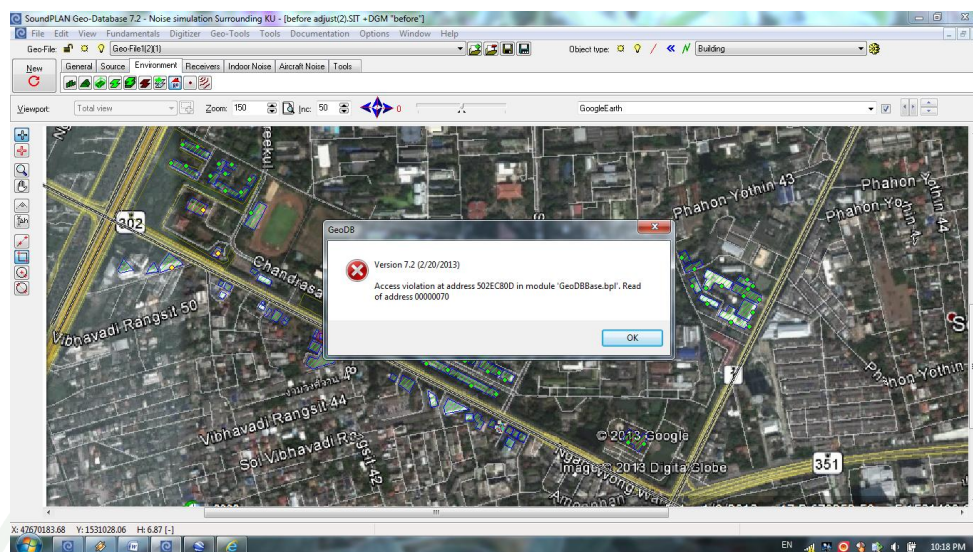
| ประเภทรถยนต์                  | สัดส่วน (ร้อยละ) |                  |
|-------------------------------|------------------|------------------|
|                               | กรุงเทพฯ ชั้นใน  | กรุงเทพฯ ชั้นนอก |
| รถยนต์นั่งส่วนบุคคลและแท็กซี่ | 59.1             | 55.8             |
| รถสามล้อเครื่อง               | 3.3              | 0.7              |
| รถโดยสารขนาดเล็ก              | 0.2              | 0.5              |
| รถโดยสารขนาดใหญ่              | 4.1              | 4.5              |
| รถจักรยานยนต์                 | 17.2             | 16.1             |
| รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ        | 15.5             | 21               |
| รถบรรทุกขนาดกลาง 6 ล้อ        | 0.3              | 0.9              |
| รถบรรทุกขนาดใหญ่ 10 ล้อ       | 0.1              | 0.3              |
| รถยนต์อื่นๆ                   | 0.2              | 0.1              |

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2551)

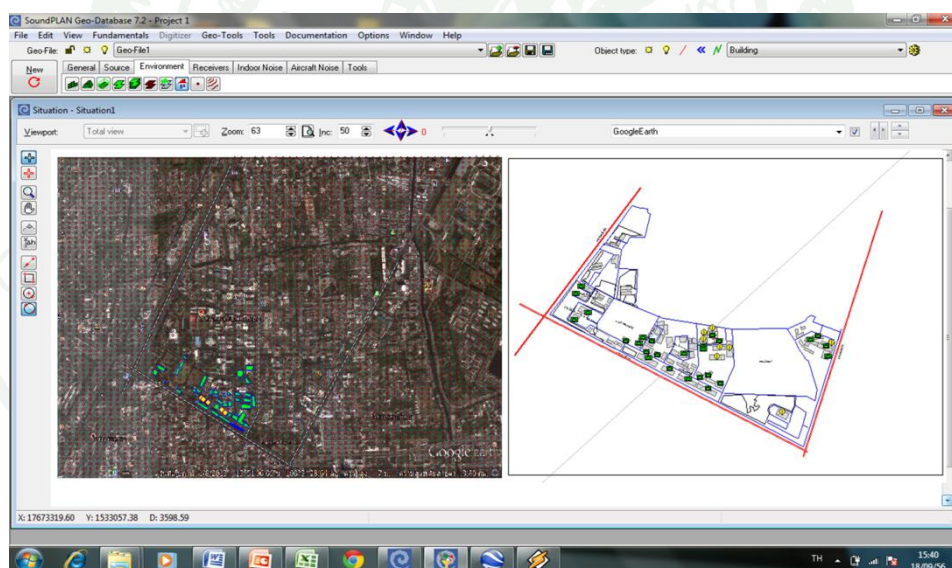
6. จะเห็นได้ว่าจากข้อมูลสัดส่วนปริมาณการจราจร จากกลุ่มงานสถิติ และข้อมูลกองนโยบายและแผนงาน สำนักการจราจร และขนส่ง, 2555 และรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่, 2551 ใกล้เคียงกันจึงเลือกข้อมูลของกลุ่มงานสถิติฯ ใช้ในการป้อนลงในโปรแกรมเพื่อให้สัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณพาหนะ และความเร็วที่อ้างอิงมาจากกลุ่มสถิติฯ

6.1 ทำการทดลองสร้างแบบจำลอง เส้นเสียง (Grid noise map) จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมลงในคอมพิวเตอร์ โดยเชื่อมต่อกับโปรแกรม Google earth เพื่อสร้างแบบจำลองอาคารต่างๆ และป้อนข้อมูลที่ได้รวบรวมทั้งหมดใส่ในโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 30 และ 31





ภาพที่ 30 ภาพแสดงการเชื่อมต่อข้อมูลของโปรแกรม soundPLAN และ Google earth



ภาพที่ 31 ภาพแสดงการจำลองอาคารลงในโปรแกรม



ภาพที่ 32 ข้อมูลแนวถนน และอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากโปรแกรม Google earth

6.2 ทำการคำนวณโดยโปรแกรม และวิเคราะห์ ประเมินผลกระทบทางเสียงที่เกิดขึ้นจากเสียงจราจรปัจจุบัน

6.3 วิเคราะห์ผลการดำเนินการนำผลที่ได้จากการจำลองรูปแบบการกระจายมลพิษทางเสียงโดยใช้โปรแกรม SoundPLAN มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

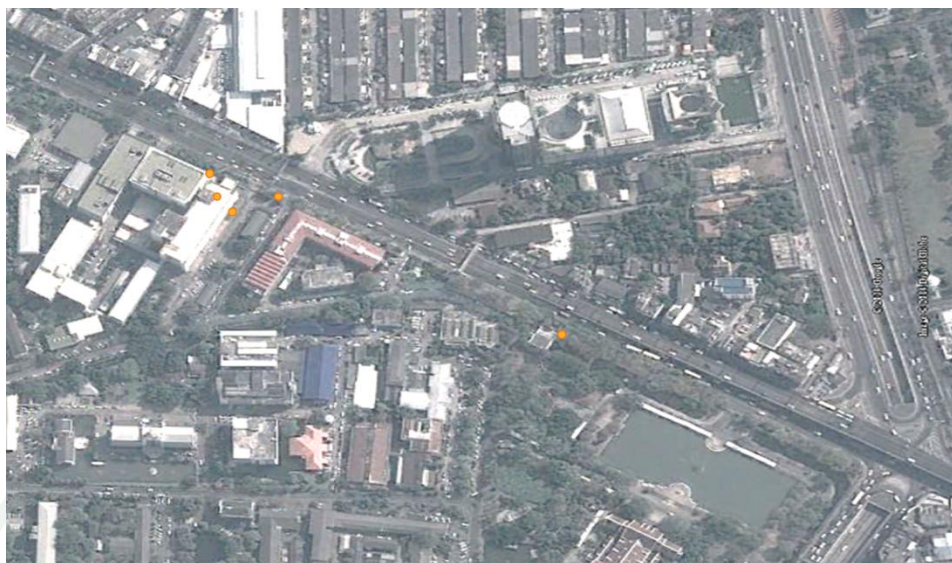
7. วิธีการศึกษา : ส่วนที่ 2 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียง พื้นที่ มก. ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด

7.1 สำรวจพื้นที่ บริเวณที่อาจมีผลกระทบมลพิษทางเสียงมากที่สุด

7.2 ศึกษาวิธีการตรวจวัดเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) และวิธีการติดตั้ง

7.3 ทำการตรวจวัดระดับความดังเสียงเฉลี่ย ( $L_{eq}$ ) โดยใช้เครื่องมือวัดเสียง (Sound Level Meter) ในแต่ละจุดที่กำหนด ต่อเนื่อง 1 ชั่วโมง โดยให้ระดับของไมโครโฟนอยู่เหนือระดับพื้นดินไม่ต่ำกว่า 1.2 เมตร สำหรับจุดที่ตรวจวัดเสียงดังแสดงในภาพที่ 33





● จุดตรวจวัดเสียง

ภาพที่ 33 แสดงจุดตรวจวัดเสียงในพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากโครงรถไฟฟ้ามากที่สุดของ มก.

7.4 ข้อมูลค่าระดับเสียงที่ตรวจวัดได้ ซึ่งเป็นค่าระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ( $L_{eq}1hr.$ ) มาคำนวณเพื่อหาค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq}24$  ชั่วโมง) ดังสูตร (อ้างอิงจากสูตรที่ 25)

$$L_{Aeq} = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{pAi}} \right) \quad (25)$$

7.5 ทำการวัดระดับเสียงพื้นฐาน และระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน โดยตรวจวัดเป็นเวลา 5 นาที ขณะไม่มีเสียงจากแหล่งกำเนิดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของระดับเสียงพื้นฐาน และระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน โดยระดับเสียงพื้นฐานให้วัดเป็นระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (Percentile Level 90, LA90) ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวนให้วัดเป็นระดับเสียงเฉลี่ย

7.6 ทำการสร้างแบบจำลองโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว และรวบรวมข้อมูลที่มี (รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, 2551) เช่น ความเร็วสูงสุด ชั่วโมง/กม 80, การเดินรถไฟฟ้า มีรถวิ่ง เทียบ ต่อ นาที 30, ความยาวขบวนรถไฟฟ้า 4 ตู้ 90 ม., ระดับเสียงสูงสุด เดซิเบล 78 โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการประเมินตามสมการที่โปรแกรมใช้คำนวณลงในโปรแกรม ดังสมการที่ 26

$$L_{\max} = L_{eq} + 10 \log \left( 1000 * \frac{v}{N * L} \right) = L_{eq} + 10 \log \left( \frac{V}{n * L} \right) \quad (26)$$

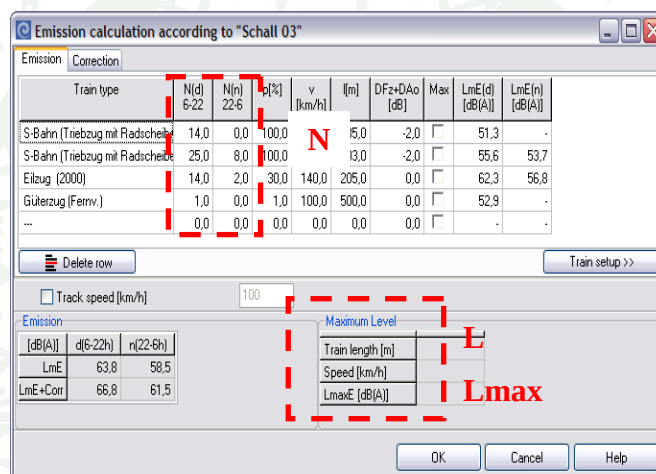
โดยที่

$V, v$  = ความเร็วของรถไฟ (km/h), (m/s)

$N, n$  = จำนวนรถไฟที่วิ่งต่อชั่วโมง

$L$  = ความยาวรถไฟ (m)

$L_{eq}, L_{\max}$ ;  $L_{eq}, L_{\max}$  - ประเภทรถไฟ



ภาพที่ 34 การใส่ข้อมูลรถไฟลงในโปรแกรม soundPLAN

7.7 วิเคราะห์ผลการดำเนินการนำผลที่ได้จากการจำลองรูปแบบการกระจายมลพิษทางเสียงโดยใช้โปรแกรม SoundPLAN มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

- มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2540 กำหนดค่า มาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย  $L_{eq,24}$  ชั่วโมงไว้ที่ 70 เดซิเบลเอ และระดับเสียงสูงสุด  $L_{\max}$  115 เดซิเบลเอ
- ค่าระดับเสียงรบกวน ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2550 กำหนดค่าระดับเสียงรบกวนเท่ากับ 10 เดซิเบลเอ

- US.EPA (United States Environmental Protection Agency) ค่าเสนอแนะระดับความดังสูงสุดที่บุคคลทั่วไปสามารถรับได้ คือ  $L_{eq}24$  ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ และ  $L_{dn}$  ไม่เกิน 55 เดซิเบล



ภาพที่ 35 แนวเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่วิ่งผ่านถนนพหลโยธิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

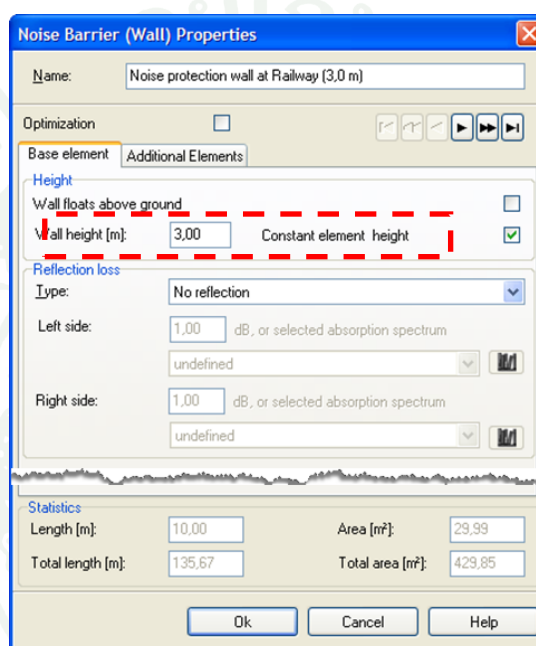


ภาพที่ 36 การจำลองสถานี N13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จากโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว



8. วิธีการศึกษา : ส่วนที่ 3 การวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงโดยการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียง ความสูง 2 เมตร

8.1 นำแบบจำลองรูปแบบการกระจายมลพิษทางเสียงโดยโปรแกรม SoundPLAN  
จำลองการติดตั้งผนังกันเสียงความสูง 2 เมตรลงในโปรแกรม ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 การลงข้อมูลผนังกันเสียงลงในโปรแกรม

9. สรุปผล วิเคราะห์ผล และเสนอแนวทางป้องกันหรือปรับปรุง

10. สรุปความสามารถของโปรแกรม soundPLAN

10.1 โปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง สามารถแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำพื้นฐานของวิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความดังเสียงที่ถูกต้อง และสามารถนำมาออกแบบกำแพงกันเสียง เพื่อป้องกันเสียงจากการจราจรที่เกิดขึ้น ไม่ให้เกินมาตรฐานได้

10.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย โดยสามารถป้อนและบันทึกข้อมูลได้ง่ายและสะดวก มีรายการต่างๆ ให้เลือกเพื่อประหยัดเวลาในการป้อนข้อมูล การปรับปรุงแก้ไข การบันทึกข้อมูล และ

## การสรุปวิเคราะห์ผล

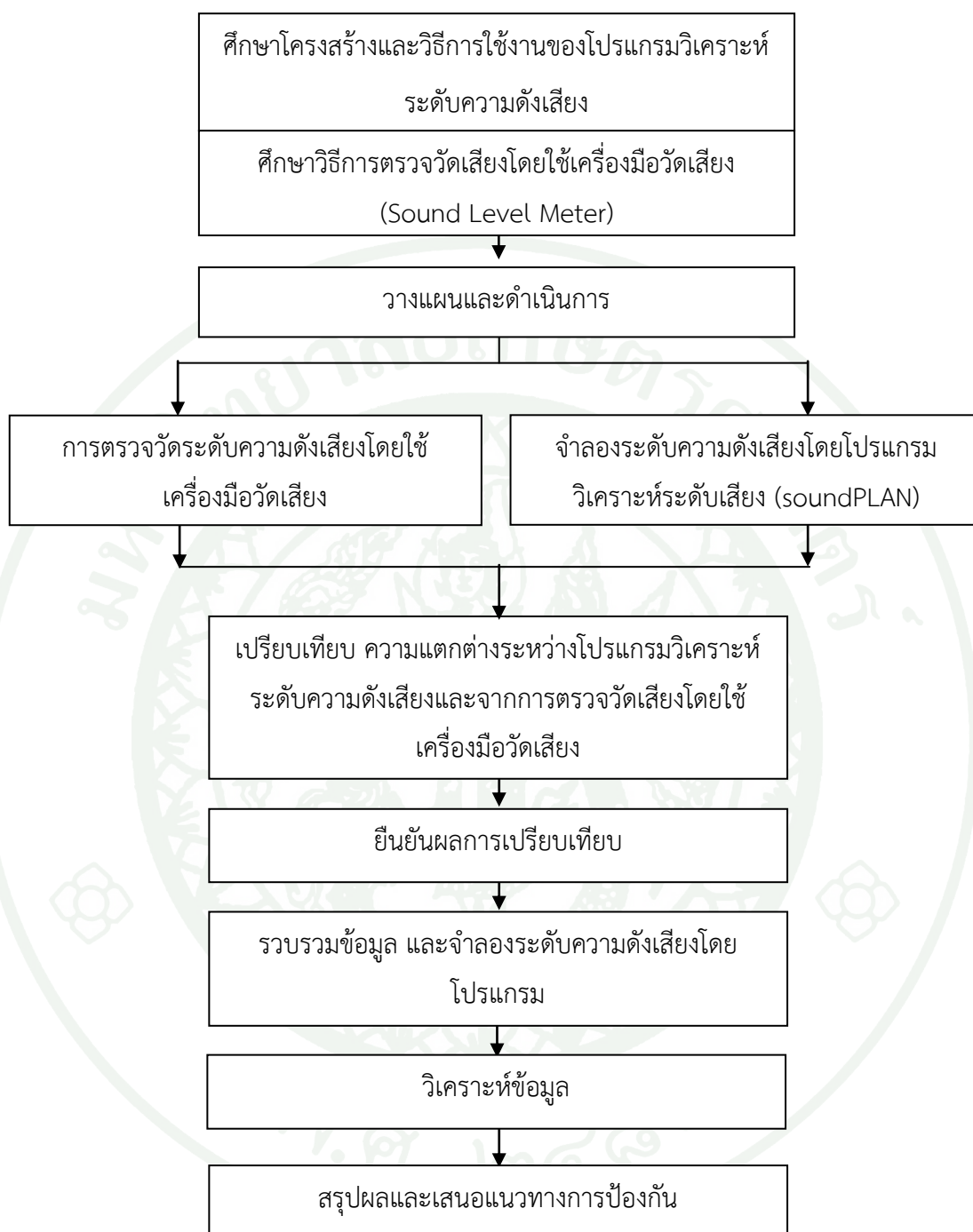
10.3 สามารถเชื่อมต่อกับแผนที่ Google earth, File CAD และ Shape file Arcgis เพื่อแสดงผลการตรวจวัดออกมาในรูปแบบแผนที่ เสียงได้สามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลได้หลากหลายรูปแบบ ที่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่จะนำผลที่ได้จากโปรแกรมไปใช้งาน

## 11. สรุปข้อจำกัดของโปรแกรม soundPLAN

11.1 ไม่สามารถปรับสมการจากรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ระดับเสียงได้

11.2 ในโปรแกรมไม่สามารถระบุชนิดของผนังกันเสียงได้

11.3 ในการจำลองรถไฟฟ้าไม่สามารถกำหนดความเร็วหลายๆ ค่าได้



ภาพที่ 38 ขั้นตอนการทำการวิจัย

### ตารางแผนงานวิจัย

| การดำเนินงาน                          | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1. ค้นคว้าและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง | ←    | →    |      |      |      |      |       |       |
| 2. รวบรวมข้อมูล และทำการทดลอง         |      |      | ←    | →    |      |      |       |       |
| 3. ทำการวิเคราะห์และสรุปผล            |      |      |      |      | ←    | →    |       |       |
| 4. เสนอรายงานเป็นขั้นตอนสุดท้าย       |      |      |      |      |      |      | ←     | →     |

### สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขต บางเขน กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาทำการวิจัย: กันยายน 2556 – เมษายน 2557

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรม sound PLAN สำหรับจำลองผลกระทบทางเสียง เพื่อให้ทราบระดับความรุนแรงที่เกิดจากมลพิษทางเสียง
2. สามารถนำผลการวิเคราะห์ผลกระทบทางเสียงที่ได้จากโปรแกรมไปใช้ประโยชน์ในการวางแผน เพื่อควบคุมปัญหาระดับความดังเสียงในอนาคตได้
3. นำเสนอแนวทางการป้องกัน และแก้ไข ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางเสียงจากโปรแกรม

### แหล่งทุนสนับสนุน

ใช้ทุนส่วนตัว และได้รับการสนับสนุนจากบริษัท จีไอโนนย์ จำกัด

## ผลและวิจารณ์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียงโดยภาพรวมใน พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ บริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ซึ่งมีถนนหลัก 3 สาย คือ ถนนพหลโยธิน ถนนวิภาวดีรังสิต ถนนงามวงศ์วาน ส่วนที่ 2 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียง พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่บริเวณป้ายรถเมล์ และอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ ฝั่งถนนพหลโยธิน หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และส่วนที่ 3 การวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงโดยการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียง ความสูง 2 เมตร ที่บริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเสียงเป็นดังนี้

### ส่วนที่ 1 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียงโดยภาพรวมใน พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับเสียงจากการจราจรที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

#### 1. ฝั่งติดกับถนนพหลโยธิน พื้นที่ทำการศึกษา มี 8 จุด ได้แก่

- จุดที่ 1 บริเวณพิพิธภัณฑสถานวิทยาศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
- จุดที่ 2 บริเวณอาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์
- จุดที่ 3 บริเวณอาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน 6 ชั้น
- จุดที่ 4 บริเวณอาคารเรียน คณะสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน 7 ชั้น
- จุดที่ 5 บริเวณอาคารเรียน อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน 9 ชั้น
- จุดที่ 6 บริเวณอาคารจอดรถ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน 9 ชั้น
- จุดที่ 7 บริเวณอาคารเรียน จักรพิชัยณรงค์สงคราม จำนวน 4 ชั้น และ
- จุดที่ 8 บริเวณหอประชุมใหญ่ จำนวน 3 ชั้น

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq24hrs.}$ ) และค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน ( $L_{dn}$ ) ทั้งนี้ระดับความดังเสียง ดังแสดงในตารางที่ 11



2. ฝั่งติดกับถนนงามวงศ์วาน พื้นที่ทำการศึกษามี 12 จุด ได้แก่

- จุดที่ 1 บริเวณอาคารบุญสม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 9 ชั้น
- จุดที่ 2 บริเวณอาคาร คณะบริหารธุรกิจ จำนวน 10 ชั้น
- จุดที่ 3 บริเวณอาคาร ไอทีแอสควร์ จำนวน 3 ชั้น
- จุดที่ 4 บริเวณอาคารบริการสารสนเทศ จำนวน 10 ชั้น
- จุดที่ 5 บริเวณอาคารเคยูโฮม ทั้งหมด 10 ชั้น
- จุดที่ 6 บริเวณสหกรณ์ออมทรัพย์ มีทั้งหมด 2 ชั้น
- จุดที่ 7 บริเวณอาคารวิศวกรรมอัครศิษย์ จำนวน 2 ชั้น
- จุดที่ 8 บริเวณคณะเศรษฐศาสตร์ จำนวน 2 ชั้น
- จุดที่ 9 บริเวณคณะเศรษฐศาสตร์ จำนวน 6 ชั้น
- จุดที่ 10 บริเวณคณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จำนวน 6 ชั้น
- จุดที่ 11 บริเวณอาคารลานจอดรถ 2 จำนวน 5 ชั้น และ
- จุดที่ 12 บริเวณอาคารลานจอดรถ 1 จำนวน 5 ชั้น

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษามีได้แก่ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq24hrs.}$ ) และค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน ( $L_{dn}$ ) ทั้งนี้ระดับความดังเสียง ดังแสดงในตารางที่ 11

3. ฝั่งติดกับถนนวิภาวดีรังสิต และทางยกระดับบ่อทรายภูมิข พื้นที่ทำการศึกษามีได้แก่

- จุดที่ 1 บริเวณสำนักกลางกีฬา จำนวน 2 ชั้น
- จุดที่ 2 บริเวณวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม
- จุดที่ 3 บริเวณหอนิสิตหญิง (ชวนชม) จำนวน 5 ชั้น
- จุดที่ 4 บริเวณหอนิสิตหญิง (ชงโค) จำนวน 5 ชั้น
- จุดที่ 5 บริเวณกองยานพาหนะ จำนวน 2 ชั้น และ
- จุดที่ 6 บริเวณศูนย์วิจัยนานาชาติไบโอคอนโทรล จำนวน 2 ชั้น

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษามีได้แก่ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq24hrs.}$ ) และค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน ( $L_{dn}$ ) ทั้งนี้ระดับความดังเสียง ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงผลของระดับเสียงจากการจราจรรอบบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

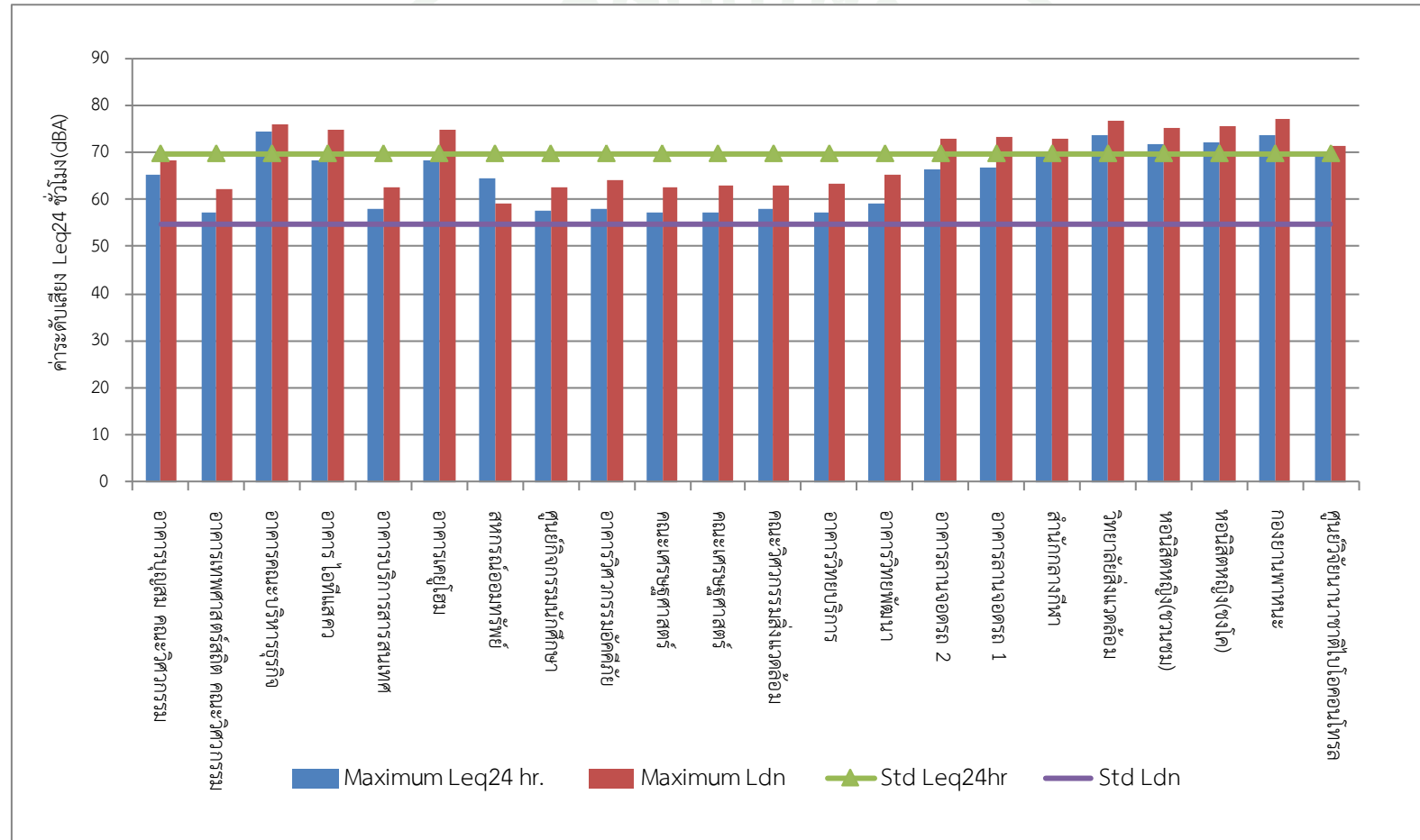
| ฝั่งถนน    | พื้นที่ทำการศึกษ                          | ผลของระดับเสียง (dBA) ที่คำนวณจากโปรแกรม |                  |                    |                  |
|------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|            |                                           | L <sub>eq</sub> 24hrs.                   |                  | L <sub>dn</sub>    |                  |
|            |                                           | ค่าที่ได้<br>(dBA)                       | มาตรฐาน<br>(dBA) | ค่าที่ได้<br>(dBA) | มาตรฐาน<br>(dBA) |
| พหลโยธิน   | พิพิธภัณฑสถานวิทยาศาสตร์ทางสัตวแพทย์      | 57.5-57.6                                | 70               | 60-60.2            | 55               |
|            | อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา    |                                          |                  |                    |                  |
|            | คณะสัตวแพทยศาสตร์                         | 66.3-76.3                                | 70               | 68.1-78            | 55               |
|            | อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะสัตวแพทยศาสตร์ | 45.2-56.7                                | 70               | 51-60.2            | 55               |
|            | อาคารเรียน คณะสัตวแพทยศาสตร์              | 60.3-74.4                                | 70               | 62.2-76            | 55               |
|            | อาคารเรียน อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา  |                                          |                  |                    |                  |
|            | คณะสัตวแพทยศาสตร์                         | 74.1-74.8                                | 70               | 75.8-76.4          | 55               |
|            | อาคารจอดรถ คณะสัตวแพทยศาสตร์              | 65.5-70.1                                | 70               | 67.2-71.7          | 55               |
|            | อาคารเรียน จักรพิชัยรณรงค์สงคราม          | 60.6-61                                  | 70               | 62.6-63.1          | 55               |
|            | เทคนิคการสัตวแพทย์                        | 54.9-57.6                                | 70               | 58.1-60            | 55               |
|            | หอประชุมใหญ่                              | 62.3-65.5                                | 70               | 67.9-68.4          | 55               |
| งามวงศ์วาน | อาคารบุญสม คณะวิศวกรรม                    | 62.3-65.5                                | 70               | 67.9-68.4          | 55               |
|            | อาคารเทพศาสตร์สถิต คณะวิศวกรรม            | 53.1-57.5                                | 70               | 57.7-62.5          | 55               |

ตารางที่ 11 (ต่อ)

| ฝั่งถนน | พื้นที่ทำการศึกษา      | ผลของระดับเสียง (dBA) ที่คำนวณจากโปรแกรม |                  |                    |                  |
|---------|------------------------|------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|         |                        | L <sub>eq</sub> 24hrs.                   |                  | L <sub>dn</sub>    |                  |
|         |                        | ค่าที่ได้<br>(dBA)                       | มาตรฐาน<br>(dBA) | ค่าที่ได้<br>(dBA) | มาตรฐาน<br>(dBA) |
|         | อาคาร ไอทีแอสคว        | 57-68.6                                  | 70               | 63.1-74.9          | 55               |
|         | อาคารบริการสารสนเทศ    | 58-58.2                                  | 70               | 62.5-62.7          | 55               |
|         | อาคารเคยูโฮม           | 62.9-68.7                                | 70               | 68.9-75.1          | 55               |
|         | สหกรณ์ออมทรัพย์        | 52.3-64.6                                | 70               | 57.5-59.3          | 55               |
|         | ศูนย์กิจกรรมนักศึกษา   | 57.5-57.7                                | 70               | 62.7-62.8          | 55               |
|         | อาคารวิศวกรรมอัครศิษย์ | 58.3-58.4                                | 70               | 64.1-64.3          | 55               |
|         | คณะเศรษฐศาสตร์         | 57.2-57.6                                | 70               | 62.8-63            | 55               |
|         | คณะเศรษฐศาสตร์         | 51.5-57.6                                | 70               | 54.1-63.2          | 55               |
|         | คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม | 43.2-58.4                                | 70               | 47.8-63.3          | 55               |
|         | อาคารวิทยบริการ        | 50.8-57.5                                | 70               | 55.5-63.4          | 55               |
|         | อาคารวิทยพัฒนา         | 59.1-59.3                                | 70               | 65.2-65.5          | 55               |
|         | อาคารลานจอดรถ 2        | 63.3-66.8                                | 70               | 69.4-73.2          | 55               |
|         | อาคารลานจอดรถ 1        | 63.4-67.1                                | 70               | 69.8-73.5          | 55               |

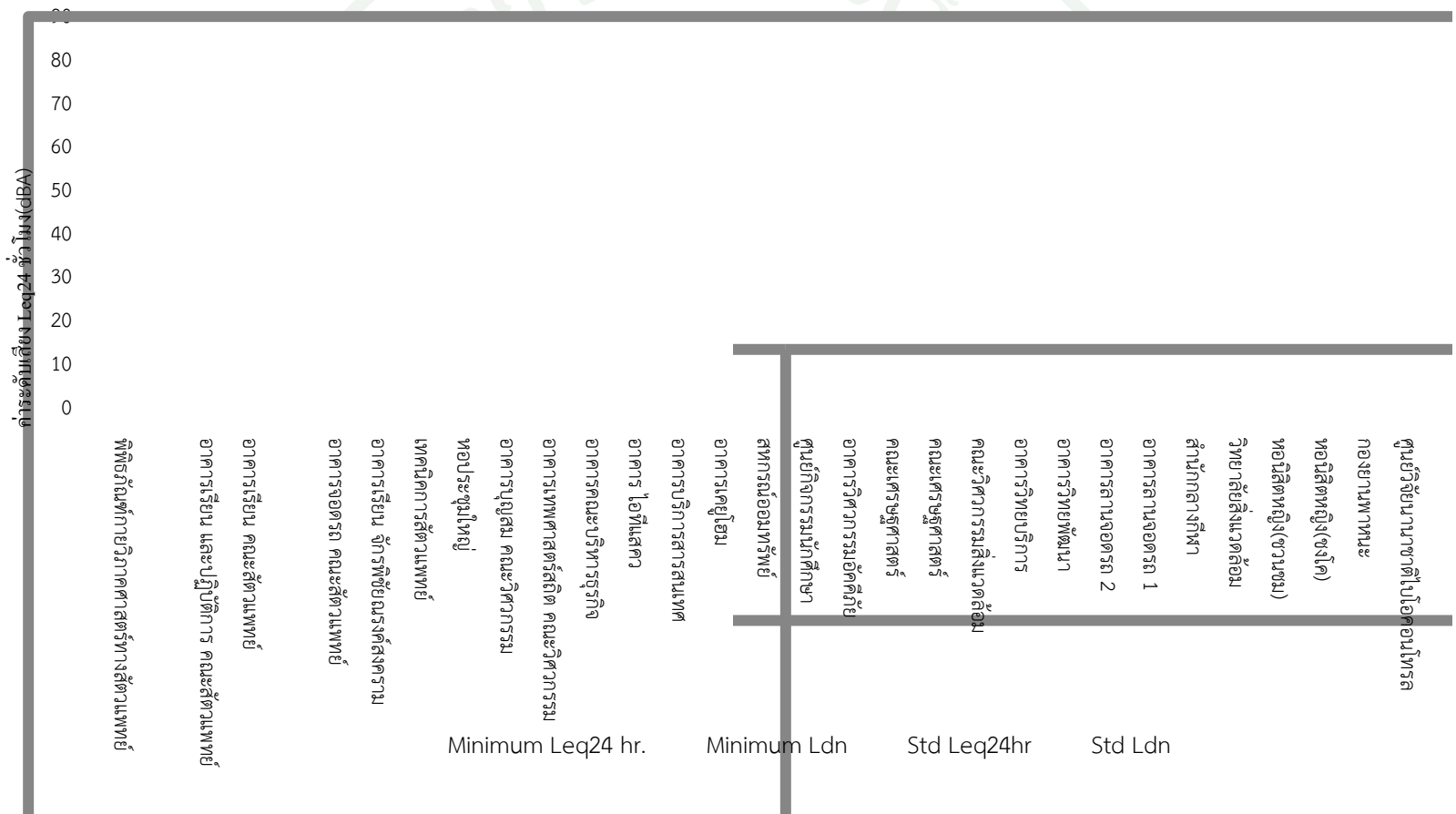
ตารางที่ 11 (ต่อ)

| ฝั่งถนน       | พื้นที่ทำการศึกษา             | ผลของระดับเสียง (dBA) ที่คำนวณจากโปรแกรม |                  |                    |                  |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|               |                               | L <sub>eq</sub> 24hrs.                   |                  | L <sub>dn</sub>    |                  |
|               |                               | ค่าที่ได้<br>(dBA)                       | มาตรฐาน<br>(dBA) | ค่าที่ได้<br>(dBA) | มาตรฐาน<br>(dBA) |
| วิภาวดีรังสิต | สำนักกลางกีฬา                 | 63.3-69.8                                | 70               | 66.6-73.1          | 55               |
|               | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม           | 73.8                                     | 70               | 77.1               | 55               |
|               | หอนิสิตหญิง (ชวนชม)           | 67-72.1                                  | 70               | 70.3-75.5          | 55               |
|               | หอนิสิตหญิง (ชงโค)            | 68-72.4                                  | 70               | 71.3-75.8          | 55               |
|               | กองยานพาหนะ                   | 67.7-74                                  | 70               | 71-77.4            | 55               |
|               | ศูนย์วิจัยนานาชาติไบโอคอนโทรล | 68.6-70.4                                | 70               | 71.4-71.5          | 55               |



ภาพที่ 39 เปรียบเทียบระดับเสียงมากที่สุดที่คำนวณได้ของ  $L_{eq24}$  ชั่วโมง,  $L_{dn}$  กับมาตรฐานที่กำหนด





ภาพที่ 40 เปรียบเทียบระดับเสียงน้อยสุดที่คำนวณได้ของ  $L_{eq}24$  ชั่วโมง,  $L_{dn}$  กับมาตรฐานที่กำหนด

## ส่วนที่ 2 การศึกษา และการประเมินผลกระทบมลพิษเสียง พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด

จากตาราง 11 พบว่า มีบางพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเสียงที่เกิดจากการจราจรและเมื่อทำการประเมินผลกระทบ พบว่า มีค่าระดับความดังเสียงที่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด ของมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2540 กำหนดค่ามาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไว้ที่ 70 เดซิเบลเอ โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่

อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ชั้น 1 ถึง 9 พบว่า มีค่าระดับความดังเสียงที่เกินมาตรฐานที่กำหนด คือ 75.4-76.3 เดซิเบลเอ ในขณะที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่าระดับความดังเสียงที่ 66.4-66.5 เดซิเบลเอ

อาคารเรียน คณะสัตวแพทยศาสตร์ ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ชั้น 1 ถึง 7 พบว่า มีค่าระดับความดังเสียงที่เกินมาตรฐานที่กำหนด คือ 74-74.4 เดซิเบลเอ ในขณะที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าระดับความดังเสียงที่ 60.3-61.4 เดซิเบลเอ และ 64.4-65 เดซิเบลเอ ตามลำดับ

อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึง 9 พบว่า มีค่าระดับความดังเสียงที่เกินมาตรฐานที่กำหนด คือ 74.1-74.6 เดซิเบลเอ

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าระดับความดังเสียง 73.8 เดซิเบลเอ

หอนิสิตหญิง ตึกชวนชม ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ชั้น 1 ถึง 5 มีค่าระดับความดังเสียง 72-72.1 เดซิเบลเอ ในขณะที่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าระดับความดังเสียง 67-67.4 เดซิเบลเอ

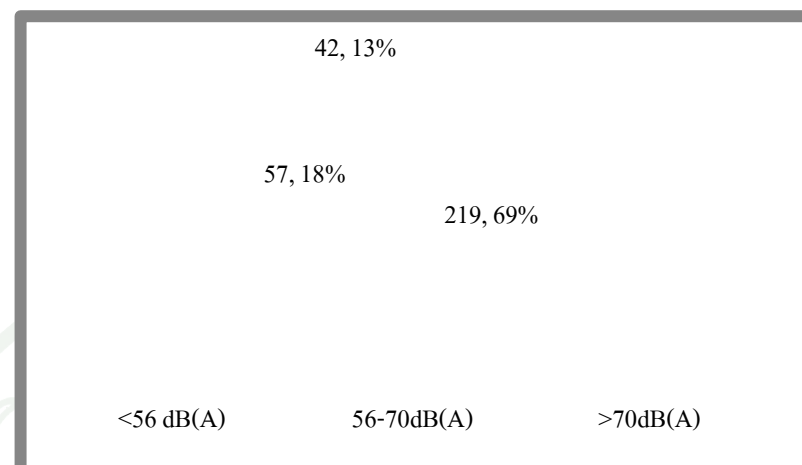
หอนิสิตหญิง ตึกชงโค ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ชั้น 1 ถึง 5 มีค่าระดับความดังเสียง 72-72.4 เดซิเบลเอ ในขณะที่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าระดับความดังเสียง 68-69.2 เดซิเบลเอ

ศูนย์วิจัยนานาชาติไบโอคอนโทรล ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าระดับความดังเสียง 70.4 เดซิเบลเอ

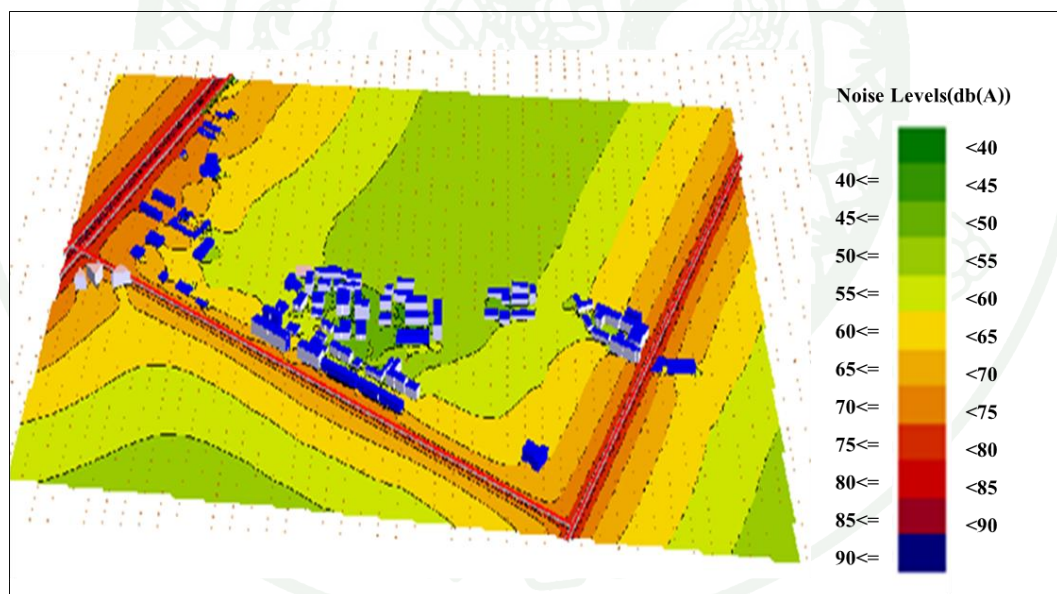
### การจำลองรูปแบบการกระจายมลพิษทางเสียงจากปริมาณการจราจร

การจำลองการกระจายของเสียงรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แนวเขตรั้วติดกับถนนสายหลักในสภาพปัจจุบัน โดยการแสดงผลของระดับเสียงที่เกิดจากการจราจร สามารถแสดงผลที่คำนวณได้จากแบบจำลองของเสียงตามตำแหน่งต่างๆ โดยใช้โปรแกรม SoundPLAN 7.2 รวมทั้งสามารถแสดงค่าระดับเสียงบริเวณอาคารต่างๆ และแสดงผลในลักษณะชั้นระดับเสียงจากการจราจร จากถนนหลักดังนี้ ถนนวิภาวดีรังสิต ถนนงามวงศ์วาน ถนนพหลโยธิน และถนนทางยกระดับอุดรธานี ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่สำคัญ รวมทั้งแสดงค่าระดับเสียงบริเวณอาคารต่างๆ ในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยได้แบ่งการประเมินระดับความเสี่ยงไว้ 2 ประเภท โดยมีผลการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การประเมินระดับความดังเสียง  $L_{eq}$  (Equivalent continuous sound level) 24 ชั่วโมง พบว่าระดับความดังเสียงตามแนวถนนรอบรั้วมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่า  $L_{eq}$  อยู่ในช่วงระหว่าง 43.2- 76.3 เดซิเบลเอ โดย 18% มีค่าระดับความดังเสียง  $\leq 55$  เดซิเบลเอ 69% มีค่าอยู่ระหว่าง 56-70 เดซิเบลเอและ 13% มีค่ามากกว่า 70 เดซิเบลเอ ดังภาพที่ 41 ซึ่งเกินมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15 พ.ศ. 2540 ที่กำหนดไว้ 70 เดซิเบลเอ

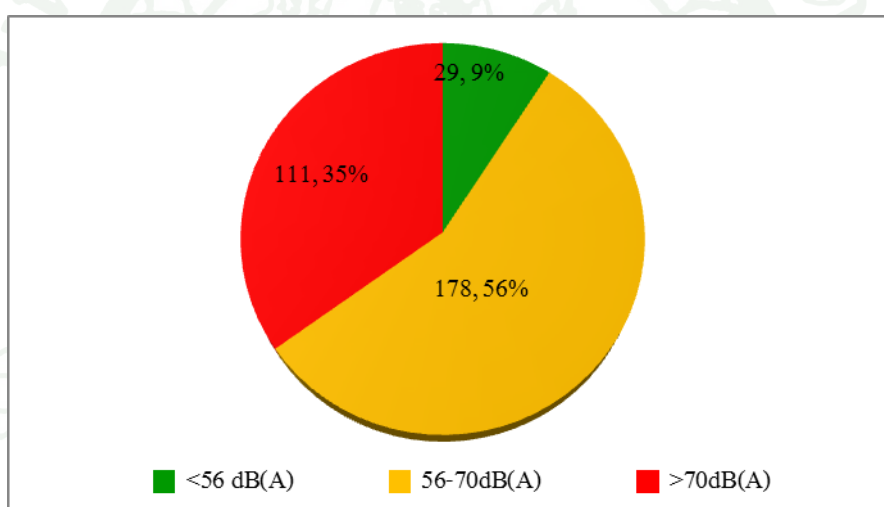


ภาพที่ 41 แสดงร้อยละค่าระดับความดังเสียง  $L_{eq}$  (Equivalent continuous sound level) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



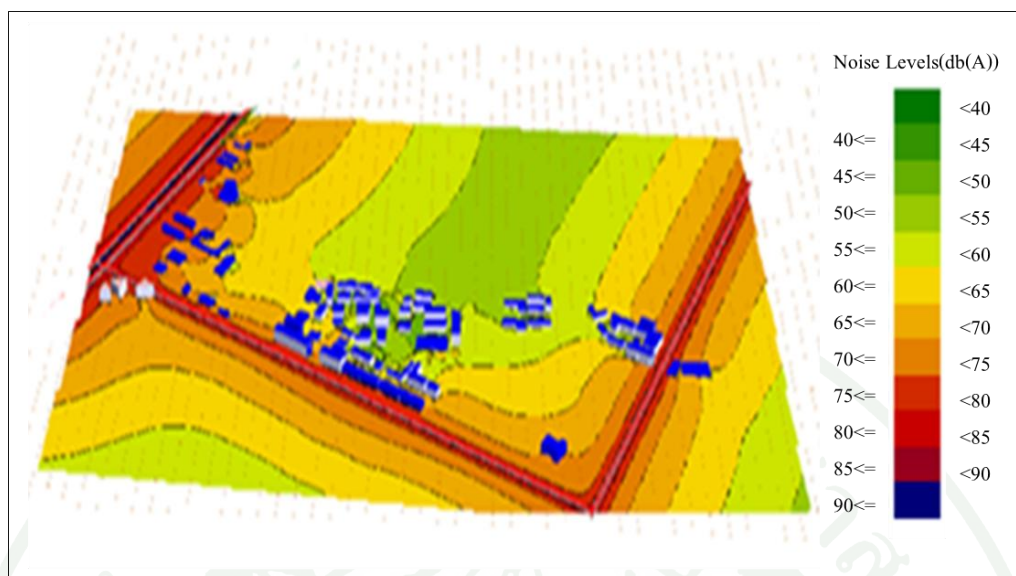
ภาพที่ 42 เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map  $L_{eq}$  เฉลี่ย)

2. การประเมินระดับความดังเสียง  $L_{dn}$  (Day-Night Average Sound Levels) พบว่าระดับความดังเสียงตามแนวนนรอบรั้วมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่า  $L_{dn}$  อยู่ในช่วงระหว่าง 47.8 - 78 เดซิเบลเอ โดย 9% มีค่าระดับความดังเสียง  $\leq 55$  เดซิเบลเอ และ 91% มีค่ามากกว่า 55 เดซิเบลเอ ดังภาพที่ 43 ซึ่งค่าส่วนใหญ่พบว่าเกินค่าข้อเสนอแนะของ US.EPA ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 55 เดซิเบลเอ โดยพื้นที่ที่มีค่าสูงเกินค่าข้อเสนอแนะ US.EPA ได้แก่พื้นที่ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา (คณะสัตวแพทยศาสตร์), วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม, หอพักนิสิตหญิง ตึกখনชม, หอพักนิสิตหญิง ตึกชงโค, คณะสัตวแพทยศาสตร์, กองยานพาหนะ, อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (คณะสัตวแพทยศาสตร์), อาคารจอดรถ 1, อาคารจอดรถ 2, อาคารจอดรถ คณะสัตวแพทยศาสตร์, คณะบริหารธุรกิจ, สำนักกลางกีฬา, ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ และสารสนเทศ (ตึกใหม่), ศูนย์วิจัยไบโอคอนโทรล



ภาพที่ 43 แสดงร้อยละค่าระดับความดังเสียง  $L_{dn}$  (Day-Night Average Sound Levels) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





ภาพที่ 44 เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map  $L_{dn}$ )

### 1. ผลการประเมินผลกระทบมลพิษเสียง พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด

การประเมินผลกระทบต่อระดับเสียงของประชากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่บริเวณป้ายรถเมล์ และอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ ฝั่งถนนพหลโยธิน หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยแบ่งการประเมินผลกระทบมลพิษทางเสียงเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การประเมินผลกระทบมลพิษทางเสียงในปัจจุบัน ซึ่งมีเสียงที่เกิดจากการจราจร เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ โดยใช้ด้วยเครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) ในการตรวจวัดระดับความดังเสียง และกรณีที่ 2 การประเมินผลกระทบมลพิษทางเสียงด้วยโปรแกรม soundPLAN โดยจำลองผลกระทบทางเสียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวยสถานีที่ N13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต การดำเนินโครงการดังกล่าวจะมีแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ คือ เสียงจากรถไฟฟ้า เสียงจากล้อและราง และเสียงจากยานพาหนะใต้สถานี

1.1 การประเมินผลกระทบมลพิษทางเสียงในปัจจุบัน ซึ่งมีเสียงที่เกิดจากการจราจร เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ โดยใช้ด้วยเครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) ในการตรวจ วัดระดับความดังเสียง

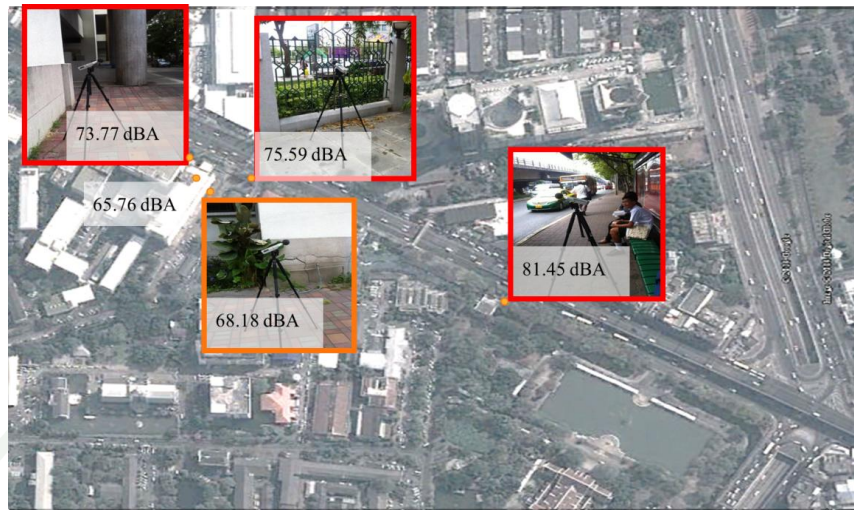
ผลการตรวจวัดระดับเสียงที่ป้ายรถเมล์ฝั่งถนนพหลโยธินซึ่งอยู่ห่างจากกึ่งกลางถนน 10 เมตร ด้านหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าระดับเสียงทั่วไป ( $L_{eq}$  24 ชั่วโมง) เท่ากับ 81.45 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงสูงสุด  $L_{max}$  94.2 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงพื้นฐาน ( $L_{90}$ ) 64.7 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงที่ไม่มีการรบกวน 63.10 เดซิเบลเอ ค่าระดับการรบกวน 16.9 เดซิเบล

- ผลการตรวจวัดระดับเสียงที่ริมรั้วโรงอาหาร คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ซึ่งอยู่ห่างจากกึ่งกลางถนน 15 เมตร มีค่าระดับความดังเสียงทั่วไป ( $L_{eq}$  24 ชั่วโมง) เท่ากับ 75.59 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงสูงสุด  $L_{max}$  79.5 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงพื้นฐาน ( $L_{90}$ ) 64.4 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงที่ไม่มีการรบกวน 62.8 เดซิเบลเอ ค่าระดับการรบกวน 11.2 เดซิเบล

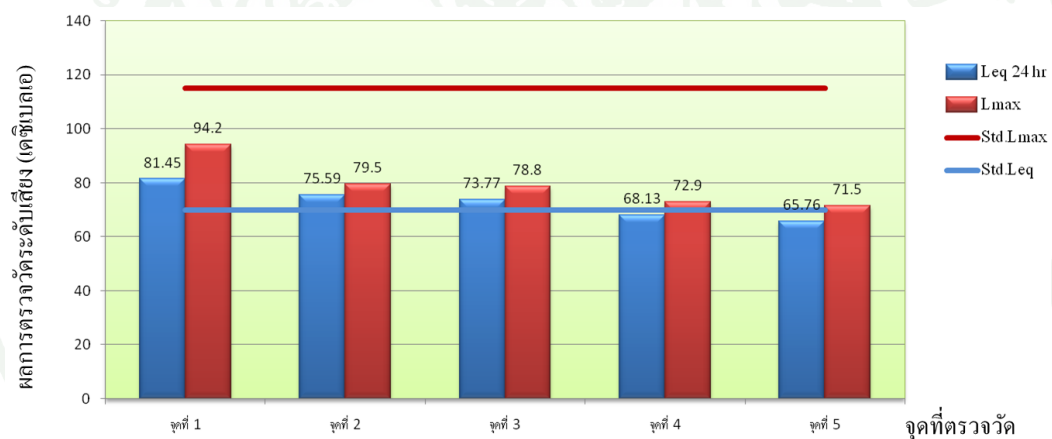
- ผลการตรวจวัดระดับเสียงที่ด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทย- ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งอยู่ห่างจากกึ่งกลางถนน 18 เมตร มีค่าระดับความดังเสียงทั่วไป ( $L_{eq}$  24 ชั่วโมง) เท่ากับ 73.77 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงสูงสุด  $L_{max}$  78.8 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงพื้นฐาน ( $L_{90}$ ) 64.4 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงที่ไม่มีการรบกวน 62.8 เดซิเบลเอ ค่าระดับการรบกวน 8.9 เดซิเบล

- ผลการตรวจวัดระดับเสียงที่ด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ ฝั่งทิศตะวันตก คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งอยู่ห่างจากกึ่งกลางถนน 23 เมตร มีค่าระดับความดังเสียงทั่วไป ( $L_{eq}$  24 ชั่วโมง) เท่ากับ 68.13 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงสูงสุด  $L_{max}$  72.9 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงพื้นฐาน ( $L_{90}$ ) 64.4 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงที่ไม่มีการรบกวน 62.8 เดซิเบลเอ ค่าระดับการรบกวน 2.3 เดซิเบล

- ผลการตรวจวัดระดับเสียงด้านในตึกอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทย- ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชั้น 1 ซึ่งอยู่ห่างจากกึ่งกลางถนน 30 เมตร มีค่าระดับความดังเสียงทั่วไป ( $L_{eq}$  24 ชั่วโมง) เท่ากับ 65.76 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงสูงสุด  $L_{max}$  71.5 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงพื้นฐาน ( $L_{90}$ ) 64.4 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงที่ไม่มีการรบกวน 62.8 เดซิเบลเอ ค่าระดับการรบกวน -1.6 เดซิเบล



ภาพที่ 45 จุดตรวจวัดเสียงพื้นที่ มก. ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด



- จุดที่ 1 บ้ายรถเมล์ ฟังถนนพหลโยธิน หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จุดที่ 2 ริมรั้วโรงอาหาร อาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์
- จุดที่ 3 ด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์
- จุดที่ 4 ด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์
- จุดที่ 5 ด้านในตึกอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์

ภาพที่ 46 แผนภูมิแท่งแสดงผลการตรวจวัดระดับเสียง  $L_{eq}24$  ชั่วโมง และ  $L_{max}$

ผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย ( $L_{eq}$ ) 24 ชั่วโมง มีค่าอยู่ระหว่าง 65.76-81.45 เดซิเบลเอ โดยพื้นที่ที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของประกาศสิ่งแวดล้อม 2540 ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ ได้แก่พื้นที่ บ้ายรถเมล์ฟังถนนพหลโยธิน หน้า มก., ริมรั้วโรงอาหาร และ

ด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ ผลการตรวจวัดระดับเสียงสูงสุด ( $L_{max}$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 71.5-94.2 เดซิเบลเอ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประกาศสิ่งแวดล้อม 2540 ที่กำหนดค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ พบว่าทุกค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 46

## 1.2 การประเมินผลกระทบมลพิษทางเสียงด้วยโปรแกรม ซึ่งมีเสียงที่เกิดจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ

ผลการศึกษาผลกระทบเสียงโดยโปรแกรม จากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวสถานี N13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต การดำเนินโครงการดังกล่าวจะมีแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ คือ เสียงจากรถไฟฟ้า เสียงจากล้อและราง และเสียงจากยานพาหนะใต้สถานี พื้นที่ทำการศึกษาคือบริเวณอาคารเรียน การสอนที่ติดกับถนนพหลโยธินที่กำลังจะมีโครงการรถไฟฟ้าสีเขียวในอนาคตวิ่งผ่านที่บริเวณถนนหลักนี้ พื้นที่ทำการศึกษาและประเมินผลกระทบ ได้แก่ จุดที่ 1 ป้ายรถเมล์ ฝั่งถนนพหลโยธิน จุดที่ 2 ริมรั้วโรงอาหารอาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุดที่ 3 บริเวณพิพิธภัณฑ์กายวิภาคศาสตร์ทางคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุดที่ 4 บริเวณอาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ และจุดที่ 5 บริเวณอาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะสัตวแพทยศาสตร์ พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ( $L_{eq24hrs.}$ ) และค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน ( $L_{dn}$ ) ทั้งนี้ระดับความดังเสียง ดังแสดงในตารางที่ 12



**ตารางที่ 12** แสดงผลของระดับเสียงจากการจราจรฝั่งถนนพหลโยธิน และโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่วิ่งผ่านมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

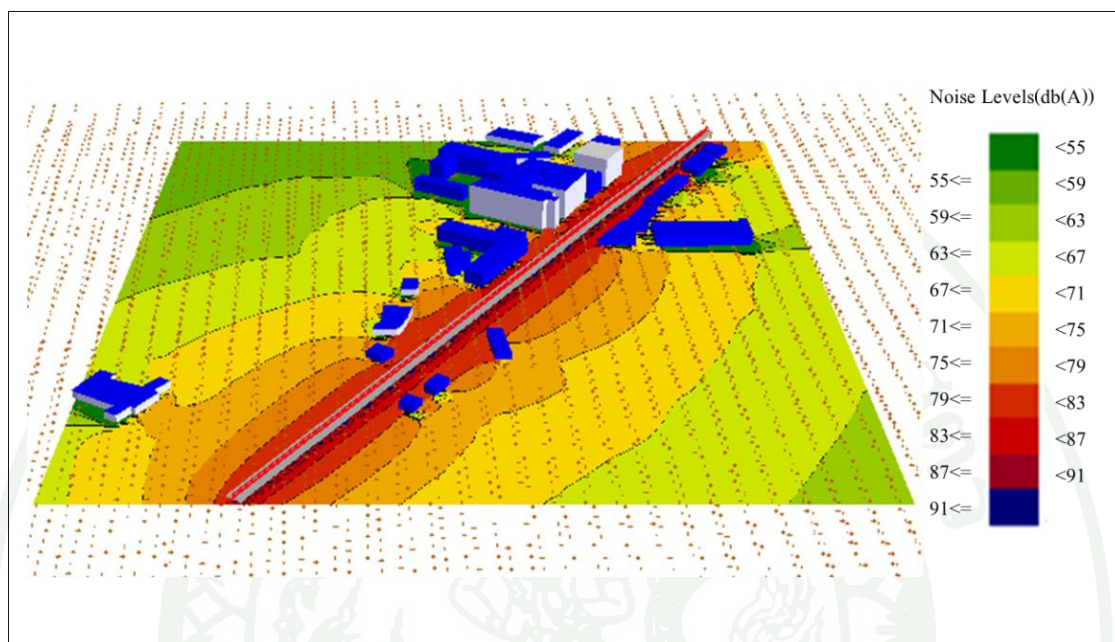
| พื้นที่ทำการศึกษา                                                      | ผลของระดับเสียง (dB(A))        |                   |         |                         |                   |                |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------|-------------------------|-------------------|----------------|
|                                                                        | L <sub>eq</sub> 24hrs. (dB(A)) |                   |         | L <sub>dn</sub> (dB(A)) |                   |                |
|                                                                        | ปัจจุบัน                       | หลังมี<br>รถไฟฟ้า | มาตรฐาน | ปัจจุบัน                | หลังมี<br>รถไฟฟ้า | ค่า<br>เสนอแนะ |
| ป้ายรถเมล์ ฝั่งถนนพหลโยธิน                                             | 81.45                          | 83.9              | 70      | 82.8                    | 85.3              | 55             |
| ริมรั้วโรงอาหารอาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทย์ มก. | 75.59                          | 76.8-77.3         | 70      | 77.6                    | 80.1-80.6         | 55             |
| ด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทย์ มก.                          | 73.77                          | 75.4-75.7         | 70      | 76.5                    | 78.9-79.1         | 55             |
| ด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ ฝั่งทิศตะวันตก คณะสัตวแพทย์ มก.           | 68.13                          | 71-71.6           | 70      | 71.2                    | 74.6-75.2         | 55             |
| ด้านในตึกอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทย์ มก. ชั้น 1                  | 65.76                          | 67.9-68.1         | 70      | 68.9                    | 71.6-71.7         | 55             |

มีบางพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเสียงที่เกิดจากการจราจร และโครงการรถไฟฟ้าที่จะมีขึ้นในอนาคต และเมื่อทำการประเมินผลกระทบ พบว่ามีค่าระดับความดังเสียงที่เกินค่าที่กฎหมายกำหนดของมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2540 กำหนดค่ามาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไว้ที่ 70 เดซิเบลเอ โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบได้แก่ ป้ายรถเมล์ ฝั่งถนนพหลโยธิน อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ซึ่งเมื่อนำค่าระดับความดังเสียงระหว่างเสียงที่มาจากการจราจรในปัจจุบัน และเสียงที่มาจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่จะมีขึ้นในอนาคต พบว่าหลังจากมีโครงการไฟฟ้าทำให้มีระดับเสียงในพื้นที่ต่างๆ เพิ่มขึ้นจากเดิม 1.9-4.0 เดซิเบลเอ ดังแสดงในตารางที่ 12

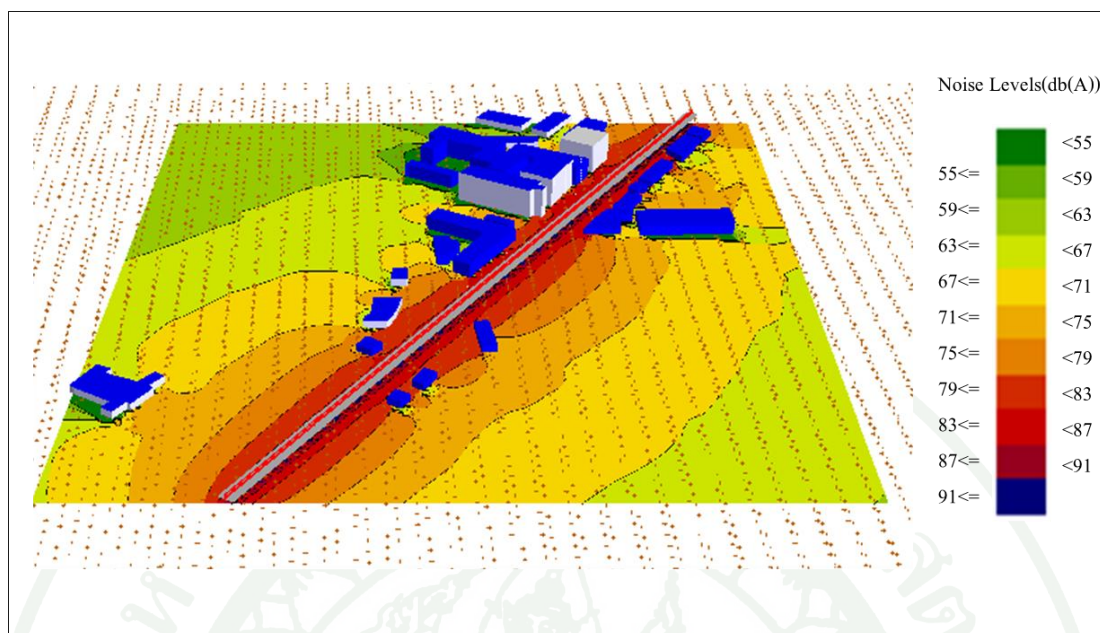
การจำลองการกระจายของเสียงรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ของอาคารที่ติดกับฝั่งถนนพหลโยธิน โดยได้แบ่งการประเมินระดับความเสี่ยงไว้ 2 ประเภท คือ



การประเมินระดับความดังเสียง  $L_{eq}$  (Equivalent continuous sound level) และการประเมินระดับความดังเสียง  $L_{dn}$  (Day-Night Average Sound Levels) ดังแสดงในรูปภาพที่ 47 และ 48



ภาพที่ 47 เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่บริเวณถนนพหลโยธิน และอาคารในเขต มก. ฝั่งถนนพหลโยธิน (Grid noise map  $L_{eq}$  เฉลี่ย)



ภาพที่ 48 เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนนพหลโยธิน และอาคารในเขต มก. ฝั่งถนนพหลโยธิน (Grid noise map  $L_{dn}$ )

เมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณโปรแกรม SoundPLAN มาเทียบกับ ประเมินระดับเสียงที่เกิดจากรถไฟฟ้าจากรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่, 2551 ซึ่งใช้แบบจำลองการประเมินระดับเสียงจากรถไฟฟ้าในระยะดำเนินการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Road Traffic and Mass Transit System Noise on Urban Environmental โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการประเมินดังนี้

- การเดินรถไฟฟ้า ช่วงเวลาน้อยที่สุดระหว่างขบวนรถต่ำสุด 2 นาที (มีรถวิ่ง 60 เที่ยว ไป-กลับ) ความเร็วสุด 80 กม./ชั่วโมง ความยาวขบวนรถไฟ 4 ตู้ ประมาณ 90 ม.
- รถไฟฟ้าที่ใช้แบบจำลองได้กำหนดระดับเสียงสูงสุด 78 เดซิเบลเอ ที่ความเร็วสูงสุด 160 กม./ชั่วโมง และ 65 เดซิเบลเอ เวลาจอดที่สถานี ซึ่งผลที่ได้มีดังนี้

ตารางที่ 13 ระดับเสียงจากรถไฟฟ้าของโครงการที่ระยะต่างๆ

| ระยะทางจากรถไฟฟ้าไปยัง<br>ผู้ได้รับเสียง (เมตร) | ระดับเสียง dBA |
|-------------------------------------------------|----------------|
| 20                                              | 60             |
| 30                                              | 56             |
| 50                                              | 52             |
| 70                                              | 49             |
| 90                                              | 47             |
| มาตรฐานเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง                   | 70             |

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2551)

เสียงจากล้อและรางของรถไฟฟ้าเกิดจากระบบเบรก ความเร็วของรถไฟฟ้า รวมทั้งเสียงจากการกระแทกของรถไฟฟ้ากับรางบริเวณช่วงทางโค้ง ทำให้รถไฟฟ้าต้องเบรกเพื่อลดความเร็วและเกิดเสียงจากการเสียดสีระหว่างล้อกับราง ทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยในอาคารใกล้เคียงบริเวณดังกล่าวอาจได้รับผลกระทบด้านเสียง

ผลการตรวจวัดระดับเสียงจากการเดินรถไฟฟ้าบีทีเอส โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม(ตุลาคม 2543) พบว่าช่วงที่เป็นทางโค้ง บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

- ระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณอาคารข้างเคียง มีค่า 64.2-78.8 dBA
- ช่วง 50 เมตรก่อนถึงขานชาลาสถานีหมอชิต
- ระดับเสียง  $L_{eq}$  5 นาที เฉลี่ยเท่ากับ 82 dBA
- ระดับเสียงสูงสุด ( $L_{max}$ ) อยู่ในช่วง 91-94 dBA
- บนขานชาลาช่วงรถไฟฟ้าเข้าจอดที่สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง
- ระดับเสียงสูงสุด ( $L_{max}$ ) อยู่ในช่วง 83-85 dBA

และระดับเสียงที่เกิดขึ้นจากรถไฟฟ้า ประมาณ 49-52 เดซิเบลเอ ซึ่งมีค่าไม่เกิน ค่ามาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากโปรแกรมพบว่ามีความแตกต่างกัน

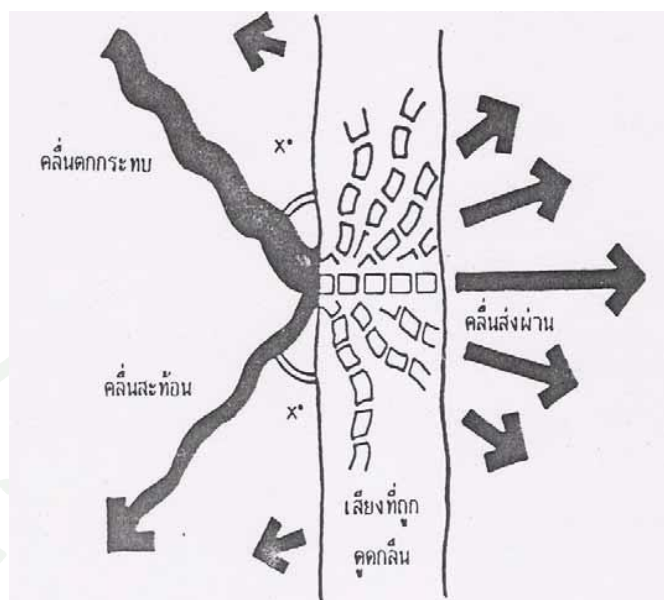
ทั้งนี้อาจเกิดจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากโครงการฯ ไม่ได้คำนวณระดับเสียงจากการจราจรเข้าไปด้วย ทำให้ค่าที่ได้ออกมามีค่าค่อนข้างต่ำ

### ส่วนที่ 3 การวางแผนป้องกันและปรับปรุงมลพิษทางเสียงโดยการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียง

ในการศึกษามลพิษทางเสียงจากการจราจร และโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน พื้นที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ด้าน จำนวน 33 อาคาร พื้นที่ประเมินทั้งหมด 323 จุด ได้แก่ อาคารที่ติดกับถนนพหลโยธิน และโครงการรถไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อาคารที่ติดกับถนนงามวงศ์วาน อาคารการเรียนการสอน และหอพักนิสิตที่ติดกับถนนวิภาวดีรังสิต และทางยกระดับอุตราภิมุข ซึ่งพบว่า ค่าระดับเสียงบางพื้นที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงจากริมการจราจร

ด้วยอันตรายจากมลภาวะทางเสียง จึงได้มีการนำกำแพงกันเสียงเข้ามาใช้ในการ แก้ปัญหา โดยกำแพงกันเสียงที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ชนิด กระจายเสียง (Dispersive Type) เป็นแผ่นทึบเสียงที่มีการสะท้อนเสียงแบบแพร่กระจายตามทิศทาง มุมของกำแพงที่ออกแบบไว้ ชนิดสะท้อนเสียง (Reflective Type) เป็นแผ่นทึบเสียงซึ่งจะมีการ สะท้อนของเสียงในทิศทางตรงกันข้ามกับแผ่นกันเสียง และชนิดดูดซับเสียง (Absorptive Type) ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากเป็นแผ่นทึบเสียงที่ประกอบด้วยวัสดุดูดซับเสียงซึ่งมีอัตราการ สะท้อนเสียงต่ำ ทำให้บริเวณที่อยู่ตรงข้ามไม่ได้รับผลกระทบจากเสียงดังด้วยเหตุนี้จึงได้มีการทดลองนำวัสดุต่างๆ มาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง โดย สาเหตุที่วัสดุสามารถดูดซับเสียงได้เนื่องจากเมื่อเสียงตกกระทบวัตถุใดๆ ก็ตาม เสียงส่วนหนึ่งจะ เกิดการสะท้อน อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน และส่งผ่านเข้าไปในวัตถุทำให้พลังงานลดลง เนื่องจาก ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติ และลักษณะของวัตถุอันนั้น ดังแสดงในรูปที่ 49 (Webb, 1976)





ภาพที่ 49 ปฏิกิริยาการสะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ

ที่มา: Webb (1976)

ผนังกันเสียงจึงเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงให้กับผู้ได้รับผลกระทบจากเสียง แหล่งกำเนิดเสียงทั่วไป เมื่อเสียงกลายเป็นปัญหาระหว่างผู้ที่ก่อให้เกิดเสียงและผู้ที่ได้รับผลกระทบจากเสียงนั้น การใช้ผนังกันเสียงจึงกลายเป็นทางออกที่เหมาะสมทางหนึ่งในการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธีการติดตั้งผนังกันเสียงจากการจราจรมาใช้ในการวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียง โดยผนังกันเสียง สำหรับการจราจร จะช่วยลดซับเสียงและช่วยบังคับทิศทางของการสะท้อนของเสียงไม่ให้ไปสร้างความเดือดร้อนรำคาญกับผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง บริเวณเส้นทางจราจร วัสดุดูดซับเสียงมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุดูดซับเสียง ได้แก่ ตาข่ายดูดซับเสียง ต้นไม้/ป่าไม้ สนามหญ้า กำแพงกันเสียง หรือแม้แต่วัสดุสะท้อนเสียง ซึ่งเกษม (2541) สรุปแนวทางในการทางการเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงดังนี้ คือดังนี้

1. ประสิทธิภาพการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ หรือใช้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ
2. พิจารณาความถี่ของเสียงที่ต้องควบคุม ถ้าเสียงรบกวนมีความถี่ปานกลางถึงความถี่สูง ควรใช้วัสดุดูดซับเสียงประเภทพรุน เนื่องจากวัสดุประเภทพรุนจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับ



เสียงความถี่สูงได้ดีกว่าเสียงความถี่ต่ำ แต่ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงความถี่ต่ำ สามารถกระทำได้โดยการเพิ่มช่องว่างระหว่างชั้นของวัสดุดูดซับและชั้นแข็งด้านล่าง

3. ถ้าเสียงรบกวนมีความถี่ต่ำควรใช้วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นแผ่น สำหรับใช้บุ (panel absorption) หรือวัสดุดูดซับประเภทโพรงหรือช่อง
4. การใช้วัสดุดูดซับเสียง ควรใช้ในบริเวณหรือสถานที่ที่มีการสะท้อนของเสียงหรือบริเวณที่มีระยะเวลาของการก้องเสียง (reverbration time) มาก
5. รูปทรง รูปร่าง ขนาดน้ำหนักของวัสดุที่ใช้
6. อายุการใช้งาน และความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น ทนความชื้น ความร้อน (ไฟ) เป็นต้น
7. ราคา และค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ดูแลรักษา
8. ความสะดวกในการติดตั้งและใช้งานรวมถึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น การสะท้อนแสง
9. ความกลมกลืนกับทัศนียภาพ
10. คุณสมบัติเชิงกายภาพของวัสดุกันเสียง จะเป็นตัวกำหนดถึงความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุนั้นๆ ด้วย

### คุณลักษณะของวัสดุป้องกันเสียงในปัจจุบัน

1. คอนกรีต เป็นวัสดุที่ถุกนำมา ใช้อย่างแพร่หลายในวงการก่อสร้างโดยมี องค์ประกอบ พื้นฐานประกอบด้วย ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ส่วนผสมหยาบและละเอียด น้ำ และสาร ผสมเพิ่มอื่นๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติซึ่งในปัจจุบันมีการใช้งานในรูปแบบของกำแพงกัน เสียงอย่างแพร่หลายในแถบอเมริกาเหนือ โดยมีความหนา 12 mm ดังแสดงในรูปที่ 50



ภาพที่ 50 กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภทคอนกรีต และ Brick Block ตามลำดับ

ที่มา: บุรฉัตร วิริยะ (2551)

2. อิฐ และวัสดุผสมคอนกรีต (Brick and Masonry Block) อิฐ (Brick) เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว และทราย โดยทำการผสมและเผาที่อุณหภูมิสูง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงโดยขนาดที่นิยมใช้ คือ 70x95x200 mm ดังแสดงในรูปที่ 37 วัสดุผสมคอนกรีต (Masonry block) ผลิตโดยมีส่วนผสมของคอนกรีต โดยขนาด ที่นิยมใช้ กว้าง 200-300 mm ยาว 200-250 mm และ สูง 355-460 mm ดังแสดงในรูปที่ 51

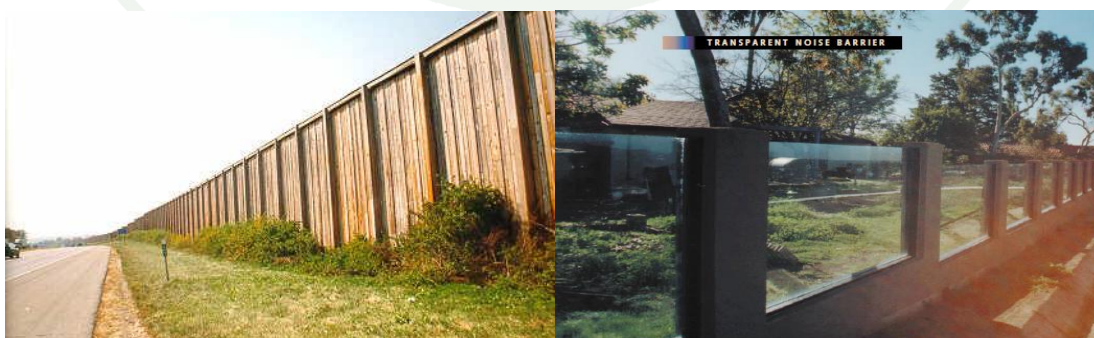


ภาพที่ 51 กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท Masonry Block และโลหะผสม

ที่มา: บุรฉัตร วิริยะ (2551)

3. ไม้ที่นิยมนำ มาใช้เป็นกำแพงกันเสียง คือ ไม้ที่ผ่านกระบวนการ Pressure Preservative Treated ได้แก่ ไม้แผ่น ไม้อัด เป็นต้น โดยพันธุ์ของต้นไม้มีผลต่อศักยภาพในการป้องกันเสียงซึ่งไม้ที่นิยมใช้ในการเป็นกำแพงกันเสียง อาทิเช่น White Fir, Lodgepole Pine, White Spruce และอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 52

4. วัสดุโปร่งแสง วัสดุโปร่งแสงผลิตจาก กระดาษ และพลาสติกใส ที่ผ่านกระบวนการทางความร้อน เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และมีผลทำให้ในกรณีที่เกิดการแตกของวัสดุโปร่งแสงจะไม่ก่อให้เกิดคมมี ทั้งแบบใส และแบบฝ้า ดังแสดงในรูปที่ 52

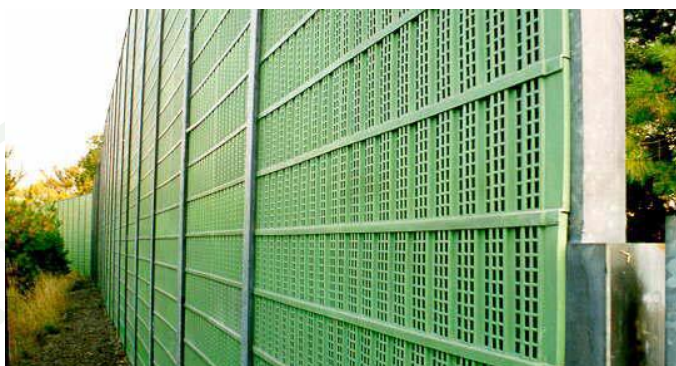


ภาพที่ 52 กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภทไม้ และวัสดุโปร่งแสง ตามลำดับ

ที่มา: บุรฉัตร วิริยะ (2551)



5. พลาสติกพลาสติกที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตกำแพงกันเสียง ประกอบด้วย Polyethylene PVC และ Fiberglass ด้วยเหตุผลที่ พลาสติกขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูป ได้หลายรูปร่าง และสามารถทำการประกอบด้วยมือได้โดยง่าย ดังแสดงในรูปที่ 53

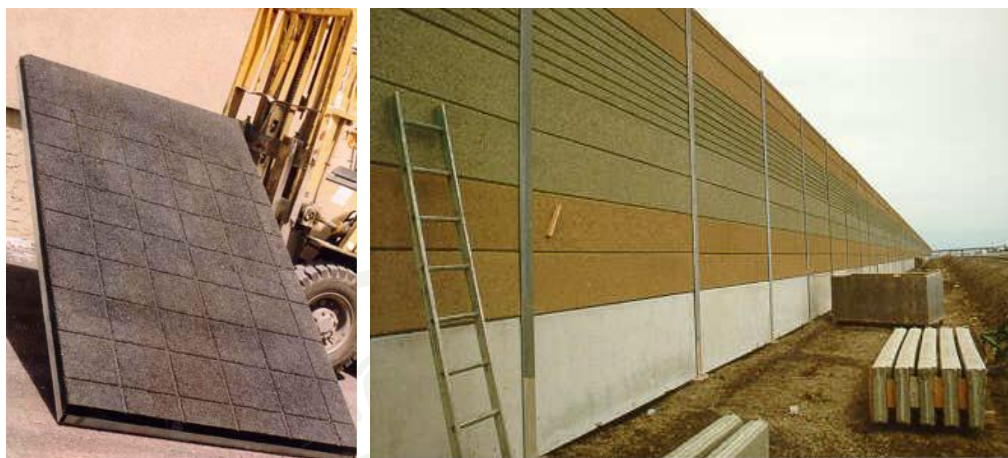


ภาพที่ 53 กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภทพลาสติก Polyethylene PVC

ที่มา: บุรฉัตร วิริยะ (2551)

6. ยางรถยนต์เก่า (Recycled Rubber) กำแพงป้องกันเสียงที่ผลิตจากยางรถยนต์เก่า โดยวัสดุที่นำมาใช้มี 2 ลักษณะคือ ยางที่ไม่ผ่านมาตรฐานการผลิต และยางที่หมดอายุการใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 54

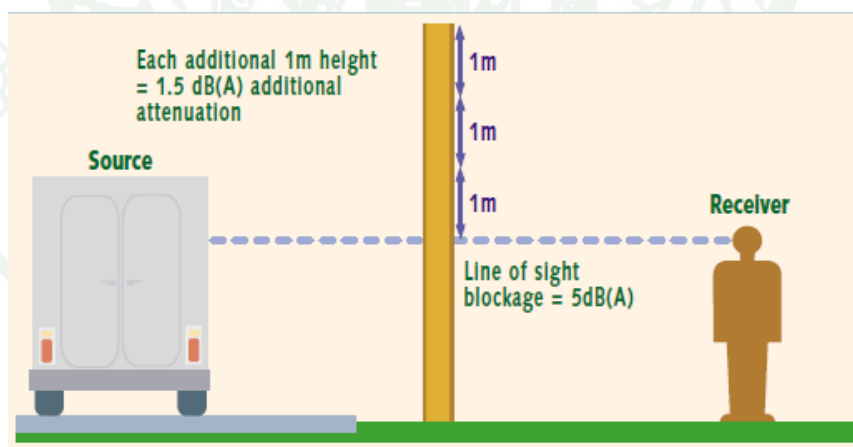
7. วัสดุผสม (Composites) เป็นวัสดุที่ผสมวัสดุหลายๆ ชนิดเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติในการป้องกัน เสียงตามต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 54



ภาพที่ 54 กำแพงป้องกันเสียงรบกวน ประเภท Recycled Rubber และวัสดุผสม

ที่มา: บุรฉัตร วิริยะ (2551)

และเมื่อศึกษาผลของการเพิ่มระดับความสูงทุก 1 เมตร พบว่าการเพิ่มความสูงของผนังกันเสียงทุก 1 เมตรมีผลต่อการลดระดับเสียง 1.5 dBA ดังแสดงในภาพที่ 55

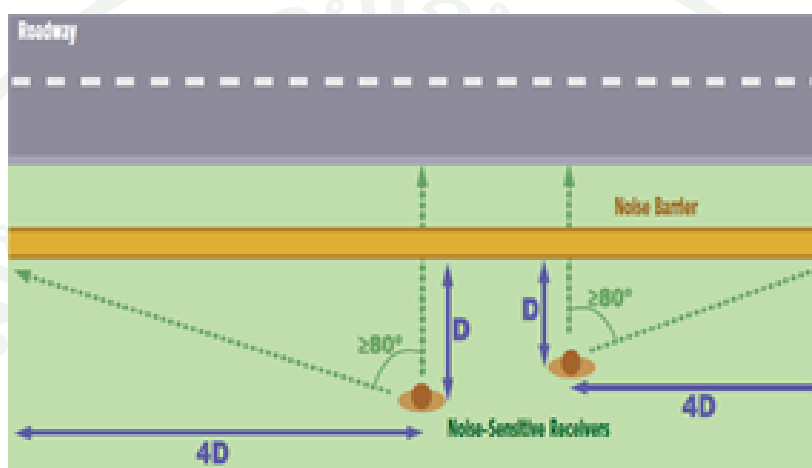


ภาพที่ 55 Noise barrier height

ที่มา: Harvey S. Knauer and etc. (2000)



การออกแบบผนังกันเสียงควรมีความสูง และความกว้างให้เพียงพอต่อการสะท้อนของขอบผนังกันเสียงถ้าผนังกันเสียงยาวไม่เพียงพอจะทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันลดลงได้มากถึง 5 dBA จากที่ออกแบบ โดยกฎของ thumb กล่าวไว้ว่าความกว้างที่เพียงพอของผนังกันเสียง ต้องมีความยาวเป็น 4 เท่าจากระยะห่างจากผู้รับเสียง ไปยังผนังกันเสียง ตามแนวตั้งฉาก อีกวิธีหนึ่งคือระยะจากถนนไปยังผู้รับเสียงกับผนังกันเสียงต้องทำมุมอย่างน้อย 80 องศา ตามภาพที่ 56



ภาพที่ 56 Noise barrier Length

ที่มา: Harvey S. Knauer and etc. (2000)

จากการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียงที่กำหนดความสูง 2 เมตร ได้ผลดังตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** แสดงผลของระดับเสียงจากการจราจรรอบบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน  
หลังติดตั้งผนังกันเสียงความสูง 2 เมตร

| ฝั่งถนน    | พื้นที่ทำการศึกษ                                      | ผลของระดับเสียง (dB(A)) |         |                 |         |
|------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|---------|-----------------|---------|
|            |                                                       | L <sub>eq</sub> 24hrs.  |         | L <sub>dn</sub> |         |
|            |                                                       | ค่าที่ได้               | diff    | ค่าที่ได้       | Diff    |
| พหลโยธิน   | พิพิธภัณฑสถานวิทยาศาสตร์ทางสัตวแพทย์                  | 55.4-55.6               | 2-2.1   | 58.2-58.5       | 1.7-1.8 |
|            | อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา คณะสัตวแพทย์    | 62.9-76.3               | 0.1-3.4 | 64.8-7.8        | 0.6-3.3 |
|            | อาคารเรียน และปฏิบัติการ คณะสัตวแพทย์                 | 43.4-54.5               | 1.8-2.2 | 47.5-57.4       | 2.8-3.5 |
|            | อาคารเรียน คณะสัตวแพทย์                               | 47.3-67.6               | 6.8-7.8 | 51.2-70.8       | 5.2-8.5 |
|            | อาคารเรียน อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา คณะสัตวแพทย์ | 75.4-75.8               | 0.6-7.7 | 75.8-76.4       | 5.5-6.3 |
|            | อาคารจอดรถ คณะสัตวแพทย์                               | 64.1-66.6               | 1.4-3.5 | 65.8-68.3       | 1.4-3.4 |
|            | อาคารเรียน จักรพงษ์ณรงค์สงคราม                        | 55.9-56.1               | 4.7-4.9 | 58.5-58.9       | 4.1-4.2 |
|            | เทคนิคการสัตวแพทย์                                    | 54.9-57.4               | 0-0.2   | 58-59.8         | 0.1-0.2 |
|            | หอประชุมใหญ่                                          | 61.9-64.8               | 0.4-0.7 | 67.3-68         | 0.4-0.6 |
| งามวงศ์วาน | อาคารบุญสม คณะวิศวกรรม                                | 46.9-50.8               | 4.9-5.4 | 50.2-54.3       | 4.1-4.7 |
|            | อาคารเทพศาสตร์สถิต คณะวิศวกรรม                        | 52.1-55.7               | 1-1.8   | 55.3-59.4       | 2.4-3.1 |
|            | อาคารคณะบริหารธุรกิจ                                  | 51.9-65.7               | 1.9-2.2 | 56.4-72.1       | 4.1-4.4 |
|            | อาคาร ไอทีแอสควร์                                     | 56.1-56.4               | 0.8-2.2 | 59.4-59.8       | 3.7-5.1 |
|            | อาคารบริการสารสนเทศ                                   | 52.5-59                 | 0.8-5.5 | 57.4-65         | 2.3-5.1 |
|            | อาคารเคยูโฮม                                          | 54.1-55.9               | 8.8-9.8 | 57.4-59.2       | 1.5-0.9 |
|            | สหกรณ์ออมทรัพย์                                       | 52.3-53                 | 0-5.6   | 56.8-57.4       | 0.7-1.9 |
|            | ศูนย์กิจกรรมนักศึกษา                                  | 52.1-54.4               | 3.3-5.4 | 55.5-57.8       | 5-7.2   |
|            | อาคารวิศวกรรมอค์ศิภัย                                 | 54.2-55                 | 3.4-4.1 | 58.8-59.3       | 5-5.3   |
|            | คณะเศรษฐศาสตร์ 1                                      | 51.5-55.2               | 2.4-5.7 | 54.3-60.5       | 2.5-8.5 |
|            | คณะเศรษฐศาสตร์ (อาคาร 6 ชั้น)                         | 42.8-56.2               | 1.4-8.7 | 47.7-58.7       | 4.5-6.4 |
|            | คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม                                | 44.6-53                 | 1.4-5.4 | 47.1-57.2       | 0.7-6.1 |

ตารางที่ 14 (ต่อ)

| ฝั่งถนน       | พื้นที่ทำการศึกษ              | ผลของระดับเสียง (dB(A)) |         |                 |         |
|---------------|-------------------------------|-------------------------|---------|-----------------|---------|
|               |                               | L <sub>eq</sub> 24hrs.  |         | L <sub>dn</sub> |         |
|               |                               | ค่าที่ได้               | diff    | ค่าที่ได้       | Diff    |
|               | วิทยบริการ                    | 49-57.3                 | 0.2-1.8 | 53.8-63.3       | 0.1-1.7 |
|               | อาคารวิทยพัฒนา                | 57.8-58.1               | 1.2-1.3 | 63.9-64.1       | 1.3-1.4 |
|               | อาคารลานจอดรถ 2               | 55.3-60.8               | 6-8     | 61.4-66.8       | 6.4-8   |
|               | อาคารลานจอดรถ 1               | 48.4-54.4               | 2.7-3.5 | 54.5-60         | 3.5-4.1 |
| วิภาวดีรังสิต | สำนักกลางกีฬา                 | 62.2-68.7               | 1.1     | 65.6-72.1       | 1       |
|               | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม           | 69.6                    | 4.2     | 73              | 4.1     |
|               | หอนิสิตหญิง (ชวนชม)           | 65.7-70.8               | 1.3     | 69.1-74.1       | 1.2-1.4 |
|               | หอนิสิตหญิง (ชงโค)            | 66.7-71.4               | 1-1.3   | 70.1-74.8       | 1-1.2   |
|               | กองยานพาหนะ                   | 67.8-72.8               | 0.1-1.2 | 71.1-76.2       | 0.1-1.2 |
|               | ศูนย์วิจัยนานาชาติไบโอคอนโทรล | 68.1-70                 | 3.8     | 71.9-73.8       | 1.1-2.8 |

จากตาราง 14 เป็นการคำนวณค่าระดับเสียงที่ได้จากโปรแกรมเมื่อมีการติดตั้งผนังกันเสียงบริเวณรอบของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าการติดตั้งผนังกันเสียงสามารถลดระดับความดังเสียงไปได้ 0.1-9.8 เดซิเบลเอ แต่ยังมีบางพื้นที่เมื่อมีการติดตั้งผนังกันเสียงทำให้ระดับความดังเสียงเกินมาตรฐานอยู่ได้แก่

อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา คณะสัตวแพทย์ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งชั้นที่ 4 เป็นต้นไปมีค่าระดับความดังเสียงที่เกินมาตรฐานคือ 70.7-76.3 เดซิเบลเอ

หอนิสิตหญิง อาคารชวนชม ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึง 5 มีค่าระดับเสียงที่เกินมาตรฐานคือ 70.6-70.8 เดซิเบลเอ

หอนิสิตหญิง อาคารชงโค ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึง 5 มีค่าระดับเสียงที่เกินมาตรฐานคือ 71.2-71.4 เดซิเบลเอ

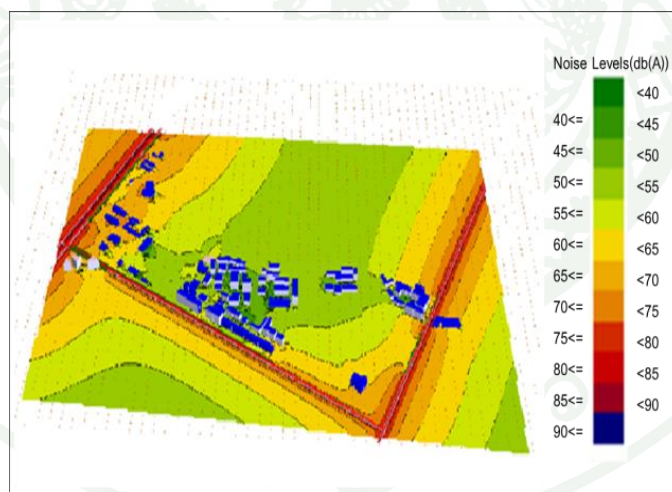
กองยานพาหนะ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าระดับเสียงที่เกินค่ามาตรฐานคือ 70.7-72.8 เดซิเบลเอ

ศูนย์วิจัยนานาชาติไบโอคอนโทรล ทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าระดับเสียงที่เกินค่ามาตรฐาน คือ 70.4 เดซิเบลเอ

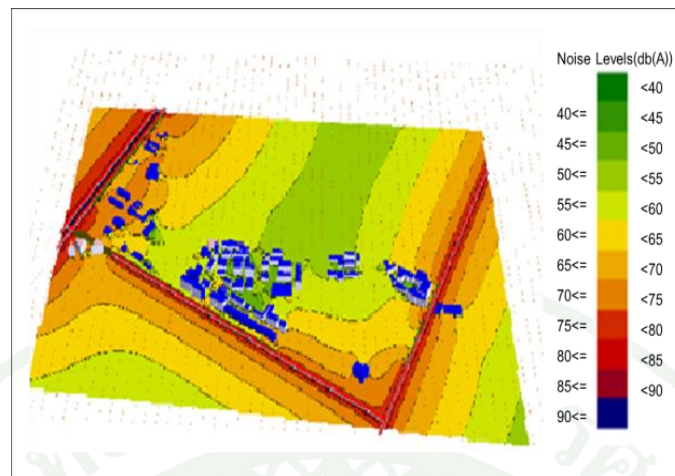
การจำลองการกระจายของเสียงรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แนวเขตรั้วติดกับถนนสายหลักหลังการติดตั้งผนังกันเสียง (Barrier) ตามอาคารที่อยู่ติดกับถนนเส้นหลัง โดยได้แบ่งการประเมินระดับความเสียงไว้ 2 ประเภท โดยมีผลการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การประเมินการประเมินระดับความดังเสียง  $L_{eq}$  (Equivalent continuous sound level) หลังติดตั้งผนังกันเสียงความสูง 2 เมตร พบว่าสามารถลดเสียงได้ 0.1-9.8 เดซิเบลเอ แต่ยังคงพบว่าบางพื้นที่ยังมีค่าที่เกินค่ามาตรฐานอยู่ ดังภาพที่ 57

2. การประเมินระดับความดังเสียง  $L_{dn}$  (Day-Night Average Sound Levels) หลังติดตั้งผนังกันเสียงความสูง 2 เมตร พบว่าสามารถลดเสียงได้ 0.1-5.5 เดซิเบลเอ แต่ยังคงพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ยังมีค่าที่เกินค่ามาตรฐานอยู่ ดังภาพที่ 58



ภาพที่ 57 เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map  $L_{eq}$  เฉลี่ย) หลังติดตั้งผนังกันเสียง (Barrier)



ภาพที่ 58 เส้นชั้นความดังของระดับเสียงในพื้นที่โดยรอบบริเวณถนน และอาคารในเขต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Grid noise map  $L_{dn}$ ) หลังติดตั้งผนังกันเสียง (Barrier)

จากการคำนวณระดับเสียงที่เกิดจากจราจร และรถไฟที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ระดับความดังเสียง ข้อมูลที่นำมาอ้างอิงหรือพยากรณ์ระดับเสียงดังจากรถไฟฟ้านั้น เป็นข้อมูลปัจจุบัน ซึ่งในความเป็นจริง เมื่อมีรถไฟฟ้าวางขึ้นมา แนวโน้มของปริมาณรถในอนาคตควรมีแนวโน้มที่ลดลง

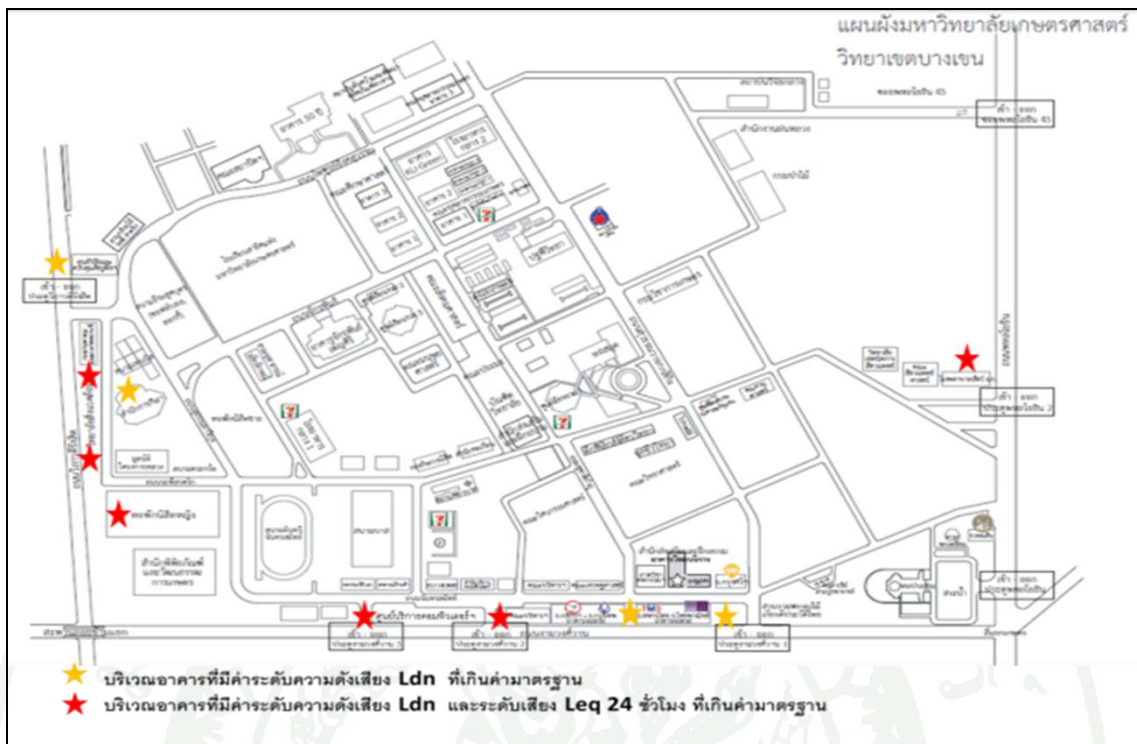


## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษาการประเมินผลกระทบทางเสียงต่อประชากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากการจราจร และโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการจัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง พบว่าเสียงที่เกิดจากการจราจร และโครงการสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว มีผลกระทบทางเสียงต่อประชากรที่อยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถสรุปผลได้ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. การจำลองการเกิดผลกระทบทางเสียงต่อประชากรในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการจำลองโดยโปรแกรมนี้ทำให้เกิดความสะดวกและมีความชัดเจนในด้านผลกระทบของเสียงที่เกิดขึ้น รวมทั้งทำให้เห็นภาพและเข้าใจง่ายถึงบริเวณที่มีผลกระทบของเสียงที่เกิดขึ้นจากแนวถนนสายต่างๆ ที่ผ่านมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้
2. การประเมินผลกระทบและระดับความรุนแรงที่เกิดจากมลพิษทางเสียงเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ค่าประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม พบว่าการประเมินผลกระทบด้านเสียงที่เกิดจากการจราจรบริเวณรอบ มก.  $L_{eq}$  24 ชั่วโมง 43.2-76.3 เดซิเบลเอ ร้อยละ 87 ที่ได้ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ 70 เดซิเบลเอ  $L_{dn}$  เท่ากับ 47.8-78 เดซิเบลเอ ร้อยละ 89 พบว่าเกินค่าข้อเสนอแนะของ US.EPA ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 55 เดซิเบลเอ



ภาพที่ 59 บริเวณอาคารที่มีค่าระดับความดังเสียง  $L_{dn}$  และ  $L_{eq}$  24 ชั่วโมงที่เกินค่ามาตรฐาน

3. เสียงรบกวนที่เกิดจากจราจร พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด จากถนนพหลโยธิน ก่อนมีโครงการมีค่าระดับความดังเสียง  $L_{eq}$  24 ชั่วโมง 65.76– 81.45 เดซิเบลเอ และ  $L_{max}$  71.5–94.1 เดซิเบลเอ ค่าระดับเสียงรบกวน -1.6-16.9 เดซิเบลเอ

4. เสียงรบกวนที่เกิดจากจราจร พื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อยู่ใกล้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวมากที่สุด จากถนนพหลโยธิน หลังมีโครงการมีค่าระดับความดังเสียงเพิ่มขึ้นในแต่ละพื้นที่ 1.9-4.0 เดซิเบลเอ

5. การประเมินระดับความดังเสียง  $L_{dn}$  และ  $L_{eq}$  หลังการจำลองการติดตั้งผนังกันเสียง พบว่ายังมีพื้นที่ที่มีระดับเสียงเกินค่ามาตรฐานอยู่ จึงควรพิจารณามาตรการป้องกันอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การปลูกต้นไม้ยืนต้นที่มีใบดกบริเวณริมรั้ว การออกแบบวัสดุผนังกันเสียงที่อาคาร การติดตั้งผนังกันเสียงที่รถไฟฟ้า จะช่วยลดระดับเสียงลงได้

### ข้อเสนอแนะ

1. การป้องกันมลพิษทางเสียงโดยการติดตั้งผนังกันเสียงไม่สามารถแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นให้หมดไปได้ ซึ่งในการป้องกันนั้น ต้องพิจารณาผลกระทบตั้งแต่การวางแผนโครงการใหม่ๆ เช่น โครงการตัดถนน โครงการทางยกระดับ รวมถึงการพิจารณาการติดตั้งผนังกันเสียงที่โครงการรถไฟฟ้า
2. พิจารณาจัดทำแบบสอบถามผลกระทบจากเสียงรบกวนเพิ่มเติม แก่னிสิตที่พักอยู่เขตหอพักนิสิต อาคารชวนชม ชงโค มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รวมถึง การตรวจวัดสมรรถภาพการได้ยิน แก่னிสิตที่พักอยู่ในอาคารดังกล่าว เป็นเวลาหลายปี เพื่อประเมินระดับความรุนแรงมลพิษทางเสียงจากการจราจร
3. ในด้านการพัฒนาโปรแกรม โปรแกรมซอฟต์แวร์ในการจัดการและประเมินวิเคราะห์ทางด้านเสียง (soundPLAN) ควรนำรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ระดับเสียงที่เกิดจากการจราจรอื่นๆ มาใส่เพิ่มเติมลงในโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณได้หลายรูปแบบมากยิ่งขึ้น เช่น รูปแบบสมการของการจราจรที่เหมาะสมกับประเทศไทย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2544. มลพิษทางเสียง.

พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ซิลค์คลับ จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2544. รวมกฎหมายออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา

คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535. (มปท.).

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. 2550. ปริมาณการใช้วัสดุกันเสียง. กรุงเทพฯ.

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. รายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ : กรกฎาคม 2551.

เกียรติกุล คำศิริพิทักษ์. 2544. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงจากการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กลุ่มงานสถิติ และข้อมูลกองนโยบาย และแผนงาน สำนักการจราจร และขนส่ง. 2555. สถิติจราจร ปี 2555. แหล่งที่มา: <http://203.155.220.150/ttd/websiteTTD/statbook/b2555.pdf>. 4 กันยายน 2556.

บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน), 2555. รายงานประจำปี 2555.

แหล่งที่มา: [http://www.becl.co.th/2006/th/IR\\_AnnualReport.asp](http://www.becl.co.th/2006/th/IR_AnnualReport.asp),

10 ตุลาคม 2556.

บุรฉัตร วิริย. 2551. การศึกษาและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงที่ผลิตจากของเสียอุตสาหกรรมที่มีสารพิษเป็นองค์ประกอบเพื่อลดระดับเสียงรบกวนจากการจราจร.

วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ประกอบ วิวิจิจินดา. 2540. การศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับเสียง จาก

การจราจรแบบต่อเนื่องบนถนนสายหลักขานเมือง กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประธาน อารีพล. 2536. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรการจัดการมลพิษทางเสียงและ  
ความสั่นสะเทือน. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, ปทุมธานี.

พรพิมล กองทิพย์. 2545. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม. โรงพิมพ์นำอักษรการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

มารุพงศ์ ต้นสัจจา. 2543. การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์และพยากรณ์เสียงที่  
เกิดจากการจราจร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. จำนวนนิสิตทั้งหมด ประจำปี 2556.

แหล่งที่มา: [http://www.ku.ac.th/kunews/news56/7/4\\_nisit56.pdf](http://www.ku.ac.th/kunews/news56/7/4_nisit56.pdf),  
14 ตุลาคม 2555.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2555. สรุปจำนวนบุคลากรทั้งหมด ปี 2555.

แหล่งที่มา: <http://www.person.ku.ac.th/newweb/stat.html>,  
14 ตุลาคม 2556.

รัฐพล อันเนื่อง. มลพิษทางเสียงในสิ่งแวดล้อม. 2554. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

วาสนา บัวเขียว. 2548. การศึกษาระดับเสียงบริเวณริมถนนเขตมหาวิทยาลัยนเรศวร.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศิริพรต ผลสินธุ์. 2534. ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม. ดี.ดี.บุคส์ไตร์, กรุงเทพฯ.

สุกร อนันต์โชติ. 2545. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเสียงจากการจราจรแบบต่อเนื่อง.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือ

การเฝ้าระวังการสูญเสียการได้ยิน : กุมภาพันธ์ 2547.

อนุชา เพียรชนะ. 2538. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียงและสั่นสะเทือนจาก

โครงการรถไฟฟ้า บี ที เอส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.



Abdullah, M.E., M.K. Shamsudin, N. Karim, I.A. Bahrudin and S.M.R. Shah. 2009.

**“A study on noise level produced by road traffic in putrajaya using sondplan road traffic noise software”** Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology June 20-22, 2009.

Harris, C.M. 1991. **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill, Inc., United States.

Harvey S. Knauer, Soren Pedersen, Cynthia s.y. Lee and Gregg G. Fleming. 2000.

**“FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook”** u.s. Department of Commerce National Technical Information Service Springfield, Virginia 22161.

Jaantinen, J. 2011. **Alternative Methods of Measuring Acoustic Absorption**.

Master's Thesis, School of Electrical Engineering, AALTO University, Finland.

Jea Hun Jeong. 2010. “An application of a noise maps for construction and road traffic noise in Korea” **International Journal of the Physical Sciences** Vol. 5(7), pp. 1063-1073.

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

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





ภาคผนวก ก

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานเสียงโดยทั่วไป



## ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ ๑๕ (พ.ศ. ๒๕๔๐)

### เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ (๕) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปไว้ดังต่อไปนี้

#### ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“ระดับเสียงโดยทั่วไป” หมายความว่า ระดับเสียงที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม

“ค่าระดับเสียงสูงสุด” หมายความว่า ค่าระดับเสียงสูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะใดขณะหนึ่งระหว่างการตรวจวัดระดับเสียง โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบลเอ หรือ dB (A)

“ค่าระดับเสียงเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง” หมายความว่า ค่าระดับเสียงคงที่ที่มีพลังงานเทียบเท่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งมีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงตามเวลาในช่วง ๒๔ ชั่วโมง (๒๔ hours A-weighted Equivalent Continuous Sound Level) ซึ่งเรียกโดยย่อว่า Leq ๒๔ hr โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบลเอ หรือ dB (A)

“มาตรฐานระดับเสียง” หมายความว่า เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC ๖๕๑ หรือ IEC ๘๐๔ ของคณะกรรมการมาตรฐานระหว่างประเทศว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า (International Electrotechnical Commission, IEC)

#### ข้อ ๒ ให้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ไว้ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าระดับเสียงสูงสุด ไม่เกิน ๑๑๕ เดซิเบลเอ

(๒) ค่าระดับเสียงเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง ไม่เกิน ๗๐ เดซิเบลเอ

ข้อ ๓ การตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจวัดค่าระดับเสียงสูงสุด ให้ใช้มาตรระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงในบริเวณที่มีคนอยู่หรืออาศัยอยู่

(๒) การตรวจวัดค่าระดับเสียงเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง ให้ใช้มาตรระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ๒๔ ชั่วโมงใดๆ

(๓) การตั้งไมโครโฟนของมาตรระดับเสียงที่บริเวณภายนอกอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า ๑.๒๐ เมตร โดยในรัศมี ๓.๕๐ เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่

(๔) การตั้งไมโครโฟนของมาตรระดับเสียงที่บริเวณภายในอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า ๑.๒๐ เมตร โดยในรัศมี ๑.๐๐ เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงสิ่งใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่และต้องห่างจากช่องหน้าต่างหรือช่องทางที่เปิดออกนอกอาคารอย่างน้อย ๑.๕๐ เมตร

ข้อ ๔ การคำนวณค่าระดับเสียงจะต้องเป็นไปตามวิธีการที่องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization, ISO) กำหนด ซึ่งกรมควบคุมมลพิษจะประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ประกาศ ณ วันที่ ๑๒ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๐

พลเอก ชวลิต ยงใจยุทธ

นายกรัฐมนตรี

ประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๑๔ ตอนที่ ๒๗ ง วันที่ ๓ เมษายน ๒๕๔๐)





ภาคผนวก ข

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน

เล่ม ๑๒๔ ตอนพิเศษ ๕๘ ง      หน้า ๒๓      ราชกิจจานุเบกษา      ๑๖ สิงหาคม ๒๕๕๐

## ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ ๒๕ (พ.ศ. ๒๕๕๐)

เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน

โดยที่เป็นการสมควร ปรับปรุงค่ามาตรฐานระดับเสียงรบกวน ให้เหมาะสมกับกฎเกณฑ์และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจสังคมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๔ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ และคำสั่งสำนักนายกรัฐมนตรี ที่ ๑๑/๒๕๕๐ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศกำหนดค่าระดับเสียงรบกวน ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๗ (พ.ศ. ๒๕๔๓) ลงวันที่ ๖ มิถุนายน ๒๕๔๓ เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน

ข้อ ๒ ให้กำหนดระดับเสียงรบกวนเท่ากับ ๑๐ เดซิเบลเอ

หากระดับการรบกวนที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าระดับเสียงรบกวนตามวรรคแรก ให้ถือว่าเป็นเสียงรบกวน

ข้อ ๓ วิธีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐาน ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน การตรวจวัด และคำนวณระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับการรบกวน และแบบบันทึกการตรวจวัดเสียงรบกวนให้เป็นไปตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ประกาศ ณ วันที่ ๒๕ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๐

โสมจิต ปิ่นเปี่ยมรัชฎ์

รองนายกรัฐมนตรี

ประธานกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ





ภาพผนวกที่ ค1 การวัดเสียงบริเวณบนสถานีรถไฟฟ้า อ่อนนุช



ภาพผนวกที่ ค2 การวัดเสียงบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า อ่อนนุช





ภาพผนวกที่ ค3 การวัดเสียงบริเวณป้ายรถเมล์ ประตูพลโยธิน หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค4 การวัดเสียงบริเวณด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





ภาพผนวกที่ ค5 การวัดเสียงบริเวณริมรั้วอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค6 การวัดเสียงบริเวณด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



กรณี 2 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดเพียง 1 ช่วง  
กรณี 3 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดมากกว่า 1 ช่วง

คำนวณระดับเสียงเฉลี่ยของแหล่งกำเนิด

| ค่าที่  | ระยะเวลาที่ตรวจวัด (Ti) | ระดับเสียง (Leq, Ti) | Ti * 10 <sup>0.1(Leq, Ti)</sup> |
|---------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1       | 60                      | 81.5                 | 8,475,225,267.74                |
| 2       |                         |                      | -                               |
| 3       |                         |                      | -                               |
| 4       |                         |                      | -                               |
| 5       |                         |                      | -                               |
| 6       |                         |                      | -                               |
| รวม (Σ) | 60                      |                      | 8,475,225,267.74                |

หน่วย นาฬิกา

$$L_{eq, Tm} = 10 \log_{10} \left\{ \left( \frac{1}{T_m} \right) \sum T_i 10^{0.1 L_{eq, T_i}} \right\}$$

$$= 10 \log_{10} \{ (1/.....) * ..... \}$$

$$= 81.5$$

ตัดเสียงสิ่งแวดล้อม

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| (1) ระดับเสียงของแหล่งกำเนิด (Leq)        | 81.5 |
| (2) ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน (Leq)      | 63.1 |
| (1) - (2) ผลต่างค่าระดับเสียง             | 18.4 |
| (3) ตัวปรับค่า                            | 0    |
| (1) - (3) ระดับเสียงแหล่งกำเนิดที่ปรับค่า | 81.5 |

คำนวณระดับเสียงในเวลา 1 ชั่วโมง (60 นาที)

$$L_{eq, Tr} = L_{eq, Tm} + 10 \log_{10} \left( \frac{T_m}{T_r} \right)$$

$$= ..... + 10 \log_{10} (..... / 60) = 81.5$$

กรณี Leq, Tm = 81.5  
ระยะเวลาอ้างอิง Tr = 60 นาที

|                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------|------|
| ใส่ " 5 " ถ้า มีเสียงกระแสไหลมดัง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน >> | 0    |
| ใส่ " 0 " ถ้า ไม่มีเสียงกระแสไหลมดัง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน |      |
| (4) + (5) = ระดับเสียงขณะมีการรบกวน                            | 81.5 |
| ระดับเสียงพื้นฐา (L90)                                         | 64.7 |
| ค่าระดับการรบกวน                                               | 16.9 |

ภาพผนวกที่ ง1 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณป้ายรถเมล์ ประตูพลโยธิน  
หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณี 2 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดเพียง ๗ ช่วง  
กรณี 3 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดมากกว่า ๗ ช่วง

คำนวณระดับเสียงเฉลี่ยของแหล่งกำเนิด

| ค่าที่  | ระยะเวลาที่ตรวจวัด(Ti) | ระดับเสียง(Leq, Ti) | Ti * 10 <sup>0.1(Leq, Ti)</sup> |
|---------|------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1       | 60                     | 75.6                | 2,173,457,990.50                |
| 2       |                        |                     | -                               |
| 3       |                        |                     | -                               |
| 4       |                        |                     | -                               |
| 5       |                        |                     | -                               |
| 6       |                        |                     | -                               |
| รวม (Σ) | 60                     |                     | 2,173,457,990.50                |

หน่วย นาที

$$Leq, Tm = 10 \log_{10} \left\{ \left( \frac{1}{Tm} \right) \sum Ti 10^{0.1 Leq, Ti} \right\}$$

$$= 10 \log \{ (1/.....) * ..... \}$$

$$= 75.6$$

**ได้ระดับเสียงสิ่งแวดล้อม**

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| ( 1 ) ระดับเสียงของแหล่งกำเนิด(Leq)       | 75.6 |
| ( 2 ) ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน(Leq)     | 62.8 |
| ( 1 ) - ( 2 ) ผลต่างค่าระดับเสียง         | 12.8 |
| ( 3 ) ตัวปรับค่า                          | 0    |
| (1) - (3) ระดับเสียงแหล่งกำเนิดที่ปรับค่า | 75.6 |

คำนวณระดับเสียงในเวลา 1 ชั่วโมง (60 นาที)

$$Leq, Tr = Leq, Tm + 10 \log_{10} \left( \frac{Tm}{Tr} \right)$$

กรณี Leq, Tm = 75.6  
ระยะเวลาอ้างอิง Tr = 60 นาที

$$= ..... + 10 \log (..... / 60 ) = 75.6$$

|                                                                 |             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| ใส่ " 5 " ถ้า มีเสียงกระแสไหลวนดัง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน >  | 0           |
| ใส่ " 0 " ถ้า ไม่มีเสียงกระแสไหลวนดัง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน |             |
| ( 4 ) + ( 5 ) = ระดับเสียงขณะมีการรบกวน                         | 75.6        |
| ระดับเสียงพื้นฐา (L90)                                          | 64.4        |
| <b>ค่าระดับการรบกวน</b>                                         | <b>11.2</b> |

ภาพผนวกที่ ๒ การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณริมรั้วโรงอาหาร คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณี 2 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดขึ้นเพียง 1 ช่วง  
กรณี 3 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดมากกว่า 1 ช่วง

**คำนวณระดับเสียงเฉลี่ยของแหล่งกำเนิด**

| ค่าที่  | ระยะเวลาที่ตรวจวัด (Ti) | ระดับเสียง (Leq, Ti) | Ti * 10 <sup>0.1(Leq, Ti)</sup> |
|---------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1       | 60                      | 73.8                 | 1,429,391,681.62                |
| 2       |                         |                      | -                               |
| 3       |                         |                      | -                               |
| 4       |                         |                      | -                               |
| 5       |                         |                      | -                               |
| 6       |                         |                      | -                               |
| รวม (Σ) | 60                      |                      | 1,429,391,681.62                |

**หน่วย นาที**

$$L_{eq, Tm} = 10 \log_{10} \left\{ \left( \frac{1}{T_m} \right) \sum T_i 10^{0.1 L_{eq, T_i}} \right\}$$

$$= 10 \log \{ (1 / \dots) * \dots \}$$

$$= 73.8$$

**ตัดเสียงสิ่งแวดล้อม**

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| ( 1 ) ระดับเสียงของแหล่งกำเนิด (Leq)      | 73.8 |
| ( 2 ) ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน (Leq)    | 62.8 |
| ( 1 ) - ( 2 ) ผลต่างค่าระดับเสียง         | 11.0 |
| ( 3 ) ตัวปรับค่า                          | 0.5  |
| (1) - (3) ระดับเสียงแหล่งกำเนิดที่ปรับค่า | 73.3 |

**คำนวณระดับเสียงในเวลา 1 ชั่วโมง (60 นาที)**

$$L_{eq, Tr} = L_{eq, Tm} + 10 \log_{10} \left( \frac{T_m}{T_r} \right)$$

$$= \dots + 10 \log (\dots / 60 ) = 73.3$$

กรณี Leq, Tm = 73.3  
ระยะเวลาอ้างอิง Tr = 60 นาที

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| ใส่ " 5 " ถ้ามีเสียงกระแสไหลมดิ่ง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน >> | 0          |
| ใส่ " 0 " ถ้าไม่มีเสียงกระแสไหลมดิ่ง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน |            |
| ( 4 ) + ( 5 ) = ระดับเสียงขณะมีการรบกวน                        | 73.3       |
| ระดับเสียงพื้นฐา (L90)                                         | 64.4       |
| <b>ค่าระดับการรบกวน</b>                                        | <b>8.9</b> |

ภาพผนวกที่ 3 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณด้านหน้าอาคารเฉลิมพระเกียรติ  
คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



กรณี 2 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดเพียง 1 ช่วง  
กรณี 3 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดมากกว่า 1 ช่วง

**คำนวณระดับเสียงเฉลี่ยของแหล่งกำเนิด**

| ค่าที่  | ระยะเวลาที่ตรวจวัด(Ti) | ระดับเสียง(Leq, Ti) | Ti * 10 <sup>0.1(Leq, Ti)</sup> |
|---------|------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1       | 60                     | 68.1                | 390,077,814.21                  |
| 2       |                        |                     | -                               |
| 3       |                        |                     | -                               |
| 4       |                        |                     | -                               |
| 5       |                        |                     | -                               |
| 6       |                        |                     | -                               |
| รวม (Σ) | 60                     |                     | 390,077,814.21                  |

**หน่วย นาที**

$$Leq, Tm = 10 \log_{10} \left\{ \left( \frac{1}{Tm} \right) \sum Ti 10^{0.1 Leq, Ti} \right\}$$

$$= 10 \log_{10} \{ (1/.....) * ..... \}$$

$$= 68.1$$

**ตัดเสียงสิ่งแวดล้อม**

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| ( 1 ) ระดับเสียงของแหล่งกำเนิด(Leq)       | 68.1 |
| ( 2 ) ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน(Leq)     | 62.8 |
| ( 1 ) - ( 2 ) ผลต่างค่าระดับเสียง         | 5.3  |
| ( 3 ) ตัวปรับค่า                          | 1.5  |
| (1) - (3) ระดับเสียงแหล่งกำเนิดที่ปรับค่า | 66.6 |

**คำนวณระดับเสียงในเวลา 1 ชั่วโมง (60 นาที)**

$$Leq, Tr = Leq, Tm + 10 \log_{10} \left( \frac{Tm}{Tr} \right)$$

$$= ..... + 10 \log_{10} (..... / 60 ) = 66.6$$

กรณี Leq, Tm = 66.6  
ระยะเวลาอ้างอิง Tr = 60 นาที

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| ใส่ " 5 " ถ้า มีเสียงกระแสไหลมดัง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน >  | 0          |
| ใส่ " 0 " ถ้า ไม่มีเสียงกระแสไหลมดัง เสียงที่มีความสั่นสะเทือน |            |
| ( 4 ) + ( 5 ) = ระดับเสียงขณะมีการรบกวน                        | 66.6       |
| ระดับเสียงพื้นฐา (L90)                                         | 64.4       |
| <b>ค่าระดับการรบกวน</b>                                        | <b>2.3</b> |

ภาพผนวกที่ 4 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน บริเวณด้านข้างอาคารเฉลิมพระเกียรติ  
ฝั่งทิศตะวันตก คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณี 2 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดเพียง 1 ช่วง  
กรณี 3 : ใน 1 ชม. มีเสียงเกิดมากกว่า 1 ช่วง

**คำนวณระดับเสียงเฉลี่ยของแหล่งกำเนิด**

| ลำดับ   | ระยะเวลาที่ตรวจวัด (Ti) | ระดับเสียง (Leq, Ti) | Ti * 10 <sup>0.1(Leq, Ti)</sup> |
|---------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1       | 60                      | 65.8                 | 226,022,279.39                  |
| 2       |                         |                      | -                               |
| 3       |                         |                      | -                               |
| 4       |                         |                      | -                               |
| 5       |                         |                      | -                               |
| 6       |                         |                      | -                               |
| รวม (Σ) | 60                      |                      | 226,022,279.39                  |

**หน่วย นาฬิกา**

$$L_{eq, Tm} = 10 \log_{10} \left\{ \left( \frac{1}{T_m} \right) \sum T_i 10^{0.1 L_{eq, T_i}} \right\}$$

$$= 10 \log_{10} \{ (1/.....) * ..... \}$$

$$= 65.8$$

**ตัดเสียงสิ่งแวดล้อม**

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| (1) ระดับเสียงของแหล่งกำเนิด (Leq)        | 65.8 |
| (2) ระดับเสียงของสิ่งแวดล้อม (Leq)        | 62.8 |
| (1) - (2) ผลต่างค่าระดับเสียง             | 3.0  |
| (3) ตัวปรับค่า                            | 3    |
| (1) - (3) ระดับเสียงแหล่งกำเนิดที่ปรับค่า | 62.8 |

**คำนวณระดับเสียงในเวลา 1 ชั่วโมง (60 นาที)**

$$L_{eq, Tr} = L_{eq, Tm} + 10 \log_{10} \left( \frac{T_m}{T_r} \right)$$

$$= ..... + 10 \log_{10} (..... / 60) = 62.8$$

กรณี Leq, Tm = 62.8  
ระยะเวลาอ้างอิง Tr = 60 นาที

|                                                               |             |
|---------------------------------------------------------------|-------------|
| ใส่ " 5 " ถ้ามีเสียงกระแส/แหลมดัง เสียงที่มีความสั้นสะท้อน => | 0           |
| ใส่ " 0 " ถ้าไม่มีเสียงกระแส/แหลมดัง เสียงที่มีความสั้นสะท้อน |             |
| (4) + (5) = ระดับเสียงของสิ่งแวดล้อม                          | 62.8        |
| ระดับเสียงพื้นฐาน (L90)                                       | 64.4        |
| <b>ค่าระดับการรบกวน</b>                                       | <b>-1.6</b> |

ภาพผนวกที่ 5 การคำนวณค่าระดับเสียงรบกวน ด้านในตึกอาคารเฉลิมพระเกียรติ  
คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวน้ำฝน ยอดดี  
 เกิดวันที่ 7 กันยายน 2528  
 สถานที่เกิด อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี  
 ประวัติการศึกษา วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล  
 ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าแผนกความปลอดภัย  
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)  
 ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -  
 ทุนการศึกษาที่ได้รับ -