



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมิน และการออกแบบสภาพแวดล้อมในห้องเรียน กรณีศึกษา:  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

Evaluation and Design of Environmental Conditions in Classroom. A Case Study of  
Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkhen Campus

นามผู้วิจัย นางสาวรุจิพรรณ โกศลกาญจน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์คันสนีย์ สุภาภา, M.S. )

ประธานสาขาวิชา

( รองศาสตราจารย์พิรุทธิ์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมิน และการออกแบบสภาพแวดล้อมในห้องเรียน กรณีศึกษา: คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

Evaluation and Design of Environmental Conditions in Classroom. A Case Study of Faculty of  
Engineering, Kasetsart University, Bangkhen Campus

โดย

นางสาวรุจิพรรณ โกศลกาญจน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2553

รุจิพรรณ โกศลกาญจน์ 2553: การประเมิน และการออกแบบสภาพแวดล้อม  
ในห้องเรียน กรณีศึกษา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต  
บางเขน ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)  
สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์คันสนีย์ สุภาภา, M.S. 209 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อประเมิน และปรับปรุงสภาพแวดล้อมของห้องเรียน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ตามมาตรฐานวิศวกรรมสถาน  
แห่งประเทศไทย โดยแบ่งห้องเรียนเป็น 3 แบบ คือ ห้องเรียนขนาดเล็ก, ห้องเรียนขนาดกลาง และ  
ห้องเรียนขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถจุจำนวนนิสิตได้ 20-40 คน, 60-80 คน และ 80-120 คน ตามลำดับ  
สภาพแวดล้อมในห้องเรียนประกอบด้วย 4 ปัจจัย คือ ระบบแสงสว่างซึ่งพิจารณาเรื่องของแสงสะท้อน  
จากภายนอก และแสงสว่างในห้องเรียน ระบบเสียง พิจารณาเรื่องระดับเสียง, เสียงรบกวนจาก  
ภายนอก และเสียงสะท้อนจากระบบเครื่องเสียง, คุณภาพอากาศ พิจารณาเรื่องอุณหภูมิภายในห้อง  
รวมถึงกลิ่นอับ และปัจจัยเรื่องขนาดพื้นที่ของเก้าอี้เรียน และการจัดเรียงเก้าอี้ จากผลการประเมิน  
ระดับความพึงพอใจของนิสิตที่ใช้ห้องเรียนพบว่า 4 ปัจจัยหลักมีผลต่อการเรียนรู้ของนิสิต ทั้ง 3  
ห้องเรียน เท่ากับ 70%, 89%, 67%, 69%, 80%, 65%, 84% และ 91% สำหรับห้องเรียนขนาดเล็ก  
60%, 80%, 73%, 76%, 84%, 51%, 80% และ 88% สำหรับห้องเรียนขนาดกลาง และ 64%, 85%,  
73%, 90%, 88%, 67%, 73% และ 82% สำหรับห้องเรียนขนาดใหญ่ตามลำดับ

สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนถูกทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ เพื่อประเมินคุณภาพ  
สิ่งแวดล้อมภายใน การออกแบบห้องเรียนใช้คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ จำลองระบบแสงสว่างจาก  
หลอดไฟภายในห้องเรียน การทำความสะอาดหลอดไฟทำให้ค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นและเป็นไป  
ตามมาตรฐาน ฝ้าม่านแนะนำสำหรับป้องกันแสงสะท้อนจากภายนอก และพัดลมระบายอากาศ  
ถูกติดตั้งเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐาน และเก้าอี้เรียนแนะนำให้มีพื้นที่  
อย่างน้อย 1.3 ตารางเมตรต่อคน โดยจะถูกรออกแบบสำหรับห้องเรียนแบบใหม่

Rujipun Gosongarn 2010: Evaluation and Design of Environmental Conditions in Classroom. A Case Study of Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkhen Campus. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Sansanee Supapa, M.S. 209 pages.

The objective of this research was to improve the environment of the classroom in the Faculty of Engineering, Kasetsart university, bang khen Campus based on the Engineering Institute of Thailand standards. The classrooms were classified into 3 types, small, medium and large size at the capacity of 20 – 40 , 60 – 80 and 80 – 120 persons respectively. The environmental conditions in the four factors were investigated as following : illuminant which is the reflection of light from outdoor , sound condition which related to the echo from the acoustic system , the quality of air condition and the smell. From the result of the questionnaire which were evaluated by the student who used those classroom , it was found that the four factors affected to the learning condition for three size classroom are 70%, 89%, 67% ,69% ,80%,65%, 84% and 91% for small size , 60%, 80%, 73%, 76%, 84%, 51%, 80% and 88%for medium size and 64%,85%, 73% , 90%, 88%, 67%, 73% and 82% for large size respectively

The environmental conditions of the classrooms were measured. The computer software was used to simulate the light scenarios and the light fixture in the classroom. The light fixture were cleaned and the illuminant was increased to comply with the standard. For the reflection of light problem, the appropriate curtain was recommend. The layout of classrooms were design at available area of at least  $1.3 \text{ m}^2$  per person accord to standard.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์คันสนีย์ สุภาภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาและสนับสนุนชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขในข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารสถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการศึกษาหาข้อมูล และ เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิศวกรรมงานระบบ บริษัทเดอะมอลล์ กรุ๊ป ที่อนุเคราะห์ด้านข้อมูล จนทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนผู้วิจัยมาตั้งแต่ปฐมวัย

รุจิพรรณ โกศลกาญจน์

เมษายน 2553

## สารบัญ

### หน้า

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| สารบัญ                                                               | (1)  |
| สารบัญตาราง                                                          | (3)  |
| สารบัญภาพ                                                            | (7)  |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ                                            | (10) |
| คำนำ                                                                 | 1    |
| วัตถุประสงค์                                                         | 2    |
| การตรวจเอกสาร                                                        | 4    |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                                    | 53   |
| อุปกรณ์                                                              | 53   |
| วิธีการ                                                              | 54   |
| ผลและวิจารณ์                                                         | 59   |
| ผล                                                                   | 59   |
| วิจารณ์                                                              | 120  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                                    | 128  |
| สรุป                                                                 | 128  |
| ข้อเสนอแนะ                                                           | 137  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                 | 138  |
| ภาคผนวก                                                              | 142  |
| ภาคผนวก ก แสดงภาพถ่ายในการตรวจวัด                                    | 143  |
| ภาคผนวก ข โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง<br>(DIALUX Version 4.5) | 147  |
| ภาคผนวก ค แผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนตัวอย่าง          | 156  |
| ภาคผนวก ง แบบแปลนสภาพห้องเรียนในปัจจุบัน                             | 162  |
| ภาคผนวก จ แบบแปลนสภาพห้องเรียนที่ทำการปรับปรุง                       | 166  |
| ภาคผนวก ฉ คุณลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้องเรียนตัวอย่าง            | 170  |
| ภาคผนวก ช ตารางสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง                            | 177  |

## สารบัญ (ต่อ)

### หน้า

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาคผนวก ซ แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อ<br>สภาพแวดล้อมในห้องเรียน | 181 |
| ภาคผนวก ฉ มาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง                                         | 184 |
| ภาคผนวก จ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงห้องเรียน                                      | 202 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน                                                     | 209 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                                                           | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | ค่าพื้นที่สำหรับห้องเรียน โดยกำหนดตามลักษณะของห้อง                                                                        | 24   |
| 2        | มาตรฐานทางด้านวิชาการขององค์การอนามัยโลก                                                                                  | 46   |
| 3        | แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย                                      | 47   |
| 4        | การระบายอากาศในกรณีที่มีการปรับภาวะอากาศ                                                                                  | 49   |
| 5        | แสดงจำนวนนิสิตที่ตอบแบบสอบถาม และค่าความผิดพลาดในการใช้แบบสอบถาม                                                          | 56   |
| 6        | ความพึงพอใจด้านคุณภาพอากาศเกี่ยวกับอุณหภูมิภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                 | 59   |
| 7        | ความพึงพอใจด้านคุณภาพอากาศเกี่ยวกับกลิ่นอับภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                 | 61   |
| 8        | ความพึงพอใจด้านแสงสว่างเกี่ยวกับแสงสว่างจากหลอดไฟภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์           | 62   |
| 9        | ความพึงพอใจด้านแสงสว่างเกี่ยวกับความแสงสว่างของโปรเจ็คเตอร์ภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | 63   |
| 10       | ความพึงพอใจด้านแสงสว่างเกี่ยวกับแสงรบกวนจากภายนอกห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                | 64   |
| 11       | ความพึงพอใจระดับเสียงของผู้สอนภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                              | 66   |
| 12       | ความพึงพอใจด้านเสียงเกี่ยวกับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                    | 67   |
| 13       | ความพึงพอใจด้านเสียงเกี่ยวกับเสียงรบกวนจากภายนอกห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                 | 69   |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                                                | หน้า |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 14       | ความพึงพอใจด้านการนั่งเกี่ยวกับประเภทของเก้าอี้และความปวดเมื่อยจากการนั่งเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | 70   |
| 15       | สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็กของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                | 72   |
| 16       | สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลาง ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์               | 74   |
| 17       | สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์               | 77   |
| 18       | สรุปผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้องหมายเลข 8605) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์               | 78   |
| 19       | สรุปผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้องหมายเลข 0404) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                  | 82   |
| 20       | ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้องหมายเลข 0803) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                   | 86   |
| 21       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605) ขนาดห้อง 6.7×9×3 เมตร                            | 90   |
| 22       | คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)                                                                   | 91   |
| 23       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404) ขนาดห้อง 8.9×12.6×2.7 เมตร                       | 92   |
| 24       | คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404)                                                                   | 93   |
| 25       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803) ขนาดห้อง 21.28×13×2.7 เมตร                       | 94   |
| 26       | คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803)                                                                   | 95   |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                                                             | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 27       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดเล็ก<br>(หมายเลขห้อง 8605)ปรับปรุงโดยลดจำนวนที่นั่ง ขนาดห้อง<br>6.7×9×3 เมตร          | 106  |
| 28       | คำนวณค่าการดูดซับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียนห้องเรียนขนาดเล็ก<br>(หมายเลขห้อง 8605) ปรับปรุงโดยลดจำนวนที่นั่ง                                 | 107  |
| 29       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดเล็ก<br>(หมายเลขห้อง 8605) ปรับปรุงโดยไม่ลดจำนวนที่นั่ง ขนาดห้อง<br>6.7×9×3 เมตร      | 108  |
| 30       | คำนวณค่าการดูดซับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียนห้องเรียน<br>ขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605) ปรับปรุงโดยลดจำนวนที่นั่ง                                | 109  |
| 31       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง<br>(หมายเลขห้อง 0404) ปรับปรุงโดยลดจำนวนที่นั่ง ขนาดห้อง<br>8.9×12.6×2.7 เมตร    | 113  |
| 32       | คำนวณค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง<br>0404) ปรับปรุงโดยลดจำนวนที่นั่ง ขนาดห้อง 8.9×12.6×2.7 เมตร                       | 113  |
| 33       | วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง<br>(หมายเลขห้อง 0404) ปรับปรุงโดยไม่ลดจำนวนที่นั่ง ขนาดห้อง<br>8.9×12.6×2.7 เมตร | 115  |
| 34       | คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)<br>ปรับปรุงโดยไม่ลดจำนวนที่นั่งขนาดห้อง 8.9×12.6×2.7 เมตร                             | 115  |
| 35       | สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน<br>น้อยที่สุด                                                                          | 128  |
| 36       | สรุปผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน                                                                                                   | 130  |
| 37       | สรุปผลการคำนวณหาระดับเสียงสะท้อนและอัตราการระบายอากาศ                                                                                       | 131  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่                                                                                     | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ฅ1      แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรม<br>ของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย | 197  |
| ฅ2      การระบายอากาศในกรณีที่มีการปรับอากาศ                                                     | 199  |
| ญ1      แสดงราคาการปรับปรุงระบบแสงสว่างห้องเรียนขนาดเล็ก 8605                                    | 203  |
| ญ2      แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดเล็ก 8605<br>ลดจำนวนที่นั่ง               | 204  |
| ญ3      แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดเล็ก 8605<br>ไม่ลดจำนวนที่นั่ง            | 205  |
| ญ4      แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดกลาง 0404<br>ลดจำนวนที่นั่ง               | 206  |
| ญ5      แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดกลาง 0404<br>ไม่ลดจำนวนที่นั่ง            | 207  |
| ญ6      รับปรุงระบบระบายอากาศห้องเรียนขนาดใหญ่ 0803                                              | 208  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                    | หน้า |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                                                                             | 6    |
| 2      | แสดงแผนผังมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน                                                                    | 7    |
| 3      | แผนผังของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต<br>บางเขน                                               | 11   |
| 4      | แสดงแผนผังอาคารเรียนและบริหาร (อาคาร 1) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<br>วิทยาเขต บางเขน                                  | 12   |
| 5      | แสดงแผนผังอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ (อาคาร 3)<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน                           | 12   |
| 6      | แสดงแผนผังอาคารปฏิบัติการและวิจัย (อาคาร 8)<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน                              | 13   |
| 7      | แสดงแผนผังอาคาร อาคารชูชาติกำภู (อาคาร 14) มหาวิทยาลัย<br>เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน                               | 13   |
| 8      | สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์<br>(อาคาร 3) ห้อง 3201 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน | 14   |
| 9      | สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนอาคารชูชาติกำภู (อาคาร 14)<br>ห้อง 0803มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน             | 14   |
| 10     | การติดตั้งลำโพงระบบ Distributed Loudspeaker System                                                                 | 19   |
| 11     | มุมมองในแนวราบจากผู้ฟังมายังจอฉาย                                                                                  | 26   |
| 12     | มุมมองในแนวดิ่งจากผู้ฟังไปยังจอฉาย                                                                                 | 27   |
| 13     | การจัดแถวที่นั่งตามแนวนอน                                                                                          | 28   |
| 14     | การจัดแถวที่นั่งแบบวงกลม หรือครึ่งวงกลม                                                                            | 28   |
| 15     | แสดงการจัดแถวที่นั่งแบบกลุ่ม 4 คน                                                                                  | 29   |
| 16     | การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟมีระยะห่างระหว่างหลอดเท่ากัน<br>และมีจำนวนแถวมากกว่า 2 แถว                                   | 33   |
| 17     | การตรวจวัดแสงแบบไฟดวงเดียวกลางห้อง                                                                                 | 35   |
| 18     | การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดตั้งแถวเดียวกลางห้อง                                                                      | 36   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่            |                                                                                                                                     | หน้า |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 19                | การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องมากกว่าหรือเท่ากับ 2 แถว                                                                   | 37   |
| 20                | การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องแถวเดียว                                                                                   | 38   |
| 21                | การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดกระจายบนเพดาน                                                                                              | 39   |
| 22                | เครื่องมือวัดเสียง                                                                                                                  | 43   |
| 23                | เครื่องมือวิเคราะห์ และเครื่องมือปรับความถูกต้อง                                                                                    | 43   |
| 24                | อุปกรณ์กำบัง ของเครื่องมือตรวจวัดเสียง                                                                                              | 44   |
| 25                | ขาตั้ง ของเครื่องมือตรวจวัดเสียง                                                                                                    | 44   |
| 26                | เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ, ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ                                                                    | 45   |
| 27                | แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ก่อนทำการปรับปรุง (สภาพปัจจุบัน) | 105  |
| 28                | แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) หลังทำการปรับปรุง                | 105  |
| 29                | แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)                                  | 112  |
| 30                | แสดงแบบแปลนภายในห้องเรียนหมายเลข 0803 (ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมจำนวน 1 ตัว                                                   | 118  |
| 31                | แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)                                  | 119  |
| <br>              |                                                                                                                                     |      |
| <b>ภาพผนวกที่</b> |                                                                                                                                     |      |
| ก1                | แสดงการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศภายในห้องตัวอย่าง                                                                                  | 144  |
| ก2                | แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่าง                                                                                             | 144  |
| ก3                | แสดงการตรวจวัดระดับความเข้มของแสงสว่างภายในห้องตัวอย่าง                                                                             | 145  |
| ก4                | แสดงการตรวจวัดระดับเสียงภายในห้องตัวอย่าง                                                                                           | 145  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่                                                                                          | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ก5      แสดงการตรวจวัดเสียงรบกวนภายในห้องตัวอย่าง                                                   | 146  |
| ข1      แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง<br>(DIALUX Version 4.5) ห้อง 8605 (ปัจจุบัน) | 148  |
| ข2      แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง<br>(DIALUX Version 4.5) ห้อง 8605 (ปรับปรุง) | 150  |
| ข3      แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง<br>(DIALUX Version 4.5) ห้อง 0404            | 152  |
| ข4      แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง<br>(DIALUX Version 4.5) ห้อง 0803            | 154  |
| ค1      ภาพแสดงแผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนหมายเลข 8605                                     | 157  |
| ค2      ภาพแสดงแผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนหมายเลข 0404                                     | 158  |
| ค3      ภาพแสดงแผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนหมายเลข 0803                                     | 159  |
| ค4      ภาพแสดงจุดตรวจวัดความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศภายในห้องเรียน                                 | 161  |
| ง1      ภาพแสดงแผนผังปัจจุบัน ภายในห้องเรียน 8605                                                   | 163  |
| ง2      ภาพแสดงแผนผังปัจจุบัน ภายในห้องเรียน 0404                                                   | 164  |
| ง3      ภาพแสดงแผนผังปัจจุบัน ภายในห้องเรียน 0803                                                   | 165  |
| จ1      ภาพแสดงแผนผังปรับปรุง ภายในห้องเรียน 8605                                                   | 167  |
| จ2      ภาพแสดงแผนผังปรับปรุง ภายในห้องเรียน 0404                                                   | 168  |
| จ3      ภาพแสดงแผนผังปรับปรุง ภายในห้องเรียน 0803                                                   | 169  |
| ฉ1      ภาพแสดงพัดลมระบายอากาศ โดยบริษัท PANASONIC                                                  | 171  |
| ฉ2      ภาพแสดงคุณลักษณะของโปรเจ็กเตอร์ (Projector)                                                 | 174  |
| ช2      ตารางแสดงค่า Reverberation Time ที่เหมาะสม สำหรับกิจกรรมต่างๆ                               | 180  |
| ชข1      ภาพแสดงแบบสอบถามที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของนิสิต                                      | 182  |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

### คำอธิบายสัญลักษณ์

|                     |   |                                                                                               |
|---------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lux                 | = | หน่วยของค่าความสว่าง                                                                          |
| —                   | = |                                                                                               |
| Em                  | = | ระดับความส่องสว่าง(lux)                                                                       |
| UGR <sub>L</sub>    | = | ค่าระดับความไม่สบายตาจากแสงสว่าง                                                              |
| R <sub>a(min)</sub> | = | ดัชนีความถูกต้องของสี                                                                         |
| U0                  | = | ค่าความซึมผ่าน (permeability) ของสุญญากาศและค่าความซึมผ่านสัมพัทธ์ สำหรับ ตัวนำไฟฟ้าที่ยังยวด |
| Eav                 | = | ปริมาณแสงสว่างเฉลี่ย                                                                          |
| Emin                | = | ปริมาณแสงสว่างต่ำสุด                                                                          |
| E <sub>max</sub>    | = | ปริมาณแสงสว่างสูงสุด                                                                          |
| ρ%                  | = | เปอร์เซ็นต์ในการดูดซับของวัสดุ                                                                |
| L                   | = | ความยาวของห้อง                                                                                |
| W                   | = | ความกว้างของห้อง                                                                              |
| H                   | = | ความสูงของห้อง                                                                                |
| r                   | = | ส่วนในของห้อง                                                                                 |
| q                   | = | ส่วนกึ่งกลางห้อง                                                                              |
| t                   | = | กึ่งกลางขอบหัว-ท้ายห้อง                                                                       |
| p                   | = | มุมห้อง                                                                                       |
| N                   | = | จำนวนหลอดไฟต่อแถว                                                                             |
| M                   | = | จำนวนแถว                                                                                      |
| lm                  | = | lumen คือ หน่วยวัดความสว่างของหลอดไฟ                                                          |
| T                   | = | ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสเสียงนั้น (ชั่วโมง)                                                 |
| dB(A)               | = | หน่วยวัดระดับความดังเสียง                                                                     |
| NC                  | = | พื้นฐานของเสียง (dB(A))                                                                       |
| RT                  | = | Reverberation Time คือค่าการสะท้อนกลับของเสียงที่เหลืออยู่เมื่อต้นเสียงหยุด(วินาที)           |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

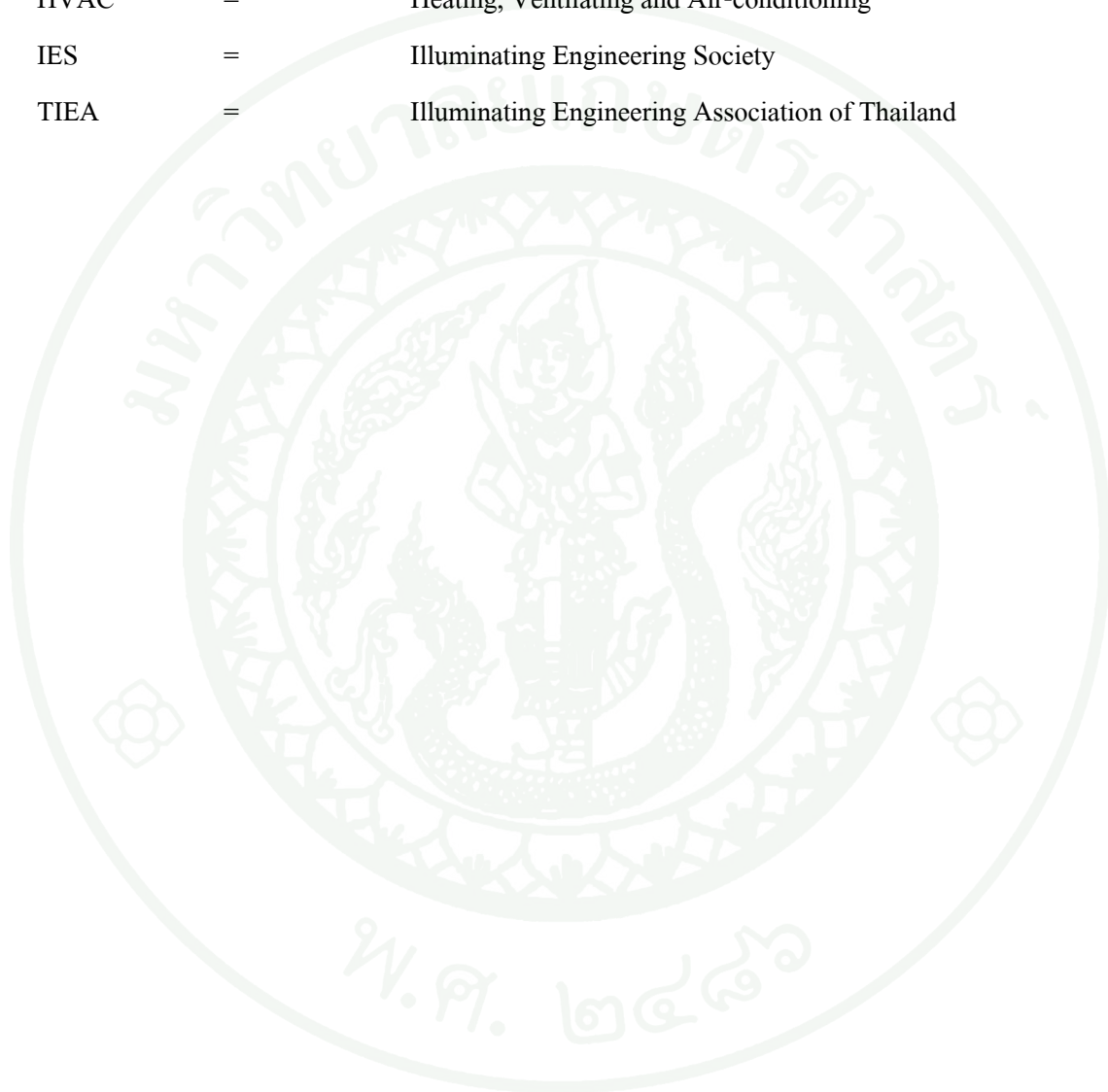
### คำอธิบายสัญลักษณ์

|                               |   |                                                                            |
|-------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$                      | = | สัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption Coefficients)                            |
| $^{\circ}\text{C}$            | = | องศาเซลเซียส                                                               |
| Q                             | = | อัตราการการระบายอากาศ (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)                                 |
| V                             | = | ปริมาตรห้องเรียน (ลูกบาศก์เมตร)                                            |
| A                             | = | พื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน (ตารางฟุต)                      |
| $\nu$                         | = | ปริมาตรห้องเรียนที่เคลื่อนผ่านจุดใดจุดหนึ่งของเวลา (ฟุตต่อนาที)            |
| f/s                           | = | feet per second                                                            |
| $\frac{\text{w}}{\text{m}^2}$ | = | วัตต์ต่อตารางเมตร                                                          |
| CFM                           | = | ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที                                                         |
| CFH                           | = | ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง                                                      |
| CMS                           | = | ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที                                                      |
| ANSI Lumens                   | = | หน่วยวัดค่าความส่องสว่างของโปรเจ็กเตอร์                                    |
| EMG                           | = | Electromyography คือ อุปกรณ์ตรวจวัดความเมื่อยล้า ด้วยกระแสไฟฟ้า            |
| %RH                           | = | Relative Humidity คือ ปริมาณของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ |
| P                             | = | power                                                                      |
| [w]                           | = | Watt                                                                       |
| TIEA                          | = | Illuminating Engineering Association of Thailand                           |
| OSHA                          | = | Occupational Safety and Health Administration                              |
| ACGIH                         | = | American Conference of Government Industrial Hygirnists                    |
| NC                            | = | Noise criterion                                                            |
| FPM                           | = | feet per minute                                                            |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

### คำอธิบายสัญลักษณ์

|      |   |                                                  |
|------|---|--------------------------------------------------|
| HVAC | = | Heating, Ventilating and Air-conditioning        |
| IES  | = | Illuminating Engineering Society                 |
| TIEA | = | Illuminating Engineering Association of Thailand |



**การประเมิน และการออกแบบสภาพแวดล้อมในห้องเรียน กรณีศึกษา:  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน**

**Evaluation and Design of Environmental Conditions in Classroom. A Case Study  
of Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok Campus**

**คำนำ**

สถาบันระดับอุดมศึกษามีความสำคัญต่อความเจริญก้าวหน้าของประเทศไม่เฉพาะด้าน การศึกษาเท่านั้น แต่ยังมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ การเมืองและสังคมอีกด้วย เมื่อผลผลิต ที่ได้จากการศึกษาในระดับอุดมศึกษาคือ “บัณฑิต” ผู้ที่จะต้องเข้าตลาดแรงงานเพื่อเป็นกลไก และ ป้อนปัจจัยในการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจของประเทศต่อไปในอนาคต การที่มีบัณฑิตที่ดีมีคุณภาพ และมีความสามารถมากเท่าใด การพัฒนาประเทศก็จะยิ่งกระทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในช่วง 2 – 3 ทศวรรษที่ผ่านมา ความเจริญด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม ขยายตัวอย่างรวดเร็ว เกิดความเปลี่ยนแปลงในสังคม มีเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย ทำให้ วัฒนธรรมการเรียนรู้ของคนเปลี่ยนไป ประกอบกับกระแสการปฏิรูปการอุดมศึกษาที่ปรากฏทั่วโลก ต่างก็มุ่งปรับบทบาทและภารกิจของการอุดมศึกษา ให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว และเพื่อเป็นการตอบสนองกับกระแสการปฏิรูป สถาบันอุดมศึกษาของไทยจึงต้องมีการปรับปรุง พัฒนาหลักสูตรและรูปแบบการเรียนรู้ให้เป็นระบบให้ทันสมัยตามวิวัฒนาการขององค์ความรู้ ที่เป็นสากลอยู่ตลอดเวลา การที่จะให้ผู้เรียนสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนได้อย่างมี ประสิทธิภาพ การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ที่ต้องให้ความสำคัญว่า การจัดการสภาพแวดล้อมแบบใด จึงจะเหมาะสมที่สุดกับผู้เรียนในสาขาวิชานั้นๆ

## วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการไปตามความสำคัญของประเด็นปัญหาข้างต้น โดยโครงการวิจัยนี้ กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ 3 ประการ ได้แก่

1. เพื่อประเมินความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อสภาพห้องเรียนที่ใช้ในการเรียน การสอน ของแต่ละห้อง ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการเรียนการสอน เทียบกับ มาตรฐานหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
3. เพื่อปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนโดยการออกแบบให้เป็นไปตาม มาตรฐานหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

## ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาอาคารเรียนรวมในคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขนเท่านั้น โดยแบ่งการศึกษาดังนี้
  - 1.1 ขนาดห้องเรียนที่มีจำนวนนิสิต 20-40 คน ประกอบด้วย ห้องหมายเลข 3201, 8605 และ 8606
  - 1.2 ขนาดห้องเรียนที่มีจำนวนนิสิต 60-80 คน ประกอบด้วย ห้องหมายเลข 3311, 3313, 3403, 8602, 0404, 0405, 0406 และ 0407
  - 1.3 ขนาดห้องเรียนที่มีจำนวนนิสิต 120 คน ประกอบด้วย ห้องหมายเลข 3204, 3304 และ 0803

1. กลุ่มที่ศึกษาคือนิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาเขตบางเขน โดยการแจกแบบสอบถามภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้ใช้ห้องเรียนดีขึ้น อีกทั้งยังลดปัจจัยเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ เช่น ความผิดปกติทางด้านสายตา และโรคที่เกี่ยวข้องกับข้อระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

## การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยได้ทบทวนเอกสาร รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานความรู้และใช้ในการอ้างอิง โดยในส่วนของการทบทวนวรรณกรรมได้ทำการแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

1. ข้อมูลทั่วไป
2. การจัดสภาพแวดล้อมทั่วไปในห้องเรียน
3. วิธีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน
4. กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. ข้อมูลทั่วไป

#### 1.1 ประวัติโดยสังเขป

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่เปิดสอนหลักสูตรทางการเกษตรแห่งแรกของประเทศไทยโดยถือกำเนิดจากโรงเรียนฝึกหัดครูประถมกสิกรรม เมื่อ พ.ศ. 2460 ต่อมาได้ขยายฐานะเป็นวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และพัฒนาจนกระทั่งเป็นมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ฉบับแรก เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2486 ในระหว่าง พ.ศ. 2486 - 2504 มีพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้ 6 ฉบับ ฉบับที่ใช้นานที่สุดคือ พ.ศ. 2511 สำหรับพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2541 เป็นฉบับปัจจุบันได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับกฤษฎีกา เล่ม 115 ตอนที่ 15 ก เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2541

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยได้ดำเนินการกิจเพื่อสนองนโยบายการกระจายโอกาสทางการศึกษาของรัฐบาลใน 4 วิทยาเขต ได้แก่ วิทยาเขตบางเขน, วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม, วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี และวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร และโครงการจัดตั้ง 1 วิทยาเขต คือ วิทยาเขตสุพรรณบุรี

## 1.2 ที่ตั้ง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ตั้งอยู่เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 14 มุมถนนงามวงศ์วาน บรรจบกับถนนพหลโยธิน

### วิทยาเขตบางเขน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีนโยบายหลักในการสนับสนุนและส่งเสริมการเกิดพระเกียรติพระราชวงศ์ของไทยโดยได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ให้ดำเนินงานตามโครงการพระราชดำริต่างๆ อาทิ การดำเนินงานเพื่อสนองพระราชดำรินในกิจกรรมโครงการหลวงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 ต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน โดยในปี 2550 ได้กำหนดแผนระยะแรกให้มีการฝึกอบรมด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง และการจัดการด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และโครงการในระยะเร่งด่วน คือ การดำเนินการพัฒนาระบบเครือข่ายและระบบสารสนเทศมูลนิธิโครงการหลวง และงานการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืช โครงการหลวงเกษตรที่สูง และยังมีโครงการภายใต้ความร่วมมือกับมูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ดำเนินการวางแผนประสานงาน และติดตามโครงการพัฒนาศักยภาพข้าวเพื่อนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถของการแข่งขันในตลาดโลก นอกจากนี้ยังมีโครงการก่อสร้างโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หัวหิน ซึ่งได้ดำเนินการเพื่อสนองพระราชประสงค์ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ที่ทรงมีพระราชดำริให้สร้างโรงพยาบาลสัตว์ เพื่อบริการประชาชนและนักท่องเที่ยวที่มีสัตว์เลี้ยงมาด้วย รวมถึงดูแลสุนัขทรงเลี้ยงไว้เป็นต้นแบบ

ปัจจุบันประกอบด้วยหน่วยงานภายในวิทยาเขตทั้งสิ้น 17 หน่วยงาน ดังต่อไปนี้ คณะเกษตร, คณะบริหารธุรกิจ, คณะประมง, คณะมนุษยศาสตร์, คณะวนศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะ

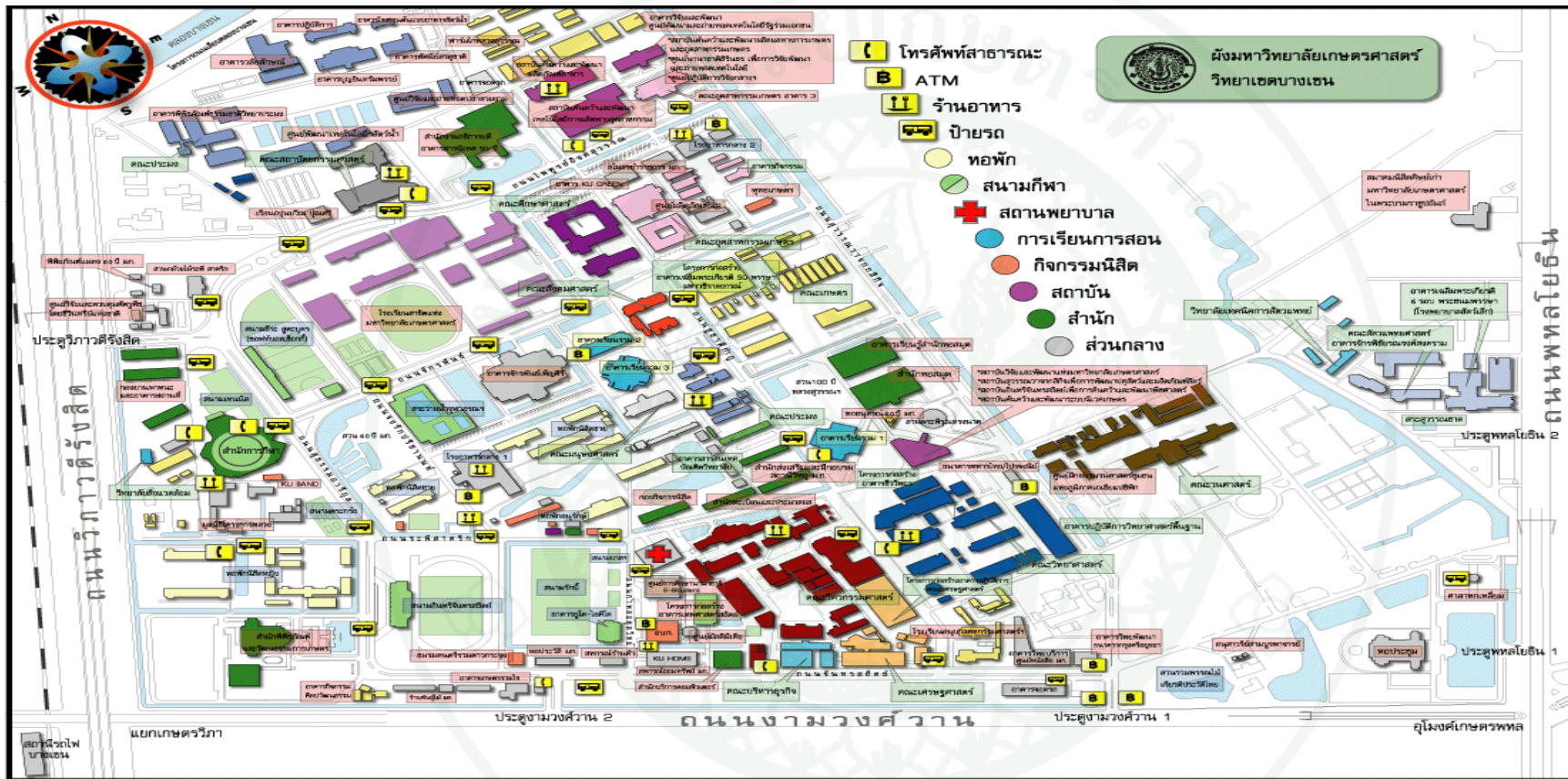
สังคมศาสตร์, คณะสัตวแพทยศาสตร์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, คณะเทคนิคการสัตวแพทย์, บัณฑิตวิทยาลัย, วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม และ โรงเรียนสาริตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมี จำนวนบุคลากร (อาจารย์, ผู้ช่วยนักวิชาการ และลูกจ้าง) 6,525 คน และนิสิต 34,159 คน



ภาพที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2552

ที่มา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2552)



ภาพที่ 2 แสดงแผนผังมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ที่มา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2552)

### 1.3 คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีประวัติความเป็นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2481 โดยมีการจัดตั้ง "โรงเรียนวิศวกรรมชลประทาน" ในสังกัด กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรธิการ ต่อมา ในปี พ.ศ. 2498 โรงเรียนวิศวกรรมชลประทานได้ย้ายมาสังกัดมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเปลี่ยนชื่อเป็น "คณะวิศวกรรมศาสตร์" ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา พ.ศ. 2522 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ย้ายภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน และภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ไปจัดการเรียน การสอน ณ วิทยาเขตกำแพงแสน จนกระทั่ง พ.ศ. 2546 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ณ วิทยาเขตกำแพงแสน ได้รับการปรับโครงสร้างขึ้นเป็น คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนในปัจจุบัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีหน่วยงาน และการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

- ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ
- ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
- ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
- ภาควิชาวิศวกรรมโยธา-ทรัพยากรน้ำ
- สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต
- ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
- ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ
- ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

- ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
- ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ
- ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจและสารสนเทศภูมิศาสตร์
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการบิน
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบิน

#### วิสัยทัศน์ (Vision)

ดำรงสถานภาพความเป็นหนึ่งในคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นนำของประเทศและภูมิภาคที่สามารถพึ่งพาตนเองได้ในการผลิตบัณฑิตและผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ

#### พันธกิจ (Mission)

ผลิตบัณฑิตในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ทั้งระดับปริญญาตรี/โท/เอกที่มีคุณภาพ มีความรอบรู้ในวิชาชีพที่ทันกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยี พร้อมด้วยคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณ พร้อมขยายงานทางด้านการวิจัยและบริการทางวิชาการ ให้เป็นที่ยอมรับของสังคม และนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ โดยเน้นการพึ่งพาตนเองเป็นส่วนใหญ่

ปรัชญาและปณิธาน "ผลิตบัณฑิตคุณภาพดี เทคโนโลยีก้าวหน้า พึ่งพาตนเอง"

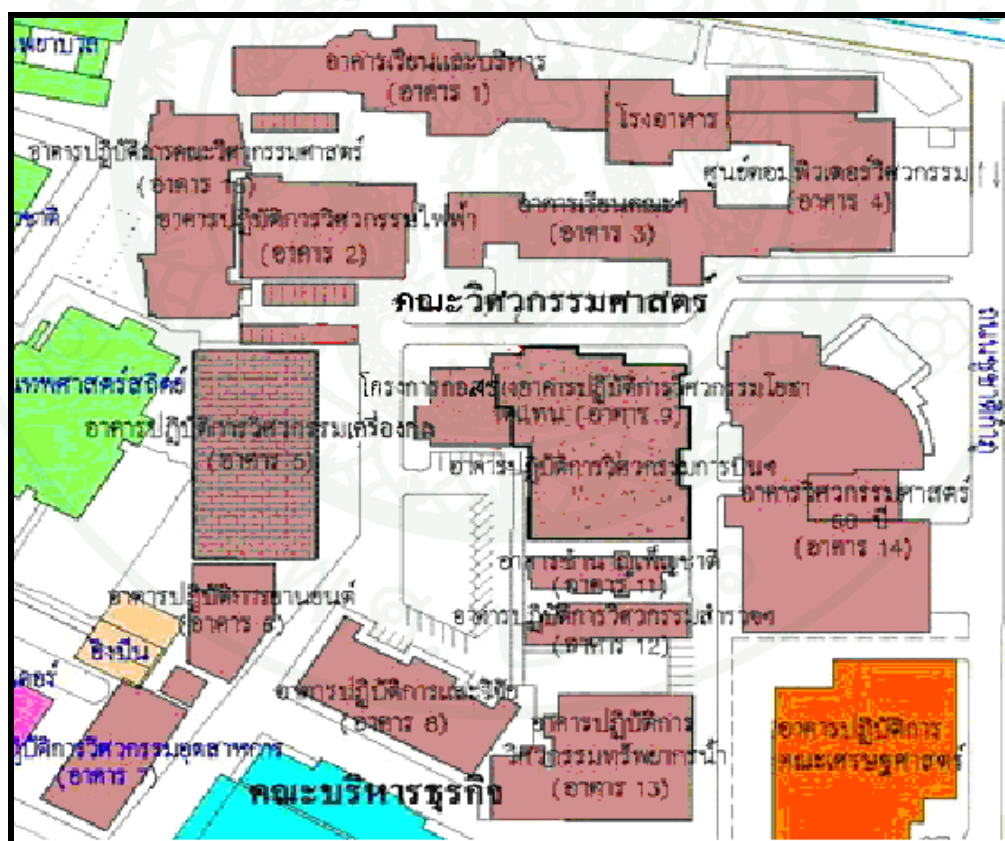
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน มีอาคารเรียนทั้งสิ้นจำนวน 14 อาคาร ตามภาพที่ 3 แผนผังของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน ดังนี้

1. อาคารเรียนและบริหาร (อาคาร 1)
2. อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า (อาคาร 2)
3. อาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ (อาคาร 3)
4. อาคารศูนย์คอมพิวเตอร์ (อาคาร 4)
5. อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล (อาคาร 5)
6. อาคารปฏิบัติการยานยนต์ (อาคาร 6)
7. อาคารปฏิบัติการและวิจัย (อาคาร 8)
8. อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา (อาคาร 9)
9. อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมการบิน
10. อาคารชำนาญพิเศษชาติ (อาคาร 11)
11. อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ (อาคาร 12)
12. อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ (อาคาร 13)
13. อาคารชุดคำภู (อาคาร 14)
14. อาคารปฏิบัติการคณะวิศวกรรมศาสตร์ (อาคาร 15)

ซึ่งอาคารที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม มีจำนวน 4 อาคาร คือ

1. อาคารเรียนและบริหาร (อาคาร 1)
2. อาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ (อาคาร 3)
3. อาคารปฏิบัติการและวิจัย (อาคาร 8)
4. อาคารชุกชาติกำเนิด (อาคาร 14)

โดยแต่ละอาคารมีแผนผังแสดงดังภาพที่ 4, 5, 6 และ 7

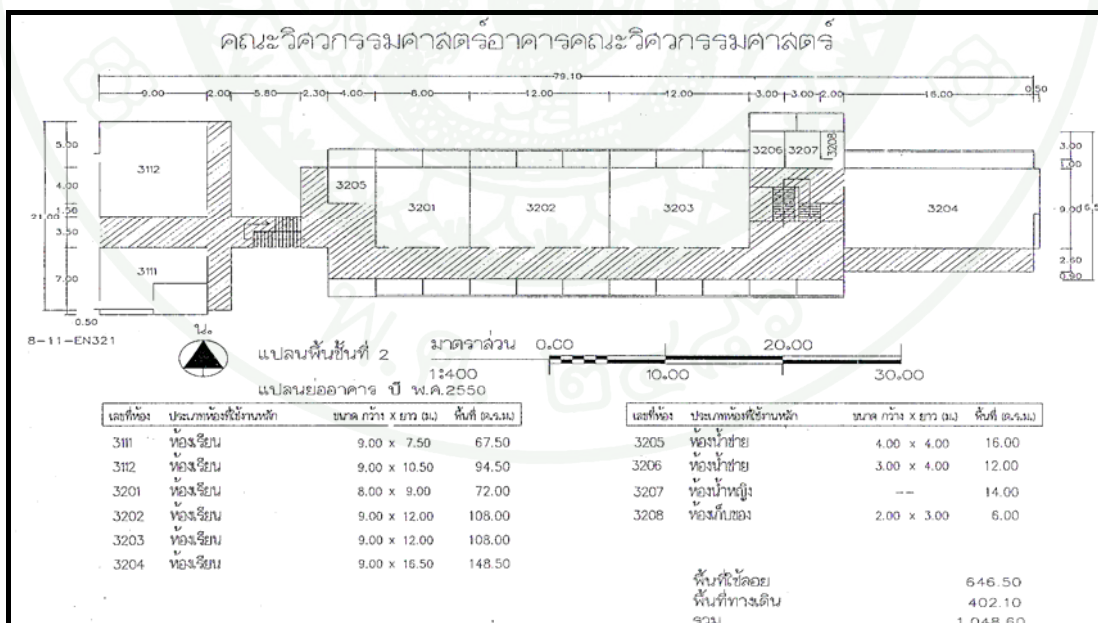


ภาพที่ 3 แผนผังของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน

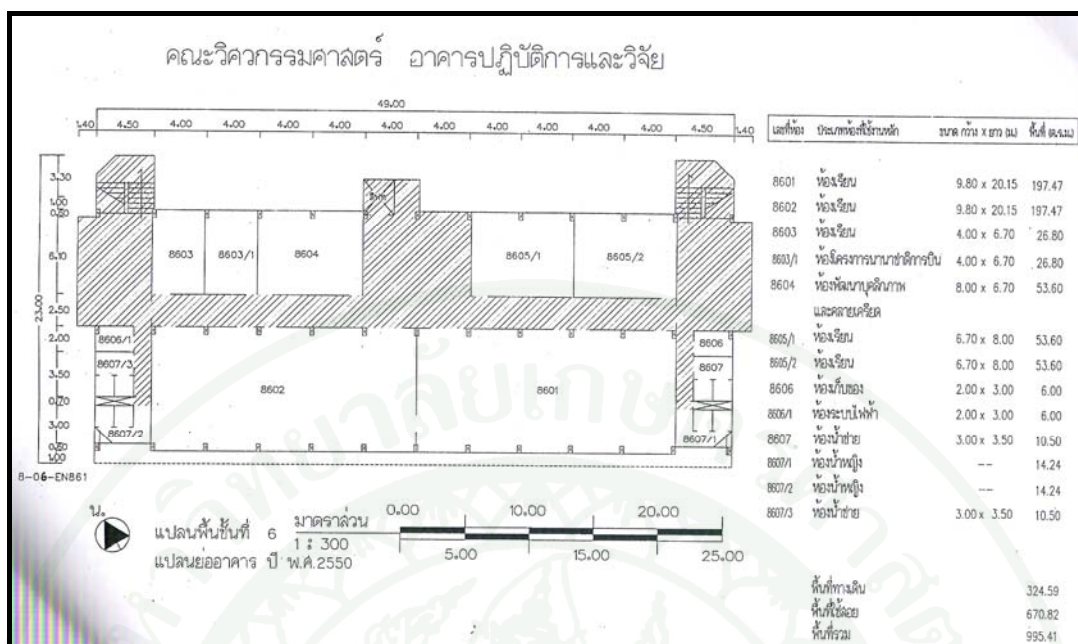
ที่มา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2552)



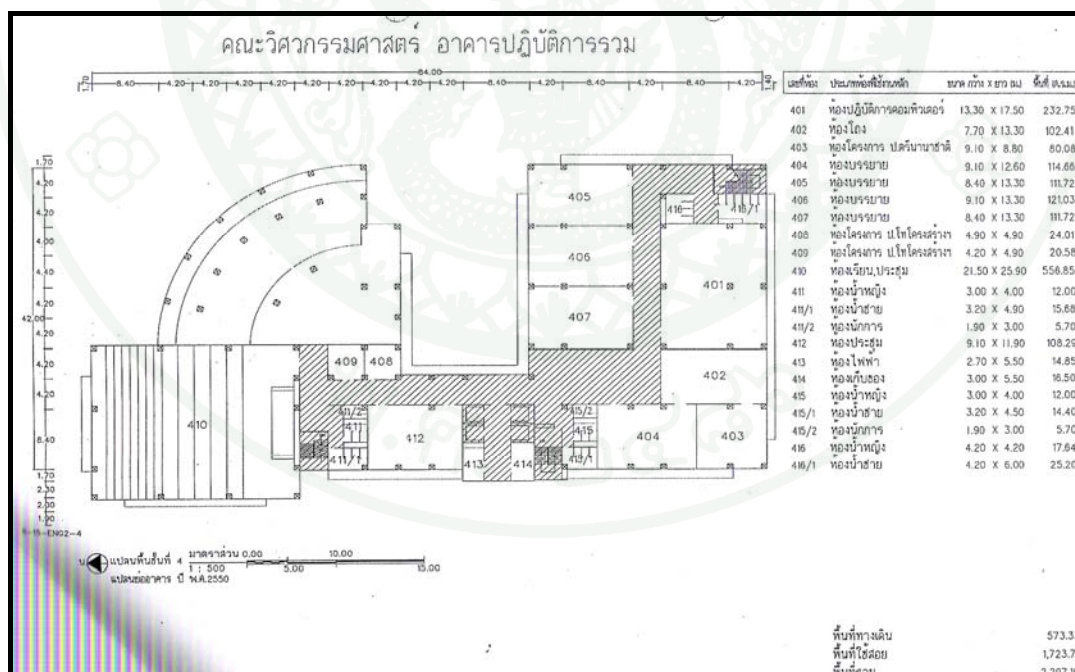
ภาพที่ 4 แสดงแผนผังอาคารเรียนและบริหาร (อาคาร 1) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน



ภาพที่ 5 แสดงแผนผังอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ (อาคาร 3) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน



ภาพที่ 6 แสดงแผนผังอาคารปฏิบัติการและวิจัย (อาคาร 8) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน



ภาพที่ 7 แสดงแผนผังอาคาร อาคารชุดค้ำถูด (อาคาร 14) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

โดยภายในห้องเรียนจะประกอบไปด้วยสื่อการเรียนการสอน และสิ่งอำนวยความสะดวกหลักต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเรียนการสอน คือ โต๊ะ, เก้าอี้, เครื่องขยายเสียง, เครื่องปรับอากาศ, หลอดไฟ และเครื่องฉายข้ามศีรษะ (overhead projector) เป็นต้น



ภาพที่ 8 สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ (อาคาร 3) ห้อง 3201 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน



ภาพที่ 9 สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนอาคารชูชาติกำภู (อาคาร 14) ห้อง 0803 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน

## 2. การจัดสภาพแวดล้อมทั่วไปในห้องเรียน

การจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

### 2.1 ปรัชญาในการออกแบบ

### 2.2 หลักการและแนวทางในการออกแบบ

### 2.1 ปรัชญาในการออกแบบ

มหาวิทยาลัย Cornell อ้างอิงใน อร์วี (2546) สหรัฐอเมริกาได้กำหนดปรัชญาการออกแบบห้องเรียน และแนวทางการออกแบบห้องเรียนไว้ดังนี้

2.1.1 เรียบง่าย และง่ายต่อการปรับเปลี่ยน เทคโนโลยีต้องง่ายต่อการใช้งาน

2.1.2 เลือกที่จะสร้างห้องเรียนที่ใช้งานได้หลากหลาย ราคาประหยัดหลายห้อง ดีกว่าสร้างห้องเรียนที่ทันสมัยมากขนาดเล็กเพียงห้องเดียว

2.1.3 ในขั้นตอนการออกแบบควรให้ผู้สอนในหลากหลายสาขาวิชา และผู้เรียนมีส่วนเกี่ยวข้องด้วย

2.1.4 พิจารณาการใช้งานในระยะยาว เนื่องจากห้องเรียนส่วนใหญ่จะได้รับการปรับปรุงทุก 15-20 ปี ดังนั้นการติดตั้งสายไฟ และสายสัญญาณต่างๆ ควรคำนึงถึงการใช้งานในระยะยาว

2.1.5 ผู้เรียนเหมาะสมที่จะได้รับสิ่งแวดล้อมทางการเรียนที่ดีที่สุด

### 2.2 หลักการและแนวทางในการออกแบบ

### 2.2.1 การจัดระบบเสียง

International School of Information Science (1999) อ้างอิงใน อรวิ (2546) ได้ออกข้อกำหนดในการออกแบบห้องเรียน และห้องบรรยายดังนี้ โดยการลดเสียงรบกวนในห้องอยู่ระหว่าง 45-55 dB (A) และเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงภายในห้องให้เหมาะสม

การจัดระบบเสียง เสียงสำหรับห้องบรรยายนั้นมีส่วนสำคัญยิ่งในการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากเสียงเป็นสื่อที่นักศึกษาสามารถรับรู้ และมีปฏิสัมพันธ์กับการบรรยายของอาจารย์ผู้สอน นอกจากการดูดซับเสียงที่จัดทำขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการบรรยายภาษาต่างประเทศ การรับฟังที่ถูกต้องชัดเจน ย่อมส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาด้วย

ในการจัดระบบเสียงนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ เสียงของผู้บรรยายต้องดังพอที่จะให้ผู้เรียนได้ยินอย่างชัดเจนทั่วทั้งห้องและเสียงบรรยายนั้นต้องไม่ทำให้เกิดความรำคาญแก่ห้องข้างเคียงด้วย ปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญในการออกแบบระบบเสียงสำหรับห้องบรรยายเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวข้างต้นได้แก่

#### 1) ค่าความสะท้อนกลับของเสียง (Reverberation Time, RT, RT60)

ค่าความสะท้อนกลับของเสียง (Reverberation Time, RT, RT60) มีหน่วยเป็นวินาที ค่า RT ที่เหมาะสมกับห้องประเภทต่าง ๆ นั้นส่งผลถึงเสียงที่เปล่งจากผู้พูดสะท้อนกลับมาหาผู้พูดอีกครั้ง หากห้องที่มีค่า RT ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดปัญหาเสียงก้อง ผู้บรรยายที่อยู่ในห้องจะได้ยินเสียงก้องมากจนไม่สามารถรับฟังได้อย่างชัดเจน จนเสียงก้องกลายเป็นเสียงส่วนเกินและรบกวนประสิทธิภาพการได้ยิน ส่งผลให้ผู้ฟังไม่สามารถรับรู้การสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและขาดความเข้าใจในการเรียนรู้ สำหรับห้องบรรยายธรรมดาควรมีค่า RT เท่ากับ 0.7-1.1 วินาที

RT (RT60) คือ เวลาการสะท้อนกลับของเสียงที่คงเหลืออยู่เมื่อต้นเสียงหยุด เป็นการวัดค่าของเวลาที่เสียงสะท้อนกลับที่มีระดับเสียงลดลง 60 dB (A) เมื่อต้นเสียงหยุดแล้ว

การคำนวณค่า RT

$$RT(\text{วินาที}) = 0.161 \left( \frac{s}{m} \right) \frac{V(m^3)}{A(m^2)} \quad (1)$$

เมื่อ

|    |   |                                                               |
|----|---|---------------------------------------------------------------|
| RT | = | Reverberation Time (RT), วินาที                               |
| V  | = | ปริมาตรของห้อง, ลูกบาศก์เมตร                                  |
| A  | = | ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, ตารางเมตร                        |
|    | = | $S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \dots S_n\alpha_n$ |

(2)

โดย

|          |   |                                                    |
|----------|---|----------------------------------------------------|
| S        | = | พื้นที่ผิวสัมผัส (Area of Surface), ตารางเมตร      |
| $\alpha$ | = | สัมประสิทธิ์ของการดูดซับ (Absorption Coefficients) |

## 2) ระดับ Background Noise ที่เหมาะสม

ห้องที่ได้รับการออกแบบในเรื่องเสียงอย่างเหมาะสมจำเป็นต้องมีเสียงที่ตั้งอยู่ในระดับเหมาะสมเป็นพื้นหลัง (Background Noise) เช่น เสียงของเครื่องปรับอากาศจากงานวิจัยของ University of Florida เกี่ยวกับ Classroom Acoustic Group พบว่า การออกแบบระบบ HVAC (Heating Ventilation Air-Condition) มีผลโดยตรงต่อระดับเสียงในห้องเรียน โดยระดับของเสียงของระบบเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมต้องมีค่าไม่เกิน 30 เดซิเบลหรือระดับเสียงของสภาพแวดล้อม, NC (Noise criterion)

ระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise) นี้หากมากเกินไปก็จะทำให้ผู้เรียนขาดสมาธิในการเรียนรู้หรือถ้าน้อยเกินไปก็จะส่งผลให้ผู้เรียนซึมเศร้า และส่งผลต่อสภาพจิตใจได้

นักโสตวิทยา (Audiologist) กล่าวว่า ในห้องเรียนควรมีระดับ Background noise ระหว่าง 25-30 NC จึงจะทำให้ผู้เรียนสามารถได้ยิน และเข้าใจในสิ่งที่ผู้สอนพูด Gary Sabine (2001) (อ้างอิงใน อรวิ 2546)

### 3) การป้องกันปัญหาเสียงก้องหรือเสียงอูโฆส (Echo)

เสียงก้องหรือเสียงอูโฆส (Echo) คือเสียงที่สะท้อนกลับมาสู่แหล่งกำเนิดเสียงโดยพิจารณาจากระยะเวลาที่แหล่งกำเนิดเสียงให้กำเนิดเสียงแล้วเดินทางสะท้อนกลับมาสู่แหล่งกำเนิดเสียงอีกครั้ง ทำให้ได้ยินไม่ถนัด การป้องกันคือเลือกวัสดุที่สามารถดูดซับเสียงได้มากกว่าเพื่อป้องกันการเกิดเสียงสะท้อน ในกรณีที่ผนังทั้งสองด้านขนานกันก็ทำให้เกิดเสียงสะท้อนได้เช่นกัน หากไม่สามารถแก้ไขฝาผนังได้ อาจใช้วิธีแขวนสิ่งของ หรือติดตั้งชั้นวางของก็สามารถแก้ปัญหาได้

นอกจากเสียงอูโฆส (Echo) แล้ว เสียงสะท้อนที่มารวมกัน (Sound Foci) ที่เกิดจากพื้นที่เว้าเป็นเสียงที่ดังเกือบเท่าเสียงเดิม จุดที่มารวมจึงคงได้รับเสียงมากในเวลาเดียวกัน จุดอื่นๆ ที่อยู่รอบๆ เกือบจะไม่มีเสียงเลย เรียกว่าเกิดจุดดับ (Dead Spot) พร้อมๆ กันไปด้วย ทำให้คนหนึ่งที่ได้ยินเสียงดัง แต่คนนั่งใกล้ๆ บางทีไม่ได้ยินเสียงเลย ในห้องจึงควรพยายามหลีกเลี่ยงพื้นที่เว้าให้มาก

4) การแก้ไขหรือออกแบบไม่ให้เกิดเสียงต่างๆ ทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุดูดซึมเสียงสะท้อน วัสดุก่อสร้างชนิดต่างๆ จะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของผิว ความหนาแน่นของวัสดุ สำหรับวัสดุที่ใช้ทั่วไป เช่น ผนังก่ออิฐ ฉาบปูน หน้าต่างพื้นไม้ จะดูดเสียงได้น้อยมาก วัสดุที่ช่วยเก็บเสียงได้ทั่วไปมี 3 ประเภท

4.1) ประเภทแผ่นสำเร็จรูป ซึ่งรวมทั้ง แผ่นดูดซับเสียง (Acoustical Board) เป็นวัสดุทำเป็นรูปพรุนและมีวัสดุเก็บเสียงอยู่ด้านหลัง

4.2) พวงฉาบ หรือฟั่น เป็นพลาสติก และวัสดุที่มีรูปพรุน เป็นเส้นใย (Fiber) ต่างๆ ใช้ฉาบหรือฟั่นบนผนัง ฝ้าเพดาน

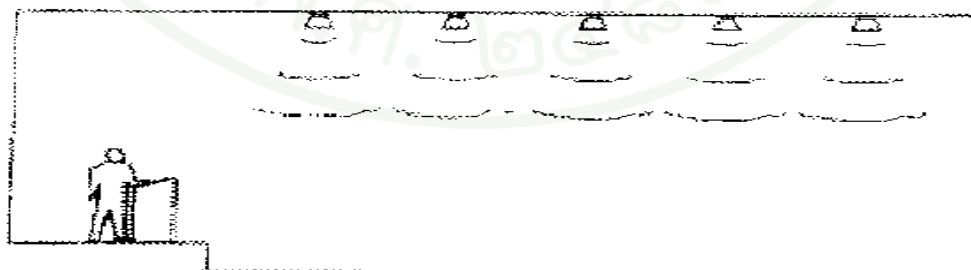
4.3) ชนิดเป็นผืนยืดหยุ่นได้ เช่น วัสดุจำพวก Mineral Wood, Wood Wool, Glass Fibers, Kapok Batts และ Hair Felt

### 5) การเสริมแรงเสียง (Sound Reinforcement)

การที่จะให้ผู้เรียนทุกตำแหน่งได้ยินเสียงบรรยายภายในห้องเรียนชัดเจน โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องขยายเสียงนอกจากกรณีที่เป็นนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบห้องโดยการเสริมแรงเสียง (Sound Reinforcement) ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของคลื่นและพลังงานเสียงจะมีการสูญเสียความเข้มของเสียง (Sound Intensity) ลงไปโดยแปรผกผันตามกำลังสองของระยะทางที่เสียงเดินทางไป ถ้าผู้ฟังอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากเท่าใด ก็ยิ่งได้รับเสียงเบาลงเรื่อยๆ ดังนั้นในบริเวณหลังห้อง หรือแม้แต่บริเวณกลางห้อง ต้องพิจารณาการใช้หลักการเสริมแรงเสียงเข้ามาช่วย

การออกแบบในส่วนพื้นที่ด้านหน้านั้นจะเลือกใช้วัสดุเพื่อให้สะท้อนเสียงไปทั่วทั้งห้อง ทั้งในส่วนฝ้าเพดาน และฝาผนัง โดยเน้นที่บริเวณพื้นที่  $\frac{2}{3}$  ความยาวของห้องที่เป็นจุดวิกฤตของผู้ฟัง ในส่วนพื้นที่ด้านหลังจะได้รับการออกแบบให้เป็นพื้นที่ดูดซับเสียงเพื่อป้องกันการสะท้อนเสียงกลับเข้าสู่ผู้ฟังทางด้านหลัง การใช้วัสดุช่วยในการเสริมแรงเสียงเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนสามารถได้ยินเสียงการบรรยายได้อย่างชัดเจนทั่วทั้งห้องโดยไม่ต้องใช้เครื่องขยายเสียงช่วยตลอดเวลาเว้นแต่ในกรณีจำเป็นเท่านั้น

ในกรณีที่ผู้บรรยายต้องการใช้ระบบเครื่องขยายเสียงมาช่วยนั้น หากมีโต๊ะบรรยายที่ติดตั้งระบบเครื่องขยายเสียง ไมโครโฟน และลำโพงในตัวก็จะช่วยได้มาก ส่วนลำโพงและเครื่องขยายเสียงนั้นควรติดตั้งแบบฝังเพดานรอบๆ ห้อง โดยระบบการติดตั้งลำโพงที่เหมาะสมกับห้องเรียน คือ Distributed loudspeaker system ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมกับห้องเพดานไม่สูงและเน้นที่การกระจายเสียงให้ทั่วถึงทั้งห้อง (ไม่เน้นทิศทางของเสียง) แม้ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนที่นั่งของผู้ฟัง ระบบ Distributed loudspeaker system จะใช้ชุดลำโพงขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-31 เซนติเมตร (4-12 นิ้ว) ติดตั้งฝังไว้กับเพดาน โดยให้ทิศทางของเสียงลงมาตรงๆ



ภาพที่ 10 การติดตั้งลำโพงระบบ Distributed Loudspeaker System

ที่มา: อรวิ (2546)

### 2.2.2 การจัดระบบแสงสว่าง

International School of Information Science (1999) อ้างอิงใน (อรวิ 2546) ได้ ออกข้อกำหนดในการออกแบบห้องเรียน และห้องบรรยายโดยให้นำปริมาณแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ในชั้นเรียน และให้แสงประดิษฐ์ที่ส่องสว่างลงบนโต๊ะเรียนอยู่ในระดับ 500 Lux

มหาวิทยาลัย Cornell อ้างอิงใน อรวิ (2546) สหรัฐอเมริกาได้กำหนดปรัชญา การออกแบบห้องเรียน และแนวทางการออกแบบห้องเรียนไว้ดังนี้

- ก. ควรติดตั้งไฟบริเวณเหนือกระดานหน้าห้อง
- ข. สวิตช์ควบคุมต่าง ๆ ต้องง่ายต่อการใช้งาน และติดตั้งบริเวณหน้าชั้นเรียน ใกล้ตำแหน่งผู้สอน
- ค. บริเวณการจดบันทึกของผู้เรียนควรสามารถปรับแสงสว่างได้
- ง. อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมควรเป็น 2 ลักษณะเท่านั้น คือ ม่านที่ทำจากวัสดุที่เป็นผ้า และอะลูมิเนียม (drapes/blinds, shades/blinds, shades/shades)
- จ. ควรแบ่งพื้นที่การควบคุมแสงสว่างภายในห้อง (Lighting Zone)

การจัดระบบแสงสว่าง ในการใช้สื่อการสอนประเภทเครื่องฉายนั้น จะเกิด ปัญหาด้านการควบคุมแสงมาก การออกแบบห้องเรียนจึงต้องพิถีพิถันมากในเรื่องของการจัดระบบแสงสว่างนี้

การจัดแสงสว่างในห้องเรียนให้ถูกต้องตามสุขลักษณะนั้น มีความจำเป็นอย่าง ยิ่งต่อสุขภาพ และสวัสดิภาพของผู้เรียน และผู้สอน ห้องเรียนที่มีการจัดระบบแสงสว่างที่ดีนั้น ไม่ว่าจะอยู่ตำแหน่งใดของห้อง จะต้องมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้อย่างสะดวกและชัดเจน มีการกระจายของแสงอย่างทั่วถึงในการจัดระบบแสงสว่างนั้น ต้องคำนึงถึงต้นกำเนิดแสง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด

ได้แก่ แสงสว่างตามธรรมชาติ และแสงสว่างจากหลอดไฟประดิษฐ์ โดยแสงสว่างจากธรรมชาติ แสงธรรมชาติที่เข้าสู่ห้องเรียนมี 2 ลักษณะ

1) แสงตรงหรือรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) แสงตรงนี้จะมี ความร้อนสูงและมีค่าความสว่างสูงเช่นกัน ไม่เหมาะสมจะนำมาใช้เนื่องจากสร้างความร้อนได้ อย่างรวดเร็ว และมีการเปลี่ยนแปลงตามวงโคจรดวงอาทิตย์

2) แสงกระจาย (Diffuse Light) แสงในลักษณะนี้เป็นแสงสว่างที่เกิดจาก การสะท้อนของแสงตรงกับสภาพเหนือพื้นดิน จึงทำให้ท้องฟ้ามีความสว่างเกิดขึ้น แสงชนิดนี้มี ความร้อนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแสงตรง และยังมีความสม่ำเสมอในทุกทิศทาง จึงเหมาะที่ จะนำมาใช้ในอาคารมากกว่าแสงตรงเนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่า

### 2.2.3 การจัดระบบปรับอากาศ

International School of Information Science (1999) อ้างอิงใน อรวี (2546) ได้ออกข้อกำหนดในการออกแบบห้องเรียน และห้องบรรยายให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 21-24 องศาเซลเซียส

มาลินี (2542) กล่าวว่า วิศวกรในการออกแบบห้องเรียนนั้นต้องพิจารณาถึง ความต้องการของผู้เรียนซึ่งเป็นผู้ใช้กลุ่มใหญ่ ทั้งในด้านกายภาพ และความรู้สึกเพื่อให้อาคาร การสอนนั้นเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยต้องมีการระบายอากาศที่ดี

การจัดระบบปรับอากาศเนื่องจากภูมิอากาศของประเทศไทยเป็นแบบร้อนชื้น ห้องเรียนส่วนใหญ่จึงมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง ห้องเรียนจึงมีลักษณะปิด

ปัญหาที่พบจากการใช้เครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนก็คือ ไม่สามารถ ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับร่างกายมนุษย์ได้ เกิดภาวะหนาวหรือร้อนเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้อุปกรณ์ประเภทเครื่องฉาย ไม่สามารถควบคุมการถ่ายเทอากาศได้ ทำให้อุณหภูมิ ภายในห้อง และระดับความชื้น ของอากาศไม่เหมาะสมกับร่างกาย และถ้าหากไม่มีการติดม่านบัง

แดดที่เหมาะสมแล้ว จะกลายเป็นว่าภายในห้องมีอากาศเย็นแต่ได้รับแสงแดดที่ส่องเข้ามาประกอบกับกระจกที่ไม่สามารถกันความร้อนได้ ทำให้ผู้เรียนต้องปรับตัวอย่างมากให้เข้ากับสภาพอากาศที่หนาว และร้อนสลับกันไป ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพของตนเอง

ด้วยเหตุนี้ห้องเรียนจึงควรเป็นพื้นที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้อุณหภูมิอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) คือ ไม่ร้อน ไม่หนาวเกินไป อยู่ในช่วง 24-26 องศาเซลเซียส Fanger (1976) อ้างอิงใน อรวิ (2546) ความชื้นสัมพัทธ์ 45-55% ที่ระดับความเร็วลม 50-150 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (FPM) ทั้งนี้สภาพอากาศไม่มีความแปรปรวนเมื่อเทียบกับภูมิอากาศภายนอก

การระบายอากาศทั่วไป การระบายอากาศแบบทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อเจือจางสารปนเปื้อนในอากาศ ให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ นั่นคือ ระดับที่เชื่อว่าไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนส่วนใหญ่และไม่ทำให้เกิดสภาพที่อาจเกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้ รวมทั้งทำให้เกิดความสบายต่อผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น การระบายอากาศประเภทนี้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- 1) การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical ventilation)
- 2) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศโดยวิธีกล เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลม ช่วยให้อากาศเคลื่อนไหว หมุนเวียน ในขณะที่การระบายอากาศแบบธรรมชาติอาศัยธรรมชาติทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันในสองพื้นที่ อากาศจึงเคลื่อนที่จากที่ซึ่งมีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่ที่มีความดันบรรยากาศต่ำ เช่น อากาศร้อนลอยตัวขึ้นทำให้เกิดความดันบรรยากาศในบริเวณนั้นลดลง และอากาศที่เย็นกว่าซึ่งมีความดันบรรยากาศสูงกว่าจึงเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่โดยผ่านช่องเปิด เช่น ประตูหน้าต่าง หรือช่องระบายอากาศ ดังนั้นการระบายอากาศโดยวิธีกลจึงสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้า/ออกในพื้นที่ต่างๆ ได้ดีกว่าการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ซึ่งนอกจากจะขึ้นกับฤดูกาลและทิศทางลมแล้ว ยังต้องอาศัยการออกแบบอาคารให้มีช่องเปิดเพียงพอ และมีลักษณะหรือสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก จึงเป็นการยากที่จะควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ดังนั้น โดยทั่วไปแล้วการระบายอากาศจึงเน้นที่การระบายอากาศแบบใช้เครื่องกล

ระบบการปรับภาวะอากาศเป็นกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดของอากาศในสถานที่มิดชิด ภาวะธรรมชาติโดยเฉพาะมนุษย์ ต้องการออกซิเจน (ออกซิเจนในอากาศ) เพื่อการฟอกเลือดที่ไหลเวียนในร่างกายและอากาศที่ร่างกายคายออกเป็น อากาศที่ไม่บริสุทธิ์อีกต่อไป อีกทั้งร่างกายมีระบบรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่และการเคลื่อนไหว ของร่างกายขับน้ำออกทางผิวหนังที่เรียกว่า “เหงื่อ” เหงื่อนี้ต้องระเหย หากไม่ระเหยจะทำให้ผิวของ ร่างกายร้อนกว่าปกติ

สิ่งอื่นในสถานที่ปรับสภาวะอากาศอาจเพิ่มความไม่สมดุลของระบบ การปรับภาวะอากาศก็ได้ เช่น กลิ่น แก๊สที่มีกลิ่นหรือแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ฝุ่น ละออง ไร เชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่ออวัยวะภายใน สิ่งที่เกิดโรครุมแพ สิ่งเหล่านี้จึงต้องถูกควบคุม ไม่ให้เกิดความรำคาญหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

วิธีปรับคุณภาพอากาศหมุนเวียนในสถานที่ปรับภาวะอากาศอาจทำได้ 2 วิธี คือนำอากาศภายนอกที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ เข้าสู่ระบบปรับภาวะอากาศ และวิธีการปรับสภาพ คุณภาพของอากาศหมุนเวียนโดยใช้บริภัณฑ์ ปรับคุณภาพอากาศ

การนำอากาศภายนอกเข้าเจือเปลี่ยนลมหมุนเวียน ให้นำอากาศภายนอกเข้าปน ลมหมุนเวียน ขณะก่อนผ่านแผงกรองฝุ่นของเครื่องส่งลม ถ้าหากสามารถกรองฝุ่นลมภายนอกเป็น การต่างหากก่อนนำเข้าเจือเปลี่ยน จะทำให้ลมหมุนเวียนสะอาดขึ้นลมที่รั่วเข้าตามประตู ช่องเปิด ถือว่าเป็นลมเข้าเจือเปลี่ยนลมในระบบเช่นเดียวกัน เพียงแต่จะมีผลกระทบต่อภาวะอุณหภูมิและ ความชื้นตรงบริเวณลมรั่วเข้าบ้าง

อัตราการไหลของอากาศโดยปริมาตร (Volumetric Flow Rate) หรือนิยม เรียกว่าอัตราการไหลของอากาศหมายถึง ปริมาตรหรือปริมาณอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่ง ในหนึ่งหน่วยเวลาอัตราการไหลของอากาศสัมพันธ์กับ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศและพื้นที่หน้าตัด ของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่านซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถแสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$Q = A v \quad (3)$$

เมื่อ

$Q$  = อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน (ตารางฟุต)

$v$  = ปริมาณอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งของเวลา (ฟุตต่อนาที)

อัตราการระบายอากาศตามมาตรฐาน

อัตราการระบายอากาศ = มาตรฐานการระบายอากาศ  $\times$  พื้นที่ห้องเรียน (4)

โดยที่

อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน = ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

มาตรฐานการระบายอากาศ = 2.4 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m<sup>2</sup>)

พื้นที่ภายในห้องเรียน = ตารางฟุต (ft<sup>2</sup>)

Jacque Mol (1999) อ้างอิงในอรวิ (2546) กล่าวว่าเครื่องปรับอากาศที่ใช้กับอาคารเรียนควรเป็นแบบ Central Unit และในแต่ละห้องควรมีตัวควบคุมอุณหภูมิแยกของแต่ละเครื่องก็จะสามารถควบคุมความสม่ำเสมอของความเย็นและความเร็วลมได้ เพราะหากสามารถควบคุมอุณหภูมิ และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความร้อน และความชื้นได้ ประสิทธิภาพการรับรู้ของผู้เรียนก็จะอยู่ในระดับสูงมีความพร้อมกระตือรือร้นในการเรียนรู้ตลอดเวลา

#### 2.2.4 การจัดพื้นที่ในห้องเรียน

Mastler (1966) อ้างใน อรวิ (2546) ได้กำหนดค่าพื้นที่สำหรับห้องเรียน โดยกำหนดตามลักษณะของห้องขนาดใหญ่พื้นที่ใช้สอยตามมาตรฐานต่อคนจะน้อยกว่าห้องซึ่งมีขนาดเล็กกว่า ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพื้นที่สำหรับห้องเรียน โดยกำหนดตามลักษณะของห้อง

| ความจุของห้อง(คน) | พื้นที่ต่อคน(ตารางเมตร) |
|-------------------|-------------------------|
| 110 – 200         | 0.8 – 0.9               |
| 65 – 110          | 1.1 -1.3                |
| 35 – 65           | 1.2 – 1.3               |
| 10 – 35           | 1.3 -2.0                |

ที่มา: Mastsler (1966) อ้างใน อรวี (2546)

โดยสรุปในการกำหนดพื้นที่มาตรฐานต่อคนของห้องเรียนนั้นขึ้นอยู่กับ การกำหนดขนาดความจุของห้องเรียน โดยลักษณะของห้องที่มีขนาดใหญ่พื้นที่ใช้สอยตาม มาตรฐานต่อคนจะน้อยกว่าห้องซึ่งมีขนาดเล็กกว่า พื้นที่มาตรฐานของห้องเรียนจะอยู่ในช่วง 0.8-2.0 ตารางเมตรต่อคน

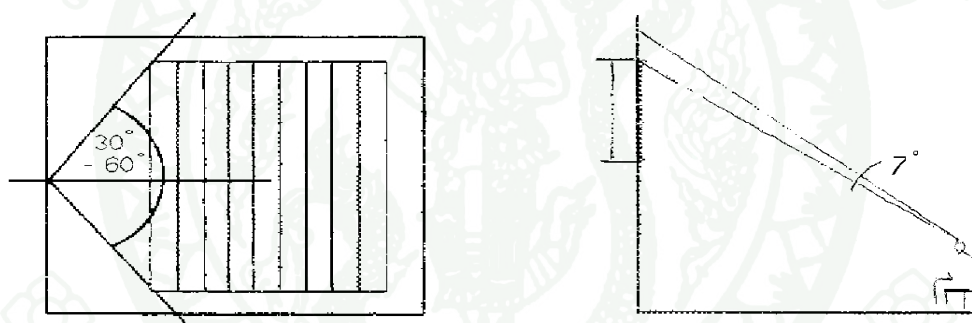
รูปร่างของห้องเรียน รูปร่างของห้องเรียนนั้นมีหลายรูปแบบ และก็ได้มี ข้อสรุปว่ารูปแบบใดจะเหมาะสมที่สุด แต่ขึ้นอยู่กับขนาด และความต้องการต่างๆ ที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามรูปร่างของห้องเรียนมักจะมีรูปร่างดังต่อไปนี้

ก. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ผู้ออกแบบเป็นจำนวนมากที่เชื่อว่าห้องเรียนที่มีรูปร่าง สี่เหลี่ยมผืนผ้ามีสัดส่วนความยาวต่อความกว้าง 1:1:3 ส่วนนั้นเหมาะสมที่สุด ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญ จะนิยมในทางกลับกัน เพื่อให้มุมมองของผู้เรียนกับจอห์นแคบลง ในส่วนของผู้สอนนั้นมักจะต้องการ ห้องที่มีความกว้าง และไม่ลึกมากเพื่อที่จะได้ใกล้ชิดกับผู้เรียน และมีเนื้อที่ผนังด้านหน้ากว้างมาก พอสำหรับกระดานดำหรือจอฉายจำนวนมากกว่าปกติ ในลักษณะห้องแบบนี้จะก่อให้เกิดปัญหา เมื่อมีการทำผนังยาว 2 ข้างให้ขนานกันจะเกิดเสียงสะท้อน (Echo)

ข. รูปพัด เป็นรูปแบบที่มีข้อดี คือ สามารถจัดที่นั่งได้ค่อนข้างมาก และด้วย ผนังสองข้างที่ไม่ขนานกันจะช่วยในเรื่องการสะท้อนเสียงและการกระจายเสียงที่ดี แต่จุดบกพร่อง จะอยู่บริเวณที่ตรงกลางห้อง ที่เสียงสะท้อนจะไปรวมกันเป็นจุดที่เรียกว่า Sound Foci ทำให้เสียง

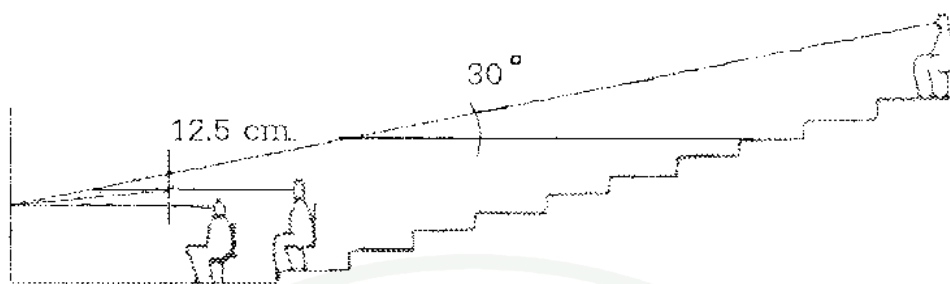
บริเวณนั้น ดังกว่าบริเวณอื่น ส่วนสัดส่วนของห้องที่เหมาะสมคือ (สูง: กว้าง: ยาว) 1: 1.5: 2 ปรีชา (2541) อ้างใน จันสอน (2544)

การมองเห็น การออกแบบห้องเรียนที่ดีผู้เรียนควรสามารถเห็นผู้สอนได้จากทุกจุดของห้อง ดังนั้นเพื่อการมองเห็นที่ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากแต่ละแถวการจัดที่นั่งจะให้เหลื่อมสลับกันแล้ว ควรมีการจัดที่นั่งให้มีลักษณะลาดเอียง หรือเป็นขั้นบันได โดยที่คนที่ 3 สามารถมองข้ามศีรษะคนแถวที่ 1 ได้พอดี ซึ่งจะให้ความลาดเอียงของพื้นประมาณ 8 - 30 องศา ซึ่งจากงานวิจัยของอังกฤษ อรวิ (2546) พบว่า มุมมองในแนวราบของผู้ฟังมายังจอมีค่าระหว่าง 30 - 60 องศา (มาตรฐานสากลไม่เกิน 60 องศา) มุมมองในแนวดิ่งของผู้ฟังมายังจอมีค่าความสูงของจอ +7 องศา เมื่อวัดอยู่ระดับตาผู้คนแรก ระดับตาผู้คนหลังสูงจากคนแรก 12.5 เซนติเมตร มุมมองลงไม่เกิน 30 องศา



ภาพที่ 11 มุมมองในแนวราบจากผู้ฟังมายังจอฉาย

ที่มา: อรวิ (2546)



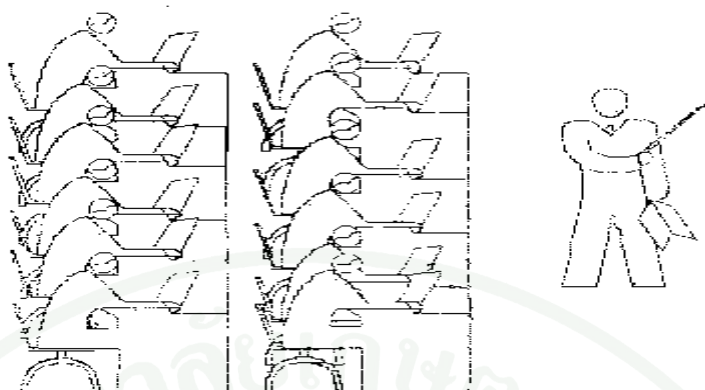
ภาพที่ 12 มุมมองในแนวดิ่งจากผู้ฟังไปยังจอฉาย

ที่มา: อรวี (2546)

การจัดพื้นที่หน้าชั้นเรียน พื้นที่หน้าชั้นเรียนเป็นพื้นที่สำหรับผู้สอน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อจัดบริเวณหน้าชั้นเรียนได้แก่ กระดาน จอฉาย พื้นที่สำหรับเดินของผู้สอน และพื้นที่ว่างสำหรับการจัดวางหรือการทดลอง ควรหลีกเลี่ยงการยกพื้นส่วนหน้าห้องเพื่อที่ผู้สอนจะสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้โดยไม่เป็นการขัดขวางการเคลื่อนไหวของผู้สอน ที่สำคัญคือควรเว้นระยะส่วนหน้าชั้นให้มีความเหมาะสมสำหรับการตั้งเครื่องฉายชนิดต่างๆ เพื่อที่ผู้เรียนที่นั่งด้านหลังจะเห็นภาพได้อย่างชัดเจน

ปริมาณความจุ และการจัดที่นั่งของผู้เรียน Musgrave (1975) อ้างอิงใน อรวี (2546) ได้นำเสนอการจัดชั้นเรียนสำหรับการเรียนการสอนปกติ(Home base) ไว้ 3 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

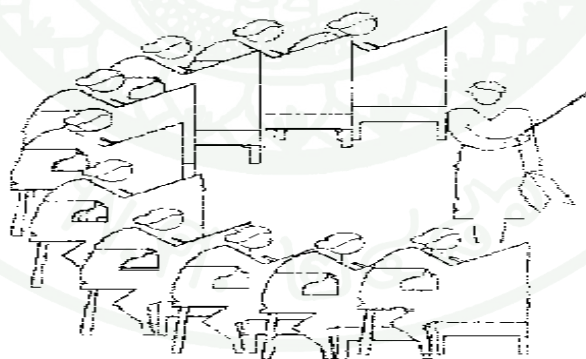
ก. การจัดแถวตามแนวนอน สามารถใช้ในการทำงานส่วนตัว การสอนแบบนำเสนอ และการบรรยาย ผู้เรียนจะให้ความสำคัญกับผู้สอน ลักษณะการจัดที่นั่งในรูปแบบนี้ผู้เรียนจะง่ายต่อการทำงานเป็นคู่ เหมาะสมที่สุดกับการเรียนการสอนแบบสาธิตแต่จะไม่เหมาะสมกับการเรียนการสอนรูปแบบที่ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์กัน



ภาพที่ 13 การจัดแถวที่นั่งตามแนวนอน

ที่มา: Musgrave (1975) อ้างใน อรวี (2546)

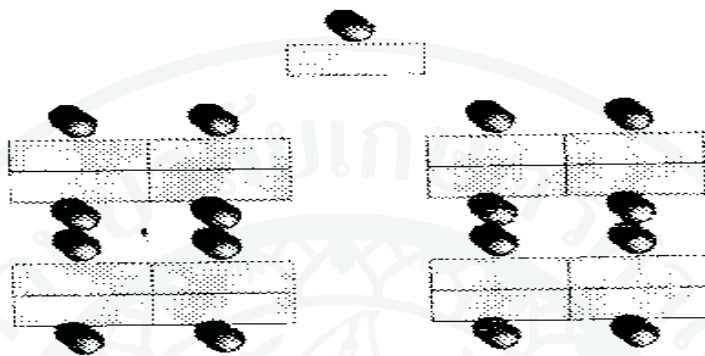
ข. การจัดแถวแบบวงกลม หรือครึ่งวงกลม การจัดแถวในรูปแบบนี้นั้นผู้เรียนสามารถล้อมรอบผู้สอน เหมาะกับการเรียนการสอนที่ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน นอกจากนี้ยังเหมาะสมกับการเรียนการสอนแบบอภิปราย แต่จะไม่เหมาะสมกับการสอนแบบจัดกลุ่มนำเสนอ เนื่องจากยากต่อการควบคุมชั้นเรียน



ภาพที่ 14 การจัดแถวที่นั่งแบบวงกลม หรือครึ่งวงกลม

ที่มา: Musgrave (1975) อ้างใน อรวี (2546)

ก. การจัดโต๊ะแบบกลุ่ม 4 คน การจัดที่นั่งรูปแบบนี้ ดีสำหรับการเรียนการสอน ที่ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์กันเองสูง เนื่องจากผู้เรียนสามารถปรึกษากันและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และการทำงานกลุ่ม แต่จะไม่เหมาะกับการนำเสนอภายในชั้นเรียน ส่วนการควบคุมชั้นเรียนทำได้ยาก



ภาพที่ 15 แสดงการจัดแถวที่นั่งแบบกลุ่ม 4 คน

ที่มา: Musgrave (1975) อ้างใน อรวี (2546)

จากการวิจัยของ University of Colorado อ้างใน อรวี (2546) พบว่า สื่อการเรียนการสอนที่ผู้สอนต้องการใช้ ได้แก่

ก. จอฉาย จอฉายเป็นส่วนประกอบสำคัญของการใช้สื่อการสอนประเภท เครื่องฉายหลายชนิด ในห้องเรียนส่วนใหญ่ต้องการจอฉายแบบผิวเรียบติดตั้งอยู่เหนือกระดานชอล์ก บริเวณหน้าชั้นเรียนเพื่อการฉายวิดีโอ สไลด์ และเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ จอฉายชนิดผิวเรียบนี้มีมุมมองการดูกว้างโดยประมาณ 120 องศา หรือกว้างกว่านั้น (60 องศาจากแกนกลาง) จอในปัจจุบันนี้ จะมีลักษณะบาง และเป็นสีเหลี่ยมผืนผ้ามีสัดส่วน กว้าง x ยาว 3: 5 ส่วน (9×16 นิ้ว) ไม่ควรติดตั้งจอ ถาวรกับผนังห้อง แต่ควรทำรางที่เก็บจอฉายโดยซ่อนไว้ที่เพดาน และทำช่องพาดตลอดส่วนหน้าของห้องเพื่อ่ายต่อการเปลี่ยนใหม่ในอนาคตเมื่อมาตรฐานของจอฉายมีสัดส่วนใหญ่ขึ้น

การเลือกขนาดจอฉายนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้เรียนและระยะห่างระหว่างจอถึงที่นั่งหลังสุดโดยมีเกณฑ์เบื้องต้นว่า ผู้นั่งหลังสุดไม่ควรอยู่ห่างเกิน 6 เท่าของความกว้างของจอ และผู้ที่นั่งใกล้ที่สุดไม่ควรนั่งใกล้กว่า 1.5-2 เท่าของความกว้างของจอ

ตำแหน่งการติดตั้งจะต้องให้ผู้เรียนนั่งหลังสุดเห็นขอบล่างของจอพอดี ตามปกติแล้วจะมีระยะประมาณ 4 ฟุต (1.21 เมตร) เหนือพื้นห้อง

ข. เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉายสไลด์ควรมีเฉพาะประจำทุกห้องเรียน การติดตั้งจะติดตั้งไว้ด้านหลังห้องการใช้สไลด์เพื่อการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษามีอย่างต่อเนื่อง และการใช้มากกว่าเครื่องเดียวนั้นมีความต้องการมากขึ้น ปกติแล้วผู้สอนจะใช้เครื่องฉายสไลด์สองเครื่องในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบภาพให้ชัดเจนพร้อมกัน เครื่องฉายสไลด์ควรประกอบด้วยเลนส์ซูม 4 (0.10 เมตร) ถึง 6 นิ้ว (0.15 เมตร)

ระยะห่างของเครื่องฉายสไลด์ขนาด 35 มม. มีเลนส์ซูม 4-6 นิ้ว (0.10-0.15 เมตร) กับขนาดของจอฉายที่ให้ภาพขนาดพอดี (ใช้สไลด์แนวนอนและซูมภาพออกจนได้ภาพที่ใหญ่ที่สุดโดยวัดระยะจากสไลด์ถึงจอฉาย)

ค. เครื่องวิซวลไลเซอร์เครื่องวิซวลไลเซอร์ (VISUALIZER) นี้สามารถใช้ได้กับวัตถุ 3 มิติ ภาพถ่ายกระดาษ หรือเอกสารต่างๆ ผ่านทางเครื่อง VDO Projector โดยที่ไม่ต้องการเนื้อที่การใช้งานหน้าชั้นมากนัก เช่นเดียวกับเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ

ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการเรียนการสอน แนะนำให้ใช้เครื่องวิซวลไลเซอร์นี้แทนการใช้เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะเนื่องจากสามารถฉายได้ไม่เฉพาะแผ่นใสเท่านั้น ในขณะที่เดียวกันเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะก็มีลักษณะเฉพาะกล่าวคือ ราคาไม่แพง ง่ายต่อการใช้ และการดูแลรักษา ไม่ต้องการเครื่องแปลงสัญญาณออกจอฉายอีกทอดหนึ่ง เครื่องวิซวลไลเซอร์นี้สามารถใช้เพื่อเป็นกล้องสำหรับการเรียนทางไกล 2 ทิศทางได้อีกด้วย

ง. เครื่องวิดีโอโปรเจกเตอร์ (VDO Projector) เครื่องวิดีโอโปรเจกเตอร์สามารถติดตั้งที่เพดานห้องเรียนหรือ ตั้งไว้บนชั้นวางโดยผู้สอนสามารถควบคุมจากหน้าชั้นเรียน ตำแหน่งการตั้งเครื่องสามารถวัดระยะทางได้โดยวัดจาก 2 เท่าของความกว้างของจอฉาย

ปัจจุบันเครื่องวิดีโอโปรเจกเตอร์นี้มีอยู่ด้วยกันหลายประเภทในท้องตลาด ได้แก่

1) 3-beam Cathode Ray Tube (CRT) เป็นเครื่องรุ่นเก่าที่ให้ความสว่างน้อย

2) liquid Crystal Display (LCD) เป็นเครื่องที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

3) Digital Light Processing (DLP) ให้ความคมชัดมากเพราะเป็นระบบดิจิทัล

คุณภาพของเครื่องจะกำหนดโดยความสว่างและความละเอียดของเครื่องฉายที่ทำได้ ความสว่างของเครื่องฉายมีหน่วยการวัดเป็น ANSI lumens ในปัจจุบันความสว่าง 1000 ANSI lumens ถือว่าเป็นความสว่างที่ต่ำที่สุด ส่วนเครื่องรุ่นใหม่ที่มีออกสู่ท้องตลาดมีความสว่างถึง 10000 ANSI lumens และสามารถฉายในห้องขนาดใหญ่ขณะที่เปิดไฟอยู่ นอกจากนี้ระยะห่างของการตั้งเครื่องฉายยังลดลงอีกด้วย

ความละเอียดของเครื่องฉายจะกำหนดเป็น pixels แบ่งเป็น VGA (ความละเอียดเท่ากับ 640×480 pixels) SVGA (ความละเอียดเท่ากับ 800×600 pixels) และ XGA (ความละเอียดเท่ากับ 1024×768 pixels ขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นความละเอียดมากที่สุดในปัจจุบัน)

เครื่องวิดีโอโปรเจกเตอร์นี้จะมีช่องให้สัญญาณเข้าหลายประเภทจึงสามารถสลับสัญญาณเพื่อฉายออกได้ระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องฉายวิดีโอทัศน์ หรือสลับสัญญาณระหว่างเครื่องฉายวิดีโอทัศน์กับเครื่องวีซวลไลเซอร์

จ. เครื่อง AUDIO MIXERS/ เครื่องขยายเสียง และลำโพงการจัดการระบบเสียงที่ดีสามารถทำให้ผู้สอนไม่ต้องใช้ Audio Mixer เครื่องขยายเสียง ลำโพง หรือการเสริมแรงเสียงใดๆ มาช่วย แต่ลำโพงยังจำเป็นสำหรับการฉายวิดีโอทัศน์ภาพยนตร์ CD เทปเสียง และเสียงจากคอมพิวเตอร์

ในห้องเรียนขนาดใหญ่ที่มีเครื่องวิดีโอโปรเจกเตอร์ ลำโพง และเครื่องขยายเสียงที่ติดตั้งไว้ที่เพดานสามารถขยายเสียงจากเครื่องวิดีโอโปรเจกเตอร์ได้

ปกติแล้วลำโพงแบบฝังเพดาน 1 ตัวในห้องเรียน เหมาะสำหรับผู้เรียน 25 คน ในกรณีที่ไม่สามารถติดตั้งลำโพงได้มากกว่าหนึ่งตัวบนเพดาน อาจเลือกใช้ลำโพงขนาดใหญ่ติดตั้งบริเวณหน้าห้องแทน

### 3. วิธีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน

3.1 การตรวจวัดแสง การตรวจวัดความเข้มแสงสว่างภายในอาคาร วิธีการตรวจวัดโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ วัดที่จุดทำงาน และวัดแบบค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป

#### 3.1.1 การวัดแบบจุด (Spot Measurement)

เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างบริเวณที่นิสิตต้องทำงานโดยใช้สายตาสายตาเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาดูอยู่กับที่ในการทำงาน ตรวจวัดในจุดที่สายตาทะลุโต๊ะเรียนหรือจุดที่ทำงานของพนักงาน (Point of Work) โดยวางเครื่องวัดแสงในแนวระนาบเดียวกับชิ้นงาน หรือพื้นผิวที่สายตาทะลุโต๊ะแล้วอ่านค่าที่อ่านได้นำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับ ความร้อน แสงสว่าง และ เสียง พ.ศ. 2549 หมวด 2 แสงสว่าง ข้อ 5 (3), (4), (5)

#### 3.1.2 การวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป (Area Measurement)

เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ทั่วไปภายในสถานประกอบการ กิจการ เช่นทางเดิน และบริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ถูกจ้างทำงานการตรวจวัดแบบนี้สามารถทำได้สองวิธี คือ

ก. แบ่งพื้นที่ทั้งหมดออกเป็น  $2 \times 2$  ตารางเมตร โดยถือเซลล์รับแสงในแนวระนาบสูงจากพื้น 30 นิ้ว (75 เซนติเมตร) แล้วอ่านค่า (ในขณะที่วัดนั้นต้องมีให้เงาของผู้วัดบังแสงสว่าง) นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

ข. หากการติดตั้งหลอดไฟมีลักษณะที่แน่นอนซ้ำๆ กัน สามารถวัดแสงในจุดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีแสงตกกระทบในลักษณะเดียวกัน ตามวิธีการวัดแสงและการคำนวณค่าเฉลี่ย ของ IES Lighting Handbook 1981 (Reference Volume) หรือเทียบเท่า การวัดในลักษณะนี้ช่วยให้จำนวนจุดตรวจวัดน้อยลงได้ ดังนี้

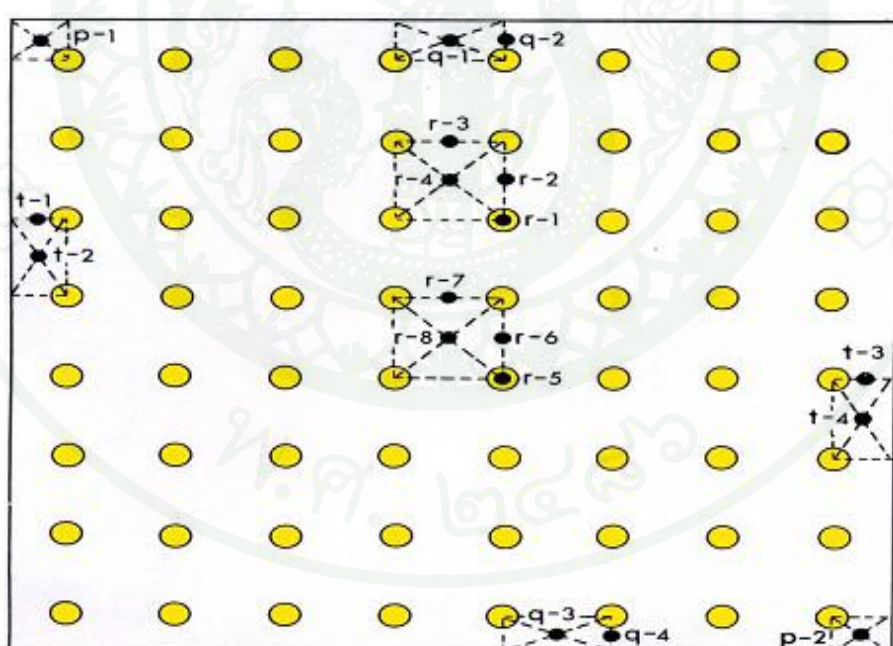
1) หลอดไฟมีระยะห่างระหว่างหลอดเท่ากันและมีจำนวนแถวมากกว่า 2 แถว (Symmetrically Spaced Luminaires in Two or More Rows) ดังภาพที่ 16

$$\text{แสงเฉลี่ย (Lux)} = \frac{[R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P]}{NM} \quad (4)$$

เมื่อ N = จำนวนหลอดไฟต่อแถว

M = จำนวนแถว

● = หลอดไฟ / ดวงไฟ



ภาพที่ 16 การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟมีระยะห่างระหว่างหลอดเท่ากันและมีจำนวนแถวมากกว่า 2 แถว

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ม.ป.ป.)

### ขั้นตอนการตรวจวัด คือ

1. อ่านค่า r ทั้ง 8 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า R
2. อ่านค่า q ทั้ง 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า Q
3. อ่านค่า t ทั้ง 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า T
4. อ่านค่า p ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า P
5. แทนค่า R, Q, T, P, N และ M ตามสูตรที่ 4 จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

โดย

$r_1 - r_8$  = ส่วนในและกลางห้อง (typical inner bay and centrally located bay) และ  $R$  = ค่าเฉลี่ยของ  $r_1-8$

$q_1 - q_4$  = กึ่งกลางขอบข้างห้อง (in two typical half bays on each side of room) และ  $Q$  = ค่าเฉลี่ยของ  $q_1-4$

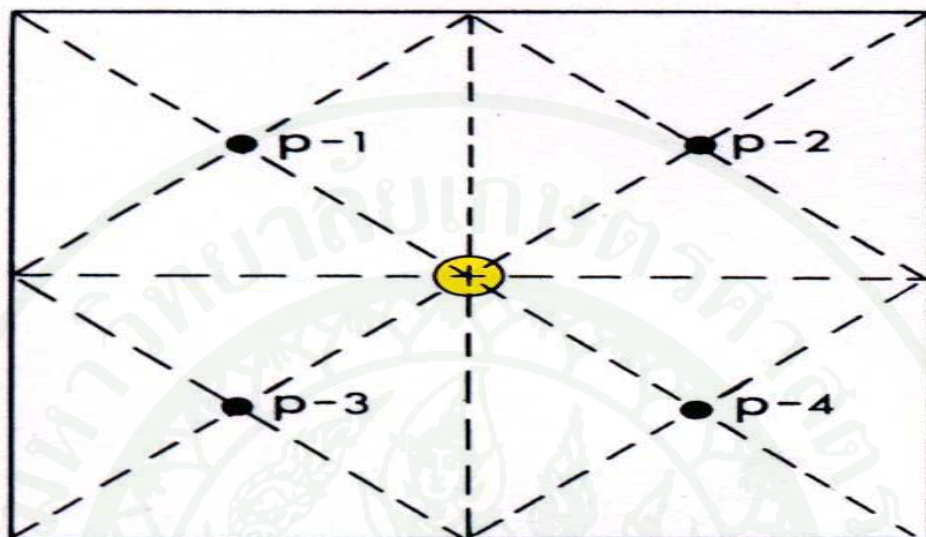
$t_1 - t_4$  = กึ่งกลางขอบหัว-ท้ายห้อง (in two typical half bays on each end of room) และ  $T$  = ค่าเฉลี่ยของ  $t_1-4$

$p_1, p_2$  = มุมห้อง (in two typical corner quarter bays) และ  $P$  = ค่าเฉลี่ยของ  $p_1$  และ  $p_2$

2) ไฟดวงเดี่ยวติดกลางห้อง (Symmetrically Located Single Illuminate)  
 ดังภาพที่ 17 ทำการวัดสี่จุด ( $p-1, p-2, p-3$  และ  $p-4$ ) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย

$$\text{แสงเฉลี่ย(Lux)} = \frac{[P-1 + P-2 + P-3 + P-4]}{4} \quad (5)$$

● = หลอดไฟ / ดวงไฟ



ภาพที่ 17 การตรวจวัดแสงแบบไฟดวงเดียวกลางห้อง

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ม.ป.ป.)

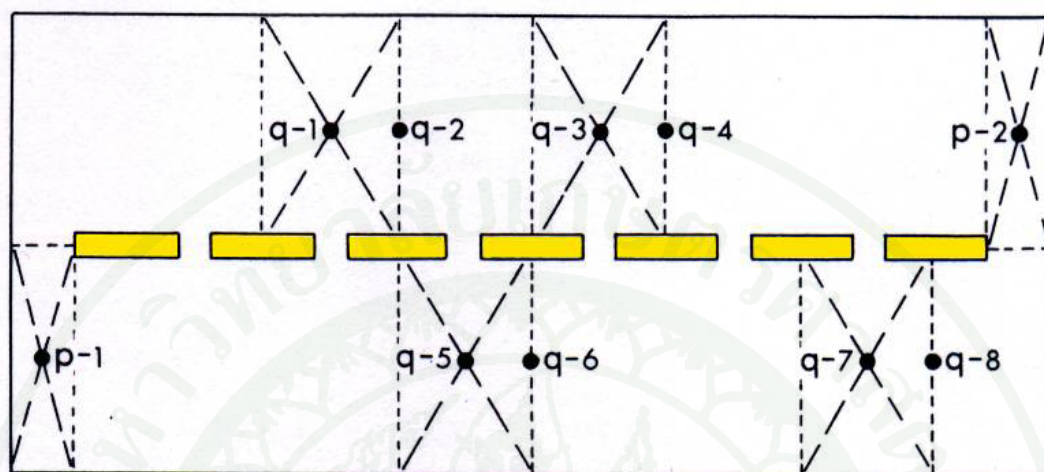
ขั้นตอนการตรวจวัด คือ

1. อ่านค่า p ที่จุด p-1, p-2, p-3 และ p-4 ทั้งหมด 4 จุด
2. แทนค่าตามสูตรที่ 5 จะได้ค่าแสงเฉลี่ย
- 3) หลอดไฟติดตั้งแถวเดียวกลางห้อง (Single Row of Individual

illuminate) ดังภาพที่ 18

$$\text{แสงเฉลี่ย (Lux)} = \frac{[Q(N-1) + P]}{N} \quad (6)$$

เมื่อ  $N$  = จำนวนหลอดไฟ  
 = หลอดไฟ / ดวงไฟ



ภาพที่ 18 การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดตั้งแถวเดียวกลางห้อง

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ม.ป.ป.)

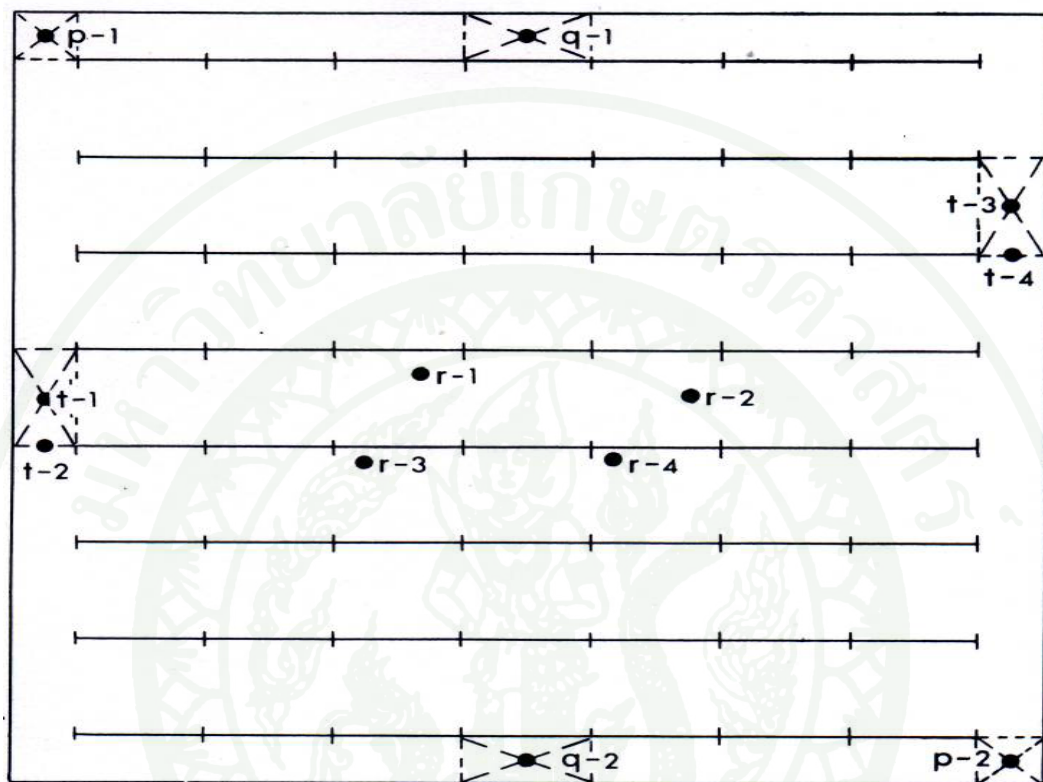
ขั้นตอนการตรวจวัด คือ

1. อ่านค่า  $q$  ทั้งหมด 8 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $Q$
2. อ่านค่า  $p$  ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $P$
3. แทนค่า  $Q$ ,  $P$  และ  $N$  ตามสูตรที่ 6 จะได้ค่าแสงเฉลี่ย
- 4) หลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องมากกว่าหรือเท่ากับ 2 แถว (Two or More Continuous Rows of illuminate) ดังภาพที่ 19

$$\text{แสงเฉลี่ย (Lux)} = \frac{[RN(M-1) + QN + T(M-1) + P]}{M(N+1)} \quad (7)$$

เมื่อ  $N$  = จำนวนหลอดไฟต่อแถว

$M$  = จำนวนแถว



ภาพที่ 19 การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องมากกว่าหรือเท่ากับ 2 แถว

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ม.ป.ป.)

ขั้นตอนการตรวจวัดคือ

1. อ่านค่า  $r$  ทั้งหมด 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $R$
2. อ่านค่า  $q$  ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $Q$
3. อ่านค่า  $t$  ทั้ง 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $T$

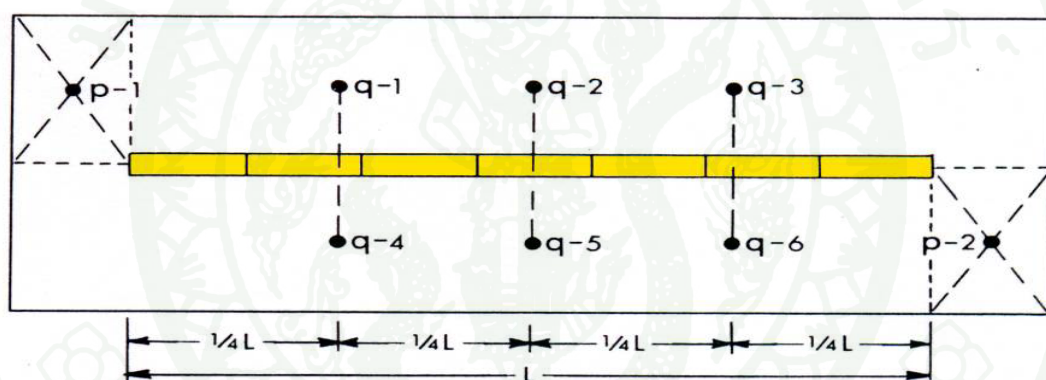
4. อ่านค่า  $p$  ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $P$

5. แทนค่า  $R, Q, T, P, M$  และ  $N$  ตามสูตรที่ 7 จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

5) หลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องแถวเดียว (Single Row of Continuous illuminate) ดังภาพที่ 20

$$\text{แสงเฉลี่ย(Lux)} = \frac{[QN + P]}{N + 1} \quad (8)$$

เมื่อ  $N$  = จำนวนหลอดไฟต่อแถว



ภาพที่ 20 การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องแถวเดียว

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ม.ป.ป.)

ขั้นตอนการตรวจวัด คือ

1. อ่านค่า  $q$  ทั้งหมด 6 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $Q$

2. อ่านค่า  $p$  ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $P$

3. แทนค่า  $Q, P$  และ  $N$  ตามสูตรที่ 8 จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

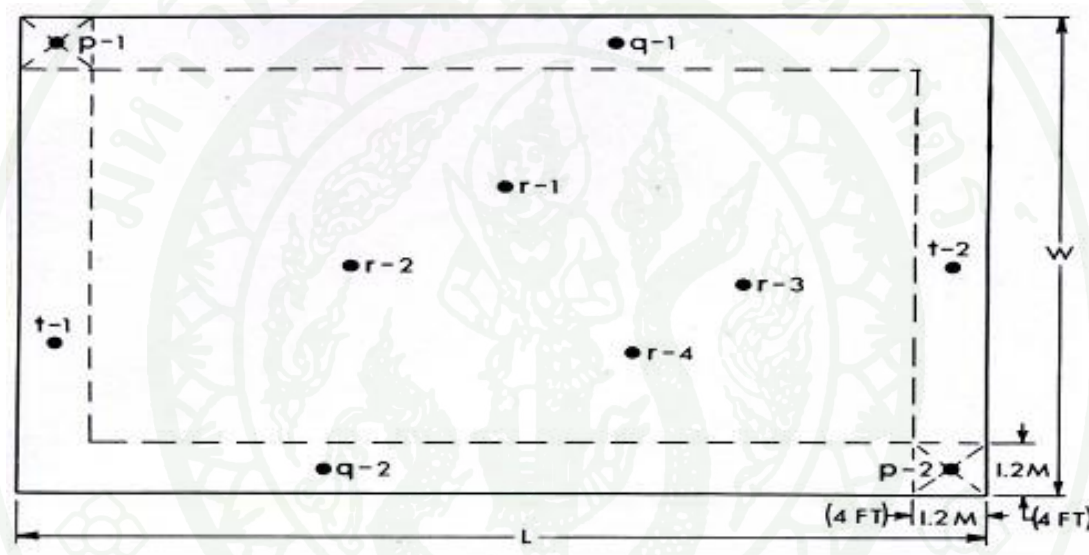
## 6) หลอดไฟติดกระจายบนเพดาน (Luminous or Louver all Ceiling)

ดั่งภาพที่ 21

$$\text{แสงเฉลี่ย(Lux)} = \frac{[R(L-8)(W-8) + 8Q(L-8) + 8T(W-8) + 64P]}{WL} \quad (9)$$

เมื่อ L = ความยาวของห้อง

W = ความกว้างของห้อง



ภาพที่ 21 การตรวจวัดแสงแบบหลอดไฟติดกระจายบนเพดาน

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ม.ป.ป.)

ขั้นตอนการตรวจวัด คือ

1. อ่านค่า r ทั้งหมด 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า R
2. อ่านค่า q ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า Q
3. อ่านค่า t ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า T

4. อ่านค่า  $p$  ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า  $P$

5. แทนค่า  $R, Q, T, P, W$  และ  $L$  ตามสูตร จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

นำผลการตรวจวัดและคำนวณค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ได้ เปรียบเทียบกับ กฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 หมวด 2 แสงสว่าง ข้อ 5 (1), (2)

### 3.1.3 ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดแสงสว่าง

ก. ปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนทำการตรวจวัดแสงสว่าง ต้องปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนทุกครั้ง การปรับเครื่อง เช่นนี้ เรียกว่า Zeroing ซึ่งไม่ใช่การปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ของเครื่องมือ การปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ ก่อนการเริ่มอ่านค่าเป็นสิ่งจำเป็น สามารถทำได้โดยใช้วัสดุสีดำทึบแสงปิดที่เซลรับแสงแล้วเปิดเครื่องและอ่านค่า ค่าที่อ่านได้ควรเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่มีแสงตกกระทบเซลรับแสง หากไม่เป็นเช่นนั้น ต้องปรับมิเตอร์ให้อ่านค่าศูนย์ก่อนเริ่มการตรวจวัด

ข. ปรับมิเตอร์ โดยมิเตอร์บางรุ่นจะมีปุ่มให้ปรับเลือกช่วงของความเข้มแสงสว่างระดับต่างๆ หากไม่แน่ใจว่าระดับความเข้มของแสงสว่างเป็นปริมาณเท่าไรให้ปรับปุ่มไปช่วงของการวัดที่ระดับสูงก่อนถ้าไม่ใช่ช่วงการวัดนั้นจึงค่อยปรับสเกลต่ำลงมา

ค. ศึกษาลักษณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ขนาดของชิ้นงาน ความละเอียดของงาน ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่ออารมณ์อง การส่องสว่าง และคุณภาพของการส่องสว่าง

ง. วางเซลรับแสง ระบายเดียวกับพื้นผิวงานของผู้ปฏิบัติงานนั้น อ่านค่าความเข้มแสงสว่าง ผู้ทำการตรวจวัดฯ ต้องระวังไม่ให้เงาของตัวเองทอดบังบนเซลรับแสง ซึ่งทำให้ค่าความเข้มแสงสว่างผิดจากความเป็นจริง

จ. ให้เซลรับแสงรับแสงจนค่าแน่นอนทุกครั้ง (โดยทั่วไปประมาณ 5 – 15 นาที) จึงอ่านค่ามิเตอร์และบันทึกผล

ฉ. นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 หมวด 2 แสงสว่าง

ช. การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง จะทำการตรวจวัดตามสภาพความเป็นจริง เช่น หากปฏิบัติงานโดยไม่เปิดไฟ แต่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ ก็ทำการตรวจวัดตามสภาพจริงนั้น แต่หากปกติการทำงานนั้นเปิดหลอดไฟฟ้าในขณะทำงาน ให้เปิดหลอดไฟฟ้าไว้อย่างน้อย 20 นาที ก่อนทำการตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อให้หลอดไฟส่องสว่างเต็มที่

ซ. ต้องวัดแสงในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในลักษณะการทำงานจริงๆ แม้การทำงานนั้นจะทำให้เกิดเงาในการวัดแสง ควรพิจารณาตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสภาพอากาศ ขณะที่ทำการวัดด้วย

ฌ. งานที่ปฏิบัติในเวลากลางวัน ต้องทำการวัดแสงในตอนกลางวัน แต่ถ้างานที่ปฏิบัตินั้นเป็นเวลากลางคืนก็ต้องทำการตรวจวัดในเวลากลางคืน

ญ. บันทึกผลการตรวจวัดแสงสว่างและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น สภาพห้อง เพดานดวงไฟ ความสะอาด สี สภาพอากาศขณะที่ตรวจวัด เป็นต้น

### 3.2 การตรวจวัดเสียง

3.2.1 ตรวจสอบเครื่องมือวัดระดับเสียงและอุปกรณ์ต่างๆ ให้ถูกต้องตามหลักวิชาการดังนี้

ก. กรณีตรวจวัดระดับเสียงเพื่อดูว่าระดับเสียงเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ให้ใช้เครื่องมือวัดระดับเสียง (Sound Level Meter)

ข. กรณีตรวจวัดระดับเสียงเพื่อควบคุมระดับเสียง หรือหาวิธีป้องกันเสียงดัง ให้ใช้เครื่องมือวัดระดับเสียงแบบวิเคราะห์ความถี่ (Frequency Analyzer)

3.2.2 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือวัดระดับเสียง และอุปกรณ์ที่ใช้เช่น  
แบตเตอรี่

3.2.3 ปรับความถูกต้องของเครื่องมือวัดระดับเสียง

ก. เลือกวงจรถ่วงน้ำหนัก (Weighting Network) ให้เหมาะสมกับการตรวจวัด  
โดยปกติจะใช้วงจรถ่วงน้ำหนัก “A”

ข. ทดลองวัดค่าระดับเสียงก่อนการตรวจวัดจริงและปรับสเกลของเครื่องมือ  
ให้เหมาะสม

3.2.4 หันไมโครโฟนไปยังแหล่งกำเนิดเสียงที่ต้องการวัดขณะทำการตรวจวัดควรอยู่  
ห่างจากพื้นผิวที่ทำให้เกิดเสียงสะท้อนตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ดังนี้

ก. งานด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรม ทำการตรวจวัดจุดที่คนปฏิบัติงาน โดยให้  
ระดับของไมโครโฟนอยู่ที่ระดับหู (Hearing Zone) ของผู้ปฏิบัติงาน

ข. การตรวจวัดเพื่อควบคุมระดับเสียงจะทำการตรวจวัดที่แหล่งกำเนิดเสียง  
โดยหันไมโครโฟนไปยังแหล่งกำเนิดเสียง ห่างจากเครื่องจักรประมาณ 1 เมตร

3.2.5 เลือกปุ่มความไว ในการแสดงค่าระดับเสียงไปที่ “Slow”

3.2.6 จดบันทึกค่าระดับเสียงนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือกฎหมาย

3.2.7 อุปกรณ์การตรวจวัดเสียง มีดังนี้

ก. เครื่องมือวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ประกอบด้วยไมโครโฟน  
ส่วนขยายสัญญาณ วงจรถ่วงน้ำหนัก มาตรฐานแสดงค่า



ภาพที่ 22 เครื่องมือวัดเสียง

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ม.ป.ป.)

ข. เครื่องมือวิเคราะห์ความถี่ (Frequency Analyzer) สามารถวิเคราะห์ความถี่ช่วงต่าง ๆ โดยมีการกำหนดช่วงค่าความถี่ที่แยกได้ไว้เป็นมาตรฐานสากล

ค. เครื่องมือปรับความถูกต้อง (Sound Calibrator) เป็นเครื่องกำเนิดเสียง

ง. มาตรฐานใช้สำหรับปรับแต่งเครื่องมือวัดระดับเสียงที่เฉพาะความถี่เดียว



ภาพที่ 23 เครื่องมือวิเคราะห์ และเครื่องมือปรับความถูกต้อง

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ม.ป.ป.)

จ. อุปกรณ์กำบังลม (Windscreen) ใช้สวมครอบลงบนไมโครโฟน เพื่อทำหน้าที่ป้องกันลมและฝน ในกรณีที่ตั้งไมโครโฟนไว้กลางแจ้งหรือบริเวณที่มีลมแรง



ภาพที่ 24 อุปกรณ์กำบัง ของเครื่องมือตรวจวัดเสียง

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ม.ป.ป.)

ฉ. ขาตั้ง (Tripod) เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้เมื่อต้องวัดเสียงหลายจุด และเครื่องวัดเสียงมีน้ำหนักมาก



ภาพที่ 25 ขาตั้ง ของเครื่องมือตรวจวัดเสียง

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ม.ป.ป.)

### 3.3 อุปกรณ์ตรวจวัดอากาศ

เทอร์มอมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิสูงสุด/ต่ำสุด มีเทอร์มอมิเตอร์ที่เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์แบบดิจิตอลเก็บข้อมูลหลายวัน (A Digital multi-day Maximum/Minimum) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลอุณหภูมิไว้สำหรับ 6 วัน การตรวจสอบนั้นควรเปิด HVAC ไว้ก่อนอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และแสงสว่างต่างๆ จะต้องเปิดไว้ขณะที่ทำการตรวจสอบ วัดและบันทึกอุณหภูมิแต่ละห้อง การตรวจสอบนั้นควรกระทำทั้งในขณะที่ปฏิบัติงานอยู่ ตลอดเวลาความชื้นของอากาศ (Humidity Measurement) ในการปรับอากาศนั้นนอกจากทำให้อุณหภูมิในห้องลดลงแล้ว ยังต้องควบคุมความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะ เพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้อยู่ในห้องปรับอากาศนั้นด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบได้แก่ Dry bulb และ Wet bulb thermometer และ automatic humidity recorder ก่อนที่จะทำการตรวจวัดจะต้องเดินเครื่องก่อนอย่างน้อย 6 ชั่วโมง ทำการตรวจวัดและบันทึกผลทั้งในขณะที่ไม่มีการปฏิบัติงานและขณะที่มีการปฏิบัติงานทุก ๆ ห้อง แสดงว่าระบบการทำงานของอากาศที่ควบคุมความชื้นที่เป็นที่ยอมรับได้

ส่วนการวัดความเร็วของลม เราใช้เครื่องมือที่เรียกว่า " อะนิมอมิเตอร์"(anemometer) ซึ่งมีหลายชนิด แต่ส่วนมากใช้แบบใบพัดหรือกังหัน หรือใช้แบบถ้วยกลมสามใบและมีก้านสามก้านต่อมารวมกันที่แกนกลาง จากแกนกลางจะมีแกนต่อลงมายังเบื่องล่าง เมื่อกังหันหมุนจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เข็มที่หน้าปัดชี้แสดงความเร็วของลมคล้ายๆ กับหน้าปัดที่บอกความเร็วของรถยนต์ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 2)



ภาพที่ 26 เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

#### 4. กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

##### 4.1 มาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเรื่องเสียง

สาธารณกรมไทย สำหรับเยาวชนฯ เรื่อง เสียงและมลภาวะทางเสียง สามารถวัดระดับเสียงและระดับของความดังเป็นเดซิเบล เสียงที่ดังไม่เกิน 60 เดซิเบล เป็นเสียงที่ฟังได้สบาย เสียงดังระหว่าง 60 ถึง 80 เดซิเบล จัดว่าเป็นเสียงดัง เสียงที่ดังเกินกว่า 80 เดซิเบล ถือว่าเป็นเสียงที่ดังมาก ซึ่งอาจทำลายสุขภาพได้ จากการทดลองพบว่า ถ้าเราต้องฟังเสียงดังมากอยู่นานๆ จะทำให้หูหนวก ไม่สบาย และเป็นโรคทางประสาทได้

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป กำหนดว่า

ก. ค่าระดับเสียงสูงสุด ไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ

ข. ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ

มาตรฐานทางด้านวิชาการขององค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้ว่า ระดับความดังของเสียงต้องไม่เกิน 85 dB(A) ต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง

##### ตารางที่ 2 มาตรฐานทางด้านวิชาการขององค์การอนามัยโลก

| ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัส<br>(ชั่วโมง) | ระดับเสียงดัง<br>(เดซิเบลเอ) |
|-----------------------------------------|------------------------------|
| 8                                       | 90                           |
| 6                                       | 92                           |
| 4                                       | 95                           |
| 3                                       | 97                           |
| 2                                       | 100                          |

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัส<br>(ชั่วโมง) | ระดับเสียงดัง<br>(เดซิเบลเอ) |
|-----------------------------------------|------------------------------|
| 1.5                                     | 102                          |
| 1                                       | 105                          |
| 0.5                                     | 110                          |
| 0.25 หรือน้อยกว่า                       | 115                          |

ที่มา: OSHA (1910)

จากมาตรฐานที่ได้กล่าวแล้วนั้นเสียงภายในห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนจึงควรอยู่ในระดับ 60-80 dB(A) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และไม่ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อหู แต่หากมีการได้รับสัมผัสเสียงในปริมาณมากๆ และระยะเวลานาน จะส่งผลเสียต่อหูเป็นอย่างมาก

### 4.2 มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับแสงสว่าง

ขอแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคารของประเทศไทยตาม TIEA-GD 003 ของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 3 แสดงขอแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                          | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                              |
|-----------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------------------------------------|
| อาคารสำหรับสถาบันการศึกษา                           |                 |                  |                |                                                       |
| พื้นที่สำหรับการเรียนการศึกษาทั่วไป                 | 300             | 19               | 80             |                                                       |
| พื้นที่ห้องเรียนสำหรับเรียนภาคค่ำและการศึกษาผู้ใหญ่ | 500             | 19               | 80             | ระบบแสงสว่างควรจะควบคุมปรับแต่งได้                    |
| ห้องบรรยาย                                          | 500             | 19               | 80             | ควรระวังแสงสะท้อนถ้าอยู่ในห้องบรรยาย 750 K (2000 Lux) |

### ตารางที่ 3 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม           | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                  |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|---------------------------|
| พื้นที่หน้ากระดานดำ                  | 500             | 19               | 80             |                           |
| พื้นที่โต๊ะทำงาน                     | 500             | 19               | 80             |                           |
| ห้องเรียนทางด้านศิลปะและ<br>หัตถกรรม | 500             | 19               | 80             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 5000 K |
| ห้องแสดงศิลปะในโรงเรียนสอน<br>ศิลปะ  | 750             | 19               | 90             |                           |
| ห้องเขียนแบบ                         | 750             | 16               | 80             |                           |

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (2545)

#### นิยาม (Definitions)

ความหมายของสัญลักษณ์อักษรที่ปรากฏในตารางค่าระดับความส่องสว่างทางสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

1.  $\bar{E}_m$  : Maintained Illuminate หมายถึง ระดับความส่องสว่าง (โดยเฉลี่ย) ที่วัดได้ และต้องคงไว้ ณ พื้นที่หรือจุดทำงาน (Task Area) มีหน่วยเป็น Lux
2. UGR<sub>L</sub> : Limiting Unified Glare Rating หมายถึง ค่าระดับความไม่สบายตาจากแสงสว่าง (UGR : Unified Glare Rating) ที่ยอมได้สูงสุดเมื่อติดตั้งระบบแสงสว่างเสร็จแล้ว ณ พื้นที่หรือจุดทำงาน
3. R<sub>a(min)</sub> : Minimum Colour Rendering Index หมายถึง ดัชนีความถูกต้องของสี (R<sub>a</sub> : Colour Rendering Index) หรือความเหมือนจริงของสีของวัตถุชิ้นต่ำสุด เมื่อมองเห็นขณะที่แสงจากระบบแสงสว่าง ณ พื้นที่ หรือจุดทำงานกระทบผิววัตถุ

### 4.3 มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ

การนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศหรือดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศขับออกไปภายนอก จำต้องมีอัตราไม่น้อยกว่า ดังนี้

ตารางที่ 4 การระบายอากาศในกรณีที่มีการปรับภาวะอากาศ

| ลำดับ | สถานที่           | ลูกบาศก์เมตรต่อ<br>ชั่วโมงต่อตารางเมตร   | ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง<br>ต่อตารางเมตร |
|-------|-------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
|       |                   | (m <sup>3</sup> /hr per m <sup>2</sup> ) | (CFM / m <sup>2</sup> )               |
| 1.    | ห้องเรียน         | 4                                        | 2.4                                   |
| 2.    | สถานบริหารร่างกาย | 5                                        | 3.0                                   |

ที่มา: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2548)

### 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทิพวัลย์ (2544) อังใน อรวี (2546) ศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงในห้องเรียนเพื่อความสะดวกสบาย และเป็นแนวทางในการออกแบบในการออกแบบห้องเรียนในชนบทจากการวิจัยพบว่า การติดตั้งกระดานไวท์บอร์ดที่ปรับเอียงมุม 5 องศา ให้สอบเข้าด้านบน สามารถหลบแสงจ้าสะท้อนที่กระดานไม่ให้เข้าผู้เรียนได้เป็นการลดแสงจ้าที่เกิดจากแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านหลังได้ และการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าที่ฝ้าเพดานเหนือกระดานต้องใช้เกล็ดบังแสงไม่ให้มีแสงตกกระทบที่กระดานโดยตรง สามารถช่วยลดแสงสะท้อนที่เกิดจากดวงโคมไฟฟ้าในห้องได้

นงนุช (2547) ได้ทำการศึกษาเพื่อการออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนศิลปะเด็กพิเศษ กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา คือ นักเรียนโรงเรียนศรีสังวาลย์ ซึ่งเป็นโรงเรียนเฉพาะสำหรับเด็กและเยาวชนกลุ่มพิเศษผู้บกพร่องทางด้านแขนขาและลำตัว โดยศึกษาตัวแปรสภาพแวดล้อมทางกายภาพหลายตัวแปร ได้แก่ ช่องว่าง อุณหภูมิ พื้น ผนัง เพดาน แสง สีและเฟอร์นิเจอร์ แต่เน้นทำการทดลองเฉพาะเรื่องสีของห้องเรียนศิลปะเท่านั้น เพราะสีเป็นรูปธรรมที่เด่นชัดที่เด็กๆ สามารถรับรู้ได้ด้วยจักขุประสาท ผลการศึกษาพบว่า สีวรรณะร้อนเป็นสีที่มีผล

ในการดึงดูด แรงเร้าและกระตุ้นให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น และในส่วนของห้องเรียนศิลปะที่มีอัตราส่วนของสีวรรณะเย็นมากกว่าสีวรรณะร้อนนั้น อาจทำให้เด็กเกิดความรู้สึกผ่านคลาย สบาย ไม่มีแรงกระตุ้นพอ จึงทำให้เด็กขาดความตื่นตัว

สมเชาว์ (2544) อ้างใน อรวิ(2546) กล่าวว่า จากการสำรวจสภาพความเป็นจริงในปัจจุบันพบว่า ปัญหาสำคัญที่มหาวิทยาลัยส่วนใหญ่กำลังประสบอยู่ขณะนี้คือ ลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพและมาตรฐานของห้องเรียนไม่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้สื่อการสอนประเภทต่างๆ ผู้สอนมักจะเลือกใช้สื่อหรืออุปกรณ์ตามที่มียัดไว้ในห้องเรียนนั้นๆ และตามความสะดวกคุ้นเคยของตนเอง ทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อกระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลายตามแต่ละรายวิชาได้และไม่ให้ความสำคัญต่อการใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมกับช่องทางการรับรู้ของผู้เรียน

อรวิ (2546) ได้ทำการนำเสนอรูปแบบการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพของผู้เรียนเพื่อการใช้สื่อการเรียนการสอน ในสถาบันอุดมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอรูปแบบการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพของห้องเรียนที่เหมาะสมกับการใช้สื่อในการเรียนการสอน สถาบันอุดมศึกษา กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ห้องเรียนแบบปิดที่ใช้เพื่อการบรรยายขนาดความจุ 60 – 80 ที่นั่งในสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 9 ห้อง

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพของห้องเรียน เพื่อการใช้สื่อการเรียนการสอนในสถาบันอุดมศึกษา ควรมีลักษณะดังนี้

1. ห้องเรียนควรมีผนังทั้ง 2 ข้างของห้องไม่ขนานกัน ประตูเข้า ออกห้องเรียนอยู่ด้านหลังห้อง พื้นห้องเรียบเสมอกันยกกระดาน้ำชั้นเรียน พื้นที่ส่วนผู้เรียนเฉลี่ยคนละ 1.3 ตารางเมตร เว้นระยะพื้นที่หน้าชั้นเรียนสำหรับผู้สอนประมาณ 3.3 เมตร การจัดที่นั่งของผู้เรียนแต่ละแถวเหลื่อมซ้อนกัน เว้นทางเดินสัญจรภายในห้องกว้างประมาณ 1.0 เมตร ลักษณะที่นั่งของผู้เรียนเคลื่อนย้ายได้ สีของผนังห้องเป็นสีอ่อน ส่วนของพื้นห้องใช้สีเข้มกว่าผนัง

2. ผนังห้องเป็นวัสดุสะท้อนเสียงในพื้นที่ 1/3 ของห้อง และกรุด้วยวัสดุดูดซับเสียงในพื้นที่ 2/3 ของห้อง เพดานเป็นวัสดุสะท้อนเสียงในพื้นที่ 2/3 ของห้อง และกรุด้วยวัสดุดูดซับเสียงในพื้นที่ 1/3 ของห้อง ลำโพงเป็นชนิดฝังฝ้าเพดานติดตั้ง 4 ตำแหน่ง พร้อมทั้งมีสวิตช์ควบคุมแยกแต่ละตำแหน่ง ติดตั้งลำโพงติดผนังในส่วนหน้าของห้องทั้ง 2 ข้างของกระดาน

3. แบ่งพื้นที่แสงสว่างของห้องเรียน มีสวิตช์ไฟแยกแต่ละพื้นที่ ส่วนของผู้เรียนสามารถหรี่แสงได้ บริเวณผู้สอนมีไฟส่องสว่างบริเวณกระดานและจอฉายแยกต่างหากจากบริเวณอื่นๆ หลอดไฟใช้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์แสงค่อนข้างขาว ใช้ Electronic Ballast ใช้โคมที่มีการกระจายแสงแบบ Bat wing และตะแกรงเป็นแผ่นสะท้อนแสงชนิด Malt – Enamel

4. เครื่องปรับอากาศที่ใช้เป็นระบบ Central Unit โดยมีตัวควบคุมอุณหภูมิแยกแต่ละเครื่อง

5. สื่อพื้นฐานที่ติดตั้งประจำห้อง มีดังนี้ กระดานไวท์บอร์ดแบบผิวด้าน จอฉายชนิด Matt White ฝังฝ้าเพดานควบคุมด้วยมอเตอร์ เครื่อง Visualizer เครื่อง LCD Projector โดยมีแผงควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ติดตั้งที่แท่นบรรยายของผู้สอนหน้าชั้นเรียน ติดตั้ง Wireless Access Point เพื่อการเชื่อมต่อเข้าเครือข่ายด้วยระบบไร้สาย

Fouts and Myers (1992) อ้างใน อรวี (2546) ศึกษาถึงอุณหภูมิภายในชั้นเรียนที่ส่งผลต่อการสื่อสารภายในชั้นเรียนพบว่า ถ้าห้องเรียนมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ผู้เรียนจะเกิดอาการหงุดหงิด อ่อนเพลีย หากห้องเรียนมีอุณหภูมิที่เย็นเกินไปจะทำให้ผู้เรียนไม่มีสมาธิในการเรียน โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 66-72 องศาฟาเรนไฮต์

University of California (1990) อ้างใน อรวี (2546) ได้ให้เกณฑ์ในการคิดปริมาณความจุของที่นั่งในห้องเรียนระดับอุดมศึกษาว่า คิดจากพื้นที่ทั้งหมดของห้องเรียน หักออกด้วยพื้นที่สำหรับการสอนหน้าชั้น แล้วหารด้วยพื้นที่ที่ผู้เรียนประมาณ 15 ตารางฟุตต่อคน ซึ่งจากหลักเกณฑ์ง่ายๆ นี้พบว่า ในชั้นเรียนปกติผู้เรียนจะต้องการพื้นที่ 20 ตารางฟุตต่อคน ในขณะที่ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ผู้เรียนจะต้องการพื้นที่ 30 – 35 ตารางฟุตต่อคน

ในห้องเรียนที่มีทางเข้า-ออกเดียวจะจำกัดที่นั่งสูงสุดไว้ที่ 49 ที่นั่งเท่านั้น โดยทั่วไปแล้ว การจัดที่นั่งแบบติดตัวยาวจะทำให้ได้ปริมาณความจุของที่นั่งต่อห้องเรียนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งตามข้อกำหนดนั้นการจัดที่นั่งแบบตายตัวนี้จะจำกัดพื้นที่ของผู้เรียนได้ต่ำที่สุดคือ 12 ตารางฟุตต่อคน การจัดที่นั่งแบบแถวโค้งจะช่วยให้ผู้เรียนกับผู้สอนมี eye contact มากขึ้น

จากงานวิจัยของ California University เมื่อปี 1990 อ้างใน อรวิ (2546) พบว่าประมาณ ครึ่งหนึ่งของผู้สอนพึงพอใจที่นั่งที่ติดตัวยาว ส่วนอีกครึ่งหนึ่งพึงพอใจแบบที่เคลื่อนย้ายได้ ส่วนร้อยละ 10 ชอบให้จัดที่นั่งรูปแบบสัณมนา และอีกร้อยละ 5 ชอบแบบโต๊ะเรียนติดกันเป็นแถวยาว

University of Florida (2001) อ้างใน อรวิ (2546) วิจัยเกี่ยวกับ Classroom Acoustic Group พบว่า การออกแบบระบบ HVAC (Heating Ventilation Air-condition) มีผลโดยตรงต่อระดับเสียงในห้องเรียน การเลือกเครื่องปรับอากาศแบบติดฝาน้ำ หรือเครื่องปรับอากาศแบบแขวนเพดาน มีเสียงดังมาก(มากกว่า 45 NC ) เนื่องมาจากกระซกระหว่างห้องเรียนชิดกันมาก การระบายอากาศเสียงภายในห้อง วัสดุที่ใช้ดูดซับเสียง และช่องระบายอากาศเข้าออกของแต่ละห้องติดต่อกัน นอกจากนี้ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ ไม่ว่าจะเป็นพัดลม คอยล์ เครื่องระบายอากาศของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งกับฝาน้ำโดยตรงทำให้มีเสียงประมาณ 40-50 NC Gary Sabine (2001)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. ฮาร์ดแวร์

1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Note Book Core2 Duo รุ่น HP Pavilion dv 2000 หน่วย ความจำของระบบเท่ากับ 2 MB ความจุของ Hard Disk ขนาด 111 GB

#### 2. เครื่องมือที่ใช้

2.1 เครื่องตรวจวัดแสงสว่าง (Light Meter) ยี่ห้อ BK PRECISION 615

2.2 เครื่องตรวจวัดเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ BK PRECISION 732

2.3 เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Humidity Meter) ยี่ห้อ FLUKE 971

2.4 เครื่องตรวจวัดความเร็วลม (ANEMOMETER) ยี่ห้อ DIGICON DA-43

2.5 เครื่องตรวจวัดเสียงรบกวน ยี่ห้อ PHONIC PRR 3

#### 3. ซอฟต์แวร์

3.1 โปรแกรม DIALUX เวอร์ชัน 4.5

3.2 โปรแกรม AutoCAD เวอร์ชัน 2008

4. แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการใช้ห้องเรียน อาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

## วิธีการ

1. สำรวจการใช้ห้องเรียนภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ดังนี้

1.1 สำรวจจำนวนนิสิตที่ใช้ห้องเรียน ภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน

1.2 จำแนกห้องเรียน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยจำกัดจำนวนนักเรียนที่เข้าใช้ห้องเรียนเป็น 20-40 คน, 60-80 คน และ 120 คน ดังต่อไปนี้

ขนาดห้องเรียนที่มีจำนวนนิสิต 20-40 คน ประกอบด้วย ห้องหมายเลข 3201, 8605 และ 8606

ขนาดห้องเรียนที่มีจำนวนนิสิต 60-80 คน ประกอบด้วย ห้องหมายเลข 3311, 3313, 3403, 8602, 0404, 0405, 0406 และ 0407

ขนาดห้องเรียนที่มีจำนวนนิสิต 120 คน ประกอบด้วย ห้องหมายเลข 3204, 3304 และ 0803

2. ออกแบบ แบบสอบถาม เพื่อประเมินความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อห้องเรียนอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน

3. ตรวจสอบแบบสอบถามโดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ห้องเรียน

4. ทดสอบการใช้แบบสอบถามจริง ตามภาคผนวกที่ ข (วันที่ 2-6 กุมภาพันธ์ 2552 ในช่วงเวลา 08.00 – 17.00 น.) เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียน ภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยจำนวนแบบสอบถามที่ใช้ทดสอบคำนวณตามสูตรของ Yamane

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

เมื่อ

n = จำนวนของกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Yamane

N = จำนวนประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา

e = ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (การวิจัยครั้งนี้กำหนด = 0.05)

ทดสอบแบบสอบถามของห้องเรียนขนาดเล็ก, ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ดังต่อไปนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก ห้องหมายเลข 3201, 8605 และ 8606 ทดสอบจำนวน 212, 252 และ 234 ชุด ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง ห้องหมายเลข 3311, 3313, 3403, 8602, 0404, 0405, 0406 และ 0407 ทดสอบจำนวน 260, 273, 276, 304, 263, 287, 273 และ 239 ชุด ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ ห้องหมายเลข 3204, 3304 และ 0803 ทดสอบจำนวน 289, 282 และ 300 ชุด ตามลำดับ

โดยแต่ห้องเรียนใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 4 วัน ในช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น.

ตารางที่ 5 แสดงหมายเลขห้อง จำนวนนิสิตที่ตอบแบบสอบถาม และค่าความผิดพลาดในการใช้แบบสอบถาม

| ขนาด<br>ห้องเรียน                | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนิสิตที่<br>ใช้ห้องเรียน<br>(คน) | yamane<br>$= \frac{N}{1 + Ne^2}$ | จำนวนนิสิตที่ตอบ<br>แบบสอบถาม<br>(คน) | ค่าความ<br>ผิดพลาด<br>$(e) = \frac{Z_{\alpha}}{2\sqrt{n}}$ |
|----------------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| ห้องขนาด<br>เล็ก (20-40<br>คน)   | 3201            | 451                                   | 212                              | 116                                   | $\pm 9.00$                                                 |
|                                  | 8605            | 679                                   | 252                              | 214                                   | $\pm 6.66$                                                 |
|                                  | 8606            | 564                                   | 234                              | 135                                   | $\pm 8.43$                                                 |
| ห้องขนาด<br>กลาง (60-80<br>คน)   | 3311            | 745                                   | 260                              | 217                                   | $\pm 6.00$                                                 |
|                                  | 3313            | 863                                   | 273                              | 157                                   | $\pm 7.80$                                                 |
|                                  | 3403            | 892                                   | 276                              | 196                                   | $\pm 7.00$                                                 |
|                                  | 8602            | 1262                                  | 304                              | 98                                    | $\pm 9.80$                                                 |
|                                  | 0404            | 768                                   | 263                              | 295                                   | $\pm 5.70$                                                 |
|                                  | 0405            | 1017                                  | 287                              | 179                                   | $\pm 7.30$                                                 |
|                                  | 0406            | 857                                   | 273                              | 200                                   | $\pm 6.90$                                                 |
|                                  | 0407            | 592                                   | 239                              | 125                                   | $\pm 8.70$                                                 |
| ห้องขนาด<br>ใหญ่ (80-<br>120 คน) | 3204            | 1049                                  | 289                              | 206                                   | $\pm 6.83$                                                 |
|                                  | 3304            | 956                                   | 282                              | 149                                   | $\pm 8.00$                                                 |
|                                  | 0803            | 1196                                  | 300                              | 229                                   | $\pm 6.40$                                                 |

หมายเหตุ n คือ จำนวนนิสิตที่ตอบแบบสอบถาม (คน)

#### 5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

6. จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความไม่พึงพอใจในการใช้ห้องเรียนขนาดเล็ก, ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของนิสิตในช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% Confidence Interval)

7. ดำเนินการจัดการปัจจัยที่มีผลต่อความไม่พึงพอใจในการเรียนการสอน ภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ของนิสิต ดังนี้

7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ผ่านการดำเนินการสอบเทียบตาม มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 17025-2543(ISO/IEC 17025) ก่อนทำการตรวจวัด

7.2 ตรวจวัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน โดย ทำการตรวจวัด ตามกฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร และการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับ ความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 และประเมินผลเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่แท้จริง โดยดำเนินการตรวจสอบ รายการดังต่อไปนี้

7.2.1 แสงสว่าง

7.2.2 ระดับเสียง

7.2.3 อุณหภูมิ

7.2.4 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ

7.2.5 อัตราการระบายอากาศ

7.3 เสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงห้องเรียน อาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน ดังนี้

7.3.1 ออกแบบระบบเสียง

7.3.2 ออกแบบระบบแสงสว่าง โดยใช้โปรแกรม DIALUX เวอร์ชัน4.5

7.3.3 กำหนดอัตราการระบายอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐาน

#### 7.3.4 กำหนดหาระดับเสียงสะท้อน

7.4 นำเสนอรูปแบบ ในการออกแบบห้องเรียน ให้ได้ตามมาตรฐาน โดยจำแนกตาม  
จำนวนนิสิตที่ใช้ห้องเรียน 20-40 คน, 60-80 คน และ 120 คน



## ผลและวิจารณ์

### ผล

งานวิจัยนี้ ได้ทำการประเมิน และการออกแบบสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ซึ่งผลของการศึกษาสามารถพิจารณาได้ดังตารางต่อไปนี้

#### 1. ความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

##### 1.1 ด้านคุณภาพอากาศ

พิจารณาปัจจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิและกลิ่นอับภายในห้องเรียน ดังตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจด้านคุณภาพอากาศเกี่ยวกับอุณหภูมิภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน      | หมายเลข<br>ห้อง | อุณหภูมิภายในห้อง                |         |        |                |        |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|---------|--------|----------------|--------|
|                        |                 | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม | เหมาะสม | ร้อยละ | ไม่<br>เหมาะสม | ร้อยละ |
|                        |                 | (คน)                             | (คน)    | (%)    | (คน)           | (%)    |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน | 3201            | 116                              | 69      | 59     | 47             | 41     |
|                        | 8605            | 214                              | 140     | 65     | 74             | 35     |
|                        | 8606            | 135                              | 101     | 75     | 34             | 25     |
| ขนาดกลาง<br>60 – 80 คน | 3311            | 217                              | 166     | 76     | 51             | 24     |
|                        | 3313            | 157                              | 145     | 92     | 12             | 8      |
|                        | 3403            | 196                              | 159     | 81     | 37             | 19     |
|                        | 8602            | 98                               | 60      | 61     | 38             | 39     |
|                        | 0404            | 295                              | 149     | 51     | 146            | 49     |

ตารางที่ 6 (ต่อ)

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม | อุณหภูมิภายในห้อง |        |                |        |
|-------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------|--------|----------------|--------|
|                         |                 |                                  | เหมาะสม           | ร้อยละ | ไม่<br>เหมาะสม | ร้อยละ |
|                         |                 | (คน)                             | (คน)              | (%)    | (คน)           | (%)    |
| ขนาดกลาง<br>60 – 80 คน  | 0405            | 179                              | 114               | 64     | 65             | 36     |
|                         | 0406            | 200                              | 153               | 77     | 47             | 24     |
|                         | 0407            | 125                              | 98                | 78     | 27             | 22     |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 3204            | 206                              | 151               | 73     | 55             | 27     |
|                         | 3304            | 149                              | 109               | 73     | 40             | 27     |
|                         | 0803            | 229                              | 153               | 67     | 76             | 33     |

จากตารางที่ 6 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าอุณหภูมิภายในห้อง 3201 นิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 8605 และห้อง 8606 คิดเป็นร้อยละ 59, 65 และ 75 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าอุณหภูมิภายในห้อง 0404 นิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 8602 และห้อง 0405 คิดเป็นร้อยละ 51, 61 และ 64 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าอุณหภูมิภายในห้อง 0803 นิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 3204 และ 3304 คิดเป็นร้อยละ 67 และ 73 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจด้านคุณภาพอากาศเกี่ยวกับกลิ่นอับภายในห้องเรียนของนิสิตคณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | กลิ่นอับ   |            |               |            |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------------|------------|------------|---------------|------------|
|                         |                 |                                          | มี<br>(คน) | ร้อยละ (%) | ไม่มี<br>(คน) | ร้อยละ (%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน  | 3201            | 116                                      | 15         | 13         | 101           | 87         |
|                         | 8605            | 214                                      | 34         | 16         | 180           | 84         |
|                         | 8606            | 135                                      | 15         | 11         | 120           | 89         |
| ขนาดกลาง<br>60 – 80 คน  | 3311            | 217                                      | 16         | 7          | 201           | 93         |
|                         | 3313            | 157                                      | 0          | 0          | 157           | 100        |
|                         | 3403            | 196                                      | 7          | 4          | 189           | 96         |
|                         | 8602            | 98                                       | 26         | 27         | 72            | 73         |
|                         | 0404            | 295                                      | 60         | 20         | 235           | 80         |
|                         | 0405            | 179                                      | 23         | 13         | 156           | 87         |
|                         | 0406            | 200                                      | 30         | 15         | 170           | 85         |
|                         | 0407            | 125                                      | 23         | 18         | 102           | 82         |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 3204            | 206                                      | 21         | 10         | 185           | 90         |
|                         | 3304            | 149                                      | 5          | 3          | 144           | 97         |
|                         | 0803            | 229                                      | 62         | 27         | 167           | 73         |

จากตารางที่ 7 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่า ห้อง 8605 มีกลิ่นอับมากที่สุด รองลงมาคือ  
ห้อง 3201 และ 8606 คิดเป็นร้อยละ 16, 13 และ 11 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่า ห้อง 8602 มีกลิ่นอับมากที่สุด รองลงมาคือ  
ห้อง 0404 คิดเป็นร้อยละ 27 และ 20 ตามลำดับ ส่วนห้อง 3313 ไม่มีกลิ่นอับเลย

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าห้อง 0803 มีกลิ่นอับมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 3204 และ 3304 คิดเป็นร้อยละ 27, 10 และ 3 ตามลำดับ

## 1.2 ด้านแสงสว่าง

พิจารณาปัจจัยเกี่ยวกับแสงสว่างจากหลอดไฟ แสงสว่างจากโปรเจ็คเตอร์ และแสงรบกวนจากภายนอก ดังตารางที่ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ความพึงพอใจด้านแสงสว่างเกี่ยวกับแสงสว่างจากหลอดไฟภายในห้องเรียนของนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่ตอบ<br>แบบสอบถาม(คน) | แสงสว่างจากหลอดไฟ |               |                        |               |
|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------|---------------|------------------------|---------------|
|                         |                 |                                      | เหมาะสม<br>(คน)   | ร้อยละ<br>(%) | ไม่<br>เหมาะสม<br>(คน) | ร้อยละ<br>(%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน  | 3201            | 116                                  | 82                | 71            | 34                     | 29            |
|                         | 8605            | 214                                  | 150               | 70            | 64                     | 30            |
|                         | 8606            | 135                                  | 103               | 76            | 32                     | 24            |
| ขนาดกลาง<br>60 - 80 คน  | 3311            | 217                                  | 161               | 74            | 56                     | 26            |
|                         | 3313            | 157                                  | 131               | 83            | 26                     | 17            |
|                         | 3403            | 196                                  | 136               | 69            | 60                     | 31            |
|                         | 8602            | 98                                   | 64                | 65            | 34                     | 35            |
|                         | 0404            | 295                                  | 178               | 60            | 117                    | 40            |
|                         | 0405            | 179                                  | 124               | 69            | 55                     | 31            |
|                         | 0406            | 200                                  | 158               | 79            | 42                     | 21            |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 0407            | 125                                  | 78                | 62            | 47                     | 38            |
|                         | 3204            | 206                                  | 172               | 83            | 34                     | 17            |
|                         | 3304            | 149                                  | 98                | 66            | 51                     | 34            |
|                         | 0803            | 229                                  | 147               | 64            | 82                     | 36            |

จากตารางที่ 8 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าห้องเรียน 8605 นิสิตมีความพึงพอใจในระบบแสงสว่างน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 3201 และห้อง 8606 คิดเป็นร้อยละ 70 , 71 และ 76 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าห้องเรียน 0404 นิสิตมีความพึงพอใจในระบบแสงสว่างน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 0407 และห้อง 8602 คิดเป็นร้อยละ 60 , 62 และ 65 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าห้องเรียน 0803 นิสิตมีความพึงพอใจในระบบแสงสว่างน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 3304 และห้อง 3204 คิดเป็นร้อยละ 64, 66 และ 83 ตามลำดับ

**ตารางที่ 9** ความพึงพอใจด้านแสงสว่างเกี่ยวกับความแสงสว่างของโปรเจ็คเตอร์ภายในห้องเรียน  
ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน      | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบ<br>แบบสอบถาม<br>(คน) | ความสว่างของโปรเจ็คเตอร์ |               |                    |               |
|------------------------|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                        |                 |                                              | เหมาะสม<br>(คน)          | ร้อยละ<br>(%) | ไม่เหมาะสม<br>(คน) | ร้อยละ<br>(%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน | 3201            | 116                                          | 75                       | 65            | 41                 | 35            |
|                        | 8605            | 214                                          | 138                      | 64            | 76                 | 36            |
|                        | 8606            | 135                                          | 72                       | 53            | 63                 | 47            |
| ขนาดกลาง<br>60 – 80 คน | 3311            | 217                                          | 133                      | 61            | 84                 | 39            |
|                        | 3313            | 157                                          | 131                      | 83            | 26                 | 17            |
|                        | 3403            | 196                                          | 99                       | 51            | 97                 | 49            |
|                        | 8602            | 98                                           | 47                       | 48            | 51                 | 52            |
|                        | 0404            | 295                                          | 197                      | 67            | 98                 | 33            |
|                        | 0405            | 179                                          | 155                      | 87            | 24                 | 13            |
|                        | 0406            | 200                                          | 172                      | 86            | 28                 | 14            |
|                        | 0407            | 125                                          | 85                       | 68            | 40                 | 32            |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ขนาด<br>ห้องเรียน | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียน<br>ที่ตอบ<br>แบบสอบถาม<br>(คน) | ความสว่างของโปรเจ็กเตอร์ |            |                        |               |
|-------------------|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------|------------------------|---------------|
|                   |                 |                                              | เหมาะสม<br>(คน)          | ร้อยละ (%) | ไม่<br>เหมาะสม<br>(คน) | ร้อยละ<br>(%) |
| ขนาดใหญ่          | 3204            | 206                                          | 161                      | 78         | 45                     | 22            |
| 80 - 120          | 3304            | 149                                          | 95                       | 64         | 54                     | 36            |
| คน                | 0803            | 229                                          | 203                      | 89         | 26                     | 11            |

จากตารางที่ 9 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าห้อง 8606 นิสิตมีความพึงพอใจในความสว่างของโปรเจ็กเตอร์น้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 8605 และ 3201 คิดเป็นร้อยละ 53 , 64 และ 65 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าห้อง 8602 นิสิตมีความพึงพอใจในความสว่างของโปรเจ็กเตอร์น้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 3403 และ 3311 คิดเป็นร้อยละ 48, 51 และ 61 ตามลำดับ ห้องขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่า ห้อง 3304 นิสิตมีความพึงพอใจในความสว่างของโปรเจ็กเตอร์น้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 3204 และ 0803 คิดร้อยละ 64 , 78 และ 89ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ความพึงพอใจด้านแสงสว่างเกี่ยวกับแสงรบกวนจากภายนอกห้องเรียนของนิสิต  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน      | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | แสงรบกวนจากภายนอก |            |               |            |
|------------------------|-----------------|------------------------------------------|-------------------|------------|---------------|------------|
|                        |                 |                                          | มี<br>(คน)        | ร้อยละ (%) | ไม่มี<br>(คน) | ร้อยละ (%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน | 3201            | 116                                      | 10                | 9          | 106           | 91         |
|                        | 8605            | 214                                      | 23                | 11         | 191           | 89         |
|                        | 8606            | 135                                      | 13                | 10         | 122           | 90         |

ตารางที่ 10 (ต่อ)

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | แสงรบกวนจากภายนอก |            |               |            |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------------|-------------------|------------|---------------|------------|
|                         |                 |                                          | มี<br>(คน)        | ร้อยละ (%) | ไม่มี<br>(คน) | ร้อยละ (%) |
| ขนาดกลาง<br>60-80 คน    | 3311            | 217                                      | 22                | 10         | 195           | 90         |
|                         | 3313            | 157                                      | 0                 | 0          | 157           | 100        |
|                         | 3403            | 196                                      | 7                 | 4          | 189           | 96         |
|                         | 8602            | 98                                       | 17                | 17         | 81            | 83         |
|                         | 0404            | 295                                      | 58                | 20         | 237           | 80         |
|                         | 0405            | 179                                      | 32                | 18         | 147           | 82         |
|                         | 0406            | 200                                      | 37                | 19         | 163           | 81         |
|                         | 0407            | 125                                      | 21                | 17         | 104           | 83         |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 3204            | 206                                      | 15                | 7          | 191           | 93         |
|                         | 3304            | 149                                      | 12                | 8          | 137           | 92         |
|                         | 0803            | 229                                      | 35                | 15         | 194           | 85         |

จากตารางที่ 10 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าห้อง 8605 มีแสงรบกวนจากภายนอกมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 8606 และ 3201 คิดเป็นร้อยละ 11, 10 และ 9 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าห้อง 0404 มีแสงรบกวนจากภายนอกมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 0406 คิดเป็นร้อยละ 20 และ 19 ตามลำดับ ส่วนห้อง 3313 ไม่มีแสงรบกวนจากภายนอก

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าห้อง 0803 มีแสงรบกวนจากภายนอกมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 3304 และ 3204 คิดเป็นร้อยละ 15, 8 และ 7 ตามลำดับ

### 1.3 ด้านเสียง

พิจารณาปัจจัยเกี่ยวกับระดับเสียงของผู้สอน, เสียงสะท้อนภายในห้องและเสียงรบกวนจากภายนอก ดังตารางที่ 11, 12 และ 13 ดังนี้

**ตารางที่ 11** ความพึงพอใจระดับเสียงของผู้สอนภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | ระดับเสียงของผู้สอน |               |                        |               |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------------|---------------------|---------------|------------------------|---------------|
|                         |                 |                                          | เหมาะสม<br>(คน)     | ร้อยละ<br>(%) | ไม่<br>เหมาะสม<br>(คน) | ร้อยละ<br>(%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน  | 3201            | 116                                      | 84                  | 72            | 32                     | 28            |
|                         | 8605            | 214                                      | 143                 | 67            | 71                     | 33            |
|                         | 8606            | 135                                      | 103                 | 76            | 32                     | 24            |
| ขนาดกลาง<br>60 – 80 คน  | 3311            | 217                                      | 184                 | 85            | 33                     | 15            |
|                         | 3313            | 157                                      | 139                 | 89            | 18                     | 11            |
|                         | 3403            | 196                                      | 173                 | 88            | 23                     | 12            |
|                         | 8602            | 98                                       | 73                  | 74            | 25                     | 26            |
|                         | 0404            | 295                                      | 214                 | 73            | 81                     | 27            |
|                         | 0405            | 179                                      | 144                 | 80            | 35                     | 20            |
|                         | 0406            | 200                                      | 158                 | 79            | 42                     | 21            |
|                         | 0407            | 125                                      | 78                  | 62            | 47                     | 38            |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 3204            | 206                                      | 171                 | 83            | 35                     | 17            |
|                         | 3304            | 149                                      | 107                 | 72            | 42                     | 28            |
|                         | 0803            | 229                                      | 168                 | 73            | 61                     | 27            |

จากตารางที่ 11 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าห้อง 8605 นิสิตมีความพึงพอใจต่อระบบเสียงในการเรียนการสอนน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 3201 และ 8606 คิดเป็นร้อยละ 67, 72 และ 76 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าห้อง 0407 นิสิตมีความพึงพอใจต่อระบบเสียงในการเรียนการสอนน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 0404 และ 8602 คิดเป็นร้อยละ 62, 73 และ 74 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าห้อง 3304 นิสิตมีความพึงพอใจต่อระบบเสียงในการเรียนการสอนน้อยที่สุด รองลงมาคือห้อง 0803 และ 3204 คิดเป็นร้อยละ 72, 73 และ 83 ตามลำดับ

**ตารางที่ 12** ความพึงพอใจด้านเสียงเกี่ยวกับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียนของนิสิต  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน      | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | เสียงสะท้อนภายในห้อง |               |               |            |
|------------------------|-----------------|------------------------------------------|----------------------|---------------|---------------|------------|
|                        |                 |                                          | มี<br>(คน)           | ร้อยละ<br>(%) | ไม่มี<br>(คน) | ร้อยละ (%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน | 3201            | 116                                      | 3                    | 3             | 113           | 97         |
|                        | 8605            | 214                                      | 43                   | 20            | 171           | 80         |
|                        | 8606            | 135                                      | 18                   | 13            | 117           | 87         |
| ขนาดกลาง<br>60 – 80 คน | 3311            | 217                                      | 11                   | 5             | 206           | 95         |
|                        | 3313            | 157                                      | 1                    | 1             | 156           | 99         |
|                        | 3403            | 196                                      | 11                   | 6             | 185           | 94         |
|                        | 8602            | 98                                       | 14                   | 14            | 84            | 86         |
|                        | 0404            | 295                                      | 48                   | 16            | 247           | 84         |
|                        | 0405            | 179                                      | 21                   | 12            | 158           | 88         |

ตารางที่ 12 (ต่อ)

| ขนาด<br>ห้องเรียน | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | เสียงสะท้อนภายในห้อง |            |               |            |
|-------------------|-----------------|------------------------------------------|----------------------|------------|---------------|------------|
|                   |                 |                                          | มี<br>(คน)           | ร้อยละ (%) | ไม่มี<br>(คน) | ร้อยละ (%) |
| ขนาด              | 0406            | 200                                      | 27                   | 14         | 173           | 87         |
| กลาง 60-<br>80 คน | 0407            | 125                                      | 14                   | 11         | 111           | 89         |
| ขนาด              | 3204            | 206                                      | 12                   | 6          | 194           | 94         |
| ใหญ่              | 3304            | 149                                      | 6                    | 4          | 143           | 96         |
| 80 - 120<br>คน    | 0803            | 229                                      | 27                   | 12         | 202           | 88         |

จากตารางที่ 12 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าห้อง 8605 มีเสียงสะท้อนภายในห้องมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 8606 และ 3201 คิดเป็นร้อยละ 20, 13 และ 3 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่า ห้อง 0404 มีเสียงสะท้อนภายในห้องมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 8602, 0406 และ 0405 คิดเป็นร้อยละ 16, 14, 14 และ 12 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่า ห้อง 0803 มีเสียงสะท้อนภายในห้องมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 3204 และ 3304 คิดเป็นร้อยละ 12, 6 และ 4 ตามลำดับ

**ตารางที่ 13** ความพึงพอใจด้านเสียงเกี่ยวกับเสียงรบกวนจากภายนอกห้องเรียนของนิสิตคณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่ |      | เสียงรบกวนจากภายนอก |       |            |
|-------------------------|-----------------|------------------|------|---------------------|-------|------------|
|                         |                 | ตอบแบบสอบถาม     | มี   | ร้อยละ (%)          | ไม่มี | ร้อยละ (%) |
|                         |                 | (คน)             | (คน) |                     | (คน)  |            |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน  | 3201            | 116              | 24   | 21                  | 92    | 79         |
|                         | 8605            | 214              | 66   | 31                  | 148   | 69         |
|                         | 8606            | 135              | 57   | 42                  | 78    | 58         |
| ขนาดกลาง<br>60 - 80 คน  | 3311            | 217              | 39   | 18                  | 178   | 82         |
|                         | 3313            | 157              | 1    | 1                   | 156   | 99         |
|                         | 3403            | 196              | 12   | 6                   | 184   | 94         |
|                         | 8602            | 98               | 34   | 35                  | 64    | 65         |
|                         | 0404            | 295              | 72   | 24                  | 223   | 76         |
|                         | 0405            | 179              | 36   | 20                  | 143   | 80         |
|                         | 0406            | 200              | 23   | 12                  | 177   | 89         |
|                         | 0407            | 125              | 26   | 21                  | 99    | 79         |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 3204            | 206              | 18   | 9                   | 188   | 91         |
|                         | 3304            | 149              | 17   | 11                  | 132   | 89         |
|                         | 0803            | 229              | 22   | 10                  | 207   | 90         |

จากตารางที่ 13 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าห้อง 8606 มีเสียงรบกวนจากภายนอกมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 8605 และ 3201 คิดเป็นร้อยละ 42, 31 และ 21 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าห้อง 8602 มีเสียงรบกวนจากภายนอกมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 0404 และ 0407 คิดเป็นร้อยละ 35, 24 และ 21 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าห้อง 3304 มีเสียงรบกวนจากภายนอกมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 0803 และ 3204 คิดเป็นร้อยละ 11, 10 และ 9 ตามลำดับ

#### 1.4 การนั่ง

พิจารณาปัจจัยเกี่ยวกับประเภทของเก้าอี้และความปวดเมื่อยจากการนั่งเรียน ดังตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** ความพึงพอใจด้านการนั่งเกี่ยวกับประเภทของเก้าอี้และความปวดเมื่อยจากการนั่งเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาด<br>ห้องเรียน       | หมายเลข<br>ห้อง | จำนวนนักเรียนที่<br>ตอบแบบสอบถาม<br>(คน) | ประเภท<br>ของเก้าอี้ | ความปวดเมื่อยการนั่งเรียน |               |               |               |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                         |                 |                                          |                      | มี<br>(คน)                | ร้อยละ<br>(%) | ไม่มี<br>(คน) | ร้อยละ<br>(%) |
| ขนาดเล็ก<br>20 - 40 คน  | 3201            | 116                                      | แบบที่ 3             | 12                        | 10            | 104           | 90            |
|                         | 8605            | 214                                      | แบบที่ 1             | 20                        | 9             | 194           | 91            |
|                         | 8606            | 135                                      | แบบที่ 1             | 26                        | 19            | 109           | 81            |
| ขนาดกลาง<br>60 - 80 คน  | 3311            | 217                                      | แบบที่ 1             | 67                        | 31            | 150           | 69            |
|                         | 3313            | 157                                      | แบบที่ 3             | 1                         | 1             | 156           | 99            |
|                         | 3403            | 196                                      | แบบที่ 3             | 27                        | 14            | 169           | 86            |
|                         | 8602            | 98                                       | แบบที่ 3             | 43                        | 44            | 55            | 56            |
|                         | 0404            | 295                                      | แบบที่ 2             | 34                        | 12            | 261           | 88            |
|                         | 0405            | 179                                      | แบบที่ 2             | 88                        | 49            | 91            | 51            |
|                         | 0406            | 200                                      | แบบที่ 2             | 45                        | 23            | 155           | 78            |
|                         | 0407            | 125                                      | แบบที่ 2             | 32                        | 26            | 93            | 74            |
| ขนาดใหญ่<br>80 - 120 คน | 3204            | 206                                      | แบบที่ 2             | 28                        | 14            | 178           | 86            |
|                         | 3304            | 149                                      | แบบที่ 2             | 21                        | 14            | 128           | 86            |
|                         | 0803            | 229                                      | แบบที่ 2             | 42                        | 18            | 187           | 82            |

## ตารางที่ 14 (ต่อ)

### หมายเหตุ

ประเภทเก้าอี้แบบที่ 1 คือ



ประเภทเก้าอี้แบบที่ 2 คือ



ประเภทเก้าอี้แบบที่ 3 คือ



จากตารางที่ 14 สามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) พบว่าเก้าอี้ของห้องเรียน 8606 (เก้าอี้แบบที่ 1) เมื่อนั่งเรียนทำให้เกิดความปวดเมื่อยมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 3201 (เก้าอี้แบบที่ 3) และห้อง 8605 (เก้าอี้แบบที่ 1) คิดเป็นร้อยละ 19, 10 และ 9 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) พบว่าเก้าอี้ของห้องเรียน 0405 (เก้าอี้แบบที่ 2) เมื่อนั่งเรียนทำให้เกิดความปวดเมื่อยมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 8602 (เก้าอี้แบบที่ 3) และห้อง 3313 (เก้าอี้แบบที่ 3) คิดเป็นร้อยละ 49, 44 และ 1 ตามลำดับ

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) พบว่าเก้าอี้ของห้องเรียน 0803 (เก้าอี้แบบที่ 2) เมื่อนั่งเรียนทำให้เกิดความปวดเมื่อยมากที่สุด รองลงมาคือห้อง 3204 (เก้าอี้แบบที่ 2) และห้อง 3304 (เก้าอี้แบบที่ 2) คิดเป็นร้อยละ 18, 14 และ 14 ตามลำดับ

จากการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้เก้าอี้พบว่าค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากเก้าอี้ที่ใช้ในการเรียนมีหลายประเภท ประกอบกับนิสิตบางส่วนได้ทำกิจกรรมภายนอกซึ่งส่งผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าก่อนเข้าใช้ห้องเรียน ดังนั้นกลุ่มประชากรอยู่ใน

สภาวะการที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ไม่สามารถที่จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามได้ จึงไม่ทำการพิจารณาในด้านนี้

**ตารางที่ 15** สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็กของ  
นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาดห้องเรียน                                                 | ห้องขนาดเล็ก (20-40 คน)                                                             |                                                                                      |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| หมายเลขห้อง                                                   | 3201                                                                                | 8605                                                                                 | 8606                                                                                  |
| จำนวนนิสิตที่ตอบแบบสอบถาม (คน)                                | 116                                                                                 | 214                                                                                  | 135                                                                                   |
| $yamane = \frac{n}{1 + ne^2}$                                 | 212                                                                                 | 252                                                                                  | 234                                                                                   |
| ค่าความผิดพลาด (e) = $\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}}{2\sqrt{n}}$ | ± 9.00                                                                              | ± 6.66                                                                               | ± 8.43                                                                                |
| <b>สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน</b>                              |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| <b>1. คุณภาพอากาศ (ร้อยละ)</b>                                | <b>มีปัญหา</b>                                                                      | <b>มีปัญหา</b>                                                                       | <b>มีปัญหา</b>                                                                        |
| 1.1 อุณหภูมิภายในห้อง                                         | 41                                                                                  | 35                                                                                   | 25                                                                                    |
| 1.2 กลิ่นอับ                                                  | 13                                                                                  | 16                                                                                   | 11                                                                                    |
| <b>2. ด้านแสงสว่าง (ร้อยละ)</b>                               |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 2.1 แสงสว่างจากหลอดไฟ                                         | 29                                                                                  | 30                                                                                   | 24                                                                                    |
| 2.2 แสงสว่างจากโปรเจกเตอร์                                    | 35                                                                                  | 36                                                                                   | 47                                                                                    |
| 2.3 แสงรบกวนจากภายนอก                                         | 9                                                                                   | 11                                                                                   | 10                                                                                    |
| <b>3. ด้านเสียง (ร้อยละ)</b>                                  |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 3.1 ระบบเสียงในการเรียนการสอน                                 | 28                                                                                  | 33                                                                                   | 24                                                                                    |
| 3.2 เสียงสะท้อนภายในห้อง                                      | 3                                                                                   | 20                                                                                   | 13                                                                                    |
| 3.3 เสียงรบกวนจากภายนอก                                       | 21                                                                                  | 31                                                                                   | 42                                                                                    |
| <b>4. การนั่ง (ร้อยละ)</b>                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 4.1 ความปวดเมื่อยการนั่งเรียน                                 | 10                                                                                  | 9                                                                                    | 19                                                                                    |
| 4.2 ประเภทของเก้าอี้                                          |  |  |  |

จากตารางที่ 15 สรุปผลได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) ประกอบด้วย หมายเลขห้อง 3201, 8605 และ 8606 ดังนั้นต้องแจกแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียนว่าประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง ซึ่งห้องเรียนหมายเลข 3201, 8605 และ 8606 ต้องเก็บแบบสอบถามจำนวน 212, 252 และ 234 ตามลำดับ

เนื่องด้วยจำนวนแบบสอบถามที่สามารถเรียกเก็บมาได้นั้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ตามสูตรของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จึงเลือกใช้สูตร ค่าความผิดพลาด (e) =  $\frac{z \frac{\alpha}{2}}{2\sqrt{n}}$  เพื่อค่าความผิดพลาดจากการตอบกลับของแบบสอบถาม ซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 โดยห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40 คน) ทุกห้องที่ทำการศึกษาค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% confidence Interval) ดังนั้นข้อมูลที่เรียกเก็บมาได้จากแบบสอบถามนั้นมีความเชื่อถือได้

เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านคุณภาพอากาศ, ด้านแสงสว่าง, ด้านเสียง และการนั่งที่ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน พบว่า ห้องเรียน หมายเลข 8605 มีปัญหาต่อความไม่พึงพอใจในการใช้ห้องเรียนมากที่สุด ดังนี้

1. กลิ่นอับ พบร้อยละ 16
2. แสงสว่างจากหลอดไฟ พบร้อยละ 30
3. แสงรบกวนจากภายนอก พบร้อยละ 11
4. ระบบเสียงในการเรียนการสอน พบร้อยละ 33
5. เสียงสะท้อนภายในห้อง พบร้อยละ 20

ดังนั้นจึงเลือกห้องเรียนขนาดเล็ก (20-40) หมายเลขห้อง 8605 ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้เป็นไปตามมาตรฐานและกฎหมาย ต่อไป

ตารางที่ 16 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลางของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาดห้องเรียน                                                 | ห้องขนาดกลาง (60-80 คน) |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| หมายเลขห้อง                                                   | 3311                    | 3313    | 3403    | 8602    | 0404    | 0405    | 0406    | 0407    |
| จำนวนนิสิตที่ตอบแบบสอบถาม (คน)                                | 217                     | 157     | 196     | 98      | 295     | 179     | 200     | 125     |
| $y_{\text{amane}} = \frac{n}{1 + ne^2}$                       | 260                     | 273     | 276     | 304     | 263     | 287     | 273     | 239     |
| ค่าความผิดพลาด (e) = $\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}}{2\sqrt{n}}$ | ± 6.00                  | ± 7.80  | ± 7.00  | ± 9.80  | ± 5.70  | ± 7.30  | ± 6.90  | ± 8.70  |
| สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน                                     |                         |         |         |         |         |         |         |         |
| 1. คุณภาพอากาศ (ร้อยละ)                                       | มีปัญหา                 | มีปัญหา | มีปัญหา | มีปัญหา | มีปัญหา | มีปัญหา | มีปัญหา | มีปัญหา |
| 1.1 อากาศภายในห้อง                                            | 24                      | 8       | 19      | 39      | 49      | 36      | 24      | 22      |
| 1.2 กลิ่นอับ                                                  | 7                       | 0       | 4       | 27      | 20      | 13      | 15      | 18      |
| 2. ด้านแสงสว่าง (ร้อยละ)                                      |                         |         |         |         |         |         |         |         |
| 2.1 แสงสว่างจากหลอดไฟ                                         | 26                      | 17      | 31      | 35      | 40      | 31      | 21      | 38      |
| 2.2 แสงสว่างจากโปรเจ็กเตอร์                                   | 39                      | 17      | 49      | 52      | 33      | 13      | 14      | 32      |
| 2.3 แสงรบกวนจากภายนอก                                         | 10                      | 0       | 4       | 17      | 20      | 18      | 19      | 17      |

ตารางที่ 16 (ต่อ)

| ขนาดห้องเรียน                 | ห้องขนาดกลาง (60-80 คน)                                                            |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| หมายเลขห้อง                   | 3311                                                                               | 3313                                                                               | 3403                                                                                | 8602                                                                                 | 0404                                                                                 | 0405                                                                                 | 0406                                                                                 | 0407                                                                                 |
| สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน     | มีปัญหา                                                                            | มีปัญหา                                                                            | มีปัญหา                                                                             | มีปัญหา                                                                              | มีปัญหา                                                                              | มีปัญหา                                                                              | มีปัญหา                                                                              | มีปัญหา                                                                              |
| <b>3. ด้านเสียง (ร้อยละ)</b>  |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |
| 3.1 ระบบเสียงในการเรียนการสอน | 15                                                                                 | 11                                                                                 | 12                                                                                  | 26                                                                                   | 27                                                                                   | 20                                                                                   | 21                                                                                   | <b>38</b>                                                                            |
| 3.2 เสียงสะท้อนภายในห้อง      | 5                                                                                  | 1                                                                                  | 6                                                                                   | 14                                                                                   | <b>16</b>                                                                            | 12                                                                                   | 14                                                                                   | 11                                                                                   |
| 3.3 เสียงรบกวนจากภายนอก       | 18                                                                                 | 1                                                                                  | 6                                                                                   | <b>35</b>                                                                            | 24                                                                                   | 20                                                                                   | 12                                                                                   | 21                                                                                   |
| <b>4. การนั่ง (ร้อยละ)</b>    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |
| 4.1 ความปวดเมื่อยการนั่งเรียน | 31                                                                                 | 1                                                                                  | 14                                                                                  | 44                                                                                   | 12                                                                                   | <b>49</b>                                                                            | 23                                                                                   | 26                                                                                   |
| 4.2 ประเภทของเก้าอี้          |  |  |  |  |  |  |  |  |

จากตารางที่ 16 สรุปผลได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) ประกอบด้วย หมายเลขห้อง 3311, 3313, 3403, 8602, 0404, 0405, 0406 และ 0407 ดังนั้น ต้องแจกแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียนว่าประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง ซึ่งห้องเรียนหมายเลข 3311, 3313, 3403, 8602, 0404, 0405, 0406 และ 0407 ต้องเก็บแบบสอบถามจำนวน 260, 273, 276, 304, 263, 287, 273 และ 239 ตามลำดับ

เนื่องด้วยจำนวนแบบสอบถามที่สามารถเรียกเก็บมาได้นั้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ต้องการตามสูตรของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จึงเลือกใช้สูตร ค่าความผิดพลาด (e) =  $\frac{z \frac{\alpha}{2}}{2\sqrt{n}}$  เพื่อหาค่าความผิดพลาดจากการตอบกลับของแบบสอบถาม ซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 โดยห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) ทุกห้องที่ทำการศึกษาค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% confidence Interval) ดังนั้นข้อมูลที่เรียกเก็บมาได้จากแบบสอบถามนั้นมีความเชื่อถือได้

เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านคุณภาพอากาศ, ด้านแสงสว่าง, ด้านเสียง และการนั่งที่ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน พบว่า ห้องเรียน หมายเลข 0404 มีปัญหาต่อความไม่พึงพอใจในการใช้ห้องเรียนมากที่สุด ดังนี้

1. อุณหภูมิภายในห้อง พบร้อยละ 49
2. แสงสว่างจากหลอดไฟ พบร้อยละ 40
3. แสงรบกวนจากภายนอก พบร้อยละ 20
4. เสียงสะท้อนภายในห้องเรียน พบร้อยละ 16

ดังนั้นจึงเลือกห้องเรียนขนาดกลาง (60-80 คน) หมายเลขห้อง 0404 ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้เป็นไปตามมาตรฐานและกฎหมาย ต่อไป

ตารางที่ 17 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ ของ  
นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ขนาดห้องเรียน                                         | ห้องขนาดใหญ่ (80-120 คน)                                                            |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| หมายเลขห้อง                                           | 3204                                                                                | 3304                                                                                 | 0803                                                                                  |
| จำนวนนิสิตที่ตอบแบบสอบถาม<br>(คน)                     | 206                                                                                 | 149                                                                                  | 229                                                                                   |
| $y_{\text{amane}} = \frac{n}{1 + ne^2}$               | 289                                                                                 | 282                                                                                  | 300                                                                                   |
| ค่าความผิดพลาด (e) = $\frac{Z_{\alpha/2}}{2\sqrt{n}}$ | ± 6.83                                                                              | ± 8.00                                                                               | ± 6.40                                                                                |
| สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน                             |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 1. คุณภาพอากาศ (ร้อยละ)                               | มีปัญหา                                                                             | มีปัญหา                                                                              | มีปัญหา                                                                               |
| 1.1 อุ่นหวิวภายในห้อง                                 | 27                                                                                  | 27                                                                                   | 33                                                                                    |
| 1.2 กลิ่นอับ                                          | 10                                                                                  | 3                                                                                    | 27                                                                                    |
| 2. ด้านแสงสว่าง (ร้อยละ)                              |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 2.1 แสงสว่างจากหลอดไฟ                                 | 17                                                                                  | 34                                                                                   | 36                                                                                    |
| 2.2 แสงสว่างจากโปรเจกเตอร์                            | 22                                                                                  | 36                                                                                   | 11                                                                                    |
| 2.3 แสงรบกวนจากภายนอก                                 | 7                                                                                   | 8                                                                                    | 15                                                                                    |
| 3. ด้านเสียง (ร้อยละ)                                 |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 3.1 ระบบเสียงในการเรียนการสอน                         | 17                                                                                  | 28                                                                                   | 27                                                                                    |
| 3.2 เสียงสะท้อนภายในห้อง                              | 6                                                                                   | 4                                                                                    | 12                                                                                    |
| 3.3 เสียงรบกวนจากภายนอก                               | 9                                                                                   | 11                                                                                   | 10                                                                                    |
| 4. การนั่ง (ร้อยละ)                                   |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 4.1 ความปวดเมื่อยการนั่งเรียน                         | 14                                                                                  | 14                                                                                   | 18                                                                                    |
| 4.2 ประเภทของเก้าอี้                                  |  |  |  |

จากตารางที่ 17 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) ประกอบด้วย หมายเลขห้อง 3204, 3304 และ 0803 ดังนั้นผู้วิจัยต้องแจกแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียนว่าประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง ซึ่งห้องเรียนหมายเลข 3204, 3304 และ 0803 ต้องเก็บแบบสอบถามจำนวน 289, 282 และ 300 ตามลำดับ

เนื่องด้วยจำนวนแบบสอบถามที่สามารถเรียกเก็บมาได้นั้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ตามสูตรของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จึงเลือกใช้สูตร ค่าความผิดพลาด(e) =  $\frac{z \frac{\alpha}{2}}{2\sqrt{n}}$  เพื่อดูค่าความผิดพลาดจากการตอบกลับของแบบสอบถาม ซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 โดยห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) ทุกห้องที่ทำการศึกษาค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% confidence Interval) ดังนั้นข้อมูลที่เรียกเก็บมาได้จากแบบสอบถามนั้นมีความเชื่อถือได้

เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านคุณภาพอากาศ, ด้านแสงสว่าง, ด้านเสียง และการนั่ง ที่ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน พบว่า ห้องเรียน หมายเลข 0803 มีปัญหาต่อความไม่พึงพอใจในการใช้ห้องเรียนมากที่สุด ดังนี้

1. อุณหภูมิภายในห้อง พบร้อยละ 33
2. กลิ่นอับ พบร้อยละ 27
3. แสงสว่างจากหลอดไฟ พบร้อยละ 36
4. แสงรบกวนจากภายนอก พบร้อยละ 15
5. เสียงสะท้อนภายในห้อง พบร้อยละ 12
6. ความปวดเมื่อย, การนั่ง พบร้อยละ 18

ดังนั้นจึงเลือกห้องเรียนขนาดใหญ่ (80-120 คน) หมายเลขห้อง 0803 ทำการศึกษา เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้เป็นไปตามมาตรฐานและกฎหมาย ต่อไป

## 2. ผลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

### 2.1 ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก ด้านความเข้มของแสงสว่าง,

ตารางที่ 18 ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้องหมายเลข 8605) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้องหมายเลข 8605) |                              |            |                   |                   |                  |                 |            |                       |             |                       |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                              |            | เสียง dB(A)       |                   | เสียงรบกวน dB(A) |                 |            | คุณภาพอากาศ           |             |                       |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความเข้มของแสงสว่าง Lux | จุดตรวจวัด | ระดับต่ำสุด (Min) | ระดับสูงสุด (Max) | จุดตรวจวัด       | ระดับเสียงรบกวน | จุดตรวจวัด | ความชื้นสัมพัทธ์ % RH | อุณหภูมิ °C | ความเร็วลม ft/s (m/s) |
| 1                                                                | 430                          | 1          | 58.5              | 76.5              | 1                | 55.1            | 1          | 50.1                  | 25.5        | 5.576(1.7)            |
| 2                                                                | 265                          | 2          | 57.2              | 79.3              | 2                | 54.5            | 2          | 50.0                  | 25.1        | 5.576(1.7)            |
| 3                                                                | 200                          | 3          | 57.8              | 80.5              | 3                | 54.8            | 3          | 51.0                  | 24.5        | 5.576(1.7)            |
| 4                                                                | 217                          | 4          | 56.1              | 80.5              |                  |                 | 4          | 55.0                  | 23.9        | 5.904(1.8)            |
| 5                                                                | 274                          | 5          | 56.4              | 79                |                  |                 | 5          | 52.0                  | 24.0        | 5.248(1.6)            |
| 6                                                                | 253                          | 6          | 56.7              | 80.6              |                  |                 | 6          | 55.0                  | 23.8        |                       |
| 7                                                                | 282                          | รวม        | 57                | 79                |                  |                 | 7          | 51.3                  | 24.0        |                       |
| 8                                                                | 265                          |            |                   |                   |                  |                 |            |                       |             |                       |
| 9                                                                | 234                          |            |                   |                   |                  |                 |            |                       |             |                       |
| 10                                                               | 304                          |            |                   |                   |                  |                 |            |                       |             |                       |
| 11                                                               | 225                          |            |                   |                   |                  |                 |            |                       |             |                       |

ตารางที่ 18 (ต่อ)

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้องหมายเลข 8605) |                     |             |                      |                          |            |                      |             |                              |                     |                          |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|----------------------|--------------------------|------------|----------------------|-------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                     | เสียง dB(A) |                      | เสียงรบกวน dB(A)         |            |                      | คุณภาพอากาศ |                              |                     |                          |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความ           | จุดตรวจวัด  | ระดับต่ำสุด<br>(Min) | ระดับ<br>สูงสุด<br>(Max) | จุดตรวจวัด | ระดับเสียง<br>รบกวน  | จุดตรวจวัด  | ความชื้น<br>สัมพัทธ์<br>% RH | อุณหภูมิ<br>°C      | ความเร็วลม<br>ft/s (m/s) |
|                                                                  | เข้มของ             |             |                      |                          |            |                      |             |                              |                     |                          |
|                                                                  | แสงสว่าง<br><br>Lux |             |                      |                          |            |                      |             |                              |                     |                          |
| ค่าเฉลี่ย                                                        | 268                 | ค่าเฉลี่ย   |                      | 68                       | ค่าเฉลี่ย  | 54.8                 | ค่าเฉลี่ย   | 52                           | 24                  | 5.576(1.7)               |
| ค่ามาตรฐาน                                                       | 500 <sup>ก</sup>    | ค่ามาตรฐาน  |                      | 80 <sup>ข</sup>          | ค่ามาตรฐาน | 45 – 55 <sup>ค</sup> | ค่ามาตรฐาน  | 55 ± 5 <sup>ง</sup>          | 24 ± 1 <sup>จ</sup> |                          |

หมายเหตุ ก. ข้อเสนอแนะระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของต่างๆ ภายในอาคาร ของประเทศไทยตาม TIEA-GD 003 ของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ข. สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน ๙ เรื่อง เสียงและมลภาวะทางเสียง

ค. มาตรฐานค่าแนะนำสภาวะการออกแบบระบบปรับอากาศภายในอาคาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ : การออกแบบและติดตั้ง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ง. ข้อเสนอแนะ International School of Information Science (1999)

จากตารางที่ 18 พบว่า ระดับความเข้มของแสงสว่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 268 ลักซ์ ระดับความเข้มของแสงสว่างต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 3 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 200 ลักซ์ และระดับความเข้มของแสงสว่างสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 1 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 430 ลักซ์

ระดับเสียงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 4 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 56.1 เดซิเบล (เอ) และระดับเสียงสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 6 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 80.6 เดซิเบล (เอ)

ระดับเสียงรบกวนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.8 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงรบกวนต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 2 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 54.5 เดซิเบล (เอ) และระดับเสียงรบกวนสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 1 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 55.1 เดซิเบล (เอ)

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งพิจารณาในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิ และความเร็วลม พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 2 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 50% ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดจุดตรวจวัดที่ 4 และ 6 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 55% อุณหภูมิภายในห้องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 23.8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 25.5 องศาเซลเซียส ความเร็วลมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.576 ฟุตต่อวินาที ความเร็วลมต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 5 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 5.248 ฟุตต่อวินาที ความเร็วลมสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 4 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 5.904 ฟุตต่อวินาที

ตารางที่ 19 ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้องหมายเลข 0404) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้องหมายเลข 0404) |                                 |             |                   |                   |                  |                 |            |                       |             |                       |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                                 | เสียง dB(A) |                   |                   | เสียงรบกวน dB(A) |                 |            | คุณภาพอากาศ           |             |                       |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความเข้มของแสงสว่าง<br>Lux | จุดตรวจวัด  | ระดับต่ำสุด (Min) | ระดับสูงสุด (Max) | จุดตรวจวัด       | ระดับเสียงรบกวน | จุดตรวจวัด | ความชื้นสัมพัทธ์ % RH | อุณหภูมิ °C | ความเร็วลม ft/s (m/s) |
| 1                                                                | 540                             | 1           | 54.7              | 72.1              | 1                | 56.7            | 1          | 51.4                  | 25          | 5.904(1.8)            |
| 2                                                                | 436                             | 2           | 55.5              | 75.4              | 2                | 50.7            | 2          | 53.2                  | 25          | 5.576(1.7)            |
| 3                                                                | 461                             | 3           | 73.9              | 49.6              | 3                | 53.6            | 3          | 51.7                  | 25          | 5.576(1.7)            |
| 4                                                                | 452                             | 4           | 50.7              | 76.4              |                  |                 | 4          | 52.0                  | 25          | 5.904(1.8)            |
| 5                                                                | 704                             | 5           | 50.0              | 81.5              |                  |                 | 5          | 59.0                  | 24          | 5.248(1.6)            |
| 6                                                                | 443                             | 6           | 50.3              | 73.9              |                  |                 | 6          | 53.7                  | 25          |                       |
| 7                                                                | 455                             | 7           | 52.8              | 70.0              |                  |                 | 7          | 50.0                  | 25          |                       |
| 8                                                                | 472                             | 8           | 50.0              | 76.4              |                  |                 | 8          | 57.2                  | 24          |                       |
| 9                                                                | 342                             | 9           | 49.4              | 68.9              |                  |                 | 9          | 54.4                  | 25          |                       |

ตารางที่ 19 (ต่อ)

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้องหมายเลข 0404) |                                 |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|------------|-----------------|-------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                                 | เสียง dB(A) |                      | เสียงรบกวน dB(A)     |            |                 | คุณภาพอากาศ |                          |                                         |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความเข้มของแสงสว่าง<br>Lux | จุดตรวจวัด  | ระดับต่ำสุด<br>(Min) | ระดับสูงสุด<br>(Max) | จุดตรวจวัด | ระดับเสียงรบกวน | จุดตรวจวัด  | ความชื้นสัมพัทธ์<br>% RH | อุณหภูมิ °C<br>ความเร็วลม<br>ft/s (m/s) |
| 10                                                               | 442                             | รวม         | 54                   | 72                   |            |                 |             |                          |                                         |
| 11                                                               | 1147                            |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 12                                                               | 380                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 13                                                               | 432                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 14                                                               | 419                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 15                                                               | 431                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 16                                                               | 343                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 17                                                               | 368                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |
| 18                                                               | 368                             |             |                      |                      |            |                 |             |                          |                                         |

ตารางที่ 19 (ต่อ)

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้องหมายเลข 0404) |                                 |             |                      |                      |            |                      |            |                          |                     |                          |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|------------|----------------------|------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                                 | เสียง dB(A) | เสียงรบกวน dB(A)     |                      |            |                      |            | คุณภาพอากาศ              |                     |                          |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความเข้มของแสงสว่าง<br>Lux | จุดตรวจวัด  | ระดับต่ำสุด<br>(Min) | ระดับสูงสุด<br>(Max) | จุดตรวจวัด | ระดับเสียงรบกวน      | จุดตรวจวัด | ความชื้นสัมพัทธ์<br>% RH | อุณหภูมิ<br>°C      | ความเร็วลม<br>ft/s (m/s) |
| 19                                                               | 128                             |             |                      |                      |            |                      |            |                          |                     |                          |
| ค่าเฉลี่ย                                                        | 461                             | ค่าเฉลี่ย   |                      | 63                   | ค่าเฉลี่ย  | 53.66                | ค่าเฉลี่ย  | 54                       | 25                  | 5.642(1.72)              |
| ค่ามาตรฐาน                                                       | 500 <sup>ก</sup>                | ค่ามาตรฐาน  | 80 <sup>ข</sup>      |                      | ค่ามาตรฐาน | 45 – 55 <sup>ค</sup> | ค่ามาตรฐาน | 55± 5 <sup>ง</sup>       | 24 ± 1 <sup>จ</sup> |                          |

หมายเหตุ ก. ข้อนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของต่างๆ ภายในอาคาร ของประเทศไทยตาม TIEA-GD 003 ของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ข. สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน ๑ เรื่อง เสียงและมลภาวะทางเสียง

ค. มาตรฐานค่าแนะนำสภาวะการออกแบบระบบปรับอากาศภายในอาคาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ : การออกแบบและติดตั้ง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ง. ข้อนำ International School of Information Science (1999)

จากตารางที่ 19 พบว่า ระดับความเข้มของแสงสว่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 461 ลักซ์ ระดับความเข้มของแสงสว่างต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 19 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 128 ลักซ์ และระดับความเข้มของแสงสว่างสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 11 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 1147 ลักซ์

ระดับเสียงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 9 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 49.4 เดซิเบล (เอ) และระดับเสียงสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 5 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 81.5 เดซิเบล (เอ)

ระดับเสียงรบกวนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.66 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงรบกวนต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 2 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 50.7 เดซิเบล (เอ) และระดับเสียงรบกวนสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 1 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 56.7 เดซิเบล (เอ)

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งพิจารณาในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิ และความเร็วลม พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 7 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 50% ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดจุดตรวจวัดที่ 5 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 59% อุณหภูมิภายในห้องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ความเร็วลมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.642 ฟุตต่อวินาที ความเร็วลมต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 5 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 5.248 ฟุตต่อวินาที ความเร็วลมสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 1 และ 4 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 5.904 ฟุตต่อวินาที

ตารางที่ 20 ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้องหมายเลข 0803) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้องหมายเลข 0803) |                              |             |                   |                   |            |                 |             |                       |             |                       |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                              | เสียง (dBA) |                   | เสียงรบกวน (dBA)  |            |                 | คุณภาพอากาศ |                       |             |                       |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความเข้มของแสงสว่าง Lux | จุดตรวจวัด  | ระดับต่ำสุด (Min) | ระดับสูงสุด (Max) | จุดตรวจวัด | ระดับเสียงรบกวน | จุดตรวจวัด  | ความชื้นสัมพัทธ์ % RH | อุณหภูมิ °C | ความเร็วลม ft/s (m/s) |
| p-1                                                              | 267                          | 1           | 51.9              | 75.3              | 1          | 50.6            | 1           | 51                    | 25          | 5.576 (1.7 )          |
| p-2                                                              | 499                          | 2           | 54.2              | 76.4              | 2          | 53.6            | 2           | 57                    | 24          | 5.576(1.7 )           |
| p-3                                                              | 384                          | 3           | 50.3              | 70.3              | 3          | 56.2            | 3           | 53                    | 25          | 5.904(1.8)            |
| p-4                                                              | 406                          | 4           | 50.7              | 78.3              |            |                 | 4           | 56                    | 24          | 5.904(1.8)            |
| t-1                                                              | 338                          | 5           | 53.0              | 80.1              |            |                 | 5           | 51                    | 25          | 5.576(1.7 )           |
| t-2                                                              | 524                          | 6           | 52.7              | 76.5              |            |                 | 6           | 53                    | 25          |                       |
| t-3                                                              | 736                          | 7           | 50.3              | 71.5              |            |                 | 7           | 50                    | 25          |                       |
| t-4                                                              | 972                          | 8           | 52.0              | 70.2              |            |                 | 8           | 52                    | 25          |                       |
| r-1                                                              | 537                          | 9           | 53.2              | 83.0              |            |                 | 9           | 58                    | 24          |                       |
| r-2                                                              | 353                          | 10          | 50.5              | 70.1              |            |                 | 10          | 55                    | 24          |                       |

ตารางที่ 20 (ต่อ)

| ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้องหมายเลข 0803) |                  |             |                 |        |                  |                    |             |                     |                     |             |
|------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-----------------|--------|------------------|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|
| ความเข้มของแสงสว่าง                                              |                  | เสียง (dBA) |                 |        | เสียงรบกวน (dBA) |                    | คุณภาพอากาศ |                     |                     |             |
| จุดตรวจวัด                                                       | ระดับความ        | จุดตรวจวัด  | ระดับ           | ระดับ  | จุดตรวจวัด       | ระดับ              | จุดตรวจวัด  | ความชื้น            | อุณหภูมิ            | ความเร็วลม  |
|                                                                  | เข้มของแสง       |             | ต่ำสุด          | สูงสุด |                  | เสียง              |             | สัมพัทธ์            |                     |             |
|                                                                  | สว่าง Lux        |             | (Min)           | (Max)  |                  | รบกวน              |             | % RH                |                     |             |
| r-3                                                              | 453              | 11          | 52.2            | 70.2   |                  |                    | 11          | 50                  | 25                  |             |
| r-4                                                              | 359              | 12          | 50.3            | 73.4   |                  |                    | 12          | 54                  | 25                  |             |
| r-5                                                              | 554              | 13          | 51.0            | 76.1   |                  |                    | 13          | 52                  | 25                  |             |
| r-6                                                              | 377              | 14          | 52.2            | 72.5   |                  |                    | 14          | 59                  | 24                  |             |
| r-7                                                              | 482              | 15          | 50.1            | 74.1   |                  |                    | 15          | 54                  | 25                  |             |
| r-8                                                              | 376              | รวม         | 52              | 75     |                  |                    |             |                     |                     |             |
| ค่าเฉลี่ย                                                        | 476              | ค่าเฉลี่ย   |                 | 63     | ค่าเฉลี่ย        | 53.46              | ค่าเฉลี่ย   | 54                  | 25                  | 5.707(1.74) |
| ค่ามาตรฐาน                                                       | 500 <sup>ก</sup> | ค่ามาตรฐาน  | 80 <sup>ข</sup> |        | ค่ามาตรฐาน       | 45-55 <sup>ค</sup> | ค่ามาตรฐาน  | 55 ± 5 <sup>ก</sup> | 24 ± 1 <sup>ก</sup> |             |

## ตารางที่ 20 (ต่อ)

- หมายเหตุ ก. ข้อเสนอแนะระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของต่างๆ ภายในอาคาร ของประเทศไทยตาม TIEA-GD 003 ของสมาคม  
ไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
- ข. สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน ฯ เรื่อง เสียงและมลภาวะทางเสียง
- ค. มาตรฐานคำแนะนำสภาวะการออกแบบระบบปรับอากาศภายในอาคาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ : การออกแบบและติดตั้ง  
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- ง. ข้อเสนอแนะ International School of Information Science (1999)

จากตารางที่ 20 พบว่า ระดับความเข้มของแสงสว่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 476 ลักซ์ ระดับความเข้มของแสงสว่างต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ p-1 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 267 ลักซ์ และระดับความเข้มของแสงสว่างสูงสุดจุดตรวจวัดที่ t-4 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 972 ลักซ์

ระดับเสียงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 15 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 50.1 เดซิเบล (เอ) และระดับเสียงสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 9 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 83 เดซิเบล (เอ)

ระดับเสียงรบกวนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.46 เดซิเบล (เอ) ระดับเสียงรบกวนต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 1 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 50.6 เดซิเบล (เอ) และระดับเสียงรบกวนสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 3 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 56.2 เดซิเบล (เอ)

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งพิจารณาในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิ และความเร็วลม พบว่า คุณภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 7 และ 11 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 50% ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดจุดตรวจวัดที่ 14 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 59% อุณหภูมิภายในห้อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 24 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ความเร็วลมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.707 ฟุตต่อวินาที ความเร็วลมต่ำสุดจุดตรวจวัดที่ 1, 2 และ 5 เท่ากับ 5.576 ฟุตต่อวินาที ความเร็วลมสูงสุดจุดตรวจวัดที่ 3 และ 4 ตามภาคผนวก ค เท่ากับ 5.904 ฟุตต่อวินาที

## 2.2 ผลการคำนวณหาระดับเสียงสะท้อนและอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศ (Air change)

### 2.1.1 การคำนวณหาระดับเสียงสะท้อน

ก. ระดับเสียงสะท้อนของห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)

ตารางที่ 21 วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)  
ขนาดห้อง 6.7×9×3 เมตร

| ตัวแปรที่มีผลต่อ RT | วัสดุที่ใช้ภายใน | พื้นที่ m <sup>2</sup> | Sound Absorption <sup>1</sup> |
|---------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|
| ห้องเรียน           | ห้องเรียน        |                        |                               |
| Ceilings            | Concrete         | 60.36                  | 0.00                          |
| Floor               | Linoleum         | 60.36                  | 0.05                          |
| Wall                | Concrete         | 76.9                   | 0.05                          |
| Door                | Wood             | 4.7                    | 0.10                          |
| Window              | Glass            | 12.6                   | 0.15                          |
| Seat (40 Seat)      | Student          | 40                     | 0.84                          |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่าง ๆ (ตารางผนวก ช)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 22 คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>  | Absorption Coefficients, $\alpha$ | A = S $\times\alpha$ Sabine, m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
|                                  | NRC Number                        |                                             |
| S1 Ceilings: 60.3 m <sup>2</sup> | $\alpha_1 = 60.3 \times 0.0$      | 0.00                                        |
| S2 Floor: 60.3 m <sup>2</sup>    | $\alpha_2 = 60.3 \times 0.05$     | 3.01                                        |
| S3 wall: 76.9 m <sup>2</sup>     | $\alpha_3 = 76.9 \times 0.05$     | 3.85                                        |
| S4 Door: 4.7 m <sup>2</sup>      | $\alpha_4 = 4.7 \times 0.10$      | 0.47                                        |
| S5 window: 12.6 m <sup>2</sup>   | $\alpha_5 = 12.6 \times 0.15$     | 1.89                                        |
| S6 Seat: 40 seats                | $\alpha_6 = 40 \times 0.84$       | 33.6                                        |
|                                  | Total                             | 42.82                                       |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605) ขนาดห้อง  
6.7 $\times$ 9 $\times$ 3 เมตร

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 RT &= \text{Reverberation Time (RT), Second} \\
 V &= \text{ปริมาตรของห้อง, m}^3 \\
 A &= \text{ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine, m}^2\text{)} \\
 &= S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n
 \end{aligned}$$

แทนค่าสูตรที่ 1

$$\begin{aligned}
 RT &= 0.161(\text{s/m}) \frac{V(\text{m}^3)}{A(\text{m}^2)} \\
 RT &= 0.161(\text{s/m}) \frac{6.7 \times 9 \times 3(\text{m}^3)}{42.82(\text{m}^2)} \\
 RT &= 0.68 \text{ Sec}
 \end{aligned}$$

พบว่า ค่าการสะท้อนเสียงที่ได้จากการคำนวณ คือ 0.68 วินาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า Reverberation Time ที่กำหนดไว้สำหรับกิจกรรมของห้อง การบรรยาย และการประชุม (ตามตารางผนวกที่ ช) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-1.1 วินาที ดังนั้นค่าที่ได้จากการคำนวณ จึงไม่อยู่ในช่วง Reverberation Time ซึ่งไม่มีความเหมาะสมต่อการเรียนการสอน

ข. ระดับเสียงสะท้อนของห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404)

ตารางที่ 23 วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404) ขนาดห้อง 8.9×12.6×2.7 เมตร

| ตัวแปรที่มีผลต่อ RT<br>ห้องเรียน | วัสดุที่ใช้ภายใน<br>ห้องเรียน | พื้นที่ m <sup>2</sup> | Sound Absorption <sup>1</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Ceiling                          | Gypsum                        | 112.1                  | 0.05                          |
| Floor                            | Linoleum                      | 112.1                  | 0.05                          |
| Wall                             | Concrete                      | 84.5                   | 0.05                          |
| Door                             | Wood                          | 6.4                    | 0.1                           |
| Window                           | Glass                         | 25.2                   | 0.05                          |
| Seat ( 80 seat)                  | Student                       | 80                     | 0.84                          |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่าง ๆ (ตารางผนวก ช)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 24 คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>           | Absorption Coefficients, $\alpha$ |                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|                                           | NRC Number                        | A = S × $\alpha$ Sabine, m <sup>2</sup> |
| S1 Ceiling: Gypsum : 112.1 m <sup>2</sup> | $\alpha_2 = 112.1 \times 0.05$    | 5.61                                    |
| S2 Floor : 112.1 m <sup>2</sup>           | $\alpha_1 = 112.1 \times 0.05$    | 5.61                                    |
| S3 wall : 84.5 m <sup>2</sup>             | $\alpha_3 = 84.5 \times 0.05$     | 4.23                                    |
| S4 Door : 6.4 m <sup>2</sup>              | $\alpha_4 = 6.4 \times 0.1$       | 0.64                                    |
| S5 window : 25.2 m <sup>2</sup>           | $\alpha_5 = 25.2 \times 0.05$     | 1.26                                    |
| S6 Seat (80 seats) : 80                   | $\alpha_6 = 80 \times 0.84$       | 67.2                                    |
|                                           | Total                             | 84.54                                   |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404) ขนาดห้อง  
8.9×12.6×2.7 เมตร

เมื่อ

|    |   |                                                                     |
|----|---|---------------------------------------------------------------------|
| RT | = | Reverberation Time (RT), Second                                     |
| V  | = | ปริมาตรของห้อง, m <sup>3</sup>                                      |
| A  | = | ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine, m <sup>2</sup> )              |
|    | = | S1 $\alpha_1$ + S2 $\alpha_2$ + S3 $\alpha_3$ + ..... Sn $\alpha_n$ |

แทนค่าสูตรที่ 1

$$RT = 0.161(s/m) \frac{V(m^3)}{A(m^2)}$$

$$RT = 0.161(s/m) \frac{8.9 \times 12.6 \times 2.7(m^3)}{84.54(m^2)}$$

$$RT = 0.58 \text{ Sec}$$

พบว่า ค่าการสะท้อนที่ได้จากการคำนวณ คือ 0.58 วินาที เมื่อนำมาเปรียบกับค่า Reverberation Time ที่กำหนดไว้สำหรับกิจกรรมของห้อง การบรรยาย และการประชุม (ตามตารางผนวกที่ ช) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-1.1 วินาที ดังนั้นค่าที่ได้จากการคำนวณจึงไม่อยู่ในช่วง Reverberation Time ซึ่งไม่มีความเหมาะสมต่อการเรียนการสอน

ก. ระดับเสียงสะท้อนของห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803)

ตารางที่ 25 วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803) ขนาดห้อง 21.28×13×2.7 เมตร

| ตัวแปรที่มีผลต่อ<br>RT ห้องเรียน | วัสดุที่ใช้ภายใน<br>ห้องเรียน | พื้นที่ m <sup>2</sup> | Sound Absorption <sup>1</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Ceiling                          | Gypsum ½ in thick             | 276.6                  | 0.05                          |
| Floor                            | - Linoleum                    | 249.6                  | 0.05                          |
|                                  | - Wood                        | 27                     | 0.1                           |
| Wall                             | Concrete                      | 112.6                  | 0.05                          |
| Door                             | Wood                          | 3.2                    | 0.1                           |
| Window                           | Glass                         | 69.3                   | 0.05                          |
| Seat (120 seat)                  | Student                       | 120                    | 0.84                          |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่างๆ (ตารางผนวก ช)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 26 คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>         | Absorption Coefficients,<br>$\alpha$ NRC Number     | A = S × $\alpha$ Sabine, m <sup>2</sup> |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| S1 Ceiling Gypsum: 276.6 m <sup>2</sup> | $\alpha 2 = 276.6 \times 0.05$                      | 13.83                                   |
| S2 Floor: 249.6 m <sup>2</sup>          | $\alpha 1 = 249.6 \times 0.05$<br>$= 27 \times 0.1$ | 12.48<br>2.7                            |
| S3 wall: 112.6 m <sup>2</sup>           | $\alpha 3 = 112.6 \times 0.05$                      | 5.6                                     |
| S4 Door: 3.2 m <sup>2</sup>             | $\alpha 4 = 3.2 \times 0.1$                         | 0.32                                    |
| S5 window: 69.3 m <sup>2</sup>          | $\alpha 5 = 69.3 \times 0.05$                       | 3.47                                    |
| S6 Seat 120 m <sup>2</sup>              | $\alpha 6 = 120 \times 0.84$                        | 100.8                                   |
|                                         | Total                                               | 139.23                                  |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803) ขนาดห้อง  
21.28×13×2.7 เมตร

เมื่อ

RT = Reverberation Time (RT), Second  
V = ปริมาตรของห้อง, m<sup>3</sup>  
A = ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine, m<sup>2</sup>)  
= S1  $\alpha 1$  + S2  $\alpha 2$  + S3  $\alpha 3$  + ..... Sn  $\alpha n$

แทนค่าสูตรที่ 1

$$RT = 0.161(s/m) \frac{V(m^3)}{A(m^2)}$$

$$RT = 0.161(s/m) \frac{21.28 \times 13 \times 2.7(m^3)}{133.60(m^2)}$$

$$RT = 0.86 \text{ Sec}$$

พบว่า ค่าการสะท้อนเสียงที่ได้จากการคำนวณ คือ 0.86 วินาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า Reverberation Time ที่กำหนดไว้สำหรับกิจกรรมของห้อง การบรรยาย และการประชุม (ตามตารางผนวก ข) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 - 1.1 วินาที ดังนั้นค่าที่ได้จากการคำนวณจึงอยู่ในช่วง Reverberation Time จึงมีความเหมาะสมต่อการเรียนการสอน

## 2.1.2 การคำนวณหาอัตราการระบายอากาศ

ก. อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)

1) หาอัตราการระบายอากาศภายใน จากพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งอยู่ในห้องเรียนปัจจุบัน ซึ่งมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7.87 นิ้ว (inch) (เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 โดยสภาพอากาศในปัจจุบัน ท้องฟ้าโปร่งใส มีแสงแดด)

จากสูตรที่ 3

$$Q = v A = v \pi \frac{d^2}{4}$$

โดยที่  $Q$  = อัตราการระบายอากาศจากพัดลมระบายอากาศ, ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

$v$  = ความเร็วของอากาศเฉลี่ย 5 จุด, ฟุตต่อนาที (ft/s)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดพัดลมระบายอากาศ, ตารางฟุต (ft<sup>2</sup>)

$d$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลม, ฟุต (ft)

แทนค่า

$$Q = v \pi \frac{d^2}{4}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{5.248 + 5.576 + 5.576 + 5.904 + 5.576 \text{ (ft/s)}}{5} \times 3.14 \times \frac{(0.6558)^2 \text{ ft}^2}{4} \\
&= 5.576 \text{ (ft/s)} \times 3.14 \times \frac{(0.6558)^2 \text{ ft}^2}{4} \\
&= 1.883 \text{ ft}^3/\text{s} \\
&= 1.883 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \\
&= 112.98 \text{ ft}^3/\text{min (CFM)} \\
&= 112.98 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times \frac{60\text{min}}{1\text{hr}} \\
&= 6,778.8 \text{ ft}^3/\text{hour (CFH)}
\end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศเท่ากับ 6,778.8 ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง(CFH)

2) หาอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนปัจจุบัน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.4 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร(CFM/m<sup>2</sup>) ตามตารางผนวกที่ 2 (เก็บข้อมูล เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 โดยสภาพอากาศในปัจจุบัน ท้องฟ้าโปร่งใส มีแสงแดด)

จากสูตรที่ 4

อัตราการระบายอากาศ = มาตรฐานการระบายอากาศ × พื้นที่ห้องเรียน

โดยที่

อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน = ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

$$\text{มาตรฐานการระบายอากาศ} = 2.4 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m}^2\text{)}$$

$$\text{พื้นที่ภายในห้องเรียน} = \text{ตารางเมตร (m}^2\text{)}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} \text{อัตราการระบายอากาศ} &= \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน} \\ &= 2.4 \text{ (CFM/ m}^2\text{)} \times 6.7 \times 9 \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 144.72 \text{ (CFM)} \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศ ภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) เท่ากับ 112.98 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM) ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 2547-2548 ที่กำหนดไว้ เท่ากับ 144.72 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM)

ข. อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดกลาง (หมายเลขห้อง 0404)

1) หาอัตราการระบายอากาศภายใน จากพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งอยู่ ภายในห้องเรียนปัจจุบัน ซึ่งมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7.87 นิ้ว (inch) (เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 โดยสภาพอากาศในปัจจุบัน ท้องฟ้าโปร่งใส มีแสงแดด)

จากสูตรที่ 3

$$Q = v A = v \pi \frac{d^2}{4}$$

โดยที่  $Q$  = อัตราการระบายอากาศจากพัดลมระบายอากาศ, ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)  
 $v$  = ความเร็วของอากาศเฉลี่ย 5 จุด, ฟุตต่อนาที (ft/s)  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดพัดลมระบายอากาศ, ตารางฟุต (ft<sup>2</sup>)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลม, ฟุต (ft)

แทนค่า

$$\begin{aligned}
 Q &= \pi \frac{d^2}{4} \\
 &= \frac{5.904 + 5.576 + 5.576 + 5.904 + 5.248 \text{ (ft/s)}}{5} \times 3.14 \times \frac{(0.6558)^2 \text{ ft}^2}{4} \\
 &= 1.905 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 1.905 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \\
 &= 114.3 \text{ ft}^3/\text{min (CFM)} \\
 &= 114.3 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times \frac{60\text{min}}{1\text{hr}} \\
 &= 6,858 \text{ CFH}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศเท่ากับ 6,858 ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง(CFH)

2) หาอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนปัจจุบัน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.4 ลูกบาศก์ฟุตต่อพื้นที่ต่อตารางเมตร(CFM/m<sup>2</sup>) ตามตารางผนวกที่ ๒ (เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 โดยสภาพอากาศในปัจจุบัน ท้องฟ้าโปร่งใส มีแสงแดด)

จากสูตรที่ 4

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

โดยที่

$$\text{อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน} = \text{ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)}$$

$$\text{มาตรฐานการระบายอากาศ} = 2.4 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m}^2\text{)}$$

$$\text{พื้นที่ภายในห้องเรียน} = \text{ตารางเมตร (m}^2\text{)}$$

แทนค่า

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

$$= 2.4 \text{ (CFM/ m}^2\text{)} \times 6.7 \times 9 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= 144.72 \text{ (CFM)}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศ ภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404) เท่ากับ 114.3 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM) ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 2547-2548 ที่กำหนดไว้ เท่ากับ 269.14 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM)

ก. อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดใหญ่ (หมายเลขห้อง 0803)

1) หาอัตราการระบายอากาศภายใน จากพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องเรียนปัจจุบัน ซึ่งมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7.87 นิ้ว (in) (เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 โดยสภาพอากาศในปัจจุบัน ท้องฟ้าโปร่งใส มีแสงแดด)

จากสูตรที่ 3

$$Q = v A = v \pi \frac{d^2}{4}$$

โดยที่ Q = อัตราการระบายอากาศจากพัดลมระบายอากาศ, ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

v = ความเร็วของอากาศเฉลี่ย 5 จุด, ฟุตต่อนาที (ft/s)

A = พื้นที่หน้าตัดพัดลมระบายอากาศ, ตารางฟุต (ft<sup>2</sup>)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลม, ฟุต (ft)

แทนค่า

$$\begin{aligned} Q &= v \pi \frac{d^2}{4} \\ &= \frac{5.904 + 5.576 + 5.576 + 5.904 + 5.248 \text{ (ft/s)}}{5} \times 3.14 \times \frac{(0.6558)^2 \text{ ft}^2}{4} \\ &= 1.905 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 1.905 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \\ &= 114.3 \text{ ft}^3/\text{min (CFM)} \\ &= 114.3 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times \frac{60\text{min}}{1\text{hr}} \\ &= 6,858 \text{ CFH} \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 6,936 ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง

2) หาอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนปัจจุบัน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.4 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร(CFM/m<sup>2</sup>) ตามตารางผนวกที่ ๓ 2 (เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 โดยสภาพอากาศในปัจจุบัน ท้องฟ้าโปร่งใส มีแสงแดด)

จากสูตรที่ 4

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

โดยที่

$$\text{อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน} = \text{ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)}$$

$$\text{มาตรฐานการระบายอากาศ} = 2.4 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m}^2\text{)}$$

$$\text{พื้นที่ภายในห้องเรียน} = \text{ตารางเมตร (m}^2\text{)}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} \text{อัตราการระบายอากาศ} &= \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน} \\ &= 2.4 \text{ (CFM/ m}^2\text{)} \times 8.9 \times 12.6 \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 269.14 \text{ (CFM)} \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศ ภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) เท่ากับ 115.6 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM) ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 2547-2548 ที่กำหนดไว้ เท่ากับ 663.93 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM)

### 3. ผลการปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน โดยออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน

#### 3.1 ผลการปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605)

##### 3.1.1 ด้านคุณภาพอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องเรียน อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าอัตราการระบายอากาศ คือ 2.4 (CFM/m<sup>2</sup>) และ 4 (m<sup>3</sup>/hr/m<sup>2</sup>) ตามตารางที่ 4

จากสูตรที่ 4

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

โดยที่

$$\text{อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน} = \text{ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)}$$

$$\text{มาตรฐานการระบายอากาศ} = 2.4 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m}^2\text{)}$$

$$\text{พื้นที่ภายในห้องเรียน} = \text{ตารางเมตร (m}^2\text{)}$$

แทนค่า

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

$$= 2.4 \text{ (CFM/ m}^2\text{)} \times 6.7 \times 9 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= 144.72 \text{ (CFM)}$$

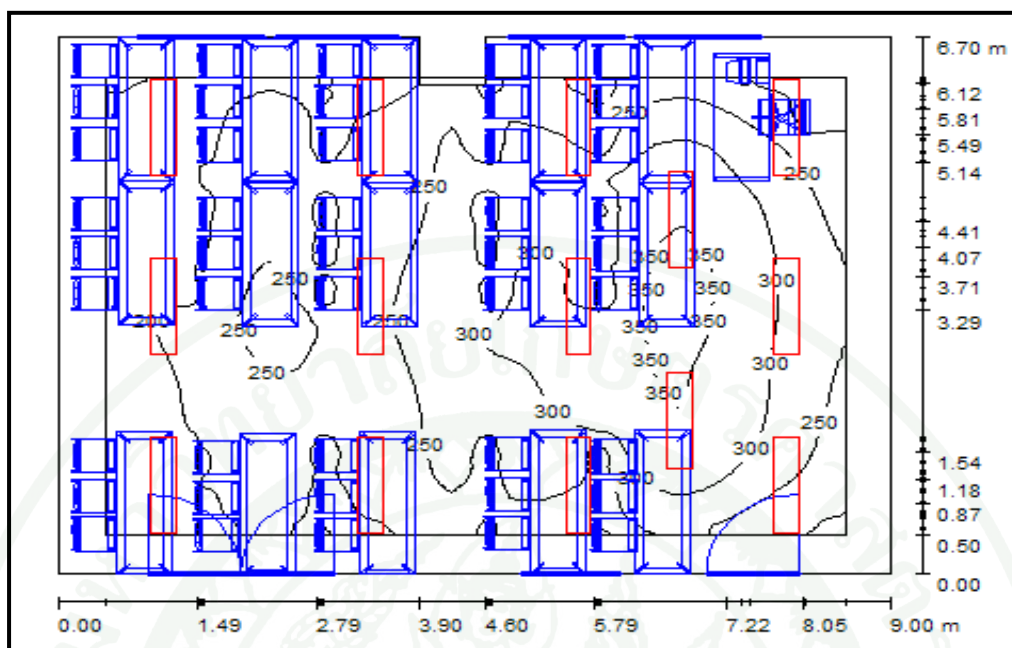
ดังนั้น อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ที่ควรจะเป็นเท่ากับ 144.72 CFM หรือ 8,683.2 CFH

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของพัดลมระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับบริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก ข พบว่า อัตราการระบายอากาศของพัดลม คือ 20,100 CFH ซึ่งคุณลักษณะของพัดลมดังกล่าว สามารถระบายอากาศได้เพียงพอตามผลการคำนวณ แต่จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552 อัตราการระบายอากาศมีค่าเท่ากับ 6,778.8 CFH ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศลดลง 66.27%

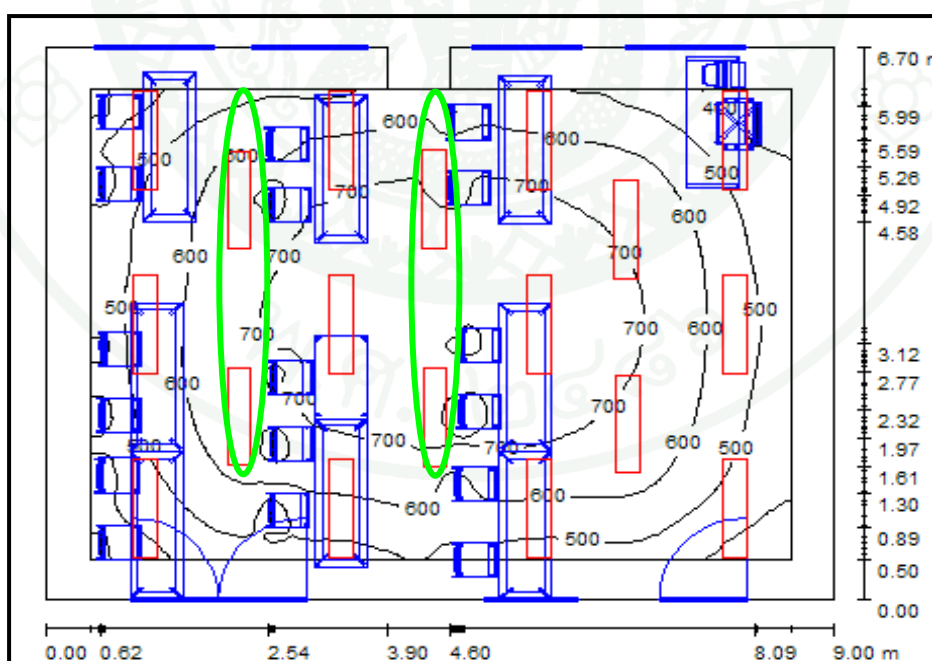
### 3.1.2 ด้านแสงสว่าง

ระดับความเข้มของแสงสว่าง ระดับความเข้มของแสงสว่างตามข้อเสนอแนะระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เท่ากับ 500 Lux จากการตรวจวัดพบว่า ค่าระดับความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 268 Lux ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงได้ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) โดยทำการทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมเท่ากับ 251 Lux ตามภาพที่ 27 มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 17 Lux

ดังนั้น เมื่อใช้โปรแกรมช่วยออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ในห้องเรียน พบว่า ต้องทำการเพิ่มจำนวนโคมไฟ 4 โคม ตามภาพที่ 28 โดยมีค่าใช้จ่ายตามภาคผนวก ข เพื่อให้ระดับความเข้มของแสงสว่างเป็นไปตามข้อเสนอแนะระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 27 แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5)  
ห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ก่อนทำการปรับปรุง (สภาพปัจจุบัน)



ภาพที่ 28 แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5)  
ห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) หลังทำการปรับปรุง

### 3.1.3 ด้านเสียง (ระดับเสียงสะท้อน)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า RT ที่เหมาะสมนั้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และการดูดซับเสียงโดยรวมของห้อง ดังนั้นเห็นควรว่าเพื่อให้มีค่าเหมาะสม ควรทำการปรับปรุง ห้องเรียนโดย

1) ทำการติดตั้งฝ้าเพดานซึ่งเป็นวัสดุที่ทำจากไม้อัดหนา 3/8(20 มม.) และลดจำนวนเก้าอี้หนังฟังบรรยายให้มีเพียง 17 คน ซึ่งวัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดเล็ก(ห้อง 8605) ขนาดห้อง 6.7×9×3 เมตร (ตารางที่ 27 และ 28) ค่าใช้จ่ายตามภาคผนวก ข

ตารางที่ 27 วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนหมายเลข 8605 ขนาดห้อง 6.7×9×3 เมตร (ปรับปรุง)

| ตัวแปรที่มีผลต่อ RT<br>ห้องเรียน | วัสดุที่ใช้ภายใน<br>ห้องเรียน | พื้นที่ m <sup>2</sup> | Sound Absorption <sup>1</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Ceilings                         | Plywood                       | 60.36                  | 0.15                          |
| Floor                            | Linoleum                      | 60.36                  | 0.05                          |
| Wall                             | Concrete                      | 76.9                   | 0.05                          |
| Door                             | Wood                          | 4.7                    | 0.10                          |
| Window                           | Glass                         | 12.6                   | 0.15                          |
| Seat (17 Seat)                   | Student                       | 17                     | 0.84                          |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่าง ๆ (ตารางผนวก ข)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 28 คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>  | Absorption Coefficients, $\alpha$ | A = S $\times\alpha$ Sabine, m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
|                                  | NRC Number                        |                                             |
| S1 Ceilings: 60.3 m <sup>2</sup> | $\alpha_1 = 60.3 \times 0.15$     | 9.05                                        |
| S2 Floor: 60.3 m <sup>2</sup>    | $\alpha_2 = 60.3 \times 0.05$     | 3.02                                        |
| S3 wall: 76.9 m <sup>2</sup>     | $\alpha_3 = 76.9 \times 0.05$     | 3.85                                        |
| S4 Door: 4.7 m <sup>2</sup>      | $\alpha_4 = 4.7 \times 0.10$      | 0.47                                        |
| S5 window: 12.6 m <sup>2</sup>   | $\alpha_5 = 12.6 \times 0.15$     | 1.89                                        |
| S6 Seat: 17 seats                | $\alpha_6 = 17 \times 0.84$       | 14.28                                       |
|                                  | Total                             | 32.55                                       |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605) ขนาดห้อง  
6.7 $\times$ 9 $\times$ 3 เมตร

เมื่อ

RT = Reverberation Time (RT), Second  
V = ปริมาตรของห้อง, m<sup>3</sup>  
A = ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine, m<sup>2</sup>)  
= S1  $\alpha_1$  + S2  $\alpha_2$  + S3  $\alpha_3$  + .....Sn  $\alpha_n$

แทนค่าสูตรที่ 1

$$RT = 0.161(s/m) \frac{V(m^3)}{A(m^2)}$$

$$RT = 0.161(s/m) \frac{6.7 \times 9 \times 3(m^3)}{32.55(m^2)}$$

$$RT = 0.89 \text{ Sec}$$

2) ทำการเปลี่ยนแปลงเก้าอี้นั่งฟังบรรยายจากเดิม ซึ่งทำจากพลาสติก และมีที่พนักแขน ให้เป็นเก้าอี้ที่ทำจากวัสดุที่ทำด้วยเส้นใย ซึ่งวัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดห้อง  $6.7 \times 9 \times 3$  เมตร (ตารางที่ 29 และ 30) ค่าใช้จ่ายตามภาคผนวก ข

ตารางที่ 29 วัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนหมายเลข 8605 ขนาดห้อง  $6.7 \times 9 \times 3$  เมตร (ปรับปรุง)

| ตัวแปรที่มีผลต่อ RT<br>ห้องเรียน | วัสดุที่ใช้ภายในห้องเรียน     | พื้นที่ $m^2$ | Sound Absorption <sup>1</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Ceilings                         | Concrete                      | 60.36         | 0.00                          |
| Floor                            | Linoleum                      | 60.36         | 0.05                          |
| Wall                             | Concrete                      | 76.9          | 0.05                          |
| Door                             | Wood                          | 4.7           | 0.10                          |
| Window                           | Glass                         | 12.6          | 0.15                          |
| Seat (40 Seat)                   | Fabric well-upholstered seats | 40            | 0.59                          |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่าง ๆ (ตารางผนวก ข)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 30 คำนวณค่าวัสดุซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>  | Absorption Coefficients, $\alpha$ | A = S $\times\alpha$ Sabine, m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
|                                  | NRC Number                        |                                             |
| S1 Ceilings: 60.3 m <sup>2</sup> | $\alpha_1 = 60.3 \times 0.0$      | 0.00                                        |
| S2 Floor: 60.3 m <sup>2</sup>    | $\alpha_2 = 60.3 \times 0.05$     | 3.02                                        |
| S3 wall: 76.9 m <sup>2</sup>     | $\alpha_3 = 76.9 \times 0.05$     | 3.85                                        |
| S4 Door: 4.7 m <sup>2</sup>      | $\alpha_4 = 4.7 \times 0.10$      | 0.47                                        |
| S5 window: 12.6 m <sup>2</sup>   | $\alpha_5 = 12.6 \times 0.15$     | 1.89                                        |
| S6 Seat: 40 seats                | $\alpha_6 = 40 \times 0.59$       | 23.60                                       |
|                                  | Total                             | 32.82                                       |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดเล็ก (หมายเลขห้อง 8605) ขนาดห้อง 6.7 $\times$ 9 $\times$ 3

เมตร

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 RT &= \text{Reverberation Time (RT), Second} \\
 V &= \text{ปริมาตรของห้อง, m}^3 \\
 A &= \text{ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine, m}^2\text{)} \\
 &= S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n
 \end{aligned}$$

แทนค่าสูตรที่ 1

$$\begin{aligned}
 RT &= 0.161(\text{s/m}) \frac{V(\text{m}^3)}{A(\text{m}^2)} \\
 RT &= 0.161(\text{s/m}) \frac{6.7 \times 9 \times 3(\text{m}^3)}{32.82(\text{m}^2)} \\
 RT &= 0.88 \text{ Sec}
 \end{aligned}$$

### 3.1.4 ด้านการนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) มีค่าเท่ากับ 0.79 ตารางเมตร ไม่เป็นไปตามข้อแนะนำ ดังนั้นต้องลดจำนวนที่นั่งเรียนให้มีเพียง 17 คน เพื่อให้พื้นที่เท่ากับ 1.3 ตารางเมตรต่อคน

## 3.2 ห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

### 3.2.1 ด้านคุณภาพอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องเรียน อัตราการระบายอากาศของห้องเรียน ขนาดกลาง (ห้อง 0404) ตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าอัตราการระบายอากาศ เท่ากับ 2.4 (CFM/m<sup>2</sup>) และ 4 (m<sup>3</sup>/hr/ m<sup>2</sup>)

จากสูตรที่ 4

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

โดยที่

$$\text{อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน} = \text{ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)}$$

$$\text{มาตรฐานการระบายอากาศ} = 2.4 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m}^2\text{)}$$

$$\text{พื้นที่ภายในห้องเรียน} = \text{ตารางเมตร (m}^2\text{)}$$

แทนค่า

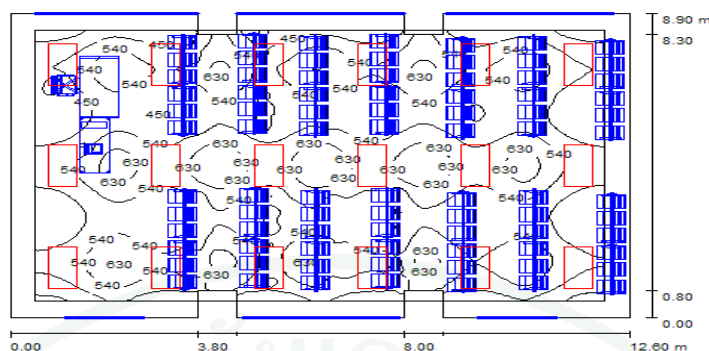
$$\begin{aligned}\text{อัตราการระบายอากาศ} &= \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน} \\ &= 2.4 \text{ (CFM/ m}^2\text{)} \times 8.9 \times 12.6 \text{ ( m}^2\text{)} \\ &= 269.14 \text{ (CFM)}\end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404) ที่ควรจะเป็นเท่ากับ 269.14 ft<sup>3</sup>/min (CFM) หรือ 16,148 ft<sup>3</sup>/hr (CFH)

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของพัดลมระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับบริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก ก พบว่า อัตราการระบายอากาศของพัดลม คือ 20,100 CFH ซึ่งคุณลักษณะของพัดลมดังกล่าว สามารถระบายอากาศได้เพียงพอตามผลการคำนวณ แต่จากผลการตรวจวัดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552 อัตราการระบายอากาศมีค่าเท่ากับ 6,858 CFH ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศลดลง 19.66%

### 3.2.2 ด้านแสงสว่าง

ระดับความเข้มของแสงสว่าง ระดับความเข้มของแสงสว่างตาม ข้อเสนอแนะระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เท่ากับ 500 Lux จากการตรวจวัดพบว่า ค่าระดับความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 461 Lux ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงได้ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) โดยทำการทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมเท่ากับ 519 Lux ตามภาพที่ 29 มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 58 Lux



ภาพที่ 29 แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

จากการทดสอบดังกล่าว ได้ตรวจสอบคอมพิวเตอร์ พบว่า มีปริมาณฝุ่นจำนวนมาก จึงทำความสะอาดคอมพิวเตอร์และตรวจวัดความเข้มแสงสว่างซ้ำอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ระดับความเข้มของแสงสว่างเพิ่มมากขึ้น เท่ากับ 551 Lux

### 3.2.3 ด้านเสียง (ระดับเสียงสะท้อน)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า RT ที่เหมาะสมนั้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และการดูดซับเสียงโดยรวมของห้อง ดังนั้นเห็นควรว่าเพื่อให้มีค่าเหมาะสมควรทำการปรับปรุงห้องเรียนโดย

- 1) เปลี่ยนวัสดุผนังห้องเรียนจากผนังคอนกรีต เป็นยิปซัมบอร์ดหนา 5/8 (20 มม.) และลดจำนวน เก้าอี้หนังพองบรยายจากเดิม 80 คน เป็น 34 คน ซึ่งวัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404) ขนาดห้อง 8.9×12.6×2.7 เมตร (ตารางที่ 31 และ 32) ค่าใช้จ่ายตามผนวก ญ

ตารางที่ 31 วัสดุปริมาณพื้นผิว และค่าการดูดซับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียนหมายเลข 0404  
(ปรับปรุง)

| ตัวแปรที่มีผลต่อ RT | ห้องเรียน                 | พื้นที่              | Sound Absorption <sup>1</sup> |
|---------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------------|
| ห้องเรียน           |                           |                      |                               |
| Ceiling             | Gypsum                    | 112.1 m <sup>2</sup> | 0.05                          |
| Floor               | Wood                      | 112.1 m <sup>2</sup> | 0.05                          |
| Wall                | Gypsum board 5/8 in thick | 84.5 m <sup>2</sup>  | 0.10                          |
| Door                | Wood                      | 6.4 m <sup>2</sup>   | 0.10                          |
| Window              | Glass                     | 25.2 m <sup>2</sup>  | 0.05                          |
| Seat ( 34 seat)     | Student                   | 34                   | 0.84                          |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่างๆ (ตารางผนวกที่ ข)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ขนาดห้องเท่ากับ  
(กว้าง×ยาว×สูง) ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 32 คำนวณค่าวัสดุดูดซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>  | Absorption Coefficients, $\alpha$<br>NRC Number | A = S× $\alpha$<br>Sabine, m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| S1 Ceiling: 112.1 m <sup>2</sup> | $\alpha_2 = 112.1 \times 0.05$                  | 5.61                                      |
| S2 Floor: 112.1 m <sup>2</sup>   | $\alpha_1 = 112.1 \times 0.05$                  | 5.61                                      |
| S3 wall: 84.5 m <sup>2</sup>     | $\alpha_3 = 84.5 \times 0.10$                   | 8.45                                      |
| S4 Door: 6.4 m <sup>2</sup>      | $\alpha_4 = 6.4 \times 0.10$                    | 0.64                                      |
| S5 window: 25.2 m <sup>2</sup>   | $\alpha_5 = 25.2 \times 0.05$                   | 1.26                                      |
| S6 Seat (80 seats): 34           | $\alpha_6 = 34 \times 0.84$                     | 28.56                                     |
|                                  | Total                                           | 50.12                                     |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

เมื่อ

RT = Reverberation Time (RT), Second

V = ปริมาตรของห้อง,  $m^3$

A = ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine,  $m^2$ )

=  $S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n$

แทนค่าสูตร 1

$$\begin{aligned} RT &= 0.161(s/m) \frac{V(m^3)}{A(m^2)} \\ &= 0.161(s/m) \frac{8.9 \times 12.6 \times 2.7(m^3)}{50.12(m^2)} \\ &= 0.97 \text{ Sec} \end{aligned}$$

2) ทำการเปลี่ยนแปลงเก้าอี้นั่งฟังบรรยายจากเดิม ซึ่งทำจากวัสดุจำพวกพลาสติกที่มีที่พนักแขน ให้เป็นเก้าอี้ที่ทำจากวัสดุที่ทำด้วยเส้นใย ซึ่งวัสดุปริมาณพื้นผิวและค่าการดูดซับเสียงของห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404) ขนาดห้อง  $8.9 \times 12.6 \times 2.7$  เมตร (ตารางที่ 33 และ 34) ค่าใช้จ่ายตามผนวก ญ

ตารางที่ 33 วัสดุปริมาณพื้นผิว และค่าการดูดซับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียนหมายเลข 0404  
(ปรับปรุง)

| ตัวแปรที่มีผลต่อ<br>RT ห้องเรียน | ห้องเรียน                     | พื้นที่              | Sound<br>Absorption <sup>1</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Ceiling                          | Gypsum                        | 112.1 m <sup>2</sup> | 0.05                             |
| Floor                            | Wood                          | 112.1 m <sup>2</sup> | 0.05                             |
| Wall                             | Concrete                      | 84.5                 | 0.05                             |
| Door                             | Wood                          | 6.4 m <sup>2</sup>   | 0.10                             |
| Window                           | Glass                         | 25.2 m <sup>2</sup>  | 0.05                             |
| Seat ( 80 seat)                  | Fabric well-upholstered seats | 80                   | 0.59                             |

<sup>1</sup> ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุต่างๆ (ตารางผนวกที่ ข)

วิธีการคำนวณค่าดูดซับเสียงรวมของพื้นผิวภายในห้องเรียน ขนาดห้องเท่ากับ (กว้าง×ยาว×สูง) ค่าดูดซับเสียงรวมภายในห้องหาได้จากสูตรที่ 2

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots S_n \alpha_n$$

ตารางที่ 34 คำนวณค่าวัสดุดูดซับเสียงรวมห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

| Area of Surface, m <sup>2</sup>  | Absorption Coefficients, $\alpha$<br>NRC Number | A = S× $\alpha$<br>Sabine, m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| S1 Ceiling: 112.1 m <sup>2</sup> | $\alpha_2 = 112.1 \times 0.05$                  | 5.61                                      |
| S2 Floor: 112.1 m <sup>2</sup>   | $\alpha_1 = 112.1 \times 0.05$                  | 5.61                                      |
| S3 wall : 84.5 m <sup>2</sup>    | $\alpha_3 = 84.5 \times 0.05$                   | 4.23                                      |
| S4 Door: 6.4 m <sup>2</sup>      | $\alpha_4 = 6.4 \times 0.10$                    | 0.64                                      |
| S5 window: 25.2 m <sup>2</sup>   | $\alpha_5 = 25.2 \times 0.05$                   | 1.26                                      |
| S6 Seat (80 seats): 80           | $\alpha_6 = 80 \times 0.59$                     | 47.20                                     |
|                                  | Total                                           | 64.54                                     |

การคำนวณค่า RT ห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

เมื่อ

RT = Reverberation Time (RT), Second

V = ปริมาตรของห้อง,  $m^3$

A = ค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine,  $m^2$ )

=  $S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots \dots \dots S_n \alpha_n$

แทนค่าสูตร 1

$$\begin{aligned} RT &= 0.161(s/m) \frac{V(m^3)}{A(m^2)} \\ &= 0.161(s/m) \frac{8.9 \times 12.6 \times 2.7(m^3)}{64.54(m^2)} \\ &= 0.755 \text{ Sec} \end{aligned}$$

### 3.2.4 ด้านการนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียน ขนาดกลาง (ห้อง 0404) มีค่าเท่ากับ 0.74 ตารางเมตร ไม่เป็นไปตามข้อแนะนำ ดังนั้นต้องลดจำนวนที่นั่งเรียนให้มีเพียง 34 คน เพื่อให้พื้นที่เท่ากับ 1.3 ตารางเมตรต่อคน

## 3.3 ห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)

### 3.3.1 ด้านคุณภาพอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องเรียน อัตราการระบายอากาศของห้องเรียน  
ขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) ตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าอัตราการระบายอากาศเท่ากับ 2.4 (CFM/m<sup>2</sup>)  
และ 4 (m<sup>3</sup>/hr/ m<sup>2</sup>)

จากสูตรที่ 4

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

โดยที่

$$\text{อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน} = \text{ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)}$$

$$\text{มาตรฐานการระบายอากาศ} = 2.4 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อตารางเมตร (CFM/ m}^2\text{)}$$

$$\text{พื้นที่ภายในห้องเรียน} = \text{ตารางเมตร (m}^2\text{)}$$

แทนค่า

$$\text{อัตราการระบายอากาศ} = \text{มาตรฐานการระบายอากาศ} \times \text{พื้นที่ห้องเรียน}$$

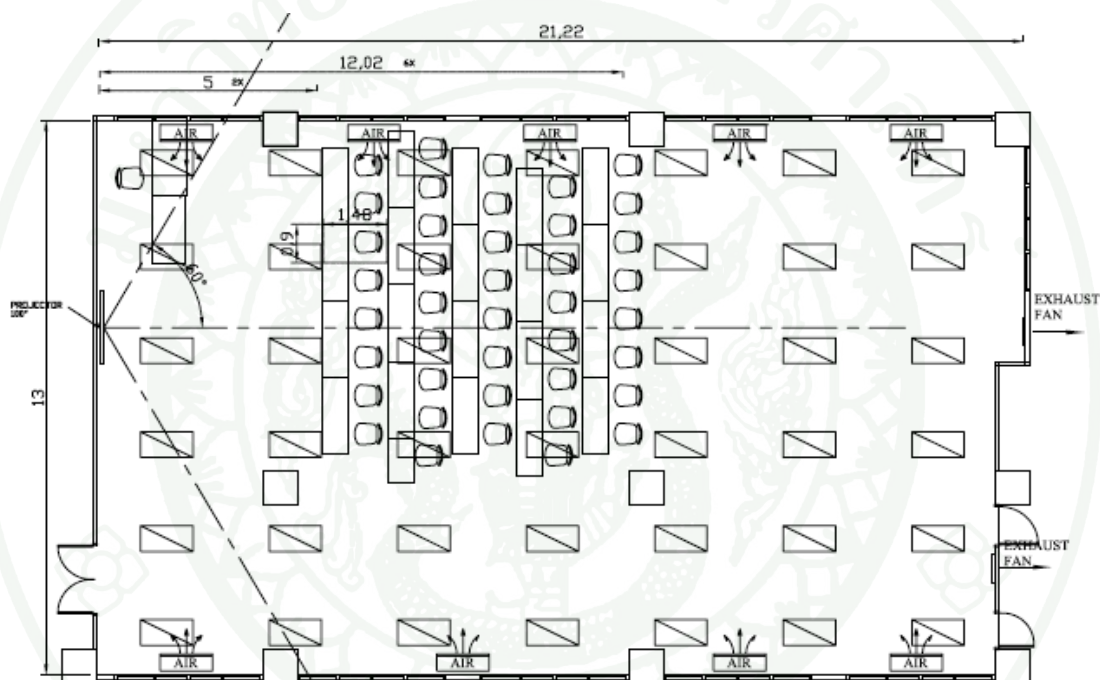
$$= 2.4 \text{ (CFM/ m}^2\text{)} \times 13 \times 21.28 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= 663.93 \text{ (CFM)}$$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)  
ที่ควรจะเป็นเท่ากับ 663.93 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (CFM) หรือ 39,835 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง  
(CFH)

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของพัดลมระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับบริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก จ พบว่า อัตราการระบายอากาศของพัดลม คือ 20,100 CFH ซึ่งคุณลักษณะของพัดลมดังกล่าว ไม่สามารถระบายอากาศในห้องให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

เพื่อให้อัตราการระบายอากาศเป็นไปตามมาตรฐาน จึงเห็นควรว่าให้ทำการเพิ่มพัดลมระบายอากาศ รุ่น FV-25RUT1 ใบพัดขนาด 9.84 นิ้ว ตามภาคผนวก จ อัตราการระบายอากาศเท่ากับ 32,800 CFH จำนวน 1 ตัว ตามภาพที่ 30 ค่าใช้จ่ายตามผนวก ฉ

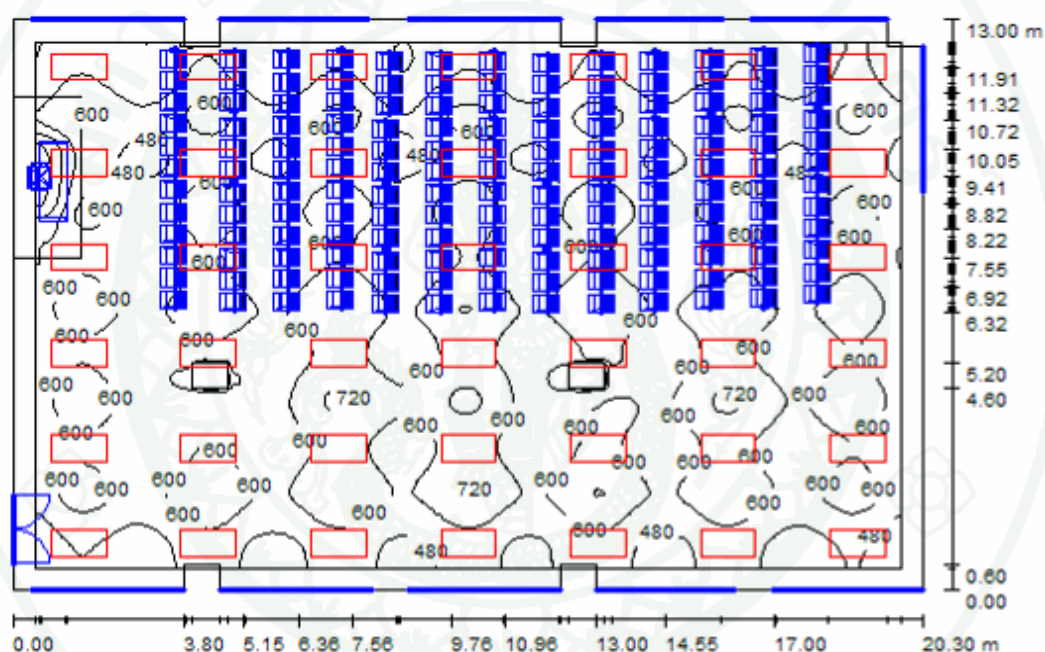


0803 พื้นที่เดิม

ภาพที่ 30 แสดงแบบแปลนภายในห้องเรียนหมายเลข 0803 (ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติม จำนวน 1 ตัว)

### 3.2.2 ด้านแสงสว่าง

ระดับความเข้มของแสงสว่าง ระดับความเข้มของแสงสว่างตามข้อแนะนำ  
ระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เท่ากับ  
500 Lux จากการตรวจวัดพบว่า ค่าระดับความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 476 Lux ซึ่งมีค่าต่ำกว่า  
มาตรฐาน จึงได้ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5)  
โดยทำการทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมเท่ากับ  
558 Lux ตามภาพที่ 31 มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 82 Lux



ภาพที่ 31 แสดงค่าการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5)  
ห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)

จากการทดสอบดังกล่าว ได้ตรวจสอบโคมไฟ พบว่า มีปริมาณฝุ่นจำนวนมาก  
จึงทำความสะอาดโคมไฟและตรวจวัดความเข้มแสงสว่างอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ระดับ  
ความเข้มของแสงสว่างเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 536 Lux

### 3.3.4 ด้านการนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเท่ากับ 0.62 ตารางเมตร ไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะ ดังนั้นต้องลดจำนวนที่นั่งเรียนให้มีเพียง 41 คน เพื่อให้พื้นที่เท่ากับ 1.3 ตารางเมตรต่อคน

## วิจารณ์

แบ่งการวิจารณ์ออกเป็น 2 ส่วน ตามผลของการวิจัยดังนี้

### 1. ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

#### 1.1 อุณหภูมิภายในห้องเรียน

จากผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $24^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  และ  $25^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ การที่วัดอุณหภูมิภายในห้องเรียนขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ได้  $24 - 25^{\circ}\text{C}$  นั้น อันเนื่องมาจากภายในห้องเรียนมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศไว้ที่  $25^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้ผู้ใช้ห้องเรียนรู้สึกสบาย ดังเช่นคำกล่าวของ Fanger (1976) ที่กล่าวว่าไว้ว่าให้อุณหภูมิอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) คือ ไม่ร้อน ไม่หนาวเกินไป อยู่ในช่วง 24-26 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังสอดคล้องกับคำกล่าวของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย: มาตรฐานคำแนะนำสภาวะการออกแบบระบบปรับอากาศภายในอาคาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ซึ่งกำหนดว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง  $24 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ทำให้ผู้ใช้ห้องเรียนรู้สึกสบาย

#### 1.2 ความชื้นสัมพัทธ์

จากผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52 %RH, 54% RH และ 54%RH ตามลำดับ การที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ ได้ค่าดังกล่าวข้างต้นอันเนื่องมาจากอุณหภูมิภายในห้องขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ อยู่ระหว่าง  $24 - 25^{\circ}\text{C}$  จะมี

ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 52 – 54 %RH ซึ่งปริมาณของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ ภาวะอิ่มตัวจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ โดยปริมาณของไอน้ำที่มีอยู่ ณ ภาวะอากาศอิ่มตัวจะเพิ่มเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น จะทำให้รู้สึกสบาย ดังเช่น ค่าแนะนำสภาวะการออกแบบระบบปรับอากาศภายในอาคาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ: การออกแบบและติดตั้ง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย กำหนดว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศควรมีค่าเท่ากับ  $55 \pm 5$  %RH

### 1.3 ด้านการระบายอากาศในห้องเรียน

จากผลการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเท่ากับ 5.57 ฟุตต่อนาที, 5.64 ฟุตต่อนาที และ 5.707 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ เมื่อทำการคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานวสท. E.I.T. Standard 3003-40 ระบบปรับอากาศ และระบบระบายอากาศ (2547-2548) พบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด อันเนื่องมาจาก การออกแบบที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ และการสึกหรอของอุปกรณ์ ดังเช่นค่ากล่าวของมาตรฐานระบบปรับอากาศ และการระบายอากาศ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กทม. 2547-2548 กำหนดไว้ว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนที่มีภาวะปรับอากาศ ต้องมีอัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่า 2.4 ลูกบาศก์ฟุต ต่อนาที ต่อตารางเมตรและ เอ็มแอนคี่ (2549) ที่กล่าวไว้ว่า พัดลมเมื่อมีฝุ่นละอองจับประสิทธิภาพในการทำงานจะลดต่ำลง

### 1.4 ด้านแสงสว่างจากหลอดไฟภายในห้องเรียน

จากผลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 268 Lux, 461 Lux และ 476 Lux ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน อันเนื่องมาจาก การออกแบบที่ไม่เหมาะสม การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีค่าการสะท้อนต่ำ ดังเช่นค่ากล่าวของ ศุภี (2538) กล่าวไว้ว่า การติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า สำหรับโรงเรียนควรเป็นโคมที่มีแสงบาดตาน้อย ตัวสะท้อนแสงของโคมอาจใช้อะลูมิเนียมที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง แต่ทั้งนี้ต้องระวังแสงบาดตา อีกทั้งยังสอดคล้องกับค่ากล่าวของอรวิ (2546) กล่าวว่าควรแบ่งพื้นที่แสงสว่างของห้องเรียน มีสวิทช์ไฟแยกแต่ละพื้นที่ ส่วนของผู้เรียนสามารถหรี่แสงได้ บริเวณผู้สอนมีไฟส่องสว่างบริเวณ

กระดานและจอฉายแยกต่างหากจากบริเวณอื่นๆ หลอดไฟใช้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์แสงค่อนข้างขาว ใช้ Electronic Ballast

### 1.5 ด้านความสว่างของโปรเจ็คเตอร์ ภายในห้องเรียน

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของโปรเจ็คเตอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับบริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก ข พบว่า ค่าการส่องสว่างของโปรเจ็คเตอร์ภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง(ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเท่ากับ 1500 ANSI Lumens 2000 ANSI Lumens และ 1500 ANSI Lumens ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม ดังคำกล่าวของ ญัฐวุฒิ ชัยมงคล (2548) ที่กล่าวไว้ว่า หลอดภาพของ โปรเจ็คเตอร์มีอายุการใช้งานตามคุณลักษณะของผู้ผลิต หากมีการใช้งานมาก จะเกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น

### 1.6 ด้านแสงสว่างรบกวนจากภายนอก ภายในห้องเรียน

จากการตรวจวัดระดับความเข้มของแสงสว่างภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง(ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) บริเวณริมหน้าต่าง มีค่าเท่ากับ 253 Lux 1147 Lux และ 972 Lux ตามลำดับ การที่วัดระดับความเข้มของแสงสว่าง ภายในห้องเรียนบริเวณริมหน้าต่างได้ค่าดังกล่าวข้างต้นนั้น อันเนื่องมาจากหน้าต่างภายในห้องเรียนม่านชาว์ด จึงทำให้แสงแดดส่องสว่างมาภายในห้องเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Comerford (1999) กล่าวว่า ภายในห้องเรียนต้องสามารถควบคุมทิศทางและปริมาณแสงที่จะเข้ามาในห้องได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้อุปกรณ์บังแดดที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mcvey (1990) กล่าวว่า ควรใช้แสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ส่องมาจากด้านบนจะดีกว่าแสงที่ส่องเข้ามาทางด้านข้าง

### 1.7 ด้านระบบเสียงการเรียนการสอนภายในห้องเรียน

จากการตรวจวัดระดับเสียงภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุดเท่ากับ 68 dB(A) 63 dB(A) และ 63 dB(A) ตามลำดับ ดังเช่น คำกล่าวของสารานุกรมไทยฉบับที่ 20 เรื่องมลพิษทางเสียง ที่กล่าวไว้ว่า ระดับเสียงที่ดังไม่เกิน 60 dB(A) เป็นเสียงที่ฟังสบาย และ 60-80 dB(A) ถือว่าดัง เสียงที่ดังเกินกว่า

80 dB(A) ขึ้นไปถือว่าเป็นเสียงที่ดังมาก ซึ่งในบางจุดตรวจวัด มีค่าระดับเสียงที่เกินเกณฑ์ เล็กน้อย ซึ่งอาจไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ เนื่องจากช่วงระยะเวลาในการเรียนการสอนต่อวันไม่เกิน 8 ชั่วโมง ดังเช่นองค์การอนามัยโลก กำหนดว่า ระดับเสียงต้องไม่ดังเกิน 85 dB(A) ต่อระยะเวลา 8 ชั่วโมง

## 1.8 ด้านเสียงสะท้อนภายในห้องเรียน

จากการคำนวณค่าความก้องสะท้อน (RT) ภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเท่ากับ 0.68 ,0.58 และ 0.86 วินาที ตามลำดับซึ่งค่า (Reverberation Time: RT) ที่เหมาะสมกับกิจกรรมของห้องอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7-1.1 วินาที โดยห้องขนาดเล็ก (ห้อง 8605) และ ขนาดกลาง (ห้อง 0404) มีค่าไม่เหมาะสม อันเนื่องมาจาก การออกแบบและการเลือกใช้วัสดุในการตกแต่งห้องเรียนไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fanlkner – Brown (1999) ที่กล่าวไว้ว่า ควรเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงในห้องเรียนให้เหมาะสม อีกทั้งยังสอดคล้องกับคำกล่าวของฝ่ายวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2523) ที่กล่าวไว้ว่าหลักเกณฑ์ในการจัดห้องเรียนว่า เสียงต้องให้เกิดการได้ยินอย่างทั่วถึงและต้องคำนึงถึงเสียงสะท้อนด้วย

## 1.9 ด้านเสียงรบกวน จากภายนอก ภายในห้องเรียน

จากการตรวจวัดระดับเสียงรบกวนภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.8 ,53.66 และ 53.46 dB(A) ตามลำดับ โดยอยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ International School of Information Science (1999) ที่กล่าวไว้ว่า ควรลดระดับเสียงรบกวนให้อยู่ในระดับ 45-55 dB(A) ซึ่งในบางจุดตรวจวัด มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย อาจเนื่องมาจาก จุดตรวจวัดอยู่ใกล้กับระบบปรับอากาศ ดังเช่น University of Florida กล่าวไว้ว่า การออกแบบระบบ HVAC มีผลต่อระดับเสียงรบกวนภายในห้องเรียนด้วย

## 1.10 ด้านการนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ขนาดกลาง (ห้อง 0404) และขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเท่ากับ 0.79 ,0.74 และ 0.62 ตารางเมตร ตามลำดับ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในงานวิจัย ออร์วี (2546) ที่กล่าวไว้ว่า พื้นที่สำหรับผู้เรียน ในการเรียนการสอน ต่อคนต้องไม่น้อยกว่า 1.3 ตารางเมตร

## 2. การออกแบบเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

### 2.1 การจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605)

2.1.1 ด้านการระบายอากาศ เนื่องจากตามคุณลักษณะของพัดลม ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด เท่ากับ 7.87 นิ้ว (200 มิลลิเมตร) สามารถระบายอากาศได้ 20,100 CFH (ตามภาคผนวก จ) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน แต่จากการตรวจวัดและคำนวณอัตราการระบายอากาศ หน่วยงานจริงพัดลม ไม่สามารถทำการระบายอากาศได้ตามคุณลักษณะของพัดลมที่กล่าวไว้ ดังนั้นจึงเสนอแนะต้องทำการบำรุงรักษาพัดลม เพื่อให้ทำงาน ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังเช่นคำกล่าวของ เอ็มแอนดรี (2549) ที่กล่าวไว้ว่า พัดลมเมื่อมีฝุ่นละอองจับประสิทธิภาพในการทำงานลดต่ำลง และใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น เช่นกัน

2.1.2 ด้านแสงสว่างจากหลอดไฟ จากการใช้โปรแกรม DIALUX version 4.5 พบว่า ต้องทำการติดตั้งดวงโคมเพิ่มเติมจำนวน 4 โคม เพื่อให้แสงสว่างเป็นไปตามมาตรฐาน ดังเช่นคำกล่าวของ International School of Information Science (1999) ที่กล่าวไว้ว่า ปริมาณแสงประดิษฐ์ ที่ส่องสว่างลงบนโต๊ะเรียนอยู่ในระดับ 500 Lux และข้อนี้นำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย (ม.ป.ป.) ที่กล่าวไว้ว่า พื้นที่ที่มีการเขียน พิมพ์ อ่าน ควรมีปริมาณแสงอยู่ในระดับ 500 Lux อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Stein,B, and Reynolds,J.S (1992) ที่กล่าวไว้ว่า แสงสว่างในห้องเรียนที่จะเพียงพอกับความต้องการของการเรียนการสอนนั้น ควรจะต้องมีระดับความเข้มของแสงสว่างประมาณ 500 Lux

2.1.3 ด้านแสงสว่างรบกวนจากภายนอก จึงเสนอแนะให้ใช้อุปกรณ์บังแดดทำด้วยอะลูมิเนียม วางตามแนวตั้งของหน้าต่าง และมีคุณสมบัติที่สามารถจัดแสงสว่างจากภายนอกได้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Cornell University (n.d.) สหรัฐอเมริกาได้กำหนดปรัชญาการออกแบบห้องเรียน คือ อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมควรเป็น 2 ลักษณะเท่านั้น คือ อุปกรณ์บังแดดแบบผ้า และแบบอะลูมิเนียม (drapes/blinds, shades/blinds)

2.1.4 ด้านเสียงสะท้อนภายในห้องเรียน จากการคำนวณค่าความก้องสะท้อน (Reverberation Time: RT) ภายในห้องเรียน พบว่า ค่า RT ที่ได้ไม่เหมาะสมกับกิจกรรมของห้อง อันเนื่องมาจากการเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงไม่เหมาะสม ดังนั้น เห็นควรว่าต้องทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในห้องเรียน เช่น ฝ้าเพดาน และลดจำนวน เก้าอี้ เพื่อให้ได้ ค่า RT ที่เหมาะสม ดังเช่นคำกล่าวของ Fanlkner – Brown (1999) ที่กล่าวไว้ว่า ควรเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงในห้องเรียนให้เหมาะสม อีกทั้งยังสอดคล้องกับคำกล่าวของฝ่ายวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2523) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการจัดห้องเรียนว่า เสียงต้องให้เกิดการได้ยินอย่างทั่วถึงและต้องคำนึงถึงเสียงสะท้อนด้วย

2.1.5 ด้านการนั่ง เสนอแนะว่าต้องปรับปรุงโต๊ะ เก้าอี้ ภายในห้องเรียน โดยพื้นที่ในส่วนของผู้เรียนควรมีพื้นที่อย่างน้อย 1.3 ตารางเมตร ต่อ คน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรวิ (2546) ที่กล่าวไว้ว่า พื้นที่สำหรับผู้เรียน ในการเรียนการสอนต่อคนต้องไม่น้อยกว่า 1.3 ตารางเมตร โดยภายในห้องเรียนจะสามารถนั่งนักเรียนได้ จำนวน 17 คน จึงจะเกิดความสบายในการเรียน

## 2.2 การจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

2.2.1 ด้านการระบายอากาศ เนื่องจากตามคุณลักษณะของพัดลม ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด เท่ากับ 7.87 นิ้ว (200 มิลลิเมตร) สามารถระบายอากาศได้ 20,100 CFH (ตามภาคผนวก จ) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน แต่จากการตรวจวัดและคำนวณอัตราการระบายอากาศ หน่วยงานจริงพัดลมไม่สามารถทำการระบายอากาศได้ตามคุณลักษณะของพัดลมที่กล่าวไว้ ดังนั้น จึงเสนอแนะต้องทำการบำรุงรักษาพัดลม เพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังเช่นคำกล่าวของ เอ็มแอนดรี (2549) ที่กล่าวไว้ว่า พัดลมเมื่อมีฝุ่นละอองจับประสิทธิภาพในการทำงานลดต่ำลง และใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น เช่นกัน

2.2.2 ด้านแสงสว่างจากหลอดไฟ จากการใช้โปรแกรม DIALUX version 4.5 พบว่า คุณลักษณะของโคมไฟสามารถส่องสว่างได้ตามมาตรฐาน แต่จากการตรวจวัด ระดับความเข้มของแสงสว่างไม่เป็นไปตามข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ดังนั้นเสนอแนะต้องทำการบำรุงรักษา เพื่อให้โคมไฟสามารถให้ความสว่างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังเช่นคำกล่าวของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ม.ป.ป.) ที่กล่าวว่าถ้าหลอดไฟและโคมไฟได้รับการหมั่นดูแลทำความสะอาดเรื่องฝุ่นละอองหรือบำรุงรักษาเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ เมื่อหมดอายุการใช้งานก็จะช่วยให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถให้แสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3 ด้านแสงสว่างรบกวนจากภายนอก เสนอแนะว่าต้องใช้อุปกรณ์บังแดดทำด้วยอะลูมิเนียม วางตามแนวคี่ของหน้าต่าง และมีคุณสมบัติที่สามารถจัดแสงสว่างจากภายนอกได้ ดังคำกล่าวของ Cornell University (n.d.) ได้กำหนดปรัชญาการออกแบบห้องเรียน คือ อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมควรเป็น 2 ลักษณะเท่านั้น คือ อุปกรณ์บังแดดแบบผ้า และแบบอะลูมิเนียม (drapes/blinds, shades/blinds)

2.2.4 ด้านเสียงสะท้อนภายในห้องเรียน จากการคำนวณค่าความก้องสะท้อน (Reverberation Time: RT) ภายในห้องเรียน พบว่า ค่า RT ที่ได้ไม่เหมาะสมกับกิจกรรมของห้อง อันเนื่องมาจากการเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงไม่เหมาะสม ดังนั้น เห็นควรว่าต้องทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในห้องเรียน เช่น เก้าอี้ และพื้นห้อง เพื่อให้ได้ ค่า RT ที่เหมาะสม ดังเช่นคำกล่าวของ Fanlkner – Brown (1999) ที่กล่าวว่า ควรเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงในห้องเรียนให้เหมาะสม อีกทั้งยังสอดคล้องกับคำกล่าวของฝ่ายวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2523) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการจัดห้องเรียนว่า เสียงต้องให้เกิดการได้ยินอย่างทั่วถึงและต้องคำนึงถึงเสียงสะท้อนด้วย

2.2.5 ด้านการนั่ง เสนอแนะว่าต้องปรับปรุงโต๊ะ เก้าอี้ ภายในห้องเรียน โดยพื้นที่ในส่วนของผู้เรียนควรมีพื้นที่อย่างน้อย 1.3 ตารางเมตรต่อคน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรวิ (2546) ที่กล่าวว่า พื้นที่สำหรับผู้เรียน ในการเรียนการสอนต่อคนต้องไม่น้อยกว่า 1.3 ตารางเมตร โดยภายในห้องเรียนจะสามารถจุนักเรียนได้ จำนวน 34 คน จึงจะเกิดความสบายในการเรียน

## 2.3 การจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)

2.3.1 ด้านการระบายอากาศ จากการตรวจวัดและคำนวณอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน พบว่า พัดลมที่ใช้ภายในห้องไม่สามารถระบายอากาศได้ตามข้อกำหนด ดังนั้น เสนอแนะว่า ต้องทำการเพิ่มพัดลมระบายอากาศจำนวน 1 เครื่องซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดเท่ากับ 9.84 นิ้ว (250 มิลลิเมตร) สามารถระบายอากาศได้ 32,800 CFH (ตามภาคผนวก ก) เพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนให้เป็นไปตามมาตรฐาน ดังเช่น มาตรฐานระบบปรับอากาศ และการระบายอากาศวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2547-2548) ที่กล่าวไว้ว่า การระบายอากาศโดยวิธีกลสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้า/ออกในพื้นที่หนึ่งๆ ได้ดีกว่าการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนที่มีภาวะปรับอากาศ ต้องมีอัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่า 2.4 ลูกบาศก์ฟุต ต่อนาที ต่อตารางเมตร

2.3.2 ด้านแสงสว่างจากหลอดไฟ จากการใช้โปรแกรม DIALUX version 4.5 พบว่า คุณลักษณะของโคมไฟสามารถส่องสว่างได้ตามมาตรฐาน แต่จากการตรวจวัด ระดับความเข้มของแสงสว่างไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ดังนั้น เสนอแนะต้องทำการบำรุงรักษา เพื่อให้โคมไฟสามารถให้ความสว่างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังเช่นคำกล่าวของ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ม.ป.ป.) ที่กล่าวไว้ว่า ถ้าหลอดไฟและโคมไฟได้รับการหมั่นดูแลทำความสะอาด เรื่องฝุ่นละอองหรือบำรุงรักษาเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ เมื่อหมดอายุการใช้งานก็จะช่วยให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถให้แสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.3 ด้านแสงสว่างรบกวนจากภายนอก เสนอแนะว่าต้องใช้อุปกรณ์บังแดดทำด้วยอะลูมิเนียม วางตามแนวคิงของหน้าต่าง และมีคุณสมบัติที่สามารถจัดแสงสว่างจากภายนอกได้ ดังเช่น Cornell University (n.d.) ได้กำหนดปรัชญาการออกแบบห้องเรียน คือ อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมควรเป็น 2 ลักษณะเท่านั้น คือ อุปกรณ์บังแดดแบบผ้า และแบบอะลูมิเนียม (drapes/blinds, shades/blinds)

2.3.4 ด้านการนั่ง เห็นเสนอแนะควรจะต้องปรับปรุงโต๊ะ เก้าอี้ ภายในห้องเรียน โดยพื้นที่ในส่วนของผู้เรียนควรมีพื้นที่อย่างน้อย 1.3 ตารางเมตรต่อคน ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ อรวิ (2546) ที่กล่าวไว้ว่า พื้นที่สำหรับผู้เรียน ในการเรียนการสอนต่อคนต้องไม่น้อยกว่า 1.3 ตารางเมตร โดยภายในห้องเรียนจะสามารถนั่งนักเรียนได้ จำนวน 41 คน จึงจะเกิดความสบายในการเรียน

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ผลการศึกษาประเมินและการออกแบบสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนสามารถสรุปผลของการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

#### 1. ความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียนน้อยที่สุด

| ปัจจัย                         | ความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียนน้อยที่สุด |                                        |                                        |
|--------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                                | ห้องเรียนขนาดเล็ก<br>(หมายเลข)(ร้อยละ)         | ห้องเรียนขนาดกลาง<br>(หมายเลข)(ร้อยละ) | ห้องเรียนขนาดใหญ่<br>(หมายเลข)(ร้อยละ) |
| <b>1.1 คุณภาพอากาศ</b>         |                                                |                                        |                                        |
| - อุณหภูมิภายใน<br>ห้องเรียน   | (3201)(59)                                     | (0404)(51)                             | (0803)(67)                             |
| - กลิ่นอับภายใน<br>ห้องเรียน   | (8605)(16)                                     | (8602)(27)                             | (0803)(27)                             |
| <b>1.2 ด้านแสงสว่าง</b>        |                                                |                                        |                                        |
| - ระบบแสงสว่าง                 | (8605)(70)                                     | (0404)(60)                             | (0803)(64)                             |
| - ความสว่างของ<br>โปรเจ็กเตอร์ | (8606)(53)                                     | (8602)(48)                             | (3304)(64)                             |
| - แสงรบกวนจาก<br>ภายนอก        | (8605)(11)                                     | (0404)(20)                             | (0803)(15)                             |

ตารางที่ 35 (ต่อ)

| ปัจจัย                             | ความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียนน้อยที่สุด                                      |                                                                                      |                                                                                       |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | ห้องเรียนขนาดเล็ก<br>(ร้อยละ)                                                       | ห้องเรียนขนาดกลาง<br>(ร้อยละ)                                                        | ห้องเรียนขนาดใหญ่<br>(ร้อยละ)                                                         |
| <b>1.3 ด้านเสียง</b>               |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| - ระบบเสียงในการ<br>เรียนการสอน    | (8605)(67)                                                                          | (0407)(62)                                                                           | (3304)(72)                                                                            |
| - เสียงสะท้อน<br>ภายในห้อง         | (8605)(20)                                                                          | (0404)(16)                                                                           | (0803)(12)                                                                            |
| - เสียงรบกวนจาก<br>ภายนอก          | (8606)(42)                                                                          | (8602)(35)                                                                           | (3304)(11)                                                                            |
| <b>1.4 การนั่ง</b>                 |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| - ความปวดเมื่อย<br>จากการนั่งเรียน | (8606)(19)                                                                          | (0405)(49)                                                                           | (0803)(18)                                                                            |
| - ประเภทเก้าอี้                    |  |  |  |

ดังนั้น จึงเลือกห้องเรียนขนาดเล็ก,กลาง และใหญ่ หมายเลขห้อง 8605,0404 และ 0803 ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้เป็นไปตามมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

## 2. ผลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

### 2.1 ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

ตารางที่ 36 สรุปผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

| ขนาด<br>ห้องเรียน      | ระดับ<br>(LEVEL) | พารามิเตอร์การตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน |         |         |             |          |           |
|------------------------|------------------|------------------------------------------------|---------|---------|-------------|----------|-----------|
|                        |                  | ความ                                           | ระดับ   | ระดับ   | คุณภาพอากาศ |          |           |
|                        |                  | เข้มแสง                                        | เสียง   | เสียง   | ความชื้น    | อุณหภูมิ | ความเร็ว  |
|                        |                  | สว่าง                                          | เฉลี่ย  | รบกวน   | สัมพัทธ์    | เฉลี่ย   |           |
|                        |                  | เฉลี่ย                                         | (dB(A)) | เฉลี่ย  | เฉลี่ย      | (°C)     | ลม (ft/s) |
|                        |                  | (LUX)                                          |         | (dB(A)) | (ร้อยละ)    |          |           |
| ขนาดเล็ก<br>(8605)     | MIN              | 200                                            | 56.1    | 54.5    | 50          | 23.8     | 5.24      |
|                        | MAX              | 430                                            | 80.6    | 55.1    | 55          | 25.5     | 5.90      |
|                        | AVERAGE          | 268                                            | 68      | 54.80   | 52          | 24       | 5.576     |
| ขนาด<br>กลาง<br>(0404) | MIN              | 128                                            | 49.4    | 50.7    | 50          | 24       | 5.24      |
|                        | MAX              | 1147                                           | 81.5    | 56.7    | 59          | 25       | 5.90      |
|                        | AVERAGE          | 461                                            | 63      | 53.66   | 54          | 25       | 5.642     |
| ขนาดใหญ่<br>(0803)     | MIN              | 267                                            | 50.1    | 50.6    | 50          | 24       | 5.24      |
|                        | MAX              | 972                                            | 83      | 56.2    | 59          | 25       | 5.90      |
|                        | AVERAGE          | 476                                            | 63      | 53.46   | 54          | 25       | 5.707     |
| มาตรฐาน                |                  | 500                                            | 80      | 45-55   | 55±5        | 24±1     | -         |

จากการตรวจวัดพบว่า

1. ระดับแสงสว่างมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน
2. ระดับเสียงเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งบางจุดตรวจวัดมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย
3. ระดับเสียงรบกวนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งบางจุดตรวจวัดเกินเกณฑ์เล็กน้อย
4. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

## 2.2 ผลการคำนวณหาระดับเสียงสะท้อนและอัตราการระบายอากาศ

ตารางที่ 37 สรุปผลการคำนวณหาระดับเสียงสะท้อนและอัตราการระบายอากาศ

| ขนาด<br>ห้องเรียน      | ระดับเสียง<br>สะท้อน(Sec.) | อัตราการระบายอากาศ                                 |                                                                        |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                        |                            | อัตราการระบายอากาศภายใน<br>ห้องเรียนปัจจุบัน (CFM) | อัตราการระบายอากาศ<br>ภายในห้องเรียนปัจจุบัน<br>(CFM/ m <sup>2</sup> ) |
| ขนาดเล็ก<br>(8605)     | 0.68                       | 112.98                                             | 1.87                                                                   |
| ขนาด<br>กลาง<br>(0404) | 0.58                       | 114.3                                              | 1.01                                                                   |
| ขนาด<br>ใหญ่<br>(0803) | 0.86                       | 115.6                                              | 0.41                                                                   |
| มาตรฐาน                | 0.7-1.1                    | -                                                  | 2.4 CFM/m <sup>2</sup>                                                 |

จากการคำนวณพบว่า

1. ระดับเสียงสะท้อนภายในห้องเรียน ขนาดเล็ก และขนาดกลางไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะ
2. อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาดเล็ก , กลาง และขนาดใหญ่ ไม่เป็นไปตาม

มาตรฐาน

### 3. ผลการปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน โดยออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน หรือกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

#### 3.1 ผลการปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605)

##### 3.1.1 ด้านคุณภาพอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องเรียน อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าอัตราการระบายอากาศ เท่ากับ  $2.4 \text{ CFM/m}^2$

ดังนั้น อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) ที่ควรจะเป็นเท่ากับ  $144.72 \text{ CFM}$  หรือ  $8,683.2 \text{ CFH}$

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของพัดลมระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับบริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก ก พบว่า อัตราการไหลอากาศของพัดลม คือ  $20,100 \text{ CFH}$  ซึ่งคุณลักษณะของพัดลมดังกล่าว สามารถระบายอากาศได้เพียงพอตามผลการคำนวณ แต่จากการตรวจวัด เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552 อัตราการระบายอากาศมีค่าเท่ากับ  $6,858 \text{ CFH}$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศลดลง  $66.27\%$

##### 3.1.2 ด้านแสงสว่าง

ระดับความเข้มของแสงสว่าง ระดับความเข้มของแสงสว่างตามข้อแนะนำระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เท่ากับ  $500 \text{ Lux}$  จากการตรวจวัดพบว่า ค่าระดับความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยเท่ากับ  $268 \text{ Lux}$  ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงได้ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) โดยทำการทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมเท่ากับ  $251 \text{ Lux}$  ตามภาคผนวก ข มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่  $17 \text{ Lux}$

ดังนั้น เมื่อใช้โปรแกรมช่วยออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ในห้องเรียน พบว่า ต้องทำการเพิ่มจำนวนโคมไฟ 4 โคม (ตามภาคผนวกที่ ข) โดยมีค่าใช้ตามภาคผนวก ญ เพื่อให้ระดับความเข้มของแสงสว่างเป็นไปตามข้อแนะนำระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

### 3.1.3 ด้านเสียง (ระดับเสียงสะท้อน)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า RT ที่เหมาะสมนั้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และการดูดซับเสียงโดยรวมของห้อง เห็นควรว่าเพื่อให้มีค่าเหมาะสมควรทำการปรับปรุงห้องเรียน ค่าใช้จ่ายตามภาคผนวก ญ โดย

1) ทำการติดตั้งฝ้าเพดานที่ทำจากไม้อัดหนา  $\frac{3}{4}$  และ ลดจำนวนเก้าอี้นั่งฟังบรรยายจากเดิม 40 ตัว เป็น 17 ตัว ซึ่งหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุภัณฑ์ พบว่า มีค่า RT เท่ากับ 0.89 วินาที ซึ่งอยู่ในค่าที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมของการเรียนการสอน

2) ทำการติดตั้งเปลี่ยนแปลงเก้าอี้นั่งฟังบรรยายจากเดิม ซึ่งทำจากพลาสติก และมีที่พนักแขน ให้เป็นเก้าอี้ที่ทำจากวัสดุที่ทำด้วยเส้นใย ซึ่งหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุภัณฑ์ พบว่า มีค่า RT เท่ากับ 0.89 นาที ซึ่งอยู่ในค่าที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมของการเรียนการสอน

### 3.1.4 การนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียนขนาดเล็ก (ห้อง 8605) มีค่าเท่ากับ 0.79 ตารางเมตร ไม่เป็นไปตามข้อแนะนำ ดังนั้นต้องลดจำนวนที่นั่งเรียนให้มีเพียง 17 คน เพื่อให้พื้นที่เท่ากับ 1.3 ตารางเมตรต่อคน

### 3.2 ห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404)

#### 3.2.1 ด้านคุณภาพอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องเรียน อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404) ตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าอัตราการระบายอากาศ เท่ากับ  $2.4 \text{ CFM/m}^2$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาดกลาง (ห้อง 0404) ที่ควรจะเป็นเท่ากับ 269.14 CFM หรือ 16,148 CFH

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของพัดลมระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับบริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก ก พบว่า อัตราการระบายอากาศของพัดลม คือ 20,100 CFH ซึ่งคุณลักษณะของพัดลมดังกล่าว สามารถระบายอากาศได้เพียงพอตามผลการคำนวณ แต่จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552 อัตราการระบายอากาศมีค่าเท่ากับ 6,858 CFH ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศลดลง 19.66%

#### 3.2.2 ด้านแสงสว่าง

ระดับความเข้มของแสงสว่าง ระดับความเข้มของแสงสว่างตาม ข้อเสนอแนะระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เท่ากับ 500 Lux จากการตรวจวัดพบว่า ค่าระดับความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 461 Lux ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงได้ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) โดยทำการทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมเท่ากับ 519 Lux ตามภาคผนวก ข มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 58 Lux

จากการทดสอบดังกล่าว ได้ตรวจสอบโคมไฟ พบว่า มีปริมาณฝุ่นจำนวนมาก จึงทำความสะอาดโคมไฟและตรวจวัดความเข้มแสงสว่างซ้ำอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ระดับความเข้มของแสงสว่างเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 551 Lux

### 3.2.3 ด้านเสียง (ระดับเสียงสะท้อน)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า RT ที่เหมาะสมนั้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และการดูดซับเสียงโดยรวมของห้อง เห็นควรว่าเพื่อให้มีค่าเหมาะสมควรทำการปรับปรุงห้องเรียน ค่าใช้จ่ายตามภาคผนวก ญ โดย

1) เปลี่ยนวัสดุผนังจากคอนกรีต เป็นยิปซัมบอร์ด หนา 5/8 และลดจำนวน เก้าอี้นั่งฟังบรรยายจากเดิม 40 ตัวเป็น 34 ตัว ซึ่งหลังจากการเปลี่ยนวัสดุภัณฑ์ พบว่า มีค่า RT เท่ากับ 0.97 วินาที ซึ่งอยู่ในค่าที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมของการเรียนการสอน

2) ทำการติดตั้งเปลี่ยนแปลงเก้าอี้นั่งฟังบรรยายจากเดิม ซึ่งทำจากพลาสติก และมีที่พนักแขน ให้เป็นเก้าอี้ที่ทำจากวัสดุที่ทำด้วยเส้นใย ซึ่งหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุภัณฑ์ พบว่า มีค่า RT เท่ากับ 0.75 นาที ซึ่งอยู่ในค่าที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมของการเรียนการสอน

### 3.2.4 ด้านการนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) มีค่าเท่ากับ 0.62 ตารางเมตร ไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะ ดังนั้นต้องลดจำนวนที่นั่งเรียนให้มีเพียง 41 คน เพื่อให้พื้นที่เท่ากับ 1.3 ตารางเมตรต่อคน

## 3.3 ห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)

### 3.3.1 ด้านคุณภาพอากาศ

การระบายอากาศภายในห้องเรียน อัตราการระบายอากาศของห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) ตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าอัตราการระบายอากาศ เท่ากับ  $2.4 \text{ CFM/m}^2$

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803) ที่ควร จะเป็นเท่ากับ 663.93 CFM หรือ 39,835.8 CFH

การตรวจสอบคุณลักษณะของพัดลมระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับ  
บริษัทผู้ผลิต ตามภาคผนวก จ พบว่า อัตราการระบายอากาศของพัดลม คือ 20,100 CFH ซึ่งคุณลักษณะ  
ของพัดลมดังกล่าว ไม่สามารถระบายอากาศในห้องให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

เพื่อให้อัตราการระบายอากาศเป็นไปตามมาตรฐาน จึงเห็นควรว่าให้ทำการ  
เพิ่มพัดลมระบายอากาศ รุ่น FV-25RUT1 ใบพัดขนาด 9.84 นิ้ว ตามภาคผนวก จ อัตราการระบาย  
อากาศเท่ากับ 32,800 CFH จำนวน 1 ตัว ค่าใช้จ่ายตามภาคผนวก ฉ

### 3.3.2 ด้านแสงสว่าง

ระดับความเข้มของแสงสว่าง ระดับความเข้มของแสงสว่างตามข้อแนะนำ  
ระดับความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย  
เท่ากับ 500 Lux จากการตรวจวัด พบว่า ค่าระดับความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 476 Lux ซึ่งมี  
ค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงได้ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5)  
โดยทำการทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมเท่ากับ  
558 Lux ตามภาคผนวก ข มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 82 Lux

การทดสอบดังกล่าว ได้ตรวจสอบโคมไฟ พบว่า มีปริมาณฝุ่นจำนวนมาก  
จึงทำความสะอาดโคมไฟและตรวจวัดความเข้มแสงสว่างอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ระดับ  
ความเข้มของแสงสว่างเพิ่มมากขึ้น เท่ากับ 536 Lux

### 3.3.3 ด้านการนั่ง

จากการคำนวณพื้นที่ในการนั่งเรียนภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ (ห้อง 0803)  
มีค่าเท่ากับ 0.62 ตารางเมตร ไม่เป็นไปตามข้อแนะนำ ดังนั้นต้องลดจำนวนที่นั่งเรียนให้มีเพียง  
41 คน เพื่อให้พื้นที่เท่ากับ 1.3 ตารางเมตรต่อคน

### ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งข้อเสนอแนะเป็น 2 ส่วนดังนี้

#### 1. เสนอแนะต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน ดังนี้

1.1 เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ เห็นควรว่าต้องจัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอุปกรณ์ ตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

1.2 ในการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน หลังจากได้ทำการออกแบบและใช้งานแล้ว ควรมีการตรวจประเมิน สภาพแวดล้อมในห้องเรียนซ้ำ

1.3 ในการออกแบบห้องเรียน ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงมาตรฐาน และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนิสิต

#### 2. เสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป

2.1 ในการวิเคราะห์ลักษณะท่าทางการนั่ง และพื่นที่นั่ง ควรมีการตรวจวัดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อด้วยกระแสไฟฟ้า (Electromyography :EMG)

2.2 ในการออกแบบและปรับปรุงห้องเรียน หลังจากการปรับปรุงห้องเรียนควรมีการตรวจวัด และประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนนั้นอีกครั้ง

2.3 ควรเสนอแบบฟอร์มในการตรวจสอบอุปกรณ์ และสรุปผลการตรวจสอบ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงห้องเรียนในแต่ละห้อง

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ อุสันโน. 2541. รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน.

สำนักพิมพ์โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กระทรวงแรงงาน. 2549. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่างและเสียง พ.ศ.2549. ม.ป.ท.

กระทรวงมหาดไทย. 2535. กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตาม พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 กระทรวงมหาดไทย. กรุงเทพฯ.

กระทรวงพลังงาน. 2550. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2550. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ท.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2543. มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 17025 (ISO/IEC 17025). สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กิดานันท์ มลิทอง. 2543. เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คมสันต์ สิริวัฒนาพาท. 2545. คู่มือการออกแบบระบบเสียง:บริษัท ฟิลิปส์อิเล็กทรอนิกส์(ประเทศไทย)จำกัด (ม.ป.ป.)

จันสอน สุติวง. 2544. แนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

เจริญ เจริญรัชต์ภาคย์. ม.ป.ป. สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน เล่มที่ 2. เรื่องการตรวจอากาศ  
โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระ  
เจ้าอยู่หัว อาคารโครงการสารานุกรมไทยฯ สนามเสือป่า ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต  
กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2540. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนด  
มาตรฐานระดับเสียงทั่วไป พรบ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535

โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล. ม.ป.ป. เสียงและการควบคุมเสียงในอาคาร.โครงการวิจัยพลังงานและ  
การออกแบบสถาปัตยกรรม.คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ณัฐวุฒิ ชัยมงคล. 2548. การใช้งานโปรเจคเตอร์. แหล่งที่มา [www.projector.com](http://www.projector.com),  
15 สิงหาคม 2552.

ทบวง มหาวิทยาลัย. ม.ป.ป. เกณฑ์มาตรฐานกลางสำหรับการจัดทำโครงการพัฒนาการศึกษา ของ  
สถาบันอุดมศึกษาในช่วงแผนพัฒนาฯ ระยะที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539)

\_\_\_\_\_. 2549. คู่มือวิศวกรรมเครื่องกล (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). บริษัท เอ็มเอนด์อี จำกัด พ.ศ.  
2549. กรุงเทพฯ.

ประธาน อารีพล. ม.ป.ป. สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน เล่มที่ 20. เรื่องเสียง และมลพิษทาง  
เสียงโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระ  
เจ้าอยู่หัว อาคารโครงการสารานุกรมไทยฯ สนามเสือป่า ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต  
กรุงเทพฯ

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. ม.ป.ป. การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียน. แหล่งที่มา: [http://srithai.hypermart.net](http://srithai.hypermart.net/environment.html)  
/environment.html,date 8 พฤษภาคม 2552.

ลือชา ทองนิล. 2546. คู่มือวิศวกรรมไฟฟ้า. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

วิเชียร ทิพย์ชุมภู. 2539. การนำเสนอแบบการใช้ห้องเรียนในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

ศุติ บรรจงจิตร. 2547. หลักและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

สุทธิ ศรีบูรพา. ม.ป.ป. เออร์คอนอมิกซ์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

สุขศาสตร์อุตสาหกรรม. ม.ป.ป. การควบคุมการระบายอากาศทั่วไปในเอกสารการระบายอากาศแบบทั่วไป. แหล่งที่มา: <http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/upload/54114-1.pdf>, 12 สิงหาคม 2552.

สราวุฒิ โสณะมิตร. 2551. ปัจจัยสำคัญในการออกแบบห้องประชุมเพื่อสร้างคุณภาพเสียงที่ดี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2547-2548. มาตรฐาน วสท. E.I.T. Standard 3003-40 เรื่องมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

อรวี จันทร์บาง. 2546. การนำเสนอรูปแบบการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพของผู้เรียนเพื่อการใช้สื่อในการเรียนการสอนในอุดมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Cavanaugh, J. William and J.A.Wikes. 1998. **Architectural Acoustics: Principles and Practice.** John Wiley & Sons, New York.

Che-Ming, C., L. Chi-ming. 2007. **Acoustical environment evaluation of Joint Classrooms for elementary schools in Taiwan.** National Cheng-Kung University, Taiwan.

Dennis, R.A. n.d. **IE..Visual Ergonomics in the office (Guidelines for monitor placement and lighting Nova Solutions, Inc.** <http://www.office-ergo.com/setting.html>.  
August 25, 2009.

Eduardo, L.K. and H.T. PauloZannin. 2004. Acoustic, thermal and luminous comfort in class room. **Building and Environment** 39 (2004): 1055-1063.

Fanger, 1967. **O.P.** Thermal Comfort. McGraw Hill, New York.

Gary, S. 2001. **Acoustics.Architectural Design Portable Handbook.** McGraw Hill International Edition, Singapore.

McVey, G.F. 1990. **Ergonomics and the Learning Environment.** Boston University.

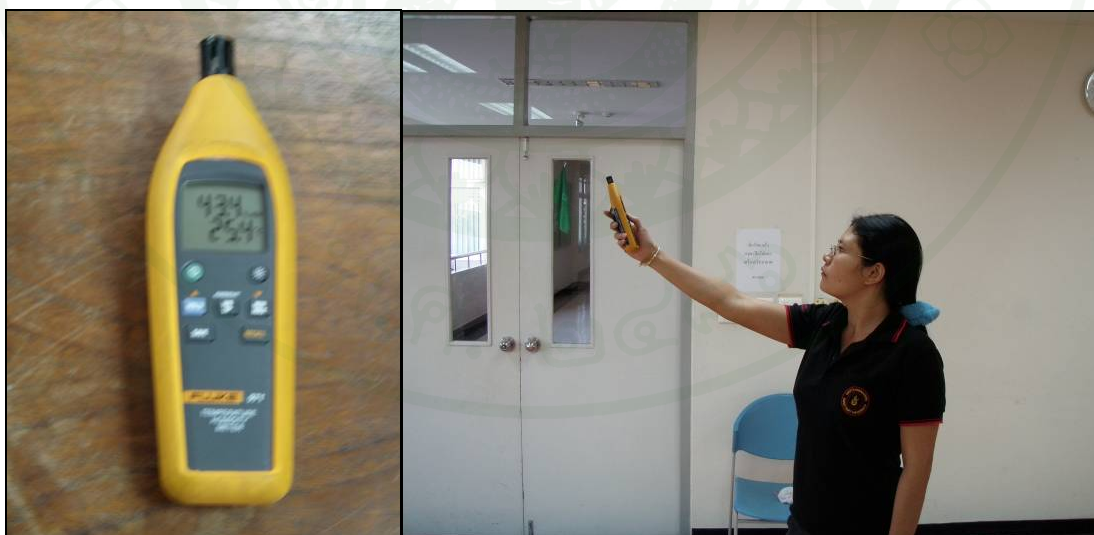
UNESCO. 1975. Planning Building and Facilities for Higher Education. Hutchison&Ross.INC, Pennsylvania.







ภาพผนวกที่ ก1 การตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศภายในห้องตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ก2 การตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ก3 การตรวจวัดระดับความเข้มของแสงสว่างภายในห้องตัวอย่าง

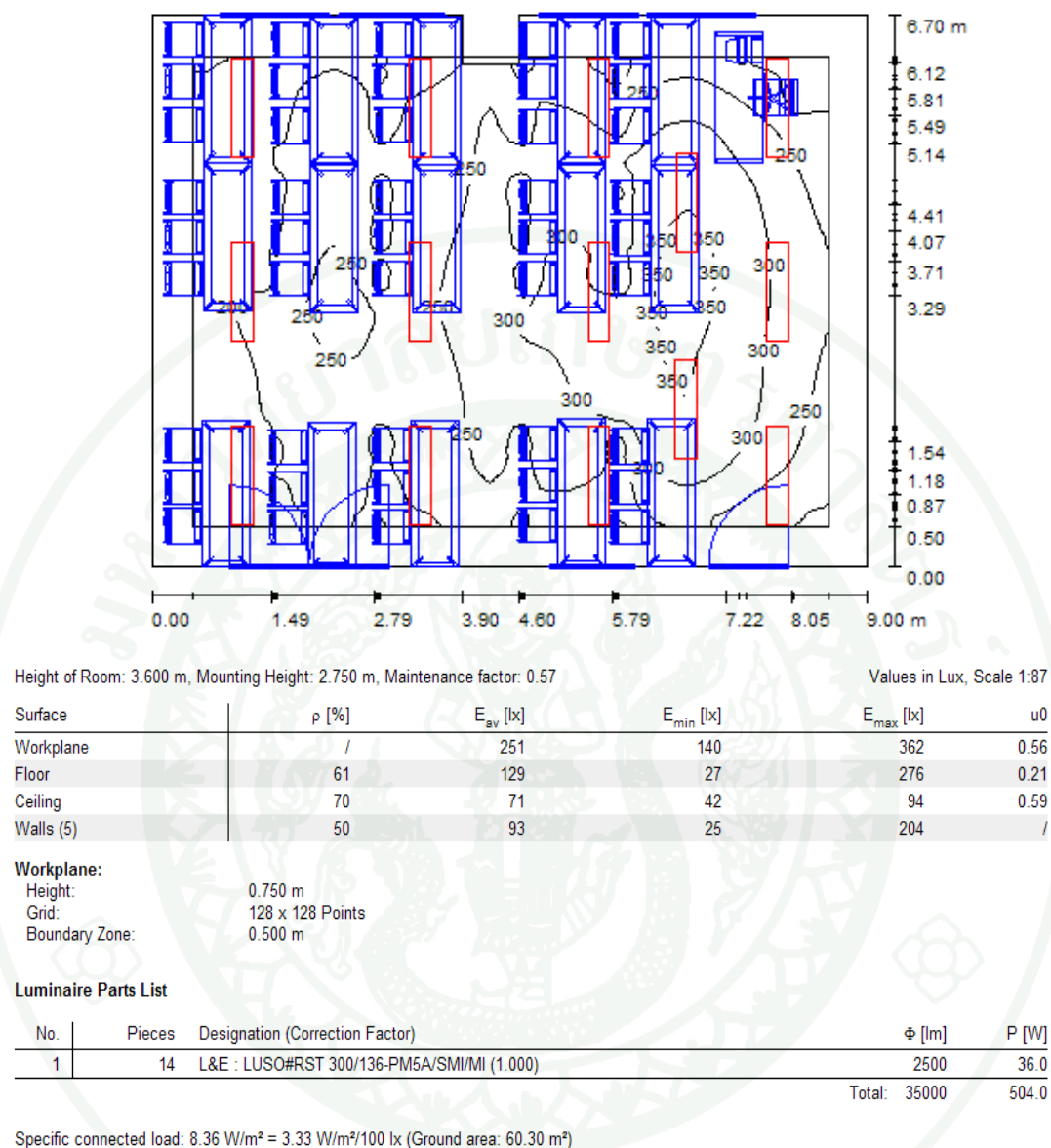


ภาพผนวกที่ ก4 การตรวจวัดระดับเสียงภายในห้องตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ก5 การตรวจวัดเสียงรบกวนภายในห้องตัวอย่าง





ภาพผนวกที่ ข1 แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้อง 8605 (ปัจจุบัน)

## 8605 / Luminaire parts list

14 Pieces

L&amp;E : LUSO#RST 300/136-PM5A/SM/MI

Article No.:

Luminaire Luminous Flux: 2500 lm

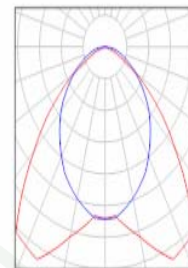
Luminaire Wattage: 36.0 W

Luminaire classification according to CIE: 100

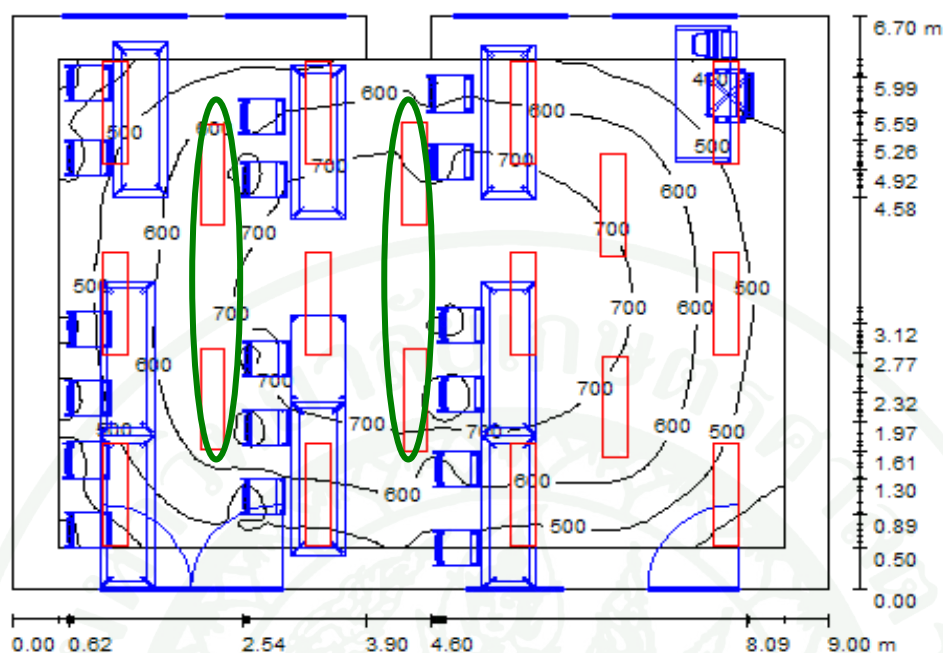
CIE flux code: 58 92 100 97 76

Fitting: 1 x User defined (Correction Factor 1.000).

See our luminaire catalog for an image of the luminaire.



ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)



Height of Room: 3.000 m, Mounting Height: 2.700 m, Maintenance factor: 0.95

| Surface   | $\rho$ [%] | $E_{av}$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $u0$ |
|-----------|------------|---------------|----------------|----------------|------|
| Workplane | /          | 598           | 268            | 758            | 0.45 |
| Floor     | 61         | 382           | 121            | 660            | 0.32 |
| Ceiling   | 70         | 187           | 109            | 235            | 0.58 |
| Walls (5) | 50         | 250           | 99             | 396            | /    |

#### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.500 m

#### Luminaire Parts List

| No.    | Pieces | Designation (Correction Factor)            | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|--------|--------|--------------------------------------------|-------------|-------|
| 1      | 18     | L&E : LUSO#RST 300/136-PM5A/SMI/MI (1.000) | 2500        | 36.0  |
| Total: |        |                                            | 45000       | 648.0 |

Specific connected load:  $10.75 \text{ W/m}^2 = 1.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $60.30 \text{ m}^2$ )

ภาพผนวกที่ ข2 แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้อง 8605 (ปรับปรุง)

## 8605 renovation / Luminaire parts list

18 Pieces

L&amp;E : LUSO#RST 300/136-PM5A/SM/MI

Article No.:

Luminaire Luminous Flux: 2500 lm

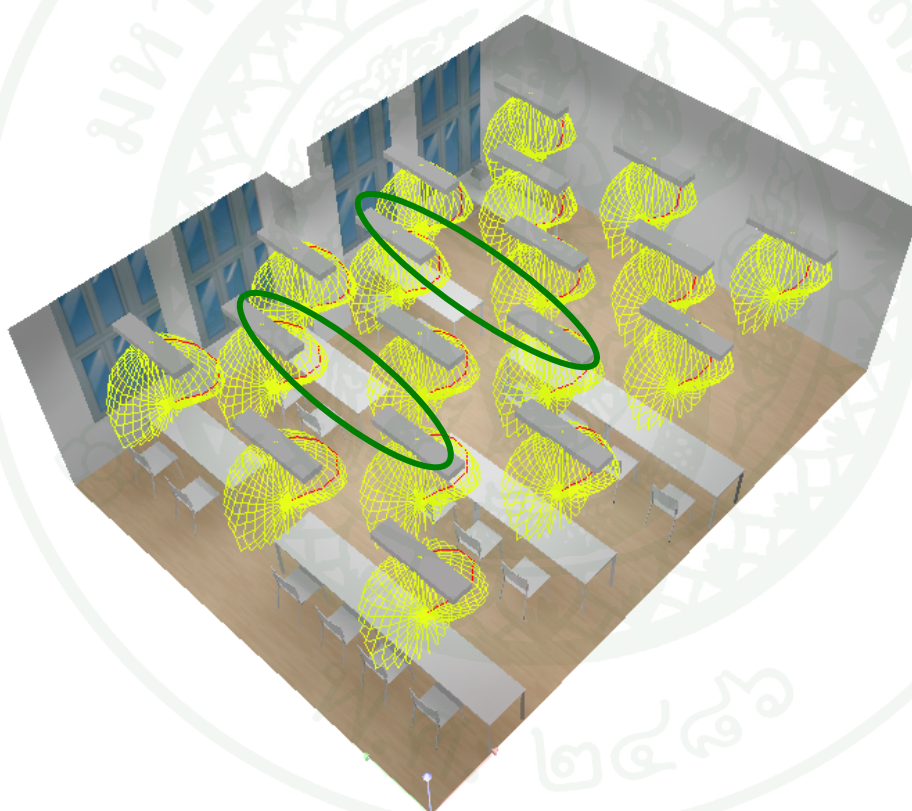
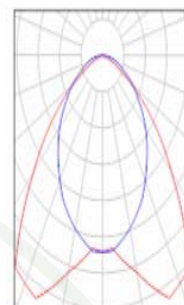
Luminaire Wattage: 36.0 W

Luminaire classification according to CIE: 100

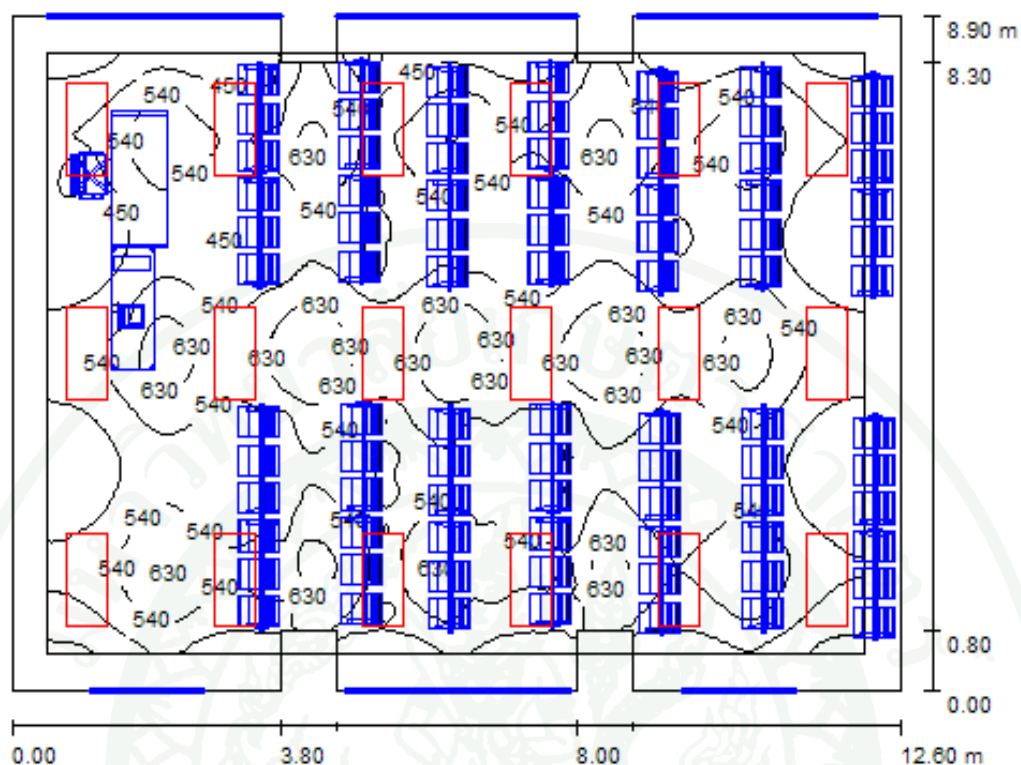
CIE flux code: 58 92 100 97 76

Fitting: 1 x User defined (Correction Factor 1.000).

See our luminaire catalog for an image of the luminaire.



ภาพผนวกที่ ข2 (ต่อ)



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.700 m, Maintenance factor: 0.50

Values in Lux, Scale 1:115

| Surface   | $\rho$ [%] | $E_{av}$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $u_0$ |
|-----------|------------|---------------|----------------|----------------|-------|
| Workplane | /          | 519           | 306            | 708            | 0.59  |
| Floor     | 78         | 359           | 78             | 608            | 0.22  |
| Ceiling   | 70         | 204           | 95             | 276            | 0.47  |
| Walls (8) | 27         | 242           | 98             | 387            | /     |

#### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.500 m

#### Luminaire Parts List

| No. | Pieces | Designation (Correction Factor)          | $\Phi$ [lm]   | P [W]  |
|-----|--------|------------------------------------------|---------------|--------|
| 1   | 18     | L&E : LUSO#RST 600/336-PM6/MI/MI (1.000) | 7500          | 108.0  |
|     |        |                                          | Total: 135000 | 1944.0 |

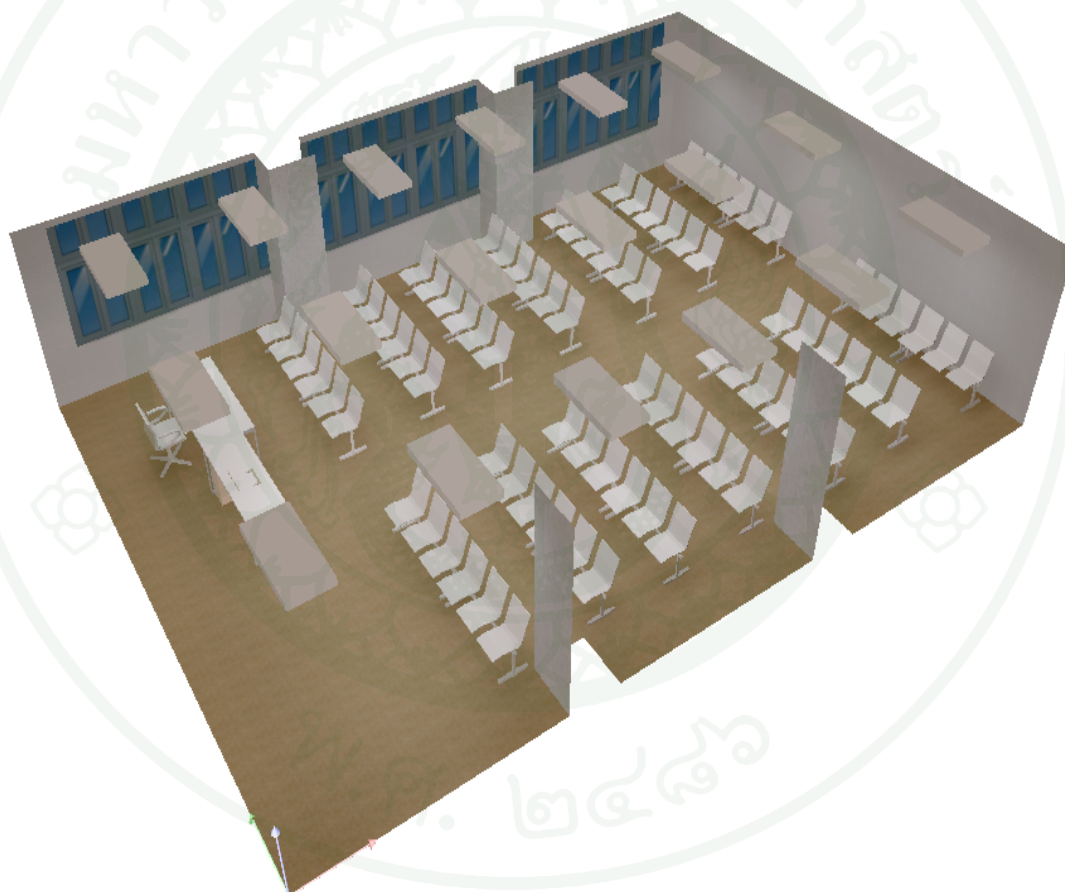
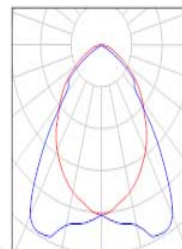
Specific connected load:  $17.34 \text{ W/m}^2 = 3.34 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $112.14 \text{ m}^2$ )

ภาพผนวกที่ ข3 แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้อง 0404

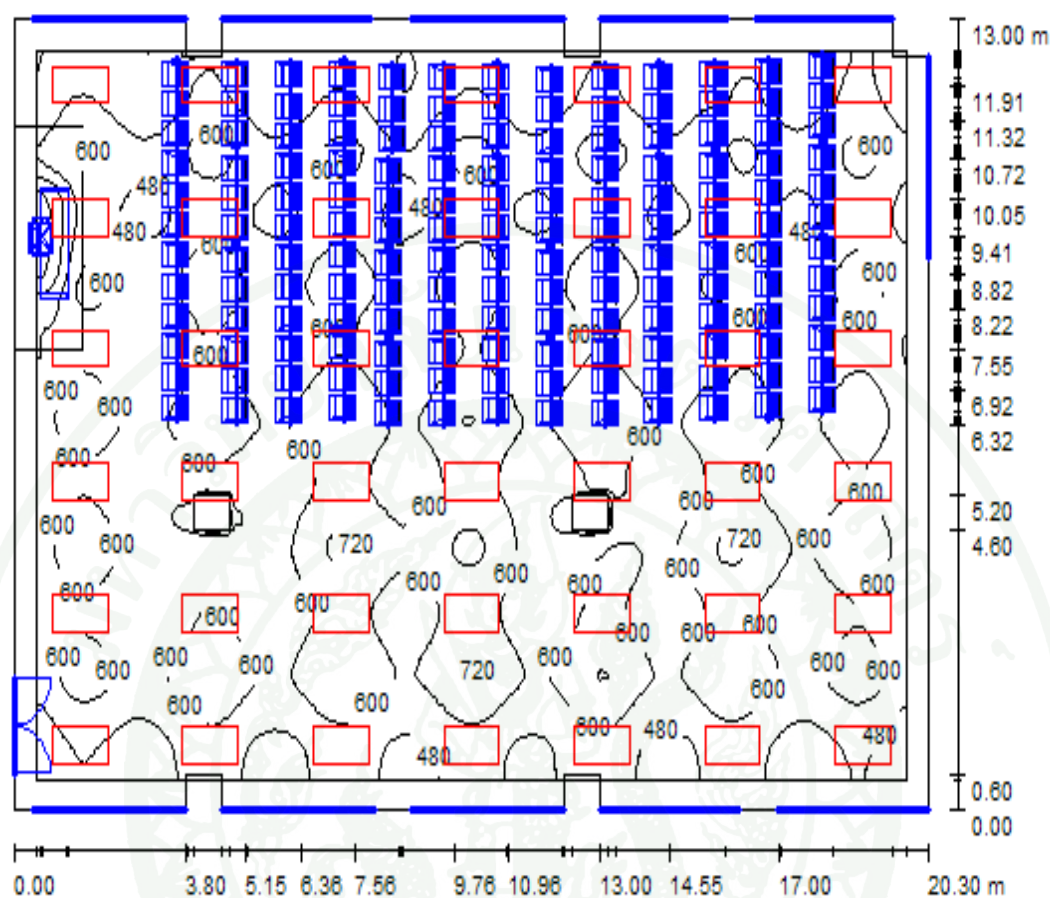
## 0404 renovation / Luminaire parts list

18 Pieces  
 L&E : LUSO#RST 600/336-PM6/MI/MI  
 Article No.:  
 Luminaire Luminous Flux: 7500 lm  
 Luminaire Wattage: 108.0 W  
 Luminaire classification according to CIE: 100  
 CIE flux code: 65 93 99 100 72  
 Fitting: 1 x User defined (Correction Factor 1.000).

See our luminaire catalog for an  
 image of the luminaire.



ภาพผนวกที่ ข3 (ต่อ)



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.700 m, Maintenance factor: 0.50

Values in Lux, Scale 1:167

| Surface    | $\rho$ [%] | $E_{av}$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $u0$ |
|------------|------------|---------------|----------------|----------------|------|
| Workplane  | /          | 558           | 165            | 752            | 0.30 |
| Floors (6) | 78         | 427           | 18             | 666            | /    |
| Ceiling    | 70         | 254           | 98             | 517            | 0.39 |
| Walls (8)  | 50         | 299           | 93             | 614            | /    |

#### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.500 m

#### Luminaire Parts List

| No.    | Pieces | Designation (Correction Factor)          | $\Phi$ [lm] | P [W]  |
|--------|--------|------------------------------------------|-------------|--------|
| 1      | 42     | L&E : LUSO#RST 600/336-PM6/MI/MI (1.000) | 7500        | 108.0  |
| Total: |        |                                          | 315000      | 4536.0 |

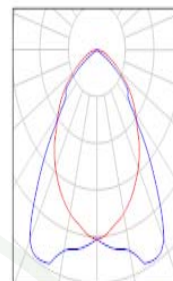
Specific connected load:  $17.19 \text{ W/m}^2 = 3.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $263.90 \text{ m}^2$ )

ภาพผนวกที่ ข4 แสดงผลการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง (DIALUX Version 4.5) ห้อง 0803

## 0803 / Luminaire parts list

42 Pieces L&E : LUSO#RST 600/336-PM6/M/M  
 Article No.:  
 Luminaire Luminous Flux: 7500 lm  
 Luminaire Wattage: 108.0 W  
 Luminaire classification according to CIE: 100  
 CIE flux code: 65 93 99 100 72  
 Fitting: 1 x User defined (Correction Factor 1.000).

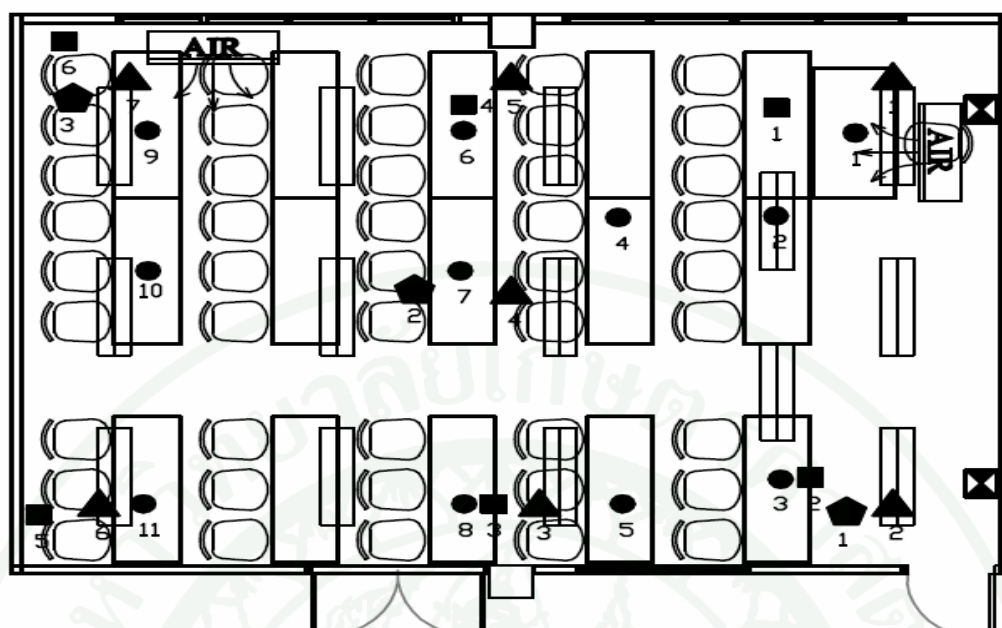
See our luminaire catalog for an image of the luminaire.



ภาพผนวกที่ ข4 (ต่อ)



ภาคผนวก ค  
แผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนตัวอย่าง



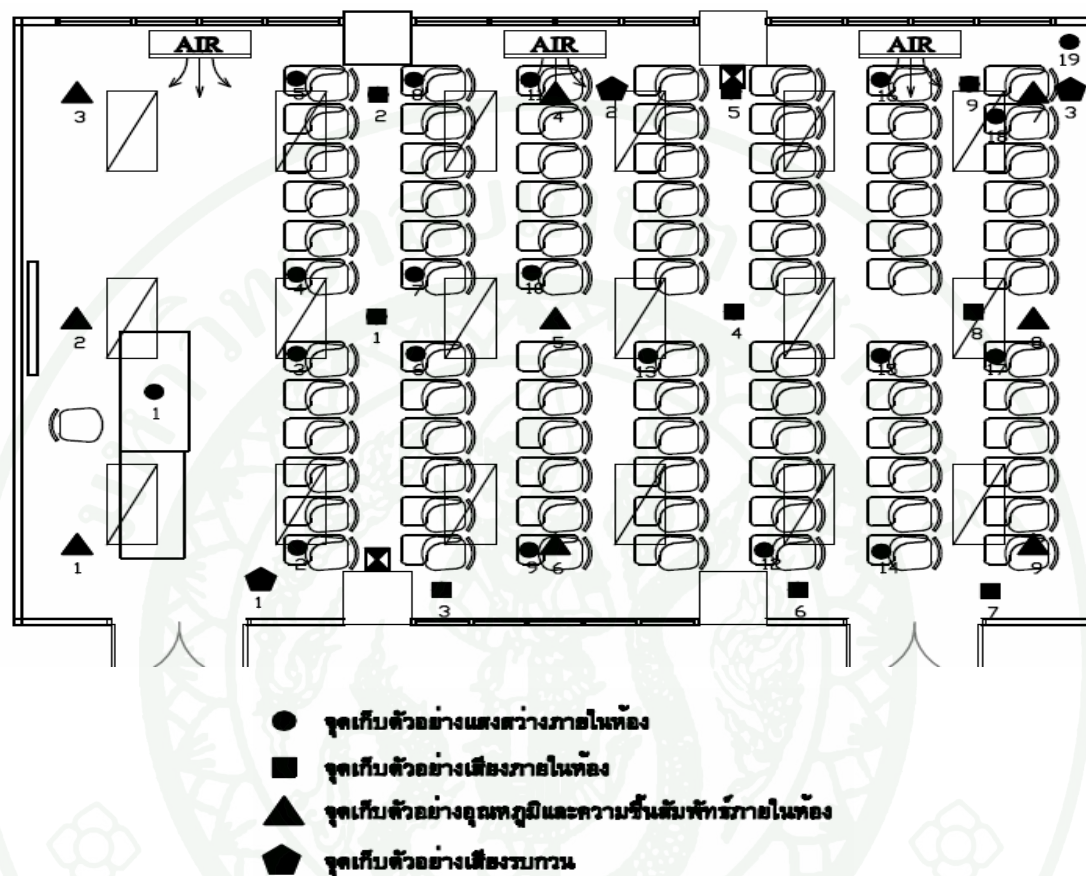
- จุดเก็บตัวอย่างแสงสว่างภายในห้อง
- จุดเก็บตัวอย่างเสียงภายในห้อง
- ▲ จุดเก็บตัวอย่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง
- ⬠ จุดเก็บตัวอย่างเสียงรบกวน

ภาพผนวกที่ ค1 แผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนหมายเลข 8605

### วิธีการตรวจวัด

1. ระดับเสียงสว่าง ทำการสุ่มตรวจ ณ.ตำแหน่งพื้นที่ทำงาน (โต๊ะเรียน) ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 จำนวน 11 จุด
2. ระดับเสียง ทำการสุ่มตรวจในพื้นที่ทำงาน ณ.ระดับหูผู้ฟังเสียง ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 จำนวน 6 จุด
3. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ทำการเลือกตรวจวัดในบริเวณห้องเรียน ซึ่งมีระยะห่างจากระบบปรับอากาศมากที่สุดและเป็นบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าที่อื่น สุ่มตรวจทั่วทั้งบริเวณห้องจำนวน 6 จุด ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ ที่มีการจัดอุปกรณ์สำหรับการเรียนการสอนด้วย ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549

4. เสียงรบกวน ทำการตรวจวัด จำนวน 3 จุด โดยประเมินจากสภาพแวดล้อม ที่อาจก่อให้เกิดเสียงรบกวน เช่น บริเวณหน้าต่าง, ประตู และระบบ HVAC



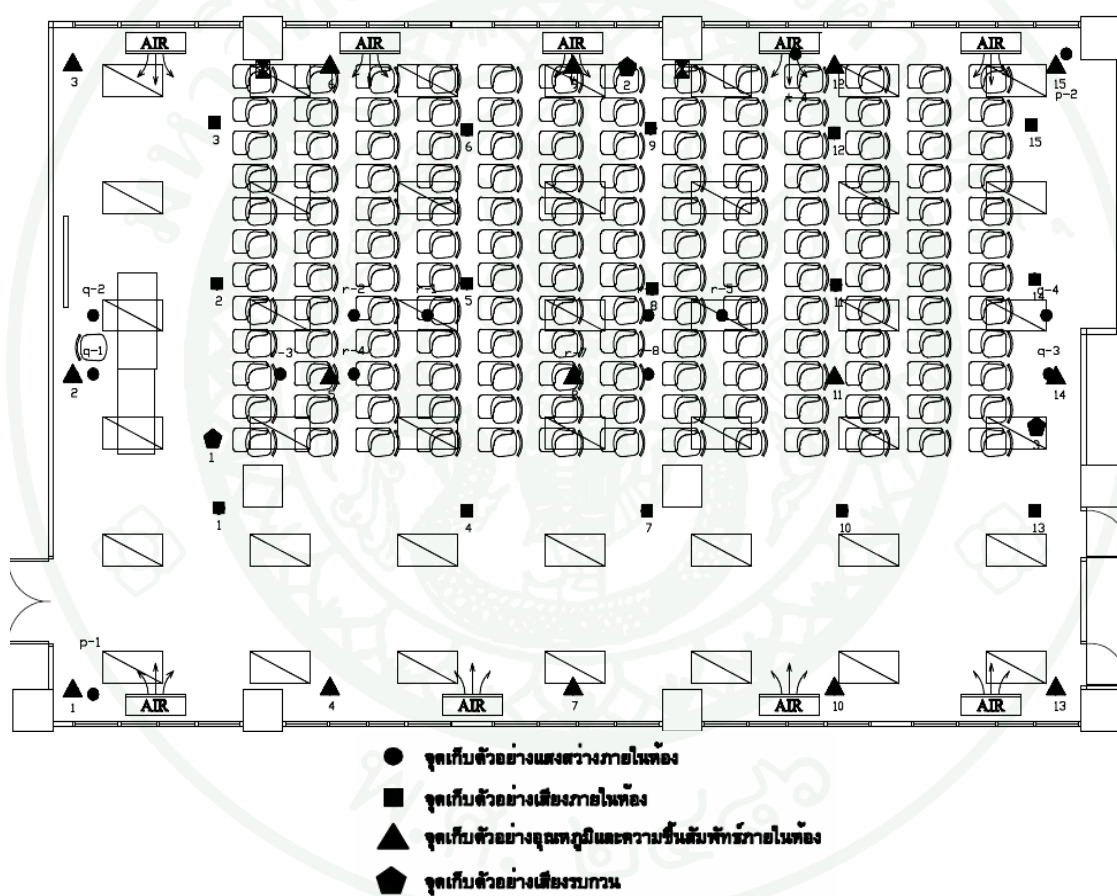
ภาพผนวกที่ ค2 แผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนหมายเลข 0404

### วิธีการตรวจวัด

1. ระดับเสียงสว่าง ทำการสุ่มตรวจ ณ.ตำแหน่งพื้นที่ทำงาน (โต๊ะเรียน) ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 จำนวน 19 จุด
2. ระดับเสียง ทำการสุ่มตรวจในพื้นที่ทำงาน ณ.ระดับหูผู้ฟังเสียง ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 จำนวน 9 จุด

3. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ทำการเลือกตรวจวัดในบริเวณห้องเรียน ซึ่งมีระยะห่างจากระบบปรับอากาศมากที่สุดและเป็นบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าที่อื่น สุ่มตรวจทั่วทั้งบริเวณห้องจำนวน 9 จุด รวม ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ ที่มีการจัดอุปกรณ์สำหรับการเรียนการสอนด้วยตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549

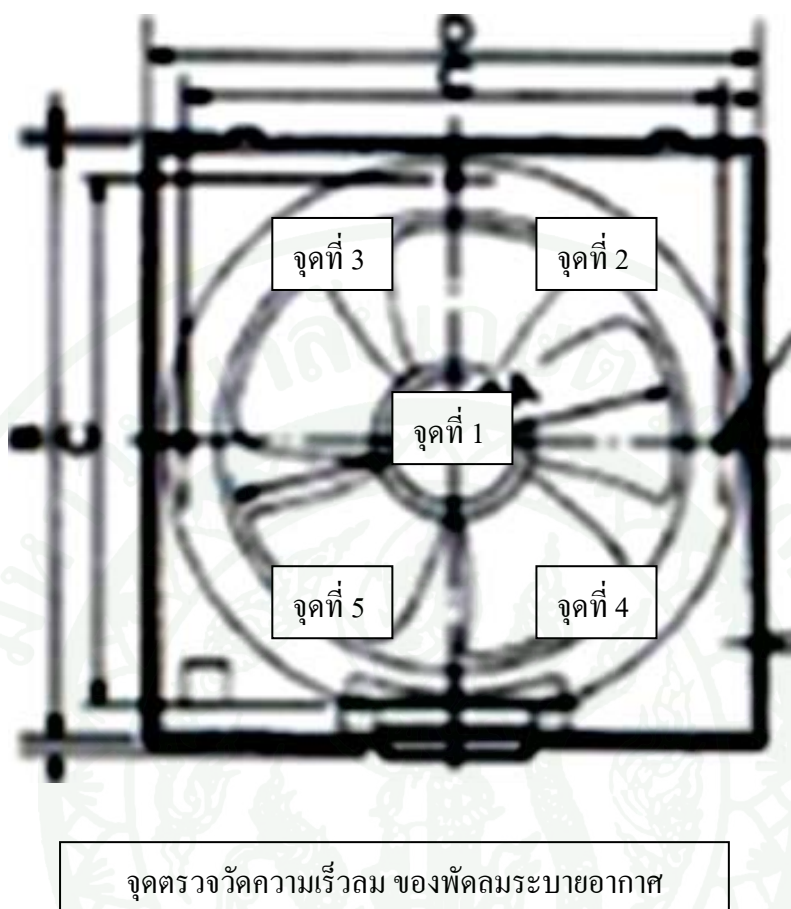
4. เสียงรบกวน ทำการตรวจวัด จำนวน 3 จุด โดยประเมินจากสภาพแวดล้อม ที่อาจก่อให้เกิดเสียงรบกวน เช่น บริเวณหน้าต่าง, ประตู และระบบ HVAC



ภาพผนวกที่ ค3 แผนผังการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนหมายเลข 0803

## วิธีการตรวจวัด

1. ระดับเสียงสว่าง เนื่องจากพื้นที่ที่มีบริเวณกว้างทำการตรวจวัดระดับแสงบนพื้นที่ทำงาน (โต๊ะเรียน) ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 จำนวน 18 จุด และคำนวณหาระดับแสงเฉลี่ย
2. ระดับเสียง ทำการสุ่มตรวจในพื้นที่ทำงาน ณ.ระดับหูผู้ฟังเสียง ตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 จำนวน 15 จุด
3. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ทำการเลือกตรวจวัดในบริเวณห้องเรียน ซึ่งมีระยะห่างจากระบบปรับอากาศมากที่สุดและเป็นบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าที่อื่น สุ่มตรวจทั่วทั้งบริเวณห้อง จำนวน 15 จุด ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ ที่มีการจัดอุปกรณ์สำหรับการเรียนการสอนด้วยตามกฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549
4. เสียงรบกวน ทำการตรวจวัด จำนวน 3 จุด โดยประเมินจากสภาพแวดล้อม ที่อาจก่อให้เกิดเสียงรบกวน เช่น บริเวณหน้าต่าง, ประตู และระบบ HVAC

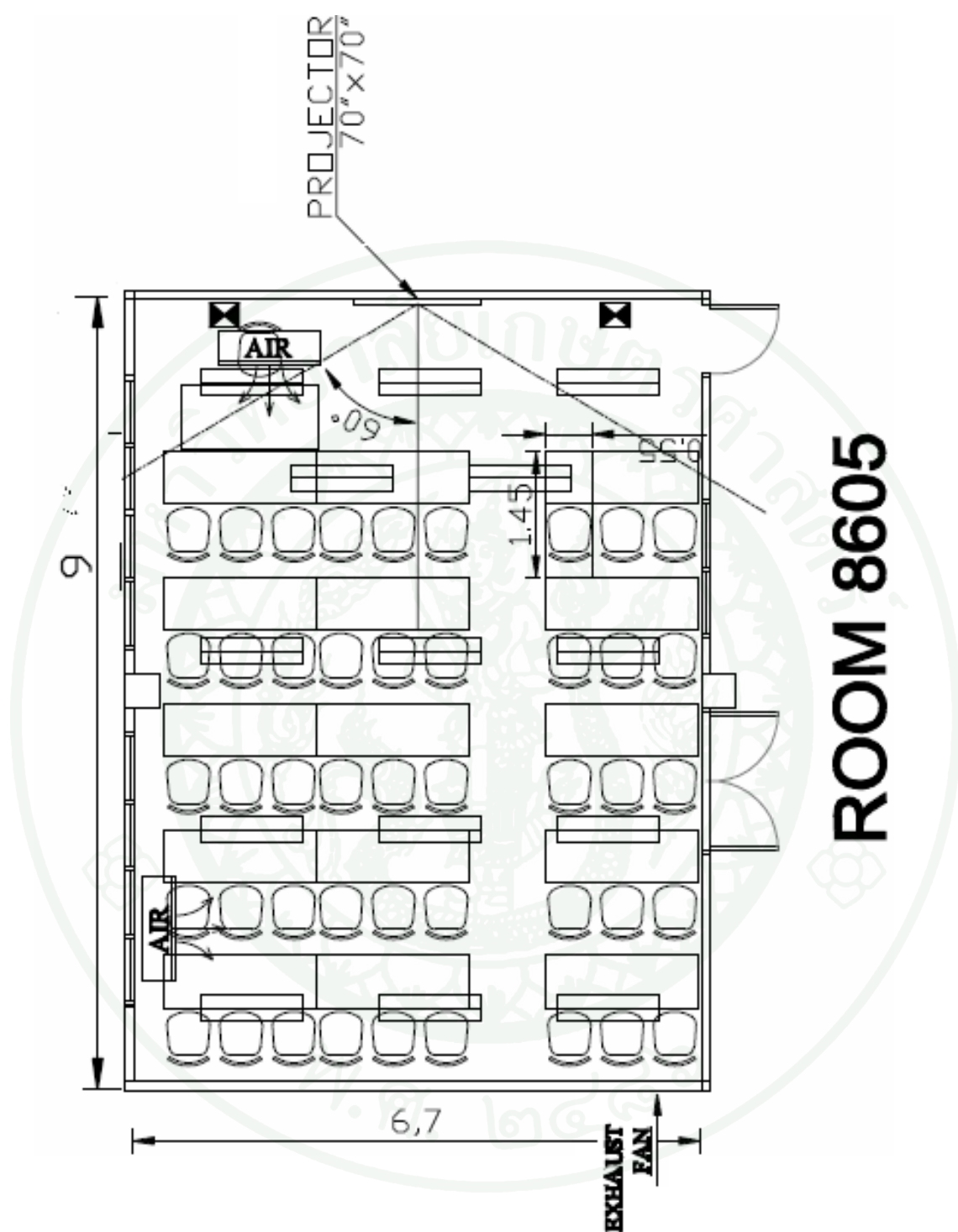


ภาพผนวกที่ ค4 จุดตรวจวัดความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศภายในห้องเรียน

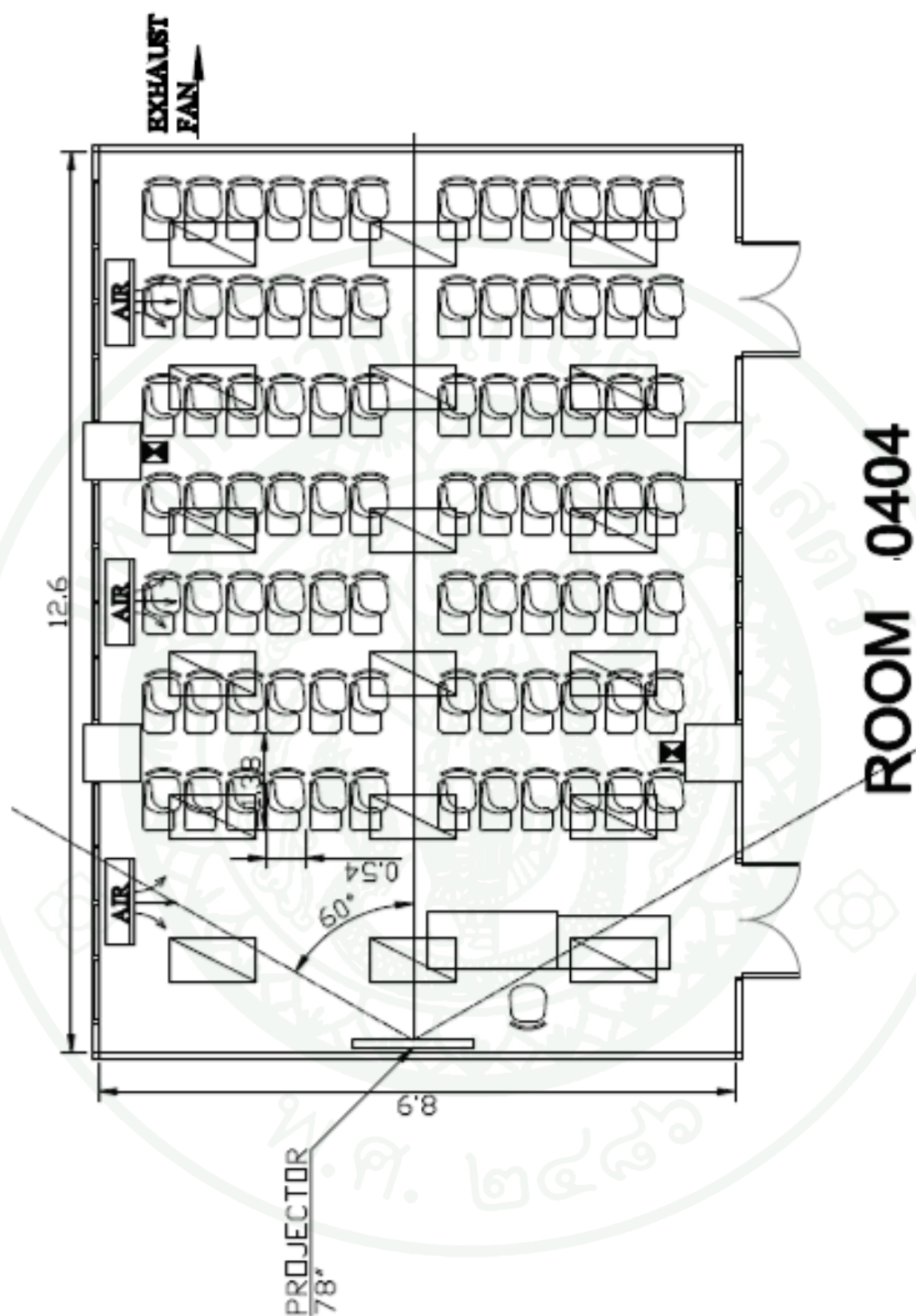
#### วิธีการตรวจวัด

ทำการตรวจวัดปริมาณความเร็วลม ( $V$ ) ที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่ง บนพื้นที่หน้าตัดของพัดลม โดยทำการตรวจวัดจำนวน 5 จุด คำนวณหาค่าเฉลี่ย และทำการหาอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน ต่อไป

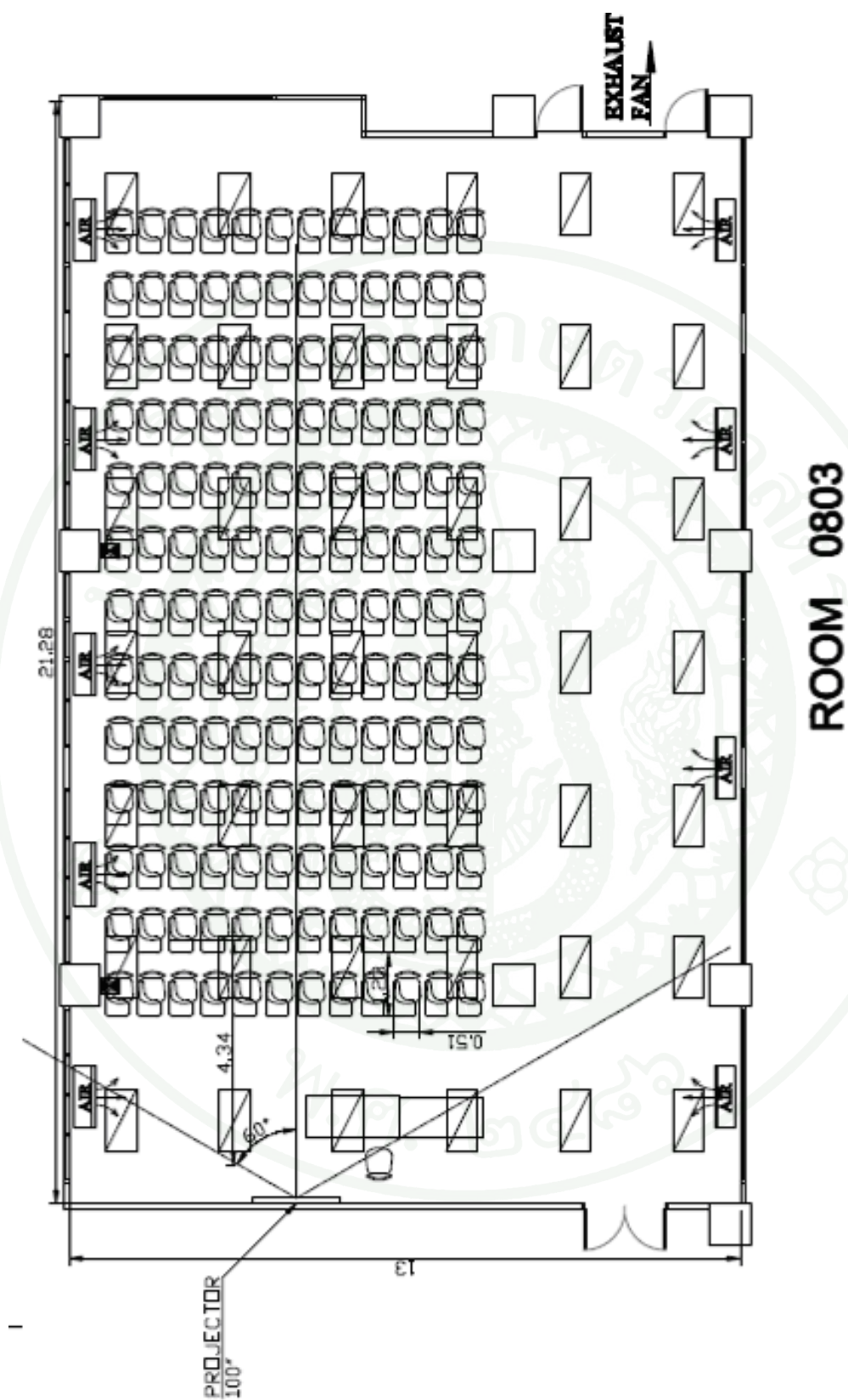




ภาพผนวกที่ ๑1 แสดงแผนผังปัจจุบัน ภายในห้องเรียน 8605



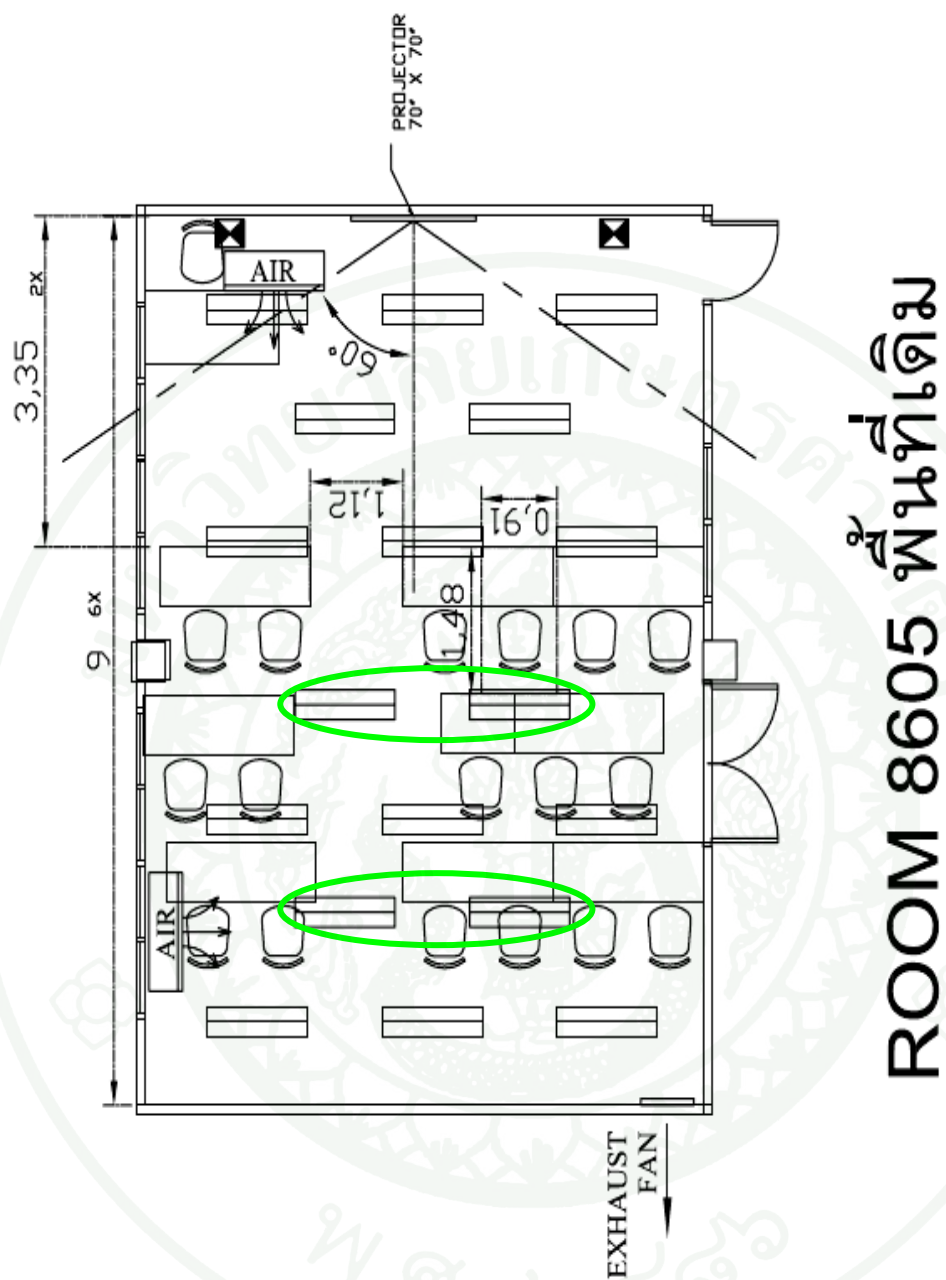
ภาพผนวกที่ ๒ แสดงแผนผังปัจจุบัน ภายในห้องเรียน 0404



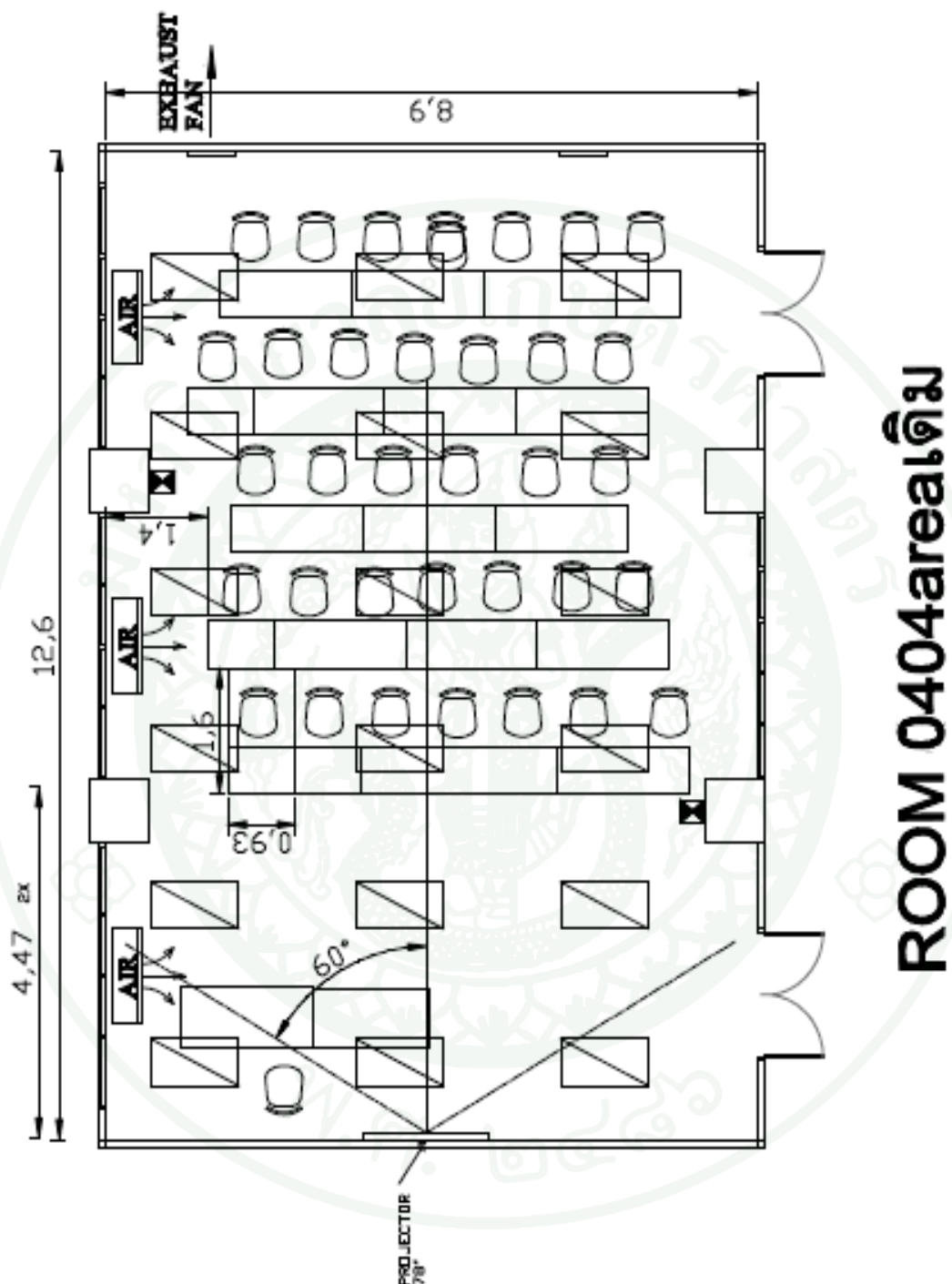
ภาพผนวกที่ ง3 แสดงแผนผังปัจจุบัน ภายในห้องเรียน 0803



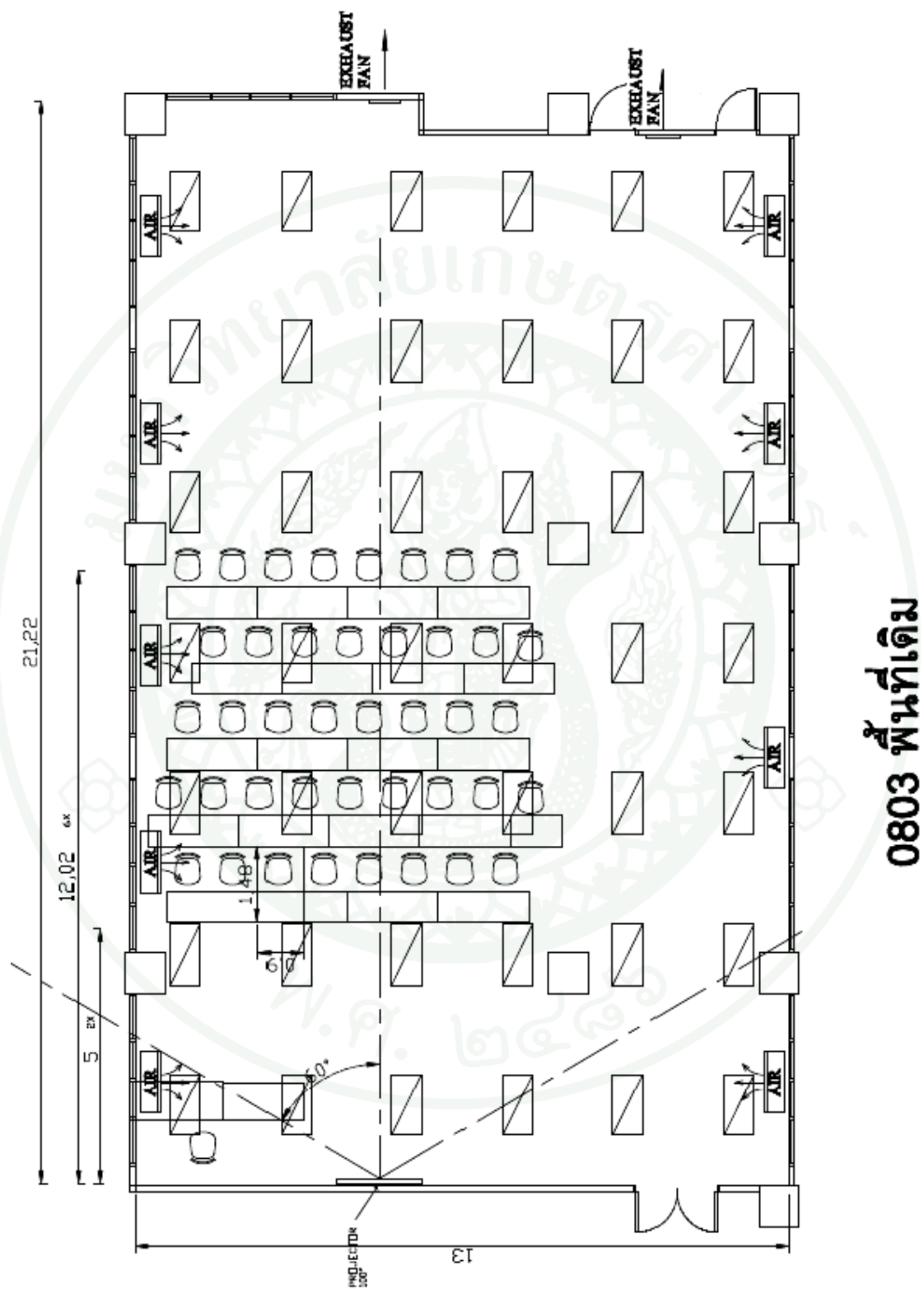
ภาคผนวก จ  
แบบแปลนสภาพห้องเรียนที่ทำการปรับปรุง



ภาพผนวกที่ ๑1 แสดงแผนผังปรับปรุง ภายในห้องเรียน 8605



ภาพผนวกที่ จ2 แสดงแผนผังปรับปรุง ภายในห้องเรียน 0404



ภาพผนวกที่ ๓ แสดงแผนผังปรับปรุง ภายในห้องเรียน 0803



ภาคผนวก จ  
คุณลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้องเรียนตัวอย่าง

**Panasonic**  
ideas for life

**Ventilating Fans** مراوح تهوية  
Extractores إستخراجية 通風扇

**WALL-MOUNT TYPES**  
**TIPOS MONTADOS EN LA PARED**

أنواع تركيب على الجدار 懸壁型



Automatic shutters, Exhaust  
Obturador automático, escape  
أغطية متحركة تلقائية، إخراجية 自動開板，排風形

**FV-15AST1** (15cm/6")



Automatic shutters, Exhaust  
Obturador automático, escape  
أغطية متحركة تلقائية، إخراجية 自動開板，排風形

**FV-20AUT2** (20cm/8")  
**FV-25AUT2** (25cm/10")  
**FV-30AUT1** (30cm/12")



Cord-operated shutters, Reversible  
Obturador operado con cordón, reversibles  
أغطية تعمل بالكابطة، إستخراجية، قابلة للعكس 索動開板，可逆形

**FV-20RUT1** (20cm/8")  
**FV-25RUT1** (25cm/10")  
**FV-30RUT1** (30cm/12")



Louver types Tipos rejillas  
أنواع مصببات إخراجية 百葉窗型  
Automatic Automático  
تلقائية 自動開板  
**FV-20LUT2** (20cm/8")  
**FV-25LUT2** (25cm/10")  
Reversible Reversibles  
إستخراجية، قابلة للعكس 可逆形  
**FV-20RLT1** (20cm/8")  
**FV-25RLT1** (25cm/10")



Automatic Automático  
تلقائية 自動開板  
**FV-30AL5** (30cm/12")  
Reversible Reversibles  
إستخراجية، قابلة للعكس 可逆形  
**FV-30RL5** (30cm/12")

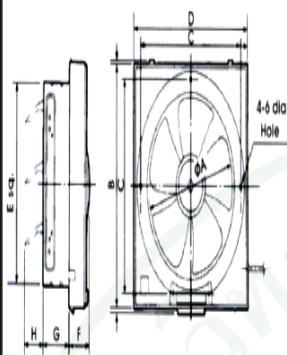


Metallic types, Exhaust Tipos metálicos, escape  
أنواع مصببات إخراجية، معدنية 金屬型，排風形  
Automatic Automático  
تلقائية 自動開板  
**FV-20AS2** (20cm/8")  
**FV-25AS2** (25cm/10")  
**FV-30AS2** (30cm/12")

ภาพผนวกที่ ๑1 พัฒนาระบายอากาศ โดยบริษัท Panasonic

## FV-20AUT2 FV-25AUT2 FV-30AUT1

Dimensions mm (inches)



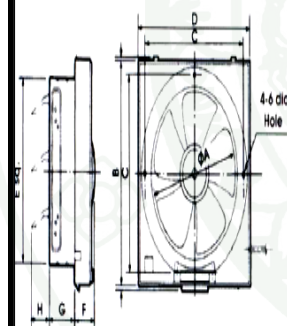
| Model     | A              | B              | C              | D              | E              | F            | G            | H            |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| FV-20AUT2 | 200<br>(7.87)  | 306<br>(12.05) | 260<br>(10.24) | 302<br>(11.89) | 240<br>(9.45)  | 64<br>(2.52) | 90<br>(3.54) | 80<br>(3.15) |
| FV-25AUT2 | 250<br>(9.84)  | 356<br>(14.02) | 310<br>(12.20) | 352<br>(13.86) | 290<br>(11.42) | 50<br>(1.97) | 90<br>(3.54) | 63<br>(2.48) |
| FV-30AUT1 | 300<br>(11.81) | 400<br>(15.75) | 360<br>(14.17) | 400<br>(15.75) | 340<br>(13.39) | 46<br>(1.81) | 90<br>(3.54) | 77<br>(3.03) |

## Specifications

| Model     | Air Direction | Hz | Watt | R.P.M | Air Volume<br>CMH (CFM) | Noise dB (A) | Weight (kg) |
|-----------|---------------|----|------|-------|-------------------------|--------------|-------------|
| FV-20AUT2 | Exhaust       | 50 | 26   | 1,173 | 546 (19,300)            | 38           | 2.4         |
|           |               | 60 | 27   | 1,250 | 582 (20,600)            | 39           |             |
| FV-25AUT2 | Exhaust       | 50 | 27   | 1,121 | 918 (32,400)            | 39           | 2.9         |
|           |               | 60 | 32   | 1,146 | 942 (33,200)            | 39           |             |
| FV-30AUT1 | Exhaust       | 50 | 33   | 915   | 1,158 (40,780)          | 40           | 3.8         |
|           |               | 60 | 36   | 888   | 1,110 (39,190)          | 38           |             |

## FV-20RUT1 FV-25RUT1 FV-30RUT1

Dimensions mm (inches)



| Model     | A              | B              | C              | D              | E              | F            | G            | H            |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| FV-20RUT1 | 200<br>(7.87)  | 306<br>(12.05) | 260<br>(10.24) | 302<br>(11.89) | 240<br>(9.45)  | 64<br>(2.52) | 90<br>(3.54) | 80<br>(3.15) |
| FV-25RUT1 | 250<br>(9.84)  | 356<br>(14.02) | 310<br>(12.20) | 352<br>(13.86) | 290<br>(11.42) | 50<br>(1.97) | 90<br>(3.54) | 63<br>(2.48) |
| FV-30RUT1 | 300<br>(11.81) | 406<br>(15.98) | 360<br>(14.17) | 402<br>(15.83) | 340<br>(13.39) | 43<br>(1.69) | 90<br>(3.54) | 78<br>(3.07) |

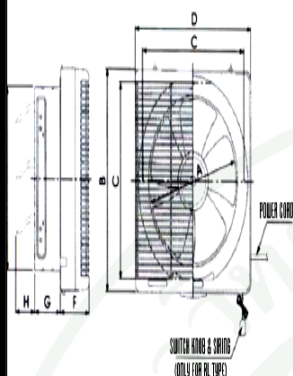
## Specifications

| Model     | Air Direction | Hz | Watt | R.P.M | Air Volume<br>CMH (CFM) | Noise dB (A) | Weight (kg) |
|-----------|---------------|----|------|-------|-------------------------|--------------|-------------|
| FV-20RUT1 | Exhaust       | 50 | 27   | 1,230 | 570 (20,100)            | 36           | 2.4         |
|           |               | 60 | 28   | 1,350 | 630 (22,200)            | 39           |             |
|           | Intake        | 50 | 23   | 1,205 | 402 (14,200)            | 46           |             |
|           |               | 60 | 24   | 1,320 | 438 (15,500)            | 49           |             |
| FV-25RUT1 | Exhaust       | 50 | 31   | 1,160 | 930 (32,800)            | 38           | 2.9         |
|           |               | 60 | 34   | 1,170 | 930 (32,800)            | 39           |             |
|           | Intake        | 50 | 24   | 1,020 | 612 (21,600)            | 45           |             |
|           |               | 60 | 26   | 950   | 576 (20,300)            | 44           |             |
| FV-30RUT1 | Exhaust       | 50 | 34   | 970   | 1,164 (41,100)          | 39           | 3.6         |
|           |               | 60 | 36   | 955   | 1,146 (40,500)          | 38           |             |
|           | Intake        | 50 | 25   | 845   | 780 (27,500)            | 43           |             |
|           |               | 60 | 26   | 810   | 738 (26,100)            | 42           |             |

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

**FV-20LUT2 FV-25LUT2 FV-20RLT1 FV-25RLT1**

Dimensions mm (inches)



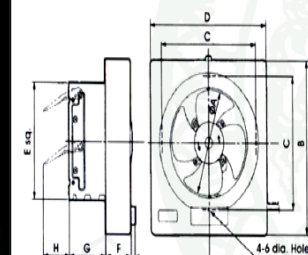
| Model     | A             | B              | C              | D              | E              | F            | G            | H            |
|-----------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| FV-20LUT2 | 200<br>(7.87) | 306<br>(12.05) | 260<br>(10.24) | 302<br>(11.89) | 240<br>(9.45)  | 64<br>(2.52) | 90<br>(3.54) | 84<br>(3.31) |
| FV-25LUT2 | 250<br>(9.84) | 356<br>(14.02) | 310<br>(12.20) | 352<br>(13.86) | 290<br>(11.42) | 50<br>(1.97) | 90<br>(3.54) | 64<br>(2.52) |
| FV-20RLT1 | 200<br>(7.87) | 306<br>(12.05) | 260<br>(10.24) | 302<br>(11.89) | 240<br>(9.45)  | 88<br>(3.46) | 90<br>(3.54) | 80<br>(3.15) |
| FV-25RLT1 | 250<br>(9.84) | 356<br>(14.02) | 310<br>(12.20) | 352<br>(13.86) | 290<br>(11.42) | 68<br>(2.68) | 90<br>(3.54) | 63<br>(2.48) |

**Specifications**

| Model     | Air Direction | Hz | Watt | R.P.M | Air Volume<br>CMH (CFH) | Noise dB (A) | Weight (kg) |
|-----------|---------------|----|------|-------|-------------------------|--------------|-------------|
| FV-20LUT2 | Exhaust       | 50 | 26   | 1,163 | 516 (18,200)            | 40           | 2.7         |
|           |               | 60 | 27   | 1,233 | 546 (19,300)            | 41           |             |
| FV-25LUT2 | Exhaust       | 50 | 27   | 1,074 | 852 (30,100)            | 41           | 3.2         |
|           |               | 60 | 32   | 1,093 | 870 (30,700)            | 41           |             |
| FV-20RL6  | Exhaust       | 50 | 29   | 1,210 | 546 (19,300)            | 39           | 2.7         |
|           |               | 60 | 29   | 1,330 | 600 (21,200)            | 43           |             |
|           | Intake        | 50 | 21   | 1,220 | 384 (13,600)            | 46           |             |
|           |               | 60 | 22   | 1,350 | 408 (14,400)            | 49           |             |
| FV-25RL6  | Exhaust       | 50 | 32   | 1,110 | 876 (30,900)            | 41           | 3.2         |
|           |               | 60 | 34   | 1,100 | 834 (29,500)            | 41           |             |
|           | Intake        | 50 | 25   | 1,020 | 570 (20,100)            | 45           |             |
|           |               | 60 | 26   | 970   | 540 (19,100)            | 43           |             |

**FV-15AST1**

Dimensions mm (inches)



| Model     | A             | B              | C             | D             | E             | F            | G            |
|-----------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| FV-15AST1 | 150<br>(5.91) | 254<br>(10.00) | 195<br>(7.68) | 240<br>(9.45) | 170<br>(6.69) | 52<br>(2.05) | 75<br>(2.95) |

**Specifications**

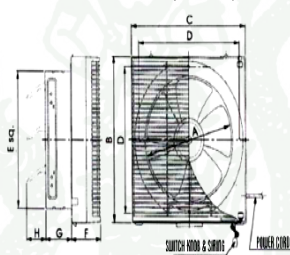
| Model     | Air Direction | Hz | Watt | R.P.M | Air Volume<br>CMH (CFH) | Noise dB (A) | Weight (kg) |
|-----------|---------------|----|------|-------|-------------------------|--------------|-------------|
| FV-15AST1 | Exhaust       | 50 | 15   | 1,480 | 288 (10,170)            | 31           | 1.4         |
|           |               | 60 | 19   | 1,560 | 306 (10,800)            | 34           |             |

4-6 dia. diameter of wooden frame:  
 cm (8") models - 250 x 250mm  
 cm (10") models - 300 x 300mm  
 cm (12") models - 350 x 350mm

Note: The values in specification tables are representative characteristic values at 220V, 50/60Hz.

**FV-30AL5 FV-30RL5**

Dimensions mm (inches)



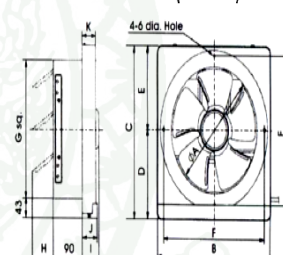
| Model    | A              | B              | C              | D              | E              | F            | G            | H            |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| FV-30AL5 | 300<br>(11.81) | 400<br>(15.75) | 400<br>(15.75) | 360<br>(14.17) | 340<br>(13.39) | 81<br>(3.19) | 90<br>(3.54) | 78<br>(3.07) |
| FV-30RL5 |                |                |                |                |                |              |              |              |

**Specifications**

| Model    | Air Direction | Hz | Watt | R.P.M | Air Volume<br>CMH (CFH) | Noise dB (A) | Weight (kg) |
|----------|---------------|----|------|-------|-------------------------|--------------|-------------|
| FV-30AL5 | Exhaust       | 50 | 29   | 852   | 930 (32,800)            | 43           | 3.9         |
|          |               | 60 | 31   | 859   | 912 (32,200)            | 42           |             |
| FV-30RL5 | Exhaust       | 50 | 34   | 828   | 990 (35,000)            | 44           | 3.9         |
|          |               | 60 | 36   | 807   | 942 (33,300)            | 44           |             |
|          | Intake        | 50 | 26   | 772   | 708 (25,000)            | 43           |             |
|          |               | 60 | 27   | 758   | 678 (23,900)            | 42           |             |

**FV-20AS2 FV-25AS2 FV-30AS2**

Dimensions mm (inches)



| Model    | A              | B              | C              | D             | E             | F              | G            | H            | I            | J            | K |
|----------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| FV-20AS2 | 200<br>(7.87)  | 302<br>(11.89) | 312<br>(12.28) | 162<br>(6.38) | 150<br>(5.91) | 260<br>(10.24) | 83<br>(3.27) | 71<br>(2.80) | 50<br>(1.97) | 46<br>(1.81) |   |
|          |                |                |                |               |               |                |              |              |              |              |   |
| FV-25AS2 | 250<br>(9.84)  | 362<br>(14.25) | 362<br>(14.25) | 187<br>(7.38) | 175<br>(6.89) | 310<br>(12.20) | 65<br>(2.56) | 51<br>(2.01) | 45<br>(1.77) | 41<br>(1.61) |   |
|          |                |                |                |               |               |                |              |              |              |              |   |
| FV-30AS2 | 300<br>(11.81) | 402<br>(15.83) | 412<br>(16.22) | 212<br>(8.38) | 200<br>(7.87) | 360<br>(14.17) | 81<br>(3.19) | 51<br>(2.01) | 45<br>(1.77) | 41<br>(1.61) |   |
|          |                |                |                |               |               |                |              |              |              |              |   |

**Specifications**

| Model    | Air Direction | Hz | Watt | R.P.M | Air Volume<br>CMH (CFH) | Noise dB (A) | Weight (kg) |
|----------|---------------|----|------|-------|-------------------------|--------------|-------------|
| FV-20AS2 | Exhaust       | 50 | 26   | 1,220 | 516 (18,200)            | 38           | 3.3         |
|          |               | 60 | 26   | 1,400 | 612 (21,600)            | 41           |             |
| FV-25AS2 | Exhaust       | 50 | 31   | 1,200 | 858 (30,300)            | 39           | 3.8         |
|          |               | 60 | 33   | 1,300 | 954 (33,600)            | 41           |             |
| FV-30AS2 | Exhaust       | 50 | 33   | 1,050 | 1,182 (41,700)          | 39           | 4.4         |
|          |               | 60 | 37   | 1,030 | 1,164 (41,100)          | 39           |             |

ตารางผนวกที่ ๑ (ต่อ)

**New Model  
Available August 2005**

**SANYO**

**New Ultra-Portable LCD Projector**



**PLC-XU70**

- ◆ XGA resolution
- ◆ Standard Lens 1.8 - 2.15:1
- ◆ 1500 ANSI lumens
- ◆ PIN Code Security
- ◆ Monitor output – Switchable 2<sup>nd</sup> Data Input
- ◆ Capacitor Back Up
- ◆ Electronic keystone correction
- ◆ Manual Zoom & Focus
- ◆ Eco Mode
- ◆ Weighs only 2.4ka

|                        |                                                                                                                                                                                              |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model name             | PLC-XU70                                                                                                                                                                                     |
| Panel                  | 0.6 inch TFT p-Si x 3                                                                                                                                                                        |
| No. of pixels          | 1024 x 768                                                                                                                                                                                   |
| Projection lamp        | 180W UHP Lamp                                                                                                                                                                                |
| Brightness (typical)   | 1500 ANSI lumens                                                                                                                                                                             |
| Uniformity             | 85% (corner to centre)                                                                                                                                                                       |
| Contrast ratio         | 400:1                                                                                                                                                                                        |
| Up-Down ratio          | 9:1, Digital Keystone $\pm 20^\circ$ vertical                                                                                                                                                |
| Projection lens        | F 1.65 – 1.81, f=22.5 – 27mm                                                                                                                                                                 |
| Throw ratio            | 1.8 – 2.15:1                                                                                                                                                                                 |
| Screen size            | 40"-300"                                                                                                                                                                                     |
| AV Signal              | Input: Composite (RCA), Component(D-Sub15), S-Video(DIN4)<br>Stereo (RCAx2)                                                                                                                  |
| Color systems          | PAL / SECAM / NTSC / NTSC4.43 / PAL-M/N                                                                                                                                                      |
| PC Signal              | Input: D-sub15 x 1<br>Audio input: Mini-Jack (Stereo) for Computer Input<br>Audio output: Mini-Jack (Stereo) variable output<br>Output: RGB (D-Sub15), switchable 2 <sup>nd</sup> data input |
| Control Port           | Serial x 1 (RS-232C), USB type B x 1                                                                                                                                                         |
| Computer compatibility | UXGA/ SXGA/ XGA/ SVGA/ VGA/ MAC                                                                                                                                                              |
| Scanning frequency     | H-sync 15-100kHz, V-sync 50-100Hz, Dot Clock 140MHz                                                                                                                                          |
| Sound output           | 1.0W mono                                                                                                                                                                                    |
| Voltage                | 100V-240V AC (auto voltage)                                                                                                                                                                  |
| Dimensions(W x H x D)  | 295 x 70 x 208 mm                                                                                                                                                                            |
| Weight                 | 2.4ka                                                                                                                                                                                        |

ภาพผนวกที่ ๑2 คุณลักษณะของโปรเจ็คเตอร์ (Projector)

# SONY

MODEL VPL-ES2

## Multi Purpose SVGA Projector 1500 ANSI lumen

**Bright, stylish and compact, the VPL-ES2 is a front projector designed for use at work and at play – ideal for presentations, movies and PlayStation™ gaming.**

The Sony VPL-ES2 is a mobile projector that can be used both at home and in the office. The Intelligent Auto Set-up feature means that the projector is ready to use at the press of a button and the choice of six pictures modes – Game, Living, Cinema, Dynamic, Standard and Presentation – ensures that users can quickly achieve an optimised image.

In addition to a computer (15 pin D-sub) input, the VPL-ES2 is equipped with various video inputs, including component input and has Black Level Adjustment to improve contrast ratio performance.



### Key Features



#### Component Input

Direct component input for superior video quality.



#### Six Picture Modes

Game, Living, Cinema, Dynamic, Standard and Presentation modes enable quick, easy picture adjustment for use in different environments.



#### Black Level Adjustment

3-step Black Level Adjustment can be used to emphasise black levels, which is especially important for video usage.

### Additional Features



#### Intelligent Auto Set-up

Press the 'on' button and the projector will complete the following steps automatically, ensuring ease of operation:

- 1 Lens protector opens automatically (which also avoids loss of the lens cap)
- 2 Projector tilts to previously used angle
- 3 Auto keystone correction is completed
- 4 Auto input search occurs
- 5 Smart Auto Pixel Alignment (APA) is completed.



#### Control Panel Lock

This function locks the controls on the top and side of the projector, to prevent unauthorised or unintentional use of the controls. Functionality can be switched 'on' or 'off'.



#### Password Protection

When this function is activated a password is required to use the projector (if the password is lost, Sony is able to retrieve it).

ภาพผนวกที่ ๓2 (ต่อ)

## VPL-ES2

## Inputs



## PrimeSupport

All Sony business projectors\* come supplied with a 3-years support pack which offers unique extra services and benefits.

- 3-years support
- Free telephone helpdesk support in 5 languages
- Collection and delivery anywhere in EU, Norway or Switzerland

[www.sonybiz.net/primsupport](http://www.sonybiz.net/primsupport)

\* Excluding VPL-FX51



- Halogenated flame retardants are not used in cabinets.
- Halogenated flame retardants are not used in printed wiring boards.
- Lead-free solder is used for soldering.
- Polystyrene foam for the packaging cushions is not used in packaging.

## Specification Table

|                      |                                          |                                                         |
|----------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Key Specifications   | Native Resolution                        | SVGA (800 x 600 x 3)                                    |
|                      | Panel Type                               | 0.62-inch p-Si LCD x 3                                  |
|                      | Projection System                        | 3 LCD panels, 1 lens system                             |
|                      | Brightness                               | 1500 ANSI lumen                                         |
|                      | Contrast Ratio                           | 350:1                                                   |
|                      | Fan Noise                                | 33dB                                                    |
|                      | Weight                                   | 2.8kg                                                   |
|                      | Dimensions (w x h x d)                   | 295 x 78 x 238 mm                                       |
| General              | Standard Lens Zoom                       | 1.2 times / Manual                                      |
|                      | Vertical Keystone Correction             | +/- 15°                                                 |
|                      | Horizontal Keystone Correction           | No                                                      |
|                      | Lamp Type                                | 157W UHP                                                |
|                      | Lamp Life (recommended replacement time) | 4000 H                                                  |
|                      | Filter Cleaning Time                     | 500 H                                                   |
|                      | Speaker                                  | 1W Mono                                                 |
|                      | Maximum Power Consumption                | 220W                                                    |
|                      | Standby Power Consumption                | 4.6W                                                    |
|                      | Body Colour                              | Silver                                                  |
| Throwing Distance    | Min - Max Screen Size (diagonally)       | 40 - 300 inch                                           |
|                      |                                          | 102 - 762 cm                                            |
|                      | 40-inch / 1m screen                      | 1.1 - 1.4m                                              |
|                      | 80-inch / 2m screen                      | 2.3 - 2.8m                                              |
|                      | 100-inch / 2.5m screen                   | 2.9 - 3.5m                                              |
|                      | 150-inch / 3.8m screen                   | 4.4 - 5.3m                                              |
|                      | 200-inch / 5.1m screen                   | 5.9 - 7.0m                                              |
| Inputs               | Input A                                  | HD D-sub 15-pin (RGB)                                   |
|                      | Video                                    | Component Video (RCA x 1)<br>S-Video<br>Composite Video |
|                      | HDTV / DTV Ready                         | HDTV/DTV                                                |
|                      | Audio                                    | Stereo Minijack                                         |
|                      |                                          |                                                         |
| Supplied Accessories | Remote Commander                         | RM-PJ2 (credit card style)                              |
|                      | Carrying Case                            | Soft Type                                               |
|                      | Cables                                   | HD D-sub 15 pin (2m)                                    |
|                      | Air Filter                               | YES                                                     |
| Optional Accessories | Lamp                                     | LMP-E150                                                |
|                      | Ceiling Mount Bracket                    | PSS-AT2S                                                |
|                      | 3 x phono ↔ 15 pin D-sub cable           | SMF-402                                                 |

© 2004 Sony Corporation. All rights reserved.

Reproduction in whole or in part without written permission is prohibited. Features and specifications are subject to change without notice. All non-metric weights and measures are approximate.

Sony is a registered trademark of Sony Corporation.

# SONY

ภาพผนวกที่ ๓2 (ต่อ)



## SOUND ABSORPTION DATA FOR COMMON BUILDING MATERIALS AND FURNISHINGS

| Material                                                                                                                                                                                  | Sound Absorption Coefficient |        |        |         |         |         | NRC Number |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|------------|
|                                                                                                                                                                                           | 125 Hz                       | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |            |
| <b>Walls<sup>(1-3, 9, 12)</sup></b>                                                                                                                                                       |                              |        |        |         |         |         |            |
| <b>Sound-Reflecting:</b>                                                                                                                                                                  |                              |        |        |         |         |         |            |
| 1. Brick, unglazed                                                                                                                                                                        | 0.02                         | 0.02   | 0.03   | 0.04    | 0.05    | 0.07    | 0.05       |
| 2. Brick, unglazed and painted                                                                                                                                                            | 0.01                         | 0.01   | 0.02   | 0.02    | 0.02    | 0.03    | 0.00       |
| 3. Concrete, rough                                                                                                                                                                        | 0.01                         | 0.02   | 0.04   | 0.06    | 0.08    | 0.10    | 0.05       |
| 4. Concrete block, painted                                                                                                                                                                | 0.10                         | 0.05   | 0.06   | 0.07    | 0.09    | 0.08    | 0.05       |
| 5. Glass, heavy (large panes)                                                                                                                                                             | 0.18                         | 0.06   | 0.04   | 0.03    | 0.02    | 0.02    | 0.05       |
| 6. Glass, ordinary window                                                                                                                                                                 | 0.35                         | 0.25   | 0.18   | 0.12    | 0.07    | 0.04    | 0.15       |
| 7. Gypsum board, 1/2 in thick (nailed to 2 X 4s, 16 in oc)                                                                                                                                | 0.29                         | 0.10   | 0.05   | 0.04    | 0.07    | 0.09    | 0.05       |
| 8. Gypsum board, 1 layer, 5/8 in thick (screwed to 1 X 3s, 16 in oc with airspaces filled with fibrous insulation)                                                                        | 0.55                         | 0.14   | 0.08   | 0.04    | 0.12    | 0.11    | 0.10       |
| 9. Construction no. 8 with 2 layers of 5/8-in-thick gypsum board                                                                                                                          | 0.28                         | 0.12   | 0.10   | 0.07    | 0.13    | 0.09    | 0.10       |
| 10. Marble or glazed tile                                                                                                                                                                 | 0.01                         | 0.01   | 0.01   | 0.01    | 0.02    | 0.02    | 0.00       |
| 11. Plaster on brick                                                                                                                                                                      | 0.01                         | 0.02   | 0.02   | 0.03    | 0.04    | 0.05    | 0.05       |
| 12. Plaster on concrete block (or 1 in thick on lath)                                                                                                                                     | 0.12                         | 0.09   | 0.07   | 0.05    | 0.05    | 0.04    | 0.05       |
| 13. Plaster on lath                                                                                                                                                                       | 0.14                         | 0.10   | 0.06   | 0.05    | 0.04    | 0.03    | 0.05       |
| 14. Plywood, 3/8-in paneling                                                                                                                                                              | 0.28                         | 0.22   | 0.17   | 0.09    | 0.10    | 0.11    | 0.15       |
| 15. Steel                                                                                                                                                                                 | 0.05                         | 0.10   | 0.10   | 0.10    | 0.07    | 0.02    | 0.10       |
| 16. Venetian blinds, metal                                                                                                                                                                | 0.06                         | 0.05   | 0.07   | 0.15    | 0.13    | 0.17    | 0.10       |
| 17. Wood, 1/4-in paneling, with airspace behind                                                                                                                                           | 0.42                         | 0.21   | 0.10   | 0.08    | 0.06    | 0.06    | 0.10       |
| 18. Wood, 1-in paneling with airspace behind                                                                                                                                              | 0.19                         | 0.14   | 0.09   | 0.06    | 0.06    | 0.05    | 0.10       |
| <b>Sound-Absorbing:</b>                                                                                                                                                                   |                              |        |        |         |         |         |            |
| 19. Concrete block, coarse                                                                                                                                                                | 0.36                         | 0.44   | 0.31   | 0.29    | 0.39    | 0.25    | 0.35       |
| 20. Lightweight drapery, 10 oz/yd <sup>2</sup> , flat on wall (Note: Sound-reflecting at most frequencies.)                                                                               | 0.03                         | 0.04   | 0.11   | 0.17    | 0.24    | 0.35    | 0.15       |
| 21. Mediumweight drapery, 14 oz/yd <sup>2</sup> , draped to half area (i.e., 2 ft of drapery to 1 ft of wall)                                                                             | 0.07                         | 0.31   | 0.49   | 0.75    | 0.70    | 0.60    | 0.55       |
| 22. Heavyweight drapery, 18 oz/yd <sup>2</sup> , draped to half area                                                                                                                      | 0.14                         | 0.35   | 0.55   | 0.72    | 0.70    | 0.65    | 0.60       |
| 23. Fiberglass fabric curtain, 8 1/2 oz/yd <sup>2</sup> , draped to half area (Note: The deeper the airspace behind the drapery (up to 12 in), the greater the low-frequency absorption.) | 0.09                         | 0.32   | 0.68   | 0.83    | 0.39    | 0.76    | 0.55       |
| 24. Shredded-wood fiberboard, 2 in thick on concrete (mtg. A)                                                                                                                             | 0.15                         | 0.26   | 0.62   | 0.94    | 0.64    | 0.92    | 0.60       |
| 25. Thick, fibrous material behind open facing                                                                                                                                            | 0.60                         | 0.75   | 0.82   | 0.80    | 0.60    | 0.38    | 0.75       |
| 26. Carpet, heavy, on 5/8-in perforated mineral fiberboard with airspace behind                                                                                                           | 0.37                         | 0.41   | 0.63   | 0.85    | 0.96    | 0.92    | 0.70       |
| 27. Wood, 1/2-in paneling, perforated 3/16-in-diameter holes, 11% open area, with 2 1/2-in glass fiber in airspace behind                                                                 | 0.40                         | 0.90   | 0.80   | 0.50    | 0.40    | 0.30    | 0.65       |
| <b>Floors<sup>(8, 11)</sup></b>                                                                                                                                                           |                              |        |        |         |         |         |            |
| <b>Sound-Reflecting:</b>                                                                                                                                                                  |                              |        |        |         |         |         |            |
| 28. Concrete or terrazzo                                                                                                                                                                  | 0.01                         | 0.01   | 0.02   | 0.02    | 0.02    | 0.02    | 0.00       |
| 29. Linoleum, rubber, or asphalt tile on concrete                                                                                                                                         | 0.02                         | 0.03   | 0.03   | 0.03    | 0.03    | 0.02    | 0.05       |
| 30. Marble or glazed tile                                                                                                                                                                 | 0.01                         | 0.01   | 0.01   | 0.01    | 0.02    | 0.02    | 0.00       |
| 31. Wood                                                                                                                                                                                  | 0.15                         | 0.11   | 0.10   | 0.07    | 0.06    | 0.07    | 0.10       |
| 32. Wood parquet on concrete                                                                                                                                                              | 0.04                         | 0.04   | 0.07   | 0.06    | 0.06    | 0.07    | 0.05       |
| <b>Sound-Absorbing:</b>                                                                                                                                                                   |                              |        |        |         |         |         |            |
| 33. Carpet, heavy, on concrete                                                                                                                                                            | 0.02                         | 0.06   | 0.14   | 0.37    | 0.60    | 0.65    | 0.30       |
| 34. Carpet, heavy, on foam rubber                                                                                                                                                         | 0.08                         | 0.24   | 0.57   | 0.69    | 0.71    | 0.73    | 0.55       |
| 35. Carpet, heavy, with impermeable latex backing on foam rubber                                                                                                                          | 0.08                         | 0.27   | 0.39   | 0.34    | 0.48    | 0.63    | 0.35       |
| 36. Indoor-outdoor carpet                                                                                                                                                                 | 0.01                         | 0.05   | 0.10   | 0.20    | 0.45    | 0.65    | 0.20       |

ภาพผนวกที่ ข1 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

| Material                                                                                                             | Sound Absorption Coefficient |        |        |           |         |         | NRC<br>Number * |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------|--------|-----------|---------|---------|-----------------|
|                                                                                                                      | 125 Hz                       | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz   | 2000 Hz | 4000 Hz |                 |
| <b>Ceilings<sup>(6, 8-10) †</sup></b>                                                                                |                              |        |        |           |         |         |                 |
| <b>Sound-Reflecting:</b>                                                                                             |                              |        |        |           |         |         |                 |
| 37. Concrete                                                                                                         | 0.01                         | 0.01   | 0.02   | 0.02      | 0.02    | 0.02    | 0.00            |
| 38. Gypsum board, 1/2 in thick                                                                                       | 0.29                         | 0.10   | 0.05   | 0.04      | 0.07    | 0.09    | 0.05            |
| 39. Gypsum board, 1/2 in thick, in suspension system                                                                 | 0.15                         | 0.10   | 0.05   | 0.04      | 0.07    | 0.09    | 0.05            |
| 40. Plaster on lath                                                                                                  | 0.14                         | 0.10   | 0.06   | 0.05      | 0.04    | 0.03    | 0.05            |
| 41. Plywood, 3/8 in thick                                                                                            | 0.28                         | 0.22   | 0.17   | 0.09      | 0.10    | 0.11    | 0.15            |
| <b>Sound-Absorbing:</b>                                                                                              |                              |        |        |           |         |         |                 |
| 42. Acoustical board, 3/4 in thick, in suspension system (mtg. E)                                                    | 0.76                         | 0.93   | 0.83   | 0.99      | 0.99    | 0.94    | 0.95            |
| 43. Shredded-wood fiberboard, 2 in thick on lay-in grid (mtg. E)                                                     | 0.59                         | 0.51   | 0.53   | 0.73      | 0.88    | 0.74    | 0.65            |
| 44. Thin, porous sound-absorbing material, 3/4 in thick (mtg. B)                                                     | 0.10                         | 0.60   | 0.80   | 0.82      | 0.78    | 0.60    | 0.75            |
| 45. Thick, porous sound-absorbing material, 2 in thick (mtg. B), or thin material with airspace behind (mtg. D)      | 0.38                         | 0.60   | 0.78   | 0.80      | 0.78    | 0.70    | 0.75            |
| 46. Sprayed cellulose fibers, 1 in thick on concrete (mtg. A)                                                        | 0.08                         | 0.29   | 0.75   | 0.98      | 0.93    | 0.76    | 0.75            |
| 47. Glass-fiber roof fabric, 12 oz/yd <sup>2</sup>                                                                   | 0.65                         | 0.71   | 0.82   | 0.86      | 0.76    | 0.62    | 0.80            |
| 48. Glass-fiber roof fabric, 37 1/2 oz/yd <sup>2</sup> (Note: Sound-reflecting at most frequencies.)                 | 0.38                         | 0.23   | 0.17   | 0.15      | 0.09    | 0.06    | 0.15            |
| 49. Polyurethane foam, 1 in thick, open cell, reticulated                                                            | 0.07                         | 0.11   | 0.20   | 0.32      | 0.60    | 0.85    | 0.30            |
| 50. Parallel glass-fiberboard panels, 1 in thick by 18 in deep, spaced 18 in apart, suspended 12 in below ceiling    | 0.07                         | 0.20   | 0.40   | 0.52      | 0.60    | 0.67    | 0.45            |
| 51. Parallel glass-fiberboard panels, 1 in thick by 18 in deep, spaced 6 1/2 in apart, suspended 12 in below ceiling | 0.10                         | 0.29   | 0.62   | 1.12      | 1.33    | 1.38    | 0.85            |
| <b>Seats and Audience<sup>(1, 5, 7, 9) ‡</sup></b>                                                                   |                              |        |        |           |         |         |                 |
| 52. Fabric well-upholstered seats, with perforated seat pans, unoccupied                                             | 0.19                         | 0.37   | 0.56   | 0.67      | 0.61    | 0.59    |                 |
| 53. Leather-covered upholstered seats, unoccupied <sup>§</sup>                                                       | 0.44                         | 0.54   | 0.60   | 0.62      | 0.58    | 0.50    |                 |
| 54. Audience, seated in upholstered seats <sup>§</sup>                                                               | 0.39                         | 0.57   | 0.80   | 0.94      | 0.92    | 0.87    |                 |
| 55. Congregation, seated in wooden pews                                                                              | 0.57                         | 0.61   | 0.75   | 0.86      | 0.91    | 0.86    |                 |
| 56. Chair, metal or wood seat, unoccupied                                                                            | 0.15                         | 0.19   | 0.22   | 0.39      | 0.38    | 0.30    |                 |
| 57. Students, informally dressed, seated in tablet-arm chairs                                                        | 0.30                         | 0.41   | 0.49   | 0.84      | 0.87    | 0.84    |                 |
| <b>Openings<sup>(9) ¶</sup></b>                                                                                      |                              |        |        |           |         |         |                 |
| 58. Deep balcony, with upholstered seats                                                                             |                              |        |        | 0.50–1.00 |         |         |                 |
| 59. Diffusers or grilles, mechanical system                                                                          |                              |        |        | 0.15–0.50 |         |         |                 |
| 60. Stage                                                                                                            |                              |        |        | 0.25–0.75 |         |         |                 |
| <b>Miscellaneous<sup>(3, 9, 11)</sup></b>                                                                            |                              |        |        |           |         |         |                 |
| 61. Gravel, loose and moist, 4 in thick                                                                              | 0.25                         | 0.60   | 0.65   | 0.70      | 0.75    | 0.80    | 0.70            |
| 62. Grass, meadow bluegrass, 2 in high                                                                               | 0.11                         | 0.26   | 0.60   | 0.69      | 0.92    | 0.99    | 0.60            |
| 63. Snow, freshly fallen, 4 in thick                                                                                 | 0.45                         | 0.75   | 0.90   | 0.95      | 0.95    | 0.95    | 0.90            |
| 64. Soil, rough                                                                                                      | 0.15                         | 0.25   | 0.40   | 0.55      | 0.60    | 0.60    | 0.45            |
| 65. Trees, balsam firs, 20 ft <sup>2</sup> ground area per tree, 8 ft high                                           | 0.03                         | 0.06   | 0.11   | 0.17      | 0.27    | 0.31    | 0.15            |
| 66. Water surface (swimming pool)                                                                                    | 0.01                         | 0.01   | 0.01   | 0.02      | 0.02    | 0.03    | 0.00            |

\*NRC (noise reduction coefficient) is a single-number rating of the sound absorption coefficients of a material. It is an average that only includes the coefficients in the 250 to 2000 Hz frequency range and therefore should be used with caution. See page 50 for a discussion of the NRC rating method.

†Refer to manufacturer's catalogs for absorption data which should be from up-to-date tests by independent acoustical laboratories according to current ASTM procedures.

‡Coefficients are per square foot of seating floor area or per unit. Where the audience is randomly spaced (e.g., courtroom, cafeteria), mid-frequency absorption can be estimated at about 5 sabins per person. To be precise, coefficients per person must be stated in relation to spacing pattern.

§The floor area occupied by the audience must be calculated to include an *edge effect* at aisles. For an aisle bounded on both sides by audience, include a strip 3 ft wide; for an aisle bounded on only one side by audience, include a strip 1 1/2 ft wide. No edge effect is used when the seating abuts walls or balcony fronts (because the edge is shielded). The coefficients are also valid for orchestra and choral areas at 5 to 8 ft<sup>2</sup> per person. Orchestra areas include people, instruments, music racks, etc. No edge effects are used around musicians.

¶Coefficients for openings depend on absorption and cubic volume of opposite side.

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

### Test Reference

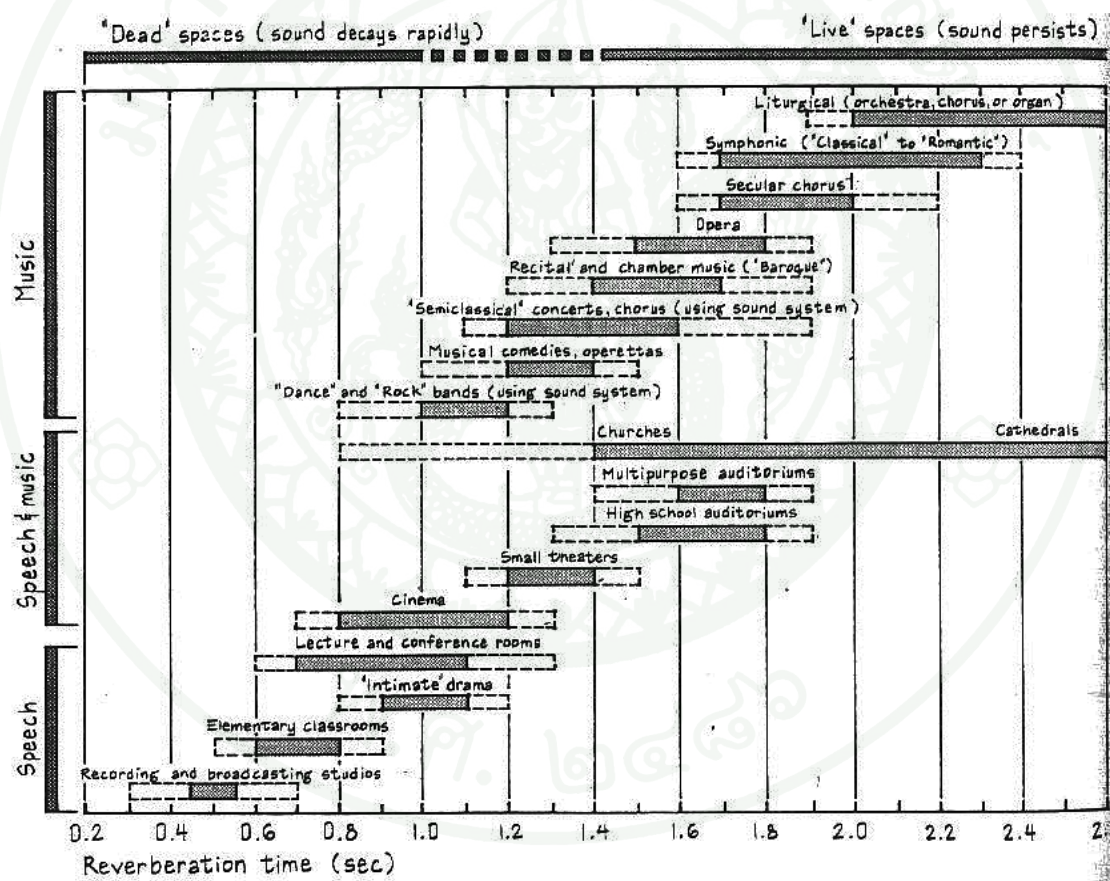
"Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method," ASTM C 423. Available from American Society for Testing and Materials (ASTM), 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103.

### Sources

1. L. L. Beranek, "Audience and Chair Absorption in Large Halls," *Journal of the Acoustical Society of America*, January 1969.
2. A. N. Burd et al., "Data for the Acoustic Design of Studios," British Broadcasting Corporation, BBC Engineering Monograph no. 64, November 1966.
3. E. J. Evans and E. N. Bazley, "Sound Absorbing Materials," H. M. Stationery Office, London, 1964.

ที่มา: M. David Egan, *Architectural Acoustics* (New York: McGraw-Hill, 1988:52-53)

### ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)



### ภาพผนวกที่ ข2 ตารางแสดงค่า Reverberation Time ที่เหมาะสม สำหรับกิจกรรมต่างๆ



| แบบสอบถาม ด้านการยศาสตร์และการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |     |         |      |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----|---------|------|---------|
| <p>สำรวจด้านการยศาสตร์ และการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข และเป็นแบบอย่างในการจัดห้องเรียนให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งแบบสำรวจนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานวิจัย เรื่อง การยศาสตร์ และการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ของนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมความปลอดภัย รุ่นที่ 7</p> <p style="text-align: right;">ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือมา ณ.นี้ นางสาว รุจิพรรณ โกศลกาญจน์</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |     |         |      |         |
| <div style="text-align: right;">ห้องเรียน NO. ....</div> <div style="text-align: right;">วันที่.....เวลา.....</div> <div style="margin-top: 10px;"> <b>ข้อมูลส่วนตัว</b><br/> <p>เพศ                                      <input type="radio"/> หญิง                                      <input type="radio"/> ชาย</p> <p>ความสูง (เซนติเมตร)                      <input type="radio"/> 150-160                                      <input type="radio"/> 160 - 170                                      <input type="radio"/> 170 ขึ้นไป</p> <p>ท่านมีปัญหาทางด้านสายตา                      <input type="radio"/> ไม่มี                      <input type="radio"/> มี                      <input type="radio"/> สายตาสั้น                      <input type="radio"/> สายตายาว                      <input type="radio"/> สายตาเอียง</p> <p>ตำแหน่งที่นั่งในห้องเรียน                      แถวที่..... (นับจากด้านหลังของห้อง)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span><input type="radio"/> ด้านซ้าย</span> <span><input type="radio"/> กลาง</span> <span><input type="radio"/> ด้านขวา</span> </div> <p>(หันหน้าเข้าหากระดาน)</p> <p>ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในห้องเรียน</p> </div> |           |     |         |      |         |
| รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | มากที่สุด | มาก | พอเหมาะ | น้อย | น้อยมาก |
| <b>ด้านคุณภาพอากาศ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |     |         |      |         |
| 1 อากาศภายในห้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (ร้อน)    |     |         |      | (เย็น)  |
| 2 ภายในห้องมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ (กลิ่นอับ) <input type="radio"/> ไม่มี <input type="radio"/> มีกลิ่นอับ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |     |         |      |         |
| <b>ด้านแสงสว่าง</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |     |         |      |         |
| 1 แสงสว่างจากหลอดไฟ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |     |         |      |         |
| 2 ความสว่างของ โปรเจ็กเตอร์                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |     |         |      |         |
| 3 ภายในห้องมีแสงสว่างจากภายนอก <input type="radio"/> ไม่มี <input type="radio"/> มี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |     |         |      |         |
| <b>ด้านเสียง</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |     |         |      |         |
| 1 ระดับเสียงของผู้สอน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |     |         |      |         |
| 2 มีเสียงสะท้อนในระยะเวลาที่ฟังบรรยาย <input type="radio"/> ไม่มี <input type="radio"/> มี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |     |         |      |         |
| 3 มีเสียงรบกวนจากภายนอก <input type="radio"/> ไม่มี <input type="radio"/> มี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |     |         |      |         |

ภาพผนวกที่ ข1 แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจ

ด้านการนั่ง

1 ประเภทเก้าอี้ที่ท่านนั่ง ☐  ☐  ☐ 

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2 มีอาการปวดเมื่อยบริเวณร่างกายในขณะที่นั่งเรียน หรือไม่ ☐ ไม่มี ☐ มี ถ้ามีอาการกรอกแบบสอบถามด้านล่าง

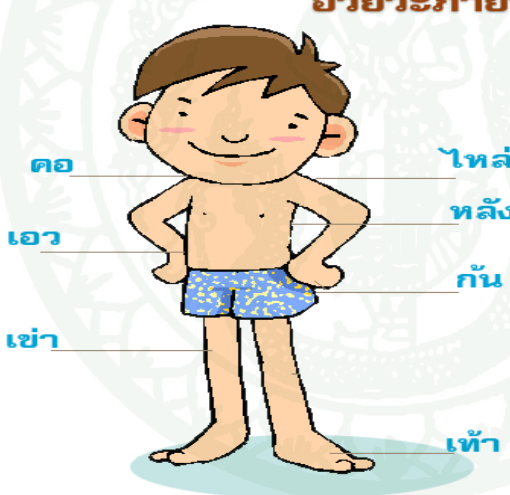
---

ท่านพึงพอใจกับห้องเรียนนี้ ☐ ไม่ ☐ พอใจ

ท่านมีอาการปวดเมื่อยบริเวณร่างกาย ส่วนใด กรุณาระบุ จากลำดับที่ต่อไปนี้

0 ไม่ปวด  
1 ปวดน้อยมาก  
2 ปวดน้อย  
3 ปวดมาก  
4 ปวดมากที่สุด

**อวัยวะภายนอก**



☐ คอ ☐ ไหล่ ☐ หลัง ☐ เอว ☐ ก้น ☐ เท้า

อาการเจ็บปวดบริเวณร่างกายส่วนอื่น.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม .....

.....

.....

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)



ตารางผนวกที่ ๓1 แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมของ  
สมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                | $E_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                                                      |
|-------------------------------------------|-----------|------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>พื้นที่ภายในอาคารทั่วไป</b>            |           |                  |                |                                                                               |
| โถงทางเข้าอาคาร                           | 100       | 22               | 60             |                                                                               |
| โถงนั่งพัก                                | 200       | 22               | 80             |                                                                               |
| พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร                  | 100       | 28               | 40             | ระหว่างทางเข้า-ออกให้<br>ระวังการเปลี่ยนระดับความ<br>เข้มการส่องสว่างแบบทันที |
| บันได , บันไดเลื่อน , ทางเลื่อน           | 150       | 25               | 40             |                                                                               |
| พื้นที่ขนถ่ายสินค้าภายในอาคาร             | 150       | 25               | 40             |                                                                               |
| ห้องอาหารทั่วไปภายในอาคาร                 | 200       | 22               | 80             |                                                                               |
| ห้องพักผ่อนทั่วไป                         | 100       | 22               | 80             |                                                                               |
| ห้องออกกำลังกาย                           | 300       | 22               | 80             |                                                                               |
| ห้องน้ำ , ห้องสุขา , ห้องรับฝากของ        | 200       | 25               | 80             |                                                                               |
| ห้องปฐมพยาบาล                             | 500       | 19               | 80             |                                                                               |
| ห้องตรวจคนไข้ทั่วไป                       | 500       | 16               | 80             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000 K                                                    |
| ห้องอุปกรณ์ , Switch gear                 | 200       | 25               | 60             |                                                                               |
| ห้องหุ้มสายโทรศัพท์ / ไปรษณีย์ /<br>พัสดุ | 500       | 19               | 80             |                                                                               |
| ห้องเก็บของ                               | 50        | 25               | 60             |                                                                               |
| ห้องบรรจุหีบห่อ , ขนถ่ายวัสดุ             | 300       | 25               | 60             |                                                                               |
| ห้องควบคุม                                | 200       | 22               | 60             |                                                                               |
| <b>อาคารสำนักงาน</b>                      |           |                  |                |                                                                               |
| พื้นที่เก็บเอกสาร , ถ่ายเอกสาร และ        | 300       | 19               | 80             |                                                                               |
| พื้นที่ทั่วไปที่มีการสัญจร                |           |                  |                |                                                                               |
| พื้นที่ที่มีการเขียน พิมพ์ อ่าน และ       | 500       | 19               | 80             |                                                                               |
| Data processing                           |           |                  |                |                                                                               |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม              | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                            |
|-----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------------------|
| พื้นที่ที่ใช้สำหรับเขียนแบบ             | 750             | 16               | 80             |                                     |
| พื้นที่ทำงานด้าน CAD                    | 500             | 19               | 80             |                                     |
| ห้องประชุม                              | 300             | 19               | 80             |                                     |
| พื้นที่เคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์          | 300             | 22               | 80             |                                     |
| ห้องเก็บเอกสารสำคัญ                     | 200             | 25               | 80             |                                     |
| <b>ร้านค้าปลีก</b>                      |                 |                  |                |                                     |
| พื้นที่ขาย (ขนาดเล็ก)                   | 300             | 22               | 80             |                                     |
| พื้นที่ขาย (ขนาดใหญ่)                   | 500             | 22               | 80             |                                     |
| พื้นที่เก็บเงิน/ห่อ บรรจุ               | 500             | 19               | 80             |                                     |
| <b>ห้องอาหารและโรงแรม</b>               |                 |                  |                |                                     |
| พื้นที่ต้อนรับ เคาน์เตอร์เก็บเงิน       | 300             | 22               | 80             |                                     |
| บริการของโรงแรม                         |                 |                  |                |                                     |
| พื้นที่เก็บเงิน/ห่อ บรรจุ               | 500             | 19               | 80             |                                     |
| <b>ห้องอาหารและโรงแรม</b>               |                 |                  |                |                                     |
| พื้นที่ต้อนรับ เคาน์เตอร์เก็บเงิน       | 300             | 22               | 80             |                                     |
| บริการของโรงแรม                         |                 |                  |                |                                     |
| ครัว                                    | 500             | 22               | 80             |                                     |
| พื้นที่ภัตตาคาร ห้องอาหาร ห้องจัดเลี้ยง | 200             | 22               | 80             | แสงสว่างควรออกแบบเพื่อสร้างบรรยากาศ |
| ห้องอาหารแบบบริการตัวเอง                | 200             | 22               | 80             |                                     |
| ห้องอาหารแบบบุฟเฟต์                     | 300             | 22               | 80             |                                     |
| ห้องจัดงานประชุม สัมมนา                 | 500             | 19               | 80             | ระบบแสงสว่างควรเป็นระบบปรับหรี่ได้  |
| พื้นที่ทางเดิน                          | 100             | 25               | 80             | ความส่องสว่างกลางคืนสามารถต่ำลงได้  |
| <b>ห้องสมุด</b>                         |                 |                  |                |                                     |
| พื้นที่ชั้นวางหนังสือ                   | 200             | 19               | 80             |                                     |

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                              | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                                     |
|---------------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|
| พื้นที่อ่านหนังสือ                                      | 500             | 19               | 80             | ควรไม่น้อยกว่า 500 Lux<br>สำหรับพื้นที่ใช้งานมาก             |
| เคาน์เตอร์                                              | 500             | 19               | 80             |                                                              |
| <b>อาคารสำหรับสถาบันการศึกษา</b>                        |                 |                  |                |                                                              |
| พื้นที่สำหรับการเรียนการศึกษาทั่วไป                     | 300             | 19               | 80             |                                                              |
| พื้นที่ห้องเรียนสำหรับเรียนภาคค่ำ<br>และการศึกษาผู้ใหญ่ | 500             | 19               | 80             | ระบบแสงสว่างควรจะ<br>ควบคุมปรับแต่งได้                       |
| ห้องบรรยาย                                              | 500             | 19               | 80             | ควรระวังแสงสะท้อนถ้าอยู่<br>ในห้องบรรยาย 750 K<br>(2000 Lux) |
| พื้นที่หน้ากระดานดำ                                     | 500             | 19               | 80             |                                                              |
| พื้นที่โต๊ะสาริตงาน                                     | 500             | 19               | 80             |                                                              |
| ห้องเรียนทางด้านศิลปะและ<br>หัตถกรรม                    | 500             | 19               | 80             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 5000 K                                    |
| ห้องแสดงศิลปะในโรงเรียนสอน<br>ศิลปะ                     | 750             | 19               | 90             |                                                              |
| ห้องเขียนแบบ                                            | 750             | 16               | 80             |                                                              |
| ห้องทดสอบและฝึกหัด                                      | 500             | 19               | 80             |                                                              |
| ห้องฝึกหัดทางดนตรี                                      | 300             | 19               | 80             |                                                              |
| ห้องฝึกหัดทางคอมพิวเตอร์                                | 500             | 19               | 80             |                                                              |
| ห้องฝึกหัดทางด้านภาษา                                   | 300             | 19               | 80             |                                                              |
| ห้องเตรียมงานและฝึกหัดทั่วไป                            | 500             | 22               | 80             |                                                              |
| ห้องพักนักเรียนทั่วไป                                   | 200             | 22               | 80             |                                                              |
| ห้องทำงานครู , อาจารย์                                  | 300             | 22               | 80             |                                                              |
| พื้นที่อ่านหนังสือ                                      | 500             | 19               | 80             |                                                              |
| พื้นที่ออกกำลังกายในร่ม                                 | 300             | 22               | 80             |                                                              |

ตารางผนวกที่ ฅ1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม             | $E_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                      |
|----------------------------------------|-----------|------------------|----------------|-------------------------------|
| <b>โรงพยาบาล</b>                       |           |                  |                |                               |
| พื้นที่รอรับการร้กษา                   | 200       | 22               | 80             | ความเข้มส่องสว่างที่ระดับพื้น |
| ทางเดินทั่วไปเวลากลางวัน               | 200       | 22               | 80             |                               |
| ทางเดินทั่วไปเวลากลางคืน               | 50        | 22               | 80             |                               |
| ห้องพักร้กษาผู้ป่วยนอก                 | 200       | 22               | 80             |                               |
| ห้องทำงานแพทย์                         | 500       | 19               | 80             |                               |
| <b>พื้นที่ห้องพักร้กษาผู้ป่วยใน:</b>   |           |                  |                |                               |
| พื้นที่ทั่วไป                          | 100       | 19               | 80             | ความส่องสว่างวัดที่ระดับพื้น  |
| แสงสว่างสำหรับการอ่านหนังสือ           | 300       | 19               | 80             |                               |
| พื้นที่ตรวจทั่วไปในห้องพักร้กษาผู้ป่วย | 300       | 19               | 80             |                               |
| พื้นที่ตรวจโรคและร้กษาโรค              | 1,000     | 19               | 80             |                               |
| ความสว่างสำหรับกลางคืน                 | 5         | 19               | 80             |                               |
| ห้องน้ำผู้ป่วย                         | 200       | 22               | 80             |                               |
| พื้นที่ตรวจโรคทั่วไป                   | 500       | 19               | 90             |                               |
| ห้องตรวจหูและตา                        | 1,000     |                  | 90             | ดวงโคม ฅ จุดตรวจ              |
| พื้นที่ตรวจสายตาโดยการอ่านและดู        | 500       | 16               | 90             |                               |
| <b>แผนภาพทางสายตา</b>                  |           |                  |                |                               |
| ห้องถ่ายเลือด/เครื่องร้กษาไตเทียม      | 500       | 19               | 80             |                               |
| พื้นที่ตรวจโรคผิวหนัง                  | 500       | 19               | 90             |                               |
| ห้องส่องกล้องตรวจอวัยวะภายใน           | 300       | 19               | 80             |                               |
| <b>ร่างกาย</b>                         |           |                  |                |                               |
| ห้องเข้าเผือก                          | 500       | 19               | 80             |                               |
| ห้องจ่ายยา                             | 300       | 19               | 80             |                               |
| ห้องสำหรับร้กษาโดยการนวดและแผ่รังสี    | 300       | 19               | 80             |                               |

ตารางผนวกที่ ฅ1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม               | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                         |
|------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|--------------------------------------------------|
| ห้องพักฟื้นก่อนและหลังการผ่าตัด          | 500             | 19               | 80             |                                                  |
| ห้องผ่าตัด                               | 1,000           | 19               | 90             |                                                  |
| <b>พื้นที่สำหรับห้องดูแลพิเศษ ICU</b>    |                 |                  |                |                                                  |
| <b>(Intensive Care Unit)</b>             |                 |                  |                |                                                  |
| พื้นที่ทั่วไป                            | 100             | 19               | 90             |                                                  |
| แสงสว่างในการตรวจโรคทั่วไป               | 300             | 19               | 90             |                                                  |
| พื้นที่สำหรับการตรวจรักษา                | 1,000           | 19               | 90             |                                                  |
| ความสว่างสำหรับการเฝ้าไข้กลางคืน         | 20              | 19               | 90             |                                                  |
| <b>พื้นที่ห้องทันตแพทย์ / อื่นๆ</b>      |                 |                  |                |                                                  |
| แสงสว่างโดยทั่วไป                        | 500             | 19               | 90             | ไม่ควรมีแสงบาดตาเลย                              |
| แสงสว่าง ณ ตัวผู้ป่วย                    | 1,000           |                  | 90             | ดวงโคม ณ จุดรักษา                                |
| ใต้ดวงโคมผ่าตัด                          | 5,000           |                  | 90             | บางกรณีอาจสูงกว่า 5,000 Lux                      |
| แสงสว่างสำหรับเปรียบเทียบสีพื้น          | 5,000           |                  | 90             | อุณหภูมิอย่างต่ำ 6,000K                          |
| พื้นที่ทดสอบและตรวจสอบสี                 | 1,000           | 19               | 90             |                                                  |
| ห้องค่าเชื้อ                             | 300             | 22               | 80             |                                                  |
| ห้องปลอดเชื้อ                            | 300             | 22               | 80             |                                                  |
| ห้องชั้นสูตรพลิกศพ / ห้องเก็บศพ          | 750             | 19               | 90             |                                                  |
| โต๊ะชั้นสูตรพลิกศพ                       | 5,000           |                  | 90             |                                                  |
| <b>พื้นที่สำหรับการแสดงและการบันเทิง</b> |                 |                  |                |                                                  |
| โรงละคร พื้นที่แสดงคอนเสิร์ต             | 200             | 22               | 80             |                                                  |
| พื้นที่สำหรับงานแสดงทั่วไป               | 300             | 22               | 80             |                                                  |
| ห้องซ้อม ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า             | 300             | 22               | 80             | การให้แสงไฟกับกระจก<br>แต่งงาน้าควรระวังแสงบาดตา |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                     | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                                                                      |
|------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| พิพิธภัณฑ์                                     | 300             | 19               | 80             | ระบบแสงสว่างควรจะ<br>ออกแบบให้เหมาะกับการ<br>ตั้งแสดงและป้องกันการแผ่<br>รังสีความร้อนจากหลอด |
| <b>อุตสาหกรรมอาหาร</b>                         |                 |                  |                |                                                                                               |
| พื้นที่สำหรับขบวนการผลิตทั่วไป                 | 200             | 25               | 80             |                                                                                               |
| พื้นที่ล้าง คัดเลือกขนาดวัตถุดิบ ผสม           | 300             | 25               | 80             |                                                                                               |
| <b>วัตถุดิบ บรรจุหีบห่อ</b>                    |                 |                  |                |                                                                                               |
| พื้นที่สำหรับตัดแยกชิ้นส่วนเนื้อสัตว์          | 500             | 25               | 80             |                                                                                               |
| <b>ผสมนมเนย โรงกรองสำหรับโรงงาน<br/>น้ำตาล</b> |                 |                  |                |                                                                                               |
| พื้นที่คัดแยกผัก ผลไม้                         | 300             | 25               | 80             |                                                                                               |
| พื้นที่ผลิตสำหรับอาหารสำเร็จรูป                | 500             | 22               | 80             |                                                                                               |
| <b>ห้องครัว</b>                                |                 |                  |                |                                                                                               |
| พื้นที่ผลิตบุหรี                               | 500             | 22               | 80             |                                                                                               |
| พื้นที่ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ เช่น                   | 500             | 22               | 80             |                                                                                               |
| <b>แก้ว ขวด ห้องควบคุมคุณภาพ</b>               |                 |                  |                |                                                                                               |
| <b>ห้องตกแต่งอาหาร</b>                         |                 |                  |                |                                                                                               |
| ห้องทดสอบคุณภาพอาหาร                           | 500             | 19               | 80             |                                                                                               |
| ห้องทดสอบสี                                    | 1,000           | 16               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K                                                                     |
| <b>อุตสาหกรรมทำขนม เบเกอรี่</b>                |                 |                  |                |                                                                                               |
| พื้นที่เตรียมส่วนผสม และอบขนม                  | 300             | 22               | 80             |                                                                                               |
| พื้นที่ตกแต่งหน้าขนม                           | 500             | 22               | 80             |                                                                                               |
| <b>อุตสาหกรรมด้านเกษตร ปศุสัตว์</b>            |                 |                  |                |                                                                                               |
| ห้องส่งสินค้า อุปกรณ์ เครื่องจักร              | 200             | 25               | 80             |                                                                                               |
| พื้นที่ปศุสัตว์ภายในคอก                        | 50              | 28               | 40             |                                                                                               |
| พื้นที่รักษาสัตว์                              | 200             | 25               | 80             |                                                                                               |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                         | $E_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                           |
|----------------------------------------------------|-----------|------------------|----------------|------------------------------------|
| พื้นที่เตรียมอาหารสัตว์ ทำความสะอาดสัตว์           | 200       | 25               | 80             |                                    |
| <b>อุตสาหกรรมซีเมนต์ คอนกรีตและอิฐ</b>             |           |                  |                |                                    |
| พื้นที่สำหรับอบแห้งวัตถุดิบ                        | 50        | 28               | 20             | สีด้านความปลอดภัยควรมองเห็นเด่นชัด |
| พื้นที่เตรียมและผสมวัตถุดิบ                        | 200       | 28               | 40             |                                    |
| พื้นที่ทำงานของเครื่องจักรทั่วไป                   | 300       | 25               | 80             |                                    |
| <b>อุตสาหกรรมเซรามิกและแก้ว</b>                    |           |                  |                |                                    |
| พื้นที่ขึ้นรูปชิ้นส่วน เคลือบเงา และเป่าแก้ว       | 300       | 25               | 80             |                                    |
| พื้นที่ขัดแต่งผิว และแกะสลัก                       | 750       | 19               | 80             |                                    |
| พื้นที่ประดับตกแต่งชิ้นงาน                         | 500       | 19               | 80             |                                    |
| พื้นที่ขัดแต่งกระจกสำหรับแว่นตา                    | 750       | 16               | 80             |                                    |
| <b>เจียรนัย</b>                                    |           |                  |                |                                    |
| พื้นที่งานเจียรนัยละเอียด                          | 1,000     | 16               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K          |
| พื้นที่ผลิตเครื่องแก้วเทียม เพชรพลอยเทียม          | 1,500     | 16               | 90             |                                    |
| <b>อุตสาหกรรมเคมี พลาสติก ยาง</b>                  |           |                  |                |                                    |
| พื้นที่การผลิตที่ไม่มีการสัญจร                     | 50        |                  | 20             | สีทางความปลอดภัยควรมองเห็นเด่นชัด  |
| พื้นที่การผลิตที่เข้าถึงค่อนข้างลำบาก              | 150       | 28               | 40             |                                    |
| พื้นที่ผลิตที่มีคนประจำเกือบตลอดเวลา               | 300       | 25               | 80             |                                    |
| ห้องทดสอบที่ต้องการความละเอียดสำหรับการอ่านมาตรวัด | 500       | 19               | 80             |                                    |
| สายการผลิตที่เกี่ยวข้องกับเวชภัณฑ์                 | 500       | 22               | 80             |                                    |
| สายการผลิตยางรถยนต์                                | 500       | 22               | 80             |                                    |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม              | $E_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                  |
|-----------------------------------------|-----------|------------------|----------------|---------------------------|
| พื้นที่ตรวจสอบสี                        | 1,000     | 16               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 6,500K |
| พื้นที่ตรวจสอบ ตัดเจาะ ขึ้นสูกท่าย      | 750       | 19               | 80             |                           |
| <b>อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์</b> |           |                  |                |                           |
| พื้นที่ผลิตลวด สายไฟฟ้า                 | 300       | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาด            | 300       | 25               | 80             |                           |
| ใหญ่                                    |           |                  |                |                           |
| พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาด            | 500       | 22               | 80             |                           |
| กลาง                                    |           |                  |                |                           |
| พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดเล็ก        | 750       | 19               | 80             |                           |
| พื้นที่ชุบน้ำยาเคลือบขดลวด              | 300       | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่สำหรับการชุบเคลือบผิว            | 300       | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดใหญ่ เช่น      | 300       | 25               | 80             |                           |
| หม้อแปลงไฟฟ้า                           |           |                  |                |                           |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดกลาง           | 500       | 22               | 80             |                           |
| เช่น สวิตช์บอร์ด                        |           |                  |                |                           |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก เช่น      | 750       | 19               | 80             |                           |
| เครื่องโทรศัพท์                         |           |                  |                |                           |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็กมาก        | 1,000     | 16               | 80             |                           |
| ต้องการความละเอียดมาก เช่น              |           |                  |                |                           |
| อุปกรณ์มาตรวัดต่างๆ                     |           |                  |                |                           |
| ห้องทดสอบทางด้านไฟฟ้า                   | 1,500     | 16               | 80             |                           |
| อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องมีการปรับแต่ง      |           |                  |                |                           |
| <b>อุตสาหกรรมหล่อ หลอมโลหะ</b>          |           |                  |                |                           |
| อุโมงค์ได้พื้น                          | 50        | 28               | 20             |                           |
| แท่น ขนถ่ายโลหะ                         | 100       | 25               | 20             |                           |
| พื้นที่เตรียมพิมพ์ทรายสำหรับการ         | 200       | 25               | 20             |                           |
| หล่อ                                    |           |                  |                |                           |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม             | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                  |
|----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|---------------------------|
| พื้นที่ตกแต่งโลหะ                      | 200             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ผสมโลหะ                         | 200             | 25               | 80             |                           |
| แท่นหล่อโลหะ                           | 200             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ถอดพิมพ์                        | 200             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่เครื่องจักรหล่อโลหะ             | 200             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่หล่อด้วยมือ                     | 300             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่หล่อโลหะด้วยพิมพ์               | 300             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ทำแบบจำลอง                      | 500             | 22               | 80             |                           |
| <b>อุตสาหกรรมเพชร พลอย</b>             |                 |                  |                |                           |
| พื้นที่คัดเลือกเพชรพลอย                | 1,500           | 16               | 90             |                           |
| พื้นที่ผลิตตัวเรือนเพชรพลอย            | 1,000           | 16               | 90             |                           |
| พื้นที่ผลิตนาฬิกาด้วยมือ               | 1,500           | 16               | 80             |                           |
| พื้นที่ผลิตนาฬิกาด้วยเครื่องจักร       | 500             | 19               | 80             |                           |
| <b>อุตสาหกรรมซัก อบ รีด</b>            |                 |                  |                |                           |
| พื้นที่ขนถ่าย คัดเลือกสินค้า           | 300             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ซักแห้ง                         | 300             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ซัก อบ รีด                      | 300             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ตรวจเช็ค ซ่อมแซม                | 750             | 19               | 80             |                           |
| <b>อุตสาหกรรมเครื่องหนัง</b>           |                 |                  |                |                           |
| พื้นที่ขนถ่ายวัตถุดิบ                  | 200             | 25               | 40             |                           |
| พื้นที่ลอกขัดหนัง                      | 300             | 25               | 80             |                           |
| พื้นที่ตัดแต่ง เย็บ ขัดเงา เครื่องหนัง | 500             | 22               | 80             |                           |
| พื้นที่คัดเลือกชิ้นส่วน                | 500             | 22               | 80             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K |
| พื้นที่ซ่อมสีหนัง                      | 500             | 22               | 80             |                           |
| พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพ                   | 1,000           | 19               | 80             |                           |
| พื้นที่ตรวจสอบสี                       | 1,000           | 16               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K |
| พื้นที่ประกอบเครื่องหนัง               | 500             | 22               | 80             |                           |

## ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                                  | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                             |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------------------------------------|
| <b>อุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ</b>                                 |                 |                  |                |                                                      |
| Open die forging                                            | 200             | 25               | 60             |                                                      |
| Drop forging welding cold forming                           | 300             | 25               | 60             |                                                      |
| งานเครื่องจักรที่ไม่ต้องการความละเอียด ค่าผิดพลาด > 0-1 มม. | 300             | 22               | 60             |                                                      |
| งานเครื่องจักรที่ต้องการความละเอียด ค่าผิดพลาด ≤ 0-1 มม.    | 500             | 19               | 60             |                                                      |
| พื้นที่ตรวจสอบ                                              | 750             | 19               | 60             |                                                      |
| พื้นที่ ริด ดึงสด ท่อ                                       | 300             | 25               | 60             |                                                      |
| พื้นที่ทำงานโลหะหนา > 5 มม.                                 | 200             | 25               | 60             |                                                      |
| พื้นที่ทำงานโลหะบาง ≤ 5 มม.                                 | 300             | 22               | 60             |                                                      |
| พื้นที่ทำงานสร้างแบบ พิมพ์ตัดเจาะ                           | 750             | 19               | 60             |                                                      |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดใหญ่                               | 200             | 25               | 80             |                                                      |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดกลาง                               | 300             | 25               | 80             |                                                      |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก                               | 500             | 22               | 80             |                                                      |
| พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก และ                           | 750             | 19               | 80             |                                                      |
| รายละเอียดมาก                                               |                 |                  |                |                                                      |
| พื้นที่ชุบสังกะสี                                           | 300             | 25               | 80             |                                                      |
| พื้นที่ตกแต่งพื้นผิว เคลือบสี                               | 750             | 25               | 80             |                                                      |
| พื้นที่สร้างพิมพ์ปั๊ม ตัดเจาะสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็ก      | 1,000           | 19               | 80             | ป้องกันผลปรากฏการณ์<br>สโกโบสโกปิก<br>(Stroboscopic) |
| <b>อุตสาหกรรมกระดาษ</b>                                     |                 |                  |                |                                                      |
| พื้นที่ปั่นเยื่อกระดาษ                                      | 200             | 25               | 80             |                                                      |
| พื้นที่ผลิตกระดาษ                                           | 300             | 25               | 80             |                                                      |
| พื้นที่เข้าเล่ม เข้าปกทั่วไป                                | 500             | 22               | 60             |                                                      |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม             | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                  |
|----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------------------------|
| <b>อุตสาหกรรมการพิมพ์</b>              |                 |                  |                |                                           |
| พื้นที่ทั่วไป เช่น ตัดเคลือบ ปั้นนูนบน | 500             | 19               | 80             |                                           |
| <b>กระดาษ</b>                          |                 |                  |                |                                           |
| พื้นที่แท่นพิมพ์                       | 500             | 19               | 80             |                                           |
| พื้นที่ตกแต่งงานพิมพ์                  | 1,000           | 19               | 80             |                                           |
| พื้นที่ตรวจสอบสี                       | 1,500           | 16               | 80             |                                           |
| พื้นที่ตกแต่งเพลท                      | 2,000           | 16               | 80             |                                           |
| <b>อุตสาหกรรมหลอมเหล็ก</b>             |                 |                  |                |                                           |
| พื้นที่ที่ไม่มีการสัญจรไปมา            | 50              | 28               | 20             | สีทางด้านความปลอดภัย<br>ควรมองเห็นเด่นชัด |
| พื้นที่ที่มีการสัญจรไปมาไม่บ่อยนัก     | 150             | 28               | 40             |                                           |
| พื้นที่ที่มีการสัญจรไปมาตลอดเวลา       | 200             | 25               | 80             |                                           |
| พื้นที่เก็บ SLAB                       | 50              | 28               | 20             | สีทางด้านความปลอดภัย<br>ควรมองเห็นเด่นชัด |
| พื้นที่เตาหลอม                         | 200             | 25               | 20             |                                           |
| พื้นที่ขนถ่าย ตัด รีด เหล็ก            | 300             | 25               | 40             |                                           |
| พื้นที่หรีอ แท่นควบคุมการผลิต          | 300             | 22               | 80             |                                           |
| พื้นที่ทดสอบควบคุมคุณภาพ               | 500             | 22               | 80             |                                           |
| อุโมงค์ขนส่ง                           | 50              | 28               | 20             | สีทางด้านความปลอดภัย<br>ควรมองเห็นเด่นชัด |
| <b>อุตสาหกรรมทอผ้า</b>                 |                 |                  |                |                                           |
| พื้นที่ทั่วไป                          | 200             | 25               | 60             |                                           |
| พื้นที่แต่ง ซัก รีด ค้างผ้า            | 300             | 22               | 80             |                                           |
| พื้นที่ปั่นด้าย ทอผ้า ถักผ้า           | 500             | 22               | 80             |                                           |
| พื้นที่เย็บ ถัก ปักละเอียด             | 750             | 22               | 90             |                                           |
| พื้นที่ออกแบบลวดลาย                    | 750             | 22               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K                 |
| พื้นที่ซ่อมผ้า                         | 500             | 22               | 80             |                                           |

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม            | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                   |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------------------|
| พื้นที่อบแห้ง                         | 100             | 28               | 60             |                            |
| พื้นที่พิมพ์ผ้าด้วยเครื่องจักร        | 500             | 25               | 80             |                            |
| พื้นที่พับ แต่งขอบผ้า                 | 1,000           | 19               | 80             |                            |
| พื้นที่ตรวจสอบสี คุณภาพผ้า            | 1,000           | 16               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K  |
| พื้นที่ซ่อมแซมผ้าพื้นที่ตัดเย็บทั่วไป | 500             | 22               | 80             |                            |
| พื้นที่ซ่อมแซมผ้า                     | 1,500           | 19               | 90             | อุณหภูมิสีอย่างต่ำ 4,000K  |
| <b>อุตสาหกรรมรถยนต์</b>               |                 |                  |                |                            |
| พื้นที่งานตัวถังประกอบรถยนต์          | 500             | 22               | 80             |                            |
| พื้นที่พ่นสี เคลือบสี ชัดเงา          | 750             | 22               | 80             |                            |
| พื้นที่ตกแต่งสี                       | 1,000           | 16               | 90             |                            |
| พื้นที่ผลิตงานได้ท้องรถโดยคน          | 1,000           | 19               | 80             |                            |
| พื้นที่ตรวจเช็คครั้งสุดท้าย           | 1,000           | 19               | 80             |                            |
| <b>สนามบิน</b>                        |                 |                  |                |                            |
| พื้นที่สำหรับผู้โดยสารขาเข้า ขาออก    | 200             | 22               | 80             |                            |
| พื้นที่รับกระเป๋าเดินทาง บนไคเลื่อน   |                 |                  |                |                            |
| พื้นที่ทั่วไป                         |                 |                  |                |                            |
| เกาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์ติดต่อ         | 200             | 22               | 80             | สำหรับพื้นที่จอคอมพิวเตอร์ |
| สอบถาม ตรวจเช็คบัตรโดยสาร             |                 |                  |                | ให้ดู TIEA-GD 002          |
| ตรวจหนังสือเดินทาง จุดตรวจผ่าน        |                 |                  |                |                            |
| <b>ศุลกากร</b>                        |                 |                  |                |                            |
| พื้นที่นั่งรอ                         | 200             | 22               | 80             |                            |
| ห้องเก็บกระเป๋าเดินทาง                | 200             | 28               | 80             |                            |
| พื้นที่ควบคุมของเจ้าหน้าที่รักษาความ  | 300             | 19               | 80             | สำหรับพื้นที่จอคอมพิวเตอร์ |
| ปลอดภัย                               |                 |                  |                | ให้ดู TIEA-GD 002          |

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

| ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม                                                           | $\bar{E}_m$ Lux | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | หมายเหตุ                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| หอคอยควบคุมจราจรทางอากาศ (ต่อ)                                                       | 500             | 16               | 80             | 1.ระบบการส่องสว่างควรจะ<br>สามารถควบคุมปรับหรี่ได้<br>2. สำหรับพื้นที่จอคอม<br>พิวเตอร์ให้ดู TIEA-GD 002<br>3. หลีกเลี่ยงแสงบาดตาจาก<br>แสงแดด |
| พื้นที่ทดสอบตรวจซ่อมอากาศยาน                                                         | 500             | 22               | 80             |                                                                                                                                                |
| ทดสอบเครื่องยนต์ เครื่องวัดสำหรับ<br>อากาศยาน พื้นที่ขนาขาลาสถานี<br>สำหรับผู้โดยสาร |                 |                  |                |                                                                                                                                                |
| ชั้นรถไฟฟ้า (ใต้ดิน)                                                                 | 50              | 28               | 40             |                                                                                                                                                |
| พื้นที่ขายตั๋วโดยสาร                                                                 | 300             | 19               | 80             |                                                                                                                                                |
| พื้นที่นั่งรอ                                                                        | 200             | 22               | 80             |                                                                                                                                                |
| วัด โบสถ์                                                                            |                 |                  |                |                                                                                                                                                |
| พื้นที่โดยรอบ                                                                        | 100             | 25               | 80             |                                                                                                                                                |
| ที่นั่ง แท่นบูชา แท่นยืน นั่งเทศน์                                                   | 300             | 22               | 80             |                                                                                                                                                |
| การส่องเน้น (พระพุทธรูป)                                                             | 750             | -                | 90             | ประมาณ 3 เท่าของสว่าง<br>รอบข้าง                                                                                                               |

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (2545)

### นิยาม (Definitions)

ความหมายของสัญลักษณ์อักษรที่ปรากฏในตารางค่าระดับความส่องสว่าง ทางสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

1.  $\bar{E}_m$  : Maintained Illuminate หมายถึง ระดับความส่องสว่าง (โดยเฉลี่ย) ที่วัดได้และต้องคงไว้ ณ พื้นที่หรือจุดทำงาน (Task Area) มีหน่วยเป็น Lux
2.  $UGR_L$  : Limiting Unified Glare Rating หมายถึง ค่าระดับความไม่สบายตาจากแสงสว่าง ( $UGR$  : Unified Glare Rating) ที่ยอมได้สูงสุดเมื่อติดตั้งระบบแสงสว่างเสร็จแล้ว ณ พื้นที่หรือจุดทำงาน
3.  $R_{a(min)}$  : Minimum Colour Rendering Index หมายถึง ดัชนีความถูกต้องของสี ( $R_a$  : Colour Rendering Index) หรือความเหมือนจริงของสีของวัตถุชิ้นต่ำสุด เมื่อมองเห็นขณะที่แสงจากระบบแสงสว่าง ณ พื้นที่ หรือจุดทำงานกระทบผิววัตถุ

## ตารางผนวกที่ ๓๒ การระบายอากาศในกรณีที่มีการปรับภาวะอากาศ

| ลำดับ | สถานที่                                                    | ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง                                   | ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง                   |
|-------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|       |                                                            | ต่อตารางเมตร<br>(m <sup>3</sup> /hr per m <sup>2</sup> ) | ต่อตารางเมตร<br>(CFM / m <sup>2</sup> ) |
| 1.    | ห้างสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)                           | 2                                                        | 1.2                                     |
| 2.    | โรงงาน                                                     | 2                                                        | 1.2                                     |
| 3.    | สำนักงาน                                                   | 2                                                        | 1.2                                     |
| 4.    | สถานอาบ อบ นวด                                             | 2                                                        | 1.2                                     |
| 5.    | ชั้นติดต่อระหว่างอาคาร                                     | 2                                                        | 1.2                                     |
| 6.    | ห้องพักในโรงแรมหรือ อาคารชุด                               | 2                                                        | 1.2                                     |
| 7.    | ห้องปฏิบัติการ                                             | 2                                                        | 1.2                                     |
| 8.    | ร้านตัดผม                                                  | 3                                                        | 1.8                                     |
| 9.    | สถานโบว์ลิ่ง                                               | 4                                                        | 2.4                                     |
| 10.   | โรงมหรสพ (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)                         | 4                                                        | 2.4                                     |
| 11.   | ห้องเรียน                                                  | 4                                                        | 2.4                                     |
| 12.   | สถานบริหารร่างกาย                                          | 5                                                        | 3.0                                     |
| 13.   | ร้านเสริมสวย                                               | 5                                                        | 3.0                                     |
| 14.   | ห้องประชุม                                                 | 6                                                        | 3.6                                     |
| 15.   | ห้องน้ำ ห้องส้วม                                           | 10                                                       | 5.9 <sup>1/</sup>                       |
| 16.   | สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (ห้อง<br>รับประทานอาหาร) | 10                                                       | 5.9                                     |
| 17.   | ไนต์คลับ บาร์ หรือ สถานลีลาศ                               | 10                                                       | 5.9                                     |
| 18.   | ห้องครัว                                                   | 30                                                       | 17.7 <sup>2/</sup>                      |
| 19.   | โรงพยาบาล                                                  |                                                          |                                         |
|       | - ห้องคนไข้                                                | 2                                                        | 1.2                                     |
|       | - ห้องผ่าตัดและห้องคลอด                                    | 8                                                        | 4.8                                     |
|       | - ห้อง ไอ.ซี.ยู.                                           | 8                                                        | 3.0                                     |

<sup>1/</sup> ไม่น้อยกว่า 50 CFM ต่อห้อง

<sup>2/</sup> ไม่น้อยกว่า 100 CFM

ที่มา: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2548)



## 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 ให้ใช้มาตรฐานระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงในบริเวณที่มีคนอยู่หรืออาศัยอยู่

(๒) การตรวจวัดค่าระดับเสียงเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง ให้ใช้มาตรฐานระดับเสียงตรวจวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ๒๔ ชั่วโมงใดๆ

(๓) การตั้งไมโครโฟนของมาตรฐานระดับเสียงที่บริเวณภายนอกอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า ๑.๒๐ เมตร โดยในรัศมี ๓.๕๐ เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่

(๔) การตั้งไมโครโฟนของมาตรฐานระดับเสียงที่บริเวณภายในอาคารให้ตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า ๑.๒๐ เมตร โดยในรัศมี ๑.๐๐ เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงสิ่งอื่นใดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงกีดขวางอยู่และต้องห่างจากช่องหน้าต่างหรือช่องทางที่เปิดออกนอกอาคารอย่างน้อย 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 ญ  
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงห้องเรียน

## 1. ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงห้องเรียนขนาดเล็ก (8605)

### 1.1 ระบบไฟฟ้า

ตารางผนวกที่ ๑๑ แสดงราคาการปรับปรุงระบบแสงสว่างห้องเรียนขนาดเล็ก 8605

| <b>Project : งานปรับปรุงระบบแสงสว่างห้องเรียนขนาดเล็ก 8605</b> |                                      |     |      |          |               |       |              |               |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----|------|----------|---------------|-------|--------------|---------------|
| <b>System : Electrical</b>                                     |                                      |     |      |          |               |       |              |               |
| No.                                                            | Description                          | QTY | Unit | Material |               | Labor |              | Total         |
|                                                                |                                      |     |      | Unit     | Total         | Unit  | Total        | Amount        |
| 1                                                              | โคมไฟรุ่น RST300/136<br>PM-5A SMI/MI | 4   | โคม  | 1,835    | 7,340         |       |              | 7,340         |
| 2                                                              | ค่าดำเนินการ                         | 4   | Job  |          |               | 500   | 2,000        | 2,000         |
| 3                                                              | Fitting (30%)                        | 1   | lot  |          | 2,202         |       |              | 2,202         |
| <b>Total 1 - 3</b>                                             |                                      |     |      |          | <b>9,542</b>  |       | <b>2,000</b> | <b>11,542</b> |
| Overhead & Profit (15%)                                        |                                      |     |      |          | 1,431         |       | 300          | 1,731         |
| <b>Grand Total</b>                                             |                                      |     |      |          | <b>10,973</b> |       | <b>2,300</b> | <b>13,273</b> |

หมายเหตุ อ้างอิงราคา ตามราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม  
ไม่รวมค่าขนส่ง) เดือน กุมภาพันธ์ ปี 2553

## 1.2 ระบบเสียงสะท้อนในห้องเรียน

### 1.2.1 ทำการเพิ่มเติมฝ้าเพดาน และลดจำนวนเก้าอี้ในห้องเรียน

ตารางผนวกที่ ๒ แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดเล็ก 8605 ลดจำนวนที่นั่ง

| <b>Project : งานปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดเล็ก 8605</b> |                                           |     |                |          |               |        |              |               |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|----------------|----------|---------------|--------|--------------|---------------|
| <b>System : Sound System</b>                                      |                                           |     |                |          |               |        |              |               |
| No.                                                               | Description                               | QTY | Unit           | Material |               | Labour |              | Total         |
|                                                                   |                                           |     |                | Unit     | Total         | Unit   | Total        | Amount        |
| 1                                                                 | ไม้อัดหนา 20 มม. 4x8 ฟุต<br>(32 ตารางฟุต) | 7   | แผ่น           | 1,870    | 13,090        |        |              | 13,090        |
| 2                                                                 | ค่าดำเนินการ                              | 61  | m <sup>2</sup> |          |               | 69     | 4,209        | 4,209         |
| 3                                                                 | วัสดุสิ้นเปลือง 15%                       | 1   | lot            |          | 1,964         |        |              | 1,964         |
| <b>Total 1 - 3</b>                                                |                                           |     |                |          | <b>15,054</b> |        | <b>4,209</b> | <b>19,263</b> |
| Overhead & Profit (15%)                                           |                                           |     |                |          | 2,258         |        | 631          | 2,889         |
| <b>Grand Total</b>                                                |                                           |     |                |          | <b>17,312</b> |        | <b>4,840</b> | <b>22,152</b> |

หมายเหตุ อ้างอิงราคา ตามราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร ( ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) เดือน กุมภาพันธ์ ปี 2553

### 1.2.2 ทำการเปลี่ยนเก้าอี้เรียน โดยไม่ปรับลดจำนวนเก้าอี้เรียน

ตารางผนวกที่ ๓ แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดเล็ก 8605 ไม่ลดจำนวนที่นั่ง

| <b>Project</b> : งานปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดเล็ก 8605                  |                                               |     |      |          |               |          |       |               |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|------|----------|---------------|----------|-------|---------------|
| <b>System</b> : Sound System                                                       |                                               |     |      |          |               |          |       |               |
| No.                                                                                | Description                                   | QTY | Unit | Material |               | Labour   |       | Total         |
|                                                                                    |                                               |     |      | Unit     | Total         | Unit     | Total | Amount        |
| 1                                                                                  | เก้าอี้เรียน Fabric<br>รุ่น CF-700FWM(Fabric) | 40  | ตัว  | 1,900    | 76,000        |          |       | 76,000        |
|  |                                               |     |      |          |               |          |       |               |
| <b>Total 1</b>                                                                     |                                               |     |      |          | <b>76,000</b> | <b>0</b> |       | <b>76,000</b> |
| Overhead & Profit (15%)                                                            |                                               |     |      |          | 11,400        | 0        |       | 11,400        |
| <b>Grand Total</b>                                                                 |                                               |     |      |          | <b>87,400</b> | <b>0</b> |       | <b>87,400</b> |

หมายเหตุ อ้างอิงราคา ตามบริษัท เกษมศิริเฟอร์นิเจอร์ จำกัด (www.KSSFurniture.com) 48/5-6  
ถนนกาญจนาภิเษก ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130

## 2. ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงห้องเรียนขนาดกลาง (0404)

### 2.1 ระบบเสียงสะท้อนในห้องเรียน

#### 2.1.1 ทำการเพิ่มเติมบุผนังยิปซัมบอร์ด และลดจำนวนเก้าอี้ในห้องเรียน

ตารางผนวกที่ ๔ แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดกลาง 0404 ลดจำนวนที่นั่ง

| <b>Project : งานปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดกลาง 0404</b> |                                                            |     |                |          |               |       |              |               |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----|----------------|----------|---------------|-------|--------------|---------------|
| <b>System : Sound System</b>                                      |                                                            |     |                |          |               |       |              |               |
| No.                                                               | Description                                                | QTY | Unit           | Material |               | Labor |              | Total Amount  |
|                                                                   |                                                            |     |                | Unit     | Total         | Unit  | Total        |               |
| 1                                                                 | ยิปซัมบอร์ด 20 มม. 120x240 เซนติเมตร(2.88 m <sup>2</sup> ) | 30  | แผ่น           | 500      | 15,000        |       |              | 15,000        |
| 2                                                                 | ค่าดำเนินการ                                               | 84  | m <sup>2</sup> |          |               | 84    | 7,056        | 7,056         |
| 3                                                                 | วัสดุสิ้นเปลือง 15%                                        | 1   | lot            |          | 2,250         |       |              | 2,250         |
| <b>Total 1 - 3</b>                                                |                                                            |     |                |          | <b>17,250</b> |       | <b>7,056</b> | <b>24,306</b> |
| Overhead & Profit (15%)                                           |                                                            |     |                |          | 2,588         |       | 1,058        | 3,646         |
| <b>Grand Total</b>                                                |                                                            |     |                |          | <b>19,838</b> |       | <b>8,114</b> | <b>27,952</b> |

หมายเหตุ อ้างอิงราคา ตามราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร ( ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) เดือน กุมภาพันธ์ ปี 2553

### 2.1.2 ทำการเปลี่ยนเก้าอี้เรียน โดยไม่ปรับลดจำนวนเก้าอี้เรียน

ตารางผนวกที่ ๕ แสดงราคาการปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดกลาง 0404 ไม่ลด  
จำนวนที่นั่ง

| <b>Project : งานปรับปรุงระบบเสียงสะท้อนห้องเรียนขนาดกลาง 0404</b>                  |                                               |     |      |          |                |          |       |                |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|------|----------|----------------|----------|-------|----------------|
| <b>System : Sound System</b>                                                       |                                               |     |      |          |                |          |       |                |
| No.                                                                                | Description                                   | QTY | Unit | Material |                | Labour   |       | Total          |
|                                                                                    |                                               |     |      | Unit     | Total          | Unit     | Total | Amount         |
| 1                                                                                  | เก้าอี้เรียน Fabric<br>รุ่น CF-700FWM(Fabric) | 80  | ตัว  | 1,900    | 40,000         |          |       | 152,000        |
|  |                                               |     |      |          |                |          |       |                |
| <b>Total 1</b>                                                                     |                                               |     |      |          | <b>46,000</b>  | <b>0</b> |       | <b>152,000</b> |
| Overhead & Profit (15%)                                                            |                                               |     |      |          | 22,800         | 0        |       | 22,800         |
| <b>Grand Total</b>                                                                 |                                               |     |      |          | <b>174,800</b> | <b>0</b> |       | <b>174,800</b> |

หมายเหตุ อ้างอิงราคา ตามบริษัท เกษมศิริเฟอร์นิเจอร์ จำกัด (www.KSSFurniture.com) 48/5-6  
ถนนกาญจนาภิเษก ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130

### 3. ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงห้องเรียนขนาดใหญ่ (0803)

#### 3.1 ระบบระบายอากาศในห้องเรียน

ตารางผนวกที่ ๖ แสดงราคาการปรับปรุงระบบระบายอากาศห้องเรียนขนาดใหญ่ 0803

| <b>Project : งานปรับปรุงระบบระบายอากาศห้องเรียนขนาดใหญ่ 0803</b> |                                                         |     |      |          |              |              |       |              |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----|------|----------|--------------|--------------|-------|--------------|
| <b>System : Ventilation</b>                                      |                                                         |     |      |          |              |              |       |              |
| No.                                                              | Description                                             | QTY | Unit | Material |              | Labour       |       | Total        |
|                                                                  |                                                         |     |      | Unit     | Total        | Unit         | Total | Amount       |
| 1                                                                | พัดลมระบายอากาศ Panasonic รุ่น FV25 RUT1 ใบพัด 9.4 นิ้ว | 1   | ตัว  | 1,175    | 1,175        |              |       | 1,175        |
| 2                                                                | ค่าดำเนินการ                                            | 1   | Job  |          |              | 1,000        | 1,000 | 1,000        |
| 3                                                                | ค่าอะไหล่                                               | 1   | Job  |          |              | 1,000        | 1,000 | 1,000        |
| <b>Total 1 - 3</b>                                               |                                                         |     |      |          | <b>1,175</b> | <b>2,000</b> |       | <b>3,175</b> |
| Overhead & Profit (15%)                                          |                                                         |     |      |          | 176          |              | 300   | 476          |
| <b>Grand Total</b>                                               |                                                         |     |      |          | <b>1,351</b> | <b>2,300</b> |       | <b>3,651</b> |

หมายเหตุ อ้างอิงราคา ตามราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร ( ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) เดือน กุมภาพันธ์ ปี 2553

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                                |                                                   |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| ชื่อ                           | นางสาวรุจิพรรณ โกศลกาญจน์                         |
| เกิดวันที่                     | 14 สิงหาคม 2523                                   |
| สถานที่เกิด                    | จังหวัดยะลา                                       |
| ประวัติการศึกษา                | ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต<br>(วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม) |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน   | เจ้าหน้าที่ระบบเครื่องกล 2                        |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน           | บริษัทเดอะมอลล์ กรุ๊ป จำกัด                       |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | -                                                 |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ           | -                                                 |