การวิเคราะห์ทางเลือกในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

A COMPARING ALTERNATIVES OF SAVING ENERGY BY IMPROVING LIGHTENING EQUIPMENT IN ENGINEER BUILDING

นายสุภกิจ โฆษิตานนท์ รหัส 49362307

นายพัฒนะพงศ์ พรมนาม รหัส 49363298

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 7 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 1906300
เลขเรียกหนังสือ ว.ร. ส833ก 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การวิเคราะห์ทางเลือกในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายสุภกิจ โฆษิตานนท์ รหัส 49362307

นายพัฒนะพงศ์ พรมนาม รหัส 49363298

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง

ที่ปรึกษาร่วมโครงการ อาจารย์ประเทือง โมรารายย

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฎา สิมารักษ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์อาภาภรณ์ จันทร์ปิรักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์ทางเลือกในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสุภกิจ โฆษิตานนท์ รหัส 49362307
	นายพัฒนะพงศ์ พรมนาม รหัส 49363298
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง
	อาจารย์ประเทือง โมรารายย
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษา เพื่อวิเคราะห์ทางเลือกในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นอาคาร 6 ชั้น โดยการวิเคราะห์และเลือกอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพมากกว่ามาใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน

จากผลการวิจัยพบว่า การนำโคมไฟแบบสะท้อนแสง และหลอดไฟ Superlux มาใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน สามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 58,573.11 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 143398.7 บาทต่อปี และมีระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 4.28 ปี

การนำบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำ มาใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน สามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 17,829.10 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 43,649.21 บาทต่อปี และมีระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 10.69 ปี

การนำโคมไฟแบบสะท้อนแสง หลอดไฟ Superlux และบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำ มาใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน สามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 68,662 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 168,098.63 บาทต่อปี และมีระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 5.24 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงขึ้นได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจากอาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยงและอาจารย์ประเทือง โมรารายอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและความคิดเห็นต่างๆ ในการทำโครงงานมาโดยตลอดและยังช่วยให้แนวทางในการทดลองที่ถูกต้อง

นอกจากนี้ยังมีพนักงานในฝ่ายอาคารและสถานที่ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูลที่จำเป็นในงานวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยในการทำโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายสุภกิจ โฆษิตานนท์
นายพัฒนะพงศ์ พรมนาม
มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญรูป ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (OUTPUT) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (OUTCOME) 2

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 3

1.8 แผนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 4

2.1 การประหยัดพลังงานระบบแสงสว่างในอาคาร 4

2.3 โคมไฟฟ้าสะท้อนแสง 7

2.4 หลอดไฟฟ้า 15

2.5 บัลลาสต์ 19

2.6 ค่าแฟคเตอร์ความสูญเสียแสง 22

2.7 การคำนวณค่าค่าความส่องสว่างรวมทั้งหมดของห้อง 23

2.8 เครื่องมือในการประเมินโครงการ 23

2.9 อัตราค่าไฟฟ้า 25

2.10 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่าง 26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน	29
3.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล	29
3.2 การออกแบบการทดลอง	29
3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	36
3.4 การคำนวณค่าความสว่างรวมทั้งห้อง	39
3.5 การออกแบบทางเลือกในการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียน	40
3.6 การการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	40
3.7 การออกแบบโปรแกรมการประเมินโครงการบนโปรแกรม MS Excel	40
3.8 จัดทำรายงาน	40
3.9 สรุปผล	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	41
4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	41
4.2 ผลการทดลอง	48
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	71
4.4 การคำนวณค่าความส่องสว่างทั่วทั้งห้อง	72
4.5 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียน	75
4.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	89
4.7 การออกแบบโปรแกรมการประเมินโครงการบนโปรแกรม MS Excel	96
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	102
5.1 สรุปผลการทดลอง	102
5.2 ข้อเสนอแนะ	103
เอกสารอ้างอิง	104
ภาคผนวก	105

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนดำเนินการ	3
2.1 ตารางแสดงระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอย่างต่ำสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร	7
2.2 ตารางแสดงค่าประสิทธิผลของหลอดชนิดต่างๆ	18
2.3 คุณสมบัติโดยประมาณของหลอดชนิดต่างๆ	19
2.4 ความสูญเสียของบัลลาสต์ชนิดต่างๆ	22
2.5 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	26
3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง	34
3.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของความสว่าง ของการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง	35
4.1 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นที่ 1	42
4.2 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นที่ 2	43
4.3 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นที่ 3	44
4.4 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นที่ 4	45
4.5 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นที่ 5	46
4.6 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นที่ 6	47
4.7 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 1	48
4.8 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 2	50
4.9 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 3	53
4.10 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 4	56
4.11 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 5	59
4.12 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 6	62
4.13 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 7	65
4.14 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 8	68
4.15 สรุปการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของแสง	71
4.16 สรุปการวิเคราะห์ผลการทดลอง	73
4.17 แสดงผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ	75
4.18 แสดงผลการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ความสูญเสียต่ำเพื่อการประหยัดพลังงาน	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ภายในห้องอาคารเรียน	84
4.20 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการปรับปรุงอุปกรณ์	89
4.21 ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้งในการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ	89
4.22 ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้งในการปรับปรุงบัลลาสต์	90
4.23 ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้งในการปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์	90
4.24 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการประเมินโครงการ	91
4.25 สรุปค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการปรับปรุง	95
4.26 สรุปการประเมินโครงการ	95

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โคมไฟแบ่งตามชนิดของหลอดไฟฟ้า	8
2.2 โคมไฟแบ่งตามลักษณะการติดตั้ง	9
2.3 ลักษณะการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตร	11
2.4 การจัดวางโคมทำให้มีความรู้สึกว่าห้องกว้างขึ้นหรือยาวขึ้นได้	12
2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization) :CU	13
2.6 ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (LDD)	14
2.7 แสดงหลอดอินแคนเดสเซนต์ประเภทต่างๆ	16
2.8 หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์	17
2.9 แสดงหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ประเภทต่างๆ	18
2.10 แสดงบัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้า	20
2.11 แสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	21
2.12 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุตแคนเดิลและลักซ์	27
2.13 แสดงการรวมแสงในพื้นที่ที่แสงทับซ้อนกัน	28
3.1 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 1	30
3.2 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 2	30
3.3 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 3	30
3.4 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 4	31
3.5 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 5	31
3.6 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 6	31
3.7 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 7	32
3.8 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ 8	32
3.9 ตำแหน่งในการวัดความเข้มของแสงของการทดลอง	33
3.10 ระยะในการวัดความเข้มแสงของการทดลอง	34
3.11 แสดงการหาความเข้มของ ณ จุดแสง Z- Y ของระนาบ C_0	36
3.12 แสดงการหาความเข้มของ ณ จุดแสง Z- X ของระนาบ C_1	36
3.13 แสดงการหาความเข้มของ ณ จุดแสง Z- Y ของระนาบ C_0 และZ-X ระนาบ C_1	37
3.14 แสดงระยะในการวางโคมไฟในระนาบ C_1	38

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.15 แสดงระยะในการวางโคมไฟในระนาบ C_0	38
4.1 โคมไฟภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์	41
4.2 แผนผังอาคาร ชั้นที่ 1	42
4.3 แผนผังอาคาร ชั้นที่ 2	43
4.4 แผนผังอาคาร ชั้นที่ 3	44
4.5 แผนผังอาคาร ชั้นที่ 4	45
4.6 แผนผังอาคาร ชั้นที่ 5	46
4.7 แผนผังอาคาร ชั้นที่ 6	47
4.8 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ที่ระยะ 2.5 เมตร ของการทดลองที่ 1	49
4.9 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ที่ระยะ 2.0 เมตร ของการทดลองที่ 1	49
4.10 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 2	51
4.11 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 2	52
4.12 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0ของการทดลองที่ 3	54
4.13 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 3	55
4.14 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 4	57
4.15 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 4	58
4.16 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 5	60
4.17 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 5	61
4.18 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 6	63
4.19 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 6	64
4.20 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 7	66
4.21 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 7	67
4.22 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 8	69
4.23 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 8	70
4.24 แสดงหน้าแรกของโปรแกรมการประเมินโครงการ	96
4.25 แสดงการกรอกข้อมูลในหน้า Interface	97
4.26 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมการประเมินโครงการ	97

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.27 แสดงราคาโคมไฟและหลอดไฟ	98
4.28 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม	99
4.29 แสดงราคาการปรับปรุงบัลลาสต์	99
4.30 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมการประเมินโครงการ	100
4.31 แสดงราคาโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์	101
4.32 แสดงการประเมินโครงการ	101

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการ และเหตุผล

การเลือกใช้และติดตั้งอุปกรณ์โคมไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า และ บัลลาสต์ สำหรับระบบแสงสว่างในอาคารอย่างไม่ระมัดระวัง ก็จะส่งผลให้เกิดการใช้กำลังไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่เกินจากที่กำหนดไว้ ดังนั้นเราจึงควรเลือกใช้อุปกรณ์ระบบแสงสว่างที่มีความเหมาะสมและประหยัดพลังงานเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานสูงสุด ดังนั้นจึงควรพิจารณา

1.1.1 การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ในการเลือกชนิดหลอดไฟฟ้านั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างประกอบกันเพื่อให้ได้หลอดไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดที่ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นปัจจัยแรกที่ต้องพิจารณา คือ ประเภทการทำงาน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระดับความสว่างความถูกต้องของสี อุณหภูมิของแสง ความสามารถในการหรี่แสง ระยะเวลาอุ่นหลอด ระยะเวลารอจุดซ้ำ นอกจากนี้สภาพสถานที่ก็มีส่วนกำหนด เช่น ความชื้น ความสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ความสูงเพดาน เมื่อตัดหลอดไฟฟ้าที่ไม่อาจใช้งานได้ออก จากนั้นจึงพิจารณาปัจจัยในด้านค่าใช้จ่าย คือ ประสิทธิภาพ อายุใช้งาน และราคา

1.1.2 การเลือกใช้โคมไฟ

ซึ่งหน้าที่ของโคมไฟคืออุปกรณ์ควบคุมบังคับแสงให้ส่องไปในทิศทางที่ต้องการโดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการสะท้อนแสง เช่น เหล็กแผ่นพ่นสีขาวหรืออะลูมิเนียมเงาชุบอโนไดส์ มาทำเป็นแผ่นสะท้อนแสง ช่วยในการบังคับทิศทางการสะท้อนของแสงให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นแต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแผ่นสะท้อนแสงให้มีค่าการสะท้อนแสงสูงมากขึ้น โดยใช้สารเงินเคลือบแผ่นอะลูมิเนียมเป็นแผ่นสะท้อนแสงเงินที่มีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงสูงมากที่สุดในปัจจุบันนี้ เมื่อนำแผ่นสะท้อนแสงเงินดังกล่าวมาใช้เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการควบคุมบังคับแสงให้ส่องไปในทิศทางต่างๆ ซึ่งนิยมใช้ในโคมประเภทให้แสงสว่างทางตรง (Direct Luminaire) พวกโคมตะแกรงอะลูมิเนียมหรือโคมโรงงานมี Reflector จะทำให้ลดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ของหลอดไฟได้เป็นอย่างดี

1.1.3 การเลือกใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ

หากเป็นไปได้ควรเลือกใช้บัลลาสต์ที่มีการสูญเสียต่ำที่สุด คือ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะโคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟ้าหลายหลอด เนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพียง 1 ตัว สามารถใช้กับหลอดไฟฟ้าได้สูงสุด 3 ถึง 4 หลอด และบางรุ่นยังสามารถหรี่แสงได้

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างจะทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารหรือสถานประกอบการลงได้ จึงมีการศึกษาเพื่อหาความความเป็นได้ในการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อวิเคราะห์แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์สามารถลดค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์ภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้มากกว่า 10 %

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านวิศวกรรม

1.5.2 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในช่วงเดือน กรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2552

1.5.3 อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 1, 2, 3, 5 และ 6

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

กรกฎาคม พ.ศ.2552 – พฤษภาคม พ.ศ. 2553

1.8 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนดำเนินการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	ศึกษาและรวบรวมข้อมูล											
2	วิเคราะห์ข้อมูล											
3	วิเคราะห์ทางเลือกในด้านต่างๆ											
4	จัดทำรายงาน											
5	นำเสนอรายงาน											
6	สรุปผล											

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การประหยัดพลังงานระบบแสงสว่างในอาคาร [5]

สถานที่ทำงานต่างๆ โดยมากจะอยู่ในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งจะติดตั้งระบบพลังงานต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการทำงาน เช่น ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง และอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นเจ้าของกิจการผู้ดูแลอาคารตลอดจนผู้ปฏิบัติงานในอาคารนั้นๆ จึงควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในระบบเหล่านี้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างใช้ไฟฟ้าประมาณร้อยละ 25 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

2.1.1 ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1.1 ปิดไฟในเวลาพักเที่ยงหรือเมื่อเลิกใช้งาน

2.1.1.2 ถอดหลอดไฟในบริเวณที่มีความสว่างมากเกินความจำเป็น โดยทั้งนี้ควรถอดบัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์ออกด้วย

2.1.1.3 บำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ ทำการตรวจสอบการทำงาน และความสว่าง ทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 3 – 6 เดือน

2.1.2 ปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

2.1.2.1 เลือกใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ ชนิดไตรฟอสฟอร์ (Super Lux) จะให้แสงสว่างมากกว่าหลอดผอมธรรมดาถึงร้อยละ 30 แต่ใช้ไฟฟ้าเท่าเดิม

2.1.2.2 ใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดไส้

2.1.2.3 ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็ก ทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลงจาก 10 วัตต์ เหลือเพียง 1- 2 วัตต์ นอกจากนี้ยังช่วยยืดอายุการใช้งานของหลอดไฟถึง 2 เท่า

2.1.2.4 ใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูง จะช่วยลดจำนวนหลอดไฟจาก 4 หลอดใน 1 โคม เหลือ 2 หลอดโดยที่ความสว่างยังคงเดิม

2.1.3 ปรับปรุงระบบแสงสว่าง

2.1.3.1 ติดตั้งสวิตช์ให้สะดวกในการเปิด และ ปิด (ควรอยู่ที่ประตูทางเข้าออก) และควรแยกสวิตช์ควบคุมเป็นเฉพาะบริเวณ ไม่ควรมีสวิตช์เดี่ยวควบคุมการเปิด และ ปิดทั้งชั้น

2.1.3.2 ควรติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างให้ใช้เฉพาะที่เท่านั้น

2.1.3.3 ใช้แสงธรรมชาติช่วยในบริเวณที่ทำงานริมหน้าต่าง และระเบียงทางเดิน

2.1.4 ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ

2.1.4.1 ใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด และ ปิดไฟอัตโนมัติ สำหรับห้องที่มีการใช้งานตลอดเวลา เช่น ห้องประชุม และห้องผู้บริหาร เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า

2.1.4.2 ใช้อุปกรณ์ควบคุมการเปิด และ ปิดไฟอัตโนมัติตามเวลา เช่น บริเวณที่ทำงานทางออก และ ห้องน้ำ เพื่อป้องกันการลืมปิดไฟในช่วงพักเที่ยง หรือเมื่อเลิกงาน

2.1.4.3 ใช้อุปกรณ์หรี่แสง เช่น บริเวณที่ทำงานริมหน้าต่าง เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า

2.2 มาตรฐานการให้แสงสว่าง [1]

การให้แสงสว่างที่ดี ควรมีทั้งระบบการให้แสงสว่างหลักและแสงสว่างรองระบบการให้แสงสว่างหลักคือ การออกแบบระบบแสงสว่างให้มีความส่องสว่างเพียงพอตามมาตรฐานเพื่อการใช้งานในแต่ละพื้นที่นั้นๆ ระบบการให้แสงสว่างรอง คือการออกแบบให้มีแสงสว่างให้เกิดความสวยงามหรือเน้นเพื่อให้เกิดความสนใจ สบายตา และ อารมณ์

2.2.1 การส่องสว่างในสำนักงาน

2.2.1.1 สำนักงานทั่วไป มักใช้โคมไฟตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียมห้องหรือบริเวณสำคัญที่ไม่ต้องการแสงบาดตาก็ควรใช้โคมแบบมีตัวกรองแสงขาวขุ่นหรือแบบเกล็ดแก้ว

2.2.1.2 ถ้าปิดเปิดไฟแสงสว่างของหลอดประเภทดิสชาร์จพร้อมๆ กันหลายๆ หลอดด้วยเบรก-เกอร์ ไม่ควรใช้กระแสรวมมากกว่าร้อยละ 50 ของอัตราเบรกเกอร์

2.2.1.3 ฟลูออเรสเซนต์ไม่เหมาะสำหรับเพดานที่สูงเกิน 7 เมตรขึ้นไปเพดานที่สูงควรใช้โคมไฮเบย์ (High Bay) พื้นที่งานที่ต้องการความส่องสว่างสูงมาก 1000 – 2000 ลักซ์ควรให้แสงสว่างจากโคมตั้งโต๊ะหรือใต้ตู้แทนที่จะให้จากโคมที่เพดาน

2.2.2 ความส่องสว่างในโรงเรียน

2.2.2.1 โคมประเภทมีครีบ (Fin Louver) ใช้ในโรงเรียนเพราะให้แสงที่สบายตา

2.2.2.2 ห้องบรรยายควรจัดโคมและสวิตช์ดังนี้

ก. โคมฟลูออเรสเซนต์วางตามทิศทางการมอง

ข. ความส่องสว่างในห้อง 500 ลักซ์ และหน้าเวที 700 ลักซ์

ค. การจัดสวิตช์ให้ปิดเปิดโคมตามแนวยาวและกลุ่มโคมที่หน้าห้องด้วย

2.2.3 ความส่องสว่าง

2.2.3.1 ถ้าเพดานสูงน้อยกว่า 4 เมตร ควรใช้โคมฟลูออเรสเซนต์

2.2.3.2 ถ้าเพดานสูงระหว่าง 4 - 7 เมตร อาจใช้โคมโลเบย์

2.2.3.3 ถ้าเพดานสูงมากกว่า 7 เมตร ควรใช้โคมไฮเบย์

2.2.3.4 การใช้หลอด เมทัลฮาไลท์ขนาดวัตต์ต่างกันในพื้นที่เดียวกัน อาจทำให้มีปัญหาในเรื่องสีของหลอดไม่เหมือนกันจนสังเกตได้

2.2.3.5 การใช้หลอดปรอทความดันสูงอาจมีปัญหาในเรื่องแสงสีน้ำเงินที่ออกมามากในช่วงติดตั้งเริ่มแรกแต่จะจางลงเมื่อติดตั้งไปหลายเดือนแล้ว

2.2.3.6 การใช้หลอดโซเดียมในโรงงานอุตสาหกรรมใช้ในกรณีไม่พิถีพิถันเรื่องสี

2.2.3.7 การให้แสงสว่างแบบทั่วไปเหมาะกับงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้ายเครื่องจักรหรือทำงานตลอดเวลา

2.2.3.8 การให้แสงสว่างแบบทั่วไปเฉพาะบริเวณใช้กับงานที่ไม่มีการเคลื่อนย้าย

2.2.3.9 การให้แสงสว่างเฉพาะที่มักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูง

2.2.3.10 การวางโคมฟลูออเรสเซนต์ให้วางแนวยาวตามทิศทางการมอง

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอย่างต่ำสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร

สถานที่	ความสว่าง (ลักซ์)
บ้าน	
ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องอาหาร	150 - 300
ห้องอ่านหนังสือ ห้องทำงาน	500 - 1,000
โรงเรียน	
โรงพลศึกษา หอประชุม	75 - 300
ห้องเรียน	300 - 500
ห้องสมุด ห้องปฏิบัติการ ห้องเขียนแบบ	750 - 1,500
โรงพยาบาล	
ห้องตรวจโรค	200 - 750
ห้องผ่าตัด	5,000 - 10,000
สำนักงาน	
บันไดฉุกเฉิน	30 - 75
ทางเดินในอาคาร	75 - 200
ห้องประชุม ห้องรับรอง	200 - 750

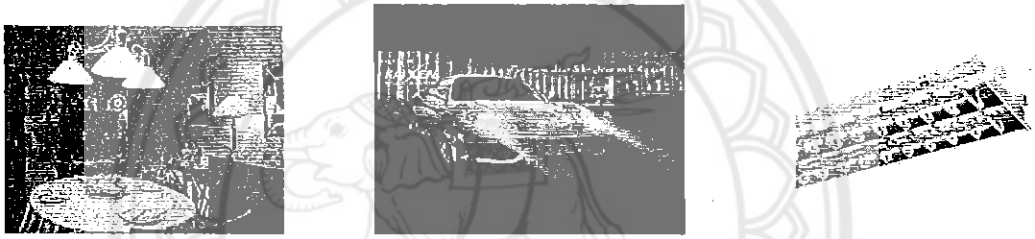
ที่มา : สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

2.3 โคมไฟฟ้าสะท้อนแสง [5]

โคมไฟเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ควบคุมทิศทางแสง เพื่อให้กระจายไปตกบนพื้นที่ทำงานที่เราต้องการนอกจากนี้ยังช่วยป้องกันอันตรายใดๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นกับหลอดไฟฟ้าได้อีกด้วยในการเลือกใช้งานโคมไฟ จึงไม่ควรเลือกโดยคำนึงถึงแต่ความสวยงามเพียงอย่างเดียว ควรต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้งานของโคมไฟนั้นด้วย อีกทั้งต้องทำความสะอาด เพื่อลดค่าความเสื่อมจากโคมสกปรก คุณสมบัติสำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่ ประสิทธิภาพของโคมไฟ คือ อัตราส่วนระหว่างลูเมนรวมที่ออกมาจากโคมไฟต่อ ลูเมนรวมที่ออกมาจากหลอดไฟฟ้าโคมไฟที่มีประสิทธิภาพสูงจะไม่ดูดกลืนหรือกักแสงไว้มากและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับโคมไฟ ได้แก่ แผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลักการทำงานเกิดจากการที่แสงส่วนที่หลอดไฟเกือบทั้งหมดถูก

ถูกสะท้อนกลับลงมาบนพื้นที่ใช้งานด้วยการนำวัสดุที่มีสัมประสิทธิการสะท้อนแสงสูง ในขณะที่โคมไฟฟ้าชนิดที่ไม่มีแผ่นสะท้อนแสงหรือใช้แผ่นสะท้อนแสงคุณภาพต่ำจะดูดกลืนแสงที่อยู่ส่วนบนของหลอดไฟเป็นปริมาณมากกว่า จึงทำให้แสงสะท้อนกลับลงมายังพื้นที่ใช้งานมีปริมาณน้อยลงดังนั้น ในพื้นที่ใช้งานที่ต้องการปริมาณแสงจำนวนหนึ่ง เมื่อใช้โคมสะท้อนแสงชนิดพิเศษนี้แล้วจะใช้หลอดไฟจำนวนน้อยกว่าโคมสะท้อนแสงชนิดอื่นๆ จึงทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน ชนิดของโคมไฟแบ่งออกได้หลายวิธี คือ การแบ่งตามชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ใช้ แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง แบ่งตามลักษณะของการนำไปใช้งานแบ่งตามลักษณะการกระจายแสง แบ่งตามความเสื่อมจากโคมไฟสกปรก ดังต่อไปนี้

2.3.1 แบ่งตามชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ใช้



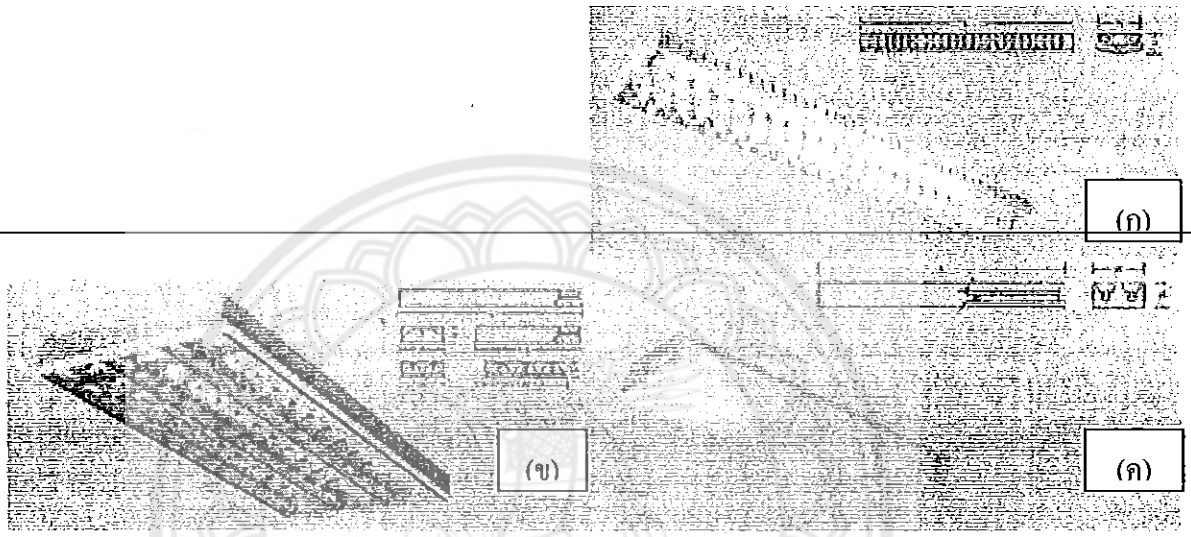
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.1 โคมไฟแบ่งตามชนิดของหลอดไฟฟ้า
(ก) โคมไฟที่ใช้กับหลอดอินแคนเดสเซนต์
(ข) โคมไฟที่ใช้กับหลอด HID
(ค) โคมไฟที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2 แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง

แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ตามลักษณะการติดตั้งของโคมไฟ ได้แก่ โคมไฟแบบห้อยโคมไฟแบบฝังเข้าไปในเพดาน และโคมไฟแบบยึดติดกับเพดาน



รูปที่ 2.2 โคมไฟ แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง
(ก) โคมไฟแบบห้อยโคม
(ข) ไฟแบบฝังเข้าไปในเพดาน
(ค) โคมไฟแบบยึดติดกับเพดาน

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

เช่น โคมไฟสำหรับงานอุตสาหกรรม โคมไฟสำหรับบ้าน โคมไฟประดับ โคมไฟถนน นอกจากนี้ยังมีโคมไฟที่ออกแบบสำหรับงานพิเศษเฉพาะอย่าง เช่น โคมกันระเบิดใช้ในที่อาจติดไฟได้ง่าย โคมกันน้ำกันฝุ่น

2.3.4 แบ่งตามลักษณะการกระจายแสง

2.3.4.1 ชนิดกระจายแสงลง แสงเกือบทั้งหมดจากโคมไฟประเภทนี้ จะกระจายลงสู่เบื้องล่าง (ประมาณร้อยละ 90-ร้อยละ 100) ข้อดีของโคมไฟประเภทนี้ คือ สามารถที่จะควบคุมทิศทางของลำแสงให้ไปตกบนพื้นที่ทำงานที่เราต้องการได้โดยง่าย แต่มีสิ่งที่จะต้องระวังเป็นพิเศษ

คือ ความแตกต่างกันมาก ของความจ้าระหว่าง เพดานผนังกับตัวโคมไฟ ซึ่งแก้ไขได้โดยการทาสีห้อง เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือใช้วัสดุต่างๆ ที่มีค่าสะท้อนแสงสูงเข้าช่วย

2.3.4.2 ชนิดกึ่งกระจายแสงลง โคมไฟประเภทนี้จะกระจายแสงลงสู่เบื้องล่างประมาณ 60-ร้อยละ90 และปล่อยให้แสงกระจายขึ้นสู่เพดานประมาณร้อยละ 10 – ร้อยละ 40 เพื่อลดความแตกต่างของความจ้าระหว่างเพดานและตัวโคมไฟ ข้อเสียของโคมไฟประเภทนี้ และโคมไฟประเภทแรก คือ จะเกิดเงาขึ้นบน พื้นงานได้ง่าย ถ้าระยะห่างระหว่างดวงโคมอยู่ห่างกันมากเกินไป

2.3.4.3 ชนิดกระจายแสงแบบรอบด้าน โคมไฟประเภทนี้ จะกระจายแสงลงสู่เบื้องล่างและขึ้นสู่เพดานในสัดส่วนใกล้เคียงกันคือประมาณร้อยละ 10 - ร้อยละ 40 การควบคุทิศทางของลำแสง ให้ไปตกบนพื้นที่ทำงานที่เราต้องการทำได้ยาก โคมไฟประเภทนี้จึงมีค่าสัมประสิทธ์การใช้ประโยชน์ต่ำกว่าโคมไฟสองประเภทแรก แต่ความจ้าบนพื้นผิวทั้งห้องจะสม่ำเสมอและสบายตา

2.3.4.4 ชนิดกระจายแสงแบบ ขึ้น-ลง โคมไฟประเภทนี้คล้ายกับโคมไฟแบบกระจายแสงรอบด้านทุกประการ ยกเว้นที่จะมีเฉพาะแสงพุ่งลงสู่เบื้องล่างและขึ้นสู่เพดาน

2.3.4.5 ชนิดกึ่งกระจายแสงขึ้น แสงส่วนใหญ่จากโคมไฟประเภทนี้ประมาณร้อยละ 60 – ร้อยละ 90 จะกระจายขึ้นสู่เพดาน แสงส่วนที่เหลือกระจายลงสู่พื้น เพดานจึงทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งกำเนิดแสงแผ่นใหญ่แผ่นหนึ่ง ซึ่งจะสะท้อนแสงลงสู่เบื้องล่าง ฉะนั้นความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดานจะต้องสูงมาก ลักษณะการกระจายแสงเช่นนี้ ความจ้าระหว่างตัวโคมไฟกับเพดานจะไม่แตกต่างกันมากนัก จึงมักใช้โคมไฟชนิดนี้ในเมื่อต้องการลดแสงจ้าแยงตา

2.3.4.6 ชนิดกระจายแสงขึ้น แสงเกือบทั้งหมดจากโคมไฟประเภทนี้ประมาณร้อยละ 90 – ร้อยละ 100 จะกระจายขึ้นสู่เพดานและส่วนบนของผนังแล้วจึงสะท้อนสู่พื้นที่ทำงาน ความจ้าทั่วบริเวณห้องจะสม่ำเสมอจนเกือบเท่ากันหมด ถ้าระยะที่ห้อยโคมไฟจากเพดาน มีค่ามากพอ แต่โคมไฟประเภทนี้ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ต่ำสุด

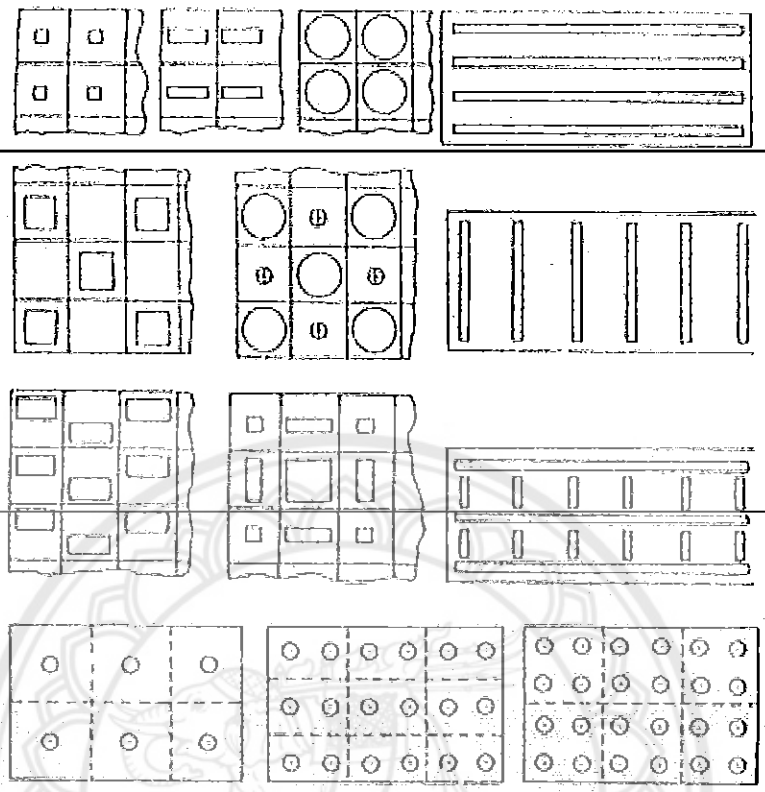
2.3.5 แบ่งตามความเสื่อมจากโคมไฟสกปรก

โคมไฟสามารถจำแนก ตามความยากง่าย ช้าหรือเร็ว ในการสะสมฝุ่นละอองของโคมไฟ โดยจำแนกระดับความสะอาดของสถานที่ติดตั้งโคมไฟออกเป็น 5 ระดับ คือ สะอาดมาก สะอาด ปานกลาง สกปรก และสกปรกมาก

2.3.6 การจัดวางดวงโคม

2.3.6.1 การจัดวางแบบสมมาตร

เป็นการจัดวางโดยพิจารณาถึงความสม่ำเสมอของปริมาณแสงบนพื้นงานเป็นหลัก ซึ่งมักจะเป็นลักษณะสมมาตรลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ดังรูปที่ 2.3

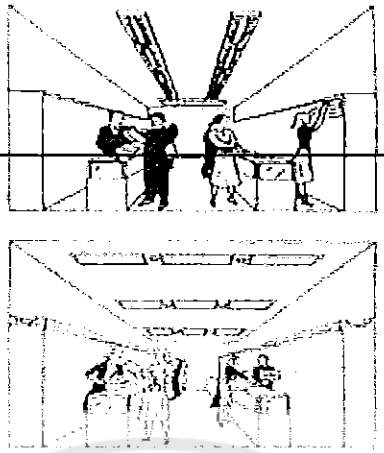


รูปที่ 2.3 ลักษณะการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตร

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การติดตั้งดวงโคมแบบสมมาตรนี้ มักจะทำก่อนที่จะทราบตำแหน่งที่แน่นอน ของโต๊ะทำงาน อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ภายในสำนักงานตลอดจนเฟอร์นิเจอร์หรือตำแหน่งของเครื่องจักร ดังนั้นตำแหน่งของดวงโคม จึงมักถูกกำหนดโดยระยะของความสัมพันธ์ ระหว่างระยะห่างของดวงโคม กับความสูงของดวงโคม และโครงสร้างของฝ้าเพดาน

ภายในบริเวณสำนักงานมักใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจติดตั้งเป็นหน่วยโดด หรือ ติดตั้งเป็นแถวยาวไปตามห้องก็ได้ และในบางครั้งแถวของดวงโคม ก็อาจมีอิทธิพลต่อความรู้สึกในการเห็น ซึ่งอาจทำให้ห้องทำงานดูเสมือนยาวขึ้นและกว้างขึ้นก็ได้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การจัดวางโคมทำให้มีความรู้สึกว่าห้องกว้างขึ้นหรือยาวขึ้นได้
(ก) ห้องก่อนทำการปรับปรุงโคมไฟ
(ข) ห้องหลังทำการปรับปรุงโคมไฟ

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการจัดวาง ดวงโคม แบบสมมาตรนี้ ก็คือระยะห่าง ระหว่างดวงโคม กับผนังไม่ควรเกินระยะครึ่งหนึ่ง ของระยะห่างระหว่างแถวของดวงโคมด้วยกันเองและ ในกรณีที่รู้ว่าจะมีการจัดวางโต๊ะทำงานอยู่ชิดหรือใกล้เคียงกับผนังด้วยระยะห่างระหว่างแถวของดวงโคมหรือไม่ควรเกิน 2.5 ฟุต สำหรับปลายสุดของแถวของดวงโคมก็ควรอยู่ห่างจากผนังระหว่าง 6 นิ้ว ถึง 1 ฟุต

2.3.6.2 การจัดวางดวงโคมเฉพาะบริเวณ

เราอาจจะติดตั้งดวงโคมเพิ่มเป็นพิเศษ ในเฉพาะบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ในกรณีที่ต้องการระดับปริมาณแสงสว่างสูงขึ้น เช่น โต๊ะทำงานโต๊ะเขียนแบบ เครื่องพิมพ์ดีด หรืออุปกรณ์ในสำนักงานบางอย่างก็ได้ สิ่งที่ต้องพึงระวังเมื่อติดตั้งดวงโคมเฉพาะบริเวณก็คือ มันอาจจะไปรบกวนหรือเกิดการแยงตากับผู้ที่อยู่ข้างเคียงได้

2.3.6.3 การจัดวางดวงโคมเฉพาะจุด

โดยทั่วไปแล้ว การจัดวางดวงโคมเฉพาะจุด มักจะทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์ ในการเพิ่มความเด่นให้กับจุดใดจุดหนึ่งโดยเฉพาะลงไป เช่น ป้ายเครื่องหมายการค้าหรือสัญลักษณ์ของบริษัท หรือตัวอย่างสินค้าในตู้โชว์ อย่างไรก็ตามการออกแบบดวงโคมเฉพาะจุด จะต้องออกแบบให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของการจัดดวงโคมแบบสมมาตรที่อยู่ข้างเคียงด้วย

2.3.6.4 สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization) (CU) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นงานต่อปริมาณแสงที่โคมไฟให้ออกมา

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจายความสว่างและอัตราส่วนอุบัติของพื้นผิวโคม		ρ_{cc}→	60			70			50			30			10		0
			ρ_w→	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	0
	ประเภทของดวงโคม	SC*	RCR ↓	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิผลของการสะท้อนแสงของโครงพื้นเป็นค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (ρ_{fc} = 20)														
25	II	1.0	0	.99	.99	.99	.94	.94	.94	.86	.85	.85	.77	.77	.77	.69	.69	.65
			1	.88	.85	.82	.84	.81	.78	.76	.74	.72	.69	.67	.66	.62	.61	.60	.57
			2	.78	.73	.69	.74	.70	.66	.68	.64	.61	.62	.59	.58	.56	.54	.52	.49
			3	.70	.63	.58	.67	.61	.57	.61	.58	.53	.56	.52	.49	.51	.48	.46	.43
			4	.62	.55	.50	.60	.53	.49	.55	.50	.46	.50	.46	.43	.46	.43	.40	.37
			5	.56	.48	.43	.53	.47	.42	.49	.44	.39	.45	.41	.37	.41	.38	.35	.32
			6	.50	.43	.38	.48	.41	.37	.44	.39	.35	.41	.36	.33	.37	.34	.31	.29
			7	.45	.38	.33	.43	.37	.32	.40	.34	.30	.37	.32	.29	.34	.30	.27	.25
			8	.40	.34	.29	.39	.32	.28	.36	.30	.27	.33	.28	.25	.31	.27	.24	.22
			9	.36	.30	.26	.35	.29	.24	.32	.27	.23	.30	.25	.22	.28	.24	.22	.19
โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีตัวสะท้อนแสงแบบเคลือบสารมีมุมกันแสง 35°			10	.33	.27	.23	.32	.26	.22	.29	.24	.20	.27	.23	.19	.25	.21	.18	.17
26	II	1.5 0.3	0	.95	.96	.95	.91	.91	.91	.83	.83	.83	.78	.78	.78	.69	.69	.69	.66
			1	.85	.82	.80	.82	.79	.77	.76	.73	.72	.69	.68	.66	.64	.63	.63	.59
			2	.75	.72	.68	.74	.70	.68	.68	.65	.62	.63	.61	.58	.58	.56	.55	.52
			3	.69	.63	.59	.66	.61	.57	.62	.58	.54	.57	.54	.51	.53	.51	.48	.46
			4	.62	.56	.51	.60	.54	.50	.56	.51	.47	.52	.48	.45	.48	.45	.43	.41
			5	.56	.49	.44	.53	.48	.43	.50	.45	.41	.47	.43	.41	.44	.40	.38	.36
			6	.50	.43	.39	.48	.42	.38	.45	.40	.36	.42	.38	.35	.40	.36	.33	.31
			7	.45	.38	.34	.43	.37	.33	.41	.36	.32	.38	.34	.30	.36	.32	.29	.27
			8	.40	.34	.29	.39	.33	.29	.37	.31	.28	.34	.30	.26	.32	.28	.25	.24
			9	.36	.30	.25	.35	.29	.25	.33	.28	.24	.31	.28	.23	.29	.25	.23	.20
โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีตัวสะท้อนแสงแบบกระจกมีมุมกันแสง 35°			10	.33	.26	.22	.32	.26	.22	.30	.25	.21	.28	.23	.20	.28	.23	.19	.18
27	II	1.0	0	.91	.91	.91	.88	.86	.86	.77	.77	.77	.69	.69	.69	.61	.61	.61	.57
			1	.81	.78	.76	.77	.74	.72	.69	.67	.66	.62	.61	.60	.56	.55	.54	.51
			2	.72	.68	.64	.68	.65	.61	.62	.59	.57	.56	.54	.52	.51	.49	.47	.45
			3	.65	.58	.55	.62	.57	.53	.56	.52	.49	.51	.48	.45	.46	.44	.42	.39
			4	.58	.52	.48	.56	.50	.46	.51	.46	.43	.46	.43	.40	.42	.39	.37	.35
			5	.52	.46	.41	.50	.44	.40	.46	.41	.37	.42	.38	.35	.38	.35	.33	.30
			6	.47	.41	.36	.45	.39	.35	.41	.37	.33	.38	.34	.31	.35	.31	.29	.27
			7	.43	.36	.32	.41	.35	.31	.38	.33	.29	.34	.30	.27	.32	.28	.26	.24
			8	.38	.32	.28	.37	.31	.27	.34	.29	.26	.31	.27	.24	.29	.26	.23	.21
			9	.35	.29	.24	.33	.28	.24	.31	.26	.22	.29	.24	.21	.26	.22	.20	.18
โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีตัวสะท้อนแสงแบบเคลือบสารมีมุมกันแสง 35° และตะแกรงกันแสงมีใบทำมุม 35°			10	.32	.26	.22	.30	.25	.21	.28	.23	.20	.26	.22	.19	.24	.20	.18	.16
28	II	1.5/1.3	0	.83	.83	.83	.79	.79	.79	.72	.72	.72	.65	.65	.65	.59	.59	.59	.56
			1	.75	.72	.70	.72	.69	.67	.66	.64	.62	.60	.59	.58	.56	.54	.53	.50
			2	.67	.63	.60	.65	.61	.58	.59	.57	.54	.55	.53	.51	.50	.48	.47	.45
			3	.61	.56	.52	.58	.54	.51	.54	.50	.48	.50	.47	.45	.46	.44	.42	.40
			4	.55	.49	.45	.53	.48	.44	.49	.45	.42	.45	.42	.40	.42	.39	.37	.36
			5	.49	.44	.40	.47	.42	.39	.44	.40	.37	.41	.38	.35	.38	.35	.33	.31
			6	.45	.39	.35	.43	.38	.34	.40	.36	.33	.37	.34	.31	.35	.32	.30	.28
			7	.40	.35	.31	.39	.34	.30	.36	.32	.29	.34	.30	.27	.32	.29	.28	.26
			8	.36	.31	.27	.35	.30	.26	.33	.28	.25	.31	.27	.24	.29	.25	.23	.21
			9	.32	.27	.23	.32	.26	.23	.29	.25	.22	.28	.24	.21	.26	.22	.20	.19
โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีตัวสะท้อนแสงเป็นอะลูมิเนียมมีมุมกันแสง 35° และตะแกรงกันแสงมีใบทำมุม 35°			10	.30	.24	.21	.29	.24	.20	.27	.2	2.19	.26	.21	.19	.23	.20	.18	.18
29	II	1.1	0	.75	.75	.75	.69	.69	.69	.62	.67	.67	.46	.46	.46	.37	.37	.37	.32
			1	.67	.64	.62	.61	.59	.57	.51	.50	.49	.42	.41	.40	.34	.33	.32	.29
			2	.59	.56	.52	.55	.51	.49	.46	.44	.42	.38	.36	.35	.31	.30	.29	.25
			3	.53	.48	.45	.49	.45	.42	.41	.39	.38	.35	.32	.31	.28	.27	.26	.23
			4	.47	.42	.39	.44	.40	.36	.37	.34	.32	.31	.28	.27	.26	.24	.23	.20
			5	.43	.37	.33	.40	.35	.31	.34	.30	.28	.28	.26	.24	.23	.22	.20	.19
			6	.39	.33	.28	.36	.31	.28	.31	.27	.25	.26	.23	.21	.22	.20	.18	.16
			7	.35	.30	.26	.33	.28	.25	.28	.24	.22	.24	.21	.19	.20	.18	.16	.15
			8	.32	.26	.23	.30	.25	.22	.25	.22	.19	.22	.19	.17	.18	.15	.15	.13
			9	.29	.24	.20	.27	.22	.19	.23	.20	.17	.20	.17	.15	.16	.15	.13	.12
โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบมีสารกระจายแสงขึ้นลงจากตัวกระจายแสงโลหะมีมุมกันแสง 45° และตะแกรงกันแสงมีใบทำมุม 45°			10	.26	.21	.18	.25	.20	.17	.21	.18	.15	.18	.15	.14	.16	.13	.12	.10
30	IV	1.0	0	.61	.61	.61	.58	.58	.58	.55	.55	.55	.51	.51	.51	.46	.46	.46	.46
			1	.54	.52	.51	.52	.51	.49	.49	.49	.47	.46	.45	.44	.43	.43	.42	.40
			2	.48	.46	.43	.47	.44	.42	.44	.42	.40	.42	.40	.38	.39	.38	.37	.35
			3	.44	.40	.37	.43	.39	.37	.40	.38	.35	.38	.36	.34	.36	.34	.33	.31
			4	.40	.36	.33	.39	.35	.32	.37	.34	.31	.35	.32	.30	.33	.31	.29	.28
			5	.36	.32	.29	.35	.31	.28	.33	.30	.28	.32	.29	.27	.30	.28	.26	.25
			6	.33	.29	.26	.32	.28	.25	.30	.27	.25	.29	.26	.24	.28	.25	.23	.22
			7	.30	.26	.23	.29	.25	.23	.28	.25	.22	.27	.24	.22	.25	.23	.21	.20
			8	.27	.23	.20	.27	.23	.20	.25	.22	.20	.24	.21	.19	.23	.21	.19	.18
			9	.25	.21	.18	.24	.21	.18	.23	.20	.18	.22	.19	.17	.21	.19	.17	.16
โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบมีสารกระจายแสงด้านสูง ตัวกระจายแสงเป็นโลหะมีมุมกันแสง 45° และตะแกรงกันแสงมีใบทำมุม 45°			10	.23	.19	.16	.22	.19	.16	.21	.18	.16	.20	.18	.16	.20	.17	.15	.14

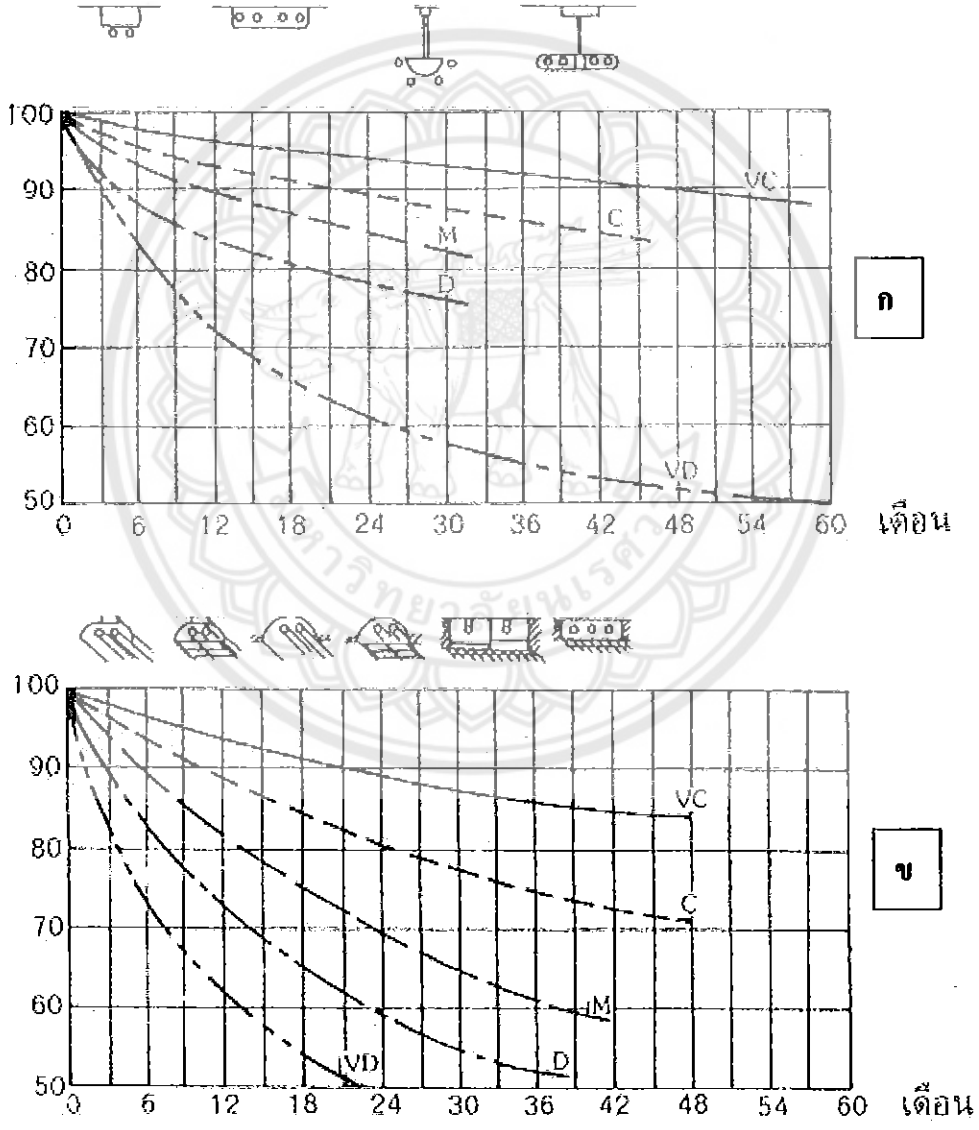
$$SC^* = \frac{S}{MH} = \frac{\text{ระยะห่างระหว่างดวงโคม}}{\text{ความสูงของดวงโคมเหนือพื้นงาน}}$$

รูปที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of utilization) (CU)

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.6.5 ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation) (LDD)

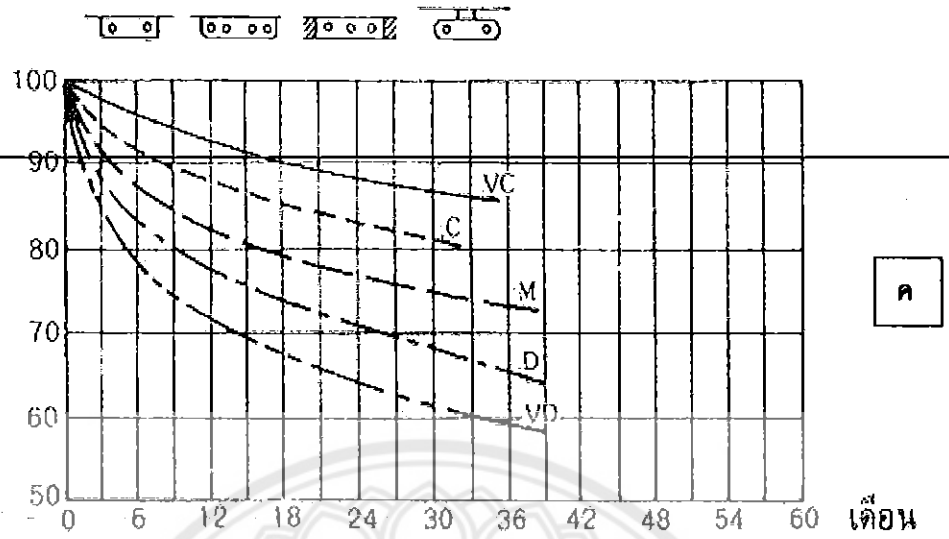
เมื่อเราใช้ดวงโคมไฟฟ้านั้นไปนานๆ มันก็จะเริ่มมีการสะสมของฝุ่นละอองมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ขีดความสามารถในการสะท้อนแสงน้อยลงไป โคมแต่ละชุดนั้นจะมีการสะสมฝุ่นละอองมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของห้องที่ทำการติดตั้งโคมนั้น ซึ่งเราเรียกว่า ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม



รูปที่ 2.6 ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (LDD)

(ก) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงลง ดวงโคมเป็นแบบเปิด

(ข) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงลง ด้านบนปิดและอาจมีตะแกรงอยู่ด้านล่าง



รูปที่ 2.6 (ต่อ) ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (LDD)
(ค) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงลง ตัวดวงโคมปิดมิดชิด

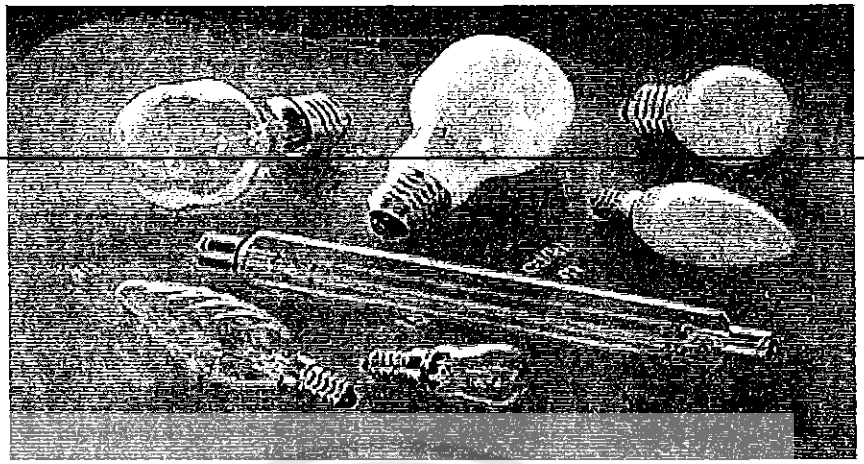
หมายเหตุ : VC หมายถึง สภาพห้องที่มีความสะอาดมาก (Very Clean)
C หมายถึง สภาพห้องที่มีความสะอาด (Clean)
M หมายถึง สภาพห้องที่มีความสะอาดปานกลาง (Medium)
D หมายถึง สภาพห้องที่มีความสกปรก (Dirty)
VD หมายถึง สภาพห้องที่มีความสกปรกมาก (Very Durty)

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 หลอดไฟฟ้า [1]

2.4.1 หลอดไส้ (Incandescent Lamps)

เป็นหลอดแสงสว่างราคาถูกสีของแสงดี ติดตั้งง่ายให้แสงสว่างทันทีเมื่อเปิดสามารถติดอุปกรณ์เพื่อปรับหรือหรี่แสงได้ง่าย แต่มีประสิทธิภาพแสงต่ำมาก อายุการใช้งานสั้น ไฟฟ้าที่ป้อนให้หลอดจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนกว่าร้อยละ90 จึงไม่ประหยัดพลังงานแต่เหมาะสมกับการใช้งานประเภทที่ต้องการหรี่แสง เช่น ห้องจัดเลี้ยงตามโรงแรม ส่วนหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ไม่สามารถหรี่แสงได้ หลอดไส้ ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ หลอดไส้แบบธรรมดา หลอดทังสเตนฮาโลเจน

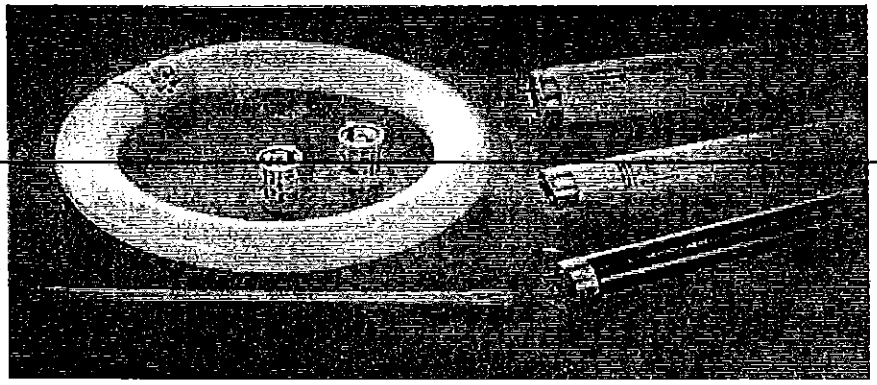


รูปที่ 2.7 แสดงหลอดอินแคนเดสเซนต์ ประเภทต่างๆ

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และโครงการการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.4.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์

เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพแสงและอายุการใช้งานมากกว่า หลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์แท่งยาวที่ใช้แพร่หลายมีขนาด 36 วัตต์ แต่ยังมีหลอดแสง สว่างประสิทธิภาพสูง (Super lux) ซึ่งมีราคาต่อหลอดแพงกว่าหลอดแสงสว่าง 36 วัตต์ธรรมดา แต่ให้ปริมาณแสงมากกว่าร้อยละ 20 ในขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังมีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (CFL) หรือหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ชนิดที่ให้สีของแสงออกมาเทียบเท่าร้อยละ 8 เท่าของหลอดไส้ มี 2 แบบ คือ แบบขั้วเกลียวกับขั้วเสียบ



รูปที่ 2.8 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ ประเภทต่างๆ

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และโครงการการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.4.3 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ แบ่งออกได้หลายชนิด คือ

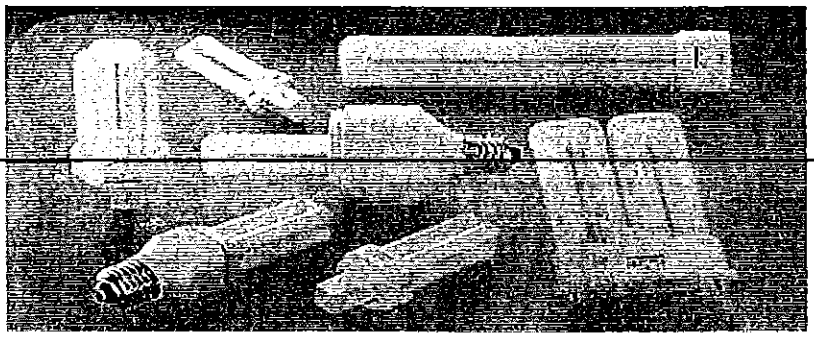
2.4.3.1 หลอด SL แบบขั้วเกลียว มีบัลลาสต์ในตัว มีขนาด 9, 13, 18, 25 วัตต์ ประหยัดไฟร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับหลอดไส้ เหมาะกับสถานที่ที่เปิดไฟนานๆ หรือบริเวณที่เปลี่ยนหลอดยาก เช่น โคมไฟหัวเสา ทางเดิน เป็นต้น

2.4.3.2 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 4 แท่ง ขั้วเกลียว (หลอดPL*E/C) ขนาด 9, 11, 15 และ 20 วัตต์ มีบัลลาสต์อีเล็กทรอนิกส์ในตัว เปิดติดทันที ไม่กระพริบ ประหยัดไฟได้ร้อยละ 80 เมื่อเทียบกับหลอดไส้

2.4.3.3 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ตัวยู 3 ขด (หลอด PL*E/T) ขนาดกะทัดรัด 20 และ 23 วัตต์ ขจัดปัญหาหลอดยาวเกินโคมประหยัดไฟได้ร้อยละ 80 ของหลอดไส้

2.4.3.4 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขั้วเสียบ (หลอด PLS) บัลลาสต์ภายนอก ขนาด 7, 9 และ 11 วัตต์ ประหยัดไฟร้อยละ 80 ของหลอดไส้

2.4.3.5 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 4 แท่ง ขั้วเสียบ (หลอด PLC) บัลลาสต์ภายนอก ขนาด 8, 10, 13, 18 และ 26 วัตต์ ประหยัดไฟร้อยละ 80 ของหลอดไส้



รูปที่ 2.9 แสดงหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ประเภทต่างๆ

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และโครงการการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.4.4 การเลือกซื้อและเลือกใช้หลอดไฟให้มีการประหยัดพลังงาน

2.4.4.1 วิธีการเลือกซื้อหลอดไฟให้มีการประหยัดพลังงาน

ก. ศึกษาหลักการทำงานเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของหลอดไฟในแต่ละรุ่น พิจารณาประสิทธิภาพของแสง โดยดูที่ค่าประสิทธิผล (ลูเมนต่อวัตต์) ถ้ายิ่งมากยิ่งดี และมีประสิทธิภาพสูง (ลูเมน คือ ปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากหลอดแสงสว่าง ส่วนวัตต์ คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกำเนิดแสง) ซึ่งประสิทธิผลของหลอดต่างๆ แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าประสิทธิผลของหลอดชนิดต่าง ๆ

ชนิดของหลอดแสงสว่าง	ประสิทธิผล (ลูเมนต่อวัตต์)
หลอดไส้	8-22
หลอดฟลูออเรสเซนต์	30-83

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และโครงการการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ในกรณีการใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดไส้กับทุกพื้นที่ สามารถทำได้เพราะค่าความสว่างใกล้เคียงกัน และยังสามารถหาจุดคุ้มทุนได้ถึงแม้จะมีราคาสูงกว่า

ตารางที่ 2.3 ประสิทธิภาพของหลอดไฟชนิดต่างๆ

หลอดไฟ	ชนิด (W)	ขนาด	วัตต์รวม บัลลาสต์	ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิภาพ (lm/W)	อายุงาน (ชม.)	ค่าเสื่อม ต่อ1000 ชม.
หลอดไส้	GLS	60		730	12.17	1000	16.20
		100		1380	13.80	1000	16.20
หลอด	ขั้ว	15		760	50.60	8000	37.13
คอมแพก	เกลียว	23		1350	58.70	12000	44.25
ฟลูออเรสเซนต์	ขั้ว	11	16	900	56.25	8000	14.63
	เสียบ	18	26	1200	46.15	10000	24.30
หลอด	STD	18	28	1030	36.79	10000	4.05
ฟลูออเรสเซนต์		36	46	2600	56.52	10000	4.68
	Super	18	28	1300	46.43	13000	4.50
	80	36	46	3250	70.65	13000	5.19

ที่มา : เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 บัลลาสต์ [1]

บัลลาสต์ที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.5.1 บัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Ballast) เป็นบัลลาสต์ที่ใช้ขดลวดพันรอบแกนเหล็กเพื่อทำงานเป็น Reactor ต่ออนุกรมกับหลอดมี 4 แบบ

2.5.1.1 บัลลาสต์ธรรมดา(Standard Electromagnetic Ballast) มีคุณสมบัติดังนี้

ก. ค่า *P.F ต่ำ ขนาด 18 W มีค่า 0.37 Lagging ขนาด 36 W มีค่า 0.50 Lagging

ข. กำลังสูญเสียค่อนข้างสูง 8-10 W

2.5.1.2 บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ (Low Loss Ballast) มีคุณสมบัติดังนี้

ก. ค่า *P.F ต่ำ ขนาด 18 W มีค่า 0.30 Lagging ขนาด 36 W มีค่า 0.47 Lagging

ข. กำลังสูญเสียจะน้อยกว่าแบบแรก คือ 5-6 W

2.5.1.3 บัลลาสต์ตัวประกอบกำลังสูง (High Power Factor Ballast) บัลลาสต์แบบนี้จะมีตัวเก็บประจุติดตั้งอยู่ภายใน ค่า *P.F สูง 0.85-0.95 Lagging

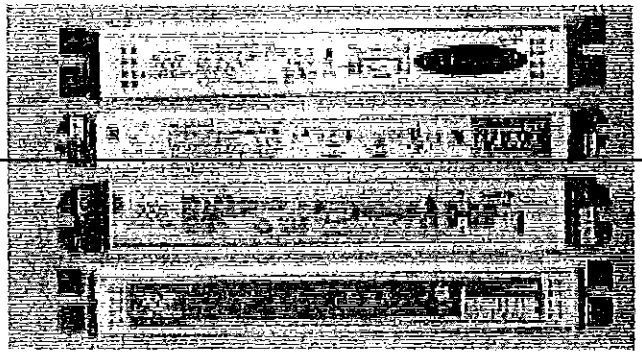
2.5.1.4 บัลลาสต์แบบจุดติดเร็ว(Rapid Start Ballast) เป็นบัลลาสต์ที่ไม่ต้องใช้ร่วมกับสตาร์ตเตอร์จึงมีขดลวดเล็ก ๆ สำหรับจ่ายไฟให้ความร้อนกับขั้วอิเล็คโทรดและสามารถเปิดติดได้ทันทีไม่มีการกระพริบ ค่า *P.F สูง 0.90-0.95 Lagging

รูปที่ 2.10 แสดงบัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และโครงการการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

*(ค่าP.F ย่อมาจาก ค่า Power Factor)

2.5.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) เป็นบัลลาสต์ที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำงานจะมีราคาค่อนข้างแพง แต่มีข้อดีกว่าบัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้าหลายข้อคือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหลอด ไม่เกิดการกระพริบหรือเกิดแสงวาบ สามารถเปิดติดทันทีไม่ต้องใช้สตาร์ตเตอร์ เพิ่มอายุการใช้งานของหลอด และไม่ต้องปรับปรุงเรื่องตัวประกอบกำลัง (Power Factor P.F.) นอกจากนี้ยังไม่มีเสียงรบกวน และน้ำหนักเบาอีกด้วย



รูปที่ 2.11 แสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และโครงการการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.5.2.1 บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5

ในการเลือกใช้บัลลาสต์ควรเลือกใช้บัลลาสต์ที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ซึ่งมีประโยชน์ดังนี้

ก. บัลลาสต์ธรรมดากินไฟประมาณ 10-12 วัตต์ บัลลาสต์ประหยัดไฟกินไฟประมาณ 3-6 วัตต์

ข. บัลลาสต์ธรรมดา มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างร้อยละ 95 – ร้อยละ 110 บัล-ลาสต์ประหยัดไฟ มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง ร้อยละ 95 – ร้อยละ 150

ค. การใช้บัลลาสต์ประหยัดไฟ ช่วยให้เกิดความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิขณะทำงานไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส ในขณะที่บัลลาสต์ธรรมดา มีความร้อนจากขดลวดและแกนเหล็กของบัลลาสต์ มีอุณหภูมิสูงถึง 110-120 องศาเซลเซียส

ง. บัลลาสต์ประหยัดไฟ มีอายุการใช้งานมากกว่าแบบธรรมดา 1 เท่าตัว แม้ราคาจะสูงกว่าแบบธรรมดา

2.5.2.2 อายุการใช้งานของบัลลาสต์ อายุการใช้งานของบัลลาสต์ขึ้นกับหลายองค์ประกอบดังนี้

ก. คุณภาพของวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ข. การออกแบบวงจรภายใน

ค. วงจรการมอนิเตอร์หลอดและสตาร์ทใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนหลอดใหม่

ง. บัลลาสต์มีวงจรหรืออุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ และฟิลเตอร์ภายในหรือไม่ เพราะเมื่อเกิดไฟตกไฟเกินหรือการสวิชชิ่งในระบบไฟฟ้าก็ทำให้แรงดันเสิร์จ ทำให้บัลลาสต์เสียหายได้ถ้าไม่มีอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ

ตารางที่ 2.4 ความสูญเสียของบัลลาสต์ชนิดต่างๆ

ชนิดบัลลาสต์	วัตต์รวม	วัตต์บัลลาสต์ (ความสูญเสีย)	วัตต์หลอด
แกนเหล็กธรรมดา	46-48	10-12	36
แกนเหล็กความสูญเสียต่ำ	40-42	4-6	36
อิเล็กทรอนิกส์	36	4	32

ที่มา : สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

2.6 ค่าแฟคเตอร์ความสูญเสียแสง [5]

2.6.1 ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation) (LLD)

เมื่อเราใช้งานหลอดไฟไปนานๆปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟฟ้านั้นจะค่อยๆ ลดลงไปเรื่อยๆ ซึ่งเราเรียกว่า ค่าความเสื่อมของหลอดไฟฟ้า ซึ่งจะต้องคำนึงถึงในการออกแบบระบบแสงสว่าง ค่า LLD สามารถหาได้จากตารางที่ 2.3

2.6.2 ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation) (LDD)

เมื่อเราใช้ดวงโคมไฟฟ้านั้นไปนานๆ มันก็จะเริ่มมีการสะสมของฝุ่นละอองมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ขีดความสามารถในการสะท้อนแสน้อยลงไป โคมแต่ละชุดนั้นจะมีการสะสมฝุ่นละอองมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของห้องที่ทำการติดตั้งโคมนั้น ซึ่งเราเรียกว่า ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม ค่า LDD นั้น สามารถหาได้จากรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าความเสื่อมจากดวามสกปรกของดวงโคม

2.7 การคำนวณค่าค่าความส่องสว่างรวมทั้งหมดของห้อง [4]

$$TL = \frac{E.A}{CU.LLD.LDD} \quad \textbf{(2.1)}$$

$$N = \frac{TL}{\text{จำนวนลูเมนต่อโคม}} \quad \textbf{(2.2)}$$

กำหนดให้

TL = ค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวมของห้อง (Lumen) (TL=Total Luminaire)

E = ค่าปริมาณความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES (Lux ; fc)

A = พื้นที่ของห้องที่ออกแบบ กว้าง x ยาว (ตารางเมตร; ตารางฟุต)

CU = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization)

LLD = ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation)

LDD = ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire DirtDepreciation)

N = จำนวนดวงโคมที่ใช้ติดตั้งในห้อง

ที่มา : หนังสือ การออกแบบแสงสว่าง ผู้แต่ง ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช ภาควิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์

2.8 เครื่องมือในการประเมินโครงการ [2]

2.8.1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงิน ที่จ่ายออกไปภายใต้ โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (discount rate) หรือ อัตราดอกเบี้ยของธนาคาร

จากสูตร $NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0$ **(2.3)**

N = อายุของโครงการ(ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ(total investment)

I = อัตราลดค่า (discount rate)

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการและขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยของตลาดที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนเป็นมูลค่าเท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าวสมควรที่จะลงทุนและเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPV เพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจเลือกโครงการได้ ในกรณีที่โครงการมีขนาดต่างกัน แต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้น การตัดสินใจให้การสนับสนุนควรจะต้องนำเครื่องมืออื่นมาประกอบการพิจารณาควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

2.8.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

หมายถึงอัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแส เงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงาน ตลอดอายุ โครงการ
จากสูตรภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี

$$-I + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad \textbf{(2.4)}$$

n = อายุของโครงการ(ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ(total investment)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า discount rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นเอง ถ้าค่า IRR มากกว่า หรือ เท่ากับ ค่าของทุน discount rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ ก็ถือได้ว่า โครงการ ดังกล่าว เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยทั่วไปแล้ว ทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผล การตัดสินใจรับโครงการ หรือปฏิเสธโครงการ เป็นไปในทำนองเดียวกัน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เล่มที่ 00300
ปร.
ส 8339
2552

2.8.3 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแส เงินสด รับจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดีเนื่องจากโครงการที่ขอรับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรกและให้ผลตอบแทนที่เท่ากันทุกปีการหาค่า PB สามารถทำได้ จากสูตร

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}} \qquad \textbf{(2.5)}$$

ในการเลือก โครงการ ค่า PB จะแสดงให้เห็นว่า ต้องใช้เวลานาน เพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็วโครงการก็จะน่าสนใจ วิธีดังกล่าวจะมีข้อเสียในการเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มี PB เร็วก็ได้ แต่ PB สำหรับการประเมินโครงการของกองทุนสามารถนำมาใช้พิจารณาได้เนื่องจากลักษณะโครงการที่ขอการสนับสนุน จะให้ผลการประหยัดพลังงาน ที่เท่ากันตลอดอายุ ของโครงการ

2.9 อัตราค่าไฟฟ้า [6]

การคิดอัตราไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้นมีด้วยกันหลายวิธีโดยจะแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆทั้งหมด 8 ประเภท เนื่องจากอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นอาคารมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250000 หน่วย/เดือน และเป็นองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร จึงสอดคล้องกับการคิดค่าไฟฟ้าในประเภทที่ 6 (ส่วนราชการที่ไม่แสวงหาผลกำไร) โดยมีอัตราการคิดค่าไฟฟ้าดังนี้

ตารางที่ 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	1.9712	228.17
แรงดัน 22-23 กิโลโวลท์	2.1412	228.17
แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์		20.00
10 หน่วยแรก (หน่วยที่0-10)	1.3576	20.00
เกิน10หน่วยขึ้นไป	2.4482	20.00

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (http://www.pea.co.th/th/index.php)

จากตารางที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าราคาค่าไฟจะแตกต่างกันตามแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีแรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์และมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 10 หน่วยต่อเดือน ซึ่งสอดคล้องกับช่องที่ 3 ในตาราง (แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์ และใช้ไฟฟ้าเกิน 10 หน่วยขึ้นไป) ดังนั้นการคิดค่าไฟฟ้าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์จึงคิดที่ 2.4482 บาทต่อหน่วยและมีค่าบริการ 20 บาทต่อเดือน

2.10 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่าง [3]

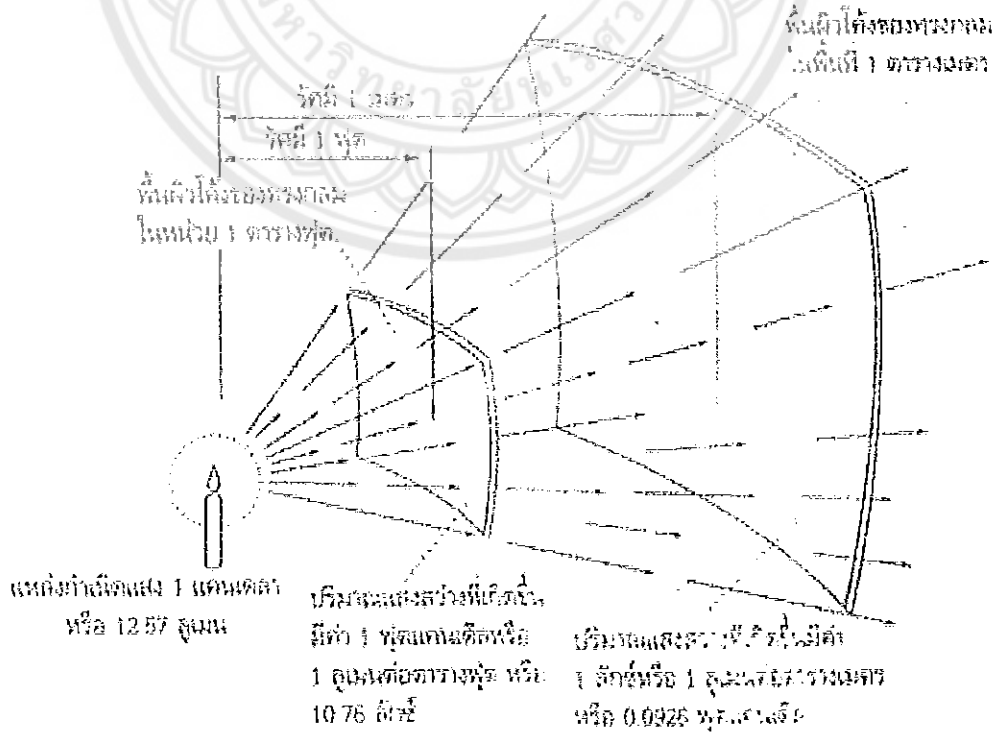
แสงสว่างเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่สามารถวัดปริมาณได้เหมือนพลังงานอย่างอื่นแต่มีชื่อการเรียกที่แตกต่างกันออกไป การวัดปริมาณแสงสว่างอาจจะออกมาในรูปความเข้มแห่งการส่องสว่าง ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง หรืออาจจะอยู่ในรูปปริมาณแสงสว่างต่อหน่วยพื้นที่ และอื่นๆ

2.10.1 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือกำลังส่องสว่าง (Candlepower)

สามารถวัดค่าได้ตามความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังจากที่ออกมาจากแหล่งให้กำเนิดแสงซึ่งมีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela) กำลังส่องสว่างหรือความเข้มแห่งการส่องสว่างหนึ่งแคนดาลาจะมีขนาดเท่ากับ 1/60 ของความเข้มแห่งการส่องสว่างต่อตารางเซนติเมตรบนทุกๆ พื้นผิวของวัตถุดำที่อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองเขา ภายใต้ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

2.10.2 ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง

ในการบอกค่าพลังงานแสงอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ บอกอยู่ในรูปของปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น เช่น ถ้าเรามีแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุดและมีค่าความเข้มแสงแห่งการส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทาง และมีค่าเท่ากับ 1 แคนดาลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของวงกลมโดยมีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆหนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนผิวของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน ถ้าพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมแล้ว จำมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนดาลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน พิจารณาได้จารูปที่ 2.11



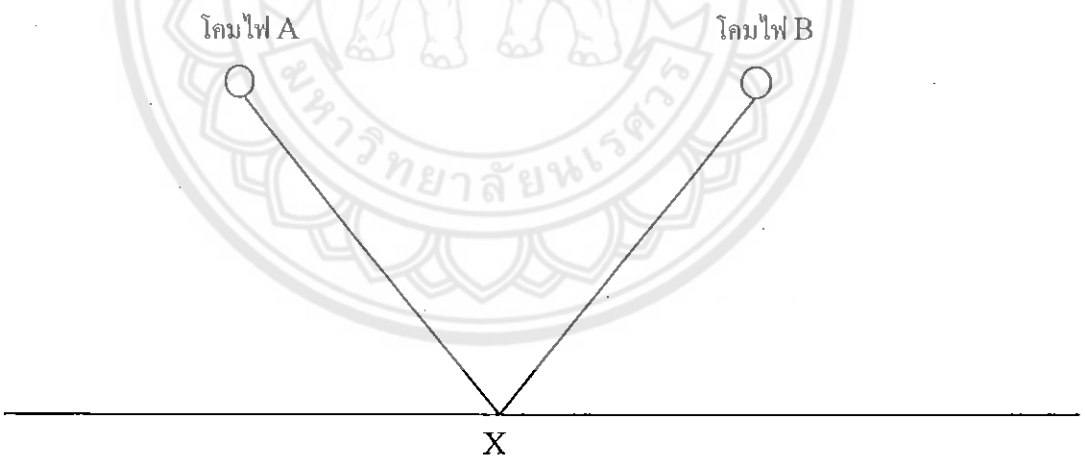
รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุตแคนเดิลและลักก์

2.10.3 ฟุตแคนเดิล (Footcandle)

พิจารณาจากการนำแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มีขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุดและมีค่ากำลังส่องสว่างเปล่งออกมารอบทุกๆ ทิศอย่างสม่ำเสมอมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมซึ่งมีรัศมี 1 ฟุต และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงทุกๆหนึ่งตารางฟุตบนพื้นที่ผิวของทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิล หรือมีค่า 1 ลูเมน ต่อตารางฟุต

แต่ถ้าเราให้รัศมีของทรงกลมเปลี่ยนจาก 1 ฟุตไปเป็น 1 เมตร และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมนไปตกลงบนพื้นที่ทุกๆ 1 ตารางเมตรบนพื้นที่ผิวของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ หรือมีค่า 1 ลูเมน ต่อตารางเมตร และค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล จะมีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีด้วยกัน 2 แบบ คือ ฟุตแคนเดิลมิเตอร์ (Footcandlemeter) กับลักซ์มิเตอร์(Luxmeter)

2.10.4 การรวมแสงของพื้นที่ที่มีแสงทับซ้อนกัน



รูปที่ 2.13 แสดงการรวมแสงในพื้นที่ที่แสงทับซ้อนกัน

จากรูปเราสามารถหาความเข้มแสงของบริเวณ ที่มีแสงทับซ้อนกันของโคมไฟ 2 โคม ได้จากสมการ

$$X = X_{A\text{-}X} + X_{B\text{-}X} \qquad \textbf{(2.6)}$$

โดยที่ $X_{A\text{-}X}$ = ความเข้มแสงจากโคมไฟ A ที่จุด X

$X_{B\text{-}X}$ = ความเข้มแสงจากโคมไฟ B ที่จุด X

ที่มา : หนังสือ เทคนิคการออกแบบแสงสว่าง ผู้แต่ง ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย – ญี่ปุ่น)

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์จำเป็นต้องทราบสภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ให้แสงสว่างเพื่อนำข้อมูลที่ได้นั้นมาวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 การจัดเก็บข้อมูลปฐมภูมิ

3.1.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนหลอดไฟ ในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

3.1.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการเปิดไฟ ทางเดิน และในห้องเรียนแต่ละห้อง

3.1.2 การจัดเก็บข้อมูลทุติยภูมิ

3.1.2.1 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

3.1.2.2 ราคาอุปกรณ์ให้แสงสว่างรวมทั้งค่าติดตั้ง

3.1.3 การจำแนกประเภทของห้อง

3.1.3.1 แยกประเภทของห้องภายในอาคาร

3.1.3.2 สำรวจจำนวนของห้องแต่ละประเภท

3.1.3.3 วัดขนาดของห้องแต่ละประเภท

3.2 การออกแบบการทดลอง

อุปกรณ์ให้แสงสว่างที่นำมาทดลองนั้นมีด้วยกันหลายชนิด จึงต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่มีความเหมาะสมกับห้องเรียนมากที่สุด ทั้งในเรื่องความสว่างและความสม่ำเสมอของแสงภายในห้อง โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองโดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

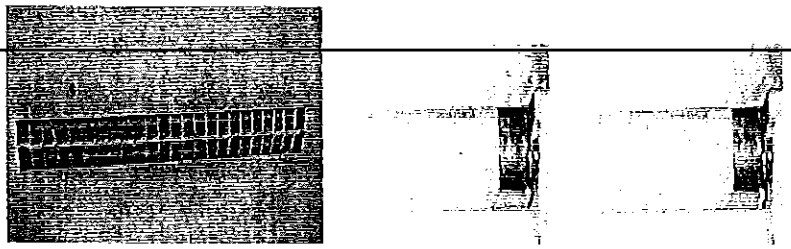
3.2.1.1 ลักซ์มิเตอร์

3.2.1.2 ตลับเมตร

3.2.1.3 โต๊ะเลคเชอร์

3.2.1.4 ชุดอุปกรณ์สำหรับการทดลองทั้ง 8 การทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.1-3.8

การทดลองที่ 1 โคมแบบปัจจุบัน หลอดนีออนผอม 2 หลอด

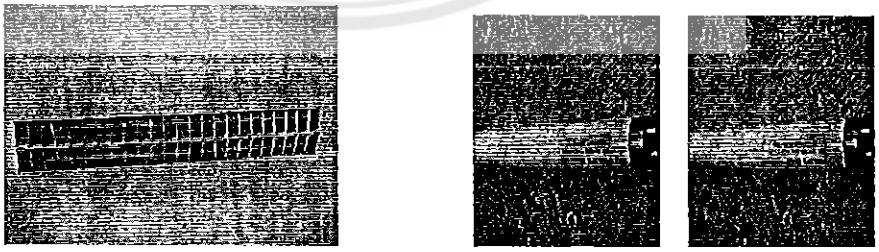


รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 1

การทดลองที่. 2 โคมแบบปัจจุบัน หลอดนีออนผอม 1 หลอด

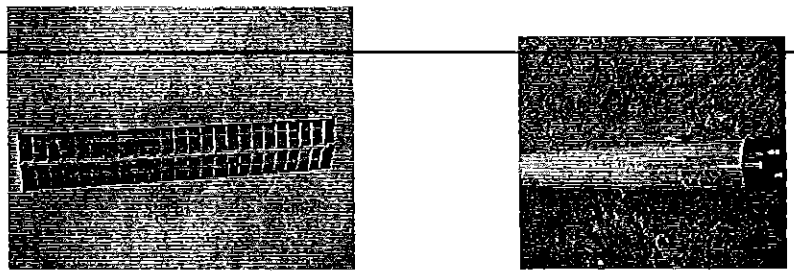
รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 3 โคมแบบปัจจุบัน หลอด super lux 2 หลอด



รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 4 โคมแบบปัจจุบัน หลอด super lux 1 หลอด

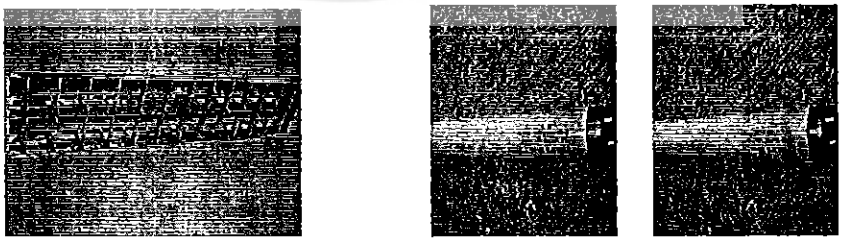


รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 4

การทดลองที่ 5 โคมไฟสะท้องแสง หลอดนีออนผอม 2 หลอด

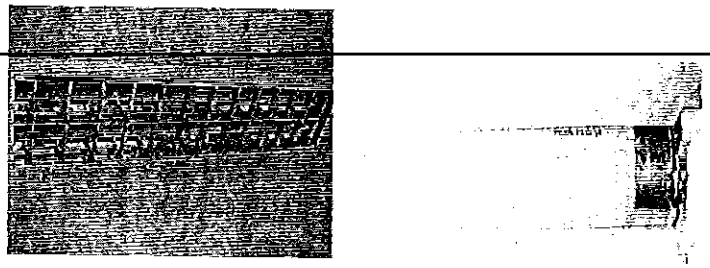
รูปที่ 3.5 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 5

การทดลองที่ 6 โคมไฟสะท้อนแสง หลอด super lux 2 หลอด



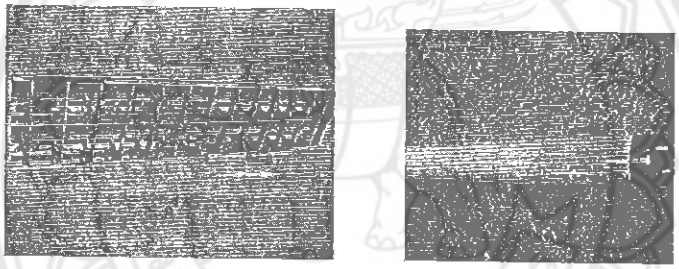
รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 6

การทดลองที่ 7 โคมไฟสะท้อนแสง หลอดนีออนผอม 1 หลอด



รูปที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 7

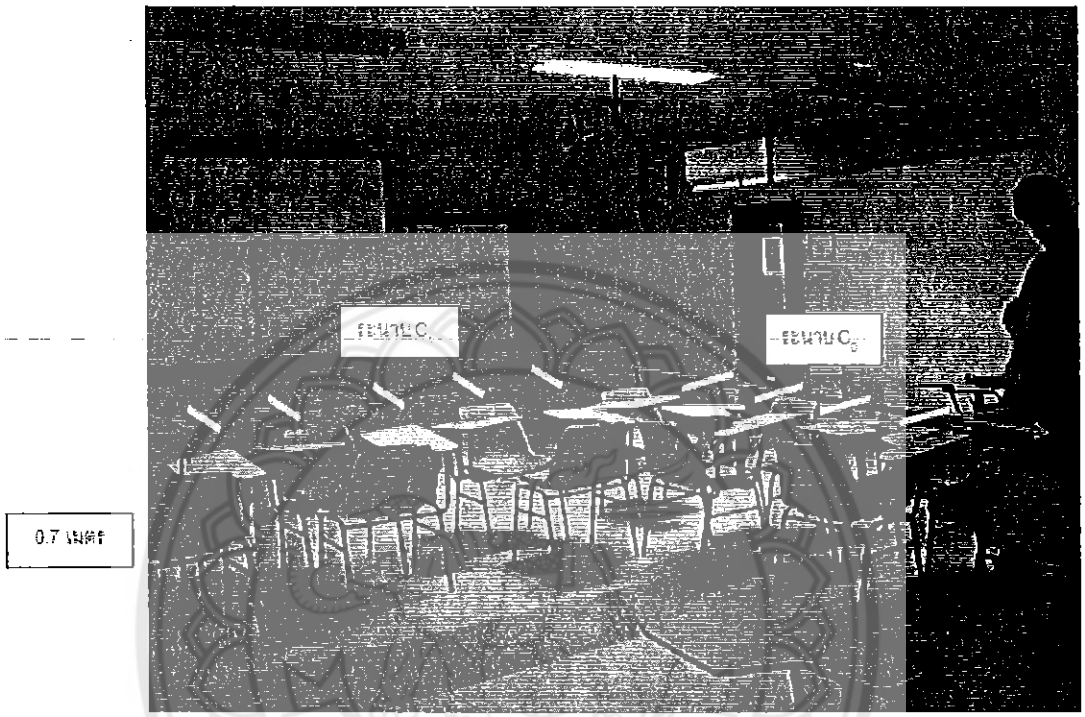
การทดลองที่ 8 โคมสะท้อนแสง หลอด super lux 1 หลอด



รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ในการทดลองที่ 8

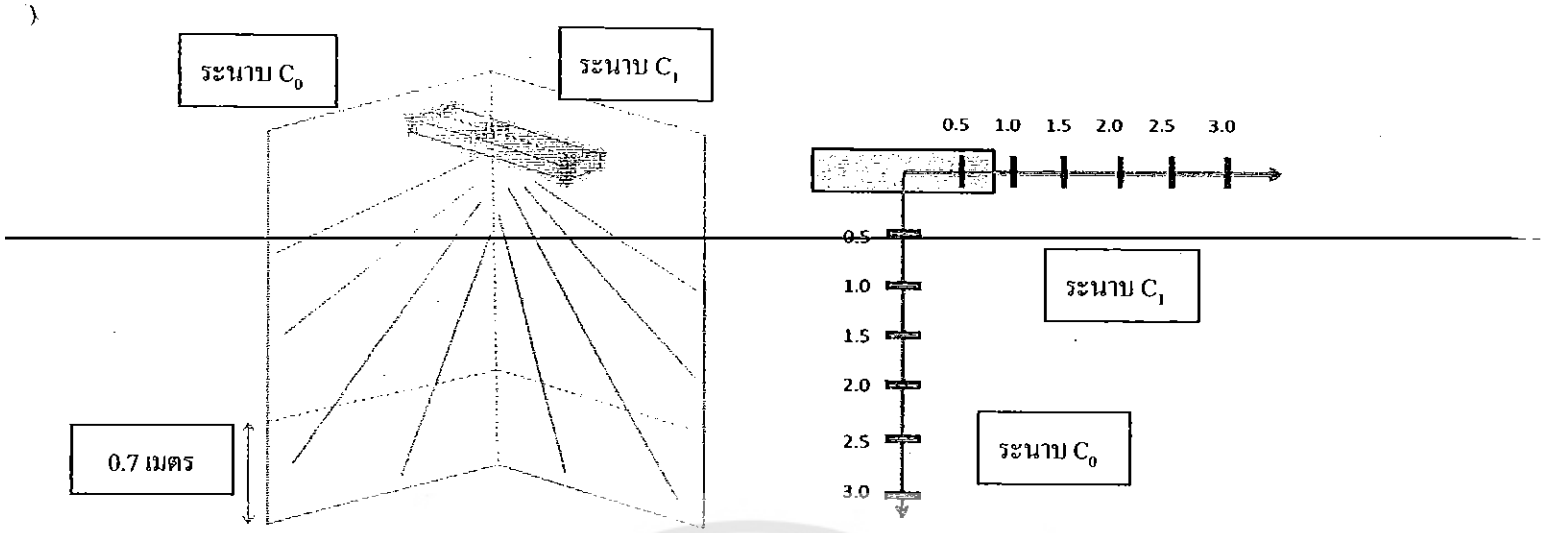
3.2.2 ขั้นตอนในการดำเนินการ

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลอง ไว้ 8 การทดลอง โดยแต่ละการทดลองมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งในการวัดความเข้มของแสงของการทดลอง

1) เตรียมอุปกรณ์การทดลองชุดที่ 1 ดังแสดงในรูป 3.1 โดยติดตั้งหลอดไฟเข้ากับตัวโคมไฟ
2) นำอุปกรณ์ชุดที่ 1 ติดตั้งบนเพดาน
3) กำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดความเข้มแสงโดยวัดจากจุดใช้งานจริงที่ความสูงจากพื้น 0.7 เมตร ดังรูปที่ 3.9
4) ทำการวัดความเข้มของแสงในระนาบ C_0 ที่ระยะ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 เมตรตามลำดับ โดยเริ่มวัดจากจุดศูนย์กลางของโคมไฟ ดังรูปที่ 3.10
5) ทำการวัดความเข้มของแสงในระนาบ C_1 ที่ระยะ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 เมตรตามลำดับ โดยเริ่มวัดจากจุดศูนย์กลางของโคมไฟ ดังรูปที่ 3.10
6) บันทึกผลการทดลอง
7) เปลี่ยนอุปกรณ์ตามการทดลองที่ 2 -8 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.2-3.8 และทำการทดลองตาม ข้อที่ 1-6 จนครบทั้ง 8 การทดลอง



รูปที่ 3.10 ระยะในการวัดความเข้มของแสงของการทดลอง

3.2.3 การบันทึกผลการทดลอง

เมื่อทำการดำเนินการทดลองในหัวข้อที่ 3.2.2 ครบทั้ง 8 การทดลองแล้ว จะนำค่าที่ได้จากการทดลองมาบันทึกลงในตารางบันทึกค่าความสว่างของแต่ละการทดลอง การบันทึกผลการทดลองนั้นจะทำการบันทึกค่าความสว่างที่วัดได้ตารางที่ 3.2 ในระนาบ C_0 และ C_1 ตามลำดับ โดยจะมีระยะต่างๆ 7 ช่วง ตั้งแต่ 0.0 – 3.0 เมตร โดยแต่ละช่วงจะทำการบันทึกผล 3 ครั้ง และนำผลทั้ง 3 มาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของแต่ละการทดลองมาบันทึกรวมในตารางรวมของทั้ง 8 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 การบันทึกค่าความสว่างของแต่ละการทดลอง

การทดลองที่.....

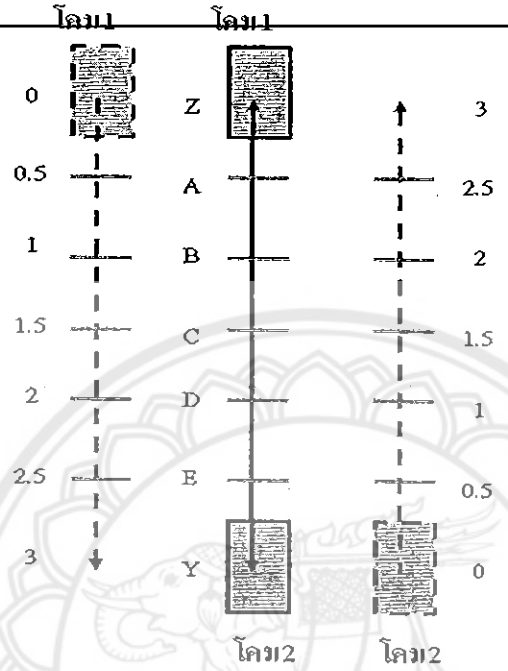
การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (Lux)												
		ระนาบ C_0 (เมตร)						ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1													
2													
3													
เฉลี่ย													

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของความสว่าง ของการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง

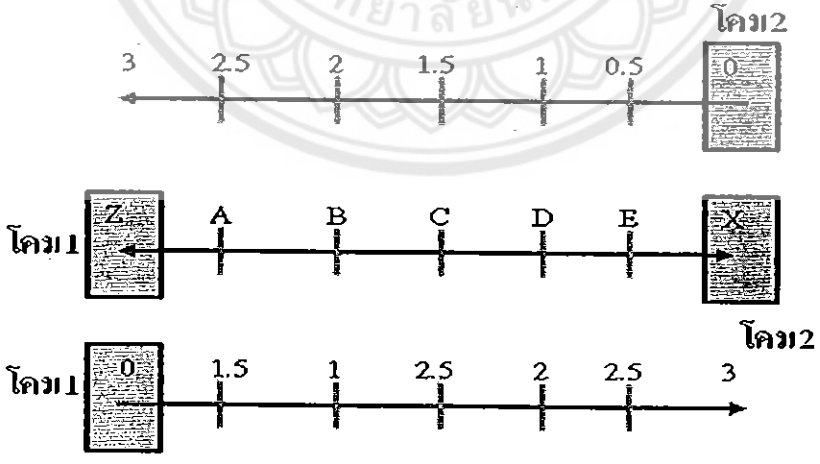
การทดลองที่	ความสว่าง (Lux)												
	ระนาบ C_0 (m)							ระนาบ C_1 (m)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													

3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

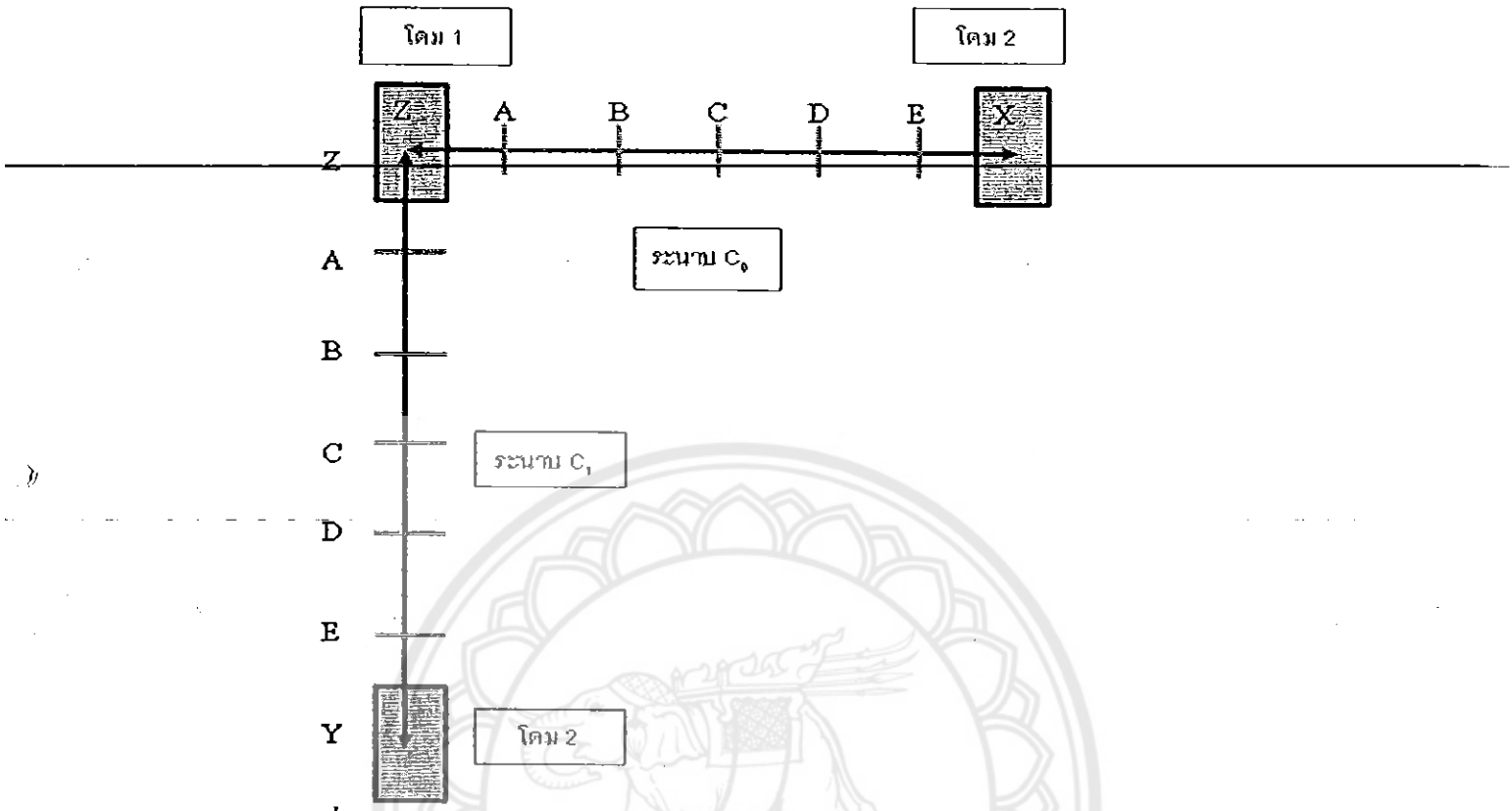
3.3.1 การวิเคราะห์หาความเข้มของแสงบริเวณที่มีแสงทับซ้อนกันของโคมไฟ 2 โคม



รูปที่ 3.11 แสดงการหาความเข้มแสงบริเวณที่มีแสงทับซ้อนกัน ณ จุด Z- Y ของระนาบ C_0



รูปที่ 3.12 แสดงการหาความเข้มแสงบริเวณที่มีแสงทับซ้อนกัน ณ จุด Z- X ของระนาบ C_1



รูปที่ 3.13 แสดงการหาความเข้มแสงบริเวณที่มีแสงทับซ้อนกัน ณ จุด Z- X ของระนาบ C_0 และ Z-Y ระนาบ C_1

ในการคำนวณหาความเข้มแสงบริเวณที่มีแสงทับซ้อนกันของโคมไฟ 2 โคม จะนำค่าความเข้มแสงจากตารางที่ 3.2 มาทำคำนวณความเข้มแสง ณ จุด Z A B C D E X และ Y ในระนาบ C_0 และระนาบ C_1 โดยใช้วิธีการรวมความเข้มแสงของโคมไฟทั้ง 2 โคม ดังนี้

ค่าความเข้มแสงจุด Z คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 0 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 3.0 เมตร

ค่าความเข้มแสงจุด A คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 0.5 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 2.5 เมตร

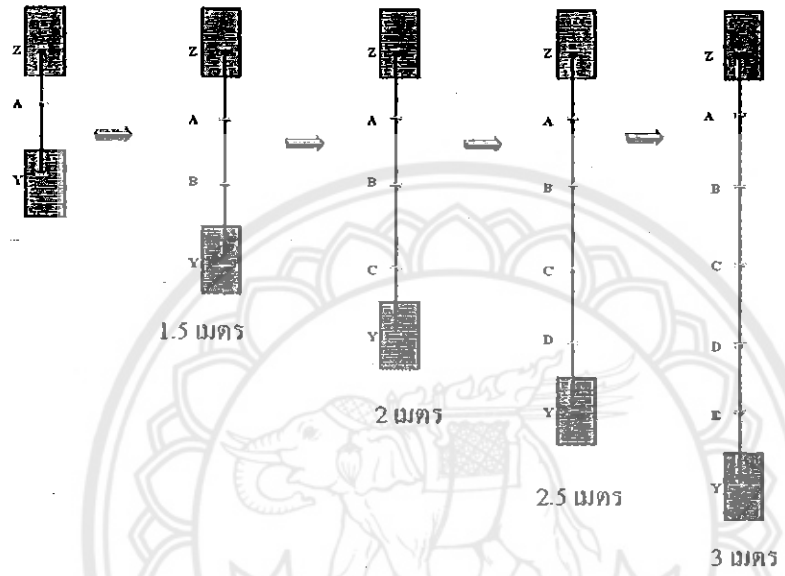
ค่าความเข้มแสงจุด B คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 1.0 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 2.0 เมตร

ค่าความเข้มแสงจุด C คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 1.5 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 1.5 เมตร

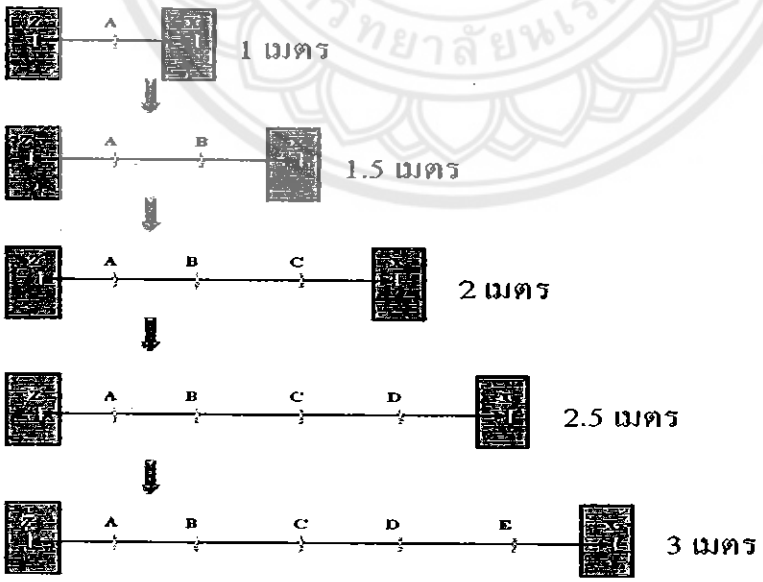
ค่าความเข้มแสงจุด D คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 2.0 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 1.0 เมตร

ค่าความเข้มแสงจุด E คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 2.5 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 0.5 เมตร

ค่าความเข้มแสงจุด X และ Y คำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของโคม 1 ที่ระยะ 3.0 เมตร รวมกับความเข้มแสงของโคมไฟ 2 ที่ระยะ 0 เมตร



รูปที่ 3.14 แสดงระยะในการวางโคมไฟ.ในระนาบ C_1



รูปที่ 3.15 แสดงระยะในการวางโคมไฟในระนาบ C_0

นำค่าความความเข้มของแสงที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์หาระยะห่างของโคมไฟในระนาบ C_0 และ C_1ที่ทำให้ค่าความเข้มแสงมีความสม่ำเสมอโดยใช้โปรแกรม MS Excel ทำเป็นกราฟความสม่ำเสมอของแสง เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย

เมื่อได้ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ระยะต่างๆ แล้ว จะนำค่าเหล่านั้นมาทำการเลือกระยะในการวางอุปกรณ์ที่เหมาะสม และเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาปรับปรุงภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยปัจจัยที่ใช้ในการเลือกมีดังนี้

1) การประหยัดพลังงานของอุปกรณ์(เทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้ในปัจจุบัน)

2) ความสม่ำเสมอของแสงในการจัดวางโคมไฟของระนาบ C_0 และระนาบ C_1

3) ความเข้มของแสง อยู่ในช่วงมาตรฐาน และไม่สูงกว่ามาตรฐานเกินไป อ้างอิงจากการทดลองที่ 1

4) ความเข้มแสงโดยเฉลี่ยทั่วทั้งห้อง

3.4 การคำนวณค่าความสว่างรวมทั้งห้อง

เนื่องจากการทดลองที่ผ่านมานั้นเป็นการวิเคราะห์ความสว่างของแสงจากโคมไฟเพียง 2 โคม จึงใช้การคำนวณความสว่างทั่วทั้งห้องมาคำนวณเพื่อดูว่าอุปกรณ์ที่ได้ทำการเลือกมานั้นมีค่าความสว่างทั่วทั้งห้องถึงค่ามาตรฐานหรือไม่ ค่าความสว่างโดยรวมของห้องสามารถคำนวณได้จากสูตรการคำนวณในหัวข้อที่ 2.7

$$TL = \frac{E.A}{CU.LLD.LDD} \qquad \textbf{(2.1)}$$

$$N = \frac{TL}{lm} \qquad \textbf{(2.2)}$$

จากสมการที่ 2.2 TL = N x lm

แทนค่า TL ลงในสมการที่ 2.1 จะได้ $N \times lm = \frac{E.A}{CU.LLD.LDD}$

ดังนั้นสมการค่าความสว่างโดยรวมของแสงจะได้เท่ากับ

$$E = \frac{N \times lm \times cu \times LLD \times LDD}{A}$$

โดยที่ E = ค่าความสว่างโดยเฉลี่ย

N = จำนวนหลอด

lm = จำนวนลูเมนต่อหลอด

CU = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization)

LLD = ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation)

LDD = ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire DirtDepreciation)

A = พื้นที่ห้อง + พื้นที่ผนังทั้งสี่

3. 5 การออกแบบทางเลือกในการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียน

ทำการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียน 3 แนวทางดังนี้

3.5.1 ปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟภายในห้องเรียน

3.5.2 ปรับปรุงบัลลาสต์ภายในอาคารเรียน

3.5.3 ปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ภายในอาคารเรียน

3.6 การการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ในขั้นตอนนี้เป็นการอุปกรณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์และเลือกแล้วมาวิเคราะห์เกี่ยวกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิด และทำการประเมินโครงการโดยใช้เครื่องมือการประเมินโครงการจากหัวข้อที่ 2.8

3.7 การออกแบบโปรแกรมการประเมินโครงการบนโปรแกรม MS Excel

เป็นการนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์และเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุด มาออกแบบโปรแกรมการประเมินโครงการบนโปรแกรม MS Excel เพื่อเปรียบเทียบกับแบบเดิมที่มีอยู่ในอาคาร

3.7.1 นำข้อมูลที่ได้ลงในโปรแกรม Ms Excel

3.7.2 ทำการทดลอง

3.7.3 สรุปและประเมินผล

3.8 จัดทำรายงาน

นำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์รวบรวมจัดทำเป็นรายงาน

3.9 สรุปผล

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

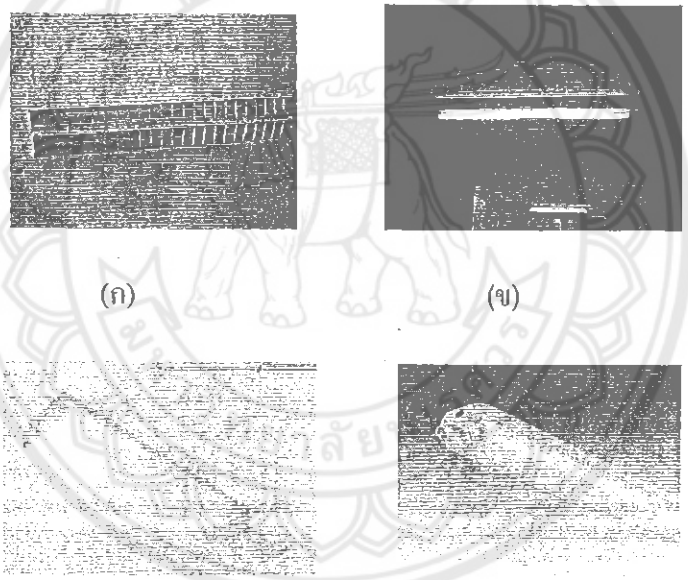
4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของอาคารเรียนรวมวิศวกรรมศาสตร์นั้น จะแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิเพื่อสะดวกในการหาข้อมูลและการบันทึกผล

4.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในอาคารเรียนรวมวิศวกรรมศาสตร์สามารถนำข้อมูลมาจำแนกประเภทของโคมไฟและประเภทของห้องได้ดังนี้

หลอดไฟที่ใช้ภายในอาคารเรียนมีสองประเภท คือ ขนาด 18 วัตต์ และขนาด 36 วัตต์



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.1 โคมไฟภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ก) โคมแบบหลอดคู่ใช้ในบริเวณห้องเรียน

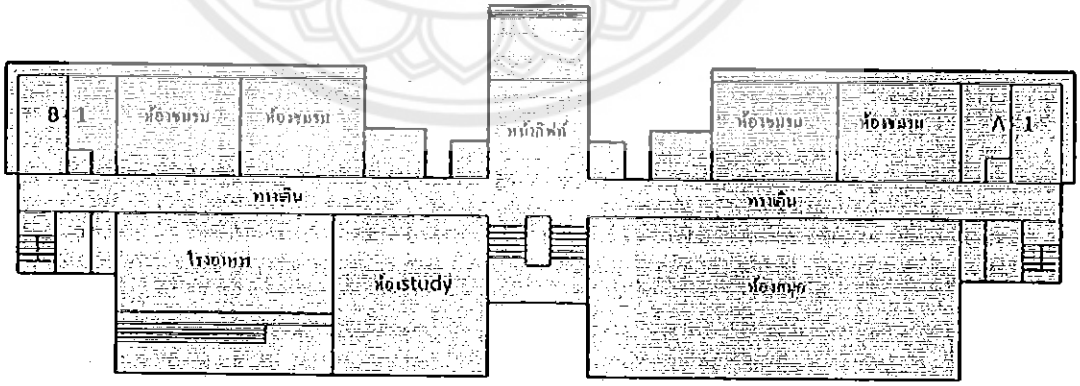
(ข) โคมแบบหลอดเดียวใช้บริเวณทางเดิน

(ค) โคมกันน้ำใช้ในบริเวณห้องน้ำขนาด 18 วัตต์

(ง) โคมกันน้ำใช้ในบริเวณห้องน้ำขนาด 36 วัตต์

ตาราง 4.1 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 1

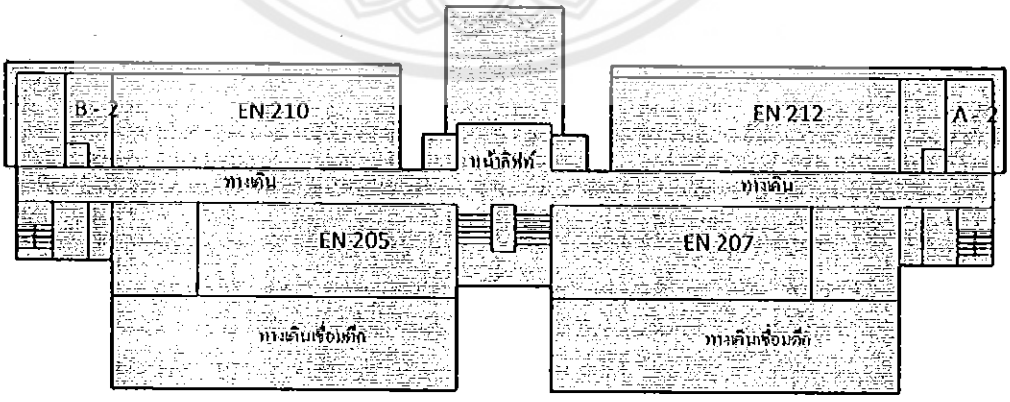
ห้อง	ขนาดห้อง (m.)		จำนวนห้อง	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนโคมไฟ	ประเภทของโคม
	กว้าง	ยาว				
ห้องสมุด	16	30	1	192	96	ก
ห้อง study	16	15	1	48	24	ก
ห้องชมรม	8	10	4	32	16	ก
โรงอาหาร	16	15	1	12	12	ก
ทางเดิน	3	30	2	8	8	ข
ห้องน้ำ						
A - 1	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
B - 1	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
หน้าลิฟท์	11	8	1	4	4	ข
บันไดหนีไฟ	4	4	2	8	4	ค



รูปที่ 4.2 แผนผังอาคาร ชั้น 1

ตาราง 4.2 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 2

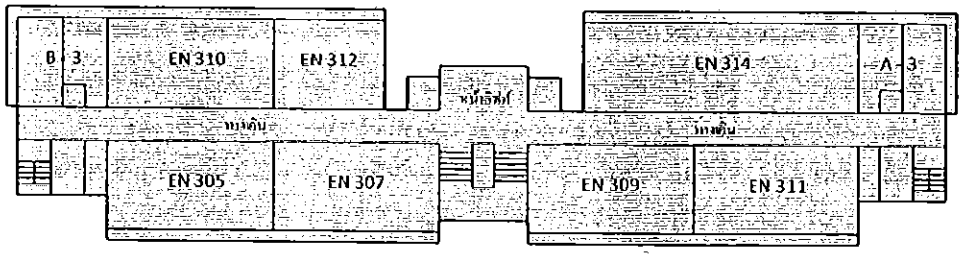
ห้อง	ขนาดห้อง (m.)		จำนวนห้อง	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนโคมไฟ	ประเภทของโคมไฟ
	กว้าง	ยาว				
EN 205	8	22.5	1	72	36	ก
EN 207	8	22.5	1	72	36	ก
EN 210	8	25	1	80	40	ก
EN 212	8	25	1	80	40	ก
ประตูทางเดิน	8	7.5	2	4	4	ข
ทางเดิน	3	30	2	8	8	ข
ห้องน้ำ						
A -1	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
B - 1	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
หน้าลิฟท์	11	8	1	4	4	ข
บันไดหนีไฟ	4	4	2	8	4	ค



รูปที่4.3 แผนผังอาคาร ชั้น 2

ตาราง 4.3 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 3

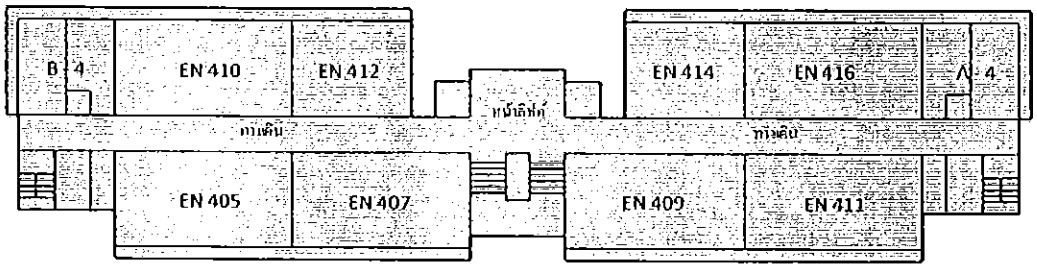
ห้อง	ขนาดห้อง (m.)		จำนวนห้อง	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนโคมไฟ	ประเภทของโคม
	กว้าง	ยาว				
EN 305	8	15	1	48	24	ก
EN 307	8	15	1	48	24	ก
EN 309	8	15	1	48	24	ก
EN 310	8	15	1	48	24	ก
EN 311	8	15	1	48	24	ก
EN 312	8	10	1	32	16	ก
EN 314	8	25	1	80	40	ก
ทางเดิน	3	30	2	8	8	ข
ห้องน้ำ						
A -3	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
B - 3	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
หน้าลิฟท์	11	8	1	4	4	ข
บันไดหนี	4	4	2	8	4	ค



รูปที่ 4.4 แผนผังอาคาร ชั้น 3

ตาราง 4.4 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 4

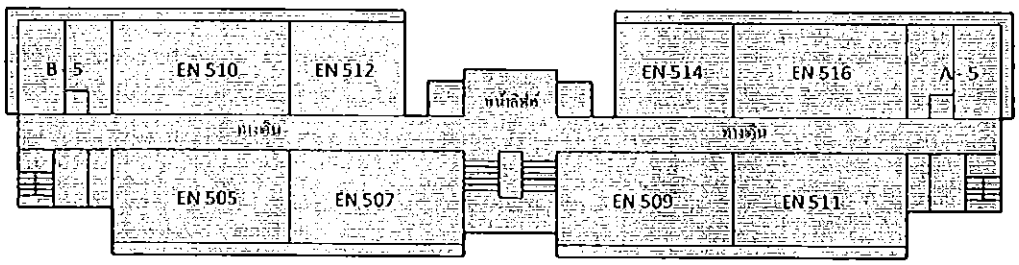
ห้อง	ขนาดห้อง (m.)		จำนวนห้อง	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนโคมไฟ	ประเภทของโคม
	กว้าง	ยาว				
EN 405	8	15	1	48	24	ก
EN 407	8	15	1	48	24	ก
EN 409	8	15	1	48	24	ก
EN 410	8	15	1	48	24	ก
EN 411	8	15	1	48	24	ก
EN 412	8	10	1	32	16	ก
EN 414	8	10	1	32	16	ก
EN 416	8	15	1	48	24	ก
ทางเดิน	3	30	2	8	8	ข
ห้องน้ำ						
A -4	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
B - 4	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
หน้าลิฟท์	11	8	1	4	4	ข
บันไดหนีไฟ	4	4	2	8	4	ค



รูปที่ 4.5 แผนผังอาคาร ชั้น 4

ตาราง 4.5 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 5

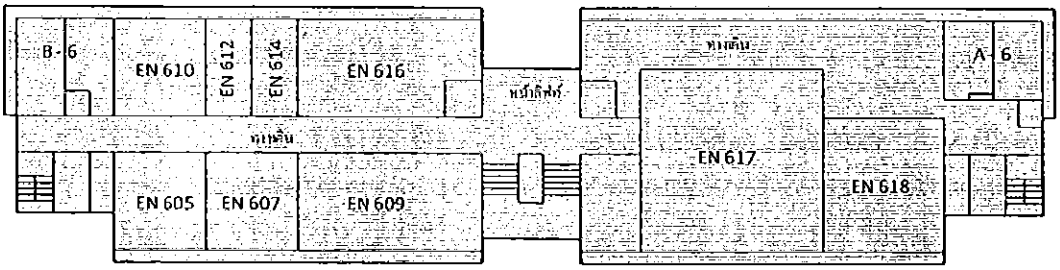
ห้อง	ขนาดห้อง (m.)		จำนวนห้อง	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนโคมไฟ	ประเภทของโคม
	กว้าง	ยาว				
EN 505	8	15	1	48	24	ก
EN 507	8	15	1	48	24	ก
EN 509	8	15	1	48	24	ก
EN 510	8	15	1	48	24	ก
EN 511	8	15	1	48	24	ก
EN 512	8	10	1	32	16	ก
EN 514	8	10	1	32	16	ก
EN 516	8	15	1	48	24	ก
ทางเดิน	3	30	2	8	8	ข
ห้องน้ำ						
A -5	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
B - 5	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
หน้าลิฟท์	11	8	1	4	4	ข
บันไดหนีไฟ	4	4	2	8	4	ค



รูปที่ 4.6 แผนผังอาคาร ชั้น 5

ตาราง 4.6 ข้อมูลประเภทห้องภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 6

ห้อง	ขนาดห้อง (m.)		จำนวนห้อง	จำนวนหลอดไฟ	จำนวนโคมไฟ	ประเภทของโคม
	กว้าง	ยาว				
EN 605	8	7.5	1	24	12	ก
EN 607	8	7.5	1	24	12	ก
EN 610	8	7.5	1	24	12	ก
EN 616	8	15	1	44	22	ก
EN 609	8	15	1	48	24	ก
EN 617		15	1	96	48	ก
EN 618		10	1	48	24	ก
ทางเดิน	3	30	1	8	8	ข
	5	30	1	8	8	ข
ห้องน้ำ						
A -6	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
B - 6	8	4	1	6-2	3-2	ค – ง
หน้าลิฟท์	11	8	1	4	4	ข
บันไดหนีไฟ	4	4	2	8	4	ค



รูปที่ 4.7 แผนผังอาคาร ชั้น 6

4.2 การทดลอง

4.2.2 ผลการทดลอง

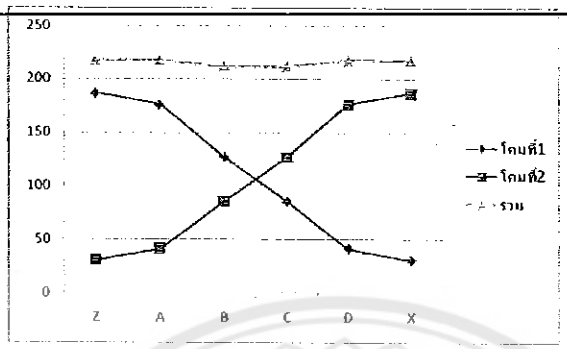
ทำการวัดความสว่าง ในระนาบ C_0 และ C_1 ที่ระยะ 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 และ 3.0 เมตร ตามลำดับ โดยทำการวัดจุดละ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยและนำข้อมูลมาเขียนกราฟวิเคราะห์การรวมและการกระจายของแสงของชุดโคมไฟ 2 ชุด ในระยะต่างๆ ในขั้นตอนต่อไป

4.2.2.1 การทดลองที่ 1 โคมแบบปัจจุบัน หลอดนีออนผอม 2 หลอด

ตารางที่ 4.7 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 1

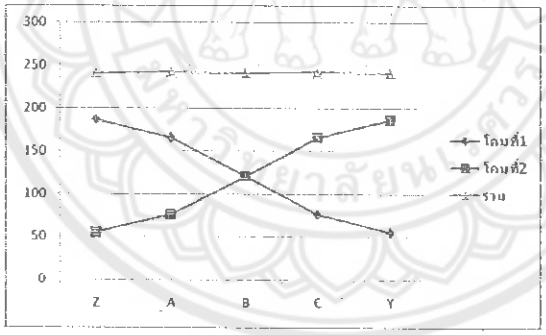
การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (Lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	185	175	126	86	47	30	22	165	122	76	55	47	42
2	187	176	128	84	44	31	22	167	120	77	55	44	47
3	188	177	127	86	45	31	21	166	120	75	55	45	47
เฉลี่ย	186.7	176	127	85.3	41.3	30.7	21.7	166	120.7	76	55	45.3	45.3

4.2.2.2 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1 จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกับของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



รูปที่ 4.8 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ที่ระยะ 2.5 เมตร ของการทดลองที่ 1

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 1 ใน ระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.5 เมตร ประมาณ 217 lux



รูปที่ 4.9 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ที่ระยะ 2.0 เมตร ของการทดลองที่ 1

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.0 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 1ใน ระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 240 lux

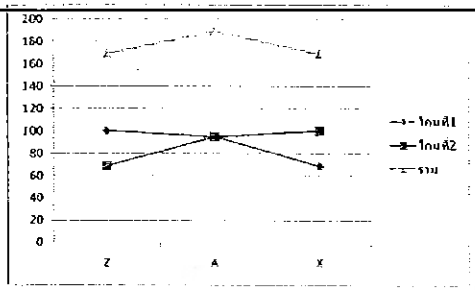
จากการทดลองที่ 1 เป็นการวัดค่าความสว่างของชุดโคมไฟแบบเดิม เพื่อนำค่าที่ได้ไปเป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์เลือกชุดโคมไฟแบบใหม่

4.2.2.3 การทดลองที่ 2 โคมแบบปัจจุบัน หลอดนีออนผอม 1 หลอด

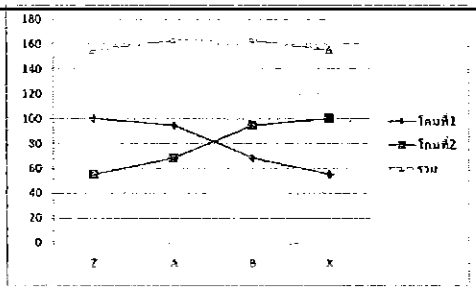
ตารางที่ 4.8 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 2

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (Lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	101	94	69	55	29	25	17	92	69	49	42	36	44
2	100	96	68	55	31	24	18	91	68	48	42	35	45
3	100	94	69	56	29	25	17	90	68	49	42	36	45
เฉลี่ย	100.3	94.7	68.7	55.3	29.7	24.7	17.7	91	68.3	48.7	42	35.7	44.7

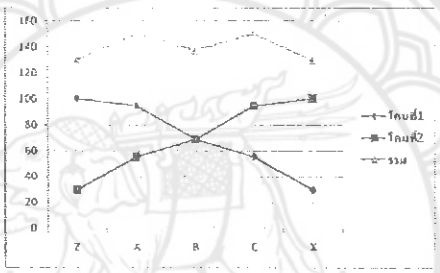
4.2.2.4 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 จากข้อมูลในตารางที่ 4.8 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



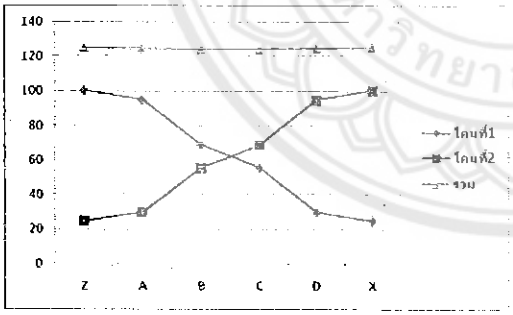
ระยะ 1 เมตร



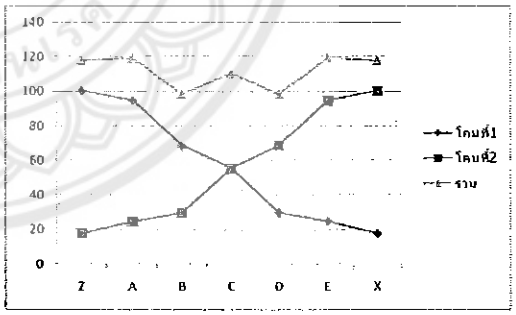
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



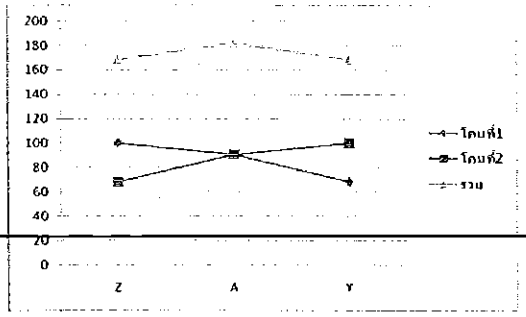
ระยะ 2.5 เมตร



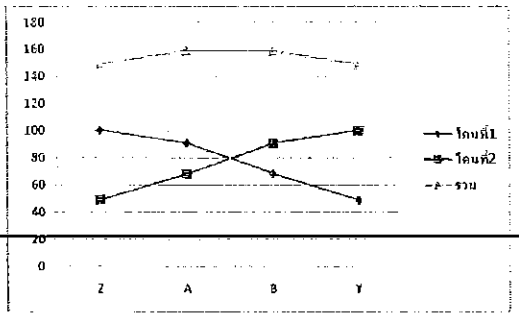
ระยะ 3 เมตร

รูปที่ 4.10 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 2

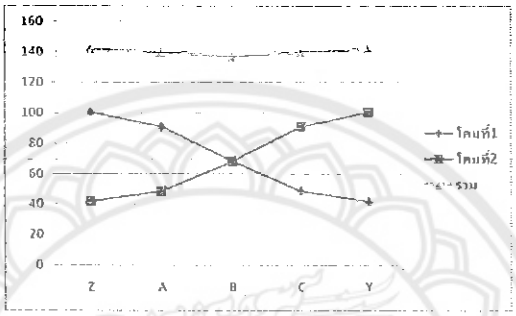
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 2 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.5 เมตร ประมาณ 124 lux



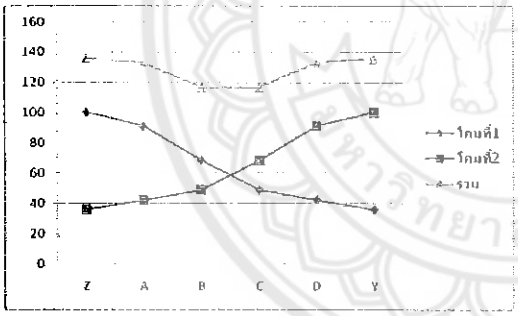
ระยะ 1.0 เมตร



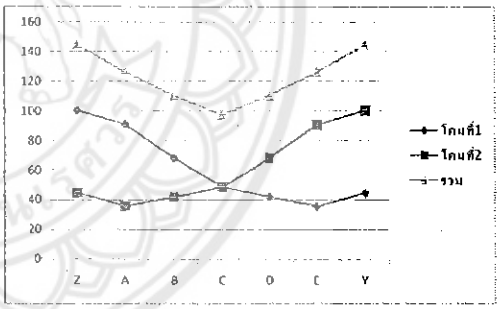
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.11 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 2

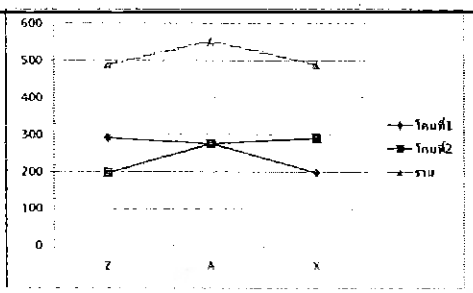
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.0 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 2 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 142 lux

4.2.2.5 การทดลองที่ 3 โคมแบบปัจจุบัน หลอด super lux 2 หลอด

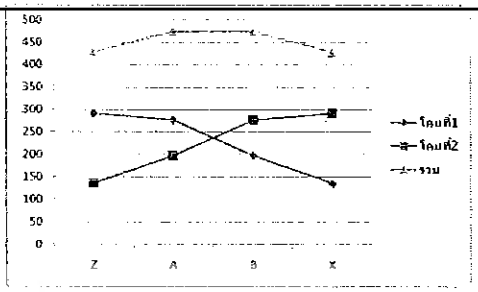
ตารางที่ 4.9 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 3

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	294	277	198	137	67	44	30	258	185	109	73	55	54
2	290	276	198	137	66	45	30	259	185	110	72	56	53
3	291	276	197	135	68	44	30	258	184	109	72	55	54
เฉลี่ย	291.7	276.3	197.7	136.3	67	44.3	30	258.3	184.7	109.3	72.3	55.3	53.7

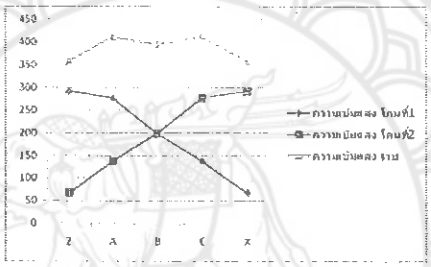
4.2.2.6 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลอง จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



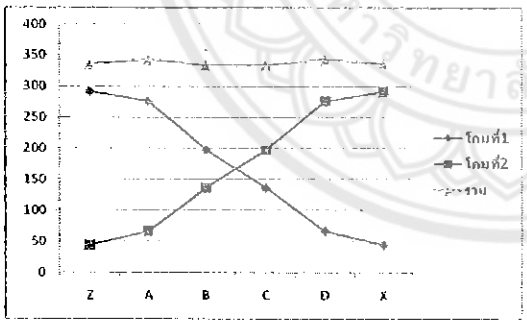
ระยะ 1.0 เมตร



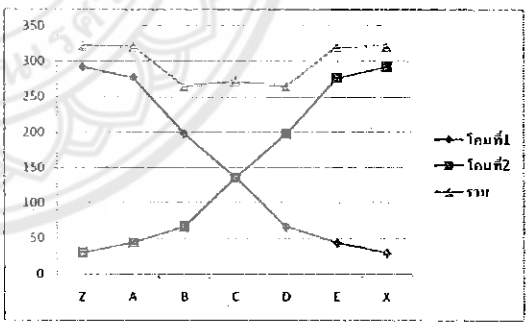
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



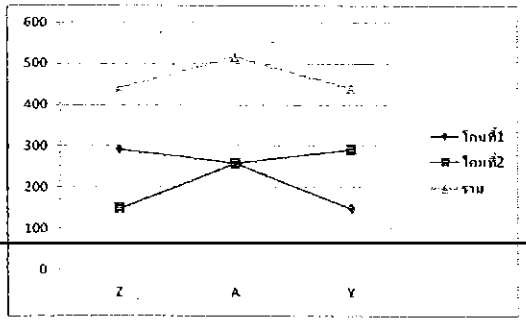
ระยะ 2.5 เมตร



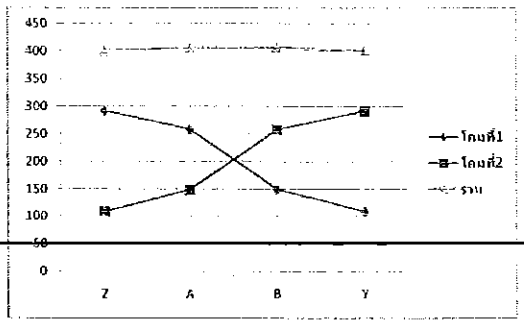
ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.12 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0ของการทดลองที่ 3

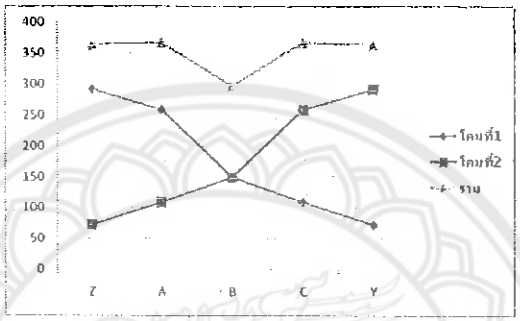
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 3 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.5 เมตร ประมาณ 336 lux



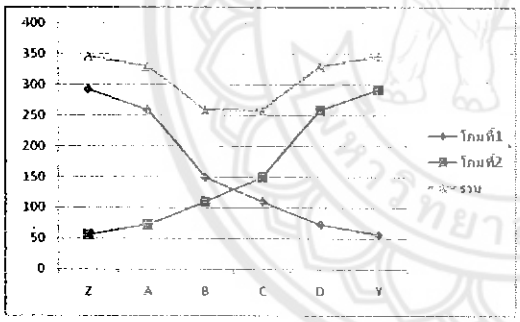
ระยะ 1.0 เมตร



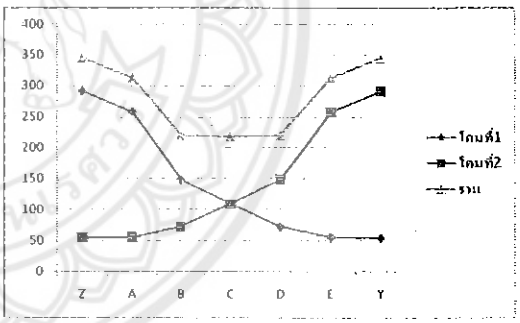
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.13 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 3

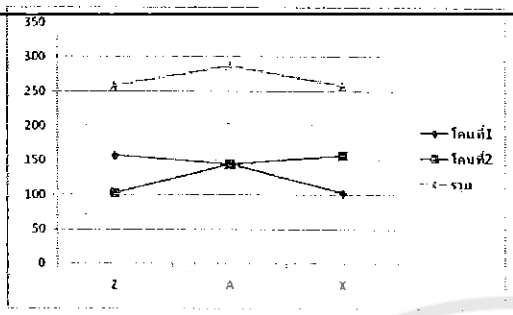
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 1.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 3 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 1.5 เมตร ประมาณ 400 lux

4.2.2.7 การทดลองที่ 4 โคมแบบปัจจุบัน หลอด super lux 1 หลอด

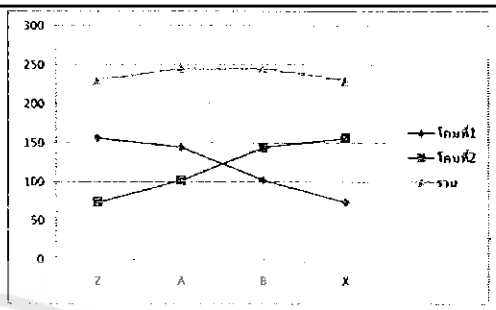
ตารางที่ 4.10 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 4

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	157	143	102	75	36	29	21	140	103	66	51	42	47
2	156	144	103	74	37	29	21	140	102	67	51	42	46
3	157	145	101	75	37	28	21	141	102	66	51	41	47
เฉลี่ย	156.67	144	102	74.7	36.7	28.7	21	140.3	102.3	66.3	51	41.7	46.7

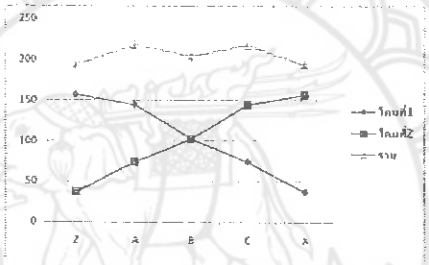
4.2.2.8 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อมูลในตารางที่ 4.10 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



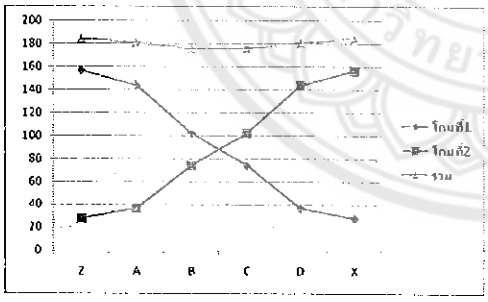
ระยะ 1.0 เมตร



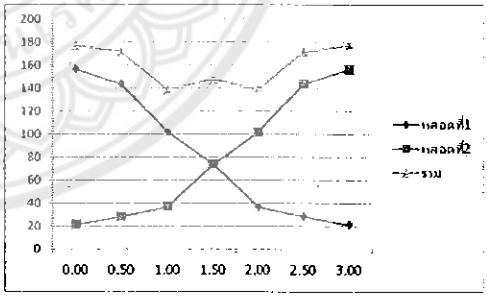
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



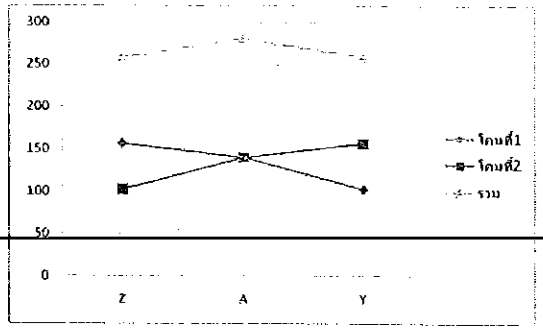
ระยะ 2.5 เมตร



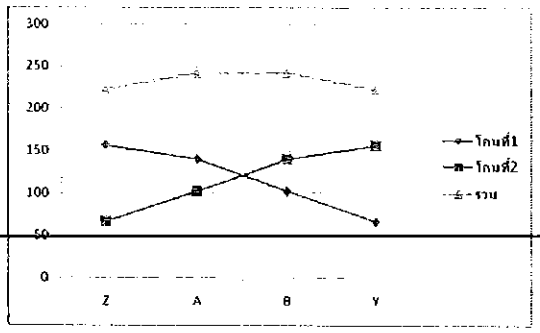
ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.14 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 4

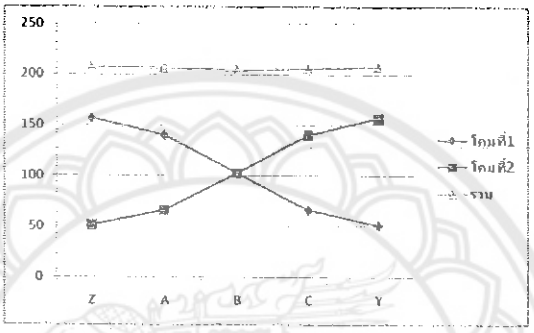
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 4 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.5 เมตร ประมาณ 184 lux



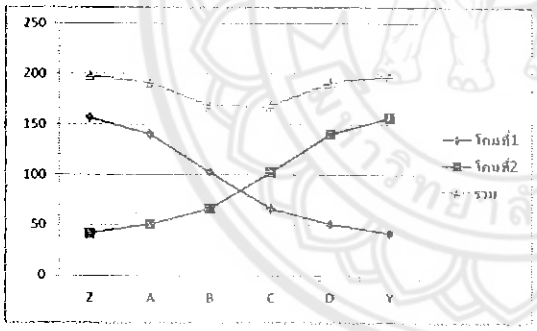
ระยะ 1.0 เมตร



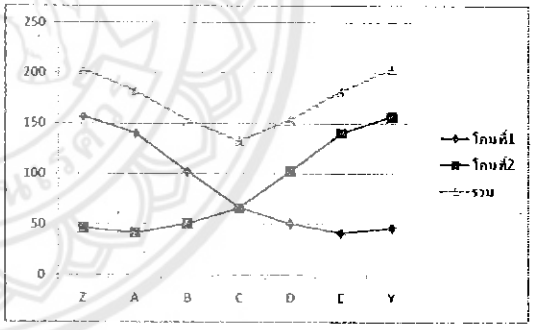
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.15 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 4

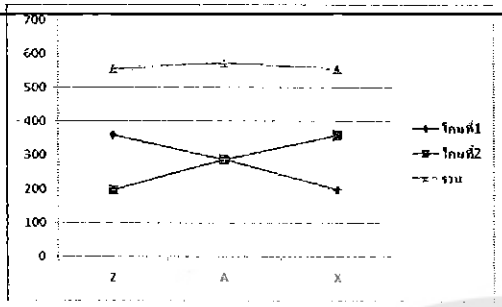
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.50เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 4 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 207 lux

4.2.2.9 การทดลองที่ 5 โคมไฟสะท้องแสง หลอดนีออนผอม 2 หลอด

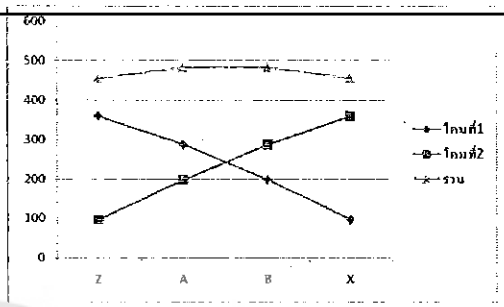
ตารางที่ 4.11 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 5

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	335	287	193	97	59	37	27	316	215	134	89	64	56
2	359	286	197	98	58	36	27	315	316	133	90	65	57
3	363	286	194	96	58	36	27	315	214	133	90	66	56
เฉลี่ย	359	286.3	194	97	58.3	36.3	27	315.3	215	133.3	89.7	65	56.3

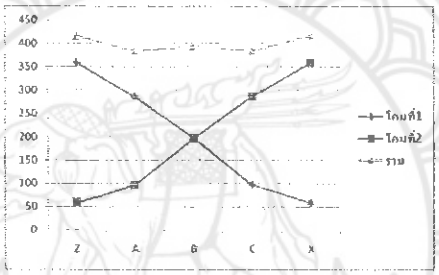
4.2.2.10 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อมูลในตารางที่ 4.11 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



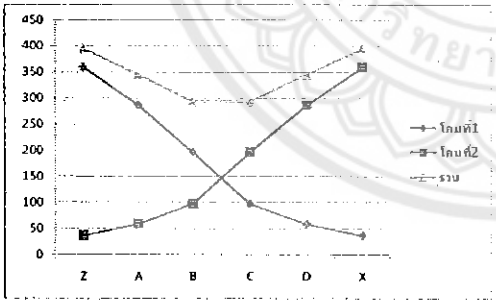
ระยะ 1.0 เมตร



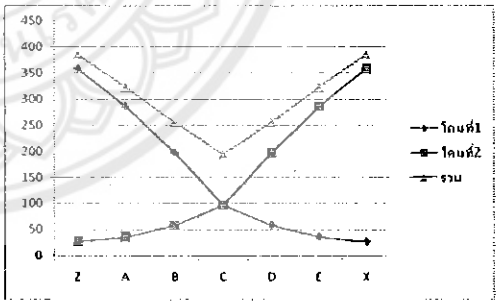
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



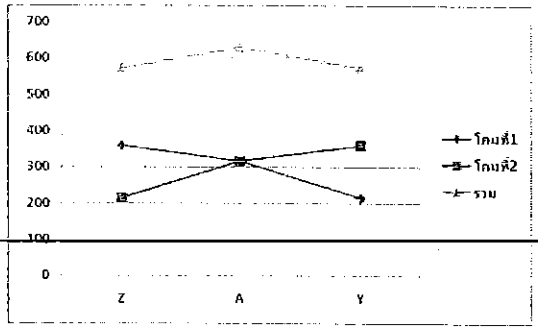
ระยะ 2.5 เมตร



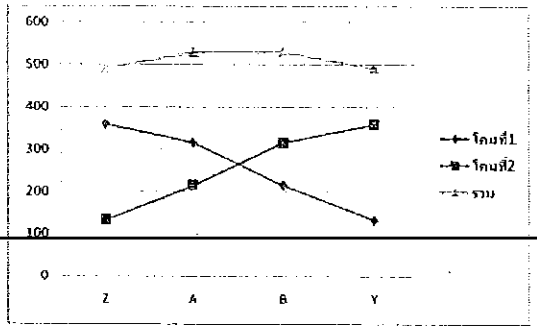
ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.16 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 5

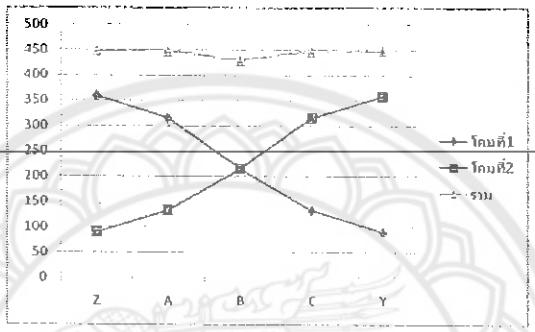
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 1.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 5 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 1.5 เมตร ประมาณ 456 lux



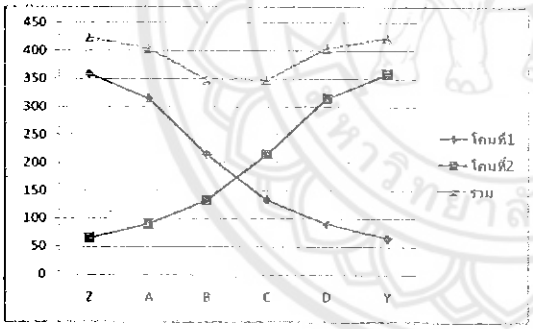
ระยะ 1.0 เมตร



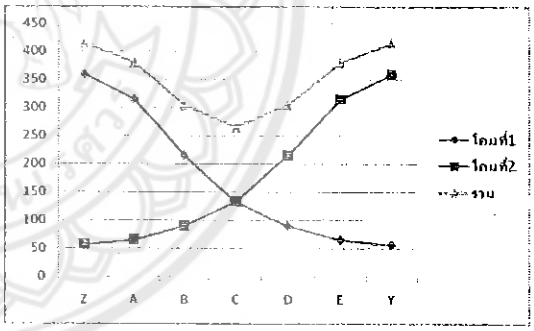
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.17 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 5

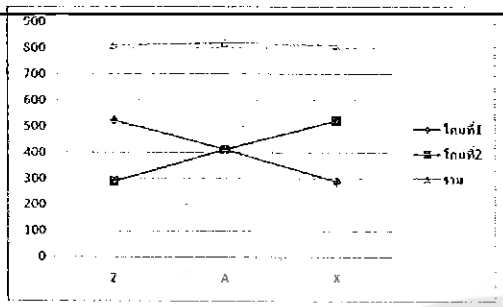
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.0 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 5 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 448 lux

4.2.2.11 การทดลองที่ 6 โคมไฟสะท้อนแสง หลอด super lux 2 หลอด

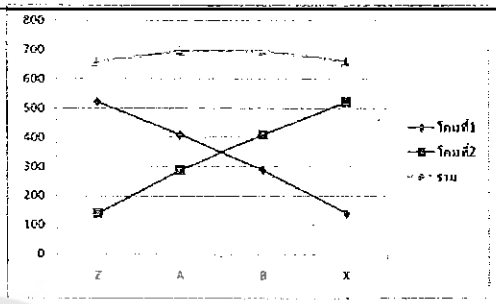
ตารางที่ 4.12 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 6

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	520	408	280	143	77	47	34	458	307	189	124	82	70
2	521	410	277	140	77	47	33	459	307	187	123	82	69
3	522	411	279	140	78	47	34	459	308	189	123	83	69
เฉลี่ย	521	409.7	287.7	141	77.3	47	33.7	458.7	307.3	188.3	123.3	82.3	69.3

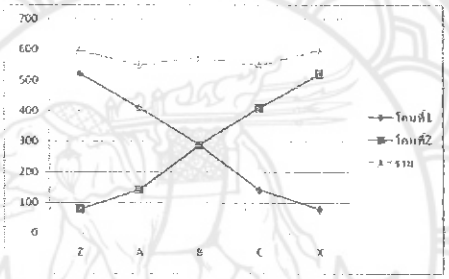
4.2.2.12 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อมูลในตารางที่ 4.12 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



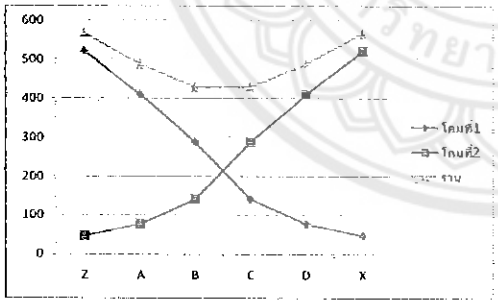
ระยะ 1.0 เมตร



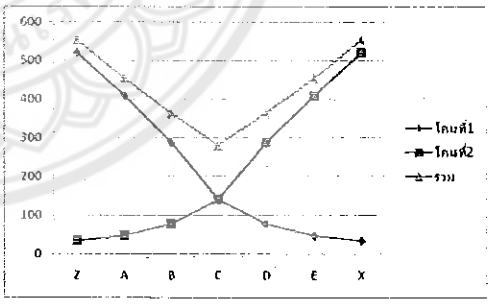
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



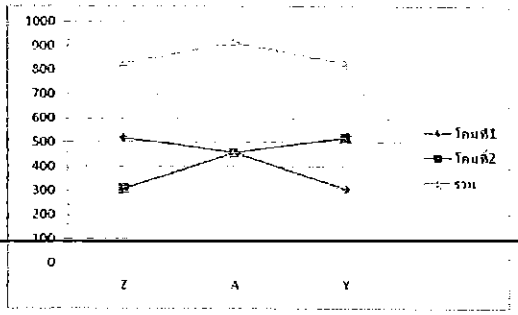
ระยะ 2.5 เมตร



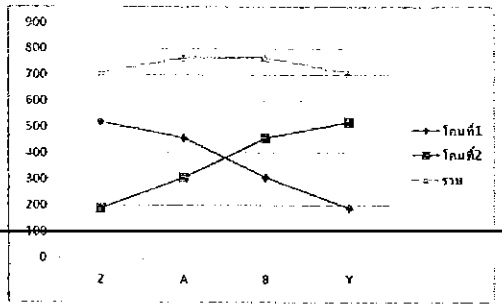
ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.18 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 6

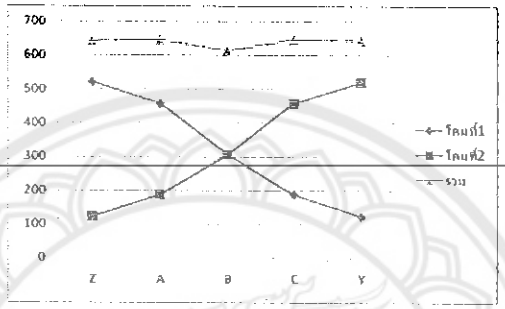
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 1.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 6 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 1.5 เมตร ประมาณ 662 lux



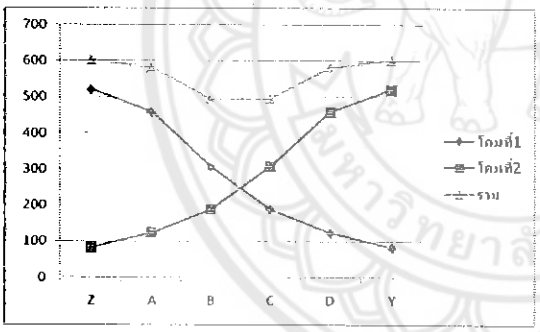
ระยะ 1.0 เมตร



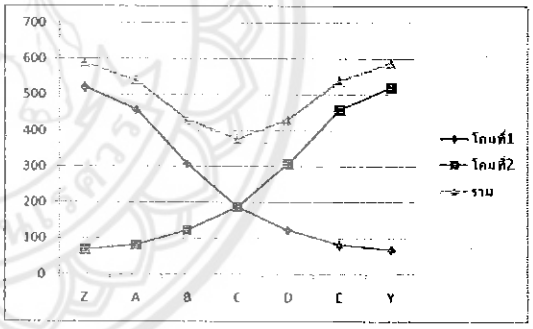
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.19 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 6

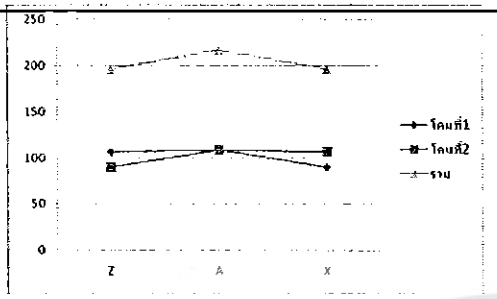
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.0 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 6 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 644 lux

4.2.2.13 การทดลองที่ 7 โคมไฟสะท้อนแสง หลอดนีออนผอม 1 หลอด

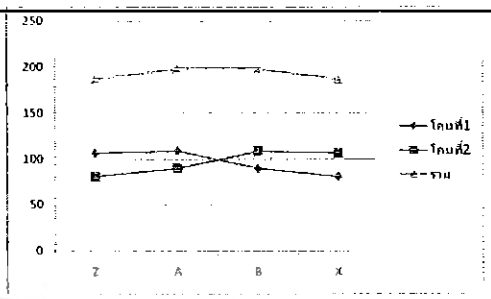
ตารางที่ 4.13 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 7

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	106	98	77	68	52	37	30	93	73	58	47	45	43
2	106	97	78	68	51	38	29	94	74	57	45	45	42
3	107	98	78	69	53	38	29	94	74	58	45	45	42
เฉลี่ย	106.3	97.7	77.7	69.3	52	37.7	29.3	93.7	73.7	57.7	45.7	45	42.3

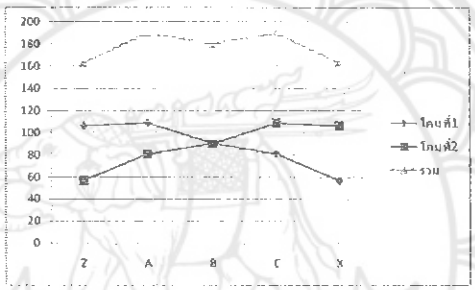
4.2.2.14 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลอง จากข้อมูลในตารางที่ 4.13 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



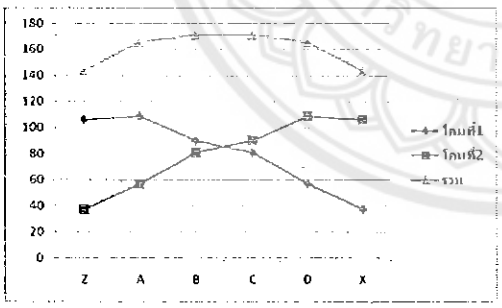
ระยะ 1.0 เมตร



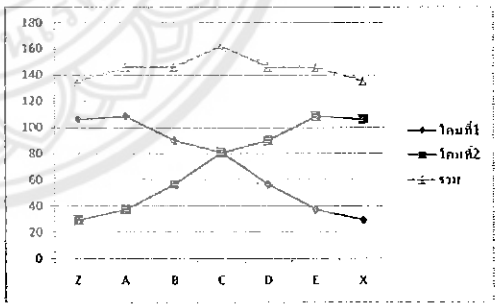
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



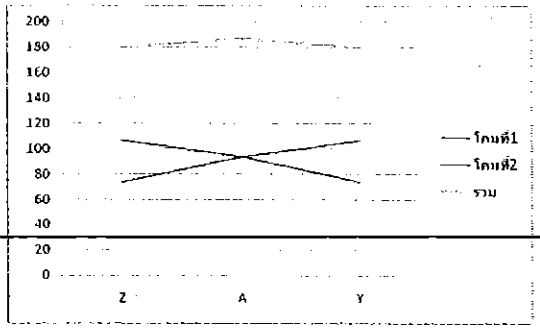
ระยะ 2.5 เมตร



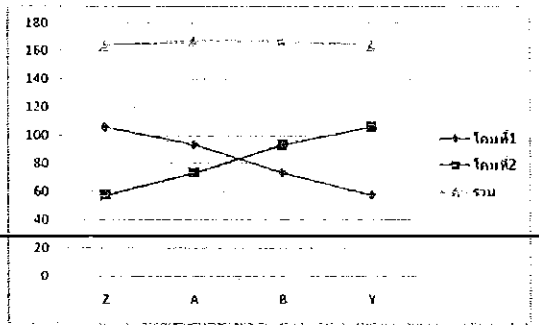
ระยะ 3 เมตร

รูปที่ 4.20 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 7

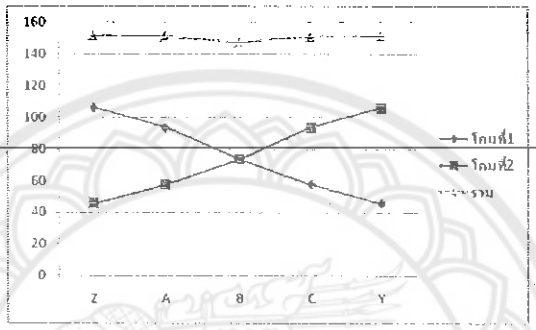
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 1.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 7 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 1.5 เมตร ประมาณ 175 lux



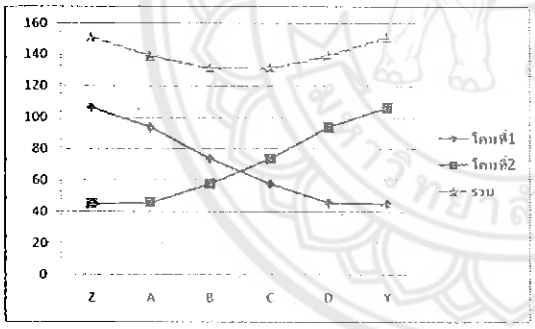
ระยะ 1.0 เมตร



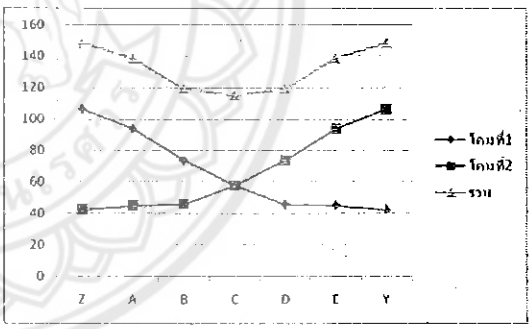
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.21 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 7

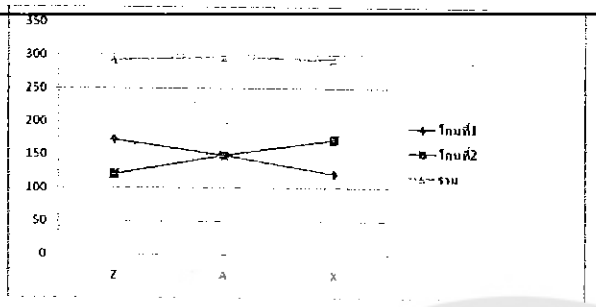
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.0 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 7 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 152 lux

4.2.2.15 การทดลองที่ 8 โคมสะท้อนแสง หลอด super lux 1 หลอด

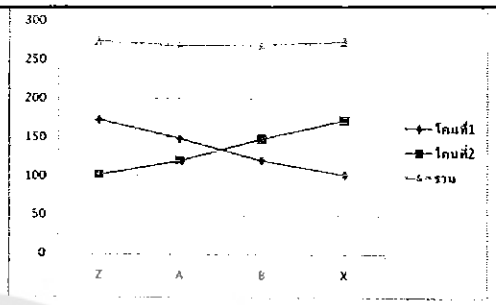
ตารางที่ 4.14 ค่าความสว่าง (lux) การทดลองที่ 8

การทดลอง (ครั้งที่)	ความสว่าง (lux)												
	ระนาบ C_0 (เมตร)							ระนาบ C_1 (เมตร)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	173	148	120	102	75	50	36	150	126	98	78	52	47
2	173	148	121	103	75	49	37	152	125	99	77	51	47
3	172	150	121	102	75	49	36	151	126	99	79	51	48
เฉลี่ย	172.7	148.7	120.7	102.3	75	49.3	36.3	151	125.7	98.7	78	51.3	47.3

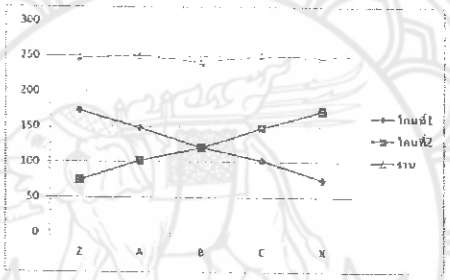
4.2.2.16 กราฟวิเคราะห์ผลการทดลอง จากข้อมูลในตารางที่ 4.14 จะสามารถนำมาคิดหาค่าความสว่างของแสงที่ตัดกันของโคมไฟ 2 โคมได้ โดยการกำหนดจุดที่จะวัดความเข้มแสงและนำค่าความเข้มแสง ณ จุดนั้นมารวมกัน (หัวข้อที่ 3.3)



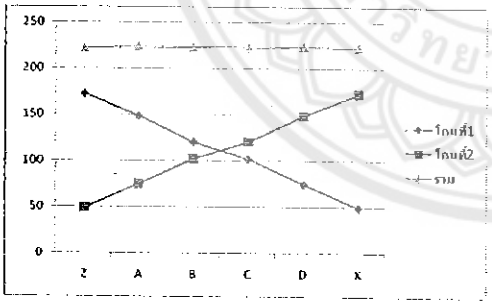
ระยะ 1.0 เมตร



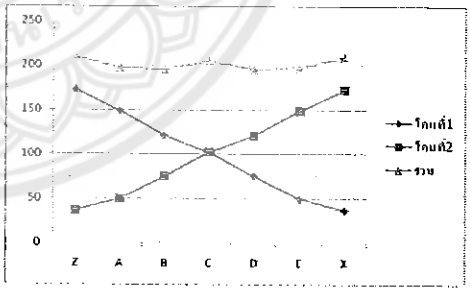
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



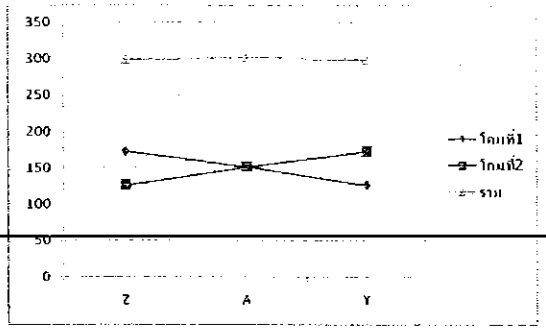
ระยะ 2.5 เมตร



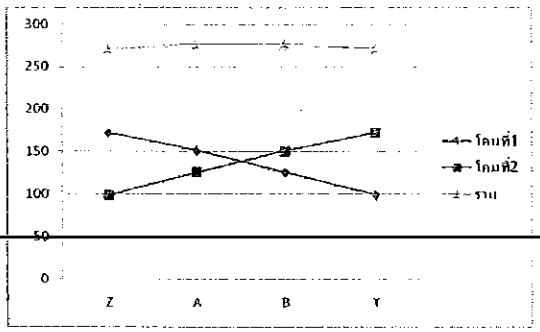
ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.22 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_0 ของการทดลองที่ 8

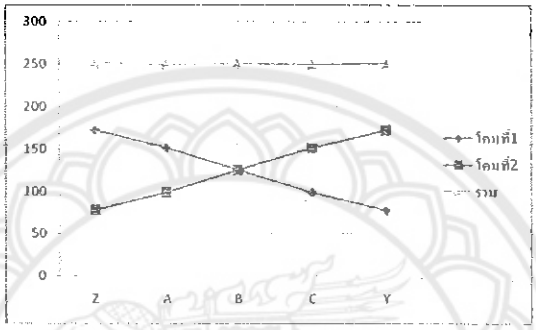
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.5 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 8 ในระนาบ C_0 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.5 เมตร ประมาณ 222 lux



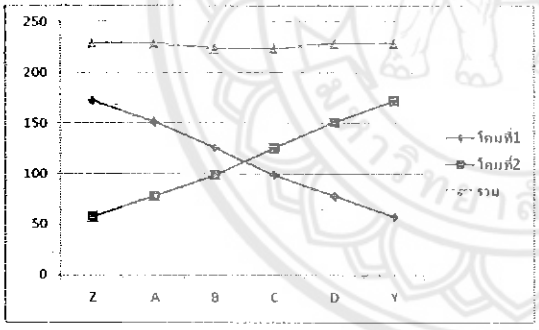
ระยะ 1.0 เมตร



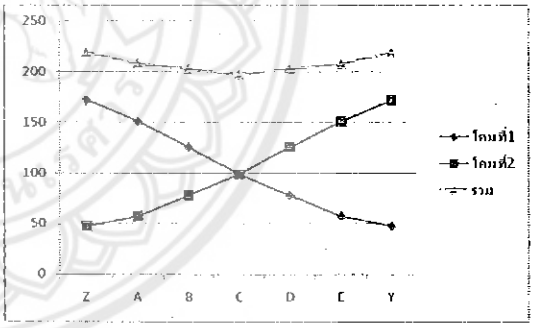
ระยะ 1.5 เมตร



ระยะ 2.0 เมตร



ระยะ 2.5 เมตร



ระยะ 3.0 เมตร

รูปที่ 4.23 กราฟการกระจายของแสงในระนาบ C_1 ของการทดลองที่ 8

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 2.0 เมตร เส้นรวม (เส้นบนสุด) มีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่า โคมไฟจากการทดลองที่ 8 ในระนาบ C_1 จะมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอที่ระยะ 2.0 เมตร ประมาณ 250 lux

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.15 สรุปการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของแสง

การทดลองที่	จำนวนหลอดต่อโคม	ระยะที่มีการกระจายแสงสม่ำเสมอ (เมตร)		ความเข้มแสง (lux)	
		ระนาบ C_0	ระนาบ C_1	ระนาบ C_0	ระนาบ C_1
1	2	2.5	2.0	217	240
2	1	2.5	2.0	124	142
3	2	2.5	1.5	336	400
4	1	2.5	2.0	184	207
5	2	1.5	2.0	456	448
6	2	1.5	2.0	662	644
7	1	1.5	2.0	175	152
8	1	2.5	2.0	222	250

จากตารางที่ 4.15 เราจะได้ระยะจากระนาบ C_1และระนาบ C_0 ของทั้ง 8 การทดลองและได้ความเข้มแสงที่ระยะในการวางโคมไฟของโคมไฟ 2 โคมของทั้ง 8 การทดลอง เราจะนำระยะจากระนาบ C_1และระนาบ C_0 ที่ได้ ไปวางผังเพื่อหาจำนวนโคมไฟที่ใช้ในห้องตัวอย่างทั้ง 8 การทดลอง เพื่อจะคำนวณหาความสว่างโดยเฉลี่ยทั้งห้อง ในขั้นต่อไป

4.4 การคำนวณค่าความส่องสว่างทั่วทั้งห้อง

การคำนวณความสว่างทั่วทั้งห้องเป็นการคำนวณเพื่อเป็นปัจจัยปัจจัยช่วยพิจารณาเลือกอุปกรณ์จากการทดลองทั้ง 8 การทดลอง โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

จากสมการในหัวข้อที่ 3.4

$$E = \frac{N \times lm \times cu \times LLD \times LDD}{A} \qquad (4.1)$$

N = จากแผนผังการจัดวางโคม ภาคผนวก

A = พื้นที่ห้อง + พื้นที่หนังทั้ง 4

ในที่นี้ผู้ทดลองกำหนดห้องตัวอย่างเป็นห้องขนาด 8 x 15 เมตร

พื้นที่ห้อง (8x15) = 120 ตารางเมตร

พื้นที่หนังทั้ง 4 (8x2.7)+(8x2.7)+(15x2.7)+(15x2.7) =124.2 ตารางเมตร

A = 120 + 124.2 = 244.4 ตารางเมตร

Lm = 3250 ลูเมนต่อหลอด

Cu = 0.95

LLD = 1 (ไม่คิดความเสื่อมหลอดไฟเพราะเป็นหลอดใหม่)

LDD = 1 (ไม่คิดความสกปรกของดวงโคมเพราะเป็นโคมใหม่)

เมื่อได้ผลจากการวางผังโคมไฟภายในห้องและการคำนวณค่าความสว่างเฉลี่ยทั้งห้องของทั้ง 8 การทดลองแล้ว เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบว่าการทดลองใดจะเหมาะสมที่จะนำมาปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์โดยจะใช้ปัจจัยทั้ง 3 ข้อดังนี้

1. เปรียบเทียบจำนวนหลอดไฟ
2. เปรียบเทียบความเข้มแสงจากโคมไฟ 2 โคม
3. เปรียบเทียบความเข้มแสงเฉลี่ยทั้งห้อง

โดยปัยจัยข้อที่ 1 และ 2 จะใช้การทดลองที่ 1 เป็นเกณฑ์อ้างอิงเปรียบเทียบเนื่องจากการทดลองที่ 1 เป็นอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ และปัจจัยข้อที่ 3 จะใช้เปรียบเทียบความเข้มของแสงเฉลี่ยทั้งห้องจากเกณฑ์มาตรฐานในช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.1 เป็นเกณฑ์อ้างอิง ดังแสดงในตารางที่ 4.16 ดังนี้

ตารางที่ 4.16 สรุปการวิเคราะห์การทดลอง

การทดลองที่	จำนวนโคมไฟ	หลอดไฟ		ความเข้มแสงจากการวัด		ความเข้มแสงเฉลี่ยทั้งห้อง
		ประเภท	จำนวน	ระนาบ C_0	ระนาบ C_1	
1	24	STD	48	217	240	306.63
2	24	STD	24	124	142	153.32
3	30	SPL	60	336	400	479.12
4	24	SPL	24	184	207	217.20
5	40	STD	80	456	448	809.17
6	40	SPL	80	662	644	1011.46
7	24	STD	40	175	152	242.75
8	24	SPL	24	222	250	303.44

จากปัจจัยข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 2 , 4 และ 8 สามารถลดจำนวนหลอดไฟจาก 48 โคมเหลือ 24 โคม ดังแสดงในตารางที่ 4.16

จากปัจจัยข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 8 จะมีค่าความเข้มของแสงจากโคม 2 โคมในระนาบ C_0 และระนาบ C_1 ใกล้เคียงกับการทดลองที่ 1 มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.16

จากปัจจัยข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 3 และ 8 มีค่าความเข้มแสงโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.16

จากการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 3 ข้อ จะพบว่าการทดลองที่ 8 สามารถลดจำนวนหลอดไฟได้ 50% เมื่อเทียบกับแบบปัจจุบันที่ใช้อยู่ มีความเข้มแสงจากโคมไฟ 2 โคมในระนาบ C_0 และระนาบ C_1 ที่ใกล้เคียงกับแบบปัจจุบันที่ใช้อยู่ รวมถึงมีความสว่างเฉลี่ยทั่วทั้งห้องในช่วงมาตรฐานถึงแม้จะสว่างน้อยกว่าการทดลองที่ 3 แต่การทดลองที่ 8 สามารถลดหลอดไฟได้มากกว่า

ดังนั้นจึงเลือกชุดโคมไฟจากอุปกรณ์การทดลองที่ 8 คือ โคมไฟสะท้อนแสง 1x36 วัตต์ ขนาด 0.3 x 1.22 เมตร หลอดไฟ Super lux ขนาด 36 วัตต์ เป็นแนวทางการปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

4.5 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียน

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟภายในห้องเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 205	31	STD	36	72	2592	10	3312	102672	super	36	36	1296	10	1656	51336
EN 207	42	STD	36	72	2592	10	3312	139104	super	36	36	1296	10	1656	69552
EN 210	0	STD	36	80	2880	10	3680	0	super	36	40	1440	10	1840	0
EN 212	19	STD	36	80	2880	10	3680	69920	super	36	40	1440	10	1840	34960
EN 305	43	STD	36	48	1728	10	2208	94944	super	36	24	864	10	1104	47472
EN 307	55	STD	36	48	1728	10	2208	121440	super	36	24	864	10	1104	60720
EN 309	48	STD	36	48	1728	10	2208	105984	super	36	24	864	10	1104	52992
EN 310	50	STD	36	48	1728	10	2208	110400	super	36	24	864	10	1104	55200
EN 311	35	STD	36	48	1728	10	2208	77280	super	36	24	864	10	1104	38640
EN 312	38	STD	36	32	1152	10	1472	55936	super	36	16	576	10	736	27968
EN 314	44	STD	36	80	2880	10	3680	161920	super	36	40	1440	10	1840	80960

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟภายในห้องเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 505	42	STD	36	48	1728	10	2208	92736	super	36	24	864	10	1104	46368
EN 507	46	STD	36	48	1728	10	2208	101568	super	36	24	864	10	1104	50784
EN 509	34	STD	36	48	1728	10	2208	75072	super	36	24	864	10	1104	37536
EN 510	15	STD	36	48	1728	10	2208	33120	super	36	24	864	10	1104	16560
EN 511	0	STD	36	48	1728	10	2208	0	super	36	24	864	10	1104	0
EN 512	1	STD	36	32	1152	10	1472	1472	super	36	16	576	10	736	736
EN 514	0	STD	36	32	1152	10	1472	0	super	36	16	576	10	736	0
EN 516	1	STD	36	48	1728	10	2208	2208	super	36	24	864	10	1104	1104
EN 605	0	STD	36	24	864	10	1104	0	super	36	12	432	10	552	0
EN 607	3	STD	36	24	864	10	1104	3312	super	36	12	432	10	552	1656
EN 610	0	STD	36	24	864	10	1104	0	super	36	12	432	10	552	0

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโดมไฟและหลอดไฟภายในห้องเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 609	13	STD	36	48	1728	10	2208	28704	super	36	24	864	10	1104	14352
EN 616	18	STD	36	44	1584	10	2024	36432	super	36	22	792	10	1012	18216
EN 617	3	STD	36	96	3456	10	4416	13248	super	36	48	1728	10	2208	6624
EN 618	0	STD	36	48	1728	10	2208	0	super	36	24	864	10	1104	0
ห้องสมุด	73.5	STD	36	192	6912	10	8832	649152	super	36	96	1296	10	4416	324576
ห้อง Study	77	STD	36	48	1728	10	2208	170016	super	36	24	864	10	1104	85008
รวม				1556				2246640			778				1123320

หมายเหตุ เวลาการใช้ห้องได้มาจากตารางเรียนของตึก EN ในช่วงวันที่ 18 – 25 มกราคม 2553

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงในตาราง

จำนวนวัตต์รวมต่อชั่วโมง = จำนวนหลอดไฟ x ขนาดวัตต์

จำนวนวัตต์รวมบัลลาสต์ = จำนวนหลอดไฟ x (ขนาดวัตต์ของหลอดไฟ + การสูญเสียของบัลลาสต์)

วัตต์รวมต่อสัปดาห์ = วัตต์รวมบัลลาสต์ x เวลาการใช้ห้อง

เช่น ห้อง EN 205 ก่อนการปรับปรุง

จำนวนวัตต์รวมต่อชั่วโมง	= 72 x 36 = 2592	วัตต์ต่อชั่วโมง
จำนวนวัตต์รวมบัลลาสต์	= 72 x (36 + 10) = 3312	วัตต์ต่อชั่วโมง
วัตต์รวมต่อสัปดาห์	= 3312 x 31 = 102,672	วัตต์ต่อสัปดาห์

จากตารางที่ 4.17 สามารถวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟภายในห้องเรียนเพื่อการประหยัดพลังงานได้ดังนี้

โคมไฟและหลอดไฟที่ใช้ภายในห้องเรียนปัจจุบัน เป็นโคมหลอดฟูออเรสเซนต์แบบสองหลอดจำนวน 778 โคม และหลอดผอมประหยัดพลังงานทั่วไป (STD) จำนวน 1,556 หลอด มีค่าพลังงานสูญเสีย 92 วัตต์/ชม. ต่อโคม ในการปรับปรุง จะใช้ โคมไฟ ฟูออเรสเซนต์สะท้อนแสงแบบหลอดเดียวจำนวน 778 โคม และหลอดผอมประหยัดพลังงาน (Super lux) จำนวน 778 หลอด มีค่าพลังงานสูญเสีย 46 วัตต์/ชม. ต่อโคมแทนแบบเดิม ดังนั้นพลังงานที่สามารถประหยัดได้คือ

จากตารางที่ 4.17

จำนวนหลอดไฟก่อนปรับปรุง	1,556	หลอด
จำนวนหลอดไฟหลังปรับปรุง	778	หลอด
จำนวนวัตต์รวมต่อสัปดาห์ก่อนปรับปรุง	2,246,640	วัตต์/สัปดาห์
จำนวนวัตต์รวมต่อสัปดาห์หลังปรับปรุง	1,123,320	วัตต์/สัปดาห์
ดังนั้น พลังงานที่ประหยัดได้ คือ	2,246,640 – 1,123,320	
	= 1,123,320	วัตต์/สัปดาห์

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ความสูญเสียต่ำเพื่อการประหยัดพลังงาน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 205	31	STD	36	72	2592	10	3312	102672	STD	36	72	2592	4	2880	89280
EN 207	42	STD	36	72	2592	10	3312	139104	STD	36	72	2592	4	2880	120960
EN 210	0	STD	36	80	2880	10	3680	0	STD	36	80	2880	4	3200	0
EN 212	19	STD	36	80	2880	10	3680	69920	STD	36	80	2880	4	3200	60800
EN 305	43	STD	36	48	1728	10	2208	94944	STD	36	48	1728	4	1920	82560
EN 307	55	STD	36	48	1728	10	2208	121440	STD	36	48	1728	4	1920	105600
EN 309	48	STD	36	48	1728	10	2208	105984	STD	36	48	1728	4	1920	92160
EN 310	50	STD	36	48	1728	10	2208	110400	STD	36	48	1728	4	1920	96000
EN 311	35	STD	36	48	1728	10	2208	77280	STD	36	48	1728	4	1920	67200
EN 312	38	STD	36	32	1152	10	1472	55936	STD	36	32	1152	4	1280	48640

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ความสูญเสียต่ำเพื่อการประหยัดพลังงาน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 314	44	STD	36	80	2880	10	3680	161920	STD	36	80	2880	4	3200	140800
EN 505	42	STD	36	48	1728	10	2208	92736	STD	36	48	1728	4	1920	80640
EN 507	46	STD	36	48	1728	10	2208	101568	STD	36	48	1728	4	1920	88320
EN 509	34	STD	36	48	1728	10	2208	75072	STD	36	48	1728	4	1920	65280
EN 510	15	STD	36	48	1728	10	2208	33120	STD	36	48	1728	4	1920	28800
EN 511	0	STD	36	48	1728	10	2208	0	STD	36	48	1728	4	1920	0
EN 512	1	STD	36	32	1152	10	1472	1472	STD	36	32	1152	4	1280	1280
EN 514	0	STD	36	32	1152	10	1472	0	STD	36	32	1152	4	1280	0
EN 516	1	STD	36	48	1728	10	2208	2208	STD	36	48	1728	4	1920	1920
EN 605	0	STD	36	24	864	10	1104	0	STD	36	24	864	4	960	0
EN 607	3	STD	36	24	864	10	1104	3312	STD	36	24	864	4	960	2880

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ความสูญเสียต่ำเพื่อการประหยัดพลังงาน

ห้อง	เฉลี่ยการใช้ห้อง (ชม. สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 610	0	STD	36	24	864	10	1104	0	STD	36	24	864	4	960	0
EN 609	13	STD	36	48	1728	10	2208	28704	STD	36	48	1728	4	1920	24960
EN 616	18	STD	36	44	1584	10	2024	36432	STD	36	44	1584	4	1760	31680
EN 617	3	STD	36	96	3456	10	4416	13248	STD	36	96	3456	4	3840	11520
EN 618	0	STD	36	48	1728	10	2208	0	STD	36	48	1728	4	1920	0
ห้องสมุด	73.5	STD	36	192	6912	10	8832	649152	STD	36	192	6912	4	7680	564480
ห้อง Study	77	STD	36	48	1728	10	2208	170016	STD	36	48	1728	4	1920	147840
ทางเดิน	26	STD	36	36	1296	10	1656	43056	STD	36	36	1296	4	1440	37440
บันได	26	STD	36	10	360	10	460	11960	STD	36	10	360	4	400	10400
หน้าลิฟท์	26	STD	36	20	720	10	920	23920	STD	36	20	720	4	800	20800

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ความสูญเสียต่ำเพื่อการประหยัดพลังงาน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
A-1	73.5	STD	18-36	12-4	360	10	520	38220	STD	18-36	12-4	360	4	520	38220
B-1	70	STD	18-36	12-4	360	10	520	36400	STD	18-36	12-4	360	4	424	29680
A-2	44	STD	18-36	12-4	360	10	520	22880	STD	18-36	12-4	360	4	424	18656
B-2	31	STD	18-36	12-4	360	10	520	16120	STD	18-36	12-4	360	4	424	13144
A-3	65	STD	18-36	12-4	360	10	520	33800	STD	18-36	12-4	360	4	424	27560
B-3	74	STD	18-36	12-4	360	10	520	38480	STD	18-36	12-4.	360	4	424	31376
A-5	32	STD	18-36	12-4	360	10	520	16640	STD	18-36	12-4	360	4	424	13568
B-5	49	STD	18-36	12-4	360	10	520	25480	STD	18-36	12-4	360	4	424	20776
A-6	21	STD	18-36	12-4	360	10	520	10920	STD	18-36	12-4.	360	4	424	8904
B-6	16	STD	18-36	12-4	360	10	520	8320	STD	18-36	12-4	360	4	424	6784
รวม								2572836							2230908

หมายเหตุ 6-2 คือ หลอดขนาด 18 วัตต์ จำนวน 6 หลอด และ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

จากตารางที่ 4.18 สามารถวิเคราะห์การนำบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำมาใช้ในอาคารเรียนเพื่อการประหยัดพลังงานได้ดังนี้

โคมฟูออเรสเซนต์ทั่วไปที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดามีค่าพลังงานสูญเสียประมาณ 10 วัตต์/ตัว ส่วนบัลลาสต์ชนิดพลังงานสูญเสียต่ำ (บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์) มีค่าพลังงานสูญเสียประมาณ 4 วัตต์/ตัว ขนาด 36 ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้คือ

จากตารางที่ 4.18

วัตต์รวมต่อสัปดาห์ก่อนการปรับปรุง	2,572,836	วัตต์/สัปดาห์
วัตต์รวมต่อสัปดาห์หลังการปรับปรุง	2,230,908	วัตต์/สัปดาห์
ดังนั้น พลังงานที่ประหยัดได้ คือ	2,572,836 – 2,230,908	
	= 341,928	วัตต์/สัปดาห์

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ภายในห้องอาคารเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 205	31	STD	36	72	2592	10	3312	102672	super	36	36	1296	4	1440	44640
EN 207	42	STD	36	72	2592	10	3312	139104	super	36	36	1296	4	1440	60480
EN 210	0	STD	36	80	2880	10	3680	0	super	36	40	1440	4	1600	0
EN 212	19	STD	36	80	2880	10	3680	69920	super	36	40	1440	4	1600	30400
EN 305	43	STD	36	48	1728	10	2208	94944	super	36	24	864	4	960	41280
EN 307	55	STD	36	48	1728	10	2208	121440	super	36	24	864	4	960	52800
EN 309	48	STD	36	48	1728	10	2208	105984	super	36	24	864	4	960	46080
EN 310	50	STD	36	48	1728	10	2208	110400	super	36	24	864	4	960	48000
EN 311	35	STD	36	48	1728	10	2208	77280	super	36	24	864	4	960	33600
EN 312	38	STD	36	32	1152	10	1472	55936	super	36	16	576	4	640	24320
EN 314	44	STD	36	80	2880	10	3680	161920	super	36	40	1440	4	1600	70400

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ภายในห้องอาคารเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 505	42	STD	36	48	1728	10	2208	92736	super	36	24	864	4	960	40320
EN 507	46	STD	36	48	1728	10	2208	101568	super	36	24	864	4	960	44160
EN 509	34	STD	36	48	1728	10	2208	75072	super	36	24	864	4	960	32640
EN 510	15	STD	36	48	1728	10	2208	33120	super	36	24	864	4	960	14400
EN 511	0	STD	36	48	1728	10	2208	0	super	36	24	864	4	960	0
EN 512	1	STD	36	32	1152	10	1472	1472	super	36	16	576	4	640	640
EN 514	0	STD	36	32	1152	10	1472	0	super	36	16	576	4	640	1920
EN 516	1	STD	36	48	1728	10	2208	2208	super	36	24	864	4	960	960
EN 605	0	STD	36	24	864	10	1104	0	super	36	12	432	4	480	0
EN 607	3	STD	36	24	864	10	1104	3312	super	36	12	432	4	480	1440

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ภายในห้องอาคารเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
EN 610	0	STD	36	24	864	10	1104	0	super	36	12	432	4	480	0
EN 609	13	STD	36	48	1728	10	2208	28704	super	36	24	864	4	960	12480
EN 616	18	STD	36	44	1584	10	2024	36432	super	36	22	792	4	880	15840
EN 617	3	STD	36	96	3456	10	4416	13248	super	36	48	1728	4	1920	5760
EN 618	0	STD	36	48	1728	10	2208	0	super	36	24	864	4	960	0
ห้องสมุด	73.5	STD	36	192	6912	10	8832	649152	super	36	96	1296	4	3840	282240
ห้อง Study	77	STD	36	48	1728	10	2208	170016	super	36	24	864	4	960	73920
ทางเดิน	26	STD	36	36	1296	10	1656	43056	STD	36	36	1296	4	1440	37440
บันได	26	STD	36	10	360	10	460	11960	STD	36	10	360	4	400	10400
หน้าลิฟท์	26	STD	36	20	720	10	920	23920	STD	36	20	720	4	800	20800

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ภายในห้องอาคารเรียน

ห้อง	เวลาการใช้ห้อง (ชม./สัปดาห์)	ก่อนการปรับปรุง							หลังการปรับปรุง						
		หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์	หลอด	ขนาดวัตต์	จำนวนหลอด	วัตต์รวมต่อ ชม.	การสูญเสียของบัลลาสต์	วัตต์รวมบัลลาสต์	วัตต์รวมต่อสัปดาห์
A-1	73.5	STD	18-36	12-4	360	10	520	38220	STD	18-36	12-4	360	4	520	38220
B-1	70	STD	18-36	12-4	360	10	520	36400	STD	18-36	12-4	360	4	424	29680
A-2	44	STD	18-36	12-4	360	10	520	22880	STD	18-36	12-4	360	4	424	18656
B-2	31	STD	18-36	12-4	360	10	520	16120	STD	18-36	12-4	360	4	424	13144
A-3	65	STD	18-36	12-4	360	10	520	33800	STD	18-36	12-4	360	4	424	27560
B-3	74	STD	18-36	12-4	360	10	520	38480	STD	18-36	12-4.	360	4	424	31376
A-5	32	STD	18-36	12-4	360	10	520	16640	STD	18-36	12-4	360	4	424	13568
B-5	49	STD	18-36	12-4	360	10	520	25480	STD	18-36	12-4	360	4	424	20776
A-6	21	STD	18-36	12-4	360	10	520	10920	STD	18-36	12-4.	360	4	424	8904
B-6	16	STD	18-36	12-4	360	10	520	8320	STD	18-36	12-4	360	4	424	6784
รวม								2572836							1256028

จากตารางที่ 4.19 สามารถวิเคราะห์การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์ในอาคารเรียนเพื่อการประหยัดพลังงานได้ดังนี้

วัตต์รวมต่อสัปดาห์ก่อนการปรับปรุง	2,572,836	วัตต์/สัปดาห์
วัตต์รวมต่อสัปดาห์หลังการปรับปรุง	1,256,028	วัตต์/สัปดาห์
ดังนั้น พลังงานที่ประหยัดได้ คือ	2,572,836 – 1,256,028	
	= 1,316,808	วัตต์/สัปดาห์

4.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

4.6.1 ค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์ให้แสงสว่าง

จากตารางที่ 4.16 4.17 และ 4.18 สามารถคิดค่าไฟที่ประหยัดได้โดยการนำจำนวนยูนิต (1 ยูนิต เท่ากับ 1000วัตต์ หรือ 1 กิโลวัตต์) คูณกับอัตราค่าไฟจากตารางที่ 2.5 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการปรับปรุงอุปกรณ์

การปรับปรุง	พลังงานที่ประหยัดได้ต่อสัปดาห์ (วัตต์)	พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (กิโลวัตต์)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
โคมไฟ + หลอดไฟ	1,123,320	58,573.11	143,398.70
บัลลาสต์	341,928	17,829.10	43,649.21
โคมไฟ + หลอดไฟ + บัลลาสต์	1,316,808	68,662.13	168,098.63

4.6.2 ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์และค่าแรงการติดตั้ง

ตารางที่ 4.21 ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้งในการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

ลำดับ	รายการ		จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคา/หน่วย	ราคารวม	ราคา/หน่วย	ราคารวม	
1	โคมรีเฟล็ก 1x36 W. ติด	LITE-	778	โคม	600.00	466,800.00	80.00	62,240.00	529,040.00
2	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 36	OSRAM		ตัว	228.00	-	20.00	-	-
3	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 18	OSRAM		ตัว	228.00	-	20.00	-	-
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36	PHILIPS	778	หลอด	47.64	37,063.92	10.00	7,780.00	44,843.92
5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18	PHILIPS		หลอด	49.20	-	10.00	-	-
	ราคารวม					**503,863.92**		**70,020.00**	**573,883.92**
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %								**40,171.87**
	ราคารวมทั้งสิ้น								**614,055.79**

ตารางที่ 4.22 ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้งในการปรับปรุงบัลลาสต์

ลำดับ	รายการ		จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ ราคา/หน่วย	ค่าวัสดุ ราคารวม	ค่าแรงงาน ราคา/หน่วย	ค่าแรงงาน ราคารวม	รวม
1	โคมรีเฟล็ก 1x36 W. ติด	LITE-		โคม	600.00	-	80.00	-	-
2	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 36	OSRAM	1662	ตัว	228.00	378,936.00	20.00	33,240.00	412,176.00
3	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 18	OSRAM	120	ตัว	228.00	27,360.00	20.00	2,400.00	29,760.00
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36	PHILIPS		หลอด	47.64	-	10.00	-	-
5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18	PHILIPS		หลอด	49.20	-	10.00	-	-
	ราคารวม					406,296.00		**35,640.00**	**441,936.00**
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %								**30,935.52**
	ราคารวมทั้งสิ้น								**472,871.52**

ตารางที่ 4.23 ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้งในการปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

ลำดับ	รายการ		จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ ราคา/หน่วย	ค่าวัสดุ ราคารวม	ค่าแรงงาน ราคา/หน่วย	ค่าแรงงาน ราคารวม	รวม
1	โคมรีเฟล็ก 1x36 W. ติด	LITE-	778	โคม	600.00	466,800.00	80.00	62,240.00	529,040.00
2	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 36	OSRAM	884	ตัว	228.00	201,552.00	20.00	17,680.00	219,232.00
3	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 18	OSRAM	120	ตัว	228.00	27,360.00	20.00	2,400.00	29,760.00
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36	PHILIPS	778	หลอด	47.64	37,063.92	10.00	7,780.00	44,843.92
5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18	PHILIPS	120	หลอด	49.20	5,904.00	10.00	1,200.00	7,104.00
	ราคารวม					**738,679.92**		**90,100.00**	**822,875.92**
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %								**57,601.31**
	ราคารวมทั้งสิ้น								**880,477.23**

4.6.3 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการเป็นการประเมินดูว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากน้อยเพียงใด โดยการประเมินโครงการนั้นจะใช้ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.24 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการประเมินโครงการ

ลำดับที่	การปรับปรุง	อายุโครงการ (ปี)	ต้นทุนที่ประหยัดได้ ES_t (บาท/ปี)	เงินลงทุนตอนเริ่มต้นโครงการ I_0 (บาท)	อัตราลดค่า i (ร้อยละ)
1	โคมไฟ + หลอดไฟ	6	143,398.70	614,055.79	0.75
2	บัลลาสต์	6	43,649.21	472,817.52	0.75
3	โคมไฟ + หลอดไฟ + บัลลาสต์	6	168,098.63	880,477.23	0.75

หมายเหตุ อัตราค่าลดคือ อัตราดอกเบี้ยของธนาคารในปัจจุบัน

การประเมินโครงการจะใช้หลักการ 3 อย่าง เข้ามาช่วยในการตัดสินใจในการลงทุนดังนี้

4.6.3.1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

วิธีนี้จะเป็นการดูผลประกอบการเมื่อสิ้นอายุโครงการ ถ้าผลประกอบการเป็นบวกแสดงว่าได้ผลกำไร น่าลงทุนทุน แต่ถ้าผลประกอบการเป็นลบแสดงว่าขาดทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0$$

(ก) การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

$$\sum_{t=1}^{6} \frac{143,398.70}{(1+0.0075)^t} - 614,055.79 = 222,526.363 \text{ บาท}$$

(ข) การปรับปรุงบัลลาสต์

$$\sum_{t=1}^{6} \frac{43,649.21}{(1+0.0075)^t} - 472,817.52 = -216,041.49 \text{ บาท}$$

(ค) การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

$$\sum_{t=1}^{6} \frac{168,098.63}{(1+0.0075)^t} - 880,477.23 = 101,399.23 \text{ บาท}$$

จากการคำนวณจะได้ว่า การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุน เมื่อสิ้นสุดโครงการของการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ (ก) มีค่า NPV เป็นบวกมากที่สุด แสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน

4.6.3.2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

วิธีการนี้จะเป็นการหาอัตราตอบแทนเทียบกับอัตราดอกเบี้ย ถ้าอัตราตอบแทนมากกว่าอัตราดอกเบี้ย จะเป็นโครงการที่น่าลงทุน แต่ถ้าอัตราตอบแทนน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ย จะเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

$$-I+\sum_{t=1}^{n}\frac{ES_t}{(1+IRR)^t}=0$$

(ก) การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

$$-614{,}055.79+\sum_{t=1}^{6}\frac{143{,}398.70}{(1+IRR)^t}=0$$

IRR = 0.1058

(ข) การปรับปรุงบัลลาสต์

$$-472{,}817.52+\sum_{t=1}^{6}\frac{43{,}649.21}{(1+IRR)^t}=0$$

IRR = - 0.1465

(ค) การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

$$-880{,}477.23+\sum_{t=1}^{6}\frac{168{,}098.6}{(1+IRR)^t}=0$$

IRR = 0.04

จากการคำนวณสรุปได้ว่า การปรับเปลี่ยนโคมไฟและหลอดไฟมีอัตราการตอบแทนภายในมากที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 10.58 ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ ร้อยละ 0.75 โครงการนี้จึงเป็นโครงการที่น่าลงทุนที่สุด

4.6.3.3. งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}}$$

(ก) การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

$$= \frac{614{,}055.79}{143{,}398.70}$$

= 4.28 ปี

(ข) การปรับปรุงบัลลาสต์

$$= \frac{472{,}817.52}{43649.21}$$

= 10.83 ปี

(ค) การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

$$= \frac{880{,}477.23}{168098.6}$$

= 5.24 ปี

จากการคำนวณงวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟมีงวดเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุด อยู่ที่ 4.28 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุโครงการ โครงการนี้จึงเป็นโครงการที่น่าลงทุนที่สุด

ด้านประหยัดพลังงาน

จากตารางที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงแบบที่ 3 สามารถประหยัดค่าไฟได้มากที่สุดที่ 168,098.36 บาทต่อปีหรือคิดเป็น 51% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.25 สรุปผลค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการปรับปรุง

แนวทางในการปรับปรุง	ค่าไฟก่อนปรับปรุง	ค่าไฟหลังปรับปรุง	ค่าไฟที่ประหยัดได้	เปอร์เซ็นต์ค่าไฟที่ประหยัดได้
1.โคมไฟ+หลอดไฟ	286,797.4	143,398.7	143,398.7	50%
2.บัลลาสต์	328,438.32	284,789.11	43,649.21	13%
3.โคมไฟ+หลอดไฟ+บัลลาสต์	328,438.32	160,339.69	168,098.36	51%

ด้านเศรษฐศาสตร์

จากตารางที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงในแบบที่ 1 มีผลของการประเมินโครงการดีกว่าการปรับปรุงในแบบที่ 2 และแบบที่ 3 คือ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเมื่อสิ้นสุดอายุโครงการ 6 ปี อยู่ที่ 222,526.363 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 10.58 และมีงวดเวลาคืนทุน 4.28 ปี

ตารางที่ 4.26 สรุปการประเมินโครงการ

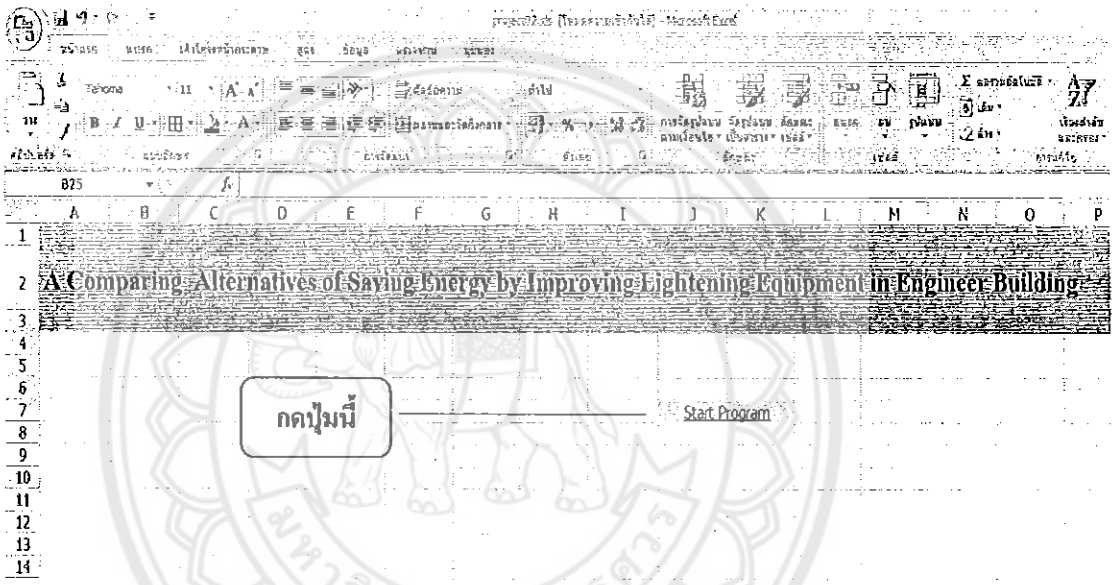
การปรับปรุง	NPV	IRR	งวดเวลาคืนทุน
1.โคมไฟ + หลอดไฟ	222,526.363	0.1058	4.28
2.บัลลาสต์	-216,041.49	- 0.1465	10.83
3.โคมไฟ + หลอดไฟ + บัลลาสต์	101,399.23	0.04	5.24

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ด้านจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ด้านการประหยัดพลังงานจะพิจารณาที่ค่าใช้จ่ายเพียงอย่างเดียว ส่วนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรวมไปถึงส่วนของเงินลงทุนและอายุโครงการ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบจากการประเมินในด้านต่างๆแล้วจะสามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงแบบที่ 1 คือการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด

4.7 การออกแบบโปรแกรมการประเมินโครงการบนโปรแกรม MS Excel

การออกแบบโปรแกรมการประเมินโครงการบนโปรแกรม Ms Excel เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายซึ่งประกอบด้วย ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และคำนวณจำนวนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อวันใช้ในการเปรียบเทียบหาแนวทางการปรับปรุงอุปกรณ์ภายในอาคาร ได้แก่ โคมไฟ หลอดไฟ และบัลลาสต์ เพื่อใช้ในการประเมินโครงการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.7.1 เมื่อเปิดโปรแกรมการประเมินโครงการเข้าสู่หน้าแรกของโปรแกรม จะมีปุ่มเริ่มการทำงานดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงหน้าแรกของโปรแกรมการประเมินโครงการ

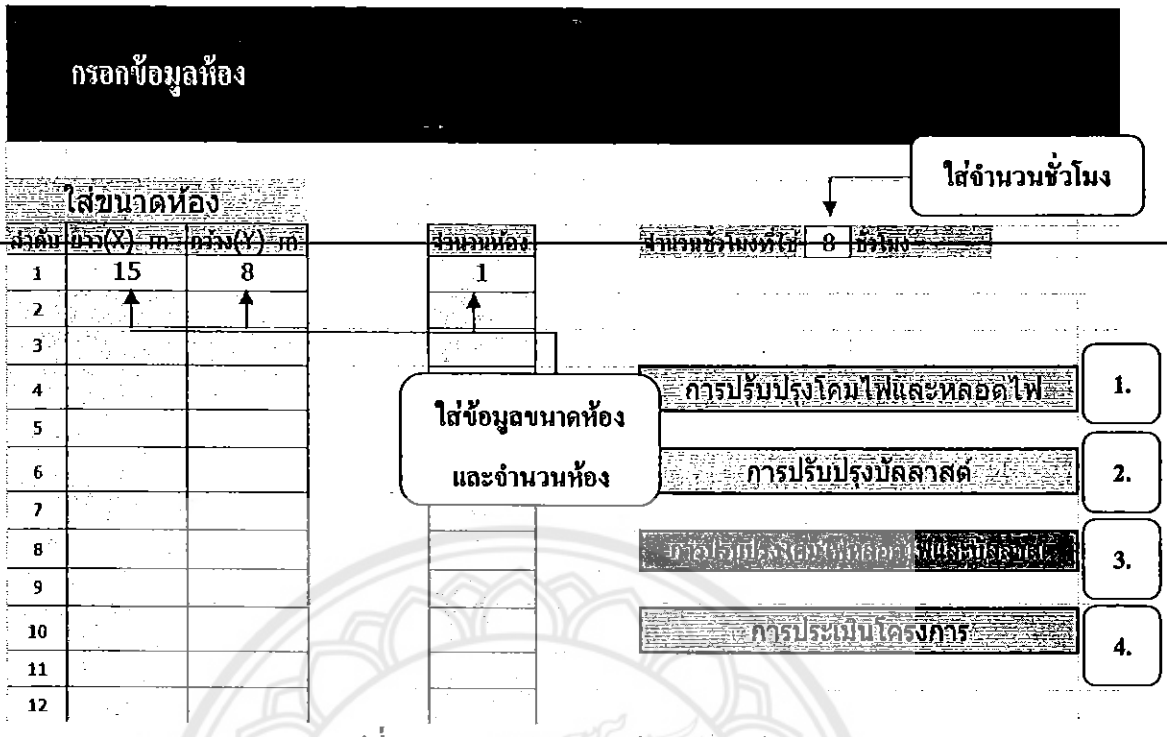
4.7.2 เมื่อกดปุ่มดังรูป 4.24 แล้วจะพบกับหน้า Interface สำหรับกอกข้อมูล เมื่อกรอกข้อมูลครบแล้ว จะมีปุ่มเลือกรายการการปรับปรุง 4 ปุ่ม แสดงดังรูปที่ 4.25 คือ

หมายเลข 1 คือ การปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

หมายเลข 2 คือ การปรับปรุงบัลลาสต์

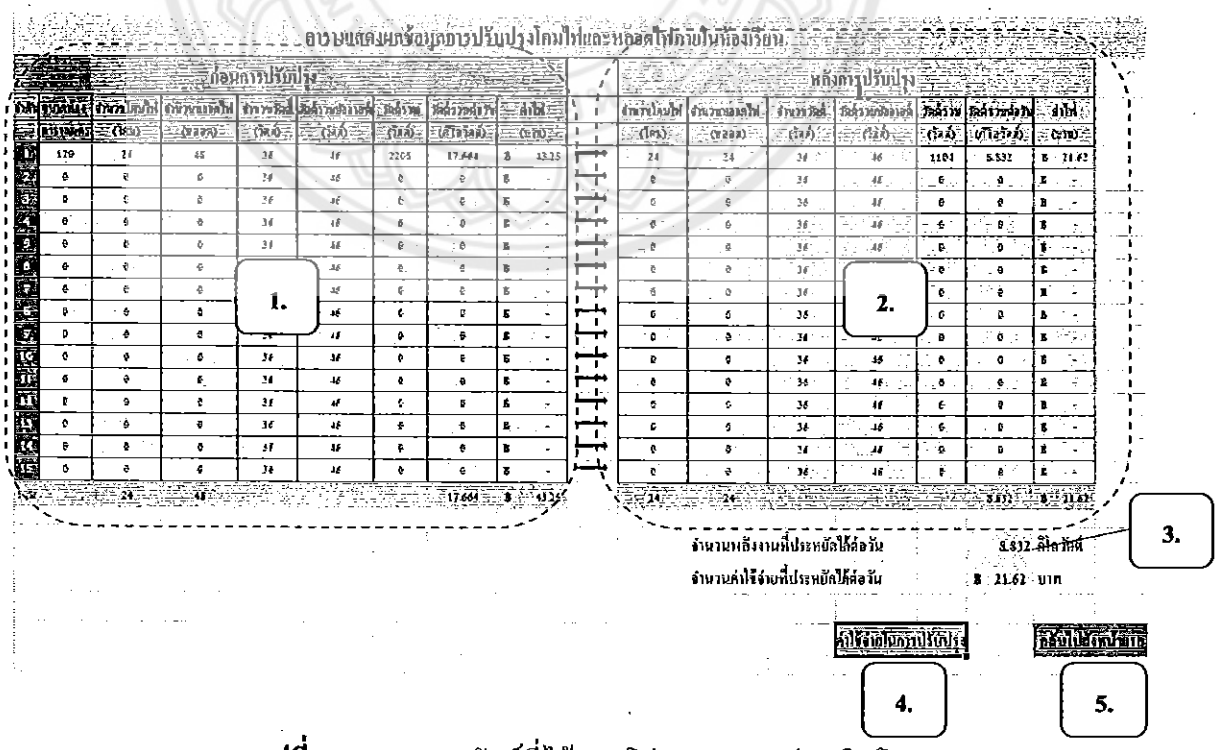
หมายเลข 3 คือ การปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

หมายเลข 4 คือ การประเมินโครงการ



รูปที่ 4.25 แสดงการกรอกข้อมูลในหน้า Interface

4.7.2.1 เมื่อคลิกหมายเลข 1 ดังรูปที่ 4.25 จะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นต่างๆ ของโปรแกรม MS Excel



รูปที่ 4.26 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จาก โปรแกรมการประเมินโครงการ

ซึ่งในหน้าแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม จะประกอบไปด้วย

หมายเลข 1 คือ แสดงผลก่อนการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

หมายเลข 2 คือ แสดงผลหลังการปรับปรุงบัลลาสต์

หมายเลข 3 คือ แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟ

หมายเลข 4 คือ ปุ่มค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง เมื่อกดปุ่มจะแสดงราคาโคมไฟและหลอดไฟ ดังรูปที่ 4.27

ตารางแสดงราคาอุปกรณ์ในการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟภายในห้องเรียน

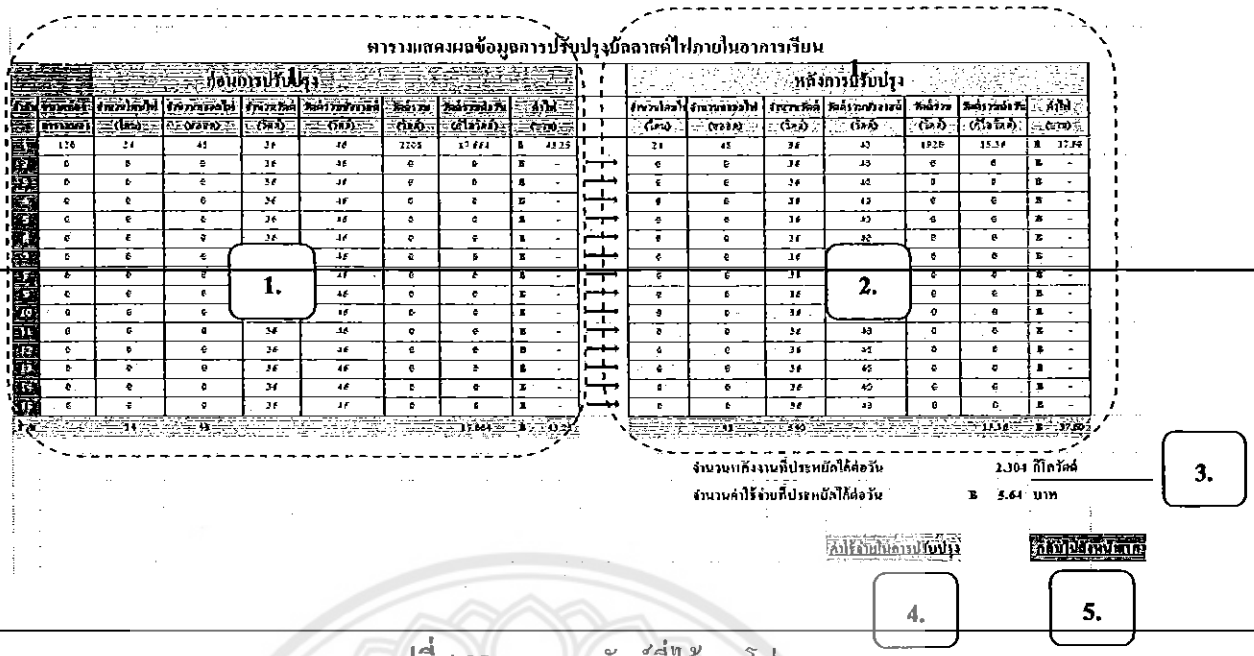
ลำดับ	รายการ		จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	ราคารวม	ราคาหน่วย	ราคารวม	
1	โคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36W. สีขาวขุ่น	LITE-UP	24	โคม	600.00	14,400.00	80.00	1,920.00	16,320.00
2	บัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์ 36W.	OSRAM	0	ตัว	226.00	-	20.00	-	-
3	บัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์ 18W.	OSRAM	0	ตัว	228.00	-	20.00	-	-
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36W.	PHILIPS	24	หลอด	47.64	1,143.36	10.00	240.00	1,383.36
5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18W.	PHILIPS	0	หลอด	49.20	-	10.00	-	-
	ราคารวม					15,543.36		2,160.00	17,703.36
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %								1,239.24
	ราคารวมทั้งสิ้น								18,942.60

กลับไปยังหน้าแสดงผล

รูปที่ 4.27 แสดงราคาโคมไฟและหลอดไฟ

หมายเลข 5 คือปุ่มกลับไปยังหน้าแรกของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.26

4.7.2.2 เมื่อคลิกหมายเลข 2 ดังรูป 4.25 จะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นต่างๆ ของ โปรแกรม MS Excel



รูปที่ 4.28 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม

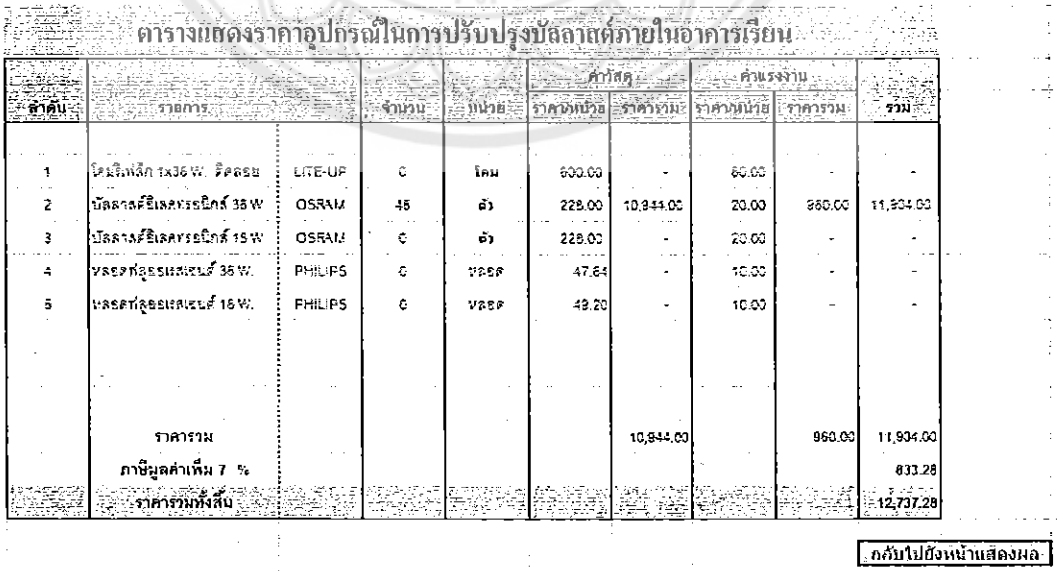
ซึ่งในหน้าแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม จะประกอบไปด้วย

หมายเลข 1 คือ แสดงผลก่อนการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

หมายเลข 2 คือ แสดงผลหลังการปรับปรุงบัลลาสต์

หมายเลข 3 คือ แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟ

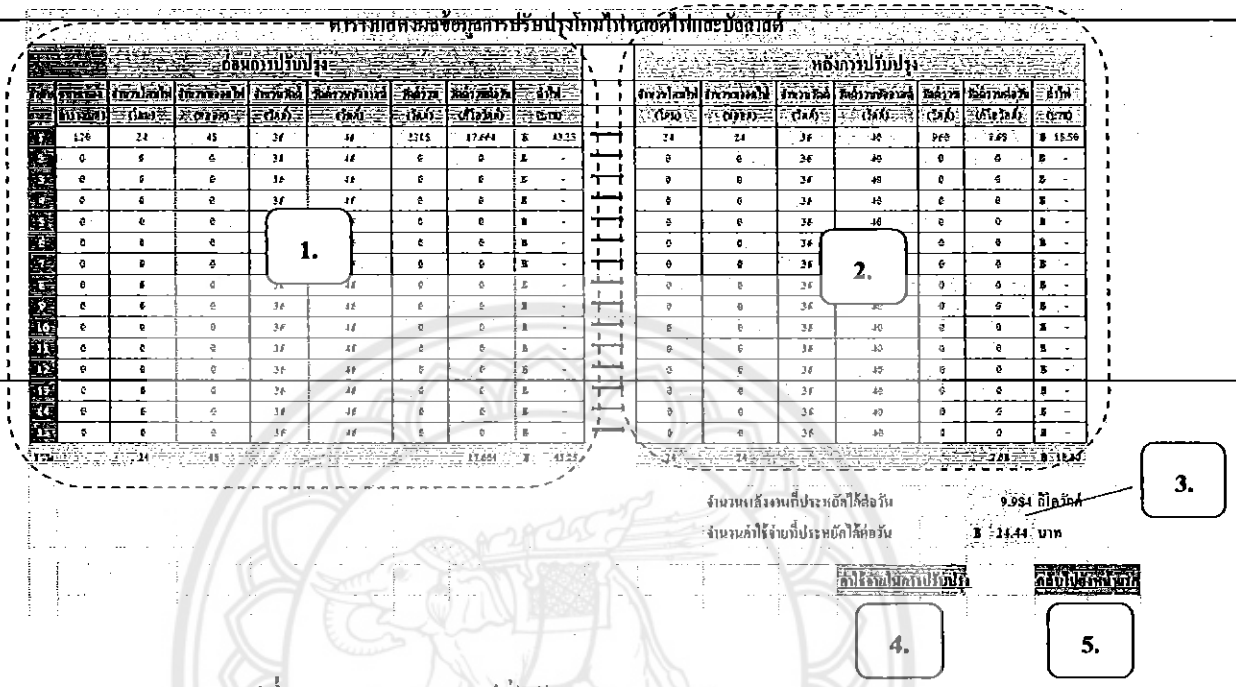
หมายเลข 4 คือ ปุ่มค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง เมื่อกดปุ่มจะแสดง**ราคาโคมไฟและหลอดไฟ** ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 แสดงราคาการปรับปรุงบัลลาสต์

หมายเลข 5 คือปุ่มกลับไปยังหน้าแรกของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.28

4.7.2.2 เมื่อคลิกหมายเลข 3 ดังรูป 4.25 จะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นต่างๆ ของโปรแกรม MS Excel



รูปที่ 4.30 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมการประเมินโครงการ

ซึ่งในหน้าแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม จะประกอบไปด้วย

หมายเลข 1 คือ แสดงผลก่อนการปรับปรุงโคมไฟและหลอดไฟ

หมายเลข 2 คือ แสดงผลหลังการปรับปรุงบัลลาสต์

หมายเลข 3 คือ แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟ

หมายเลข 4 คือ ปุ่มค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง เมื่อกดปุ่มจะแสดง**ราคาโคมไฟและหลอดไฟ ดังรูปที่** 4.31

ตารางแสดงราคาอุปกรณ์ในการปรับปรุงโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

ลำดับ	รายการ		จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาต่อหน่วย	ราคารวม	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม	
1	โคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36W. ติดลอย	LITE-UP	24	โคม	600.00	14,400.00	80.00	1,920.00	16,320.00
2	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 36W	OSRAM	24	ตัว	226.00	5,472.00	20.00	480.00	5,952.00
3	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 18W.	OSRAM	0	ตัว	226.00	-	20.00	-	-
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36W.	PHILIPS	24	หลอด	47.64	1,143.36	10.00	240.00	1,383.36
5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18W.	PHILIPS	0	หลอด	49.20	-	10.00	-	-
	ราคารวม					21,015.36		2,640.00	23,655.36
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %								1,655.88
	ราคารวมทั้งสิ้น								25,311.24

กลับไปยังหน้าแสดงผล

รูปที่ 4.31 แสดงราคาโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์

หมายเลข 5 คือปุ่มกลับไปยังหน้าแรกของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.30

4.7.2.2 เมื่อคลิกหมายเลข 4 ดังรูป 4.25 จะเป็นการแสดงข้อมูลที่ใช้ในการประเมินโครงการแสดงดังรูปที่ 4.32 เพื่อทำให้ทราบว่าโครงการใดมีความคุ้มทุนมากที่สุด

การประเมินโครงการ

การปรับปรุง	พลังงานที่ประหยัดได้ต่อวัน (กิโลวัตต์)	พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (กิโลวัตต์)	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท)	อายุโครงการ (ปี)	เงินลงทุนตอนเริ่มต้นโครงการ (บาท)
โคมไฟ + หลอดไฟ	8.832	3223.68	฿ 7,892.21	6	฿ 18,942.60
บัลลาสต์	2.304	840.96	฿ 2,058.84	6	฿ 12,737.28
โคมไฟ + หลอดไฟ + บัลลาสต์	9.984	3644.16	฿ 8,921.63	6	฿ 25,311.24

การปรับปรุง	NPV	IRR	จุดเวลาคืนทุน
โคมไฟ + หลอดไฟ	826,989.69	35%	2.40
บัลลาสต์	-8596.91	-1%	6.19
โคมไฟ + หลอดไฟ + บัลลาสต์	826,641.23	27%	2.84

กลับไปยังหน้าแรก

รูปที่ 4.32 แสดงการประเมินโครงการ

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองและวิเคราะห์ผล

จากการทดลองทั้ง 8 การทดลอง จะเห็นได้ว่า การทดลองที่ 8 คือ โคมไฟสะท้องแสงแบบหลอดเดียวและหลอด Superlux มีค่าความเข้มแสงโดยเฉลี่ยผ่านมาตรฐาน มีค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ระยะการวางโคมใกล้เคียงแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และสามารถลดจำนวนหลอดไฟจากแบบปัจจุบันที่ใช้อยู่ 2 หลอดต่อ 1 โคม ลดลงเหลือ 1 หลอดต่อ 1 โคม จึงทำการเลือกอุปกรณ์ให้แสงสว่างในการทดลองที่ 8 เป็นอุปกรณ์ที่จะนำมาปรับเปลี่ยนภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

5.1.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้านั้นพบว่า ในระยะเวลาการใช้พลังงาน 1 สัปดาห์ อุปกรณ์ให้แสงสว่างในการทดลองที่ 8 สามารถลดค่าไฟได้ถึง 50 %เมื่อเทียบกับแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คิดเป็นเงินค่าใช้จ่ายประมาณ 2,750 บาทต่อสัปดาห์ หรือ 143,399 บาทต่อปี แต่ถ้ามีการเปลี่ยนเฉพาะบัลลาสต์จากบัลลาสต์แกนเหล็กเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะลดค่าไฟได้ 13 % คิดเป็นเงินค่าใช้จ่ายประมาณ 837 บาทต่อสัปดาห์ หรือ 43,649.21 บาทต่อปี ในทางกลับกันถ้าทำการเปลี่ยนทั้งโคมไฟหลอดไฟและบัลลาสต์จะลดค่าไฟได้มากสุด คือ 51 % คิดเป็นเงินค่าใช้จ่ายประมาณ 3,224 บาทต่อสัปดาห์ หรือ 168,089.36 บาทต่อปี

5.1.3 การประเมินโครงการ

เมื่อคิดเวลาสิ้นสุดโครงการ 6 ปีพบว่า การปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างเพียงโคมไฟและหลอดไฟนั้น จะมีผลประกอบการหลังสิ้นสุดโครงการ (NPV) เป็นบวกมากที่สุด มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 10.58 มากกว่าอัตราดอกเบี้ยธนาคารปัจจุบันและมีเวลาคืนทุนอยู่ที่ 4.28 ปี ซึ่งเร็วกว่าอายุโครงการถึง 1.72 ปี แม้ว่าการปรับปรุงหลอดไฟและโคมไฟจะลดค่าไฟต่อสัปดาห์ภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้น้อยกว่าการปรับปรุง โคมไฟ หลอดไฟและบัลลาสต์ แต่การปรับปรุงเพียงหลอดไฟและโคมไฟนั้นมีผลการประเมินโครงการที่ดีกว่าในทุกด้าน เมื่อทำการลงทุนจะมีผลประกอบการที่ดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นเพียงแนวทางในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจลงทุนปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคาร หากมีการใช้จริง สามารถนำข้อมูลในวิทยานิพนธ์นี้ไปใช้อ้างอิงได้ในระดับหนึ่ง และควรมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อความคุ้มค่าในการลงทุน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บรรณานุกรม

[1] **ความรู้เกี่ยวกับแสงสว่าง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2552 จาก http://www.kinglightenergy.com/a_home.html

[2] **เครื่องมือในการประเมินโครงการ** สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2552 จาก http://www2.dedc.go.th/webpage/tools.htm

[3] ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ **เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง**. สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) : กรุงเทพมหานคร,2545

[4] ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช **การออกแบบระบบแสงสว่าง**. สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น,บมจ, 2533

[5] **ระบบแสงสว่างภายในอาคาร**. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2552 จาก ttp://www.teenet.chula.ac.th/technologies/default4.asp?qname=building&qfrom=

[6] **วิธีคิดค่าไฟสำหรับหน่วยงานราชการ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2552 จาก http://www.pea.co.th/th/rates/rates_of_government.htm

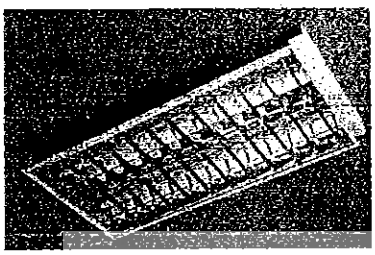
[7] **อุปกรณ์หลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10กรกฎาคม 2552 จาก http://www.tieathai.org/knows.php

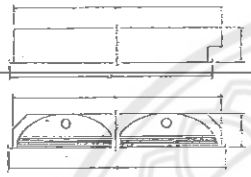
ภาคผนวก ก.

ข้อมูลและราคาโคมไฟ

LUSO

โคมไฟฟลูออเรสเซนต์





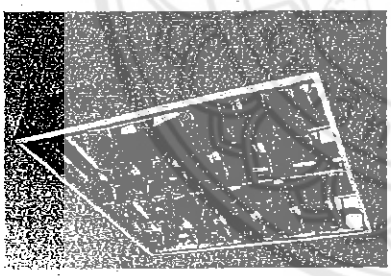
LMPM5/R-/T8/MI/SMI

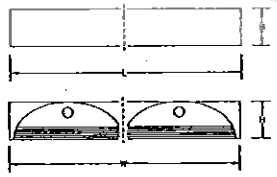
โคมฝังเงาริ้วประสิทธิภาพสูง (Recess High Efficiency LUSOMINUM)

เป็นโคมไฟประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับอาคารสำนักงานหรืออาคารอื่นๆ ที่ต้องการ ประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องที่เพดานเป็นแผ่นฝ้าทีบาร์ หรือฝ้าเรียบ

- **หน้ากากกรองแสง ทำด้วยอลูมิเนียมเงาจากประเทศเยอรมัน**
- **แผ่นสะท้อนแสง ทำด้วยอลูมิเนียมเงาจากประเทศเยอรมัน มีเนื้อโลหะบริสุทธิ์ 99% และมีประสิทธิ์ภาพสะท้อนแสงรวม 95%**
- **ตัวโคมทำจากเหล็กแผ่นคุณภาพสูง ความหนา 0.8 มม. เคลือบด้วยสีฝุ่น Polyester ชนิดดี**
- **ขาหลอดและอุปกรณ์คุณภาพสูง มาตรฐานสากล**

แบบ	ชนิดโคม	ยาว(L)	กว้าง(W)	สูง(H)	ราคาโคม	ราคาโคม+อุปกรณ์
LMPM5/R-120/T8/MI/SMI	1x18W	595	295	85	900	1,050
LMPM5/R-220/T8/MI/SMI	2x18W	595	595	85	1,450	1,750
LMPM5/R-140/T8/MI/SMI	1x36W	1,195	295	85	1,550	1,700
LMPM5/R-240/T8/MI/SMI	2x36W	1,195	595	85	2,550	2,850
LMPM5S/R-240/T8/MI/SMI	2x36W	1,195	295	85	1,650	1,950





LMPM5/S-/T8/MI/SMI

โคมลอยเงาริ้วประสิทธิภาพสูง (Surface High Efficiency LUSOMINUM)

เป็นโคมไฟประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับอาคารสำนักงานหรืออาคารอื่นๆ ที่ต้องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องที่เพดานเป็นปูนฉาบเรียบหรือแผ่นไม้แข็ง

- **หน้ากากกรองแสง ทำด้วยอลูมิเนียมเงาจากประเทศเยอรมัน**
- **แผ่นสะท้อนแสง ทำด้วยอลูมิเนียมเงา จากประเทศเยอรมัน มีเนื้อโลหะบริสุทธิ์ 99% และมีประสิทธิ์ภาพสะท้อนแสงรวม 95%**
- **ตัวโคมทำจากเหล็กแผ่นคุณภาพสูง ความหนา 0.8 มม. เคลือบด้วยสีฝุ่น Polyester ชนิดดี**
- **ขาหลอดและอุปกรณ์คุณภาพสูง มาตรฐานสากล**

แบบ	ชนิดโคม	ยาว(L)	กว้าง(W)	สูง(H)	ราคาโคม	ราคาโคม+อุปกรณ์
LMPM5/S-120/T8/MI/SMI	1x18W	610	300	85	900	1,050
LMPM5/S-220/T8/MI/SMI	2x18W	610	600	85	1,450	1,750
LMPM5/S-140/T8/MI/SMI	1x36W	1,220	300	85	1,550	1,700
LMPM5/S-240/T8/MI/SMI	2x36W	1,220	600	85	2,550	2,850
LMPM5S/S-240/T8/MI/SMI	2x36W	1,220	300	85	1,650	1,950

หมายเหตุ 1. ราคานี้ยังไม่รวม VAT
2. ราคานี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า
3. รายละเอียดหรือสินค้าขนาดอื่นโปรดติดต่อบริษัทฯ

ภาคผนวก ข.

หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่าง

1.3.4 เกิดการดูดกลืน

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั้งหมดจะเข้าไปในพื้นผิวเรียบเนื้อ ในขณะที่แสงเดินทางผ่านตัวกลางนั้นจะมีแสงบางส่วนถูกดูดกลืนเข้าไปในเนื้อหรือวัตถุแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ดังรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.7 แสดงการดูดกลืนแสงเมื่อผ่านตัวกลาง

1.3.5 เกิดการทะลุผ่านตัวกลาง

เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวของวัตถุและทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของตัวกลาง ดังรูปที่ 1.8 (ก) และ (ข)

(ก) แสงการทะลุผ่านตัวกลางแบบ ... เปลี่ยนการหักเหเมื่อเข้าและออก

(ข) แสงผ่านกระจกสี่เหลี่ยมคางหมู ... เปลี่ยนการหักเหเมื่อเข้าและออก

รูปที่ 1.8 (Willard Alpha, P.E. 1978 : 22)

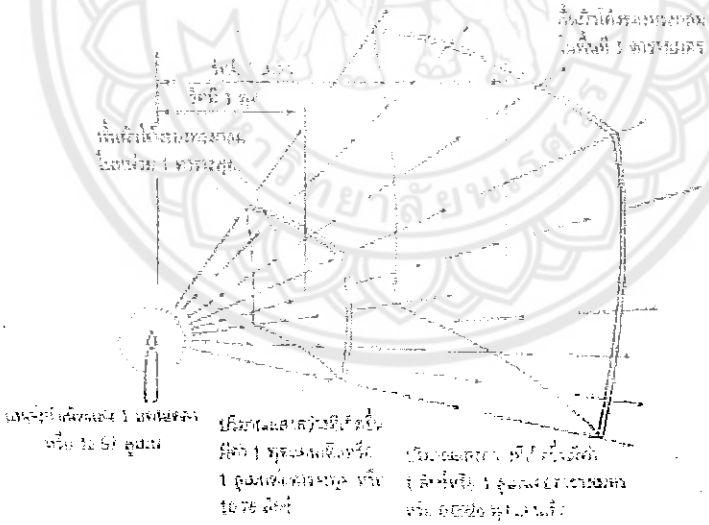
1.4 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่าง

แสงสว่างเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่สามารถวัดปริมาณได้เช่นเดียวกับพลังงานอย่างอื่นแต่มีชื่อการเรียกที่แตกต่างกันออกไปเท่านั้น การวัดปริมาณแสงสว่างอาจจะออกมาในรูปความเข้มแห่งการส่องสว่าง ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง หรืออาจจะอยู่ในรูปปริมาณแสงสว่างต่อหน่วยพื้นที่ และยังรวม

1.4.1 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือ กำลังส่องสว่าง (Candlepower)

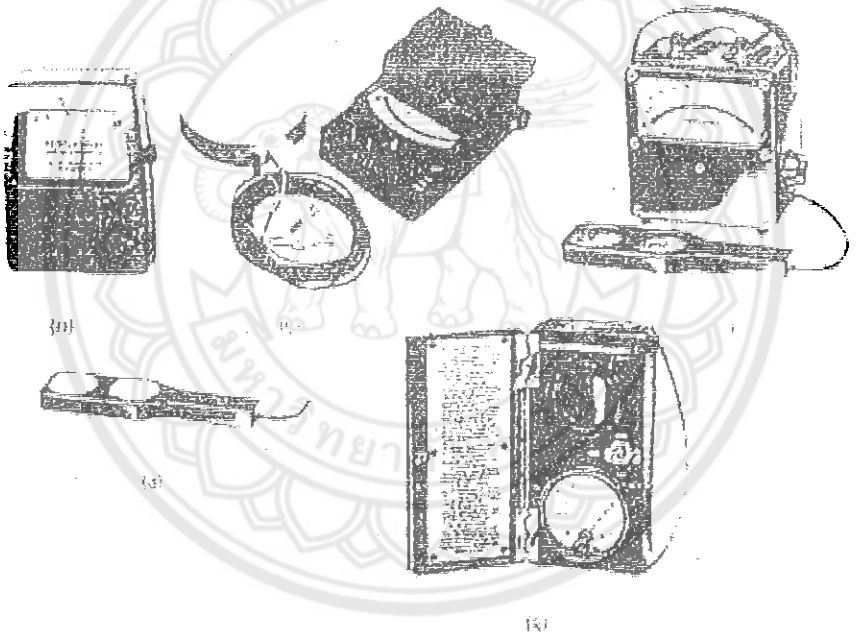
ซึ่งมีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela) ที่กำหนดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ให้แสงสว่างในแนวตั้งฉาก มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{60}$ ของความเข้มแสงจากพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ของผิวหน้าตัดขวางของแท่งทังสเตนบริสุทธิ์ ที่กำลังเปล่งแสงที่อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองคำ

1.4.2 ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง (Lumen)



รูปที่ 1.9 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของหุ่นแสงเลียนแบบจุดกำเนิดแสงสว่าง

1.4.3 ฟุตแคนเดิล (Footcandle)



รูปที่ 1.10 แสดงลักษณะของเครื่องวัดปริมาณแห่งการส่องสว่างซึ่งมีฟุตแคนเดิลมิเตอร์ และลักซ์มิเตอร์

(John E. Kaufman, 1966 : 4-6)

$$E = \frac{1,250 \times 0.250}{100}$$

$$= 3.2 \text{ ฟุตแรงเทียน}$$

ดังนั้น ปริมาณแห่งการส่องสว่างมีค่าเท่ากับ 3.2 ฟุตแรงเทียน

หรือ $$E = \frac{I \cos\theta}{r^2}$$

วิธีที่ 2 จากรูปที่ 5.14 จะได้

$$r = \sqrt{(15)^2 + (10)^2}$$

$$= \sqrt{(225) + (100)}$$

$$= \sqrt{325}$$

$$= 18.027 \text{ ฟุต}$$

$$\cos\theta = \frac{15}{18.027} = 0.832$$

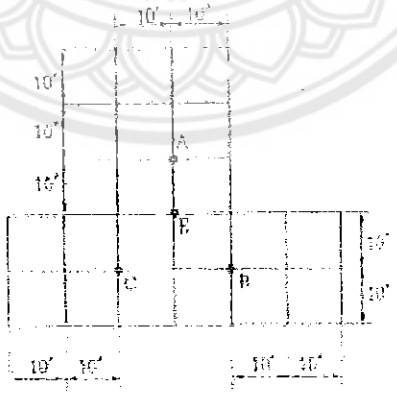
$$E = \frac{1,250 \times 0.832}{(18.027)^2}$$

$$E = 3.2 \text{ ฟุตแรงเทียน}$$

ดังนั้น ปริมาณแห่งการส่องสว่างมีค่าเท่ากับ 3.2 ฟุตแรงเทียน

ตัวอย่างที่ 5.9

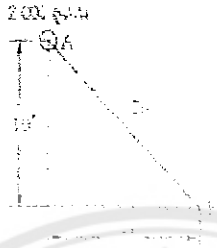
สำหรับห้องมีขนาดและรายละเอียดดังรูปที่ 5.15 มีความสูงของดวงโคมจากระดับพื้น 10 ฟุต จุด A ติดหลอดไฟฟ้าขนาด 2,000 ลูเมน ที่จุด B และที่จุด C ติดหลอดไฟฟ้าขนาด 250 แคนเดลา ให้หาปริมาณแห่งการส่องสว่างที่จุด E ซึ่งมีหลอดไฟฟ้าขนาด 1,000 ลูเมน ติดตั้งอยู่



รูปที่ 5.15 แสดงการติดตั้งตำแหน่งของหลอดไฟทุกดวง

วิธีทำ

หาค่า $E_{A\text{-}E}$ $= \dfrac{I_1 \cos\theta_1}{D_1^2}$



รูปที่ 6.16 แสดงการติดตั้งตำแหน่งและระยะตาง ๆ ของดวงไฟ

$D_1 = \sqrt{(10)^2 + (15)^2}$

$= 18.142$ ฟุต

$\cos\theta_1 = \dfrac{10}{18.142} = 0.707 = \cos 45^\circ$

ที่จุด A ค่าที่บอกเป็นค่าลูเมนจะต้องเปลี่ยนให้เป็นค่าความเข้มของแสง

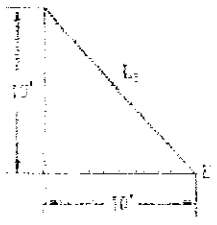
$I_1 = \dfrac{2,000}{12.57}$

$= 159.11$ แคนเดลา

$E_{A\text{-}E} = \dfrac{159.11 \times 0.707}{(18.142)^2}$

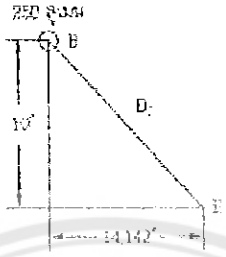
$= 0.342$ ฟุตแคนเดล

หาค่า $E_{B\text{-}E} = \dfrac{I_2 \cos\theta_2}{D_2^2}$



รูปที่ 6.17 แสดงระยะห่างของดวงตาง ๆ

$$L_1 = \sqrt{(10)^2 + (10)^2}$$
$$= 14.142 \text{ ฟุต}$$



รูปที่ 5.18 แสดงการกำหนดตำแหน่งของโหนดและระยะต่าง ๆ

$$D_2 = \sqrt{(10)^2 + (14.142)^2}$$
$$= 17.32 \text{ ฟุต}$$
$$\cos \theta_2 = \frac{10}{17.32} = 0.577 = \cos 54.73^\circ$$
$$F_{BA} = \frac{250 \times 0.577}{(17.32)^2}$$
$$= 0.48 \text{ ฟุตแคนดิล}$$

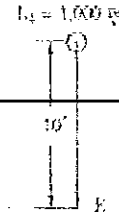
จากรูปที่ 5.18 ระยะต่าง ๆ ของจุดต่อ B กับ C จะมีค่าเท่ากันและค่าของความเข้มของแรงดึงจะมีค่าเท่ากัน

$$\therefore \text{ จุดใด ๆ} \quad E_{BA} = E_{BC}$$
$$= 0.48 \text{ ฟุตแคนดิล}$$

หาค่า E_{B-E} จาก $E_{B-E} = \frac{I_B}{D_3^2}$

ที่จุด E ห่างจากจุด B เป็นระยะทางเท่ากับ 14.142 ฟุต ซึ่งเมื่อเปลี่ยนให้เป็นค่าแคนดลาได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{1,000}{12.57} = 79.56 \text{ แคนดลา}$$



รูปที่ 6.19 แสดงการติดตั้งตำแหน่งหลอดไฟและระยะห่าง ๆ

$$E_{A\,F} = \frac{79.58}{(10)^2} = 0.796 \text{ ฟุตแคนเดิล}$$

$$E_{AT} = E_{A\,F} + E_{B\,F} + E_{C\,E} + E_{D\,E}$$

$$= 0.452 + 0.48 + 0.48 + 0.796$$

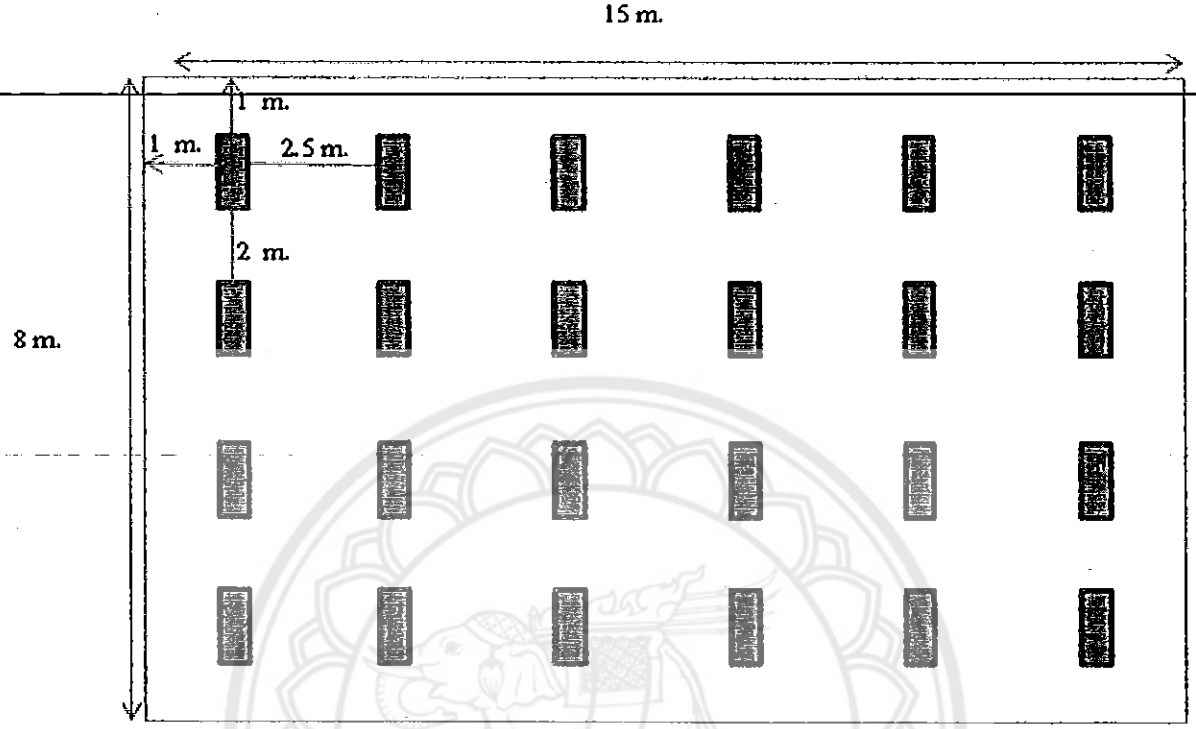
$$= 2.218 \text{ ฟุตแคนเดิล}$$

ที่มา : ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) : กรุงเทพมหานคร,2545.

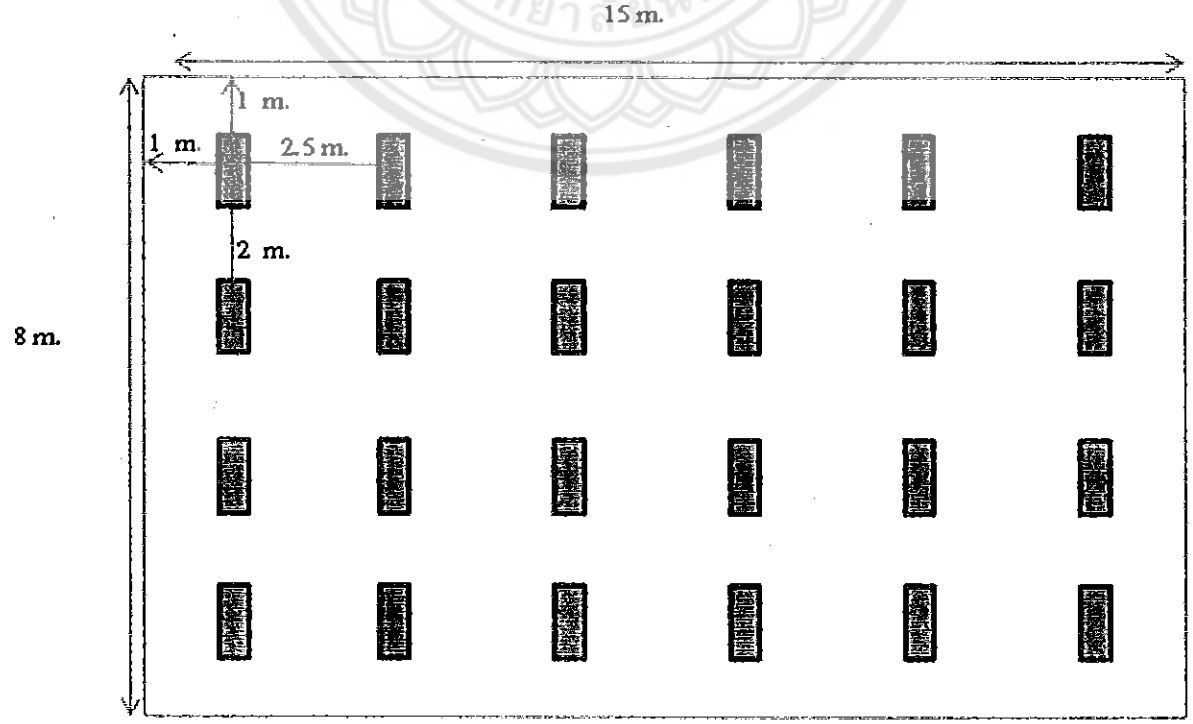
ภาคผนวก ค.

แผนผังการจัดวางโคมไฟภายในห้องตัวอย่าง

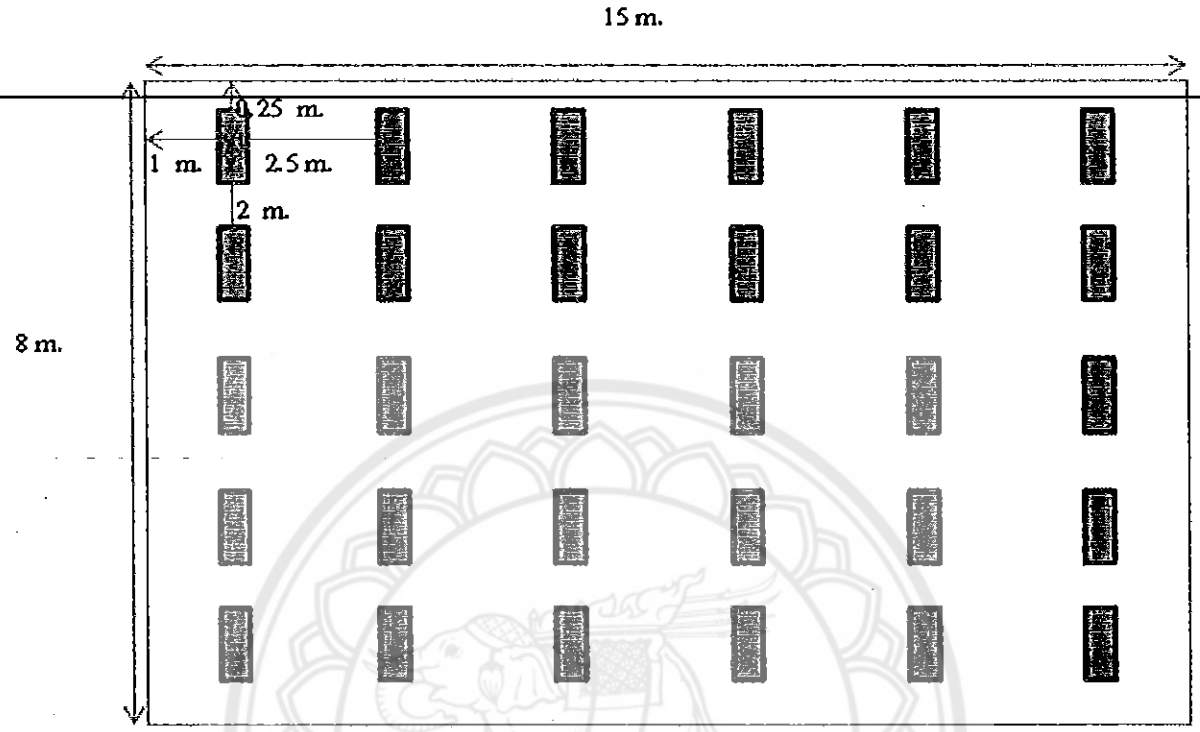
การทดลองที่ 1 จำนวนโคมไฟ 24 โคม



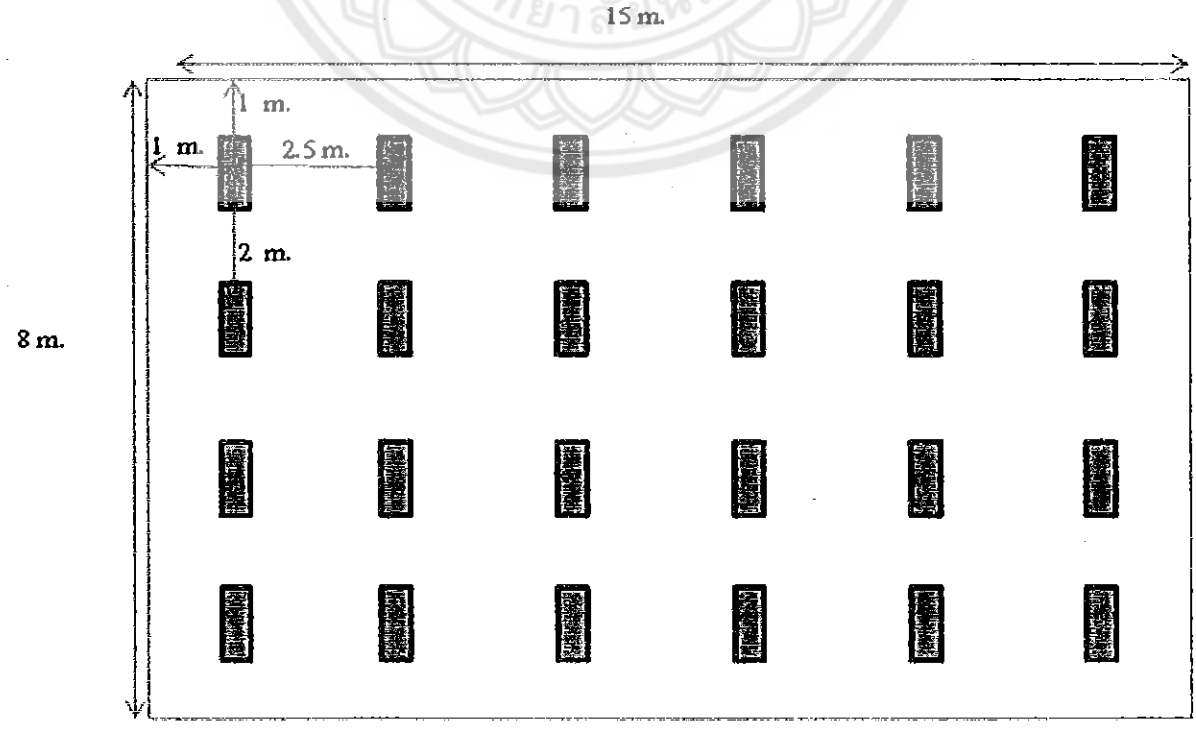
การทดลองที่ 2 จำนวนโคมไฟ 24 โคม



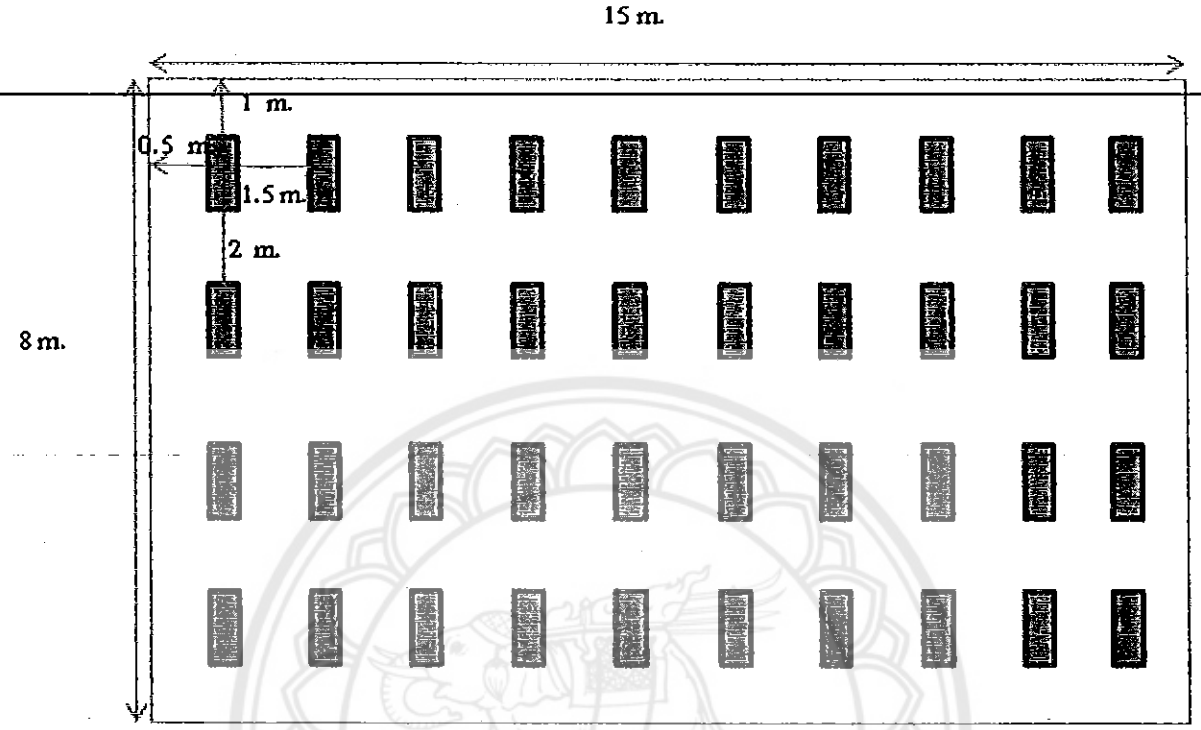
การทดลองที่ 3 จำนวนโคมไฟ 30 โคม



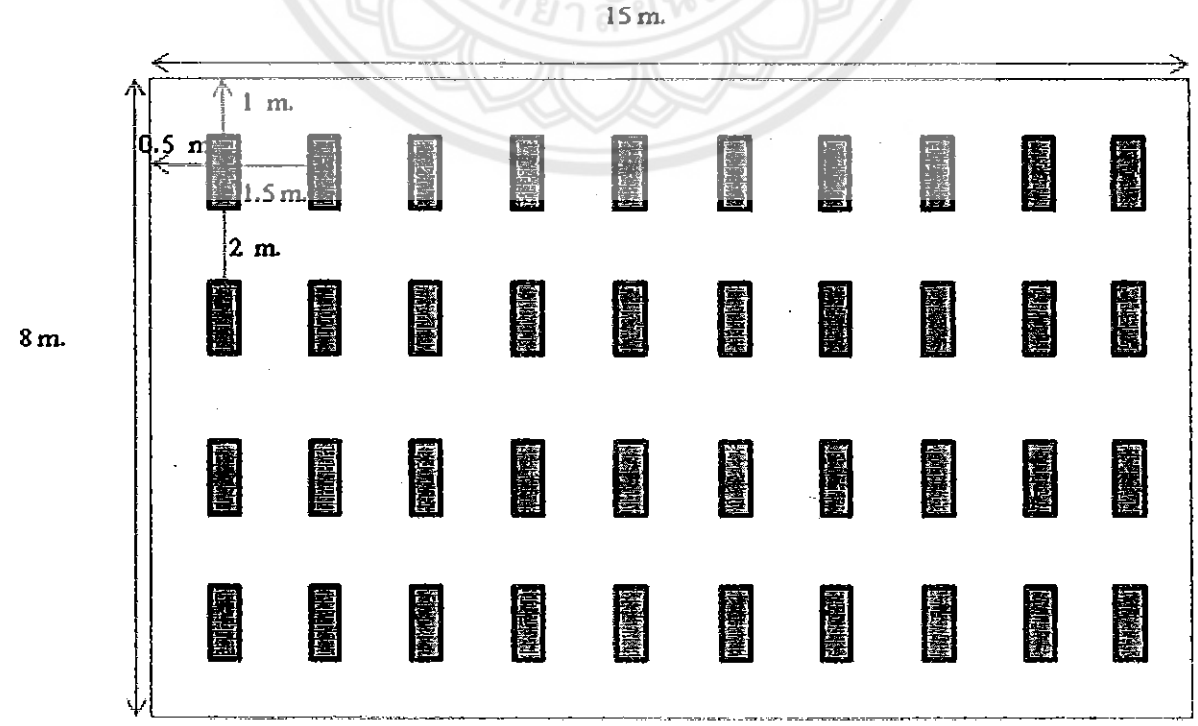
การทดลองที่ 4 จำนวนโคมไฟ 24 โคม



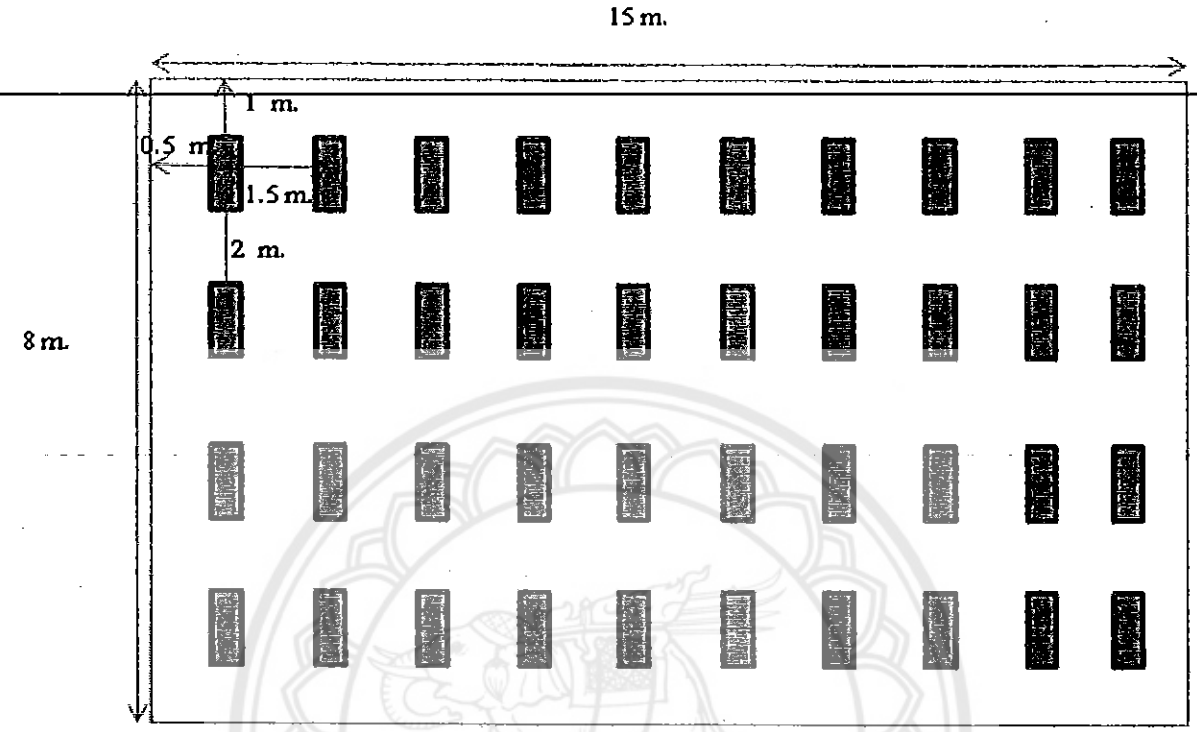
การทดลองที่ 5 จำนวนโคมไฟ 40 โคม



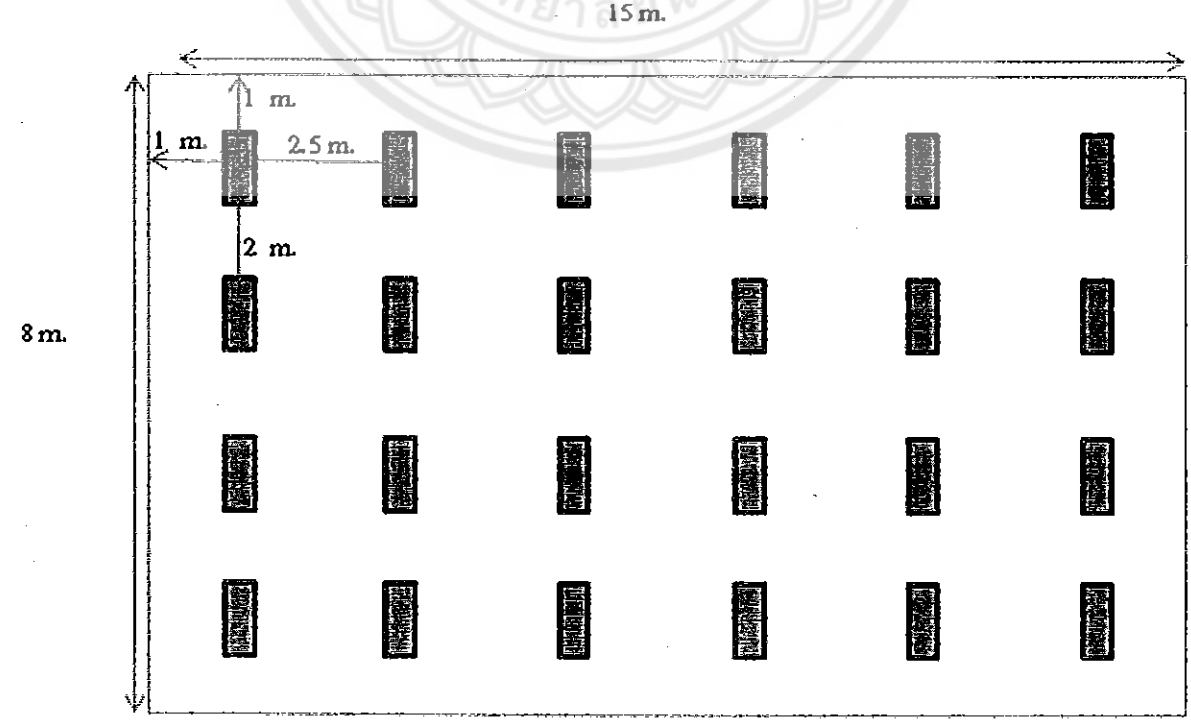
การทดลองที่ 6 จำนวนโคมไฟ 40 โคม



การทดลองที่ 7 จำนวนโคมไฟ 40 โคม



การทดลองที่ 8 จำนวนโคมไฟ 24 โคม



ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายสุภกิจ โฆษิตานนท์

ภูมิลำเนา 46 ซ.สามัคคีชัย 3 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเพชรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: muramasa_svpt@hotmail.com

ชื่อ นายพัฒนะพงศ์ พรมนาม

ภูมิลำเนา 63 หมู่ 1 ต. บ้านโปร่ง อ. ศรีธาตุ จ. อุดรธานี

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุดรพัฒนาการ
- ปัจจุบันกำลังศึกในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Del_jupiter@hotmail.com