

บทที่ 6

การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมของรูปแบบช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดด ในเชิงการใช้พลังงานในอาคาร

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจาก Daylight Models

จากการเก็บข้อมูลปริมาณและลักษณะการกระจายแสง ภายในหุ่นจำลองห้องเรียนที่มีรูปแบบช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดด แบบต่างๆรวม 13 แบบ ทั้งแบบที่มีอุปกรณ์กันแดดในแนวนอนแนวตั้ง และทั้ง 2 แบบร่วมกัน โดยมีขนาดและระยะต่างๆ ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 5 ทำการทดสอบภายใน Skydome โดยแยกออกเป็น 4 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 ห้องเรียนที่มีช่องเปิดทางด้าน ทิศเหนือ

ทำการทดสอบกับหุ่นจำลองแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, และ 12

กลุ่มที่ 2 ห้องเรียนที่มีช่องเปิดทางด้าน ทิศตะวันออก

ทำการทดสอบกับหุ่นจำลองแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12

กลุ่มที่ 3 ห้องเรียนที่มีช่องเปิดทางด้าน ทิศใต้

ทำการทดสอบกับหุ่นจำลองแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 และ 13

กลุ่มที่ 4 ห้องเรียนที่มีช่องเปิดทางด้าน ทิศตะวันตก

ทำการทดสอบกับหุ่นจำลองแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12

ทำการเก็บข้อมูลโดยจำลองตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตามวันเวลาต่างๆดังนี้

วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน(Equinox) เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00

วันที่ 22 มิถุนายน(Summer Solstice) เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00

วันที่ 22 ธันวาคม(Winter Solstice) เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00

ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของการเก็บข้อมูล ในตารางที่ 1 ทำการวัดปริมาณแสง(Diffuse Illumination) ภายในSkydome เปรียบเทียบกับปริมาณแสงภายในหุ่นจำลองที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์(Direct Sun) และบันทึกผลการทดสอบที่ได้ในรูปแบบของค่า Daylight factor(DF) จากสมการ

$$\text{Daylight factor(DF)} = \frac{\text{Internal Illumination}}{\text{External Illumination}} \dots\dots\dots (16)$$

(R.G.Hopkinson & J.D.Kay ,1972)

โดยที่ DF(Daylight Factor) = อัตราส่วนระหว่างค่าการส่องสว่างภายในเปรียบเทียบกับภายนอก

Internal Illumination = ค่าการส่องสว่างภายใน

External Illumination = ค่าการส่องสว่างภายนอก

ผลการทดสอบดังที่ปรากฏในรูปของค่า Daylight factor ในตารางผนวก

จากการทดสอบ อุปกรณ์กันแดดบางรูปแบบไม่สามารถป้องกันการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ได้ในบางเวลา เช่นวันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน เวลา 8.00 น. ช่องเปิดทางทิศตะวันออกสำหรับหุนจำลองที่ 1-10 จะได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ จึงไม่อาจนำมาคำนวณค่า Daylight factor ได้

Direction of Opening	DATE	MODEL												
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
Northside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
	22 JUNE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
	22 DECEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
Eastside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
	22 JUNE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
	22 DECEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
Southside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	22 JUNE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	22 DECEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Westside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
	22 JUNE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
	22 DECEMBER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-

สัญลักษณ์



ทำการทดสอบ



ไม่มีการทดสอบ

6.2 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ กับปริมาณแสงใน Skydome

เนื่องจากปริมาณการส่องสว่างภายใน Skydome มีค่าแตกต่างจากปริมาณการส่องสว่างภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแสงสว่าง ภายใน Skydome กับปริมาณแสงธรรมชาติ เพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด จึงใช้ข้อมูลปริมาณการส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าจริง ในวันและเวลาเดียวกับที่ได้ทำการSimulateใน Skydome มาคำนวณร่วมกับค่า Daylight factor ที่ได้คำนวณไว้แล้วในตารางผนวก ดังนี้

$$\text{External Illumination} * \text{DF} = \text{Internal Illumination} \dots\dots\dots(17)$$

(R.G.Hopkinson & J.D.Kay ,1972)

$$\text{การส่องสว่างภายในห้อง} = \text{การส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าจริง} * \text{DF}$$

ห้องจำลองบางรูปแบบ ที่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงของดวงอาทิตย์(Direct Sun) ในบางวัน เวลา และทิศทางของช่องเปิด จะไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากในการออกแบบเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ไม่ประสงค์ให้มี Direct Sun เกิดขึ้นในอาคาร จึงเลือกทำการวิเคราะห์เฉพาะห้องจำลองที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงของดวงอาทิตย์(Direct Sun) เท่านั้น จากตารางที่ 2 สามารถสรุปรูปแบบของห้องจำลองที่จะนำไปวิเคราะห์ดังนี้

ห้องจำลองที่หันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ

ทำการวิเคราะห์กับห้องจำลอง M2,M3,M4,M5,M6,M7,M10,M11และM12

ห้องจำลองที่หันช่องเปิดไปทางทิศตะวันออก

ทำการวิเคราะห์กับห้องจำลอง M11 และ M12

ห้องจำลองที่หันช่องเปิดไปทางทิศใต้

ทำการวิเคราะห์กับห้องจำลอง M8,M9,M10,M11,M12 และM 13

ห้องจำลองที่หันช่องเปิดไปทางทิศตะวันตก

ทำการวิเคราะห์กับห้องจำลอง M11 และ M12

Direction of Opening	DATE	MODEL												
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
Northside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	/	/	/	/	/	/	/	-	-	/	/	/	-
	22 JUNE	•	/	/	/	/	/	/	-	-	/	/	/	-
	22 DECEMBER	/	/	/	/	/	/	/	-	-	/	/	/	-
Eastside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	/	/	-
	22 JUNE	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	/	/	-
	22 DECEMBER	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	/	/	-
Southside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	•	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	22 JUNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	22 DECEMBER	•	•	•	•	•	•	•	/	/	/	/	/	/
Westside Opening	21 MARCH&24 SEPTEMBER	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	/	/	-
	22 JUNE	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	/	/	-
	22 DECEMBER	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	/	/	-

สัญลักษณ์

- ได้รับ Direct Illumination,
- / ได้รับ Diffuse Illumination เท่านั้น
- ไม่มีการทดสอบ

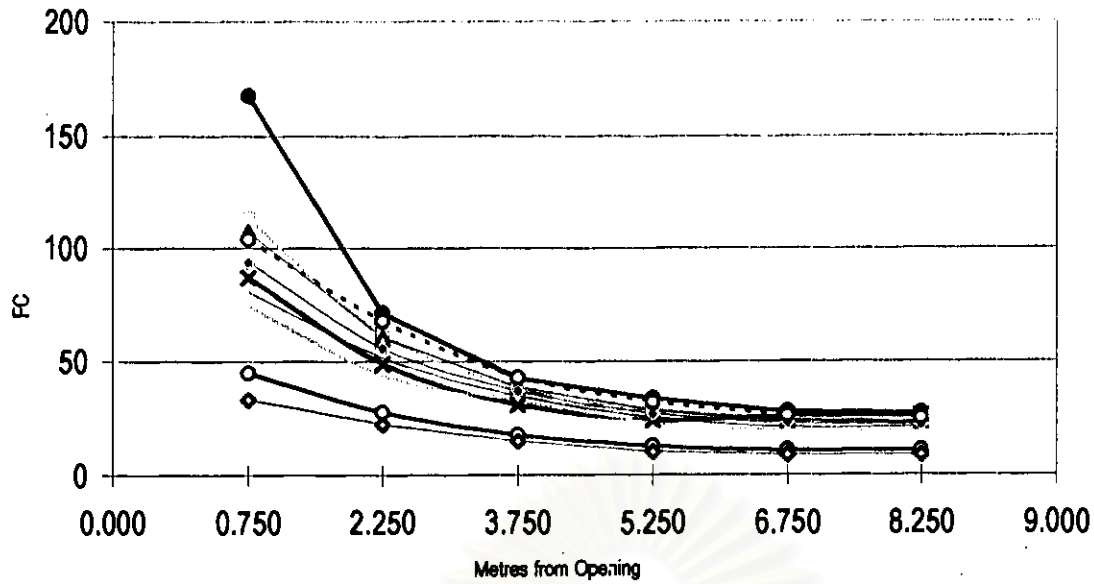
ตารางที่ 4 แสดงหุ่นจำลองที่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์

นำค่าปริมาณการส่องสว่างที่คำนวณได้ มาแสดงในรูปของแผนภูมิ ปริมาณการกระจายแสงภายในห้อง จำลอง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะการกระจายแสงจากอุปกรณ์กันแดดรูปแบบต่างๆว่าอยู่ในระดับที่เพียงพอแก่การใช้งาน ในที่นี้คือ 30 - 50 FC และมีความสม่ำเสมอ (Uniform) เหมาะสมแก่การใช้งานหรือไม่ เพียงใด ดังที่ปรากฏในแผนภูมิที่ 1 - 12

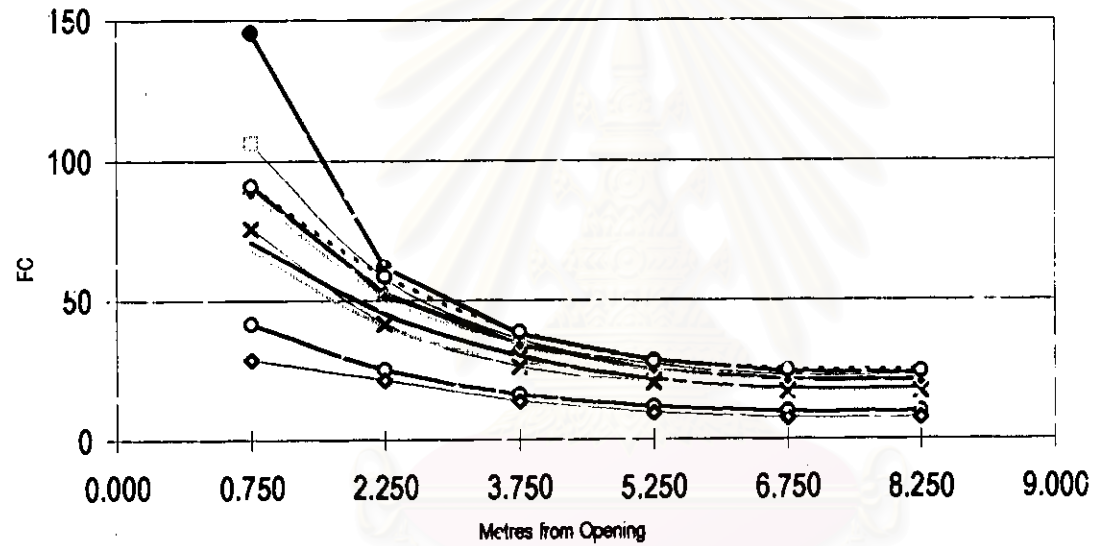


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

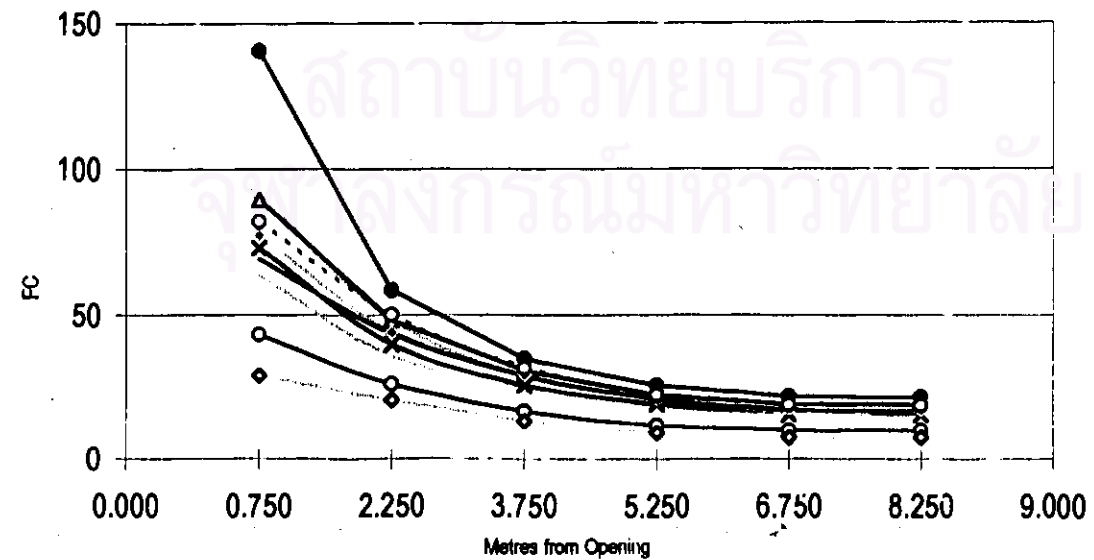
8:00



10:00

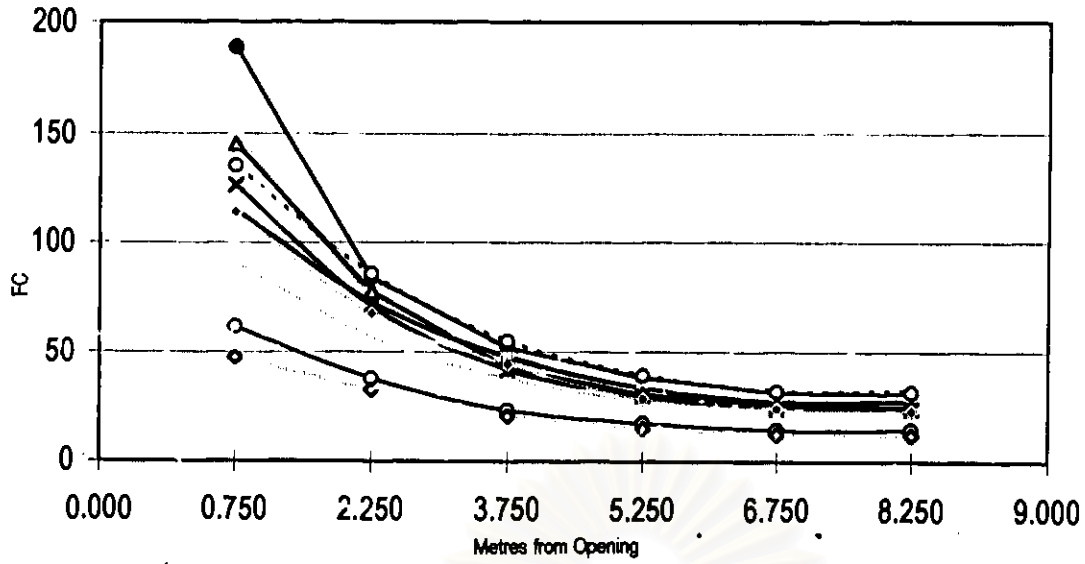


12:00

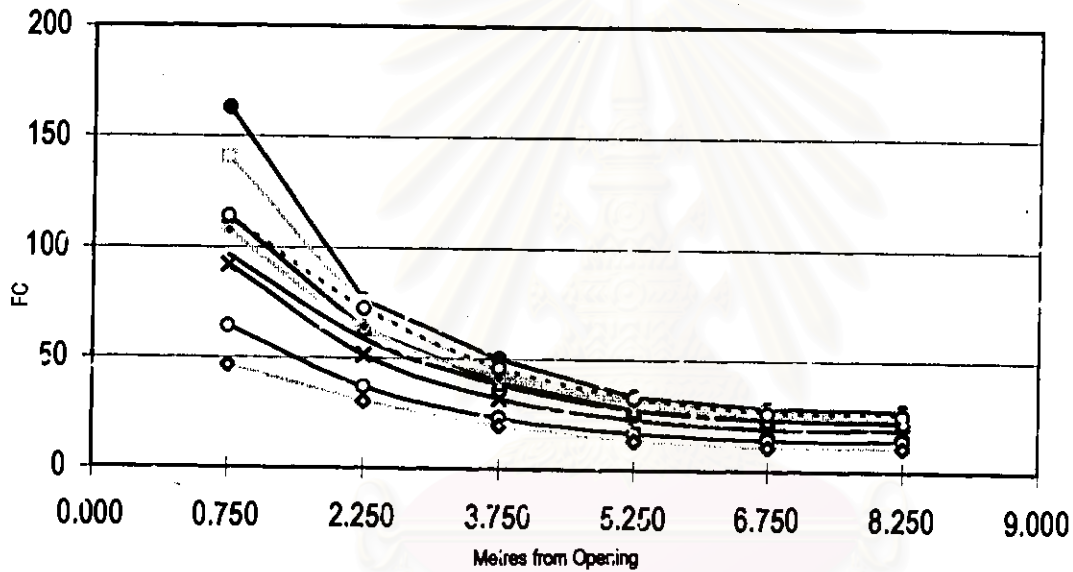


แผนภูมิที่ 1 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ
 ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น

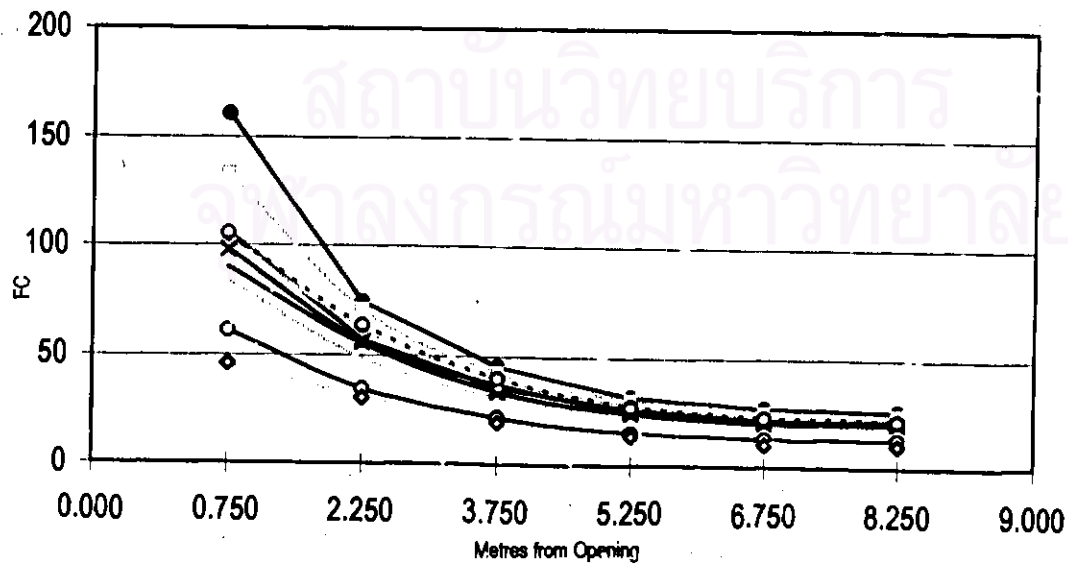
8:00



10:00

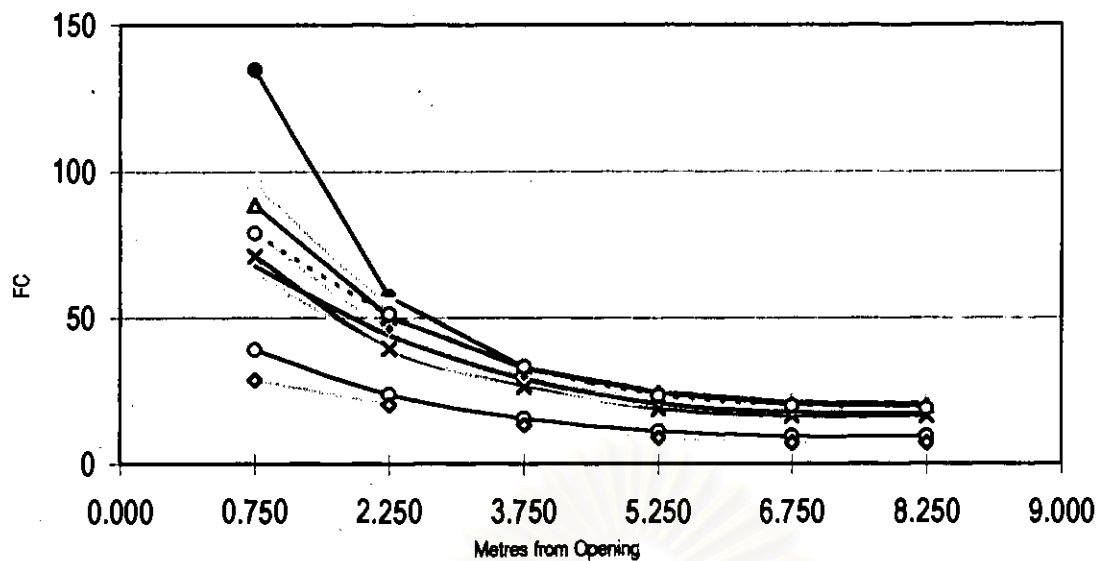


12:00

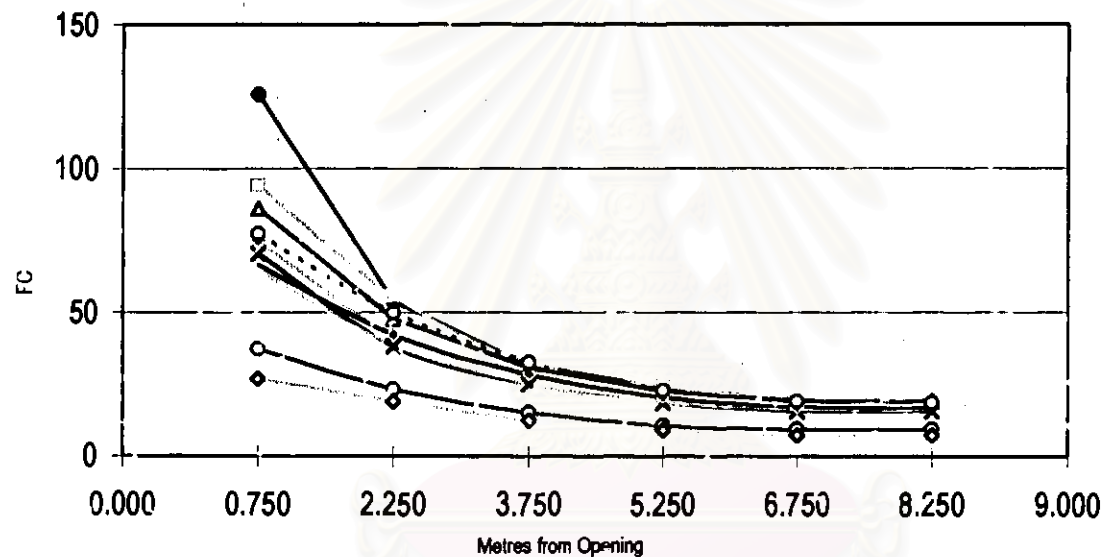


แผนภูมิที่ 2 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น

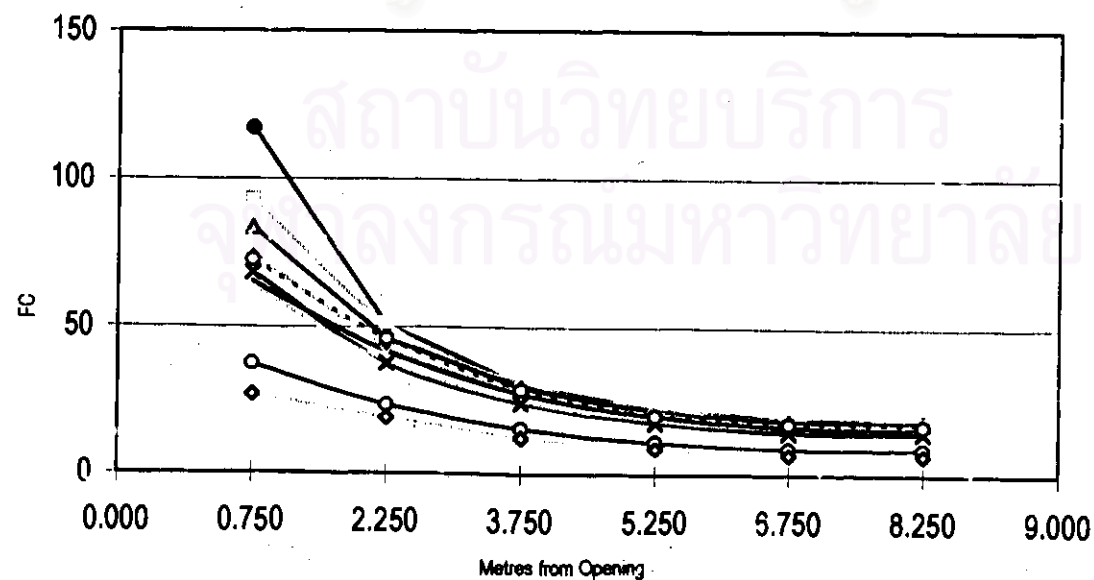
8:00



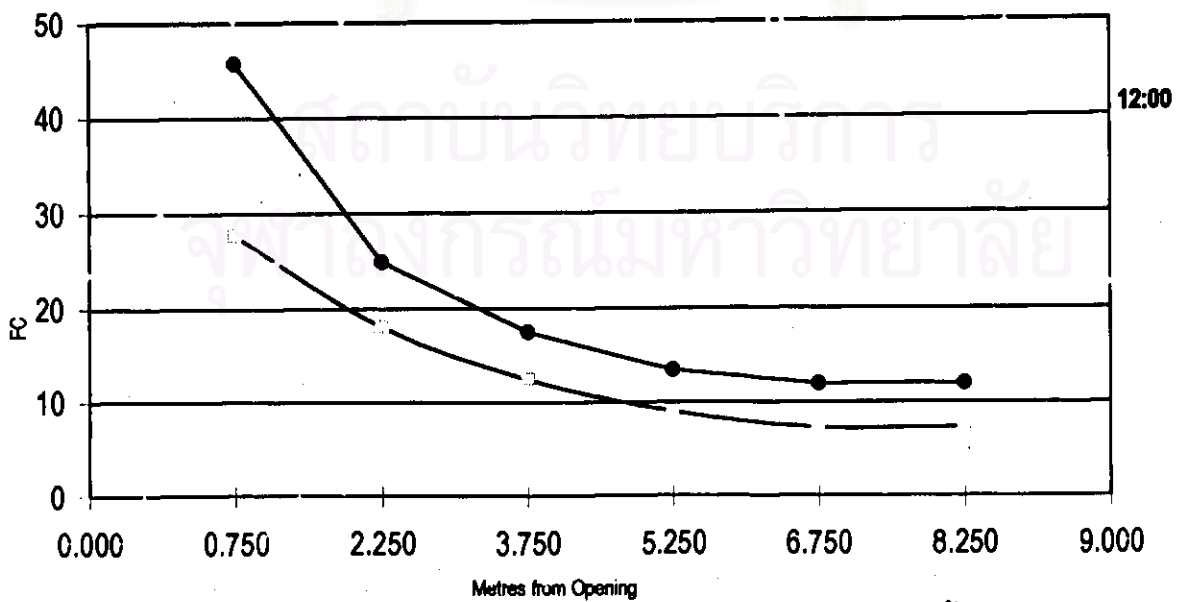
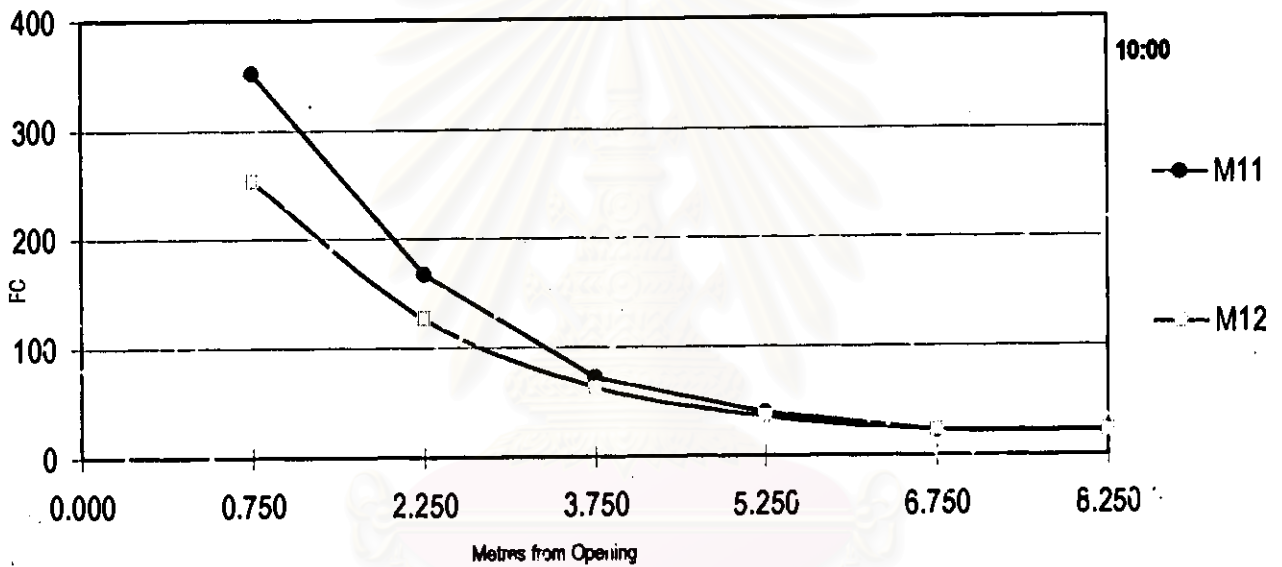
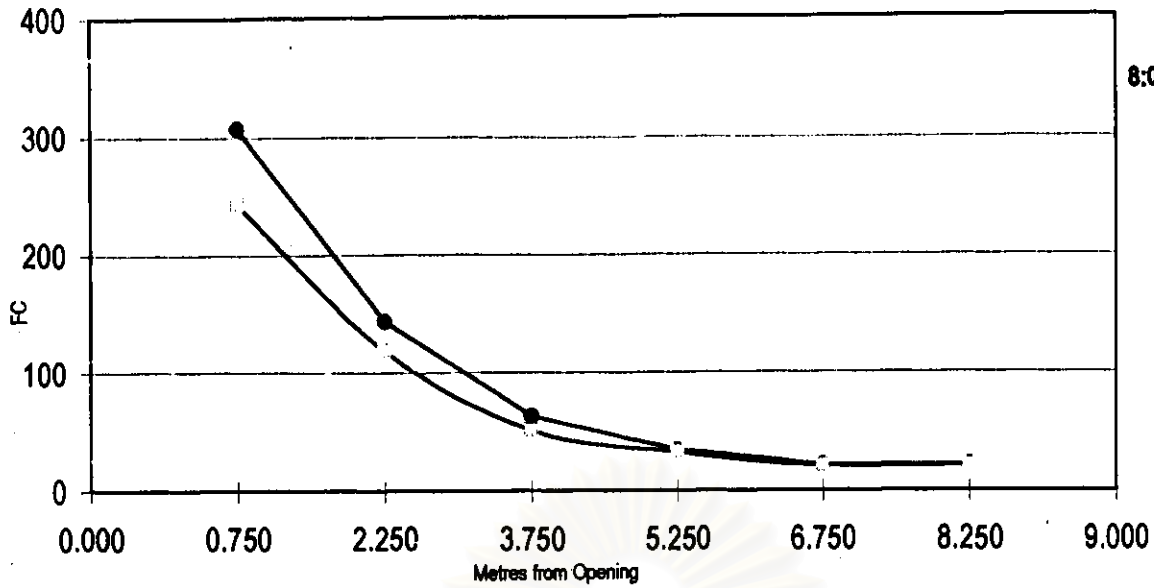
10:00



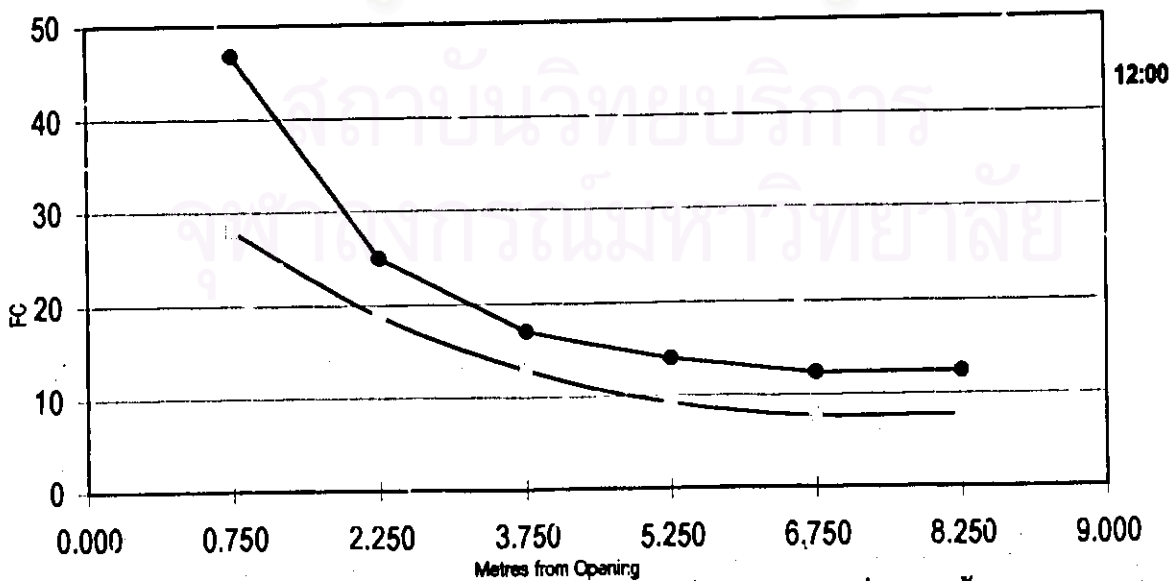
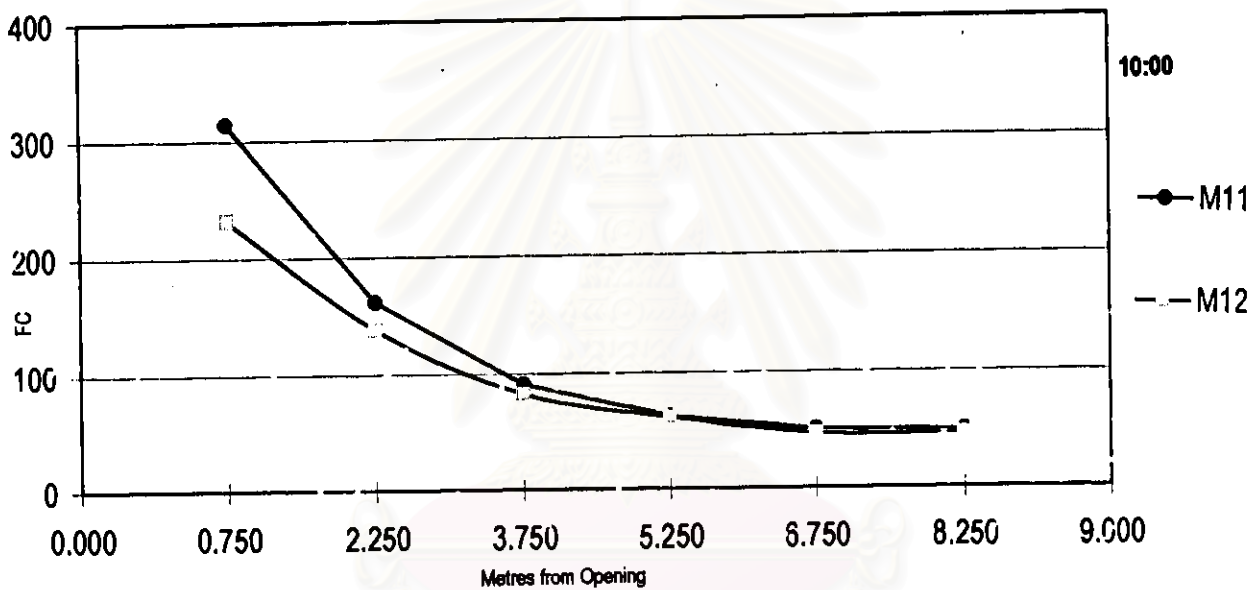
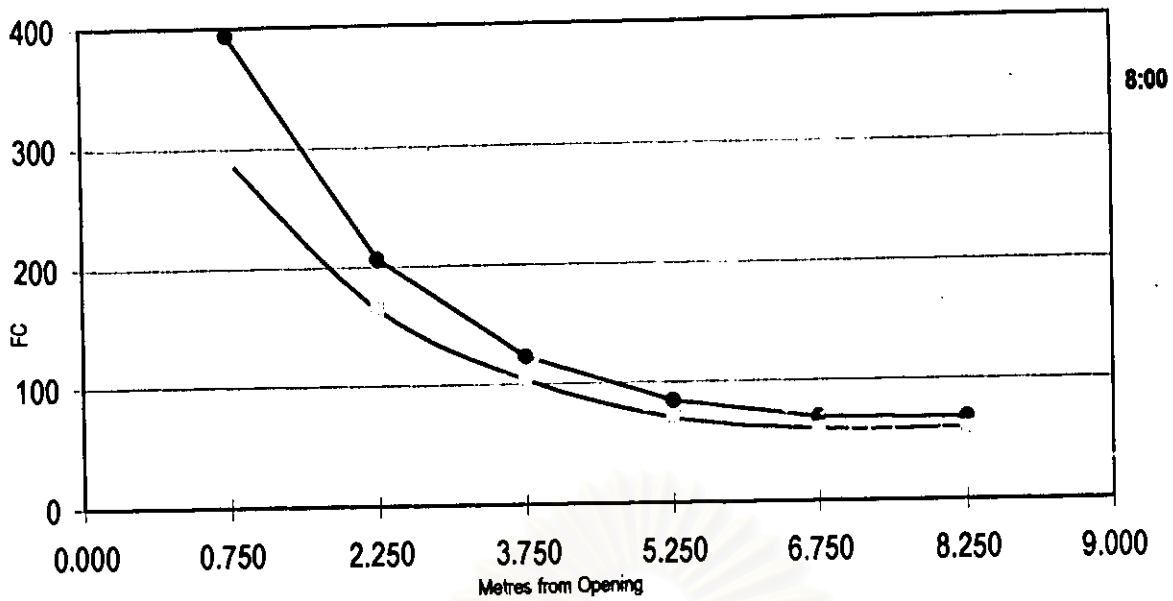
12:00



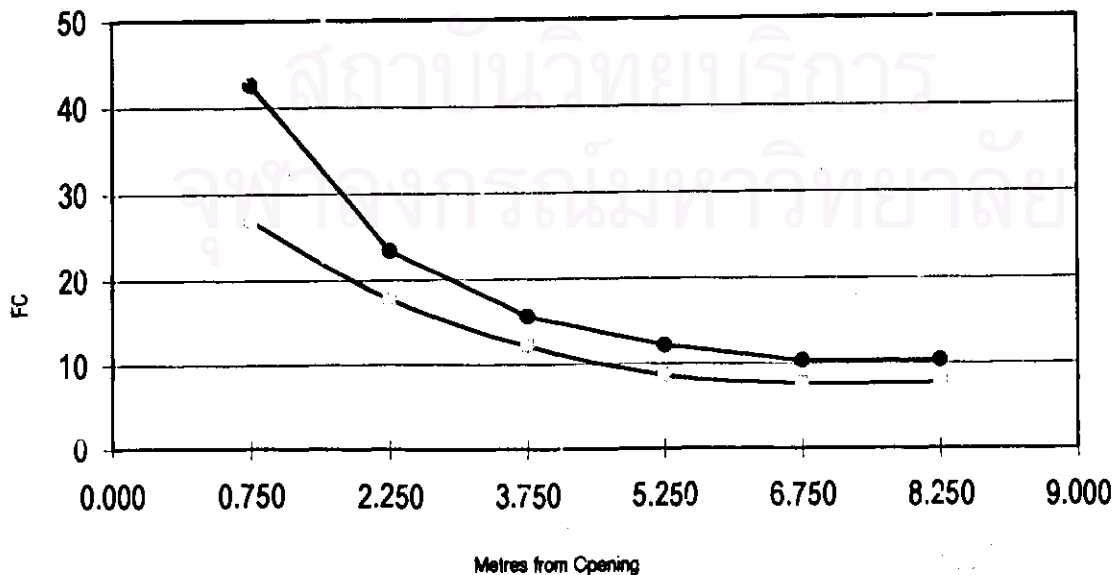
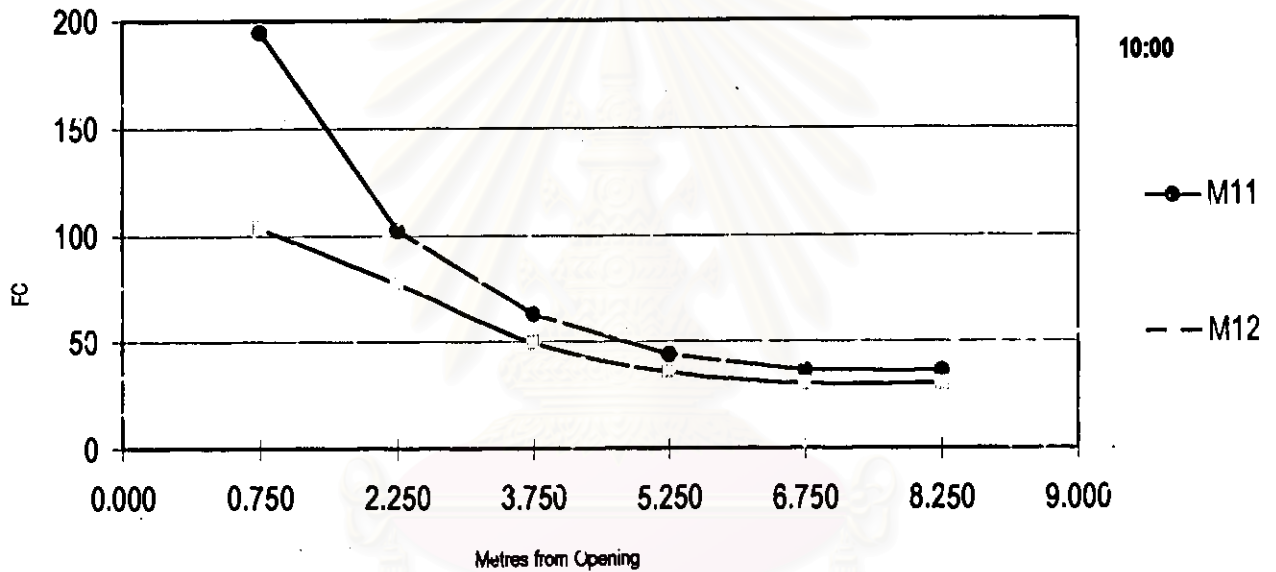
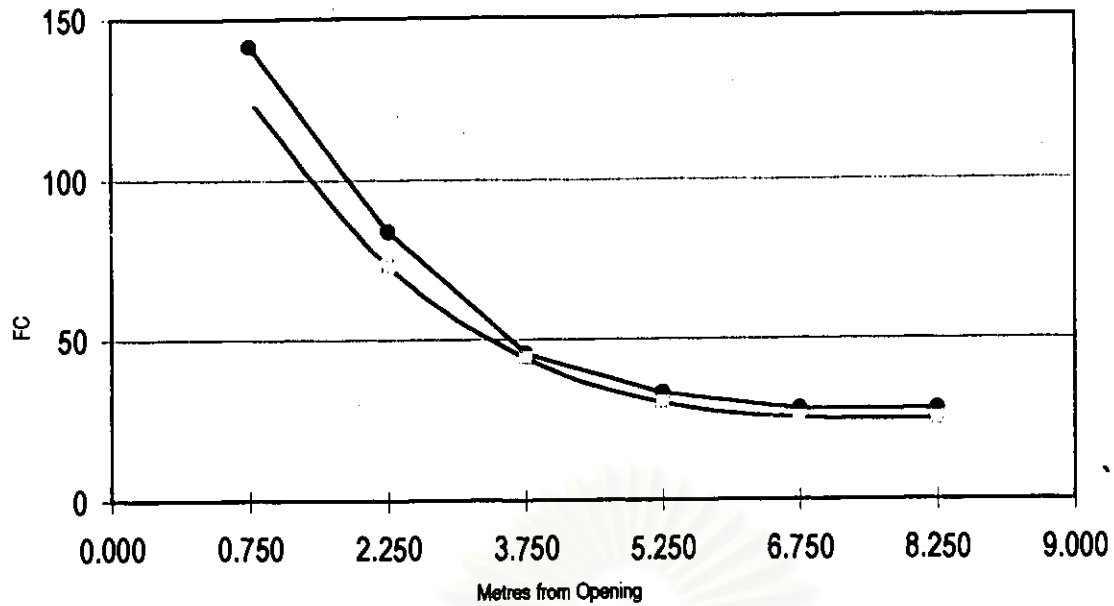
แผนภูมิที่ 3 การกระจายแสงธรรมชาติภายในหุ่นจำลองจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น



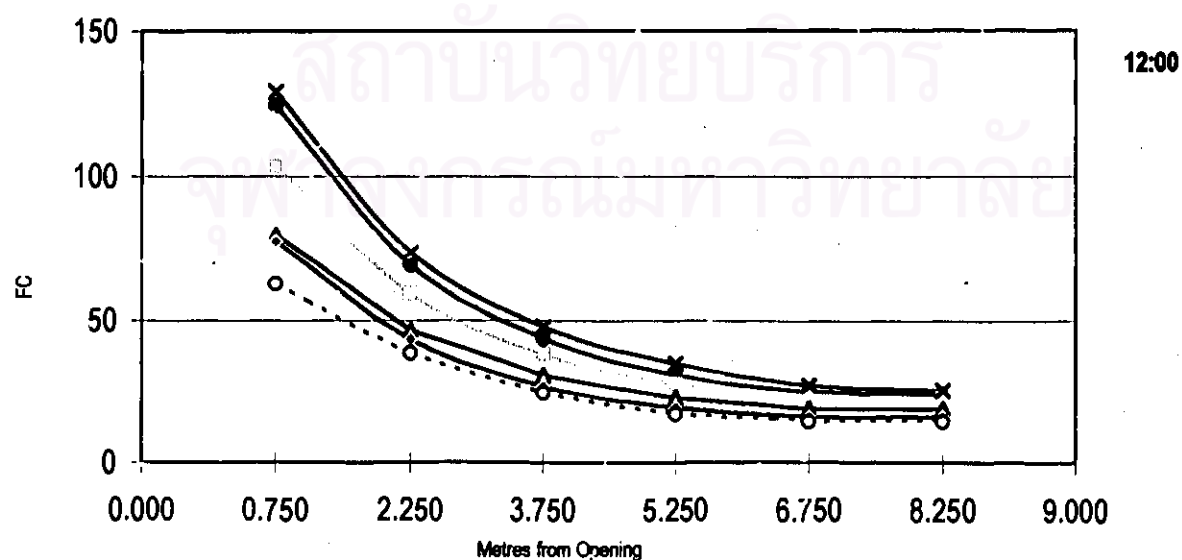
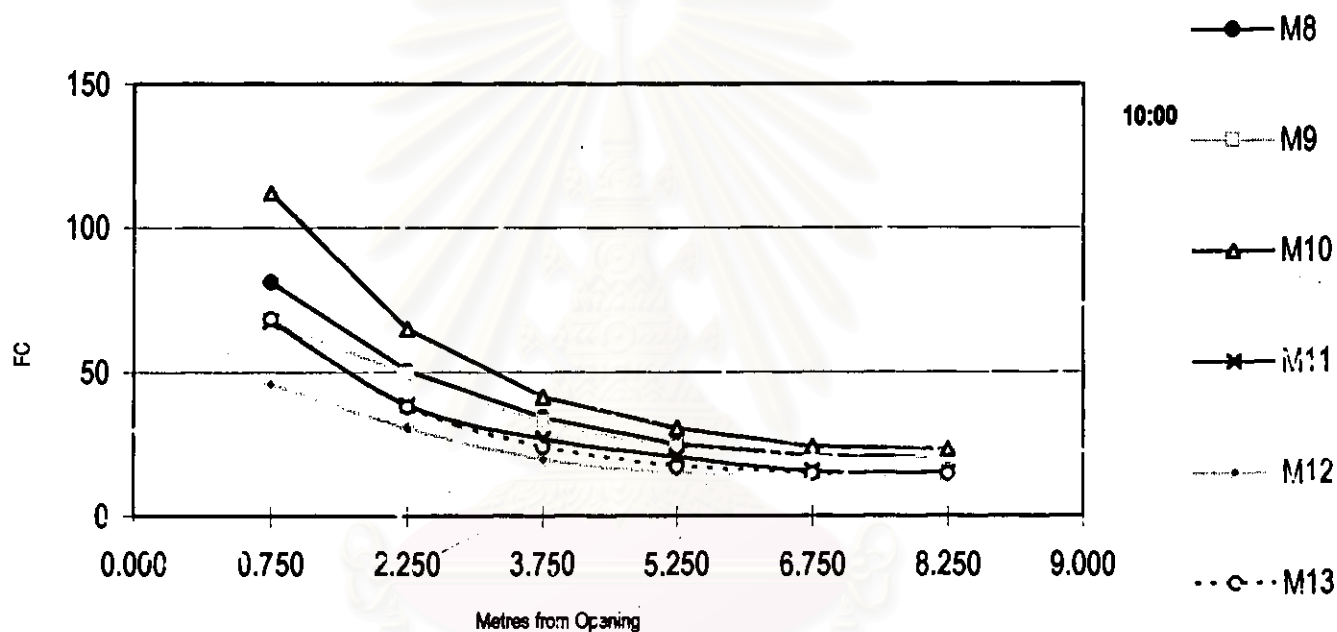
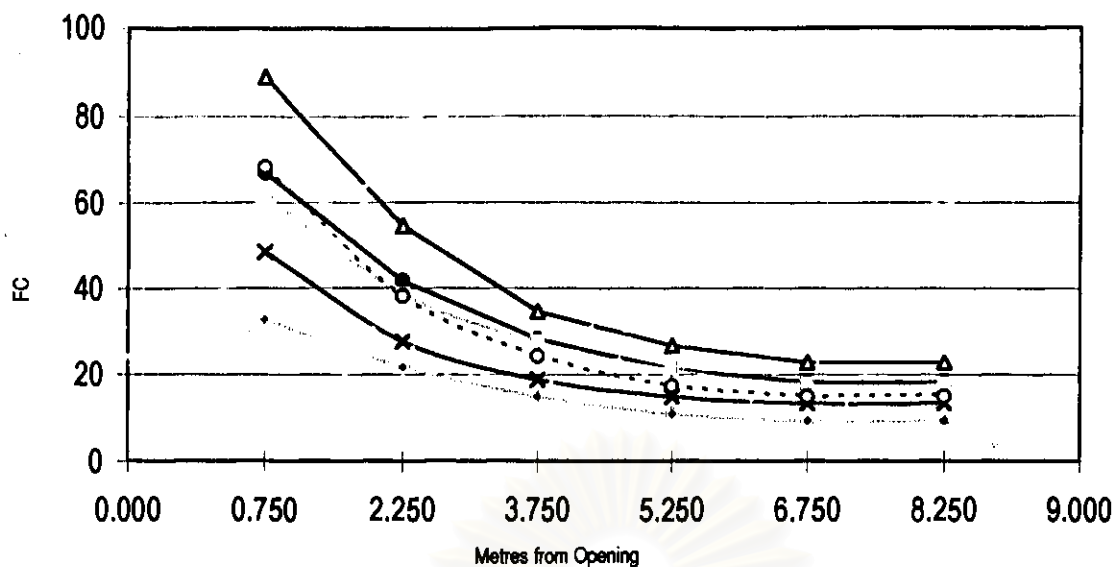
แผนภูมิที่ 4 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น



แผนภูมิที่ 5 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น



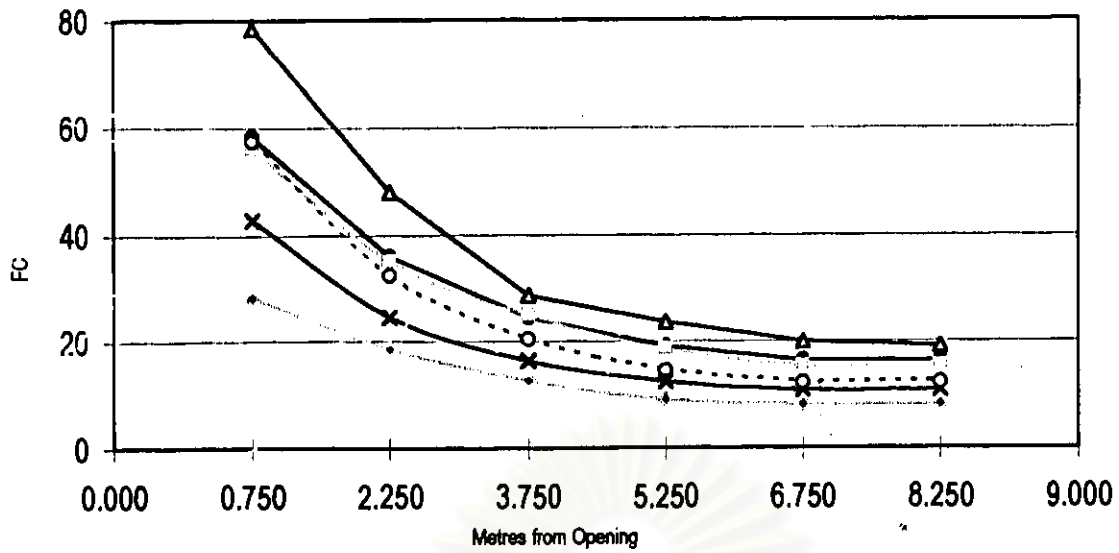
แผนภูมิที่ 6 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น



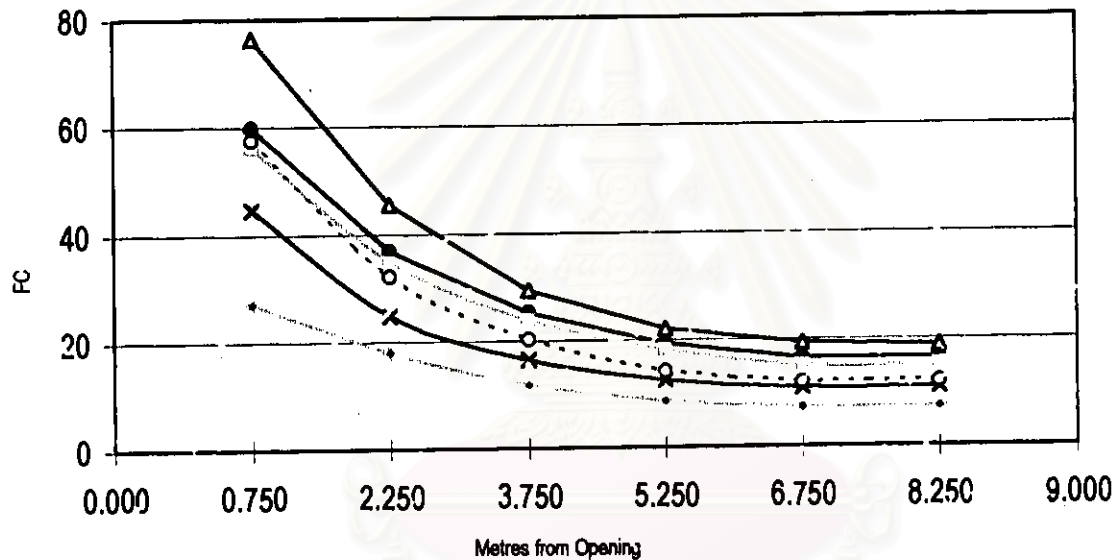
แผนภูมิที่ 7 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศใต้

ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น

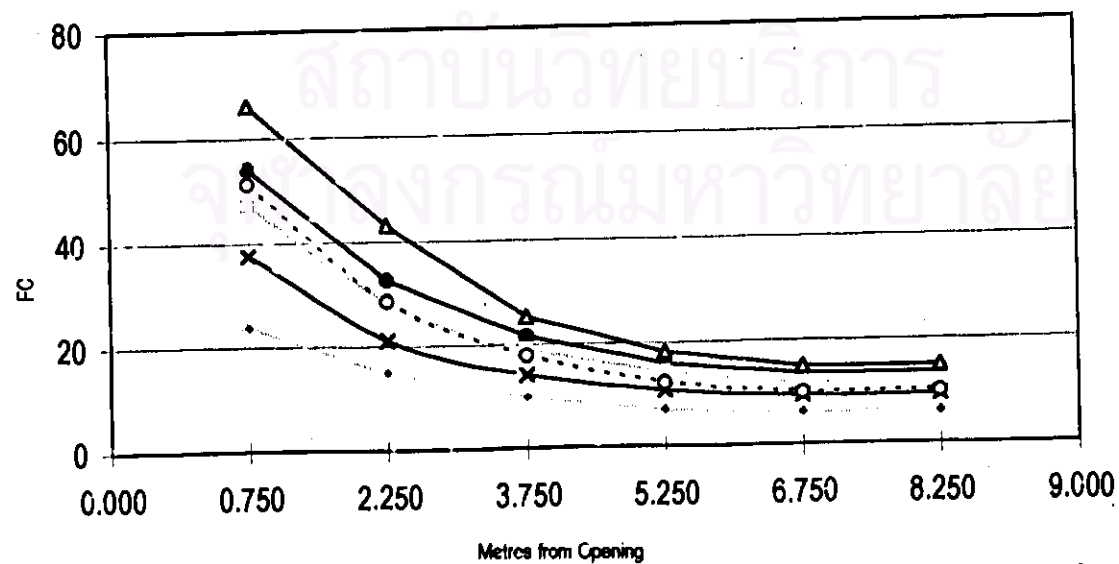
8:00



10:00

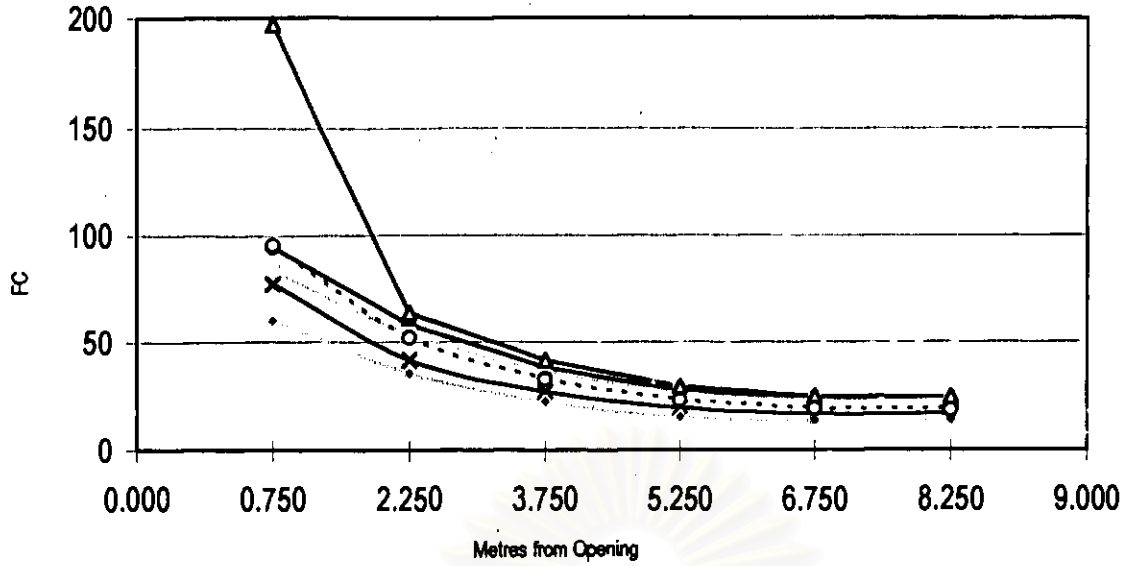


12:00

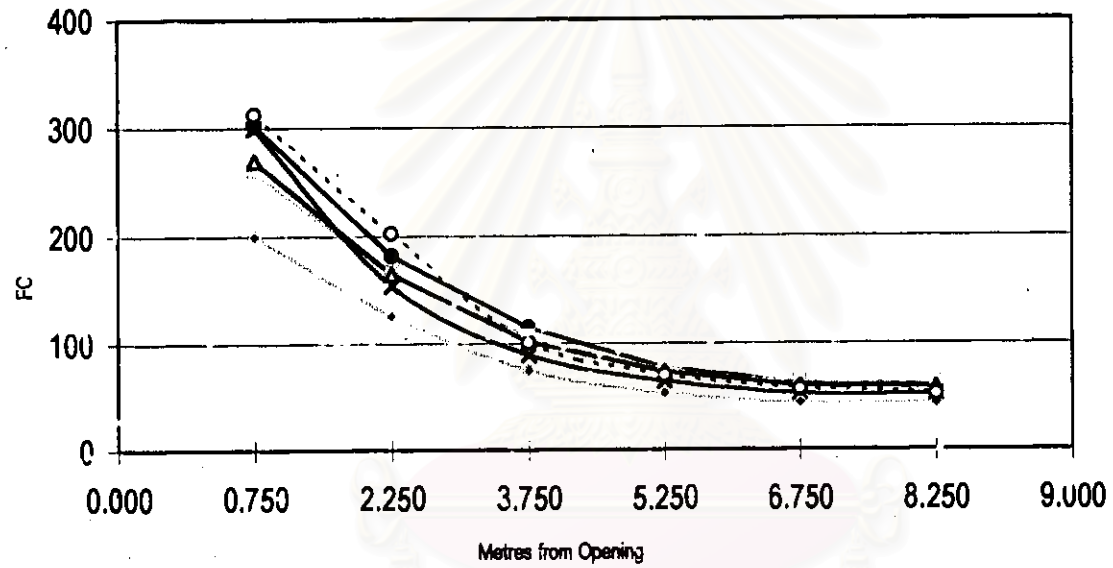


แผนภูมิที่ 8 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศใต้
 ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น

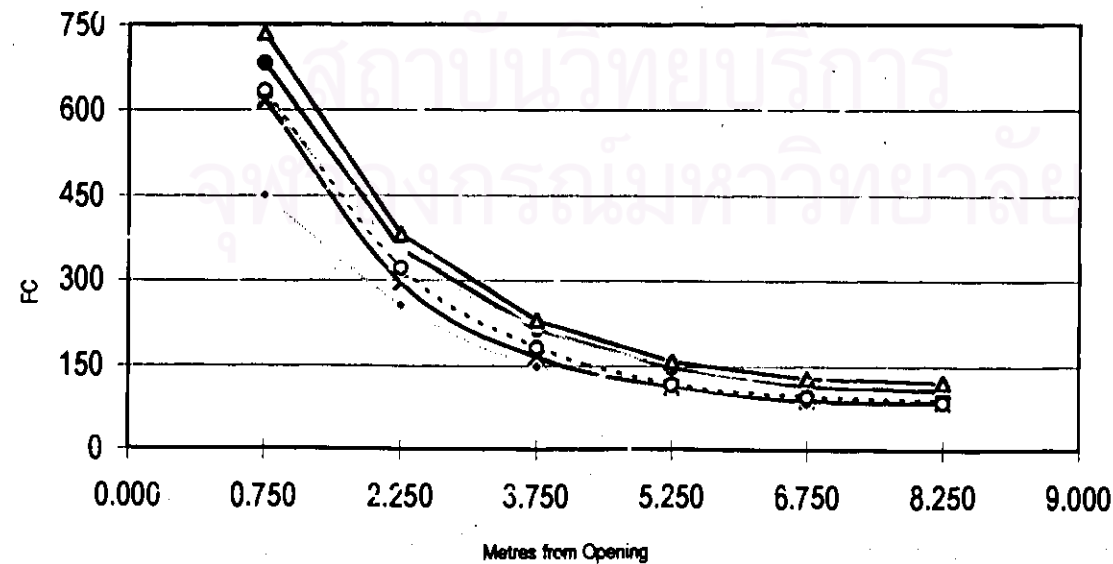
8:00



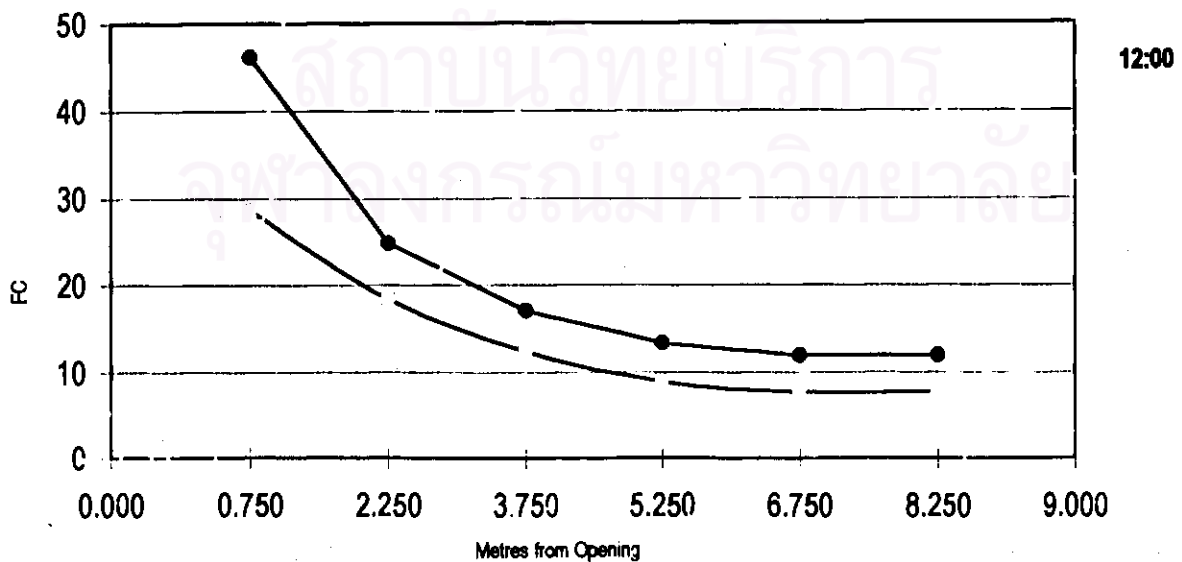
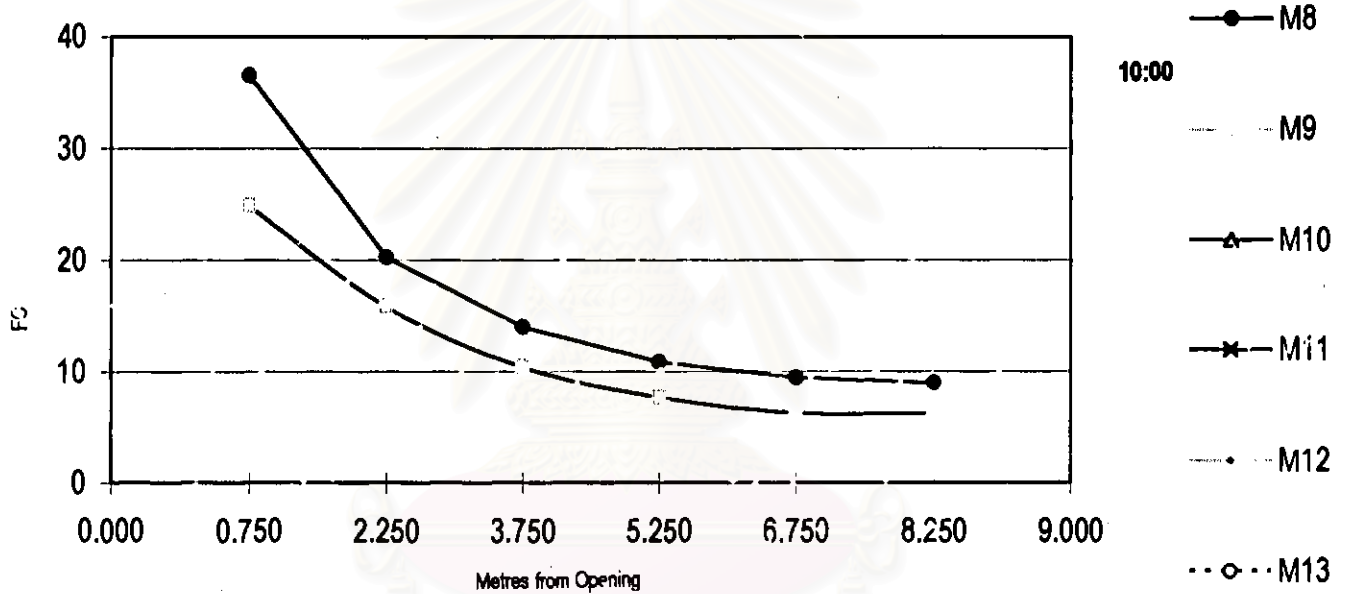
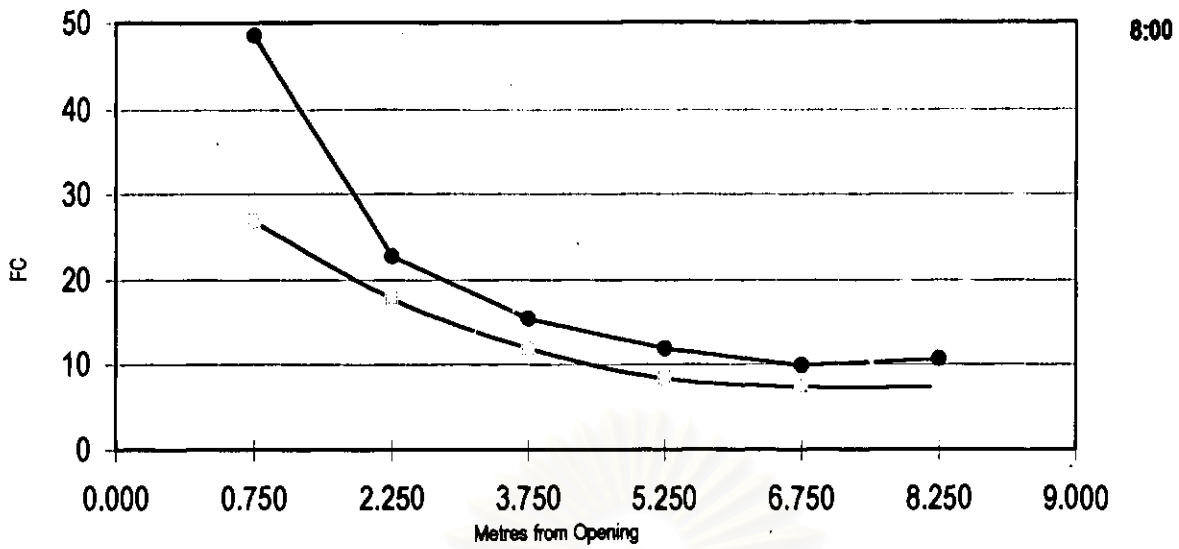
10:00



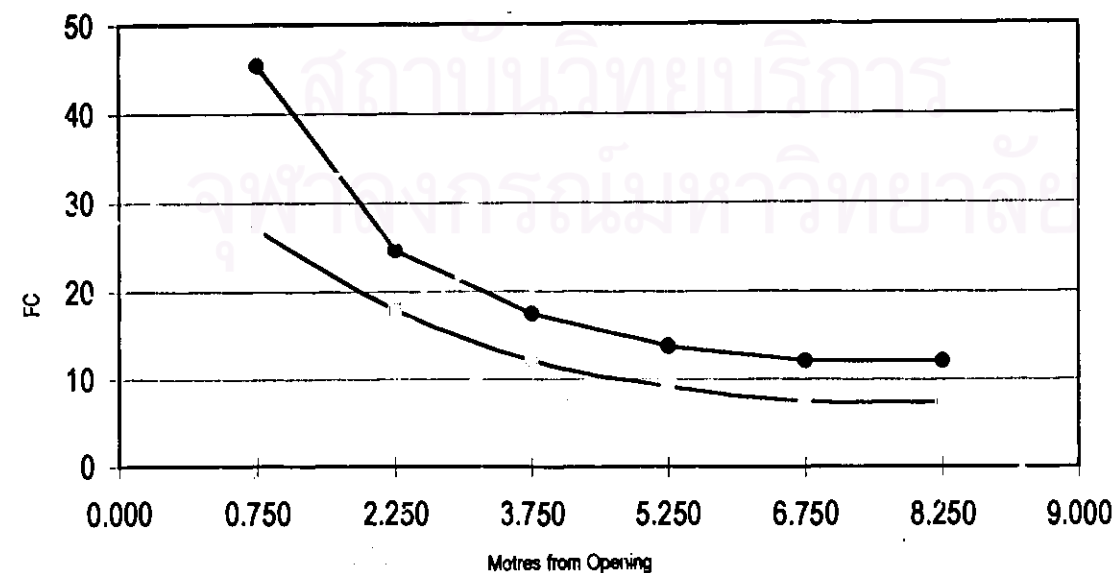
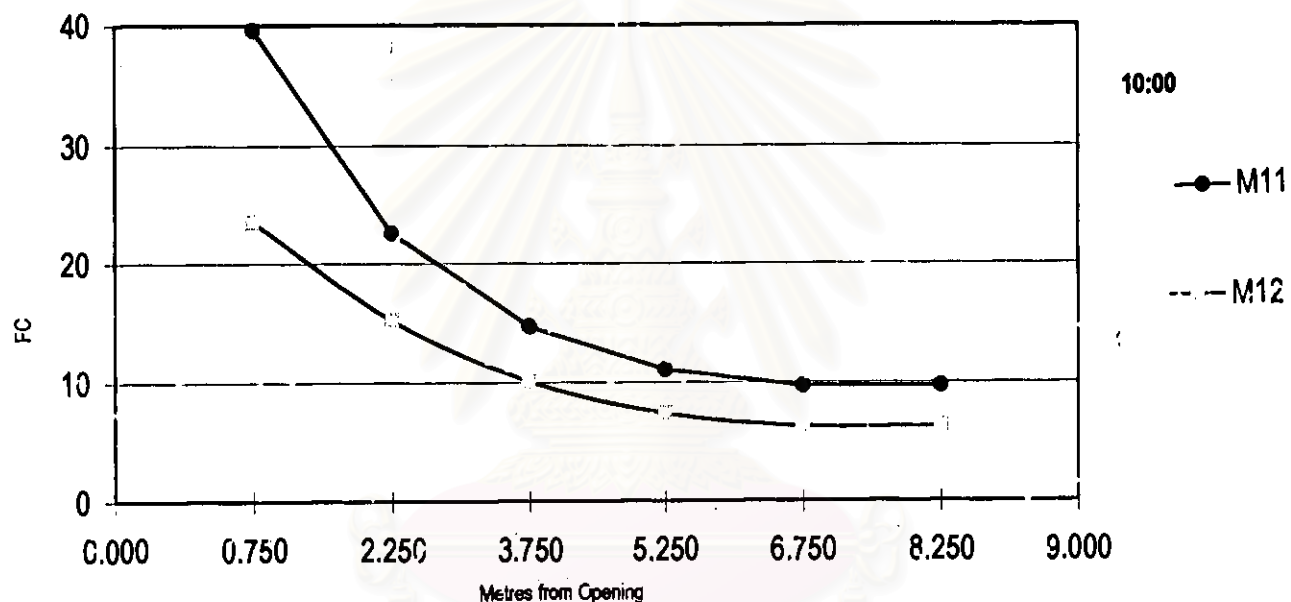
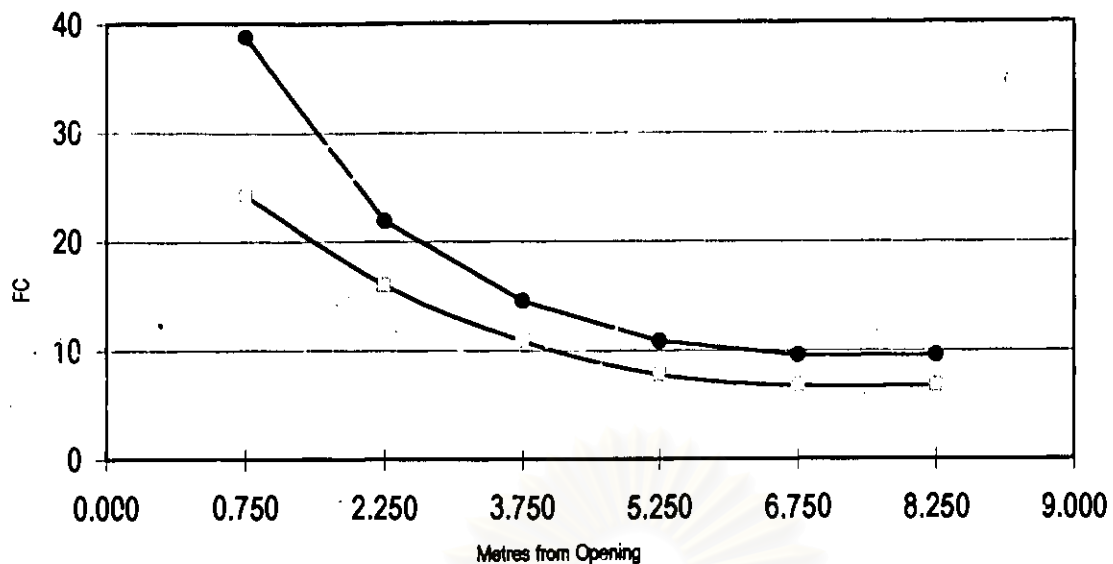
12:00



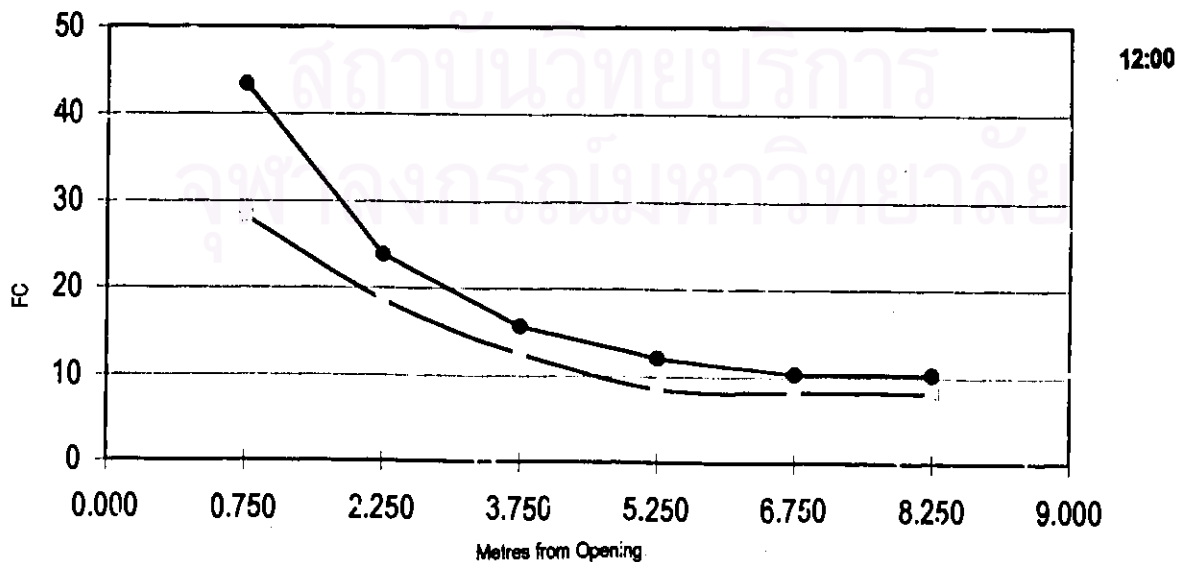
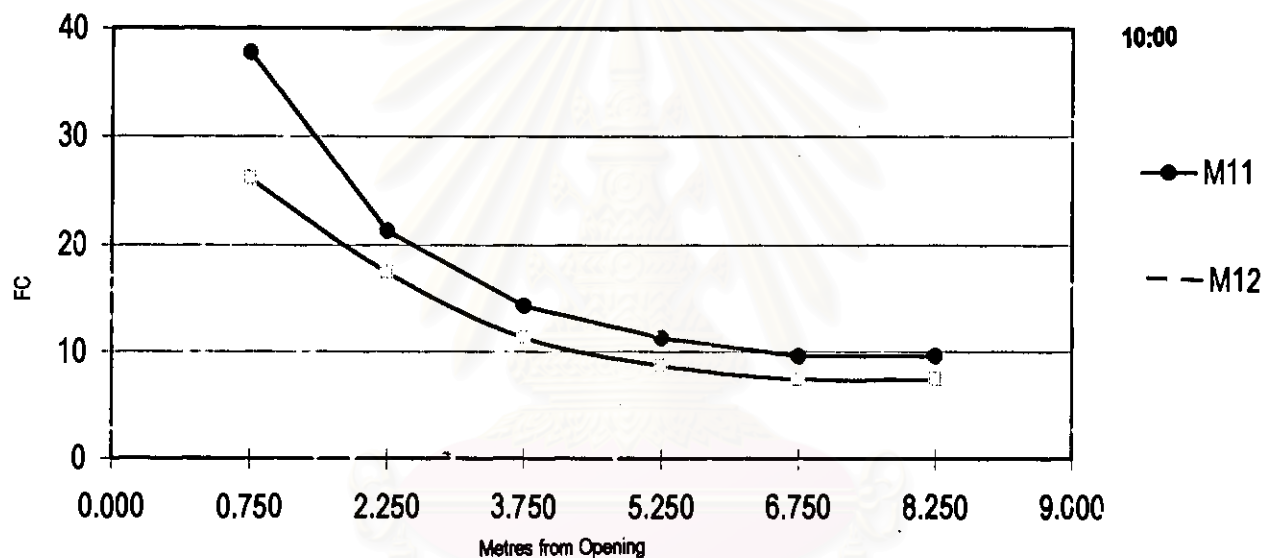
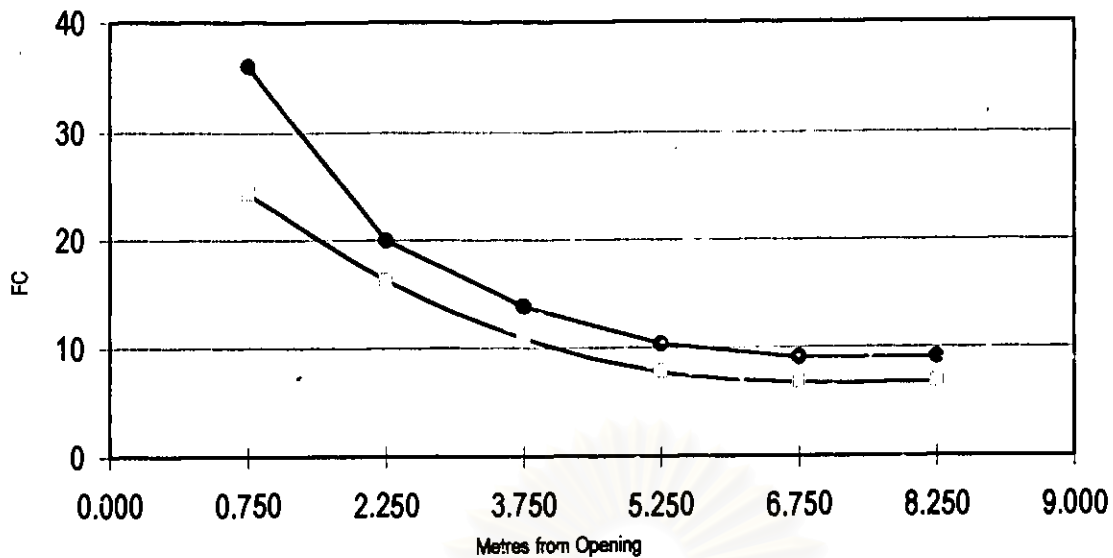
แผนภูมิที่ 9 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศใต้
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น



แผนภูมิที่ 10 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น



แผนภูมิที่ 11 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น



แผนภูมิที่ 12 การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น

6.3 การคำนวณปริมาณการส่องสว่างในส่วนของแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เพิ่ม

จากแผนภูมิที่ 1- 12 ซึ่งเป็นแผนภูมิแสดงปริมาณและลักษณะการกระจายแสงภายในห้อง จำลอง ณ.เวลา 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 และ 16:00น. นำมาคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ ในส่วนของแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เพิ่มเติม เพื่อให้ระดับการส่องสว่างภายในมีค่าเพียงพอสำหรับการใช้งาน มีวิธีการคำนวณดังนี้

เส้น curve ที่ปรากฏในแผนภูมิที่ 1 - 60 คือระดับการกระจายแสงในแนวนอน มีหน่วยเป็น footcandles ภายในห้องจำลองที่ระยะ 0.75, 2.25, 3.75, 5.25, 6.75 และ 8.25 เมตร จากช่องเปิด เข้าสู่ภายในอาคารในทิศทางตั้งฉากกับช่องเปิด พื้นที่ใต้ curve คือปริมาณการส่องสว่างที่ได้รับโดยตรงจากแสงธรรมชาติ

ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 ระดับการส่องสว่างที่ 30 - 50 FC คือระดับการส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในอาคารเรียนหรือสำนักงาน จึงกำหนดระดับการส่องสว่างที่จะนำมาวิเคราะห์เป็น 3 ระดับ คือ 30, 40, 50 footcandles พื้นที่ใต้เส้นกราฟนี้คือ ปริมาณการส่องสว่างที่ต้องการภายในห้องจำลองนี้

พื้นที่ใต้กราฟแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

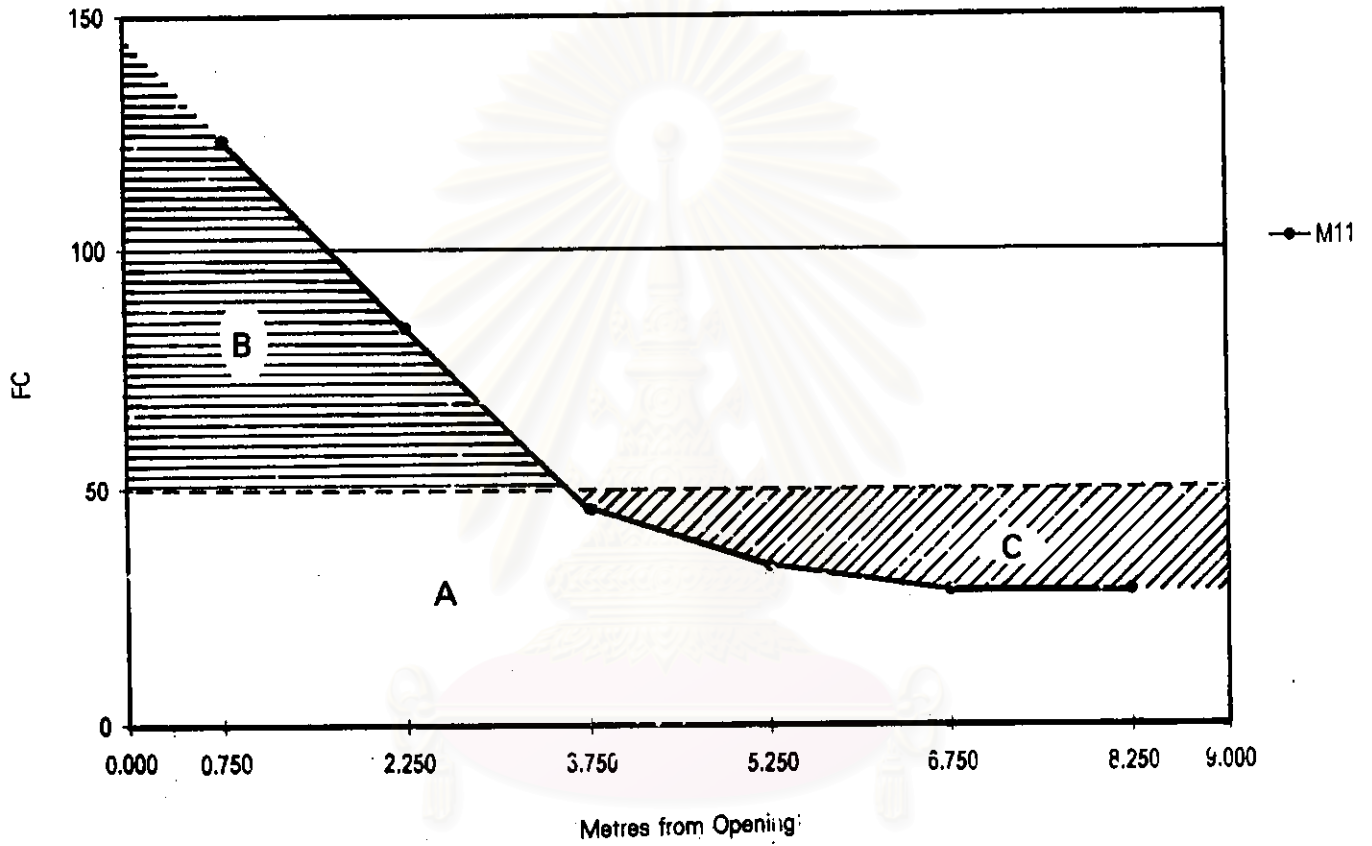
A = พื้นที่กราฟที่อยู่ใต้เส้น curve ระดับการกระจายแสงในแนวนอน และเส้นระดับการส่องสว่างที่ 50 footcandles คือปริมาณการส่องสว่างที่ได้รับโดยตรงจากแสงธรรมชาติ และจำเป็นต่อการใช้งาน

B = พื้นที่กราฟที่อยู่ใต้เส้น curve ระดับการกระจายแสงในแนวนอน แต่อยู่เหนือเส้นระดับการส่องสว่างที่ 50 footcandles คือปริมาณการส่องสว่างที่ได้รับโดยตรงจากแสงธรรมชาติ ที่มีค่าสูงเกินความต้องการใช้งาน

C = พื้นที่กราฟที่อยู่ใต้เส้นระดับการส่องสว่างที่ 50 footcandles แต่อยู่เหนือ curve ระดับการกระจายแสงในแนวนอน คือปริมาณการส่องสว่างในส่วนของแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เพิ่มเติมในขณะเวลาหนึ่งเพื่อให้ระดับการส่องสว่างภายในมีค่าเพียงพอสำหรับการใช้งาน

เนื่องจากค่า C ที่คำนวณได้เป็นค่าที่เกิดขึ้นขณะเวลาหนึ่ง การคำนวณการส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เพิ่มเติมเฉลี่ยในแต่ละวันจึงต้องคำนวณค่าเฉลี่ยของ C ที่เวลาตั้งแต่ 8.00 - 16.00น. แล้วนำมาเขียนเป็นแผนภูมิใหม่เพื่อให้ได้ค่าที่ต่อเนื่อง ดังที่ปรากฏในแผนภูมิที่ 14-25

Internal illumination : Eastside Opening : 22 December 8:00



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 13 การแบ่งพื้นที่ได้กราฟเพื่อคำนวณปริมาณการส่องสว่างที่ต้องเพิ่มเติม

แปลงค่าปริมาณการส่องสว่างที่ต้องเพิ่มเติมในส่วน of แสงประดิษฐ์ ให้อยู่ในรูป
เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการส่องสว่างที่ต้องการ ดังที่ปรากฏในตารางที่ 5-16

Artificial Light Required[%] : Northside Opening:21 March&24September													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	27.67	28.66	31.33	30.33	24.67	32.80	-	-	36.90	58.20	67.13	-
10:00	•	30.33	32.91	42.49	33.36	27.93	38.87	-	-	41.77	61.73	70.43	-
12:00	•	37.6	36.4	44.4	39.8	35.7	40.4	-	-	46.5	60.3	70.6	-
14:00	•	30.3	32.2	41.0	31.9	27.3	35.7	-	-	41.8	61.7	69.3	-
16:00	•	26.68	27.34	32.61	26.68	22.88	26.13	-	-	36.93	58.23	65.03	-

ตารางที่ 5 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Northside Opening : 22 June													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	20.89	25.30	26.52	26.52	15.78	21.20	-	-	28.95	47.57	53.41	-
10:00	•	23.07	29.06	35.35	25.83	23.07	29.06	-	-	25.53	47.87	55.79	-
12:00	•	25.49	31.31	33.00	28.40	29.17	31.31	-	-	35.85	50.27	56.22	-
14:00	•	21.38	26.91	34.36	39.57	34.35	28.29	-	-	24.75	46.64	54.87	-
16:00	•	20.04	16.64	25.36	36.23	33.04	20.44	-	-	28.25	47.26	52.25	-

ตารางที่ 6 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Northside Opening : 22 December													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	33.48	34.06	43.91	37.68	34.64	40.14	-	-	43.62	63.60	71.16	-
10:00	•	34.20	36.81	45.51	40.00	35.51	41.59	-	-	45.07	64.73	72.46	-
12:00	•	33.48	34.06	43.91	37.68	34.64	40.14	-	-	43.62	63.60	71.16	-
14:00	•	33.91	35.51	44.35	39.57	34.35	40.72	-	-	43.33	63.73	70.88	-
16:00	•	32.90	33.19	42.32	36.23	33.04	38.55	-	-	41.51	62.90	70.43	-

ตารางที่ 7 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Eastside Opening : 21 March & 24 September													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	23.40	24.90	-
10:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	21.33	22.83	-
12:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	58.17	72.67	-
14:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	68.10	77.13	-
16:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	64.37	75.33	-

ตารางที่ ๘ ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Eastside Opening : 22 June													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0.00	0.00	-
10:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0.10	2.30	-
12:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	57.47	71.83	-
14:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	63.03	76.10	-
16:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	63.67	75.27	-

ตารางที่ ๙ ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Eastside Opening : 22 December													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	21.40	24.80	-
10:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11.17	17.97	-
12:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	61.73	72.90	-
14:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	66.20	74.90	-
16:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	68.57	76.97	-

ตารางที่ ๑๐ ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Southside Opening : 21 March & 24 September													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	40.70	42.19	30.98	54.40	66.95	49.2
10:00	•	•	•	•	•	•	•	32.76	33.90	26.58	44.00	53.28	46.80
12:00	•	•	•	•	•	•	•	28.97	36.87	21.13	42.10	46.41	32.53
14:00	•	•	•	•	•	•	•	33.90	44.15	25.07	44.60	55.09	45.03
16:00	•	•	•	•	•	•	•	41.70	44.83	26.85	56.05	68.77	48.60

ตารางที่ 11 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Southside Opening : 22 June													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	45.77	46.68	36.77	60.52	71.50	52.63
10:00	•	•	•	•	•	•	•	45.11	47.41	38.20	59.69	73.14	53.07
12:00	•	•	•	•	•	•	•	50.73	55.46	44.30	65.56	76.89	57.00
14:00	•	•	•	•	•	•	•	46.49	49.25	38.97	59.93	73.75	54.17
16:00	•	•	•	•	•	•	•	47.14	48.36	37.10	60.52	72.38	49.63

ตารางที่ 12 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Southside Opening : 22 December													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	28.84	29.71	26.29	42.58	49.42	35.40
10:00	•	•	•	•	•	•	•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12:00	•	•	•	•	•	•	•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:00	•	•	•	•	•	•	•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
16:00	•	•	•	•	•	•	•	29.67	32.10	27.25	43.48	48.77	37.13

ตารางที่ 13 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Westside Opening : 21 March & 24 September													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	60.23	73.43	-
10:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	66.57	76.20	-
12:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	58.13	71.93	-
14:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18.50	21.63	-
16:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22.40	23.90	-

ตารางที่ 14 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ของเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Westside Opening : 22 June													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	64.87	75.83	-
10:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	64.20	77.07	-
12:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	58.10	72.90	-
14:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0.23	3.23	-
16:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0.00	0.00	-

ตารางที่ 15 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ของเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required[%] : Westside Opening : 22 December													
Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
8:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	67.13	75.70	-
10:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	65.37	73.90	-
12:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	61.30	71.70	-
14:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10.43	17.57	-
16:00	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	20.20	23.60	-

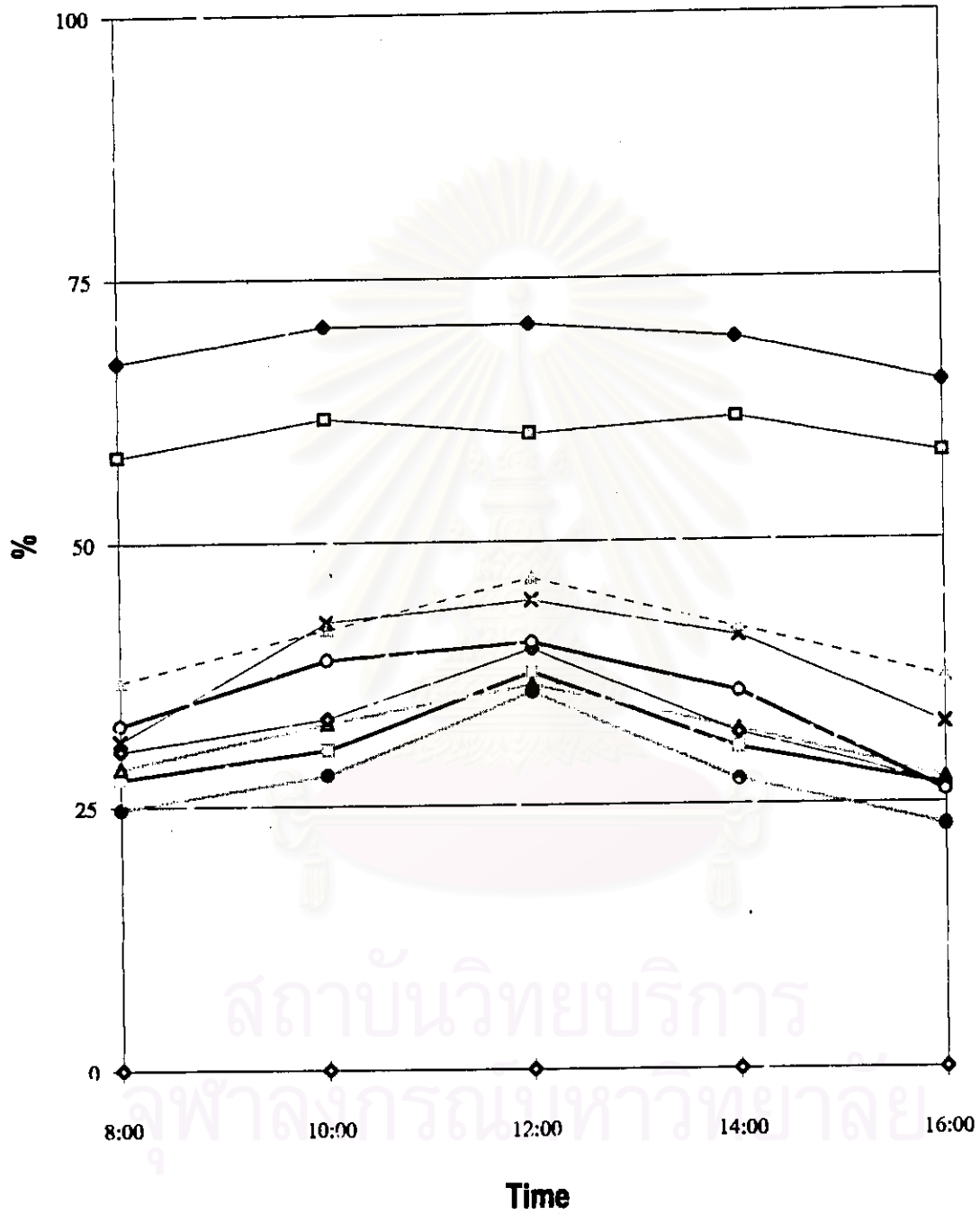
ตารางที่ 16 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ของเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

และนำค่าที่ได้ไปสร้างแผนภูมิ ปริมาณการส่องสว่างที่ต้องเพิ่มเติมในส่วนของแสง

ประดิษฐ์

Artificial Light Required [%]

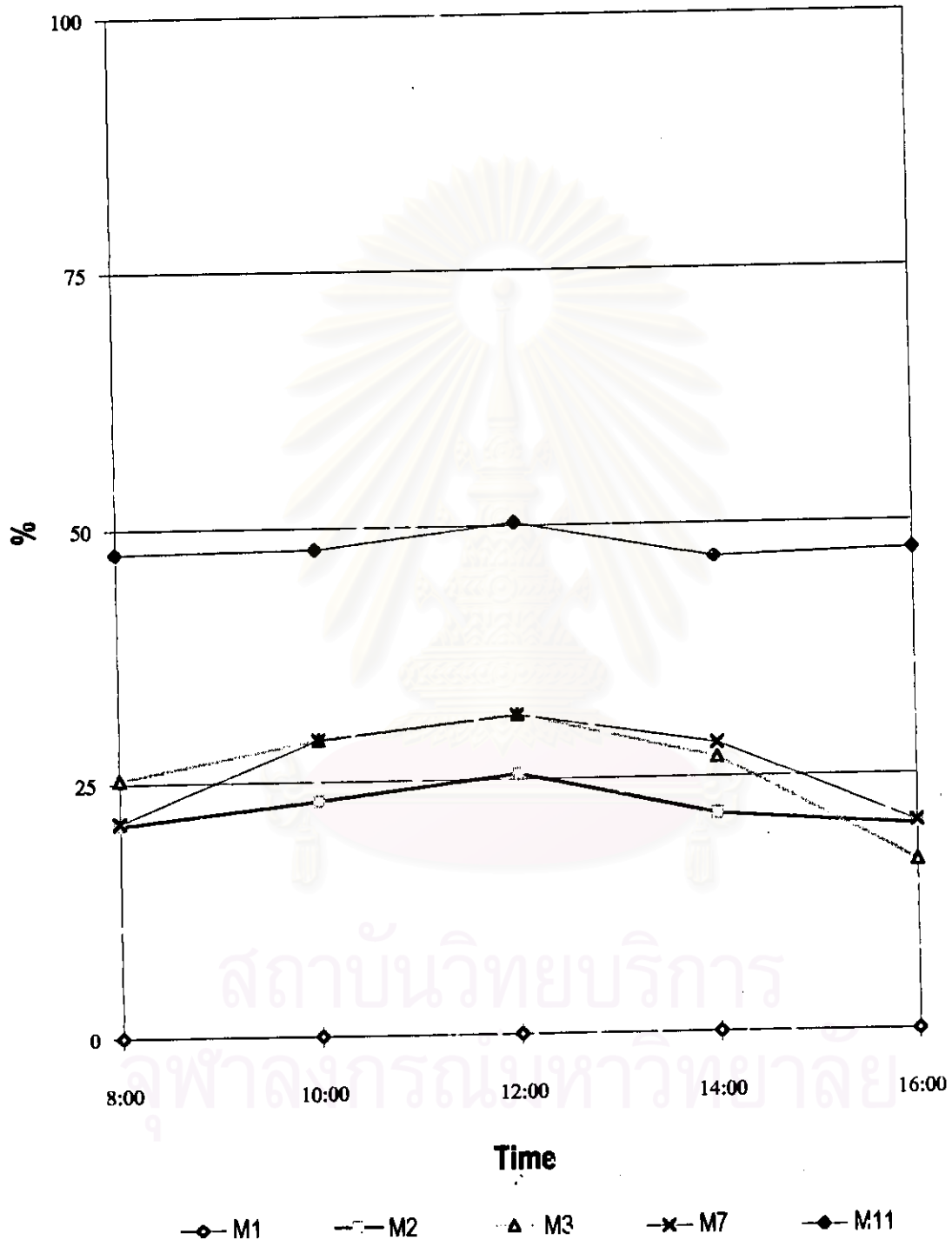
Northside Opening : 21 March & 24 September



- ◇— M1
- M2
- △— M3
- ×— M4
- ◇— M5
- M6
- M7
- ▲— M10
- M11
- ◆— M12

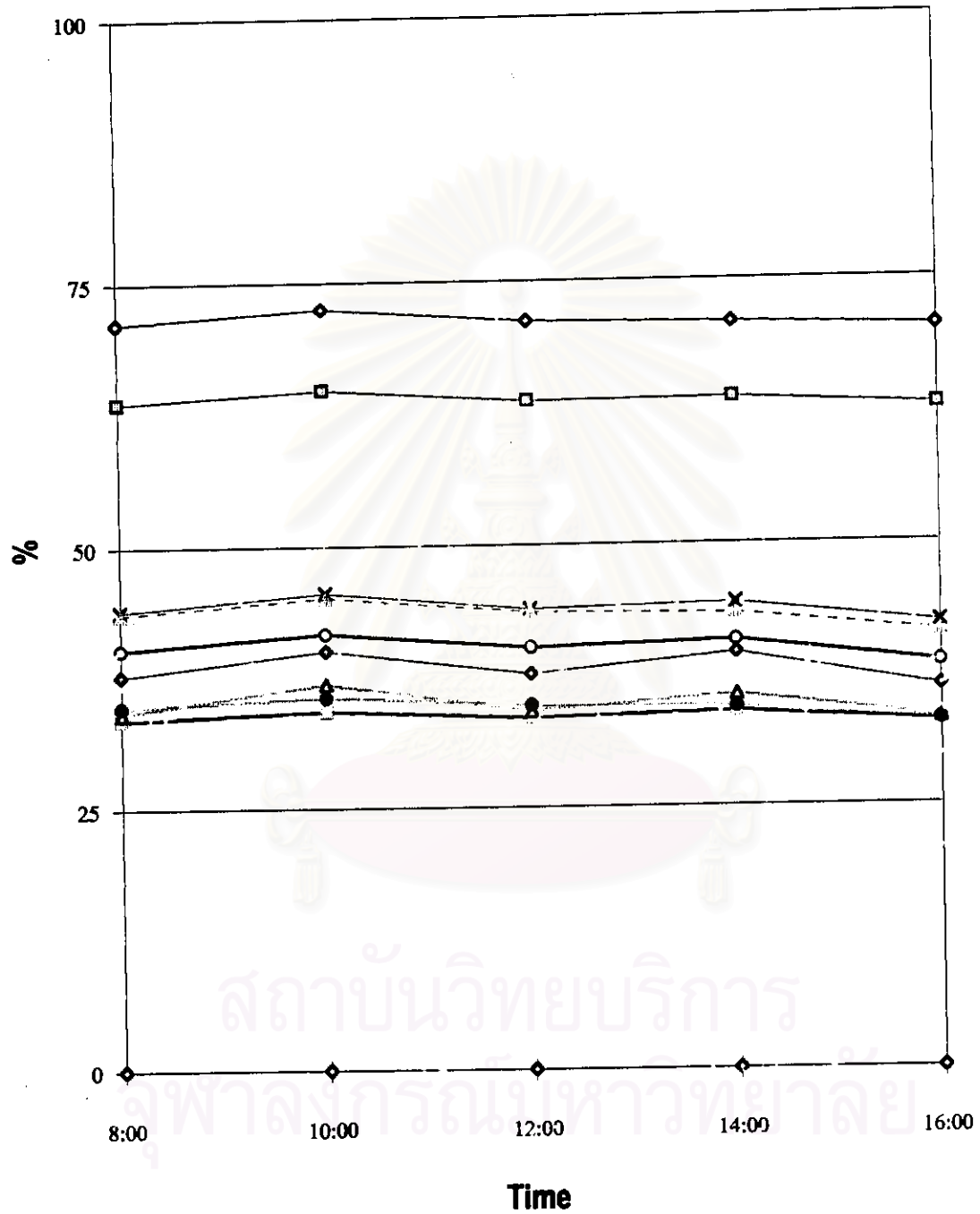
แผนภูมิที่ 14 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ
 ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Northside Opening : 22 June



แผนภูมิที่ 15 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Northside Opening : 22 December

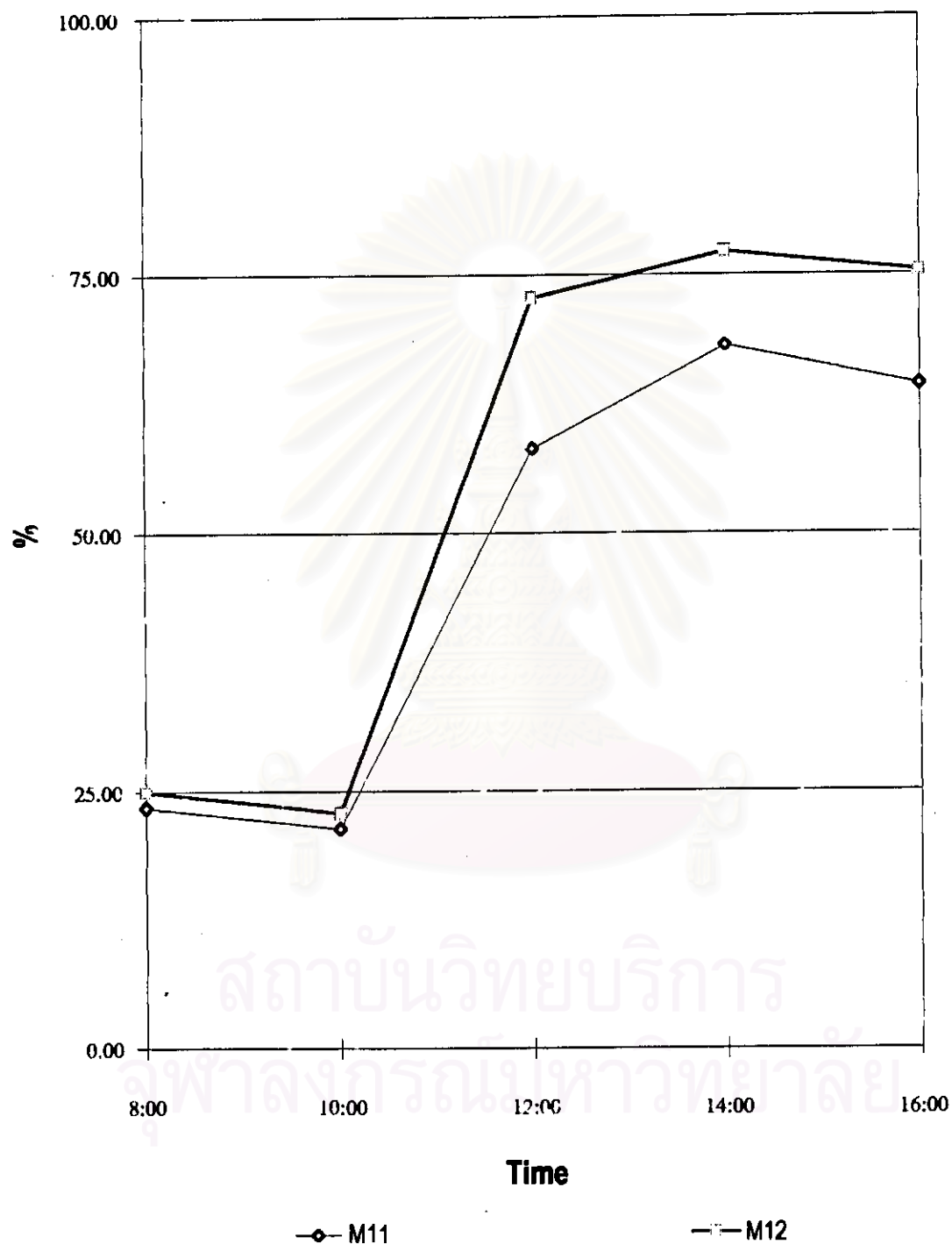


- ◇— M1
- M2
- △— M3
- x— M4
- ◇— M5
- M6
- M7
- +— M10
- M11
- ◇— M12

แผนภูมิที่ 16 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ห้องเปิดด้านทิศเหนือ
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

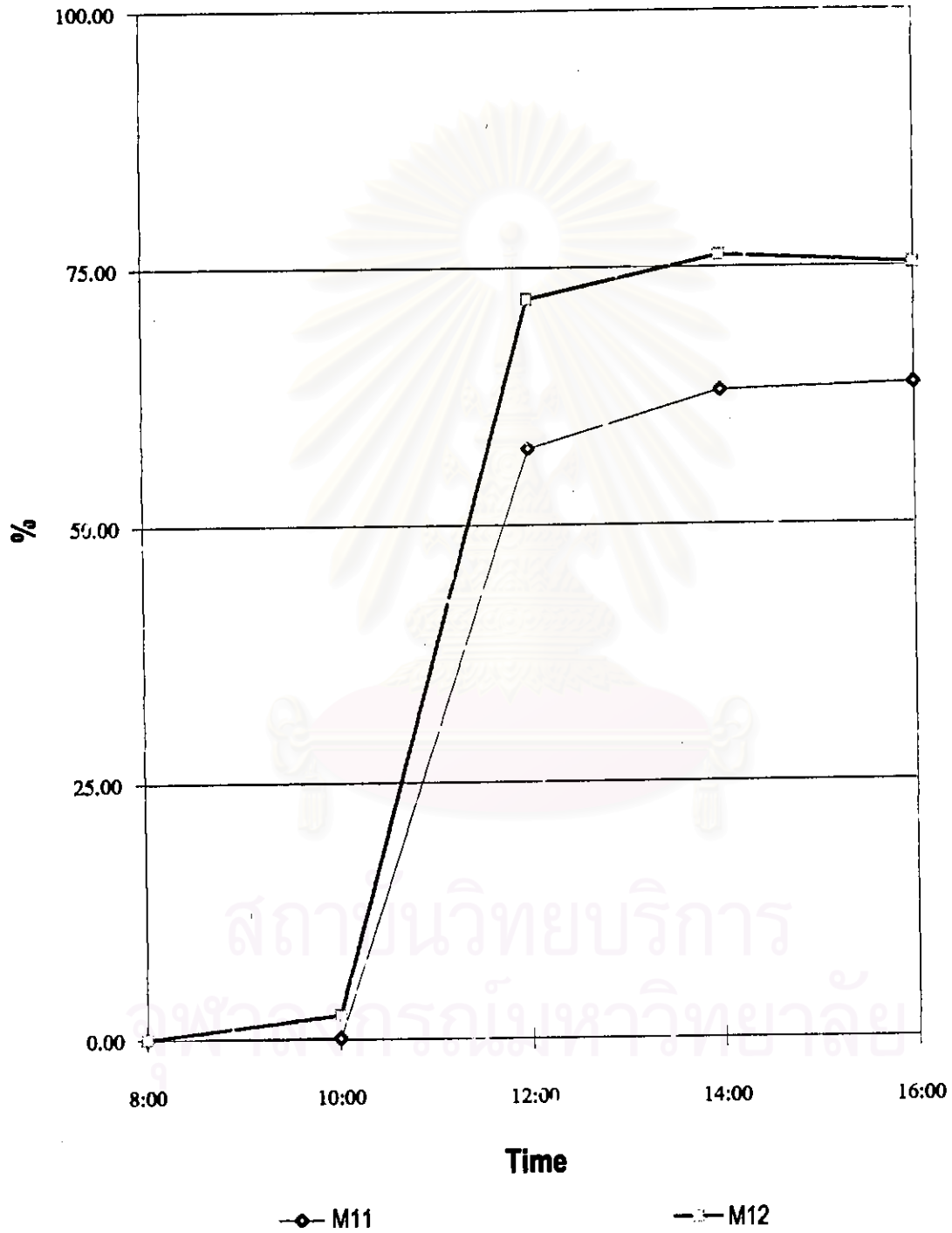
Artificial Light Required [%]

Eastside Opening : 21 March & 24 September



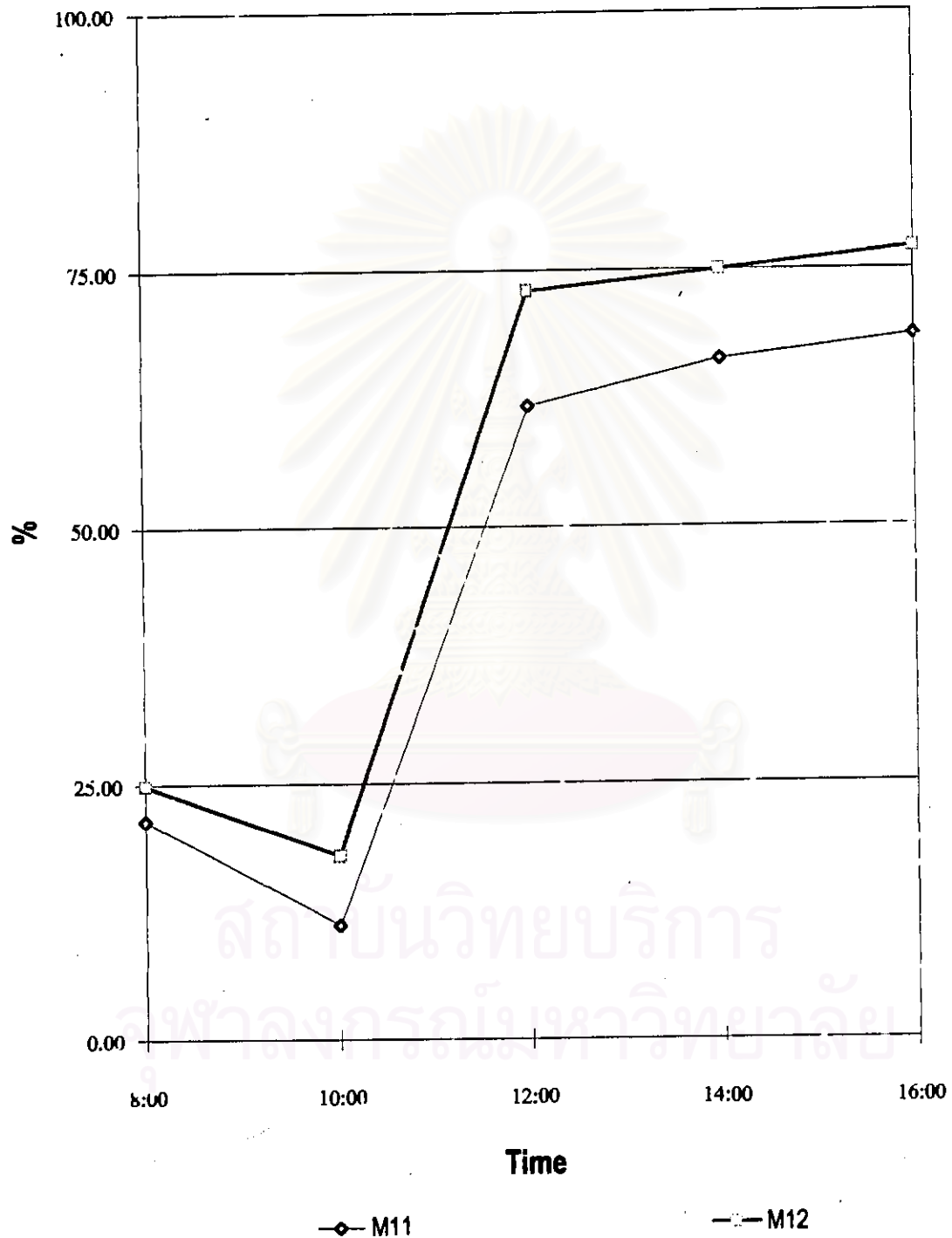
แผนภูมิที่ 17 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Eastside Opening : 22 June



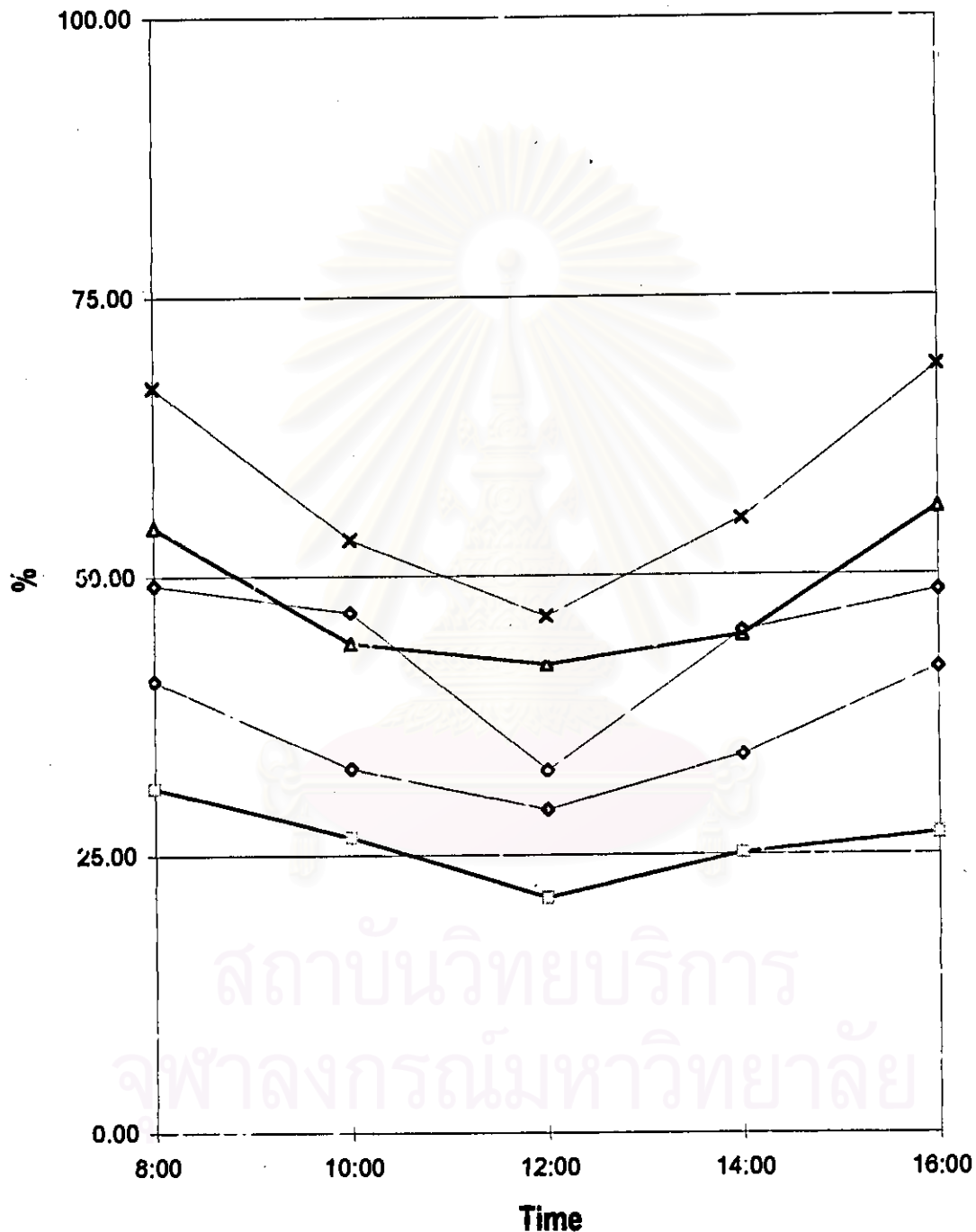
แผนภูมิที่ 18 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Eastside Opening : 22 December



แผนภูมิที่ 19 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

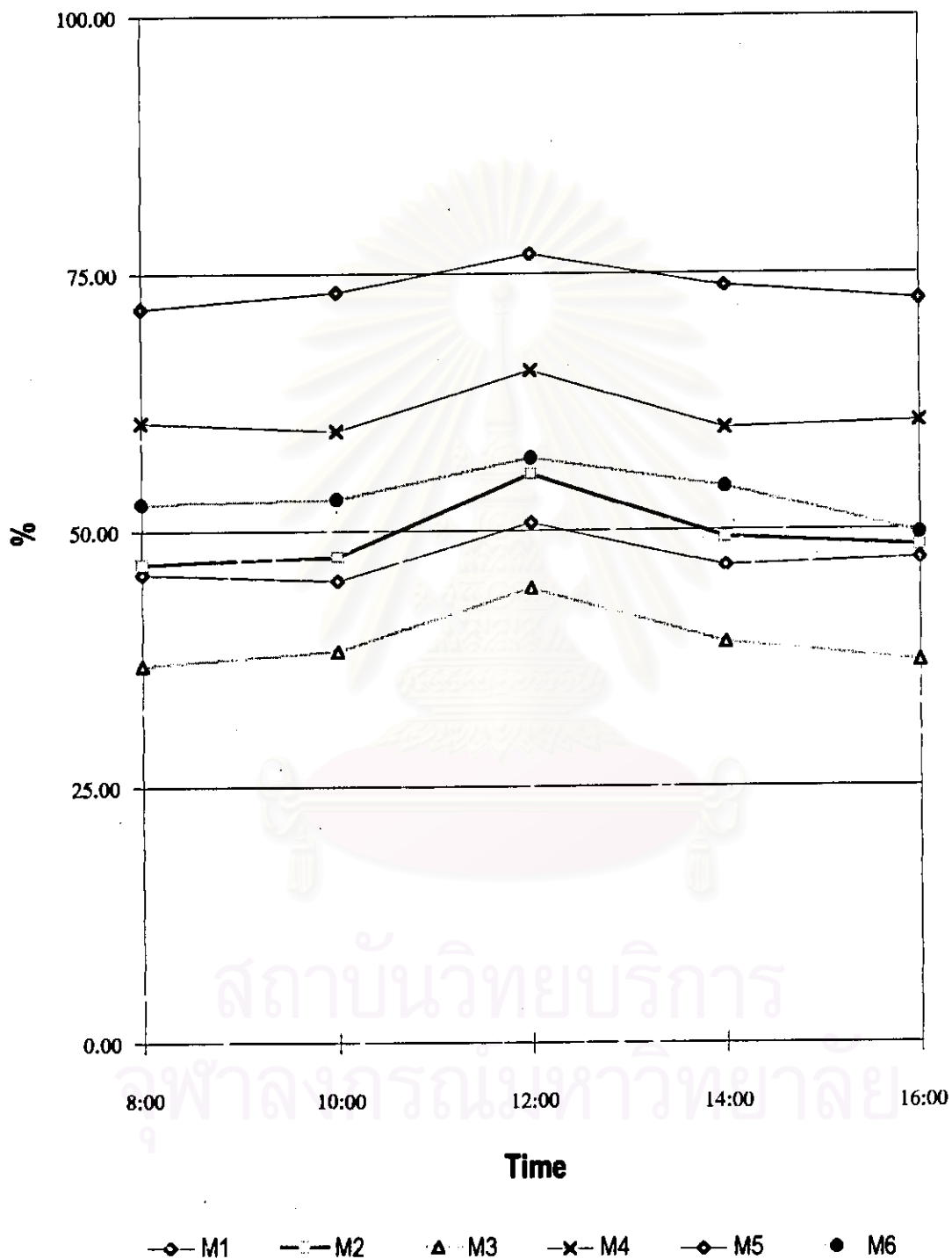
Artificial Light Consumption [%] Southside Opening : 21 March & 24 September



—○— M8
 — — M9
 △ M10
 —×— M11
 —◇— M12
 ● M13

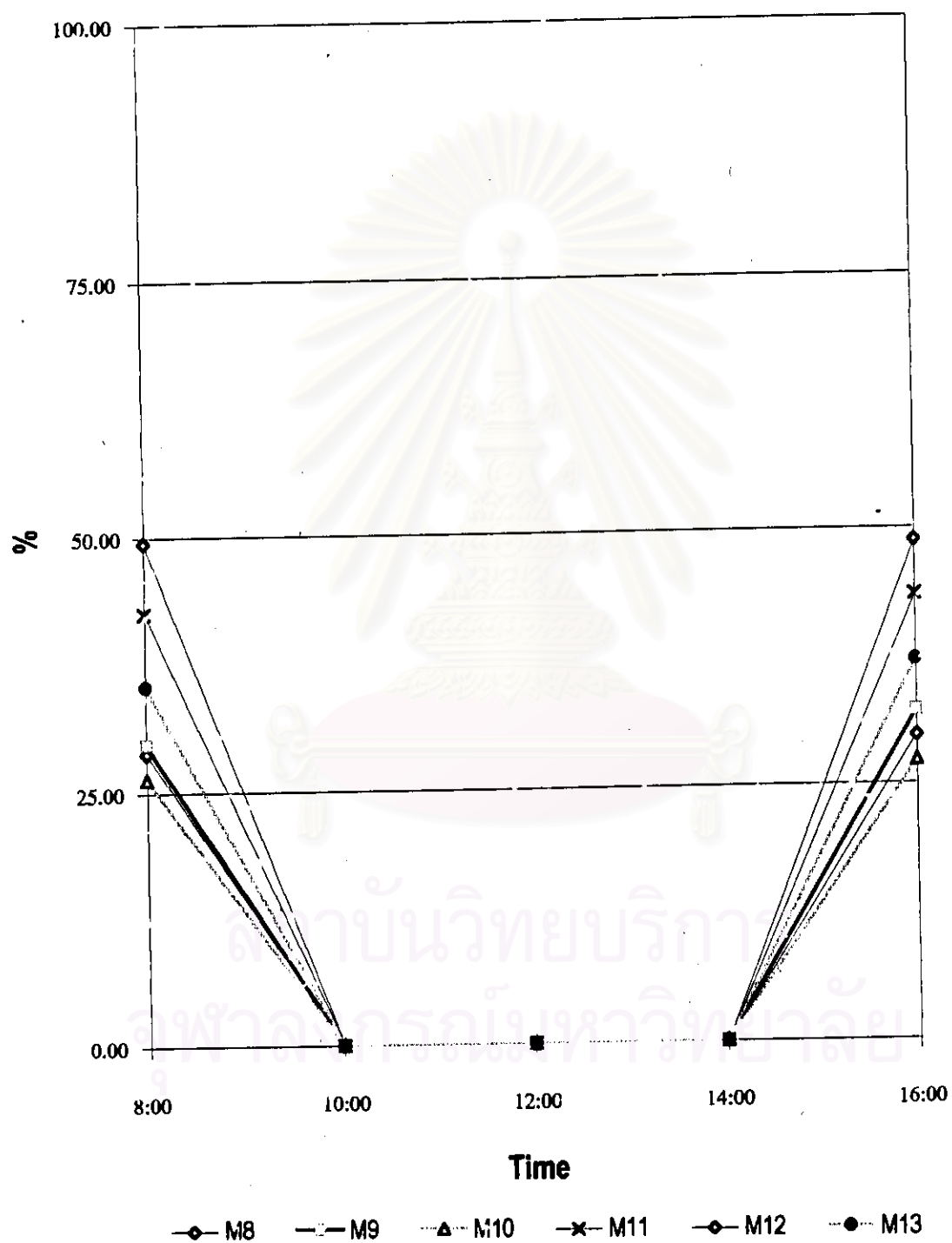
แผนภูมิที่ 20 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้อการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้
 ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Southside Opening : 22 June



แผนภูมิที่ 21 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

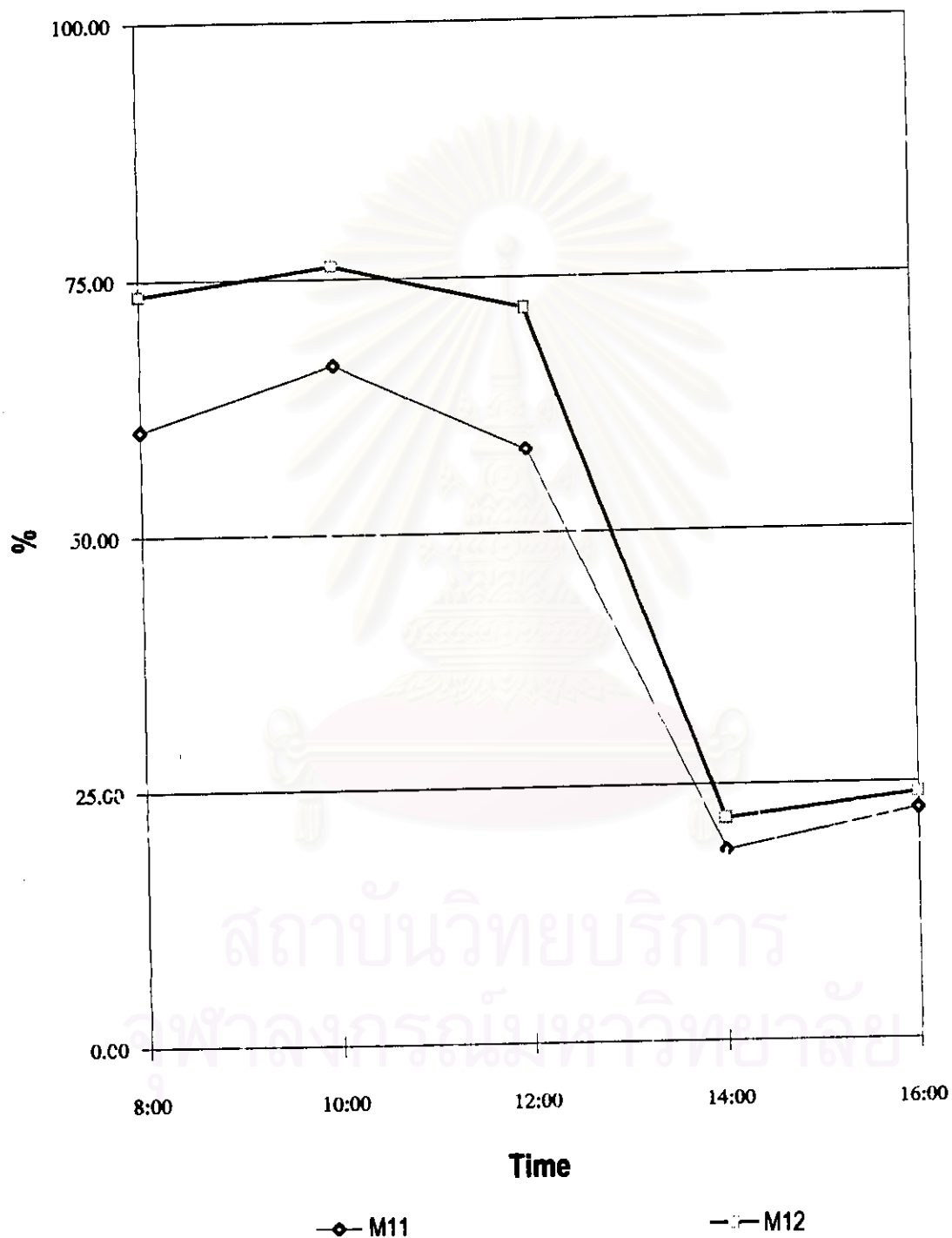
Artificial Light Required [%] Southside Opening : 22 December



แผนภูมิที่ 22 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

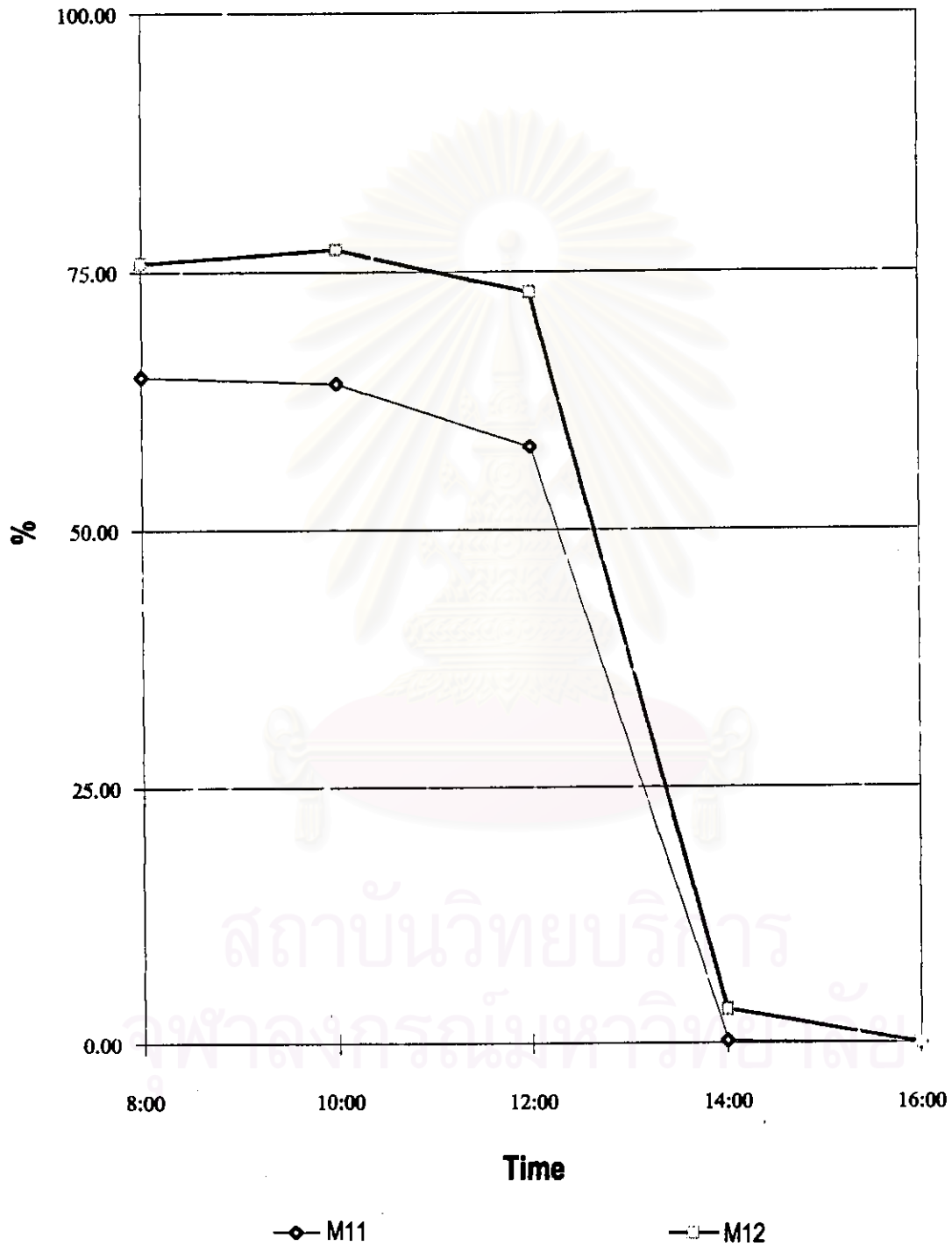
Artificial Light Required [%]

Westside Opening : 21 March & 24 September



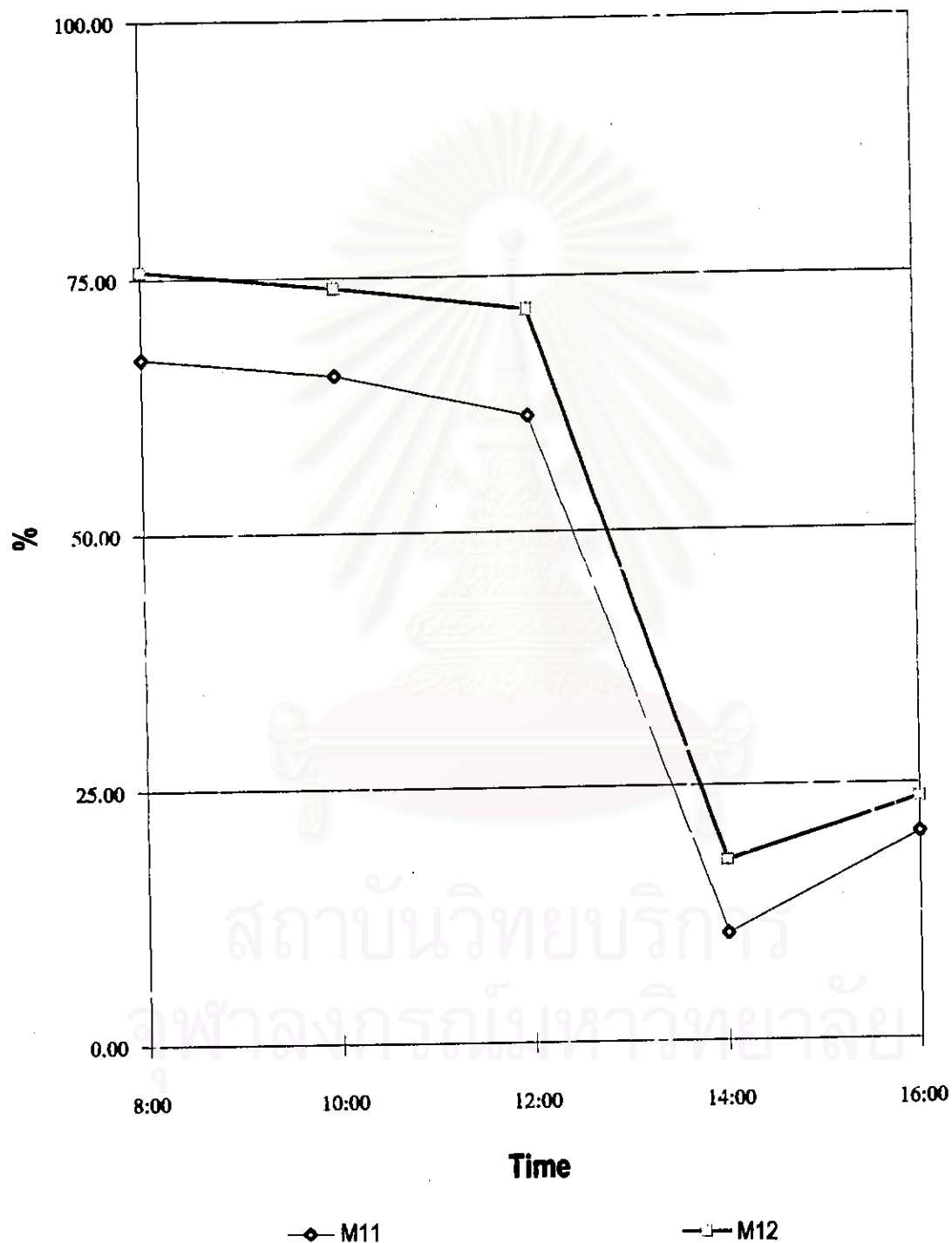
แผนภูมิที่ 23 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Westside Opening : 22 June



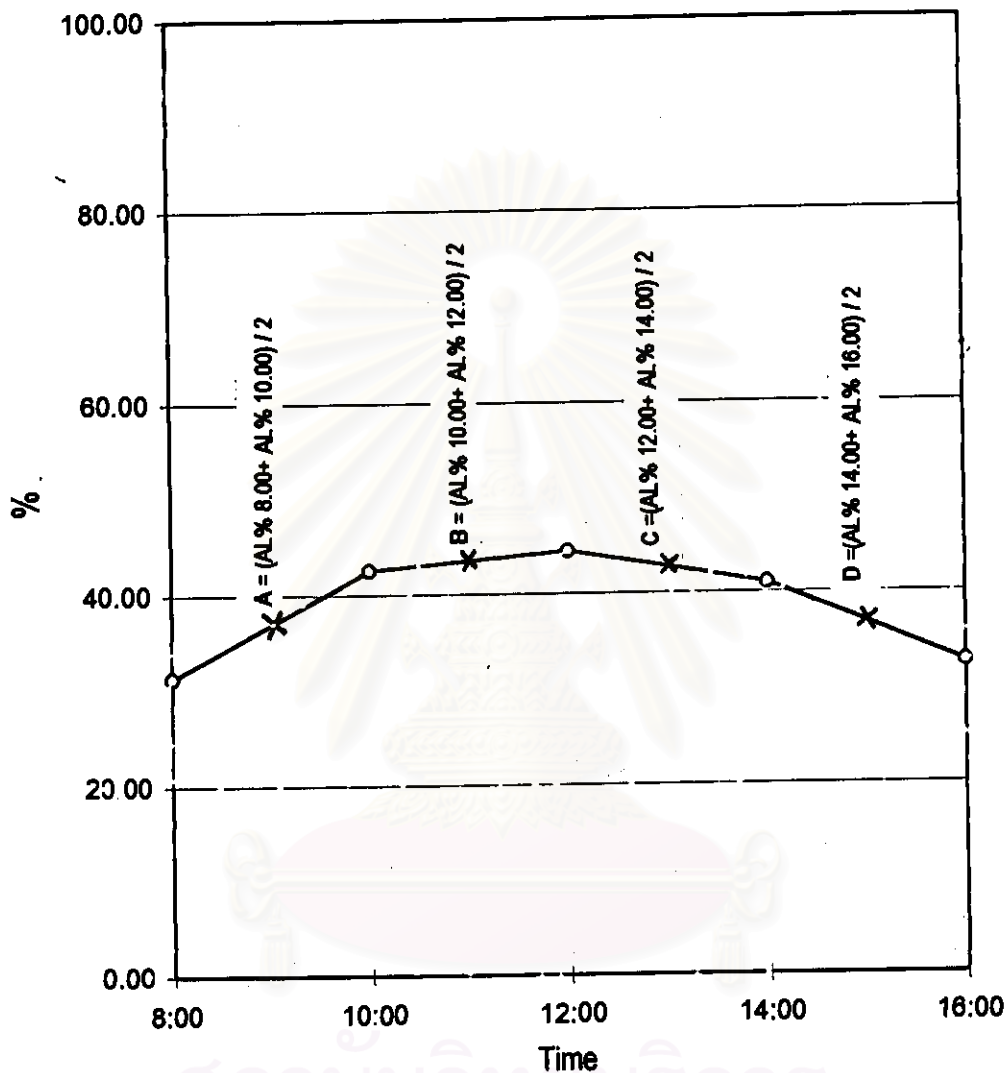
แผนภูมิที่ 24 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก
ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%] Westside Opening : 22 December



แผนภูมิที่ 25 ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก
ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น

Artificial Light Required [%]
 Northside Opening : 21 March & 24 September



สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากแผนภูมิที่ 14-25 สามารถหาค่าเฉลี่ยของปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ ที่ต้องการได้ดังนี้

$$\text{Average Artificial Light(\%)} = \text{AL(\%)} A + \text{AL(\%)} B + \text{AL(\%)} C + \text{AL(\%)} D \dots\dots\dots(18)$$

ดังค่าที่ปรากฏในตาราง 17-28

Average Artificial Light Required[%] : Northside Opening:21 March&24September													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	29	30.8	36.9	31.8	26.3	35.8	-	-	39.3	60	68.8	-
B	-	34	34.7	43.5	36.6	31.8	39.7	-	-	44.1	61	70.5	-
C	-	34	34.3	42.7	35.8	31.5	38.1	-	-	44.1	61	70	-
D	-	28.5	29.7	36.8	29.3	25.1	30.9	-	-	39.4	60	67.2	-
Average	-	31.4	32.4	40	33.4	28.7	36.1	-	-	41.7	60.5	69.1	-

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศเหนือ วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน

Average Artificial Light Required[%] : Northside Opening:22 June													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	22	27.2	30.9	26.2	19.4	25.1	-	-	27.2	47.7	54.6	-
B	-	24.3	30.2	34.2	27.1	26.1	30.2	-	-	30.7	49.1	56	-
C	-	23.4	29.1	33.7	34	31.8	29.8	-	-	30.3	48.5	55.5	-
D	-	20.7	21.9	29.9	37.9	33.7	24.4	-	-	26.5	47	53.6	-
Average	-	22.6	27.1	32.2	31.3	27.7	27.4	-	-	28.7	48.1	54.9	-

ตารางที่ ๑๘ ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศเหนือ วันที่ 22 มิถุนายน

Average Artificial Light Required[%] : Northside Opening:22 December													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	33.8	35.4	44.7	38.8	35.1	40.9	-	-	44.3	64.2	71.8	-
B	-	33.8	35.4	44.7	38.8	35.1	40.9	-	-	44.3	64.2	71.8	-
C	-	33.7	34.8	44.1	38.6	34.5	40.4	-	-	43.5	63.7	71	-
D	-	33.4	34.3	43.3	37.9	33.7	39.6	-	-	42.4	63.3	70.7	-
Average	-	33.7	35	44.2	38.6	34.6	40.5	-	-	43.6	63.8	71.3	-

ตารางที่ ๑๙ ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศเหนือ วันที่ 22 ธันวาคม

Average Artificial Light Required[%] : Eastside Opening:21 March & 24 September													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	23.9	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.8	47.8	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.1	74.9	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.2	76.2	-
Average	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.9	55.7	-

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน

Average Artificial Light Required[%] : Eastside Opening:22 June													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	1.15	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.8	37.1	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60.3	74	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.4	75.7	-
Average	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.1	47	-

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 22 มิถุนายน

Average Artificial Light Required[%] : Eastside Opening:22 December													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.3	21.4	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.5	45.4	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64.0	73.9	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67.4	75.9	-
Average	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.0	54.2	-

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 22 ธันวาคม

Average Artificial Light Required[%] : Southside Opening:21 March & 22 September													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	36.7	38.0	28.8	49.2	50.1	48.0
B	-	-	-	-	-	-	-	30.9	35.4	23.9	43.1	49.8	39.7
C	-	-	-	-	-	-	-	31.4	40.5	23.1	43.4	50.7	38.8
D	-	-	-	-	-	-	-	37.8	44.5	26.0	50.3	61.9	46.8
Average	-	-	-	-	-	-	-	34.2	39.6	25.4	46.5	55.7	43.3

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศใต้ วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน

Average Artificial Light Required[%] : Southside Opening:22 June													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	45.4	47.0	37.5	60.1	72.3	52.9
B	-	-	-	-	-	-	-	47.9	51.4	41.3	62.6	75.0	55.0
C	-	-	-	-	-	-	-	48.6	52.4	41.6	62.7	75.3	55.6
D	-	-	-	-	-	-	-	46.8	48.8	38.0	60.2	73.1	51.9
Average	-	-	-	-	-	-	-	47.2	49.9	39.6	61.4	73.9	53.8

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศใต้ วันที่ 22 มิถุนายน

Average Artificial Light Required[%] : Southside Opening:22 December													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	14.4	14.9	13.1	21.3	24.7	17.7
B	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.0
D	-	-	-	-	-	-	-	14.8	16.1	13.6	21.7	24.4	18.6
Average	-	-	-	-	-	-	-	7.31	7.73	6.69	10.8	12.3	9.07

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศใต้ วันที่ 22 ธันวาคม

Average Artificial Light Required[%] : Westside Opening:21 March & 24 September													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.4	74.8	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62.4	74.1	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.3	46.8	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.5	22.8	-
Average	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.1	54.6	-

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน

Average Artificial Light Required[%] : Westside Opening:22 June													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64.5	76.5	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.2	75.0	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.2	38.1	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	1.62	-
Average	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.7	47.8	-

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 22 มิถุนายน

Average Artificial Light Required[%] : Westside Opening:22 December													
Position	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.3	74.8	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.3	72.8	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.9	44.6	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.3	20.6	-
Average	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.2	53.2	-

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%)
ของเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 22 ธันวาคม

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยจากแผนภูมิโดยวิธีดังกล่าว ดั่งค่าที่ปรากฏในตาราง 17 - 28 นำมาคำนวณหาค่า Artificial Light Consumption (watt / Sq.ft.) คือค่าการใช้พลังงาน ในการให้ความสว่างแก่อาคารในส่วนของแสงประดิษฐ์ที่เกิดจากหุ่นจำลองรูปแบบต่างๆ โดย แยกตามทิศทางของช่องเปิด

สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ในอาคารคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ : Daylight ขนาด 36 watt โดยที่มีค่าความสว่าง 2600 lumen(ข้อมูลจากบริษัท ฟิลลิปส์ ประเทศ ไทย จำกัด) ดั่งนั้นประสิทธิภาพของหลอดไฟนี้ มีค่า

	2600	lumen	/	36	watt	
	72.22	lumen	/	1	watt	
หรือ	1	lumen	/	0.0138	watt (19)

หากใช้แสงประดิษฐ์ในการให้ความสว่างทั้งหมดภายในอาคาร คือ Artificial Light Consumption 100 % = 50 FC ระดับความสว่างที่ต้องการใช้งาน การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 watt สามารถคำนวณค่าพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ได้ดังนี้

ค่าความสว่าง 1 FC = 1 lumen / Sq.ft. (20)
 (Fuller Moors, 1993)

แต่จากสมการ FC = $\frac{L \cdot CU}{A}$ (8)
 (ASHRAE, 1993)

ค่า CU สามารถคำนวณได้ดังวิธีการที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 โดยข้อมูลประสิทธิภาพของ หลอดไฟในภาคผนวก

สามารถคำนวณค่า CU = 0.714
 นำไปคำนวณร่วมกับสมการ.... (19)

แสดงว่าหากใช้พลังงาน 0.0138 watt หรือ 1 lumen/sq.ft. จะได้ค่าความสว่าง 0.714 FC

ดังนั้น

$$0.714 \text{ FC} = 0.0138 \text{ watt /Sq.ft.}$$

$$1 \text{ FC} = 0.0138 / 0.714 = 0.0193 \text{ watt /Sq.ft.}$$

แทนค่าด้วยระดับการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการเพิ่มเติม

Ex .Artificial Light Required 27 FC

Artificial Light Required 27 FC ต้องใช้พลังงาน = $27 * 0.0193$

$$= 0.5211 \text{ watt / Sq.ft.}$$

ใช้ค่าในตารางที่ 17 - 28 มาแทนในสมการ ดังตัวอย่างข้างต้น สามารถสรุปอัตราการใช้พลังงานในส่วน of แสงประดิษฐ์ได้ดังแผนภูมิ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.4 การคำนวณการใช้พลังงานในส่วนของการทำความเย็น

เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงรูปแบบช่องเปิด และอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน ดังนั้นจึงจะพิจารณาเฉพาะการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดของอาคารเท่านั้น โดยสามารถคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นผ่านช่องเปิดได้จากสมการ

$$Q = Ht + U_g * A_g * \Delta T + SC * SHGF * CLF * A_g \dots\dots\dots(21)$$

(ASHRAE, 1993)

- โดยที่ Q = ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นผ่านช่องเปิดกระจกใส
- Ht = ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุกระจก
- A_g = พื้นที่กระจกที่เป็นช่องเปิดของอาคาร
- SC = Shading Coefficient ของกระจก
- SHGF = Solar Heat Gain Factor
- CLF = Cooling Load Factor
- U_g = ค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจก
- ΔT = 10°C

ผลการคำนวณดังที่ปรากฏในตารางที่ 29 -47

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ใช้เครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Condensing Unit) โดยมีค่า Power consumption 1.4 Kw / ton

COP(Coefficient of Performance)

$$COP = \frac{\text{Refrigerant Effect}}{\text{Net Work Input}} \dots\dots\dots(22)$$

(ASHRAE, 1993)

- Refrigerant Effect - พลังงานที่ได้รับจากการทำความเย็นโดยเครื่องปรับอากาศ
- Net Work Input - พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นโดยเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศ 1 ton		12000 Btu
เครื่องปรับอากาศ 1 ton ให้พลังงาน	1.4 Kw	
1 watt	=	3.412 Btu

$$1\text{Kw} = 3.412 \cdot 1000 \text{ Btu}$$

$$\text{COP} = \frac{12000}{1.4 \cdot 3412}$$

$$\text{COP} = 2.512$$

ในการลดความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร 12000 Btu ต้องใช้พลังงาน 1.4Kw
นำค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร มาคำนวณ ดังตัวอย่าง

Ex. ความร้อนที่เกิดขึ้น 13.22 watt จะต้องใช้พลังงาน $= 13.22 / 2.512$
 $= 5.26 \text{ watt}$

ดังนั้น จะต้องใช้พลังงาน 5.26 watt ในการกำจัดความร้อน ออกไปจากอาคาร

จากค่าที่ได้นี้สามารถนำไปคำนวณอัตราการใช้พลังงานในส่วนของภาระทำความเย็นได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Northside Opening : M2													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T ₁ Q ₁ (watt)	SC 1	SC 2	SC	SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q ₂ (watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Sept.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	63.00	1	756.95	1566.27	19.34	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	98.00	1	1177.47	1986.80	24.53	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	111.00	1	1333.67	2142.99	28.46	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	98.00	1	1177.47	1986.80	24.53	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	63.00	1	756.95	1566.27	19.34	22.84
22 June.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	209.00	1	2511.14	3320.46	40.89	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	187.00	1	2246.81	3056.13	37.73	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	179.00	1	2150.69	2960.01	36.54	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	187.00	1	2246.81	3056.13	37.73	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	209.00	1	2511.14	3320.46	40.89	38.80
22 December.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	42.00	1	504.63	1313.96	16.22	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	78.00	1	937.17	1746.50	21.56	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	91.00	1	1093.37	1902.69	23.49	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	78.00	1	937.17	1746.50	21.56	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.89	0.89	42.00	1	504.63	1313.96	16.22	19.81
Average Heat Transfer												27.15	27.15

ตารางที่ 25 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านของเปิดทางด้านทิศเหนือ (หน้าห้อง M2)

Heat Transfer [watt/sq.m.] : Northside Opening : M3													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q1(watt)	Q2(watt/sq.m.)	Avg. Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	63.00	1	731.43	1540.76	19.02	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	98.00	1	1137.78	1947.11	24.04	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	111.00	1	1288.71	2098.04	25.90	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	98.00	1	1137.78	1947.11	24.04	
	18:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	63.00	1	731.43	1540.76	19.02	22.40
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	800.325	1	0.86	209.00	1	2428.49	3235.82	39.95	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	187.00	1	2171.07	2980.40	36.80	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	179.00	1	2078.19	2887.52	35.65	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	187.00	1	2171.07	2980.40	36.80	
	18:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	209.00	1	2426.49	3235.82	39.95	37.83
22 December.	6:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	42.00	1	487.62	1296.95	16.01	
	10:00	5.995	13.5	10	800.325	1	0.86	78.00	1	905.58	1714.91	21.17	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	91.00	1	1056.51	1865.84	23.04	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	78.00	1	905.58	1714.91	21.17	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.86	42.00	1	487.62	1296.95	16.01	19.48
Average Heat Transfer													26.57

Heat Transfer [watt/sq.m.] : Northside Opening : M4														
Date	Time	U(watt/sq.m.)	A _g (sq.m.)	T	Q ₁ (watt)	SC 1	SC 2	SC	SHGF (watt/sq.m.)	CLF	Q ₂ (watt)	Q ₁ (watt)	Q ₂ (watt/sq.m.)	Avg. Q ₂ (watt/sq.m.)
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	63.00	1	705.92	1515.24	18.71	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	38.00	1	1098.09	1907.42	23.55	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	111.00	1	1243.76	2053.08	25.35	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	98.00	1	1098.09	1907.42	23.55	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	63.00	1	705.92	1515.24	18.71	21.97
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	209.00	1	2341.85	3151.17	38.90	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	187.00	1	2095.34	2904.68	35.86	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	179.00	1	2005.70	2815.02	34.75	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	187.00	1	2095.34	2904.66	35.86	36.86
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	209.00	1	2341.85	3151.17	38.90	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	42.00	1	470.61	1279.94	15.80	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	78.00	1	873.99	1683.32	20.78	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.83	0.83	91.00	1	1019.66	1828.98	22.58	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.33	0.83	78.00	1	873.99	1383.32	20.78	19.15
Average Heat Transfer													25.99	

ตารางที่ 31 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านทางช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ (หน้าจำลอง M4)

Heat Transfer [watt/sq.m.] : Northside Opening : M5													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q (watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF (watt/sq.m.)	CLF	Q2 (watt)	Q (watt)	Q (watt/sq.m.)	Avg. Q (watt/sq.m.)
21 March & 24 Sept	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	63.00	1	680.40	1489.73	18.39	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	98.00	1	1058.40	1967.73	23.06	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	111.00	1	1198.80	2008.13	24.79	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	98.00	1	1058.40	1967.73	23.06	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	63.00	1	680.40	1489.73	18.39	21.54
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	209.00	1	2257.20	3066.53	37.86	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	187.00	1	2019.60	2828.93	34.93	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	179.00	1	1933.20	2742.53	33.86	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	187.00	1	2019.60	2828.93	34.93	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	209.00	1	2257.20	3066.53	37.86	35.89
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	42.00	1	453.60	1262.93	15.59	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	78.00	1	842.40	1651.73	20.39	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	91.00	1	982.80	1792.13	22.13	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	78.00	1	842.40	1651.73	20.39	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.8	42.00	1	453.60	1262.93	15.59	18.82
Average Heat Transfer												25.41	

ตารางที่ 32 ความร้อนที่เข้าอาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ (หน้าจำลอง M5)

Heat Transfer: watt/sq.m. : Northside Opening : M6														
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg Q(watt/sq.m.)	
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	63.00	1	637.88	1447.20	17.87		
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	98.00	1	992.25	1801.58	22.24		
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	111.00	1	1123.88	1933.20	23.87		
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	98.00	1	992.25	1801.58	22.24		
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	63.00	1	637.88	1447.20	17.87	20.82	
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	209.00	1	2116.13	2925.45	36.12		
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	187.00	1	1893.38	2702.70	33.37		
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	179.00	1	1812.38	2621.70	32.37		
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	187.00	1	1893.38	2702.70	33.37		
	18:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	209.00	1	2116.13	2925.45	36.12	34.27	
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	42.00	1	425.25	1234.58	15.24		
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	78.00	1	789.75	1599.08	19.74		
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	91.00	1	921.38	1730.70	21.37		
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	78.00	1	789.75	1599.08	19.74		
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	42.00	1	425.25	1234.58	15.24	18.27	
Average Heat Transfer													24.45	24.45

ตารางที่ ๑๖ ความร้อนที่เข้าอาคารผ่านช่องเปิดทางทิศเหนือ (หน่วยลย M6)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Northside Opening : M7													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	A _g (sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SH3F(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q[watt]	Q(watt/sq.m)	Avg Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septa	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	63.00	1	612.36	1421.69	17.55	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	98.00	1	952.56	1761.89	21.75	
	12:00	5.965	13.5	10	809.325	1	0.72	111.00	1	1078.92	1898.25	23.31	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	98.00	1	952.56	1761.89	21.75	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	63.00	1	612.36	1421.69	17.55	20.38
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	209.00	1	2031.48	2840.81	35.07	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	187.00	1	1817.64	2626.97	32.43	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	179.00	1	1739.88	2549.21	31.47	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	187.00	1	1817.64	2626.97	32.43	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	209.00	1	2031.48	2840.81	35.07	33.30
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	42.00	1	408.24	1217.57	15.03	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	78.00	1	758.16	1567.49	19.35	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	91.00	1	884.52	1693.65	20.91	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	78.00	1	758.16	1567.49	19.35	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	42.00	1	408.24	1217.57	15.03	17.94
Average Heat Transfer												23.87	

ตารางที่ 94 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ (หน้าจำลอง M7)

Heat Transfer [watt/sq.m.] : Northside Opening : M10												
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T ₁ Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF (watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	63.00	1	637.88	1447.20	17.87	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	98.00	1	992.25	1801.58	22.24	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	111.00	1	1123.88	1933.20	23.87	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	98.00	1	992.25	1801.58	22.24	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	63.00	1	637.88	1447.20	17.87	20.82
22 June.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	209.00	1	2116.13	2925.45	36.12	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	187.00	1	1893.38	2702.70	33.37	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	179.00	1	1812.38	2621.70	32.37	
	14:00	5.995	12.5	10 809.325	1	0.75	187.00	1	1893.38	2702.70	33.37	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	209.00	1	2116.13	2925.45	36.12	34.27
22 December.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	42.00	1	425.25	1234.58	15.24	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	78.00	1	789.75	1599.08	19.74	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	91.00	1	921.38	1730.70	21.37	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	78.00	1	789.75	1599.08	19.74	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.75	42.00	1	425.25	1234.58	15.24	18.27
Average Heat Transfer												24.45

ตารางที่ ๑๕ ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ (หน่วยจำลอง M10)

Heat Transfer: [watt/sq.m.] : Northside Opening : M11													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	63.00	1	586.85	1396.17	17.24	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	98.00	1	912.87	1722.20	21.26	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	111.00	1	1033.97	1843.29	22.76	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	98.00	1	912.87	1722.20	21.26	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	63.00	1	586.85	1396.17	17.24	19.95
22 June.	6:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	209.00	1	1946.84	2756.16	34.03	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	187.00	1	1741.91	2551.23	31.50	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	179.00	1	1687.39	2476.71	30.58	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	187.00	1	1741.91	2551.23	31.50	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	209.00	1	1946.84	2756.16	34.03	32.32
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	42.00	1	391.23	1200.56	14.82	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	78.00	1	726.57	1535.90	18.96	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	91.00	1	847.67	1656.99	20.46	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	78.00	1	726.57	1535.90	18.96	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.69	42.00	1	391.23	1200.56	14.82	17.60
Average Heat Transfer												23.29	

ตารางที่ 36 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ (มุมจำลอง M11)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Northside Opening : M12													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septar	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	63.00	1	527.31	1336.64	16.50	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	98.00	1	820.26	1629.59	20.12	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	111.00	1	929.07	1738.40	21.46	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	98.00	1	820.26	1629.59	20.12	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	63.00	1	527.31	1336.64	16.50	18.94
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	209.00	1	1749.33	2558.66	31.59	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	187.00	1	1565.19	2374.52	29.32	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	179.00	1	1498.23	2307.56	28.49	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	187.00	1	1565.19	2374.52	29.32	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	209.00	1	1749.33	2558.66	31.59	30.06
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	42.00	1	351.54	1160.87	14.33	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	78.00	1	652.86	1462.19	18.05	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	91.00	1	761.67	1571.00	19.40	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	78.00	1	652.86	1462.19	18.05	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.62	42.00	1	351.54	1160.87	14.33	18.83
Average Heat Transfer													21.94

ตารางที่ 97 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ (หน่วยจำลอง M12)

Heat Transfer [watt/sq.m.] : Eastside Opening : M11													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF (watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	752.00	1	7309.44	8118.77	100.23	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	519.00	1	5044.68	5854.01	72.27	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	117.00	1	1137.24	1946.57	24.03	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	98.00	1	952.56	1761.89	21.75	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	61.00	1	592.92	1402.25	17.31	47.12
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	879.325	1	0.72	653.00	1	6347.16	7156.49	92.35	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	459.00	1	4461.48	5270.81	65.07	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	134.00	1	1302.48	2111.81	26.07	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	113.00	1	1098.36	1907.62	23.55	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	79.00	1	767.88	1577.21	19.47	-4.50
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	625.00	1	6075.00	6894.33	84.99	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	454.00	1	4412.88	5222.21	64.47	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	95.00	1	923.40	1732.73	21.39	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	78.00	1	758.16	1567.49	19.35	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	42.00	1	408.24	1217.57	15.03	41.05
Average Heat Transfer													44.22

ตารางที่ 38 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก (หุ้มนำลอง M11)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Eastside Opening : M12														
Date	Time	U(watt/sq.m.)	A _g (sq.m.)	T	Q1(watt)	SC.1	SC.2	∆C	SHGF (watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. Q(watt/sq.m.)
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	752.00	1	6588.80	7408.13	91.46	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.35	519.00	1	4554.23	5363.55	66.22	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	117.00	1	1029.08	1836.00	22.67	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	98.00	1	859.95	1669.28	20.61	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	61.00	1	535.28	1344.60	16.60	43.51
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	653.00	1	5730.08	6539.40	80.73	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	459.00	1	4027.73	4837.05	59.72	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	134.00	1	1175.85	1995.18	24.51	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	113.00	1	991.58	1800.90	22.23	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	79.00	1	693.23	1502.55	18.55	41.15
22 December	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	625.00	1	5484.38	6293.70	77.70	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	454.00	1	3883.85	4793.18	59.18	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	95.00	1	833.63	1842.95	20.28	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	78.00	1	684.45	1493.78	18.44	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.65	0.65	42.00	1	365.55	1177.88	14.54	38.03
Average Heat Transfer														
													40.90	

TV-4

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Southside Opening : M8

Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q[watt]	Q[watt/sq.m.]	Avg.watt/sq.m.
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	111.00	1	1123.88	1933.20	23.87	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	240.00	1	2430.00	3239.33	39.99	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	294.00	1	2976.75	3786.00	46.74	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	240.00	1	2430.00	3239.33	39.99	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	111.00	1	1123.88	1933.20	23.87	34.89
22 June	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	79.00	1	799.88	1609.20	19.87	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	116.00	1	1174.50	1983.83	24.49	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	129.00	1	1306.13	2115.45	26.12	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	116.00	1	1174.50	1983.83	24.49	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	79.00	1	799.88	1609.20	19.87	22.97
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	390.00	1	3948.75	4758.08	58.74	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	604.00	1	6115.50	6924.83	95.49	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	670.00	1	6783.75	7593.08	93.74	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	604.00	1	6115.50	6924.83	85.49	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	390.00	1	3948.75	4758.08	58.74	76.44
Average Heat Transfer													44.77

ตารางที่ 40 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านของเปิดทางด้านทิศใต้ (หน่วยจำลอง M8)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Southside Opening : M9													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF (watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q[watt]	Q[watt/sq.m.]	Avg. watt/sq.m.
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	111.00	1	1078.92	1888.25	23.31
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	240.00	1	2332.80	3142.13	38.79
	12:00	5.965	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	294.00	1	2857.68	3667.01	45.27
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	240.00	1	2332.80	3142.13	38.79
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	111.00	1	1078.92	1888.25	23.31
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	79.00	1	767.88	1577.21	19.47
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	116.00	1	1127.52	1936.85	23.91
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	129.00	1	1253.88	2063.21	25.47
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	116.00	1	1127.52	1936.85	23.91
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	79.00	1	767.88	1577.21	19.47
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	390.00	1	3790.80	4600.13	50.79
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	604.00	1	5870.88	6680.21	82.47
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	670.00	1	6512.40	7321.73	90.39
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	604.00	1	5870.88	6680.21	82.47
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	0.72	390.00	1	3790.80	4600.13	56.79
Average Heat Transfer												43.38	

ตารางที่ 41 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านของเปิดทางด้านทิศใต้ (หน่วยจำลอง M9)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Southside Opening : M10												
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T _i Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q1(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. watt/sq.m.
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.76	111.00	1	1188.83	1978.16	24.42	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	240.00	1	2527.20	3336.53	41.19	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	294.00	1	3095.82	3905.15	48.21	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	240.00	1	2527.20	3336.53	41.19	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	111.00	1	1188.83	1978.16	24.42	35.89
22 June.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	79.00	1	831.87	1641.20	20.26	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	116.00	1	1221.48	2030.81	25.07	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	129.00	1	1358.37	2167.70	26.76	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	116.00	1	1221.48	2030.81	25.07	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	79.00	1	831.87	1641.20	20.26	23.49
22 December	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	390.00	1	4106.70	4916.03	60.69	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	604.00	1	6360.12	7169.45	88.51	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	670.00	1	7055.10	7864.43	97.09	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	604.00	1	6360.12	7169.45	88.51	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.78	390.00	1	4106.70	4916.03	60.69	79.10
Average Heat Transfer												46.16

ตารางที่ 42 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศใต้ (หน่วยจำลอง M10)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Southside Opening : M11													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q[watt]	Q[watt/sq.m]	Avg. watt/sq.m.
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	111.00	1	1123.9	1933.20	23.87	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	240.00	1	2430.00	3239.33	39.99	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	294.00	1	2976.75	3786.06	46.74	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	240.00	1	2430.00	3239.33	39.99	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	111.00	1	1123.88	1933.20	23.87	34.89
22 June.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	79.00	1	799.88	1609.20	19.87	
	10:20	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	118.00	1	1174.50	1983.83	24.49	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	128.00	1	1306.13	2115.45	26.12	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	116.00	1	1174.50	1983.83	24.49	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	79.00	1	799.88	1609.20	19.87	22.97
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	390.00	1	3948.75	4758.08	58.74	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	604.00	1	6115.50	6924.83	85.49	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	670.00	1	6783.75	7593.08	93.74	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	604.00	1	6115.50	6924.83	85.49	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.75	390.00	1	3948.75	4758.08	58.74	76.44
Average Heat Transfer													
												44.77	44.77

ตารางที่ 43 ความร้อนที่เข้าอาคารผ่านของเปิดทางด้านทิศใต้ (หน่วยจำลอง M11)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Southside Opening : M12													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T _i Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. watt/sq.m.	
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	111.00	1	1018.98	1828.31	22.57		
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	240.00	1	2203.20	3012.53	37.19		
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	294.00	1	2698.92	3508.25	43.31		
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	240.00	1	2203.20	3012.53	37.19		
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	111.00	1	1018.98	1828.31	22.57		32.57
22 June.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	79.00	1	725.22	1534.55	18.95		
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	116.00	1	1064.88	1874.21	23.14		
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	129.00	1	1184.22	1993.55	24.61		
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.60	116.00	1	1064.88	1874.21	23.14		21.76
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	79.00	1	725.22	1534.55	18.95		
22 December.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	390.00	1	3580.20	4389.53	54.19		
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	604.00	1	5544.72	6354.05	78.45		
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	670.00	1	6150.60	6959.93	85.93		
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	604.00	1	5544.72	6354.05	78.45		
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.68	390.00	1	3580.20	4389.53	54.19		70.24
Average Heat Transfer												41.52	41.52

ตารางที่ 4-4 ความร้อนที่เข้าอาคารตามขอบเปิดทางด้านทิศใต้ (หน่วยจำลอง M12)

Heat Transfer[watt/sq.ft.] : Southside Opening : M13												
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T Q1(watt)	SC1	SC2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q(watt)	Q(watt/sq.m)	Avg watt/sq.m.
21 March & 24 Septer	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	111.00	1	1153.85	1963.17	24.24	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	240.00	1	2494.80	3304.13	40.79	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	294.00	1	3056.13	3865.46	47.72	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	240.00	1	2494.80	3304.13	40.79	
	16:00	5.995	13.5	10 906.325	1	0.77	111.00	1	1153.85	1963.17	24.24	35.56
22 June.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	79.00	1	821.21	1630.53	20.13	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	116.00	1	1205.82	2015.15	24.88	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	129.00	1	1340.96	2150.28	26.55	
	14:00	5.995	13.5	10 909.325	1	0.77	116.00	1	1205.82	2015.15	24.88	23.31
22 December.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	79.00	1	821.21	1630.53	20.13	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	390.00	1	4054.05	4863.38	60.04	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	604.00	1	6278.58	7087.91	87.51	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	670.00	1	6994.65	7773.98	95.98	
Average Heat Transfer	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.77	604.00	1	6278.58	7087.91	87.51	78.21
							390.00	1	4054.05	4863.38	60.04	45.69

ตารางที่ 45 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านของเปิดทางด้านทิศใต้ (หน่วยจำลอง M13)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Westside Opening : M11													
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T	Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q[watt]	Q1(watt/sq.m.)	Avg. watt/sq m.
21 March & 24 Sept	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	61.00	1	592.92	1402.25	17.31	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	98.00	1	952.56	1761.89	21.75	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	117.00	1	1137.24	1946.57	24.03	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	519.00	1	5044.68	5854.01	72.27	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	752.00	1	7309.44	8118.77	100.23	47.12
	8:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	79.00	1	767.88	1577.21	19.47	
22 June.	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	113.00	1	1098.36	1907.69	23.55	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	134.00	1	1362.48	2111.81	26.07	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	459.00	1	4461.48	5270.81	65.07	
	16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	653.00	1	6347.16	7158.49	88.35	44.50
22 December.	8:00	5.995	13.5	10	806.325	1	0.72	42.00	1	408.24	1217.57	15.03	
	10:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	78.00	1	758.16	1587.49	19.35	
	12:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	95.00	1	923.40	1732.73	21.39	
	14:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	454.00	1	4412.88	5222.21	64.47	
16:00	5.995	13.5	10	809.325	1	0.72	625.00	1	6075.00	6884.33	84.99	41.05	
Average Heat Transfer													44.22

ตารางที่ 4E ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก (หุน้ำลง M11)

Heat Transfer[watt/sq.m.] : Westside Opening : M12												
Date	Time	U(watt/sq.m.)	Ag(sq.m.)	T Q1(watt)	SC 1	SC 2	SC SHGF(watt/sq.m.)	CLF	Q2(watt)	Q1(watt)	Q(watt/sq.m.)	Avg. watt/sq.m.
21 March & 24 Sept.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	61.00	1	535.28	1344.60	16.60	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	98.00	1	859.95	1689.28	20.61	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	117.00	1	1028.68	1836.00	22.67	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	519.00	1	4554.23	5363.56	66.22	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	792.00	1	6598.80	7408.13	91.46	43.51
22 June.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	79.00	1	693.23	1502.55	18.55	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	113.00	1	991.58	1800.90	22.23	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	134.00	1	1175.85	1985.18	24.51	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	459.00	1	4027.73	4837.05	59.72	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	653.00	1	5730.08	6539.40	80.73	41.15
22 December.	8:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	42.00	1	368.55	1177.88	14.54	
	10:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	78.00	1	684.45	1493.78	18.44	
	12:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	95.00	1	833.63	1642.95	20.28	
	14:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	454.00	1	3983.85	4793.18	59.18	
	16:00	5.995	13.5	10 809.325	1	0.65	625.00	1	5484.38	6293.70	77.70	38.03
Average Heat Transfer												40.90

ตารางที่ 47 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางคามทิศตะวันตก (หุนจำลอง M12)