บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานศึกษาวิจัยประสิทธิภาพแผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานภายในอาคาร (The efficiency of interior daylighting panels) ได้ทำการทดลองตัวแปรกายภาพและตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของ daylighting panels ผ่านช่องเปิดทิศเหนือ-ใต้ ทั้งภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ overcast sky และ clear sky สามารถสรุปและอภิปรายผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงต่อการนำไปออกแบบประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้

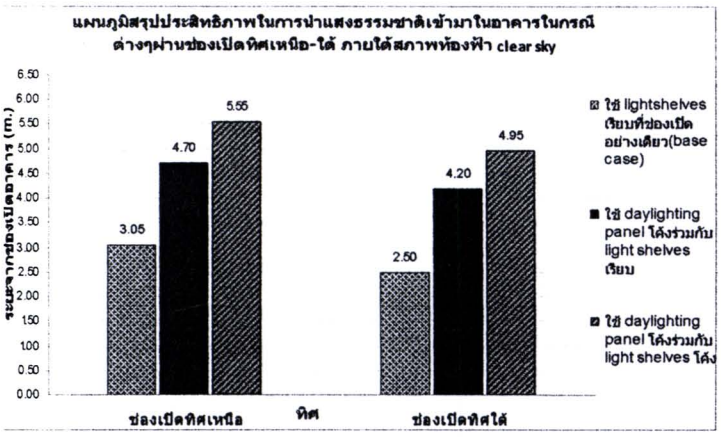
6.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

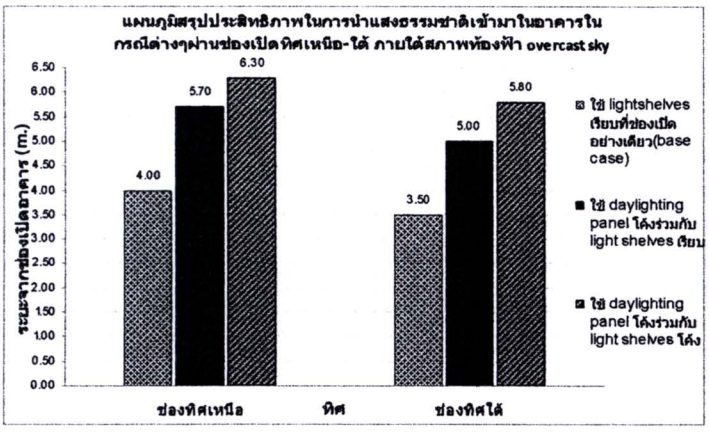
6.1.1 สรุปผลการวิจัยในด้านประสิทธิภาพการเพิ่มระยะจากช่องเปิดที่มีค่า daylight factor มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 6.1 สรุปผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ interior daylighting panels

ลำดับ	รูปแบบตัวแปร	สรุปผลการทดลอง ทิศเหนือ-ทิศใต้	ผลการทดลอง ภายใต้สภาพ ท้องฟ้า	ระยะแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งาน (m.)	
				ทิศเหนือ	ทิศใต้
	Base case	-ใช้ light shelves แบบเรียบตรงที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว	clear sky	3.05	2.50
			overcast sky	4.00	3.25
		-ใช้ light shelves ปรับมุม 30 องศาที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว	clear sky	3.50	3.05
			overcast sky	4.50	3.70
		-ใช้ light shelves โค้งที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว	clear sky	4.00	3.40
			overcast sky	4.85	4.10
1. ตัวแปรกายภาพของ interior daylighting panels					
1. 2. 3.	รูปแบบ interior daylighting panels พื้นผิววัสดุ interior daylighting panels ระดับติดตั้ง interior daylighting panels	-รูปแบบโค้งระนาบนอน -พื้นผิววัสดุ spread reflection -ระดับติดตั้ง 2.75 m.	clear sky	4.70	4.20
			overcast sky	5.70	5.00
2. ตัวแปรแวดล้อมของ Interior daylighting panels					
1.	รูปทรงของ light shelves ที่ช่องเปิด	-ใช้ daylighting panels โค้งร่วมกับ light shelves เรียบตรง	Clear sky	4.70	4.20
			Overcast sky	5.70	5.00
		-ใช้ daylighting panelsโค้งร่วมกับ light shelves ปรับมุม	Clear sky	5.10	4.60
			Overcast sky	5.90	5.40
		-ใช้ daylighting panels โค้งร่วมกับ light shelves โค้ง	clear sky	5.55	4.95
			overcast sky	6.30	5.80

แผนภูมิที่ 6.1 แสดงการสรุปประสิทธิภาพด้านระยะในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารด้วยกรณีต่างๆ





จากตารางและแผนภูมิที่ 6.1 แสดงการสรุปตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ interior daylighting panels สามารถอธิบายได้ว่า

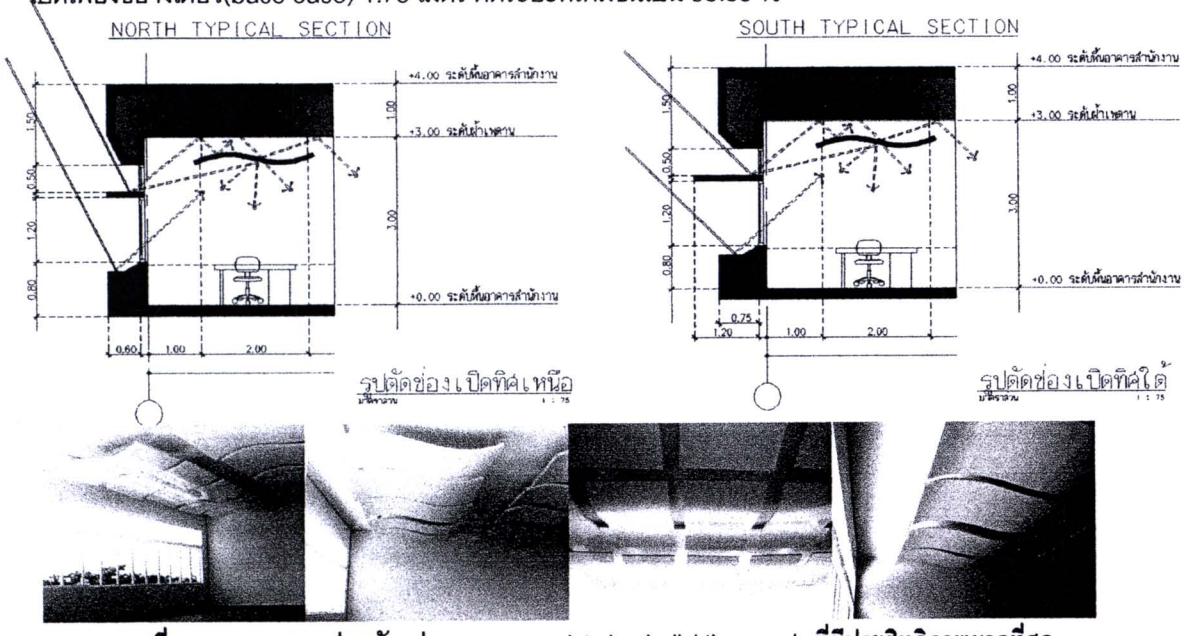
1) **ตัวแปรกายภาพของ** interior daylighting panels

- รูปแบบของ interior daylighting panels ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร ในด้านระยะจากช่องเปิดที่มีค่า daylight factor มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ควรพิจารณาใช้รูปแบบลักษณะโค้งระนาบนอนจะมีประสิทธิภาพในการเกลี่ยแสงได้ดีกว่ารูปแบบเรียบระนาบเอียง และ เรียบระนาบนอนตามลำดับ เนื่องจากรูปแบบโค้งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนองศาในการสะท้อนแสงได้ในทุกส่วนโค้งที่แสงตกกระทบ จึงทำให้สามารถสะท้อนแสงได้ไกลกว่ารูปแบบอื่นๆ

- พื้นผิววัสดุของ interior daylighting panels ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร ในด้านระยะจากช่องเปิดที่มีค่า daylight factor มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ควรพิจารณาใช้พื้นผิววัสดุที่มีลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระเจิงแสง(spread reflect.) ซึ่งเกิดจากผลรวมพื้นผิววัสดุ specular reflect.เข้ากับ diffuse reflect.จะมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงได้ดีกว่าพื้นผิววัสดุสะท้อนแบบกระจก(specular reflect.)และพื้นผิววัสดุสะท้อนแบบกระจาย(diffuse reflect.) ตามลำดับ หากวิเคราะห์จากผลการทดลองจะเห็นว่า แม้ daylighting panels วัสดุ specular reflect. จะให้ค่า daylight factor สูงกว่าพื้นผิวอื่นๆ ในช่วงระยะใกล้ช่องเปิดเนื่องจากมีค่าการสะท้อนแสงสูง แต่จะมีค่าลดลงจนน้อยกว่าพื้นผิววัสดุ spread reflect. เมื่อพิจารณาในระยะที่ไกลจากช่องเปิดออกไป จึงทำให้ได้ระยะจากช่องเปิดที่มีค่าความส่องสว่างเพียงพอน้อยกว่า อาจเป็นผลมาจากการสะท้อนพื้นผิวส่วนพื้นห้องที่มีค่าการสะท้อนแสงน้อยขึ้นมา และเนื่องจากวัสดุ specular reflect. มีค่าการสะท้อนแสงที่สูงมากจึงอาจก่อให้เกิดแสงบาดตาได้ในกรณีนำไปใช้งานจริง

- ระดับติดตั้งของ interior daylighting panels ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร ในด้านระยะจากช่องเปิดที่มีค่า daylight factor มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ควรพิจารณาระดับติดตั้งที่ 2.75 เมตรจากพื้นห้อง จะมีประสิทธิภาพในการสะท้อนและเกลี่ยแสงได้ดีกว่าระดับ 2.50 เมตร และระดับ 3.00 เมตร ตามลำดับ เนื่องจากเป็นระยะที่ทำให้เกิดช่วงเพื่อให้ daylighting panels รับแสงจาก lightshelves และสะท้อนลงสู่ระนาบทำงานได้ดีกว่าระดับอื่นๆ

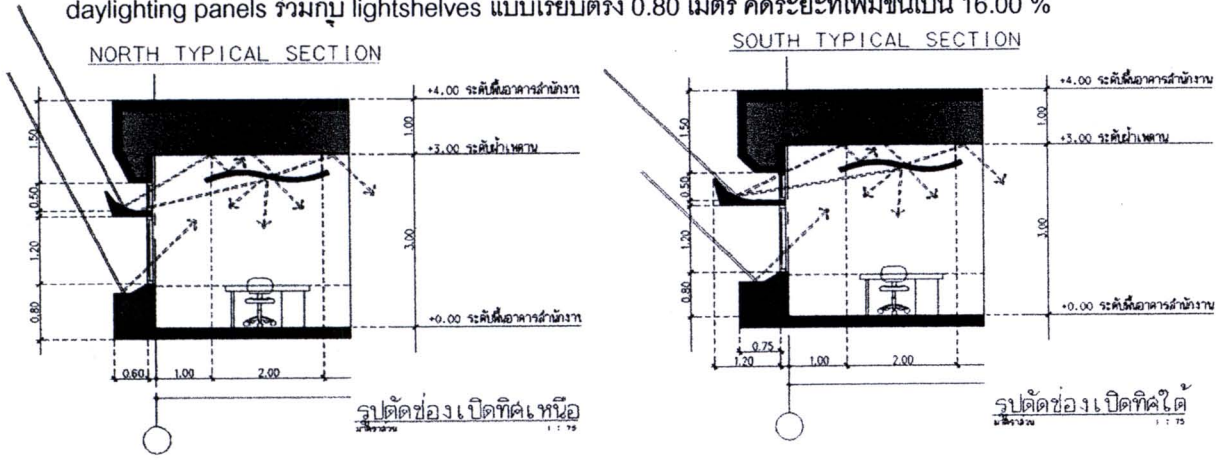
โดย daylighting panels ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของทุกตัวแปรกายภาพคือ daylighting panels รูปแบบโค้งระนาบนอน พื้นผิววัสดุ spread reflect. ระดับติดตั้ง 2.75 เมตร ที่พบจากการทดลองในสภาพท้องฟ้า overcast sky สามารถให้ระยะจากช่องเปิดอาคารที่มีค่าความส่องสว่างเพียงพอตามมาตรฐานในช่องเปิดทิศเหนือได้ 5.70 เมตร เพิ่มขึ้นจากการใช้ light shelves เรียบที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว(base case) 1.70 เมตร คิดระยะที่เพิ่มขึ้นเป็น 42.50 % และในช่องเปิดทิศใต้ได้ 5.00 เมตรเพิ่มขึ้นจากการใช้ light shelves ที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว(base case) 1.75 เมตร คิดระยะที่เพิ่มขึ้นเป็น 53.85 %

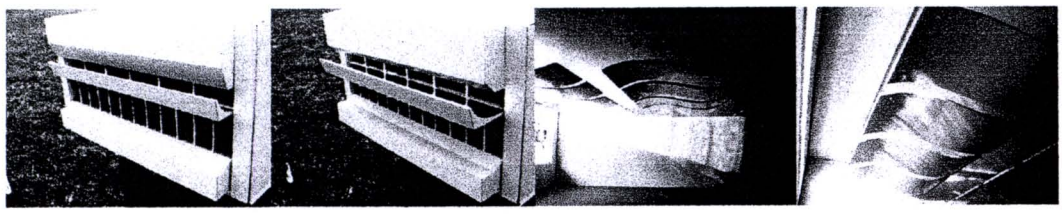


ภาพที่ 6.1 แสดงการสรุปผลตัวแปรกายภาพของ interior daylighting panels **ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด**

2) **ตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของ** interior daylighting panels

- รูปทรงของ lightshelves ที่ช่องเปิดอาคารที่เสริมประสิทธิภาพร่วมกับ daylighting panels ที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร ในด้านระยะจากช่องเปิดที่มีค่า daylight factor มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ควรพิจารณารูปทรง lightshelves ลักษณะโค้งจะมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงเข้ามาในอาคารได้ลึกและเสริมประสิทธิภาพกับ daylighting panelsได้ดีกว่า lightshelves ปรับมุม และ lightshelves เรียบตรงตามลำดับ โดย การใช้ lightshelves โค้งเสริมประสิทธิภาพ daylighting panels ที่มีประสิทธิภาพที่สุดพบจากการทดลองในสภาพท้องฟ้า overcast sky สามารถให้ระยะจากช่องเปิดอาคารที่มีค่าความส่องสว่างเพียงพอตามมาตรฐานในช่องเปิดทิศเหนือได้ 6.30 เมตร เพิ่มขึ้นจากการใช้ daylighting panels ร่วมกับ lightshelves แบบเรียบตรง 0.60 เมตร คิดระยะที่เพิ่มขึ้นเป็น 10.53 % และในช่องเปิดทิศใต้ได้ 5.80 เมตร เพิ่มขึ้นจากการใช้ daylighting panels ร่วมกับ lightshelves แบบเรียบตรง 0.80 เมตร คิดระยะที่เพิ่มขึ้นเป็น 16.00 %





ภาพที่ 6.2 แสดงการสรุปผลตัวแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพ ของ interior daylighting panels **ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด**

6.1.2 สรุปผลการวิจัยในด้านประสิทธิภาพการเพิ่มความส่องสว่างบนระนาบทำงานที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคาร

ตารางที่ 6.2 สรุปผลการวิจัยในด้านประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน

1. ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน									
	กรณี	ท้องฟ้า overcast sky ทิศ	บริโภคพลังงาน kW-hr/ปี	ประหยัดจากกรณีเปิดใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมง		ประหยัดจากกรณี base case		ประหยัดจากกรณีใช้ lighting panels ร่วมกับ lightshelves เรียบ	
				kW-hr/ปี	%	kW-hr/ปี	%	kW-hr/ปี	%
1)	เปิดใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมงต่อวัน	เหนือ	2,328.11	-	-	-	-	-	-
		ใต้	2,328.11	-	-	-	-	-	-
2)	ใช้ lightshelves เรียบอย่างเดียว (base case)	เหนือ	1,370.56	957.55	41.13	-	-	-	-
		ใต้	1,563.33	764.78	32.85	-	-	-	-
3)	ใช้ lighting panels โค้งร่วมกับ lightshelves เรียบตรง	เหนือ	898.81	1,429.30	61.39	471.75	34.42	-	-
		ใต้	1,369.47	958.64	41.18	193.86	12.40	-	-
4)	ใช้ lighting panels โค้งร่วมกับ lightshelves โค้ง	เหนือ	739.90	1,588.21	68.22	630.66	46.01	158.91	17.68
		ใต้	1,175.97	1,152.14	49.49	387.36	24.78	193.50	14.13
2. ประสิทธิภาพด้านการประหยัดค่าไฟฟ้า									
	กรณี	ท้องฟ้า overcast sky ทิศ	ค่าไฟฟ้า บาท/ปี	ประหยัดจากกรณีเปิดใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมง		ประหยัดจากกรณี base case		ประหยัดจากกรณีใช้ lighting panels ร่วมกับ lightshelves เรียบ	
				บาท/ปี	%	บาท/ปี	%	บาท/ปี	%
1)	เปิดใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมงต่อวัน	เหนือ	8,474.32	-	-	-	-	-	-
		ใต้	8,474.32	-	-	-	-	-	-
2)	ใช้ lightshelves เรียบอย่างเดียว (base case)	เหนือ	4,988.84	3,485.48	41.13	-	-	-	-
		ใต้	5,690.53	2,783.79	32.85	-	-	-	-
3)	ใช้ lighting panels โค้งร่วมกับ lightshelves เรียบตรง	เหนือ	3,271.68	5,202.64	61.39	1,717.16	34.42	-	-
		ใต้	4,984.88	3,489.44	41.18	705.65	12.40	-	-
4)	ใช้ lighting panels โค้งร่วมกับ lightshelves โค้ง	เหนือ	2,693.23	5,781.09	68.22	2,295.61	46.01	578.45	17.68
		ใต้	4,280.53	4,193.79	49.49	1,410.00	24.78	704.35	14.13

3. ประสิทธิภาพด้านการลดค่า Heat gain จากแสงประดิษฐ์									
	กรณี	ท้องฟ้า overcast sky ทิศ	ค่า heat gain Btu/hr/ปี	ลดลงจากกรณีเปิดใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมง		ลดลงจากกรณี base case		ลดลงจากกรณีใช้ lighting panels ร่วมกับ lightshelves เรียบ	
				Btu/hr/ปี	%	Btu/hr/ปี	%	Btu/hr/ปี	%
1)	เปิดใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมง ต่อวัน	เหนือ	6,332,457.68	-	-	-	-	-	-
		ใต้	6,332,457.68	-	-	-	-	-	-
2)	ใช้ lightshelves เรียบอย่างเดียว (base case)	เหนือ	3,727,927.69	2,604,529.99	41.13	-	-	-	-
		ใต้	4,252,261.60	2,080,196.08	32.85	-	-	-	-
3)	ใช้ lighting panels โค้งร่วมกับ lightshelves เรียบตรง	เหนือ	2,444,769.86	3,887,687.82	61.39	1,283,157.83	34.42	-	-
		ใต้	3,724,965.31	2,607,492.37	41.18	527,296.29	12.40	-	-
4)	ใช้ lighting panels โค้งร่วมกับ lightshelves โค้ง	เหนือ	2,012,526.50	4,319,931.18	68.22	1,715,401.19	46.01	432,243.36	17.68
		ใต้	3,198,639.79	3,133,817.89	49.49	1,053,621.81	24.78	526,325.52	14.13

1) **ตัวแปรกายภาพของ** interior daylighting panels

เมื่อนำค่า daylight factor ของรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการทดลองตัวแปรกายภาพทั้งหมด อันได้แก่ daylighting panels รูปแบบโค้ง พื้นผิววัสดุ spread reflect. ที่ติดตั้งที่ระดับ 2.75 เมตรภายใต้สภาพท้องฟ้า overcast sky ไปคิดค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากข้อมูลปริมาณแสงกระจายจากท้องฟ้าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมงของทุกเดือน เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเพิ่มความส่องสว่างบนระนาบทำงานทุกระยะ 1 เมตรจากช่องเปิด ที่ยังผลต่อการประหยัดพลังงาน พบว่า

ในกรณีที่ใช้กับช่องเปิดทิศเหนือจะมีการบริโภคพลังงาน 898.81 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 3,271.68 บาท/ปีซึ่งลดลงจากกรณีที่ไม่ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเลย 1,429.30 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 5,202.64 บาท/ปี หรือ 61.39 % ต่อปี และลดลงจากกรณี base case ที่ใช้ lightshelves แบบเรียบที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว 471.75 kW-hr/year คิดเป็นเงิน1,717.16 บาท/ปี หรือ 34.42 % ต่อปี

ในกรณีที่ใช้กับช่องเปิดทิศใต้จะมีการบริโภคพลังงาน 1,369.47 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 4,984.88 บาท/ปี ซึ่งลดลงจากกรณีที่ไม่ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเลย 958.64 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 3,489.44 บาท/ปี หรือ 41.18 %ต่อปี และลดลงจากกรณี base case ที่ใช้ lightshelves แบบเรียบที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว 193.86 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 705.65 บาท/ปี หรือ 12.40 %ต่อปี

2) **ตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของ** interior daylighting panel

เมื่อนำค่า daylight factor ของรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการทดลองตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพทั้งหมด อันได้แก่ การใช้ daylighting panels รูปแบบโค้ง พื้นผิววัสดุ spread reflect. ที่ติดตั้งที่ระดับ 2.75 เมตรร่วมกับ lightshelves โค้ง ภายใต้สภาพท้องฟ้า overcast sky ไปคิดค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากข้อมูลปริมาณแสงกระจายจากท้องฟ้าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมงของทุกเดือน เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเพิ่มความส่องสว่างบนระนาบทำงานทุกระยะ1 เมตรจากช่องเปิดที่ยังผลต่อการประหยัดพลังงาน พบว่า

ในกรณีที่ใช้กับช่องเปิดทิศเหนือจะมีการบริโภคพลังงาน 739.90 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 2,693.23 บาท/ปี ซึ่งลดลงจากกรณีที่ไม่ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเลย 1,588.21 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 5,781.09 บาท/ปี หรือ 68.22 % ต่อปี ลดลงจากกรณี base case ที่ใช้ lightshelves แบบเรียบที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว 630.66 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 2,295.61 บาท/ปี หรือ 46.01% ต่อปี และลดลงจากกรณีใช้ daylighting panels ร่วมกับ lightshelves เรียบตรง 158.91 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 578.45 บาท/ปี หรือ 17.68 % ต่อปี

ในกรณีที่ใช้กับช่องเปิดทิศใต้จะมีการบริโภคพลังงาน 1,175.97 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 4,280.53 บาท/ปีซึ่งลดลงจากกรณีที่ไม่ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเลย 1,152.14 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 4,193.79 บาท/ปี หรือ 49.49% ต่อปี ลดลงจากกรณี base case ที่ใช้ lightshelves แบบเรียบที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว 387.36 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 1,410 บาท/ปี หรือ 24.78 % ต่อปี และลดลงจากกรณีใช้ daylighting panels ร่วมกับ lightshelves เรียบตรง 193.50 kW-hr/year คิดเป็นเงิน 704.35 บาท/ปี หรือ 14.13 % ต่อปี

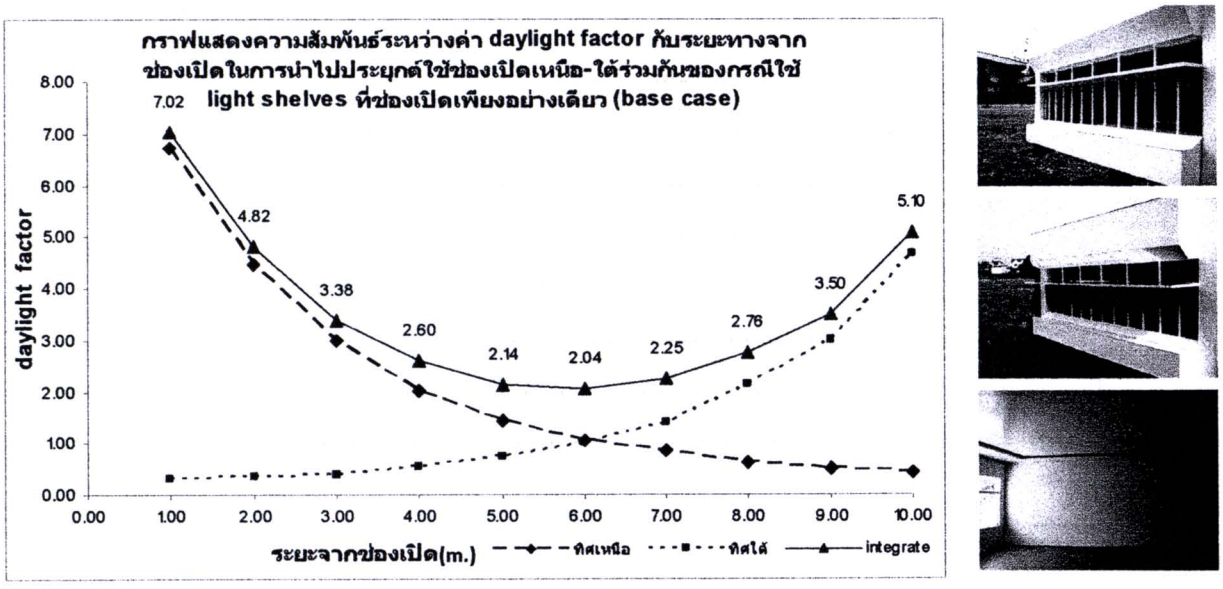
โดยผลการวิจัยในด้านประสิทธิภาพการเพิ่มความส่องสว่างบนระนาบทำงานที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคารทั้งในด้านตัวแปรกายภาพและตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพจะเห็นว่าค่าการประหยัดพลังงานแสงสว่างของกรณีที่ใช้กับช่องเปิดทิศใต้จะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ใช้ช่องเปิดทิศเหนือ อาจเป็นผลมาจากกระยะยื่นของ lightshelves ในการบังแดดช่องเปิดทิศใต้มีระยะยื่นที่มากกว่าทิศเหนือ จึงทำให้ได้ค่าความส่องสว่างภายในจากแสงธรรมชาติที่นำไปช่วยลดค่าการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์น้อยกว่าทิศเหนือ ในงานวิจัยนี้

6.2 การนำไปประยุกต์ใช้งาน

ผลการทดลองจากการศึกษาประสิทธิภาพแผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานภายในอาคารนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับอาคารที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์จากช่องแสงด้านข้าง ไม่ว่าจะเป็นอาคารสำนักงาน หรืออาคารทางการศึกษา และจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้ช่องแสง 2 ด้านในห้องเดียวกันสามารถเพิ่มปริมาณความส่องสว่างและลดความจ้าภายในอาคารที่เกิดจากช่องแสงด้านเดียวได้ (Egan and Olgyay,2002) ดังนั้นหากมีความต้องการนำผลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกำหนดขนาดห้องของอาคารที่มีช่องแสง 2 ด้าน ในทิศเหนือ -ใต้ และมีค่าความส่องสว่างภายในทุกระยะเพียงพอต่อการใช้งาน ก็สามารถทำได้ด้วยการผสานค่า daylight factor ที่วัดผลได้ภายใต้สภาพท้องฟ้า overcast sky ของช่องเปิดทิศเหนือและทิศใต้ของแต่ละกรณีศึกษามารวมกัน แล้วประเมินระยะจากช่องเปิดที่มีค่าความส่องสว่างมากกว่าเกณฑ์(2%DF) เพื่อนำผลมากำหนดขนาดของห้องได้ดังนี้

6.2.1 ขนาดห้องที่เหมาะสมของกรณีที่ใช้ lightshelves แบบเรียบตรงที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว (base case) ทั้งทิศเหนือ-ใต้ ภายในห้องเดียวกัน

แผนภูมิที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า %DF กับระยะจากช่องเปิดในการประยุกต์ใช้ช่องเปิดเหนือ -ใต้ร่วมกันของกรณีใช้ light shelves ที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว (base case)

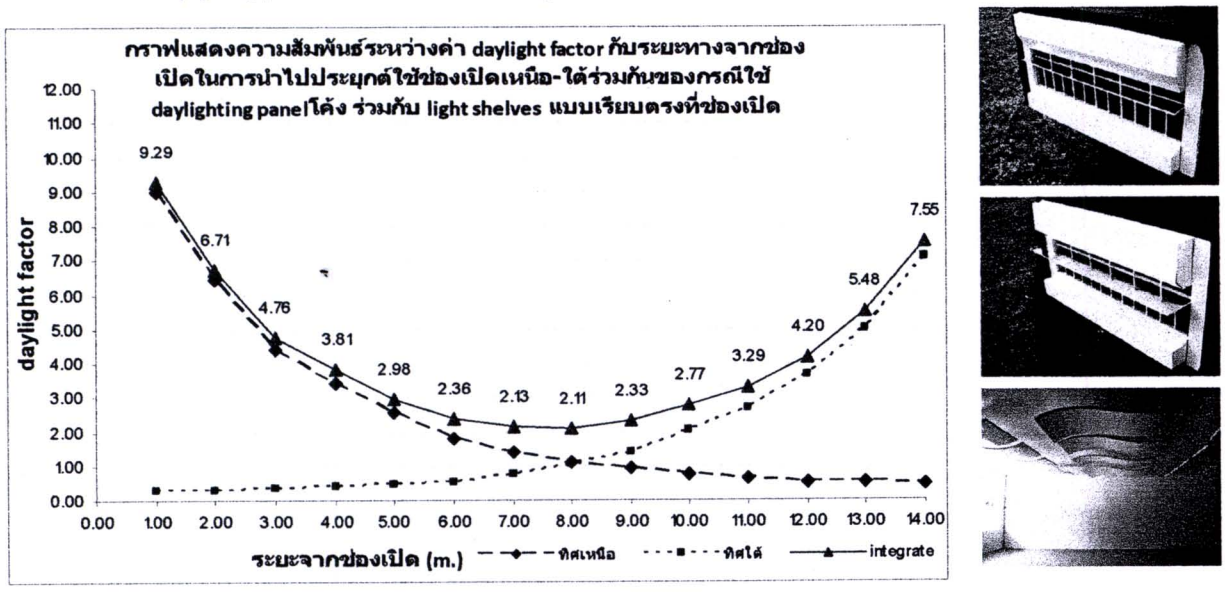


ภาพที่ 6.3 แสดงรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ-ใต้ที่มีการใช้ light shelves**แบบเรียบตรงที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว**

หากพิจารณาจากผลการทดลองจะพบว่าการใช้ light shelves แบบเรียบตรงที่ช่องเปิดเพียงอย่างเดียว (base case)นั้นสามารถนำแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งาน (2%DF) เข้ามาทางทิศเหนือได้ระยะ 4.00 เมตร และทางทิศใต้ได้ระยะ 3.20 เมตรตามลำดับ เมื่อผสานค่า daylight factor ที่วัดได้จากช่องเปิดเหนือและทิศใต้เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถกำหนดขนาดห้องที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้ที่ระยะประมาณ 10.00 เมตร จะทำให้มีค่าความส่องสว่างภายในที่ทุกระยะจากช่องเปิดเพียงพอต่อเกณฑ์มาตรฐาน 2%DF

6.2.2 ขนาดห้องที่เหมาะสมของกรณีที่ใช้ interior daylighting panels โค้งระนาบนอนร่วมกับ light shelves ที่ช่องเปิดแบบเรียบตรง ทั้งทิศเหนือ-ใต้ ภายในห้องเดียวกัน

แผนภูมิที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า %DF กับระยะจากช่องเปิดในการประยุกต์ใช้ช่องเปิดเหนือ -ใต้ร่วมกันของกรณีใช้ interior daylighting panels โค้งระนาบนอนร่วมกับ light shelves ที่ช่องเปิดแบบเรียบตรง

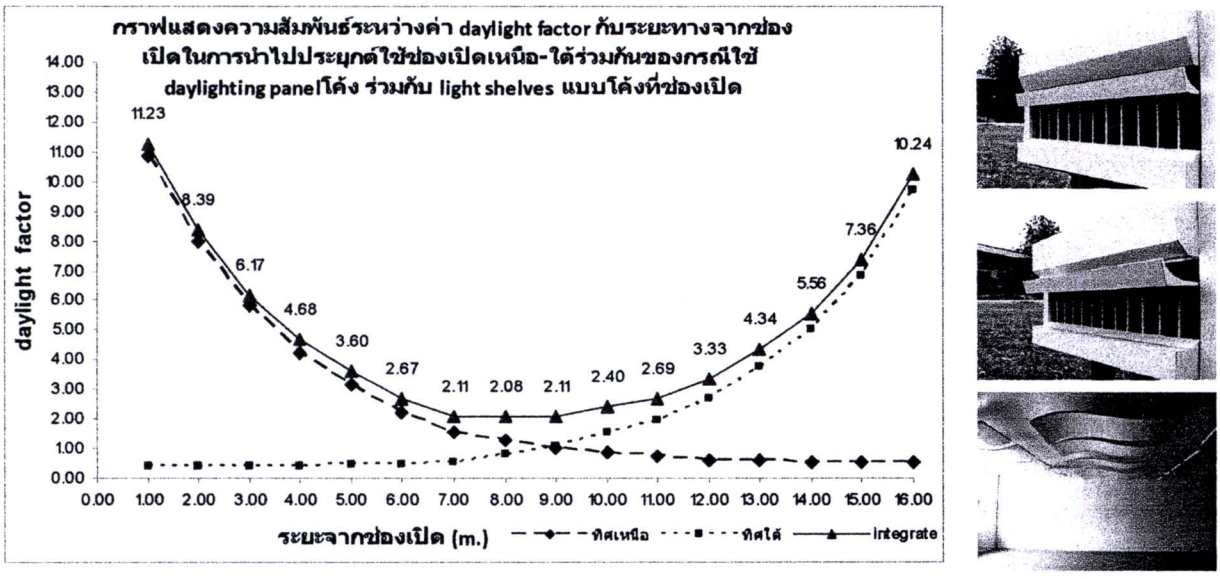


ภาพที่ 6.4 แสดงรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ-ใต้ที่มีการใช้ interior daylighting panels **โค้งร่วมกับ** light shelves **ที่ช่องเปิดแบบเรียบตรง**

หากพิจารณาจากผลการทดลองจะพบว่าการใช้ interior daylighting panels โค้งระนาบนอนร่วมกับ light shelves ที่ช่องเปิดแบบเรียบตรงนั้นสามารถนำแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งาน (2%DF) เข้ามาทางทิศเหนือได้ระยะ 5.70 เมตร และทางทิศใต้ได้ระยะ 5.00 เมตรตามลำดับ เมื่อผสานค่า daylight factor ที่วัดได้จากช่องเปิดเหนือและทิศใต้เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถกำหนดขนาดห้องที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้ที่ระยะประมาณ 14.00 เมตร จะทำให้มีค่าความส่องสว่างภายในที่ทุกระยะจากช่องเปิดเพียงพอต่อเกณฑ์มาตรฐาน 2%DF

6.2.3 ขนาดห้องที่เหมาะสมของกรณีที่ใช้ interior daylighting panels โค้งระนาบนอนร่วมกับ light shelves ที่ช่องเปิดแบบโค้ง ทั้งทิศเหนือ-ใต้ ภายในห้องเดียวกัน

แผนภูมิที่ 6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า %DF กับระยะจากช่องเปิดในการประยุกต์ใช้ช่องเปิดเหนือ -ใต้ร่วมกันของกรณีใช้ interior daylighting panels โค้งระนาบนอน ร่วมกับ light shelves ที่ช่องเปิดแบบโค้ง



ภาพที่ 6.5 แสดงรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ-ใต้ที่มีการใช้ interior daylighting panels **โค้งร่วมกับ** light shelves **ที่ช่องเปิดแบบโค้ง**

หากพิจารณาจากผลการทดลองจะพบว่าการใช้ interior daylighting panels โค้งระนาบนอนร่วมกับ light shelves ที่ช่องเปิดแบบโค้งนั้นสามารถนำแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งาน (2%DF) เข้ามาทางทิศเหนือได้ระยะ 6.30เมตร และทางทิศใต้ได้ระยะ 5.80 เมตรตามลำดับ เมื่อผสานค่า daylight factor ที่วัดได้จากช่องเปิดเหนือและทิศใต้เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถกำหนดขนาดห้องที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้ที่ระยะประมาณ 16.00 เมตร จะทำให้มีค่าความส่องสว่างภายในที่ทุกระยะจากช่องเปิดเพียงพอต่อเกณฑ์มาตรฐาน 2%DF

6.3 ข้อเสนอแนะ

ในการนำผลการทดลองไปใช้งานจริง เพื่อประสิทธิภาพในการเพิ่มความส่องสว่างด้วย daylighting panels ให้มีการคำนึงถึงออกแบบการจัดวางพื้นที่ทำงานที่แน่นอนควบคู่กับตำแหน่งในการติดตั้ง daylighting panels ที่เหมาะสม มีส่วนช่วยให้ได้รับประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเต็มที่

นอกจากนี้ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษายังสามารถเสนอแนะในด้านของข้อจำกัดในงานวิจัยและแนวทางการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

6.3.1 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1) การศึกษาวิจัยนี้ใช้วิธีการทดลองด้วยหุ่นจำลอง ภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้จากความไม่สม่ำเสมอของแสงสว่างธรรมชาติ หากมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาประมวลผลทดสอบร่วม น่าจะสามารถสร้างความถูกต้องแม่นยำให้กับการทดลองลักษณะนี้ได้ดียิ่งขึ้น

2) อุปกรณ์ในการวัดค่าความส่องสว่าง(illuminance meter DX - 200)ที่ใช้ อาจให้ค่าที่คลาดเคลื่อนอันเป็นผลมาจาก เสถียรภาพของตัวอุปกรณ์เอง หรือ ประสิทธิภาพของถ่านไฟฟ้าที่ลดลงกรณีใช้งานติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จึงควรมีการตรวจสอบค่าที่วัดได้และประสิทธิภาพของถ่านไฟฟ้าในระหว่างการทดลองอยู่เสมอ

3) วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยเป็นการจำลองให้มีค่าใกล้เคียงวัสดุจริงมากที่สุดจากการดูคุณสมบัติพื้นผิว และวัดค่าการสะท้อนแสง แต่อาจยังมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวัสดุในการทดลองกับวัสดุที่นำไปใช้ในงานจริงยังคงไม่ใช่ตัวเดียวกัน การคิดค้นพัฒนาวัสดุใหม่ๆมาใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับแสง สามารถสร้างความถูกต้องแม่นยำของการทดลองได้ดียิ่งขึ้น

6.3.2 แนวทางในการวิจัยในอนาคต

1) จากข้อสรุปในงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึง รูปแบบ พื้นผิว และระดับของ interior daylighting panels ที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ดังนั้นหากค้นพบว่า daylighting panels รูปแบบโค้ง วัสดุ spread reflect มีประสิทธิภาพในการสะท้อนเกลี่ยแสงได้ดี แล้วมีความต้องการศึกษาใช้กับห้องที่มีความสูง 2.75 เมตร ก็สามารถนำแนวคิดไปพัฒนาการศึกษารวม daylighting panels เข้ากับฝ้าเพดานในการออกแบบฝ้าให้เป็นลักษณะโค้งได้

2) คุณสมบัติของกระจกที่ใช้ในการวิจัย ใช้ค่า transmittance ของกระจกใสเพราะต้องการเสนอผลการทดลองขั้นต้นของแนวคิดนี้เพื่อนำไปใช้กับอาคารที่มีการใช้แสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านข้างลักษณะเดียวกัน หากมีการนำไปศึกษาใช้ร่วมกับอาคารที่มีการเจาะจงประเภทอาคารที่แน่นอนให้คำนึงถึงชนิดของกระจกที่นิยมใช้จริงในอาคารประเภทนั้นๆ เช่น อาคารสำนักงานกับกระจก tint สีเขียว

3) งานวิจัยนี้ให้ผลการทดสอบเกี่ยวกับ ประสิทธิภาพของ interior daylighting panels ในปริมาณเท่านั้น ยังคงขาดการทดสอบในเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการพัฒนาควบคู่กับสภาวะน่าสบายทางสายตาของผู้ใช้อาคารนั้น เช่น การพัฒนาใช้ interior daylighting panels กับห้องที่มีม่านปรับแสง,การพัฒนาใช้ interior daylighting panels ที่คำนึงถึงโอกาสในการเกิดแสงบาดตาประกอบ

4) การศึกษานี้ยังเป็นการเสนอแนวคิดเพียงความคิดขั้นต้นที่ใช้หุ่นจำลองในการทดสอบสมมุติฐานเท่านั้น หากมีโอกาสในการพัฒนานำไปศึกษาประกอบอาคารจริงร่วมกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทดสอบ การพัฒนาวัสดุที่ดี และลงลึกในรายละเอียด เช่น การพัฒนาดวงโคมลักษณะพิเศษและรายละเอียดในการติดตั้งเพื่อนำมาใช้กับ interior daylighting panels ก็จะนำมาซึ่งความรู้และผลการทดลองที่มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้จริงมากขึ้น