



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การออกแบบสภาวะแวดล้อมภายนอกอาคาร เพื่อลดปริมาณความร้อน ที่เกิดจากอุณหภูมิ
เฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT)

Environment design to reduce Heat Impact of Site elements

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2555

จำนวน 150,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายพันธุ์ระวี กองบุญเทียน

ผู้ร่วมโครงการ นายวุฒิกันต์ ประเทรหม

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

27 ธันวาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปี 2555 จนสำเร็จเสร็จสิ้นโครงการ ขอขอบคุณ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการดำเนินการวิจัยงานวิจัยนี้สำเร็จ

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน แนะนำ และเป็นกำลังใจในงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
สารบัญแผนภูมิ	ง
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย	9
ขอบเขตการศึกษาวิจัย	9
ประโยชน์ที่ได้รับ	10
การตรวจเอกสาร	11
อุปกรณ์และวิธีการ	26
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	35
สรุปผลการวิจัย	152
เอกสารอ้างอิง	185
ภาคผนวก	158

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าขั้นต่ำของประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านเปลือกอาคาร

2



สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	แสดงการพัฒนาด้านกายภาพ ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	3
ภาพที่ 2	สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณสนามฟุตบอล	5
ภาพที่ 3	สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณลานหน้าคึกจุฬารักษ์	5
ภาพที่ 4	สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณลานหน้าสารสนเทศ	6
ภาพที่ 5	สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณถนนภายในมหาวิทยาลัย	6
ภาพที่ 6	สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณลานเหล็มจัตุรัส	7
ภาพที่ 7	การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีระหว่างช่วงเวลาในอดีต และช่วงเวลาปัจจุบัน	11
ภาพที่ 8	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2388 และ พ.ศ. 2548	12
ภาพที่ 9	อิทธิพลจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศ	14
ภาพที่ 10	อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทย ที่ส่วนใหญ่อยู่สูงกว่าเขตสบายตลอดทั้งปี	15
ภาพที่ 11	ความแตกต่างของการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและเหมาะสม ทำให้มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายใน	19
ภาพที่ 12	อัตราการดูดซับคาร์บอนในเนื้อไม้	20
ภาพที่ 13	แผนที่แสดงตำแหน่ง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่	26
ภาพที่ 14	แผนผังบริเวณภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่	26
ภาพที่ 15	เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุ Testo 860-T2	31
ภาพที่ 16	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ Nicety TH802A	32
ภาพที่ 17	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) SYTEM 200	33
ภาพที่ 18	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ DIGICON Model: DL-TH-USB	34
ภาพที่ 19	เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ Solar Power Meter รุ่น TES-1333	34
ภาพที่ 20	ลักษณะพื้นผิวดาดแข็งบริเวณลานจอดรถ ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่า อุณหภูมิอากาศ	35
ภาพที่ 21	ลักษณะสนามหญ้าแห้ง หน้าคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	35
ภาพที่ 22	ลักษณะพื้นถนนยางมะคอบบริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยว ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ	37

สารบัญภาพ(ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 23	ลักษณะพื้นสนามหญ้าบริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยวที่มีระดับ อุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ	37
ภาพที่ 24	ลักษณะผิวพื้นซีเมนต์บริเวณหน้าทางเข้าคณะศิลปศาสตร์ ที่แผ่รังสีความร้อนสู่ผู้ใช้ ก่อนเข้าอาคาร	39
ภาพที่ 25	ลักษณะพื้นสนามหญ้าบริเวณคณะศิลปศาสตร์ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิว ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	39
ภาพที่ 26	ลักษณะพื้นซีเมนต์กลางแจ้ง บริเวณคณะเศรษฐศาสตร์ที่มีค่าการสะสม ความร้อนในตัววัสดุสูง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น	41
ภาพที่ 27	ลักษณะพื้นสนามหญ้าบริเวณคณะเศรษฐศาสตร์ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิว ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	41
ภาพที่ 28	แสดงอิทธิพลปริมาณความร้อนจากการสะสมของวัสดุพื้นกับเครื่องยนต์ ส่งผลต่อระดับอุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงขึ้น	43
ภาพที่ 29	แสดงลักษณะสนามหญ้า บริเวณคณะบริหารธุรกิจที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิว ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	43
ภาพที่ 30	ลักษณะพื้นถนนยางมะตอย ที่มีการสะสมความร้อนจากแสงแดดโดยตรง ตลอดทั้งวันส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ	45
ภาพที่ 31	แสดงลักษณะร่มเงาที่ปกคลุมพื้นผิวหญ้าบริเวณคณะผลิตกรรมการเกษตร มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ	45
ภาพที่ 32	ลักษณะพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก (ก.ส.ล.) บริเวณคณะวิทยาศาสตร์ ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ	47
ภาพที่ 33	แสดงลักษณะสนามหญ้า บริเวณคณะวิทยาศาสตร์ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิว ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	47
ภาพที่ 34	แสดงพื้นที่การสะสมความร้อนของผิววัสดุ เป็นบริเวณกว้างทำให้อุณหภูมิ ผิวพื้นบริเวณหน้าคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ	49
ภาพที่ 35	ลักษณะพื้นหญ้าสีเขียว บริเวณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมมีค่า การสะสมความร้อนน้อยจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ	49
ภาพที่ 36	แสดงลักษณะการตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์กับพื้นลาดแจ้ง ทำให้มีการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุและมีอุณหภูมิผิวสูงกว่า อุณหภูมิอากาศ	51

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 37 แสดงการปกคลุมของพื้นที่ร่มเงาที่ลดการตกกระทบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ทำให้ระดับอุณหภูมิพื้นผิวดินและหญ้าต่ำกว่าระดับอุณหภูมิอากาศ	51
ภาพที่ 38 แสดงพื้นที่การสะสมความร้อนของผิววัสดุ เป็นบริเวณกว้างทำให้อุณหภูมิผิวพื้นบริเวณหน้าคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ	53
ภาพที่ 39 ลักษณะพื้นหญ้าสีเขียว บริเวณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	53
ภาพที่ 40 แสดงลักษณะพื้นคอนกรีต ที่มีค่าการสะสมความร้อนในตัววัสดุสูง ทำให้อุณหภูมิผิวพื้นบริเวณหน้าคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ	55
ภาพที่ 41 แสดงลักษณะสนามหญ้า บริเวณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ	55
ภาพที่ 42 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล A คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	59
ภาพที่ 43 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล B คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	62
ภาพที่ 44 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล C คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	65
ภาพที่ 45 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล D คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	68
ภาพที่ 46 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล E คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	71
ภาพที่ 47 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล F คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	74
ภาพที่ 48 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล G คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	77
ภาพที่ 49 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล H คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้	80

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

[illegible]

สารบัญภาพ(ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 63	แสดงสภาพท้องฟ้าวันที่เก็บข้อมูล มีอุณหภูมิผิวท้องฟ้าเฉลี่ย -10.9°C ณ วันที่ 28 พฤศจิกายน 2556 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	122
ภาพที่ 64	แสดงประเภทผิววัสดุคอนกรีตกับผิววัสดุหิน ที่ส่งผลต่อ การเกิดปริมาณความร้อน	131
ภาพที่ 65	แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งภายในมหาวิทยาลัย วันที่ 30 พฤศจิกายน 2556 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	139
ภาพที่ 66	แสดงสภาพท้องฟ้าวันที่เก็บข้อมูล วันที่ 30 พฤศจิกายน 2556 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	139
ภาพที่ 67	แสดงสภาพพื้นดินโคดแคด บริเวณหน้าตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	140
ภาพที่ 68	แสดงสภาพพื้นดินในร่ม บริเวณลานปีบตึกภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	140
ภาพที่ 69	แสดงสภาพพื้นหญ้าโคดแคด บริเวณสนามฟุตบอล ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	143
ภาพที่ 70	แสดงสภาพพื้นหญ้าในร่ม บริเวณสวนหย่อม ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	143
ภาพที่ 71	แสดงสภาพพื้นคอนกรีตโคดแคด บริเวณลานหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	146
ภาพที่ 72	แสดงสภาพพื้นคอนกรีตในร่ม บริเวณทางเข้าตึกภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	146
ภาพที่ 73	แสดงสภาพพื้นแหล่งน้ำโคดแคด บริเวณแหล่งน้ำหน้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	149
ภาพที่ 74	แสดงสภาพพื้นแหล่งน้ำในร่ม บริเวณแหล่งน้ำคณะผลิตกรรมการเกษตร ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	149

สารบัญแผนภูมิ

		หน้า
แผนภูมิที่ 1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ที่ระดับความสูง 0.45 ม. ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้	7
แผนภูมิที่ 2	แสดงเขตสบายและเทคนิคการปรับแต่งสภาพภูมิอากาศ นอกเขตสบายในแต่ละโซน	8
แผนภูมิที่ 3	แสดงเขตสบายและเทคนิคการปรับแต่งสภาพภูมิอากาศ นอกเขตสบายในแต่ละโซน	13
แผนภูมิที่ 4	แสดงแผนผังการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย	27
แผนภูมิที่ 5	แสดงแผนผังการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในคณะ	29
แผนภูมิที่ 6	แสดงตำแหน่งแผนผังภายในคณะ	29
แผนภูมิที่ 7	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิดบริเวณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	36
แผนภูมิที่ 8	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	36
แผนภูมิที่ 9	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยว ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	38
แผนภูมิที่ 10	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะพัฒนาการท่องเที่ยว ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	38
แผนภูมิที่ 11	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิดบริเวณคณะศิลปศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	40
แผนภูมิที่ 12	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะศิลปศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	40
แผนภูมิที่ 13	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิดบริเวณคณะเศรษฐศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	42
แผนภูมิที่ 14	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะเศรษฐศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	42
แผนภูมิที่ 15	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะบริหารธุรกิจ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	44

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

		หน้า
แผนภูมิที่ 16	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะบริหารธุรกิจ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	44
แผนภูมิที่ 17	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะผลิตกรรมการเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	46
แผนภูมิที่ 18	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะผลิตกรรมการเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	46
แผนภูมิที่ 19	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิดบริเวณคณะวิทยาศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	48
แผนภูมิที่ 20	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	48
แผนภูมิที่ 21	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	50
แผนภูมิที่ 22	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	50
แผนภูมิที่ 23	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	52
แผนภูมิที่ 24	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	52
แผนภูมิที่ 25	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	54
แผนภูมิที่ 26	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	54
แผนภูมิที่ 27	แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ แต่ละชนิด บริเวณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	56
แผนภูมิที่ 28	แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่	56

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

		หน้า
แผนภูมิที่ 29	แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง A ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	60
แผนภูมิที่ 30	แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง A ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	60
แผนภูมิที่ 31	แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์กับโซนสบาย ตำแหน่ง A ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	61
แผนภูมิที่ 32	แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง B ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	63
แผนภูมิที่ 33	แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง B ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	63
แผนภูมิที่ 34	แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์กับโซนสบาย ตำแหน่ง B ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	64
แผนภูมิที่ 35	แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง C ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	66
แผนภูมิที่ 36	แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง C ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	66
แผนภูมิที่ 37	แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ กับโซนสบาย ตำแหน่ง C ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	67
แผนภูมิที่ 38	แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง D ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	69
แผนภูมิที่ 39	แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง D ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	69
แผนภูมิที่ 40	แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ กับโซนสบาย ตำแหน่ง D ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	70
แผนภูมิที่ 41	แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง E ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	72
แผนภูมิที่ 42	แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง E ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	72

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 85 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์กับไชนสบาย ตำแหน่ง S ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	115
แผนภูมิที่ 86 แสดงระดับแนวโน้มนอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง T ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	117
แผนภูมิที่ 87 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง T ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	117
แผนภูมิที่ 88 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์กับไชนสบาย ตำแหน่ง T ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	118
แผนภูมิที่ 89 แสดงระดับแนวโน้มนอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง U ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	120
แผนภูมิที่ 90 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง U ตลอด 18 ชั่วโมง ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	120
แผนภูมิที่ 91 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์กับไชนสบาย ตำแหน่ง U ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555	121
แผนภูมิที่ 92 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง A ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	123
แผนภูมิที่ 93 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง B เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	123
แผนภูมิที่ 94 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง C เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	124
แผนภูมิที่ 95 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง D เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	124
แผนภูมิที่ 96 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง E เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	125

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

หน้า

[illegible]

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 106 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง O เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555	130
แผนภูมิที่ 107 เปรียบเทียบอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ต่อการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตำแหน่ง A-H ระหว่างช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ของเดือนตุลาคม 2555	132
แผนภูมิที่ 108 เปรียบเทียบอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ต่อการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตำแหน่ง I-O ระหว่างช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ของเดือนตุลาคม 2555	133
แผนภูมิที่ 109 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature) ขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง A-O กับอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)	136
แผนภูมิที่ 110 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นดิน โคนแดดและพื้นดินในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	141
แผนภูมิที่ 111 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นดินกับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	141
แผนภูมิที่ 112 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวดิน ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	142
แผนภูมิที่ 113 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นหญ้า โคนแดดและพื้นหญ้าในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	144
แผนภูมิที่ 114 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นหญ้ากับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	144
แผนภูมิที่ 145 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวหญ้า ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	145
แผนภูมิที่ 146 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีต โคนแดดและ พื้นคอนกรีตในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	147
แผนภูมิที่ 147 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตกับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	147
แผนภูมิที่ 148 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวคอนกรีต ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	148

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 149 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นน้ำ โคนแดดและพื้นน้ำในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	150
แผนภูมิที่ 150 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นน้ำกับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	150
แผนภูมิที่ 151 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวพื้นน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	151
แผนภูมิที่ 152 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุที่ร้อนที่สุด ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	152
แผนภูมิที่ 153 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุที่เย็นที่สุด ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่	153
แผนภูมิที่ 154 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ โดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ช่วงเวลาโคนแดด	154
แผนภูมิที่ 155 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุ โดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ช่วงเวลาในร่ม	155

การออกแบบสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร เพื่อลดปริมาณความร้อน ที่เกิดจากอุณหภูมิ เฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT)

Environment design to reduce Heat Impact of Site elements

พันธุ์ระวี กองบุญเทียม¹ และ วุฒิกานต์ ประพรหม¹

Punravee Kongboontiam¹ and Wuttigarn Puraprom¹

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกิดจากการกำหนดทิศทางการพัฒนามหาวิทยาลัยเชียงใหม่อย่างยั่งยืน ที่เน้นการลดอุณหภูมิอากาศระดับ Micro Climate โดยมีวัตถุประสงค์ คือ ศึกษาอิทธิพลความร้อนที่เกิดจากองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง และหาความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย

จากการศึกษาพบว่า อิทธิพลความร้อนจากองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุระนาบพื้นในลักษณะทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์มากที่สุด โดยวัสดุผิวพื้นที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนมากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ คอนกรีต หญ้าแห้ง ดิน และน้ำ ตามลำดับ ตัวแปรจากอิทธิพลของร่มเงาสามารถสกัดกั้นปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้ มากกว่าร้อยละ 80 ฉะนั้น อิทธิพลของร่มเงาและประเภทผิววัสดุ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศระดับ Micro Climate

แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย ต้องสร้างพื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ให้มากที่สุด เพื่อสกัดกั้นปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบวัสดุอาคารแข็ง จำพวกคอนกรีตและยางมะตอย ส่วนพื้นที่โดนแดด กำหนดให้เป็นวัสดุอาคารอ่อน จำพวกพื้นดินและแหล่งน้ำ เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวจะสามารถลดอิทธิพลการเกิดความร้อนจากองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายในมหาวิทยาลัยได้

คำสำคัญ: สภาพแวดล้อม องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง อุณหภูมิอากาศ

Abstract

This research is a response to the developing Green University and Sustainable movement, which concentrates on reducing air temperature on the microclimate level. The research objectives are to 1) study heat effect of site elements and 2) study their relationship with air temperature. The results will be used to create a design guideline for university environment.

The study found heat site elements impact is the most severe from heat radiation from temperature surface of material within the environment that is perpendicular to sunlight. Site elements with significant heat capacity –ranged from highest to lowest –are concrete, dry grass, bare earth, and water. However, shades can reduce the sun's influence by more than 80%.

Therefore, the University's environment should be designed to have large shaded areas cover hardscape of site elements, such as concrete and asphalt, and prevent them from being exposed to direct sunlight. While areas with softscape of site elements, such as water and earth can be more exposed to the sun. This design guideline can substantially reduce heat impact from site elements.

Keyword : Environment Site Elements Air Temperature

คำนำ

ปัจจุบันการพัฒนาศักยภาพของมหาวิทยาลัยแม่โจ้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านคุณภาพของบุคลากร คณาจารย์และนักศึกษา ที่มีปริมาณสัดส่วนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทางด้านกายภาพโดยรวมของมหาวิทยาลัยที่จะต้องรองรับจำนวนบุคลากร ไม่ว่าจะเป็นอาคารสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

เนื่องด้วยแผนการพัฒนาด้านกายภาพดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของบุคลากรและนักศึกษาภายในรั้วมหาวิทยาลัย ซึ่งการพัฒนาทางด้านกายภาพโดยรวมของมหาวิทยาลัย ยังไม่มีนโยบายในการรองรับปัญหาปริมาณความร้อนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังเห็นได้จากปริมาณการลดลงของสัดส่วนพื้นที่สีเขียว (Soft scape) ถูกแทนที่ด้วยพื้นที่ลาดแข็ง (Hard scape) ซึ่งส่งผลให้การตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุ เกิดปรากฏการณ์สะสมความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศโดยรอบเพิ่มสูงขึ้นเกินกว่า “สถานะน่าสบาย” ของมนุษย์ และความร้อนจากสถานะแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อสภาวะการทำงาน การเรียน การสอนของบุคลากร คณาจารย์และนักศึกษาในมหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 แสดงการพัฒนาด้านกายภาพ ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ความสบายด้านความรู้สึกร้อนหนาว (Thermal comfort) หมายถึง ความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมด้านความรู้สึกร้อนหนาวที่สภาพแวดล้อมในอาคารทำหน้าที่ควบคุมให้อยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว สภาวะที่พึงพอใจอาจอธิบายว่าเป็นสภาวะที่คนไม่มีความรู้สึกร้อนหรือหนาวเกินไป (America Society of Heating Refrigeration and Air Condition Engineering [ASHRAE], 2001; สุนทร บุญญาธิการ, 2542) และสภาวะนี้ถูกกำหนดเป็นช่วงหรือขอบเขตของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของคนในสภาพร่างกายปกติ ประกอบด้วย

1. อุณหภูมิอากาศ (air temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) หรือความดันของไอน้ำในอากาศ (water vapour pressure in ambient air)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature; MRT) หรือการแผ่รังสีจากสภาพแวดล้อม (radiation)
4. ความเร็วลม (air velocity) หรือการเคลื่อนไหวของอากาศ (air movement)
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-value) หรือค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (thermal resistance of the cloth)
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (metabolism rates) หรือระดับของกิจกรรม (activity level) หรือ การผลิตความร้อนในร่างกาย (heat production in the body) ขึ้นอยู่กับกิจกรรม

(Fanger, 1970; Olgyay, 1973; สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ตัวแปรทั้ง 6 ตัวแปรสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตัวแปรคือตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม และตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับบุคคล ได้แก่ เสื้อผ้าที่สวมใส่ อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

จากการศึกษา พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะการทำงานของมนุษย์ในเขตสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) ที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย 4 ปัจจัยสำคัญ คือ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความเร็วลม ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ จะมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวมากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 % (ชนิด จินดาฉนิค)

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ระดับความสูง 0.45 เมตร เวลา 12.00 น. เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความต่างของอุณหภูมิบริเวณลานเหล็มจัตุรัสสูงขึ้นไป 2 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิบริเวณสนามฟุตบอลลดลง 1 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย



ภาพที่ 2 สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณสนามฟุตบอล



ภาพที่ 3 สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณลานหน้าตึกจุฬารักษ์



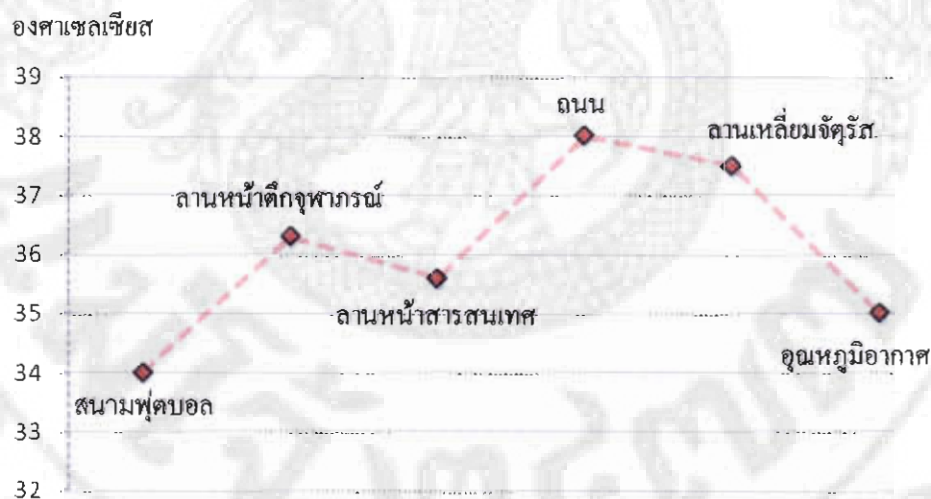
ภาพที่ 4 สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณลานหน้าสารสนเทศ



ภาพที่ 5 สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณถนนภายในมหาวิทยาลัย



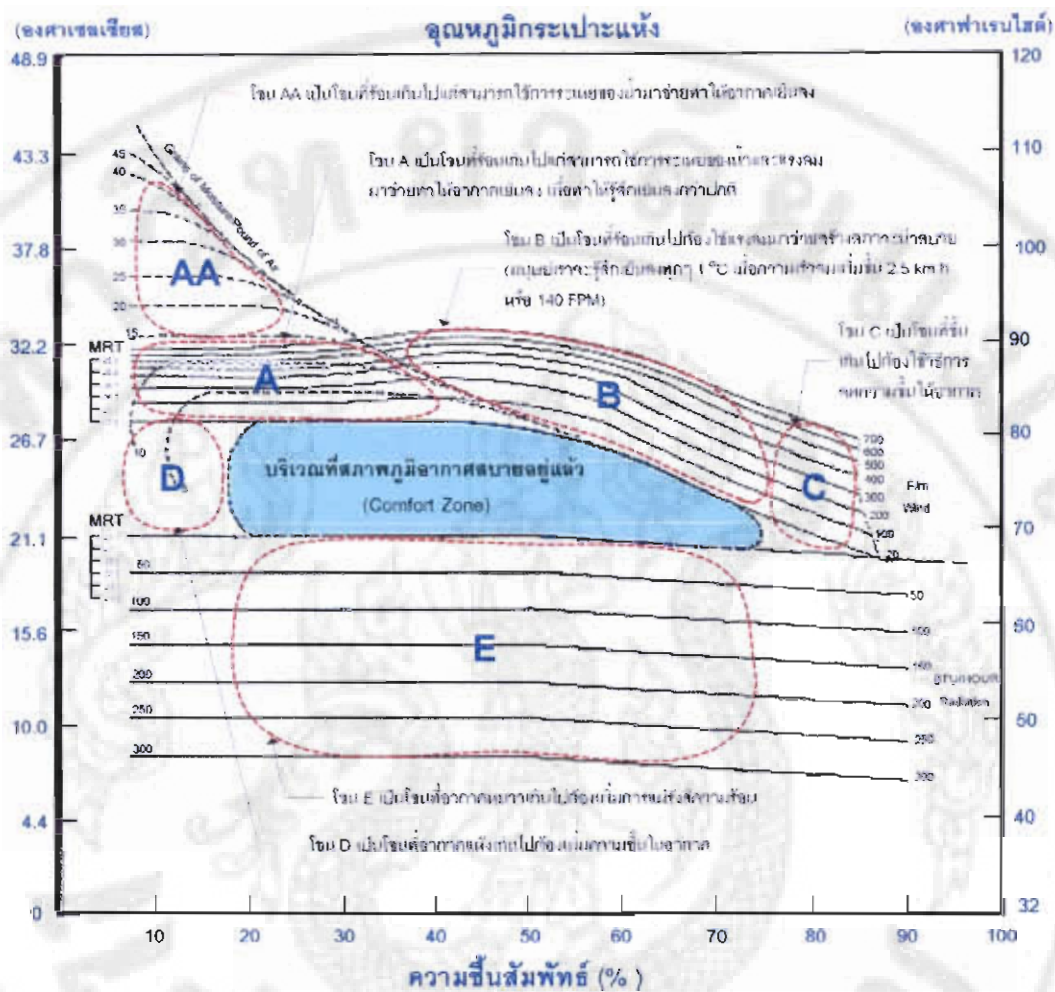
ภาพที่ 6 สถานที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ บริเวณลานเหล็มจัตุรัส



แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ
ที่ระดับความสูง 0.45 ม. ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การกำหนดขอบเขตของเขตสบาย (Comfort zone) ใช้แผนภูมิไบโอไคลเมติก (bioclimatic chart) (Olgay, 1973) ซึ่งเป็นแผนภูมิที่แสดงขอบเขตด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ในกรณีความเร็วลมค่อนข้างสงบ อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังเท่ากัน การแต่งกายเป็นแบบลำลอง บุคคลอยู่ในอิริยาบถสบาย ๆ เขตสบายจะถูกกำหนดด้วยอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส
2. ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 2 แสดงเขตสบายและเทคนิคการปรับแต่งสภาพภูมิอากาศ
นอกเขตสบายในแต่ละโซน (สุนทร บุญญาริการ, 2542: 39)

แผนภูมิไบโอไคลเมติกสามารถใช้เป็นเครื่องมืออธิบายเทคนิคการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อให้สภาพอากาศที่อยู่นอกเขตสบายถูกปรุงแต่งให้มีความรู้สึกเหมือนอยู่ในเขตสบายได้ ดังที่แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 2-1 พบว่าตัวแปรความเร็วลมสามารถทำให้สภาพอากาศที่อยู่ในโซน บี ที่มีลักษณะร้อนและชื้นมากเกินไป รู้สึกเหมือนเข้าสู่เขตสบายได้ และสภาพอากาศในโซน เอ และโซน บี ที่อยู่สูงกว่าเขตสบายสามารถใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโดยรอบที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศช่วยทำให้สภาพอากาศดังกล่าวรู้สึกเหมือนอยู่ในเขตสบายได้ โดยการทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนด้วยการแผ่รังสีสู่สภาพแวดล้อม

อุณหภูมิพื้นผิวโดยเฉลี่ยจึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ที่มาจากการสะสมความร้อนของวัสดุพื้นผิวที่เกิดจากการตกกระทบของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิด จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า k) ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะ ขนาดและประเภทของวัสดุ ทั้งนี้ พื้นที่บริเวณลานคอนกรีตหน้าตึกจุฬารัตน์ คณะวิทยาศาสตร์หรือลานสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าพื้นที่หญ้ากลางสนามฟุตบอล ส่งผลรวมให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบสูง (MRT)

ในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวนั้นกระทำได้โดยการใช้ค่า Mean Radius Temperature (MRT) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของทุกพื้นผิวโดยรอบคูณด้วยมุมกระทำ (Solid Angle) ของขอบพื้นที่ผิวนั้นๆ ณ จุดที่ทำการวัด (อ้างอิง : ธนิต จินดาวงศ์) ซึ่งปริมาณความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่เกิดจากการพัฒนาทางด้านกายภาพรวมถึงผังแม่บทของมหาวิทยาลัย ส่งผลทำให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในมหาวิทยาลัยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาอิทธิพลความร้อนที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements)
2. ศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
3. สร้างแนวทางการออกแบบ (Design Guideline) องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) เพื่อลดอุณหภูมิอากาศในระดับ Micro Climate

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

ด้านเนื้อหา

1. มุ่งเน้นศึกษาตัวแปรสถานะแวดล้อมในการลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากระนาบพื้น (Ground floor) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ
2. วัดผลเป็นค่าอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยการจำลองหรือคำนวณค่าจากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวพื้นขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งกับอุณหภูมิอากาศ
3. ตัวแปรแหล่งกำเนิดความร้อนหลัก คือ ปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun)

ด้านพื้นที่

1. ศึกษาตัวแปรสภาพแวดล้อมโดยรอบภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงแหล่งปริมาณความร้อนสูงสุดและต่ำสุดภายในมหาวิทยาลัยฯ ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ
2. ทราบถึงตัวแปรสภาวะแวดล้อม ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
3. แนวทางและหลักการในการออกแบบสร้างสรรค์สภาวะแวดล้อม เพื่อคุณภาพการอยู่อาศัยของบุคลากร คณาจารย์และนักศึกษา
4. เป็นแนวทางในการวางแผนผังแม่บทของมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University)
5. ตอบสนองนโยบายการพัฒนาของมหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน
6. ตอบสนองเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานในประเทศไทย
7. เป็นแบบอย่างและอัตลักษณ์ความเป็นผู้นำทางด้านการเกษตร ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย : กลุ่มผู้บริหาร บุคลากร คณาจารย์ และนักศึกษา ม. แม่โจ้

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

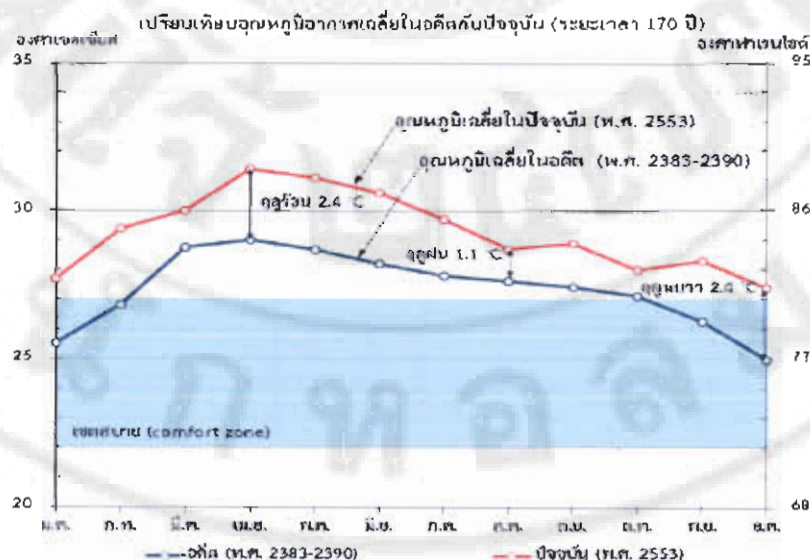
ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย

- | | |
|--|-----------------|
| 1. เครื่องมือวัดระดับอุณหภูมิอากาศ | จำนวน 3 เครื่อง |
| 2. เครื่องมือวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ | จำนวน 3 เครื่อง |
| 3. เครื่องวัดอุณหภูมิผิวระยะไกล | จำนวน 3 เครื่อง |
| 4. เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ | จำนวน 1 เครื่อง |
| 5. อุปกรณ์สิ้นเปลืองสำนักงานสำหรับทำเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง | |

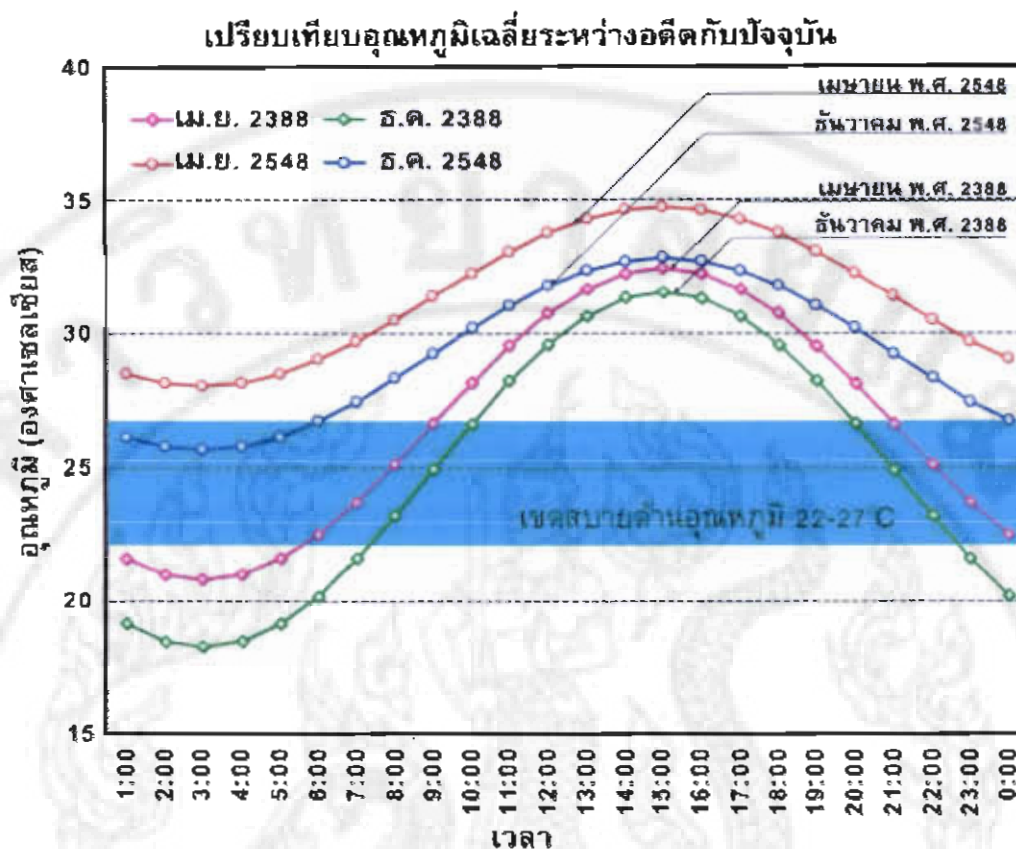
การตรวจเอกสาร

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม

ปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันส่งผลเกี่ยวเนื่องต่อคุณภาพชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ เห็นได้ชัดจากอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในอดีต (Bowring, 1969) กับปัจจุบัน (ระยะ 170 ปี) พบว่ามีค่าอุณหภูมิสูงกว่าในอดีตถึงประมาณ 2-4 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 1-8 และอุณหภูมิเฉลี่ยในปัจจุบันทุกฤดูกาลมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิในเขตสบาย (comfort zone) ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมแก่การใช้ชีวิตในภาวะปกติ ผู้คนในปัจจุบันจึงไม่ยอมออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร อีกทั้งกิจกรรมในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่คือ การนั่งทำงานที่โต๊ะยังทำให้มีการเผาผลาญพลังงานต่ำกว่าผู้คนในอดีตมาก ดังนั้นความเจ็บปวดและปัญหาสุขภาพจึงเพิ่มมากขึ้น ด้วยโรคร้ายหลายโรค โดยเฉพาะกลุ่มโรคไม่ติดต่อ (NCD) เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมอง และโรคหัวใจขาดเลือด เป็นต้น การออกแบบสภาพแวดล้อมให้มีสภาพน่าสบายจึงสามารถบรรเทาปัญหาสุขภาพได้ในเบื้องต้น การออกแบบสภาพแวดล้อมและอาคารที่พักอาศัยจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เอื้อต่อการออกกำลังกายแบบแผ่วเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มนุษย์ใช้ชีวิตส่วนใหญ่อยู่ภายในอาคารและกิจกรรมส่วนมากที่ทำ คือ กิจกรรมการเดิน ซึ่งการออกกำลังกายโดยการเดินถือเป็นการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับคนทุกเพศทุกวัย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีระหว่างช่วงเวลาในอดีตและช่วงเวลาปัจจุบัน



ภาพที่ 8 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2388 และ พ.ศ. 2548
(สุนทร บุญญาธิการ และวรสันต์ บุรณากาญจน์, 2553)

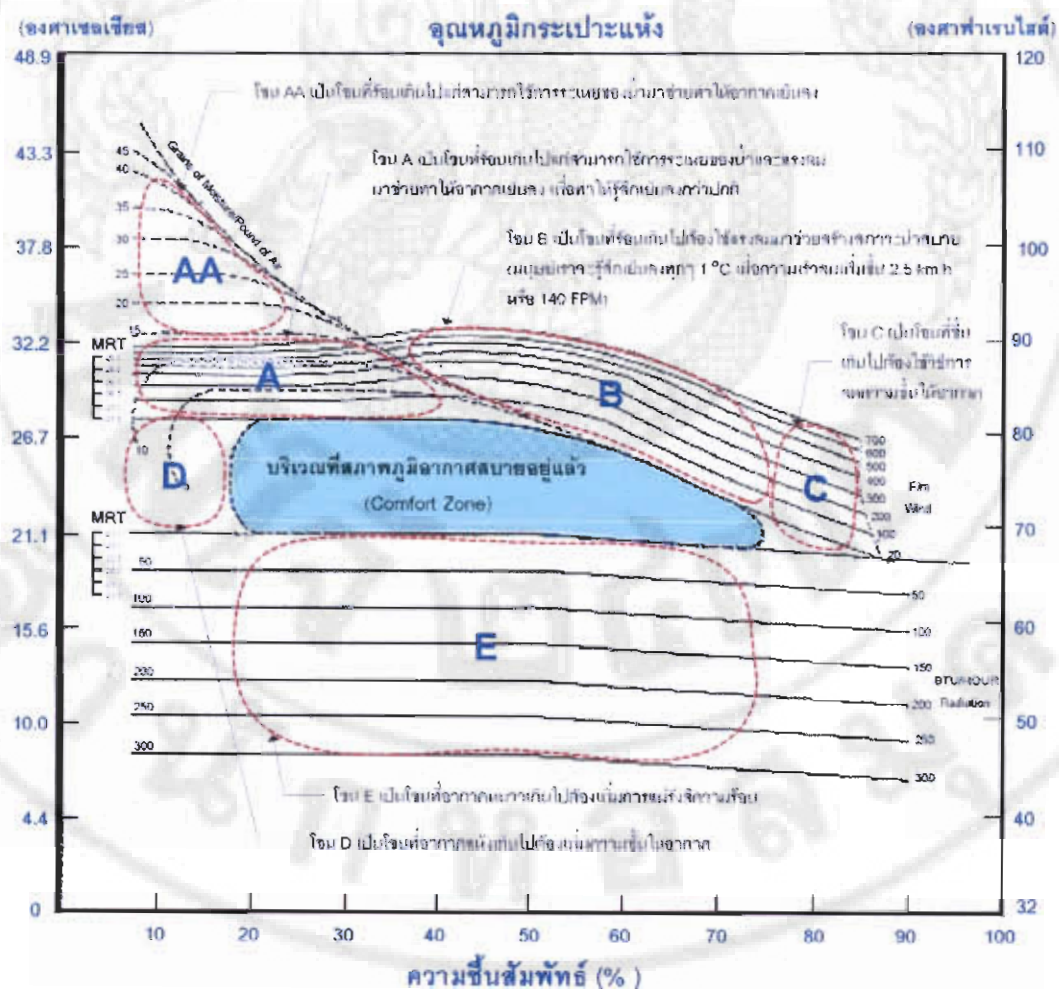
ผลกระทบทางด้านสภาวะแวดล้อมในประเทศไทยปรากฏไปในทางเดียวกับปัญหาระดับโลก จากภาพที่ 1-9 ที่แสดงอุณหภูมิอากาศประเทศไทยเฉลี่ยรายชั่วโมงเปรียบเทียบในอดีตปี พ.ศ. 2388 และในเวลาใกล้เคียงปัจจุบัน พ.ศ. 2548 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นจนอยู่นอกเขตสบายด้านอุณหภูมิเกือบตลอดเวลา

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบสภาพแวดล้อมให้ร่มรื่นร่มเย็นจนอยู่ในสภาวะเข้าใกล้เขตสบาย ได้แก่ การลดพื้นที่ผิวที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ การใช้การระเหยของน้ำเพื่อลดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมโดยรอบ การใช้กระแสน้ำเย็นพัดพาแทนที่อากาศร้อนให้ลอยตัวสู่ชั้นบรรยากาศ การแผ่รังสีของสภาพแวดล้อมที่เย็นและการใช้มวลสารกักเก็บความเย็น

2. สภาวะน่าสบาย

การกำหนดขอบเขตของเขตสบาย (Comfort zone) ใช้แผนภูมิไบโอไคลเมติก (bioclimatic chart) (Olgay, 1973) ซึ่งเป็นแผนภูมิที่แสดงขอบเขตด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ในกรณีความเร็วลมค่อนข้างสงบ อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังเท่ากัน การแต่งกายเป็นแบบลำลอง บุคคลอยู่ในอิริยาบถสบาย ๆ เขตสบายจะถูกกำหนดด้วยอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส
2. ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์

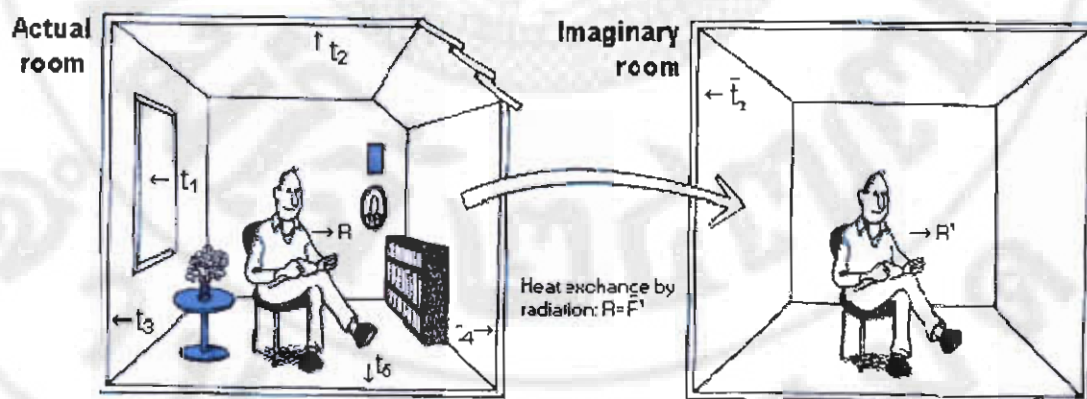


แผนภูมิที่ 3 แสดงเขตสบายและเทคนิคการปรับแต่งสภาพภูมิอากาศ
นอกเขตสบายในแต่ละโซน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 39)

แผนภูมิใบโอโคเลเมติกสามารถใช้เป็นเครื่องมืออธิบายเทคนิคการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อให้สภาพอากาศที่อยู่นอกเขตสบายถูกปรุงแต่งให้มีความรู้สึกเหมือนอยู่ในเขตสบายได้ ดังที่แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 2-1 พบว่าตัวแปรความเร็วลมสามารถทำให้สภาพอากาศที่อยู่ในโซน บี ที่มีลักษณะร้อนและชื้นมากเกินไป รู้สึกเหมือนเข้าสู่เขตสบายได้ และสภาพอากาศในโซน เอ และ โซน บี ที่อยู่สูงกว่าเขตสบายสามารถใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโดยรอบที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศช่วยให้สภาพอากาศดังกล่าว รู้สึกเหมือนอยู่ในเขตสบายได้ โดยการทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนด้วยการแผ่รังสีสู่สภาพแวดล้อม

อุณหภูมิพื้นผิวโดยเฉลี่ยจึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ที่มาจากการสะสมความร้อนของวัสดุพื้นผิวที่เกิดจากการตกกระทบของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิด จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า k) ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะ ขนาดและประเภทของวัสดุ ทั้งนี้ พื้นที่บริเวณลานคอนกรีตหน้าตึกจุฬารักษ์ คณะวิทยาศาสตร์หรือลานสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าพื้นหญ้ากลางสนามฟุตบอล ส่งผลรวมให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบสูง (MRT)

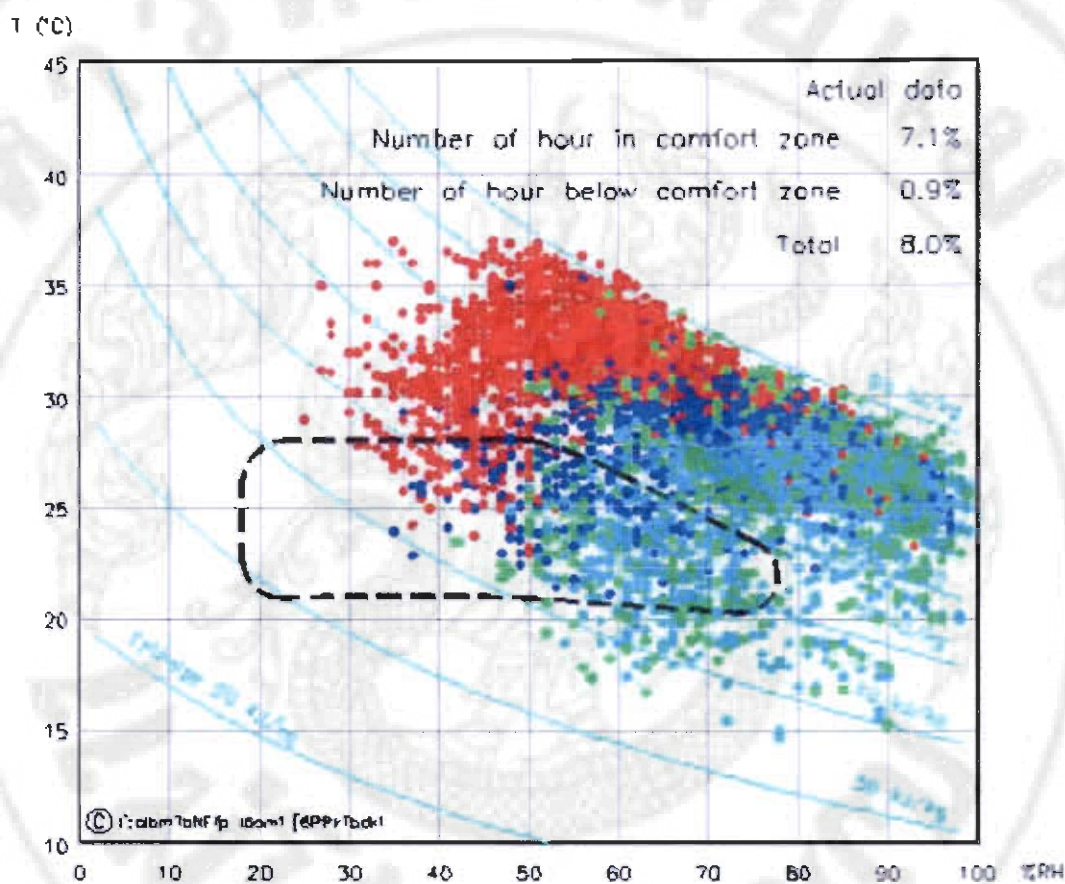
ในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวนั้นกระทำได้โดยการใช้ค่า Mean Radius Temperature (MRT) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของทุกพื้นผิวโดยรอบคูณด้วยมุมกระทำ (Solid Angle) ของขอบพื้นที่ผิวนั้นๆ ณ จุดที่ทำการวัด (อ้างอิง : ธนิต จินดาวงศ์) ซึ่งปริมาณความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบจะส่งผลทำให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศเพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 9 อิทธิพลจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
(Innova Air tech Instrument, 1997)

3. องค์ประกอบของสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย

จากการศึกษาของ สุนทร บุญญาธิการ และวรสิทธิ์ บุรณากาญจน์ ในโครงการออกแบบเพื่อกายภาพบำบัดและสร้างดัชนีระบบนิเวศ พบว่าองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายและการประหยัดพลังงานในอาคาร



ภาพที่ 10 อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทย
ที่ส่วนใหญ่อยู่สูงกว่าเขตสบายตลอดทั้งปี (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกให้อ่อนแอวยต่อการประหยัดพลังงาน โดยการใช้ปัจจัยธรรมชาติมาช่วยปรุงแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร (micro-climate) ให้เย็นกว่าสภาพภูมิอากาศทั่วไป (climate) ปัจจัยที่จะนำมาปรุงแต่งนี้ก็คือ ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้งอาคาร (site elements) ปัจจัยธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ ดันไม้รัศมีต่างๆ พืชคลุมดิน พื้นดิน วัสดุคลุมผิวดินและแหล่งน้ำ เป็นต้น

3.1 การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่

ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยนั้น การมีต้นไม้ขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นไม้ช่วยลดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมโดยรอบด้วยการดูดเอาน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบ การเกิดการระเหยของน้ำจะดึงพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมจึงช่วยลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม นอกจากนี้แล้วต้นไม้ยังช่วยสร้างร่มเงาให้แก่อาคารและพื้นผิววัสดุในบริเวณ โดยรอบและช่วยปรับแต่งทิศทางลมเพื่อสร้างความรู้สึกลงได้

3.2 การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมในระดับที่ต่ำลงมาจากพุ่มใบของต้นไม้ใหญ่คือ การใช้พืชคลุมดิน โดยเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศและจะทำให้ดินบริเวณนั้นเย็น การสร้างพื้นผิวที่เย็นนี้ นอกจากจะทำให้ลมที่พัดผ่านมาเย็นลงแล้ว ยังทำให้เกิดผิวของสภาพแวดล้อมที่เย็นเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบาย เนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวกายกับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่าอีกด้วย

3.3 การใช้ประโยชน์จากวัสดุปลูกผิวดิน

นอกจากการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดินแล้ว การเลือกใช้วัสดุปลูกผิวดินที่เหมาะสมก็จะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้นั้น โดยควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนสูง หรือเป็นวัสดุที่สามารถนำน้ำจากใต้ดินมาระเหยเป็นไอน้ำได้ดี และควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีสีเข้มและมีค่าการดูดความร้อนสูงและปล่อยให้พื้นผิวเหล่านั้นโดนแดด เช่น ฝ้ายางมะคอย โดยเฉพาะในที่ที่มีลมพัดผ่าน เพราะจะทำให้เกิดการดูดซับความร้อนไว้มาก การเลือกใช้ผิวหญ้าใต้ต้นไม้เพื่อให้ร่มเงาจึงจะเป็นการช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า

3.4 ดินและการใช้ประโยชน์จากดิน

ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินประมาณ 26-27 องศาเซลเซียส ที่ระดับความลึก 0.60 เมตรจากผิวดิน การใช้ประโยชน์จากดินอย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องมีการปรับปรุงสภาพของดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุดก่อน การปรับสภาพของดินดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของต้นไม้ที่ใช้ผสมผสานกับการทำให้ดินเปียกเพื่อเพิ่มความจุความร้อน (heat capacity) ให้กับดินและมีกระแสลมพัดผ่านเพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำ การใช้ต้นไม้ พืชคลุมดิน ที่มีลมพัดผ่านได้พุ่มใบเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น ถ้าสามารถทำปรับสภาพของดินได้อย่างเหมาะสมโดยใช้วิธีการต่างๆ ข้างต้นแล้วจะเป็นผลทำให้อุณหภูมิของดินเย็นลงมาก จนอาจทำให้ดินมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกได้

3.5 การใช้ประโยชน์จากลม

การใช้ประโยชน์จากลมสำหรับภูมิภาคร้อนชื้น ต้องทำให้ลมร้อนจากสภาพแวดล้อมพัดผ่านบริเวณที่เย็นก่อนที่จะพัดเข้าสู่ตัวอาคาร เช่น ใต้ร่มไม้ หรือใกล้ระดับผิวดิน ซึ่งจะทำให้ภายในอาคารได้รับอากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงจากสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวถึงแม้จะทำให้ได้อากาศที่เย็นลง แต่ก็ยังเป็นอากาศที่มีความชื้นสูงมาก ถ้ามีการนำเอาอากาศดังกล่าวเข้ามาในอาคารที่มีการปรับอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศก็จะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี เนื่องจากปริมาณความชื้นในอากาศนั้นสูงเกินไป จากการศึกษาพบว่า การนำเอาอากาศร้อนและแห้งเข้ามาในระบบปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานงานได้มากกว่า การใช้ลมเพื่อปิดเปิดการกักขังความร้อนที่ระดับดิน ลักษณะของรั้วอาคารควรมีลักษณะโปร่งลมสามารถพัดผ่าน และนำพาเอาความร้อนออกไปจากภายในบริเวณอาคาร นอกจากนี้ยังอาศัยการใช้ต้นไม้สูงและการใช้เนินดิน เพื่อบังคับทิศทางของลม ให้สามารถพัดเอาความร้อนผ่านออกจากที่ตั้งอาคารได้

3.6 การใช้ประโยชน์จากความลาดเอียงของพื้นดิน

พื้นที่ที่ต้องการพื้นดินเย็นหากไม่มีต้นไม้หรือร่มเงาปกคลุม อาจใช้วิธีปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้รับแสงน้อยลงในเวลากลางวัน ในเขตซีกโลกเหนือการทำให้พื้นดินเอียงไปด้านทิศเหนือจะทำให้รับแสงแดดเฉลี่ยตลอดปีน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินในระนาบปกติ และพื้นดินที่เอียงไปทางด้านทิศใต้ แนวความคิดนี้จะตรงกันข้ามกับประเทศเมืองหนาวซึ่งต้องการให้สภาพแวดล้อมรอบอาคารร้อนกว่าปกติ โดยการใช้พื้นดินที่ลาดเอียงไปด้านทิศใต้ (south slope) พบนอกกับวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูงเป็นสิ่งที่พึงปรารถนาสำหรับเมืองหนาว แต่สำหรับประเทศไทยต้องการให้สภาพแวดล้อมเย็นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นความลาดเอียงของพื้นดินหากสามารถทำได้จึงควรลาดเอียงไปด้านทิศเหนือ (north slope) จะเหมาะสมกว่ามาก จึงควรใช้วัสดุผิวดินจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้คอนกรีต คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือถนนลาดยาง อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถปรับความลาดเอียงของพื้นดินตามความต้องการได้ ทางออกหนึ่งก็คือ การใช้ต้นไม้หรือพืชคลุมดินช่วยสร้างร่มเงาให้กับพื้นผิวดินให้ได้รับแสงแดดน้อยที่สุด

นอกจากนี้แล้วความลาดเอียงของพื้นดินยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะปรับแต่งทิศทางลมให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ ในกรณีนี้อาจใช้ความลาดเอียงของพื้นดินเป็นตัวควบคุมให้กระแสลมถูกปรับเปลี่ยนแนวให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางซึ่งจะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงหรือเพิ่มความเร็วลมได้

3.7 การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างความเย็น ให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยการให้กระแสลมพัดผ่านบริเวณผิวหน้าของน้ำที่เย็นและแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศนั้นนำเข้ามาภายในอาคาร แต่มีข้อควรระวังในเรื่องของความชื้นที่มากับลมด้วยจะพบว่าเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำในระยะทางที่ยาวเพียงพอ อุณหภูมิอากาศค่อยๆ เย็นลงไปพร้อมกับความชื้นที่เพิ่มขึ้น ผลที่ได้ก็คือ อากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงกว่าเดิมแต่มีความชื้นเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น อากาศที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 50 เมื่อพัดผ่านพื้นน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส ในบริเวณกว้าง จะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่พัดผ่านแหล่งน้ำนั้นมีอุณหภูมิลดต่ำลงได้ถึง 3 องศาเซลเซียส หรือ อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ในขณะที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 58

ผลการศึกษาในระยะที่ 1 และ 2 พบว่าหากปรับปรุงแต่งสภาพแวดล้อมอย่างถูกต้องสามารถช่วยลดอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมได้ประมาณ 3 องศาเซลเซียส แต่หากทำไม่ถูกต้องจะทำให้อุณหภูมิในสภาพแวดล้อมสูงขึ้น 4 องศาเซลเซียส ซึ่งความแตกต่างระหว่างสภาพแวดล้อมที่ปรุงแต่งอย่างเหมาะสมและไม่เหมาะสมจะมีความแตกต่างกันถึงประมาณ 7 องศาเซลเซียส ความแตกต่างของอุณหภูมินี้ส่งผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคารดังนี้ ในกรณีภายในอาคารปรับอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส หากภายนอกอาคารมีอุณหภูมิอากาศ 35 องศาเซลเซียส อาคารอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอุณหภูมิอากาศรอบอาคารอาจเพิ่มสูงขึ้นถึงประมาณ 39 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกเท่ากับ 14 องศาเซลเซียส ในขณะที่สภาพแวดล้อมที่ปรุงแต่งอย่างเหมาะสมจะทำให้อุณหภูมิอากาศรอบอาคารอาจลดเหลือประมาณ 32 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกเท่ากับ 7 องศาเซลเซียสหรือมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกต่างกัน 2 เท่า



ภาพ 11 ความแตกต่างของการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและเหมาะสม
ทำให้มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายใน (สุนทร บุญญธิการ, 2542)

4. แนวทางการสร้างสมดุลของสภาพแวดล้อม

การใช้พลังงานในอาคารก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เนื่องจากในกระบวนการผลิตไฟฟ้าต้องใช้เชื้อเพลิงที่มีการปลดปล่อยคาร์บอน เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมจากโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีอัตราการปล่อยคาร์บอนของการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย $0.56 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ ดังนั้นแนวทางการสร้างสมดุลของสภาพแวดล้อมในงานวิจัยนี้คือ ลดการปลดปล่อยคาร์บอนที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน โดยการลดใช้พลังงานในอาคาร หันมาใช้พลังงานทดแทนที่ไม่ปลดปล่อยคาร์บอน และเพิ่มพื้นที่การดูดซับคาร์บอนด้วยต้นไม้

4.1 การใช้พลังงานทดแทน

ในการวิจัยนี้เน้นเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากมีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารได้ดี ข้อมูลจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ของบ้านชีวาติย์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ตารางเมตรสามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 1,200 กิโลวัตต์ต่อปี คำนวณจากประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณร้อยละ 15

4.2 การดูดซับคาร์บอนต้นไม้

ในงานวิจัยนี้เน้นการดูดซับคาร์บอนของต้นไม้ใหญ่ เนื่องจากเป็นแนวทาง ที่สอดคล้องกับการสร้างสภาพแวดล้อมของงานวิจัย และเป็นกระบวนการที่เป็นธรรมชาติ ศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ใหญ่ 1 ตารางเมตร สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 0.6 กิโลกรัมต่อปี หรือต้นไม้ 1 ไร่ สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 0.96 ตันต่อปี หรือ 960 กิโลกรัมต่อปี



ภาพที่ 12 อัตราการดูดซับคาร์บอนในเนื้อไม้

5. เกณฑ์หรือดัชนีที่ใช้ประเมินสภาพแวดล้อม

5.1 เกณฑ์หรือดัชนีที่มีอยู่ในปัจจุบัน

การศึกษาดัชนีวัดการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับภูมิภาคร้อนชื้นนั้น ได้ศึกษาหลักการของดัชนีสำคัญอื่นๆ ที่ใช้ในภูมิภาคต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.2 ระเบียบการประเมินมาตรฐานและดัชนีคาร์บอน ,แซพ (The Standard Assessment Procedure and Carbon Index , SAP)

ดัชนี แซพ ; SAP (The Standard Assessment Procedure ,2006) เป็นมาตรฐานหนึ่งของประเทศออสเตรเลีย คือ การคำนวณประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย โดยกำหนดเป็นระดับ 1 ถึง 120 โดยมีมาตรฐานตามกฎหมายอยู่ที่ 100 โดยอาคารที่ได้ดัชนี 120 จะเป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด

ส่วนดัชนีคาร์บอน (Carbon Index) นั้น คำนวณมาจากการประหยัดพลังงานภายในอาคารโดยมีความสัมพันธ์กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยอ้างอิงจากเกณฑ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รายปี ดัชนีที่ได้จะแสดงเป็นมาตร 1 ถึง 10 โดยที่ตัวเลขจะแสดงถึงการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมาเพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดี ในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมเพื่อลดภาวะโลกร้อนอันเกิดจากก๊าซเรือนกระจก

2.5.3 กระบวนการประเมินสภาพแวดล้อมของอาคาร ,บริม (The Building Research Establishment Environmental Assessment Method ,BREEAM)

เป็นมาตรฐานของประเทศอังกฤษ ที่พัฒนาจากองค์กรวิจัยอาคาร (The Building Research Establishment ,BRE) เพื่อทำการชี้วัดอาคารประเภทต่างๆ ทั้งการปรับปรุงอาคารเก่าและอาคารที่สร้างใหม่ด้วย ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ประกอบด้วย 9 กลุ่มหลักประกอบด้วย ดังนี้

- การจัดการ (Management) คำนึงถึงนโยบายการจัดการโดยรวม (Commissioning Site Management and Procedural Issues)
- สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (Health & Well Being) คำนึงถึงการเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตที่ดี เช่น มีการใช้แสงธรรมชาติ รวมถึงการป้องกันเสียงที่ไม่พึงปรารถนาสำหรับผู้ใช้อาคาร มีพื้นที่เป็นสัดส่วนอย่างเหมาะสม
- พลังงาน (Energy) คำนึงถึงปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดขึ้น การวัดประสิทธิภาพของกรอบอาคาร การคำนวณพื้นที่ตากผ้า การใช้อุปกรณ์ที่มีการระบุว่ามีประสิทธิภาพพลังงาน และการใช้แสงสว่างของอาคาร
- การขนส่ง (Transport) คำนึงถึงเรื่องระยะทางในการเข้าถึงของระบบขนส่งมวลชน เข้ามาประเมินพร้อมทั้งระบบสาธารณูปโภค สาธารณูปการที่รองรับใกล้เคียง รวมถึงพื้นที่ในการจอดรถจักรยานด้วย
- การอุปโภคน้ำ (Water Consumption) คำนึงถึงลักษณะการใช้น้ำทั้งภายในและภายนอกอาคาร
- การใช้วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง (Material) คำนึงถึงวัสดุไม้ที่นำมาจากป่าไม้ที่มีการจัดการหรือมีการปลูกทดแทน การนำวัสดุมาใช้ใหม่และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุที่ใช้ในอาคาร
- การใช้ที่ดิน (Land Use) คำนึงถึงพื้นที่สร้างอาคารต่อพื้นที่ดินที่ปลูกสร้าง (Building Footprint) สัดส่วนของพื้นที่สีเขียว (Green Fields) กับพื้นที่ปล่อยกร้าง

(Brown Fields) ซึ่งสัดส่วนของพื้นที่ทั้งสองนี้จะถูกนำมาคิดในการประเมินสภาพแวดล้อมของอาคารด้วย

- ระบบนิเวศวิทยา (Ecology) คำนึงถึงคุณค่าและการปรับปรุงระบบนิเวศนั้นรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น
- มลภาวะ (Pollution) คำนึงถึงการปล่อยสารเคมีที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การระบายน้ำทิ้งสู่สาธารณะ

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมาเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาพรวมเป็นเครื่องมือในการประเมินมาตรฐานอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม (Building Environmental Assessment Tool) ทั้งหมดโดยสอดคล้องกับมาตรฐานอนุกรม ISO 14020 ในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม ที่เกิดจากอาคารและผู้ใช้งานในอาคาร เพื่อให้มีสภาพความเป็นอยู่ที่ได้มาตรฐานต่อตนเองและรับผิดชอบต่อสังคม จนไปถึงส่งเสริมการนำวัสดุจากแหล่งที่กลับนำมาใช้ใหม่

2.5.4 ดัชนีกรีนมาร์ค (Green Mark Rating) เป็นมาตรฐานของประเทศสิงคโปร์ ประกอบด้วย 5 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน (Energy Efficiency)
- กลุ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)
- กลุ่มการพัฒนาและการบริหาร โครงการ (Site/Project Development & Management)
- กลุ่มคุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคารและการรักษาสภาพแวดล้อม (Indoor Environmental Protection)
- กลุ่มนวัตกรรม (Innovation)

การจัดลำดับและการให้คะแนนแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

- กรีนมาร์ค แพลตตินัม (Green Mark Platinum) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 85 ขึ้นไป
- กรีนมาร์ค โกลด์ พลัส (Green Mark Gold plus) มีระดับคะแนน 80-85
- กรีนมาร์ค โกลด์ (Green Mark Gold) มีระดับคะแนน 75-80
- กรีนมาร์ค อะวอร์ด (Green Mark Award) มีระดับคะแนน 55-70

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมา เพราะประเทศสิงคโปร์เป็นประเทศที่บริโภคพลังงานจากภายนอกประเทศ ทั้งไฟฟ้าและน้ำ ดังนั้น ดัชนีนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะลดการบริโภคเหล่านี้ให้น้อยลงอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ มาช่วยและรักษาสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคารให้ดีขึ้น

2.5.5 ระบบการประเมินประสิทธิภาพสภาพแวดล้อมของสิ่งก่อสร้าง , แคสบี (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency , CASBEE)

เป็นมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีวัตถุประสงค์มุ่งหวังที่จะสร้างสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดี ตั้งแต่เริ่มออกแบบจนถึงก่อสร้างประกอบด้วย 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มดัชนีประสิทธิภาพของอาคารจากสภาพแวดล้อมได้แก่

- กลุ่มการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติ (Resource Consumption)
- กลุ่มการใช้สิ่งแวดล้อม (Environmental Loadings)
- กลุ่มสิ่งแวดล้อมภายนอก (Off-site Environment)

กลุ่มลดการใช้พลังงานลงมา ซึ่งดัชนี CASBEE มีการจัดลำดับและการให้คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ C (ระดับต่ำ) , B- , B+ , A , S (ระดับดีเยี่ยม)

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมา เน้นเรื่องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาคารจะมีเกณฑ์พิจารณาครอบคลุมทุกด้านอย่างละเอียด โดยอาคารจะถูกนำมาพิจารณาในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic and Ecological Design) ใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า เชื่อมโยงการรักษาสิ่งแวดล้อมต่อผู้ใช้อาคาร และทางแคสบี ยังมุ่งหวังจะให้ดัชนี เป็นมาตรฐานการแข่งขันของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร

2.5.6 ระบบการประเมินความเป็นผู้นำการออกแบบด้านพลังงานและสภาพแวดล้อม (Leadership in Energy and Environmental Design , LEED)

เป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย 8 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มความสัมพันธ์กันระหว่างที่ตั้ง (Location & Linkages)
- กลุ่มสถานที่ตั้ง (Site)
- กลุ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)
- กลุ่มคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในและการรักษาสภาพแวดล้อม (Indoor Environmental Quality & Environmental Protection)
- กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง (Material)
- กลุ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) (Owner)
- กลุ่มนวัตกรรม (Innovation)

ดัชนี LEED มีการจัดลำดับและการให้คะแนนแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ แพลตตินั่ม (Platinum) , โกลด์ (Gold) , ซิลเวอร์ (Silver) , และผ่านเกณฑ์ (Certified) : ซึ่งทางประเทศแคนาดาได้นำหลักการและรายละเอียดไปพัฒนา และเรียกชื่อว่า LEED Canada ประกอบด้วย 5 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มสถานที่ตั้งเอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน (Sustainable Sites)
- กลุ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)
- กลุ่มพลังงานและการส่งผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)
- กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และแหล่งที่มา (Materials and Resources)
- คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)

โดยดัชนี LEED ถือได้ว่าเป็นแม่แบบในการริเริ่มในการประหยัดพลังงานในอาคารโดยมีพื้นฐานจากการคำนึงถึงการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานเป็นหลัก

เนื่องจากความต้องการในการลดการบริโภคพลังงานไฟฟ้าในภาพรวม โดยกำหนดเป็นนโยบายหลักเพื่ออนุรักษ์การใช้พลังงานให้น้อยลงโดย มีแรงจูงใจทางด้านตัวแปรเศรษฐกิจเป็นตัวผลักดัน เช่น การลดภาษี การส่งเสริมการขาย การสร้างความภูมิใจให้กับอาคารของตนโดยการได้ชื่อเสียงและสิทธิพิเศษต่างๆ ซึ่งต่อมาดัชนี LEED ได้นำแนวความคิดทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเสริมตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การก่อสร้าง การใช้งาน โดยการใช้งานในอาคารเป็นช่วงที่อาคารควรใช้พลังงานและทรัพยากรมากที่สุด

2.5.7 เกณฑ์ที่กำหนดในประเทศไทย

ในส่วนของประเทศไทยนั้น การประหยัดพลังงานเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่ได้รับการส่งเสริมจากรัฐ โดยมีการออกพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2535) โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง ด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV) คือ การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม มาจากค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนจากผนังภายนอก ที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารเข้ามา ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) นั้นคือการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมโดยผ่านหลังคาเท่านั้น สำหรับพื้นที่ปรับอากาศ โดยกำหนดให้อาคารที่สร้างหลังปี พ.ศ. 2536 จะต้องมียกค่า OTTV ไม่เกิน 45 วัตต์ / ตร.ม. และ RTTV จะต้องมียกค่าไม่เกิน 25 วัตต์/ ตร.ม. ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการหามาตรการในการชี้วัดการใช้พลังงาน แต่เมื่อเทียบถึงดัชนีชี้วัดที่ใช้ในภูมิภาคอื่นแล้ว ยังคงต้องพัฒนาในแนวทางที่ถูกต้องเป็นอย่างมาก และสิ่งสำคัญก็คือผู้ใช้อาคาร และ ผู้ออกแบบมีความสนใจในการประหยัดพลังงานไม่มากเท่าที่ควร นอกจากหน่วยงานที่รับผิดชอบหรือ บริษัทสถาปนิกที่ต้องทำมาตรฐานเดียวกับต่างประเทศ และการประเมินอาคารแบบใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณ OTTV และ RTTV เป็นเรื่องซับซ้อนสำหรับบุคคลทั่วไป

ที่จะเข้าใจ เนื่องจากต้องมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ และศัพท์เทคนิคในการประหยัดพลังงาน แม้กระทั่งข้อจำกัดหลายอย่างของโปรแกรมซึ่งคำนึงเพียงการลดภาระการใช้พลังงานในอาคาร ผ่านเปลือกอาคารให้ผ่านตามกฎหมายเท่านั้น

ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทน ฯ ได้ร่วมกับกรมโยธาธิการและผังเมืองกำลังจะมีการปรับปรุงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฯ หรือ ปรับปรุง OTTV และ RTTV ขึ้นมาใหม่ โดยมีการออกร่างกฎกระทรวงว่าด้วยการก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน (2552) สำหรับอาคารใหม่ที่มีพื้นที่ 2,000 ตร.ม. ขึ้นไป ที่ขออนุญาตก่อสร้าง จะต้องแสดงแบบการก่อสร้างอาคารที่ใช้วัสดุพื้นผิวและระบบประหยัดพลังงานด้วย

อาคารที่อยู่ในข่ายที่ต้องควบคุม ได้แก่

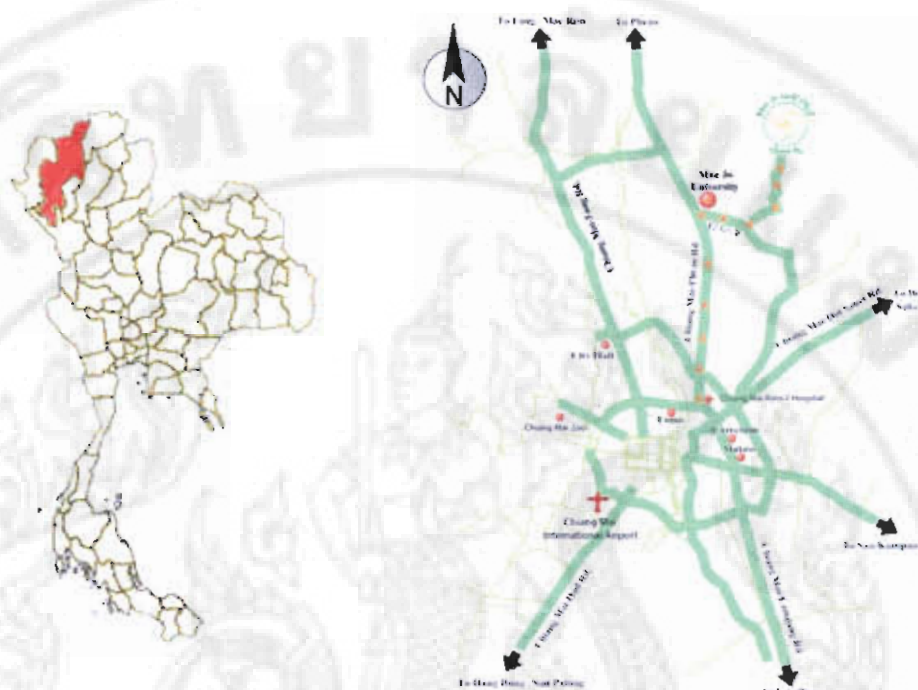
- ประเภทที่ 1 อาคารสำนักงาน สถานศึกษา ที่พักอาศัย
- ประเภทที่ 2 ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้าหรือซูเปอร์สโตร์
- ประเภทที่ 3 โรงแรม โรงพยาบาล สถานพักฟื้น

อาคารที่มีพื้นที่ต่ำกว่า 2,000 ตารางเมตรนั้น สามารถเข้าโครงการประหยัดพลังงานโดยติดฉลากพลังงาน ซึ่งจะต้องประหยัดพลังงานได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่ ให้มีรายละเอียดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร (OTTV , RTTV) แสดงรายละเอียด ตารางที่ 1

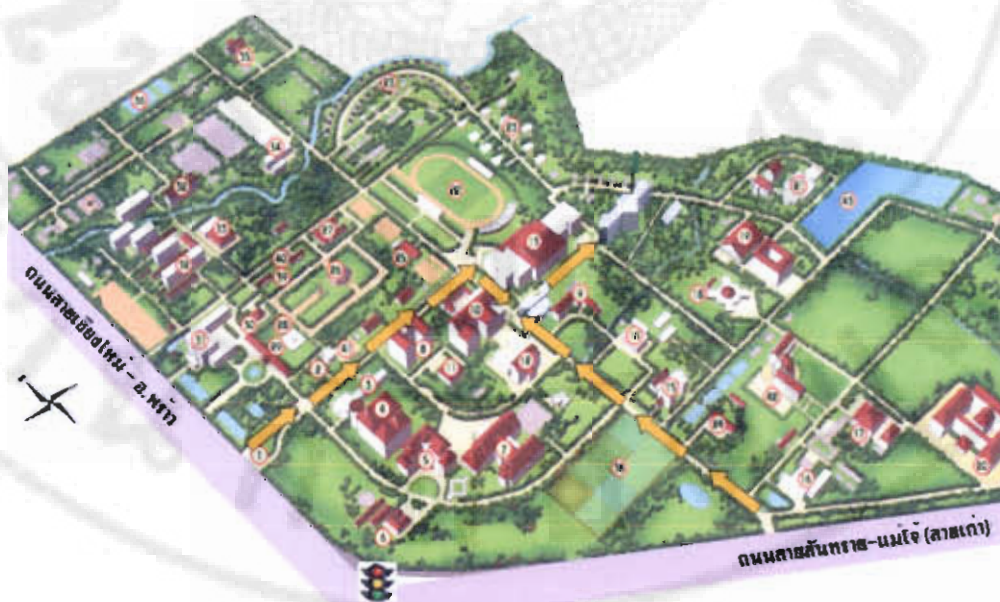
ประเภทอาคาร	ชม.การใช้ต่อปี	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	RTTV (วัตต์/ตร.ม.)
สำนักงาน หรือ โรงเรียน	2,340	< 50	< 15
ห้างสรรพสินค้า	4,380	<40	<12
โรงแรม หรือ โรงพยาบาล	8,760	<30	<10

ตารางที่ 1 ค่าขั้นต่ำของประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านเปลือกอาคาร

อุปกรณ์และวิธีการ



ภาพที่ 13 แผนที่แสดงตำแหน่ง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่



ไฟแดงแยกหน้า ม.แม่โจ้

ภาพที่ 14 แผนผังบริเวณภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

3.1 เก็บข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลความร้อนสูงสุด ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

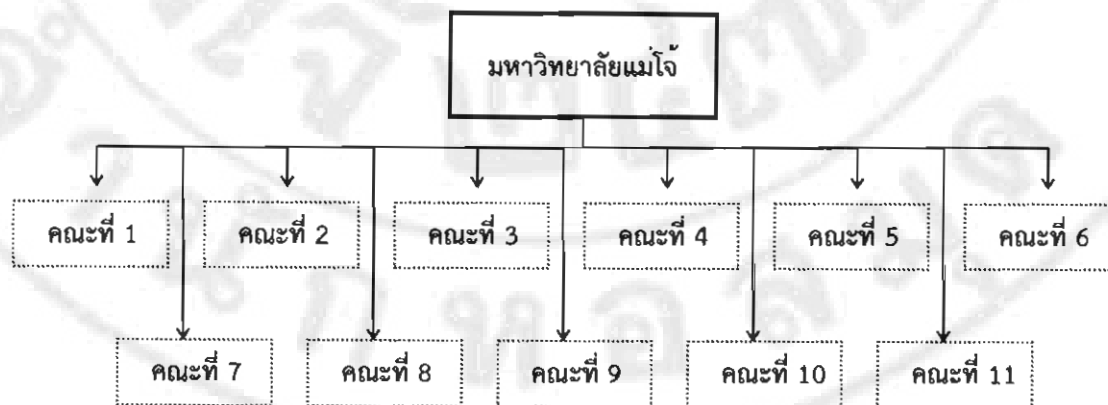
การเข้าศึกษาสภาพแวดล้อมกำหนดบริเวณพื้นที่วิจัย ซึ่งกำหนดให้อยู่ภายในบริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จะแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ระดับ คือ

3.1.1 การศึกษาและเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย

การเก็บข้อมูลในระดับภายในมหาวิทยาลัย จะทำการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมเชิงที่ตั้งของอุณหภูมิผิวพื้นทั้งหมดจำนวน 11 คณะวิชา ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ เพื่อนำผลหรือค่าอุณหภูมิผิวพื้นที่ได้ไปศึกษาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ รวมถึงวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่มีผลต่อการเกิดปริมาณความร้อนที่แตกต่างกันของแต่ละวัสดุ โดยวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและทำการเก็บข้อมูล จะแบ่งตามลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกัน ได้แก่ วัสดุคาคแข็ง (Hard scape) วัสดุกึ่งคาคแข็ง (Semi scape) และวัสดุคาคอ่อน (Soft scape)

ผลของปริมาณความร้อนที่แตกต่างกันของผิววัสดุ จะเป็นที่มาของระดับการถ่ายเทความร้อนสู่ชั้นบรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งจะเป็นความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล มีดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. อุณหภูมิผิววัสดุ (Surface Temperature)



แผนภูมิที่ 4 แสดงแผนผังการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย

รายชื่อคณะวิชาภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เข้าทำการศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อมระดับมหาวิทยาลัยฯ

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. คณะบริหารธุรกิจ | 2. คณะผลิตกรรมการเกษตร |
| 3. คณะวิทยาศาสตร์ | 4. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม |
| การเกษตร | |
| 5. คณะเทคโนโลยีประมงและทรัพยากรทางน้ำ | |
| 6. คณะพัฒนาการท่องเที่ยว | 7. คณะศิลปศาสตร์ |
| 8. คณะเศรษฐศาสตร์ | |
| 9. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม | |
| 10. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี | 11. คณะสารสนเทศและการสื่อสาร |

3.1.2 การศึกษาและเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในคณะ

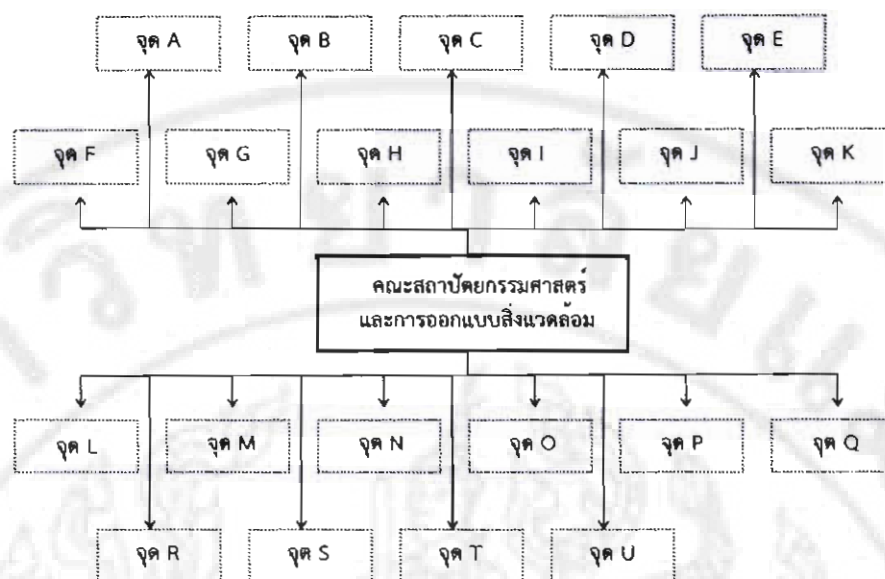
การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในคณะ เป็นการต่อ ยอดการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ที่โดยรอบอาคาร ของคณะหนึ่งคณะใดภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ เพื่อลงรายละเอียดและศึกษาถึงที่มาของการเกิดปริมาณความร้อนของวัสดุ รวมถึงการพัฒนา ปรับปรุง และออกแบบสภาพแวดล้อม ที่มุ่งผลไปสู่การสร้างสรรค์สภาวะน่าสบาย (Comfort zone) ที่มาจากการลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT)

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูลคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นคณะต้นสังกัดและมีอัตลักษณ์คล้ายตามกระบวนการวิจัยที่มุ่งเน้นไปสู่การสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมที่ตอบสนองการเรียนการสอนและคุณภาพชีวิตที่ดี การเก็บข้อมูลภายในคณะบริเวณรอบตึกภูมิทัศน์ รวมทั้งหมด 21 จุด โดยมีข้อกำหนดของการกำหนดจุดเก็บข้อมูล ดังนี้

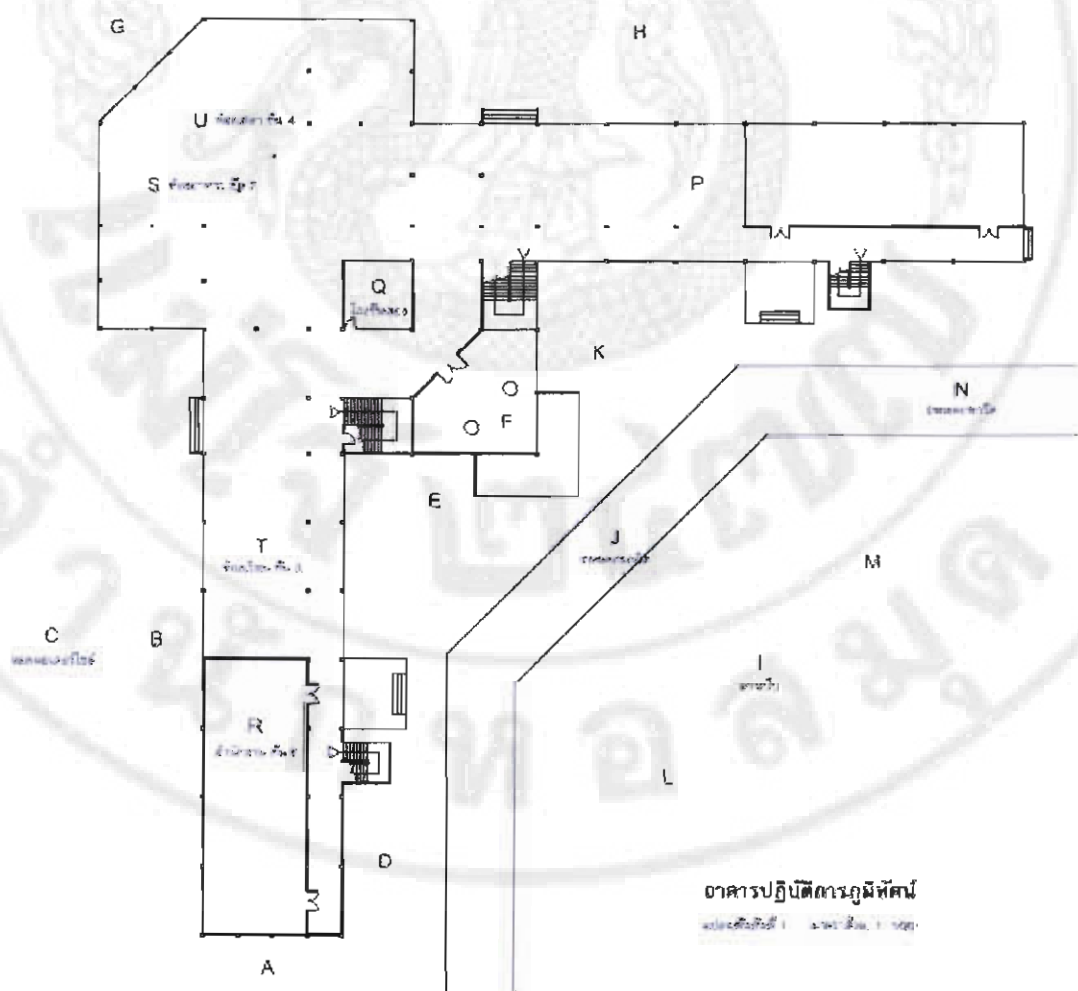
1. พื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของวัสดุพื้น
2. พื้นที่ตกกระทบของแสงโดยตรงและพื้นที่ร่มเงา
3. พื้นที่ภายในและภายนอกอาคาร
4. พื้นที่สาธารณะที่มีจำนวนผู้ใช้ต่อหน่วยพื้นที่มาก

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล มีดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. อุณหภูมิผิววัสดุ (Surface Temperature)
4. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun)



แผนภูมิที่ 5 แสดงแผนผังการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในคณะ



แผนภูมิที่ 6 แสดงตำแหน่งแผนผังภายในคณะ

3.2 หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบตัวแปรจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

นำตัวแปรที่มีอิทธิพลความร้อนสูงสุด 3 อันดับ มาหาความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยการวิเคราะห์สมการความถดถอย (Regression Analysis) ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระตั้งแต่ 1 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อนสูงสุด 1-3 ลำดับ เพื่อประมาณค่าหรือคาดเดาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงที่เป็นผลมาจากตัวแปรอิสระที่ทราบค่าแล้ว

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (y) 1 ตัวแปรและตัวแปรอิสระ (x) 1 ตัวแปร โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X ในรูปเชิงเส้น

ดังนั้น สมการเส้นถดถอยจะอยู่ในรูป

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \sum 1$$

เมื่อ β_0 = ค่าคงที่หรือจุดตัดแกนตั้ง

β_1 = ค่าความชัน

$\sum$ = ส่วนภาคเคลื่อน

ฉะนั้น จะได้ค่าอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากอิทธิพลของอุณหภูมิผิวของตัวแปรที่ก่อให้เกิดความร้อน อาทิ เช่น วัสดุคาดแข็ง (Hardscape) ประเภทพื้นผิวปูน (ค.ส.ล.) พื้นยางมะตอย วัสดุคาดอ่อน (Softscape) ประเภท พืชหญ้า พื้นดิน หรือแหล่งน้ำ เป็นต้น

3.3 สร้างแนวทางการออกแบบ (Design Guideline) องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) เพื่อลดอุณหภูมิอากาศในระดับ Micro Climate

3.3.1 ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากสมการในการออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร เพื่อลดปริมาณความร้อน

3.3.2 สรุปข้อกำหนด (คู่มือ) และสร้างดัชนีในการออกแบบสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร โดยมุ่งเน้นการลดอิทธิพลของปริมาณความร้อนที่เกิดอุณหภูมิผิวของวัสดุ ที่ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในระดับ Micro Climate เพื่อสภาวะน่าสบาย (Comfort zone)

3.3.3 ทดลองใช้หลักการจากคู่มือการสร้างดัชนี ในการออกแบบสภาพแวดล้อมโดยรอบคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้ ซึ่งเป็นกลุ่มคณะตัวอย่างที่ได้คัดเลือกจากการทำวิจัย โดยมุ่งเน้นการลดอิทธิพลของปริมาณความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิผิววัสดุ

3.3.4 วิเคราะห์ผลข้อมูลจากการออกแบบสภาพแวดล้อม เพื่อประเมินประสิทธิภาพ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1 เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุ

เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุเป็นเครื่องวัดอุณหภูมิผิวด้วยรังสีอินฟราเรด รุ่น Testo 860-T2 สามารถเปลี่ยนค่าอีมิสซิวิตี (Emissivity value) ของผิววัสดุได้ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

- ระยะในการวัดมาตรฐาน (Standard optical) มีความสัมพันธ์ 60:1
- ระยะในการวัดแบบใกล้ (Close focus optical) มีความสัมพันธ์ 50:1
- ย่านในการวัดอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -50 ถึง 500°C
- ย่านในการวัดอุณหภูมิระหว่าง -5 ถึง 500°C มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ $\pm 1\%$ ของค่าที่อ่านได้ หรือ $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- ย่านในการวัดอุณหภูมิระหว่าง -30 ถึง -5°C มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
- ย่านในการวัดอุณหภูมิระหว่าง -50 ถึง -30°C มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ $\pm 2^{\circ}\text{C}$



ภาพที่ 15 เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุ Testo 860-T2

3.4.2 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น Nicety TH802A การวัดอุณหภูมิมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) การวัดความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

- ย่านในการวัดอุณหภูมิภายในอาคารอยู่ระหว่าง 0 ถึง 50 $^{\circ}\text{C}$ (0 ถึง 122 $^{\circ}\text{F}$) และอุณหภูมิภายนอกอาคารอยู่ระหว่าง -20 ถึง 70 $^{\circ}\text{C}$ (-68 ถึง 158 $^{\circ}\text{F}$) มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1.8^{\circ}\text{F}$) ค่าความละเอียดภายในอยู่ที่ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1.8^{\circ}\text{F}$)
- ย่านในการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20 ถึง 90 % มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ $\pm 5\%$ (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10 ถึง 90 %) ค่าความละเอียดอยู่ที่ 1 %
- ค่าอุณหภูมิแวดล้อมขณะใช้งานอยู่ระหว่าง -20 ถึง 60 $^{\circ}\text{C}$ (-68 ถึง 140 $^{\circ}\text{F}$)
- ค่าความชื้นสัมพัทธ์แวดล้อมขณะใช้งานอยู่ระหว่าง 20 ถึง 80 %
- บันทึกค่าสูงสุด ต่ำสุดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ภาพที่ 16 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ Nicety TH802A

3.4.3 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger)

เครื่องวัดอุณหภูมิเป็นเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น SYETEM 200 เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภท ANALOG/DIGITAL CONVERTER เครื่องมือนี้จะแปลงค่าความต้านทานจากหัวเซนเซอร์ซึ่งเป็นหัวเทอร์มิสเตอร์ ขนาด 10 กิโลโอห์ม (kilo-ohms) กลับมาเป็นค่าอุณหภูมิด้วยโปรแกรมภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ การใช้งานจึงจำเป็นต้องตั้งมาตรฐานหัวเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิทุกอันให้สามารถอ่านค่าได้เท่าเทียมกัน



ภาพที่ 17 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) SYETEM 200

3.4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น DIGICON Model: DL-TH-USB การวัดอุณหภูมิมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (OC) และองศาฟาเรนไฮต์ (OF) การวัดความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

- ย่านในการวัดอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -35 ถึง 80 OC (-31 ถึง 176 OF) มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ ± 0.5 ถึง ± 2 OC (± 1 ถึง ± 4 OF) ค่าความละเอียดภายในอยู่ที่ ± 0.5 OC (± 1.0 OF)
- ย่านในการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 % มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ ± 3 % (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20 ถึง 80 %) ค่าความละเอียดอยู่ที่ 0.5 %
- ค่าอุณหภูมิแวดล้อมขณะใช้งานอยู่ระหว่าง -35 ถึง 80 OC (-31 ถึง 176 OF)
- อัตราการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 10 วินาที ถึง 12 ชั่วโมง



ภาพที่ 18 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ DIGICON Model: DL-TH-USB

3.4.5 เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

เป็นเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กำหนดประสิทธิภาพของระบบ PV ของพลังงานแสงอาทิตย์ อุปกรณ์ที่มีเซ็นเซอร์ในตัวที่ด้านบน มีหน่วยเป็น W/m^2 หรือ $BTU/\text{ft}^2/h$ สามารถวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตั้งแต่ $1-2000 W/m^2$ หรือ $1-634 BTU/\text{ft}^2/h$



ภาพที่ 19 เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ Solar Power Meter รุ่น TES-1333

ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย 11 คณะ

4.1.1 คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

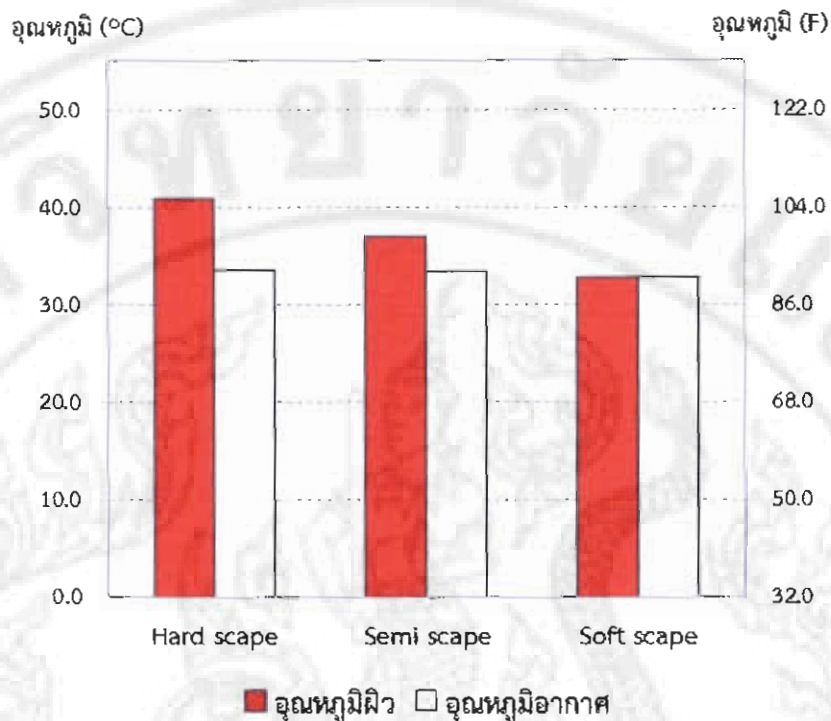


ภาพที่ 20 ลักษณะพื้นลาดแข็งบริเวณลานจอดรถ ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



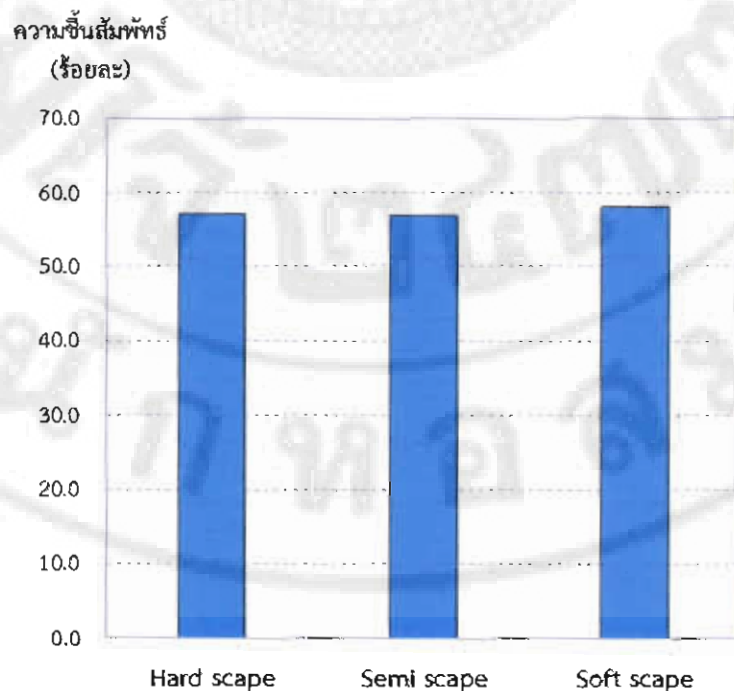
ภาพที่ 21 ลักษณะสนามหญ้าแห้ง หน้าคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ



แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ



แผนภูมิที่ 8 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.2 คณะพัฒนาการท่องเที่ยว

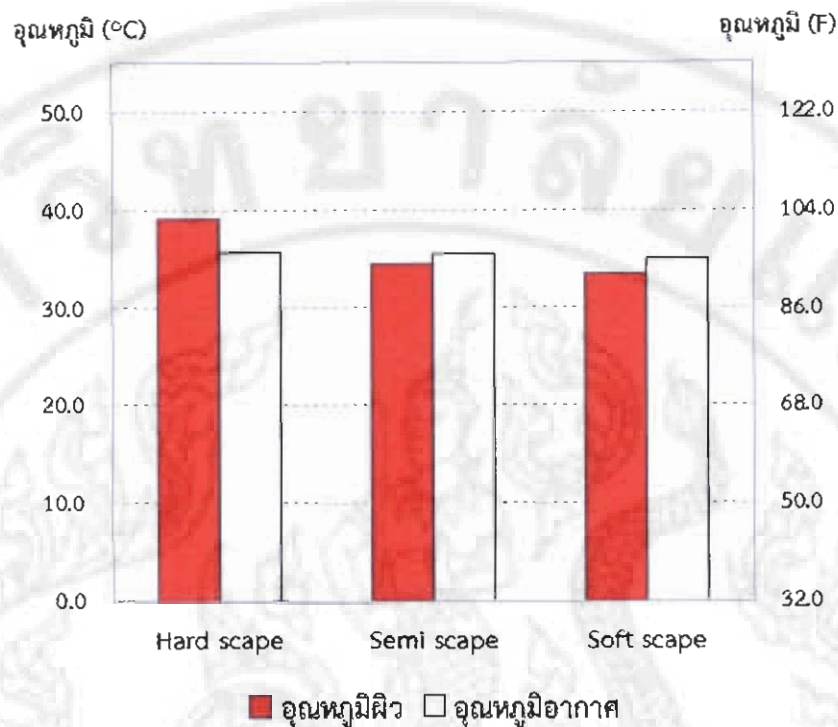


ภาพที่ 22 ลักษณะพื้นถนนยางมะตอยบริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยว
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



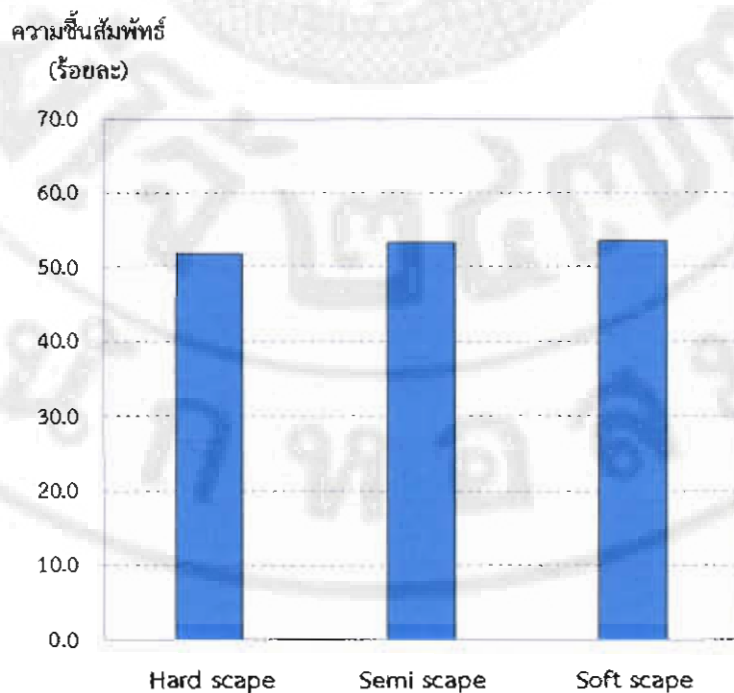
ภาพที่ 23 ลักษณะพื้นสนามหญ้าบริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยว
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะพัฒนาการท่องเที่ยว



แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยว ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะพัฒนาการท่องเที่ยว



แผนภูมิที่ 10 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะพัฒนาการท่องเที่ยว ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.3 คณะศิลปศาสตร์

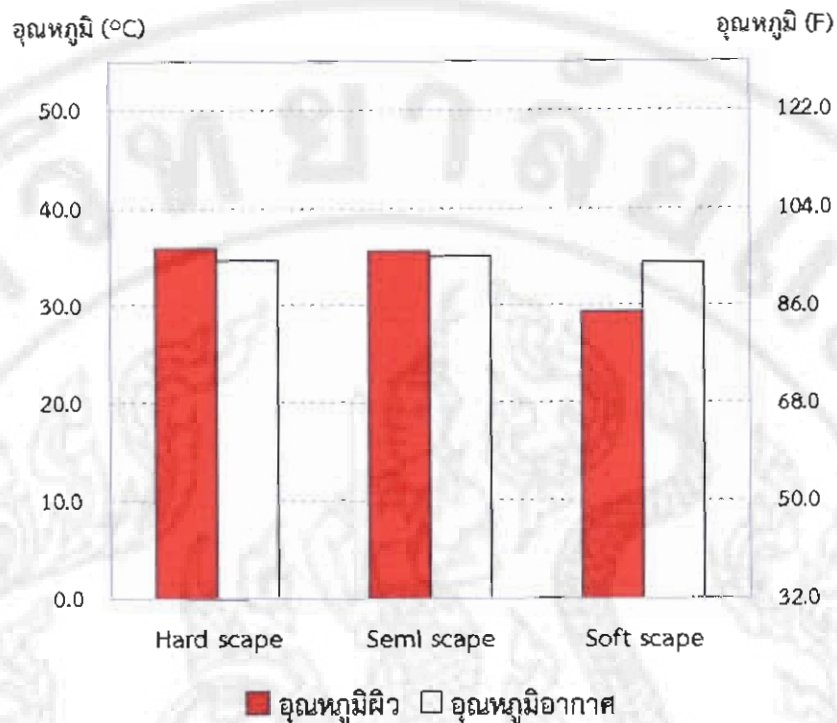


ภาพที่ 24 ลักษณะผิวพื้นซีเมนต์บริเวณหน้าทางเข้าคณะศิลปศาสตร์
ที่แผ่รังสีความร้อนสู่ผู้ใช้ ก่อนเข้าอาคาร



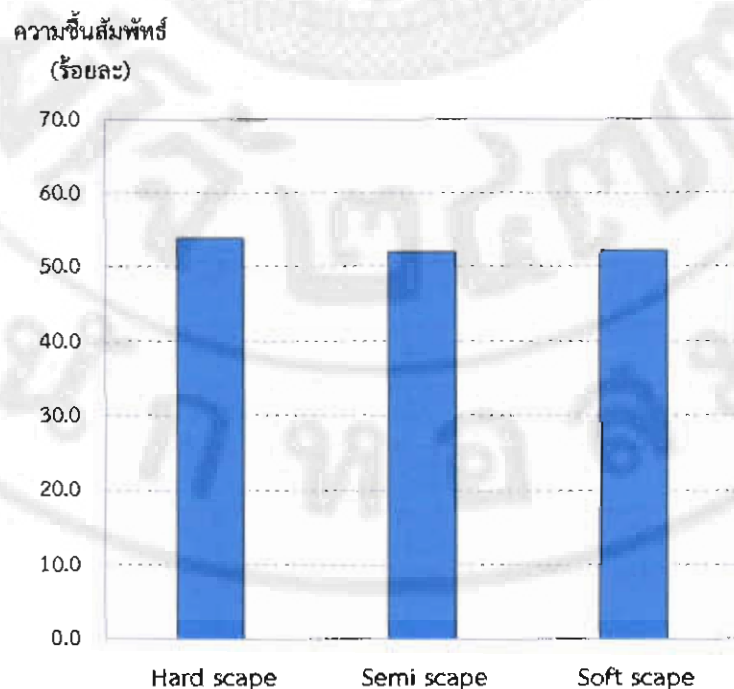
ภาพที่ 25 ลักษณะพื้นสนามหญ้าบริเวณคณะศิลปศาสตร์
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะศิลปศาสตร์



แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะศิลปศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะศิลปศาสตร์



แผนภูมิที่ 12 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะศิลปศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.4 คณะเศรษฐศาสตร์

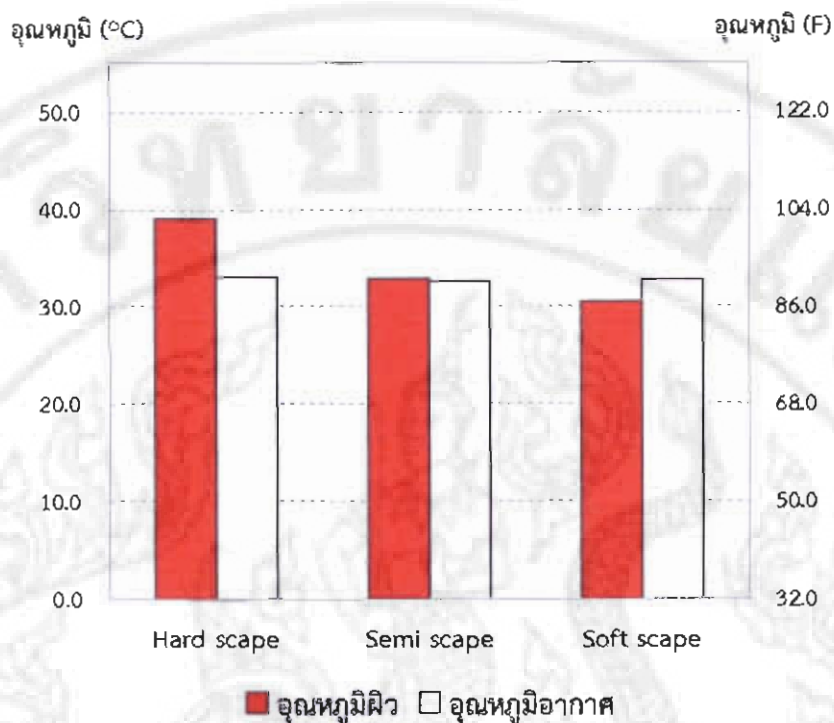


ภาพที่ 26 ลักษณะพื้นซีเมนต์กลางแจ้ง บริเวณคณะเศรษฐศาสตร์
ที่มีค่าการสะสมความร้อนในตัววัสดุสูง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น



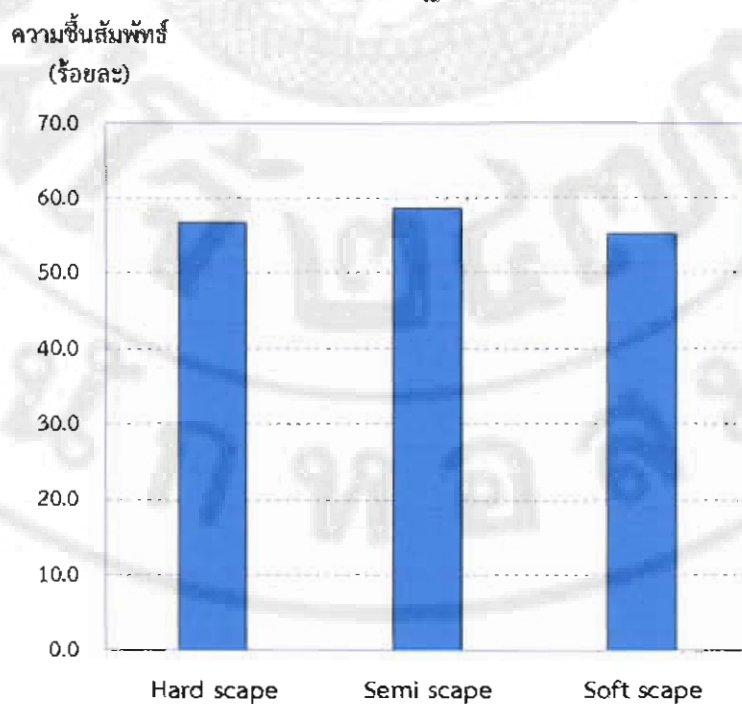
ภาพที่ 27 ลักษณะพื้นสนามหญ้าบริเวณคณะเศรษฐศาสตร์
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะเศรษฐศาสตร์



แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด
บริเวณคณะเศรษฐศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะเศรษฐศาสตร์



แผนภูมิที่ 14 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล
คณะเศรษฐศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.5 คณะบริหารธุรกิจ

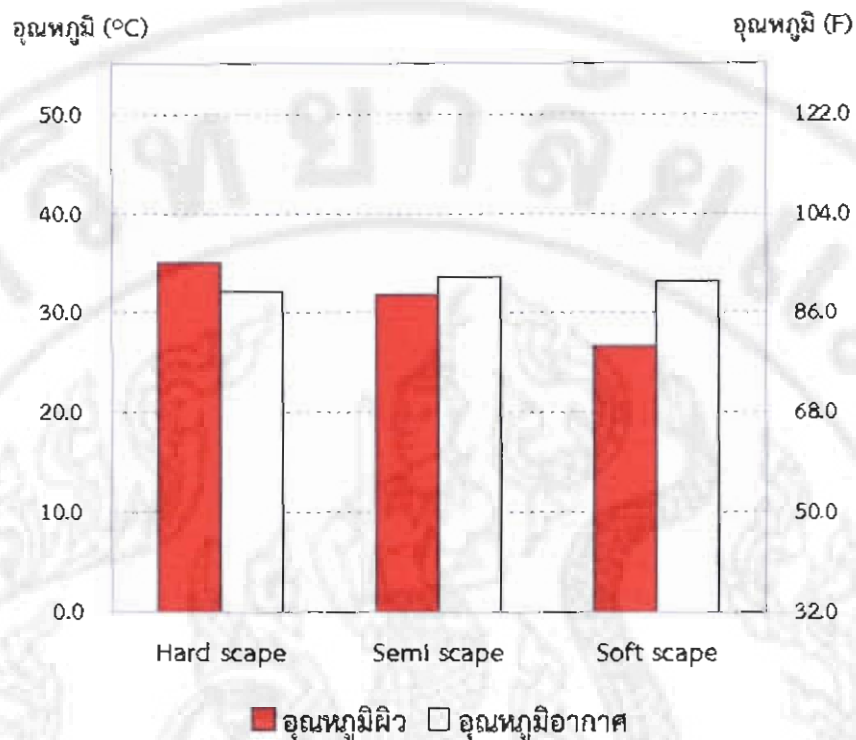


ภาพที่ 28 แสดงอิทธิพลปริมาณความร้อนจากการสะสมของวัสดุพื้นกับเครื่องยนต์
ส่งผลต่อระดับอุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงขึ้น



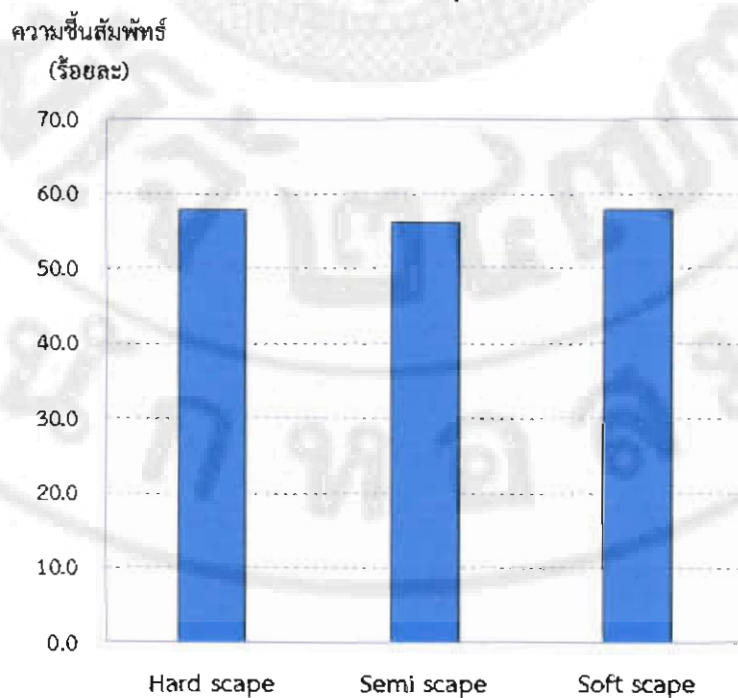
ภาพที่ 29 แสดงลักษณะสนามหญ้า บริเวณคณะบริหารธุรกิจ
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะบริหารธุรกิจ



แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะบริหารธุรกิจ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะบริหารธุรกิจ



แผนภูมิที่ 16 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะบริหารธุรกิจ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.6 คณะผลิตกรรมการเกษตร

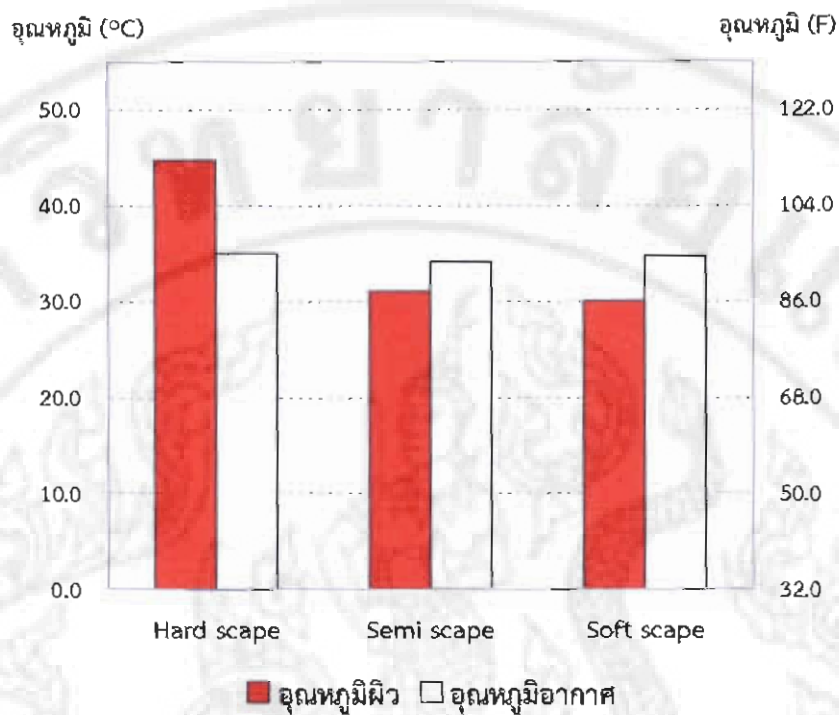


ภาพที่ 30 ลักษณะพื้นถนนยางมะตอย ที่มีการสะสมความร้อนจากแสงแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน
ส่งผลให้อุณหภูมิผิวพื้นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



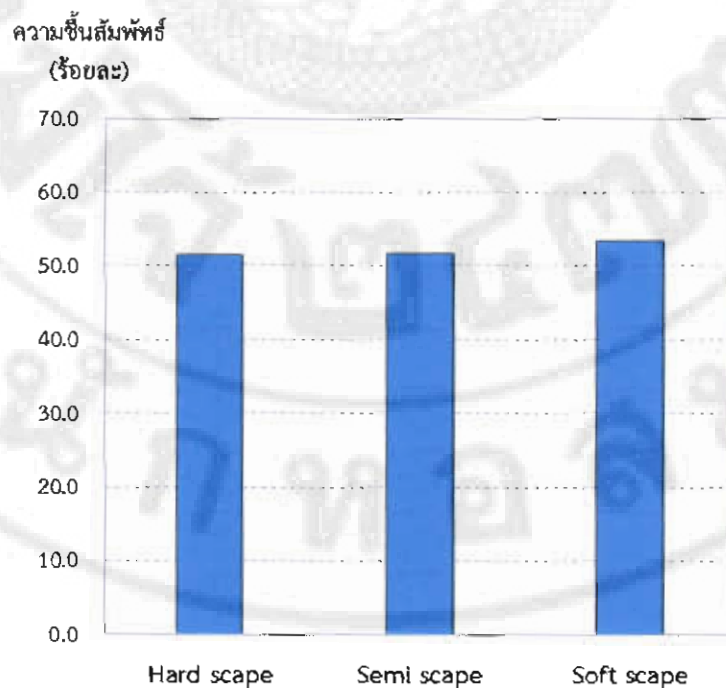
ภาพที่ 31 แสดงลักษณะร่มเงาที่ปกคลุมพื้นผิวหญ้าบริเวณคณะผลิตกรรมการเกษตร
มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะผลิตกรรมการเกษตร



แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะผลิตกรรมการเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะผลิตกรรมการเกษตร



แผนภูมิที่ 18 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะผลิตกรรมการเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.7 คณะวิทยาศาสตร์

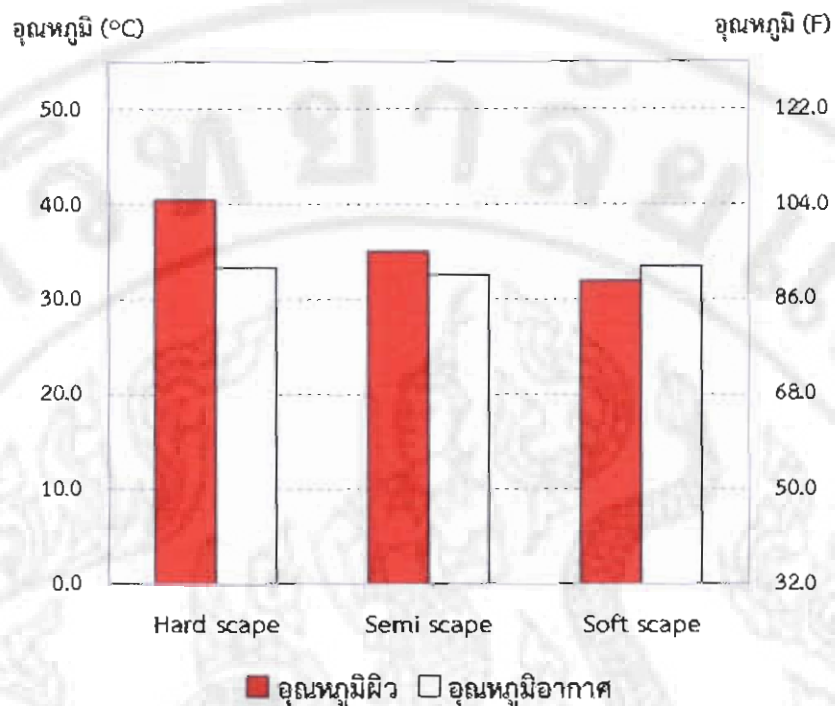


ภาพที่ 32 ลักษณะพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก (ท.ส.ท.) บริเวณคณะวิทยาศาสตร์
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



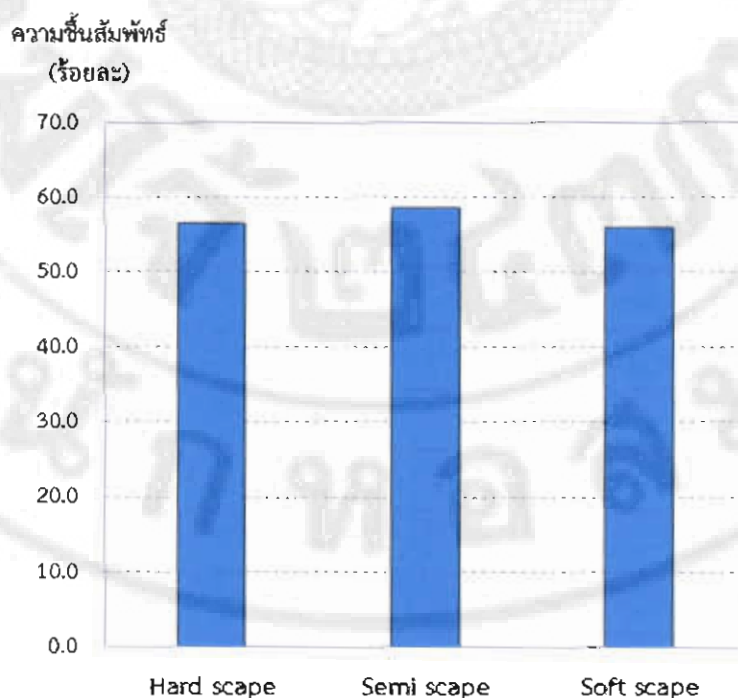
ภาพที่ 33 แสดงลักษณะสนามหญ้า บริเวณคณะวิทยาศาสตร์
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะวิทยาศาสตร์



แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด
บริเวณคณะวิทยาศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะวิทยาศาสตร์



แผนภูมิที่ 20 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล
คณะวิทยาศาสตร์ ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.8 คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

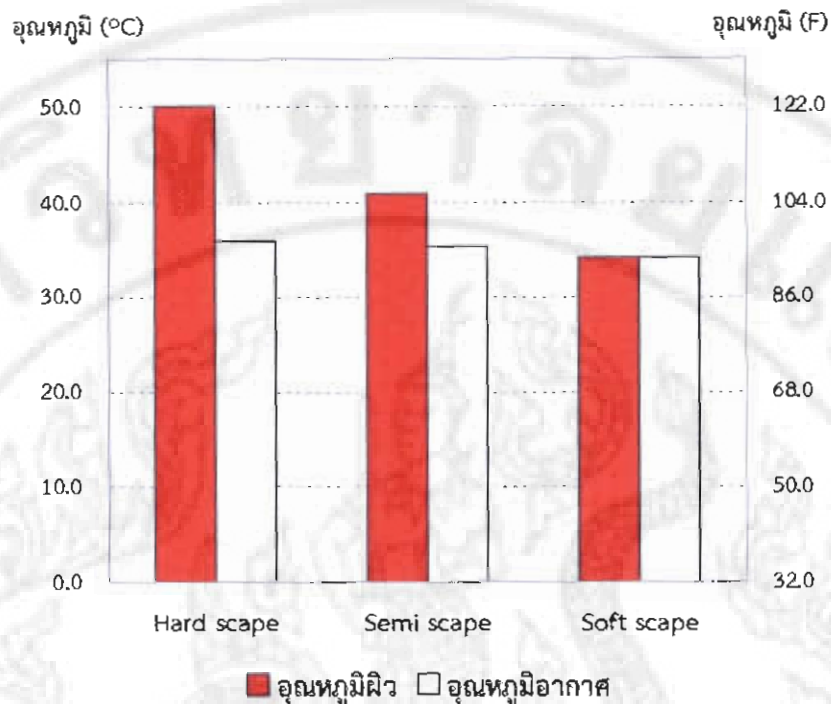


ภาพที่ 34 แสดงพื้นที่การสะสมความร้อนของผิววัสดุ เป็นบริเวณกว้าง
ทำให้อุณหภูมิผิวพื้นบริเวณหน้าคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



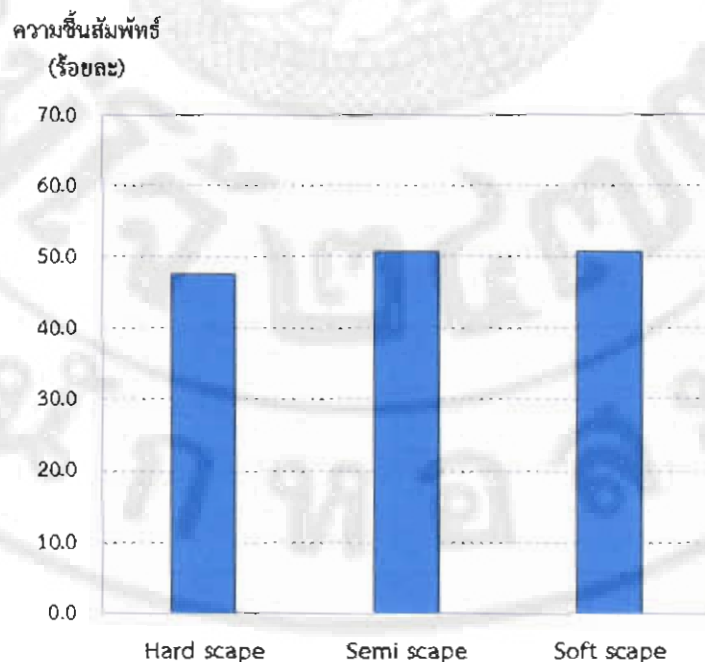
ภาพที่ 35 ลักษณะพื้นที่หญ้าสีเขียว บริเวณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม
มีค่าการสะสมความร้อนน้อยจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร



แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร



แผนภูมิที่ 22 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

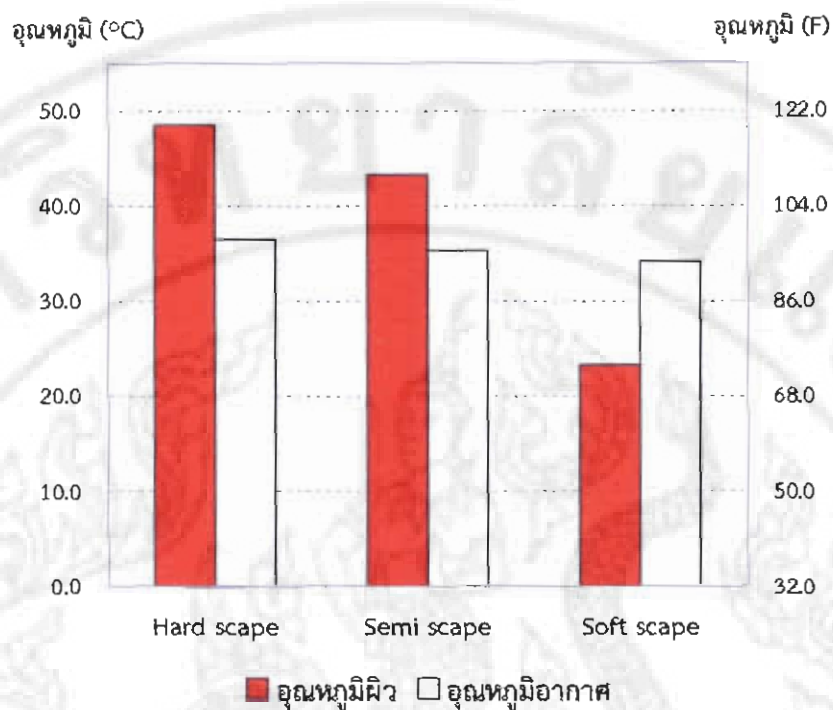


ภาพที่ 36 แสดงลักษณะการตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์กับพื้นลาดแข็ง ทำให้มีการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุและมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



ภาพที่ 37 แสดงการปกคลุมของพื้นที่ร่มเงาที่ลดการตกกระทบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ทำให้ระดับอุณหภูมิพื้นผิวดินและหญ้าต่ำกว่าระดับอุณหภูมิอากาศ

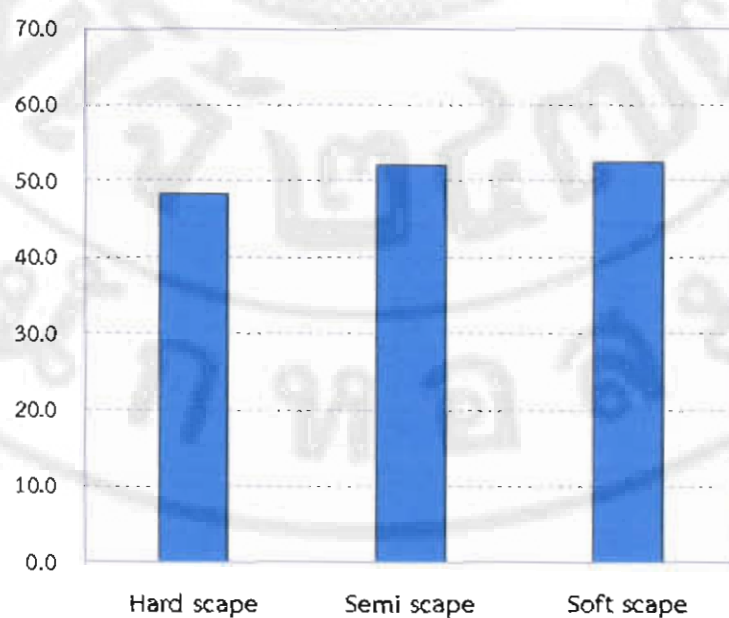
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม



แผนภูมิที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม

ความชื้นสัมพัทธ์
(ร้อยละ)



แผนภูมิที่ 24 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.10 คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี

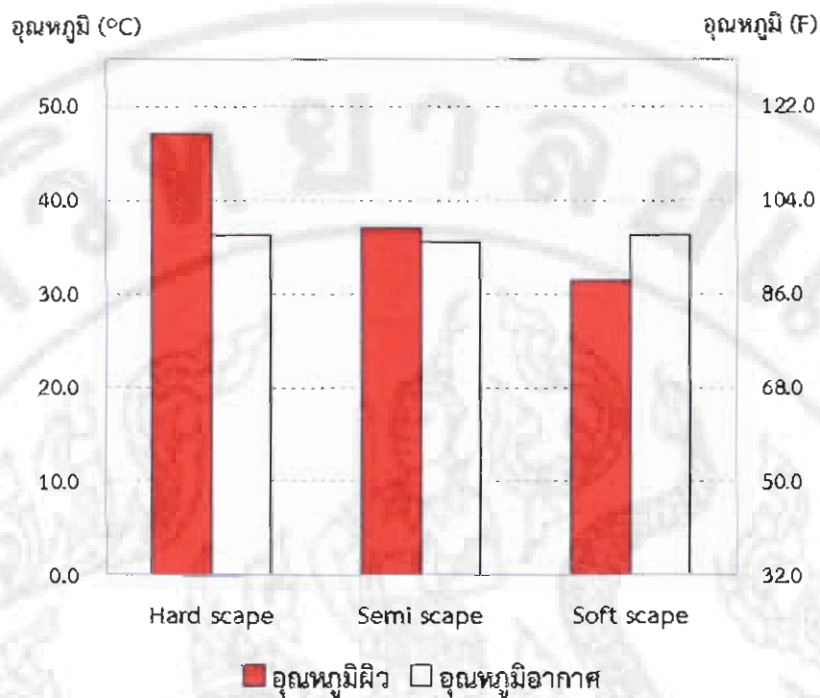


ภาพที่ 38 แสดงพื้นที่การสะสมความร้อนของผิววัสดุ เป็นบริเวณกว้าง
ทำให้อุณหภูมิผิวพื้นบริเวณหน้าคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



ภาพที่ 39 ลักษณะพื้นที่หญ้าสีเขียว บริเวณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี
ที่มีระดับอุณหภูมิพื้นผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ

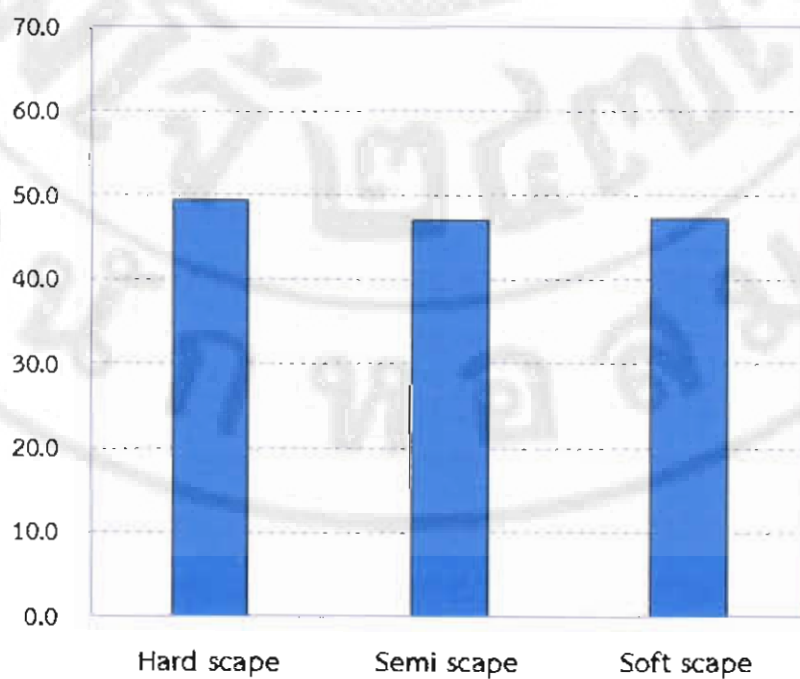
คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี



แผนภูมิที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด
บริเวณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี

ความชื้นสัมพัทธ์
(ร้อยละ)



แผนภูมิที่ 26 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล
คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

4.1.11 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

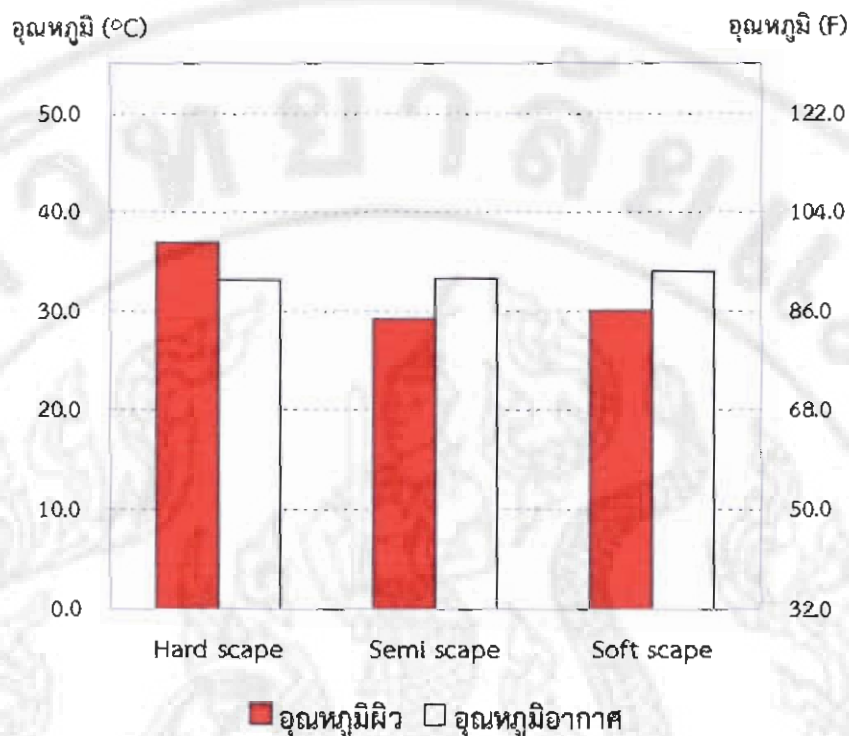


ภาพที่ 40 แสดงลักษณะพื้นคอนกรีต ที่มีค่าการสะสมความร้อนในตัววัสดุสูง ทำให้อุณหภูมิผิวพื้นบริเวณหน้าคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



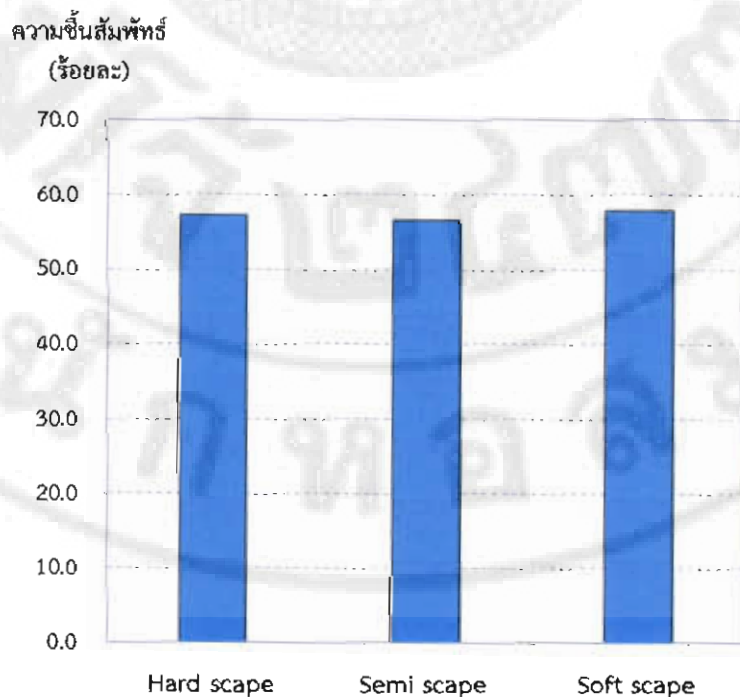
ภาพที่ 41 แสดงลักษณะสนามหญ้า บริเวณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่มีระดับอุณหภูมิผิวพื้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

คณะสารสนเทศและการสื่อสาร



แผนภูมิที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุแต่ละชนิด บริเวณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

คณะสารสนเทศและการสื่อสาร



แผนภูมิที่ 28 แสดงระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ บริเวณสถานที่เก็บข้อมูล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ม.แม่โจ้ เชียงใหม่

จากการศึกษาข้อมูลการเพิ่มปริมาณความร้อนของแต่ละวัสดุภายในมหาวิทยาลัย โดยอ้างอิงค่ากลางของอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ย พบว่าวัสดุคาค้างมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ วัสดุกิ่งคาค้างมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย และวัสดุคาค่อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

วัสดุคาค้าง (Hard scape) มีค่าอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ย 2-7 องศาเซลเซียส ค่าความต่างของอุณหภูมิจะทำให้เกิดการถ่ายเทปริมาณความร้อนสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้สภาพแวดล้อมโดยรอบมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ จากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุคาค้างกลางแจ้ง และวัสดุคาค้างในร่ม พบว่าวัสดุคาค้างในร่มจะมีอุณหภูมิผิวดำกว่าวัสดุคาค้างกลางแจ้ง 1-2 องศาเซลเซียส และวัสดุคาค้างที่มีพื้นที่ผิวที่มากจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าวัสดุคาค้างที่มีพื้นที่ผิว 0.5-1 องศาเซลเซียส ฉะนั้นอิทธิพลการตกกระทบโดยตรงของรังสีจากดวงอาทิตย์กับขนาดพื้นที่วัสดุมีผลต่อการสะสมปริมาณความร้อนและส่งผลทำให้วัสดุมีอุณหภูมิผิวสูงขึ้น

วัสดุกิ่งคาค้าง (Semi scape) มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงหรือสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเพียงเล็กน้อย โดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 องศา ส่งผลทำให้การถ่ายเทปริมาณความร้อนสู่ชั้นบรรยากาศอยู่ในระดับน้อยและเป็นไปอย่างช้า

วัสดุคาค่อน (Soft scape) มีค่าอุณหภูมิผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่วนหนึ่งมาจากเนื้อวัสดุมีองค์ประกอบของน้ำเพราะเป็นวัสดุธรรมชาติ เช่น ดิน หญ้า ต้นไม้ เป็นต้น ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์จากสถานะของเหลวกลายเป็นไอ ทำให้ไม่มีการสะสมความร้อนหลงเหลืออยู่บนผิววัสดุ อีกทั้งสถานะการระเหยของไอน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

สรุปปัจจัยการเกิดความร้อนของผิววัสดุ

1. การตกกระทบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์
2. การสะสมความร้อนของเนื้อวัสดุ
3. ขนาดพื้นที่ผิววัสดุ

4.2 การศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในคณะ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยเลือกเข้าทำการศึกษาเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเรียนการสอน โดยใช้วิธีการลดอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) การทำการศึกษาข้อมูลพร้อมเก็บตัวแปรสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่คณะฯ ผู้วิจัยจะทำการเก็บตัวแปรสภาพแวดล้อมเบื้องต้นที่มีอยู่เดิม ในการประเมินหาค่าความต่างของแต่ละตัวแปรแต่ละชนิดเพื่อหาแนวโน้มในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ตามหลักเกณฑ์ของสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone)

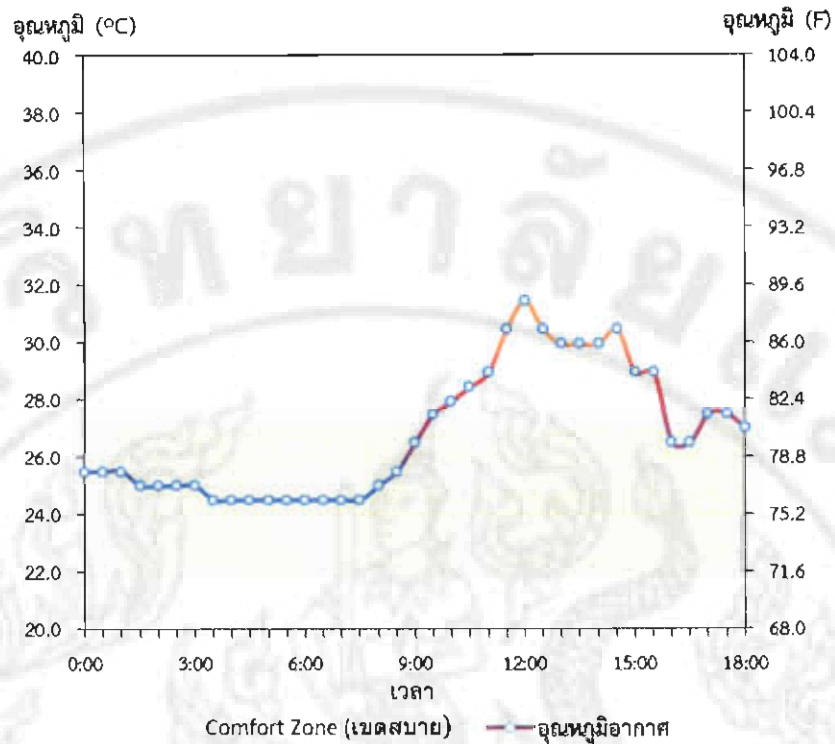
ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. อุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature)

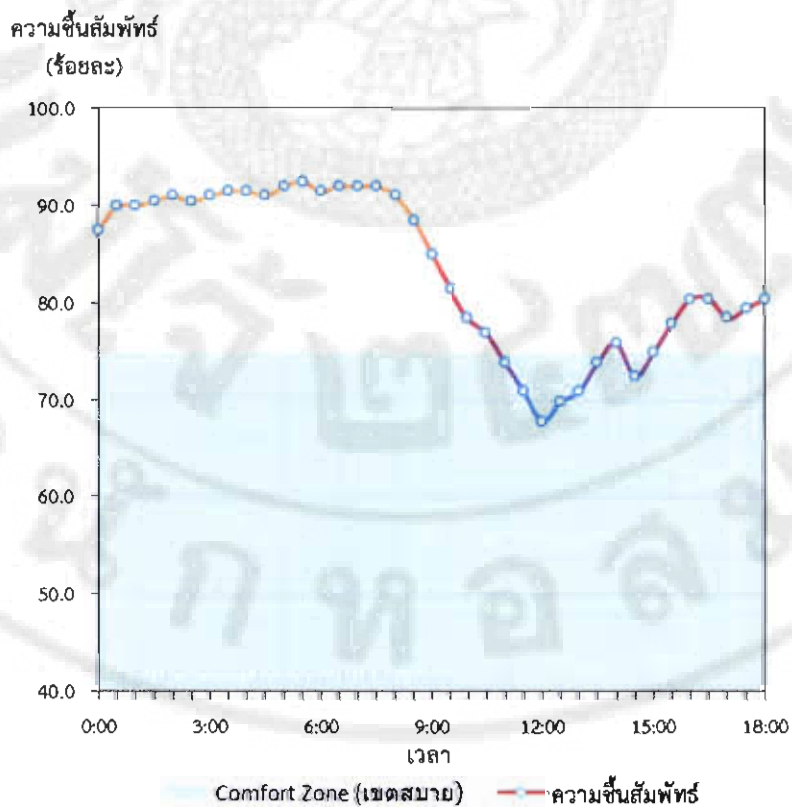
4.2.1 ตำแหน่ง A



ภาพที่ 42 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล A
ขณะสถาปนาปศุกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดลอม ม.แม่โจ้

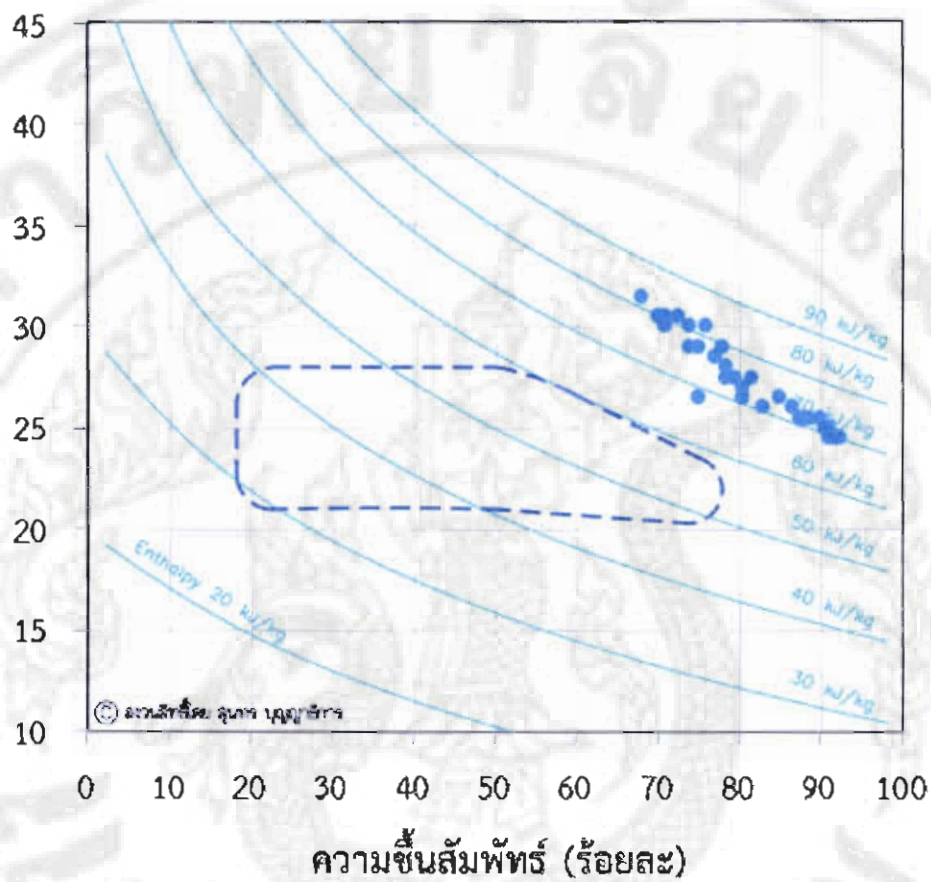


แผนภูมิที่ 29 แสดงระดับแนวโน้มนอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง A ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



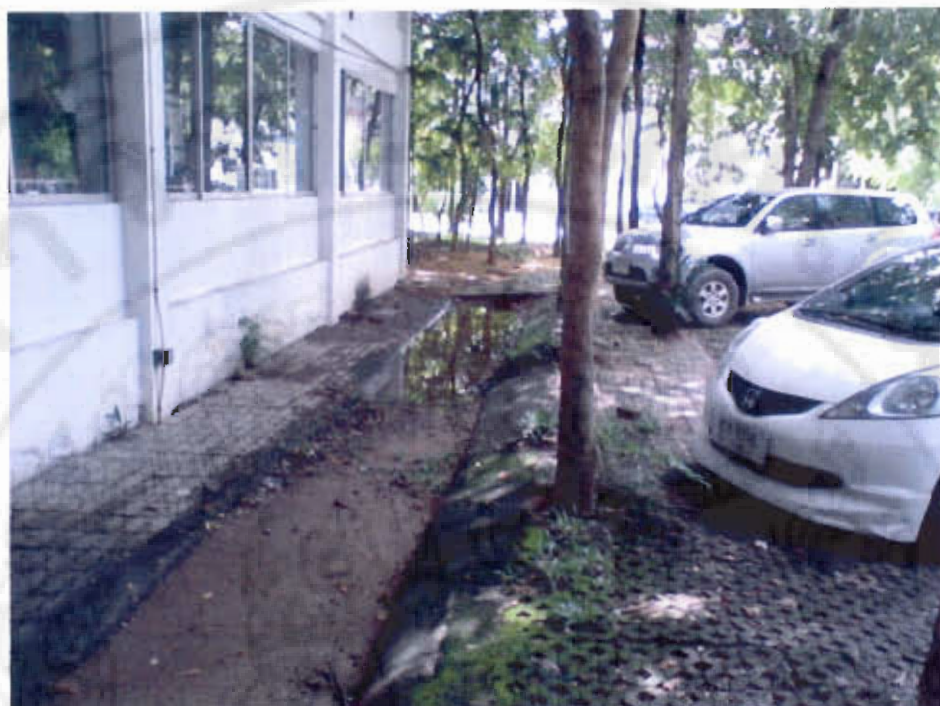
แผนภูมิที่ 30 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง A ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

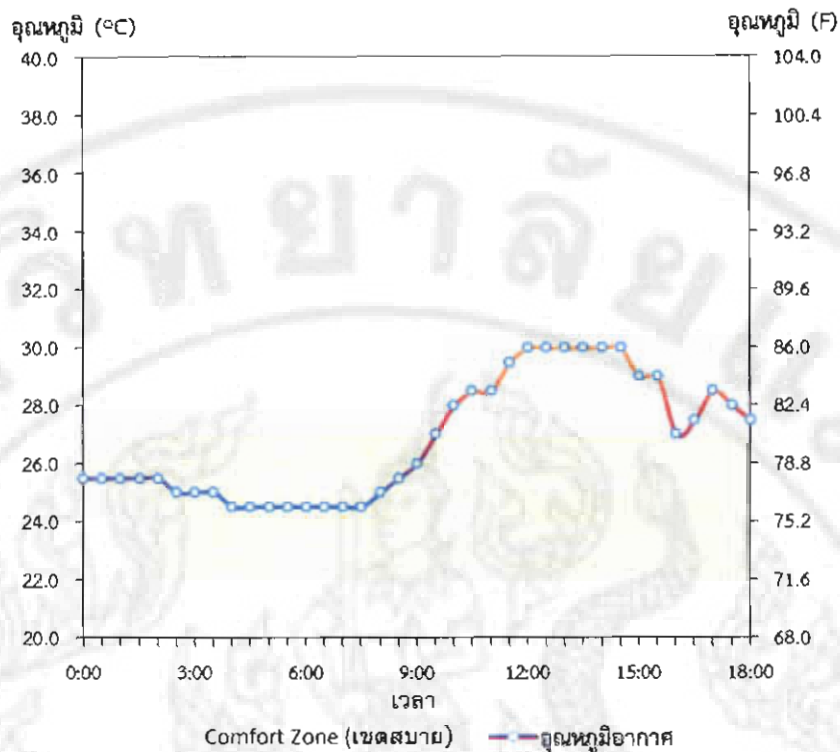


แผนภูมิที่ 31 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง A ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

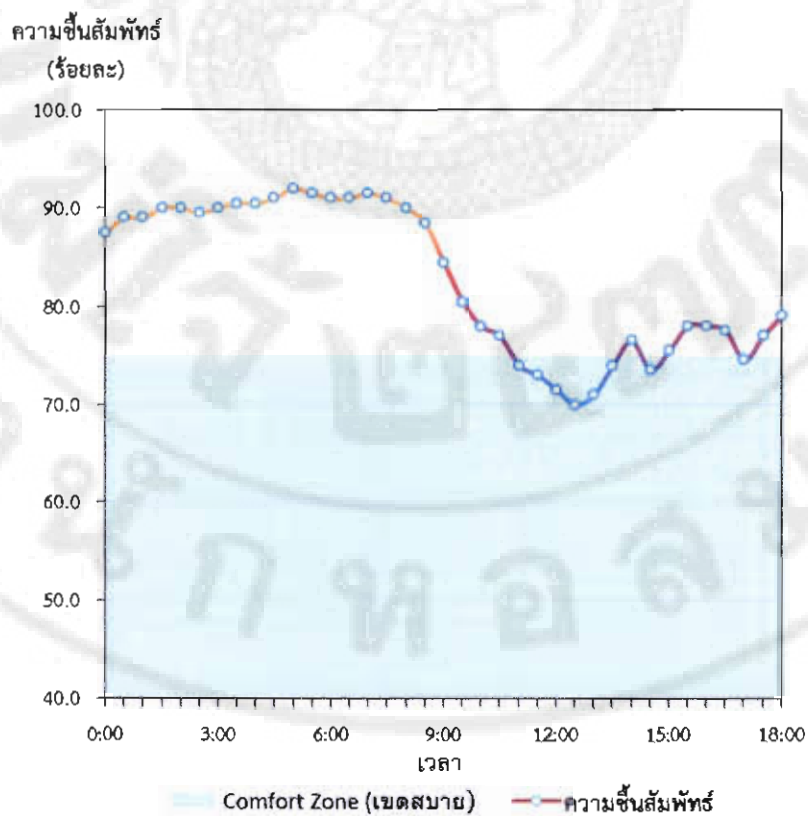
4.2.2 ตำแหน่ง B



ภาพที่ 43 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล B
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

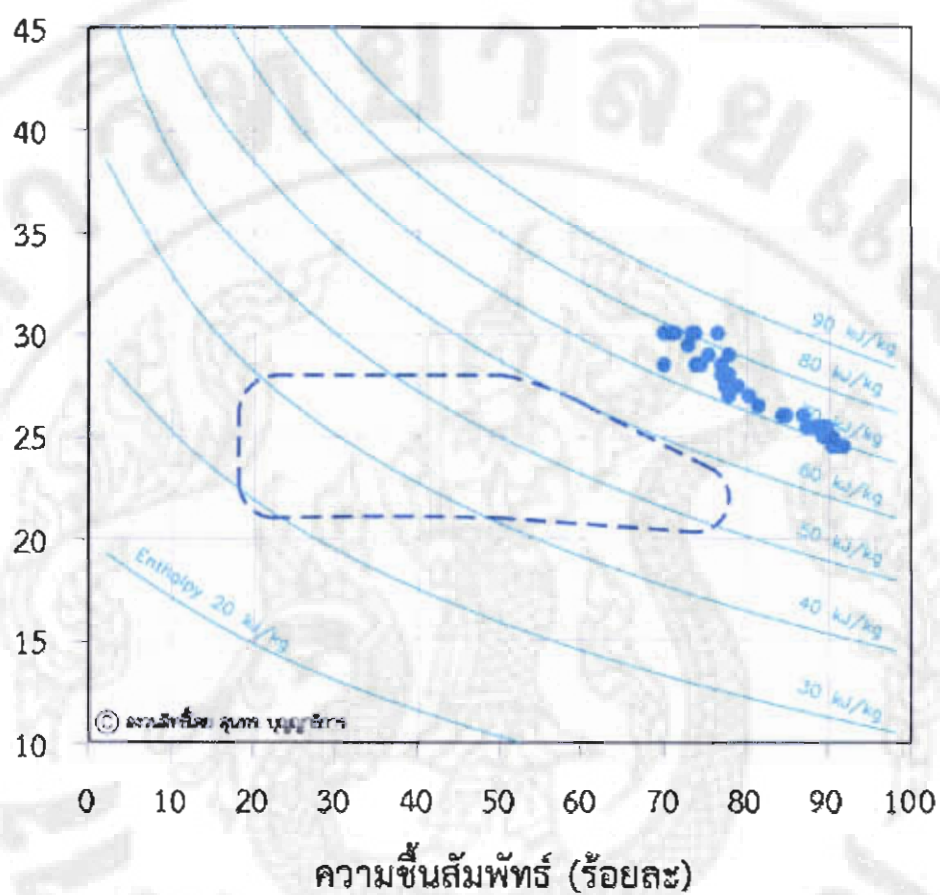


แผนภูมิที่ 32 แสดงระดับแนวโน้มน้ำอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง B ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 33 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง B ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

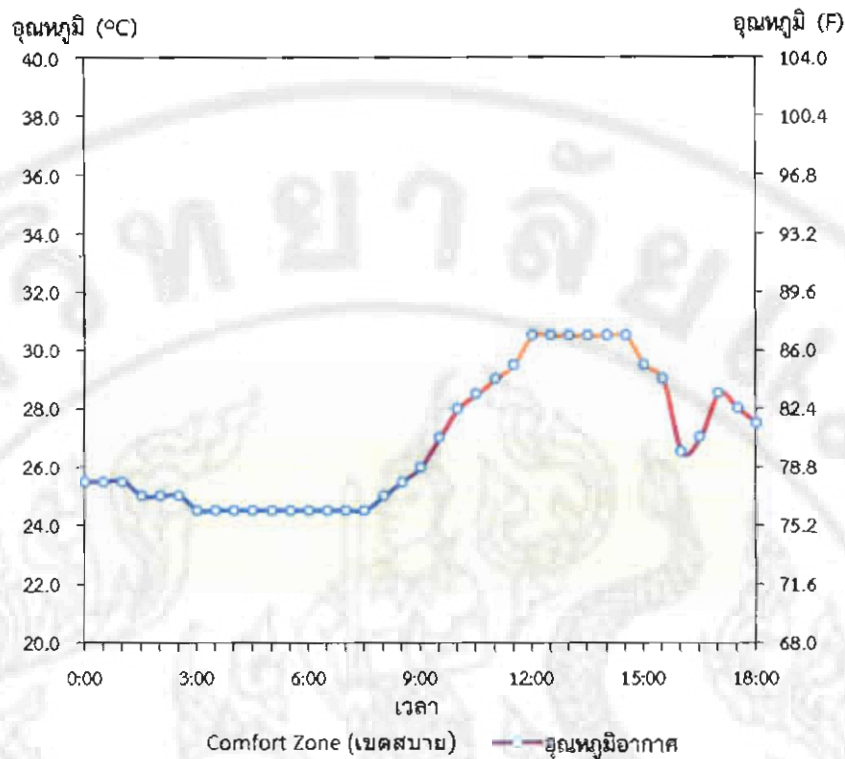


แผนภูมิที่ 34 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง B ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

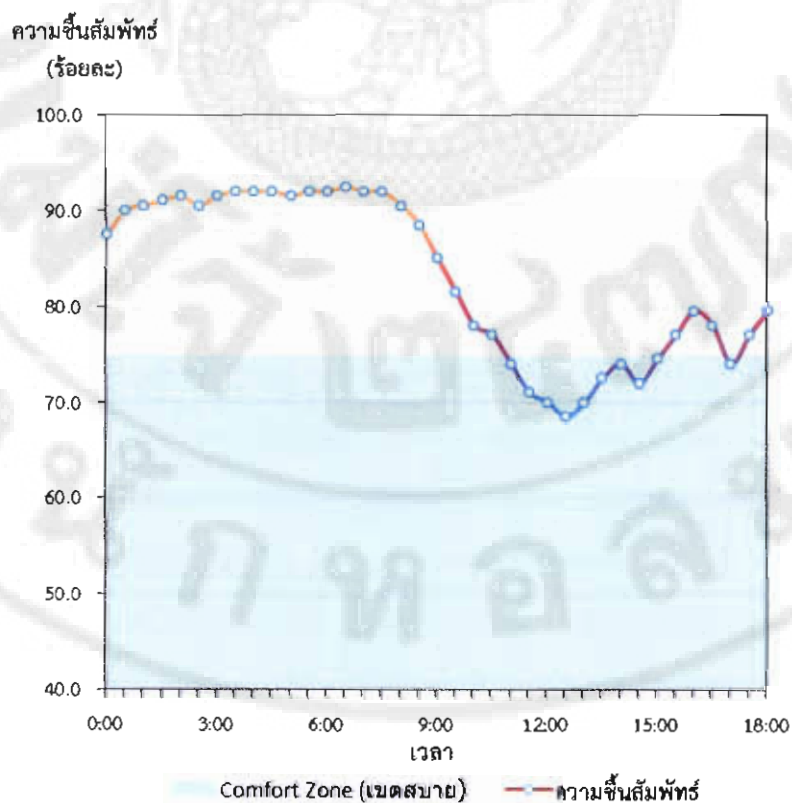
4.2.3 ตำแหน่ง C



ภาพที่ 44 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล C
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

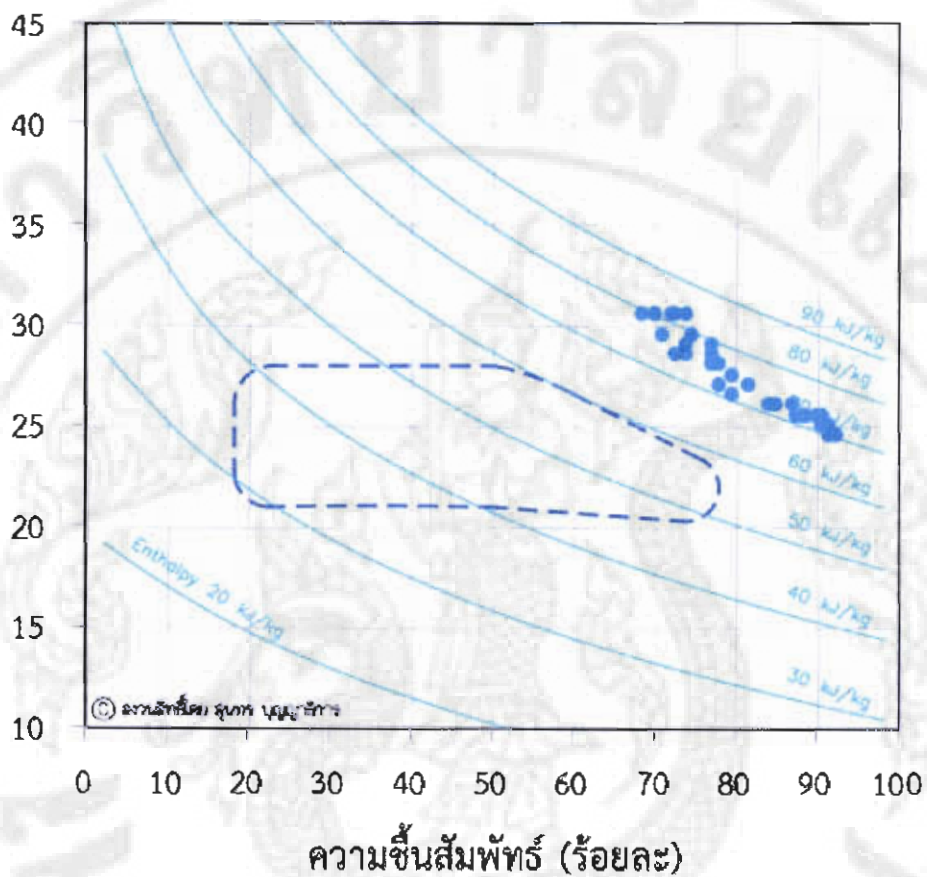


แผนภูมิที่ 35 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง C ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 36 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง C ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

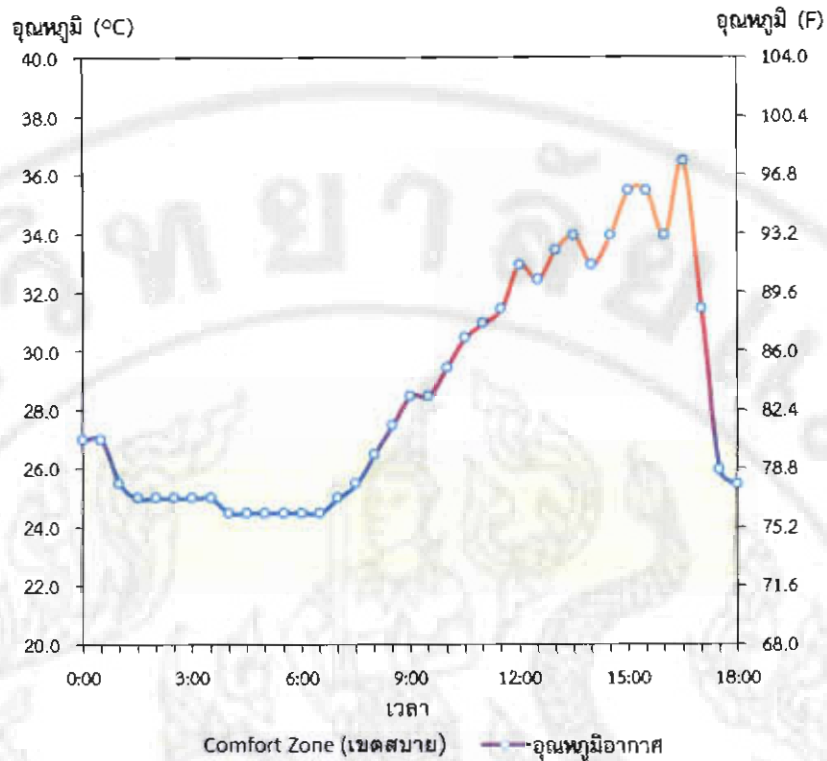


แผนภูมิที่ 37 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง C ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

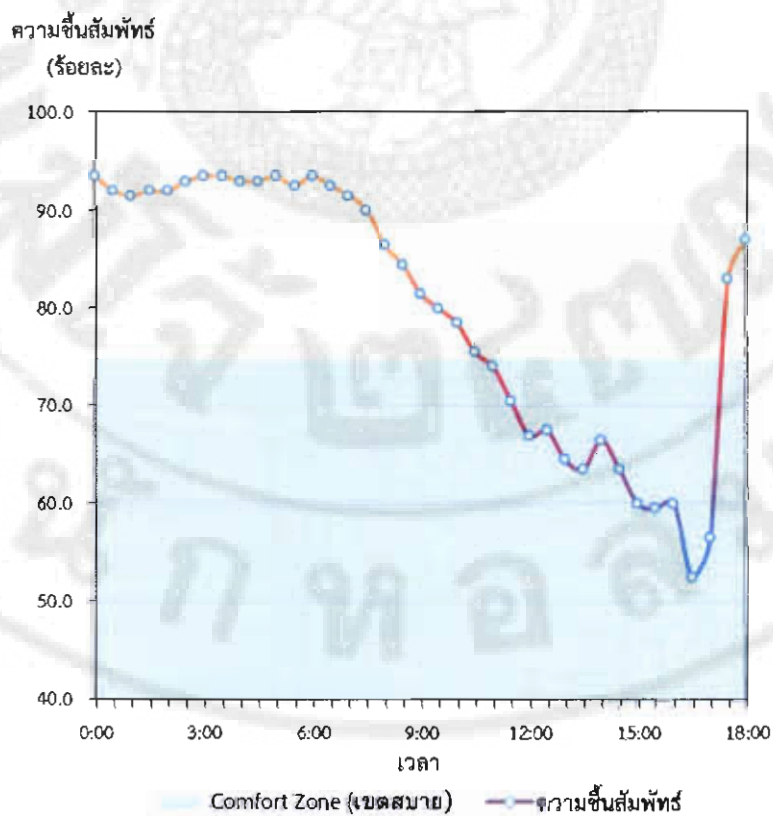
4.2.4 ตำแหน่ง D



ภาพที่ 45 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล D
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

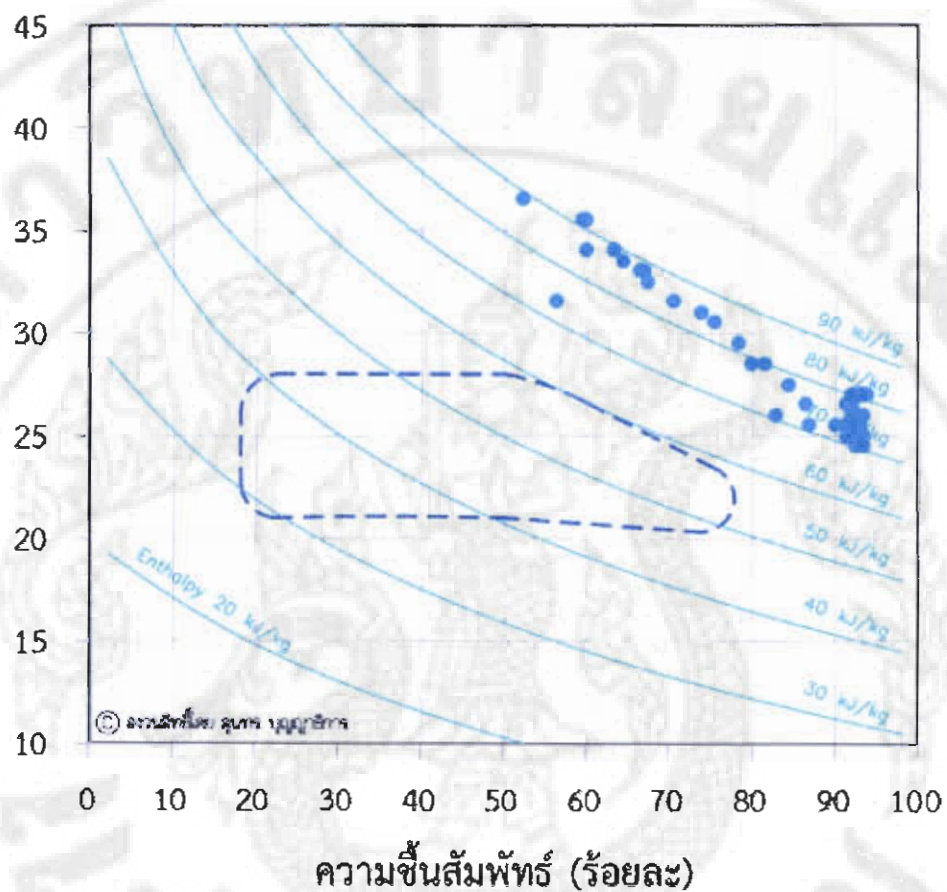


แผนภูมิที่ 38 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง D ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 39 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง D ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

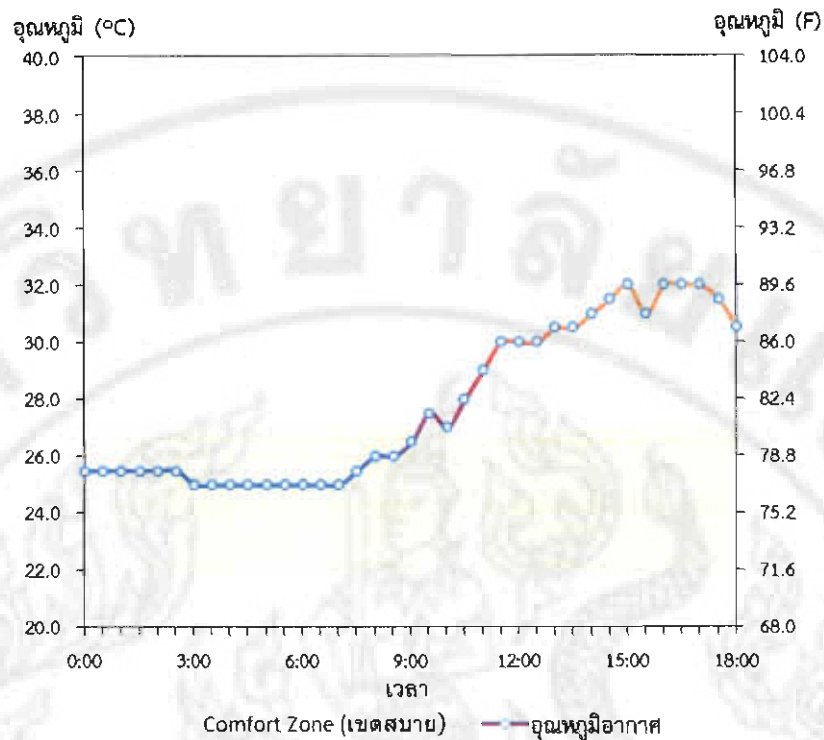


แผนภูมิที่ 40 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง D ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

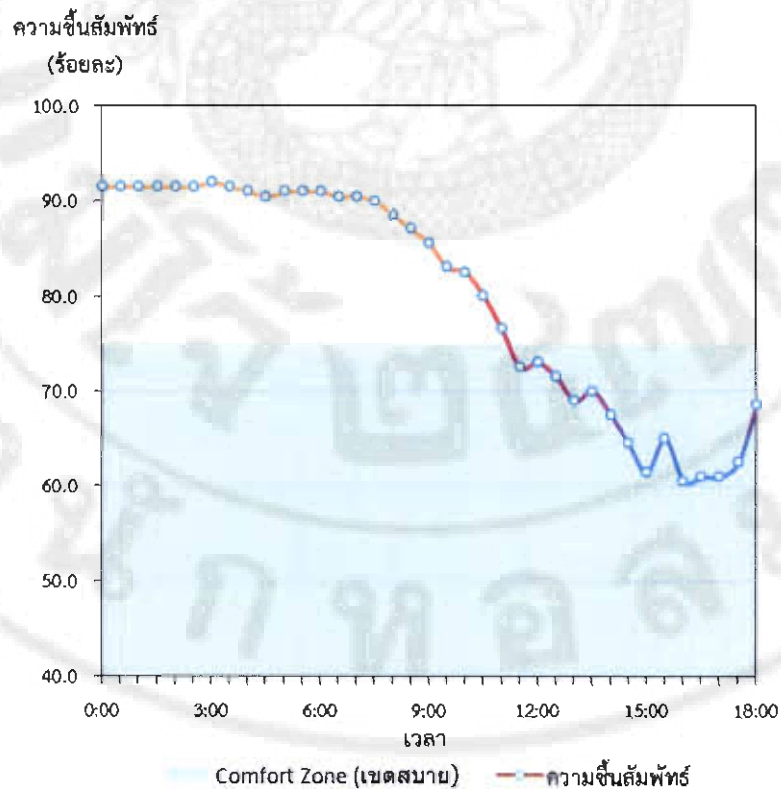
4.2.5 ตำแหน่ง E



ภาพที่ 46 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล E
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

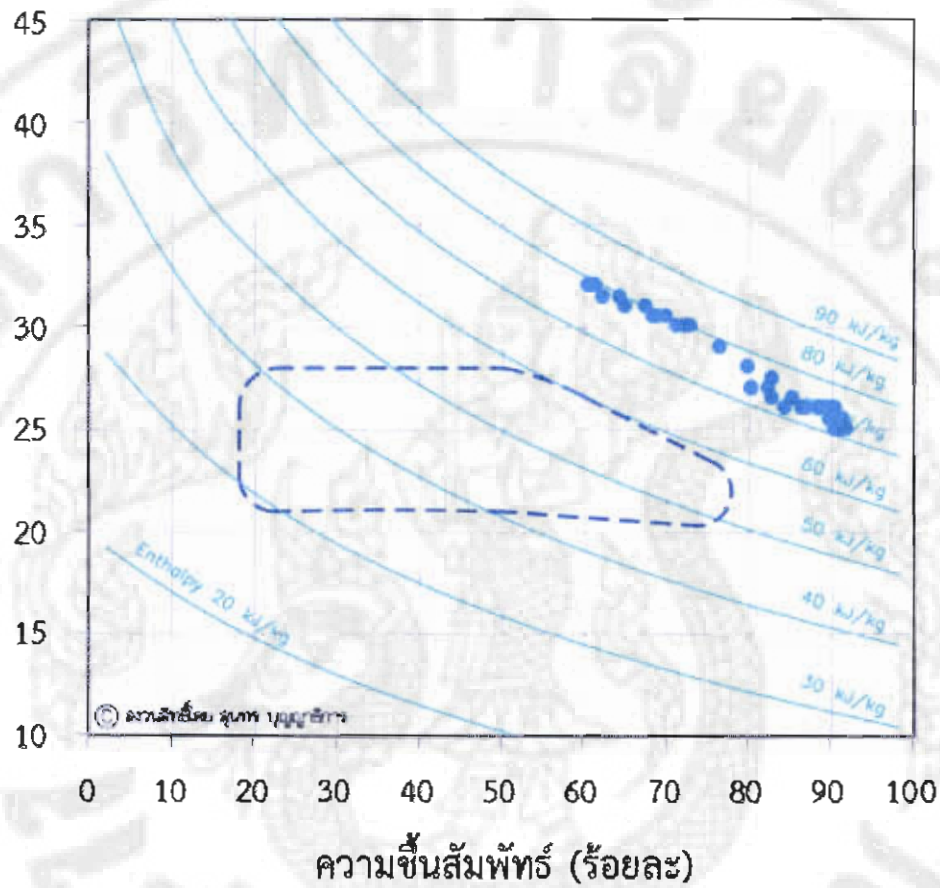


แผนภูมิที่ 41 แสดงระดับแนวโน้มน้ำอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง E ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 42 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง E ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

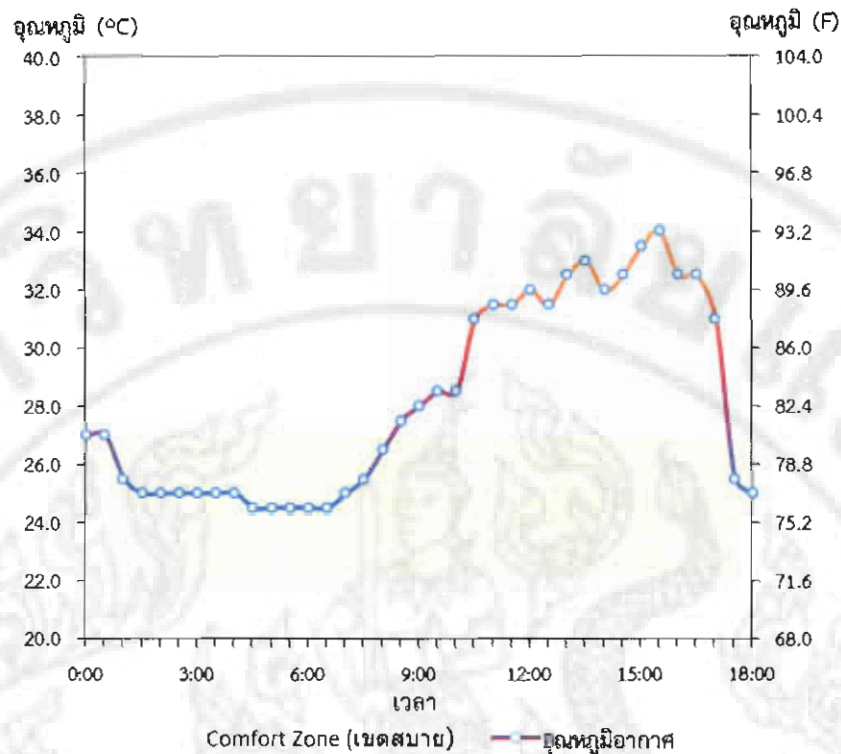


แผนภูมิที่ 43 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง E ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

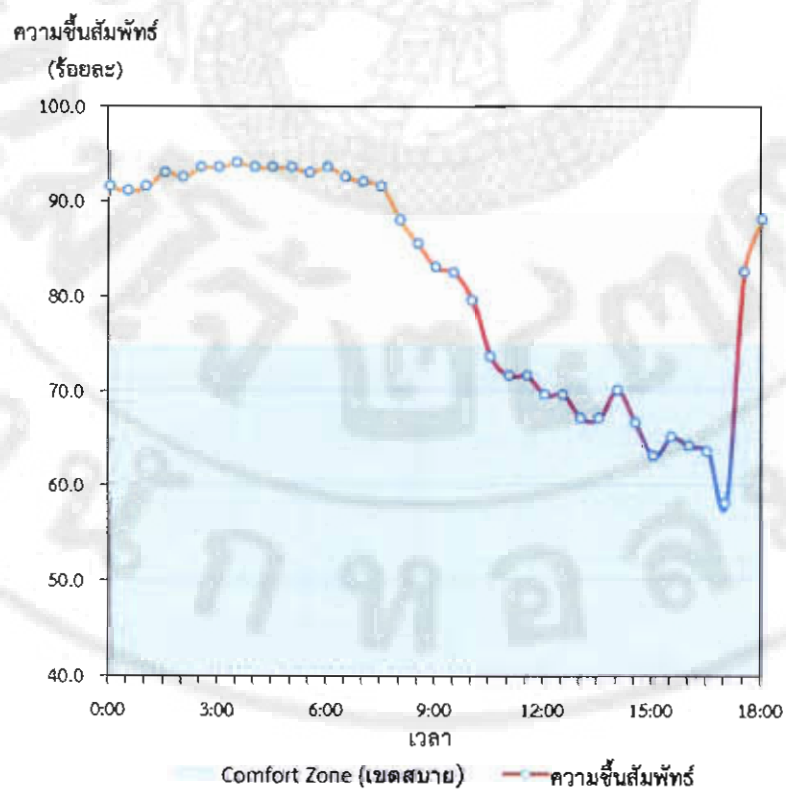
4.2.6 ตำแหน่ง F



ภาพที่ 47 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล F
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

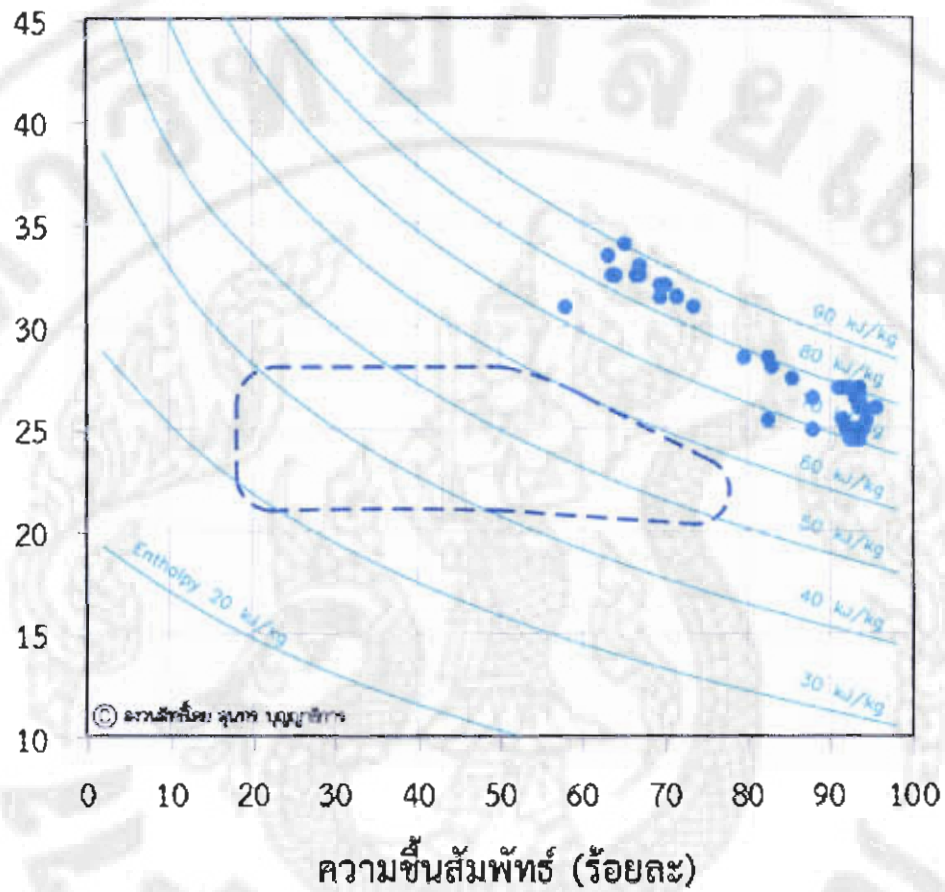


แผนภูมิที่ 44 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง F ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 45 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง F ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

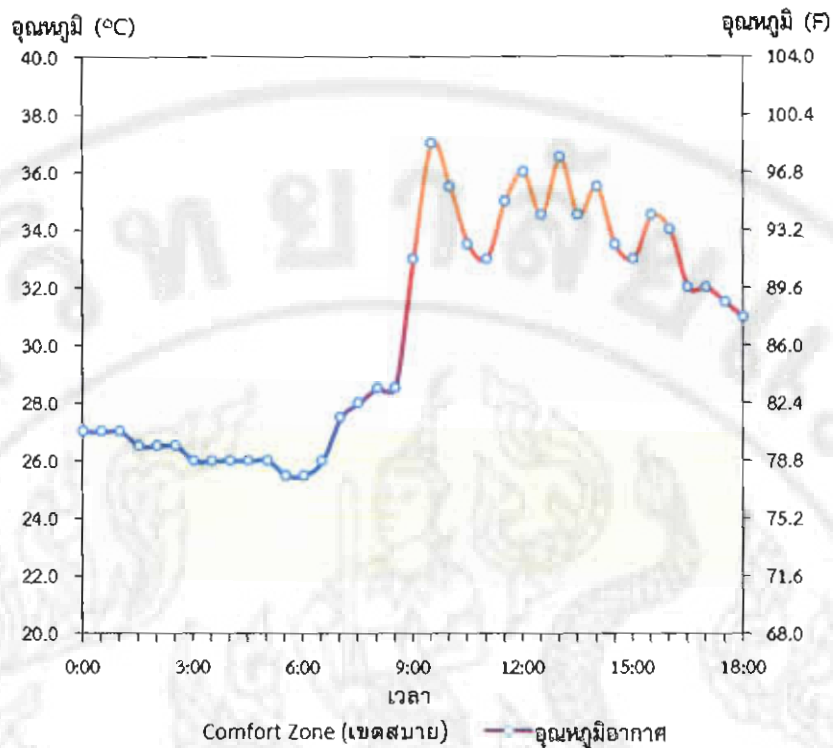


แผนภูมิที่ 46 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง F ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

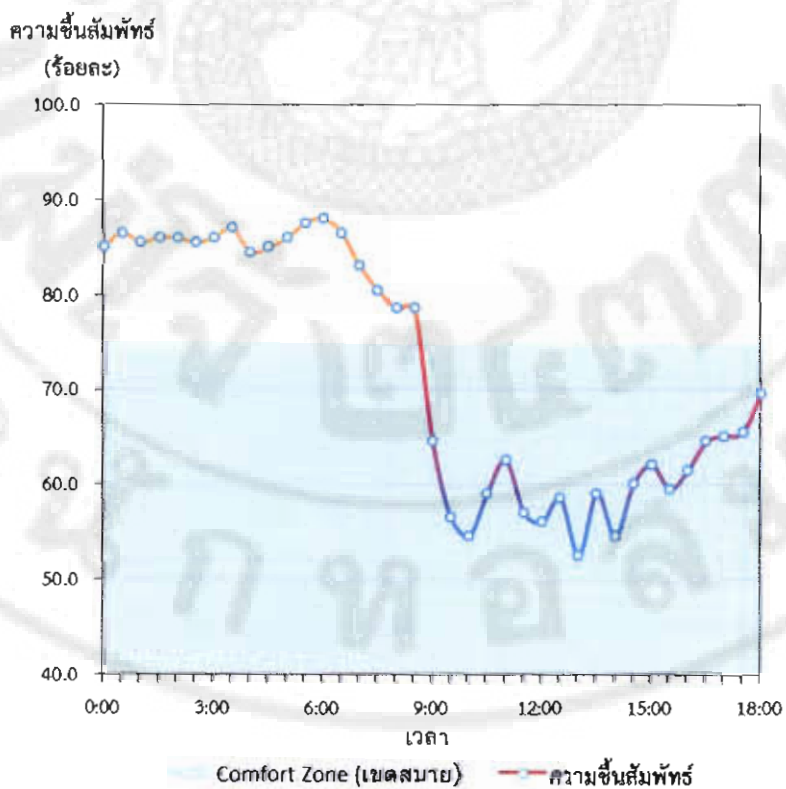
4.2.7 ตำแหน่ง G



ภาพที่ 48 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล G
ขณะสถาปนากรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม น.แม่โจ้

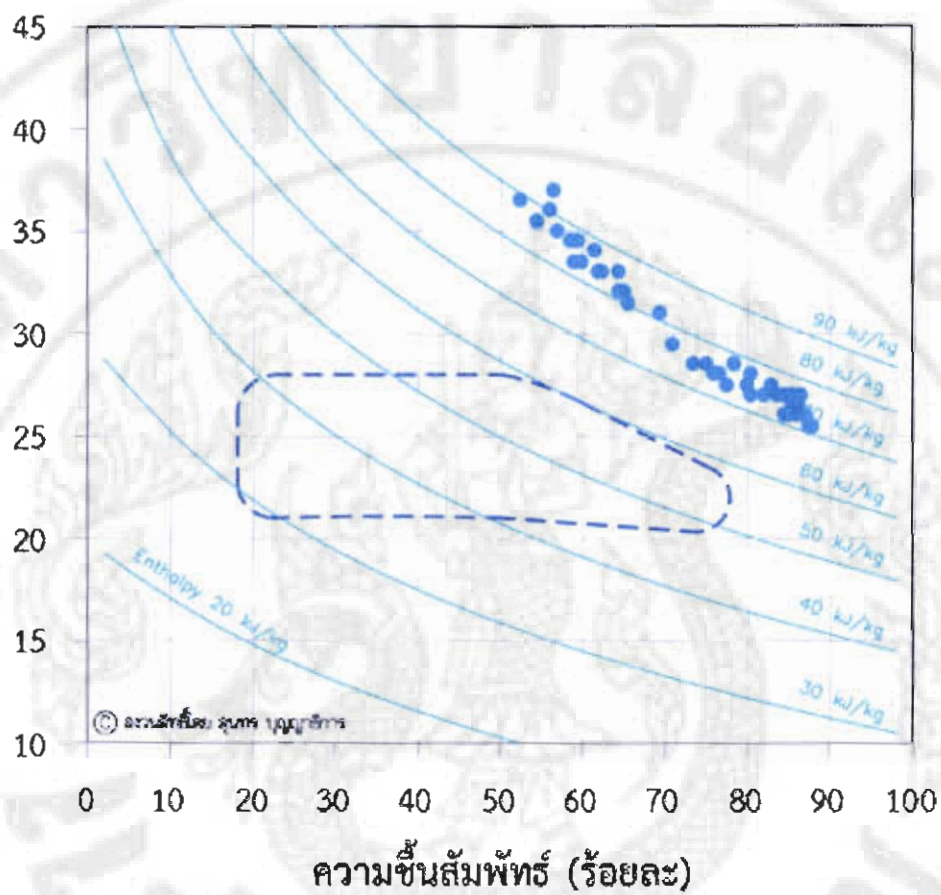


แผนภูมิที่ 47 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง G ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 48 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง G ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

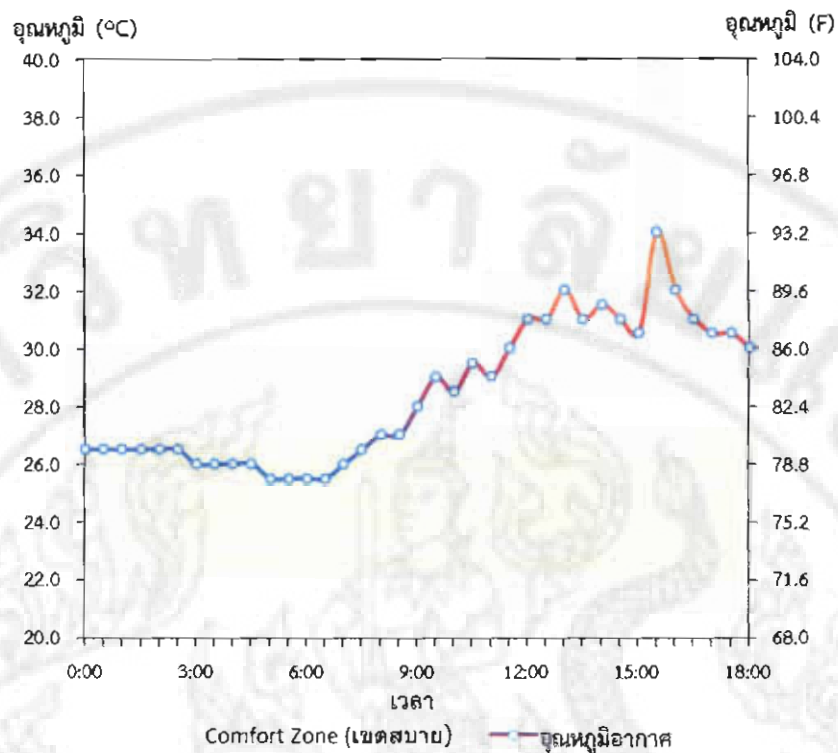


แผนภูมิที่ 49 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง G ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

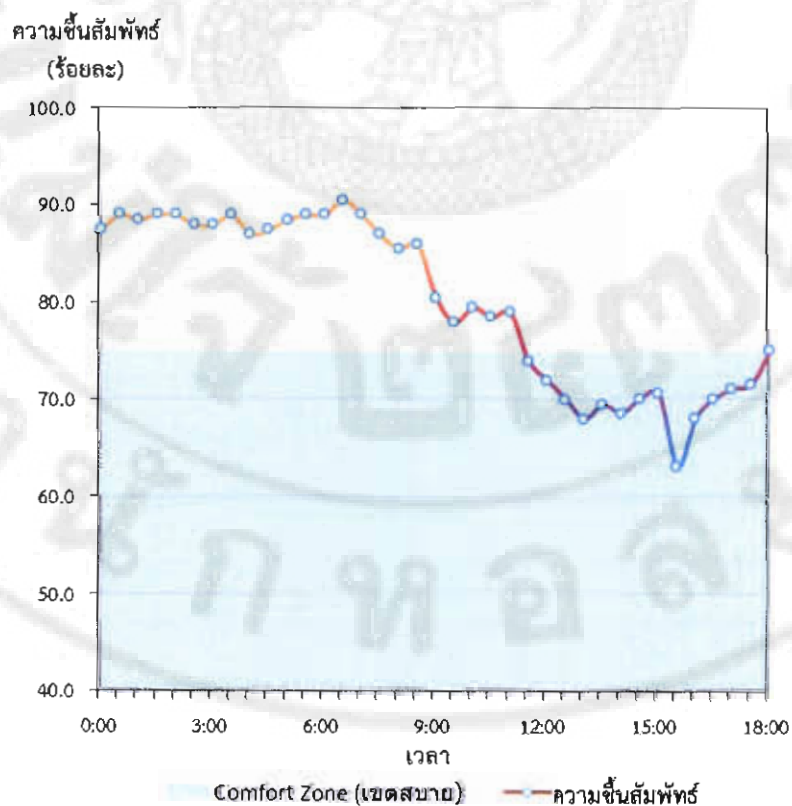
4.2.8 ตำแหน่ง H



ภาพที่ 49 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล H
ขณะสถาปนาปศุกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดลอม ม.แม่โจ้

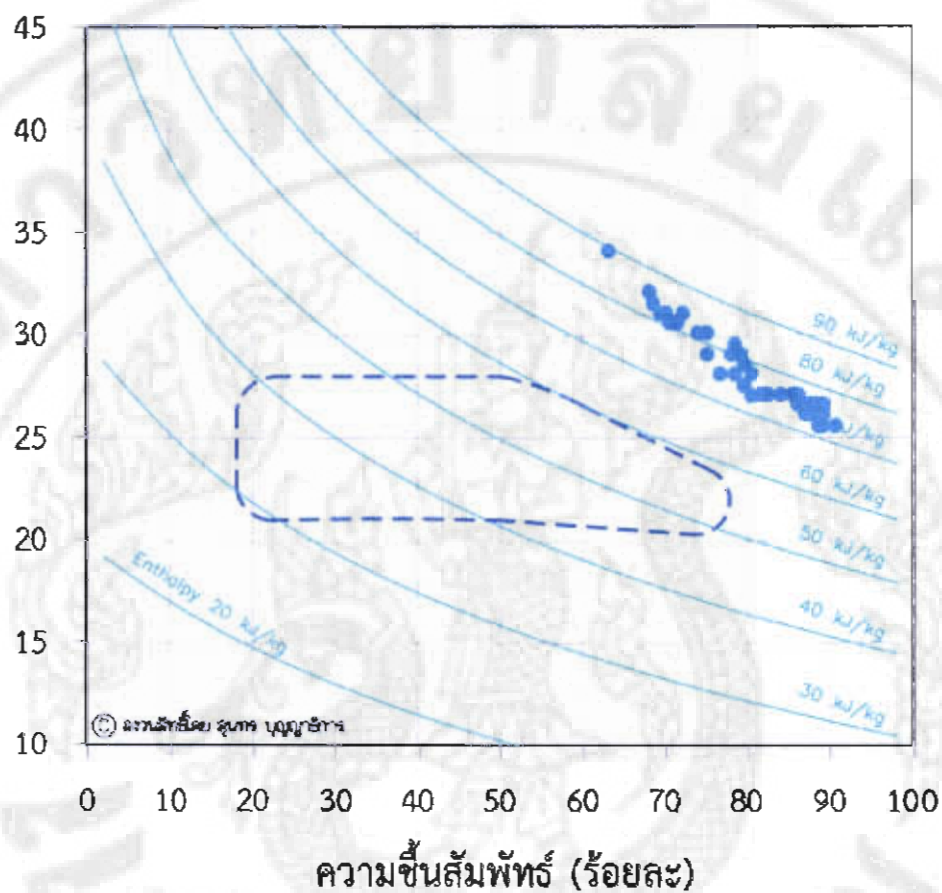


แผนภูมิที่ 50 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง H ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 51 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง H ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

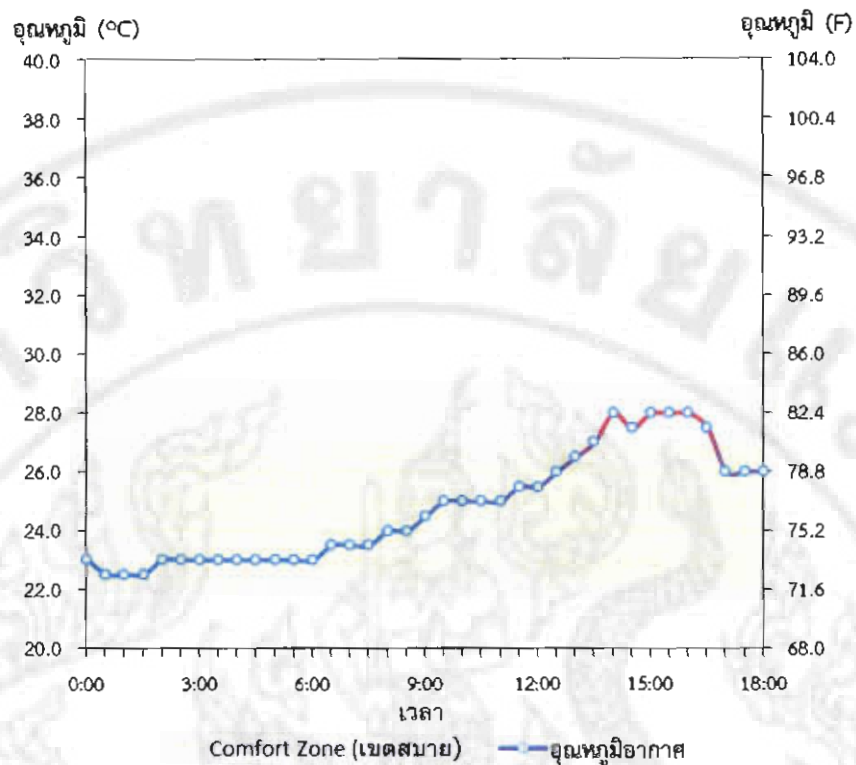


แผนภูมิที่ 52 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง H ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

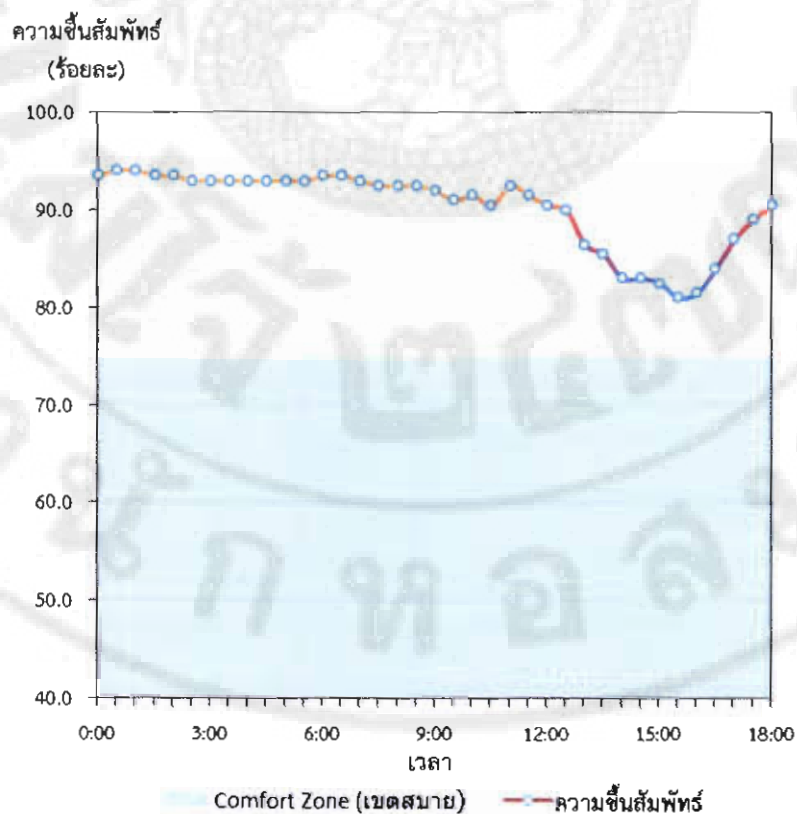
4.2.9 ตำแหน่ง I



ภาพที่ 50 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล I
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

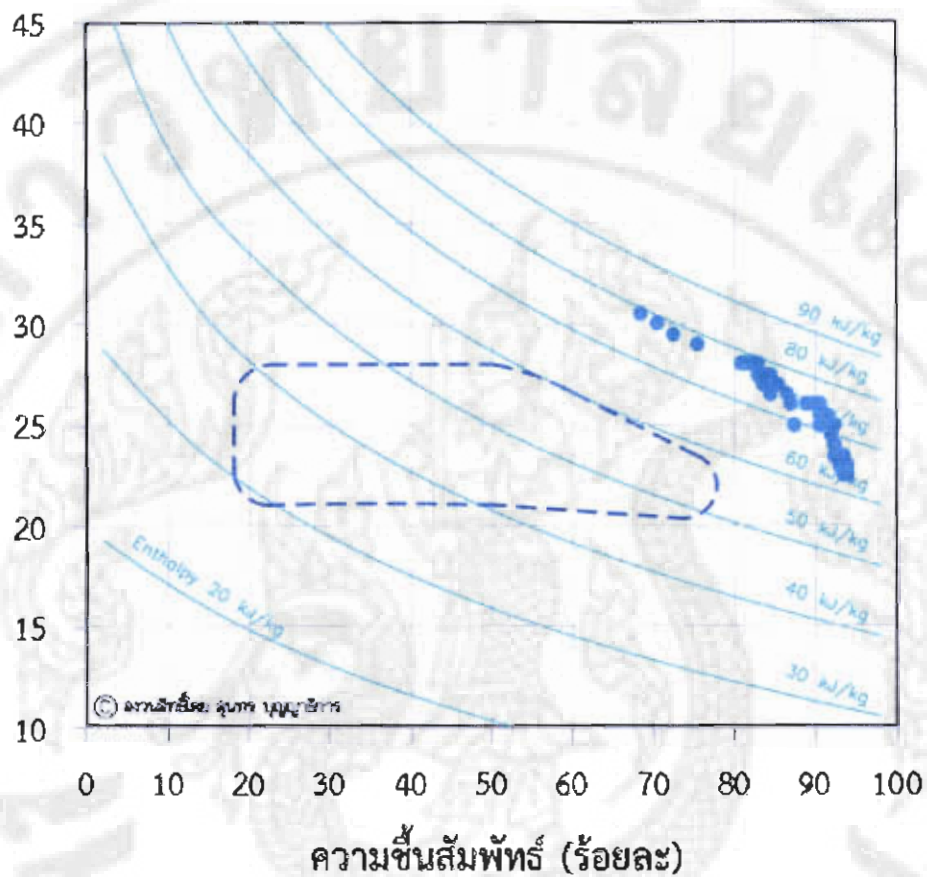


แผนภูมิที่ 53 แสดงระดับแนวโน้มน้ำอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง I ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 54 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง I ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

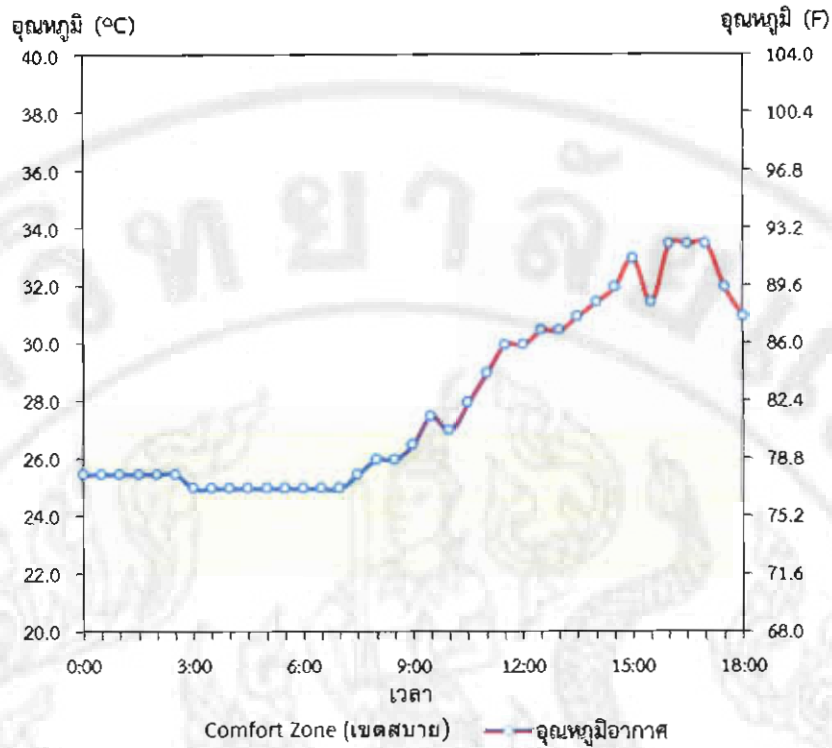


แผนภูมิที่ 55 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง I ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

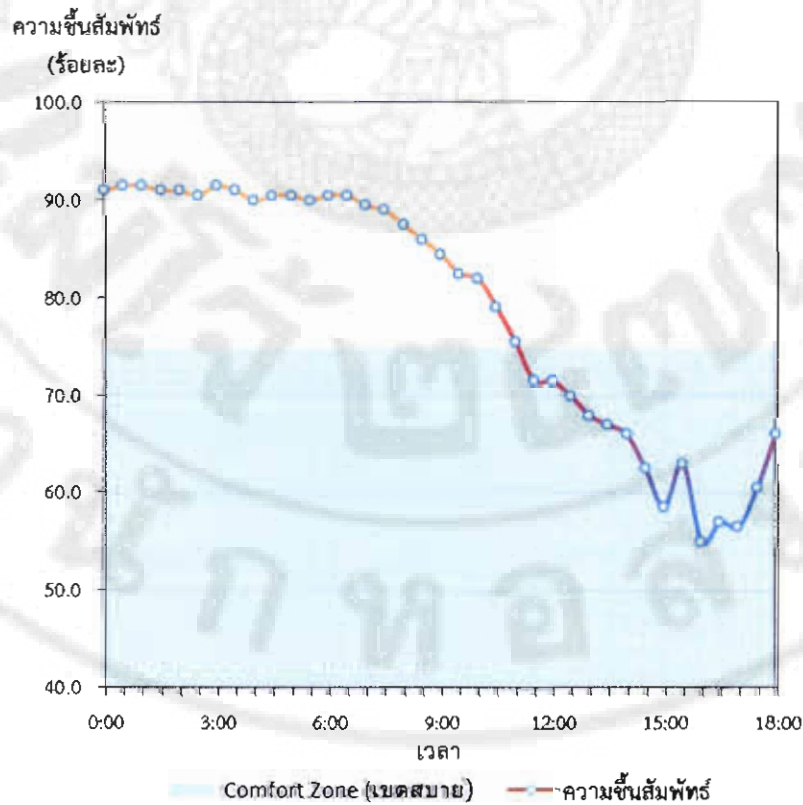
4.2.10 ตำแหน่ง J



ภาพที่ 51 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล J
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

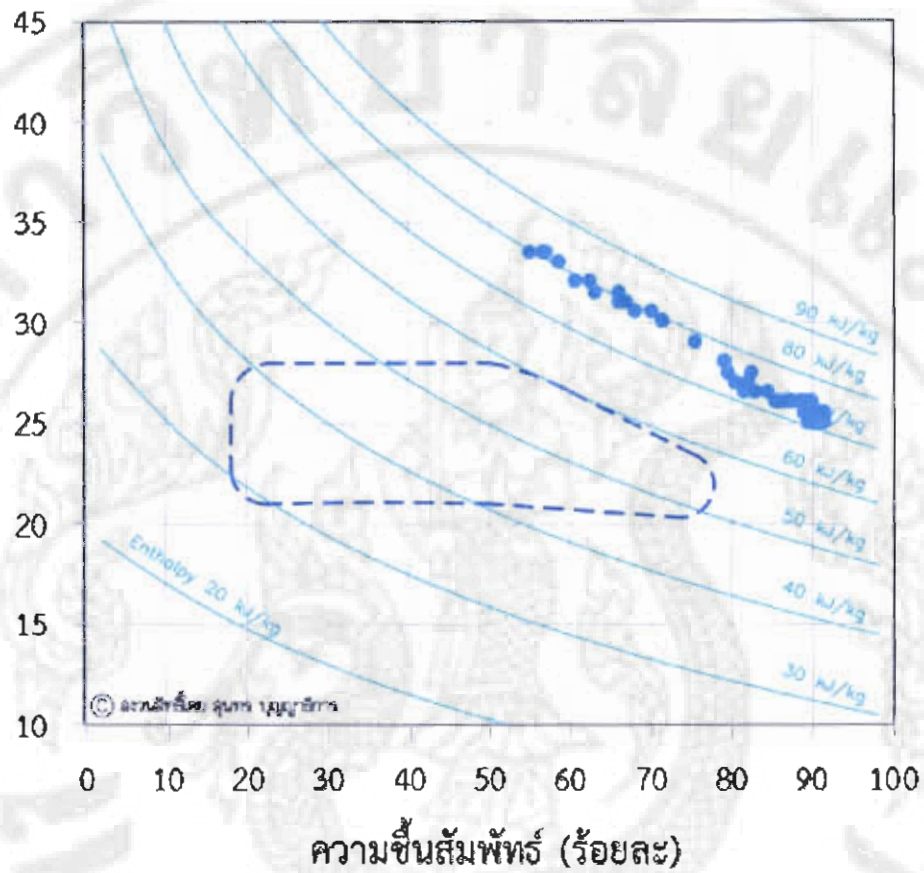


แผนภูมิที่ 56 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง J ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 57 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง J ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

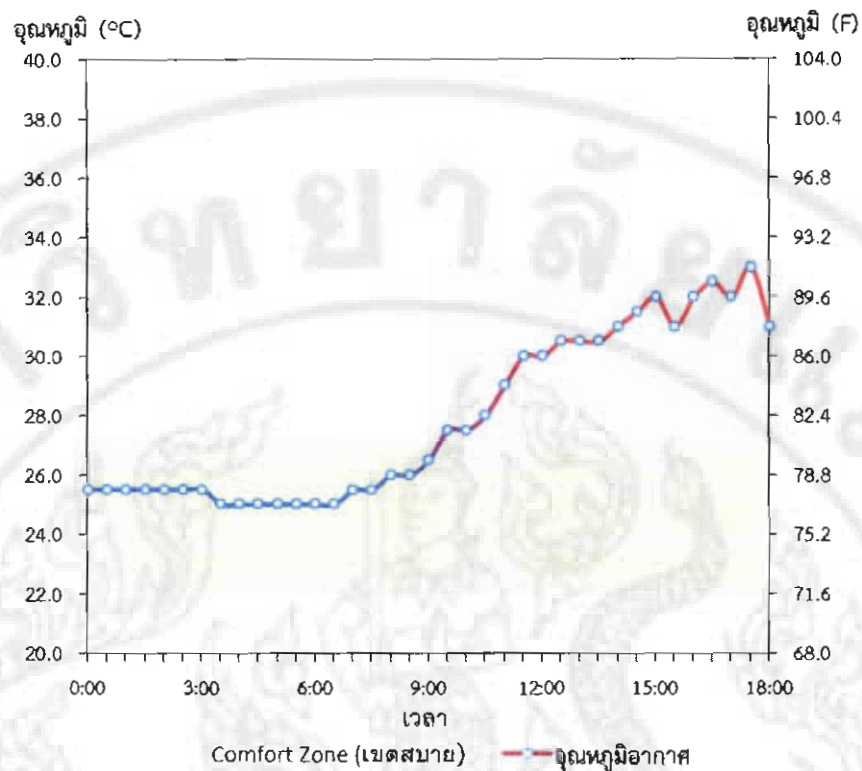


แผนภูมิที่ 58 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง J ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

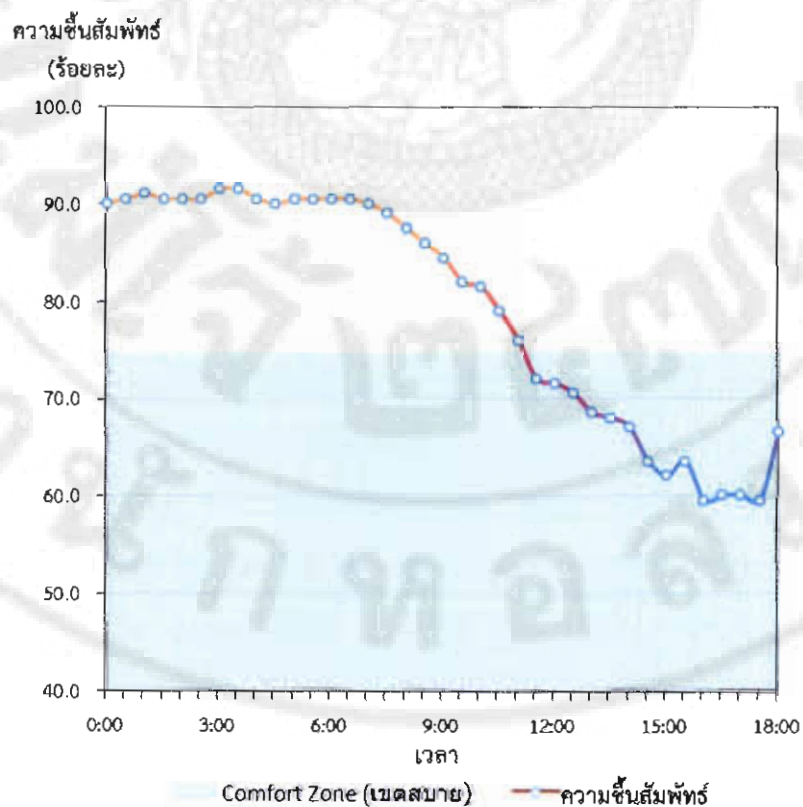
4.1.11 ตำแหน่ง K



ภาพที่ 52 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล K
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

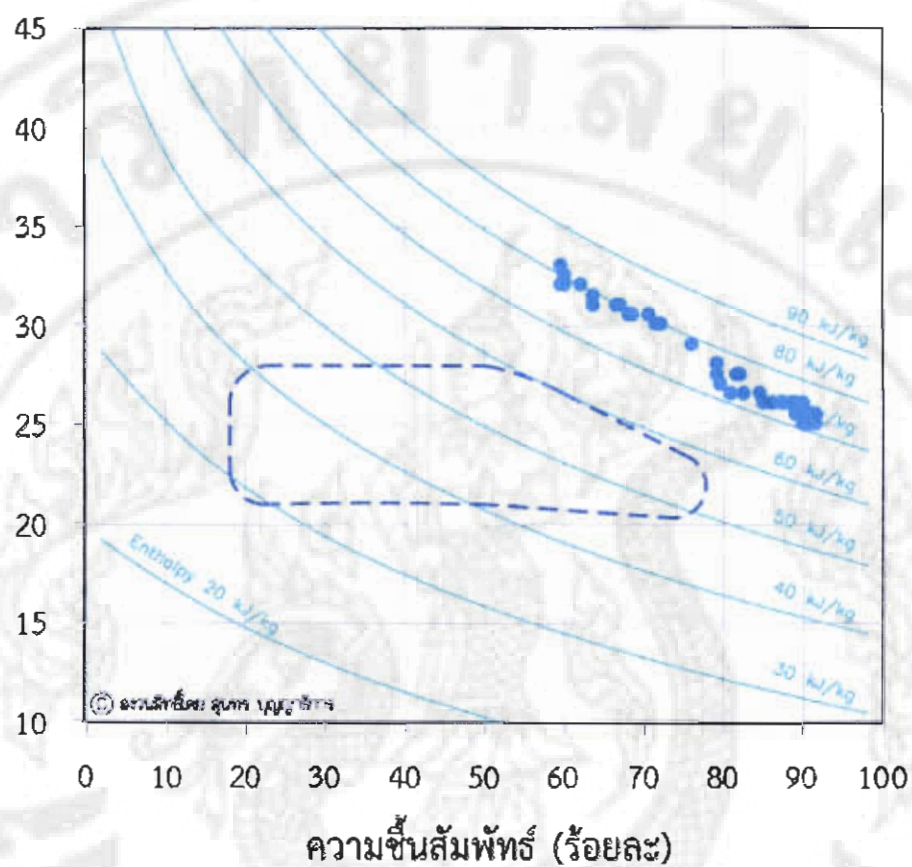


แผนภูมิที่ 59 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง K ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 60 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง K ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

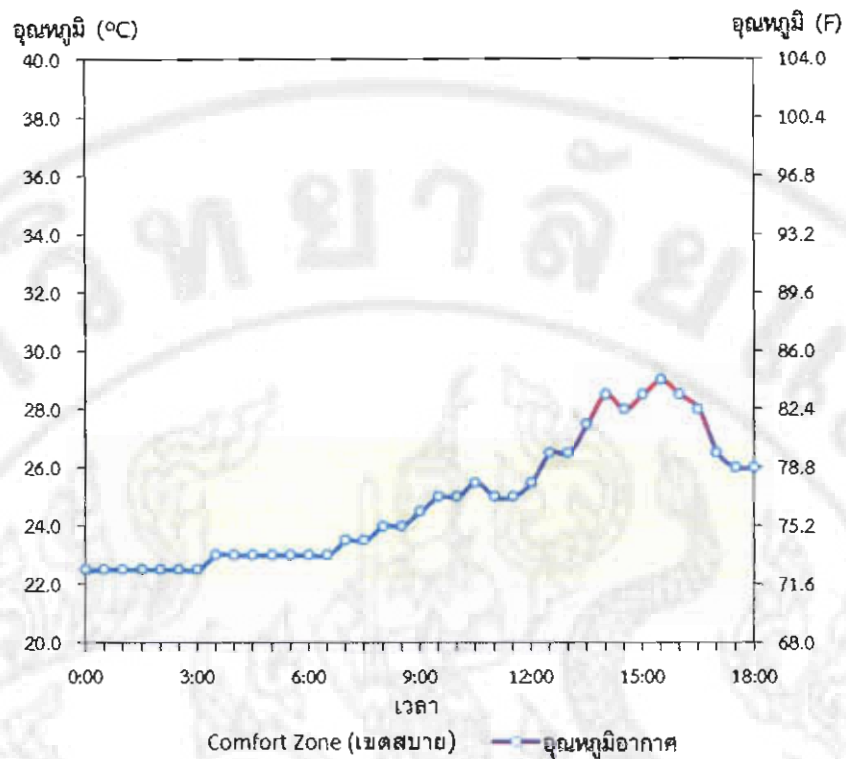


แผนภูมิที่ 61 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง K ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

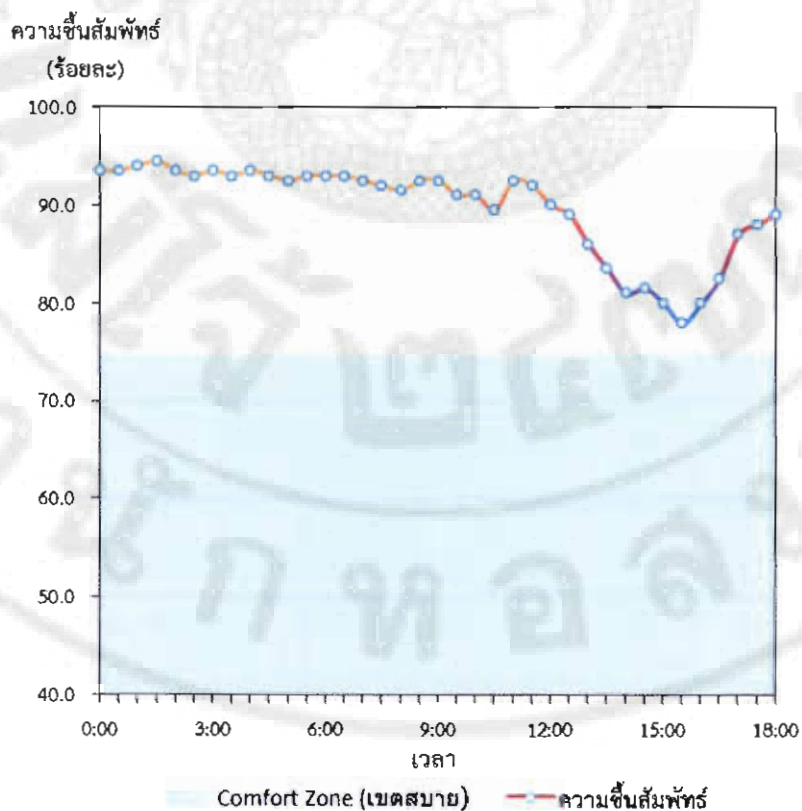
4.2.12 ตำแหน่ง L



ภาพที่ 53 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล L
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

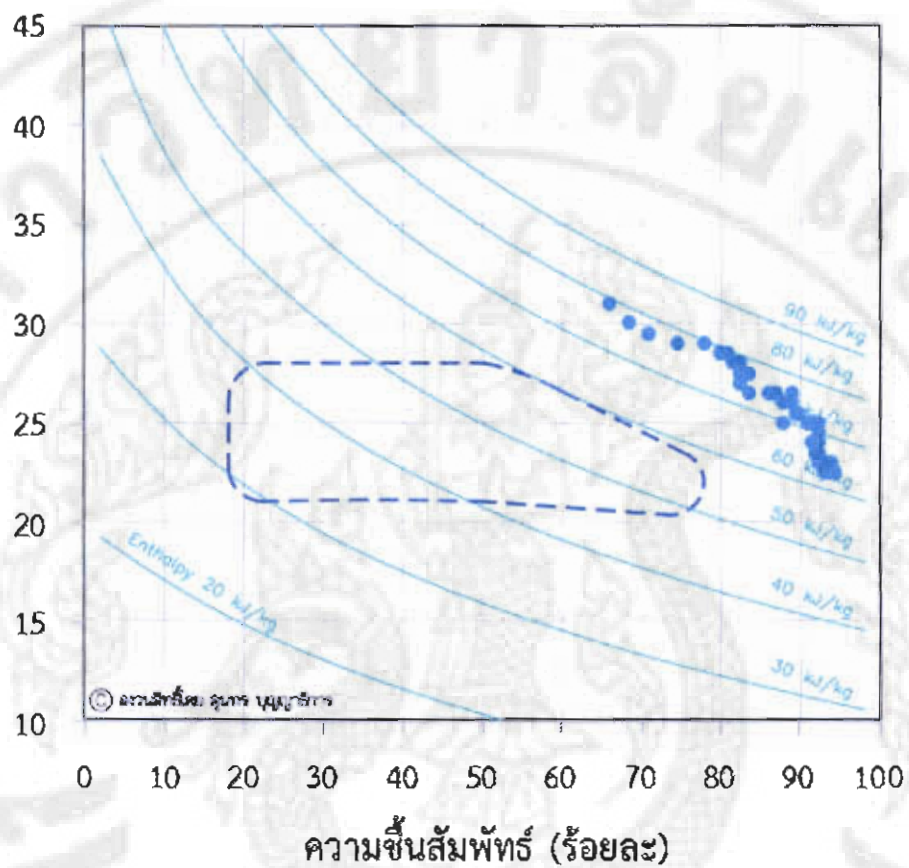


แผนภูมิที่ 62 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง L ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 63 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง L ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

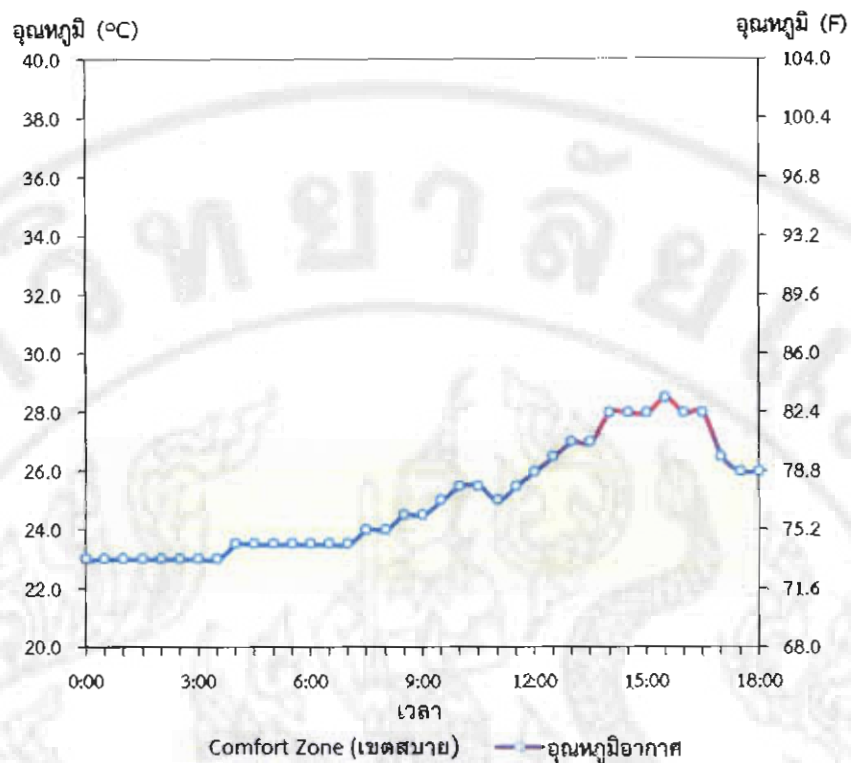


แผนภูมิที่ 64 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง L ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

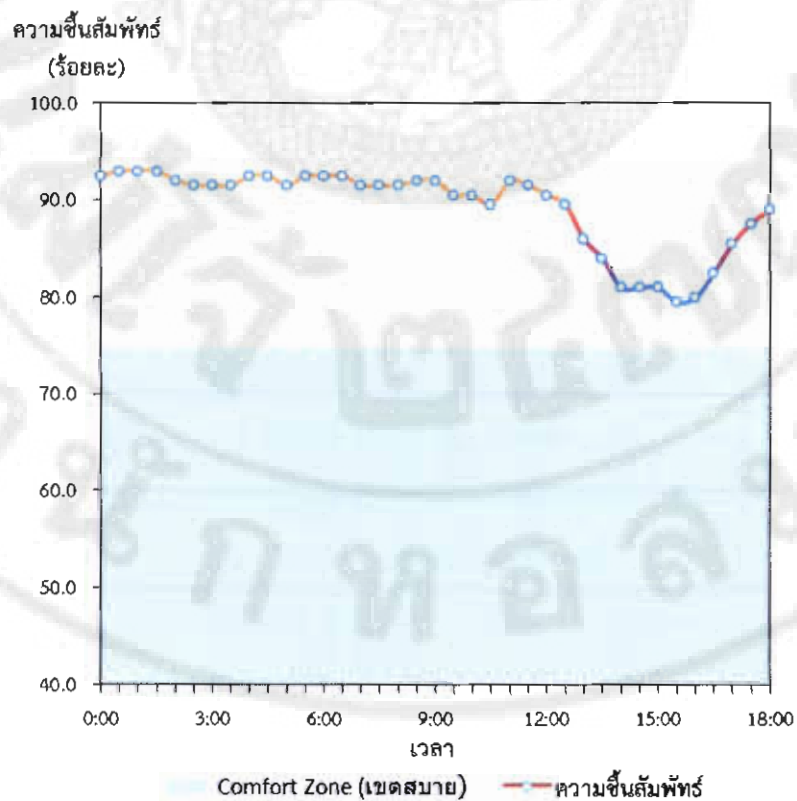
4.2.13 ตำแหน่ง M



ภาพที่ 54 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล M
ขณะสถาปนาปศุกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดลอม ม.แม่โจ้

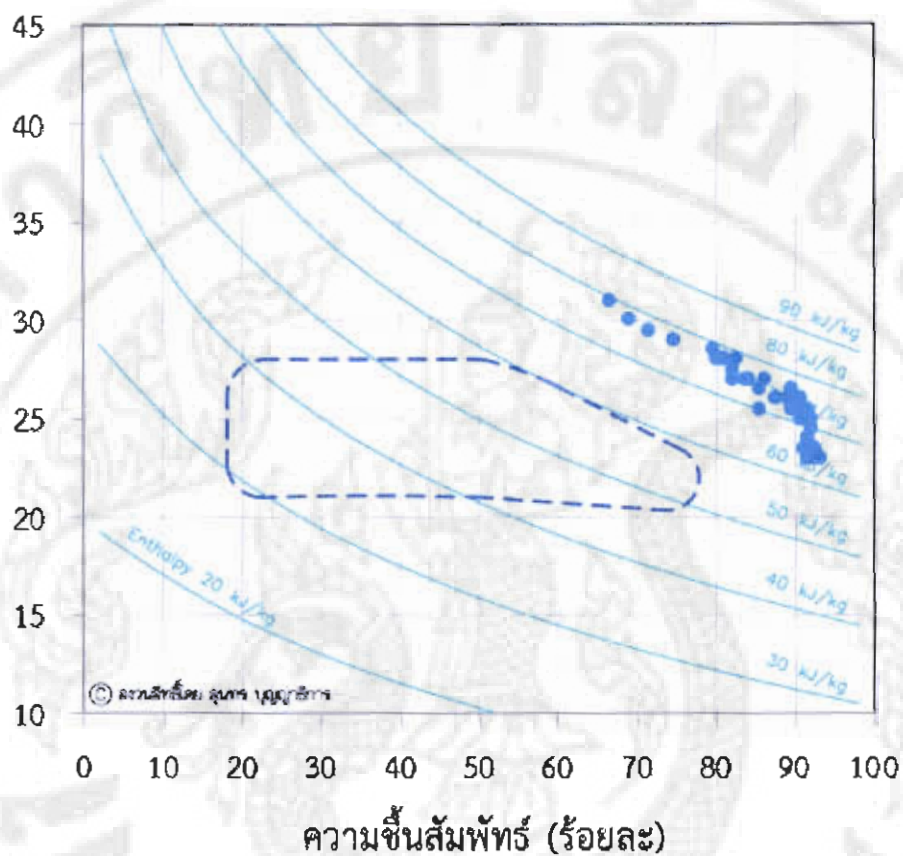


แผนภูมิที่ 65 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง M ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 66 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง M ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกะเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

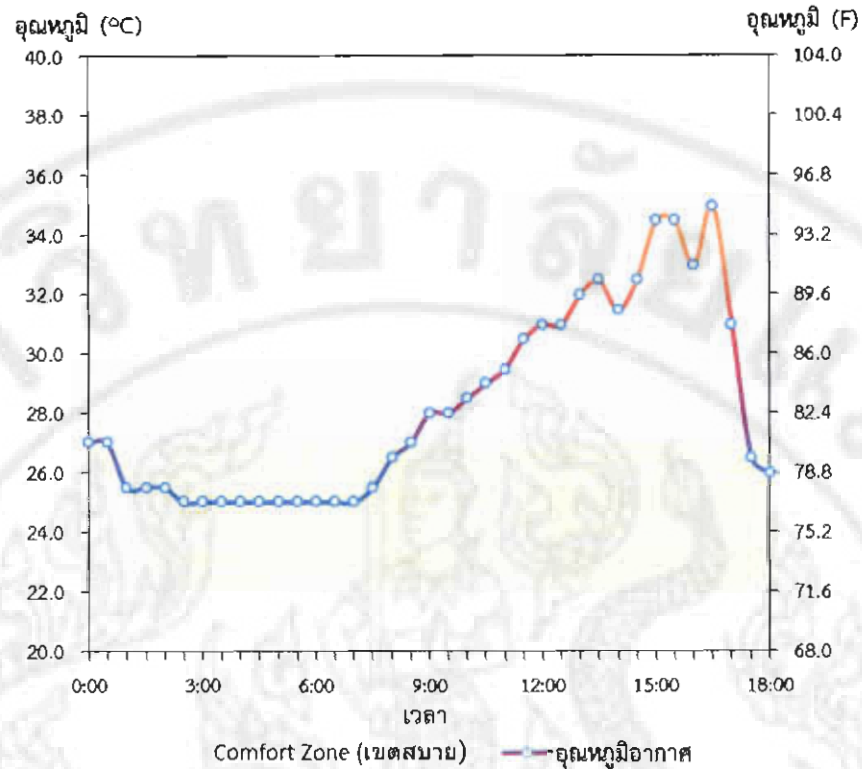


แผนภูมิที่ 67 แสดงข้อมูลอุณหภูมิกะเปาะแห้งและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง M ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

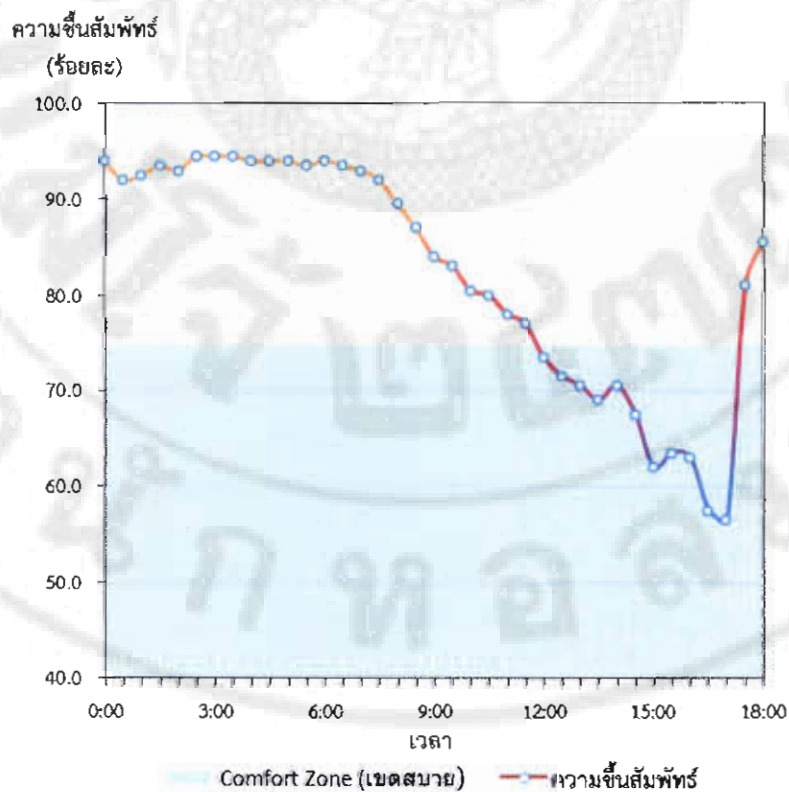
4.2.14 ตำแหน่ง N



ภาพที่ 55 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล N
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

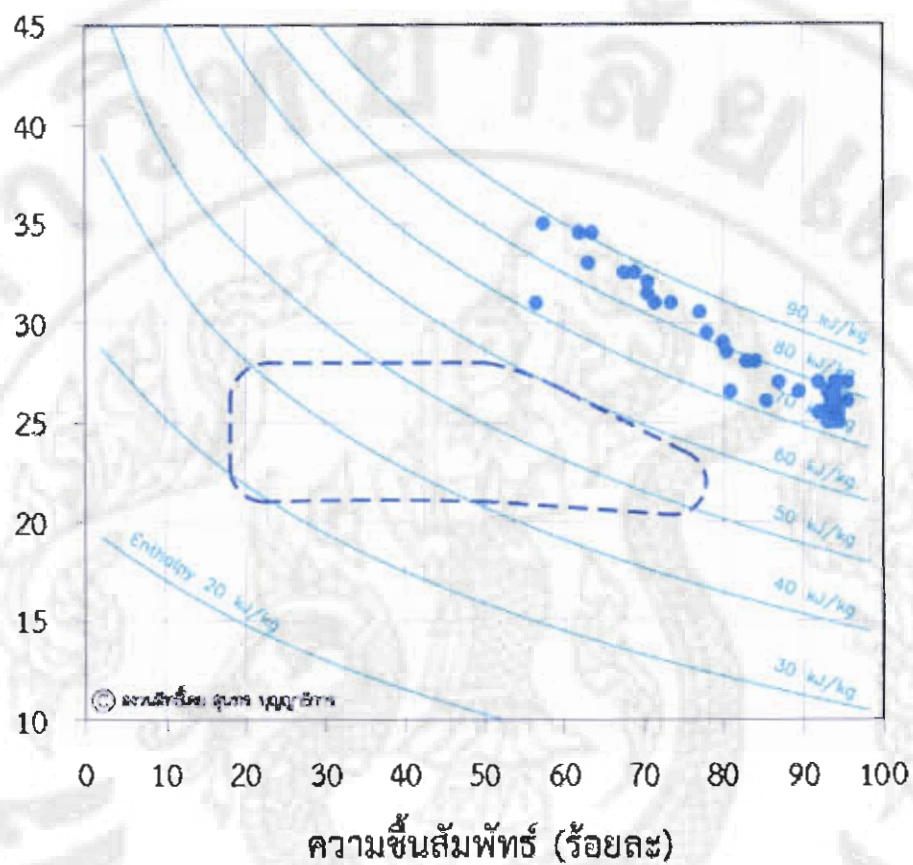


แผนภูมิที่ 68 แสดงระดับแนวโน้มน้ำอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง N ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 69 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง N ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

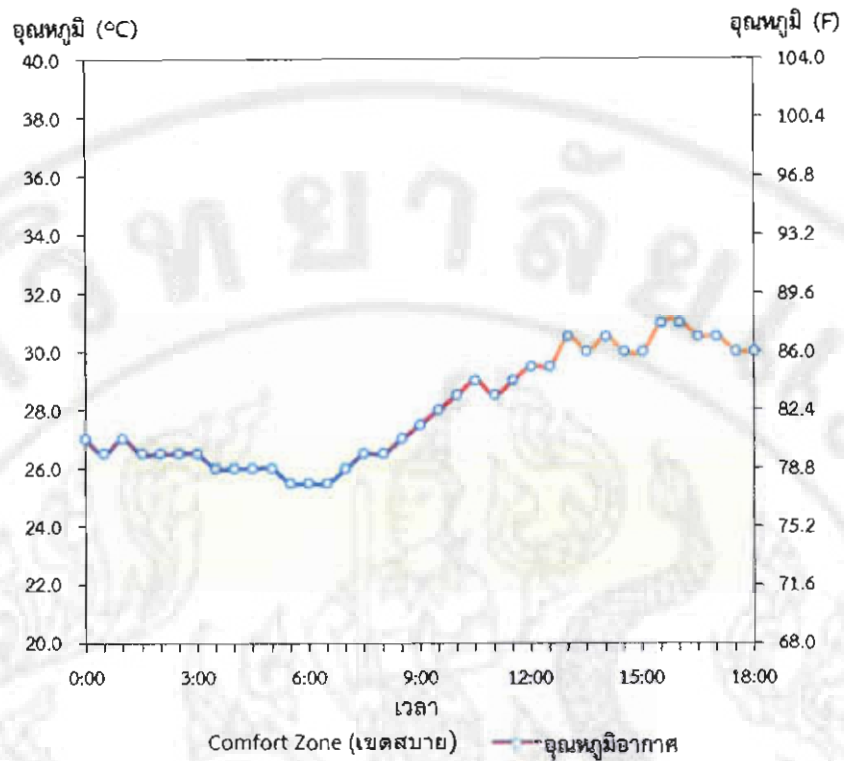


แผนภูมิที่ 70 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง N ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

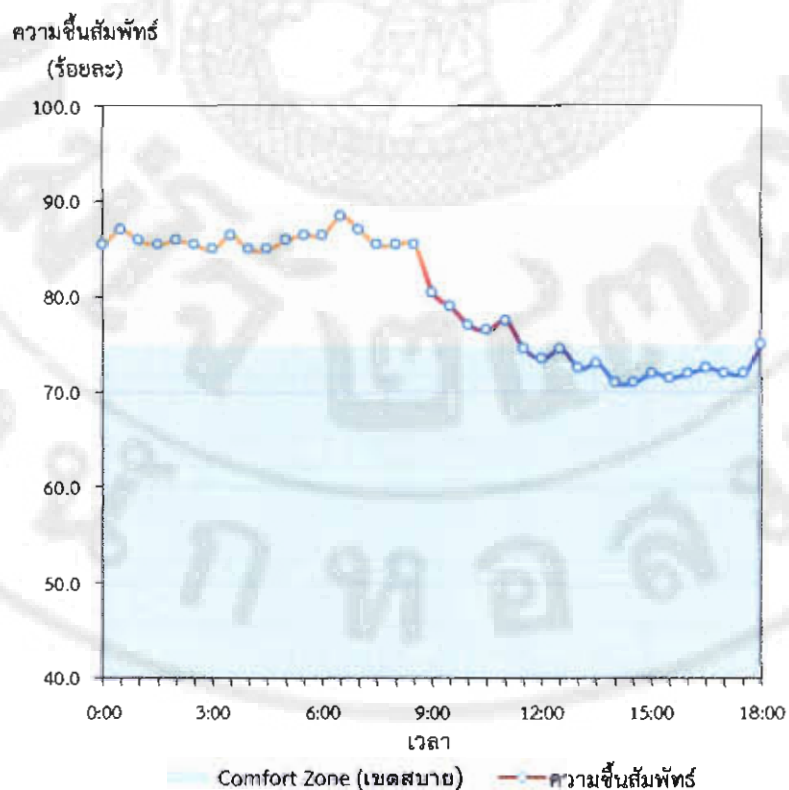
4.2.15 ตำแหน่ง O



ภาพที่ 56 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล O
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

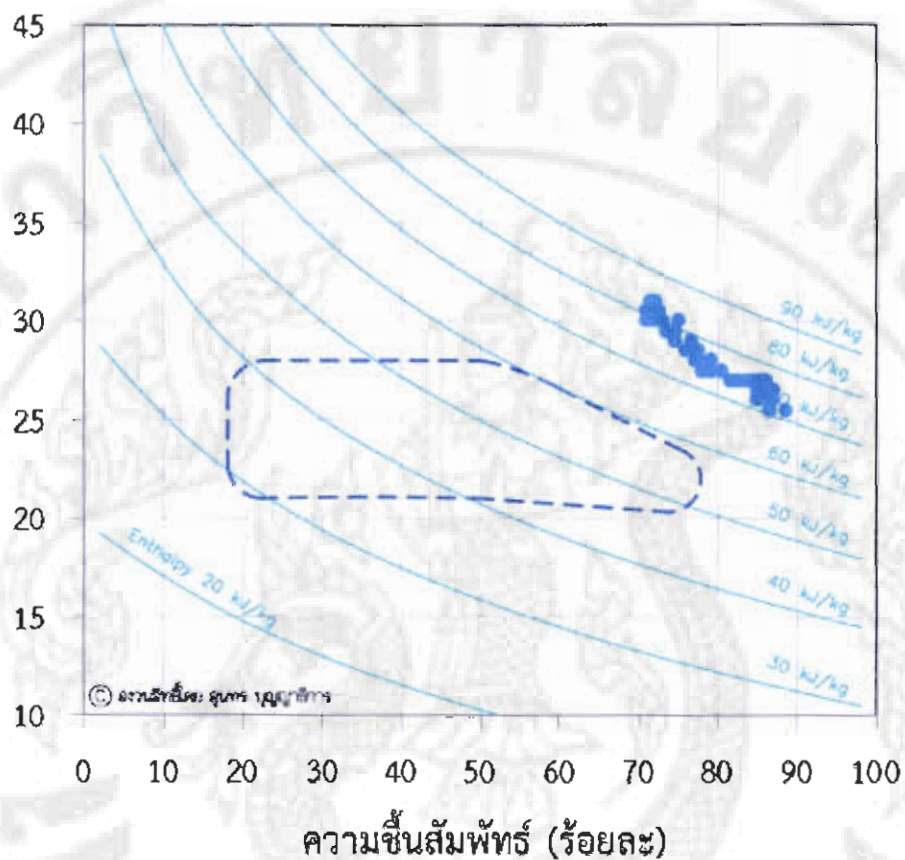


แผนภูมิที่ 71 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง O ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 72 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง O ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

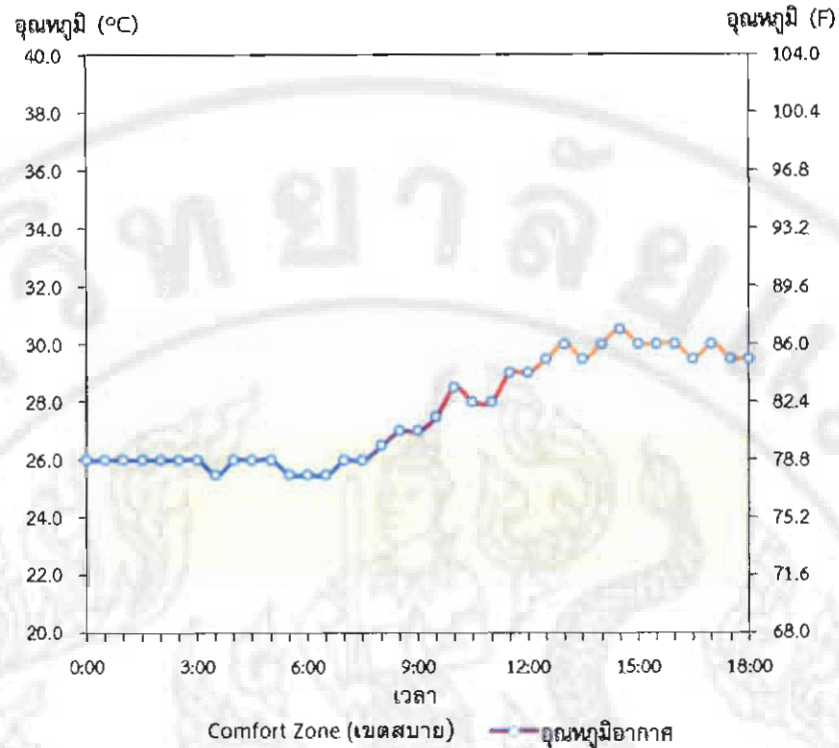


แผนภูมิที่ 73 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง O ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

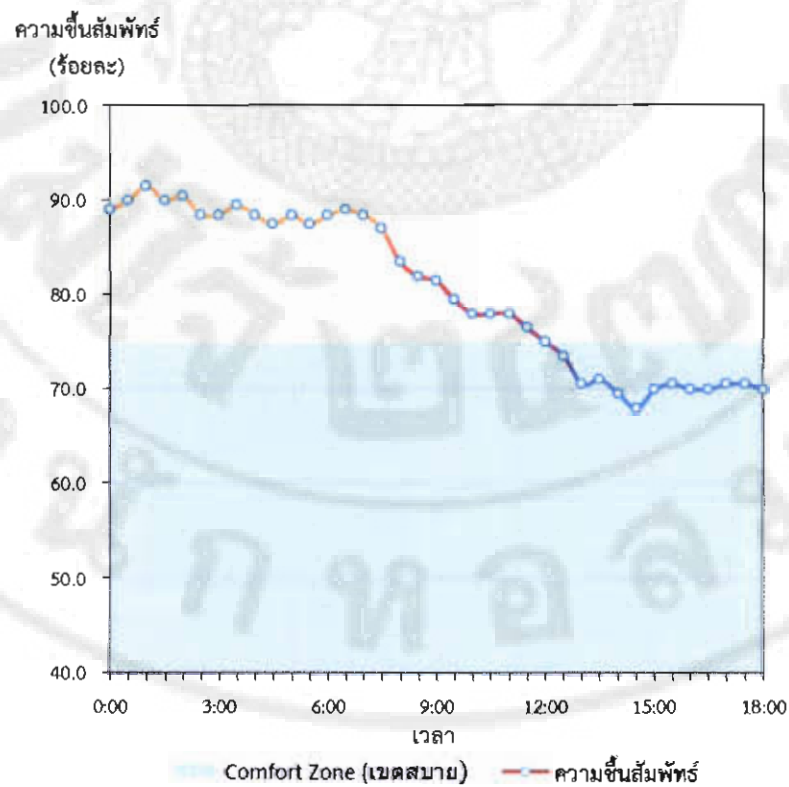
4.2.16 ตำแหน่ง P



ภาพที่ 57 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล P
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

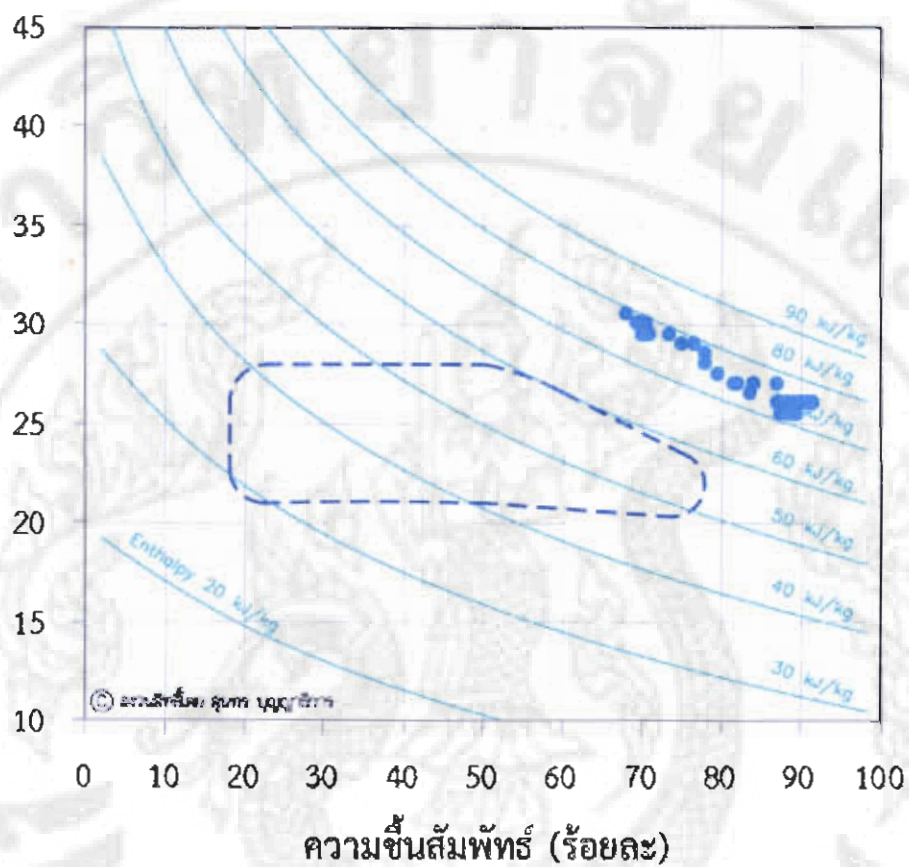


แผนภูมิที่ 74 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง P ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 75 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง P ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

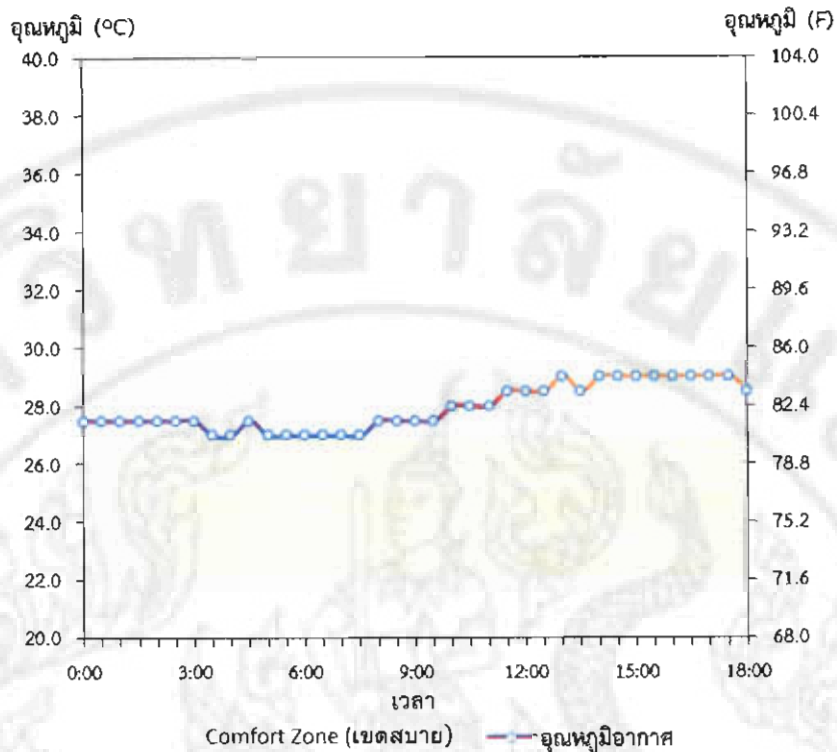


แผนภูมิที่ 76 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง P ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

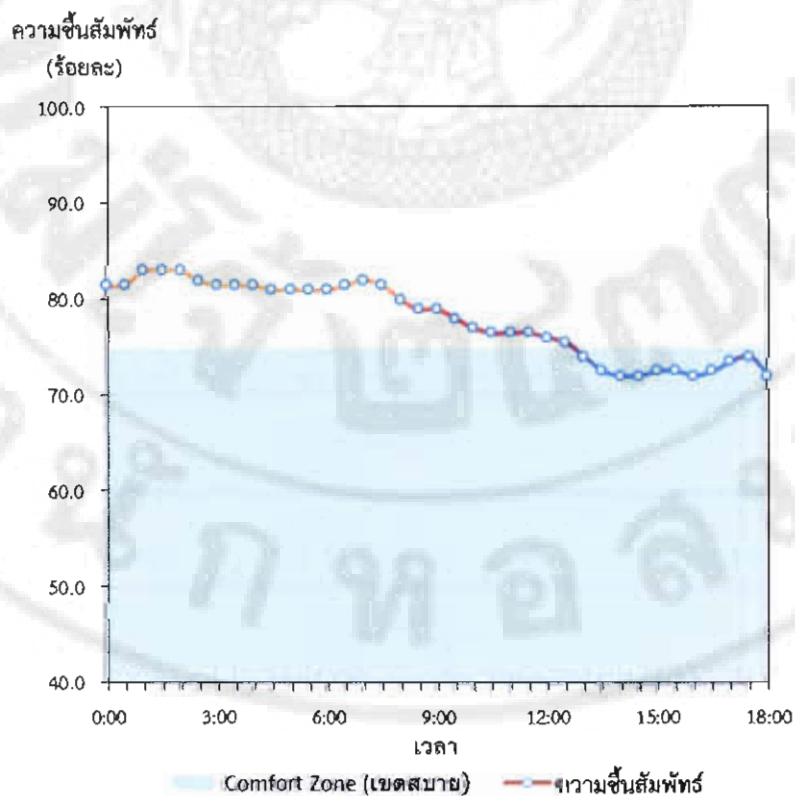
4.2.17 ตำแหน่ง Q



ภาพที่ 58 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล Q
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

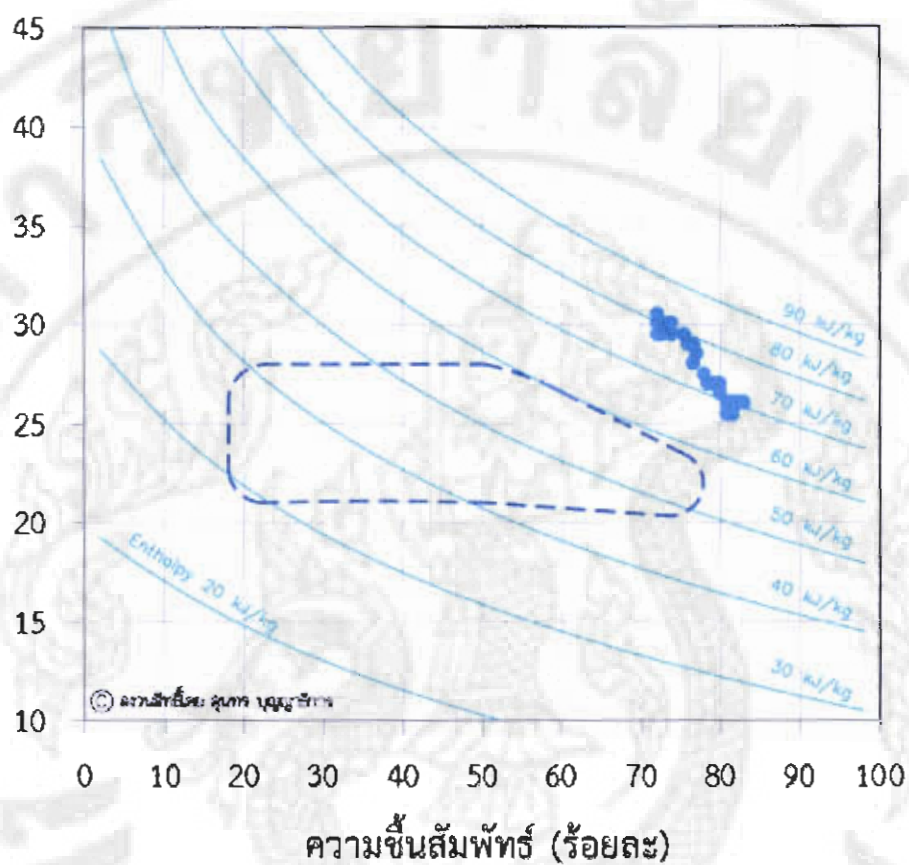


แผนภูมิที่ 77 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง Q ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 78 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง Q ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

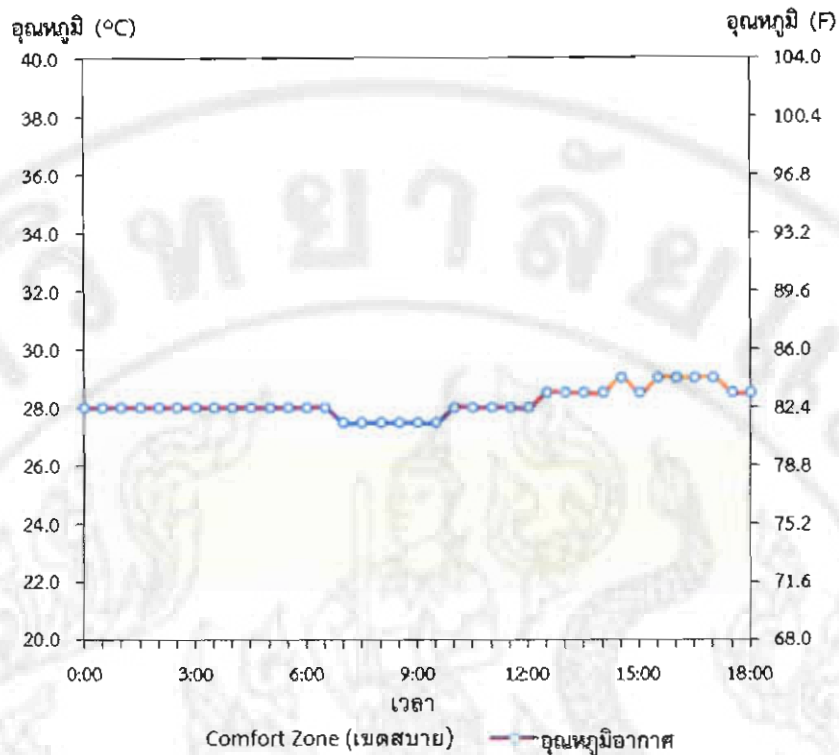


แผนภูมิที่ 79 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพันธ์
กับโชนสบาย ตำแหน่ง Q ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

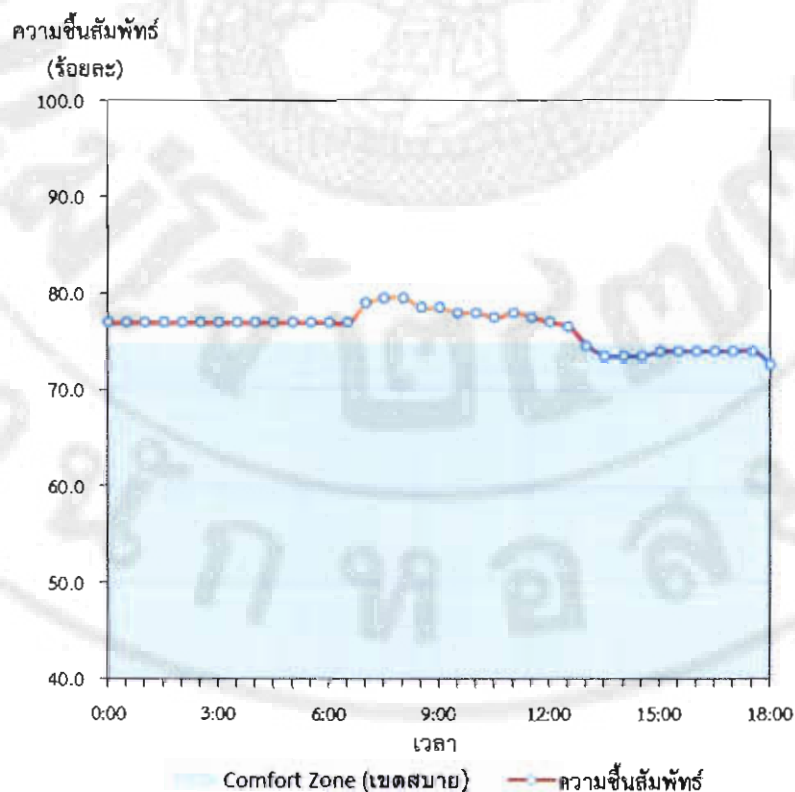
4.2.18 ตำแหน่ง R



ภาพที่ 59 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรวม ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล R
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

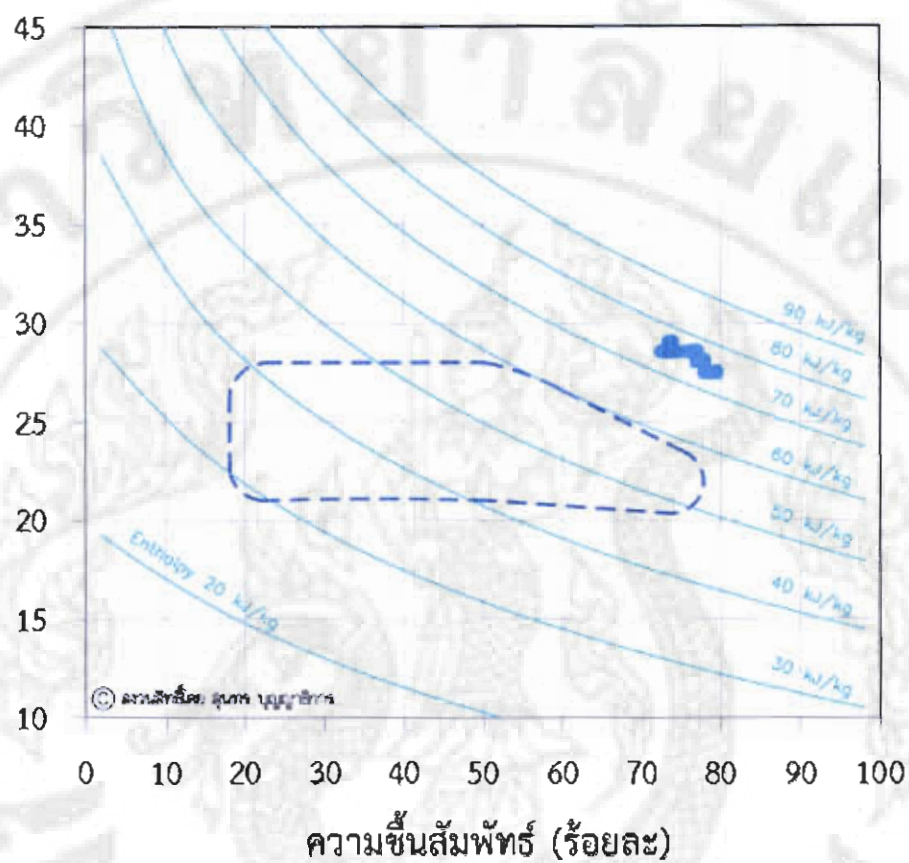


แผนภูมิที่ 80 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง R ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 81 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง R ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

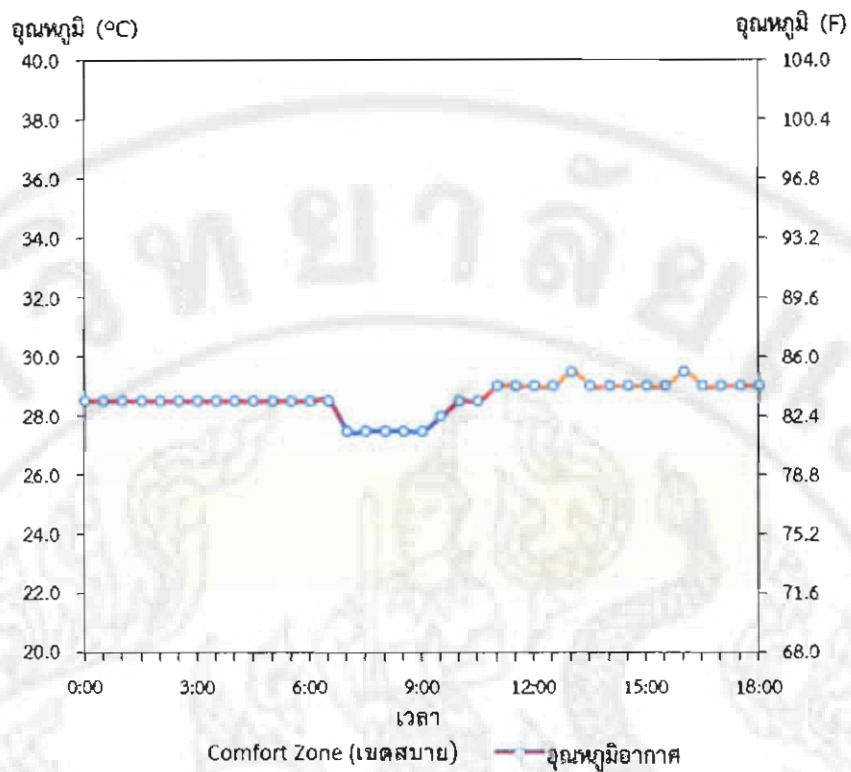


แผนภูมิที่ 82 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง R ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

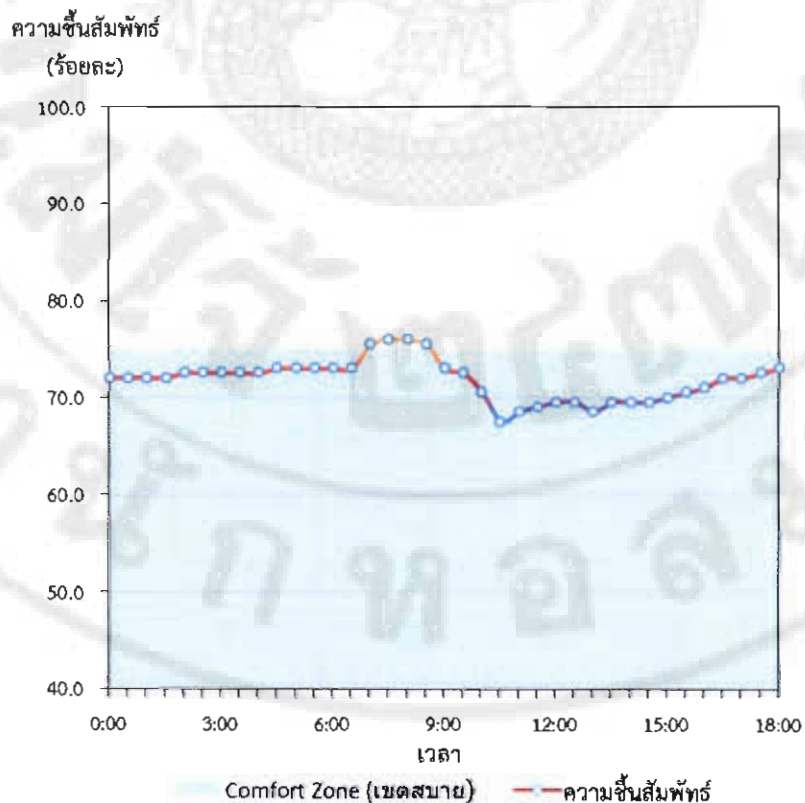
4.2.19 ตำแหน่ง S



ภาพที่ 60 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล S
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

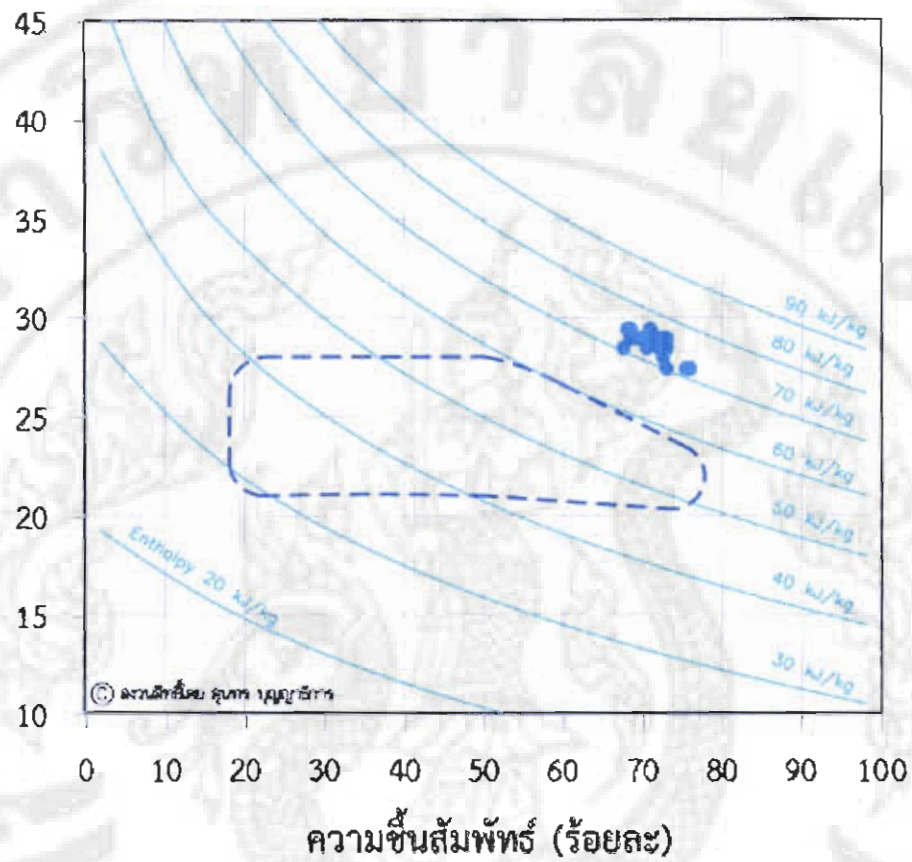


แผนภูมิที่ 83 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง S ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 84 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง S ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

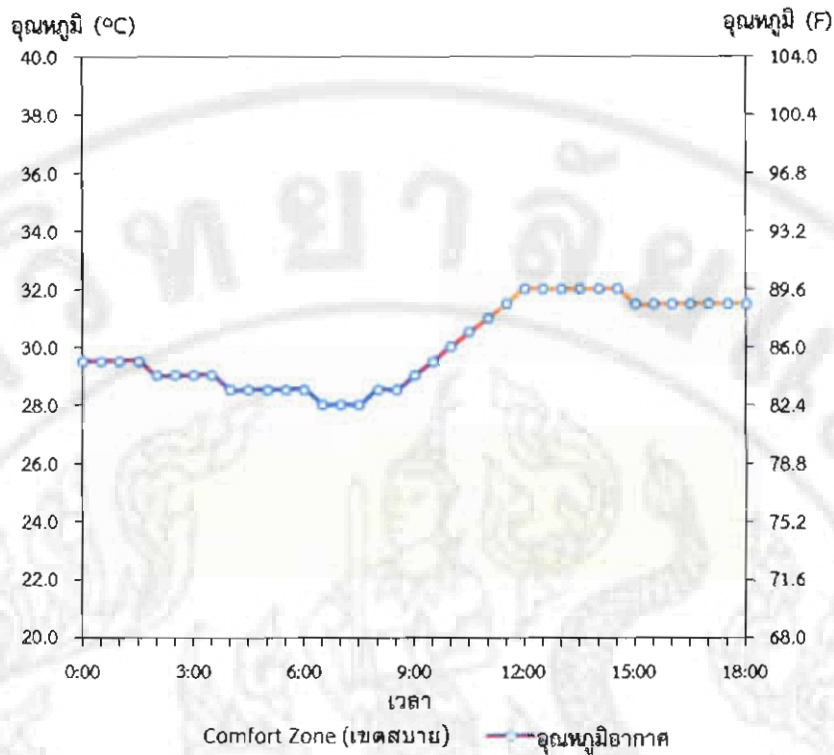


แผนภูมิที่ 85 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง S ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

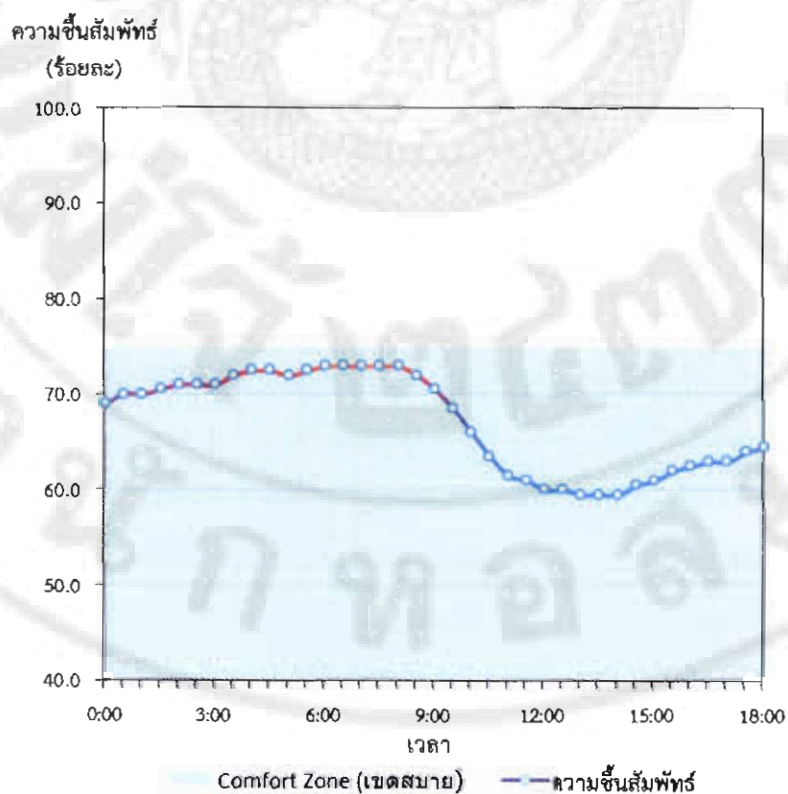
4.2.20 ตำแหน่ง T



ภาพที่ 61 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล T
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

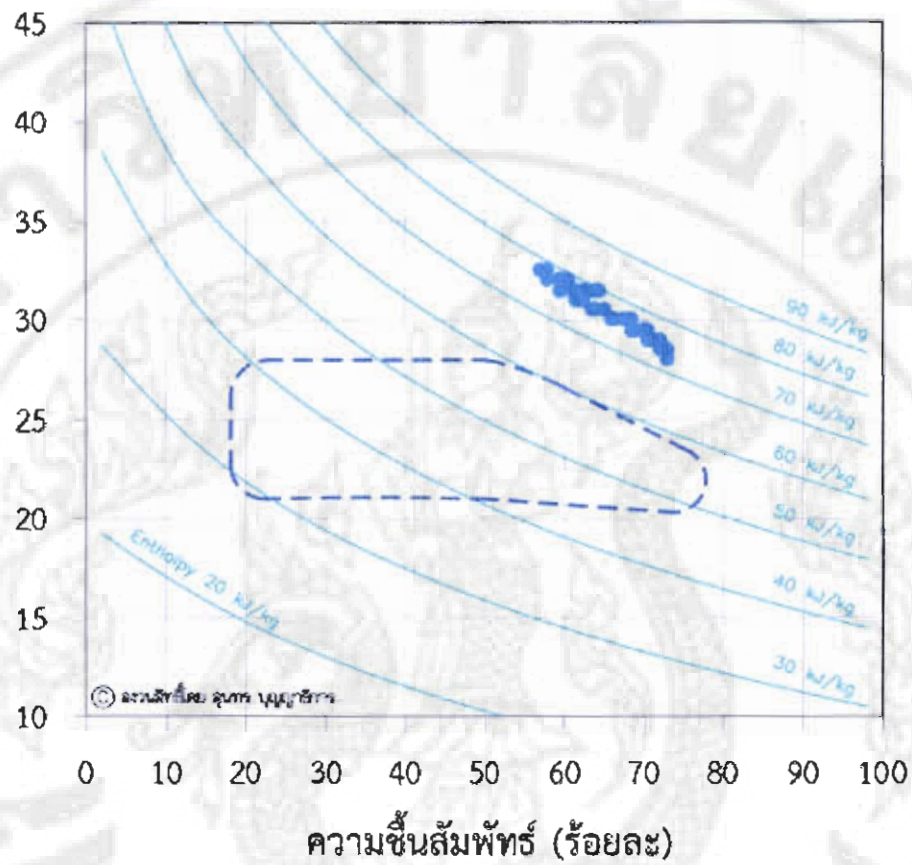


แผนภูมิที่ 86 แสดงระดับแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง T ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



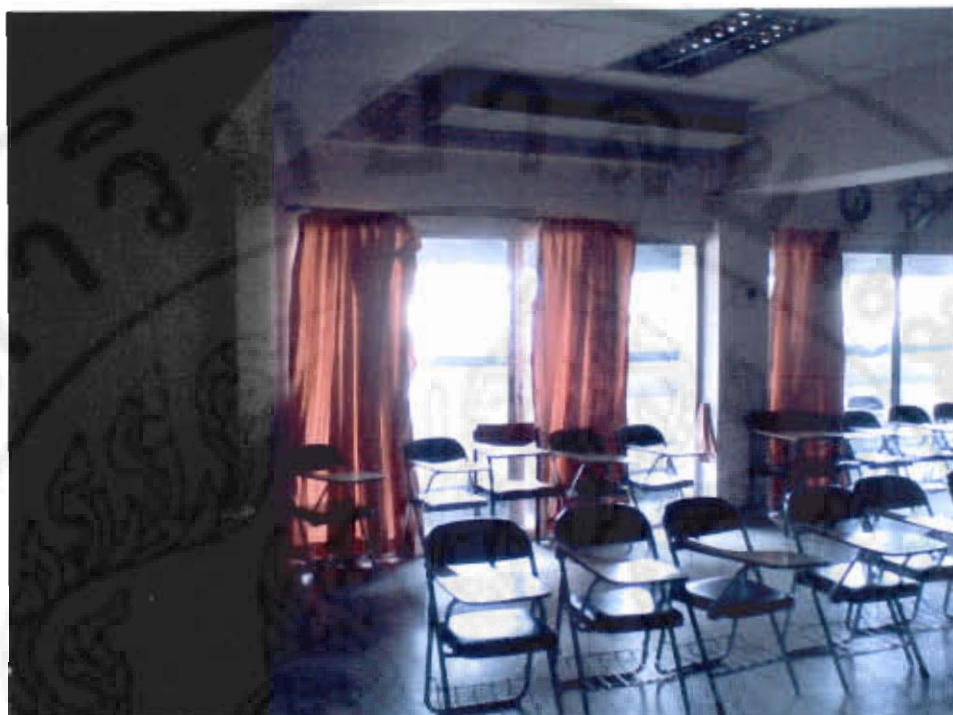
แผนภูมิที่ 87 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง T ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)

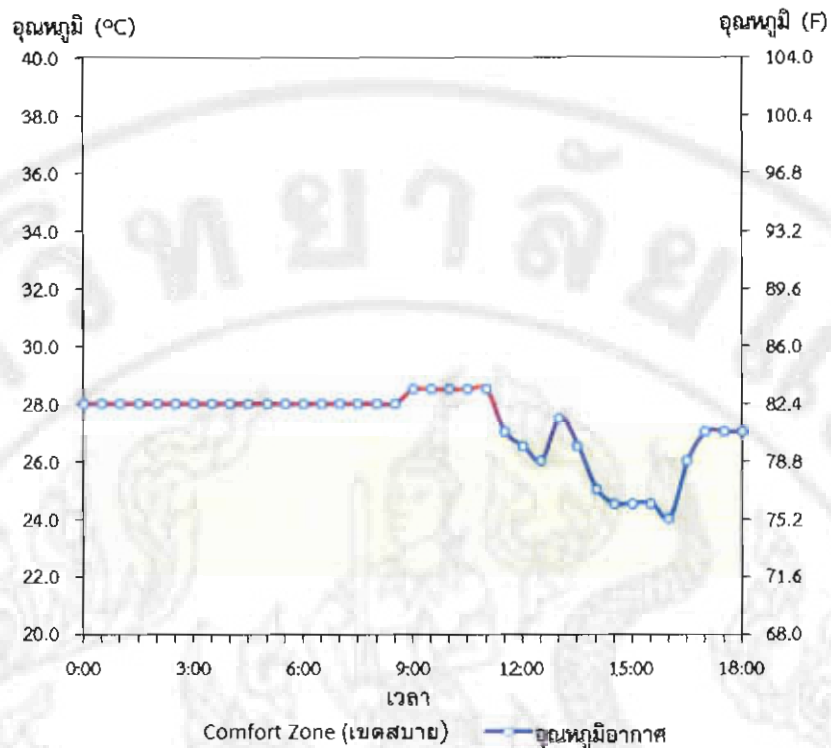


แผนภูมิที่ 88 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง T ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

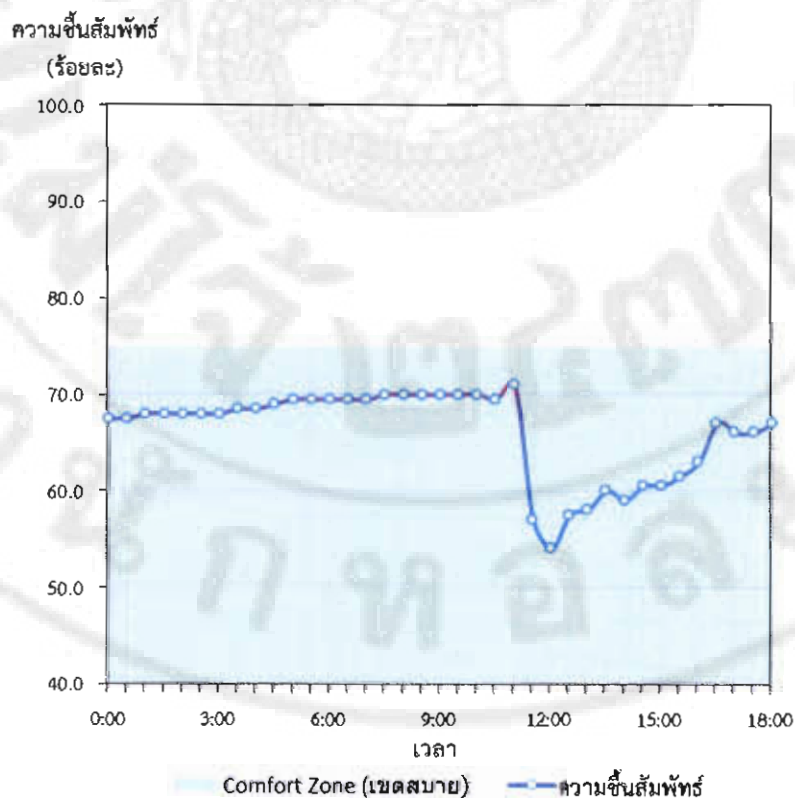
4.2.21 ตำแหน่ง B



ภาพที่ 62 แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ณ ตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล B
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ม.แม่โจ้

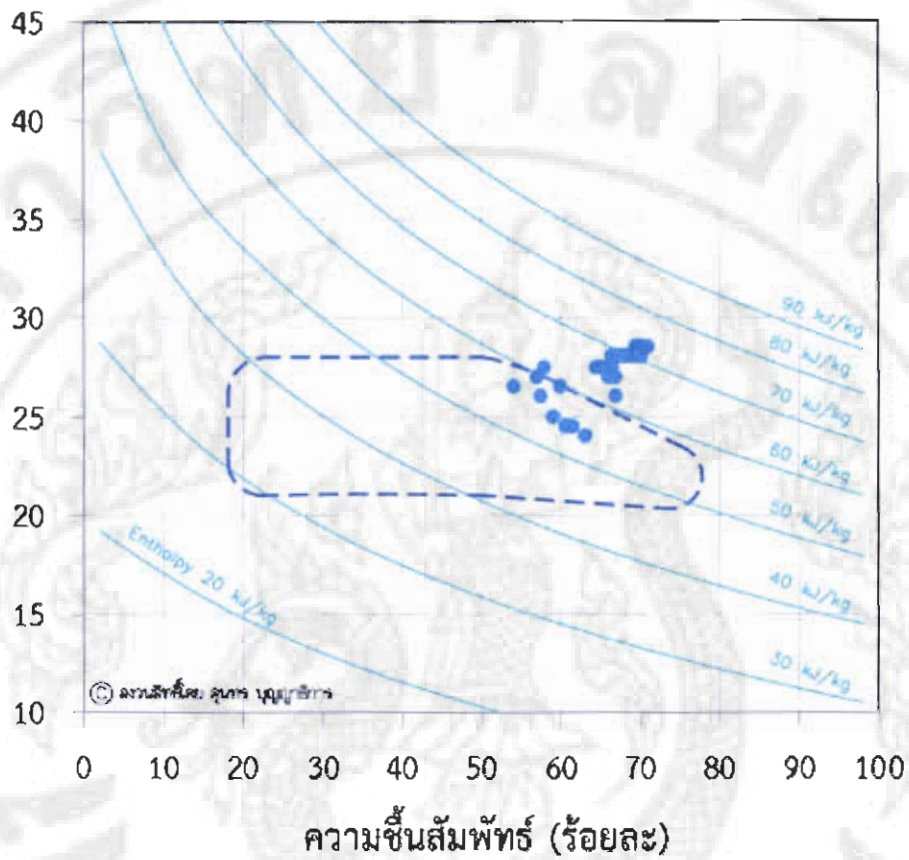


แผนภูมิที่ 89 แสดงระดับแนวโน้มน้ำอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง ป ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555



แผนภูมิที่ 90 แสดงค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตำแหน่ง ป ตลอด 18 ชั่วโมง
ช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 91 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์
กับโซนสบาย ตำแหน่ง B ในช่วงเวลา 0.00-18.00 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555

4.3 ข้อมูลตัวประกอบประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) กับสภาพแวดล้อมภายในคณะ

จากการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมเบื้องต้นภายในคณะฯ ตามข้อ 4.2 พบว่า ตัวแปรอุณหภูมิอากาศ และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของตำแหน่งภายในอาคาร จะถูกควบคุมโดยการปรับอากาศเพื่อให้อยู่ในขอบเขตของสภาวะน่าสบาย ส่วนตัวแปรอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของตำแหน่งภายนอกอาคารจะอยู่นอกเขตสภาวะน่าสบายเกือบตลอดทั้งวัน เนื่องจากอิทธิพลของระบบปรับอากาศไม่สามารถควบคุมได้ ผู้วิจัยจึงเน้นการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเพื่อการพัฒนาปรับปรุงและวิจัยแหล่งอิทธิพลการเกิดความร้อน เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารให้ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ทั้งนี้ ได้กำหนดจุดการเก็บข้อมูลของช่วงตำแหน่ง A - O ตามแผนผังการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอิทธิพลความร้อนกับองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements)

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาอิทธิพลความร้อน ได้แก่

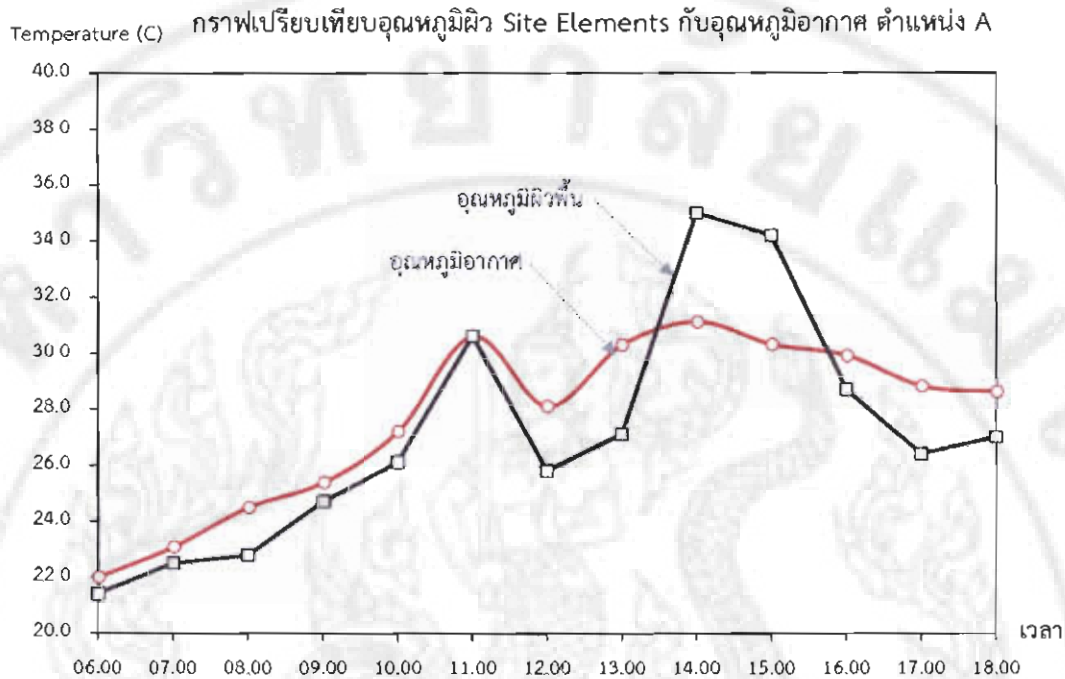
1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. อุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature)
3. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
4. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun)
5. อุณหภูมิผิวท้องฟ้า (Sky Temperature)



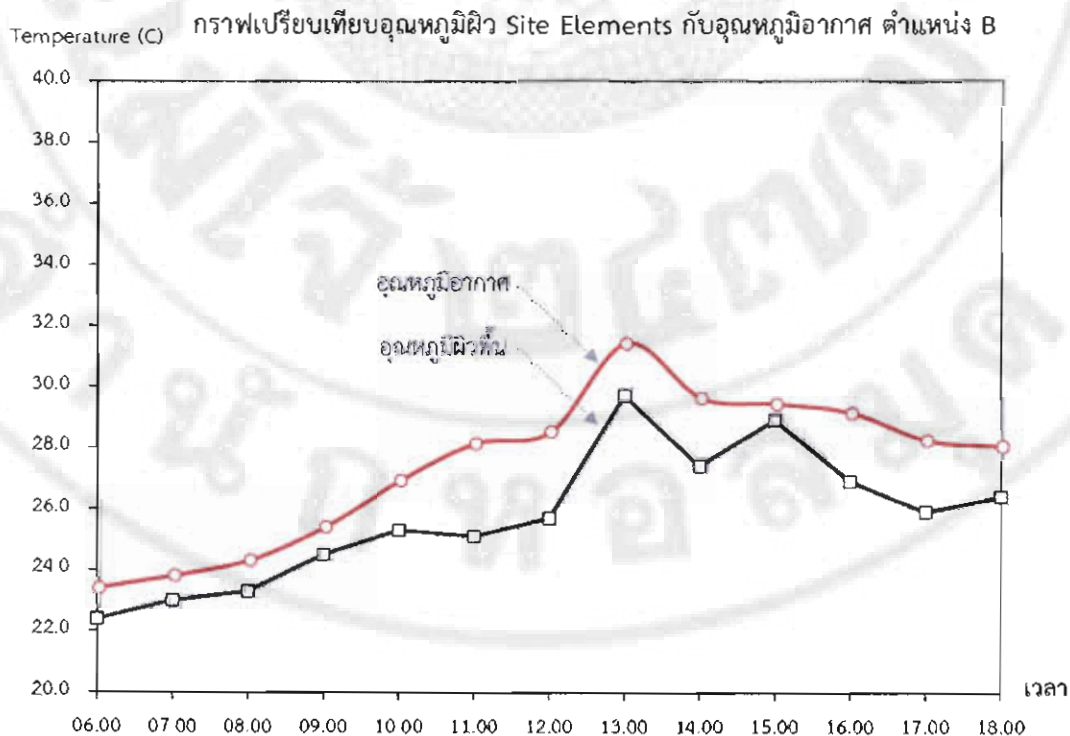
ภาพที่ 63 แสดงสภาพท้องฟ้าวันที่เก็บข้อมูล มีอุณหภูมิผิวท้องฟ้าเฉลี่ย -10.9°C

ณ วันที่ 28 พฤศจิกายน 2556 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

4.3.1 อิทธิพลขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ต่อสภาพแวดล้อม

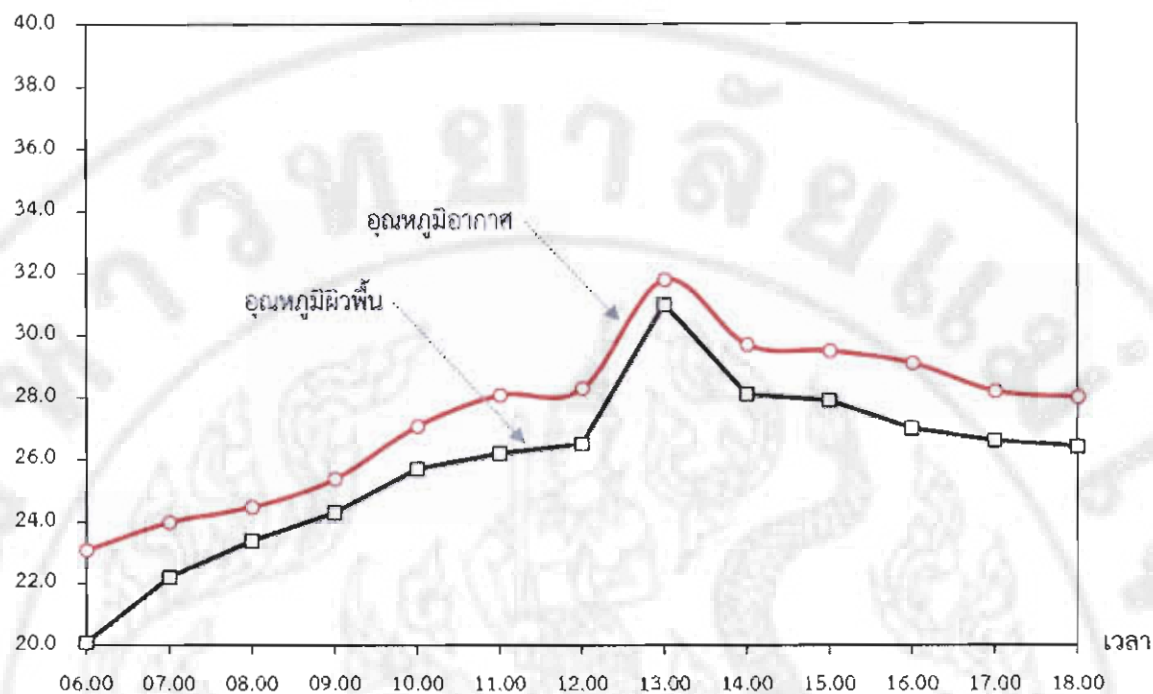


แผนภูมิที่ 92 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง A
ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555



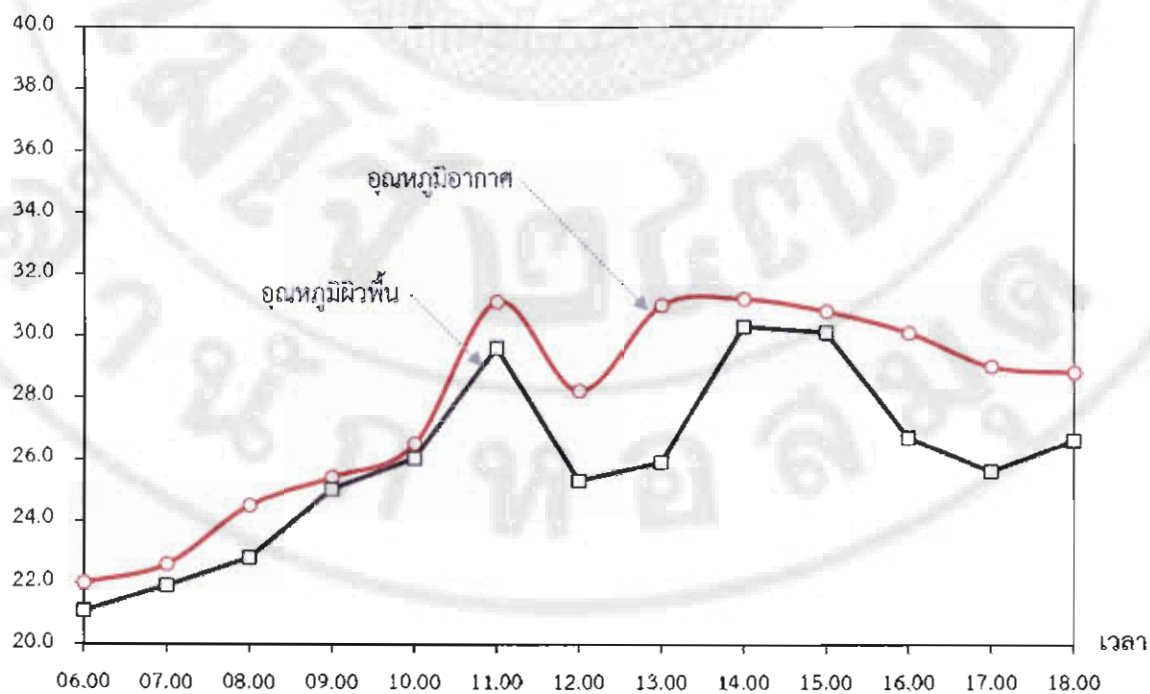
แผนภูมิที่ 93 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง B
เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง C



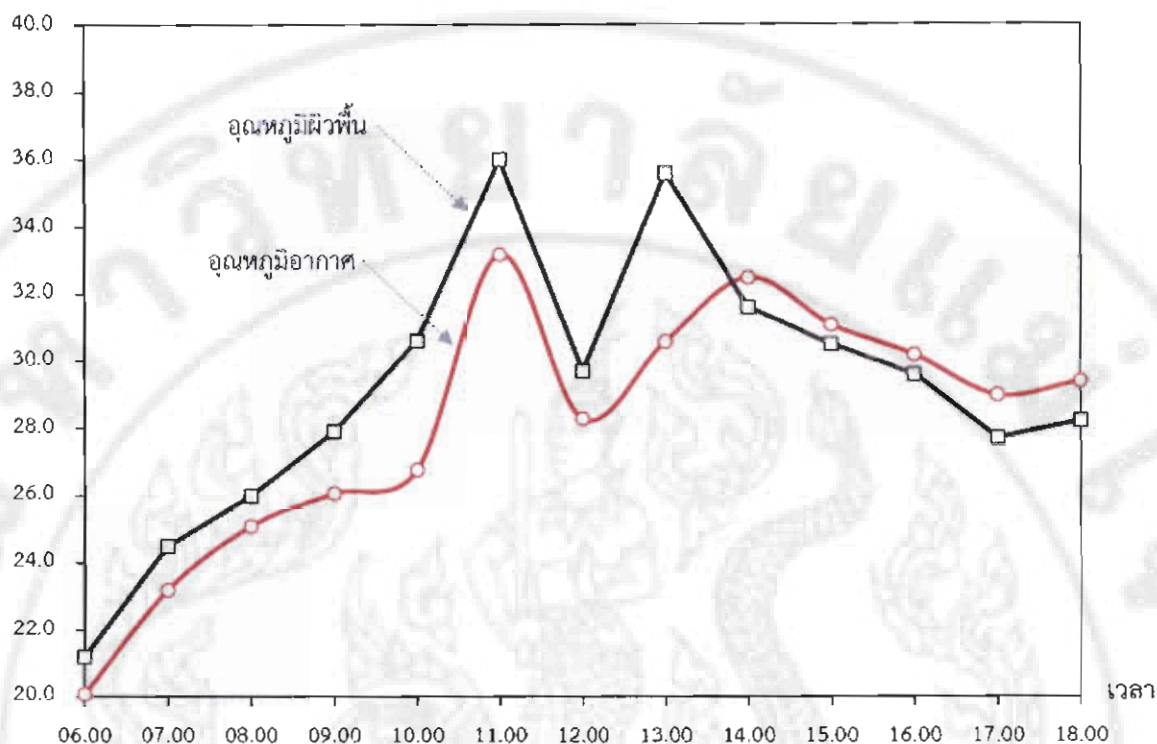
แผนภูมิที่ 94 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง C เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง D



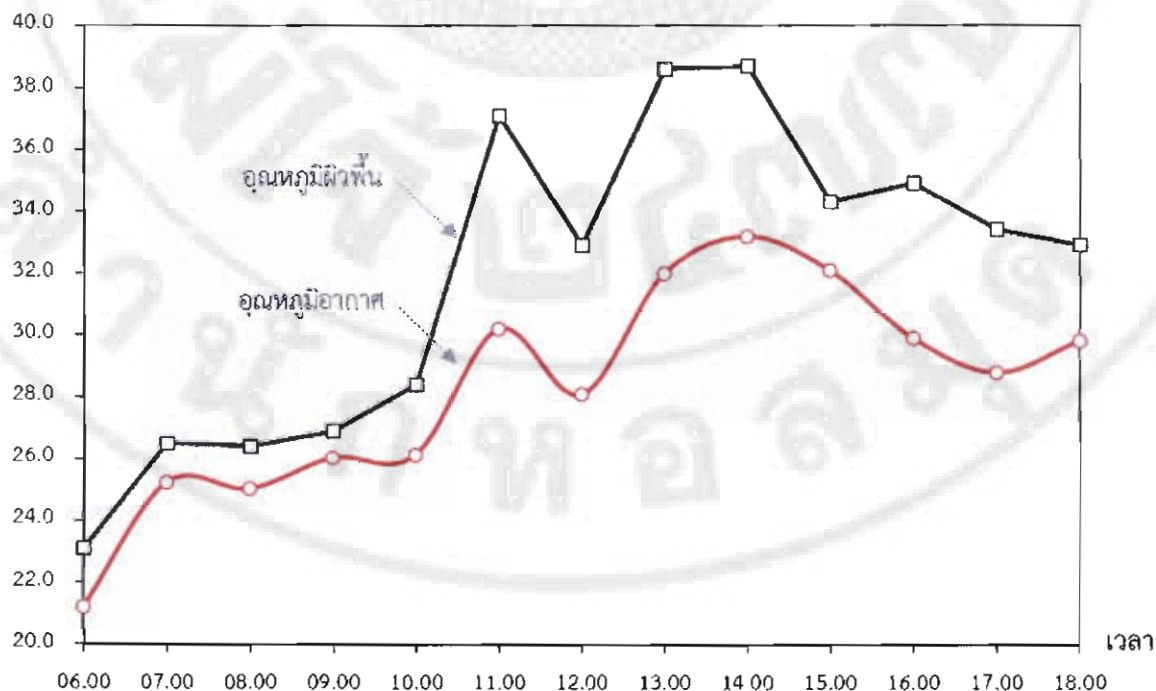
แผนภูมิที่ 95 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง D เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง E



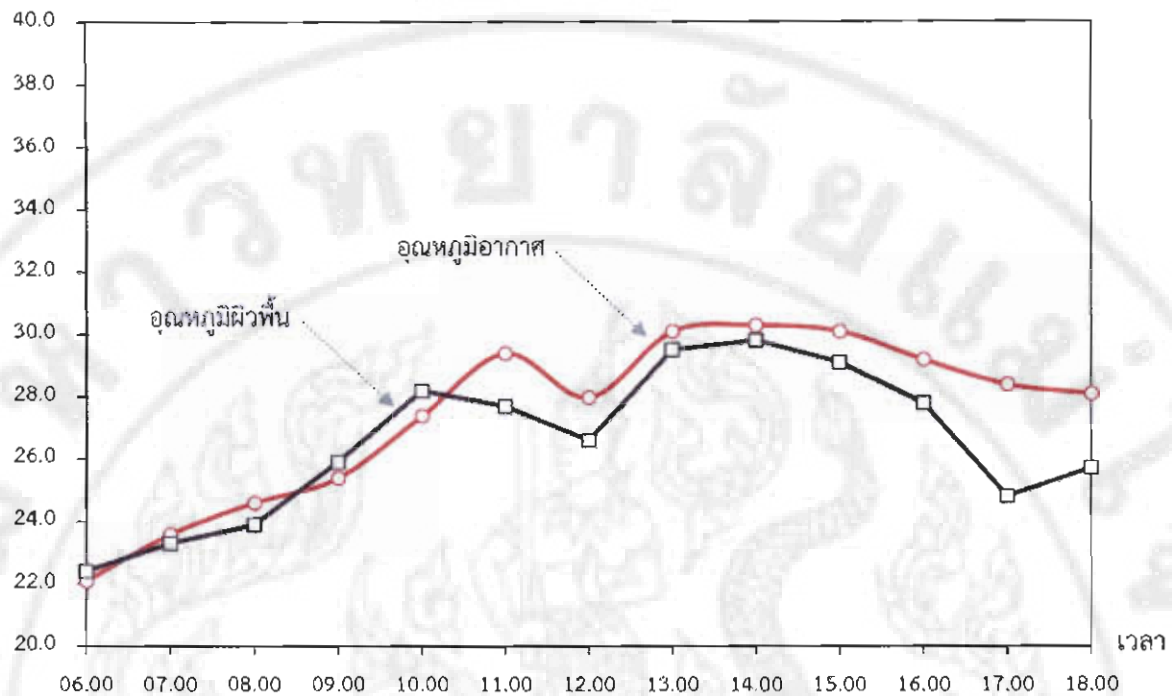
แผนภูมิที่ 96 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง E เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง F



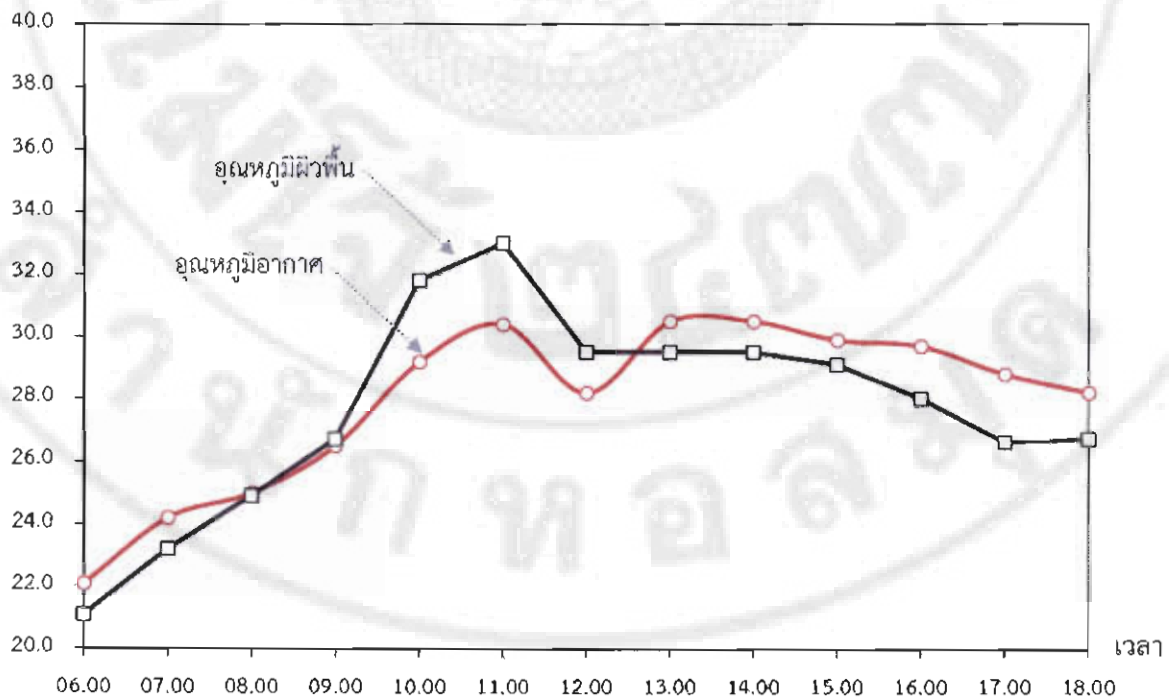
แผนภูมิที่ 97 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง F เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง G



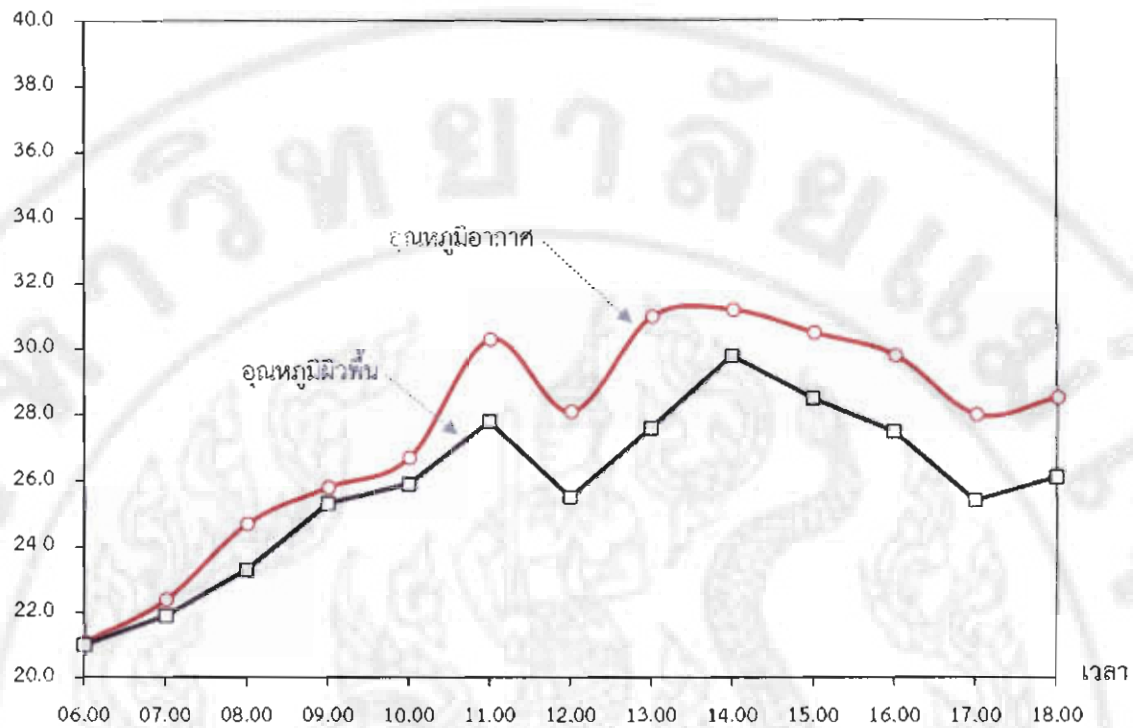
แผนภูมิที่ 98 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง G เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง H



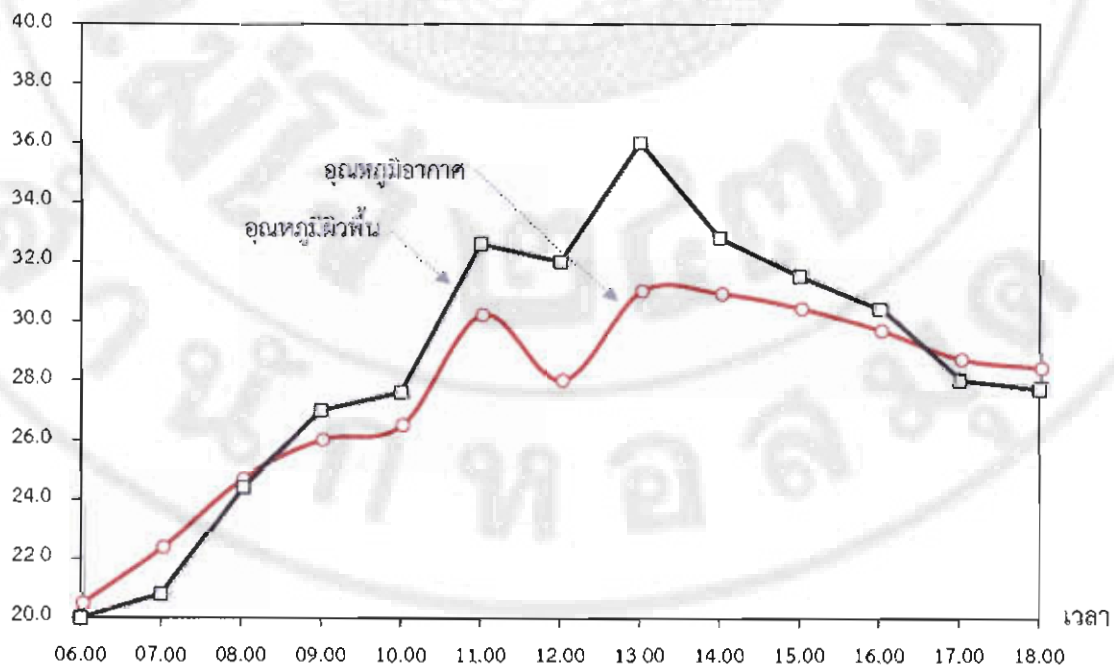
แผนภูมิที่ 99 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง H เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง I



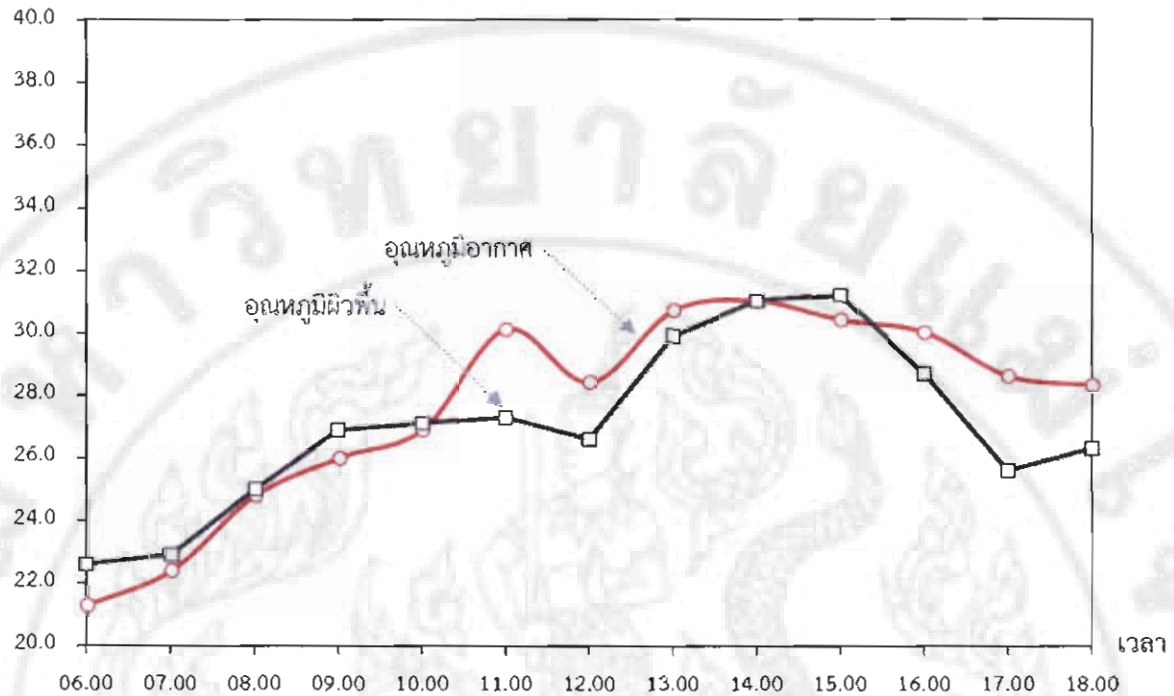
แผนภูมิที่ 100 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง I
เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง J



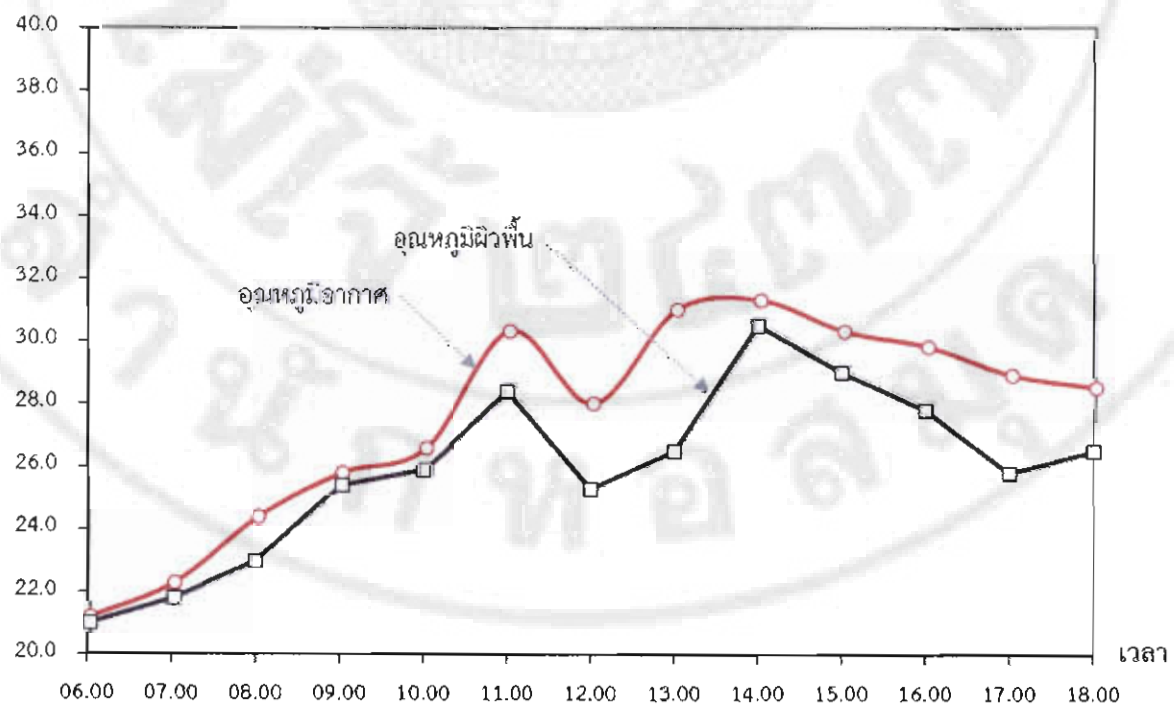
แผนภูมิที่ 101 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง J
เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง K



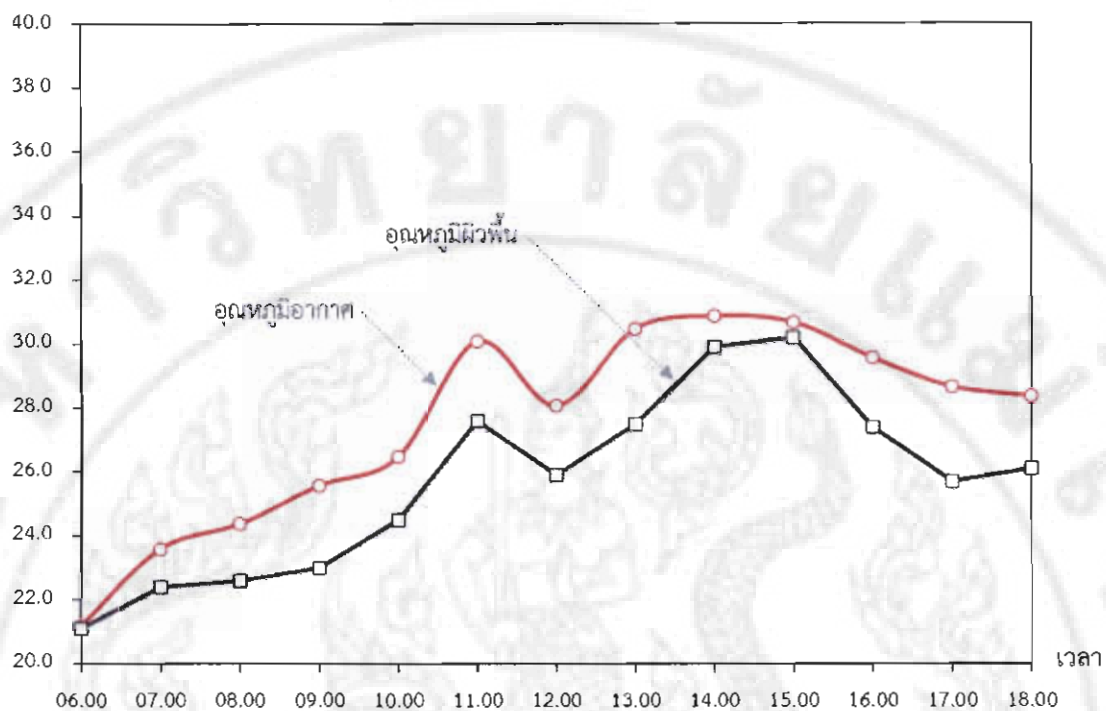
แผนภูมิที่ 102 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง K
เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง L



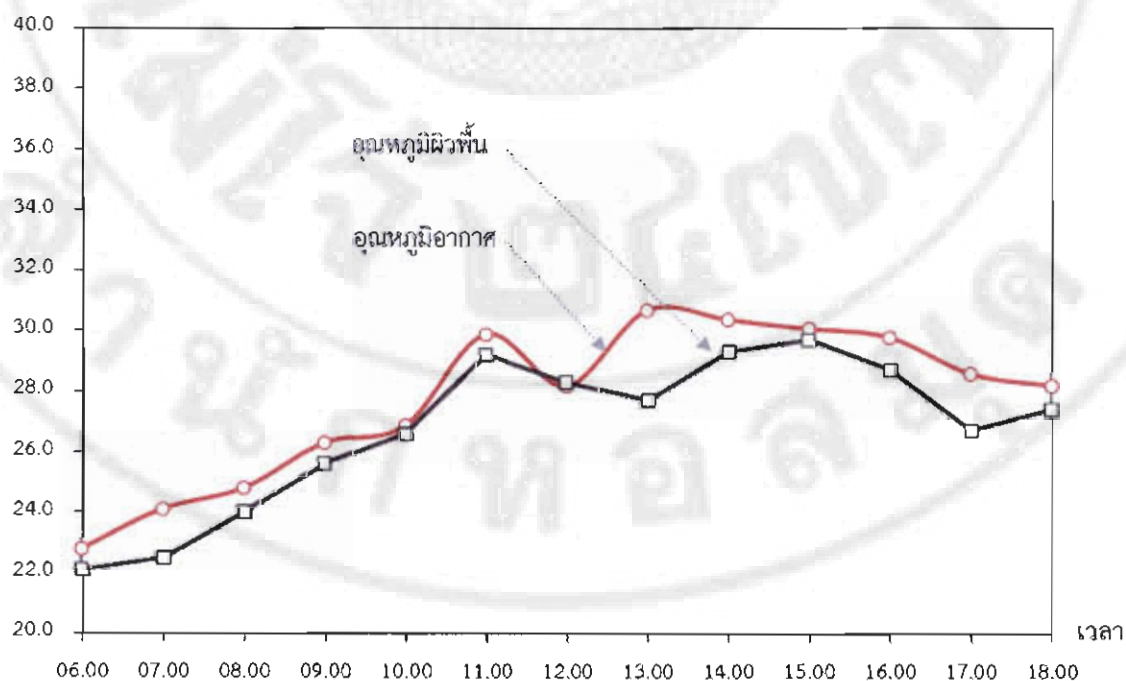
แผนภูมิที่ 103 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง L
เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง M



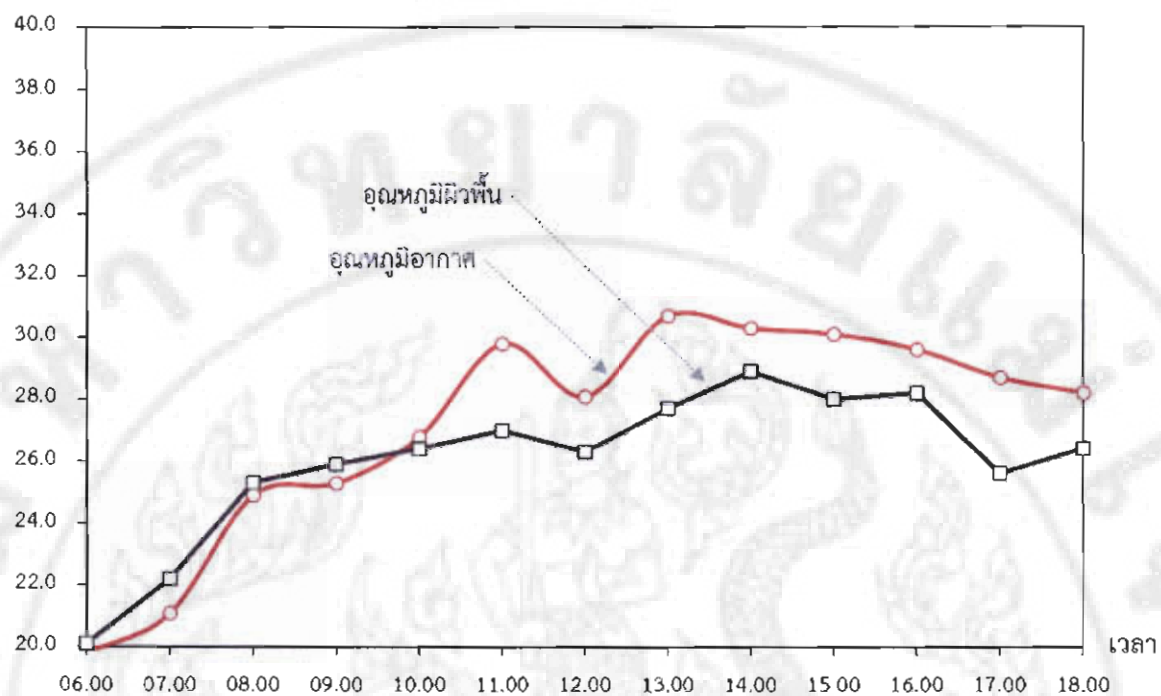
แผนภูมิที่ 104 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง M เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง N



แผนภูมิที่ 105 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง N เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements กับอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง O



แผนภูมิที่ 106 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว Site Elements และอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่ง O
เทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ช่วงเวลา 6.00-18.00 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

จากการเก็บข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม พบว่า พื้นที่โดยรอบอาคาร 15 จุด มีระดับอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 12 จุด และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 3 จุด (ตำแหน่ง E, F และ J) ซึ่ง 3 ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นวัสดุพื้นผิวคอนกรีตและหญ้าที่โดนแดดเกือบตลอดทั้งวัน อีกทั้งประเภทของวัสดุผิวคอนกรีตมีค่า Heat Capacity หรือค่าความจุความร้อนจำเพาะสูงกว่าวัสดุอื่นๆที่มีโดยรอบอาคาร ส่งผลทำให้วัสดุดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงความร้อนต่อหน่วยความร้อนที่สูง

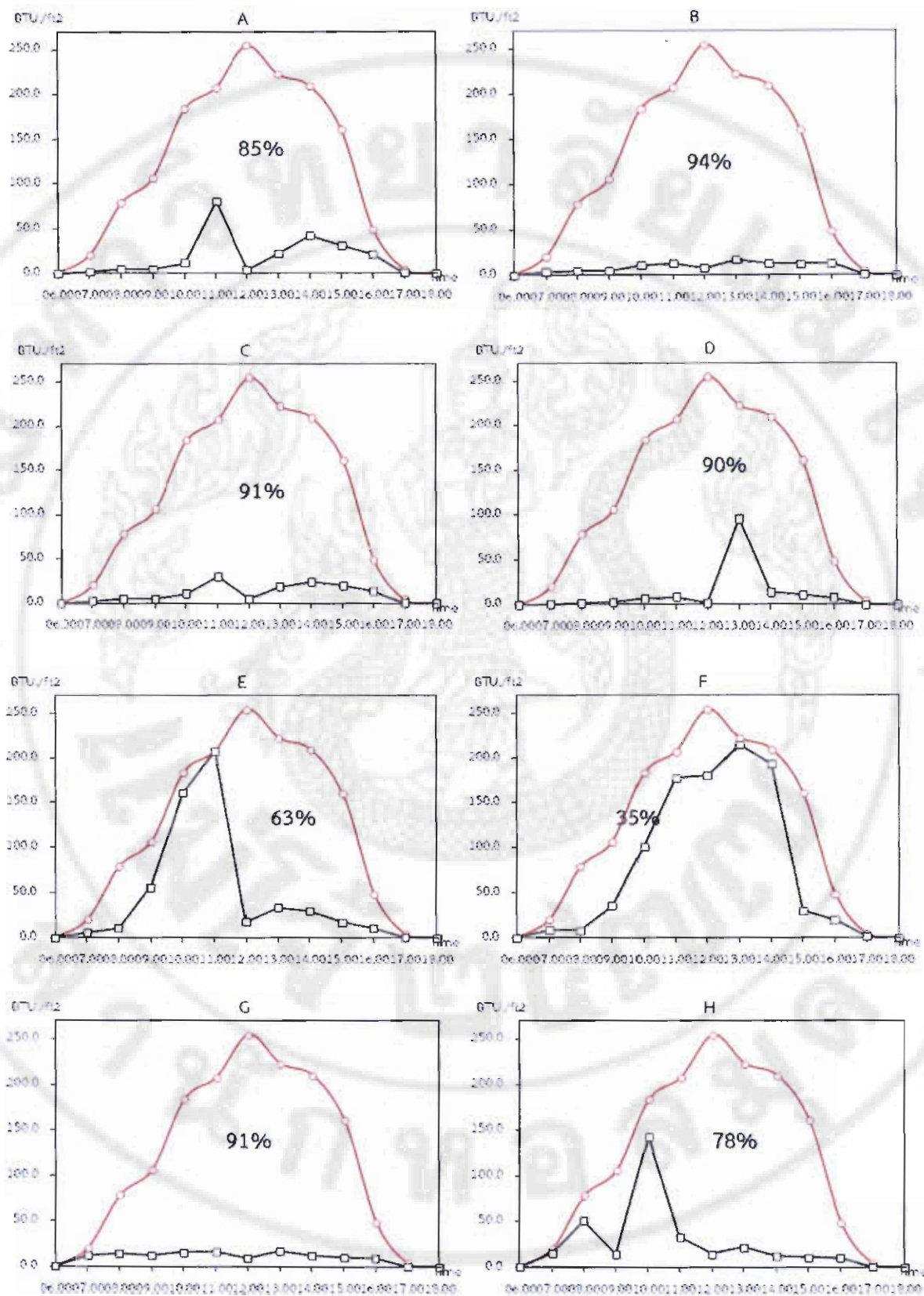
จากการสังเกตพบว่า วัสดุผิวคอนกรีตช่วงเวลาที่โดนแดดจัดจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วงเวลาที่มียร่มเงาปกคลุม ผิวคอนกรีตยังคงความร้อนต่อเนื่องและลดอุณหภูมิผิวลงอย่างช้าๆ ส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ส่วนผิวดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวสูงขึ้นอย่างช้าๆ ส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดทั้งวัน อีกทั้งตำแหน่งพื้นที่โดยรอบอาคารส่วนใหญ่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 12 จุด ล้วนแต่เป็นวัสดุผิวดินธรรมชาติ และพื้นหญ้าในร่ม จึงเป็นข้อดีของการเก็บกักความเย็นจากดิน (Cool Storage) ที่ส่งผลทำให้ไม่มีปริมาณความร้อนที่กักเก็บในวัสดุ (Heat Storage) มากจนเกินไป

ฉะนั้น ตัวแปรที่เป็นบ่อเกิดของปริมาณความร้อนโดยรอบคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม เกิดจากอิทธิพลจากประเภทพื้นผิววัสดุ และพื้นที่ร่มเงา

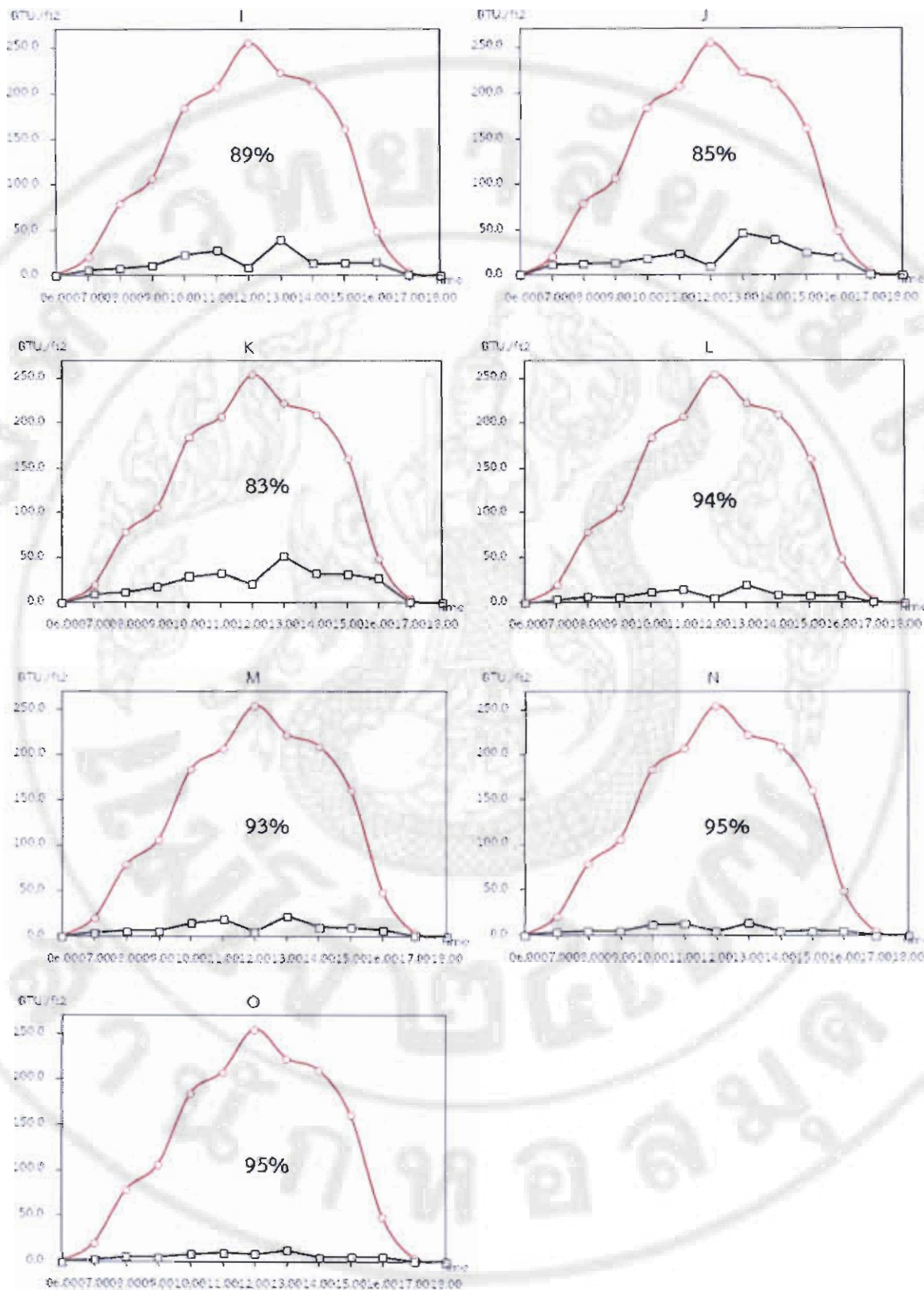


ภาพที่ 64 แสดงประเภทผิววัสดุคอนกรีตกับผิววัสดุดิน ที่ส่งผลต่อการเกิดปริมาณความร้อน

จากการนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิวกับประเภทวัสดุ พบว่า วัสดุคอนกรีต หญ้า และดิน มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวสูงสุดและต่ำสุดที่ 16, 15 และ 14 ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากร่มเงาต้นไม้ด้วย ซึ่งอุณหภูมิผิวคอนกรีต มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 39°C สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 7°C อุณหภูมิผิวหญ้า มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 36°C สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 3°C และอุณหภูมิผิวดิน มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35°C สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 2°C

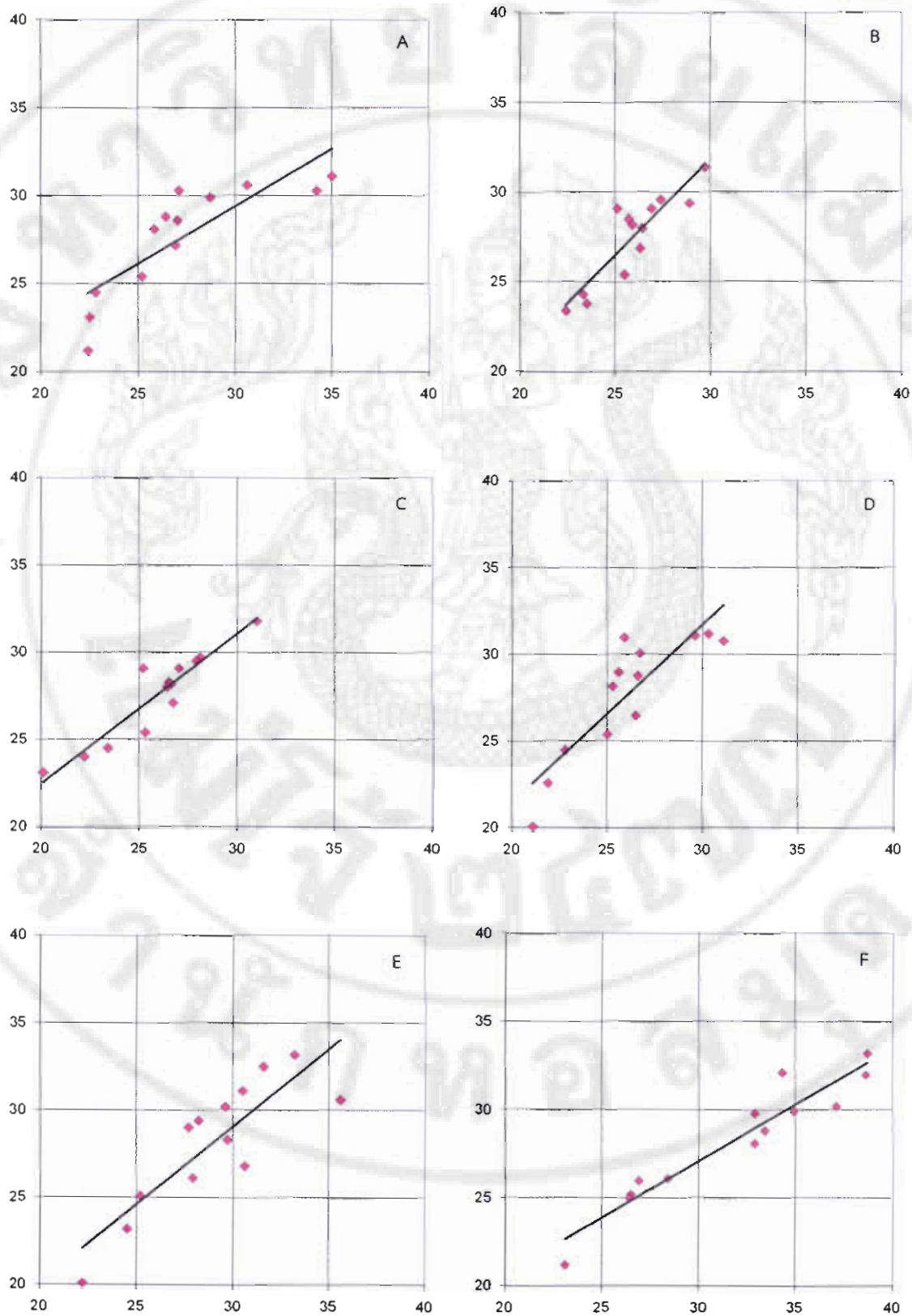


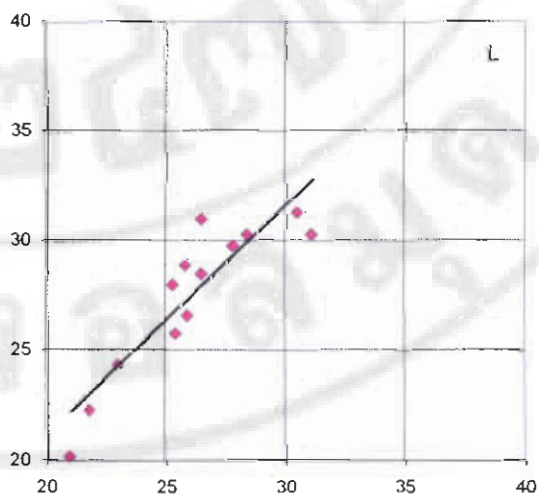
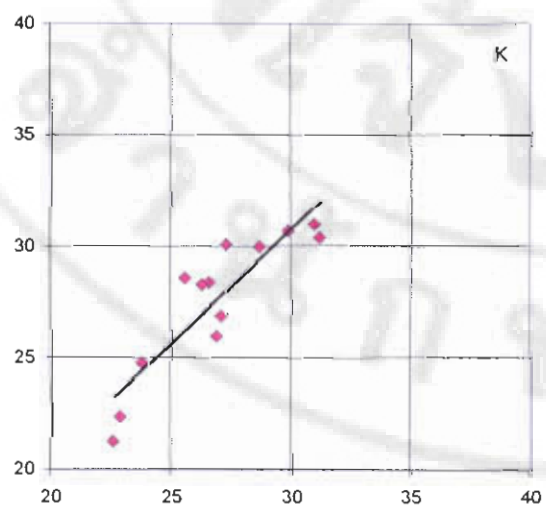
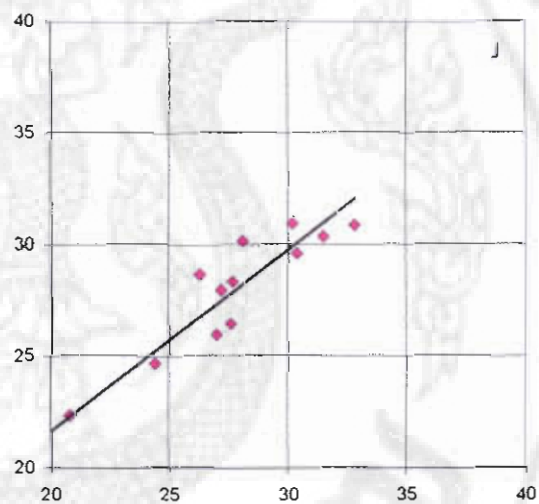
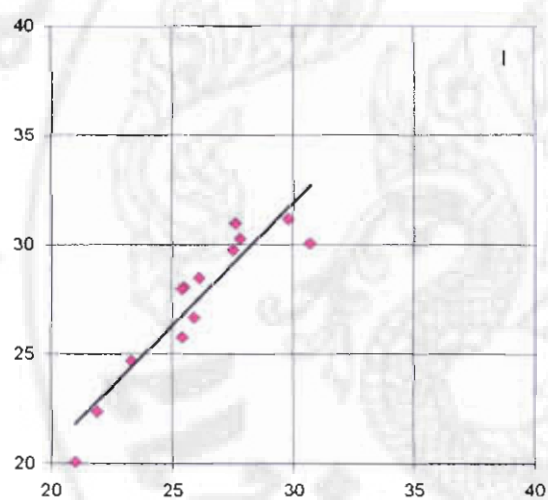
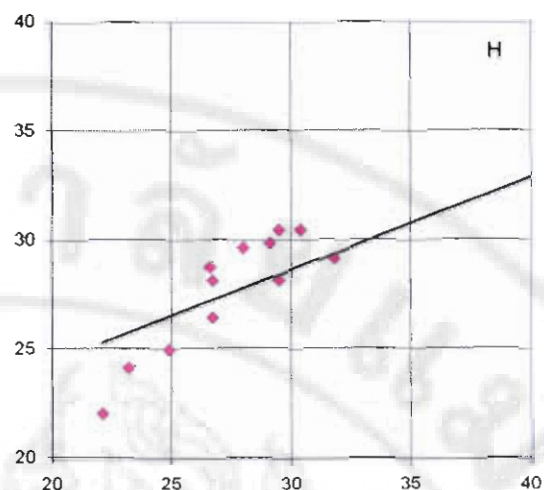
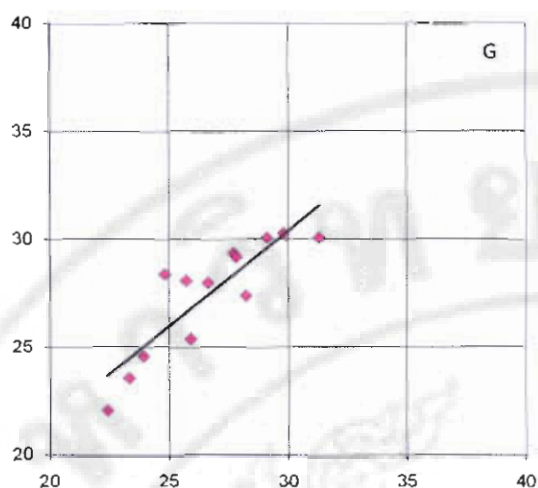
แผนภูมิที่ 107 เปรียบเทียบอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ต่อการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
ตำแหน่ง A-H ระหว่างช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ของเดือนตุลาคม 2555

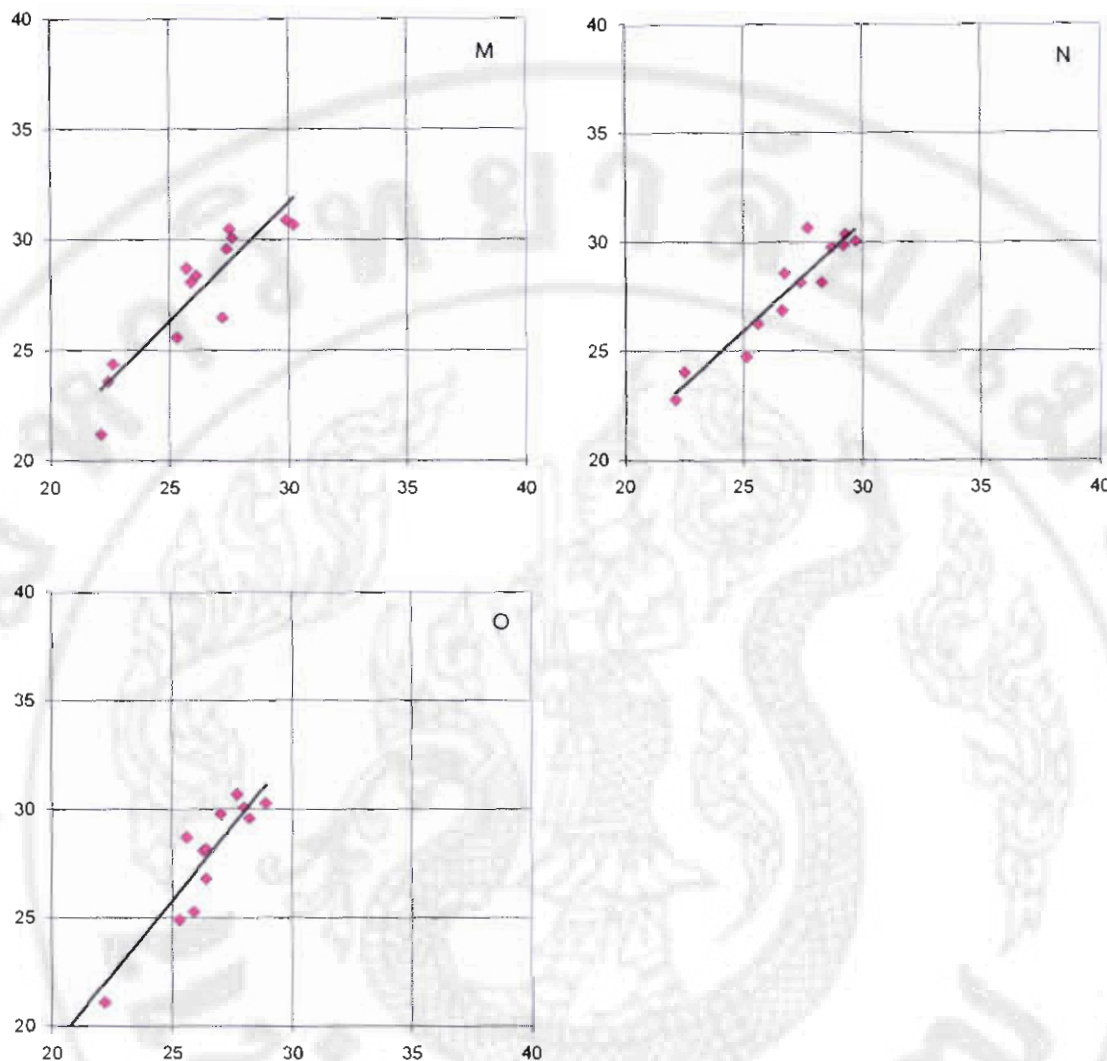


แผนภูมิที่ 108 เปรียบเทียบอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ต่อการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
ตำแหน่ง I-O ระหว่างช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ของเดือนตุลาคม 2555

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature) ขององค์ประกอบโดยรอบ
ที่ติดตั้งกับอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)







แผนภูมิที่ 109 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature) ขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง A-O กับอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลอุณหภูมิผิวพื้นมาหาความสัมพันธ์ที่ส่งผลกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ตัวแปรทั้ง 2 จึงส่งอิทธิพลต่อกัน โดยเฉพาะตัวแปรอุณหภูมิผิวพื้นวัสดุคอนกรีต ซึ่งส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมาก อีกทั้ง ยังมีอิทธิพลของตัวแปรแสงแดดและพื้นที่ร่มเงา ที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุสูงขึ้นตามไปด้วย

ตัวแปรที่ส่งอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิววัสดุ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

1. ประเภทของพื้นผิววัสดุ (Material)
2. พื้นที่ร่มเงา (Shade & Shadow area)

จากการเก็บข้อมูลอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ที่สามารถสกัดกันปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ก่อนพระอาทิตย์ขึ้นจนถึงหลังพระอาทิตย์ตก ตามตำแหน่ง A-O ในพื้นที่ที่มีอิทธิพลของร่มเงา (Shade & Shadow) พบว่า สามารถสกัดกันปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่าร้อยละ 80 ของช่วงเวลาที่มีการส่องสว่างของดวงอาทิตย์ และสามารถทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตลดลง 8 °C (ตำแหน่ง N)

จากการเก็บข้อมูล เพื่อหาอิทธิพลความร้อนของอุณหภูมิผิวพื้น ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ พบว่า ประเภทวัสดุผิวและอิทธิพลร่มเงา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นโดยรอบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวจากความต่างวัสดุแต่ละประเภท เปรียบเทียบกับอิทธิพลร่มเงา ดังนี้

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| พื้นดิน | 1. ประเภทวัสดุพื้นดิน (โคนแดด) |
| | 2. ประเภทวัสดุพื้นดิน (ในร่ม) |
| พื้นหญ้า | 1. ประเภทวัสดุพื้นหญ้า (โคนแดด) |
| | 2. ประเภทวัสดุพื้นหญ้า (ในร่ม) |
| พื้นคอนกรีต | 1. ประเภทวัสดุพื้นคอนกรีต (โคนแดด) |
| | 3. ประเภทวัสดุพื้นคอนกรีต (ในร่ม) |
| พื้นน้ำ | 1. ประเภทวัสดุพื้นน้ำ (โคนแดด) |
| | 3. ประเภทวัสดุพื้นน้ำ (ในร่ม) |

โดยประเมินจากประเภทผิววัสดุที่มีสัดส่วนการใช้งานมากที่สุด 4 อันดับที่มีอยู่ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัย มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการพัฒนาผังแม่บท ในเรื่องการออกแบบองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) เพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในมหาวิทยาลัย ให้เหมาะสมต่อการเรียนการสอน การใช้ชีวิตและสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ของการอยู่อาศัย

4.4 วิเคราะห์อิทธิพลอุณหภูมิพื้นขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate ภายในมหาวิทยาลัย

จากการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 11 คณะ และบริเวณโดยรอบคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม จำนวน 22 จุด พบว่าอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมสูงสุดที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวโดยเฉลี่ยของพื้นผิว ที่จะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศระดับ Micro Climate ประกอบด้วย อิทธิพลจากร่มเงาต้นไม้และประเภทของวัสดุพื้นผิว ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ส่งผลทำให้ผู้วิจัยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรดังกล่าวมากที่สุด ส่งผลทำให้มีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำสุดและสูงสุดภายในบริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยกำหนดให้มีการเก็บข้อมูลความแตกต่างของอิทธิพลจากร่มเงาต้นไม้และประเภทของวัสดุพื้นผิว 4 ประเภท ได้แก่ พื้นผิวดิน พื้นผิวหญ้า พื้นผิวคอนกรีต และพื้นผิวแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นผิวสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่ถูกออกแบบและก่อสร้างภายในมหาวิทยาลัยมากกว่าร้อยละ 90 ตามตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

พื้นดิน	โดนแดด	ตำแหน่งพื้นดินหน้าตึกสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ
	ในร่ม	ตำแหน่งพื้นลานปีปใต้ต้นไม้ใหญ่
พื้นหญ้า	โดนแดด	ตำแหน่งพื้นสนามฟุตบอล
	ในร่ม	ตำแหน่งพื้นสวนหย่อม
พื้นคอนกรีต	โดนแดด	ตำแหน่งพื้นลานหน้าคณะวิทยาศาสตร์
	ในร่ม	ตำแหน่งพื้นถนนทางเข้าตึกภูมิทัศน์
พื้นผิวน้ำ	โดนแดด	ตำแหน่งแหล่งน้ำหน้าคณะวิศวกรรมศาสตร์
	ในร่ม	ตำแหน่งแหล่งน้ำคณะผลิตกรรมการเกษตร

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาอิทธิพลความร้อน ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. อุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature)
3. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
4. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun)
5. อุณหภูมิผิวท้องฟ้า (Sky Temperature)



ภาพที่ 65 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งภายในมหาวิทยาลัย
วันที่ 30 พฤศจิกายน 2556 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



ภาพที่ 66 แสดงสภาพท้องฟ้าวันที่เก็บข้อมูล
วันที่ 30 พฤศจิกายน 2556 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

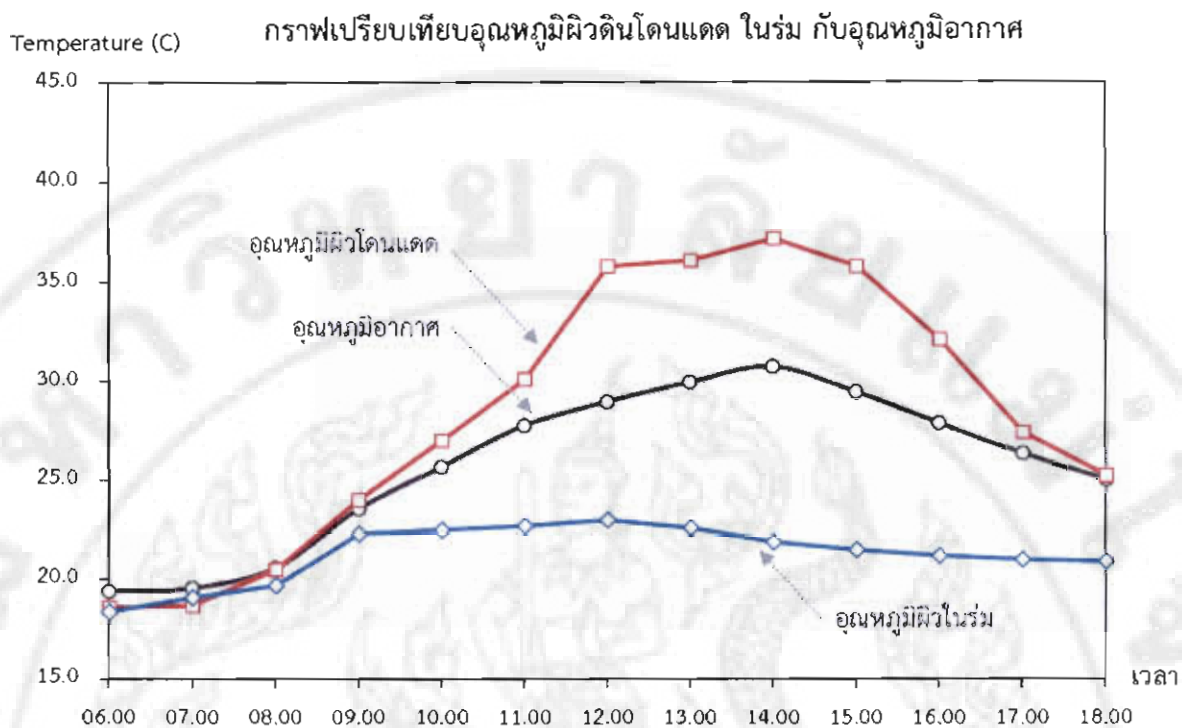
4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดิน



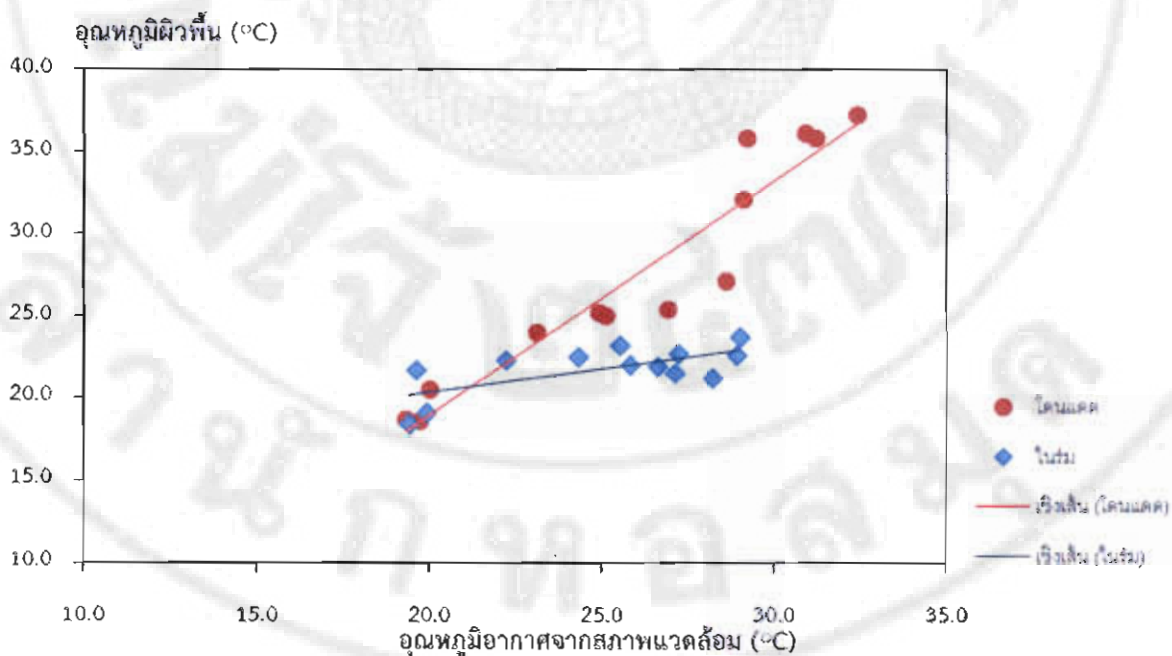
ภาพที่ 67 แสดงสภาพพื้นดินโศดเคด
บริเวณหน้าตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



ภาพที่ 68 แสดงสภาพพื้นดินในร่ม
บริเวณลานปีบตึกภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

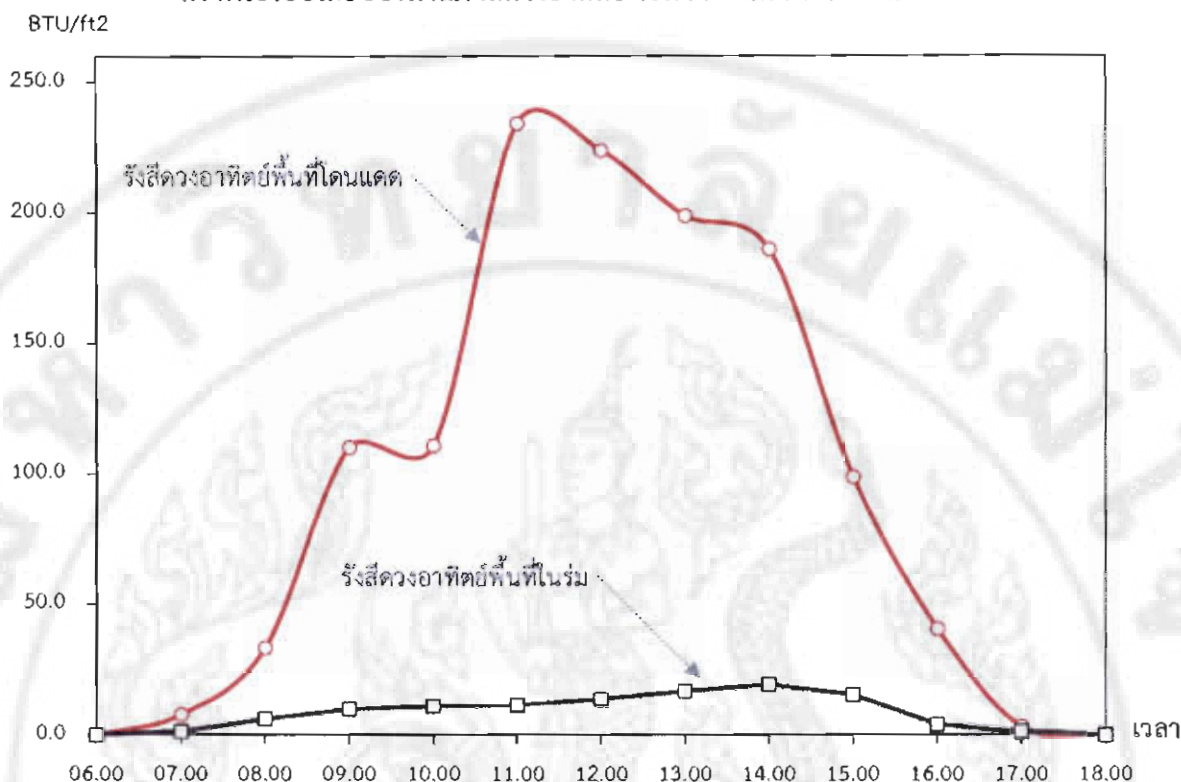


แผนภูมิที่ 110 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินโดนแดดและพื้นดินในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



แผนภูมิที่ 111 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวดินกับอุณหภูมิอากาศ
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ระหว่างพื้นดินโดนแดดกับพื้นดินในร่ม



แผนภูมิที่ 112 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวดิน ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ทำให้อุณหภูมิผิวดินโดนแดดหรือผิวดินแห้งในช่วงเวลาร้อนสุดของวัน มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 6.46°C และผิวดินในร่ม มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 9.54°C (เทียบจากอุณหภูมิอากาศปกติช่วงเวลา 14.00 น. ที่ 30.74°C) ฉะนั้นอิทธิพลของแสงแดดที่ทำให้อุณหภูมิผิวดินเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate เพิ่มสูงขึ้น 1.66°C

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวกับอุณหภูมิอากาศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดินโดนแดดอยู่ในช่วงกว้างที่ $18.6 - 37.2^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 18.6°C และเปลี่ยนแปลงพื้นผิวดินในร่มอยู่ในช่วงแคบที่ $18.4 - 23.2^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 4.8°C ฉะนั้น ลักษณะผิวดินในร่มสามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate ลง 2.54°C

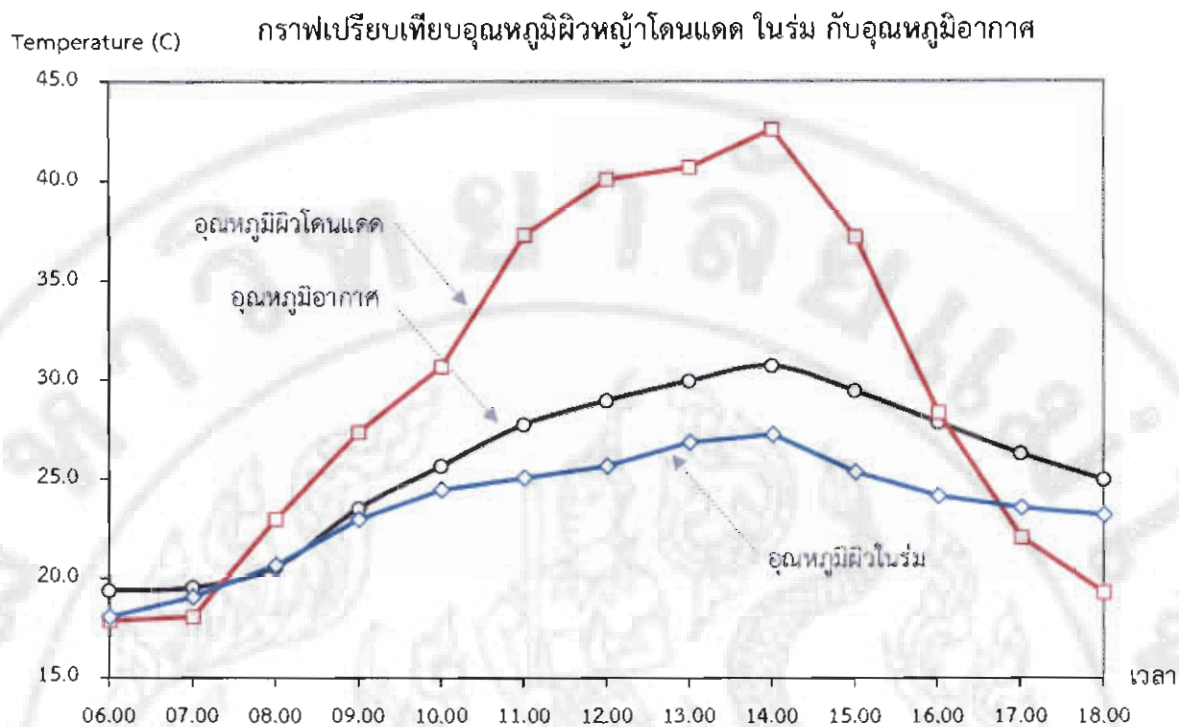
4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลร่วมเจตจำนงค์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวหญ้า



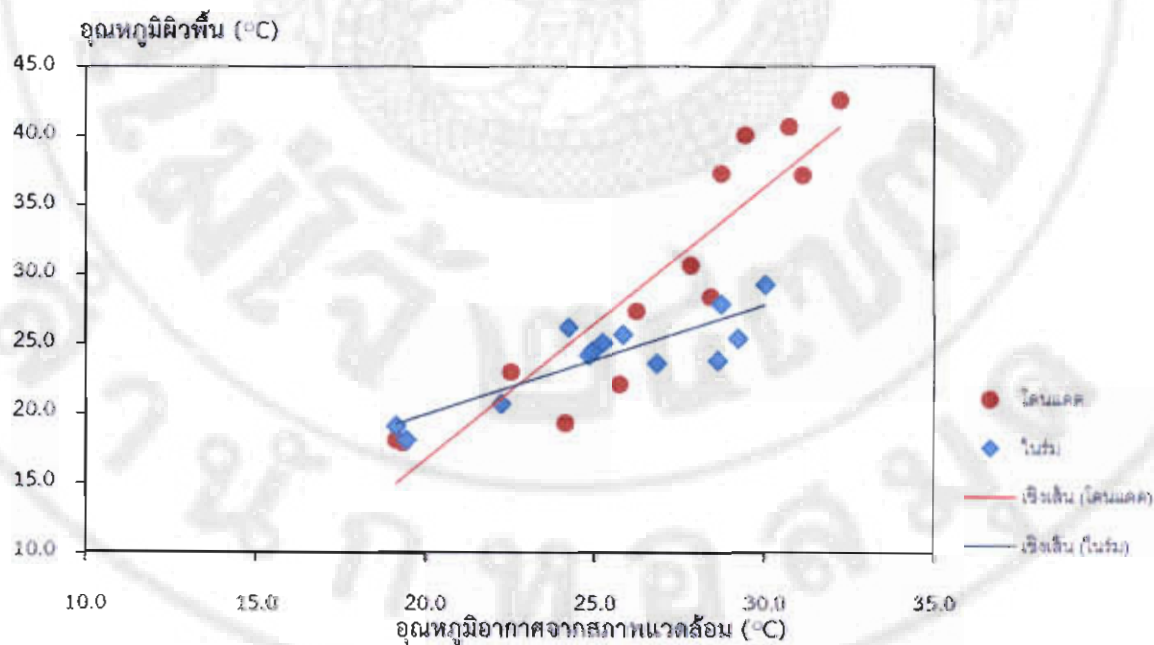
ภาพที่ 69 แสดงสภาพพื้นหญ้า โคคแคด
บริเวณสนามฟุตบอล ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



ภาพที่ 70 แสดงสภาพพื้นหญ้าในร่ม
บริเวณสวนหย่อม ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

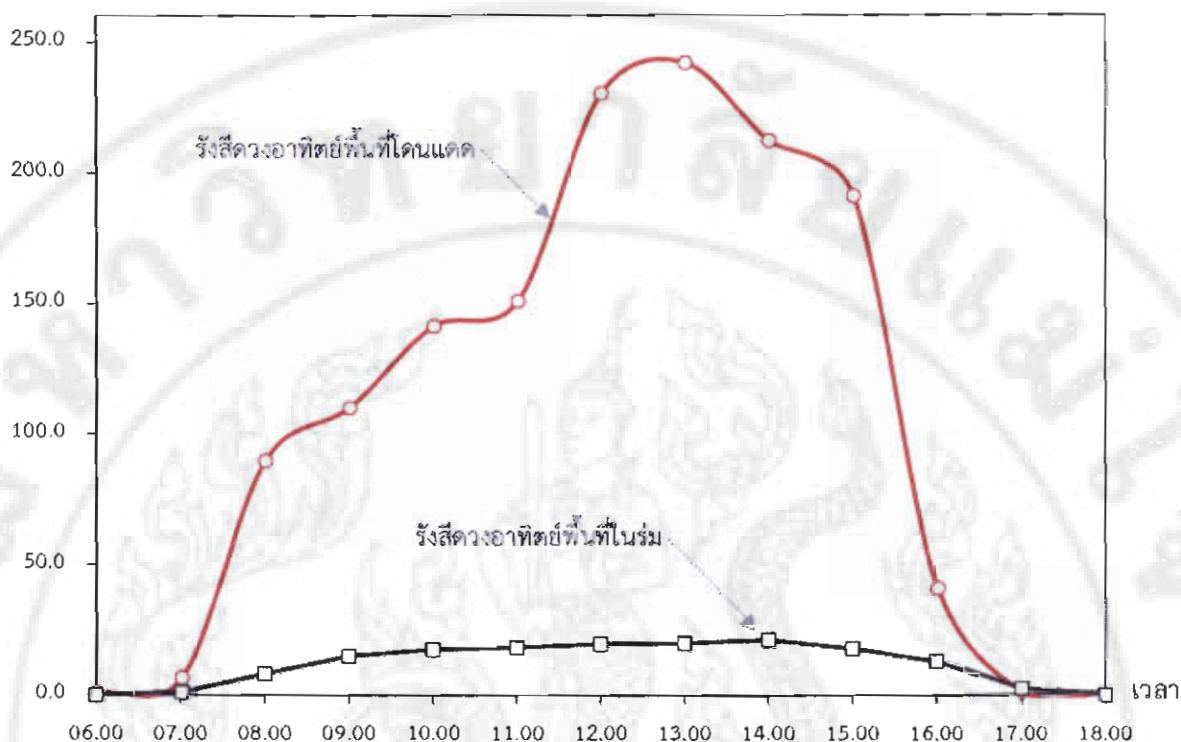


แผนภูมิที่ 113 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหน้าคอนกรีตและพื้นหน้าในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



แผนภูมิที่ 114 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวหน้าคอนกรีตกับอุณหภูมิอากาศ
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ระหว่างพื้นหญ้าโดนแดดกับพื้นหญ้าในร่ม
BTU/ft²

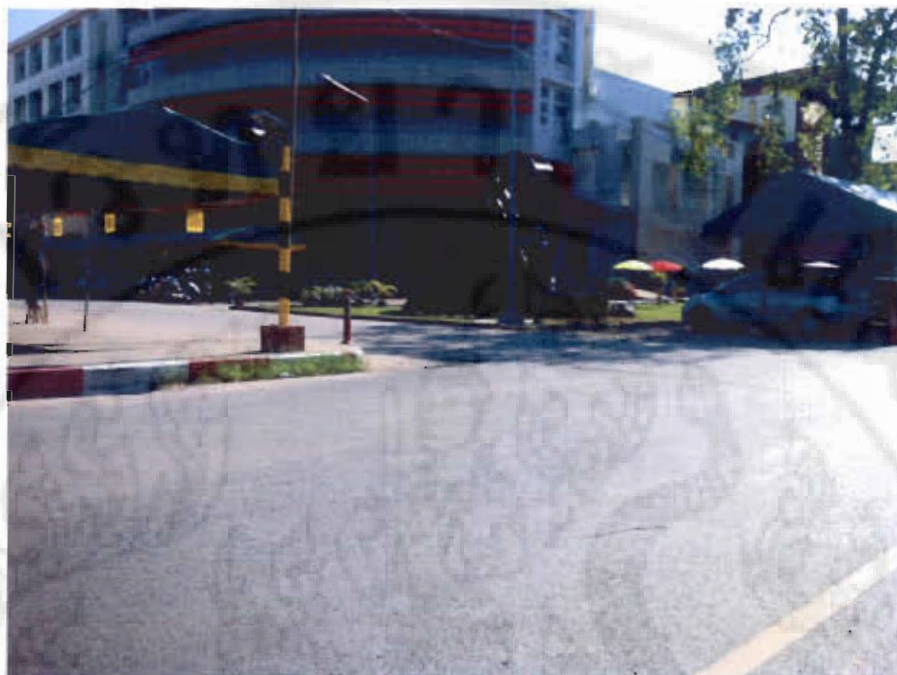


แผนภูมิที่ 145 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
ตกกระทบพื้นผิวหญ้า ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวหญ้าโดนแดดในช่วงเวลาร้อนสุดของวัน มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 11.86°C และพื้นหญ้าในร่ม มีอุณหภูมิผิวดำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1.44°C (เทียบกับอุณหภูมิอากาศปกติช่วงเวลาค่ำคืนที่ 30.74°C) ฉะนั้นอิทธิพลของแสงแดดที่ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวหญ้าเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate เพิ่มขึ้น 1.46°C (ทั้งนี้ ความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวหญ้าในสัดส่วนที่มาก เกิดจาก mass ของใบหญ้าที่มีความบางซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวได้ง่ายกว่าอุณหภูมิอากาศ)

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวกับอุณหภูมิอากาศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวหญ้าโดนแดดอยู่ในช่วงกว้างที่ $17.9 - 42.6^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 24.7°C และเปลี่ยนแปลงพื้นผิวดินในร่มอยู่ในช่วงแคบที่ $18.1 - 29.3^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 11.2°C ฉะนั้น ลักษณะผิวดินในร่มสามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate ลง 0.74°C

4.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวคอนกรีต

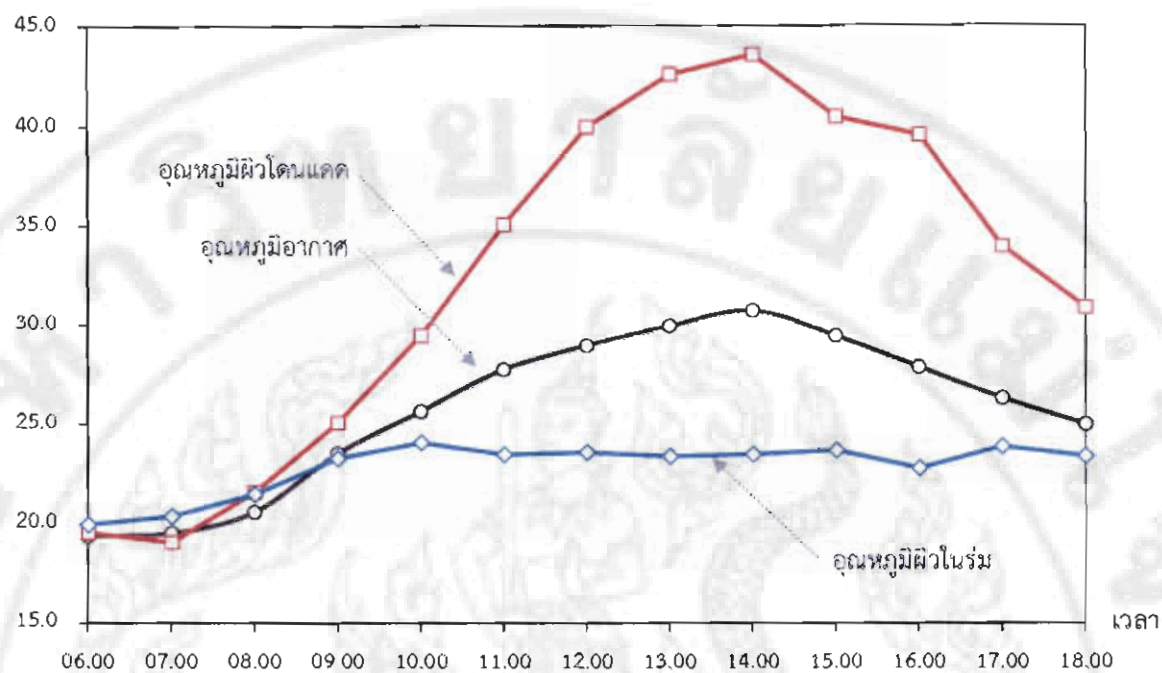


ภาพที่ 71 แสดงสภาพพื้นคอนกรีตโดดแดด
บริเวณลานหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



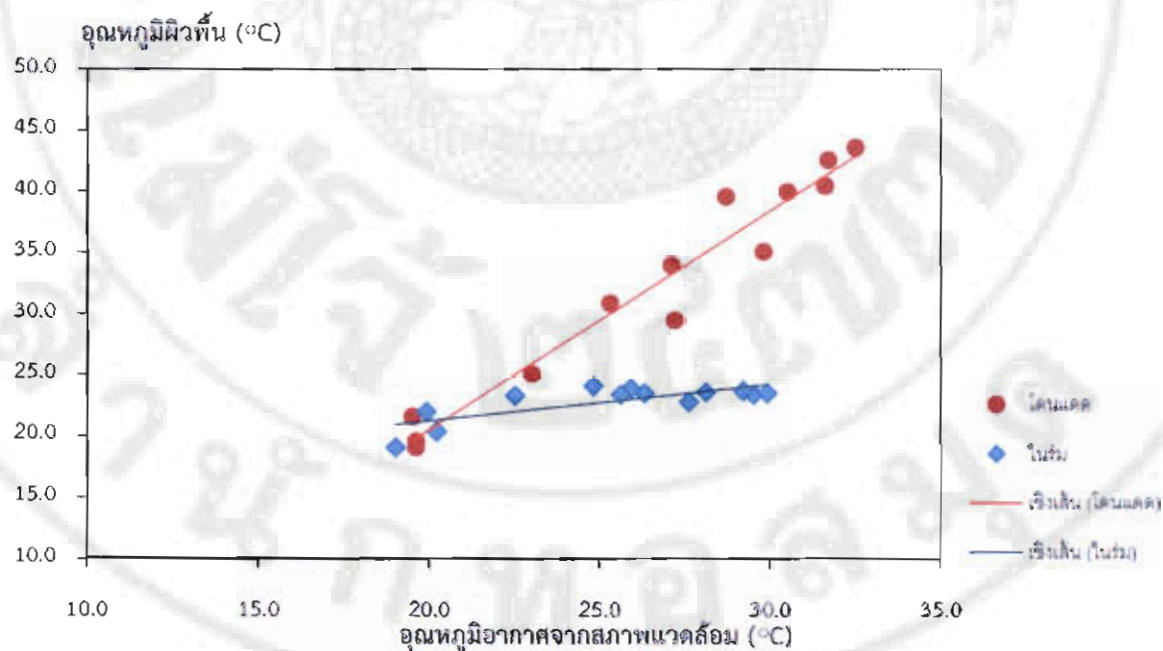
ภาพที่ 72 แสดงสภาพพื้นคอนกรีตในร่ม
บริเวณทางเข้าตึกภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมฯ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

Temperature (C) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตโดนแดด ในร่ม กับอุณหภูมิอากาศ



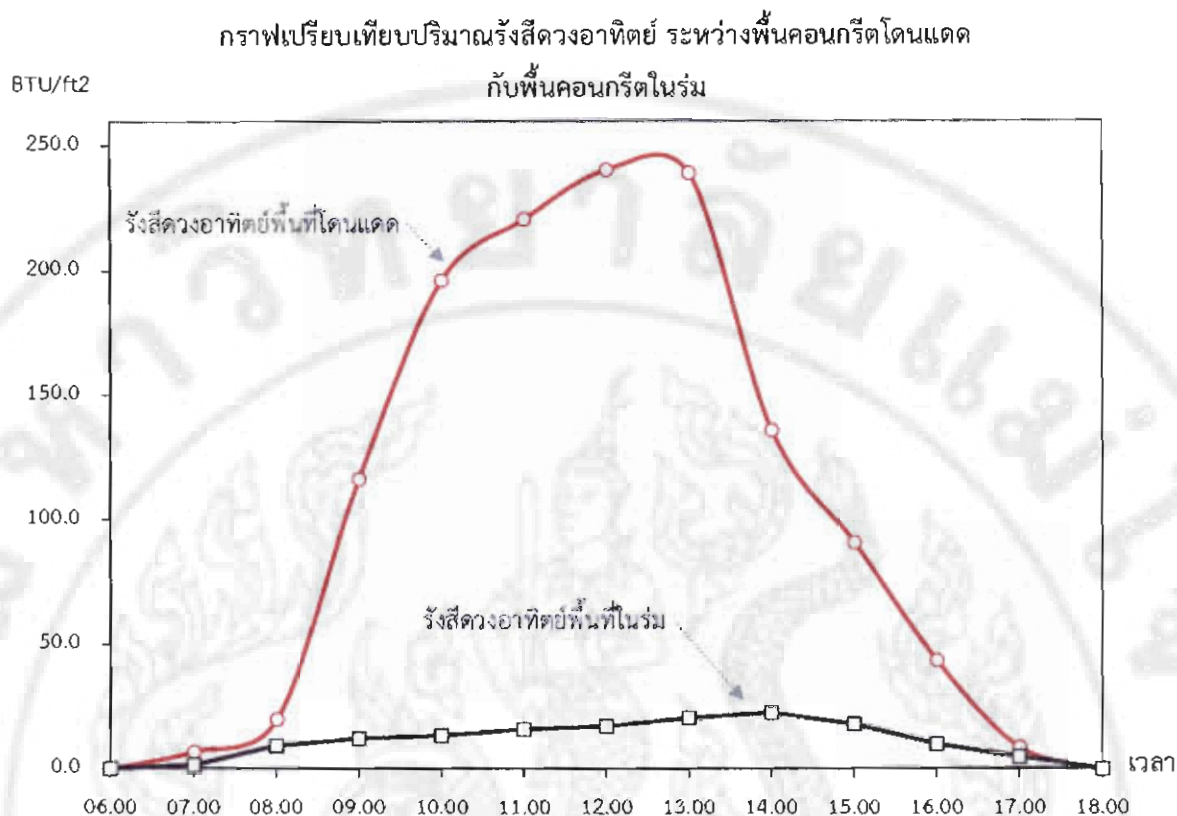
แผนภูมิที่ 146 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตโดนแดดและพื้นคอนกรีตในร่ม

กับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



แผนภูมิที่ 147 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตกับอุณหภูมิอากาศ

ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



แผนภูมิที่ 148 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
ตกกระทบพื้นผิวคอนกรีต ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ทำให้อุณหภูมิผิวคอนกรีต โดนแดดในช่วงเวลาร้อนสุดของวัน มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 12.83°C และผิวคิโนในร่ม มีอุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 7.24°C (เทียบกับจากอุณหภูมิอากาศปกติช่วงเวลา 14.00 น. ที่ 30.74°C) ฉะนั้นอิทธิพลของแสงแดดที่ทำให้อุณหภูมิผิวคิโนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate เพิ่มขึ้น 1.76°C

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวกับอุณหภูมิอากาศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวคอนกรีตโดนแดดอยู่ในช่วงกว้างที่ $19.6 - 43.6^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 24°C และเปลี่ยนแปลงพื้นผิวคอนกรีตในร่มอยู่ในช่วงแคบที่ $19.1 - 24.1^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 5°C ฉะนั้น ลักษณะผิวคิโนในร่มสามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate ลง 0.84°C

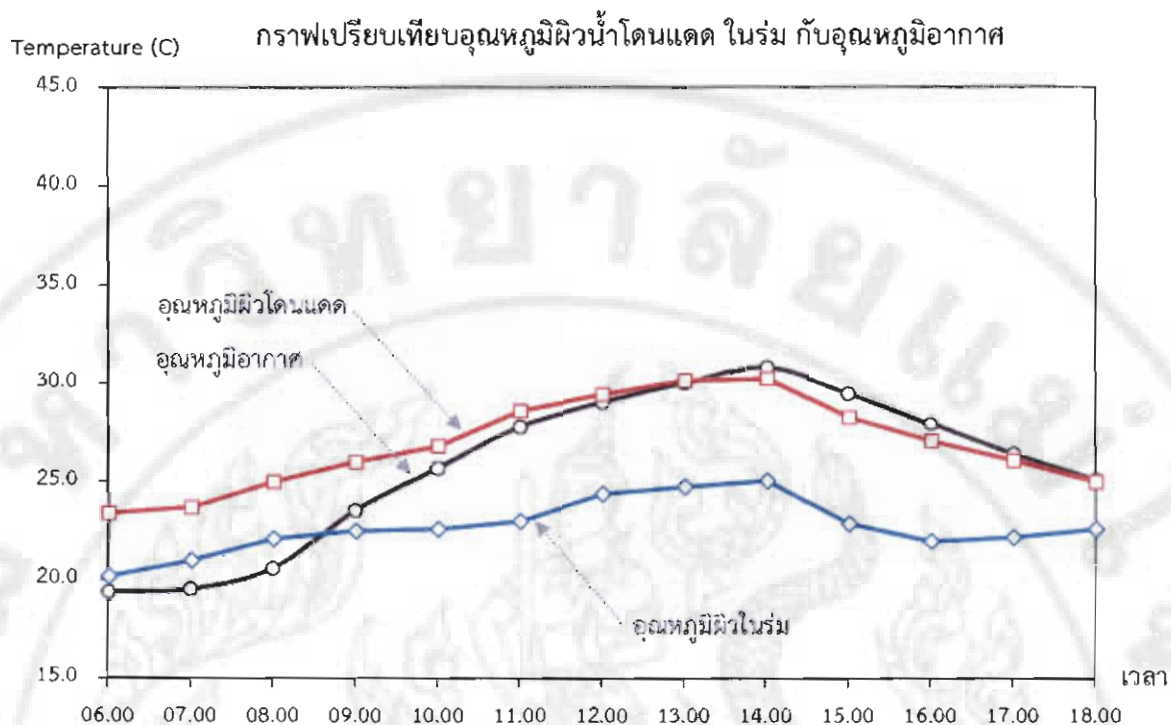
4.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลร่วมเงาต้นไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวน้ำ



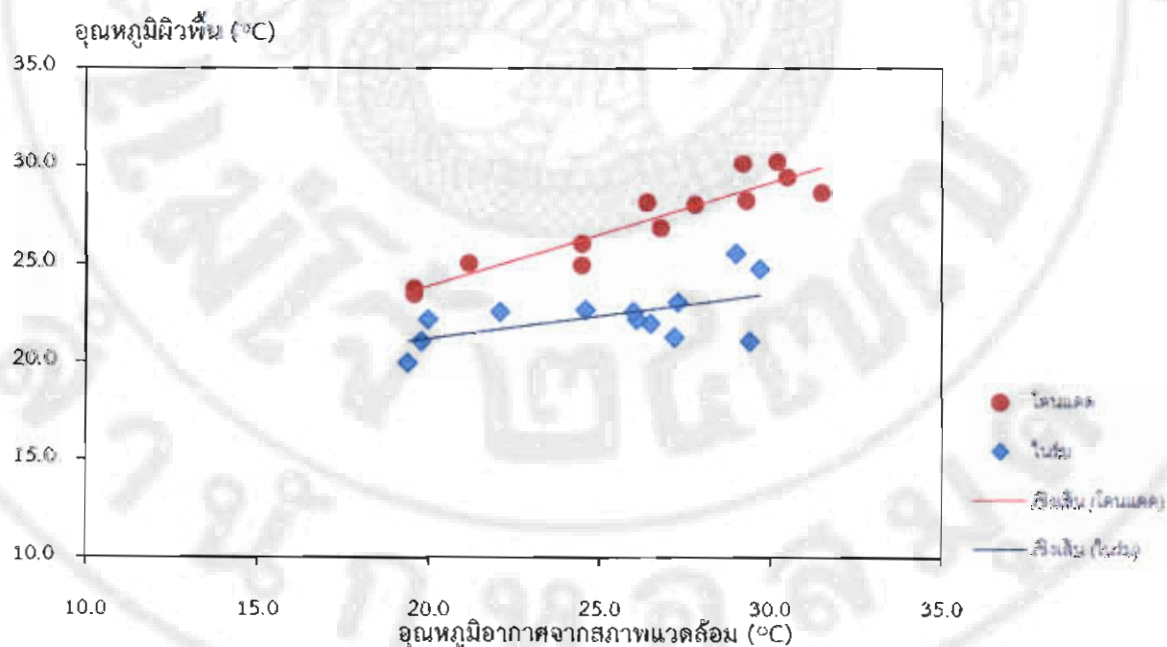
ภาพที่ 73 แสดงสภาพพื้นแหล่งน้ำโคกแดด
บริเวณแหล่งน้ำหน้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



ภาพที่ 74 แสดงสภาพพื้นแหล่งน้ำในร่ม
บริเวณแหล่งน้ำคณะผลิตกรรมการเกษตร ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

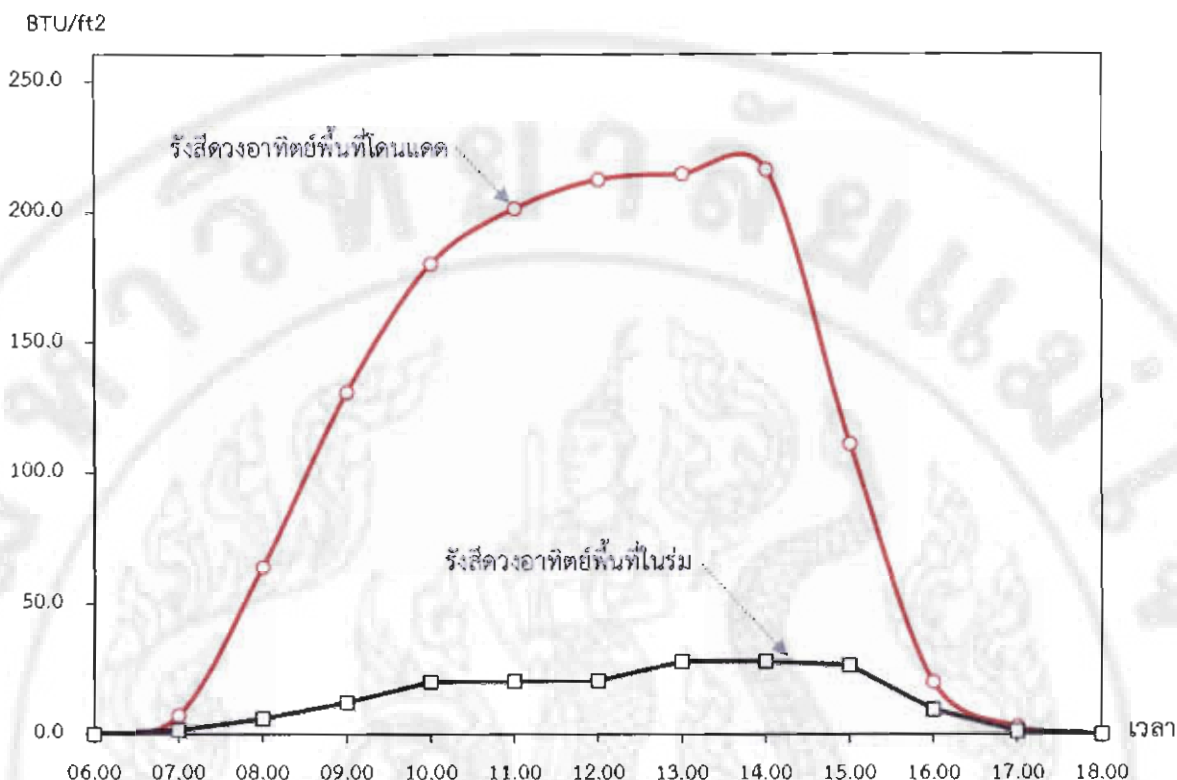


แผนภูมิที่ 149 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำโดนแดดและผิวน้ำในร่ม
กับอุณหภูมิอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



แผนภูมิที่ 150 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำกับอุณหภูมิอากาศ
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

กราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ระหว่างพื้นน้ำโดนแดดกับพื้นน้ำในร่ม



แผนภูมิที่ 151 แสดงอิทธิพลของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ทำให้อุณหภูมิผิวน้ำโดนแดดในช่วงเวลาร้อนสุดของวัน มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 2.14°C และผิวน้ำในร่ม มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 9.74°C (เทียบจากอุณหภูมิอากาศปกติช่วงเวลา 14.00 น. ที่ 30.74°C) ฉะนั้นอิทธิพลของแสงแดดไม่ส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate ลดลง 0.66°C

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำกับอุณหภูมิอากาศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวน้ำโดนแดดอยู่ในช่วงกว้างที่ $23.4 - 30.2^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 6.8°C และเปลี่ยนแปลงพื้นผิวน้ำในร่มอยู่ในช่วงแคบที่ $19.9 - 25.5^{\circ}\text{C}$ แตกต่างกัน 5.6°C ฉะนั้น ลักษณะผิวน้ำในร่มสามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมระดับ Micro Climate ลง 1.44°C

สรุปผลการวิจัย

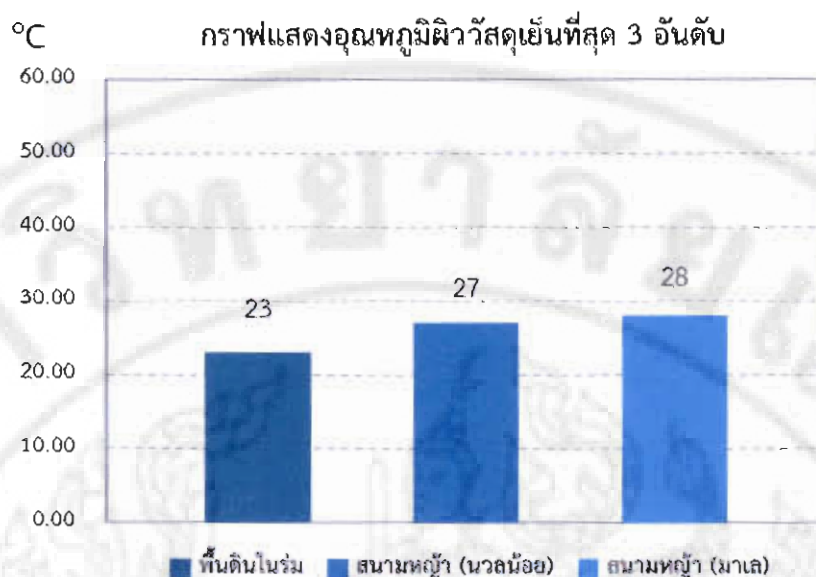
5.1 อิทธิพลความร้อนจากวัสดุพื้นผิวโดยรอบอาคาร

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลพื้นที่ เพื่อหาปริมาณและแหล่งความร้อนจากองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ของตำแหน่งสำรวจทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัย พบว่า ตัวแปรองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลการเกิดของปริมาณความร้อน คือ วัสดุผิวพื้น (Surface Material) ช่วงโดนแดด โดยวัดจากวัสดุผิวพื้น (Surface Temperature) ขณะโดนแดดระดับปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์เฉลี่ย 240 Btu/ft^2 ที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ คอนกรีต หินขัด และยางมะตอย ตามลำดับ ซึ่งวัสดุดังกล่าว เป็นวัสดุจำพวกคาคแข็ง (Hardscape) ที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนวัสดุพื้นผิวในร่ม ที่มีอุณหภูมิผิวต่ำสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ดิน หญ้า(นวลน้อย) และหญ้า(มาเล) ตามลำดับ ซึ่งวัสดุดังกล่าว เป็นวัสดุจำพวกคาคอ่อน (Softscape) ที่มาจากธรรมชาติ

จากการเก็บข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ความแตกต่างของประเภทผิววัสดุมีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณความร้อน (Heat) ทั้งนี้ อิทธิพลของร่มเงา (Shade & Shadow) ยังเป็นตัวแปรสำคัญอีกตัวแปรหนึ่ง ที่คอยสกัดกั้นปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่ให้ตกกระทบผิววัสดุโดยตรง ลักษณะดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิผิววัสดุ



แผนภูมิที่ 152 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุที่ร้อนที่สุด
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่



แผนภูมิที่ 153 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุที่เย็นที่สุด
ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature) กับอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิววัสดุกับมวลอากาศในลักษณะการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น

5.2 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง

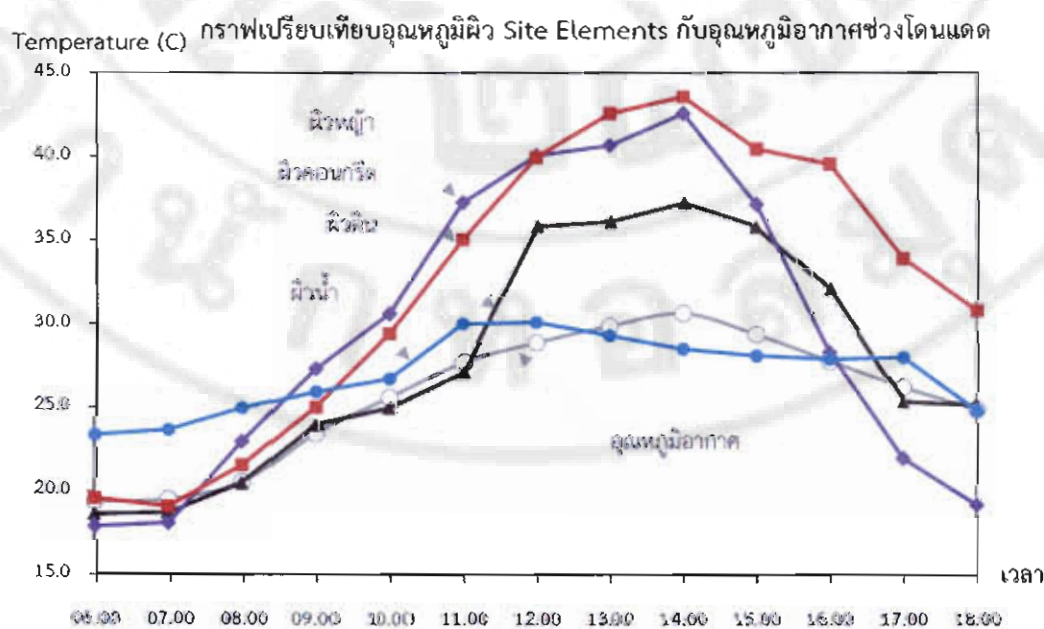
อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

อิทธิพลหลักที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิผิว คือ การสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากพื้นที่ร่มเงา (Shade & Shadow) ฉะนั้นการสร้างพื้นที่ร่มเงาให้กับผิววัสดุ จะส่งผลทำให้ค่าอุณหภูมิผิวเฉลี่ยลดลง ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนในอากาศที่เกิดจากอุณหภูมิผิววัสดุจะแปรผันกับสัดส่วนและขนาดพื้นที่ (Area) ตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์

ลักษณะและประเภทของพื้นผิววัสดุที่มีสัดส่วนพื้นที่มาก และมีบทบาทการใช้งานและอัตลักษณ์ต่อการพัฒนามหาวิทยาลัย ในเชิงรูปธรรม ได้แก่

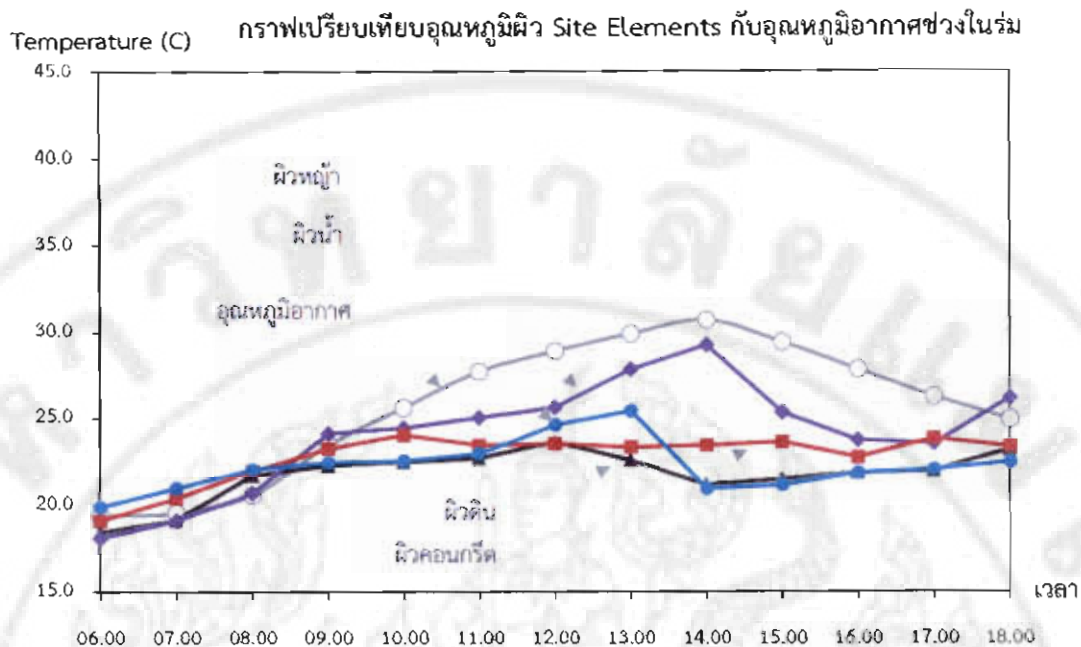
1. พื้นผิวคอนกรีต
2. พื้นผิวหญ้า
3. พื้นผิวดิน
4. พื้นผิวน้ำ

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวของวัสดุทั้ง 4 ประเภท เพื่อหาความแตกต่างของการตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์ระหว่างประเภทผิววัสดุ โทนแดดกับประเภทผิววัสดุที่อยู่ในร่ม พบว่า พื้นที่โดนแดดวัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุด-ต่ำสุด ได้แก่ คอนกรีต หญ้า ดิน และน้ำ ตามลำดับ ซึ่งประเภทผิววัสดุ 3 อันดับแรกจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่วนพื้นที่ในร่ม วัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุด-ต่ำสุด ได้แก่ หญ้า คอนกรีต ดิน และน้ำ ตามลำดับ ซึ่งทุกประเภทวัสดุในร่มมีค่าอุณหภูมิผิวที่วัดได้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ฉะนั้น แสดงว่า ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) มีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุ



แผนภูมิที่ 154 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศ

กับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ช่วงเวลาโดนแดด



แผนภูมิที่ 155 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศ
กับอุณหภูมิผิวพื้นของวัสดุโดยรอบที่ตั้ง (Site Elements) ช่วงเวลาในร่ม

เปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ต่อความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุ (Surface Temperature) สูงสุดและต่ำสุดในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. พบว่า

	ประเภทผิววัสดุ	โดนแดด (เซลเซียส)	ในร่ม (เซลเซียส)
1	พื้นคอนกรีต	24	5
2	พื้นหญ้า	24.5	10
3	พื้นดิน	18	4
4	พื้นน้ำ	6	3

ซึ่งลักษณะความแตกต่างดังกล่าวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการกักเก็บความร้อนของวัสดุที่
พร้อมจะถ่ายเทความร้อนสู่ชั้นบรรยากาศผ่านองค์ประกอบผิวพื้นของวัสดุแต่ละประเภท

ข้อสังเกต

เมื่อพิจารณาผิวพื้นที่โคนแควมีค่าอุณหภูมิผิวสูงสุด 2 อันดับแรก คือ พื้นคอนกรีต และพื้นหญ้า พบว่า วัสดุพื้นผิวหญ้าจะมีอุณหภูมิผิวขึ้นสูงสุดและลดลงอย่างรวดเร็วและวัสดุพื้นคอนกรีตจะมีอุณหภูมิผิวขึ้นสูงสุดและลดลงอย่างช้าๆ เทียบจากช่วงเวลาร้อนสุด 14.00 น. ถึงช่วงเวลาเย็น 18.00 น.

ผิวหญ้า	มีอุณหภูมิผิว	42.5 และ 19 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
	ความต่างของอุณหภูมิผิว	= 23.5 องศาเซลเซียส
	ลดลงต่ำสุด	= 19 องศาเซลเซียส (ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ)
ผิวคอนกรีต	มีอุณหภูมิผิว	43 และ 31 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
	ความต่างของอุณหภูมิผิว	= 12 องศาเซลเซียส
	ลดลงต่ำสุด	= 31 องศาเซลเซียส (สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ)

ทั้งนี้ เนื่องจากมวลสารของวัสดุที่รับรู้ (Sensitive) ค่อดัชนีพลของรังสีจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน วัสดุหญ้ามีลักษณะเป็นเส้นบางๆเล็กๆ มีการรับรู้ต่อปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่าและเร็วกว่าวัสดุคอนกรีต ซึ่งมีลักษณะมวลสารที่ใหญ่และหนา

5.3 แนวทางการออกแบบองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง เพื่อลดอุณหภูมิอากาศระดับ Micro Climate

5.3.1 สร้างพื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่

จากการวิจัย พบว่า พื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิววัสดุได้มากถึง ร้อยละ 83 ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถลดอิทธิพลที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิผิววัสดุ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโดยรอบบริเวณนั้นได้

5.3.2 เลือกสรรวัสดุปูผิวพื้นจากวัสดุธรรมชาติ

วัสดุพื้นผิวธรรมชาติหรือวัสดุคาค่อน (Softscape) เช่น พื้นดิน พื้นหญ้า และแหล่งน้ำ สามารถช่วยลดอิทธิพลความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุและลดอิทธิพลการสะสมความร้อนภายในวัสดุปูพื้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง

5.3.3 จำกัดพื้นที่วัสดุคาค้าง (Hardscape)

ในการก่อสร้างงานภูมิทัศน์ (Landscape) มีความจำเป็นต้องใช้วัสดุปูพื้นจำพวก คอนกรีต กระเบื้อง ที่ใช้ก่อสร้างทางเดินและถนน เป็นองค์ประกอบ และควรสร้างพื้นที่ร่มเงาให้กับวัสดุเหล่านั้น เพื่อสกัดกั้นปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์และควบคุมอุณหภูมิผิววัสดุไม่ให้สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งจะเป็นผลในการถ่ายเทความร้อนจากผิววัสดุสู่บริเวณพื้นที่โดยรอบ

5.3.4 ให้ความสำคัญกับองค์ประกอบแหล่งน้ำ (Water Bodies)

การกำหนดพื้นที่แหล่งน้ำเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งในการออกแบบภูมิทัศน์ภายในมหาวิทยาลัย เป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดอุณหภูมิอากาศลงได้ เพราะพื้นที่แหล่งน้ำจะช่วยดูดซับความร้อนได้ในปริมาณมาก โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัวเองน้อย กล่าวคือ “น้ำ” สามารถดูดซับปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่าวัสดุอื่นใด (โดยน้ำมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ = 1) ส่งผลทำให้อุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ อีกทั้ง แหล่งน้ำยังเป็นองค์ประกอบที่ช่วยสร้างความรู้สึกเย็นสบาย (Human Sensation) จากการระเหยของไอน้ำสู่สภาพแวดล้อม

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง B

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วัน พฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	23.4	22.4	85.2	3.2	-13.4	
07.00	23.8	23.5	83.1	4.1	-12.3	
08.00	24.3	23.3	84.1	4.5	-12.3	
09.00	25.4	25.5	80.6	4.4	-3.8	
10.00	26.9	26.3	73.8	10.6	-10.9	
11.00	29.1	25.1	67.7	12.7	-13.0	
12.00	28.5	25.7	69.2	7.2	-12.7	
13.00	31.4	29.7	60.8	16.4	-6.4	
14.00	29.6	27.4	62.7	12.7	-11.5	
15.00	29.4	28.9	60.7	12.0	-9.2	
16.00	29.1	26.9	65.5	12.3	-7.4	
17.00	28.2	25.9	68.9	0.2	-12.0	
18.00	28.0	26.4	72.9	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง C

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภูมิ ผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ห้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	23.1	20.1	85.1	2.6	-13.4	
07.00	24.0	22.2	84.1	3.2	-12.3	
08.00	24.5	23.4	84.2	4.8	-12.3	
09.00	25.4	25.3	80.4	4.9	-3.8	
10.00	27.1	26.7	73.7	10.6	-10.9	
11.00	29.1	25.2	68.0	30.2	-13.0	
12.00	28.3	26.5	68.6	4.7	-12.7	
13.00	31.8	31.0	58.4	18.6	-6.4	
14.00	29.7	28.1	62.7	23.9	-11.5	
15.00	29.5	27.9	60.1	20.0	-9.2	
16.00	29.1	27.0	65.0	13.3	-7.4	
17.00	28.2	26.6	69.0	0.2	-12.0	
18.00	28.0	26.4	73.3	0.0	-11.6	

***การวัดห้องฟ้าด้านบนนี้ค้นไม่บัง

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง D

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วัน พุธ สัปดาห์ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภูมิ ผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ห้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	20.1	21.1	85.2	0.3	-13.4	
07.00	22.6	21.9	84.0	0.9	-12.3	
08.00	24.5	22.8	84.5	1.9	-12.3	
09.00	25.4	25.0	81.3	2.6	-3.8	
10.00	26.5	26.5	76.3	6.8	-10.9	
11.00	31.1	29.6	61.1	8.4	-13.0	
12.00	28.2	25.3	71.1	2.1	-12.7	
13.00	31.0	25.9	62.7	95.8	-6.4	
14.00	31.2	30.3	59.5	14.2	-11.5	
15.00	30.8	31.1	60.2	10.7	-9.2	
16.00	30.1	26.7	59.9	7.5	-7.4	
17.00	29.0	25.6	66.0	0.1	-12.0	
18.00	28.8	26.6	70.3	0.0	-11.6	

***การวัดห้องฟ้าด้านบนมีต้นไม้อยู่

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง E

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภูมิ ผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	20.1	22.2	85.1	5.2	-13.4	
07.00	23.2	24.5	85.6	8.0	-12.3	
08.00	25.1	25.2	84.0	10.9	-12.3	
09.00	26.1	27.9	79.6	56.4	-3.8	
10.00	26.8	30.6	78.3	160.7	-10.9	แดดจ้า
11.00	33.2	33.2	58.9	208.0	-13.0	
12.00	28.3	29.7	71.8	17.3	-12.7	เมฆครึ้ม
13.00	30.6	35.6	63.3	33.5	-6.4	
14.00	32.5	31.6	57.0	29.6	-11.5	เริ่ม
15.00	31.1	30.5	59.7	17.2	-9.2	
16.00	30.2	29.6	59.1	10.7	-7.4	
17.00	29.0	27.7	67.3	0.8	-12.0	
18.00	29.4	28.2	69.2	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง F

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วัน พฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	21.2	23.1	82.5	8.3	-13.4	
07.00	25.2	26.5	79.4	13.2	-12.3	
08.00	25.0	26.4	81.0	7.9	-12.3	
09.00	26.0	26.9	79.0	36.0	-3.8	
10.00	26.1	28.4	79.2	28.1	-10.9	
11.00	30.2	37.1	66.3	177.7	-13.0	
12.00	28.1	32.9	72.9	23.8	-12.7	มีเมฆ
13.00	32.0	38.6	60.8	234.4	-6.4	แดดจ้า
14.00	33.2	38.7	53.4	213.4	-11.5	แดดจ้า
15.00	32.1	34.3	54.9	30.2	-9.2	
16.00	29.9	34.9	60.1	19.8	-7.4	มีเมฆ
17.00	28.8	33.4	67.6	1.4	-12.0	
18.00	29.8	32.9	68.3	0.1	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง G

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วัน พฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	22.1	22.4	86.1	12.3	-13.4	
07.00	23.6	23.3	84.3	13.3	-12.3	
08.00	24.6	23.9	84.2	14.9	-12.3	
09.00	25.4	25.9	80.6	12.4	-3.8	
10.00	27.4	28.2	73.7	16.2	-10.9	
11.00	29.4	27.7	67.1	16.7	-13.0	
12.00	28.0	26.6	71.5	9.5	-12.7	
13.00	30.1	31.3	63.0	17.8	-6.4	
14.00	30.3	29.8	60.1	12.5	-11.5	
15.00	30.1	29.1	62.1	10.4	-9.2	
16.00	29.2	27.8	64.4	9.6	-7.4	
17.00	28.4	24.8	67.7	0.4	-12.0	
18.00	28.1	25.7	73.1	0.1	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง H

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	22.1	22.1	85.6	15.5	-13.4	
07.00	24.2	23.2	83.8	44.8	-12.3	
08.00	25.0	24.9	82.9	50.7	-12.3	
09.00	26.5	26.7	80.0	14.3	-3.8	เมฆครึ้ม
10.00	29.2	31.8	69.6	143.1	-10.9	แสง
11.00	30.4	40.9	65.2	33.3	-13.0	ร่วม
12.00	28.2	29.5	72.4	15.0	-12.7	เมฆครึ้ม
13.00	30.5	29.5	63.4	22.2	-6.4	
14.00	30.5	30.4	59.1	12.5	-11.5	ร่วม
15.00	29.9	29.1	60.2	11.1	-9.2	
16.00	29.7	28.0	62.6	10.5	-7.4	เมฆครึ้ม
17.00	28.8	26.6	66.8	0.4	-12.0	
18.00	28.2	26.7	73.6	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง I

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วัน พฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	20.1	21.0	85.8	5.4	-13.4	
07.00	22.4	21.9	84.3	7.3	-12.3	
08.00	24.7	23.3	84.7	7.6	-12.3	
09.00	25.8	25.4	78.7	10.8	-3.8	
10.00	26.7	25.9	76.9	22.7	-10.9	
11.00	30.3	27.8	64.5	27.4	-13.0	
12.00	28.1	25.5	70.1	8.8	-12.7	เมฆบดบัง
13.00	31.0	27.6	62.6	39.0	-6.4	
14.00	31.2	29.8	58.8	13.3	-11.5	เริ่ม
15.00	30.1	30.7	59.2	14.1	-9.2	
16.00	29.8	27.5	63.1	14.3	-7.4	เมฆบดบัง
17.00	28.0	25.4	66.4	0.6	-12.0	
18.00	28.5	26.1	70.8	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง J

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ห้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	20.3	19.3	86.7	12.1	-13.4	
07.00	22.4	20.8	85.6	12.8	-12.3	
08.00	24.7	24.4	84.1	13.1	-12.3	
09.00	26	27	78.2	13.6	-3.8	
10.00	26.5	27.6	77.9	18.6	-10.9	
11.00	30.2	28.1	65.7	23.5	-13.0	
12.00	28.0	27.2	71.4	9.6	-12.7	
13.00	31	30.2	62.8	45.9	-6.4	
14.00	30.9	32.8	60.5	39.1	-11.5	
15.00	30.4	31.5	62.4	25.2	-9.2	
16.00	29.66	30.4	64.7	20.3	-7.4	
17.00	28.7	26.3	67.5	0.7	-12.0	
18.00	28.4	27.7	71.0	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง K

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	21.3	22.6	85.1	10.2	-13.4	
07.00	22.4	22.9	85.8	10.8	-12.3	
08.00	24.8	23.8	84.3	11.6	-12.3	
09.00	26.0	26.9	78.1	17.6	-3.8	
10.00	26.9	27.1	76.6	28.5	-10.9	
11.00	30.1	27.3	65.2	32.2	-13.0	
12.00	28.4	26.6	71.8	21.2	-12.7	
13.00	30.7	29.9	63.4	50.9	-6.4	มีเมฆ
14.00	31.0	31.0	60.6	31.5	-11.5	
15.00	30.4	31.2	59.8	30.6	-9.2	
16.00	30.0	28.7	59.9	26.4	-7.4	
17.00	28.6	25.6	67.6	0.8	-12.0	
18.00	28.3	26.3	71.6	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง L

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

[illegible]

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง M

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	21.2	22.1	85.0	4.1	-13.4	
07.00	23.6	22.4	85.3	4.7	-12.3	
08.00	24.4	22.6	85.1	6.0	-12.3	
09.00	25.6	25.3	79.7	6.0	-3.8	
10.00	26.5	27.2	77.0	14.4	-10.9	
11.00	30.1	27.6	65.3	18.3	-13.0	
12.00	28.1	25.9	70.8	4.9	-12.7	
13.00	30.5	27.5	63.9	22.3	-6.4	
14.00	30.9	29.9	59.5	10.2	-11.5	
15.00	30.7	30.2	63.7	9.3	-9.2	
16.00	29.6	27.4	64.1	7.1	-7.4	
17.00	28.7	25.7	67.5	0.3	-12.0	
18.00	28.4	26.1	70.9	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง N

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	22.8	22.1	85.8	3.5	-13.4	
07.00	24.1	22.5	83.3	4.1	-12.3	
08.00	24.8	25.1	82.7	4.3	-12.3	
09.00	26.3	25.6	81.5	4.5	-3.8	
10.00	26.9	26.6	76.0	11.5	-10.9	
11.00	29.9	29.2	65.2	12.7	-13.0	
12.00	28.2	28.3	71.5	4.6	-12.7	
13.00	30.7	27.7	63.5	13.4	-6.4	
14.00	30.4	29.3	62.7	4.5	-11.5	มีเมฆมาก
15.00	30.1	29.7	63.0	5.1	-9.2	มีเมฆมาก
16.00	29.8	28.7	63.4	4.2	-7.4	มีเมฆมาก
17.00	28.6	26.7	67.6	0.1	-12.0	
18.00	28.2	27.4	71.7	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง O

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.8	20.1	86.7	2.4	-13.4	
07.00	21.1	22.2	84.6	3.8	-12.3	
08.00	24.9	25.3	82.6	5.7	-12.3	
09.00	25.3	25.9	80.8	5.1	-3.8	
10.00	26.8	26.4	75.8	8.3	-10.9	
11.00	29.8	27.0	65.8	9.9	-13.0	
12.00	28.1	26.3	71.6	8.5	-12.7	
13.00	30.7	27.7	62.9	12.3	-6.4	
14.00	30.3	28.9	61.3	4.8	-11.5	
15.00	30.1	28.0	63.4	5.2	-9.2	
16.00	29.6	28.2	64.2	5.3	-7.4	
17.00	28.7	25.6	67.6	0.3	-12.0	
18.00	28.2	26.4	71.7	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง P-1 (ฝั่งภูมิทัศน์)

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	22.8	22.3	86.1	0.2	-13.4	
07.00	22.9	23.1	85.9	0.9	-12.3	
08.00	24.5	24.6	84.2	1.6	-12.3	
09.00	28.4	25.8	80.6	0.2	-3.8	
10.00	27.0	27.1	74.1	1.3	-10.9	
11.00	29.0	25.5	67.4	2.0	-13.0	
12.00	28.2	25.2	69.7	0.2	-12.7	
13.00	30.8	27.9	63.6	1.9	-6.4	
14.00	29.5	26.9	62.6	0.9	-11.5	
15.00	29.4	26.2	60.7	1.0	-9.2	
16.00	29.0	26.5	65.3	1.1	-7.4	
17.00	28.2	25.6	68.7	0.0	-12.0	
18.00	28.0	26.3	72.2	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตำแหน่ง P-2 (ฝั่งภูมิสถาปัตยกรรม)

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภูมิ ผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ห้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	22.4	21.8	84.2	0.6	-13.4	
07.00	23.6	22.9	82.9	0.8	-12.3	
08.00	24.6	24.9	83.4	0.9	-12.3	
09.00	25.5	26.1	80.2	0.4	-3.8	
10.00	28.4	27.8	70.9	1.4	-10.9	
11.00	30.3	26.5	64.7	1.9	-13.0	
12.00	28.0	25.9	71.6	0.4	-12.7	
13.00	30.0	27.6	63.6	4.2	-6.4	
14.00	30.7	28.1	59.3	1.3	-11.5	
15.00	30.4	29.2	60.7	1.4	-9.2	
16.00	29.4	27.5	63.8	1.0	-7.4	
17.00	28.1	26.2	66.7	0.0	-12.0	
18.00	28.2	26.6	72.9	0.0	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมตามจุดวัด

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันพฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	22.5	23.1	82.8	87.0	-13.4	
07.00	24.2	26.8	80.6	85.3	-12.3	
08.00	25.9	30.7	78.7	88.0	-12.3	
09.00	26.0	29.0	78.4	54.0	-3.8	มีเมฆมาก
10.00	28.2	36.5	70.0	170.2	-10.9	
11.00	31.4	42.1	63.4	203.3	-13.0	
12.00	29.1	38.9	67.5	38.3	-12.7	เมฆครึ้ม
13.00	32.6	46.2	55.7	244.2	-6.4	แดดจ้า
14.00	32.2	47.6	54.3	159.9	-11.5	มีเมฆมาก
15.00	31.9	43.7	55.7	149.2	-9.2	
16.00	31.8	43.3	56.1	106.1	-7.4	
17.00	29.1	36.8	67.0	2.6	-12.0	
18.00	28.1	34.3	74.4	0.2	-11.6	

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมหน้าตึกจุฬารักษ์ คณะวิทยาศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วัน พฤหัสบดี ที่ 28 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิว (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	24.1	25.3	80.1	91.2	-13.4	
07.00	24.9	27.1	78.4	98.9	-12.3	
08.00	26.8	30.6	75.6	107.3	-12.3	
09.00	26.2	30.8	78.4	56.6	-3.8	มีเมฆมาก
10.00	29.2	35.6	68.3	172.3	-10.9	
11.00	31.9	46.3	61.5	220.0	-13.0	
12.00	32.2	47.3	58.2	221.4	-12.7	
13.00	32.8	49.5	56.4	222.9	-6.4	
14.00	32.3	43.6	55.0	46.7	-11.5	
15.00	31.9	41.5	54.9	45.8	-9.2	
16.00	32.1	41.1	54.4	38.2	-7.4	
17.00	31.2	32.1	60.6	28.1	-12.0	
18.00	28.4	29.5	73.3	0.1	-11.6	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรพื้นดิน (คอนกรีต) ติดสถาปัตยกรรม

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.7	18.6	81.1	0.1	-17.8	
07.00	19.3	18.7	84.6	7.9	-12.9	
08.00	20.0	20.5	83.0	33.8	-17.8	
09.00	23.1	24.0	77.9	110.4	-16.8	
10.00	25.1	25.0	72.1	111.1	-18.3	
11.00	28.6	27.1	60.7	234.3	-15.6	
12.00	29.2	35.8	56.5	223.9	-15.6	
13.00	30.9	36.1	50.3	199.1	-10.7	
14.00	32.4	37.2	47.6	186.0	-16.4	
15.00	31.2	35.8	49.9	98.7	11.2	
16.00	29.1	32.1	51.8	40.5	-17.4	
17.00	26.9	25.4	66.8	3.0	-16.1	
18.00	24.9	25.2	74.5	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรพื้นดิน (ในร่ม) ตามปีบ

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.4	18.4	84.0	0.0	-17.8	
07.00	19.9	19.1	81.6	1.2	-12.9	
08.00	19.6	21.7	84.7	6.2	-17.8	
09.00	22.2	22.3	76.3	10.0	-16.8	
10.00	24.3	22.5	60.1	11.1	-18.3	
11.00	27.2	22.7	59.3	11.6	-15.6	
12.00	29.0	23.7	57.1	13.9	-15.6	
13.00	28.9	22.6	59.7	17.0	-10.7	
14.00	28.2	21.2	60.0	19.5	-16.4	
15.00	27.1	21.5	61.3	15.6	11.2	
16.00	26.6	21.9	61.0	4.1	-17.4	
17.00	25.8	22.0	62.5	1.1	-16.1	
18.00	25.5	23.2	63.3	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรพื้นหญ้า (โคนแคด) สนามกีฬา

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.3	17.9	82.5	1.0	-17.8	
07.00	19.1	18.1	85.7	6.7	-12.9	
08.00	22.5	23.0	80.1	89.7	-17.8	
09.00	26.2	27.4	70.1	110.1	-16.8	
10.00	27.8	30.7	61.8	141.3	-18.3	
11.00	28.7	37.3	59.7	151.0	-15.6	
12.00	29.4	40.1	55.5	230.1	-15.6	
13.00	30.7	40.7	48.1	241.7	-10.7	
14.00	32.2	42.6	44.7	212.0	-16.4	
15.00	31.1	37.2	50.8	190.6	11.2	
16.00	28.4	28.4	66.3	40.3	-17.4	
17.00	25.7	22.1	70.1	1.1	-16.1	
18.00	24.1	19.3	71.3	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ติดตั้งตัวแปรพื้นหญ้า (ในร่ม) สวน เสือ สิงค์ กระทิง แรด

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.4	18.1	82.9	0.0	-17.8	
07.00	19.1	19.1	86.3	0.9	-12.9	
08.00	22.2	20.7	84.5	8.1	-17.8	
09.00	24.8	24.2	57.2	14.9	-16.8	
10.00	24.9	24.5	66.3	17.4	-18.3	
11.00	25.2	25.1	65.7	18.2	-15.6	
12.00	25.8	25.7	65.4	19.5	-15.6	
13.00	28.7	27.9	60.7	19.8	-10.7	
14.00	30.0	29.3	49.4	21.1	-16.4	
15.00	29.2	25.4	51.7	17.8	11.2	
16.00	28.6	23.8	52.5	12.9	-17.4	
17.00	26.8	23.6	71.2	2.0	-16.1	
18.00	24.2	26.2	71.8	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรพื้นคอนกรีต (โคนแคค) หน้าตึกวิทยุ

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.6	19.6	82.7	0.1	-17.8	
07.00	19.6	19.1	85.6	6.9	-12.9	
08.00	19.5	21.6	84.5	20.0	-17.8	
09.00	23.0	25.1	76.1	116.4	-16.8	
10.00	27.2	29.5	50.8	196.1	-18.3	
11.00	29.8	35.1	50.4	220.7	-15.6	
12.00	30.5	40.0	49.2	240.3	-15.6	
13.00	31.7	42.6	46.0	239.1	-10.7	
14.00	32.5	43.6	45.7	136.0	-16.4	
15.00	31.6	40.5	49.6	90.7	11.2	
16.00	28.7	39.6	50.4	43.4	-17.4	
17.00	27.1	34.0	60.9	4.6	-16.1	
18.00	25.3	30.9	66.5	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรพื้นคอนกรีต (ในร่ม) ภูมิทัศน์

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.0	19.1	85.3	0.0	-17.8	
07.00	20.2	20.4	81.6	1.4	-12.9	
08.00	19.9	22.0	82.0	9.3	-17.8	
09.00	22.5	23.3	74.0	12.3	-16.8	
10.00	24.8	24.1	65.2	13.5	-18.3	
11.00	26.3	23.5	60.7	16.0	-15.6	
12.00	28.1	23.6	57.8	17.2	-15.6	
13.00	29.5	23.4	54.6	20.6	-10.7	
14.00	29.9	23.5	49.3	22.7	-16.4	
15.00	29.2	23.7	51.3	18.1	11.2	
16.00	27.6	22.8	55.4	10.1	-17.4	
17.00	25.9	23.9	60.1	5.6	-16.1	
18.00	25.6	23.4	63.8	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรแหล่งน้ำ (โคนแคค) ตึกวิศวกรรม

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.5	23.4	82.2	0.2	-17.8	
07.00	19.5	23.7	84.5	7.2	-12.9	
08.00	21.1	25.0	83.1	64.2	-17.8	
09.00	24.4	26.0	69.6	131.1	-16.8	
10.00	26.7	26.8	68.3	180.3	-18.3	
11.00	29.1	30.1	51.7	201.5	-15.6	
12.00	30.1	30.2	49.7	212.5	-15.6	
13.00	30.4	29.4	48.6	214.7	-10.7	
14.00	31.4	28.6	48.0	216.2	-16.4	
15.00	29.2	28.2	49.8	111.4	11.2	
16.00	27.7	28.0	50.9	9.4	-17.4	
17.00	26.3	28.1	65.7	1.1	-16.1	
18.00	24.4	24.9	73.2	0.0	-14.3	

ข้อมูลอุณหภูมิองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ตัวแปรแหล่งน้ำ (ในร่ม) หน้าผลิต

ภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วันเสาร์ ที่ 30 พฤศจิกายน 2556

เวลา	อุณหภูมิ อากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ ผิว (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณรังสี ดวงอาทิตย์ (BTU)	อุณหภูมิ ท้องฟ้า (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
06.00	19.3	19.9	83.8	0.0	-17.8	
07.00	19.7	21.0	83.4	1.5	-12.9	
08.00	19.9	22.1	82.9	5.9	-17.8	
09.00	22.0	22.5	74.8	12.1	-16.8	
10.00	24.5	22.6	60.8	20.1	-18.3	
11.00	27.2	23.0	58.1	20.4	-15.6	
12.00	29.6	24.7	53.5	20.6	-15.6	
13.00	28.9	25.5	53.6	28.0	-10.7	
14.00	29.3	21.0	53.7	28.1	-16.4	
15.00	27.1	21.2	57.4	26.5	11.2	
16.00	26.4	21.9	60.6	10.0	-17.4	
17.00	26.0	22.1	64.5	5.5	-16.1	
18.00	25.9	22.5	66.6	0.0	-14.3	

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญจนา สิริภทรวณิช. การใช้ต้นไม้ยืนต้นในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้

พลังงานในอาคาร. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ขวัญชัย กาแก้ว. ประสิทธิภาพขององค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของ

มนุษย์. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

จิตพัทธ์ นอเรืองวิวัฒน์. ธาระสำคัญด้านสภาวะน่าสบายที่เสริมสร้างอรรถประโยชน์ของบ้านไทยในอดีต.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรม
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

รวิช ควรประเสริฐ. การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารในภูมิภาคอื่น. วิทยานิพนธ์

ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2550.

ธนิต จินดาวงศ์. สถาปัตยกรรมไทยกับการปรับเย็นตามธรรมชาติ.

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิพย์สุตา ปทุมมานนท์. ปรากฏการณ์ศาสตร์ในสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ฤทธิมน ธนบุญสมบัติ. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานเนื่องจาก

สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยรอบอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชา
สถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วรศักดิ์ นูรณากาญจน์. โครงการวิจัยดัชนีระบบนิเวศยุคใหม่เพื่อความยั่งยืน. กรุงเทพมหานคร:

ศูนย์บริการวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือการ

อนุรักษ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. พฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อม มูลฐานทางพฤติกรรมเพื่อการออกแบบ

และวางแผน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

พระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่2) พ.ศ. 2550

สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ. นวัตกรรมสร้างสรรค์ห้องเรียนคุณภาพด้วยระบบธรรมชาติ.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรม
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

- สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบประธานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพฯ: จีเอ็ม แม็กมีเคีย, 2545.
- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ. โครงการออกแบบเพื่อกายภาพบำบัดและสร้างดัชนีระบบนิเวศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2554.
- อโณทัย ชนะเจริญกิจ. การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบกับโชนสภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ภาษาอังกฤษ

- America Society of Heating, Refrigeration and Air Condition Engineering. **2001 ASHRAE Fundamentals Handbook IP Edition.** Atlanta Georgia: (n.p.), 2001.
- America Society of Heating, Refrigeration and Air Condition Engineering. **1993 ASHRAE Fundamentals Handbook SI Edition.** Atlanta Georgia: ASHRAE, 1993.
- Boonyatikarn, S. **A method for developing energy budgets and energy design guidelines for institutional buildings.** Doctoral Dissertation, Architecture, University of Michigan, 1982.
- Bradshaw, V. **Building control systems.** 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 1993.
- Facts & Figures. **Energy in Thailand Q1/2013 :** Department of Alternative. Energy Development and Efficiency, 2013
- Fanger, P. O. **Thermal comfort : analysis and applications in environmental engineering.** New York: McGraw-Hill, 1970.
- Gleitman, H. **Basic Psychology.** 3rd ed. New York: W. W. Norton & company, 1992.
- Stein, B. and Reynolds, J. S. **Mechanical and electrical equipment for Buildings.** 9th ed. New York: John Wiley & Sons, 2000.