รายงานผลการวิจัย
ทุนวิจัยรับความสัมพันธ์ฉบับใหม่

เรื่อง

การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขส
ลล 15
007797

โดย

สุนทร บุญญาธิการ
ธนิต จินดาวณิค

2536

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย

การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย

AN EVALUATION OF THERMAL COMFORT AND RELATED VARIABLES IN THAI ARCHITECTURE

โดย

สุนทร บุญญาธิการ

ธนิต จินดาวณิค

มิถุนายน 2536

24 ธ.ค. 2541

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย "การวิเคราะห์สภาวะน่าสบาย และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย" ได้ถือกำเนิดมาจาก รองศาสตราจารย์ หม่อมราชวงศ์ แน่งน้อย ศักดิ์ศรี ที่ได้กรุณาชี้แนะ และส่งเสริมให้ผู้วิจัยทำการวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช ในการทำวิจัย

ในด้านอาคารสถานที่ที่เข้าเก็บข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณบดีคณะอักษรศาสตร์ ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส คุณบุญวัฒน์ ทิพทัส และคุณ สำเนา สินธุรัตน์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวกให้ผู้วิจัยเข้าไปติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูล ขอขอบคุณ คุณ นลินี จินดาวณิค ที่ให้ใช้บ้านติดตั้งเครื่องเก็บข้อมูล และเสียสละไม่เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน ขอขอบคุณ MR. Walter Pidgeon ที่ได้ให้ใช้บ้านติดตั้งเครื่องมือ และช่วยเหลือบันทึกข้อมูลให้

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตผู้ช่วยวิจัย คุณ สมบัติ ดุจหนึ่งคุณากร คุณจุติเลิศ ลิมป์ปิยากร คุณเสริมศักดิ์ ตีระวัฒนานนท์ คุณสุกัญญา ตั้งนิมมานนรดี ที่ได้เก็บข้อมูล และคุณชลธิชา ฉัตรศิริ ผู้ช่วยเก็บข้อมูลและจัดทำกราฟ

ท้ายสุดหากมีข้อขาดตกบกพร่อง กรุณาท้วงติงมายังผู้วิจัยเพื่อแก้ไขให้ถูกต้อง อันจะเป็นประโยชน์ต่อวิชาการ และการพัฒนาสถาปัตยกรรมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย : การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย
An Evaluation of Thermal Comfort and Related Variables in Thai Architecture

ชื่อผู้วิจัย : 1. สุนทร บุญญาธิการ
2. ธนิต จินดาวณิค

เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ : มิถุนายน 2536

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะแสวงหาอิทธิพลของตัวแปรสำคัญ ๆ ที่เป็นปัจจัยในการสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้อยู่อาศัยในสถาปัตยกรรมไทยด้วยวิธีธรรมชาติโดยปราศจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นค่าที่ได้จากการวัดจริงจากเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยเริ่มต้นด้วยการศึกษาสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพที่เกี่ยวข้องโดยตรงเท่าที่จะค้นคว้าหาได้และมีหลักฐานอ้างอิงประกอบกับการสุ่มตัวอย่างอาคารศึกษาเพื่อหาขอบเขต (Magnitude) ของอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งจะใช้เป็นพื้นฐานในการเลือกศึกษาอาคารสถาปัตยกรรมไทยขั้นต่อไป ในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวอย่างอาคารสถาปัตยกรรมไทยประกอบกับตัวอย่างอาคารสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัยและสถาปัตยกรรมไทยสมัยใหม่เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบและขอบเขตอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของมวลสารและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องไม่อาจหาได้จากอาคารใดอาคารหนึ่งหรืออาคารในสมัยใดสมัยหนึ่งโดยเฉพาะ

ผลของการวิจัยชี้ให้เห็นถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร ซึ่งได้แก่สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร มวลอาคาร การดูดความร้อนของมวลอาคาร อุณหภูมิที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อน รังสีดวงอาทิตย์ ลม และการระบายลม การศึกษาวิเคราะห์จากตัวอย่างอาคารสถาปัตยกรรมไทย สถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัยและสถาปัตยกรรมไทยสมัยใหม่ได้พบตัวแปรที่สำคัญในการเสริมสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยและสรุปเป็นแผนภูมิขั้นตอนในการออกแบบเพื่อเสริมสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

ABSTRACT

The intention of this research is to seek major influential variables in Thai architecture that has been designed to achieve or to improve thermal comfort by natural mean, without any assistance of air conditioning system. The research technique employs an on-site scientific instrumentation and monitoring of various selected building. Obtainable related macro-climate factors of Bangkok and random building samples are investigated first to find out the variables used to determine Thai architecture as building cases. Since building mass and related environmental factors can not be found in a single building or a certain period of architecture, Thai architecture including contemporary and modern Thai architecture are selected as building cases in the research to compare their effects and magnitude of the variables.

The result of the research reveals factors effecting thermal comfort in a building. Those factors are micro-climate, building mass, heat sink, mean radiant temperature, solar radiation, wind and ventilation. From the analysis of the selected building cases of Thai architecture, contemporary Thai architecture and modern Thai architecture, the important variables improving thermal comfort in Thai architecture are found. In addition a design process to achieve thermal comfort in a building is shown in the research.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	II
บทคัดย่อ	III
รายการตารางประกอบ	VI
รายการภาพประกอบ	VII
บทนำ	1
การสำรวจแนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
วิธีการวิจัย	13
ผลการวิจัย	19
การอภิปรายผล	76
ข้อสรุป	89
ข้อเสนอแนะ	92
ส่วนอ้างอิง	93
ภาคผนวก	94

เลขหมู่ จฬ
สถ 16
เลขทะเบียน 0047497
วัน,เดือน,ปี 22 ต.ค. 37

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ 1	Metabolic Rate ในกิจกรรมต่าง ๆ	3
ตารางที่ 2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย	9
ตารางที่ 3	วัสดุและตัวแปรของอิทธิพลต่าง ๆ	17
ตารางที่ 4	อุณหภูมิผิววัสดุที่ถูกแดดเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ	80
ตารางที่ 5	เปรียบเทียบอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศ	82
ตารางที่ 6	ผลจากความเย็นดินต่อสภาพภายในอาคารในช่วงร้อนจัดของวัน	83
ตารางที่ 7	ผลกระทบของ High Mass Building ต่ออุณหภูมิอากาศภายใน และ MRT ภายในช่วงกลางวัน	85
ตารางที่ 8	ผลกระทบของ Mass อาคารต่ออุณหภูมิอากาศและ MRT ภายในช่วงกลางวันและกลางคืน	86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาพประกอบ

รูปที่ 1	ความสัมพันธ์และสัดส่วนการสูญเสียความร้อนของร่างกาย	5
รูปที่ 1A	Effective Temperature Chart	8
รูปที่ 2	Bioclimatic Chart	12
รูปที่ 2A	Bioclimatic Chart of Bangkok Weuther Data	15
รูปที่ 3	ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	19
รูปที่ 4	ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	20
รูปที่ 5	ภายในศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	20
รูปที่ 6	ผังศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	21
รูปที่ 7	กราฟแสดง Environmental Assets ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาฯ	23
รูปที่ 8	กราฟแสดง อุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาฯ	24
รูปที่ 9	กราฟแสดง Room Performance ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาฯ	25
รูปที่ 10	กราฟแสดง Roof and Ceiling Performance ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	26
รูปที่ 10A	กราฟแสดง Wall Pertormance ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	27
รูปที่ 11	กราฟแสดง Roof Performance ที่ศาลา ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	28
รูปที่ 12	กราฟแสดง Diffused Radiation Effect of Wall ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	29
รูปที่ 12A	ตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30
รูปที่ 12B	ระเบียง ตึก2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	31
รูปที่ 12C	ห้องโถง ตึก2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	31
รูปที่ 12D	ห้องโถง ตึก2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	32
รูปที่ 12E	ช่องเปิด ตึก2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	32
รูปที่ 13	กราฟแสดง Room Performance คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ	34
รูปที่ 14	กราฟแสดง Room Surface Performance คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ	35
รูปที่ 15	กราฟแสดง Wall Performance คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ	36
รูปที่ 16	กราฟแสดง Enviromental Assets คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ	37
รูปที่ 17	โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล	38
รูปที่ 18	ระเบียงโบสถ์ วัดใหญ่ชัยมงคล	39

รูปที่ 19 ภายในโบสถ์ วัดใหญ่ชัยมงคล 39

รูปที่ 20 กราฟแสดง Room Performance โบสถ์ วัดใหญ่ชัยมงคล 41

รูปที่ 21 กราฟแสดง Room Surface Performance โบสถ์ วัดใหญ่ชัยมงคล 42

รูปที่ 22 กราฟแสดง Architectural Effect of Air Temperature 43

รูปที่ 23 กราฟแสดง MRT ในส่วนต่าง ๆ โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล 44

รูปที่ 24 เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล 45

รูปที่ 25 กราฟแสดง Room Performance เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล 46

รูปที่ 26 กราฟแสดง Stratification and Mass Effect at Verious Height
เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล 47

รูปที่ 27 บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 48

รูปที่ 28 บริเวณคอร์ทชั้น 2 รองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 49

รูปที่ 29 สภาพที่ตั้งที่ก่อให้เกิด Microclimate 49

รูปที่ 30 ผังบริเวณและผังพื้นชั้นล่าง บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 50

รูปที่ 31 รูปตัดอาคาร 51

รูปที่ 32 กราฟแสดง Environmental Assets บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 53

รูปที่ 33 กราฟแสดง Room Performance ชั้นล่างบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 54

รูปที่ 34 กราฟแสดง Floor Performance ชั้นล่างบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 55

รูปที่ 35 กราฟแสดง Study Room Performance
ชั้นสองบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 56

รูปที่ 36 กราฟแสดง Study Room Surface Performance
ชั้นสองบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 57

รูปที่ 37 กราฟแสดง Floor and Cailiny Performance ห้อง Study Room
ชั้นสองบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 58

รูปที่ 38 กราฟแสดง Well Performance ห้อง Study Room
ชั้นสองบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 59

รูปที่ 39 กราฟแสดง Roof and Giling Perfirmance ห้อง Study Room
ชั้นสองบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส 60

รูปที่ 39A บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 61

รูปที่ 39B บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 62

รูปที่ 39C ลักษณะช่องเปิดและการกันแดดบ้านคุณนลินี จินดาวณิค 62

รูปที่ 40 กราฟแสดง Room Performance ชั้นบน บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 64

รูปที่ 41 กราฟแสดง Room Surface Performance ชั้นบน บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 65
รูปที่ 42 กราฟแสดง Inside Wall Performance ชั้นบน บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 66
รูปที่ 43 กราฟแสดง Roof and Ceiliny Performance ชั้นบน บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 67
รูปที่ 44 กราฟแสดง Diffused Rodiation and Sunlight Effect on Wall
บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 68
รูปที่ 45 กราฟแสดง Environment Asset บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 69
รูปที่ 46 กราฟแสดง Ground Effect บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 70
รูปที่ 47 กราฟแสดง Wall Performance ชั้นล่าง บ้านคุณนลินี จินดาวณิค 71
รูปที่ 47A บ้านคุณสำเนา สินธุรัตน์ 72
รูปที่ 48 กราฟแสดง Room Performance บ้านคุณสำเนา สินธุรัตน์ 73
รูปที่ 48A บ้าน Mr.Walter Pidgeon 74
รูปที่ 49 กราฟแสดง Room Performance บ้าน Mr. Walter Pidgeon 75
รูปที่ 50 Technology Integration in Design Process 91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าอาคารแบบไทยโบราณของเรานั้นมีลักษณะเฉพาะที่ให้ทั้งความร่มเย็นและสะดวกสบายจนบ่อยครั้ง แม้ชาวต่างชาติก็ยกย่องว่าเป็นลักษณะ Classical Thai Architecture ปัจจุบันได้เป็นที่สนใจแก่ชาวต่างประเทศมากมาย หากเรานิ่งเฉยลักษณะเด่นของสถาปัตยกรรมไทยอันนี้อาจถูกตีความหมายไปในทางที่ไม่ค่อยจะถูกต้องนักหากต่างชาติได้เข้ามาศึกษาและเผยแพร่ข้อคิดของเขาออกไป ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการยากที่ต่างชาติจะเข้าใจลักษณะต่าง ๆ เกี่ยวกับเอกลักษณ์และวัฒนธรรมตลอดจนความเป็นอยู่ของคนไทยเราอย่างลึกซึ้งได้

ในทางทฤษฎีแล้ว ตัวแปรอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสภาวะน่าสบายอาจจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. ความเหมาะสมของอุณหภูมิรอบ ๆ ตัว
2. ความเร็วลมที่พัดผ่านอย่างเหมาะสม
3. ความชื้นสัมพัทธ์ที่ไม่มากน้อยจนเกินไป
4. การเปลี่ยนแปลงความร้อนระหว่างตัวเรากับสภาพแวดล้อม (Mean Radiant Temperature)

ทั้งสี่ปัจจัยนั้นเป็นมูลเหตุสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความรู้สึกร้อนหนาว หรือน่าสบายของคนเรา (Human Sensation)

ในอดีตที่ผ่านมาอิทธิพลทางด้านวัฒนธรรมและเทคโนโลยีจากตะวันตกได้หลั่งไหลเข้ามาสู่ประเทศไทย และมีส่วนส่งผลให้การพัฒนารูปแบบสถาปัตยกรรมไทยนั้นแปรเปลี่ยนไปจากเดิม จนบางครั้งทำให้ผู้ออกแบบมองข้ามลักษณะเด่นของสถาปัตยกรรมไทยในเชิงของการปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เหมาะสมอยู่ในสภาวะน่าสบาย

อาคารไทยๆ ของเราได้ออกแบบ และเลือกวัสดุที่ถูกต้องเอื้ออำนวยให้สภาพความเป็นอยู่ภายใน และบริเวณข้างเคียงเป็นไปอย่างร่มรื่นเย็นสบาย หากมองในแง่ความเป็นจริงแล้ว อาคารที่เหมาะสมควรจะเป็นเสมือนสิ่งที่ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น

กล่าวคือ เมื่ออากาศภายนอกร้อน หรือไม่อยู่สภาวะน่าสบายการเข้ามาอยู่ในอาคารแล้วควรจะมีความรู้สึกสุขสบายกว่าการอยู่ภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากความเหมาะสมของการออกแบบวางผังและเลือกวัสดุอย่าง ถูกต้องอันเป็นผลจากความสัมพันธ์อันเหมาะสมของอิทธิพล จากสภาวะแวดล้อมทั้ง 4 ประการ ข้างต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะน่าสบายในอาคารกับองค์ประกอบของอาคารสถาปัตยกรรมไทยที่มีผลทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อสภาวะน่าสบาย

2. เพื่อนำเสนอสิ่งที่ค้นพบเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

ขอบเขตและข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาอาคารที่ใช้ระบบการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติโดยปราศจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้นขนาดของอาคารจึงเป็นอาคารขนาดเล็กจนถึงอาคารขนาดกลางที่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงระบบการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติ

ตัวอย่างของอาคารที่ทำการศึกษาเป็นอาคารสถาปัตยกรรมไทยประกอบกับสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัย และสถาปัตยกรรมไทยสมัยใหม่ ทั้งนี้เพื่อจะได้ศึกษาเปรียบเทียบเอกลักษณ์ไทยโบราณในเชิงของสภาวะน่าสบาย ตัวแปรและอิทธิพลต่าง ๆที่มีผลต่อการปรับปรุงสภาวะน่าสบายให้ดีขึ้น หรือมีผลทำให้สภาวะน่าสบายเลวลง

ข้อจำกัดทางด้านเวลาในการทำวิจัยประกอบกับงบประมาณที่จำกัดและอุปสรรคในการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้วัดค่าตัวแปรต่าง ๆ จึงทำให้ได้เครื่องมือไม่ครบสมบูรณ์ อุปกรณ์บางชนิดจำต้องขอยืมจากหน่วยงานอื่นใช้ในช่วงเวลาที่จำกัด การเก็บข้อมูลในบางอาคารตัวอย่างจึงไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ได้

ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

เท่าที่เป็นมาในอดีตผู้ออกแบบอาคารใช้ทฤษฎีพื้นฐานประกอบกับการคาดการณ์และความน่าจะเป็น (Intuitive) ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบขอบเขต (Magnitude) ของอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ อิทธิพลของสภาพแวดล้อมพบว่ามีผลมากถึงสามองศาเซลเซียสเป็นต้น ตัวอย่างอื่น ๆ ที่สำคัญได้สรุปไว้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปในอนาคตด้วย จากข้อมูลดังกล่าวทำให้สถาปนิกหรือผู้ออกแบบสามารถใช้เป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจเปรียบเทียบในการออกแบบ ผลของการวิจัยนี้ทำให้ได้คำตอบเบื้องต้นว่าอะไรเป็นองค์ประกอบสำคัญและอะไรเป็นเอกลักษณ์ที่แท้จริงของงานสถาปัตยกรรมของไทยเราในเชิงที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายนอกเหนือไปจากรูปร่างหน้าตาที่ปรากฏอยู่ ผลสืบเนื่องอันนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบพัฒนาสถาปัตยกรรมต่อไปโดยสามารถออกแบบให้สถาปัตยกรรมรุ่นใหม่ยังคงไว้ซึ่งสภาวะน่าสบายเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของไทยเรา

การสำรวจแนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย หรือ Thermal Comfort นี้ ได้มีผู้ค้นคว้ามานานแล้ว ผู้ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นเจ้าตำรับแห่งการวิจัยเรื่องนี้คือ P.O.Fanger(1967)ซึ่งได้สร้างสมการแห่งความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรหลายๆ ตัวขึ้น โดยใช้การปฏิบัติการในห้องทดลองเป็นหลัก สำหรับการศึกษาให้ลึกซึ้งเกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมไทยของเรานั้นจำเป็นต้องนำตัวแปรเหล่านี้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่จริง เพื่อจะประเมินค่าสภาวะน่าสบาย ภายในอาคาร

ในอาคารจริงๆ สภาวะน่าสบายนี้ แปรผันไปตามสภาพดินฟ้าอากาศ การออกแบบอาคารลักษณะของอาคารและวัสดุที่ใช้ ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องนำมาพิจารณาและศึกษาดูว่ามีความเกี่ยวพันกับสภาวะน่าสบายมากน้อยเพียงใด เอกสารอ้างอิงในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้โดยตรง โดยเฉพาะที่เป็นการศึกษาจากอาคารจริงๆ (ไม่ใช่ใน ห้องปฏิบัติการ) ยังไม่เคยมีปรากฏเนื่องจากความยุ่งยาก และมีตัวแปรมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารไทยซึ่งใช้ NATURAL VENTILATION

สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort)

B. Stein (1982)ได้กล่าวไว้ว่า "สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Comfort) อาจกล่าวหมายถึงการที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย หรือไม่รู้สึกตัวเองว่าเราได้สูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลย์ทางอุณหภูมิหรือความร้อนระหว่างร่างกายและสภาวะแวดล้อม"

ร่างกายของมนุษย์นั้นจะผลิตความร้อนออกมาอย่างตลอดและต่อเนื่อง ในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์เช่น การนอน การนั่ง การเดิน การทำงาน การออกกำลังกาย ล้วนแต่ทำให้เกิดการผลิตความร้อนขึ้นมาในร่างกาย ความต้องการพลังงานของร่างกายมนุษย์ทั้งหมดได้มาจากการบริโภคและย่อยอาหารเครื่องดื่มที่มนุษย์เราได้รับประทานเข้าไป ขบวนการในการเปลี่ยนแปลงอาหารและเครื่องดื่มที่คนเราบริโภคเข้าไปให้เปลี่ยนเป็น พลังงานสำหรับร่างกายคนเรานั้นเรียกว่า Metabolism

ภายในร่างกายของมนุษย์เรามีอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส (98.6 องศาฟาเรนไฮท์) และต้องรักษาระดับอุณหภูมิภายในร่างกายให้คงที่เพื่อให้ร่างกายมนุษย์เราทำงานไปอย่างปกติ จากอาหารที่มนุษย์ได้บริโภคเข้าไป ร่างกายใช้พลังงานที่ได้มาจากขบวนการเผาผลาญอาหารเพียงแค่ 20 เปอร์เซนต์ ความร้อนส่วนที่เหลืออีก 80 เปอร์เซนต์ ร่างกายจะต้องขับออกไปสู่สภาพแวดล้อมภายนอกร่างกาย นั่นคือร่างกายมนุษย์เราต้องขับความร้อนออกมามากถึงประมาณสี่เท่าที่ร่างกายใช้อยู่เพื่อที่จะรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่ ความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่เข้าสู่ร่างกายก็ต้องถูกขับออกมาด้วย

ผลรวมที่ร่างกายมนุษย์สูญเสียความร้อนจากร่างกาย และร่างกายได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ควรสมดุลย์และคงไว้ซึ่งระดับอุณหภูมิภายในร่างกายเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส ถ้าร่างกายผลิตความร้อนมามากกว่าความร้อนที่ร่างกายสูญเสียความรู้สึกไม่สบายก็จะเกิดขึ้น ร่างกายจะรู้สึกร้อน ในทางกลับกันถ้าอัตราการสูญเสียความร้อนของร่างกายมากกว่าอัตราการผลิตและได้รับความร้อนมา อุณหภูมิร่างกายจะลดลง และรู้สึกหนาว

อัตราที่ร่างกายมนุษย์เราผลิตความร้อนออกมาส่วนมากขึ้นอยู่กับระดับของกิจกรรมของร่างกาย ขึ้นกับชนิดอาหารและเครื่องดื่มที่มนุษย์ได้บริโภคเข้าไป และบางส่วนก็ขึ้นอยู่กับสถานที่ที่มนุษย์เราอยู่ในการดำรงชีวิตประจำวัน ความร้อนที่ร่างกายมนุษย์เราผลิตออกมาถูกวัดเป็น Metabolic หรือหน่วย Met หนึ่งMet จะเท่ากับ 58.2 w/m^2 หรือ 18.4 $Btu/h\ ft^2$ ในลักษณะที่คนเรานั่งพักเป็นพลังงานที่ผลิตขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ใหญ่ทั่วไป พลังงานความร้อนที่ผลิตออกมาประมาณ 117 w หรือ 400 Btu/h ยิ่งร่างกายมีกิจกรรมมากความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาก็ยิ่งมากตาม ผิวร่างกายของมนุษย์เราจะเป็นส่วนสำคัญในการปรับการถ่ายเทความร้อน

ระดับกิจกรรม	Metabolic Rate (หน่วย Met)
นอนพัก	0.8
นั่งพักผ่อน	1.0
กิจกรรมที่นั่งอยู่กับที่ (สำนักงานพักอาศัย โรงเรียน)	1.2
ยืนพัก	1.2
กิจกรรมเบาๆ ,ยืน (ซื้อของ ทำงานในห้องปฏิบัติการ อุตสาหกรรมเบา)	1.6
กิจกรรมปานกลาง ยืน (ช่วยงานในโรงงาน คุมเครื่องจักร)	2.0
กิจกรรมหนัก (คุมเครื่องจักรขนาดใหญ่)	3.0

ตารางที่ 1. Metabolic Rate ในกิจกรรมต่าง ๆ

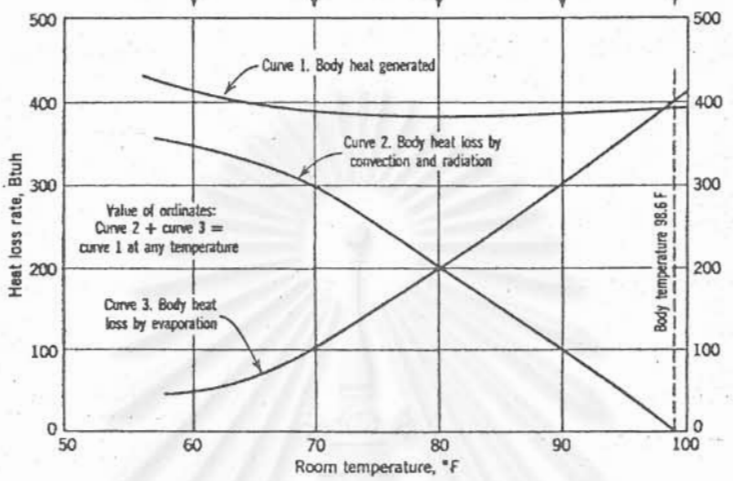
เลือดและน้ำจะเป็นส่วนที่นำความร้อนส่วนเกินมาที่บริเวณผิวหนัง ที่ผิวของร่างกายคนปกติจะมีอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส(92 องศาฟาเรนไฮท์) ร่างกายเราถ่ายเทความร้อนส่วนเกินไปสู่สภาพแวดล้อมภายนอกได้สี่ทางคือ การนำ(Conduction) โดยการสัมผัสกับพื้นผิวที่เย็น การพา (Convection) โมเลกุลของอากาศจะพัดผ่านผิวร่างกายและพาความร้อนออกไป การแผ่รังสี (Radiation) เมื่อผิวร่างกายมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นผิวรอบๆ ร่างกาย (โดยไม่มีการสัมผัส) ผิวร่างกายสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีไปสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า และการระเหย (Evaporation) ของเหลวจะระเหยได้โดยการดึงความร้อนจากพื้นผิวที่ของเหลวระเหย ปริมาณความร้อนที่ร่างกายถ่ายเทสูญเสียออกมาขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง Metabolism ของร่างกาย เสื้อผ้าที่เราสวมใส่ และสภาพแวดล้อมโดยรอบร่างกาย

ในการทำความเย็นต่อเนื่องของร่างกาย กระทำสำเร็จโดยหายใจออกเอาอากาศที่อุ่นออกมาโดยการระเหยของน้ำในปอดและหายใจออกมา โดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนจากผิวร่างกาย เมื่ออัตราทำความเย็นของร่างกายด้วยกลไกเหล่านี้ไม่พอเพียงต่อความต้องการของร่างกาย เหงื่อก็จะไหลออกมา น้ำออกมาจากรูขุมขนบนผิวร่างกาย เพื่อจะทำให้ถูกระเหยไปในอากาศเป็นการดึงความร้อนจากร่างกายเปลี่ยนเป็นความร้อนแฝง (Latent Heat) ในรูปของไอน้ำ ปริมาณความร้อนจำนวนมากสามารถสูญเสียโดยวิธีการนี้และการไหลของเหงื่อมีจำนวนพอเพียงภายใต้สภาพทั่วไปเพื่อเพิ่มการทำความเย็นตามที่ร่างกายต้องการ และโดยที่ผิวของร่างกายมนุษย์มีอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ร่างกายมนุษย์จะแผ่รังสีความร้อนไปทุกๆ ที่ที่มีอุณหภูมิเย็นกว่าร่างกาย และจะถูกทำความร้อนโดยสิ่งรอบ ๆ ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าร่างกาย นอกจากนี้ยังรวมถึงการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ กระแสลมที่พัดผ่านร่างกายก็จะช่วยพัดพาความร้อนจากผิวของร่างกาย และช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้นดังนั้นอุณหภูมิที่พื้นผิวในสภาพแวดล้อม และกระแสลมเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนออกไป และบรรลุถึงสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิได้ B. Stain (1982) ได้แสดงความสัมพันธ์ และสัดส่วนการสูญเสียความร้อนของร่างกายโดย Convection Radiation และ Evaporation สามารถแสดงออกได้โดยรูปที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Heat generated, Btuh	400	400	400	400	400 (curve 1)
Heat lost by:					
Radiation and convection	350	300	200	100	0 (curve 2)
Evaporation	50	100	200	300	400 (curve 3)
Total, Btuh	400	400	400	400	400 Total (curve 1)



รูปที่ 1. ความสัมพันธ์และสัดส่วนการสูญเสียความร้อนของร่างกาย

จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศ และพื้นผิวรอบๆ ร่างกายขึ้นสูงใกล้เคียงอุณหภูมิของร่างกาย การสูญเสียความร้อนจากร่างกายโดย Convection และ Radiation จะลดน้อยลง การสูญเสียความร้อนโดยวิธีEvaporation เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ ดังนั้นอากาศที่แห้ง และมีการเคลื่อนไหวจะช่วยได้มาก และถ้าอุณหภูมิอากาศและพื้นผิวรอบ ๆ ลดต่ำลง การสูญเสียความร้อนโดยวิธี Evaporation จะลดน้อยลง ในขณะที่ Convection, Conduction และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Radiation จะเพิ่มขึ้น

P.O. Fanger (1967) ได้ค้นพบตัวแปรที่มีผลต่อ Thermal Comfort มีอยู่ด้วยกัน 6 ตัวแปร เป็นตัวแปรทางด้านบุคคล 2 ตัวแปร คือ Metabolism และ เสื้อผ้าที่สวมใส่ ส่วนตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 4 ตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และความเร็วลม (Wind Speed)

ตัวแปรทางด้านตัวบุคคลนั้นได้แก่ อัตราการเผาผลาญ (Metabolism) และเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing) ดังได้กล่าวมาแล้ว อัตราที่มนุษย์ผลิตความร้อนออกมาขึ้นอยู่กับอาหาร และเครื่องดื่มที่บริโภคเข้าไป และส่วนมากขึ้นอยู่กับระดับกิจกรรมของร่างกาย ยิ่งร่างกายมีกิจกรรมมากเช่น ออกกำลังกาย ร่างกายจึงต้องการปรับถ่ายเทความร้อนที่ผลิตออกมามากออกจากร่างกายเพื่อรักษาระดับสมดุลย์ไว้ ความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาถูกวัดเป็น Metabolic หรือ หน่วย Met เมื่อบุคคล 2 คนทำกิจกรรมต่างกัน ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน คนหนึ่งนั่งพักผ่อน อีกคนหนึ่งกำลังออกกำลังกายอยู่ คนที่ออกกำลังกายอยู่จะรู้สึกอุ่นหรือร้อนกว่าผู้ที่นั่งพักผ่อนอยู่เฉย ๆ ทั้งนี้เพราะผู้ที่ออกกำลังกายอยู่ผลิตความร้อนออกมามากกว่า คนไทยนั้นกิจกรรมที่กระทำมักจะทำด้วยความเชื่องช้าไม่เร่งรีบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากจะทำให้ Met ลดลง เพื่อตัวเองจะได้ปรับเข้าสู่ Thermat Comfort ได้ดีขึ้น

เสื้อผ้าที่คนเราสวมใส่นั้นทำหน้าที่เสมือนชั้นของฉนวน และมีผลอย่างมากต่อการถ่ายเทความร้อนของร่างกายไปสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบตัว ทั้งทาง Radiation Convection Conduction และ Evaporation ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่หนาหลายชั้นจะรู้สึกร้อนทั้งนี้เนื่องจากเสื้อผ้านั้นเป็นฉนวนอย่างดี ทำให้การถ่ายเทความร้อนส่วนเกินออกจากร่างกายนั้นช้า และลำบาก คนไทยโบราณนั้นการแต่งตัวเสื้อผ้าที่สวมใส่ห่อหุ้มร่างกายจะไม่หนา และหุ้มทั้งตัว ทั้งนี้เพื่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่ร้อน เพื่อร่างกายจะได้ถ่ายเทความร้อนออกจากตัวได้ดี

ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมนั้นสามารถวัดได้ ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 4 ปัจจัย ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศโดยรอบ (Ambient Air Temperature)
2. อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
4. ความเร็วลม (Wind Speed)

อุณหภูมิอากาศโดยรอบ (Ambient Air Temperature) เป็นตัวหลักในการบ่งบอกถึง Thermal Comfort ช่วงอุณหภูมิอากาศที่อยู่ใน Thermal Comfort อยู่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส (68องศาฟาเรนไฮท์)ถึง26.6 องศาเซลเซียส(80องศาฟาเรนไฮท์) ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้ การทำความร้อนหรือการทำความเย็น มีความจำเป็นเพื่อทำให้อยู่ในสภาพ Thermal Comfort อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมสามารถช่วยส่งเสริม Thermal Comfort ให้ดีขึ้น หรือทำให้ Thremal Comfort เลวลงได้

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT) นั้นวัดโดยค่าถ่วงเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่าง ๆ ในห้อง และตำแหน่งที่วัด MRT นั้น โดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็น MRT อย่างไรก็ตามผลของอุณหภูมิพื้นผิวที่มีต่อสภาวะน่าสบายและการที่จะสามารถวัดออกมาได้นั้นจะใช้ในรูปของ Operative Temperature

Operative Temperature เป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในห้องและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวต่าง ๆ ในห้องนั้น(MRT) ในการวัดจะใช้ Globe Thermometer โดยใช้ลูกโลหะทองแดงกลมทาสีดำด้าน เจาะรูกลมเล็ก ๆ และใช้เทอร์โมมิเตอร์สอดเข้าไปให้อยู่ประมาณกึ่งกลางของลูกโลหะกลม เทอร์โมมิเตอร์นี้จะอ่านค่า Operative Temperature

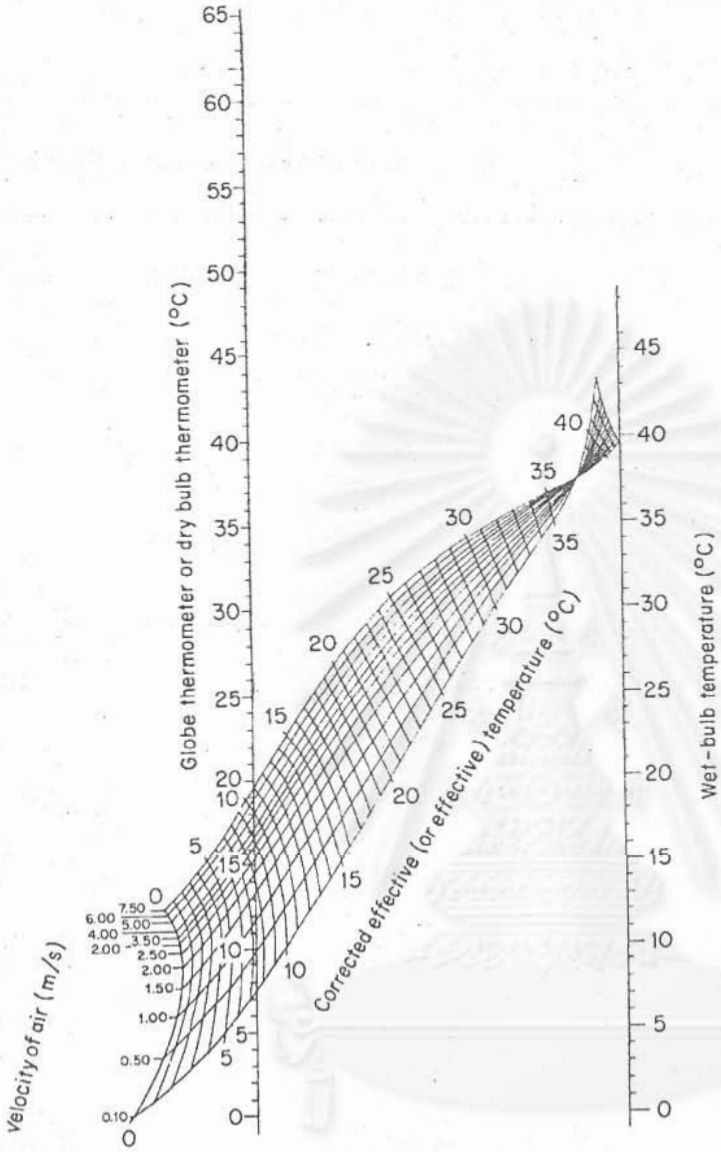
โดยทั่วไปอุณหภูมิอากาศมักจะไม่เป็นเครื่องบ่งบอกที่ดีถึงสภาวะน่าสบายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องหรืออาคารที่ทำความร้อนหรือเย็นโดยไม่อาศัยเครื่องกล (ใช้วิธีธรรมชาติ) ซึ่ง MRT และความเร็วลม อาจมีอิทธิพลมากกว่าอุณหภูมิอากาศก็ได้

MRT มีอิทธิพลต่อ Thermal Comfort มากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซนต์ นั่นคือถ้าอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น 1.4 องศาเซลเซียส และ MRT ลดลง 1 องศาเซลเซียส ความรู้สึกร้อนหนาวยังคงเหมือนเดิม และเช่นเดียวกันในทางกลับกัน ในห้องที่มีอุณหภูมิอากาศ 26 องศาเซลเซียส แต่ MRT นั้นสูง 32 องศาเซลเซียส ผู้ที่อยู่ในห้องนั้นก็จะรู้สึกว่ายังร้อนอยู่

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึงสัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำ (Condensation) ความชื้นเมื่อเทียบแล้วมีความสำคัญน้อยในสภาพอากาศที่เย็นเนื่องจากการสูญเสียความร้อนโดยการนำ การพา และการแผ่รังสี จะมีผลมาก แต่ความชื้นจะมีความสำคัญมากในสภาพอากาศที่ร้อน โดยการสูญเสียความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อ ความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในช่วงของ Thermal Comfort นั้นอยู่ในช่วง 20-80 เปอร์เซนต์

ความเร็วลม (Wind Speed) ที่ผ่านผู้อยู่อาศัยมีผลกระทบต่อ Thermal Comfort ลมจะพัดพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็นขึ้น นอกจากนั้นยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกายซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น ทำให้รู้สึกเย็นเนื่องจากการระเหยของน้ำอย่างไรก็ตามความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไปผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่หากความเร็วลมที่มากเกินไปก็จะทำให้รู้สึกร่ำคาญหรือรบกวนการทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ

Yaglou (1927) ในช่วงปี 1920 ได้คิดค้นมาตรวัดแรกเรียก Effective Temperature Scale แสดงความสัมพันธ์ของ Dry-bulb Temperature, Wet-bulb Temperature และความเร็วลมต่อมาภายหลัง Bedford ได้ปรับปรุง Effective Temperature Scale โดยรวมปัจจัยของ Radiation เข้าไปด้วย



รูปที่ 1A มาตรวัด Corrected Effective Temperature หรือ Effective Temperature ใช้สำหรับบุคคลที่นั่งพักทำงานเบาๆ และใส่เสื้อผ้าปกติ สำหรับ Effective Temperature ใช้ Dry-bulb Temperature และ Corrected Effective Temperature ใช้ Globe Thermometer Temperature

B.Stain (1986)ได้จัดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และสภาวะน่าสบายโดยการศึกษาของ Victor Olgyay ซึ่งสามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 1A

ความเร็วลมภายในห้องและสภาวะน่าสบาย		
ความเร็วลม	ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิลดลง (ระหว่าง 80-90 องศาฟาเรนไฮท์,ตัวเลขที่มากสนองกับบริเวณที่มีความชื้นสูง)	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50-100 fpm	ต่ำลง 2-3 F	สบาย
100-200 fpm	ต่ำลง 4-5 F	โดยทั่วไปรู้สึกสบายแต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200-300 fpm	ต่ำลง 5-7 F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5-7 F	ต้องการการแก้ไขที่ถูกต้องถ้าจะให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และถูกสุขลักษณะ

ตารางที่ 1A ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย

สถาปัตยกรรมนั้นเสมือนผิวชั้นที่สามจากร่างกายคนเราในการทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกจากหรือเข้าสู่ร่างกาย โดยผิวชั้นแรกของร่างกายคือ ผิวหนังของเราเอง ผิวชั้นที่สองคือ เสื้อผ้าที่สวมใส่ ส่วนสถาปัตยกรรมนั้นเป็นผิวชั้นที่สาม

นอกเหนือจากผิวหนัง และเสื้อผ้าที่เราสวมใส่ คนเราจะรู้สึกอยู่ใน Thermal Comfort หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรมที่ผู้นั้นอยู่อาศัย เปลือกของอาคารและห้องที่คนเราเข้าอยู่อาศัย เป็นตัวแปรอันหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ใน Thermal Comfort หรือไม่ เปลือกอาคารเปรียบเสมือนตัวกลาง (Transition Space)ระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอกและสภาพแวดล้อมภายในอาคาร สถาปัตยกรรมที่ดีนั้นควรจะต้องสามารถปรับสภาพแวดล้อมภายในให้อยู่ใน Thermal Comfort โดยปราศจากการใช้เครื่องกลเข้ามาช่วย ในขณะที่สภาพแวดล้อมภายนอกมีการแปรเปลี่ยนอยู่ตลอด และในบางช่วงขณะสภาพภายนอกเป็นสภาวะที่ไม่น่าสบาย และไม่พึงประสงค์

อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมภายในอาคารนั้นสามารถถูกปรับเปลี่ยนอย่างง่ายโดยเปลือกอาคารได้ (Building Envelope) แต่ความชื้นสัมพัทธ์นั้นจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะควบคุมปรับสภาพโดยสถาปัตยกรรมที่ปราศจากการใช้เครื่องกลเข้ามาช่วย ส่วนอุณหภูมิพื้นผิวรอบ ๆ (MRT) นั้นขึ้นอยู่กับเปลือกอาคาร และมวลของอาคารแต่เป็นการยากที่จะควบคุมออกแบบได้ แต่ยังอยู่ในวิสัยที่ผู้ออกแบบสามารถจะกระทำได้

สำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้นที่ไม่มีเครื่องกลเข้ามาช่วยปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ใน Thermal Comfort ตัวอาคารเองจะทำหน้าที่ควบคุมและปรับตัวแปรที่มีผลต่อ Thermal Comfort ได้เพียงสามตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิพื้นผิว (MRT) และความเร็วลม ในภูมิอากาศร้อนการที่อาคารที่ไม่มีเครื่องกลเข้ามาช่วยจะปรับให้สภาพแวดล้อมภายในอยู่ใน Thermal Comfort ได้นั้น จะต้องทำให้สภาพแวดล้อมภายในเหมาะสมที่จะทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดี หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าทำให้สภาพภายในอาคารเย็น การที่ผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกเย็นได้ก็ด้วยการระเหยของเหงื่อ โดยการพึ่งพาอาศัยความเร็วลม และอุณหภูมิของอากาศที่ต่ำ ลมและอากาศที่เย็นจะช่วยให้การพาความร้อนจากร่างกายดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ผู้อยู่อาศัยก็จะรู้สึกเย็นได้อีก ก็ด้วยการแผ่รังสีความร้อนจากผิวร่างกายไปสู่ผิวที่เย็นกว่า นั่นคือ ผิว พื้น ผนัง เพดานที่อยู่รอบตัวผู้อยู่อาศัย ถ้าสภาพภายในมี MRT ที่ต่ำร่างกายจะสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีได้ดีจะทำให้รู้สึกเย็นขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

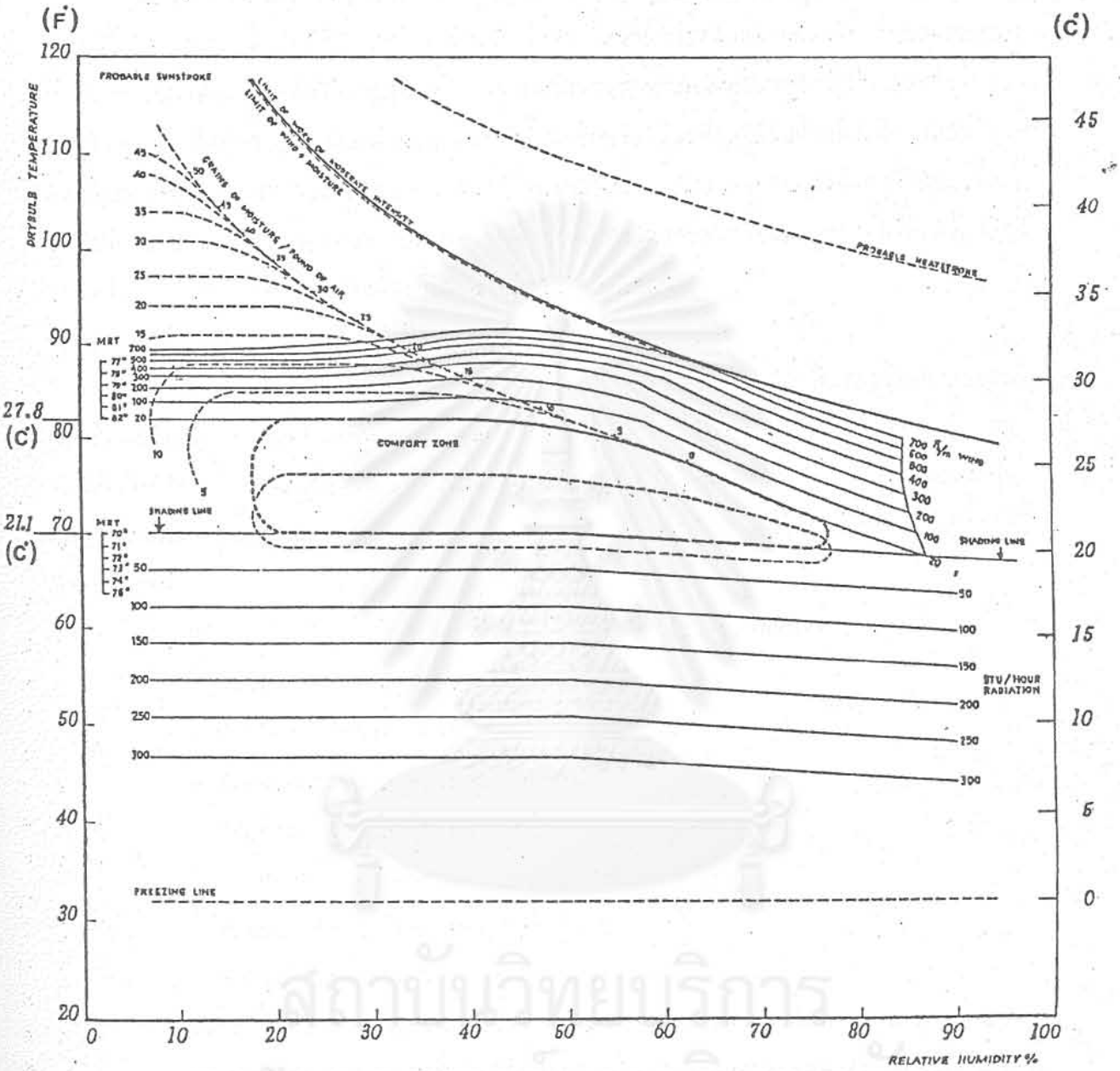
ช่วงสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone)

ในช่วงของสภาพที่อยู่ใน Thermal Comfort นั้นเรียกว่า Comfort Zone Comfort Zone ได้มีการศึกษากำหนดขึ้นมาโดยการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)และตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมทั้งสาม คือ MRT ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

การศึกษาวิเคราะห์ Comfort zone จะกำหนดออกมาเป็นช่วงหรือบริเวณของ Comfort Zone ซึ่งผู้ใหญ่ส่วนใหญ่รู้สึกสบายไม่ร้อน หรือไม่หนาวจนเกินไป Comfort Zone เป็นช่วงประมาณและไม่มีความแม่นยำที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรอื่น ๆ อีกหลายตัวแปร เช่น ความชอบ และความคุ้นเคยของแต่ละบุคคล ลักษณะทางกายภาพและจิตใจ วัฒนธรรม ระดับกิจกรรมที่ทำอยู่ และเสื้อผ้าที่สวมใส่ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม Comfort Zone จะช่วยให้ผู้ออกแบบอาคารได้รู้ช่วงบริเวณที่จะสามารถประมาณหรือคาดการณ์ Human Thermal Comfort ได้และสามารถวิเคราะห์สภาพอากาศในท้องถิ่นหรือภูมิประเทศนั้น ๆ เพื่อจะประเมินผล และนำไปสู่วิธีการออกแบบแก้ไขเพื่อให้สภาพแวดล้อมภายในที่ออกแบบอยู่สบาย

Victor Olgyay (1963) ได้เสนอ Bioccimatic Chart ซึ่งเป็น Diagram แสดง Comfort Zone Bioclimatic Chart เป็น Graphic ที่แสดงถึงองค์ประกอบของปัจจัยสภาวะน่าสบาย โดยมีอุณหภูมิอากาศกำหนดลงบนแกนตั้งและความชื้นสัมพัทธ์ อยู่บนแกนนอน การกำหนดค่าสองค่านี้ลงบนแผนภูมิจะแสดงถึงว่าสภาพอากาศนั้นอยู่ใน Comfort Zone หรือ มีมาตรการอื่นในการปรับสภาพอากาศที่มีความจำเป็นต้องนำมาใช้เพื่อรักษาระดับ Thermal Comfort เอาไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Bioclimatic Chart

รูปที่ 2. Bioclimatic Chart

วิธีการวิจัย

เนื่องจากตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาวะน่าสบายมีค่อนข้างมากและสลับซับซ้อนจนไม่อาจแยกออกไปให้แน่ชัดได้ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใดต่อสภาวะน่าสบายของการอยู่อาศัย ขั้นตอนของการศึกษาเพื่อให้มาซึ่งความเข้าใจในเรื่องนี้จึงเริ่มต้นด้วยการศึกษาสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องโดยตรงแล้วจึงแสวงหาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ และในขั้นสุดท้ายจึงเลือกศึกษาตัวอย่างที่จะมีผลโดยตรงและโดยอ้อมต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคารสถาปัตยกรรมไทย กระบวนการในการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ถูกจำกัดด้วยอุปสรรคหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาในการทำวิจัยและอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้วัดค่าตัวแปรต่างๆ การทำวิจัยจึงเป็นไปตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) การแสวงหาเครื่องมือที่ใช้วัดค่าตัวแปรต่างๆ

เมื่อครั้งก่อนเริ่มทำการวิจัย คณะผู้ร่วมงานได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ในการขอเช่าหรือซื้อเครื่องมือจากต่างประเทศมาสนับสนุนการทำวิจัย แต่ครั้นเมื่อถึงเวลาทำงานจริงจึงได้พบว่าเครื่องมือดังกล่าวไม่สามารถจะหามาได้ให้ครบถ้วนได้ในวงเงินและเวลาที่กำหนดได้ กระบวนการวิจัยจึงถูกเปลี่ยนแปลงไปบ้างจากจุดประสงค์เดิม ภายใต้ข้อจำกัดดังกล่าวเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย

1.1 Comfort Meter ซึ่งมี Function ต่างๆในการประเมินผลดังนี้

- Operative Temperature
- Comfort Temperature
- Temperature Different Function
- Predicted Mean Voat (PMV)
- Predicted Percentage of Dissatisfaction (PPD)
- Preset Function for; Clo Value,
  Metabolism and Vapour Pressure

1.2 Dataloger 16 Channels ซึ่งสามารถวัดค่าตัวแปรต่างๆ ได้พร้อมกัน 16 ตัวแปร และมีความเที่ยงตรงในการวัดได้ประมาณ $\pm$ 0.5 องศาฟาเรนไฮท์ ข้อมูลที่เก็บจากเครื่องมือนี้ประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- Dry Bulb Temperature
- Wet Bulb Temperature
- Surface Temperature
- Water Temperature
- Ground Temperature
- Solar Radiation (Short Wave Only)

1.3 Wind Velocity and Direction เครื่องมือที่ใช้วัดเป็นชนิด Manual Operation และไม่สามารถจะหาค่า Integrated Function Over Time ได้

1.4 Globe Thermometer เป็นเครื่องมือที่ประยุกต์มาจากลูกกลมทองแดงเคลือบสีดำ เพื่อใช้ตรวจสอบค่า Mean Respond อันเนื่องมาจากผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่มีพื้นผิวร้อนหรือเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ

ข้อมูลต่างๆที่ได้จึงได้มาดัดแปลงเพื่อความเหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่างๆ ดังที่ปรากฏอยู่ในงานวิจัยนี้

(2) <u>การศึกษาลักษณะภูมิอากาศของไทย</u>

ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรง และโดยอ้อมกับงานสถาปัตยกรรม และนำมาซึ่งความแตกต่างกันในสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคารก็คือ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของสิ่งต่างๆ ที่ห้อมล้อมตัวเรา (MEAN RADIANT TEMPERATURE หรือ MRT)

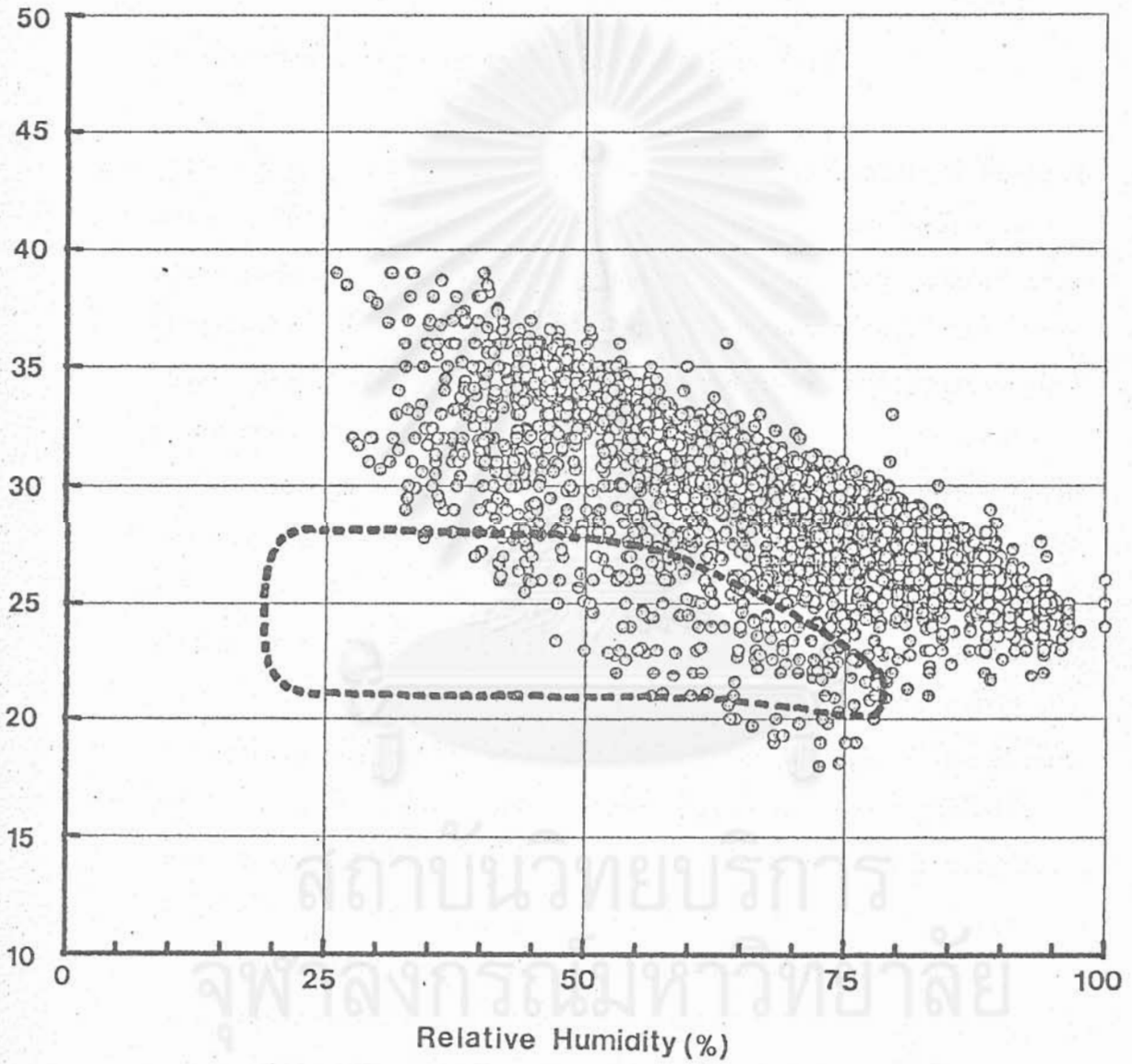
ถ้าเราจะพิจารณาภูมิอากาศของประเทศไทยจะพบว่าเมืองไทยเราเป็นเมืองร้อนชื้นกล่าวคือมีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงมากผนวกกับเรามีอากาศที่ร้อนควบคู่กันไปเป็นส่วนใหญ่ ถ้าดูจากรูปที่ 2A ซึ่งแสดงข้อมูลของภูมิอากาศรายชั่วโมงในปี 1988 และขอบเขตของสภาวะว่าสบายแสดงด้วยเส้นประนั้นจะพบว่าจำนวนชั่วโมง ที่อยู่ในสภาวะน่าสบายมีค่อนข้างน้อยมาก ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิส่วนใหญ่จะอยู่เหนือขอบเขตสภาวะน่าสบายในตำแหน่งที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกือบตลอดปี ลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าหากพิจารณาตามลำพังของภูมิอากาศในประเทศไทยเพียงอย่างเดียว เราจะต้องมีความเป็นอยู่ที่ร้อนกว่าขอบเขตสภาวะน่าสบายอยู่เกือบตลอดเวลา แต่ในแง่ของความเป็นจริงแล้ว FANGER (1982) ได้พบว่าความรู้สึกสบายของคนไม่ได้อยู่ที่อุณหภูมิเพียงอย่างเดียวแต่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วหลายอย่างด้วยกัน

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งหวังที่จะแสวงหาตัวแปรที่จะอธิบายความสามารถของคนไทยเราในการสร้างอาคารสถาปัตยกรรมที่จะปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคารให้อยู่ใกล้ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากกว่าอุณหภูมิอากาศจริงที่พบ ไม่เช่นนั้นแล้วคงเป็นการยากที่จะเชื่อว่าคนไทยของเรายุคโบราณหรือในยุคปัจจุบันจะสามารถใช้ชีวิตอยู่ในสภาพเช่นนี้ได้โดยวิธีธรรมชาติ

จากการศึกษาของ OLGYAY (1962) พบว่าตัวแปรที่จะช่วยปรุงแต่งให้มนุษย์เรามีความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นพอจะสรุปได้ดังนี้

2.1 <u>การมีความเร็วลมที่เพียงพอ</u> จากการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วลมที่มีต่อความรู้สึกของมนุษย์เมื่อใช้ความเร็วลมเป็นตัวแปรเพียงตัวเดียวในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงแบบเมืองไทยพบว่าทุกๆ 100 fpm ของความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น คนเราจะรู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส (จากผลของ Regression Analysis โดยใช้ Data ที่ได้จาก Bioclimatic Chart)ซึ่งหมายความว่าแม้อุณหภูมิของอากาศจะร้อนกว่าปกติแต่ถ้าเรามีความเร็วลมเพียงพอ เราอาจมีความรู้สึกเสมือนหนึ่งว่าเราอยู่ในสภาวะน่าสบายได้

Bioclimatic Chart of Bangkok weather data



รูปที่ 2A

2.2 การมีอุณหภูมิของผิววัตถุที่อยู่รอบๆ ตัวเรา (MRT) แตกต่างไปจากอุณหภูมิอากาศ ในกรณีที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวรอบๆ ตัวเราหรือ MRT ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้ทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส เราจะมีความรู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันค่าของ MRT สูงกว่าอุณหภูมิอากาศทุก 1 องศาเซลเซียสเราจะรู้สึกร้อนขึ้น 1.4 องศาเซลเซียสเช่นกัน จากความจริงอันนี้อาจจะพูดได้ว่า 1 องศา MRT เท่ากับ 1.4 องศา DB (เมื่อ DB คืออุณหภูมิอากาศหรือ Dry Bulb Temperature) เรื่องของ MRT ดูเหมือนจะเป็นเรื่องที่สำคัญมากเกี่ยวกับความรู้สึกร้อนหนาวของผู้ใช้อาคารและกลายเป็นตัวแปรตัวสำคัญในเรื่องนี้

2.3 การระเหยของน้ำ เนื่องจากการระเหยของน้ำต้องใช้ความร้อนช่วยในการเปลี่ยนสภาวะจากน้ำให้เป็นไอน้ำหรือ Vapor ในที่ที่มีความดันของบรรยากาศปกติที่ระดับน้ำทะเล การระเหยของน้ำ 1 ปอนด์ ต้องใช้ความร้อนประมาณ 1000 BTU (ASHRAE 1989) นั้นหมายความว่า ถ้าทำให้น้ำระเหยได้ในอากาศ อากาศนั้นจะเย็นลงกว่าปกติ แต่จะเย็นลงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ระเหย เพราะความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำโดยปกติก็จะมาจากอากาศบริเวณนั้น

สำหรับอุณหภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้น (ประมาณ 55 %) การระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นได้ช้ามาก การอาศัยการระเหยของน้ำตามวิธีธรรมชาติเพื่อให้อากาศเย็นลงจึงเป็นเรื่องที่ไม่ได้ผลมากนักเพราะภูมิอากาศเราส่วนใหญ่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 55 % อย่างไรก็ตามเมืองเรามีต้นไม้จำนวนมากและต้นไม้สามารถดูดน้ำจากทางรากแล้วส่งผ่านไปทางใบ เพื่อสังเคราะห์แสง ซึ่งขบวนการดังกล่าวคือ การทำให้น้ำระเหยไปในตัว (Transpiration) ผลที่ได้รับก็คืออากาศรอบ ๆ ต้นไม้เย็นลง ผลพลอยได้อันนี้ทำให้อุณหภูมิรอบ ๆ อาคารที่มีต้นไม้มากเย็นลงตามไปด้วยไม่ว่าความชื้นสัมพัทธ์จะสูงมากน้อยเพียงใดก็ตาม Transpiration ของต้นไม้เกิดขึ้นได้เสมอ

การทำให้สภาพแวดล้อมเย็นลงจึงกลายเป็นตัวแปรสำคัญอีกตัวแปรหนึ่งที่จะช่วยปรุงแต่งสภาวะน่าสบายให้กับสภาพแวดล้อมและอาคาร

(3) การเลือกตัวอย่างและการศึกษาขอบเขตของอิทธิพล (Magnitude) ของตัวแปร

เพื่อให้ทราบถึงขนาดและความเป็นไปได้ของตัวแปร (Magnitude) ต่างๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร การวิจัยขั้นต้นจึงเป็นการสุ่มตัวอย่างจากอาคารทั้งดี และไม่ดีที่จะหาได้ในช่วงเวลาที่คาดว่าขอบเขตของอิทธิพลของตัวแปรเหล่านั้นน่าจะเกิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นช่วงเวลาที่ร้อนจัด, เย็นจัด, ลมแรง, ลมสงบ ความชื้นสัมพัทธ์สูง, ฝนตก เป็นต้น

ตัวแปรที่เก็บเพื่อศึกษาขนาดของอิทธิพลต่าง ๆ นี้ได้มากกว่า 50 ตัวอย่าง ซึ่งได้คัดเลือกตัวอย่างบางตัวมาประกอบการศึกษาดังตัวอย่างในตารางที่ 3

ชนิดของผิว	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ผิวนอก (องศาเซลเซียส)	สภาพ
หลังคาสังกะสีกลางวัน	31	53	แดดจัด,ลมปกติ
หลังคาสังกะสีกลางคืน	24.6	25.6	เมฆปานกลาง
หลังคาซีแพคโมเนียกลางวัน	31.5	53	แดดปานกลาง
หลังคาซีแพคโมเนียกลางคืน	25.05	24.4	แดดปานกลาง
หลังคากระเบื้องลอนคู่กลางคืน	23.5	23.98	แดดปานกลาง
หลังคาจากกลางวัน	36.5	56.7	แดดจัด,ลมอ่อน
หลังคาสังกะสีกลางวัน	35.8	54.6	แดดจัด,ลมแรง
หลังคาโลหะกลางวัน	30.71	43.70	แดดจัดสลับร่ม
หลังคาโลหะกลางคืน	25.30	22.40	แจ่มใส,สงบ
หลังคาอลูมิเนียม	39.2	70.0	แดดจัด
ฝ้าเพดานใต้หลังคา ซีแพคโมเนียไม่มีฉนวน	33.7	39.5	แดดจัด
อุณหภูมิดิน, ต้นไม้ ฤดูหนาว (24 ช.ม.)	23.5-32.7	27.1-28.4	ในร่ม,ลมอ่อน
อุณหภูมิดินฤดูร้อน	25.2-32.7	27.1-28.4	ในร่ม,ลมอ่อน
อุณหภูมิหญ้าแห้ง	35.46	47.3	แดดจัด,ลมแรง
อุณหภูมิถนนคอนกรีต	36.1	50.6	แดดจัด,ลมแรง
อุณหภูมิคอนโดบล็อค	36.7	54.75	แดดจัด,ลมแรง
อุณหภูมิผนังก่ออิฐฉาบปูน - ด้านตะวันตก	32.0	37.0	แดดจัด
อุณหภูมิน้ำสัก 2 ฟุต (24 ช.ม.)	25.5-30.7	25.5-28.0	แดดจัด

ตารางที่ 3. วัสดุและตัวแปรของอิทธิพลต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(4) การเลือกตัวอย่างเพื่อทำการศึกษา

หลังจากที่ได้ศึกษาถึงขอบเขตของความเป็นไปได้ของอิทธิพลที่ตัวแปรต่างๆ จะพึงมีต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคารแล้ว การศึกษาขั้นต่อไปคือ การแสวงหาตัวอย่างที่ประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลค่อนข้างสูงต่อสภาวะน่าสบายในหลาย ๆ ด้าน เป็นต้นว่า อิทธิพลจากสภาพแวดล้อม อิทธิพลจากวัสดุเบา อิทธิพลจากวัสดุที่มีการเก็บความร้อนสูง ฯลฯ เป็นต้น ถึงได้หยิบยกมาเป็นตัวอย่างให้เห็นในผลของการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

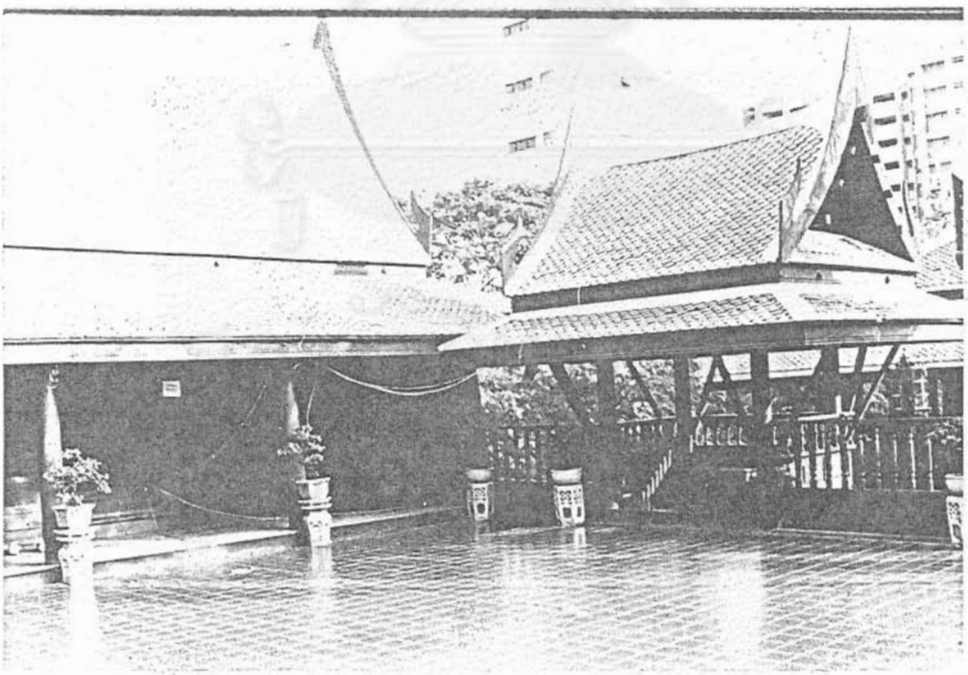
ผลการวิจัย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในอาคารต่าง ๆ ที่ไม่ใช้เครื่องกลปรับอากาศ และวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปของกราฟ ได้เลือกอาคารที่ศึกษาและสรุปผลของสภาพสภาวะอาคาร (Building Performance) ได้ดังนี้

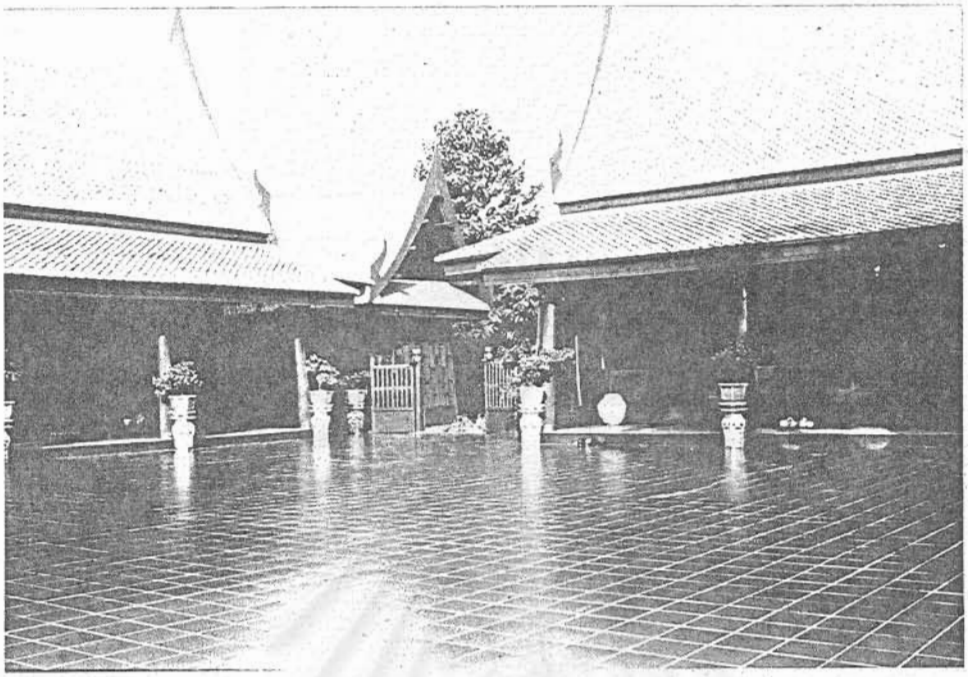
ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะอาคาร (Building Description)

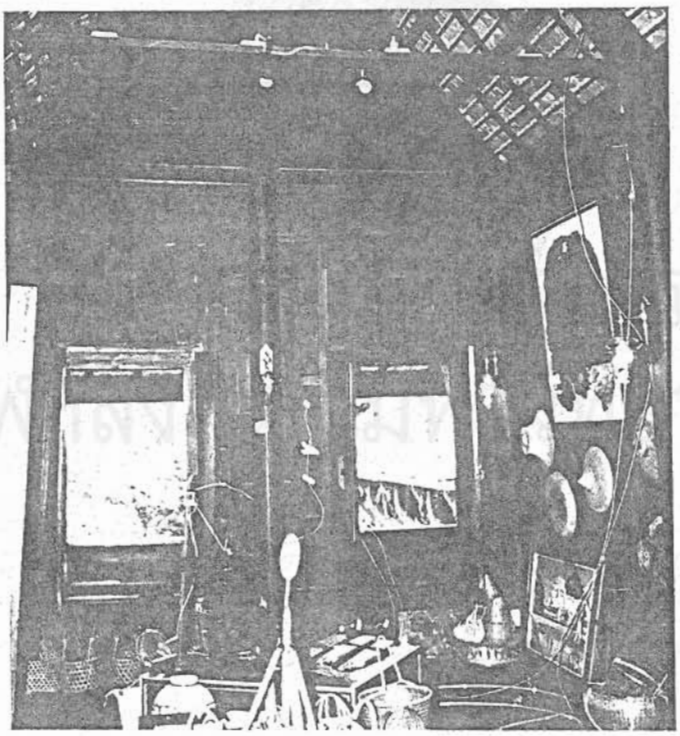
ลักษณะอาคารเป็นกลุ่มเรือนไทยภาคกลางยกพื้นสูงเป็นใต้ถุน อาคารแต่ละอาคารเชื่อมด้วยชานขนาดใหญ่ โครงสร้างส่วนใต้ถุนเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กตัวเรือนมีลักษณะของเรือนไทยภาคกลาง วัสดุและการก่อสร้างเป็นไปตามลักษณะและรูปแบบดั้งเดิม ตัวอาคารใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาคือไม้ โครงหลังคาเป็นไม้มุงด้วยกระเบื้องดินเผาภายในไม่มีฝ้าเพดาน มีช่องเปิด(Opening) รอบอาคาร ตัวอาคารทั้งหมดถูกเชื่อมด้วยชานขนาดใหญ่ซึ่งดัดแปลงการใช้โครงสร้างและวัสดุแบบดั้งเดิมมาใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก สภาพแวดล้อมรอบอาคารประกอบด้วยบ่อน้ำ และต้นไม้ที่หนาแน่นปานกลาง



รูปที่ 3. ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

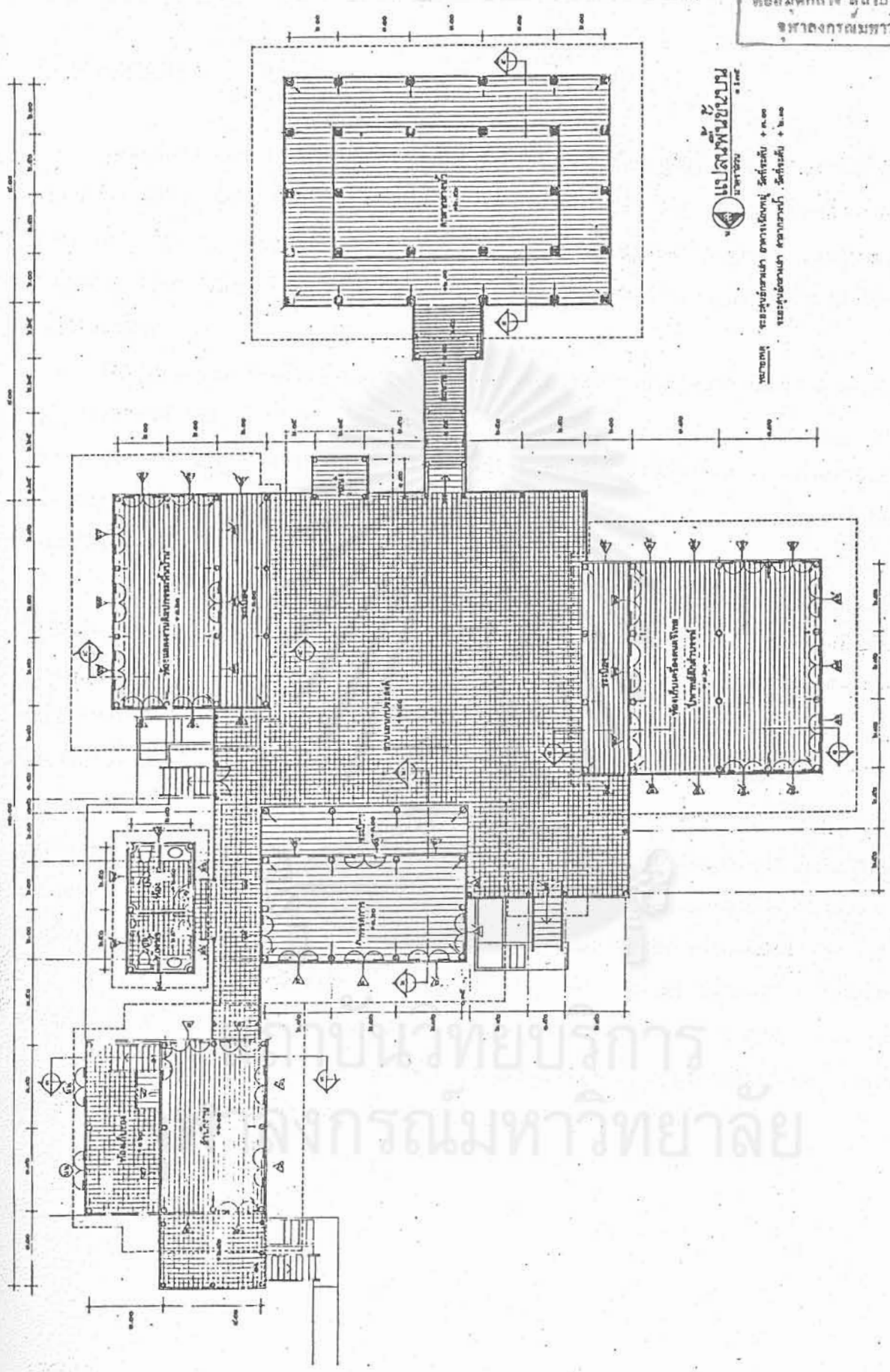


รูปที่ 4. ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5. ภายในเรือนศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6. ผังศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

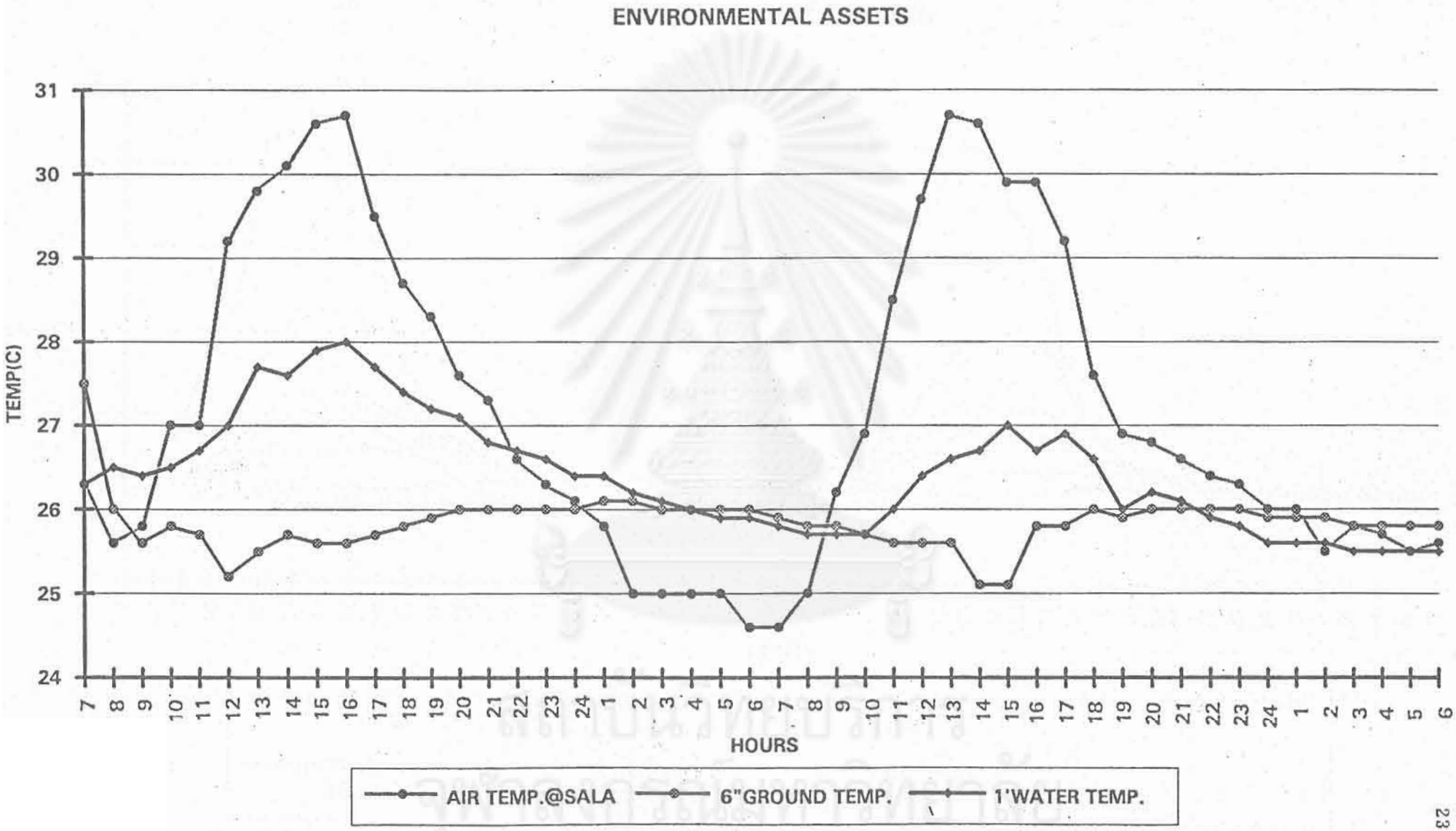
อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องมาจาก การที่มีช่องเปิดโดยรอบทำให้การระบายอากาศนั้นดี และทั่วถึง ประกอบกับมวลของอาคารคือพื้นผนังหลังคานั้นเบา (Light Weight Mass) ทำให้การกักเก็บสะสมความร้อนในมวลอาคารและ Thermal Time Lag นั้นแทบจะไม่มี ในช่วงร้อนจัดอุณหภูมิภายในต่ำกว่าภายนอกเล็กน้อย (0.5 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิพื้นผิวภายในผนังและเพดาน ในช่วงกลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องทำให้ MRT ภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุมีค่าความต้านทานความร้อนที่ต่ำ แต่ในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวผนังจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิเพดานจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อยทั้งนี้เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของหลังคาสู่ท้องฟ้า (Night Sky Radition)

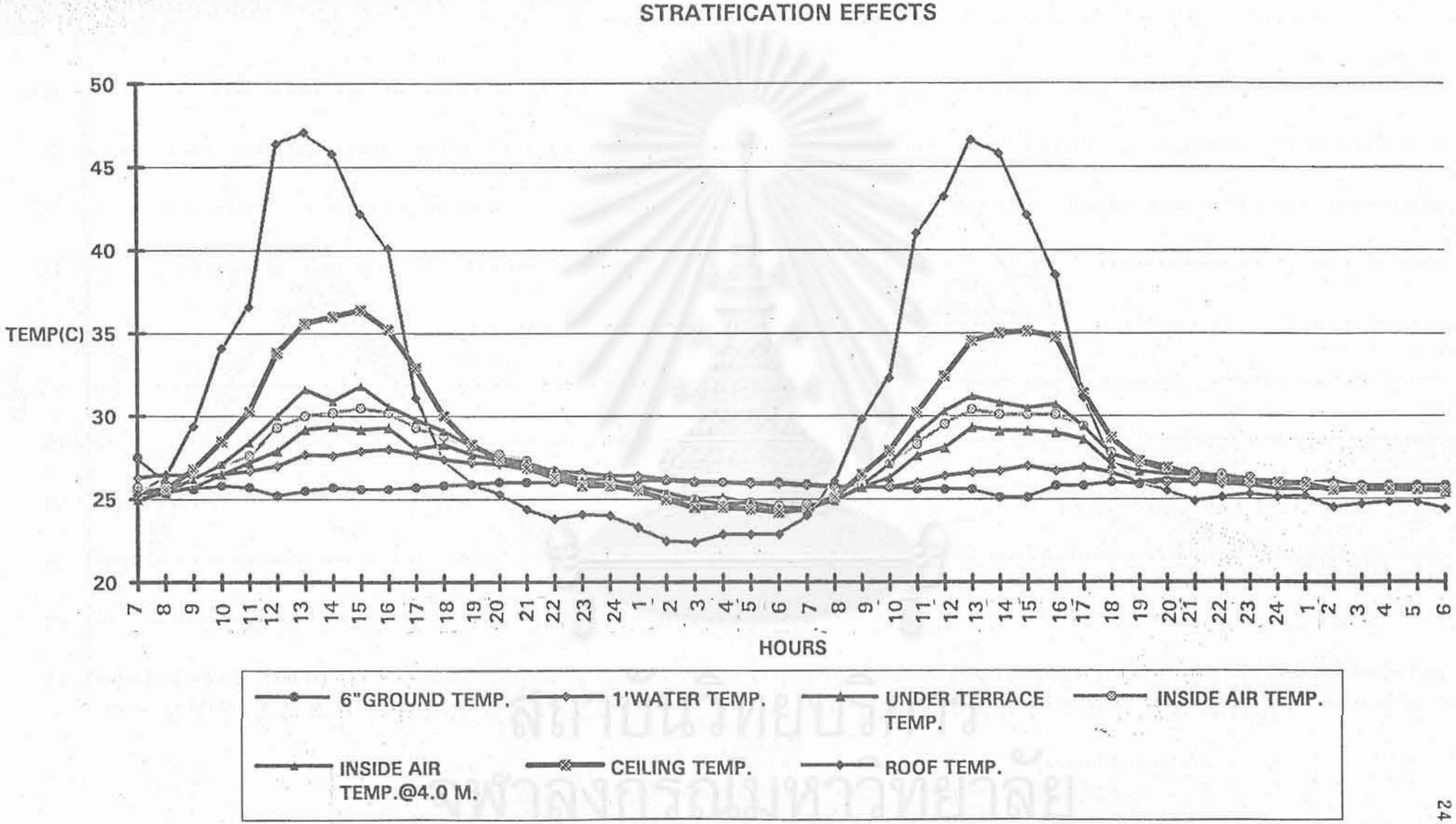
ลักษณะเด่นของบ้านไทยที่มีชายคายื่นออกมามากและทำมุมกดช่วยทำให้ผนังอาคารเกือบตลอดทั้งวันไม่โดนแดดเลย จึงช่วยลดอุณหภูมิผนังที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ (Sol-Air Effect) การที่ชายคาทำมุมกดนั้นทำให้พื้นผิวผนังส่วนใหญ่ไม่หันหน้าสู่ (Expose)ท้องฟ้าดังนั้นจึงส่งผลให้ผนังไม่ได้รับรังสีสะท้อนจากเมฆ (Diffused Radiation) มากซึ่งช่วยให้อุณหภูมิผิวผนังภายนอกไม่สูง ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารจึงลดน้อยลง

สำหรับชานเชื่อมกลุ่มอาคารที่ถูกดัดแปลงโครงสร้าง และพื้นมาเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กและปูด้วยกระเบื้องดินเผา ทำให้อุณหภูมิของพื้นชานภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากคุณสมบัติของวัสดุที่มีพื้นผิวในการดูดซึม(Absorbtivity)รังสีดวงอาทิตย์ที่สูง มวลของพื้นมาก และกักเก็บความร้อน (Heat Capacity)ได้ดีจึงส่งผลให้ MRT บริเวณนั้นสูง

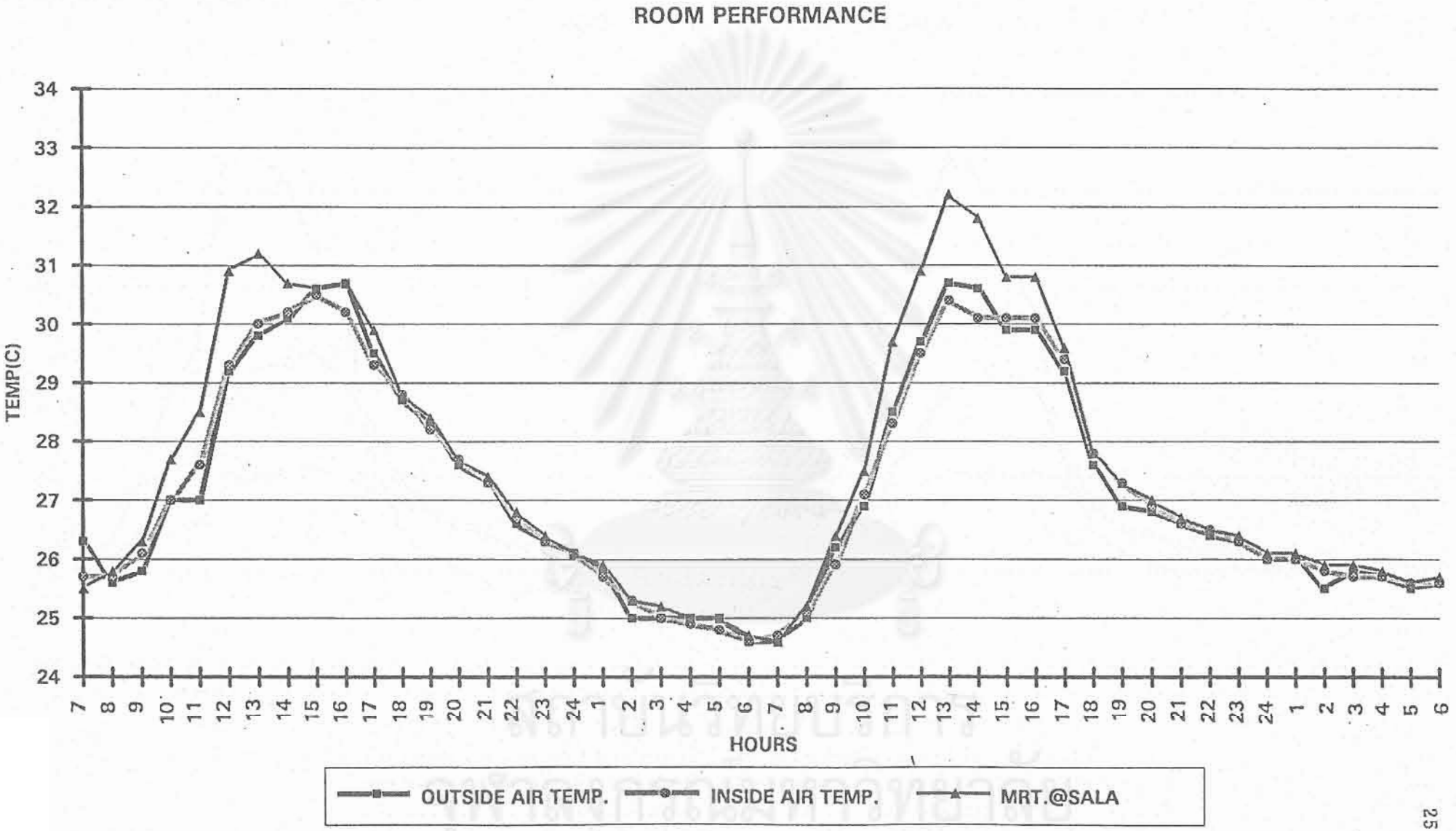
สภาพองค์ประกอบจากที่ตั้งได้แก่ น้ำ และดิน นั้นพบว่าอุณหภูมิของดินจะมีค่าคงที่ (Stable) ตลอดทั้งวัน ในช่วงกลางวันจนถึงค่ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงความต่ำสูงสุด (Peak)มีอุณหภูมิต่างกันถึง 5.1 องศาเซลเซียส ในช่วงกลางคืนอุณหภูมิจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย ลักษณะอุณหภูมิของน้ำนั้นคล้ายกับอุณหภูมิของดิน แต่จะไม่คงที่ (Stable) เท่าอุณหภูมิดิน



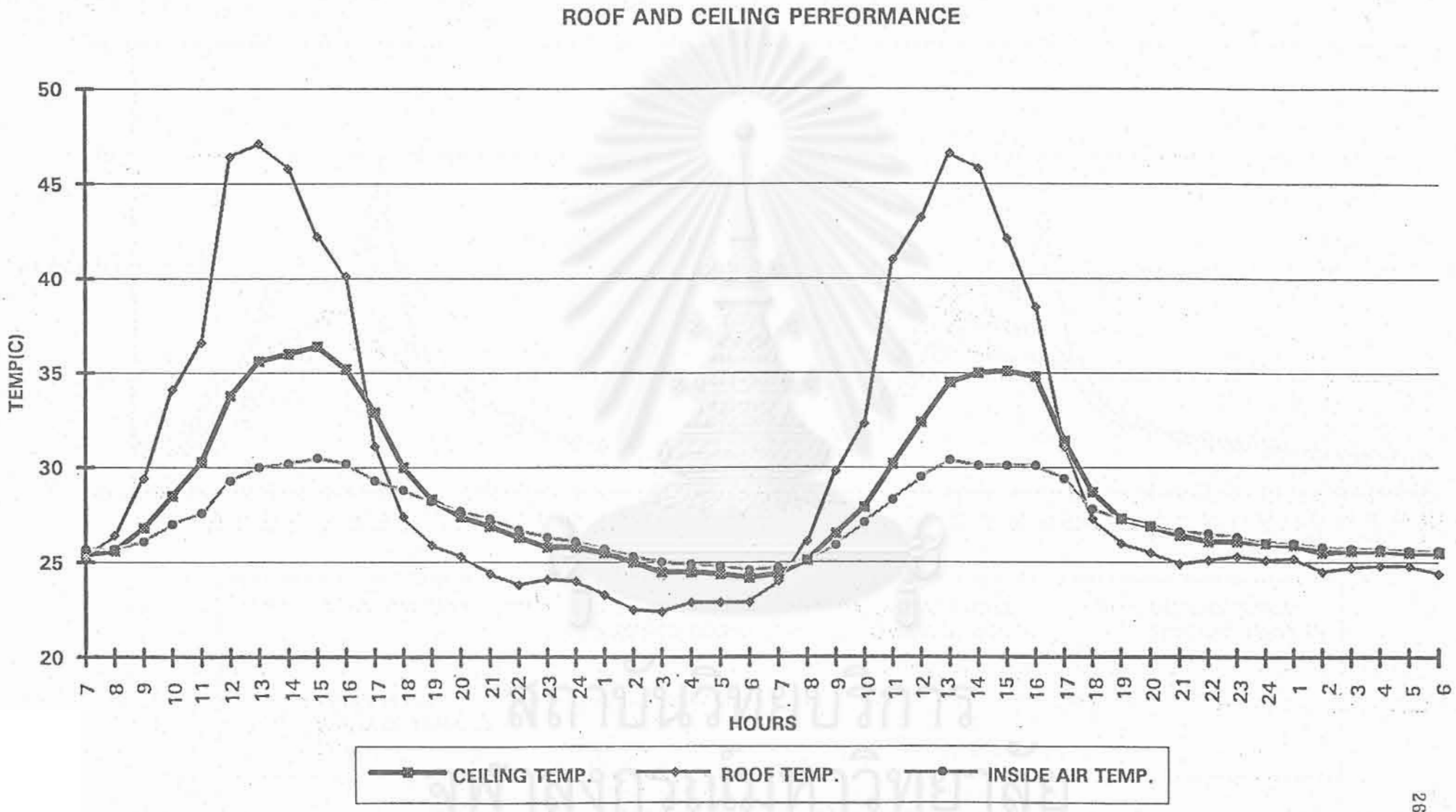
รูปที่ 7. กราฟแสดง Environmental Assets



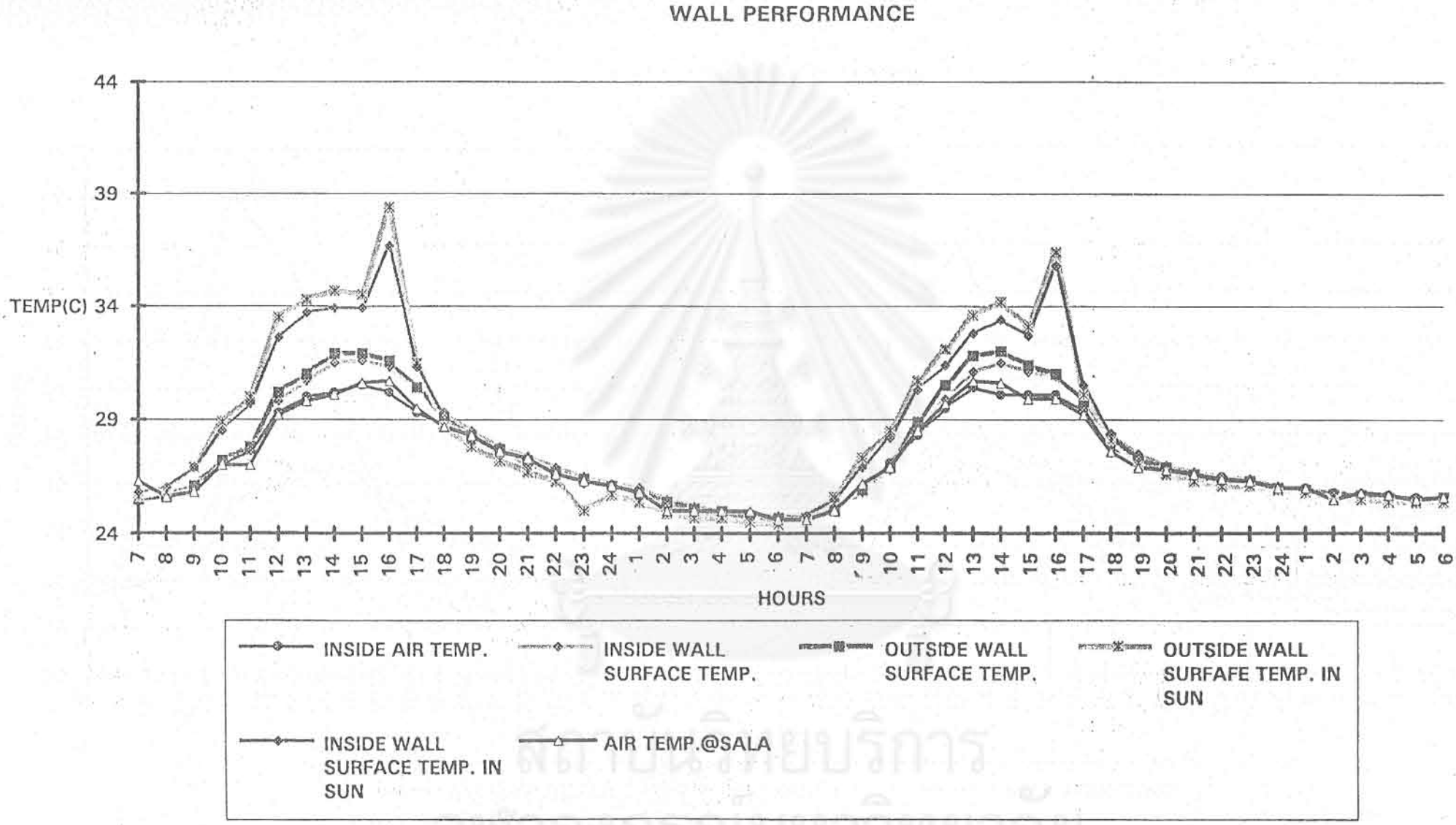
รูปที่ 8. กราฟแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ



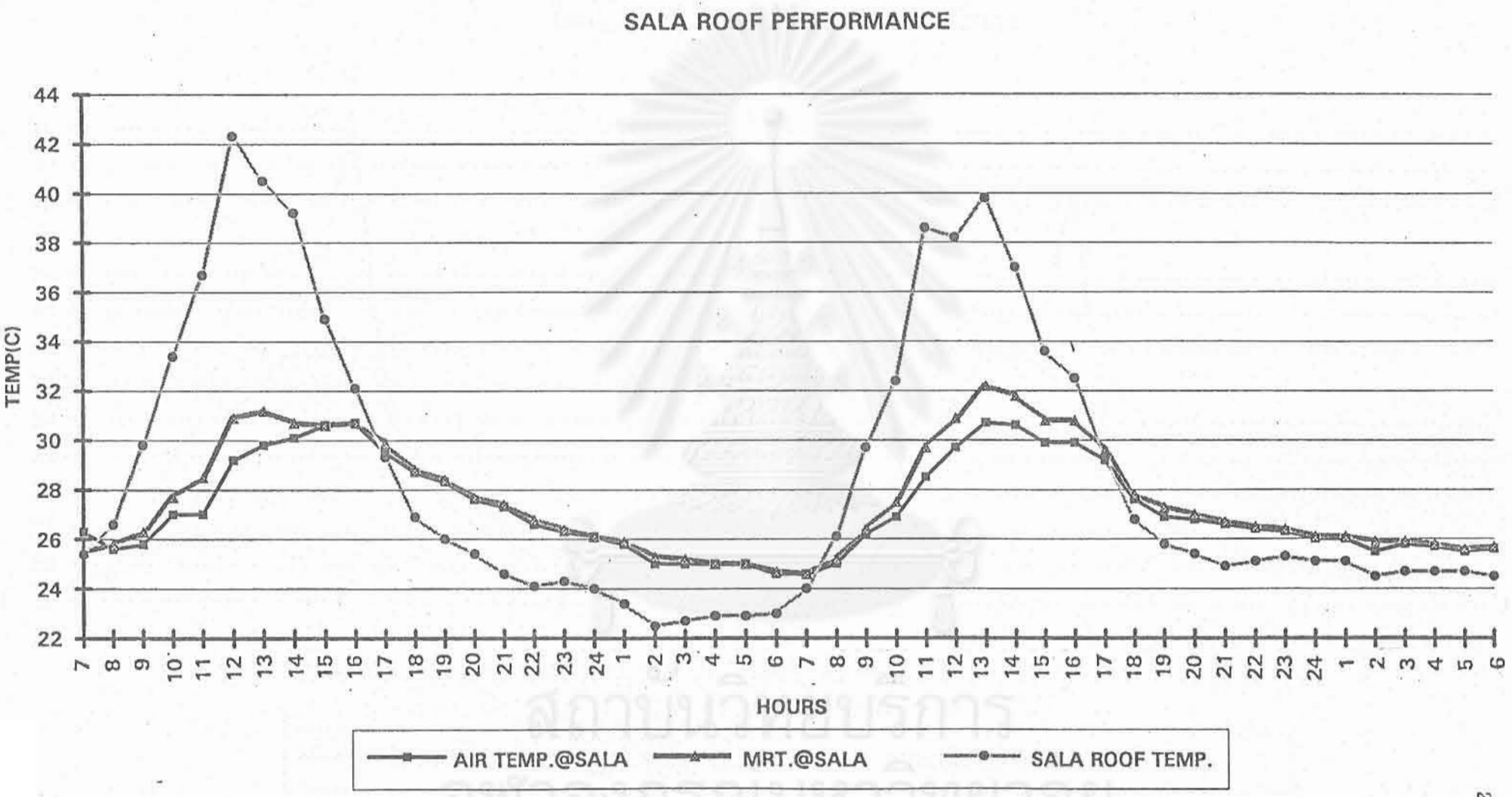
รูปที่ 9. กราฟแสดง Room Performance



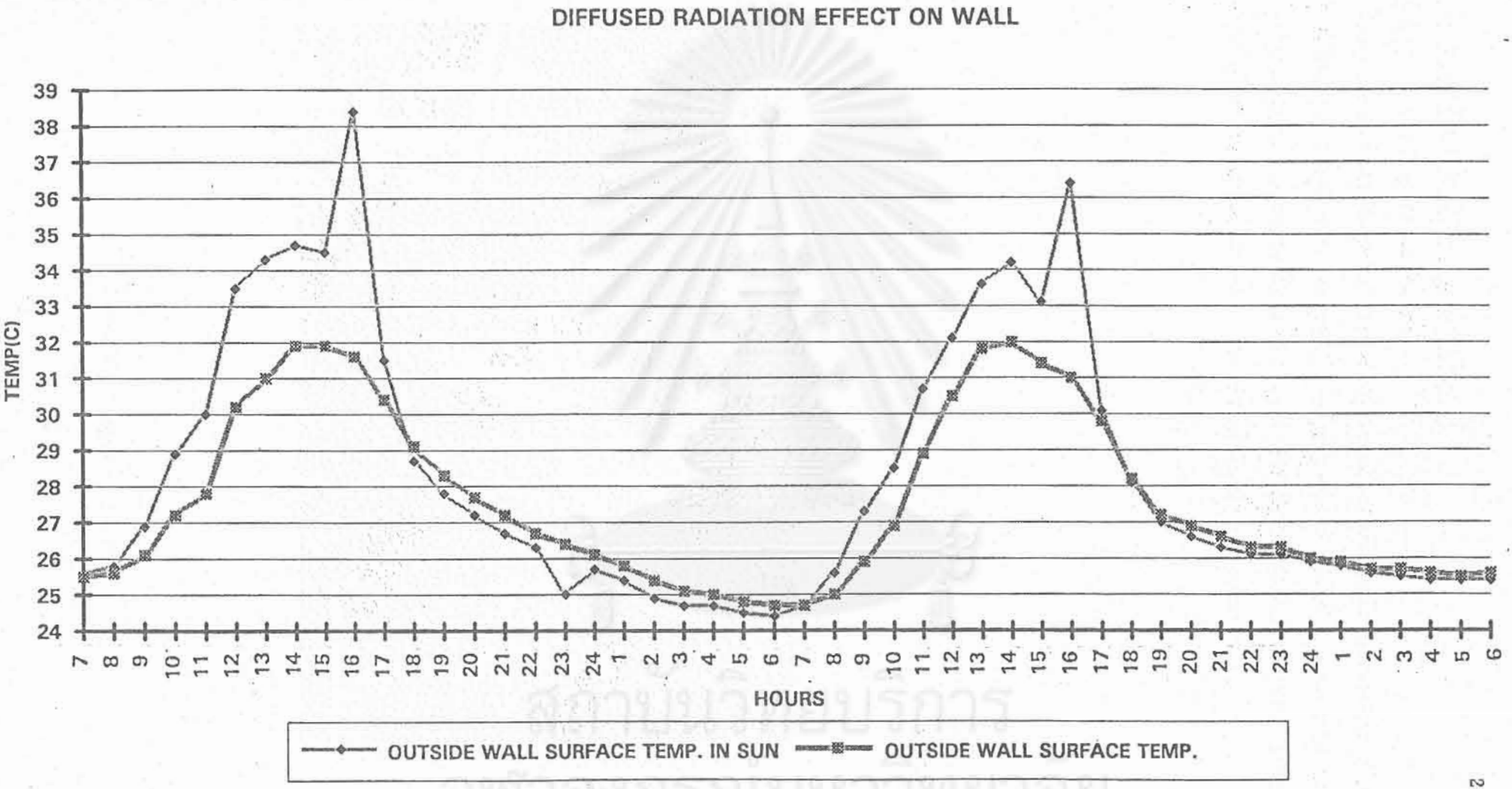
รูปที่ 10. กราฟแสดง Roof and Ceiling Performance



รูปที่ 10A กราฟแสดง Wall Performance ศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม จุฬาฯ



รูปที่ 11. กราฟแสดง Roof Performance ที่ศาลา



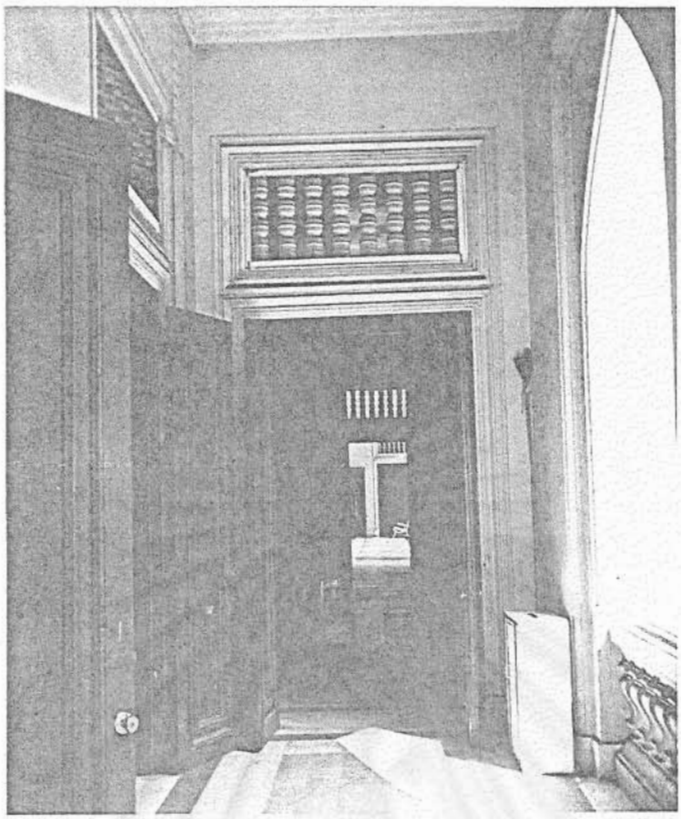
รูปที่ 12. กราฟแสดง Diffused Radiation Effect on Wall

ห้องโถงติก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

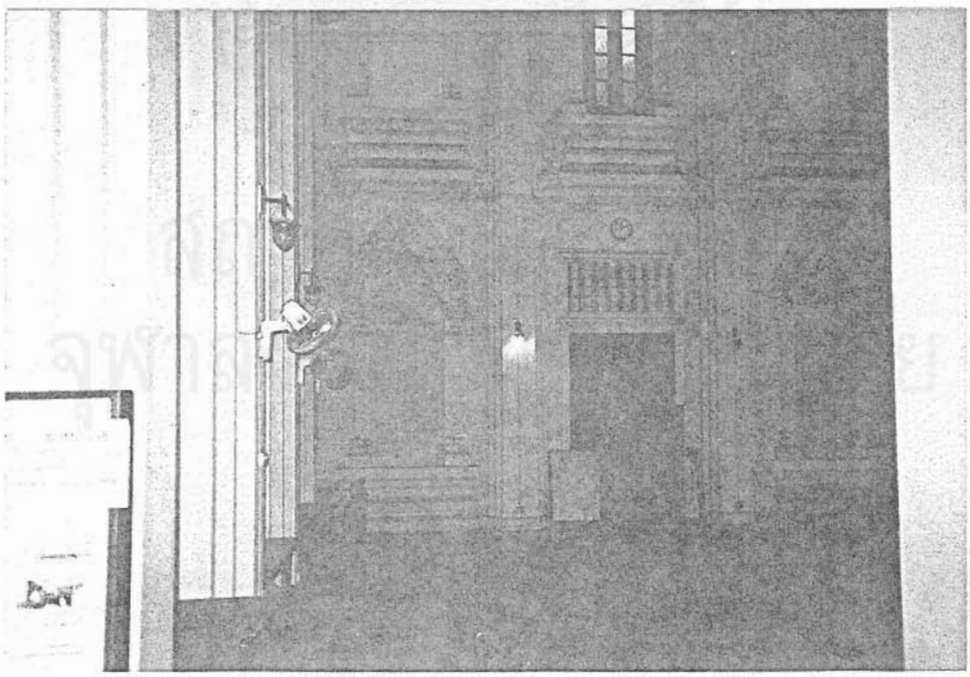
ลักษณะอาคาร (Building Description)

ลักษณะอาคารเป็นสถาปัตยกรรมไทยขนาดใหญ่โครงสร้างผนังรับน้ำหนัก และคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นอาคารที่มีมวลสูง (High Mass Building) ผนังมีความหนามากประมาณ 0.80-1.00 เมตร ตัวอาคารถูกออกแบบให้มีระเบียบทางเดินรอบนอกตลอดอาคารเพื่อบังแดดให้กับห้องภายใน ช่องเปิดมีโดยรอบอาคารมีต้นไม้ใหญ่หนาแน่นปานกลาง ประกอบกับพืชคลุมดิน และถนนคอนกรีต

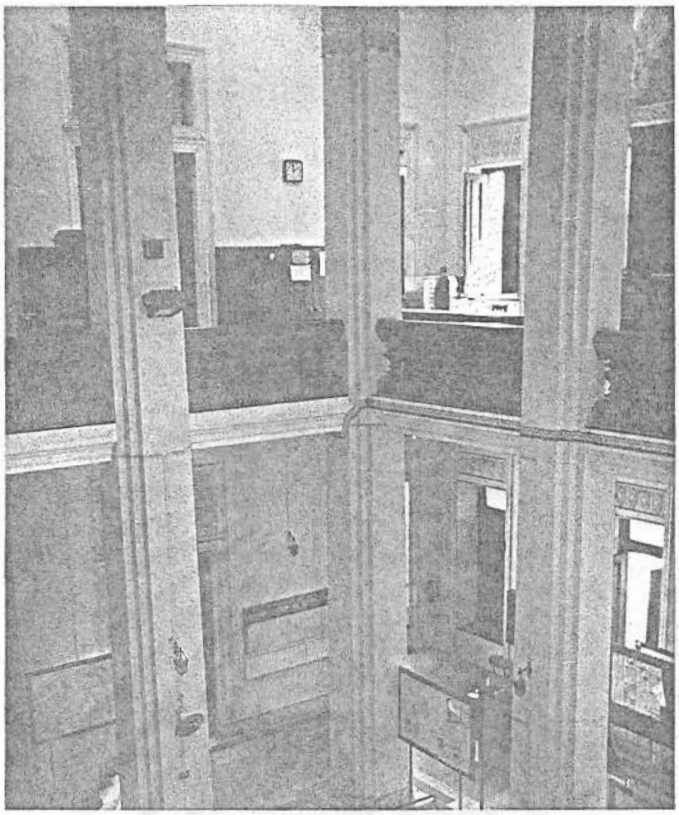
รูปที่ 12A ติก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ



รูปที่ 12 B ระเบียง ตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ



รูปที่ 12 C ห้องโถง ตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ



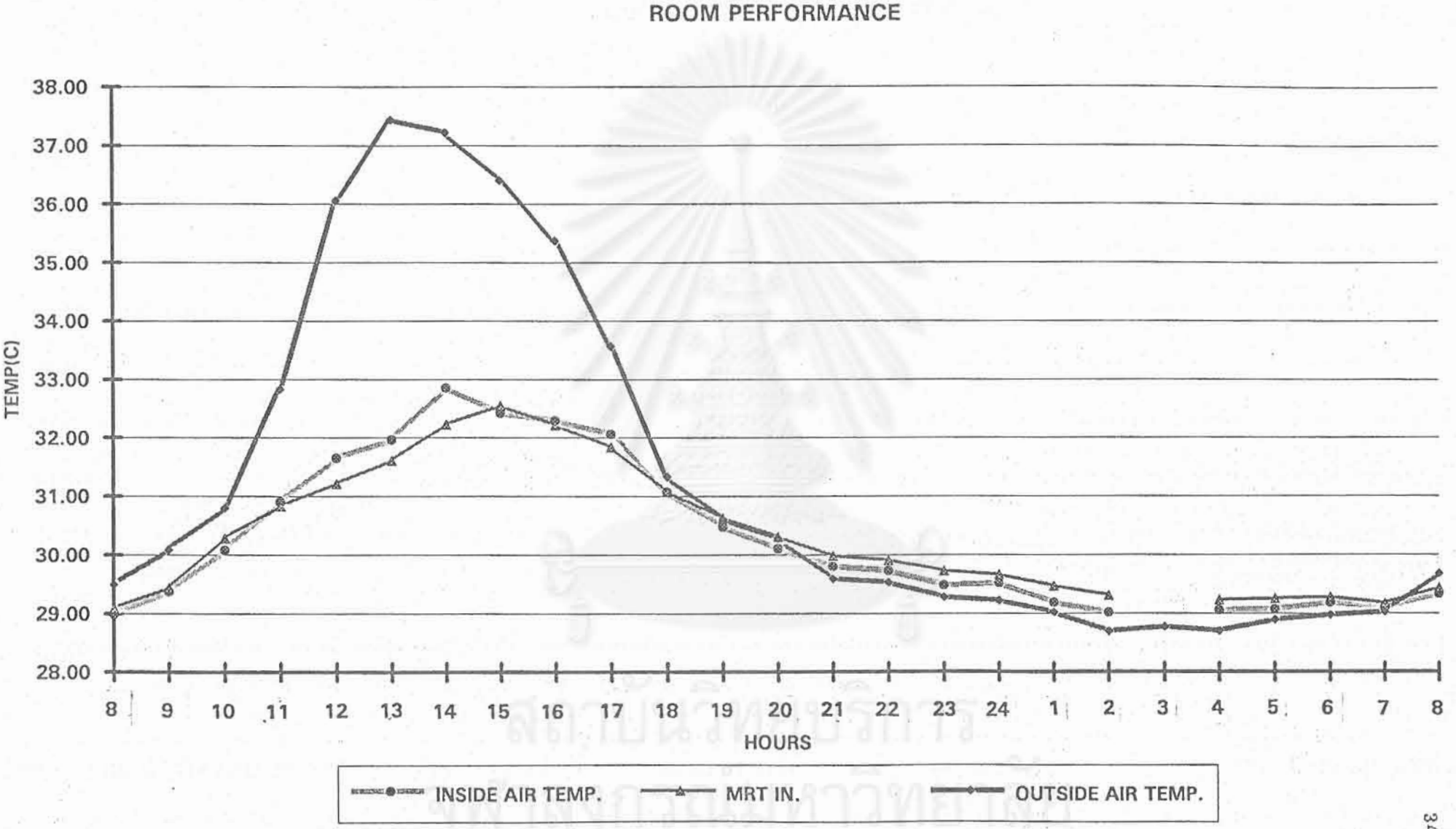
รูปที่ 12 D ห้องโถง ตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ

รูปที่ 12 E ช่องเปิด ตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ

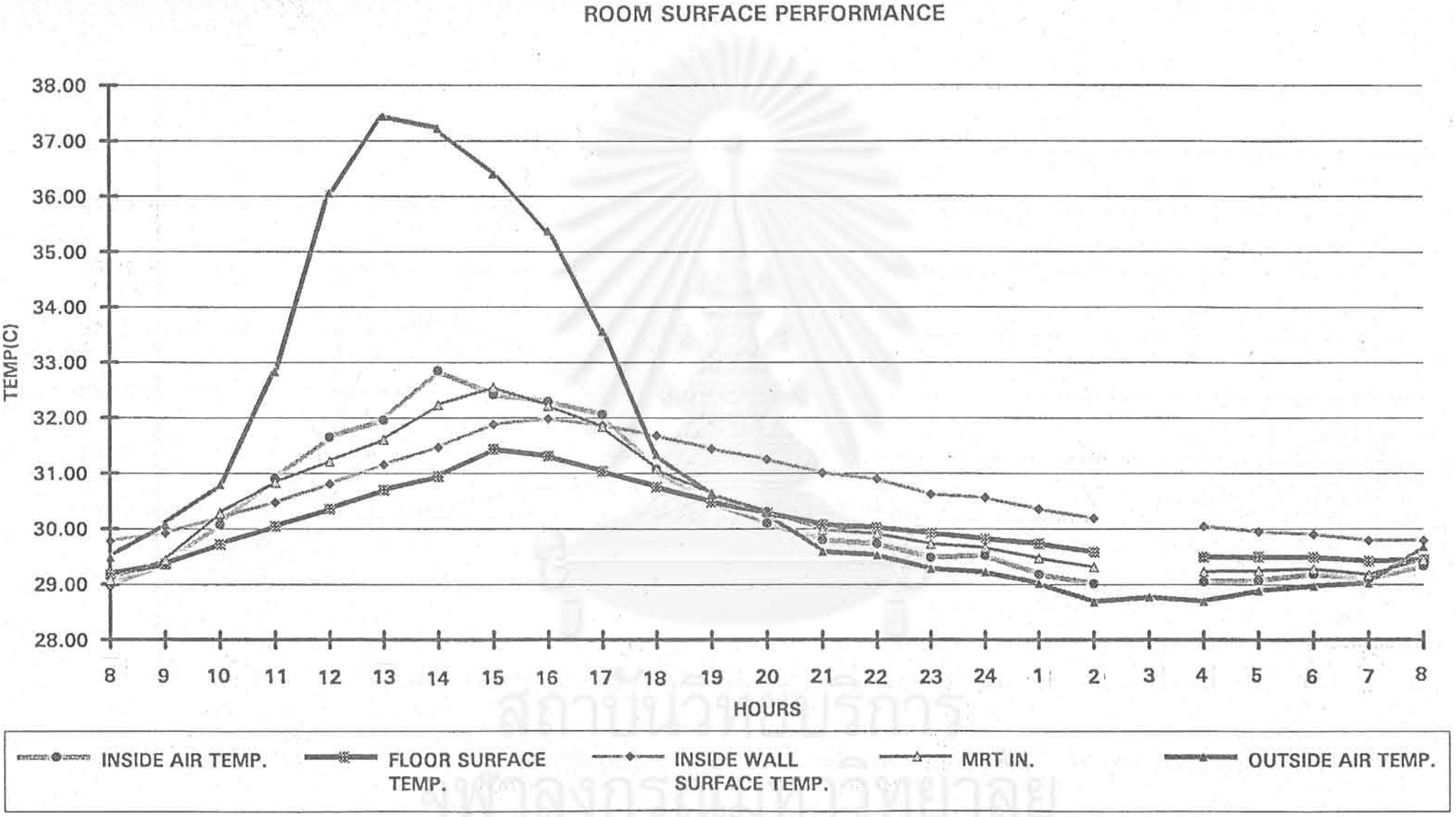
สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

อุณหภูมิภายในห้อง และ MRT ภายในจะใกล้เคียงกันตลอดในช่วงเวลากลางวัน MRT จะต่ำกว่าอุณหภูมิภายในเล็กน้อยโดยเฉลี่ย 0.11 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลากลางคืน MRT จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเล็กน้อยโดยเฉลี่ย 0.2 องศาเซลเซียส การปรับสภาพอากาศภายในของตัวอาคารนั้นดีโดยที่อุณหภูมิภายในห้องในช่วงกลางวัน และหัวค่ำ (20.30 น.) จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดโดยเฉลี่ย 2.1 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่ร้อนจัดอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกถึง 5.48 องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงกลางคืนอุณหภูมิภายในห้องสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเล็กน้อยโดยเฉลี่ย 0.27 องศาเซลเซียส ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมวลของอาคารจำนวนมากจากผนังและพื้นทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของผนังและพื้นค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งวันโดยมีความต่างระหว่างกลางวัน และกลางคืนประมาณ 2 ชั่วโมง ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีความแตกต่างระหว่างกลางวันและกลางคืนถึง 8.75 องศาเซลเซียส จากผลของอุณหภูมิพื้นผิวภายในที่ต่ำจึงทำให้ค่า MRT ภายในนั้นต่ำตามลงมา และการถ่ายเทอากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่ภายในมีไม่มากนัก จึงทำให้อุณหภูมิภายในห้อง และสภาวะน่าสบายในช่วงกลางวันดีกว่าอยู่ภายนอกส่วนกลางคืนนั้นอุณหภูมิภายในห้องและMRT จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นลำดับเล็กน้อยทั้งนี้ก็สืบเนื่องจากมวลของอาคารที่สะสมความร้อนไว้

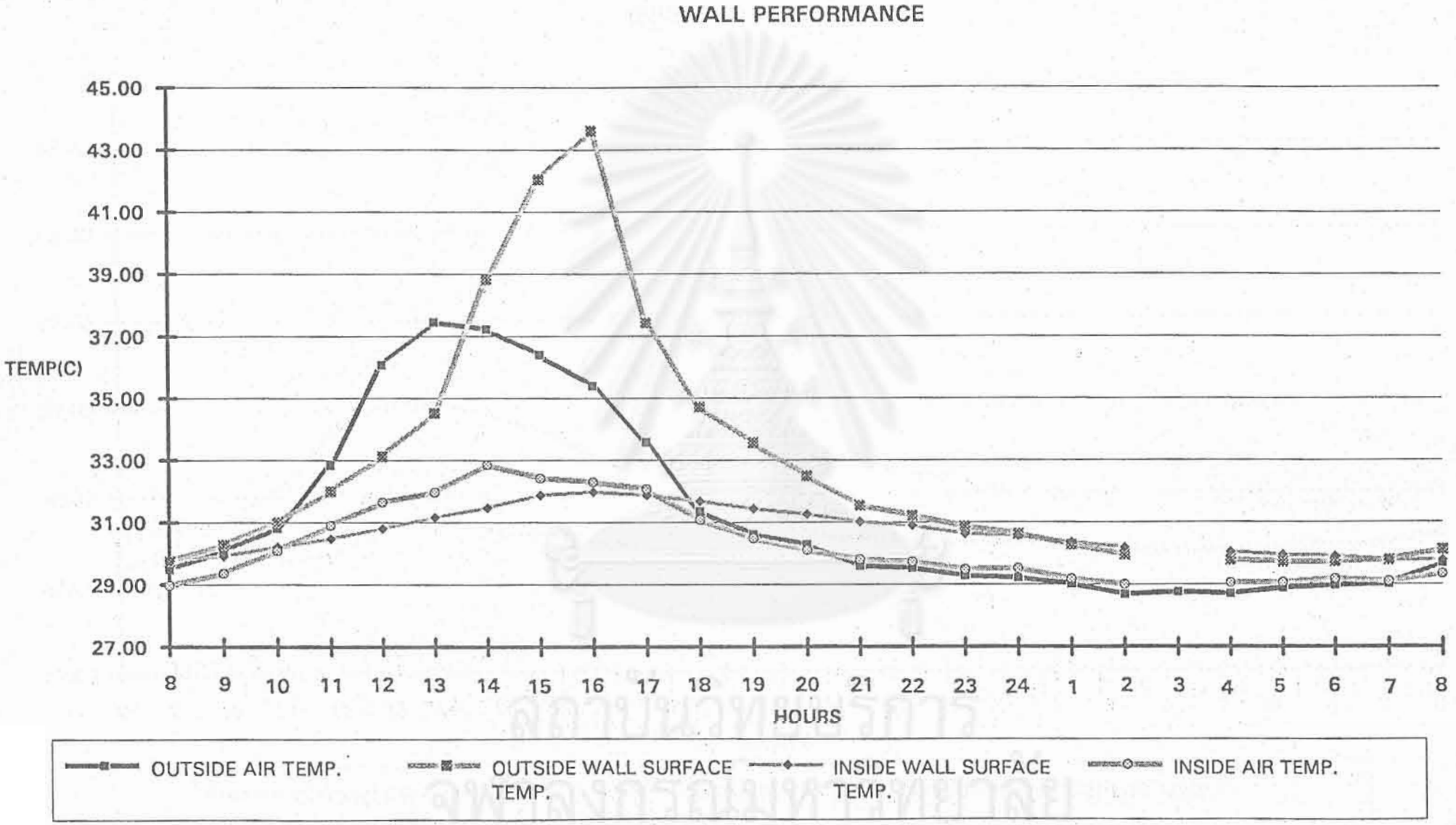
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



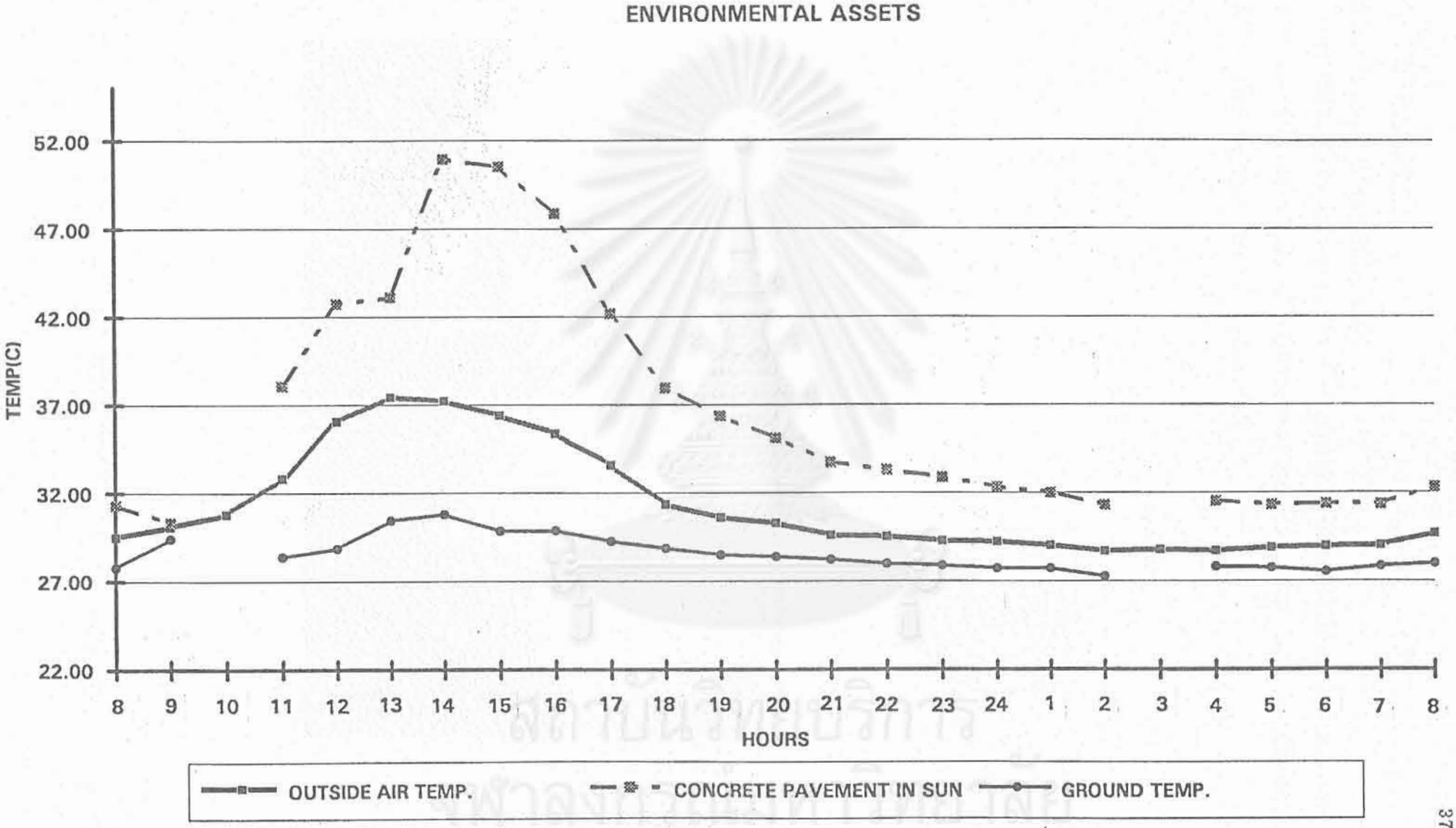
รูปที่ 13. กราฟแสดง Room Performance คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ



รูปที่ 14. กราฟแสดง Room Surface Performance คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ



รูปที่ 15. กราฟแสดง Wall Performance คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ

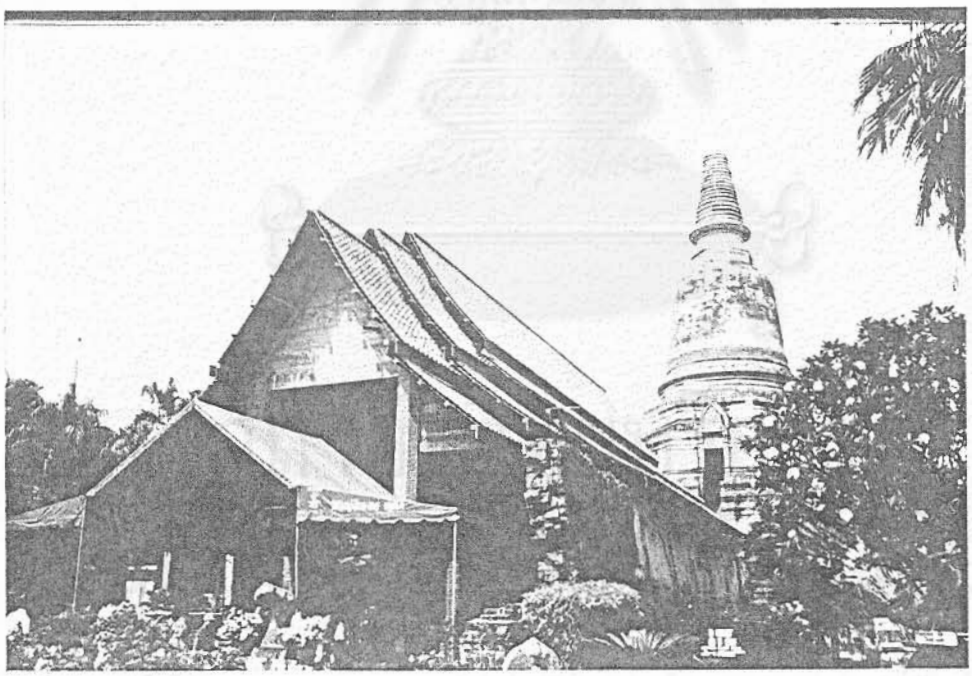


รูปที่ 16. กราฟแสดง Environmental Assets คณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ

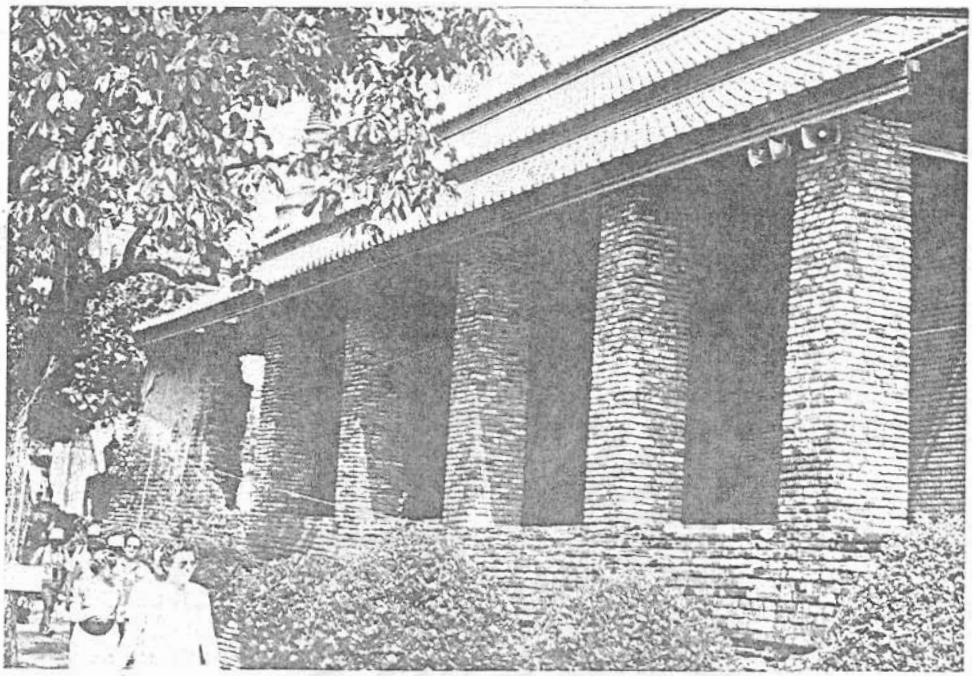
โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล อยุธยา

ลักษณะอาคาร (Building Description

เป็นโบสถ์ไทยสร้างแต่สมัยอยุธยา และมีการปรับปรุงบางส่วนเพื่อให้ใช้กิจกรรมทางศาสนาได้ โครงสร้างอาคารเป็นผนังรับน้ำหนักทำด้วยอิฐความหนาผนังประมาณ 0.40 เมตร ช่องเปิดภายในโบสถ์มีจำนวนน้อย รอบโบสถ์เป็นระเบียง (Colonade)



รูปที่ 17. โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล



รูปที่ 18. ระเบียงโบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล

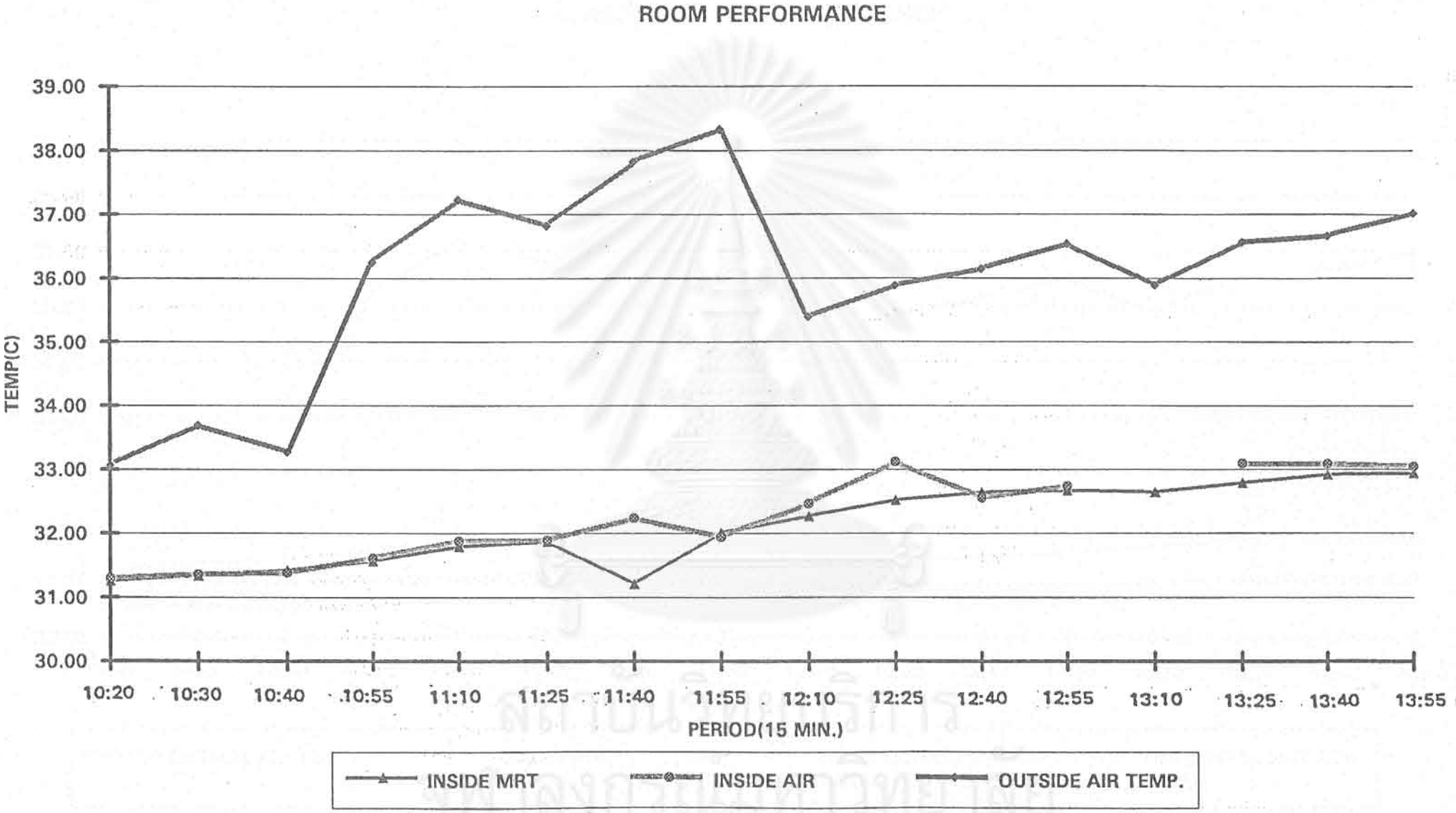
รูปที่ 19 ภายในโบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล

สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

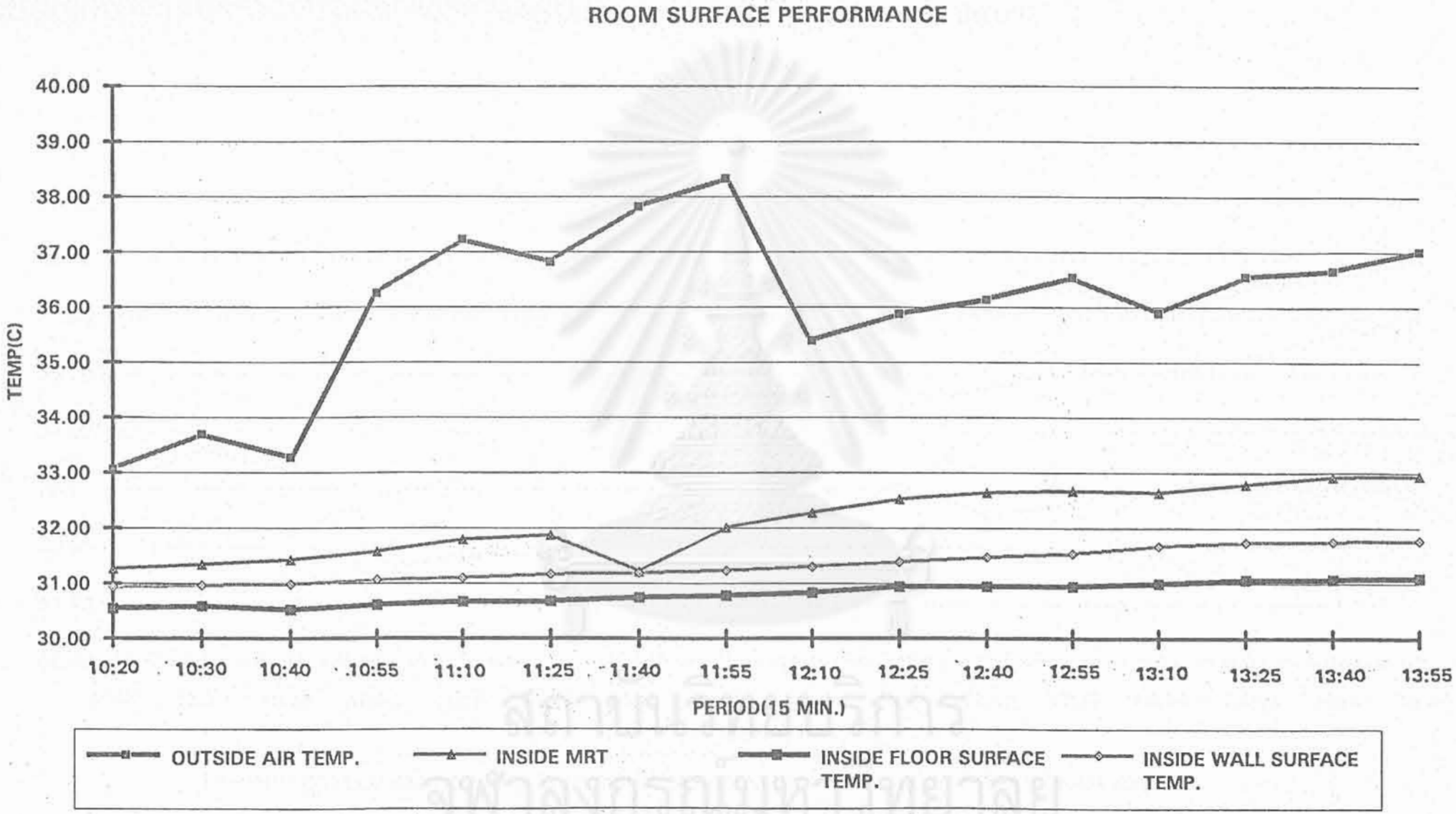
อุณหภูมิอากาศ และ MRT ภายในโบสถ์นั้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก ช่วงเวลาที่เข้าศึกษา 10.20-13.55 น. พบว่าอุณหภูมิอากาศ และ MRT ภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุดและสูงสุดประมาณ 1.77-6.39 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นผลมาจากมวลของอาคาร และการระบายอากาศอยู่ในจำนวนที่พอเหมาะอุณหภูมิผิวผนัง และพื้นภายในโบสถ์นั้นจะต่ำ และค่อนข้างคงที่จึงทำให้ MRT ภายในต่ำ อากาศภายในโบสถ์ที่ได้รับการถ่ายเทจากช่องเปิดเล็ก ๆ จำนวนไม่มาก ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ผู้ที่อยู่ในโบสถ์จึงรู้สึกเย็นสบายกว่าภายนอกมาก ระเบียงรอบโบสถ์ และชายคาก็มีส่วนช่วยปรับอุณหภูมิภายนอกให้ลดต่ำลงมา ซึ่งมีผลมาจากร่มเงา และมวลของอาคาร

ด้านทางเข้าโบสถ์ได้มีการต่อเติมหลังคาชั่วคราว ซึ่งใช้วัสดุสมัยใหม่แต่ขาดความเข้าใจที่ดี ทำให้ MRT ในส่วนนั้นขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งร้อนอยู่แล้ว (35.39-37.02 องศาเซลเซียส) MRT นั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1.10-1.22 องศาเซลเซียส ทำให้สภาพบริเวณนั้นร้อนกว่าปกติ

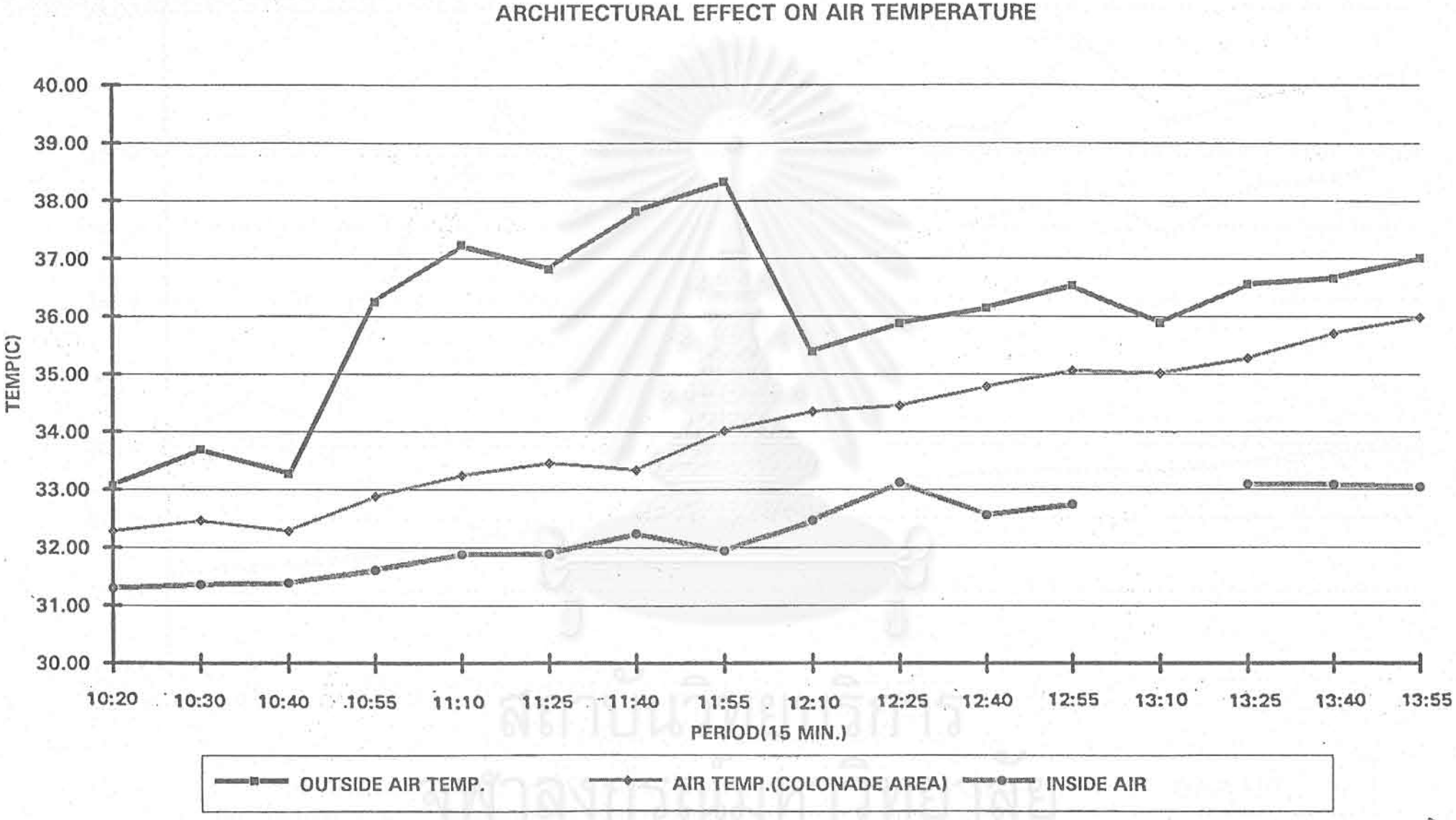
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



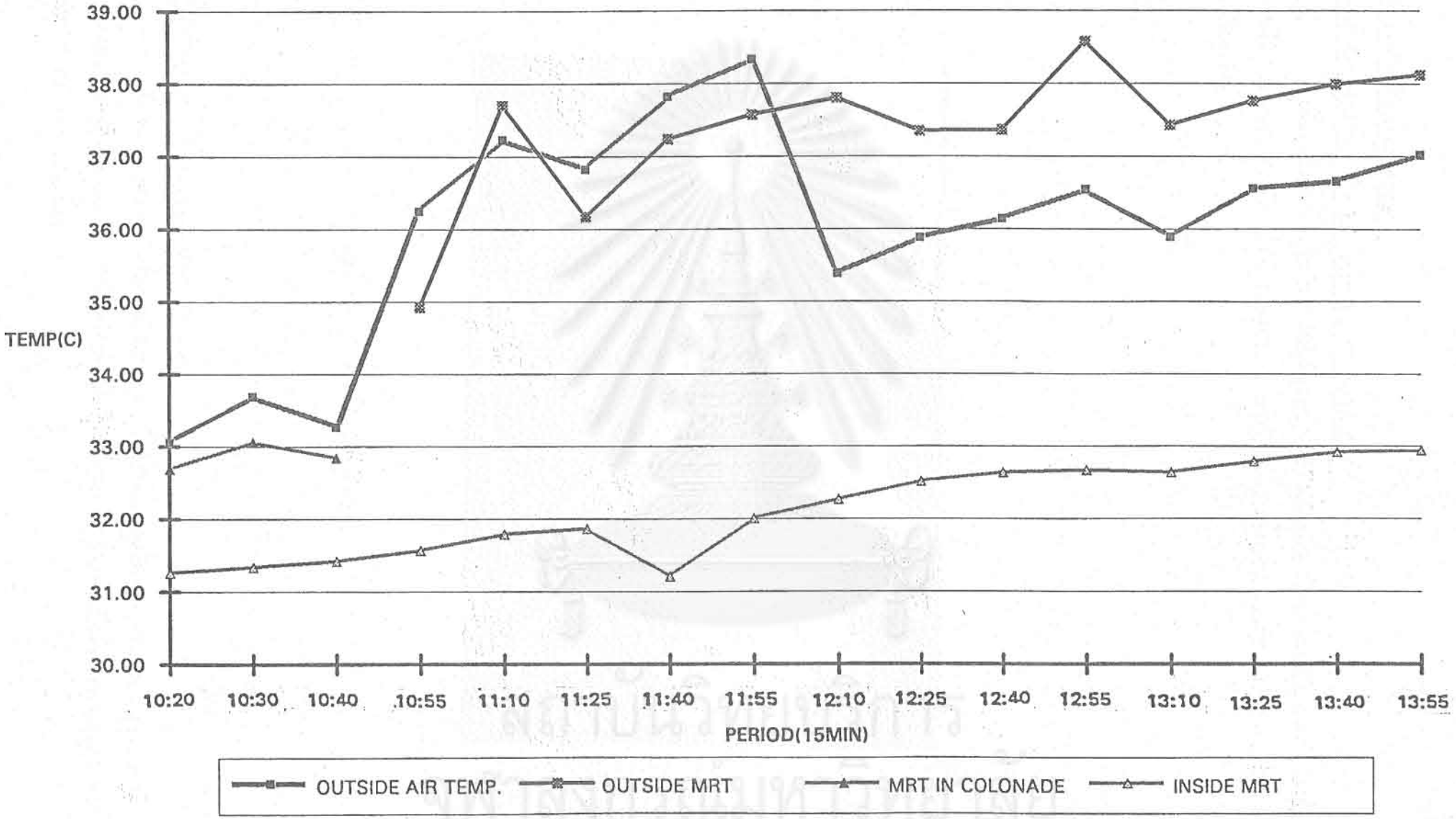
รูปที่ 20. กราฟแสดง Room Performance โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล



รูปที่ 21. กราฟแสดง Room Surface Performance โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล



รูปที่ 22. กราฟแสดง Architectural Effect on Air Temperature โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล



รูปที่ 23. กราฟแสดง MRT ในส่วนต่าง ๆ โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล

เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล อยุธยา

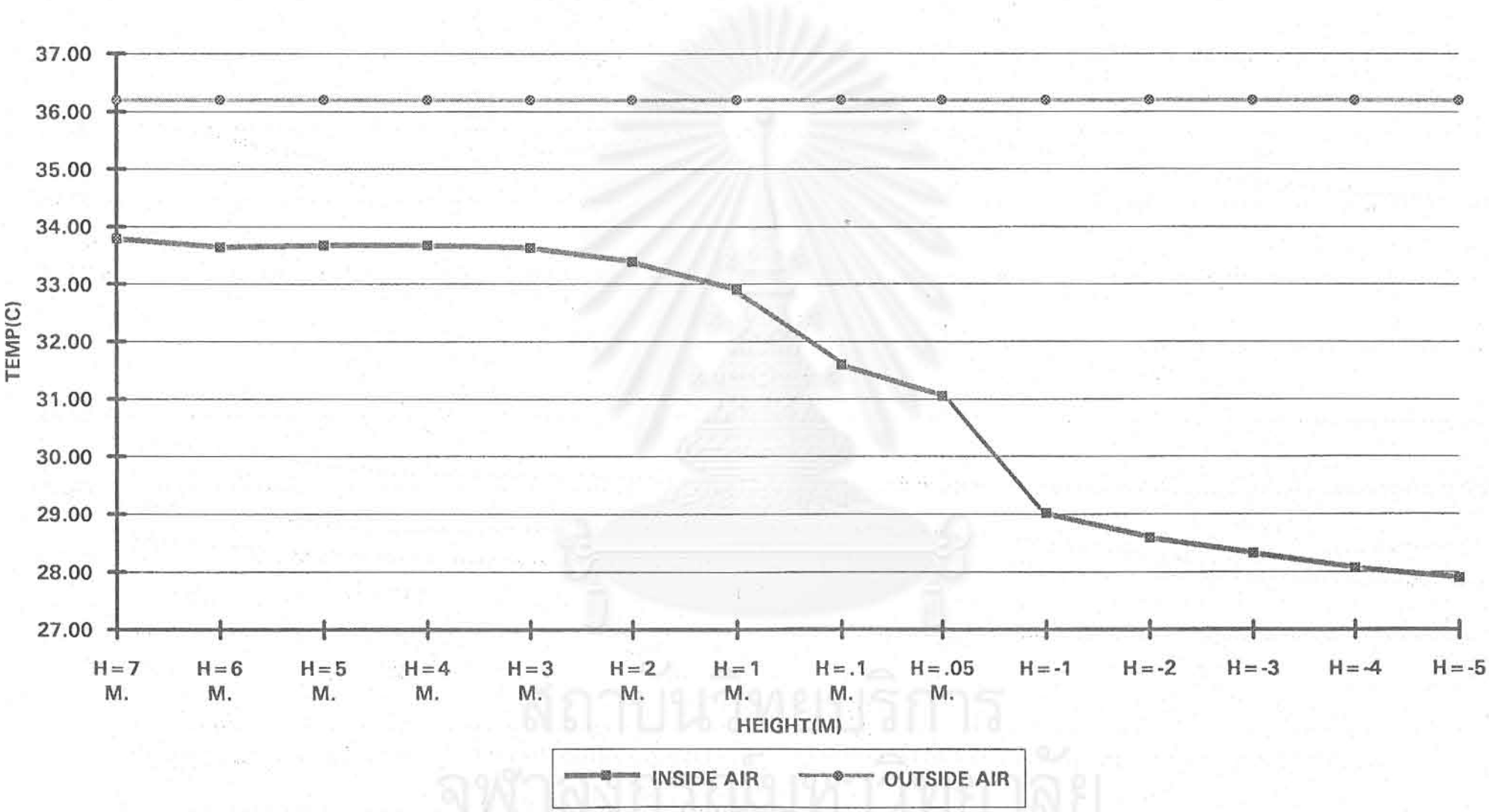
ลักษณะสถาปัตยกรรม (Architectural Description)

เป็นเจดีย์ขนาดใหญ่สร้างในสมัยอยุธยา ก่อสร้างด้วยอิฐ เป็นอาคารที่มีมวลมากเกือบตันทั้งเจดีย์ ชั้นบนภายในมีห้องเล็กๆ (Chamber) ประดิษฐานพระพุทธรูป และมีช่องส่งของจากชั้นล่างมาสู่ห้องเล็กๆ ชั้นบนนี้

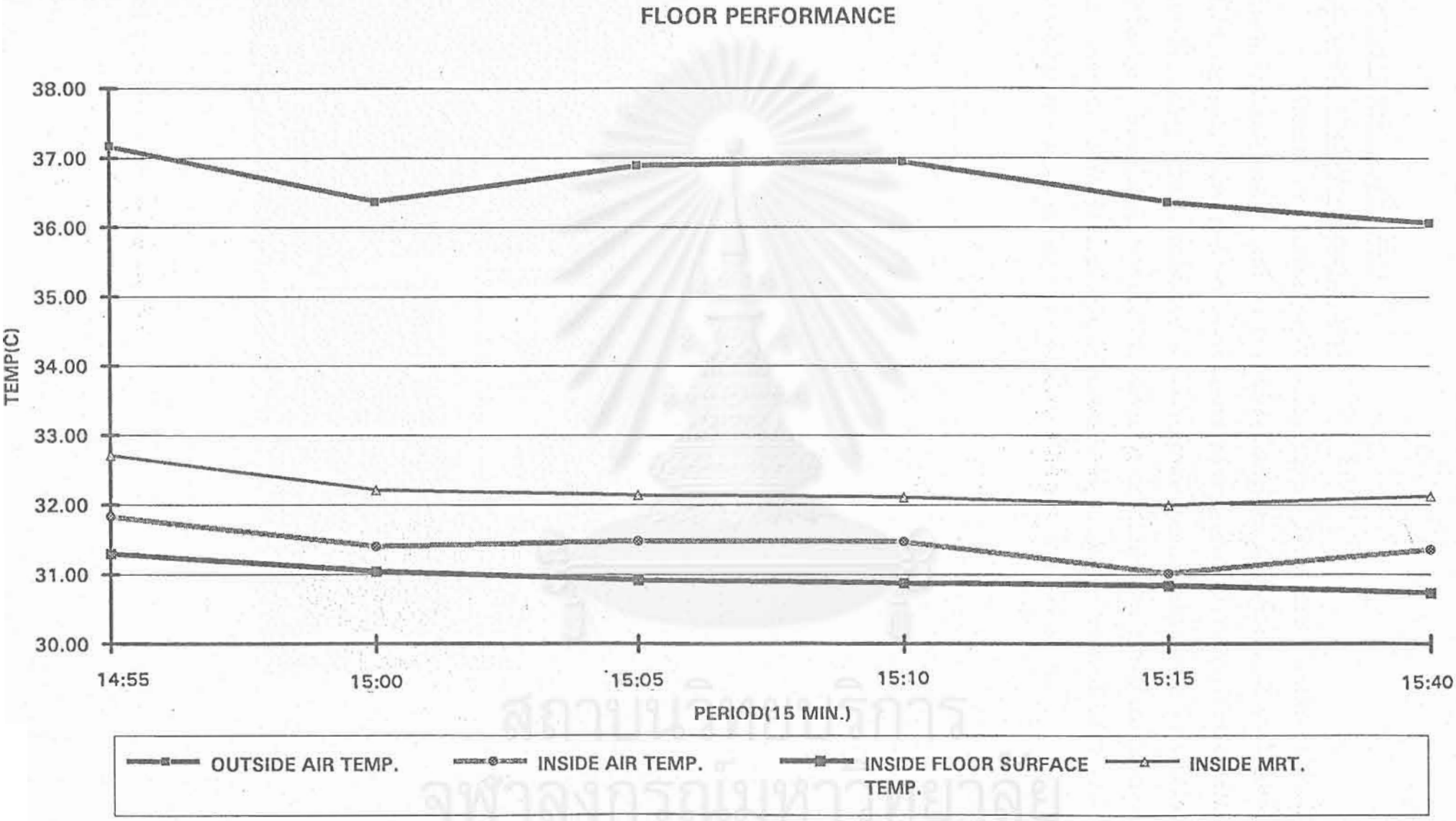
รูปที่ 24 เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล

สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

เนื่องจากมวลของอาคารขนาดมหาศาล จึงทำให้อุณหภูมิพื้นผิวภายในห้อง และอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกมาก ในช่วงร้อนจัดอุณหภูมิอากาศภายในโดยเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 5.21 องศาเซลเซียส



รูปที่ 26 กราฟแสดง Stratification and Mass Effect at Verious Height วัดใหญ่ชัยมงคล



รูปที่ 25 กราฟแสดง Room Performance เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล

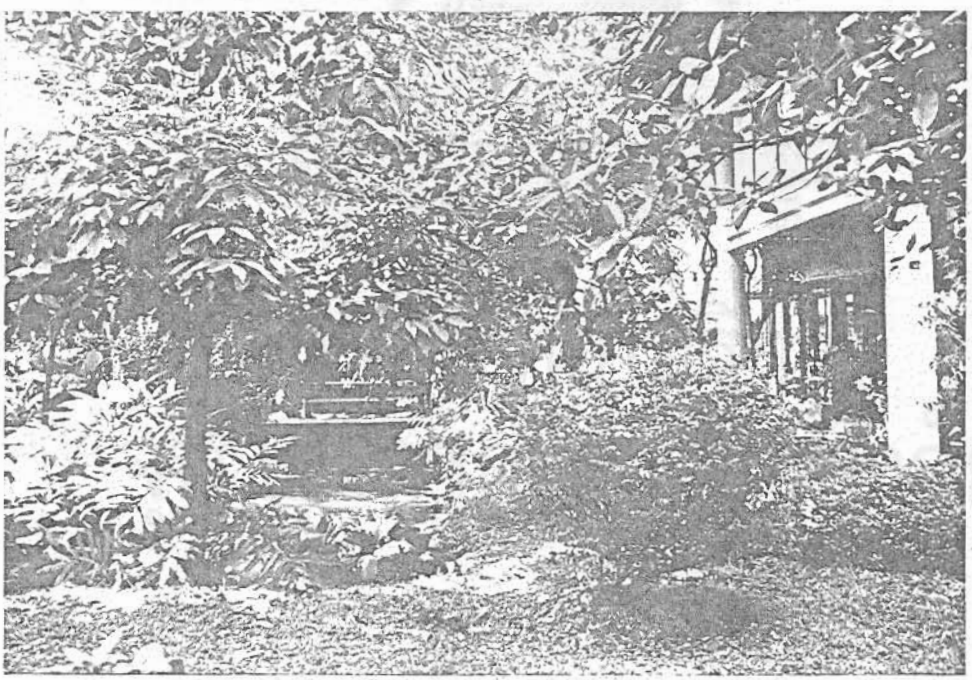
บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

ลักษณะอาคาร (Building Description)

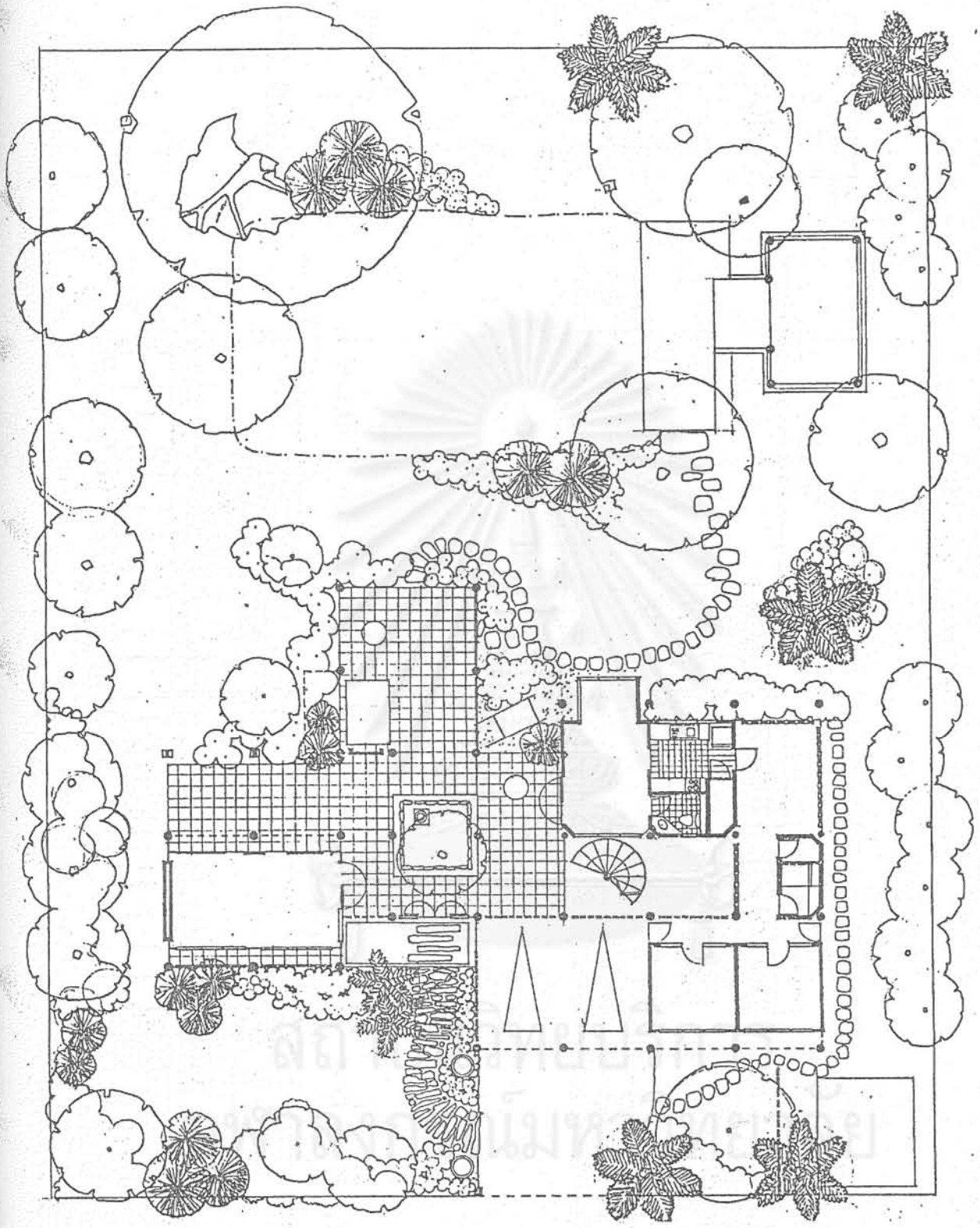
ลักษณะอาคารเป็นกลุ่มเรือนสองชั้นเชื่อมด้วยชาน ลักษณะรูปแบบอาคารและการจัดกลุ่มเป็นแบบเรือนไทยประยุกต์ โครงสร้างอาคารพื้นและหลังคาเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหลังคาได้ออกแบบให้มีการระบายอากาศระหว่างหลังคาและฝ้าเพดาน ตัวหลังคาเองยังได้ร่มเงาจากแผ่นกรองแสง ผนังอาคารชั้นล่างก่ออิฐ ส่วนชั้นบนเป็นผนังเบาตัวอาคารมีชายคากันแดดยื่นออกมายาวรอบด้านเช่นเดียวกับเรือนไทย มีช่องเปิดรอบอาคารเพื่อให้ลมพัดผ่านเข้ามาภายในได้สะดวก สภาพที่ตั้งอาคารมีขนาด 300 ตารางวา ตัวบ้านล้อมรอบด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่ซึ่งให้ร่มเงาแก่ตัวอาคาร ทางด้านทิศใต้ของอาคารเป็นสวนขนาดใหญ่ประกอบด้วย บ่อน้ำ ต้นไม้ใหญ่ ต้นไม้พุ่มและพืชคลุมดิน

รูปที่ 27 บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

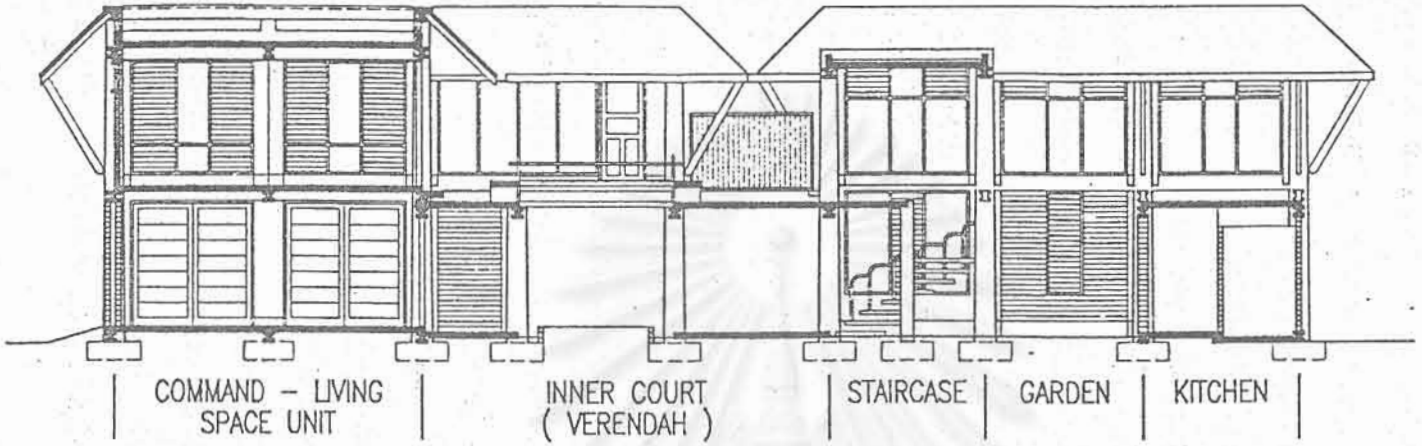
รูปที่ 28 บริเวณคอร์ทชั้น 2 บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส



รูปที่ 29 สภาพที่ตั้งที่ก่อให้เกิด Microclimate

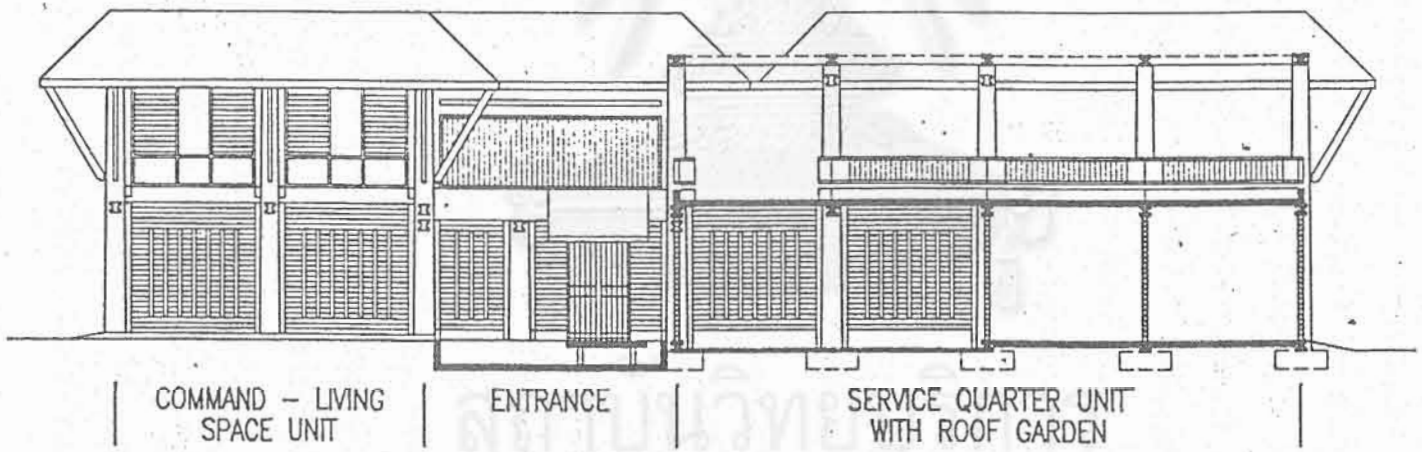


รูปที่ 30 ผังบริเวณและผังพื้นชั้นล่าง บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส



SECTION C–C

0 1 2 3 5 m.



SECTION D–D

0 1 2 3 5 m.

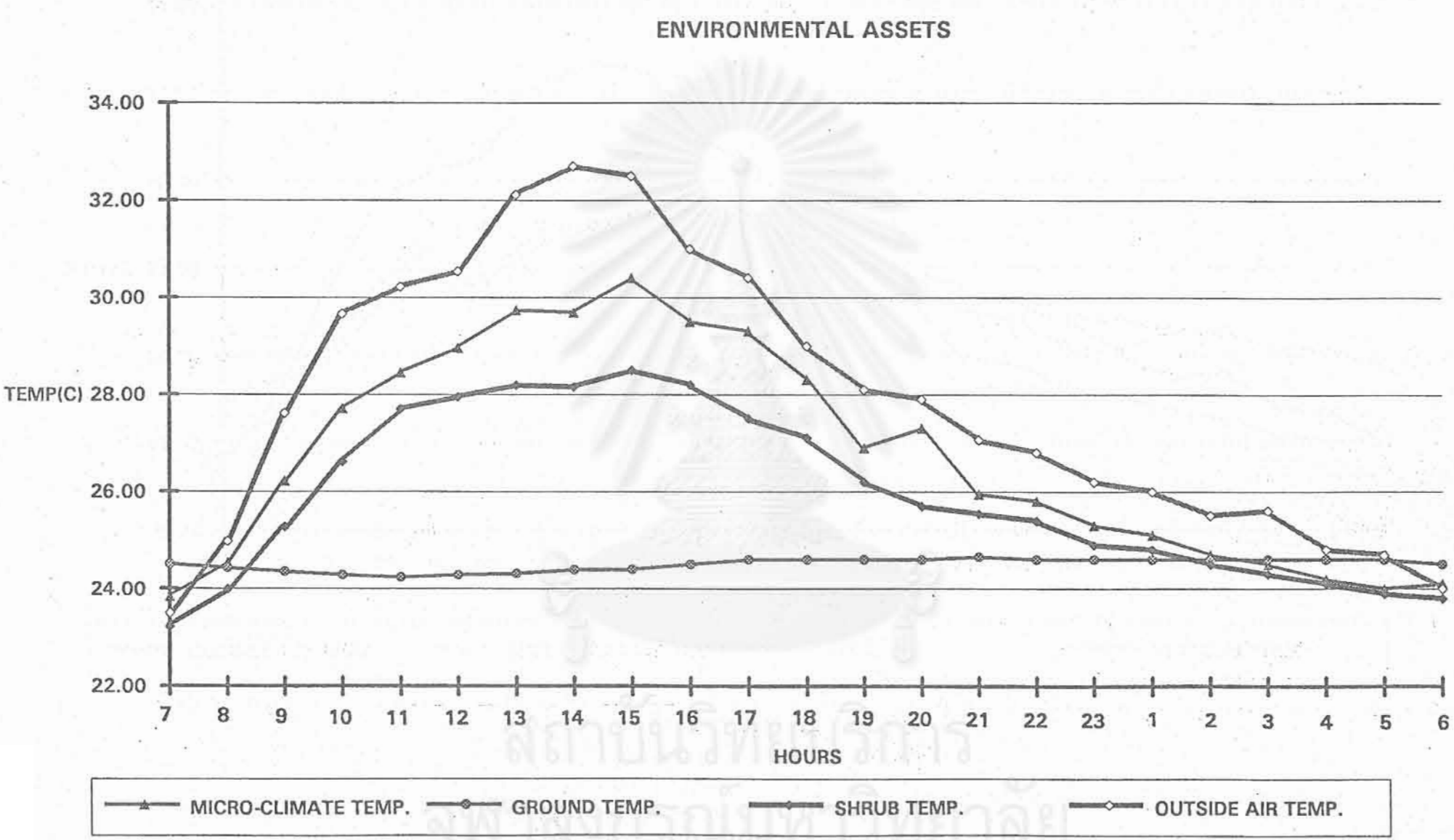
รูปที่ 31 รูปตัดอาคาร

สภาพสภาวะอาคาร (BUILDING PERFORMANCE)

เนื่องจากรอบอาคารได้รับการออกแบบให้มีต้นไม้ใหญ่ช่วยบังเงาแก่ตัวอาคารและสวนทางด้านทิศใต้ประกอบด้วย บ่อน้ำ ต้นไม้ขนาดใหญ่ ขนาดเล็กและพืชคลุมดินจำนวนมากทำให้สภาพ Microclimate แตกต่างจากสภาพอากาศภายนอกตลอดทั้งวันทั้งคืน ในช่วงกลางวันที่ร้อนจัดนั้น Microclimate มีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกถึง 3.01 องศาเซลเซียส และโดยเฉลี่ยมีอุณหภูมิช่วงกลางวันต่ำกว่า 1.46 องศาเซลเซียสและกลางคืนต่ำกว่า 0.81 องศาเซลเซียส ผลจากต้นไม้ใหญ่และสภาพ Microclimate ที่เย็นนั้น ทำให้ได้ข้อได้เปรียบแก่ตัวอาคารคือ สามารถตัด Solar Radiation Heat Gain,Sol-air Heat Gain และสามารถลด Conduction Heat Gain อีกทั้งการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่เอาอากาศภายนอกเข้ามาในอาคารก็เป็นอากาศที่เย็นกว่าปกติ

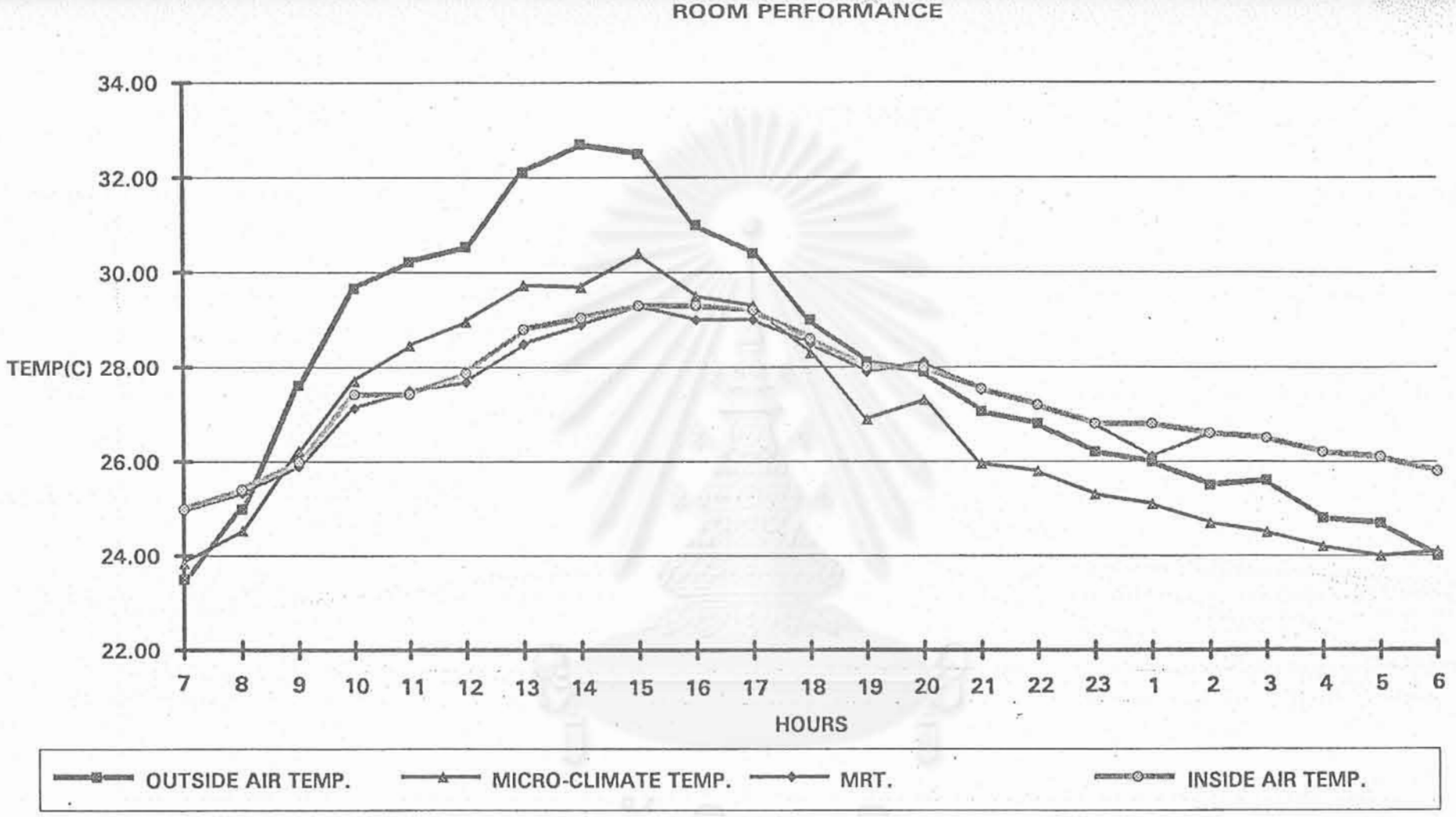
อาคารส่วนชั้นล่างได้รับการออกแบบให้ได้ประโยชน์จากดินซึ่งมีอุณหภูมิคงที่และเย็นตลอดวัน จึงทำให้ชั้นอาคารนั้นเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงของกลางวันและหัวค่ำ (22.00 น.) ประกอบกับไม่มี Solar Radiation Heat Gain จึงทำให้ MRT ภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจากผลอันนี้ประกอบกับอุณหภูมิ Microclimate ที่เย็นกว่าจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกในช่วงกลางวันและหัวค่ำ (19.00 น.) โดยเฉลี่ยต่ำกว่า 1.61 องศาเซลเซียส และในช่วงร้อนจัดต่ำกว่า 3.66 องศาเซลเซียส ในช่วงหัวค่ำ (19.00 น.) จนถึงรุ่งเช้า (8.00 น.) อุณหภูมิอากาศภายในห้องก็ลดต่ำลงเป็นลำดับตามสภาพอากาศภายนอกแต่อุณหภูมิภายในห้องยังสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ย 0.91 องศาเซลเซียส ทั้งนี้นั้นเป็นผลมาจากมวลของอาคารชั้นล่างซึ่งสะสมความร้อนในช่วงเวลากลางวันจึงคายความร้อนออกมาในช่วงกลางคืน อีกทั้งสภาพต้นไม้ใหญ่รอบอาคารที่ขึ้นหนาแน่นทำให้การระบายอากาศโดย Cross Ventilation แทบจะไม่มี การพัดพาอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศร้อนภายในและพัดพาความร้อนที่สะสมในมวลอาคารโดยอาศัยอากาศเย็นจากภายนอกไม่สามารถเกิดขึ้นได้ จึงเป็นผลทำให้อุณหภูมิอากาศในห้องสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก Thermal Time Lag ของอาคารชั้นล่างอยู่ในช่วงประมาณ 2-3 ชั่วโมง

ลักษณะของอุณหภูมิอากาศภายในของห้องชั้นบนมีลักษณะคล้ายกับชั้นล่าง แต่ในส่วนชั้นบนของอาคารเนื่องจากไม่มีความเย็นของดินเข้ามาช่วยและมีความร้อนจากหลังคาเข้ามาสู่ห้องได้บ้างจึงทำให้ MRT ภายในห้องนั้นสูงกว่า MRT ห้องชั้นล่างโดยเฉลี่ย 1.01 อาศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในห้องชั้นบนสูงกว่าห้องชั้นล่างโดยเฉลี่ย 0.83 องศาเซลเซียส Thermal Time Lag ของชั้นบนประมาณ 3 ชั่วโมง หลังคาของชั้นบนเนื่องจากได้รับการออกแบบให้มีการระบายอากาศใต้หลังคาที่ดีจึงทำให้ Heat Gain จากหลังคานั้นไม่สูงมากนัก ผนังซึ่งเป็นผนังเบาไม่สะสมความร้อนและไม่หน่วงความร้อน อุณหภูมิผิวผนังภายในและอุณหภูมิของอากาศภายในจะใกล้เคียงกันตลอดเวลา



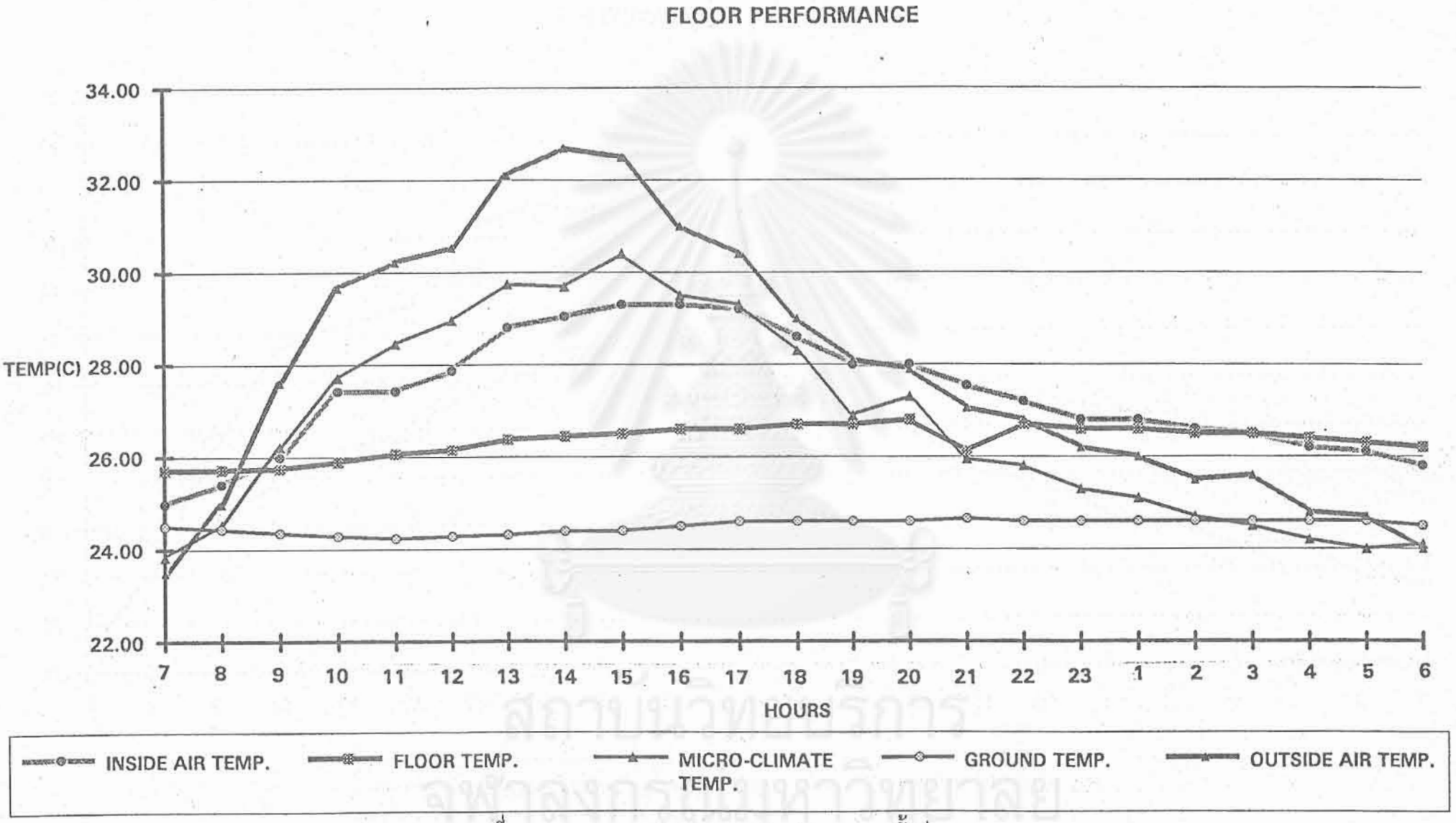
รูปที่ 32 กราฟแสดง Envinonmentat Assets

บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

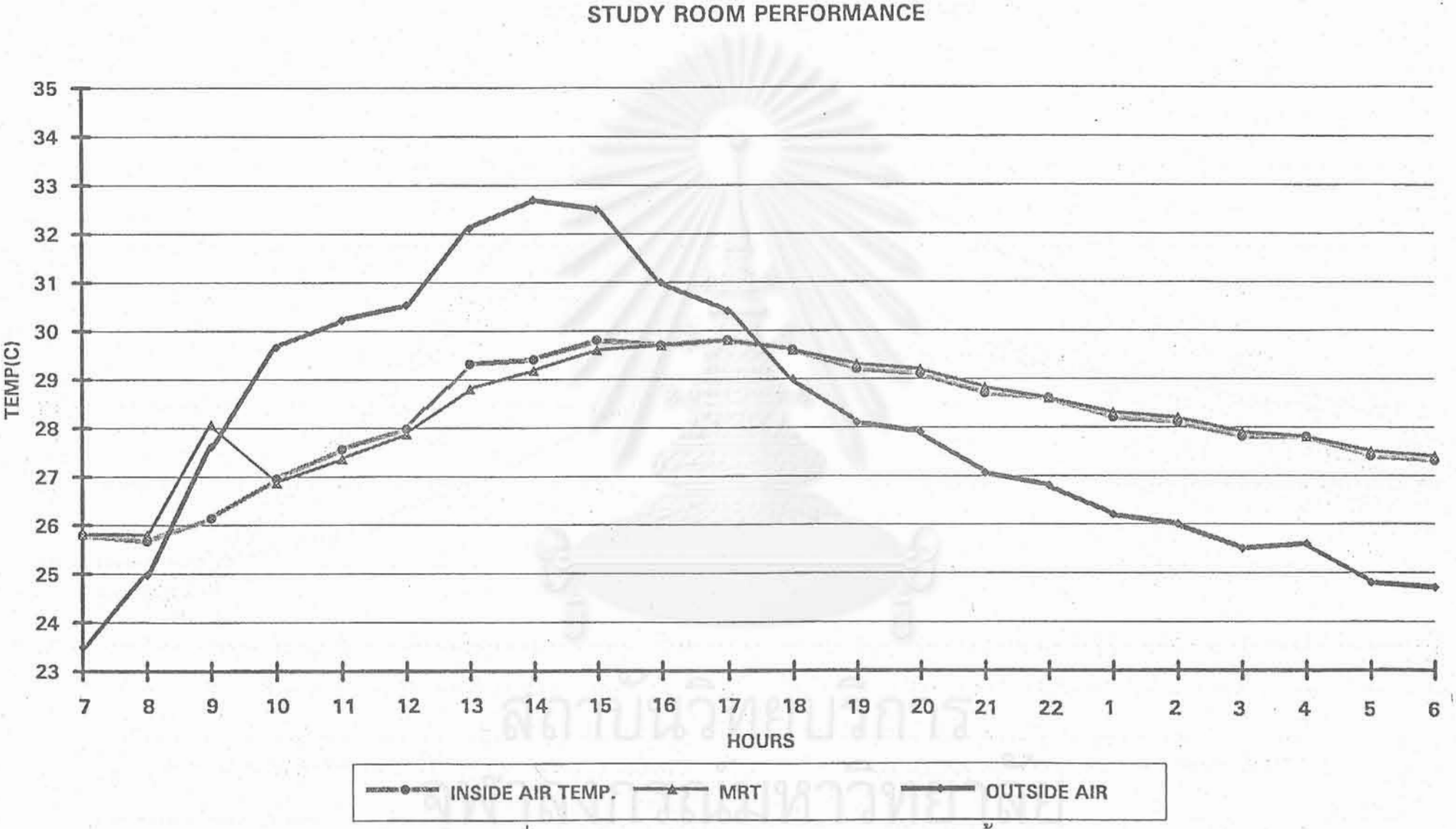


รูปที่ 33 กราฟแสดง Room Performance ชั้นล่าง
บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

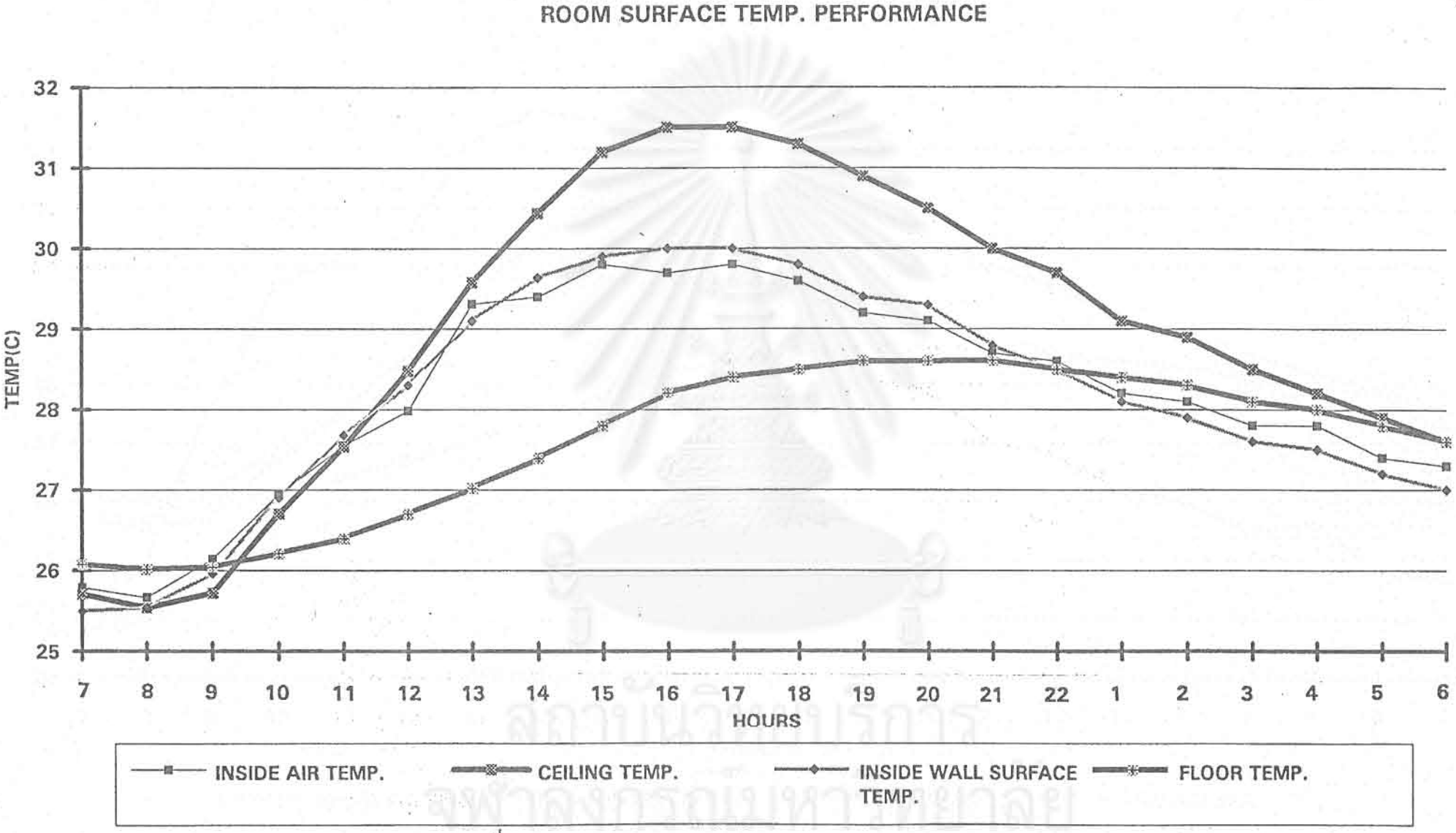
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



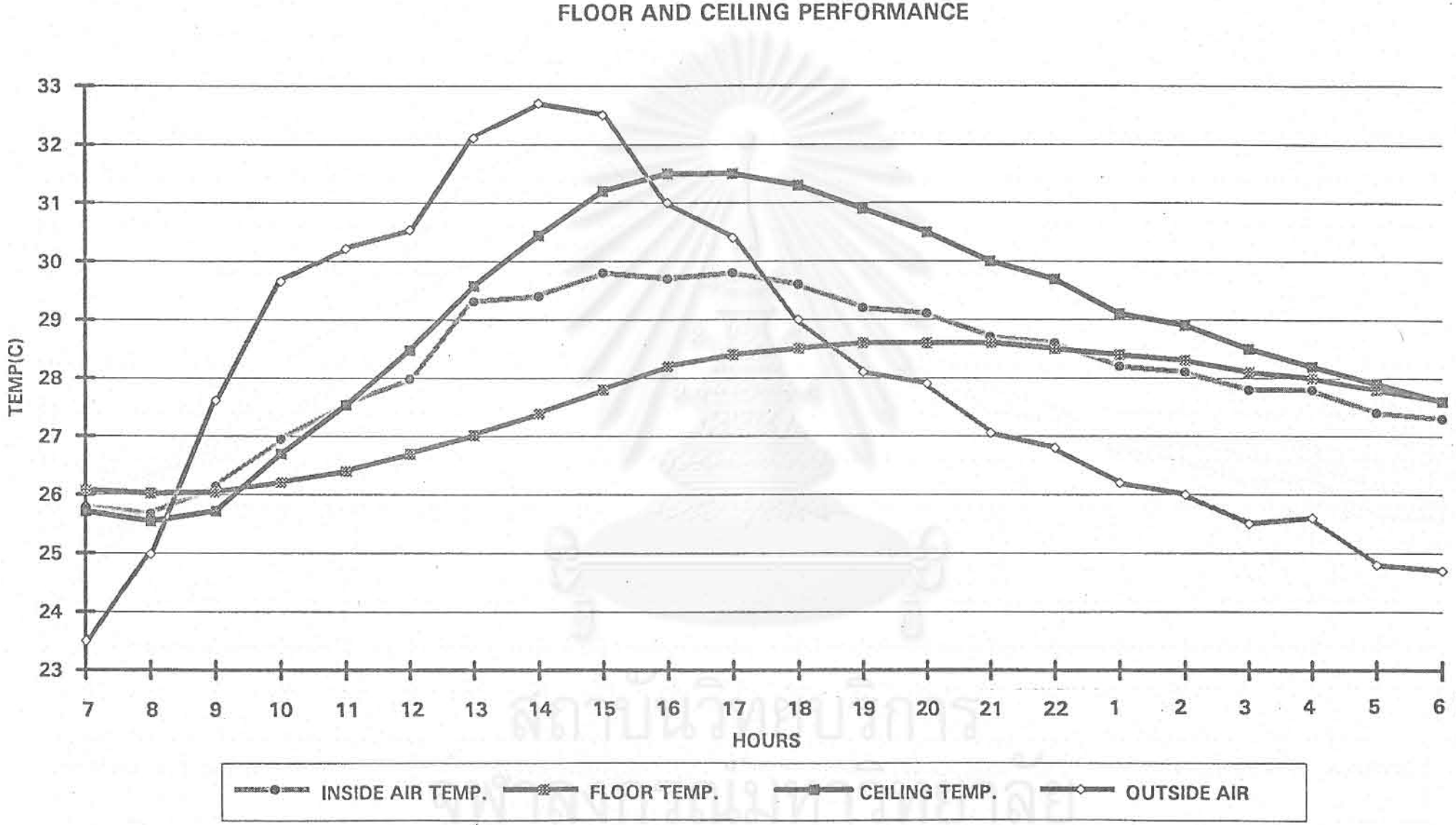
รูปที่ 34 กราฟแสดง Floor Performance ชั้นล่าง
บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส



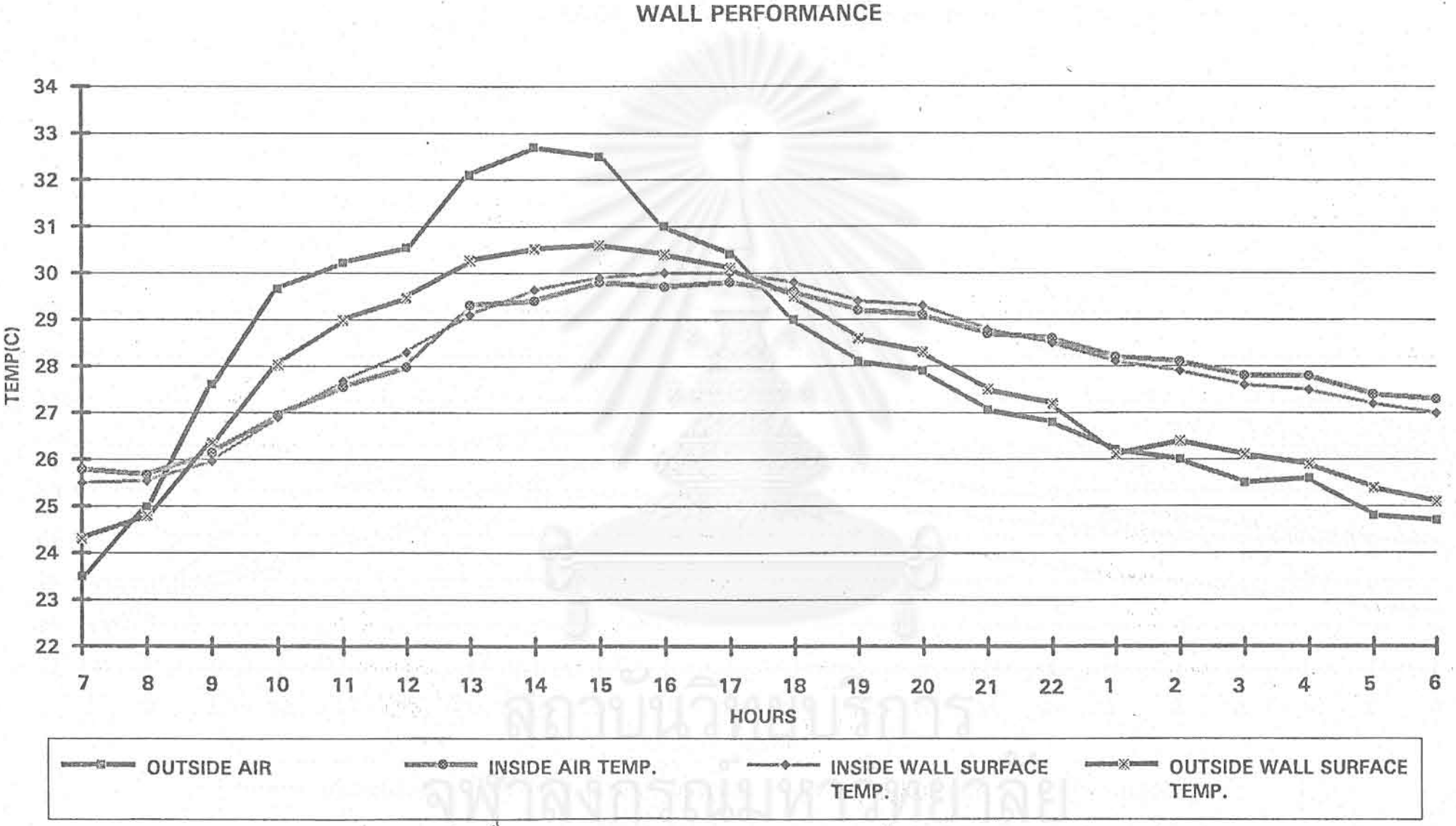
รูปที่ 35 กราฟแสดง Study Room Performance ชั้นสอง
บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส



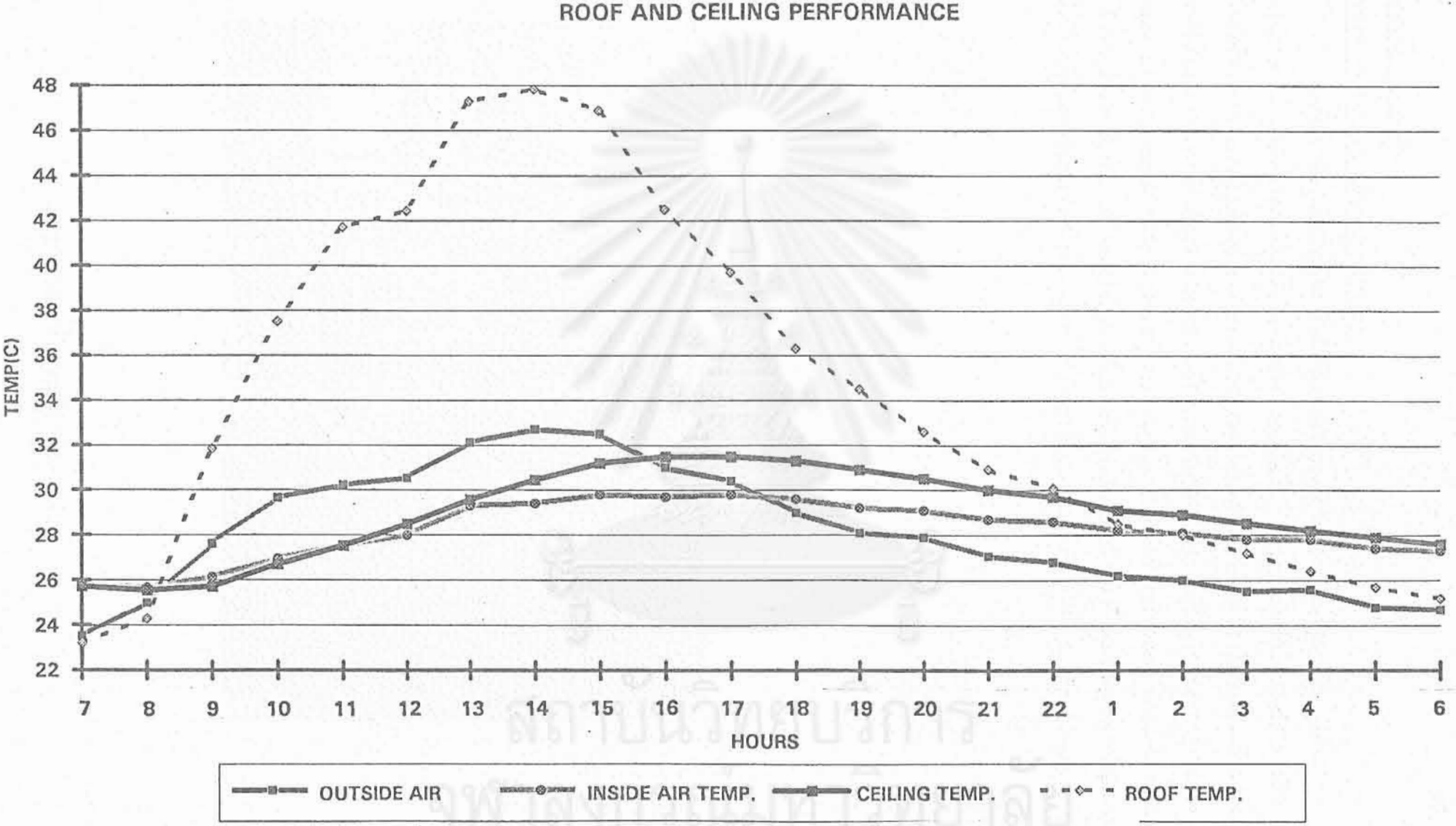
รูปที่ 36 กราฟแสดง Study Room Surface Performance
ชั้นสอง บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส



รูปที่ 37 กราฟแสดง Floor and Ceiling Performance
ห้อง Study Room ชั้นสอง บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส



รูปที่ 38 กราฟแสดง Wall Performance ห้อง Study Room ชั้นสอง บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

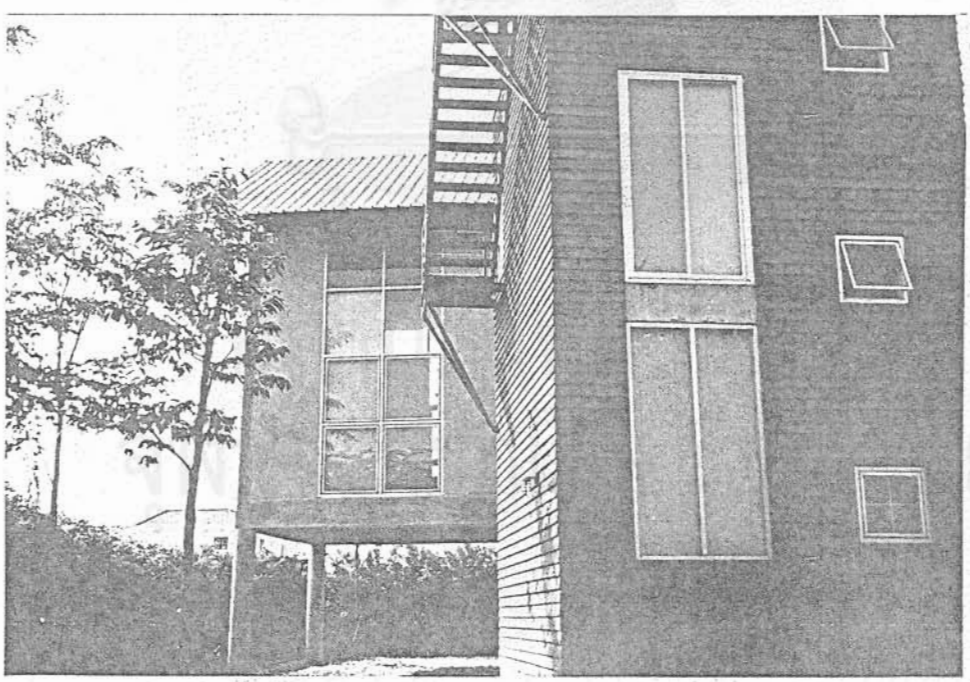


รูปที่ 39 กราฟแสดง Roof and Ceiling Performance ห้อง Study Room ชั้นสอง บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

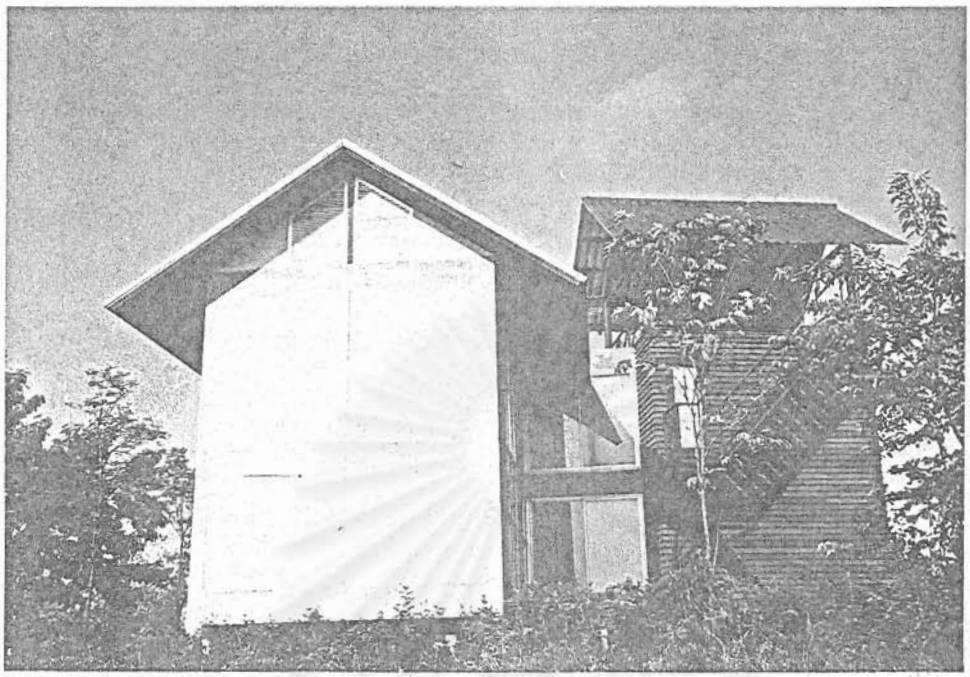
บ้านคุณนลินี จินดาวณิค

ลักษณะอาคาร (Building Description)

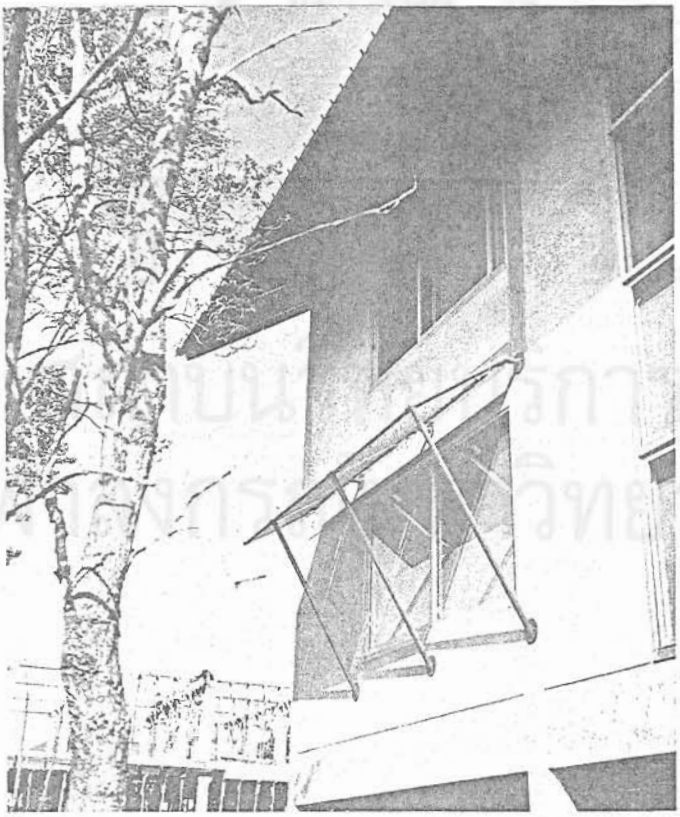
ลักษณะอาคารเป็นบ้านพักอาศัยที่ได้รับการออกแบบ โดยอาศัยแนวความคิดบางส่วนจากเรือนไทยโบราณ เช่น การยกใต้ถุนสูงเป็นกลุ่มอาคารขนาดเล็ก มีการประยุกต์ใช้วัสดุสมัยใหม่เข้ามาใช้ก่อสร้าง การออกแบบเน้นถึงการถ่ายเทอากาศภายในอาคารด้วยวิธีธรรมชาติ การป้องกันแสงแดดเข้ามาในตัวอาคาร การป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายใน และรวมถึงการใช้มวลภายในอาคารที่มีลักษณะ Light Weight Mass โครงสร้างอาคารและพื้นเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบผนังภายนอกและหลังคา มีระบบป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อน ผนังภายในเป็นผนังเบาทั้งหมด สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นพื้นที่โล่งมีพืชคลุมดินและต้นไม้เล็ก สภาพ Microclimate ไม่แตกต่างจาก Macroclimate



รูปที่ 39A บ้านคุณนลินี จินดาวณิค



รูปที่ 39B บ้านคุณลินี จินดาวณิค



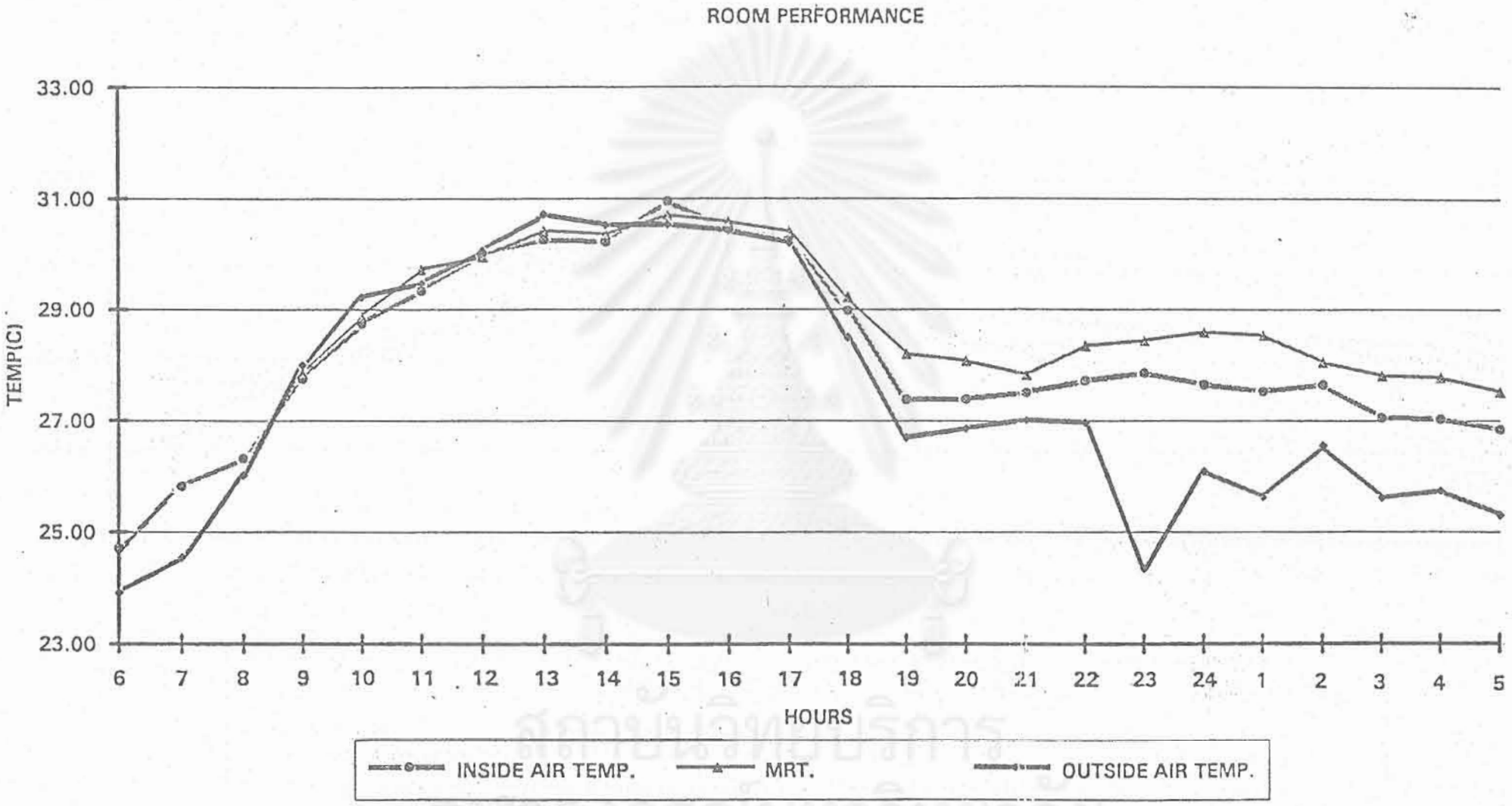
รูปที่ 39C ลักษณะช่องเปิดและการกันแดดบ้านคุณลินี จินดาวณิค

สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

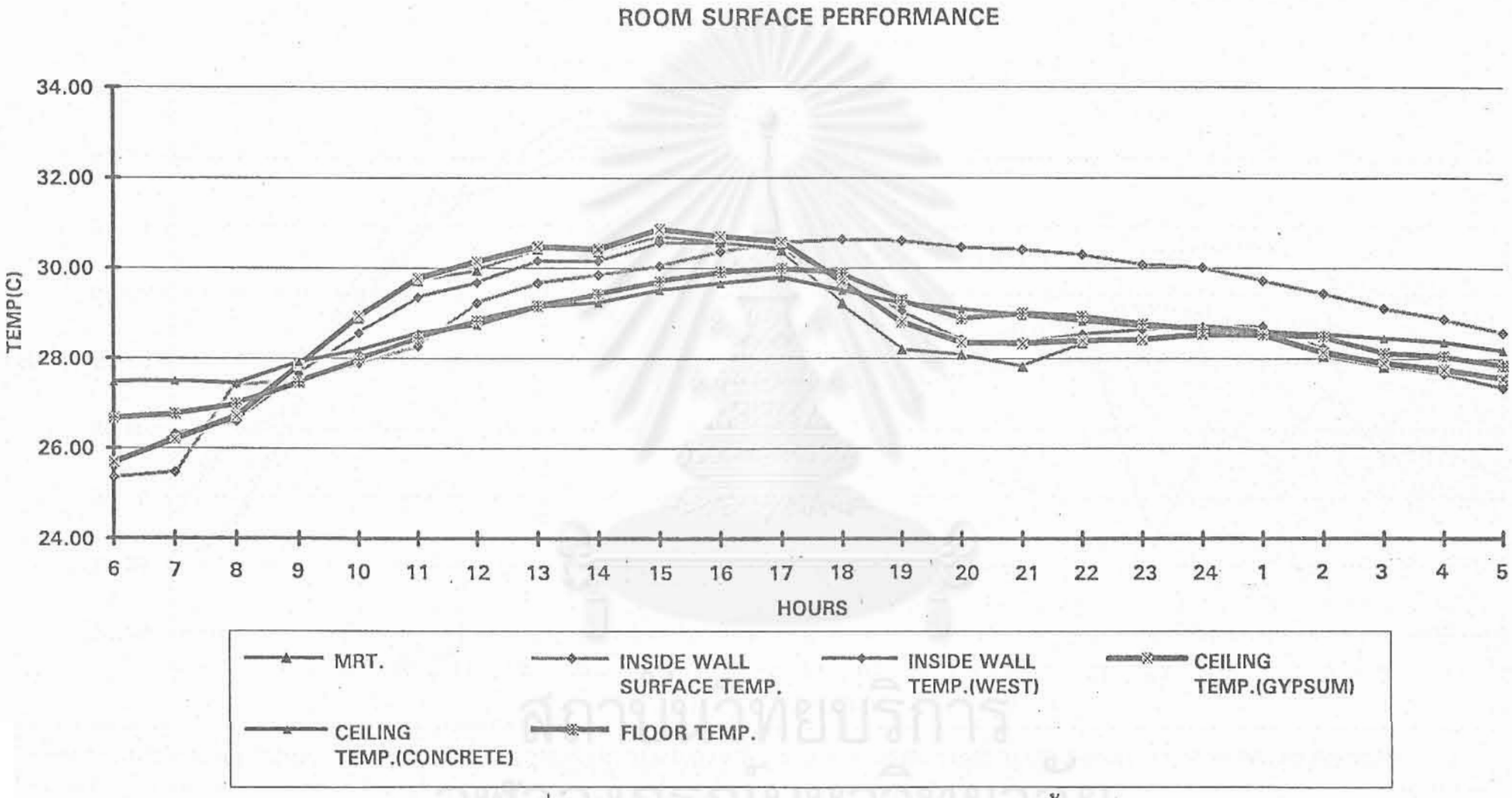
ในส่วนชั้นบนซึ่งใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติด้วยวิธี Cross Ventilation ตัวอาคารสามารถปรับสภาพภายในในช่วงเวลากลางวัน ให้มีอุณหภูมิและ MRT ภายในห้อง ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้เล็กน้อยอันเป็นผลมาจาก Heat Gain ที่ผ่านเข้ามาทางผนังและหลังคาไม่มากจึงทำให้อุณหภูมิพื้นผิวภายในห้องไม่ขึ้นสูงตามอุณหภูมิหลังคาและผนังภายนอก ส่วนในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิภายในห้องและ MRT ไม่สามารถลดลงตามอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ สืบเนื่องจากมวลภายในอาคารและการระบายอากาศแบบ Cross Ventilation เพียงอย่างเดียว ความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลอาคารช่วงเวลากลางวันไม่สามารถระบายออกมาได้ทันกับอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลากลางคืนที่ลดลง เนื่องจากในวันที่เก็บข้อมูลช่วงเวลากลางคืนสภาพลมสงัด การระบายความร้อนออกจากตัวห้องโดยอาศัยอากาศภายนอกที่เย็นกว่ามาแทนที่อากาศภายในและผัดผา (Flush) เอาความร้อนที่สะสมในพื้นผิวต่างๆ ในห้องออกไปกระทำไม่ได้จึงเป็นผลทำให้ MRT และอุณหภูมิอากาศในห้องยังสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

ในส่วนของชั้นล่างใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติด้วยวิธี Stack Ventilation จำนวนน้อย อาศัยความเย็นจากดินเข้ามาทำความเย็นให้กับพื้น การไม่มีแสงแดดเข้ามาสู่ภายใน และการที่ผนังมีระบบป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกมาสู่ภายในที่ดี สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในและ MRT ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ตลอดช่วงกลางวันและหัวค่ำ (20.00 น.) หรือพูดอีกนัยหนึ่งคือข้างในห้องเย็นกว่าภายนอก ในช่วงร้อนจัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องและ MRT ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1.45 และ 2.39 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศภายในและ MRT โดยเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายนอก 0.46 และ 0.73 ตามลำดับ

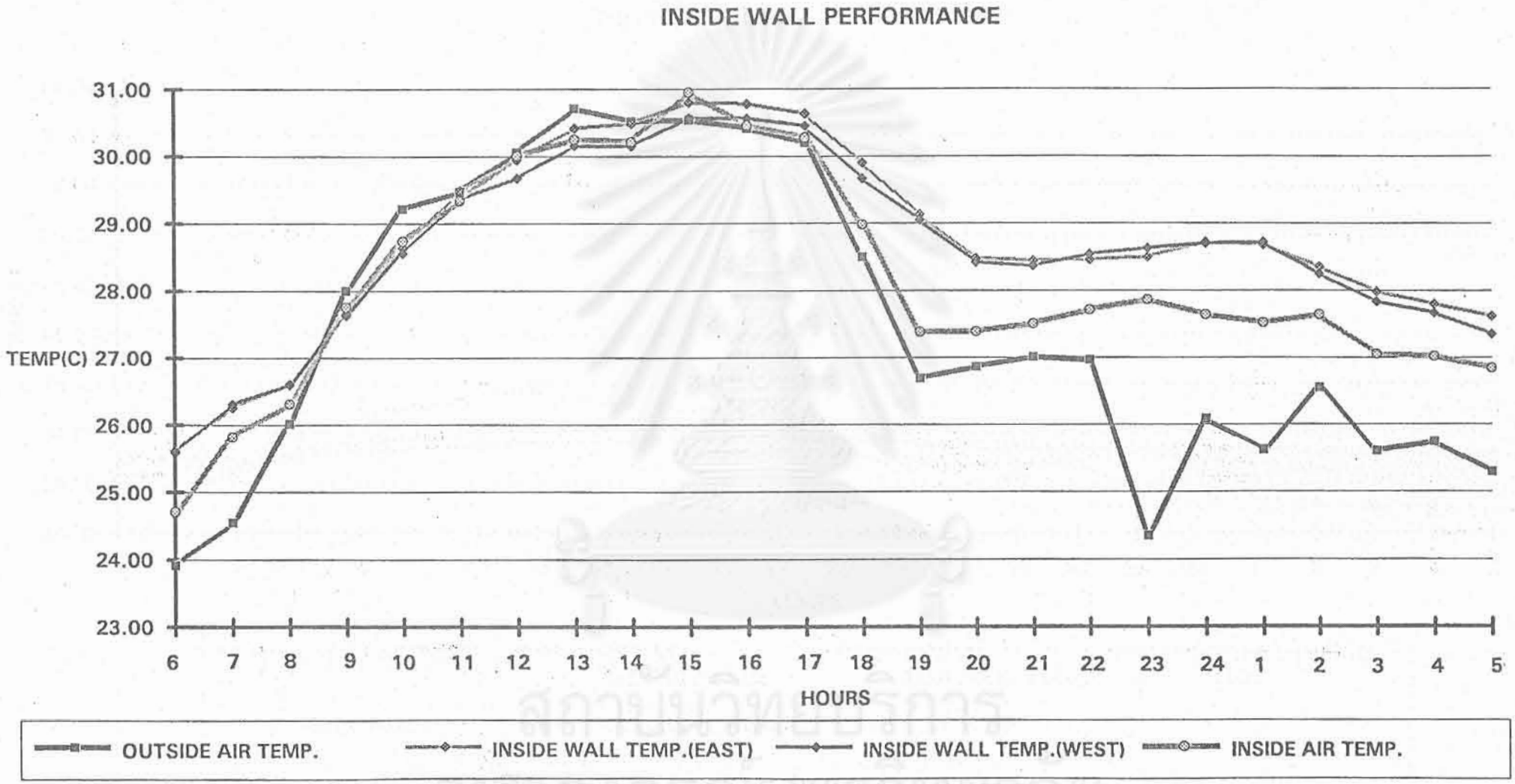
ชายคาของอาคารที่ยื่นออกไปยาวและทำมุมกดเหมือนเรือนไทยโบราณมีผลช่วยให้ป้องกันแดดและ Diffused Radiation จากเมฆได้ดี ทำให้อุณหภูมิผิวผนังภายนอกไม่ขึ้นสูงจนเกินไปในช่วงกลางวัน ในช่วงเวลากลางคืนการถ่ายเทรังสีความร้อนระหว่างผิวภายนอกอาคารและท้องฟ้าสามารถทำให้อุณหภูมิผนังและหลังคาลดต่ำลงมาได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุ พื้นผิวและสีผิว อาทิหลังคาอาคารซึ่งเป็นโลหะในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวจะลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ย 2.31 องศาเซลเซียส



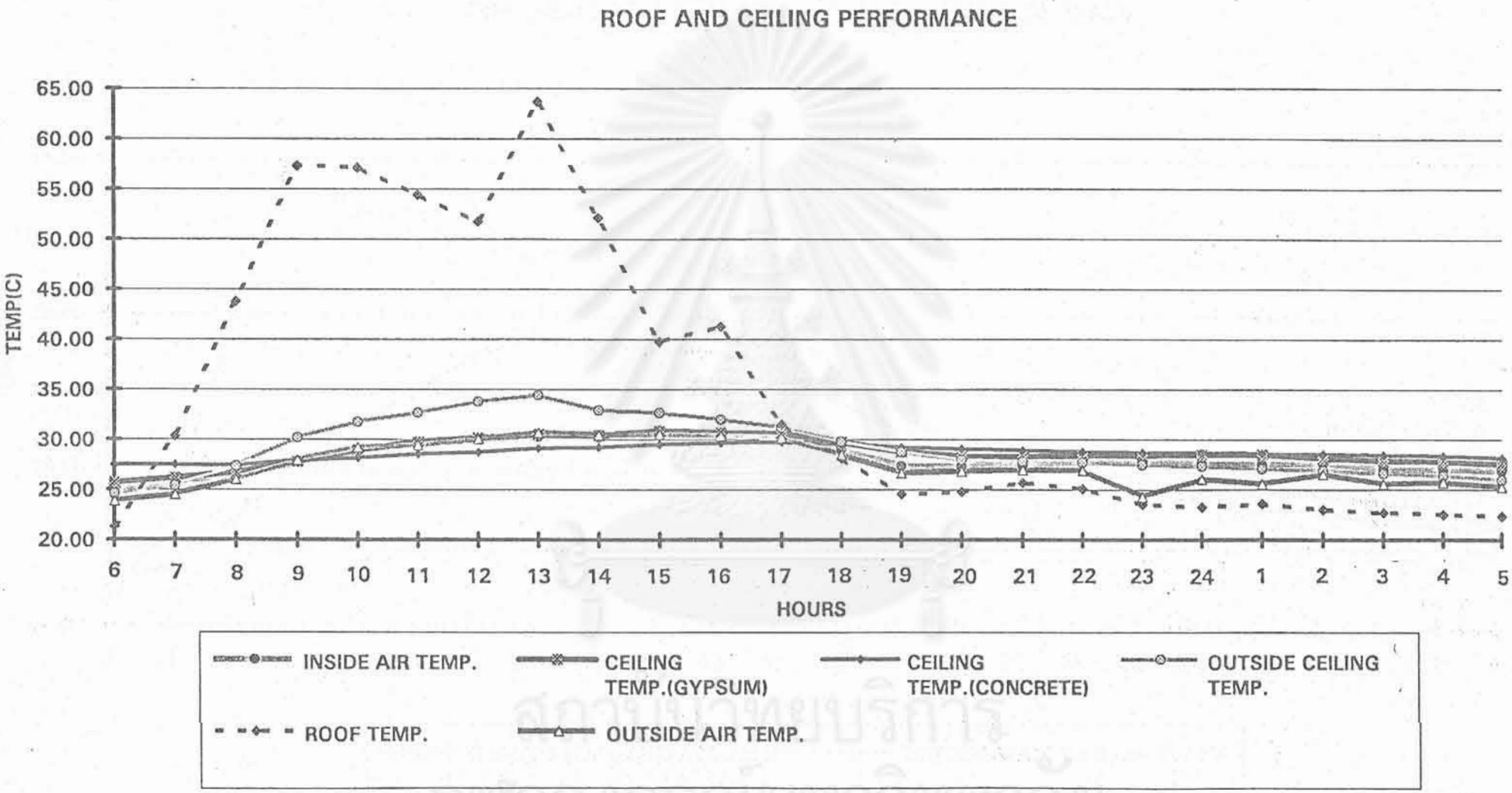
รูปที่ 40 กราฟแสดง Room Performance ชั้นบน
บ้านคุณลินี จินดาวณิค



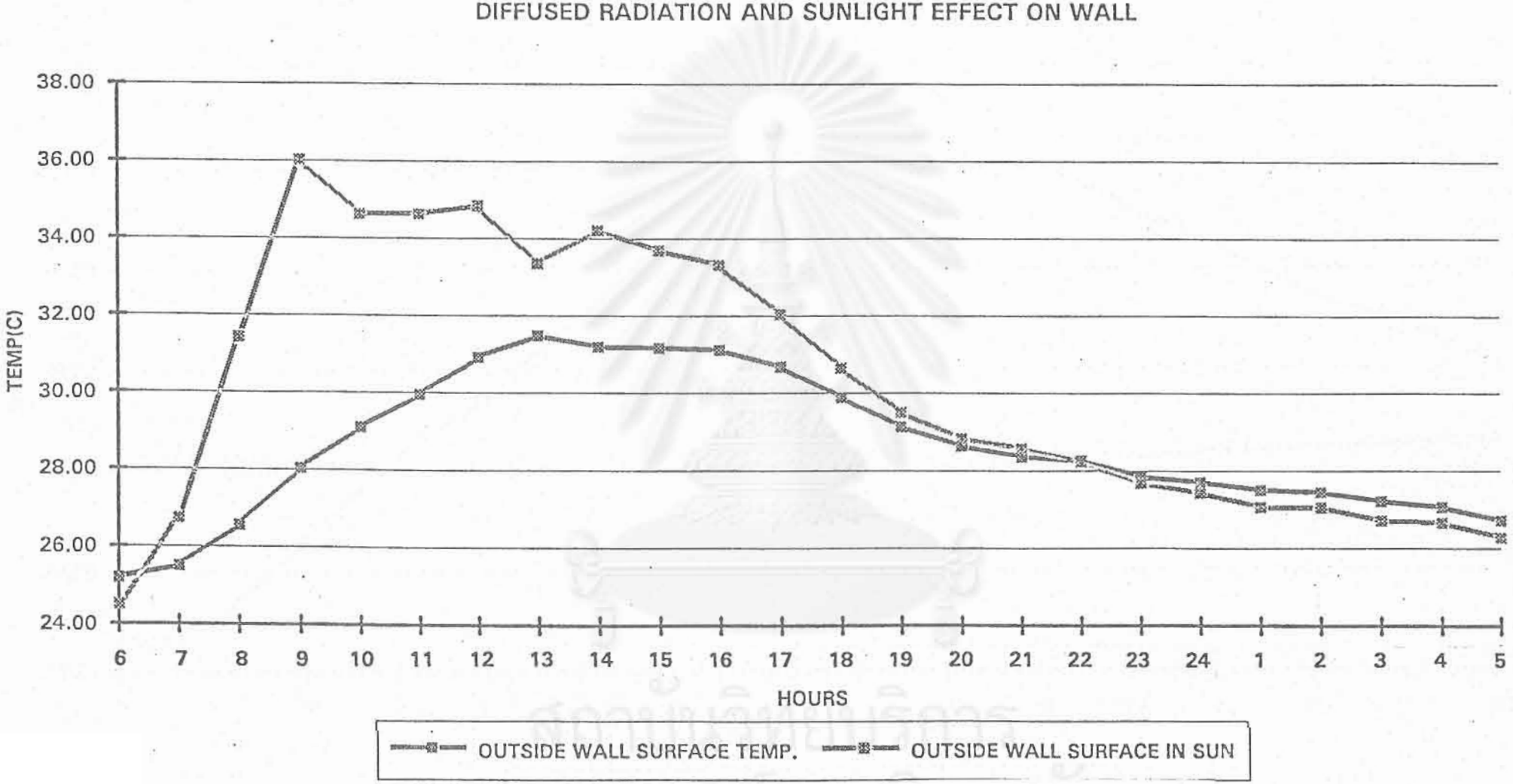
รูปที่ 41 กราฟแสดง Room Surface Performance ชั้นบน
บ้านคุณนลินี จินดาวณิค



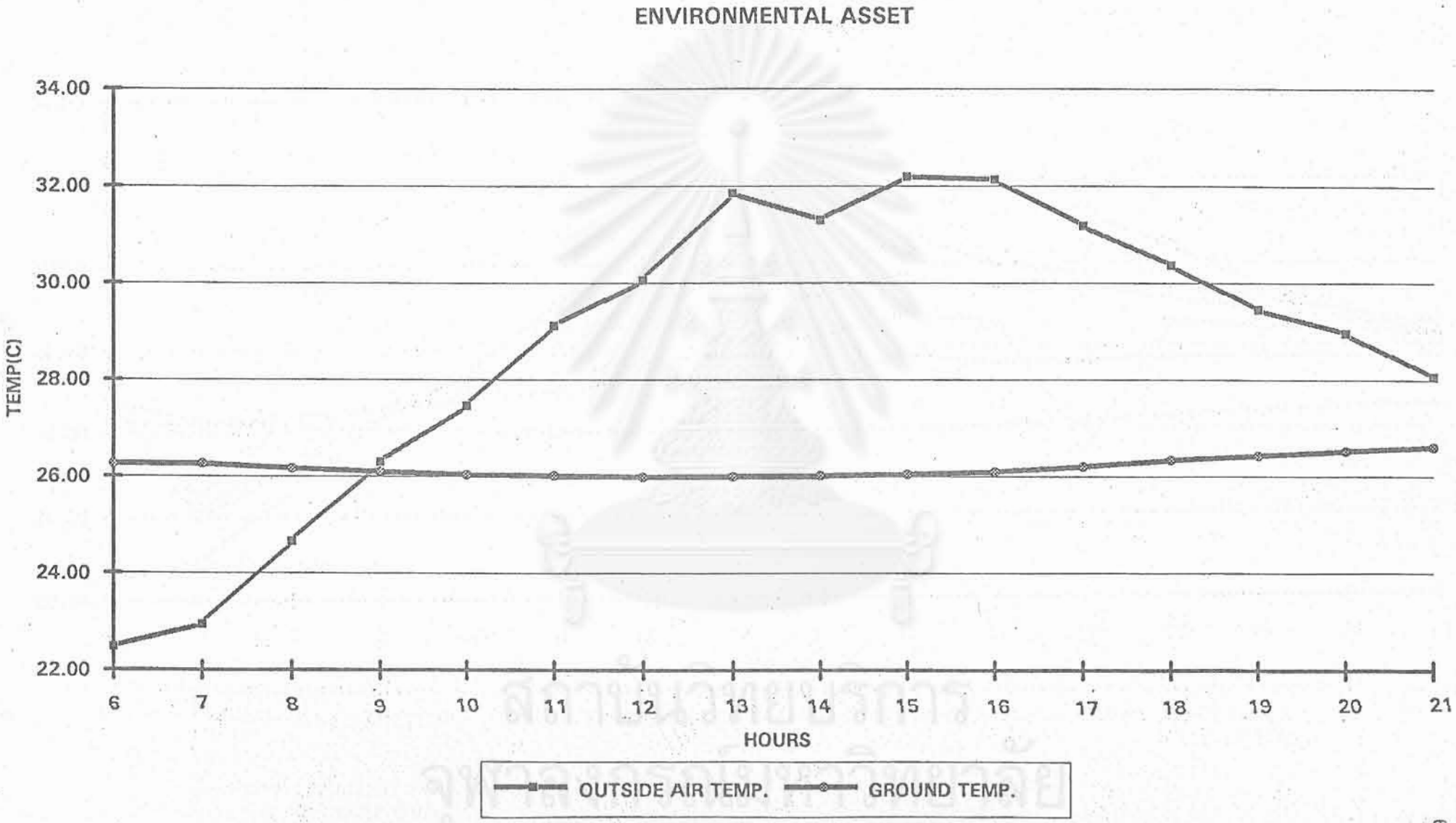
รูปที่ 42 กราฟแสดง Inside Wall Performance ชั้นบน
บ้านคุณลินี จินดาวณิค



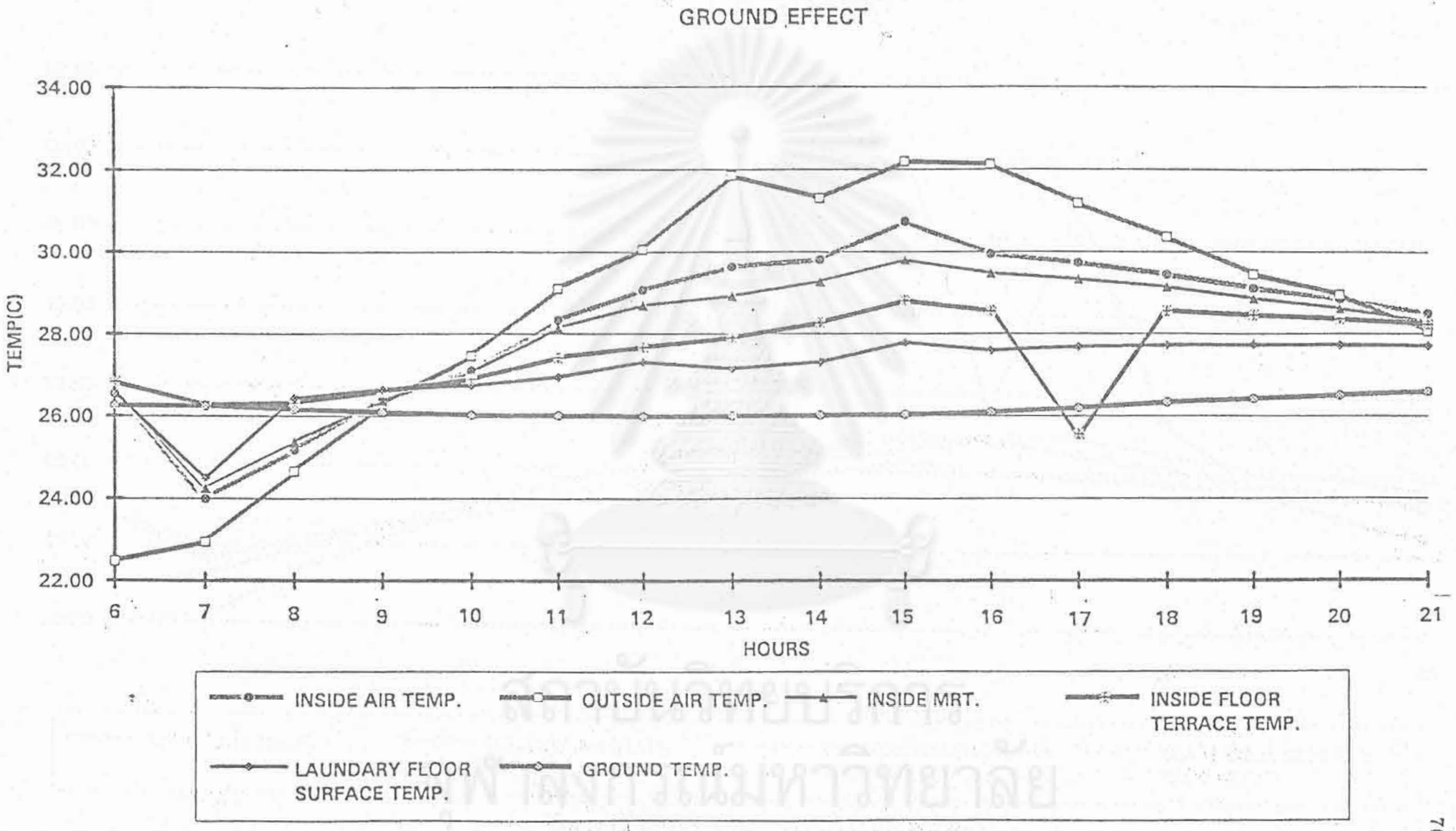
รูปที่ 43 กราฟแสดง Roof and Ceiling Performance ชั้นบน
บ้านคุณนลินี จินดาวณิค



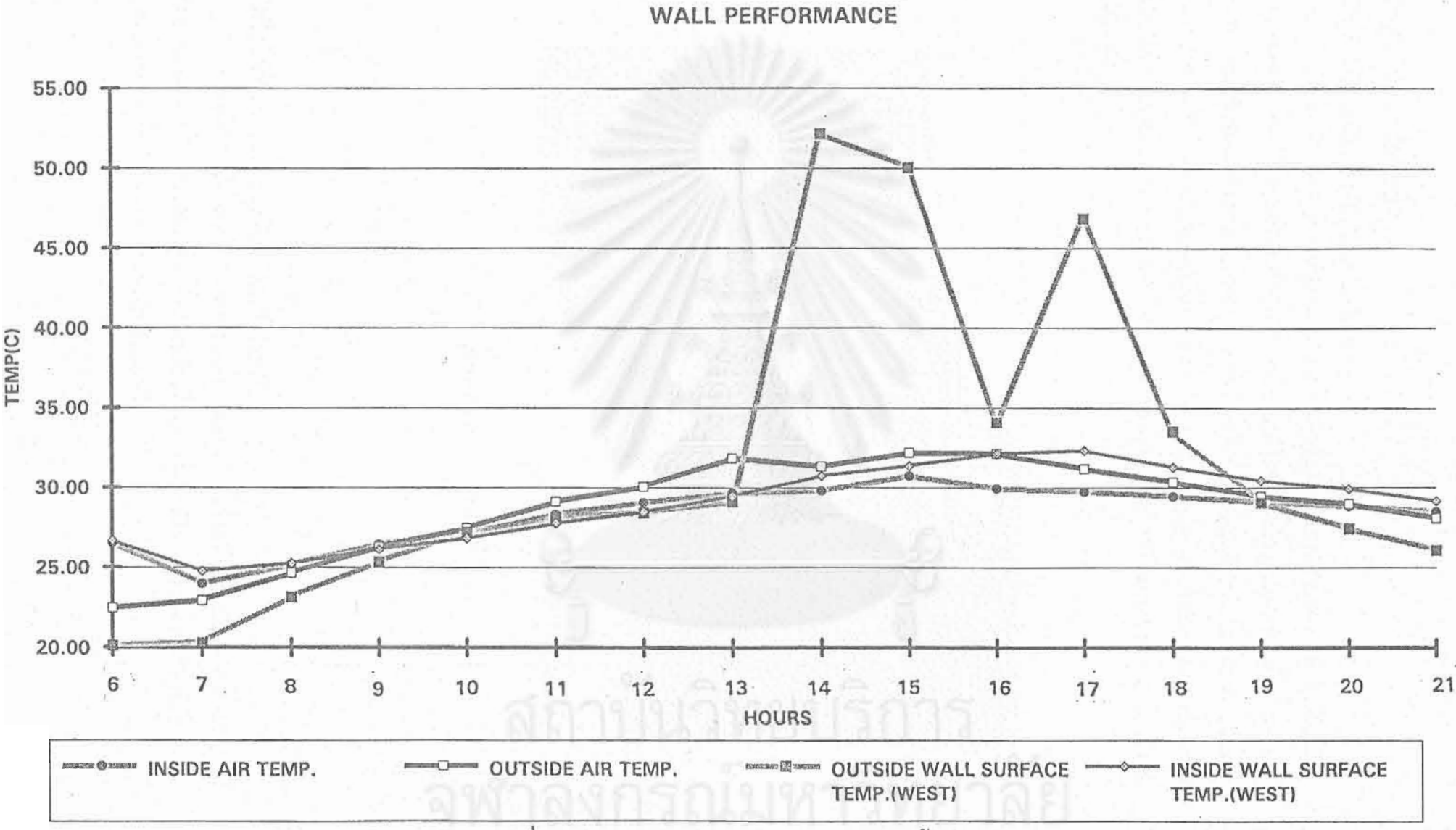
รูปที่ 44 กราฟแสดง Diffused Radiation and Sunlight Effect on Wall
บ้านคุณนลินี จินดาวณิค



รูปที่ 45 กราฟแสดง Environment Asset
บ้านคุณลินี จินดาวณิค



รูปที่ 46 กราฟแสดง Ground Effect



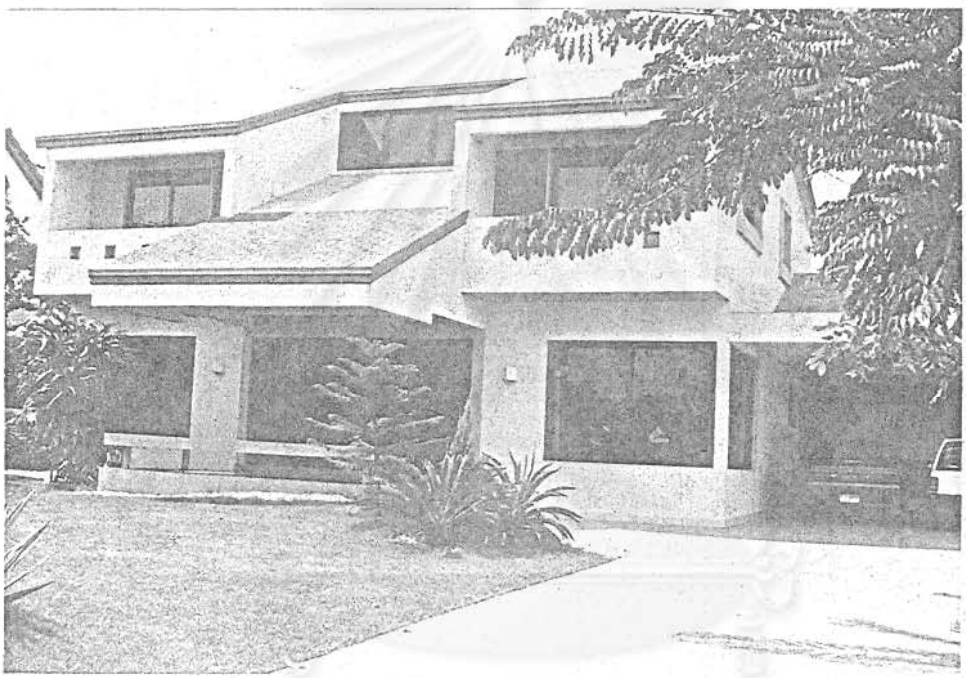
รูปที่ 47 กราฟแสดง Wall Performance ชั้นล่าง

บ้านคุณนลินี จินดาวณิค

บ้านคุณ สำเนา สินธุรัตน์

ลักษณะอาคาร (Buildign Description)

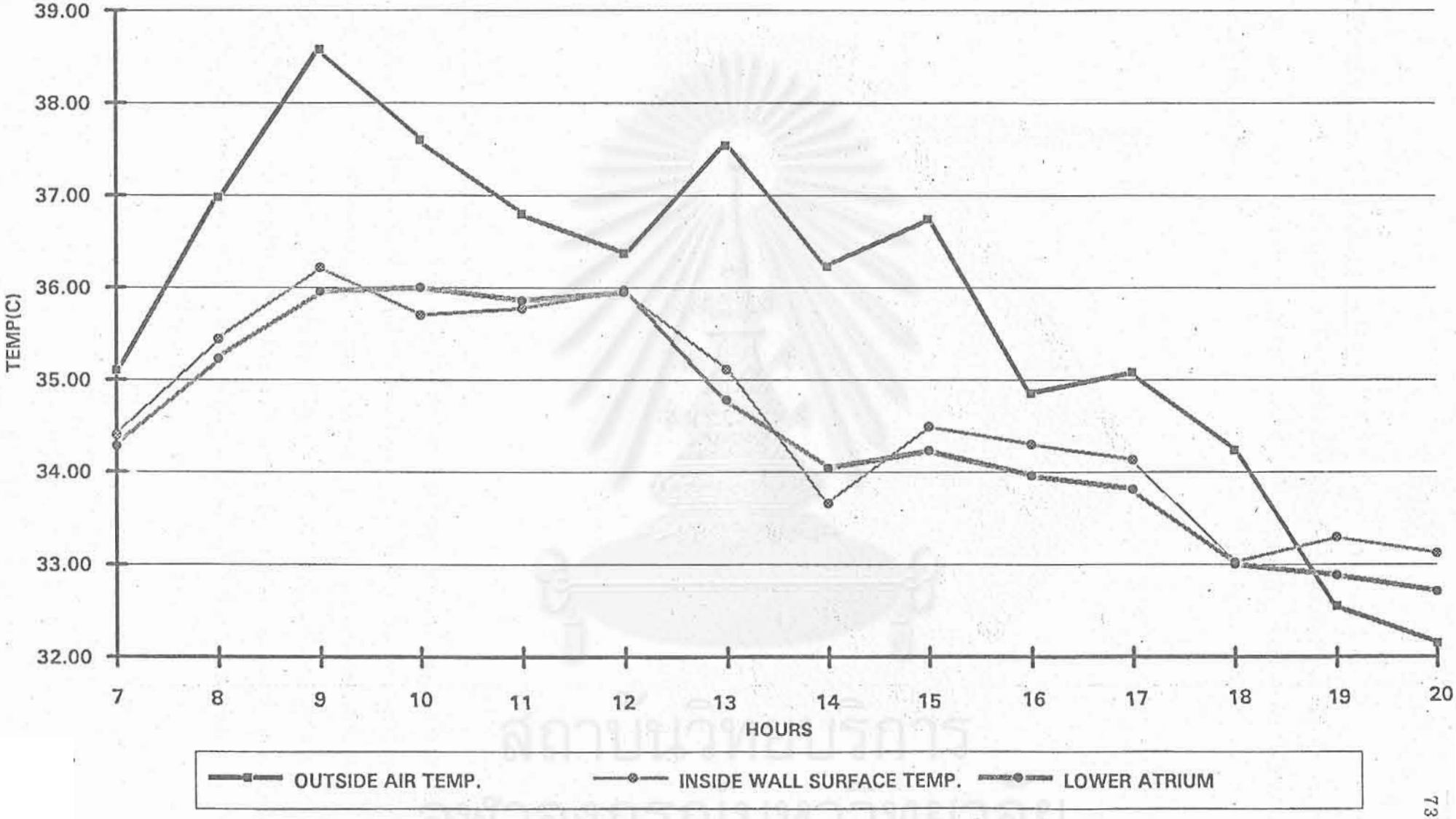
บ้านพักอาศัย 2 ชั้นที่ออกแบบโดยใช้วัสดุสมัยใหม่และลดมวลของอาคารให้น้อยที่สุด กรอบอาคารภายนอกมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีประกอบด้วยโฟมหนาสองนิ้ว (R= 8) มีการป้องกันแสงแดดที่จะเข้ามาทางหน้าต่างและช่องเปิดที่ดี ลักษณะผังบ้านเป็นลักษณะ Compact Planning มีการออกแบบใช้ความเย็นจากดินเข้ามาช่วยทำความเย็นแก่พื้นบ้านและใช้ระบบระบายอากาศแบบ Cross Ventilation ตัวบ้านถูกออกแบบให้อยู่สบายได้โดยระบบธรรชาติ หรือใช้เครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 47 A บ้านคุณสำเนา สินธุรัตน์

สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

ช่วงกลางวันอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ยประมาณ 1.6 องศาเซลเซียส ทั้งนี้มีผลสืบเนื่องจากคุณสมบัติในการกันความร้อนที่ดีของผนังและความเย็นของพื้นที่ได้จากอุณหภูมิดินที่ต่ำและคงที่



รูปที่ 48 กราฟแสดง Room Performance
บ้านคุณสำเนา สินธุรัตน์

บ้าน Mr.Walter Pidgeon

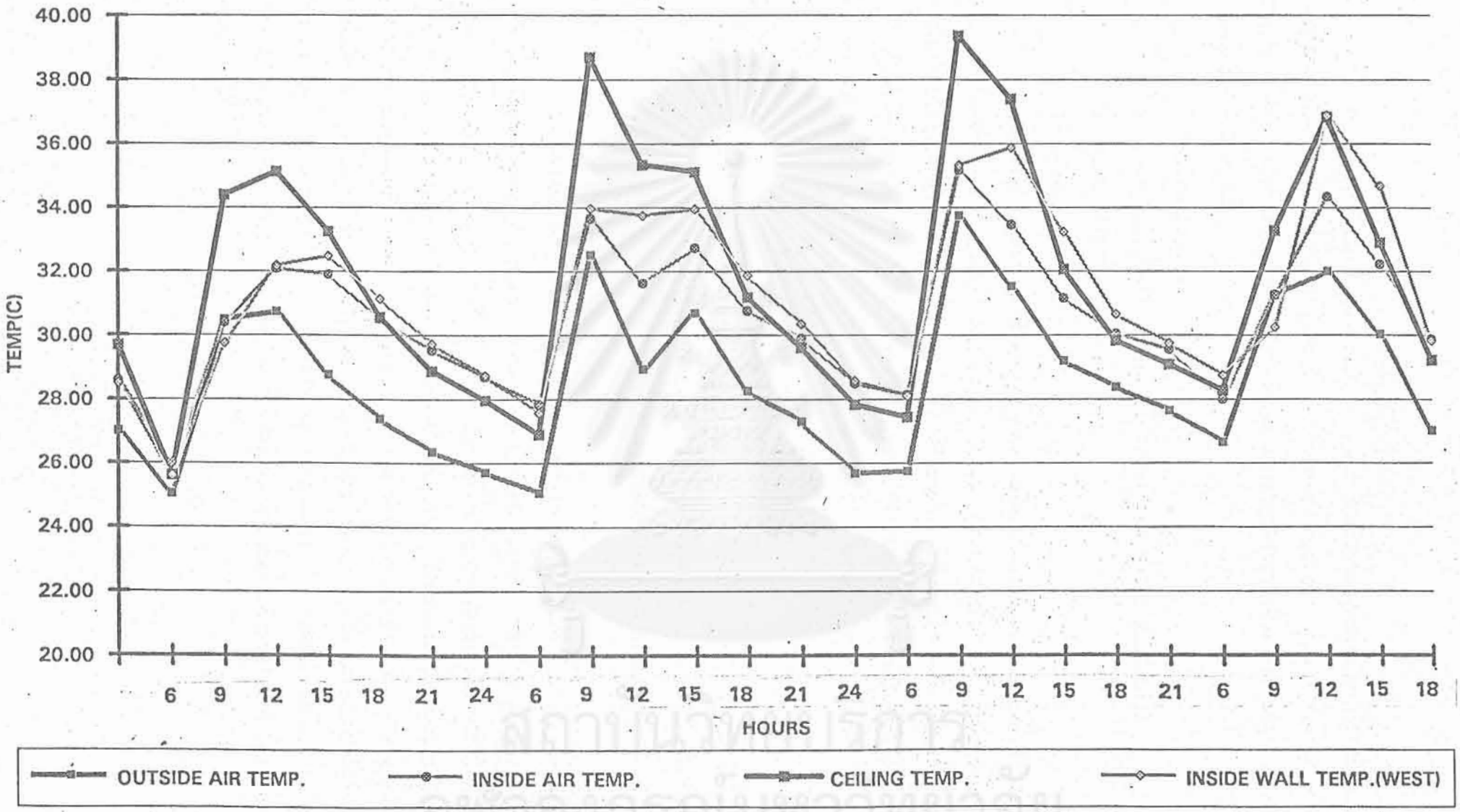
ลักษณะอาคาร (Building Description)

อาคารเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ก่อสร้างด้วยผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูน โครงสร้างและพื้นเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หลังคาไม่ลาดชัน ประมาณ 15 องศา ชายคาสั้น เป็นแบบฉบับ (Typical) ของบ้านทั่วไปในยุคปัจจุบัน

รูปที่ 48A บ้าน Mr. Walter Pidgeon

สภาพสภาวะอาคาร (Building Performance)

ตลอด 24 ชั่วโมงอุณหภูมิอากาศภายใน อุณหภูมิผนังอุณหภูมิเพดาน สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบของหลังคาและผนังไม่สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทเข้ามาภายใน บ้านที่ชายคายื่นออกมาน้อยและแก้ปัญหาความร้อนจากแสงแดดด้วยการใช้ผนังทึบก่ออิฐฉาบปูน ไม่สามารถป้องกันได้แต่จะก่อปัญหาให้อุณหภูมิผิวผนังภายในสูง หลังคาที่ไม่มีระบบป้องกันความร้อนที่ดีก็ส่งผลให้อุณหภูมิที่ฝ้าเพดานสูงด้วยจึงเป็นเหตุให้ MRT ภายใน และอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าภายในบ้านพื้นร้อนกว่าภายนอกตลอด 24 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยมากกว่า 2 องศาเซลเซียส



รูปที่ 49 กราฟแสดง Room Performance
บ้าน Mr.Walter Pidgeon

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยของอาคารตัวอย่าง สามารถอภิปรายองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมและประเด็นต่างๆ ที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) และสภาพสภาวะอาคาร (Building Performance) ในการปรับเปลี่ยนสภาพภายในอาคารในเชิงของความร้อน (Thermal) ได้ออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. Microclimate
2. Mean Radiant Temperature (MRT) และ Solar Radiation
3. Mass Effect และ Heat Sink
4. ลมและการระบายอากาศ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การที่จะควบคุมปรับความชื้นสัมพัทธ์ได้นั้นต้องอาศัยเครื่องกลเข้ามาช่วยดังนั้นอาคารที่ออกแบบในลักษณะ Passive Design คือ อาคารที่ปรับเย็นโดยตัวของอาคารเองและโดยไม่ใช้เครื่องกลเข้ามาช่วย เช่น เครื่องปรับอากาศ จะต้องสามารถปรับตัวแปรที่เหลือทั้งสาม คืออุณหภูมิอากาศ (Drybulb Temperature) MRT และ ความเร็วลม ได้ดีพอที่จะทำให้สภาพภายในอาคารนั้น อยู่ใน Comfort Zone หรือใกล้เคียง Comfort Zone มากที่สุด

Microlimate

จากการวิเคราะห์สภาพ Macroclimate ของกรุงเทพนั้น (รูปที่ 2 A) จะเห็นว่าสภาพอากาศส่วนใหญ่ตลอดทั้งปีไม่อยู่ในช่วงของ Thermal Comfort สภาพอากาศจะเป็นในลักษณะร้อนชื้น อุณหภูมิอากาศ (Drubulb Temperature) และความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity) สูงและอยู่นอก Comfort Zone เป็นส่วนใหญ่

จากการศึกษาอาคารตัวอย่าง และสถานที่ต่างๆ พบว่า Microclimate เป็นองค์ประกอบหรือปัจจัยแรกที่จะช่วยปรับสภาพอากาศภายนอก (Macroclimate) ให้เอื้ออำนวยต่อสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) หรือ ทำให้สภาพแวดล้อมรอบอาคารเลวลง หรือ พูดอีกนัยหนึ่งคือร้อนชื้นนั่นเอง Microclimate มีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิอากาศ (Drybulb Temperature) ในทางทฤษฎี องค์ประกอบที่มีผลต่อสภาพ Microclimate ประกอบด้วย รูปทรงแผ่นดิน (Land Form) พืชพันธ์ต้นไม้ (Vegetation) แหล่งน้ำขนาดใหญ่ (Water Body) และสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Feature) จากการศึกษาอาคารตัวอย่าง องค์ประกอบที่พบและมีผลต่อ Microclimate นั้น ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่ พุ่มไม้ พืชคลุมดิน บ่อน้ำและพื้นผิวแข็ง(Hard Surfaces) ที่มนุษย์สร้างขึ้น

จากการศึกษาบ้านพักอาศัยของ รองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส นั้น พบว่าสภาพ Microclimate นั้นแตกต่างจากสภาพอากาศโดยรอบที่ตั้งอาคาร ต้นไม้ใหญ่ พืชคลุมดิน และ ตัวน้ำ ได้สร้างอากาศเย็น (Cool Air Pocket) ขึ้นในที่ตั้งอันมีผลสืบเนื่องมาจากร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ และผลของ Evaporative Cooling จากตัวต้นไม้และตัวน้ำ ในช่วงร้อนจัดนั้นสภาพแวดล้อมภายนอกบ้านสามารถปรับอุณหภูมิ Microclimate ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิ อากาศภายนอกได้ถึง 3.01 องศาเซลเซียส และโดยเฉลี่ยในช่วงกลางวัน และกลางคืน อุณหภูมิ Microclimate ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก 1.46 และ 0.81 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการวัดอุณหภูมิอากาศในพุ่มไม้ของพืชคลุมดินพบว่าอุณหภูมิอากาศในส่วนนั้น ในช่วงร้อนจัดมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกถึง 4.55 องศาเซลเซียส

จากสภาพ Microclimate ที่ดีโดยอุณหภูมิอากาศลดต่ำลงมา จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริม Thermal Comfort ในอาคารให้ดีขึ้น การระบายอากาศภายในอาคารโดยดึงเอาอากาศเย็นกว่าจาก Microclimate มาแทนที่อากาศร้อนภายในอาคารจึงทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายขึ้น

นอกเหนือจากนั้นอากาศที่เย็นกว่าบริเวณ Microclimate นั้นเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกลดลง ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร (Conduction Heat Gain) ลดลงปริมาณความร้อนที่นำผ่านผนังและกระจกเข้ามาแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = U\ A\ \triangle T$$

โดยที่ Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร Btu / h

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือกระจก Btu / h (sq.ft) °F

A = พื้นที่ผนัง sq. ft.

$\triangle T$ = ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน °F

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคาร คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและอากาศภายใน ยิ่งมีความต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในมากขึ้นเท่าไร ความร้อนก็จะถ่ายเทเข้ามาได้มากขึ้น

ต้นไม้ใหญ่นอกเหนือจากช่วยทำความเย็นให้กับอากาศโดยการคายน้ำ (Evaporative Cooling) กิ่งและใบของต้นไม้ใหญ่จำนวนมากทำหน้าที่เสมือนเปลือกที่ห่อหุ้มและกักอากาศเย็น (Cool Air Pocket) เอาไว้ ถ้าปราศจากกิ่งและใบของต้นไม้ใหญ่จำนวนมาก แรงลมที่แรงและอากาศที่ร้อนกว่าภายนอกก็จะพัดเข้ามาแทนที่ ทำให้อุณหภูมิ Microclimate ไม่เย็นกว่าอากาศภายนอกเท่าที่ควร หรือร้อนเท่ากับอากาศภายนอก นั่นคือสภาพอากาศเย็น (Cool Air Pocket) ไม่สามารถจะเกิดขึ้นได้

ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ก็เป็นผลจากองค์ประกอบภายนอกอาคารอีกองค์ประกอบหนึ่ง ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ช่วยปกป้องแสงแดดในช่วงกลางวันที่สาดส่องลงมาที่พื้น (Ground Surface) และ ที่ตัวอาคารเอง รังสีดวงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวส่วนหนึ่งจะสะท้อน (Reflected) อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมไว้ (Absorbed) พลังงานที่ถูกดูดซึมไว้จะทำให้พื้นผิวร้อนและจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในรูปรังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation)ดังนั้นร่มเงาของต้นไม้ช่วยทำให้อุณหภูมิที่พื้นผิวไม่สูง และลดความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้สภาพของ Microclimate นั้นดีขึ้น

นอกเหนือจากผลดีของร่มเงาต้นไม้ใหญ่ที่ช่วยส่งเสริม Microclimate ให้ดีขึ้น ผลพลอยได้จากร่มเงาที่มีต่อตัวอาคาร ทำให้อุณหภูมิผิว (Surface Tempterature) ที่เปลือกอาคารลดลงจึงช่วยลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในตัวอาคารเนื่องจาก Sol-Air Effect พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารเนื่องจากความร้อนจากแสงแดดผนวกกับการที่ภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าภายใน อาจแสดงออกมาในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Q = U\ A\ TDeq$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร Btu / h

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือหลังคา Btu / h (sq.ft.) °F

A = พื้นที่ผนังหรือหลังคา sq.ft.

$TDeq$ = Equivalent Temperature Different

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนัง °F

พื้นผิวถนนและทางเดินคอนกรีตหรือคอนกรีตบล็อค (Hard Surfaces) มีผลต่อสภาพภายนอกอาคารและอาจส่งผลกระทบต่อสภาพภายในอาคารด้วยจากการศึกษาตัวอย่างเช่น อาคารตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ บริเวณโรงอาหารศูนย์ศิลปชีพบางไทร เรือนแพศูนย์ศิลปชีพบางไทร พบว่าพื้นผิวคอนกรีตและคอนกรีตบลอคเมื่ออยู่กลางแดดในช่วงร้อนจัด อุณหภูมิพื้นผิวขึ้นสูงถึง 50.95 51.90 และ 54.75 ตามลำดับ การที่บริเวณรอบอาคารมี Hard Surfaces ที่อยู่กลางแดดส่งผลให้ Mean Radiant Temperature รอบอาคารสูงและอาจส่งผลให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นกว่าปกติหากมีพื้นที่ Hard Surfaces ขนาดใหญ่ ผลกระทบอีกประการหนึ่งคือ Hard Surfaces จะสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบเข้าสู่ตัวอาคารทำให้อาคารร้อนขึ้นได้

Mean Radiant Temperature & Solar Radiation

Mean Radiant Temperature (MRT) ภายในอาคารนั้นมีค่าเฉลี่ยจากอุณหภูมิพื้นผิวภายในด้านต่างๆ ที่มีการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนและรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย พื้นผิวต่างๆ ในอาคารนั้นได้แก่ พื้น ผนังด้านต่างๆ และเพดาน อิทธิพลต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อ MRT ภายในอาคารนั้นได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ และคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้สำหรับผนัง หลังคา และพื้น

สมมติฐานและเกณฑ์ในการประเมินผลอภิปรายในเรื่องของ MRT ที่ทำการศึกษาวิจัยในอาคารต่างๆ (ที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ) จะใช้เกณฑ์อ้างอิงต่ออุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศภายนอกตลอด 24 ชั่วโมง (DiurnalTemperature) นั่นจะมีการแปรเปลี่ยนตามอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวันอุณหภูมิอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางคืน อากาศนั้นเป็นของไหล (Fluid) มีการถูกพา (Convected) และสัมผัสกับผิววัสดุต่างๆ จึงทำให้อุณหภูมิของผิววัสดุแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิอากาศ และไม่คงที่ตลอด 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกับอุณหภูมิอากาศ ดังนั้นในกรณีที่ MRT และหรืออุณหภูมิพื้นผิวภายในอาคารมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ จะถือว่าเป็นสภาพที่ปกติ ในกรณีที่ MRT และหรืออุณหภูมิพื้นผิวต่างๆ มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศนั้นถือว่าเป็นกรณีที่ไม่ดี และในทางกลับกันถ้า MRT และหรืออุณหภูมิพื้นผิวต่างๆ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจัดได้ว่าเป็นกรณีที่ดี

จากการศึกษาวิจัยนั้นพบว่า MRT และอุณหภูมิพื้นผิวต่างๆ มีทั้งเท่ากับหรือใกล้เคียงสูงกว่าและต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ อิทธิพลที่มีผลอย่างรุนแรงที่ทำให้ MRT หรืออุณหภูมิพื้นผิว ขึ้นสูงนั้นมาจากรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) รังสีดวงอาทิตย์ที่กล่าวถึงนั้นรวมทั้งรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Directed Radiation) และรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนกระจายมาจากแหล่งอื่นๆ (Diffused Radiation)

จากการศึกษาพบว่าแสงแดดที่ตกกระทบวัสดุต่างๆ นั้นทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ ขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศมากดังที่แสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดของผิววัสดุ	อุณหภูมิอากาศ °C	อุณหภูมิผิวที่ถูกแดด °C	ทิศทางและมุมเอียงของผิววัสดุ
หลังคากระเบื้องดินเผา ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรม จุฬาฯ	29.30	46.60	ตะวันตก มุมเอียง 45°
หลังคาคอนกรีตแบน บ้าน รศ.ผุสดี ทิพทัส	32.70	47.84	ระนาบนอน มุมเอียง 0°
หลังคาโลหะ LYSAGHT สีเงิน บ้าน คุณนลินี จินดาวณิค	30.71	63.70*	ทิศใต้ มุมเอียง 35°
หลังคาสังกะสี โรงอาหาร ศูนย์ศิลปชีพ บางไทร	36.70	54.52	ระนาบนอน มุมเอียง 0°
หลังคาจาก เรือนแพ ศูนย์ศิลปชีพ บางไทร	36.60	56.40	ทิศเหนือ มุมเอียง 15°
ผนังไม้สี REDWOOD บ้าน คุณนลินี จินดาวณิค	31.30	52.17	ตะวันตก มุมเอียง 90°
ผนังปูนสีครีม ตึกอักษรศาสตร์ จุฬาฯ	35.38	43.62	ตะวันตก มุมเอียง 90°

* ลักษณะพื้นผิวและสีของวัสดุเป็นสีเงินและผิวมัน ค่า Emissitivity ต่ำ จึงส่งผลให้อุณหภูมิขึ้นสูงกว่าวัสดุอื่นๆ

ตารางที่ 4 อุณหภูมิผิววัสดุต่างๆ ที่ถูกแดดเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าวัสดุต่างๆที่ถูกแดดมีอุณหภูมิขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 8.24 ถึง 32.99 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะ สีผิว ชนิดของวัสดุ และทิศทาง(Orientation) ที่ถูกแดด ในส่วนหลังคาอุณหภูมิผิวจะสูงกว่าส่วนของผนัง ทั้งนี้เนื่องจากมุมตกกระทบของแสงแดด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากปรากฏการณ์นี้ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (Sol-air Heat Gain) ความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายในยิ่งมากเท่าไร ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาภายในก็จะมากตาม ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนของวัสดุขององค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นผนังและหลังคา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนนั่นเอง ถ้าองค์ประกอบของผนังและหลังคามีความต้านทานความร้อนต่ำจะส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวภายในของส่วนนั้นๆ ขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศส่งผลกระทบให้ Thermal Comfort ภายในอาคารแย่ลง ดังจะเห็นได้ชัดเจนจากกรณีของเพดานโรงอาหารศูนย์ศิลปชีพบางไทร เพดานและผนังภายในบ้าน Mr. Pidgeon เพดานศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรม จุฬาฯ อุณหภูมิพื้นผิวภายในอาคารตัวอย่างที่กล่าวมาขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวร่างกายคน ทำให้พื้นผิวเหล่านั้นแผ่รังสีความร้อนสู่ผู้ใช้อาคาร

ในกรณีที่ผนังและหลังคาที่มีความต้านทานความร้อนสูงจะทำให้อุณหภูมิที่พื้นผิวภายในต่ำกว่าอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกที่ถูกแดดมาก กรณีดังกล่าวพบได้จากผนังตึกอักษรศาสตร์ จุฬาฯ ช่วงร้อนจัดผนังด้านในมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวด้านนอก 11.64 องศาเซลเซียส และตลอดช่วงกลางวันอุณหภูมิผิวภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก หลังคาบ้านคุณฉันนี จินดาวณิค ในช่วงร้อนจัดอุณหภูมิเพดานภายในต่ำกว่าอุณหภูมิหลังคา 32.22 องศาเซลเซียส และตลอดช่วงกลางวันอุณหภูมิผิวเพดานภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

การป้องกันผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร (Sol-air Effect) ทางเปลือกอาคารยังผลให้อุณหภูมิพื้นผิวภายในขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสามารถกระทำได้โดยการออกแบบเพิ่มความต้านทานความร้อนของผนังและหลังคาดังที่กล่าวมา และการให้ร่มเงาแก่เปลือกอาคาร ร่มเงาที่กล่าวถึงมาจากชายคาที่ยาว ดังเช่น กรณีศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรม จุฬาฯ และร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ เช่นกรณีบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส

รังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนและกระจาย (Diffused Radiation) มาจากแหล่งอื่นๆ ก็มีผลกระทบให้อุณหภูมิผิวภายนอกขึ้นสูงทั้งๆ ที่ผิวอาคารหรือผนังนั้นๆ ได้รับร่มเงาไม่ถูกแดดเลย ในกรณีศูนย์ส่งเสริมวัฒธรรม จุฬาฯ เป็นเรือนไทยที่มีชายคายื่นยาวและทำมุมกด แสงแดดจากทิศใต้เริ่มจะถูกผนังส่วนล่างในช่วงหลังเย็นใกล้ค่ำ จากการวิจัยพบว่าส่วนของหนังด้านเดียวกันในจุดต่างๆ ที่ไม่ถูกแดดมีอุณหภูมิต่างกันในช่วงร้อนจัด (Peak) ประมาณ 2-2.5 องศาเซลเซียส ปรากฏการณ์นี้มีผลมาจากรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากเมฆและท้องฟ้า ผนังส่วนที่มีมุมกระทำ (Exposed) กับท้องฟ้าอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าผิวผนังที่มีชายคาบังไม่มีมุมกระทำกับท้องฟ้าและเมฆ

Mass Effect และ Heat Sink

Mass ของอาคารและ Mass ขององค์ประกอบทางธรรมชาตินั้นก็มีผลกระทบและเกี่ยวพันกับสภาวะน่าสบาย การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอากาศ (Temperature Swing) MRT และ การหน่วงเหนี่ยวความร้อนเข้ามาในอาคาร (Thermal Time Lag) Mass ของอาคารนั้นรวมไปถึง พื้น หลังคา ผนังภายนอก ผนังภายในและองค์ประกอบอื่นๆ ภายในอาคารที่มีคุณสมบัติสะสมความร้อน Mass ขององค์ประกอบ ทางธรรมชาติในการศึกษาวิจัยประกอบด้วย ดิน

จากการศึกษาเก็บข้อมูลอุณหภูมิของดินที่ความลึกประมาณ 6 นิ้ว พบว่าอุณหภูมิของดินจะค่อนข้างคงที่ไม่แปรผันมากเหมือนอุณหภูมิอากาศ และโดยเฉลี่ยมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 5

สถานที่ วันเก็บข้อมูล	ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมจุฬาฯ 27 ตุลาคม 2535	บ้านรศ.พุสดี ทิพทัส 18 พฤศจิกายน 2535	บ้านคุณลินี จินดาวณิค 10 มกราคม 2536
อุณหภูมิดิน	25.5 - 26.1 °C	24.23 - 24.66 °C	26.0 - 26.6 °C
ช่วงแปรเปลี่ยนอุณหภูมิของดิน	0.6 °C	0.43 °C	0.6 °C
อุณหภูมิอากาศสูงสุด	29.2 °C	32.7 °C	32.19 °C
ช่วงแปรเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศ	4.7 °C	9.75 °C	9.71 °C

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศ

ดินเป็นองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมอีกตัวหนึ่งที่มีอิทธิพลและผลช่วยส่งเสริมสภาวะน่าสบายภายในอาคาร เนื่องจาก Thermal Capacity ของดินและ Mass อันมหาศาลจึงทำให้อุณหภูมิดินคงที่ โดยเฉพาะช่วงกลางวันอุณหภูมิดินจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอด มีเพียงช่วงกลางคืนที่อุณหภูมิอากาศจะลงต่ำกว่าอุณหภูมิดินเล็กน้อย (รูปที่ 7,32, และ 45) จากความเย็นของดินนี้เองที่ช่วยส่งเสริมองค์ประกอบสภาวะน่าสบาย 2 องค์ประกอบคือ MRT และ อุณหภูมิอากาศ

เนื่องจากอุณหภูมิดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวันและต่ำกว่าอุณหภูมิผิวร่างกายคนเรา ในช่วงเวลากลางวันที่เราอยู่อาศัย ทำกิจกรรมอยู่ใต้ถุนเรือนจะรู้สึกเย็นสบายกว่าเพราะร่างกายจะสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีไปสู่พื้นผิวดินที่เย็นกว่า ดินทำหน้าที่เป็น Heat Sink ในอาคารที่ชั้นล่างที่อยู่ติดกับดิน ดินสามารถช่วยปรับให้ MRT ภายในอาคารดีขึ้นและสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดลงได้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากการศึกษาวิจัยที่บ้านพักอาศัยของรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส และที่บ้านพักอาศัยคุณลินี จินดาวณิค ปัจจัยความเย็นจากดินประกอบกับปัจจัยอื่นๆ ทำให้ MRT และอุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก (ดูรูปที่ 33,34 และ 46)จากทั้ง 2 กรณีที่เข้าสังเกตุและเก็บข้อมูล พบว่าการระบายอากาศ (Natural Ventilation) เป็นไปในลักษณะที่มีการระบายอากาศเพียงเล็กน้อย ไม่ได้สร้างให้เกิดความเร็วลมภายในอาคาร อากาศภายนอกจะถ่ายเทเข้ามาภายในทีละน้อย อุณหภูมิของพื้นอาคารที่สัมผัสดินจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นผิวอาคารส่วนอื่นๆ และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร การที่พื้นจะเย็นได้วัสดุที่ทำผิวพื้นต้องมีค่าการนำความร้อนที่ดี สังเกตุได้จากบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส วัสดุผิวพื้นเป็นกระเบื้องดินเผา และที่บ้านคุณลินี จินดาวณิค วัสดุผิวพื้นเป็นหินชนวนและกระเบื้องเคลือบ เนื่องจากอุณหภูมิพื้นที่เย็น จึงทำให้ MRT ในห้องดีมาก ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องซึ่งเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่แล้ว (ดูรูปที่ 33,34 และ 46) พื้นที่เย็นนี้เองทำหน้าที่เป็น Heat Sink ช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศภายในและ MRT ลดต่ำลงในช่วงกลางวัน(ดูตารางที่ 6)

สถานที่ วันที่เก็บข้อมูล	บ้าน รศ.ผุสดี ทิพทัส 18 พฤศจิกายน 2535	บ้าน คุณลินี จินดาวณิค 10 มกราคม 2536
อุณหภูมิอากาศภายนอก	(Microclimate) 28.05 °C	28.47 °C
อุณหภูมิดิน	24.40 °C	26.09 °C
อุณหภูมิพื้น	26.20 °C	27.26 °C
อุณหภูมิอากาศภายใน	27.77 °C	28.04 °C
MRT ภายใน	27.63 °C	27.77 °C

ตารางที่ 6 ผลจากความเย็นดินต่อสภาพภายในอาคารเฉลี่ยในช่วงกลางวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mass ของอาคารที่มีจำนวนมากก็ช่วยส่งผลต่อสภาวะน่าสบายคล้ายกับดินคือช่วยลด MRT และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร อาคารที่ถือว่ามี Mass มาก (High Thermal Mass) ที่เข้าทำการศึกษาได้แก่ ตึกคณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล และเจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล ลักษณะอาคารก่อสร้างด้วยอิฐมอญเป็นส่วนใหญ่มีผนังที่หนาทึบ พื้นเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังที่หนาทำให้ความต้านทานความร้อนสูงขึ้นด้วย Mass ของอาคารดังกล่าวจะมีอุณหภูมิแปรผันน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศและในช่วงเวลากลางวันที่ร้อนจัดจะมีอุณหภูมิผิวภายในอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมาก (รูปที่ 14) ที่อาคารคณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ ในฤดูร้อนวันที่ 29 มีนาคม 2536 ช่วงร้อนจัดของวันอุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงถึง 37.44 องศาเซลเซียสและมีความแปรผัน 7.95 องศาเซลเซียสของวัน แต่อุณหภูมิผิวภายในอาคารที่ผนังและพื้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 6.28 และ 6.74 องศาเซลเซียสตามลำดับ และมีความแปรผันเพียง 2.20 และ 2.24 องศาเซลเซียสของวัน ตามลำดับ ที่โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล อยุธยาในฤดูร้อนวันที่ 5 เมษายน 2536 เวลา 11.55 น. อุณหภูมิอากาศขึ้นสูงถึง 38.33 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน และผิวพื้นภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 7.10 และ 7.55 องศาเซลเซียสตามลำดับ Heat Capacity ที่มากของวัสดุที่ใช้ทำอาคารและ Mass ของวัสดุจำนวนมากทำให้อุณหภูมิของส่วนประกอบอาคารจากวัสดุนั้น ๆไม่แปรผันขึ้นสูงหรือลงต่ำเช่นอุณหภูมิอากาศ ต้องใช้ปริมาณความร้อนที่มากและระยะเวลาที่ยาวนานในการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ Mass อาคารที่หนาหนักและมีจำนวนมาก

ด้วยเหตุดังกล่าวอาคารที่มี Mass มากจึงส่งผลให้ในช่วงเวลากลางวันภายในอาคารมี MRT ที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและความเย็นของ Mass ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในกรณีที่มีการระบายอากาศภายในอาคารจำนวนน้อยๆ จากการศึกษาวิจัยที่ตึกคณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล พบว่าMRT และอุณหภูมิอากาศภายในช่วงร้อนจัดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังแสดงในตารางที่ 7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ วันที่เก็บข้อมูล	ตึกอักษรศาสตร์ จุฬาฯ 29 มี.ค. 2536 (13.00 น.)	โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล 5 เม.ย. 2536 (11.55 น.)	เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล 5 เม.ย. 2536 (14.55 น.)
อุณหภูมิอากาศภายนอก ช่วงร้อนจัด	37.44 °C	38.33 °C	37.17 °C
ความต่างอุณหภูมิอากาศ ภายในและภายนอก	- 5.48 °C	- 6.39 °C	- 5.43 °C
ความต่าง MRT ภายใน และอุณหภูมิอากาศภายนอก	- 5.83 °C	- 7.12 °C	- 4.46 °C

ตารางที่ 7 ผลของ High Mass Building ต่ออุณหภูมิอากาศภายในและ MRT ภายในช่วงร้อนจัดกลางวัน

ในช่วงเวลากลางวันสำหรับอาคารที่มี Mass มากและมีการระบายอากาศพอเพียงเล็กน้อย ผู้ใช้อาคารจะรู้สึกเย็นกว่าอยู่ภายนอก แต่ในทางกลับกันของช่วงเวลากลางคืนภายในอาคารจะอุ่นกว่าภายนอก ทั้งนี้เนื่องจาก Heat Capacity ของอากาศน้อยกว่ามวลของอาคาร การสูญเสียความร้อนของอากาศในช่วงเวลากลางคืนจึงเป็นไปได้ดีกว่า Mass ของอาคาร ดังนั้น MRT และอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่มี Mass มากจึงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลากลางคืน (รูปที่ 14 33 35 และ 40) ผลกระทบของ Mass ต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและ MRT ภายในอาคารในช่วงกลางวันและกลางคืนสรุปได้ดังผลในตารางที่ 8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะอาคาร	Light Weight Mass	Medium Mass		High Themal Mass
	ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรม	บ้านคุณนลินี	บ้าน รศ.ผุสดี	ติกอักษรศาสตร์
วันที่เก็บข้อมูล	27-28 ตค. 2535	18-19ตค.35	14-15ตค.35	29-30 มีค. 36
อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยช่วงกลางวัน	28.35 °C	28.63 °C	28.05 °C	33.69 °C
ความต่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกเฉลี่ยกลางวัน	0.01 °C	0.10 °C	0.09 °C	- 2.46 °C
ความต่าง MRT ภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอก เฉลี่ยกลางวัน	-	1.24 °C	0.15 °C	- 2.57 °C
อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยช่วงกลางคืน	26.25 °C	26.27	25.26 °C	29.29 °C
ความต่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกเฉลี่ยกลางคืน	0.00 °C	1.27 °C	2.96 °C	0.22 °C
ความต่าง MRT ภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยกลางคืน	-	1.93 °C	3.04 °C	0.41 °C

ตารางที่ 8 ผลกระทบของ Mass อาคารต่ออุณหภูมิอากาศ และ MRT ภายในช่วงกลางวันและกลางคืน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอากาศ (Temperature Swing) ใน 24 ชั่วโมงของวันภายในอาคารอันเป็นผลมาจาก Mass นั้น จากการศึกษาวิจัยพบว่าอาคารที่มี Mass เบามี Temperature Swingมากกว่า อาคารที่มี Mass หนัก ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 9 ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรม จุฬาฯ เป็นอาคารที่มีMass เบา รูปที่ 35 และ 40 บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส และบ้านคุณนลินี จินดาวณิค ตามลำดับเป็นอาคารที่มี Mass ปานกลาง และรูปที่ 13 คึกคณะอักษรศาสตร์ จุฬาฯ เป็นอาคารที่มี Mass หนัก

นอกเหนือจาก Mass ที่มีผลต่อ อุณหภูมิอากาศ MRT และ Temperature Swing แล้ว Mass ยังมีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร (Thermal Time Lag) ด้วย ศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมเป็นอาคารที่มี Mass เบามากการสะสมและหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Time Lag) แทบจะไม่มีเลย (ดูรูปที่ 9) บ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส เป็นอาคารที่มี Mass ปานกลางหรือมากกว่าศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มีการสะสมและหน่วงเหนี่ยวความร้อนประมาณโดยรวม 3 ชั่วโมง (ดูรูปที่ 35) Peak ของอุณหภูมิอากาศภายในจะเกิดขึ้น 3 ชั่วโมงหลังจาก Peak ของอุณหภูมิอากาศภายนอก

ลมและการระบายอากาศ

จากการสำรวจแนวความคิดในเรื่องของลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย จะมีการกล่าวถึงเรื่องของความเร็วลม (Wind Speed) ที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย ดังที่ Yaglou (1927) เสนอออกมาในแผ่นภูมิของ Effective Temperature (รูปที่ 1B.) Victor Olgyay (1962) เสนอออกมาใน Bioclimatic Chart (รูปที่ 2) และ B.Stain (1986) แสดงความสัมพันธ์ความเร็วลมกับสภาวะน่าสบายในตาราง 1A การที่มีกระแสลมพัดผ่านผิวร่างกายจะช่วยให้เหงื่อระเหยเร็วและดีขึ้น รวมทั้งพัดพาความร้อนออกจากร่างกายได้ดีขึ้นด้วย ตัวเราจึงรู้สึกเย็นกว่าปกติ (Cooling Sensation) และสบายขึ้นการที่มีกระแสลมพัดผ่านผิวกายหรือพูดอย่างคราว ๆ ก็คือทุกๆ 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (55 ฟุตต่อนาที) ของความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นเราจะมีความรู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส จากปรากฏการณ์อันนี้จะเห็นว่าหากอากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 32°C และมีลมพัดผ่านด้วยความเร็ว 12.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (700 ฟุตต่อนาที) เราจะรู้สึกเสมือนหนึ่งว่าอุณหภูมิประมาณ 27°C และอยู่ในสภาวะน่าสบาย ทั้งๆ ที่อุณหภูมิอากาศสูงถึง 32°C

องค์ประกอบต่างๆ ที่จะช่วยส่งเสริมให้เกิดความเร็วลมภายในอาคารเนื่องจากแรงลมธรรมชาติภายนอกนั้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของอาคาร การวางทิศทางอาคารรับลมที่แปรผันตามฤดูกาล การออกแบบช่องทางลมเข้าและช่องทางลมออก และองค์ประกอบทางธรรมชาติ ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่กับองค์ประกอบที่มนุษย์สร้างขึ้นได้แก่ อาคารที่จะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนทิศหรือบังกระแสลมจากภายนอก ในการศึกษาวิจัยจากอาคารตัวอย่างนั้นไม่สามารถอภิปรายและสรุปผลในเรื่องความเร็วลม ทั้งนี้เนื่องจากมีตัวแปรมาก ทิศทางของกระแสลมไม่สามารถสังเกตุได้ด้วยตาเปล่า และข้อจำกัดของอุปกรณ์เครื่องมือไม่เพียงพอที่จะเก็บข้อมูลได้มากพอที่จะสรุปได้ ตัวแปรที่มีผลกระทบมาก คือตัวแปรภายนอกอาคารได้แก่ ตัวอาคารอื่นๆ และระยะห่างต้นไม่ใหญ่ ต้นไม้พุ่ม และ รั้ว

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตุจากอาคารที่เข้าทำการศึกษา เช่น ศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมหรืออาคารเรือนไทย จะเห็นได้ว่าเป็นกลุ่มอาคารขนาดเล็กๆ เชื่อมด้วยชาน โอกาสที่ลมจะสอดแทรกผ่านช่องอาคารไปสู่อาคารด้านหลังเป็นไปได้สะดวก อาคารแต่ละหลังมักจะเป็นอาคารที่เป็นห้องๆ เดียว ดังนั้น ห้องนั้นจึงสามารถทำช่องเปิดได้มากทุกทิศทางสามารถรับกระแสลมจากภายนอกที่แปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลได้ตลอดทั้งปี อาคารลักษณะเรือนไทยจึงเป็นรูปแบบที่ส่งเสริมเรื่องลมให้ผัดผ่านเข้าไปในอาคารเพื่อเสริมสร้างสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปีได้

จากการศึกษาวิจัยอาคารอื่นๆ พบว่ากระแสลมและความเร็วลมในบางกรณีไม่มีความจำเป็นที่จะนำมาใช้ช่วยเสริมสร้างสภาวะน่าสบายในอาคาร เพียงแต่มีการระบายอากาศในจำนวนน้อยที่พอเพียงแก่ผู้ใช้อาคารเพื่อสุขลักษณะที่ดีก็พอและถ้ามีการนำกระแสและความเร็วลมที่ร้อนมากๆ เข้ามาในอาคารอาจทำให้สภาวะน่าสบายลดน้อยลงก็อาจเป็นได้ ตัวอย่างดังกล่าวพบได้จากโบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล บ้านรองศาสตราจารย์ผุสดี ทิพทัส ห้องชั้นล่าง และบ้านคุณลิลี จินดาวณิค ที่ห้องชั้นล่าง ในตัวอย่างที่กล่าวมาโบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล มีช่องลมขนาดเล็กจำนวนน้อยมาก (รูปที่ 19) ห้องภายในเจดีย์มีแต่ทางลมเข้าทางเดียวลักษณะ Cross Ventilation ไม่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ ห้องชั้นล่างบ้านรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัสความเร็วกระแสลมภายในแทบจะเท่ากับศูนย์ ห้องชั้นล่างบ้านคุณลิลี จินดาวณิค เป็นการระบายอากาศแบบปล่อง (Stack Ventilation) ความเร็วของกระแสลมภายในแทบไม่มีและไม่สามารถช่วยให้รู้สึกเย็นขึ้นได้เนื่องจากลมแต่ทั้ง 4 กรณี ที่กล่าวถึงสภาพภายในอาคารนั้นดีกว่าภายนอก หรือกล่าวได้ว่าเย็นกว่าภายนอก (รูปที่ 20 25 33 และ 46) อาคารดังกล่าวอาศัย Mass จากดิน หรือ Mass จากวัสดุก่อสร้างของตัวอาคารเอง ประกอบกับระบบอื่นๆ ช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศภายในและ MRT ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ถ้าในกรณีที่อาคารดังกล่าวทั้ง 4 ยอมให้มีกระแสลมภายนอกจำนวนมากและมีความเร็วเข้ามาทดแทนอากาศภายในอาคารตลอดเวลา อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะไม่สามารถลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในกรณีที่ดีที่สุดอุณหภูมิอากาศภายในจะเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก อีกทั้งอุณหภูมิพื้นผิวภายในเช่นพื้นที่ได้ความเย็นจากดิน หรือผนังที่เย็น อาจมีอุณหภูมิที่ผิวสูงขึ้นอันส่งผลให้ MRT ภายในสูงขึ้นได้

ข้อสรุป

จากการศึกษาวิจัยนี้ทำให้พอสรุปผลได้ว่า อาคารสถาปัตยกรรมที่ดีนั้นจะต้องได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องทั้งภายนอกและภายใน กล่าวคือตัวอาคาร และสภาพแวดล้อมของอาคารจะเป็นเครื่องปรุงแต่งภูมิอากาศให้ดีขึ้นกว่าเดิม ในกรณีนี้ถ้าอากาศภายนอกร้อน เมื่อเข้ามาอยู่ในอาคารจะเย็นสบาย แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าอากาศภายนอกหนาวภายในอาคารก็อบอุ่นสบาย ที่การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นโดย อาศัยวิธีธรรมชาติเป็นหลักนั้น การวิจัยนี้พบว่าตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการเสริมสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยที่ดีนั้น คือ ความเข้าใจอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อสภาวะน่าสบายอย่างถูกต้องแล้วจึงมาผสมผสานกันเพื่อสร้างสรรอาคารสถาปัตยกรรมไทย ลักษณะของอาคารสถาปัตยกรรมที่ดีสมบูรณ์นี้ เชื่อว่าคงมีอยู่ในอดีตหากแต่ไม่พบในสมัยปัจจุบัน ด้วยเหตุที่ว่าสภาวะแวดล้อม และองค์ประกอบอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงไปมาก

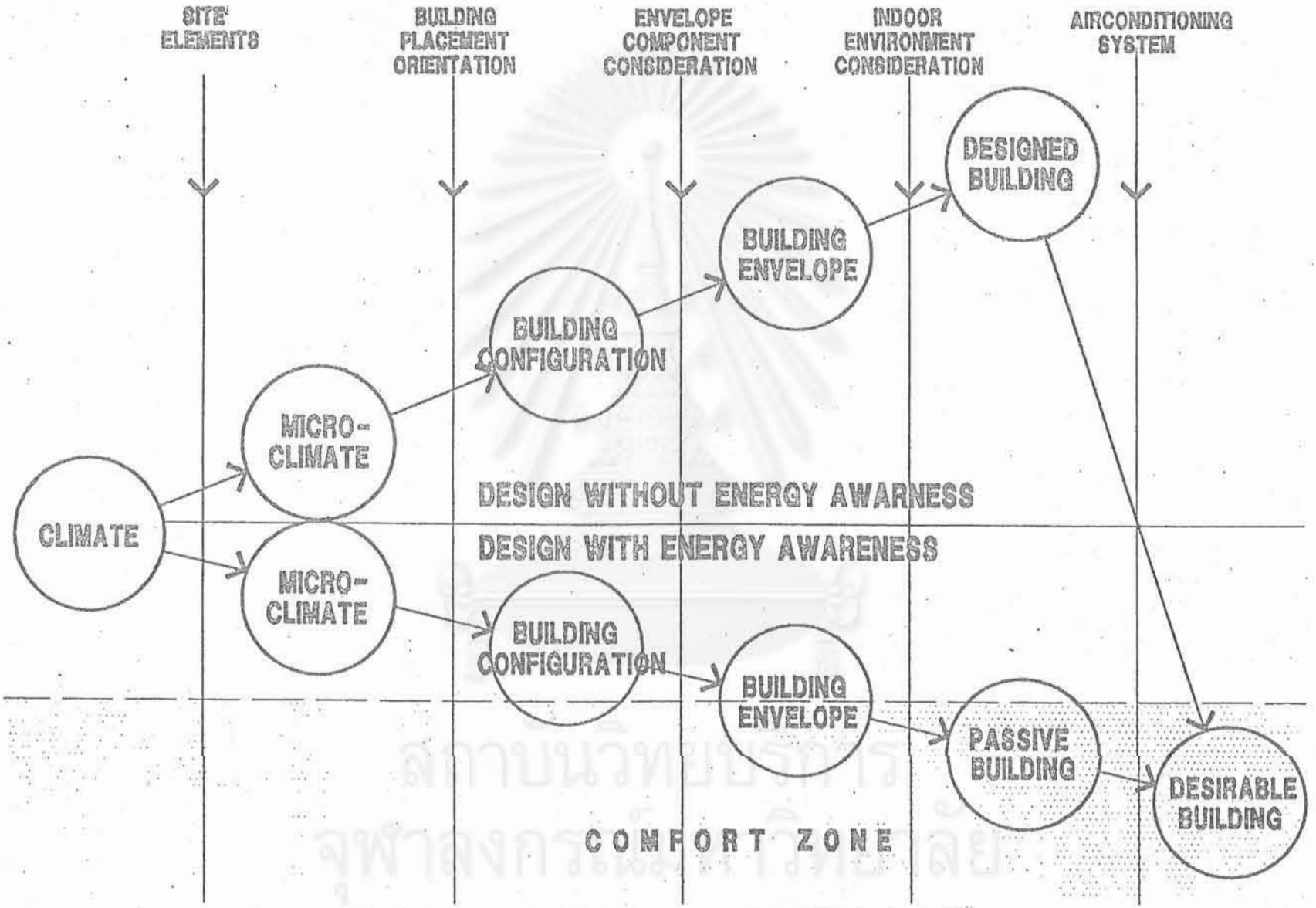
ข้อสรุปอันนี้อาจอธิบายได้ดังแผนภูมิรูปที่ 50 ซึ่งอาจอธิบายได้ดังนี้ จากภูมิอากาศ (Climate) ที่มีอยู่ ถ้าได้รับการออกแบบสภาพแวดล้อม และภูมิสถาปัตย์อย่างถูกต้องแล้ว จากตัวอย่างที่พบผลที่ได้รับก็คือ Micro-climate รอบๆอาคารที่ต่ำกว่าภูมิอากาศแถบนั้น ถึง 3 องศาเซลเซียส ในบางเวลา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่าที่พบตลอดวันประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส ในทางตรงกันข้ามหากสภาพแวดล้อมและภูมิสถาปัตย์ไม่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้อง Micro-climate ที่ได้รับคือ สภาพแวดล้อมที่ร้อนระอุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการออกแบบนั้นไม่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน (Design Without Energy Awareness)

- เมื่อได้ Micro-climate ที่ดีแล้ว ลำดับต่อไปก็คือการแสวงหารูปทรงของอาคารและที่ตั้งที่เหมาะสม (Building Configuration)
- ลำดับต่อไปก็คือ การจัดหาระบบเปลือกอาคารที่เหมาะสม (Building Envelope) ซึ่งอันนี้จะประกอบด้วยระบบการกันแดดกันความร้อนที่ดี โดยเลือกวัสดุให้ถูกต้อง
- เมื่อได้อาคารและ Micro-climate ที่ดีแล้ว จะต้องคำนึงถึงวัสดุที่จะใช้ในตัวอาคารโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมภายใน ตัวผู้ใช้อาคารตลอดจนกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะมีขึ้นในอาคารอย่างถูกต้อง

ผลที่ได้รับจากขบวนการนี้คือ Passive Building หรืออาคารที่ตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศและผู้ใช้อย่างถูกต้องสำหรับประเทศไทยเรา อาคารสถาปัตยกรรมไทยที่ดีที่ได้รับการออกแบบ และพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างถูกต้องแล้ว จะมีสภาพแวดล้อมภายในที่ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายมาก และหากบางช่วงเวลาที่ภูมิอากาศไม่เอื้ออำนวยจริงๆ สภาวะแวดล้อมภายในอาจจะรู้สึกร้อนไปบ้าง ในกรณีนั้นหากต้องใช้เครื่องปรับอากาศช่วยก็จะมีเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น

ตรงกันข้าม อาคารที่พบในปัจจุบันจำนวนไม่น้อยที่ไม่ได้ออกแบบโดยพิจารณาถึงขบวนการดังกล่าว ผลที่ได้รับก็คือ อาคารที่ร้อนระอุท่ามกลางสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง การออกแบบโดยไม่พิจารณาให้ถูกต้องตามกระบวนการดังกล่าวมีผลให้สภาพภายในร้อนเกินกว่าจะอยู่ได้ จึงแก้ปัญหาด้วยวิธีการติดเครื่องปรับอากาศช่วยดังที่จะแสดงอยู่ในแผนภูมิของอาคารที่ออกแบบโดยไม่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ขบวนการออกแบบอาคารสถาปัตยกรรมโดยคำนึงถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างรอบคอบแล้วนำมาผสมผสานกันนั้นพบว่าเป็นขบวนการที่ได้เคยคิดทำกันมาก่อนและน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งของอาคารสถาปัตยกรรมไทยที่จะเสริมสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคารในปัจจุบันและอนาคตต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 50 Technology Integration in Design Process

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารสถาปัตยกรรมไทย อย่างไรก็ตามความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้เรายังมีอยู่ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างต่อสถาปนิกเองมักจะไม่ให้ความสำคัญกับเรื่องนี้เท่าที่ควร ผลที่ได้ก็คือ งานสถาปัตยกรรมยุคใหม่ๆ มีแต่ความแปลกใหม่โดยบางครั้งไม่ได้คำนึงถึงสภาวะแวดล้อมที่เป็นอากาศร้อนชื้นแบบไทยๆ เรา จากงานวิจัยชิ้นนี้คณะผู้ทำการค้นคว้าได้สัมผัสกับปัญหาหลายๆ อย่างที่จำเป็นต้องทำการค้นคว้าต่อไป ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ

- อิทธิพลของลมต่อการถ่ายเทอากาศและการระบายความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การระบายอากาศร้อนจากช่องเปิดของหลังคา
- Wind Flow Pattern ของลมที่มีต่อรูปทรงต่างๆ เท่าที่เห็นอยู่ในปัจจุบันยังเป็นการยากที่จะประเมินค่า Pattern ของลมอย่างถูกต้องและใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง
- อิธิพลของการใช้ผนังกระจกตัดแสงที่มุ่งหวังจะใช้กระจกเป็นตัวกันความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร ผลที่ได้รับก็คือ ผิวกระจกร้อนอันเป็นผลให้เกิด MRT ที่สูงมากบริเวณที่อยู่ใกล้ผนังกระจก และเป็นตัวสร้างปัญหาให้กับ สภาวะน่าสบายภายในอาคาร
- การวิจัยและค้นคว้าวัสดุหรือเครื่องตกแต่งที่ใช้ในงานภูมิสถาปัตย อย่างถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่ทำให้ผิววัสดุร้อนทั้งนี้เพื่อลดค่า MRT ให้แก่ผู้ใช้สถานที่นั้น

งานวิจัยในทำนองเดียวกันยังมีอีกมากที่จะต้องทำการศึกษาค้นคว้าต่อไป แต่สิ่งที่น่าจะเป็นความต้องการเร่งด่วนในยุคปัจจุบันน่าจะเป็นเรื่องของการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน การควบคุมสภาวะต่างๆ โดยเน้นวิธีธรรมชาติเป็นหลัก งานวิจัยทำนองนี้อาจจะมีประโยชน์มาก และจำเป็นมาก โดยเฉพาะเมื่อใช้กับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของเมืองไทยเรา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

American Society of Heating Refrigerating and Airconditioning Engineers (ASHRAE) Handbook of Fundamental, Atlanta, 1989.

Boonyatikarn, S., A Method for Developing Energy Budget and Energy Design Guidelines (Dissertation), University Microfilm, May, 1982.

Clark, R.P. and Edhdm O.G. Man and His Thermal Envivonment, Edward Amdd, London, 1985.

Deucker, W. and Boonyatikarn, S. "Micro-Climate Variation within a Built-up area, "15th Annual Passive solar Conference, February 19-23, Austin, Texas.

Fager, P.O. "Calculation of Thermal Comfort, Introduction of a Basic Comfort Equation " Ashrae Transactions 1967, 73, II, P.205-206.

Fanger, P.O. Thermal Comfort, Malabar, Florida, Robert E. Krieger Poblishhing co., 1982.

Jones, J.R. and Boonyatikarn, S. "An Overall Building Performance," American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE Transaction, Vol.96, Part I, Atlanta, Georgia, December 1989.

Konya, Allan. Design Primer for Hot Climate.London: The Architectural Press Ltd., 1980.

Olgyay, Victor. Design with Climate. Princeton, New Jersey : Princeton University Press, 1963.

Scheatzle, David G. Development and Demonstration of a Comfort Index Program with a Microprocessor to Control Year-Round Comfort in a Residential Bedroom in a Hot Arid Climate. (Dissertation), University Microfilm, Ann Arbor, Michigan, 1990.

Stein, B. Mechcanical and Electrical Equipment for Buildings, 7 th Edition, John Wiley and Son, New York, 1986.

Watson, D. and Lab, K. Energy Efficient Building Principles and Practices, McGraw Hill, New York, 1983.

Yaglou, C.P. (1927). Temperature, humidity and air movement in industries; the effective temperature index. Journal of Industrial Hygiene 9, 297-309.

ส่วนผนวก

ข้อมูลอาคารที่ทำการศึกษา

ตัวย่อและความหมาย

COMF. TEMP.	- Comfort Temperature
DIFF. TEMP.	- Different Temperature
EQ.	- Equivalent Temperature
IA	- Inside Air Temperature
IN	- Indide
MRT	- Mean Radiant Temperature
OUT	- Outside
OPR. TEMP.	- Operative Temperature
PMV	- Predicted Mean Voat
PPD	- Percentage of Dissatisfaction
T	- Temperature
VP	- Vapour Pressure
WB	- Wet Bulb Temperature

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	WB IN.	IA.	IA@4.0M.	T.WALL IN.	T.WALL OUT.	WALL OUT.S.	WALL IN.S.	T.CEILING	T.ROOF	IA@SALA	MRT@SALA	T.SALA ROOF	T.MAIN TERRACE	T.UNDER TERRACE	T.GROUND	T.WATER	OPR. TEMP.	COMF. TEMP.	EQ. TEMP.	DIFF. TEMP.	PMV.	PPD.	WINDSPEED(M/S)	SUNSHINE(%)
7:00	20.70	25.70	25.60	25.60	25.50	25.60	25.80	25.40	25.30	26.30	25.50	25.40	26.40	25.00	27.50	26.30	27.40	24.60	20.50	4.70	-0.15	20.00	0.39	
8:00	19.10	25.70	25.50	25.60	25.60	25.80	26.00	25.60	26.40	25.60	25.80	26.60	27.30	25.40	26.00	26.50	26.90	24.60	24.40	0.40	0.04	5.00	0.34	
9:00	21.10	26.10	26.20	26.10	26.10	26.90	26.90	26.80	29.40	25.80	26.30	29.80	29.00	25.70	25.60	26.40	26.30	24.60	23.10	0.80	-0.01	5.00	0.15	
10:00	21.30	27.00	27.10	27.10	27.20	28.90	28.50	28.50	34.10	27.00	27.70	33.40	32.40	26.50	25.80	28.50	27.20	24.30	24.40	-0.50	0.19	7.50	0.33	
11:00	21.60	27.80	28.40	27.80	27.80	30.00	29.70	30.30	36.60	27.00	28.50	36.70	34.00	27.20	25.70	28.70	30.00	24.10	26.50	-2.20	0.82	13.00	0.10	
12:00	22.00	29.30	30.00	29.80	30.20	33.50	32.60	33.80	48.40	29.20	30.90	42.30	41.90	27.90	25.20	27.00	31.30	24.30	27.60	-3.30	1.10	33.00	0.07	
13:00	22.20	30.00	31.60	30.70	31.00	34.30	33.70	35.60	47.10	29.80	31.20	40.50	37.50	29.20	25.50	27.70	31.10	3.00	28.00	-4.10	1.20	43.00	0.00	
14:00	22.00	30.20	30.90	31.50	31.90	34.70	33.90	36.00	45.80	30.10	30.70	39.20	38.80	29.40	25.70	27.60	30.80	24.30	28.30	-4.40	1.30	42.00	0.20	
15:00	21.80	30.50	31.80	31.60	31.90	34.50	33.90	36.40	42.20	30.60	30.80	34.90	36.50	29.20	25.60	27.60	32.60	24.30	29.90	-5.50	1.60	82.00	0.22	
16:00	21.70	30.20	30.60	31.30	31.60	34.40	34.70	35.20	40.10	30.70	30.70	32.10	34.20	29.30	25.60	28.00	32.70	24.30	29.70	-5.50	1.60	81.00	0.22	
17:00	21.90	29.30	29.80	30.40	30.40	31.50	31.30	32.90	31.10	29.50	29.90	29.30	33.00	28.00	25.70	27.70	31.50	24.30	28.90	-4.60	1.30	47.00	0.24	
18:00	21.60	28.80	29.10	29.30	29.10	28.70	29.20	30.00	27.40	28.70	28.80	28.90	31.10	28.30	25.80	27.40	30.70	24.30	28.30	-2.00	0.57	11.00	0.27	
19:00	21.30	28.20	28.20	28.50	28.30	27.80	28.10	28.30	25.90	28.30	28.40	28.00	29.90	27.70	25.90	27.20	30.50	24.30	28.30	-1.80	0.48	5.80	1.50	
20:00	21.20	27.70	27.50	27.80	27.70	27.20	27.60	27.40	25.30	27.80	27.70	25.40	28.90	27.30	26.00	27.10	30.80	24.30	28.80	-2.20	0.69	15.00	0.28	
21:00	21.20	27.30	27.20	27.40	27.20	26.70	27.00	26.90	24.40	27.30	27.40	24.60	28.10	27.00	26.00	26.80	30.90	24.30	28.50	-2.30	0.71	18.00	0.13	
22:00	21.00	26.70	26.90	26.70	26.30	26.60	26.30	23.80	26.60	26.80	24.10	27.60	26.40	26.00	26.70	30.80	24.30	28.00	-1.70	0.50	10.00	0.10		
23:00	20.90	26.30	26.20	26.50	26.40	25.00	26.20	25.80	24.10	26.30	26.40	24.30	27.50	26.20	26.00	26.60	30.20	24.30	25.40	-1.10	0.35	7.70	0.37	
24:00	20.60	26.10	26.20	26.20	26.10	25.70	26.00	25.80	24.00	26.10	26.10	24.00	27.00	26.00	26.00	26.40	30.40	24.30	25.50	-1.20	0.38	8.80	0.00	
1:00	20.80	25.70	25.80	26.00	25.80	25.40	25.60	25.50	23.30	25.80	25.90	23.40	26.10	25.50	26.10	26.40	30.20	24.30	25.30	-0.90	0.25	6.90	0.00	
2:00	21.10	25.30	25.40	25.50	25.40	24.90	25.20	25.00	22.50	25.00	25.30	22.50	25.40	25.00	26.10	26.20	29.70	24.30	24.50	-0.10	0.01	5.30	0.01	
3:00	20.40	25.00	25.00	25.20	25.10	24.70	24.90	24.50	22.40	25.00	25.20	22.70	25.30	25.00	26.00	26.10	29.60	24.30	24.50	-0.10	0.03	5.10	0.20	
4:00	20.50	24.90	24.70	25.00	25.00	24.70	24.90	24.50	22.60	25.00	25.00	22.90	25.10	25.10	26.00	26.00	29.60	24.30	24.20	0.10	-0.02	5.10	0.08	
5:00	20.40	24.80	24.80	24.90	24.80	24.50	24.70	24.40	22.90	25.00	25.00	22.90	24.90	24.70	26.00	25.90	29.60	24.30	23.70	0.60	-0.20	7.00	0.03	
6:00	20.60	24.80	24.50	24.80	24.70	24.40	24.60	24.20	22.90	24.60	24.70	23.00	24.70	24.60	26.00	25.90	29.30	24.30	23.70	0.60	-0.18	8.10	0.19	
7:00	20.60	24.70	24.50	24.70	24.70	24.70	24.80	24.40	24.00	24.80	24.80	24.00	25.10	24.70	25.90	25.80	29.30	24.30	23.40	0.80	-0.28	7.10	0.39	
8:00	20.30	25.10	24.90	25.00	25.00	25.60	25.50	25.10	26.10	25.00	25.20	26.10	26.30	24.90	25.80	25.70	25.20	24.30	21.40	2.90	-0.37	7.20	0.53	
9:00	20.30	25.90	25.80	25.80	25.90	27.30	26.90	26.50	29.80	26.20	26.40	29.70	28.70	25.70	25.80	25.70	29.80	24.30	24.60	-0.30	-0.06	5.20	0.45	
10:00	20.70	27.10	27.10	26.80	26.90	28.50	28.20	27.90	32.30	26.90	27.50	32.40	32.50	26.30	26.70	25.70	30.40	24.30	26.10	-1.90	0.58	12.00	0.32	
11:00	20.80	28.30	28.90	28.50	28.90	30.70	30.30	30.20	41.00	28.50	29.70	38.60	39.00	27.60	25.60	28.00	28.50	24.30	24.30	-1.80	0.59	14.00	0.21	
12:00	20.70	29.50	30.30	29.90	30.50	32.10	31.40	32.40	43.20	29.70	30.90	38.20	40.50	28.10	25.80	26.40	31.20	24.40	27.10	-2.80	0.76	18.00	0.33	
13:00	21.30	30.40	31.20	31.10	31.80	33.80	32.90	34.50	48.80	30.70	32.20	39.80	43.30	29.30	25.60	26.60	30.80	24.40	27.70	-3.70	1.10	36.00	0.11	
14:00	20.80	30.10	30.80	31.50	32.00	34.20	33.40	35.00	45.80	30.80	31.80	37.00	42.80	29.10	25.10	26.70	32.10	24.30	29.70	-5.30	4.00	88.00	0.46	
15:00	21.00	30.10	30.50	31.10	31.40	33.10	32.70	35.10	42.10	29.90	30.80	33.60	38.70	29.10	25.10	27.00	32.10	24.30	28.90	-4.60	1.30	46.00	0.23	
16:00	21.20	30.10	30.70	30.90	31.00	33.40	35.80	34.80	38.50	29.90	30.80	32.50	37.30	29.00	25.80	26.70	30.30	24.30	26.80	-2.70	1.00	31.00	0.60	
17:00	20.70	28.40	29.40	29.80	29.90	30.10	30.50	31.40	31.10	29.20	29.60	29.30	33.90	28.60	25.80	26.90	31.80	24.30	28.40	-4.10	1.20	40.00	0.43	
18:00	20.40	27.80	27.70	28.40	28.20	28.10	28.40	28.70	27.30	27.60	27.80	28.60	31.50	27.10	26.00	26.60	30.80	24.30	28.40	-2.00	0.60	13.00	0.31	
19:00	20.60	27.30	27.20	27.50	27.20	27.00	27.30	27.30	28.00	26.90	27.30	25.80	30.70	26.70	25.90	26.00	30.50	24.30	26.20	-1.90	0.60	13.00	0.40	
20:00	20.40	26.90	26.70	27.00	26.90	26.60	26.90	26.80	25.50	26.80	27.00	25.40	29.70	26.50	26.00	26.20	30.50	24.30	25.70	-1.30	0.40	9.20	0.00	
21:00	20.10	26.60	26.50	26.70	26.60	26.30	26.50	26.40	24.90	26.60	26.70	24.90	28.60	26.60	26.00	26.10	30.30	24.30	25.30	-1.00	0.30	7.40	0.46	
22:00	20.30	26.50	26.40	26.50	26.30	26.10	26.30	26.10	25.10	26.40	26.50	25.10	28.40	26.30	26.00	25.90	30.50	24.30	25.90	-1.40	0.41	9.00	0.17	
23:00	20.40	26.30	26.20	26.40	26.30	26.10	26.30	26.10	25.30	26.30	26.40	25.30	28.10	26.20	26.00	25.80	30.30	24.30	25.40	-1.10	0.33	7.50	0.19	
24:00	20.50	26.00	25.90	26.10	26.00	25.90	26.10	26.00	25.10	26.00	26.10	25.10	27.80	25.80	25.90	25.80	30.20	24.30	25.10	-0.70	0.20	6.30	0.20	
1:00	20.60	26.00	25.90	26.00	25.90	25.90	25.90	25.80	25.20	26.00	26.10	25.10	27.30	25.80	25.90	25.80	30.20	24.30	25.20	-0.80	0.22	8.50	0.30	
2:00	20.70	25.80	25.80	25.80	25.70	25.80	25.80	25.50	24.50	25.50	25.90	24.50	26.80	26.10	25.90	25.80	30.10	24.30	24.90	-0.60	0.15	5.60	0.17	
3:00	20.80	25.70	25.70	25.80	25.70	25.50	25.70	25.60	24.70	25.80	25.90	24.70	26.50	25.60	25.80	25.50	30.10	24.30	24.90	-0.50	0.17	5.90	0.09	
4:00	20.90	25.70	25.80	25.70	25.80	25.40	25.60	25.80	24.80	25.70	25.80	24.70	26.30	25.50	25.80	25.50	30.40	24.30	24.70	-0.30	0.08	5.20	0.17	
5:00	21.20	25.80	25.50	25.80	25.50	25.40	25.60	25.50	24.80	25.50	25.80	24.70	26.10	25.50	25.80	25.50	30.00	24.30	24.80	-0.50	0.14	5.80	0.13	
6:00	21.30	25.60	25.50	25.60	25.60	25.40	25.60	25.50	24.40	25.60	25.70	24.50	25.70	25.40	25.80	25.50	30.00	24.10	24.80	-0.50	0.15	5.80	0.21	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เก็บข้อมูลวันที่ 27-29 ตุลาคม 2535

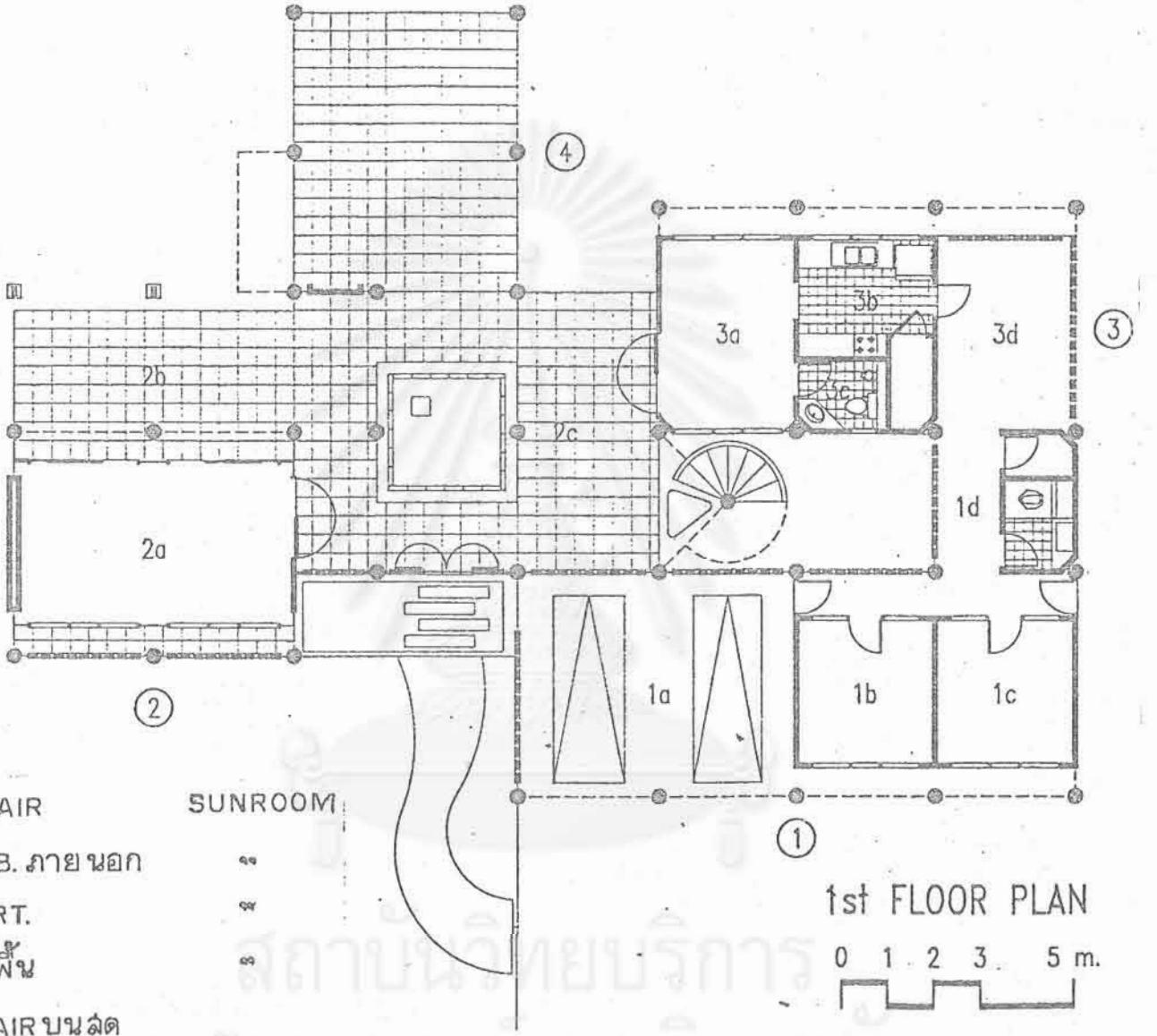
TIME	IA.	MRT.	T.FLOOR	OA	MICRO-CLIMATE	T.GROUND	T.SHRUB	OPR. TEMP.	COMF. TEMP.	EQ. TEMP.	DIFF. TEMP.	PMV.	PPD.	WINDSPEED(M/S)	SUNSHINE	VP
7:30								26.90	23.80	21.40	2.40	-0.74	18.00	0.14		2.70
8:30								27.80	24.10	23.10	0.90	-0.23	7.10	0.00		
9:30								28.80	24.10	25.70	-1.70	0.52	11.00	0.00		
10:30								29.40	24.10	27.20	-3.10	0.92	24.00	0.08		
11:30								30.40	24.10	28.20	-4.10	1.20	39.00	0.29		
12:30								30.70	24.10	28.90	-4.80	1.40	50.00	0.00		
13:30								31.40	24.10	29.90	-5.80	1.70	67.00	0.13		
14:30								31.30	24.10	29.30	-5.30	1.60	62.00	0.05		
15:30								31.60	24.10	30.00	-5.90	1.70	69.00	0.00		
16:30								31.10	24.10	29.50	-5.40	1.60	58.00	0.00		
17:30								30.20	24.10	28.70	-4.60	1.30	47.00	0.00		
18:30								29.40	24.10	27.70	-3.70	1.10	32.00	0.00		
19:30									24.10	28.70	-2.50	0.75	17.00	0.00		
20:30								28.60	24.10	26.40	-2.30	0.70	16.00	0.00		
21:30								28.10	23.80	25.50	-1.60	0.52	11.00	0.00		
22:30								27.90	23.80	25.60	-1.70	0.48	10.00	0.00		
23:30								27.00	23.80	24.80	-0.90	0.27	1.20	0.00		
0:30								26.90	23.50	24.70	-1.20	0.34	7.60	0.00		
1:30								27.20	23.50	24.10	-0.70	0.19	6.20	0.00		
2:30								26.50	23.80	23.70	-0.20	0.07	5.00	0.00		
3:30								26.60	23.50	23.70	-0.20	0.08	5.40	0.00		
4:30								26.30	23.80	22.90	0.60	-0.20	5.00	0.00		
5:30								25.90	23.80	21.80	1.60	-0.45	7.00	0.00		
6:30								26.20	24.00	26.00	3.40	-1.00	29.00	0.00		
7:00								24.40	24.00	20.50	3.60	-1.00	31.00			
8:00								26.30	23.80	23.20	0.70	-0.22	6.50	0.45		
9:00								26.90	24.10	24.60	-0.60	0.21	6.30	0.43		
10:00								27.90	24.10	25.80	-1.80	0.53	11.00	0.73		
11:00								28.90	24.10	26.20	-2.10	0.63	14.00	0.66		
12:00								29.10	24.10	27.40	-3.30	1.00	28.00	0.00		
13:00								30.00	24.10	28.40	-4.30	1.30	43.00	0.74		
14:00								30.10	24.10	28.60	-4.50	1.30	43.00	0.30		
15:00								30.10	24.10	28.90	-4.80	1.40	50.00	0.09		
16:00								29.60	24.10	28.30	-4.20	1.20	41.00	0.18		
17:00								29.60	24.10	27.30	-3.30	1.00	28.00	0.09		
18:00								29.10	24.10	26.80	-2.70	0.83	18.00	0.06		
19:00								28.70	24.10	26.30	-2.20	0.62	13.00	0.13		
20:00								28.20	24.10	25.70	-1.60	0.50	11.00	0.17		
21:00								27.50	24.10	25.10	-1.00	0.31	7.50	0.00		
22:00								27.10	23.90	24.40	-0.60	0.18	5.90	0.00		
23:00								27.40	23.80	24.10	-0.30	0.08	5.10	0.00		
24:00								26.90	23.60	23.70	-0.30	0.10	5.30	0.00		
1:00								26.60	23.60	23.40	0.10	-0.05	5.20	0.00		
2:00								26.50	23.60	23.00	0.60	-0.19	6.10	0.00		
3:00								26.30	23.60	22.80	0.70	-0.20	6.80	0.00		
4:00								25.50	23.60	21.50	2.00	-0.59	13.00	0.00		
8:00								27.40	24.10	23.00	0.90	-0.26	6.60			
7:00	24.98	24.95	25.71	23.50	23.84	24.50	23.22	27.20	24.00	21.90	2.00	-0.57	12.00	0.00		
8:00	25.40	25.32	25.72	24.98	24.54	24.43	23.99	28.00	23.80	23.70	2.00	0.30	4.90	0.00		
9:00	25.99	25.89	25.75	27.61	26.22	24.35	25.27	28.70	24.10	24.40	-0.40	0.14	6.30	0.00		
10:00	27.42	27.13	25.89	29.66	27.71	24.28	26.61	27.90	24.10	25.10	-1.00	0.34	8.20	0.00		
11:00	27.42	27.49	26.08	30.22	28.45	24.23	27.70	28.60	24.10	25.70	-1.60	0.47	9.50	0.00		
12:00	27.87	27.68	26.15	30.54	28.96	24.28	27.95	28.90	24.10	26.00	-1.80	0.53	10.00	0.00		
13:00	28.80	28.49	26.37	32.11	29.74	24.31	28.19	29.70	24.10	27.10	-3.10	0.91	22.00	0.00		
14:00	29.04	28.89	26.44	32.70	29.89	24.39	28.15	29.50	24.10	27.60	-3.60	1.00	32.00	0.00		
15:00	29.30	29.30	26.50	32.50	30.40	24.40	28.50	29.70	24.10	27.30	-3.30	1.00	28.00	0.00		
16:00	29.30	29.00	26.60	31.00	29.50	24.50	28.20	29.20	24.10	27.50	-3.50	1.00	30.00	0.00		
17:00	29.20	29.00	26.60	30.40	29.30	24.60	27.50	29.80	24.10	28.20	-4.20	1.20	41.00	0.00		
18:00	28.80	28.50	26.70	29.00	28.30	24.60	27.10	29.50	24.10	28.10	-4.00	1.20	38.00	0.00		
19:00	28.00	27.90	26.70	28.10	26.90	24.60	26.20		24.10	27.40	-3.30	1.00	28.00	0.00		
20:00	28.00	28.10	26.80	27.90	27.30	24.60	25.70	28.40	24.10	27.10	-3.00	0.91	22.00	0.00		
21:00	27.54	27.52	26.11	27.06	25.95	24.66	25.54	27.70	24.10	26.60	-2.50	0.75	16.00	0.00		
22:00	27.20	27.20	26.70	26.80	25.80	24.60	25.40	28.50	23.80	26.80	-3.10	0.92	24.00	0.00		
23:00	26.80	26.80	26.60	26.20	25.30	24.60	24.90	28.30	23.90	26.20	-2.50	0.73	16.00	0.00		
24:00	26.90	26.10	26.60	26.00	25.10	24.60	24.80	28.20	23.50	26.40	-2.80	0.85	21.00	0.00		
1:00	26.60	26.60	26.50	25.50	24.70	24.60	24.50	28.10	23.50	26.10	-2.50	0.74	17.00	0.00		
2:00	26.50	26.50	26.50	25.60	24.50	24.60	24.30	28.00	23.50	26.10	-2.60	0.76	17.00	0.00		
3:00	26.20	26.20	26.40	24.80	24.20	24.60	24.10	27.90	23.60	25.70	-2.00	0.61	13.00	0.00		
4:00	26.10	26.10	26.30	24.70	24.00	24.60	23.90	28.00	23.50	25.50	-1.90	0.59	13.00	0.00		
5:00	25.80	25.80	26.20	24.00	24.10	24.50	23.80									

ข้อมูลบ้านรองศาสตราจารย์ผุสดี ทิพทัส เก็บข้อมูลวันที่ 18-19 ตุลาคม 2535

TIME	IA.	WB IN.	MRT	T.FLOOR	T.CEILING	T.ROOF	T.WALL IN.	T.WALL OUT.	OA	T.OPR.2FL.	T.COMF.2FL.	T.EQ.2FL.	T.DIFF.2FL.	PMV.2FL.	PPD.2FL	WINDSPEED	SUNSHINE(%)	VP
7:00	25.79	22.71	25.82	26.08	25.71	23.22	25.5	24.31	23.5	26.2	24.1	23.1	0.8	-0.25	6.4	0	100	2.4
8:00	25.67	22.62	25.8	26.02	25.54	24.3	25.54	24.8	24.98								100	2.7
9:00	26.14	22.36	28.06	26.04	25.72	31.85	25.96	26.36	27.61								100	2.4
10:00	26.95	22.55	26.87	26.21	26.7	37.52	26.9	28.03	29.66								100	2.4
11:00	27.55	23.12	27.36	26.4	27.53	41.7	27.68	28.99	30.22								100	2.4
12:00	27.98	23.21	27.87	26.7	28.48	42.44	28.3	29.47	30.54								60	2.4
13:00	29.31	23.47	28.8	27.02	29.58	47.28	29.1	30.27	32.11								50	2.4
14:00	29.4	23.5	29.18	27.39	30.44	47.84	29.64	30.52	32.7									
15:00	29.8	23.6	29.6	27.8	31.2	46.9	29.9	30.6	32.5								100	2.4
16:00	29.7	23.4	29.7	28.2	31.5	42.5	30	30.4	31								60	2.4
17:00	29.8	23.6	29.8	28.4	31.5	39.7	30	30.1	30.4								50	2.6
18:00	29.6	23.9	29.6	28.5	31.3	36.3	29.8	29.5	29								10	2.6
19:00	29.2	24	29.3	28.6	30.9	34.5	29.4	28.6	28.1								0	2.6
20:00	29.1	24.2	29.2	28.6	30.5	32.6	29.3	28.3	27.9								0	2.6
21:00	28.7	24.26	28.82	28.61	30	30.92	28.79	27.5	27.06								0	2.8
22:00	28.6	24.2	28.6	28.5	29.7	30.1	28.5	27.2	26.8								0	2.8
23:00	28.2	24.3	28.3	28.4	29.1	28.5	28.1	26.1	26.2	28	23.9	27.1	-3.4	1	27	0	0	3
24:00	28.1	24.2	28.2	28.3	28.9	28	27.9	26.4	26								0	3
1:00	27.8	24.2	27.9	28.1	28.5	27.2	27.6	26.1	25.5								0	3
2:00	27.8	24.1	27.8	28	28.2	26.4	27.5	25.9	25.6								0	3
3:00	27.4	24	27.5	27.8	27.9	25.7	27.2	25.4	24.8								0	3
4:00	27.3	24	27.4	27.6	27.6	25.2	27	25.1	24.7								0	3

ข้อมูลบ้านรองศาสตราจารย์ผุสดี ทิพทัส เก็บข้อมูลวันที่ 18-19 ตุลาคม 2535

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

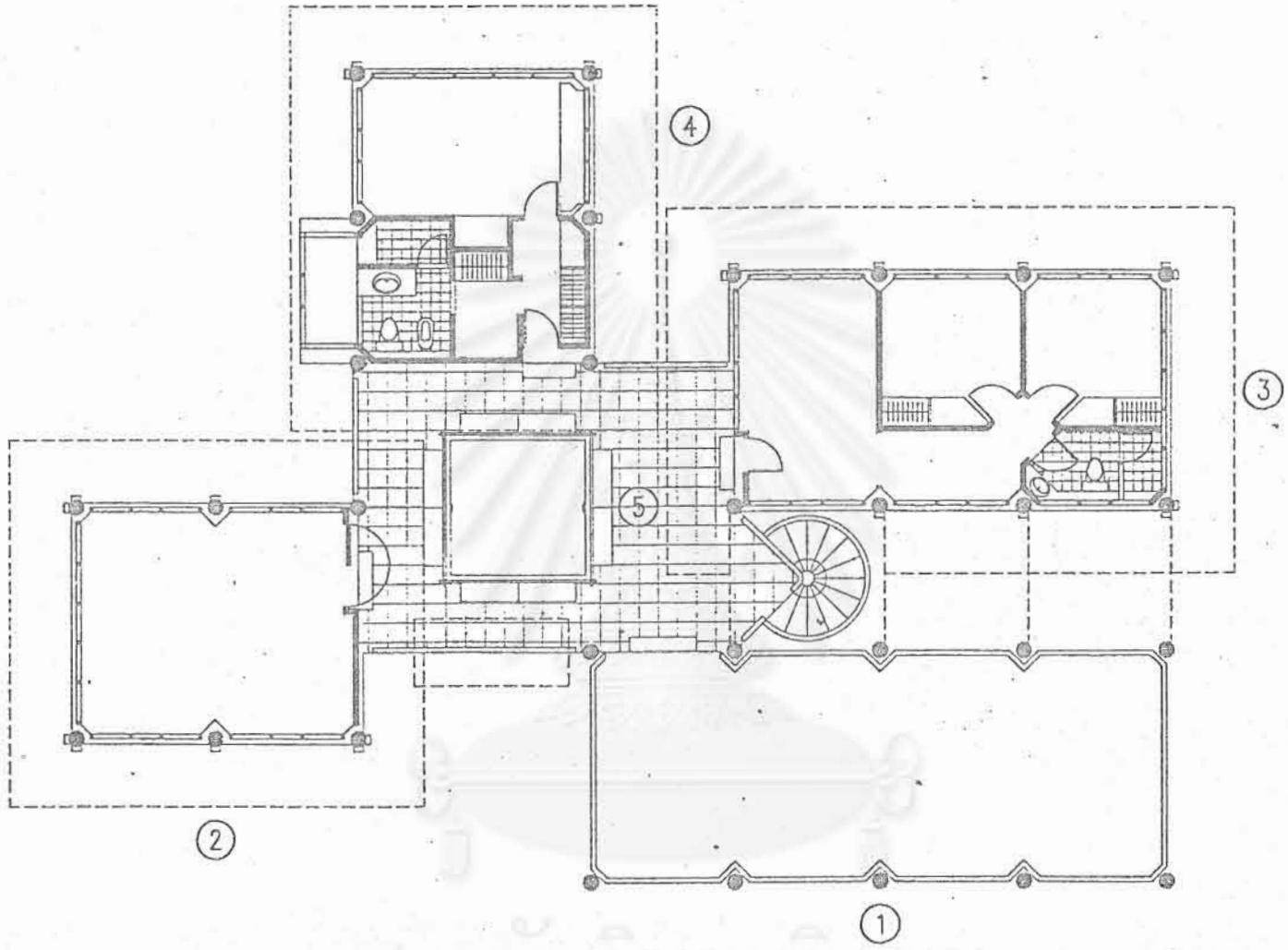


1st FLOOR PLAN

0 1 2 3 5 m.

1 T.AIR	ชั้น 2	9 T.AIR	SUNROOM	
2 WB.	"	10 WB. ภายนอก	"	
3 MRT.	"	11 MRT.	"	
4 T.พื้น	"	12 T.พื้น	"	
5 T.เพดาน	"	13 T.AIR บนสุด		
6 T.หลังคา	"	14 T.AIR ภายนอก พุ่มไม้		
7 T. ผนังภายใน	"	15 T.ดิน		
8 T.ผนังภายนอก	"	16 T.AIR ใต้ต้นไม้		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บ้านคุณบุญญวัฒน์ – ผุสดี ทิพทัส

2nd FLOOR PLAN

0 1 2 3 5 m.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	IA	WB IN.	OA	MRT.	T.WALL IN.	T.WALL OUT.	WALL IN.S.	WALL OUT.S.	T.CEILING(GYPSUM)	T.CEILING(CONC)	T.CEILING OUT.	T.ROOF	T.GLASS	T.WALL IN(E)	T.WALL IN(W)	T.FLOOR	OPR. TEMP.	COMF. TEMP.	EQ. TEMP.	DIFF. TEMP.	PMV.	PPD.	WIND SPEED (M/S)	SUNSHINE (%)	VP
6:00	24.71	22.35	23.91		25.35	25.20	25.62	24.50	25.89	27.48	24.58	21.31	24.65	25.62	25.58	26.67	26.40	24.10	23.40	0.70	-0.24	8.70	0.15		2.40
7:00	25.82	22.65	24.55		25.47	25.50	25.98	26.72	26.19	27.50	25.43	30.35	27.12	26.28	26.31	26.76	26.50	24.10	25.20	-1.20	0.36	8.00	0.00	100.00	2.40
8:00	26.31	22.86	26.02		27.42	26.55	26.39	31.43	26.71	27.45	27.40	43.83	28.85	26.61	26.60	26.98	26.60	24.00	22.60	1.10	-0.08	5.20	0.11	100.00	2.70
9:00	27.75	23.41	28.00	27.84	27.47	28.03	27.41	36.03	27.84	27.92	30.19	57.37	30.62	27.63	27.85	27.47	27.70	23.90	25.30	-1.60	0.54	11.00	0.00	100.00	2.70
10:00	28.74	23.69	29.22	28.98	27.89	29.10	28.59	34.63	28.93	28.18	31.78	57.18	31.57	28.64	28.56	27.97	28.90	23.90	26.90	-3.10	0.98	27.00	0.02	100.00	2.70
11:00	29.34	23.99	29.47	29.72	28.27	29.96	29.55	34.63	29.77	29.56	32.68	54.42	32.45	29.49	29.36	28.46	29.70	24.10	28.20	-4.20	1.30	43.00	0.49	50.00	2.40
12:00	30.01	23.58	30.06	29.95	29.23	30.92	29.82	34.84	30.14	29.74	33.70	51.74	32.65	29.95	29.68	28.83	30.70	24.10	27.90	-4.20	1.30	45.00	0.11	50.00	2.40
13:00	30.25	23.58	30.71	30.42	29.67	31.49	30.47	33.36	30.48	29.14	34.43	63.70	33.33	30.42	30.16	29.16	30.30	24.10	28.20	-5.10	1.50	56.00	0.08	20.00	2.40
14:00	30.22	24.15	30.52	30.36	29.85	31.20	30.66	34.22	30.42	29.24	32.92	52.14	32.17	30.49	30.15	29.42	30.20	24.10	28.60	-4.60	1.40	50.00	0.25	0.00	2.40
15:00	30.95	24.23	30.64	30.70	30.05	31.18	30.97	33.70	30.86	29.52	32.67	39.76	32.61	30.80	30.57	29.71	30.60	24.10	28.70	-4.70	1.40	51.00	0.00	0.00	2.40
16:00	30.45	24.45	30.42	30.58	30.37	31.13	31.01	33.32	30.70	29.67	32.01	41.30	31.75	30.78	30.56	29.92	30.40	24.10	29.10	-5.10	1.50	53.00	0.00	0.00	2.40
17:00	30.28	24.29	30.20	30.40	30.56	30.89	30.91	32.04	30.59	29.80	31.25	31.53	31.01	30.63	30.45	29.99	30.30	24.10	28.10	-4.40	1.30	48.00	0.00	0.00	2.40
18:00	28.98	24.70	28.50	29.22	30.64	29.89	30.23	30.66	29.70	29.51	29.83	28.14	29.53	29.91	29.67	29.69	29.60	24.10	27.60	-3.50	1.00	26.00	0.67	0.00	2.40
19:00	27.38	24.67	26.69	28.20	30.61	29.14	29.11	29.51	29.01	29.22	28.73	24.57	28.28	29.13	29.05	29.29	27.90	23.90	24.40	-0.60	0.27	6.70	0.52	0.00	2.70
20:00	27.39	24.28	26.86	28.08	30.46	28.64	28.64	28.83	28.35	29.10	27.98	24.83	27.73	28.48	28.42	28.68	27.70	23.90	22.80	0.90	-0.23	5.80	0.43	0.00	2.70
21:00	27.50	24.52	27.01	27.92	30.41	28.36	28.63	28.58	28.33	28.95	27.80	25.71	27.78	28.44	28.38	29.00	27.80	23.90	25.50	-1.80	0.51	10.00	0.23	0.00	2.70
22:00	27.71	24.43	26.98	28.34	30.30	28.26	28.58	28.22	28.40	28.83	27.71	25.11	27.91	28.46	28.54	28.93	27.90	23.90	24.00	-1.40	0.30	7.20	0.01		
23:00	27.88	24.63	24.35	28.44	30.08	27.84	28.36	27.68	28.42	28.71	27.49	23.55	27.75	28.50	28.63	28.78	28.10	23.90	24.30	-1.20	0.67	13.00	0.00		
24:00	27.64	24.75	26.09	28.59	30.01	27.71	28.41	27.43	28.52	28.72	27.37	23.29	27.75	28.72	28.70	28.64	29.60	23.60	27.50	-4.00	1.10	37.00	0.00		
1:00	27.52	24.52	25.82	28.54	29.72	27.50	27.90	27.07	28.52	28.60	27.11	23.60	27.61	28.68	28.72	28.54	29.30	23.50	27.50	-3.90	1.10	35.00	0.00		
2:00	27.84	24.43	26.55	28.05	29.44	27.45	28.06	27.05	28.14	28.54	26.90	23.02	27.48	28.35	28.24	28.40	28.80	23.50	26.50	-2.90	0.84	21.00	0.00		
3:00	27.05	24.07	25.61	27.81	29.11	27.22	27.58	26.71	27.90	28.45	26.60	22.72	27.30	27.98	27.83	28.11	28.30	23.80	26.50	-2.80	0.82	19.00	0.00		
4:00	27.02	24.19	25.74	27.78	28.87	27.07	27.40	26.60	27.78	28.36	26.37	22.56	27.11	27.80	27.67	28.05	27.20	24.00	24.10	-0.40	0.20	5.80	0.00		
5:00	26.84	24.25	25.30	27.52	26.57	26.72	27.17	26.29	27.58	28.18	25.97	22.40	26.93	27.62	27.35	27.85	27.10	24.00	23.80	-0.01	0.10	5.10	0.00		

ข้อมูลบ้านคุณนลินี จินดาวณิค

เก็บข้อมูลวันที่ 14 - 15 ตุลาคม 2535

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	IA.	WB.IN.	MRT.IN.	OA.	LANDING	T.TERRACE FLOOR	T.LAUNDARY FLOOR	T.GROUND	T.WALL IN(E)	T.DECK(OUT)	T.WALL IN	T.CEILING IN.	T.WALL IN(W)	T.WALL OUT(W)	T.WALL IN(STUD)	MRT.OUT.	OPR.T.	COMF.T.	EQ.T.	DIFF.T.	PMV.	PPD.
6:00	26.55	21.56	26.60	22.48	26.63	26.64	26.58	26.25	25.79	26.26	26.54	27.56	26.71	20.14	26.12	22.79		24.10	24.30	-0.20	0.66	5.40
7:00	23.99	20.79	24.25	22.95	25.73	26.26	24.50	26.25	24.12	25.20	24.94	26.75	24.78	20.32	24.41	23.02	25.30	24.10	20.30	3.80	-1.00	26.00
8:00	25.17	21.17	25.38	24.66	26.01	26.32	26.43	26.16	25.53	26.67	25.47	26.14	25.27	23.17	24.65	26.15	26.60	24.10	23.00	1.00	-0.31	7.40
9:00	26.45	21.21	26.38	26.29	26.48	26.60	26.65	26.09	27.47	27.78	26.23	26.56	26.14	25.37	25.81	27.79	26.20	24.10	23.40	0.60	-0.32	6.90
10:00	27.10	21.27	27.06	27.46	26.83	26.90	26.75	26.03	27.58	28.27	26.65	26.80	26.83	27.23	26.62	29.62	26.90	24.10	24.20	-0.30	0.11	5.60
11:00	28.33	21.23	28.15	29.11	27.24	27.43	26.95	26.01	28.10	29.06	27.73	27.33	27.75	28.12	27.68	31.15	27.80	24.10	25.50	-1.30	0.35	8.70
12:00	29.07	21.64	28.70	30.05	27.73	27.68	27.31	25.99	27.43	30.06	28.40	27.62	28.48	28.48	28.54	32.77	28.90	24.10	26.10	-2.10	0.66	15.00
13:00	29.64	21.68	28.92	31.85	27.85	27.91	27.16	26.00	29.05	31.07	28.82	28.17	29.48	29.13	30.07	33.58	28.90	24.10	27.30	-3.20	0.99	27.00
14:00	29.80	21.55	29.28	31.30	27.92	28.27	27.32	26.01	29.15	31.51	28.86	28.48	30.73	52.17	31.92	33.78	29.20	24.10	26.60	-2.50	0.78	19.00
15:00	30.74	22.23	29.80	32.19	28.24	28.81	27.79	26.04	29.68	36.96	29.47	28.94	31.37	50.07	32.70	33.89	29.90	24.10	27.40	-3.40	1.00	29.00
16:00	29.94	22.32	29.48	32.13	28.24	28.55	27.60	26.09	29.54	37.02	29.25	29.08	32.14	34.08	33.93	33.39	29.60	24.10	27.20	-3.20	0.98	27.00
17:00	29.73	22.21	29.33	31.18	28.29	28.56	27.69	26.20	29.42	32.40	29.18	29.23	32.32	46.86	34.08	31.91	29.40	24.10	27.00	-3.00	0.92	24.00
18:00	29.45	22.54	29.15	30.36	28.27	28.56	27.72	26.33	29.15	30.81	29.02	29.26	31.28	33.49	32.52	30.25	29.20	24.10	26.60	-2.60	0.81	20.00
19:00	29.11	22.42	28.87	29.45	28.20	28.46	27.75	26.42	28.75	30.01	28.79	29.18	30.42	29.08	31.15	29.05	28.90	24.10	26.30	-2.30	0.71	16.00
20:00	28.84	22.49	28.63	28.96	28.13	28.37	27.73	26.51	28.44	29.65	28.58	29.09	29.92	27.43	30.11	28.69	28.60	24.10	26.00	-2.10	0.64	15.00
21:00	28.49	22.20	28.30	28.06	28.00	28.24	27.71	26.60	28.06	28.99	28.32	28.91	29.15	26.10	29.12	28.01	28.60	24.10	26.60	-2.80	0.84	20.00

ข้อมูลบ้านคุณนลินี จินดาวณิค

เก็บข้อมูลวันที่ 10 มกราคม 2536

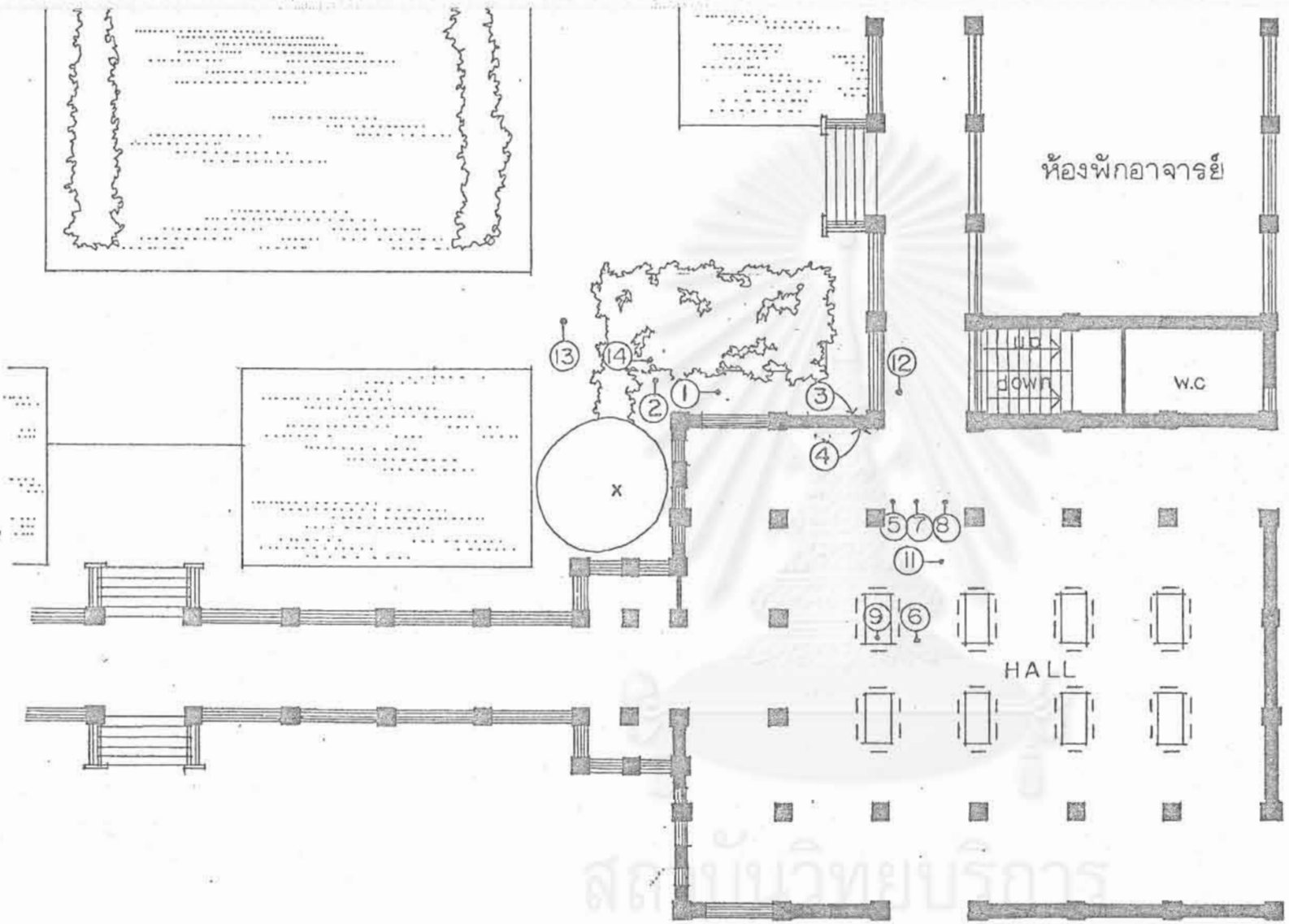
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	OA.	WB.OUT.	T.WALL OUT.	T.WALL IN.	.5M.	WB.IN.	6M.	9M.	T.FLOOR	2.5M.	MRT IN.	T.OUT.COLONADE	STREET	T.GROUND
8:00	29.49	26.97	29.76	29.78	29.01	26.77	29.04	29.23	29.19	29.98	29.09	29.75	31.31	27.76
9:00	30.09	26.73	30.28	29.92	29.39	26.64	29.50	29.57	29.36	29.37	29.44	29.90	30.35	29.41
10:00	30.90	26.68	31.00	30.21	29.94	26.60	30.13	30.22	29.72	30.08	30.29	30.11		
11:00	32.83	27.23	31.99	30.47	30.59	26.82	30.86	30.89	30.04	30.90	30.83	30.41	38.06	28.38
12:00	36.06	26.65	33.11	30.81	30.90	27.13	31.28	31.36	30.36	31.05	31.22	30.82	42.74	28.66
13:00	37.44	26.70	34.52	31.16	31.48	27.14	31.69	31.74	30.70	31.86	31.81	31.22	43.11	30.45
14:00	37.22	26.53	36.80	31.47	31.70	26.93	32.21	32.15	30.94	32.65	32.23	31.55	50.95	30.60
15:00	36.40	26.30	42.05	31.88	32.14	27.19	32.32	32.23	31.43	32.42	32.55	32.28	50.53	29.84
16:00	35.38	27.34	43.62	31.99	32.08	26.81	32.01	32.14	31.31	32.29	32.22	31.93	47.87	29.88
17:00	33.57	26.85	37.43	31.87	31.65	26.51	31.57	31.64	31.03	32.06	31.84	31.70	42.19	29.26
18:00	31.34	26.81	34.71	31.68	31.09	26.64	31.06	31.19	30.76	31.07	31.08	31.34	37.97	28.85
19:00	30.81	26.54	33.55	31.44	30.81	26.58	30.80	30.88	30.48	30.48	30.63	31.09	38.38	28.50
20:00	30.28	26.40	32.49	31.25	30.33	26.61	30.34	30.71	30.29	30.10	30.31	30.88	35.13	28.38
21:00	29.59	26.02	31.54	31.01	30.04	26.37	30.23	30.49	30.07	29.90	29.98	30.65	33.73	28.23
22:00	29.53	26.29	31.22	30.90	29.87	26.34	30.00	30.32	30.02	29.73	29.91	30.55	33.29	27.98
23:00	29.28	26.25	30.86	30.62	29.70	26.50	29.88	30.21	29.92	29.48	29.73	30.46	32.88	27.89
24:00	29.22	25.93	30.62	30.56	29.65	26.32	29.81	30.19	29.82	29.52	29.66	30.38	32.34	27.73
1:00	29.02	25.93	30.28	30.36	29.47	26.36	29.53	30.14	29.73	29.18	29.47	30.27	32.02	27.73
2:00	28.89	25.85	29.95	30.19	29.29	26.09	29.39	29.90	29.58	29.01	29.31	30.11	31.32	27.26
3:00	28.77	26.01												
4:00	28.70	26.07	29.79	30.04	29.34	26.27	29.49	29.98	29.49	29.05	29.23	29.88	31.52	27.81
5:00	28.89	26.23	29.73	29.95	29.28	26.39	29.50	29.92	29.50	29.07	29.25	29.96	31.33	27.74
6:00	28.97	26.39	29.74	29.90	29.28	26.60	29.52	29.93	29.49	29.18	29.28	29.95	31.38	27.55
7:00	29.02	26.51	29.79	29.79	29.21	26.55	29.20	29.36	29.41	29.09	29.17	29.93	31.35	27.82
8:00	29.68		30.11	29.79	29.44	26.67	29.47	29.55	29.45	29.33	29.44	30.01	32.30	27.98

ข้อมูลที่ห้องโถงตึก2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เก็บข้อมูลวันที่ 29 มีนาคม 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



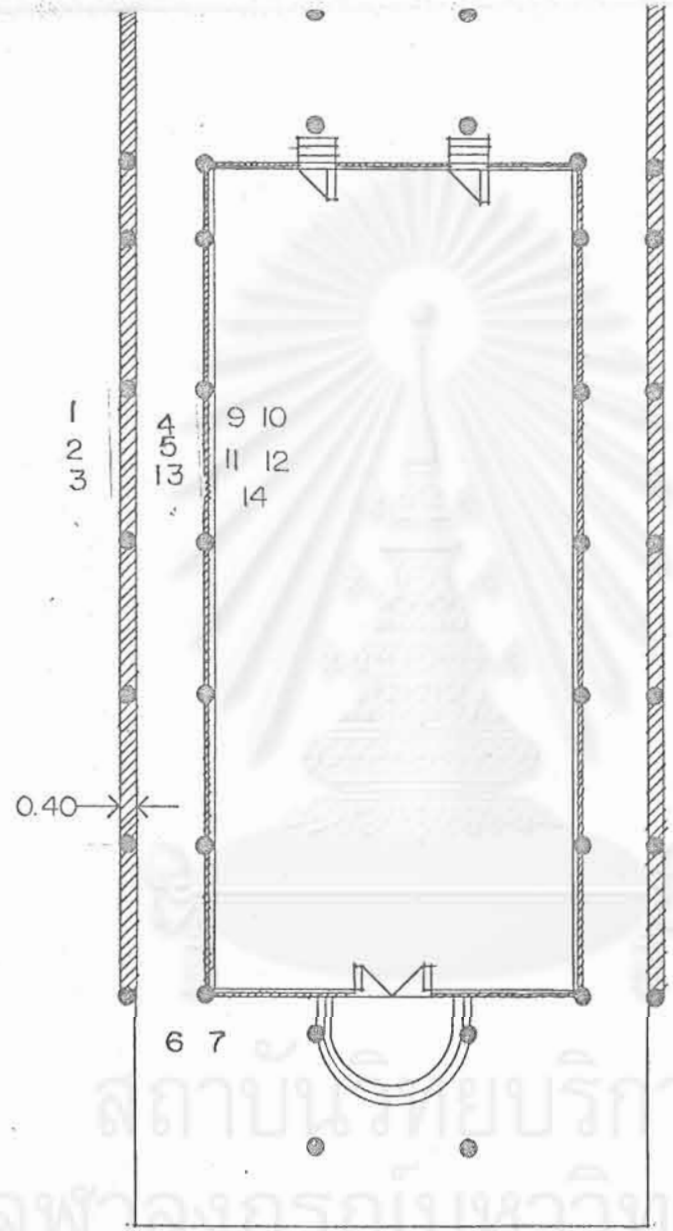
ตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

TIME	OA.	WALL OUT S.	CONC.OUT.S.	WALL OUT.	COLONADE T.	T.FLOOR OUT.	MRT.OUT.	COLONADE MRT.	T.FLOOR IN.	T.WALL IN.	MRT.IN.	ROOM AIR	WB.OUT.	WB.IN.	OPR.T.	COMF.T.	EQ.T.	DIFF.T.	PMV.	PPD.
10:20	33.08	36.14	38.05	31.20	32.28			32.69	30.55	30.93	31.28	31.29	27.18	27.21	34.10	24.90	30.80	-5.80	2.30	93.00
10:30	33.69	38.53	37.02	31.31	32.46			33.06	30.59	30.66	31.34	31.36	27.12	27.32	34.00	24.90	31.40	-6.40	2.30	95.00
10:40	33.27	35.20	37.35	31.38	32.28			32.94	30.52	30.98	31.42	31.38	26.80	27.38	34.10	24.90	31.20	-6.40	2.30	98.00
10:55	36.25	35.88	41.58	31.65	32.68	31.10	34.92		30.61	31.08	31.57	31.81	27.31	27.34	34.30	24.90	32.20	-7.40	2.60	18.00
11:10	37.23	38.80	43.41	31.80	33.24	31.10	37.70		30.67	31.10	31.79	31.86	27.42	27.42	33.50	24.90	30.50	-5.90	2.10	99.00
11:25	36.82	27.26	42.41	31.94	33.46	31.25	38.17		30.68	31.16	31.87	31.89	27.26	27.46	34.40	24.90	32.80	-7.90	2.80	23.00
11:40	37.82	39.07	42.91	32.04	33.34	31.29	37.24		30.75	31.19	31.21	32.24	27.70	27.38	34.70	24.90	33.00	-8.20	2.90	23.00
11:55	38.33	40.08	43.55	32.17	34.02	31.33	37.57		30.78	31.23	32.01	31.94	27.23	27.41	34.90	24.90	33.60	-8.70	3.10	23.00
12:10	35.39	40.94	42.74	32.33	34.35	31.48	37.80		30.83	31.30	32.27	32.46	26.87	27.47	35.00	24.90	33.60	-9.00	3.10	23.00
12:25	35.88	40.18	44.33	32.52	34.45	31.60	37.35		30.95	31.39	32.52	33.12		26.72	34.70	24.90	33.20	-9.00	3.20	23.00
12:40	36.14	40.99	43.74	32.65	34.78	31.66	37.36		30.95	31.47	32.64	32.58	27.24	27.06	35.30	24.90	34.50	-9.60	3.40	23.00
12:55	36.54	42.63	46.42	32.80	35.08	31.77	38.58		30.95	31.54	32.67	32.74	27.20	27.38	35.60	24.90	35.00	-10.10	3.60	23.00
13:10	35.89	39.14	43.17	32.97	35.01	31.89	37.43		31.00	31.67	32.64		27.19	27.59	35.40	24.90	34.70	-9.70	3.40	23.00
13:25	36.56	39.77	44.29	33.12	35.28	31.99	37.76		31.06	31.74	32.79	33.09	27.44	28.11	35.50	24.90	34.90	-10.10	3.60	23.00
13:40	36.68	39.60	45.32	33.16	35.70	32.05	37.99		31.07	31.75	32.92	33.08	27.51	31.26	35.40	24.90	34.90	-10.10	3.50	23.00
13:55	37.02	39.19	44.48	33.32	35.98	32.05	38.12		31.10	31.77	32.94	33.04	27.99	27.23	35.90	24.90	35.20	-10.40	3.70	23.00

ข้อมูลโบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล จ.อยุทธยา

เก็บข้อมูลวันที่ 6 เมษายน 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1 T.AIR ภายนอก
2 T.ผนังภายนอกโดนแดด
3 T.พื้นภายนอกโดนแดด
4 T.ผนังทางเดิน ด้านใน
5 T.AIRทางเดิน
6 T.พื้นภายนอก
7 MRT. ภายนอก
8
9 T.พื้นภายใน
10 T.ผนังหินอ่อน ภายใน
11 MRT.ภายใน
12 T.AIR ภายใน
13 WB.ภายนอก
14 WB.ภายใน

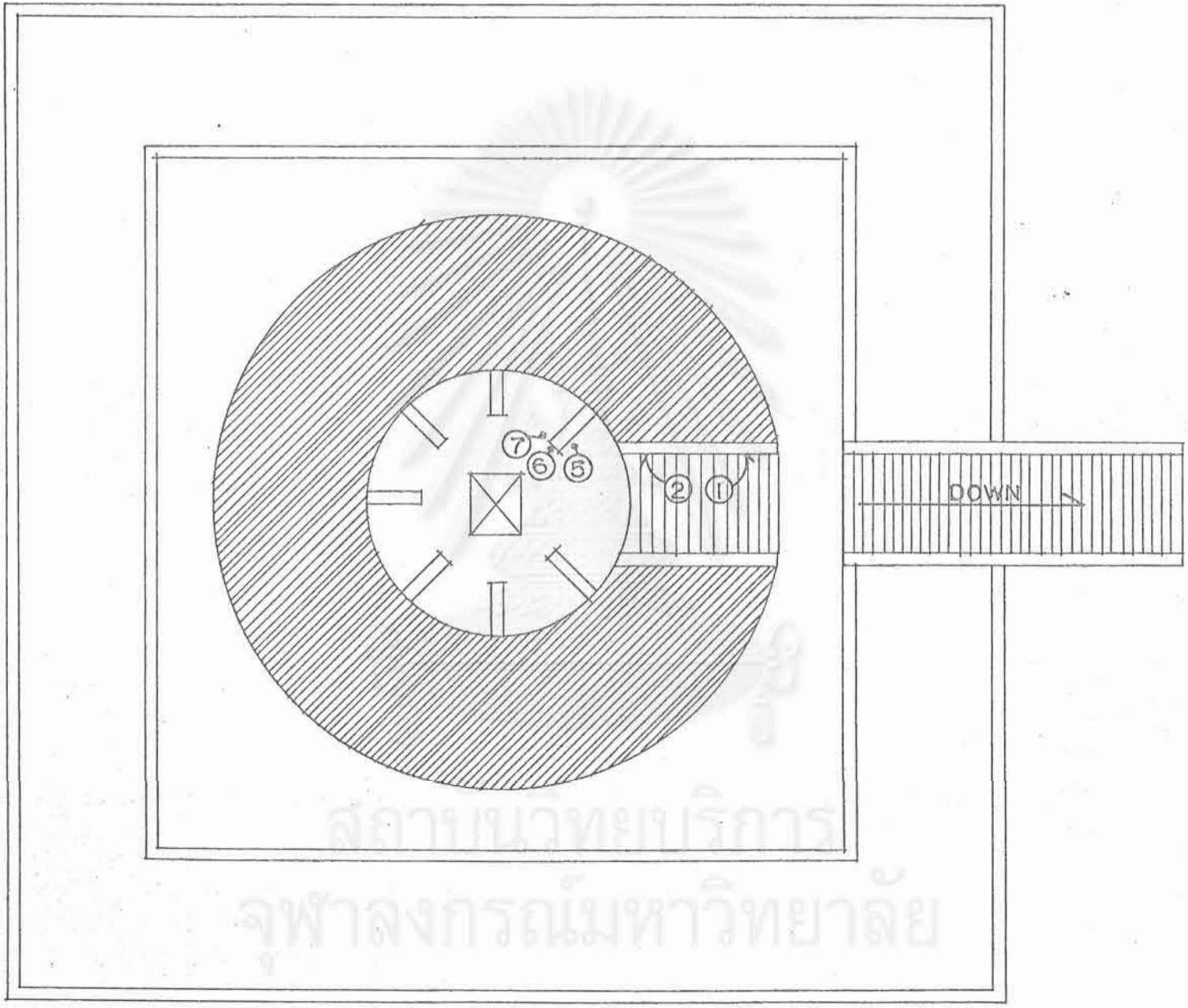
โบสถ์วัดใหญ่ชัยมงคล จ.อยุทธยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	OA	WB.OUT.	T.FLOOR IN.	MRT.IN.	IA.	OPR.TEMP.	COMF. TEMP.	EQ. TEMP.	DIFF. TEM	PMV.	PPD.
14:55	37.17	27.21	31.30	32.71	31.83	33.90	24.90	31.60	-6.70	2.30	1.20
15:00	36.37	26.66	31.04	32.21	31.40	32.40	24.80	29.60	-5.20	1.90	77.00
15:05	36.89	26.91	30.92	32.14	31.48	33.80	24.90	31.40	-6.60	2.30	98.00
15:10	36.95	26.54	30.88	32.11	31.47	33.40	24.90	29.60	-5.00	1.80	71.00
15:15	36.36	26.72	30.84	31.99	31.01	32.90	25.00	29.90	-5.20	1.90	78.00
15:40	36.06		30.73	32.12	31.35						

ข้อมูลเจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล จ.อยุทธยา เก็บข้อมูลวันที่ 5 เมษายน 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แปลนเจดีย์ วัดใหญ่ชัยมงคล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

H=7 M.	H=6 M.	H=5 M.	H=4 M.	H=3 M.	H=2 M.	H=1 M.	H=.1 M.	H=.05 M.	H=-1	H=-2	H=-3	H=-4	H=-5
33.79	33.64	33.67	33.67	33.63	33.39	32.90	31.60	31.05	29.02	28.59	28.32	28.06	27.90

อุณหภูมิอากาศ ณ.ระดับความสูงต่างๆ

ข้อมูลเจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล จ.อยุทธยา เก็บข้อมูลวันที่ 5 เมษายน 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	T.THATCH TEMP.	T.THATCH CEILING	IA	T.WATER	OA	MRT.	T.GRASS S.	STREET	T.GROUND	T.SHRUB	T.UP AIR	T.CEILING	OPR. T.	COMF. T.	EQ. T.	DIFF. T.	PMV.	PPD.
13:20	54.15	36.00	35.17	33.07	35.86	38.34							36.30	24.70	36.10	-11.50	4.00	23.00
13:30	54.15	36.10	35.11	32.67	35.46	38.31	47.30	50.50	34.87	34.94	35.57	35.49	36.30	24.60	36.40	-11.60	4.00	23.00
13:40	54.70	36.60	35.50	33.30	36.10	37.80	47.20	50.60	34.70	35.00	35.70	35.40	36.00	24.60	36.20	-11.40	4.00	23.00
13:50	56.70	36.80	35.80	32.90	36.50	38.10	47.00	51.00	34.60	35.30	35.90	35.70	36.60	24.60	37.80	-13.00	4.60	23.00
14:00	56.40	36.50	35.80	32.70	36.60	38.40	46.80	51.90	34.50	35.00	36.00	35.80	36.20	24.70	36.10	-11.50	4.10	23.00
14:10	55.14	36.79	36.00	32.67	36.52	38.50	45.66	50.60	34.47	35.31	36.11	36.13	36.60	24.70	37.80	-13.40	4.70	23.00

ข้อมูลที่เรือนแพ ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร เก็บข้อมูลวันที่ 5 เมษายน 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	T.UNDER ROOF	T.UPPER ROOF	STREET S.	STREET	OA	MRT.	OPR. T.	COMF. T.	EQ. T.	DIFF. T.	PMV.	PPD.
12:00	58.20			39.80	36.23	40.14	37.90	23.90	38.60	-14.90	5.00	23.00
12:15	58.00			39.70	36.10	38.60						
12:30	57.80	54.60	53.84									
12:35	55.20	54.10	54.10	39.30	35.80	39.70	37.90	23.90	39.50	-15.70	5.10	23.00
12:40	54.60	54.10	54.60	39.30	36.30	38.90	38.00	23.90	39.70	-15.70	5.10	23.00
12:45	56.80	54.52	54.75	39.30	36.70	39.40	37.80	23.90	40.10	-16.20	5.30	23.00

ข้อมูลที่โรงอาหาร ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร

เก็บข้อมูลวันที่ 5 เมษายน 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME	OA	MRT.	OPR. T.	COMF. T.	EQ. T.	DIFF. T.	PMV.	PPD.
14:55	36.50	37.21	36.40	25.30	36.50	-11.20	3.90	23.00
	37.30	39.22	37.50	25.30	39.80	-14.30	5.20	23.00

ข้อมูลที่สวนนก ศูนยศิลปาชีพบางไทร

เก็บข้อมูลวันที่ 5 เมษายน 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย