บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองในเรื่องของการปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถแบ่งขั้นตอนที่ทำการทดลองได้เป็นดังนี้ คือ

<u>การทดลองที่ 1</u> การศึกษาถึงผลของระยะห่างระหว่างวัสดุมุงหลังคาทั้ง 2 ชั้นและพื้นที่หน้าตัดช่องระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นต่อผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา เมื่อมีความร้อนสะสมในพื้นที่ใต้หลังคามากขึ้นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่ใต้หลังคาสูงขึ้นตามไปด้วย จากหลักการของการลอยตัวของอากาศ เมื่ออากาศร้อนขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะน้อยลง อากาศที่ร้อนก็จะลอยตัวขึ้นและอากาศที่เย็นกว่าก็จะเข้ามาแทน เมื่อเป็นเช่นนี้หากมีพื้นที่ที่สามารถทำให้อากาศร้อนที่ลอยตัวอยู่ทางด้านบนระบายออกไปก็จะช่วยลดการสะสมความร้อนในพื้นที่ใต้หลังคา จึงทำการทดลองโดยการเปิดช่องเปิดทางด้านบนของหลังคา เพื่อให้อากาศร้อนสามารถระบายออกได้ การทดลองจะทำการเปรียบเทียบระหว่างหลังคาทั่วไปที่ไม่การปรับปรุงกับหลังคาที่มีการปรับปรุงโดยการใช้ช่องอากาศที่มีระยะห่างของช่องอากาศ 10 ซม.และ 20 ซม. ความยาว 4 ม. วัสดุมุงหลังคาที่ใช้จะเป็นกระเบื้องลอนคู่ที่ทาสีขาวเหมือนกันทุกแผ่น

<u>การทดลองที่ 2</u> การทดลองถึงผลของความยาวของหลังคาที่เพิ่มขึ้นมีต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำการทดลองโดยการเปรียบเทียบระหว่างหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการปรับปรุงความยาว 4 ม. หลังคาที่มีระยะห่างของช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 4 ม. และหลังคาที่มีระยะห่างของช่องอากาศ 20 ซม. มีความยาว 12 ม.เพื่อให้การเปรียบเทียบเห็นผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น วัสดุมุงหลังคาที่ใช้จะเป็นกระเบื้องลอนคู่ที่ทาสีขาวเหมือนกันทุกแผ่น

<u>การทดลองที่ 3</u> การทดลองถึงการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ระดับความสูงต่างกัน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณที่ฝ้าเพดานในแต่ละระดับความสูงของหลังคา โดยเปรียบเทียบระหว่างหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการปรับปรุง ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศใต้หลังคา 10 ซม. ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศใต้หลังคา 20 ซม. ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศใต้หลังคา 20 ซม. ความยาว 12 ม. วัสดุมุงหลังคาที่ใช้จะเป็นกระเบื้องลอนคู่ที่ทาสีขาวเหมือนกันทุกแผ่น ทำการวัดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานทุกระยะ 1.50 ม. จากฐานหลังคาถึงส่วนปลายหลังคา

จากการทดลองสามารถวิเคราะห์ผลที่ได้ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาถึงผลของระยะห่างระหว่างวัสดุมุงหลังคาทั้ง 2 ชั้นและพื้นที่หน้าตัดช่องระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นต่อผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา

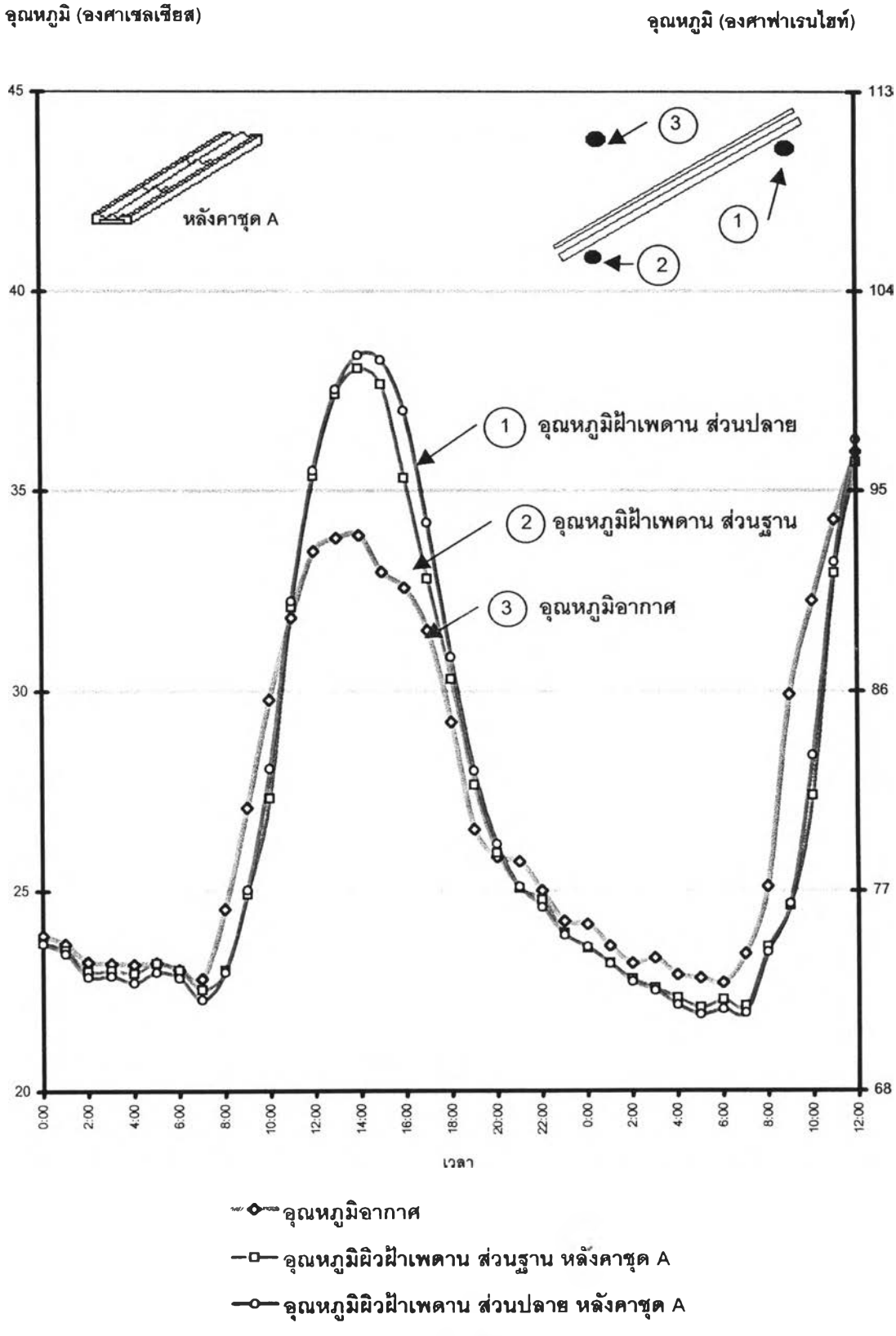
หลังคาชุด A หลังคาทั่วไปที่ไม่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคา ความยาว 4 ม. จากการทดลองได้ผลดังนี้

ฝ้าเพดาน

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	38.4	°C	101.12	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	38.07	°C	100.52	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	32.24	°C	90.032	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	32.1	°C	89.78	°F

กล่องทดลอง

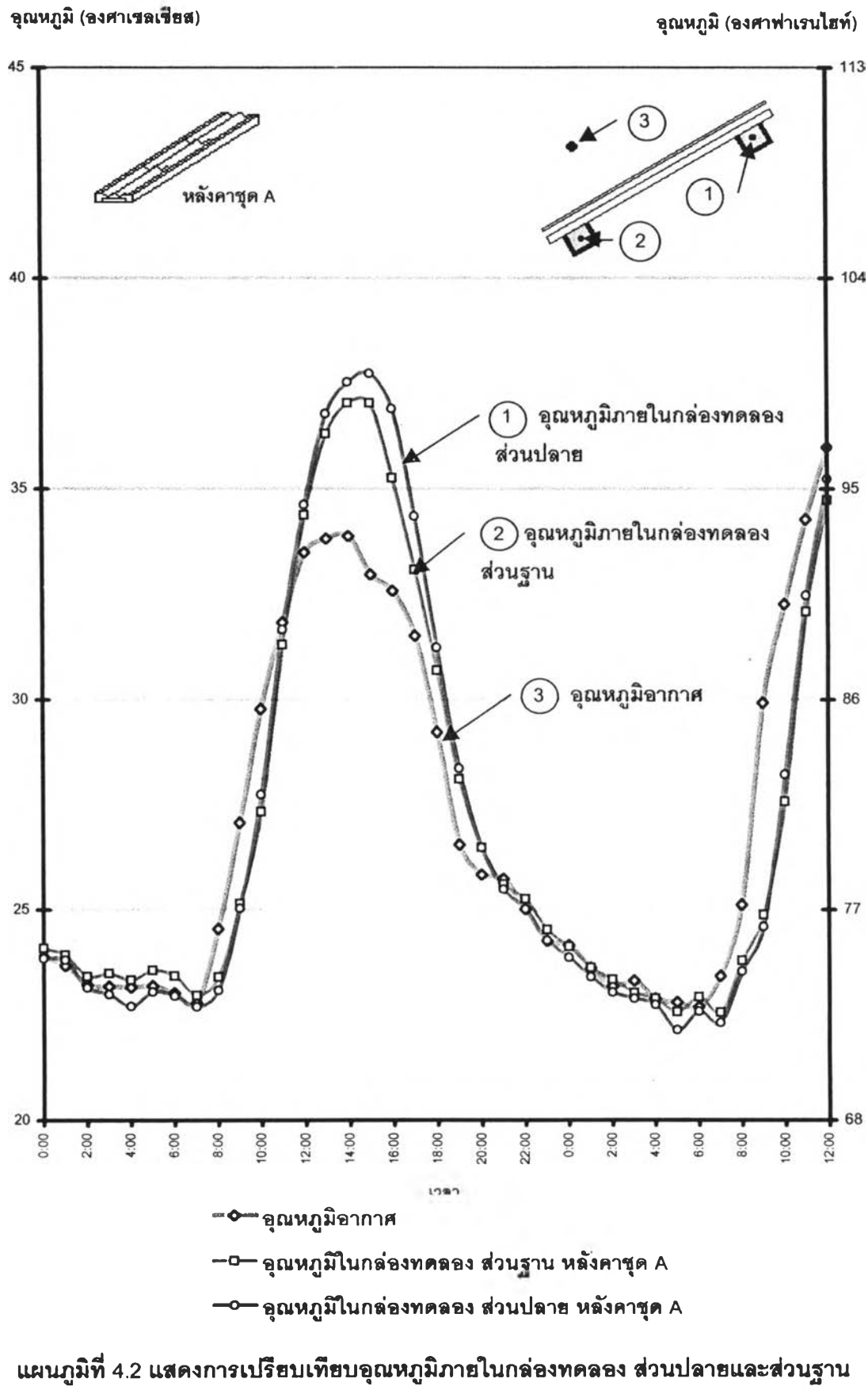
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	37.74	°C	99.932	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	37.03	°C	98.654	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	31.66	°C	88.99	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	31.3	°C	88.34	°F



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด A

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด A

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง

หลังคาชุด B หลังคาที่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคา มีช่องอากาศ 10 ซม. ความยาว 4 ม. จากการทดลองได้ผลดังนี้

ฝ้าเพดาน

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	37.45	°C	99.41	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	36.3	°C	97.934	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	32.81	°C	91.058	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	31.43	°C	93.974	°F

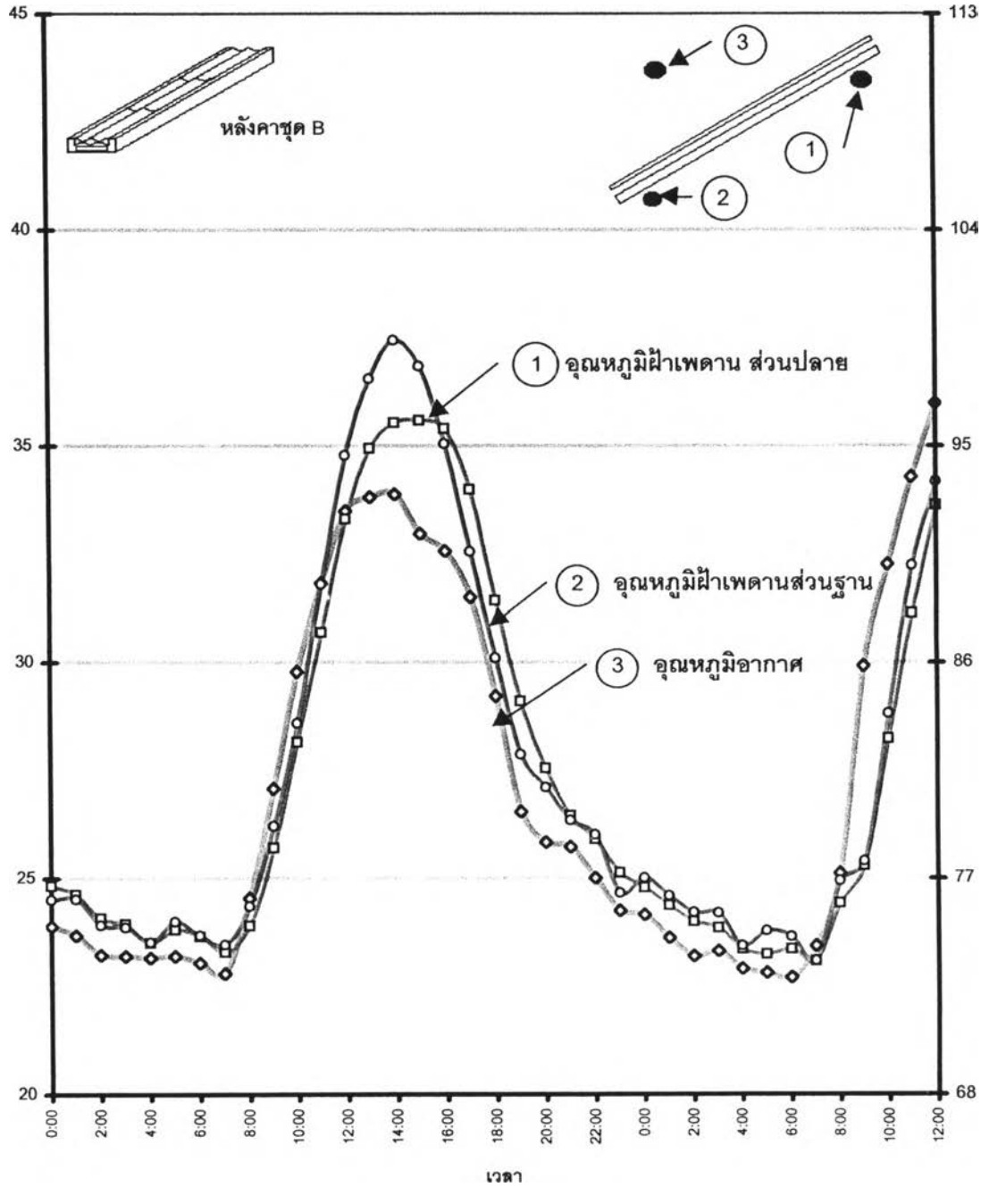
กล่องทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	35.9	°C	96.62	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	35.4	°C	95.72	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	32.21	°C	89.978	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	31.67	°C	89.006	°F

ช่องอากาศ

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	36.25	°C	97.25	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	34.29	°C	93.722	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	35.58	°C	96.044	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	31.58	°C	88.844	°F

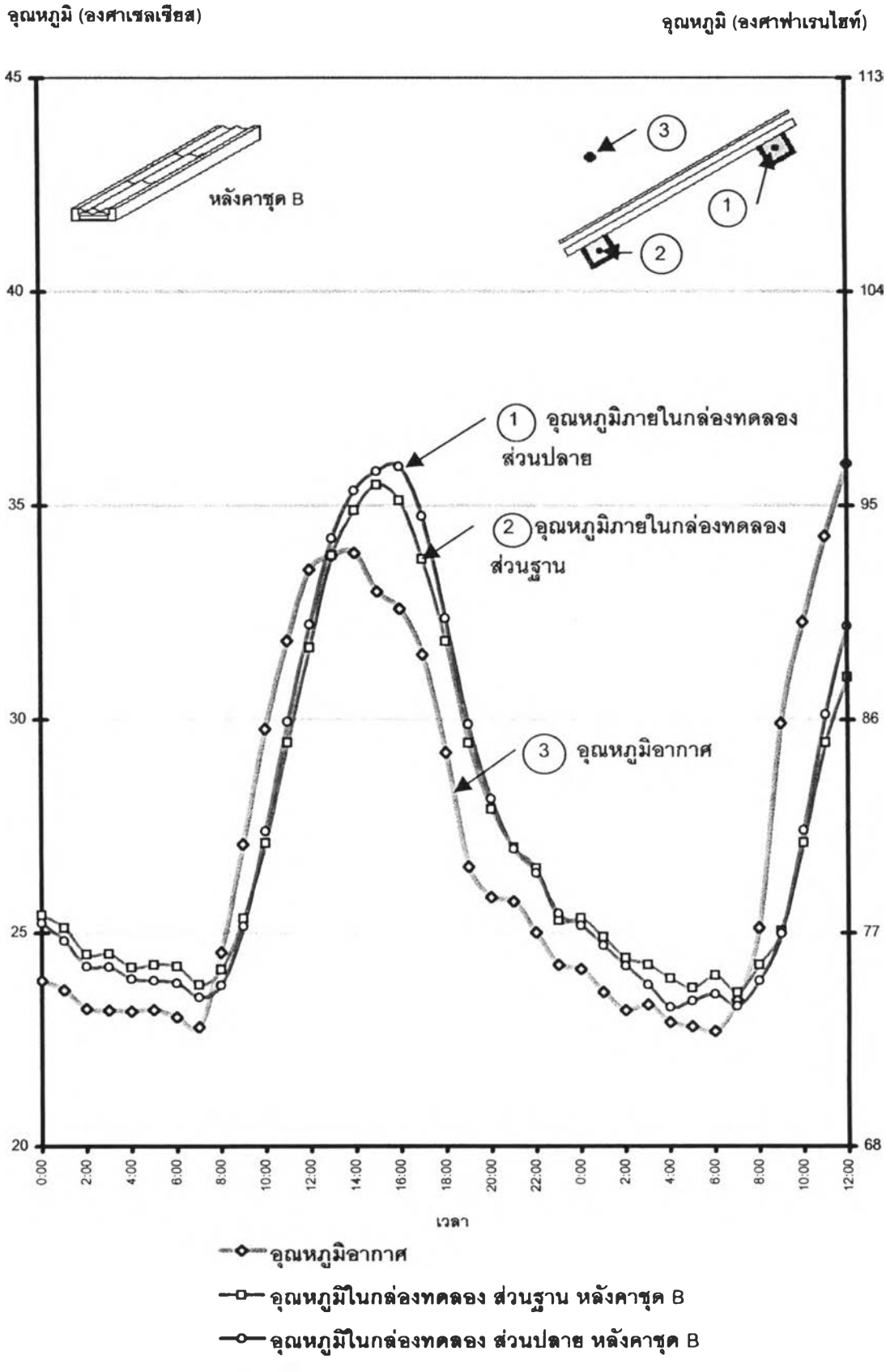
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮท์)



แผนภูมิที่ 4.3 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** B

ข้อมูลวันที่ 15 **กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 16**กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

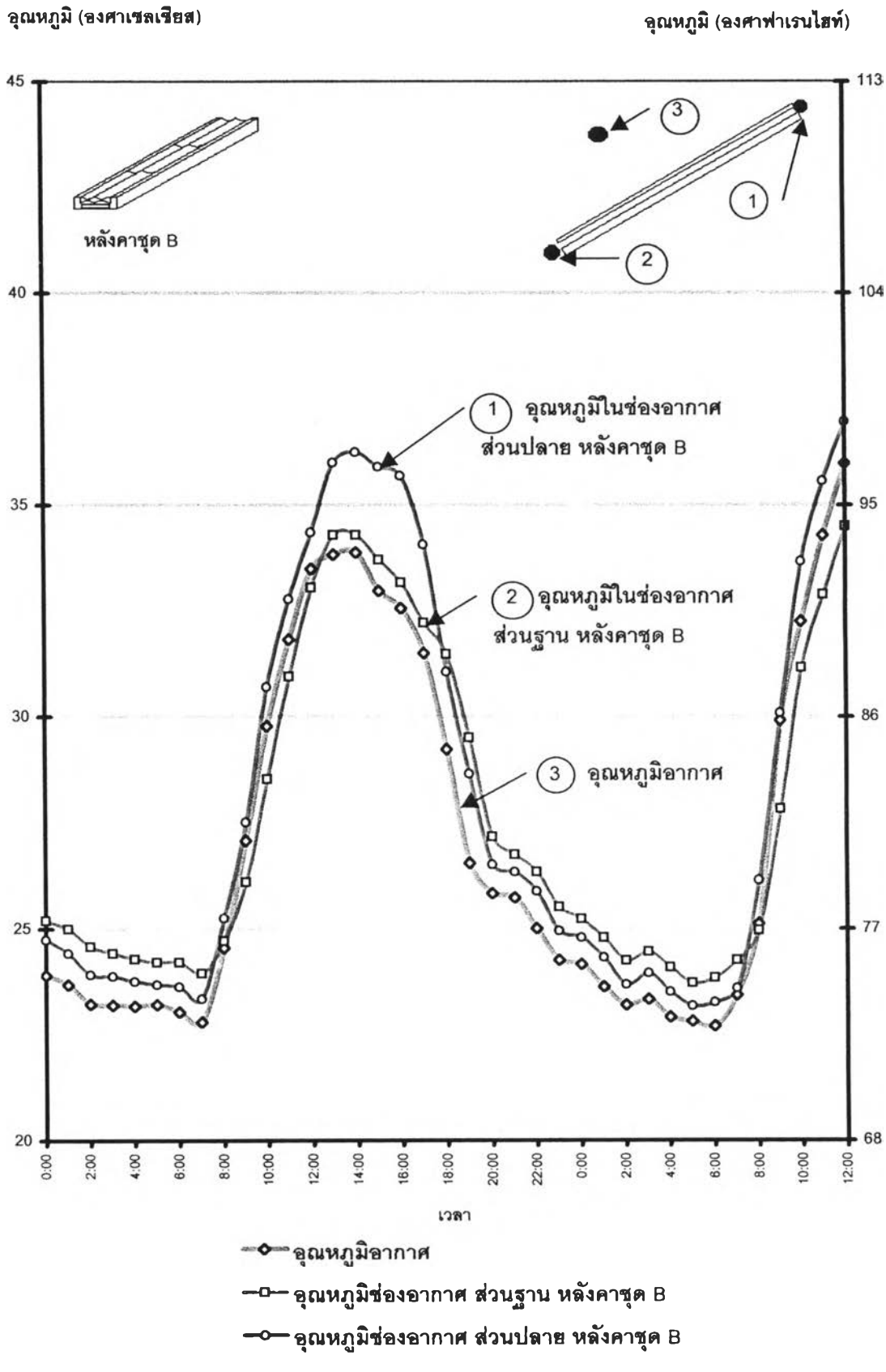
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.4 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** B

ข้อมูลวันที่ 15 **กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 16**กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.5 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** B

ข้อมูลวันที่ 15 **กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 16**กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง

หลังคาชุด C หลังคาที่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคา มีช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 4 ม. จากการทดลองได้ผลดังนี้

ฝ้าเพดาน

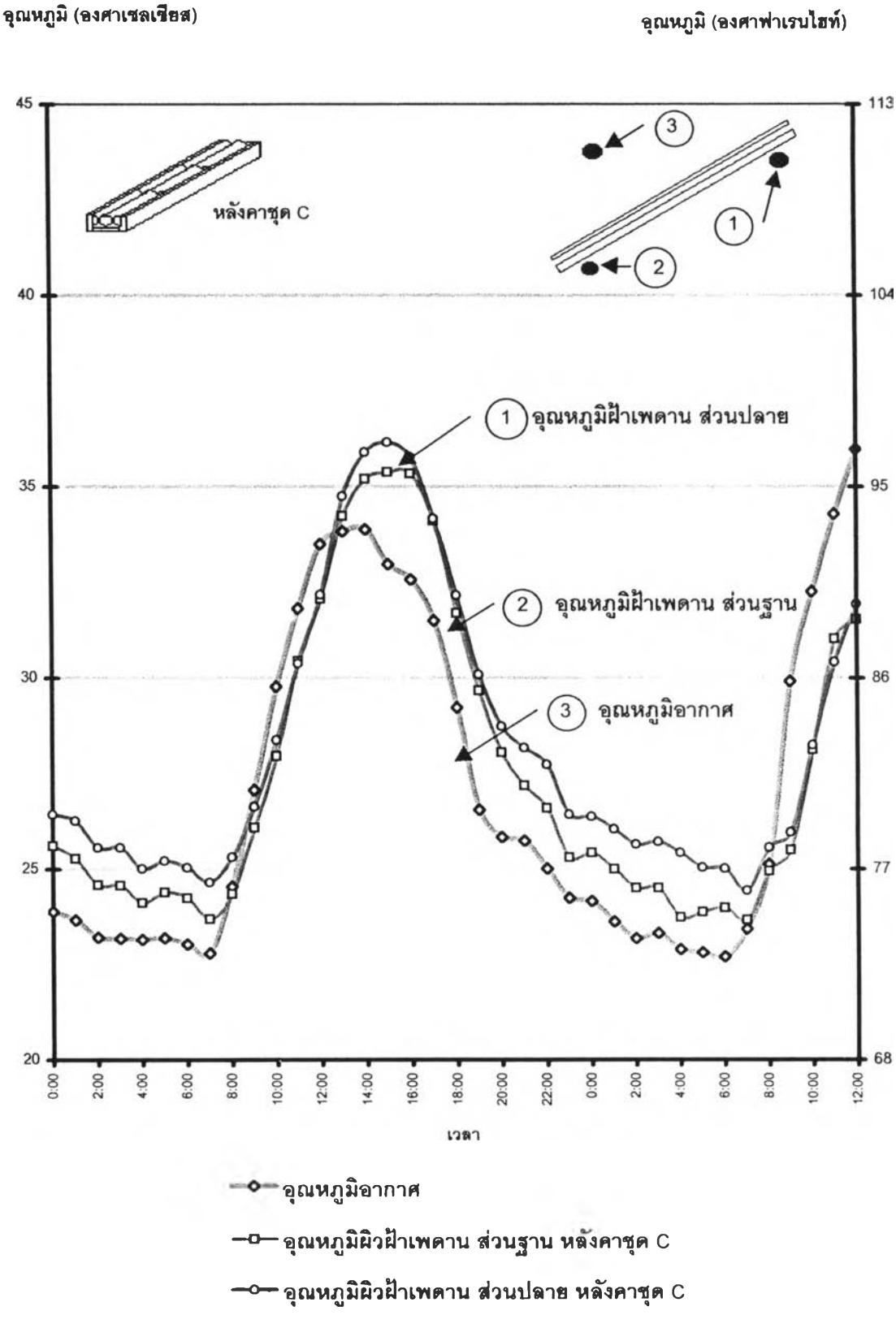
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	35.48	°C	95.864	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	35.29	°C	95.522	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	32.17	°C	89.906	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	31.7	°C	89.06	°F

กล่องทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	35.6	°C	96.08	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	34.6	°C	94.28	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	31.61	°C	88.898	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	30.49	°C	86.882	°F

ช่องอากาศ

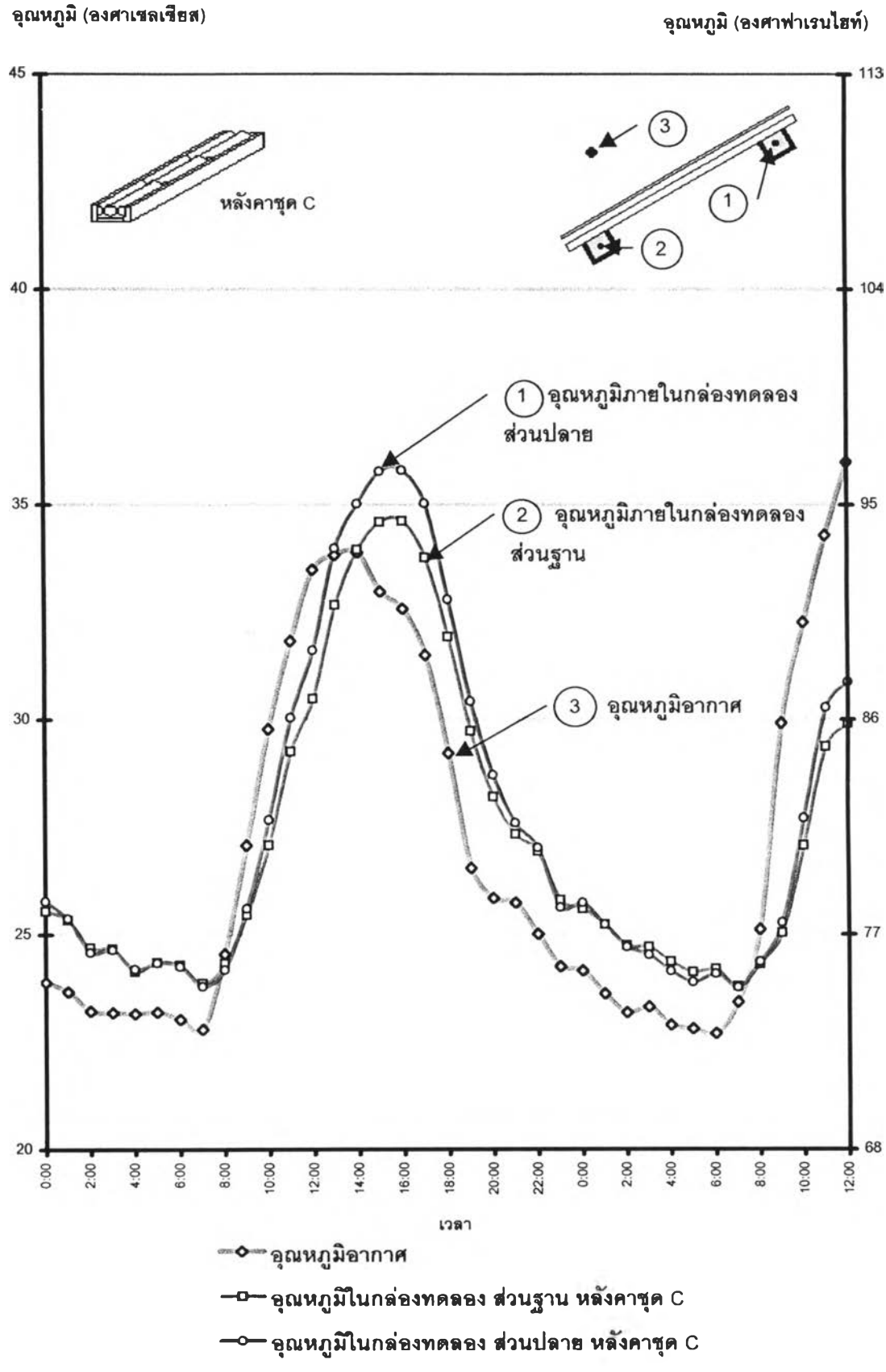
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	33.89	°C	93.02	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	35.7	°C	96.26	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	34.16	°C	93.49	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	31.51	°C	88.718	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	33.55	°C	92.39	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	31.15	°C	88.07	°F



แผนภูมิที่ 4.6 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** C

ข้อมูลวันที่ 15 **กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 16**กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

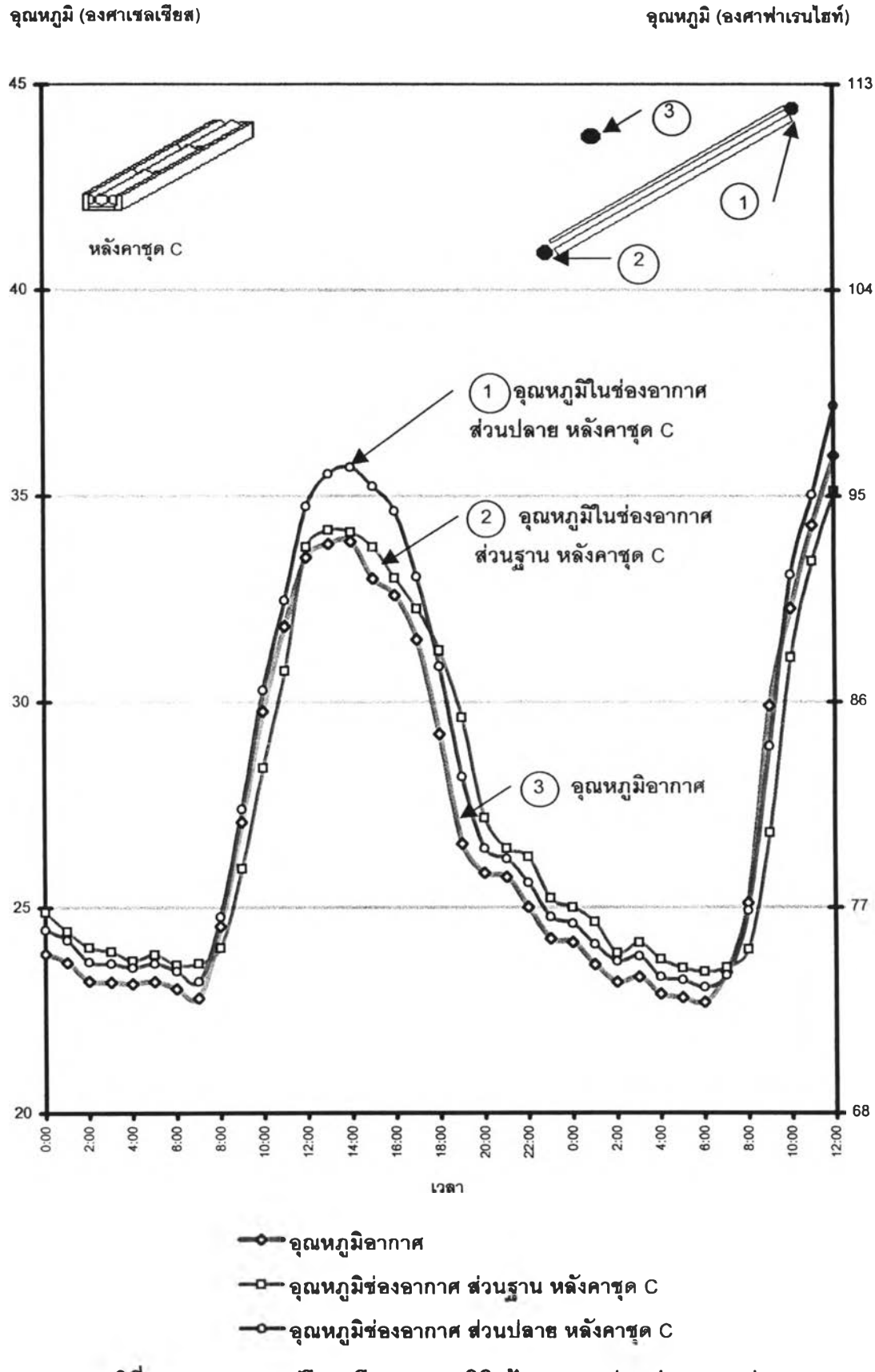
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด C

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

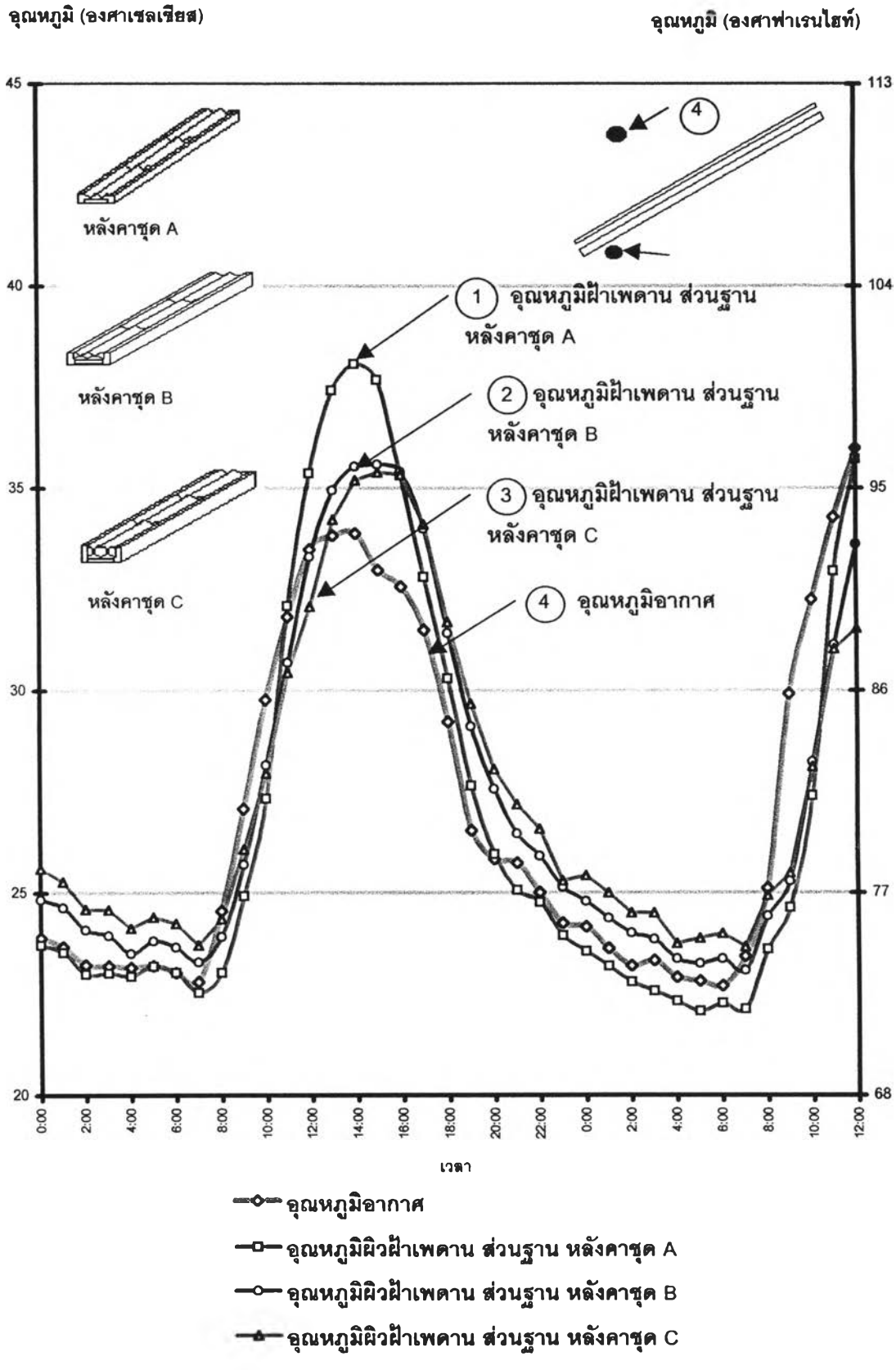
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆบางกลาง



แผนภูมิที่ 4.8 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** C

ข้อมูลวันที่ 15 **กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 16**กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

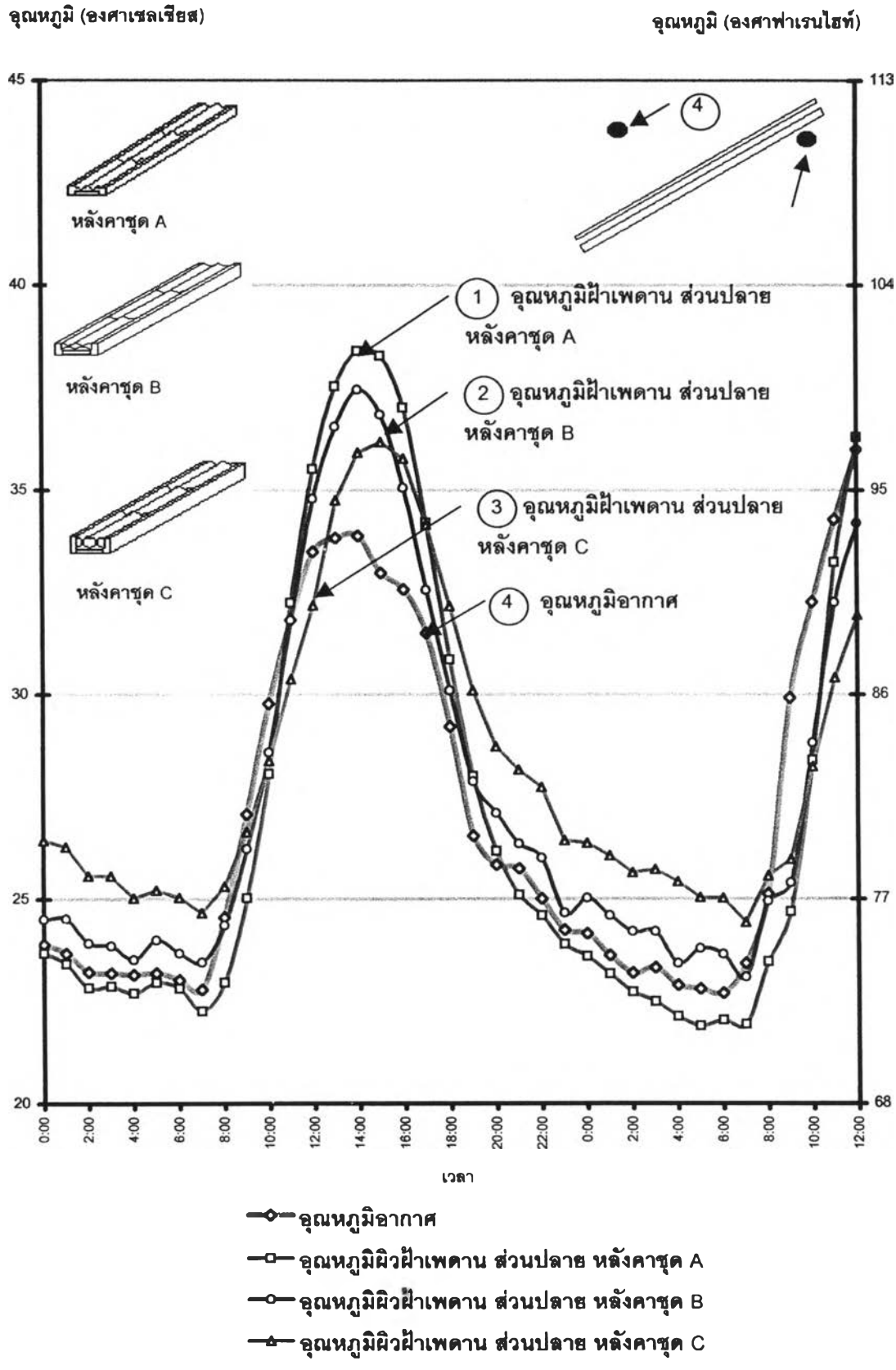
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด A B และ C

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

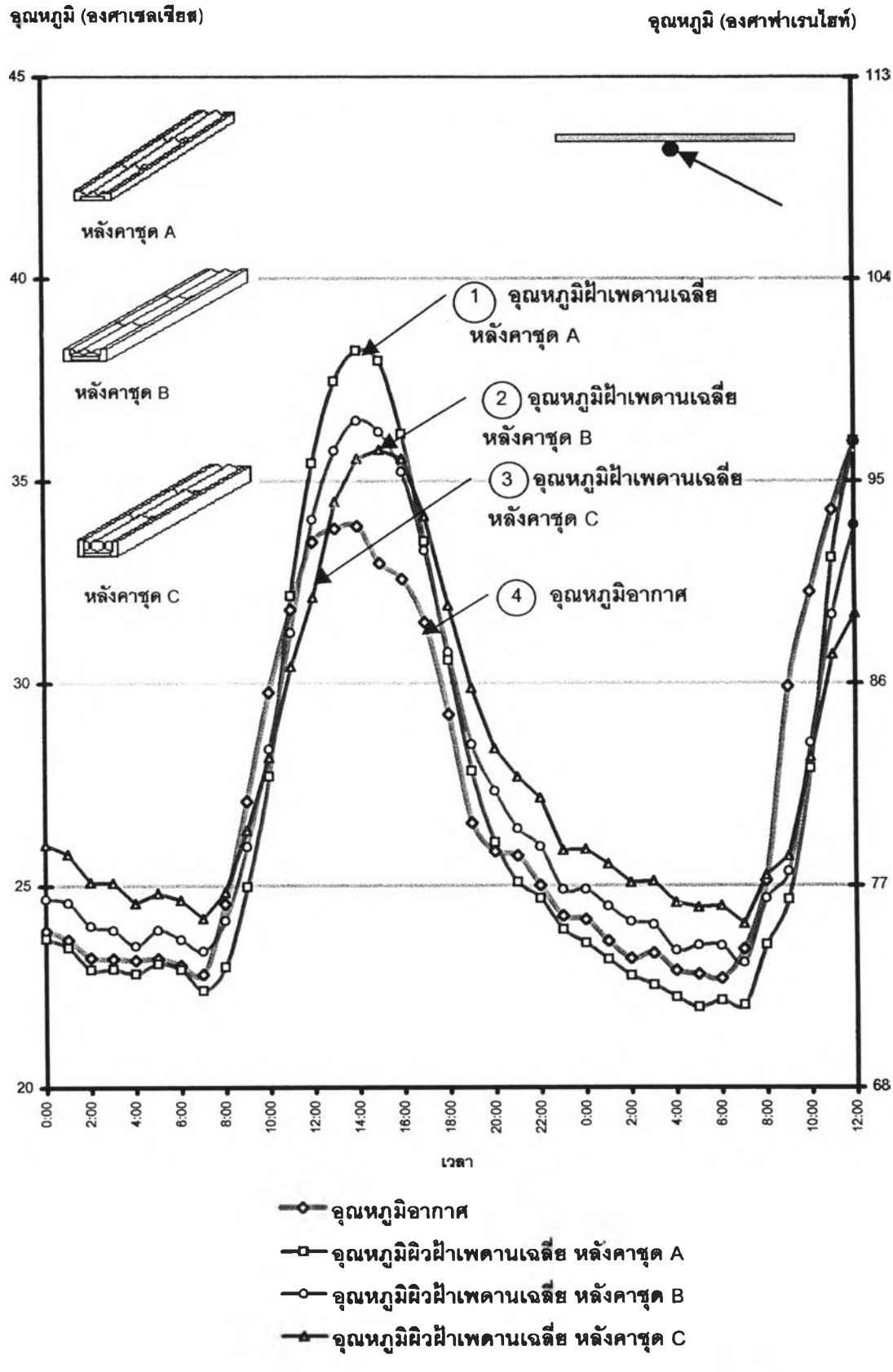
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



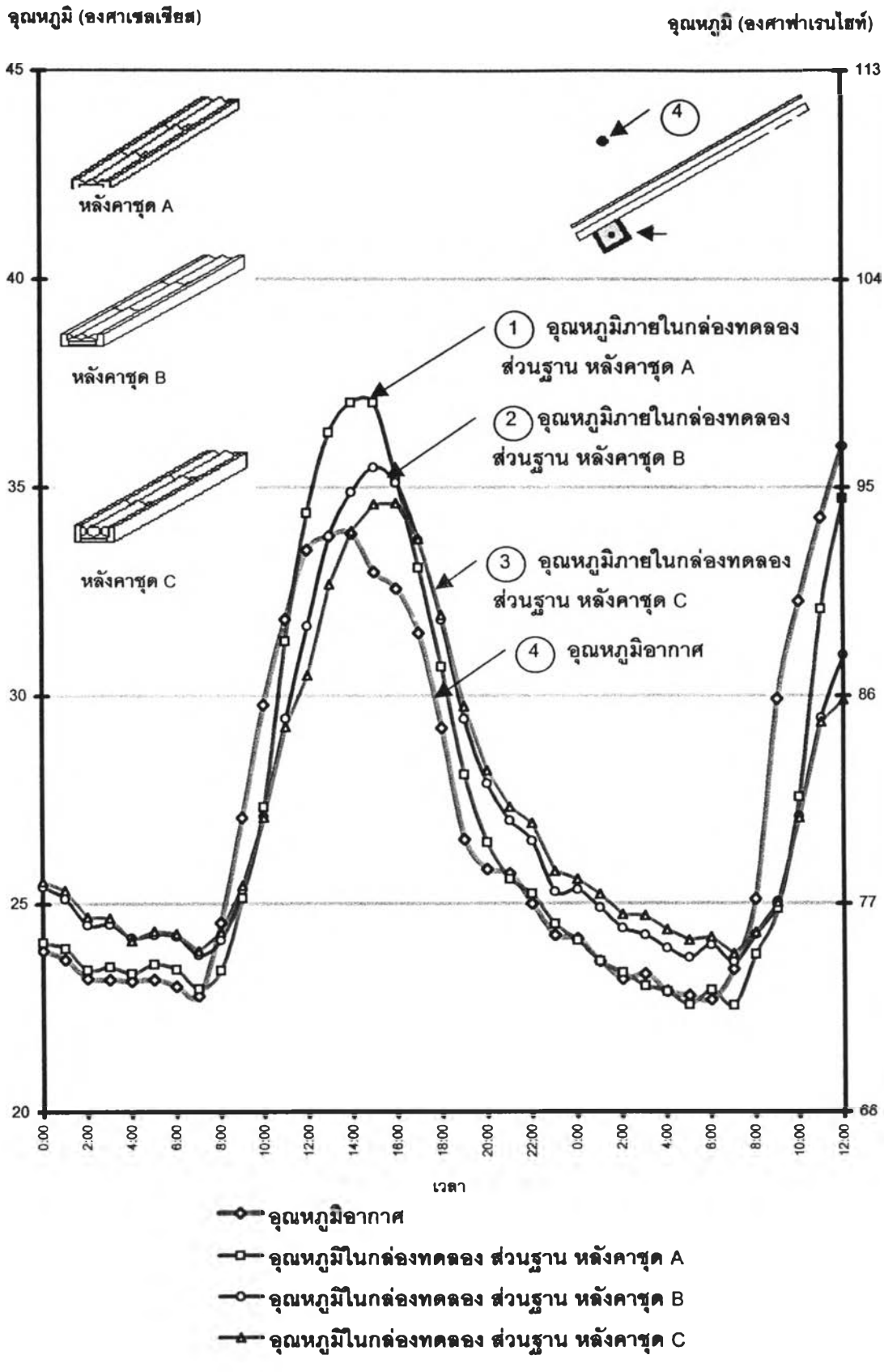
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลาย ของหลังคาทดลองชุด A B และ C

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



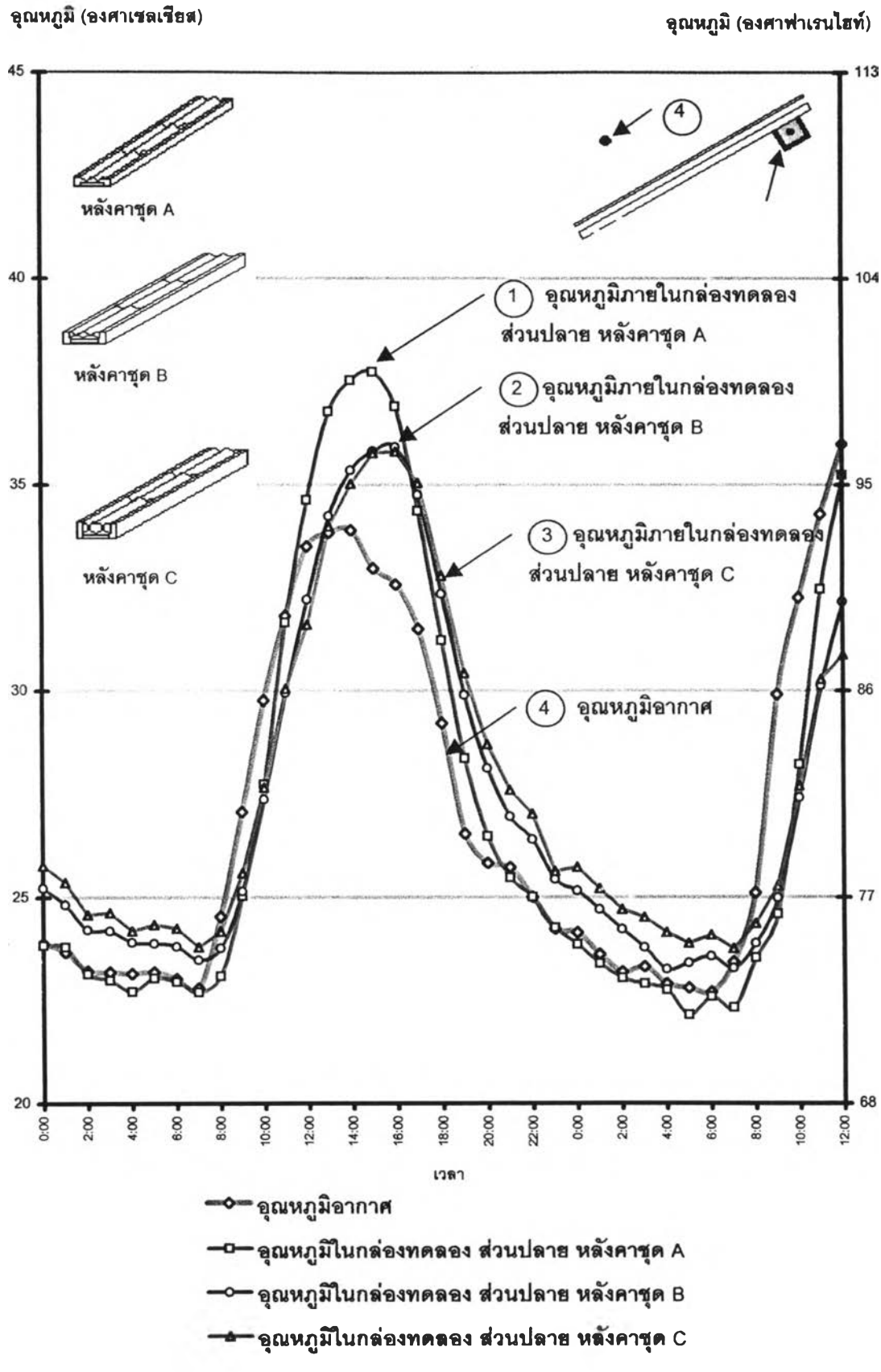
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานเฉลี่ย
ของหลังคาทดลองชุด A B และ C
ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.12 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง ส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** A B **และ** C

ข้อมูลวันที่ 15 **กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 16**กุมภาพันธ์** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

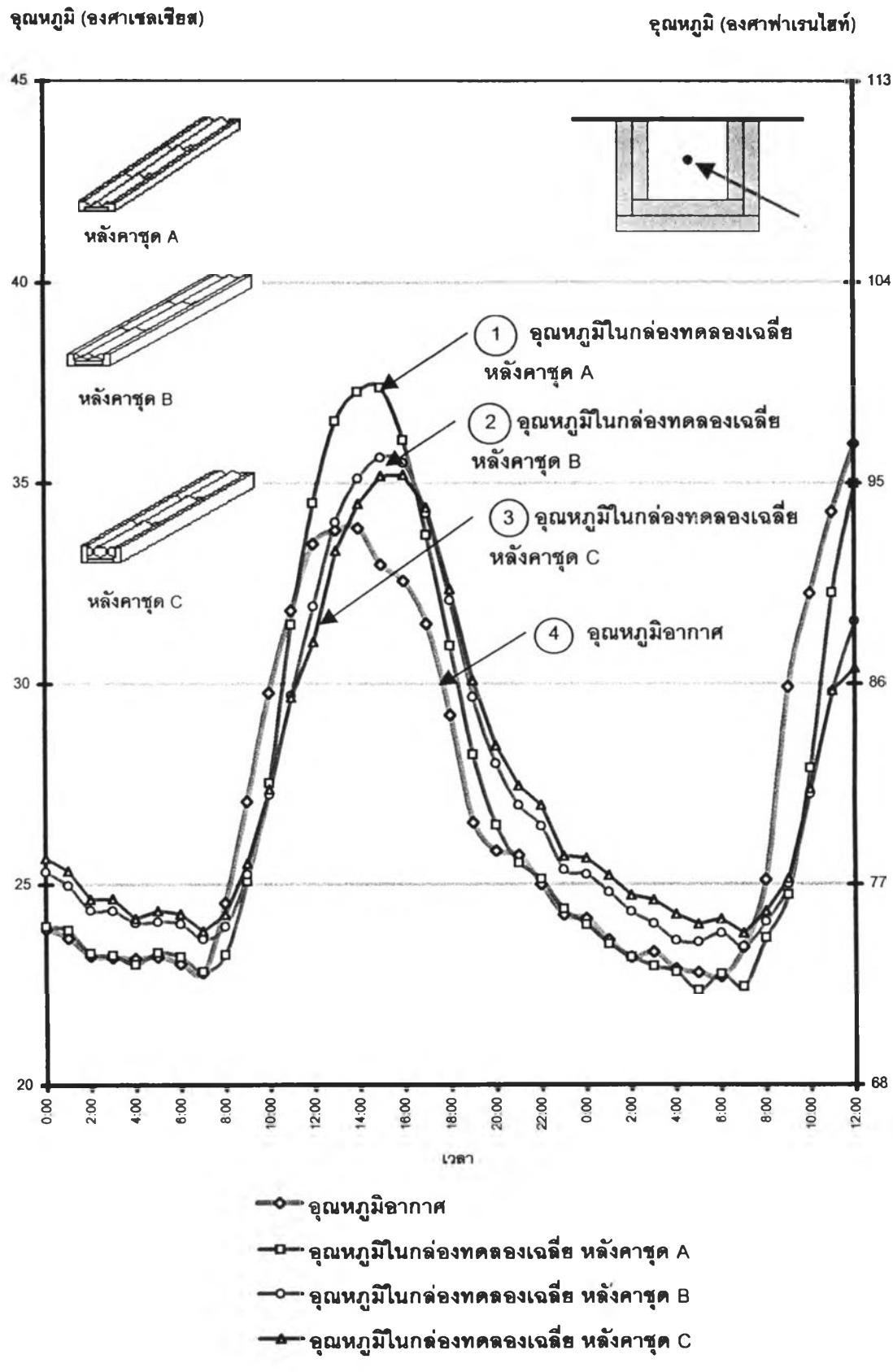
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง ส่วนปลาย ของหลังคาทดลองชุด A B และ C

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆบางกลาง



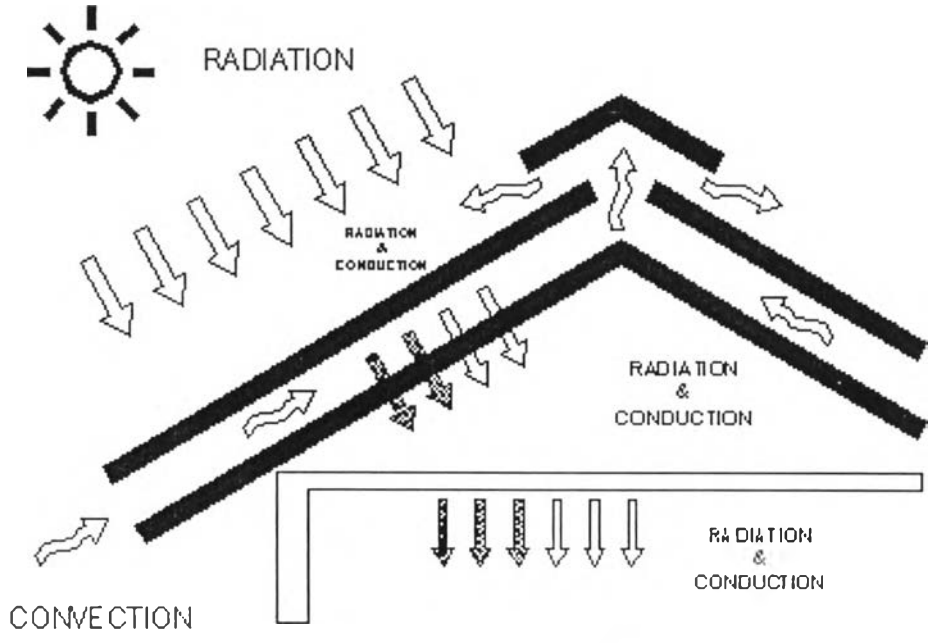
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในกล่องทดลองเฉลี่ย ของหลังคาทดลองชุด A B และ C

ข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 16กุมภาพันธ์ 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆปานกลาง

จากการทดลองเปรียบเทียบผลของการใช้ระยะของช่องอากาศที่แตกต่างกันในการปรับปรุงหลังคาพบว่าในช่วงกลางวันเมื่อมีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ ผิวของวัสดุมุงหลังคาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิโซลแอร์ (Sol-air temperature) ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่พื้นที่ใต้หลังคาเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิของผิววัสดุมุงหลังคาและพื้นที่ช่องอากาศใต้หลังคา จากแผนภูมิที่ 4.9 และ 4.10 จะเห็นได้ว่าหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการระบายอากาศนั้นจะได้รับผลจากการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนจากผิวของวัสดุมุงหลังคาและการนำความร้อนของอากาศในพื้นที่ใต้หลังคาโดยตรง ทำให้อุณหภูมิผิวฝ้าเพดานของหลังคาที่ไม่มีการระบายอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเร็วที่สุด ที่เวลา 11:00 น.ทั้งที่ส่วนฐานและส่วนปลายของหลังคา หลังคาที่มีการระบายอากาศโดยใช้ช่องอากาศ 10 ซม. อุณหภูมิผิวฝ้าเพดานส่วนฐานและส่วนปลายของหลังคา ขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ที่เวลา 10:00 น.และ11:00 น. ตามลำดับส่วนหลังคาที่มีการระบายอากาศโดยใช้ช่องอากาศ 20 ซม. นั้นอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานทั้งส่วนฐานและส่วนปลายของหลังคา ขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ที่เวลา 13:00 น. นอกจากนี้ระยะห่างของช่องอากาศที่เพิ่มขึ้นจะช่วยในการลดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานให้ต่ำลงมาได้มากขึ้นด้วย เมื่ออุณหภูมิผิวฝ้าเพดานต่ำลง ทำให้การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่กล่องทดลองน้อยลงตามไปด้วย เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิภายในกล่องน้อยลง จากแผนภูมิที่ 4.12 และ 4.13 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในกล่องทดลองของหลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 20 ซม. จึงต่ำกว่าอุณหภูมิภายในกล่องทดลองของหลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 10 ซม. และหลังคาที่ไม่มีช่องอากาศ ตามลำดับ ทั้งส่วนฐานและส่วนปลายของหลังคา

การระบายอากาศในช่องอากาศจะอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องอากาศใต้หลังคาระหว่างส่วนฐานและส่วนปลายของหลังคา โดยอุณหภูมิอากาศที่เข้ามาในช่องอากาศจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก เมื่ออากาศภายนอกที่เย็นกว่าไหลเข้ามา อากาศร้อนที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าก็จะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบนทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในช่องอากาศ แต่เนื่องจากว่าความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับมีปริมาณมากจนเกินกว่าที่การระบายด้วยวิธีธรรมชาติจะสามารถระบายออกไปได้หมด ความร้อนจึงสะสมอยู่ภายในช่องอากาศที่ส่วนปลายของหลังคา ทำให้ในส่วนปลายด้านบนของหลังคามีอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิภายในกล่องทดลองสูงกว่าในส่วนฐานหลังคา จากแผนภูมิที่ 4.5 และ 4.8 แสดงอุณหภูมิภายในช่องอากาศของหลังคาที่มีระยะห่าง 10 ซม. และ 20 ซม. พบว่า ระยะห่างที่เพิ่มขึ้นเป็น 20 ซม.จะสามารถช่วยทำให้เกิดการระบายอากาศได้ดีมากขึ้น อุณหภูมิในช่องอากาศจึงต่ำกว่าหลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 10 ซม.



พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาที่มีการระบายอากาศ

รูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาที่มีการระบายอากาศ ที่ไม่มีอิทธิพลจากกระแสลมภายนอก

ในช่วงกลางคืนเมื่อไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์แล้ว วัสดุมุงหลังคาจะสูญเสียความร้อนให้กับท้องฟ้า ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุมุงหลังคาต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ช่องอากาศใต้หลังคาที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสูญเสียความร้อนให้กับวัสดุมุงหลังคาที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และเมื่ออุณหภูมิของช่องอากาศต่ำลงแล้ว ฝ้าเพดานที่มีอุณหภูมิสูงกว่าก็จะสูญเสียความร้อนให้ ทำให้มีอุณหภูมิผิวที่ต่ำลงมาด้วย จากพฤติกรรมดังกล่าว เมื่อดูจากแผนภูมิที่ 4.11 และ 4.14 แสดงให้เห็นว่าหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการระบายอากาศใต้หลังคา จะเริ่มมีอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานต่ำกว่าหลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 10 ซม. ที่เวลา 18:00 น. และ 20 ซม. ที่เวลา 17:00 น. อุณหภูมิผิวฝ้าเพดานของหลังคาที่ไม่มีช่องอากาศจะต่ำลงมาจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด และจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาตั้งแต่ 20:00 น. จนถึง 11:00 น. ของวันใหม่ ส่วนหลังคาที่ใช้ช่องอากาศ 10 ซม. และ 20 ซม. จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามลำดับ มีสาเหตุมาจากความร้อนหลงเหลือจากการระบายและสะสมอยู่ในช่องอากาศตั้งแต่ช่วงกลางวัน ทำให้การสูญเสียความร้อนจากผิวฝ้าเพดานด้านในทำได้ช้าลง เนื่องจากปริมาตรของอากาศในหลังคาที่มีช่องอากาศ 20 ซม. ที่มีมากกว่าจะเป็นตัวสกัดกั้นทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนได้ช้ากว่า

จากผลการทดลองข้างต้นนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณการพาความร้อน โดยมีสมการที่เกี่ยวข้อง คือ

$$CFM = FPM * AREA \qquad \text{(ASHRAE, 1989)}$$

เมื่อ

CFM = ปริมาณลมที่พัดผ่านเข้ามาจะขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 ตัว คือ

FPM = ความเร็วลมที่พัดผ่าน ถ้าลมที่พัดมีความเร็วมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศมากขึ้นจะสามารถพาความร้อนออกไปได้มากขึ้นด้วยเช่นกัน

AREA = พื้นที่ของช่องเปิดที่จะให้ลมพัดผ่านเข้ามา ถ้าพื้นที่ช่องเปิดมากขึ้น ปริมาณของลมที่พัดผ่านเข้ามาก็จะมากขึ้นเช่นกัน

และสมการ

$$Q = CFM * 1.08 * \Delta t \qquad \text{(ASHRAE, 1989)}$$

คำนวณเปรียบเทียบกับโดยสมมติให้

Q = ปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 240 Btu/h.ft^2

ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องอากาศ (Δt) = 7.2 $^{\circ}$F (4 $^{\circ}$C)

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$CFM = 240 / 1.08 * 7.2$$

$$CFM = 30.86$$

การที่จะนำความร้อนที่เกิดขึ้นออกไปให้หมดนั้นจะต้องใช้ปริมาณลม 30.86 cfm แต่ในความเป็นจริงในการพัดผ่านของลมจะเกิดแรงเสียดทานเนื่องจากสิ่งกีดขวางจากสภาพแวดล้อมภายนอกและจากแรงเสียดทานในช่องอากาศ จึงคิดประสิทธิภาพเพียง 60 % เท่านั้นจะทำให้เกิดปริมาณลมที่ผ่านเข้ามาเพียง 18.52 cfm เพราะฉะนั้นปริมาณลมที่เข้ามาจะนำความร้อนออกไปได้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ทำให้ยังมีความร้อนที่หลงเหลือสะสมอยู่ในพื้นที่ใต้หลังคาและถ่ายเทความร้อนลงมายังพื้นที่ใช้งานด้านล่าง

จากสมการ $Q = CFM * 1.08 * \Delta t$ ถ้าต้องการทำให้อุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในเท่ากัน (คือ $\Delta t = 0$) เมื่อแทนค่าลงไปในสมการแล้วจะเห็นว่า

CFM = Q / 0

CFM = α

ในการที่จะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในและภายนอกมีค่าเท่ากันนั้นจะต้องในปริมาณลมที่มากจนนับไม่ได้ (α) เพราะฉะนั้นจะไม่มีโอกาสในการทำให้อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกเท่ากัน และการที่จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีค่าใกล้เคียงกับภายนอกมากขึ้นเท่าไรก็จะต้องใช้ปริมาณลมที่มากขึ้นเท่านั้น

เมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จะพบว่า

ปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ มีค่า = 240 Btu/h.ft^2

หลังคาที่ใช้ในการทดลองมีพื้นที่หลังคา = 20.79 ft^2

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาทั้งสิ้น = 240 * 20.79 = 4989.6 Btu/h

<u>หลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศ 10 ซม.</u>

ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องว่างอากาศ (Δt) = 7.2 ^{o}F (4 ^{o}C)

พื้นที่หน้าตัดของช่องระบายอากาศ = 0.16 ft^2

จากสมการ Q = CFM * 1.08 *Δt

CFM = 4989.6 / (1.08 * 7.2)

= 641.66

ต้องใช้ปริมาณลม 641.66 CFM ในการระบายอากาศร้อนที่เข้ามาในหลังคาให้ออกไปหมด

จากสมการ *CFM = FPM * AREA*

พื้นที่หน้าตัด = 0.16 ft^2

FPM = 641.66 / 0.16

= 4010.38

เพราะฉะนั้นต้องใช้ลมที่มีความเร็ว 4010.38 ft/min หรือ 73.35 km/h พัดผ่านช่องอากาศ เพื่อที่จะระบายอากาศร้อนให้ออกไปให้หมดในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน ซึ่งโอกาสที่จะเกิดลมที่มีความเร็วมากขนาดนี้แทบจะเป็นไปได้น้อยมากและลมที่เกิดขึ้นจะเป็นเพียงแค่ชั่วขณะไม่ได้พัดต่อเนื่องกันตลอดเวลา

<u>หลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศ 20 ซม.</u>

ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องว่างอากาศ (Δt) = 4.32 °F (2.4 °C)

พื้นที่หน้าตัดของช่องระบายอากาศ = 0.64 ft^2

จากสมการ Q = CFM * 1.08 *Δt

CFM = 4989.6 / (1.08 * 4.32)

= 1068.43

ต้องใช้ปริมาณลม 1068.43 CFM ในการระบายอากาศร้อนที่เข้ามาในหลังคาให้ออกไปหมด

จากสมการ *CFM = FPM * AREA*

พื้นที่หน้าตัด = 0.64 ft^2

FPM = 1068.73 / 0.64

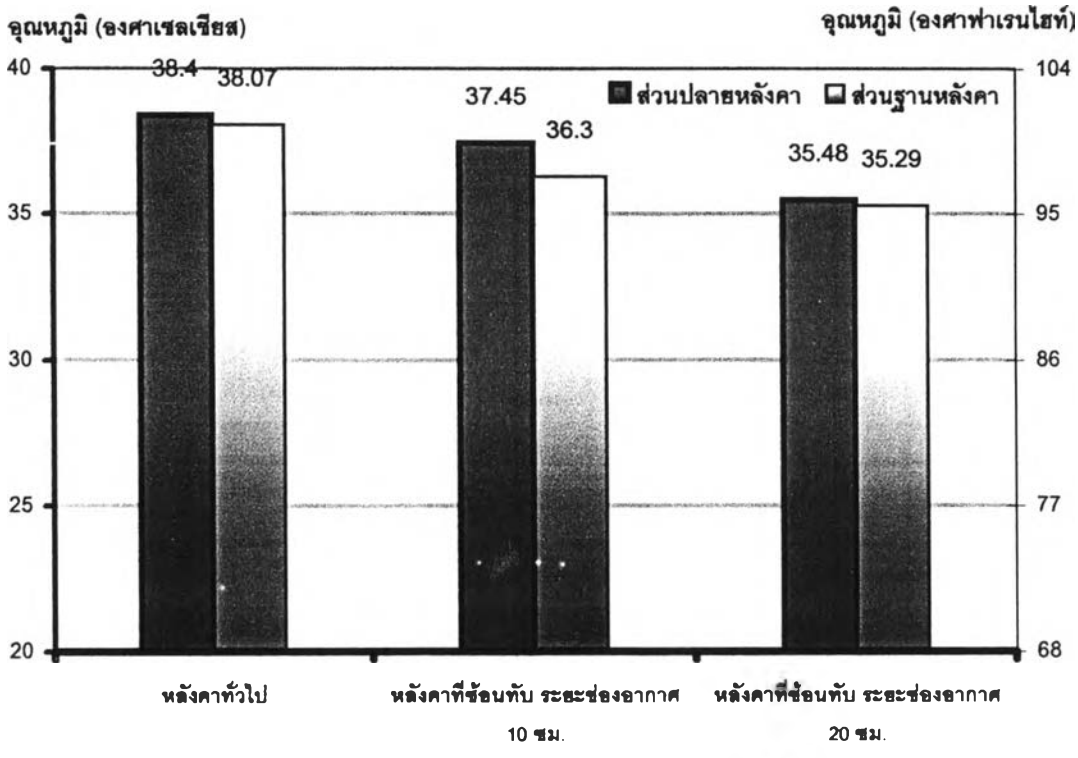
= 1669.42

เพราะฉะนั้นต้องใช้ลมที่มีความเร็ว 1669.42 ft/min หรือ 30.53 km/h พัดผ่านช่องอากาศ เพื่อที่จะระบายอากาศร้อนให้ออกไปให้หมด ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน

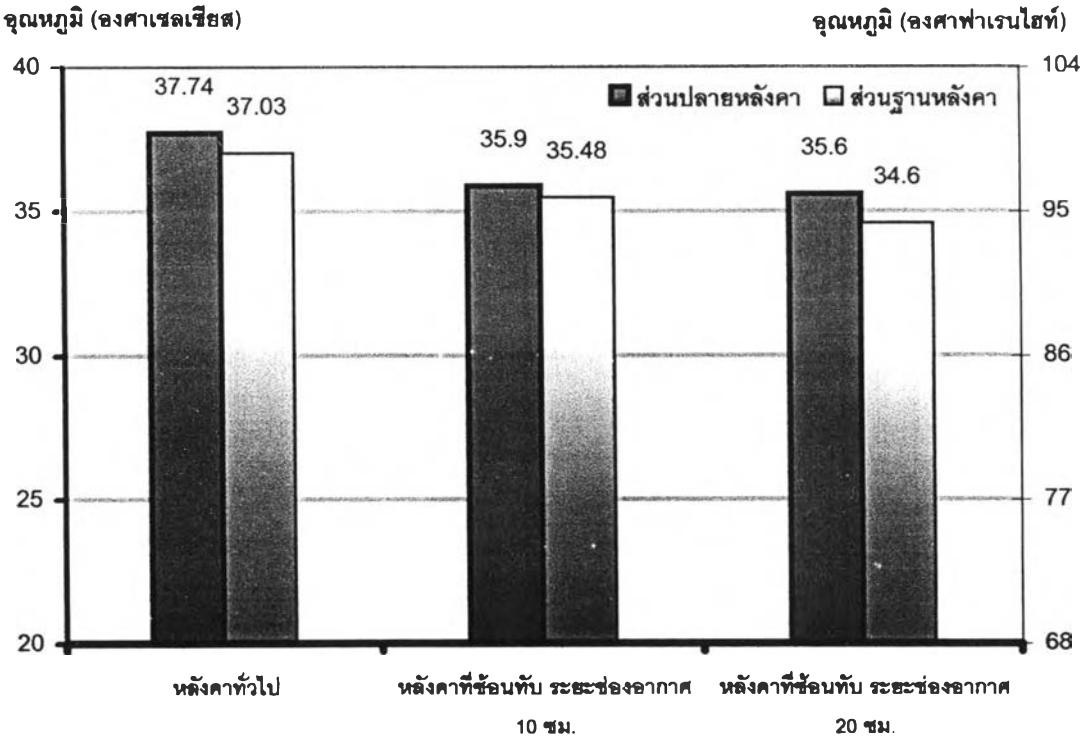
จากการคำนวณเปรียบเทียบจะพบว่าหลังคาที่มีระยะห่างของช่องอากาศเพิ่มขึ้นและพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการพาอากาศร้อนออกไปจากช่องอากาศได้ดีมากยิ่งขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิในช่องอากาศต่ำลง เมื่ออุณหภูมิในช่องอากาศต่ำลงมากเท่าไรก็จะเป็นการลดความแตกต่างของอุณหภูมิกับพื้นที่ใต้หลังคาให้น้อยลงด้วย ทำให้การถ่ายเทความร้อนลงสู่พื้นที่ใช้งานมีปริมาณน้อยลงก็จะเป็นผลทำให้พื้นที่ใต้หลังคาเย็นลง

จากผลการทดลองพบว่า

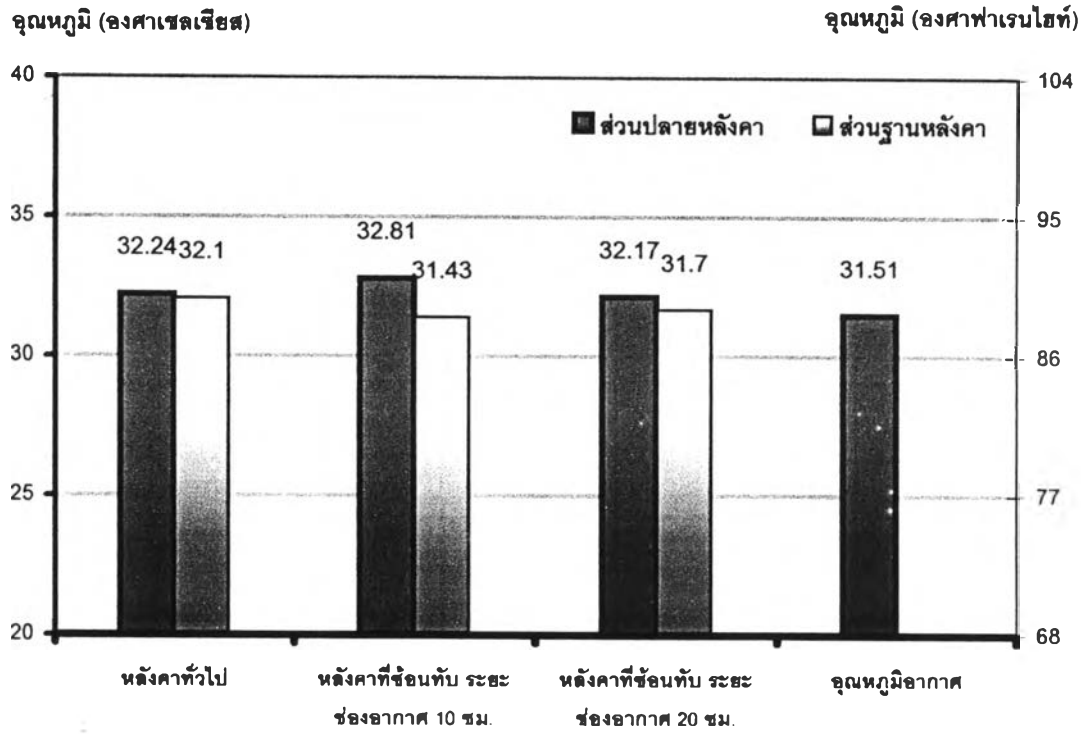
1. ในหลังคาที่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคาเพื่อให้เกิดการระบายอากาศโดยใช้ช่องอากาศใต้หลังคานั้น หลังคาชั้นบนจะทำหน้าที่ช่วยในการรับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์โดยตรง ทำให้ลดอิทธิพลจากอุณหภูมิโซลแอร์ที่จะกระทำต่อหลังคาชั้นล่างให้น้อยลง
2. ช่องอากาศใต้หลังคาจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ ช่วยในการพาความร้อนเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุมุงหลังคาชั้นบน และเมื่ออากาศเกิดการเคลื่อนที่ก็จะช่วยลดการนำความร้อนที่เกิดจากตัวของอากาศลงมายังพื้นที่ข้างล่าง
3. ระยะห่างและพื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศที่เพิ่มมากขึ้นจะสามารถช่วยในการลดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิภายในกล่องทดลองลงได้มากขึ้นตามไปด้วย
4. ระยะห่างและพื้นที่หน้าตัดที่เพิ่มขึ้นจะไม่เป็นอัตราส่วนแปรผันตรงกับการลดอุณหภูมิของผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง
5. การใช้ช่องอากาศจะช่วยลดการเกิดอุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิในกล่องทดลอง แต่ยังไม่สามารถที่จะลดจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศได้
6. ในช่วงกลางวันความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถระบายออกไปได้หมด ทำให้เกิดการสะสมความร้อนที่ส่วนปลายบนของหลังคา ในช่วงกลางคืนจึงทำให้อุณหภูมิผิวฝ้าเพดานส่วนปลายของหลังคาที่มีช่องอากาศสูงกว่าอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานส่วนล่างของหลังคาที่ไม่มีช่องอากาศ
7. ในช่วงกลางวัน หลังคาที่มีช่องอากาศจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนลงสู่พื้นที่ด้านล่าง แต่ในช่วงกลางคืน การสูญเสียความร้อนให้กับท้องฟ้าจะทำได้ช้าลง
8. ถึงแม้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องอากาศระหว่างส่วนฐานและส่วนปลายหลังคาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการระบายอากาศที่มากขึ้นก็ตาม แต่เป็นการชี้ให้เห็นว่าความร้อนไม่สามารถระบายออกไปได้หมดจึงสะสมอยู่ในส่วนบนของหลังคา
9. การทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องอากาศน้อยที่สุดแล้วจะแสดงให้เห็นว่าสามารถระบายอากาศร้อนออกจากช่องอากาศได้มากที่สุดด้วยจนอุณหภูมิในส่วนปลายด้านบนของหลังคามีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของช่องอากาศในส่วนฐานของหลังคาซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก จะลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดียิ่งขึ้น



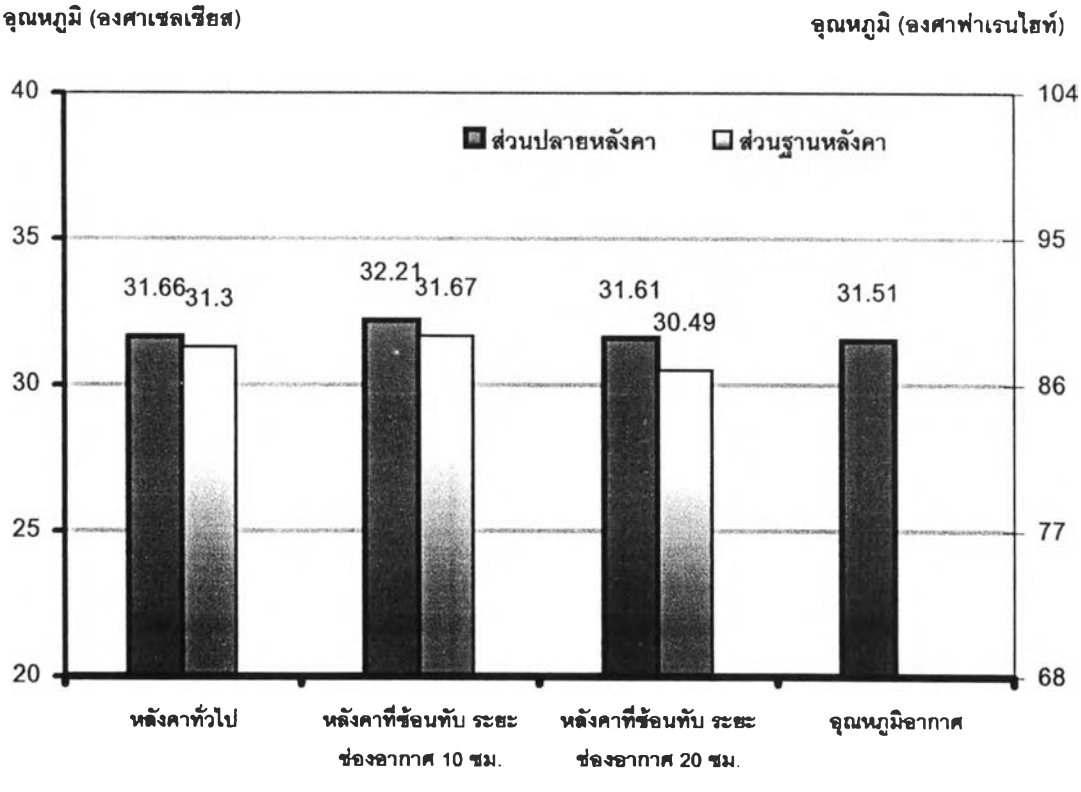
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศต่างกัน เวลา 14:00 น.



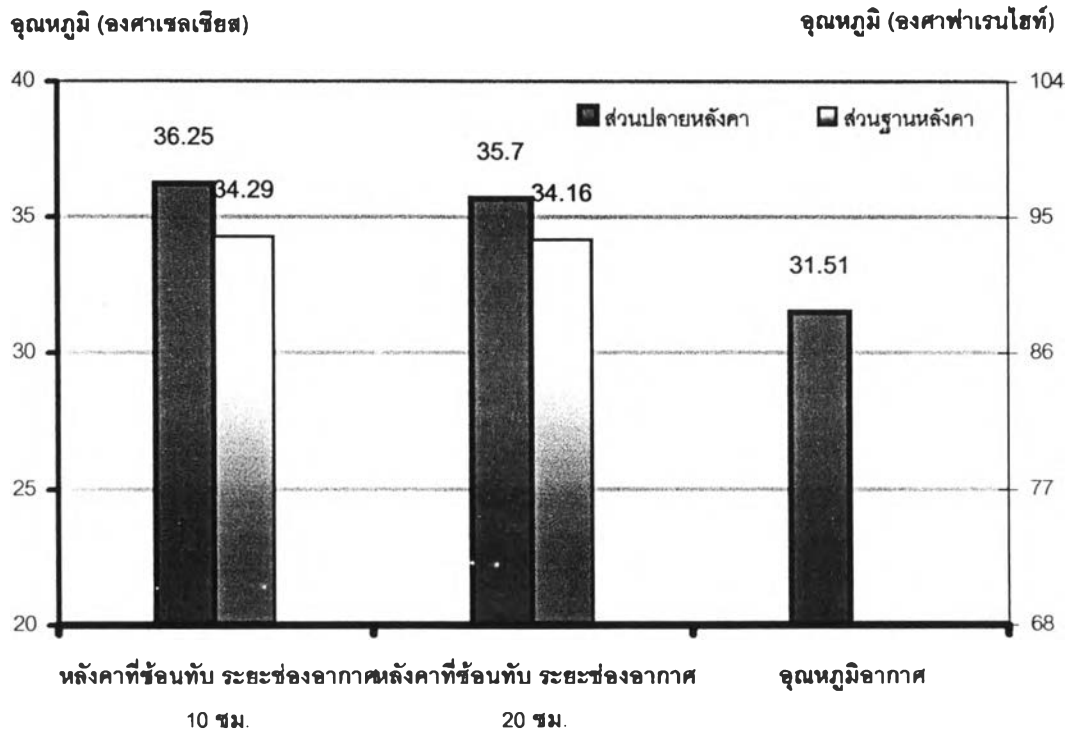
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศต่างกัน เวลา 14:00 น.



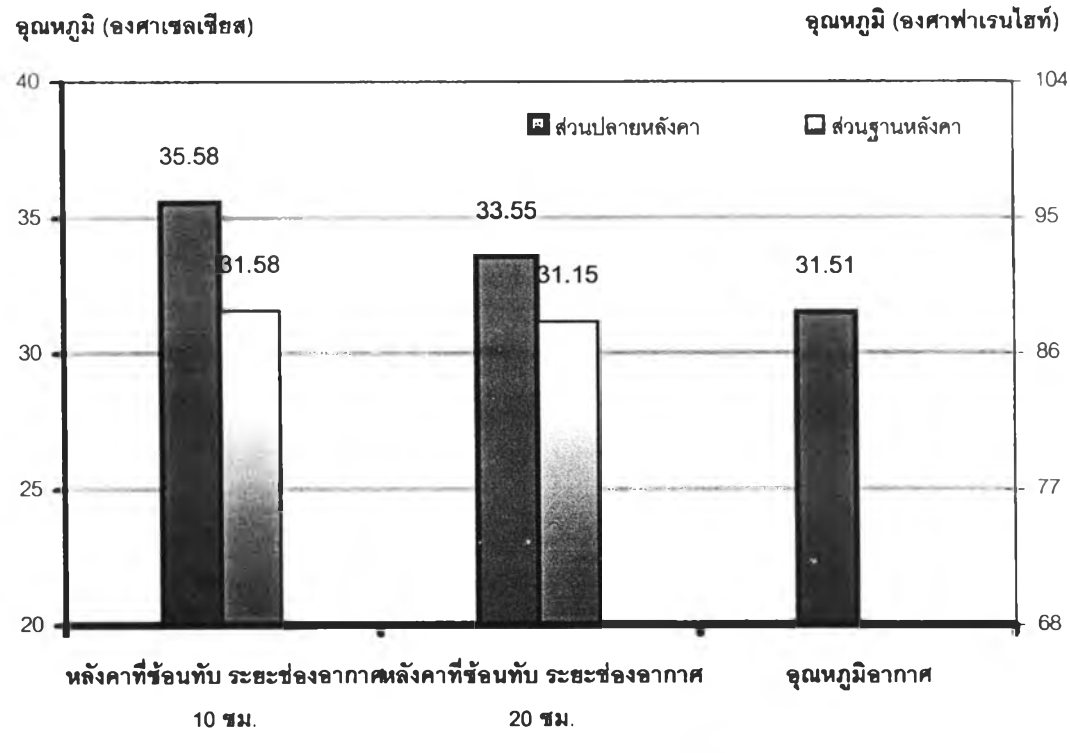
แผนภูมิที่ 4.17 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศต่างกัน**



แผนภูมิที่ 4.18 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศต่างกัน**



แผนภูมิที่ 4.19 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศ ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศต่างกัน**



แผนภูมิที่ 4.20 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศ ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีระยะห่างช่องอากาศต่างกัน**

การทดลองที่ 2 การทดลองความยาวของหลังคาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

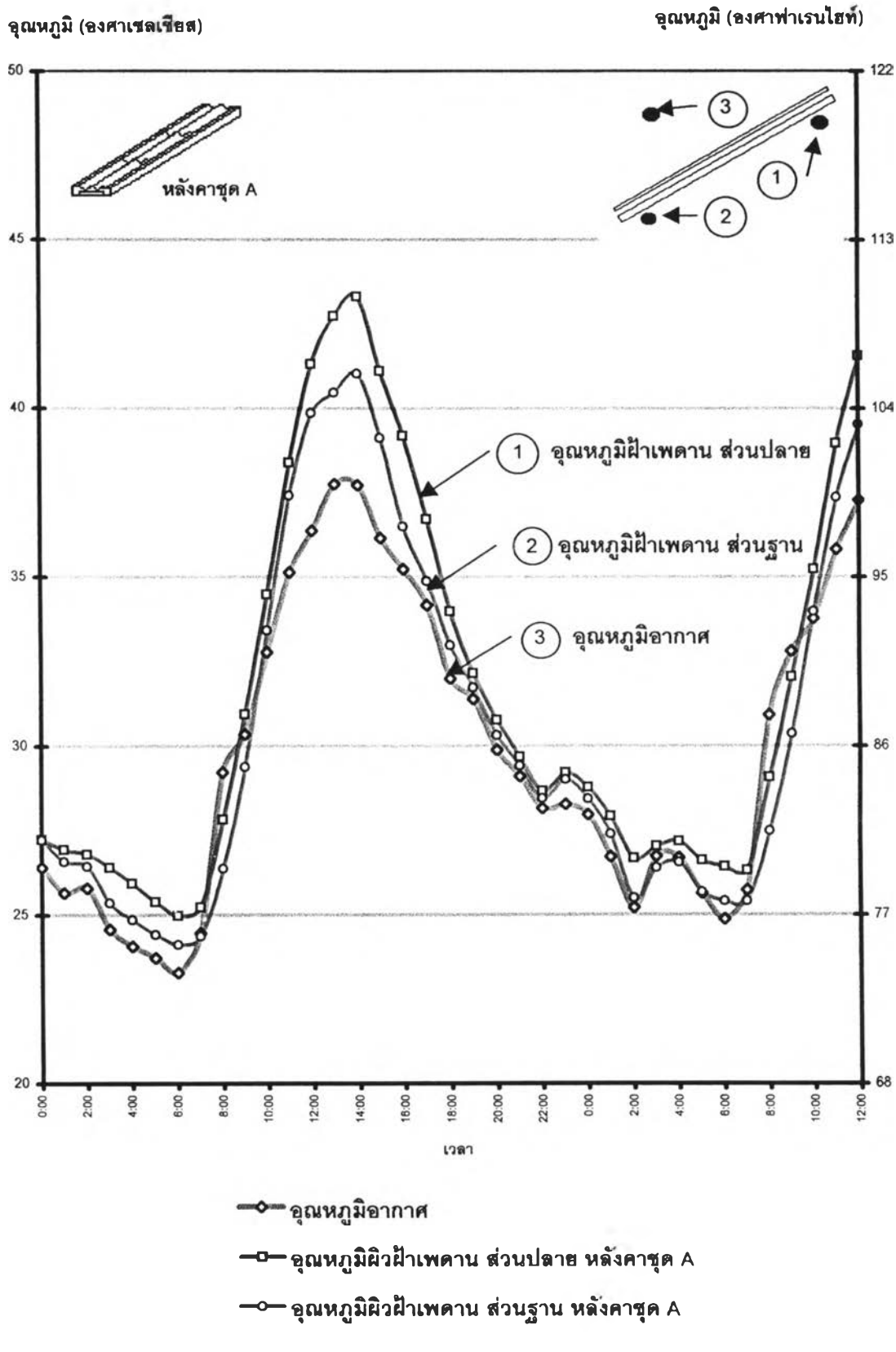
หลังคาชุด A หลังคาทั่วไปที่ไม่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคา ความยาว 4 ม. จากการทดลองได้ผลดังนี้

ฝ้าเพดาน

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	43.32	°C	109.98	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	41.03	°C	105.85	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	36.71	°C	98.078	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	34.68	°C	94.424	°F

กล่องทดลอง

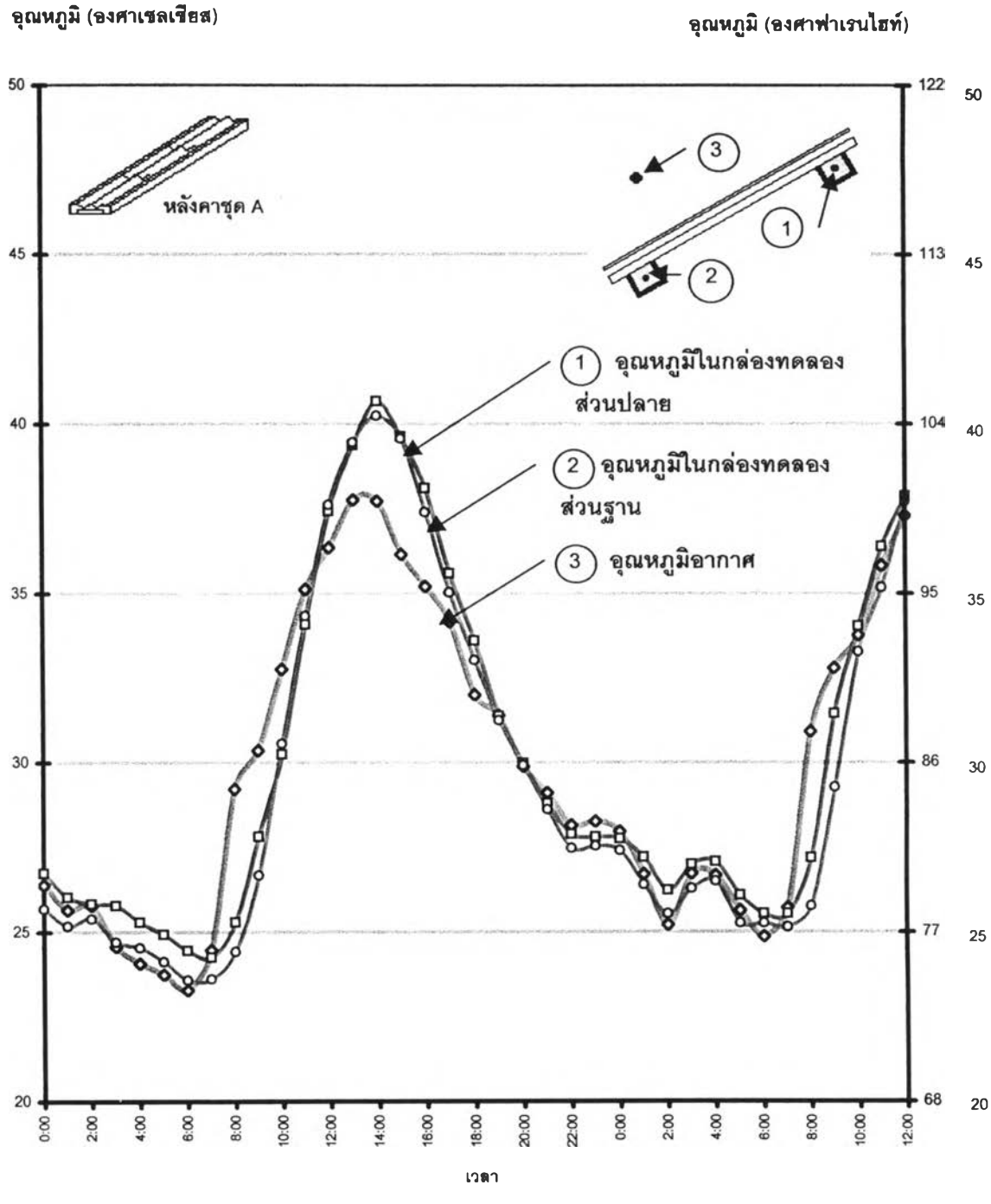
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	40.68	°C	105.22	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	40.57	°C	105.03	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	34.89	°C	94.802	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	34.34	°C	93.812	°F



แผนภูมิที่ 4.21 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** A

ข้อมูลวันที่ 11 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 12 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด A

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด

หลังคาชุด B หลังคาที่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคา มีช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 4 ม. จากการทดลองได้ผลดังนี้

ฝ้าเพดาน

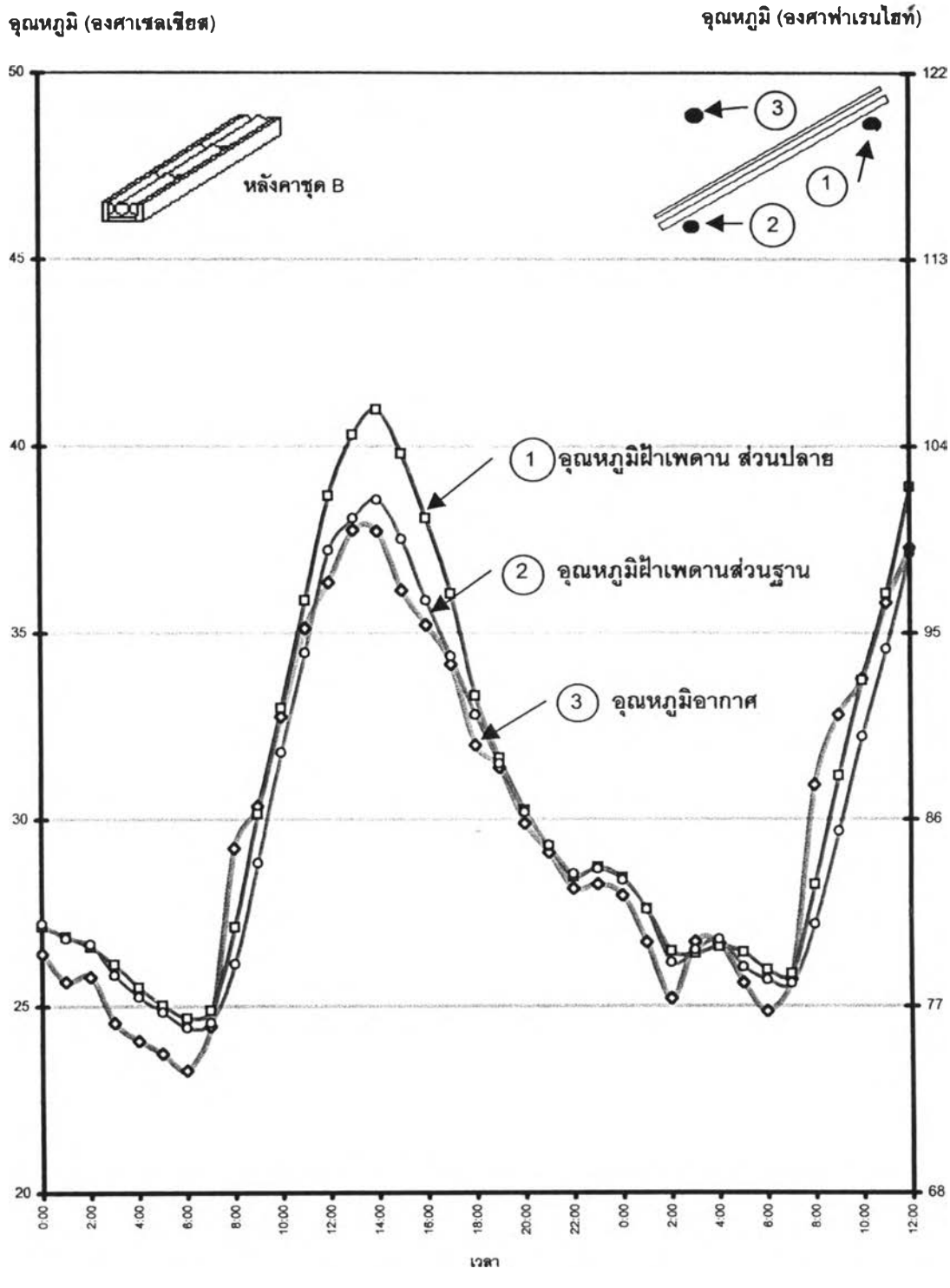
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	40.99	°C	105.782	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	38.57	°C	101.426	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	35.87	°C	96.566	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	34.39	°C	93.902	°F

กล่องทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	38.55	°C	101.39	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	37.68	°C	99.824	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	34.54	°C	94.172	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	34.36	°C	93.848	°F

ช่องอากาศ

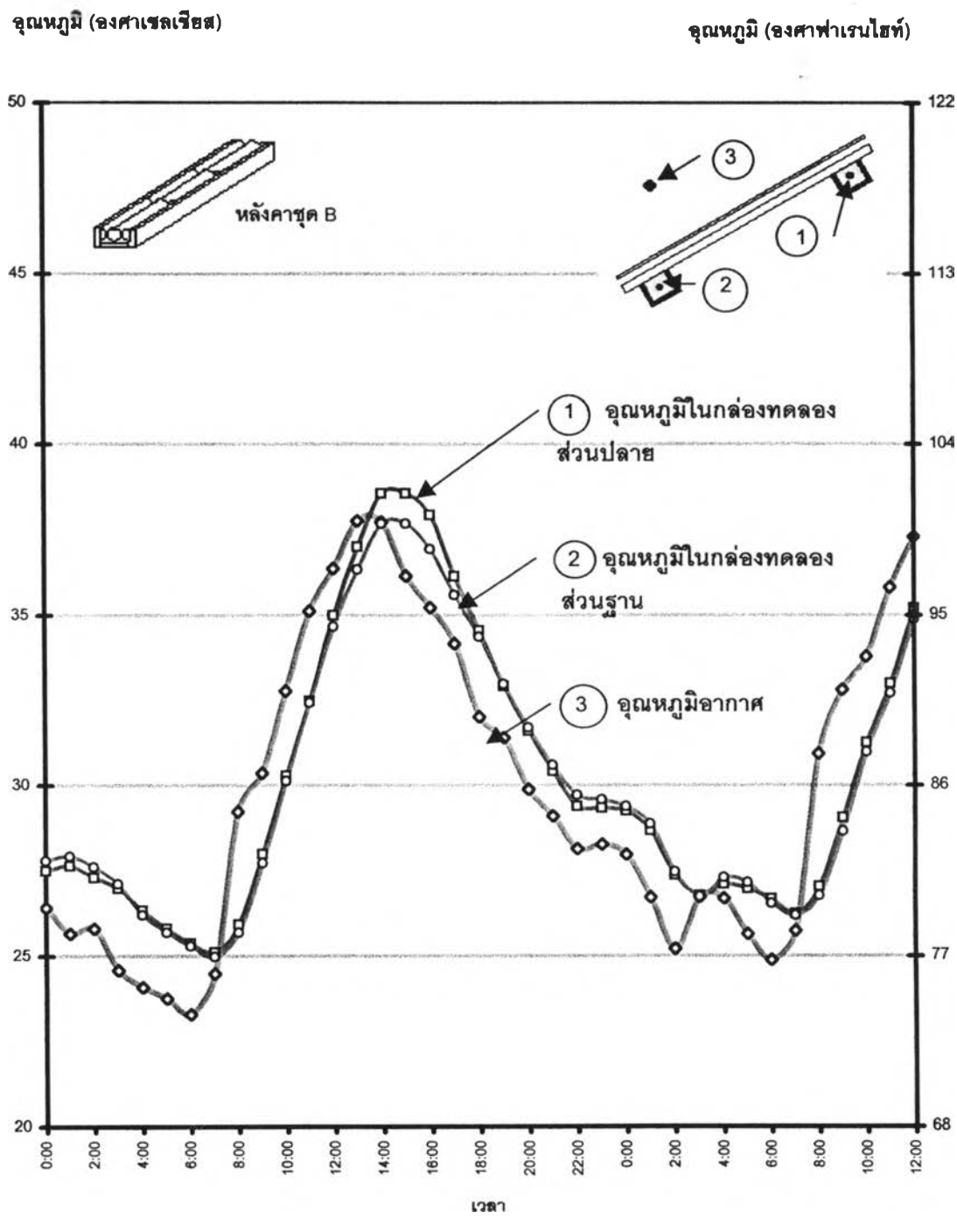
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	42.22	°C	107.996	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	38.28	°C	100.904	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	36.3	°C	97.34	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	34.34	°C	93.812	°F



แผนภูมิที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด B

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

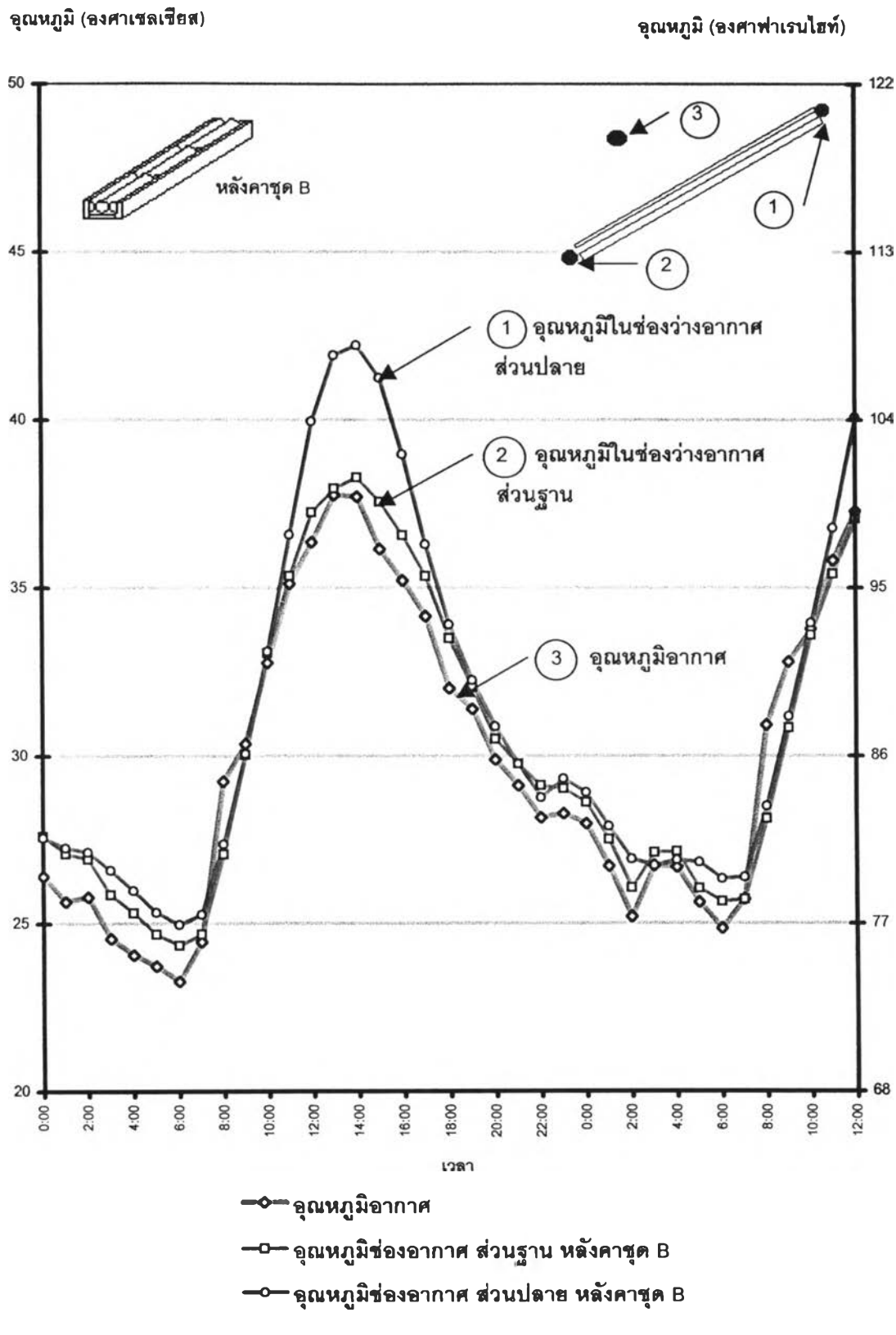
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด B

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.25 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในช่องอากาศ ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** B

ข้อมูลวันที่ 11 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 12 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด

หลังคาชุด C หลังคาที่มีการซ้อนทับวัสดุมุงหลังคา มีช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 12 ม. จากการทดลองได้ผลดังนี้

ฝ้าเพดาน

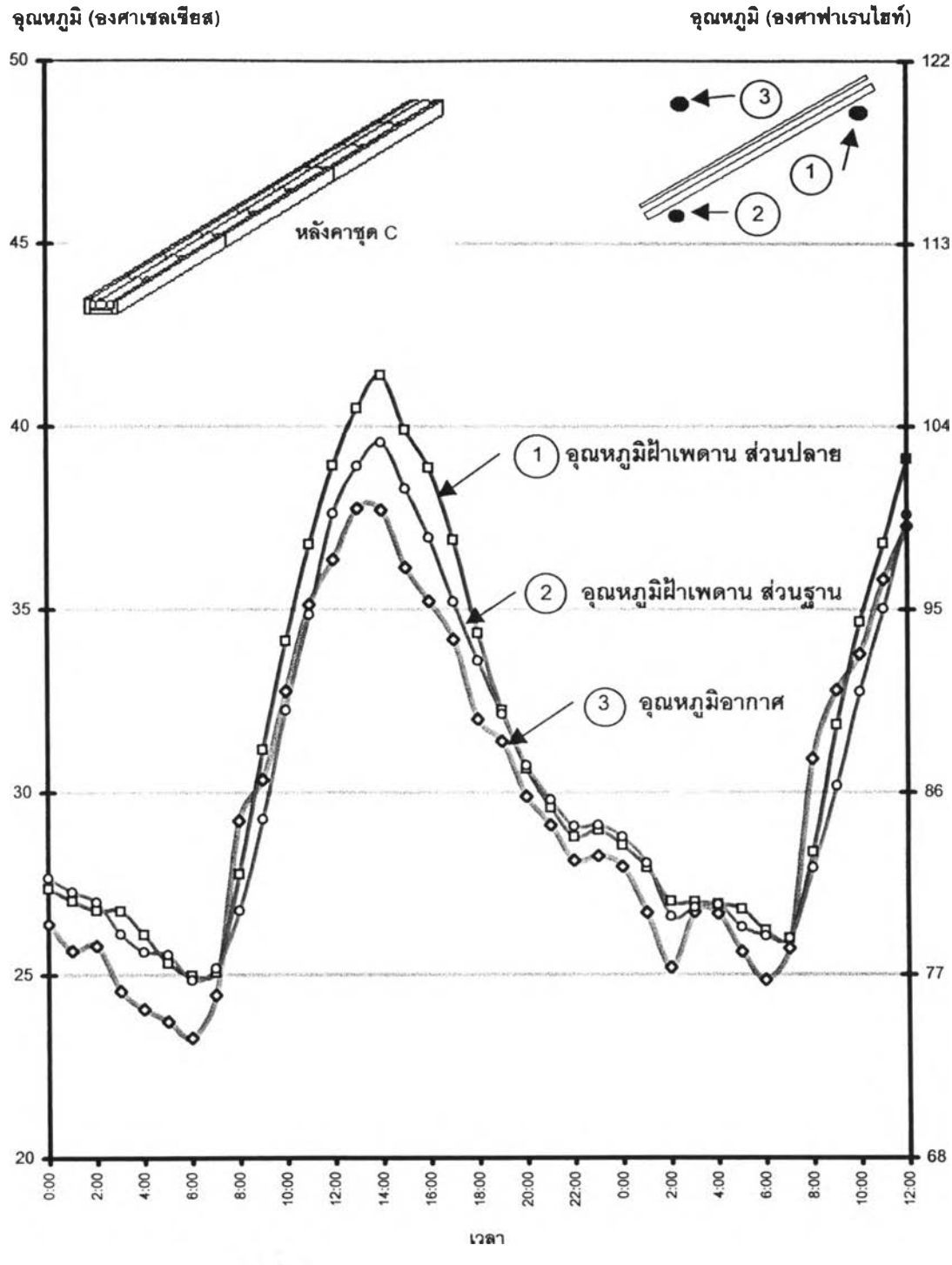
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	41.4	°C	106.52	°F
อุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	39.57	°C	103.226	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนปลายหลังคา	36.78	°C	98.204	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดานส่วนฐานหลังคา	34.86	°C	94.748	°F

กล่องทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	39.22	°C	102.596	°F
อุณหภูมิสูงสุดในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	37.51	°C	99.518	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนปลายหลังคา	35.34	°C	95.612	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลองส่วนฐานหลังคา	34.04	°C	93.272	°F

ช่องอากาศ

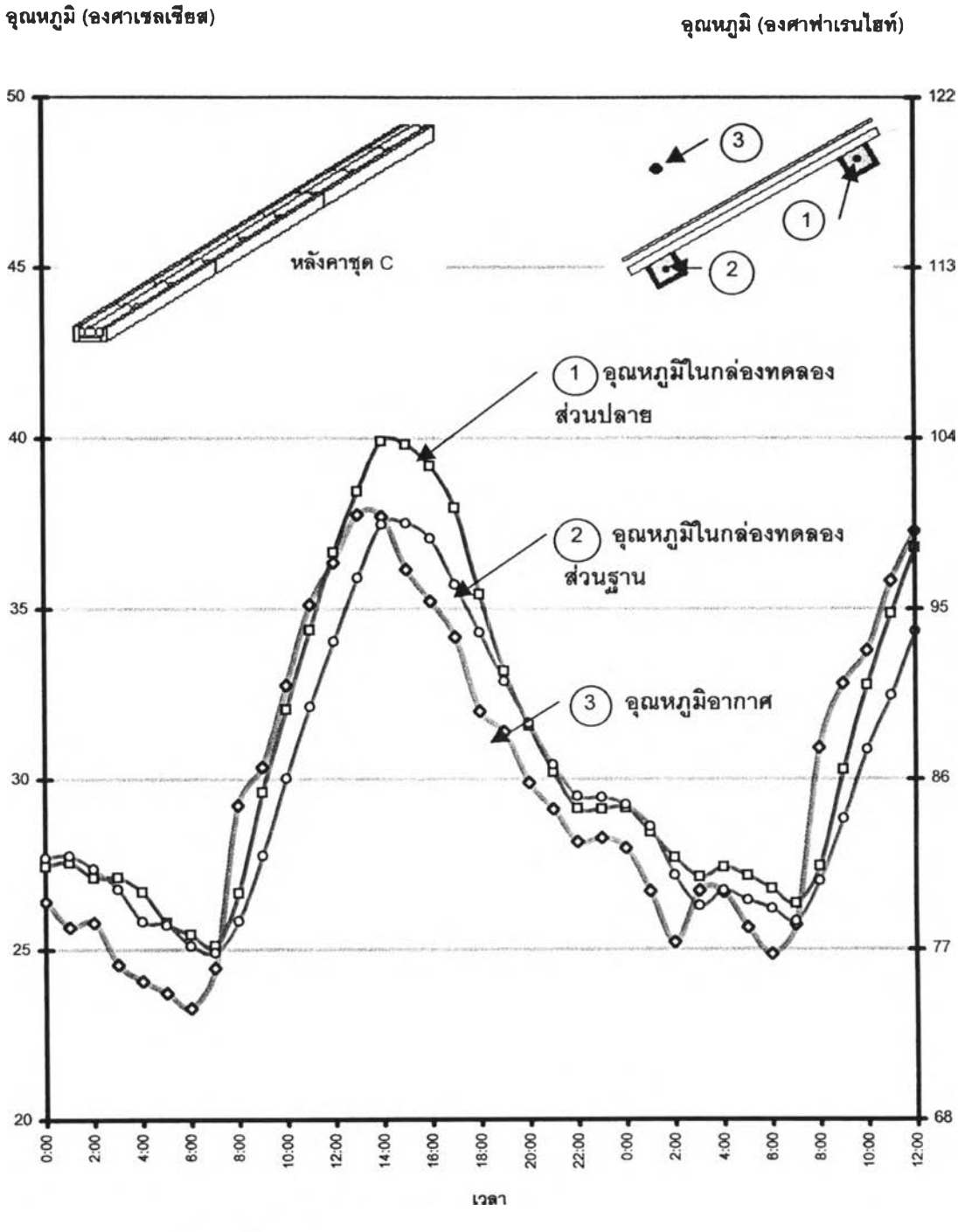
อุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายนอก	38.8	°C	104.84	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	44.14	°C	111.452	°F
อุณหภูมิสูงสุดในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	38.09	°C	100.562	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก	34.17	°C	93.506	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนปลายหลังคา	37.03	°C	98.654	°F
อุณหภูมิเฉลี่ยในช่องอากาศส่วนฐานหลังคา	34.79	°C	94.622	°F



แผนภูมิที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด C

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

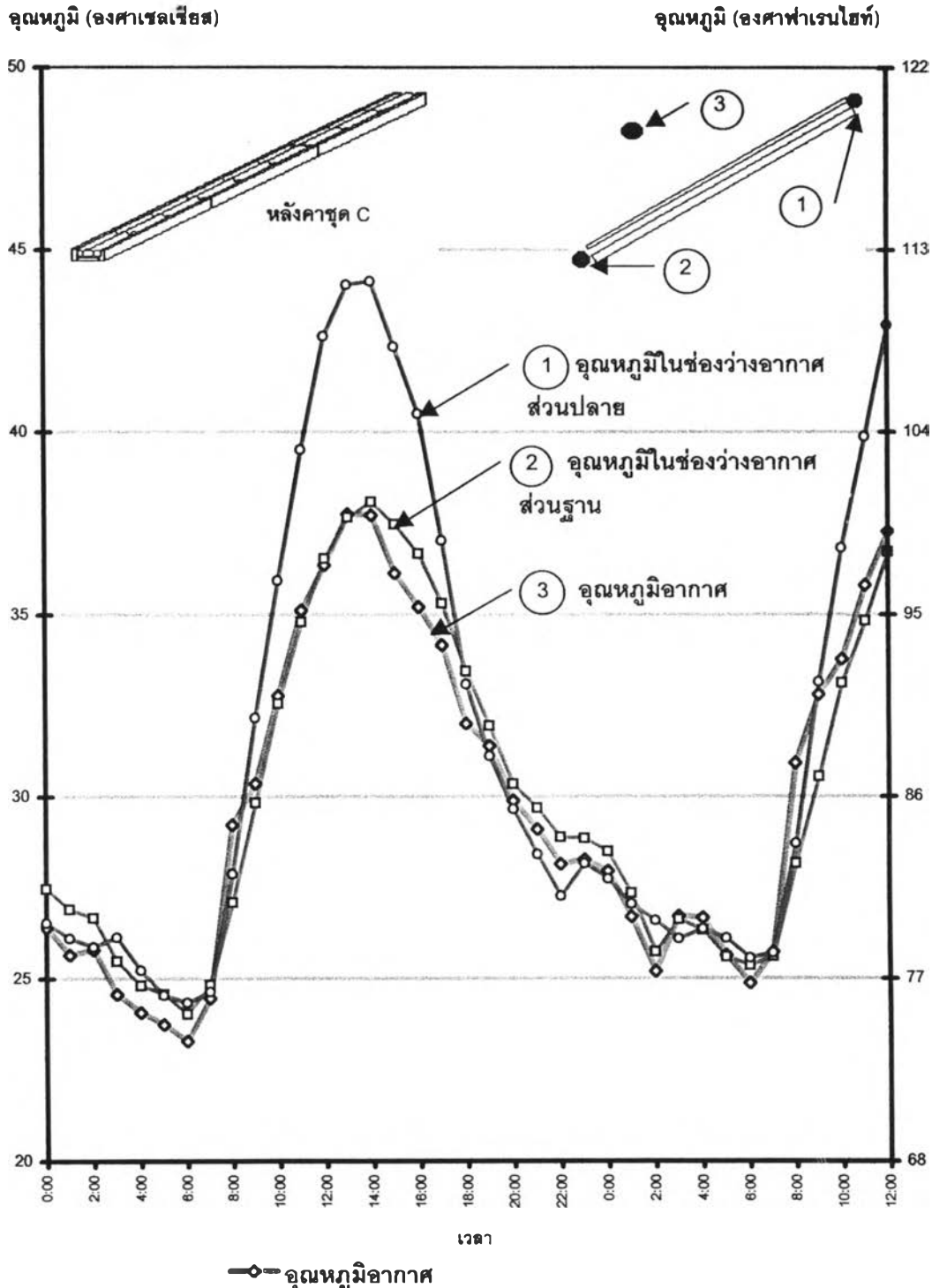
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด C

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

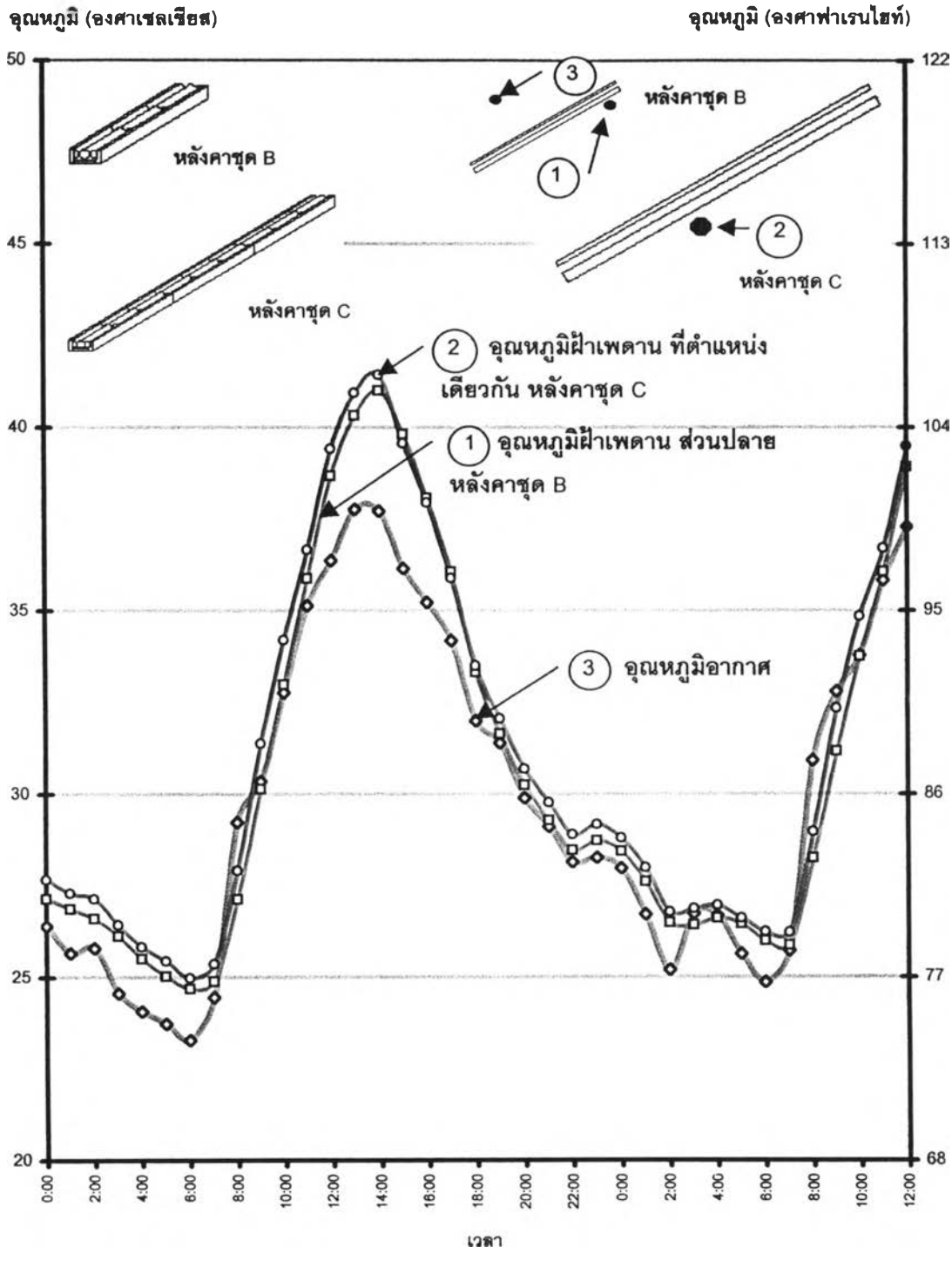
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในช่องอากาศ ส่วนปลายและส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด C

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด

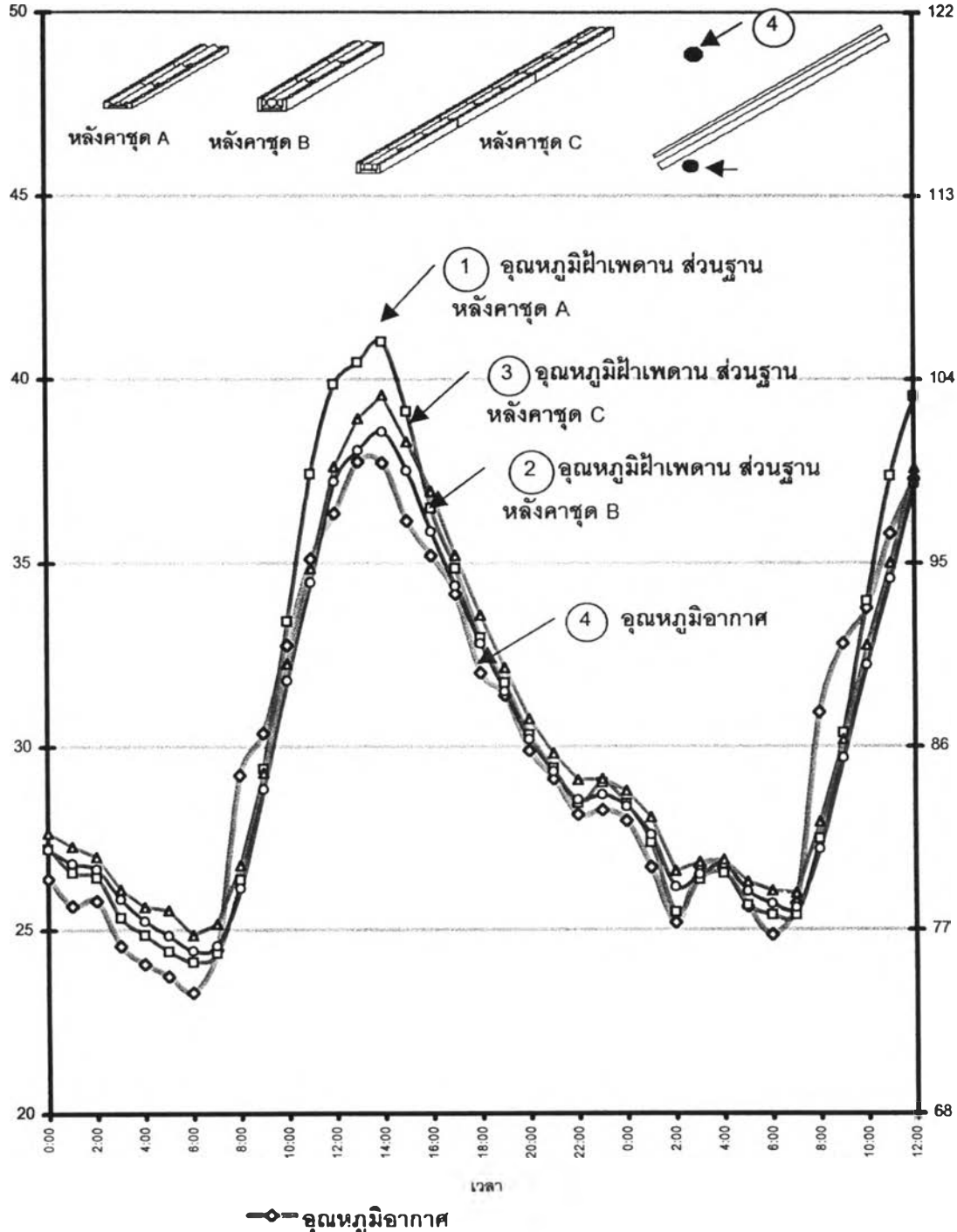


แผนภูมิที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายของหลังคาชุด B และที่ตำแหน่งเดียวกันของหลังคาทดลองชุด C

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด

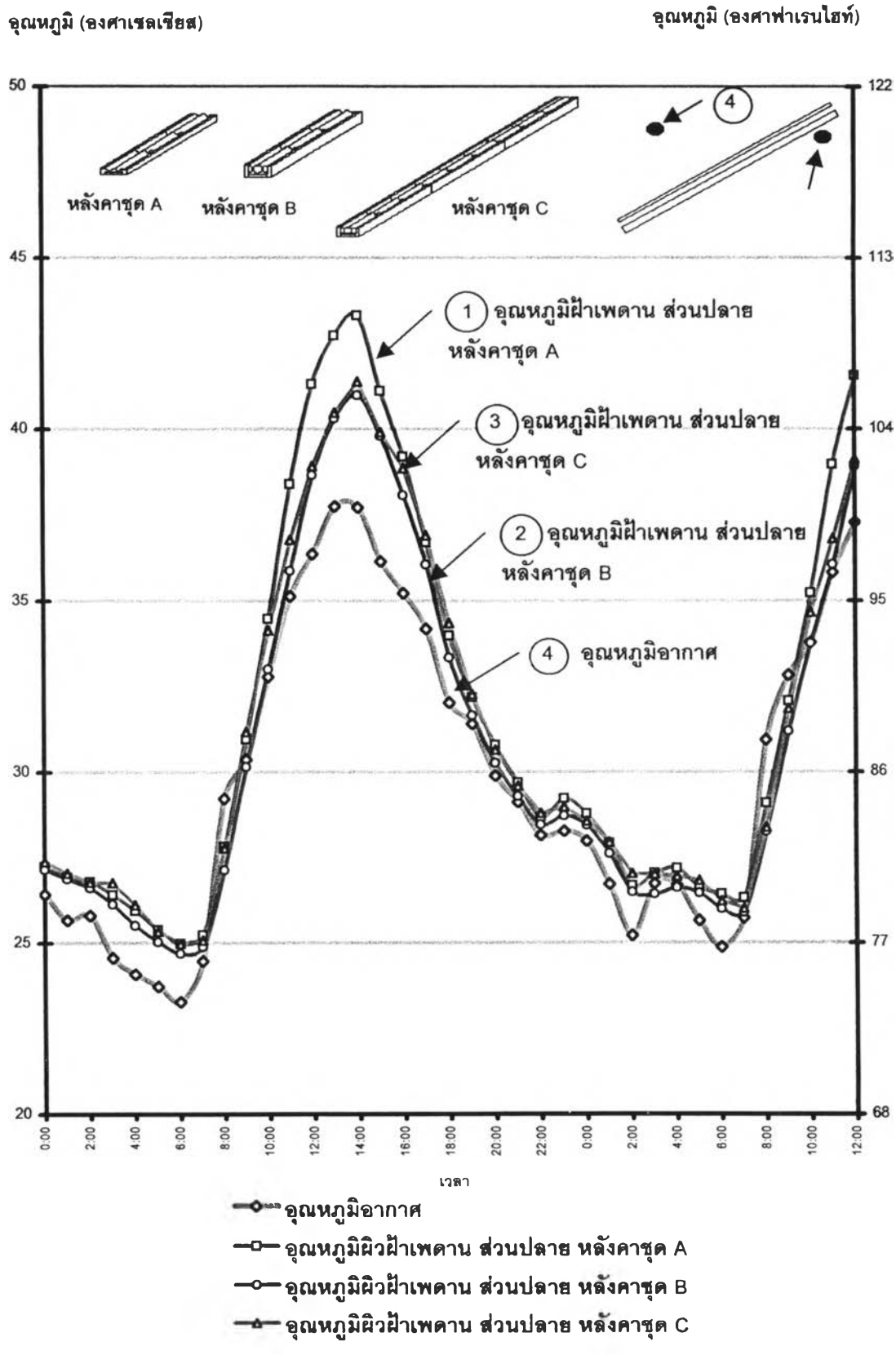
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮท์)



แผนภูมิที่ 4.30 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** A B **และ** C

ข้อมูลวันที่ 11 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 12 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

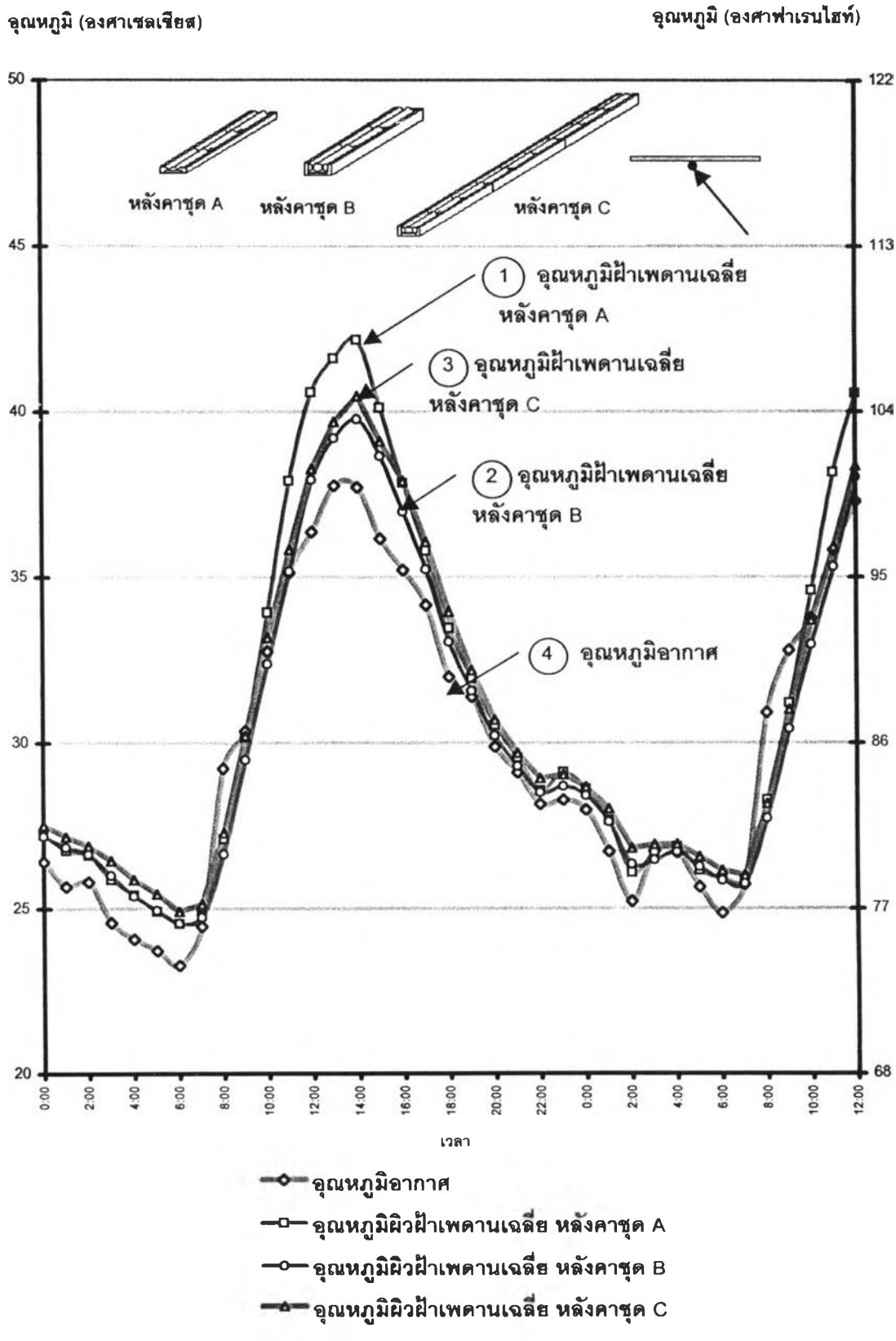
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.31 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลาย ของหลังคาทดลองชุด** A B **และ** C

ข้อมูลวันที่ 11 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 12 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

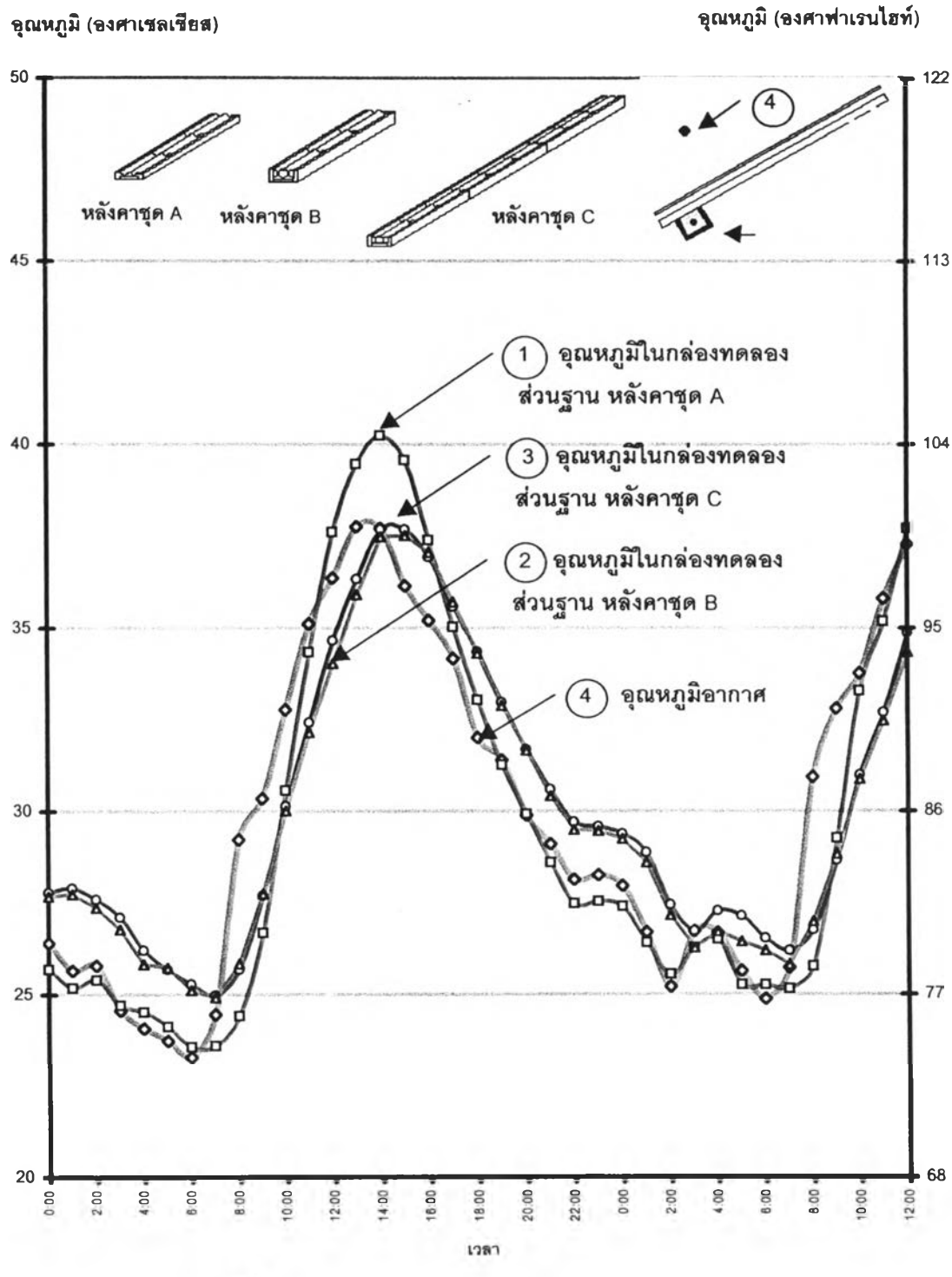
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานเฉลี่ย ของหลังคาทดลองชุด A B และ C

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

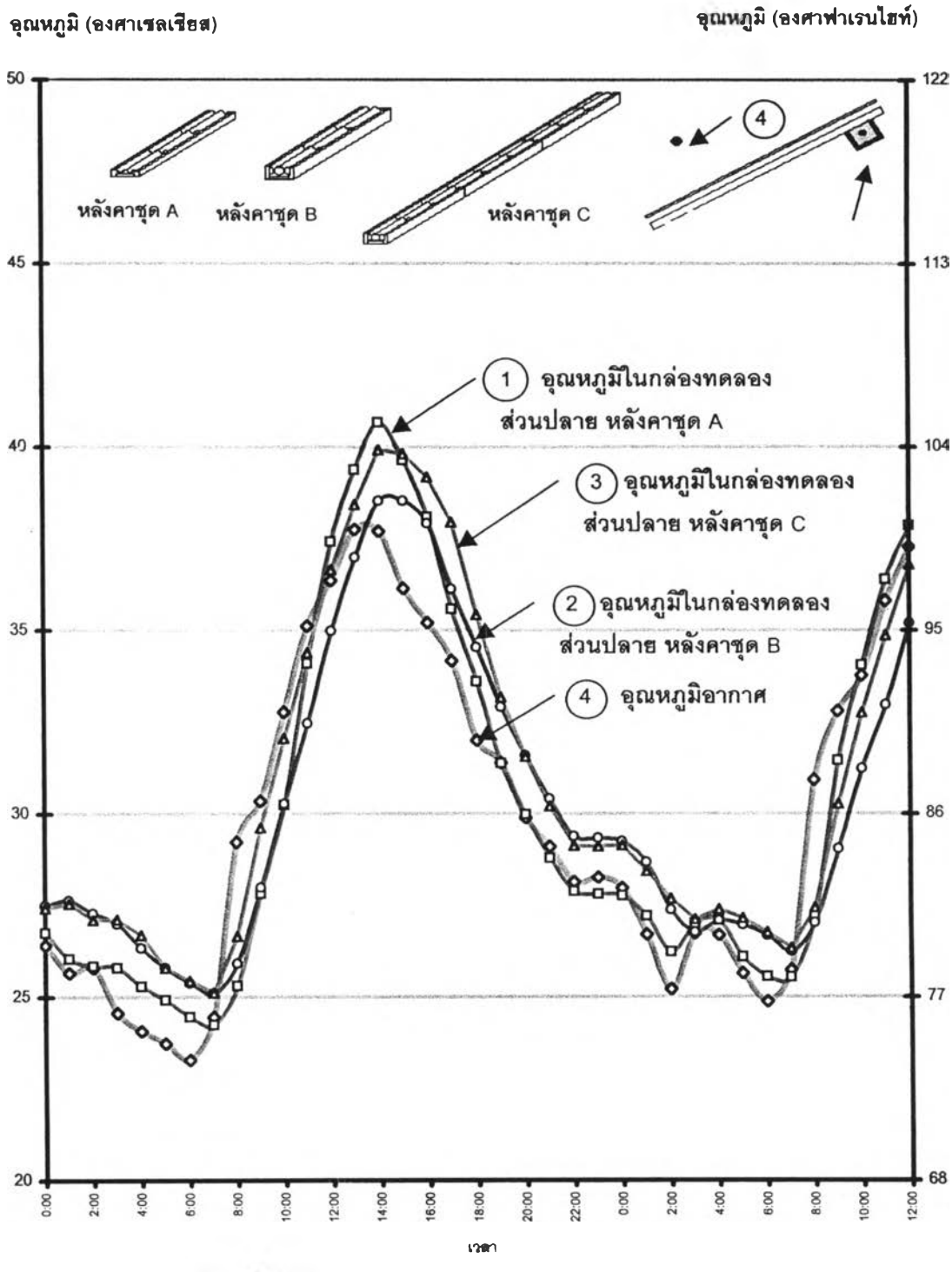
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.33 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในกล่องทดลอง ส่วนฐาน ของหลังคาทดลองชุด** A B **และ** C

ข้อมูลวันที่ 11 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 12 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**

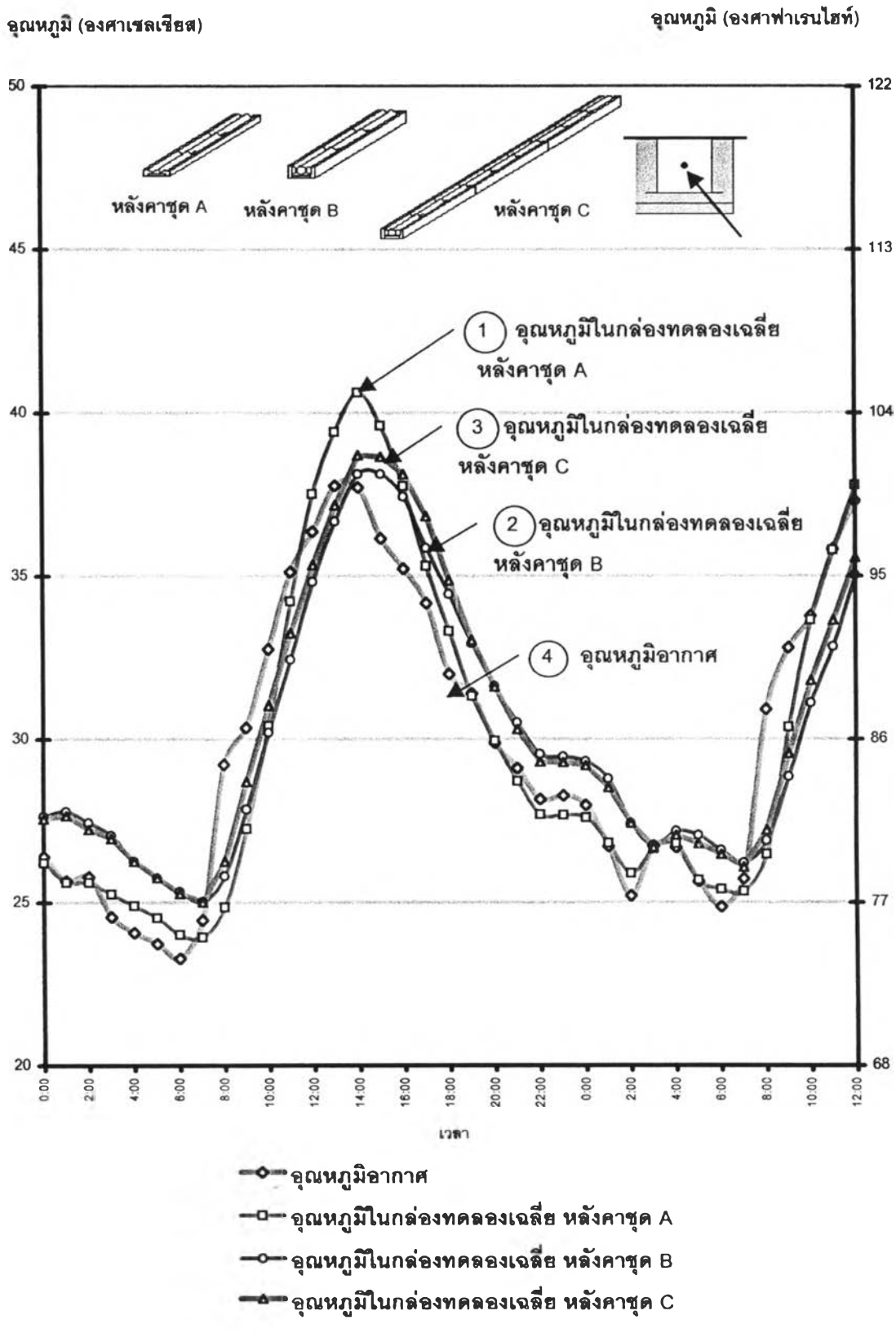
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในกล่องทดลอง ส่วนปลาย ของหลังคาทดลองชุด A B และ C

ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2542 เวลา 00.00 น.-วันที่ 12 มีนาคม 2542 เวลา 12.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด



แผนภูมิที่ 4.35 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ**ในกล่องทดลอง**เฉลี่ย**
ของหลังคาทดลองชุด A B **และ** C
ข้อมูลวันที่ 11 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 00.00 **น.-วันที่** 12 **มีนาคม** 2542 **เวลา** 12.00 **น.**
สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด

จากแผนภูมิที่ 4.32 แสดงให้เห็นว่าหลังคาที่มีการระบายอากาศโดยใช้ช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 12 ม.จะมีอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานต่ำกว่าหลังคาที่ไม่มีการระบายอากาศ ในช่วงเวลากลางวันและช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน และมีอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานสูงกว่าหลังคาที่มีการระบายอากาศโดยใช้ช่องอากาศ 20 ซม.ความยาว 4 ม. ตลอดทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

จากแผนภูมิที่ 4.25 และ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในช่องอากาศของหลังคาที่มีการระบายอากาศโดยใช้ระยะห่างของช่องอากาศ 20 ซม. เท่ากันแต่มีความยาวที่แตกต่างกัน คือ 4 ม. และ 12 ม. พบว่าในหลังคาที่มีความยาวมากขึ้นจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องอากาศระหว่างวัสดุมุงหลังคามากขึ้นกว่าหลังคาที่สั้นก็ตาม แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการระบายความร้อนที่สะสมอยู่ในช่องอากาศออกไปได้หมดเนื่องจากพื้นที่ของหลังคาที่รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์มีมากขึ้น ปริมาณความร้อนที่เข้ามาก็มีมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ในหลังคาที่มีความยาวเพิ่มมากขึ้นยังทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในช่องอากาศและอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้ามามากขึ้น

เมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จะพบว่า

ปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ มีค่า = 240 Btu/h.ft^2
พื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศ = 0.64 ft^2

<u>ในหลังคาสั้น</u> ที่มีความยาว 4 ม. มีพื้นที่หลังคา = 20.79 ft^2
ปริมาณความร้อนที่เข้ามาทั้งสิ้น = 240 * 20.79 = 4989.6 Btu/h
ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องว่างอากาศ (Δt) = 7.01 ^{o}F (3.94 ^{o}C)

จากสมการ Q = CFM * 1.08 *Δt

CFM = 4989.6 / (1.08 * 7.01)
= 659.12

ต้องใช้ปริมาณลม 659.12 CFM ในการระบายอากาศร้อนที่เข้ามาในหลังคาให้ออกไปหมด

จากสมการ *CFM* = *FPM* * *AREA*

พื้นที่หน้าตัด = 0.64 ft^2

FPM = 659.12 / 0.64
= 1029.88

เพราะฉะนั้นต้องใช้ลมที่มีความเร็ว 1029.88 ft/min หรือ 18.83 km/h พัดผ่านช่องอากาศเพื่อระบายความร้อนให้ออกไปให้หมด ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน

<u>ในหลังคายาว</u> ที่มีความยาว 12 ม. มีพื้นที่หลังคา = 62.37 ft^2
ปริมาณความร้อนที่เข้ามาทั้งสิ้น = 240 * 62.37 = 14968.8 Btu/h
ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องว่างอากาศ (Δt) = 10.89 ^{o}F (6.05 ^{o}C)

จากสมการ Q = CFM * 1.08 *Δt

CFM = 14968.8 / (1.08 * 10.89)
= 1272.85

ต้องใช้ปริมาณลม 1272.85 CFM ในการระบายอากาศร้อนที่เข้ามาในหลังคาให้ออกไปหมด

จากสมการ $CFM = FPM * AREA$

พื้นที่หน้าตัด = 0.64 ft^2

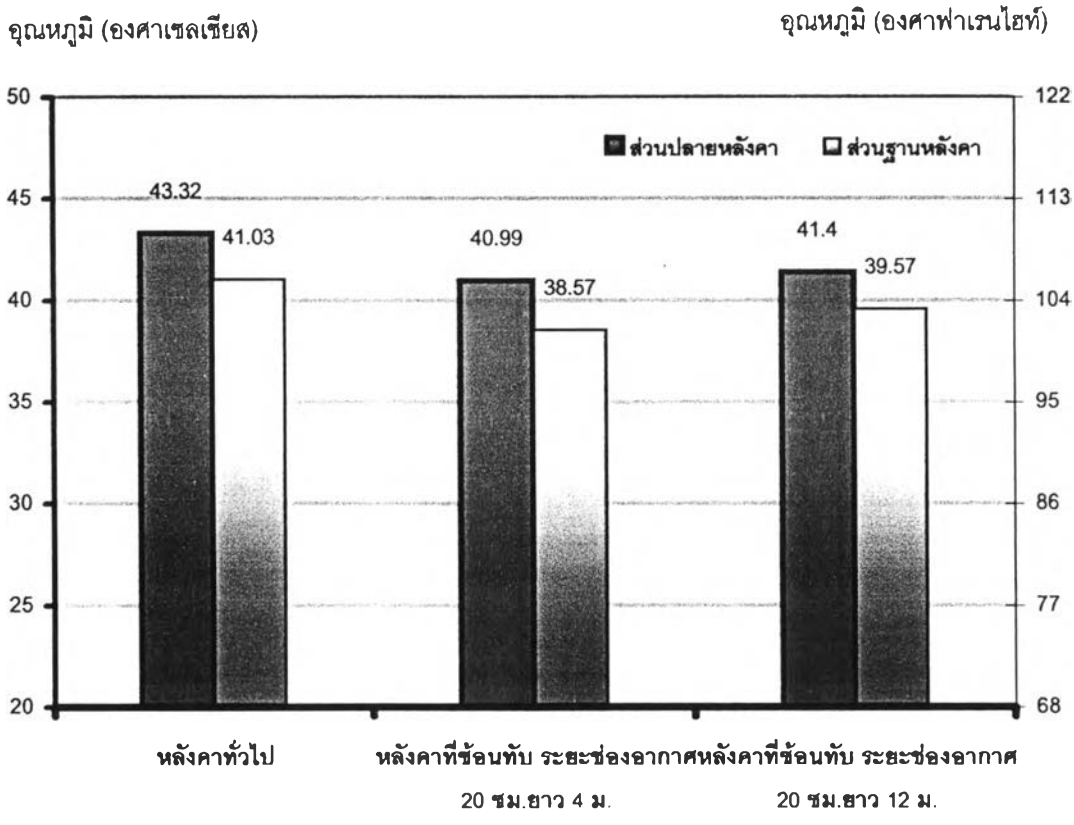
$$FPM = 1272.85 / 0.64$$
$$= 1988.83$$

เพราะฉะนั้นต้องใช้ลมที่มีความเร็ว 1988.83 ft/min หรือ 36.37 km/h พัดผ่านช่องอากาศเพื่อระบายความร้อนให้ออกไปให้หมด ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน

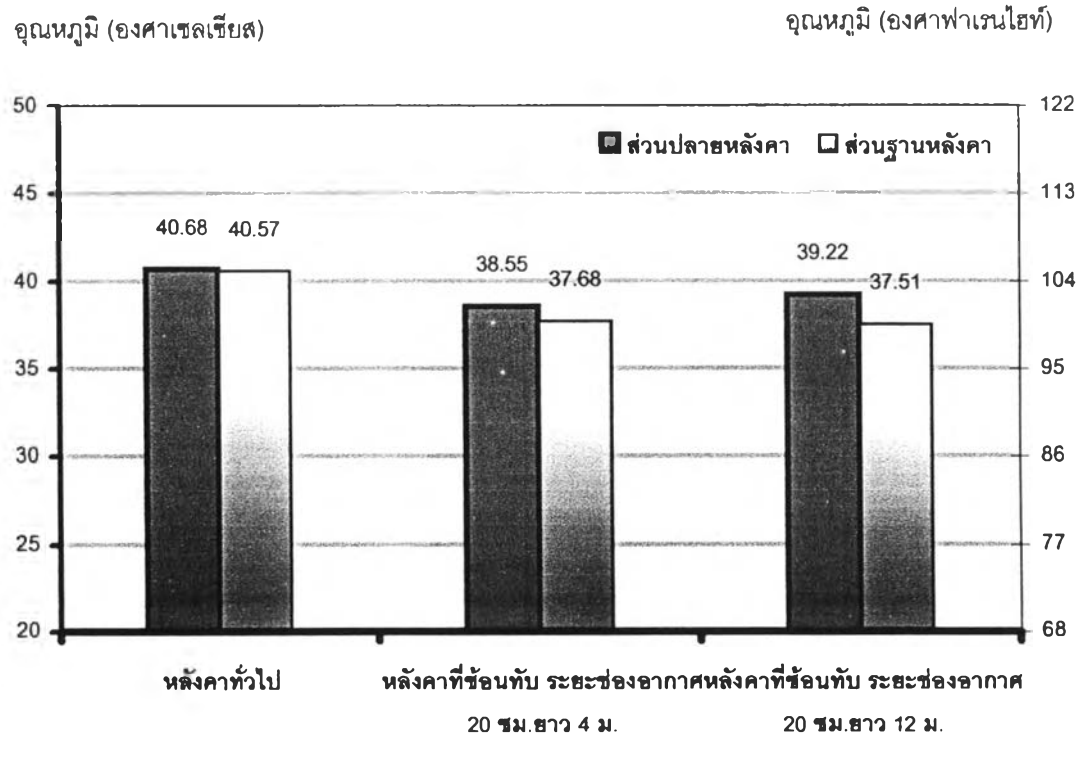
จากการคำนวณเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่า ในหลังคาที่มีความยาวมากขึ้นปริมาณความร้อนที่เข้าจะมากขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่อัตราการพาความร้อนออกไปนั้น ไม่ได้เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่แปรผันตามกัน ทำให้ไม่สามารถระบายความร้อนที่เข้ามาออกไปได้หมด จึงเกิดการสะสมอยู่ในช่องอากาศในปริมาณที่มากกว่าหลังคาสั้น

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

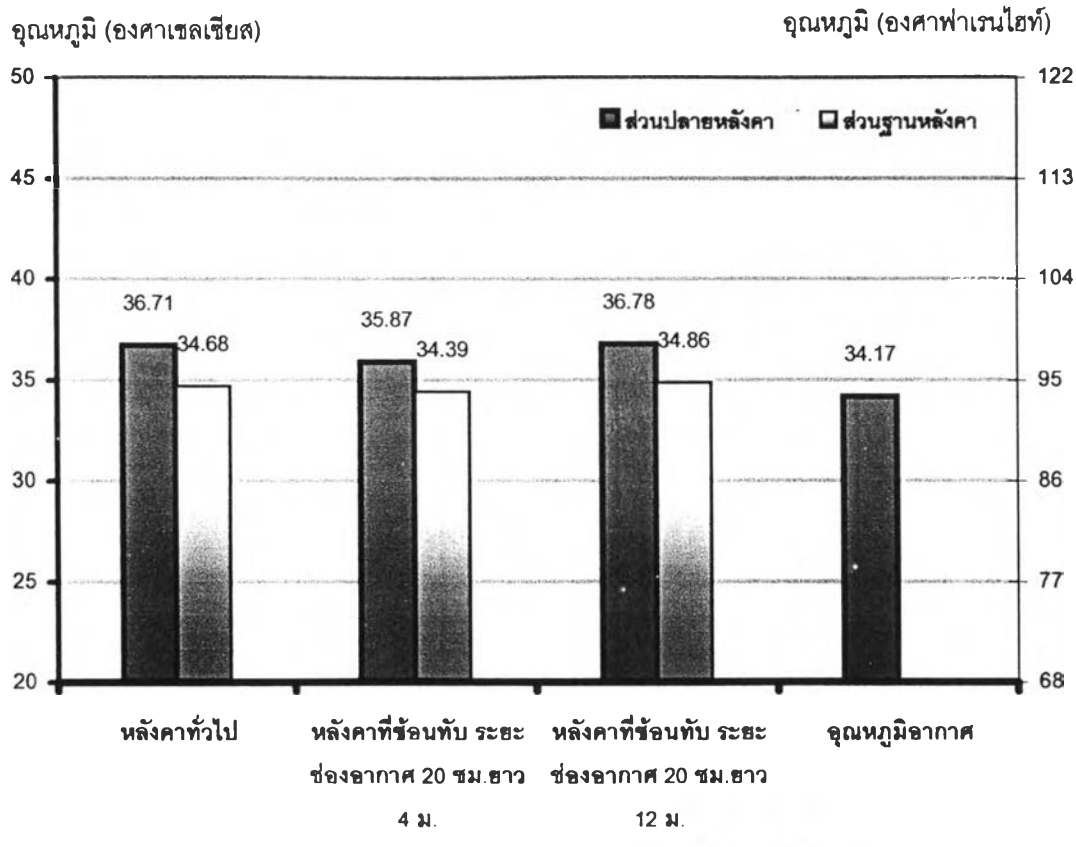
1. หลังคาที่มีความยาวมากขึ้นจะทำให้มีปริมาณความร้อนที่เข้ามามากขึ้นกว่าหลังคาที่สั้น
2. ถึงแม้ว่าในหลังคาที่มีความยาวมากขึ้นจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องอากาศระหว่างส่วนปลายและส่วนฐานหลังคามากขึ้นและทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศที่มากขึ้นก็ตาม แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะระบายความร้อนที่เข้ามาให้ออกไปได้หมด
3. อัตราการระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นจะไม่แปรผันตรงกับความยาวของหลังคา
4. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในช่องอากาศที่ส่วนปลายด้านบนของหลังคากับพื้นที่ใต้หลังคาที่มากขึ้น จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้ามามากขึ้นด้วย



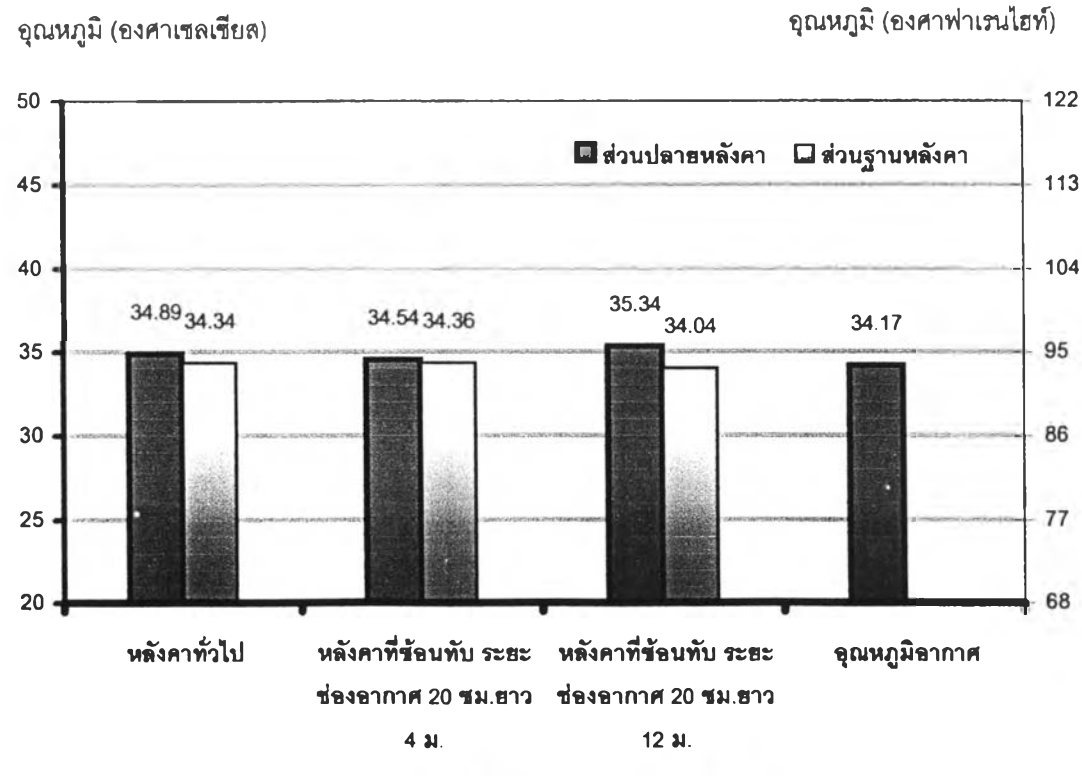
แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดของผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีความยาวหลังคาต่างกัน เวลา 13.30 น.



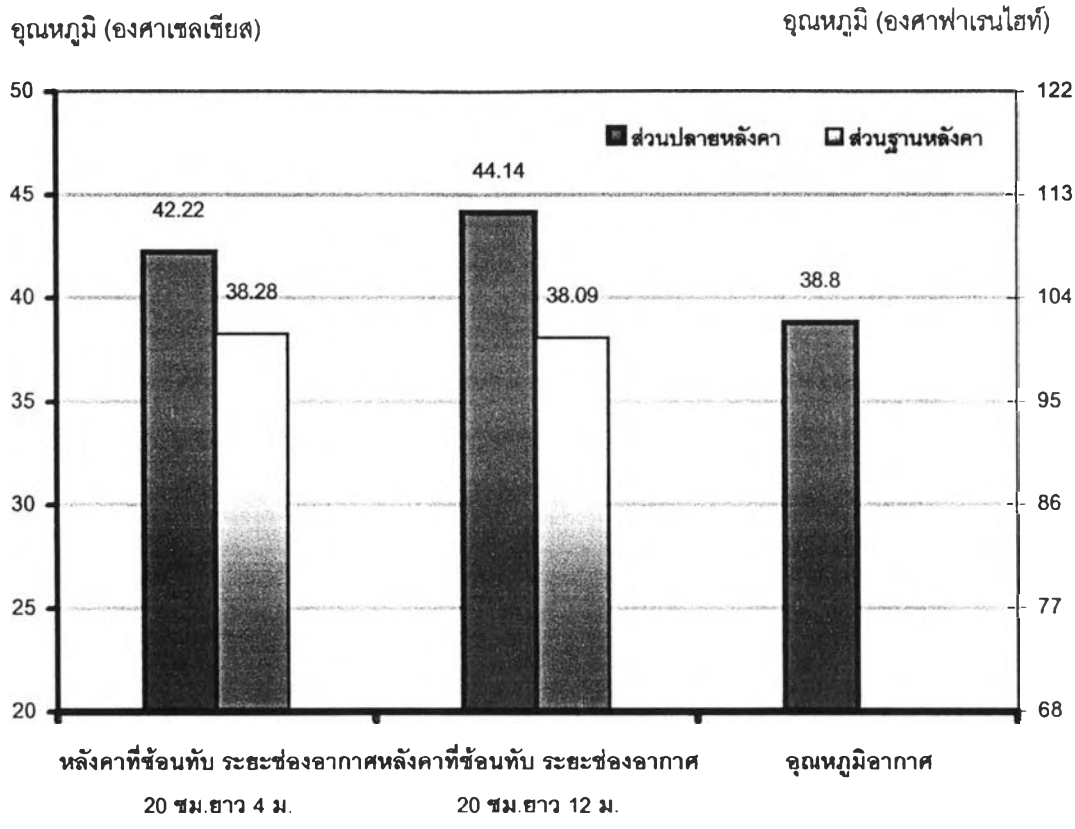
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดภายในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีความยาวหลังคาต่างกัน เวลา 13.30 น.



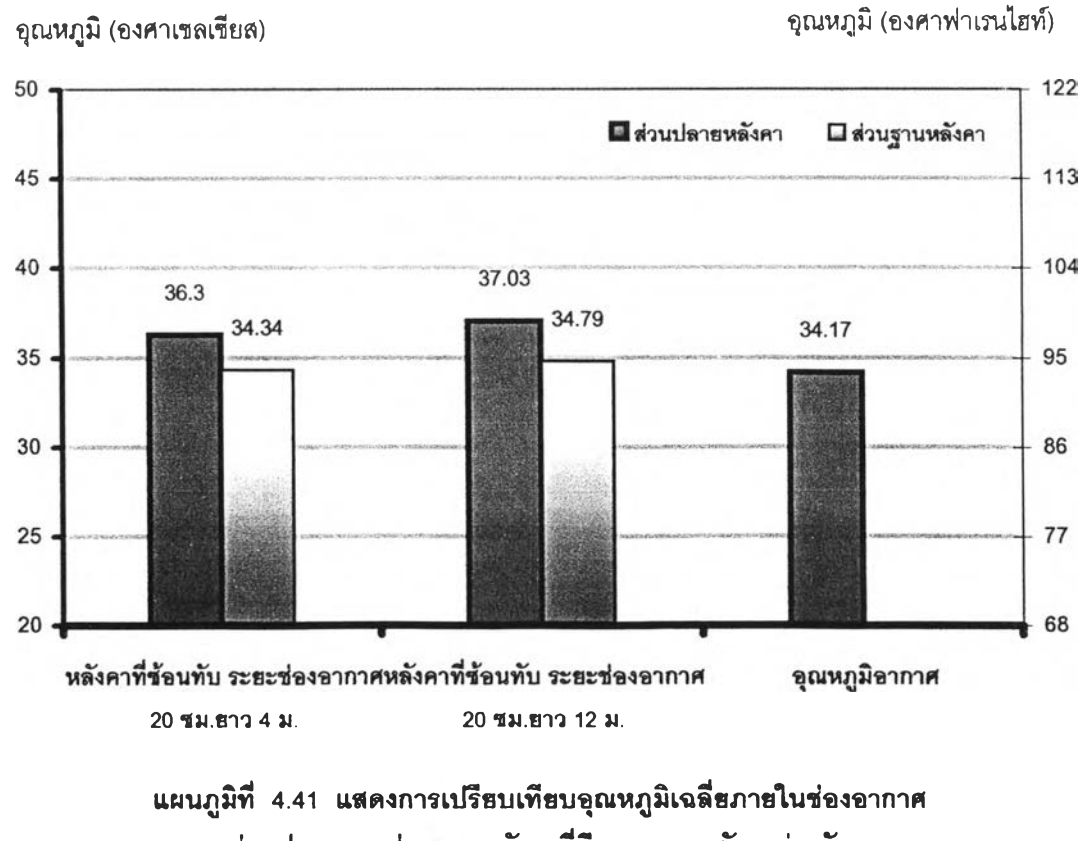
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวฝ้าเพดาน ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีความยาวหลังคาต่างกัน



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในกล่องทดลอง ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีความยาวหลังคาต่างกัน



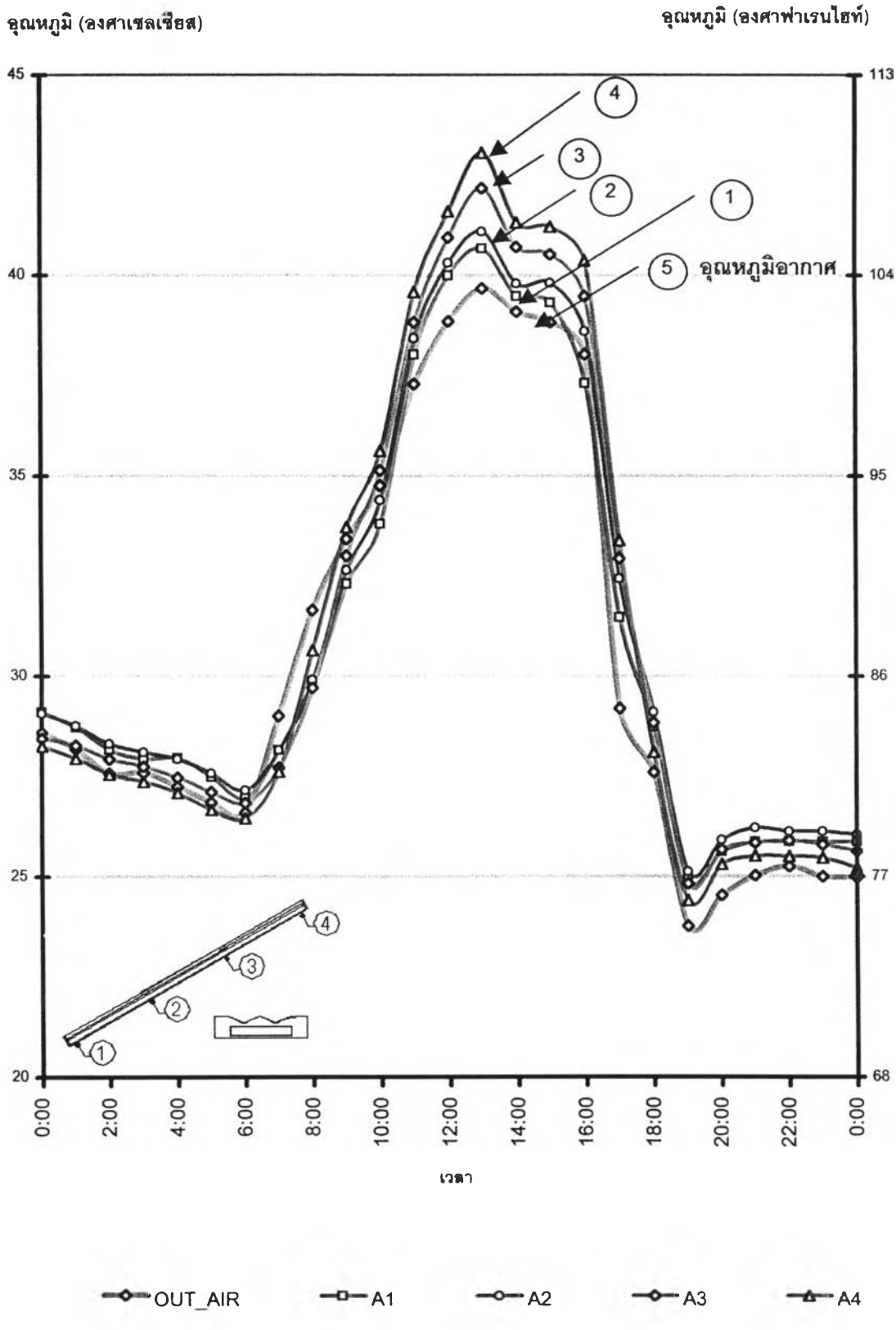
แผนภูมิที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดภายในช่องอากาศ ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีความยาวหลังคาต่างกัน



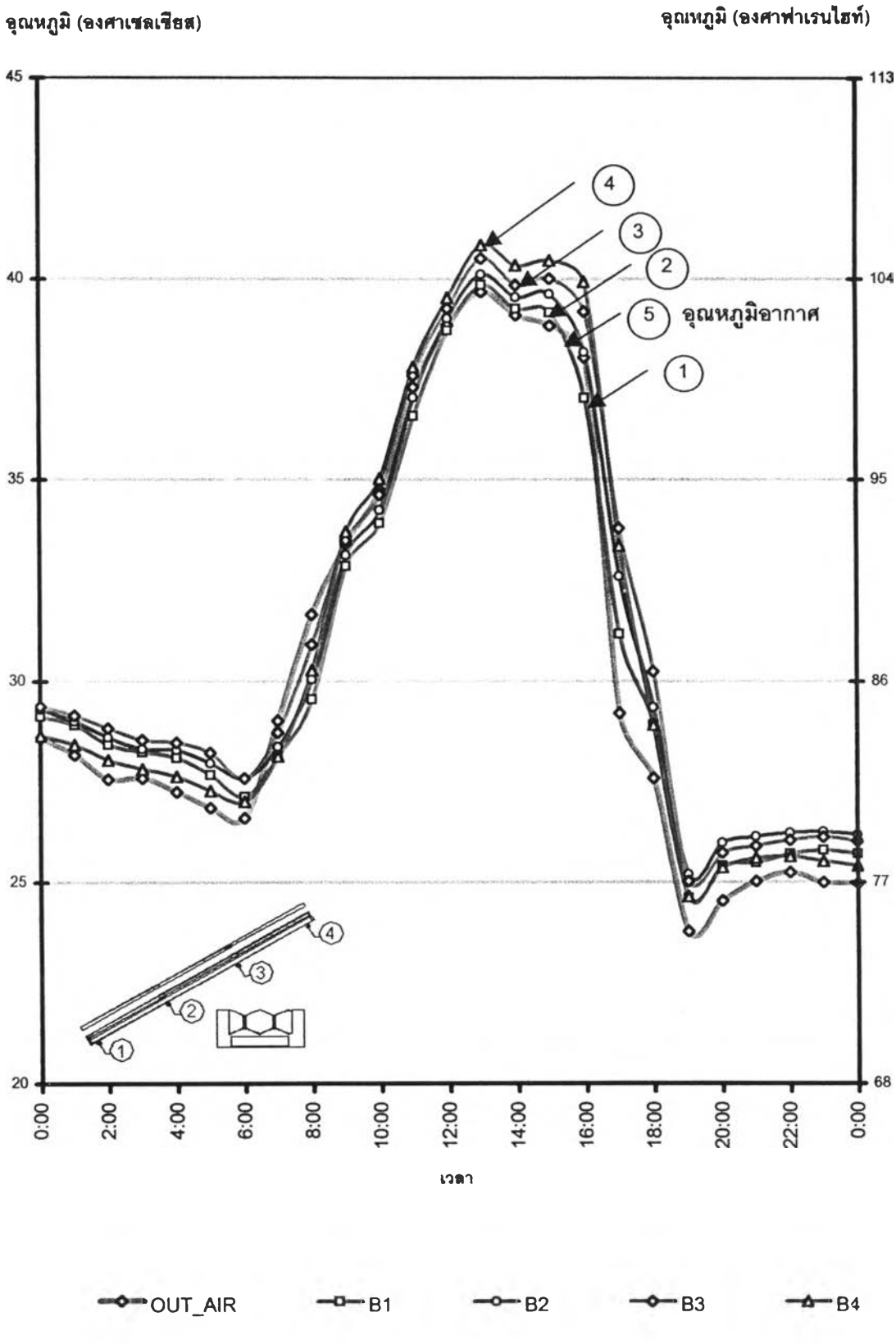
แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยภายในช่องอากาศ ส่วนปลายและส่วนฐานหลังคาที่มีความยาวหลังคาต่างกัน

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ระดับความสูงต่างกัน

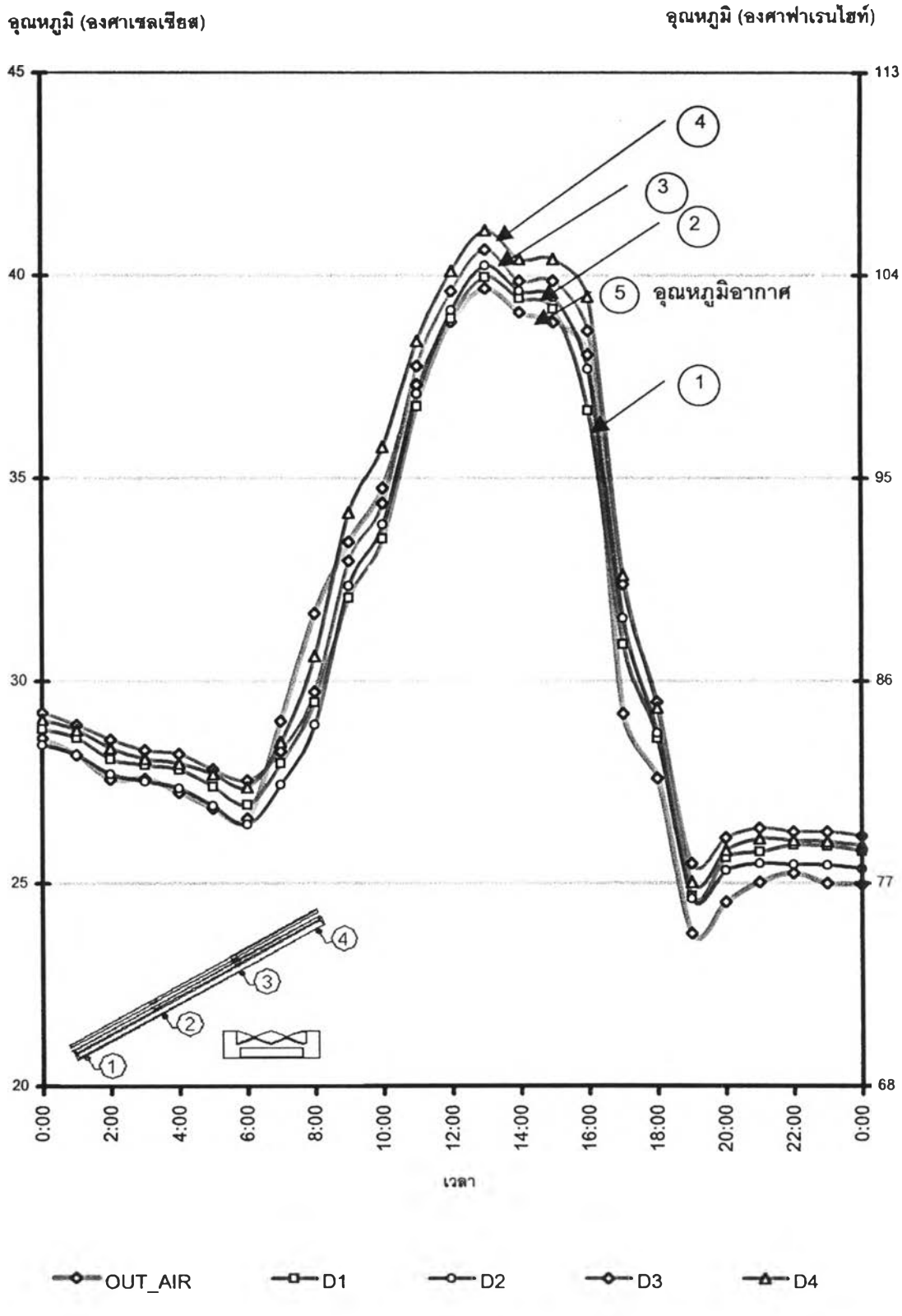
จากผลของการทดลองทั้ง 2 ชุดที่ผ่านมาพบว่า ความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในช่องอากาศนั้นจะไม่สามารถระบายออกไปได้หมด ความร้อนที่หลงเหลือจากการระบายจะสะสมอยู่ในส่วนบนของช่องอากาศเนื่องจากอากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ส่งผลให้อุณหภูมิในช่องอากาศ และอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานในส่วนปลายด้านบนของหลังคาสูงกว่าส่วนฐานของหลังคา จากแผนภูมิที่ 4.41 – 4.49 แสดงถึงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ตำแหน่งต่างๆ ของหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการปรับปรุง ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศ 10 ซม. ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 4 ม. และหลังคาที่มีช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 12 ม.



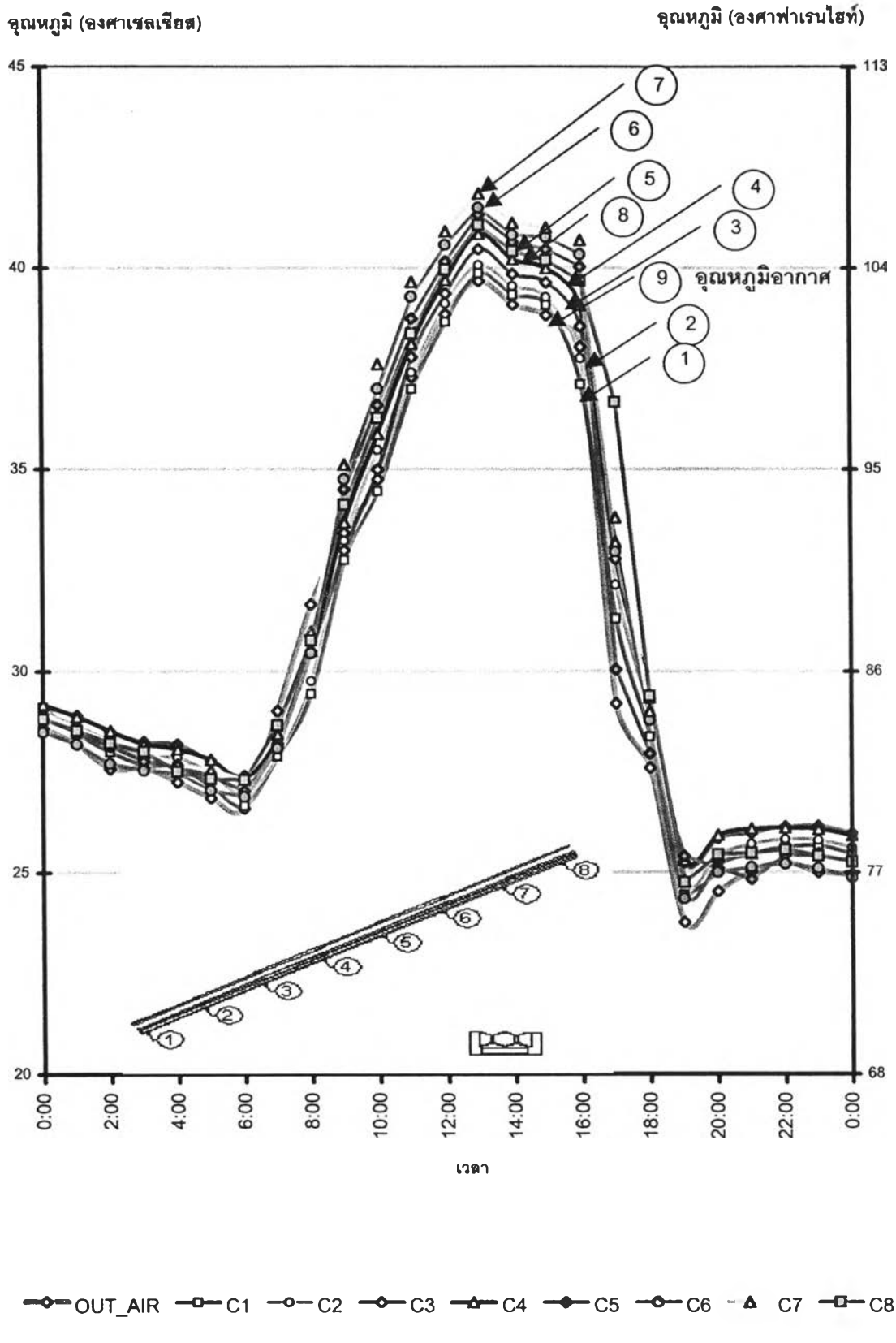
แผนภูมิที่ 4.41 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับ ข้อมูลวันที่** 18 **เมษายน** 2542 **เวลา** 00.00 **น.** -**วันที่** 19 **เมษายน** 2542 **เวลา** 00.00 **น. สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน**



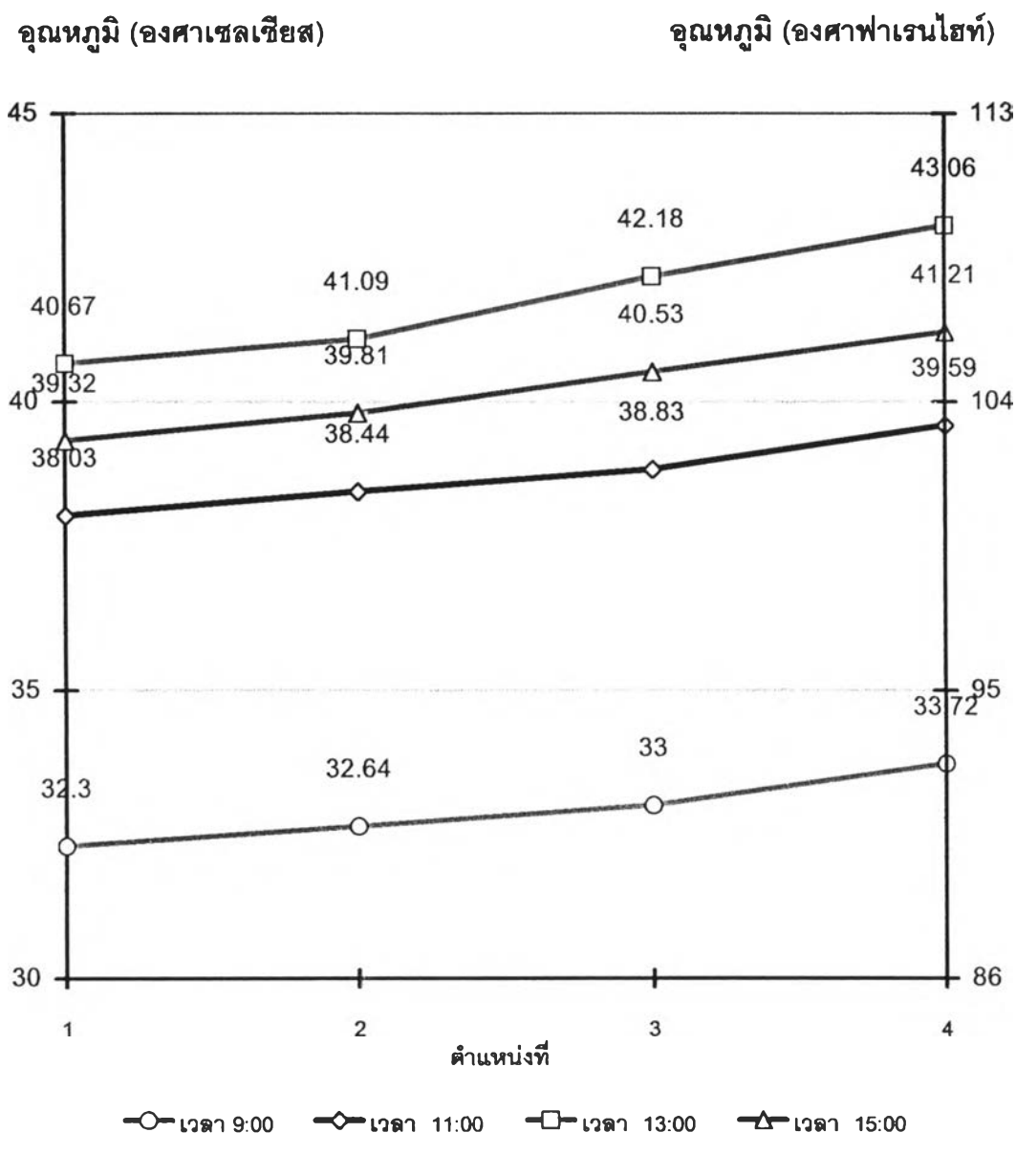
แผนภูมิที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับ ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน

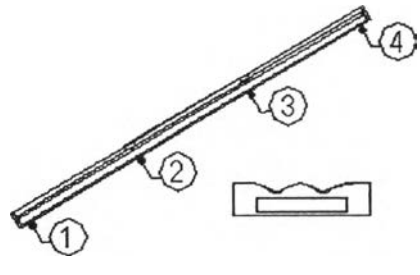


แผนภูมิที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับ ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน



แผนภูมิที่ 4.44 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับ ข้อมูลวันที่** 18 **เมษายน** 2542 **เวลา** 00.00 **น. -วันที่** 19 **เมษายน** 2542 **เวลา** 00.00 **น. สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน**

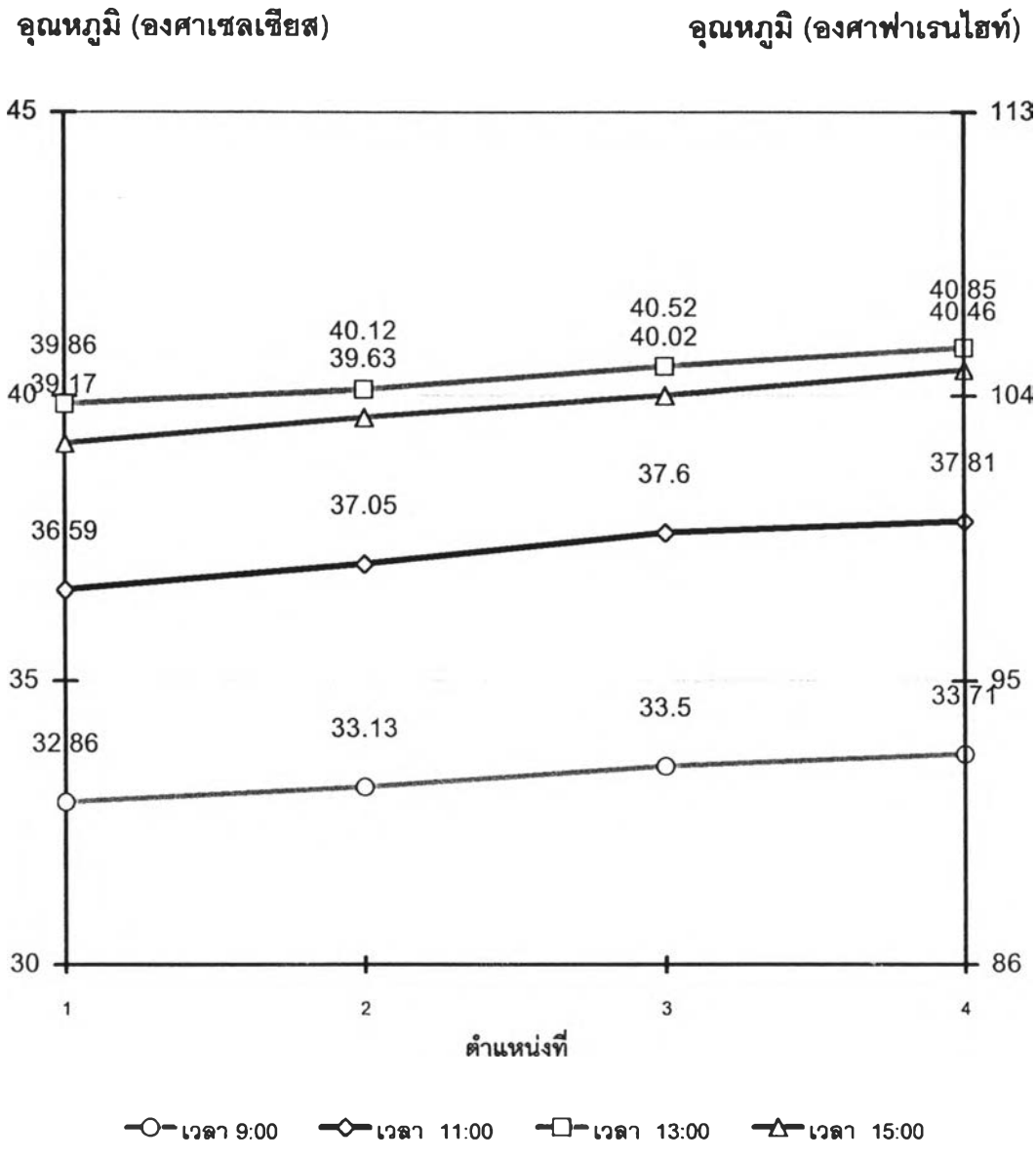


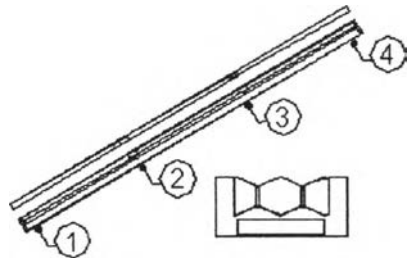


แผนภูมิที่ 4.45 แสดงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับหลังคาชุด A

ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน

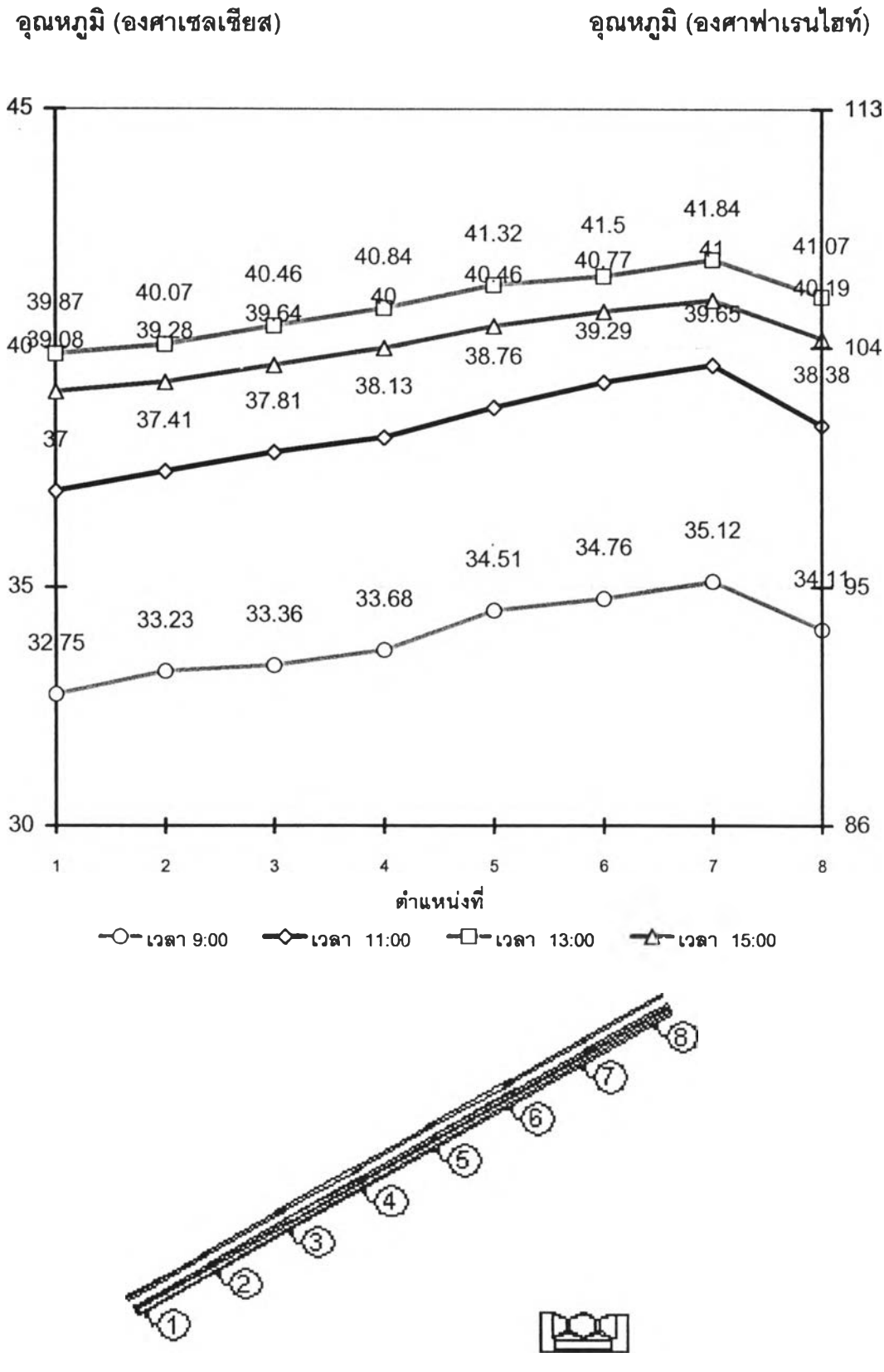




แผนภูมิที่ 4.46 แสดงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับหลังคาชุด B

ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น.

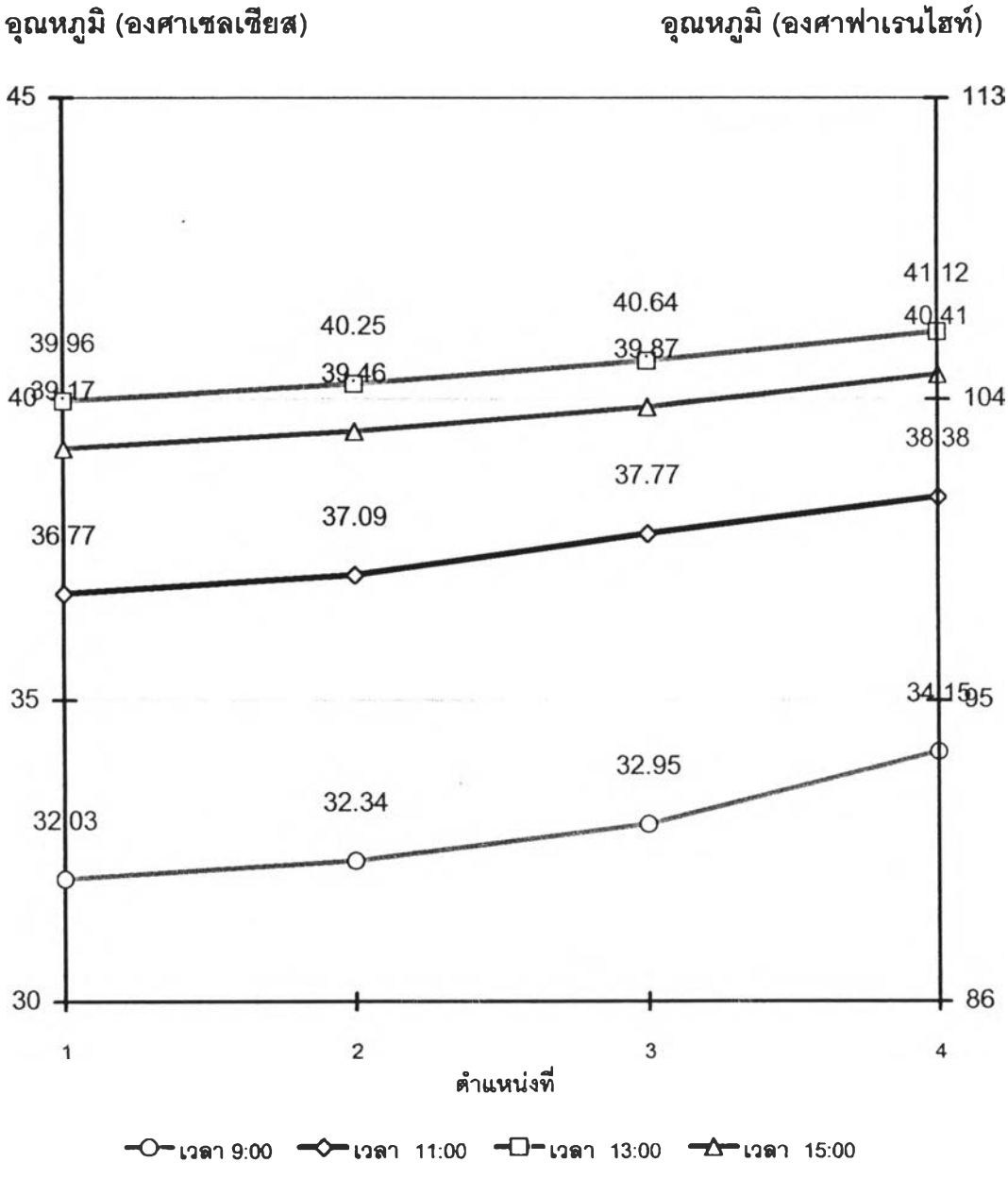
สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน

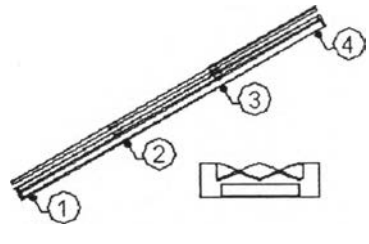


แผนภูมิที่ 4.47 แสดงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับหลังคาชุด C

ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน

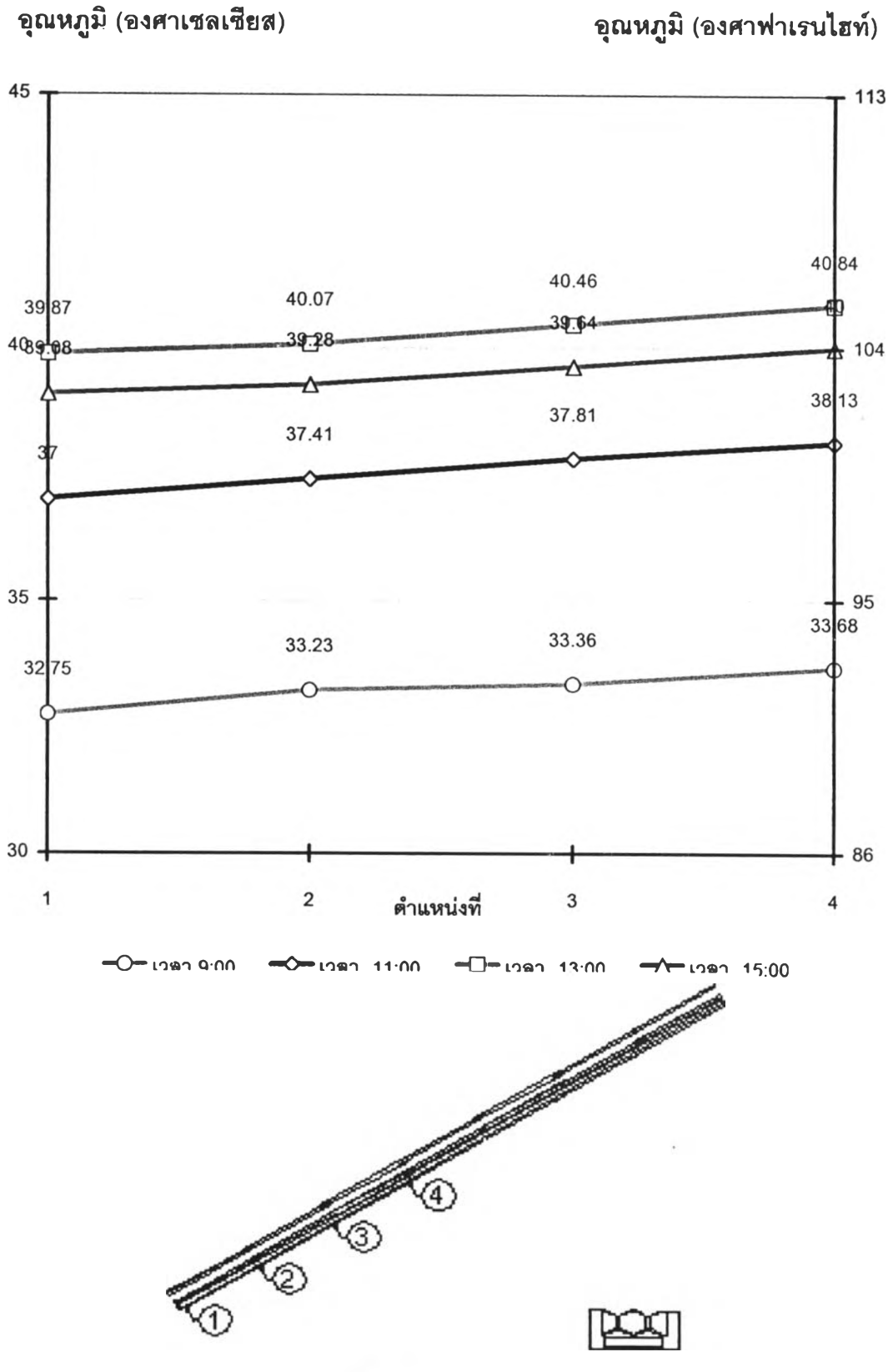




แผนภูมิที่ 4.48 แสดงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูงในแต่ละระดับหลังคาชุด D

ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน



แผนภูมิที่ 4.49 แสดงอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ความสูง 4 ระดับแรก หลังคาชุด C

ข้อมูลวันที่ 18 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น. -วันที่ 19 เมษายน 2542 เวลา 00.00 น.

สภาพอากาศ : ท้องฟ้ามีแดดมากและมีเมฆปานกลางตลอดทั้งวัน