

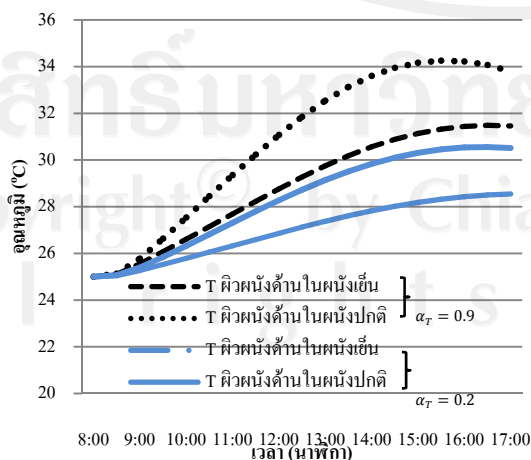
## บทที่ 6

### ผลการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีการนำความร้อนจากผนังมาเก็บสะสมในถังเก็บ

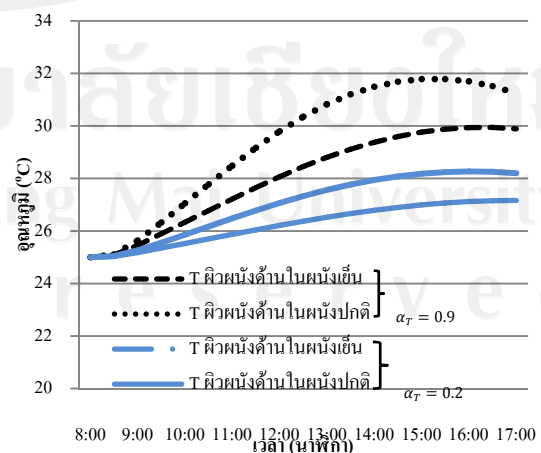
ในบทนี้ จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดในบทที่ 2 ทำการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิของผิวผนังด้านในผนังปกติเทียบกับผนังเย็น โดยผนังจะมีขนาด กว้าง 1.5 m ยาว 2.5 m หนา 0.1 m สำหรับผนังเย็น และผนังจะวางตัวในแนวตั้ง หันหน้าไปทางทิศใต้ จะทำการศึกษาผลของอุณหภูมิของผิวผนังด้านใน โดยมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อุณหภูมิตามความลึกของผนัง อัตราการไหลของน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อ ทั้งนี้ จะมีการนำน้ำร้อนที่ได้จากผนัง มาใช้หมุนเวียนกับน้ำในถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 l เพื่อรอการนำไปใช้งานรายละเอียดของผลการศึกษา มีดังนี้

#### 6.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น

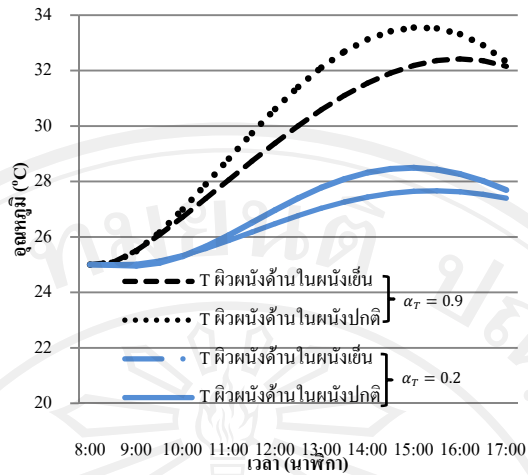
รูปที่ 6.1 แสดงผลอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น ผนังวางตัวในแนวตั้ง หันหน้าไปทางทิศใต้กรณีอุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังเย็น ไม่คงที่จะกำหนดค่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้า เริ่มต้นที่ 25°C ตำแหน่งที่วางอยู่กลางผนังระยะห่างระหว่างท่อ 0.1m และอัตราการไหลของน้ำ 6 l/min ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศโดยรอบจะใช้ค่าของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ตัวแทนของฤดูร้อน คือเดือนเมษายนตัวแทนของฤดูฝน คือเดือนสิงหาคม และฤดูหนาว คือเดือนธันวาคม



(ก)



(ข)



(ก)

รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังยื่น โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ

จากรูป 6.1 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป ผนังจะสะสมความร้อนทำให้อุณหภูมิผนังด้านในของผนังมีค่าเพิ่มขึ้น ช่วงบ่ายจะมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าในช่วงเช้าสำหรับผนังยื่น สามารถลดอุณหภูมิผิวผนังด้านในได้มากกว่าผนังปกติ

ฤดูร้อนผนังปกติจะมีอุณหภูมิสูงสุด โดยที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 จะมีอุณหภูมิผนังด้านในสูงสุดของผนังปกติประมาณ  $34.25^{\circ}\text{C}$  และ  $30.55^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ และเมื่อใช้ผนังยื่นจะสามารถลดอุณหภูมิผิวผนังด้านในได้ โดยมีค่าแตกต่างสูงสุด  $2.74^{\circ}\text{C}$  และ  $2.01^{\circ}\text{C}$  เมื่อเทียบกับผนังปกติ

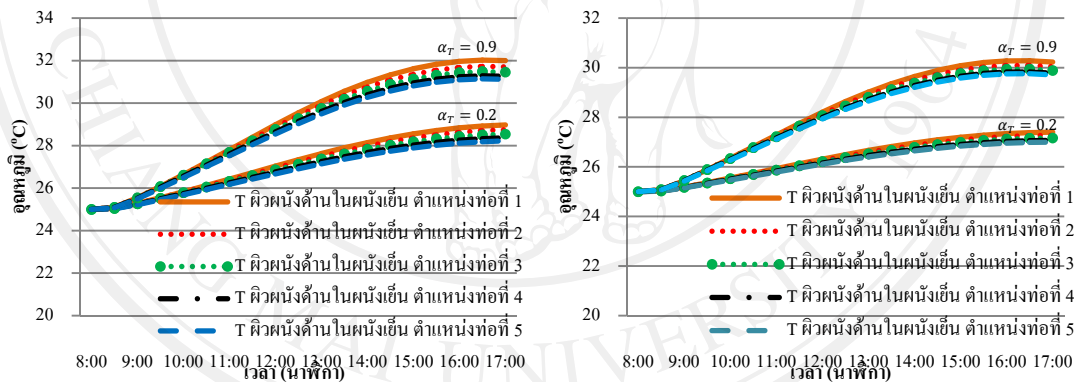
ฤดูฝนผนังปกติจะมีอุณหภูมิสูงสุด โดยที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 จะมีอุณหภูมิผนังด้านในสูงสุดของผนังปกติประมาณ  $31.78^{\circ}\text{C}$  และ  $28.26^{\circ}\text{C}$  และเมื่อใช้ผนังยื่นจะสามารถลดอุณหภูมิผิวผนังด้านในได้ โดยมีค่าแตกต่างสูงสุด  $1.84^{\circ}\text{C}$  และ  $1.1^{\circ}\text{C}$  เมื่อเทียบกับผนังปกติ

ฤดูหนาวผนังปกติจะมีอุณหภูมิสูงสุด โดยที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 จะมีอุณหภูมิผนังด้านในสูงสุดของผนังปกติประมาณ  $33.55^{\circ}\text{C}$  และ  $28.49^{\circ}\text{C}$  และเมื่อใช้ผนังยื่นจะสามารถลดอุณหภูมิผิวผนังด้านในได้ โดยมีค่าแตกต่างสูงสุดถึง  $1.55^{\circ}\text{C}$  และ  $1.42^{\circ}\text{C}$  เมื่อเทียบกับผนังปกติ ส่วนในช่วงเย็นอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในของผนังยื่นจะเข้าไปใกล้ผนังปกติ เนื่องจากอุณหภูมิสะสมในผนังสูงขึ้น ทำให้น้ำที่ไหลภายในท่อจะกลายเป็นแหล่งให้ความร้อนแก่ผนังยื่น รวมถึงอุณหภูมิลิ่งแวดล้อมในฤดูหนาวมีค่าไม่สูงมากทำให้ความร้อนที่สะสมในผนังจะมีการถ่ายเทสู่สิ่งแวดล้อมเร็วขึ้น

ในฤดูร้อนสามารถใช้ผนังเย็นในการลดความร้อนสะสมที่อยู่ในผนัง สำหรับฤดูฝน และหนาว ผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์สูง (สีเข้ม) จะสามารถใช้ผนังเย็นในการลดความร้อนสะสมในผนังได้ ส่วนผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำ (สีอ่อน) ไม่เหมาะในการลดความร้อนสะสมที่สะสมในผนัง เนื่องจาก ความร้อนสะสมในผนังมีค่าไม่สูงมาก รวมทั้งอุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังมีค่าสูงขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ไม่มากนัก

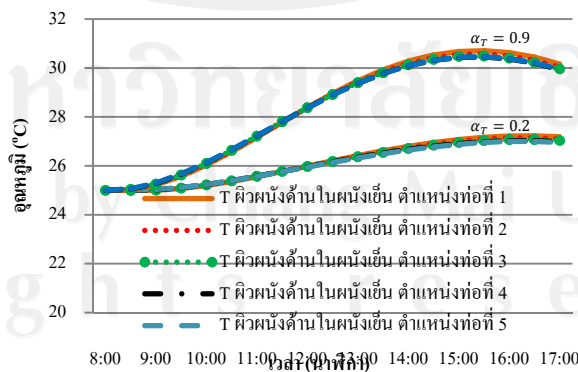
## 6.2 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำตามความลึกของผนัง

รูปที่ 6.2 แสดงผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในและน้ำขาออกของผนังเย็นผนังวางตัวในแนวตั้ง หันหน้าไปทางทิศใต้ โดยมีมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำที่ความลึกของผนัง 5 ตำแหน่ง และอุณหภูมิของน้ำที่เข้าผนังเริ่มต้นที่  $25^{\circ}\text{C}$  ระยะห่างระหว่างท่อ 0.1m และอัตราการไหลของน้ำ 6 l/min ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศโดยรอบจะใช้ค่าของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ตัวแทนของฤดูร้อน คือเดือนเมษายน ตัวแทนของฤดูฝน คือเดือนสิงหาคม และฤดูหนาว คือเดือนธันวาคม



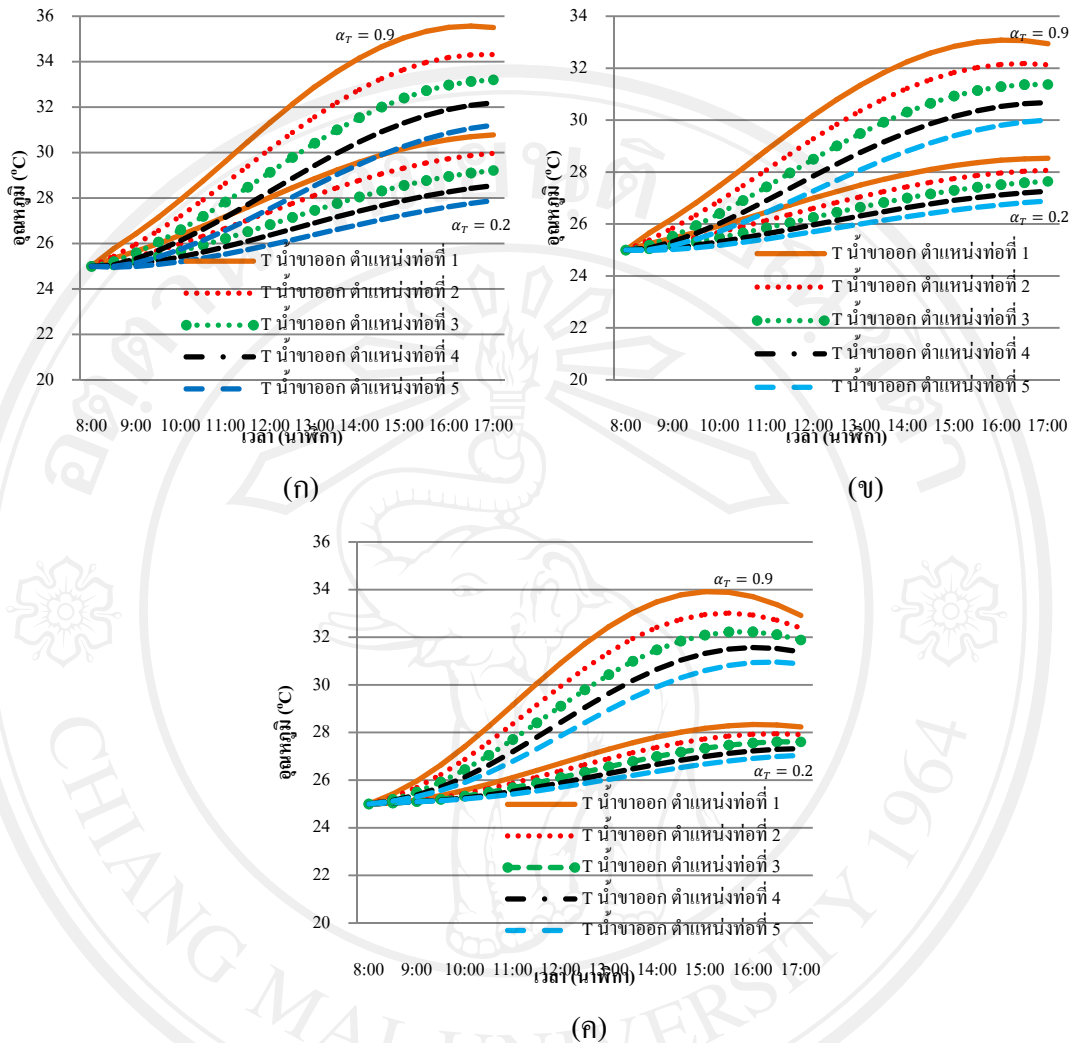
(ก)

(ข)



(ค)

รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังเย็นตามตำแหน่งท่อน้ำ 1-5 โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ



รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำขาเข้าของผนังเย็นตามตำแหน่งท่อน้ำ 1-5 โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ

จากรูปที่ 6.3 พบว่าในฤดูร้อนเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำตามความลึกของผนัง 5 ตำแหน่ง อุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในของผนังเย็นของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำแต่ละตำแหน่ง จะมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก แต่จากรูปที่ 6.3 พบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำตามความลึกของผนัง 5 ตำแหน่ง อุณหภูมิของน้ำที่ขาออกจากผนังเย็นที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 5 จะมีค่าแตกต่างกันมากที่สุด ซึ่งตำแหน่งที่ 1 และ 5 ของผนังที่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.9 จะมีค่าอุณหภูมิน้ำออกจากผนังเย็นสูงสุดอยู่ที่ 35.56°C และ 31.20°C และผนังที่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.2 จะมีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 30.77°C และ 27.88°C และในฤดูฝนและฤดูหนาว ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับฤดูร้อน ดังรูปที่ 6.6-6.9 โดยในฤดูฝน

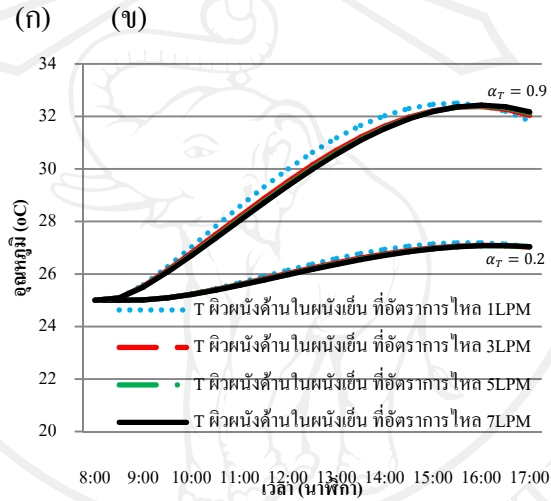
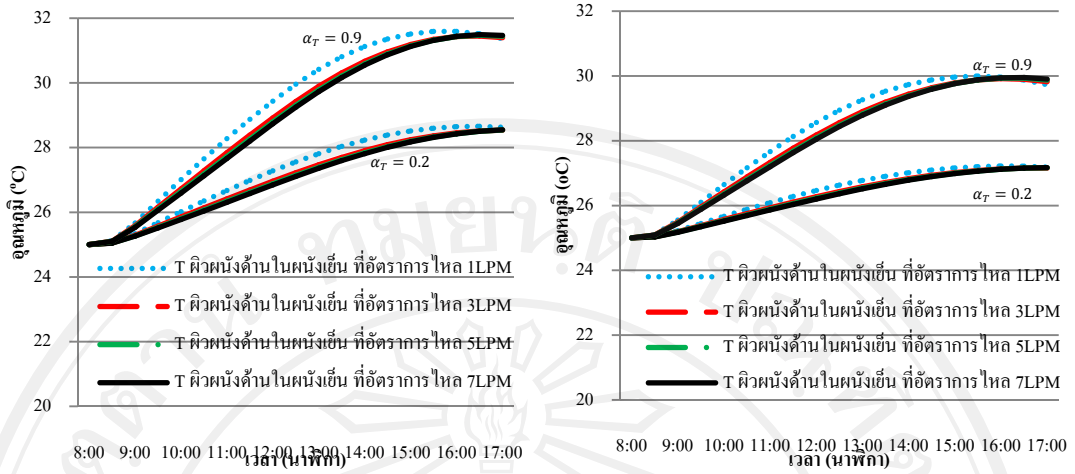
ผนังที่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.9 จะมีค่าอุณหภูมิน้ำออกจากผนังเย็นสูงสุดอยู่ที่  $33.07^{\circ}\text{C}$  และ  $29.99^{\circ}\text{C}$  และผนังที่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.2 จะมีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่  $28.52^{\circ}\text{C}$  และ  $26.88^{\circ}\text{C}$  และฤดูหนาว ผนังที่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.9 จะมีค่าอุณหภูมิน้ำออกจากผนังเย็นสูงสุดอยู่ที่  $33.97^{\circ}\text{C}$  และ  $31.59^{\circ}\text{C}$  และผนังที่มีการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.2 จะมีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่  $28.33^{\circ}\text{C}$  และ  $27.03^{\circ}\text{C}$

ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังเย็นเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำในถังการวางตำแหน่งท่อในตำแหน่งที่ใกล้ผนังด้านนอกจะสามารถดึงความร้อนสะสมจากผนังได้มากกว่าตำแหน่งของท่อในตำแหน่งที่ใกล้ผนังด้านใน เนื่องจากบริเวณคอนกรีตที่ตำแหน่งใกล้ผนังด้านในจะมีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณคอนกรีตที่ตำแหน่งใกล้ผนังด้านนอก ส่งผลให้ท่อที่ตำแหน่งใกล้ผนังด้านในจะสามารถดึงความร้อนสะสมได้น้อยกว่าท่อที่ฝังไว้ที่ตำแหน่งใกล้ผนังด้านนอก

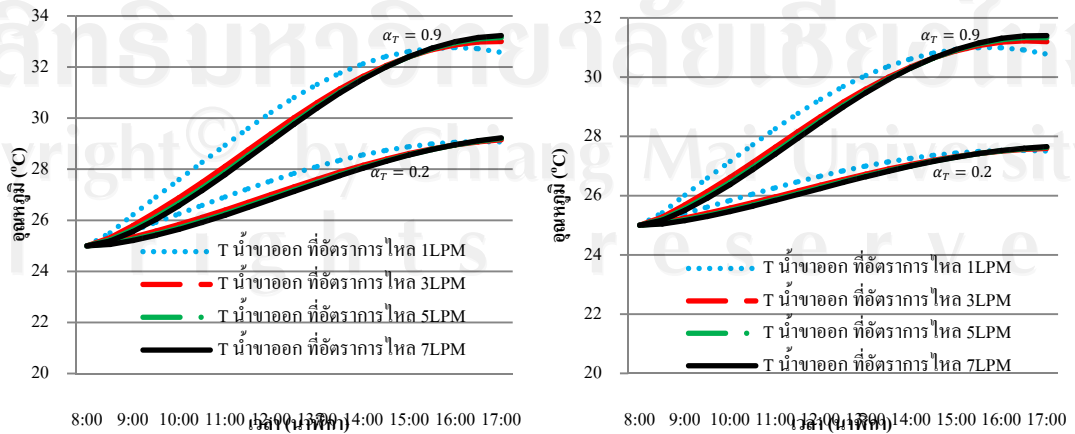
ในฤดูร้อน จากรูปที่ 6.1(ก)ผนังเย็นที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 จะสามารถลดอุณหภูมิผิวผนังด้านใน ได้ใกล้เคียงผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับ 0.2 และจากรูปที่ 6.3(ก)เมื่อผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 ในตำแหน่งการวางท่อตำแหน่งที่ 3 สามารถผลิตน้ำขาออกสูงสุดได้ประมาณ  $34.25^{\circ}\text{C}$  แต่ถ้าหากวางตำแหน่งท่อในตำแหน่งที่ 1 จะสามารถผลิตน้ำขาออกสูงสุดได้ประมาณ  $35.56^{\circ}\text{C}$  ที่สามารถนำไปผลิตเป็นน้ำร้อนได้จากรูปที่ 6.1(ข)-6.1(ค) ในฤดูฝน และฤดูหนาวผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับ 0.2 จะมีค่าอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในน้อยกว่าผนังเย็นที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 จึงไม่เหมาะใช้ลดภาระความเย็นแต่จากรูปที่ 6.3(ก)และ 6.3(ค)เมื่อผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 ในตำแหน่งการวางท่อที่ 1 ยังสามารถผลิตน้ำขาออกสูงสุดได้ประมาณ  $33.07^{\circ}\text{C}$  และ  $33.97^{\circ}\text{C}$  ที่สามารถนำไปผลิตเป็นน้ำอุ่นได้

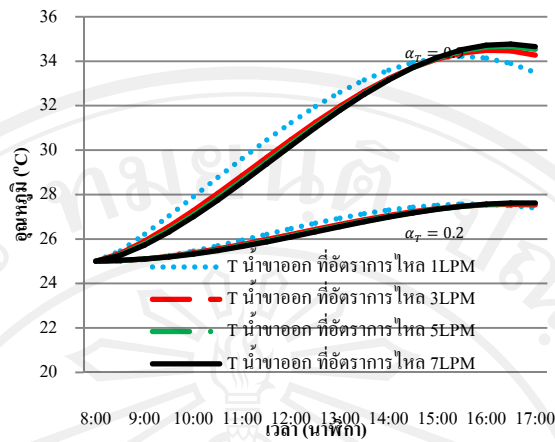
### 6.3 อัตราการไหลของน้ำ

รูปที่ 6.4-6.5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำขาเข้าตั้งแต่  $1-7 \text{ l/min}$  ที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวผนังด้านในและน้ำขาออกของผนังเย็น จะวางตำแหน่งท่อในตำแหน่งที่กึ่งกลางผนังโดยให้อุณหภูมิของน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่  $25^{\circ}\text{C}$  และระยะห่างระหว่างท่อเท่ากับ 0.1 m ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์โดยค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศจะใช้ค่าสถิติของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้ตัวแทนของฤดูร้อน คือเดือนเมษายน



รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผั่งด้านในของผั่งชั้นตามอัตราการไหลของน้ำต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ





(ค)

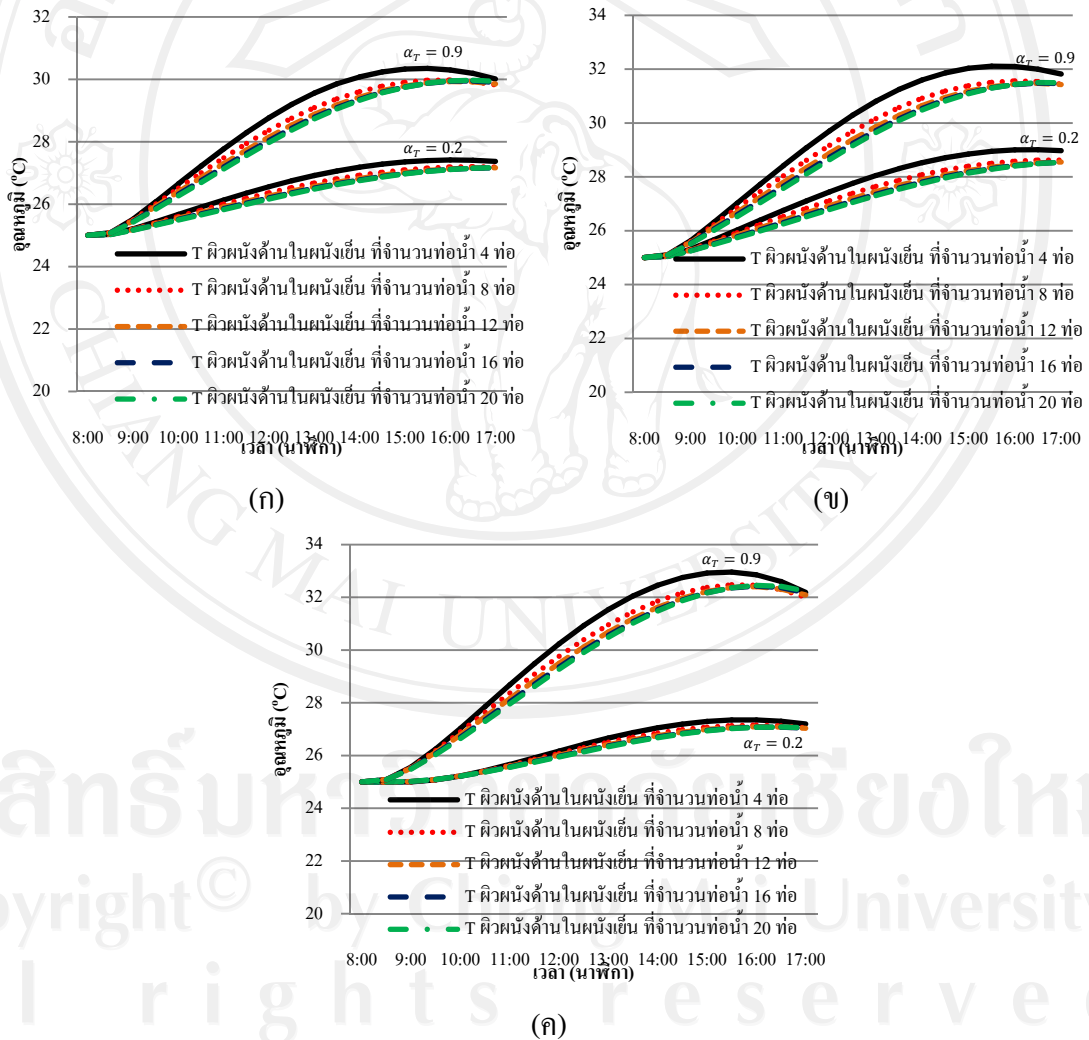
รูปที่ 6.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำขาออกจากผนังเย็นตามอัตราการไหลของน้ำต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ

จากรูป 6.4-6.5 พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนคือ ที่อัตราการไหล 3 l/min ขึ้นไปของกรณีอุณหภูมิน้ำขาเข้าผนังเย็นไม่คงที่ จะมีผลต่ออุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในและน้ำขาออกของผนังเย็นน้อยมาก เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำขาเข้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นตามอุณหภูมิน้ำในถังทำให้อุณหภูมิน้ำขาออกจากผนังแตกต่างจากอุณหภูมิน้ำขาเข้าน้อยมาก ทำให้ผลของอัตราการไหลมีผลน้อยมากต่อการดึงความร้อนสะสมของผนังเย็น ส่วนในช่วงการไหลแบบราบเรียบคือ ที่อัตราการไหล 1 l/min ลงมา จะมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำขาออกและอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในผนังเย็น เล็กน้อย เนื่องจากที่ช่วงอัตราการไหลแบบราบเรียบ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การพาในท่อน้ำที่น้อยทำให้ความสามารถในการดึงความร้อนลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิผนังสูงขึ้นกว่าการไหลแบบราบเรียบ รวมทั้งระยะเวลาที่น้ำไหลในท่อน้ำมีระยะเวลามากกว่าการไหลแบบปั่นป่วน ทำให้อุณหภูมิของน้ำขาออกมีค่าสูงกว่าการไหลแบบปั่นป่วน

ดังนั้นในการใช้ผนังเย็นในกรณีอุณหภูมิน้ำขาเข้าไม่คงที่ การไหลของน้ำในท่อแบบราบเรียบไม่เหมาะที่จะใช้กับผนังเย็น ส่วนการไหลของน้ำในท่อแบบปั่นป่วนเหมาะที่จะใช้กับผนังเย็น โดยในการทดสอบครั้งนี้อัตราการไหลที่เหมาะสมคือ 3 l/min เนื่องจากที่อัตราการไหลสูงกว่า 3 l/min จะมีผลของอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน

6.4 ระยะห่างระหว่างท่อ

รูปที่ 6.6 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างท่อ การเพิ่มหรือลดระยะห่างระหว่างท่อจะเป็นการเปลี่ยนแปลงจำนวนท่อภายในผนังเย็น โดยระยะห่างมากขึ้นจำนวนท่อก็จะน้อยลง ในรูปอุณหภูมิน้ำขาเข้าคงที่ที่ 25°C ท่อวางอยู่ที่ความลึกกึ่งกลางผนังอัตราการไหลของน้ำ 6 l/min ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์โดยค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศจะใช้ค่าสถิติของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้ตัวแทนของฤดูร้อน คือเดือนเมษายน ตัวแทนของฤดูฝน คือเดือนสิงหาคมและหนาว คือเดือนธันวาคม

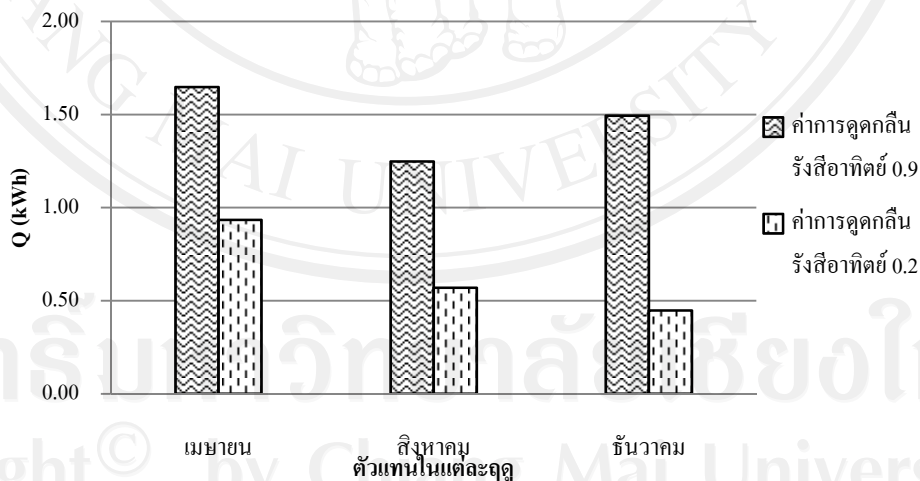


รูปที่ 6.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังเย็นตามระยะห่างของท่อต่างๆ (จำนวนท่อต่างกัน) โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ

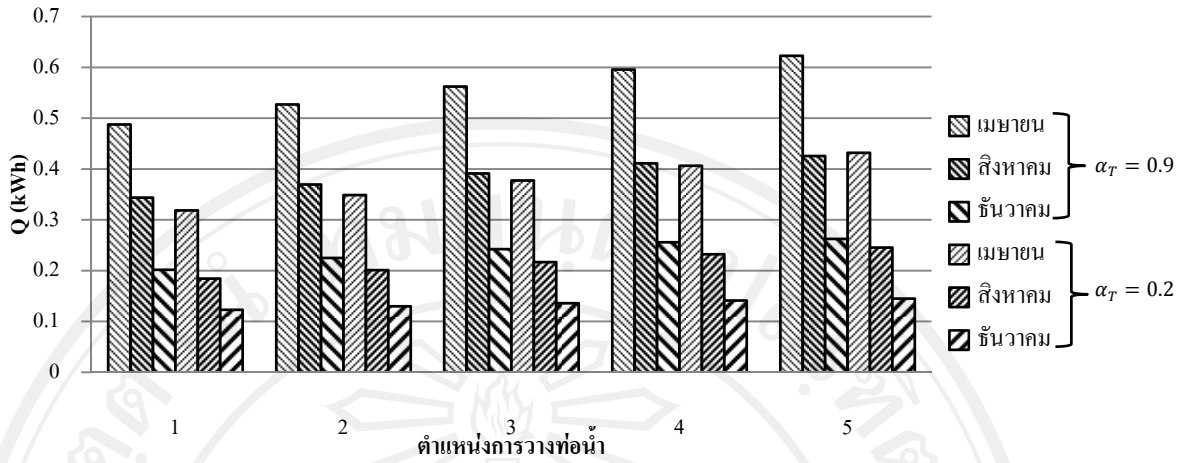
เมื่อจำนวนท่อเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ในการดึงความร้อนจากผนังจะมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้สามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในได้ดีขึ้น แต่เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิน้ำในถัง ทำให้อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำในท่อ และผนังมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ทำให้ท่อหน้าแต่ละท่อดึงความร้อนสะสมจากผนังได้ไม่มากนัก จากรูป 6.6 ที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก เท่ากับ 0.9 และ 0.2 เมื่อจำนวนท่อน้ำมากกว่า 8 ท่อ พบว่าความสามารถในการลดอุณหภูมิผนังด้านในไม่แตกต่างกันมากนัก

### 6.5 การเปรียบเทียบค่าภาระความเย็นความร้อนที่น้ำในถังได้รับ และความร้อนที่ได้ประโยชน์

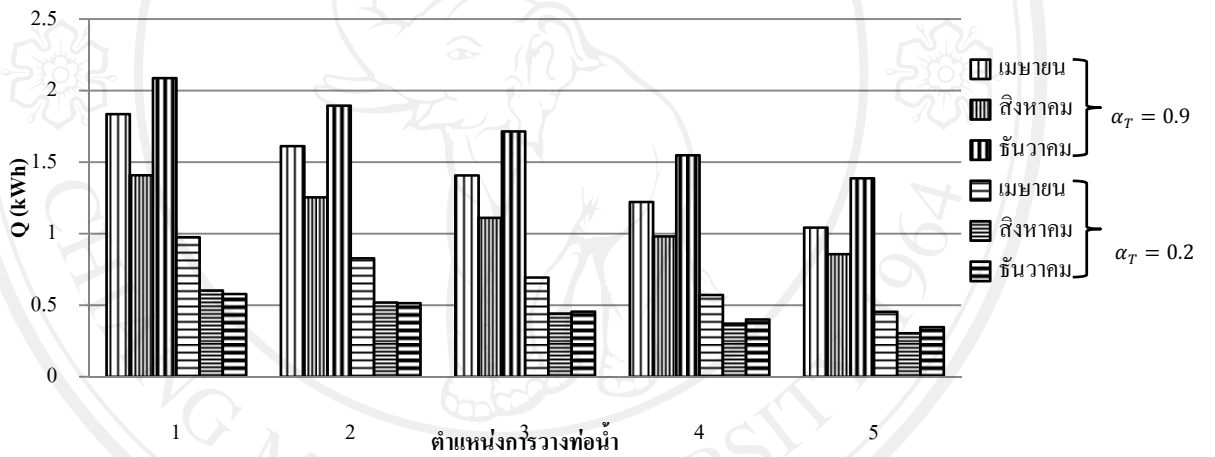
รูปที่ 6.7-6.10 แสดงผลการประเมินที่อากาศภายในห้องได้รับจากผนังปกติกการเปรียบเทียบภาระความเย็นของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติ ความร้อนที่น้ำในถังได้รับ และความร้อนที่ได้ประโยชน์ ตามลำดับ ซึ่งศึกษาผนังวางตัวในแนวตั้ง หันหน้าไปทางทิศใต้กรณีอุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังเย็นเปรียบไปตามอุณหภูมิน้ำในถัง จะกำหนดค่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่  $25^{\circ}\text{C}$  โดยมีมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการวางท่อน้ำทั้งหมด 5 ตำแหน่งระยะห่างระหว่างท่อ 0.1 m และอัตราการไหลของน้ำ 6 l/min ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศโดยรอบจะใช้ค่าของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ตัวแทนของฤดูร้อนคือเดือนเมษายนตัวแทนของฤดูฝน คือเดือนสิงหาคม และฤดูหนาว คือเดือนธันวาคม



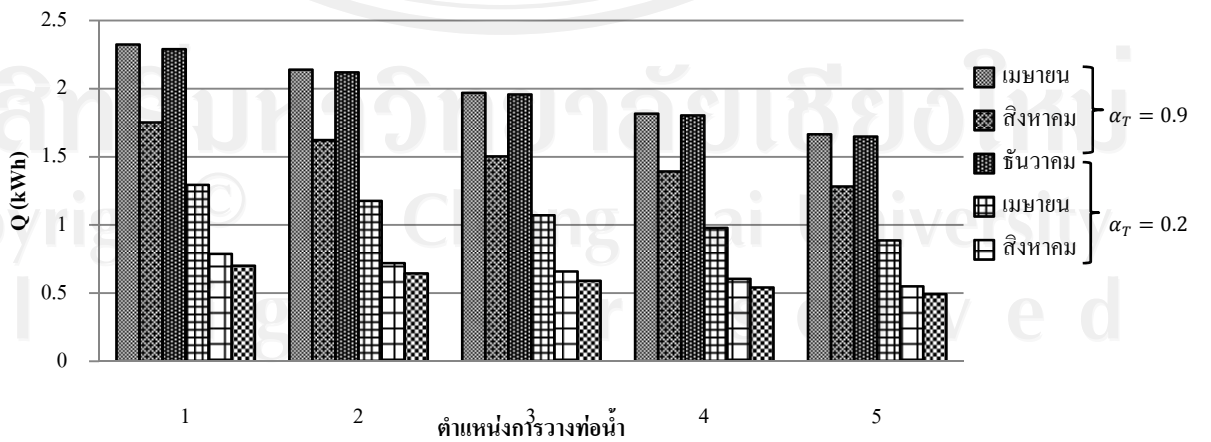
รูปที่ 6.7 ภาระความเย็นที่อากาศภายในห้องได้รับจากผนังปกติกการรายวัน ที่ฤดูต่างๆ



รูปที่ 6.8 การเปรียบเทียบภาระความเย็นของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติ รายวัน ที่ฤดูต่างๆ



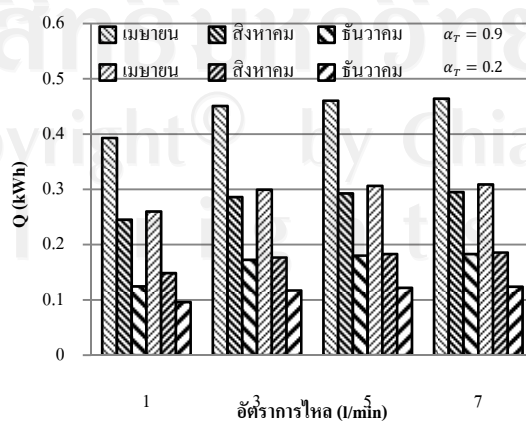
รูปที่ 6.9 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับรายวัน ที่ฤดูต่างๆ



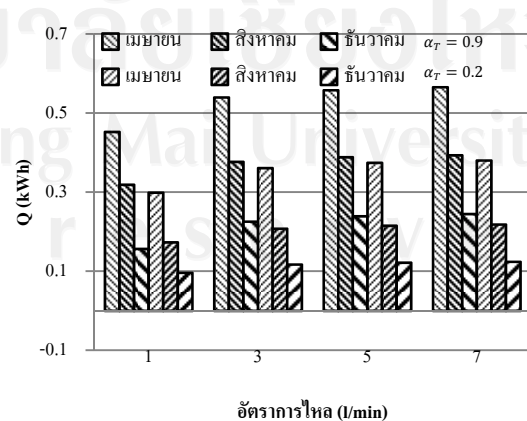
รูปที่ 6.10 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ (ภาระความเย็นรวมกับปริมาณความร้อนที่ถังน้ำได้รับ) รายวัน ที่ฤดูต่างๆ

จากรูปที่ 6.7 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลในรูปที่ 6.8 ที่ตัวแทนฤดูร้อน คือเดือนเมษายน และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 ที่ตำแหน่งการวางท่อที่ตำแหน่งที่ 5 พบว่าผนังเย็นสามารถลดภาระความเย็นจากผนังปกติลงได้สูงสุดประมาณ 0.62 kWh/d หรือร้อยละ 38 และจากรูปที่ 6.8 พบว่าที่ตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ตำแหน่งที่ 5 จะสามารถลดภาระความเย็นได้มากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน ส่วนในรูปที่ 6.9 พบว่าตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ตำแหน่งที่ 1 จะทำให้น้ำในถังรับปริมาณความร้อนมากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ โดยเป็นผลรวมระหว่างภาระความเย็นที่ผนังเย็นลดได้จากผนังปกติและปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับ ดังรูปที่ 6.10 พบว่าตำแหน่งที่ 1 จะมีปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์มากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน ส่วนที่ตำแหน่งท่อเดียวกัน และค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือน เมษายนและธันวาคมมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สำหรับค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.2 เดือนเมษายนจะมีค่าสูงที่สุด

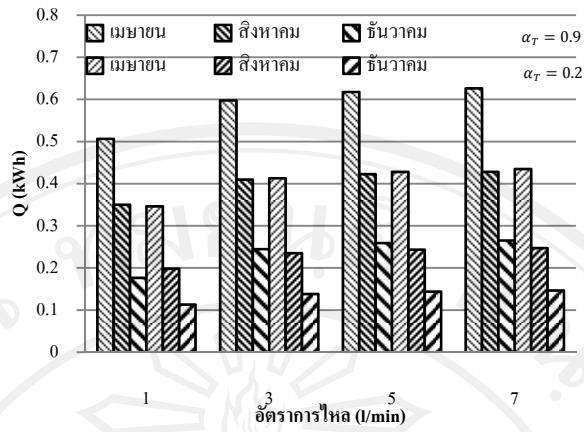
รูปที่ 6.11-6.13 แสดงผลการเปรียบเทียบภาระความเย็นของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติ ความร้อนที่น้ำในถังได้รับ และความร้อนที่ได้ประโยชน์ ตามลำดับ ซึ่งศึกษาผนังวางตัวในแนวตั้งหันหน้าไปทางทิศใต้กรณีอุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังเย็นเปรียบไปตามอุณหภูมิน้ำในถัง จะกำหนดค่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่ 25°C โดยมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการวางท่อน้ำ 1 3 และ 5 ตำแหน่งระยะห่างระหว่างท่อ 0.1 m และอัตราการไหลของน้ำ 1-7 l/min ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศโดยรอบจะใช้ค่าของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ตัวแทนของฤดูร้อน คือเดือนเมษายนตัวแทนของฤดูฝน คือเดือนสิงหาคม และฤดูหนาว คือเดือนธันวาคม



(ก)

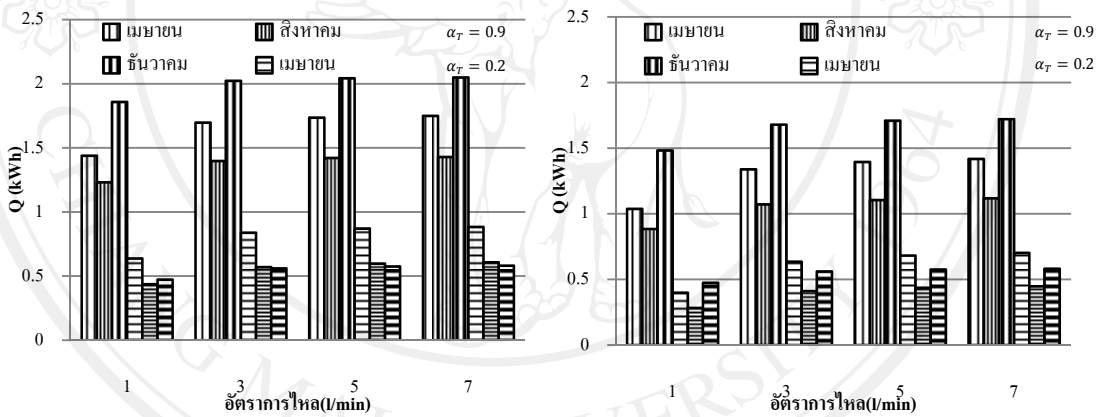


(ข)



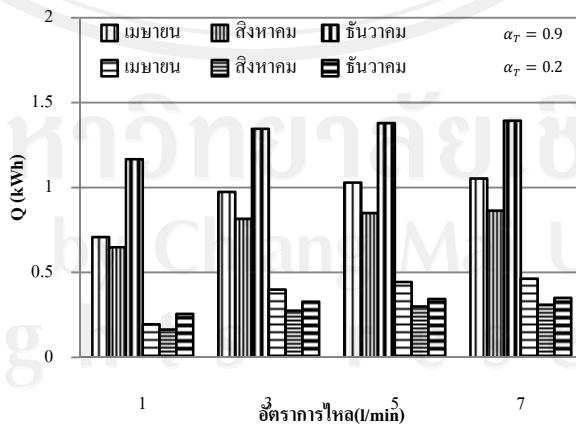
(ก)

รูปที่ 6.11 การเปรียบเทียบภาระความร้อนของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกตึรายวัน ที่ฤดูต่างๆ ตามค่าอัตราการไหลต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5



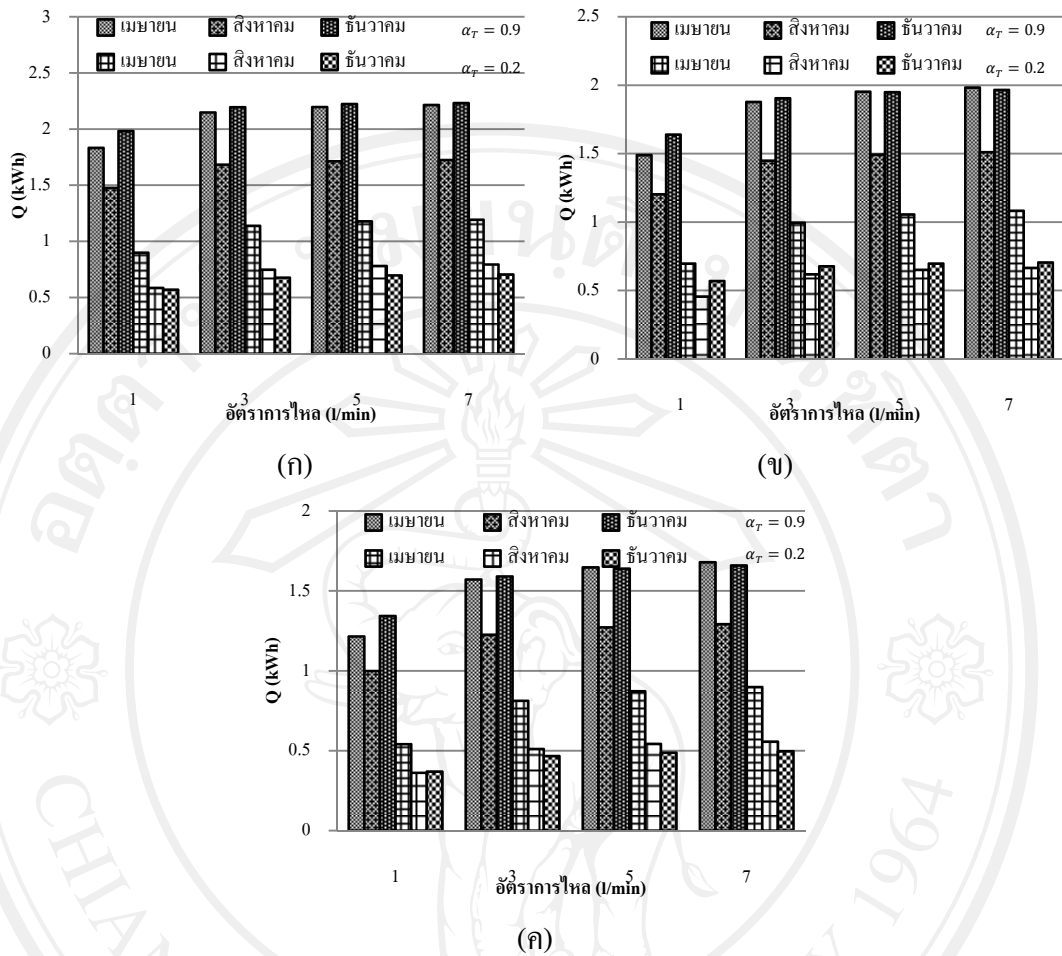
(ข)

(ค)



(ค)

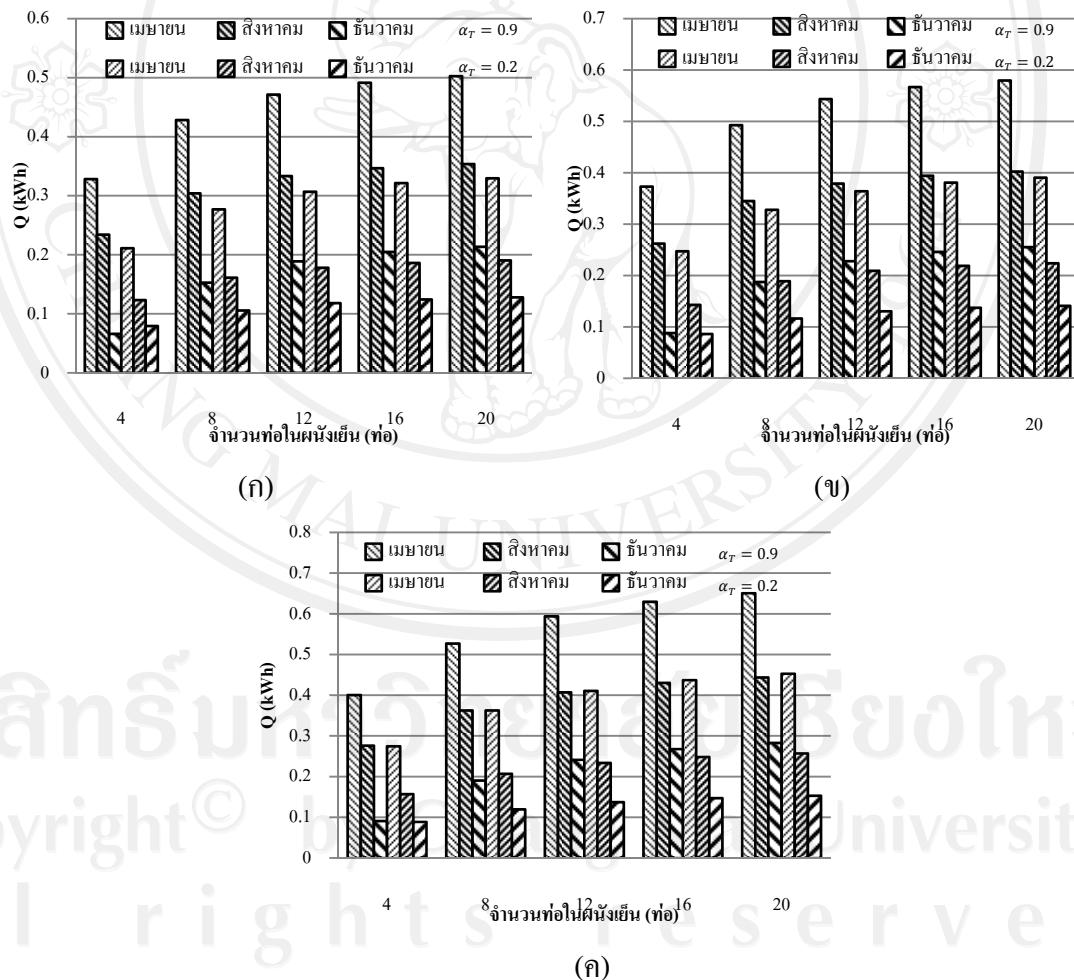
รูปที่ 6.12 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่นำในถังได้รับรายวัน ที่ฤดูต่างๆตามค่าอัตราการไหลต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5



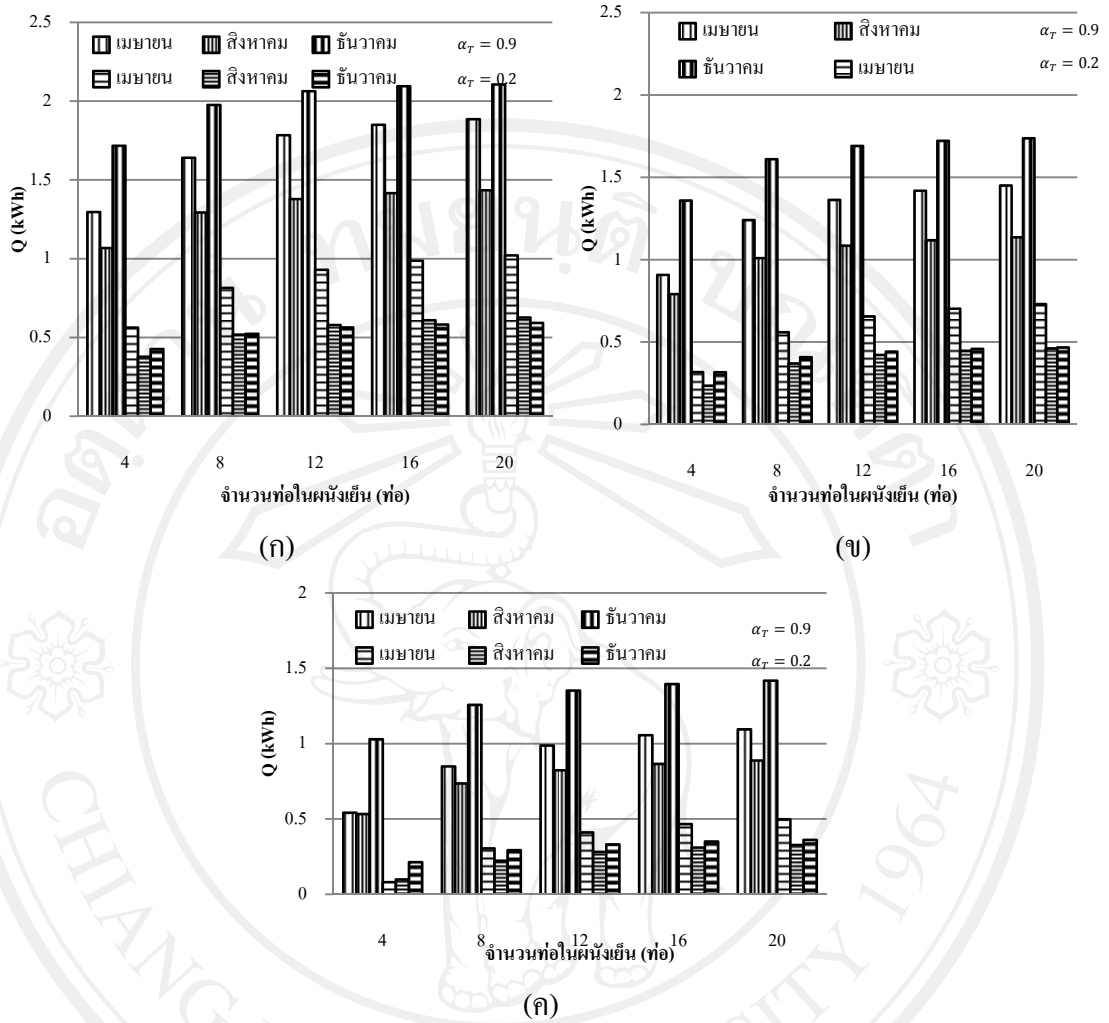
รูปที่ 6.13 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ (ภาวะความเย็นรวมกับปริมาณความร้อนที่ถึงน้ำได้รับ) รายวัน ที่จุดต่างๆตามค่าอัตราการไหลต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5

จากรูปที่ 6.11-6.13 ที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ตำแหน่งการวางท่อ และเดือนเดียวกัน พบว่าตั้งแต่อัตราการไหล 3 l/min ขึ้นไปจะมีค่าความร้อนแตกต่างกันไม่เกิน 0.1 kWh และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6.11 พบว่าตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ตำแหน่งที่ 5 จะสามารถลดภาวะความเย็นได้มากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน ส่วนในรูปที่ 6.12 พบว่าตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ตำแหน่งที่ 1 จะทำให้น้ำในถังรับปริมาณความร้อนมากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือน และค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ โดยเป็นผลรวมระหว่างภาวะความเย็นที่ผนังเย็นลดได้จากผนังปกคลุมและปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับ ดังรูปที่ 6.13 พบว่าตำแหน่งที่ 1 จะมีปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์มากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน

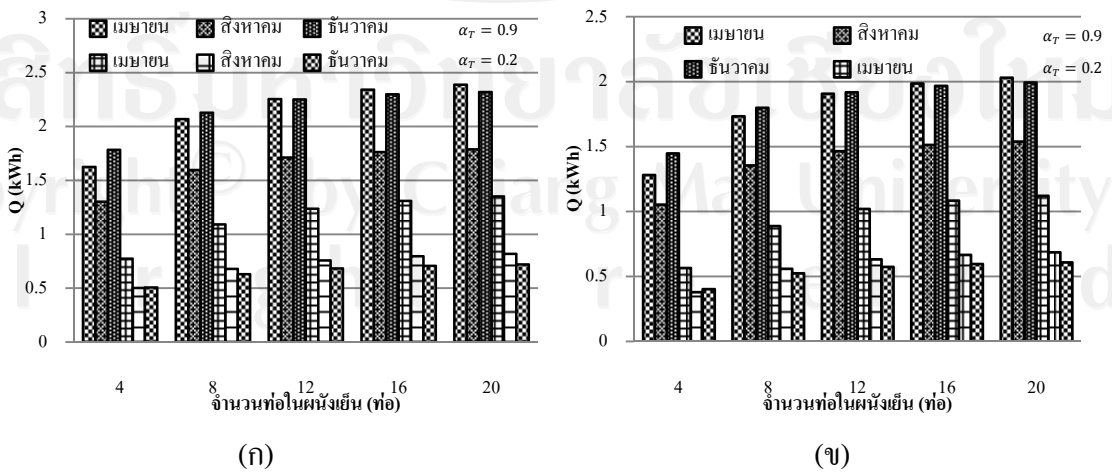
รูปที่ 6.14-6.16 แสดงผลการเปรียบเทียบภาระความร้อนของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติ ความร้อนที่น้ำในถังได้รับ และความร้อนที่ได้ประโยชน์ ตามลำดับ ซึ่งศึกษาผนังวางตัวในแนวตั้ง หันหน้าไปทางทิศใต้กรณีอุณหภูมิของน้ำขาเข้าผนังเย็นเปรียบไปตามอุณหภูมิน้ำในถัง จะ กำหนดค่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่  $25^{\circ}\text{C}$  โดยมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการวางท่อน้ำ 1 3 และ 5 ตำแหน่งเปลี่ยนแปลงจำนวนท่อ (ระยะห่างระหว่างท่อ) ตั้งแต่ 4-20 ท่อ และอัตราการไหล ของน้ำ  $6 \text{ l/min}$  ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนังด้านนอก คือ 0.9 และ 0.2 ค่ารังสีอาทิตย์ และ อุณหภูมิอากาศโดยรอบจะใช้ค่าของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ตัวแทนของฤดูร้อน คือเดือนเมษายน ตัวแทนของฤดูฝน คือเดือนสิงหาคม และฤดูหนาว คือเดือนธันวาคม

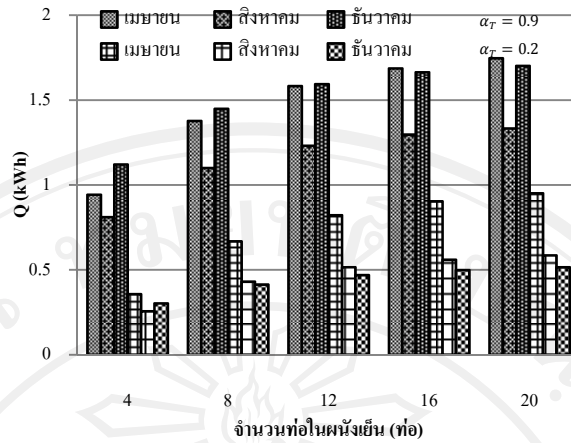


รูปที่ 6.14 การเปรียบเทียบภาระความร้อนของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติรายวัน ที่ฤดูต่างๆตามค่า จำนวนท่อต่างๆ (ระยะห่างระหว่างท่อ) โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ 1 3 และ 5



รูปที่ 6.15 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่นำในถึงได้รับรายวัน ที่ฤดูต่างๆ ตามค่าจำนวนห้องต่างๆ (ระยะห่างระหว่างห้อง) โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตำแหน่งการวางห้องที่ 1 3 และ 5





(ก)

รูปที่ 6.16 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ (ภาระความเย็นรวมกับปริมาณความร้อนที่ถั้กน้ำได้รับ) รายวัน ที่ฤดูต่างๆ ตามค่าจำนวนท่อต่างๆ (ระยะห่างระหว่างท่อ) โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5

จากรูปที่ 6.14-6.16 ที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ตำแหน่งการวางท่อ และเดือนเดียวกัน พบว่า ตั้งแต่จำนวนท่อ 12 ขึ้นไปจะมีค่าความร้อนแตกต่างกันไม่เกิน 0.1 kWh หรือไม่เกินร้อยละ 10 และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6.14 พบว่าที่ตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ตำแหน่งที่ 5 จะสามารถลดภาระความเย็นได้มากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน ส่วนในรูปที่ 6.15 พบว่าตำแหน่งการวางท่อน้ำที่ตำแหน่งที่ 1 จะทำให้น้ำในถังรับปริมาณความร้อนมากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ โดยเป็นผลรวมระหว่างภาระความเย็นที่ผนังยื่นลดได้จากผนังปกติและปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับ ดังรูปที่ 6.16 พบว่าตำแหน่งที่ 1 จะมีปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์มากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่เดือนและค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เดียวกัน

จากข้อมูลที่ผ่านมาสามารถสรุปได้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบผลความแตกต่างได้ในตารางที่ 6.1-6.3 ได้ดังนี้

ตาราง 6.1 ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่ตำแหน่งการวางท่อน้ำตามความลึกของผนังของทุกฤดู และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2

ตำแหน่งการวางท่อน้ำตามความลึกของผนัง	1	2	3	4	5
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน เมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (kWh)	2.32	2.14	1.97	1.22	1.66
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (kWh)	1.75	1.62	1.50	1.39	1.28

ตาราง 6.1 ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่ตำแหน่งการวางท่อน้ำตามความลึกของผนังของ  
ทุกฤดู และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 (ต่อ)

ตำแหน่งการวางท่อน้ำตามความลึกของผนัง	1	2	3	4	5
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนธันวาคม เมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (kWh)	2.29	2.12	1.95	1.80	1.65
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน เมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (kWh)	1.29	1.17	1.07	0.97	0.88
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนสิงหาคม เมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (kWh)	0.78	0.72	0.65	0.60	0.55
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนธันวาคม เมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (kWh)	0.70	0.64	0.59	0.54	0.49

จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.2 ในฤดูฝนและหนาว  
ค่อนข้างมีค่าปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์น้อย และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งการวางท่อตาม  
ความลึกของผนังจะพบว่าที่ตำแหน่งท่อที่ 1 หรือตำแหน่งที่ใกล้ผิวผนังด้านนอกจะมีค่าปริมาณ  
ความร้อนที่ได้ประโยชน์สูงสุด ดังนั้นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือตำแหน่งใกล้ผิวผนังด้านนอก

ตาราง 6.2 ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่อัตราการไหลต่างๆของทุกฤดู และที่ค่าการดูดกลืน  
รังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน

อัตราการไหล (l/min)	1	3	5	7
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน (ท่อวาง กึ่งกลางผนัง จำนวนท่อ 15 ท่อ และ $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (kWh)	1.48	1.87	1.95	1.98
เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ใน แต่ละอัตราการไหลของเดือนเมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (kWh)	0	0.39	0.08	0.03
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน (ท่อวาง กึ่งกลางผนัง จำนวนท่อ 15 ท่อ และ $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (kWh)	0.69	0.99	1.05	1.08
เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ใน แต่ละอัตราการไหลของเดือนเมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (kWh)	0	0.30	0.06	0.03

จากตารางที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าที่อัตราการไหลมากกว่า 5 l/min ขึ้นไปค่าความแตกต่างของ  
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์เริ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน

ตาราง 6.3 ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่จำนวนท่อต่างๆของทุฤดู และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน

จำนวนท่อน้ำ	4	8	12	16	20
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน(ท่อวางกึ่งกลางผนัง อัตราการไหล 6 l/min และ $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (°C)	1.28	1.73	1.90	1.98	2.03
เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ในแต่ละจำนวนท่อของเดือนเมษายน ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.9) (°C)	0	0.45	0.17	0.08	0.05
ปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ของเดือนเมษายน(ท่อวางกึ่งกลางผนัง อัตราการไหล 6 l/min และ $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (°C)	0.56	0.88	1.02	1.08	1.12
เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ในแต่ละจำนวนท่อ( $\alpha_T$ เท่ากับ 0.2) (°C)	0	0.32	0.14	0.06	0.04

จากตารางที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าที่จำนวนท่อมกกว่า 12 ท่อขึ้นไปค่าความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์เริ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ศึกษาผนังเย็น ที่มีการนำความร้อนจากผนังมาเก็บสะสมในถังเก็บด้วยหลักการถ่ายโอนความร้อนและวิธีการผลต่างสี่เหลี่ยม เพื่อวิเคราะห์ผลจากพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

(1) กรณีอุณหภูมิน้ำขาเข้าผนังเย็นเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของน้ำในถัง เหมาะสำหรับการผลิตน้ำร้อน ซึ่งตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการวางท่อน้ำคือ ตำแหน่งใกล้ผิวผนังด้านนอกส่วนการลดภาระความเย็นด้วยผนังเย็นเหมาะสมสำหรับฤดูร้อน ที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิผิวผนังด้านในได้ใกล้เคียงกับผนังปกติที่มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.2

(2) กรณีอุณหภูมิน้ำขาเข้าผนังเย็นเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของน้ำในถังในกรณีการไหลแบบปั่นป่วนเมื่อทำการเพิ่มอัตราการไหลจะมีผลไม่มากนักต่อการลดภาระความเย็นรวมทั้งการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถัง และจากการศึกษานี้ตลอดทั้งปี อัตราการไหลสูงสุดตั้งแต่ 3 l/min ขึ้นไป พบว่าค่าความร้อนที่ได้ประโยชน์จะแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในการส่วนการเพิ่มจำนวนท่อน้ำ จะทำให้ความสามารถในการลดภาระความเย็นรวมทั้งการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเพิ่มขึ้นและจากการศึกษานี้ตลอดทั้งปีจำนวนท่อน้ำสูงสุดตั้งแต่ 12 ท่อขึ้นไป พบว่าค่าความร้อนที่ได้ประโยชน์จะแตกต่างกันไม่มากนัก