การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

# การดึงความร้อนจากชั้นการพาความร้อนด้านล่าง ของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

สุระ ตันดี [*1] ณรงค์ สีหาจ่อง[1] ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์[1] นันทวุฒิ สีสาวรรณ[1] และ อนุรัตน์ ไชยมาลา[1]

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
โทร 043 235 893-4 ต่อ 2601 โทรสาร 043 237 483
E-mail: suratundee2000@yahoo.com

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยท่อโพลีอีทิลีนความหนาแน่นต่ำ เงื่อนไขในการทดลองคือ ใช้น้ำเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน ควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส และอัตราการไหล 4 ค่า 500 1000 1500 และ2000 มิลลิลิตรต่อนาที บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร หนา 25 เซนติเมตร ติดตั้งฉนวนที่พื้นด้านล่างหนา 5 เซนติเมตร แล้วเททับด้วยคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร บ่อความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นล่างสุดเป็นชั้นการพาความร้อนด้านล่าง สูงจากพื้น 40 เซนติเมตร ความหนาแน่นของสารละลายเกลือเท่ากับ 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ชั้นกลางเป็นชั้นไม่มีการพาความร้อน มีความหนา 75 เซนติเมตร ความหนาแน่นของสารละลายเกลือจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงของบ่อ และชั้นบนสุดเป็นชั้นการพาความร้อนด้านบน มีความหนา 15 เซนติเมตร ความหนาแน่นของสารละลายเกลือมีค่าใกล้เคียงกับน้ำ ติดตั้งสายวัดอุณหภูมิจากด้านล่างบ่อถึงผิวน้ำด้านบน และอุณหภูมิบรรยากาศ โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ภายในบ่อประกอบด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดโดยใช้ท่อโพลีเอธิลีนความหนาแน่นต่ำ ติดตั้งที่ชั้นพาความร้อนด้านล่าง มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 5.027 ตารางเมตร จากการศึกษาพบว่าการดึงความร้อนที่ชั้นพาความร้อนด้านล่างด้วยน้ำที่อัตราการไหล 2000 มิลลิลิตรต่อนาที จะได้ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 0.242 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย 0.184 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล ถ้าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ประสิทธิผลของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่างเท่ากับ 0.55

***คำหลัก*:** บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, ชั้นพาความร้อนด้านล่าง, การดึงความร้อน

***Abstract***

The project is the study of the Heat extraction from solar pond with the diameter of 300 centimeters, 50 centimeters high with the 25 centimeters thickness of wall. The insulation of the bottom floor was 5 centimeters thick. There were 3 zones the first lower convective zone. The bottom zone was the layer that brought the below heat up to 40 centimeters from the bottom. The density of the salt solution was equal to 1,200 kilograms per cubic meter. The middle zone didn't convection. It was 75 centimeters thick. The density of the salt solution changed according to the height of the pond. In addition, the top zone had 15 centimeters thickness and the density of the salt solution was similar with water's. The researchers installed the Thermocouples type K to measure the temperature inside the pond with the 10 centimeters gap between each point. Also, the researchers recorded the temperature value every hour. The Heat exchanger in the pond was the coil made by polyethylene tube with the low density. The Heat exchanger was installed at the bottom convective zone, which had the 5.027 square meter of heat exchanger area. The test used the water as the medium of exchanging the heat by controlling the input water at 25 degree Celsius with the flow rate at 500, 1000, 1500, and 2000 milliliters per minute. The test result found that Heat extraction from lower convective zone with the water flow rate at 2000 milliliters per minute had the maximum rate of heat exchange at 0.242 kilowatt per square meter. The effectiveness of the heat exchanger at the bottom zone at 0.55

***Keywords*****:** Solar pond, Heat Exchanger, Lower Convective Zone, Heat Extraction

## 1. บทนำ

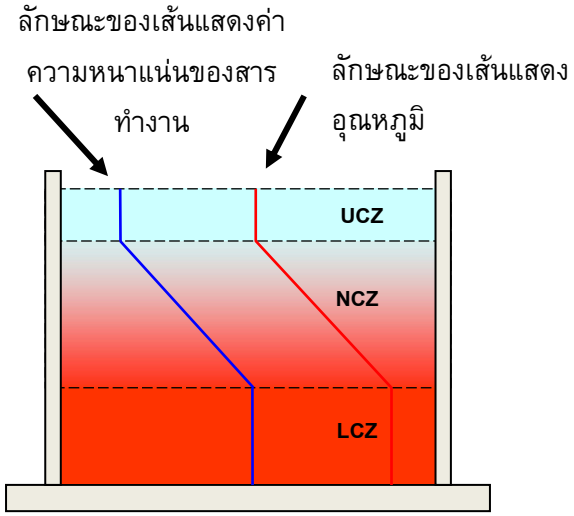
ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งสิ่งที่จำเป็นสำหรับทุกคน เราใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกเริ่มลดจำนวนลงตามระยะเวลาที่ใช้ไป จากสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้ประเทศต่างๆ เริ่มศึกษาค้นคว้าพลังงานทดแทน เพื่อมาทดแทนพลังงานที่กำลังจะหมดไป สำหรับพลังงานทดแทนมีอยู่หลายประเภทเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล และมีพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งที่ถือว่าเป็นพลังงานที่มีตลอดเวลาสามารถใช้ได้ไม่มีวันหมด และยังไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม นั่นก็คือพลังงานแสงอาทิตย์ แต่การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้นจะต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถกักเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เอาไว้เพื่อที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้นี้ ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ต่อไป

บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เก็บสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ เนื่องจากมีต้นทุนต่อตารางเมตรต่ำกว่าอุปกรณ์รับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาค้นคว้าและทำการทดลองดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อโพลีอีทิลีน ความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อที่จะแลกเปลี่ยนความร้อนภายในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยใดเคยศึกษามาก่อน

**2. บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**

บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ในการรับและเก็บสะสมพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนได้อย่างต่อเนื่องในสภาพอากาศที่มีแสงแดดไม่มากหรือสภาพอากาศแปรปรวน แนวความคิดเริ่มต้นเกี่ยวกับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เกิดขึ้นเมื่อประมาณ ค.ศ. 1980 โดยเริ่มจาก Ziegler Kalesinsky ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของอุณหภูมิในทะเลสาบน้ำเค็มที่ทรานสวาเนีย (Transylvania) พบว่าที่ระดับความลึก 1-2 เมตร อุณหภูมิสูงถึง 70 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิของน้ำที่ผิวหน้าใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศ จากการค้นพบดังกล่าวทำให้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง จนมีการพัฒนานำมาใช้เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

ได้มีการศึกษาการดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาอย่างต่อเนื่อง P.K.Bansal (1983)ได้ศึกษาถึงผลของการดึงความร้อนที่มีต่อสมรรถนะของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่เปลี่ยนอัตราการไหลจาก 0.1 – 0.2 kg/s พบว่าบ่อความร้อนมีประสิทธิภาพ 60 % เมื่อคิดจากค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ผิวหน้าของบ่อ นอกจากนั้น F.Sabettac (1984)ได้ทำการศึกษาการดึงความร้อนจากบ่อความร้อนที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งอยู่ภายในบ่อความร้อน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำจากท่อโพลีเอธิลีน ติดตั้งที่ส่วนพาความร้อนด้านล่าง ตลอดการทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไม่เกิดการกัดกร่อนจากสารละลายเกลือแต่อย่างใดทำให้มีความเหมาะสมในใช้เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งภายในบ่อความร้อน Jaefarzadeh (2002) ได้ทำการทดลองบ่อความร้อนแสงอาทิตย์ที่ มหาวิทยาลัย RMIT Melbourne Australia บ่อความร้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เมตร มีพื้นที่ 50 ตารางเมตร อุณหภูมิสูงสุดในชั้น พาความร้อนด้านล่างเกิดขึ้นในเดือนมกราคม เท่ากับ 55 องศาเซลเซียสในการทดลองได้เสนอวิธีการดูแลบ่อพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์โดยใช้วงแหวนลอยอยู่ที่ผิวหน้าของบ่อเพื่อป้องกันผลที่จะเกิดขึ้นจากลม ที่จะทำให้ชั้นพาความร้อนด้านบนมีความหนาเปลี่ยนไป ในการศึกษาเขาพบว่าวงแหวนที่ใช้นี้สามารถควบคุมและรักษาชั้นความร้อนด้านบนให้มีขนาดคงที่ได้ อีกทั้งได้ติดตั้งระบบเติมเกลือเข้าไปในบ่อความร้อน ทำให้สามารถควบคุมตำแหน่งของความเข้มข้นของเกลือในบ่อพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ได้ตลอดไป Andrews, J.(2004) ทำการศึกษาการดึงความร้อนออกมาจากชั้นไม่มีการพาความร้อนและชั้นพาความร้อนด้านล่าง โดยใช้น้ำเป็นสารทำงานที่เข้ามารับความร้อนอุณหภูมิทางออกของน้ำที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของชั้นพาความร้อนด้านล่าง




รูปที่ 1 แผนภาพบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบของบ่อความร้อนแสงอาทิตย์แสดงในรูปที่ 1 ภายในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์บรรจุด้วยสารละลายเกลือ หรือเรียกว่า “สารทำงาน” ที่ระดับความลึกเพิ่มขึ้นจะมีความหนาแน่นของสารละลายเกลือเพิ่มขึ้น และแบ่งชั้นความหนาแน่นของสารละลายเกลือได้เป็น 3 ส่วน คือ

1.ชั้นการพาความร้อนด้านบน (Upper-Convective Zone, UCZ) เป็นชั้นที่มีความหนาแน่น

ของสารละลายเกลือน้อยหรือไม่มีเลย อุณหภูมิในชั้นนี้จะใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศ

2.ชั้นไม่มีการพาความร้อน(Non-Convective Zone, NCZ) เป็นชั้นที่มีความหนาแน่นของสารละลายเกลือเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของบ่อ ซึ่งเป็นชั้นกั้นการพาความร้อนระหว่างชั้นการพาความร้อนด้านบนกับชั้นการพาความร้อนด้านล่าง

3.ชั้นการพาความร้อนด้านล่าง(Low-Convective Zone, LCZ) ชั้นนี้จะมีความหนาแน่นของสารละลายเกลือมากที่สุดและเกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน

**2.1 หลักการทำงานของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**

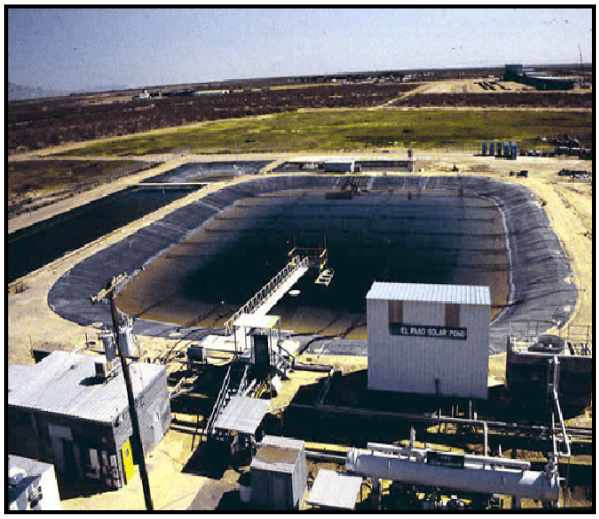
เมื่อบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ความร้อนจากแสงอาทิตย์ส่วนหนึ่งจะส่องผ่านลงไปใต้บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บสะสมพลังงานความร้อนโดยตรงและอีกส่วนหนึ่งได้จากการนำความร้อนของชั้นด้านบนผ่านชั้นกันการพาความร้อนเข้าไปเก็บสะสมที่ชั้นด้านล่าง

**2.2 การประยุกต์ใช้ความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**

ความร้อนที่ได้จากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้งานได้หลายรูปแบบ ได้มีการประยุกต์ใช้ความร้อนที่ได้จากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นครั้งแรกที่รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี 1986 โดยนำความร้อนจากบ่อความร้อนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้สำหรับอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ (Boiler) สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารค่าความร้อนที่ได้จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่ามากถึง 300 kW

ต่อมาในปี 1987 ได้มีการสร้างบ่อความร้อนที่ใหญ่ที่สุดในประเทศอิสราเอล เพื่อใช้ความร้อนในการขับเครื่องยนต์วัฏจักรแรงคินสำหรับเป็นต้นกำลังขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 500 kW

สำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย มีแนวโน้มที่เป็นไปได้มาก เนื่องจากประเทศไทยมีค่าการแผ่รังสีความร้อนสูงประมาณ 18 Mj/$m^2$.day (กระทรวงพลังงาน) ดังนั้นบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจที่จะใช้เป็นอุปกรณ์สะสมพลังงานความร้อนโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ที่มีค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สูงที่สุดของประเทศ



รูปที่ 2 บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ EL Paso USA (Jimmy Leblanc: 2010)

**3. วิธีการดำเนินโครงงาน**

การดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยท่อโพลีเอธิลีนความหนาแน่นต่ำ เป็นการนำความร้อนที่ได้จากการเก็บสะสมพลังงานความร้อนของบ่อความร้อนออกมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของน้ำร้อน โดยการติดตั้งท่อโพลีเอธิลีน ความหนาแน่นต่ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติกมีคุณสมบัติไม่เป็นสนิม ทนการกัดกร่อน และสามารถดัดงอได้ง่ายทำการติดตั้งท่อที่ใช้รับความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง (แสดงดังรูปที่ 4) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อขด 190 และ 210 เซนติเมตร ห่างกันชั้นละ10 เซนติเมตร ความยาว 50.008 เมตร มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 5.027 ตารางเมตร

**3.1 การเตรียมสารละลาย**

ในการเตรียมสารละลายเกลือจะทำได้เมื่อติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในการทำการทดลองกำหนดให้ชั้นพาความร้อนด้านล่างหนา 40 cm ชั้นไม่มีการพาความร้อน หนา 75 cm และชั้นด้านบนหนา 15 cm ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมสารละลายเกลือดังต่อไปนี้

1.เติมสารละลายเกลือความหนาแน่น 1,200 kg/m$^3$ ลงในบ่อความร้อนให้มีความสูง 70 เซนติเมตร

2. เตรียมสารละลายเกลือในชั้นไม่มีการพาความร้อน ซึ่งความหนาแน่นของสารละลายเกลือจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงของบ่อ โดยการต่อท่อน้ำขนาด 3/4 นิ้ว ลงไปที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ แล้วปล่อยน้ำเข้าไปจนน้ำในบ่อมีความสูงเพิ่มขึ้น 1.5 เซนติเมตร จากนั้นปรับระดับท่อที่ปล่อยน้ำเข้าสูงขึ้น 2.5 เซนติเมตรจากระดับเดิม นับเป็น 1 ครั้ง ทำซ้ำกันทั้งหมด 30 ครั้ง จะได้ความสูงของน้ำในบ่อทั้งหมด 115 เซนติเมตร ซึ่งความหนาแน่นของสารละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ชั้นไม่มีการพาความร้อนมีความหนา 75 เซนติเมตร ความเร็วในการไหลของน้ำเป็นดังสมการด้านล่าง

$$v^2 = Fr \times g \times (\Delta\rho/\rho) \times B$$

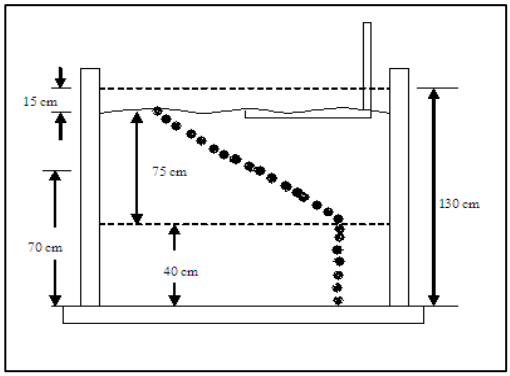
เมื่อ $Fr$ = Froude number

$g$ = 9.81 m/s$^2$

$\rho$ = ความหนาแน่นของสารละลายเกลือ

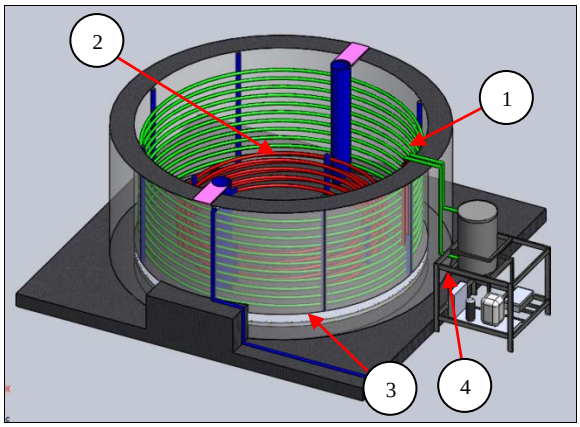
$B$ = ความกว้างเฉลี่ยของน้ำที่ไหล

นั่นคือ เมื่อยกท่อปล่อยน้ำแต่ละครั้งจะต้องนำสารละลายเกลือที่ชั้นบนสุดมาวัดความหนาแน่น เพื่อที่จะนำไปหาความเร็วในการปล่อยน้ำในครั้งต่อไป




รูปที่ 3 การปรับความหนาแน่นชั้นไม่มีการพาความร้อน

4. การเตรียมสารละลายในชั้นการพาความร้อนด้านบน เป็นส่วนที่มีความหนาแน่นของเกลือน้อยที่สุด ที่ระดับความสูง 115-130 เซนติเมตร เมื่อได้ชั้นการพาความร้อนด้านล่างและชั้นไม่มีการพาความร้อนแล้ว จากนั้นยกท่อปล่อยน้ำขึ้นให้พ้นผิวน้ำ แล้วให้น้ำไหลเข้าบ่อความร้อนจนได้ระดับที่ต้องการ




รูปที่ 4 คุณลักษณะของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

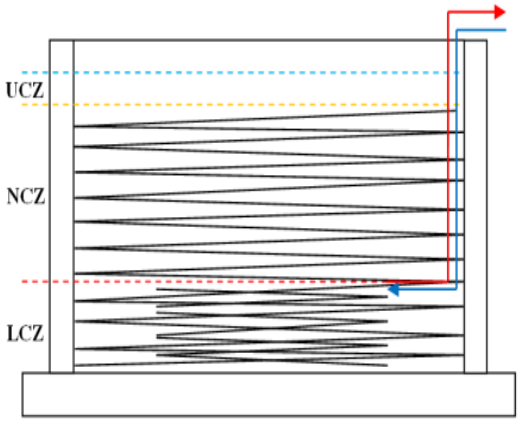
1. บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
2. ชุดดึงความร้อนในชั้น LCZ
3. ฉนวนกันความร้อน
4. ชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำ

**3.2 วิธีการทดลอง**

หลังจากการที่ได้ทำการเตรียมสารละลายเรียบร้อยแล้วบ่อความร้อนจะเริ่มสะสมความร้อนไว้ที่

ชั้นพาความร้อนด้านล่าง เมื่อบ่อความร้อนมีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิที่ต้องการดึงความร้อน จะทำการทดลองดึงความร้อนจากบ่อความร้อนที่ชั้นพาความร้อนด้านล่าง

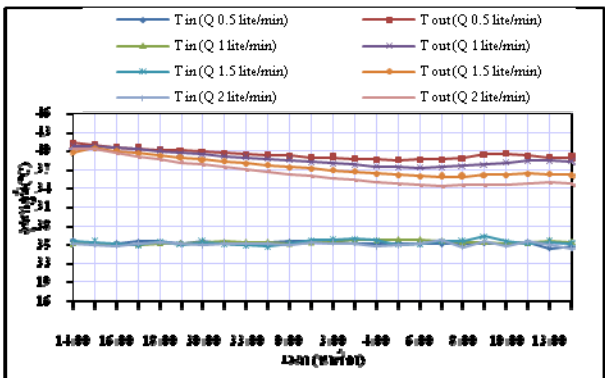
การดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง โดยใช้น้ำเป็นตัวรับความร้อนทำการควบคุมอุณหภูมิน้ำไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำจะไหลเข้าจากด้านบนสุดของชั้นนี้ลงไปจนถึงด้านล่างสุดของบ่อ และไหลกลับออกมาเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิอีกครั้ง โดยใช้ปั๊มในการส่งน้ำเข้าแลกเปลี่ยนความร้อนในบ่อความร้อน




รูปที่ 5 การดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง

**4. ผลการทดลองและวิเคราะห์**

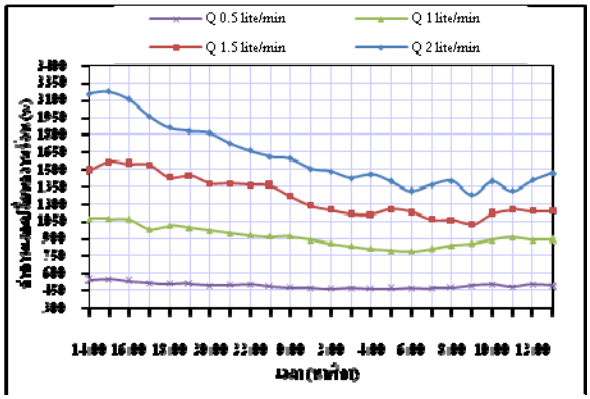
จากการทดลองดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้




รูปที่ 6 อุณหภูมิจากการดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง

จากกราฟอุณหภูมิจากการดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง ซึ่งควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 25$^{o}$C แกนตั้งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยจากการดึงความร้อน แกนนอนเป็นช่วงเวลาในการทดลอง โดยเริ่มทดลองดึงความร้อนเวลา 14.00 น. จากกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำที่ทางออก ($T_{out}$) แต่ละอัตราการไหลจะลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ดึงออกมากกว่าปริมาณความร้อนที่บ่อความร้อนได้รับ อุณหภูมิจะลดลงต่ำสุดในช่วงเวลาประมาณ 07.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาในตอนเช้าของวันถัดไป และเมื่อบ่อความร้อนได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทำให้มีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิน้ำที่ทางออก ($T_{out}$) สูงขึ้นตามไปด้วย

ค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้




รูปที่ 7 ค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนในการดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อด้านล่าง

จากกราฟค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนต่อเวลาที่อัตราการไหลต่าง ๆ ของการดึงความร้อนที่ชั้นการพาความร้อนด้านล่าง แกนตั้งเป็นค่าการแลกเปลี่ยนความร้อน และแกนนอนเป็นเวลาในการดึงความร้อน จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณความร้อนที่อัตราการไหลต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน ที่อัตราการไหล 0.5 ลิตร/นาที จะเห็นว่าความร้อนที่ได้มีปริมาณที่น้อยกว่าอัตราการไหลอื่นๆ เนื่องจากมีอัตราการไหลน้อยกว่า เพราะค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล แต่ว่าปริมาณความร้อนที่อัตราการไหล 0.5 ลิตร/นาที มีลักษณะคงที่กว่าอัตราการไหล

อื่น เทียบได้กับอัตราการไหล 2 ลิตร/นาที จะได้ปริมาณความร้อนมากที่สุดประมาณ 2,200 Watt แต่ปริมาณความร้อนที่ได้มีลักษณะไม่คงที่ จากกราฟจะสังเกตเห็นว่าปริมาณความร้อนจะแปรผันตามอุณหภูมิการดึงความร้อน

## 4. สรุปผลการทดลอง

การดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่างโดยใช้น้ำในการรับความร้อน และควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการไหล 0.5 1 1.5 และ 2 ลิตร/นาที สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การดึงความร้อนในชั้นการพาความร้อนด้านล่าง

| อัตราการไหล (ลิตร/นาที) | ชั้นการพาความร้อนด้านล่าง | |
|---|---|---|
| | อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงสุด ($kW/m^2$) | อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย ($kW/m^2$) |
| 0.5 | 0.068 | 0.057 |
| 1 | 0.133 | 0.110 |
| 1.5 | 0.184 | 0.137 |
| 2 | 0.242 | 0.184 |
| ประสิทธิผลที่ 0.5 | 0.55 | |

จากการทดลองค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในบ่อความร้อน ถ้าเพิ่มอัตราการไหลและปริมาณความร้อนที่สะสมในบ่อมีมากจะส่งผลให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อัตราการไหล 0.5 ลิตร/นาที ในชั้นการพาความร้อนด้านล่างเท่ากับ 0.55

## 5.กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่สนับสนุนทุนในการทำการวิจัย

## 6.เอกสารอ้างอิง

[1]. Andrews, J Akbarzadeh.,Enhancing the thermal efficiency of solar ponds by extracting heat from the gradient layer Solar Energy, Vol. 78, pp. 704-716,2004

[2]. Bansal,P.K. Hrsishikesan, D.S. and Garg, H.P., Effect of Heat Exchanger on The Performance of a Shallow Solar Pond Water Heater, Energy Convers Mgnt,Vol.24, No. 4. pp 259-263, 1984

[3]. Jaefarzadeh M.R, Akbarzadeh , A., Towards The Design of low Maintenance Salinity Gradient Solar Ponds Solar Energy Vol. 73, No. 5, pp. 375–384, 2002

[4]. Sabetta,F. Pacetti, M, and Principi., (1984) An Internal heat Extraction System For Solar Ponds, Solar Energy,Vol.34, No. 4/5. pp 297-302, 1985

[5] กิตติ สิ้นแต้ และทรงยศ แดนสีแก้ว(2549).การหาค่าความเหมาะสมของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[6] จักวาล เถื่อนโทสาร, ชัยยัน ตรีวงษ์ และวิศวกร กุณะวงษ์ (2550). การหาค่าความเหมาะสมของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก.วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[7] ปฐมพงศ์ ชัยพระอินทร์วัฒนชัย กุดแถลง และสมชาย บุญแขม (2551). การศึกษาและจำลองสภาวะการกระจายตัวของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[8] พลวัฒน์ โพธิ์ปัดชาวิชชุกร ยศไกรและสิทธิชัย นารากรณ์ (2551).การดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟ่อน.วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[9] ภาคภูมิ จัตวัฒนกุล และสุรกิจ แสนเขื่อน, (2540).การศึกษาการให้พลังงานความร้อนจากสระแสงอาทิตย์แบบ Salt Gradient. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.