

การพัฒนาโมเดลทำนายการกลั่นตัวของน้ำในเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ขั้นบันได

Math Model Development for Distilled Water Prediction of Solar Distiller Cascade Type

ยศวิน โชติศิริคุณวัฒน์¹ และ เอกรินทร์ แสงธรรมรัตน์^{1*}

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

*ติดต่อ : ekarins2002@hotmail.com , 02-8892138 ต่อ 6401, โทรสาร 02-8892138 ต่อ 6429

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันได โดยใช้
อุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันไดพร้อมติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่ม
ประสิทธิภาพให้อุปกรณ์ โดยหลักการการทำงานของอุปกรณ์เริ่มจากน้ำผ่านอุปกรณ์อุ่นน้ำก่อนจากนั้นน้ำไหลผ่านเข้าสู่
อุปกรณ์กลั่นน้ำแบบขั้นบันได โดยไหลลงมาทีละชั้น ภายในอุปกรณ์น้ำที่อยู่ในแต่ละชั้นบันไดจะได้รับพลังงาน
แสงอาทิตย์จนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แล้วระเหยกลายเป็นไอขึ้นไปกระทบกระจกฝาครอบอุปกรณ์กลั่นน้ำ เนื่องจาก
อุณหภูมิกระจกที่ต่ำกว่าทำให้น้ำเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำเกาะที่กระจก กลายเป็นน้ำกลั่นที่สะอาดไหล
ลงมายังภาชนะสำหรับใส่น้ำกลั่น จากการทดลองได้น้ำกลั่นปริมาตร 4.91 ลิตรต่อวัน นำข้อมูลทีบันทึกมาคำนวณ
เพื่อคาดการณ์ปริมาตรน้ำกลั่นที่ได้โดยพัฒนาจากชุดสมการ Dunkle และ Tiwari โดยใช้ข้อมูลจากที่บันทึกมาวาด
กราฟหาค่า C และ n เพื่อทำให้คาดการณ์น้ำที่กลั่นได้แม่นยำขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานหลังจากทำการ
วาดกราฟหาค่า C และ n มีค่า 0.077 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่าความคลาดเคลื่อน 14.17 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเชื่อมั่น
96.61 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก อุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์, อุปกรณ์อุ่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์, การถ่ายเทมวลและความ
ร้อน

ABSTRACT

The objective of this study is to analysis and design a solar distiller cascade type by using weir-
type cascade solar still together with solar collector and predict the water distillation from this system. The
water was preheated by solar collector then it flowed through distillation section by pressure differentiation
of water tank. The water from the distilled section was evaporated and condensed at solar distiller glass
cover. The experimental result showed that 4.91 liters of distilled water was condensed from this system.
Heat and mass transfer prediction methodology was implemented by Dunkle and Tiwari experiment.
However Dunkle method could not perfectly apply to weir-type cascade solar still. Therefore the
experimented data was to design a method for weir-type cascade solar distiller. Standard Error of result
from calculated was 0.077 liter per hour, error 14.17 percent and correlation coefficient 96.61 percent.

Keywords: Solar distiller, Solar collector, Heat and mass transfer

1.บทนำ

น้ำในโลกทั้งหมดเป็นน้ำทะเลและน้ำที่มีเชื้อโรคปะปนถึง 97% อีก 2% เป็นน้ำแข็ง ดังนั้นเหลือเพียงแค่ 1% เท่านั้นที่เป็นน้ำสะอาดสามารถใช้บริโภคได้ [1] ในแต่ละวันมนุษย์ดื่มน้ำประมาณ 1.5–2.5 ลิตรต่อวัน น้ำดื่มที่สะอาดเป็นปัญหาอย่างหนึ่งของคนที่อาศัยตามชนบทและยากจน เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับคนกลุ่มนี้สามารถทำน้ำดื่มสะอาดได้ด้วยตัวเอง โดยเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันไดนี้ใช้พลังงานธรรมชาติจากแสงอาทิตย์ 100% ทำให้ไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าเชื้อเพลิงหรือพลังงานอื่นรวมทั้งเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันไดต้นทุนราคาไม่แพง น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีของคนกลุ่มนี้

อุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันไดได้พัฒนารูปแบบมาจากอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอ่งธรรมดา เพื่อให้อุปกรณ์กลั่นน้ำมีพื้นที่ผิวของน้ำ ได้รับแสงอาทิตย์มากที่สุด พร้อมกับติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำก่อนเข้าอุปกรณ์กลั่นน้ำ คือ อุปกรณ์ Solar collector ซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ในแต่ละวัน โดยหลักการทำงานคือ น้ำจะผ่านอุปกรณ์อุ่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิก่อนแล้วจะไหลผ่านไปที่เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันได ภายในเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้น้ำที่อุ่นมาแล้วนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยการรับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์จนกลายเป็นไอระเหยขึ้นไป หลังจากนั้นไอน้ำที่ระเหยจะกลั่นตัวลงมาในอุปกรณ์ที่รองรับไว้ได้น้ำสะอาดที่สามารถบริโภคได้ เนื่องจากแร่ธาตุทุกชนิดได้แยกตัวออกไปแล้วรวมถึงแบคทีเรียและไวรัสทุกชนิด

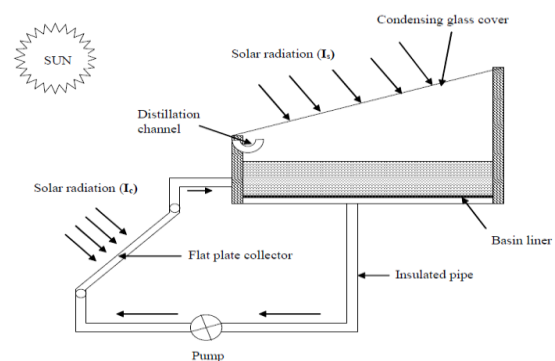
งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาอุณหภูมิ ปริมาณน้ำที่กลั่นตัวได้ ของอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันได เพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณอุณหภูมิ

จากภายนอกสู่ภายในเครื่องกลั่น ทำให้สามารถคาดเดาปริมาณน้ำที่กลั่นได้

เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีหลายหลายรูปแบบ เช่น แบบแอ่งน้ำ แบบรูปทรงพีรามิต แบบติดตั้งแผ่นสะท้อนรวมแสง แบบโรงเรือน [2-4] ซึ่งพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด

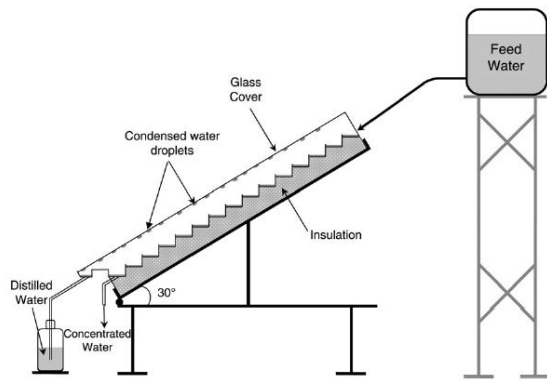
เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนามาจากเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอ่ง ซึ่งเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอ่งจะมีแอ่งบรรจุน้ำอยู่ด้านล่าง ส่วนด้านบนเป็นกระจกครอบไว้ [5] ซึ่งมุมเอียงของกระจกมีผลต่อปริมาณน้ำที่กลั่นได้ในแต่ละวัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ [6] ระดับน้ำในแอ่งแปรผันกับปริมาณน้ำที่กลั่นได้จาก [7-8] พบว่าระดับที่ความสูงของน้ำ 2 เซนติเมตรจะระเหยได้ดีกว่าที่ระดับ 5 เซนติเมตร

อุปกรณ์อุ่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ Solar collector เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อมาอุ่นน้ำก่อนนำไปใช้ประโยชน์ มีทั้งแบบแผงรับแสงและรวมแสง [9-11] จากงานวิจัย [12-13] พบว่าเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ Solar collector เพิ่มเข้าไปด้วย เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ solar collector มีอัตราการกลั่นน้ำต่อวันมากกว่าแบบไม่ติดตั้งประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์



รูป 1 อุปกรณ์กลั่นน้ำแบบติดตั้ง Solar collector [12]

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบชั้นบันได[14] พบว่ามีอัตราการกลั่นตัวของน้ำมากกว่าแบบแอ่ง เนื่องจากแบบชั้นบันไดจะทำให้พื้นที่น้ำสัมผัสกับแสงอาทิตย์ได้ดีกว่า



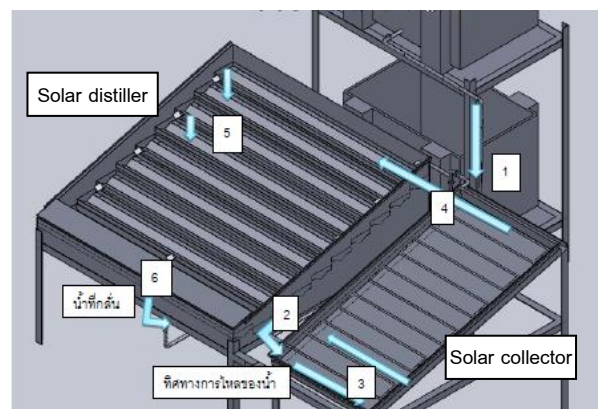
รูป 2 อุปกรณ์กลั่นน้ำแบบชั้นบันได [14]

การคำนวณอุณหภูมิและอัตราการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มจากการคำนวณอุณหภูมิของน้ำขาออกอุปกรณ์ solar collector [15] ซึ่งอุณหภูมิของน้ำขาออก จะแปรผันตาม อัตราการไหลของน้ำภายในอุปกรณ์ วัสดุรับแสง [16-17] การคำนวณของอุปกรณ์กลั่นน้ำเริ่มจากการคำนวณอุณหภูมิจากภายนอกกระบอกครอบผ่านมาถึงแอ่งน้ำภายในจากการแผ่รังสี[18] การพาความร้อนจากภายนอกสู่ภายในเครื่องกลั่นน้ำ[19] ซึ่งต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดย[20] ซึ่งมีข้อจำกัดที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศา จึงมีการพัฒนาสมการขึ้นมาใหม่เพื่อใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนได้ทุกช่วงอุณหภูมิ[21] [22]ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการคำนวณกับข้อมูลที่บันทึกได้ซึ่งใกล้เคียงกัน เมื่อทราบค่าพลังงานความร้อนทั้งหมดแล้วจึงสามารถคำนวณอัตราการกลั่นน้ำของอุปกรณ์ในแต่ละวันได้ [23] ซึ่งสมการและรูปแบบการคำนวณนั้นใช้กับอุปกรณ์กลั่นน้ำแบบแอ่ง [24]ได้ทำการทดลองโดยใช้สมการแบบแอ่งกับอุปกรณ์กลั่นน้ำแบบชั้นบันได พบว่ามีความคลาดเคลื่อนมาก จึงได้ใช้วิธี Linear regression จากข้อมูลที่บันทึกผล เพื่อมาจัดทำสมการใหม่ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ผลคือมีความแม่นยำขึ้น

มาก แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนที่อัตราการไหลของน้ำน้อยๆ

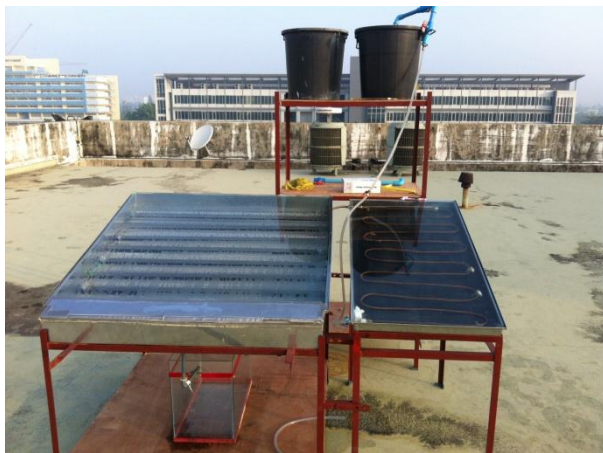
2.การทดลอง

เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบชั้นบันไดและมีแผงเพิ่มความร้อน ตัวเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ทำจากสแตนเลส (Stainless steel) ภายในเป็นลักษณะชั้นบันไดเพื่อเพิ่มความสามารถในการสัมผัสแสงอาทิตย์ รางเป็นแบบกว้าง 0.1 เมตร ยาว 1 เมตร มีช่องสามเหลี่ยมเพื่อการตกตะกอนของสิ่งสกปรกมีจำนวนทั้งหมด 9 ชั้นแต่ละชั้นสามารถใส่ปริมาณน้ำได้ 900 มิลลิลิตร และอีกหนึ่งชั้นเป็นเพื่อสำหรับรับน้ำที่กลั่นออกมา ทำมาจากสแตนเลสเช่นเดียวกัน แผงเพิ่มความร้อนทำจากสแตนเลสขนาด กว้าง 0.7 เมตร ยาว 1 เมตร ภายในมีฉนวนกันความร้อนนอกทำจากโฟม ท่อน้ำเพิ่มความร้อนทำมาจากทองแดงขนาด 2 นิ้ว ระบบน้ำที่ไหลอาศัยหลักการความสูงของระดับน้ำเพื่อเพิ่มความดันและการไหลของน้ำ มีทิศทางการไหลดังรูปที่ 3



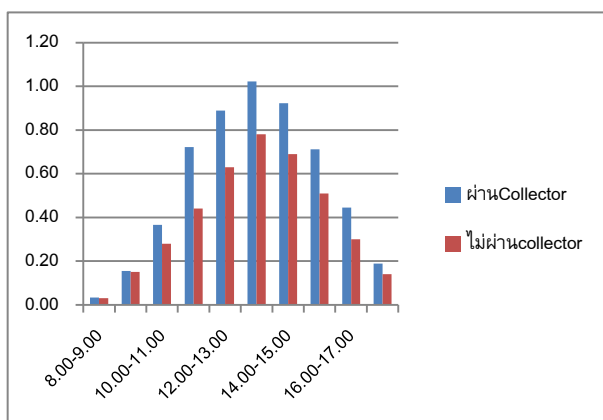
รูป 3 ทิศทางการไหลของน้ำภายในอุปกรณ์

จากรูปที่ 3 ผู้วิจัยทำการเก็บค่าอุณหภูมิน้ำขาเข้า solar collector (ตำแหน่ง 1) เก็บค่าอุณหภูมิขาออกจาก solar collector (ตำแหน่ง 4) และ อุณหภูมิ น้ำภายในอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ (ตำแหน่ง 5) เพื่อเป็นตัวแปรต้นสำหรับการคำนวณหา ปริมาณน้ำกลั่นในสมการ 10 และเก็บค่าอุณหภูมิของ กระจกเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ติดตั้ง อุปกรณ์เพื่อทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม ในวันที่สภาพภูมิอากาศปลอดโปร่ง ดังรูปที่ 4



รูป 4 อุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ทำการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณน้ำกลั่น ระหว่างผ่านอุปกรณ์อุ่นน้ำ กับไม่ผ่านอุปกรณ์อุ่นน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ได้ปริมาณน้ำกลั่นดังรูปที่ 5



รูป 5 เปรียบเทียบปริมาณน้ำกลั่นระหว่างแบบผ่าน และไม่ผ่านอุปกรณ์อุ่นน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิของน้ำและกระจก ของอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้ง อุปกรณ์อุ่นน้ำในช่วงเวลาต่างโดยทำการบันทึกค่า ทุกๆ 10 นาที

Time	T _a	T _{wd}	T _g	T _w	m _{ew}
8-9	29.17	31.08	29.87	28.60	0.03
9-10	30.70	41.12	38.42	29.98	0.16
10-11	32.93	53.07	47.97	31.28	0.37
11-12	34.07	58.88	53.78	33.52	0.72
12-13	34.75	60.30	54.62	34.30	0.89
13-14	35.97	60.53	55.08	35.63	1.02
14-15	35.65	59.32	54.62	35.72	0.92
15-16	34.75	55.75	51.48	34.68	0.71
16-17	33.35	51.37	46.95	33.55	0.44
17-18	31.78	44.67	40.08	31.78	0.19

ตาราง 1 อุณหภูมิอากาศภายนอก, อุณหภูมิน้ำและ กระจกของอุปกรณ์กลั่นน้ำ

3. ทฤษฎี

อุปกรณ์อุ่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลังงาน ความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยใช้วิธีการพาความร้อน ดังสมการ

$$Q = h_{cw} \cdot A(T_w - T_g) \quad (1)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_{cw} หาได้จากความสัมพันธ์กับ Nusselt number

$$Nu = \frac{h_{cw} \cdot d}{k} = C(Gr' \cdot Pr)^n \quad (2)$$

Dunkle ได้ทำการกำหนดค่า Grashof number สามารถคำนวณได้จาก

$$Gr' = \frac{\beta g d^3 \rho^2 \Delta T'}{\mu^2} \quad (3)$$

$$Pr = \frac{\mu \cdot Cp}{k} \quad (4)$$

ปริมาณน้ำกลั่นสามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{m}_{ew} = \frac{\dot{q}_{ew} \cdot A_w \cdot t}{h_{fg}} \quad (5)$$

การถ่ายเทความร้อนของการระเหยคำนวณได้จาก

$$\dot{q}_{ew} = h_{ew}(T_w - T_g) \quad (6)$$

$$h_{ew} = 0.016273 \cdot h_{cw} \cdot \left[\frac{P_w - P_g}{T_w - T_g} \right] \quad (7)$$

$$h_{ew} = 0.016273 \frac{k}{d} C (Gr' \cdot Pr)^n \cdot \left[\frac{P_w - P_g}{T_w - T_g} \right] \quad (8)$$

$$\dot{m}_{ew} = \frac{0.016273}{h_{fg}} \frac{k}{d} A_w \cdot t (P_w - P_g) \cdot C (Gr' \cdot Pr)^n \quad (9)$$

จัดรูปใหม่ได้

$$\frac{\dot{m}_{ew}}{R} = C (Gr' \cdot Pr)^n \quad (10)$$

โดยที่

$$R = \frac{0.01623}{h_{fg}} \frac{k}{d} A_w \cdot t (P_w - P_g) \quad (11)$$

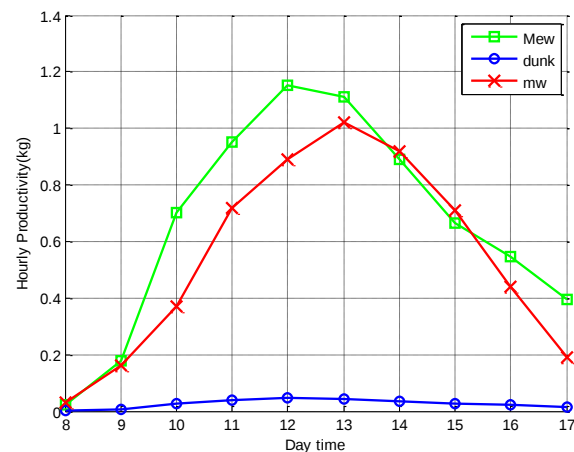
ค่า C และ n สามารถหาได้จากการถดถอยเชิงเส้นของกราฟลอการิทึม โดย

$$\ln \left[\frac{\dot{m}_{ew}}{R} \right] = \ln C + n \ln (Gr' \cdot Pr) \quad (12)$$

$$y = \ln \left[\frac{\dot{m}_{ew}}{R} \right], C = \ln C, \\ x = \ln (Gr' \cdot Pr)$$

4. ผลการทดลอง

นำข้อมูลที่นำมาทำการคำนวณโดยวิธีการของ Dunkle[25] และวิธีการที่คำนวณค่า C และ n ของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบชั้นบันได ซึ่งได้ค่า C เท่ากับ 1.38 และ n เท่ากับ 0.224 ได้ผลดังรูปที่ 6

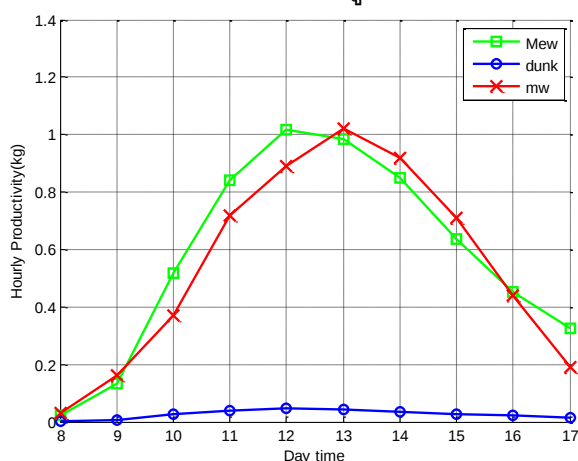


รูป 6 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำกลั่นจากที่วัดได้จริง(กากบาท) กับจากการคำนวณโดยวิธีการ Dunkle (วงกลม) และจากค่าคงที่ C และ n (สี่เหลี่ยม)

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าวิธีการของ Dunkle ไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำกลั่นได้อย่างเหมาะสมเพราะเป็นชุดสมการของอุปกรณ์กลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบแอ่งซึ่งมีค่า C และ n เท่ากับ 0.075 และ 0.33 ส่วนวิธีการของ Tiwari[26] การกำหนดค่า C และ n ของแบบชั้นบันไดธรรมดาที่เคยมีการทำได้แล้วก็ยังคงมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำกลั่นเท่ากับ 0.134 ลิตรต่อชั่วโมง จึงไม่สามารถใช้กับอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำได้อย่างแม่นยำ จึงต้องทำการคำนวณหาค่า C และ n ที่เหมาะสมใหม่จากการพล็อตกราฟลอการิทึม

จากการพล็อตกราฟลอการิทึมเพื่อหาค่า C และ n ใหม่ นั้น เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้นจึงได้ทำการแบ่งเป็น 4 ช่วง เพราะช่วงเช้าอุณหภูมิไม่สูงมาก ปริมาณน้ำที่กลั่นได้จึงน้อยมาก ช่วงสายถึงเที่ยง

อุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้นทำให้น้ำภายในอุปกรณ์เกิดการระเหยได้ปริมาณน้ำกลั่นมาก การคาดการณ์ช่วงนี้มีความคลาดเคลื่อนมากเพราะ น้ำที่ระเหยออกมาถึงจะมากแต่ก็ยังค้างอยู่ที่บริเวณกระจกมากเช่นกันยังไม่ไหลลงมาที่ใส่น้ำกลั่นด้านล่าง ช่วงบ่ายอุณหภูมิแวดล้อมและกระจกของอุปกรณ์กลั่นน้ำสูงขึ้นทำให้ปริมาตรน้ำที่กลั่นได้จากการคำนวณมีปริมาตรลดลง แต่จากปริมาตรที่บันทึกนั้นน้ำยังมีปริมาตรมากอยู่เนื่องจากน้ำที่กลั่นตัวจากช่วงเที่ยงที่บริเวณกระจกไหลลงมา ส่วนช่วงเย็นนั้นปริมาตรที่คาดการณ์ได้มีความคลาดเคลื่อนมากเนื่องจากอุณหภูมิกระจกและน้ำภายในอุปกรณ์กลั่นน้ำมีความแตกต่างกันมาก เพราะตอนเย็นนั้นกระจกได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยมากแล้วอุณหภูมิจึงต่ำลง ส่วนน้ำภายในอุปกรณ์ยังมีความร้อนอยู่เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนจำเพาะมากกว่าค่าที่คำนวณได้จึงมีค่ามากกว่าที่บันทึกได้จริง ซึ่งจะพล็อตกราฟที่แบ่งเป็นช่วงๆได้นั้นต้องมีการบันทึกข้อมูลที่ละเอียดพอสมควรในการทดลองนี้ทำการบันทึกค่าทุก 10 นาทีจึงมีข้อมูลมากพอในการพล็อตกราฟได้ เมื่อได้ค่า C และ n ใหม่ที่ 1.02, 1.22, 1.32, 1.14 และ 0.218, 0.221, 0.225, 0.22 มาทำการคำนวณคาดการณ์ปริมาตรน้ำกลั่นได้ดังรูปที่ 7



รูป 7 กราฟแสดงปริมาณน้ำกลั่นจากการกำหนดค่า C และ n ใหม่ (สีเหลี่ยม)

เมื่อใช้ค่า C และ n ใหม่จากการพล็อตกราฟมาใช้คำนวณคาดการณ์อุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันไดโดยมีอุปกรณ์อุ่นน้ำนั้นทำให้มีความแม่นยำมากขึ้นมากกว่าเดิม โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.077 ลิตรต่อชั่วโมง

5.สรุป

จากการทดลองบันทึกผลปริมาตรน้ำกลั่นของอุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าปริมาตรน้ำกลั่นที่ได้จากอุปกรณ์กลั่นน้ำแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำเท่ากับ 3.55 ลิตร เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำได้ปริมาตรน้ำกลั่นเท่ากับ 4.91 ลิตร ซึ่งเมื่อติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำทำให้ได้น้ำกลั่นเพิ่มขึ้น 1.36 ลิตร หรือเพิ่มขึ้น 38.3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมื่อติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำ ในเวลาที่น้ำไหลเข้าเครื่องกลั่นน้ำนั้นอุณหภูมิจะสูงกว่าอุณหภูมิน้ำปกติในช่วง 11 ถึง 14 นาฬิกา น้ำที่ออกจากอุปกรณ์อุ่นน้ำมีอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิปกติที่ไหลเข้าไปในอุปกรณ์กลั่นน้ำจะอยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส จึงทำให้กว่าน้ำจะอุณหภูมิสูงขึ้นจนระเหยใช้เวลา นานกว่าและได้ปริมาตรน้อยกว่า

จากการคำนวณปริมาตรน้ำกลั่นโดยวิธีการหาค่า C และ n ใหม่มีค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำกลั่นเมื่อเทียบกับผลการวัดจริงเท่ากับ 0.077 ลิตรต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 14.17 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความเชื่อมั่นที่ 96.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแม่นยำกว่าวิธีการของ Tiwari ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำกลั่นเมื่อเทียบกับการวัดจริงเท่ากับ 0.134 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีความแม่นยำขึ้น 42.54 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการปรับค่า C และ n ให้เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา

อุปกรณ์กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันไดที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นน้ำสามารถกลั่นน้ำเพื่อไว้ใช้บริโภคได้เพียงพอ 2 คนต่อพื้นที่กลั่นน้ำ 1 ตารางเมตร ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับพื้นที่แถบชนบทที่จะ

สามารถกลั่นน้ำไว้ใช้บริโภคเองได้ เนื่องจากอุปกรณ์
กลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสำหรับการแนะนำและคำปรึกษาของ
อ.เอกรินทร์ แสงธรรมรัตน์ และ อ.โชคชัย จุฑะโกสิทธิ
กานนท์ ขอขอบคุณการเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลองที่
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขต
ศาลายา

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

A	พื้นที่ (m^2)
C	ค่าคงที่
d	ขนาดของกระจกครอบ (m)
g	แรงโน้มถ่วง (m^2/s)
Gr	Grashof number
h_{cw}	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากน้ำสู่ กระจก ($W/m^2\text{ }^\circ C$)
h_{ew}	สัมประสิทธิ์การระเหยจากน้ำสู่กระจก ($W/m^2\text{ }^\circ C$)
h_{fg}	ความร้อนแฝงการกลายเป็นไอของน้ำ (J/kg)
k	การนำความร้อน ($W/m\text{ }^\circ C$)
m_{ew}	ปริมาตรน้ำกลั่น (kg)
n	ค่าคงที่
Nu	Nusselt number
P_g	ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิกระจก (N/m^2)
P_w	ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำ (N/m^2)
Pr	Prandtl number
q_{cw}	พลังงานการพาความร้อน (W/m^2)
q_{ew}	พลังงานการการระเหยเป็นไอ (W/m^2)
t	เวลา (s)
T_a	อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ($^\circ C$)
T_g	อุณหภูมิกระจก ($^\circ C$)
T_w	อุณหภูมิน้ำ ($^\circ C$)
T_{wd}	อุณหภูมิน้ำภายในอุปกรณ์กลั่นน้ำ

β	สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน
ρ	ความหนาแน่น
μ	ความหนืดของเหลว (Ns/m^2)
$\Delta T'$	ผลต่างอุณหภูมิยังผล ($^\circ C$)

ภาคผนวก

$$\Delta T' = (T_w - T_g) + (P_w - P_g)(T_w + 273)/(268.9 \cdot 10^3 - P_w)$$

$$P_w = \exp[25.317 - \frac{5144}{(T_w + 273)}]$$

$$P_g = \exp[25.317 - \frac{5144}{(T_g + 273)}]$$

$$\beta = \frac{1}{(T_i + 273)}$$

$$C_p = 999.2 + 0.1434 \cdot T_i + 1.101 \cdot 10^{-4} \cdot T_i^2 - 6.7581 \cdot 10^{-8} \cdot T_i^3$$

$$\rho = \frac{353.44}{(T_i + 273.15)}$$

$$k = 0.0244 + 0.7673 \cdot 10^{-4} \cdot T_i$$

$$\mu = 1.718 \cdot 10^{-5} + 4.62 \cdot 10^{-8} \cdot T_i$$

$$T_i = \frac{(T_w + T_g)}{2}$$

8.เอกสารอ้างอิง

[1] V. Velmurugan, M. Gopalakrishnan, R. Raghu, K. Srithar, Single basin solar still with fin for enhancing productivity, Energy Conversion and Management 49 Energy Conversion and Management 49 (2008) 2602–2608

- [2] M.T. Chaibi, An overview of solar desalination for domestic and agriculture water needs in remote arid areas *Desalination* 127 (2000) 119-133
- [3] Youssef, M. S., Kassem, Talal K., Al-Osaimy, A. S., and Hamed, A. M., Development of solar system for saline water desalination in KSA, *G. J. P&A Sc and Tech.*, 2011v01i2 (22-31)
- [4] G.N. Tiwari , H.N. Singh, Rajesh Tripathi, Present status of solar distillation *Solar Energy* 75 (2003) 367-373
- [5] BILAL A. AKASH, MOUSA S. MOHSEN, OMAR OSTA, and YASER ELAYAN, Experimental evaluation of a single-basin solar still using different absorbing materials, *Renewable Energy*, Vol. 14, Nos. 1-4, pp. 307-310, 1998
- [6] Abdul Jabbar N. Khalifa, On the effect of cover tilt angle of the simple solar still on its productivity in different seasons and latitudes, *Energy Conversion and Management* 52 (2011) 431-436
- [7] Rajesh Tripathi, G.N. Tiwari, Effect of water depth on internal heat and mass transfer for active solar distillation, *Desalination* 173 (2005) 187-200
- [8] M.K. Phadatare, S.K. Verma, Influence of water depth on internal heat and mass transfer in a plastic solar still, *Desalination* 217 (2007) 267-275
- [9] Soteris A. Kalogirou, Solar thermal collectors and applications, *Progress in Energy and Combustion Science* 30 (2004) 231-295
- [10] Jorge Facão and Armando C. Oliveira, Analysis of a Plate Heat Pipe Solar Collector, SET 2004 - International Conference on Sustainable Energy Technologies. Nottingham, UK, 28-30 June 2004
- [11] Weiqiang Kong, Zhifeng Wang, Jianhua Fan, Peder Bacher, Bengt Perers, Ziqian Chen, Simon Furbo, An improved dynamic test method for solar collectors, *Solar Energy* 86 (2012) 1838-1848
- [12] G.N. Tiwari, Vimal Dimri, Arvind Chel, Parametric study of an active and passive solar distillation system: Energy and exergy analysis, *Desalination* 242 (2009) 1-18
- [13] G. N. Tiwari, Vimal Dimri, Usha Singh, Arvind Chel and Bikash Sarkar, Comparative thermal performance evaluation of an active solar distillation system, *Int. J. Energy Res.* (2007)
- [14] John Ward, A plastic solar water purifier with high output, *Solar Energy* 75 (2003) 433-437
- [15] Naiem Akhtar, S.C. Mullick, Effect of absorption of solar radiation in glass-cover(s) on heat transfer coefficients in upward heat flow in single and double glazed flat-plate collectors, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55 (2012) 125-132
- [16] K.S. Reddy, N.D. Kaushika, Comparative study of transparent insulation materials cover systems for integrated-collector-storage solar water heaters, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 58 (1999) 431-446
- [17] Hu'seyin Benli, Aydın Durmus, Performance analysis of a latent heat storage system with phase change material for new designed solar collectors in greenhouse heating, *Solar Energy* 83 (2009) 2109-2119
- [18] Tiwari GN, Tiwari AK., (2008) Solar distillation practice for water desalination systems. ISBN-10: 1905740883

- [19] Velmurugan V, Srithar K., Solar stills integrated with a mini solar pond analytical simulation and experimental validation. Desalination 216 (2007) 232–241
- [20] Dunkle RV., Solar water distillation, the roof type solar still and a multi effect diffusion still, International developments in heat transfer. A.S.M.E.Proceedings of International Heat Transfer, part v, University of Colorado p. 895.(1961)
- [21] Kumar S, Tiwari GN., Estimation of convective mass transfer in solar distillation system. Solar Energy Vol. 57, No. 6, pp. 459-464,(1996)
- [22] N. Rahbar, J.A. Esfahani, Productivity estimation of a single-slope solar still Energy 49 (2013) 289-297
- [23] Tiwari GN, Vimal Dimri, Arvind Chel. Parametric study of an active and passive solar distillation system: energy and exergy analysis. Desalination 242 (2009) 1–18
- [24] Farshad Farshchi Tabrizi, Mohammad Dashtban, Hamid Moghaddam, Kiyanoosh Razzaghi, Effect of water flow rate on internal heat and mass transfer and daily productivity of a weir-type cascade solar still, Desalination 260 (2010) 239–247
- [25] S. Aggarwal, G.N. Tiwari, Convective mass transfer in a double-condensing chamber and a conventional solar still, Desalination 115 (1998) 181–188.
- [26] S. Kumar, G.N. Tiwari, Estimation of convective mass transfer in solar distillation systems, Solar Energy 57 (1985) 459–464.