



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

ความถ่วงจำเพาะและขนาดของลูกบอลลอยน้ำที่ประสิทธิภาพสูงต่อการลดการระเหยจากผิวน้ำเปิด

Specific gravity and diameters of floating balls affect high efficiency of evaporation suppression from free water surface

สัตยา จันทรทัต¹ ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร^{1*} เซาว์น หิรัญเตียะกุล¹ หฤทัย มาศไค้ง^{1,2}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

² สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Sattaya Junta¹ Chatchai Jothityangkoon^{1*} Chow Hirunteeyakul¹ Haruetai Maskong^{1,2}

¹ School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology ISAN, Nakhon Ratchasima 30000.

* Corresponding author.

E-mail: cjothit@sut.ac.th; Telephone: 044-224-426

วันที่รับบทความ 2 พฤศจิกายน 2564 ; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 10 ธันวาคม 2564 ; วันที่ตอบรับบทความ 15 ธันวาคม 2564

บทคัดย่อ

การลดอัตราการระเหยจากอ่างเก็บน้ำโดยใช้วัสดุลอยน้ำ เช่น ลูกบอลพลาสติกลอยน้ำ เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากขึ้น เพื่อลดอัตราการสูญเสียน้ำจากการระเหยจากผิวน้ำเปิดของอ่างเก็บน้ำหรือสระเก็บน้ำ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือการทดลองในสนามเพื่อหาประสิทธิภาพหรือ ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของลูกบอล และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอลลอยน้ำที่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการระเหยได้มากที่สุด การทดลองดำเนินการที่ หน่วยผลิตน้ำประปา ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยใช้อ่างพลาสติกจำนวน 4 อ่าง ซึ่งประกอบด้วยอ่างควบคุม 1 อ่างและอ่างทดลอง 3 อ่าง โดยควบคุมปัจจัยภายนอกให้เหมือนกัน การทดลองชุดที่ 1 ที่ขนาดลูกบอลเท่ากันที่ 7.5 เซนติเมตร พบว่าลูกบอลที่มีระยะการจมร้อยละ 30 หรือ ถ.พ. เท่ากับ 0.0203 มีประสิทธิภาพลดอัตราการระเหยสูงสุดที่ ร้อยละ 67 (เปรียบเทียบระหว่าง ร้อยละ 15 30 และ 50) การทดลองชุดที่ 2 ที่ขนาดลูกบอลเท่ากันที่ 7.5 เซนติเมตร พบว่าลูกบอลที่มีระยะการจมร้อยละ 35 หรือ ถ.พ. เท่ากับ 0.0260 มีประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยสูงสุดที่ ร้อยละ 67 (เปรียบเทียบระหว่าง ร้อยละ 25 35 และ 40) เมื่อนำผลการทดลองทั้งสองชุดมารวมกันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดการระเหยสูงสุด พบว่าลูกบอลที่มีระยะการจมที่ร้อยละ 35 มีประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยสูงสุด หลังจากนั้นได้ทำการทดลองชุดที่ 3 เพื่อศึกษาขนาดของลูกบอลที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการลดการระเหย ได้ควบคุมระยะการจมที่ร้อยละ 35 โดยใช้ลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 12.5 และ 17.5 เซนติเมตร พบว่าลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยสูงสุดที่ ร้อยละ 55 ผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในผลิตลูกบอลที่มีขนาดและค่าถ.พ. ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ลดการระเหยอย่างมีประสิทธิภาพ ในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ต่อไป

คำสำคัญ

การสูญเสียจากการระเหย ลูกบอลพลาสติก ประสิทธิภาพการควบคุมอัตราการระเหย ความลึกการจม การลดอัตราการระเหย

Abstract

Using floating materials such as plastic floating balls to control evaporation suppression is more popular for evaporation loss reduction from free water surface of a pond and reservoir. The objectives of this study is to conduct a small scale field experiments to identify appropriate submerged depth or specific gravity and diameter of the floating balls that provides the highest efficiency of evaporation suppression. The field experiment is carried out at Water Supply Unit, Building and Ground Division, Suranaree University of Technology (SUT). Four small open plastic tanks are used consist of 1 control tank and 3 experimental tanks. These tanks are located in the same place and controlled by the same climatic condition. The first experiment uses equal ball diameter 7.5 cm. the highest efficiency is 67 % occurring at submerged depth 30% (compared between 15 30 and 50%) of ball diameter and specific gravity is 0.0203. The second experiment use equal ball diameter 7.5 cm., the highest efficiency is 67 % occurring at submerged depth 35% (compared between 25 35 and 40%) of ball diameter and specific gravity is 0.0260. Combined results from both experiment show that submerged depth 35% provides the highest efficiency. The third experiment use equal submerged depth at 35 % compare between diameters 7.5 12.5 and 17.5 cm. The floating ball with diameter 7.5 cm provide the highest efficiency 55 %. This field experiment results can be applied to product floating balls with appropriate diameter and weight to provide high efficient of evaporation suppression in a real large reservoir.

Keywords

evaporation loss; plastic balls; efficiency of evaporation suppression; submerged depth; evaporation reduction

1. บทนำ

การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยจากสระเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ มีผลต่อน้ำต้นทุนในการนำไปใช้เพื่อการชลประทานทางการเกษตรและการประปา โดยเฉพาะการเกษตรในฤดูแล้งและการประปาอย่างเพียงพอตลอดทั้งปี ที่ต้องเก็บน้ำผิวดินในฤดูฝน เพื่อนำไปใช้ในฤดูแล้ง ให้เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นหากสามารถลดอัตราการสูญเสียในสระเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ จากการระเหยได้ จะมีปริมาณน้ำมากขึ้นต่อการใช้ประโยชน์ในฤดูแล้ง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการระเหยจากผิวน้ำเปิดคือ พื้นที่ผิวน้ำที่ได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และอากาศเหนือผิวน้ำ การพัดพาไอน้ำออกจากพื้นที่ผิวน้ำจากอิทธิพลของลม หากมีปริมาณน้ำให้ไม่จำกัดการระเหยจะเป็นอัตราการระเหยตามศักยภาพ (Potential Evaporation) ดังนั้นตัวแปรภูมิอากาศที่มีผลต่อการระเหยที่สำคัญคือ การได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างผิวน้ำและอากาศเหนือผิวน้ำ ความเร็วลมเหนือผิวน้ำ เป็นต้น การประมาณค่าอัตราการระเหยจากตัวแปรเหล่านี้สามารถทำได้ตามหลักสมดุลพลังงาน และสมดุลของน้ำ

วิธีควบคุมอัตราการระเหยจึงเป็นการปิดกั้นผิวน้ำมิให้โดยแสงแดด และโดยลมพัดผ่านพาไอน้ำออกไป ด้วยวัสดุปกคลุมต่างๆ เช่น ฟิล์มบางเคลือบผิวน้ำ การใช้วัสดุปลูกคลุมผิวน้ำ หรือการใช้วัสดุลอยน้ำบังแสงจากดวงอาทิตย์และบังลมที่พัดผ่านผิวน้ำ

ผลการทดลองการใช้ฟิล์มบาง (Monolayer) เพื่อป้องกันการสูญเสียจากการระเหย ครอบคลุมไปถึงการทดสอบแรงลมที่กระทำต่อฟิล์มเพื่อประเมินการใช้งานของฟิล์ม การแพร่กระจายบนผิวน้ำ และการควบคุมการระเหย จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า ฟิล์ม Stearyl alcohol เป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดการระเหย [1]

การใช้ฟิล์มบางอีกประเภทหนึ่งคือ Fatty alcohol emulsion เพื่อใช้ในการลดการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ ในช่วงฤดูร้อน การทดสอบแบ่งเป็นสามภาคคือ ภาคที่ 1 ไม่ใส่สาร ภาคที่ 2 ใส่ 100 กรัม ต่อ 1000 ตารางเมตรต่อวัน และภาคที่ 3 ใส่ 200 กรัม ต่อ 1000 ตารางเมตรต่อวัน ผลการศึกษาพบว่าภาคที่ 2 และ 3 สามารถลดการระเหยได้ถึงร้อยละ 47.2 และ 50.5 ตามลำดับเมื่อเทียบกับภาคที่ 1 จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า Fatty alcohol emulsion ความเข้มข้น 200 กรัม ต่อ 1000 ตารางเมตรต่อวัน สามารถลดการระเหยได้สูงสุด [2]

การศึกษาการลดการระเหยโดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธี Suspended cover และ วิธี Floating sheet cover วิธี Suspended cover ช่วยปิดกั้นรังสีจากดวงอาทิตย์ไม่ให้เข้าถึงผิวน้ำ ลดพลังงานความร้อนลงไปในผิวน้ำ และยังคงไอน้ำที่ผิวของน้ำได้อีกด้วย วิธี Floating sheet cover วิธีนี้แผ่นปกคลุมทำหน้าที่เป็นอุปสรรคทางกายภาพตามทางเดินของไอน้ำสามารถทนลมพัด ประสิทธิภาพการลดการระเหยขึ้นอยู่กับ การออกแบบโมดูลและช่องว่างระหว่างโมดูล การศึกษาพบว่า ทั้งสองวิธีที่ใช้ในการลดการระเหยสามารถช่วยลดการระเหยได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลของทั้งสองวิธีพบว่า แบบ Floating cover ช่วยลดการระเหยได้มากกว่า และมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน้อยกว่า [3]

การใช้ธาตุวัดการระเหยที่ปกคลุมด้วยวัสดุที่ต่างกัน ได้แก่ ตาข่ายโพลีเอททิลีนมีสี และตาข่ายอลูมิเนียม และเทียบกับ ภาชนะที่ไม่มีอะไรปกคลุม ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ตาข่ายโพลีเอททิลีน สามารถช่วยลดการระเหยได้ดีกว่า มีการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการปกคลุมผิว และส่งผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ เมื่อใช้ภาชนะควบคุมการระเหย ภาชนะที่ปกคลุมด้วยวัสดุที่ต่างกัน ได้แก่ โพลีเอททิลีน และอลูมิเนียม และภาชนะที่ไม่มีปกคลุม การทดสอบดำเนินการภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ในฤดูร้อน ซึ่งจากการทดลองได้ผลคือ ลักษณะทางพลศาสตร์และการคลุมมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำและกระบวนการควบแน่น ภาชนะที่มีการปกคลุมทำให้อัตราการระเหยลดลงได้ตั้งแต่ร้อยละ 50 สำหรับอลูมิเนียม ไปจนกระทั่งร้อยละ 80 สำหรับโพลีเอททิลีนสีต่างๆ การควบแน่นเหนือตาข่ายโพลีเอททิลีนสีดำสามารถลดการสูญเสียจากการระเหยได้ถึงร้อยละ 15-20 ทางเลือกในการเลือกวัสดุปกคลุมผิวควรพิจารณาเรื่องความร้อนและคุณสมบัติทางแสง รวมไปถึงความสามารถในการเพิ่มความควบแน่น [4]

การทดลองใช้วัสดุลอยน้ำที่ทำจากวัสดุรีไซเคิล เพื่อลดอัตราการระเหยและลดต้นทุนของวัสดุลอยน้ำ พบว่าสามารถลดอัตราการระเหยได้ร้อยละ 43 ในพื้นที่ชายฝั่งทะเล และ ร้อยละ 37 ในพื้นที่กึ่งแห้งแล้งของประเทศออสเตรเลีย [5] การทดลองใช้ลูกบอลทรงกลมถ่วงน้ำหนัก (Counter weighted spheres) ปกคลุมผิวน้ำ สามารถลดการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการเกษตร ได้ ร้อยละ 70.6 [6] การทดลองใช้วัสดุลอยน้ำทรงกลมประเภท Parasol-type ทดลอง

ในห้องปฏิบัติการพบว่าสามารถลดอัตราการระเหยได้ร้อยละ 50 [7] ผลการทดลองใช้ลูกบอลลอยน้ำเพื่อลดอัตราการระเหยในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ลูกบอลที่ความหนาแน่นต่างกัน ทำให้เกิดระยะการจมของลูกบอลต่างกัน วัสดุที่ใช้เป็นลูกบอลโพลีเอสเตอร์สีขาวและสีดำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 90 กรัม และ 127 กรัม การทดลองพบว่า ลูกบอลสีขาวมีประสิทธิภาพในการลดการระเหยได้มากกว่า ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นทำให้ลูกบอลจมน้ำมากกว่าครึ่งลูก พื้นที่ปกคลุมและประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยกลับลดลง [8]

การผลิตลูกบอลพลาสติกลอยน้ำจำนวนมาก เพื่อนำมาใช้ปกคลุมผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำมีตัวอย่างในพื้นที่จริง เช่น การใช้ลูกบอลพลาสติกสีดำหรือที่เรียกกันว่า Shade Balls ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ทำจากโพลีเอทิลีน จำนวนกว่า 96 ล้านลูก นำไปใช้เพื่อการลดการระเหยของอ่างเก็บน้ำประปาของเมืองลอสแอนเจลิส ประเทศสหรัฐอเมริกาว่า ซึ่งประเมินว่าสามารถลดการระเหยของน้ำได้ถึง 3 ล้านแกลลอนต่อปี [9]

การศึกษาประมาณการสูญเสียจากการระเหยของอ่างเก็บน้ำขนาดกลางกลางและขนาดเล็ก เช่น อ่างเก็บน้ำทับเสลา ป่าสักชลสิทธิ์ หนองปลาไหล กวออุดมธรา และ ยางชุม โดยใช้ข้อมูลจากธาตุวัดการระเหยร่วมกับวิธีประมาณค่า 4 วิธี คือ วิธีบิน้ำ วิธีเอมไพริกัล วิธีเคลื่อนย้ายมวล และวิธีผสมผสาน ผลการศึกษาพบว่า มีการสูญเสียจากการระเหยอยู่ระหว่าง 2.85-3.70 มิลลิเมตร/วัน หรือร้อยละ 3.31-21.01 ของปริมาณกักเก็บใช้การของอ่างเก็บน้ำ [10] การทดลองลดอัตราการระเหยในบ่อซีเมนต์ โดยใช้ลูกบอลพลาสติก ขวดพลาสติก เหลือใช้ และใช้แทนปกคลุมผิวน้ำ ผลการทดลองพบว่า การใช้ขวดพลาสติกเหลือใช้ ลดอัตราการระเหยได้สูงสุดร้อยละ 64 หรือ 3.25 มิลลิเมตร/วัน รองลงมาเป็นลูกบอลพลาสติก ร้อยละ 55 และ การใช้แทน ร้อยละ 18 แต่การใช้ลูกบอลปกคลุมมีต้นทุนสูงสุด และแทนไม่มีค่าต้นทุนวัสดุ [11]

อย่างไรก็ตามยังไม่มีผลการศึกษาที่ชัดเจนที่ทดสอบว่าต้องใช้ลูกบอลที่มีระยะการจม หรือความถ่วงจำเพาะเท่าใดถึงสามารถลดการระเหยได้ดีที่สุด วัตถุประสงค์ของงานศึกษาทดลองนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาหาระยะจมหรือความถ่วงจำเพาะของลูกบอล และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอลที่ทำให้มีประสิทธิภาพการลดการระเหย จากผิวน้ำเปิดมากที่สุด

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้

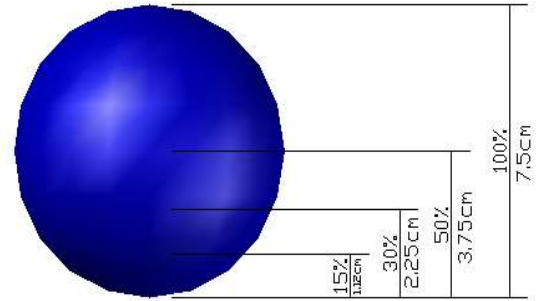
จากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ จากวารสารทางวิชาการ จึงได้เลือกใช้วัสดุเป็นลูกบอลพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) เนื่องจากสะดวกต่อการใช้งาน อายุการใช้งานที่ยาวนาน ไม่ทำให้น้ำเสีย สามารถจัดเก็บได้ง่ายเมื่อไม่ใช้งาน และยังหาได้ง่ายในท้องถิ่น [12] ลูกบอลพลาสติกที่เลือกใช้มีสีน้ำเงิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร เพราะหาซื้อได้ง่าย ในจำนวนที่มากเพียงพอว่าขนาดและสีอื่น ๆ จากร้านขายของเล่น ในจังหวัดนครราชสีมา

2.2 ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ ทำโดยนำลูกบอลพลาสติกไปลอยน้ำ (รูปที่ 1) ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่า ลูกบอลพลาสติกนั้น มีความลึกส่วนที่จมน้ำ 1.12 เซนติเมตร คิดเป็นการจมน้ำร้อยละ 15 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง นับจากส่วนที่จมน้ำจึงคำนวณต่อหากต้องการการจมน้ำร้อยละ 20 25 35 40 45 และ 50 ลูกบอลจะต้องจมที่ความลึกเท่าไรของเส้นผ่านศูนย์กลาง (รูปที่ 2) ลองเติมน้ำที่ละ 1 ซีซี เพื่อดูว่าต้องใช้ น้ำปริมาตรเท่าไรจึงจะทำให้บอลจมได้ตามร้อยละ ที่คำนวณไว้ ผลที่ได้จากการทดสอบดังตารางที่ 1 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะจมและปริมาณน้ำที่เติมลงในลูกบอล ในรูปที่ 3 จากนั้นทำการทดสอบหาความหนาแน่นของลูกบอลที่การจมน้ำต่าง ๆ โดยการชั่งน้ำหนักของลูกบอล จากนั้นนำลูกบอลไปแทนที่น้ำเพื่อหาปริมาตร แล้วทำการคำนวณหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ ผลที่ได้ดังตารางที่ 2 นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะจมและความถ่วงจำเพาะของลูกบอล ในรูปที่ 4



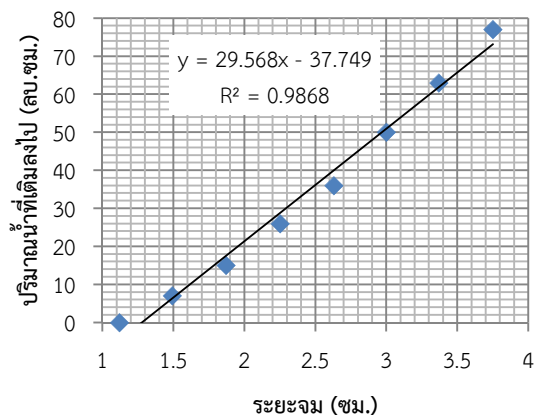
รูปที่ 1 ลักษณะของลูกบอลพลาสติกและการลอยน้ำก่อนปรับเพิ่มความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 2 ระยะการจมของลูกบอลเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอล

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เติมในลูกบอลกับระยะการจมและร้อยละการจมของลูกบอลพลาสติก

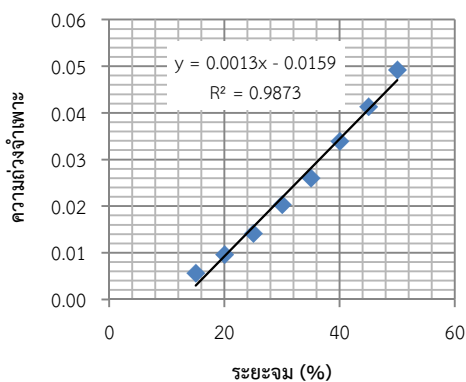
การจม (%)	ระยะจม (cm)	ปริมาณน้ำที่เติม (cc)
15	1.12	0
20	1.49	7
25	1.87	15
30	2.25	26
35	2.63	36
40	3.00	50
45	3.37	63
50	3.75	77



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการจมกับปริมาณน้ำที่เติมลงไป

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของลูกบอลที่ร้อยละการจมน้ำต่างๆ

การจมน้ำ (%)	ความหนาแน่น(kg/m ³)	ความถ่วงจำเพาะ
15	5.63	0.0056
20	9.59	0.0096
25	14.12	0.0141
30	20.35	0.0203
35	26.01	0.0260
40	33.94	0.0339
45	41.30	0.0413
50	49.22	0.0492



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจมน้ำกับความถ่วงจำเพาะของลูกบอล

2.3 การออกแบบการทดลอง

สถานที่ทดลอง ใช้พื้นที่เปิด ในหน่วยผลิตน้ำประปา ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (14.899851N, 102.009102E, 183 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล) การทดลองใช้อ่างพลาสติก 4 อ่างที่เหมือนกัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร สูง 0.45 เมตร ระยะห่างระหว่างอ่างทดลอง 1.2 เมตร (รูปที่ 5) แต่ละอ่างจะมีตาข่ายคลุมเพื่อป้องกันลมที่จะทำให้ลูกบอลปลิว

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของลูกบอลลอยน้ำและวัตถุประสงค์การทดลอง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด แต่ละชุดจะใช้อ่างทดลอง 4 อ่าง ประกอบด้วย อ่างควบคุม 1 อ่าง และอ่างทดลอง 3 อ่าง ได้แก่

ชุดที่ 1 ใช้ลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน ที่ 7.5 เซนติเมตร มีระดับการจมน้ำต่างกัน ลูกบอลมีระยะการจมน้ำร้อยละ

15 30 และ 50 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง ช่วงเวลาการทดลองวันที่ 14 ธันวาคม 2560 ถึงวันที่ 28 มีนาคม 2561

ชุดที่ 2 ใช้ลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน ที่ 7.5 เซนติเมตร มีระดับการจมน้ำต่างกัน ลูกบอลมีระยะการจมน้ำร้อยละ 25 35 และ 40 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง ช่วงเวลาการทดลองวันที่ 3 เมษายน 2561 ถึงวันที่ 6 ธันวาคม 2561

ชุดที่ 3 ใช้ลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน คือ 7.5 12.5 และ 17.5 เซนติเมตร โดยใช้ระยะการจมน้ำที่เหมาะสมที่สุดเหมือนกัน เป็นผลสรุปจากการทดลองชุดที่ 1 และ 2 ช่วงเวลาการทดลอง วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 11 เมษายน 2562



รูปที่ 5 ตำแหน่งและลักษณะการติดตั้งอ่างทดสอบ

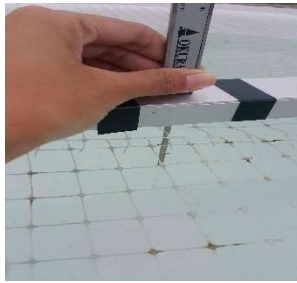
2.4 ขั้นตอนการบันทึกผลการทดลอง

การวัดค่าการระเหย โดยปกติใช้วัดในช่วง 24 ชั่วโมงคือทำการบันทึกผล ในเวลา 8.00 น.ของทุกวัน การวัดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (รูปที่ 6) เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ให้ความละเอียดสูงถึง 0.01 มิลลิเมตร ซึ่งขั้นตอนการวัดระดับน้ำเป็นดังนี้

1. วางคานพาดบนขอบอ่างให้ตรงจุดที่ทำเครื่องหมายไว้ วางเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ไว้บนคานโดยให้ก้านวัดความลึกลงไปในรูที่เจาะไว้ ค่อยๆรูดให้ก้านของเวอร์เนียร์แตะผิวน้ำ แล้วทำการจดค่าที่ได้

2. ภายหลัง 24 ชม. คือ เวลา 08.00 น. ของวันรุ่งขึ้น ระดับน้ำจะลดลง ให้ทำการทดลองเหมือนข้อ 1 จดบันทึกค่าไว้ ผลต่างที่ได้จากการอ่านค่าครั้งแรกและครั้งที่หลังคือ ค่าของ

การระเหยของน้ำ แล้วจึงเติมน้ำในอ่างพลาสติก ให้มีระดับเต็มเหมือนเดิม



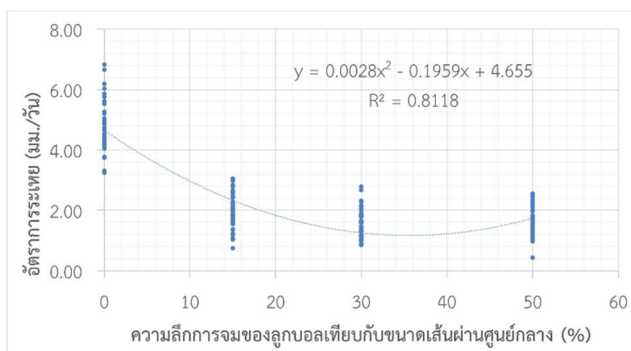
รูปที่ 6 การวัดความลึกของน้ำที่ลดลงโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์

2.5 ข้อมูลภูมิอากาศ

ในการทดลองได้มีการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศบริเวณที่ทำการทดลองโดยใช้สถานีตรวจวัดอากาศ ซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์ต่าง ๆ ที่จะใช้วัดความชื้นในอากาศ วัดปริมาณฝน วัดความเข้มแสง วัดอุณหภูมิ และ วัดขนาดและทิศทางลม เพื่อที่จะนำข้อมูลสภาพอากาศมาวิเคราะห์ร่วมกับผลการทดลองที่ได้ต่อไป และส่วนข้อมูลที่ไม่สามารถวัดได้เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาใกล้เคียง เช่น อัตราการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เป็นต้น

3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองชุดที่ 1 ได้ผลดังรูปที่ 7 และสรุปผลดังตารางที่ 3



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการจมของลูกบอลกับอัตราการระเหย ของการทดลองชุดที่ 1

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยของการทดลองชุดที่ 1

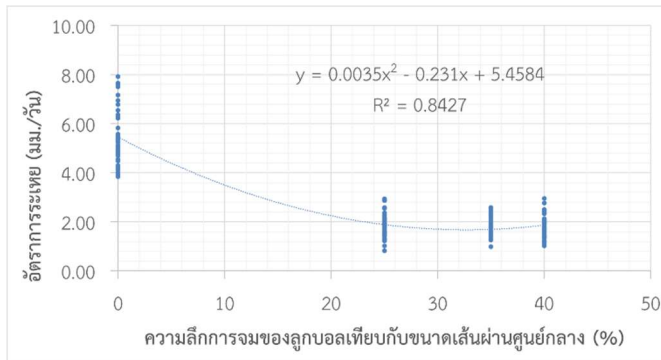
อัตราการระเหย (มิลลิเมตร/วัน)	การจม (%)			อ่าง ควบคุม
	15	30	50	
ค่าเฉลี่ย	2.00	1.56	1.68	4.74
ค่าการระเหยที่ลดลง	2.73	3.17	3.05	-
ประสิทธิภาพการลดการ ระเหย (%)	57.81	67.09	64.56	-

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการจมของลูกบอลเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับอัตราการระเหยรายวันที่วัดได้ ของการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งมีค่ากระจายแตกต่างกันในแต่ละวันตามสภาวะภูมิอากาศ ของแต่ละวัน ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยรายวัน จากการวัด เปรียบเทียบที่ระยะการจมของลูกบอลที่ร้อยละ 15 30 และ 50 และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยจากอ่างควบคุม คือไม่มีลูกบอล สามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหย (ε) ได้ตามสูตร

$$\varepsilon = [1 - E/E_o] \times 100 \quad (1)$$

โดย E คือ อัตราการระเหยที่มีลูกบอลปกคลุมผิวน้ำ (หน่วย: มิลลิเมตร/วัน) E_o คืออัตราการระเหยจากผิวน้ำเปิดที่ไม่มีอะไรปกคลุม (หน่วย: มิลลิเมตร/วัน)

ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการจมของลูกบอลเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับอัตราการระเหยรายวันที่วัดได้ ของการทดลองชุดที่ 2 แสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งมีค่ากระจายคล้ายคลึงกับการทดลองชุดที่ 1 ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยรายวัน จากการวัด เปรียบเทียบที่ระยะการจมของลูกบอลที่ร้อยละ 25 35 และ 40 และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยจากอ่างควบคุม คือไม่มีลูกบอล เมื่อนำชุดข้อมูลผลการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มารวมกัน ดังรูปที่ 9 พบว่าลูกบอลที่มีระยะการจมที่ร้อยละ 35 มีประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยสูงสุด

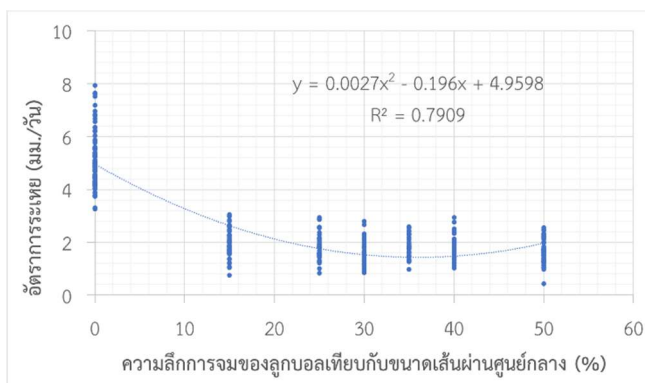


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการรวมของลูกบอลกับอัตราการระเหย ของการทดลองชุดที่ 2

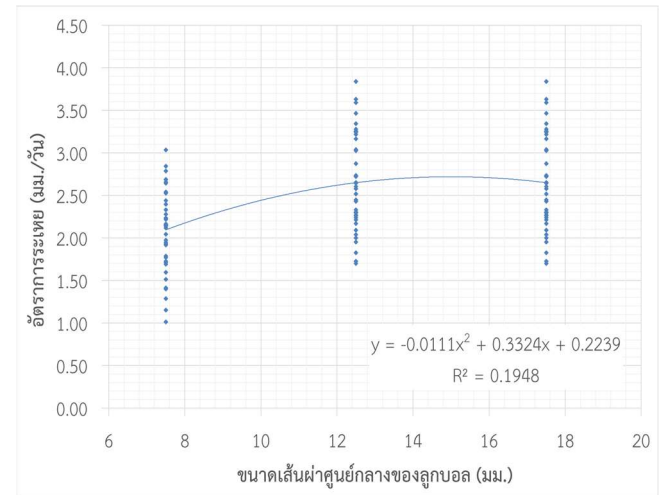
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยของการทดลองชุดที่ 2

อัตราการระเหย (มิลลิเมตร/วัน)	การรวม (%)			อ้างอิง ควบคุม
	25	35	40	
ค่าเฉลี่ย	1.84	1.80	1.81	5.46
ค่าการระเหยที่ลดลง	3.62	3.66	3.65	-
ประสิทธิภาพการลดการ ระเหย (%)	66.30	67.03	66.85	-

รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับอัตราการระเหยรายวันที่วัดได้ โดยมีระยะการรวมของลูกบอลคงที่เท่ากับร้อยละ 35 เป็นการทดลองชุดที่ 3 ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยรายวัน จากการวัดเปรียบเทียบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอล 7.5 12.5 และ 17.5 เซนติเมตร และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยจากอ้างอิงควบคุม คือไม่มีลูกบอล และแสดงค่าประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยระหว่างลูกบอลแต่ละขนาด



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการรวมของลูกบอลกับอัตราการระเหย ของการรวมผลการทดลองชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอล กับอัตราการระเหย ของการทดลองชุดที่ 3

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยของการทดลองชุดที่ 3

อัตราการระเหย (มิลลิเมตร/วัน)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			อ้างอิง ควบคุม
	7.5	12.5	17.5	
ค่าเฉลี่ย	2.09	2.65	3.00	5.63
ค่าการระเหยที่ลดลง	3.54	2.98	2.63	-
ประสิทธิภาพการลดการ ระเหย (%)	54.94	53.00	46.79	-

4. อภิปรายผลการทดลอง

ผลการทดลองในชุดที่ 1 แสดงให้เห็นว่าอ้างอิงที่มีลูกบอลที่มีระยะรวมร้อยละ 30 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอล นั้นมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการระเหยมากที่สุด สามารถลดการระเหยไปได้ถึงร้อยละ 67.09 เมื่อเทียบกับอ้างอิงควบคุม

เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองในชุดที่ 1 พบว่าที่ระยะการรวมในช่วงร้อยละ 30 - 50 นั้นมีแนวโน้มที่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการระเหยได้ดี จึงนำไปสู่การทดลองในชุดที่ 2 ที่จะใช้ลูกบอลที่มีระยะการรวมร้อยละ 25 35 และ 40 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอล เพื่อหาการระยะการรวมที่ดีที่สุดที่จะสามารถให้ประสิทธิภาพการลดการระเหยได้มากที่สุด

ผลการทดลองในชุดที่ 2 แสดงให้เห็นได้ว่าอ้างอิงที่มีลูกบอลที่มีระยะการรวมร้อยละ 35 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง มี

ประสิทธิภาพในการลดอัตราการระเหยได้มากที่สุด สามารถลดการระเหยไปได้ถึงร้อยละ 67.03 เมื่อเทียบกับอ่างควบคุม

ผลการทดลองในชุดที่ 3 แสดงให้เห็นได้ว่า ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอลที่ต่างกัน คือ 7.5 12.5 และ 17.5 เซนติเมตร แต่มีระยะการจมเท่ากันที่ร้อยละ 35 อ่างที่มีลูกบอลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพในการลดอัตราการระเหยได้มากที่สุด สามารถลดการระเหยไปได้ถึงร้อยละ 54.94 เมื่อเทียบกับอ่างควบคุม

ด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์ จำนวนลูกบอลและอ่างทดสอบ ทำให้การทดลองทั้ง 3 ชุด ดำเนินการในช่วงเวลาที่ต่างกัน ทำให้ผลการทดลองอาจเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองไม่ได้ ดูได้จากการทดลองชุดที่ 2 และ 3 มีค่าอัตราการระเหยเฉลี่ยจากอ่างควบคุมสูงกว่าการทดลองชุดที่ 1 เพราะช่วงเวลาการทดลอง เป็นช่วงเวลาฤดูร้อนที่อัตราการระเหยสูงกว่า อย่างไรก็ตามยังสามารถเปรียบเทียบในเชิงสัมพัทธ์ระหว่างผลการทดลองชุดเดียวกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศเหมือนกัน

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยใช้อ่างพลาสติกทดสอบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่าเดิม อาจมีผลในเชิงขอบเขต (Boundary effect) ที่ลมและแสงแดดสามารถเข้าถึงได้มากกว่าอ่างทดสอบที่มีลูกบอลขนาดเล็กกว่า ทำให้เกิดการระเหยที่สูงกว่า หรือทำให้ประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยลดลง ดังนั้นการใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอลที่มากขึ้น ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของอ่างพลาสติกควรมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นสัดส่วนเท่าไร เป็นประเด็นที่ต้องศึกษาต่อไป เพื่อจำลองประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยให้เหมือนสภาพจริงของอ่างเก็บน้ำให้มากที่สุด

5. สรุปผลการศึกษา

การทดลองลดอัตราการระเหยจากผิวน้ำเปิดในสนาม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ชุดที่ 1 ใช้ขนาดลูกบอลเส้นผ่าศูนย์กลางคงที่ที่ 7.5 เซนติเมตร เปรียบเทียบระยะการจมที่ร้อยละ 15 30 และ 50 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอล ชุดที่ 2 ใช้ขนาดลูกบอลเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันที่ 7.5 เซนติเมตร คงที่ เปรียบเทียบระยะการจมที่ร้อยละ 25 35 และ 40 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอล และ ชุดที่ 3 เพื่อศึกษาขนาดของลูกบอลที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการลดการระเหย

โดยใช้ลูกบอลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 12.5 และ 17.5 เซนติเมตร ใช้ระยะการจมที่ลดอัตราการระเหยได้มากที่สุด จากผลการทดลองชุดที่ 2

ระยะการจมที่ให้ประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยมากที่สุดคือ ร้อยละ 35 หรือความถ่วงจำเพาะของลูกบอล 0.026 ให้ค่าประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยสูงสุดร้อยละ 67.03 ลูกบอลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ให้ค่าประสิทธิภาพการลดอัตราการระเหยสูงสุดที่ร้อยละ 54.94

การทดลองในสนามที่จะทำให้ได้อัตราการระเหยและการลดอัตราการระเหยจากอ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดเล็ก มีผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น ควรมีการวัดอัตราการระเหยในอ่างเก็บน้ำโดยใช้ถาดลอยน้ำ เช่น US Geological Survey Floating Pan เพื่อจำลองลักษณะของสภาพแวดล้อมของอ่างเก็บน้ำได้เสมือนจริง ผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในผลิตลูกบอลที่มีขนาดและค่า ถ.พ. ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ลดการระเหยอย่างมีประสิทธิภาพ ในอ่างเก็บน้ำขนาดต่าง ๆ ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หัวหน้างานและเจ้าหน้าที่ หน่วยผลิตน้ำประปา ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทส. ที่ช่วยเคลื่อนย้ายติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง และสถานีวิจัยจากอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Prime E, Leung A, Tran D, Gill H, Solomon D, Qiao G, et.al. *New technology to reduce evaporation from large water storage*. Australian Government National Water Commission; 2012.
- [2] Al-Saud MI. Reduction of evaporation from water surfaces- preliminary assessment for Riyadh Region, Kingdom of Saudi Arabia. *Research Journal of Soil and Water Management*. 2010; 1, 5-9.
- [3] Yao X, Zhang H, Lemckert C, Brook A, Schouten P. Evaporation reduction by suspended and floating covers: Overview, modelling and

- efficiency. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No.28; 2010.
- [4] Alvarez VM, Baille A, Martínez, JMM, González-Real, MM. Efficiency of shading materials in reducing evaporation from free water surfaces. *Agricultural water Management*. 2006; 84(3), 229-239.
- [5] Hassan MM, Peirson WL, Neyland BM, Fiddis, NM. Evaporation mitigation using floating modular devices. *Journal of Hydrology*. 2015; 530: 742-750.
- [6] Han KW, Shi KB, Yan XJ. Evaporation loss and energy balance of agricultural reservoirs covered with counterweighted spheres in arid region. *Agricultural Water Management*. 2020; 238: 106227.
- [7] Segal L, Burstein L. Retardation of water evaporation by a protective float. *Water Resour Manage*. 2010; 24: 129–137, DOI 10.1007/s11269-009-9440-3.
- [8] Rezazadeh A, Akbarzadeh P, Aminzadeh M. The effect of floating balls density on evaporation suppression of water reservoirs in the presence of surface flows. *Journal of Hydrology*. 2020; 591: 125323.
- [9] Pirrotta DC. Are “Shade Balls” shady science in our world: certainty and controversy (SC200), 2016. Available from <http://sites.psu.edu/siowfa16/2016/09/04/are-shade-balls-shady/>.
- [10] อารียา ฤทธิมา, กิตติพัฒน์ สาสีกิจ, กฤตยา สมานวงศ์รักษ์, พรรณทิพา ศรีธรรมมา, อธิธิพล ชีรนรวิชย์. การศึกษาการสูญเสียจากการระเหยของอ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*. 24 (1); 2556: 27-36.
- [11] เกศวรา สิทธิโชค, ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. การประยุกต์ใช้วัสดุทางกายภาพและชีวภาพคลุมผิวน้ำเพื่อลดอัตราการระเหยของน้ำในแหล่งกักเก็บน้ำขนาดเล็ก. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*. 44(1); 2564: 45-59
- [12] ทรงกฏ อุดรา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์; 2560.