



14 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เข้าร่วมประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานแบบ Online

## การพัฒนาจักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ Development of exercise bikes for aerated wastewater treatment

อภิชาติ โชติชื่น<sup>1</sup> กนกวรรณ บันฑุชัย<sup>2</sup> จีรารวรรณ พรหมจันทร์<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบจักรยานเติมอากาศ และประเมินประสิทธิผลการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ จักรยานเติมอากาศนี้ใช้โครงจักรยานเก่ามาดัดแปลงโดยติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบซັก ทำหน้าที่สูบน้ำไหลผ่านท่อออกไปที่หัวพ่นละอองน้ำขนาดเล็ก ผู้วิจัยศึกษาการเพิ่มของออกซิเจนในน้ำโดยเปรียบเทียบการทำงานระหว่างหัวพ่นละอองน้ำ 2 ชนิด คือ ชนิดปีกผีเสื้อ และชนิดใบบัว พบว่าในเวลา 5 นาที หัวพ่นชนิดปีกผีเสื้อทำให้ค่าออกซิเจนเพิ่มขึ้น 3.8 mg/L ซึ่งมากกว่าหัวพ่นชนิดใบบัวที่ 3.0 mg/L จึงเลือกใช้หัวพ่นชนิดปีกผีเสื้อมาทดสอบประสิทธิผลการทำงานของจักรยานเติมอากาศ ทดลองปั่นจักรยานด้วยความเร็วเฉลี่ย 4.7 km/h ความเร็วสูงสุด ขณะปั่น 17 km/h วัดค่าออกซิเจนทุก 5 นาที จนถึงนาทีที่ 30 พบว่า ปริมาณออกซิเจนมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่อนาทีคิดเป็น 0.12, 0.10, 0.13, 0.09, 0.05 และ 0.05 mg/L ตามลำดับ ประสิทธิภาพการเพิ่มออกซิเจนที่ละลายในน้ำในเวลา 5 นาที คือ 27.63% และในเวลา 30 นาทีสามารถเพิ่มออกซิเจนได้ 4.24 เท่า จักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียจะช่วยส่งเสริมสุขภาพของประชาชนและอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเวลาเดียวกัน

**คำสำคัญ:** จักรยานเติมอากาศ, ออกซิเจนละลายในน้ำ, บำบัดน้ำเสีย

### Abstract

This study aims to design the aeration bicycle and evaluate the effectiveness of increasing dissolved oxygen. The second-hand bicycle frame is modified by installing the piston water pump. It pumps the water through the pipe to the small spray nozzle. We observe the increase of dissolved oxygen in water by comparing the performance between 2 types of spray nozzles: the adjustable atomizing spray nozzle (A) and the 360-degree micro spray nozzle (B). It was found that

<sup>1</sup> อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่  
อีเมลล์ apichart.cm@gmail.com

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่  
อีเมลล์ ganokwun.bun@gmail.com

<sup>3</sup> อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่  
อีเมลล์ ipe.jeerawan@gmail.com



nozzle B increased dissolved oxygen was 3.8 mg/L, more than nozzle A was 3.0 mg/L. Thus nozzle B was chosen to evaluate the effectiveness of the aeration bicycle. The aeration bicycle was tested for an average speed of 4.7 km/h and a maximum speed of 17 km/h. Then, the water was measured for dissolved oxygen, which reveals an increase was 0.12, 0.10, 0.13, 0.09, 0.05 and 0.05 mg/L per every 5 minutes for 30 minutes, respectively. The effectiveness of dissolved oxygen in 5 min was 27.63%. At 30 min, oxygen was increased by 4.24 times. The exercise bicycle for treating wastewater will promote people's health, and conserve water resources at the same time.

**Keywords:** Aeration bicycle, Dissolved oxygen, Wastewater treatment

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การแก้ปัญหาน้ำเน่าเสีย สามารถแก้ได้ที่ต้นเหตุ คือการลดปริมาณขยะและสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือน และสถานประกอบการซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ และการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุคือการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทั้งการบำบัดทางกายภาพ การบำบัดทางเคมี และการบำบัดทางชีวภาพ ขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสีย น้ำเสียในแม่น้ำลำคลอง มักใช้วิธีทางกายภาพและทางชีวภาพควบคู่กัน คือการสร้างจุดดักกรองขยะหรือสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย จากนั้นปรับปรุงสภาพน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยการเพิ่มออกซิเจนให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกน้อยลง) การเติมออกซิเจนให้น้ำจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่ไหลผ่านชุมชน ถึงแม้จะผ่านการบำบัดมาแล้ว อาจได้รับของเสียเพิ่มจากครัวเรือน ทำให้น้ำกลับมาเน่าได้

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เป็น 1 ใน 5 ดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ แสดงถึงความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ระดับออกซิเจนที่เหมาะสมคืออยู่ระหว่าง 5-7 mg/L สัตว์น้ำทั่วไปจะไม่สามารถดำรงชีวิตได้ในน้ำที่มีค่าออกซิเจนต่ำกว่า 2 mg/dL และเมื่อค่าออกซิเจนในน้ำน้อยกว่า 3 mg/L คือระดับชี้วัดน้ำเน่าเสีย (มงคล ตะอูน และสุทธิพงษ์ เปรื่องคำ, 2546) โดยธรรมชาติออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำโดยธรรมชาติ แต่หากสารอินทรีย์มีมากเกินไป โดยเฉพาะน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ทั้งเศษอาหาร การชำระล้างร่างกาย และสิ่งปฏิกูลต่างๆ ทำให้มีสารอินทรีย์อันได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันเพิ่มในน้ำเป็นจำนวนมาก จึงเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มากขึ้น ปริมาณออกซิเจนจะถูกใช้และลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดสภาพน้ำเน่าเสียของน้ำได้

เครื่องเติมอากาศบำบัดน้ำจึงถูกพัฒนาขึ้น ทั้งการเติมอากาศใต้ผิวน้ำ เหนือผิวน้ำ หรือฉีดพ่นบนน้ำ และได้มีการพัฒนามาหลายรูปแบบ โดยใช้หลักการพ่นน้ำอัดอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน ปัจจุบันได้มีการสนับสนุนการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น จักรยานเป็นอุปกรณ์ออกกำลังกายที่สามารถตอบโจทย์นี้ได้อย่างเหมาะสมโดยมีลักษณะเครื่องกลที่ใช้เท้าเป็นกำลังหมุน มีการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างหลากหลาย เช่น ใช้เป็นจักรยานสูบน้ำ (Jagvir *et al.*, 2016) จักรยานปั่นไฟ (Ahsan-uz-Zaman *et al.*, 2017) หรือติดตั้งเครื่องกลอื่นๆ มีการใช้งานทั้งในระดับครัวเรือน ระดับเกษตรกรรม (BiciTec, 2014) และในระดับอุตสาหกรรม พลังกลจากการ



ปั๊มน้ำจักรยานถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เป็นระบบกรองเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เกาะกลุ่มอยู่ในน้ำ (McBean, 2009) ในประเทศไทยนิยมใช้เป็นปั๊มน้ำสำหรับนำมาใช้ประโยชน์ในครัวเรือนและชุมชน (ฉวีวรรณ ยศวัฒน์ และอภิเทพ พรศร, ม.ป.ป.; กรมทรัพยากรน้ำ, 2561)

คลองแม่ข่าเป็นสายน้ำสำคัญที่ไหลผ่านเมืองเชียงใหม่ การขยายตัวของชุมชนเมืองอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการรุกคืบ การทิ้งขยะ การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและสถานประกอบการ เกิดภาวะเสื่อมโทรมทางด้านกายภาพ และปัญหาคุณภาพน้ำเน่าเสียอย่างรุนแรงเป็นแหล่งมลพิษทางน้ำและมลพิษทางภูมิทัศน์ที่อยู่กลางเมือง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่น้ำมีปริมาณน้อย ทำให้คุณค่าทางด้านสุนทรียภาพและประวัติศาสตร์ที่เคยมีอย่างสูงในอดีตได้สูญหายไป (จังหวัดเชียงใหม่, 2561) ส่วนหนึ่งของการบำบัดน้ำเสียในคลองแม่ข่า คือการติดตั้งเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ยังไม่สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสนับสนุนให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมในการบำบัดน้ำเสีย โดยการพัฒนาจักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ เพื่อให้ประชาชนได้ออกกำลังกายพร้อมกับอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ และสร้างจิตสำนึกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีความจำเป็นในศึกษาการประสิทธิผลสมรรถนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนแนวคิดดังกล่าวเพื่อการส่งเสริมสุขภาพ และการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน

#### วัตถุประสงค์การวิจัย

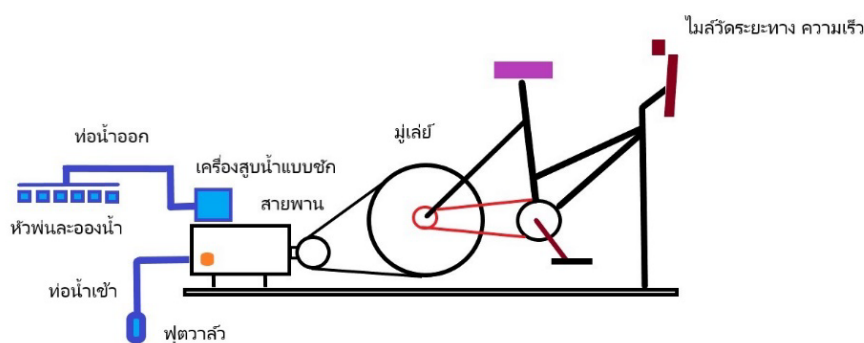
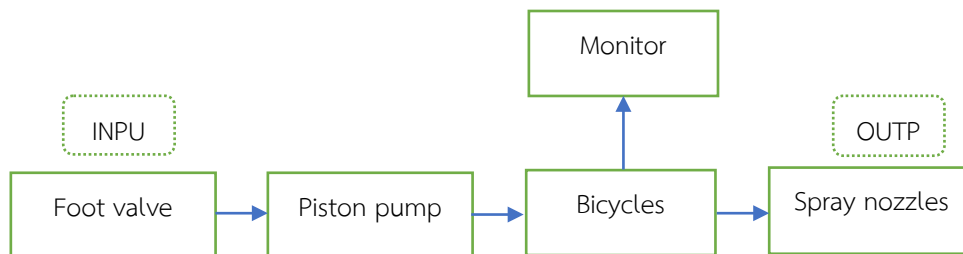
1. เพื่อออกแบบจักรยานออกกำลังกายบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ
2. เพื่อประเมินประสิทธิผลและสมรรถนะของจักรยานออกกำลังกายบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาจักรยานออกกำลังกายเพื่อการเติมออกซิเจนเพื่อทำให้คุณภาพของน้ำดีขึ้นด้วยการเติมอากาศที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่คลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ มีดำเนินการโดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

##### ระยะที่ 1 ออกแบบจักรยานเติมอากาศ

จักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศออกแบบโดยใช้หลักการกระจายน้ำสัมผัสอากาศ ใช้พลังงานจากการปั่นจักรยานสูบน้ำจากแหล่งน้ำขึ้นมาผ่านหัวพ่นน้ำขนาดเล็กเป็นละอองฝอย เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ส่วนประกอบของจักรยานเติมอากาศได้แก่ โครงจักรยานเก่า (จักรยาน BMX ขนาด 24 นิ้ว) ล้อขนาด 16 นิ้ว สายพาน ปัมสูบน้ำแบบชักน้ำ พู่ตวาล์ว ท่อน้ำพลาสติก PVC มู่เล่ย์ และหัวพ่นละอองน้ำ หลักการทำงานและภาพร่างการออกแบบดังแสดงในภาพ 1



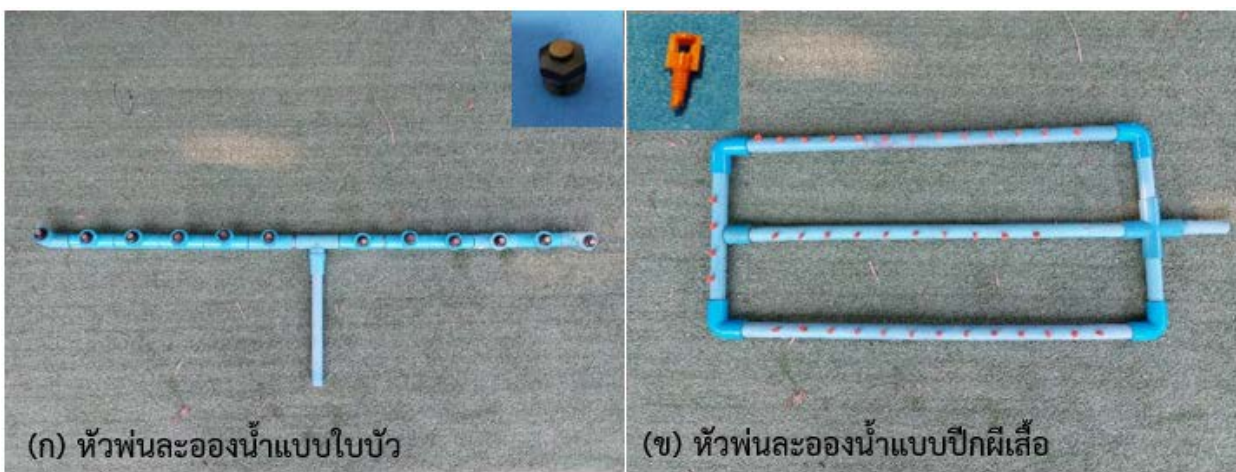
ภาพที่ 1 ภาพร่างจักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ

ประกอบจักรยานเติมอากาศตามที่ได้ออกแบบไว้ แสดงในภาพที่ 2 ผู้วิจัยเลือกหัวพ่นละอองน้ำเพื่อทดสอบการทำงานโดยใช้หัวพ่น 2 ชนิด คือ หัวพ่นละอองน้ำแบบไบบิว หรือหัวพ่นละอองน้ำขนาดเล็กแบบปรับระดับได้ (the adjustable atomizing spray nozzle) ท่อเกรียนนอกขนาด 1/2” มีเส้นผ่าศูนย์กลางของปลายท่อที่ขนาด 3 mm และหัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อ หรือหัวพ่นละอองน้ำขนาดเล็ก 360 องศา (the 360-degree micro spray nozzle) ท่อเกรียนนอกขนาด 3 mm เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อมีขนาด 1 mm ดังแสดงในภาพที่ 3 ออกแบบรูปแบบการต่อ และจำนวนหัวพ่นให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ทดสอบความเร็วในการปั่น 3 ระดับ สังเกตความเร็วเฉลี่ย และลักษณะการพ่นน้ำเป็นละอองฝอย จากนั้นทดสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำที่เพิ่มขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกชนิดของหัวพ่นที่เหมาะสมเพื่อประเมินประสิทธิผลการทำงาน





ภาพที่ 2 จักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศที่เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 3 หัวพ่นละอองน้ำ และรูปแบบการต่อ  
(ก) หัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว (ข) หัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อ

**ระยะที่ 2 ประเมินประสิทธิผลการใช้งาน**

เมื่อได้ชนิดของหัวพ่นที่เหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิผลการเพิ่มออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยจักรยานเติมอากาศที่พัฒนาขึ้น ในน้ำ 200 Liter กำหนดความเร็วเฉลี่ยในการปั่น 4-5 km/h และกำหนดระยะเวลาในการทดลอง 30 นาที เพื่อให้ใกล้เคียงกับลักษณะการใช้งานจริงในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพมากที่สุด ทำการทดสอบ 3 รอบ วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำก่อนทดลอง และทุกๆ 5 นาที จนสิ้นสุดรอบการทดลอง จากนั้น นำค่าที่ได้ไปวาดกราฟวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มของออกซิเจน และคำนวณประสิทธิผลการเพิ่มออกซิเจนด้วยการใช้จักรยานเติมอากาศ



### การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

เครื่องวัดค่าปริมาณออกซิเจน (DO meter) ที่ใช้เครื่องที่มีช่วงการวัดออกซิเจนที่ 0.0-40.0 mg/L ความคลาดเคลื่อน  $\pm 1.5\%$  ทำการสอบเทียบอัตโนมัติแบบจุดเดียวคือการสอบเทียบอัตโนมัติ 100% ในอากาศ จุ่มหัววัดลงในน้ำ 10 cm รอเวลาประมาณผล 1 นาที จนหน้าจอแสดงค่านิ่ง แล้วจึงบันทึกผลในตารางบันทึกการทดลอง

### น้ำที่ใช้ทดลอง

จำลองน้ำเสียที่มีค่าออกซิเจนละลายในน้ำต่ำโดยใช้น้ำบาดาล จากนั้นใช้สารเติมโซเดียมซัลไฟด์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) เพื่อลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายให้ใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำจริง ณ คลองแม่ฟ้า ช่วงกลางน้ำ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ โดยมีค่า DO อยู่ในช่วง 2.5-3.5 mg/L (มกราคม 2565) จึงใช้ค่าเริ่มต้นของออกซิเจนในน้ำที่ 3.0 mg/L

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวาดกราฟ เปรียบเทียบระหว่างเวลา กับค่าออกซิเจน จากนั้นคำนวณประสิทธิภาพการเพิ่มออกซิเจนโดยใช้สมการ  $E = (\text{Output} - \text{Input}) / \text{Input} \times 100$  และคำนวณสมรรถนะการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ โดยใช้สมการ  $C = (\text{Output} - \text{Input}) / \text{Time}$  หน่วย mg/L ต่อ min.

### สรุปผลการวิจัย

#### 1. ผลการทดสอบการทำงานเปรียบเทียบหัวพ่นน้ำ 2 ชนิด

เมื่อประกอบจักรยานเติมอากาศให้สามารถสูบลมและพ่นน้ำได้แล้ว ทำการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานเมื่อใช้หัวพ่นละอองน้ำ 2 ชนิด คือ หัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว และหัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อ ได้จำนวนหัวพ่นที่เหมาะสมคือ หัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว 12 หัว และหัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อ 30 หัว ทดสอบความเร็วสูงสุดพบว่า หัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัวสามารถปั่นได้ด้วยความเร็วสูงสุด 30 km/h หัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อได้ความเร็วสูงสุด 22 km/h จากนั้นกำหนดความเร็วในการปั่น 3 ระดับ โดยอ้างอิงจากระดับความหนักในการปั่นจักรยาน ของ Ainsworth *et al.* (2000) สังเกตความเร็วเฉลี่ย และลักษณะการพ่นของละอองน้ำ แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยในเวลา 5 นาที และลักษณะละอองน้ำในความเร็วระดับต่างๆ ระหว่างหัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว และแบบปีกผีเสื้อ

ระดับ*	ความเร็ว		หัวใบบัว	หัวปีกผีเสื้อ	
	ความเร็วสูงสุด (km/h)	ความเร็วเฉลี่ย (km/h)	ลักษณะละอองน้ำ	ความเร็วเฉลี่ย (km/h)	ลักษณะละอองน้ำ
เบามาก	11-16	4.5	เป็นหยดน้ำ	3.8	เป็นละอองฝอย
เบา	16-19	5.7	เป็นละอองฝอย	5.3	เป็นละอองฝอยขนาดเล็ก
ปานกลาง	19-22	7.3	เป็นละอองฝอยขนาดเล็ก	6.4	เป็นละอองฝอยขนาดเล็ก

\* ระดับความเร็วอ้างอิงจากระดับความหนักในการปั่นจักรยาน ของ Ainsworth *et al.* (2000).



ลักษณะละอองน้ำที่ได้จากการปั่นด้วยความเร็วระดับเบา ของการใช้หัวพ่นละอองน้ำที่แตกต่างกัน 2 แบบ โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยในช่วง 5.3-5.7 km/h แสดงดังภาพที่ 4



(ก) หัวพ่นละอองน้ำแบบไบบัว

(ข) หัวพ่นละอองน้ำแบบปักผีเสื้อ

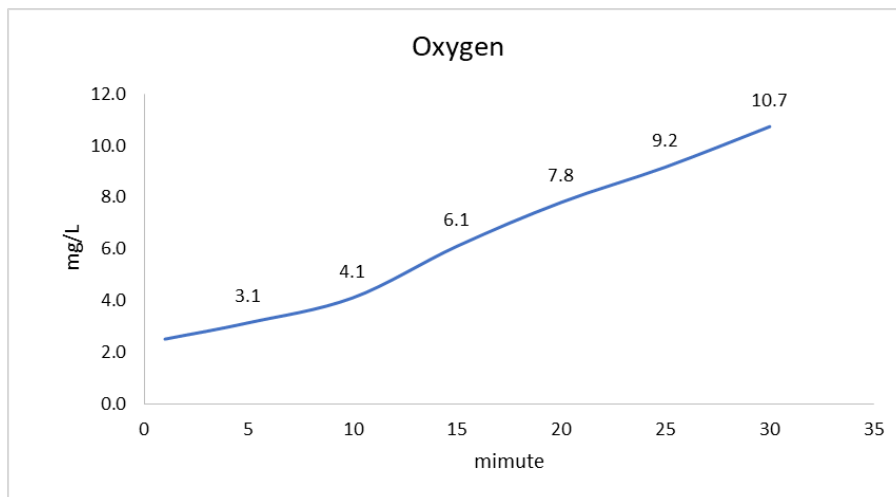
ภาพที่ 4 ลักษณะละอองน้ำ (ก) หัวพ่นละอองน้ำแบบไบบัว (ข) หัวพ่นละอองน้ำแบบปักผีเสื้อ

ทดสอบค่าออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น โดยใช้ความเร็วในการปั่นระดับเบา (ค่าความเร็วสูงสุด 16-19 km/h) ปริมาณน้ำ 200 liter ใช้เวลา 5 นาที วัดค่าออกซิเจนในน้ำด้วยเครื่อง DO meter ณ จุดน้ำเข้าเวลาเริ่มต้น และจุดน้ำออกนาที่ที่ 5 อุณหภูมิแวดล้อม 27°C อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25°C พบว่า หัวพ่นละอองน้ำแบบไบบัว เพิ่มปริมาณออกซิเจนได้ 3.0 mg/L ลดอุณหภูมิน้ำได้ 1.1°C หัวพ่นละอองน้ำแบบปักผีเสื้อมีหัวพ่น 30 หัว น้ำที่ออกมาเป็นละอองขนาดเล็กสัมผัสกับออกซิเจนโดยนำมาใช้เพิ่มปริมาณออกซิเจนได้ 3.8 mg/L ลดอุณหภูมิน้ำได้ 2.5°C

## 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่อง

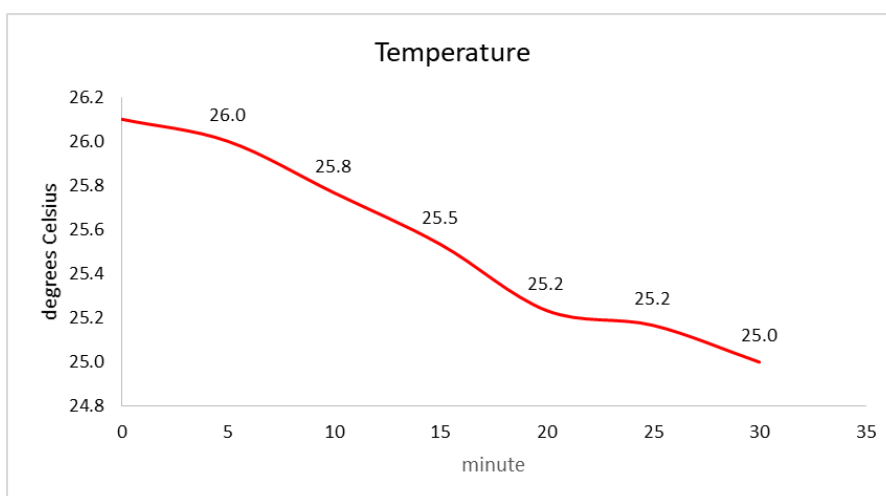
การทดสอบประสิทธิภาพการเติมอากาศของการใช้จักรยานเติมอากาศกับหัวพ่นละอองน้ำแบบปักผีเสื้อ 30 หัว ทำการทดลองในน้ำ 200 Liter ระบบวนน้ำ ปั่นจักรยานด้วยความเร็วระดับเบา (ค่าความเร็วสูงสุด 16-19 km) วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำตั้งแต่ก่อนปั่น และทุก 5 นาที จนถึงนาที่ที่ 30 นำค่าออกซิเจนและเวลามาวาดเป็นกราฟดังภาพที่ 5





ภาพที่ 5 กราฟแสดงปริมาณออกซิเจน (mg/L) กับเวลาที่ใช้งาน (minute)

ภาพที่ 5 ค่าออกซิเจนเริ่มต้นที่ 2.5 mg/L ความเร็วสูงสุด 17.3 km/h ความเร็วเฉลี่ยในการปั่น 4.7 km/h จากนาฬิกาที่ 0 ถึง นาฬิกาที่ 15 มีประสิทธิผลการเพิ่มออกซิเจนอย่างรวดเร็ว 23.68%, 30.85%, และ 48.78% ในทุก 5 นาที ตามลำดับ จากนั้นค่อยๆ ลดลง และคงที่ในนาฬิกาที่ 20, 25, และ 30 โดยมีค่าประสิทธิผลที่ 27.87%, 17.52%, และ 17.09% ตามลำดับ โดยสมรรถนะการเพิ่มปริมาณออกซิเจน หรืออัตราการเพิ่มออกซิเจนต่อนาทีคิดเป็น 0.12, 0.10, 0.13, 0.09, 0.05 และ 0.05 mg/L ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยสมรรถนะการเพิ่มออกซิเจนคือ 0.09 mg/L ต่อ นาที ดังแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำ (°C) กับเวลาที่ใช้งาน (minute)





จากภาพแสดงอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำที่  $26.1^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิลดลงตามระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นโดยช่วงเวลาที่ 5 ถึงนาทีที่ 20 อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว และเริ่มช้าลงในนาทีที่ 20 ถึง 30 สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนในน้ำ เมื่อวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนในน้ำจากการปั่นจักรยานในเวลา 5 นาทีได้ 27.63% เพิ่มออกซิเจนได้ 1.28 เท่า เมื่อวิเคราะห์เวลารวมที่ใช้งานทั้งหมด 30 นาที ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 323.68% โดยสามารถเพิ่มออกซิเจนได้ 4.24 เท่าจากค่าออกซิเจนเริ่มต้น

### อภิปรายผล

จักรยานเติมอากาศออกแบบโดยใช้โครงจักรยานเก่า ขนาด 24 นิ้ว ดัดแปลงเป็นล้อ 16 นิ้วเพื่อใช้เป็นมู่เล่ย์หมุนช่วยลดแรงฝืดในการปั่น ใช้สายพานเชื่อมต่อกับเครื่องสูบน้ำแบบชักน้ำ เนื่องจากเป็นเครื่องสูบน้ำพลังงานกลที่นิยมใช้ในหลายโครงการ (ณัฐวรรณ ยศวิวัฒน์ และอภินพ พรศร, ม.ป.ป.; กรมทรัพยากรน้ำ, 2561) และเหมาะสมต่อการนำไปต่อยอดถ่ายทอดเทคโนโลยีในชุมชน หลักการคือสูบน้ำด้วยแรงกลจากการปั่นจักรยานปล่อยน้ำผ่านหัวฉีดพ่นแบบละอองฝอย ให้ละอองน้ำสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ เรียกว่า “กระบวนการเติมอากาศ” (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ม.ป.ป.) ผู้วิจัยทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหัวพ่นละอองน้ำสองแบบ โดยพิจารณาความเร็ว ลักษณะละอองน้ำ และปริมาณออกซิเจนในน้ำที่เพิ่มขึ้น พบว่า การใช้หัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อ 30 หัว ดีกว่าหัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว 12 หัว โดยหัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อสามารถพ่นละอองน้ำเป็นละอองฝอยได้ แม้ใช้ความเร็วระดับเบามากที่สุดที่ความเร็วสูงสุด 11-16 km/h ซึ่งเป็นระดับที่ใช้ปั่นจักรยานสำหรับการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ เมื่อใช้ความเร็วเพิ่มขึ้นลักษณะละอองน้ำจะเป็นละอองฝอยขนาดเล็ก เพราะมีแรงดันในท่อเพิ่มขึ้น ส่วนหัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว ถึงแม้จะสามารถทำความเร็วได้ดีกว่า เนื่องจากมีแรงดันในท่อต่ำกว่า แต่ลักษณะละอองน้ำที่ออกมามีขนาดใหญ่กว่า และเมื่อทดลองวัดปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นพบว่าหัวพ่นละอองน้ำแบบปีกผีเสื้อ สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำและลดระดับอุณหภูมิของน้ำได้ดีกว่าหัวพ่นละอองน้ำแบบใบบัว จึงเลือกใช้หัวแบบปีกผีเสื้อในการทดสอบประสิทธิภาพต่อไป

เมื่อประเมินประสิทธิภาพของจักรยานเติมอากาศด้วยหัวพ่นแบบปีกผีเสื้อ ปั่นด้วยความเร็วระดับเบา (ความเร็วสูงสุด 16-19 km/h) ในน้ำ 200 Liter ใน 5 นาที เพิ่มออกซิเจนได้ 1.28 เท่า ค่าประสิทธิภาพการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนในน้ำ 27.63% ในเวลา 30 นาที เพิ่มออกซิเจนได้ 4.24 เท่า สมรรถนะการเพิ่มออกซิเจนเฉลี่ย 0.09 mg/L ต่อนาที โดยจะเห็นได้ว่ามีสมรรถนะการเพิ่มออกซิเจนอย่างรวดเร็วในนาทีที่ 5, 10, 15 ลดลงในนาทีที่ 20 และคงที่ในนาทีที่ 25 และ 30 ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก ณ นาทีที่ 15 และนาทีที่ 20 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็น 6.1 และ 7.8 mg/L ซึ่งใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวของออกซิเจนที่ละลายน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ณ ความดัน 1 บรรยากาศในช่วงอุณหภูมิ  $25-26^{\circ}\text{C}$  คือ 8.26-8.11 mg/L (โครงการฟื้นฟูทรัพยากรประมงในทะเลสาบสงขลา, ม.ป.ป.) ยิ่งอุณหภูมิลดลงจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น

ถึงแม้จะสามารถพัฒนาจักรยานออกกำลังกายเพื่อบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานบริเวณคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ แต่การศึกษานี้ยังเป็นเพียงการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในระดับ



ห้องทดลองเท่านั้น ซึ่งในการใช้งานในพื้นที่จริงอาจเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำในพื้นที่ใช้งาน อุณหภูมิ สิ่งเจือปนในน้ำ เป็นต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องมีการศึกษาต่อไป

#### ข้อเสนอแนะ

##### ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ประสิทธิภาพและสมรรถนะของจกрянานเติมอากาศที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ สนับสนุนให้หน่วยงานที่ดูแลแหล่งน้ำที่ไหลผ่านชุมชน นำจกрянานเติมอากาศไปใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสียและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชน

##### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรมีการดัดแปลงให้สามารถปรับความต้านทานโดยการเพิ่มหรือลดจำนวนหัวฉีดฟ่นละองน้ำ เพื่อปรับระดับความหนักในการปั่นจกрянานให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานได้

(2) ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของการนำไปใช้งานในพื้นที่จริงในด้านการเพิ่มออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำ หากค่า BOD เพื่อประเมินค่าความสกปรกของน้ำที่ลดลง และจัดทำเป็นโครงการสนับสนุนให้ประชาชนออกกำลังกาย ร่วมกับการอนุรักษ์ทรัพยากร เพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่ดี รวมทั้งมีการประเมินประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของโครงการ

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่ ปีงบประมาณ 2565 และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ จอมภักดี ที่ปรึกษาคณะกรรมการและคณะทำงานโครงการพัฒนาและแก้ไขปัญหาคอขวดแม่ข่าย จ.เชียงใหม่ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแก่โครงการวิจัย

#### เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). ระบบบำบัดน้ำเสีย. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : [http://pcd.go.th/info\\_serv/water\\_wt.html](http://pcd.go.th/info_serv/water_wt.html) [2564, 15 กรกฎาคม].

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียในชุมชน. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER3 / DRAWER0 5 6 /GENERAL/DATA0000/00000973.PDF> [2564, 15 กรกฎาคม].

กรมทรัพยากรน้ำ. (2561). จกрянานสูบน้ำใช้ระบบเกียร์ Shimano 7 เกียร์ 21 สปีด (มือ 2). [ออนไลน์] สืบค้นจาก : [https://dwr.go.th/uploads/file/article/2018/article\\_th-05022018-115910-102133.pdf](https://dwr.go.th/uploads/file/article/2018/article_th-05022018-115910-102133.pdf) [2564, 30 กันยายน].



- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป.). เทคโนโลยีระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : <http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib15323ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี.pdf> [2564, 15 กรกฎาคม].
- โครงการฟื้นฟูทรัพยากรประมงในทะเลสาบสงขลา. (ม.ป.ป.). ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำจืด ณ ความดัน 1 บรรยากาศ. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : <http://www.sklonline.com/download/session3-2.pdf> [2565, 20 มีนาคม].
- จังหวัดเชียงใหม่. (2561). แผนแม่บทคลองแม่ข่า (พ.ศ.2561-2565). [ออนไลน์] สืบค้นจาก : <http://www.chiangmai.go.th/managing/public/D2/2D10Sep2018163933.pdf> [2564, 15 กรกฎาคม].
- ณัฐวรรณ ยศวัฒน์ และ อภินพ พรศรี. (ม.ป.ป.). จักรยานไร้โซ่เคลิเพื่อสูบน้ำ-ออกกำลังกายและสะสมเต็มศึกษา. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : [https://www.eg.mahidol.ac.th/km61/images/pic/kmdept/documents/60/14\\_14.pdf](https://www.eg.mahidol.ac.th/km61/images/pic/kmdept/documents/60/14_14.pdf) [2564, 30 กันยายน].
- มงคล ต๊ะอูน และ สุทธิพงษ์ เปรื่องคำ. (2546, เมษายน-มิถุนายน). น้ำเสียและแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม. **วารสารศูนย์บริการวิชาการ**. ขอนแก่น : ศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยของแก่น. 11(2): 31-36.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., ... and Leon, A. S. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Medicine and Science in Sport and Exercise** 32 (9 Suppl) [Online]. Available doi: 10.1097/00005768-200009001-00009. [2021, 30 Sep].
- Ahsan-uz-Zaman K. M., Ullah K. M., Mishir M. and Alam M., (2017). Generation of electrical power using gymnasium bicycle, In **2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)** (pp. 198-200). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) [Online]. Available : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8288937> [2021, 30 Sep].
- BiciTec, C. (2014). Bicycle-power for the farm. **Appropriate Technology**, 41(1): 39-42. [Online]. Available : <https://www.proquest.com/openview/3a828d2097901abc83aae4ee6f0565f4/1?pq-origsite=gscholar&cbl=25518> [2021, 30 Sep].
- Jagvir D., Mudasar A., Syed M., and Basharat B. (2016). Design and development of bicycle powered portable irrigation pump for marginal land holdings. **SKUAST Journal of Research** 18(1): 24-31. [Online]. Available : [https://www.researchgate.net/publication/315696588\\_Design\\_and\\_Development\\_of\\_Bicycle\\_Powered\\_Portable\\_Irrigation\\_Pump\\_for\\_Marginal\\_Land\\_Holdings](https://www.researchgate.net/publication/315696588_Design_and_Development_of_Bicycle_Powered_Portable_Irrigation_Pump_for_Marginal_Land_Holdings) [2021, 30 Sep].



McBean, E. A. (2009). Evaluation of a bicycle-powered filtration system for removing “clumped” coliform bacteria as a low-tech option for water treatment. *Desalination*, 248(1-3), 138–143. [Online]. Available : doi10.1016/j.desal.2008.05.049 [2021, 30 Sep].