รายงานการวิจัย

เครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

Solar Aerator for Fish Farm Cage.

พงษ์พันธ์ ราชภักดี Pongpun Ratchapakdee

รุ่งโรจน์ จีนด้วง Rougrote Geendoung

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2562

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2562 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะสัตว์แพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะซะ อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การส่งเสริมและสนับสนุนในการทำวิจัย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าอาจารย์ทุกท่านจะเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

พงษ์พันธ์ ราชภักดี
รุ่งโรจน์ จีนด้วง
มกราคม 63

เครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

พงษ์พันธ์ ราชภักดี[1] และรุ่งโรจน์ จีนด้วง[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศในน้ำให้มีประสิทธิภาพในการเติมปริมาณอากาศได้มากยิ่งขึ้น โดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์จ่ายตรงไปยังมอเตอร์ทำหน้าที่สูบน้ำในกระชังให้ไหลผ่านท่อที่มีรูปร่างเป็นคอคอด เพื่อเพิ่มความเร็วของน้ำจนกระทั่งทำให้เกิดแรงดูดอากาศผ่านท่ออากาศเข้ามาผสมรวมกันแล้วฉีดพ่นลงไปเป็นฟองอากาศใต้ผิวน้ำ การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่ ต.นากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช ดำเนินการทดสอบ 2 ลักษณะคือการทดสอบประสิทธิภาพการประจุพลังงานไฟฟ้าและการทดสอบหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เพิ่มขึ้น ผลทดสอบพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 176 วัตต์ และเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำได้มากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L ต่อวัน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้งานได้จริงกับพื้นที่ลุ่มแม่น้ำที่มีการเลี้ยงปลาในกระชังได้ทุกพื้นที่ เพราะพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งที่รับแสงอาทิตย์ได้ดีและไม่มีอันตรายที่เกิดจากใช้ไฟฟ้า

คำสำคัญ : เครื่องเติมอากาศ / ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

[1,2]อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

Solar Aerator for Fish Farm Cage

Pongpun Ratchapakdee[1] and Rougrote Geendoung[2]

Abstract

The development of Aerator in water by solar energy for fish cage culture. To create and design the aerator in water with solar energy for fish cage culture. Design and create a water aerator for raising fish in cages to be more effective in increasing the amount of dissolved oxygen used the water pump to have a water inlet, an air inlet and mixture air and water outlet releasing bubbles through underwater. The testing performance of the air in water by using solar energy for fish cage culture at Chawang, Nakhon Si Thammarat can be conducted two tests : Electric power charge performance testing and testing for increased dissolved oxygen content. The test results showed that the power obtained from the solar cell is about 176 watts and the maximum amount of air dissolved is 8.42 mg/L per day. This study found that the surface aerator in water with solar energy for fish cage culturecan be used in actual use with river basins with fish farming in all areas. Because the fish farming area in most cages is located in open areas that can bask the sunshine and there is no danger of using electricity.

Keywords : Aerator / Oxygen Dissolved in Water

[1,2] Faculty of Science and Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thongsong, Nakhon Sri Thammarat.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณแม่น้ำตาปี	5
2.2 ผลกระทบของการเลี้ยงปลาในกระชังต่อสิ่งแวดล้อม	9
2.3 ทฤษฎีการเติมอากาศแบบเวนจูรี่ (Venturi Aeration)	11
2.4 แผงโซล่าเซลล์	14
2.5 แบตเตอร์รี่	21
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	29
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	
4.1 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์	39
4.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	41
5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลงานวิจัย	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	44

สารบัญ

หน้า

บรรณานุกรม 45
ภาคผนวก
ก. บทความตีพิมพ์ในการประชุม 48

.

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1	คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง	10
4.1	ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์ช่วงเวลา 8:00-12:00 น.	40
4.2	ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์ช่วงเวลา 12:30-16:30 น.	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ปลาน๊อคน้ำตายในช่วงภัยแล้ง	2
1.2	ปริมาณน้ำที่ในช่วงฤดูแล้ง ในพื้นที่บ้านนากะซะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	3
1.3	ปลาที่ต้องนำขึ้นมาจากกระชังที่มีค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	3
2.1	กระชังเลี้ยงปลาในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	5
2.2	กระชังเลี้ยงปลาในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช	6
2.3	กระชังเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิม	8
2.4	ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรี	12
2.5	ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรีชนิดติดตั้งใต้น้ำ	12
2.6	ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรีชนิดติดตั้งภายนอก	13
2.7	ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรีชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย	13
2.8	แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากซิลิคอล	14
2.9	แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน	14
2.10	แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ	15
2.11	หลักการทำงานของแผงโซล่าเซลล์	16
2.12	ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	18
2.13	แบตเตอรี่	20
2.14	แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิดและแบตเตอรี่แบบเซลล์ปิด	20
2.15	การต่อวงจรแบตเตอรี่แบบขนาน	21
2.16	การต่อวงจรแบตเตอรี่แบบอนุกรม	21
2.17	การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน	21
2.18	ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศในน้ำ	22
2.19	เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ	24
2.20	เครื่องเติมออกซิเจนแบบผิวน้ำ	24
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	28
3.2	การเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช	29
3.3	การเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช	29
3.4	การเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อำเภอถ้ำพรรณรา จังหวัดนครศรีธรรมราช	30
3.5	โครงเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบ	30
3.6	โครงเครื่องเติมอากาศในน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น	31
3.7	ขั้นตอนการเชื่อมโครงเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	31
3.8	ชุดมอเตอร์ DC สำหรับดูดน้ำและอากาศที่ออกแบบ	32
3.9	ชุดมอเตอร์ DC สำหรับดูดน้ำและอากาศที่สร้างขึ้น	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.10	วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	33
3.11	แผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 วัตต์	33
3.12	แบตเตอรี่ดีพไซเคิล	34
3.13	เกจวัดเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่	34
3.14	รีเลย์สตาร์ท	34
3.15	ไทม์เมอร์ตั้งเวลา	35
3.16	โซล่าชาร์จเจอร์	35
3.17	มอเตอร์ DC ขนาด 12 V 65 W ทำหน้าที่ดูดน้ำและอากาศ	35
3.18	การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานกับกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง	36
3.19	อุปกรณ์วัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)	37
3.20	การตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)	37
3.21	การทดลองใช้งานในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช	38
3.22	การทดลองใช้เพิ่มปริมาณออกซิเจนในกระชังเลี้ยงปลา	38
4.1	การทดลองเติมปริมาณออกซิเจนในกระชังเลี้ยงปลา	40
4.2	การเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO	42
4.3	การค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)	42

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นอาชีพนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากในปัจจุบันทรัพยากรสัตว์น้ำตามธรรมชาติมีปริมาณลดน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการในการบริโภคของประชากรที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ (Gjedrem, 2012) นอกจากนั้นการเลี้ยงปลาในกระชังยังเป็นอาชีพที่เกษตรกรสามารถยึดเป็นอาชีพหลักหรืออาชีพเสริมได้ โดยเกษตรกรไม่ต้องมีพื้นที่สำหรับการขุดบ่อและใช้น้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เป็นพื้นที่เลี้ยงปลาโดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำ อีกทั้งการเลี้ยงปลาในกระชังยังให้ผลผลิตสูงในช่วงเวลาการเลี้ยงที่สั้น เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาในบ่อ การเก็บเกี่ยวผลผลิตทำได้ง่าย ใช้แรงงานน้อยและสามารถคัดขนาดของปลาเพื่อจำหน่ายได้ง่ายกว่า (M-power, 2556) รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงอื่นๆ ในขณะที่ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง สำหรับภาพรวมธุรกิจเกษตรปี 2560 คาดว่าจะปรับตัวดีขึ้น โดยทุกสาขาการผลิตมีแนวโน้มขยายตัวโดยสาขาประมง เช่น การทำประมงน้ำจืด การเพาะเลี้ยงกุ้งหรือการประมงทะเล ประมาณ 2.5-3.5% สำหรับปี 2560 คาดว่ามีปริมาณผลผลิตจากการเลี้ยงปลากระชัง 185,902 ตัน เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2559 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลานิลในกระชังอาจจะมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น ปัญหาโรคพยาธิที่มากับน้ำซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนั้นยังอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อมหากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณและที่ตั้งของกระชัง ตลอดจนความเหมาะสมของลำน้ำ บริเวณที่จะทำการเลี้ยงปลาในกระชังจะต้องมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (Intensive) เน้นการจัดการเลี้ยงโดยใช้อาหารเป็นหลัก คุณภาพน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง โดยปกติแหล่งน้ำที่นำมาเลี้ยงปลาในกระชังควรเป็นแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์ มีคุณภาพดี

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในลุ่มแม่น้ำตาปีของกลุ่มผู้เลี้ยงเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ หมู่ที่ 3 ต.นากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช เป็นชุมชนหนึ่งที่มีการประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง เช่น การเพาะเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิม คิดเป็น 50 % ของประชากร และอีก 50 % ประชากรประกอบอาชีพทำสวนยางพาราและปลูกปาล์มน้ำมัน จากการสำรวจข้อมูลในส่วนการเลี้ยงปลากระชังเบื้องต้น พบว่าชุมชนได้มีการก่อรวมกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชังโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือกันในการเลี้ยงปลากระชัง หลังได้รับผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาในกระชังจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำตาปี ที่ใช้เลี้ยงปลาเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ที่เกิดจากน้ำท่วมหรือภัยแล้ง ซึ่งในช่วงที่เกิดภัยแล้งหรือช่วงหน้าร้อนจะทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำลดลงและเริ่มอยู่นิ่งไม่มีการไหลเวียน อุณหภูมิจะสูงขึ้นและอากาศจะร้อนจัดในตอนกลางวัน โดยอาจต่อเนื่องยาวจนถึงปลายเดือนพฤษภาคม จากสภาวะดังกล่าวอาจทำให้อุณหภูมิน้ำ

เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นรวมทั้งปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำกว่าค่ามาตรฐานอีกทั้งไม่มีการไหลเวียนของกระแสน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปลาในกระชังที่เกษตรกรเลี้ยงไว้เกิดความเครียด อ่อนแอและมีความทนทานต่อโรคต่ำลงส่งผลให้ปลาในกระชังน๊อคน้ำตายทำให้ปลาในกระชังตายเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาขาดทุนและเป็นหนี้จากการกู้ยืมเงินมาลงทุน ส่วนช่วงที่อากาศเย็นลง จะต้องชะลอการให้อาหารลงจากในช่วงเช้ากับช่วงเย็น 2 เวลา เป็นช่วงเวลาเที่ยงครั้งเดียว เพราะอากาศเย็นปลาจะไม่ค่อยกินอาหาร ซึ่งจะทำให้อาหารเหลือตกค้างจนเกิดแก๊ส ที่อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ปลาที่เลี้ยงไว้ตายอีกสาเหตุหนึ่งได้(ศูนย์วิจัยพลังงาน, 2555) โดยที่เกษตรกรแก้ไขปัญหาในขณะนี้คือการเฝ้าระวัง สังเกตสีของตัวปลาในกระชังของตนเองอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำปลาที่เลี้ยงในกระชังขึ้นมาได้ทันก่อนที่ปลาจะตาย ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเป็นครั้งคราวเท่านั้น

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศในน้ำให้กับปลาในกระชังโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเติมออกซิเจนในน้ำให้ปลาในกระชังเพื่อช่วยเพิ่มค่าออกซิเจนในน้ำใน เป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีมาใช้เพิ่มเพิ่มประสิทธิภาพในภาคการประมง เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ทันเวลา ลดการตายของปลาจากการน๊อคน้ำลงและเป็นการพัฒนาเกษตรกรเข้าสู่ Smart Fish Farmer เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตในการเลี้ยงปลาในกระชังให้แก่กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง รวมทั้งเป็นการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนาในการเลี้ยงปลาในกระชังของเกษตรกรที่ยังเป็นการเลี้ยงรูปแบบเดิมที่ได้ผลผลิตต่ำและพัฒนาระบบให้เป็นชุมชนต้นแบบเลี้ยงปลากระชังอัจฉริยะสีเขียวอย่างยั่งยืนต่อไป

ภาพที่ 1.1 ปลาน๊อคน้ำตายในช่วงภัยแล้ง

ภาพที่ 1.2 ปริมาณน้ำที่มากลดต่ำลงในช่วงฤดูแล้ง ในพื้นที่บ้านนากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช

ภาพที่ 1.3 ปลาที่ต้องนำขึ้นมาจากกระชังที่มีค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

1.2วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เพื่อทำการศึกษาออกแบบสร้างเครื่องเติมอากาศแบบเวนจูรี่ โดยการใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์

2. ทดลองและประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานกับกลุ่มผู้เลี้ยงปลาบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลากระชัง
2. สามารถเพิ่มค่าออกซิเจนในน้ำสำหรับการเลี้ยงปลากระชังได้
3. ส่งเสริมการใช้นวัตกรรมมาช่วยในการเลี้ยงปลากระชังอัจฉริยะสีเขียว

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณแม่น้ำตาปี

การเลี้ยงปลาในกระชัง เป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตสูง ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วไปอีกทั้งยังช่วยให้ผู้ที่ไม่มีที่ดินทำกินสามารถหันมาเลี้ยงปลาได้ หากปล่อยปลาในอัตราที่เหมาะสมจะทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น สามารถช่วยลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงได้ นอกจากนี้ยังสะดวกในการดูแลจัดการการเคลื่อนย้าย รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงอื่นๆในขณะที่ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาในกระชังอาจจะมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่นปัญหาโรคพยาธิที่มากับน้ำซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนั้นยังอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อมหากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณและที่ตั้งของกระชัง ตลอดจนความเหมาะสมของลำน้ำดังนั้นการเลี้ยงยังขึ้นอยู่กับอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวทำให้สิ้นเปลืองในการลงทุน

ภาพที่ 2.1 กระชังเลี้ยงปลาในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช

ภาพที่ 2.2 กระชังเลี้ยงปลาในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช

หลักการสำคัญที่ควรคำนึงถึงสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังได้แก่

1) การเลือกสถานที่

บริเวณที่จะทำการเลี้ยงปลาในกระชังจะต้องมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา(Intensive)เน้นการจัดการเลี้ยงโดยใช้อาหารเป็นหลัก คุณภาพน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังโดยปกติแหล่งน้ำที่นำมาเลี้ยงปลาในกระชังควรเป็นแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์จะต้องมีปริมาณธาตุอาหารต่ำ น้ำจะต้องใสสะอาด มีคุณภาพดี การเลี้ยงปลาในกระชังสามารถทำได้ทั้งในบ่อขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถถ่ายน้ำได้หมดหรือในอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึงทั่วไป รวมถึงบริเวณชายฝั่งทะเลเป็นต้นโดยมีหลักในการพิจารณาถึงทำเลที่เหมาะสม ดังนี้

การถ่ายเทของกระแสน้ำปกติการเลี้ยงปลาในกระชังจะอาศัยการถ่ายเทน้ำผ่านกระชังเพื่อพัดเอาน้ำดีเข้ามา และไล่เอาของเสียออกไปนอกกระชังเสมือนมีการเปลี่ยนน้ำใหม่เพื่อให้น้ำมีคุณภาพตลอดเวลา ดังนั้นบริเวณที่เลี้ยงปลาในกระชังจึงควรมีกระแสน้ำและลมเพื่อช่วยให้การหมุนเวียนของน้ำภายในกระชังเป็นไปด้วยดีแต่ต้องไม่รุนแรงนัก โดยเฉพาะสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังในอ่างเก็บน้ำหรือบ่อขนาดใหญ่กระแสลมจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสน้ำในกระชัง บริเวณที่แขวนกระชังจึงควรเป็นบริเวณที่โล่งแจ้งห่างไกลจากร่มไม้ และไม่ควรมีพรรณไม้น้ำเนื่องจากต้นไม้และพรรณไม้น้ำมักจะบังกระแสลมและกระแสน้ำซึ่งจะมีผลต่อการหมุนเวียนถ่ายเทน้ำในกระชัง ความลึกของแหล่งน้ำ แหล่งน้ำควรมีความลึกพอประมาณเมื่อกางกระชังแล้วระดับพื้นกระชังควรสูงจากพื้นก้นบ่อหรือพื้นน้ำไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร เพื่อให้น้ำถ่ายเทได้ดีตลอดห่างไกลจากสิ่งรบกวน บริเวณที่ลอยกระชังควรห่างจากแหล่งชุมชนเพื่อป้องกันการรบกวนจากการพลุกพล่าน ซึ่งจะทำให้เกิดความเครียดกระวนกระวายได้รับบาดเจ็บจากการว่ายชนกระชังทำให้ปลาไม่กินอาหาร ทั้งหมดนี้จะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตตามปกติของปลาที่เลี้ยงหรือเป็นโรคติดเชื้อจากบาดแผลที่เกิดขึ้นได้

2) ชนิดปลาที่จะเลี้ยงและอัตราปล่อย

การเลี้ยงในกระชังมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิมเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากปลานิลและปลาทับทิมเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย มีความอดทน มีตลาดรองรับโดยเฉพาะปลานิลแปลงเพศซึ่งเป็นปลาเพศผู้ล้วนจะทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าเพศเมียอีกทั้งจะได้ปลาที่มีขนาดใหญ่และปลาแต่ละตัวมีขนาดไม่แตกต่างกันมากอีกทั้งจะได้ปลาที่เลี้ยงจะเป็นรุ่นเดียวกันซึ่งต่างจากการเลี้ยงปลานิลรวมเพศที่มีการผสมพันธุ์วางไข่ทำให้มีปลาหลายรุ่น และมีจำนวนแน่นบ่อ เกิดการแย่งอาหารและพื้นที่ไม่เพียงพอ สำหรับอัตราการปล่อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการเช่น ขนาดที่เริ่มปล่อย ระยะเวลาการเลี้ยง และขนาดที่ตลาดต้องการ

3) อาหาร การให้อาหาร และการจัดการระหว่างการเลี้ยง

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาแบบพัฒนา (Intensive) หรือกึ่งพัฒนา (Semi - Intensive) เน้นการให้อาหารเพื่อเร่งผลผลิตและการเจริญเติบโตจึงควรจะใช้อาหารที่มีคุณค่าทางโปรตีนค่อนข้างสูงและเหมาะสมกับความต้องการของปลาแต่ละขนาดปัจจัยที่สำคัญควรนำมาประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับการให้อาหารปลาในกระชังได้แก่

ระดับโปรตีนในอาหารปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลานิลที่มีอายุต่างกันจะแตกต่างกันสำหรับลูกปลาวัยอ่อน (Juvenile) และลูกปลานิ้ว (Fingerling) จะต้องการอาหารทีมีระดับโปรตีนประมาณ 30 - 40 % แต่ในปลาใหญ่จะต้องการอาหารที่มีโปรตีนประมาณ 25 - 30 %

เวลาในการให้อาหารเนื่องจากปลานิลจะกินอาหารได้ดีเมื่อมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงจะเป็นช่วงเวลากลางวันดังนั้นส่วนใหญ่จึงควรให้อาหารในช่วงเวลาดังกล่าว

ความถี่ในการให้อาหารปลานิลเป็นปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหารจริงจึงสามารถกินอาหารได้ทีละน้อยและมีการย่อยอาหารที่ค่อนข้างช้าการให้อาหารครั้งละมากๆ จะทำให้สูญเสียอาหารและก่อให้เกิดสภาวะน้ำเสียได้ดังนั้น เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารเม็ดสูงสุดจึงควรให้อาหารแต่น้อยแต่ให้บ่อยๆ โดยความถี่ที่เหมาะสมคือ ปริมาร 4 - 5 ครั้งต่อวันจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตและทำให้ผลตอบแทนในเชิงเศรษฐศาสตร์สูงสุด

อัตราการให้อาหารปริมาณอาหารที่ให้ปลากินจะขึ้นอยู่กับขนาดของปลาและอุณหภูมิหากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นจะทำให้อัตราการกินอาหารของปลาสูงขึ้นตามไปด้วยอุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมประมาณ 25 - 30 องศาเซลเซียส ควรให้อาหาร 20 % ของน้ำหนักปลา สำหรับปลาขนาดเล็กในปลารุ่นอัตราการให้อาหารจะลดลงเหลือประมาณ 6 - 8 % และสำหรับปลาใหญ่ อัตราการให้อาหารจะเหลือเพียงประมาณ 3 - 4 %

การจัดการระหว่างการเลี้ยงควรมีการตรวจสอบกระชังเพื่อซ่อมแซมส่วนที่ชำรุดทุกๆ สัปดาห์รวมทั้งสุ่มปลามาตรวจสอบน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารที่ให้ได้อย่างเหมาะสม

4) การเก็บเกี่ยวผลผลิต

การเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นข้อควรคำนึงอีกประการหนึ่งสำหรับการจัดการการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากการเลี้ยงในกระชังควรคำนึงถึงขนาดของปลาและปริมาณที่ตลาดต้องการ

5) การสร้างกระชัง

รูปร่างและขนาดของกระชังกระชังที่ใช้เลี้ยงปลานิลมีรูปทรงต่างๆ เช่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปกลม เป็นต้นรูปร่างของกระชังจะมีผลต่อการไหลผ่านของกระแสน้ำที่ถ่ายเทเข้าไปในกระชังเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเท่ากันๆกระชังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีพื้นที่ผิวที่ให้กระแสน้ำไหลผ่านได้มากกว่ากระชังรูปแบบอื่นๆ

ขนาดกระชังที่ใช้เลี้ยงจะแตกต่างกันไปซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของเกษตรกร ขนาดพื้นที่ที่แขวนกระชังตลอดจนปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ขนาดกระชังที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือกระชังสี่เหลี่ยมขนาด 1.2 x 1.2 x 2.5 หรือ 2 x 2 x 2.5 เมตร กระชังสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 4 x 2 x 2.5 เมตร

ภาพที่ 2.3 กระชังเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิม

สำหรับต้นทุนค่าสร้างกระชังต้นทุนต่อปริมาตรจะลดลงเมื่อขนาดของกระชังใหญ่ขึ้นแต่ผลผลิตต่อปริมาตรก็จะลดลงด้วยเนื่องจากกระชังใหญ่กระแสน้ำไม่สามารถหมุนเวียนได้ทั่วถึงความลึกของกระชังส่วนใหญ่ที่ใช้จะมีความลึก 2.5 เมตร เมื่อลอยกระชังจะให้กระชังจมอยู่ในน้ำเพียง 2.2 เมตรโดยมีส่วนที่โผล่พ้นน้ำประมาณ 20 - 25 เซนติเมตร ความลึกของกระชังมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาเช่นกันปกติระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะสูงบริเวณผิวน้ำ ที่ระดับความลึกประมาณ 2 เมตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพียง 50 - 70 % ของปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำเท่านั้น ดังนั้นการสร้างกระชังไม่ควรให้ลึกเกินไปเนื่องจากปลาจะหนีลงไปอยู่ในส่วนที่ลึกซึ่งมีปริมาณออกซิเจนต่ำและจะส่งผลให้ปลากินอาหารน้อยมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำดังนั้นขนาดกระชังขึ้นอยู่กับปัจจัยเป็นองค์ประกอบของการเลี้ยงซึ่งผู้เลี้ยงต้องตัดสินใจโดยพิจารณาถึงจำนวนปลาที่ปล่อยกระชังขนาดเล็กที่ปล่อยหนาแน่น ให้ผลผลิตต่อปริมาตรสูง ดูแลจัดการง่ายแต่ผลผลิตรวมอาจต่ำกว่ากระชังขนาดใหญ่ดังกล่าวข้างต้น

นอกจากนี้บริเวณผนังกระชังด้านบนควรใช้มุ้งเขียวขนาดความกว้างประมาณ 90 เซนติเมตรขึงทับไว้เพื่อป้องกันมิให้อาหารหลุดออกนอกกระชังในระหว่างการให้อาหาร

การแขวนกระชังควรแขวนให้กระชังห่างกันไม่น้อยกว่า 3 เมตรเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดมุมอับระหว่างกระชังเป็นการลดสภาวะการขาดออกซิเจนหากจำเป็นควรใช้เครื่องตีน้ำหรือเครื่องสูบน้ำช่วยให้เกิดการหมุนเวียนถ่ายเทน้ำภายในกระชังและเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำอีกด้วย

ขนาดตาอวนที่ใช้ทำกระชังจะต้องเหมาะสมกับขนาดปลาที่เลี้ยงเพื่อป้องกันไม่ให้ปลาหนีลอดได้ได้อีกทั้งจะต้องให้กระแสน้ำไหลผ่านได้สะดวกและป้องกันไม่ให้ปลาขนาดเล็กภายนอกเข้ามา

รบกวนและแย่งอาหารปลาในกระชังขนาดตาอวนที่ใช้ไม่ควรมีขนาดเล็กกว่า 1.5 x 1.5 เซนติเมตรเพื่อไม่ให้ขัดขวางการหมุนเวียนของน้ำผ่านกระชังกระชังควรมีฝาปิดซึ่งอาจทำจากเนื้ออวนชนิดเดียวกับที่ใช้กระชังหรือวัสดุที่เหมาะสมทั้งนี้เพื่อป้องกันปลาที่เลี้ยงหนีออกและปลาจากภายนอกกระโดดเข้ากระชังรวมทั้งป้องกันไม่ให้นกมากินปลาที่เลี้ยง

2.2 ผลกระทบของการเลี้ยงปลาในกระชังต่อสิ่งแวดล้อม

1. การเปลี่ยนแปลงความเร็วของกระแสน้ำ

การวางกระชังเลี้ยงปลาจะทำให้ความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลผ่านบริเวณนั้นลดลง และส่งผล ให้ทำให้การเจือจางของของเสียจากแหล่งเลี้ยงปลาลดลง ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในบริเวณ นั้น โดยทั่วไป การวางกระชังจะต้านกระแสน้ำและเป็นสาเหตุให้ความเร็วของกระแสน้ำลดลง 15-65% ขึ้นอยู่กับระดับความลึกของน้ำในตำแหน่งที่วางกระชังนั้น ทั้งนี้ อิทธิพลดังกล่าวจะเกิดขึ้นก่อนถึงตัวกระชังในระยะทางประมาณ 2 เท่าของความกว้างของกระชัง และยังส่งผลต่อเนื่องไปเป็นระยะทางประมาณ 50 เท่าของความกว้างของกระชังหลังจากที่มวลน้ำสัมผัส (หรือ ไหลผ่าน) ตัวกระชังไปแล้วนอกจากนี้ลักษณะการวางกระชังก็ส่งผลกระทบต่อการไหลของน้ำต่างกัน โดยการวางกระชังแบบแถวหน้ากระดานจะส่งผลกระทบต่อการไหลของน้ำน้อยกว่าการวางแบบแถวตอนเดี่ยว

2. คุณภาพของน้ำ

การเลี้ยงปลาในกระชังอาจส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบริเวณที่ทำการเพาะเลี้ยง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการเลี้ยงและความเร็วของกระแสน้ำ ทั้งนี้คุณภาพน้ำที่ได้รับผลกระทบได้แก่

2.1 การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนีย เนื่องจากการเผาผลาญของร่างกาย (metabolism) ของปลา

2.2 การเพิ่มขึ้นของปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ จากขบวนการย่อยสลายไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย

2.3 การลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ DO (Dissolved Oxygen)

ปริมาณออกซิเจนในน้ำในพื้นที่ๆ มีการเลี้ยงปลาในกระชังปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงเนื่องจากการหายใจของปลา ซึ่งปริมาณการใช้ออกซิเจนของปลาจะขึ้นอยู่กับขนาด อายุ เพศ พฤติกรรมและอุณหภูมิ โดยข้อมูลในการเลี้ยงปลาแซลมอนจำนวน 250 ตัน ในบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลในปริมาตร 72 ลบ.ม./วินาที จะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่เลี้ยงปลาลดลงประมาณ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยังลดลงเนื่องจากขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand, BOD) โดยปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในขบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณ สารอินทรีย์ที่ตกตะกอนในน้ำโดยปกติปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ในขบวนการนี้จะมีค่าประมาณ 1.5-3 เท่าของปริมาณออกซิเจนที่ปลาใช้ในการหายใจ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง		
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.5 – 8.5	
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(DO)	ไม่ต่ำกว่า 5.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
อุณหภูมิน้ำ(Tw)	19 - 28	องศาเซลเซียส
ความขุ่นใส (Turbidity)	30 – 60	เซนติเมตร
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (Free Co_2)	ไม่สูงเกิน 8	มิลลิกรัมต่อลิตร
ความเป็นด่าง (Alkalinity)	100-120	มิลลิกรัมต่อลิตร
ความกระด้าง (Hardness)	75-150	มิลลิกรัมต่อลิตร

3. ปริมาณแพลงก์ตอน การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยในแหล่งน้ำจืดปริมาณฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดปริมาณแพลงก์ตอน ผลกระทบของการ เลี้ยงปลาในกระชังต่อปริมาณแพลงก์ตอนเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่มาจาก อาหารปลาและขบวนการขับถ่ายของปลา ปรากฏการณ์น้ำเขียวหรือ Plankton bloom มักจะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีการเลี้ยงปลาใน กระชังอย่างหนาแน่น อย่างไรก็ตามการเกิดปรากฏการณ์น้ำเขียวยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น ปริมาณแสง อุณหภูมิและความเร็วกระแสน้ำ

4. ปริมาณสารแขวนลอย ปริมาณสารแขวนลอยจากการเลี้ยงปลาในกระชังจะมาจากเศษอาหารที่เหลือ สิ่งขับถ่ายและเศษวัสดุที่เกาะติดกระชัง ปริมาณของเสียจากเศษอาหารขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น ชนิดของ อาหาร วิธีการและความถี่ของการให้อาหาร ความคงทนของอาหารในน้ำและประสิทธิภาพการย่อยของอาหาร อาหารที่มีประสิทธิภาพการย่อยต่ำจะส่งผลให้เกิดของเสียมากขึ้น โดยทั่วไปประมาณ 60% ของอาหารที่ปลากินจะถูกขับออกมาเป็นของเสียและตกตะกอนอยู่ในแหล่งน้ำซึ่งการ แพร่กระจายของตะกอนจะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำและอัตราการตกตะกอน ถ้ากระชัง ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีความลึกและกระแสน้ำมีความแรงมาก การแพร่กระจายของตะกอนจะกินพื้นที่ มากกว่าในบริเวณที่ตื้นและมีความเร็วของกระแสน้ำน้อยกว่า

2.3 ทฤษฎีการเติมอากาศแบบเวนจูรี่ (Venturi Aeration)

การเติมอากาศ (Aeration) เป็นหัวใจของการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนจากอากาศ เพราะหากระบบบำบัดน้ำเสียขาดออกซิเจนจุลินทรีย์ทั้งหลายก็ไม่สามารถทำงานได้ถ้ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่สูง ระบบก็สามารถบำบัดน้ำได้ดีหรือสามารถรับน้ำเสียได้มากขึ้นแต่เนื่องจากค่าการละลายน้ำของออกซิเจนที่ความดันบรรยากาศมีค่าต่ำย่อมจะทำให้มีแรงขับ(Driving Force) ต่ำตามไปด้วยดังนั้น การเพิ่มอัตราการละลายน้ำของออกซิเจนที่ความดันบรรยากาศจึงได้แก่การเพิ่มผิวสัมผัส (Interfacia Area) ระหว่างอากาศกับน้ำให้มีค่ามากที่สุดสภาพการทำงานโดยทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียจะมีค่าความต้องการออกซิเจนเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามปริมาณความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำเสียและความเข้มข้นของมวล

สารอินทรีย์ ซึ่งในการออกแบบจะต้องเติมออกซิเจนให้แก่ระบบที่ความต้องการสูงสุดได้อย่างเพียงพอ การเติมอากาศให้กับระบบบำบัดน้ำเสียสามารถเติมได้โดย

1) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้การเติมอากาศแบบนี้ เช่นระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Ponds)ออกซิเจนจากอากาศจึงแพร่ลงบนเฉพาะที่ผิวหน้าของบ่อผึ่งเท่านั้นถ้าหากอัตราการใช้ออกซิเจนในระบบมีมากกว่าอัตราการแพร่ของออกซิเจนก็จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่าไร้อากาศ(Anaerobic)หรือค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าเท่ากับ0ในสภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากก๊าซไข่เน่าในระบบบำบัดน้ำเสียได้และน้ำจะมีสีดำการเติมอากาศวิธีนี้จึงไม่ต้องการพลังงานในการเติมอากาศ

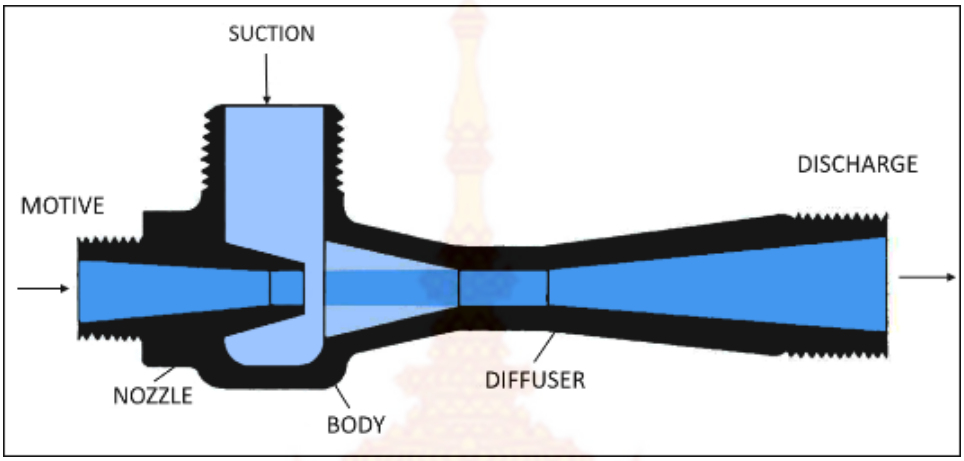
2) โดยใช้เครื่องกลเติมอากาศเช่นกังหันชัยพัฒนาเครื่องกลในระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)เครื่องกลในระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge)เป็นต้น ซึ่งการเติมอากาศวิธีนี้จำเป็นต้องมีพลังงานมาเกี่ยวข้องแต่ถ้าไม่มีการควบคุมที่ดี ก็จะเกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์เครื่องกลเติมอากาศมีหน้าที่อยู่ 2 ประการ คือหน้าที่ในการให้ออกซิเจนแก่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างพอเพียงและหน้าที่ในการกวนน้ำเพื่อให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่กระจายออกเสมอทั่วทั้งบริเวณที่ต้องการพลังงานที่ใช้ในการกวนนี้จะต้องมีค่าพอเหมาะสำหรับการกระจายออกซิเจนในน้ำต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพราะถ้ากวนน้อยเกินไปจุลินทรีย์จะไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอเป็นผลให้ระบบไม่สามารถทำงานได้ดีเท่าที่ควรแต่ถ้ากวนแรงเกินไปก็จะสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์เครื่องกลเติมอากาศแต่ละชนิดมีทั้งข้อดีและข้อเสียในด้านต่างๆ ดังนั้นการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศจะต้องเข้าใจหลักการทำงานวิธีคำนวณตลอดจนเข้าใจถึงวิธีการทดสอบสมรรถนะในการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำต่อพลังงาน (Performance of Oxygen Transfer in Water) หน่วยเป็นกิโลกรัมของออกซิเจน/แรงม้า-ชั่วโมงปัจจุบันมีการใช้หัวกระจายอากาศช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ

3.ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ (Venturi Aeration)

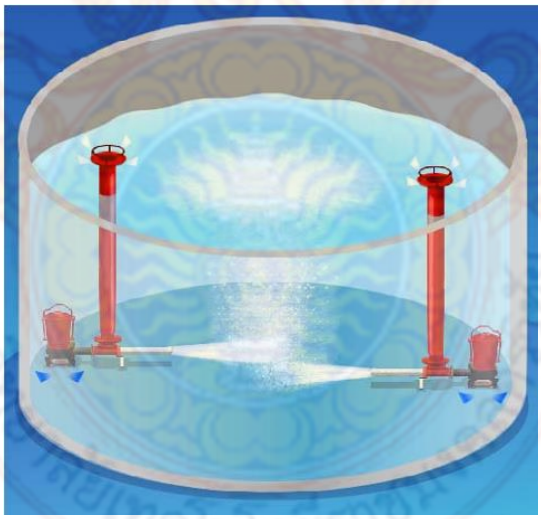
การเติมอากาศ (Aeration) เป็นหัวใจของการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนจากอากาศ เพราะหากระบบบำบัดน้ำเสียขาดออกซิเจนจุลินทรีย์ทั้งหลายก็ไม่สามารถทำงานได้ถ้ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่สูงระบบก็สามารถบำบัดน้ำได้ดีหรือสามารถรับน้ำเสียได้มากขึ้นแต่เนื่องจากค่าการละลายน้ำของออกซิเจนที่ความดันบรรยากาศมีค่าต่ำย่อมจะทำให้มีแรงขับ (Driving Force) ต่ำตามไปด้วย ดังนั้น การเพิ่มอัตราการละลายน้ำของออกซิเจนที่ความดันบรรยากาศจึงได้แก่การเพิ่มผิวสัมผัส (Interfacia Area) ระหว่างอากาศกับน้ำให้มีค่ามากที่สุดสภาพการทำงานโดยทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียจะมีค่าความต้องการออกซิเจนเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามปริมาณความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำเสียและความเข้มข้นของมวลสารอินทรีย์

ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่จะประกอบไปด้วยถึงเติมอากาศ ปั๊มและหัวฉีดเติมอากาศ ของเหลวจะถูกปั๊มผ่านหัวฉีดซึ่งการไหลของของเหลวในคอคอดของหัวฉีดจะทำให้เกิดการดึงอากาศผสมกับของเหลวพ่นเข้าไปในถึงเติมอากาศระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ สามารถติดตั้งได้หลายแบบ

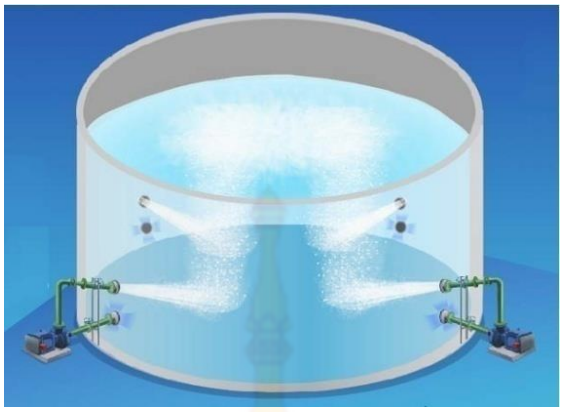
ขึ้นอยู่กับการใช้งานโดยอาจติดตั้งเป็นระบบอิสระ หรือติดตั้งกับผนังถังและต่อเป็นชุดเข้ากับปั๊มและอุปกรณ์อื่นๆ ได้ ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ สามารถติดตั้งร่วมกับระบบควบคุมปริมาณออกซิเจนในของเหลวเพื่อให้กระบวนการเติมอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุดตลอดเวลา



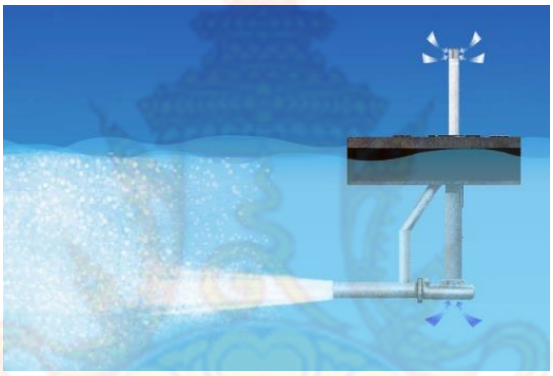
ภาพที่ 2.4 ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรี



ภาพที่ 2.5 ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรีชนิดติดตั้งใต้น้ำ



ภาพที่ 2.6 ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรีชนิดติดตั้งภายนอก



ภาพที่ 2.7 ระบบการเติมอากาศแบบเวนจูรีชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย

2.4 แผงโซล่าเซลล์

Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศเมื่อปี ค.ศ.1959 ดังนั้น สรุปได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียมฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียมเทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้า

ของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.4.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อMonocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

ภาพที่ 2.8 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากซิลิคอล

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5 – 10 %

ภาพที่ 2.9 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน

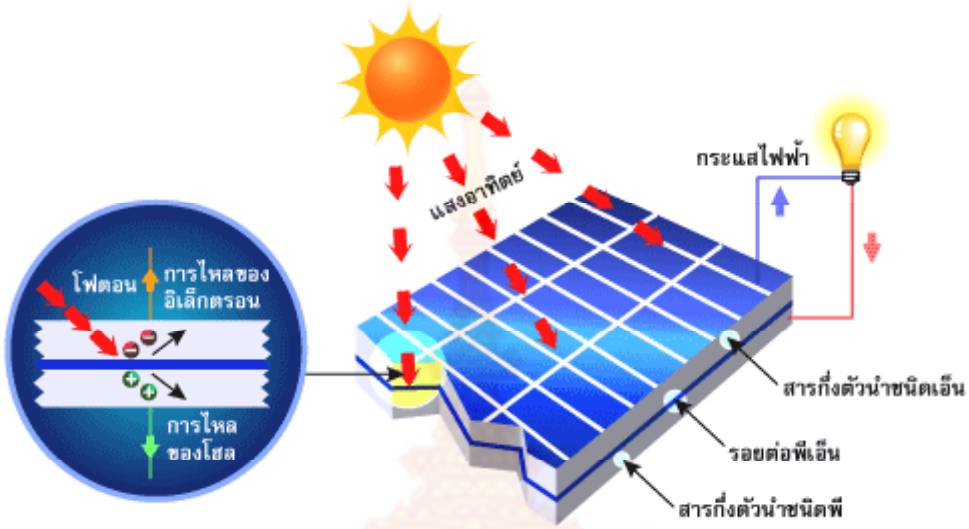
3) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียมเทลเลอไรด์ และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

ภาพที่ 2.10 แผงโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ

2.4.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอนจึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นโดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ)และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก)ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้าขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุดส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.4.3 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.11 หลักการทำงานของแผงโซล่าเซลล์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้นได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวกส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ)ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

2.4.4 ขั้นตอนการผลิตเซลล์จากแสงอาทิตย์มีดังนี้

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือ Monocrystalline มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) นำซิลิคอนที่ถลุงได้ จากนั้นมาหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1400 °C แล้วดึงผลึกออกจากของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนได้แท่งผลึกซิลิคอนเป็นของแข็ง แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ

2) นำผลึกซิลิคอนที่เป็นแว่น มาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นภายในเตาแพร่ซึมที่มีอุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C แล้วนำไปทำชั้นต้านการสะท้อนแสงด้วยเตาออกซิเดชั่นที่มีอุณหภูมิสูง

3) ทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยการฉาบไอโลหะภายใต้สุญญากาศ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยแสงอาทิตย์เทียม และวัดหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) มีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1) นำซิลิคอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิคอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิคอนเป็นแบบผลึกรวม แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ

2) จากนั้นนำมาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) ทำการแยกสลายก๊าซไซเลน (Silane Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซไซเลนเข้าไปในครอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้ก๊าซแยกสลายเกิดเป็นพลาสมา และอะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ในครอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.)

2) ขณะที่แยกสลายก๊าซไซเลน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและไดโบเรนเข้าไปเป็นสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นสำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

3) การทำขั้วไฟฟ้า มักใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้ คือ

3.1) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึก ใช้เครื่องมือ คือ เตาปลูกชั้นผลึกจากสถานะของเหลว (LPE; Liquid Phase Epitaxy)

3.2) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึกที่เป็นรอยต่อเอ็นพี ใช้เครื่องมือ คือ เครื่องปลูกชั้นผลึกด้วยลำโมเลกุล (MBE; Molecular Beam Epitaxy)

2.4.5 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย

1) ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

2) เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้

3) สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง

4) ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ

5) ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

6) ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง

7) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอ

8) ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

9) อายุการใช้งานยืนยาว และประสิทธิภาพคงที่

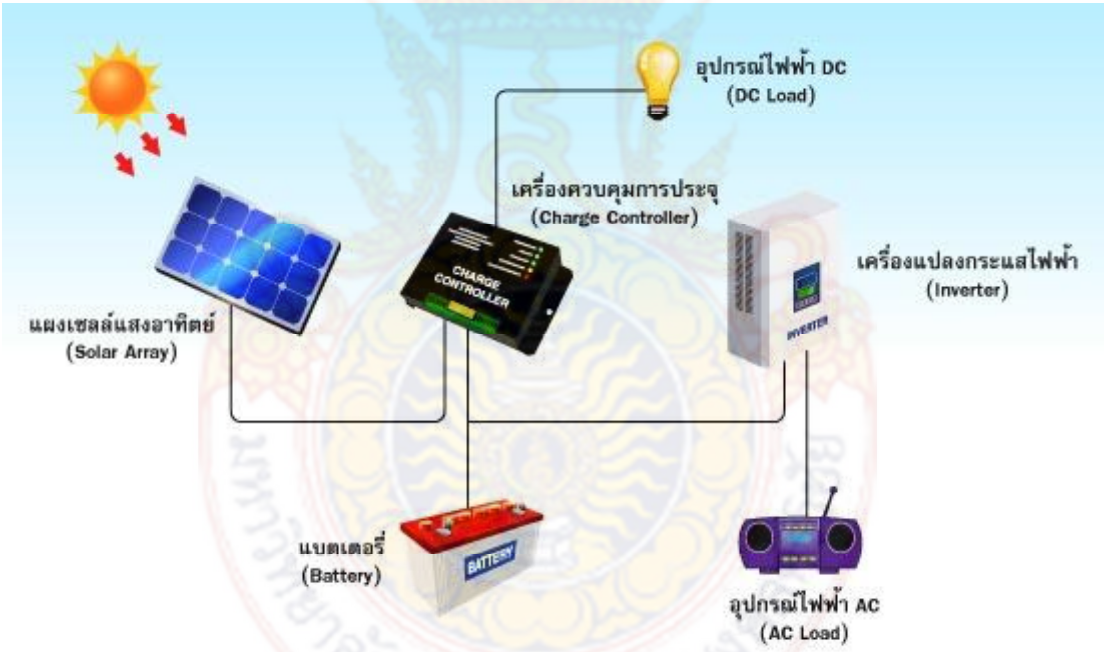
10) มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว

11) เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูลจึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ

12) ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆในบรรยากาศ เช่นคาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.4.6 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้นหากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไปจะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆอีกโดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้



ภาพที่ 2.12 ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module)ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆเซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนานจะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกันก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากัน ด้วยรวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2) เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วยดังนั้นการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือเมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้วจะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย)ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

3) แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการเช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆแบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

4) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือSine Wave Inverterใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิดและModified Sine Wave Inverterใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

5) ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่าหรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

2.5 แบตเตอร์รี่

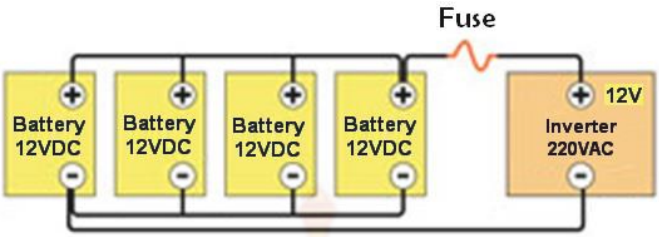
แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์ หรือมากกว่าก็ได้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge)ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และเสียหายได้ง่าย หากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้, การบำรุงรักษา, การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ

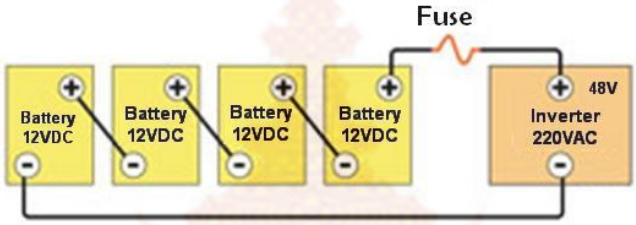
ภาพที่ 2.13 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด คือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณมากหรือน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย เราจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งต่างจากแบตเตอรี่รถยนต์ที่ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงใน ช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30% ของพลังงานที่เก็บอยู่จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบโซลาร์เซลล์ จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์ และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการซ่อมบำรุงเรียกว่าแบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery)

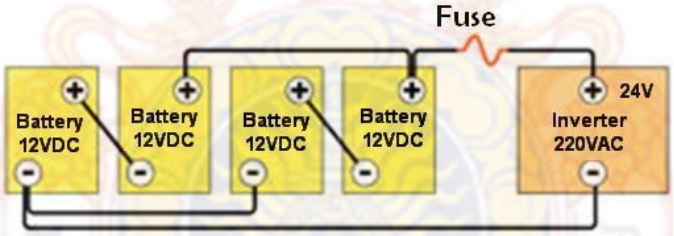
ภาพที่ 2.14 แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิดและแบตเตอรี่แบบเซลล์ปิด



ภาพที่ 2.15 การต่อวงจรแบตเตอรี่แบบขนาน



ภาพที่ 2.16 การต่อวงจรแบตเตอรี่แบบอนุกรม



ภาพที่ 2.17 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน

ความสามารถในการจัดเก็บพลังงานความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือ แบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่าย กระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ ดังนั้น การจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึง อัตราการจ่ายกระแสด้วย มักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่การกำหนดขนาดของของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอร์รี่ในการจัดเก็บพลังงาน,

อัตราการจ่ายประจุสูงสุด, อัตราการประจุสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน (อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดคือ 77 F หรือประมาณ 60 -80 F)

2.6 งานวิจัยเกี่ยวข้อง

เฉลิมเกียรติ วงษ์เกยและคณะ(2558) ศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลามีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบเครื่องเติมอากาศในน้ำให้มีประสิทธิภาพในการเติมปริมาณอากาศได้มากยิ่งขึ้นและสามารถใช้งานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์โดยได้ทำการพัฒนาและออกแบบใบพัด ให้มีลักษณะเป็นทรงครึ่งวงกลม 4 แฉกเพื่อให้เกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเติมอากาศในน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลาดำเนินการทดสอบ 2 ลักษณะคือการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศในน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลาและทดสอบหาปริมาณอากาศที่เพิ่มขึ้นด้วยของเครื่องเติมอากาศในน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลา ผลการทดสอบพบว่าเมื่อเกิดโหลดขึ้นในขณะเครื่องกำลังทำงานอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์สามารถตัดไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้โดยที่อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์จะสั่งการตัดไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์เฉลี่ยที่ 25.32 A และการทำงานเครื่องเติมอากาศในน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลาสามารถเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำ (DO) ได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.29-9.2 mg/L ต่อวัน ดังแสดงในภาพที่ 2.18

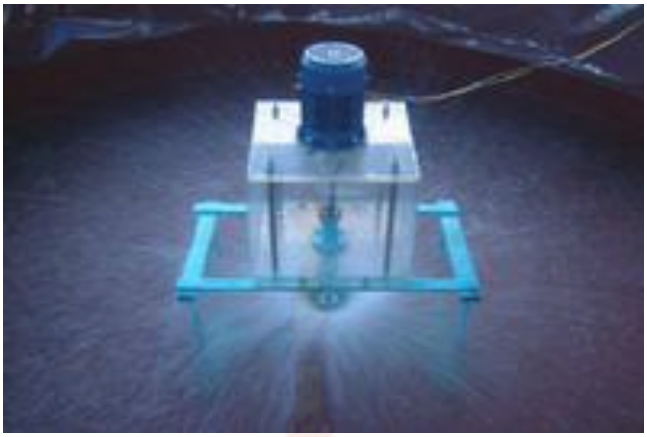
ภาพที่ 2.18 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศในน้ำ

ปรีชา มหาไม้และคณะ (2557) นำเสนอการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบไร้สายแบบอัตโนมัติของเครื่องเติมออกซิเจนที่ผิวน้ำสำหรับบ่อเลี้ยงปลา เพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนแบบเฉียบพลันในช่วงเวลากลางคืนโดยที่ระบบสามารถวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยตัวตรวจวัด (DO Sensors)ได้ในช่วง 0-10 มิลลิกรัมต่อลิตรและสามารถกำหนดเวลาการรายงานผลปริมาณออกซิเจนแบบเวลาจริงได้การทำงานของระบบเมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณให้เครื่องหมุนใบกังหันเพื่อเติมออกซิเจนลงสู่ผิวน้ำจนกว่าจะมีปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอตามที่กำหนดเครื่องจะหยุดการทำงานทันทีเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานตัวเครื่องใช้

พลังงานหลักจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 60 วัตต์ผ่านชุดประจุด้วยวงจรแปลงผันแรงดันแบบทอนระดับประจุแบตเตอรี่ขนาด12 โวลต์ 32 แอมแปร์ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานเป็นแบบอัตโนมัติสามารถวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบเวลาจริงแล้วส่งค่ากลับมาแสดงผลยังคอมพิวเตอร์แบบพกพาโดยผ่านเครือข่ายแบบไร้สายประสิทธิภาพของชุดประจุแบตเตอรี่โดยเฉลี่ยร้อยละ 80 และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นอัตราเฉลี่ย 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

บรรจง สุขแจ่มและคณะ (2556) ศึกษาเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานย้อนกลับโดยได้ปรับปรุงเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 32 แอมแปร์ชั่วโมง ในการขับมอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 36 วัตต์ให้หมุนกังหันตีน้ำและใช้แรงหมุนของกังหันไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบแม่เหล็กถาวรเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับปั๊มลมเพื่อให้ออกซิเจนใต้น้ำพลังงานที่นำมาประจุลงแบตเตอรี่ได้มาจากโซล่าเซลล์ขนาด 60 วัตต์จ้านวน 1 แผง โดยผ่านเครื่องประจุแบตเตอรี่บนพื้นฐานวงจรทอนระดับแรงดันแรงดันเอาต์พุตออกแบบไว้ที่ 14 โวลต์ ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดขอบเขตของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพื่อให้เครื่องเติมอากาศฯหยุดตีน้ำได้ตามต้องการ นอกจากนี้เครื่องเติมอากาศฯยังสามารถส่งค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเวลาและวันที่มายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลและบันทึกผลการบันทึกผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรได้ผลสรุปว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฯในระบบท้าให้แบตเตอรี่ต้องจ่ายกำลังงานมากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ออกมาดังนั้นจึงไม่ควรติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฯในระบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ ได้ผลสรุปว่าสามารถประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 32 แอมแปร์ชั่วโมงได้โดยที่ประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์การรับ-ส่งค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำผลปรากฏว่าเครื่องเติมอากาศฯสามารถส่งข้อมูลปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเวลาและวันที่มาแสดงและบันทึกผลที่คอมพิวเตอร์ได้และสามารถกำหนดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ตัวเครื่องเติมอากาศฯ ได้ตามต้องการเพื่อให้เครื่องหยุดตีน้ำที่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ผู้ใช้ต้องการ

มงคล มงคลวงศ์โรจน์ (2550) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการเติมอากาศของเครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำโดยจะทำการเปรียบเทียบรูปร่างใบพัดที่มีผลต่อการเติมอากาศเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการเติมอากาศให้แก่น้ำเสียได้ในปริมาณที่สูงใช้พลังงานต่ำและสามารถนำไปใช้งานในทางปฏิบัติได้จริงโดยทำการศึกษาการเติมอากาศแบบผิวน้ำและพัฒนาใบพัดแบบมีการไหลในแนวรัศมีเพื่อให้น้ำไหลออกในแนวรัศมีโดยทำการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆแล้ววิเคราะห์รูปร่างที่เหมาะสมของใบพัดผลที่ได้จากการทดลองนี้จะนำไปพัฒนาและปรับปรุงใบพัดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการเติมอากาศที่ดีขึ้นดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ

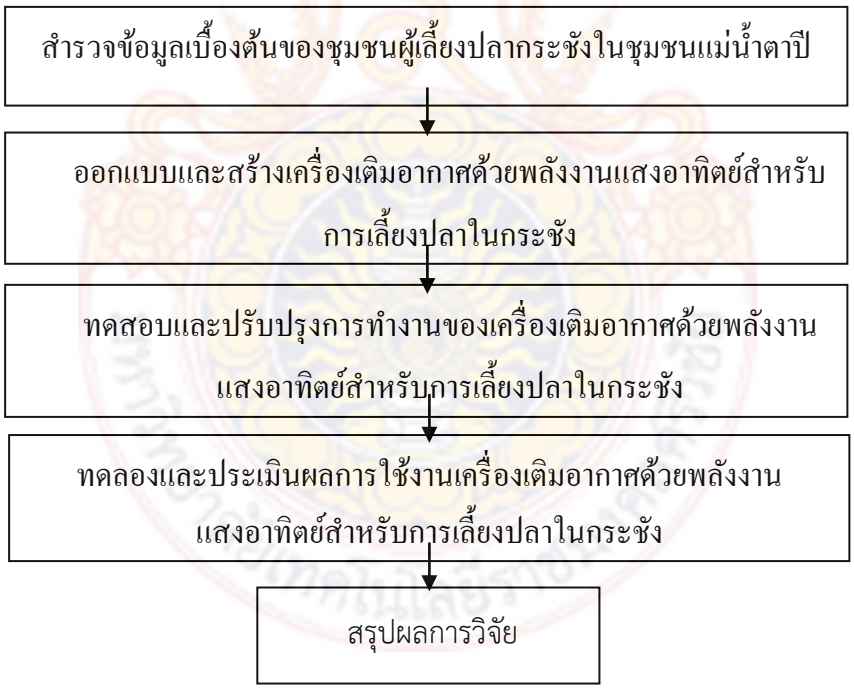
เมธาสิทธิ์ โชคฤทัยและคณะ (2559) ได้พัฒนาเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำให้มีประสิทธิภาพในการเติมปริมาณออกซิเจนได้มากยิ่งขึ้นโดยได้ทำการพัฒนาและออกแบบใบพัดให้มีลักษณะเป็นทรงกรวยเพื่อให้เกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำได้ดำเนินการทดสอบ 2 ลักษณะคือการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์และทดสอบหาปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำการทดสอบอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ของเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำพบว่าว่าเมื่อเกิดโหลดขึ้นขณะเครื่องกำลังทำงานอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์สามารถตัดไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ได้ตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้โดยที่อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์จะสั่งการตัดไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์เฉลี่ยที่ 25.32 A และการทำงานเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำจะทำงานต่อเนื่องเฉลี่ย 6 ชั่วโมงต่อวันสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.29 - 9.2 mg/L ต่อวัน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.20

ภาพที่ 2.20 เครื่องเติมออกซิเจนแบบผิวน้ำ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

เป็นโครงการวิจัยที่ต้องการพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำและช่วยให้น้ำมีการไหลเวียน รวมทั้งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง คณะผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องเติมอากาศในน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบดูดน้ำและอากาศ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีโดยมีความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 18-19 MJ/m2/day อีกทั้งพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มแม่น้ำตาปีนั้น มีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี เป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตในการเลี้ยงปลาในกระชังให้แก่กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง รวมทั้งเป็นการใช้พลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการพัฒนาในการเลี้ยงปลาในกระชังของเกษตรกร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1.1 ขั้นตอนการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในเลี้ยงปลาในกระชังพื้นชุมชนลุ่มแม่น้ำตาปี

จากสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของการในเลี้ยงปลากระชังในชุมชนแม่น้ำตาปี ในพื้น อำเภอฉวาง อำเภอทุ่งใหญ่ และอำเภอถ้ำพรรณรา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปัญหาปลาในกระชังน๊อคน้ำตาย จากการขาดออกซิเจนเป็นจำนวนมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคมของทุกปี ที่ระดับน้ำลดลง และน้ำในแม่น้ำไหลเวียนน้อยเกษตรกรต้องการเครื่องเติมอากาศและช่วยผลักดันน้ำให้ไหลเวียน โดยไม่ใช้พลังงานจากไฟฟ้า จึงสรุปความเป็นไปได้ของการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มแม่น้ำตาปีมีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี เป็นการช่วยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและช่วยให้น้ำได้ไหลเวียน

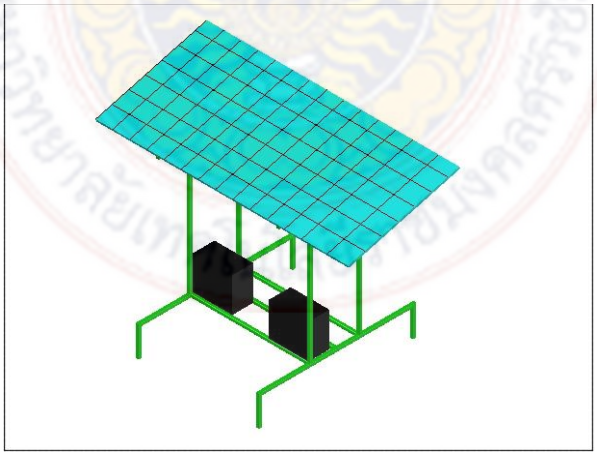
ภาพที่ 3.2 การเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ภาพที่ 3.3 การเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ภาพที่ 3.4 การเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปี อำเภอถ้ำพรรณรา จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.2 ขั้นตอนการการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

1)โครงสร้างเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ออกแบบเพื่อเป็นฐานยึดส่วนต่างๆ ของเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ กว้าง 68 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตรสูง 90 เซนติเมตร ฐานวางโซล่าเซลล์ยาว 36 เซนติเมตร กว้าง 68 เซนติเมตร ทำมุมกับระนาบโครงสร้างเครื่อง 15 องศา

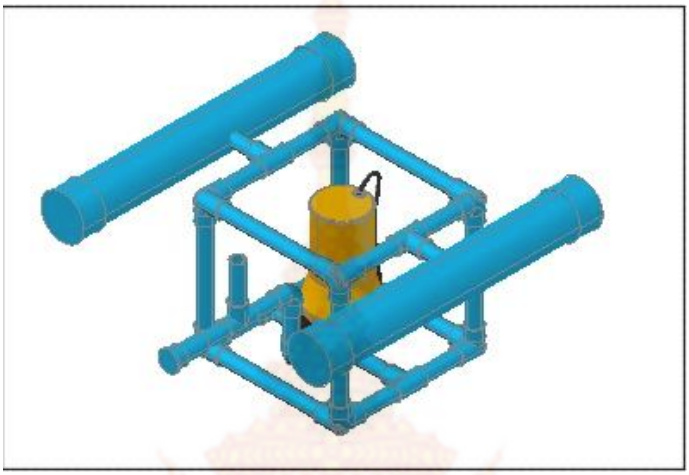


ภาพที่ 3.5 โครงเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบ

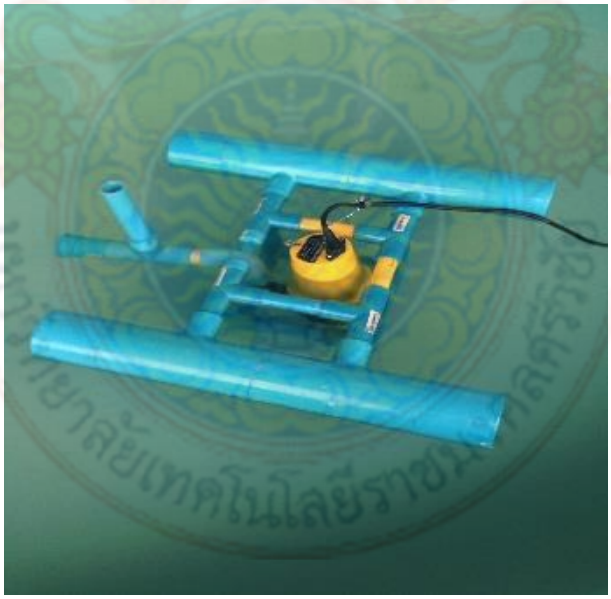
ภาพที่ 3.4 โครงเครื่องเติมอากาศในน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการเชื่อมโครงเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2) ชุดออกแบบและสร้างชุดดูดน้ำและอากาศ โครงสร้างทำจาก PVC ขนาด 50x60x16 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ DC ขนาด 12 V 65 W ทำหน้าที่ดูดน้ำและอากาศ โดยตัวชุดนี้มีขนาดที่สามารถนำไปใส่ไว้ในกระชังเลี้ยงปลาได้

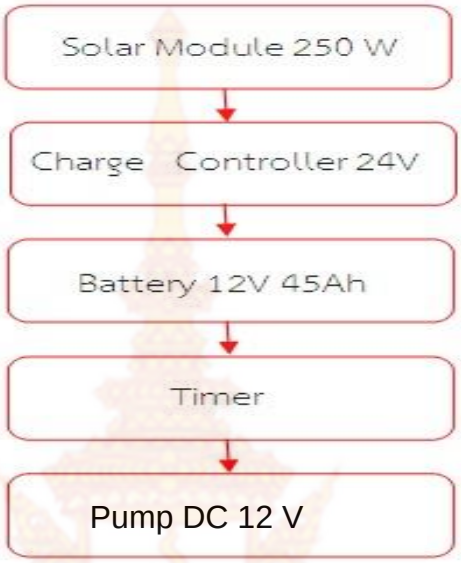


ภาพที่ 3.7 ชุดมอเตอร์ DC สำหรับดูดน้ำและอากาศที่ออกแบบ



ภาพที่ 3.8 ชุดมอเตอร์ DC สำหรับดูดน้ำและอากาศที่สร้างขึ้น

3) ชุดวงจรโซล่าเซลล์และชุดวงจรโซล่าเซลล์ประกอบด้วยใช้แผงโซล่าเซลล์ชนิด MoNo ขนาด 250 วัตต์จำนวน 1 แผงและใช้แบตเตอรี่ดิพไซเคิลขนาด 12V 45 Ah จำนวน 2 ลูก



ภาพที่ 3.9 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 3.10 แผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 วัตต์

ภาพที่ 3.11 แบตเตอรี่ดีพไซเคิล

ภาพที่ 3.12 เกจวัดเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่

ภาพที่ 3.13 รีเลย์สตาร์ท

ภาพที่ 3.14 ไทม์เมอร์ตั้งเวลา

ภาพที่ 3.15โซล่าชาร์จเจอร์

ภาพที่ 3.16 มอเตอร์ DC ขนาด 12 V 65 W ทำหน้าที่ดูดน้ำและอากาศ

3.3 การทดสอบสมรรถนะและปรับปรุงการทำงานของเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวางจังหวัดนครศรีธรรมราช ทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน เริ่มทดสอบเวลา 08:00 น. และหยุดทดสอบเวลา 16:30 น. ในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังทำการทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W และการทดสอบหาประสิทธิภาพเติมอากาศมีลำดับขั้นตอนและการทดสอบดังนี้

ภาพที่ 3.17 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานกับกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง

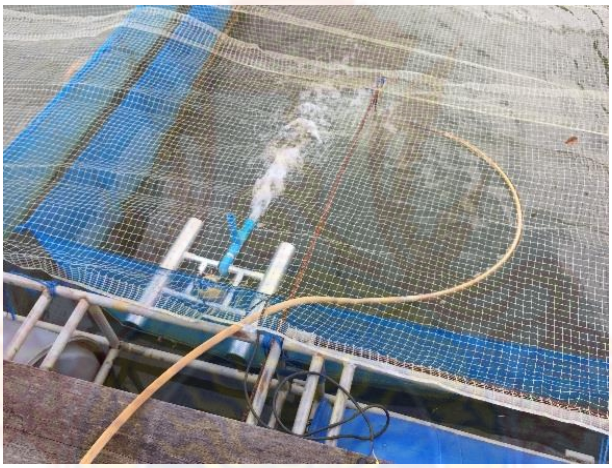
3.1 การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์วัดค่าแรงดันและกระแสทุกระยะเวลา 30 นาทีทำการทดลองจนครบ 10 ชั่วโมงบันทึกผล

3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมอากาศในน้ำโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) เปรียบเทียบระหว่างกระชังที่เติมอากาศและกระชังที่ไม่ได้เติมอากาศมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอากาศในน้ำหรือไม่โดยการตรวจวัดค่าทุกระยะเวลา 30 นาที

ภาพที่ 3.18 อุปกรณ์วัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

ภาพที่ 3.19 การตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

ภาพที่ 3.20 การทดลองใช้งานในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ 3.21 การทดลองใช้เพิ่มปริมาณออกซิเจนในกระชังเลี้ยงปลา

บทที่ 4
ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวางจังหวัดนครศรีธรรมราช ทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน เริ่มทดสอบเวลา 08:00 น. และหยุดทดสอบเวลา 16:30 น. ในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังทำการทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W และการทดสอบหาประสิทธิภาพเติมปริมาณค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง มีลำดับขั้นตอนและการทดสอบดังนี้

1. การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 Wทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์วัดค่าแรงดันและกระแสทุกระยะเวลา 30 นาทีทำการทดลองจนครบ 10 ชั่วโมงบันทึกผล

2. การทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมอากาศในน้ำโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) เปรียบเทียบระหว่างกระชังที่เติมอากาศและกระชังที่ไม่ได้เติมอากาศมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอากาศในน้ำหรือไม่โดยการตรวจวัดค่าทุกระยะเวลา 30 นาที

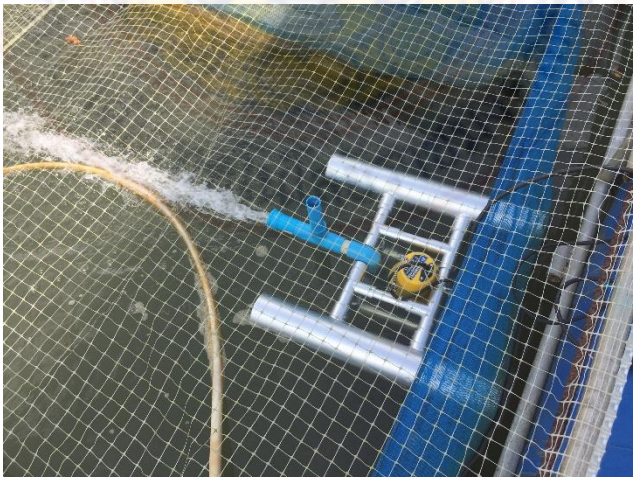
4.1.1 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ช่วงเวลา 8:00-12:00 น.

การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์วัดค่าแรงดันและกระแสทุกระยะเวลา 30 นาที ทำการทดลองจนครบ 10 ชั่วโมง และบันทึกผลเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์ช่วงเวลา 8:00-12:00 น.

Test Period	Test Result			Test Period	Test Result		
	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)		Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
08:00-08:30	26.0	5.6	145.60	10:00-10:30	26.8	7.1	190.28
08:30-09:00	26.3	6.4	168.32	10:30-11:00	27.0	7.2	194.40
09:00-09:30	26.5	6.5	172.25	11:00-11:30	27.1	7.2	195.12
09:30-10:00	26.7	6.8	181.56	11:30-12:00	27.1	7.2	195.12
				Average	**26.68**	**6.75**	**180.33**

ผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 11:00-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 27.1 V ค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 08:00-08:30 น. มีค่าเท่ากับ 26.0 V และกระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 10:30-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 7.2 A ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 08:00-08:30 น. มีค่าเท่ากับ 5.6 A เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 11:00-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 195.12 W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์น้อยที่สุดในช่วงเวลา 08:00-08:30 น. มีค่าเท่ากับ 145.60 W



ภาพที่ 4.1 การทดลองเติมปริมาณออกซิเจนในกระชังเลี้ยงปลา

4.1.2 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ช่วงเวลา 12:30-16:30 น.

การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์วัดค่าแรงดันและกระแสทุกระยะเวลา 30 นาที ทำการทดลองจนครบ 10 ชั่วโมง และบันทึกผลเป็นดังนี้

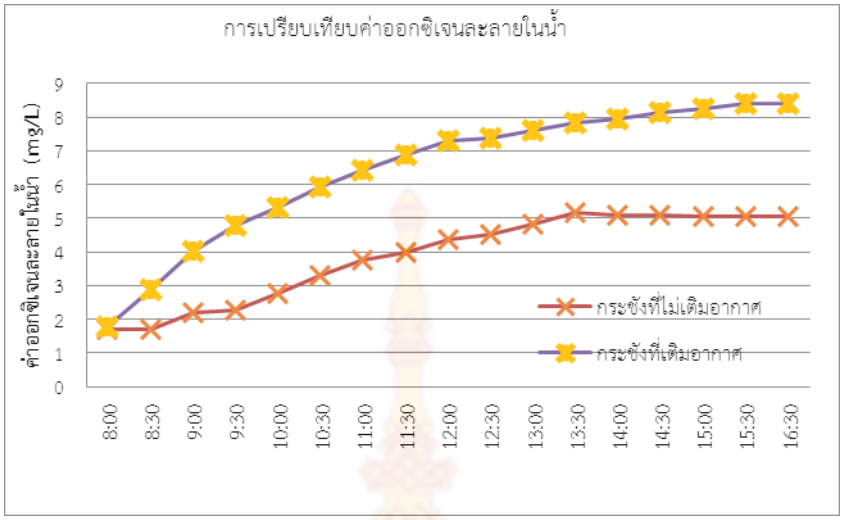
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์ช่วงเวลา 12:30-16:30 น.

Test Period	Test Result			Test Period	Test Result		
	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)		Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
12:30-13:00	27.2	7.3	198.56	14:30-15:00	26.7	6.2	165.54
13:00-13:30	27.1	7.1	192.41	15:00-15:30	26.5	5.9	156.35
13:30-14:00	27.0	7.1	191.70	15:30-16:00	26.1	5.8	151.38
14:00-14:30	26.8	6.8	182.24	16:00-16:30	25.5	5.4	137.70
				Average	**26.6**	**6.45**	**171.99**

ผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 27.2 V ค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 25.5 V และกระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 7.3 A ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 5.4 A เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 198.56 W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์น้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 137.70 W

4.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

โดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) เปรียบเทียบระหว่างกระชังเลี้ยงที่เติมอากาศและกระชังเลี้ยงที่ไม่ได้เติมอากาศมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอากาศในน้ำหรือไม่โดยการตรวจวัดค่าทุกระยะเวลา 30 นาที



ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

จากภาพที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงผลการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังเลี้ยงปลาที่ไม่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุด 1.70 mg/L ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุด 5.05 mg/L เมื่อพิจารณาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังเลี้ยงปลาที่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุดเท่ากับ 1.78 mg/L ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L

ภาพที่ 4.3 การค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ช่วงเวลา 8:00-12:00 น.

ผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 11:00-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 27.1 V ค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 08:00-08:30 น. มีค่าเท่ากับ 26.0 V และกระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 10:30-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 7.2 A ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 08:00-08:30 น. มีค่าเท่ากับ 5.6 A เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 11:00-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 195.12 W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์น้อยที่สุดในช่วงเวลา 08:00-08:30 น. มีค่าเท่ากับ 145.60 W

5.1.2 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W ช่วงเวลา 12:30-16:30 น.

ผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 27.2 V ค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 25.5 V และกระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 7.3 A ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 5.4 A เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 198.56 W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์น้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 137.70 W

5.1.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมอากาศในน้ำโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังเลี้ยงปลาที่ไม่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุด 1.70 mg/L ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุด 5.05 mg/L เมื่อพิจารณาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังเลี้ยงปลาที่มีการเติมอากาศค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.78 mg/L ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาทดลองเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาขนาดของตัวเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ที่สามารถนำตัวเครื่องลงไปใช้งานในกระชังเลี้ยงปลาได้ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการใช้งานของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชัง

2. ควรศึกษาทดลองเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในส่วนปัญหาอื่น ๆ ของการเลี้ยงปลาในกระชังเพื่อช่วยพัฒนากระบวนการเลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำตาปีให้มีความยั่งยืนต่อไป

3. ควรศึกษาทดลองเพิ่มเติมเพื่อในส่วนของการประมาณค่าจุดคุ้มทุนของตัวเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชัง

ภาคผนวก ก

ประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562 วันที่ 9-10 พฤษภาคม 2562ณ โรงแรมสยามออเรียนทัล อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

บรรณานุกรม

บรรจง สุขแจ่มและคณะ.(2556). ศึกษาเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

มงคล มงคลวงศ์โรจน์. (2538). การเติมอากาศแบบผิวน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เฉลิมเกียรติ วงษ์เกยและคณะ. (2548). เครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลา. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8.

ปรีชา มหาไม้และคณะ.(2557). การตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบไร้สายแบบอัตโนมัติของเครื่องเติมออกซิเจนที่ผิวน้ำสาหรับบ่อเลี้ยงปลาเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนแบบเฉียบพลัน.วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, กรกฎาคม2557 – ธันวาคม 2557.

เมธาสิทธิ์ โชคฤทัยและคณะ.(2559). การออกแบบและพัฒนาเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนแบบผิวน้ำ.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

มูลนิธิชัยพัฒนา.**(2560). กังหันชัยพัฒนา. [ออนไลน์].** เข้าถึงได้จาก : http://technology.thaiza.com.(วันที่ค้นข้อมูล : 3 ธันวาคม 2560).

APHA, AWWA, WPCF. 2005. Standard Method for the Examinati on of Water and Wastewater. 21 ed. American Public Health Association Inc., Washington DC., USA.

APHA, AWWA, WPCF. 2005. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. American Public Health Association Inc., Washington DC., USA.

Araoye PA 2009. The seasonal variation of pH and dissolved oxygen (DO2)

concentration in Asa lake Ilorin, Nigeria. International Journal of Physical Sciences.
Vol. 4 (5), pp. 271-274.

Bhatnagar, A., Jana, S.N., Garg, S.K. Patra, B.C., Singh, G. and Barman, U.K., 2004, Water quality management in aquaculture, In: Course Manual of summerschool on development of sustainable aquaculture technology in fresh and saline waters, CCS
Haryana Agricultural, Hisar (India), pp 203- 210.

Bhatnagar, A. and Devi, P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International Journal of Environmental Sciences. Volume 3, No.6.
Fred, W. B. Rubber Compounding. 1993. : Principles, Materials and Techniques.
Marcel Dekker, Inc. New York.

Gjedrem, T., Robinson, N., and Rye, M. 2012. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demand of animal protein: A review. Aquaculture. 350-
353,117-129.

Huguenin, J.E. 1997. The design, operations and economics of cage culture systems. Aquacult. Eng.16: 167-203.

Jabeena, F. and Chaudhry, A. S. 2011. Chemical compositions and fatty acid profiles of
three freshwater fish species. Food Chemistry. 125, 991-996.

M. Z. Hussin., S. Shaari., A. M. Omar. 2013. Field performance of grid-connected photovoltaic system using amorphous silicon modules. International Journal

Rosamond, L. N., Rebecca J. G., Jurgenne, H. P., Nils, K., Malcolm C. M. B., Jason, C., Carl, F., Jane, L., Harold, M., and Max, T. 2000. Effect of aquaculture on world fish
supplies. Nature. 405, 1017-1024.ofRenewable Energy 8, 2, 37-48.

Serope Kalpakjian. 1997. Manufacturing Process for Engineering Materials. Third Edition: Tuzson, J. 2000. John Wiley & Son. Centrifugal Pump Design. The United StatesofAmerica.

Whangchai N., Ungsethaphan T., Chitmanat C., Mengumphan K. and Uraiwan S. (2007). Performance of giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii de Man) reared in earthen ponds beneath plastic film shelters. Chiang Mai journal of sciences. 34, 89-96.

Zhan Wei Siew, Chen How Wong, Shee Eng Tan, Hou Pin Yoong, Kenneth Tze Kin Teo. Design And Development Of A Tablet Based Real Time Wireless Data Logger. 2012 Ieee Global High Tech Congress On Electronics.111-116.

เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

พงษ์พันธ์ ราชภักดี[1*],รุ่งโรจน์จีนด้วง[2]

บทคัดย่อ

บทนำ: ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำที่เกษตรกรเพาะเลี้ยงไว้ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงส่งผลเสียต่อปลาหรือสัตว์น้ำอยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจนและตายในที่สุดดังนั้นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

วัตถุประสงค์: เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการศึกษา: การออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มากยิ่งขึ้นโดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า ใช้ใบพัดตีน้ำเพื่อช่วยให้กระแสน้ำหมุนเวียนและเกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ต.นากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช ดำเนินการทดสอบ 2 ลักษณะคือการทดสอบประสิทธิภาพการประจุพลังงานไฟฟ้าและการทดสอบหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษา : ผลทดสอบพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ176วัตต์และเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำได้มากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L ต่อวัน

วิจารณ์และสรุปผล: จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้งานได้จริงกับพื้นที่ลุ่มแม่น้ำที่มีการเลี้ยงปลาในกระชังได้ทุกพื้นที่ เพราะพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งที่รับแสงอาทิตย์ได้ดีและไม่มีอันตรายที่เกิดจากใช้ไฟฟ้า

คำสำคัญ:เครื่องเติมอากาศ, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

---

[1]ผศ.สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[2]อาจารย์สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[1]Assist. Prof.,Department of Industrial Technology,Faculty of Science and Technology, *Rajamangala University of Technology Srivijaya,Nakhon Si Thammarat*,80110, Thailand.

[2] Researcher.,Department of Industrial Technology,Faculty of Science and Technology, *Rajamangala University of Technology Srivijaya,Nakhon Si Thammarat*,80110, Thailand.

[*]Corresponding author :Tel : 0817980923.E-mail:r_pongpun@hotmail.com

Surface Aerator in Water with Solar Energy for Fish Cage Culture

Pongpun Ratchapakdee[1*], Rougrote Geendoung[2]

Abstract

Introduction :Dissolved Oxygen (DO) is an important factor in the livelihood of aquatic animals that farmers cultivate. Decreased oxygen can negatively affect fish or aquatic animalsthatlack of oxygen and eventually death, so increasing of the oxygeninto the water is very important.This research presentthe development of surface aerator in water by usingsolar energy for fish cage culture.

Objective :To create and design the surface aerator in water with solar energy for fish cage culture.

Methods:Design and create a surface water aerator for raising fish in cages to be more effective in increasing the amount of dissolved oxygen without using electricity and used the water-propeller blades to help circulate water flows and disperse on the water surface. The testing performance of the air in water by using solar energy for fish cage culture at BanWat Mai, Chawang, Nakhon Si Thammaratcan be conducted two tests :Electric power charge performance testing and testing for increased dissolved oxygen content.

Results:The test results showed that the power obtained from the solar cell is about 176 watts and the maximum amount of air dissolved is 8.42 mg/L per day.

Conclusion :From this study found that the surface aerator in water with solar energy for fish cage culturecan be used in actual use with river basins with fish farming in all areas. Because the fish farming area in most cages is located in open areas that can bask the sunshine and there is no danger of using electricity.

Keyword: Aerator, Oxygen Dissolved in Water

บทนำ

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ให้ผลผลิตสูง ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐศาสตร์และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วไปรวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงอื่นๆในขณะที่ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาในกระชังอาจจะมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่นปัญหาโรคพยาธิที่มากับน้ำซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนั้นยังอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อมหากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณและที่ตั้งของกระชัง ตลอดจนความเหมาะสมของพื้นที่ลำน้ำ

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในลุ่มแม่น้ำตาปีของกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ต.นากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช เป็นชุมชนหนึ่งที่มีการประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง เช่น การเพาะเลี้ยงปลานิลและปลาทับทิม คิดเป็น 50 % ของประชากรนอกเหนือจากประกอบอาชีพทำสวนยางพาราและปลูกปาล์มน้ำมัน จากการสำรวจข้อมูลในส่วนการเลี้ยงปลากระชังเบื้องต้น พบว่าชุมชนได้มีการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือกันในการเลี้ยงปลาในกระชัง หลังได้รับผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาในกระชังจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำตาปีเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมที่เกิดจากน้ำท่วมหรือภัยแล้ง ซึ่งในช่วงที่เกิดภัยแล้งหรือช่วงหน้าร้อนจะทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำลดลงและเริ่มอยู่นิ่งไม่มีการไหลเวียน อุณหภูมิจะสูงขึ้นและอากาศจะร้อนจัดในตอนกลางวัน โดยอาจต่อเนื่องยาวจนถึงปลายเดือนพฤษภาคม จากสภาวะดังกล่าวอาจทำให้อุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นรวมทั้งปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำกว่าค่ามาตรฐานอีกทั้งไม่มีการไหลเวียนของกระแสน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปลาในกระชังที่เกษตรกรเลี้ยงไว้เกิดความเครียด อ่อนแอและมีความทนทานต่อโรคต่ำลงส่งผลให้ปลาในกระชังน็อคน้ำตายเป็นจำนวนมาก (เฉิดฉันอมาตยกุลและคณะ, 2538)ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาขาดทุนและเป็นหนี้จากการกู้ยืมเงินมาลงทุนดังแสดงในภาพที่ 1

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้จัยทำจึงออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเติมอากาศในน้ำให้กับปลาในกระชัง โดยดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องที่สามารถตั้งเวลาในการทำงานแบบอัตโนมัติและทดสอบหาประสิทธิภาพในการเติมอากาศในน้ำของปลาในกระชัง ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการประหยัดพลังงงานไฟฟ้า

ภาพ1ปลาในกระชังน็อคน้ำตายเป็นจำนวนมากในช่วงหน้าแล้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นโครงการวิจัยที่ต้องการพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำและช่วยให้น้ำมีการไหลเวียนรวมทั้งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง คณะผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดที่จะพัฒนาออกแบบพัฒนาเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีโดยมีความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 18-19

MJ/m2/day อีกทั้งพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มม่น้ำตาปีมีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี เป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตในการเลี้ยงปลาในกระชังให้แก่กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง รวมทั้งเป็นการใช้พลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการพัฒนาในการเลี้ยงปลาในกระชังของเกษตรกรให้เป็นชุมชนต้นแบบเลี้ยงปลากระชังสีเขียวอย่างยั่งยืนต่อไป(มหาวิทยาลัยศิลปากร,2560)งานวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้

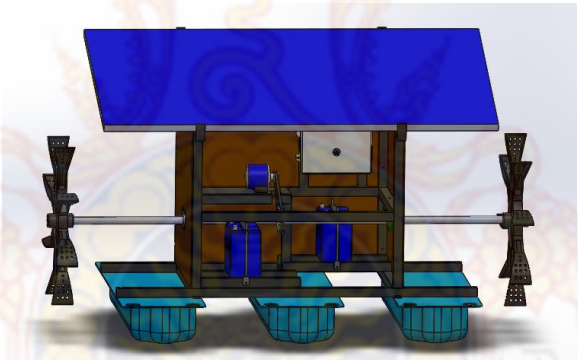
1. ขั้นตอนการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในเลี้ยงปลาในกระชังพื้นชุมชนลุ่มแม่น้ำตาปี

จากสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของการในเลี้ยงปลากระชังในชุมชนแม่น้ำตาปี ในพื้นอำเภอฉวาง อำเภอทุ่งใหญ่และอำเภอถ้ำพรรณรา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปัญหาปลาในกระชังน็อคน้ำตายจากการขาดออกซิเจนเป็นจำนวนมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคมของทุกปี ที่ระดับน้ำลดลงและน้ำในแม่น้ำไหลเวียนน้อยเกษตรกรต้องการเครื่องเติมอากาศและช่วยผลักดันน้ำให้ไหลเวียน โดยไม่ใช้พลังงานจากไฟฟ้า

จึงสรุปความเป็นไปได้ของการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มม่น้ำตาปีมีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี เป็นการช่วยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและช่วยให้น้ำได้ไหลเวียน

2. การออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศ

2.1 การออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องขนาด 68x150x90 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ที่รองรับน้ำหนักของแผงโซล่าเซลล์ขนาด250 W แบตเตอร์รี่ 12 V จำนวน 2 ลูกและมอเตอร์ DC 24**V**

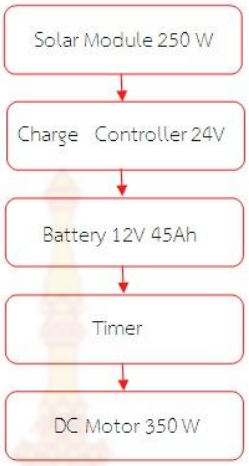


ภาพ2เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบขึ้น

2.2 ติดตั้งทุ่นลอยที่ทำจาก PVC ขนาด 30x120x16 เซนติเมตรโดยติดไว้ใต้เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการยึดแผ่นเหล็กเข้ากับตัวทุ่นลอย

2.3 ติดตั้งกังหันตีน้ำจำนวน 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรจำนวน 8 ใบพัดเพื่อช่วยให้กระแสน้ำหมุนเวียนและเกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำที่ความเร็วรอบของใบพัดตีน้ำประมาณ200รอบต่อนาที

2.4 ติดตั้งชุดควบคุมเวลาการทำงานบล็อกไดอะแกรมการแสดงการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ



ภาพ 3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ

2.5 การทดสอบการลอยตัวของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวางจังหวัดนครศรีธรรมราช

ภาพ4การทดสอบการลอยตัวของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวางจังหวัดนครศรีธรรมราชต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน เริ่มทดสอบเวลา 08:00 น. และหยุดทดสอบเวลา 16:30 น. ในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังทำการทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 250 W และการทดสอบหาประสิทธิภาพเติมอากาศที่ผิวน้ำซึ่งมีลำดับขั้นตอนและการทดสอบดังนี้

ภาพ5การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานกับกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง

3.1 การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด250 Wทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์วัดค่าแรงดันและกระแสทุกระยะเวลา 30 นาทีทำการทดลองจนครบ 10 ชั่วโมงบันทึกผล

3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมอากาศที่ผิวน้ำโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)เปรียบเทียบระหว่างกระชังที่เติมอากาศและกระชังที่ไม่ได้เติมอากาศมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอากาศในน้ำหรือไม่โดยการตรวจวัดค่าทุกระยะเวลา 30 นาที

ภาพ6การตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด250 W พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 27.2 V ค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30น. มีค่าเท่ากับ 25.5 V และกระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 7.3 A ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30น. มีค่าเท่ากับ 5.4 A เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 198.56W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์น้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 137.70W

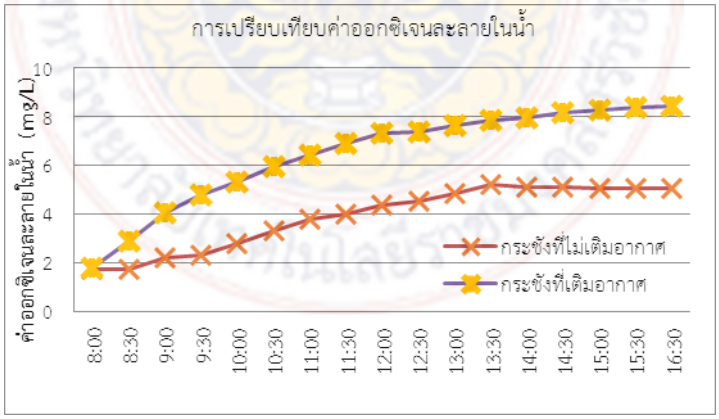
ตาราง1ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์ช่วงเวลา 8:00-12:00 น.

Test Period	Test Result			Test Period	Test Result		
	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)		Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
08:00-08:30	26.0	5.6	145.60	10:00-10:30	26.8	7.1	190.28
08:30-09:00	26.3	6.4	168.32	10:30-11:00	27.0	7.2	194.40
09:00-09:30	26.5	6.5	172.25	11:00-11:30	27.1	7.2	195.12
09:30-10:00	26.7	6.8	181.56	11:30-12:00	27.1	7.2	195.12
				Average	**26.68**	**6.75**	**180.33**

ตาราง 2ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซล่าเซลล์ช่วงเวลา 12:30-16:30น.

Test Period	Test Result			Test Period	Test Result		
	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)		Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
12:30-13:00	27.2	7.3	198.56	14:30-15:00	26.7	6.2	165.54
13:00-13:30	27.1	7.1	192.41	15:00-15:30	26.5	5.9	156.35
13:30-14:00	27.0	7.1	191.70	15:30-16:00	26.1	5.8	151.38
14:00-14:30	26.8	6.8	182.24	16:00-16:30	25.5	5.4	137.70
				Average	**26.6**	**6.45**	**171.99**

ส่วนผลการทดสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังที่ไม่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุด 1.70 mg/Lค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากสุด 5.05 mg/Lเมื่อพิจารณาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังที่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุดเท่ากับ 1.78 mg/Lค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L



ภาพ7การตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

การทดสอบการทำงานเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการทดสอบในพื้นที่ผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอฉวางจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานสามารถควบคุมการเปิดหรือปิดตามเงื่อนไขของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังและทำงานต่อเนื่องได้มากกว่า 10ชั่วโมงต่อวัน ความเร็วรอบของใบพัดตีน้ำประมาณ 200 รอบต่อนาที การทดสอบการประจุไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจัดเก็บพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 176 วัตต์ ในช่วงเวลา12:30-13:00 มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 198.56W เป็นผลมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับค่าความเข้มของแสงอาทิตย์สูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของปรีชาและคณะ (ปรีชา มหาไม้, 2558) ทั้งนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจัดเก็บพลังงานได้เต็มประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากสภาพอากาศและวัสดุที่ใช้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดแตกต่างกันและประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ก็แตกต่างกันตามไปด้วยการทดสอบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำได้สูงสุดเท่ากับ8.42 mg/L ต่อวัน ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่สูงขึ้นนี้มีผลมาจากทำให้น้ำขึ้นมาสัมผัสกับอากาศจึงจะทำให้อากาศสามารถละลายเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็วซึ่งได้สอดคล้องกับหลักการของกังหันน้ำชัยพัฒนาที่มีการตักน้ำมาจะ ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศมาก รวมทั้งผลจากการมีการเคลื่อนที่ไหลเวียนของมวลน้ำทั้งภายในและภายนอกกระชังเลี้ยงปลา

สรุปผลการวิจัย

1. การทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด250 Wกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 176W มีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้เฉลี่ย 26.65 V และกระแสไฟฟ้าที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 6.6 A

2. การทดสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L ต่อวัน และกระชังเลี้ยงปลาที่มีการเติมอาศมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกระชังเลี้ยงปลาที่ไม่มีการเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้งานได้จริงกับพื้นที่ลุ่มแม่น้ำที่มีการเลี้ยงปลาในกระชังได้ทุกพื้นที่ เพราะพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งที่รับแสงอาทิตย์ได้ดี ไม่มีอันตรายที่เกิดจากใช้ไฟฟ้าและหากมีการศึกษาและพัฒนาในส่วนของการเฝ้าระวังและตรวจสอบการทำงานอัตโนมัติเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ก็จะเป็นประโยชน์ในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสัตว์แพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนันสนุนเครื่องมือสำหรับวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังลุ่มแม่น้ำตาปีที่สนับสนุนพื้นที่สำหรับการวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2562 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

[1]เจียมจิตรขวัญแก้ว.(2550).**การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนากรมชลประทาน.

[2]เฉิดฉันอมาตยกุลและคณะ.(2538). **การเลี้ยงสัตว์น้ำ**.กองประมงน้ำจืดกรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

[3]เฉลิมเกียรติ วงษ์เกยและคณะ. (2558).“เครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลา”.

ใน**การประชุมวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8**. 4-6 พฤศจิกายน 2558. ปทุมธานี:คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 283-285.

[4]ชัยวัฒน์พรหมเพชร. (2551). **การพัฒนาเครื่องกลเติมอากาศปล่องลมแดด**.ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
[5]ธรรมพันธุ์ภาสบุตรและปฐมาภรณ์ศรีผดุงธรรม.(2559).ระบบเพิ่มออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอัตโนมัติโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์.ใน**การประชุมวิชาการECTI-CARD 2009**, 9พฤษภาคม 2559.กรุงเทพฯ:25-30.
[6]ปรีชา มหาไม้และคณะ.(2558).“เครื่องเติมอากาศแบบกังหันใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานย้อนกลับสำหรับบ่อ
ปลา”.**วารสารนเรศวรพะเยา**ปีที่7 ฉบับที่2.พฤษภาคม - สิงหาคม 2557,141-150.
[7]มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2560).**การปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย**.(Online).
www.dede.go.th/download/OpenBigData/Solar_Map_1_2560.pdf.22 เมษายน 2561.
[8]ChonmapatTorasa, PatchaakSannok, WeeraChtithammaporn, SomkiatKorbuakaew and NichanantSermsri.(2016). SOLAR ENERGY AERATOR.**Proceedings of 55 th the IRES International Conference**, Seoul, SouthKorea, 30th-31st December 2016, ISBN: 978-93-86291-71-4.
[9]Mohammad Tanveer and SivakumarMayilsamy. (2016) .A CONCEPTUAL APPROACH FOR DEVELOPMENT OF SOLAR POWERED AERATION SYSTEM IN AQUACULTURE FARMS. **International Journal of Science, Environment and Technology**, Vol. 5, No 5, 2016, 2921–2925.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย