การยกระดับมาตรฐานกังหันน้ำคีรีวง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

บทความวิจัย

วันที่รับบทความ:
31 มีนาคม 2567

วันแก้ไขบทความ:
7 มิถุนายน 2567

วันตอบรับบทความ:
12 มิถุนายน 2567

อุสาห์ บุญบำรุง[1,*] เนติธร ดิษฐนิล[1] อรรถการ จันทร์ศศิธร[1] อนุชิต รอดตัว[2] วิวัฒน์ ศรีบุญนาค[3] และ วิรัตน์ ตรีโชติ[4]

[1]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[2]วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110
[3]วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000
[4]วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000
[*]ผู้เขียนหลัก อีเมล์: usa.boo@kmutt.ac.th

คำสำคัญ:
จังหวัดนครศรีธรรมราช
นวัตกรรมทั่วถึง
กังหันน้ำ
หมู่บ้านคีรีวง
การผลิตไฟฟ้า

บทคัดย่อ

วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นกลุ่มชาวบ้านที่พัฒนากังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 0.3 – 1 kW ปัจจุบันมีการติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าในตำบลกำโลนและพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช 160 ระบบ แต่ยังไม่มีการใช้งานในวงกว้าง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์เฉพาะพื้นที่ งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาและยกระดับมาตรฐานกังหันน้ำคีรีวงสู่นวัตกรรมทั่วถึง โดยอาศัยกระบวนการมีส่วนของวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง กลุ่มผู้ใช้กังหันน้ำคีรีวง สถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ รวมถึงประชาชนทั่วไป ด้วยการดำเนินการดังนี้ 1) การทดสอบกังหันน้ำคีรีวงเดิมภายใต้มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 2) การวิเคราะห์จุดเด่น/จุดด้อยจากผลการทดสอบกังหันน้ำคีรีวงเดิม 3) การขยายกำลังการผลิตกังหันน้ำคีรีวงเดิมเป็น 3 kW 4) การพัฒนากระบวนการผลิตกังหันน้ำคีรีวง 5) การถ่ายทอดเทคโนโลยี ผ่านการติดตั้งทดสอบที่บ้านคีรีวง จังหวัดนครศรีธรรมราช 6) การศึกษาผลตอบแทนในการลงทุน และ 7) การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง ส่งผลให้เกิดต้นแบบกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW–3000 (3 kW) ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น 3 เท่า ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ระยะเวลาคืนทุน 1 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปั่นไฟหรือ 4 ปี 4 เดือน หากซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW–3000 0.26 บาท/kWh ส่งผลให้วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงมีศักยภาพทางการตลาดเพิ่มขึ้น โดยมีรายรับเพิ่มขึ้นกว่า 5 แสนบาท ชาวบ้านมีทางเลือกในการใช้งานเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า ลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิง มีความมั่นคงทางครอบครัวและสังคมท้องถิ่นและชุมชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

Upgrading the Benchmarks of Kiriwong Hydro Turbine Nakhon Si Thammarat Province, Thailand Through Participatory Process

Research Article

Received:
31 March 2024

Received in revised form:
7 June 2024

Accepted:
12 June 2024

Usa Boonbumroong[1,*], Netithorn Ditnin[1], Attakarn Jansasithorn[1], Anuchit Rodtua[2], Wiwat Sribunnak[3] and Wirat Trichoti[4]

[1]Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bang Khun Thian, Bangkok, 10150 Thailand
[2]Thung Song Technical College, Thung Song District, Nakhon Si Thammarat Province, 80110 Thailand
[3]Nakhon Si Thammarat Technical College, Muang District, Nakhon Si Thammarat Province, 80000 Thailand
[4]Kiriwong Hydro Turbine Community Enterprise, Lan Saka District, Nakhon Si Thammarat Province, 80000 Thailand
[*]Corresponding author's E-mail: usa.boo@kmutt.ac.th

Keywords:
Nakhon Si Thammarat province
Inclusive innovation
Hydro turbine
Kiriwong village
Electricity generation

Abstract

The Kiriwong hydro turbine community enterprise in Kam Lon sub-district, Lan Saka district, Nakhon Si Thammarat province, is a local group that has developed pico hydroelectric turbines with capacities ranging from 0.3 to 1 kW. Currently, 160 of these turbines have been installed in Kam Lon subdistrict and surrounding communities in the Nakhon Si Thammarat mountain range. However, wider expansion is limited due to the product's suitability for specific areas. This research aims to develop and upgrade the innovation benchmarks for the Kiriwong hydro turbine to inclusive innovation by involving the Kiriwong hydro turbine community enterprise, turbine users, educational institutions, local government agencies, and the general public. The approach includes: 1) testing the existing Kiriwong turbines under relevant standards, 2) analyzing the strengths and weaknesses based on test results, 3) increasing the power rated of the turbines to 3 kW, 4) improving the manufacturing process, 5) technology transfer through pilot installations in Kiriwong village, Nakhon Si Thammarat province, 6) studying investment returns, and 7) developing the capabilities of the Kiriwong hydro turbine community enterprise. This results in the creation of the KRW-3000 model (3 kW), which triples electricity production, improves efficiency by 20%, and offers a payback period of one year compared to generators, or four years and four months compared to purchasing electricity from the Provincial Electricity Authority. The cost of electricity produced is 0.26 Baht/kWh. Consequently, the Kiriwong hydro turbine community enterprise's market potential has increased, generating additional revenue of over 500,000 Baht (13,613 USD). Villagers now have alternative electricity generation technology, reducing fuel costs, enhancing family and social stability, and improving local community well-being.

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชากรในทุกภาคส่วน จากสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าราคาพลังงานในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะตลาดโลก ไม่สามารถควบคุมราคาได้และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบกับทุกภาคส่วนในสังคม เทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Pico–hydro power) เกิดขึ้นในช่วง พ.ศ. 2520 เป็นระบบไฟฟ้าพลังน้ำที่มีกำลังการผลิตน้อยกว่า 5 kW มีใช้งานได้ยั่งยืนและคุ้มค่าสำหรับการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล (Elbatran et al., 2015) การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแต่ละพื้นที่จะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีการใช้งานอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและวิธีการออกแบบที่คุ้มทุน เมื่อติดตั้งใช้งานในพื้นที่ห่างไกลในประเทศกำลังพัฒนา ทำให้ต้นทุนต่อหน่วยพลังงานถูกกว่าต้นทุนของเครื่องปั่นไฟ หรือดีเซลขนาดเล็ก กังหันลม หรือระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (Williams & Simpson, 2009) ส่งผลให้การติดตั้งใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากประสบความสำเร็จในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศสำหรับการผลิตไฟฟ้าในครัวเรือน (Gallego et al., 2021) ประเทศไทยนำเข้าเทคโนโลยีกังหันน้ำจากต่างประเทศเพื่อการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 80 บาท/W (Basar et al., 2014) เนื่องจากไม่มีบริษัทผู้ผลิตกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช ประกอบด้วย 6 จังหวัด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง สตูล และสงขลา จากข้อมูลสถิติประชากรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าประชากรที่อาศัยรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช มีประมาณ 768,979 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 13.89 จากประชากรรวม 6 จังหวัด (National Statistical Office, 2023) ประชากรส่วนใหญ่ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีความจำเป็นต้องผลิตพืชผลทางการเกษตรให้เพียงพอกับรายจ่ายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นชาวบ้านบางส่วนจึงสร้างบ้านหรือขนำในพื้นที่สวนเพื่อให้สามารถดูแลสวนได้ตลอดเวลา แต่เนื่องจากสวนอยู่ห่างจากหมู่บ้าน และห่างไกลจากสายส่งของการไฟฟ้า ระบบประปา และสาธารณูปโภคอื่น ๆ ที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลต่อระดับคุณภาพชีวิตในพื้นที่สวน ดังนั้นชาวบ้านจึงอาศัยน้ำจากลำธารสำหรับทำเกษตรกรรมและการอุปโภคบริโภค ใช้ฟืนในการหุงหาอาหาร ใช้ตะเกียงน้ำมันก๊าด ถ่านไฟฉาย เทียนไข หรือเครื่องยนต์ปั่นไฟขนาดเล็ก เพื่อให้แสงสว่าง ซึ่งเป็นมลภาวะทางอากาศ ส่งผลโดยตรงต่อระบบทางเดินหายใจและระบบนิเวศในพื้นที่ป่า และยังเพิ่มรายจ่ายของชาวบ้านให้สูงขึ้น ทั้งการรักษาพยาบาลและค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิง

สถานการณ์ที่เป็นอยู่เดิม

พื้นที่ตั้งชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช อยู่ในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่างที่มีปริมาณฝนมากที่สุดในประเทศ ประมาณ 2,526 mm/ปี (Hydrology Division – Royal Irrigation Department, 2023) และโอบล้อมด้วยยอดเขาจำนวนมาก เป็นต้นกำเนิดของลำธารหลายสายที่ไหลหล่อเลี้ยงให้ความชุ่มชื้นแก่ชุมชนตลอดทั้งปี ดังนั้นพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช จึงมีศักยภาพสูงมากในการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำขนาดเล็กมาก

การติดตั้งใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในพื้นที่รอบเทือกเขานครศรีธรรมราช เริ่มจากการพัฒนานวัตกรรมกังหันน้ำคีรีวงในพื้นที่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 จนถึงปี พ.ศ. 2548 จำนวน 3 ระบบ ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 ชาวบ้านคีรีวงได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ออกแบบ สร้าง ติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก เพื่อใช้งานในสถานที่ที่มีระยะเฮด (หัวน้ำ) สูง ซึ่งเป็นชุดกังหันน้ำคีรีวง ขนาด 1 kW ที่มีประสิทธิภาพ

Figure 1 The Kiriwong hydro turbine; (a) The first local Kiriwong hydro turbine innovation, (b) The second local Kiriwong hydro turbine, and (c) The 1 kW Kiriwong hydro turbine

ร้อยละ 40 ดังภาพที่ 1 (Figure 1) โดยมีถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่ม “กังหันน้ำคีรีวง” จังหวัดนครศรีธรรมราช และจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงในปี พ.ศ. 2556 เพื่อเป็นศูนย์กลางเครือข่ายกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในชุมชนคีรีวงและจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมุ่งเน้นการประชาสัมพันธ์ สาธิต และถ่ายทอดเทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก และมีนักวิชาการจากสถาบันการศึกษา และสำนักงานพลังงานจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นที่ปรึกษา ซึ่งเป็นแนวทางทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าเป็นไปอย่างยั่งยืน พ.ศ. 2566 วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงมีสมาชิกกว่า 30 คน มีลูกค้ากว่า 160 ราย และมีการติดตั้งใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราชรวมกว่า 160 ระบบ พิกัดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 0.3–1 kW รวมกว่า 110.7 kW ซึ่งเป็นการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราชเท่านั้น

การส่งเสริมการติดตั้งชุดกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราชได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากภาครัฐบางส่วน เนื่องจากราคาต้นทุนที่จำหน่ายผ่านวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงอยู่ที่ 32 บาท/W ซึ่งสูงกว่าความสามารถในการจ่ายของชาวบ้าน ประกอบกับข้อจำกัดของท่อส่งน้ำเดิมที่มีขนาดเล็กทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่ำกว่าความต้องการพลังงานขั้นพื้นฐานสำหรับการใช้งานในชนบท ส่งผลให้การขยายผลยังไม่สามารถดำเนินการได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ และยังไม่ขยายไปสู่วงกว้างทั้งภาคราชการและเอกชน จึงต้องได้รับการพัฒนาอย่างครบวงจรทั้งในด้านการพัฒนาผู้ประกอบการให้มีขีดความสามารถในการบริหารจัดการเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของตลาด และครอบคลุมทุกลักษณะการใช้งาน (อัตราการไหลและระยะเฮดเปลี่ยนไปจากข้อกำหนดในการออกแบบที่ 2.5 l/s และ 100 m ตามลำดับ)

จากการทำงานร่วมกับชาวบ้านคีรีวง พบว่า แม้จะเลือกชนิดของกังหันน้ำที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน แต่ลักษณะภูมิประเทศของบ้านคีรีวงที่เป็นพื้นที่ภูเขาสูง ทำให้การทำงานของกังหันน้ำยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานของระบบอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 ขณะที่ประสิทธิภาพของระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากทั่วไปต้องมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ไม่คงที่ ใช้งานกับอุปกรณ์ขนาดกำลังไฟฟ้าสูง ๆ ไม่ได้ การใช้ประโยชน์จึงไม่ตรงกับความต้องการของชาวบ้านส่วนใหญ่ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การใช้ระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในประเทศในช่วงที่ผ่านมาจึงไม่สามารถขยายในวงกว้าง ระบบที่ติดตั้งส่วนใหญ่เป็นโครงการติดตั้งสาธิตโดยหน่วยงานภาครัฐและองค์การนอกภาครัฐเท่านั้น (Boonbumroong, 2012)

วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงกังหันน้ำคีรีวงเดิมให้มีสมรรถนะสูงขึ้น พัฒนาต้นแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 3 kW ซึ่งเพียงพอสำหรับการใช้งานในครอบครัวชนบท พร้อมยกระดับผลิตภัณฑ์กังหันน้ำคีรีวงสู่มาตรฐานสากล ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงนวัตกรรมกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในประเทศ ส่งผลให้เกิดความตื่นตัวด้านการใช้พลังงานสะอาดภายในประเทศเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เกิดการใช้งานเพิ่มขึ้นในชุมชนที่มีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกัน ส่งผลให้เศรษฐกิจชุมชนที่เป็นเศรษฐกิจรากฐานของประเทศดีขึ้น

กระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงและการยอมรับของชุมชนเป้าหมาย

การพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับมาตรฐานนวัตกรรมกังหันน้ำคีรีวง โดยอาศัยกระบวนการมีส่วนร่วมของวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง กลุ่มผู้ใช้กังหันน้ำคีรีวง สถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ รวมถึงประชาชนผู้สนใจทั่วไป มีการดำเนินการดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การทดสอบกังหันน้ำคีรีวงเดิมภายใต้มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดกังหันน้ำคีรีวงเดิม ภายใต้มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ IEC 61116, IEC60041 และ IEC620–06 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพแต่ละส่วนประกอบย่อยในห้องปฏิบัติการโดยอาศัยแท่นทดสอบกังหันน้ำเพลตันที่ศูนย์เรียนรู้ไฟฟ้าชนบท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน ดังภาพที่ 2 (Figure 2) ผลการทดสอบชุดกังหันน้ำคีรีวงเดิมในห้องปฏิบัติการที่ระยะเฮด 80 m โดยการเปลี่ยนขนาดหัวฉีด พบว่าการติดตั้งหัวฉีดขนาด 8–9 mm จะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดที่ประมาณร้อยละ 40 ขณะที่การติดตั้งหัวฉีดขนาด 13 mm จะเกิดประสิทธิภาพต่ำสุดที่ร้อยละ 24.9 เนื่องจากการติดตั้งหัวฉีดขนาดดังกล่าวทำให้เกิดอัตราการไหลสูงถึง 3 l/s ซึ่งสูงกว่าอัตราการไหลที่เกิดจากการติดตั้งหัวฉีดขนาด 9 mm ที่ 1.4 l/s อย่างไรก็ตามเมื่อนำชุดกังหันน้ำที่ติดตั้งหัวฉีดขนาด 8 mm ไปติดตั้งใช้งานที่ระยะเฮดที่ลดลง พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานที่ลดลง

กิจกรรมที่ 2 การวิเคราะห์จุดเด่น/จุดด้อย จากผลการทดสอบกังหันน้ำคีรีวงเดิม

การวิเคราะห์จุดเด่น/จุดด้อยจากผลการทดสอบกังหันน้ำคีรีวงเดิม ร่วมกับผลการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ตลอดช่วงระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมา พร้อมการเสนอแนวทางการยกระดับมาตรฐาน

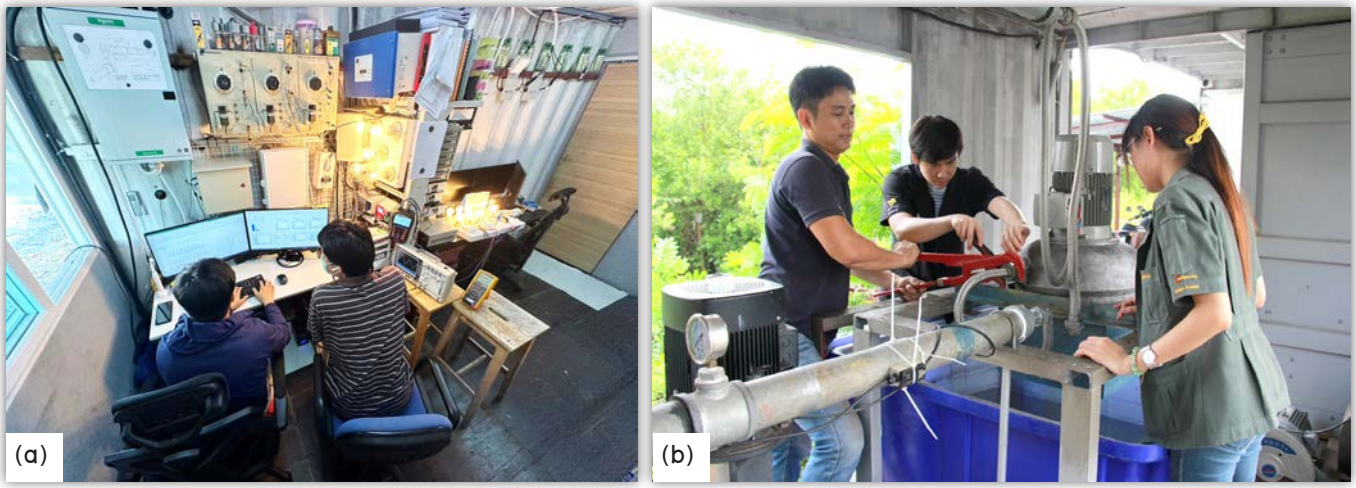

Figure 2 The Pelton water turbine test bench; (a) Measurement and data acquisition equipment and (b) Turbine installation platform

นวัตกรรมกังหันน้ำคีรีวงเดิม โดยกลุ่มหน่วยงานราชการหลัก คือ พลังงานจังหวัดพัทลุง สตูล นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี บรรยายถึง ภารกิจงานด้านพลังงานในพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละหน่วยงาน นโยบายทางภาครัฐที่เกี่ยวข้อง และการผลักดันการใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่ ตัวแทนจากกลุ่มผู้ผลิตกังหันน้ำ (วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง) ผู้ใช้บริการ (ชาวบ้านคีรีวง) ผู้ติดตั้ง (ช่างประจำพื้นที่) หน่วยงานสถาบันการศึกษา หน่วยงานอื่น ๆ บอกเล่าประสบการณ์การใช้งาน ข้อคิดเห็น การพัฒนาองค์ความรู้ การผลักดันการใช้กังหันน้ำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางในการยกระดับกังหันน้ำคีรีวงเดิม

ผลการวิเคราะห์จุดเด่น/จุดด้อยร่วมทุกภาคส่วน พบว่า การยกระดับมาตรฐานกังหันน้ำคีรีวงเดิม สามารถดำเนินการได้ใน 2 แนวทาง คือ 1) การปรับปรุงขนาดหัวฉีด (Nozzle) ให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่เปลี่ยนไป โดยการพัฒนาหัวฉีดแบบปรับได้ในรูปแบบของสเปียร์วาล์ว (Spear valve) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ และสามารถเพิ่มพิกัดกำลังไฟฟ้าได้ โดยเพิ่มจำนวนหัวฉีดเพื่อเพิ่มอัตราการไหล โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนชุดใบพัด (Runner) ของกังหันน้ำคีรีวงเดิม และ 2) การเพิ่มระบบกักเก็บพลังงาน (Energy storage) และระบบแปลงพลังงาน (Converter) ในระบบ เพื่อให้ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามการดำเนินการดังกล่าวจำเป็นต้องลงทุนสูง และมีอายุการใช้งานสั้นกว่ากังหันน้ำ

กิจกรรมที่ 3 การขยายกำลังการผลิตกังหันน้ำคีรีวงเดิมเป็น 3 kW

การพัฒนาหัวฉีดแบบปรับได้ในรูปแบบของสเปียร์วาล์ว เนื่องจากลงทุนต่ำกว่าและสามารถเพิ่มพิกัดกำลังไฟฟ้าได้ และไม่ต้องปรับเปลี่ยนชุดใบพัดของกังหันน้ำคีรีวงเดิม โดยดำเนินการใน 2 ส่วน ดังนี้

1) การปรับปรุงหัวฉีด ดำเนินการโดยออกแบบหัวฉีดที่เหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียในหัวฉีด (Minimize nozzle loss) และเพิ่มสัมประสิทธิ์ของความเร็ว (Cv) สัมประสิทธิ์การหดตัว (Cc) สัมประสิทธิ์ของการไหล (CD) และ ค่าความสอดคล้อง (Coherent) โดยใช้สเปียร์วาล์วแทนหัวฉีดแบบเดิม

2) การเพิ่มจำนวนหัวฉีด เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดกับความกว้างลูกถ้วย (Bucket) เดิมที่ 76 mm ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการไหลโดยการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดได้สูงสุดเพียง 22 mm ส่งผลให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้เพียง 1.5 kW ที่ระดับเฮด 100 m ดังนั้นเพื่อให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ตรงตามเป้าหมายที่ 3 kW การดำเนินงานจึงอาศัยการเพิ่มจำนวนหัวฉีด พร้อมทั้งหาตำแหน่งหัวฉีดที่เหมาะสมโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการทดลอง โดยกำหนดให้ระยะห่างน้อยที่สุดระหว่างหัวฉีดทำมุมกันไม่น้อยกว่า 60 องศา ซึ่งกรณีห่างกันน้อยกว่า 60 องศา อาจส่งผลให้ลำน้ำของหัวฉีดที่ 2 ไม่ต่อเนื่องกับลำน้ำของหัวฉีดที่ 1 (อาจชนกันก่อน) จึงเลือกวางตำแหน่งหัวฉีดทำมุมกัน 180 องศา เพื่อให้ไม่เกิดการชนกันของลำน้ำ ดังภาพที่ 3 (Figure 3)

กิจกรรมที่ 4 การพัฒนากระบวนการผลิตกังหันน้ำคีรีวง

1) กระบวนการผลิตใบพัด เลือกใช้การสร้างแม่พิมพ์ด้วยการหล่อขึ้นรูปแบบแม่พิมพ์ขี้ผึ้ง (Loss wax casting) เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่สามารถหล่อชิ้นงานที่มีร่องหรือรูปร่างซับซ้อนได้ดี ใช้กับงานขนาดเล็กไม่เหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดใหญ่ ผิวชิ้นงานที่ได้เรียบมาก มีความละเอียดทางขนาดสูง ชิ้นงานที่ได้ไม่ต้องปรับแต่งผิวหรือแปรรูปอีก ขณะที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป (Forging) และการ

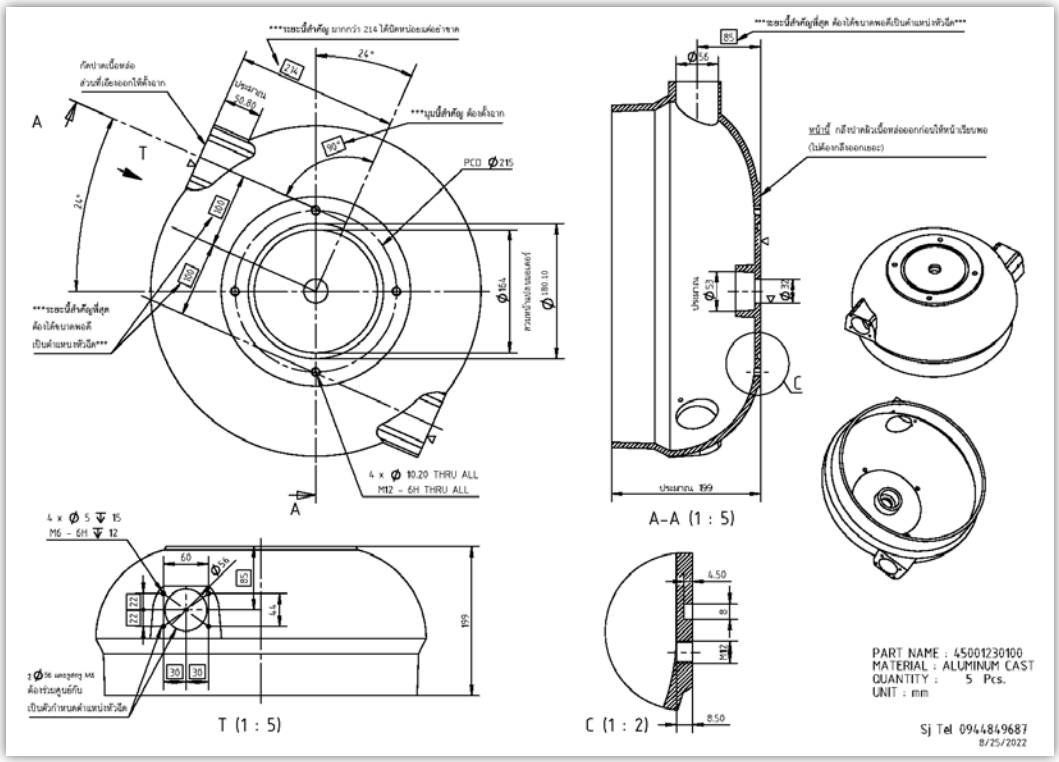

Figure 3 Design results of the spear valve and its placement

ขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรกล เนื่องจากขี้ผึ้งมีคุณสมบัติของการแปรเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย

2) กระบวนการผลิตแท่นเครื่องและหัวฉีด เลือกใช้วิธีหล่อในแบบหล่อทราย (Sand casting) เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่สามารถหล่อชิ้นงานที่มีต้นทุนน้อย ใช้กับการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก ผิวชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีความละเอียดทางขนาดสูง หากต้องการความเงางามชิ้นงานต้องทำการปรับแต่งผิวด้วยการขัดเงา ขณะที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป และการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรกล

3) กระบวนการถ่วงสมดุล (Dynamic balance) เป็นกระบวนการทำให้ส่วนใบพัดเพลตัน เกิดความสมดุลของมวล ณ จุดศูนย์ถ่วงในตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นงาน ซึ่งถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องถ่วงสมดุลพลวัตที่ความเร็วรอบทำงาน 1,000 rpm การถ่วงสมดุลหรือบาลานซ์ จึงต้องวิเคราะห์มวลและความไม่สมดุลของชุดใบพัดเพลตัน เพื่อทำให้ชุดใบพัดสามารถใช้งานได้อย่างสมดุล ไม่เกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งเป็นเหตุของการสึกหรอและวัสดุล้าตัว ทำให้อายุการใช้งานเครื่องจักรสั้นลง และอาจเกิดความเสียหายได้

จากการดำเนินการทำให้เกิดต้นแบบกังหันน้ำคีรีวง ขนาด 3 kW (KRW-3000) ที่ระดับเฮด 100 m อัตราการไหล 5 l/s ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 230 V ความถี่ 50 Hz ดังภาพที่ 4 (Figure 4) ซึ่งประกอบด้วย 1) ชุดใบพัดเพลตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนหมุน (PCD) 200 mm โดยใช้สเตนเลสในการหล่อ 2) มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส ขนาด 3 kW 6 ขั้วแม่เหล็ก 3) แท่นเครื่อง รองรับชุดใบพัดเพลตันและมอเตอร์เหนี่ยวนำ ผลิตจากอลูมิเนียมหล่อ 4) หัวฉีดแบบปรับได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16.5 mm จำนวน 2 ชุด โดยหัวฉีดแต่ละชุดติดตั้งอยู่กับชุดแท่นเครื่องที่กึ่งกลางชุดใบพัดเพลตันด้านล่าง วางห่างกัน 180 องศา และเชื่อมต่อถึงกันด้วยท่ออ่อนสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2” และข้อต่อเหล็กหล่อ 3 ทาง Y ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2” สำหรับต่อกับท่อส่งน้ำ 5) ชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และ 6) ชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้คงที่

กระบวนการผลิตกังหันน้ำคีรีวงผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายของวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง พัฒนาจากต้นแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้ารุ่น KRW-3000 เริ่มจากการจ้างบริษัทหล่อชุดใบพัดแท่นเครื่อง หัวฉีดแบบปรับได้ แทนการดำเนินการเอง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรที่ต้องลงทุนสูง ไม่คุ้มค่าในการลงทุน จากนั้นจึงจัดหาส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติม และนำชิ้นส่วนทั้งหมดประกอบและติดตั้งทดสอบที่วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง

กิจกรรมที่ 5 การถ่ายทอดเทคโนโลยี ผ่านการติดตั้งทดสอบที่บ้านคีรีวง จังหวัดนครศรีธรรมราช

การทดสอบร่วมกับวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงและชาวบ้านในพื้นที่ พร้อมทั้งติดตั้งระบบเก็บข้อมูลระยะยาว เพื่อ

ศึกษาการทำงานของระบบ โดยการติดตั้งและทดสอบกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 ในพื้นที่บ้านคีรีวง เนื่องจากมีการติดตั้งระบบท่อส่งน้ำไว้แล้วบางส่วน ดังนั้นขั้นตอนการทดสอบจึงดำเนินการติดตั้งเฉพาะส่วนการติดตั้งกังหันน้ำ และปรับปรุงระบบท่อน้ำบางส่วนเท่านั้น ดังภาพที่ 5 (Figure 5) ผลการทดสอบชุดกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3 kW ที่ระดับเฮด 100 m เมื่อทำงานที่อัตราการไหล 5.05 l/s คิดเป็นประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 60.5

กิจกรรมที่ 6 การศึกษาผลตอบแทนในการลงทุน

การคำนวณต้นทุน ผลตอบแทน และความคุ้มทุนในการติดตั้งใช้งานกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 โดยเปรียบเทียบกับการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการติดตั้งใช้งานเครื่องปั่นไฟ ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้ 1) อายุโครงการ 10 ปี 2) ดอกเบี้ยร้อยละ 6.244 3) ประสิทธิภาพกังหันน้ำร้อยละ 60 4) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษากังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 คือ ค่าเปลี่ยนตัวเก็บประจุ 600 บาท ทุก 3 ปี 5) แฟคเตอร์กำลังการผลิต 0.5

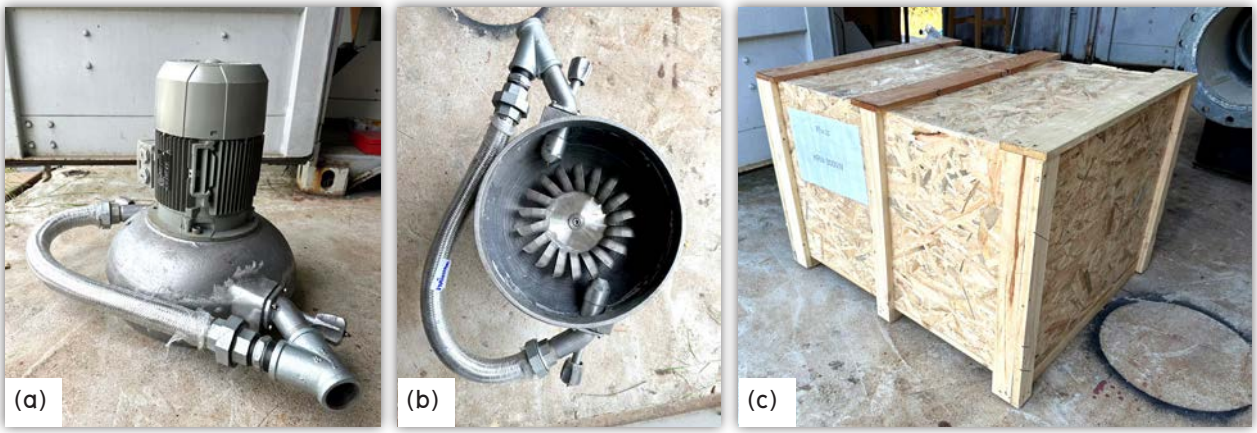

Figure 4 The Kiriwong hydro turbine set, model KRW-3000; (a) Side view, (b) Bottom view, and (c) Packaging box

Figure 5 Installation of the prototype hydro turbine set at Kiriwong village; (a) Kiriwong turbine and control set, (b) Water pressure gauge, (c) Electricity quality meter, and (d) Light bulb (load)

6) อัตราค่าไฟฟ้า (ก) กรณีซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 4.42 บาท/kWh (ข) กรณีเครื่องปั่นไฟ 30 บาท/kWh (0.8 l/kWh)

1) ต้นทุนต่อหน่วยในการติดตั้งกังหันน้ำ รุ่น KRW-3000 ดังตารางที่ 1 (Table 1)

2) ผลตอบแทน ในการติดตั้งกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 ชาวบ้านมีทางเลือกในการใช้งานเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่เพื่อการอุปโภคบริโภค ผลประโยชน์ทางตรงที่เกิดขึ้นคือ ชาวบ้านมีไฟฟ้าใช้ในพื้นที่ตลอด 24 ชั่วโมง อันเนื่องมาจากการใช้ระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า 13,140 kWh/ปี (แฟคเตอร์กำลังการผลิต เท่ากับ 0.5)

การวิเคราะห์ด้านการเงินในการติดตั้งระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า 249,400 บาท ค่าบำรุงรักษาในการเปลี่ยนตัวเก็บประจุ 600 บาท ทุก 3 ปี ที่อายุการใช้งาน 10 ปี เมื่อรวมผลประโยชน์จากการลดการใช้น้ำมันเพื่อผลิตไฟฟ้า 30 บาท/kWh ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องปั่นไฟ 3,000 บาท/ปี กรณีเปรียบเทียบกับการใช้งานเครื่องปั่นไฟ หรือลดการซื้อไฟฟ้า 4.42 บาท/kWh กรณีเปรียบเทียบกับการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังตารางที่ 2 (Table 2)

3) ความคุ้มทุน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินกรณีเปรียบเทียบกับเครื่องปั่นไฟ พบว่ากังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 มีความคุ้มค่าในการลงทุน เมื่อสิ้นสุดโครงการมีผลประโยชน์สูงกว่าต้นทุนถึง 1,683,592 บาท ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1 ปี คิดเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.26 บาท/kWh ซึ่งต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องปั่นไฟที่ 115 เท่า (อัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งใช้งานเครื่องปั่นไฟ 30 บาท/kWh) ซึ่งสอดคล้องกับกรณีเปรียบเทียบกับการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พบว่าชุดกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 มีความคุ้มค่าในการลงทุน มีผลประโยชน์สูงกว่าต้นทุนถึง 171,981 บาท ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 4 ปี 4 เดือน คิดเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากชุดกังหันน้ำ 0.26 บาท/kWh ซึ่งต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประมาณ 17 เท่า (ปัจจุบันอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน อยู่ที่อัตรา 4.42 บาท/kWh) เมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งใช้งานกังหันน้ำคีรีวงเดิม พบว่าต้องลงทุนสูงถึง 96,000 บาท เนื่องจากต้องลงทุนติดตั้งกังหันน้ำคีรีวง จำนวน 3 เครื่อง เพื่อให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากันที่ 13,140 kWh/ปี ซึ่งการใช้งานกังหันน้ำคีรีวง จำนวน 3 เครื่อง จะมีระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้นเป็น 1 ปี 2 เดือน และ 5 ปี 1 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องปั่นไฟหรือซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศในปัจจุบันที่พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 5 kW พบว่ากังหันน้ำคีรีวง KRW-3000 มีราคาต่ำกว่าราคาเฉลี่ย

Table 1 Investment cost for installation of KRW-3000 hydro turbine set

Item description	Price (Baht)
KRW-3000 hydro turbine set (sold by the Kiriwong hydro turbine community enterprise) – comprising of: (1) Machine base 8,200 Baht (2) 200 mm Pelton wheel 8,000 Baht (3) Adjustable nozzle (2 sets) 7,000 Baht (4) 3 kW 3 HP 6 POLE motor 16,000 Baht (5) Stainless steel Y-pipe and nipple (3-way) 2,500 Baht (6) Induction generator controller 2,500 Baht (7) Automatic voltage controller 3,000 Baht (8) operational costs (profit) 4,800 Baht	52,000
Installation equipment – comprising of: (1) Civil work, e.g., foundation and building 10,000 Baht (2) Electrical work, e.g., electrical wires, power poles 5,000 Baht	15,000
Water pipes and accessories	182,400
Total	**249,400**

Table 2 Financial analysis results

Metrics	Compared to diesel generator	Compared to purchasing electricity from PEA
Net present value: NPV (Baht)	1,683,592	171,981
Internal rate of return: IRR (%)	106%	19%
Benefit-cost ratio: B/C ratio	7.72	1.7
Payback period: PB (Years)	1 year	4 years 4 months
Cost of energy: COE (Baht/kWh)	0.26	0.26

กิจกรรมที่ 7 การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง

การดำเนินการพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงมี 2 กระบวนการ คือ 1) การอบรมเชิงปฏิบัติการในการติดตั้งทดสอบ การใช้งานและบำรุงรักษากังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และมีรายละเอียดเชิงเทคนิคซับซ้อนกว่ากังหันน้ำคีรีวงเดิม เนื่องจากมีจำนวนหัวฉีดเพิ่มขึ้น โดยดำเนินการที่วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง และ 2) การพัฒนาแผนธุรกิจ โดยเริ่มจากการค้นคว้า วิจัย และรวบรวมข้อมูลครอบคลุมทั้ง 9 องค์ประกอบ อย่างรอบคอบ และจัดเวทีเสวนาเพื่อระดมความคิดเห็นจากภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในพื้นที่ ประกอบด้วย กลุ่มหน่วยงานราชการหลัก กลุ่มผู้ผลิตกังหันน้ำ ผู้ใช้บริการ ผู้ติดตั้ง หน่วยงานสถาบันการศึกษา หน่วยงานอื่น ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแผนธุรกิจให้ครอบคลุมใน 4 มิติหลัก ได้แก่ ลูกค้า ข้อเสนอสำหรับลูกค้า เครื่องมือหรือปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนธุรกิจ และความคุ้มค่าของธุรกิจ ดังภาพที่ 6 (Figure 6) ส่งผลให้กลุ่มลูกค้าสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถวัดได้จากจำนวนผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น โดยวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงมีเป้าหมายตามแผนธุรกิจประมาณ 15 เครื่อง/ปี

ความรู้หรือความเชี่ยวชาญที่ใช้

เทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

การผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์ในอ่างเก็บน้ำ เป็นพลังงานจลน์ในท่อส่งน้ำ เป็นพลังงานกลโดยกังหันน้ำ และเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับเพลาของกังหันน้ำ (Maher & Smith, 2001) ดังภาพที่ 7 (Figure 7)

การพัฒนากังหันน้ำผลิตไฟฟ้าในช่วงที่ผ่านมาดำเนินการในหลายแนวทาง ทั้งเชิงคำนวณและเชิงทดลอง Thiwaworachai & Chaichana, (2021) ศึกษาชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว โดยศึกษา

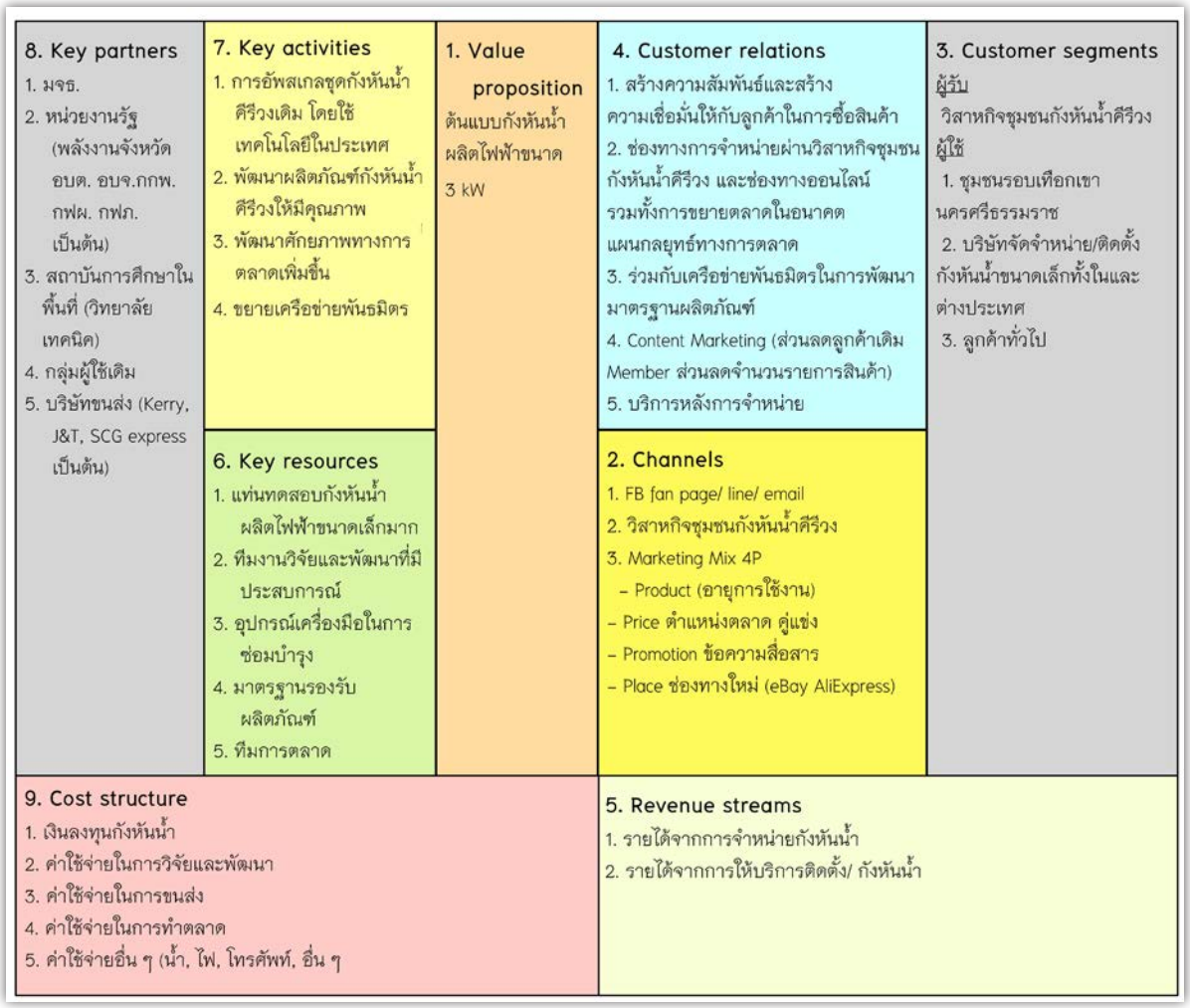

Figure 6 Business model canvas for the Kiriwong hydro turbine community enterprise

แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ และศึกษาการผลิตไฟฟ้าจริงกับกังหันน้ำแบบเพลตันขนาด 5 kW ผลการศึกษาพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณพบว่า วาล์วที่เหมาะสมคือวาล์วชนิดบอลวาล์ว ซึ่งให้ลักษณะการไหลของน้ำที่คงที่ มีความปั่นป่วนของการไหลน้อยที่สุด และจากการทดลองผลิตไฟฟ้าจริง พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย 4.82 kW คิดเป็นสมรรถนะการทำงานของกังหันน้ำที่ร้อยละ 96.4 Kaewrattanasripho (2022) ใช้โปรแกรมแลปวิวจำลองการสร้างพลังงานเพื่อผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ พบค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ 41.17 W ค่าประสิทธิภาพกังหันน้ำเฉลี่ยร้อยละ 17.87 Mungkalasiri et al. (2018) ออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคีเมดีสที่บริเวณทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยการจำลองด้วยเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยใช้โปรแกรม ANSYS CFX ผลการศึกษาพบว่ากังหันน้ำสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 60.36 kW และมีประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ร้อยละ 42.38 Hayibaka et al. (2021) วิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน ด้วยโปรแกรม Solid Works Simulation พบว่ากังหัน 4 ใบพัด มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 54.6

Lahamornchaiyakul (2021) ออกแบบระบบทางกลสำหรับกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบแกนนอนสำหรับแหล่งเก็บน้ำที่มีระดับหัวน้ำต่ำ ที่มีความเร็วลำน้ำที่ไหลเฉลี่ยในช่วง 2–6 m/s โดยใช้หลักการทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ผลจากการออกแบบพบว่ากังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าเพื่อลดภาระแรงต้านของน้ำในระบบการทำงานและนำไปสู่การลดอัตราการสูญเสียที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน Pailin & Ratchaphon (2020) คำนวณขนาดกังหันที่เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าระบบน้ำวน และประสิทธิภาพและใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองขนาดที่เหมาะสม ซึ่งพบว่ากังหันเส้นมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าดีที่สุดร้อยละ 13.92 Wiroon et al. (2022) ออกแบบพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยกังหันน้ำแบบเกลียวงวนที่เหมาะสมที่ใช้กับกระแสน้ำความเร็วต่ำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองกังหันมุมกาง 21 องศา มีความเร็วรอบสูงที่สุด และประสิทธิภาพกังหันที่ร้อยละ 38.10 Sarabhon et al. (2019) ศึกษาต้นแบบกังหันน้ำแนวตั้งที่มีใบของกังหันน้ำ 3 ใบ ผลการศึกษาพบว่ากังหันน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 24.3 Chaichan et al. (2019) พัฒนาต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง พบว่าสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 28.96 W Boonsong et al. (2022) สร้างและคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไฟฟ้าอุโมงค์น้ำ ผลการทดสอบเครื่องผลิตไฟฟ้าอุโมงค์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ความเร็วกระแสน้ำ 1.2–1.5 เมตรต่อวินาที พบว่าที่ความเร็วของน้ำ 1.55 m/s กังหันน้ำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ 30 W คิดเป็นประสิทธิภาพของใบกังหันที่ผลิตไฟฟ้าร้อยละ 51.29 Papamo & Suntivarakorn (2020) ศึกษาประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันน้ำแบบกรงกระรอก โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพในบ่อน้ำวน ผลการทดสอบพบว่าค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 23.01 Techo & Pinthong (2020) ออกแบบสร้างและทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหล บริเวณตำบลตะเคียนเลื่อน ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนครสวรรค์ ผลการทดสอบพบว่า การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ใบกังหันแกนตั้งรัศมีขนาด 40 cm สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 23.07 W คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยร้อยละ 16

แผนธุรกิจ (Business model canvas)

แผนธุรกิจเป็นเครื่องมือที่พัฒนาโดย Alex Osterwalder เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนและวิเคราะห์โมเดลธุรกิจได้อย่างชัดเจนและกระชับ (Chumyim, 2024) ซึ่งแผนธุรกิจช่วยให้ทราบข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับโมเดลธุรกิจอย่างชัดเจน ทำให้สามารถวางแผน วิเคราะห์ และปรับปรุงโมเดลธุรกิจได้ดีขึ้น โดยสามารถปรับเปลี่ยนและปรับปรุงโมเดลธุรกิจได้อย่างรวดเร็วตามเป้าหมายของธุรกิจ ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้แผนธุรกิจสำหรับวิสาหกิจชุมชนในหลายพื้นที่ Anukun (2023) พัฒนาแนวทางสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันด้วยแบบจำลองธุรกิจของกลุ่มอาชีพมัดย้อม ตำบลบางแขยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ผลการหาแนวทางสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันมี 3 แนวทาง คือ การสร้างความแตกต่างด้านคุณภาพ การทำการตลาดให้ตรงกับลูกค้าเฉพาะกลุ่ม และการขายผ่านช่องทางออนไลน์ Saomun & Jarensiripornkul (2024) พัฒนารูปแบบธุรกิจของร้านเกษตรช่างเหลิมบนแพลตฟอร์มออนไลน์ โดยศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในการรับชมวิดีโอบนแพลตฟอร์มออนไลน์ของธุรกิจร้านเกษตรช่างเหลิม

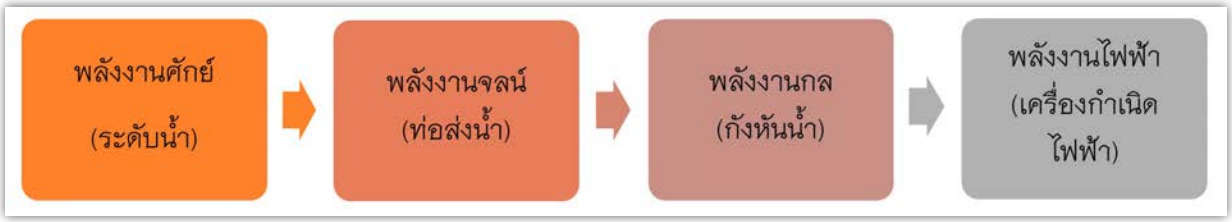

Figure 7 Energy transformation process in a Pico hydroelectric power generation system

และศึกษาปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าเกี่ยวกับการเกษตรบนแพลตฟอร์มออนไลน์ Phunphon et al. (2023) ศึกษากระบวนการคิดเชิงออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม และออกแบบแผนธุรกิจจำลองกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่อำเภอจู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี Suriyasarn et al. (2022) วิเคราะห์แผนธุรกิจ โดยใช้แบบจำลองธุรกิจ ส่งผลให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วอแก้ว อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ผลิตน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่มีคุณภาพสูง ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่างการขอรับมาตรฐานการผลิตและการขอเลข อย. เพื่อให้สามารถจำหน่ายในตลาดทั่วไปได้ Musiget & Jarernsiripornkul (2022) กำหนดแบบจำลองธุรกิจของฟาร์มเลี้ยงจิ้งหรีด KK Cricket Farm ตำบลท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เป็นต้น

สถานการณ์ใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ต้นแบบกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3 kW ที่ระดับเฮด 100 m อัตราการไหล 5.05 l/s คิดเป็นประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 60.5 ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่า และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพกังหันน้ำคีรีวงเดิม นอกจากนี้ผลการพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการในการติดตั้ง ทดสอบ การใช้งานและบำรุงรักษากังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 และการพัฒนาแผนธุรกิจที่ครอบคลุมใน 4 มิติหลัก ส่งผลให้กลุ่มลูกค้าสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถวัดได้จากจำนวนผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่ายและรายได้ของวิสาหกิจชุมชน โดยในช่วงไตรมาส 2 ของปีงบประมาณ 2566 วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงสามารถจำหน่ายกังหันน้ำคีรีวงในราคา 52,000 บาท/ชุด (ราคาต้นทุน 47,200 บาท/ชุด) ได้กว่า 10 เครื่อง มีรายรับเพิ่มขึ้นกว่า 5 แสนบาท โดยมีการติดตั้งใช้งานในพื้นที่บ้านคีรีวงจำนวน 4 ชุด และติดตั้งใช้งานในพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช จำนวน 6 ชุด ที่ระยะเฮดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 60-100 m

การพัฒนากังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 เป็นการเพิ่มโอกาสทางการตลาดและขยายฐานลูกค้าที่สนใจติดตั้งใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าให้ออกไปสู่วงกว้าง ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายจาก 32 บาท/W ในกังหันน้ำคีรีวงเดิม เป็น 17 บาท/W ในกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 ซึ่งชาวบ้านส่วนใหญ่สามารถจ่ายได้ ประกอบกับการใช้หัวฉีดแบบปรับได้ทำให้สามารถใช้งานได้กับการส่งน้ำได้หลายขนาด และทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการพลังงานขั้นพื้นฐานสำหรับการใช้งานในชนบท ส่งผลให้สามารถดำเนินการได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ จึงมีศักยภาพสูงในการขยายพื้นที่ใช้งานไปสู่ชุมชนอื่น ๆ ได้ทั่วประเทศ

ผลกระทบและความยั่งยืนของการเปลี่ยนแปลง

ด้านเศรษฐกิจ

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ กรณีเปรียบเทียบกับเครื่องปั่นไฟและการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พบว่า การติดตั้งใช้งานกังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1 ปี และ 4 ปี 4 เดือน ตามลำดับ คิดเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.26 บาท/kWh ซึ่งต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องปั่นไฟที่ 115 เท่า (อัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งใช้งานเครื่องปั่นไฟ 30 บาท/kWh) และต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประมาณ 17 เท่า (ปัจจุบันอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย กรณีใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน อยู่ที่อัตรา 4.42 บาท/kWh) และเมื่อเทียบกับกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศในปัจจุบันที่พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 5 kW พบว่ากังหันน้ำคีรีวง KRW-3000 มีราคาต่ำกว่าราคาเฉลี่ยดังกล่าวข้างต้น ซึ่งสามารถส่งเสริมการติดตั้งใช้งานในประเทศได้อย่างเหมาะสม และลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ

ด้านชุมชนและพื้นที่

ชาวบ้านในชนบทมีทางเลือกในเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้งานในพื้นที่ เพื่อการอุปโภคบริโภค ช่วยให้ชาวบ้านมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น มีรายได้จากการทำเกษตรเพิ่มขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิง มีไฟฟ้าใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมตลอด 24 ชั่วโมง ส่งผลให้เกิดความมั่นคงทางครอบครัวและสังคมท้องถิ่น

ด้านสิ่งแวดล้อม

การติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 3 kW สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าดฟืน และเทียนไข เป็นระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่สามารถทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกลได้กว่า 7,884 l/ปี ซึ่งสามารถลดการปลดปล่อย CO_2 21 ton CO_2/ปี (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2555)

ด้านนโยบาย

ความสามารถในการเข้าถึงนวัตกรรมกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในประเทศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความตื่นตัวและกระแสการใช้พลังงานสะอาดภายในประเทศเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เกิดการใช้งานเพิ่มขึ้นในชุมชนใกล้เคียงที่มีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ผลจากการพัฒนากังหันน้ำคีรีวง รุ่น KRW-3000 ยังเป็นการเพิ่มโอกาสทางการตลาดและขยายฐานลูกค้าที่สนใจติดตั้งใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าไปสู่วงกว้าง เนื่องจากผลิตภัณฑ์กังหันน้ำคีรีวงพร้อมจำหน่ายมีหลายขนาด ตั้งแต่ 0.3-3 kW ซึ่งเหมาะสมสำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่างกัน ปัจจุบันนอกจากวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงจะทำหน้าที่ผลิตและจำหน่ายกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากแล้ว วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวงยังเป็นศูนย์กลางเครือข่ายกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในชุมชนคีรีวงและชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช ผ่านการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้และถ่ายเทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก บ้านคีรีวง โดยมุ่งเน้นการประชาสัมพันธ์ สาธิต และถ่ายทอดเทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก โดยมีนักวิชาการจากสถาบันการศึกษา และสำนักงานพลังงานจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นที่ปรึกษา ร่วมกับเครือข่ายของผู้สนใจเทคโนโลยีกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กรอบเทือกเขานครศรีธรรมราช ที่ประกอบด้วยกลุ่มผู้ใช้กังหันน้ำคีรีวง สถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ รวมถึงประชาชนผู้สนใจทั่วไป ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความยั่งยืนของโครงการ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการดำเนินของ “กลุ่มกังหันน้ำคีรีวง” ต่อเนื่องถึง’ “วิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง” ที่เป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนการส่งเสริมการผลิตและใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากในพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราชมากว่า 20 ปี จนถึงปัจจุบันมีการติดตั้งใช้งานกังหันน้ำคีรีวงในพื้นที่ชุมชนรอบเทือกเขานครศรีธรรมราชรวมกว่า 160 ระบบ พิกัดกำลังไฟฟ้ารวมกว่า 110.7 kW

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ร่วมกับวิสาหกิจชุมชนกังหันน้ำคีรีวง และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สัญญาทุนเลขที่ C10F650043

References

Anukun, M. (2023). Guidelines for developing tie-dye occupation group competitive advantages using a business model. *Journal of Management Science Review, 25*(1), 235–246. (in Thai).

Basar, M. F., Sapiee, R., Rahman, S., Hamdan, Z., Borhan, S., & Sopian, K. (2014). Cost analysis of pico hydro turbine for power production. *Advances in Environmental Biology, 8*(14), 147–151.

Boonbumroong, U. (2012). Kiriwong hydropower unit: Local innovation to a micro community enterprise. *Area Based Development Research Journal, 4*(4), 66–75. (in Thai).

Boonsong, T., Junkong, R., Bunchoo, T., & Plodchookaew, K. (2022). Development and finding efficiency of water tunnel generator. *Institute of Vocational Education Southern Region 1 Journal, 7*(1), 101–107. (in Thai).

Chaichan, W., Kanchana, S., & Chaichan, W. (2019). Prototype of shallow-water wave power generator based on bi-directional waves conversion. *RMUTSV Research Journal, 11*(2), 312–323. (in Thai).

Chumyim, P. (2024). Business model canvas: Tool to communicate your strategy. Retrieved May 20, 2024, from: https://Pmuc.or.Th/Wp-Content/Uploads/2024/03/PMUC_Masterclasspart1_BMC_PC.Pdf. (in Thai).

Elbatran, A. H., Yaakob, O. B., Ahmed, Y. M., & Shabara, H. M. (2015). Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 43*, 40–50.

Gallego, E., Rubio-Clemente, A., Pineda, J., Velásquez, L., & Chica, E. (2021). Experimental analysis on the performance of a pico-hydro Turgo turbine. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences, 33*(4), 266–275.

Hayibaka, M., Waeberaheng, A., Saniso, E., Jirarattanatsopa, B., & Techo, J. (2021). Computational fluid dynamic analysis of flow through a Kaplan turbine for a small hydropower plant. *Journal of Renewable Energy for Community, 4*(2), 41–49.

Hydrology Division – Royal Irrigation Department. (2023). Rainfall data. Retrieved May 20, 2024, from: http://water.rid.go.th/hydrology/PORTAL/3-RAINFALL.html. (in Thai).

Kaewrattanasripho, P. (2022). Simulation of the generating electricity from water turbines using the LabVIEW. *Journal of Applied Research on Science and Technology, 21*(2), 117–125. (in Thai).

Lahamornchaiyakul, W. (2021). Mechanical system design and analysis of horizontal axis micro water turbine. *UBU Engineering Journal, 14*(1), 1–13. (in Thai).

Maher, P., & Smith, N. (2001). Pico hydro for village power a practical manual for schemes up to 5 kW in hilly areas. Retrieved May 20, 2024, from: https://energypedia.info/images/9/92/Ph_manual_s.pdf.

Mungkalasiri, W., Pidtalapho, S., & Mungkalasiri, J. (2018). Design of Archimedes screw turbines for small hydro power plant case study of Namman small hydro power plant. *Thai Science and Technology Journal, 26*(6), 1049–1061. (in Thai).

Musiget, J., & Jarernsiripornkul, S. (2022). Business model of KK cricket farm, Tharpa subdistrict, Maung district, Khon Kaen province. *Journal of Modern Learning Development, 7*(1), 286–300. (in Thai).

National Statistical Office. (2023). Population and housing census statistics. Retrieved May 20, 2024, from: http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx. (in Thai).

Papamo, K., & Suntivarakorn, R. (2020). A study of the total efficiency of electricity generation system from vortex turbine by crossflow hydro-turbine. *Udon Thani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology, 8*(2), 159–173. (in Thai).

Pailin, T., & Ratchaphon, S. (2020). Optimization of turbine blade stature in free vortex system for power generation. *Udon Thani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology, 8*(2), 175–186. (in Thai).

Phunphon, T., Yongphet, P., & Nakpibal, P. (2023). Design thinking for participatory organic farming community product development. *Research Journal Phranakhon Rajabhat: Social Sciences and Humanity, 18*(1), 255–275. (in Thai).

Saomun, T., & Jarensiripornkul, S. (2024). Business model design of Kaset Chang Lim store on online platforms. *MBA-KKU Journal, 17*(1), 27–48. (in Thai).

Sarabhon, P., Pong-a-mas, S., Somkeattikul, K., Siripaiboon, C., Areeprasert, C., & Kiatiwat. T. (2019). Prototyping of agricultural purpose vertical water turbine generator with adjustable blade for small cannel. *Thai Society of Agricultural Engineering Journal, 25*(2), 1–6. (in Thai).

Suriyasarn, T., Thitiyapramote, N., Khamrach, C., & Langkhunsaen, S. (2022). Product development of germinated brown rice berry juice for health organic agriculture Wor-Kaew community enterprise group, Lampang province. *Area Based Development Research Journal, 14*(2), 122–133. (in Thai).

Techo, J., & Pinthong, T. (2020). Analysis of hydroelectricity generation efficiency by vertical axis turbine at Takhian Luean sub-district, Nakhon Sawan province. *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University, 10*(2), 99–112. (in Thai).

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). Local GOV save earth. Retrieved May 20, 2024, from: https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th/page/publication-650/?p=2. (in Thai).

Thiwaworachai, M., & Chaichana, T. (2021). The study of suitable water flow control valve for power generation of micro power plant by CFD. *Academic Journal: Uttaradit Rajabhat University, 16*(2), 77–90. (in Thai).

Williams, A. A., & Simpson, R. (2009). Pico hydro-reducing technical risks for rural electrification. *Renewable Energy, 34*(8), 1986–1991.

Wiroon, M., Ratchaphon, S., Jarinee, J., & Ponthep., V. (2022). Efficiency comparison of horizontal low head spiral turbine for electrical energy production. *RMUTI Journal Science and Technology, 15*(1), 48–58. (in Thai).