



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กสำหรับสร้างระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (The Potential of Small Water Source for Constructing Pico-Hydropower System in 3 Southernmost Provinces of Thailand)

โดย

อัสหิยะ สนิโซ

มะรุติง กาชะ

ดารีกา จาเอะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินพิเศษ ประจำปี 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กสำหรับสร้างระบบผลิตไฟฟ้า
พลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้
(The Potential of Small Water Source for Constructing
Pico-Hydropower System in 3 Southernmost
Provinces of Thailand)

โดย

อัสหิยะ สนิโซ

มะรุติง กาซา

ดารีกา จาเอาะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินพิเศษ ประจำปี 2553
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

งานวิจัยเรื่อง ศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กสำหรับสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่
3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ชื่อผู้วิจัย อีลิหัยะ สนิโซ
มะรุติง กาซา
สาวดาริกา จาเอาะ

ปีงบประมาณ 2553

บทคัดย่อ

พลังงานน้ำเป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่มากด้วยประสิทธิภาพและถือเป็นวาระแห่งชาติในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการใช้ประโยชน์พลังงานหมุนเวียนที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ อาทิเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากก๊าซชีวภาพ และพลังงานจากขยะ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำที่มีระดับหัวน้ำต่ำ (ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก) ไม่จำเป็นต้องกักเก็บน้ำ อาศัยเพียงแหล่งน้ำหรือลำธารที่ไหลผ่านตลอดทั้งปี สามารถปิดการทำงานของระบบได้เมื่อไม่มีน้ำจากลำธารไหลผ่านหรือมีฝนตกในปริมาณน้อย ด้วยเหตุนี้การพัฒนาเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ผลการศึกษาพบว่า ในพื้นที่จังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส มีศักยภาพในการติดตั้งกังหันผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบคอยาวและแบบเพลตันขนาด 1-5 kW

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก พลังงานทดแทน พลังงานน้ำ

Title	The Potential of Small Water Source for Constructing Pico-Hydropower System in 3 Southernmost Provinces of Thailand
Researcher	Eleeyah Saniso Maruding Kasa Darika Jaaoh
Year	2010

Abstract

Hydropower is one of the most efficient renewable energy sources. It is one aspect given by the national plan for the renewable technology development with wisely energy utilization from natural resources included wind, water and solar energies or bio-gas and farm waste. Low head hydro (pico-hydropower system) is almost always “run-of-river”; in other words there is no significant storage of water may have to shut down during periods of the river provides enough flow or low rainfall. These are therefore the main focus for the rest of this technology summary. The objective of this research is to survey the potential of small water source for the designing and constructing of picohydropower system as a small of knowledge for rural education at the Yala province, Pattani province and Narathiwat province. From the results, they found that the potential of small water source in Yala province, Pattani province and Narathiwat province area could be used for design and setting up the long neck pico-hydroelectric generator (Kaplan hydroturbine) and reaction pico-hydroelectric generator (Pelton hydroturbine) capable to generate the electrical power of 1-5 kW.

Keywords : Pico-hydropower system, Alternative energy, Hydro power

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัย เรื่อง ศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กสำหรับสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (The Potential of Small Water Source for Constructing Pico-Hydropower System in 3 Southernmost Provinces of Thailand) นี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินพิเศษ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ขอขอบคุณนายฐิษฐ์ ชัยดานา นักวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอบคุณนักศึกษาสาขาฟิสิกส์และนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ ที่มีส่วนร่วมในการลงพื้นที่และช่วยเหลือในการบันทึกข้อมูลจนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันพึงได้จากรายงานวิจัยนี้ขอมอบแต่ ครู อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่สนใจทุกท่าน

อิทธิยะ สนิโซ

และคณะ

สิงหาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(5)
สารบัญตาราง	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 พลังงานไฟฟ้าจากพลังน้ำ	3
2.2 กังหันน้ำ	4
2.3 กฎทรงพลังงาน	5
2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	6
2.5 กระแสไฟฟ้า	7
2.6 การตรวจวัดความเร็วของกระแสน้ำ	8
2.7 ข้อมูลจังหวัด	12
2.8 สารสนเทศและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1 ศึกษาข้อมูลและประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้อง	25
3.2 การศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่	25
3.3 การวิเคราะห์และสรุปผล	28
บทที่ 4 ผลและอภิปรายผลการวิจัย	29
4.1 ผล	29
4.2 อภิปรายผล	32
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุป	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	37
ประวัติย่อผู้วิจัย	50

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	3
2.2 การใช้ทุนลอยในการวัดความเร็วกระแสน้ำ	8
2.3 (ก) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน (ข) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัดขนาดใหญ่ (ใช้กรณีปริมาณน้ำมาก) และ (ค) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก (ใช้กรณีน้ำไม่มาก)	10
2.4 เครื่องตรวจวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำด้วยคลื่นเสียง	10
2.5 ตัวอย่างภาพตัดขวางลำน้ำและการคำนวณพื้นที่หน้าตัด	12
2.6 แผนที่จังหวัดยะลา	13
2.7 สัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดยะลา ปี 2551	14
2.8 แผนที่จังหวัดปัตตานี	16
2.9 สัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดปัตตานี ปี 2551	17
2.10 แผนที่จังหวัดนราธิวาส	19
2.11 สัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดนราธิวาส ปี 2551	20
2.12 พื้นที่บริเวณ ตำบลลำพะยา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา	22
3.1 ภาพจำลองการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Q)	35
3.2 ภาพจำลองการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Q) แบบเต็มท่อและไม่เต็มท่อ	26
3.3 ภาพจำลองการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Q) เมื่อไม่อยู่ในแนวระดับ	26
3.4 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระยะการไหลของน้ำ	37
4.1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลขนาดแหล่งน้ำและปริมาณน้ำในจังหวัดยะลา ปัตตานี และ นราธิวาส	29
4.2 ชุดกังหันน้ำคิริวง	32
4.3 ชุดควบคุมระบบและชุดควบคุมไหล	33
4.4 บ้านคุณสุภักดิ์ หัตถิ เจ้าของชุดกังหันน้ำคิริวง (ทีวีและหลอดไฟที่เปิดอยู่ใช้ไฟฟ้าจากชุดกังหันน้ำ)	33

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.บาเจาะ อ.บาเจาะ จ.นราธิวาส	30
4.2 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.กาลิซา อ.ระแงะ จ.นราธิวาส	30
4.3 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.ธารโต อ.ธารโต จ.ยะลา	30
4.4 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.เรียง อ.รือเสาะ จ.นราธิวาส	40
4.5 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.ลาโละ อ.รือเสาะ จ.นราธิวาส	31
4.6 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.ทรายขาว อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี	32
4.7 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.ทรายขาว อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี	32
4.8 ข้อมูลแหล่งน้ำ ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

รัฐบาลได้มีนโยบายที่หลากหลายเพื่อให้ประชาชนมีจิตสำนึกที่จะประหยัดพลังงาน ลดภาระการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศโดยเฉพะการนำเข้าน้ำมันที่ต้องใช้เงินจำนวนมหาศาลในการนำเข้าแต่ละปี โดยภาพรวมการจัดหาพลังงานของประเทศไทยปี 2549 พร้อมคาดการณ์ปี 2550 จะใช้พลังงานเพิ่มร้อยละ 5.1 คิดเป็นเงิน 568 พันล้านบาท ตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ การจัดหาพลังงานในเชิงพาณิชย์ของปี 2549 ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 2.4 มูลค่ารวมของการนำเข้าพลังงานเพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 16.0 ส่วนภาพรวมการใช้พลังงานขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 0.4 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550; กระทรวงพลังงาน, 2550) จึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนเพื่อลดภาระการนำเข้าพลังงานดังกล่าว (ประเสริฐ ภู่นันทพงษ์, 2535) การบริโภคพลังงานและทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน (Sustainable energy) รวมทั้งต้องสามารถช่วยลดภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นปัญหาระดับโลกที่ทุกคนต้องตระหนักและให้ความสำคัญ จึงจำเป็นที่จะต้องหันมาวิจัยและหาแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น พลังงานจากชีวมวล (Biomass energy) (Palanichamy *et al.*, 2002) พลังงานน้ำ (Hydro energy) (Alexander and Giddens, 2008; Baidya, 2006; Balat, 2007; Date and Akbarzadeh, 2008; Kaldellis, 2007; Ogayar and Vidal, 2009; Ponta and Jacovkis, 2008) พลังงานไฮโดรเจน (Santarelli, 2004) พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy) พลังงานจากมหาสมุทร (Ocean energy) พลังงานลม (Wind energy) (David *et al.*, 2008; Himri *et al.*, 2005; Jovcic, 2008; Mabel and Fernandez, 2008; Velasco *et al.*, 2004) พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) (Akhtar *et al.*, 2008; Bwana, 2009; Calogero and Marco, 2008; Liu *et al.*, 2008; Ramakrishna, 2007) และพลังงานแบบผสมผสาน (ดาวัลย์ วิวรรณะเดช, 2546; Ahmed *et al.*, 2008; Billinto and Karki, 2001; Karki and Billinton, 2001; Khan *et al.*, 2005; Li *et al.*, 200; Senjyu *et al.*, 2005; Uzunoglu and Alam, 2007) เป็นต้น

ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและต้องการเปลี่ยนพลังงานน้ำให้เป็นพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ แต่ความชัดเจนของข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำยังไม่เป็นที่ปรากฏ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษาศักยภาพของแหล่งน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่โดยการลงพื้นที่สำรวจให้ครอบคลุมทุกอำเภอของจังหวัด ยะลา ปัตตานี และนราธิวาสเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่สามารถใช้งานได้จริงสำหรับท้องถิ่น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสำรวจพื้นที่แหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัด ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความเร็วน้ำของแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัด ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เชิงสำรวจที่มุ่งหาแหล่งน้ำ และวิเคราะห์ความเร็ว น้ำของแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัด ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ และสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

- 1.3.1 ลงพื้นที่หาแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส
- 1.3.2 วัดความเร็วน้ำ วิเคราะห์อัตราการไหลและแรงดันน้ำที่ได้ตามแหล่งน้ำขนาดต่าง ๆ ตามที่ได้สำรวจ ณ น้ำตกธารโต ต.ธารโต อ.ธารโต จ.ยะลา บ้านลำพะยา ต.ลำพะยา อ.เมือง จ. ยะลา บ้านลาออกูแก ต.ตลิ่งชัน อ.บันนังสตา จ.ยะลา วังพลายบัว ต.ทรายขาว อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี บ้านฝายคลองช่องเรือ ต.ทรายขาว อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี ต.บาเจาะ อ.บาเจาะ จ.นราธิวาส ต.กาลิซา อ.ระแงะ จ.นราธิวาสบ้านบาโงปุโละ ต.เรียง อ.รือเสาะ จ.นราธิวาส และ บ้านกือย ต.ลาโละ อ.รือเสาะ จ.นราธิวาส
- 1.3.3 วิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของการพัฒนาและนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์จริงในชุมชนของพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบบริเวณที่มีแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส
- 1.4.2 ทราบศักยภาพของแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาสที่สามารถใช้ ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก
- 1.4.3 มีข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ 3 จังหวัด ชายแดนภาคใต้ที่เชื่อถือได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานไฟฟ้าจากพลังน้ำ (Hydro electric power)

การเปลี่ยนพลังน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีการเคลื่อนที่จึงมีการเปลี่ยนรูปของพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ เมื่อน้ำไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ (Turbine) จากต้นกำลังพลังงานกลจะหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าออกมา ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (Pico hydro power plant) เป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่น่าพลังงานจากน้ำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคโนโลยีพลังงานสะอาด ไม่มีมลพิษ ไม่ทำลายระบบนิเวศ ไม่เปลี่ยนแปลงชีวิตความเป็นอยู่ โดยมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก (http://peane2.pea.co.th/ne/BERM/march1_50.html) ได้ออกแบบระบบที่มีขนาดเล็กมากและใช้แหล่งน้ำจากน้ำตกเป็นพลังงาน ในการขับเคลื่อนเครื่องกังหันปั่นไฟจะทำการผันน้ำจากน้ำตกส่วนหนึ่งไปเก็บไว้ในถาดน้ำขนาดเล็กที่ติดตั้งไว้ในที่สูงจากนั้นก็ปล่อยน้ำลงมา เมื่อน้ำถูกปล่อยลงมาที่ต่ำจะมีแรงดันไปปั่นกังหันเพื่อหมุนเครื่องปั่นไฟ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (ที่มา : http://peane2.pea.co.th/ne/BERM/march1_50.html)

ทั้งนี้การทำผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องทำใกล้กับบริเวณน้ำตก แต่ให้มีแหล่งน้ำและแรงดันน้ำพอที่จะปั่นไฟได้ ซึ่งมีสำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 9 (สพภ. ที่ 9) จังหวัดพิษณุโลก ให้

คำปรึกษาและช่วยติดตั้งเครื่อง โดยสพท. ที่ 9 ได้คัดเลือกสถานที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าว ขนาด 1 kW เป็นโครงการนำร่องที่ทำการอุทยานแห่งชาติน้ำตกแก่งโสภา ตำบลบ้านแยง อำเภอ นครไทย ซึ่งใช้กังหันปั่นไฟแบบใบพัด 4 ใบ ส่วนประกอบของกังหันประกอบไปด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพลาส่งกำลัง ช่องส่งน้ำ ใบพัด และท่อน้ำออก มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าประมาณร้อยละ 54

2.2 กังหันน้ำ (Turbine)

กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของการผลิตไฟฟ้า เพราะกังหันจะเป็นตัวรับน้ำจากต้นกำเนิด ในรูปพลังงานกลเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วได้พลังงานไฟฟ้าออกมา (นภัทร วัฒนเทพินทร์, 2550; วัฒนา ถาวร, 2546; สุเทพ เหลี่ยมศิริเจริญ, 2542) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

2.2.1 กังหันแบบแรงกระทบ (Impulse turbine)

กังหันแบบแรงกระทบ เป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงฉุดของน้ำจากท่อน้ำที่รับน้ำจากที่สูงหรือหัวน้ำ (Head) ซึ่งไหลลงมาตามท่อที่ลดขนาดลงมายังหัวฉีดแล้วกระทบกังหันให้หมุน ขณะที่น้ำพุ่งกระทบตัวกังหันจะมีความดันคงที่เท่ากับความดันของบรรยากาศปกติ น้ำที่ฉีดออกมาด้วยความแรงเมื่อชนใบพัดที่ติดอยู่ตามขอบวงล้อจะทำให้วงล้อหมุนไปในทิศทางเดียวกับน้ำที่ฉีด (สกล พร้อมวงษ์, 2546) พลังงานของน้ำที่ไปหมุนวงล้อขึ้นอยู่กับค่าของระดับน้ำ ตามสมการดังนี้

$$h = \frac{P_C}{W_S} + \frac{V_C^2}{2g} \quad (2.1)$$

เมื่อ	h	คือ ระดับน้ำ (m)
	P_C	คือ ความดันของน้ำก่อนเข้าหัวฉีด (N/m^2)
	W_S	คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (kg/m^3)
	V_C	คือ ความเร็วของน้ำก่อนเข้าหัวฉีด (m/s)
	g	คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

2.2.2 กังหันแบบแรงสะท้อน (Reaction turbine)

กังหันแบบแรงสะท้อน เป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงดันของน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำ ด้านหน้าและด้านหลังของกังหัน เมื่อน้ำกระทำต่อใบพัดระดับด้านหลังน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับบนของปลายท่อปล่อยน้ำออกเสมอ กังหันชนิดนี้เหมาะกับอ่างเก็บน้ำที่มีความสูงระดับปานกลางและต่ำ กังหันแบบแรงสะท้อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) กังหันฟรานซิส (Francis turbine) เป็นกังหันที่ใช้หลักการไหลของปริมาณน้ำเข้าในใบพัดแบบแฉกและน้ำไหลออกขนานกับแกน กังหันฟรานซิสมีทั้งแกนนอนและแกนตั้ง

2) กังหันเดเรียซ (Deriaz turbine) เป็นกังหันที่ใช้หลักการไหลของน้ำในทิศทางทแยงมุมกับแกน โดยส่วนของใบพัดจะเคลื่อนที่ได้เมื่อมีน้ำไหลผ่านและมีลักษณะคล้าย ๆ กับกังหันฟรานซิส กังหันเดเรียซเหมาะสำหรับกรณีที่มีหัวน้ำสูง

3) กังหันคาปลาน (Kaplan turbine) เป็นกังหันที่ใช้หลักการไหลของปริมาณน้ำผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหัน ใบพัดของกังหันคาปลานเป็นใบพัดที่สามารถปรับได้ตามมุมของซีใบพัดโดยอัตโนมัติตามแรงอัดฉีดของน้ำ กังหันคาปลานเหมาะกับแหล่งน้ำที่มีความสูงของหัวน้ำต่ำ ๆ

กังหันน้ำทั้ง 3 ชนิด ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถเพิ่มความเร็วและความแรงของน้ำได้โดยการทำท่อป้อนน้ำเป็นรูปหอยโข่ง ให้ด้านที่รับน้ำเข้ามีขนาดใหญ่และเรียวเล็กลงตามลำดับ (วัฒนา ถาวร, 2546) พลังงานของน้ำที่ไปหมุนกังหันขึ้นอยู่กับระดับน้ำ ตามสมการดังนี้

$$h = \frac{P_c}{W_s} + \frac{V_c^2}{2g} + Z_c \quad (2.2)$$

เมื่อ	h	คือ ระดับน้ำ (m)
	P_c	คือ ความดันของน้ำตรงปากท่อเข้ากังหัน (N/m^2)
	W_s	คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (kg/m^3)
	Z_c	คือ ความต่างของระดับน้ำจากน้ำใต้เขื่อนถึงตัวกังหัน (m)
	V_c	คือ ความเร็วของน้ำก่อนเข้ากังหัน (m/s)
	g	คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

2.3 กฎทรงพลังงาน

โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ที่ว่าด้วยกฎทรงพลังงาน (Energy conservation) กล่าวคือ น้ำจะสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$E_p = mgH \quad (2.3)$$

ถ้าเปลี่ยนค่าพลังงานให้อยู่ในรูปของกำลัง (Power) หรือค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะได้กำลังของน้ำขนาด $1 m^3$ มวล $1,000 kg$ ตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = 1000QgH \quad (2.4)$$

$$\text{และ จาก} \quad E_p = E_k \quad (2.5)$$

จะได้ว่า
$$mgH = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.6)$$

นั่นคือ ความเร็วของน้ำสามารถหาค่าได้จาก

$$v = \sqrt{2gH} \quad (2.7)$$

เมื่อพิจารณาอัตราการไหล (Flow rate) ของลำน้ำที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัด A ด้วยความเร็ว v แล้ว จะสามารถคำนวณอัตราการไหลของน้ำเชิงปริมาตร (Volume flow rate) ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = Av \quad (2.8)$$

ดังนั้น เมื่อแทนค่าสมการ (2.7) ลงในสมการ (2.8) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการไหล พื้นที่หน้าตัดและระดับความสูงของน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = A\sqrt{2gH} \quad (2.9)$$

เมื่อ	E_K	คือ พลังงานจลน์ของน้ำ (J)
	E_P	คือ พลังงานศักย์ของน้ำ (J)
	m	คือ มวลของน้ำ (kg)
	g	คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)
	H	คือ ความสูงในแนวดิ่งของน้ำเหนือระดับอ้างอิง (m)
	P	คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (W)
	Q	คือ ปริมาตรการไหลของน้ำ (m^3/s)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน (m^2)
	v	คือ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน (m/s)

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กเรียกว่า ฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่า อาเมเจอร์ (Amejer) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรงฟิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับฟิลด์และอาเมเจอร์สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ และในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิลด์และอาเมเจอร์เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะสร้างได้เฉพาะแบบที่อาเมเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น (นภัทร วัจนเทพินทร์, 2550; สกล พร้อมวงษ์, 2546; อิสระ อินลูเพท, 2542; Hugh and Roger, 2004)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ที่อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ตัดขดลวดหรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กทำให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมา โดยระบบไฟฟ้ากระแสตรงระดับของแรงดันจะมีค่าคงที่และกระแสไฟฟ้าจะไหลอย่างต่อเนื่องในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งตามปกติแล้วจะมีทิศทางจากขั้วบวกผ่านโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ขั้วลบ ส่วนในระบบไฟฟ้ากระแสสลับระดับของแรงดันจะเปลี่ยนจากค่าบวกไปเป็นค่าลบทุก ๆ 2-3 ms ดังนั้น ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน ดังภาพที่ 2 ซึ่งจะพบว่า กระแสไฟฟ้าจะมีลักษณะคล้ายกับแรงดันครึ่งรอบบวกและครึ่งรอบลบ หมายถึง กระแสไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางหนึ่งสำหรับครึ่งรอบและอีกทิศทางหนึ่งสำหรับอีกครึ่งรอบ ถ้าแม่เหล็กยังคงหมุนต่อไปก็จะยังคงสร้างแรงดันและกระแสไฟฟ้าต่อไปเรื่อย ๆ รูปร่างของคลื่นที่ได้จะมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ (Sine wave) (ณรงค์ ไทยประยูร และคณะ, 2545; Hugh and Roger, 2004)

2.5 กระแสไฟฟ้า (Electric current)

กระแสไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current, D.C.) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอ คือ ไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบ (กระแสสมมุติ) กล่าวคือ กระแสจะไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าผ่านตัวนำเข้าไปทำงานยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วไหลกลับสู่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่มีการไหลกลับขั้วจากลบไปบวก และไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current, A.C.) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีการสลับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวกไปลบและจากลบไปบวกอยู่ตลอดเวลา ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป (ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์, 2549; Hugh and Roger, 2004) ขนาดของกระแสไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณของประจุไฟฟ้าที่ไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลาผ่านพื้นที่หน้าตัดของหลอดเครื่องเร่งอนุภาคหรือโลหะตัวนำ เช่น ในเวลา t วินาที อนุภาค N ตัว มีประจุไฟฟ้าแต่ละ q คูลอมป์ เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวกลาง (Hugh and Roger, 2004) เขียนสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$\text{ประจุไฟฟ้าทั้งหมด} \quad Q = Nq \quad (2.10)$$

$$\text{ความเข้มของกระแสไฟฟ้า} \quad I = \frac{Q}{t} \quad (2.11)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า (A)
 Q คือ ปริมาณประจุไฟฟ้า (C)

ค่ากระแสไฟฟ้า I จากสมการ (2.11) เป็นค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าในเวลา t วินาที ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่เวลา t ใด ๆ เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (2.12)$$

จากทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า พลังงานน้ำเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเฉพาะการใช้งานในระดับครัวเรือนและชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ลำธาร จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นชุดทดลองต้นแบบแก่ชุมชน

2.6 การตรวจวัดความเร็วของกระแสน้ำ (Measurement of velocity)

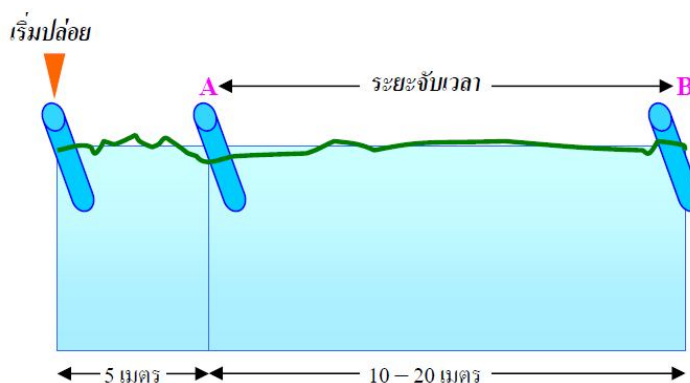
การวัดความเร็วน้ำในแม่น้ำลำธาร เป็นข้อมูลที่สำคัญในหลายลักษณะงาน เช่น การหาอัตราการไหลในแม่น้ำลำธาร การกัดเซาะและการตกตะกอน การไหลผ่านระหว่างตอม่อสะพาน และการป้องกันตลิ่งแม่น้ำ เป็นต้น การวัดความเร็วน้ำที่ใช้กันทั่วไปมี 2 แบบ คือ การวัดความเร็วน้ำโดยใช้ทุ่นลอยน้ำ และการวัดความเร็วน้ำด้วยเครื่องมือวัดความเร็วน้ำ (Current meter method) นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือวัดความเร็วของกระแสน้ำด้วยคลื่นเสียงอีกด้วย โดยมีรายละเอียดการวัดความเร็วน้ำแต่ละแบบ ดังนี้

2.6.1 การวัดความเร็วน้ำโดยใช้ทุ่นลอย

การวัดความเร็วของกระแสน้ำโดยใช้ทุ่นลอย (Floats method) เป็นวิธีการวัดความเร็วอย่างประมาณ ซึ่งเหมาะสำหรับในกรณีที่ทางน้ำอยู่ในแนวตรง ที่มีหน้าตัดสม่ำเสมอ ผิวน้ำมีแนวการไหลที่ไม่มีคลื่นกระแสน้ำตัดผ่านไปมาไม่มีพืชน้ำหรือโขดหินขวางทาง และไม่มีอิทธิพลของกระแสน้ำต่อการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย สำหรับอุปกรณ์ในการวัดความเร็วกระแสน้ำ ก็ใช้วัสดุหรืออุปกรณ์ที่หาได้ง่าย เช่น ทุ่นลอยอาจจะใช้เศษไม้ ลูกพลาสติก จุกก๊อกหรือโฟม ซึ่งมีขนาดไม่โตมาก สามารถลอยตามผิวกระแสน้ำได้ ประกอบกับเทปวัดระยะทางการไหล และนาฬิกาจับเวลา โดยใช้หลักการว่า เมื่อปล่อยทุ่นลอยทางด้านเหนือน้ำเหนือจุดที่เริ่มวัดระยะทางประมาณ 1 - 2 m เพื่อให้ทุ่นลอยปรับความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากับความเร็วที่ผิวน้ำ จากนั้น เมื่อทุ่นลอยลอยมาถึงจุดเริ่มต้น ให้เริ่มจับเวลาจนกระทั่งทุ่นลอยลอยถึงจุดสุดท้ายที่อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้น จะสามารถหาความเร็วของทุ่นลอยได้

การใช้ทุ่นลอยสามารถใช้ได้ในกรณีที่ไม่มีเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ (Current meter) โดยการสร้างทุ่นขึ้นมาเองให้สามารถลอยน้ำได้ และมีส่วนที่จมอยู่ในน้ำมากกว่าส่วนที่โผล่พ้นผิวน้ำเพื่อความถูกต้องของข้อมูล เก็บข้อมูลโดยทำการปล่อยทุ่นลอยที่ถูกด้วยเชือกเรียวร้อย บริเวณกึ่งกลางลำน้ำ (V_C) และริมลำน้ำทั้งสองข้าง (V_L และ V_R) เป็นระยะทางครึ่งละ 10 - 20 m (ระยะ A ถึง B) จับเวลา จะได้ความเร็วกระแสน้ำ ทำซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้ทั้ง 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย ในการวัดความเร็วกระแสน้ำด้วยทุ่นลอยจะปล่อยให้ทุ่นลอยไปประมาณ 5 m แล้วจึงเริ่มจับเวลา (ภาพที่ 2.2) เนื่องจากเมื่อเริ่มปล่อยทุ่นจะแกว่งตัวไม่สม่ำเสมอทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนจึงต้องรอให้ทุ่นลอยไปกับกระแสน้ำก่อนจึงเริ่มจับเวลา การวัดความเร็วของกระแสน้ำนั้นตัวแปรที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ กระแสน้ำ เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จึงจำเป็นที่จะต้องเลือกจุดวัดที่มีความคงที่ของการไหลของกระแสน้ำ (Steady flow) ให้ได้มากที่สุด โดยมักจะพบในบริเวณที่ลำน้ำมีลักษณะตรง ไม่คด

เคียว มีระนาบอยู่ในระดับเดียวกัน อีกทั้งช่วงเวลาที่ทำการวัดควรจะเป็นช่วงที่ไม่ได้อยู่ในฤดูน้ำหลาก หรือหลังฝนตก เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 การใช้ทุ่นลอยในการวัดความเร็วกระแสน้ำ (ที่มา : <http://tsunami.deqp.go.th/files>)

2.6.2 การวัดความเร็วน้ำด้วยเครื่องมือวัดความเร็วน้ำ

เครื่องมือวัดความเร็วน้ำมี 2 ชนิด คือ เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน (Cup-type current meter) และเครื่องมือวัดความเร็วแบบใบพัด (Propeller type current meter) ดังนี้

1) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน มีทั้งแบบใช้ในท้องปฏิบัติการ หรือใช้ในคลอง หรือร่องน้ำขนาดเล็ก ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็วน้ำจะติดอยู่กับเสากลมที่สามารถวัดได้ที่ความลึกน้ำต่างๆ และแบบที่ใช้ในแม่น้ำหรือคลองขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีทุ่นน้ำหนักถ่วงและตัวเครื่องจะผูกยึดโยงด้วยลวดสลิงที่สามารถวัดได้ที่ความลึกน้ำต่าง ๆ เช่นกัน เมื่อหย่อนเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุนลงไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วน้ำ กรวยหมุนจะหมุนรอบแกนตั้งเป็นจำนวน N รอบ/เวลา ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแต่ละขนาด แต่ละรุ่น และแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะอ่านผลการวัดความเร็วน้ำในลักษณะต่าง ๆ (ภาพที่ 2.3 ก.) เช่น บางเครื่องจะอ่านผลออกมาเป็นตัวเลข (Digital) บนจอบอกความเร็วน้ำเป็นเมตรต่อวินาทีได้เลย บางเครื่องจะอ่านผลออกมาเป็นการหมุนของกรวยเป็นจำนวน N รอบต่อเวลาและมีตารางหรือสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วน้ำ V กับจำนวน N รอบต่อเวลา เป็นสมการเฉพาะเครื่อง ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นสมการเส้นตรงดังนี้

$$v = aN + b \quad (2.13)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วน้ำ (m/s)

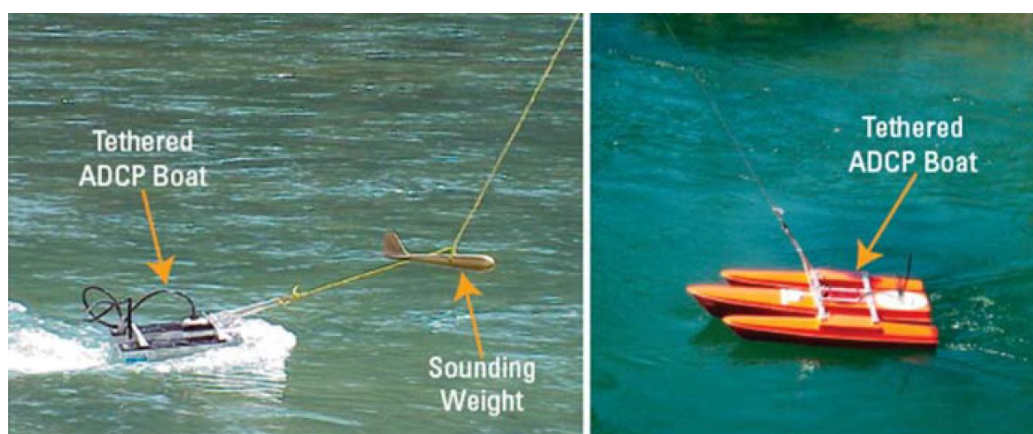
N คือ จำนวนรอบต่อเวลา (rad/s)

a และ b คือ ค่าคงที่ของเครื่องวัด (Constants of meter) ซึ่งจะมีบอกในคู่มือที่ใช้เฉพาะเครื่อง

2) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัด มีทั้งแบบที่ใช้วัดความเร็วน้ำไม่มากจะมีใบพัดขนาดเล็กๆ และแบบที่ใช้วัดความเร็วน้ำมาก ซึ่งมีหลักการวัดความเร็วน้ำเหมือนกับเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน แต่ใบพัดจะหมุนรอบแกนเพลลาที่วางอยู่ในแนวนอน (ภาพที่ 2.3 ข. และ ค.) และลักษณะเครื่องมือมีความทนทานกว่าเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน



ภาพที่ 2.3 (ก) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน (ข) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัดขนาดใหญ่ (ใช้กรณีปริมาณน้ำมาก) และ (ค) เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก (ใช้ในกรณีน้ำไม่มาก) (ที่มา : <http://202.129.59.73/wm/Water/water7/measurement.pdf>)



ภาพที่ 2.4 เครื่องตรวจวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำด้วยคลื่นเสียง (ที่มา : <http://202.129.59.73/wm/Water/water7/measurement.pdf>)

2.6.3 การวัดความเร็วน้ำด้วยคลื่นเสียง

การวัดความเร็วกระแสน้ำโดยใช้เทคนิคความแตกต่างของความถี่คลื่นเสียง (Acoustics Doppler) โดยอาศัยหลักการที่ว่า คลื่นเมื่อเดินทางผ่านน้ำที่ไหลด้วยความเร็ว จะมีความถี่

เปลี่ยนแปลงไปขึ้นกับความเร็วของน้ำ หากมีตัวที่กำเนิดความถี่คลื่นเสียงและตรวจจับเสียงที่สะท้อนกลับผ่านกระแสน้ำก็สามารถหาความเร็วของกระแสน้ำได้ ข้อดีของเครื่องมือวัดความเร็วด้วยคลื่นเสียง คือสามารถวัดความเร็วกระแสน้ำได้หลายระดับในเวลาเดียวกัน (Current Profiler) และทำงานได้ดีในอุณหภูมิต่าง ๆ ได้ และสามารถตรวจวัดความเร็วกระแสน้ำระหว่าง 0.00-5 m/s (ภาพที่ 2.4)

2.6.4 การวัดปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธีความเร็วพื้นที่หน้าตัด

วิธีนี้การวัดปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธีความเร็วพื้นที่หน้าตัดใช้หลักของสมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) กล่าวคือ ปริมาณการไหลของน้ำเท่ากับผลคูณของความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับพื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน ดังสมการ

$$Q = A \times v \quad (2.14)$$

เมื่อ	Q	คือ ปริมาณการไหลของน้ำ (m^3/s)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของความเร็วเฉลี่ย (m^2)
	v	คือ ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (m/s)

ปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำ ลำธาร คำนวณได้จากผลการวัดพื้นที่รูปตัด และความเร็วของการไหลที่ผ่านรูปตัด การวัดพื้นที่รูปตัดกระทำโดยการวัดความกว้างของรูปตัดที่ระดับผิวน้ำ (Top width) เสียก่อน ต่อไปก็แบ่งความกว้างดังกล่าวออกเป็นส่วน ๆ ตามแนวดิ่ง จำนวนของรูปตัดลำน้ำที่แบ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความลึกของน้ำตลอดแนวรูปตัดลำน้ำ และจากระดับของความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ (ภาพที่ 2.5) ตัวอย่างเช่น หากต้องการความถูกต้องแม่นยำมากก็จะต้องแบ่งรูปตัดลำน้ำออกเป็นหน้าตัดย่อย ๆ จำนวนมากด้วย ความลึกของลำน้ำ วัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Wading rod สำหรับลำน้ำขนาดเล็ก ส่วนลำน้ำขนาดใหญ่จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Echo sounding

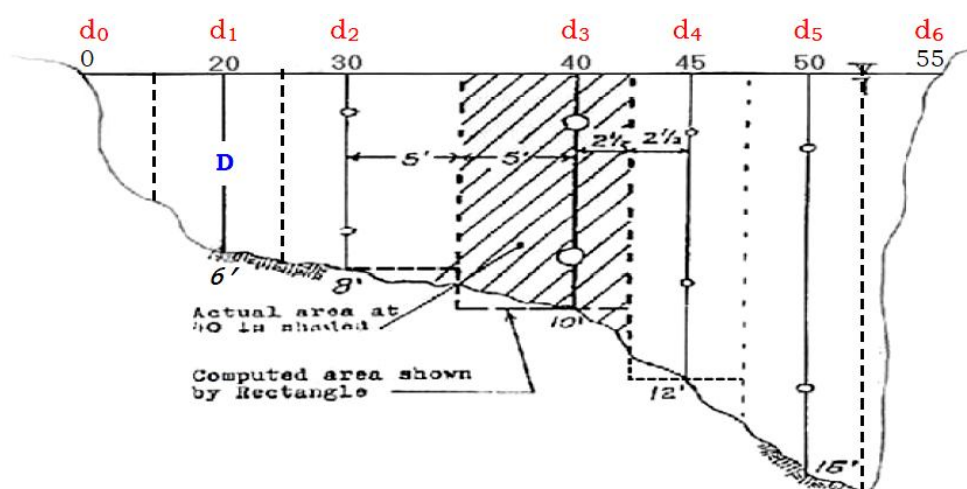
1) พื้นที่หน้าตัด (A) ในการหาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ ทำการแบ่งหน้าตัดของลำน้ำเป็นส่วนย่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องจากท้องน้ำมีความลาดเอียงมีความลึกในแต่ละช่วงไม่สม่ำเสมอ โดยระยะห่างในการแบ่งหน้าตัดย่อยต้องไม่เกิน 10% ของความยาวทั้งหมดของลำน้ำ หรือแบ่งอย่างน้อย 10 ส่วน ($d_0, d_1, d_2, \dots, d_{10}$) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล แล้วจึงคำนวณพื้นที่หน้าตัดจากผลรวมของหน้าตัดย่อย ดังสมการ

$$A = \sum_{n=1}^n (W_n \times D_n) \quad (2.15)$$

เมื่อ	A	คือ พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (m^2)
	W_n	คือ ความกว้าง (m) หมายถึง ระยะที่ได้จากผลรวมของระยะห่างจากจุดวัดความลึก (d_n) ไปทางด้านซ้ายและขวา โดยแต่ละ

ด้านจะต้องมีระยะเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างจุดวัดความลึกนั้นกับจุดวัดความลึกข้างเคียง (จุด d_{n-1} และ d_{n+1})
 D_n คือ ความลึก (m) หมายถึง ระยะทางที่ได้จากการวัด ความลึก (D) ณ จุดวัดความลึก (d_n)

2) ความลึกของลำน้ำ (D) การวัดความลึกของลำน้ำมีความจำเป็นต่อการคำนวณหาปริมาณการไหลของลำน้ำ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณพื้นที่หน้าตัด รวมถึงใช้ในการสร้างภาพพื้นที่หน้าตัด (Profile) ของลำน้ำ โดยไม้วัดความลึก (Wading Rod) มีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างภาพตัดขวางลำน้ำและการคำนวณพื้นที่หน้าตัด (ที่มา : <http://tsunami.deqp.go.th/files>)

2.1) เลือกลำน้ำที่มีลักษณะเป็นแนวตรง ไม่คดโค้ง วัดความกว้างลำน้ำโดยใช้เชือกขึงจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่งในแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ และใช้ตลับเมตรวัดความกว้างผิวบนของลำน้ำ (Top width)

2.2) แบ่งความกว้างลำน้ำออกเป็น 10 ส่วน หรือส่วนละ 10% ของความกว้างลำน้ำทั้งหมด โดยทำเครื่องหมายไว้บนเชือก ตั้งแต่ $d_1, d_2, \dots, d_9$

2.3) วัดความลึกตามจุดที่ได้ทำเครื่องหมายเอาไว้บนเชือกวัดความกว้างลำน้ำ ($d_1, d_2, \dots, d_9$)

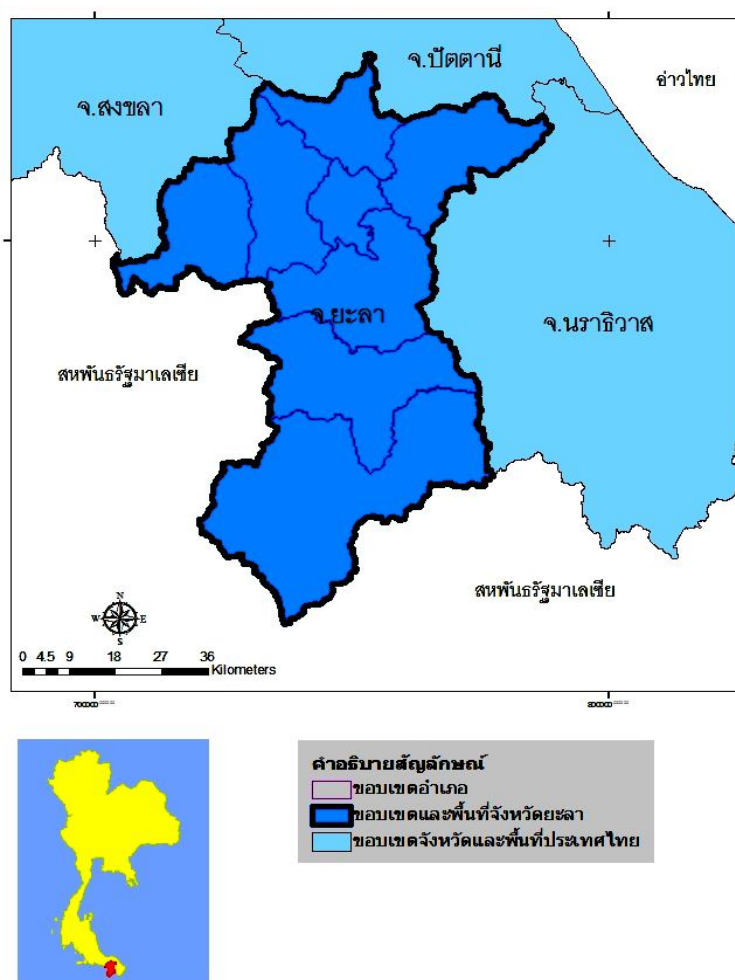
2.4) นำระยะทางและความลึกของจุดต่าง ๆ ที่วัดได้ มาสร้างภาพพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ

2.7 ข้อมูลจังหวัด

2.7.1 จังหวัดยะลา

ยะลา (Yala) เดิมเป็นท้องที่หนึ่งของเมืองปัตตานี ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) ได้มีการปรับปรุงการปกครองใหม่เป็นการปกครองแบบเทศาภิบาลและได้ออก

ประกาศข้อบังคับสำหรับปกครอง 7 หัวเมือง รัตนโกสินทรศก 120 ซึ่งประกอบด้วยเมืองปัตตานี หนองจิก ยะหริ่ง สายบุรี ยะลา ระแงะ และรามัน ในแต่ละเมืองจะแบ่งเขตการปกครองเป็นอำเภอ ตำบล และหมู่บ้าน ต่อมาในปี พ.ศ. 2447 ประกาศจัดตั้งมณฑลปัตตานีขึ้นดูแลหัวเมืองทั้ง 7 แทน มณฑลนครศรีธรรมราช และยุบเมืองเหลือ 4 เมือง ได้แก่ ปัตตานี ยะลา สายบุรี และระแงะ ต่อมา พ.ศ. 2450 เมืองยะลาแบ่งเขตการปกครองเป็น 2 อำเภอ ได้แก่อำเภอเมืองยะลาและอำเภอยะหา ต่อมา พ.ศ. 2475 ได้มีการยกเลิกมณฑลปัตตานี และในปี พ.ศ. 2476 เมืองยะลาได้รับการเปลี่ยนแปลงฐานะเป็นจังหวัดยะลาตามพระราชบัญญัติราชอาณาจักรสยาม พ.ศ. 2476 เรื่อง การจัดระเบียบราชการบริหารส่วนภูมิภาค ออกเป็นจังหวัด เป็นอำเภอ และให้มีข้าหลวงประจำจังหวัด และกรมการจังหวัดเป็นผู้บริหารราชการ จังหวัดยะลาตั้งอยู่ใต้สุดของประเทศ ดังคำขวัญของจังหวัดที่ว่า **"ยะลา : ใต้สุดสยามเมืองงามชายแดน"** อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครโดยทางรถไฟ ประมาณ 1,039 km หรือโดยทางรถยนต์ตามเส้นทางถนนเพชรเกษมสายเก่า ประมาณ 1,395 km สายใหม่ประมาณ 1,084 km



ภาพที่ 2.6 แผนที่จังหวัดยะลา (ที่มา : กรมการปกครอง, 2553)

จังหวัดยะลามีเนื้อที่ประมาณ 4,716 km² หรือประมาณ 2,947,500 ไร่ มีพิกัดภูมิศาสตร์อยู่ที่ 6°33'N 101°17'E/6.55°N 101.29°E มีประชากร 480,334 คน คิดเป็นความหนาแน่นเท่ากับ 106.24 คนต่อตารางกิโลเมตร แบ่งการปกครองออกเป็น 8 อำเภอ 56 ตำบล 341 หมู่บ้าน ได้แก่ อำเภอเมืองยะลา อำเภอเบตง อำเภอบันนังสตา อำเภอธารโต อำเภอเยหา อำเภอรามัน อำเภอกาบัง และอำเภอกรงปินัง (ภาพที่ 2.6) จังหวัดยะลาเป็นหนึ่งใน 4 จังหวัดของไทย ที่ประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม ซึ่งมีมากถึงร้อยละ 68.9 และประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยเชื้อสายมลายูถึงร้อยละ 66.1 นอกจากนั้นก็จะมีชาวไทย ชาวจีน และชาวญวน ภาษาที่ใช้กันในชีวิตประจำวันก็จะมีภาษามลายูถิ่น ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันออกไป ภาษาไทย ซึ่งก็มีการใช้สนทนา รวมถึงภาษาจีน ซึ่งแพร่หลายอยู่ในกลุ่มชาวจีนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดยะลา รวมถึงภาษาของชาวซาไก ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอำเภอธารโต มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดและประเทศใกล้เคียง (สำนักงานสถิติจังหวัดยะลา, 2553; กรมการปกครอง, 2553) มีดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่ออำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา และอำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี
ทิศตะวันออก	ติดต่ออำเภอบาเจาะ อำเภอรือเสาะ จังหวัดนราธิวาส และรัฐเปรัก ประเทศมาเลเซีย
ทิศใต้	ติดต่อรัฐเปรัก ประเทศมาเลเซีย
ทิศตะวันตก	ติดต่อจังหวัดสงขลา และรัฐเคดาห์ ประเทศมาเลเซีย

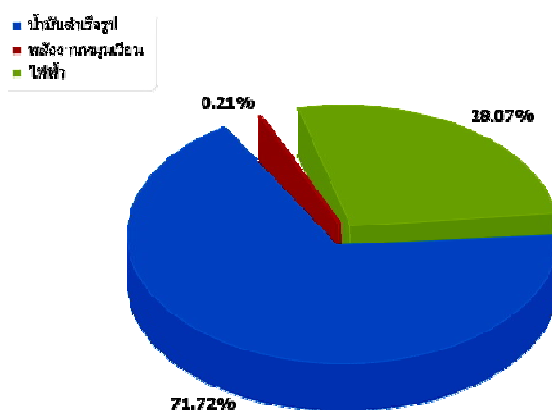
1) ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จังหวัดยะลามีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์และสิ่งแวดล้อมดี แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เนื้อที่ป่าไม้และแร่ธาตุ เนื้อที่ในจังหวัดยะลาจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ เนื้อที่ไม่ได้จำแนก เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรและเนื้อที่ป่าไม้ ในปี 2551 เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรมีเนื้อที่มากที่สุด จำนวน 1,198,218 ไร่ คิดเป็น 42.49 % ของเนื้อที่ทั้งหมด เนื้อที่รองลงมาเป็นเนื้อที่ป่าไม้จำนวน 852,300 ไร่ คิดเป็น 30.22% ของเนื้อที่ทั้งหมด

2) การใช้พลังงาน

การใช้พลังงานของจังหวัดยะลา เป็นการใช้พลังงานของผู้บริโภคซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ขั้นสุดท้าย โดยไม่มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่นอีก หรือใช้แล้วหมดไป การใช้พลังงานนี้ครอบคลุมการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและการใช้ในรูปแบบอื่นที่ไม่เป็นพลังงาน เช่น เป็นวัตถุดิบในการผลิต การใช้พลังงานได้มีการจัดระเบียบข้อมูลพลังงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการใช้พลังงานที่มีการจัดเก็บโดยแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งแต่ละแหล่งมีการแบ่งสาขาเศรษฐกิจของผู้บริโภคเฉพาะของตนเองและแตกต่างกัน เช่น กรมธุรกิจพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กฟน. และ กฟภ. เป็นต้น และ ข้อมูลการใช้พลังงานที่ทำการประเมินขึ้น เช่น น้ำมันดีเซลที่ใช้ในภาคเกษตรกรรม และชีวมวลที่ใช้ในภาคครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก สัดส่วนการใช้พลังงานชนิดต่าง ๆ ของจังหวัดยะลา (ภาพที่ 2.7) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ น้ำมันสำเร็จรูป พลังงานหมุนเวียน และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเห็นได้ว่าสัดส่วนของการใช้พลังงานน้ำมัน

สำเร็จรูปมีมากที่สุดเท่ากับ 61.62 ktoe คิดเป็น 71.72% ส่วนการใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ การใช้พลังงานหมุนเวียนเท่ากับ 0.18 ktoe คิดเป็น 0.21%



ภาพที่ 2.7 สัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดยะลา ปี 2551 (ที่มา : ฐานข้อมูลพลังงาน, 2553)

3) ศักยภาพพลังงาน

ศักยภาพพลังงาน คือ คุณสมบัติทางด้านพลังงานที่มีแฝงอยู่ในสิ่งต่าง ๆ อาจทำให้พัฒนาหรือปรากฏเป็นสิ่งที่ประจักษ์ได้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ศักยภาพพลังงานเชิงพาณิชย์ และศักยภาพพลังงานหมุนเวียน ศักยภาพพลังงานทั้งสองประเภทดังกล่าว ได้จากการคำนวณตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ทาง www.thaienergydata.in.th ศักยภาพพลังงานหมุนเวียนของจังหวัดยะลา คำนวณจากปริมาณผลผลิตที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ และแสดงในรูปของ ktoe (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) (ฐานข้อมูลพลังงาน, 2553) ดังนี้

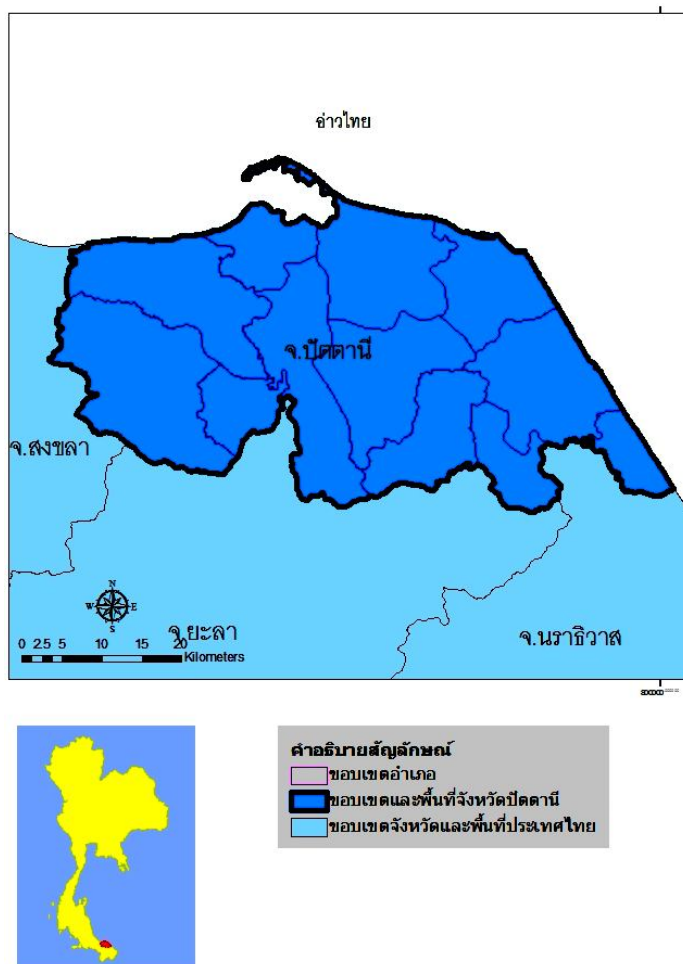
3.1) ศักยภาพพลังงานชีวมวล (เชิงพื้นที่) คำนวณจากปริมาณผลผลิตของพืชชนิดต่าง ๆ ภายในจังหวัดยะลา จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ถั่ว มะพร้าว ปาล์ม และไม้ยางพารา พบว่า ศักยภาพพลังงานจากข้าวเท่ากับ 2.39 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมะพร้าวเท่ากับ 0.86 ktoe ศักยภาพพลังงานจากปาล์มเท่ากับ 1.53 ktoe ศักยภาพพลังงานจากไม้ยางพาราเท่ากับ 2.44 ktoe

3.2) ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ (ก๊าซชีวภาพ) ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ของจังหวัดยะลา ในปี 2551 ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ในจังหวัดยะลาเท่ากับ 1.09 ktoe โดยพบ ศักยภาพพลังงานจากมูลโคมากที่สุด คือ 0.99 ktoe รองลงมา ศักยภาพพลังงานจากมูลสุกร 0.07 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมูลไก่ 0.02 ktoe และศักยภาพพลังงานจากมูลเป็ด 0.01 ktoe

3.3) ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของจังหวัดยะลา ปี 2551 ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ของจังหวัดยะลา โดยเฉลี่ยอยู่ที่ $19.90 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ คิดเป็น ศักยภาพพลังงานจากแสงอาทิตย์เท่ากับ 211,923.67 ktoe

3.4) ศักยภาพพลังงานลม พลังงานลมจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งซึ่งใช้ไม่มีวันหมด ค่าที่กำหนดศักยภาพพลังงานของลม คือ ค่าระดับ Power Class ศักยภาพพลังงานจากลมของจังหวัดยะลา ตามแนวโน้มค่าระดับ Power Class อยู่ในระดับ 1.4 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ต่ำ

2.7.2 จังหวัดปัตตานี



ภาพที่ 2.8 แผนที่จังหวัดปัตตานี (ที่มา : กรมการปกครอง, 2553)

ปัตตานี (Pattani) เป็นจังหวัดในภาคใต้ตั้งอยู่ที่พิกัดภูมิศาสตร์ $6^{\circ}52'N$ $101^{\circ}14'E/6.87^{\circ}N$ $101.24^{\circ}E$ มีพื้นที่รวมทั้งหมด $1,940.356 \text{ km}^2$ มีประชากร 647,624 คน คิดเป็นความหนาแน่นเท่ากับ 333.77 คนต่อตารางกิโลเมตร ติดต่อกับจังหวัดนราธิวาส จังหวัดยะลา และจังหวัดสงขลา คำว่า ปัตตานี มาจากคำภาษามลายู ปาตานี (Patani) ซึ่งมาจากคำว่า Pata Ini (ชายหาดแห่งนี้) ปัตตานีเป็นหนึ่งในห้าจังหวัดชายแดนภาคใต้ ตั้งอยู่ริมฝั่งทะเลตะวันออกของภาคใต้สุด ติดกับอ่าวไทย (หรือทะเลจีนใต้) ภูเขาที่สำคัญ ได้แก่ ภูเขาทรายขาว ซึ่งอยู่ในทิวเขาสันกาลาคีรี มีแม่น้ำที่สำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำปัตตานีและแม่น้ำสายบุรี ภูมิอากาศอบอุ่นตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ย $27.5^{\circ}C$ ฝนตกชุกในระหว่างเดือนธันวาคมถึงมกราคม ฝนตกเฉลี่ย $1,750.9 \text{ mm/year}$ (เฉลี่ยในรอบ 30 ปี) มีฤดูกาล 2

ฤดู คือ ฤดูร้อน เดือนกุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคม และฤดูฝน เดือนธันวาคมถึงมกราคม ประชากรส่วนใหญ่ นับถือศาสนาอิสลาม

ชาวปัตตานีมีอาชีพหลักคือการทำนา สวนยาง นอกจากนี้ประชาชนที่อาศัยอยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัด เช่น อำเภอเมืองปัตตานี อำเภอปะนาเระ และอำเภอสายบุรี ยังประกอบอาชีพประมง ซึ่งส่งผลให้เกิดผลผลิตในภาคอุตสาหกรรมต่อเนื่องอย่างมากมาย ปัตตานีอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ โดยทางรถยนต์ประมาณ 1,055 km หรือ 1,025 km โดยทางรถไฟ (สถานีรถไฟโคกโพธิ์) แบ่งการปกครองออกเป็น 12 อำเภอ 115 ตำบล 629 หมู่บ้าน ได้แก่ อำเภอเมืองปัตตานี อำเภอโคกโพธิ์ อำเภอหนองจิก อำเภอปะนาเระ อำเภอมายอ อำเภอทุ่งยางแดง อำเภอสายบุรี อำเภอไม้แก่น อำเภอยะหริ่ง อำเภอยะรัง อำเภอกะพ้อ อำเภอแม่ลาน ดังภาพที่ 2.8 (ศูนย์สารสนเทศเพื่อการบริหารและงานปกครอง, 2553; กรมการปกครอง, 2553) จังหวัดปัตตานีมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อ อ่าวไทย
ทิศตะวันออก	ติดต่อ อ่าวไทย
ทิศใต้	ติดต่อ จังหวัดยะลา และนราธิวาส
ทิศตะวันตก	ติดต่อ จังหวัดสงขลา

1) ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

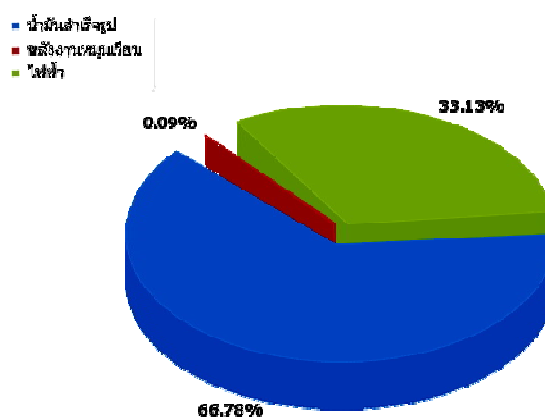
จังหวัดปัตตานี การมีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์และสิ่งแวดล้อมดี แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เนื้อที่ป่าไม้และแร่ธาตุ เนื้อที่ในจังหวัดปัตตานีจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ เนื้อที่ไม่ได้จำแนก เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรและเนื้อที่ป่าไม้ โดยเนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรมีเปอร์เซ็นต์เนื้อที่มากที่สุด เนื่องจากมีการนำเนื้อที่ไม่ได้จำแนก และเนื้อที่ป่าไม้ ไปใช้ประโยชน์มากขึ้น ในปี 2551 เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรมีเนื้อที่มากที่สุดจำนวน 761,770 ไร่ คิดเป็น 62.82 % ของเนื้อที่ทั้งหมด เนื้อที่รองลงมาเป็นเนื้อที่ไม่ได้จำแนกจำนวน 404,249 ไร่ คิดเป็น 33.33% ของเนื้อที่ทั้งหมด

2) การใช้พลังงาน

การใช้พลังงานของจังหวัดปัตตานี เป็นการใช้พลังงานของผู้บริโภคซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ขั้นสุดท้าย โดยไม่มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่นอีกหรือใช้แล้วหมดไป การใช้พลังงานนี้ครอบคลุมการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและการใช้ในรูปแบบอื่นที่ไม่เป็นพลังงาน เช่น เป็นวัตถุดิบในการผลิต การใช้พลังงานได้มีการจัดระเบียบข้อมูลพลังงานซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการใช้พลังงานที่มีการจัดเก็บโดยแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งแต่ละแหล่งมีการแบ่งสาขาเศรษฐกิจของผู้บริโภคเฉพาะของตนเองและแตกต่างกัน เช่น กรมธุรกิจพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กฟน. และ กฟภ. เป็นต้น และข้อมูลการใช้พลังงานที่ทำการประเมินขึ้น เช่น น้ำมันดีเซลที่ใช้ในภาคเกษตรกรรม และชีวมวลที่ใช้ในภาคครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งสัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดปัตตานี (ภาพที่ 2.9) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ น้ำมันสำเร็จรูป พลังงานหมุนเวียน และพลังงานไฟฟ้า เห็นได้ว่าสัดส่วนของการใช้พลังงาน น้ำมันสำเร็จรูปมีมากที่สุดเท่ากับ 65.91 ktoe คิดเป็น 66.78% ส่วนการใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ การใช้พลังงานหมุนเวียนเท่ากับ 0.09 ktoe คิดเป็น 0.09%

3) ศักยภาพพลังงาน

ศักยภาพพลังงาน คือ คุณสมบัติทางด้านพลังงานที่มีแฝงอยู่ในสิ่งต่าง ๆ อาจทำให้พัฒนาหรือปรากฏเป็นสิ่งที่ประจักษ์ได้ แบ่งศักยภาพพลังงานออกเป็น 2 ประเภท คือ ศักยภาพพลังงานเชิงพาณิชย์ และศักยภาพพลังงานหมุนเวียน ศักยภาพพลังงานทั้งสองประเภทดังกล่าวคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ทาง www.thaienergydata.in.th ศักยภาพพลังงานรวมของจังหวัดปัตตานี ระหว่างปี 2546–2551 ไม่มีแหล่งศักยภาพพลังงานเชิงพาณิชย์ (น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน) และศักยภาพพลังงานหมุนเวียน (ไม่รวมศักยภาพพลังงานจากแสงอาทิตย์) ในที่นี้เป็นการนำเสนอศักยภาพพลังงานหมุนเวียนของจังหวัดปัตตานี ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ และแสดงในรูปของ ktoe (พินตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) (ฐานข้อมูลพลังงาน, 2553) ดังนี้



ภาพที่ 2.9 สัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดปัตตานี ปี 2551 (ที่มา : ฐานข้อมูลพลังงาน, 2553)

3.1) ศักยภาพพลังงานชีวมวล (เชิงพื้นที่) ศักยภาพพลังงานชีวมวลคำนวณจากปริมาณผลผลิตของพืชชนิดต่าง ๆ ภายในจังหวัดปัตตานี พบว่า ศักยภาพพลังงานจากข้าวเท่ากับ 8.86 ktoe ศักยภาพพลังงานจากข้าวโพดเท่ากับ 0.01 ktoe ศักยภาพพลังงานจากถั่วเท่ากับ 0.02 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมะพร้าวเท่ากับ 6.90 ktoe ศักยภาพพลังงานจากปาล์มเท่ากับ 0.48 ktoe และ ศักยภาพพลังงานจากไม้ยางพาราเท่ากับ 0.65 ktoe

3.2) ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ (ก๊าซชีวภาพ) ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ของจังหวัดปัตตานี ในปี 2551 มีค่าเท่ากับ 1.18 ktoe โดยศักยภาพพลังงานจากมูลโคมากที่สุด คือ 0.98 ktoe รองลงมา ศักยภาพพลังงานจากมูลสุกร 0.10 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมูลไก่ 0.06 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมูลกระบือ 0.03 ktoe และ ศักยภาพพลังงานจากมูลเป็ด 0.01 ktoe

3.3) ศักยภาพพลังงานน้ำ การประเมินศักยภาพจากน้ำได้พิจารณาเขื่อนขนาดใหญ่และขนาดกลางเป็นที่ตั้งกังหันน้ำ โดยจากการสำรวจไม่พบเขื่อนขนาดกลางและขนาดใหญ่ในจังหวัดปัตตานี ถือได้ว่าไม่มีศักยภาพพลังงานจากน้ำ

ยะลา จังหวัดนราธิวาสมีเนื้อที่จังหวัด 4,475.43 km² เป็นป่าและภูเขาประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมด มีภูเขาหนาแน่นแถบทิศตะวันตกเฉียงใต้ จดเทือกเขาสันกาลาคีรี แนวพรมแดนไทยมาเลเซีย บริเวณด้านตะวันออกของจังหวัดติดกับทะเล เป็นหาดทรายขนานไปกับชายฝั่งทะเล หลังสันทรายเข้าไปตอนในเป็นพื้นที่พรุ ขนานแนวเหนือใต้ ถัดเข้าไปตอนในทางทิศตะวันตกเป็นที่ราบลุ่มบริเวณแม่น้ำบางนรา แม่น้ำตากใบ แม่น้ำสุโงโก-ลก และแม่น้ำสายบุรี (ภาพที่ 2.10)

จังหวัดนราธิวาสตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกซึ่งเป็นชายฝั่งทะเลยกตัว ดังนั้นบริเวณด้านตะวันออกของจังหวัดที่ติดทะเลจะมีลักษณะเป็นหาดทราย และสันทราย ขนานไปกับชายฝั่งทะเล ถัดเข้าไปทางตอนในหลังสันทรายใหม่เป็นที่ลุ่มต่ำ (Depression) อยู่ระหว่างสันทรายเก่าตอนใน ซึ่งเป็นที่ลุ่มมีน้ำขังอยู่เกือบตลอดปี ซึ่งปัจจุบันได้แก่บริเวณที่เป็นพรุ ซึ่งเป็นแนวตามแนวเหนือใต้ ขนานกับฝั่งทะเล ถัดจากบริเวณนี้ไปทางตะวันตกเป็นที่ราบต่ำ และไหลน้ำระดับต่ำ ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของลำน้ำที่มีต้นน้ำจากทางตะวันตกและทางใต้ของจังหวัด บริเวณริมแม่น้ำสายใหญ่ ๆ เป็นบริเวณสันดินริมน้ำแคบ ๆ ขนานไปกับน้ำ ถัดจากที่ราบต่ำและไหลน้ำระดับต่ำ เป็นบริเวณไหลน้ำระดับกลางและระดับสูงเป็นบริเวณที่เคยมีอิทธิพลของลำน้ำมาก่อนซึ่งเป็นแนวแคบ ๆ ถัดจากบริเวณนี้ขึ้นไปหาเขาซึ่งอยู่ทางตะวันตกของจังหวัด เป็นบริเวณพื้นที่ผิวที่เหลือน้อยจากการกัดกร่อนและที่ลาดเชิงเขา ดินบริเวณนี้มักเป็นดินดินมีเศษหินและลูกกรังปน ทางตะวันตกของจังหวัดเป็นภูเขาสูง ดินดินมีเศษหินและลูกกรัง (ศูนย์สารสนเทศเพื่อการบริหารและงานปกครอง, 2553; กรมการปกครอง, 2553) จังหวัดปัตตานีมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อ จังหวัดปัตตานี และอำเภอไทย
ทิศตะวันออก	ติดต่อ อำเภอไทย และสหพันธรัฐมาเลเซีย
ทิศใต้	ติดต่อ สหพันธรัฐมาเลเซีย
ทิศตะวันตก	ติดต่อ จังหวัดยะลา

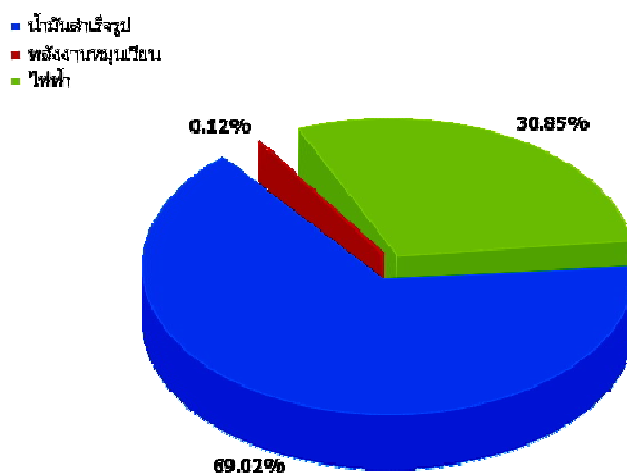
1) ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเจริญของประชากรในจังหวัดนราธิวาส แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เนื้อที่ป่าไม้ และแร่ธาตุ เนื้อที่ในจังหวัดนราธิวาส จำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ เนื้อที่ไม่ได้จำแนก เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรและเนื้อที่ป่าไม้ เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรมีเปอร์เซ็นต์เนื้อที่มากที่สุด เนื่องจากการนำเนื้อที่ป่าไม้และเนื้อที่ไม่ได้จำแนกไปใช้ประโยชน์มากขึ้น ในปี 2551 เนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรมีเนื้อที่มากที่สุดจำนวน 1,415,690 ไร่ คิดเป็น 50.61 % ของเนื้อที่ทั้งหมด เนื้อที่รองลงมาเป็นเนื้อที่ป่าไม้จำนวน 697,600 ไร่ คิดเป็น 24.94% ของเนื้อที่ทั้งหมด

2) การใช้พลังงาน

การใช้พลังงานของจังหวัดนราธิวาส เป็นการใช้พลังงานของผู้บริโภค ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ขั้นสุดท้ายโดยไม่มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่นอีกหรือใช้แล้วหมดไป การใช้พลังงานนี้ครอบคลุมการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและการใช้ในรูปแบบอื่นที่ไม่เป็นพลังงาน เช่น เป็นวัตถุดิบในการผลิต การใช้พลังงานได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการใช้พลังงานที่มีการจัดเก็บโดยแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งแต่ละแหล่งมีการแบ่งสาขาเศรษฐกิจของผู้บริโภค

เฉพาะของตนเองและแตกต่างกัน เช่น กรมธุรกิจพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กฟน. และ กฟภ. เป็นต้น และข้อมูลการใช้พลังงานที่ทำการประเมินขึ้น เช่น น้ำมันดีเซลที่ใช้ในภาคเกษตรกรรม และชีวมวลที่ใช้ในภาคครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก สัดส่วนการใช้พลังงานจังหวัดนราธิวาส แสดงดังภาพที่ 2.11 พบว่า สัดส่วนการใช้พลังงานชนิดต่าง ๆ ของจังหวัดนราธิวาสแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ น้ำมันสำเร็จรูป พลังงานหมุนเวียน และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเห็นได้ว่าสัดส่วนของการใช้พลังงานน้ำมันสำเร็จรูปมีมากที่สุดเท่ากับ 52.47 ktoe คิดเป็น 69.02% ส่วนการใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ การใช้พลังงานหมุนเวียนเท่ากับ 0.09 ktoe คิดเป็น 0.12%



ภาพที่ 2.11 สัดส่วนการใช้พลังงานของจังหวัดนราธิวาส ปี 2551 (ที่มา : ฐานข้อมูลพลังงาน, 2553)

3) ศักยภาพพลังงาน

ศักยภาพพลังงานคือ คุณสมบัติทางด้านพลังงานที่มีแฝงอยู่ในสิ่งต่าง ๆ อาจทำให้พัฒนาหรือปรากฏเป็นสิ่งที่ประจักษ์ได้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ศักยภาพพลังงานเชิงพาณิชย์ และศักยภาพพลังงานหมุนเวียน ศักยภาพพลังงานทั้งสองประเภทดังกล่าว ได้จากการคำนวณตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ทาง www.thaienergydata.in.th ศักยภาพพลังงานรวมของจังหวัด นราธิวาส ระหว่างปี 2546–2551 การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานหมุนเวียนของจังหวัดนราธิวาส แต่ละชนิดคำนวณจากปริมาณผลผลิตที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ และแสดงในรูปของ ktoe (พินตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) ดังนี้

3.1) ศักยภาพพลังงานชีวมวล (เชิงพื้นที่) ศักยภาพพลังงานชีวมวลซึ่งคำนวณจากปริมาณผลผลิตของพืชชนิดต่าง ๆ ภายในจังหวัดนราธิวาส พบว่า ศักยภาพพลังงานจากข้าวเท่ากับ 4.25 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมะพร้าวเท่ากับ 4.50 ktoe ศักยภาพพลังงานจากปาล์มเท่ากับ 38.77 ktoe และศักยภาพพลังงานจากไม้ยางพาราเท่ากับ 2.45 ktoe

3.2) ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ (ก๊าซชีวภาพ) ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ของจังหวัดนราธิวาส ในปี 2551 ศักยภาพพลังงานจากมูลสัตว์ในจังหวัดนราธิวาสเท่ากับ 1.32 ktoe โดยศักยภาพพลังงานจากมูลโคมากที่สุด คือ 1.20 ktoe รองลงมา ศักยภาพพลังงานจากมูลสุกร 0.10

ktoe ศักยภาพพลังงานจากมูลกระบือ 0.01 ktoe ศักยภาพพลังงานจากมูลเป็ด 0.01 ktoe และ ศักยภาพพลังงานจากมูลไก่ 0.01 ktoe

3.3) ศักยภาพพลังงานน้ำ ศักยภาพพลังงานน้ำของจังหวัดนราธิวาสประเมินศักยภาพจากเขื่อนขนาดใหญ่และขนาดกลางเป็นที่ตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพ โดยข้อมูลการประเมินศักยภาพพลังงานน้ำจังหวัดนราธิวาสในปี 2551 พบว่า มีความสูงหัวน้ำเฉลี่ย 5.00 m น้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 11.25 m^3 คิดเป็นศักยภาพพลังงานจากน้ำ 0.01 ktoe ซึ่งโดยรวมแล้ว จังหวัดนราธิวาสมีศักยภาพพลังงานจากน้ำเท่ากับ 0.01 ktoe

3.4) ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของจังหวัดนราธิวาส ปี 2551 ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ของจังหวัดนราธิวาส โดยเฉลี่ยอยู่ที่ $19.92 \text{ MJ/m}^2 \text{ Day}$ คิดเป็น ศักยภาพพลังงานจากแสงอาทิตย์เท่ากับ 188,518.07 ktoe

3.5) ศักยภาพพลังงานจากลม ศักยภาพพลังงานจากลมของจังหวัดนราธิวาส อยู่ใน ระดับ 2 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ต่ำ

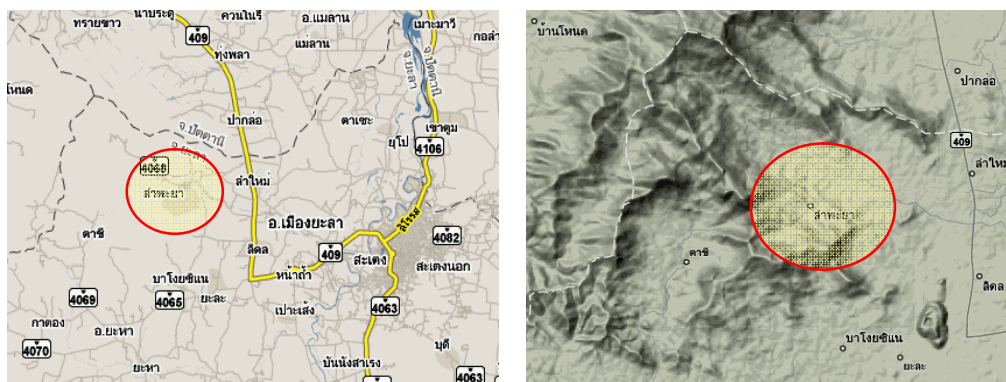
2.8 สารสนเทศและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรป ดังตัวอย่างรายงานการศึกษาวิจัยของ Alexander and Giddens (2008), Baidya (2006), Balat (2007), Date and Akbarzadeh (2008), Kaldellis (2007), Ogayar and Vidal (2009) และ Ponta and Jacovkis (2008) ใน ขณะเดียวกันประเทศไทยก็ได้มีการวิจัยและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเช่นเดียวกันแต่ ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร อาทิเช่น

ชาติชาย ยมะคุปต์ (2549) ได้พัฒนาอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำตามแนวพระราชดำริของ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวแบบทุนลอย เพื่อศึกษา ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 15 A ความต่างศักย์ 13 V สามารถให้แสงสว่างแก่ หน่วยชลประทานเขตสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ในตอนกลางคืนได้ตามวัตถุประสงค์เพราะสร้าง ครั้งเดียวสามารถใช้ได้ตลอด เสียค่าบำรุงรักษาน้อย

อิสหียะ สนิโซ และคณะ (2552) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก จัณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ในชุมชน พบว่า มูลนิธิ สุข-แก้ว แก้วแดง (Suk-keow keowdang foundation) ซึ่งตั้งอยู่ที่ 39/3 หมู่ 2 ตำบลลำพะยา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ก่อตั้งขึ้นโดย ดร.รุ่ง แก้วแดง ในปี 2545 และมีนโยบายในการสนับสนุน การจัดการเรียนรู้และศึกษาวิจัยเพื่อการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ท้องถิ่นในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการศึกษา การเกษตร และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งมีสายน้ำจากภูเขาลำพะยาไหล ผ่านตลอดทั้งปี ดังภาพที่ 2.12 โดยพื้นที่บริเวณมูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง มีลำธารไหลผ่าน 2 สาย สาย แรกไหลผ่านกลาง ในขณะที่สายที่สองไหลผ่านด้านหน้าพื้นที่มูลนิธิ ลำธารทั้ง 2 สายสามารถติดตั้ง อุปกรณ์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กได้ โดยสายแรกสามารถติดตั้งอุปกรณ์ผลิต

กระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 1 kW ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานจัดการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานน้ำในชุมชนได้



ภาพที่ 2.12 พื้นที่บริเวณ ตำบลลำพะยา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา (ที่มา : <http://www.maps.google.com>)

Laodee *et al.*, (2005) ได้ศึกษาการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจำนวน 19 เครื่อง ให้หลังคาเรือนจำนวน 50 ครัวเรือน ของประชาชนในหมู่บ้านท่าแปน เมืองหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถให้พลังงานรวมทั้งสิ้น 22 kW โดยครัวเรือนส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้าในช่วง 18.00-07.00 น. ที่ภาระทางไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นหลอดไฟฟ้าน้ำขนาด 5-100 W วิทยุ และโทรทัศน์ และมีปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความเสียหายเมื่อเครื่องทำงานขณะไม่มีภาระทางไฟฟ้า ทางผู้วิจัยจึงทำการแก้ไขปัญหาโดยติดตั้งระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าและโหลดเทียม (Dummy load) พบว่า สามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดีและเมื่อคิดค่าการลงทุน พบว่า มีค่าประมาณ 5-10 Bath/W ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องลงทุนประมาณ 150-200 Bath/W

Laodee *et al.*, (2006) ได้สาธิตการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ที่ มว. 4 (แม่راء) อำเภอแม่เฒ่า จังหวัดนครสวรรค์ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำแต่อาศัยเฉพาะรางส่งน้ำขนาด $1 \times 0.8 \text{ m}^2$ มีความสูงของหัวน้ำเท่ากับ 1.2 m และอัตราการไหลของน้ำ 400 l/s โดยติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300, 500 และ 1,000 W พบว่า ระบบที่ติดตั้งสามารถใช้งานกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ วิทยุ และโทรทัศน์ภายในอาคารสำนักงานและร้านสวัสดิการได้ตลอดคืน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300, 500 และ 1,000 W สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 120, 207 และ 440 W คิดกำลังการผลิตรวมเท่ากับ 1.8 kW ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นไฟฟ้าโดยรวมประมาณ 17.65% ส่วนประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 22.15%

Laodee *et al.*, (2006) ได้สาธิตการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ณ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ที่ มว. 4 (แม่راء) อำเภอแม่เฒ่า จังหวัดนครสวรรค์ ได้แก่ ระบบแบบอิสระที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เครื่อง ระบบแบบผสมผสานที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300 W ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 120 W และระบบแบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย พบว่า

ระบบแบบอิสระสามารถจ่ายไฟให้กับระบบแสงสว่างบริเวณสำนักงานหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ฯ ได้ ในขณะที่ระบบแบบผสมผสานสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อื่น ๆ เช่น คอมพิวเตอร์และโทรทัศน์ ในสำนักงานหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ฯ และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบแบบอิสระ ส่วนระบบแบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายสามารถเชื่อมต่อได้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำที่มีอุปกรณ์หลัก คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 1,000 W และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 W โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกปรับให้มีแรงดันไฟฟ้าที่สม่ำเสมอขนาด $220 \pm 15\%$ V สอดคล้องกับความถี่ของสายส่ง $50 \pm 6\%$ Hz

จากทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า พลังงานน้ำเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการใช้งานในระดับครัวเรือน และชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ลำธาร จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นต้นแบบแก่ชุมชน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

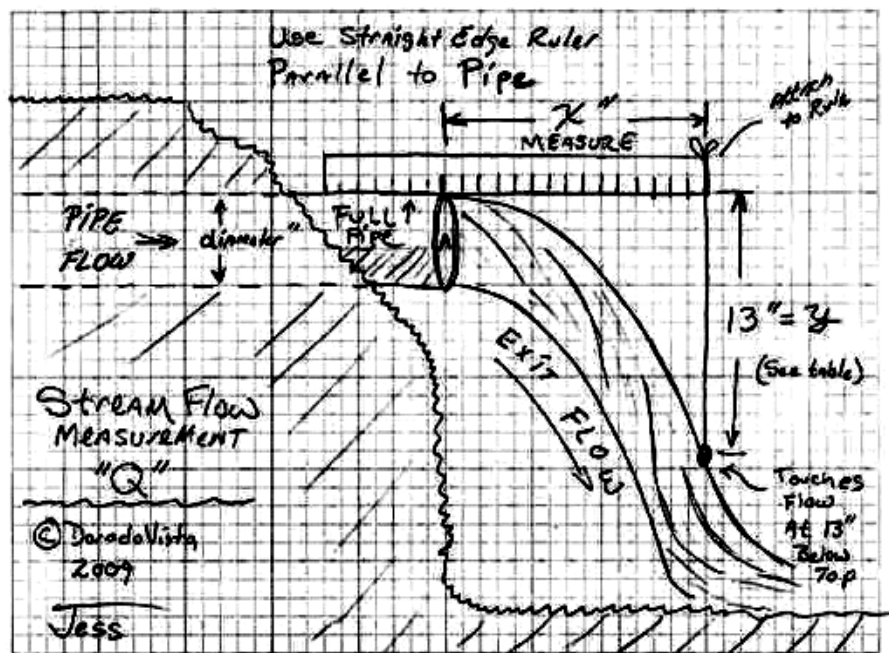
การวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น การศึกษาข้อมูลและประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้อง การศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ในจังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส การวิเคราะห์และสรุปผล ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลและประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้อง

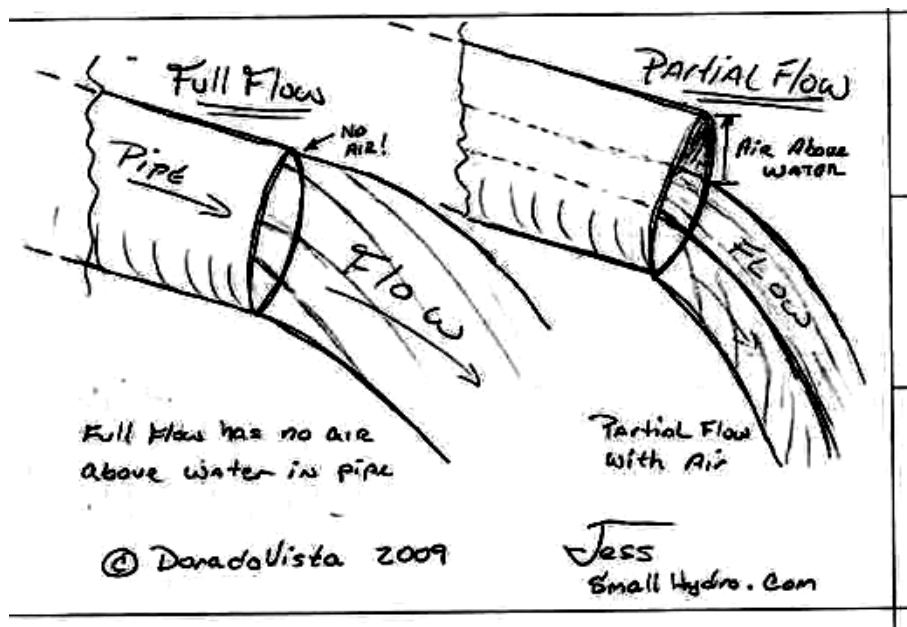
การศึกษาข้อมูลและประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้องทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานน้ำ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ ได้แก่ เอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอน ตำรา หนังสือ และวารสาร ณ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และข้อมูลจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet) และศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ในจังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส

3.2 การศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่

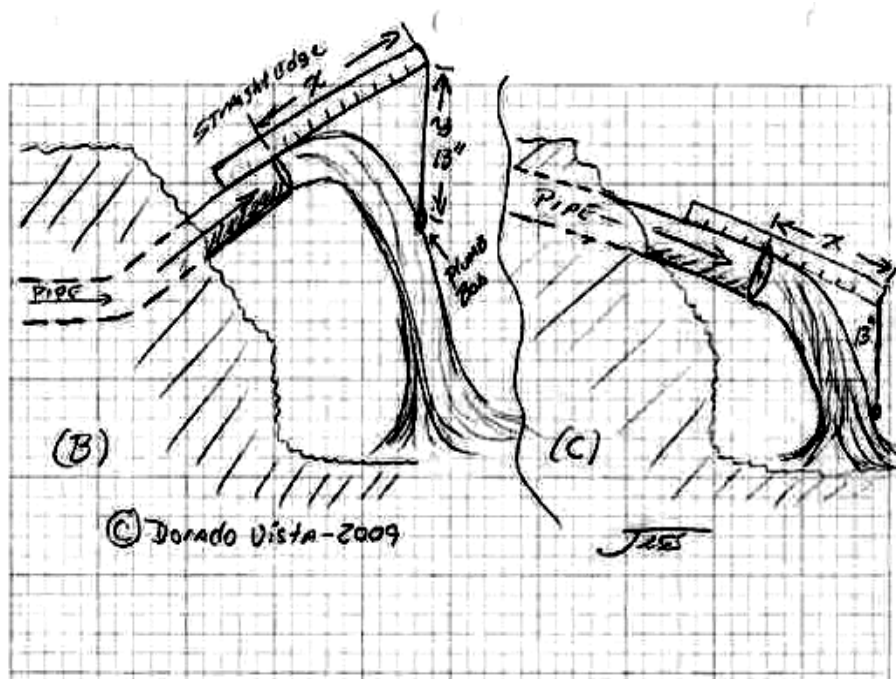
3.2.1 ลงพื้นที่เก็บข้อมูลแหล่งน้ำและวัดอัตราการไหลของน้ำในจังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2553 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2553 โดยเทคนิคท่อเปิด (ภาพที่ 3.1-3.3)



ภาพที่ 3.1 ภาพจำลองการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Q) (ที่มา : <http://smallhydro.com/200910/small-micro-hydro/measuring-the-flow-rate-q-from-an-openpipe/>)



ภาพที่ 3.2 ภาพจำลองการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Q) แบบเต็มท่อและไม่เต็มท่อ (ที่มา : <http://smallhydro.com/200910/small-micro-hydro/measuring-the-flow-rate-q-from-an-openpipe/>)



ภาพที่ 3.3 ภาพจำลองการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Q) เมื่อไม่อยู่ในแนวระดับ (ที่มา : <http://smallhydro.com/200910/small-micro-hydro/measuring-the-flow-rate-q-from-an-openpipe/>)

3.2.2 อ่านค่าอัตราการไหลของน้ำจากตาราง (ภาพที่ 3.4) หรือคำนวณค่าอัตราการไหลของน้ำจากสมการที่ 3.1 โดยค่าที่อ่านได้จะอยู่ในหน่วยของแกลลอนต่อนาที (Gallons Per Minute, GPM)

		X Dist Inches ->				Note - using inches: GPM = (3.61 x Area x X dist)/Sqrt(Y)							
dia inch	area sq in	6	12	14	16	18	20	22	24	26	28		
0.50	0.19634954	1.2	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5		
0.75	0.44178647	2.7	5.3	6.2	7.1	8.0	8.8	9.7	10.6	11.5	12.4		
1.00	0.78539816	4.7	9.4	11.0	12.6	14.2	15.7	17.3	18.9	20.4	22.0		
1.50	1.76714587	10.6	21.2	24.8	28.3	31.8	35.4	38.9	42.5	46.0	49.5		
2.00	3.14159265	18.9	37.7	44.0	50.3	56.6	62.9	69.2	75.5	81.8	88.1		
2.50	4.90873852	29.5	59.0	68.8	78.6	88.5	98.3	108.1	118.0	127.8	137.6		
3.00	7.06858347	42.5	84.9	99.1	113.2	127.4	141.5	155.7	169.9	184.0	198.2		
3.50	9.6211275	57.8	115.6	134.9	154.1	173.4	192.7	211.9	231.2	250.5	269.7		
4.00	12.5663706	75.5	151.0	176.1	201.3	226.5	251.6	276.8	302.0	327.1	352.3		
5.00	19.6349541	118.0	235.9	275.2	314.5	353.9	393.2	432.5	471.8	511.1	550.5		
6.00	28.2743339	169.9	339.7	396.3	452.9	509.6	566.2	622.8	679.4	736.0	792.7		
8.00	50.2654825	302.0	603.9	704.6	805.2	905.9	1,006.6	1,107.2	1,207.9	1,308.5	1,409.2		
12.00	113.097336	679.4	1,358.8	1,585.3	1,811.8	2,038.3	2,264.7	2,491.2	2,717.7	2,944.2	3,170.6		
16.00	201.06193	1,207.9	2,415.7	2,818.3	3,221.0	3,623.6	4,026.2	4,428.8	4,831.4	5,234.1	5,636.7		
18.00	254.469005	1,528.7	3,057.4	3,567.0	4,076.5	4,586.1	5,095.7	5,605.2	6,114.8	6,624.4	7,133.9		
20.00	314.159265	1,887.3	3,774.6	4,403.7	5,032.8	5,661.8	6,290.9	6,920.0	7,549.1	8,178.2	8,807.3		
22.00	380.132711	2,283.6	4,567.2	5,328.4	6,089.6	6,850.8	7,612.0	8,373.2	9,134.4	9,895.6	10,656.8		
24.00	452.389342	2,717.7	5,435.4	6,341.3	7,247.2	8,153.1	9,059.0	9,964.8	10,870.7	11,776.6	12,682.5		

dia inch	area sq in	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
0.50	0.19634954	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.0	9.4
0.75	0.44178647	13.3	14.2	15.0	15.9	16.8	17.7	18.6	19.5	20.3	21.2
1.00	0.78539816	23.6	25.2	26.7	28.3	29.9	31.5	33.0	34.6	36.2	37.7
1.50	1.76714587	53.1	56.6	60.2	63.7	67.2	70.8	74.3	77.9	81.4	84.9
2.00	3.14159265	94.4	100.7	106.9	113.2	119.5	125.8	132.1	138.4	144.7	151.0
2.50	4.90873852	147.4	157.3	167.1	176.9	186.8	196.6	206.4	216.3	226.1	235.9
3.00	7.06858347	212.3	226.5	240.6	254.8	268.9	283.1	297.2	311.4	325.6	339.7
3.50	9.6211275	289.0	308.3	327.5	346.8	366.1	385.3	404.6	423.9	443.1	462.4
4.00	12.5663706	377.5	402.6	427.8	452.9	478.1	503.3	528.4	553.6	578.8	603.9
5.00	19.6349541	589.8	629.1	668.4	707.7	747.0	786.4	825.7	865.0	904.3	943.6
6.00	28.2743339	849.3	905.9	962.5	1,019.1	1,075.8	1,132.4	1,189.0	1,245.6	1,302.2	1,358.8
8.00	50.2654825	1,509.8	1,610.5	1,711.1	1,811.8	1,912.4	2,013.1	2,113.8	2,214.4	2,315.1	2,415.7
12.00	113.097336	3,397.1	3,623.6	3,850.1	4,076.5	4,303.0	4,529.5	4,755.9	4,982.4	5,208.9	5,435.4
16.00	201.06193	6,039.3	6,441.9	6,844.5	7,247.2	7,649.8	8,052.4	8,455.0	8,857.6	9,260.3	9,662.9
18.00	254.469005	7,643.5	8,153.1	8,662.6	9,172.2	9,681.8	10,191.3	10,700.9	11,210.5	11,720.0	12,229.6
20.00	314.159265	9,436.4	10,065.5	10,694.6	11,323.7	11,952.8	12,581.9	13,211.0	13,840.1	14,469.2	15,098.3
22.00	380.132711	11,418.1	12,179.3	12,940.5	13,701.7	14,462.9	15,224.1	15,985.3	16,746.5	17,507.7	18,268.9
24.00	452.389342	13,588.4	14,494.3	15,400.2	16,306.1	17,212.0	18,117.9	19,023.8	19,929.7	20,835.6	21,741.5

หมายเหตุ : Compute flow in GPM from full pipeline water trajectory ... X inches out at Y inches fall

ภาพที่ 3.4 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระยะการไหลของน้ำ (ที่มา : <http://smallhydro.com/200910/small-micro-hydro/measuring-the-flow-rate-q-from-an-openpipe/>)

3.2.3 คำนวณค่าอัตราการไหลของน้ำจากสมการ ต่อไปนี้

$$GPM = \frac{3.61 \times A \times X}{Y^{1/2}} \quad (3.1)$$

เมื่อ GPM คือ อัตราการไหลของน้ำเชิงปริมาตร (Gallons/min)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ (in²)
 X คือ ระยะทางแนวแกน x (in)
 Y คือ ระยะทางแนวแกน y (in)

3.3 การวิเคราะห์และสรุปผล

3.3.1 วิเคราะห์ผลในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำ ขนาดของกังหันน้ำที่สามารถติดตั้งได้ โดยวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทรงศิริ, 2549; พิสัมย์, 2545) ดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean, $\bar{X}$) คือ ค่ากลางหรือเป็นตัวแทนของข้อมูลที่ดีที่สุด เป็นค่าที่ไม่เอนเอียง มีความคงเส้นคงวา มีความแปรปรวนต่ำที่สุด และเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีข้อจำกัดในการใช้ กล่าวคือ ถ้าข้อมูลมีการกระจายมากหรือข้อมูลบางตัวมีค่ามากหรือน้อยจนผิดปกติหรือข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว ค่าเฉลี่ยเลขคณิตจะไม่สามารถเป็นค่ากลางหรือเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.2)$$

2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.) คือ ค่าที่นิยามขึ้นจากรากที่สองของความแปรปรวน ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าจากการทดลองต่าง ๆ ในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด กล่าวคือ ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางกลับกัน ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยก็จะมีค่ามาก และถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือ ข้อมูลการทดลองไม่มีการกระจายตัว ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (3.3)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	S.D.	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	คือ ข้อมูลการทดลอง
	N	คือ จำนวนครั้งของการทดลอง
	n	คือ จำนวนข้อมูลที่ทดลอง
	i	คือ จำนวนเต็มใด ๆ เท่ากับ 1, 2, 3, ...

3.3.2 สรุปถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของการพัฒนาและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส

3.3.3 สรุปและจัดทำรูปแบบรายงานวิจัย

บทที่ 4

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผล

4.1.1 ผลการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการลงเก็บข้อมูลขนาดแหล่งน้ำ และปริมาณน้ำในจังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส



ภาพที่ 4.1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลขนาดแหล่งน้ำและปริมาณน้ำในจังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแหล่งน้ำ หมู่ที่ 4 ต.บาเจาะ อ.บาเจาะ จ.นราธิวาส (น้ำตกปาโจ)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	50 cm = 19.7 in	13 cm = 5.1 in	11 cm = 4.3 in
จุดที่ 2	15 cm = 5.9 in	6 cm = 2.4 in	4 cm = 1.6 in
จุดที่ 3	26 cm = 10.2 in	8 cm = 3.1 in	6 cm = 2.4 in
จุดที่ 4	26 cm = 10.2 in	10 cm = 3.9 in	7 cm = 2.8 in
จุดที่ 5	12 cm = 4.7 in	10 cm = 3.9 in	16 cm = 6.3 in
$\bar{x} \pm S.D.$		3.7 ± 1.0 in	3.5 ± 1.9 in

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลแหล่งน้ำ หมู่ที่ 3 ต.กาลิซา อ.ระแงง จ.นราธิวาส (ลำคลอง)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	27.5 cm = 10.8 in	50 cm = 19.7 in	175 cm = 68.9 in
จุดที่ 2	65 cm = 25.6 in	45 cm = 17.7 in	228 cm = 89.8 in
จุดที่ 3	84.3 cm = 33.2 in	25 cm = 9.8 in	54 cm = 21.3 in
จุดที่ 4	98.5 cm = 38.8 in	67 cm = 26.4 in	420 cm = 165.4 in
จุดที่ 5	42.5 cm = 16.7 in	55 cm = 21.6 in	287 cm = 113.0 in
$\bar{x} \pm S.D.$		19.1 ± 6.1 in	91.6 ± 53.3 in

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลแหล่งน้ำ หมู่ที่ 1 ต.ธารโต อ.ธารโต จ.ยะลา (น้ำตกธารโต)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	55.5 cm = 21.8 in	80 cm = 31.5 in	280.6 cm = 110.5 in
จุดที่ 2	87 cm = 34.2 in	92 cm = 26.2 in	320.3 cm = 126.1 in
จุดที่ 3	60.5 cm = 23.8 in	33 cm = 13.0 in	67 cm = 26.4 in
จุดที่ 4	88.3 cm = 34.8 in	97 cm = 38.2 in	410.7 cm = 161.7 in
จุดที่ 5	93.4 cm = 36.8 in	60 cm = 23.6 in	175.1 cm = 69.0 in
$\bar{x} \pm S.D.$		28.5 ± 10.3 in	98.7 ± 52.4 in

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลแหล่งน้ำ หมู่ที่ 1 (บาโงบูโละ) ต.เรียง อ.รือเสาะ จ.นราธิวาส (แม่น้ำ)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	19 cm = 7.5 in	10 cm = 3.9 in	17 cm = 6.7 in
จุดที่ 2	11 cm = 4.3 in	12 cm = 4.7 in	16 cm = 6.3 in
จุดที่ 3	4.5 cm = 1.8 in	18 cm = 7.1 in	27 cm = 10.6 in
จุดที่ 4	5 cm = 2.0 in	11 cm = 4.3 in	13.5 cm = 5.3 in
จุดที่ 5	20 cm = 7.8 in	4 cm = 1.6 in	5 cm = 2.0 in
$\bar{x} \pm S.D.$		4.3 ± 1.9 in	6.1 ± 3.1 in

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลแหล่งน้ำ หมู่ที่ 1 (กุย) ต.ลาโละ อ.รือเสาะ จ.นราธิวาส (ลำคลอง)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	15 cm = 5.9 in	14 cm = 5.5 in	25 cm = 9.8 in
จุดที่ 2	5 cm = 2.0 in	13.5 cm = 5.3 in	24 cm = 9.4 in
จุดที่ 3	3 cm = 1.2 in	5.5 cm = 2.2 in	8 cm = 3.1 in
จุดที่ 4	5 cm = 2.0 in	17 cm = 6.7 in	29.5 cm = 11.6 in
จุดที่ 5	6.5 cm = 2.6 in	35.5 cm = 14.0 in	49 cm = 19.3 in
$\bar{x} \pm S.D.$		6.7 ± 4.4 in	10.7 ± 5.8 in

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลแหล่งน้ำ วังปลายบัว ต.ทรายขาว อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี (ธารน้ำ)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	10 cm = 3.9 in	15 cm = 5.9 in	18 cm = 7.1 in
จุดที่ 2	15 cm = 5.9 in	16.5 cm = 6.5 in	15 cm = 5.9 in
จุดที่ 3	18 cm = 7.1 in	14 cm = 5.5 in	13 cm = 5.1 in
จุดที่ 4	13 cm = 5.1 in	11 cm = 4.3 in	10 cm = 3.9 in
จุดที่ 5	20 cm = 7.9 in	14 cm = 5.5 in	10 cm = 3.9 in
$\bar{x} \pm S.D.$		5.6 ± 0.8 in	5.2 ± 1.3 in

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลแหล่งน้ำ บ้านฝายคลองช่องเรือ ต.ทรายขาว อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี (คลองส่งน้ำ)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	8 cm = 3.1 in	20 cm = 7.9 in	15 cm = 5.9 in
จุดที่ 2	10 cm = 3.9 in	18 cm = 7.1 in	12 cm = 4.7 in
จุดที่ 3	14 cm = 5.5 in	16.3 cm = 6.4 in	17 cm = 6.7 in
จุดที่ 4	11 cm = 4.3 in	12.3 cm = 4.8 in	9 cm = 3.5 in
จุดที่ 5	16 cm = 6.3 in	15 cm = 5.9 in	9 cm = 3.5 in
$\bar{x} \pm S.D.$		6.4 ± 1.2 in	4.9 ± 1.4 in

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลแหล่งน้ำ หมู่บ้านลำพะยา ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา (ธารน้ำ)

แหล่งน้ำ	W	x dist.	y dist.
จุดที่ 1	10 cm = 3.9 in	49 cm = 19.3 in	46 cm = 18.1 in
จุดที่ 2	15 cm = 5.9 in	28 cm = 11.0 in	60 cm = 23.6 in
จุดที่ 3	14 cm = 5.5 in	32 cm = 12.6 in	55 cm = 21.7 in
จุดที่ 4	13 cm = 5.1 in	33 cm = 13.0 in	41 cm = 16.1 in
จุดที่ 5	17 cm = 6.7 in	19 cm = 7.5 in	29 cm = 11.4 in
$\bar{x} \pm S.D.$		12.7 ± 4.3 in	18.1 ± 4.8 in

4.2 อภิปรายผล

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลขนาดแหล่งน้ำและปริมาณน้ำในจ.ยะลา จ.ปัตตานี และ จ.นราธิวาส พบว่า ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบและภูเขาสูง ภูมิอากาศแบบคาบสมุทร โดยได้รับอิทธิพลลมมรสุมจากสองฝั่งทะเลทั้งทะเลอันดามันและอ่าวไทย จึงทำให้เกิดฝนตกชุกตลอดทั้งปี ประกอบด้วยแม่น้ำลำคลองสายสั้น ๆ หลายสายไหลจากต้นน้ำเทือกเขาสูงสู่ทะเลทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน เกิดพื้นที่ลุ่มน้ำมากมาย จึงมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำสูง โดยแหล่งน้ำและปริมาณน้ำในจ.ยะลา จ.ปัตตานี และ จ.นราธิวาส เป็นแหล่งน้ำที่มีขนาดเล็กและมีอยู่โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรกเป็นประเภทที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีซึ่งจะเป็นแหล่งน้ำที่อยู่บริเวณเชิงเขาและน้ำตกต่าง ๆ ประเภทที่สองเป็นประเภทที่มีน้ำไหลในช่วงฤดูฝนแล้วจะมีน้ำน้อยหรือน้ำแห้งในช่วงฤดูแล้งส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งน้ำในที่ราบหรือเป็นทางผ่านของน้ำ

โดยอาศัยข้อมูลทางเทคนิคจากรายงานวิจัยของ กองบรรณาธิการ (2551) คมสัน (2551) ญัฐภูมิ (2551) Green *et al.* (2005) Laodee *et al.* (2005) และ Laodee *et al.* (2006) ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลขนาดแหล่งน้ำและปริมาณน้ำใน จ.ยะลา จ.ปัตตานี และ จ.นราธิวาส ทำให้สรุปได้ว่า แหล่งน้ำในพื้นที่ จ.ยะลา จ.ปัตตานี และ จ.นราธิวาส มีอัตราการไหลของน้ำประมาณ 20-34 GPM และสามารถติดตั้งกังหันผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบคอยาวขนาด 1-3 kW สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีระดับน้ำ (หัวน้ำต่ำ) สามารถติดตั้งกังหันผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบเพลตันขนาด 2-5 kW สำหรับพื้นที่ที่มีระดับน้ำมากกว่า 10 m (หัวน้ำสูง) แสดงให้เห็นว่า แหล่งน้ำที่มีอยู่ใน จ.ยะลา จ.ปัตตานี และ จ.นราธิวาส สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทำนองเดียวกับที่กลุ่มกังหันน้ำศิรีวง ที่ได้เริ่มทดลองทำกังหันน้ำใช้เองเมื่อประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา แต่มีประสิทธิภาพต่ำจนได้รับสนับสนุนการทำกังหันน้ำจากโครงการของ สสส. ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปี 2552-2553 ปัจจุบันกลุ่มกังหันน้ำศิรีวง มีกังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 700-1,000 W อยู่ 5 ชุด ซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับบ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ จำนวน 5 หลังคาเรือนบนเขาศิรีวง กลุ่มกังหันน้ำศิรีวง ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อย่างง่าย ๆ ได้แก่ ลูกถ้วยกังหัน มอเตอร์เหนียวนา โครงเหล็ก และท่อพีวีซี (ภาพที่ 4.2-4.4) จึงควรนำหลักการกังหันน้ำศิรีวง มาประยุกต์ใช้ในโครงการวิจัยพลังงานน้ำขนาดเล็กที่กำลังดำเนินการอยู่ ณ บ้านลาออกซูก แด ต.ลิงชัน อ.บันนังสตา จ.ยะลา



ภาพที่ 4.2 ชุดกังหันน้ำศิรีวง (ที่มา : อีสหิยะ สนิโซ, 2554)



ภาพที่ 4.3 ชุดควบคุมระบบและชุดควบคุมไหล (ที่มา : อีลิหัยะ สนิโซ, 2554)



ภาพที่ 4.4 บ้านคุณสุภักดิ์ หัตถิ เจ้าของชุดกังหันน้ำศรีวัง (ทีวีและหลอดไฟที่เปิดอยู่ใช้ไฟฟ้าจากชุดกังหันน้ำ) (ที่มา : อีลิหัยะ สนิโซ, 2554)

อย่างไรก็ดี การประยุกต์ใช้ระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากต้องคำนึงถึงหลาย ๆ ตัวแปร เช่น อัตราการไหล ระดับหัวน้ำ ความสม่ำเสมอของน้ำ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศ และข้อจำกัดทางธรณีวิทยา ได้แก่

1) ประเภทของกังหันน้ำจะต้องเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศที่นำไปใช้งาน กล่าวคือ สำหรับภูมิประเทศที่มีความลาดชันสูง (ระดับหัวน้ำสูง) ควรเลือกใช้กังหันน้ำแรงกระแทก (เพลตัน) สำหรับภูมิประเทศที่มีความลาดชันน้อยแต่มีปริมาณน้ำมาก (อัตราการไหลสูง) ควรเลือกใช้กังหันน้ำแรงสะท้อน

2) กังหันน้ำแบบแรงกระแทก (เพลตัน) โดยปกติหัวฉีดจะมีขนาดประมาณร้อยละ 11 ของ PCD แต่อย่างไรก็ตามการนำกังหันน้ำไปใช้งานที่ระดับหัวน้ำและอัตราการไหลแตกต่างจากที่กำหนด จะต้อง ปรับเปลี่ยนขนาดหัวฉีดใหม่ที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลและระดับหัวน้ำที่จะนำไปใช้งาน โดยขนาดหัวฉีดที่เหมาะสม จะต้องทำให้กังหันน้ำหมุนขณะไม่มีโหลดด้วย ความเร็ว 2 เท่า ของความเร็วทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานที่ 1,500 rpm จะ ต้องออกแบบหัวฉีดให้กังหันน้ำหมุนด้วยความเร็วขณะไม่มีโหลด 3,000 rpm

3) ขนาดมอเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวแปรที่ใช้ในการเลือกขนาดมอเตอร์ คือ ขนาดกำลังไฟฟ้าและจำนวนขั้วแม่เหล็กที่สัมพันธ์กับความเร็วในการหมุนของกังหันน้ำปกติ การนำมอเตอร์มาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานประมาณร้อยละ 50-80 พิกัดกำลังมอเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กคำนวณได้จากสมการ

4) ขนาดตัวเก็บประจุค่าของตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อเพิ่มสนามแม่เหล็กตกค้างภายในมอเตอร์ เพื่อจะทำให้เกิด Voltage build up ขึ้นที่ขั้วของมอเตอร์

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

พื้นที่แหล่งน้ำในจังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส เป็นแหล่งน้ำที่มีขนาดเล็กแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีอยู่บริเวณเชิงเขาและน้ำตกต่าง ๆ และประเภทที่มีน้ำไหลในช่วงฤดูฝนเป็นแหล่งน้ำในที่ราบหรือเป็นทางผ่านของน้ำ แหล่งน้ำทั้ง 2 ประเภท ประกอบด้วย น้ำตก แม่น้ำ ลำคลอง และธารน้ำ ซึ่งมีศักยภาพที่จะติดตั้งกังหันผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบคอยาวขนาด 1-3 kW สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีระดับน้ำ (ห้วยน้ำต่ำ) สามารถติดตั้งกังหันผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบเพลตันขนาด 2-5 kW สำหรับพื้นที่ที่มีระดับน้ำมากกว่า 10 m (ห้วยน้ำสูง) หรือแหล่งน้ำที่เป็นน้ำตก

5.1 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในสถานที่จริงควรให้ตัวแทนชุมชนหรือประชาชนในพื้นที่มีส่วนร่วมด้วยเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการกับภูมิปัญญาท้องถิ่น และประชาชนจะได้สนับสนุน ช่วยเหลือการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550. รัชภัฏพลังงาน. *วารสารพลังงาน*, 4 (35) : 13-14.
- กรมการปกครอง. กระทรวงมหาดไทย. "ประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง เรื่อง จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่าง ๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2552." [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dopa.go.th/stat/y_stat.html 2553. สืบค้น 30 มีนาคม 2553.
- กระทรวงพลังงาน. 2550. ดัชนีพลังงาน. *วารสารพลังงาน*, 9 (14) : xx-xx.
- กองบรรณาธิการ. 2551. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านพลังงานทดแทนเพื่อชุมชนพึ่งตนเอง. *เกษตรกรรมธรรมชาติ*, 11(9) : 22-25.
- คมสัน หุตะแพทย์. 2551. เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบไทย ๆ. *เกษตรกรรมธรรมชาติ*, 11(9) : 11-13.
- วัฒนา ถาวร. 2546. *โรงต้นกำลังไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 55-83.
- สกล พร้อมวงษ์. 2546. *โรงต้นกำลังไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ. หน้า 225.
- ชาติชาย ยมะคุปต์. 2549. กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบแสงสว่าง. *วิศวกรรมสาร มก.* 58 (19) : 34-39.
- ณรงค์ ไทยประยูร และคณะ. 2545. *ความรู้พื้นฐานโรงไฟฟ้าพลังน้ำ*. กรุงเทพฯ. หน้า 1-46.
- ดาวัลย์ วิวรรณเดชะ. 2546. พลังงานกับการพัฒนายั่งยืน. *วารสารพลังงาน*, 3 : 1-9.
- นภัทร วัจนเทพินทร์. 2550. *การผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าและพลังงานทดแทน*. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์. หน้า 23-48.
- ประเสริฐ ภูนิทพงษ์. 2535. เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า : รวมบทความเกี่ยวกับไฟฟ้า. *วารสารเทคนิคชุดที่ 6*, 2 (8) : 381-387.
- ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์. 2549. *ฟิสิกส์และเคมี*. สุวีริยาสาสน์ : กรุงเทพฯ. หน้า 58-60.
- วัฒนา ถาวร. 2546. *โรงต้นกำลังไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 55-83.
- สุเทพ เหลี่ยมศิริเจริญ. 2542. *การดำเนินการและบำรุงรักษาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก*. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. หน้า 1-43.
- สำนักงานสถิติจังหวัดยะลา. "สภาพทั่วไปของจังหวัดยะลา." [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://yala.nso.go.th/yala/yala.html> [ม.ป.ป.]. สืบค้น 18 เมษายน 2553.
- ฐานข้อมูลพลังงาน จ.ยะลา <http://www.thaienergydata.in.th/province/95/>
- ศูนย์สารสนเทศเพื่อการบริหารและงานปกครอง. กรมการปกครอง. กระทรวงมหาดไทย. "ข้อมูลการปกครอง." [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.dopa.go.th/padmic/jungwad76/jungwad76.htm> [ม.ป.ป.]. สืบค้น 18 เมษายน 2553.

ฐานข้อมูลพลังงาน จ.ปัตตานี <http://www.thaienergydata.in.th/province/94/> สืบค้น 30 มีนาคม 2554.

ฐานข้อมูลพลังงาน จ.นราธิวาส กระทรวงพลังงาน <http://www.thaienergydata.in.th/province/96/> สืบค้น 30 มีนาคม 2554.

ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. **การพยากรณ์เชิงปริมาณ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ. 487 หน้า.

พิสมัย หาญมงคลพิพัฒน์. 2545. **สถิติและการวางแผนการทดลองทางการเกษตร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ. 314 หน้า.

ณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2551. ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจากไดชาร์ท : กังหันน้ำสร้างได้ง่ายต้นทุนต่ำ. **เกษตรกรรมธรรมชาติ**, 11(9) : 14-21.

อิสระ อินลุเพท. 2542. **แม่เหล็กไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น. หน้า 91-141.

อัสสิหัยะ สนิโซ เชิดตระกูล หอมจำปา สุนิตย์ โรจนสุวรรณ ฮูเซ็ง ขายดانا และลูกมัน สือนิ. **พลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อเป็นศูนย์เรียนรู้ท้องถิ่น**. การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2552 (Thailand Research Expo 2009), 26-30 สิงหาคม, ศูนย์ประชุม บางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ราชประสงค์ กรุงเทพฯ, 2552.

อัสสิหัยะ สนิโซ. รายงานผลการเดินทางไปราชการ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 8 สิงหาคม ๒๕๕๔, 3 หน้า.

Ahmed, N.A., Miyatake, M. and Al-Othman, A.K. 2008. Power fluctuations suppression of stand-alone hybrid generation combining solar photovoltaic/wind turbine and fuel cell systems. **Energy Conversion and Management**, 49: 2711-2719.

Akhtar, M.S., Khan, M.A., Jeon, M.S. and Yang, O.B. 2008. Controlled synthesis of various ZnO nanostructured materials by capping agents-assisted hydrothermal method for dye-sensitized solar cells. **Electrochimica Acta**, 53 : 7869-7874.

Alexander, K.V. and Giddens, E.P. 2008. Microhydro : Cost-effective, modular systems for low heads. **Renewable Energy**, 33 : 1379-1391.

Baidya, G. 2006. Deverlopment of small hydro. Himalayan small hydropower summit, 12-13 October, India. 34-43.

Balat, H. 2007. A renewable perspective for sustainable energy development in Turkey : The case of small hydropower plants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 11 : 2152-2165.

Billinto, R. and Karki, R. 2001. Capacity expansion of small isolated power systems using PV and wind energy. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, 16(4) : 892-897.

- Bwana, N.N. 2009. Improved short-circuit photocurrent densities in dye-sensitized solar cells based on ordered arrays of titania nanotubule electrodes. **Current Applied Physics**, 9 : 104-107.
- Calogero, G. and Marco, G.D. 2008. Red Sicilian orange and purple eggplant fruits as natural sensitizers for dye-sensitized solar cells. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 92 : 1341-1346.
- Date, A. and Akbarzadeh, A. 2008. Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. **Renewable Energy**, xx : 1-7. [ARTICLE IN PRESS]
- David, J., Smith, M. and Hart, M. 2008. Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States. **Renewable Energy**, 33 : 2393-2406.
- Green, J., Fuentes, M., Rai, K. and Taylor, S. 2005. **Stimulating the picohydropowermarket for low-income households in Ecuador**. The international bank for reconstruction and development/THE WORLD BANK Washington, D.C., U.S.A.
- Himri, Y., Boudghene, A., Draoui, B. and Himri, S. 2008. Review of wind energy use in Algeria. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, xx :xxx-xxx. [ARTICLE IN PRESS]
- Hugh D. Y. and Roger A. F. 2004. **University Physics with Modern Physics**. 11th Edition, Pearson Addition Wsley, San Francisco; USA, 1714 p.
- Jovcic, D. 2008. Offshore wind farm with a series multiterminal CSI HVDC. **Electric Power Systems Research**, 78 : 747-755.
- Kaldellis, J.K. 2007. The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece : Technical and economic considerations. **Energy Policy**, 35 : 2187-2196.
- Karki, R. and Billinton, R. 2001. Reliability/Cost implications of PV and wind energy utilization in small isolated power systems. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, 16(4) : 368-373.
- Khan, F.I., Hawboldt, K. and Iqbal, M.T. 2005. Life cycle analysis of wind-fuel cell integrated system. **Renewable Energy**, 30 : 157-177.
- Laodee, P., Ketjoy, N., Rakwichian, W.. 2006. **Pico hydro power generation demonstration : Case study of the Maewong National Park Sub Station Maerewa, Nakhonsawan Province**. The 2nd Conference on Energy Network of Thailand, 22-29 July, Suranaree University of Technology, Nakorn Rajsima, Thailand. Paper No. ENETT49-043 : 1-3.

- Laodee, P., Ketjoy, N., Rakwichian, W., Engelke, W.R. and Suponthan, W. 2005. **Pico hydro power generation : Case study of Ban Thapan, Luang Pha Bang, LAO PDR.** The 1st Conference on Energy Network of Thailand, 11-13 May, Ambassador City Jomtien, Phataya, Choburi, Thailand. Paper No. RE18 : 1-4.
- Li, X., Song, Y.J. and Han, S.B. 2008. Frequency control in micro grid power system combined with electrolyzer system and fuzzy PI controller. **Journal of Power Sources**, 180. 468-475.
- Liu, J., Wang, W., Yu, H., Wu, Z., Peng, J. And Cao, Y. 2008. Surface ligand effects in MEH-PPV/TiO₂ hybrid solar cells. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 92 : 1403-1409.
- Mabel, M.C. and Fernandez, E. 2008. Growth and future trends of wind energy in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 12(2008) : 1745-1757.
- Ogayar, B. and Vidal, P.G. 2009. Cost determination of the electro-mechanical equipment of a small hydro-power plant. **Renewable Energy**, 34 : 6-13.
- Palanichamy, C., Sundar, N. and Nadarajan, C. 2002. Municipal solid waste fueled power generation for India. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, 17(4) : 556-563.
- Ponta, F.L. and Jacovkis, P.M. 2008. Marine-current power generation by diffuser-augmented floating hydro-turbines. **Renewable Energy**, 33 : 665-673.
- Ramakrishna, S. 2007. **Report on new energy related technology and policy in Singapore.** The 3rd SEE Forum: Asia-Pacific Academic Network for Sustainable energy and Environment, 21-23 November, Pattaya, Thailand. 2 p.
- Santarelli, M., Cali, M. and Macagno, S. 2004. Design and analysis of stand-alone hydrogen energy systems with different renewable sources. **International Journal of Hydrogen Energy**, 29 : 1571-1586.
- Senjyu, T., Nakaji, T., Uezato, K. and Funabashi, T. 2005. A hybrid power system using alternative energy facilities in isolated Island. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, 20(2) : 406-414.
- Uzunoglu, M. and Alam, M.S. 2007. Dynamic modeling design and simulation of a PEM fuel cell/ultra-capacitor hybrid system for vehicular applications. **Energy Conversion and Management**, 48 : 1544-1553.
- Velasco, M., Probst, O. And Acevedo, S. 2004. Theory of wind-electric water pumping. **Renewable Energy**, 29 : 873-893.

ภาคผนวก

ผลงานที่ได้รับการเผยแพร่จากการวิจัย



มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา



สวพ. ยล.

สถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนภาคใต้

ขอแสดงความยินดีที่ประสบความสำเร็จ

อาจารย์อดิษฐ์ สนิโซ

ได้เข้าร่วมการนำเสนอผลงานวิจัย กลุ่มวิทยาศาสตร์
การประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๕

เฟื่องฟ้าโดกาฬ “มรย. วิชาการ ๕๔”

ขอจงประสบความสำเร็จ และความดีใจ

ได้ให้ ณ วันที่ ๒๖ เดือน กรกฎาคม พุทธศักราช ๒๕๕๔

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียง ศรีไทรรัตน์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประยูร ดำรงรักษ์)

รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาท้องถิ่น

ศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กสำหรับสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก หมู่บ้านลาอูซูแก ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านนังสตา จังหวัดยะลา

อัสหะ สะนิโซ^{1*} มะรุคิง กายา¹ และ คาริกา จาเอะ¹

บทคัดย่อ

พลังงานน้ำเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่มากด้วยประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้โดยเฉพาะพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ไม่มีความสลับซับซ้อน ราคาการผลิตต่อหน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ถูกกว่าพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก หมู่บ้านลาอูซูแก ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านนังสตา จังหวัดยะลา เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น จากการศึกษาพบว่า พื้นที่บ้านลาอูซูแก สามารถออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบคอยาว (กังหันน้ำคาปลาน) ขนาดกำลังผลิต 1 กิโลวัตต์

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก พลังงานทดแทน พลังงานน้ำ

¹ สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จ.ยะลา 95000

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 08 6296 0787, E-mail: saniso.e@hotmail.com

The Potential of Small Water Source for the Construction of Picohydropower System Banlakosukae Talingchan Bannangsata Yala Province

Eleeyah Saniso^{1*}, Maruding kasa¹ and Darika Jaaoh¹

Abstract

Hydropower is one of the most efficient renewable energy resources. It is particularly suited to small-scale applications typically being far cheaper per unit (kWh) of electricity produced than wind power and solar power. The objective of this research is to survey the potential of small water source for the designing and constructing of picohydropower system as a small of knowledge for rural education at the Banlakosukae, Tambon Talingchan, Amphur Bannangsata, Yala province. The result showed that the Banlakosukae area could be used for design and setting up the long neck pico-hydroelectric generator (Kaplan hydroturbine) capable to generate the electrical power of 1 kW.

Keywords: Pico hydropower system Alternative energy Hydro power

¹ Major of Physics, Department of Science, Faculty of Science Technology and Agriculture,
Yala Rajabhat University, Yala, Thailand 95000

* Corresponding Author: Tel: 08 6296 0787, E-mail: saniso.e@hotmail.com

บทนำ

รัฐบาลได้มีนโยบายที่หลากหลายเพื่อให้ประชาชนมีจิตสำนึกที่จะประหยัดพลังงาน ลดภาระการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศโดยเฉพาะการนำเข้าน้ำมันที่ต้องใช้เงินจำนวนมหาศาลในการนำเข้าแต่ละปี โดยภาพรวมการจัดหาพลังงานของประเทศไทยปี 2549 พร้อมคาดการณ์ปี 2550 จะใช้พลังงานเพิ่มร้อยละ 5.1 คิดเป็นเงิน 568 พันล้านบาท ตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ การจัดหาพลังงานในเชิงพาณิชย์ของปี 2549 ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 2.4 มูลค่ารวมของการนำเข้าพลังงานเพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 16.0 ส่วนภาพรวมการใช้พลังงานขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 0.4 (1) จึงต้องหันมาวิจัยและหาแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานน้ำ (Hydro energy) (2-4)

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรป ดังตัวอย่างรายงานการศึกษาวิจัยของ Alexander and Giddens (2) Ogayar and Vidal (3) Ponta and Jacovkis (4) Baidya (5) Balat (6) Date and Akbarzadeh (7) และ Kaldellis (8) ในขณะเดียวกันประเทศไทยก็ได้มีการวิจัยและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเช่นเดียวกันแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร เช่น อีลิหัยะ และคณะ (9) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง ตำบลลำพะยา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ในชุมชนพบว่า มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง (Suk-keow keowdang foundation) มีสายน้ำจากภูเขาลำพะยาไหลผ่านตลอดทั้งปี โดยพื้นที่บริเวณมูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง มีลำธารไหลผ่าน 2 สาย สายแรกไหลผ่านกลาง ในขณะที่สายที่สองไหลผ่านด้านหน้าพื้นที่มูลนิธิ ลำธารทั้ง 2 สายสามารถติดตั้งอุปกรณ์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กได้ โดยสายแรกสามารถติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 1 กิโลวัตต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานจัดการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานน้ำในชุมชนได้ ในขณะที่ ชาติชาย (10) ได้พัฒนาอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวแบบทูลถอย เพื่อศึกษาความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 15 แอมแปร์ ความต่างศักย์ 13 โวลต์ สามารถให้แสงสว่างแก่หน่วยชลประทานเขตสองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ในตอนกลางคืนได้ตามวัตถุประสงค์เพราะสร้างครั้งเดียวสามารถใช้ได้ตลอด เสียค่าบำรุงรักษาน้อย และ Laodee *et al.* (11) ได้ศึกษาการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจำนวน 19 เครื่อง ให้กับ 50 ครัวเรือน ของประชาชนในหมู่บ้านท่าแป้น เมืองหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถให้พลังงานรวมทั้งสิ้น 22 กิโลวัตต์ โดยครัวเรือนส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้าในช่วง 18.00-07.00 น. ที่ภาระทางไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นหลอดไฟฟ้าขนาด 5-100 วัตต์ วิทยุ และโทรทัศน์ และมีปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความเสียหายเมื่อเครื่องทำงานขณะไม่มีภาระทาง

ไฟฟ้า ทางผู้วิจัยจึงทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยติดตั้งระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าและโหลดเทียม (Dummy load) พบว่า สามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดีและเมื่อคิดค่าการลงทุน พบว่า มีค่าประมาณ 5-10 บาทต่อวัตต์ ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องลงทุนประมาณ 150-200 บาทต่อวัตต์

พลังงานน้ำเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการใช้งานในระดับครัวเรือนและชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ลำธาร จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นต้นแบบแก่ชุมชน ผู้วิจัยเห็นความสำคัญดังกล่าวแต่ความชัดเจนของข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำยังไม่เป็นที่ปรากฏ จึงจำเป็นต้องศึกษาสภาพของแหล่งน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่ โดยการลงพื้นที่สำรวจ หมู่บ้านลาคอซูก แด่ตำบลดงช้าง อำเภอบ้านน้สตา จังหวัดยะลา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่สามารถใช้งานได้จริงสำหรับท้องถิ่น

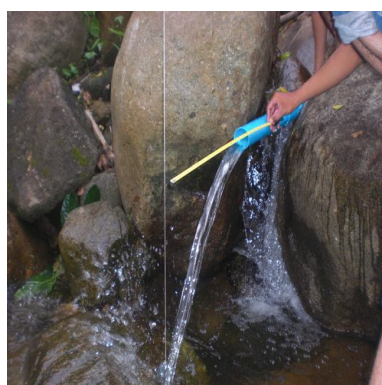
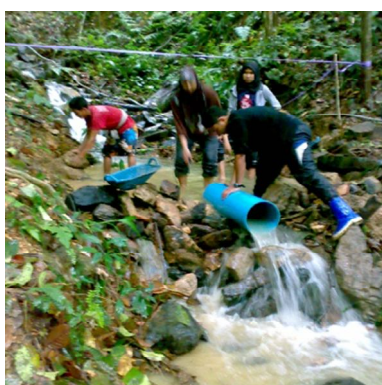
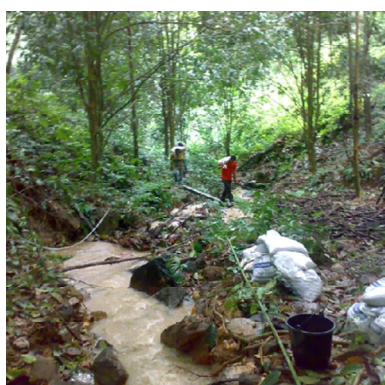
วิธีการ

ลงพื้นที่วัดขนาดแหล่งน้ำ หมู่บ้านลาคอซูก แด่ตำบลดงช้าง อำเภอบ้านน้สตา จังหวัดยะลา (ภาพที่ 1) เพื่อคำนวณปริมาณน้ำ อัตราการไหลและความเร็วของน้ำแล้ววิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กที่เหมาะสมตามแหล่งน้ำขนาดต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ที่ว่าด้วยกฎทรงพลังงาน (Energy conservation) กล่าวคือ น้ำจะสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์ (9) ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

$$E_p = mgh \quad (1)$$

และ $E_k = (1/2)mv^2 \quad (2)$

โดยที่ $E_p = E_k \quad (3)$



ภาพที่ 1 การลงพื้นที่สำรวจแหล่งน้ำ

$$v = (2gh)^{1/2} \quad (4)$$

เปลี่ยนค่าพลังงานให้อยู่ในรูปของกำลัง (Power, P) หรือค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะได้กำลังของน้ำขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร มวล 1,000 กิโลกรัม ตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = 1000Qgh \quad (5)$$

พิจารณาอัตราการไหล (Flow rate) ของน้ำที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัด A ด้วยความเร็ว v จะคำนวณอัตราการไหลของน้ำเชิงปริมาตร (Volume flow rate, Q) ได้ดังสมการต่อไปนี้

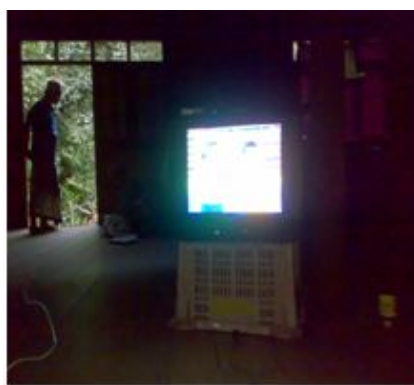
$$Q = Av \quad (6)$$

จากสมการ (5) และ (6) จะได้ความสัมพันธ์ของปริมาตรการไหล พื้นที่หน้าตัด และระดับความสูงของน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = A(2gh)^{1/2} \quad (7)$$

เมื่อ E_k และ E_p คือ พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำ (จูล) m คือ มวลของน้ำ (กิโลกรัม) g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาที² H คือ ความสูงในแนวตั้งของน้ำเหนือระดับอ้างอิง (เมตร) P คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (วัตต์) Q คือ ปริมาตรการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) A คือ พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน (ตารางเมตร) และ v คือ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน (เมตรต่อวินาที)

ผล



ภาพที่ 2 การติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย

โดยอาศัยข้อมูลจากการลงพื้นที่วัดขนาดแหล่งน้ำข้างต้นประกอบกับข้อมูลทางเทคนิคจากรายงานของกองบรรณาธิการวารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ (12) คมสัน หุตะแพทย์ (13) ณัฐภูมิ สุดแก้ว (14) และ Green *et al.* (15) ทำให้สรุปได้ว่า หมู่บ้านลาคอซูเก ตำบลลิ่งชัน อำเภอบ้านนังสตา จังหวัดยะลา สามารถ

ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบคยวขนาดกำลังผลิต 1 กิโลวัตต์ โดยการวางลำน้ำด้วยก้อนหินซ้อนกันให้ได้ความสูงประมาณ 1.5 เมตร แล้ววางท่อพีวีซี (PVC pipe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 เมตร ยาว 12 เมตร เชื่อมต่อกับถังน้ำ 200 ลิตร ที่ประกอบเข้ากับชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายซึ่งถูกพัฒนาขึ้นจากห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา แล้วปล่อยน้ำให้ชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายทำงาน (ภาพที่ 2) แล้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายผลิตได้ พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายที่ได้ติดตั้งให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าในช่วง 200-230 โวลต์ ความถี่ 48-55 เฮิร์ตซ์ กำลังสูงสุด 1,000 วัตต์

วิจารณ์

จากการติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายสำหรับใช้ในครัวเรือน ณ หมู่บ้านลาอูซูกา ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา พบว่า ระบบที่ติดตั้งขึ้นสามารถใช้งานได้จริง โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์อื่นมาขยายหรือเพิ่มกำลังไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายสำหรับใช้ในครัวเรือนที่ได้ติดตั้งให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าในช่วง 190-230 โวลต์ ความถี่ 48-55 เฮิร์ตซ์ กำลังสูงสุด 1,000 วัตต์ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายสำหรับใช้ในครัวเรือนที่ได้ติดตั้งใช้ได้กับ 2-3 หลอดไฟบ้าน ซึ่งมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้า 300-500 วัตต์ ครัวเรือนบริเวณที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย จะมีอุปกรณ์ไฟฟ้า อาทิเช่น หลอดไฟฟ้า ขนาด 40-60 วัตต์ จำนวน 3 หลอด โทรทัศน์ ขนาด 85 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง พัดลม ขนาด 45 วัตต์ จำนวน 2 เครื่อง อื่น ๆ ประมาณ 100 วัตต์ รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งสิ้นประมาณ 450 วัตต์ ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับรายงานของ กองบรรณาธิการวารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ (12) คมสัน หุตะแพทย์ (13) ณัฐภูมิ สุดแก้ว (14) และ Green *et al.* (15)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายสือกรี เต๊ะ นายอับดุลเลาะ กาโฮง นางสาวพาริน๊ะ หมัดแมเราะ นางสาวทัศนีสุหลง และ นางสาวซิดิมารีเย มะเด็ง นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลการวิจัย

ขอบคุณแบแซ และชาวบ้าน หมู่บ้านลาอูซูกา ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการเตรียมพื้นที่และติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายจนการวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) ในการแข่งขันโครงการ "กล้าใหม่...สร้างสรรค์ชุมชน" ครั้งที่ 5 ประจำปี 2553

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน : รัชพลังงาน. วารสารพลังงาน 4 (35) : 13-14, 2550.
2. Alexander, K.V. and Giddens, E.P. : Microhydro : Cost-effective, modular systems for low heads. Renewable Energy 33 : 1379-1391, 2008.
3. Ogayar, B. and Vidal, P.G. : Cost determination of the electro-mechanical equipment of a small hydro-power plant. Renewable Energy 34 : 6-13, 2009.
4. Ponta, F.L. and Jacovkis, P.M. : Marine-current power generation by diffuser-augmented floating hydro-turbines. Renewable Energy 33 : 665-673, 2008.
5. Baidya, G. : Deverlopment of small hydro. Himalayan small hydropower summit, 12-13 October, India. 34-43, 2006.
6. Balat, H. : A renewable perspective for sustainable energy development in Turkey : The case of small hydropower plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 : 2152-2165, 2007.
7. Date, A. and Akbarzadeh, A. : Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. Renewable Energy, 34(2) : 409-415, 2009.
8. Kaldellis, J.K. : The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece : Technical and economic considerations. Energy Policy 35 : 2187-2196, 2007.
9. อธิษะ สนธิโซ เชิดตระกูล หอมจำปา สุนิตย์ โรจนสุวรรณ สุเช่ง ชายคานา และลูกมัน สื่อนิ : พลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อเป็นศูนย์เรียนรู้ท้องถิ่น. การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2552 (Thailand Research Expo 2009), 26-30 สิงหาคม, ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ราชประสงค์ กรุงเทพฯ, 2552.
10. ชาดิชา ยมะคุปต์ : กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบแสงสว่าง. วิศวกรรมสาร มก. 58 (19) : 34-39, 2549.
11. Laodee, P., Ketjoy, N., Rakwichian, W., Engelke, W.R. and Suponthan, W. : Pico hydro power generation : Case study of Ban Thapan, Luang Pha Bang, LAO PDR. The 1st Conference on Energy Network of Thailand, 11-13 May, Ambassador City Jomtien, Phataya, Chonburi, Thailand. Paper No. RE18 : 1-4, 2005.
12. กองบรรณาธิการ : ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านพลังงานทดแทนเพื่อชุมชนพึ่งตนเอง. เกษตรกรรมธรรมชาติ 11(9) : 22-25, 2551.

13. คมสัน หุตะแพทย์ : เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบไทย ๆ. เกษตรกรรมธรรมชาติ 11(9) : 11-13, 2551.
14. ณัฐภูมิ สุกแก้ว : ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจากไคซาร์ท: กังหันน้ำสร้างได้ง่ายต้นทุนต่ำ. เกษตรกรรมธรรมชาติ. 11(9) : 14-21, 2551.
15. Green, J., Fuentes, M., Rai, K. and Taylor, S. : Stimulating the picohydropower market for low-income households in Ecuador. The international bank for reconstruction and development/THE WORLD BANK. Washington D.C., U.S.A. 156 P., 2005.

ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ สกุล นายอีลีหัยะ สนิโซ
ตำแหน่ง อาจารย์พนักงานมหาวิทยาลัย สาขาวิชาฟิสิกส์
ห้องทำงาน 216 ชั้น 2 อาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์
ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

โทรศัพท์ : 0-7322-7148, โทรศัพท์เคลื่อนที่ : 086-2960787

E-mail : saniso.e@hotmail.com, eelayah.s@yru.ac.th

ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2549
การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2547

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

อีลีหัยะ สนิโซ, มะรุติง กาศา และ ดาริกา จาเอาะ. ศักยภาพแหล่งน้ำขนาดเล็กสำหรับ
สร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก หมู่บ้านลาอูซอแก ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบันนังสตา จังหวัด
ยะลา. การประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 5 “สร้างองค์ความรู้เพื่อ
แก้ปัญหาและพัฒนาท้องถิ่น” เนื่องในวัน มรณ.วิชาการ 54, 26 การกฏาคม, อาคารเฉลิมพระเกียรติ
50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ สถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนภาคใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จ.
ยะลา, 2554 [นำเสนอด้วยวาจา]. บทความวิจัย 8 หน้า.