รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

Design and Development of a Low-head Turbines for Power Generation at Tambol Nam-Khor Amphur Lomsak, Phetchabun Province by Participation of the Community

สุพจน์ เกิดมี	**สาขาฟิสิกส์**
พิณทิพย์ แก้วแกมทอง	**สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม**
ไพฑูรย์ บานเย็นงาม	**สาขาฟิสิกส์**
	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2559

ชื่องานวิจัย การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ เกิดมี

ผู้ร่วมวิจัย อาจารย์พิณทิพย์ แก้วแกมทอง

นายไพฑูรย์ บานเย็นงาม

สาขาวิชา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ***ปีเสร็จวิจัย***2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก โดยกังหันน้ำจะถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมสำหรับติดตั้งในบริเวณจุปล่อยน้ำออกอ่างเห็บน้ำห้วยน้ำก้อที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำๆ กังหันน้ำหัวน้ำต่ำได้ถูกทำการทดสอบในแบบจำลองที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 1.8 เมตร การทดสอบกังหันน้ำทำได้โดยการปล่อยน้ำในถังเก็บน้ำลงมาโดยอาศัยประตูน้ำเป็นตัวปรับระดับอัตราการไหล ปล่อยน้ำผ่านท่อเหล็กลำน้ำที่ไหลลงมาด้วยความเร็ว 5.94 เมตรต่อวินาที เข้าสู่หน้าตัดกังหันน้ำเพื่อให้กังหันน้ำนั้นเกิดการหมุนเพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยเพลาเป็นตัวส่งกำลัง กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กยังมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการวัดค่าโปรไฟล์การไหลที่เกิดขึ้นในระบบการทำงานเรียกว่า ทอร์ค หาประสิทธิภาพของกังหันน้ำ โดยการปรับมุมองศาของใบกังหันน้ำที่มุมองศาต่าง ๆ ได้แก่ 25 35 45 และ 55 องศากับแนวแกน พบว่าที่มุมองศาของใบกังหันที่ 45 องศา กังหันน้ำหัวน้ำต่ำมีประสิทธิภาพสูงสุด 88.21 เปอร์เซ็นต์

ชื่องานวิจัย การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ เกิดมี

ผู้ร่วมวิจัย อาจารย์พิณทิพย์ แก้วแกมทอง

นายไพฑูรย์ บานเย็นงาม

สาขาวิชา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ***ปีเสร็จวิจัย***2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก โดยกังหันน้ำจะถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมสำหรับติดตั้งในบริเวณจุปล่อยน้ำออกอ่างเห็บน้ำห้วยน้ำก้อที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำๆ กังหันน้ำหัวน้ำต่ำได้ถูกทำการทดสอบในแบบจำลองที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 1.8 เมตร การทดสอบกังหันน้ำทำได้โดยการปล่อยน้ำในถังเก็บน้ำลงมาโดยอาศัยประตูน้ำเป็นตัวปรับระดับอัตราการไหล ปล่อยน้ำผ่านท่อเหล็กลำน้ำที่ไหลลงมาด้วยความเร็ว 5.94 เมตรต่อวินาที เข้าสู่หน้าตัดกังหันน้ำเพื่อให้กังหันน้ำนั้นเกิดการหมุนเพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยเพลาเป็นตัวส่งกำลัง กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กยังมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการวัดค่าโปรไฟล์การไหลที่เกิดขึ้นในระบบการทำงานเรียกว่า ทอร์ค หาประสิทธิภาพของกังหันน้ำ โดยการปรับมุมองศาของใบกังหันน้ำที่มุมองศาต่าง ๆ ได้แก่ 25 35 45 และ 55 องศากับแนวแกน พบว่าที่มุมองศาของใบกังหันที่ 45 องศา กังหันน้ำหัวน้ำต่ำมีประสิทธิภาพสูงสุด 88.21 เปอร์เซ็นต์

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญรูป		ง
สารบัญตาราง		จ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
	1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 สถานการณ์พลังงาน	3
	2.2 ไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro-electricity)	8
	2.3 กังหันน้ำ (Turbine)	10
	2.4 ทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันน้ำ	13
	2.5 การวิเคราะห์เฮดสูญเสีย (head loss) และเฮดสุทธิ (Net head)	15
	2.6 ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE)	19
	2.7 ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM)	19
	2.8 การออกแบบและดำเนินการทดลอง (Design of Experiment)	21
	2.9 การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research)	22
	2.10 การมีส่วนร่วมชุมชน (Community Participation)	24
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	27
	3.1 การคำนวณค่าตัวแปรเบื้องต้น	27
	3.2 การออกแบบโครงสร้างหลักและดำเนินการก่อสร้าง	30
บทที่ 4	ผลการวิจัย	32
	4.1 ข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ	32
	4.2 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ	36
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	39
	5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล	39
	5.2 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม		40
ประวัติคณะผู้วิจัย		41

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญรูป		ง
สารบัญตาราง		จ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
	1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 สถานการณ์พลังงาน	3
	2.2 ไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro-electricity)	8
	2.3 กังหันน้ำ (Turbine)	10
	2.4 ทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันน้ำ	13
	2.5 การวิเคราะห์เฮดสูญเสีย (head loss) และเฮดสุทธิ (Net head)	15
	2.6 ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE)	19
	2.7 ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM)	19
	2.8 การออกแบบและดำเนินการทดลอง (Design of Experiment)	21
	2.9 การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research)	22
	2.10 การมีส่วนร่วมชุมชน (Community Participation)	24
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	27
	3.1 การคำนวณค่าตัวแปรเบื้องต้น	27
	3.2 การออกแบบโครงสร้างหลักและดำเนินการก่อสร้าง	30
บทที่ 4	ผลการวิจัย	32
	4.1 ข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ	32
	4.2 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ	36
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	39
	5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล	39
	5.2 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม		40
ประวัติคณะผู้วิจัย		41

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงาน ม.ค. 2560[P]	4
2.2	การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ม.ค. 2560[p]	5
2.3	กังหันน้ำเพลตัน	11
2.4	กังหันน้ำฟรานซิส	12
2.5	ช่วงการใช้งานของกังหันน้ำชนิดต่างๆ ตามความสัมพันธ์ระหว่างเฮดและอัตราการไหล	13
2.6	ช่วงการใช้งานของกังหันน้ำชนิดต่างๆ ตามความสัมพันธ์ระหว่างเฮดและอัตราการไหล	13
2.7	กังหันแรงดล (Impulse Turbines)	15
2.8	กังหันแรงปฏิกิริยา	15
2.9	การเปลี่ยนแปลงค่าของ C_v ตามการเปิดหัวฉีดเพิ่มขึ้น	16
2.10	แผนผังเวคเตอร์ความเร็วที่กลีบใบพัดกังหัน	18
3.1	ใบกังหันน้ำและ Guide vane 16 ช่อง	30
3.2	องค์ประกอบรวมของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก	31
4.1	การลงพื้นที่เก็บข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำห้วยนำก้อ	35
4.2	การติดตั้งอุปกรณ์เบื้องต้น	37
4.3	การทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ	38

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงาน ม.ค. 2560[P]	3
2.2	การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ม.ค. 2560[p]	5
2.3	การผลิตพลังงานจำแนกตามชนิดพลังงาน ม.ค. 2560[p]	6
4.1	ข้อมูลโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ	32
2.5	ผลการทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ	36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ และเป็นตัวชี้วัดศักยภาพการแข่งขันของประเทศ รัฐบาลจึงได้จัดการอนุรักษ์พลังงานเป็นวาระแห่งชาติที่คนไทยทุกคนควรให้ความสนใจและมีส่วนร่วมด้วยการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะในช่วงที่ภาวะราคาต้นทุนของพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง ในระยะที่ผ่านมารัฐบาลได้ใช้กลยุทธ์ต่างๆ เพื่อทำให้การอนุรักษ์พลังงานเกิดขึ้นอย่างแพร่หลายในระดับครัวเรือน หน่วยงานและประเทศ โดยกิจกรรมหรือโครงการที่ส่งเสริมมีทั้งในส่วนที่เป็นการสร้างกระแสการอนุรักษ์พลังงานด้วยการใช้สื่อหลากหลายประเภท โดยเน้นการเผยแพร่ความรู้ การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการอนุรักษ์พลังงานอย่างครบวงจร ซึ่งทำให้คนไทยมีความรู้ความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงาน รู้วิธีการประหยัดและใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า หากรัฐบาลมีการใช้มาตรการ กลยุทธ์และการจัดกิจกรรมต่างๆ คู่ขนานกันไปอย่างต่อเนื่อง ในที่สุด คนไทยส่วนใหญ่ก็จะมีวินัยในการใช้พลังงาน หันมาประหยัดพลังงาน และความต้องการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง

การศึกษาการพึ่งพาแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศโดยเฉพาะไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ เป็นพลังงานทดแทนที่มีความยั่งยืนทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและการทดแทนแทบไม่สิ้นสุด จึงมีความสำคัญและจำเป็นเพื่อหาแผนทางเลือกที่เป็นไปได้ในการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ ซึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำได้แก่ กังหันน้ำ ปัจจุบันกังหันน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจำเป็นที่จะต้องมีระดับความสูงของหัวน้ำที่สูง ถ้าระดับหัวน้ำต่ำก็ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จากการศึกษาและดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาศักยภาพพลังงานทดแทนในตำบลน้ำก้อ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ที่ผ่านมาพบว่า ชุมชนมีความสนใจและตระหนักถึงการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก มีศักยภาพด้านพลังงานน้ำในระดับหนึ่ง ซึ่งระดับหัวน้ำไม่สูงมากนัก ถ้าสามารถออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำ (Low-head turbine) จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำของชุมชนได้ สามารถยกระดับคุณภาพชีวิต ด้านสังคม เศรษฐกิจให้กับชุมชนได้

การวิจัยในอดีตนักวิจัยไม่สามารถนำผลการวิจัยไปดำเนินการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาขาดการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานวิจัยกับผู้ใช้งานวิจัย ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรมได้ จนหลายคนเรียกว่า งานวิจัยขึ้นหิ้ง ดังนั้นแนวทางปฏิรูปการวิจัยของประเทศที่ควรคำนึงถึงการสร้างงานวิจัยที่ต่อยอดจากงานเดิมเกิดความรู้ในระดับสูงขึ้น ขณะเดียวกันหน่วยงานต่าง ๆ ควรบริหารจัดการทุน และสร้างกลไกสนับสนุนในการนำความรู้ทางการวิจัยไปใช้ประโยชน์ให้มาก โดยส่งเสริมกระบวนการวิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้ เพื่อใช้ประโยชน์และนำผลที่จะถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมายจริงจัง หากประโยชน์ที่ได้นั้นเป็นเชิงสังคมจะต้องให้ชุมชนหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีส่วนร่วมผลักดันความรู้ในการวิจัยลงไปสู่ชุมชนด้วย คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้จัดทำแผนดำเนินโครงการวิจัยเพื่อการ

ออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน เป็นการเสริมสร้างความตระหนักในการใช้พลังงานของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพขึ้น เพื่อเป็นการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในด้านการอนุรักษ์พลังงาน และเกิดความตระหนักถึงความจำเป็นในการลดการใช้พลังงานให้กับชุมชน ในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อปลูกฝังจิตสำนึก ส่งเสริมความรู้และความเข้าใจ และกระตุ้นบทบาทการมีส่วนร่วมของประชาชนในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต อีกทั้งยังเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยให้แก่ชุมชนและขยายผลสู่การพัฒนาผลิตภาพของท้องถิ่นในเชิงปริมาณและคุณภาพ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตด้านสังคม เศรษฐกิจผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับภาคประชาชนอย่างเป็นระบบอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

1.2.2 เพื่อสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาศักยภาพพลังงานน้ำในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

1.3 นิยามศัพท์เฉพาะ

การถ่ายทอด หมายถึง รูปแบบและแนวทางที่เหมาะสมในด้านการจัดการพลังงานน้ำของพื้นที่การปกครององค์การบริหารส่วนตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

พลังงาน หมายถึง พลังงานน้ำในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

เทคโนโลยีที่เหมาะสม หมายถึง แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาพลังงานน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนบ้านน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

การมีส่วนร่วม หมายถึง การมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านน้ำก้อในการพัฒนาศักยภาพพลังงานน้ำ เพื่อให้เกิดประโยชน์กับทุกภาคส่วนของชุมชน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยให้แก่ชุมชนและขยายผลสู่การพัฒนาผลิตภาพของท้องถิ่นในเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.4.2 เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตด้านสังคมและเศรษฐกิจผ่านกลไกการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับภาคประชาชนอย่างเป็นระบบ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์พลังงาน

สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม พ.ศ. 2560

การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยในช่วงเดือนแรกของปี 2560 มีปริมาณ 6,698 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 1.9 คิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงาน รวมกว่า 93,765 ล้านบาท โดยมีการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ในสัดส่วน ร้อยละ 83.8 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด พลังงานหมุนเวียนและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ร้อยละ 9.4 และ 6.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงาน ม.ค. 2560[P]

(ที่มาhttp://www.dede.go.th/download/state_59/sit_2_jan60.pdf)

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามชนิดพลังงาน	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ม.ค. 2558	ม.ค. 2559	ม.ค. 2560[P]	ม.ค. 2559	ม.ค. 2560[P]
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (รวม)	6,366	6,575	6,698	3.3	1.9
• เชิงพาณิชย์	5,253	5,432	5,611	3.4	3.3
- น้ำมันสำเร็จรูป	3,253	3,387	3,413	4.1	0.8
- ไฟฟ้า	1,086	1,252	1,276	15.3	1.9
- ถ่านหิน/ลิกไนต์	421	272	434	(35.4)	59.9
- ก๊าซธรรมชาติ	493	521	487	5.7	(6.5)
• พลังงานหมุนเวียน *	548	576	632	5.1	9.5
• พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม	565	567	456	0.4	(19.6)

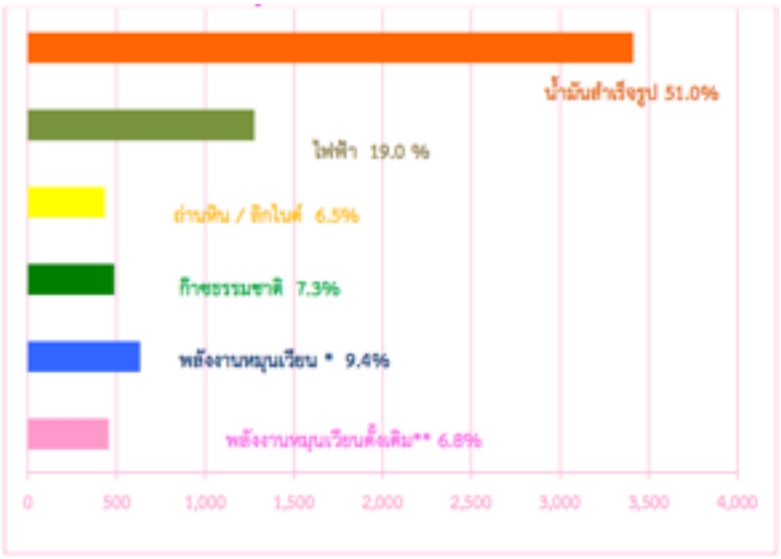
หมายเหตุ

P ตัวเลขเบื้องต้น

* ประกอบด้วย ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ และก๊าซชีวภาพ

**ประกอบด้วย ฟืน ถ่าน แกลบ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ใช้ในบ้านอยู่อาศัย และอุตสาหกรรมครัวเรือน

ทั้งนี้ การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ มีปริมาณ 5,611 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 3.3 ประกอบด้วย น้ำมันสำเร็จรูปมีการใช้ 3,413 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 ไฟฟ้ามีการใช้ 1,276 พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.9 และถ่านหิน/ลิกไนต์ มีการใช้ 434 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.9 ส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงานมกราคม พ.ศ. 2560



รูปที่ 2-1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงาน ม.ค. 2560[p]
(ที่มาhttp://www.dede.go.th/download/state_59/sit_2_jan60.pdf)

หมายเหตุ

P ตัวเลขเบื้องต้น

* ประกอบด้วย ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ และก๊าซชีวภาพ

**ประกอบด้วย ฟืน ถ่าน แกลบ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ใช้ในบ้านอยู่อาศัย และอุตสาหกรรมครัวเรือน

ก๊าซธรรมชาติมีการใช้ 487 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 6.5 สำหรับพลังงานหมุนเวียน (ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ และ ก๊าซชีวภาพ) มีการใช้ 632 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.5 และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม (ฟืน ถ่าน แกลบ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร) มีการใช้ 456 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง ร้อยละ 19.6 อย่างไรก็ตาม น้ำมันสำเร็จรูปยังคงมีการใช้ในสัดส่วนที่สูงกว่าพลังงานชนิดอื่น โดยมีการใช้ร้อยละ 51.0 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด และมีการใช้ไฟฟ้าถ่านหิน/ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิมร้อยละ 19.0 6.5 7.3 9.4 และ 6.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ม.ค. 2560[p]
(ที่มาhttp://www.dede.go.th/download/state_59/sit_2_jan60.pdf)

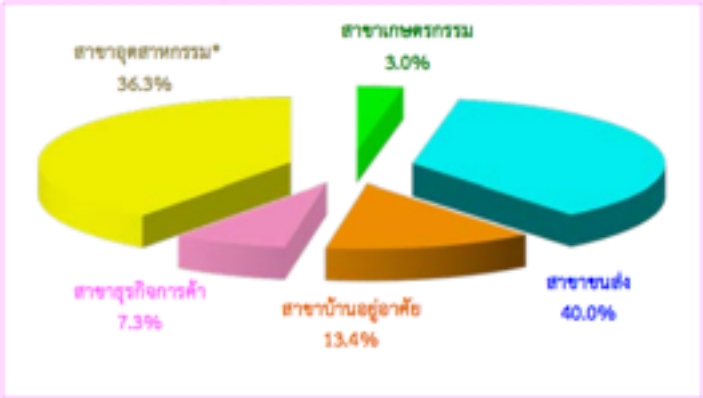
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ม.ค. 2558	ม.ค. 2559	ม.ค. 2560[p]	ม.ค. 2559	ม.ค. 2560[p]
1. สาขาเกษตรกรรม	344	329	199	(4.4)	(39.5)
2. สาขาอุตสาหกรรม *	2,131	2,348	2,428	10.2	3.4
3. สาขาบ้านอยู่อาศัย	996	987	898	(0.9)	(9.0)
4. สาขาธุรกิจการค้า	476	494	491	3.8	(0.6)
5. สาขาขนส่ง	2,419	2,417	2,682	(0.1)	11.0
รวม	6,366	6,575	6,698	3.3	1.9

หมายเหตุ

P ตัวเลขเบื้องต้น

* ประกอบด้วย ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ และก๊าซชีวภาพ

การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ พบว่า มีการใช้พลังงานในแต่ละสาขาเศรษฐกิจประกอบด้วย การใช้พลังงานในสาขาเกษตรกรรม 199 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงร้อยละ 39.5 สาขาอุตสาหกรรม 2,428 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.4 สาขาบ้านอยู่อาศัย 898 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงร้อยละ 9.0 สาขาธุรกิจการค้า 491 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 0.6 และสาขาขนส่ง 2,682 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.0 ทั้งนี้สาขาเกษตรกรรมมีการใช้พลังงานในสัดส่วนร้อยละ 3.0 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด และมีการใช้ในสาขาอุตสาหกรรม บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และขนส่ง ร้อยละ 36.3 13.4 7.3 และ 40.0



รูปที่ 2-2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ม.ค. 2560[p]
(ที่มาhttp://www.dede.go.th/download/state_59/sit_2_jan60.pdf)

การผลิตพลังงานมีปริมาณ 7,726 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 16.5 โดยมีการผลิตพลังงานเชิงพาณิชย์ในสัดส่วนร้อยละ 56.8 ของการผลิตพลังงานทั้งหมด พลังงานหมุนเวียนและพลังงานอื่นๆ พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิมร้อยละ 33.5 และ 9.7 ตามลำดับ การผลิตพลังงานเชิงพาณิชย์มีปริมาณ 4,390 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงร้อยละ 1.9 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ประกอบด้วย ลิกไนต์ มีการผลิต 365 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.5 และไฟฟ้าพลังน้ำและอื่นๆ มีการผลิต 37 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.3 ส่วนน้ำมันดิบมีการผลิต 654 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงร้อยละ 10.5 ก๊าซธรรมชาติมีการผลิต 2,964 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 1.8 และคอนเดนเสทมีการผลิต 370 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 4.4 สำหรับพลังงานหมุนเวียน และพลังงานอื่นๆ (ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุ เหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ ก๊าซชีวภาพ เชื้อเพลิงชีวภาพแบล็คลิเคอและก๊าซเหลือใช้จากขบวนการผลิต) มีการผลิต 2,586 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่า จากช่วงเดียวกันของปีก่อนและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม (ฟืน แกลบ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร) มีการใช้ 750 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลง ร้อยละ 24.3

ตารางที่ 2-3 การผลิตพลังงานจำแนกตามชนิดพลังงาน ม.ค. 2560[p]

(ที่มาhttp://www.dede.go.th/download/state_59/sit_2_jan60.pdf)

การผลิตพลังงาน	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ม.ค. 2558	ม.ค. 2559	ม.ค. 2560[p]	ม.ค. 2559	ม.ค. 2560[p]
การผลิตพลังงาน (รวม)	6,366	6,629	7,726	4.1	16.5
• เชิงพาณิชย์	4,322	4,474	4,390	3.5	(1.9)
- น้ำมันดิบ	594	731	654	23.1	(10.5)
- ลิกไนต์	386	308	365	(20.2)	18.5
- ก๊าซธรรมชาติ	2,954	3,018	2,964	2.2	(1.8)
- คอนเดนเสท	362	387	370	6.9	(4.4)
- ไฟฟ้าพลังน้ำ และอื่นๆ *	26	30	37	15.4	23.3
• พลังงานหมุนเวียนและพลังงานอื่นๆ**	1,054	1,164	2,586	10.4	122.2
• พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม	990	991	750	0.1	(24.3)

หมายเหตุ

P ตัวเลขเบื้องต้น

* ประกอบด้วย ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ และก๊าซชีวภาพ

**ประกอบด้วย ฟืน ถ่าน แกลบ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ใช้ในบ้านอยู่อาศัย และอุตสาหกรรมครัวเรือน

การนำเข้าพลังงานมีปริมาณ 6,412 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 2.3 โดยมีการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ในสัดส่วนร้อยละ 99.8 ของการนำเข้าพลังงานทั้งหมด และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิมร้อยละ 0.2

การนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์มีปริมาณ 6,402 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ประกอบด้วย น้ำมันดิบมีการนำเข้า 4,279 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.0 ก๊าซธรรมชาติ มีการนำเข้า 1,007 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 10.8 และไฟฟ้ามีการนำเข้า 99 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.0 ส่วนคอนเดนเสทมีการนำเข้า 34 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 58.5 ถ่านหินมีการนำเข้า 824 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 12.0 และน้ำมันสำเร็จรูปมีการนำเข้า 159 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 0.6 สำหรับพลังงานหมุนเวียน (ฟืน) ไม่มีการนำเข้าและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม (ถ่าน) มีการนำเข้า 10 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 66.7

การส่งออกพลังงาน มีปริมาณ 875 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.7 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยมีการส่งออกพลังงานเชิงพาณิชย์ ในสัดส่วน ร้อยละ 99.9 ของการส่งออกพลังงานทั้งหมด และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ร้อยละ 0.1 การส่งออกพลังงานเชิงพาณิชย์มีปริมาณ 874 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.7 จากช่วงเดียวกัน ของปีก่อน ประกอบด้วย น้ำมันสำเร็จรูป มีการส่งออก 703 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง ร้อยละ 9.2 ไฟฟ้า มีการส่งออก 8 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง ร้อยละ 33.3 และ ก๊าซโซลีนธรรมชาติ มีการส่งออก 2 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง ร้อยละ 33.3 ส่วนน้ำมันดิบ มีการส่งออก 160 พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นกว่า 3 เท่า ส่วนถ่านหิน มีการ ส่งออก 1 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เท่ากับช่วงเดียวกันของปีก่อน สำหรับพลังงานทดแทน(เอทานอล) ไม่มีการส่งออกและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม (ถ่าน) มีการส่งออก 1 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เท่ากับช่วงเดียวกันของปีก่อน ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงกลั่นน้ำมันรวม 7 โรง มีกำลังการกลั่นรวมทั้งสิ้น 1,234,500 บาร์เรลต่อวัน นอกจากนี้ยังมีโรงแยกก๊าซธรรมชาติ 6 โรง มีขนาดรวม 2,660 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน และโรงแยกก๊าซพลังเพชรซึ่งทำการผลิตก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นหลักอีก 1 โรง มีขนาด 120 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน โดยพบว่ามีการผลิตน้ำมันสำเร็จรูป ซึ่งประกอบด้วย น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันเตา และน้ำมันก๊าด คิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ 44.2 16.9 12.9 12.2 10.6 และ 3.2 ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่รวมน้ำมันกึ่งสำเร็จรูปปริมาณ 114 พันตันเทียบเท่า น้ำมันดิบการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ในช่วงเดือนแรกของ ปี 2560 พบว่า มีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติร้อยละ 46.8 ของการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ถ่านหิน/ลิกไนต์ ร้อยละ 12.8 น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซลร้อยละ 0.1 ที่เหลือเป็นพลังงานหมุนเวียนและพลังงานอื่นๆ (แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะ ก๊าซชีวภาพ แบล็คลิเคอและ ก๊าซเหลือใช้จาก ขบวนการผลิต) คิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ 40.3

สถานการณ์การใช้พลังงานทดแทน : ในช่วงเดือนแรกของปี 2560 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 996 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 9.5 โดยมีการใช้ในรูปของไฟฟ้า ความร้อนและเชื้อเพลิงชีวภาพ (ประกอบด้วยเอทานอลและไบโอ

ดีเซล) ในสัดส่วน ร้อยละ 14.88 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดการใช้ไฟฟ้า และความร้อนที่ผลิตได้จากพลังงานทดแทน (ประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ) มีปริมาณ 220 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และ 632 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ตามลำดับ ส่วนเชื้อเพลิงชีวภาพ มีปริมาณการใช้ ประกอบด้วย เอทานอล 59 พันตันเทียบเท่า น้ำมันดิบ และไบโอดีเซล 85 พันตันเทียบเท่า น้ำมันดิบ

2.2 **ไฟฟ้าพลังน้ำ** (Hydroelectricity)

พลังน้ำ (Hydropower)

พลังน้ำ คือ พลังหรือกำลังที่เกิดจากการไหลของน้ำ ซึ่งเป็นพลังที่มีอนุภาพมาก หากไม่สามารถควบคุมได้ พลังน้ำนั้นก็สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างกว้างขวาง ดังตัวอย่างเช่น การเกิดอุทกภัยในบริเวณที่ลาดเชิงเขา หรือบริเวณที่มีความลาดชันสูงและการเกิดสึนามิ เป็นต้น ในทางตรงกันข้าม หากสามารถควบคุมพลังน้ำได้ตามแนวทางที่เหมาะสม พลังน้ำอันมหาศาลนั้น ก็สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์แก่มนุษยชาติได้

พลังน้ำได้ถูกใช้ประโยชน์มาแล้วหลายร้อยปี กังหันน้ำสำหรับยกน้ำขึ้นสู่ที่สูงเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนและการชลประทาน เพื่อหมุนเครื่องจักรในโรงงานสีข้าว โรงงานทอผ้า โรงงานเลื่อยไม้ และโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในปัจจุบัน นิยมใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า ไฟฟ้าพลังน้ำ

หลักการทำงานของไฟฟ้าพลังน้ำ

ไฟฟ้าพลังน้ำ คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากพลังน้ำ โดยใช้พลังงานจลน์ของน้ำซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำจากที่สูงหรือการไหลของน้ำ หรือการขึ้น-ลงของคลื่น ไปหมุนกังหันน้ำ (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยพลังงานที่ได้จากไฟฟ้าพลังน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ความแตกต่างของระดับน้ำ และประสิทธิภาพของกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและพลังงานจากพลังน้ำ

โดยทั่วไป รูปแบบของไฟฟ้าพลังน้ำที่นิยมใช้กันแพร่หลาย มี 3 ประเภท คือ

1. <u>ไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำ</u> อ่างเก็บน้ำจะทำหน้าที่รวบรวมและเก็บกักน้ำ เมื่อปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำลงสู่ที่ต่ำโดยแรงดึงดูดของโลก พลังน้ำที่เกิดจากการไหลจะหมุนกังหันน้ำ (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณีที่เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ จะทำให้สามารถบริหารจัดการน้ำได้สะดวก ดังนั้น ในเชิงเศรษฐศาสตร์หรือธุรกิจแล้ว โรงไฟฟ้าพลังน้ำประเภทนี้ มักผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง ซึ่งเป็นช่วงที่ให้ค่าตอบแทนสูง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะผันแปรตามปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ และความแตกต่างระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำที่ปล่อย (ด้านท้ายน้ำ) โดยทั่วไปโครงการไฟฟ้าพลังน้ำส่วนใหญ่จะเป็นในรูปแบบของไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ในประเทศไทยก็เช่นเดียวกัน เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล (แม่น้ำปิง จังหวัดตาก) โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนสิริกิติ์ (แม่น้ำน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์) และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ (แม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี) เป็นต้น

2. ไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river โรงไฟฟ้าพลังน้ำประเภทนี้ เป็นรูปแบบที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำเป็นองค์ประกอบ จึงไม่มีการบริหารจัดการน้ำ ดังนั้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river จะทำงานตลอดเวลาตามปริมาณน้ำที่ไหลในแม่น้ำ เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river มักสร้างอยู่ในบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบ และมีอาคารสำหรับทดน้ำให้สูงขึ้น ด้วยข้อจำกัดด้านภูมิประเทศ ทำให้ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำที่ทดขึ้น กับระดับที่ปล่อยทางด้านท้ายน้ำมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้น ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river จึงผันแปรตามปริมาณน้ำเป็นสำคัญ โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river มักก่อสร้างในบริเวณที่มีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก และมีน้ำไหลตลอดปี แต่มีภูมิประเทศไม่เหมาะสมที่จะก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าประเภทนี้ในประเทศไทย ได้แก่ โรงไฟฟ้าเขื่อนปากมูล (แม่น้ำมูล จังหวัดอุบลราชธานี)

3. ไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ เป็นรูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่ตอบสนองช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยการถ่ายเทน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำที่มีระดับแตกต่างกัน ในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าน้อย ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินในระบบจะถูกนำมาใช้ในการสูบน้ำไปยังอ่างเก็บน้ำที่อยู่สูงกว่า เมื่อถึงช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก น้ำจะถูกปล่อยกลับลงมายังอ่างเก็บน้ำที่อยู่ต่ำกว่าและผลิตไฟฟ้า ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงผันแปรตามปริมาณน้ำ และความแตกต่างของระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำทั้งสอง

ตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับในประเทศไทย คือ โรงไฟฟ้าเขื่อนลำตะคองชลภา-วัฒนา โดยใช้เขื่อนลำตะคอง (แม่น้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา) ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่เดิมและบริหารจัดการน้ำโดยกรมชลประทาน เป็นอ่างเก็บน้ำตัวล่าง และก่อสร้างอ่างเก็บน้ำตัวบนเพิ่มเติมบนเขายายเที่ยง รูปแบบโรงไฟฟ้าเขื่อนลำตะคองชลภาวัฒนา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำให้กับอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่แล้ว และยังเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย

ในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำประเภทนี้ก็มีทั้งข้อดีและข้อจำกัด คือ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2554)

ข้อดี

1) ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิงตลอดอายุโครงการ นอกจากใช้เงินลงทุนก่อสร้างในครั้งแรกเท่านั้น เนื่องจากใช้น้ำธรรมชาติเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้า

2) ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า

3) โครงการโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่มีขีดความสามารถสูงในการรักษาความมั่นคงให้แก่ระบบไฟฟ้าของประเทศไทย เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำสามารถเดินเครื่องและเริ่มจ่ายไฟฟ้าได้ภายในเวลาเพียง 4-5 นาที เท่านั้น ในขณะที่โรงไฟฟ้าทั่วไปต้องใช้เวลาเริ่มเดินเครื่องกว่า 2-4 ชั่วโมง

ข้อจำกัด

1) ไม่สามารถเดินเครื่องได้ตลอดเวลา เพราะขึ้นกับปริมาณน้ำในเขื่อนและนอกเขื่อน การผลิตไฟฟ้าจะดำเนินการได้ในช่วงที่สามารถปล่อยน้ำออกจากเขื่อนได้เท่านั้น

2) การก่อสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทยมีจำกัด เนื่องจากอ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่จะทำให้เกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งส่งผลกระทบต่อบ้านเรือนประชาชน พื้นที่เกษตรกรรม โบราณสถาน หรือถ้าเป็นบริเวณป่าก็จะกระทบต่อสัตว์ป่า และทรัพยากรป่าไม้ จึงไม่สามารถขยายการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำได้

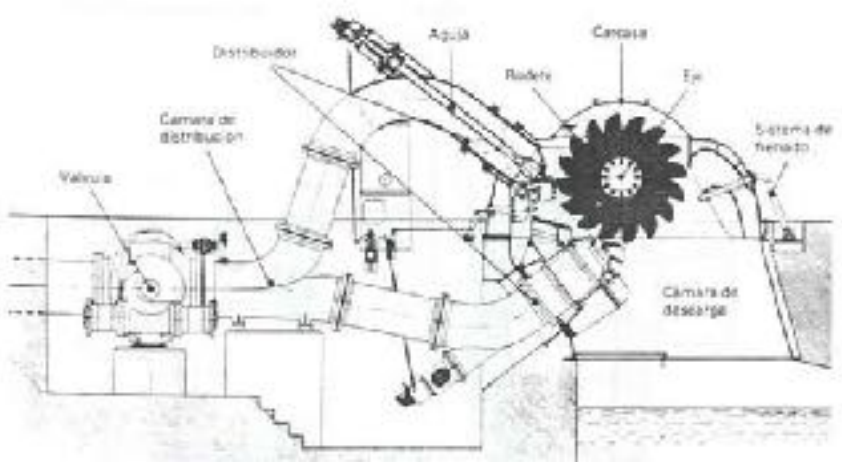
2.3 กังหันน้ำ (Turbine)

กังหันน้ำสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ กังหันน้ำแรงกระแทกและกังหันน้ำแรงปฏิกิริยา

1) กังหันแรงกระแทก (Impulse Turbine) ที่ยังคงมีใช้กันในปัจจุบันคือ กังหันน้ำแบบเพลตัน (Pelton Turbine) และครอสโฟล (Cross Flow Turbine) ส่วนกังหันแบบเทอร์โก (Turgo) และจิราด (Girard) ซึ่งเคยมีใช้ในอดีต ไม่เป็นที่นิยมอีกต่อไป เนื่องจากประสิทธิภาพต่ำและมีข้อเสียหลายประการเมื่อเทียบกับกังหันน้ำแรงกระแทกแบบอื่นๆ

กังหันน้ำเพลตันเป็นกังหันน้ำแรงกระแทกที่มีใช้อยู่มากที่สุดในปัจจุบัน โดยใช้กับหัวน้ำตั้งแต่ 250 เมตรขึ้นไป กังหันน้ำจะถูกขับด้วยน้ำที่พุ่งเป็นลำจากหัวฉีดเข้ากระทบกับ Bucker ซึ่งติดอยู่รอบ Runner แล้ว ถูกผลักดันให้หมุนไปโดย Bucker ตัวถัดมาก็จะหมุนมาอยู่ในตำแหน่งที่ถูกลำของน้ำจากหัวฉีดพุ่งชนอีก เป็นเช่นนี้โดยต่อเนื่องกัน ส่วนประกอบที่สำคัญของกังหันน้ำแบบเพลตัน ได้แก่ Runner, Needle และ Deflector

Runner มี Bucket ที่มีรูปร่างโค้งคล้ายรูปถ้วย (Bowl) โดยมีครีบตรงกลาง (Splitter) ที่แบ่ง Bucket ออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน เมื่อ Jet พุ่งเข้าสู่ Bucket จะถูก Splitter แยก Jet ออกเป็น 2 ส่วน แล้วไหลตามส่วนโค้งของ Bowl ทั้งสองด้านเท่ากันและออกจาก Bucket ทางด้านข้างและด้านปลาย ซึ่งน้ำที่ออกจาก Bucket จะต้องไม่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของ Bucket ตัวที่อยู่ถัดมา ส่วนปลายของ Bucket จะมีลักษณะเว้าคล้ายรอยตัด (Notch, Mouth) ส่วนด้านหลัง Bucket ตรงข้าง Splitter จะมีลักษณะเป็นร่อง เพื่อป้องกันส่วนปลายและด้านหลัง Bucket ขวาง Jet ซึ่งต้องพุ่งเข้าชน Bucket ตัวถัดไปอีกทั้งทำให้ Jet พุ่งเข้าชน Bucket ในขณะที่ Bucket อยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับ Jet ซึ่งตำแหน่งที่แรงบิดสูงสุด



รูปที่ 2-3 กังหันน้ำเพลตัน

Nozzle มีหน้าที่หลักคือการเปลี่ยนความดันของน้ำให้เป็นความเร็วและพุ่งเป็นลำ ตรงไปยัง Bucket โดยที่ Needle ซึ่งสามารถเคลื่อนที่โดยแรงขับจาก Servomotor ทำหน้าที่เป็นตัวปรับอัตราการไหล ซึ่งเป็นการปรับกำลังของน้ำเข้าของ Runner นั่นเอง แต่ความเร็วของน้ำแทบจะไม่เปลี่ยนตามการเปิด Needle เลย Nozzle มีลักษณะเป็นท่อส่งน้ำโดยจะค่อยๆ เรียวเล็กลงทางปลายด้านน้ำออก ทำให้น้ำมีความเร็วสูงขึ้นจนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดตรงปลาย Nozzle

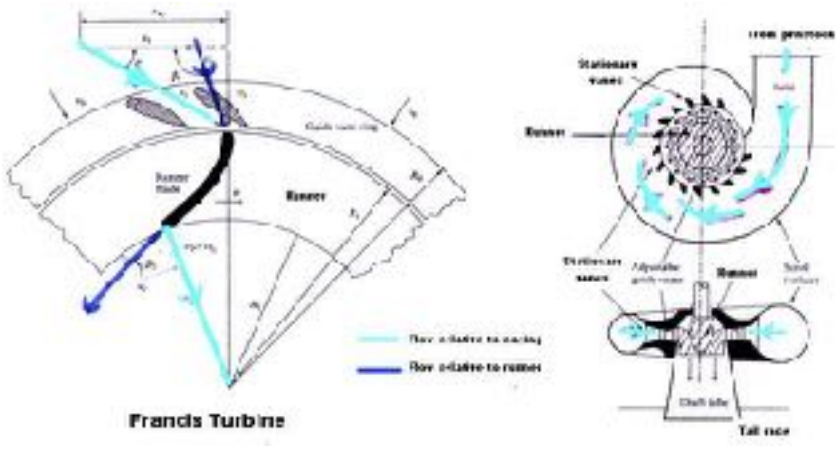
Needle มีลักษณะคล้ายดอกบัวตูมหรือหยดน้ำ โดยปลายแหลมชี้ตรงไปยัง Bucket

Deflector ทำหน้าที่ขวางหรือเปลี่ยนทิศทางน้ำระหว่าง Nozzle และ Bucket ให้หักเหไปทิศทางอื่นในกรณีฉุกเฉินที่ Needle ปิดด้วยความเร็วที่จะไม่ทำให้เกิด Water Hammer ที่ท่อส่งน้ำ

2) กังหันแรงปฏิกิริยา เป็นกังหันที่ทำงานโดยการเปลี่ยนแปลงของเฮดรวมซึ่งประกอบไปด้วยเฮดความดันและเฮดความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าที่หน้าแปลนทางเข้าและไหลออกที่หน้าแปลนทางออกของกังหัน เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเฮดความดัน ดังนั้นกังหันประเภทนี้จึงจำเป็นต้องมีใบพัดหมุนอยู่ในตัวเรือน กังหันประเภทนี้ยังสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่ กังหันแบบไหลตามแนวรัศมี (Radial flow turbine) ตัวอย่างเช่น กังหันน้ำฟรานซิส (Francis Turbine) และอีกประเภทหนึ่งคือ กังหันแบบไหลตามแนวแกน (Axial flow turbine) เช่น Kaplan Turbine หรือ Propeller เป็นต้น

กังหันน้ำฟรานซิส เป็นกังหันแบบไหลตามแนวรัศมี โดยน้ำภายใต้ความดันไหลเข้าสู่กังหันทางด้านข้างโดยรอบแล้วไหลออกทางแนวแกนของเพลาและเนื่องจากการหมุนของ Runner จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงนี้ ซึ่งส่งถ่ายให้แก่น้ำที่ไหลเข้า Runner จะต้องสูงเพียงพอที่จะเอาชนะแรงเหวี่ยงนี้และความดันจะต้องทำให้เกิดความเร่งของน้ำที่ Runner อย่างเพียงพอที่จะผ่าน Runner vane ได้ กังหันชนิดนี้มี Guide vane ทำหน้าที่เป็นตัวปรับ Flow rate หรือปรับกำลังน้ำข้าวของ Runner กังหันชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด ณ จุดทำงานที่ใกล้ขนาดพิกัดของกังหันน้ำ (Full load) เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันน้ำแรงกระแทกจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ที่ประมาณครึ่งหนึ่งของพิกัดของกังหันและประสิทธิภาพมีค่าต่ำลงที่ขนาดพิกัดกังหัน ดังนั้น กังหันน้ำฟรานซิสจึงมี

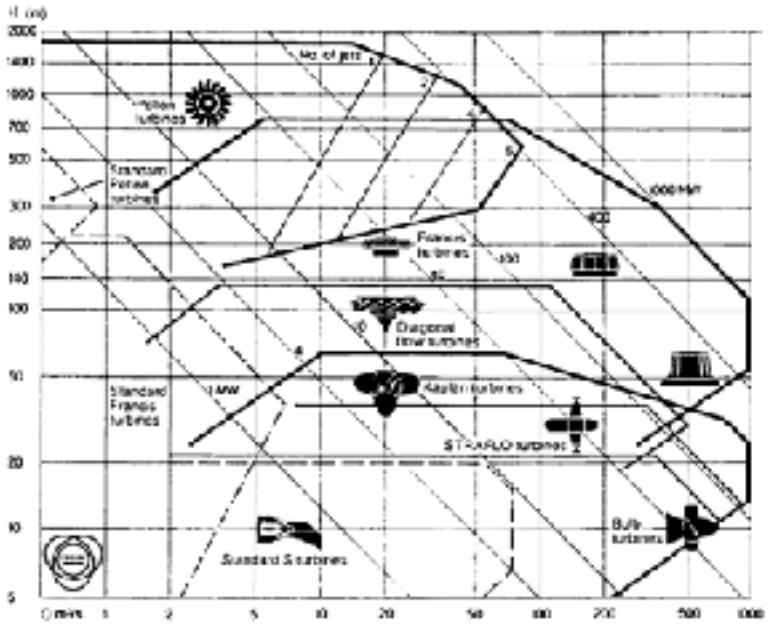
สมรรถนะดีกว่าเมื่อเดินเครื่องที่ขนาดพิกัดของเครื่องและไม่เหมาะสมกับการเดินเครื่องที่โหลดต่ำๆ



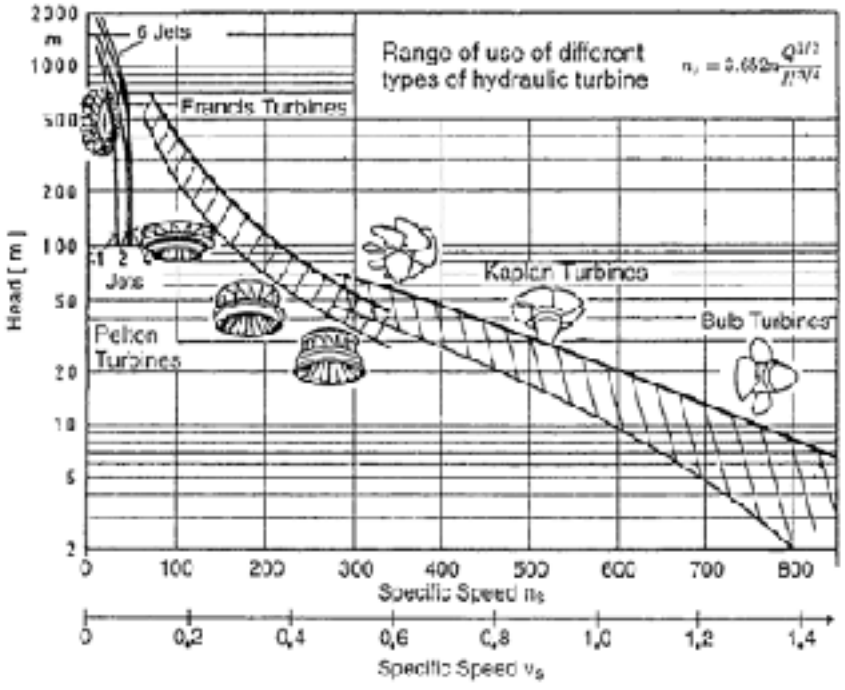
รูปที่ 2-4 กังหันน้ำฟรานซิส

3) ข้อแตกต่างระหว่างกังหันน้ำแรงกระแทก (Impulse Turbine) กับกังหันน้ำแบบแรงปฏิกิริยา (Reaction Turbine) ที่สามารถแยกได้ชัดเจนคือ กังหันน้ำแรงกระแทกถูกขับด้วยพลังงานจลน์ คือ พลังงานจากความเร็วของน้ำ โดยน้ำที่ขับเคลื่อนกังหันนี้จะอยู่ภายใต้ความดันบรรยากาศ ความสูงหัวน้ำเท่านั้นที่มีผลโดยตรงต่อแรงฉีดของน้ำต่อใบกังหันและกำลังการผลิตไฟฟ้า เครื่องกังหันน้ำชนิดนี้ เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีความสูงหัวน้ำปานกลางและสูง ส่วนกังหันน้ำแบบแรงปฏิกิริยาจะหมุนด้วยพลังงานศักย์หรือแรงดันร่วมกับพลังงานจลน์หรือความเร็วของน้ำเกิดจากความต่างระดับของน้ำด้านหน้าและด้านท้ายของกังหัน ซึ่งน้ำที่เข้าสู่กังหันจะสูญเสียความดันให้แก่ใบกังหัน กังหันน้ำชนิดนี้เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีความสูงหัวน้ำปานกลางและต่ำ

ในทางอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งกังหันน้ำออกเป็นประเภท เฮดสูง (High head) เฮดปานกลาง (Medium head) และเฮดต่ำ (Low head) โดยกำหนดให้ เฮดต่ำกว่า 30 เมตร เป็นประเภทเฮดต่ำ ส่วนเฮดระหว่าง 30-250 เมตร จัดอยู่ในประเภทเฮดปานกลางและเฮดสูงตั้งแต่ 250 เมตรขึ้นไปจัดอยู่ในประเภทเฮดสูง



รูปที่ 2-5 ช่วงการใช้งานของกังหันน้ำชนิดต่างๆ ตามความสัมพันธ์ระหว่างเฮดและอัตราการไหล



รูปที่ 2-6 ช่วงการใช้งานของกังหันน้ำชนิดต่างๆ ตามความสัมพันธ์ระหว่างเฮดและอัตราการไหล

2.4 ทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันน้ำ

การหาประสิทธิภาพรวมจะหาจากอัตราส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าและกำลังของน้ำที่ให้แก่กังหันน้ำ โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

ประสิทธิภาพรวมจะหาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้จริงกับกำลังของน้ำที่ให้กับกังหันน้ำดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$\eta_{total} = \frac{P_e}{P_l} \tag{2.1}$$

เมื่อ η_{total} คือ ประสิทธิภาพรวม

P_e คือ กำลังออก (Output) หรือกำลังของไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (kW)

P_l คือ กำลังเข้า (Input) หรือกำลังของน้ำที่ให้แก่กังหันน้ำ (kW)

โดย P_l เป็นกำลังของน้ำที่ให้แก่กังหันน้ำ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงมีความสัมพันธ์ทั้งความสูงและปริมาณน้ำ ถ้าความสูงหรืออัตราการไหลเพิ่มขึ้นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกับกำลังของน้ำที่ให้แก่กังหัน ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$P_i = \rho g Q h_w \tag{2.2}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำมีค่า 1000 kg/m^3

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s^2

Q คือ อัตราการไหลน้ำผ่านเครื่องกังหันน้ำ (m^3/s)

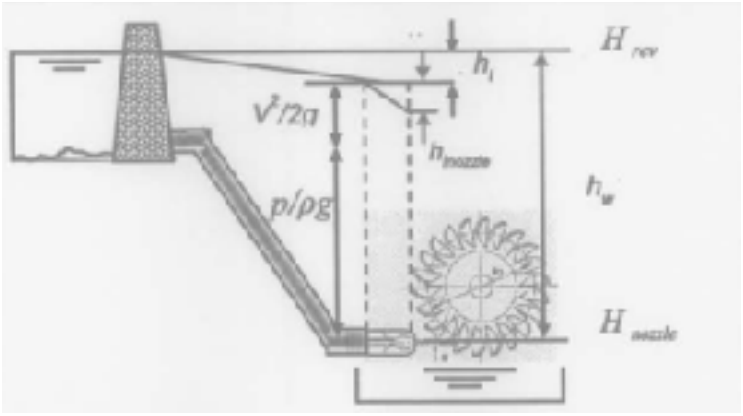
h_w คือ ความสูงหัวน้ำ (เมตร)

ความสูงหัวน้ำ h_w คือ ความสูงที่ออกแบบในการคำนวณหากำลังติดตั้งของโรงไฟฟ้า การหาความสูงหัวน้ำ h_w ระหว่างกังหันน้ำแบบแรงดลและกังหันแรงปฏิกิริยาจะมีวิธีการที่แตกต่างกัน กล่าวคือสำหรับกังหันแรงดล (รูปที่ 2.8) ความสูงหัวน้ำได้จากความแตกต่างของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเทียบกับระดับของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดตามสมการที่ 2.3

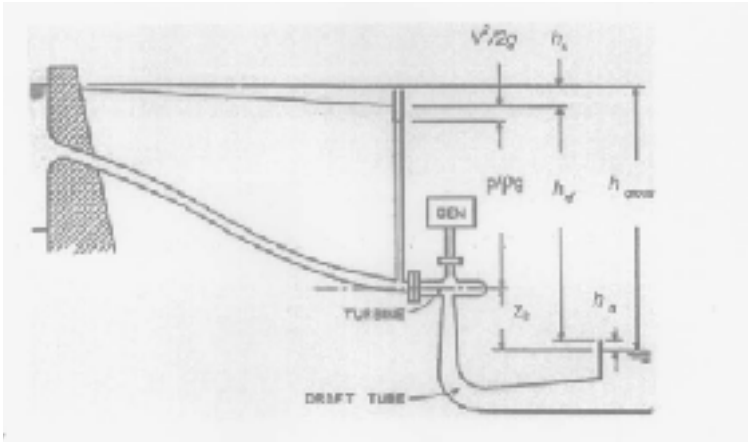
$$h_w = H_{rev} - H_{nozzle} \tag{2.3}$$

เมื่อ H_{rev} คือ ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำได้จากการอ่านเครื่องวัดบอกระดับน้ำที่หน้าเขื่อนใน

H_{nozzle} คือ ระดับของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดได้



รูปที่ 2-7 กังหันแรงดล (Impulse Turbines)



รูปที่ 2-8 กังหันแรงปฏิกิริยา

2.5 การวิเคราะห์ เฮดสูญเสีย (head loss) **และเฮดสุทธิ** (Net head)

2.5.1 เฮดสูญเสียในกังหันแบบแรงดล

1) การวิเคราะห์เฮดสูญเสียได้แบ่งการสูญเสียออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การสูญเสียเฮดอันเนื่องมาจากระบบท่อส่งน้ำ (head loss) h_l และการสูญเสียเฮดเนื่องจากหัวฉีด $h_{nozzle.l}$

h_l เมื่อน้ำไหลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบท่อส่งน้ำทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานการไหล ผลรวมของเฮดสูญเสียก่อนเข้าหัวฉีด h_l สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$h_l = h_w - h_{net} \tag{2.3}$$

$h_{nozzle.l}$ ขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด c_v และความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีดซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ 2.4

$$h_{nozzle.l} = \left(\frac{1}{c_v^2} - 1\right)\left(\frac{v_j^2}{2g}\right) \tag{2.4}$$

เมื่อ v_j คือ ความเร็วของน้ำที่ออกจากหัวฉีดตามทฤษฎี (m/s)

c_v คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด

v_j สามารถหาได้จากสมการที่ 4.47

$$v_j = \sqrt{2gh_{net}} \tag{2.5}$$

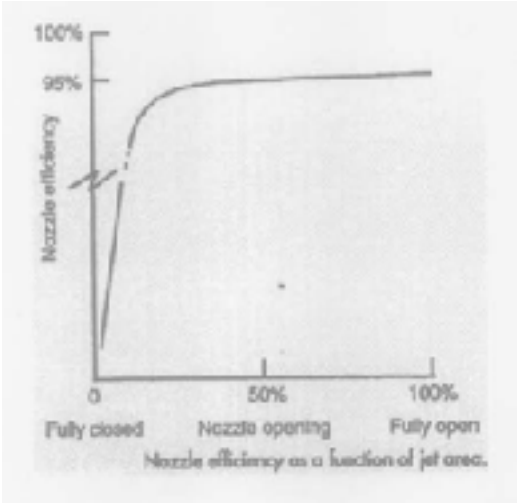
c_v จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ของหน้าตัดหัวฉีดตามการเปิดหัวฉีดสามารถวัดค่าได้จากเส้นกราฟการทำงานของหัวฉีด โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 0.97 ถึง 0.98 เมื่อเปิดหัวฉีดเต็มที่ (รูปที่ 2.10)

2) เฮดสุทธิ (h_{net}) คือ เฮดก่อนเข้าหัวฉีด ซึ่งเป็นเฮดน้ำที่มีผลต่อการผลิตจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามการเปิดหัวฉีด ซึ่ง h_{net} สามารถหาได้ดังนี้

$$h_{net} = \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} \tag{2.6}$$

เมื่อ p คือ ความดันท่อส่งน้ำ ณ ตำแหน่งทางเข้าของหัวฉีด (bar)

v คือ ความเร็วของน้ำที่ผ่านท่อ ณ ตำแหน่งที่ทำการวัดความดัน (m/s)



รูปที่ 2-9 การเปลี่ยนแปลงค่าของ c_v ตามการเปิดหัวฉีดเพิ่มขึ้น

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{\left(4Q/\pi\phi^2\right)^2}{2g} \tag{2.7}$$

3) เฮดน้ำเข้ากังหัน (h_{ef}) คือ เฮดหลังจากผ่านหัวฉีด ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ 2.8

$$h_{ef} = h_{net} - h_{nozzle.l} \tag{2.8}$$

2.5.2 เฮดสูญเสียในกังหันแบบปฏิกิริยา

การวิเคราะห์เฮดสูญเสีย จะแบ่งการสูญเสียออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การสูญเสียเฮดเนื่องมาจากระบบท่อส่งน้ำ (head loss) h_l และการสูญเสียเฮดอันเนื่องมาจากเฮดที่ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า h_{lt}

การสูญเสียเฮดเนื่องจากระบบท่อส่งน้ำ h_l เมื่อน้ำไหลผ่านส่วนต่างๆ ของระบบท่อส่งน้ำทำให้เกิดการสูญเสียเฮดเนื่องจากความเสียดทานการไหล ผลรวมของเฮดสูญเสีย (รูปที่ 2.6) ก่อนเข้าเครื่องกังหันน้ำสามารถหาได้จากสมการที่ 2.8 เฮดที่ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า h_{lt} สามารถหาได้จากการวัดที่ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ณ จะที่ทำการวัดความเร็วกระแสน้ำ

$$h_l = h_{gross} - \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \right) \tag{2.9}$$

เฮดสุทธิ h_{ef} เมตร ซึ่งเป็นเฮดให้ผลก่อนเข้าเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งเป็นเฮดน้ำที่มีผลต่อการผลิตและจะเปลี่ยนแปลงลดลง ตามการเปิดครีบบังคับทิศทาง (Guide vane)

$$h_{ef} = \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \right) - h_{lt} \tag{2.10}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ มีค่าที่ 1,000 (kg/m^3)

p คือ ความดันท่อส่งน้ำซึ่งทำการวัดที่ท่อส่งน้ำก่อนเข้าเครื่องกังหันน้ำ (bar)

v คือ ความเร็วของน้ำที่ผ่านท่อ (m/s)

2.5.3 การวิเคราะห์กำลังสูญเสีย

การวิเคราะห์กำลังสูญเสียเครื่องกังหันแบบแรงดล

กำลังสูญเสียจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่ง P_{lpipe} (kW)

2) กำลังสูญเสียที่เครื่องกังหันน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นกำลังสูญเสียที่หัวฉีด $P_{nozzle.l}$ (kW) และกำลังสูญเสียที่ใบกังหันน้ำ $P_{lrunner}$ (kW)

3) กำลังสูญเสียภายนอกได้แก่การสูญเสียที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า การกระแทกระหว่างกังหันกับน้ำบางส่วนที่กระจายอยู่ในเรืองกังหัน แรงเสียดทานที่เพลา การสูญเสียที่ระบบส่งกำลังระหว่างเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการสูญเสียอื่นๆ $P_{li.e}$ (kW)

กำลังสูญเสียรวม P_{Tloss} (kW) หมายถึง กำลังสูญเสียทั้งหมดในระบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งหาได้จากความแตกต่างระหว่างกำลังขาเข้าจากกำลังที่ได้จากน้ำและกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในสมการที่ 2.10

$$P_{Tloss} = p_i - p_e \tag{2.10}$$

P_{Tloss} สามารถหาได้จากผลรวมของกำลังtสูญเสียดังแสดงในสมการที่ 2.11

$$P_{Tloss} = p_{pipe.l} + p_{nozzle.l} + p_{lrunner} + p_{li.e} \quad (2.11)$$

กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำสามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ 2.12 ดังนี้

$$p_{pipe.l} = \rho g Q h_l \quad (2.12)$$

กำลังสูญเสียที่หัวฉีดสามารถคำนวณได้จาก $p_{nozzle.l}$ ดังแสดงในสมการที่ 2.13 ดังนี้

$$p_{nozzle.l} = \rho g Q h_{nozzle.l} \quad (2.13)$$

การวิเคราะห์ กำลังสูญเสียที่กังหันน้ำ $p_{runnerl}$ ได้ทำการหาผลต่างระหว่างกำลังของน้ำสูงสุดที่ออกจากหัวฉีดทางทฤษฎีกับกำลังของน้ำสูงสุดตามสภาพการใช้งานจริง ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

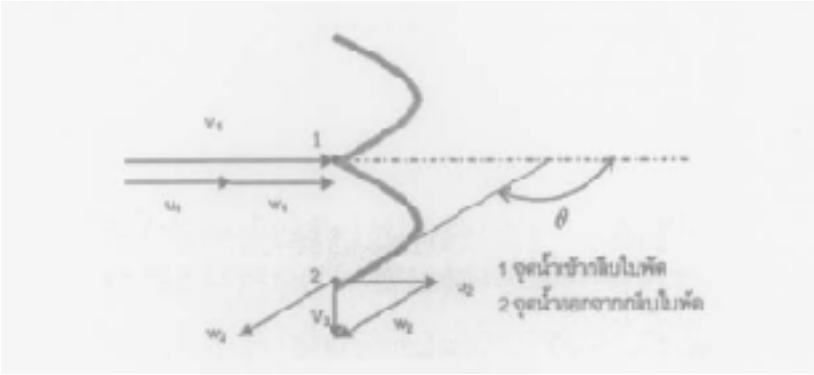
กำลังของน้ำสูงสุดที่ได้จากกังหันน้ำสามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ 2.14

$$P = \rho Q\left(V_1 - U\right)\left(1 - kCos\theta\right)U \quad (2.14)$$

เมื่อ θ คือ มุมน้ำที่ไหลออกจากกลีบใบพัด

k คือ Bucket Friction Coefficient $k \le 1$

เวคเตอร์ความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าจุดที่ 1 และไหลออกจากจุดที่ 2 จากกลีบใบพัดกังหัน (รูปที่ 2-10)



รูปที่ 2-10 แผนผังเวคเตอร์ความเร็วที่กลีบใบพัดกังหัน

เมื่อ u คือ ความเร็วสัมบูรณ์ของกลีบใบพัด

w คือ ความเร็วสัมพันธ์ของน้ำเทียบกับกลีบใบพัด (Bucket) ในทางทฤษฎีเมื่อกังหันหมุนด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด

$$u = \frac{v_1}{2} \quad (2.15)$$

กำลังสูงสุดในทางทฤษฎีหาได้จากสมการที่ 2.14 และ 2.15 ซึ่งเมื่อทำการจัดรูปใหม่แล้วอยู่ในรูปสมการที่ 2.16

$$P = \frac{\rho Q V_1^2 \left(1 - k\cos\theta\right)}{4} \quad (2.16)$$

เมื่อ v_1 คือ ความเร็วของน้ำที่ออกจากหัวฉีดไหลเข้ากลีบใบพัด (รูปที่ 2.8)

$$v_1 = c_v\sqrt{2gh_{net}} \quad \text{หรือ} \quad v_1 = c_v v_j \quad (2.17)$$

เมื่อ มุม $\theta = 180^{\circ}$ คือ กำลังที่ได้จากกังหันน้ำจะมีค่ามากที่สุด

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่า k=1 เนื่องจากเป็นกังหันขนาดเล็กดังนั้นพื้นที่สัมพันธ์ของกลีบใบพัดจึงมีขนาดเล็กตามไปด้วยและการสูญเสียจุดนี้จึงมีค่าน้อยมาก เมื่อแทนค่า cos 180 ° และ k=1 ลงไปในสมการที่ 2.16 จะสามารถจัดรูปใหม่ได้ในรูปสมการที่ 2.18

$$P_{180^{\circ}} = \frac{\rho Q V_1^2}{2} \quad (2.18)$$

จากการวัดมุมกลีบใบพัดจริงของกังหันอยู่ 165° กำลังสูงสุดของน้ำตามสภาพการใช้งานจริงสามารถหาได้จากการแทนค่า cos 165 ° และ k มีค่าเท่า 1 ลงในสมการที่ 2.16 ซึ่งเมื่อทำการจัดรูปใหม่แล้วจะอยู่ในรูปสมการที่ 2.19

$$P_{165^{\circ}} = \frac{1.96\rho Q V_1^2}{4} \quad (2.19)$$

กำลังสูญเสียที่กลีบใบกังหัน $p_{runner.l}$ สามารถหาได้จากความแตกต่างระหว่างกำลัง $P_{180^{\circ}}$ ที่มุม $\theta = 180^{\circ}$ และกำลัง $P_{165^{\circ}}$ ที่มุม $\theta = 165$ ซึ่งสามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ 2.19 และค่ากำลังสูญเสียที่ใบกังหันจะเพิ่มขึ้นตามการเปิดหัวฉีด

$$P_{runner,l} = P_{180^{\circ}} - P_{165^{\circ}} \quad (2.19)$$

2.6 **ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า** (Value Engineering : VE)

ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE) เป็นวิธีที่มีการนำมาประยุกต์ใช้เป็นเวลานานแล้ว (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2544) กล่าวว่าวิศวกรรมคุณค่าเป็นวิธีที่จะแบ่งแยกต้นทุนซึ่งอยู่ในหน้าที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการประกอบหรือผลิตชิ้นส่วน เพื่อต้องการหาต้นทุนที่สูงของสิ่งที่มีหน้าที่ต่ำและพยายามลดต้นทุนสิ่งนั้นลง วิธีนี้จึงช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้มีความผิดพลาดน้อยลงด้วย วิธีการวิเคราะห์คุณค่า (เลิศชัย ระตะนะอาพร, 2550) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับการลดต้นทุนที่ได้ผลดีมาก เพราะวิศวกรรมคุณค่าสามารถประยุกต์ใช้กับลักษณะงานหลากหลาย ตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ปรับปรุงกระบวนการผลิตปรับปรุงวิธีการทำงานที่ดีขึ้น ลดการใช้วัสดุลงหรือแม้แต่การปรับปรุงงานด้านบริการก็ได้ โดยมุ่งหมายที่ลดต้นทุนลง โดยที่เทคนิควิศวกรรมคุณค่ายังคงรักษาคุณภาพของงานไว้ได้เช่นกัน

2.7 **ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์** (Finite Element Method : FEM)

ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) (Dechaumphai P.,2010) ได้กล่าวไว้ว่า หลักการในการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อาจแบ่งได้ 7 ขั้นตอนด้วยกัน

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ซึ่งเอลิเมนต์เหล่านี้ต่อเชื่อมกันตามจุดต่อ (node) สำหรับปัญหาความยืดหยุ่น ปัญหาความร้อน ปัญหาของไหล และเลือกชนิดของเอลิเมนต์

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกฟังก์ชั่นแบบจำลอง ฟังก์ชั่นที่เลือกใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นสมการโพลิโนเมียล

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างสมการเอลิเมนต์แต่ละเอลิเมนต์ เขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$[K]\{W\} = \{F\} \tag{2.20}$$

ขั้นตอนที่ 4 การรวมระบบสมการเอลิเมนต์เข้าด้วยกัน เขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$[K]sys\{W\}sys = \{F\}sys \tag{2.21}$$

ขั้นตอนที่ 5 การประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อเข้าสู่ระบบสมการรวม

ขั้นตอนที่ 6 การแก้ระบบสมการเพื่อหาค่าของตัวไม่รู้ค่า

ขั้นตอนที่ 7 การคำนวณหาปริมาณอื่นๆ ที่สนใจ

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของคาน (จุฬาลักษณ์ ค้าไม้, 2552) ได้กล่าวไว้ว่าสมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งแสดงความสมดุลของแรงจากการโก่งของคานภายใต้แรงแบบกระจายสามารถเขียนสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของคานได้ดังนี้

$$\underset{(4\times4)}{[K]}\ \underset{(4\times4)}{\{\delta\}} = \underset{(4\times1)}{\{F\}} \tag{2.22}$$

ซึ่งมีรายละเอียดคือ

$$\frac{2EI}{L^3}\begin{bmatrix} 6 & 3L & -6 & 3L \\ 3L & 2L^2 & -3L & L^2 \\ -6 & -3L & 6 & -3L \\ 3L & L^2 & -3L & 2L^2 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} p_0L/2 \\ p_0L^2/12 \\ p_0L/2 \\ -p_0L^2/12 \end{Bmatrix} \tag{2.23}$$

โดย Po แทนแรงแบบกระจายที่มีค่าที่กระทำในทิศทาง z ตลอดความยาวของเอลิเมนต์

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของแผ่นระนาบ (Huebner & Thornton,1995) ได้กล่าวไว้ว่า เป็นวัสดุแผ่นบางที่มีรูปร่างพื้นฐานไปจนถึงรูปร่างที่ซับซ้อน สามารถเขียนสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของแต่ละเอลิเมนต์ในรูปแบบเมทริกซ์ตามสมการ (8.3) ซึ่งอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\underset{(6\times6)}{[K]}\ \underset{(6\times1)}{\{\delta\}} = \underset{(6\times1)}{\{F\}}$$

$$\underset{(6\times6)}{[K]} = \underset{(6\times3)}{[B]^T}\ \underset{(3\times3)}{[C]}\ \underset{(3\times6)}{[B]}\ tA \tag{2.24}$$

โดยที่ [K] แทนเมทริกซ์ของความแข็งเกร็ง

[B] แทนเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและค่าการเคลื่อนตัว

[C] แทนเมทริกซ์ความแข็งเกร็งของวัสดุ

t แทนค่าความหนา (thickness) ของแผ่นบางนั้น

A แทนค่าพื้นที่หน้าตัดของแผ่นบางของวัสดุนั้น

$$[C] = \frac{E}{1-v^2}\begin{bmatrix} 1 & v & 0 \\ v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-v}{2} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของเอลิเมนต์ทรงตัน (Hutton, 2004) ได้กล่าวไว้ว่าวัตถุทรงตันรูปร่างใดๆ ใน 3 มิติ คือ x-y-z โคออร์ดิเนต บนผิวบางส่วนของวัสดุนี้อาจถูกจับยึดตรึงแน่น (Fixed) ในขณะที่ผิวบางส่วนอาจถูกแรงภายนอกมากระทำ หรือผิวบางส่วนอาจปล่อยอิสระไว้ (Free Boundary) โดเมนของวัตถุทรงตัน (Hansen, 2008) ได้กล่าวไว้ว่า สามารถแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้า (Tetrahedral Element) ย่อยๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้าที่มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากได้ (ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2552) ได้กล่าวไว้ว่า ค่าของความเค้นย่อยต่างๆมีความสัมพันธ์กับค่าของความเครียดย่อยดังนี้

$$\underset{(6\times1)}{\{\sigma\}} = \underset{(6\times6)}{[C]}\,\underset{(6\times1)}{\{\varepsilon\}} \quad (2.26)$$

เวกเตอร์ในสมการประกอบด้วย

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}; \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} \quad (2.27)$$

โดยที่ $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ แทนค่าความเครียดในแนวแกน x, y, z ตามลำดับ

$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$ แทนค่าความเครียดเฉือน

เมทริกซ์ [C] แทนเมทริกซ์ความยืดหยุ่นของวัสดุ

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$C = \frac{E}{(1+v)(1-2v)}\begin{vmatrix} 1-v & v & v & 0 & 0 & 0 \\ v & 1-v & v & 0 & 0 & 0 \\ v & v & 1-v & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (1-2v)/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (1-2v)/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (1-2v)/2 \end{vmatrix} \quad (2.28)$$

โดยที่ E แทนค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

v แทนค่าอัตราส่วนของปัวส์ซอง

2.8 การออกแบบและการดำเนินการทดลอง (Design of Experiment)

การออกแบบและการดำเนินการทดลอง (Design of Experiment) และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองเพื่อที่จะหาข้อสรุปที่มีเหตุผล การทดลองทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ฟิสิกส์ และ

เคมีสำหรับทางด้านวิศวกรรมศาสตร์นั้นการทดลองจะมีบทบาทที่สำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การพัฒนากระบวนการผลิต และการปรับปรุงกระบวนการผลิตวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อที่จะพัฒนากระบวนการที่มีความเข้มแข็ง (Robust process) ซึ่งความแปรผันภายนอกจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการได้น้อยมาก ประไพรศรี สุทัศน์ (2551) ให้นิยามเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานสถิติไว้ว่า สถิติเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูล (Data Collection) การนำเสนอ (Data Presentation) และการวิเคราะห์ผลข้อมูล (Data Analysis) อย่างเป็นระบบ โดยทั่วไปทฤษฎีทางสถิติจะนิยมใช้เป็นเครื่องมือช่วยอธิบายลักษณะต่างๆ อาทิเช่น การประมาณลักษณะที่แท้จริงหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพารามิเตอร์ (Parameter) ของระบบที่ผู้วิจัยสนใจ โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักได้แก่ กลุ่มที่ 1 ค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล (Central Tendency) กลุ่มที่ 2 ค่าการกระจาย (Dispersion)

2.9 **การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม** (Participatory Action Research)

คุณลักษณะสำคัญของงานวิจัยรูปแบบดังกล่าวเมื่อเทียบกับงานวิจัยแบบดั้งเดิม สามารถสรุปได้จากผลงานความคิดของพันธ์ทิพย์ รามสูตร (2540) ได้ดังนี้

ประเด็นเปรียบเทียบ	**การวิจัยแบบดั้งเดิม**	**การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม**
รูปแบบ	เป็นพิมพ์เขียวที่กำหนดให้	เน้นกระบวนการที่ปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์
อุดมการณ์/ปรัชญา	เน้นกลุ่มคนชั้นสูง	เน้นกลุ่มคนที่ด้อยโอกาสในสังคม คนชายขอบ
จุดมุ่งหมาย	ไม่ผูกพัน ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อตอบปัญหาการวิจัย	มีพันธกรณีระหว่างนักวิจัยกับชาวบ้านที่จะร่วมกันเพื่อสิทธิของมนุษย์
กรอบการวิจัย	กำหนดโดยนักวิจัยองค์กร	กำหนดโดยประชาชนในพื้นที่
จุดเน้น	วัตถุ เน้นการสร้างสิ่งของ	คน เริ่มที่คนเป็นหลัก ทำให้คนมีคุณค่า สร้างความภาคภูมิใจและกำลังใจ
เป้าหมาย	กำหนดไว้ล่วงหน้า	ปรับเปลี่ยนตามความต้องการของท้องถิ่นตามเงื่อนไขความเหมาะสม
ยุทธวิธี	เน้นการวางแผนที่อ้างว่าชาวบ้าน	
ไม่สามารถวางแผนเองได้	เน้นการมีส่วนร่วม เชื่อมั่นในความสามารถในการเรียนรู้ของคน	

วิธีการ	เข้มงวดรัดกุม เน้นหลักการวิจัยเชิงปริมาณ มองมิติชุมชนที่ศึกษา และใช้เทคโนโลยีหรือระเบียบวิธีการชั้นสูง	เรียบง่าย ใช้วิธีการที่ชาวบ้านรู้จักและถนัดมองชุมชนอย่างเป็นองค์รวม และใช้เทคโนโลยีชาวบ้าน
การวิเคราะห์สถานการณ์	เน้นการย่อส่วน (Reduction-ism)	การมององค์รวม (Holistic Approach)
รูปแบบการพัฒนา	ควบคุม ชี้แนะและให้แรงจูงใจเป็นวัตถุ เน้นการทำงานตามแผนและส่งเสริมวัฒนธรรมการพึ่งพา	ปลดปล่อย สร้างกำลังอำนาจในการคิดและต่อรองให้สำเร็จในสิ่งที่ได้กระทำ โดยมีแรงจูงใจคือความภูมใจในศักดิ์ศรีของตน และเป็นการส่งเสริมวัฒนธรรมการพึ่งพาตนเอง
มองชาวบ้าน	เป็นผู้รับประโยชน์จากความสำเร็จของโครงการวิจัย	เป็นผู้ทำประโยชน์ เป็นผู้ลงมือกระทำโครงการสำเร็จ และมีส่วนร่วม

ปัญหาสำคัญของการวิจัยเพื่อการพัฒนาได้แก่การวิจัยเพื่อแสวงหารูปแบบเพื่อการพัฒนาการวิจัย เพื่อการวางแผนหรือการวิจัยเพื่อนำเอาวิทยาการสมัยใหม่ไปรับใช้ในชนบท ต่างก็มิได้ช่วยให้กระบวนการพัฒนาและผลพวงของการศึกษาตกถึงกลุ่มคนที่ควรจะเป็นเป้าหมายที่แท้จริงอย่างเต็มเม็ดเต็มหน่วยแต่อย่างไร ทั้งนี้ก็อาจเป็นเพราะว่างานวิจัยแบบดั้งเดิมเพื่อการพัฒนาชุมชนนั้นจะให้ความสำคัญกับชาวบ้านในฐานะที่เป็น “ผู้ถูกวิจัย” และมักจะกันผู้ถูกวิจัยออกไปหรือปฏิบัติต่อเขาในฐานะที่เป็นเพียงแหล่งข้อมูลดิบ วิธีการวิจัยต่าง ๆ แบบแผนการวิจัย ระเบียบวิธี การรวบรวม ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนกรอบแนวความคิดทางทฤษฎีต่าง ๆ จะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว และนักวิชาการหรือนักวิจัย ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกชุมชนมักจะเป็นผู้กำหนดหรือผู้วิเคราะห์และสรุปว่าปัญหาในชุมชนหนึ่ง ๆ นั้นได้แก่อะไรบ้างซึ่งถ้าโครงการวิจัยนั้นทำโดยนักวิชาการหรือนักวิจัยสาขาใด การกำหนดปัญหาของชุมชนมักขึ้นอยู่กับศาสตร์ (Discipline) หรือความสนใจของนักวิชาการหรือนักวิจัยสาขานั้น ๆ และหากการวิจัยนั้น ๆ ได้รับการมอบหมายให้หน่วยงานหนึ่งที่เกี่ยวข้องรับผิดชอบหน่วยงานนั้น ๆ ก็มักจะทำการศึกษาวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายสำหรับหน่วยงานของตน การกำหนดปัญหาเพื่อการตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนจึงเป็นไปเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงานนั้น ๆ มากกว่าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน

ต่อมาแทนที่จะเป็นการศึกษาโดยนักวิจัยฝ่ายเดียว จึงได้มีการปรับใช้วิธีการศึกษาเป็นแบบสองทาง คือ ผู้ถูกศึกษา หรือ สมาชิกของชุมชนได้มีโอกาสรับรู้ด้วยว่านักวิจัยกำลังศึกษาเรื่องอะไร เพื่ออะไร เป็นต้น และจะได้มีส่วนร่วมในการศึกษานั้น เมื่อสมาชิกในชุมชนเข้าใจในโครงการวิจัย มีส่วนร่วมในการวิจัย และผู้วิจัยยอมรับการมีส่วนร่วมของชุมชนหรือประชาชนโดยการเชื่อมโยงระหว่างการมีส่วนร่วมของชุมชนในการตัดสินใจกับวิธีการศึกษาสภาพปัญหา ซึ่งใช้ความ

พยายามทุกวิถีทางที่จะพัฒนาแนวทางการวิจัยให้รวมเอาผู้ที่คาดว่าจะเป็นได้รับประโยชน์จากการวิจัยเอาไว้ด้วย และให้เข้ามามีบทบาทตั้งแต่เริ่มวางแผนโครงการวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูล การตีความของข้อมูล การเชื่อมโยงดังกล่าวนี้เป็นวิธีการวิจัยที่เรียกว่า การวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Research) ซึ่งการวิจัยแบบนี้เข้ามามีบทบาทในฐานะที่เป็นทางเลือกและนวัตกรรมเพื่อใช้ในการพัฒนาชุมชนตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1960 เป็นต้นมา การวิจัยแบบมีส่วนร่วมได้รับการพัฒนาเป็นระยะ ๆ

2.10 **การมีส่วนร่วมชุมชน** (Community Participation)

หมายถึง กระบวนการทางสังคมที่เปิดโอกาสให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในฐานะที่เป็นผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียได้เข้ามามีส่วนในการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร การวิเคราะห์ปัญหา การแสดงความคิดเห็น การดำเนินการ การประสานความร่วมมือ ติดตาม ตรวจสอบผลกระทบของการดำเนินการ ตลอดจนมีส่วนร่วมในการดำเนินการเรื่องหนึ่งเรื่องใด อันเป็นการแก้ไขปัญหามูลฝอยและสิ่งปฏิกูลของชุมชน เพื่อให้บรรลุตามความต้องการที่แท้จริงของประชาชน สอดคล้องกับนโยบายของรัฐ เพื่อให้เกิดการป้องกัน แก้ไข จัดการได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ อันเป็นการคุ้มครองคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชน ซึ่งในที่นี้หมายถึงกระบวนการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคนต่างๆ ในพื้นที่เรื่องการจัดการขยะ ทั้งนี้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับองค์กร บ้าน วัด โรงเรียน และภาครัฐ โดยมีความมุ่งหวังให้เป็นการมีส่วนร่วมแบบจิตอาสาและจิตสาธารณะ

ความหมายของชุมชน พจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 (2542,น.368) บัญญัติว่า ชุมชน หมายถึง หมู่ชน หรือกลุ่มคนที่อยู่กันเป็นสังคมขนาดเล็ก อาศัยอยู่ในอาณาบริเวณเดียวกันและมีผลประโยชน์ร่วมกัน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2552, น.34) สรุปว่า ชุ มชน หมายถึง กลุ่มคนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เดียวกันหรือต่างพื้นที่กันก็ได้ แต่กลุ่มบุคคลเหล่านั้นจะต้องมีความสนใจร่วมกัน (Common Interest) มีความสัมพันธ์กัน (Relationship) มีการกระทำระหว่างกัน (Interaction) มีความรู้สึก (Sense) และพื้นฐานชีวิตอย่างเดียวกัน

สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา, (2552, น.63) สรุปว่า ชุมชน หมายถึง กลุ่มคนที่อยู่รวมกันในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งมีอาณาบริเวณแน่นอนเป็นที่อยู่อาศัยของคน โดยมีความผูกพันกับพื้นที่แห่งนั้น และยึดเหนี่ยวกันเป็นปึกแผ่นและมั่นคง มีการติดต่อสัมพันธ์กันผ่านระบบการติดต่อสื่อสารในทางใดทางหนึ่งเพื่อทำกิจกรรมบางอย่างและเชื่อมโยงให้เกิดการใช้ชีวิตร่วมกัน มีวัตถุประสงค์และเป้าหมายของสมาชิกมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดและมีความรู้สึกเป็นเจ้าของชุมชนร่วมกันโดยมีโครงสร้าง ระบบการบริหาร จัดการกฎระเบียบ มีความตระหนักหรือจิตสำนึกร่วมกันที่จะดำเนินกิจกรรมร่วมกันอย่างต่อเนื่องในลักษณะของหุ้นส่วนกัน มีการเรียนรู้ร่วมกันภายใต้ระบบที่เชื่อมโยงกันเป็นเครือข่าย

สรุปว่า ชุมชน หมายถึง กลุ่มบุคคลที่มีความผูกพันกัน อาศัยอยู่บนพื้นที่เดียวกัน มีวิถีชีวิตใกล้เคียงกัน มีจิตสำนึกในการดำเนินกิจกรรมร่วมกัน เพื่อตอบวัตถุประสงค์และเป้าหมายเดียวกัน

องค์ประกอบของชุมชน

สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา (2552, น.66-67) สรุปไว้ดังนี้

1) สมาชิกชุมชน คื อ บุ คคลหรือกลุ่มคนที่รวมกันเป็นสมาชิกของชุมชนด้วยจิตสำนึกร่วมกัน มีความสัมพันธ์กัน เอื้ออาทรกัน

2) องค์กรชุมชน คื อ กลุ่มคนที่มีการจัดระเบียบ มีวั ตถุประสงค์ วิธี การดำเนินงานเพื่อบรรลุ วัตถุประสงค์ร่วมกัน

3) ขอบเขต เป็นพื้นที่สำหรับอยู่อาศัย สมาชิกมีการใช้พื้นที่สาธารณะประโยชน์ในการทำกิจกรรมร่วมกัน

4) การบริหารจัดการของชุมชน มี การดำเนินงานเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ชุมชนใน รู ปแบบต่างๆ ประกอบด้วย การวางแผนดำเนินการในกิจกรรมต่างๆ การจัดโครงสร้างกลุ่มสมาชิกเพื่อแบ่งความรับผิดชอบ เลือกผู้นำที่มีภาวะผู้นำเป็นผู้กำหนดทิศทางการปฏิบัติร่วมกัน ตลอดจนการประสานงานกับหน่วยงานและเครือข่ายในการพัฒนาชุมชน และการควบคุมตรวจสอบและประเมินผลของกิจกรรม

5) ระบบความสัมพันธ์ เป็นมิติความสัมพันธ์ของชุมชนระหว่างสมาชิกต่อสมาชิกในลักษณะเครือญาติ หุ้นส่วน เพื่อนบ้าน และมิติความสัมพันธ์ระหว่างคนกับธรรมชาติที่สะท้อนออกมาในรูปวิถีชีวิต

6) ระบบการติดต่อสื่อสารของชุมชน มี การติดต่อสื่อสารระหว่างสมาชิกในชุมชน เชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในข้อมูลข่าวสารได้ตรงกัน

7) ทุนของชุมชน ประกอบด้วยทุนทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน ทุนทางเศรษฐกิจและทุนทางสังคม ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนที่มีความหลากหลาย สมาชิกของชุมชนยอมรับและดำเนินชีวิตร่วมกันได้อย่างมีความสุข

8) การมีผลประโยชน์ร่วมกันของชุมชน ผลของการดำเนินกิจกรรมภายในชุมชนมีการแบ่งปันผลประโยชน์อย่างเป็นธรรม เป็นที่พอใจและเห็นความสำคัญของการร่วมแรงร่วมใจมีจิตอาสาในการพัฒนาชุมชนพร้อมกับยอมรับการเปลี่ยนแปลงจากสังคมภายนอก

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมของชุมชน

ประยูร ศรีประสาธน์, (2542, น.5) ได้กล่าวว่า ปัจจัยของการมีส่วนร่วม มี 3 ปัจจัย คือ

1) ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ

2) ปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจ ได้แก่ การศึกษา อาชีพ รายได้ และการเป็นสมาชิกกลุ่ม

3) ปัจจัยด้านการสื่อสาร ได้แก่ การรับข่าวสารจากสื่อมวลชนและสื่อบุคคล สรุปว่า ปัจจัยของการมีส่วนร่วมต้องมี อายุ เพศ การศึกษา อาชีพ รายได้ ระยะเวลาในการอาศัยอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ การรับรู้ข่าวสารและการสื่อสารในชุมชน

ขั้นตอนการมีส่วนร่วมของชุมชน

อภิญญา กังสนารักษ์ (2544, น.14-15) กล่าวว่า ขั้นตอนการมีส่วนร่วม มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการริเริ่มโครงการ มีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหาภายในชุมชน ร่วมตัดสินใจ ร่วมกำหนดความต้องการ และร่วมลำดับความสำคัญของความต้องการ

2) ขั้นการวางแผน มีส่วนร่วมในการกำหนดวัตถุประสงค์ วิธี การ แนวทางการดำเนินงาน รวมถึงทรัพยากรและแหล่งวิทยากรที่จะใช้ในโครงการ

3) ขั้นการดำเนินโครงการ มีส่วนร่วมในการทำประโยชน์ให้แก่โครงการ โดยร่วมช่วยเหลือด้านทุนทรัพย์ วัสดุอุปกรณ์ และแรงงาน

4) ขั้นการประเมินผลโครงการ เพื่อให้รู้ว่าผลจากการดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยสามารถกำหนดการประเมินผลเป็นระยะต่อเนื่องกันหรือประเมินผลรวมทั้งโครงการในคราวเดียวกันก็ได้ วิรัช วิรัชนิภาวรรณ (2547) สรุปขั้นตอนการมีส่วนร่วมใน 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ การคิด การตัดสินใจ การวางแผน และการลงมือปฏิบัติ

ลักษณะที่ 2 มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การวางแผน การดำเนินงาน การประเมินผล และการบำรุงรักษาเพื่อการพัฒนาให้คงไว้ อคิน รพีพัฒน์ (2547, น.49) ได้แบ่งขั้นตอนการมีส่วนร่วม เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดปัญหา สาเหตุของปัญหา ตลอดจนแนวทางแก้ไข

2) การตัดสินใจเลือกแนวทาง วางแผนพัฒนา และแก้ไขปัญหา

3) การปฏิบัติงานในกิจกรรมการพัฒนาตามแผน

4) การประเมินผลงานกิจกรรมการพัฒนา

สรุปว่า ขั้นตอนการมีส่วนร่วมเริ่มต้นที่การค้นหาสาเหตุของปัญหา หาจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา กำหนดปัญหา ตัดสินใจในการเลือกแนวทาง วางแผนพัฒนา ลงมือปฏิบัติ ประเมินผลตามวัตถุประสงค์เพื่อนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการศึกษาวิจัย โดยเน้นการออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยออกแบบตามทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เพื่อลดต้นทุนสำหรับการวิจัยและพัฒนา ดำเนินการทดสอบกังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่ได้ออกแบบในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด วัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีโครงสร้างที่จำเป็นต้องคำนึงถึงเพราะต้องรับน้ำหนักน้ำที่มีขนาดบรรจุที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพราะเหตุนี้วัสดุจึงต้องมีคุณภาพดีแข็งแรง ราคาถูกและสามารถหาได้ในท้องตลาดเหมาะสมสำหรับชุมชน ก่อนที่จะถ่ายทอดให้ชุมชนเป้าหมาย

3.1 การคำนวณค่าตัวแปรเบื้องต้น

3.1.1 การคำนวณหาค่าความเร็วน้ำ

สามารถคำนวณได้จากสมการ $v = \sqrt{2gh}$

แทนค่าลงในสมการ $v = \sqrt{2 \times (9.81) \times 1.8}$

$v = 5.94$ เมตรต่อวินาที

เลือกใช้ v = 6 เมตรต่อวินาที ค่าความเร็วน้ำที่ยังไม่คิดการสูญเสีย

3.1.2 การออกแบบขนาดของท่อส่งน้ำ

การออกแบบขนาดของท่อสามารถทำได้โดยใช้สมการสภาพต่อเนื่อง (Continuity equation) ของการไหลในท่อดังนี้

$$Q_p = A_p v = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) v$$

โดยที่

Q_p คือ อัตราการไหลในท่อ (m^3/s)

A_p คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ (m^2)

v คือ ความเร็วของการไหล (m/s)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

ทั้งนี้อัตราการไหลในท่อคืออัตราการไหลเฉลี่ย และกำหนดว่าความเร็วของการไหลในท่อหากมีความเร็วมากจะทำให้เกิดการสูญเสียความสูงหัวน้ำมาก แต่ถ้ามีความเร็วต่ำเกินไป แสดงว่าท่อมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น จะทำให้ค่าก่อสร้างสูง ในการออกแบบขนาดของท่อจำเป็นต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูก (trial and error) โดยการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดท่อขนาดต่างๆ (ขนาดท่อที่มีจำหน่ายในท้องตลาด) ลงในสมการ จนกระทั่งได้ความเร็วอยู่ในเกณฑ์กำหนดก็แสดงว่าท่อขนาดนั้นๆ มีความเหมาะสม

3.1.3 การคำนวณความสูงหัวน้ำสุทธิ

ความสูงหัวน้ำสุทธิ (net head) คือ ค่าความสูงหัวน้ำที่จำนำไปใช้คำนวณศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถหาได้จากการนำค่าความต่างระดับ (gross head) ของ Intake และโรงไฟฟ้ามาลบด้วยความสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานของท่อ (Friction loss) และการสูญเสียรอง (minor loss) โดยมีรายละเอียดการคำนวณการสูญเสียหัวน้ำดังนี้

1) การสูญเสียความสูงของน้ำ เนื่องจากความเสียดทานของท่อสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการของ Hazen-Williams ดังนี้

$$V = 0.85 C_{HW} R_h^{0.63} S^{0.54}$$

โดย

V คือ ความเร็วในท่อ (m/s)
C_{HW} คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Hazen-Williams
R_h คือ รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius; $R_h = D/4$) (m)
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)
S คือ ความลาดชลศาสตร์ (hydraulic gradient; S=hL/L) (m)
h_L คือ การสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานของท่อ (m)
L คือ ความยาวของท่อ (m)

กรณีศึกษาท่อ ท่อเหล็กมีค่า C_{HW} เท่ากับ 110 และสามารถคำนวณค่าการสูญเสียความสูงหัวน้ำได้ โดยปรับรูปสมการใหม่ ดังนี้

$$h_L = L \left\{ \frac{v}{0.85 C_{HW} (D/4)^{0.63}} \right\}^{1.85}$$

2) การสูญเสียรอง เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็วในท่อและอุปกรณ์ท่อที่ติดตั้งอยู่ในระบบ โดยทั่วๆ ไปการคำนวณค่าการสูญเสียความสูงหัวน้ำรองจะต้องพิจารณาจุดที่เปลี่ยนแนวท่อทั้งในแนวราบและแนวดิ่งการติดตั้งอุปกรณ์ท่อตลอดความยาวของเส้นท่ออย่างไรก็ตามท่อที่ใช้ในการส่งน้ำเข้าสู่โรงไฟฟ้าเป็นท่อเส้นเดียว ซึ่งวางเป็นแนวค่อนข้างตรง และมีอุปกรณ์ท่อไม่มาก (แตกต่างจากระบบท่อส่งน้ำประปา) แต่เพื่อความปลอดภัยจึงกำหนดให้การสูญเสียรองมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.5 ของการสูญเสียความสูงหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานของท่อ

3.1.4 การคำนวณหาพื้นที่การไหลของน้ำที่ทางออกจากถังน้ำ

ท่อทางออกเป็นอุปกรณ์หลักที่ทำการเชื่อมเข้ากับถังน้ำที่ด้านทางออกของน้ำก่อนต่อเข้ากับเทอร์ไบน์ จะเป็นชิ้นส่วนหลักในการพิจารณาอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.28 เมตร จากสมการ

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (0.28)^2}{4} = 0.062 m^2$$

$$Q = AL$$

$$\vec{L}_Z = \sum \vec{L}_i = \sum m_i r_i^2 \omega \hat{k}$$

$$L_Z = \sum m_i r_i^2$$

$$L_Z = I_Z \vec{\omega}$$

$$I_Z = m_i r_i^2 + m_2 r_2^2 = 2mr^2$$

$$I_Z = m_i r_i^2 + m_2 r_2^2 = 2 \times 16.5 kg \times 0.14^2 m = 0.647 kg/m^2$$

∴ อัตราการไหลของน้ำจะไหลผ่านพื้นที่ทั้งหมดทุกๆ ความยาวท่อไปยังล้อกังหันน้ำจนไหลออกสู่บรรยากาศ เพราะฉะนั้นอัตราการไหลของน้ำจะเท่ากับพื้นที่การไหลคูณด้วยความยาวใดๆ ดังสมการ

$$Q = AL$$

$$Q = 0.062 m^3/s$$

3.1.5 การหาโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia)

จากสมการ

$$\vec{L}_Z = \sum \vec{L}_i = \sum m_i r_i^2 \omega \hat{k}$$

$$L_Z = \sum m_i r_i^2$$

$$L_Z = I_Z \vec{\omega}$$

$$I_Z = m_i r_i^2 + m_2 r_2^2 = 2mr^2$$

$$I_Z = m_i r_i^2 + m_2 r_2^2 = 2 \times 16.5 kg \times 0.14^2 m = 0.647 kg/m^2$$

3.1.6 กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.1.6.1 ใบพัดกังหันน้ำทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง จำนวน 5 ใบ

ขั้นตอนการสร้างใบพัดกังหันน้ำ การสร้างใบพัดกังหันน้ำจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงมุมพิตช์ของใบและมุมลำน้ำที่จะเข้าสู่หน้าตัดล้อกังหันน้ำเป็นหลัก โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้ขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด โดยทำการแบ่งขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) ทำการสร้างต้นแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณออกแบบรูปทรงต่างๆ ที่จำเป็นเบื้องต้น

2) ทำการสเก็ตแบบลงบนกระดาษวงกลมที่มีขนาด 310 มิลลิเมตร ตามขนาดที่ออกแบบไว้ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อนำ Layout ที่ได้มาทาบเพื่อตัดเหล็กและวางมุมองศาและตำแหน่งของใบ

3)ทำการตัดนำใบกังหันน้ำและประกอบตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูป

รูปที่ 3-1 ใบกังหันน้ำและ Guide vane 16 ช่อง

3.2 การออกแบบโครงสร้างหลักและดำเนินการสร้าง

โครงสร้างของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก จำเป็นที่จะต้องออกแบบเบื้องต้นก่อนทำการสร้างต้นแบบ เพราะโครงสร้างจำเป็นที่จะต้องมีการรับน้ำหนักน้ำขนาด 288 ลิตร หรือประมาณ 2,826 นิวตัน ซึ่งมีน้ำหนักมาก จึงต้องออกแบบเพื่อให้โครงสร้างของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถที่จะรับน้ำหนักนี้ได้ ขั้นตอนในการออกแบบและการดำเนินการสร้างต้นแบบ สามารถจำแนกได้ดังนี้

3.2.1 ทำการออกแบบและเขียนแบบ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบและเขียนแบบโครงสร้าง โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแบบคือโปรแกรม Solid works

3.2.2 ทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเบื้องต้น

หลังจากออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างหลักของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก จำเป็นต้องวิเคราะห์โครงสร้างว่าสามารถรับน้ำหนักของน้ำได้ตามที่ออกแบบไปหรือไม่ การทดสอบโครงสร้างเสา คาน จะใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรม Ansys โดยทำการกำหนดแรงกระทำ (Load) ที่กระทำต่อคานและเสา กำหนดจุดจับยึด และกำหนดวัสดุที่ใช้เบื้องต้นโดยเลือกน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ให้มีขนาดใกล้เคียงกับวัสดุจริงมากที่สุด ในการวิเคราะห์โครงสร้างสามารถทำนายโครงสร้างกังหันน้ำเบื้องต้นได้ว่าจะใช้วัสดุอะไรเป็นตัวสร้างต้นแบบ เพราะการวิเคราะห์เราจะต้องทำการเลือกวัสดุในการวิเคราะห์ผลทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย โปรแกรมจะเป็นตัวเชื่อมโยงวัสดุนั้นไว้ให้ใช้ โดยสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ผลทางวิศวกรรมได้

รูปที่ 3-2 องค์ประกอบรวมของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการทดสอบระบบการทำงานของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบต้นแบบกังหันน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบ โครงสร้าง และใบกังหันน้ำขนาดเล็กต่อไป

4.1 ข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ

สืบเนื่องจากได้เกิดอุทกภัยแบบฉลับพลันจากพายุอุซางิ เมื่อวันที่ 11 สิงหาคม 2544 ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำก้อและลุ่มน้ำชุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำให้น้ำป่า ทะเลโคลน ท่อนซุง ทะลักจากบริเวณต้นน้ำลงมากวาดบ้านเรือนของราษฎรได้รับความเสียหาย และมีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก จากภัยพิบัติดังกล่าวทำให้ส่วนราชการต่างๆ เข้าไปดำเนินการช่วยเหลือ และร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยในส่วนของกรมชลประทานได้วางแผนก่อสร้างโครงการชลประทานขนาดกลาง จำนวน 3 โครงการ คือ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำชุนใหญ่ และโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำชุนน้อย ประกอบกับเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2547 และ 25 สิงหาคม 2548 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงพระราชทานพระราชดำริให้กรมชลประทานพิจารณาอ่างเก็บน้ำตอนบนของลำน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักไว้ให้มาก และพิจารณาจัดเก็บให้เหมาะสม กรมชลประทานได้สนองพระราชดำริดังกล่าวโดยบรรจุงานก่อสร้างโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อไว้ในแผนงานระยะเร่งด่วนของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำลุ่มน้ำป่าสักตอนบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ

ลักษณะโครงการ	รายละเอียด
ลักษณะ	เขื่อนดิน(Zone Type)
ระดับสันทำนบดิน	246.500 ม.ทรก.
ความกว้างสันทำนบดิน	9 ม.
ความยาวสันทำนบดิน	1,227 ม.
ส่วนสูงที่สุด	51 ม.
ลาดทำนบ:ด้านเหนือ	1:3
ลาดทำนบ:ด้านท้ายน้ำ	1:2.5
ส่วนกว้างที่สุดของฐาน	280 ม.
ปริมาณดินถมตัวทำนบดินประมาณ	3.00 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก้อ (ต่อ)

สภาพพื้นที่	รายละเอียด
พื้นที่รับน้ำลงอ่าง	70 ตาราง กม.
ฝนเฉลี่ยทั้งปี	1,140 มม.
ปริมาณน้ำไหลลงอ่างฯในเกณฑ์เฉลี่ย	26.09 ล้าน ลบ.ม./ปี
ความจุอ่างฯที่ระดับ Dead Storage	0.81 ล้าน ลบ.ม.
ความจุอ่างฯที่ระดับเก็บกัก	20.58 ล้าน ลบ.ม.
ระดับท้องลำน้ำ	195.000 ม.รทก.
ระดับธรณี ทรบ.	210.000 ม.รทก.
ระดับเก็บกัก	242.000 ม.รทก.
ระดับน้ำนองสูงสุด	244.197 ม.รทก.
ระดับสันทำนบ	246.500 ม.ทรก.
พื้นที่ผิวอ่างฯที่ระดับ Dead Storage	50 ไร่
พื้นที่ผิวอ่างฯที่ระดับเก็บกัก	630 ไร่
พื้นที่ผิวอ่างฯที่ระดับน้ำนองสูงสุด	720 ไร่
ส่งน้ำช่วยเหลือการเพาะปลูกในฤดูฝนได้ประมาณ	13,000 ไร่
ส่งน้ำช่วยเหลือการเพาะปลูกในฤดูแล้งได้ประมาณ	5,200 ไร่
น้ำเพื่อการ อุปโภค-บริโภค เดือนละ	0.50 ล้าน ลบ.ม.
ระบบส่งน้ำและอื่น ๆ	**รายละเอียด**
อาคารระบายน้ำล้น(Service SPillway)	ระบายน้ำได้สูงสุด 479.32 ลบ.ม./วินาที
ที่ตั้ง(Service Spillway)	อยู่ทางฝั่งขวาของเขื่อนดิน
ชนิด(Service Spillway)	Side Channel
สันฝายยาว(Service Spillway)	80 ม.
ท่อระบายลงน้ำเดิม(River Outlet)	เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 ม. ระบายน้ำได้สูงสุด 24.527 ลบ.ม./วินาที
ชนิด(River Outlet)	Concrete Steel Liner

องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านก้อ

รูปที่ 4-1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำห้วยนำก้อ

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ

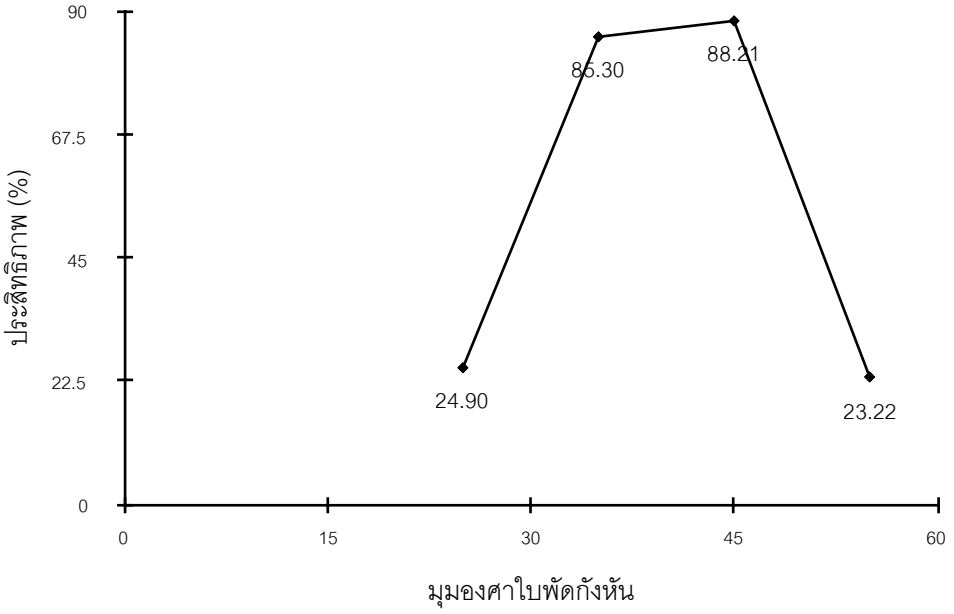
จากการทำการวิจัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบสามารถสรุปผลได้ดังนี้

เป็นการศึกษาผลการทดสอบต้นแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 1.8 เมตร การทดสอบกังหันน้ำ ทำได้โดยการปล่อยน้ำในถังเก็บน้ำลงมาโดยอาศัยประตูน้ำเป็นตัวปรับระดับอัตราการไหล ปล่อยน้ำผ่านท่อเหล็กลำน้ำที่ไหลลงมาด้วยความเร็ว 5.94 เมตรต่อวินาที เข้าสู่หน้าตัดกังหันน้ำเพื่อให้กังหันน้ำนั้นเกิดการหมุนเพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยเพลาเป็นตัวส่งกำลัง กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กยังมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการวัดค่าโปรไฟล์การไหลที่เกิดขึ้นในระบบการทำงาน เรียกว่า ทอร์ค หาประสิทธิภาพของกังหันน้ำโดยการปรับมุมองศาของใบกังหันน้ำที่มุมองศาต่าง ๆ ได้แก่ 25 35 45 และ 55 องศากับแนวแกน ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ

องศาใบกังหันน้ำ	ความเร็วเชิงมุม (RPM)	ทอร์ค (N.m)	ประสิทธิภาพ (%)
25	300.6	2.89	24.90
35	428.6	2.84	85.30
45	329.0	2.63	88.21
55	229.0	2.10	23.22

และเมื่อทำการ plot graph ระหว่างมุมองศาของใบกังหันน้ำและประสิทธิภาพ พบว่าที่มุมองศาใบกังหันน้ำที่ 45 องศา กังหันน้ำหัวน้ำต่ำมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 88.21 ดังกราฟ



รูปที่ 4-2 การติดตั้งอุปกรณ์เบื้องต้น

รูปที่ 4-3 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำหัวน้ำต่ำ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ที่มุมใบกังหันน้ำที่ 45 องศาให้ประสิทธิภาพการทำงานได้สูงสุดถึง 85 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลและอภิปรายผล

การออกแบบกังหันน้ำ ใบพัดกังหันเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากสำหรับการเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้อยู่ในรูปพลังงานกล รูปทรงของใบพัดกังหันจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสภาวะการไหลของแต่ละแหล่งน้ำ โดยอาศัยทฤษฎีทางด้าน Turbo machinery ร่วมกับ สมการ 3-D blade ช่วยในการกำหนดรูปร่างของใบพัด และใช้การจำลองทาง CFD วิเคราะห์การกระจายตัวของความดันบนผิวใบพัด ทำให้สามารถหาค่ากำลังที่ผลิตได้ จากใบพัดที่ได้ออกแบบโดยผลการวิเคราะห์พบว่ามุมของ Guide vane ที่เหมาะสมคือ 25 องศา และมุมของ Runner blade ที่เหมาะสมคือ 45 องศา ที่ความเร็วรอบ 329 rpm ให้ประสิทธิภาพสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อทดสอบการใช้งานจริงของกังหันน้ำหัวน้ำต่ำว่าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปริมาณสูงสุดเท่าใด เพื่อวางแผนในการนำไปใช้งานจริง

บรรณานุกรม

นระ คมนามูล. 2546. การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก. (ม.ป.ป.) แหล่งที่มา: http://www.dedp.go.th, 22 เมษายน 2554.

สรวิชญ์ กุลศิลารัตน์. 2547. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับเครื่องมือศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Clive B. 2002. Energy: Management, Supply And Conservation. Butterworth-Heinemann.

ชัยยุทธ ชิณะราศรี และคณะ. 2552. การประเมินศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำแควน้อยจังหวัดกาญจนบุรี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

วินัย ศรีอำพร และคณะ. 2555. ศึกษาความเหมาะสมเชิงวิศวกรรมโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กลำน้ำชีลอง (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

ประวัติคณะผู้วิจัย

ผู้วิจัยหลัก

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายสุพจน์ เกิดมี

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Supoj Kerdmee

2. เลขหมายบัตรประชาชน

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

4. หน่วยงานที่สังกัด สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
อ. เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทร. (056) 721583, 711396 ต่อ 2702 โทรสาร (056) 722217
Mobile : 08 – 61992928
e-mail : Supoj_kerdmee@hotmial.com

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาการสอนฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ พลังงานทดแทน

7. ประสบการณ์ในการทำวิจัย

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. ชื่อเรื่อง : ความไวแสงของไดโอดโลหะกึ่งตัวนำแคดเมียมซัลไฟต์
ปีที่พิมพ์ : 2528
สถานที่พิมพ์ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สถานภาพ : เป็นผู้วิจัย

2. ชื่อเรื่อง : การสร้างบทเรียนวิทยาศาสตร์ท้องถิ่น เรื่อง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุทกภัยที่ตำบลน้ำก้อ และตำบลน้ำชุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
แหล่งทุนวิจัย : สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
ปีที่ได้รับทุน : 2547
สถานภาพ : เป็นผู้ร่วมวิจัย

3. ชื่อเรื่อง : การสร้างบทเรียนวิทยาศาสตร์ท้องถิ่น เรื่อง การอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
แหล่งทุนวิจัย : สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
ปีที่ได้รับทุน : 2548

สถานภาพ : เป็นผู้ร่วมวิจัย

4. ชื่อเรื่อง : การศึกษาการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบราชการ

แหล่งทุนวิจัย : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปีที่ได้รับทุน : 2549

สถานภาพ : เป็นหัวหน้าโครงการ

5. ชื่อเรื่อง : ผลของแสงที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว

แหล่งทุนวิจัย : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปีที่ได้รับทุน : 2550

สถานภาพ : เป็นหัวหน้าโครงการ

6. ชื่อเรื่อง : การศึกษาระบบนิเวศบริเวณสวนสาธารณะหนองนารีเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการรักษาระบบนิเวศให้สมดุล

แหล่งทุนวิจัย : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปีที่ได้รับทุน : 2552

สถานภาพ : เป็นหัวหน้าโครงการ

7. ชื่อเรื่อง : การพัฒนาศักยภาพพลังงานทดแทนของตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

แหล่งทุนวิจัย : สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปีที่ได้รับทุน : 2553

สถานภาพ : เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยย่อย

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวพิณทิพย์ แก้วแกมทอง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss.Pintip Kaewkamthong
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-67990-0039-54-7
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 056-717100 ต่อ 2705
โทรศัพท์มือถือ 08-6929-9290
e-mail: koonaui_pin@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมเคมี)
มหาวิทยาลัยรังสิต
M.Eng(Environmental Engineering)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กำลังศึกษาระดับปริญญาเอก
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
6.1 Wastewater treatment
6.2 Biosorption
6.3 ยางธรรมชาติ
6.4 Hazardous waste
6.5 Integrated Solid waste management
6.6 Eco-products
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
7.1 การเตรียมและสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ
7.2 การศึกษาและพัฒนาการผลิตเครื่องสำอางสมุนไพรของกลุ่มบ้านเนินพัฒนา อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์
7.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิต
7.4 Removal of Heavy Metals from Wastewater by Adsorption Using Egg Shell Membrane (ESM)
7.5 การศึกษาระบบนิเวศบริเวณสวนสาธารณะหนองนารีเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการรักษาระบบนิเวศให้สมดุล

7.6 การพัฒนาศักยภาพพลังงานทดแทนของตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสักจังหวัดเพชรบูรณ์

7.7 การศึกษาการใช้เปลือกข้าวโพดเพื่อดูดซับน้ำมันในน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

7.8 การทำน้ำหมักจุลินทรีย์จากดอกจอกและเศษอาหารเพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงอาหารที่เหมาะสมภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

7.9 การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนรู้แบบร่วมมือวิชาเคมีเบื้องต้น

7.10 เครื่องสกัดสารจากใบยูคาลิปตัสเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

7.11 การพัฒนากระบวนการผลิตและการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในการแปรรูปมะขามด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จังหวัดเพชรบูรณ์

7.12 การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยง อำเภอเขาค้อจังหวัดเพชรบูรณ์

7.13 การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำหัวน้ำต่ำที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

7.14 เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบครบวงจรที่เหมาะสมกับองค์กรปกครองท้องถิ่น

7.15 การถ่ายทอดองค์ความรู้การบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อพัฒนาต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์

7.16 การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายไพฑูรย์ บานเย็นงาม
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Paitoon Banyenngam
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6701-00166-67-8
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานห้องปฏิบัติการ
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
5. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี	วท.บ.(พืชศาสตร์)
		คบ.วิทยาศาสตร์ทั่วไป

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

   ธรณีวิทยา , อุตุนิยมวิทยา , ดาราศาสตร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   7.1 การศึกษาศักยภาพแหล่งซากดึกดำบรรพ์ในจังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวและเป็นแหล่งเรียนรู้

   7.2 ผลของแสงที่มีผลต่อการงอกและเจริญเติบโตของถั่วเขียว

   7.3 การสร้างบทเรียนท้องถิ่น เรื่อง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับการเกิดอุทกภัยที่ตำบลน้ำก้อ ตำบลน้ำชุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

   7.4 การสร้างบทเรียนท้องถิ่น เรื่อง การอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์