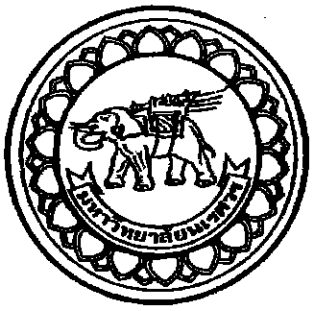


# การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำของลุ่มน้ำปัว จังหวัดน่าน

## Analysis of Small Hydropower Development Potential in the Pua river basin , Nan Province


| | | |
|---|---|---|
| นายชัยพร | เสาวภา | รหัส 51360158 |
| นายธนิ | ช่างแกะ | รหัส 51360271 |
| นายนิพล | ดวงอุปะ | รหัส 51360349 |


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554


ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1605325
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 5395 ส 2554

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

**ชื่อหัวข้อโครงงาน** การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ของลุ่มน้ำปัว จังหวัดน่าน

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายชัยพร | เสาวภา | รหัส 51360158 |
| | นายธนิ | ช่างแกะ | รหัส 51360271 |
| | นายนิพล | ดวงอุปะ | รหัส 51360349 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | รศ.ดร. สงวน | ปัทมธรรมกุล | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ปีการศึกษา** | 2554 | | |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

( รศ.ดร. สงวน ปัทมธรรมกุล)

.....กรรมการ

( รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

.....หัวหน้าภาค

(ผศ.ดร. ทวีศักดิ์ แตะกระโทก)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำในลุ่มน้ำป๊ว จังหวัดน่าน | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายชัยพร | เสาวภา | รหัส 51360158 |
| | นายธนิ | ช่างแกะ | รหัส 51360271 |
| | นายนิพล | ดวงอุปะ | รหัส 51360349 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | รศ.ดร. สงวน ปัทมธรรมกุล | | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ปีการศึกษา** | 2554 | | |


**บทคัดย่อ**

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งเป็นโครงการขนาดเล็กไม่เกิน 5 เมกกะวัตต์ พื้นที่กรณีศึกษา คือ ลุ่มน้ำป๊ว อำเภอป๊ว จังหวัดน่าน

ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ลุ่มน้ำป๊วที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าในลุ่มน้ำป๊วเบื้องต้นได้ศึกษาไว้ทั้งหมด 7 โครงการพื้นที่น้ำรับรวม 379.44 ตร.กม กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 1.713 เมกะวัตต์ ในส่วนรูปแบบการลงทุนเป็นการลงทุนร่วมกันระหว่างภาครัฐและชุมชน โดยชุมชนร่วมกันจัดตั้งสหกรณ์ เพื่อดำเนินการ ในที่นี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น 3 โครงการ ได้แก่ โครงการที่ 1 ตั้งอยู่ที่บ้านป่าเที่ยง มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ 0.249 เมกกะวัตต์ งบประมาณที่ใช้ในการลงทุนก่อสร้าง 18,550256.92 บาท โครงการที่ 2 ตั้งอยู่ที่บ้านนาน้อย มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ 0.184 เมกกะวัตต์ งบประมาณที่ใช้ในการลงทุนก่อสร้าง 15,441,625.24 บาท โครงการที่ 3 ตั้งอยู่ที่บ้านหัวน้ำ มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ 0.135 เมกกะวัตต์ งบประมาณที่ใช้ในการลงทุนก่อสร้าง 14,910,751.07 บาท

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project title** | Analysis of Small Hydropower Development Potential in the Pua river basin , Nan Province | | |
| **Name** | Mr. Chaipron | Saowawa | ID. 51360158 |
| | Mr. Thani | Changkae | ID. 51360271 |
| | Mr. Nipon | Duang-uppa | ID. 51360349 |
| **Project advisor** | Aoc. Prof. Dr. Sanguan Patamatamkul | | |
| **Major** | Civil Engineering | | |
| **Department** | Civil Engineering | | |
| **Academic year** | 2011 | | |


## Abstract

This project studied the potential of hydropower development project. The projects are small projects which have the installed capacity of not over 5 MW. The study area is the Pua river basin , Nan Province.

The result for analysis found that there is potential of developing hydropower projects in the Pua river basin. There are 7 projects with the total catchment areas of 379.44 square kilometer. The total power is 1.713 MW. The investment of the project is by cost sharing between the government and local communities. The communities should establish the cooperative for the project management. Three projects were chosen for further studied. The first project is in Ban Pa Thieng which having the production capacity of 0.249 MW. The investment cost is 18,550256.92 Baht The second project is in Ban Na Noy that having the production capacity of 0.184 MW and the investment cost is 15,441,625.24 Baht. The third project is in Ban Hua Nam which having the capacity of 0.135 MW and the investment cost is 14,910,751.07 Baht.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จขึ้นได้ ทางคณะผู้จัดทำต้องขอบพระคุณ รศ.ดร.สงวน ปัทมธรรมกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยช่วยเหลือจัดหาข้อมูลและแนะนำแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้อง ให้คำปรึกษาเพื่อแก้ปัญหา ขอขอบพระคุณอาจารย์ มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และครูช่าง ของภาควิชา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัย

ผู้จัดทำ

นายชัยพร เสาวภา

นายธนิ ช่างแกะ

นายนิพล ควงอุปะ

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก

บทคัดย่อภาษาไทย.....ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

กิตติกรรมประกาศ.....ง

สารบัญ.....จ

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและสภาพปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน.....1

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.5 ผลคาดว่าจะได้รับ.....2

1.6 งบประมาณที่ใช้ในการศึกษา.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....3

2.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก.....7

2.3 เครื่องกังหันน้ำ.....12

2.4 ฝาย.....23

2.5 ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำหลาก และปริมาณตะกอน.....25

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 การรวบรวมข้อมูล.....28

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำของลุ่มน้ำปัว.....36

4.2 ราคาค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของลุ่มน้ำปัว.....49

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป.....51

5.2 ข้อเสนอแนะ.....52

บรรณานุกรม.....53

ภาคผนวก ก.....54

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....63

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงระยะเฮดที่เหมาะกับกังหันน้ำขนาดเล็กของประเภทต่างๆ.....19

3.1 สถิติภูมิอากาศและศักย์การคายระเหยน้ำในพื้นที่ศึกษา.....30

3.2 ฝนเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละท้องที่ของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัว.....32

4.1 ศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กทั้ง 7 โครงการในลุ่มน้ำปัว.....36

4.2 ลักษณะโครงการที่ 1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก บ้านป่าเที่ยง.....38

4.3 ลักษณะโครงการที่ 2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก บ้านนาน้อย.....41

4.4 ลักษณะโครงการที่ 3 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก บ้านหัวน้ำ.....44

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ | 4 |
| 2.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ | 5 |
| 2.3 โรงไฟฟ้าแบบสูบน้ำกลับ | 5 |
| 2.4 องค์ประกอบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก | 8 |
| 2.5 ฝายทดน้ำ | 9 |
| 2.6 อาคารรับน้ำ | 9 |
| 2.7 ท่อผันน้ำ | 10 |
| 2.8 ประเภทของกังหันน้ำ | 12 |
| 2.9 ลักษณะกังหันแรงกระแทก | 13 |
| 2.10 ลักษณะของกังหันน้ำแรงกระแทก | 13 |
| 2.11 กังหันแรงสะท้อน | 14 |
| 2.12 ลักษณะท่อปล่อยน้ำ | 15 |
| 2.13 การติดตั้งกังหันแรงสะท้อนในกรณีที่มีเฮดน้ำต่ำ (low heads) | 15 |
| 2.14 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเดเรียซ | 16 |
| 2.15 ภาพกังหันคาปลาน | 16 |
| 2.16 กังหันคาปลานที่เขื่อนแก่งกระจาน | 17 |
| 2.17 กังหันแบบท่อ (tube turbine) | 17 |
| 2.18 กังหันแบบกระเปาะ ที่เขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี | 18 |
| 2.19 กราฟความสัมพันธ์ระยะเฮดน้ำ และอัตราการไหล | 18 |
| 2.20 แสดงถึงตำแหน่งของหัวน้ำ | 20 |
| 2.21 ลักษณะหัวฉีดแบบต่างๆ | 21 |
| 2.22 ฝายกั้นน้ำ | 23 |
| 2.23 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขากับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกทั้งปี | 25 |

# สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.24 ปริมาณฝนและน้ำท่ารายเดือน ณ ฝายป๋ว | 26 |
| 2.25 ความสัมพันธ์รายเดือนของน้ำท่าเหนือฝายป๋วในลำน้ำป๋วและน้ำฝนที่อช.ภูคา | 26 |
| 2.26 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขากับปริมาณน้ำหลากสูงสุดเฉลี่ย | 27 |
| 3.1 แผนที่แสดงลุ่มน้ำย่อยต่างๆในลุ่มน้ำน่าน และพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป๋ว | 29 |
| 3.2 สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป๋ว | 31 |
| 3.3 สถานีวัดน้ำฝนต่างๆที่ใช้ศึกษาในลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำป๋วจังหวัดน่าน | 32 |
| 3.4 การแบ่งพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำป๋วตามสัดส่วนสถานีวัดน้ำฝน 4 แห่ง | 33 |
| 3.5 รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสะสม 1 วัน ในพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำป๋ว | 33 |
| 3.6 รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสะสม 2 วัน ในพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำป๋ว | 34 |
| 3.7 รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสะสม 3 วัน ในพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำป๋ว | 34 |
| 3.8 แสดงระบบลำน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป๋ว | 35 |
| 4.1 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ณ บ้านป่าเที่ยง | 37 |
| 4.2 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ณ บ้านนาน้อย | 40 |
| 4.3 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ณ บ้านหัวน้ำ | 43 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและสภาพปัญหา

ลุ่มน้ำปัวมีพื้นที่ตั้งอยู่ในจังหวัดน่าน ที่อยู่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งเคยมีความสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติอย่างมากแต่ประชากรยังต้องพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติอยู่และใช้ทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้นอย่างสิ้นเปลือง ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดน้อยลง ทั้งบุกรุกป่าเพื่อการทำไร่ทำสวน โดยไม่ได้คิดคำนึงว่าทรัพยากรธรรมชาติจะเป็นอย่างไร เมื่อทรัพยากรธรรมชาติลดน้อยลงก็จะส่งผลกระทบตามมาอีกมากมาย เช่น ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน เกิดการตกค้างของสารเคมีในแหล่งน้ำ จากยาฆ่าแมลงที่ใช้ทำไร่ เป็นต้น ดังนั้นจะต้องหาวิธีร่วมกันที่จะดูแลและรักษาและส่งเสริมทรัพยากรธรรมชาติให้คงอยู่ตลอดไป

ลุ่มน้ำปัวมีทรัพยากรน้ำที่สมบูรณ์ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,258.00 มิลลิเมตร (http://hydro-1.net/08HYDRO/HD-03/3-03.pdf) มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 81.33 ม.$^3$/วินาที (http://hydro-1.net/08HYDRO/HD-04/4-03.html) มีลำน้ำสาขาอยู่มากมาย เช่น ลำน้ำสา ลำน้ำวา ลำน้ำสมุน ลำน้ำแหง ลำน้ำและ ลำน้ำกอน ลำน้ำปัว ลำน้ำยาว ลำน้ำย่าง ลำน้ำยาวอวน ลำน้ำน่าน เป็นต้น ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำมากพอสมควรแต่ยังไม่มีการศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพดังกล่าว

ในโครงงานนี้จะศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำของลุ่มน้ำปัว โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมและชุมชนเป้าหมาย คือ ชุมชนที่อาศัยในพื้นที่ที่มีการบุกรุกป่าเพื่อทำการเกษตร เพื่อทำให้ชุมชนเหล่านั้นเปลี่ยนอาชีพมาปลูกป่าแทนอาชีพเดิม โดยมีรายได้จากการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำเสริมรายได้จากการดูแลรักษาป่า

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำลุ่มน้ำปัว

1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการลงทุนที่จะวางโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ โดยชุมชนมีส่วนร่วม

## 1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.3.1 พื้นที่ศึกษาคือ ลุ่มน้ำปัว อำเภอปัว ของจังหวัดน่าน

1.3.2 โครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นโครงการขนาดเล็กกำลังผลิตไม่เกิน 5 เมกกะวัตต์

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

| เดือน / กิจกรรม | พฤศจิกายน | ธันวาคม | มกราคม | กุมภาพันธ์ |
|---|---|---|---|---|
| 1.การนำเสนอโครงงาน | ←→ | | | |
| 2.ตรวจสอบสถานที่ทำโครงงาน | | ←→ | | |
| 3.ติดต่อข้อมูลจากสำนักงานที่เกี่ยวข้อง | ←→ | ←→ | ←→ | |
| 4.วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น | | ←→ | ←→ | |
| 5.เขียนโครงการ | | ←→ | ←→ | ←→ |

## 1.5 ผลคาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบถึงศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำของลุ่มน้ำปัว

1.5.2 ได้โครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก โดยชุมชนมีส่วนร่วมในการลงทุนและบริหารจัดการ ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

## 1.6 งบประมาณที่ใช้ในการศึกษา

| | | |
|---|---|---|
| 1. ค่าวัสดุสำนักงาน | 500 | บาท |
| 2. ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์ | 200 | บาท |
| 3. ค่าสำเนาเอกสารข้อมูล | 500 | บาท |
| 4. ค่าจัดทำรูปเล่ม | 1,800 | บาท |

รวมค่าใช้จ่าย 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

**หมายเหตุ** : ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

## 2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ

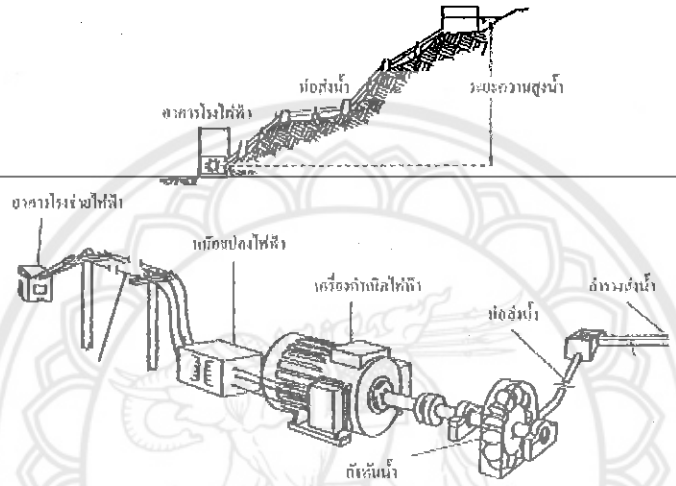
เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880 ซึ่งเป็นระบบผลิต ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดเล็กในมลรัฐวิสคอนซินประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการพัฒนา เรื่อยมาจนถึงระดับโรงไฟฟ้าในปี ค.ศ. 1891 ในเมืองแฟรงค์เฟิร์ต ประเทศเยอรมนี จนถึงปัจจุบันเทคโนโลยีพลังน้ำผลิตไฟฟ้ามีความก้าวหน้าอย่างมากและมีการติดตั้ง ใช้งานทั่วโลกกว่า 962 GW โดยประมาณ 15% ของพลังงานไฟฟ้าทั่วโลกในปัจจุบัน ได้มาจากพลังน้ำ ระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่เป็นระบบ ที่มีความมั่นคงในการ จ่ายพลังงาน มีประสิทธิภาพสูง และมีอายุการใช้งานนาน แต่อย่างไรก็ตามการสร้าง เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ก็จะมีผลกระทบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ระยะหลังจึงมีการ พัฒนาระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดกลางและขนาดเล็กเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่จำเป็น ต้องสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ จึงไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังจะเห็นได้จากใน ช่วงที่ผ่านมามีการติดตั้งระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเพิ่มขึ้นกว่า 7% โดยเฉพาะ ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและกลุ่มประเทศลาตินอเมริกา ส่งผลให้ปัจจุบันมี การติดตั้งระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กทั่วโลกรวมกว่า 85 GW

โรงไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ตามชนิดโครงสร้างของอาคารหรือประเภทของเครื่องกังหันน้ำระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้า ในการเลือกที่ตั้งของโรงไฟฟ้าจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ คือ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าจะต้องเหมาะสมกับระบบท่อส่งน้ำ สภาพฐานรากมั่นคงแข็งแรง ในกรณีที่ตั้งอยู่ไหล่เขา พื้นที่จะต้องไม่เกิดการเคลื่อนตัวของภูเขา โรงไฟฟ้ามีขนาดเหมาะสมและแข็งแรงพอที่ป้องกันเครื่องกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆมีพื้นที่เพียงพอในการประกอบอุปกรณ์และรองรับอุปกรณ์ขนาดใหญ่ได้โรงไฟฟ้าจะต้องมีความสูงเพียงพอที่จะยกชิ้นส่วนขนาดใหญ่ได้ สถานที่ตั้งสามารถเข้าไปดำเนินการได้อย่างสะดวก

**2.1.1 ชนิดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งตามปริมาณน้ำ**

**2.1.1.1 แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (run of river)**

โรงไฟฟ้าชนิดนี้ ใช้ประโยชน์ของน้ำที่ไหลตามลำห้วย ลำธาร สร้างเขื่อนเล็กๆ หรือฝายขวางลำน้ำ บังคับน้ำให้ไหลไปตามท่อ หรือทำรางส่งน้ำ ใช้ความดันของน้ำจากที่สูงหมุนกังหันซึ่งต่อแกนกับเครื่องกำเนิด ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ปริมาณน้ำไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล

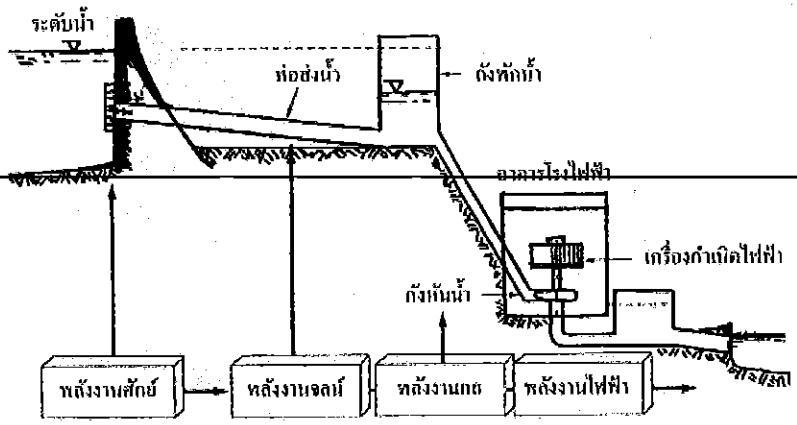



**รูปที่ 2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ**

**ที่มา: วัฒนา ฉาวร (2540)**

**2.1.1.2 แบบมีอ่างเก็บน้ำ (Storage Regulation Development)**

เป็นโรงไฟฟ้าขนาดกลาง หรือ ขนาดใหญ่ และพัฒนาให้เป็นแบบอเนกประสงค์ โรงไฟฟ้าชนิดใช้เป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า น้ำจะถูกเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนให้มีปริมาณเพียงพอที่จะผลิตไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ

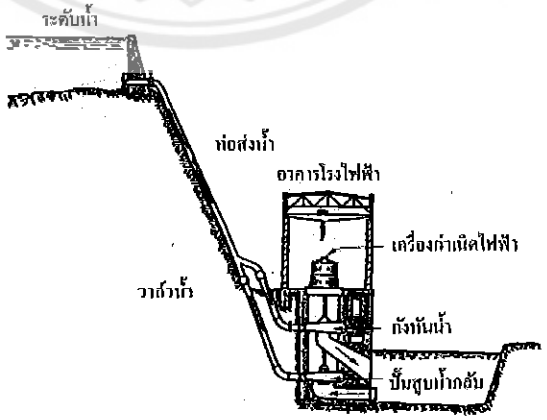



**รูปที่ 2.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ**

**ที่มา: วัฒนา ฉาวร (2540)**

**2.1.1.4 แบบสูบน้ำกลับ (Pumped Storage Plant)**

โรงไฟฟ้าแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วน คืออ่างแบบน้ำบนและอ่างโรงไฟฟ้าจะเป็นตัวเชื่อม ในขณะที่ผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้า สูงก็จะปล่อยน้ำให้หมุนกังหันและเครื่องกำเนิดกำเนิดไฟฟ้า และเมื่อใดที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือลดลง ก็จะใช้กำลังงานไฟฟ้าที่เหลือจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่เพื่อสูบน้ำจากอ่างล่างกลับขึ้นไปเก็บไว้ที่ด้านบน เพื่อประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป




**รูปที่ 2.3 โรงไฟฟ้าแบบสูบน้ำกลับ**

**ที่มา: วัฒนา ฉาวร (2540)**

**2.1.2 ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ**

2.1.2.1 อาคารรับน้ำ (Power Intake) คือ อาคารที่อยู่ด้านล่างหลังเขื่อน ตัวอาคารจะมีท่อส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปดันกังหันและหมุนเครื่องกำเนิด ภายในอาคารจะมีห้องควบคุมน้ำ และควบคุมระบบการผลิตไฟฟ้า

2.1.2.2 อุโมงค์เหนือน้ำ (Headrace) เป็นช่องทางที่น้ำไหลเข้ามายังท่อส่งน้ำอยู่ภายในตัวเขื่อน

2.1.2.3 ตะแกรง (Screen) เป็นตะแกรงเหล็กมีไว้สำหรับป้องกันท่อนไม้ เศษไม้ หรือวัตถุอื่นใดที่จะเข้าไปอุดตันท่อนำน้ำหรือความเสียหายให้กับกังหัน ตะแกรงนี้จะต้องมีช่องให้พอดีที่จะทำให้ปริมาณน้ำไหลผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2.4 ท่อส่งน้ำ (Penstock) เป็นท่อรับน้ำอยู่ในตัวเขื่อนหรือน้ำจากเขื่อน แล้วลดระดับให้ต่ำลงเพื่อทำให้น้ำมีแรงดันหมุนกังหัน

2.1.2.5 ท่อรับน้ำ (Draft Tube) เป็นท่อรับน้ำที่อยู่ส่วนหลังของกังหัน เพื่อนำน้ำผ่านกังหันส่งออกไปยังท้ายน้ำ

2.1.2.6 อาคารลดแรงดันน้ำ (Surge Tank) เป็นอาคารหรือถังน้ำขนาดใหญ่ สร้างขึ้นอยู่ระหว่างตัวเขื่อนกับอาคารรับน้ำเพื่อลดแรงดัน หรือ แรงอัดของน้ำไม่ให้เกิดอันตรายกับท่อน้ำหรือหัวฉีดน้ำ แต่โรงไฟฟ้าบางชนิดที่ตั้งใกล้ตัวเขื่อนก็ไม่ต้องมีอาคารลดแรงดันน้ำ

2.1.2.7 ประตูน้ำ (Wicket Gate) เป็นบานประตูที่ควบคุมการไหลของน้ำ สามารถปิดหรือเปิดให้น้ำไหลผ่านเข้าไปยังท่อส่งน้ำเพื่อให้มีแรงดันไปหมุนกังหัน

2.2.2.8 กังหัน (Turbine) เป็นตัวรับแรงกระทำของน้ำที่ใช้แรงดันมาฉีดหรือผลักดันให้หมุน และต่อแกนอยู่กับเครื่องกำเนิด ผลิตไฟฟ้าออกมา

2.1.2.9 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกล ที่ได้รับจากต้นกำลังมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

2.1.2.10 หม้อแปลง (Transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เป็นแรงดันสูงส่งเข้าระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเป็นระยะไกลกับศูนย์กลางผู้ใช้ไฟฟ้า

2.1.2.11 ทางน้ำล้น (Spillway) คือ ทางระบายน้ำออกในอ่างเก็บน้ำในกรณีที่มีน้ำมีระดับสูงมากเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำท่วมล้นตัวสันเขื่อน

## 2.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก เป็นโรงไฟฟ้า ที่ผลิตกะแสไฟฟ้าได้ ไม่เกิน200kW โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งเป็นพลังงานทดแทน สามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้โดยหลักการระบบวัฏจักรของน้ำ ซึ่งชุมชนสามาถนำมาผลิตไฟฟ้า เพื่อใช้ในหมู่บ้านได้เอง ทำให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น และเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เนื่องจากไม่ได้สร้างเขื่อนที่มีขนาดใหญ่ที่อาจส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากรอื่นๆ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจึงถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูง เพราะนอกจากไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วยังช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากการผลิตไฟฟ้าด้วย และการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดเล็ก ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 16.6 % ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจำเป็นในอนาคตเป็นอย่างมาก

ปัจจุบันโรงไฟฟ้าพลังน้ำได้รับการสนับสนุนและพัฒนาจากรัฐบาลเป็นอย่างมาก แต่การเลือกสถานที่ตั้งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่เหมาะสมนั้นจะต้องพิจารณาหลายๆ ด้านประกอบกัน เช่น สภาพทางธรณีวิทยาเหมาะสมหรือไม ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีมากน้อยเท่าใด โดยโรงไฟฟ้าจะต้องไมอยู่ห่างไกลจากแหล่งที่จะใช้ไฟฟ้ามากนัก มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือไมนั้น เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความเหมาะสมของแต่ละโครงการในชุมชนเพื่อที่ได้ประโยชน์สูงสุดจากการสร้างโรงไฟฟ้า ศักยภาพของจุดที่ตั้งโครงการจะเป็นสำรวจศึกษากำลังการผลิตติดตั้งของบริเวณจุดที่ตั้งโครงการจะมีขนาดเท่าใด สามารถสรุปสมการได้จากความสัมพันธ์ของความสูงของหัวน้ำ อัตราการไหล ได้ดังนี้

$$P = 9.81 Q H_d e_T e_G$$

เมื่อ P= กลังผลิตติดตั้ง (kW)

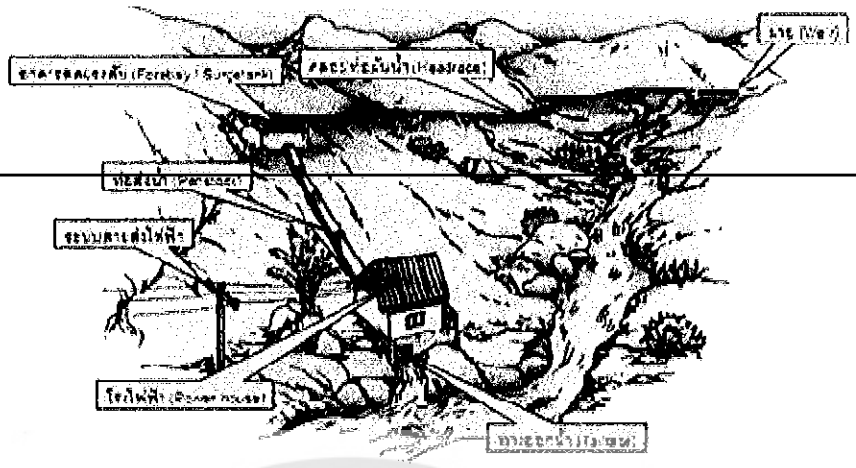
Q =ปริมาณน้ำออกแบบ ($m^3/s$)

$H_d$ =ความสูงหัวน้ำ (m)

$e_T$ =ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ =0.9

$e_G$ =ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า=0.95 $H_d$

โดยจะก่อสร้างฝายทดน้ำหรือเขื่อนขนาดเล็ก กั้นลำน้ำและผันน้ำจากเขื่อนหรือฝายดังกล่าวด้วยระบบส่งน้ำไปยังโรงไฟฟ้า แรงน้ำซึ่งไหลมาตามท่อจะไปหมุนเครื่อง กังหันน้ำซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และองค์ประกอบหลักของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

ที่มา: http://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/small-water-f1.pdf

**2.2.1 ตัวฝายทดน้ำหรือตัวเขื่อนขนาดเล็ก (Weir or Small Dam)**

กำลังการผลิตติดตั้งของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก จะขึ้นอยู่กับตัวแปรทางธรรมชาติ คือความสูงหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะเป็นคุณลักษณะ เฉพาะของแต่ละสถานที่นั้นๆ ถาสถานที่ที่ถูกคัดเลือกเป็นลำน้ำใกล้ภูเขา ซึ่งท้องน้ำมีความลาดชันมาก อัตราการไหลของน้ำในลำน้ำส่วนมากจะมีปริมาณน้อยแต่จะไหลตลอดทั้งปี และสามารถพัฒนาให้มี ความสูงของหัวน้ำได้มากกว่า ดังนั้นฝายน้ำล้นสำหรับทดน้ำเขาระบบส่งน้ำ (Run of River) เป็นทางเลือกที่ความเหมาะสมกว่า เพราะทำให้ราคาค่าก่อสร้างถูกกว่า แต่ถ้าหากสถานที่ที่เลือกอยู่ห่างจากภูเขา ซึ่งท้องน้ำมีความลาดชันน้อย อัตราการไหลของน้ำจะมีมาก แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถกำหนดให้ มีความสูงของหัวน้ำได้มาก และการไหลจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี ดังนั้นเขื่อนที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก จะมีความเหมาะสม เพราะสามารถได้ความสูงของหัวน้ำเพิ่มขึ้น และสามารถใช้น้ำจากที่เก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

โครงสร้างของฝายทดน้ำหรือเขื่อนขนาดเล็กจะมีลักษณะเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มี การออกแบบอย่างเหมาะสม มีความแข็งแรงถาวร สร้างกั้นลำน้ำเพื่อผันน้ำและควบคุมระดับน้ำ ที่ เข้าสู่อาคารรับน้ำบริเวณส่วนปากท่อ ออกแบบให้สามารถรองรับการไหลของน้ำหลากในฤดูฝนได้ อย่างปลอดภัย น้ำส่วนที่มากเกินจะล้นไปทางสันฝาย ลงสู่ลำน้ำเดิมทางท้ายฝายต่อไป

**รูปที่ 2.5 ฝายทดน้ำ**

**ที่มา:** http://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/small-water-f1.pdf

**2.2.2 อาคารรับน้ำ (Intake)**

อาคารรับน้ำ เป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตสำหรับรับน้ำจากลำน้ำหนาฝายทดน้ำหรือหน้าเขื่อนเข้าสู่ระบบผันน้ำและระบบส่งน้ำ โดยปกติจะวางแนวอยู่ในทิศตั้งฉากกับทิศทางการไหลของลำน้ำ ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณการไหลของน้ำที่จะใช้ประโยชน โดยการติดตั้งระบบเปิด-ปิดด้วยบาน ประตู ติดตั้งตะแกรงป้องกันเศษขยะที่ลอยมากับน้ำและมีประตูระบายตะกอนทราย ที่สามารถระบาย ตะกอนทรายซึ่งไหลมากับน้ำ ไมให้เข้าสูระบบผันน้ำได อาคารรับน้ำอาจก่อสร้างใกล้กับ ฝายทดน้ำหรือเขื่อน หรืออาจแยกจากกัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศแต่ละแห่ง

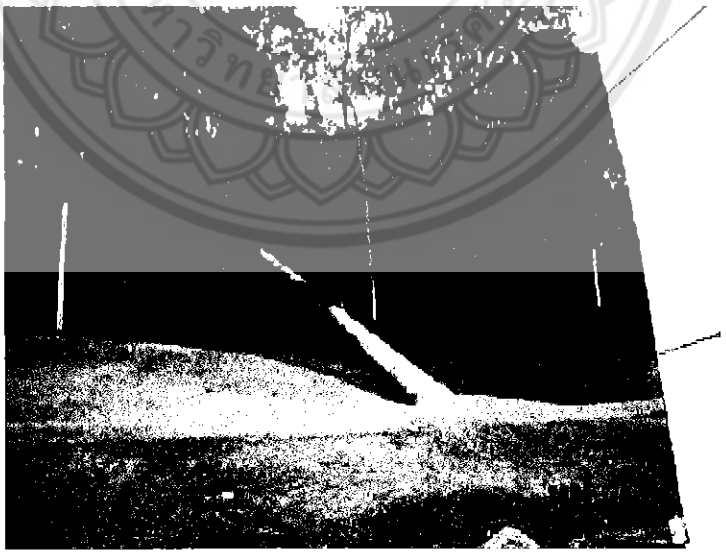
**รูปที่ 2.6 อาคารรับน้ำ**

**ที่มา:** http://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/small-water-f1.pdf

**2.2.3 ระบบผันน้ำ (Headrace)**

น้ำจากอาคารรับน้ำจะถูกส่งไปยังโรงไฟฟ้า โดยระบบผันน้ำอาจเป็นคลองส่งน้ำ หรือท่อส่งน้ำแรงดันต่ำ ซึ่งมีความลาดชันต่ำ ความยาวของระบบผันน้ำขึ้นอยู่กับ ความต้องการของความสูงหัวน้ำ สำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ทั้งนี้การก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กชนิดที่มีฝายทดน้ำ มีความจำเป็นต้องมีระบบผันน้ำดังกล่าว

นอกจากนี้ระบบผันน้ำ จะมีโครงสร้างบ่อดักตะกอน (Sand Trap) เพื่อป้องกันตะกอนทรายที่ หลงเหลือไม่ให้เข้าสู่คลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำ โดยบ่อดักตะกอน จะถูกก่อสร้างในระหว่างอาคารรับน้ำและระบบผันน้ำตอนปลายของระบบผันน้ำ จะมีการก่อสร้างระบบควบคุมระดับน้ำ โดยก่อสร้างบ่อพักน้ำ(Head Tank หรือ Fore Bay) ก่อนที่น้ำจะถูกส่งเข้าสู่ท่อส่งน้ำ บ่อพักน้ำถูกกำหนดให้เป็นที่เก็บน้ำสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า (Regulating Pound) หากระบบผันน้ำเป็นระบบปิด เช่น การก่อสร้างด้วยท่อที่สามารถรับแรงดันน้ำ ได ตอนปลายของระบบผันน้ำจะติดตั้งระบบระบายความดัน (Surge Tank) เพื่อป้องกันแรงดันกระแทกย้อนกลับ (Water Hammer) อันเนื่องมาจากการหยุดเดินเครื่องกังหันน้ำทันทีทันใด ระบบบ่อพักน้ำ (Head Tank หรือ Fore Bay) จะทำหน้าที่ระบายแรงดันกระแทกย้อนกลับดังกล่าวด้วย



ท่อส่งน้ำ โครงการไฟฟ้าพลังน้ำแม่ย่องสอน

**รูปที่ 2.7 ท่อผันน้ำ**

**ที่มา: http://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/small-water-f1.pdf**

**2.2.3 ระบบท่อส่งน้ำ (Penstock)**

เป็นระบบท่อเหล็กส่งน้ำที่รับน้ำจากระบบผันน้ำ ส่งน้ำ เข้าสู่เครื่องกังหันน้ำ ในอาคารโรงไฟฟ้า

**2.2.4 โรงไฟฟ้า (Power House)**

เป็นอาคารที่ติดตั้งเครื่องกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพรอมอุปกรณ์ประกอบ อาคารโรงไฟฟ้าจะถูกกำหนดไวในระดับที่เหมาะสม เพื่อป้องกันอุทกภัยช่วงฤดูน้ำ หลาก น้ำหลังจากผ่านเครื่องกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแลวจะถูกปล่อยกลับลงสู่ลำน้ำ เดิม ทางระบายน้ำออก (Tailrace)

**2.2.5 เครื่องกังหันน้ำ (Turbine)**

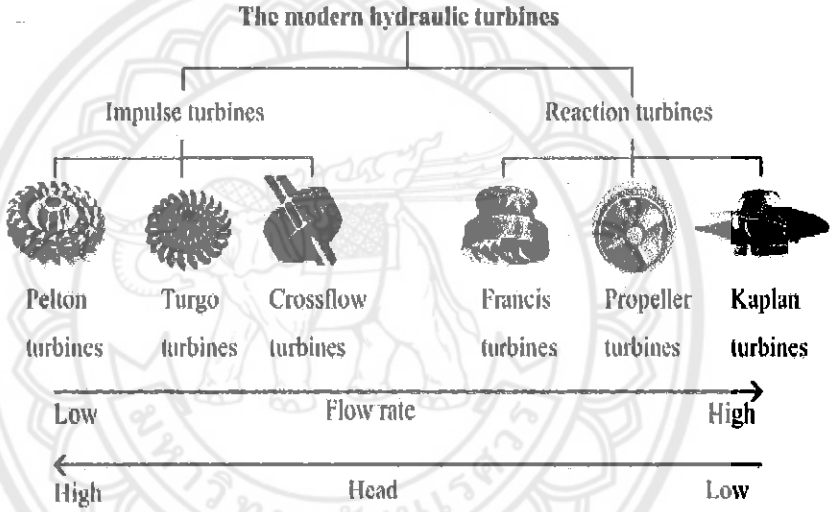
น้ำที่ถูกเก็บกักไวหนาฝายหรือเขื่อนจะถูกสะสมพลังงานไวในรูปของพลังงานศักย์ และเมื่อเคลื่อนที่ไหลไปตามระบบส่งน้ำ ไปยังโรงไฟฟ้า พลังงานศักย์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ เครื่องกังหันน้ำจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล เพื่อไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ จะขึ้นอยู่ กับความสูงของหัวน้ำโดยเครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน (Pelton) จะเหมาะกับความสูงของหัวน้ำมาก เครื่องชนิดฟรานซิส (Francis) จะเหมาะกับความสูงของหัวน้ำปานกลางและเครื่องกังหันน้ำชนิด ครอสโฟล์(Cross Flow) หรือแบบคาปลาน (Kaplan) จะเหมาะกับหัวน้ำต่ำ

**2.2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจะมีลักษณะเหมือนกับโรงไฟฟ้าชนิดอื่นๆ แต่อุปกรณ์ประกอบ เช่น อุปกรณ์ควบคุมจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ จะควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าตามความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยผ่านอุปกรณ์เครื่องควบคุม ที่เรียกว่า กอฟเวอร์เนอร์ (Governor) อุปกรณ์ประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังรวมไปถึงตูควบคุม,หม้อแปลงไฟฟ้าและลานไกไฟฟ้าด้วย

**2.3 เครื่องกังหันน้ำ (Turbines)**

เครื่องกังหันน้ำ (Turbines) คือ เครื่องจักรกลศาสตร์ (Hydraulic macinery) ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานชลศาสตร์ (Hydraulic energy) ไปเป็นพลังงานกล (mechanical energy) และจากพลังงานกลที่ได้นี้ จะทำให้เพลาของกังหันน้ำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator)ได้พลังงานไฟฟ้า (electrical energy) ไว้ใช้ต่อไปซึ่งเครื่องกังหันน้ำจะติดตั้งที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (hydroelectric powerhouse) เครื่องกังหันน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เครื่องกังหันแรงกระแทก (impulse turbine)และ เครื่องกังหันแรงสะท้อน (reaction turbine)

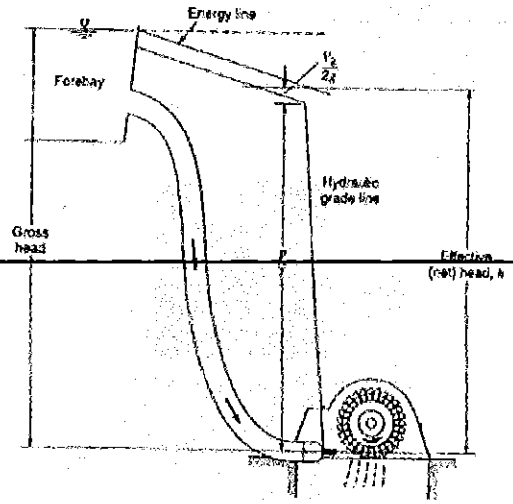



**รูปที่ 2.8 ประเภทของกังหันน้ำ**

**ที่มา: อุสาห์ บุญบำรุง (2553)**

**2.3.1 เครื่องกังหันแรงกระแทก (impulse turbine)**

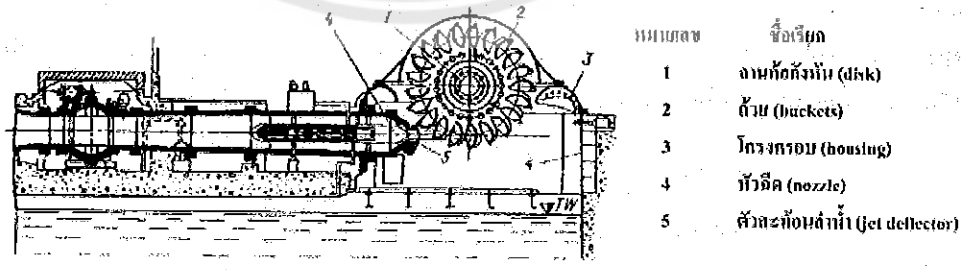
กังหันที่รับแรงฉีดอิสระของกระแสน้ำภายใต้ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่ไหลผ่านท่อส่งน้ำ (penstock) แล้วพุ่งผ่านหัวฉีด(nozzle)เข้ากระแทกถ้วย (bucket) ที่วางตลอดแนวกลมรอบๆตัวหมุน (runner) ดังรูปที่ 2.9 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากพลังงานชลศาสตร์ไปเป็นพลังงานกล และมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของน้ำที่ทำให้มีแรงพลวัต (dynamic force) กระทำให้กังหัน กังหันน้ำแรงกระแทกที่ยังคงมีการใช้งานในปัจจุบัน ได้แก่ กังหันน้ำเพลตัน (Pelton turbines) กังหันน้ำเทอร์โก (Turgo turbines) และกังหันน้ำครอสโฟส์ (Crossflow turbines) เป็นต้น




**รูปที่ 2.9 ลักษณะกังหันแรงกระแทก**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

กังหันแรงกระแทกมีลักษณะทั่วไปดังรูปที่ 2.10 ซึ่งประกอบด้วยจานล้อกังหัน (disk)หมายเลข 1 และถ้วย (buckets)หมายเลข 2 โดยถ้วยแต่ละใบจะหล่อติดหรือเชื่อมติดหรือใช้น็อตยึดติดกับวงล้อซึ่งมีรูปร่างทั่วไปเป็นรูปทรงถ้วย( blow-shaped )และมีผนังหรือสันแบ่งน้ำ (spiller)อยู่ตรงกลาง เพื่อแบ่งน้ำออกเป็น2ส่วน โดยวงล้อของกังหันจะมีโครงครอบ(housing) หมายเลข 3 ซึ่งจะยึดกังหันที่สามารถออกแบบให้แกนเพลาของกังหันวางอยู่ในแนวนอนมากกว่าแนวดิ่ง ส่วนหมายเลข 4 คือหัวฉีด (nozzle) และหมายเลข 5คือตัวสะท้อนลำน้ำ (jet deflector) เพื่อรองรับกระแสน้ำที่สะท้อนมาจากลำน้ำที่ผ่านถ้วยกังหันกลับมา

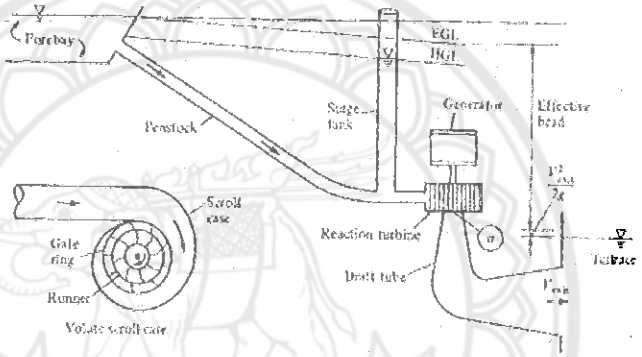



**รูปที่ 2.10 ลักษณะของกังหันน้ำแรงกระแทก**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

**2.3.2 เครื่องกังหันแรงสะท้อน (reaction turbine)**

กังหันที่ขับเคลื่อนจากผลต่างของระดับน้ำอ่างเก็บน้ำ หรือในแม่น้ำกับระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนกังหันน้ำจะได้จากพลังงานจลน์ (kinetic energy) บางส่วนและพลังงานศักย์ (potential energy)ในรูปของความดันน้ำบางส่วน โดยกระแสน้ำจะไหลไปตามทิศทางที่ผ่านช่องระหว่างแผ่นนำน้ำ (guide vane) ไปหมุนกังหัน แล้วไหลออกทางท่อปล่อยน้ำออก (draft tube) โดยที่ระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับบนสุดของท่อปล่อยน้ำออก ดังรูปที่ 2.11 กังหันแรงสะท้อนแบ่งได้เป็น 3ชนิด คือ กังหันฟรานซิส กังหันที่มีการไหลทแยง และกังหันใบพัด

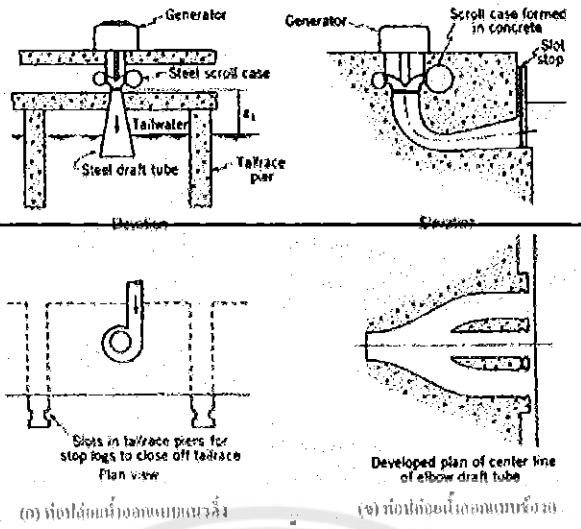



**รูปที่ 2.11 กังหันแรงสะท้อน**

**ที่มา: Alan L.Prasuhn (2528)**

2.3.2.1 กังหันฟรานซิส (Francis turbine) คือ กังหันที่รับน้ำมาจากท่อส่งน้ำที่ขดเป็นเกลียว (spiral case) คล้ายก้นหอยดัง ซึ่งกระแสน้ำที่ไหลลงมาจะไปหมุนกังหันน้ำ โดยการไหลเข้ากังหันน้ำจะไหลเข้าตามแนวรัศมี (radial flow) ตามทิศทางที่แผ่นนำทาง (vane) ไปหมุนกังหนน้ำ เมื่อกระแสน้ำผ่านกังหันน้ำ จะมีแนวการไหลออกในแนวดิ่ง หลังจากที่น้ำไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ น้ำจะไหลผ่านท่อปล่อยน้ำออก (draft tube) ที่มีพื้นที่หน้าตัดท่อค่อยๆเพิ่มขึ้น เพื่อลดความเร็วของกระแสน้ำลงและป้องกันการไหลแยกตัวของกระแสน้ำ โดยที่ท่อปล่อยน้ำออก

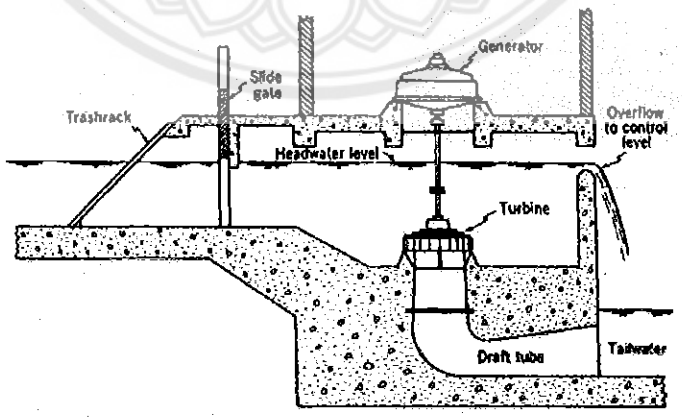
สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ท่อปล่อยน้ำออกแบบแนวดิ่ง (vertical draft tube) ดังรูปที่ 2.12 (ก) มักจะใช้ท่อเหล็กในการก่อสร้างและท่อปล่อยน้ำออกแบบข้องอ (elbow draft tube) ดังรูปที่ 2.12 (ข) มักจะเป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งจะใช้ในกรณีที่สถานที่ก่อสร้างไม่เหมาะที่จะสร้างเป็นท่อปล่อยน้ำออกแบบแนวดิ่ง




**รูปที่ 2.12 ลักษณะท่อปล่อยน้ำ**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

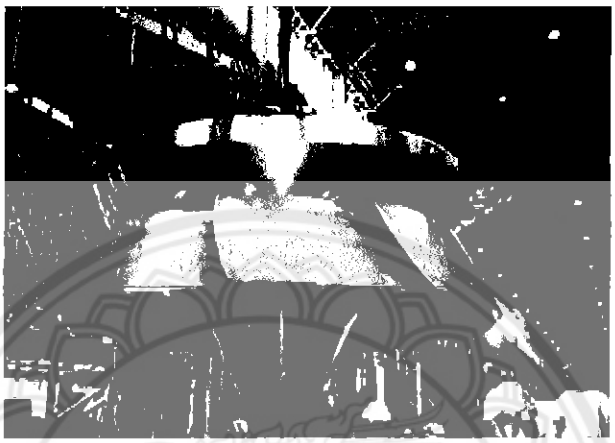
สำหรับกังหันฟรานซิส ที่มีเฮดน้ำน้อยกว่า 12 m มักจะออกแบบทางน้ำไหลลงกังหันน้ำเป็นรางน้ำเปิด (open flume) ดังรูปที่ 2.13 ซึ่งทางเข้าจะมีตะแกรงดักขยะ (trashrack) และประตูบานเลื่อนในแนวดิ่ง(slide gate)และมีฝายควบคุมน้ำส่วนเกิน (overflow spillway) เมื่อน้ำไหลลงผ่านกังหันน้ำ (turbine) เพลาของกังหันน้ำจะไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และส่วนของน้ำที่ไหลลงมาจะมีแนวการไหลผ่านท่อปล่อยน้ำออกแบบข้องอ (elbow draft tube) ออกไปทางท้ายน้ำ (tailwater) ต่อไป




**รูปที่ 2.13 การติดตังกังหันแรงสะท้อนในกรณีที่มีเฮดน้ำต่ำ (low heads)**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

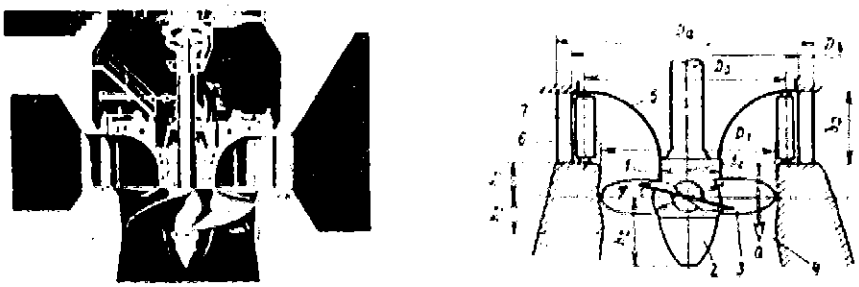
**2.3.2.2 กังหันที่มีการไหลทแยง (diagonal flow turbine)** บางครั้งก็เรียกว่ากังหันแบบไหลผสม เพราะมีลักษณะการไหลแบบระหว่างกังหันใบพัดและกังหันฟรานซิส ดังรูปที่ 2.14โดยมีกระแสน้ำไหลเข้ากระทบใบพัดเป็นมุมทแยงเฉียงระหว่าง 30 ถึง 60 ซึ่งมุมของใบพัดจะมีค่าลดลงเมื่อเฮดน้ำสูงขึ้น ซึ่งถ้าเป็นใบพัดที่ปรับได้เรียกว่ากังหันแบบแดเรียซ (Dariaz)



**รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำแดเรียซ**

**ที่มา: (Mitsubishi Heavy Industries Ltd. 2003)**

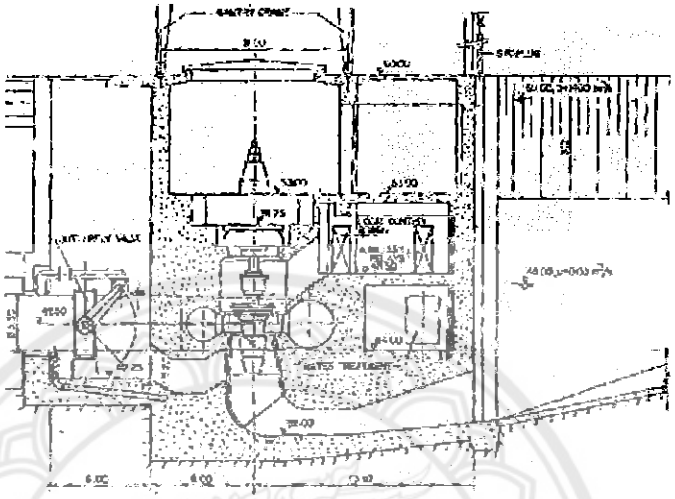
**2.3.2.3 กังหันใบพัด (propeller turbine)** เป็นกังหันที่ใช้กับเฮดน้ำต่ำ สามารถแบ่งได้เป็น 2ประเภท คือ กังหันใบพัดที่มีใบพัดติดอยู่ที่ และกังหันใบบัดที่สามารถปรับใบพัดได้ เรียกว่ากังหันคาปลาน (Kaplan turbine) ซึ่งมีลักษณะทั่วไปของกังหันคาปลาน ดังรูปที่ 2.15 โดยกระแสน้ำที่ไหลผ่านช่องนำน้ำ (guide vane) จะไหลเข้ารอบๆกังหันแล้วไหลลงในแนวดิ่งขนานกับแกนของใบพัดไปหมุนกังหัน



**รูปที่ 2.15 ภาพกังหันคาปลาน**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

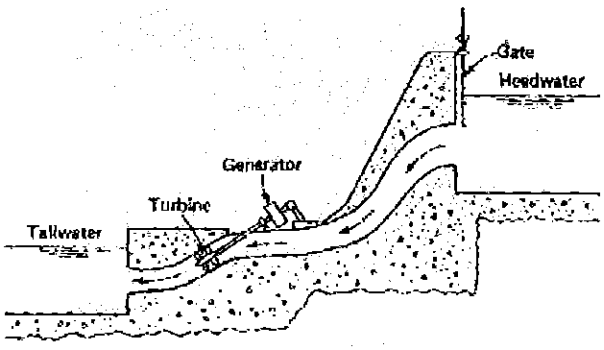
สำหรับในประเทศไทย มีกังหันคาปลานหลายแห่ง เช่น ที่เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนสิรินธร เขื่อนแก่งกระจาน เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่งัด เป็นต้น โดยมีตัวอย่างรูปตัดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้กังหันคาปลานทีเขื่อนแก่งกระจาน ดังรูปที่ 2.16



**รูปที่ 2.16 กังหันคาปลานที่เขื่อนแก่งกระจาน**

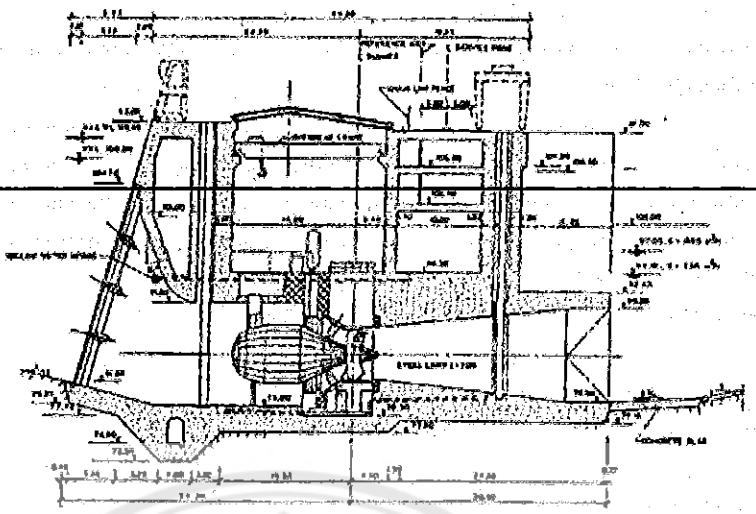
**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

ในกรณีที่เฮดน้ำต่ำ สามารถใช้กังหันใบพัดติดตั้งเป็นกังหันแบบท่อ (tube turbine) ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งจะมีประตูควบคุมทางด้านเหนือน้ำ ปล่อยน้ำให้ไหลผ่านท่อนำน้ำเข้าไปหมุนใบพัดกังหันที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) หรืออย่างในกรณีของโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่เขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี มีการใช้กังหันใบพัดที่วางอยู่ในแนวนอน ดังรูปที่ 2.18 เรียกว่า กังหันแบบกระเปาะ (Bulb turbine)




**รูปที่ 2.17 กังหันแบบท่อ (tube turbine)**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

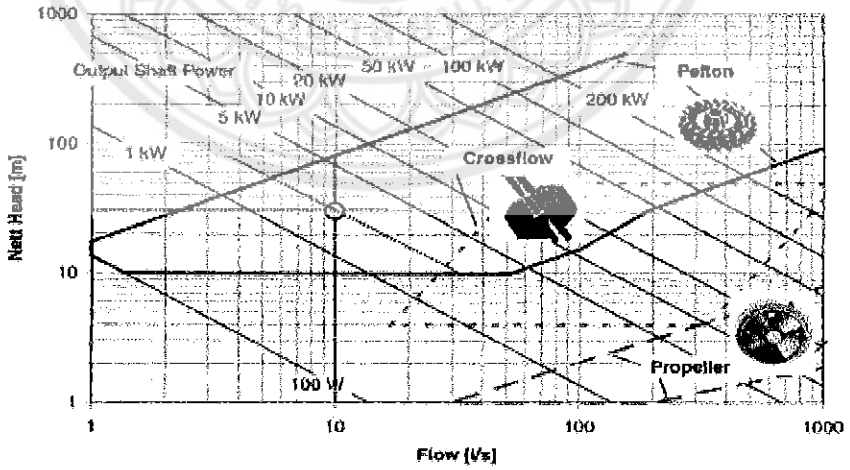


**รูปที่ 2.18 กังหันแบบกระเปาะ ที่เขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

### 2.3.3 การเลือกกังหันน้ำ

การเลือกกังหันน้ำต้องอาศัยหลักการหลายอย่าง และมีความเหมาะสมกับภูมิประเทศที่นำไปใช้งาน สมการที่เกี่ยวข้องสมการที่เกี่ยวข้อง กับกังหันน้ำทั้งหมด สรุปได้ดังนี้




**รูปที่ 2.19 กราฟความสัมพันธ์ระยะเฮดน้ำ และอัตราการไหล**

**ที่มา: อุสาห์ บุญบำรุง (2553)**

**ตารางที่ 2.1 แสดงระยะเฮดที่เหมาะกับกังหันน้ำขนาดเล็กของประเภทต่างๆ**

| ประเภทของกังหันน้ำ | ระยะเฮดสูง (>10 m) | ระยะเฮดปานกลาง (5-50 m) | ระยะเฮดต่ำ (<5 m) |
|---|---|---|---|
| กังหันน้ำแรงกระแทก | Pelton<br>Turgo<br>Multi-jet Pelton | cross- flow<br>multi jet Pelton<br>Turgo | cross- flow |
| กังหันน้ำแรงปะทะ | | Francis<br>Pump-as-turbine | propeller<br>Kaplan |

ที่มา: อุสาห์ บุญบำรุง (2553)

**2.3.4 หัวน้ำ (Head )**

การใช้เครื่องกังหันน้ำจะต้องคำนึงถึงกำลังผลิตและหัวน้ำ รวมทั้งความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อพิจารณาเลือกเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสม จากรูปที่ 2.20 แสดงถึงตำแหน่งของหัวน้ำ

1.หัวน้ำรวม (Gross Head) คือ ความสูงแตกต่างระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า

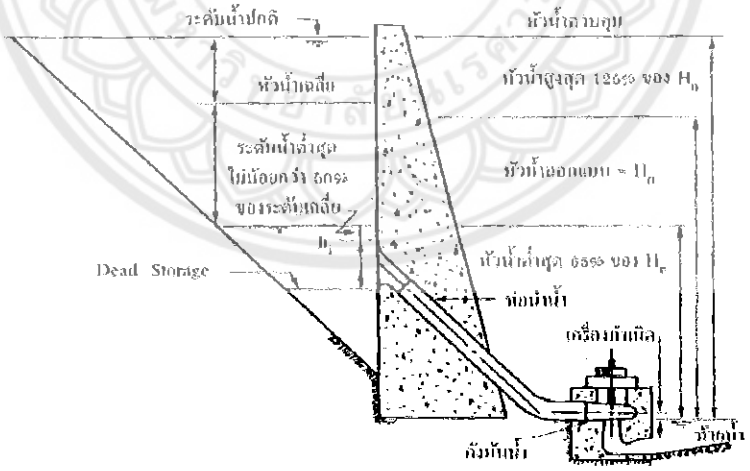
2.หัวน้ำสุทธิ (Net Head) คือ หัวน้ำรวมที่หักค่าความสูญเสียทางด้านชลศาสตร์ทั้งหมดแล้ว

3.หัวน้ำออกแบบ (Design Head) คือ หัวน้ำสุทธิที่เครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องด้วยประสิทธิภาพสูงสุดในความเร็วที่ออกแบบโดยปกติหัวน้ำออกแบบจะมีค่าใกล้กับหัวน้ำเฉลี่ย

4.หัวน้ำควบคุม (Rated Head) คือ หัวน้ำที่เครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องให้กำลังไฟฟ้าเท่าที่ออกแบบในขณะที่บานประตูเครื่องกังหันน้ำเปิดให้น้ำไหลผ่านเต็มที่

5.หัวน้ำต่ำสุด (Minimun Head) คือ ความสูงแตกต่างของระดับน้ำต่ำในอ่างเก็บน้ำ และระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้าเมื่อเปิดเดินเครื่องกังหันน้ำทุกเครื่องเต็มที่

6.หัวน้ำเฉลี่ย (Weight Average Head) คือ ความสูงแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยในอ่างเก็บน้ำ และระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ซึ่งค่าระดับน้ำดังกล่าวเป็นผลจากการเดินเครื่องกังหันน้ำระยะยาว



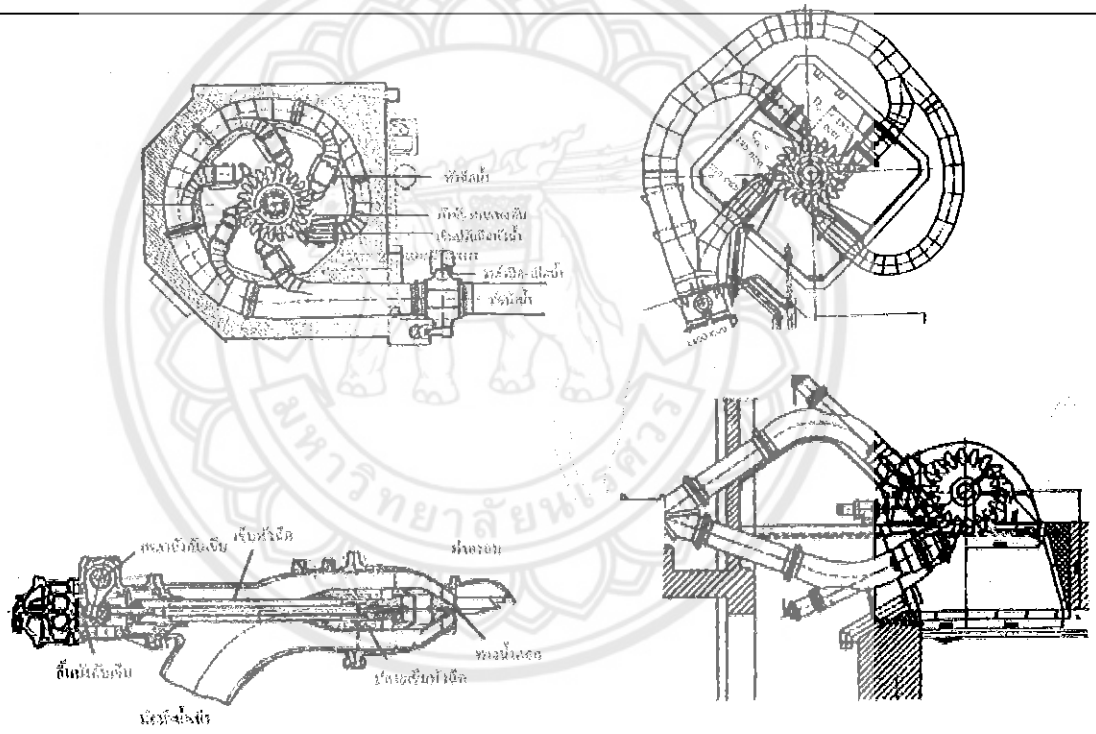

รูปที่ 3.17 แสดงขีดความสูงของพื้นน้ำในระดับต่าง ๆ กัน

**รูปที่ 2.20 แสดงถึงตำแหน่งของหัวน้ำ**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

**2.3.5 หัวฉีดน้ำ (Jet Water)**

หัวฉีดน้ำ เป็นปลายทางของท่อส่งน้ำที่ไปยังกังหัน หัวฉีดน้ำจะทำให้น้ำที่ไหลตามท่อมีแรงดันสูงขึ้น ลักษณะของหัวฉีดน้ำจะประกอบด้วยหัวและเข็มฉีดน้ำประกอบกันเหมือนกรวยซ้อนกัน เมื่อปลายหัวฉีดเลื่อนมาใกล้ปากท่อ รูจะเล็ก เมื่อถอยหัวเข็มออกมา รูหัวฉีดจะโตขึ้น โดยลักษณะของหัวฉีดน้ำจะทำเป็นแบบ 1หัวฉีดหรือมากกว่า เมื่อเพิ่มความดันของน้ำให้สูงขึ้น เช่น 2 หัวฉีด 4 หัวฉีด และ 6 หัวฉีด ตามรูปที่ 2.21 ขนาดของหัวฉีดน้ำจะมีขนาดประมาณ 11% ของส่วนหมุน (PCD) โดยขนาดหัวฉีดที่เหมาะสมจะต้องทำให้กังหันน้ำหมุนในขณะไม่มีโหลดด้วยความเร็ว 2เท่าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



**รูปที่ 2.21 ลักษณะหัวฉีดแบบต่างๆ**

**ที่มา: วัฒนา ถาวร (2540)**

**2.3.6 วอเตอร์แฮมเมอร์ (Water Hammer)**

เป็นปรากฏการณ์ที่ความดันในท่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงและฉับพลัน โดยมีความดันเพิ่มขึ้นและลดลงจากความดันเดิมในลักษณะเป็นคลื่นขึ้นลงสลับกันไปเป็นอนุกรม

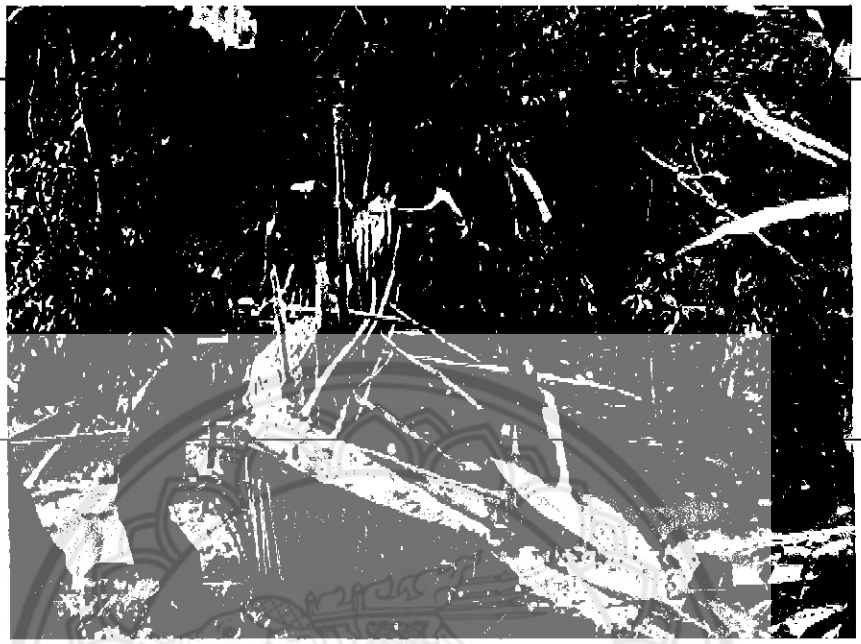
**2.3.6.1 สาเหตุเกิดวอเตอร์แฮมเมอร์**

สำคัญที่ทำให้เกิดวอเตอร์แฮมเมอร์ ก็คือมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลในท่ออย่างกะทันหัน เช่น ปิดประตูน้ำอย่างกะทันหัน เป็นต้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในลักษณะดังกล่าวโมเมนตัมของของเหลวจะถูกเปลี่ยนไปกลายเป็นแรงกระแทกบนประตูน้ำและผนังท่อ แรงกระแทกที่เกิดขึ้นถ้าหากมากเกินกว่าความสามารถของท่อจะรับไว้ได้ก็จะทำให้ท่อระเบิด หรือทำให้ระบบท่อและอุปกรณ์เสียหายอย่างรุนแรงขึ้นได้ ระดับความเสียหายเนื่องวอเตอร์แฮมเมอร์ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงและความยืดหยุ่น (Elasticity)ของท่อ ความเร็วของการไหล อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วการไหล ลักษณะการยึดท่อให้อยู่กับที่และระบบป้องกันวอเตอร์แฮมเมอร์ที่ติดตั้งไว้ เป็นต้น

**2.3.6.2 อุปกรณ์ป้องกันวอเตอร์แฮมเมอร์**

การป้องกันวอเตอร์แฮมเมอร์ จากการหยุดเดินเครื่องสูบน้ำอาจทำได้โดยการลดความเร็วของเครื่องยนต์ลงทีละน้อยเป็นขั้นๆ จนอัตราการไหลน้อยมากแล้วจึงดับเครื่องยนต์ ในกรณีที่ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ ซึ่งมีรอบการหมุนคงที่ก็ให้ใช้วิธีปิดประตูจ่ายน้ำลงทีละน้อยเป็นขั้นๆ เช่นเดียวกัน จนกระทั่งปิดสนิทหรือเกือบสนิทแล้วจึงปิดสวิทช์ การเริ่มเดินเครื่องสูบน้ำก็ทำในลักษณะเดียวกันแต่ย้อนขั้นตอนแต่อย่างไรก็ตาม บางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องหยุดเดินเครื่องอย่างกะทันหัน หรืออาจมีสาเหตุมาจากกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เครื่องยนต์เสีย เป็นต้น ดังนั้นในระบบที่มีโอกาสเกิดวอเตอร์แฮมเมอร์ได้ง่าย จึงควรมีอุปกรณ์ป้องกันช่วย อุปกรณ์ประเภทนี้มีหลายอย่าง เช่น Pressure Relief Valve , Air Inlet – relief Valve , Air Chamber , Surge Suppressor และ Surge Tank เป็นต้น

## 2.4 ฝาย (Weir)



**รูปที่ 2.22 ฝายกั้นน้ำ**

**ที่มา: ประดับ กลัดเข็มเพชร (2549)**

**ฝาย (Weir)** คือ สิ่งก่อสร้างขวาง หรือกั้นทางน้ำ ซึ่งปกติมักจะกั้นลำห้วย ลำธารขนาดเล็ก ในบริเวณที่เป็นต้นน้ำ หรือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงให้สามารถกักตะกอนอยู่ได้ และหากช่วงที่น้ำไหลแรงก็สามารถชะลอการไหลของน้ำให้ช้าลง และกักเก็บตะกอนเอาไว้ไม่ให้ไปทับถมลำน้ำตอนล่าง เป็นเป็นวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดีมากวิธีการหนึ่ง ฝายต้นน้ำลำธาร มีความสำคัญต่อการลดความรุนแรงของกระแสน้ำในลำห้วยในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณฝนตกหนัก และช่วยลดการพังทลายของดิน ส่วนในช่วงฤดูแล้ง ฝายดักตะกอน จะช่วยชะลอการไหลของน้ำ ทำให้น้ำค่อยๆ ไหล คงความชุ่มชื้นให้คงอยู่นานขึ้น เป็นประโยชน์ต่อพืชพันธุ์ แมลง และสัตว์ป่า ที่อาศัยอยู่ในป่าได้อาศัยความชุมชื้นนั้น รูปแบบการทำฝายต้นน้ำลำธารตามแนวพระราชดำริ มี 3 รูปแบบ ได้แก่

**2.4.1 สร้างฝายต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่น หรือฝายกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ (ฝายแบบชั่วคราว)**

มีความกว้าง: 3-5 เมตร ความสูง: ไม่เกิน 2 เมตร งบประมาณ: ประมาณ 500-600 บาท/ตัว ส่วนใหญ่สร้างในบริเวณต้นน้ำ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมีความแตกต่างกันไปในแต่ละชุมชนวัสดุที่ใช้ วิธีการทำและขนาด : ฝายจะเลือกใช้วัสดุ ตามธรรมชาติที่หาได้ในพื้นที่ ทำโดยการปักเสา และตีไม้เป็นคอกสำหรับเป็นที่ยึดวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นตัวฝาย วัสดุในพื้นที่ทำนำมาทำเป็นฝาย เช่น พื้นที่ที่มีหินก็จะใช้หินเรียงเป็นตัวฝาย พื้นที่ที่เป็นดิน หรือทราย จะใช้ กระสอบบรรจุดิน หรือทรายวางเรียงเป็นตัวฝาย หรือบางพื้นที่อาจใช้เศษไม้ปักถี่ๆและใช้เศษไม้ใบไม้เป็น ตัวฝาย เพื่อชะลอการไหลของน้ำและกักเก็บตะกอนดินทราย ขนาดของฝายแตกต่างกันไปตามลักษณะความกว้าง และขนาดของลำห้วย

**2.4.2 สร้างฝายเก็บกักน้ำกึ่งธรรมชาติ หรือแบบเรียงด้วยหินผสานด้วยปูนซีเมนต์**

มีความกว้าง: ประมาณ 4-6 เมตรความสูง: ประมาณ 2 เมตร งบประมาณ: ประมาณ 1,500-2,000 บาท/ตัว ฝายชนิดนี้มักสร้างในบริเวรช่วงกลางของสายน้ำที่มีความลาดชั้นไม่มากนัก และลำห้วยที่มักจะมีน้ำไหลตลอดปี โดยปริมาณน้ำจะมีมาก หรือน้อยก็ได้ ดังนั้นการก่อสร้างจึงเน้นความแข็งแรงและสามารถกักเก็บน้ำได้ วัสดุที่ใช้ วิธีการทำและขนาด: วัสดุที่ใช้หากในพื้นที่มีหินจะก่อสร้างเป็นคันหินเชื่อมผสานด้วยปูนซีเมนต์ โดยอาจสร้างเป็นหลายชั้นในลักษณะขั้นบันได หรือหาก ในพื้นที่ไม่มีหินการก่อสร้างจะใช้รูปแบบคล้ายฝายแบบชั่วคราวคือปักเสา ตีคอกเป็นลักษณะขั้นบันได ตัวฝายใช้กระสอบปุ๋ยภายในบรรจุทรายหรือดินทรายผสมซีเมนต์ ขนาดของฝายแตกต่างกันไปตามลักษณะ ความกว้างและขนาดของลำห้วย

**2.4.3 สร้างฝายเก็บกักน้ำถาวร หรือแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก**

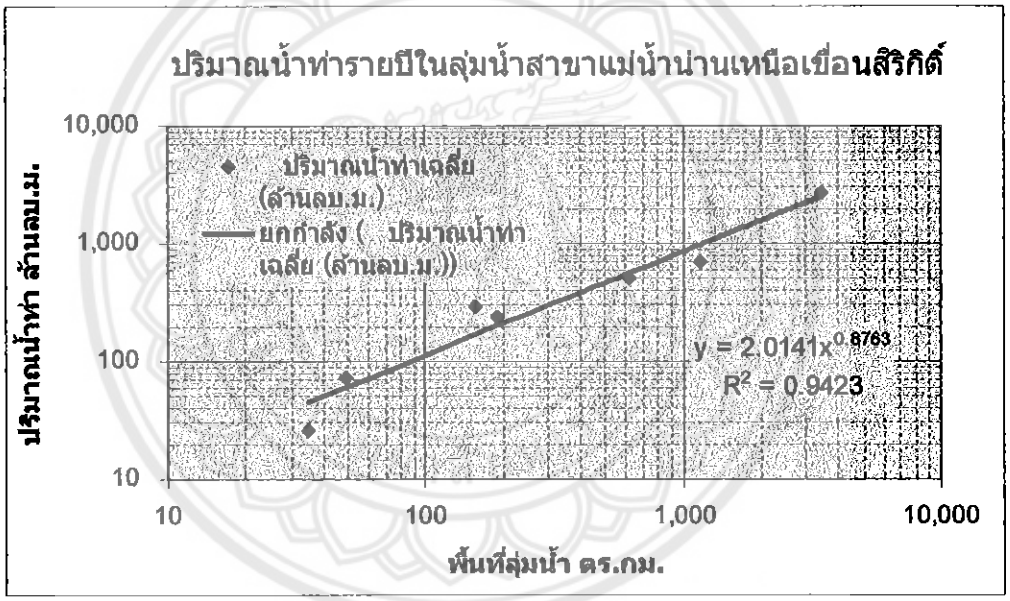
มีความกว้าง: ประมาณ 9-15 เมตรความสูง: ประมาณ 2 เมตร งบประมาณ: ประมาณ 20,000-30,000 บาท/ตัวฝายชนิดนี้มีวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างเพื่อกัก เก็บน้ำที่ล้นมาจากฝายในพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งน้ำที่กักเก็บไว้สามารถนำไปใช้ในการฟื้นฟูป่า หรือเพื่อการอุปโภคบริโภค หรือเพื่อการเกษตร ฝายชนิดนี้จึงมักสร้างในพื้นที่ตอนล่างของลำห้วย การก่อสร้างจึงเน้น ความมั่นคงแข็งแรง และความสามารถในการกักเก็บน้ำ วัสดุที่ใช้ วิธีการทำและขนาด: วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างใช้วิธีการเทคอนกรีต เสริมเหล็ก วางฐานและก่อสร้างเป็นผนังกันน้ำ พร้อมช่องระบายน้ำล้น ฝายมีลักษณะคล้ายฝายน้ำล้นทั่วไปแต่มีขนาดเล็กกว่า ขนาดของฝายขึ้นอยู่กับความกว้างของลำห้วย โดยทั่วไปจะมีความกว้างไม่เกิน 4 เมตร เพราะหากฝายมีขนาดกว้างมากจะมีความเสี่ยงในการพังสูงเนื่องจากโครงสร้างไม่แข็งแรงพอ

## 2.5 ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำหลาก ปริมาณตะกอน

### 2.5.1 ปริมาณน้ำท่า

น้ำท่า คือ น้ำไหลในแม่น้ำลำธาร เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่รับน้ำ บางส่วนสูญเสียไป ส่วนที่เหลือก็จะไหลไปยังที่ลุ่มลงสู่แม่น้ำ ลำธาร กลายเป็นน้ำท่า ร้อยละ 75 จะสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยกลายเป็นไอน้ำ เมื่อซึมลงสู่ใต้ดินกลายเป็นน้ำใต้ดินและน้ำบาดาลและขังอยู่ตามแหล่งน้ำต่างๆ เพียงร้อยละ 25 ที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำธารไปเป็นน้ำท่า

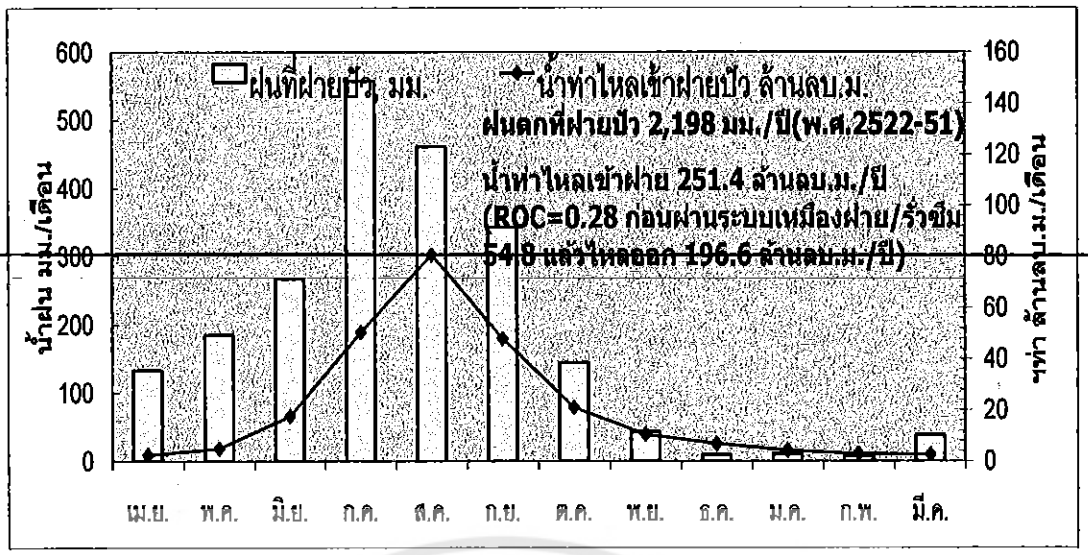
จากการใช้กราฟความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำกับปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำน่านตอนบน น้ำกูน น้ำยาว น้ำปัว น้ำย่าง 7 สถานี $Q=2.0141A^{0.8763}$ มีค่า $R^2 = 0.9423$ ดังรูปที่ 2.23




**รูปที่ 2.23 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขากับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกทั้งปี**

**ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2548)**

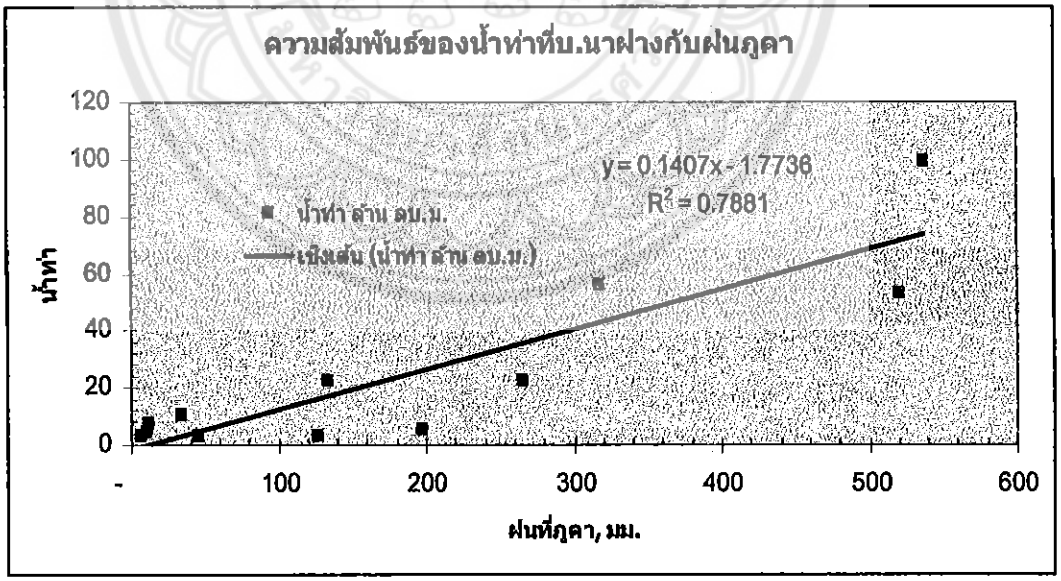
๑๐๖๖๓๒๕
๒๘.
ธ๓๗๕ ฝ
๒๕๕๖




รูปที่ 2.24 ปริมาณฝนและน้ำท่ารายเดือน ณ ฝายป๊ัว

ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)

จากการตรวจสอบข้อมูลและทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำฝนที่ อ.ช.ดอยภูคา และปริมาณน้ำท่าในลำน้ำป๊ัวที่บ้านนาฝางเหนือฝายป๊ัว (พื้นที่ลุ่มน้ำ 148 ตร.กม.) พบว่าปริมาณน้ำท่าดังกล่าวเกิดจากฝนที่ตกซึ่งวัดได้ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคาโดยมีความสัมพันธ์ดังนี้



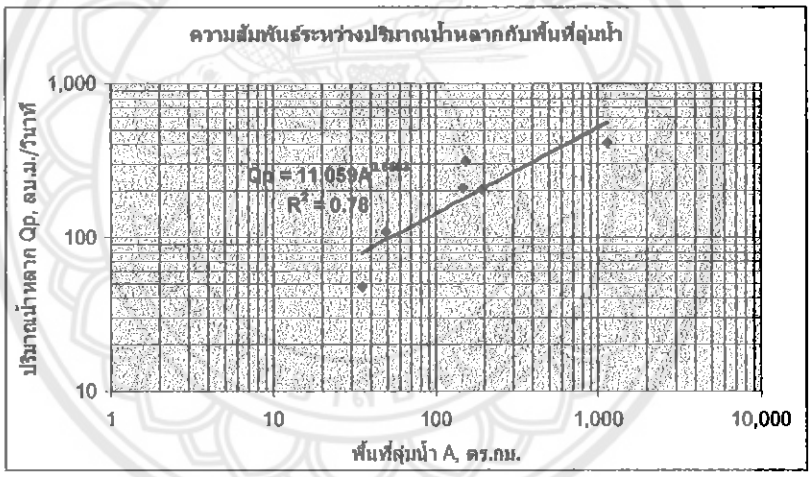

รูปที่ 2.25 ความสัมพันธ์รายเดือนของน้ำท่าเหนือฝายป๊ัวในลำน้ำป๊ัวและน้ำฝนที่ อ.ช.ภูคา

ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)

สำหรับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน ที่รวบรวมได้จากสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำน่านตอนบน 7 สถานี ที่ตรวจวัดโดยกรมทรัพยากรน้ำและกรมชลประทาน พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่า (RO : ล้านลบ.ม.)และพื้นที่ลุ่มน้ำ (A : ตร.กม.) มากกว่า 0.91 ในรูปของสมการ $RO=m(A)^n$ เมื่อ m และ n คือค่าสัมประสิทธิ์และเลขยกกำลังรายเดือน เช่น เดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม มีค่า m = 0.1011 0.8166 0.542 0.3941 0.1323 และ n มีค่า 0.911 0.7512 0.8822 0.8904 0.9231 ตามลำดับ

### 2.5.2 ปริมาณน้ำหลาก

จากข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รวบรวมได้จากสถานีวัดน้ำท่าของกรมทรัพยากรน้ำและกรมชลประทาน ในลุ่มน้ำแม่น้ำน่านตอนบน 6 สถานี (ตั้งแต่เริ่มทำการสำรวจจนถึงปี พ.ศ. 2545) พบว่าปริมาณน้ำหลากรายปีเฉลี่ย $(Qp) = 11.059A^{0.5563}$ มีค่า $R^2 = 0.78$ ดังรูปที่ 2.26




**รูปที่ 2.26 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขากับปริมาณน้ำหลากสูงสุดเฉลี่ย**

**ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2548)**

### 2.5.3 ปริมาณตะกอน

สำหรับปริมาณตะกอนแขวนลอยรายปีเฉลี่ย: $Q_S$ กับขนาดพื้นที่รับน้ำ: A ได้สมการสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน คือ $Q_S = 160.13A^{0.8386}$ ($R^2 = 0.9103$) โดยที่ปริมาณตะกอนท้องน้ำมีค่าร้อยละ 30 ของตะกอนแขวนลอย

# บทที่3

# วิธีดำเนินโครงงาน

## 3.1 การรวบรวมข้อมูล

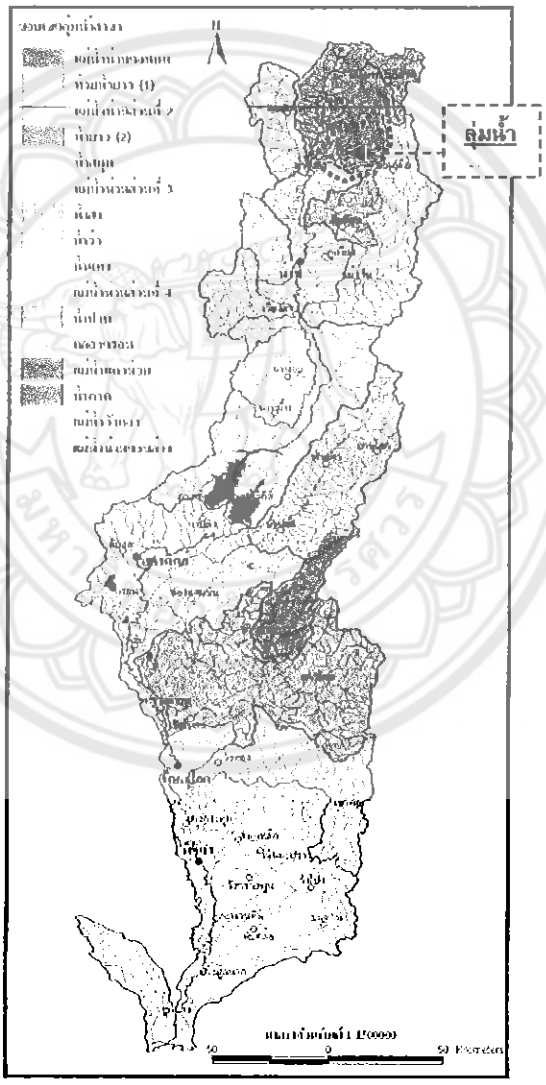
### 3.1.1 พื้นที่การศึกษา

ลุ่มน้ำน่านมีขนาดของพื้นที่ 34,139.68 ตร.กม. มีต้นกำเนิดบริเวณอำเภอเฉลิมพระเกียรติ และอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน มีลุ่มน้ำสาขา 16 แห่ง คือ แม่น้ำน่านตอนบน ห้วยน้ำยาว(1) แม่น้ำน่านส่วนที่2 น้ำยาว(2) น้ำสมุน น้ำสา น้ำว้า น้ำแหง (ในจังหวัดน่าน) แม่น้ำน่านส่วนที่ 3 (ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดน่าน) แม่น้ำน่านส่วนที่ 4 น้ำปาด คลองตรอน (ในจังหวัดอุตรดิตถ์) แม่น้ำแควน้อย น้ำภาค แม่น้ำวังทอง (ในจังหวัดพิษณุโลก) และแม่น้ำน่านตอนล่าง (ในจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์) ลุ่มน้ำปัวซึ่งมีลำน้ำปัว เป็นลำน้ำสายหลักที่เป็นสาขาของแม่น้ำน่านตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ฝั่งตรงข้ามกับลุ่มน้ำยาว (1) โดยติดกับลุ่มแม่น้ำน่านส่วนที่ 2 และลุ่มน้ำยาว (2) โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อนสิริกิติ์ร้อยละ 38.4 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ดังรูปที่ 3.1

ลุ่มน้ำปัว มีพื้นที่ต้นน้ำและขอบเขตการใช้น้ำอยู่ในเขตท้องที่เฉพาะของอำเภอปัว จังหวัดน่าน เท่านั้น มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 404 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 18.2 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน) มีลำน้ำปัวเป็นแม่น้ำสายหลักที่มีจุดกำเนิดจากดอยด่างฮ้อ (+1904 ม.รทก.) ดอยขุนน้ำน่าน (+1830) ที่มีอาณาเขตติดต่อกับดอยภูแบว (จุดกำเนิดแม่น้ำน่าน) เริ่มจากอุทยานแห่งชาติดอยภูคาไหลผ่านเทือกเขาสูงจากตำบลภูคา สกาด สู่พื้นที่ราบเชิงเขาในตำบลสถาน ไชยวัฒนา ปัว เจดีย์ชัย แงง แล้วไหลออกสู่แม่น้ำน่านที่บ้านศาลาสบปัว ตำบลเจดีย์ชัย (+227) มีลำน้ำสาขา คือ น้ำขว้างน้ำย้อ และลำน้ำกูน ที่มีจุดกำเนิดจากดอยภูคาเช่นกันไหลจากตำบลภูคา ผ่านตำบลวรนคร ศิลาแลง และปัว จะเห็นได้ว่าลำน้ำปัวซึ่งเป็นมีน้ำไหลตลอดปีมีความยาวประมาณ 56.3 กิโลเมตร จะมีความลาดเทตลอดลำน้ำเฉลี่ย 1.9% โดยทางตอนต้นน้ำเหนือฝายปัว (+274) จะมีความลาดเทของลำน้ำชันมากถึง 2.85% ส่วนทางด้านท้ายน้ำของฝายปัวลงไปจรดลำน้ำน่านยาวประมาณ 20.3 กิโลเมตร จะมีความลาดเทของลำน้ำช่วงนี้เฉลี่ย 0.23% จึงเห็นได้ว่าลำน้ำปัวช่วงเหนือฝายปัวจะมีความลาดเทชันมากประกอบกับมีการทำไร่เลื่อนลอยในพื้นที่ต้นน้ำกระแสน้ำจึงไหลแรงทำให้มีการกัดเซาะตลิ่งสูงและเกิดตะกอนจำนวนมากไปตกจมในแหล่งน้ำเหนือฝายให้ตื้นเขินโดยเร็วยิ่งขึ้น

### 3.1.2 สภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัว

เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำปัว มีภูเขาล้อมรอบที่มีทั้งป่าอุดมสมบูรณ์และป่าเสื่อมโทรม พื้นที่ราบทำการเกษตรอยู่ติดกับลำน้ำทำให้ในฤดูฝน บางปีฝนตกมากเกิดสภาพน้ำท่วม น้ำกัดเซาะริมตลิ่งทำให้ผลผลิตเสียหาย บางปีฝนทิ้งช่วงทำให้พื้นที่ทำการเกษตรนอกเขตชลประทานแห้งแล้ง ไม่ได้ผลผลิตเท่าที่ควร ในฤดูหนาวมีอากาศหนาวเป็นอย่างมาก และมีอากาศร้อนแห้งแล้งในฤดูแล้ง จากสถิติภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ลุ่มน้ำปัวอยู่บริเวณเขตมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบภูเขาสูงสลับกับที่ราบ




**รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงลุ่มน้ำย่อยต่างๆในลุ่มน้ำน่าน และพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัว**

**ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)**

จากสถิติภูมิอากาศอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน (พ.ศ.2518 - 2547) สรุปได้ว่า มี อุณหภูมิเฉลี่ย 25.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 78% ทำให้มีค่าศักย์การคายระเหย ทั้งปีจำนวน 1,097.6 มิลลิเมตร โดยในเดือนเมษายนมีค่าสูงสุด 120 มิลลิเมตร (ด้วยวิธีของFAO : เพนแมน-มนทีธ) ปริมาณฝนตกรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป๋ว (จาก 4 สถานี อ.ป๋ว อ.ท่าวังผา อ.เชียงกลาง และ อ.ช.ดอยภูคา พ.ศ.2519-2551) 1,845.5 มิลลิเมตร ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การปลูกพืช จึงเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม โดยมีจะมีฝนตกกระจาย 10-22 วันต่อเดือน

**ตารางที่ 3.1** สถิติภูมิอากาศและศักย์การคายระเหยน้ำในพื้นที่ศึกษา

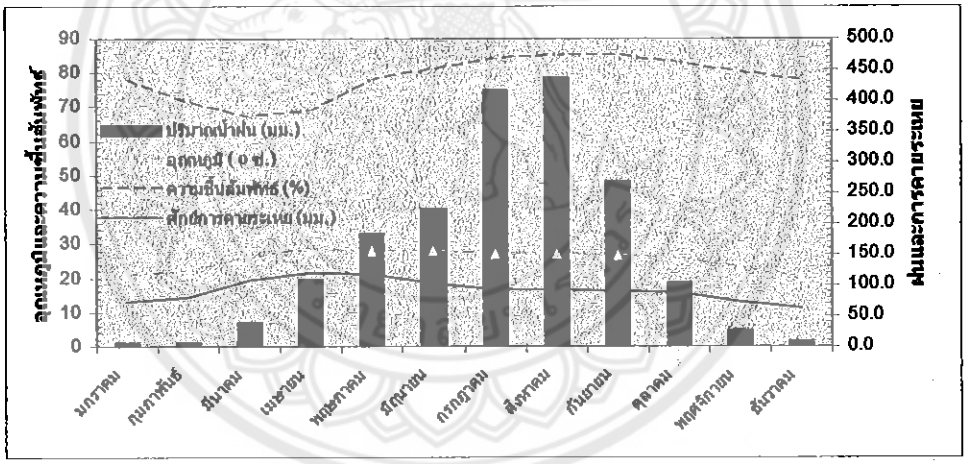
| เดือน | ปริมาณน้ำฝน (มม.) | จำนวนวันที่ฝนตก | อุณหภูมิ (°ซ.) | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | ศักย์การคายระเหย (มม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| มกราคม | 8.5 | 1 | 20.6 | 78 | 71.3 |
| กุมภาพันธ์ | 7.0 | 2 | 22.2 | 71 | 81.2 |
| มีนาคม | 39.9 | 3 | 25.9 | 67 | 108.5 |
| เมษายน | 109.7 | 8 | 28.3 | 69 | 120 |
| พฤษภาคม | 184.6 | 14 | 28.1 | 78 | 117.8 |
| มิถุนายน | 225.1 | 15 | 27.8 | 81 | 102 |
| กรกฎาคม | 418.6 | 19 | 27.1 | 84 | 93 |
| สิงหาคม | 438.2 | 20 | 26.9 | 85 | 93 |
| กันยายน | 270.5 | 15 | 26.7 | 85 | 90 |
| ตุลาคม | 104.7 | 9 | 25.7 | 83 | 86.8 |
| พฤศจิกายน | 27.6 | 3 | 23 | 80 | 72 |
| ธันวาคม | 11.1 | 1 | 20.2 | 78 | 62 |
| **รวมเฉลี่ยทั้งปี** | **1,845.5*** | **110*** | **25.2** | **78** | **1,097.6** |

หมายเหตุ สถิติข้อมูลภูมิอากาศที่อ.ท่าวังผา 30 ปี (พ.ศ. 2518 - 2547) ยกเว้นข้อมูลฝน*เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำป๋ว

**ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)**

สำหรับในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน ได้ใช้สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านและใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย อ.ปง อ.เชียงคำ อ.เชียงม่วน จ.พะเยา อ.ร้องกวาง จ.แพร่ อ.ทุ่งช้าง อ.เชียงกลาง อ.ปัว อ.ช.ดอยภูคา อ.ท่าวังผา อ.บ่อเกลือ อ.สองแคว อ.นาน้อย อ.เวียงสา อ.แม่จริม อ.เมืองน่าน จ.น่าน และส.เกษตรน่าน โดยใช้วิธีฝนเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2519-2551 ด้วยโครงข่ายรูปเหลี่ยมทิสเสน โดยพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัวจะอยู่ในเขตรับน้ำฝนของ อ.เชียงกลาง อ.ท่าวังผา อ.ปัว และ อ.ช.ดอยภูคา ด้วยสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ศึกษา 0.82 1.67 39.46 และ 58.06 ซึ่งมีฝนเฉลี่ย คือ 1,165.8 1,395.6 1,245.4 และ 2,275.8 มม. ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 โดยฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำปัวที่มีพื้นที่ศึกษา 404 ตารางกิโลเมตร มีค่าเท่ากับ 1,845.47 มม.ต่อปี มีฝนตกนาน 110 วัน

โดยมีฝนตกเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม จำนวน 418.6 และ 438.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 7.0 มิลลิเมตร ดังสรุปในตารางที่ 3.2




**รูปที่ 3.2 สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัว**

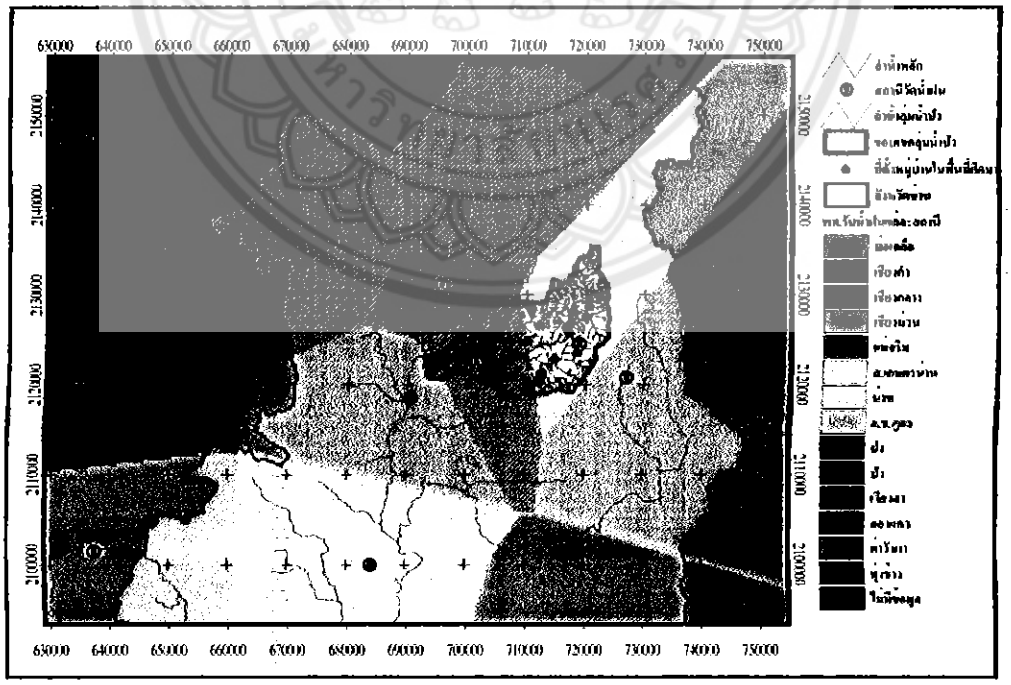
**ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)**

จากการวิเคราะห์ฝนสะสมเฉลี่ยสูงสุด 1 2 และ 3 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งสี่แห่ง เพื่อจะใช้ในการศึกษาผลกระทบของน้ำหลากในระยะต่อไป ณ ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 50 100 200 ปี โดยฝนตกสะสมสูงสุด 1 วันมีค่า 115.3 151.7 175.8 198.8 228.7 251.1 273.4 ฝนสะสม 2 วันมีค่าฝน 162.4 212.3 245.4 277.1 318.2 349.0 379.6 และฝนสะสม 3 วันมีค่า 187.3 243.6 281.0 316.8 363.1 397.8 432.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.5 ถึง 3.7

**ตารางที่ 3.2 ฝนเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละท้องที่ของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัว**

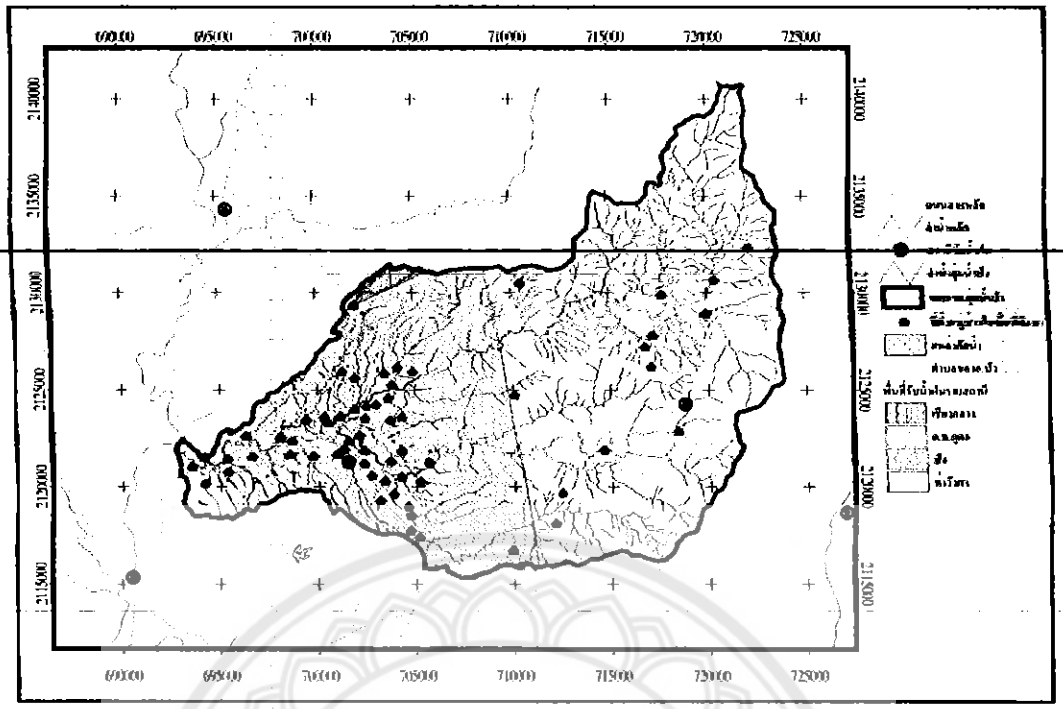
| ตำบล | พื้นที่,ตร.กม. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | รวมทั้งปี |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ต.เจดีย์ชัย | 14.5 | 90.6 | 170.2 | 165.6 | 256.0 | 282.0 | 195.8 | 67.5 | 20.5 | 10.8 | 7.8 | 9.1 | 30.1 | 1,306.0 |
| ต.แงง | 4.5 | 85.9 | 167.0 | 161.4 | 252.9 | 278.1 | 193.8 | 61.9 | 18.9 | 10.6 | 7.0 | 8.7 | 30.0 | 1,276.2 |
| ต.ไชยวัฒนา | 20.1 | 81.7 | 159.7 | 154.0 | 249.1 | 273.8 | 189.4 | 56.9 | 16.9 | 9.8 | 6.2 | 8.3 | 29.1 | 1,235.0 |
| ต.ปัว | 17.6 | 81.0 | 163.6 | 157.1 | 249.7 | 274.0 | 191.8 | 56.2 | 17.2 | 10.4 | 6.1 | 8.4 | 29.8 | 1,245.4 |
| ต.ภูคา | 229.9 | 126.4 | 197.2 | 266.0 | 520.6 | 537.0 | 318.1 | 133.2 | 33.7 | 11.5 | 9.8 | 6.2 | 46.1 | 2,205.8 |
| ต.วรนคร | 18.8 | 81.0 | 163.6 | 157.1 | 249.7 | 274.0 | 191.8 | 56.2 | 17.2 | 10.4 | 6.1 | 8.4 | 29.8 | 1,245.4 |
| ต.ศิลาแลง | 30.2 | 81.0 | 163.6 | 157.1 | 249.7 | 274.0 | 191.8 | 56.2 | 17.2 | 10.4 | 6.1 | 8.4 | 29.8 | 1,245.4 |
| ต.สกาด | 27.9 | 116.2 | 189.7 | 241.5 | 459.8 | 478.0 | 289.7 | 115.9 | 30.0 | 11.3 | 9.0 | 6.7 | 42.4 | 1,990.2 |
| ต.สถาน | 38.3 | 81.1 | 163.1 | 156.7 | 249.6 | 274.0 | 191.5 | 56.3 | 17.2 | 10.3 | 6.1 | 8.4 | 29.7 | 1,244.0 |
| ต.ศิลาเพชร | 0.8 | 81.0 | 163.6 | 157.1 | 249.7 | 274.0 | 191.8 | 56.2 | 17.2 | 10.4 | 6.1 | 8.4 | 29.8 | 1,245.4 |
| ต.ปากลาง | 1.4 | 81.0 | 163.6 | 157.1 | 249.7 | 274.0 | 191.8 | 56.2 | 17.2 | 10.4 | 6.1 | 8.4 | 29.8 | 1,245.4 |
| ต.ขุนน่าน | 0.2 | 75.3 | 115.9 | 159.0 | 313.7 | 322.9 | 190.0 | 80.6 | 20.3 | 6.7 | 5.9 | 3.5 | 27.5 | 1,321.2 |
| **รวม** | **404.2** | **109.7** | **184.6** | **225.1** | **418.6** | **438.2** | **270.5** | **104.7** | **27.6** | **11.1** | **8.5** | **7.0** | **39.9** | **1,845.5** |

**ที่มา : สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)**



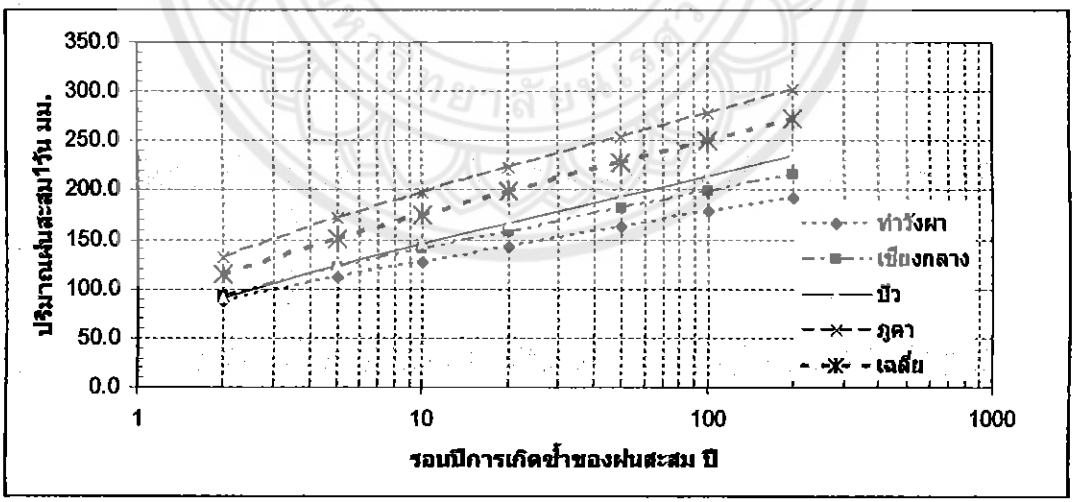

**รูปที่ 3.3 สถานีวัดน้ำฝนต่างๆที่ใช้ศึกษาในลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำปัวจังหวัดน่าน**

**ที่มา : สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)**



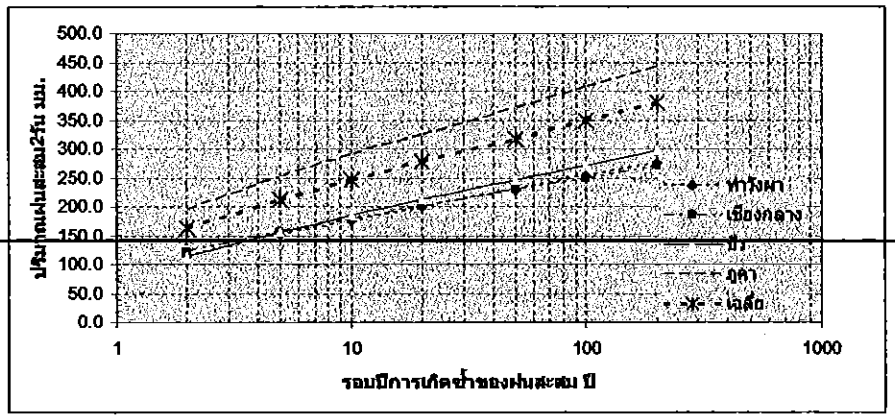
รูปที่ 3.4 การแบ่งพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำปัวตามสัดส่วนสถานีวัดน้ำฝน 4 แห่ง

ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)



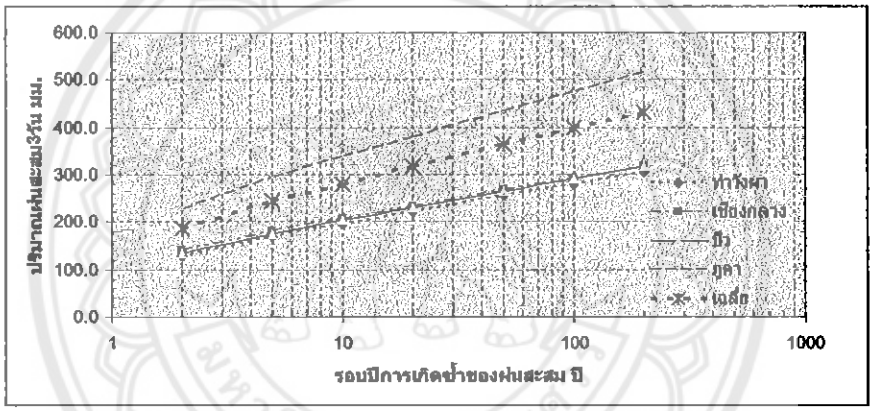

รูปที่ 3.5 รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสะสม 1 วัน ในพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำปัว

ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)




**รูปที่ 3.6 รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสะสม 2 วัน ในพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำปัว**

ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)




**รูปที่ 3.7 รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสะสม 3 วัน ในพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำปัว**

ที่มา : สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)

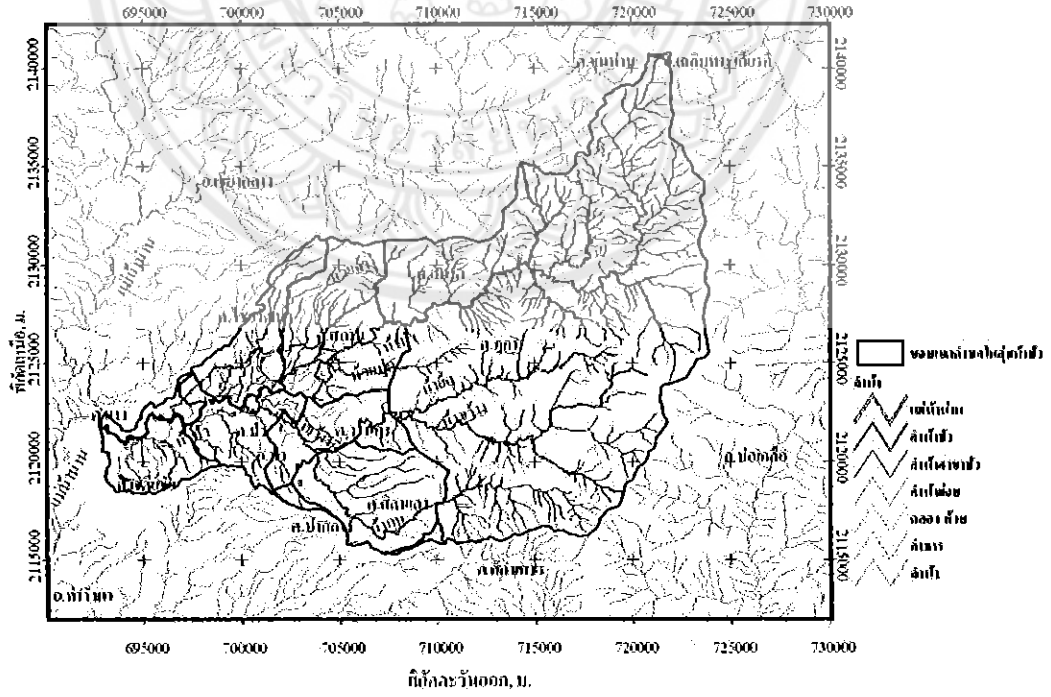
### 3.1.3 สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำปัว

จากการที่ลุ่มน้ำปัวมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 404 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 3.1 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์) มีฝนเฉลี่ยและศักย์การคายระเหยตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ลุ่มน้ำปัวมีปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกสู่แม่น้ำน่าน 387.3 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี หรือร้อยละ 16 และ 5.0 ของน้ำท่าที่ไหลในลุ่มน้ำน่านตอนบน และลุ่มน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จ.น่าน ตามลำดับ (ได้จากการใช้กราฟความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำกับปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำน่านตอนบน น้ำกูน น้ำยาว น้ำปัว น้ำย่าง 7 สถานี $Q=2.0141A^{0.8763}$ มีค่า $R^2 = 0.9423$) มีค่าการให้น้ำจำเพาะของทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 30.4 ลิตร/วินาที/ตร.กม.

จากข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รวบรวมได้จากสถานีวัดน้ำท่าของกรมทรัพยากรน้ำและกรมชลประทาน ในลุ่มน้ำแม่น้ำน่านตอนบน 6 สถานี (ตั้งแต่เริ่มทำการสำรวจจนถึงปี พ.ศ. 2545) พบว่าปริมาณน้ำหลากรายปีเฉลี่ย (Qp) = $11.059A^{0.5563}$ มีค่า $R^2 = 0.78$

สำหรับปริมาณตะกอนแขวนลอยรายปีเฉลี่ย: โดยที่ปริมาณตะกอนท้องน้ำมีค่าร้อยละ 30 ของตะกอนแขวนลอย ดังนั้นลุ่มน้ำปัวจะมีปริมาณตะกอนรวมกันถึง 31,926 ตันต่อปี หรือเฉลี่ย 134.7 ตันต่อทุกๆ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากลุ่มน้ำ 1 ล้านลบ.ม.

น้ำปัวมีลำน้ำสาขาที่สำคัญ ที่มีต้นน้ำจากด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอุทยานแห่งชาติดอยภูคา คือ น้ำขว้าง ไหลมาบรรจบกับลำน้ำปัวที่บ้านต้นแหลง ตำบลปัว โดยมีน้ำย้อ (น้ำย่อ) และน้ำกูน (น้ำคูณ) ไหลลงมาจากเทือกเขาสูงตำบลภูคาและตำบลศิลาแลง ตามลำดับ ลำน้ำทั้งสองไหลบรรจบกับน้ำขว้างที่บ้านนาแลและบ้านเก็ด ตำบลวรนคร ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งลำน้ำขว้างและน้ำกูนเหนือฝายจ้าวและฝายแก้งไม่มีอาคารวัดปริมาณน้ำ แต่จะสามารถคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลผ่านฝายจากการใช้ความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.25 ได้การนำพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือฝายทั้งสองไปทำการเทียบสัดส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือฝายปัวแบบสมการเส้นตรงนั่นเอง




**รูปที่ 3.8 แสดงระบบลำน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปัว**

**ที่มา: สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2555)**

# บทที่ 4

# การวิเคราะห์ ข้อมูลและสรุปผลวิจัย

## 4.1 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำของลุ่มน้ำปัว

จากการศึกษา แผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50000 ในลุ่มน้ำปัว จ.น่าน มีศักยภาพในการตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กทั้งหมด 7 โครงการ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.1

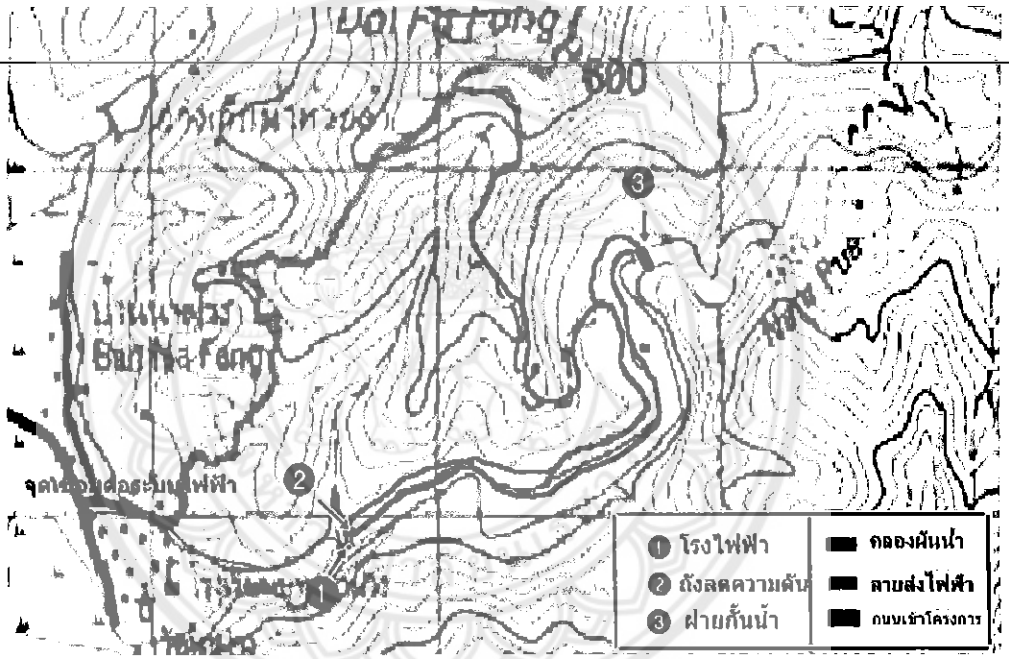
ตารางที่ 4.1 ศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กทั้ง 7 โครงการในลุ่มน้ำปัว

| ที่ตั้งโครงการ | พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.) | ปริมาณน้ำออกแบบ (ลบ.ม.ต่อวินาที) | ความสูงหัวน้ำ (m) | กำลังผลิต (MW) |
|---|---|---|---|---|
| บ้านกอกน้อย | 67.44 | 0.850 | 40.23 | 0.286 |
| บ้านจูนใต้ | 114.12 | 1.348 | 60.24 | 0.681 |
| บ้านป่าเที่ยง | 133.6 | 1.547 | 19.234 | 0.249 |
| บ้านจะแลงหลวง | 8.08 | 0.132 | 60.54 | 0.06 |
| บ้านนาน้อย | 26.8 | 0.378 | 58.01 | 0.184 |
| บ้านปู่ก้อน | 10.76 | 0.170 | 83.25 | 0.118 |
| บ้านหัวน้ำ | 18.64 | 0.276 | 58.274 | 0.135 |
| รวม | 379.44 | - | - | 1.713 |

จากการลงสำรวจพื้นที่ ได้เลือกพิจารณามา 3 โครงการได้แก่ 1.บ้านป่าเที่ยง ต.สถาน อ.ปัว จ.น่าน 2. บ้านนาน้อย ต.วรนคร อ.ปัว จ.น่าน และ 3.บ้านหัวน้ำ ต.ศิลาแลง อ.ปัว จ.น่าน รายละเอียดของแต่ละโครงการแสดงในหัวข้อ 4.1.1 ,4.1.2 และ 4.1.3

### 4.1.1 โครงการที่ 1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก บ้านป่าเที่ยง

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตั้งอยู่ที่ บ้านป่าเที่ยง ต.สถาน อ.ปัว จ.น่าน ลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่ และมีน้ำไหลต่อเนื่องทั้งปี ที่ตั้งโครงการมีความสูงหัวน้ำที่น้อยและเข้าดำเนินการก่อสร้างถนนและฝายได้สะดวก เนื่องจากเป็นพื้นที่ท้ายน้ำและ และปริมาณน้ำออกแบบ มีปริมาณพอสมควร เพราะเป็นพื้นที่ท้ายน้ำ รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งโครงการดังแสดงในรูปที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของโครงการแสดงรายละเอียดดังในตารางที่ 4.2 และตัวอย่างรายการคำนวณของโครงการที่1 แสดงในหัวข้อ 4.1.4




**รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ณ บ้านป่าเที่ยง**

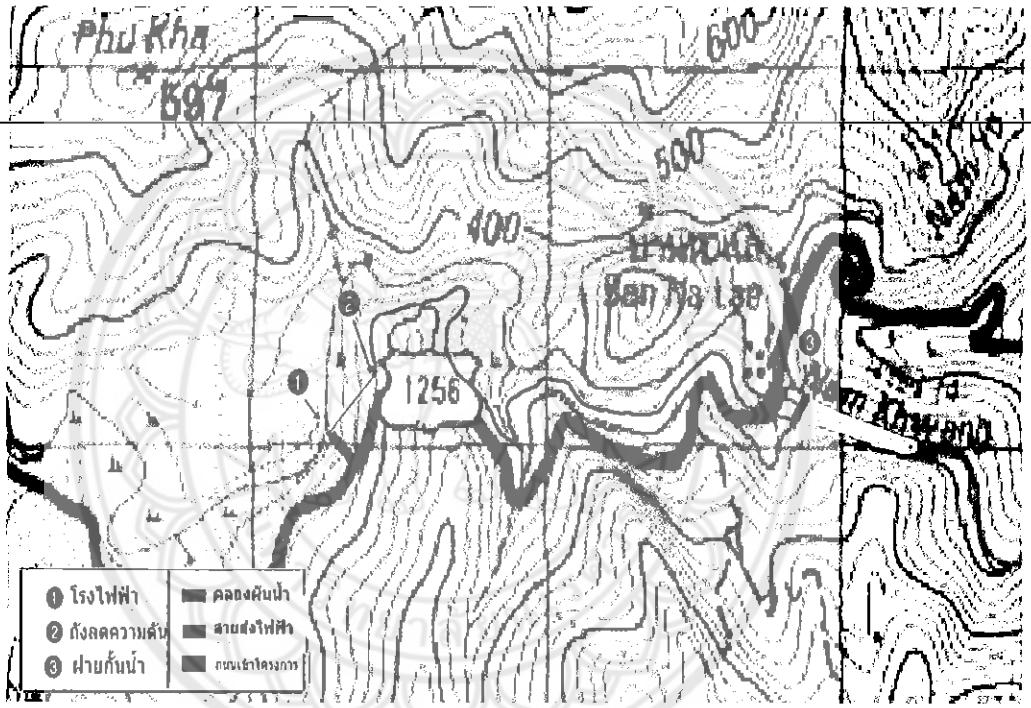
**ตารางที่ 4.2 ลักษณะโครงการที่ 1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก บ้านป่าเที่ยง**

| ลำดับที่ | รายการ | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| 1. | ที่ตั้งโครงการ | บ้านป่าเที่ยง | |
| | ลักษณะโครงการ | แบบมีอ่างเก็บน้ำ | |
| | อายุโครงการ | 30 | ปี |
| 2. | พื้นที่รับน้ำ | 133.6 | ตร.กม. |
| | 2.1 ความจุอ่างเก็บน้ำ | 65792.49 | ลบ.ม. |
| 3. | อุทกวิทยา | | |
| | 3.1 ปริมาณน้ำท่า | 148.792 | ล้านลบ.ม.ต่อปี |
| | 3.2 ปริมานน้ำหลาก | 169.363 | ล้านลบ.ม.ต่อปี |
| | 3.3 ปริมาณตะกอน | 9830.728 | ตันต่อปี |
| 4 | ฝาย | | |
| | 4.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 4.2 ความสูงฝาย | 8 | เมตร |
| | 4.3 ระดับสันฝาย | +302.44 | เมตร รทก. |
| | 4.4 ความยาวสันฝาย | 40 | เมตร |
| | 4.5 ระดับกักเก็บ | +302.44 | เมตร รทก. |
| | 4.6 ระดับกักต่ำ | +294.44 | เมตร รทก. |
| 5 | ท่อส่งน้ำ | | |
| | 5.1 ชนิด | Steel pipe | |
| | 5.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง | 0.8 | เมตร |
| | 5.3 ความยาวท่อ | 44.626 | เมตร |
| 6 | ถังลดความดัน | | |
| | 6.1 ชนิด | Steel tank | |
| | 6.2 ขนาด | 4 | เมตร |
| | 6.2 ความสูง | 15 | เมตร |

| ลำดับที่ | รายการ | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| 7 | อาคารรับน้ำ | | |
| | 7.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 7.2 ขนาด | 4×4 | เมตร |
| | | | |
| 8 | คลองผันน้ำ | | |
| | 8.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 8.2 ขนาด | 2×1 | เมตร |
| | 8.3 ความยาวคลอง | 1714.32 | เมตร |
| 9 | โรงไฟฟ้า | | |
| | 6.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 6.2 ขนาด | 15×30 | เมตร |
| 10 | เครื่องกังหันน้ำ | | |
| | 7.1 ชนิด | Francis | |
| | 7.2 ปริมานน้ำออกแบบ | 1.547 | ลบ.ม.ต่อวินาที |
| | 7.3 ความสูงหัวน้ำออกแบบ | 19.234 | เมตร |
| | 7.4 กำลังติดตั้ง | 249.571 | กิโลวัตต์ |
| 11 | พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปี | 826,579.152 | หน่วยต่อปี |
| 12 | สายไฟฟ้า 22 กิโลโวลท์ | 761.92 | เมตร |

### 4.1.2 โครงการที่ 2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก บ้านนาน้อย

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตั้งอยู่ที่ บ้านนาน้อย ต.วรนคร อ.ปัว จ.น่าน การสำรวจเป็นลำน้ำที่มีขนาดเล็ก ทำให้ปริมาณน้ำออกแบบได้ค่อนข้างน้อย แต่มีหัวน้ำที่สูงพอสมควร ที่ตั้งของโครงการ ใกล้กับถนน ทำให้โครงการลดราคาก่อสร้างถนนเข้าโครงการ ,รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และลักษณะทั่วไปของโครงการแสดงรายละเอียดดังในตารางที่ 4.3




**รูปที่ 4.2 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ณ บ้านนาน้อย**

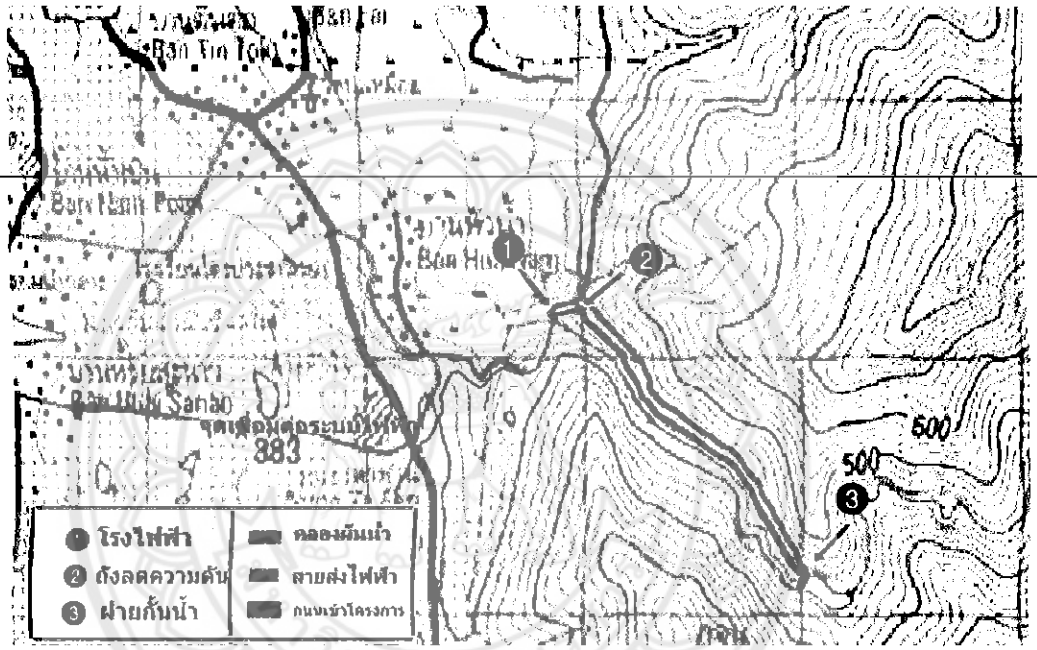
**ตารางที่ 4.3 ลักษณะโครงการที่ 2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก บ้านนาน้อย**

| ลำดับที่ | รายการ | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| 1. | ที่ตั้งโครงการ | บ้านนาน้อย | |
| | ลักษณะโครงการ | แบบมีอ่างเก็บน้ำ | |
| | อายุโครงการ | 30 | ปี |
| 2. | พื้นที่รับน้ำ | 26.8 | ตร.กม. |
| | 2.1 ความจุอ่างเก็บน้ำ | 39,121.65 | ลบ.ม. |
| 3. | อุทกวิทยา | | |
| | 3.1 ปริมาณน้ำท่า | 35.938 | ล้านลบ.ม.ต่อปี |
| | 3.2 ปริมานน้ำหลาก | 68.894 | ล้านลบ.ม.ต่อปี |
| | 3.3 ปริมาณตะกอน | 2665.515 | ตันต่อปี |
| 4 | ฝาย | | |
| | 4.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 4.2 ความสูงฝาย | 6 | เมตร |
| | 4.3 ระดับสันฝาย | +386 | เมตร รทก. |
| | 4.4 ความยาวสันฝาย | 35 | เมตร |
| | 4.5 ระดับกักเก็บ | +386 | เมตร รทก. |
| | 4.6 ระดับกักต่ำ | +380 | เมตร รทก. |
| 5 | ท่อส่งน้ำ | | |
| | 5.1 ชนิด | Steel pipe | |
| | 5.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง | 0.4 | เมตร |
| | 5.3 ความยาวท่อ | 217.65 | เมตร |
| 6 | ถังลดความดัน | | |
| | 6.1 ชนิด | Steel tank | |
| | 6.2 ขนาด | 4 | เมตร |
| | 6.2 ความสูง | 12 | เมตร |

| ลำดับที่ | รายการ | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| 7 | อาคารรับน้ำ | | |
| | 7.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 7.2 ขนาด | 4×4 | เมตร |
| 8 | คลองผันน้ำ | | |
| | 8.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 8.2 ขนาด | 1×0.8 | เมตร |
| | 8.2 ความยาวคลอง | 2139.86 | เมตร |
| 9 | โรงไฟฟ้า | | |
| | 6.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 6.2 ขนาด | 15×30 | เมตร |
| 10 | เครื่องกังหันน้ำ | | |
| | 7.1 ชนิด | Francis | |
| | 7.2 ปริมานน้ำออกแบบ | 0.378 | ลบ.ม.ต่อวินาที |
| | 7.3 ความสูงหัวน้ำออกแบบ | 58.01 | เมตร |
| | 7.4 กำลังติดตั้ง | 183.920 | กิโลวัตต์ |
| 11 | พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปี | 609,143.04 | หน่วยต่อปี |
| 12 | สายไฟฟ้า 22 กิโลโวลท์ | 1,000 | เมตร |

### 4.1.3 โครงการที่ 3 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก บ้านหัวน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตั้งอยู่ที่ บ้านหัวน้ำ ต.ศิลาแลง อ.ปัว จ.น่าน จากการสำรวจ เป็นลำน้ำที่มีขนาดเล็ก มีพื้นที่ค่อนข้างชันทำให้มีหัวน้ำที่สูงแต่มีปริมาณน้ำออกแบบที่น้อย รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 4.3และลักษณะทั่วไปของโครงการแสดงรายละเอียดดังในตารางที่ 4.4




รูปที่ 4.3 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ณ บ้านหัวน้ำ

**ตารางที่ 4.4 ลักษณะโครงการที่ 3 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก บ้านหัวน้ำ**

| ลำดับที่ | รายการ | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| 1. | ที่ตั้งโครงการ | บ้านหัวน้ำ | |
| 2. | พื้นที่รับน้ำ | 18.64 | ตร.กม. |
| | 2.1 ความจุอ่างเก็บน้ำ | 26,122.396 | ลบ.ม |
| 3. | อุทกวิทยา | | |
| | 3.1 ปริมาณน้ำท่า | 26.144 | ล้านลบ.ม.ต่อปี |
| | 3.2 ปริมานน้ำหลาก | 56.294 | ล้านลบ.ม.ต่อปี |
| | 3.3 ปริมาณตะกอน | 1861.524 | ตันต่อปี |
| 4 | ฝาย | | |
| | 4.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 4.2 ความสูงฝาย | 6 | เมตร . |
| | 4.3 ระดับสันฝาย | +402.046 | เมตร รทก. |
| | 4.4 ความยาวสันฝาย | 60 | เมตร |
| | 4.5 ระดับกักเก็บ | +402.046 | เมตร รทก. |
| | 4.6 ระดับกักต่ำ | +396.046 | เมตร รทก |
| 5 | ท่อส่งน้ำ | | |
| | 5.1 ชนิด | Steel pipe | |
| | 5.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง | 0.4 | เมตร |
| | 5.3 ความยาวท่อ | 120.196 | เมตร |
| 6 | ถังลดความดัน | | |
| | 6.1 ชนิด | Steel tank | |
| | 6.2 ขนาด | 4 | เมตร |
| | 6.2 ความสูง | 12 | เมตร |
| 7 | อาคารรับน้ำ | | |
| | 7.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 7.2 ขนาด | 4×4 | เมตร |

| ลำดับที่ | รายการ | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| 8 | คลองผันน้ำ | | |
| | 8.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 8.2 ขนาด | 2×0.2 | เมตร |
| | 8.3 ความยาวคลอง | 1571.427 | เมตร |
| 9 | โรงไฟฟ้า | | |
| | 6.1 ชนิด | ค.ส.ล | |
| | 6.2 ขนาด | 15×30 | เมตร |
| 10 | เครื่องกังหันน้ำ | | |
| | 7.1 ชนิด | Francis | |
| | 7.2 ปริมานน้ำออกแบบ | 0.276 | ลบ.ม.ต่อวินาที |
| | 7.3 ความสูงหัวน้ำออกแบบ | 58.274 | เมตร |
| | 7.4 กำลังติดตั้ง | 134.902 | กิโลวัตต์ |
| 11 | พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปี | 463,355.424 | หน่วยต่อปี |
| 12 | สายไฟฟ้า 22 กิโลโวลท์ | 1071.428 | เมตร |

### 4.1.4 ตัวอย่างรายการคำนวณโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก โครงการที่ 1

**ที่ตั้งโครงการ**

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตั้งอยู่ที่ บ้านป่าเที่ยง ต.สถาน อ.ปัว จ.น่าน

**พื้นที่รับน้ำ**

พื้นที่ของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก บ้านป่าเที่ยง มีพื้นที่รับน้ำคือ A=133.6 ตร.กม.

**ปริมาณน้ำออกแบบ**

จากรูปที่ 2.24 เลือกค่า Q = 1.568 มาออกแบบ

และจากความสัมพันธ์น้ำท่าที่ตั้งฝายและสถานีดัชนี ปรับค่าQ

$$Q_w/Q_i=A_wA_i^{0.8763}$$

โดยที่ $Q_w$=ปริมาณน้ำท่า ณ ที่ตั้งฝาย

$Q_i$ =ปริมาณน้ำท่า ณ ที่ตั้งสถานีดัชนี

$A_w$=พื้นที่รับน้ำฝน ณ ที่ตั้งฝาย

$A_i$ =พื้นที่รับน้ำฝน ณ ที่ตั้งสถานีดัชนี

แทนค่า $\frac{Qw}{1.568}=(\frac{133.6}{135.6})^{0.8763}$

$Q_w$=1.547 $m^3/s$

**ปริมาณน้ำท่า**

จาก $Q = 2.0141A^{0.8763}$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ( ล้านลบ.ม.ต่อปี )

A = พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

แทนค่า $Q = 2.0141(135.6)^{0.8763}$

Q = 148.792 ล้านลบ.ม.ต่อปี

**ปริมาณน้ำหลาก**

จาก $Q_p = 11.059A^{0.5563}$

เมื่อ $Q_p$ = ปริมาณน้ำหลาก ( ลบ.ม.ต่อวินาที )

A = พื้นที่รับน้ำ ( ตร.กม. )

แทนค่า $Q = 11.059(135.6)^{0.5563}$

**Q = 169.363 ลบ.ม.ต่อวินาที**

**ปริมาณตะกอน**

จาก $Q_S = 160.13A^{0.8386}$

เมื่อ $Q_S$ = ปริมาณตะกอน ( ตันต่อปี )

A = พื้นที่รับน้ำ ( ตร.กม. )

แทนค่า $Q_S = 160.13(135.6)^{0.8386}$

$Q_S = 9830.728$ ตันต่อปี

คลองผันน้ำ

จาก $Q=(AR^{1/3}S^{1/2})/n$

เมื่อ Q=ปริมาณน้ำออกแบบ

A= พื้นที่คลองผันน้ำ

R= รัศมีชลศาสตร์

S=รัศมีด้านชลศาสตร์

n=สัมประสิทธิ์ความขรุขระ =0.017

แทนค่า กำหนดความยาว 2เมตร

$$1.547=\frac{1}{0.017}\times 2y_n\left(\frac{2y_n}{2+2y_n}\right)\times 0.002^{1/2}$$

$y_n$= 1 ม.

ดังนั้น คลองผันน้ำกว้าง 2 เมตร ลึก 1 เมตร

ท่อส่งน้ำ

จาก $Q = VA$

เมื่อ Q = อัตราการไหล

A = หน้าตัดการไหลในท่อ ( เมตร )

V = ความเร็วการไหล ( กำหนดให้น้ำไหลในท่อไม่เกิน 3.5m/s )

แทนค่า $1.547=\frac{\pi D^2}{4}\times(3.5)$

D = 0.75 เมตร

ดังนั้น เลือกใช้ D = 0.8 เมตร

หัวน้ำที่ออกแบบ

จาก $H_d = 2/3(\text{NWL}-\text{LWL})+\text{LWL}-\text{TWL}-H_L$

เมื่อ $H_d$= ความสูงหัวน้ำออกแบบ

NWL = ระดับน้ำเก็บกักปกติ ( ม.รทก.)

LWL = ระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด ( ม.รทก.)

TWL = ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ( ม.รทก.)

$H_L$ = ความสูญเสียหัวน้ำ

จาก $H_L = fLV^2 / 2gD$

เมื่อ $H_L$ = ความสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของท่อ

L = ความยาวท่อ ( เมตร)

V = ความเร็วของน้ำไหลในท่อ ( เมตร / วินาที )

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 ( เมตร / วินาที$^2$)

แทนค่า $H_L = (0.0193)(44.626)(3.077^2) / 2(9.81)(0.8)$

$H_L$ = 0.519 เมตร

จาก $f = 124.5n^2 / D^{1/3}$

เมื่อ f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานการไหล

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ ( 0.012 สำหรับท่อเหล็ก )

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ( เมตร )

แทนค่า $f = 124.5(0.012^2) / (0.8^{1/3})$

f = 0.0193

ดังนั้น $H_d$ = 2/3( 302.44-294.44 )+ 294.44 –280- 0.519

$H_d$ =19.254 เมตร

เครื่องกังหันน้ำ

จาก $P = 9.81Q\ H_d\ e_T e_G$

เมื่อ P= กลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์ )

Q =ปริมาณน้ำออกแบบ ( ลบ.ม.ต่อวินาที )

$H_d$ =ความสูงหัวน้ำออกแบบ ( เมตร )

$e_T$=ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ = 0.9

$e_G$=ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า= 0.95

แทนค่า $P_T = 9.81 \times 1.547 \times 19.254 \times 0.9 \times 0.95$

$P_T$ = 249.571 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

และชั่วโมงเดินเครื่องกังหัน = 12 ชม.ต่อวัน ออกแบบไว้ 9 เดือนเท่ากับ 276 วัน

ดั้งนั้น $12 \times 276 \times 249.571 = 826,579.152$ กิโลวัตต์-ปี.

## 4.2 ราคาค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของลุ่มน้ำปัว

### 4.2.1 ตัวอย่างราคาค่าก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กโครงการ 1 (Bill of Quanlity)

| ลำดับที่ | รายการ | ปริมาณงาน | หน่วย | ราคาต่อหน่วย (บาท) | ราคาค่าก่อสร้าง (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | งานโยธา | | | | |
| | 1.1 งานคอนกรีตเสริมเหล็ก | 955.0182 | ลบ.ม. | 6,080 | 5,806,510.656 |
| | 1.2 งานประตูเหล็กระบายและตะแกรง | 1 | ชุด | 42800 | 42,800 |
| | 1.3 ท่อเหล็ก 0.8เมตร | 45 | ม. | 12,341 | 555,345 |
| | 1.4 งานถนนเข้าโครงการ | 3.34 | กม. | 1,159,000 | 3,871,060 |
| | 1.5 ถังลดความดัน | 1 | ชุด | 1,700,000 | 1,700,000 |
| 2 | งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกล | | | | |
| | 2.1 เครื่องกังหันน้ำและอุปกรณ์ควบคุม | 1 | ชุด | 500,000 | 500,000 |
| 3 | งานสายส่งไฟฟ้า | | | | |
| | 3.1 งานระบบสายส่ง 22 กิโลโวลท์ | | | | |
| | -ขนาด 120 ตร.มม. | 0.761 | กม. | 824,000 | 627,888 |
| | 3.2 งานปรับปรุงระบบสายส่ง | | | | |
| | ไฟฟ้าแรงสูง | 0.761 | กม. | 321,000 | 244,602 |
| | -ขนาด 120 ตร.มม. | | | | |
| 4 | เงินเผื่อขาด | | | | 2,532,392.131 |
| 5 | ค่าซ่อมบำรุงและปฏิบัติงาน | | | | 1,334,829.566 |
| 6 | ค่าดำเนินการ | | | | 1,334,829.566 |
| | รวมราคาก่อสร้างโครงการ | | | | 18,550256.92 |

ศักยภาพที่ตั้งของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ในลุ่มน้ำปัว จังหวัดน่าน ทั้ง 3โครงการมีราคาต้นทุนและการผลิตไฟฟ้าได้ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 1. โครงการ1 ที่บ้านป่าเที่ยง ไฟฟ้าผลิตที่ต่อปี | 826,579.152 | หน่วย |
| ราคาค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า | 18,550256.92 | บาท |
| 2. โครงการ2 ที่บ้านบ้านนาน้อย ไฟฟ้าผลิตที่ต่อปี | 609,143.04 | หน่วย |
| ราคาค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า | 15,441,625.24 | บาท |
| 3. โครงการที่3 ที่ บ้านหัวน้ำ ไฟฟ้าผลิตที่ต่อปี | 463,355.424 | หน่วย |
| ราคาค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า | 14,910,751.07 | บาท |

# บทที่ 5

# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 บทสรุป

ลุ่มน้ำปัว จังหวัดน่าน มีศักยภาพในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ไม่เกิน 5 เมกะวัตต์ ทั้งหมด 7 โครงการ รวมกำลังการผลิตไฟฟ้า1.713 เมกะวัตต์ เบื้องต้นมี 3 โครงการที่มีความเหมาะสม โดย อัตราการไหลของน้ำ มีความต่อเนื่องทั้งปีสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งปี และลักษณะภูมิประเทศมีความลาดชันสูง ทำให้ได้หัวน้ำที่สูง ทำให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำนั้นมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

โครงการที่ 1 บ้านป่าเที่ยง ต.สถาน อ.ปัว จ.น่าน

| | | |
|---|---|---|
| กำลังการผลิตไฟฟ้า | 249.571 | กิโลวัตต์ |
| พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อปี | 826,579.152 | หน่วย |
| เงินลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้า | 18,550256.92 | บาท |
| เงินที่ได้รับจากการขายไฟฟ้า | 1,653,158.304 | บาท |
| ผลกำไรของโครงการได้คืนทุน 11 ปี | | |

โครงการที่ 2 บ้านนาน้อย ต.วรนคร อ.ปัว จ.น่าน

| | | |
|---|---|---|
| กำลังการผลิตไฟฟ้า | 183.920 | กิโลวัตต์ |
| พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อปี | 609,143.04 | หน่วย |
| เงินลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้า | 15,441,625.24 | บาท |
| เงินที่ได้รับจากการขายไฟฟ้า | 1,218,286.08 | บาท |
| ผลกำไรของโครงการได้คืนทุน 13 ปี | | |

โครงการที่ 3 บ้านหัวน้ำ ต.ศิลาแลง อ.ปัว จ.น่าน

| | | |
|---|---|---|
| **กำลังการผลิตไฟฟ้า** | **134.902** | **กิโลวัตต์** |
| **พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อปี** | **463,355.424** | **หน่วย** |
| **เงินลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้า** | **14,910,751.07** | **บาท** |
| **เงินที่ได้รับจากการขายไฟฟ้า** | **926,710.848** | **บาท** |
| **ผลกำไรของโครงการได้คืนทุน 17 ปี** | | |

ในรูปแบบการลงทุน รัฐบาลควรสนับสนุนการลงทุนค่าการสร้างของโครงการโรงไฟฟ้าร่วมกับชุมชน และจัดตั้งเป็นสหกรณ์ เพื่อดูแลผลประโยชน์ของโครงการร่วมกัน กำหนดสัดส่วนในการลงทุนระหว่างภาครัฐกับชุนชนเพื่อให้เกิดความร่วมมือ และผลประโยชน์ที่ยุติธรรม

โครงการที่ 1 มี 21 หมู่บ้านทีเป็นผู้ร่วมดูแลจัดการบริหารโรงไฟฟ้า ได้แก่ บ้านป่าเที่ยง บ้านฟาง บ้านวังแหน บ้านไหล่ปัว บ้านจูนใต้ บ้านสกาดใต้ บ้านเตย บ้านกอกหลวง บ้านจูนน้อย บ้านจูนหลวง บ้านตาชะงุ้ม บ้านตาหลวง บ้านกอกน้อย บ้านหัวคอย บ้านเตยหลวง บ้านห้วยงอน บ้านจะแลง บ้านปานกอบ บ้านขุนน้ำแงงน้อย บ้านจะแลงหลวง บ้านเตยน้อย

โครงการที่ 2 มี 9 หมู่บ้านทีเป็นผู้ร่วมดูแลจัดการบริหารโรงไฟฟ้า ได้แก่ บ้านนาน้อย บ้านห้วยไร่ บ้านน้ำยอ บ้านนาแล บ้านปู่ป๊ก บ้านน้ำดัน บ้านแม้วเล่าเล้งขุนกว้าง บ้านห้วยตื้น บ้านแม้วเล่าเจ๊อะ

โครงการที่ 3 มี 7 หมู่บ้านทีเป็นผู้ร่วมดูแลจัดการบริหารโรงไฟฟ้า ได้แก่บ้านหัวน้ำ บ้านน้ำคูณใต้ บ้านปู่กอน บ้านปางยาง บ้านน้ำคูณ บ้านป่าหวาย บ้านแม้วน้ำเปี้ยงใต้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาความเป็นไปได้และวิเคราะห์ศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำปัว จังหวัดน่าน เพิ่มเติมให้ครบทั้ง 7 โครงการ

2. ควรศึกษาวิเคราะห์สัดส่วนการลงทุนระหว่างภาครัฐกับชุมชน วิธีการหาทุนในการก่อสร้างและการจัดตั้งสหกรณ์

# บรรณานุกรม

กีรติ ลีวัจนกุล. (2537). วิศวกรรมชลศาสตร์. ปทุมธานี : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยรังสิต.

ไฟฑูรย์ กิตกสุนทร. (2552). ชลศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วินัย ศรีอำพร. (2541). กลศสาร์ของไหล. ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัฒนา ถาวร. (2545). โรงต้นกำลังไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สมบัติ ชื่นชูกลิ่น,(2555). ศักยภาพการจัดการน้ำในลุ่มน้ำป่วย: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร

กรมทรัพยากรน้ำ, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2554 จาก http://www.dwr.go.th/

จังหวัดน่าน, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2554 จาก http://www1.mod.go.th/heritage/nation/oldcity/nan1.htm

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2554 จาก http://www.hydro-1.com/index.php?id=63&Prov=N

Maps google, (ออนไลน์), สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2554 จาก http://maps.google.co.th/maps?hl=th&tab=wl

# ภาคผนวก ก

# รายการคำนวณโครงการโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

## 1.รายการคำนวณโรงไฟฟ้าขนาดเล็กโครงการที่ 2

1.1 ที่ตั้งโครงการ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตั้งอยู่ที่ บ้านนาน้อย ต.สถาน อ.ปัว จ.น่าน

1.2 พื้นที่รับน้ำ

พื้นที่ของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก บ้านนาน้อย มีพื้นที่รับน้ำคือ A=26.8 ตร.กม.

1.3 ปริมาณน้ำออกแบบ

จากรูปที่ 2.24 เลือกค่า Q = 1.568 มาออกแบบ

และจากความสัมพันธ์น้ำท่าที่ตั้งฝายและสถานีดัชนี ปรับค่าQ

$$Q_w/Q_i=A_wA_i^{0.8763}$$

โดยที่ $Q_w$=ปริมาณน้ำท่า ณ ที่ตั้งฝาย

$Q_i$ =ปริมาณน้ำท่า ณ ที่ตั้งสถานีดัชนี

$A_w$=พื้นที่รับน้ำฝน ณ ที่ตั้งฝาย

$A_i$ =พื้นที่รับน้ำฝน ณ ที่ตั้งสถานีดัชนี

แทนค่า $\frac{Qw}{1.568}=(\frac{26.8}{135.6})^{0.8763}$

$Q_w$=0.378 $m^3/s$

1.4 ปริมาณน้ำท่า

จาก $Q = 2.0141A^{0.8763}$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ( ล้านลบ.ม.ต่อปี )

A = พื้นที่รับน้ำ(ตร.กม.)

แทนค่า $Q = 2.0141(26.8)^{0.8763}$

Q= 35.938 ล้านลบ.ม.ต่อปี

1.5 ปริมาณน้ำหลาก

จาก $Q_p = 11.059A^{0.5563}$

เมื่อ $Q_p$ = ปริมาณน้ำหลาก ( ลบ.ม.ต่อวินาที )

A = พื้นที่รับน้ำ ( ตร.กม. )

แทนค่า $Q = 11.059(26.8)^{0.5563}$

Q = 68.894 ลบ.ม.ต่อวินาที

1.6 ปริมาณตะกอน

จาก $Q_S = 160.13A^{0.8386}$

เมื่อ $Q_S$ = ปริมาณตะกอน ( ตันต่อปี )

A = พื้นที่รับน้ำ ( ตร.กม. )

แทนค่า $Q_S = 160.13(26.8)^{0.8386}$

$Q_S$ = 2665.515 ตันต่อปี

1.7 คลองผันน้ำ

จาก $Q=(AR^{1/3}S^{1/2})/n$

เมื่อ Q=ปริมาณน้ำออกแบบ

A= พื้นที่คลองผันน้ำ

R= รัศมีชลศาสตร์

S=รัศมีด้านชลศาสตร์

n=สัมประสิทธิ์ความขรุขระ =0.017

แทนค่า กำหนดความยาว 1 เมตร

$$0.378 = \frac{1}{0.017} \times 2y_n \left(\frac{1y_n}{1+2y_n}\right) \times 0.002^{1/2}$$

$y_n$= 0.8 ม.

ดังนั้น คลองผันน้ำกว้าง 1 เมตร ลึก 0.8 เมตร

1.8 ท่อส่งน้ำ

จาก Q = VA

เมื่อ Q = อัตราการไหล

A = หน้าตัดการไหลในท่อ ( เมตร )

V = ความเร็วการไหล ( กำหนดให้น้ำไหลในท่อไม่เกิน 3.5m/s )

แทนค่า $0.378 = \frac{\pi D^2}{4} \times (3.5)$

D = 0.37 เมตร

ดังนั้น เลือกใช้ D = 0.4 เมตร

1.9 หัวน้ำที่ออกแบบ

จาก $H_d$ =2/3( NWL- LWL)+ LWL- TWL-$H_L$

เมื่อ $H_d$ = ความสูงหัวน้ำออกแบบ

NWL = ระดับน้ำเก็บกักปกติ ( ม.รทก.)

LWL = ระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด ( ม.รทก.)

TWL = ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า( ม.รทก.)

$H_L$ =ความสูญเสียหัวน้ำ

จาก $H_L = fLV^2 / 2gD$

เมื่อ $H_L$ = ความสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของท่อ

L = ความยาวท่อ ( เมตร)

V = ความเร็วของน้ำไหลในท่อ ( เมตร / วินาที )

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 ( เมตร / วินาที$^2$)

แทนค่า $H_L = (0.024)(217.65)(3^2) / 2(9.81)(0.4)$

$H_L$ = 5.99 เมตร

จาก $f = 124.5n^2 / D^{1/3}$

เมื่อ f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานการไหล

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ ( 0.012 สำหรับท่อเหล็ก )

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ( เมตร )

แทนค่า $f = 124.5(0.012^2) / (0.4^{1/3})$

$f = 0.024$

ดังนั้น $H_d = 2/3( 386-380 )+ 380 -320- 5.99$

$H_d$ =58.01 เมตร

1.10 เครื่องกังหันน้ำ

จาก $P = 9.81Q H_d e_T e_G$

เมื่อ P= กลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์ )

Q =ปริมาณน้ำออกแบบ ( ลบ.ม.ต่อวินาที )

$H_d$ =ความสูงหัวน้ำออกแบบ ( เมตร )

$e_T$=ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ = 0.9

$e_G$=ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า= 0.95

แทนค่า $P_T = 9.81 \times 0.378 \times 58.01 \times 0.9 \times 0.95$

$P_T$ = 183.920 กิโลวัตต์

และชั่วโมงเดินเครื่องกังหัน = 12 ชม.ต่อวัน ออกแบบไว้ 9 เดือนเท่ากับ 276 วัน

ดังนั้น $12 \times 276 \times 183.920 = 609,143.04$ กิโลวัตต์-ปี.

1.11 ราคาค่าก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กโครงการที่ 2 (Bill of Quanlity)

| ลำดับที่ | รายการ | ปริมาณงาน | หน่วย | ราคาต่อหน่วย (บาท) | ราคาค่าก่อสร้าง (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | งานโยธา | | | | |
| | 1.1 งานคอนกรีตเสริมเหล็ก | 821.958 | ลบ.ม. | 6,080 | 4,997,504.64 |
| | 1.2 งานประตูเหล็กระบายและตะแกรง | 1 | ชุด | 42800 | 42,800 |
| | 1.3 ท่อเหล็ก 0.4 เมตร | 217.65 | ม. | 6,047 | 1,316,129.55 |
| | 1.4 งานถนนเข้าโครงการ | 1 | กม | 1,159,000 | 1,159,000 |
| | 1.7 ถังลดความดัน | 1 | ชุด | 1,700,000 | 1,700,000 |
| 2 | งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกล | | | | |
| | 2.1 เครื่องกังหันน้ำและอุปกรณ์ควบคุม | 1 | ชุด | 500,000 | 500,000 |
| 3 | งานสายส่งไฟฟ้า | | | | |
| | 3.1 งานระบบสายส่ง 22 กิโลโวลท์ | | | | |
| | -ขนาด 120 ตร.มม. | 1 | กม. | 824,000 | 824,000 |
| | 3.2 งานปรับปรุงระบบสายส่ง | | | | |
| | ไฟฟ้าแรงสูง | 1 | กม. | 321,000 | 321,000 |
| | -ขนาด 120 ตร.มม. | | | | |
| 4 | เงินเผื่อขาด | | | | 2,007,586.84 |
| 5 | ค่าซ่อมบำรุงและปฏิบัติงาน | | | | 1,286,802.103 |
| 6 | ค่าดำเนินการ | | | | 1,286,802.103 |
| รวมราคาก่อสร้างโครงการ | | | | | 15,441,625.24 |

หมายเหตุ อายุใช้งาน 30ปี

**2.รายการคำนวณโรงไฟฟ้าขนาดเล็กโครงการที่ 3**

2.1 ที่ตั้งโครงการ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตั้งอยู่ที่ บ้านหัวน้ำ ต.วรนคร อ.ปัว จ.น่าน

2.2 พื้นที่รับน้ำ

พื้นที่ของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก บ้านป่าเที่ยง มีพื้นที่รับน้ำคือ A=18.64 ตร.กม.

2.3 ปริมาณน้ำออกแบบ

จากรูปที่ 2.24 เลือกค่า Q = 1.568 มาออกแบบ

และจากความสัมพันธ์น้ำท่าที่ตั้งฝายและสถานีดัชนี ปรับค่าQ

$$Q_w/Q_i=A_wA_i^{0.8763}$$

โดยที่ $Q_w$=ปริมาณน้ำท่า ณ ที่ตั้งฝาย

$Q_i$ =ปริมาณน้ำท่า ณ ที่ตั้งสถานีดัชนี

$A_w$=พื้นที่รับน้ำฝน ณ ที่ตั้งฝาย

$A_i$ =พื้นที่รับน้ำฝน ณ ที่ตั้งสถานีดัชนี

แทนค่า $\frac{Qw}{1.568}=(\frac{18.64}{135.6})^{0.8763}$

$Q_w$=0.276 $m^3/s$

2.4 ปริมาณน้ำท่า

จาก $Q=2.0141A^{0.8763}$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ( ล้านลบ.ม.ต่อปี )

A = พื้นที่รับน้ำ(ตร.กม.)

แทนค่า $Q=2.0141(18.64)^{0.8763}$

Q = 26.144 ล้านลบ.ม.ต่อปี

2.5 ปริมาณน้ำหลาก

จาก $Q_p=11.059A^{0.5563}$

เมื่อ $Q_p$ = ปริมาณน้ำหลาก ( ลบ.ม.ต่อวินาที )

A = พื้นที่รับน้ำ ( ตร.กม. )

แทนค่า $Q=11.059(18.64)^{0.5563}$

Q = 56.294 ลบ.ม.ต่อวินาที

2.6 ปริมาณตะกอน

จาก $Q_S=160.13A^{0.8386}$

เมื่อ $Q_S$ = ปริมาณตะกอน ( ตันต่อปี )

A = พื้นที่รับน้ำ ( ตร.กม. )

แทนค่า $Q_S = 160.13(18.64)^{0.8386}$

$Q_S$ =1861.524 ตันต่อปี

2.7 คลองผันน้ำ

จาก $Q=(AR^{1/3}S^{1/2})/n$

เมื่อ Q=ปริมาณน้ำออกแบบ

A= พื้นที่คลองผันน้ำ

R= รัศมีชลศาสตร์

S=รัศมีด้านชลศาสตร์

n=สัมประสิทธิ์ความขรุขระ =0.017

แทนค่า กำหนดความยาว 0.8 เมตร

$$0.276=\frac{1}{0.017}\times 2y_n\left(\frac{2y_n}{2+2y_n}\right)\times 0.002^{1/2}$$

$y_n$= 0.5 ม.

ดังนั้น คลองผันน้ำกว้าง 0.8 เมตร ลึก 0.5 เมตร

2.8 ท่อส่งน้ำ

จาก $Q = VA$

เมื่อ Q = อัตราการไหล

A = หน้าตัดการไหลในท่อ ( เมตร )

V = ความเร็วการไหล ( กำหนดให้น้ำไหลในท่อไม่เกิน 3.5m/s )

แทนค่า $0.276=\frac{\pi D^2}{4}\times(3.5)$

D = 0.316เมตร

ดังนั้น เลือกใช้ D = 0.4เมตร

2.9 หัวน้ำที่ออกแบบ

จาก $H_d$ =2/3( NWL- LWL)+ LWL- TWL-$H_L$

เมื่อ $H_d$ = ความสูงหัวน้ำออกแบบ

NWL = ระดับน้ำเก็บกักปกติ ( ม.รทก.)

LWL = ระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด ( ม.รทก.)

TWL =ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า( ม.รทก.)

$H_L$ =ความสูญเสียหัวน้ำ

จาก $H_L = fLV^2 / 2gD$

เมื่อ $H_L$ = ความสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของท่อ

L = ความยาวท่อ ( เมตร)

V = ความเร็วของน้ำไหลในท่อ ( เมตร / วินาที )

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 ( เมตร / วินาที$^2$)

แทนค่า $H_L = (0.024)(120.196)(2.196^2) / 2(9.81)(0.4)$

$H_L$ =1.772 เมตร

จาก $f = 124.5n^2 / D^{1/3}$

เมื่อ f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานการไหล

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ ( 0.012 สำหรับท่อเหล็ก )

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ( เมตร )

แทนค่า $f = 124.5(0.012^2) / (0.4^{1/3})$

f = 0.024

ดังนั้น $H_d$ = 2/3( 402.046-396.046)+ 396.046 –340-1.772

$H_d$ =58.274 เมตร

2.10 เครื่องกังหันน้ำ

จาก $P = 9.81Q H_d e_T e_G$

เมื่อ P= กลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์ )

Q =ปริมาณน้ำออกแบบ ( ลบ.ม.ต่อวินาที )

$H_d$ =ความสูงหัวน้ำออกแบบ ( เมตร )

$e_T$=ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ = 0.9

$e_G$=ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า= 0.95

แทนค่า $P_T = 9.81 \times 0.276 \times 58.274 \times 0.9 \times 0.95$

$P_T$ = 139.902 กิโลวัตต์

และชั่วโมงเดินเครื่องกังหัน = 12 ชม.ต่อวัน ออกแบบไว้ 9 เดือนเท่ากับ 276 วัน

ดั้งนั้น $12 \times 276 \times 139.902 = 463,355.424$ กิโลวัตต์-ปี.

2.11 ราคาค่าก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กโครงการที่ 3 (Bill of Quanlity)

| ลำดับที่ | รายการ | ปริมาณงาน | หน่วย | ราคาต่อหน่วย (บาท) | ราคาค่าก่อสร้าง (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | งานโยธา | | | | |
| | 1.1 งานคอนกรีตเสริมเหล็ก | 635.342 | ลบ.ม | 6,080 | 3,862,879.36 |
| | 1.2 งานประตูเหล็กระบายและตะแกรง | 1 | ชุด | 42800 | 42,800 |
| | 1.3 ท่อเหล็ก 0.4 เมตร | 120.196 | ม. | 6,047 | 726,825.212 |
| | 1.4 งานถนนเข้าโครงการ | 2.42 | กม | 1,159,000 | 2,814,747.4 |
| | 1.5 ถังลดความดัน | 1 | ชุด | 1,700,000 | 1,700,000 |
| 2 | งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกล | | | | |
| | 2.1 เครื่องกังหันน้ำและอุปกรณ์ควบคุม | 1 | ชุด | 500,000 | 500,000 |
| 3 | งานสายส่งไฟฟ้า | | | | |
| | 3.1 งานระบบสายส่ง 22 กิโลโวลท์ | | | | |
| | -ขนาด 120 ตร.มม. | 1.071 | กม. | 824,000 | 882,504 |
| | 3.2 งานปรับปรุงระบบสายส่ง | | | | |
| | ไฟฟ้าแรงสูง | 1.071 | กม. | 321,000 | 343,791 |
| | -ขนาด 120 ตร.มม. | | | | |
| 4 | เงินเผื่อขาด | | | | 2,002,079.894 |
| 5 | ค่าซ่อมบำรุงและปฏิบัติงาน | | | | 1,242,562.589 |
| 6 | ค่าดำเนินการ | | | | 1,242,562.589 |
| | รวมราคาก่อสร้างโครงการ | | | | 14,910,751.07 |

หมายเหตุ อายุใช้งาน 30ปี

# ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

1.ชื่อ นายชัยพร เสาวภา

ภูมิลำเนา 250/3 หมู่ 4 ต.บ้านฝาย อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail:wing_of_dream@hotmail.com

2.ชื่อ นายธนิ ช่างแกะ

ภูมิลำเนา 303 หมู่3 ต.หนองอ้อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเมืองเชลียง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: thani.c@hotmail.com

3.ชื่อ นายนิพล ดวงอุปะ

ภูมิลำเนา 43/3 หมู่3 ต.ป่าแดง อ.ชาติตระการ จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชาติตระการวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: wy_nipon@hotmail.com