บทที่ 5

การวิเคราะห์การจัดการน้ำและผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์การจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลา และการจัดการน้ำภายในชุมชนหมู่บ้านปาละอูบน จำเป็นที่จะต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางวิศวกรรมของอ่างเก็บน้ำ อุทกวิทยา ความต้องการน้ำของชุมชน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

5.1 ลักษณะทางวิศวกรรมของอ่างเก็บน้ำ

แผนที่ภูมิประเทศบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลา มาตราส่วน 1 : 50000 เพื่อใช้ในการหาพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ แผนที่เส้นชั้นความสูง มาตรส่วน 1 : 2000 เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของตัวเขื่อนกับปริมาตรเก็บกักและพื้นที่ผิวน้ำที่ระดับความสูงต่าง ๆ

5.2 อุทกวิทยาและการใช้น้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากไม่มีการเก็บข้อมูลอุทกวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษา จึงทำให้จำเป็นจะต้องเทียบเคียงข้อมูลทางอุทกวิทยาจากสถานีที่มีการตรวจวัดในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง กล่าวคือ

5.2.1 น้ำท่า (Runoff)

การหาปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (Average annual runoff) โดยทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปราณบุรี จากข้อมูลการวัดปริมาณน้ำจำนวน 4 สถานี และนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้านลูกบาศก์เมตร) กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร) ด้วยสมการรีเกรชชัน $R = kA^n$ (12 : 25) ผลการวิเคราะห์ได้สมการ $R = 0.330A^{0.9075}$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ; $r = 0.9944$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมการที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังนั้น เมื่อพื้นที่รับน้ำ (Catchment Area) ของอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาคือ 47.1 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยจึงควรประมาณ $0.330 \quad (47.1)^{0.9075}$ หรือ 10.88 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่เนื่องจากสถานีวัดน้ำทั้ง 4 สถานี คือ Pr.2, Pr.3, Pr.3A และ Pr.4 นั้น สถานีวัดน้ำท่า Pr.4 มีข้อมูลน้ำท่าเพียงปีครึ่งเท่านั้น ดังนั้น จึงได้พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff coefficient) ของแต่ละสถานีประกอบการวิเคราะห์ในการตัดสินใจ ดังแสดงต่อไปนี้

สถานี	สัมประสิทธิ์น้ำท่า ; K = $\frac{R}{PA}$			จำนวนปีที่เก็บข้อมูล
Pr.2	$\frac{356.17 \times 10^6 \text{ ลบ.ม.}}{0.996 \text{ ม.} (2370 \times 10^6) \text{ ตร.ม.}}$	=	0.1509	6
Pr.3	$\frac{296.33 \times 10^6 \text{ ลบ.ม.}}{0.996 \text{ ม.} (2053 \times 10^6) \text{ ตร.ม.}}$	=	0.1449	3
Pr.3A	$\frac{408.00 \times 10^6 \text{ ลบ.ม.}}{0.996 \text{ ม.} (2067 \times 10^6) \text{ ตร.ม.}}$	=	0.1981	14
Pr.4	$\frac{8.94 \times 10^6 \text{ ลบ.ม.}}{0.996 \text{ ม.} (38 \times 10^6) \text{ ตร.ม.}}$	=	0.2362	1

จากค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ทั้ง 4 สถานี ประกอบกับตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่า พอสรุปได้ว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าบริเวณที่อยู่ตอนบนของลุ่มน้ำจะให้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าสูงกว่าบริเวณที่อยู่ตอนล่างของลุ่มน้ำ ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ n จากสมการรีเกรชชัน $R = kA^n$ ซึ่งมีค่า $n < 1.0$ เป็นลักษณะของลุ่มน้ำที่มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนสูงกว่าบริเวณลุ่มน้ำตอนล่าง ซึ่งเป็นผลจากการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่าง ซึ่งมักจะเป็นที่ราบเหมาะกับการเพาะปลูก หรือมีปริมาณฝนตกด้านท้ายน้ำน้อย (12 : 53)

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากจำนวนปีที่เก็บข้อมูลน้ำท่า จะเห็นได้ว่าสถานี Pr.3A มีจำนวนปีที่เก็บข้อมูลยาวนานที่สุดคือ 14 ปี ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่ครอบคลุมถึงปีที่น้ำท่าน้อยและมากที่สุด เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า และการแผ่กระจายน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่า Pr.3A เป็นเกณฑ์ จะได้ว่า

ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย ; R = สัมประสิทธิ์น้ำท่า x ปริมาณฝน x พื้นที่รับน้ำสุทธิ

= 0.1981 x 0.996 ม./ปี x 46770400 $ม^2$

= 9,228,155 ลูกบาศก์เมตร/ปี

ซึ่งสามารถเทียบกับน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานี Pr.4 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำท่ากับ 38 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 8,940,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี

5.2.2 น้ำฝน (Rainfall)

สภาพฝนที่จำลองมาใช้ในการวิเคราะห์การจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลา คือ สภาพฝนที่บันทึกข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตรหนองพลับ ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน เนื่องจากให้ลักษณะการแผ่กระจายของฝนในแต่ละเดือนได้ดีกว่าข้อมูลที่วัดจากสถานีอื่น ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง ทั้งนี้ได้พิจารณาถึงที่ตั้ง สภาพภูมิประเทศ และสภาพอุตุนิยมวิทยาของสถานีดังกล่าวแล้วว่าใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ศึกษา กล่าวคือ สถานีดังกล่าวตั้งอยู่ห่างจากพื้นที่ที่ศึกษาไปทางทิศตะวันออกประมาณ 30 กิโลเมตร และอยู่ในที่ราบลุ่มระหว่างทุบเขา ได้รับอิทธิพลเนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม ทำให้ลักษณะการแผ่กระจายของน้ำฝนในรอบปีมีจุดยอดสองจุดในเดือนพฤษภาคมและเดือนตุลาคม

5.2.3 การระเหยของน้ำ (Evaporation)

การระเหยของน้ำในแต่ละเขื่อน ได้เลือกใช้จากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา อำเภอหัวหิน โดยใช้ลักษณะการแผ่กระจายของการระเหยที่อำเภอหัวหิน ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้ที่สุดที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนใกล้เคียงกับสถานีตรวจอากาศเกษตรหนองพลับ และอยู่ในเส้นรุ้งใกล้เคียงกัน ซึ่งคาดว่าอัตราการระเหยของน้ำ ณ บริเวณพื้นที่ที่ศึกษาจะมีปริมาณการระเหยใกล้เคียงกับอัตราการระเหยที่อำเภอหัวหิน

5.2.4 การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค (Human consumption)

จากการเก็บข้อมูลแบบสอบถามเกี่ยวกับอัตราการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคของคนในพื้นที่ที่ศึกษา ได้ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำประมาณ 120 ลิตร/คน/วัน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำเพื่อใช้ดื่มกิน ทำครัวและการทำความสะอาด จำนวนประชากรของหมู่บ้านปาละอูบนเท่ากับ 240 คน คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำของหมู่บ้านปาละอูบนเท่ากับ 28.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และจำนวนประชากรของหมู่บ้านฟ้าประทานเท่ากับ 386 คน คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำของหมู่บ้านฟ้าประทานเท่ากับ 46.32 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

5.2.5 การใช้น้ำเพื่อการเกษตร (Agricalture Use)

หมู่บ้านที่มีการใช้น้ำชลประทานจากอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาคือ หมู่บ้านฝ้าประทานเท่านั้น ซึ่งจากการเก็บข้อมูลสอบถาม พบว่า หมู่บ้านส่วนใหญ่ปลูกมะนาว พืชผักทั่วไปและกล้วยไข่ จำนวนครอบครัวในหมู่บ้านฝ้าประทานมี 60 ครอบครัว โดยมีการแบ่งเนื้อที่ทำกินครอบครัวละ 22 ไร่ ซึ่งคิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 1,320 ไร่

5.2.6 การใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า (Hydropower Use)

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามของสถานีผลิตไฟฟ้า ที่สร้างโดยสำนักงานการพลังงานแห่งชาติ โดยเครื่องกังหันน้ำที่ใช้เป็นชนิดไหลขวางของ LAYNE & BOWER Co., LTD. ออกแบบให้ใช้งาน ประสิทธิภาพสูงสุด 70% ที่อัตราการไหล 0.510 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที THAI GENERATOR CO., LTD. ชนิด BL สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด 100 KW 3 PHASE ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า 400 V กระแสไฟฟ้า 180.4 Amp ความถี่กระแสไฟฟ้า 50 Hz ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที จากการสอบถามผู้ใช้กระแสไฟฟ้าในหมู่บ้านฝ้าประทานและหมู่บ้านเฉลิมพระเกียรติ พบว่าหลังจากที่สำนักงานการพลังงานแห่งชาติได้สร้างสถานีผลิตไฟฟ้า และชาวบ้านได้ติดตั้งเสาไฟฟ้า (ไม้ในท้องถิ่น) แล้วเสร็จประมาณกลางปี พ.ศ. 2530 ตัวแทนของทั้งสองหมู่บ้านได้เข้าอบรมการควบคุมดูแลอุปกรณ์ไฟฟ้าจากสำนักงานการพลังงานแห่งชาติเป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งผู้เข้าอบรมทั้งสองคนเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายส่วนตัวเอง ทางคณะกรรมการหมู่บ้านจึงตกลงว่าจ้างให้ผู้เข้าอบรมทั้งสองดูแลสถานีไฟฟ้าดังกล่าวด้วยอัตราเงินเดือน 800 บาทต่อคน โดยเริ่มควบคุมการจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2530 ดังมีรายละเอียดช่วงเวลาเปิดปิดเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ (5-1)

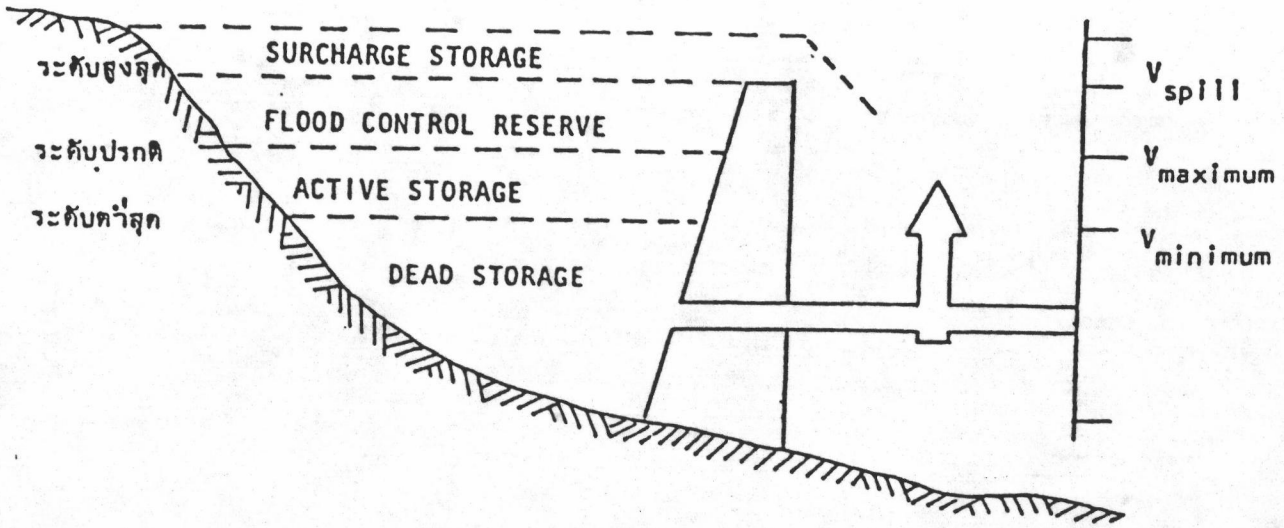
ตารางที่ (5-1) แสดงข้อมูลเวลาการเปิดปิดเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของหมู่บ้านฝ้าประทาน

เดือน/ปี	เริ่มเปิดเวลา	ปิดเวลา	จำนวนชั่วโมง	หมายเหตุ
ตุลาคม/2530	17:00	7:00	14	
พฤศจิกายน/2530	17:00	7:00	14	
ธันวาคม/2530	17:00	7:00	14	
มกราคม/2531	17:00	24:00	7	
	4:00	7:00	3	
กุมภาพันธ์/2531	17:00	24:00	7	
	4:00	7:00	3	
มีนาคม/2531	17:00	24:00	7	
	4:00	7:00	3	
เมษายน/2531	-	-	-	ปริมาณน้ำในเขื่อนลดต่ำลงใกล้ถึงระดับ Dead Storage

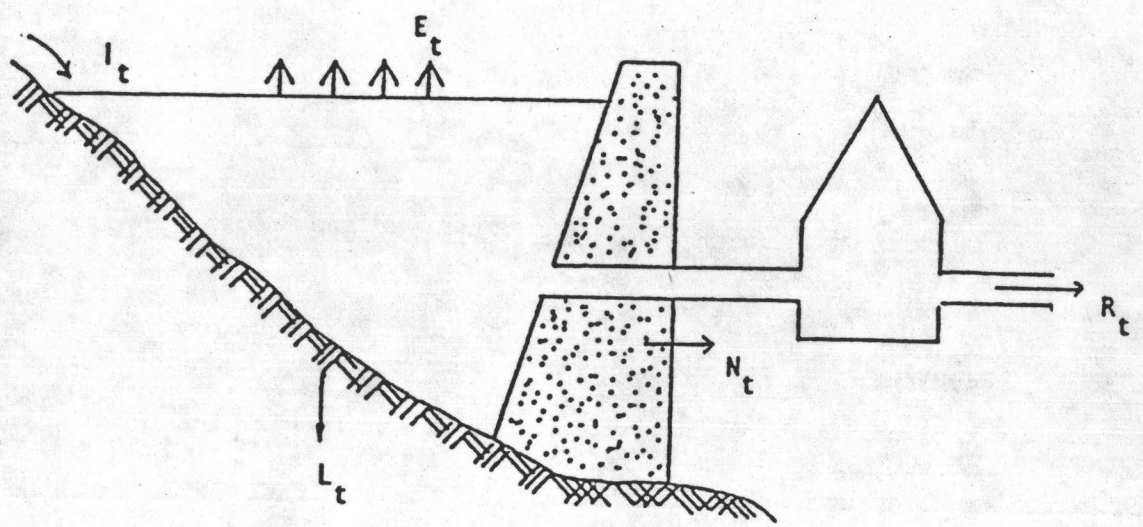
จากการสอบถามผู้ใช้ไฟฟ้าในหมู่บ้านฝ้าประทานและหมู่บ้านเฉลิมพระเกียรติ อัตราค่าใช้ไฟฟ้าราคายูนิตละ 1.50 บาท ส่วนรายได้จากการเก็บค่าใช้ไฟฟ้าได้ไม่แน่นอน และไม่สามารถเก็บค่าใช้จ่ายได้ตามใช้จริง กล่าวคือ เนื่องจากมีผู้ใช้กระแสไฟฟ้ามาก ทำให้บางขณะเกิดไฟฟ้าดับ และหากไม่เปิดสวิทช์ทิ้งไว้ก่อนที่จะเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก็จะไม่สามารถเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ใช้งานได้ อีกทั้งปรากฏว่าผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายใช้มาตรวัดไฟฟ้าไม่ได้มาตรฐาน ทำให้เสียค่าไฟฟ้าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น สำหรับการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ทางผู้ควบคุมจะคอยตรวจสอบให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 400 V ความถี่ 50 Hz ตลอดเวลา

5.3 การจำลองแบบ (Simulation) ระบบอ่างเก็บน้ำ

การจำลองแบบระบบอ่างเก็บน้ำเป็นการจำลองระบบแบบหนึ่ง ซึ่งลักษณะทางกายภาพของระบบแทนด้วยชุดของสมการ อ่างเก็บน้ำโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นเขต (Zone) ดังแสดงในรูปที่ (5-1) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ (5-1) การแบ่งโซนในอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ (5-2) ส่วนประกอบที่ใช้ในการจำลองแบบอ่างเก็บน้ำ

SURCHARGE STORAGE	ได้แก่	ความจุชั่วคราวเมื่อมีน้ำบ่ามาแรง และล้นทางน้ำล้น
FLOOD CONTROL STORAGE	ได้แก่	ความจุซึ่งใช้สำหรับบรรเทาอุทกภัยให้กับพื้นที่ท้ายน้ำของตัวเขื่อน
ACTIVE STORAGE	ได้แก่	ความจุซึ่งใช้สำหรับจุดประสงค์อนุรักษ์ต่าง ๆ
DEAD STORAGE	ได้แก่	ความจุสำหรับตะกอน และรักษาหัวน้ำ (Head) ต่ำสุด ในการใช้เครื่องกังหันน้ำ (Turbine) ผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเพื่อใช้ในการท่องเที่ยว ประมง และอนุรักษ์สัตว์ป่าทั้งหลาย

ความจุต่าง มีดังนี้

V_{min}	=	DEAD STORAGE
V_{max}	=	ACTIVE STORAGE + V_{min}
V_{active}	=	$V_{max} - V_{min}$
V_{spill}	=	FLOOD CONTROL STORAGE + V_{min}
V_{flood}	=	FLOOD CONTROL STORAGE

ในการจำลองแบบอ่างเก็บน้ำ จะมีส่วนประกอบที่นำมาพิจารณาดังแสดงในรูปที่ (5-2) ในที่นี้

I_t	=	ปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างเดือน t (รวม Streamflow, Surface Runoff และ Precipitation)
E_t	=	ปริมาณน้ำที่ระเหยไประหว่างเดือน t
V_t	=	ความจุของอ่างเก็บน้ำ เริ่มต้นเดือน t หรือความจุของอ่างเก็บน้ำปลายเดือน t-1
N_t	=	ปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยลงลำน้ำเติมความต้องการ เช่น เพื่อความควบคุมคุณภาพของน้ำเพื่อความสวยงาม การเกษตร ฯลฯ

R_t = ปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อการผลิตไฟฟ้าหรือความต้องการอื่น ๆ

ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์การจัดการน้ำด้วยโปรแกรมเชิงเส้น R_t และ N_t อาจจะรวมกันได้เป็น Q_t เพื่อความสะดวกในการคำนวณ

การจำลองแบบอ่างเก็บน้ำจะพิจารณาช่วงวิกฤตเป็นเวลา 1 ปี โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าเฉลี่ย (R) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (P) และปริมาณการระเหยของน้ำเฉลี่ย (E) ในแต่ละเดือนมาคำนวณหาปริมาณน้ำเข้าอ่างสุทธิ (R + P - E) ในเดือนนั้น ๆ ทั้งนี้ จะไม่นำผลของปริมาณน้ำที่รั่วซึม (Seepage) มาคิด เนื่องจากความรั่วซึมน้ำดังได้กล่าวในหัวข้อ 2.5.4 มีปริมาณน้อย ซึ่งอยู่ในพิสัยความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณน้ำฝน การระเหยของน้ำ และการประเมินปริมาณน้ำท่า ส่วนปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ จะแยกเป็น

1. ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคของหมู่บ้านปาละอูบและหมู่บ้านฟ้าประทาน(H)
2. ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรของหมู่บ้าน ฟ้าประทาน (A)
3. ความต้องการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า (Q) โดยมีลำดับความสำคัญเรียงจากมากมาน้อยตามลำดับ ซึ่งในแต่ละเดือนจะต้องมีการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำอย่างน้อย ต้องเท่ากับความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภครวมกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร (H + A) สำหรับปริมาณน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าจะประเมินจากสมมุติฐาน 2 ข้อ คือ

1. ระบบควบคุม (Governor) ควบคุมอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันน้ำมีค่าเท่ากับอัตราการไหลของน้ำที่ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกังหันน้ำ หรือ 0.510 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

2. ช่วงการผลิตกระแสไฟฟ้าจะผลิตเฉพาะช่วงความจำเป็นในการใช้ไฟฟ้า ซึ่งในการประเมินผลเบื้องต้น จะพิจารณาช่วงเวลา 16:00 - 24:00 และ 4:00 - 8:00 รวม 12 ชั่วโมง เพื่อที่จะคาดคะเนว่าปริมาณน้ำเข้าอ่างสุทธิและปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำจะทำให้ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำมีน้ำเต็มอ่าง เริ่มต้นในเดือนใดของช่วงวิกฤต

การประเมินหาปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลา ทำโดยใช้สมการงบอุทก (Hydrologic budget) ของอ่างเก็บน้ำ หรือสมการคงมวลจะเป็น

$$V_{t+1} = V_t + (R + P - E)_t - (H + A)_t \quad \text{ถ้า } (H + A)_t > Q_t$$

$$\text{หรือ } V_{t+1} = V_t + (R + P - E)_t - Q_t \quad \text{ถ้า } (H + A)_t < Q_t$$

$$\text{ทั้งนี้ } t = 1, 2, 3 \ldots, T \text{ และ } T + 1 = 1$$

$$V_{min} < V_t < V_{max} \quad ; \; V_t > 0$$

$$V_{active} = V_{max} - V_{min}$$

เมื่อ V_{t+1} = ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเมื่อเริ่มต้นเวลา $t + 1$

V_t = ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเมื่อเริ่มต้นเวลา t

$(R + P - E)_t$ = ปริมาณน้ำเข้าอ่างสุทธิระหว่างช่วงเวลา t

$(H + A)_t$ = ปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และการเกษตรในช่วงเวลา t

Q_t = ปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลา t

T = ช่วงเวลาสุดท้ายของปีที่พิจารณา ดังนั้น $T + 1$ จึงเป็นช่วงเวลาที่ 1 ของปีต่อมา

สำหรับการประเมินปริมาณการระเหยของน้ำในแต่ละเดือน ซึ่งจะเป็นฟังก์ชั่นของความจุเฉลี่ยของเดือน กล่าวคือ $E_t = e_t A \frac{(V_t + V_{t+1})}{2}$

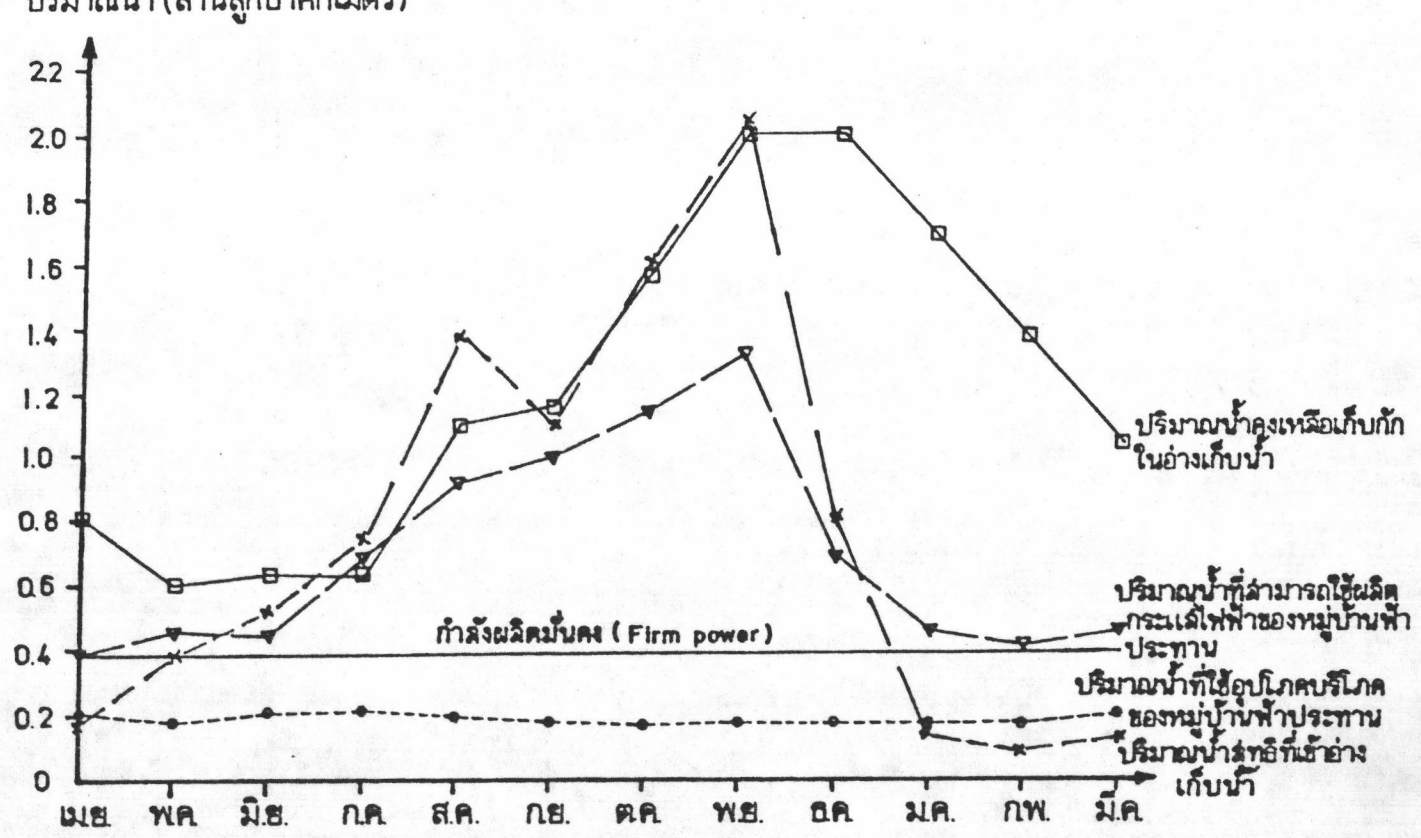
เมื่อ e_t = อัตราการระเหยต่อเดือน กี่มิลลิเมตร เป็นต้น

$A \frac{(V_t + V_{t+1})}{2}$ = พื้นที่ผิวอ่าง ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความจุเฉลี่ย

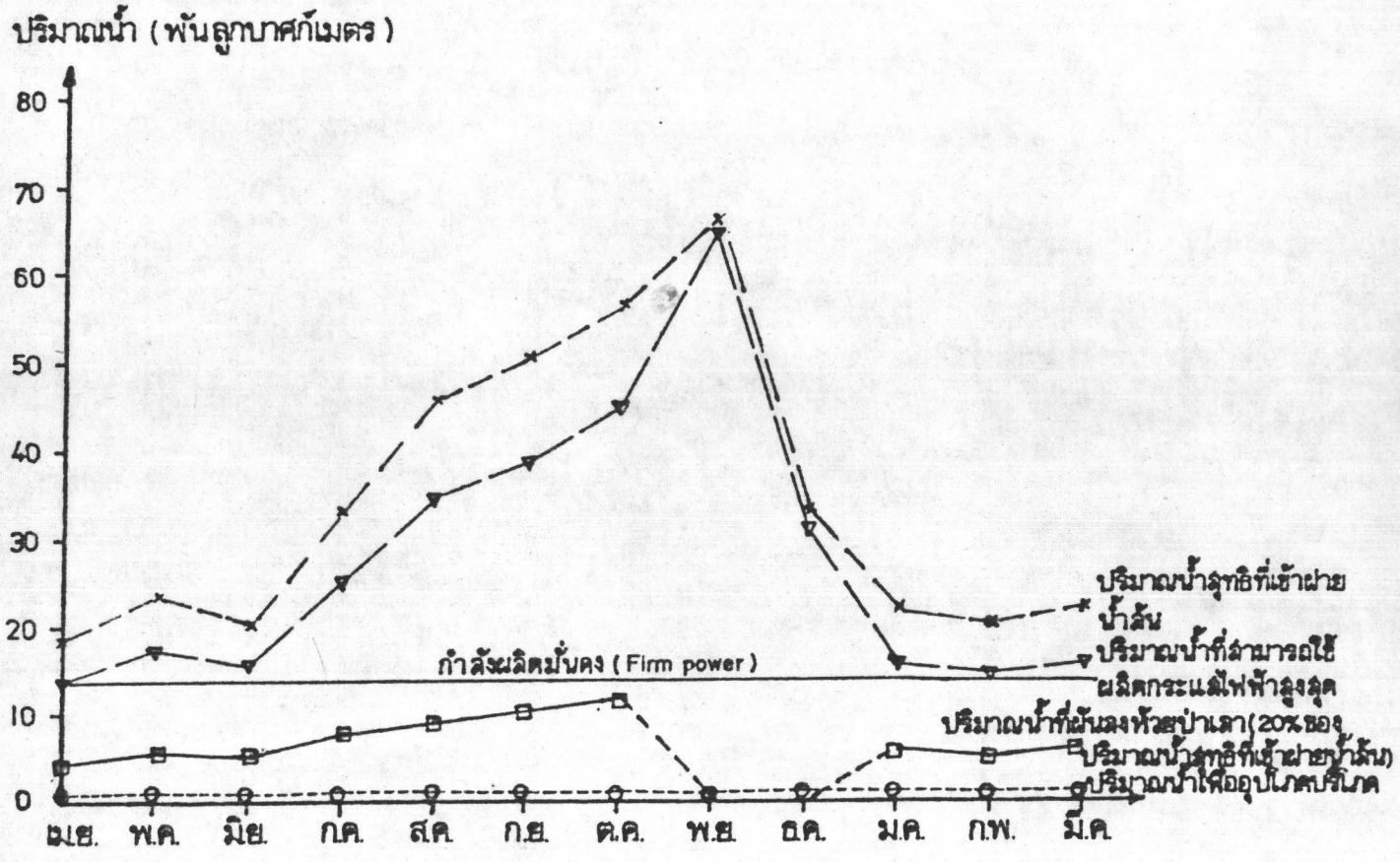
ในการประเมินผลเบื้องต้นจะใช้พื้นที่ผิวอ่างที่ระดับเก็บกักสูงสุด จากนั้นจึงจะปรับแก้โดยวิธีลองจนถูก (Trial and Error) หลังจากได้ปริมาตรเก็บกักในแต่ละเดือนจากแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ

5.4 ผลการจำลองแบบอ่างเก็บน้ำ

การจำลองแบบอ่างเก็บน้ำดังแสดงในตารางที่ จ-1 โดยที่ปรับจำนวนชั่วโมงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละเดือน ให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้ยึดถือ Hedging Rule ซึ่งมีหลักว่า ถ้าหากพยายามปล่อยน้ำให้เพียงพอกับความต้องการในเดือนแรก ๆ แล้วมาขาดแคลน



รูปที่ (5-3) กราฟแสดงปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาและปริมาณน้ำต่างๆในแต่ละเดือน ของหมู่บ้านฟ้าประทาน



รูปที่ (5-4) กราฟแสดงปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้และปริมาณน้ำต่างๆในแต่ละเดือน ของหมู่บ้านป่าละอูบน

ตอนหลังจะมีผลเสียมากกว่าที่จะให้ขาดแคลนทีละน้อยหลาย ๆ เดือน สำหรับจำนวนชั่วโมงที่เป็นเลขลงตัวเพื่อสะดวกในการควบคุมและสอดคล้องกับช่วงความต้องการใช้กระแสไฟฟ้า เช่น

จำนวนชั่วโมง	ช่วงเวลา
7	17:00 - 24:00
8	16:00 - 24:00
12	16:00 - 24:00 และ 4:00 - 8:00
16	16:00 - 24:00 และ 4:00 - 12:00

ซึ่งหากจำหน่วยกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวตามจำนวนชั่วโมงที่ประเมินไว้ในแต่ละเดือน จะทำให้มีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดทั้งปี อีกทั้งมีปริมาณน้ำที่ใช้ส่งผ่านให้กับหมู่บ้านปาละอูได้ โดยที่ปริมาณน้ำที่ส่งผ่านประเมินไว้เท่ากับ 5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละเดือน ซึ่งปริมาณน้ำที่ส่งผ่านนี้จะเป็นปริมาณน้ำไหลลงสู่ฝายน้ำล้นห้วยปาเลา และจากการทำแบบจำลองของฝายน้ำล้นห้วยปาเลา วิธีการเช่นเดียวกับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลา ดังแสดงในตารางที่ (จ-2) ซึ่งประเมินศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่หัวน้ำ 3.50 เมตร อัตราการไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ 0.042 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ประสิทธิภาพรวมของระบบ 45% จะได้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 650 วัตต์ โดยอัตราการไหลดังกล่าวจะประมาณเท่ากับน้ำต่ำสุด 450 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในฤดูแล้งและสูงสุด 1060 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในฤดูฝน ซึ่งไม่เกินปริมาตรเก็บกักของบ่อปลา 3000 ลูกบาศก์เมตร ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายน้ำให้กับเครื่องกังหันน้ำ และเป็นบ่อพักตะกอน (Forebay) ก่อนปล่อยน้ำลงสู่เครื่องกังหันน้ำ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้สามารถที่จะจ่ายไฟฟ้าให้แก่หมู่บ้านเพื่อใช้กับเครื่องรับโทรทัศน์ (60 วัตต์) ใช้ในหน่วยอนามัย (20 วัตต์) ที่ประชุมกรรมการหมู่บ้าน (20 วัตต์) รวมทั้งบ้านเรือนประมาณ 55 หลังคาเรือน (10 วัตต์ต่อครอบครัว)

รูปที่ (5-3) แสดงปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาและปริมาณน้ำใช้ต่าง ๆ ในแต่ละเดือนของหมู่บ้านฟ้าประทาน จะเห็นว่าปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ได้ในแต่ละเดือนของหมู่บ้านฟ้าประทานมีปริมาณมากกว่าความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อการเกษตรกรรมของหมู่บ้านฟ้าประทานรวมกัน น้ำที่ผ่านการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วจะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยแห้งที่อยู่ทางท้ายน้ำของโรงไฟฟ้า ซึ่งมีปริมาตรเก็บกักน้ำ 185,000 ลูกบาศก์เมตร ลักษณะการใช้น้ำของหมู่บ้านฟ้าประทานจึงมีลักษณะการใช้แบบตามลำดับ (Sequential use) สำหรับปริมาณน้ำที่จะใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยไม่ทำให้เกิดปัญหาน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาลด

ต่ำลงจนถึงระดับต่ำสุด ถ้าดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้าวันละ 7 ชั่วโมงคงที่ทุกเดือน ซึ่งจะใช้ปริมาณเฉลี่ยในการผลิตกระแสไฟฟ้าเดือนละ 400,000 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำจำนวนนี้เกินกว่าความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค (1,400 ลูกบาศก์เมตรในเดือนเมษายน) และความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรมในช่วงที่ฝนตกน้อย (204,000 ลูกบาศก์เมตรในเดือนเมษายน) ปริมาณน้ำส่วนเกินเท่ากับ 194,600 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยแห้งเท่ากับ 185,000 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำห้วยแห้งนี้จะสามารถที่จะรองรับความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจากอัตราการขยายตัวปัจจุบันเพิ่มขึ้นของประชากรหมู่บ้านฝ่าประทานในอนาคตได้อีกนาน

รูปที่ (5-4) แสดงปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ปริมาณน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคและผลิตน้ำสะอาด ปริมาณน้ำที่ผันจากฝายน้ำล้นห้วยปาเลาลงลำน้ำธรรมชาติห้วยปาเลาในแต่ละเดือนของหมู่บ้านปาละอูบน ลักษณะการใช้น้ำของหมู่บ้านปาละอูบนจะมีลักษณะการใช้แบบแบ่งปันกัน (Competitive use) กล่าวคือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ไม่สามารถที่จะนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคการผลิตน้ำสะอาดได้ เนื่องจากที่ตั้งหมู่บ้านอยู่บนภูมิประเทศที่สูงกว่าสถานที่ที่ผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า 650 วัตต์ วันละ 3 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณน้ำเฉลี่ยในการผลิตกระแสไฟฟ้าเดือนละ 14,000 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคเฉลี่ยเดือนละ 870 ลูกบาศก์เมตร และเพื่อผลิตน้ำสะอาดจากเครื่องกรองน้ำเฉลี่ยเดือนละ 90 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งหากไม่นำน้ำเพื่อไปดำเนินการในการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วจะมีปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและน้ำสะอาดให้แก่ชุมชนบ้านปาละอูบนเกินพอ และสามารถใช้ได้จนถึงอนาคตได้อีกนาน แต่ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้น้ำฝนเพื่อการเกษตรกรรมมาเป็นการใช้น้ำระบบชลประทาน จะมีผลทำให้ปริมณน้ำที่ผันจากฝายด้านข้าง (Side weir) ของคลองดาดคอนกรีตลงสู่ฝายน้ำล้นห้วยปาเลาแล้วไหลสู่หมู่บ้านปาละอูบนไม่เพียงพอ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ผันลงสู่ฝายน้ำล้นห้วยปาเลาจะต้องเพิ่มประมาณมากขึ้น มีผลทำให้ความจุของอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาไม่เพียงพอได้ อาจจำเป็นจะต้องเพิ่มความจุของอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาในอนาคต หรือเปลี่ยนวิธีการจัดสรรใหม่ อย่างไรก็ตาม แม้ว่า ปริมาณพลังงาน ไฟฟ้า 650 วัตต์ ที่สามารถผลิตได้โดยปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเดือนละ 14,000 ลูกบาศก์เมตร จะไม่กระทบต่อความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค แต่พลังงานไฟฟ้า 650 วัตต์นี้นับว่าเป็นพลังงานไฟฟ้าที่น้อย เมื่อเทียบกับความต้องการของประชากรในหมู่บ้านปาละอูบนที่มีประชากรในปัจจุบัน 240 คน

5.5 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเส้นตรง (Linear Programming)

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเส้นตรง หลังจากทราบปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ในแต่ละเดือนจากการจำลองแบบของฝายน้ำล้นห้วยปาเลา โดยจะวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนที่ดีที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำ เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าหากปริมาณทรัพยากรน้ำที่ใช้ เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการผลิตน้ำสะอาดจากเครื่องกรองทรายแบบช้ามีปริมาณเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) ในแต่ละเดือนจะทำให้ผลตอบแทนที่ได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใด และจะทราบว่าทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำสะอาดในเดือนใดมีผลกระทบต่อ ผลตอบแทนที่ได้มากที่สุดและเดือนใดมีผลกระทบน้อยที่สุด

รูปแบบมาตรฐานของโปรแกรมเส้นตรงที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\text{MAX} \quad B = \sum_{t=1}^{12} (C_{hp}Q_{hp}D + C_{tp}Q_{tp}D + C_{hu}Q_{hu}D)_t$$

S.T.

$$(Q_{hp} + Q_{tp} + Q_{hu})_t < (Q_{ew})_t \quad m^3/day$$

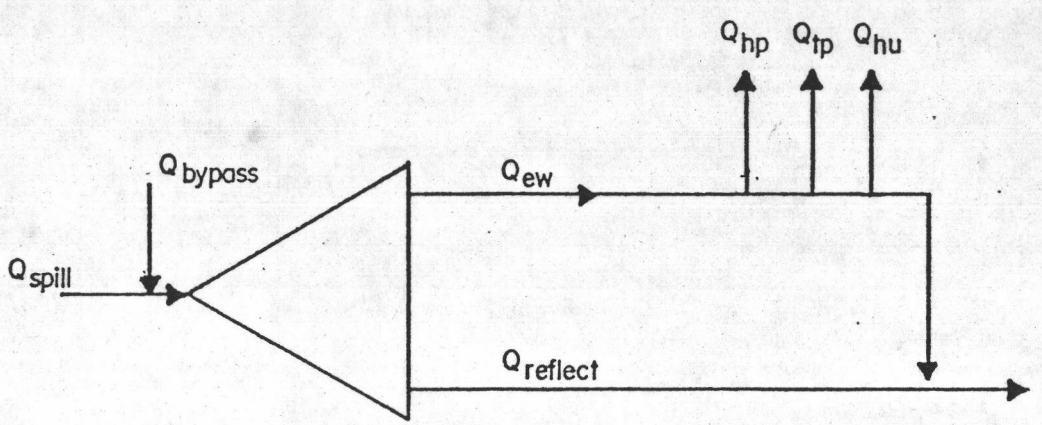
$$(Q_{tp})_t < (Q_{pc})_t \quad m^3/day$$

$$(Q_{hu})_t < (Q_{hd})_t \quad m^3/day$$

$$(Q_{hp})_t , (Q_{tp})_t , (Q_{hu})_t > 0$$

$$\forall t , t = 1, 2 \ldots, 12$$

$$D = \text{the number of days in month t}$$



รูปที่ (5-5) แบบจำลองของฝายน้ำล้นห้วยปาเลาที่ใช้ในโปรแกรมเส้นตรง

โดยที่ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ ผลตอบแทนที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตน้ำสะอาด และน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ร่วมกันของทุกเดือนในหนึ่งปี ให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด โดยสอดคล้องกับข้อจำกัดต่าง ๆ (Constraints) ดังนี้คือ

1. ข้อจำกัดของแหล่งน้ำเนื่องจากนโยบายการผันน้ำ (Reflecting Flow Policies)

ปริมาณน้ำที่ปล่อยมาสู่หมู่บ้านเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า (Q_{hp}) การผลิตน้ำสะอาด (Q_{tp}) และน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค (Q_{hu}) จะต้องไม่เกินปริมาณน้ำใช้การ (Effective Water ; Q_{ew}) ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ฝายน้ำล้น (Q_{in}) ลบด้วยปริมารน้ำที่ผันลงสู่ห้วยปาเลา (Instream Flow ; $Q_{reflect}$) เพื่อรักษาสภาพลำห้วยบริเวณท้ายฝายน้ำล้นก่อนถึงหมู่บ้านให้คงสภาพลำห้วยธรรมชาติ ซึ่งอาจมีสัตว์น้ำบางชนิดอาศัยอยู่ และคงสภาพสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติไว้ ดังนั้น สมการข้อจำกัดของปริมาณน้ำในหนึ่งวันของเดือนใด ๆ (t) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$(Q_{hp} + Q_{tp} + Q_{hu})_t < (Q_{max})_t \quad m^3/day$$

เมื่อ

$$(Q_{max})_t = (Q_{ew})_t = \frac{(Q_{in}) - Q_{reflect})_t}{D_t} \quad m^3/day$$

โดย D_t คือ จำนวนวันในเดือน t และ $t = 1, 2, \ldots, 12$

เช่น Q_{max} ในหนึ่งวันของเดือนเมษายน (Apr.) $= \frac{18414 - 3683}{30}$ ล.บ.ม./วัน

$= 491.0$ ล.บ.ม./วัน

ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยน้ำผ่านฝายน้ำล้นลงสู่ห้วยปาเลา โดยประเมินไว้เท่ากับ 20% ของปริมาณน้ำที่เข้าฝาย (Q_{in}) ในเดือนที่ไม่มีน้ำล้นผ่านทางน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลา โดยมีสมมุติฐานว่า การปล่อยน้ำลงสู่ลำห้วยธรรมชาติให้แปรผันโดยตรงกับปริมาณน้ำที่เข้าฝาย ($Q_{reflect}$ Q_{in}) เช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำที่ผันลงสู่ฝายน้ำล้นก่อนเข้าสถานีผลิตไฟฟ้าของหมู่บ้านฟ้าประทานที่ประเมินไว้เท่ากับ 5% ของปริมาณน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Q HYDRO.) ซึ่งมีสมมุติฐานว่า การผันน้ำลงสู่หมู่บ้านปาละอูให้ผันแปรโดยตรงกับปริมาณน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของหมู่บ้านฟ้าประทาน (Q bypass Q HYDRO.) ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาทั้งหมด (Q HYDRO. + 5% Q HYDRO.) ของแต่ละเดือน

จากการจำลองแบบอ่างเก็บน้ำ ไม่ทำให้เกิดความขาดแคลนน้ำตลอดทั้งปี โดยมีปริมาตรเก็บกักในแต่ละเดือนไม่น้อยกว่า 570,000 ลูกบาศก์เมตร (Dead Storage)

2. ข้อจำกัดเนื่องจากความสามารถในการผลิตน้ำสะอาด (Treatment Plant Capacity)

ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากฝายน้ำล้นจะนำไปใช้ในการผลิตน้ำสะอาด (Q_{tp}) ได้ไม่เกินความสามารถในการผลิตน้ำสะอาดของเครื่องกรองทรายแบบช้า (Q_{pc}) ซึ่งมีขีดความสามารถในการผลิตน้ำสะอาดได้วันละ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้น สมการข้อจำกัดดังกล่าวในวันหนึ่ง ๆ ของเดือนใด ๆ จะเขียนได้ดังนี้

$$(Q_{tp}) < (Q_{pc})_t \qquad m^3/day$$

หรือ $$(Q_{tp}) < 3 \qquad m^3/day$$

3. ข้อจำกัดเนื่องจากความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคของชุมชน (Village's Water Requirements)

ปริมาณน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคของชุมชนที่ใช้ในครัวเรือน (Human Use) ของหมู่บ้านปาละอูบน เช่น การประกอบอาหาร การทำความสะอาด และสุขาภิบาล เป็นต้น มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 120 ลิตรต่อคนต่อวัน คิดเป็นปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของชุมชนเท่ากับ 28.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้น สมการข้อจำกัดในวันหนึ่ง ๆ ของเดือนใด ๆ จะเขียนได้ดังนี้

$$(Q_{hu})_t = (Q_{hd})_t \qquad m^3/day$$

หรือ $$(Q_{hu}) = 28.8 \qquad m^3/day$$

เนื่องจากได้ประเมินพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าไว้เท่ากับ 650 วัตต์ จากอัตราการไหล (Q) เท่ากับ 0.042 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่หัวน้ำ (H) เท่ากับ 3.50 เมตร ดังนั้น จึงจะแปลงรูปของ Q_{hp} ให้อยู่ในรูปของจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (THP) เพื่อสามารถวิเคราะห์ความอ่อนไหวของ THP ในแต่ละเดือน ร่วมกับความอ่อนไหวของปริมาณน้ำ

เพื่อผลิตน้ำสะอาด และปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในแต่ละเดือน ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าปริมาณใดที่มีผลกระทบต่อผลตอบแทนที่ได้มากน้อยเพียงใด และปริมาณใดที่มีผลต่อผลตอบแทนที่ได้มากที่สุด

5.6 ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการวิเคราะห์

ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้ มีด้วยกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.6.1 ราคาต่อหน่วยของกระแสไฟฟ้า จะใช้ราคาค่าไฟต่อยูนิตเท่ากับ 1.50 บาท ซึ่งเป็นราคาเดียวกับที่หมู่บ้านฝ้าประทาน ทั้งนี้ เมื่อทราบผลตอบแทนที่ได้ จะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit-Cost Ratio) เฉพาะการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่หมู่บ้านปาละอูบนว่าสมควรที่จะสร้างหรือไม่ เมื่อราคาค่าไฟต่อยูนิตเท่ากับราคาค่าไฟฟ้าต่อยูนิตของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำของหมู่บ้านฝ้าประทาน ในที่นี้ราคาต่อหน่วยจะแปลงรูปเป็นราคาต่อจำนวนชั่วโมงการผลิตกระแสไฟฟ้า (THP) ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.50 บาท/1000 วัตต์ ชั่วโมง x 650 วัตต์ หรือ 0.975 บาท/ชั่วโมง (C_{hp}) ซึ่งผลประโยชน์ที่ได้ในเดือนใด ๆ จะเท่ากับ 0.975 บาท/ชั่วโมง x THP ชั่วโมง/วัน x จำนวนวันในเดือนนั้น ๆ

5.6.2 ราคาต่อหน่วยของน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจะคิดจากต้นทุนในการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยปาเลาต่อปริมาตรใช้การ (Active Storage) โดยพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการประเมินค่าน้ำ จากอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit - Cost Ratio) ซึ่งใช้อัตราส่วน B/C = 1.5 เป็นเกณฑ์ (13 : 68) ซึ่งจะพิจารณาราคาเฉพาะการหาแหล่งน้ำดิบไว้ในอ่างเก็บน้ำ โดยจะพิจารณาอัตราดอกเบี้ย i = 12% ซึ่งเท่ากับอัตราดอกเบี้ยของธนาคารในปี พ.ศ. 2531 และเป็นอัตราที่ Gittinger (14 : 90) แนะให้เลือกใช้ อันเป็นอัตราที่นิยมใช้และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ทั้งนี้เพราะประเทศต่าง ๆ ส่วนมากมีความเห็นว่าค่าเสียโอกาสของทุนในประเทศที่กำลังพัฒนาจะอยู่ระหว่าง 8 - 15 เปอร์เซนต์ สำหรับอายุการใช้งานของอ่าง n = 25 ปี ซึ่งถ้าหากอายุของโครงการเกินกว่า 25 ปีขึ้นไปแล้ว ก็มักจะไม่ทำให้ความสำคัญของโครงการผิดไปจากที่คิดไว้เพียง 25 ปีมากนัก ด้วยเหตุนี้ Gittinger จึงได้เสนอแนะว่า หากไม่มีเหตุผลทางด้านอายุการใช้งานของเทคนิคที่สำคัญ ๆ ที่นำมาใช้กับโครงการแล้ว ก็ควรกำหนดอายุของโครงการไว้ประมาณ 25 ปี ดังนั้น จะได้ค่า Capital Recovery Factor (CRF) = 0.1275 สำหรับราคาค่าก่อสร้างอ่างเก็บน้ำซึ่งประกอบด้วย ราคาค่าก่อสร้างเฉพาะตัวอ่างเก็บน้ำและอาคารน้ำล้นเป็นเงิน 12,566,291 บาท คลองส่งน้ำคอนกรีตยาว 1,798 เมตร เป็นเงิน 970,783 บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 13,537,074 บาท ซึ่งเมื่อเปลี่ยนราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดเป็นราคาค่าลงทุนต่อปี

(Annual Investment Cost) ได้เท่ากับ 0.1275 x 13,537,074 หรือ 1,725,977 บาท ผลการคำนวณสรุปได้ดังนี้

อัตราค่าน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	ผลตอบแทนต่อปี (บาท/ปี)	ค่าลงทุนต่อปี (บาท/ปี)	Benefit - Cost Ratio
0.50	715,000	1,725,977	0.414
1.00	1,430,000	1,725,977	0.828
1.50	2,145,000	1,725,977	1.242
1.80	2,574,000	1,725,977	1.491
1.85	2,645,000	1,725,977	1.533

จะเห็นว่าถ้าอัตราค่าน้ำประมาณ 1.85 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (C_{hu}) การสร้างอ่างเก็บน้ำจะคุ้มทุน ดังนั้น ผลประโยชน์ที่ได้รับจากน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในเดือนใด ๆ จะเท่ากับ 1.85 บาท/ลูกบาศก์เมตร x QHU ลูกบาศก์เมตร/วัน x จำนวนวันในเดือนนั้น ๆ

5.6.3 ราคาต่อหน่วยของน้ำเพื่อผลิตน้ำสะอาด

ราคาค่าก่อสร้างระบบกรองน้ำแบบทรายกรองช้า 25,000 บาท โดยมีอายุการใช้งาน N = 5 ปี (15 : 10) พิจารณาอัตราส่วนลด i = 12% จะได้ CRF = 0.2774 เมื่อคิดเป็นค่าลงทุนต่อปีเท่ากับ 0.2774 x 25,000 บาท หรือ 6,935 บาท/ปี ซึ่งรวมกับค่าบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำอีก 2,000 บาท/ปี ดังนั้น คิดเป็นค่าลงทุนทั้งหมด 8,935 บาท/ปี โดยสามารถผลิตน้ำสะอาดได้วันละ 3 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,095 ลูกบาศก์เมตร/ปี เพราะฉะนั้นคิดเป็นต้นทุนในการผลิตน้ำสะอาดเท่ากับ (8,935 / 1,095) บาท/ลูกบาศก์เมตรหรือ 8.15 บาท/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อรวมกับต้นทุนของน้ำดินอีก 1.85 บาท/ลูกบาศก์เมตร จะเป็นราคาค่าน้ำที่ผลิตจากเครื่องกรองน้ำเท่ากับ 10 บาท/ลูบาศก์เมตร (C_{tp}) ดังนั้น ผลประโยชน์ที่ได้รับจากน้ำที่ผ่านเครื่องกรองน้ำในเดือนใด ๆ จะเท่ากับ 10 บาท/ลูกบาศก์เมตร x QTP ลูกบาศก์เมตร/วัน x จำนวนวันในเดือนนั้น ๆ

5.7 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเส้นตรง

จากการที่ให้สมการวัตถุประสงค์ คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตน้ำสะอาด และน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค โดยให้ราคาต่อหน่วยเท่ากับต้นทุนต่อหน่วยการผลิต ยกเว้นค่าไฟฟ้าต่อยูนิตที่ใช้เท่ากับของหมู่บ้านฟ้าประทาน เพื่อเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ไฟฟ้าพลังน้ำ ในหัวข้อ 5.8 การวิเคราะห์โปรแกรมเส้นตรง (LP) จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ LINDO ในการวิเคราะห์สมการวัตถุประสงค์และสมการข้อจำกัดเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum Solution) ด้วยวิธีซิมเพลคซ์ (Simplex Method) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณเพื่อการหาคำตอบโดยทำเป็นระบบย้อนซ้ำ (Iteration) จนกว่าจะได้จุดที่เหมาะสมตามต้องการโดยใช้ขั้นตอนดังนี้

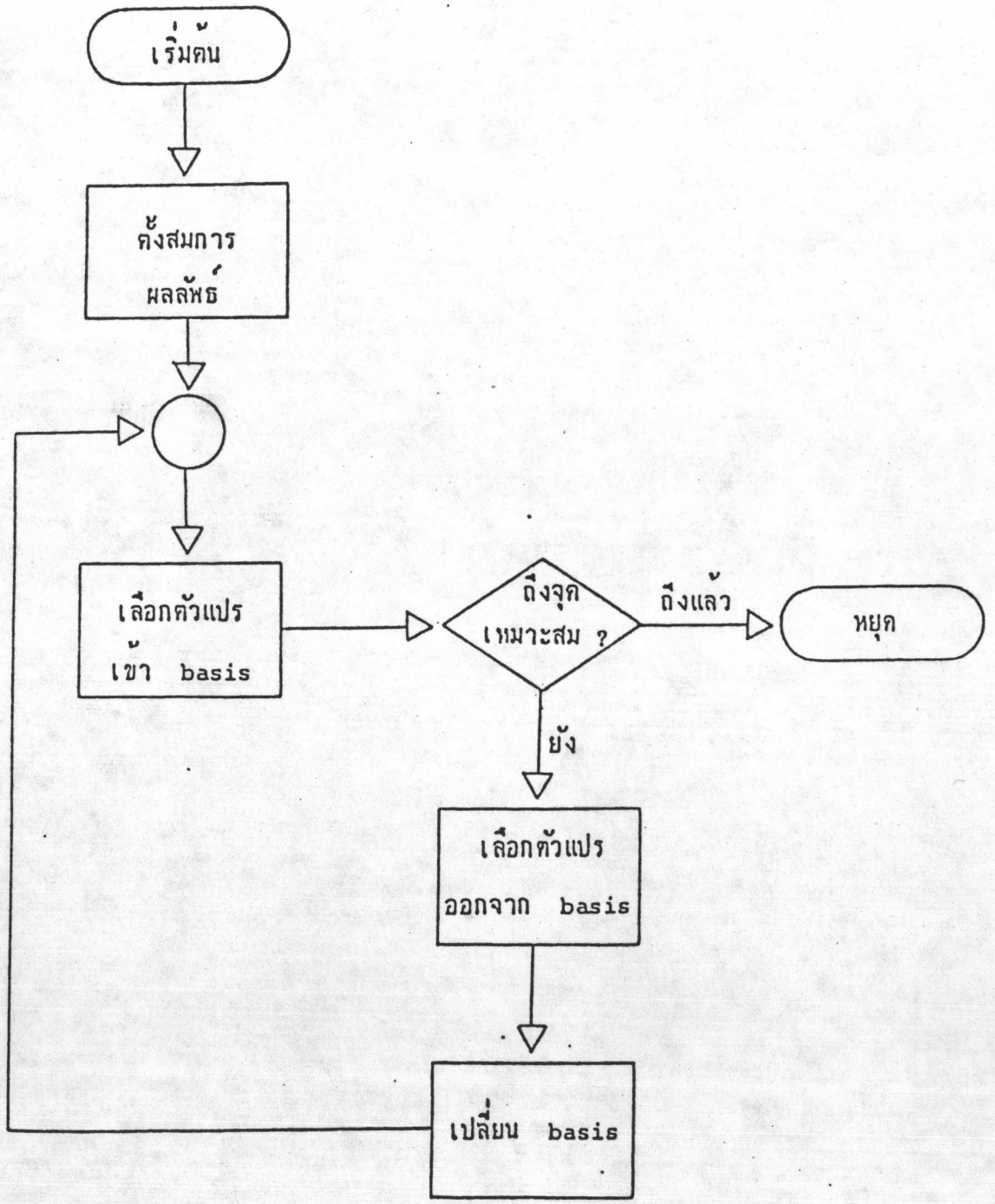
ขั้นที่ 1 เลือกตัวแปรเข้า basis (Entering variable) คือ การเลือกตัวแปร non-basis ให้เป็น basis โดยดูจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ติดลบมากที่สุดในกรณีที่ต้องการค่าสูงสุด หรือดูจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการเป้าหมายเป็นบวกในกรณีที่ต้องการหาค่าสูงสุด หรือเป็นลบในกรณีที่หาค่าต่ำสุดหรือเป็น ศูนย์ แล้ว แสดงว่าถึงจุดที่เหมาะสมไม่ต้องทำต่อไปอีก

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรออกจาก basis ด้วยการหาอัตราส่วนของคำตอบปัจจุบันกับสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่จะเข้า basis ที่เลือกไว้แล้วในขั้นที่ 1 (ไม่ต้องคำนึงถึงสัมประสิทธิ์เป็นลบหรือ ศูนย์) เลือกอัตรากส่วนที่ต่ำที่สุด อัตราส่วนต่ำสุดของตัวแปร basis อยู่ที่ตัวใด แสดงว่าตัวนั้นจะต้องออกจาก basis

ขั้นที่ 3 เปลี่ยน basis ด้วยการสับเปลี่ยนตำแหน่งกันระหว่างตัวแปรที่จะเข้าและตัวแปรที่จะออกจาก basis ด้วยการคำนวณโดยยึดตามแนวนอก (Row Operation)

ขั้นที่ 4 ให้กลับไปทำขั้นที่ 1 , 2 และ 3 ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดที่เหมาะสม ดังรูปที่ (5-6)

หลังจากการวิเคราะห์แล้ว จะได้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimum solution) ของสมการวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับสมการข้อจำกัด โดยจะแสดงค่าของตัวแปรที่ทำให้สมการวัตถุประสงค์ได้ผลดีที่สุด และส่วนลดของสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ไม่ใช่ตัวแปรฐาน (non-basis variable) ในคอลัมน์ REDUCED COST ซึ่งถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรดังกล่าวลดลงเกินกว่าค่าที่แสดง อันเนื่อง



รูปที่ (5-6) แสดงขั้นตอนของวิธีซิมเพลคซ์

มาจากมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในการผลิตของตัวแปรนั้น ขณะที่ทรัพยากรในการผลิตคงเดิม ทำให้สมการข้อจำกัดเปลี่ยนไป ตัวแปรนั้นก็จะเข้าเป็นตัวแปรฐาน (basis variable) ดังนั้น ค่าในคอลัมน์ REDUCED COST จึงมีประโยชน์ในการตัดสินใจ หากตัวแปรที่เราสนใจไม่ใช่ตัวแปรฐานที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งจะต้องทำการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในการผลิตของตัวแปรนั้นให้ลดลงเกินกว่าค่าในคอลัมน์ REDUCED COST นอกจากนี้ยังได้แสดงถึงส่วนขาด (Slack) หรือส่วนเกิน (Surplus) ของสมการข้อจำกัด และการเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดต่อการเปลี่ยนทรัพยากร (ค่าทางขวาของสมการข้อจำกัด) 1 หน่วย ซึ่งแสดงไว้ในคอลัมน์ DUAL PRICES ซึ่งในความหมายทางเศรษฐศาสตร์ คือ ราคาเงา (Shadow Prices) หรือที่นิยมเรียกราคาเผื่อเหลือเผื่อขาด (Marginal Prices) (16 : 172) ซึ่งแสดงถึงความอ่อนไหวของตัวแปรนั้น ๆ ว่ามีผลต่อคำตอบที่ดีที่สุดมากน้อยอย่างไร ทั้งนี้ ถ้าส่วนเกิน (Slack) มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ในคำตอบที่ได้แล้ว ค่าในคอลัมน์ DUAL PRICES จะมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยทฤษฎีส่วนเกินซึ่งตรงกันข้าม (Theorem of complementary slackness) (16 : 173) นอกจากนี้ยังแสดงขอบเขตที่สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการวัตถุประสงค์ที่จะยอมให้เพิ่มขึ้น หรือลดลงได้และขอบเขตของค่าทางขวามือในสมการข้อจำกัดจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยที่ตัวแปรฐานไม่เปลี่ยนไป

สมการวัตถุประสงค์ สมการข้อจำกัด และผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ (จ-3) ซึ่งพอสรุปผลได้ดังนี้

1. จำนวนชั่วโมงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อปัดลงเป็นเลขจำนวนเต็มแล้วได้คำตอบเช่นเดียวกับผลที่ได้จากการทำแบบจำลองฝายน้ำล้น โดยที่การผลิตน้ำสะอาดใช้ปริมาณน้ำในการผลิตเท่ากับความสามารถในการผลิตน้ำสะอาดของเครื่องกรองน้ำระบบทรายกรองช้า คือ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และอัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของคนในหมู่บ้านอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 28.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
2. การเปลี่ยนผลตอบแทนที่ได้ต่อการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สำหรับปริมาณน้ำใช้การ (Q_{uu}) โดยเฉลี่ยประมาณ 0.20 บาท สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำสะอาด (Q_{tp}) โดยเฉลี่ยประมาณ 304 บาท และสำหรับปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค (Q_{hu}) โดยเฉลี่ยประมาณ 56 บาท ทั้งนี้ในการเปลี่ยนแปลงผลตอนแทนที่ได้ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใช้การมีค่าประมาณ 0.20 บาทต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงให้เห็นถึงคุณค่าของน้ำที่ใช้ในการผันน้ำจากฝายน้ำล้นลงสู่ลำห้วยธรรมชาติ เพื่อรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมไว้ ซึ่งเป็นค่าสูญเสียโอกาส (Opportunity Cost) ในการนำน้ำที่ผันลงสู่ลำห้วย

(Instream Flow) จากนโยบายการผันน้ำ (Reflecting Flow Policies) มาใช้ประโยชน์ทางด้านอื่น แม้ว่าผลตอบแทนที่ได้มีแนวโน้มว่าจะได้สูงขึ้นในอนาคต เมื่อความต้องการน้ำสะอาดและน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจะสูงขึ้นในอนาคต แต่การรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมให้คงอยู่ไว้ก็เป็นวัตถุประสงค์หนึ่งการจัดการทรัพยากรน้ำ

3. ขอบเขตของราคาต่อหน่วยของชั่วโมงการผลิตไฟฟ้าโดยเฉลี่ยระหว่าง 30-45844 บาทต่อชั่วโมง การผลิตไฟฟ้าในหนึ่งวันและราคาต่อหน่วยของการผลิตน้ำสะอาดโดยเฉลี่ยประมาณ 304 บาทต่อน้ำหนึ่งลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งถ้าหากราคาต่อหน่วยของตัวแปรดังกล่าวเปลี่ยนแปลงเกินช่วงดังกล่าว หรือต่ำกว่าเกินค่าเฉลี่ยตามลำดับ ตัวแปรฐานจะเปลี่ยนแปลงไป
4. ขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำในสมการข้อจำกัด สำหรับปริมาณน้ำใช้การ ความสามารถในการผลิตน้ำสะอาดของเครื่องกรอง และความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) ดังกล่าวจะต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกินค่าที่ยอมให้ของแต่ละตัวแปรในแต่ละเดือน จึงจะทำให้ตัวแปรฐานไม่เปลี่ยนแปลงไป

5.8 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก โดยใช้ราคาต่อยูนิตการใช้ไฟฟ้า 1.50 บาท เท่ากับราคาของหมู่บ้านฟ้าประทานที่อยู่ใกล้กัน ซึ่งจะวิเคราะห์โดยอัตราส่วนผลตอบแทนค่าใช้จ่าย (Benefit-Cost Ratio) และเปรียบเทียบกับแผนเผื่อเลือกจากการใช้เครื่องปั่นไฟฟ้าชนิดเบนซินด้วยใช้ค่าเงินปัจจุบัน (Present-Worth) ทั้งนี้เปรียบเทียบบนพื้นฐานของกำลังผลิตเท่ากัน ซึ่งมีเกณฑ์กำหนดดังนี้

5.8.1 เกณฑ์กำหนดทั่วไป

1. กำหนดอายุใช้งานด้านเศรษฐกิจ 25 ปี
2. คิดอัตราดอกเบี้ย (Discount Rate) 12%

5.8.2 เกณฑ์กำหนดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

1. ค่าลงทุนโครงการไม่รวมค่าดำเนินการก่อสร้างโครงการ
2. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคิด 5% ของเงินลงทุน

5.8.3 เกณฑ์กำหนดของการใช้เครื่องปั่นไฟฟ้าชนิดเบนซิน

1. อัตราการใช้น้ำมัน 0.24 ลิตร/แรงม้า . ชั่วโมง
2. อัตราค่าน้ำมันเบนซิน (ราคาท้องถิ่น) ลิตรละ 11.50 บาท
3. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคิด 5% ของเงินลงทุน
4. อายุการใช้งานของเครื่องจักรคิด 15 ปี

5.8.4 การประมาณค่าลงทุนโครงการไฟฟ้าพลังน้ำและเครื่องปั่นไฟฟ้าชนิดเบนซิน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ, W (บาท)		เครื่องปั่นไฟฟ้าชนิดเบนซิน, B (บาท)	
1. เครื่องกังหันน้ำ 650 W	8,000	เครื่องยนต์เบนซิน 1.5 HP	5,000
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 KW	2,000	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 KW	2,000
3. แผงควบคุมไฟฟ้า	12,000		
4. ประตูน้ำ ø 6"	2,300		
5. ท่อ AC ø 250 มม. x 65 ม.	18,700		
6. สถานีโรงไฟฟ้า (ท้องถิ่น)	5,000	สถานีโรงไฟฟ้า	5,000
7. สายไฟ 2.5 ตร.มม. 1850 ม.	15,100	สายไฟ 2.5 ตร.มม.	15,100
8. เสาไฟ (ท้องถิ่น)	6,000	เสาไฟ	6,000
9. ค่าขนส่ง	3,000	ค่าขนส่ง	1,000
รวม (P)	72,100	รวม (P)	34,100
ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (A)	3,600 บาท/ปี	ค่าบำรุงรักษา] > (A)	1,700 บาท/ปี
		ค่าน้ำมัน]	8,500 บาท/ปี

อายุการใช้งาน (n)	25 ปี	อายุการใช้งาน (n)	15 ปี
ค่าซากอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อสิ้นโครงการ (F)	3,600	ค่าซากอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อสิ้นโครงการ (F)	1,700

5.8.5 การเปรียบเทียบโครงการด้วยวิธีค่าเงินปัจจุบัน เนื่องจากวิธีค่าเงินปัจจุบันของโครงการ อายุของโครงการต่าง ๆ จะต้องเท่ากัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องกำหนดให้อายุของโครงการในการวิเคราะห์เท่ากัน คือ 75 ปี ทั้งนี้จะแยกพิจารณาในการหาค่าเงินปัจจุบันออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การหาค่าเงินปัจจุบันจากค่าลงทุนเริ่มแรก และค่าเสื่อมราคาในอนาคต ซึ่งจะใช้ตัวประกอบในการปรับค่าเงินดังกล่าวที่เรียกว่า Single-payment present worth factor (SPPWF) โดยใช้สัญญลักษณ์เป็น (P/F, i%, n) ซึ่งเป็นการหาค่าเงินปัจจุบันเมื่อกำหนดเงินในอนาคตให้ เมื่อ i คือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการทำส่วนลด เพื่อใช้ในการปรับค่าในอนาคตให้เป็นค่าในปัจจุบันเรียกว่า อัตราส่วนลด (Discount rate) และ n คือ อายุของโครงการ

$$\text{โดยที่ } (P/F, i\%, n) = \frac{1}{(1+i)^n}$$

ซึ่งสามารถหาได้จากตารางที่ (ค-20) ภายใต้ชื่อ Discount Factor (ตัวร่วมส่วนลด)

2. การหามูลค่าปัจจุบันในกรณีเงินงวด (Present value of an annuity) ในที่นี้คือ ค่าใช้จ่ายประเภทการดำเนินงานและบำรุงรักษาในจำนวนที่เท่า ๆ กัน ติดต่อกันไปเป็นเวลาหลายปี ตัวประกอบในการปรับค่าเงินดังกล่าวเรียกว่า Present worth of an annuity factor หรือ Uniform present worth factor (USPWF) โดยใช้สัญญลักษณ์เป็น (P/A, i%, n)

$$\text{โดยที่ } (P/A, i\%, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

ซึ่งสามารถหาได้จากตารางที่ (ค-20) ภายใต้ชื่อ Present worth of an annuity factor

ดังนั้น สำหรับค่าเงินปัจจุบันของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ ($PW_{น}$) และโครงการไฟฟ้าน้ำมันเบนซิน ($PW_{ม}$) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} PW_{น} &= 72,100 + 72,100\ (P/F,\ 12\%,\ 25) - 3,600\ (P/F,\ 12\%,\ 25) \\ &\quad + 72,100\ (P/F,\ 12\%,\ 50) - 3,600\ (P/F,\ 12\%,\ 50) \\ &\quad - 3,600\ (P/F,\ 12\%,\ 75) + 3,600\ (P/A,\ 12\%,\ 75) \\ &= 106,360 \text{ บาท} \\ PW_{ม} &= 34,100 + 34,100\ (P/F,\ 12\%,\ 15) - 1,700\ (P/F,\ 12\%,\ 15) \\ &\quad + 34,100\ (P/F,\ 12\%,\ 30) - 1,700\ (P/F,\ 12\%,\ 30) \\ &\quad + 34,100\ (P/F,\ 12\%,\ 45) - 1,700\ (P/F,\ 12\%,\ 45) \\ &\quad + 34,100\ (P/F,\ 12\%,\ 60) - 1,700\ (P/F,\ 12\%,\ 60) \\ &\quad - 1,700\ (P/F,\ 12\%,\ 75) + 10,200\ (P/A,\ 12\%,\ 75) \\ &= 126,300 \text{ บาท} \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ด้วยค่าเงินปัจจุบันจะเห็นว่า ควรเลือกระบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งให้มูลค่าการลงทุนในปัจจุบันต่ำกว่า ($PW_{น} < PW_{ม}$)

5.8.6 การเปรียบเทียบโครงการด้วยการหาอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit - Cost Ratio) โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายรวมต่อปีกับรายได้ต่อปี ทั้งนี้จะพิจารณาค่าซากของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ เมื่อสิ้นโครงการเท่ากับค่าดำเนินการและบำรุงรักษาต่อปี แล้วปรับเป็นผลตอบแทนที่ได้ต่อปีด้วย Sinking fund factor (SFF) โดยใช้สัญญลักษณ์เป็น (A/F, i%, n) ซึ่งสามารถหาได้จากตารางที่ (ค-20) ภายใต้ชื่อ Sinking fund factor

โดยที่ $$(A/F,\ i\%,\ n) = \frac{i}{(1+i)^{n}-1}$$

สำหรับค่าลงทุนต่อปีของเงินลงทุนในปัจจุบัน จะปรับด้วยตัวกอบกู้ทุน (Capital recovery factor ; CRF) โดยใช้สัญญลักษณ์เป็น (A/F, i%, n) ซึ่งสามารถหาได้จากตารางที่ (ค-20) ภายใต้ชื่อ Capital recovery factor

การหาค่าอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ ค่าลงทุนเริ่มแรก 72,100 บาท ด้วยอัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี ค่าเสื่อมราคา 3,600 บาท เมื่อสิ้นอายุโครงการ 25 ปี

โดยที่ $(A/F, i\%, n) = \dfrac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

คิดเป็นค่าลงทุนต่อปี	=	72,100 (A/P, 12%, 25) - 3,600 (A/F, 12%, 25)
	=	9,165 บาท/ปี
ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา	=	3,600 บาท/ปี
รวมค่าใช้จ่ายต่อปี	=	12,765 บาท/ปี
รายได้ต่อปี	=	1.50 บาท/ยูนิต x 0.65 กิโลวัตต์ x 2040 ชั่วโมง/ปี
	=	1,989 บาท/ปี
B/C Ratio	=	$\dfrac{1,989}{12,765}$ = 0.156

การหาค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายของโครงการไฟฟ้าน้ำมันเบนซิน

ค่าลงทุนเริ่มแรก 34,100 บาท อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี ค่าเสื่อมราคา 1,700 บาท เมื่อสิ้นอายุโครงการ 15 ปี

คิดเป็นค่าลงทุนต่อปี	=	34,100 (A/P,12%,15) - 1,700 (A/F,12%,15)
	=	4,961 บาท/ปี
ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา	=	1,700 + 8,500 = 10,200 บาท/ปี
รวมค่าใช้จ่ายต่อปี	=	15,161 บาท/ปี
รายได้ต่อปี	=	1,989 บาท/ปี
B/C Ratio	=	$\dfrac{1,989}{15,161}$ = 0.131

5.9 วิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการ

จากการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุน ทั้งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ และโครงการไฟฟ้าน้ำมันเบนซิน จะเห็นว่าควรเลือกระบบไฟฟ้าพลังน้ำ แต่เมื่อวิเคราะห์ในแง่ของการลงทุนแล้วโครงการไฟฟ้าพลังน้ำและโครงการไฟฟ้าน้ำมันเบนซิน จะให้ผลตอบแทนไม่คุ้มต่อการลงทุนทั้งสองโครงการ เนื่องจาก B/C < 1.0 ซึ่งถ้าหากจะให้โครงการไฟฟ้าน้ำคุ้มทุน (B/C = 1.0) ราคาค่าไฟฟ้าต่อยูนิตจะต้องปรับเป็น 9.63 บาทต่อยูนิต และสำหรับโครงการไฟฟ้าน้ำมันเบนซิน ราคาค่าไฟฟ้าต่อยูนิตจะต้องเป็น 11.43 บาท จะเห็นว่าราคาค่าไฟฟ้าจากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กขนาด 650 วัตต์ มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าราคาค่าไฟฟ้าของหมู่บ้านฟ้าประทาน (1.50 บาทต่อยูนิต) ซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุดประมาณ 10 กิโลวัตต์ สำหรับกรณีที่สามารถเดินเครื่องกังหันน้ำได้ตลอด 24 ชั่วโมง สำหรับหมู่บ้านปาละอูบน ต้นทุนของค่าไฟฟ้าจะเท่ากับ 2.24 บาทต่อยูนิต ซึ่งยังคงสูงกว่าราคาค่าไฟฟ้าของหมู่บ้านฟ้าประทาน แม้ว่าจะผันน้ำให้กับหมู่บ้านปาละอูบน (Q bypass to #1) เกินกว่า 5% Q HYDRO. ของหมู่บ้านฟ้าประทานก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ขายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในราคา 1.22 บาทต่อยูนิต แต่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขายในราคา 0.70 บาทต่อยูนิต ตามนโยบายของรัฐบาลที่ให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขายในราคาดังกล่าว โดยรัฐบาลจ่ายเงินอุดหนุนให้เช่นเดียวกับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ ที่ขายค่าไฟฟ้าให้กับเกษตรกรสำหรับเพื่อใช้สูบน้ำในการเกษตร ซึ่งมีต้นทุนการผลิต 1.17 บาทต่อยูนิต แต่ขายในราคา 0.60 บาทต่อยูนิต จากตัวเลขราคาค่าไฟฟ้าต่อยูนิตดังกล่าว จะเห็นได้ว่าหากพิจารณาเฉพาะผลตอบแทนทางตรง (Direct Benefit) แล้วโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ จะไม่คุ้มต่อการลงทุน แต่ถ้าหากพิจารณาถึงผลตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit) ด้วยแล้ว เช่น การที่ประชาชนมีกระแสไฟฟ้าใช้ ทำให้ระดับความเป็นอยู่สะดวกสบายขึ้น อีกทั้งมีผลต่อการขยายตัวทางธุรกิจอุตสาหกรรม และผลิตผลในการเกษตร ฯ

สำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของหมู่บ้านปาละอูบน ซึ่งมีค่าลงทุนเริ่มแรก 72,100 บาท ซึ่งจัดว่าเป็นเงินจำนวนมากในการที่คนในชุมชนจะสามารถลงทุนเองได้ เนื่องจากรายได้สุทธิของคนในชุมชนเฉลี่ยประมาณปีละ 1,260 บาทต่อครัวเรือน อีกทั้งค่าดำเนินการและบำรุงรักษาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก คือ 3,600 บาทต่อปี สูงกว่ารายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้า 1,989 บาทต่อปี ดังนั้น หากพิจารณาเฉพาะผลตอบแทนทางตรงอย่างเดียว โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของหมู่บ้านปาละอูบน ไม่มีความเหมาะสมในแง่ทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้น ถ้าหากจะมีการดำเนินการโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของหมู่บ้านนี้แล้วคงจะต้องพิจารณาผลตอบแทนทางอ้อมประกอบด้วย เช่น การยกระดับความเป็นอยู่ของชุมชนให้สะดวกสบายขึ้น เพื่อที่จะไม่

ย้ายถิ่นฐานและประกอบการเกษตรทำไร่เลื่อนลอย อีกทั้งเป็นการเตรียมระดับเทคโนโลยีของชุมชน เพื่อให้สามารถรองรับโครงการไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่อาจจะเข้าสู่ชุมชนในอนาคตได้ ทั้งนี้ ระบบไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ก็อาจเป็นระบบเชื่อมโยงสำรองได้ในฤดูฝน เป็นต้น สำหรับการวิเคาะห์ความเหมาะสมของโครงการไฟฟ้าของหมู่บ้านปาละอูบน ไม่รวมโครงการที่จะต่อเชื่อมสายส่งจากหมู่บ้านฟ้าประทาน เพราะจากการสำรวจพบว่า ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ปัจจุบันมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการผลิตกระแสไฟฟ้าของหมู่บ้านฟ้าประทาน และแนวโน้มที่จะเป็นระบบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่าย (Interconnected Scheme) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในอนาคต ซึ่งขึ้นกับนโยบายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและความเหมาะสมของโครงการดังกล่าว