ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ

Klong Si Yad Reservior Integrated Water Resources Management for Irrigation and Hydropower

นามผู้วิจัย นายนรินทร ชามทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, M.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดสำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ

Klong Si Yad Reservior Integrated Water Resources Management for Irrigation and Hydropower

โดย

นายนรินทร ชามทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นรินทร ชามทอง 2557: การบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี, M.Eng. 162 หน้า

การศึกษาการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดสำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลอง WUSMO Version 5.0 ในการจำลองความต้องการน้ำสำหรับการชลประทานและใช้แบบจำลอง HEC-3 จำลองระบบโรงไฟฟ้าของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด พบว่าอ่างเก็บน้ำคลองสียัดมีปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอสำหรับพื้นที่ชลประทาน 182,000 ไร่ คิดเป็นความต้องการน้ำชลประทานประมาณปีละ 250 ล้าน ลูกบาศก์เมตร และหากมีการสร้างโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กไว้ด้านท้ายของตัวเขื่อนขนาด 885 กิโลวัตต์ จะมีกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 6,409,000 กิโลวัตต์.ชั่วโมง คิดเป็นผลประโยชน์โครงการด้านพลังงานไฟฟ้า (Energy Benefit) เป็นเงิน 14.83 ล้านบาทต่อปี สามารถประหยัดเงินตราต่างประเทศในการจัดซื้อพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติได้ประมาณ 2.93 ล้านบาทต่อปี ราคาค่าก่อสร้างโครงการเท่ากับ 66.23 ล้านบาท ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ที่อัตราส่วนลด (Discount Rate) 8 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าผลประโยชน์สุทธิ (NPV) 38.26 ล้านบาท ผลประโยชน์ต่อทุน (B/C) เท่ากับ 1.28 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) เท่ากับ 12.30 เปอร์เซ็นต์ อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR) เท่ากับ 11.35 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าลงได้ปีละ 3,717 Ton-CO_2 คิดเป็นค่าก๊าซเรือนกระจก 636,960 บาทต่อปี ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศโลกลดลง เป็นการช่วยลดสภาวะโลกร้อนลงได้ และหากใช้กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (DSAR Curve) ช่วยในการวางแผนกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งแต่ละปี โดยกำหนดเป้าหมายพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำเก็บกักที่มีในอ่างเก็บน้ำหลังสิ้นสุดฤดูฝนของแต่ละปีกับจำนวนพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งที่เหมาะสม ทำให้สามารถปลูกพืชฤดูแล้งได้อย่างเต็มศักยภาพโดยไม่ได้รับความเสียหายจากการขาดน้ำ เนื่องจากมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเพาะปลูกตลอดฤดูกาล ทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่แน่นอน ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมต่อเศรษฐกิจของประเทศในด้านคุณภาพชีวิตของเกษตรกร

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Narintorn Chamthong 2014: Klong Si Yad Reservior Integrated Water Resources Management for Irrigation and Hydropower. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Chaiwat Kayankarnnavy, M.Eng. 162 pages.

The purpose of this research is to study the integrated water resources management of Klong Si-Yad reservoir for irrigation and hydropower. WUSMO program and HEC-3 program were used as a tool to simulate water demand for irrigation and hydropower system respectively. The results shown that Klong Si-Yad reservoir had sufficient amount of water supplying for irrigation area of 182,000 rais, which is calculated as water demand equals approximately 250 million cubic meter per year ($x10^6 m^3/y$). In case of the power capacity of micro-hydropower, 885 kilowatt (kW) is built at the terminal structure and its construction cost is 66.23 million baht, the electrical capacity will be 6,409,000 kilowatt - hour per year (kWh/y). The energy benefit of the project is equal to 14.83 million baht per year, which is calculated as saving cost of natural gas import about 2.93 million baht per year. Furthermore, the analysis of economic feasibility evaluated NPV, B/C, EIRR and FIRR at 8 percent (%) discount rate; the values are 38.26 million baht, 1.28, 12.30 and 11.35 percent (%) respectively. Consequently, the project should reduce CO_2 emissions to 3,717 Ton-CO_2, which is calculated as the value of reduce greenhouse gas emissions is 636,960 baht per year. Based on the results, dry season area reduction curve (DSAR curve) can be used as a guide to recommend the annual planning of cultivated area during the dry season to determine the target cultivated area which is followed by using the relationship between the amount of storage water in the Klong Si-Yad reservoir after the end of the wet season each year and the amount of cultivated area suitability during the dry season. Moreover, DSAR curve should help users manage the cultivation during the dry season most efficient without the damage from lack of water. Most importantly, supplying the amount of enough water through the whole growing season directly impacts to certain income of farmers and indirectly impacts to economy in term of the quality of life.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนและสร้างแนวทางในการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.อรรถนันท์ เล็กอุทัย ผู้ทรงคุณวุฒิ และอาจารย์ ดร.จิระวัฒน์ กณะสุต ประธานกรรมการในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำรวมทั้งทำเจ้าหน้าที่จากบัณฑิตวิทยาลัย เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำที่กรุณาตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณปิติ หนูเมืองที่ได้ให้คำปรึกษาอย่างดี ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิชาการและออกแบบ ส่วนวิศวกรรม สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทานที่สนับสนุนและคอยให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ เอื้อน ชามทอง คุณแม่ อำไพ ชามทอง ครอบครัว พี่ๆน้องๆชามทอง และอีกหลายคนที่ไม่สามารถเอ่ยถึงได้หมดที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ขอบคุณครับ

นรินทร ชามทอง

เมษายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	42
อุปกรณ์	42
วิธีการ	42
ผลและวิจารณ์	73
ผล	73
วิจารณ์	111
สรุปและข้อเสนอแนะ	112
สรุป	112
ข้อเสนอแนะ	113
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	116
ภาคผนวก	118
ภาคผนวก ก การหาความต้องการน้ำของพืชด้วยโปรแกรม WUSMO Version 5	119
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม HEC-3	130
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินด้วยโปรแกรม EXCEL	137
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	162

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเปรียบเทียบลักษณะแกนของเครื่องกังหันน้ำแบบ Francis	26
2	แสดงข้อมูลระดับน้ำ พื้นที่ผิวน้ำ และปริมาณความจุ	48
3	อัตราการรั่วซึมในดิน	56
4	ค่าประสิทธิภาพชลประทาน (เปอร์เซ็นต์)ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว	74
5	แสดงผลการสอบเทียบ (Calibration) แบบจำลอง WUSMO	75
6	แสดงผลการสอบทาน (Verify) แบบจำลอง WUSMO	77
7	แสดงเปอร์เซ็นต์ช่วงการเกิดของปริมาณน้ำระบายท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	92
8	แสดงผลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนในกรณีศึกษาที่ 1	95
9	แสดงผลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนในกรณีศึกษาที่ 2	97
10	แสดงผลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนในกรณีศึกษาที่ 3	98
11	ค่าลงทุนโครงการ (Invesment Cost)	100
12	ผลประโยชน์ด้านไฟฟ้า (Energy Benefit)	101
13	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 1	102
14	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 2	103
15	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 3	104
16	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 1	105
17	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 2	106
18	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 3	107

ตารางผนวกที่

ค1	ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่1	138
ค2	ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่2	142
ค3	ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่3	146
ค4	ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านการเงิน กรณีศึกษาที่1	150
ค5	ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านการเงิน กรณีศึกษาที่2	154

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค5	ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านการเงิน กรณีศึกษาที่3	158

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ	12
2	แสดง Power Duration Curve และกำลังไฟฟ้าติดตั้ง	21
3	เครื่องกังหันน้ำแบบ Francis	26
4	เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan	27
5	เครื่องกังหันน้ำแบบ Deriaz	28
6	เครื่องกังหันน้ำแบบ Bulb Turbine	29
7	เครื่องกังหันน้ำ Pit แบบ Bulb	29
8	การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ	31
9	ความสูงของน้ำระยะต่างๆที่มีผลต่อเครื่องกังหันน้ำ	33
10	ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ จ.ฉะเชิงเทรา	43
11	แสดงภาพลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของโครงการส่งน้ำและบำรุงคลองสียัด	45
12	แสดงภาพลุ่มน้ำพื้นที่โครงการ	46
13	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ พื้นที่ผิว และปริมาณความจุ	47
14	กราฟแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	49
15	กราฟแสดงปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	50
16	กราฟแสดงระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	50
17	แสดงที่ตั้งอ่างเก็บน้ำคลองสียัดและอาคารประกอบ	52
18	กราฟแสดงปริมาณน้ำระบายของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	52
19	แสดงพื้นที่ชลประทานใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	53
20	แสดงคลองส่งน้ำและอาคารประกอบ	54
21	แสดงแผนการปลูกพืชโครงการชลประทานฉะเชิงเทรา	55
22	แสดงขั้นตอนการศึกษา	58
23	แสดงโครงสร้างของแบบจำลอง WUSMO	59
24	แสดงระดับน้ำในนาสำหรับคำนวณฝนใช้การ	60
25	แสดง ปตร.ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ท่าลาด	60
26	แสดง Schematic Diagram ของ HEC-3 Reservior Simulation	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	แสดงตำแหน่งสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ	66
28	แสดงตำแหน่งโรงไฟฟ้าพลังน้ำบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	66
29	กราฟแสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง WUSMO	76
30	กราฟแสดงผลการสอบทานแบบจำลอง WUSMO	78
31	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2544	79
32	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2545	80
33	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง แบบจำลอง ปี พ.ศ.2546	81
34	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง แบบจำลอง ปี พ.ศ.2547	82
35	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง แบบจำลอง ปี พ.ศ.2548	83
36	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2549	84
37	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2550	85
38	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2551	86
39	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2552	87
40	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2553	88
41	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2554	89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

42	ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ (ข) ระหว่างตรวจวัดจริง และแบบจำลอง ปี พ.ศ.2555	90
43	กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	91
44	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ช่วงการเกิดของปริมาณน้ำระบายท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด	92
45	ความสัมพันธ์ของหัวน้ำออกแบบและปริมาณน้ำของเครื่องกังหันชนิดต่าง ๆ	94
46	กราฟแสดงสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กรณีศึกษาที่ 1)	96
47	กราฟแสดงสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กรณีศึกษาที่ 2)	97
48	กราฟแสดงสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กรณีศึกษาที่ 3)	99
49	กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง	110

ภาพผนวกที่

ก1	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (1)	120
ก2	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (2)	121
ก3	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (3)	122
ก4	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (4)	123
ก5	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (5)	124
ก6	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (6)	125
ก7	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (7)	126
ก8	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (8)	127
ก9	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (9)	128
ก10	ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (10)	129
ข1	ผลการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ กรณีศึกษาที่1	131
ข2	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HEC-3 กรณีศึกษาที่1	132

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ข3 ผลการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ กรณีศึกษาที่2 134
ข4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HEC-3 กรณีศึกษาที่2 135

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Alt.	=	ทางเลือก
Avg.	=	ค่าเฉลี่ย
B	=	ค่าเงินบาท
B/C	=	อัตราส่วนผลกำไรต่อค่าใช้จ่าย
C	=	ค่าใช้จ่าย
D/S	=	ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ
E	=	พลังงานไฟฟ้า
EL	=	ค่าระดับ
f	=	สัมประสิทธิการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน
g	=	ความเร่งจากแรงโน้มถ่วง
GWh	=	กิกะวัตต์ชั่วโมง (พันล้านวัตต์ชั่วโมง)
H	=	ระดับความสูงของน้ำ
H_L, h_L	=	การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล
H_d, h_d	=	ความสูงน้ำออกแบบ
H_G	=	ความสูงน้ำรวม
H_n	=	ความสูงน้ำสุทธิ
H_{max}	=	ความสูงน้ำสูงสุดที่เดินเครื่องกังหันน้ำ
H_{min}	=	ความสูงน้ำต่ำสุดที่เดินเครื่องกังหันน้ำ
h	=	ระดับความสูงของช่องทางนำน้ำ
h_{cont}	=	การสูญเสียพลังงานเนื่องจากข้อลด
h_{ent}	=	การสูญเสียพลังงานที่ทางเข้า
h_{exit}	=	การสูญเสียพลังงานที่ทางออก
h_{exp}	=	การสูญเสียพลังงานเนื่องจากข้อขยาย
h r	=	จำนวนชั่วโมงเดินเครื่องกังหันน้ำ
K	=	สัมประสิทธิ์การไหลเมื่อมีสิ่งกีดขวาง
K_{cont}	=	สัมประสิทธิ์เนื่องจากข้อลด
K_{ent}	=	สัมประสิทธิ์ที่ทางเขา
K_{exit}	=	สัมประสิทธิ์ที่ทางออก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

K_{exp}	=	สัมประสิทธิ์เนื่องจากข้อขยาย
kW	=	กิโลวัตต์
kWh	=	กิโลวัตต์ชั่วโมง
IDC	=	Interest During Construction
IRR	=	อัตราผลตอบแทนของโครงการ
L	=	ความยาวของทางนำน้ำ
Max	=	ค่ามากที่สุด
Min	=	ค่าน้อยที่สุด
m	=	เมตร
m/s	=	เมตรต่อวินาที
m^3/s	=	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
m. MSL.	=	เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง
MB	=	ล้านบาท
MCM	=	ล้านลูกบาศก์เมตร
MW	=	เมกะวัตต์ (ล้านวัตต์)
NHWL, HWL	=	ระดับเก็บกักปกติ
NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
No, no	=	จำนวน
Ns	=	ความเร็วจำเพาะ
O&M	=	การดำเนินงานและการบำรุงรักษา
P	=	กำลังไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า
PV	=	มูลค่าปัจจุบัน
Q	=	อัตราการไหล, อัตราการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ
Q_d	=	อัตราการไหลออกแบบ
Q_{max}	=	อัตราการไหลสูงสุดที่เดินเครื่องกังหันน้ำ
$\mathbf{Q}_{min}$	=	อัตราการไหลต่ำสุดที่เดินเครื่องกังหันน้ำ
RID	=	กรมชลประทาน
rpm	=	รอบต่อนาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

TWL	=	ระดับน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ
U/S	=	ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ
v	=	ความเร็วของกระแสน้ำ
w	=	ความสูงของช่องทางนำน้ำ
WL	=	ระดับน้ำ
Yr	=	ปี
η	=	ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ
กฟผ.	=	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ตร. กม.	=	ตารางกิโลเมตร
บ	=	บาท
ม	=	หน่วยวัดความยาวเป็นเมตร
ม. รทก.	=	เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง
ลบ. ม	=	ลูกบาศก์เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดสำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ

Klong Si Yad Reservior Integrated Water Resources Management for Irrigation and Hydropower

คำนำ

น้ำอันเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีปริมาณจำกัด แต่เมื่อมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม การท่องเที่ยวและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้ความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำมีมากขึ้นตามลำดับ การก่อสร้างแหล่งเก็บกักน้ำใหม่ๆเป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น เนื่องจากได้มีการเลือกสถานที่ก่อสร้างแหล่งเก็บกักน้ำที่มีลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสมไปเกือบหมดสิ้นแล้ว สถานที่ที่จะสามารถก่อสร้างแหล่งเก็บกักน้ำที่ยังคงเหลืออยู่ก็มักจะประสบปัญหาที่ไม่เหมาะสมทางด้านเทคนิคหรือไม่ก็อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติหรือป่าอนุรักษ์ หรือมีทำเลที่ตั้งที่ราษฎรเข้าไปจับจองพัฒนาเป็นพื้นที่ทำกินอยู่เป็นจำนวนมาก หรือมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อม อาทิ ป่าไม้ สัตว์ป่า และระบบนิเวศน์ เป็นต้น สถานการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีที่เกิดภัยแล้งขึ้นและก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในการใช้น้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำจากแหล่งเก็บกักน้ำที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการใช้น้ำ เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัจจุบันของทรัพยากรน้ำที่มี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาทรัพยากรน้ำ และจัดสรรน้ำให้สามารถตอบสนองความต้องการทางด้านอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม และอื่นๆได้อย่างเหมาะสมและเป็นธรรม โดยการวางแผนการใช้น้ำและวิเคราะห์การใช้น้ำอย่างละเอียดถูกต้องเพื่อให้ได้มาซึ่งแผนงานและการพัฒนาอันก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ประเทศไทยประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลักทางด้านการเกษตรกรรม ซึ่งต้องอาศัยทรัพยากรน้ำในการเพาะปลูก อันมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลิตผลด้านการเกษตร แต่เนื่องจากสภาพการณ์ปัจจุบันความต้องการใช้น้ำของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้น ระดับน้ำในแม่น้ำในช่วงฤดูแล้งอยู่ในระดับที่ต่ำ และพื้นที่การเกษตรบางส่วนสูงในพื้นที่สูง ดังนั้นการที่จะส่งน้ำให้แก่แปลงเพาะปลูกของเกษตรกรจึงต้องอาศัยการใช้เครื่องสูบน้ำช่วยในการสูบส่งน้ำหรือช่วยในการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยกระดับน้ำ แต่การจะสร้างสถานีสูบน้ำนั้นจะต้องพิจารณาถึงเรื่องของการจัดหาพลังงานที่ต้องจ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำและการจัดเก็บค่าพลังงาน และแหล่งจ่ายส่วนใหญ่จะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ซึ่งอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงและไม่ได้รับการตอบรับจากเกษตรได้ การแก้ปัญหาดังกล่าววิธีหนึ่งที่สามารถกระทำได้ คือการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่แล้ว เช่นการนำเขื่อนหรืออ่างเก็บที่สร้างเสร็จแล้วมาติดตั้ง Small – Micro HydroPower เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับสถานีสูบน้ำ อันเป็นช่วยการแก้ปัญหาดังกล่าวอีกทั้งเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากสิ่งก่อสร้างให้คุ้มค่าสูงสุด

อ่างเก็บน้ำคลองสียัด ตั้งอยู่บริเวณตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำบางปะกงตอนล่างโดยก่อสร้างเขื่อนดินปิดกั้นคลองสียัด เพื่อเป็นแหล่งเก็บกักน้ำและช่วยบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่บริเวณคลองสียัดตอนล่าง ความจุอ่างเก็บน้ำ 420 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นความต้องการน้ำชลประทานประมาณ ปีละ 250 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทาน 182,000 ไร่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 1,400 มิลลิเมตร มีระดับน้ำเก็บกักปกติอยู่ที่ +65.000 เมตร (รทก.) อาคารระบายน้ำประกอบด้วยท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (RIVER OUTLET) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.00 เมตร อยู่ที่ระดับ +46.500 เมตร (รทก.) หากก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ด้านท้ายตัวเขื่อนโดยอาศัยปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอาคารระบายน้ำ (RIVER OUTLET) ลงคลองส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานมาผลิตพลังงานไฟฟ้าพลังน้ำ อันเป็นจะการเพิ่มประสิทธิภาพของอ่างเก็บน้ำจากปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งด้านชลประทานและการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของการเพาะปลูกในสภาพปัจจุบัน

2. เพื่อพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพของอ่างเก็บน้ำจากปัจจุบัน โดยนำพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์

3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ได้ประโยชน์สูงสุด ทั้งด้านชลประทานและการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ขอบเขตของการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำคลองสียัด โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองสียัด ตั้งอยู่ที่บ้านท่าคาน ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา และพื้นที่ชลประทานฝ่ายท่าลาด ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 โครงการชลประทานฉะเชิงเทรา สำนักชลประทานที่ 9

2. วิเคราะห์ศักยภาพในการติดตั้งโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัดตามศักยภาพของปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่โดยไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำอยู่เดิมของโครงการ และคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ การเงิน (Economic-Finance) และเสนอแนะการบริหารจัดการน้ำต้นทุนเพื่อการชลประทานให้สามารถเพาะปลูกได้เต็มศักยภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานทดแทน

2. เพื่อเป็นแนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมสำหรับการชลประทานและการผลิตกระแสไฟฟ้า

3. เพื่อเพิ่มแหล่งพลังงานทางเลือกสำหรับจ่ายให้สถานีสูบน้ำเพื่อเพิ่มพื้นที่ชลประทานในพื้นที่สูงหรือในช่วงฤดูแล้งที่ระดับน้ำในแม่น้ำอยู่ในระดับที่ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ปริมาณฝนใช้การ

ฉลอง (2538) ปริมาณฝนใช้การหมายถึง ปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่แล้วสามารถ นำไปใช้ประโยชน์แทนน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้แก่พืชได้ หรือหมายถึงฝนที่ตกลงมาขังอยู่ระหว่างคันนาและไม่สามารถกลายเป็น Runoff ได้ น้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูกนั้นบางคราวก็ไม่อาจเป็นประโยชน์แก่พืชได้ทั้งหมด คือถ้ามีฝนตกลงมาเกินกว่าความต้องการใช้น้ำของพืชแล้วส่วนที่เหลือจากการไหลซึมลงดินก็จะไหลล้นออกจากแปลงเพาะปลูกสูญเสียไป น้ำฝนที่ตกจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในลักษณะที่พืชดูดไปใช้ได้เท่านั้น ดังนั้นปริมาณฝนที่จะเป็นประโยชน์แก่การเพาะปลูกจึงมีแต่เพียงบางส่วนเท่านั้นไม่ใช่ร้อยเปอร์เซนต์ องค์ประกอบที่มีผลต่อจำนวนฝนใช้การได้แก่ ชนิดของดิน ความชื้นในดิน หรือระดับของน้ำในแปลงนาก่อนฝนตก ระดับน้ำใต้ดินความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตรากพืช ความสามารถในการเก็บกักน้ำของคันนา อัตราหรือปริมาณของฝน ลักษณะของฝน ชนิดและอัตราใช้น้ำของพืชที่ปลูก ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูกและวิธีการชลประทานนอกจากนั้นปริมาณฝนใช้การยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลาดังจะเห็นว่าในเดือนที่มีฝนตกน้อยเปอร์เซ็นต์ฝนใช้การจะสูงกว่าเดือนที่มีฝนตกมากปริมาณการใช้น้ำของพืชตามความเคยชินของชาวนาต่อการเก็บน้ำไว้ในแปลงนา คือถ้าชาวบ้านนิยมเก็บน้ำชลประทานไว้ในแปลงนาที่ระดับต่ำเมื่อฝนตกลงมาก็มีความสามารถที่จะเก็บน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้มาก ความสูงของคันนาและยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในแต่ละเดือนก่อนหน้านี้เป็นสำคัญด้วย

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แปลงเพาะปลูก

ฉลอง (2527) ปริมาณน้ำที่ส่งให้แปลงเพาะปลูกประจำทุกสัปดาห์ สามารถคำนวณได้จากสมการทั่วไป คือ

$$\text{ความต้องการน้ำชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี+ปริมาณน้ำที่รั่วซึม-ฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพชลประทาน}} \quad (3)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสิทธิภาพชลประทาน

ฉลอง (2538) ประสิทธิภาพชลประทานมีความสำคัญต่อการคำนวณปริมาณน้ำที่จะส่งจากแหล่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูก ถ้าทราบค่าประสิทธิภาพชลประทานในระดับต่างๆ ของระบบส่งน้ำก็สามารถที่จะนำไปออกแบบความจุของระบบส่งน้ำในระดับนั้นได้ถูกต้องในแง่ของการวางโครงการประสิทธิภาพชลประทานมีความสำคัญต่อการเลือกขนาดแหล่งน้ำ และขนาดพื้นที่ชลประทานเพื่อให้ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ และปริมาณน้ำที่นำไปใช้มีความสมดุลกันถ้าใช้ประสิทธิภาพชลประทานสูงเกินไป เมื่อก่อสร้างโครงการชลประทานเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อถึงเวลาส่งน้ำให้พืชที่เพาะปลูกปริมาณน้ำที่เก็บกักไว้ได้จะไม่พอใช้ หรือพื้นที่ชลประทานบางส่วนจะขาดน้ำซึ่งเป็นปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอสิ่งสำคัญที่สุดคือทำอย่างไรจึงจะทราบค่าประสิทธิภาพชลประทานในระบบส่งน้ำที่ระดับต่าง ๆ ได้ถูกต้อง วิธีที่ดีที่สุดคือการตรวจสอบประสิทธิภาพชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาที่สร้างแล้ว และสามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกได้ ถ้าสามารถหาค่าประสิทธิภาพชลประทานที่ระดับต่าง ๆ ของโครงการจะเป็นประสิทธิภาพที่สามารถปฏิบัติได้ใกล้เคียงในสนาม จะทำให้การก่อสร้างโครงการชลประทานเป็นไปได้ด้วยความประหยัดและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ ประสิทธิภาพชลประทานในที่นี้หมายถึงประสิทธิภาพที่ได้ตรวจสอบจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ได้สร้างเสร็จแล้วและสามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกได้ เนื่องจากค่านิยามของประสิทธิภาพชลประทานที่มีอยู่หลายคำในที่นี้จะให้คำจำกัดความดังนี้

ประสิทธิภาพชลประทานหมายถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ตามทฤษฎีรวมกับปริมาณน้ำที่รั่วซึมหักลบปริมาณฝนใช้การปริมาณน้ำที่ส่งให้ถ้าจะหาประสิทธิภาพชลประทานในระดับใดก็ใช้ปริมาณน้ำที่ส่งในระดับนั้นเช่นระดับคลองซอยระดับคลองสายใหญ่หรือระดับโครงการปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ตามทฤษฎีพืชที่เพาะปลูกสามารถแยกได้ออกเป็น 2 ชนิดคือข้าวและพืชไร่ การศึกษาหาปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ตามทฤษฎีของข้าวในฤดูกาลหนึ่ง ๆ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง ปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้าและปริมาณน้ำใช้หลังจากปักดำหรือหว่านแล้ว

ฉลอง และ ชัยวัฒน์ (2523) ปริมาณน้ำที่พืชไร่ต้องการใช้ตามทฤษฎี จะมีหลักการคำนวณเหมือนกับการหาปริมาณน้ำใช้หลังจากปักดำหรือหว่าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง

ฉลอง และ ชัยวัฒน์ (2523) กล่าวว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงจะมากน้อยขึ้นอยู่กับความชื้นของดินก่อนการเตรียมแปลง ชนิดของดินซึ่งสัมพันธ์กับการรั่วซึม การระเหยระหว่างการเตรียมแปลงและลักษณะการเตรียมแปลงเช่นการเตรียมแปลงปักดำ หรือการเตรียมแปลงสำหรับนาหว่านน้ำตม ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงมีอัตราสูงเมื่อเทียบกับอัตราความต้องการน้ำหลังจากปักดำและหว่าน ดังนั้นระยะเวลาในการเตรียมแปลงจึงมีความสำคัญมากเพราะถ้าระยะเวลาในการเตรียมแปลงสั้นปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในการเตรียมแปลงจะสูง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบส่งน้ำมาก

ดิเรก (2524) กล่าวว่า ความต้องการน้ำเพื่อการเตรียมแปลงเป็นระยะที่ก่อนปักดำ หรือหว่านเพื่อการเตรียมแปลงนาให้พร้อม ซึ่งวัตถุประสงค์ในการเตรียมแปลงมีดังนี้

1. เพื่อทำให้ดินมีสภาพที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก ทำให้ดินแตกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ สะดวกในการปักดำทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้นคือ ดินที่โปร่งทำให้รากพืชสามารถเจริญเติบโตชอนไชหาอาหารได้ดี

2. เป็นการกำจัดวัชพืช เพื่อป้องกันการแย่งอาหารจากต้นข้าวที่ปักดำ

3. เป็นการทำลายที่อยู่อาศัยของโรค และแมลงศัตรูพืชที่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง

4. เป็นการคลุกเคล้าอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ให้เข้ากับดินเพื่อให้เกิดการสลายตัวกลายเป็นอาหารของต้นข้าวในนาต่อไป

5. เป็นการทำลายไข่และตัวอ่อนของแมลงที่มีอยู่ในดิน

6. ลดการสูญเสียของน้ำทำให้ดินเก็บความชื้นได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคราดการทำเทือกทำให้สูญเสียของน้ำเนื่องจากการรั่วซึมลงดินลดลง

7. เป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. เป็นการปรับระดับที่นาให้สม่ำเสมออันเป็นผลทำให้การส่งน้ำ การใช้ปุ๋ยและยาต่าง ๆ เพื่อหล่อเลี้ยงต้นข้าวได้ทั่วถึงทำให้ต้นข้าวงอกสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอ่อนตัว (Saturation) และเปียกชุ่ม (Land Soaking) เพื่อสะดวกในการไถ

2. ปริมาณน้ำที่จะสูญเสียโดยการระเหย (Evaporation)

3. ปริมาณน้ำที่จะสูญเสียไปในดิน ทั้งทางด้านซึมลึกและการซึมทางด้านข้าง (Deep Percolation and Seepage)

4. ปริมาณน้ำที่ขังในแปลงนาครั้งแรก (Water Layer) เพื่อชดใช้หรือทดแทนการสูญเสียโดยการระเหย การซึมลงไปในดิน เพื่อช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืชจนกว่าจะได้รับน้ำครั้งต่อไป

5. สภาพความชื้นในดิน (Soil Moisture Content) ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งกับปริมาณน้ำที่จะใช้เพื่อทำให้ดินอ่อนตัวและเปียกชุ่ม

6. ความลาดเทของดินในแปลงนา (Topography)

7. ชนิดของดิน (Soil Type)

8. ระดับน้ำใต้ดิน (Depth of Water Table)

9. การเอาใจใส่และความพร้อมของเกษตรกร (Responses of Farmer) เช่นหมั่นตรวจสอบคันนาไม่ให้รั่วไหล เริ่มและทำการเตรียมแปลงนาให้เสร็จโดยเร็ว

10. ระยะเวลาในการเตรียมแปลงใช้ให้น้อยที่สุด จะช่วยประหยัดน้ำที่ใช้ให้น้อยลงได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. สภาพภูมิอากาศ

12. ความเข้าใจและการประสานงานระหว่างเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

ฉลอง และ ชัยวัฒน์, (2523)ปริมาณน้ำที่ใช้ในช่วงเวลาเตรียมแปลง มีปริมาณสูงมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชหลังจากปักดำหรือหว่านแล้ว และพบว่าระยะเวลาในการเตรียมแปลงมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมด้วย กล่าวคือถ้าระยะเวลาในการเตรียมแปลงสั้นปริมาณน้ำที่ต้องการในช่วงเวลาเตรียมแปลงจะสูง และในฤดูฝนถ้ามีปริมาณฝนที่ตกมากในระยะเวลาที่กำลังเตรียมแปลงจะทำให้ระยะเวลาในการเตรียมแปลงลดลง

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการตกกล้า

ปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้าได้แก่ ปริมาณน้ำที่ต้นกล้าต้องการใช้ก่อนถอนไปปักดำซึ่งต้นกล้าจะใช้เพื่อการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้ามีปริมาณความต้องการน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง

ฉลอง และ ชัยวัฒน์ (2523) กล่าวว่าการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้ากำหนดให้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของต้นกล้าเท่ากับ 1 ปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการใช้หลังจากปักดำและหว่านแล้ว ดิเรก (2524) กล่าวว่าปริมาณน้ำส่วนนี้เป็นปริมาณน้ำที่ต้นข้าวใช้ในการเจริญเติบโตซึ่ง หมายถึงการระเหย (Evaporation) รวมกับการคายน้ำของพืช (Transpiration) ค่าปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการนี้สามารถหาได้ด้วยวิธีการดังนี้

1. ปริมาณการใช้น้ำโดยการวัดโดยตรง แบ่งออกเป็น

- วัดจากถังการใช้น้ำของพืช (Lysimeter)

- ศึกษาจากจำนวนความชื้นในดิน

- ศึกษาจากแปลงการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปริมาณการใช้น้ำของข้าวโดยการคำนวณจากข้อมูลทางภูมิอากาศ

การหาปริมาณการใช้น้ำของข้าววิธีนี้ เป็นการหาจากการคำนวณด้วยสูตร Empirical โดยคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศ (Potential Evapotranspiration) ทั้งนี้ปริมาณการใช้น้ำของพืชส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศจึงมีผู้คิดสูตรและวิธีการคำนวณขึ้นมาหลายวิธีซึ่งก็เป็นการยากที่จะคำนวณให้ได้ค่าถูกต้องกับความเป็นจริง ในกรณีที่ต้องการหาค่าปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ (Consumptive Use or PotentialEvapotranspiration) ของพื้นที่ที่ไม่เคยวัดหาค่ามาก่อนจึงต้องหาค่าโดยการคำนวณแล้วปรับค่าที่ได้จากการคำนวณให้ใกล้เคียงกับค่าที่ว่าเป็นจริง ค่าที่นำมาใช้ในการปรับค่าที่ได้จากการคำนวณ คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

$$ETC = KC \times ETP$$

เมื่อ ETC = ปริมาณการใช้น้ำของข้าว

KC = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว

ETP = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ปริมาณน้ำที่รั่วซึมลงไปในดิน

บุษรา (2533) กล่าวว่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมลงไปในดินนั้นรวมการรั่วซึมทั้งทางแนวราบและแนวดิ่ง ซึ่งจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพของดิน ชนิดของดิน สภาพความลึกของชั้นดินที่ไถหรือเตรียมแปลงก่อนได้รับน้ำและระดับน้ำใต้ดินเช่น ดินเหนียวมีระดับน้ำใต้ดินตื้นจะมีการสูญเสียวันละประมาณ 1-2 มิลลิเมตร แต่ถ้าเป็นสภาพดินทรายและมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกอาจจะมีการสูญเสียของน้ำมากถึงวันละ 7-10 มิลลิเมตร ซึ่งวิธีลดการสูญเสียของน้ำโดยการรั่วซึมลงไปในดินให้น้อยอาจจะกระทำโดยการทำเทือกหลาย ๆ ครั้ง เพราะนอกจากจะทำให้ดินอัดแน่นขึ้นแล้วยังเป็นการช่วยกำจัดวัชพืชในแปลงนาอีกด้วยในกรณีที่มีน้ำต้นทุนอย่างจำกัดข้อเสนอแนะในการปลูกพืชตามลักษณะการสูญเสียน้ำโดยการซึมลงไปในดินมีดังนี้คือ สำหรับดินที่มีการสูญเสียของน้ำโดยการซึมผ่านลงไปในดินวันละ 1-3 มิลลิเมตรสามารถทำนาได้ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง ถ้าหากมีการสูญเสียตั้งแต่ 3-5 มิลลิเมตรต่อวัน ควรทำนาแต่เฉพาะในฤดูฝนโดยมีการเตรียมแปลงทำเทือกอย่างประณีตเพื่อช่วยลดอัตราการซึมลงไปในดินให้น้อยลงส่วนในฤดูแล้งควร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนไปปลูกพืชไร่ชนิดใช้น้ำน้อย แต่ถ้าเป็นดินที่มีอัตราการรั่วซึมในดินมากกว่าวันละ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ควรแนะนำให้ปลูกพืชไร่หรือพืชที่ใช้น้ำน้อยกว่าข้าวเช่นกัน

นโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

นโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Policy) หมายถึง กลวิธี ความรู้ความเข้าใจ สมการ ตาราง หรือการตัดสินใจต่าง ๆ เพื่อทำการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และผันไปใช้ภายใต้สภาวะปัจจุบันของระบบ หรือสภาวะที่ได้ทำนายไว้ในอนาคตข้างหน้า (Salas and Hall, 1998)

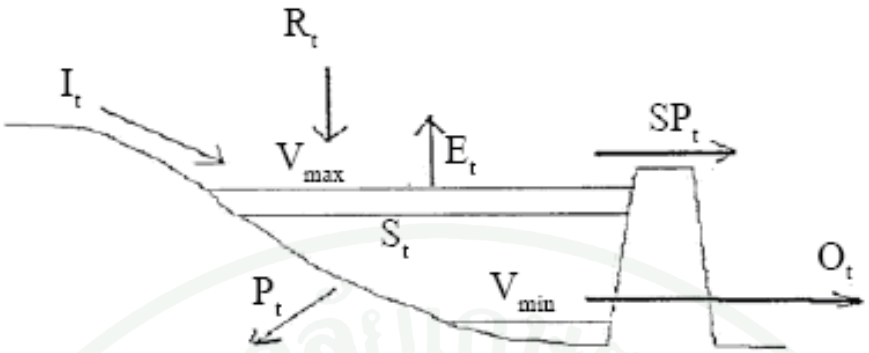
Loucks and Sigvaldason (1982) กล่าวว่า แบบจำลองระบบ (Simulation Model) เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาเพื่อวางแผนการปฏิบัติงานของระบบอ่างเก็บน้ำ และจำเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องนำนโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Policy) มาใช้ โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติอ่างเก็บน้ำจะถูกปฏิบัติงานโดยการใช้ Rule Curve

นโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่จะบรรลุผลสำเร็จ จำเป็นต้องมีการพิจารณาครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์ นอกจากนี้นโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจะขึ้นอยู่กับสภาวะน้ำมากหรือน้ำน้อยของอ่างเก็บน้ำ หลักเกณฑ์ที่สำคัญในการกำหนดนโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมคือ พยายามลดการขาดน้ำที่คาดว่าจะเกิดขึ้นให้น้อยที่สุดในช่วงน้ำน้อย ในขณะเดียวกันในช่วงฤดูน้ำมากต้องสามารถลดปัญหาการไหลล้นอ่างให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และหลีกเลี่ยงสถานการณ์ซึ่งอ่างเก็บน้ำหนึ่งในระบบมีปริมาณน้ำเก็บกักเต็มอ่าง ในขณะที่อีกอ่างเก็บน้ำในระบบเดียวกันมีปริมาตรอ่างว่าง

สมการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำได้จากสมการต่อไปนี้ (วราวุธ, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: วราวุธ (2545)

$$S_{t+1} = S_t + R_t + I_t - E_t - O_t - SP_t - P_t$$

$$D_t = f(AREA_i, ET_i,t, LOSSES_t, RE_t)$$

เมื่อ S_t, S_{t+1} = ปริมาณน้ำในอ่างที่เวลา t และ t+1

R_t = ปริมาณฝนในช่วงเวลา t

I_t = ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างในช่วงเวลา t

E_t = ปริมาณน้ำที่ระเหยจากอ่างในช่วงเวลา t

O_t = ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างในช่วงเวลา t

SP_t = ปริมาณน้ำที่ไหลล้น Spillways ในช่วงเวลา t

P_t = ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างในช่วงเวลา t

D_t = ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างในช่วงเวลา t

$AREA_t$ = พื้นที่เพาะปลูกชนิดที่ i

$ET_{i,t}$ = ปริมาณการใช้น้ำของพืช i ที่เวลา t

$LOSSES_t$ = ปริมาณการสูญเสียน้ำในระบบชลประทานในช่วงเวลา t

RE_t = ปริมาณฝนใช้การในช่วงเวลา t

V_{min} = ปริมาณน้ำต่ำสุดของอ่าง

V_{max} = ปริมาณน้ำสูงสุดของอ่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ (วิทยาลัยการชลประทาน, 2540)

$$I_t = (AREA \times R_t \times ROC)$$

เมื่อ I_t = ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างในช่วงเวลา t

AREA = พื้นที่ลุ่มน้ำ

R_t = ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ ในช่วงเวลา t

ROC = สัมประสิทธิ์น้ำฝนน้ำท่า

สัมประสิทธิ์น้ำฝน น้ำท่า (ROC) หมายถึงอัตราส่วนของฝนตกที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะผันแปร ไปในช่วงของปีตามแต่ละฤดูกาล ส่วนใหญ่จะเป็นค่ารายเดือน ในการวางแผนอ่างเก็บน้ำครั้งแรกจะใช้ค่าจากรายงานวางโครงการ และจะทำการคำนวณปรับปรุงได้จากการใช้ทฤษฎีสมดุลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณปริมาณรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ

เนื่องจากอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำบางส่วนซึ่งได้รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำนั้น ถือว่าเป็นปริมาณน้ำที่ต้องการนำมาคำนวณในสมการสมดุลน้ำ เพื่อให้การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรถูกต้องมากที่สุด

ฉลอง (2538) ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำที่เก็บกักตลอดปีซึ่งแสดงได้ดังสมการ

$$P_n = \left[\frac{S_n + S_{n-1}}{2 \times 365} \right] \times 0.10$$

เมื่อ P_n = อัตราการรั่วซึมวันที่ n มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$S_{n,n-1}$ = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของวันที่ n , n-1

การคำนวณปริมาณน้ำที่ระเหยจากอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากอ่างเก็บน้ำ สามารถคำนวณได้จากปริมาณน้ำที่ระเหยต่อวันคูณกับพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ จากข้อเสนอแนะของ FAO สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดกลางสามารถคำนวณปริมาณความลึกของการระเหยได้จากสมการ ดังนี้

$$E_n = Evap_n \times A_n$$

$$E_n = 0.8\ Epan_n \times A_n$$

เมื่อ E_n = ปริมาณน้ำที่ระเหยในวันที่ n

$Evap_n$ = ความลึกของน้ำที่ระเหยได้จากการวัดการระเหย ณ วันที่ n

A_n = พื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ n

$Epan_n$ = ความลึกการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดระเหย Class A Pan ณ วันที่ n

จากการคำนวณหาปริมาณน้ำปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ระเหยจากอ่างเก็บน้ำ เมื่อนำปริมาณน้ำดังกล่าวแทนในสมการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ จะสามารถคำนวณปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลาต่างๆ

การคำนวณปริมาณฝนใช้การ

ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่จะส่งให้แก่พืช ทั้งนี้เพราะน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูกนั้น บางคราวก็ไม่อาจเป็นประโยชน์แก่พืชได้ทั้งหมด ดังนั้นปริมาณฝนใช้การคือปริมาณน้ำฝนที่ตกในแปลงนา แล้วไม่เกิดการไหลล้นออก หรือไหลซึมออกผ่านคันนา

ฉลอง (2538) การที่นำน้ำฝนมาใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือปริมาณฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการใช้น้ำของพืช อัตราการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รั่วซึมในแปลงนารอบบริเวณการให้น้ำชลประทาน ความเคยชินของชาวนาต่อการเก็บน้ำไว้ในแปลงนาและความสูงของคันนา

ดรรชนีการจัดการน้ำชลประทาน

วราวุธ (2545) การประเมินผลระบบการจัดสรรน้ำที่ดีสามารถแสดงโดยดัชนีดังต่อไป

1. Efficiency (Ei) ความมีประสิทธิภาพ มีค่าอยู่ระหว่าง 0–100% ระบบการจัดการน้ำที่ดี Ei ≧ 60 %

2. Adequacy of Irrigation (AI) ความพอเพียง มีค่าอยู่ระหว่าง 0–100% ระบบการจัดการน้ำที่ดี AI = 100 %

3. Reliability (R) ความน่าเชื่อถือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0–100% ระบบการจัดการน้ำที่ดี R = 100%

4. Equity (EQ) ความเป็นธรรม มีค่าอยู่ระหว่าง < 1 ถึง > 1 ระบบการจัดการที่ดี EQ < 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ลักษณะการทำงาน โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย โรงไฟฟ้าชนิดนี้ใช้น้ำในลำน้ำธรรมชาติเป็นพลังงานในการเดินเครื่อง โดยวิธีสร้างเขื่อนปิดกั้นแม่น้ำไว้ เป็นอ่างเก็บน้ำ ให้มีระดับอยู่ในที่สูงจนมีปริมาณน้ำ และแรงดันเพียงพอที่จะนำมาหมุนเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งอยู่ในโรงไฟฟ้าท้ายน้ำที่มีระดับต่ำกว่าได้ กำลังผลิตติดตั้งและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าชนิดนี้ จะเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันและปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งตามลักษณะการบังคับน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ 4 แบบ คือ

1. โรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี(Run of River Hydro Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ไม่มีอ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าจะผลิตไฟฟ้าโดยการใช้น้ำที่ไหลตามธรรมชาติของลำน้ำ หากน้ำมีปริมาณมากเกินไปกว่าที่โรงไฟฟ้าจะรับไว้ได้ก็ต้องทิ้งไป ส่วนใหญ่โรงไฟฟ้าแบบนี้ จะอาศัยติดตั้งอยู่กับเขื่อนผันน้ำชลประทาน ซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดปี จากการกำหนดกำลังผลิตติดตั้ง มักจะคิดจากอัตราการไหลของน้ำประจำปีช่วงต่ำสุด เพื่อที่จะสามารถเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ตัวอย่างของโรงไฟฟาชนิดนี้ได้แก่ โรงไฟฟ้าที่เขื่อนผันน้ำ เจ้าพระยา จังหวัดชัยนาท

2. โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Regulating Pond Hydro Plant) โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่สามารถบังคับการไหลของน้ำได้ในช่วงสั้นๆ เช่น ประจำวัน หรือประจำสัปดาห์ การผลิตไฟฟ้าจะสามารถควบคุมให้สอดคล้องกับความต้องการได้ดีกว่าโรงไฟฟ้าแบบ (Run of River) แต่อยู่ในช่วงเวลาที่จำกัดตามขนาดของอ่างเก็บน้ำ ตัวอย่างของโรงไฟฟ้าประเภทนี้ได้แก่ โรงไฟฟ้าเขื่อนท่าทุ่งนา จังหวัดกาญจนบุรี และโรงไฟฟ้าขนาดเล็กบ้านสันติ จังหวัดยะลา

3. โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ (Reservoir Hydro Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้มีเขื่อนกั้นน้ำขนาดใหญ่และสูงกั้นขวางลำน้ำไว้ ทำให้เกิดเป็นทะเลสาบใหญ่ ซึ่งสามารถเก็บกักน้ำในฤดูฝนและนำไปใช้ในฤดูแล้งได้ โรงไฟฟ้าแบบนี้นับว่ามีประโยชน์มาก เพราะสามารถควบคุมการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าเสริมในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงตลอดปี โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ส่วนมากในประเทศไทยจัดอยู่ในโรงไฟฟ้าประเภทนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. โรงไฟฟ้าแบบสูบน้ำกลับ (Pumped Storage Hydro Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้มีเครื่องสูบน้ำที่สามารถสูบน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำลงมาแล้ว นำกลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีก ประโยชน์ของโรงไฟฟ้าชนิดนี้เกิดจากการแปลงพลังงานที่เหลือใช้ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำเช่นเวลาเที่ยงคืน นำไปสะสมไว้ในรูปของการเก็บน้ำในอ่างน้ำเพื่อที่จะสามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกครั้งหนึ่งในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง เช่น เวลาหัวค่ำ ตัวอย่างของโรงไฟฟ้าแบบนี้ ได้แก่ โรงไฟฟ้าเขื่อนศรีนครินทร์หน่วยที่ 4 ซึ่งสามารถสูบน้ำกลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ได้

ส่วนประกอบที่สำคัญ เขื่อนเก็บกักน้ำ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำในลำน้ำไว้เป็นอ่างเก็บน้ำให้มีปริมาณ และระดับน้ำสูงพอที่จะใช้ในการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ 5 ประเภท คือ

1. เขื่อนหิน เขื่อนชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องมีดินฐานรากที่แข็งแรงมาก วัสดุที่ใช้เป็นตัวเขื่อนประกอบด้วยหินถมที่หาได้จากบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ มีผนังกั้นน้ำซึมอยู่ตรงกลางแกนเขื่อน หรือด้านหน้าหัวเขื่อน โดยวัสดุที่ใช้ทำผนังกันน้ำซึมอาจจะเป็นดินเหนียว คอนกรีตหรือวัสดุกันซึมอื่นๆ เช่น ยางแอสฟัลทิกได้ ตัวอย่างเขื่อนชนิดนี้ในประเทศไทย ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนเขาแหลม และเขื่อนบางลาง เป็นต้น

2. เขื่อนดิน เขื่อนดินมีคุณสมบัติและลักษณะในการออกแบบคล้ายคลึงกับเขื่อนหิน แต่วัสดุที่ใช้ถมตัวเขื่อนมีดินเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเขื่อนชนิดนี้ในประเทศไทย ได้แก่ เขื่อนสิริกิต เขื่อนแก่งกระจาน และเขื่อนแม่งัด เป็นต้น

3. เขื่อนคอนกรีตแบบกราวิตี้ เขื่อนชนิดนี้ใช้ก่อสร้างในที่ตั้งที่มีหินฐานรากเป็นหินที่ดีมีความแข็งแรง การออกแบบตัวเขื่อนเป็นคอนกรีตที่มีความหนาและน้ำหนักมากพอที่จะต้านทานแรงดันของน้ำ หรือแรงดันอื่นๆได้ โดยอาศัยน้ำหนักของตัวเขื่อนเอง รูปตัดของตัวเขื่อนมักจะเป็นรูปสามเหลี่ยมเป็นแนวตรงตลอดความยาวของตัวเขื่อน

4. เขื่อนคอนกรีตแบบโค้ง เขื่อนคอนกรีตแบบโค้ง มีคุณสมบัติที่จะต้านแรงดันของน้ำและแรงภายนอกอื่นๆ โดยความโค้งของตัวเขื่อน เขื่อนแบบนี้เหมาะที่จะสร้างบริเวณหุบเขาที่มีลักษณะเป็นรูปตัว U และมีหินฐานรากที่แข็งแรง เมื่อเปรียบเทียบเขื่อนแบบนี้กับเขื่อนแบบกราวิตี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เขื่อนแบบนี้มีรูปร่างแบบบางกว่ามากทำให้ราคาค่าก่อสร้างถูกกว่า แต่ข้อเสียของเขื่อนแบบนี้ คือ การออกแบบและการดำเนินการก่อสร้างค่อนข้างยุ่งมาก มักจะต้องปรับปรุงฐานรากให้มีความแข็งแรงขึ้นด้วย เขื่อนภูมิพลซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่แห่งแรกในประเทศไทย มีลักษณะผสมระหว่างแบบกราวิตี้และแบบโค้ง ซึ่งให้ทั้งความแข็งแรงและประหยัด

5. เขื่อนกลวงหรือเขื่อนครีบ เขื่อนกลวงมีโครงสร้างซึ่งรับแรงภายนอก เช่น แรงดันของน้ำ ทีกระทำต่อผนังกันน้ำที่เป็นแผ่นเรียบหรือครีบ (Buttress) ที่รับผนังกั้นน้ำและถ่ายแรงไปยังฐานราก เขื่อนประเภทนี้มักจะเป็นเขื่อนคอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้วัสดุก่อสร้างน้อย โดยทั่วไปแล้วเป็นเขื่อนที่ประหยัดมาก แต่ความปลอดภัยของเขื่อนประเภทนี้มีน้อยกว่าเขื่อนกราวิตี้ เนื่องจากมีความแข็งแรงน้อยกว่า ด้วยเหตุนี้จึงไม่ค่อยมีผู้นิยมสร้างเขื่อนประเภทนี้มากนัก

คำจำกัดความโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

นระ (2546) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก หมายถึง การติดตั้งอุปกรณ์ผลิตพลังไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ ที่มีขนาดกำลังผลิตระหว่าง 5 ถึง 5,000 กิโลวัตต์ สำหรับความสูงของน้ำ 1.50 ถึง 400 เมตร และมีอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่หลายร้อยลิตรต่อวินาที ถึง หลายสิบลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และจำแนกเป็นไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากหรือ micro hydropower คือโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กขนาดกำลังผลิตน้อยกว่า 100 กิโลวัตต์และไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก หรือ mini hydropower คือ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตระหว่าง 100 ถึง 5,000 กิโลวัตต์

ทวีป ,ศุภชาติ ,จักรี (2546) โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสามารถแยกประเภทเป็น Small Hydro, Mini Hydro และ Micro Hydro โดยใช้กำลังผลิตเป็นตัวกำหนดขนาดของโครงการดังนี้ Small Hydro มีกำลังผลิตมากกว่า 2 MW แต่น้อยกว่า 10 MW, Mini Hydro มีกำลังผลิตตั้งแต่ 100 MW ถึง 2 MW และ Micro Hydro มีกำลังผลิตน้อยกว่า 100 MW

องค์ประกอบของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก จะก่อสร้างฝายทดน้ำหรือเขื่อนขนาดเล็ก กั้นลำน้ำและผันน้ำจากเขื่อนหรือฝายดังกล่าวด้วยระบบส่งน้ำไปยังโรงไฟฟ้า แรงน้ำซึ่งไหลมาตามท่อจะไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมุนเครื่องกังหันน้ำซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิต ซึ่งจะมีองค์ประกอบหลักของโครงการดังนี้

1. การเลือกสถานที่ตั้งโครงการ

การเลือกสถานที่ตั้งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่เหมาะสมนั้นจะต้องพิจารณาหลายๆด้านประกอบกันเช่น สภาพทางธรณีวิทยาเหมาะสมหรือไม่ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีมากน้อยเท่าใดโดยโรงไฟฟ้าจะต้องไม่อยู่ห่างไกลจากแหล่งที่จะใช้ไฟฟ้ามากนัก ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจะอยู่ในขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ

2. ศักยภาพของจุดที่ตั้งโครงการ

กำลังการผลิตติดตั้ง ของบริเวณจุดที่ตั้งโครงการจะมีขนาดเท่าใด มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือไม่นั้น จะขึ้นอยู่กับความต่างของระดับหัวน้ำ หรือความสูงหัวน้ำสุทธิ (Net Head, H) มีหน่วยเป็น “เมตร” และอัตราการไหลของน้ำ (Flow Rate, Q) มีหน่วยเป็น “ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที”ซึ่ง การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังน้ำนั้น มีผลมาจาก สมการอันเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความต่างของระดับน้ำด้านหน้าและด้าน ท้ายอ่างเก็บน้ำสุทธิได้ดังสมการต่อไปนี้

$$P_{(Kw)} = 9.81Q \times H_n \times n_t \times n_g$$

โดย P(Kw) = กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้, กิโลวัตต์

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H_n = ความสูงของน้ำสุทธิ, เมตร

n_t = ประสิทธิภาพของ Turbine

n_g = ประสิทธิภาพของ Generator

พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คำนวณได้จาก

$$E = P(Kw) \times NH$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดย E = พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน, กิโลวัตต์-ชั่วโมง

P (Kw) = พลังงานไฟฟ้า, กิโลวัตต์

NH = จำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือน

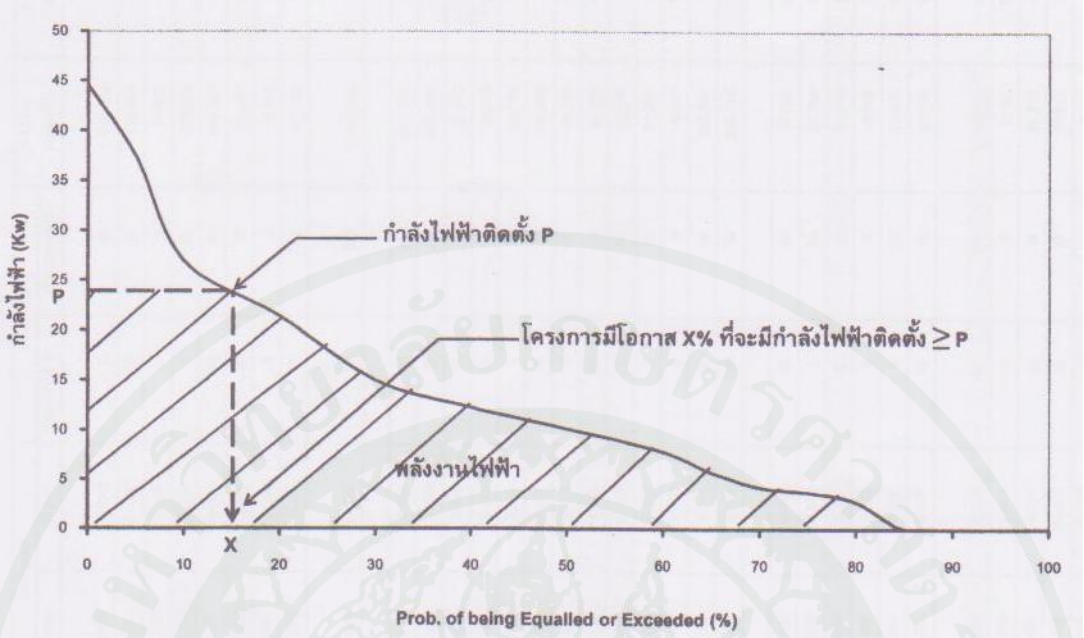
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถหาในรูปหน่วยของแรงม้า ดังสมการ

$$P_{(hp)} = 13.13\ Q \times H_n \times n_t \times n_g$$

จากความสัมพันธ์ข้างต้นหากสถานที่ที่เลือกพัฒนามีความสูงหัวน้ำสุทธิต่ำ จะต้องการอัตราการไหลของน้ำมาก ซึ่งส่งผลให้เครื่องกังหันน้ำมีขนาดใหญ่ ระบบส่งน้ำจะใหญ่ตามไปด้วย ค่าก่อสร้างโครงการก็จะสูงขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม หากสถานที่ที่เลือกพัฒนามีความสูงของหัวน้ำมาก นั่น คือต้องการอัตราการไหลของน้ำน้อย ซึ่งส่งผลให้ อาคารรับน้ำของ ระบบส่งน้ำ และเครื่องกังหันน้ำมีขนาดเล็กตามไปด้วย

การคำนวณกำลังไฟฟ้ารายเดือนจะทำการวิเคราะห์ Power Duration Curve ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยขนาดกำลังไฟฟ้าติดตั้งจะพิจารณาจากความเหมาะสมในการลงทุนและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 แสดง Power Duration Curve และกำลังไฟฟ้าติดตั้ง

ที่มา : กรมชลประทาน (2547)

อัตราการใช้งานโรงไฟฟ้า (Plant Factor)

อัตราการใช้งานโรงไฟฟ้า คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้ารายปีกับพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ในหนึ่งปี ดังสมการดังนี้

$$\text{Plant Factor (\%)} = \frac{\text{Annual Energy Generation(kWh)x100}}{\text{Maximum Output(kW)x(8760hr)}}$$

3. ตัวฝายทดน้ำหรือ ตัวเขื่อนขนาดเล็ก(Weir or Small Dam)

ตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า กำลังการผลิตติดตั้งของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจะขึ้นอยู่กับตัวแปรทางธรรมชาติคือความสูงหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำซึ่งจะเป็นคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละสถานที่นั้นๆ ถ้าสถานที่ที่ถูกคัดเลือกเป็นลำน้ำใกล้ภูเขาซึ่งท้องน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีความลาดชันมากอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำส่วนมากจะมีปริมาณน้อยแต่จะไหลตลอดทั้งปี และสามารถพัฒนาให้มีความสูงของหัวน้ำได้มากกว่า ดังนั้นฝายน้ำล้นสำหรับทดน้ำเข้าระบบส่งน้ำเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมกว่า เพราะทำให้ราคาค่าก่อสร้างถูกกว่า แต่ถ้าหาสถานที่ที่เลือกอยู่ห่างจากภูเขาซึ่งท้องน้ำมีความลาดชันน้อยอัตราการไหลของน้ำจะมีมาก แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถกำหนดให้มีความสูงของหัวน้ำได้มาก และการไหลจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี ดังนั้นเขื่อนที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะมีความเหมาะสม เพราะสามารถได้ความสูงของหัวน้ำเพิ่มขึ้นและสามารถใช้น้ำจากที่เก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องโครงสร้างของฝายทดน้ำหรือเขื่อนขนาดเล็กจะมีลักษณะเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีการออกแบบอย่างเหมาะสม มีความแข็งแรงถาวร สร้างกั้นลำน้ำเพื่อผันน้ำและควบคุมระดับน้ำที่เข้าสู่อาคารรับน้ำบริเวณส่วนปากท่อออกแบบให้สามารถรองรับการไหลของน้ำหลากในฤดูฝนได้อย่างปลอดภัย น้ำส่วนที่มากเกินจะล้นไปทางสันฝายลงสู่ลำน้ำเดิมทางท้ายฝายต่อไป

4. อาคารรับน้ำ (Intake)

อาคารรับน้ำ เป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตสำหรับรับน้ำจากลำน้ำหน้าฝายทดน้ำ หรือหน้าเขื่อนเข้าสู่ระบบผันน้ำและระบบส่งน้ำ โดยปกติจะวางแนวอยู่ในทิศตั้งฉากกับทิศทางการไหลของลำน้ำ ซึ่งสามารถควบคุม ปริมาณการไหลของน้ำที่จะใช้ประโยชน์ โดยการติดตั้งระบบเปิด-ปิดด้วยบานประตู ติดตั้งตะแกรงป้องกันเศษขยะที่ลอยมากับน้ำ และมีประตูระบายตะกอนทรายที่สามารถระบายตะกอนทรายซึ่งไหลมากับน้ำไม่ให้เข้าสู่ระบบผันน้ำได้ อาคารรับน้ำอาจก่อสร้างใกล้กับฝายทดน้ำหรือเขื่อน หรืออาจแยกจากกันขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศแต่ละแห่ง

5. ระบบผันน้ำ (Headrace)

น้ำจากอาคารรับน้ำจะถูกส่งไปยังโรงไฟฟ้า โดยระบบผันน้ำอาจเป็นคลองส่งน้ำ หรือท่อส่งน้ำแรงดันต่ำ ซึ่งมีความลาดชันต่ำ ความยาวของระบบผันน้ำขึ้นอยู่กับ ความต้องการของความสูงหัวน้ำสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ทั้งนี้การก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กชนิดที่มีฝายทดน้ำ มีความจำเป็นต้องมีระบบผันน้ำดังกล่าว นอกจากนี้ระบบผันน้ำจะมีโครงสร้างบ่อดักตะกอน (Sand Trap) เพื่อป้องกันตะกอนทรายที่หลงเหลือไม่ให้เข้าสู่คลองส่งน้ำ หรือท่อส่งน้ำ โดยบ่อดักตะกอน จะถูกก่อสร้างในระหว่างอาคารรับน้ำและระบบผันน้ำตอนปลายของระบบผันน้ำ จะมีการก่อสร้างระบบควบคุมระดับน้ำ โดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก่อสร้างบ่อพักน้ำ(Head Tank หรือ Fore Bay) ก่อนที่น้ำจะถูกส่งเข้าสู่ท่อส่งน้ำ บ่อพักน้ำถูกกำหนดให้เป็นท่อเก็บน้ำสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า (Regulating Pound) หากระบบผันน้ำเป็นระบบปิด เช่น การก่อสร้างด้วยท่อที่สามารถรับแรงดันน้ำได้ ตอนปลายของระบบผันน้ำจะติดตั้งระบบระบายความดัน(SurgeTank) เพื่อป้องกันแรงดันกระแทกย้อนกลับ(Water Hammer) อันเนื่องมาจากการหยุด เดินเครื่องกังหันน้ำทันทีทันใด ระบบบ่อพักน้ำ (Head Tank หรือ Fore Bay) จะทำหน้าที่ระบายแรงดันกระแทกย้อนกลับดังกล่าวด้วย

6. ระบบท่อส่งน้ำ (Penstock)

เป็นระบบท่อเหล็กส่งน้ำที่รับน้ำจากระบบผันน้ำ ส่งน้ำเข้า สู่เ ครื่องกังหันน้ำในอาคารโรงไฟฟ้า

7. โรงไฟฟ้า (Power House)

เป็นอาคารที่ติดตั้งเครื่องกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์ประกอบ อาคารโรงไฟฟ้าจะถูกกำหนดไว้ในระดับที่เหมาะสม เพื่อป้องกันอุทกภัยช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำหลังจากผ่านเครื่องกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วจะถูกปล่อยกลับลงสู่ลำน้ำเดิมทางระบายน้ำออก (Tailrace)

8. เครื่องกังหันน้ำ (Turbine)

น้ำที่ถูกเก็บกักไว้หน้าฝายหรือเขื่อน จะถูกสะสมพลังงานไว้ในรูปของพลังงานศักย์ และเมื่อเคลื่อนที่ไหลไปตามระบบส่งน้ำไปยังโรงไฟฟ้า พลังงานศักย์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์เครื่องกังหันน้ำจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล เพื่อไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำจะขึ้นอยู่กับความสูงของหัวน้ำ โดยเครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน (Pelton) จะเหมาะกับความสูงของหัวน้ำมาก เครื่องชนิดฟรานซีส (Francis) จะเหมาะกับความสูงของหัวน้ำปานกลางและเครื่องกังหันน้ำชนิดครอสโฟล (Cross Flow) หรือแบบคาปาล (Kaplan) จะเหมาะกับหัวน้ำต่ำ

9. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์ประกอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจะมีลักษณะเหมือนกับโรงไฟฟ้าชนิดอื่นๆ แต่อุปกรณ์ประกอบ เช่นอุปกรณ์ควบคุมจะมีความแตกต่างกันกล่าวคือจะควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าตามความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยผ่านอุปกรณ์เครื่องควบคุม ที่เรียกว่า ก๊อฟเวอร์เนอร์ (Governor) อุปกรณ์ประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังรวมไปถึงตู้ควบคุมหม้อแปลงไฟฟ้า และลานไกไฟฟ้าด้วย

เครื่องกังหันน้ำ

เครื่องกังหันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานกลจากการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันน้ำเข้าไปกระทบใบกังหันของเครื่องกังหันน้ำและมีการเปลี่ยนทิศทางการไหล ทำให้เกิดแรงผลักดันกังหันน้ำให้หมุน เครื่องกังหันน้ำโดยทั่วไป จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องกังหันน้ำแบบแรงกระแทก

เครื่องกังหันน้ำแบบนี้รู้จักกันโดยทั่วๆไปว่า Pelton Wheel เครื่องกังหันน้ำนี้สามารถหมุน ได้โดยอาศัยการที่ให้น้ำไหลผ่านท่อส่งน้ำ (Nozzle) ซึ่งน้ำที่มีความเร็วสูงจะไปผลักถ้วย (Bucket) หลายตัวที่ติดกับแผ่นกลม (Disk) ให้หมุน ซึ่งความสูงของน้ำด้านเหนือน้ำเท่านั้นที่มีผลต่อแรงฉุด ของน้ำ เครื่องกังหันน้ำนี้ ยังแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1.1 Cross Flow หรือ Banki Type เป็นเครื่องกังหันน้ำแบบแรงกระแทกที่ให้พลังงานไฟฟ้า ต่ำคือไม่เกิน 0.1 เมกกะวัตต์ เหมาะสมกับความสูงของน้ำตั้งแต่ 7 - 100 เมตร

1.2 Turgo Type ให้กำลังผลิตไฟฟ้าและความสูงของน้ำปานกลาง

1.3 Pelton Type เป็นเครื่องกังหันน้ำแบบแรงกระแทกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ให้กำลังผลิตขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่และความสูงของน้ำตั้งแต่ 150 เมตรขึ้นไป

2. เครื่องกังหันน้ำแบบแรงสะท้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องกังหันน้ำแบบนี้จะมีลักษณะส่วนที่รับน้ำหมุนได้ เนื่องจากแรงดันน้ำจากความต่าง ระดับของน้ำด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ แบ่งออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

2.1 เครื่องกังหันน้ำแบบ Francis เครื่องกังหันน้ำแบบนี้จะมีตัวกังหันน้ำที่ถูกสร้าง ให้น้ำ ไหลผ่านเข้ามาในรัศมี (Radial) และไหลออกขนานกับแกน ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำจะเปลี่ยนไป เมื่อไหลผ่านใบพัดของเครื่องกังหันน้ำ เครื่องกังหันน้ำแบบ Francis นี้เหมาะกับความสูงของน้ำ ปานกลาง ซึ่งเรียกว่า Medium Head Turbine คือตั้งแต่ 15 - 450 เมตร เครื่องกังหันน้ำแบบ Francis นี้ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะเฉพาะ คือ

2.1.1 ความเร็วรอบ (Specific Speed) ของเครื่องกังหันน้ำ

1) ความเร็วรอบต่ำซึ่งมีค่าความเร็วรอบระหว่าง 10 - 30 ฟุต

2) ความเร็วรอบปานกลางซึ่งค่าความเร็วรอบระหว่าง 30 - 82 ฟุต

3) ความเร็วรอบสูงซึ่งมีค่าความเร็วรอบระหว่าง 82 - 98 ฟุต

2.1.2 แกนของเครื่องกังหันน้ำ เป็นส่วนที่ใช้ยึดจับถ้วย (Bucket) ที่จะเปลี่ยนพลังงานของน้ำเนื่องจากความสูงของน้ำให้เครื่องกังหันน้ำหมุน แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะแกนของเครื่องกังหันน้ำแบบ Francis

แบบแกนตั้ง	แบบแกนนอน
1.ต้องการพื้นที่น้อยกว่าการติดตั้งสามารถวางเครื่องกังหันน้ำให้อยู่ระดับต่ำเพื่อลดปัญหาการกัดกร่อนและโพรงสูญญากาศที่เกิดกับใบพัดกังหัน	1.ขนาดเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็กแต่ใช้กับความสูงน้ำออกแบบสูง การก่อสร้างโครงสร้างที่จะรองรับตัวเครื่องกังหันน้ำค้อนข้างยุ่งยาก
2.อุปกรณ์เครื่องกังหันน้ำอยู่ในฐานรากและโครงสร้าง อาคารเป็นคอนกรีต	2.การซ่อมแซมและบำรุงรักษาทำได้ง่าย
3.เหมาะกับเครื่องกังหันน้ำขนาดใหญ่ ต้องการพื้นที่ โรงไฟฟ้าไม่มากและมีประสิทธิภาพสูงกว่าแกนนอน	3.ประสิทธิภาพต่ำกว่าแกนตั้งเพียง 1-2 %

ที่มา: ชลิต (2532)

ภาพที่ 3 เครื่องกังหันน้ำแบบ Francis

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 เครื่องกังหันน้ำแบบ Propeller หรือ Kaplan Turbine เครื่องกังหันน้ำแบบนี้ จะให้น้ำ ไหลผ่านเข้าขนานแนวรัศมีของเครื่องกังหันน้ำ จากนั้นจะเปลี่ยนทิศทางการไหลให้เป็นในแนวแกน เหมาะสาหรับกรณีความสูงของน้ำต่ำที่เรียกว่า Low Head Turbine ซึ่งในปัจจุบันนี้ Kaplan Turbine ได้พัฒนาให้สามารถใช้ได้กับความสูงของน้ำ 45 - 60 เมตร เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan นี้ยังแบ่งออกตามลักษณะของใบพัด (Blade) ได้อีก 2 ชนิด ดังนี้

2.2.1 ใบพัดปรับให้เป็นไปตามความต้องการไม่ได้

2.2.2 ใบพัดปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดได้ การปรับเปลี่ยนมุม พัดได้โดยอัตโนมัติ หรือโดยใช้มือเพื่อให้เป็นไปตามช่องเปิดของช่องนำน้ำ

ภาพที่ 4 เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan

ที่มา : Orengine International Company (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

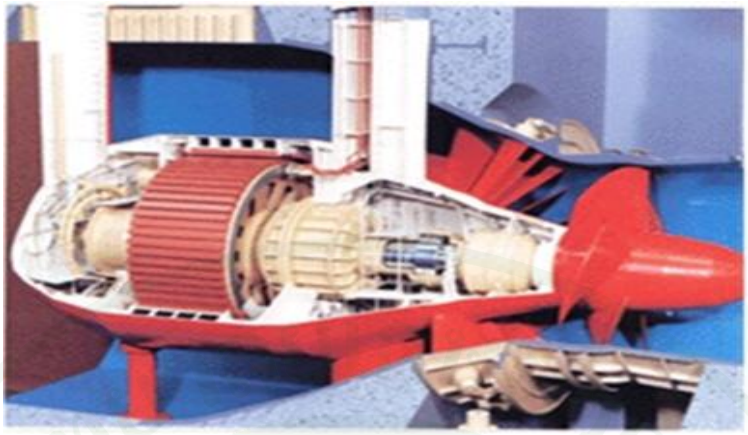
2.3 เครื่องกังหันน้ำแบบ Dariaz Turbine เป็นเครื่องกังหันน้ำแบบที่มีทิศทางการไหลของน้ำทแยงมุมกับแกนกังหัน ส่วนของใบพัดเครื่องกังหันน้ำจะเคลื่อนที่ได้เมื่อมีน้ำไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำแบบนี้สามารถใช้เป็นได้ทั้งเครื่องสูบน้ำและเครื่องกังหันน้ำ เหมาะกับความสูงของน้ำทั้งต่ำและปานกลาง ส่วนประกอบซับซ้อนและมีข้อจำกัดที่ราคาสูงกว่า Francis และ Kaplan

ภาพที่ 5 เครื่องกังหันน้ำแบบ Deriaz

ที่มา: Mitsubishi Heavy Industries (2000)

2.4 เครื่องกังหันน้ำแบบ Bulb Turbine พิจารณาแล้วก็คือ Horizontal Kaplan Turbine แต่ที่เรียกแตกต่างกันไป เพราะมี Turbine และ Generator อยู่ภายใน Casing เดียวกัน ซึ่งรูปร่างเป็นกะเปาะ (Bulb) จุ่มอยู่ภายในน้ำ เครื่องกังหันน้ำแบบนี้ใช้ที่เขื่อนปากมูลเป็นแห่งแรกในประเทศไทย

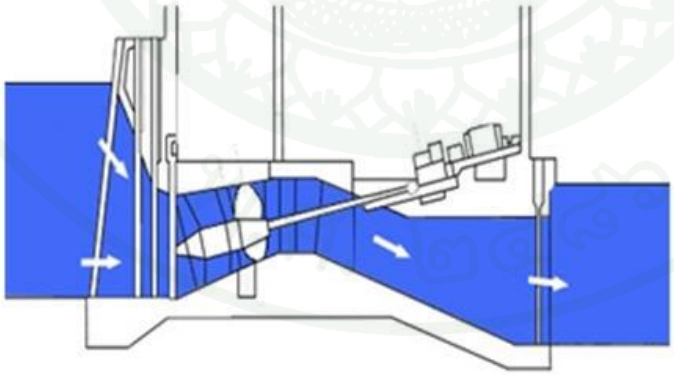
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 เครื่องกังหันน้ำแบบ Bulb Turbine

ที่มา: Orengine International Company (2001)

2.5 เครื่องกังหันน้ำ Pit แบบ Bulb Turbine จะใช้กับความสูงของน้ำไม่เกิน 10 เมตร มีขนาดอัตราการไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำมาก มีลักษณะพิเศษคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกติดตั้งอยู่ใน Pit เป็นแบบเปิดที่เป็นคอนกรีตหรือเหล็กจุ่มอยู่ในน้ำ กรณีที่เลือกใช้ Pit เนื่องจากไม่มีปัญหาเรื่อง ความเร็วรอบต่ำและขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใหญ่ ทำให้มีราคาถูกกว่า Bulb Turbine



ภาพที่ 7 เครื่องกังหันน้ำ Pit แบบ Bulb

ที่มา: Orengine International Company (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลือกแบบเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสม

ชนิดของเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสมในขั้นแรกสามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของความสูงของน้ำและกำลังผลิตของกังหันแบบต่างๆ ซึ่งประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำและความสูงของน้ำ แต่ทั้งนี้ยังต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ด้วย ทั่วไปแล้วนิยมใช้เครื่องกังหันน้ำแบบ Francis เพราะก่อสร้างได้ง่าย ความเชื่อถือสูง ในกรณีที่ความสูงของน้ำ (Head) สูงมากจะใช้เครื่องกังหันน้ำแบบ Pelton ถ้าความสูงของน้ำ (Head) ต่ำก็จะใช้เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan

1. แนวทางที่ใช้ประกอบในการเลือกในการพิจารณาเลือกแบบเครื่องกังหันน้ำ

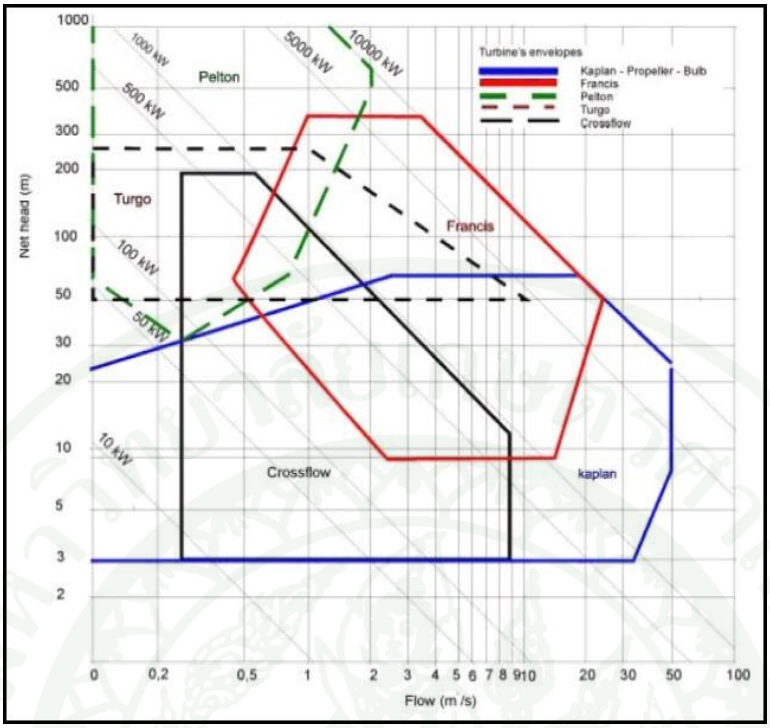
ชลิต (2532) ได้กล่าวว่า เมื่อความสูงของน้ำ (Head) เปลี่ยนแปลงบ่อยๆควรเลือกใช้เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan ซึ่งเครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan นี้ความเร็วจำเพาะจะสูงทำให้ราคาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำ แต่ต้องลดระดับท่อปล่อยน้ำ (Draft Tube) ให้ต่ำ ทั้งนี้ท่อน้ำเข้าเครื่องกังหันน้ำจะต้องใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านงานโยธาสูงขึ้นการบำรุงรักษาเครื่องกังหันน้ำแบบ Francis จะง่ายและสะดวกกว่า ราคาก็ถูกกว่าแบบ Kaplan ความสูงของน้ำมีผลต่อกำลังผลิตของเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งความสูงของน้ำที่ใช้พิจารณาเลือก แบบเครื่องกังหันน้ำคือ

1.1 เมื่อความสูงของน้ำ (Head) มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยๆควรเลือกใช้เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan

1.2 เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan ความเร็วจำเพาะจะสูงทำให้ราคาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำ แต่ต้องลดระดับท่อปล่อยน้ำ (Draft Tube) ให้ต่ำ ทั้งนี้ท่อน้ำเข้ากังหันจะต้องใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านงานโยธาสูงขึ้น

1.3 การบำรุงรักษาเครื่องกังหันน้ำแบบ Francis จะง่ายและสะดวกกว่า ราคาก็ถูกกว่าแบบ Kaplan

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ

ที่มา: LAYMAN'S HANDBOOK (1998)

2. ความสูงของน้ำ

ความสูงของน้ำที่มีอิทธิพลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันน้ำ ได้แก่

2.1 ความสูงน้ำรวม (Gross Head) คือความสูงแตกต่างระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ และ ระดับน้ำด้านท้ายโรงไฟฟ้า

2.2 ความสูงน้ำสุทธิ (Net Head) คือความสูงของน้ำที่หักลบด้วยค่าความสูญเสียทางด้าน ชลศาสตร์

2.3 ความสูงน้ำออกแบบ (Design Head) คือความสูงน้ำสุทธิที่เครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องด้วยประสิทธิภาพสูงสุดในความเร็วที่ออกแบบ

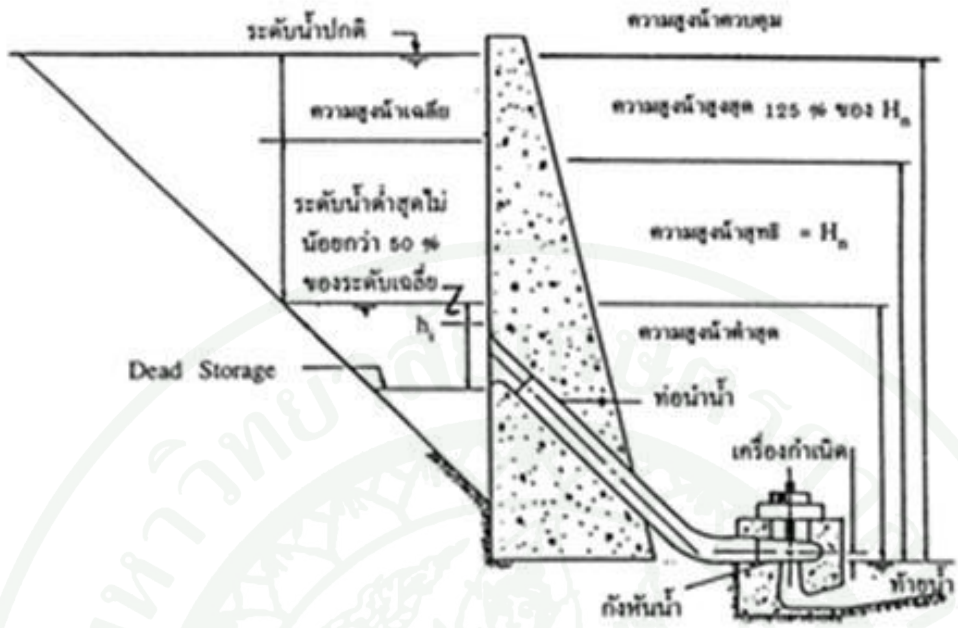
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ความสูงน้ำควบคุม (Rated Head) คือความสูงน้ำที่กังหันน้ำเดินเครื่องให้กำลังไฟฟ้าเท่ากับที่ออกแบบ ในขณะที่บานประตูกังหันน้ำเปิดให้น้ำไหลผ่านเต็มที่

2.5 ความสูงน้ำสูงสุด (Maximum Head) คือความสูงแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำกับระดับน้ำด้านท้ายโรงไฟฟ้า เมื่อเครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องต่ำสุด

2.6 ความสูงน้ำต่ำสุด (Minimum Head) คือความสูงแตกต่างของระดับน้ำต่ำสุดในอ่างเก็บ น้ำกับระดับน้ำด้านท้ายโรงไฟฟ้า เมื่อเดินเครื่องกังหันน้ำทุกเครื่องเต็มที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 ความสูงของน้ำระยะต่างๆที่มีผลต่อเครื่องกังหันน้ำ

ที่มา: ชลิต (2532)

แนวคิดในการวิเคราะห์โครงการ

ประสิทธ์ (2524) การวิเคราะห์โครงการสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง ได้แก่

การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ (Economic Analysis) คือ การมุ่งความสนใจที่ผลตอบแทนหรือประสิทธิภาพการผลิตหรือความสามารถทำกำไรของโครงการที่มีต่อสังคมหรือระบบเศรษฐกิจส่วนรวมจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ทั้งนี้โดยไม่คำนึงถึงว่าใครในสังคมจะเป็นผู้ได้รับผลตอบแทนนั้นไป และใครได้ไปมากน้อยเพียงใด

การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) คือ การวิเคราะห์ไปที่เน้นการกระจายรายได้และความเป็นเจ้าของทุนเป็นสำคัญ โดยพิจารณาถึงผลตอบแทนจากการใช้ทุนของผู้เข้าร่วมโครงการเป็นรายๆไปไม่ว่าจะเป็นเอกชน หรือมหาชนก็ตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกณฑ์การชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

สมพิศ (2532) เกณฑ์การตัดสินใจแบบไม่ต้องปรับค่าเวลา

1. การตรวจสอบอย่างง่าย(Ranking by Inspection) เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่ง่ายและช่วยการตัดสินใจได้อย่างคร่าวๆ กล่าวคือ เปรียบเทียบระหว่างผลประโยชน์และต้นทุน

2. ระยะคืนทุน(Pay back Period) หมายถึง ระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับต้นทุนของโครงการ วิธีการนี้พิจารณาถึงจำนวนปีที่ได้รับผลประโยชน์คุ้มกับการลงทุน

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

3. อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน เป็นวิธีมุ่งวัดค่าของโครงการในรูปอัตราส่วนที่คิดเป็นร้อยละของผลประโยชน์สุทธิของการดำเนินงานต่อการลงทุน

$$\text{อัตราผลประโยชน์ต่อการทุน} = \frac{\text{ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน}}{\text{ค่าลงทุน}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา

ชูชีพ (2538) ข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ที่ซึ่งจะนำมาคำนวณหาค่าตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ว่าโครงการไหนมีความเหมาะสมที่จะลงทุนหรือไม่ ด้วยการวิเคราะห์แบบปรับค่าเวลา มี 3 วิธีดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value Method : NPV) คือ ผลรวมของผลประโยชน์สุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการ ซึ่งมุ่งจัดว่าโครงการที่พิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูตรการคำนวณหา NPV สามารถเขียนดังนี้

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^{n}(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \times 0.10$$

โดย B_t = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ 1,2,3,….n

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ 1,2,3,….n

r = อัตราดอกเบี้ย หรืออัตราคิดลด

t = อายุโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,….n

n = อายุสิ้นสุดโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจความคุ้มค่าของโครงการ

ถ้า NPV > 0 หมายถึง การลงทุนที่คุ้มค่าเพราะผลประโยชน์ของโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายโครงการ โครงการนี้สมควรลงทุน

ถ้า NPV = 0 หมายถึง ผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายของโครงการที่ปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันมีค่าเท่ากัน ดังนั้น การที่จะตัดสินใจลงทุนหรือไม่ย่อมได้ผลเหมือนกัน

ถ้า NPV < 0 หมายถึง ค่าใช้จ่ายมากกว่าผลประโยชน์ของโครงการที่ปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันมีค่าเท่ากัน ดังนั้น โครงการนี้ไม่ควรลงทุน

2. อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio) แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุของโครงการเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจก็คือ เลือกโครงการที่มีค่า B/C เกินกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์ที่จะได้จากโครงการจะมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ค่า B/C Ratio คือ

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{n} B_t /(1+r)^t}{\sum_{t=1}^{n} C_t /(1+r)^t}$$

โดย B_t = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t

r = อัตราดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน

t = อายุโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,….n

n = อายุสิ้นสุดโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจความคุ้มค่าของโครงการ

ถ้า B/C Ratio > 1 หมายถึง โครงการนี้ควรลงทุน

ถ้า B/C Ratio = 1 หมายถึง โครงการนี้ลงทุนหรือไม่ ย่อมได้ผลเหมือนกัน

ถ้า B/C Ratio < 1 หมายถึง โครงการนี้ไม่ควรลงทุน

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal rate of return หรือ IRR) คืออัตราที่จะทำให้ผลตอบแทนและต้นทุนที่ได้คิดลดเป็นค่าในปัจจุบันแล้วเท่ากัน อัตราที่กล่าวถึงจึงเป็นอัตราความสามารถของเงินลงทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนเพื่อการนั้นพอดี หรือกล่าวอีกในหนึ่งก็คือหาว่าอัตราส่วนลดตัวไหนที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ เกณฑ์นี้จึงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับการหา NPV จะแตกต่างตรงที่เปลี่ยนจาก I หรืออัตราดอกเบี้ยใน NPV มาเป็น r หรืออัตราส่วนลดใน IRR เท่านั้น

การคำนวณหา IRR จึงอาจเริ่มต้นด้วยการหักผลประโยชน์ออกด้วยค่าใช้จ่ายเป็นปีๆไปตลอดชั่วอายุโครงการ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลประโยชน์สุทธิในแต่ละปี (จะปรากฏออกมาเป็นบวกหรือลบเป็นปีๆไป) หรือกระแสเงินสด หลังจากนั้นก็หาอัตราส่วนลดที่จะทำให้ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ(ซึ่งปรากฏออกมาเป็นบวกหรือลบ) รวมกันแล้วมีค่าเป็นศูนย์ วิธีการหา IRR มี 2 วิธี ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- Trial and error
- Interpolation

วิธี Trial and error

สูตรที่ใช้คือ IRR คือค่า r (อัตราส่วนลด) ที่จะทำให้

$$\frac{\sum_{t=1}^{n}(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = 0$$

เพื่อช่วยการตัดสินใจ เมื่อได้ IRR ออกมาแล้ว ก็นำไปเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทุน ถ้า IRR ที่ได้สูงกว่าค่าเสียโอกาสของทุน จะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่ถ้า IRR ที่ได้ต่ำกว่าค่าเสียโอกาสของทุน จะเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

วิธี Interpolation

การหาแบบ Interpolation มีวิธีการดังนี้

$$IRR = r_L + (r_U - r_L)\frac{NPV_L}{(NPV_L - NPV_U)}$$

โดย r_L = อัตราส่วนลดตัวต่ำ

r_U = อัตราส่วนลดตัวสูง

NPV_L = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้อัตราส่วนลดตัวต่ำ

NPV_U = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้อัตราส่วนลดตัวสูง

การทดสอบความอ่อนไหว (Sensitivity Test) คือการศึกษาว่าโครงการเกิดความไม่แน่นอนในอนาคตแล้วโครงการนั้นยังสามารถถูกยอมรับได้หรือไม่หรือสมควรที่จะลงทุนต่อไปได้หรือไม่ โดยหลักการของการทดสอบความอ่อนไหวของโครงการจะพิจารณาดูว่าถ้าโครงการเกิดความไม่แน่นอนขึ้นทั้งในด้านต้นทุนและผลประโยชน์ คือเป็นการสมมุติว่าต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลประโยชน์ลดลง หรือทั้งต้นทุนเพิ่มและผลประโยชน์ลดลงแล้ว โครงการยังมี NPV > 0 ,B/C Ratio >1 และ IRR > อัตราดอกเบี้ยกู้ยืมหรือไม่

โดยนำมาเปรียบเทียบกับ การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการก่อนการดำเนินงาน การประเมินโครงการตามแนวคิดด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผล

การบริหารจัดการน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลอง WUSMO

มนัส (2538) ได้พัฒนาแบบจำลอง WUSMO (Water User Study Model) เพื่อใช้ในการศึกษาความเหมาะสม โครงสร้างประเภทอ่างเก็บน้ำหรือฝายทดน้ำ หรือศึกษาปรับปรุงการจัดการน้ำสำหรับโครงการที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว โดยใช้ข้อมูลที่ได้มีการเก็บรวบรวมไว้แล้วจากลุ่มน้ำที่ใกล้เคียงหรือสร้างข้อมูลเพิ่มเติมกรณีที่ข้อมูลขาดหายไป ประกอบด้วยแบบจำลองย่อยๆ 3 แบบจำลอง ดังนี้

1. แบบจำลองปริมาณฝนใช้การ (Effective rainfall model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำชลประทานได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญๆ คือ ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการใช้น้ำของพืช ความเคยชินของชาวนาต่อการเก็บกักน้ำชลประทานไว้ในแปลงนา และความสูงของคันนา เช่น ถ้าชาวนานิยมเก็บน้ำชลประทานไว้ในแปลงนาที่ระดับต่ำ เมื่อฝนตกลงมากมีความสามารถที่จะเก็บน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้มาก เป็นต้น นอกจากนี้จะเห็นว่าในสัปดาห์ที่มีฝนตกน้อย เปอร์เซนต์ของฝนใช้การจะสูงกว่าสัปดาห์ที่มีฝนตกมากและยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในสัปดาห์ก่อนๆ เป็นสำคัญด้วย

การคำนวณในแบบจำลองปริมาณฝนใช้การคำนวณเป็นรายวันแล้วรวมเป็นรายสัปดาห์ เพื่อเป็นข้อมูลป้อนให้กับแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน

2. แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation demand model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานเป็นรายสัปดาห์ หรือความต้องการปากคลองส่งน้ำ เพื่อส่งน้ำให้แปลงเพาะปลูก ซึ่งปลูกข้าว พืชไร่พืชผักและอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณในแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน คำนวณเป็นรายสัปดาห์ รวมเป็นรายเดือน เพื่อเป็นข้อมูลป้อนให้กับแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ

3. แบบจำลองระบบลุ่มน้ำ (Basin system simulation model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จำลองระบบลุ่มน้ำ องค์ประกอบของแบบจำลองประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำ พื้นที่ชลประทาน น้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำใช้เพื่อการอุตสาหกรรม เป็นต้น

การคำนวณในแบบจำลองระบบ คำนวณเป็นรายเดือนเพื่อศึกษาถึงศักยภาพในการพัฒนาลุ่มน้ำ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด

แบบจำลอง HEC-3

โปรแกรม HEC-3 นี้ เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ของศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา (The Hydrologic Engineering Center) จัดทำโดย US Army Corps of Engineers สามารถใช้จำลองแบบปัญหา (Simulation) ระบบอ่างเก็บน้ำเพื่อเก็บกักไว้ใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น เพื่อการเกษตรกรรม การประปา การผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้งานได้บางกรณีเกี่ยวกับการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control) รวมถึงยังสามารถที่จะใช้ประเมินผลด้านเศรษฐศาสตร์ได้ด้วย โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแบบจำลอง 5 ระบบ

-ระบบอุทกวิทยา
- ระบบอ่างเก็บน้ำ
- ระบบจุดควบคุม
- ระบบโรงไฟฟ้า
- ระบบการผันน้ำ

แบบจำลอง HEC-3 เป็นแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำและข้อมูลอื่นๆ เป็นค่ารายเดือน และใช้หลักสมดุลของปริมาณน้ำโดยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ณ เวลาปัจจุบันของอ่างเก็บน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในอ่าง ณ เวลาที่ผ่านมา ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังสมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$S_i = S_{i-1} + I_i - O_i - E_i$$

โดย

S_i = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาปัจจุบัน, i

S_{i-1} = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาปัจจุบัน, i

I_i = ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน, i

O_i = ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน, i

E_i = ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยสุทธิและการรั่วซึมในช่วงเวลา i ลบด้วยปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวอ่าง

การทำงานของโปรแกรมแบบจำลอง HEC-3 เริ่มจากการพิจารณาความต้องการน้ำที่จะผันน้ำ ณ จุดควบคุมแต่ละแห่งที่สัมพันธ์ถึงกันในระบบ เริ่มจากจุดควบคุมหรือจุดผันน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำไล่ลงมาทางด้านท้ายน้ำตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ปล่อยลงด้านท้ายน้ำจะเป็นไปตามหลักเกณฑ์การจัดสรรน้ำที่ได้กำหนดขึ้น ลักษณะทางกายภาพและความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำ เริ่มด้วยจุดควบคุมที่อยู่ถัดจากอ่างเก็บน้ำ กรณีที่ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติมีไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำ อ่างเก็บน้ำจะทำหน้าที่เป็นแหล่งน้ำต้นทุนและปล่อยน้ำท่าที่เก็บกักไว้สำหรับความต้องการใช้น้ำเฉพาะจุดที่กำลังพิจารณา หลังจากนั้น จึงจะพิจารณาจุดควบคุมที่อยู่ถัดลงไปทางด้านท้ายน้ำว่ามีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติเพียงพอหรือไม่ อ่างเก็บน้ำก็จะต้องดำเนินการปล่อยน้ำเก็บกักเพิ่มเติมตามความจุเก็บกักที่มี ขบวนการดังกล่าวจะกระทำอย่างต่อเนื่องทุกจุดควบคุมและช่วงเวลาที่ศึกษา

ผลลัพธ์ที่คำนวณได้สำหรับจุดควบคุมน้ำต่างๆ เหล่านั้น จะแสดงผลและนำไปคำนวณอย่างต่อเนื่องสำหรับช่วงเวลาต่อๆ มา โดยจะคำนวณทั้งค่าปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ(Unregulated flow) ปริมาณน้ำที่สามารถผันออกจากจุดควบคุมได้จริง (Actual flow) ปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยลงสู่จุดควบคุมถัดไป (River flow) และโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แตกต่างจากโปรแกรมอื่นๆ คือ การนำข้อมูลเข้าโปรแกรม (Input) ไม่ได้กำหนดตายตัวแต่สามารถเลือกได้ตามความต้องการของผู้ใช้ และผลลัพธ์ (Output) ที่ได้จะออกมาตามลักษณะต่างๆ ที่ผู้ใช้เลือกไว้ตาม Input

การศึกษาบริหารการจัดการใช้น้ำในอ่างฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กอบเกียรติ (2538) กล่าวว่า การเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำ มีช่วงที่ควรระมัดระวังอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วงเดือนที่มีน้ำหลากมาก และช่วงเดือนที่มีน้ำน้อยในฤดูแล้ง เกณฑ์การเก็บกักน้ำในที่นี้จึงแบ่งออกเป็น เกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) และเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด(Lower Rule Curve) ซึ่งมีหลักการพิจารณาที่สำคัญดังนี้

1. พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนจะต้องปลูกพืชเต็มพื้นที่ของโครงการ

2. พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง ควรปลูกให้ได้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

3. พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง ในแต่ละปีควรจะเหมาะสม ไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในช่วงอายุของพืช รวมทั้งต้องไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในช่วงต้นฤดูฝนของปีถัดไปด้วย

4. ปริมาณน้ำล้นอ่างโดยเฉลี่ยควรน้อยที่สุด

5. การขาดน้ำ โดยเฉลี่ยควรจะน้อยที่สุด

การสร้างเกณฑ์การเก็บกักน้ำนี้ จะสร้างพร้อมกันทั้งเกณฑ์การเก็บกักน้ำสูงสุดและต่ำสุด โดยการจำลองแบบการใช้น้ำ จะรักษาปริมาณน้ำในอ่างฯ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ซึ่งต้องมีการจำลองแบบหลายครั้งเพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์การเก็บกักน้ำ แต่ละกรณี และผลที่เกิดขึ้นตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวแล้ว เพื่อให้ได้ความเหมาะสมที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ NOTEBOOK ยี่ห้อ LENOVO รุ่น Z360
2. เครื่องปริ้นเตอร์ ยี่ห้อ CANNON รุ่น MP145
3. กล้องถ่ายภาพ ยี่ห้อ NIKON
4. โปรแกรม WUSMO Version 5.0
5. โปรแกรม HEC-3
6. โปรแกรม MICROSOFT EXCEL
7. โปรแกรม MICROSOFT WORD

วิธีการ

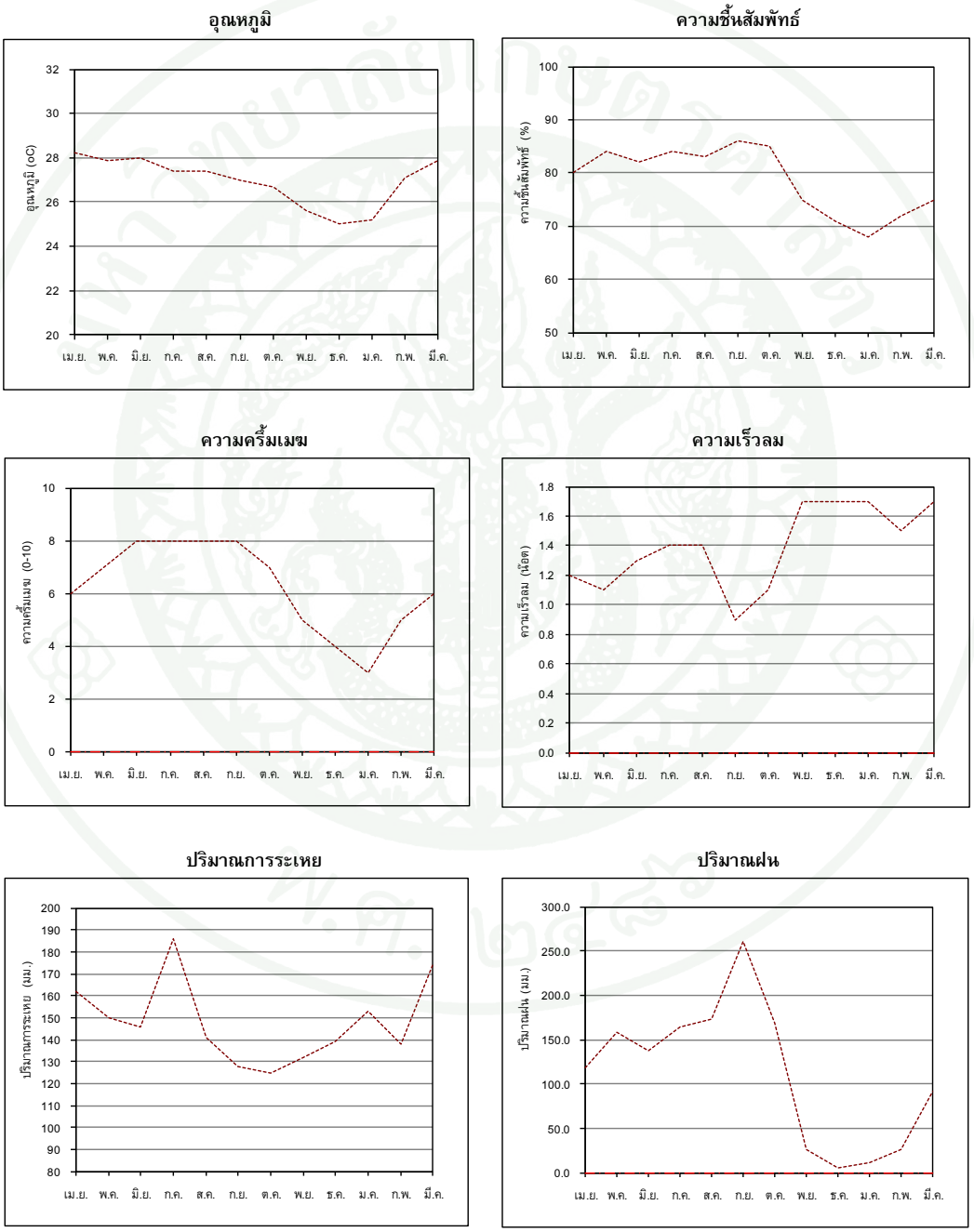
การศึกษาการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทาน ได้ใช้แบบจำลอง WUSMO ช่วยในการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานที่ปากคลองส่งน้ำเพื่อส่งน้ำให้แปลงเพาะปลูก ซึ่งปลูกข้าว ไม้ผล และอื่นๆ โดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัด และใช้แบบจำลอง HEC-3 และ โปรแกรม MICROSOFT EXEL ช่วยในการคำนวณศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงินโดยไม่กระทบกับผู้ใช้น้ำอยู่เดิมของโครงการ เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำที่เหมาะสมต่อไป

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

1. ข้อมูลอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ ได้แก่ ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างรายเดือน และรายปี ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของลำน้ำธรรมชาติท้ายอ่างเก็บน้ำ และจุดที่ทางออกของลุ่มน้ำซึ่งข้อมูลปริมาณฝน รวบรวมปริมาณฝนรายเดือน จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ข้อมูลปริมาณฝนจะใช้ในการจำลองหาฝนใช้การเพื่อประกอบการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเกษตร และใช้ในการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ข้อมูลภูมิอากาศของพื้นที่ในลุ่มน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหยรายเดือนและรายปี ซึ่งข้อมูลปริมาณการระเหย รวบรวมจาก ค่าเฉลี่ยสถิติภูมิอากาศของจังหวัดในช่วงคาบปีที่ศึกษา ของกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลปริมาณการระเหยใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเกษตร



ภาพที่ 10 ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ จ.ฉะเชิงเทรา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของอ่างเก็บน้ำที่จะศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำสูงสุด ปริมาณน้ำเก็บกัก ปริมาณต่ำสุด ปริมาณน้ำใช้การ ขนาดของพื้นที่ชลประทาน ปฏิทินและรูปแบบการปลูกพืช ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรน้ำ ซึ่งอ่างเก็บน้ำที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ อ่างเก็บน้ำคลองสียัดของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองสียัด ซึ่งมีรายละเอียดทั่วไปดังนี้

ลักษณะโครงการ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองสียัด ตั้งอยู่ที่บ้านท่าคาน ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา พิกัด 47 PQQ 876-871 ตามแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ระวาง 5335 IV ดังแสดงในรูปที่ 2.1.1-1 มีพื้นที่โครงการทั้งหมด 44,000 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่อำเภอท่าตะเกียบ อำเภอสนามชัยเขต และอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีอาณาเขตพื้นที่ดังนี้

ด้านทิศเหนือ : จรดองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะขนุน อำเภอพนมสารคาม และองค์การบริหารส่วนตำบลคู้ยายหมี อำเภอสนามชัยเขต
ด้านทิศตะวันออก : จรดองค์การบริหารส่วนตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ
ด้านทิศใต้ : จรดองค์การบริหารส่วนตำบลคลองตระเกรา อำเภอท่าตะเกียบ
ด้านทิศตะวันตก : จรดองค์การบริหารส่วนตำบลลาดกระทิง อำเภอสนามชัยเขต และองค์การบริหารส่วนตำบลคลองตระเกรา อำเภอท่าตะเกียบ

ลักษณะภูมิประเทศ และสภาพลุ่มน้ำ

(1) ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงคลองสียัดเป็นที่ราบเชิงเขาสลับกับที่ราบลุ่ม โดยมีความลาดเทจากด้านทิศตะวันออกไปด้านทิศตะวันตก และจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือ พื้นที่โดยส่วนใหญ่เหมาะสำหรับปลูกข้าวและพืชไร่

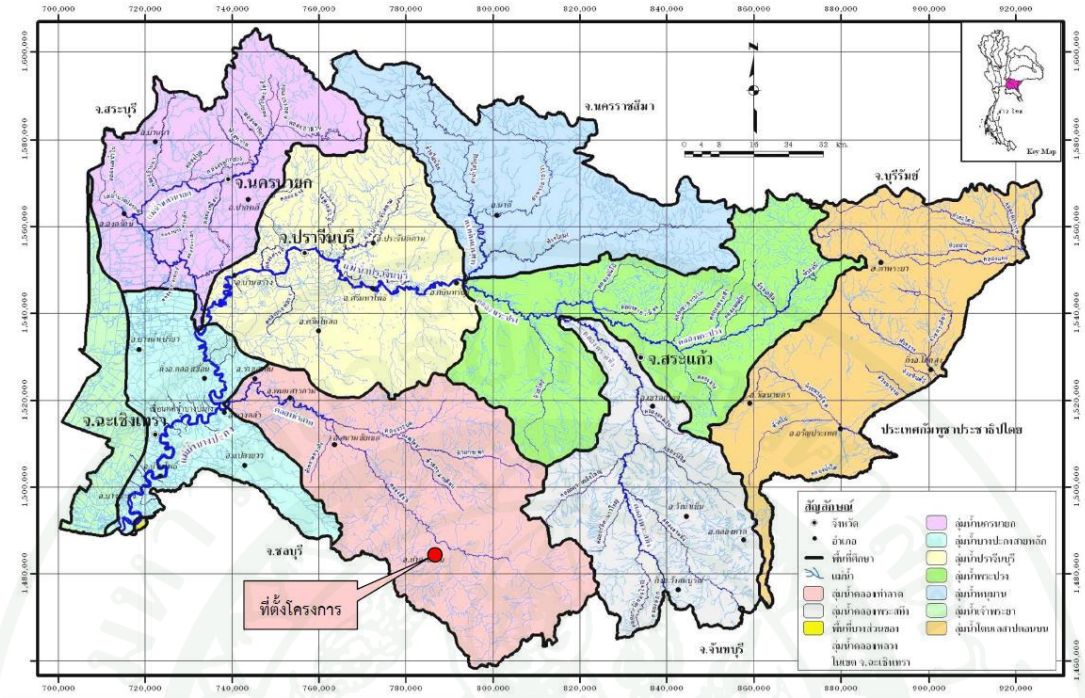
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่11 แสดงภาพลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของโครงการส่งน้ำและบำรุงคลองสียัด

(2) สภาพลุ่มน้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองสียัดตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาด ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาหนึ่งของลุ่มน้ำบางปะกง มีขอบเขตครอบคลุม 5 อำเภอ ในจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ อำเภอพนมสารคาม อำเภอสนามชัยเขต อำเภอราชสาส์น อำเภอแปลงยาว และอำเภอท่าตะเกียบ มีพื้นที่ทั้งหมด 2,223,013 ไร่ อาณาเขตด้านทิศเหนือติดลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลักตอนล่างและลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลัก ตอนบน ทิศตะวันออกติดลุ่มน้ำสาขาคลองพระสทึง ทิศใต้ติดลุ่มน้ำหลักชายฝั่งทะเลตะวันออก ทิศตะวันตกติดลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกงสายหลัก โดย ลำน้ำคลองท่าลาด มีต้นกำเนิดจากการรวมตัวกันของคลองระบมและคลองสียัด และไหลออกสู่แม่น้ำบางปะกงที่บริเวณตำบลปากน้ำ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 แสดงสภาพลุ่มน้ำพื้นที่โครงการ

องค์ประกอบของโครงการ

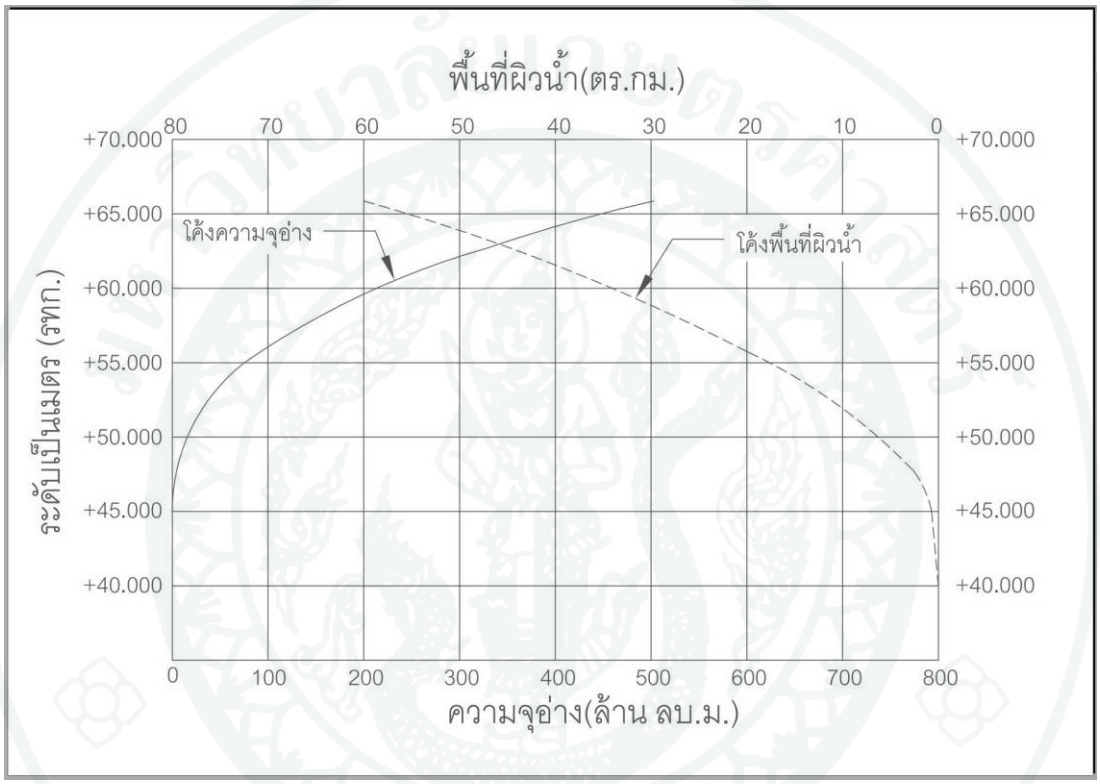
องค์ประกอบหลักของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองสียัด ประกอบไปด้วย อ่างเก็บน้ำคลองสียัด และพื้นที่ชลประทาน รายละเอียดดังนี้

(1) อ่างเก็บน้ำ

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี	1,343	มิลลิเมตร
พื้นที่รับน้ำ	976	ตารางกิโลเมตร
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสูงสุดทั้งปี	487	ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างต่ำสุดทั้งปี	182	ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยทั้งปี	286	ล้านลูกบาศก์เมตร
ระดับเก็บกักสูงสุด	+ 65.45	เมตร (รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+ 65.10	เมตร (รทก.)
ระดับเก็บกักใช้งานต่ำสุด	+ 51.50	เมตร (รทก.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พื้นที่ผิวน้ำในอ่างที่ระดับเก็บกักปกติ	53.4	ตารางกิโลเมตร
ปริมาตรเก็บกักรวม	420	ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรเก็บกักใช้การ	395	ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรเก็บกักสูญเปล่า	25	ล้านลูกบาศก์เมตร



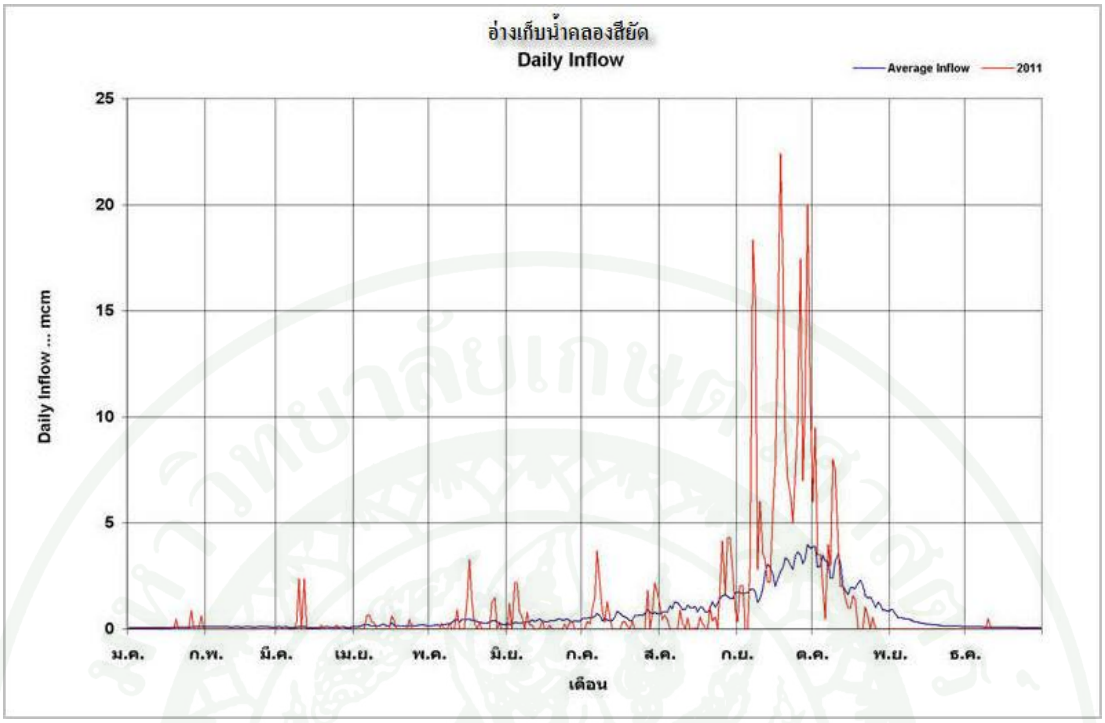
ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ พื้นที่ผิวน้ำ และปริมาณความจุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลระดับน้ำ พื้นที่ผิวน้ำและปริมาณความจุ

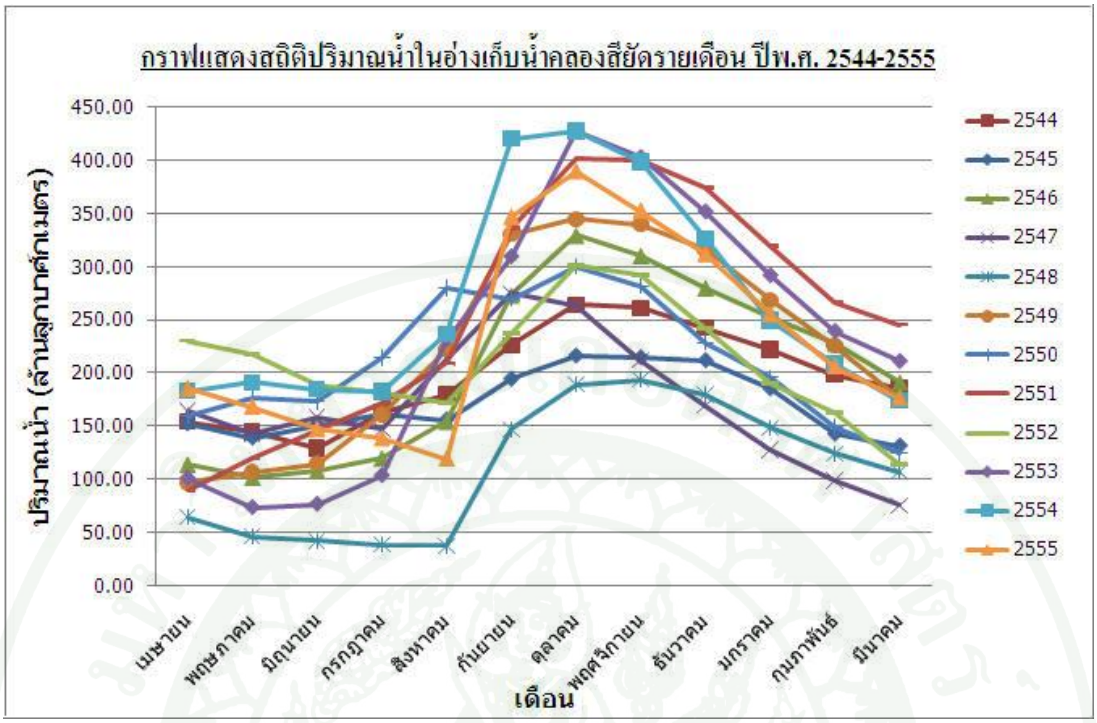
ระดับน้ำ (เมตร รทก.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ผิวน้ำ (ไร่)
51.500	30.000	9.000	5,625.000
53.000	47.000	12.300	7,687.500
54.500	67.000	16.500	10,312.500
56.000	92.000	21.000	13,125.000
57.500	125.000	25.500	15,937.500
59.000	167.000	30.000	18,750.000
60.500	217.000	34.500	21,562.500
62.000	276.000	40.100	25,062.500
63.500	345.000	46.700	29,187.500
65.000	420.000	53.300	33,312.500
65.450	450.200	55.200	34,500.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

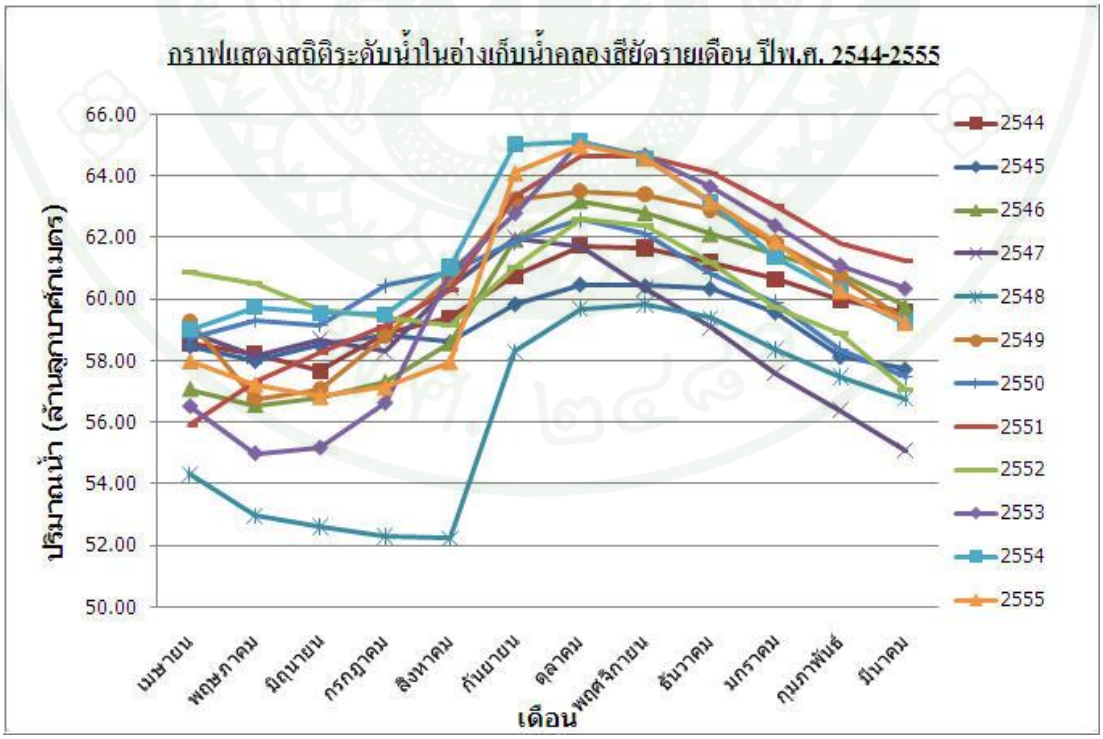


ภาพที่ 14 กราฟแสดงปริมาณ น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 กราฟแสดงปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองสียัด



ภาพที่ 16 กราฟแสดงระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2) ตัวเขื่อน

ประเภท	homogeneous earthfill dam	
ความยาวเขื่อน ประมาณ	2,460	เมตร
ความสูงเขื่อน ประมาณ	27.50	เมตร
ความยาวของทำนบดินปิดช่องเขา	900	เมตร
ความสูงของทำนบดินปิดช่องเขา	9.50	เมตร
ระดับสันเขื่อน	+ 67.5	เมตร (รทก.)
ปริมาตรของตัวเขื่อน ประมาณ	3.60	ล้านลูกบาศก์เมตร

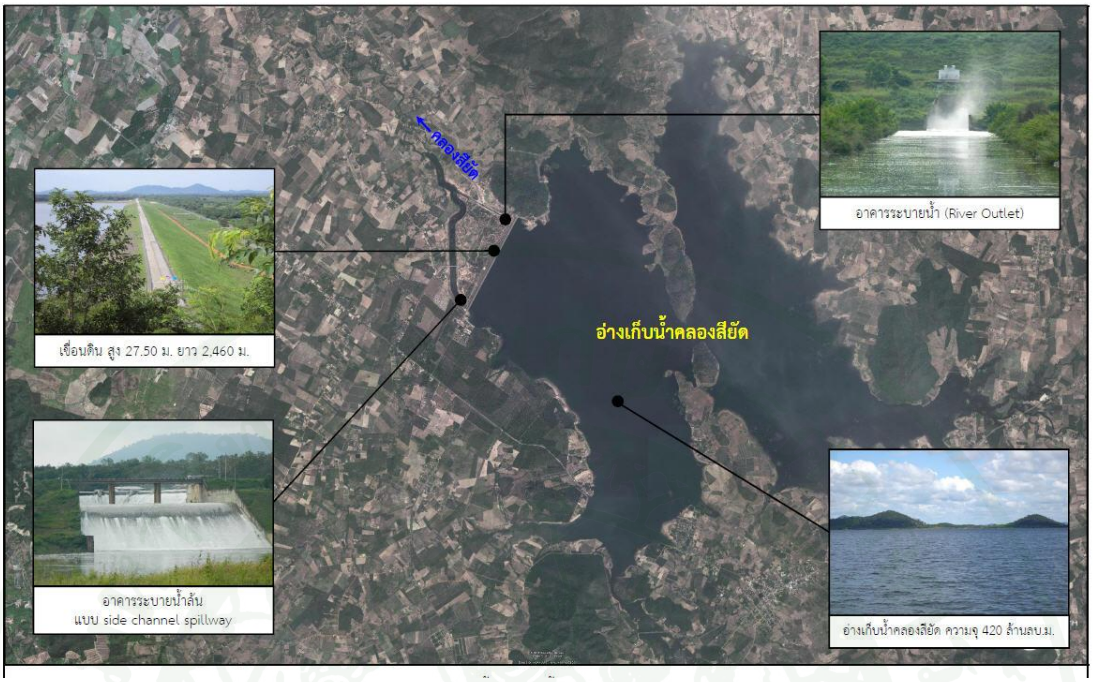
(3) อาคารระบายน้ำล้น

ประเภท	side channel spillway	
ความยาวของสันอาคาร	159	เมตร
ระดับสันอาคาร	+ 65.10	เมตร (รทก.)
ความสามารถในการระบายน้ำ	1,060	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
อัตราการไหลของน้ำท่วมที่ใช้ในการออกแบบ (รอบปีการเกิดน้ำท่วม 1,000 ปี)	2,037	ลูกบาศก์เมตร/วินาที

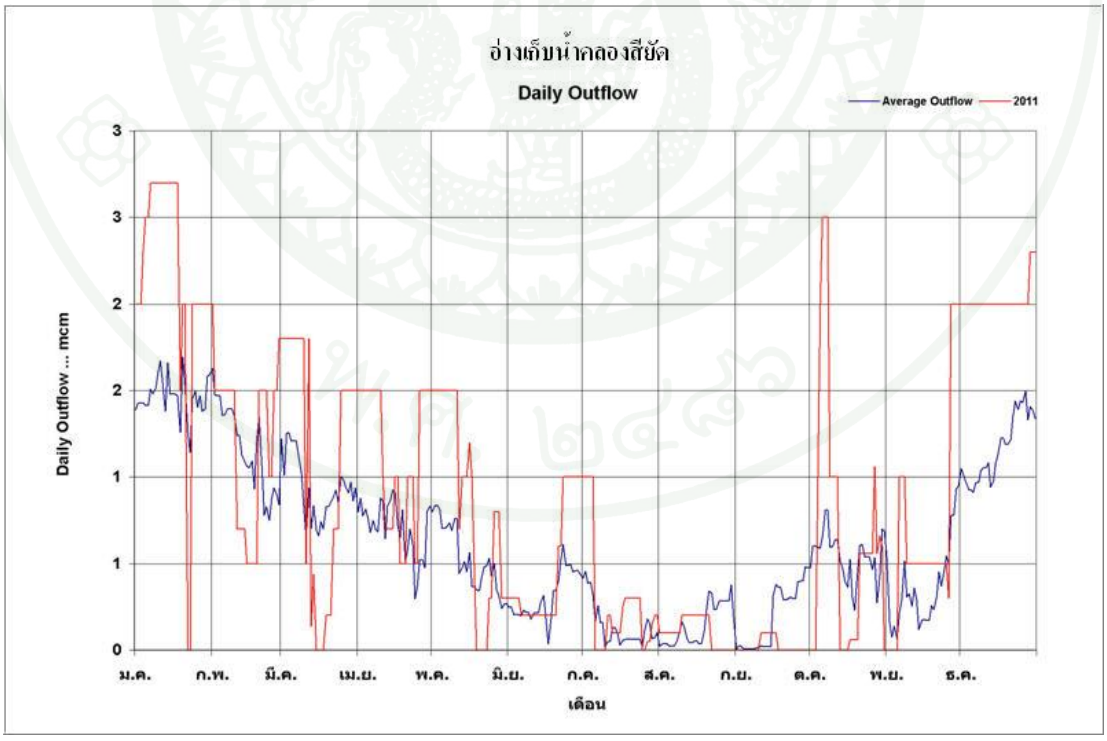
(4) อาคารระบายน้ำ

ประเภท	ท่อระบายน้ำ
การทำงาน	สามารถระบายน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ได้ด้วยอัตราสูงสุด 7.11 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และสามารถระบายน้ำเข้าคลองสียัดไปให้พื้นที่ท้ายน้ำโดยไม่รวมพื้นที่ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าลาดที่ขยายใหม่ได้ด้วยอัตราสูงสุด 34.17 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



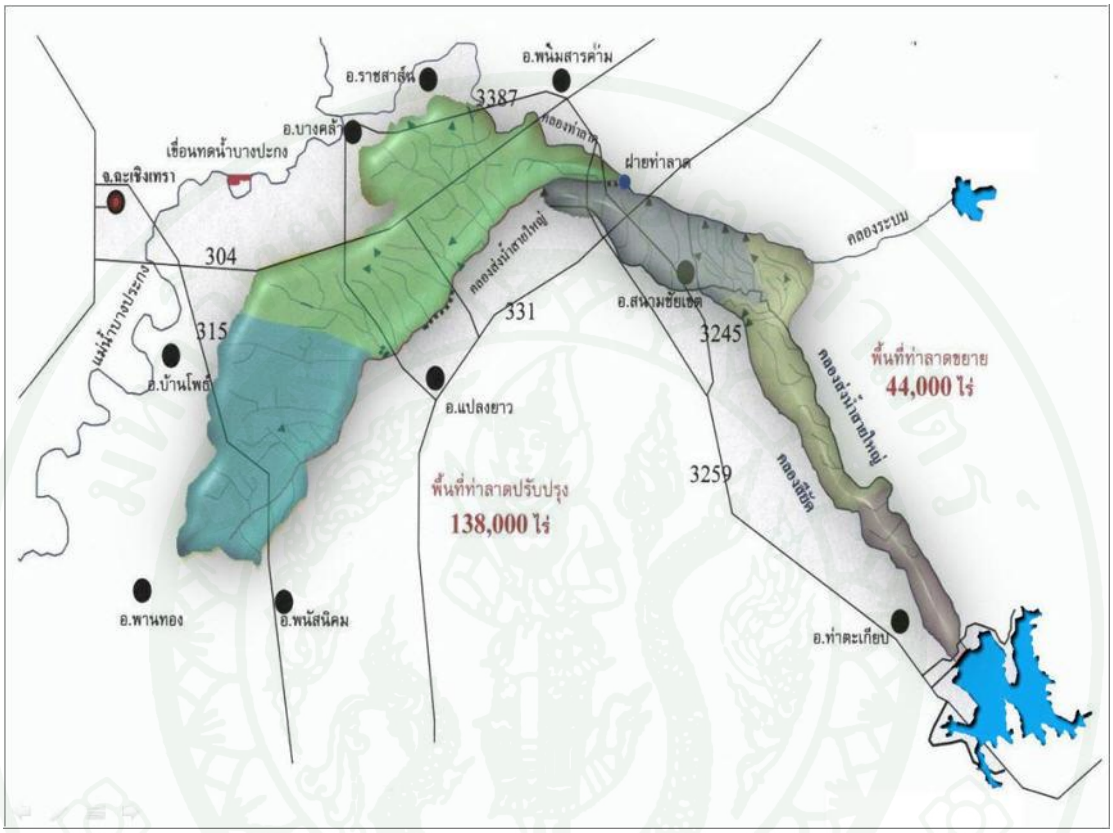
ภาพที่ 17 แสดงที่ตั้งอ่างเก็บน้ำคลองสียัดและอาคารประกอบ



ภาพที่ 18 กราฟแสดงปริมาณน้ำระบายของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

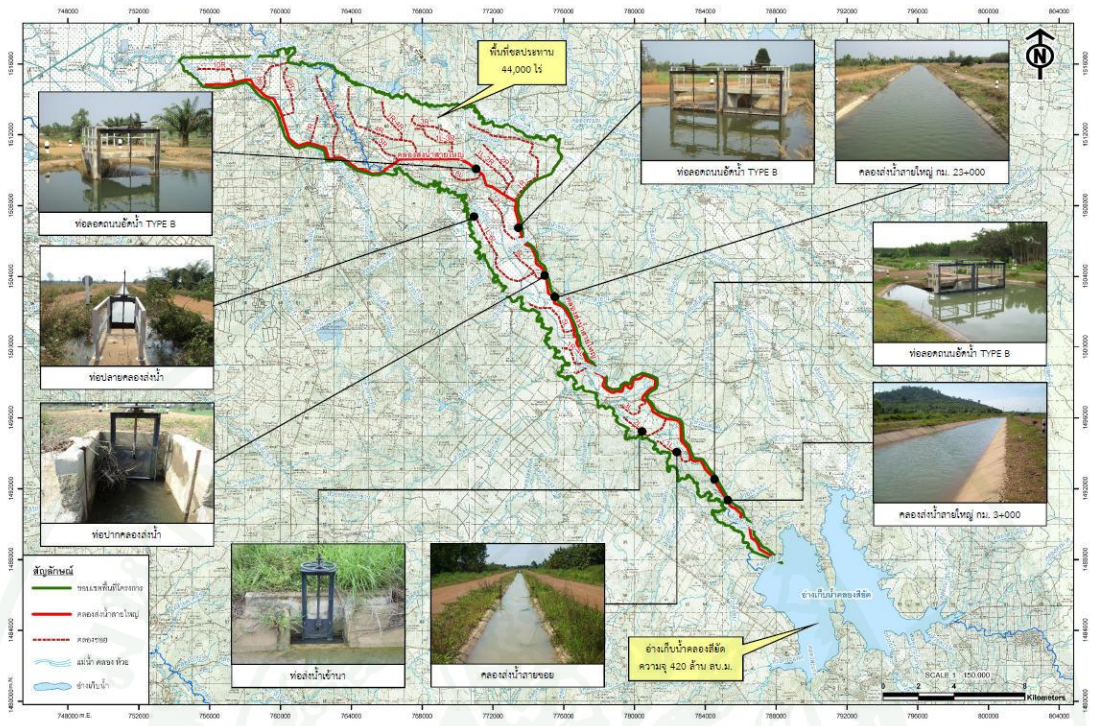
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ข้อมูลความต้องการการใช้น้ำ จากระบบอ่างเก็บน้ำของวัตถุประสงค์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการเกษตร ด้านการอุปโภค-บริโภค ด้านนิเวศน์ของลำน้ำและที่จุดทางออกของลุ่มน้ำ



ภาพที่ 19 แสดงพื้นที่ชลประทานใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

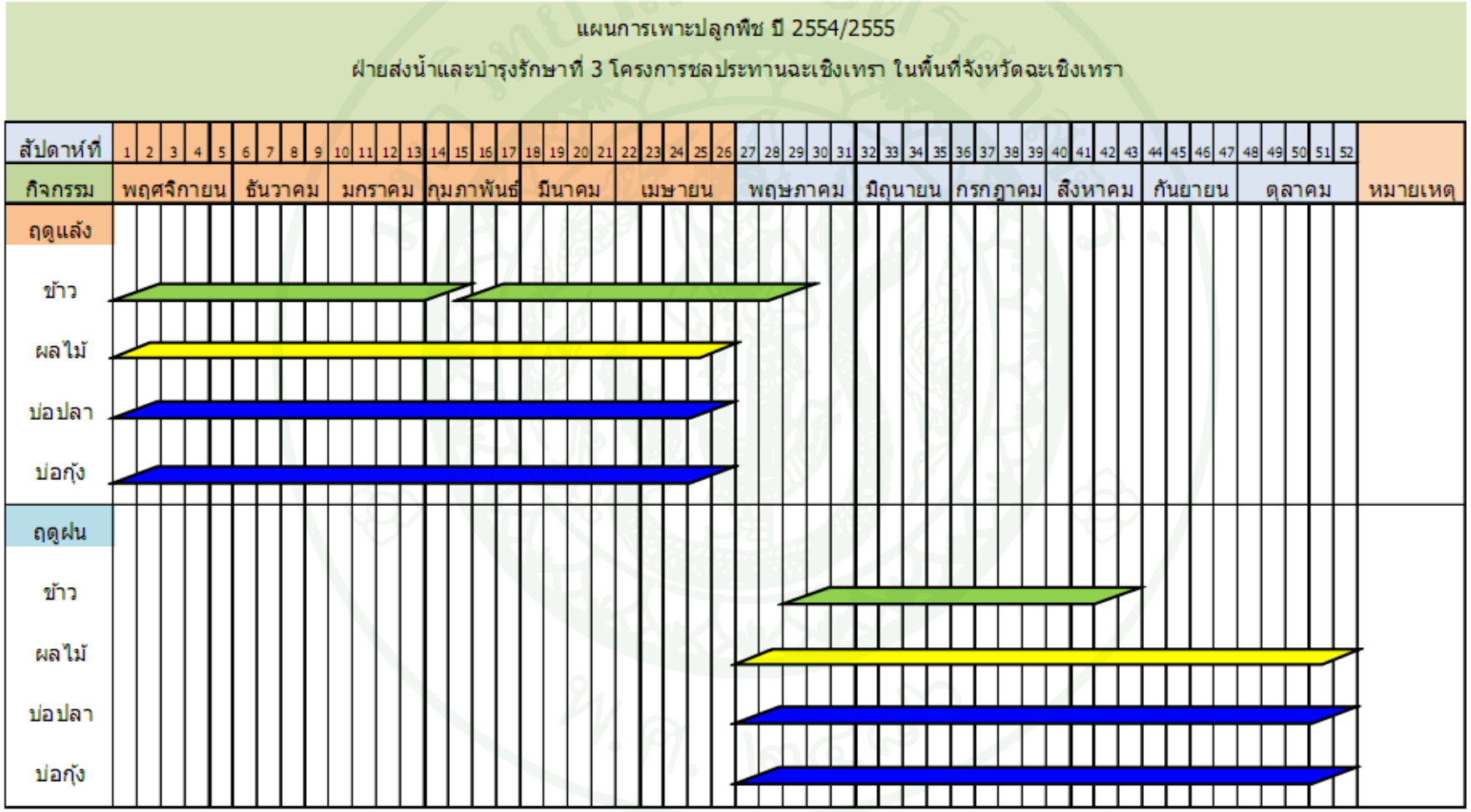


ภาพที่ 20 แสดงคลองส่งน้ำและอาคารประกอบ

ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูก

พื้นที่การเพาะปลูก และรูปแบบการเพาะปลูกพืช ของพื้นที่ชลประทานที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการเพาะปลูกพืช ใช้เป็นข้อมูลประกอบการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเกษตร และใช้ในการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 แสดงแผนการปลูกพืชโครงการชลประทานฉะเชิงเทรา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลประกอบอื่น ๆ

ข้อมูลอื่น ๆ ได้แก่ ข้อมูลประสิทธิภาพระบบชลประทาน ข้อมูลปริมาณการรั่วซึมในแปลงนา ข้อมูลประสิทธิการเพาะปลูกพืช เป็นต้น ซึ่งทั้งหมด ใช้เป็นข้อมูลประกอบการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเกษตร และใช้ในการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 3 อัตราการรั่วซึมในดิน

เนื้อดิน	การรั่วซึมในแปลงนาเฉลี่ย (มม./วัน)
ดินทราย (Sand)	2.5-8.0
ดินร่วน (Loam)	1.5-2.5
ดินเหนียว (Clay)	1.0-1.5

ที่มา: ฉลอง (2526)

5. ข้อมูลคุณลักษณะของโรงฟ้าพลังน้ำ เกี่ยวกับประสิทธิภาพของกังหันน้ำ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังผลิตติดตั้งแต่ละเครื่อง ความสูงหัวน้ำในการออกแบบ ระดับน้ำเก็บกักสูงสุดและต่ำสุดของการออกแบบ ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

กำหนดแนวทางการศึกษา

แนวทางการศึกษาการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำเป็นการศึกษาวิเคราะห์ประเมินศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำจากปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กับพื้นที่ชลประทาน โดยปริมาณน้ำที่ปล่อยจะถูกจำกัดด้วยปริมาณน้ำต้นทุน ความต้องการใช้น้ำ และขนาดความสามารถของอาคารระบายน้ำ โดยใช้แบบจำลอง WUSMO เพื่อจำลองหาความต้องการใช้และใช้แบบจำลอง HEC-3 จำลองระบบโรงไฟฟ้าเพื่อหาศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำจากปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่โดยไม่กระทบผู้ใช้น้ำเดิม และศึกษาความเป็นไปได้ของการก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำบริเณท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัดด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการเงินและด้านความอ่อนไหวของโครงการ โดยแบ่งเป็นกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ

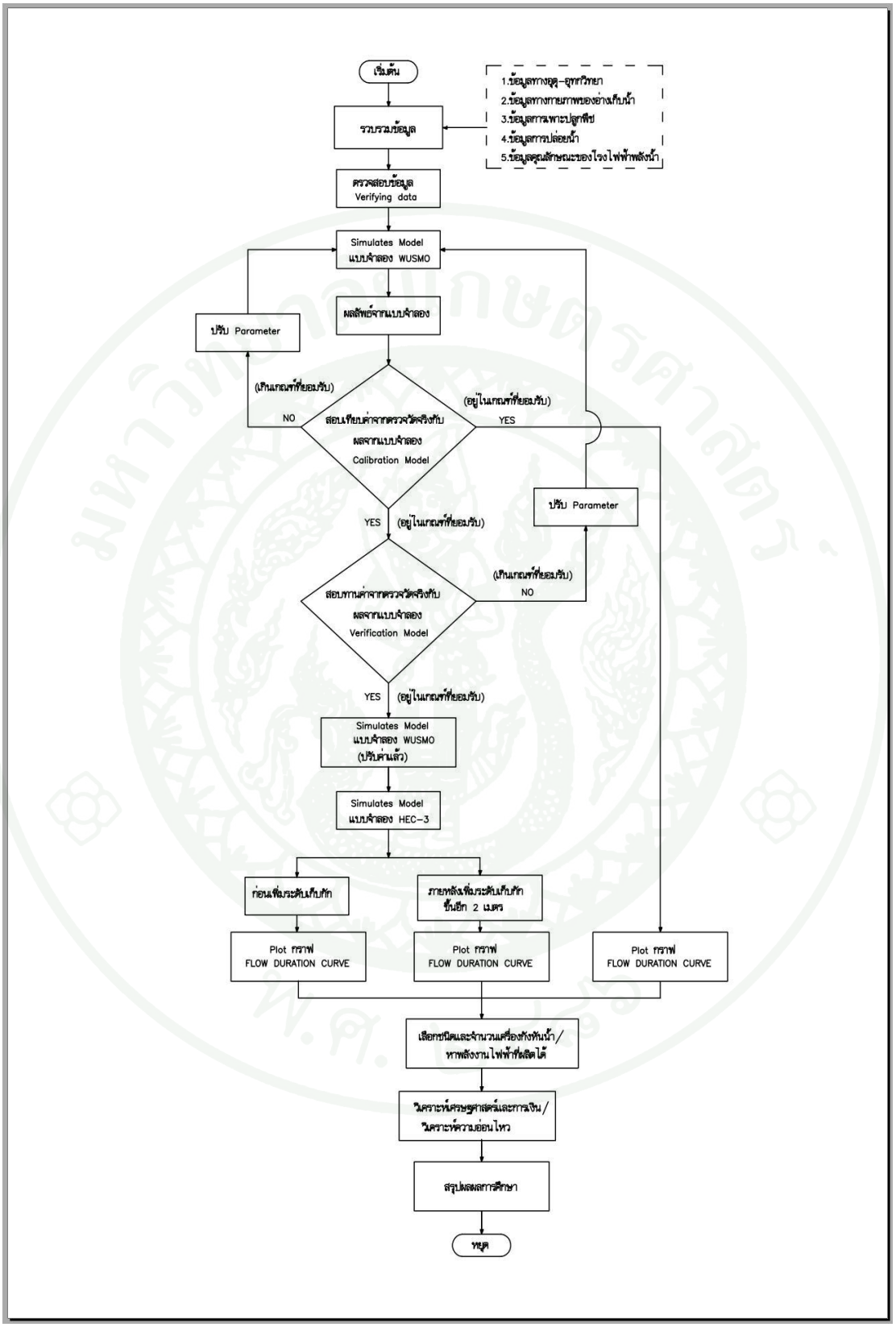
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีศึกษาที่ 1 วิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 63.100 ม. (รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 325 ล้าน ลบ.ม. (ก่อนเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ)

กรณีศึกษาที่ 2 วิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 65.000 ม. (รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 420 ล้าน ลบ.ม. (ภายหลังเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ)

กรณีศึกษาที่ 3 วิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำตามการบริหารจัดการน้ำในสภาพปัจจุบันโดยคำนวณจากข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ระบายผ่านอาคารระบายน้ำลงสู่พื้นที่รับน้ำด้านท้ายน้ำ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง ปี พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

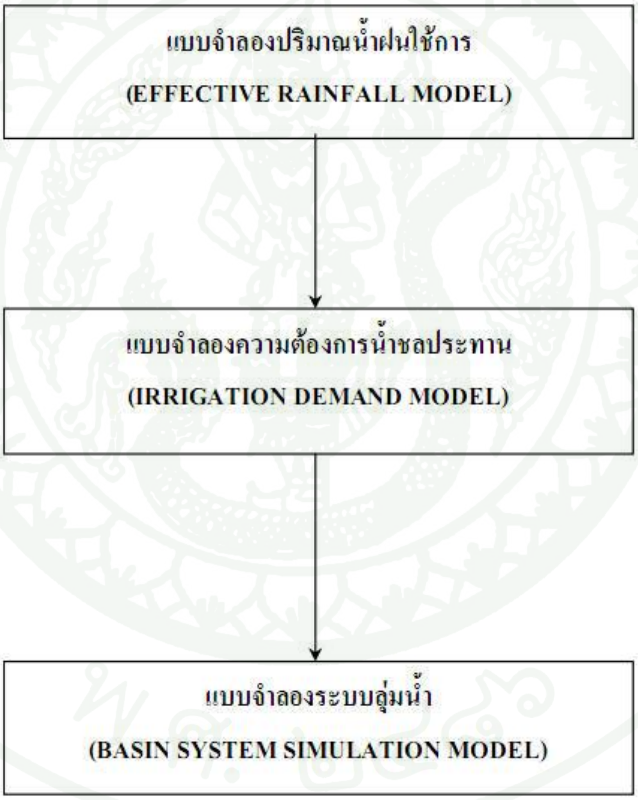


ภาพที่ 22 แสดงขั้นตอนการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

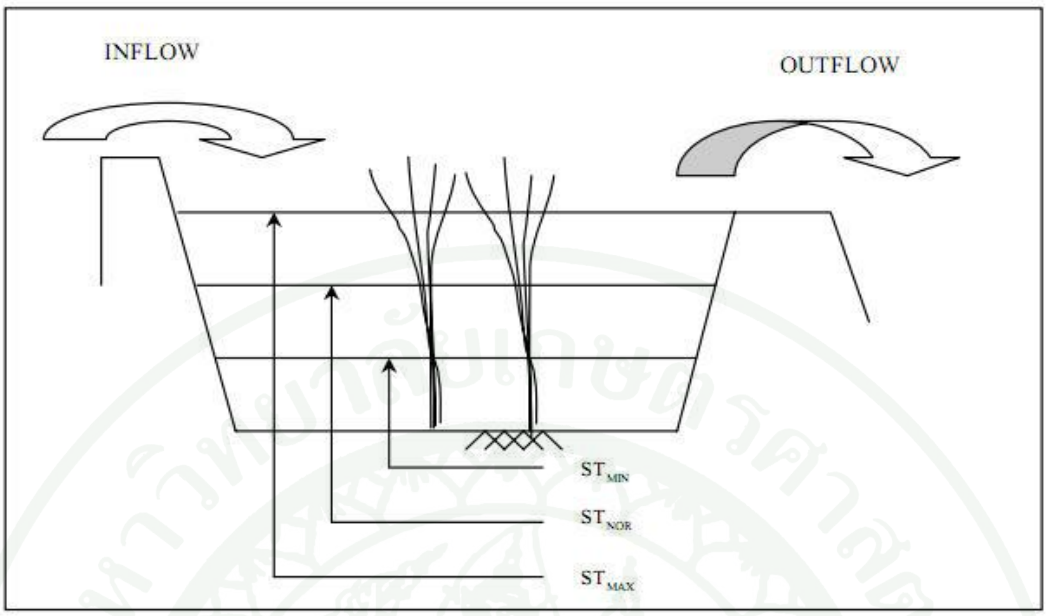
การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย WUSMO

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเกษตรในแต่ละเดือนของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้โปรแกรม WUSMO Version5.0 สำหรับการคำนวณหาฝนใช้การ การคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการเกษตร เปรียบเทียบผลการคำนวณกับข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ โดยในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้อาคารชลประทาน ปตร.ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ท่าลาด โครงการชลประทานฉะเชิงเทรา ซึ่งส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานจำนวน 138,000 ไร่ โดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัด



ภาพที่ 23 แสดงโครงสร้างของแบบจำลอง WUSMO

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 แสดงระดับน้ำในนา สำหรับคำนวณฝนใช้การ

ภาพที่ 25 แสดงปตร.ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ท่าลาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ศักยภาพทางไฟฟ้าพลังน้ำ

แบบจำลอง HEC-3 และ และโปรแกรม Microsoft Excel

ประเมินศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติการปล่อยน้ำให้แก่การเกษตรและอุปโภค-บริโภคผ่านทาง อาคารระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำเพื่อหาขนาดของเครื่องกังหันน้ำ(Turbine) ที่เหมาะสมอันเป็นการใช้ประโยชน์จากศักยภาพที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำให้เต็มประสิทธิภาพโดยไม่กระทบกับการใช้น้ำเดิมที่เป็นอยู่เดิมโดยใช้โปรแกรม Excel และ Hec-3 ช่วยในการวิเคราะห์สมดุลน้ำของอ่างเก็บน้ำ จากข้อมูลปริมาณน้ำไหล ปริมาณความต้องการน้ำ และข้อมูลโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำ เพื่อประเมินศักยภาพของปริมาณน้ำที่สามารถส่งให้กับพื้นที่ชลประทานได้ โดยกำหนดเกณฑ์การขาดแคลนน้ำไว้ดังนี้

- ยอมให้ปริมาณการขาดแคลนน้ำได้ไม่เกิน 20% ของปริมาณความต้องการใช้น้ำในเดือนนั้นๆ ถ้าเดือนใดขาดน้ำเกิน 20% จะถือว่าเดือนนั้นขาดแคลนน้ำ

- ยอมให้ช่วงเวลาการขาดแคลนน้ำเกิดได้ไม่เกิน 20% ของช่วงเวลาที่ศึกษา หมายถึงในการศึกษาสมดุลน้ำช่วงเวลา 10 ปี จะยอมให้เกิดการขาดแคลนน้ำได้ไม่เกิน 2 ปี (ปีใดที่มีการขาดแคลนน้ำแม้เพียง 1 เดือน จะถือว่าปีนั้นขาดแคลนน้ำ)

สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ ได้คำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำอ่างเก็บน้ำคลองสียัดรายเดือน ใช้การวิเคราะห์สมดุลของปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ระบาย ออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ รวมทั้งปริมาณน้ำที่ระเหยและรั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำโดยมีปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำ (หรือระดับน้ำ) เป็นตัวแปรที่สำคัญ สมการสมดุลของปริมาณน้ำมีดังนี้

$$S_i = S_{i-1}+I_i-Q_i-E_i$$

เมื่อ S_i = ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาปัจจุบัน

S_{i-1} = ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาที่ผ่านมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I_i = ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i

Q_i = ปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i

E_i = ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยสุทธิและรั่วซึมระหว่างคาบเวลา i

ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ระบายผ่านอาคารระบายน้ำรายวัน ณ จุดที่ตั้งท้ายอ่างเก็บน้ำจำนวน 12 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2544-2555 โดยในการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังน้ำนั้น มีผลมาจากสมการอันเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความต่างของระดับน้ำด้านหน้าและด้านท้ายอ่างเก็บน้ำสุทธิได้ดังสมการต่อไปนี้

$$P(Kw) = 9.81Q * H_n * \eta_t * \eta_g$$

โดยที่ P(Kw) คือ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้, กิโลวัตต์

Q คือ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H_n คือ ความสูงของน้ำสุทธิ, เมตร

η_t คือ ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ(Turbine)

η_g คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนคำนวณได้จาก

$$E = P(Kw) * N_H$$

โดยที่ E คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน, กิโลวัตต์-ชั่วโมง

P (Kw) คือ พลังงานไฟฟ้า, กิโลวัตต์

N_H คือ จำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสูงของน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านความสูงของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำ และ Head Loss ในกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยในการศึกษาจะคำนวณความสูงของน้ำจากความพร้อมของข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี ตามลำดับดังนี้

กรณีที่ 1 : ความสูงน้ำ = (ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับน้ำท้ายน้ำ) – Head Loss

กรณีที่ 2 : ความสูงน้ำ = (ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับธรณีท่อ (หรือระดับน้ำต่ำสุด)) – Head Loss

กรณีที่ 3 : ความสูงน้ำ = (ระดับน้ำเหนือน้ำ - ระดับฐานอาคาร) – Head Loss

โดยการสูญเสีย (Head Loss) ทั้งหมดในกระบวนการผลิตนั้น ได้กำหนดไว้ที่ 20% ของความสูงน้ำ หรือการหาความสูงหัวน้ำออกแบบสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

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

เมื่อ Hd = ความสูงหัวน้ำออกแบบ, ม.

NWL = ระดับน้ำเก็บกักปกติ, ม. รทก.

LWL = ระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด, ม. รทก.

LWL = ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้าที่ปริมาณน้ำออกแบบ, ม. รทก.

H_L = ความสูญเสียหัวน้ำรวม, ม.

อนึ่ง ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำนั้น จะต้องมีปริมาณน้ำและความสูงน้ำที่เหมาะสมเพื่อหมุนกังหันน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดไว้ ดังนี้

ปริมาณน้ำใช้การ >= 30% Designed Discharge

ความสูงน้ำใช้การ >= 75% Designed Head

โดยความสูญเสียหัวน้ำรวมจะพิจารณาเฉพาะความสูญเสียหัวน้ำที่เกิด จากแรงเสียดทานและการเปลี่ยนแปลงขนาดในระบบท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ ข้องอ ประตูน้ำ เป็นหลัก ทั้งนี้จะไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิจารณาการสูญเสียที่ผ่านเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งความสูญเสียรวมทั้งหมดสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$H_L = h_f + h_e + h_o + h_m$$

เมื่อ H_L = ความสูญเสียหัวน้ำรวมทั้งหมด, ม.

h_f = ความสูญเสียรวมเนื่องจากแรงเสียดทานของท่อ, ม.

$$= f\frac{LV^2}{2gD}$$

L = ความยาวเส้นท่อ, ม.

V = ความเร็วของน้ำไหลในท่อ, ม./วินาที

g = อัตราการเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 ม./วินาที^{2}

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ, ม.

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานการไหล

$= 124.5\ n^2/D^{1/3}$

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ

= 0.014 สำหรับท่อคอนกรีต

= 0.012 สำหรับท่อเหล็ก

h_e = ความสูญเสียที่ปากทางเข้า, ม.

$$= K_e\frac{V^2}{2g}K$$

K_e = สัมประสิทธิ์ความสูญเสียที่ปากทางเข้าเท่ากับ 0.50

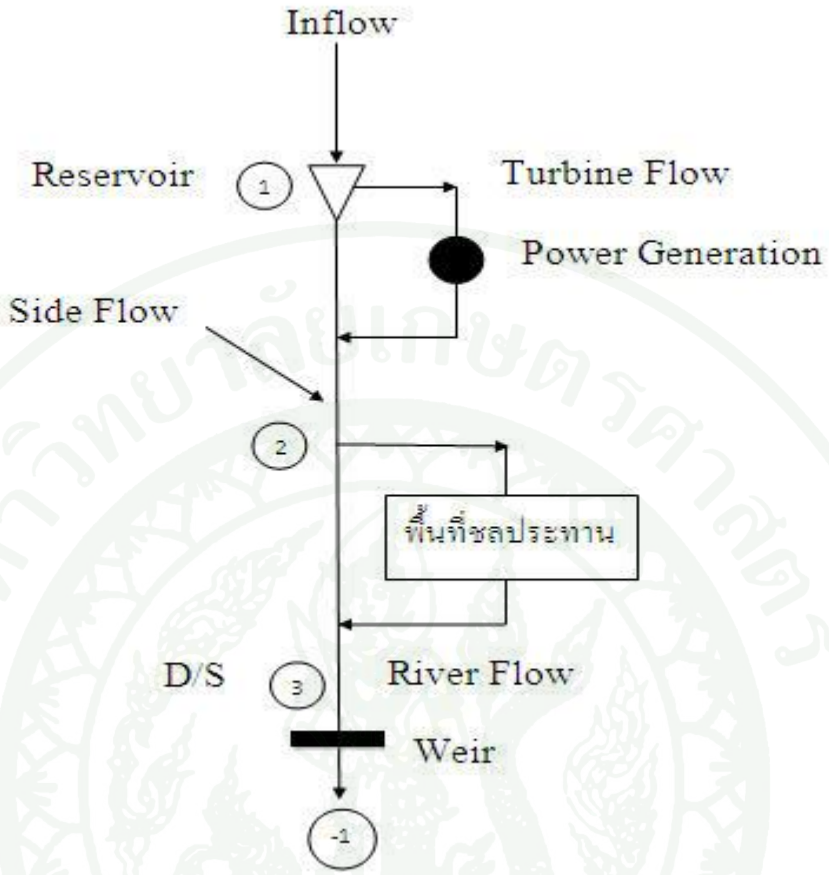
h_o = ความสูญเสียที่ปากทางออก, ม.

$$= K_o\frac{V^2}{2g}$$

K_o = สัมประสิทธิ์ความสูญเสียที่ปากทางออกเท่ากับ 0.50

h_m = ความสูญเสียรอง เป็นการสูญเสียเนื่องจากอุปกรณ์การเปลี่ยนทิศทางการไหล การเปลี่ยนขนาดท่อ เป็นต้น, ม.

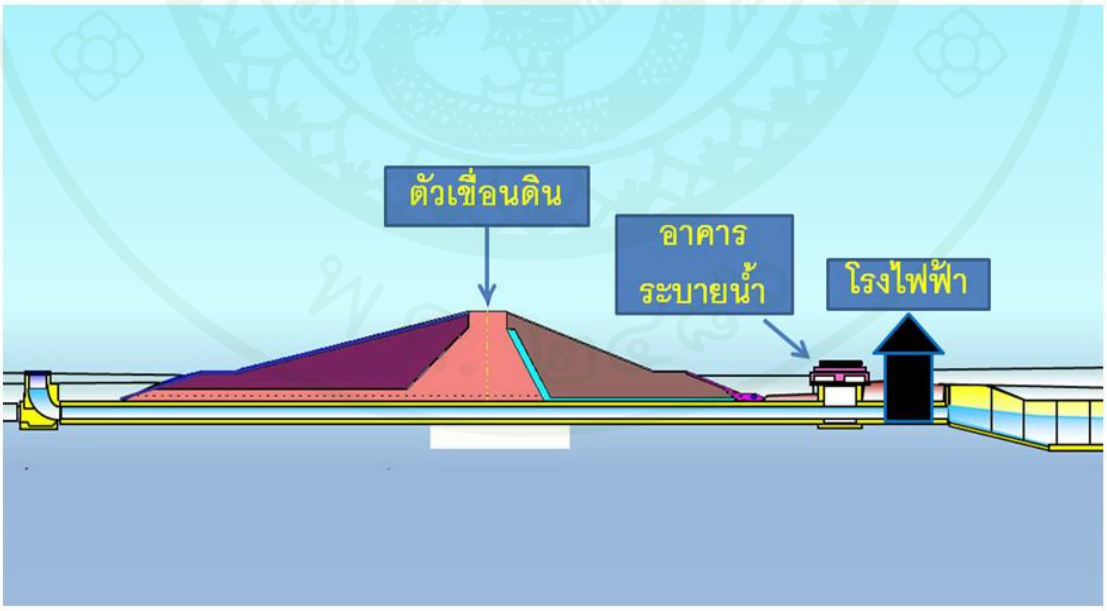
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 แสดง Schematic Diagram ของ HEC-3 Reservior Simulation

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 27 แสดงตำแหน่งสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ



ภาพที่ 28 แสดงตำแหน่งโรงไฟฟ้าพลังน้ำบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประมาณราคาโครงการ

การประมาณราคาโครงการประกอบด้วย

1. การประมาณราคางานโยธาพิจารณาจากปริมาณงานและราคาต่อหน่วยของงานนั้นๆ

2. การประมาณราคาของเครื่องกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม หม้อแปลง และอุปกรณ์อื่นๆ กำหนดให้เป็นการเหมาจ่าย (lump-sum)

3. การประมาณราคาของอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องกลมีความสัมพันธ์ของชนิดเครื่องกังหันน้ำ กำลังผลิตติดตั้ง ปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง สามารถคำนวณได้ดังนี้

1) ปริมาณงานของอาคารโรงไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและศักย์น้ำใช้การ

2) ปริมาณงานของท่อผันน้ำและท่อส่งน้ำขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อและความยาวท่อ

3) ปริมาณงานย่อยอื่นๆไม่ได้ถูกคำนวณด้วย อย่างไรก็ดีปริมาณงานส่วนนี้จะถูกนำไปรวมกับงานเบ็ดเตล็ดซึ่งจะคำนวณแยกออกจากงานหลัก

ซึ่งจากผลการประมาณราคาค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ได้ดำเนินการในขั้นศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดแล้วพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตติดตั้งกับราคาค่าก่อสร้างโครงการโดยสัดส่วนของค่าก่อสร้างเป็นงานด้านโยธา 30 % งานด้านเครื่องกล-ไฟฟ้า 65 % และงานด้านระบบไฟฟ้า 5 %

สำหรับค่าดำเนินการนั้นประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรและค่าบำรุงรักษา ได้ประมาณจากค่าลงทุนและค่าอุปกรณ์ดังนี้

ค่าดำเนินการ	งานด้านโยธา	1%	ของค่าลงทุน
	งานด้านเครื่องกล-ไฟฟ้า	2.5%	ของค่าอุปกรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานด้านระบบไฟฟ้า 2% ของค่าอุปกรณ์

อัตราค่าชลประทาน

- ประเภทเขื่อนหรือฝายกักเก็บน้ำ ลูกบาศก์เมตรละ 0.0246 บาท

ค่าลงทุนโครงการและค่าดำเนินการเป็นมูลค่าตามราคาตลาด(Market Price) ซึ่งหากปรับเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ(Economic Price) จะใช้อัตราการปรับค่าของธนาคารโลกที่กำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ดังนี้

อัตราปรับมูลค่าทางเศรษฐกิจ	งานด้านโยธา	0.88
	งานด้านเครื่องกล-ไฟฟ้า	0.90
	งานด้านระบบไฟฟ้า	0.90
	งานดำเนินการและบำรุงรักษา	0.92 (Standard Conversion Factor)

การประเมินผลประโยชน์จากการผลิตกระแสไฟฟ้า

(1) ผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการเป็นผลประโยชน์จากการขายไฟฟ้าในลักษณะของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก ที่มีกำลังการผลิตเกินไม่เกิน 1 MW การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าหน่วยละ 2.3137 บาท/kW-hr

(2) ผลประโยชน์จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: การประเมินมูลค่าของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตไฟฟ้ามีดังนี้

- สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2552 เท่ากับ 0.5812 kg CO2 /kW-hr (ข้อมูลจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก)

- ราคา CERs 4 ยูโร/ตัน CO2

- คิดผลประโยชน์เป็นเวลา 10 ปี และ 30 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาอัตราแลกเปลี่ยนที่ 42.75 บาท/ยูโร สามารถวิเคราะห์มูลค่าของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.0993852 บาท/kW-hr

วิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลตอบแทนการลงทุนของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำว่าให้ผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจแก่สังคมส่วนรวมมากน้อยเพียงใด คุ้มค่ากับการใช้ทรัพยากรของประเทศที่มีอยู่อย่างจำกัดหรือไม่ เพื่อให้การใช้ทรัพยากรดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และก่อให้เกิดผลประโยชน์แก่ประเทศชาติและสังคมโดยรวม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมและความคุ้มค่าของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ ตามแนวทางที่ยอมรับตามหลักสากลทั่วไป เพื่อใช้ผลการศึกษามาใช้ในการประกอบการตัดสินใจว่าสมควรจะดำเนินงานหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์มีข้อสมมติฐานตามหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์จะเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ต้นทุนของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ค่าลงทุนของโครงการ (Investment Cost) และค่าใช้จ่ายรายปีในการดำเนินการและบำรุงรักษาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Cost) หลังก่อสร้างเสร็จ โดยทั้ง 2 ส่วนจะคิดเป็นมูลค่าทางการเงินและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เฟคเตอร์ปรับมูลค่าการเงินเป็นมูลค่าของเศรษฐศาสตร์ จากนั้นจะมาคิดหาผลประโยชน์ของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ในประกอบการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ โดยใช้ตัวชี้วัดความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ดังนี้

1. อัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสเงินลงทุน เพื่อความเหมาะสมกับแนวทางและหลักเกณฑ์การวิเคราะห์โครงการของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และสภาวะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดอกเบี้ยเงินกู้ในปัจจุบันที่มีอัตราที่ต่ำ จึงเลือกใช้อัตราส่วนลดที่ร้อยละ 8 และพิจารณาเพิ่มเติมในกรณีที่อัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 10 และร้อยละ 12

2. เกณฑ์การยอมรับโครงการที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์พิจารณาจากตัวชี้วัดดังนี้

1) ผลประโยชน์สุทธิ (Net Present Value : NPV, B-C) ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8

2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ration : B/C) ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8

3) อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ (Economic Internal Rate of Return : EIRR)และอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน(Financial Internal Rate of Return : FIRR)

4) ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า (Average Incremental Cost : AIC) ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์อันเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่แน่นอนของต้นทุน และผลประโยชน์ของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากที่วางแผนไว้ ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำภายใต้ปัจจัยของความไม่แน่นอนด้านต้นทุน และผลประโยชน์โครงการจะทำการพิจารณาเฉพาะกรณีที่ส่งผลลบต่อการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำดังนี้

1. กำหนดกรณีฐานในการวิเคราะห์ตามผลการศึกษาความเหมาะสมโดยการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ โดยมีขนาดกำลังผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ติดตั้ง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิต่อปี ราคาค่าก่อสร้าง กรณียังไม่คิดรวมเงินภาษีและค่าดำเนินการรายปี

2. พิจารณาต้นทุนการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำเพิ่มขึ้น 10% จากกรณีฐาน โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับกรณีฐาน กรณีนี้เป็นการพิจารณาในแง่ของความผันผวนทางเศรษฐกิจอันอาจส่งผลให้ต้นทุนค่าก่อสร้างการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำสูงขึ้น

3. พิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลง 10% จากกรณีฐาน โดยราคาต้นทุนการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำเท่ากับฐาน กรณีนี้เป็นการพิจารณาในแง่ของความเสี่ยงที่ปริมาณน้ำค่าต้นทุนในอนาคตอาจลดลงเนื่องจากปัจจัยของสภาพสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง เช่น สภาวะฝนแล้ง เป็นต้น

4. พิจารณาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 10% ในขณะที่ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลง 10% จากกรณีฐาน กรณีนี้เป็นการวิเคราะห์สภาพเลวร้ายที่สุดของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ (Worst case)

การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำ

การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ มีหลักการพิจารณาที่สำคัญดังนี้

1. พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนจะต้องปลูกพืชเต็มพื้นที่ของโครงการ

2. พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง ควรปลูกให้ได้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

3. พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง ในแต่ละปีควรจะเหมาะสม ไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในช่วงอายุของพืช รวมทั้งต้องไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในช่วงต้นฤดูฝนของปีถัดไปด้วย

4. ปริมาณน้ำล้นอ่างโดยเฉลี่ยควรน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การขาดน้ำ โดยเฉลี่ยควรจะน้อยที่สุด

การกำหนดพื้นที่ชลประทานในการปลูกพืชฤดูแล้งให้ได้เต็มศักยภาพ ต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เพาะปลูกในฤดูแล้งและปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นฤดูฝน เรียกว่า กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (Dry Season Area Reduction Curve, DSAR curve) ทำให้สามารถกำหนดพื้นที่เพาะปลูกในฤดูแล้งได้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้อย่างเต็มศักยภาพ โดยมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพียงพอในการเตรียมแปลงเมื่อเริ่มฤดูฝนถัดไปเพื่อป้องกันความเสียหายของการเตรียมแปลงและตกกล้าอันเนื่องมาจากฝนล่าช้า โดยใช้หลักการจัดสรรน้ำที่เหมาะสมหาปริมาณการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการน้ำทั้งหมดทางด้านท้ายน้ำ โดยพืชที่ปลูกไม่ได้รับความเสียหาย และการวางแผนบริหารการผลิตพลังไฟฟ้าพลังน้ำในแต่ละปีให้สอดคล้องกับแผนการเพาะปลูกในแต่ละปีสามารถกระทำได้ง่าย สามารถผลิตพลังงานฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ โดยเกิดภาวะการขาดน้ำน้อยที่สุด อันเป็นการพัฒนาศักยภาพอ่างเก็บน้ำสำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำให้ได้ประโยชน์สูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง WUSMO

ในการศึกษาการใช้น้ำเพื่อการชลประทานซึ่งอาศัยน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัดโดยพื้นที่ชลประทานที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัดประกอบด้วย พื้นที่ชลประทานท่าลาด (เดิม) 138,000 ไร่ และพื้นที่ชลประทานท่าลาดขยาย 44,000 ไร่ รวมพื้นที่ เท่ากับ 182,000 ไร่ ปัจจุบันพื้นที่ชลประทานท่าลาดขยายบริเวณท้ายอ่างฯคลองสียัดมีก่อสร้างระบบส่งน้ำแล้วเสร็จบางส่วนซึ่งมีพื้นที่การเกษตรที่ต้องการใช้น้ำฤดูแล้งจำนวน 11,035 ไร่ พื้นที่การเกษตรฤดูแล้งฝายท่าลาด 85,000 ไร่และพื้นการเกษตรฤดูฝนรวม 120,535 ไร่ โดยการวิเคราะห์หาความต้องการใช้น้ำในแต่ละเดือนตามปฏิทินการปลูกพืชฤดูฝนและฤดูแล้ง ด้วยแบบจำลอง WUSMOโดยหลังจากนำเข้าข้อมูลใส่ในแบบจำลองครบเรียบร้อยและคำนวณประมวลผลแล้ว ก่อนที่จะนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งานได้มีการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งการสอบเทียบแบบจำลองนั้นเลือกใช้ข้อมูลประมาณน้ำที่ได้จากการตรวจวัดอัตราการไหลมาคำนวณเป็นปริมาณน้ำรายเดือนที่ไหลผ่าน ปตร. ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ท่าลาด โครงการชลประทานฉะเชิงเทรา ตำแหน่งที่ตั้งพิกัด 47 PQR 578160 ระวาง 5236 II ของกรมชลประทานส่งให้พื้นที่เพาะปลูก ตามปฏิทินเพาะปลูกปี พ.ศ. 2555 ระหว่างเดือนเมษายนพ.ศ.2555 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2556 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง หากพบว่ามีค่าความแตกต่างเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก็จะต้องทำการปรับค่าตัวแปรต่างๆซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการปรับค่าประสิทธิภาพชลประทานในแต่ละเดือน ให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนของพืชกับผลการตรวจวัดปริมาณการส่งน้ำจริง โดยมีค่าความแตกต่างอยู่เกณฑ์ที่ยอมรับได้และตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยตรวจสอบกับค่าปริมาณการส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกตามปฏิทินเพาะปลูกปี พ.ศ. 2554 ระหว่าง เดือน เมษายน พ.ศ. 2554 ถึง เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพชลประทาน (เปอร์เซ็นต์) ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว

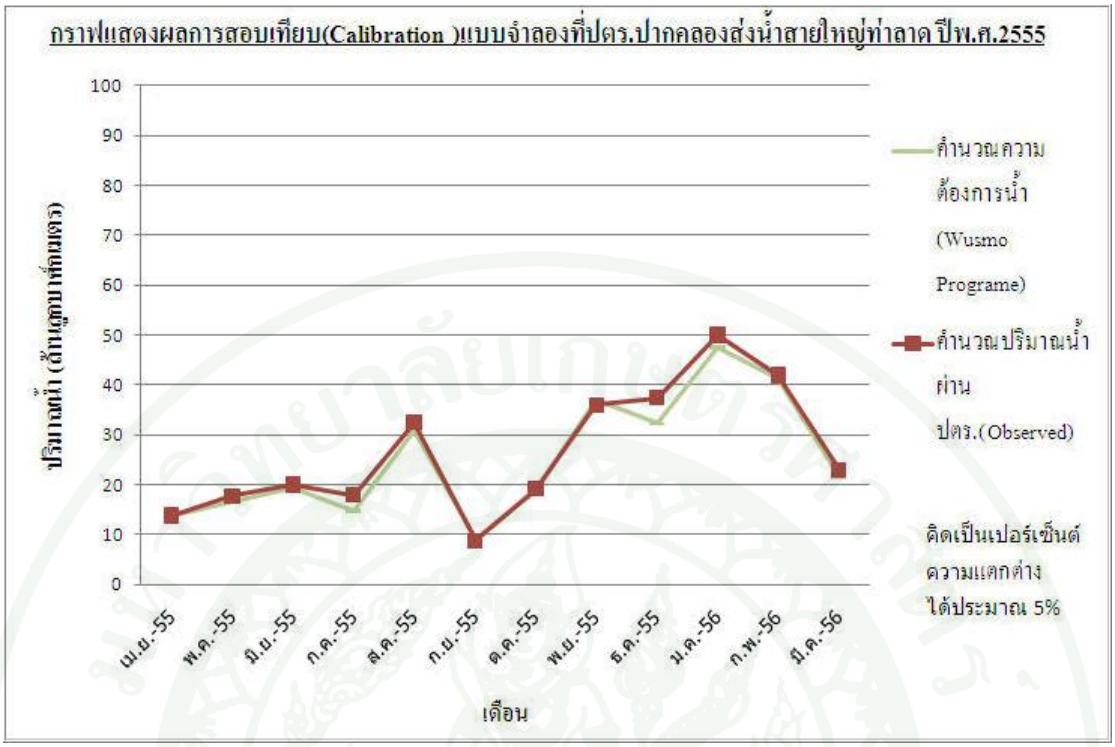
เดือน	ประสิทธิภาพชลประทานในแต่ละเดือน
เมษายน	50%
พฤษภาคม	40%
มิถุนายน	45%
กรกฎาคม	50%
สิงหาคม	40%
กันยายน	30%
ตุลาคม	30%
พฤศจิกายน	60%
ธันวาคม	60%
มกราคม	60%
กุมภาพันธ์	60%
มีนาคม	60%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 แสดงผลการสอบเทียบ(Calibration) แบบจำลอง WUSMO

ปี	พ.ศ. 2555	
เดือน	คำนวณปริมาณน้ำผ่าน ปตร.(Observed) ล้าน ลบ.ม.	คำนวณความต้องการน้ำ (WUSMO Program) ล้าน ลบ.ม.
เม.ย.-55	13.90	13.82
พ.ค.-55	17.80	16.56
มิ.ย.-55	20.00	19.27
ก.ค.-55	18.00	14.69
ส.ค.-55	32.50	30.98
ก.ย.-55	8.80	9.15
ต.ค.-55	19.20	18.82
พ.ย.-55	36.00	37.06
ธ.ค.-55	37.50	32.27
ม.ค.-56	50.00	47.63
ก.พ.-56	42.00	41.43
มี.ค.-56	23.00	21.53
รวม	318.70	303.21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



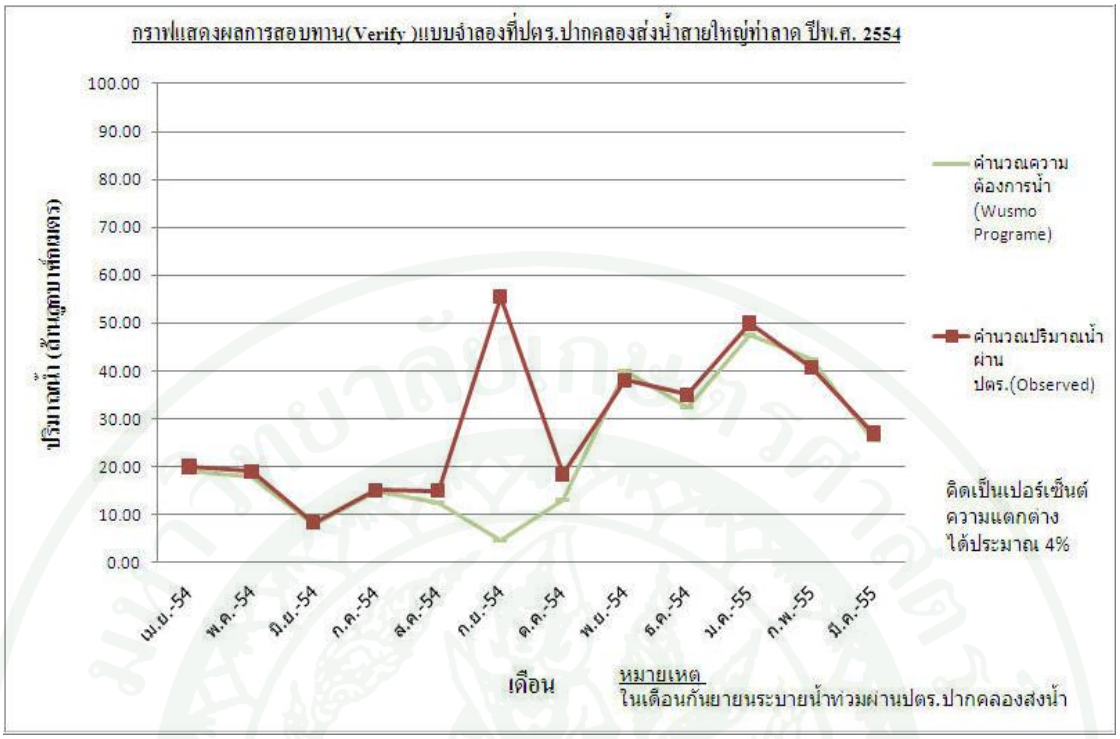
ภาพที่ 29 กราฟแสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง WUSMO

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 แสดงผลการสอบทาน(Verify)แบบจำลอง WUSMO

ปี	พ.ศ. 2554	
เดือน	คำนวณปริมาณน้ำผ่าน ปตร.(Observed) ล้าน ลบ.ม	คำนวณความต้องการน้ำ (WUSMO Program) ล้าน ลบ.ม
เม.ย.-54	20.00	18.99
พ.ค.-54	19.00	17.84
มิ.ย.-54	8.30	7.79
ก.ค.-54	15.10	14.77
ส.ค.-54	15.00	12.47
ก.ย.-54	55.50	4.61
ต.ค.-54	18.40	13.14
พ.ย.-54	38.00	39.84
ธ.ค.-54	35.00	32.51
ม.ค.-55	49.90	47.63
ก.พ.-55	40.70	42.27
มี.ค.-55	27.00	25.30
รวม	341.90	277.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

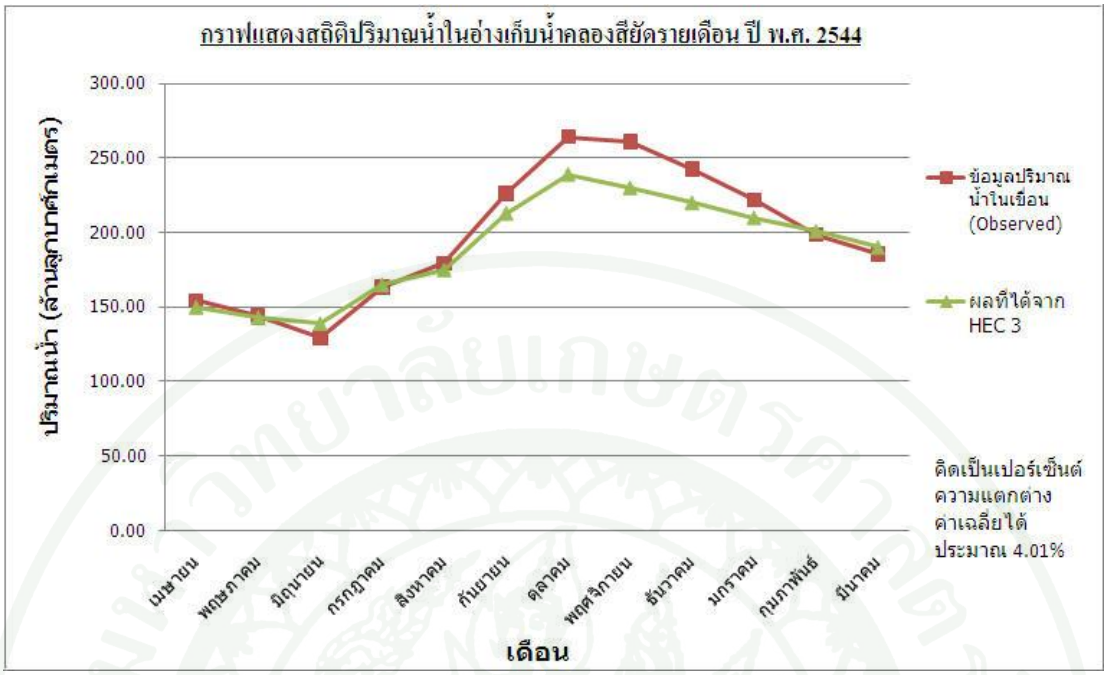


ภาพที่ 30 กราฟแสดงผลการสอบทานแบบจำลอง WUSMO

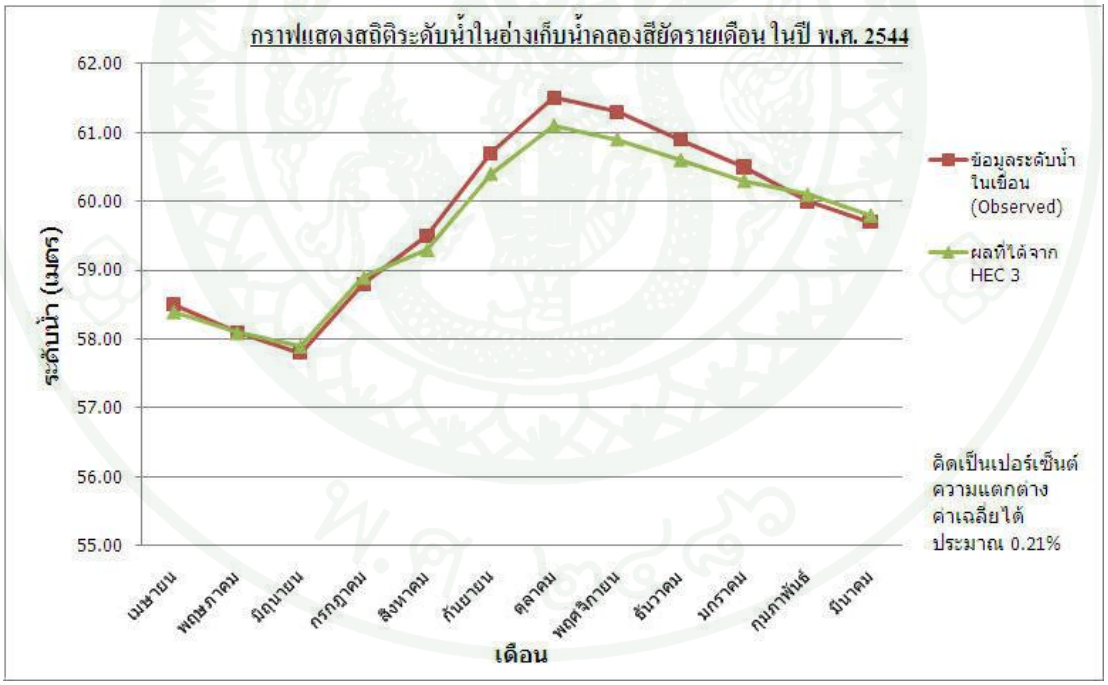
ผลแบบจำลอง HEC-3 และโปรแกรม Microsoft EXCEL

การจำลองสภาพการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำคลองสียัดด้วยแบบจำลอง HEC-3 เพื่อหารูปแบบการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำโดยการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยปริมาณน้ำระบายผ่านอาคาร ระบายน้ำ ลงคลองส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทาน มาสร้างประโยชน์โดยสร้างโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กไว้ด้านท้ายของตัวเขื่อนอันเป็นจะการเพิ่มประสิทธิภาพของอ่างเก็บน้ำจากปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำเดิมของโครงการ การจำลองการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-3 ให้สอดคล้องการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทานโดยหลังจากนำเข้าข้อมูลใส่ในแบบจำลองครบเรียบร้อยและคำนวณประมวลผลแล้ว ก่อนที่จะนำผลที่ได้จากแบบจำลองไปไปใช้งานได้มีการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งการสอบเทียบแบบจำลองนั้นเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองสียัดรายเดือนจากการตรวจวัดระหว่างปีพ.ศ.2544 ถึงปี พ.ศ.2555 ทำการเทียบผลที่ได้กับผลจากแบบจำลอง HEC-3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



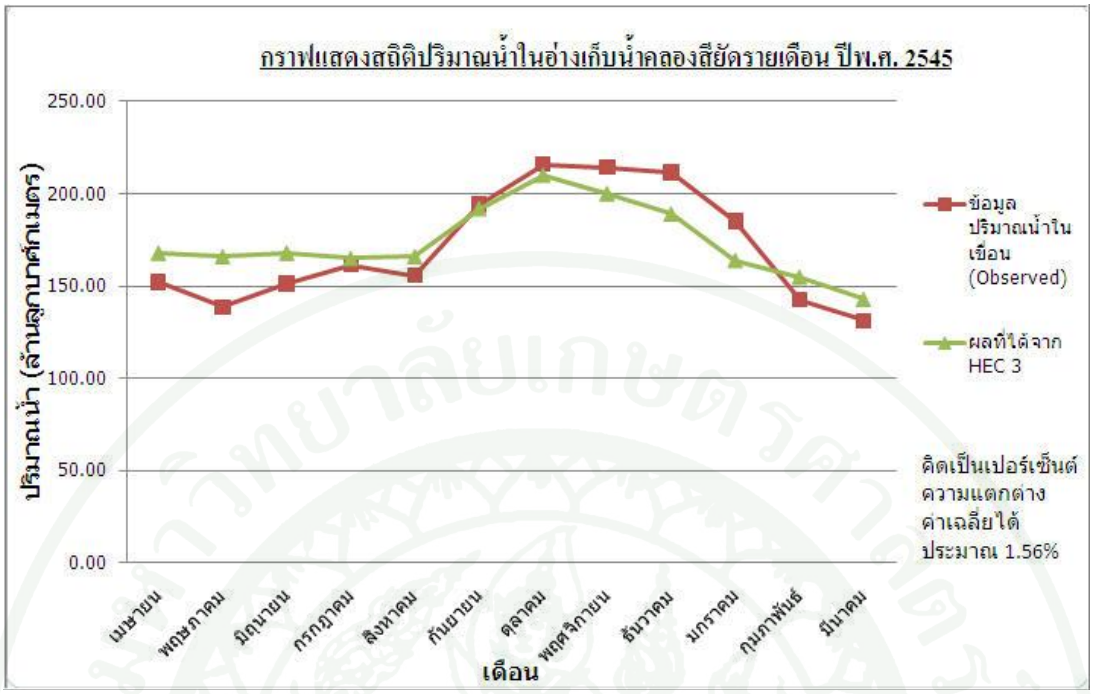
(ก)



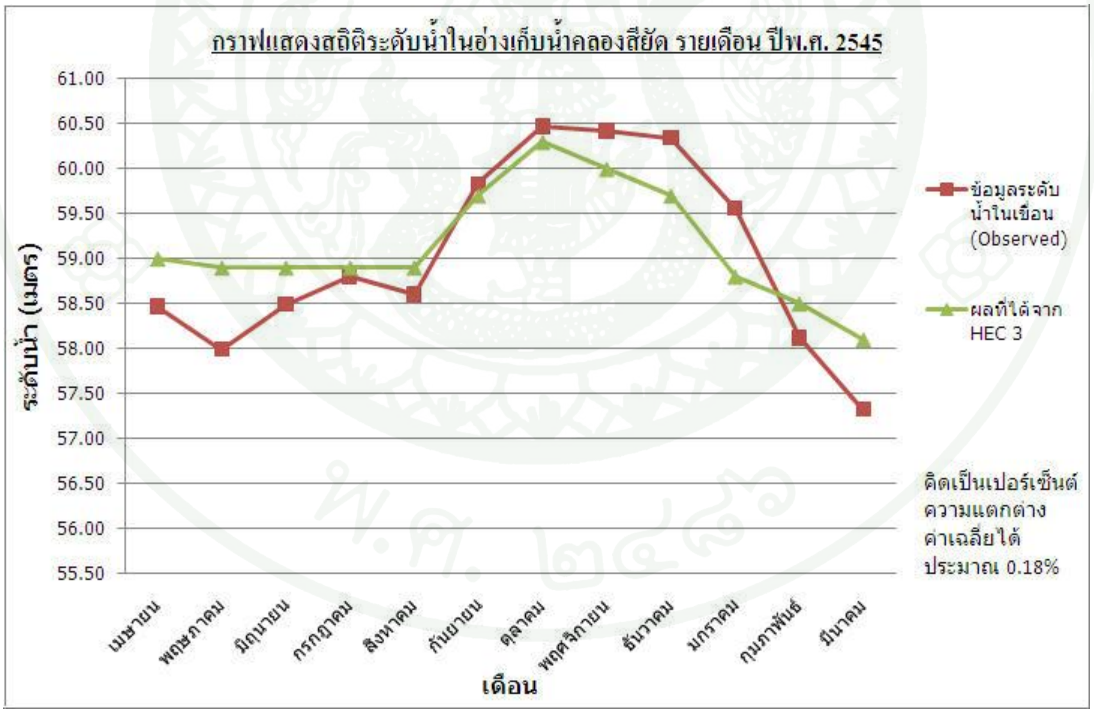
(ข)

ภาพที่ 31 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง(ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลอง ปี พ.ศ.2544

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



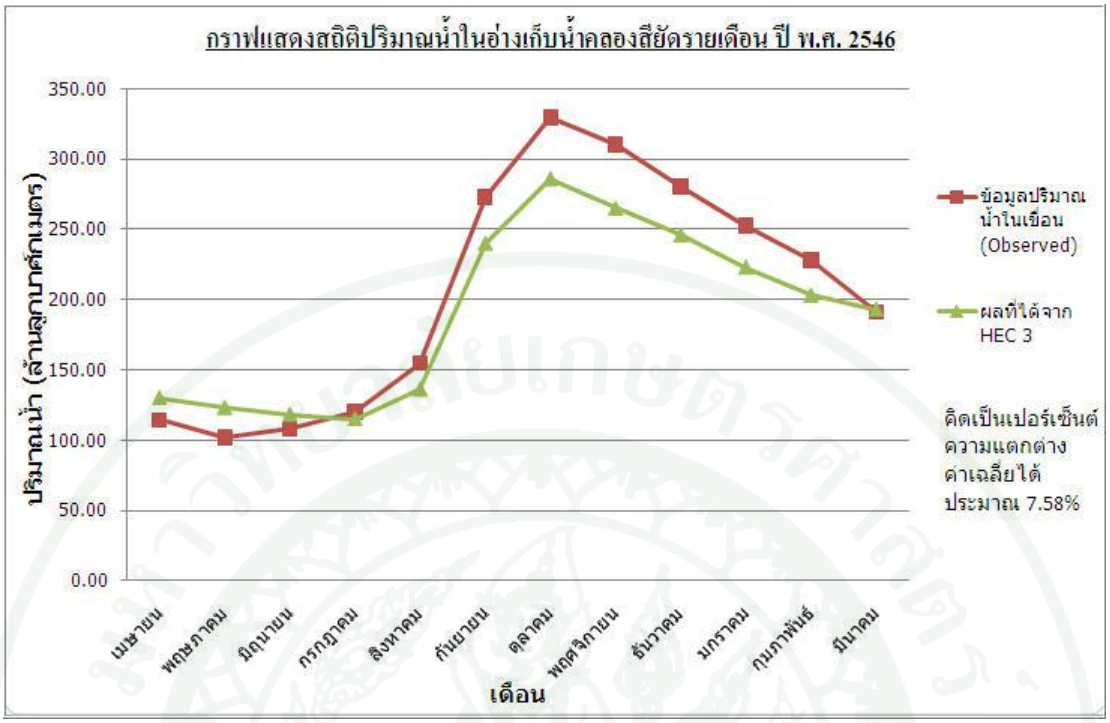
(ก)



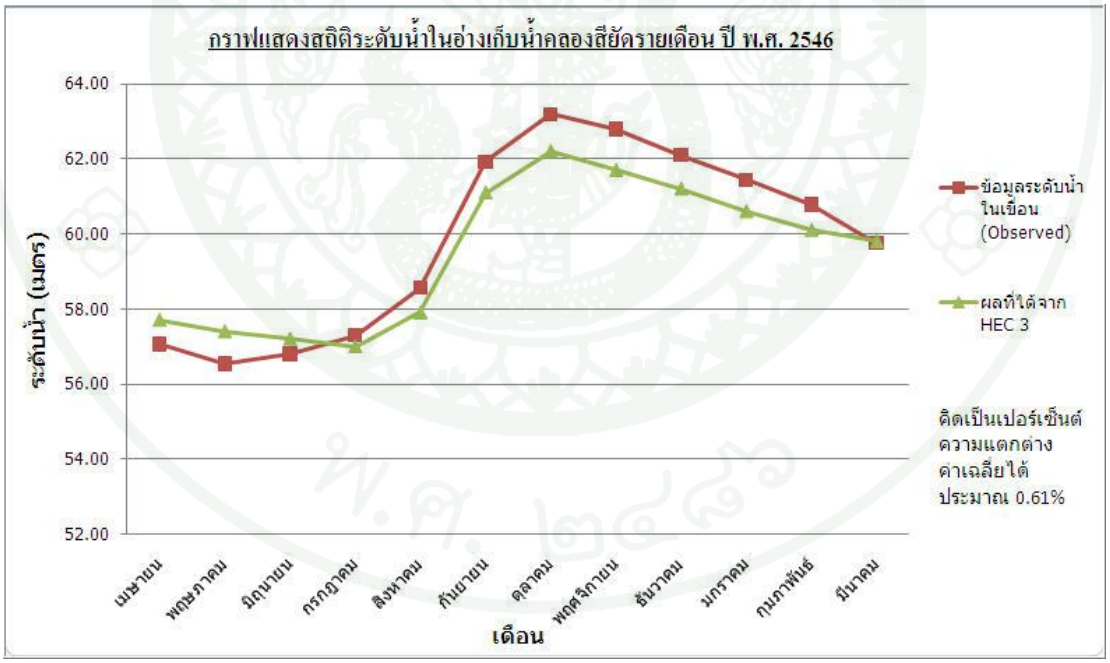
(ข)

ภาพที่ 32 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2545

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



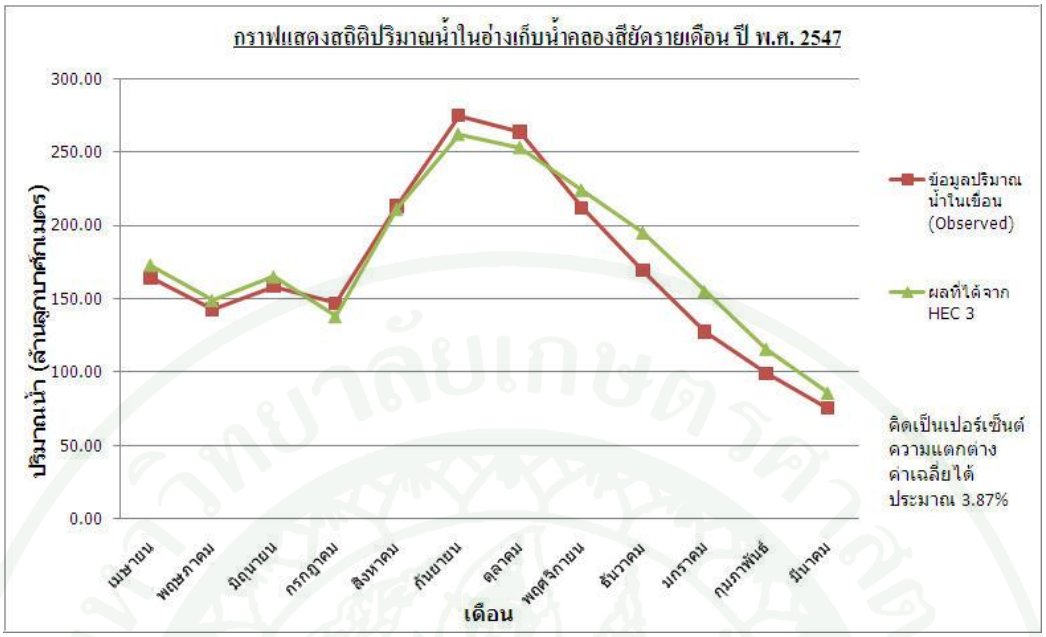
(ก)



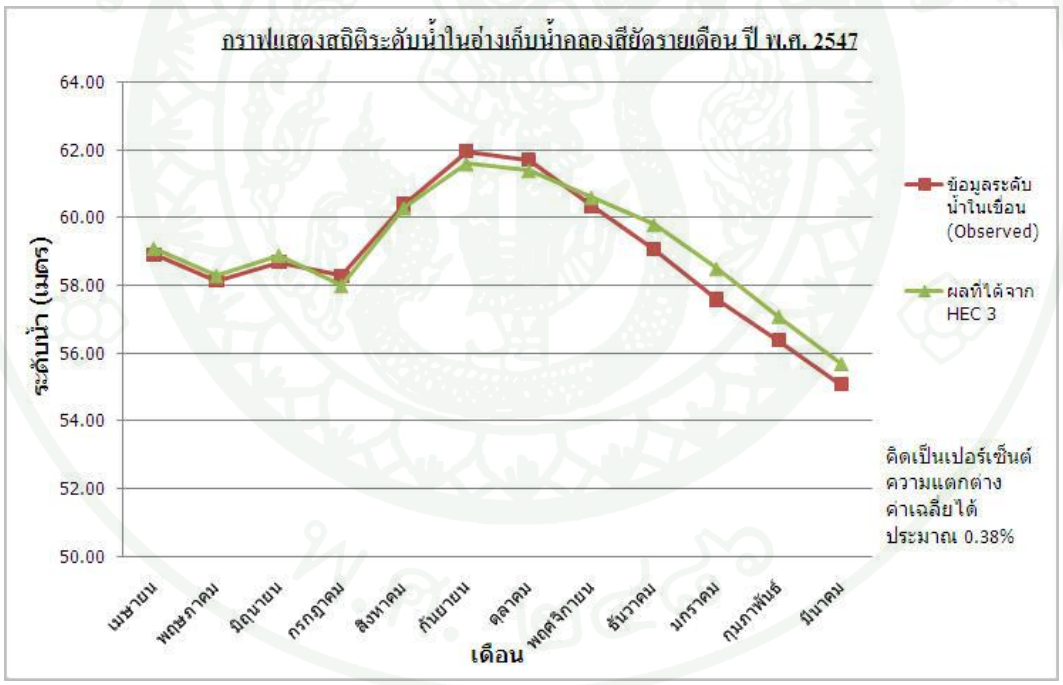
(ข)

ภาพที่ 33 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลอง ปี พ.ศ.2546

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



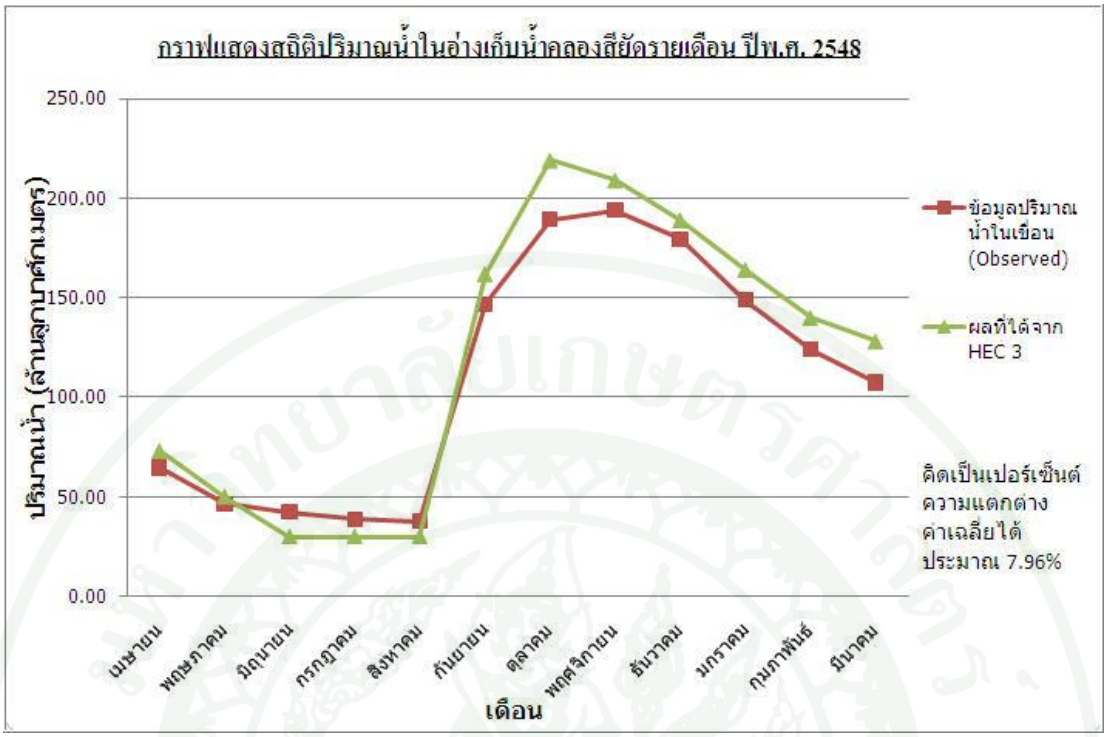
(ก)



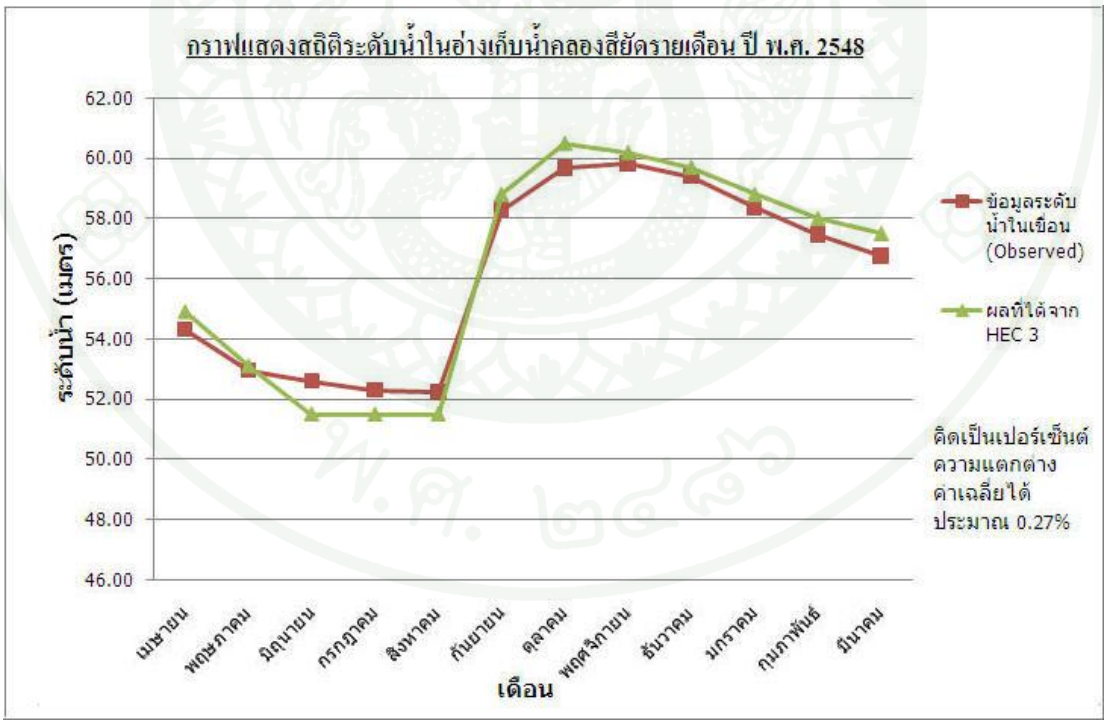
(ข)

ภาพที่ 34 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลอง ปี พ.ศ.2547

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



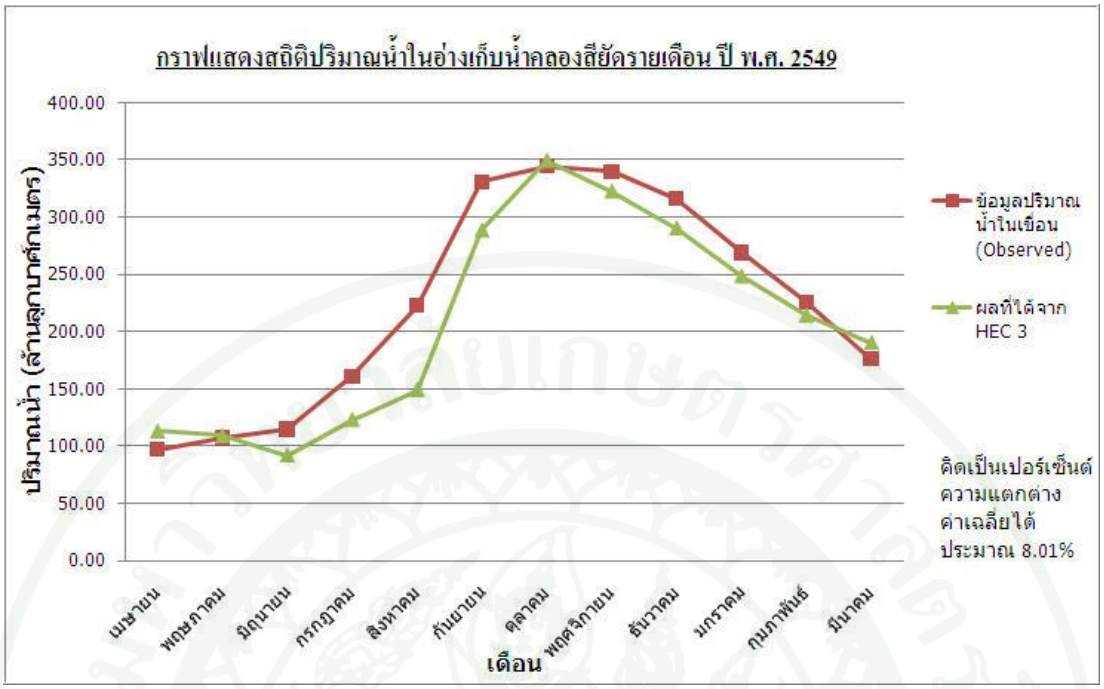
(ก)



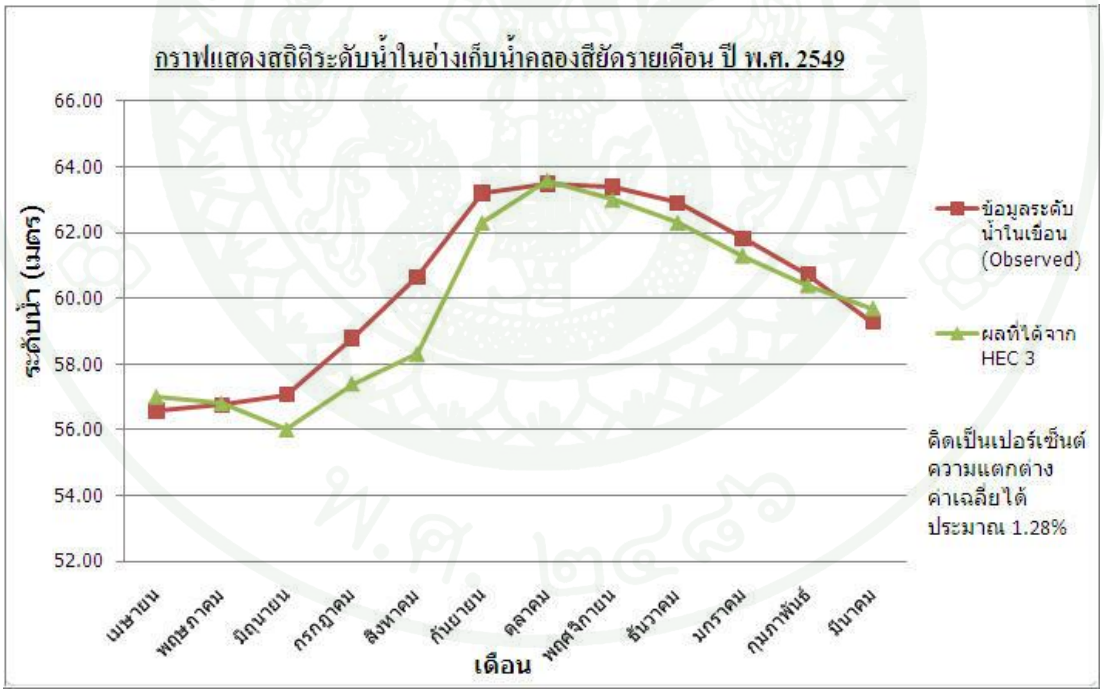
(ข)

ภาพที่ 35 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2548

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



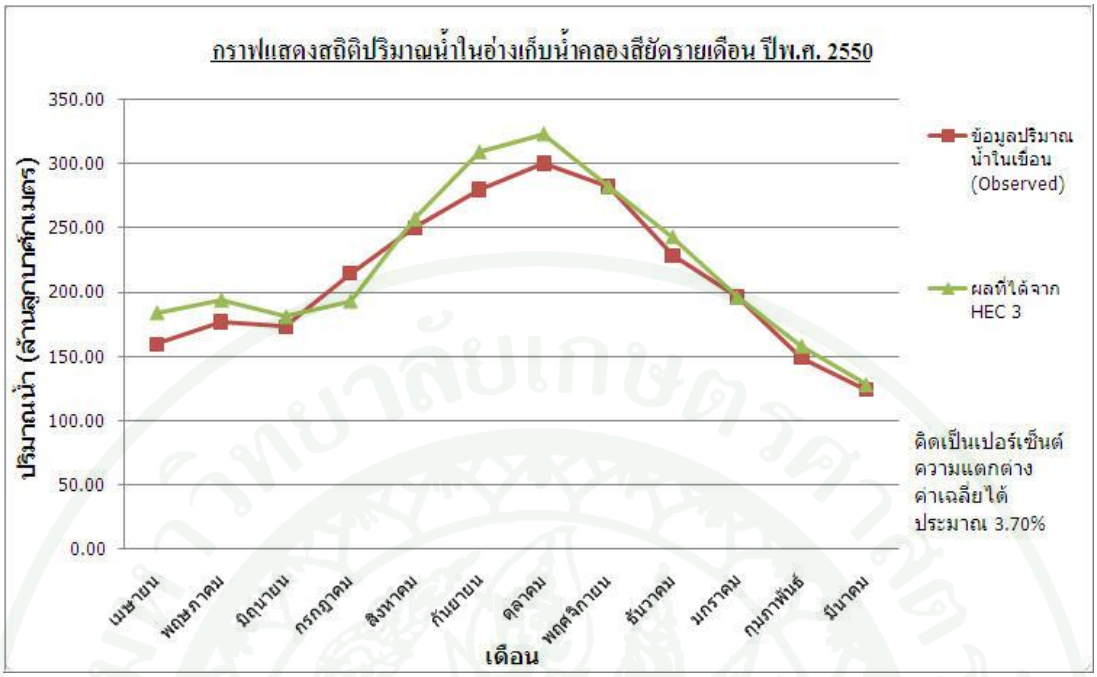
(ก)



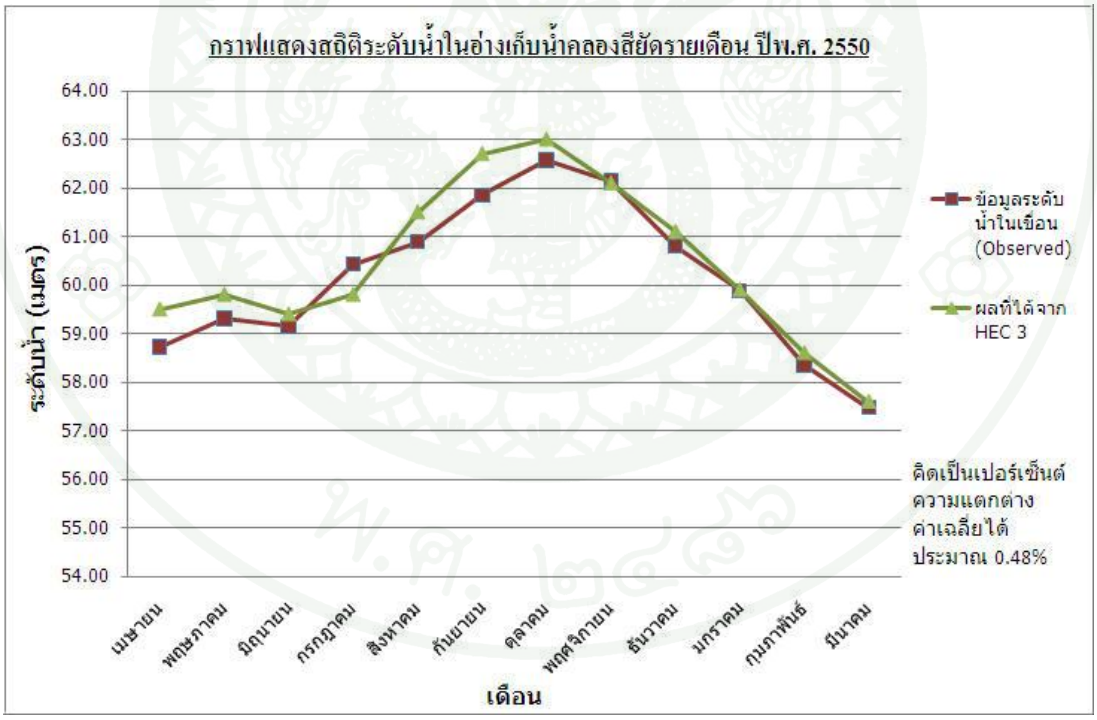
(ข)

ภาพที่ 36 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2549

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



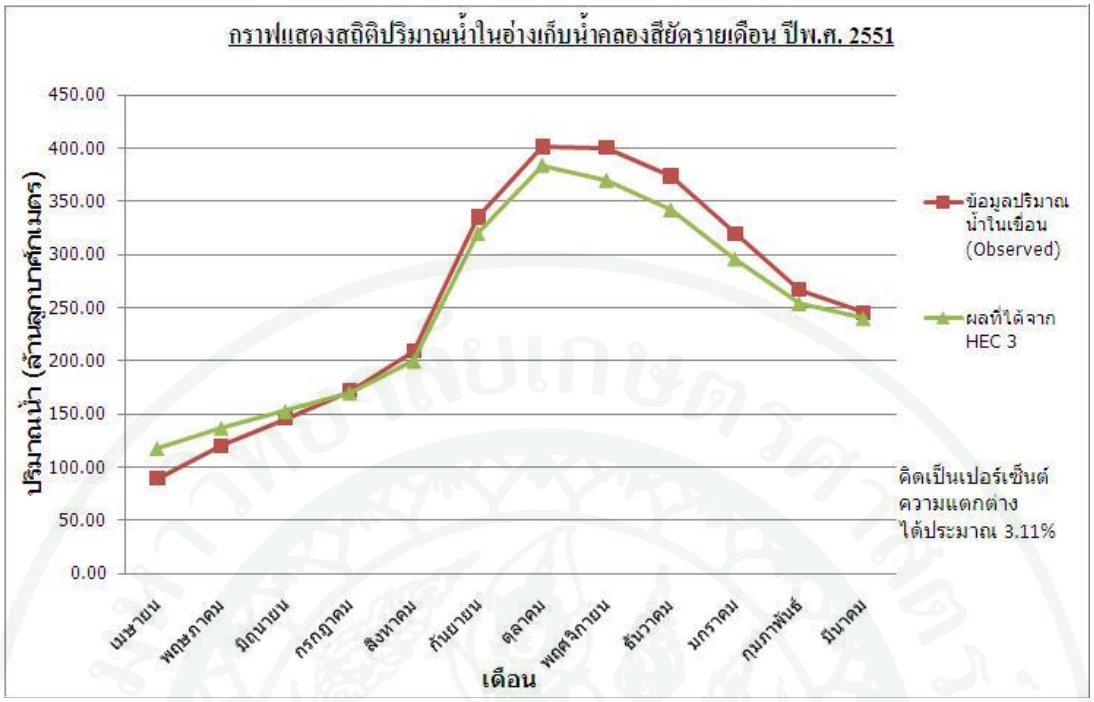
(ก)



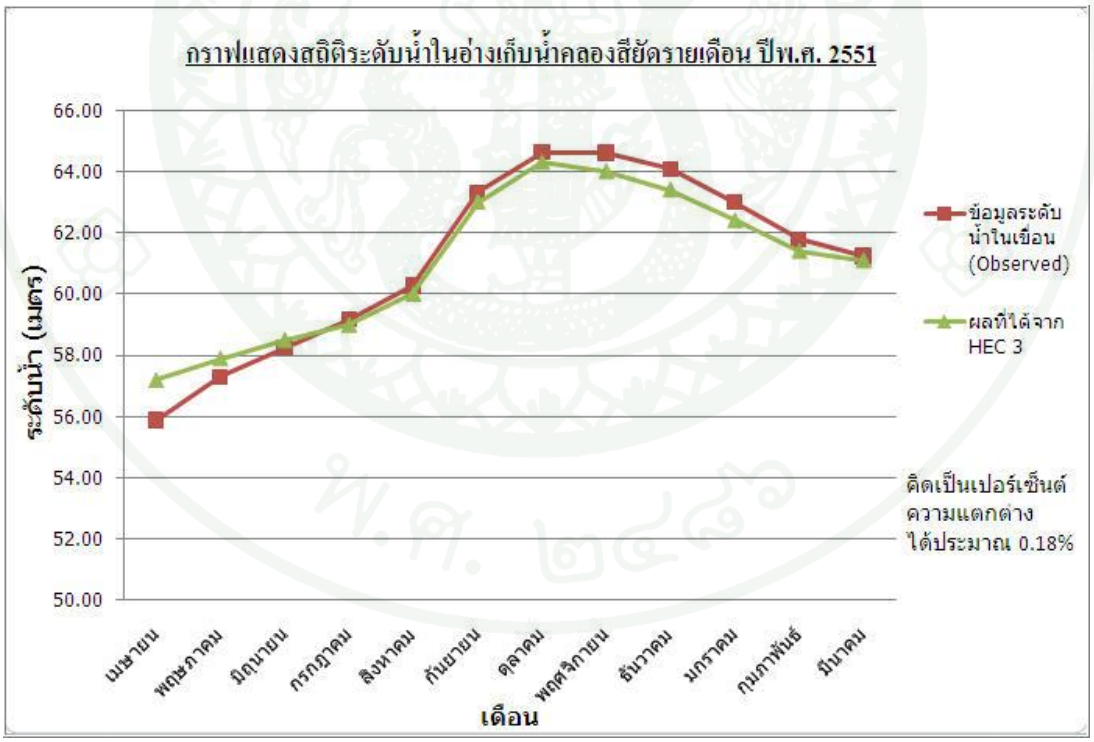
(ข)

ภาพที่ 37 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2550

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



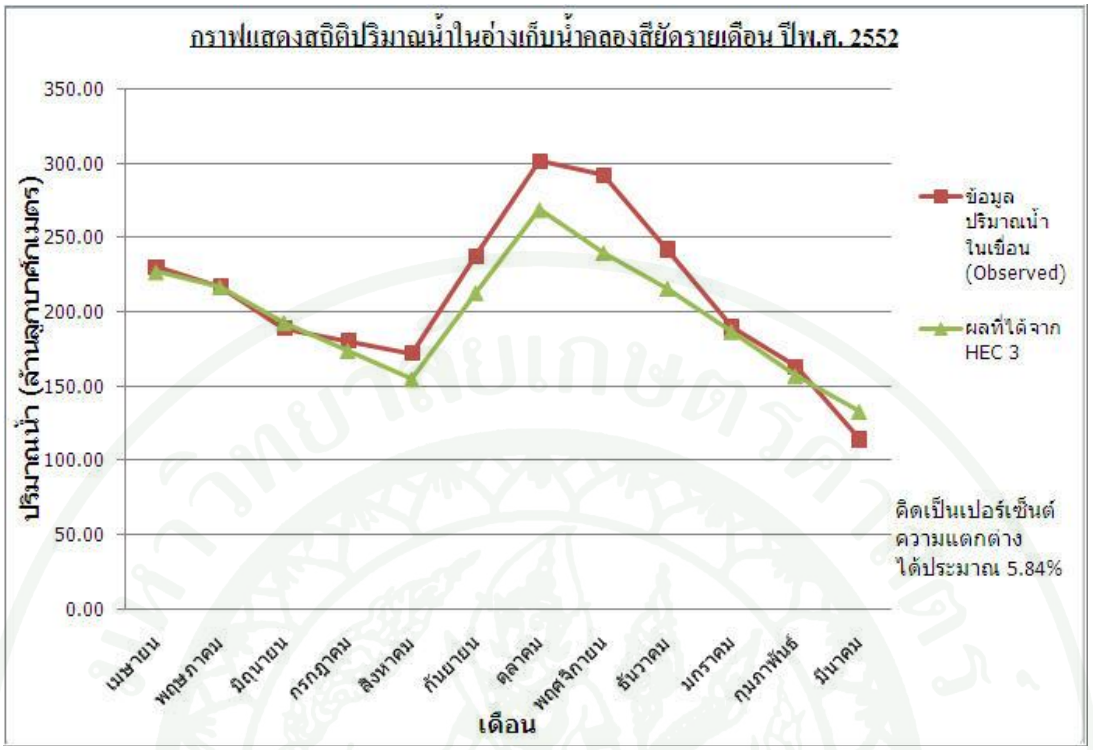
(ก)



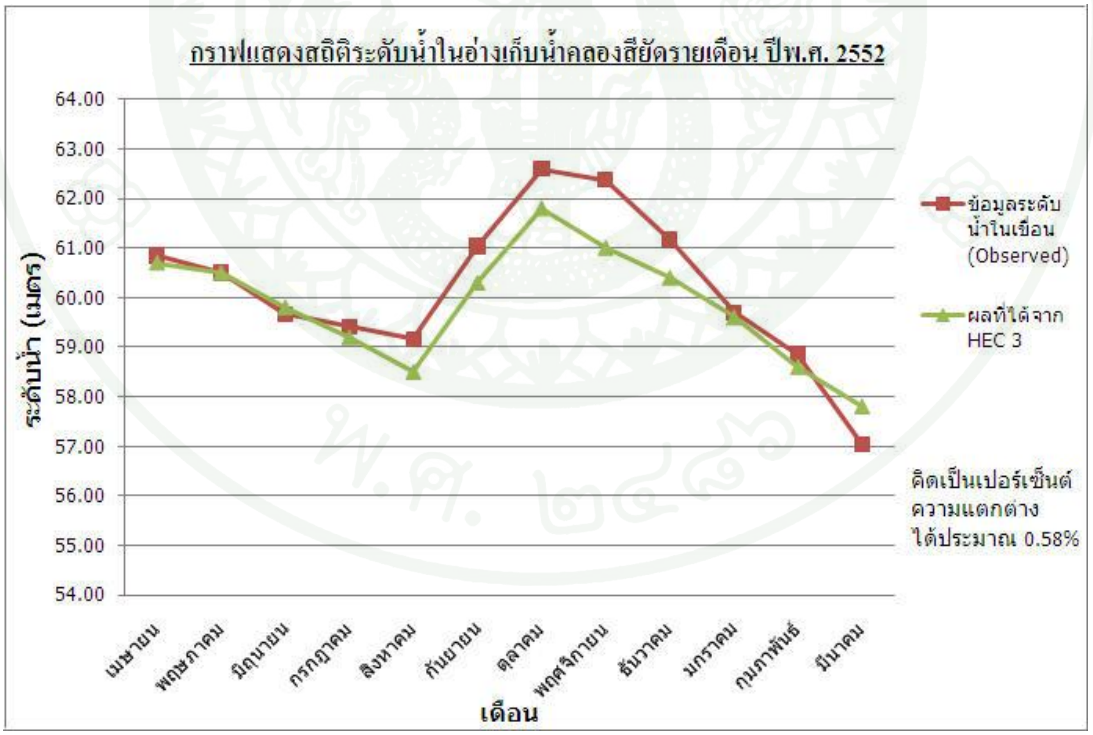
(ข)

ภาพที่ 38 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



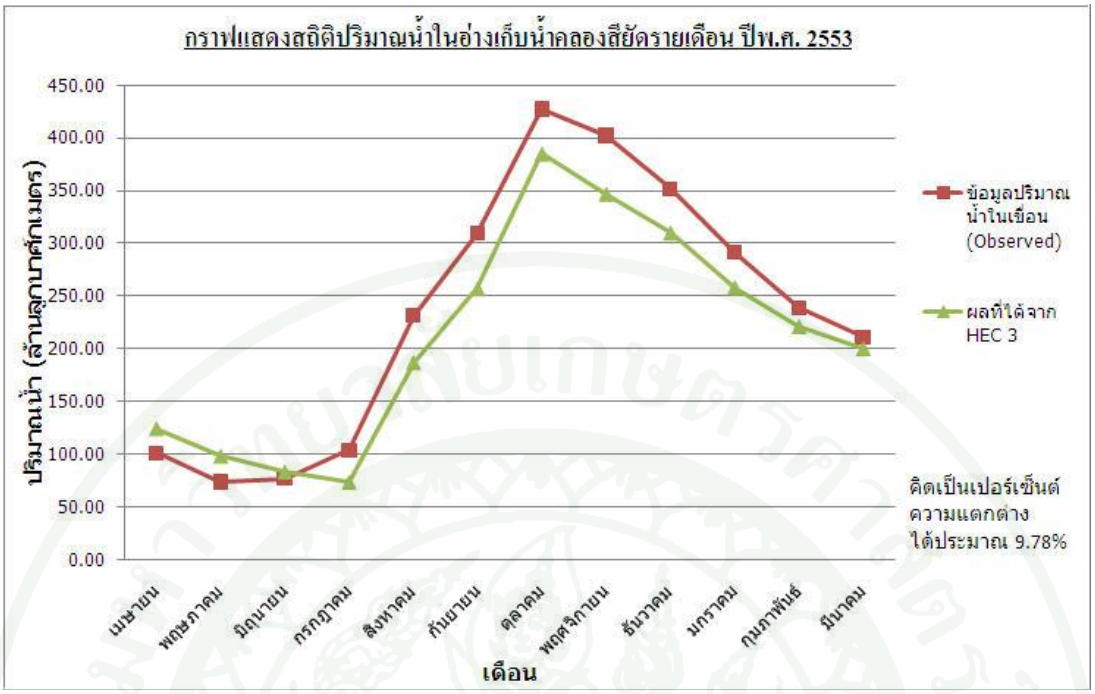
(ก)



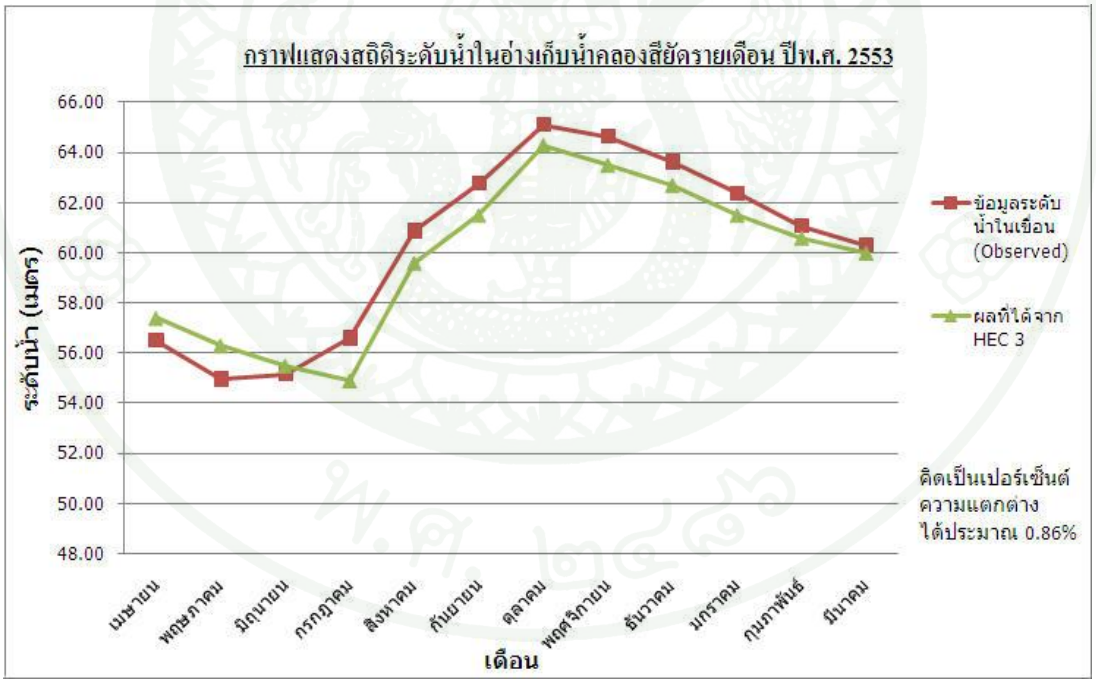
(ข)

ภาพที่39 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



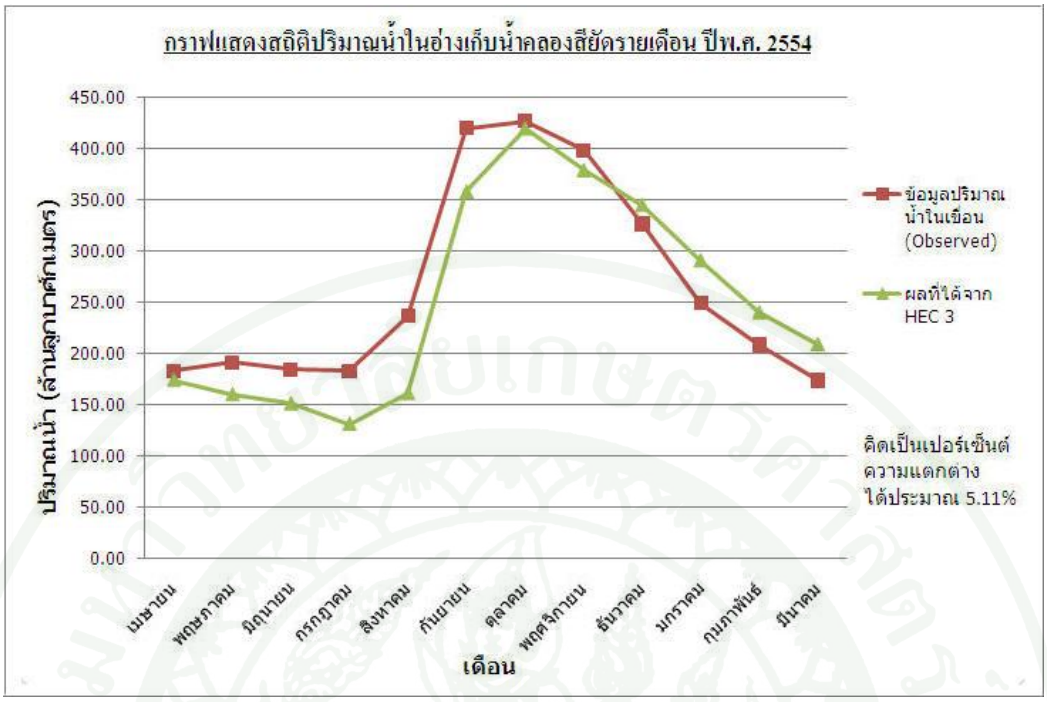
(ก)



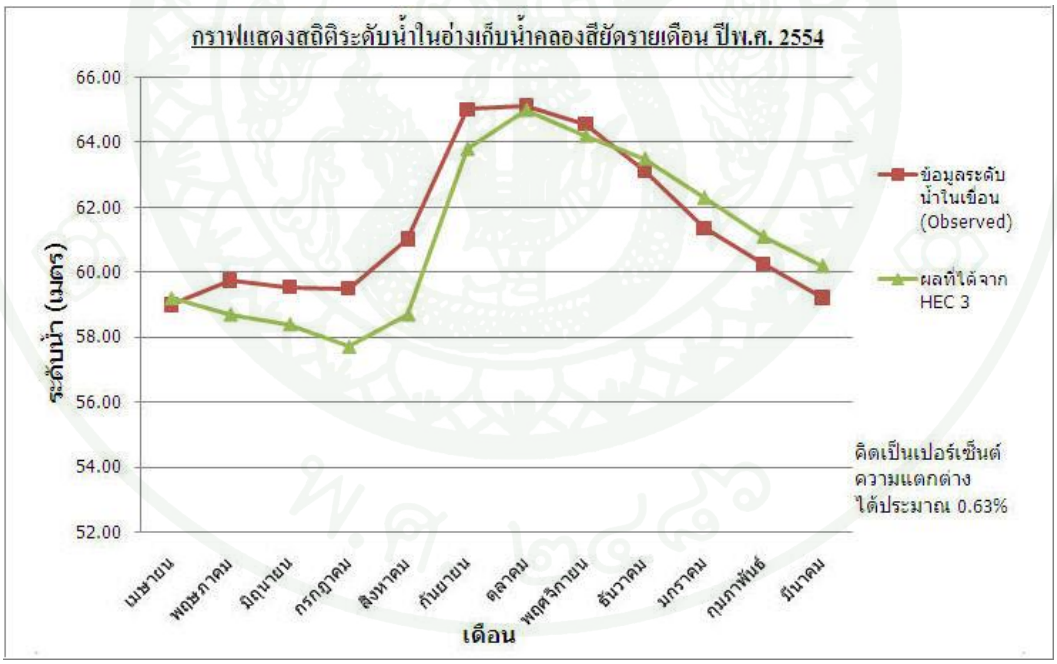
(ข)

ภาพที่ 40 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



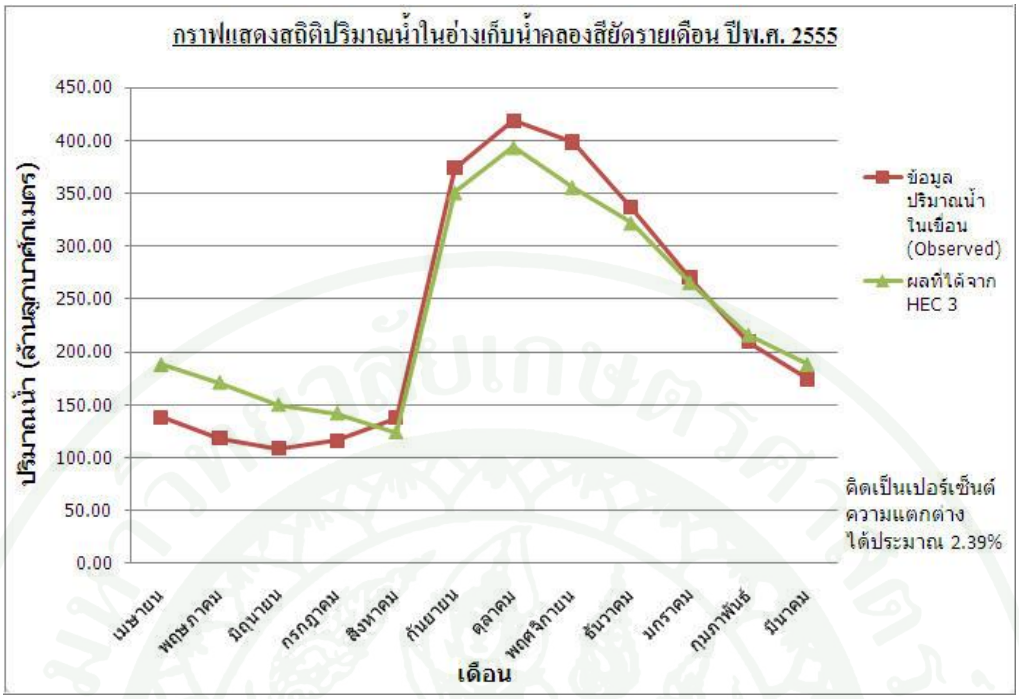
(ก)



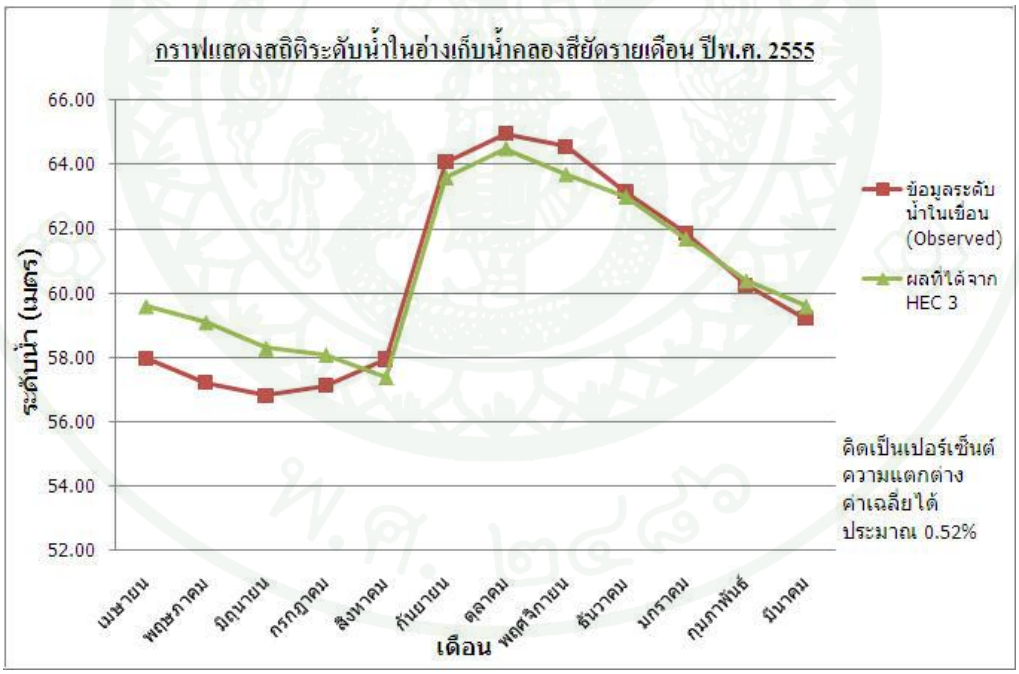
(ข)

ภาพที่ 41 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(ก)



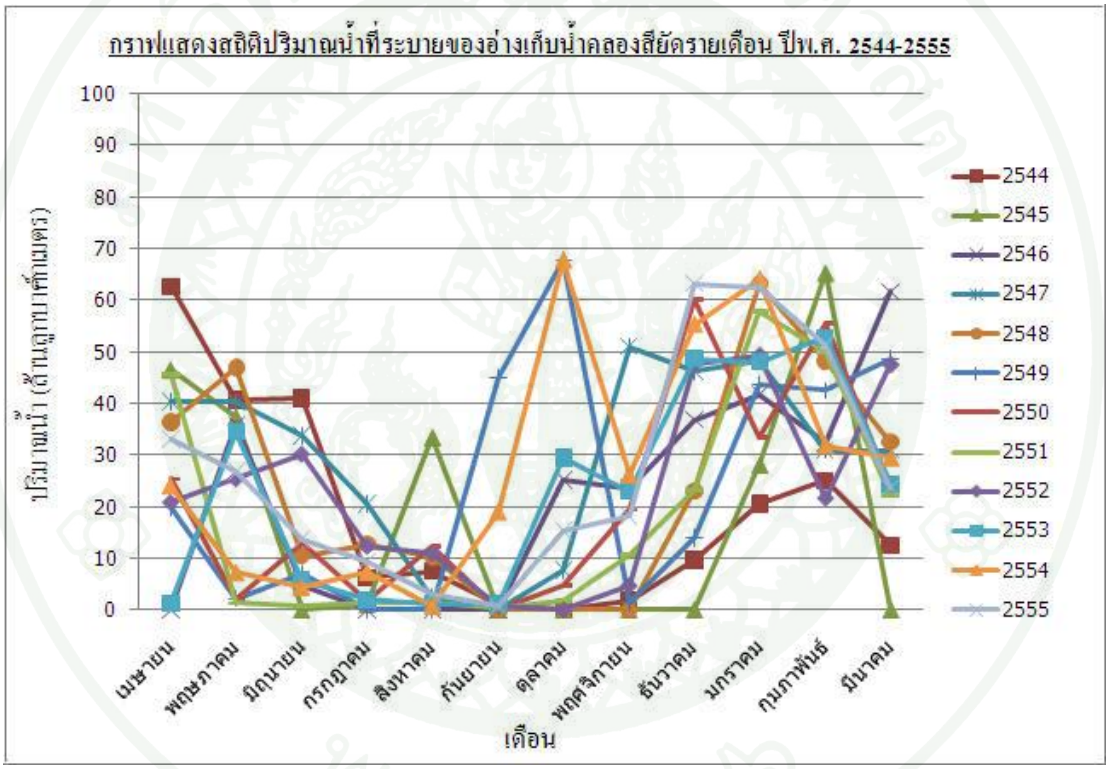
(ข)

ภาพที่ 42 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่าง (ก) และระดับน้ำ(ข) ระหว่างตรวจวัดจริงและแบบจำลองปี พ.ศ.2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

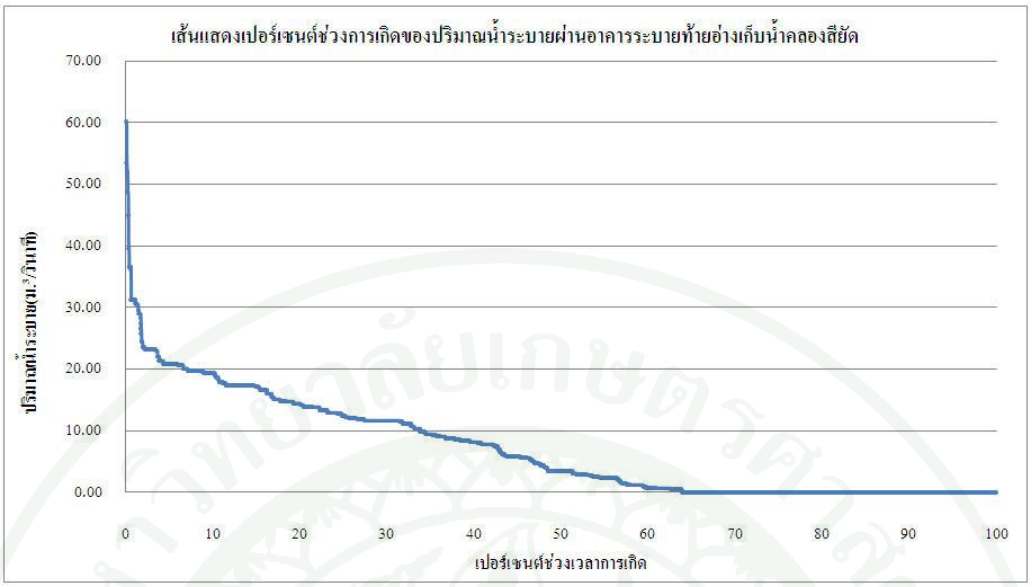
ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองสียัด โดยนำพลังงานน้ำที่ได้จากการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกด้านท้ายอ่าง โดยนำข้อมูลอัตราการไหลมาเขียนเส้นโค้งปริมาณการไหล-ช่วงเวลากราฟ (Flow Duration Curves) ดังแสดงด้านล่าง พบว่า ที่เปอร์เซ็นต์ช่วงการเกิดของปริมาณน้ำระบายท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด ต่างๆ มีค่าอัตราการไหลดังนี้



ภาพที่ 43 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 44 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ช่วงการเกิดของปริมาณน้ำระบายท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ช่วงการเกิดของปริมาณน้ำระบายท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด

เปอร์เซ็นต์ช่วงการเกิด	อัตราการไหล(cms.))	P.F
50%	3.5	0.50
42%	7.0	0.42
33%	10.5	0.33
PLANT FACTOR		0.42

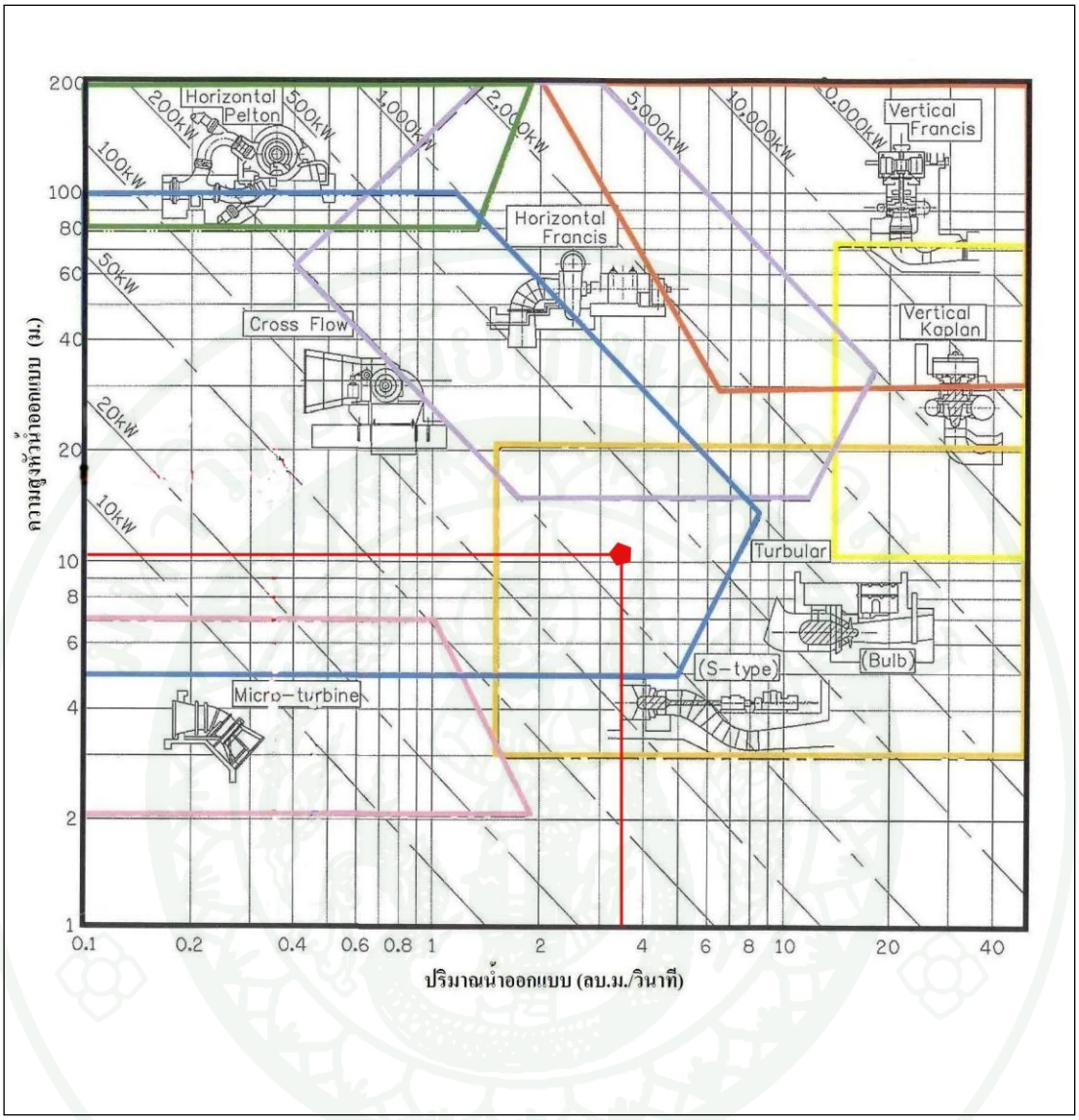
การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ

จากการศึกษาข้อมูลด้านศักยภาพของกำลังไฟฟ้าและความสูง (Head) ของระดับน้ำในโครงการหากติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่ด้านท้ายอาคารระบายน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัด โดยอาศัยน้ำที่ปล่อยผ่านอาคารระบายน้ำท้ายอ่างโดยมีปริมาณน้ำเหมาะสมสำหรับการออกแบบ 3.50 ลบ.ม./วินาที และมีความสูงของน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ(ระดับน้ำเหนือน้ำ – ระดับธรณีท่อ) ประมาณ 11.25 เมตร พบว่ากังหันน้ำประเภท Reaction ชนิด Kaplan มีความเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากที่สุด เพราะมีลักษณะสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น เหมาะกับ head ที่ต่ำมีเส้นโค้งประสิทธิภาพที่ลาด (คือไม่ชันมาก) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งกำลังการผลิตและประสิทธิภาพไม่ค่อยจะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราการไหลซึ่งจะต้องมีตลอดเวลาตามธรรมชาติของการใช้น้ำชลประทาน กังหันน้ำชนิด Kaplan มีรอบการหมุนที่มีความเร็วสูงเหมาะกับการต่อตรงเข้ากับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถวางแนวแกนของการหมุนได้ตามความเหมาะสมทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ทั้งยังมีขนาดเล็กที่สุดในบรรดากังหันน้ำทั้งหมด (ในขนาดกำลังผลิตที่เท่ากัน) เพราะมีลักษณะสมบัติของความเร็วจำเพาะ (Specific Speed) สูงที่สุด ทำให้ราคาต่อหน่วยถูกกว่าราคาเครื่องกังหัน Reaction ชนิดอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ของหัวน้ำออกแบบและปริมาณน้ำของเครื่องกังหันชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปรายละเอียดองค์ประกอบโครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

เครื่องกังหันน้ำ	ชนิด	Kaplan
ปริมาณน้ำออกแบบ	3.50	ลบ.ม./วินาที
ความสูงหัวน้ำออกแบบ	11.25	เมตร
จำนวน	3.0	เครื่อง
Plant Factor	0.42	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW

ผลการวิเคราะห์กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า

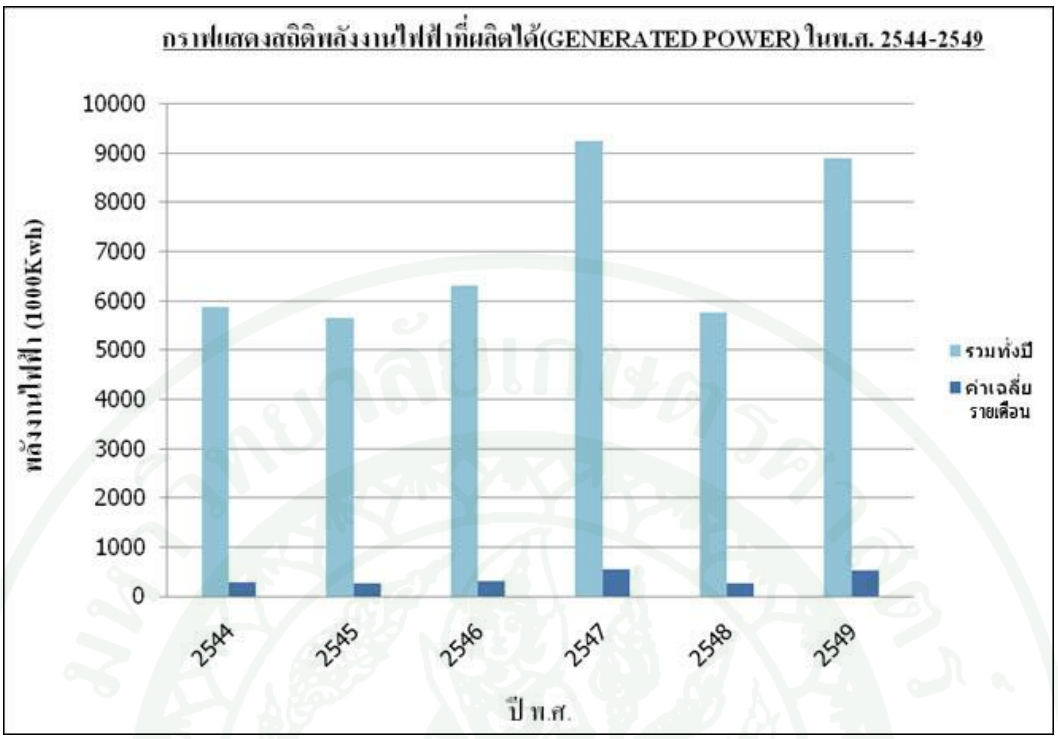
กรณีศึกษาที่ 1 วิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 63.100 ม. (รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 325 ล้าน ลบ.ม. (ก่อนเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ)

ตารางที่ 8 แสดงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนในปีกรณีศึกษาที่ 1

หน่วย เมกะวัตต์-ชั่วโมง

พ.ศ.	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	ค่าเฉลี่ย
2544	435	561	422	217	217	210	217	210	217	217	196	217	5880	278
2545	463	217	210	217	217	210	217	210	217	526	196	217	5662	260
2546	210	217	210	217	217	210	217	562	481	562	445	217	6311	314
2547	522	661	502	607	700	210	217	724	689	757	675	441	9252	559
2548	210	217	155	51	80	210	217	450	438	526	445	217	5764	268
2549	424	217	425	217	623	210	757	733	757	757	684	534	8887	528
ค่าเฉลี่ย	377	348	321	254	342	210	307	482	467	558	440	307	4413	368
ค่าสูงสุด	522	661	502	607	700	210	757	733	757	757	684	534	9252	559
ค่าต่ำสุด	210	217	155	51	80	210	217	210	217	217	196	217	5662	260

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 46 กราฟแสดงสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กรณีศึกษาที่ 1)

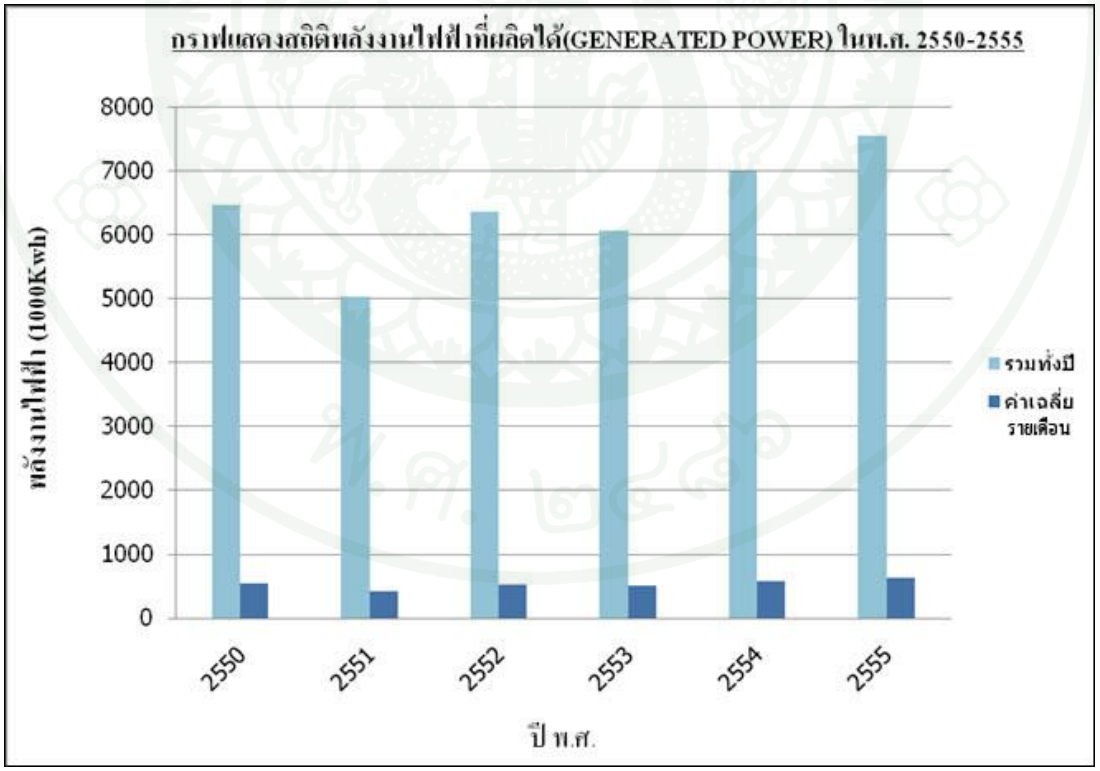
กรณีศึกษาที่ 2 วิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 65.000 ม.(รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 420 ล้าน ลบ.ม. (ภายหลังเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 แสดงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนในกรณีศึกษาที่ 2

หน่วย เมกะวัตต์-ชั่วโมง

พ.ศ.	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	ค่าเฉลี่ย
2550	210	217	433	661	649	210	589	733	757	757	684	562	6462	539
2551	210	217	210	217	217	210	217	733	757	757	684	594	5023	419
2552	592	591	657	507	481	210	217	733	629	652	637	452	6358	530
2553	210	616	424	461	217	210	447	733	757	757	684	548	6064	505
2554	643	596	210	505	468	210	669	733	757	757	684	757	6989	582
2555	540	586	611	509	757	252	648	733	757	757	684	726	7560	630
ค่าเฉลี่ย	401	471	424	477	465	217	465	733	736	740	676	607	6409	534
ค่าสูงสุด	643	616	657	661	757	252	669	733	757	757	684	757	7560	630
ค่าต่ำสุด	210	217	210	217	217	210	217	733	629	652	637	452	5023	419



ภาพที่ 47 กราฟแสดงสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กรณีศึกษาที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

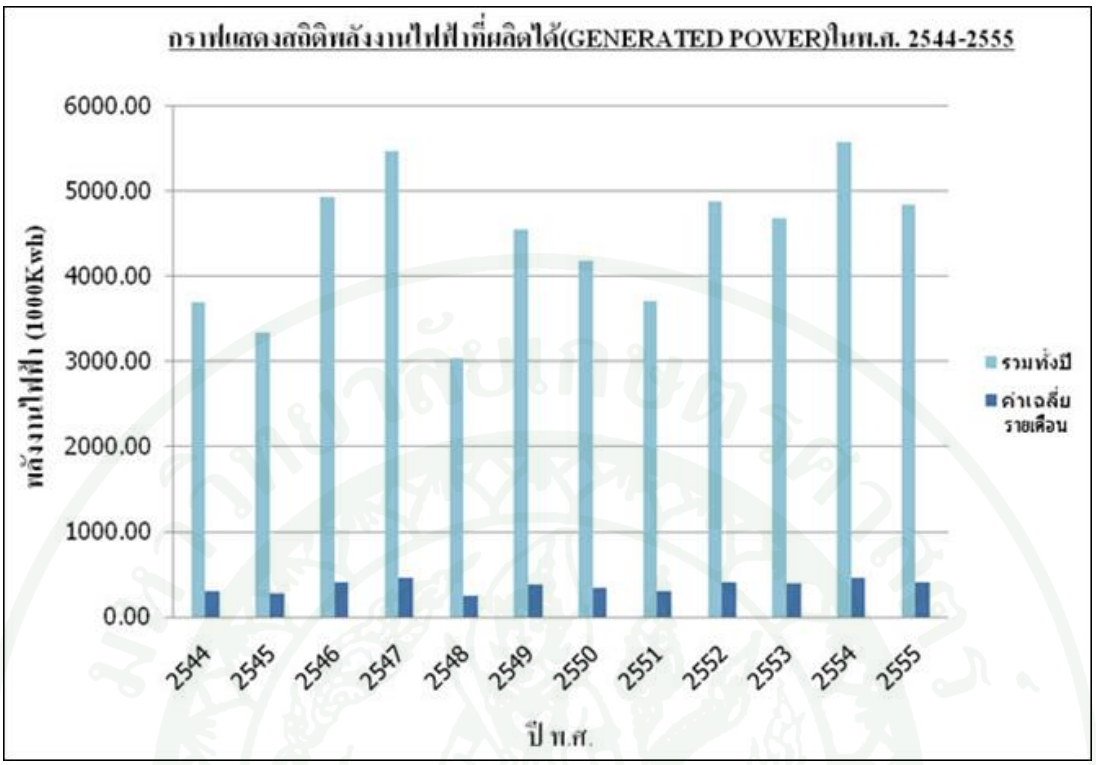
กรณีศึกษาที่ 3 วิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ จากข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ระบายผ่านอาคารระบายน้ำลงสู่พื้นที่รับน้ำด้านท้ายน้ำ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง ปี พ.ศ. 2555

ตารางที่ 10 แสดงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนในกรณีศึกษาที่ 3

หน่วยเมกะวัตต์-ชั่วโมง

พ.ศ.	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	ค่าเฉลี่ย
2544	733	730	685	0	0	0	0	0	241	485	553	266	3694	308
2545	733	653	0	0	631	0	0	0	0	594	733	0	3345	279
2546	0	506	0	0	0	0	746	674	757	757	733	757	4930	411
2547	733	718	644	373	0	0	0	733	757	757	424	330	5469	456
2548	324	268	0	0	0	0	0	0	478	757	733	475	3036	253
2549	407	0	0	0	0	733	757	0	405	757	733	757	4549	379
2550	486	0	265	0	298	0	0	530	757	730	733	380	4180	348
2551	572	0	0	0	0	0	0	351	737	757	733	555	3705	309
2552	502	592	645	257	221	0	0	0	757	757	422	724	4876	406
2553	0	360	0	0	0	0	757	758	757	757	733	559	4680	390
2554	476	0	0	0	0	643	757	858	757	757	724	599	5572	464
2555	577	420	0	0	0	0	515	600	757	757	733	482	4841	403
ค่าเฉลี่ย	462	354	187	53	96	115	294	375	597	718	666	490	4406	367
ค่าสูงสุด	733	730	685	373	631	733	757	858	757	757	733	757	5572	464
ค่าต่ำสุด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	485	422	0	3036	253

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 48 กราฟแสดงสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กรณีศึกษาที่ 3)

ผลการประเมินผลประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ด้านต้นทุน

ต้นทุนของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังงานน้ำ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ค่าลงทุนของโครงการ และค่าใช้จ่ายรายปีในการดำเนินการและบำรุงรักษาหลังก่อสร้างเสร็จ

(1) ค่าลงทุนโครงการ (Investment Cost) แยกตามลักษณะประเภทของงานในแต่ละด้านได้แก่ งานโยธา งานเครื่องกล-ไฟฟ้า และงานระบบส่งไฟฟ้า ซึ่งแสดงในตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ค่าลงทุนโครงการ (Investment Cost)

รายการ	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3	
	เศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	การเงิน (ล้านบาท)	เศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	การเงิน (ล้านบาท)	เศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	การเงิน (ล้านบาท)
- งานโยธา	26.35	29.94	26.35	29.94	26.35	29.94
- งานเครื่องกล-ไฟฟ้า	58.39	64.88	58.39	64.88	58.39	64.88
- งานระบบส่งไฟฟ้า	4.49	4.99	4.49	4.99	4.49	4.99
รวม (ปีฐาน พ.ศ. 2556)	89.23	99.81	89.23	99.81	89.23	99.81

(2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Cost) ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าอุปกรณ์สำนักงาน ค่าอุปกรณ์ในการบำรุงรักษา งานที่ต้องทำในช่วงดำเนินการ เพื่อให้ผลประโยชน์เกิดขึ้นตามเป้าหมาย ฯลฯ จะเริ่มในปีที่ 2 คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ 4.14 ล้านบาท/ปี คิดเป็นมูลค่า ทางการเงิน 4.71 ล้านบาท/ปี

ผลประโยชน์ของโครงการ

(1) ด้านผลประโยชน์ด้านไฟฟ้าของโครงการที่ได้จากกำลังผลิตติดตั้ง 885 กิโลวัตต์ และพบว่าพลังงานไฟฟ้าผลิตได้ต่อปี คิดเป็นผลประโยชน์โครงการด้านพลังงานไฟฟ้า (Energy Benefit) ในกรณีศึกษาต่างๆดังตาราง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าหน่วยละ 2.3137 บาท/kW-hr)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลประโยชน์ด้านไฟฟ้า (Energy Benefit)

รายการ	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3	
	พลังงานไฟฟ้าผลิตได้ (กิโลวัตต์. ชั่วโมง. ต่อปี)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (ล้านบาทต่อปี)	พลังงานไฟฟ้าผลิตได้ (กิโลวัตต์. ชั่วโมง. ต่อปี)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (ล้านบาทต่อปี)	พลังงานไฟฟ้าผลิตได้ (กิโลวัตต์. ชั่วโมง. ต่อปี)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (ล้านบาทต่อปี)
ผลประโยชน์ด้านไฟฟ้า (Energy Benefit)	4,413,000	10,210,358	6,409,000	14,828,503	4,406,000	10,194,162

(2) ด้านผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม

ในการศึกษาพบว่าในแต่ละปีมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงในกรณีศึกษาต่างๆ คิดค่าราคาก๊าซเรือนกระจก ในแต่ละกรณีศึกษาต่างดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1. ค่าราคาก๊าซเรือนกระจก 438,587 บาทต่อปี
กรณีศึกษาที่ 2. ค่าราคาก๊าซเรือนกระจก 636,960 บาทต่อปี
กรณีศึกษาที่ 3. ค่าราคาก๊าซเรือนกระจก 437,891 บาทต่อปี

ผลวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำในแต่ละกรณีศึกษา มีค่าดัชนีต่างๆ สรุปได้ดังตาราง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 1.

รายการ	อัตราส่วนลด		
	8%	10%	12%
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (ล้านบาท)	135.85	128.27	122.59
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (ล้านบาท)	119.88	100.39	85.78
ผลประโยชน์สุทธิ : B-C (ล้านบาท)	- 15.97	- 27.88	- 36.81
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน : B/C	0.88	0.78	0.70
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : NPV (ล้านบาท)	- 15.97	- 27.88	- 36.81
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ : EIRR		6.04%	
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน : FIRR		5.22%	
ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม : AIC(บาท/กิโลวัตต์-ชม.)	0.97	1.03	1.08

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 2.

รายการ	อัตราส่วนลด		
	8%	10%	12%
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (ล้านบาท)	135.85	128.27	122.59
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (ล้านบาท)	174.11	145.79	124.58
ผลประโยชน์สุทธิ : B-C (ล้านบาท)	38.26	17.52	1.99
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน : B/C	1.28	1.14	1.02
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : NPV (ล้านบาท)	38.26	17.52	1.99
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ : EIRR		12.30%	
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน : FIRR		11.35%	
ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม : AIC (บาท/กิโลวัตต์-ชม.)	1.42	1.50	1.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 3.

รายการ	อัตราส่วนลด		
	8%	10%	12%
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (ล้านบาท)	135.85	128.27	122.59
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (ล้านบาท)	119.69	100.23	85.64
ผลประโยชน์สุทธิ : B-C (ล้านบาท)	- 16.16	- 28.04	- 36.95
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน : B/C	0.88	0.78	0.70
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : NPV (ล้านบาท)	- 16.16	- 28.04	- 36.95
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ : EIRR		6.01%	
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน : FIRR		5.19%	
ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม : AIC (บาท/กิโลวัตต์-ชม.)	0.97	1.03	1.08

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดสำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ สรุปผลการวิเคราะห์ในสภาวะต่างๆดังนี้ สภาวะผลกระทบจากต้นทุนเพิ่ม 10%, สภาวะผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าลด 10% และ สภาวะผลกระทบจากต้นทุนเพิ่ม 10%,และพลังงานไฟฟ้าลด 10%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 1.

รายการ	กรณีศึกษาที่ 1.			
	กรณีฐาน	ต้นทุนเพิ่ม 10%	พลังงานลด 10%	ต้นทุนเพิ่ม 10% พลังงานลด 10%
1.ราคาค่าก่อสร้างด้านเศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	89.232	98.155	89.232	98.155
2.ค่าดำเนินการรายปี(ล้านบาท)	4.141	4.555	4.141	4.555
3.พลังงานไฟฟ้าสุทธิ(ล้านหน่วย/ปี)	4.413	4.413	3.972	3.972
4.อัตราผลตอบแทน (EIRR%)	6.036	4.600	4.450	3.030
5.ผลประโยชน์สุทธิที่อัตราส่วนลด 8%	-15.968	- 29.553	- 27.947	- 41.536
6.ผลประโยชน์ต่อทุนที่อัตราส่วนลด 8%	0.882	0.802	0.790	0.720
7.ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม (AIC)	1.821	1.890	1.790	1.970

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 2.

รายการ	กรณีศึกษาที่ 2.			
	กรณีฐาน	ต้นทุนเพิ่ม 10%	พลังงานลด 10%	ต้นทุนเพิ่ม 10% พลังงานลด 10%
1.ราคาค่าก่อสร้างด้านเศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	89.232	98.155	89.232	98.155
2.ค่าดำเนินการรายปี(ล้านบาท)	4.141	4.555	4.141	4.555
3.พลังงานไฟฟ้าสุทธิ(ล้านหน่วย/ปี)	6.409	6.409	5.768	5.768
4.อัตราผลตอบแทน(EIRR%)	12.300	10.570	10.570	8.830
5.ผลประโยชน์สุทธิที่อัตราส่วนลด 8%	38.255	24.670	22.220	7.742
6.ผลประโยชน์ต่อทุนที่อัตราส่วนลด 8%	1.282	1.170	1.160	1.050
7.ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม (AIC)	1.254	1.220	1.220	1.350

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตามเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 3.

รายการ	กรณีศึกษาที่ 3.			
	กรณีฐาน	ต้นทุนเพิ่ม 10%	พลังงาน ลด 10%	ต้นทุนเพิ่ม 10% พลังงาน ลด 10%
1.ราคาค่าก่อสร้างด้านเศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	99.812	109.793	99.812	109.793
2.ค่าดำเนินการรายปี(ล้านบาท)	4.141	4.555	4.141	4.555
3.พลังงานไฟฟ้าสุทธิ(ล้านหน่วย/ปี)	4.406	4.406	3.965	3.965
4.อัตราผลตอบแทน(EIRR%)	6.012	4.570	4.420	3.010
5.ผลประโยชน์สุทธิที่อัตราส่วนลด 8%	-16.158	- 29.742	- 28.137	- 41.730
6.ผลประโยชน์ต่อทุนที่อัตราส่วนลด 8%	0.881	0.740	0.790	0.720
7.ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม (AIC)	1.824	3.360	1.790	1.970

ผลการวิเคราะห์กรณีศึกษาต่างๆ

ผลการวิเคราะห์แนวทางการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัด สำหรับการชลประทานและการไฟฟ้าพลังน้ำตามศักยภาพที่มีอยู่โดยไม่กระทบกับการส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานหรือผู้ใช้น้ำเดิมในกรณีศึกษาต่างๆสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 จากการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 63.100 ม.(รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 325 ล้าน ลบ.ม. (ก่อนเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ) พบว่าเมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ณ อัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 8 พบว่าโครงการมีศักยภาพความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นไปได้และมีความเหมาะสมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงินต่ำกล่าวคืออัตราผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์และด้านการเงิน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) เป็นลบเท่ากับ - 15.97 ล้านบาทซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ(EIRR) เท่ากับร้อยละ 6.04 อัตราผลตอบแทนทางการเงิน(FIRR) เท่ากับร้อยละ 5.22 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนดไว้ และมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเพราะเมื่อศึกษาในสภาวะเลวร้ายที่สุด (ต้นทุนเพิ่ม 10%, พลังงานไฟฟ้าลด 10%) พบมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) เป็นลบเท่ากับ - 41.54 ล้านบาทซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ(EIRR) เท่ากับร้อยละ 3.03 ซึ่งอัตราผลตอบแทนต่ำกว่าอัตราส่วนที่เลือกใช้

กรณีศึกษาที่ 2 จากการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 65.000 ม.(รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 420 ล้าน ลบ.ม. (ภายหลังเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ) พบว่าเมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ณ อัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 8 พบว่าโครงการมีศักยภาพความเป็นไปได้และมีความเหมาะสมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน กล่าวคืออัตราผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์และด้านการเงิน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) เป็นลบเท่ากับ 38.26 ล้านบาทซึ่งมีค่ามากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ(EIRR) เท่ากับร้อยละ 12.30 อัตราผลตอบแทนทางการเงิน(FIRR) เท่ากับร้อยละ 11.35 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนดไว้ และมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเพราะเมื่อศึกษาในสภาวะเลวร้ายที่สุด (ต้นทุนเพิ่ม 10%, พลังงานไฟฟ้าลด 10%) พบมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) เป็นลบเท่ากับ 7.742 ล้านบาทซึ่งมีค่ามากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ(EIRR) เท่ากับร้อยละ 8.83 ซึ่งอัตราผลตอบแทนสูงกว่าอัตราส่วนที่เลือกใช้

กรณีศึกษาที่ 3 จากการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำโดยการคำนวณจากข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ระบายผ่านอาคารระบายน้ำลงสู่พื้นที่รับน้ำด้านท้ายน้ำ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง ปี พ.ศ. 2555 พบว่า เมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ณ อัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 8 พบว่าโครงการมีศักยภาพความเป็นไปได้และมีความเหมาะสมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงินต่ำกล่าวคืออัตราผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์และด้านการเงิน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) เป็นลบเท่ากับ - 16.16 ล้านบาทซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ(EIRR) เท่ากับร้อยละ 6.01 อัตราผลตอบแทนทางการเงิน(FIRR) เท่ากับร้อยละ 5.19 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนดไว้ และมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

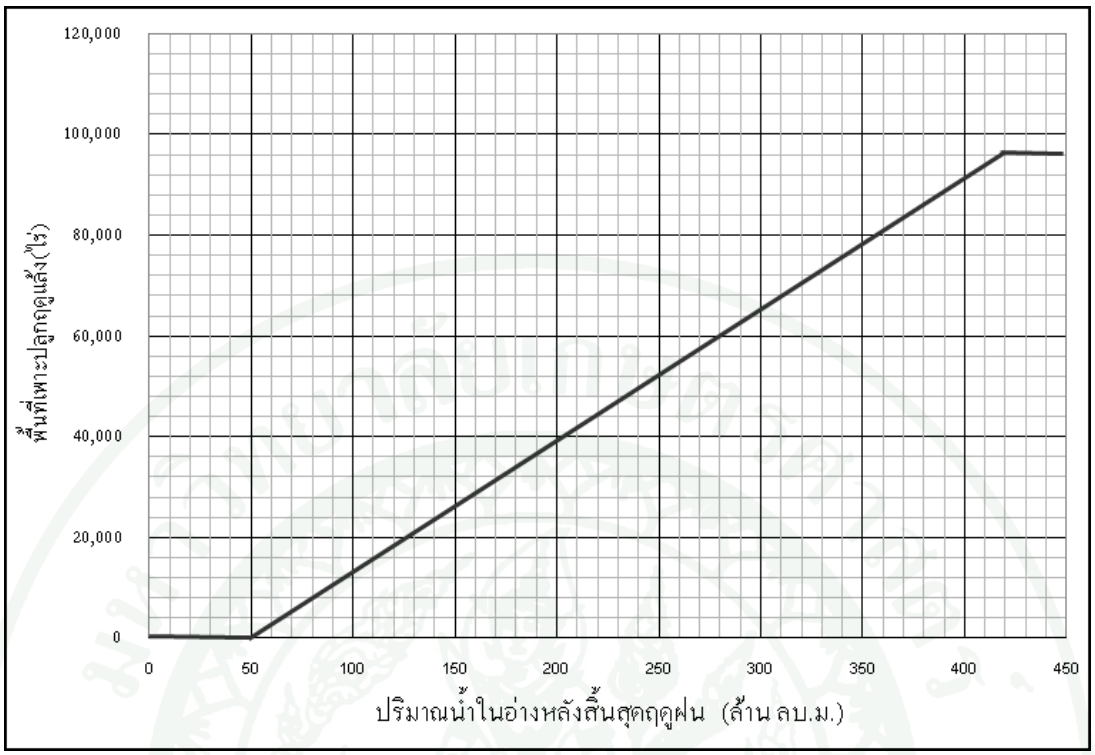
กรณีต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเพราะเมื่อศึกษาในสภาวะเลวร้ายที่สุด (ต้นทุนเพิ่ม 10%, พลังงานไฟฟ้าลด 10%) พบมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) เป็นลบเท่ากับ - 41.73 ล้านบาทซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ(EIRR) เท่ากับร้อยละ 3.01 ซึ่งอัตราผลตอบแทนต่ำกว่าอัตราส่วนที่เลือกใช้

แนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

การวางแผนการส่งน้ำจะต้องทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องหลายด้าน เช่น สถิติด้านอุทกวิทยาในอดีต พื้นที่เพาะปลูก ชนิดพืช ปฏิทินการเพาะปลูก ความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด แต่ละฤดูกาล ฝนใช้การ การซึมลึกในแปลงนา น้ำเตรียมแปลง ประสิทธิภาพระบบชลประทานและระบบคลองส่งน้ำ แต่สิ่งสำคัญคือต้องทราบปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในช่วงสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อจะได้นำมากำหนดพื้นที่เพาะปลูก จัดทำแผนการเพาะปลูก และกิจกรรมอื่นๆที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนที่มีอยู่ เพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนน้ำในระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก และไม่กระทบกับกิจกรรมการใช้น้ำด้านอื่นๆด้วย

จากการวิเคราะห์ศักยภาพของการเพาะปลูกในสภาพปัจจุบัน เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ได้ประโยชน์สูงสุดทั้งด้านชลประทานและการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยศึกษาการใช้น้ำชลประทานจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัด ซึ่งในฤดูฝนมีการเพาะปลูกเต็มพื้นที่และการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในแต่ละปีขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีในอ่างหลังสิ้นสุดฤดูฝนของแต่ละปี มากำหนดแนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำโดยการสร้างกราฟสำหรับกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (Dry Season Area Reduction Curve, DSAR Curve) ดังแสดงในภาพที่ 49 ซึ่งถ้าใช้กราฟนี้กำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในแต่ละปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีในอ่างหลังสิ้นสุดฤดูฝนของแต่ละปีแล้วในระยะยาวน้ำจะไม่แห้งอ่าง และการเพาะปลูกฤดูแล้งจะไม่ได้รับความเสียหาย และสามารถวางการแผนการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเกิดภาวะขาดแคลนน้ำต่ำสุด (พื้นที่การเกษตรฤดูแล้งเต็มศักยภาพรวม 96,035 ไร่)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 49 กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. โครงการชลประทานส่วนใหญ่ โดยเฉพาะโครงการชลประทานขนาดเล็กและขนาดกลาง มีความเหมาะสมต่อการลงทุนไฟฟ้าพลังน้ำค่อนข้างต่ำ ยกเว้นโครงการชลประทานขนาดใหญ่บางโครงการ แต่เนื่องจากไฟฟ้าพลังน้ำเป็นพลังงานหมุนเวียน ที่เป็นประโยชน์ต่อประเทศในระยะยาว ทั้งในด้านความมั่นคง ประหยัดเงินตราต่างประเทศในการซื้อเชื้อเพลิงธรรมชาติ และด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในด้านการเกษตรและการบริหารจัดการน้ำ ดังนั้น รัฐจึงควรพิจารณาดำเนินการต่อไป

2. ค่าลงทุนอุปกรณ์กังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นปัจจัยสำคัญทำให้โครงการมีความเหมาะสมต่อการลงทุนต่ำ หากมีการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวภายในประเทศแทนการนำเข้า โครงการเหล่านั้นก็จะมีความเหมาะสมต่อการลงทุนมากยิ่งขึ้น

3. ไฟฟ้าพลังน้ำ 1 kW-hr สามารถประหยัดเงินตราต่างประเทศในการจัดซื้อพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติได้ประมาณ 0.457 บาท ถ้าพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำได้ 6.409 MW-hr/ปี ก็จะมีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดผลผลิตมวลรวมได้ประมาณ 2.927 ล้านบาท/ปี

4. ข้อมูลน้ำ (ระดับน้ำและปริมาณน้ำ) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญมากต่อการศึกษาศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำ ดังนั้น จึงควรมีการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวอย่างเป็นระบบในรูปแบบที่ได้ง่ายต่อการดำเนินการศึกษา

เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและความข้อมูลด้านต่างๆจากโครงการชลประทานอาจมีการเปลี่ยนแปลงภายหลัง และการศึกษานี้จึงยังไม่ครอบคลุมทุกประเด็น เพราะนอกจากผลประโยชน์โดยตรงทางด้านพลังงานไฟฟ้าซึ่งคำนวณเป็นค่าเงินที่ได้นำเสนอในข้างต้นแล้ว โครงการไฟฟ้าพลังน้ำมีผลยังเป็นปัจจัยเสริมต่อเศรษฐกิจของประเทศในด้านคุณภาพชีวิตของเกษตรด้วย อีกทั้งยังไม่ได้ศึกษาผลกระทบต่อโครงการและผู้มีส่วนได้เสีย จึงควรดำเนินการศึกษาต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการบริหารจัดการน้ำร่วมของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดสำหรับการชลประทานและไฟฟ้าพลังน้ำ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2544 ถึง ปี พ.ศ. 2555 จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อ่างเก็บน้ำคลองสียัด ในปัจจุบันมีปริมาตรเก็บกักรวม 420 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีพื้นที่การเกษตรที่ต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสียัดในฤดูแล้งจำนวน 96,035 ไร่ และพื้นการเกษตรฤดูฝนรวม 120,535 ไร่

2. การเพิ่มประสิทธิภาพของอ่างเก็บน้ำโดยการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำบริเวณท้ายตัวเขื่อนนั้น จากการศึกษาวิเคราะห์ประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำในกรณีศึกษาต่างๆพบว่าอ่างเก็บน้ำคลองสียัดเดิมมีปริมาตรเก็บกักรวม 325 ล้าน ลบ.ม. และหากไม่มีการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมจะมีศักยภาพความเป็นไปได้ของโครงการต่ำไม่คุ้มค่ากับการลงทุน กล่าวคืออัตราผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์และด้านการเงินต่ำและมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเพราะเมื่อศึกษาในสภาวะเลวร้ายที่สุด (ต้นทุนเพิ่ม 10%, พลังงานไฟฟ้าลด 10%) อัตราผลตอบแทนต่ำกว่าอัตราส่วนที่เลือกใช้ และมีผลประโยชน์สุทธิยังคงมีค่าเป็นลบ แต่ภายหลังปรับปรุงเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำโดยมีปริมาตรเก็บกักรวม 420 ล้าน ลบ.ม. พบว่ามีศักยภาพความเป็นไปได้ของโครงการสูงขึ้น ทำให้โครงการได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน กล่าวคืออัตราผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์และด้านการเงินมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนดไว้ และมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากนักเพราะเมื่อศึกษาในสภาวะเลวร้ายที่สุด (ต้นทุนเพิ่ม 10%, พลังงานไฟฟ้าลด 10%) อัตราผลตอบแทนยังคงสูงกว่าอัตราส่วนที่เลือกใช้ และมีผลประโยชน์สุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

ดังนั้นอ่างเก็บคลองสียัดสามารถใช้ประโยชน์เพิ่มเติมนอกเหนือจากเพื่อการชลประทานที่มีอยู่เดิมโดยการสร้างโรงไฟฟ้าบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำคลองสียัดขนาดกำลังผลิตติดตั้งของเท่ากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

885 กิโลวัตต์ ผลิตกระแสไฟฟ้า คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าสุทธิ 6.409 ล้านหน่วยต่อปี สามารถสร้างมูลค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปีละ 14.828 ล้านบาท

3. การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองสียัดให้ได้ประโยชน์สูงสุดทั้งด้านชลประทานและการผลิตพลังงานไฟฟ้าควรใช้กราฟกำหนดพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (DSAR Curve) ช่วยในการวางแผนกำหนดพื้นที่เพาะปลูก จะทำให้สามารถทำการเกษตรได้อย่างเต็มศักยภาพโดยมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเพาะปลูกตลอดฤดูกาลและสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตลอดปี

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าท้ายเขื่อนจะเป็นการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ได้ประโยชน์สูงสุด และเป็นแนวทางหนึ่งในการเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้าของประเทศในภาพรวม และช่วยลดสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันลง รวมถึงเป็นโครงการที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินพบว่าโครงการมีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน โดยมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่ม หรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการประเมินเฉพาะในส่วนผลประโยชน์ที่ประเมินเป็นตัวเงินได้ ส่วนผลประโยชน์ที่ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเงินได้ เช่น ความสะดวกสบายที่เพิ่มขึ้นหรือคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เหล่านั้นมิได้นำมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งหากนำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาร่วม กล่าวได้ว่าโครงการมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะดำเนินการพัฒนาโครงการ ดังนั้นจึงควรดำเนินการออกแบบรายละเอียดและก่อสร้างโครงการเป็นลำดับถัดไป

2. เพื่อให้ได้ประโยชน์ครบถ้วนทั้งต่อประเทศในระยะยาวในการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติ และด้านการเกษตรและบริหารจัดการน้ำ รัฐ (กรมชลประทาน) ควรดำเนินการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำในโครงการชลประทานเองทั้งหมด ทั้งโครงการที่ มี/ไม่มี ความเหมาะสมต่อการลงทุน

3. แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปในระยะเวลาที่ต้องการ (รวดเร็ว) และลดภาระด้านงบประมาณของประเทศ พร้อมทั้งรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกรให้ได้มากที่สุด กรมชลประทานควรให้สัมปทานโครงการที่มีค่าลงทุนสูงกับเอกชนตามความจำเป็น และแบ่งสรร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลประโยชน์กับเอกชน โดยโครงการที่มีค่าลงทุนสูงและมีความเหมาะสมต่อการลงทุน ส่วนใหญ่เป็นโครงการที่มีกำลังไฟฟ้าติดตั้งมากกว่า 1 MW

4. การแบ่งสรรผลประโยชน์กับเอกชน กรมชลประทานควรพิจารณาสัดส่วนผลประโยชน์ตามพลังงานที่ผลิตได้ ไม่ควรใช้ผลประโยชน์ที่ได้รับนั้นทดแทนให้เอกชนเพื่อพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการลงทุนต่ำ เนื่องจากด้วยรูปแบบดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อประเทศเฉพาะในด้านการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติเท่านั้น แต่เกษตรกรในโครงการจะไม่ได้รับประโยชน์โดยตรงจากการพัฒนาโครงการนั้นๆ

5. เนื่องจากการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำในโครงการชลประทาน เป็นประโยชน์รองที่จะได้จากการจัดสรรน้ำชลประทาน ซึ่งกรมชลประทานดำเนินการอยู่แล้วในปัจจุบัน ประกอบกับเทคโนโลยีไฟฟ้าพลังน้ำที่ค่อนข้างทันสมัย ดังนั้น หน่วยงานในกรมชลประทานที่มีอยู่ในปัจจุบันจึงเพียงพอที่จะดำเนินการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำในโครงการชลประทานได้ ทั้งในกรณีที่เป็นผู้กำกับ (เอกชนดำเนินการ) หรือผู้ดำเนินการเอง โดยหน่วยงานในโครงการชลประทาน (จังหวัด) และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ซึ่งรับผิดชอบโครงการชลประทานนั้นๆ จะเป็นหน่วยงานหลักในการปฏิบัติงาน

6. เนื่องจากการพัฒนาโครงการชลประทาน มีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้ดีขึ้น ดังนั้น ผลประโยชน์ของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำในโครงการชลประทาน จึงควรให้ความสำคัญในกิจกรรมด้านการเกษตรและการชลประทาน นอกเหนือจากผลประโยชน์ของประเทศในการลดพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติ

7. กิจกรรมที่ควรได้รับประโยชน์จากการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำในโครงการชลประทาน ประกอบด้วย

7.1 ไฟฟ้าในโครงการชลประทาน หรือไฟฟ้าส่องสว่างในชุมชน และที่สาธารณะต่างๆ โดยผ่านการบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือ ไฟฟ้าเอื้ออาทรในครัวเรือน ก็จะสามารถเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือนได้ (ลดค่าใช้จ่าย) ในปัจจุบัน รายได้ที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกร ซึ่งเป็นประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศ จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยขับดันเศรษฐกิจของประเทศให้เจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 การสูบน้ำเพื่อการเกษตร บรรเทาอุทกภัย และอุปโภคบริโภค โดยกรมชลประทานร่วมกับองค์กรผู้ใช้น้ำ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกำหนดจุดสูบน้ำต่างๆ ที่เหมาะสม พร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น บริเวณอ่างเก็บน้ำ คลองส่งน้ำสายใหญ่-ซอย บ่อน้ำบาดาล และบริเวณน้ำท่วมขังซ้ำซาก สนับสนุนการสูบน้ำเพื่อการเกษตรในช่วงเวลา และ/หรือ ในพื้นที่ที่ไม่สามารถส่งน้ำได้ตามปกติ ทำให้เกษตรกรมีศักยภาพที่จะมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

8.ในการใช้พลังงาน กรมชลประทานควรประสานงานกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อใช้ประโยชน์จากระบบสายส่งไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน พร้อมทั้งขอความร่วมมือจัดทำระบบบัญชีสะสมการซื้อ-ขายไฟฟ้าโดยไม่ต้องมีการชำระเป็นตัวเงิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ฉลอง เกิดพิทักษ์ . 2538. **การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย**. บริษัท โอเชี่ยนบลูพริ้นท์ จำกัด, กรุงเทพฯ

สมบูรณ์ ลุวีระ. 2539. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ**. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ

สถานบริการวิศวกรรมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548. **คู่มือการออกแบบระบบจ่ายไฟพลังงานทดแทน สำหรับหมู่บ้านห่างไกล**, เชียงใหม่.

กรมชลประทาน. 2547. **รายงานการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก, โครงการศึกษาจัดทำแผนหลัก และพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำในเขื่อนและระบบชลประทาน,** กรุงเทพฯ.

สุวรรณา ทวนไกรพล. 2545. **แผนการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแม่-มาว** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

สรวิชญ์ กุลศิลารัตน์. 2547. **การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับเป็นเครื่องมือศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูชีพ พิพัฒน์. 2544 .**เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ.** สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประสิทธ์ ตงยิ่งศิริ. 2547 . **การวิเคราะห์และประเมินผลโครงการ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทวีป ชัยสมภพ,ศุภชาติ จงไพบูรณ์วัฒนะและจักรี คุปต์อัครภิญโญ. 2546. **รายงานการวิจัยการประเมินเทคโนโลยี่ของโครงการพัฒนาพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศที่กำลังพัฒนาและในประเทศที่พัฒนาแล้ว**, สถาบันเทคโนโลยี่นานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ , ปทุมธานี

นระ คมนามูล. 2546. **เทคโนโลยี่พลังงานหมุนเวียน การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก** สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

วีระพล แต้สมบัติ. 2538. **หลักอุทกวิทยา** .ห้างหุ้นส่วนจำกัด สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

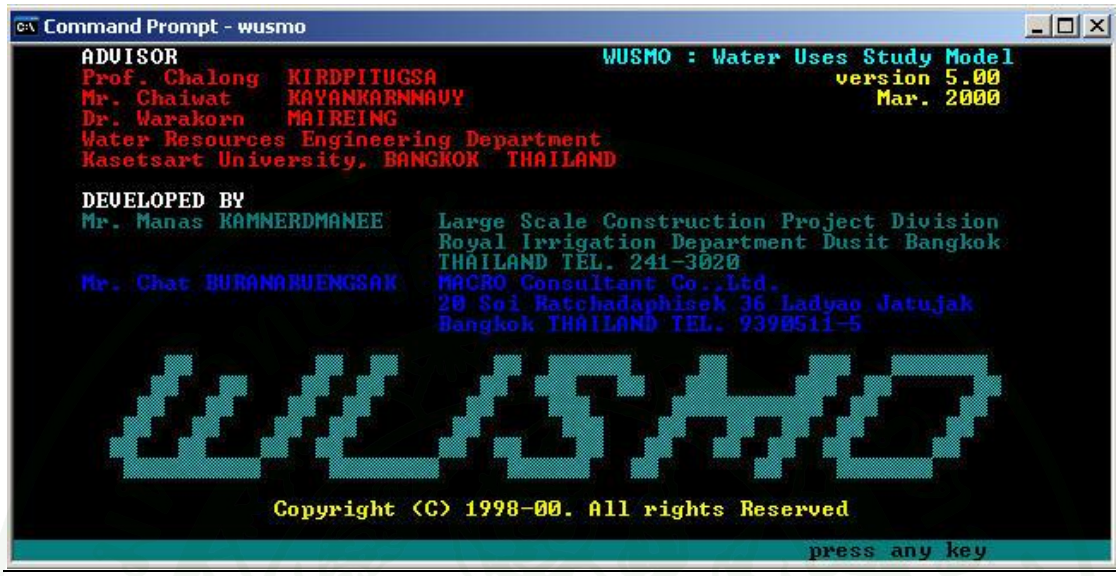
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

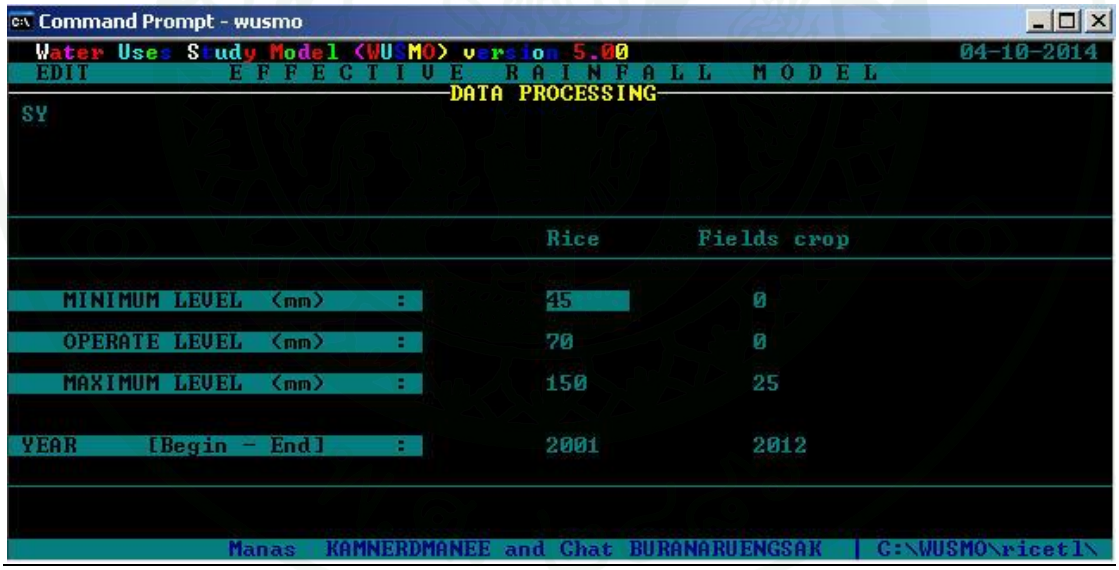
ภาคผนวก ก

การหาความต้องการน้ำชลประทานด้วยโปรแกรม WUSMO Version 5.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

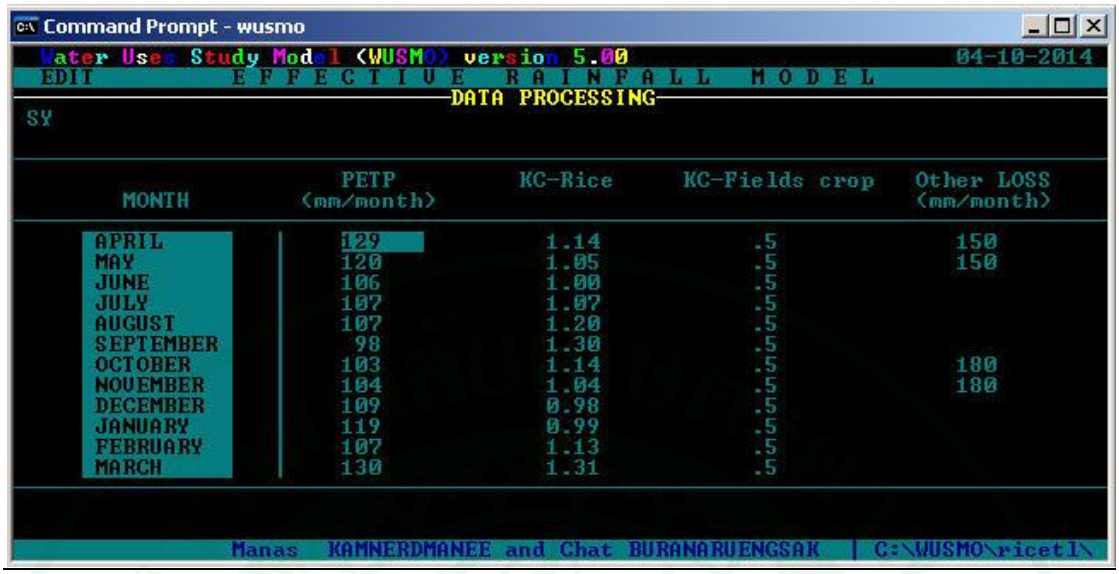
ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO

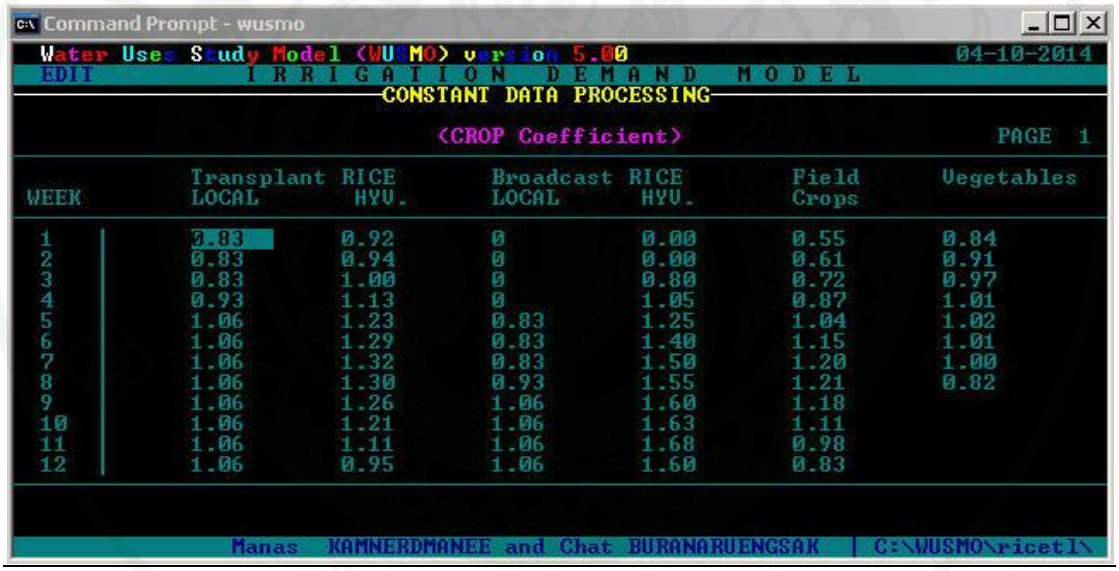




ภาพผนวกที่ ก1 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (1)

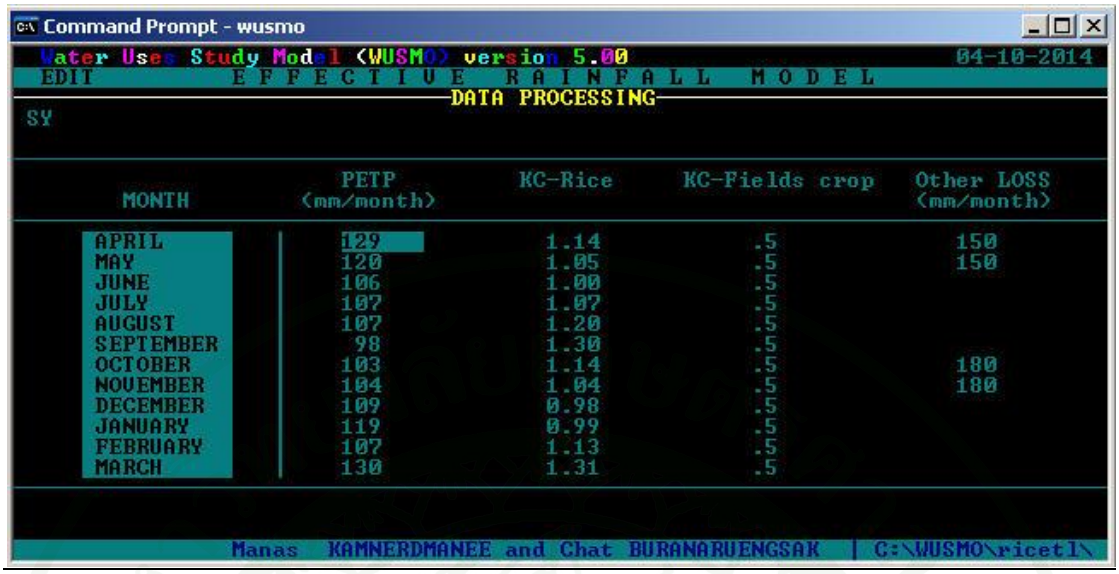
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

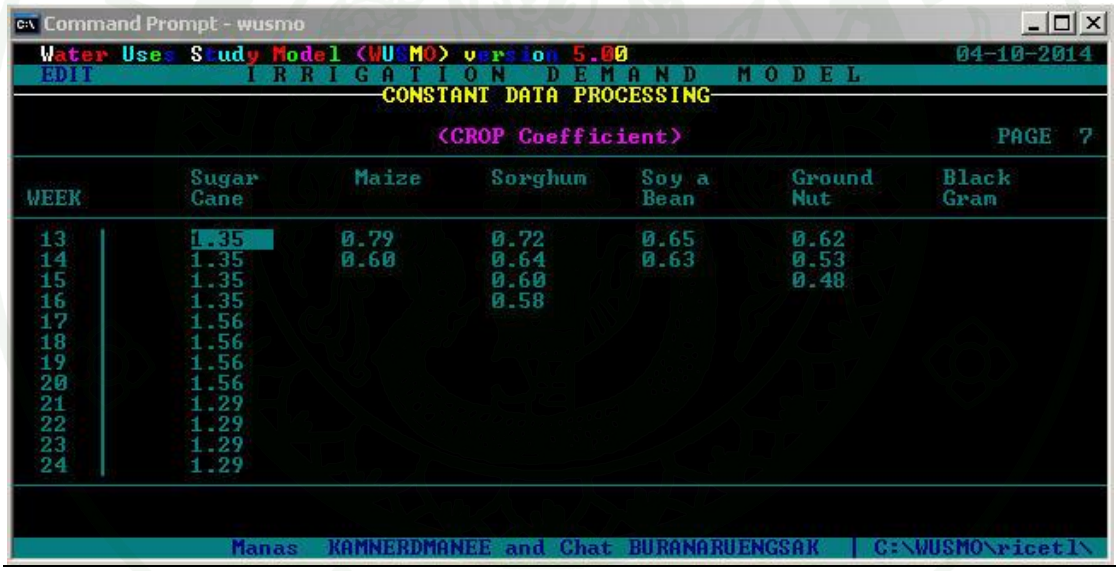




ภาพผนวกที่ ก2 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (2)

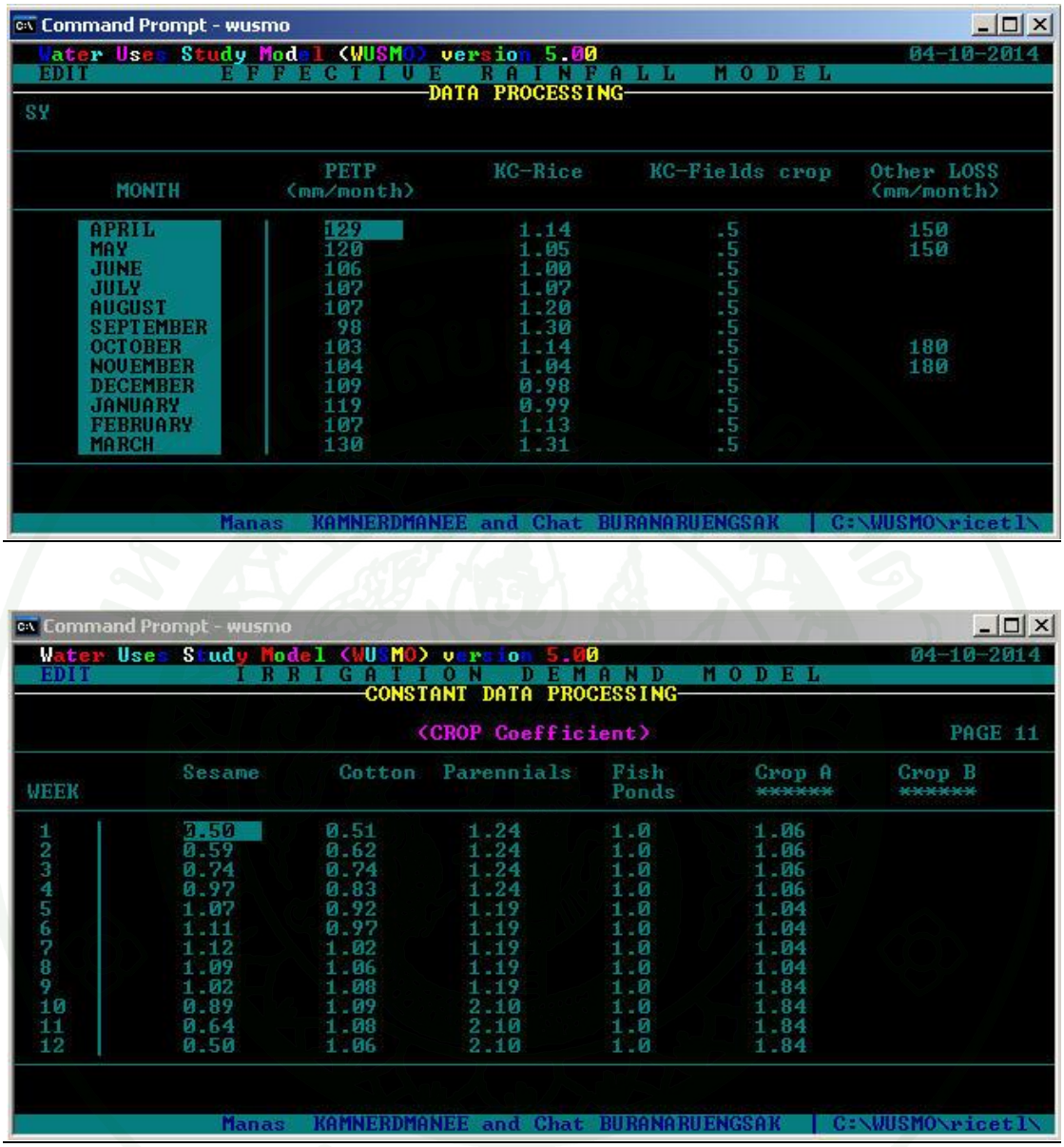
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





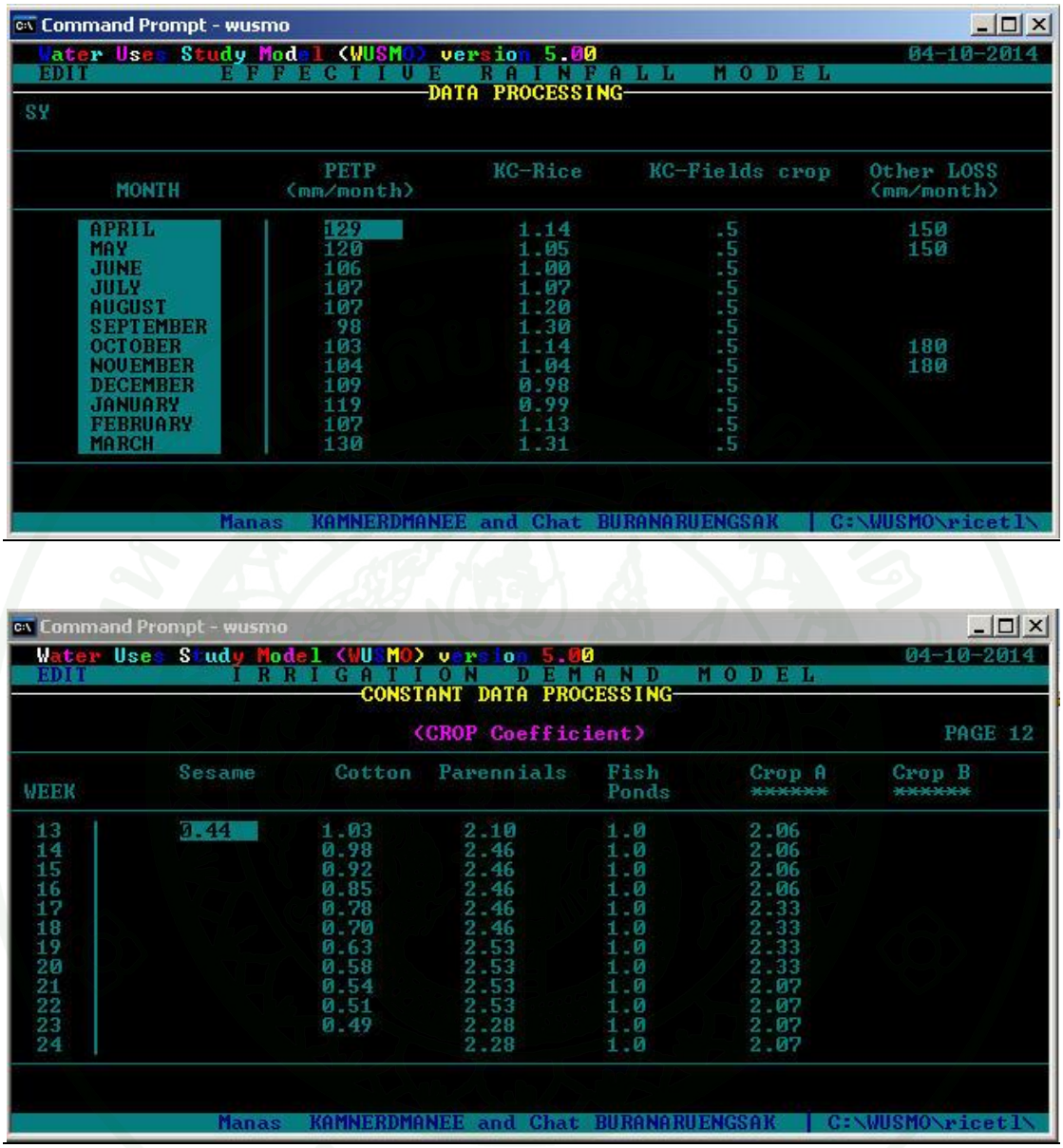
ภาพผนวกที่ ก3 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



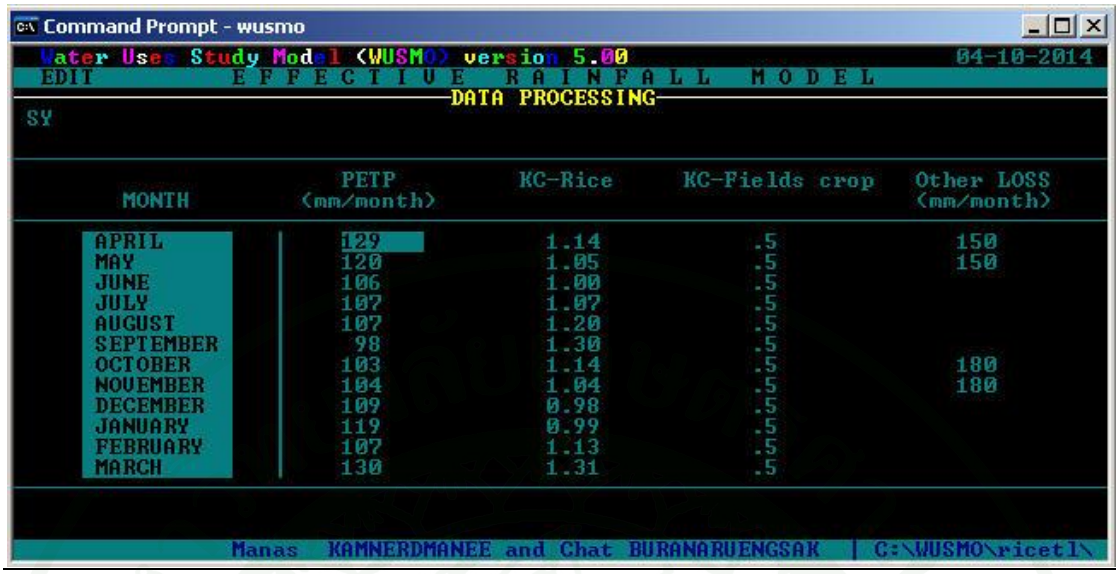
ภาพผนวกที่ ก4 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (4)

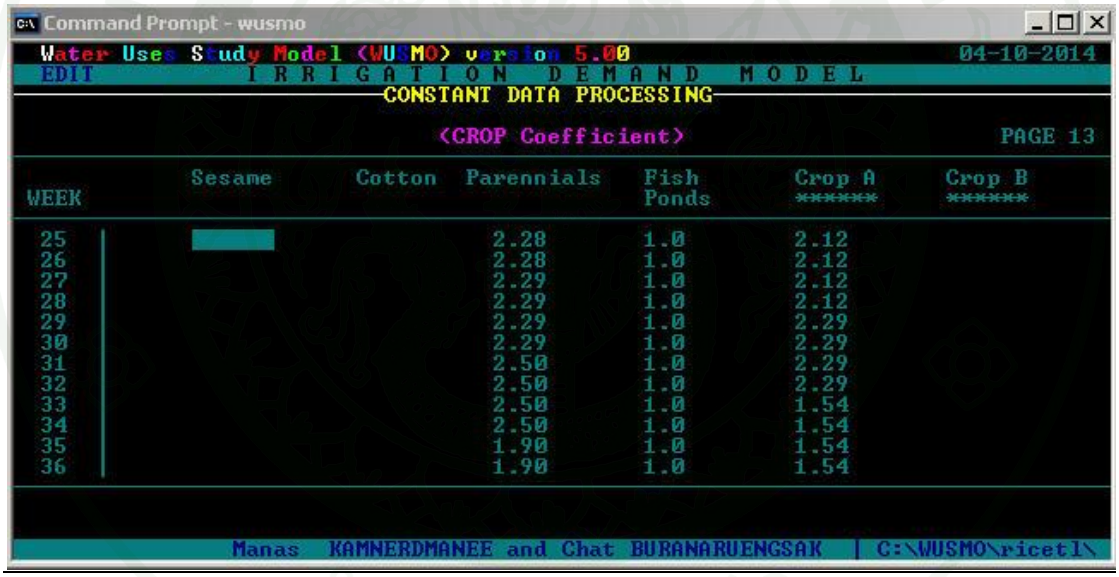
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ก5 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (5)

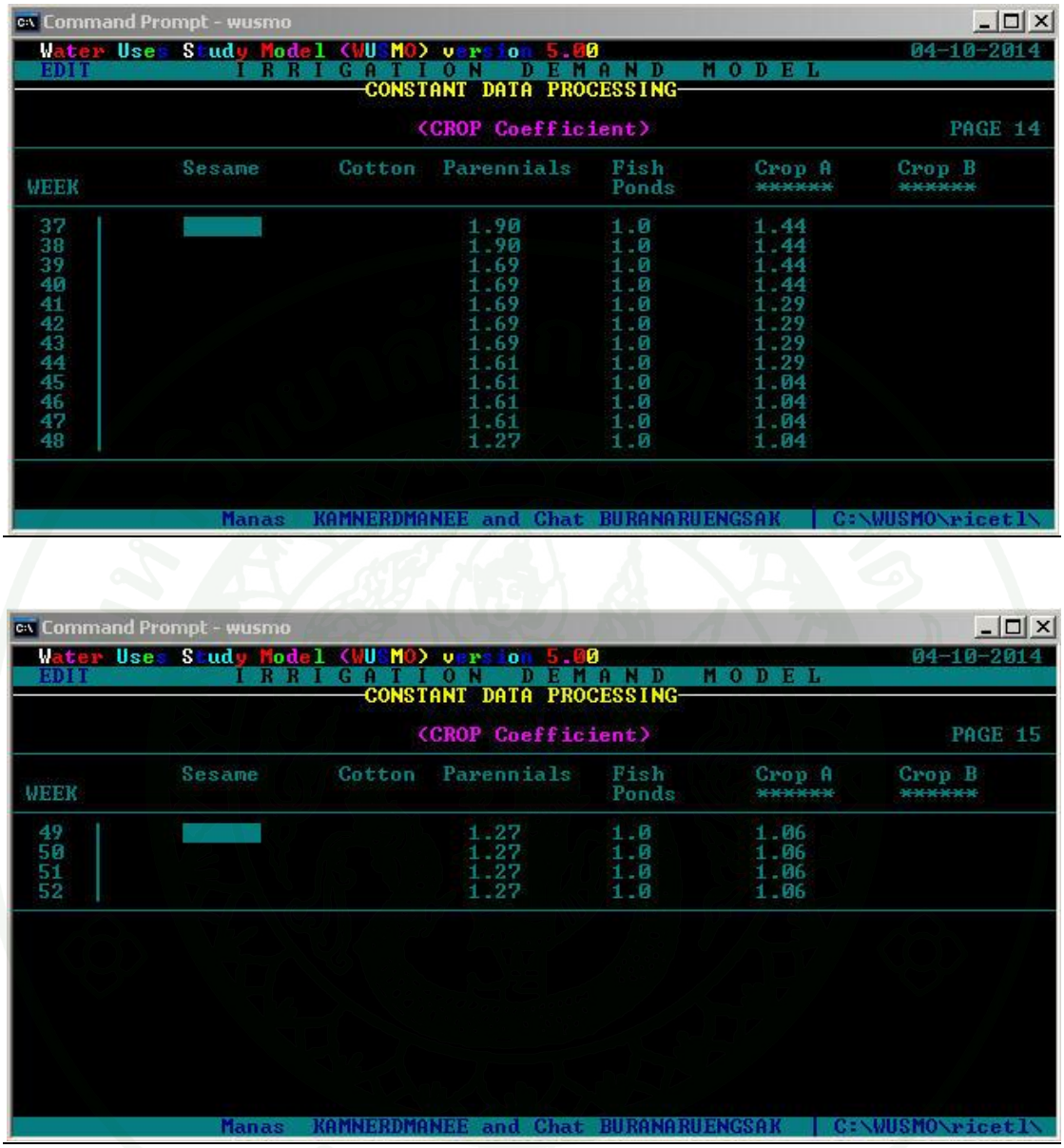
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





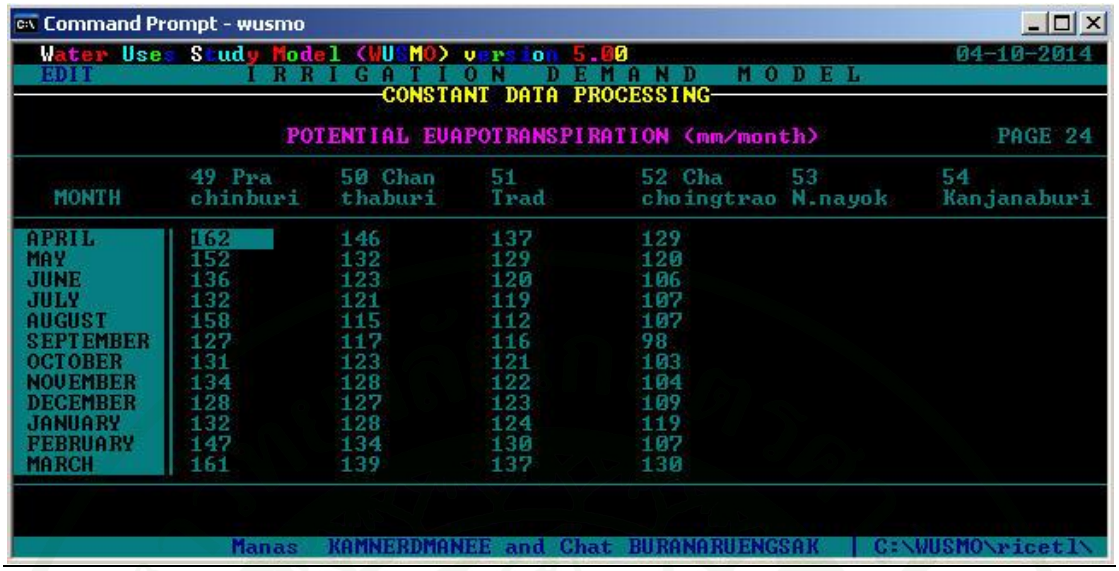
ภาพผนวกที่ ก6 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (6)

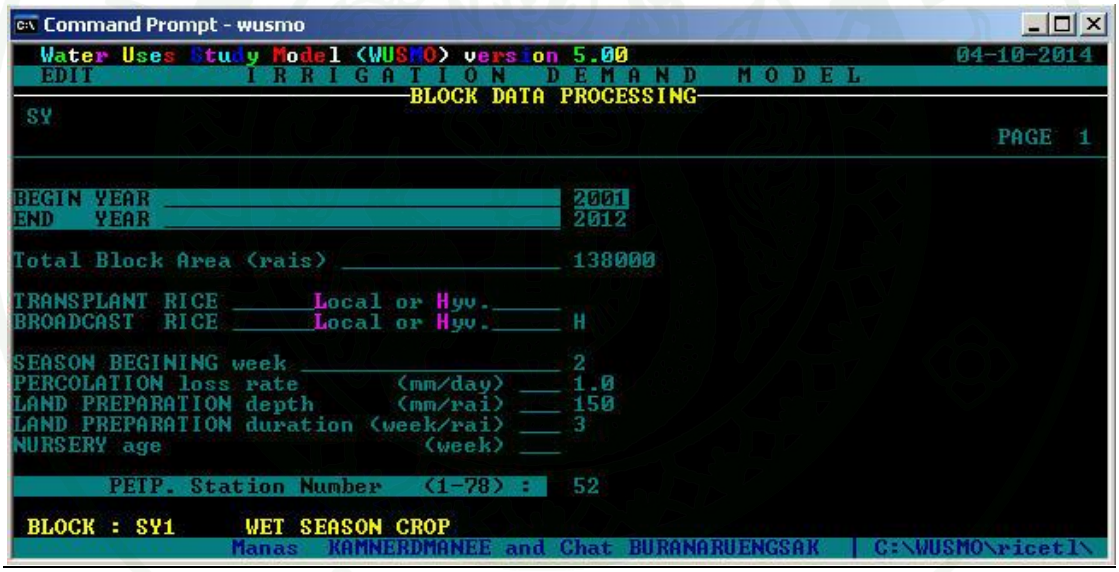
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ก7 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (7)

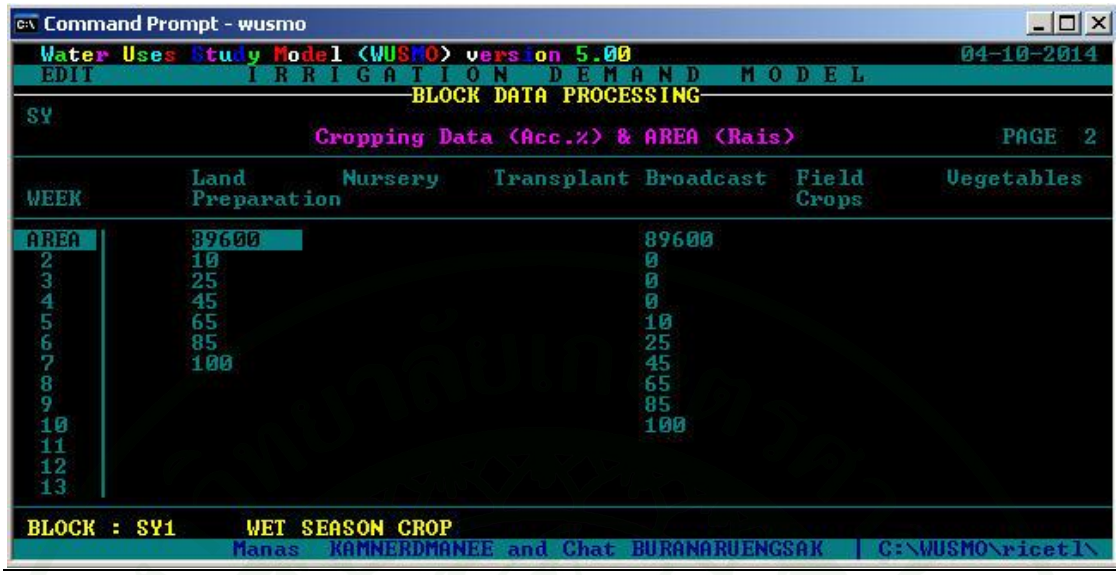
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

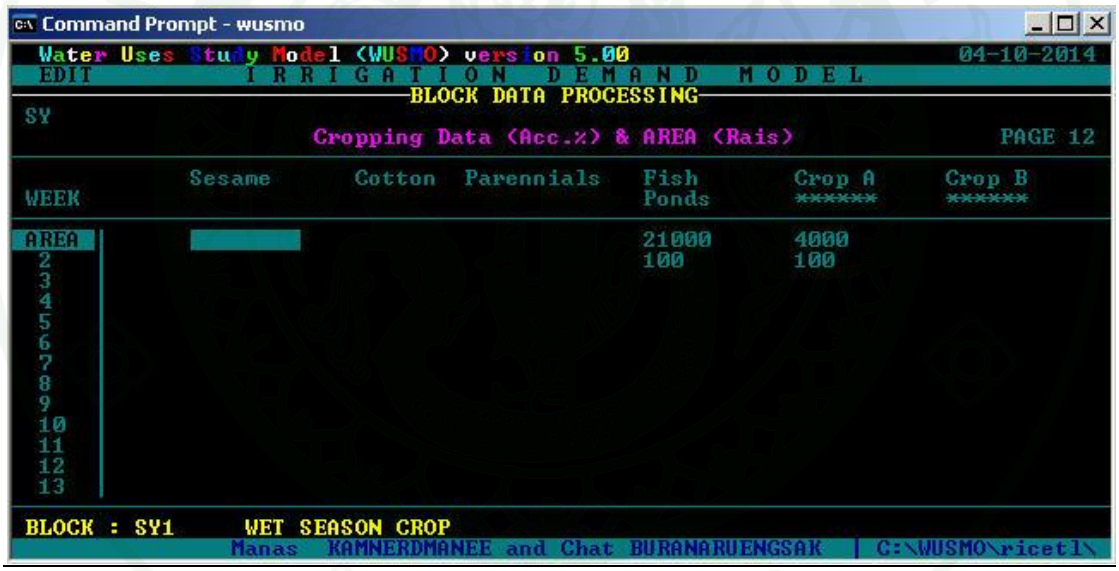




ภาพผนวกที่ ก8 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (8)

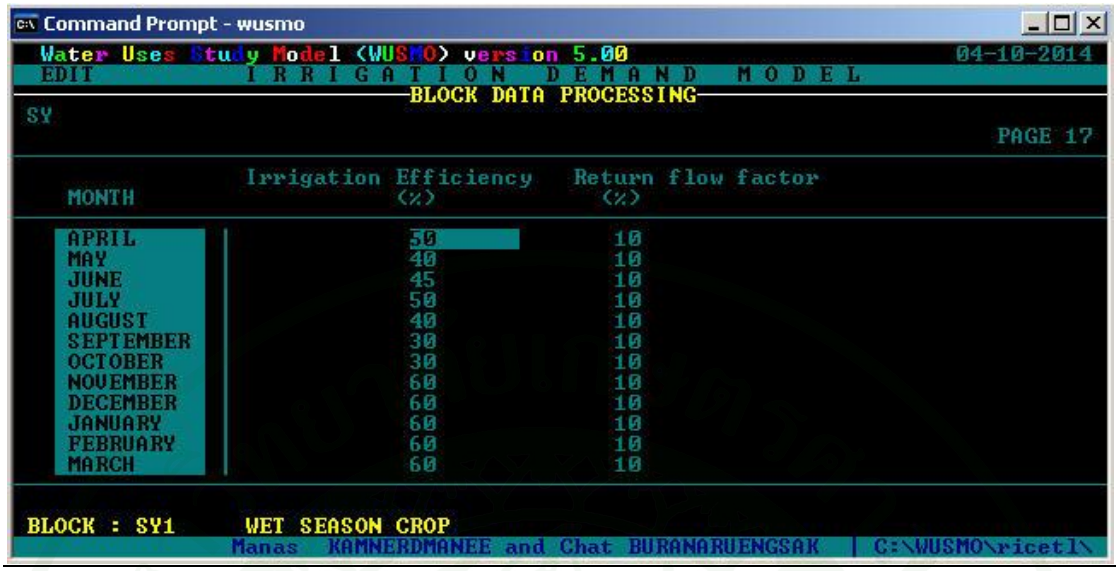
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

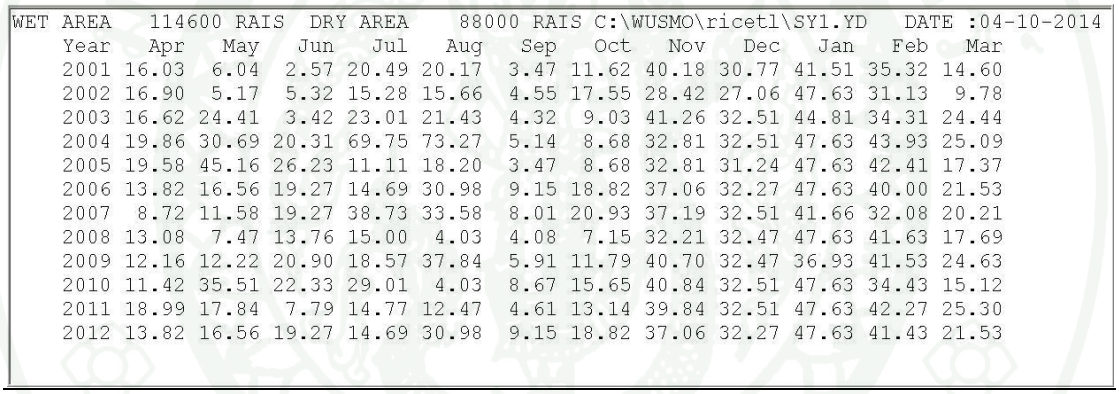




ภาพผนวกที่ ก9 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





WET AREA 114600 RAIS DRY AREA 88000 RAIS C:\WUSMO\ricetl\SY1.YD DATE :04-10-2014

Year	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
2001	16.03	6.04	2.57	20.49	20.17	3.47	11.62	40.18	30.77	41.51	35.32	14.60
2002	16.90	5.17	5.32	15.28	15.66	4.55	17.55	28.42	27.06	47.63	31.13	9.78
2003	16.62	24.41	3.42	23.01	21.43	4.32	9.03	41.26	32.51	44.81	34.31	24.44
2004	19.86	30.69	20.31	69.75	73.27	5.14	8.68	32.81	32.51	47.63	43.93	25.09
2005	19.58	45.16	26.23	11.11	18.20	3.47	8.68	32.81	31.24	47.63	42.41	17.37
2006	13.82	16.56	19.27	14.69	30.98	9.15	18.82	37.06	32.27	47.63	40.00	21.53
2007	8.72	11.58	19.27	38.73	33.58	8.01	20.93	37.19	32.51	41.66	32.08	20.21
2008	13.08	7.47	13.76	15.00	4.03	4.08	7.15	32.21	32.47	47.63	41.63	17.69
2009	12.16	12.22	20.90	18.57	37.84	5.91	11.79	40.70	32.47	36.93	41.53	24.63
2010	11.42	35.51	22.33	29.01	4.03	8.67	15.65	40.84	32.51	47.63	34.43	15.12
2011	18.99	17.84	7.79	14.77	12.47	4.61	13.14	39.84	32.51	47.63	42.27	25.30
2012	13.82	16.56	19.27	14.69	30.98	9.15	18.82	37.06	32.27	47.63	41.43	21.53

ภาพผนวกที่ ก10 ขั้นตอนการ Run โปรแกรม WUSMO (10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม HEC-3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีศึกษาที่ 1 จากการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 63.100 ม. (รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 325 ล้าน ลบ.ม. (ก่อนเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ)

```
T1 SIYAD RESERVOIR SYSTEM ANALYSIS
T2 HEC 3 SIMULATION
T3 RID THAILAND
J1    12    2001       4       1       0       0       0       0       1
J2     0       0       1       1   -1000   -1000    -.001     MCM   0.001     MCM
J3     0       0       0       0       0
J5    12       4
J8     0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
J8     0       0
CP     1       2       0
ID     1       0       0    9999  SIYAD RESERVOIR
R1     1  170000       0       0
RL     1       1      -1       0   30000
RL     2       1      -1       0  320000
RL     3       1      -1       0  325000
RL     4       1      -1       0  325000
RS     0   30000   74000  101000  139000  200000  276000  345000  420000  450200
RA     0    9000   18000   22500   27000   33000   40100   46700   53300   55200
RQ    41      41      41      41      41      41      41      41      41      41
RE  51.0    51.5    55.0    56.5    58.0    60.0    62.0    63.5    65.0    65.5
P1  1.15     885    50.5       0       0     0.9       0       1
PR -0.33   -0.33   -0.33   -0.33   -0.33   -0.33   -0.33   -0.33   -0.33   -0.33
PR -0.33   -0.33
CP     2       3       0
ID     1       0       0    9999 IRR RF
CP     3      -1       0
ID     1       0       0    9999 siyat River
DV     3       0
ED
IN   101     2.4    24.2    19.1    38.3    21.9    47.6    35.8     0.0     0.0     0.0     0.0     0.0
YD   201     8.2    18.1    11.4    10.6     5.5     2.0     1.2     4.1     3.1     4.2     3.5     1.5
IN   102     0.0    10.1    12.3     9.1    12.2    37.0    28.0     0.0     0.0     0.0     1.7     0.3
YD   202     8.7     2.7     2.8     8.0     8.2     2.6     5.5     8.6     8.2    14.4     9.4     3.0
IN   103     0.0     6.4     9.2    10.8    34.8   115.0    54.2     0.0     0.0     0.0     0.0     0.0
YD   203     5.1     7.5     1.1     7.1     6.7     1.5     2.9    12.5     9.8    13.5    10.3     7.4
IN   104     4.4    10.3    42.2     4.9   107.3    60.5     0.0     0.0     0.0     0.0     0.0     0.9
YD   204    14.2    22.0    14.7    20.1    22.7     4.0     5.6    19.9    19.7    28.8    26.5    15.2
IN   105     5.6     2.9    16.8    21.6    33.6   149.0    67.6     9.5     0.0     0.0     0.0     0.8
YD   205     2.0     4.6     2.7     1.2     1.9     0.4     2.8     9.9     9.5    14.4    12.8     5.3
IN   106    11.9    11.0    11.1    46.6    61.3   148.5    75.6     0.0     0.0     0.0     3.0     1.3
YD   206     9.9    11.9    14.0    10.8    22.4     6.9    13.6    26.2    22.8    33.5    28.1    15.2
IN   107     4.6    20.3     7.8    42.7    90.9    60.4    34.2     0.4     0.0     0.3     1.1     0.9
YD   207     4.5     6.0    10.0    19.9    17.3     4.3    19.4    33.8    29.5    37.7    29.0    18.4
IN   108     3.9    32.0    28.7    29.0    40.1   128.6    71.8    12.9     0.0     0.0     0.0     9.4
YD   208     6.7     3.9     7.2     7.8     2.3     2.3     6.2    26.0    26.2    38.3    33.5    14.3
IN   109    10.6    15.2     4.8     5.0     5.2    69.2    65.5     0.0     1.6     0.1     1.7     0.3
YD   209    15.0    15.1    18.9    13.2    12.9     7.8     6.2    20.5    16.4    18.6    20.9    12.4
IN   110     4.3    14.2    18.1    30.6   127.7    79.0   143.6     0.9     0.0     0.0     2.6     2.6
YD   210     8.2    25.4    16.1    21.0     3.2     6.5    14.6    37.1    29.5    43.1    31.1    13.8
IN   111     4.3    15.3     2.3     9.1    55.1   206.2    82.3     0.0     0.0     2.0     0.0     3.8
YD   211    19.4    18.3     8.2    15.5    13.2     5.2    13.7    40.2    32.8    47.9    42.5    25.6
IN   112     3.7    11.2     9.6    19.8    27.2   237.9    64.1     0.0     0.0     0.4     0.0     3.8
YD   212    14.2    17.0    19.9    15.4    32.1     9.8    19.5    37.4    32.6    47.9    41.6    21.7
ER
```

ภาพผนวกที่ ข1 ผลการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ กรณีศึกษาที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 SIYAD RESERVOIR INFLOW (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	2.0	24.0	19.0	38.0	22.0	48.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	189.0	15.8
2002	0.0	10.0	12.0	9.0	12.0	37.0	28.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	110.0	9.2
2003	0.0	6.0	9.0	11.0	35.0	115.0	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	230.0	19.2
2004	4.0	10.0	42.0	5.0	107.0	61.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	230.0	19.2
2005	6.0	3.0	17.0	22.0	34.0	149.0	68.0	10.0	0.0	0.0	0.0	1.0	310.0	25.8
2006	12.0	11.0	11.0	47.0	61.0	149.0	76.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	371.0	30.9
2007	5.0	20.0	8.0	43.0	91.0	60.0	34.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	263.0	21.9
2008	4.0	32.0	29.0	29.0	40.0	129.0	72.0	13.0	0.0	0.0	0.0	9.0	357.0	29.8
2009	11.0	15.0	5.0	5.0	5.0	69.0	66.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	180.0	15.0
2010	4.0	14.0	18.0	31.0	128.0	79.0	144.0	1.0	0.0	0.0	3.0	3.0	425.0	35.4
2011	4.0	15.0	2.0	9.0	55.0	206.0	82.0	0.0	0.0	2.0	0.0	4.0	379.0	31.6
2012	4.0	11.0	10.0	20.0	27.0	238.0	64.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	378.0	31.5
AVERAGE	4.7	14.3	15.2	22.4	51.4	111.7	60.3	2.0	0.2	0.2	0.9	2.0	285.2	23.8
MAXIMUM	12.0	32.0	42.0	47.0	128.0	238.0	144.0	13.0	2.0	2.0	3.0	9.0	425.0	35.4
MINIMUM	0.0	3.0	2.0	5.0	5.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.0	9.2

1 SIYAD RESERVOIR END OF PERIOD STORAGE (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	150.0	143.0	139.0	165.0	175.0	213.0	239.0	230.0	220.0	210.0	201.0	190.0	2275.0	189.6
2002	168.0	166.0	168.0	165.0	166.0	192.0	210.0	200.0	189.0	164.0	155.0	143.0	2086.0	173.8
2003	130.0	123.0	118.0	115.0	136.0	240.0	286.0	265.0	246.0	223.0	203.0	193.0	2278.0	189.8
2004	173.0	149.0	165.0	138.0	211.0	262.0	253.0	224.0	195.0	155.0	116.0	86.0	2127.0	177.3
2005	73.0	50.0	30.0	30.0	30.0	162.0	219.0	209.0	189.0	164.0	140.0	128.0	1424.0	118.7
2006	113.0	109.0	92.0	123.0	149.0	288.0	325.0	291.0	259.0	216.0	182.0	156.0	2303.0	191.9
2007	149.0	157.0	154.0	165.0	228.0	279.0	285.0	243.0	204.0	156.0	116.0	83.0	2219.0	184.9
2008	67.0	77.0	87.0	99.0	125.0	243.0	306.0	285.0	250.0	202.0	158.0	141.0	2040.0	170.0
2009	124.0	109.0	79.0	62.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	614.0	51.2
2010	30.0	30.0	30.0	30.0	137.0	205.0	325.0	281.0	242.0	189.0	150.0	126.0	1775.0	147.9
2011	97.0	76.0	55.0	30.0	30.0	223.0	282.0	233.0	191.0	133.0	76.0	30.0	1456.0	121.3
2012	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	256.0	291.0	245.0	203.0	144.0	90.0	50.0	1429.0	119.1
AVERAGE	108.7	101.6	95.6	96.0	120.6	216.1	254.3	228.0	201.5	165.5	134.8	113.0	1835.5	153.0
MAXIMUM	173.0	166.0	168.0	165.0	228.0	288.0	325.0	291.0	259.0	223.0	203.0	193.0	2303.0	191.9
MINIMUM	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	614.0	51.2

1 SIYAD RESERVOIR END OF PERIOD ELEVASION (MSL)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	58.3	58.1	58.0	58.8	59.2	60.3	61.0	60.8	60.5	60.3	60.0	59.7	715.1	59.6
2002	59.0	58.9	58.9	58.9	58.9	59.7	60.3	60.0	59.7	58.8	58.5	58.1	709.6	59.1
2003	57.7	57.4	57.2	57.0	57.9	61.1	62.2	61.7	61.2	60.6	60.1	59.8	713.7	59.5
2004	59.1	58.3	58.9	58.0	60.3	61.6	61.4	60.6	59.8	58.5	57.1	55.7	709.3	59.1
2005	54.9	53.1	51.5	51.5	51.5	58.8	60.5	60.2	59.7	58.8	58.0	57.5	676.0	56.3
2006	57.0	56.8	56.0	57.4	58.3	62.3	63.1	62.3	61.6	60.4	59.4	58.6	713.1	59.4
2007	58.3	58.6	58.5	58.8	60.7	62.1	62.2	61.1	60.1	58.5	57.1	55.5	711.6	59.3
2008	54.4	55.2	55.7	56.4	57.4	61.1	62.7	62.2	61.3	60.0	58.6	58.1	703.2	58.6
2009	57.4	56.8	55.3	54.0	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	635.5	53.0
2010	51.5	51.5	51.5	51.5	57.9	60.1	63.1	62.1	61.1	59.7	58.4	57.5	685.9	57.2
2011	56.3	55.1	53.5	51.5	51.5	60.6	62.1	60.9	59.7	57.8	55.1	51.5	675.5	56.3
2012	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	61.5	62.3	61.2	60.1	58.2	55.9	53.1	669.7	55.8
AVERAGE	56.3	55.9	55.5	55.4	56.4	60.1	61.0	60.4	59.7	58.6	57.5	56.4	693.2	57.8
MAXIMUM	59.1	58.9	58.9	58.9	60.7	62.3	63.1	62.3	61.6	60.6	60.1	59.8	715.1	59.6
MINIMUM	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	635.5	53.0

1 SIYAD RESERVOIR REQUIRED POWER (1000Kwh)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2002	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2003	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2004	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2005	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2006	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2007	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2008	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2009	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2010	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2011	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2012	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
AVERAGE	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
MAXIMUM	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
MINIMUM	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9

ภาพผนวกที่ ข2 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HEC-3 กรณีศึกษาที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 SIYAD RESERVOIR GENERATED POWER (1000Kwh)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	435.0	561.0	422.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	3336.0	278.0
2002	463.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	526.0	196.0	217.0	3117.0	259.8
2003	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	562.0	481.0	562.0	445.0	217.0	3765.0	313.8
2004	522.0	661.0	502.0	607.0	700.0	210.0	217.0	724.0	689.0	757.0	675.0	441.0	6705.0	558.8
2005	210.0	217.0	155.0	51.0	80.0	210.0	217.0	450.0	438.0	526.0	445.0	217.0	3216.0	268.0
2006	424.0	217.0	425.0	217.0	623.0	210.0	757.0	733.0	757.0	757.0	684.0	534.0	6338.0	528.2
2007	210.0	217.0	210.0	616.0	615.0	210.0	757.0	733.0	757.0	757.0	684.0	484.0	6250.0	520.8
2008	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	733.0	757.0	757.0	684.0	493.0	4922.0	410.2
2009	477.0	462.0	471.0	217.0	217.0	167.0	158.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	2172.0	181.0
2010	8.0	32.0	42.0	73.0	217.0	210.0	634.0	733.0	757.0	757.0	684.0	470.0	4617.0	384.8
2011	516.0	450.0	210.0	159.0	133.0	210.0	583.0	733.0	757.0	757.0	684.0	438.0	5630.0	469.2
2012	7.0	25.0	21.0	46.0	64.0	210.0	757.0	733.0	757.0	757.0	684.0	440.0	4501.0	375.1
AVERAGE	307.7	291.1	257.3	237.8	293.1	206.4	412.3	546.2	548.8	594.2	505.3	347.3	4547.4	379.0
MAXIMUM	522.0	661.0	502.0	616.0	700.0	210.0	757.0	733.0	757.0	757.0	684.0	534.0	6705.0	558.8
MINIMUM	7.0	25.0	21.0	46.0	64.0	167.0	158.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	2172.0	181.0

1 SIYAD RESERVOIR RIVER FLOW (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	22.0	30.0	23.0	11.0	10.0	9.0	9.0	8.0	9.0	9.0	8.0	9.0	157.0	13.1
2002	21.0	11.0	10.0	11.0	11.0	10.0	9.0	9.0	9.0	25.0	10.0	11.0	147.0	12.3
2003	12.0	13.0	13.0	13.0	13.0	9.0	8.0	20.0	18.0	22.0	18.0	9.0	168.0	14.0
2004	24.0	33.0	25.0	31.0	33.0	8.0	8.0	28.0	29.0	39.0	37.0	30.0	325.0	27.1
2005	18.0	25.0	35.0	21.0	33.0	16.0	10.0	19.0	19.0	25.0	23.0	12.0	256.0	21.3
2006	26.0	14.0	28.0	14.0	34.0	9.0	37.0	33.0	31.0	42.0	37.0	26.0	331.0	27.6
2007	11.0	11.0	11.0	31.0	27.0	8.0	27.0	41.0	38.0	48.0	40.0	33.0	326.0	27.2
2008	19.0	21.0	17.0	16.0	14.0	10.0	8.0	33.0	34.0	47.0	43.0	26.0	288.0	24.0
2009	27.0	28.0	34.0	21.0	36.0	68.0	65.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	281.0	23.4
2010	3.0	13.0	17.0	30.0	19.0	10.0	23.0	44.0	37.0	52.0	40.0	26.0	314.0	26.2
2011	33.0	35.0	22.0	33.0	54.0	12.0	22.0	48.0	42.0	59.0	56.0	49.0	465.0	38.8
2012	3.0	10.0	9.0	19.0	26.0	11.0	27.0	45.0	41.0	58.0	54.0	43.0	346.0	28.8
AVERAGE	18.3	20.3	20.3	20.9	25.8	15.0	21.1	27.3	25.7	35.5	30.6	22.8	283.7	23.6
MAXIMUM	33.0	35.0	35.0	33.0	54.0	68.0	65.0	48.0	42.0	59.0	56.0	49.0	465.0	38.8
MINIMUM	3.0	10.0	9.0	11.0	10.0	8.0	8.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	147.0	12.3

2 IRR RF REQUIRED DIVERSION (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	8.2	18.1	11.4	10.6	5.5	2.0	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	73.4	6.1
2002	8.7	2.7	2.8	8.0	8.2	2.6	5.5	8.6	8.2	14.4	9.4	3.0	82.1	6.8
2003	5.1	7.5	1.1	7.1	6.7	1.5	2.9	12.5	9.8	13.5	10.3	7.4	85.4	7.1
2004	14.2	22.0	14.7	20.1	22.7	4.0	5.6	19.9	19.7	28.8	26.5	15.2	213.4	17.8
2005	2.0	4.6	2.7	1.2	1.9	0.4	2.8	9.9	9.5	14.4	12.8	5.3	67.5	5.6
2006	9.9	11.9	14.0	10.8	22.4	6.9	13.6	26.2	22.8	33.5	28.1	15.2	215.3	17.9
2007	4.5	6.0	10.0	19.9	17.3	4.3	19.4	33.8	29.5	37.7	29.0	18.4	229.8	19.1
2008	6.7	3.9	7.2	7.8	2.3	2.3	6.2	26.0	26.2	38.3	33.5	14.3	174.7	14.6
2009	15.0	15.1	18.9	13.2	12.9	7.8	6.2	20.5	16.4	18.6	20.9	12.4	177.9	14.8
2010	8.2	25.4	16.1	21.0	3.2	6.5	14.6	37.1	29.5	43.1	31.1	13.8	249.6	20.8
2011	19.4	18.3	8.2	15.5	13.2	5.2	13.7	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	282.5	23.5
2012	14.2	17.0	19.9	15.4	32.1	9.8	19.5	37.4	32.6	47.9	41.6	21.7	309.1	25.8
AVERAGE	9.7	12.7	10.6	12.6	12.4	4.4	9.3	23.0	20.0	28.5	24.1	12.8	180.1	15.0
MAXIMUM	19.4	25.4	19.9	21.0	32.1	9.8	19.5	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	309.1	25.8
MINIMUM	2.0	2.7	1.1	1.2	1.9	0.4	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	67.5	5.6

2 IRR RF DIVERSION (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	8.2	18.1	11.4	10.6	5.5	2.0	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	73.4	6.1
2002	8.7	2.7	2.8	8.0	8.2	2.6	5.5	8.6	8.2	14.4	9.4	3.0	82.1	6.8
2003	5.1	7.5	1.1	7.1	6.7	1.5	2.9	12.5	9.8	13.5	10.3	7.4	85.4	7.1
2004	14.2	22.0	14.7	20.1	22.7	4.0	5.6	19.9	19.7	28.8	26.5	15.2	213.4	17.8
2005	2.0	4.6	2.7	1.2	1.9	0.4	2.8	9.9	9.5	14.4	12.8	5.3	67.5	5.6
2006	9.9	11.9	14.0	10.8	22.4	6.9	13.6	26.2	22.8	33.5	28.1	15.2	215.3	17.9
2007	4.5	6.0	10.0	19.9	17.3	4.3	19.4	33.8	29.5	37.7	29.0	18.4	229.8	19.1
2008	6.7	3.9	7.2	7.8	2.3	2.3	6.2	26.0	26.2	38.3	33.5	14.3	174.7	14.6
2009	15.0	15.1	18.9	13.2	12.9	7.8	6.2	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	90.4	7.5
2010	3.3	13.2	16.1	21.0	3.2	6.5	14.6	37.1	29.5	43.1	31.1	13.8	232.5	19.4
2011	19.4	18.3	8.2	15.5	13.2	5.2	13.7	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	282.5	23.5
2012	2.7	10.2	8.6	15.4	26.2	9.8	19.5	37.4	32.6	47.9	41.6	21.7	273.6	22.8
AVERAGE	8.3	11.1	9.6	12.6	11.9	4.4	9.3	21.3	18.7	27.0	22.4	11.8	168.4	14.0
MAXIMUM	19.4	22.0	18.9	21.0	26.2	9.8	19.5	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	282.5	23.5
MINIMUM	2.0	2.7	1.1	1.2	1.9	0.4	1.2	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	67.5	5.6

ภาพผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีศึกษาที่ 2 จากการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-3 ที่ระดับน้ำเก็บกัก + 65.000 ม.(รทก.) ปริมาตรเก็บกัก 420 ล้าน ลบ.ม. (ภายหลังเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ)

```
T1 SIYAD RESERVOIR SYSTEM ANALYSIS
T2 HEC 3 SIMULATION
T3 RID THAILAND
J1     12     2001        4        1        0        0        1        0        0
J2      0        0        1        1    -1000    -1000    -.001      MCM    0.001      MCM
J3      0        0        0        0        0
J5     12        4
J8      0        0        0        0        0        0        0        0        0        0
J8      0        0
CP      1        2        0
ID      1        0        0     9999  SIYAD RESERVOIR
R1      1   170000        0        0
RL      1        1       -1        0    30000
RL      2        1       -1        0   320000
RL      3        1       -1        0   420000
RL      4        1       -1        0   420000
RS      0    30000    74000   101000   139000   200000   276000   345000   420000   450200
RA      0     9000    18000    22500    27000    33000    40100    46700    53300    55200
RQ     41       41       41       41       41       41       41       41       41       41
RE   51.0     51.5     55.0     56.5     58.0     60.0     62.0     63.5     65.0     65.5
P1   1.15      885     50.5        0        0      0.9        0        1
PR -0.33    -0.33    -0.33    -0.33    -0.33    -0.33    -0.33    -0.33    -0.33    -0.33
PR -0.33    -0.33
CP      2        3        0
ID      1        0        0     9999 IRR RF
CP      3       -1        0
ID      1        0        0     9999 siyat River
DV      3        0
ED
IN    101      2.4     24.2     19.1     38.3     21.9     47.6     35.8      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
YD    201      8.2     18.1     11.4     10.6      5.5      2.0      1.2      4.1      3.1      4.2      3.5      1.5
IN    102      0.0     10.1     12.3      9.1     12.2     37.0     28.0      0.0      0.0      0.0      1.7      0.3
YD    202      8.7      2.7      2.8      8.0      8.2      2.6      5.5      8.6      8.2     14.4      9.4      3.0
IN    103      0.0      6.4      9.2     10.8     34.8    115.0     54.2      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
YD    203      5.1      7.5      1.1      7.1      6.7      1.5      2.9     12.5      9.8     13.5     10.3      7.4
IN    104      4.4     10.3     42.2      4.9    107.3     60.5      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.9
YD    204     14.2     22.0     14.7     20.1     22.7      4.0      5.6     19.9     19.7     28.8     26.5     15.2
IN    105      5.6      2.9     16.8     21.6     33.6    149.0     67.6      9.5      0.0      0.0      0.0      0.8
YD    205      2.0      4.6      2.7      1.2      1.9      0.4      2.8      9.9      9.5     14.4     12.8      5.3
IN    106     11.9     11.0     11.1     46.6     61.3    148.5     75.6      0.0      0.0      0.0      3.0      1.3
YD    206      9.9     11.9     14.0     10.8     22.4      6.9     13.6     26.2     22.8     33.5     28.1     15.2
IN    107      4.6     20.3      7.8     42.7     90.9     60.4     34.2      0.4      0.0      0.3      1.1      0.9
YD    207      4.5      6.0     10.0     19.9     17.3      4.3     19.4     33.8     29.5     37.7     29.0     18.4
IN    108      3.9     32.0     28.7     29.0     40.1    128.6     71.8     12.9      0.0      0.0      0.0      9.4
YD    208      6.7      3.9      7.2      7.8      2.3      2.3      6.2     26.0     26.2     38.3     33.5     14.3
IN    109     10.6     15.2      4.8      5.0      5.2     69.2     65.5      0.0      1.6      0.1      1.7      0.3
YD    209     15.0     15.1     18.9     13.2     12.9      7.8      6.2     20.5     16.4     18.6     20.9     12.4
IN    110      4.3     14.2     18.1     30.6    127.7     79.0    143.6      0.9      0.0      0.0      2.6      2.6
YD    210      8.2     25.4     16.1     21.0      3.2      6.5     14.6     37.1     29.5     43.1     31.1     13.8
IN    111      4.3     15.3      2.3      9.1     55.1    206.2     82.3      0.0      0.0      2.0      0.0      3.8
YD    211     19.4     18.3      8.2     15.5     13.2      5.2     13.7     40.2     32.8     47.9     42.5     25.6
IN    112      3.7     11.2      9.6     19.8     27.2    237.9     64.1      0.0      0.0      0.4      0.0      3.8
YD    212     14.2     17.0     19.9     15.4     32.1      9.8     19.5     37.4     32.6     47.9     41.6     21.7
ER
```

ภาพผนวกที่ ข3 ผลการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ กรณีศึกษาที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 SIYAD RESERVOIR INFLOW (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	2.0	24.0	19.0	38.0	22.0	48.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	189.0	15.8
2002	0.0	10.0	12.0	9.0	12.0	37.0	28.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	110.0	9.2
2003	0.0	6.0	9.0	11.0	35.0	115.0	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	230.0	19.2
2004	4.0	10.0	42.0	5.0	107.0	61.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	230.0	19.2
2005	6.0	3.0	17.0	22.0	34.0	149.0	68.0	10.0	0.0	0.0	0.0	1.0	310.0	25.8
2006	12.0	11.0	11.0	47.0	61.0	149.0	76.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	371.0	30.9
2007	5.0	20.0	8.0	43.0	91.0	60.0	34.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	263.0	21.9
2008	4.0	32.0	29.0	29.0	40.0	129.0	72.0	13.0	0.0	0.0	0.0	9.0	357.0	29.8
2009	11.0	15.0	5.0	5.0	5.0	69.0	66.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	180.0	15.0
2010	4.0	14.0	18.0	31.0	128.0	79.0	144.0	1.0	0.0	0.0	3.0	3.0	425.0	35.4
2011	4.0	15.0	2.0	9.0	55.0	206.0	82.0	0.0	0.0	2.0	0.0	4.0	379.0	31.6
2012	4.0	11.0	10.0	20.0	27.0	238.0	64.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	378.0	31.5
AVERAGE	4.7	14.3	15.2	22.4	51.4	111.7	60.3	2.0	0.2	0.2	0.9	2.0	285.2	23.8
MAXIMUM	12.0	32.0	42.0	47.0	128.0	238.0	144.0	13.0	2.0	2.0	3.0	9.0	425.0	35.4
MINIMUM	0.0	3.0	2.0	5.0	5.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.0	9.2

1 SIYAD RESERVOIR END OF PERIOD STORAGE (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	150.0	143.0	139.0	165.0	175.0	213.0	239.0	230.0	220.0	210.0	201.0	190.0	2275.0	189.6
2002	168.0	166.0	168.0	165.0	166.0	192.0	210.0	200.0	189.0	164.0	155.0	143.0	2086.0	173.8
2003	130.0	123.0	118.0	115.0	136.0	240.0	286.0	265.0	246.0	223.0	203.0	193.0	2278.0	189.8
2004	173.0	149.0	165.0	138.0	211.0	262.0	253.0	224.0	195.0	155.0	116.0	86.0	2127.0	177.3
2005	73.0	50.0	30.0	30.0	30.0	162.0	219.0	209.0	189.0	164.0	140.0	128.0	1424.0	118.7
2006	113.0	109.0	92.0	123.0	149.0	288.0	349.0	322.0	290.0	248.0	214.0	190.0	2487.0	207.3
2007	184.0	194.0	181.0	193.0	257.0	309.0	323.0	282.0	243.0	196.0	158.0	128.0	2648.0	220.7
2008	118.0	137.0	153.0	170.0	200.0	320.0	384.0	370.0	342.0	296.0	254.0	240.0	2984.0	248.7
2009	227.0	217.0	193.0	174.0	155.0	213.0	269.0	240.0	216.0	187.0	157.0	133.0	2381.0	198.4
2010	124.0	98.0	83.0	73.0	187.0	257.0	385.0	347.0	310.0	258.0	221.0	200.0	2543.0	211.9
2011	174.0	160.0	151.0	131.0	161.0	358.0	420.0	379.0	345.0	291.0	240.0	209.0	3019.0	251.6
2012	188.0	171.0	150.0	142.0	124.0	351.0	394.0	356.0	322.0	266.0	216.0	188.0	2868.0	239.0
AVERAGE	151.8	143.1	135.3	134.9	162.6	263.8	310.9	285.3	258.9	221.5	189.6	169.0	2426.7	202.2
MAXIMUM	227.0	217.0	193.0	193.0	257.0	358.0	420.0	379.0	345.0	296.0	254.0	240.0	3019.0	251.6
MINIMUM	73.0	50.0	30.0	30.0	30.0	162.0	210.0	200.0	189.0	155.0	116.0	86.0	1424.0	118.7

1 SIYAD RESERVOIR END OF PERIOD ELEVASION (MSL)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	58.3	58.1	58.0	58.8	59.2	60.3	61.0	60.8	60.5	60.3	60.0	59.7	715.1	59.6
2002	59.0	58.9	58.9	58.9	58.9	59.7	60.3	60.0	59.7	58.8	58.5	58.1	709.6	59.1
2003	57.7	57.4	57.2	57.0	57.9	61.1	62.2	61.7	61.2	60.6	60.1	59.8	713.7	59.5
2004	59.1	58.3	58.9	58.0	60.3	61.6	61.4	60.6	59.8	58.5	57.1	55.7	709.3	59.1
2005	54.9	53.1	51.5	51.5	51.5	58.8	60.5	60.2	59.7	58.8	58.0	57.5	676.0	56.3
2006	57.0	56.8	56.0	57.4	58.3	62.3	63.6	63.0	62.3	61.3	60.4	59.7	717.9	59.8
2007	59.5	59.8	59.4	59.8	61.5	62.7	63.0	62.1	61.1	59.9	58.6	57.6	725.0	60.4
2008	57.2	57.9	58.5	59.0	60.0	63.0	64.3	64.0	63.4	62.4	61.4	61.1	732.1	61.0
2009	60.7	60.5	59.8	59.2	58.5	60.3	61.8	61.0	60.4	59.6	58.6	57.8	718.1	59.8
2010	57.4	56.3	55.5	54.9	59.6	61.5	64.3	63.5	62.7	61.5	60.6	60.0	717.9	59.8
2011	59.2	58.7	58.4	57.7	58.7	63.8	65.0	64.2	63.5	62.3	61.1	60.2	732.7	61.1
2012	59.6	59.1	58.3	58.1	57.4	63.6	64.5	63.7	63.0	61.7	60.4	59.6	729.1	60.8
AVERAGE	58.3	57.9	57.5	57.5	58.5	61.6	62.7	62.1	61.5	60.5	59.6	58.9	716.4	59.7
MAXIMUM	60.7	60.5	59.8	59.8	61.5	63.8	65.0	64.2	63.5	62.4	61.4	61.1	732.7	61.1
MINIMUM	54.9	53.1	51.5	51.5	51.5	58.8	60.3	60.0	59.7	58.5	57.1	55.7	676.0	56.3

1 SIYAD RESERVOIR REQUIRED POWER (1000Kwh)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2002	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2003	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2004	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2005	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2006	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2007	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2008	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2009	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2010	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2011	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
2012	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
AVERAGE	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
MAXIMUM	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9
MINIMUM	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	2555.0	212.9

ภาพผนวกที่ ข4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HEC-3 กรณีศึกษาที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 SIYAD RESERVOIR GENERATED POWER (1000Kwh)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	435.0	561.0	422.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	3336.0	278.0
2002	463.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	210.0	217.0	526.0	196.0	217.0	3117.0	259.8
2003	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	562.0	481.0	562.0	445.0	217.0	3765.0	313.8
2004	522.0	661.0	502.0	607.0	700.0	210.0	217.0	724.0	689.0	757.0	675.0	441.0	6705.0	558.8
2005	210.0	217.0	155.0	51.0	80.0	210.0	217.0	450.0	438.0	526.0	445.0	217.0	3216.0	268.0
2006	424.0	217.0	425.0	217.0	623.0	210.0	415.0	733.0	757.0	757.0	684.0	574.0	6036.0	503.0
2007	210.0	217.0	433.0	661.0	649.0	210.0	589.0	733.0	757.0	757.0	684.0	562.0	6462.0	538.5
2008	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	210.0	217.0	733.0	757.0	757.0	684.0	594.0	5023.0	418.6
2009	592.0	591.0	657.0	507.0	481.0	210.0	217.0	733.0	629.0	652.0	637.0	452.0	6358.0	529.8
2010	210.0	616.0	424.0	461.0	217.0	210.0	447.0	733.0	757.0	757.0	684.0	548.0	6064.0	505.3
2011	643.0	596.0	210.0	505.0	468.0	210.0	669.0	733.0	757.0	757.0	684.0	757.0	6989.0	582.4
2012	540.0	586.0	611.0	509.0	757.0	252.0	648.0	733.0	757.0	757.0	684.0	726.0	7560.0	630.0
AVERAGE	389.1	409.4	372.4	365.5	403.6	213.5	357.3	607.3	601.1	648.5	558.2	460.2	5385.9	448.8
MAXIMUM	643.0	661.0	657.0	661.0	757.0	252.0	669.0	733.0	757.0	757.0	684.0	757.0	7560.0	630.0
MINIMUM	210.0	217.0	155.0	51.0	80.0	210.0	217.0	210.0	217.0	217.0	196.0	217.0	3117.0	259.8

1 SIYAD RESERVOIR RIVER FLOW (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	22.0	30.0	23.0	11.0	10.0	9.0	9.0	8.0	9.0	9.0	8.0	9.0	157.0	13.1
2002	21.0	11.0	10.0	11.0	11.0	10.0	9.0	9.0	9.0	25.0	10.0	11.0	147.0	12.3
2003	12.0	13.0	13.0	13.0	13.0	9.0	8.0	20.0	18.0	22.0	18.0	9.0	168.0	14.0
2004	24.0	33.0	25.0	31.0	33.0	8.0	8.0	28.0	29.0	39.0	37.0	30.0	325.0	27.1
2005	18.0	25.0	35.0	21.0	33.0	16.0	10.0	19.0	19.0	25.0	23.0	12.0	256.0	21.3
2006	26.0	14.0	28.0	14.0	34.0	9.0	14.0	26.0	30.0	41.0	36.0	24.0	296.0	24.7
2007	9.0	10.0	19.0	30.0	26.0	7.0	19.0	41.0	37.0	47.0	38.0	30.0	313.0	26.1
2008	12.0	13.0	11.0	11.0	10.0	8.0	7.0	26.0	26.0	45.0	40.0	23.0	232.0	19.3
2009	23.0	24.0	28.0	23.0	24.0	10.0	8.0	28.0	25.0	28.0	30.0	24.0	275.0	22.9
2010	12.0	39.0	32.0	40.0	12.0	9.0	15.0	37.0	37.0	51.0	39.0	23.0	346.0	28.8
2011	29.0	29.0	11.0	27.0	25.0	8.0	20.0	40.0	33.0	55.0	50.0	34.0	361.0	30.1
2012	23.0	27.0	30.0	27.0	44.0	10.0	20.0	37.0	33.0	55.0	49.0	31.0	386.0	32.2
AVERAGE	19.3	22.3	22.1	21.6	22.9	9.4	12.3	26.6	25.4	36.8	31.5	21.7	271.8	22.7
MAXIMUM	29.0	39.0	35.0	40.0	44.0	16.0	20.0	41.0	37.0	55.0	50.0	34.0	386.0	32.2
MINIMUM	9.0	10.0	10.0	11.0	10.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	8.0	9.0	147.0	12.3

2 IRR RF REQUIRED DIVERSION (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	8.2	18.1	11.4	10.6	5.5	2.0	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	73.4	6.1
2002	8.7	2.7	2.8	8.0	8.2	2.6	5.5	8.6	8.2	14.4	9.4	3.0	82.1	6.8
2003	5.1	7.5	1.1	7.1	6.7	1.5	2.9	12.5	9.8	13.5	10.3	7.4	85.4	7.1
2004	14.2	22.0	14.7	20.1	22.7	4.0	5.6	19.9	19.7	28.8	26.5	15.2	213.4	17.8
2005	2.0	4.6	2.7	1.2	1.9	0.4	2.8	9.9	9.5	14.4	12.8	5.3	67.5	5.6
2006	9.9	11.9	14.0	10.8	22.4	6.9	13.6	26.2	22.8	33.5	28.1	15.2	215.3	17.9
2007	4.5	6.0	10.0	19.9	17.3	4.3	19.4	33.8	29.5	37.7	29.0	18.4	229.8	19.1
2008	6.7	3.9	7.2	7.8	2.3	2.3	6.2	26.0	26.2	38.3	33.5	14.3	174.7	14.6
2009	15.0	15.1	18.9	13.2	12.9	7.8	6.2	20.5	16.4	18.6	20.9	12.4	177.9	14.8
2010	8.2	25.4	16.1	21.0	3.2	6.5	14.6	37.1	29.5	43.1	31.1	13.8	249.6	20.8
2011	19.4	18.3	8.2	15.5	13.2	5.2	13.7	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	282.5	23.5
2012	14.2	17.0	19.9	15.4	32.1	9.8	19.5	37.4	32.6	47.9	41.6	21.7	309.1	25.8
AVERAGE	9.7	12.7	10.6	12.6	12.4	4.4	9.3	23.0	20.0	28.5	24.1	12.8	180.1	15.0
MAXIMUM	19.4	25.4	19.9	21.0	32.1	9.8	19.5	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	309.1	25.8
MINIMUM	2.0	2.7	1.1	1.2	1.9	0.4	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	67.5	5.6

2 IRR RF DIVERSION (MCM)

YEAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	ANNUAL	MEAN
2001	8.2	18.1	11.4	10.6	5.5	2.0	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	73.4	6.1
2002	8.7	2.7	2.8	8.0	8.2	2.6	5.5	8.6	8.2	14.4	9.4	3.0	82.1	6.8
2003	5.1	7.5	1.1	7.1	6.7	1.5	2.9	12.5	9.8	13.5	10.3	7.4	85.4	7.1
2004	14.2	22.0	14.7	20.1	22.7	4.0	5.6	19.9	19.7	28.8	26.5	15.2	213.4	17.8
2005	2.0	4.6	2.7	1.2	1.9	0.4	2.8	9.9	9.5	14.4	12.8	5.3	67.5	5.6
2006	9.9	11.9	14.0	10.8	22.4	6.9	13.6	26.2	22.8	33.5	28.1	15.2	215.3	17.9
2007	4.5	6.0	10.0	19.9	17.3	4.3	19.4	33.8	29.5	37.7	29.0	18.4	229.8	19.1
2008	6.7	3.9	7.2	7.8	2.3	2.3	6.2	26.0	26.2	38.3	33.5	14.3	174.7	14.6
2009	15.0	15.1	18.9	13.2	12.9	7.8	6.2	20.5	16.4	18.6	20.9	12.4	177.9	14.8
2010	8.2	25.4	16.1	21.0	3.2	6.5	14.6	37.1	29.5	43.1	31.1	13.8	249.6	20.8
2011	19.4	18.3	8.2	15.5	13.2	5.2	13.7	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	282.5	23.5
2012	14.2	17.0	19.9	15.4	32.1	9.8	19.5	37.4	32.6	47.9	41.6	21.7	309.1	25.8
AVERAGE	9.7	12.7	10.6	12.6	12.4	4.4	9.3	23.0	20.0	28.5	24.1	12.8	180.1	15.0
MAXIMUM	19.4	25.4	19.9	21.0	32.1	9.8	19.5	40.2	32.8	47.9	42.5	25.6	309.1	25.8
MINIMUM	2.0	2.7	1.1	1.2	1.9	0.4	1.2	4.1	3.1	4.2	3.5	1.5	67.5	5.6

ภาพผนวกที่ ข4 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินด้วยโปรแกรม EXCEL

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่ 1

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

ปริมาณน้ำออกแบบ	10.5	ลบ.ม./วิ
Plant Factor	0.33	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW
ราคาโครงการ	99,812,174	บาท
พลังงานไฟฟ้า	4,413,000	kW-hr/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.3137	บาท/kW-hr
ราคาก๊าซเรือนกระจก	0.0993852	บาท/kW-hr
ค่าใช้ทางน้ำชลประทาน	2,688,097	บาท/ปี

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
1	26,350,414	58,390,122	4,491,548	-	89,232,083	-	-89,232,083
2				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
3				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
4				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
5				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
6				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
7				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
8				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
9	26,350,414	58,390,122	4,491,548	4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
10				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
11				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
12				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
13				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
14				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
15				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
16				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
17				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
18				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
19				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
20				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
21				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
22				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
23	26,350,414	58,390,122	4,491,548	4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
24				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
25				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
26				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
27				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
28				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
29				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
30				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
31				4,141,090.42	4,141,090	10,648,945	6,507,854.57
			รวม		213,464,796	319,468,350	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

Discount	Present Value(บาท)			B/C	Ann Average(บาท)		NPV
Rate,%	ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์สุทธิ		ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	
			-				-
8	135,851,582	119,883,516	15,968,066	0.88	12,067,347	10,648,945	15,968,066.38
			-				-
10	128,269,788	100,386,694	27,883,095	0.78	13,606,763	10,648,945	27,883,094.76
			-				-
12	122,589,328	85,779,211	36,810,117	0.70	15,218,688	10,648,945	36,810,117.36
EIRR	6.04%						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่ 2

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

ปริมาณน้ำออกแบบ	10.5	ลบ.ม./วิ
Plant Factor	0.33	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW
ราคาโครงการ	99,812,174	บาท
พลังงานไฟฟ้า	6,409,000	kW-hr/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.3137	บาท/kW-hr
ราคาก๊าซเรือนกระจก	0.0993852	บาท/kW-hr
ค่าใช้ทางน้ำชลประทาน	2,688,097	บาท/ปี

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
1	26,350,414	58,390,122	4,491,548	-	89,232,083	-	-89,232,083
2				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
3				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
4				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
5				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
6				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
7				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
8				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
9				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
10				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
11				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
12				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
13				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
14				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
15				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
16				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
17				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
18				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
19				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
20				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
21				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
22				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
23				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
24				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
25				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
26				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
27				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
28				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
29				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
30				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
31				4,141,090.42	4,141,090	15,465,463	11,324,372.63
			รวม		213,464,796	463,963,891	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

Discount	Present Value(บาท)			B/C	Ann Average(บาท)		NPV
Rate,%	ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์สุทธิ		ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	
8	135,851,582	174,106,832	38,255,250	1.28	12,067,347	15,465,463	38,255,250.40
10	128,269,788	145,791,597	17,521,809	1.14	13,606,763	15,465,463	17,521,809.01
12	122,589,328	124,577,150	1,987,822	1.02	15,218,688	15,465,463	1,987,821.69
EIRR	12.30%						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาที่ 3

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

ปริมาณน้ำออกแบบ	10.5	ลบ.ม./วิ
Plant Factor	0.33	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW
ราคาโครงการ	99,812,174	บาท
พลังงานไฟฟ้า	4,406,000	kW-hr/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.3137	บาท/kW-hr
ราคาก๊าซเรือนกระจก	0.0993852	บาท/kW-hr
ค่าใช้ทางน้ำชลประทาน	2,688,097	บาท/ปี

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
1	26,350,414	58,390,122	4,491,548	-	89,232,083	-	-89,232,083
2				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
3				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
4				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
5				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
6				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
7				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
8				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
9				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
10				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
11				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
12				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
13				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
14				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
15				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
16				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
17				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
18				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
19				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
20				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
21				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
22				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
23				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
24				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
25				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
26				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
27				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
28				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
29				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
30				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
31				4,141,090.42	4,141,090	10,632,053	6,490,962.97
			รวม		213,464,796	318,961,602	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

Discount	Present Value(บาท)			B/C	Ann Average(บาท)		NPV
Rate,%	ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์สุทธิ		ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	
8	135,851,582	119,693,354	-16,158,228	0.88	12,067,347	10,632,053	-16,158,228.31
10	128,269,788	100,227,458	-28,042,330	0.78	13,606,763	10,632,053	-28,042,330.39
12	122,589,328	85,643,146	-36,946,182	0.70	15,218,688	10,632,053	-36,946,182.27
EIRR	6%						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านการเงิน กรณีศึกษาที่ 1

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

ปริมาณน้ำออกแบบ	10.5	ลบ.ม./วิ
Plant Factor	0.33	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW
ราคาโครงการ	99,812,174	บาท
พลังงานไฟฟ้า	4,413,000	kW-hr/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.475659	บาท/kW-hr
ราคาก๊าซเรือนกระจก	0.0993852	บาท/kW-hr
ค่าใช้ทางน้ำชลประทาน	2,688,097	บาท/ปี

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
							-
1	29,943,652	64,877,913	4,990,609	-	99,812,174	-	99,812,174
2				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
3				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
4				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
5				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
6				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
7				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
8				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
9				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
10				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
11				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
12				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
13				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
14				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
15				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
16				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
17				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
18				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
19				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
20				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
21				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
22				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
23				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
24				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
25				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
26				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
27				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
28				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
29				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
30				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
31				4,709,293.62	4,709,294	11,363,670	6,654,376.44
			รวม		241,090,982	340,910,102	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

Discount	Present Value(บาท)			B/C	Ann Average(บาท)		NPV
Rate,%	ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์สุทธิ		ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	
8	152,828,381	127,929,735	-24,898,645	0.84	13,575,353	11,363,670	152,828,381
10	144,206,282	107,124,346	-37,081,936	0.74	15,297,294	11,363,670	144,206,282
12	137,746,400	91,536,453	-46,209,947	0.66	17,100,342	11,363,670	137,746,400
EIRR	5.22%						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านการเงิน กรณีศึกษาที่ 2

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

ปริมาณน้ำออกแบบ	10.5	ลบ.ม./วิ
Plant Factor	0.33	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW
ราคาโครงการ	99,812,174	บาท
พลังงานไฟฟ้า	6,409,000	kW-hr/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.475659	บาท/kW-hr
ราคาก๊าซเรือนกระจก	0.0993852	บาท/kW-hr
ค่าใช้ทางน้ำชลประทาน	2,688,097	บาท/ปี

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
							-
1	29,943,652	64,877,913	4,990,609	-	99,812,174	-	99,812,174
2				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
3				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
4				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
5				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
6				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
7				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
8				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
9				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
10				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
11				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
12				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
13				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
14				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
15				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
16				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
17				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
18				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
19				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
20				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
21				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
22				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
23				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
24				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
25				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
26				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
27				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
28				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
29				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
30				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
31				4,709,293.62	4,709,294	16,503,458	11,794,164.66
			รวม		241,090,982	495,103,748	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

Discount	Present Value(บาท)			B/C	Ann Average(บาท)		NPV
Rate,%	ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์สุทธิ		ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	
8	152,828,381	185,792,358	32,963,977	1.22	13,575,353	16,503,458	152,828,381
10	144,206,282	155,576,690	11,370,408	1.08	15,297,294	16,503,458	144,206,282
12	137,746,400	132,938,393	-4,808,007	0.97	17,100,342	16,503,458	137,746,400
EIRR	11.35%						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 ผลการวิเคราะห์โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำทางด้านการเงิน กรณีศึกษาที่ 3

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนคลองสียัด

ปริมาณน้ำออกแบบ	10.5	ลบ.ม./วิ
Plant Factor	0.33	
กำลังผลิตติดตั้ง	885	kW
ราคาโครงการ	99,812,174	บาท
พลังงานไฟฟ้า	4,406,000	kW-hr/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.475659	บาท/kW-hr
ราคาก๊าซเรือนกระจก	0.0993852	บาท/kW-hr
ค่าใช้ทางน้ำชลประทาน	2,688,097	บาท/ปี

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
							-
1	29,943,652	64,877,913	4,990,609	-	99,812,174	-	99,812,174
2				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
3				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
4				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
5				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
6				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
7				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
8				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
9				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
10				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
11				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
12				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
13				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
14				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
15				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
16				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
17				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
18				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
19				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
20				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
21				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
22				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 (ต่อ)

ปี	ราคาโครงการ(บาท)					ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	โยธา	เครื่องกล-ไฟฟ้า	ระบบสายส่ง	O&M	รวม		สุทธิ
23				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
24				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
25				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
26				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
27				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
28				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
29				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
30				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
31				4,709,293.62	4,709,294	11,345,645	6,636,351.13
			รวม		241,090,982	340,369,342	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 (ต่อ)

Discount	Present Value(บาท)			B/C	Ann Average(บาท)		NPV
			ผลประโยชน์				
Rate,%	ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	สุทธิ		ค่าลงทุน	ผลประโยชน์	
8	152,828,381	127,726,810	-25,101,570	0.84	13,575,353	11,345,645	152,828,381
10	144,206,282	106,954,423	-37,251,859	0.74	15,297,294	11,345,645	144,206,282
12	137,746,400	91,391,256	-46,355,144	0.66	17,100,342	11,345,645	137,746,400
EIRR	5%						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายนรินทร ชามทอง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	29 กันยายน พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2541), วศ.บ. (วิศวกรรมชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2548) ,วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2551)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรเครื่องกลชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทาน
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์