



วิทยานิพนธ์

การประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธี DEA

**EVALUATION OF RESERVOIR SYSTEM MANAGEMENT
IN THE MAE KLONG RIVER BASIN BY DATA
ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD (DEA)**

นายภาสกร ภูพันธ์ศรี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. ๒๕๕๐



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธี DEA

Evaluation of Reservoir System Management in the Mae Klong River Basin

by Data Envelopment Analysis Method (DEA)

نامผู้วิจัย นายภาสกร ภูพันธ์ศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย, Dipl. Docteur.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วราวุธ วุฒินิชย์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์บัญชา ขวัญยืน, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉกหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธี DEA

Evaluation of Reservoir System Management in the Mae Klong River Basin
by Data Envelopment Analysis Method (DEA)

โดย

นายภาสกร ภูพันธ์ศรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2550

ภาสกร ภูพันธ์ศรี 2550: การประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง
โดยวิธี DEA ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)
สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ปรธานกรรมการที่ปรึกษา:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ โสสิตสกุลชัย, Dipl. Docteur. 135 หน้า

งานวิจัยนี้ นำเสนอการประยุกต์ระเบียบวิธี Data Envelopment Analysis (DEA) สำหรับ
เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ผลการศึกษา ประกอบด้วย
(1) การวิเคราะห์ระบบทรัพยากรน้ำซึ่งรวมถึงการประเมินน้ำต้นทุน และความต้องการใช้น้ำของ
พื้นที่ศึกษา (2) การจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณด้วย
แบบจำลอง HEC-ResSim และทำการทวนสอบผลลัพธ์โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติ ซึ่งการจำลอง
สถานการณ์ได้กำหนดกรณีศึกษาตามความต้องการใช้น้ำและเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของ
แต่ละเขื่อน โดยพิจารณาตามความต้องการใช้น้ำในสภาพปัจจุบันและอนาคต และกำหนดเป้าหมาย
การผลิตกระแสไฟฟ้า ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของกำลังผลิตติดตั้ง และ (3) การวิเคราะห์
เปรียบเทียบกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี DEA ได้แทนแต่ละกรณีศึกษาเป็นหน่วยการวิเคราะห์
โดยปัจจัยการผลิตสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ พิจารณาเป็นน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน (ค่าเฉลี่ยและส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน) ส่วนผลผลิตที่ได้จากการจัดการอ่างเก็บน้ำ พิจารณาเป็นปริมาณกระแสไฟฟ้า
ที่ผลิตได้ น้ำที่ผันเข้าระบบ น้ำที่ไม่ขาดแคลนและไม่เกินความต้องการในเชิงปริมาณและเวลา
ผลการวิเคราะห์ DEA พบว่า กลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่จัดอยู่เขตแนวหน้าเป็นกรณีที่เขื่อน
วชิราลงกรณ กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เกินร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง
ส่วนเขื่อนศรีนครินทร์ไม่เกินร้อยละ 10 เมื่อมีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นในอนาคต สามารถ
กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง โดยเขื่อนศรีนครินทร์ให้ปล่อยน้ำตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำเท่านั้น สำหรับกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่มีประสิทธิภาพดีกว่ากรณีอื่น เกิดจาก
กลยุทธ์นั้นให้ผลผลิตต่ำกว่าเมื่อมีปัจจัยการผลิตเหมือนกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธี DEA
เป็นเครื่องมืออีกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลจากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บ
น้ำที่มีตัวชี้วัดหลายตัว โดยไม่ต้องกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก

Passakorn Poopunsri 2007: Evaluation of Reservoir System Management in the Mae Klong River Basin by Data Envelopment Analysis Method (DEA). Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Ekasit Kositsakulchai, Dipl. Docteur. 135 pages.

This research applied the Data Envelopment Analysis Method (DEA) in evaluating management options of the Mae Klong reservoir system. Firstly, the analysis of Mae Klong water resource system was conducted, including estimation of water resources and demands. Then, HEC-ResSim was selected as a tool for modeling the operation of Srinagarind and Vajiralongkorn reservoirs. The model was validated by comparing simulated results with recorded data. Next, reservoir operation scenarios were arranged in accordance with present and future water demands, and hydropower generation targets. The power targets were defined in term of percentage of installed capacity, which divided into 5 levels: 0%, 10%, 20%, 30% and 40%. Finally, simulation results of each scenario, which corresponding to each decision making unit (DMU), were compared by the DEA method. Inputs of DMU consisted of mean and standard deviation of monthly inflows into reservoirs; outputs included generated power, shortage and excess of water in terms of volume and time. The DEA analysis revealed that DMUs were found in efficient frontier when hydropower target of Vajiralongkorn Power Plant was lower than 20% of installed capacity and that of Srinagarind Power Plant was lower than 10%. However, when water demand increased in the future, it was desirable to decrease hydropower generation target. The Srinagarind dam should release water for the downstream demand only. In addition, inefficient DMUs were observed, while they produced lower outputs with similar amount of inputs. The analysis results demonstrated the potential of DEA method in supporting reservoir system analysis with several performance indicators. Furthermore, this method does not require any pre-defined objective function.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย ประธาน
กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วราวุธ วุฒิวิชัย กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์
ดร.กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ กรรมการวิชาการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ จำลอง ผู้แทน
บัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำเพิ่มเติม ตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขในการทำวิทยานิพนธ์
ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้า
ฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และให้คำปรึกษาแก่
ข้าพเจ้า และขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
ที่คอยเป็นกำลังใจและมีส่วนร่วมชี้แนะในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน
ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา

ภาสกร ภูพันธ์ศรี

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	25
อุปกรณ์	25
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	31
ระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง	31
การจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ	40
การวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ	83
สรุปและข้อเสนอแนะ	98
สรุป	98
ข้อเสนอแนะ	99
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	101
ภาคผนวก	108
ภาคผนวก ก ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน (พ.ศ.2516 ถึง 2545)	109
ภาคผนวก ข ผลการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ	
ด้วยแบบจำลอง HEC-ResSim	114
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ (พ.ศ.2514 ถึง 2543)	27
2	ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี (พ.ศ.2514 ถึง 2543)	28
3	ปริมาณน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลอง รายเดือนเฉลี่ย 30 ปี	34
4	ความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองแยกตามกิจกรรม	38
5	ความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองรายเดือนเฉลี่ย	38
6	ระดับเก็บกักต่าง ๆ ในอ่างเก็บน้ำ	45
7	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ และ โรงไฟฟ้าเขื่อนศรีนครินทร์	46
8	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ และ โรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ	47
9	ข้อมูลโค้งลักษณะอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์	48
10	ข้อมูลโค้งลักษณะอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ	49
11	กรณีศึกษาของการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ	51
12	ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	58
13	ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	59
14	ผลการวัดสมรรถนะของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	73
15	ผลการวัดสมรรถนะของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	74
16	ค่าดัชนีประสิทธิภาพของดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA	88
17	ปริมาณน้ำต้นทุนที่กำหนดเป็นปัจจัยการผลิตสำหรับวิธี DEA	91
18	ผลการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำ ปัจจุบันที่กำหนดเป็นผลผลิตสำหรับวิธี DEA	92
19	ผลการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคตที่กำหนดเป็นผลผลิตสำหรับวิธี DEA	93
20	ค่าดัชนีประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์	110
ก2	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ์	111
ก3	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่เขื่อนแม่กลอง	112
ก4	ปริมาณน้ำที่ไม่มีการควบคุม ระหว่างเขื่อนแม่กลอง กับท้ายเขื่อน ศรีนครินทร์-วชิราลงกรณ์	113

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตลุ่มน้ำแม่กลองและองค์ประกอบของระบบทรัพยากรน้ำ	7
2	การสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ	10
3	การแบ่งปริมาตรของอ่างเก็บน้ำ	11
4	ระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม	13
5	ระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน	14
6	ResSim Module Concepts	16
7	แนวคิดของดัชนีตัวชี้วัดในการประเมินสมรรถนะของการจัดการ อ่างเก็บน้ำ	20
8	การคำนวณหาค่า Scale Efficiencies (SE)	24
9	ปริมาณการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ของสถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ	27
10	ปริมาณการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ของสถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี	28
11	ระบบทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง	33
12	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยที่เขื่อนแม่กลอง	34
13	สัดส่วนของความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมหลักในปัจจุบัน (2549)	39
14	สัดส่วนของความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมหลักในอนาคต (2560)	39
15	หน้าตาการทำงานในส่วนของ Watershed Setup	40
16	หน้าตาการทำงานในส่วนของ Reservoir Network	41
17	หน้าตาการทำงานในส่วนของ Simulation	42
18	โค้งความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์	48
19	โค้งความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ	49
20	ระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณ จากแบบจำลอง กรณี PS00V00 เทียบกับข้อมูลจริง	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ จากแบบจำลอง กรณี PS00V00 เทียบกับข้อมูลจริง	54
22	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Power) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	61
23	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Power) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	62
24	ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ (Downstream Use) กรณีความต้องการ ใช้น้ำปัจจุบัน	63
25	ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ (Downstream Use) กรณีความต้องการ ใช้น้ำอนาคต	63
26	ปริมาณน้ำที่ขาด (Shortage) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	64
27	ปริมาณน้ำที่ขาด (Shortage) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	65
28	ปริมาณน้ำที่เกิน (ExcessVolume) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	66
29	ปริมาณน้ำที่เกิน (ExcessVolume) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	67
30	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความน่าเชื่อถือ ของระบบ (Reliability) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	75
31	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความน่าเชื่อถือ ของระบบ (Reliability) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	76
32	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความสามารถ ในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	77
33	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความสามารถ ในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	78
34	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความเปราะบาง ของระบบ (Vulnerability) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	79
35	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความเปราะบาง ของระบบ (Vulnerability) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	80
36	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีการกระจาย ของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (CV) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	81

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (CV) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	82
38	แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม DEA Excel Solver กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	86
39	แสดงหน้าต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	87
40	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพของดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	89
41	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพของดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	89
42	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	97
43	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต	97
ภาพผนวกที่		
ข1	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันเงื่อนไขกรณีที่ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเงื่อนไขรางวัลกรณีกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	115
ข2	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันเงื่อนไขกรณีกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเงื่อนไขรางวัลกรณีกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	115
ข3	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันเงื่อนไขกรณีกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเงื่อนไขรางวัลกรณีกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข4	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	116
ข5	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	117
ข6	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื้อนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	117
ข7	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	118
ข8	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	118
ข9	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	119
ข10	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	119
ข11	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เชื้อนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	120

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข12	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าและเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	120
ข13	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	121
ข14	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	121
ข15	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	122
ข16	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	122
ข17	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	123

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข18	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	123
ข19	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	124
ข20	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	124
ข21	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	125
ข22	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	125
ข23	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข24	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	126
ข25	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	127
ข26	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	127
ข27	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	128
ข28	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	128
ข29	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	129

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข30	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำ อนาคต เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และ เขื่อนวชิราลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	129
ข31	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อน ศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณ์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	130
ข32	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณ์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	130
ข33	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	131
ข34	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	131
ข35	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	132
ข36	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อน ศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณ์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	132
ข37	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	133

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข38	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	133
ข39	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	134
ข40	ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อน ศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิรา ลงกรณ์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40	134

การประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธี DEA

Evaluation of Reservoir System Management in the Mae Klong River Basin by Data Envelopment Analysis Method (DEA)

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ และเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อมนุษย์นานัปการ ซึ่งนับวันปริมาณการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร และการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคม โดยปัจจุบันจะพบเห็นปัญหาเรื่องน้ำของประเทศไทยแทบทุกปีไม่ว่าจะเป็นปัญหา การเกิดอุทกภัย หรือปัญหาการเกิดภัยแล้ง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากปัญหาของน้ำทั้งในเชิงปริมาณและ เวลาทำให้มีความจำเป็นต้องมีการวางแผนในการบริหารจัดการน้ำ

อ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่สำคัญอันหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำ โดยอ่างเก็บน้ำถูกนำมาใช้ เพื่อควบคุมน้ำในลำน้ำที่ไหลตามธรรมชาติ และทำการกักเก็บน้ำไว้สำหรับกิจกรรมการใช้น้ำของ ชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่ดี ช่วยให้สามารถจัดสรรน้ำที่มีอยู่ให้พอดี กับความต้องการในเวลาที่เหมาะสม แต่ถึงกระนั้นในทางปฏิบัติการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำให้ได้ ตามวัตถุประสงค์นั้นทำได้ไม่มากนัก เนื่องจากปริมาณน้ำต้นทุนขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติที่มี ความแปรปรวน นอกจากนี้ความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำก็ยังไม่แน่นอนอีกด้วย จึงทำให้ การปฏิบัติการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำต้องประสบกับสถานะเสี่ยงต่อการขาดน้ำในช่วงฤดูน้ำน้อย และเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยสูงในช่วงฤดูน้ำหลากอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจ ในรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำหรือหาเกณฑ์การดำเนินการ ของระบบอ่างเก็บน้ำที่ดีและเหมาะสมที่สุด (USACE, 1977) โดยแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำที่เป็น ที่รู้จัก เช่น AISP (เอเคอร์ และคณะ, 2542); MIKE BASIN (DHI Water and Environment, 2003); MODSIM (Labadie and Baldo, 2000); WEAP (Sieber et al., 2005); HEC-3 (USACE, 1985); HEC-5 (USACE, 1998) และ HEC-ResSim (USACE, 2003b) เป็นต้น การวัดสมรรถนะของ การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำเป็นการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ ตัวชี้วัด อาทิ reliability, resiliency และ vulnerability (Hashimoto et al., 1982) เนื่องจากตัวชี้วัด

มีความหลากหลายและมีจำนวนมาก ดังนั้นการเปรียบเทียบสมรรถนะของแนวทางการจัดการอ่างเก็บน้ำในแต่ละสถานการณ์ จึงทำได้อย่างจำกัด

วิธี Data Envelopment Analysis (DEA) เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ และไม่ต้องกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันล่องหน้า (Yun, 2001) ในปัจจุบันเริ่มมีการประยุกต์ในงานด้านบริหารจัดการน้ำ ทั้งการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบอ่างเก็บน้ำ (Srdjevic et al., 2005) การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบชลประทาน (Hussian et al., 2000) และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (Bogetoft and Nielsen, 2004) โดยในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ด้วยวิธี DEA หลายโปรแกรม เช่น Frontier Analyst (Banxia Software Ltd., 2003); DEAP (Coelli, 1996); DEA Solver Pro (SAITECH Inc., 2003); DEA Excel Solver (Zhu, 2003) เป็นต้น

ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นลุ่มน้ำที่มีทรัพยากรน้ำสมบูรณ์ที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งประเทศ นอกจากนี้ยังมีเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ 2 แห่ง คือ เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ ปัจจุบันการใช้น้ำจากลุ่มน้ำแม่กลองมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น มีผลให้ลุ่มน้ำแม่กลองอยู่ในสถานะที่มีน้ำเหลือให้นำมาใช้เพิ่มอีกไม่มากนัก (เอกสิทธิ์ และ บัญชา, 2545) โดยที่ผ่านมามีการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง อาทิ กฟผ. (2535); กรมชลประทาน (2546); เอกสิทธิ์ และ บัญชา (2545); เอกสิทธิ์ (2546); อารียา (2549); Vudhivanich et al. (1998); Kawabata and Satoh (1999); Kositsakulchai (1997; 2001); Kositsakulchai et al. (1999); Biltonen et al. (2003)

งานวิจัยนี้ เป็นการประยุกต์วิธี DEA เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยใช้โปรแกรม DEA Excel Solver (Zhu, 2003) วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยแบบจำลอง HEC-ResSim (USACE, 2003b) ซึ่งช่วยให้สามารถเปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ประเมินสถานการณ์ของระบบทรัพยากรน้ำและการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองในสภาพปัจจุบัน
2. พัฒนาแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองและจำลองสถานการณ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้โปรแกรม HEC-ResSim
3. เปรียบเทียบผลจากการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) และให้ข้อเสนอแนะสำหรับการเพิ่มสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาของกลุ่มน้ำแม่กลอง โดยศึกษาถึงข้อมูลองค์ประกอบของระบบทรัพยากรน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำต้นทุน ความต้องการใช้น้ำ และเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ และจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้โปรแกรม HEC-ResSim และสรุปผลเป็นรายเดือน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยวิธี Data Envelopment Analysis (DEA)

พื้นที่ศึกษา

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มน้ำแม่กลอง

กลุ่มน้ำแม่กลองตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของประเทศไทย ระหว่างเส้นละติจูดที่ $13^{\circ}28'$ ถึง $16^{\circ}30'$ เหนือ และ เส้นลองจิจูดที่ $98^{\circ}12'$ ถึง $100^{\circ}03'$ ตะวันออก ดังในภาพที่ 1 โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 30,836 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 6 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 9 จังหวัด ได้แก่ พื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดราชบุรี สมุทรสงคราม และพื้นที่บางส่วนของจังหวัดตาก อุทัยธานี สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสาคร และเพชรบุรี

แม่น้ำสายหลักของกลุ่มน้ำแม่กลอง คือ แม่น้ำแม่กลอง เกิดจากลำน้ำสาขาที่สำคัญ 2 สาย คือ แควน้อยและแควใหญ่ ซึ่งไหลมาบรรจบกันบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี จนกลายเป็นแม่น้ำแม่กลองแล้วไหลผ่านจังหวัดราชบุรี และลงสู่อ่าวไทย ที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

ลักษณะภูมิอากาศของกลุ่มน้ำแม่กลอง ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดผ่านในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดผ่านในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 28.0 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณการระเหยเฉลี่ยทั้งปี ประมาณ 1,600 มิลลิเมตร

กลุ่มน้ำแม่กลองมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีทั้งลุ่มน้ำ ประมาณ 1,400 มิลลิเมตร โดยบริเวณทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำเหนือเขื่อนวชิราลงกรณเป็นบริเวณที่มีฝนตกชุกมากที่สุด มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี ส่วนทางด้านทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่เขตชุมชนเมือง และพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ประมาณ 1,000 มิลลิเมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าที่เขื่อนแม่กลอง ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 25,455 ตร.กม. มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 12,000 ล้าน ลบ.ม.

2. ระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

กลุ่มน้ำแม่กลอง มีเขื่อนกักเก็บน้ำเอนกประสงค์ขนาดใหญ่สองเขื่อน คือ เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ มีลักษณะการเชื่อมต่อระบบแบบขนานกันและมีความจุใช้งานรวมประมาณ 13,300 ล้าน ลบ.ม โดยเขื่อนทั้งสองทำหน้าที่กักเก็บน้ำและควบคุมน้ำทางตอนบนของกลุ่มน้ำ ส่วนทางด้านท้ายน้ำมีเขื่อนทดน้ำแม่กลอง ทำหน้าที่จัดสรรน้ำให้แก่พื้นที่ราบทางตอนล่างของกลุ่มน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ ตั้งอยู่บนลำน้ำแควใหญ่ บริเวณบ้านเจ้าเณร ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี อ่างเก็บน้ำมีขนาดความจุ 17,745 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับเก็บกัก +180.0 ม.รทก. (ความจุใช้งาน 7,470 ล้าน ลบ.ม.) และมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 720 เมกะวัตต์ ($3 \times 120 + 2 \times 180$) ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 1,250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

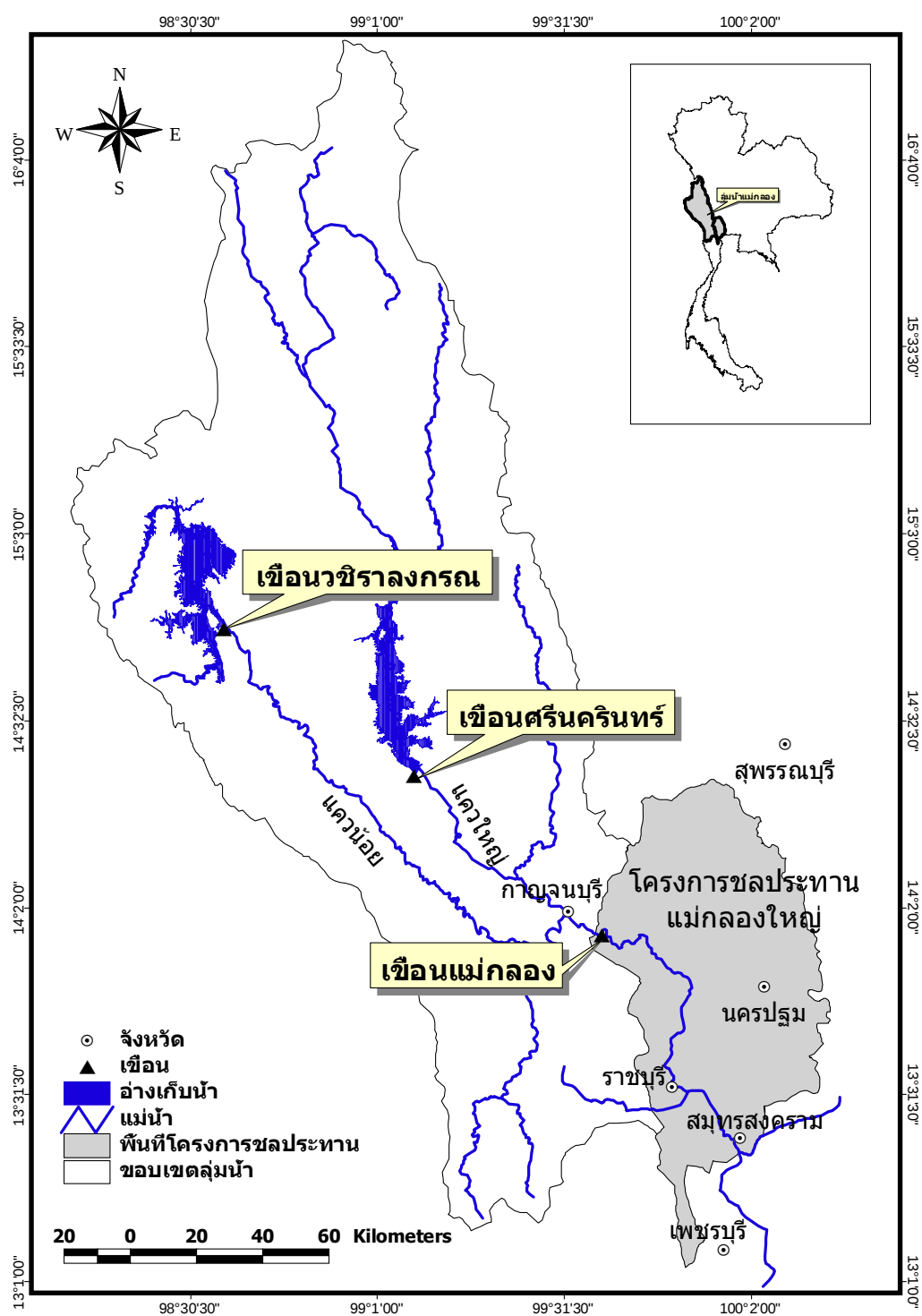
2.2 อ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ (เขาแหลม) ตั้งอยู่บนลำน้ำแควน้อย ตำบลท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยอ่างเก็บน้ำมีความจุ 8,860 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับเก็บกัก +155.0 ม.รทก. (ความจุใช้งาน 5,848 ล้าน ลบ.ม.) และมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 300 เมกะวัตต์ (3×100) ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยปีละ 777 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

2.3 เขื่อนทดน้ำแม่กลอง ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลม่วงชุม อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดกาญจนบุรี ทำหน้าที่ทดน้ำเข้าสู่พื้นที่ชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ส่งน้ำให้กับ การประปานครหลวง ปล่อยน้ำลงท้ายน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ และผันน้ำสู่แม่น้ำท่าจีนในช่วงฤดูแล้ง โดยผ่านคลองจรเข้สามพันและคลองท่าสาร-บางปลา

2.4 โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีพื้นที่ชลประทานประมาณ 2.8 ล้านไร่ แบ่งการบริหารจัดการเป็นโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาจำนวน 11 โครงการ ประกอบด้วย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแม่กลอง ตั้งอยู่ที่หัวงานเขื่อนแม่กลอง และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาในพื้นที่ชลประทาน 10 โครงการ ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน สองพี่น้อง บางเลน กำแพงแสน นครปฐม นครชุม ราชบุรีฝั่งซ้าย ราชบุรีฝั่งขวา ท่ามะกา และดำเนินสะดวก

3. การใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

กิจกรรมการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ การใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ และการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ โดยการใช้ภายในลุ่มน้ำ ได้แก่ ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน การรักษาสमुทระบบนิเวศที่ปากแม่น้ำแม่กลอง และการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ ส่วนการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ ได้แก่ การผันน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งของโครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง ผ่านคลองจรเข้สามพันและคลองท่าสาร-บางปลา และการผันน้ำไปยังโรงกรองน้ำมหาสวัสดิ์ เพื่อผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล



ภาพที่ 1 ขอบเขตลุ่มน้ำแม่กลองและองค์ประกอบของระบบทรัพยากรน้ำ

การตรวจเอกสาร

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง ประกอบด้วย หลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ, การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ, เกณฑ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ, การจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ, แบบจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ, แบบจำลอง HEC-ResSim, การวัดสมรรถนะของระบบทรัพยากรน้ำ และวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) ดังที่จะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

หลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำ คือ กลไกที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่เก็บกักน้ำและควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลมาตามธรรมชาติ เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง อาทิ การอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม การชลประทาน การผลิตกระแสไฟฟ้า การควบคุมคุณภาพน้ำ และการควบคุมหรือบรรเทาน้ำท่วม (วรารุช, 2545) โดยอ่างเก็บน้ำที่กักเก็บน้ำไว้ใช้เพียงเพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ เรียกว่า อ่างเก็บน้ำเอกประสงค์ (Single Purpose Reservoir) ส่วนอ่างเก็บน้ำที่เก็บน้ำไว้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลายอย่าง เรียกว่าอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์ (Multi Purpose Reservoir)

หลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำลบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมด หรือเท่ากับปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำของแต่ละช่วงเวลา (วรารุช, 2538) ดังในภาพที่ 2 โดยสามารถเขียนสมการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำได้ดังนี้

$$V_t + \Delta t = V_t + I_t + R_t - E_t - Re_t - Se_t \quad (1)$$

โดยที่ $V_t + \Delta t$ = ปริมาณน้ำที่จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา $t + \Delta t$
 V_t = ปริมาณน้ำที่จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา Δt
 I_t = ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา Δt
 R_t = ปริมาณฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา Δt
 E_t = ปริมาณการระเหยในช่วงเวลา Δt
 Re_t = ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา Δt

$$Se_t = \text{ปริมาณการรั่วซึมจากอ่างในช่วงเวลา } \Delta t$$

$$\Delta t = \text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ } \Delta t$$

ดังนั้น ถ้าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของช่วงเวลา Δt ที่คำนวณได้มากกว่าปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด แสดงว่ามีการไหลล้นอ่างเก็บน้ำและจำเป็นต้องเร่งระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ โดยปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ เท่ากับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของช่วงเวลา Δt หักด้วยปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด ทำให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา $t + \Delta t$ เท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุดในทางกลับกันหากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของช่วงเวลา Δt ที่คำนวณได้น้อยกว่าปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด แสดงว่าอาจมีการขาดน้ำในช่วงเวลานั้น ดังนั้นปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา $t + \Delta t$ จะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด

ทั้งนี้ ผลจากการวิเคราะห์สมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาวะการขาดแคลนน้ำ หรือการไหลล้นอ่างเก็บน้ำ และต้องมีการปรับแผนการจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำอย่างไร เพื่อป้องกันมิให้เกิดการขาดแคลนน้ำ หรือการไหลล้นอ่างเก็บน้ำ

การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยกำหนดกฎเกณฑ์เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำและปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและความต้องการใช้น้ำ (Jain and Singh, 2003) โดยสามารถแบ่งปริมาตรของอ่างเก็บน้ำออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 3 และมีรายละเอียดดังนี้

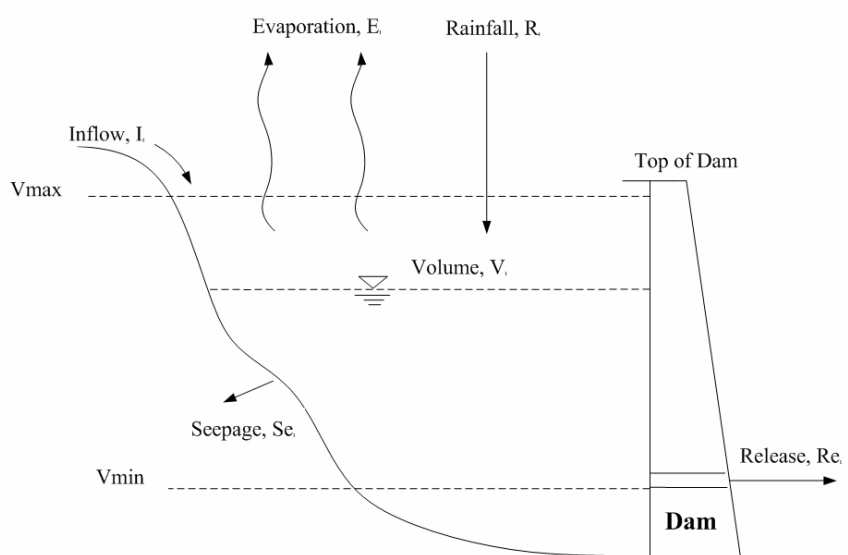
1. Dead Storage คือ ปริมาตรส่วนที่อยู่ต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ หรือเป็นปริมาตรสูญเปล่าที่ไม่สามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ได้ โดยทั่วไปถูกจัดไว้สำหรับการตกตะกอน การพักฝนหย่อนใจ หรืออาจเป็นตำแหน่งต่ำสุดสำหรับการติดตั้งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ

2. Buffer Storage คือ ปริมาตรส่วนที่อยู่ระหว่างปริมาตรสูญเปล่ากับปริมาตรเก็บกัก ใ้ใช้ในการซึ่งหากระดับน้ำลดลงถึงปริมาตรส่วนนี้ จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะแห้งแล้งที่กำลังจะเกิดขึ้น ดังนั้นการส่งน้ำจึงต้องจัดส่งในปริมาณที่จำเป็นเท่านั้น

3. Conservation Storage คือ ปริมาตรเก็บกักใช้การของอ่างเก็บน้ำ โดยปริมาตรส่วนนี้ จะถูกนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของโครงการ

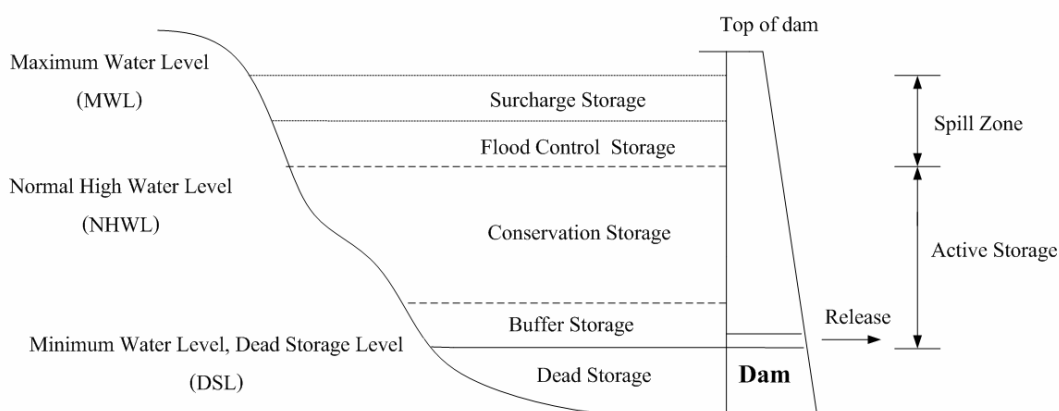
4. Flood Control Storage คือ ปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำเพื่อการป้องกันอุทกภัย ซึ่งจะรองรับปริมาณน้ำส่วนเกินที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำไว้ เพื่อมิให้เกิดความเสียหายกับพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำ

5. Surcharge Storage คือ ปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำสำหรับกรณีทางระบายน้ำล้น ถูกเงินไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ซึ่งจะช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน



ภาพที่ 2 การสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: Jain and Singh (2003)



ภาพที่ 3 การแบ่งปริมาตรของอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: Jain and Singh (2003)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) หมายถึง การกักเก็บน้ำและจัดส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่วางไว้ โดยวางแผนล่วงหน้าว่าควรกักเก็บน้ำและปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวของการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือ การคาดการณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (วราวุธ, 2538)

ปัจจุบันมีการพัฒนาเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำในรูปแบบต่าง ๆ อย่างมากมาย อาทิ เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Rule Curves เป็นการวางแผนปฏิบัติงานสำหรับการปล่อยน้ำออกจากตามระดับเก็บกักของอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลานั้น ๆ ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของช่วงเวลาที่ถูกจัดเป็นข้อมูลที่สำคัญในการสร้าง Rule Curves เมื่อทราบสถานะของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ก็จะสามารถตัดสินใจปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำได้ เพื่อสร้างความมั่นใจว่ามีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพียงพอกับความต้องการใช้น้ำ (Vudhivanich, 1986)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Standard Operation Policy เป็นเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ค่อนข้างง่าย โดยเป็นการพยายามปล่อยน้ำให้พอเพียงกับความต้องการใช้น้ำในทุก ๆ ช่วงเวลา โดยที่ช่วงปริมาณน้ำเก็บกักปกตินั้นการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเท่ากับความต้องการน้ำ แต่ถ้าปริมาณน้ำเก็บกักลดลงการปล่อยน้ำก็จะลดลงด้วยตามสัดส่วน และในทำนองเดียวกันกรณี

ที่ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำเพิ่มมากขึ้น สัดส่วนของการปล่อยน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (Jain and Singh, 2003)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Hedging Rule เป็นการพยายามลดปริมาณการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำในบางช่วงเวลา เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงเวลาถัดมา แม้ว่าปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการน้ำได้เต็มศักยภาพก็ตาม นั่นคือเป็นการพยายามที่จะลดปัญหาการขาดน้ำอย่างรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ด้วยการกระจายการขาดน้ำในปัจจุบันล่วงหน้า หรือให้มีการขาดแคลนนํ้าในหลายๆ ช่วงเวลา (บัญชา, 2541)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Parametric Rule เป็นการประเมินค่าพารามิเตอร์ของระบบอ่างเก็บน้ำ เพื่อนำมาปรับแก้ในการวางแผนกักเก็บน้ำที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้ในการคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับนำมาใช้ในการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเพื่อให้สามารถตอบสนองกับความต้องการน้ำให้ได้มากที่สุดนั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงาน (Nalbantis and Koutsoyiannis, 1997)

การจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ

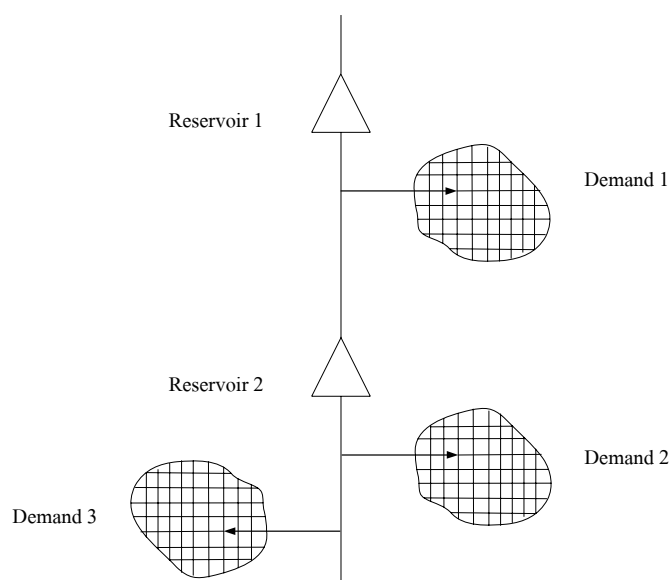
การจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ เป็นการเลียนแบบลักษณะพฤติกรรมของระบบอ่างเก็บน้ำให้เสมือนจริงมากที่สุด โดยการกำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลองมีความสำคัญต่อการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งหากพารามิเตอร์ที่กำหนดในแบบจำลองมีความถูกต้องหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง ผลลัพธ์ที่ได้จะค่อนข้างดีและมีข้อผิดพลาดน้อย (Karamouz et al., 2003)

การจำลองระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่าง (Multi-Reservoir System) เป็นการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำที่มีอ่างเก็บน้ำหลายแห่ง ซึ่งระบบอ่างเก็บน้ำอาจมีลักษณะการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรม (Reservoir in Series) หรือแบบขนาน (Reservoir in Parallel) ทั้งนี้เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำทั้งสองลักษณะมีสัมพันธ์กันตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ (บัญชา, 2541) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การจำลองระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม (Reservoir in Series Simulation) ดังภาพที่ 4 เป็นการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำที่มีอ่างเก็บน้ำตั้งอยู่ในลำน้ำเดียวกัน โดยการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจะเริ่มด้วยการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำทางด้านล่างไปใช้ตามความต้องการน้ำก่อน ซึ่งถ้าหาก

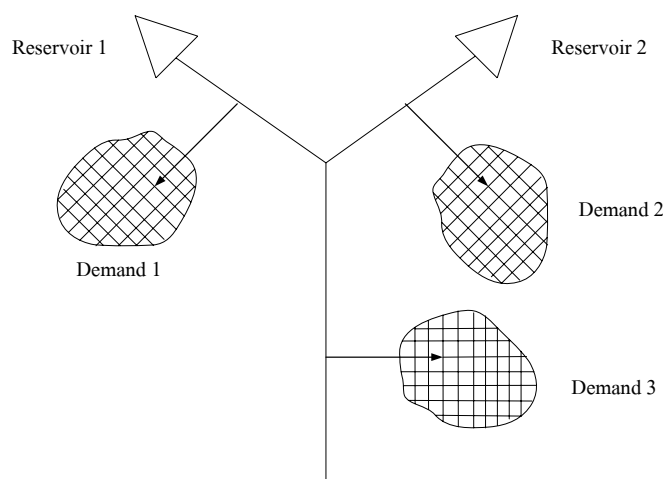
ไม่สามารถปล่อยน้ำให้เพียงพอได้ก็จะปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำทางด้านบนมาเพิ่ม จนกระทั่งเพียงพอตามเป้าหมายการปล่อยน้ำที่ตั้งไว้

2. การจำลองระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน (Reservoir in Parallel Simulation) ดังภาพที่ 5 เป็นการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำที่มีอ่างเก็บน้ำตั้งอยู่ต่างลำน้ำกัน แต่ลักษณะการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำจะไหลมารวมกันที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งทางด้านท้ายของอ่างเก็บน้ำทั้งสอง โดยการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจะดำเนินการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำในอัตราส่วนของปริมาตรที่ว่างของอ่างเก็บน้ำทั้งสองอ่างเท่ากับอัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่คาดว่าจะเกิดขึ้น



ภาพที่ 4 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม

ที่มา: Jain and Singh (2003)



ภาพที่ 5 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน

ที่มา: Jain and Singh (2003)

แบบจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

แบบจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาลักษณะทางธรรมชาติของระบบทรัพยากรน้ำ ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ และจุดควบคุมการไหลของน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ (Wurbs, 1995) โดยแบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้ในการประเมินวัตถุประสงค์ของระบบซึ่งจะแสดงถึงลักษณะที่มีอยู่ทั้งหมดของระบบ โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์หรือพีชคณิตเป็นตัวอธิบาย โดยแบบจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ (Yeh, 1985) ได้แก่ การจำลองสถานการณ์ (Simulation) และ การหาค่าที่เหมาะสม (Optimization)

การจำลองสถานการณ์ของระบบอ่างเก็บน้ำ โดยอาศัยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Simulation Model) เป็นการจำลองพฤติกรรมของระบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดขึ้น (Ralph, 1993) ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการพัฒนาและการใช้งานแบบจำลองคอมพิวเตอร์กันอย่างแพร่หลาย โดยแบบจำลองสำหรับการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่เป็นที่รู้จัก เช่น AISP (เอเคอร์ และคณะ, 2542); MIKE BASIN (DHI Water and Environment, 2003); MODSIM (Labadie and Baldo, 2000); WEAP (Sieber et al., 2005); HEC-3 (USACE, 1985); HEC-5 (USACE, 1998); HEC-ResSim (USACE, 2003) เป็นต้น

ส่วนการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Models) เป็นวิธีการที่อาศัยหลักทางคณิตศาสตร์อธิบายลักษณะของระบบในรูปแบบของตัวแปรและข้อแม้ของระบบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งวิธีการหาค่าที่เหมาะสมนั้น มีหลากหลายวิธี (Fiering, 1986) เช่น โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming, LP), โปรแกรมไม่เชิงเส้น (Non-Linear Programming) และ โปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming, DP) เป็นต้น ทั้งนี้ที่ผ่านมามีการประยุกต์วิธีการเหล่านี้อย่างแพร่หลาย อาทิ การพัฒนาเกณฑ์การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในประเทศไทย (Inagaki, 1984; Hla, 1991; ณรงค์, 2545) และการพัฒนาเกณฑ์การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในต่างประเทศ (Kitson, 1979; Liu, 1985)

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-ResSim

แบบจำลอง HEC-ResSim (Reservoir System Simulation) พัฒนาจากแบบจำลอง HEC-5 โดย US Army Corp of Engineers Hydrologic Engineering Center มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ (USACE, 2003b) ซึ่งมีลักษณะการทำงานแบบ Graphical User Interface (GUI) และเชื่อมต่อกับโปรแกรม HEC-DSSVue (Data Storage System Visual Utility Engine) สำหรับจัดเตรียมข้อมูลอินพุตแบบ Time Series และแสดงผลการคำนวณจากแบบจำลอง HEC-ResSim (USACE, 2003a)

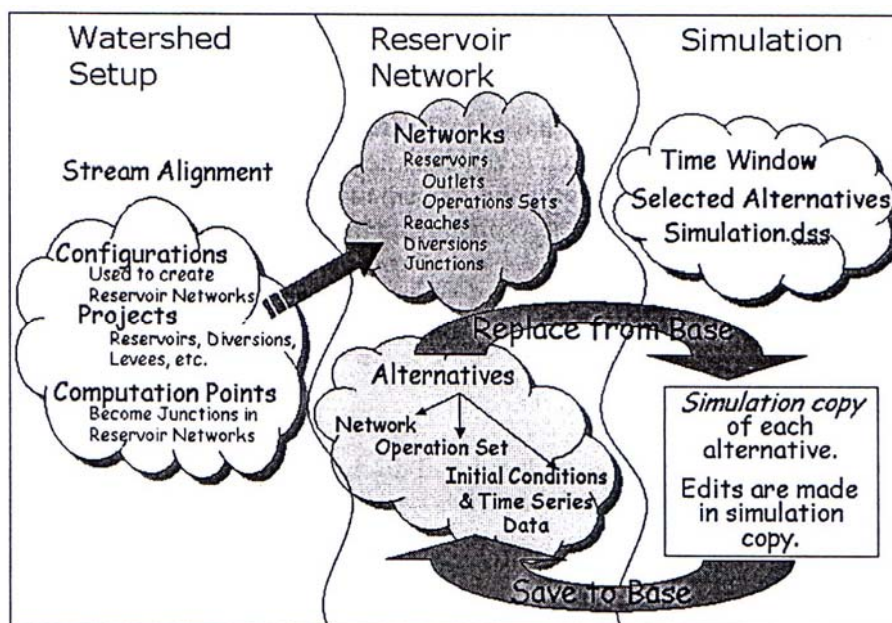
โดยองค์ประกอบหลักในการทำงานของแบบจำลอง HEC-ResSim แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย Watershed Setup, Reservoir Network และ Simulation ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบมีการทำงานสัมพันธ์กัน ดังภาพที่ 6 และมีรายละเอียดดังนี้

1. Watershed Setup ใช้ในการกำหนดขอบเขตของกลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษา คุณลักษณะทางชลศาสตร์และทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำนั้น ๆ รวมถึงใช้สำหรับสร้างโครงข่ายองค์ประกอบของระบบทรัพยากรน้ำ เช่น เส้นลำน้ำ อ่างเก็บน้ำ เขื่อน ฝาย หรือ อาคารชลศาสตร์อื่น ๆ เป็นต้น

2. Reservoir Network Module ใช้ในการกำหนดรายละเอียดของข้อมูลทางกายภาพ และชลศาสตร์ของอาคารประกอบ รวมถึง เกณฑ์การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ เช่น ระดับเก็บกักในโซนต่าง ๆ อัตราการไหลของอาคารประกอบ, การไหลของน้ำในช่วงลำนน้ำ, การผันน้ำเข้าออกของระบบและเกณฑ์การปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในการกำหนดกรณีศึกษาสำหรับการวิเคราะห์ (Define Alternatives)

3. Simulation Module ใช้ในการกำหนดรายละเอียดของช่วงเวลาและระยะเวลาที่ใช้จำลองสถานการณ์ตามที่ต้องการ รวมถึงใช้ในการกำหนดรูปแบบของการแสดงผลที่ได้จากการคำนวณ โดยจะเชื่อมโยงกับแบบจำลอง HEC-DSSVue (USACE, 2003a)

ในปัจจุบันมีการประยุกต์แบบจำลอง HEC-ResSim เพื่อใช้ในการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยสำหรับในประเทศไทยมีผู้ศึกษา ได้แก่ สุธรรม (2548) ได้ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim ในการศึกษาการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำกึ่งคอกหมาและกึ่งลม และ วีระพงษ์ (2548) ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim รศึกษาการจัดการและควบคุมน้ำท่วมในลุ่มน้ำน่าน ตอนล่าง ส่วนในต่างประเทศ อาทิ John and Labadie (2004) ได้ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim ในการศึกษาการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของประเทศสหรัฐอเมริกา Modini (2004) ได้ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim ศึกษาการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำโคลัมเบีย และ Teasley et al. (2004) ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim ศึกษาจัดการระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำ Forgotten ของประเทศบราซิล



ภาพที่ 6 ResSim Module Concepts

ที่มา: USACE (2003b)

การวัดสมรรถนะของระบบทรัพยากรน้ำ

การวัดสมรรถนะของระบบสามารถช่วยให้การประเมินผลเปรียบเทียบแนวทางการจัดการน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ทำได้สะดวกขึ้น โดยสามารถแบ่งลักษณะของตัวชี้วัด (Hashimoto et al., 1982) ประกอบด้วย reliability, resiliency และ vulnerability ซึ่ง Srdjevic et al (2004) ได้สรุปวิธีการวัดสมรรถนะของระบบทรัพยากรน้ำไว้ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) ดังนี้

1. ความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) เป็นการตอบคำถามว่าระบบตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวบ่อยแค่ไหน เช่น กรณีของความน่าเชื่อถือของการปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำเพื่อจัดหาน้ำจะเป็นการพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำ ถ้าไม่สามารถส่งน้ำได้ตามที่ต้องการก็ถือว่าระบบล้มเหลว (เอกสิทธิ์, 2546) โดยความน่าเชื่อถือของระบบ α หาจากความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการ (Srdjevic et al, 2005) ดังสมการ

$$\alpha = \frac{1}{N_z} \sum_{i=1}^{N_z} (1 - Z_i) \quad (2)$$

โดยที่

Z_i เป็นตัวแปรที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 โดยเมื่อกำหนดให้ Q_i เป็นปริมาณน้ำที่ส่งให้ของเดือน i และ D_i เป็นปริมาณความต้องการน้ำของเดือน i $Z_i = 0$ เมื่อ $Q_i \geq D_i$ ในทางตรงข้าม $Z_i = 1$ เมื่อ $Q_i < D_i$

N_z เป็นจำนวนเดือนที่ทำการจำลองสถานการณ์ โดยนับเฉพาะเดือนที่มีความต้องการน้ำมากกว่า 0

α ที่คำนวณได้เป็นจำนวนเดือนที่ไม่ขาดแคลนน้ำต่อจำนวนเดือนทั้งหมด โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 เมื่อค่า α เท่ากับ 1 เป็นตัวชี้ว่าระบบมีความน่าเชื่อถือสูง สามารถส่งได้ตามความต้องการ ตลอดช่วงเวลาที่ทำการจำลองสถานการณ์ ในบางกรณีอาจพิจารณาว่าการขาดแคลนน้ำเล็กน้อยไม่ถือว่าระบบล้มเหลว ซึ่งจะมีการกำหนดค่าความรุนแรงของการขาดน้ำสูงสุด (tolerant shortage, $\varepsilon_{\max}$) หากอัตราการขาดน้ำ (ε_i) ต่ำกว่าค่าสูงสุดก็ยังคงถือว่าระบบไม่ล้มเหลว ($Z_i = 0$) โดยอัตราการขาดน้ำหาจาก $\varepsilon_i = (D_i - Q_i)/D_i$ โดย $\varepsilon_i \geq 0$

2. ความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency) เป็นการตอบคำถามว่าระบบนั้นฟื้นตัวจากสภาวะล้มเหลวได้เร็วแค่ไหน อาจเป็นการวัดระยะเวลาที่นานที่สุดที่ระบบตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวต่อเนื่องกันดังแสดงในภาพที่ 7 (เอกสิทธิ์, 2546) หรืออาจประเมินตามแนวทางของ Srdjevic et al. (2005) โดยการคำนวณตัวชี้วัดความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ γ จะต้องประเมินพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ Z_i และ W_i โดย Z_i เป็นจำนวนเดือนที่ระบบล้มเหลว ส่วน W_i เป็นจำนวนครั้งที่ระบบล้มเหลว ซึ่งเขียนได้ตามสมการ

$$\begin{aligned} \varepsilon_i \leq \varepsilon_{\max} &\rightarrow X_i \in A && \rightarrow Z_i = 0, \\ \varepsilon_i > \varepsilon_{\max} &\rightarrow X_i \in F && \rightarrow Z_i = 1, \end{aligned} \quad (3)$$

ในแต่ละเดือน i ที่พิจารณาเมื่ออัตราการขาดน้ำ ε_i ต่ำกว่า ค่าสูงสุด $\varepsilon_{\max}$ จึงถือว่าระบบไม่ล้มเหลว ($X_i \in A$) ดังนั้นจำนวนเดือนที่ล้มเหลว Z_i จึงเท่ากับ 0 ในทางตรงข้ามถ้าอัตราการขาดน้ำสูงกว่าค่าสูงสุด ($\varepsilon_i > \varepsilon_{\max}$) ถือว่าระบบล้มเหลว ($X_i \in F$) ดังนั้นจำนวนเดือนที่ล้มเหลว Z_i จึงเท่ากับ 1

$$\begin{aligned} X_i \in A \wedge X_{i+1} \in F &\rightarrow W_i = 1, \\ \text{-- otherwise --} &\rightarrow W_i = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

ในแต่ละเดือน i ที่พิจารณาจำนวนครั้งที่ระบบล้มเหลว W_i จะเป็น 1 ครั้งเมื่อเดือนถัดไป ($i+1$) ระบบเปลี่ยนจากสถานะปกติ ($X_i \in A$) เป็นสถานะล้มเหลว ($X_{i+1} \in F$) หากในกรณีอื่น ๆ W_i จะเป็น 0 ซึ่งอาจเป็นได้ทั้ง (1) $X_i \in A \wedge X_{i+1} \in A$ สถานะคงเดิมไม่เปลี่ยน หรือ (2) $X_i \in F \wedge X_{i+1} \in F$ สถานะเปลี่ยนจากล้มเหลวเป็นปกติ

เมื่อคำนวณพารามิเตอร์ Z_i และ W_i ได้แล้วจึงนำไปหารระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบมีสถานะล้มเหลวต่อครั้ง $\bar{T}_F$ จากสมการ

$$\bar{T}_F = \frac{\sum_{i=1}^{N_T} Z_i}{\sum_{i=1}^{N_T} W_i} \quad (5)$$

ท้ายสุด ความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ γ เป็นส่วนกลับของ $\bar{T}_F$ ตามสมการ

$$\gamma = \frac{1}{\bar{T}_F} \quad (6)$$

เมื่อ ค่า γ เท่ากับ 1 เป็นตัวชี้ว่า ไม่เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำในระบบตลอดช่วงเวลาที่ทำการจำลองสถานการณ์

3. ความเปราะบางของระบบ (vulnerability) เป็นการตอบคำถามว่าผลจากสภาวะล้มเหลวของระบบนั้นรุนแรงเพียงใด ดังภาพที่ 7 เป็นตัวอย่างการประเมินความเปราะบางของระบบ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณการขาดแคลนมากที่สุดตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (เอกสิทธิ์, 2546) ส่วนบทความของ Srdjevic et al (2005) เสนอให้พิจารณาข้อมูลรายปีของปริมาณน้ำที่ส่งให้ต่อปริมาณน้ำที่ต้องการ โดยตัวชี้วัดความเปราะบางของระบบ v หาได้จากสมการ

$$v = \frac{1}{N_Y} \sum_{i=1}^{N_Y} \left(1 - \frac{Q_i}{D_i} \right) \quad (7)$$

เมื่อค่า v เท่ากับ 0 เป็นตัวชี้ว่าระบบไม่มีการขาดน้ำ ในทางตรงข้าม ถ้า v เท่ากับ 1 จะเป็นตัวชี้ว่าระบบขาดน้ำรุนแรงมาก หรือไม่สามารถส่งน้ำให้ได้เลย

4. การกระจายของระดับอ่างเก็บน้ำ (Dispersion of reservoir storage level) เป็นการตอบคำถามว่าการกระจายของระดับอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของระบบ กล่าวคือเป็นการพิจารณาถึงระดับสูงสุดต่ำสุดคงที่ของโค้งปฏิบัติงาน (Rule Curve) ของแต่ละเดือน i ที่ต่อเนื่องกันในรอบ 1 ปี ($N_T = 12N_Y$) ซึ่งการประเมินตัวชี้วัดการกระจายของระดับอ่างเก็บน้ำจะต้องคำนวณพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ $\bar{x}_l$ และ σ_l^2 โดย $\bar{x}_l$ เป็นระดับอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย (Average storage level) ส่วน σ_l^2 เป็นความแปรปรวนของระดับอ่างเก็บน้ำ (Variance of storage levels) ซึ่งสามารถเขียนได้ (Srdjevic et al, 2005) ตามสมการ

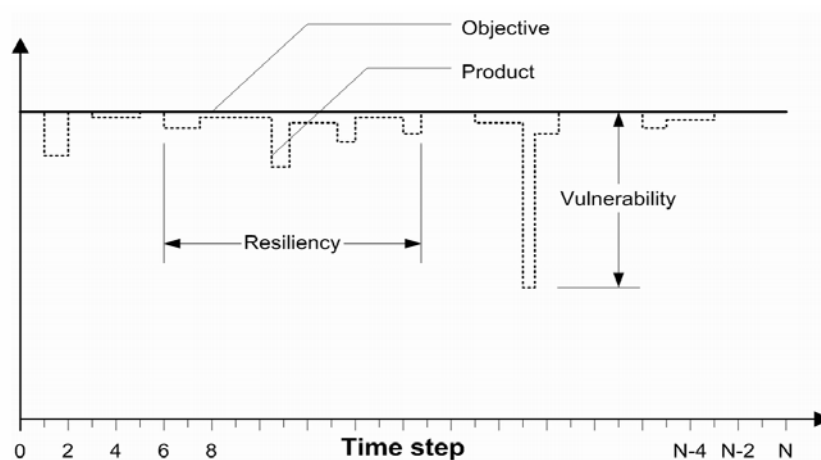
$$\bar{x}_l = \frac{1}{N_T} \sum_{i=1}^{N_T} x_{li}, \quad l = 1, 2, \dots, L, \quad (8)$$

$$\sigma_l^2 = \frac{1}{N_T} \sum_{i=1}^{N_T} (x_{li} - \bar{x}_l)^2, \quad l = 1, 2, \dots, L, \quad (9)$$

เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ $\bar{x}_l$ และ σ_l^2 ได้แล้วจึงนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของระดับอ่างเก็บน้ำ cv_l (Variation coefficient for storage levels) จากสมการ

$$cv_l = \frac{\sigma_l}{\bar{x}_l}, \quad l = 1, 2, \dots, L. \quad (10)$$

ค่า cv_l ที่คำนวณได้เป็นจำนวนเดือนที่ระดับอ่างเก็บน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่อจำนวนเดือนทั้งหมด เมื่อค่า cv_l ที่เข้าใกล้ 0 มากที่สุด เป็นตัวชี้ว่าระดับอ่างเก็บน้ำมีการกระจายคงที่ ซึ่งจะสามารถกำหนดเกณฑ์การส่งน้ำได้ตามความต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดช่วงเวลาทำการจำลองสถานการณ์



ภาพที่ 7 แนวคิดของดัชนีตัวชี้วัดในการประเมินสมรรถนะของการจัดการอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: เอกสิทธิ์ (2546)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA)

จุดเริ่มต้นให้มีการคิดและพัฒนาวิธีการต่าง ๆ เพื่อวัดประสิทธิภาพ เริ่มต้นจากแนวคิดของ Farrell (1957) ที่อาศัยหลักการของ Frontier Analysis ในการวัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของหน่วยผลิต (อัครพงศ์, 2547) ได้สรุปวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) ไว้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการได้ผลผลิตจากทรัพยากรที่ใช้ไปภายใต้การดำเนินงานของหน่วยการผลิต โดยการวัดประสิทธิภาพของหน่วยการผลิตสามารถประเมินได้จากอัตราส่วนระหว่างผลผลิต (Output) ที่ได้ต่อปัจจัยการผลิต (Input)

วิธีการวัดประสิทธิภาพที่นิยมนำมาใช้ในการวัดผลการดำเนินงาน คือ การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบระหว่างหน่วยผลิตนั้นเป็นค่าที่ได้จากหน่วยการผลิตที่ดีที่สุด (best practice) เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยการผลิตที่กำลังศึกษาหรืออาจกล่าวได้ว่าหน่วยการผลิตนั้นเป็นหน่วยการผลิตที่อยู่ในระดับแนวหน้า (frontier) ส่วนหน่วยการผลิตอื่น ๆ จะมีประสิทธิภาพที่ด้อยกว่า (inefficiency) โดยทั่วไปแล้วการวัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของหน่วยการผลิตสามารถประเมินได้ดังนี้

$$\text{relative efficiency} = \frac{\text{weighted sum of outputs}}{\text{weighted sum of inputs}} \quad (11)$$

ดังนั้นสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{relative efficiency} = \frac{\sum_j \mu_r y_{rj}}{\sum_i \omega_i x_{ij}} ; i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s, j = 1, \dots, n \quad (12)$$

โดยที่

x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้าที่ i ของหน่วยการผลิต j

y_{rj} คือ จำนวนของผลผลิตที่ r ของหน่วยการผลิต j

μ_r คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของผลผลิต r

ω_i คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า i

- n คือ จำนวนของหน่วยผลิต
- s คือ จำนวนของผลผลิต
- m คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้า

2. การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA)

ในปี ค.ศ. 1978 Charnes, Cooper และ Roberts เป็นกลุ่มแรกที่ได้นำเสนอวิธีการ DEA โดยใช้หลักการของโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อใช้ในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของหน่วยการผลิต ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนำมาใช้วัดประสิทธิภาพของการดำเนินงาน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ต้องกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันถ่วงหน้า (function form) และวิธีการนี้สามารถวัดประสิทธิภาพของการดำเนินงานได้ ในกรณีที่มีปัจจัยการผลิตและผลผลิตหลายตัว (multi input and multi output) (Coelli et al., 1997)

ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวัดประสิทธิภาพของหน่วยการผลิต n ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิต i แล้วได้ผลผลิต r สามารถแก้ปัญหาได้จากการพิจารณาทางด้านปัจจัยการผลิต (input-oriented) และมีลักษณะของผลตอบแทนคงที่ (Constant Returns to Scale, CRS) ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij0} \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n \mu_r y_{rj0} = 1 \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0 \\
 & \quad \mu_r, \omega_i \geq \varepsilon > 0 \quad ; i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{13}$$

โดยที่

x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้าที่ i ของหน่วยการผลิต j

y_{rj} คือ จำนวนของผลผลิตที่ r ของหน่วยการผลิต j

μ_r คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของผลผลิต r

- w_i คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า i
 n คือ จำนวนของหน่วยผลิต
 s คือ จำนวนของผลผลิต
 m คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้า
 ε คือ ค่าบวกที่มีขนาดเล็ก

เนื่องจากแบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติแบบ CRS จะใช้ได้อย่างเหมาะสม เมื่อหน่วยการผลิตทุกหน่วยมีการดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม (optimal scale) เท่านั้น จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาใหม่ โดย Banker, Chanes and Cooper ในปี ค.ศ.1984 ภายใต้ข้อสมมุติ Variable Returns to Scale (VRS) โดยจะต้องเพิ่มสมการข้อจำกัดเข้าไปในแบบจำลองอีกหนึ่งสมการ คือ $N1'\lambda = 1$ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของค่าความโค้ง (convexity constraint) เพื่อให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน่วยผลิตเป็นขนาดเดียวกัน และต่อมาได้มีการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าว โดยการเพิ่มข้อจำกัด $N1'\lambda \leq 1$ เข้าไปในแบบจำลองอีก ซึ่งสามารถหาค่าประสิทธิภาพในช่วง Non-Increasing Returns to Scale (NIRS) โดยสามารถเขียนแบบจำลองสุดท้ายภายใต้ข้อสมมุติแบบ VRS ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{s.t.} \quad -y_i + y\lambda \geq 0 \\ & \quad \quad \alpha_i - x\lambda \geq 0 \\ & \quad \quad N1'\lambda \leq 1 \\ & \quad \quad \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{14}$$

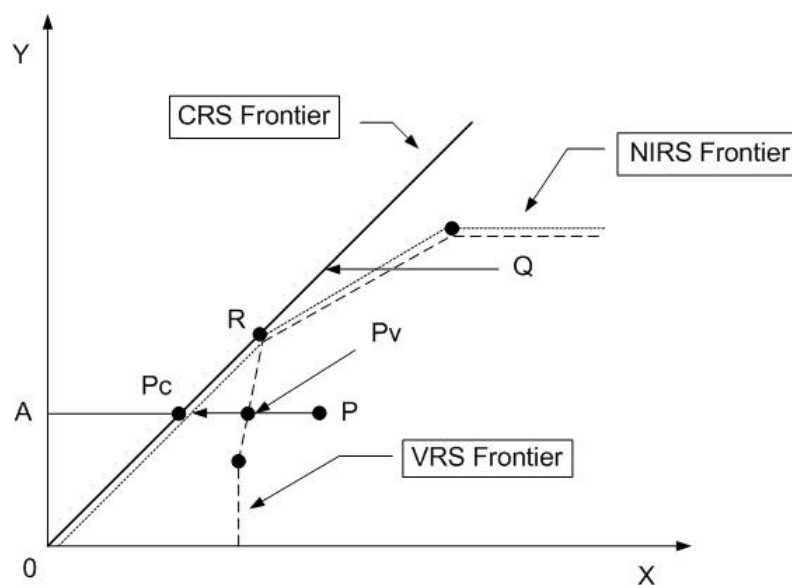
ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติแบบ VRS เป็นการวัดประสิทธิภาพกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่การวัดประสิทธิภาพภายใต้ข้อสมมุติแบบ CRS จะต้องมียกข้อจำกัดว่าหน่วยผลิตทุกหน่วยจะต้องมีการดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม โดยประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติ Constant Returns to Scale (TE_{CRS}) ประกอบด้วย Scale Efficiencies (SE) และ pure technical efficiencies (TE_{VRS}) ซึ่งหากหน่วยผลิตบางหน่วยไม่ได้ดำเนินการผลิตที่ระดับที่เหมาะสม ค่า TE_{CRS} และ TE_{VRS} จะมีค่าไม่เท่ากัน และเมื่อค่า TE_{CRS} / TE_{VRS} สามารถคำนวณค่า Scale Efficiencies (SE) ได้จากความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ ดังในภาพที่ 8 โดยเมื่อสมมุติให้หน่วยการผลิตมีการใช้ปัจจัยการผลิต 1 ชนิด ให้ได้ผลผลิต 1 ชนิด ดังนั้น

$$TE_{CRS} = AP_C / AP$$

$$TE_{VRS} = AP_V / AP$$

$$SE = AP_C / AP_V \quad \text{ซึ่งก็คือ } TE_{CRS} / TE_{VRS}$$

โดยที่ค่าของ TE_{CRS} , TE_{VRS} และ SE มีค่าตั้งแต่ 0-1



ภาพที่ 8 การคำนวณหาค่า Scale Efficiencies (SE)

ที่มา: Coelli et al. (1997)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ในการศึกษาเพื่อการจำลองสถานการณ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง และเปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำได้ใช้เครื่องมือ และรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อประกอบการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 โปรแกรม HEC-ResSim (USACE, 2003b) สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง และจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้จากเว็บไซต์ www.hec.usace.army.mil

1.2 โปรแกรม HEC-DSSVue (USACE, 2003a) สำหรับใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลอินพุตแบบ Time Series และแสดงผลการคำนวณจากแบบจำลอง HEC-ResSim โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้จากเว็บไซต์ www.hec.usace.army.mil

1.3 โปรแกรม DEA Excel Solver (Zhu, 2003) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) โดยการศึกษาได้นำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง

2. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

2.1. ข้อมูลภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2514 ถึง 2543 รวมระยะเวลา 30 ปี จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546) เพื่อใช้คำนวณปริมาณการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ ดังในตารางที่ 1 เป็นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ และในภาพที่ 9 แสดงปริมาณการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ ส่วนในตารางที่ 2 เป็นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจ

อากาศกาญจนบุรี และในภาพที่ 10 แสดงปริมาณการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี

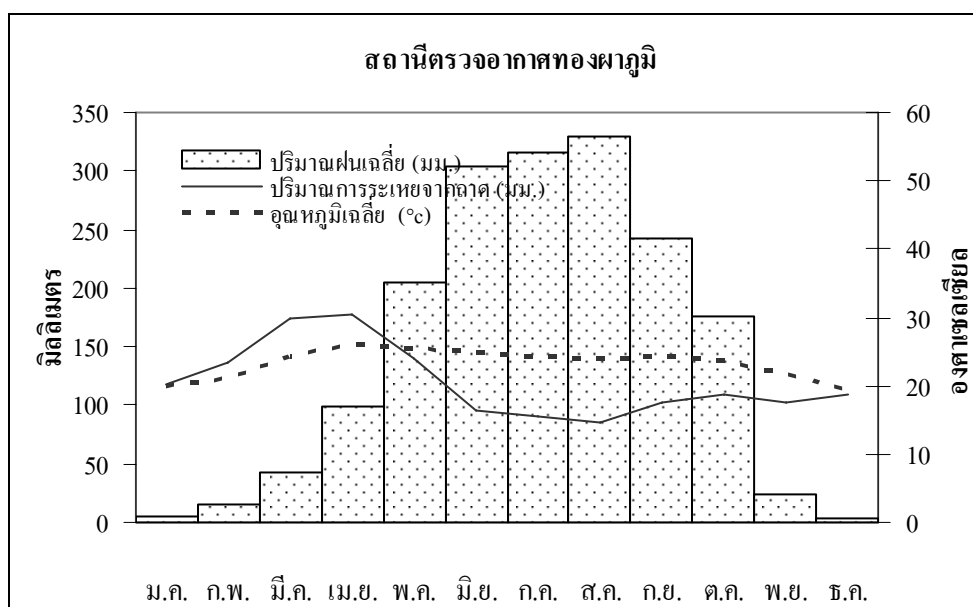
2.2 ข้อมูลปริมาณน้ำทำ ใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง พ.ศ. 2545 รวมระยะเวลา 30 ปี จากสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ รวมทั้งปริมาณน้ำที่ไม่มีการควบคุมระหว่างเขื่อนแม่กลองกับท้ายเขื่อนศรีนครินทร์-วชิราลงกรณ

2.3 ข้อมูลกิจกรรมการใช้น้ำหลัก ประกอบด้วยความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่, การรักษาสมดุลระบบนิเวศ และการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้ทั้งหมดเป็นรายเดือน

2.4 ข้อมูลทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ ได้แก่ ระดับน้ำต่าง ๆ ของอ่างเก็บน้ำ, ความสัมพันธ์ระหว่างโค้งระดับ-ความจุ-พื้นที่ผิวน้ำ, ระดับธรณี และปริมาณการไหลสูงสุดของอาคารประกอบ และคุณสมบัติของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ รวมถึงเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ โดยรวบรวมข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ., 2544 ก) และ (กฟผ., 2544 ข) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ และเป็นแนวทางการกำหนดสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 1 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ (พ.ศ. 2514 ถึง 2543)

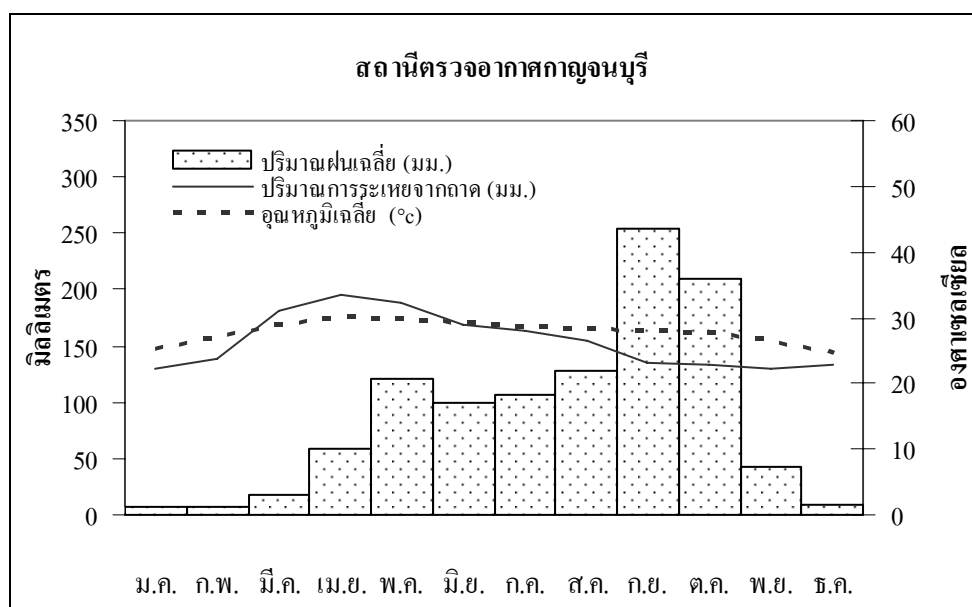
สถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
อุณหภูมิเฉลี่ย (°c)	24.8	26.2	28.7	29.6	28.4	27.0	26.5	26.2	26.6	26.4	25.0	23.5	26.6
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	76	70	68	73	82	88	89	90	88	86	83	79	81
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มม.)	118.4	137.1	174.9	176.9	139.4	95.1	90.1	84.9	102.2	109.3	103.0	108.8	1440.1
เมฆปกคลุม (1-10)	1.8	1.7	2.2	3.4	6.5	8.6	9.0	9.3	8.7	6.7	3.7	1.8	5.3
ความเร็วลม (นอต)	0.5	0.7	1.1	0.9	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	0.6	-
ปริมาณฝนเฉลี่ย (มม.)	5.3	15.9	42.6	99.3	204.6	304.3	315.4	329.5	242.5	176.5	24.7	2.9	1763.5



ภาพที่ 9 ปริมาณการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย
ของสถานีตรวจอากาศทองผาภูมิ

ตารางที่ 2 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี (พ.ศ. 2514 ถึง 2543)

สถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
อุณหภูมิเฉลี่ย (°c)	25.6	27.9	29.9	31.1	29.9	28.9	28.5	28.2	27.9	27.2	26.1	24.7	28.0
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	63	60	59	61	69	72	72	73	77	79	73	65	69
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มม.)	140.0	150.4	205.8	215.7	190.4	157.5	160.4	154.0	138.1	122.6	128.0	142.2	1905.1
เมฆปกคลุม (1-10)	3.0	3.2	3.4	4.5	6.6	7.8	8.0	8.4	8.1	7.0	5.0	3.3	5.7
ความเร็วลม (นอต)	1.5	2.0	2.3	2.4	2.2	2.2	2.4	2.5	1.8	1.4	2.1	2.1	-
ปริมาณฝนเฉลี่ย (มม.)	5.2	11.4	27.5	75.0	135.3	83.8	102.1	109.0	227.8	209.3	62.7	6.2	1055.3



ภาพที่ 10 ปริมาณการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย
ของสถานีตรวจอากาศกาญจนบุรี

วิธีการ

ในการดำเนินงานวิจัย ได้รวบรวมและศึกษาข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ และจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำแล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี DEA ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การประเมินแหล่งน้ำต้นทุน ประกอบด้วย ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ รวมถึงปริมาณน้ำที่ไม่มีการควบคุมระหว่างเขื่อนแม่กลองกับท้ายเขื่อนศรีนครินทร์-วชิราลงกรณ
2. การประเมินความต้องการใช้น้ำในสภาพปัจจุบัน (2549) และอนาคต (2560) ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่, การรักษาสมดุลระบบนิเวศ และการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ
3. การวิเคราะห์องค์ประกอบระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง
4. การสร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยแบบจำลอง HEC-ResSim
5. การตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง โดยพิจารณาจากความสอดคล้องของผลลัพธ์ โดยเทียบกับข้อมูลสถิติที่บันทึกไว้
6. การกำหนดสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ เพื่อกำหนดรูปแบบของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ รวม 50 กรณีศึกษา โดยการกำหนดพิจารณาตามความต้องการใช้น้ำในสภาพปัจจุบัน (2549) และอนาคต (2560) และการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของกำลังผลิตติดตั้ง
7. การจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของแต่ละกรณีศึกษา พร้อมทั้งการทวนสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

8. การวิเคราะห์ผลในรูปของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์โดยแบบจำลอง HEC-ResSim และในรูปของดัชนีสมรรถนะการจัดการอ่างเก็บน้ำ

9. การวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี DEA ด้วยโปรแกรม DEA Excel Solver เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การจัดการระบบอ่างเก็บ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ DEA ประกอบด้วย การพิจารณาปัจจัยการผลิต (input) สำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ และผลผลิต (output) ที่ได้จากการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

10. สรุปผลและข้อเสนอแนะสำหรับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

ผลและวิจารณ์

ในการประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธี DEA ได้นำเสนอผลการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง
2. การจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

ระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

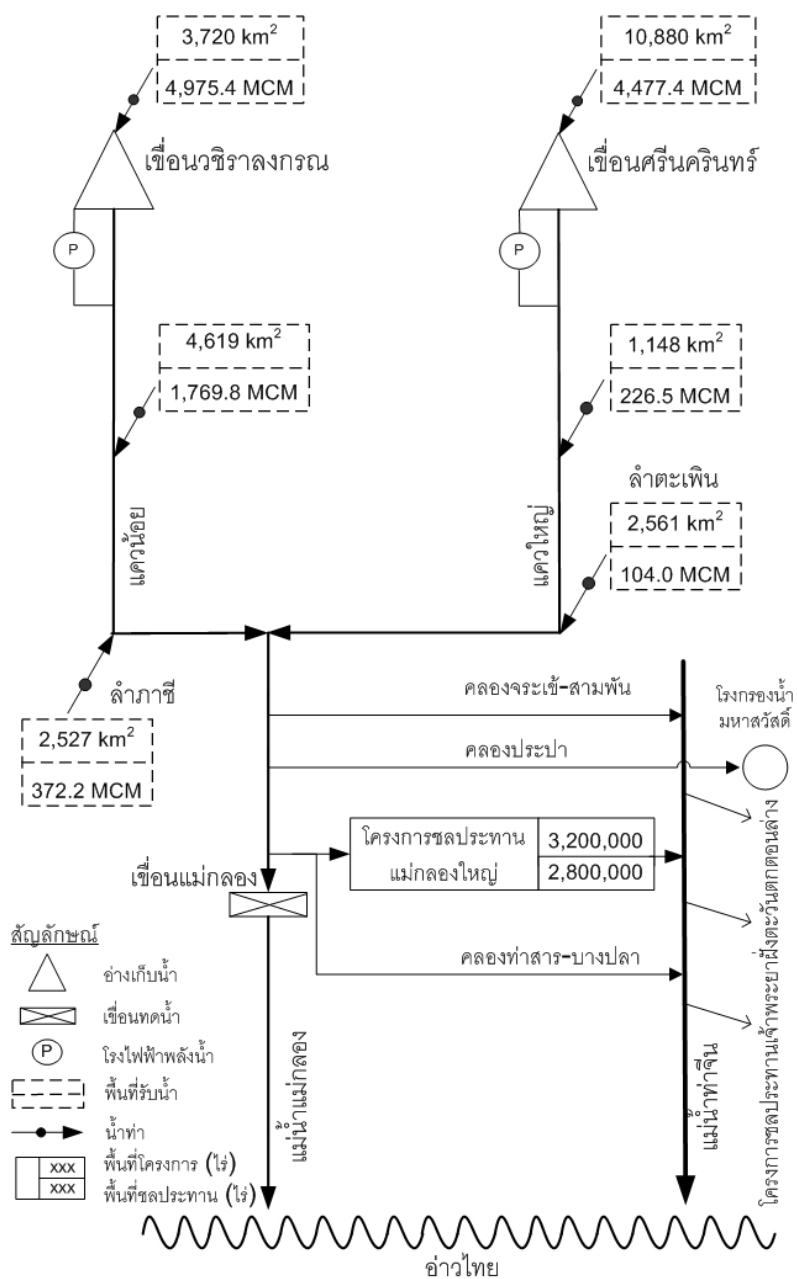
การวิเคราะห์ระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง ประกอบด้วย แหล่งน้ำต้นทุน และความต้องการใช้น้ำ เพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบหลักของระบบ ดังแสดงในภาพที่ 11 ซึ่งประกอบด้วย แม่น้ำแม่กลอง เกิดจากลำน้ำสาขา 2 สาย ได้แก่ แควใหญ่และแควน้อย โดยมีเขื่อนกักเก็บน้ำเอนกประสงค์ขนาดใหญ่ 2 แห่ง คือ เขื่อนศรีนครินทร์ สร้างปิดกั้นลำน้ำแควใหญ่มีพื้นที่รับน้ำ 10,880 ตร.กม. และเขื่อนวชิราลงกรณ สร้างปิดกั้นลำน้ำแควน้อย มีพื้นที่รับน้ำ 3,720 ตร.กม. โดยเขื่อนทั้งสองแห่ง ทำหน้าที่กักเก็บน้ำ และควบคุมการไหลของน้ำทางตอนบนของกลุ่มน้ำ ส่วนด้านท้ายน้ำมีเขื่อนทดน้ำแม่กลองทำหน้าที่จัดสรรน้ำให้พื้นที่ทางตอนล่างของกลุ่มน้ำ โดยครอบคลุมพื้นที่ของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ประมาณ 3.2 ล้านไร่ ทั้งนี้การวิเคราะห์ระบบทรัพยากรน้ำ มีดังนี้

1. แหล่งน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลอง

แหล่งน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลอง ประเมินจากผลรวมของปริมาณน้ำท่าที่เขื่อนแม่กลอง โดยใช้ข้อมูลอุทกวิทยารายเดือนเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2516-2545) ประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ รวมถึงปริมาณน้ำที่ไม่มีการควบคุมระหว่างท้ายเขื่อนศรีนครินทร์-วชิราลงกรณกับเขื่อนแม่กลอง โดยปริมาณน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลองอ้างอิงตามผลการศึกษาโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำแม่กลองของกรมทรัพยากรน้ำ (บ. พี แอนด์ ซี และคณะ, 2549) ซึ่งได้ประเมินจากข้อมูลสถิติและการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง HEC4

ผลการประเมินน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลองในตารางที่ 3 พบว่ากลุ่มน้ำแม่กลองมีปริมาณน้ำท่ารวมที่เขื่อนแม่กลอง ประมาณ 12,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยเป็นปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์กับเขื่อนวชิราลงกรณ รวมประมาณ 9,500 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี หรือ คิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด ส่วนที่เหลือเป็นปริมาณน้ำ Sideflow ประมาณ 2,500 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยที่เขื่อนแม่กลอง แสดงในภาพที่ 12 พบว่าปริมาณน้ำสูงสุดที่ไหลเข้าเขื่อนแม่กลอง ประมาณ 3,000 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งเกิดในช่วงเดือนสิงหาคม และ เป็นช่วงเดียวกับปริมาณน้ำสูงสุดที่ไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ ในขณะที่ปริมาณน้ำสูงสุดที่ไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์จะเกิดช้ากว่า โดยจะเกิดในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม

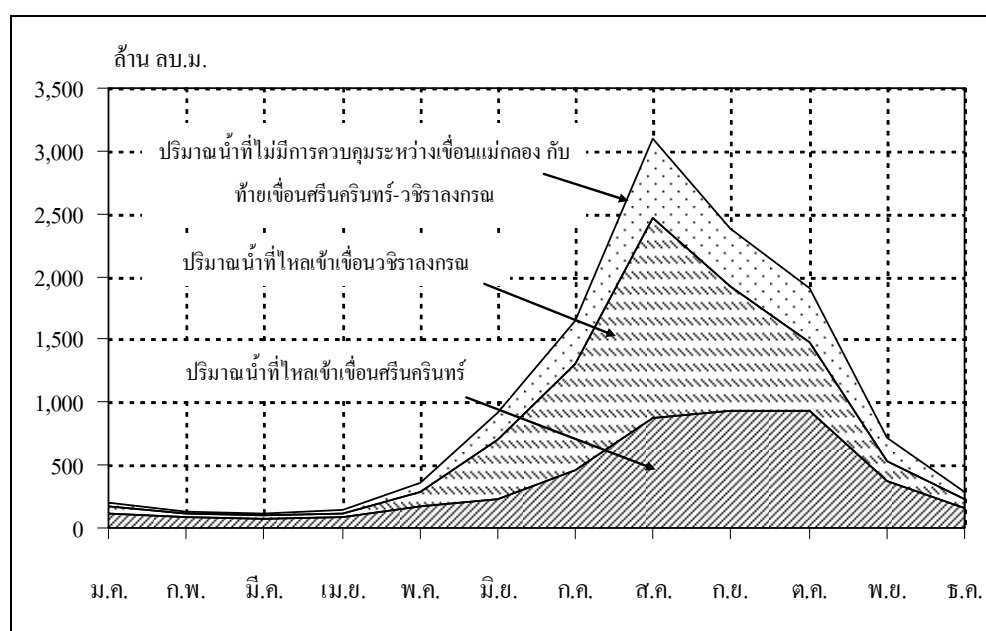


ภาพที่ 11 ระบบทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลอง รายเดือนเฉลี่ย 30 ปี

(หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

	ปริมาณน้ำไหลเข้า เขื่อนศรีนครินทร์	ปริมาณน้ำไหลเข้า เขื่อนวชิราลงกรณ	ปริมาณน้ำที่ไม่มี การควบคุม	รวมปริมาณน้ำ ต้นทุน
ม.ค.	116.6	52.1	33.8	202.5
ก.พ.	79.4	35.1	21.6	136.1
มี.ค.	67.7	30.9	19.0	117.6
เม.ย.	84.4	37.4	24.8	146.6
พ.ค.	170.2	119.9	71.5	361.6
มิ.ย.	226.7	480.6	205.2	912.4
ก.ค.	465.9	840.7	342.1	1,648.8
ส.ค.	868.1	1,598.3	638.9	3,105.3
ก.ย.	930.7	997.8	448.9	2,377.4
ต.ค.	938.3	545.4	425.6	1,909.4
พ.ย.	368.5	164.7	186.2	719.3
ธ.ค.	160.9	72.5	55.0	288.3
รวม	4,477.4	4,975.4	2,472.5	11,925.3



ภาพที่ 12 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยที่เขื่อนแม่กลอง

2. ความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

การประเมินความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง ได้พิจารณาการใช้น้ำในสภาพปัจจุบัน (2549) และคาดการณ์การใช้น้ำในอนาคต (2560) ซึ่งอ้างอิงตามผลการศึกษาโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำแม่กลองของกรมทรัพยากรน้ำ (บ. พิ แอนด์ ซี และคณะ, 2549) โดยได้ประเมินจากความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมหลัก ๆ 4 กลุ่ม ดังนี้

- 2.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
- 2.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศ
- 2.3 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ
- 2.4 การผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ

2.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ประเมินจากปริมาณการใช้น้ำของพืชร่วมกับพื้นที่เพาะปลูก ผลการประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ พบว่าในสภาพปัจจุบันโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีความต้องการน้ำชลประทาน ประมาณ 6,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ส่วนความต้องการน้ำในอนาคต คาดว่าใกล้เคียงกับความต้องการในปัจจุบัน เนื่องจากไม่มีการขยายพื้นที่ชลประทานของโครงการเพิ่มเติมอีก (บ. พิ แอนด์ ซี และคณะ, 2549)

2.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศ

ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศ ประเมินจากผลการศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT, 1978) โดยในปัจจุบันสำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทานได้กำหนดให้ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ระบายจากเขื่อนแม่กลองระหว่าง 50 ถึง 80 ลบ.ม.ต่อวินาที ทั้งนี้ได้พิจารณาการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคของพื้นที่ทางด้านท้ายน้ำของเขื่อนแม่กลองรวมอยู่ด้วย จากข้อกำหนดดังกล่าวสรุปได้ว่ากลุ่มน้ำแม่กลอง มีความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศที่ปากแม่น้ำแม่กลอง โดยระบายจากเขื่อนแม่กลอง ประมาณ 1,600 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี (บริษัท พิ แอนด์ ซี และคณะ, 2549)

2.3 ความต้องการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ

ลุ่มน้ำแม่กลอง มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่เขื่อนอนกประสงค์ขนาดใหญ่ 2 แห่ง ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ จากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2544) สามารถสรุปปริมาณน้ำที่ต้องการปล่อยผ่านโรงไฟฟ้าพลังน้ำของเขื่อนทั้งสองได้ดังนี้

1) เขื่อนศรีนครินทร์ มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 720 เมกะวัตต์ โดยต้องการปล่อยน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำเฉลี่ย ปีละ 5,500 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 1,250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

2) เขื่อนวชิราลงกรณ มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 300 เมกะวัตต์ โดยต้องการปล่อยน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำประมาณ 5,000 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 777 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ทั้งนี้ เมื่อมีการปล่อยน้ำผ่านโรงไฟฟ้าพลังน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ทางด้านท้ายน้ำจะสามารถใช้ประโยชน์จากการปล่อยน้ำได้อีกด้วย

2.4 การผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ

การผันน้ำจากลุ่มน้ำแม่กลอง มีการผันน้ำที่กำลังดำเนินการอยู่ ดังนี้

1) การผันน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งของโครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง เป็นการผันน้ำจากแม่น้ำแม่กลองที่เขื่อนแม่กลองไปสู่แม่น้ำท่าจีน โดยผ่านคลองจรเข้สามพัน และคลองท่าสาร-บางปลา โดยคลองทั้งสองมีอัตราการไหลสูงสุด รวมประมาณ 80 ลบ.ม./วินาที การผันน้ำจากแม่น้ำแม่กลองในช่วงฤดูแล้ง 6 เดือน ที่อัตราการไหล ร้อยละ 75 ของอัตราการไหลสูงสุด คิดเป็นปริมาณความต้องการน้ำประมาณ 900 ล้าน ลบ.ม.

2) การผันน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลดำเนินการโดยการประปานครหลวงได้ผันน้ำจากแม่น้ำแม่กลองที่เขื่อนแม่กลองผ่านคลองประปาไปยังโรงกรองน้ำมหาสวัสดิ์ โดยการผันน้ำจากแม่น้ำแม่กลองได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ซึ่งในปัจจุบัน (2549) ได้ผันน้ำไป ประมาณ 470 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และจะการผันน้ำสูงสุดตามแผนในปี พ.ศ. 2560 ที่อัตราไหล 45 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นปริมาณความต้องการน้ำรายปี ประมาณ 1,420 ล้าน ลบ.ม.

2.5 ภาพรวมความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

จากผลการประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมด้านต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำแม่กลอง ทั้งในปัจจุบัน (2549) และอนาคต (2560) ได้สรุปความต้องการใช้น้ำแยกตามกิจกรรมในตารางที่ 4 และความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองรายเดือนเฉลี่ยในตารางที่ 5 ส่วนในภาพที่ 13 และภาพที่ 14 แสดงสัดส่วนของความต้องการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมเทียบกับความต้องการน้ำทั้งหมด ทั้งในปัจจุบัน (2549) และอนาคต (2560) ตามลำดับ

ผลการประเมินความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง สรุปได้ว่าในสภาพปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำรวมประมาณ 9,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยส่วนใหญ่เป็นความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ราว 6,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี หรือประมาณ 2 ใน 3 ของความต้องการใช้น้ำทั้งหมด

นอกจากนี้ยังมีความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลนิเวศ อีกประมาณ 1,600 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และการผันน้ำข้ามกลุ่มน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งของโครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง และการผันน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปัจจุบันคิดเป็นปริมาณน้ำรวม ประมาณ 1,400 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

ส่วนความต้องการใช้น้ำในอนาคต สรุปได้ว่า กลุ่มน้ำแม่กลอง มีความต้องการน้ำใช้รวมประมาณ 10,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยเป็นการเพิ่มขึ้นจากการผันน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลตามแผนการผันน้ำสูงสุดในปี พ.ศ.2560 ประมาณ 1,000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนการใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ การรักษาสมดุลนิเวศ และการผันน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งของโครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง คาดว่า มีปริมาณใกล้เคียงกับความต้องการน้ำในปัจจุบัน

ตารางที่ 4 ความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองแยกตามกิจกรรม

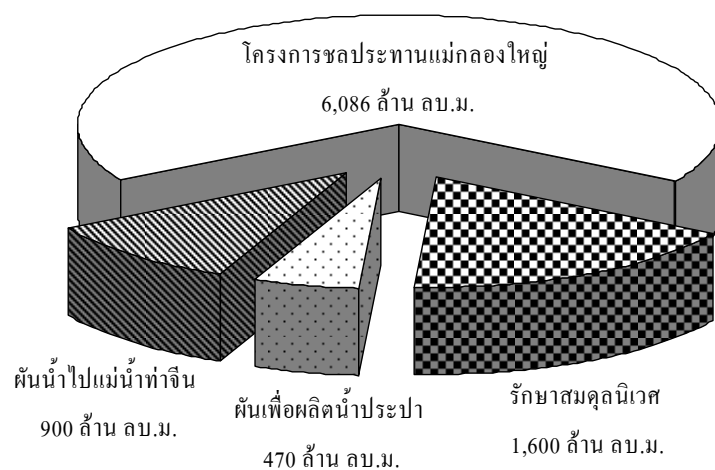
(หน่วย: ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)

กิจกรรมการใช้น้ำ	ความต้องการใช้น้ำ	
	ปัจจุบัน (2549)	อนาคต (2560)
1. การชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	6,086.8	6,086.8
2. การรักษาสมดุลระบบนิเวศ	1,576.8	1,576.8
3. การผันน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานครและ ปริมณฑล	473.0	1419.0
4. การผันน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งของโครงการ เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง	938.3	938.3
รวมทั้งหมด	9,074.9	10,020.9

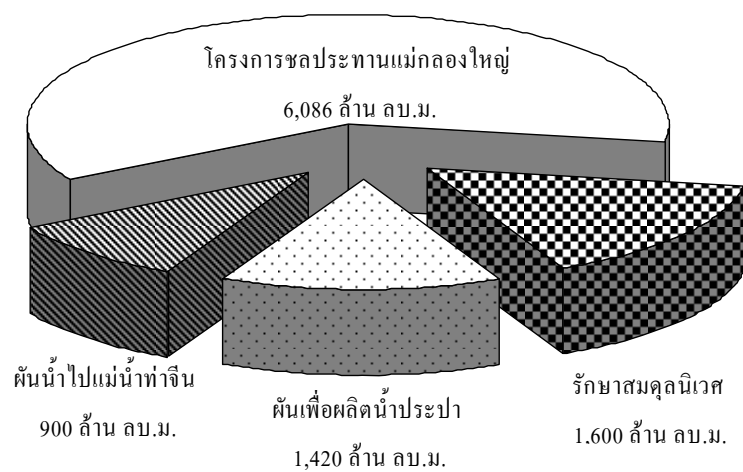
ตารางที่ 5 ความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองรายเดือนเฉลี่ย

(หน่วย: ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ทั้งปี
ปัจจุบัน (2549)													
ชล. แม่กลองใหญ่	242.9	408.2	822.9	867.1	684.6	496.5	504.2	728.9	376.0	326.8	351.9	276.9	6,086.8
รักษาสมดุลนิเวศ	133.9	121.0	133.9	129.6	133.9	129.6	133.9	133.9	129.6	133.9	129.6	133.9	1,576.8
ผันน้ำไปผลิตประปา	40.2	36.3	40.2	38.9	40.2	38.9	40.2	40.2	38.9	40.2	38.9	40.2	473.0
ผันน้ำไปแม่น้ำท่าจีน	160.7	145.2	160.7	155.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.5	160.7	938.3
รวมทั้งหมด	577.7	710.6	1,157.7	1,191.1	858.7	665.0	678.3	903.0	544.4	500.9	675.9	611.7	9,074.9
อนาคต (2560)													
ชล. แม่กลองใหญ่	242.9	408.2	822.9	867.1	684.6	496.5	504.2	728.9	376.0	326.8	351.9	276.9	6,086.8
รักษาสมดุลนิเวศ	133.9	121.0	133.9	129.6	133.9	129.6	133.9	133.9	129.6	133.9	129.6	133.9	1,576.8
ผันน้ำไปผลิตประปา	120.5	108.9	120.5	116.6	120.5	116.6	120.5	120.5	116.6	120.5	116.6	120.5	1,419.0
ผันน้ำไปแม่น้ำท่าจีน	160.7	145.2	160.7	155.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.5	160.7	938.3
รวมทั้งหมด	658.0	783.2	1,238.0	1,268.8	939.1	742.8	758.6	983.3	622.2	581.2	753.7	692.1	10,020.9



ภาพที่ 13 สัดส่วนของความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมหลักในปัจจุบัน (2549)

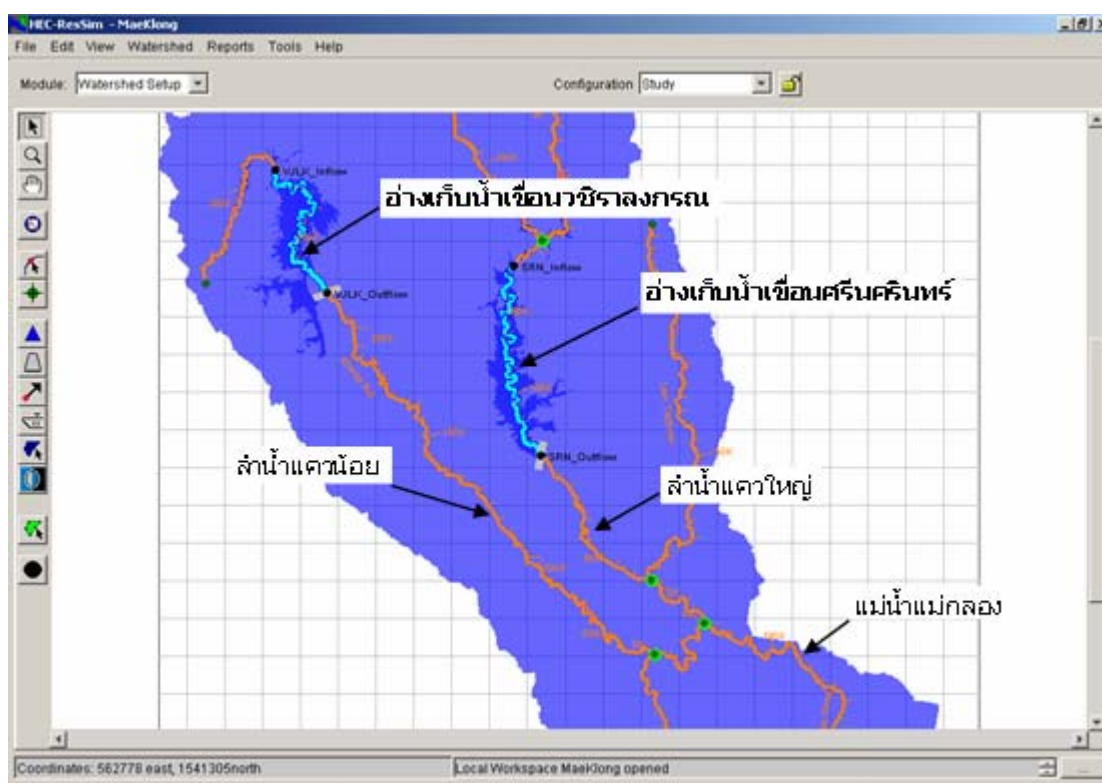


ภาพที่ 14 สัดส่วนของความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมหลักในอนาคต (2560)

การจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

1. แบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

การสร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง โดยใช้แบบจำลอง HEC-ResSim เพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ มีองค์ประกอบที่พิจารณา ได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนลางกรณ แม่น้ำแม่กลอง ลำน้ำแควใหญ่ และแควน้อย รวมถึงจุดผันน้ำเข้าระบบ (Diversion) ซึ่งได้พิจารณาที่เขื่อนแม่กลอง

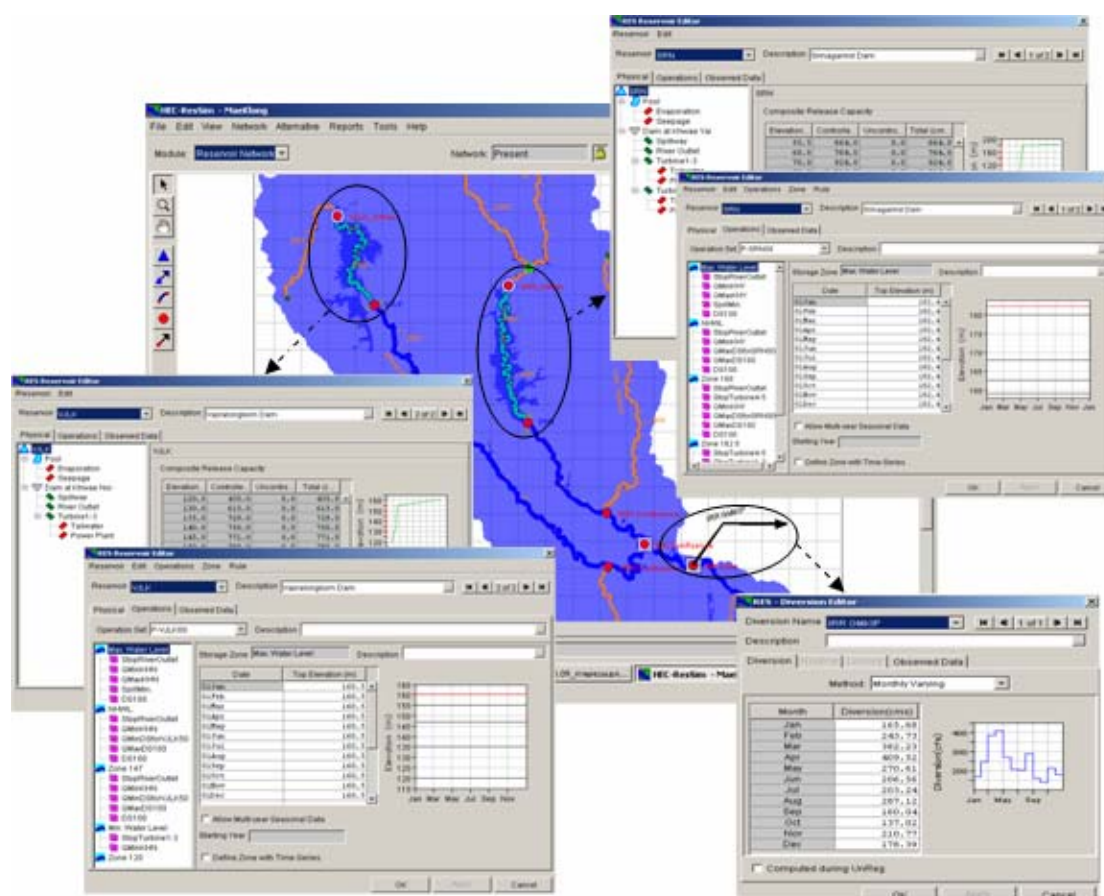


ภาพที่ 15 หน้าต่างการทำงานในส่วนของ Watershed Setup

การทำงานของแบบจำลอง HEC-ResSim แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

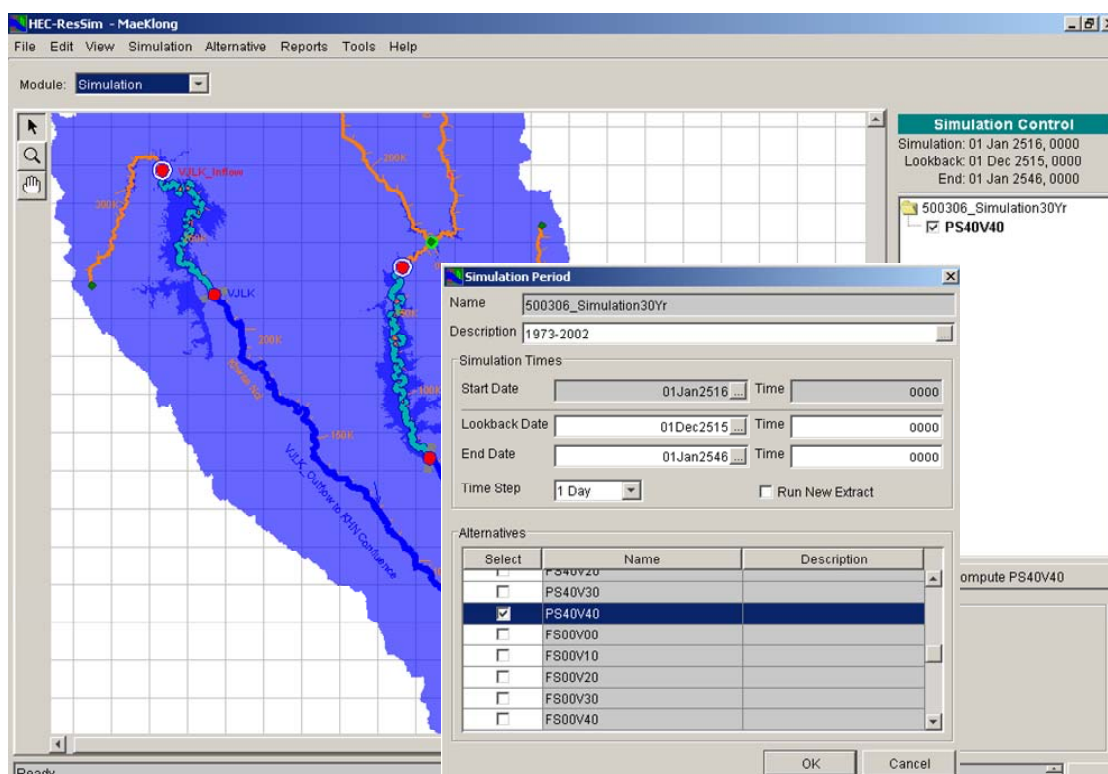
1) Watershed Setup เป็นส่วนที่ใช้นำเข้าข้อมูลองค์ประกอบของระบบลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูล GIS ดังแสดงในภาพที่ 15 ประกอบด้วย ขอบเขตของลุ่มน้ำ, เส้นลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง, ลำน้ำแควใหญ่และแควน้อย รวมถึงอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ

2) Reservoir Network เป็นส่วนที่ใช้นำเข้าข้อมูลองค์ประกอบของระบบที่ได้กำหนดไว้ในส่วน Watershed Setup โดยข้อมูลที่นำเข้าในส่วนนี้ ดังในภาพที่ 16 ประกอบด้วย ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ ข้อมูลเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของทั้งสองเขื่อน รวมถึงข้อมูลความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง



ภาพที่ 16 หน้าต่างการทำงานในส่วนของ Reservoir Network

3) Simulation เป็นส่วนที่ใช้ประมวลผลของข้อมูลที่ได้จากการสร้าง Reservoir Network โดยกำหนดรายละเอียดช่วงเวลาที่ต้องการประมวลผล ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 หน้าต่างการทำงานในส่วนของ Simulation

2. ข้อกำหนดและเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในแบบจำลอง

2.1 ข้อกำหนดพื้นฐานของแบบจำลอง

ข้อกำหนดพื้นฐานของแบบจำลอง จำแนกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ข้อกำหนดด้านเวลา ด้านแหล่งน้ำต้นทุน อ่างเก็บน้ำ ด้านการใช้น้ำ และลำดับความสำคัญของความต้องการน้ำ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

ก) ข้อกำหนดด้านระบบลุ่มน้ำ

- แม่น้ำแม่กลอง ลำน้ำแควใหญ่และแควน้อย
- อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ อ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ และจุดผันน้ำเข้าระบบ (Diversion) ซึ่งได้พิจารณาที่เขื่อนแม่กลอง

ข) ข้อกำหนดด้านเวลา

- ช่วงเวลา (time step) ที่ใช้จำลองสถานการณ์เป็นรายเดือน
- ระยะเวลาที่ใช้จำลองสถานการณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง 2545 รวมระยะเวลา 30 ปี

ค) ข้อกำหนดด้านแหล่งน้ำต้นทุน

- ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณ ระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง 2545 รวมระยะเวลา 30 ปี ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อแหล่งน้ำต้นทุน

- ปริมาณน้ำท่าที่ไม่มีการควบคุม จากท้ายอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์-
วชิราลงกรณ์ จนถึงเขื่อนแม่กลอง ระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง 2545 รวมระยะเวลา 30 ปี
ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อแหล่งน้ำต้นทุน

ง) ข้อกำหนดอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ ได้แก่ ระดับน้ำ
ต่าง ๆ ของอ่างเก็บน้ำ, โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-พื้นผิวน้ำ-ความจุ, ระดับธรณีและ
ปริมาณการไหลสูงสุดของอาคารประกอบต่าง ๆ และคุณสมบัติของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยข้อมูล
ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ (กฟผ., 2544ก) แสดงในตารางที่ 7 และข้อมูลความสัมพันธ์
ระหว่างระดับน้ำ-พื้นผิวน้ำ-ความจุ ในตารางที่ 9 และภาพที่ 18 ส่วนข้อมูลของอ่างเก็บน้ำเขื่อน
วชิราลงกรณ์ (กฟผ., 2544ข) แสดงในตารางที่ 8 และข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-
พื้นผิวน้ำ-ความจุ ในตารางที่ 10 และภาพที่ 19

จ) ข้อกำหนดด้านการใช้น้ำ

กิจกรรมการใช้น้ำ ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทาน
แม่กลอง, การรักษาสมดุลนิเวศ, การผันน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งของโครงการเจ้าพระยาฝั่ง
ตะวันตกตอนล่าง และเพื่อการผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดย
รายละเอียดของข้อมูลได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อความต้องการใช้น้ำ

2.2 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในแบบจำลอง

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำพิจารณาจากระดับน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ ดังในตารางที่ 6
เพื่อกำหนดการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำร่วมกันระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์กับเขื่อนวชิราลงกรณ์
โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก) เมื่อระดับน้ำอยู่ระหว่างระดับเก็บกักปกติ (Normal High Water Level, NHWL)
กับระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Water Level, MWL) จะปล่อยน้ำให้เพียงพอกับความต้องการใช้
น้ำด้านท้ายน้ำทั้งหมดผ่านโรงไฟฟ้าพลังน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เต็มที่

ข) เมื่อระดับน้ำสูงกว่าระดับเก็บกักปกติ (Normal High Water Level, NHWL) พยายามรักษาระดับน้ำให้อยู่ในระดับเก็บกักปกติ โดยระบายน้ำส่วนที่เกินจากระดับเก็บกักปกติผ่านทางระบายน้ำล้น (Spillway) เพื่อให้อ่างเก็บน้ำมีปริมาตรสำรองสำหรับรองรับสภาพน้ำหลากเหนืออ่างเก็บน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ให้ปล่อยน้ำผ่านโรงไฟฟ้าพลังน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เต็มที่ และลดการปล่อยน้ำผ่านทางระบายน้ำล้นโดยเปล่าประโยชน์

ค) เมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Water Level, MWL) จะไม่มีการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้การเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ได้กำหนดระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถเดินเครื่องได้เต็มที่ไว้ที่ระดับ + 162.5 ม.ทรก. และ + 168.0 ม.ทรก. สำหรับเครื่อง ที่ 1-3 และ 4-5 ตามลำดับ ส่วนการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับเครื่องที่ 1-3 ของเขื่อนวชิราลงกรณ ได้กำหนดระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถเดินเครื่องได้เต็มที่ไว้ที่ระดับ + 147.0 ม.ทรก.

ตารางที่ 6 ระดับเก็บกักต่าง ๆ ในอ่างเก็บน้ำ

	ระดับน้ำเก็บกัก			ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่	
	สูงสุด	ปกติ	ต่ำสุด	เครื่องที่ 4-5	เครื่องที่ 1-3
เขื่อนศรีนครินทร์	182.4	180.0	159.0	168.0	162.5
เขื่อนวชิราลงกรณ	160.5	155.0	135.0	-	147.0

ตารางที่ 7 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ และโรงไฟฟ้าเขื่อนศรีนครินทร์

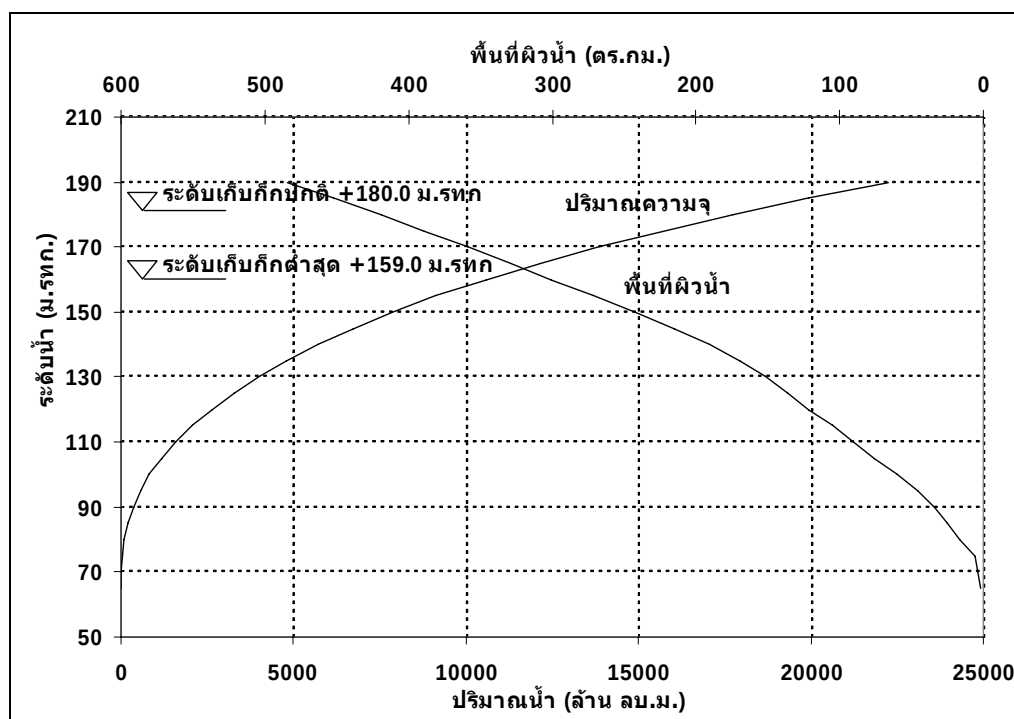
ที่ตั้งบริเวณ	บ้านเจ้าเพชร ต.ท่ากระดาน อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี	
พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	10,880.0	
ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)	4,426.0	
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	7,100.0	
ลักษณะของตัวเขื่อน		
ระดับสันเขื่อน (ม. รทก.)	185.0	
ความสูงจากฐานราก (เมตร)	140.0	
ความยาวสันเขื่อน (เมตร)	610.0	
ความกว้างสันเขื่อน (เมตร)	15.0	
ลักษณะของอ่างเก็บน้ำ		
ระดับเก็บกักสูงสุด (ม. รทก.)	182.4	
ระดับเก็บกักปกติ (ม. รทก.)	180.0	
ระดับเก็บกักต่ำสุด (ม. รทก.)	159.0	
ความจุที่ระดับเก็บกักสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	18,700.0	
ความจุที่ระดับเก็บกักปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	17,745.0	
ความจุที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (ล้าน ลบ.ม.)	10,275.0	
ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน ลบ.ม.)	7,470.0	
อาคารระบายน้ำล้น		
แบบชนิด	ทางน้ำเปิด	
ประตูระบายน้ำ	แบบบานโค้ง จำนวน 3 บาน ขนาด 10.0*9.5 ม.	
ความสามารถระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	2,420.0	
อาคารระบายน้ำเพื่อการชลประทาน		
แบบชนิด	อุโมงค์ (ถูกดัดแปลงจากอุโมงค์ผันน้ำหมายเลข1)	
ประตูระบายน้ำ	Howell hunger valve เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.60 ม.	
ความสามารถระบายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	160.0	
โรงไฟฟ้าพลังน้ำ	Unit 1-3	Unit 4-5
กำลังผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)	3*120	2*180
กำลังผลิตรวมทั้งหมด (เมกะวัตต์)	720.0	
อัตราการระบายน้ำ ยูนิตละ (ลบ.ม./วินาที)	135.0	194.4
ความสูงของหัวน้ำ (เมตร)	105.0	112.0
ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้ (ม. รทก.)	159.0	164.5
ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่ (ม. รทก.)	162.5	168.0
ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้ (ล้าน ลบ.ม.)	10,275.0	12,055.0
ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่ (ล้าน ลบ.ม.)	11,349.0	12,996.0
ระดับน้ำท้ายเขื่อน (ม. รทก.)	55.5	
กำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ใช้ (เมกะวัตต์)	100.0	
พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ได้รายปี (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	876.0	
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตรายปีเฉลี่ย (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	1,250.0	

ตารางที่ 8 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ และโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ

ที่ตั้งบริเวณ	บ้านท่าขนุน ต.ท่าขนุน อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	3,720.0
ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)	5,075.0
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	7,100.0
ลักษณะของตัวเขื่อน	
ระดับสันเขื่อน (ม. รทก.)	162.0
ความสูงจากฐานราก (เมตร)	92.0
ความยาวสันเขื่อน (เมตร)	1,019.0
ความกว้างสันเขื่อน (เมตร)	10.0
ลักษณะของอ่างเก็บน้ำ	
ระดับเก็บกักสูงสุด (ม. รทก.)	160.5
ระดับเก็บกักปกติ (ม. รทก.)	155.0
ระดับเก็บกักต่ำสุด (ม. รทก.)	135.0
ความจุที่ระดับเก็บกักสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	11,000.0
ความจุที่ระดับเก็บกักปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	8,860.0
ความจุที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (ล้าน ลบ.ม.)	3,012.0
ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน ลบ.ม.)	5,848.0
อาคารระบายน้ำล้น	
แบบชนิด	รางคอนกรีตเปิดยาว 270.0 ม.
ประตูระบายน้ำ	แบบบานโค้ง จำนวน 2 บาน ขนาด 14.0*9.8 ม.
ความสามารถระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	3,200.0
อาคารระบายน้ำเพื่อการชลประทาน	
แบบชนิด	ชนิดเดียวกับที่รับน้ำเข้าสู่โรงไฟฟ้า
ประตูระบายน้ำ	ขนาดท่อ 5.3*5.3 ม. ยาว 120 ม.
ความสามารถระบายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	270.0
โรงไฟฟ้าพลังน้ำ	
Unit 1-3	
กำลังผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)	3*100
กำลังผลิตรวมทั้งหมด (เมกะวัตต์)	300.0
อัตราการระบายน้ำ ยูนิตละ (ลบ.ม./วินาที)	167.0
ความสูงของหัวน้ำ (เมตร)	63.0
ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้ (ม. รทก.)	135.0
ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่ (ม. รทก.)	147.0
ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้ (ล้าน ลบ.ม.)	3,012.0
ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่ (ล้าน ลบ.ม.)	6,073.0
ระดับน้ำท้ายเขื่อน (ม. รทก.)	87.0
กำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ใช้ (เมกะวัตต์)	40.0
พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ได้รายปี (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	350.0
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตรายปีเฉลี่ย (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	777.0

ตารางที่ 9 ข้อมูลโค้งลักษณะอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์

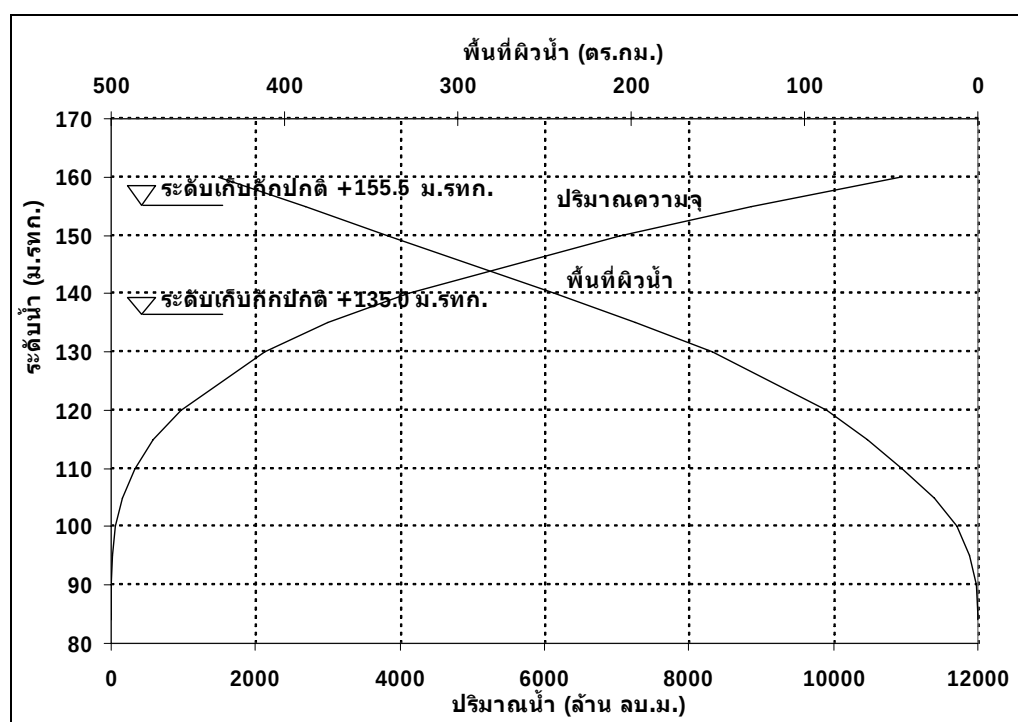
ระดับน้ำ (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
65.0	1.9	5.7	130.0	151.5	3,995.3
70.0	3.7	19.6	135.0	168.9	4,796.5
75.0	6.3	44.4	140.0	190.3	5,694.5
80.0	16.2	100.6	145.0	214.9	6,707.5
85.0	25.4	204.6	150.0	241.9	7,849.5
90.0	34.2	353.6	155.0	271.4	9,132.6
95.0	45.7	553.3	160.0	300.5	10,562.3
100.0	60.2	818.0	165.0	329.1	12,136.4
105.0	76.3	1,159.2	170.0	358.7	13,855.8
110.0	90.5	1,576.0	175.0	389.1	15,724.3
115.0	105.5	2,065.9	180.0	418.8	17,745.1
120.0	121.3	2,633.0	185.0	452.2	19,922.6
125.0	136.0	3,276.4	190.0	483.8	22,262.6



ภาพที่ 18 โค้งความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์

ตารางที่ 10 ข้อมูลโค้งลักษณะอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ

ระดับน้ำ (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
84.0	0.0	0.0	120.0	86.9	962.5
85.0	0.2	0.1	130.0	153.4	2,135.4
90.0	1.0	1.6	135.0	197.9	3,001.7
95.0	5.2	16.1	140.0	244.6	4,117.5
100.0	12.5	58.7	150.0	340.7	7,036.7
105.0	25.3	150.6	155.0	388.0	8,860.9
110.0	43.3	320.3	160.0	438.2	10,914.0
115.0	63.8	587.4			



ภาพที่ 19 โค้งความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ

3. การกำหนดสถานการณ์ในการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

การกำหนดสถานการณ์ในการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำได้กำหนดเป็นกรณีศึกษา โดยพิจารณาตามความต้องการใช้น้ำ และการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กรณีศึกษาด้านความต้องการใช้น้ำ

การพิจารณาด้านความต้องการใช้น้ำ ได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

ก) ความต้องการใช้น้ำกรณีปัจจุบัน ใช้สัญลักษณ์ย่อ P เป็นสถานการณ์การใช้น้ำปัจจุบัน (2549) โดยมีปริมาณความต้องการน้ำรวมทั้งลุ่มน้ำ ประมาณ 9,000 ล้าน ลบ.ม. ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

ข) ความต้องการใช้น้ำกรณีในอนาคต ใช้สัญลักษณ์ย่อ F เป็นสถานการณ์การใช้น้ำในอนาคต (2560) โดยมีปริมาณความต้องการน้ำรวม ประมาณ 10,000 ล้าน ลบ.ม. ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อความต้องการใช้น้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง

3.2 กรณีศึกษาด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า

การพิจารณาด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าเขื่อนละ 5 กรณี ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของกำลังผลิตติดตั้ง ซึ่งเขื่อนศรีนครินทร์ มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตติดตั้งรวม 720 เมกะวัตต์ ($3 \times 120 + 2 \times 180$) และเขื่อนวชิราลงกรณ มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตติดตั้งรวม 300 เมกะวัตต์ (3×100) โดยกรณีศึกษาของเขื่อนศรีนครินทร์ใช้สัญลักษณ์ย่อ S และเขื่อนวชิราลงกรณ ใช้สัญลักษณ์ย่อ V และเมื่อพิจารณากรณีศึกษาของทั้งสองเขื่อนรวมกันจะได้กรณีศึกษารวม 25 กรณี ตัวอย่างการกำหนดชื่อเรียกกรณีศึกษาของการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ดังในตารางที่ 11 เช่น PS10V20 หมายถึงกรณีปัจจุบัน (P) เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า ร้อยละ 10 (S10) และเขื่อนวชิราลงกรณ กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า ร้อยละ 20 (V20) ของกำลังผลิตติดตั้ง

ตารางที่ 11 กรณีศึกษาของการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

กรณี	การใช้น้ำ	ร้อยละของกำลังผลิตติดตั้ง		กรณีศึกษา
		เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ์	
1	กรณีปัจจุบัน (P)	S00	V00	PS00V00
2		S00	V10	PS00V10
3		S00	V20	PS00V20
4		S00	V30	PS00V30
5		S00	V40	PS00V40
6		S10	V00	PS10V00
7		S10	V10	PS10V10
8		S10	V20	PS10V20
9		S10	V30	PS10V30
10		S10	V40	PS10V40
11		S20	V00	PS20V00
12		S20	V10	PS20V10
13		S20	V20	PS20V20
14		S20	V30	PS20V30
15		S20	V40	PS20V40
16		S30	V00	PS30V00
17		S30	V10	PS30V10
18		S30	V20	PS30V20
19		S30	V30	PS30V30
20		S30	V40	PS30V40
21		S40	V00	PS40V00
22		S40	V10	PS40V10
23		S40	V20	PS40V20
24		S40	V30	PS40V30
25		S40	V40	PS40V40
26		S00	V00	FS00V00
27		S00	V10	FS00V10
28		S00	V20	FS00V20
29		S00	V30	FS00V30
30		S00	V40	FS00V40

ตารางที่ 11 (ต่อ)

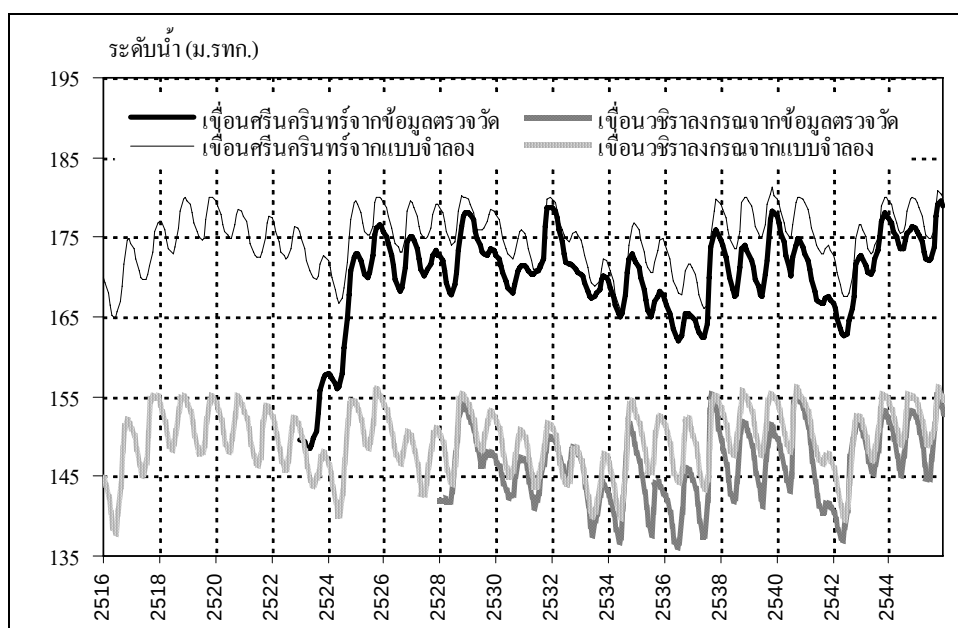
กรณี	การใช้น้ำ	ร้อยละของกำลังผลิตติดตั้ง		กรณีศึกษา
		เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ์	
31	กรณีอนาคต (F)	S10	V00	FS10V00
32		S10	V10	FS10V10
33		S10	V20	FS10V20
34		S10	V30	FS10V30
35		S10	V40	FS10V40
36		S20	V00	FS20V00
37		S20	V10	FS20V10
38		S20	V20	FS20V20
39		S20	V30	FS20V30
40		S20	V40	FS20V40
41		S30	V00	FS30V00
42		S30	V10	FS30V10
43		S30	V20	FS30V20
44		S30	V30	FS30V30
45		S30	V40	FS30V40
46		S40	V00	FS40V00
47		S40	V10	FS40V10
48		S40	V20	FS40V20
49		S40	V30	FS40V30
50		S40	V40	FS40V40

4. การตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง

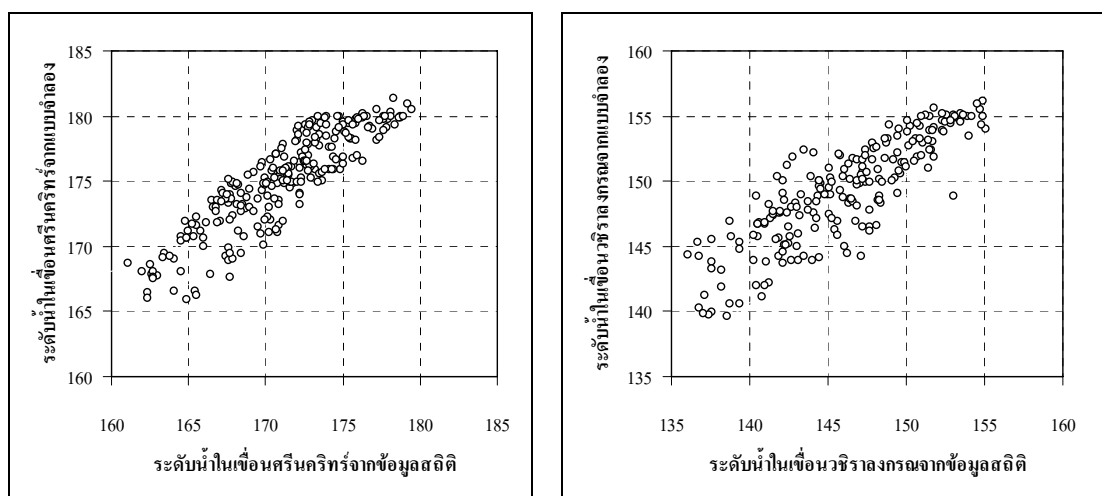
การตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองได้เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์กับข้อมูลสถิติที่มีการบันทึกไว้ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบเป็นค่าระดับน้ำรายเดือนเฉลี่ยของแต่ละอ่างเก็บน้ำ โดยยกตัวอย่างกรณี PS00V00 คือ ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า

ส่วนข้อมูลสถิติที่นำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของแบบจำลองได้ใช้ข้อมูลระดับน้ำเมื่อสิ้นปีของเขื่อนศรีนครินทร์ ระหว่างปี พ.ศ. 2523-2545 และเขื่อนวชิราลงกรณ ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2545

จากการพิจารณาการทำงานของแบบจำลอง ในภาพที่ 20 เป็นระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณจากแบบจำลอง กรณี PS00V00 เทียบกับข้อมูลสถิติที่มีการบันทึกไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำเมื่อสิ้นปีของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณจากแบบจำลองมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับระดับน้ำของข้อมูลสถิติ โดยระดับน้ำเมื่อสิ้นปีของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณจากแบบจำลอง มีค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงกว่าระดับน้ำของข้อมูลสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 21 เนื่องจากการปฏิบัติงานจริงมีการปล่อยน้ำจากเขื่อนมากกว่าความต้องการน้ำด้านท้ายน้ำ เพื่อใช้ในการการผลิตกระแสไฟฟ้าในขณะที่การจำลองสถานการณ์ของแบบจำลองกรณี PS00V00 นั้นไม่ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงเป็นการปล่อยน้ำจากเขื่อนตามความต้องการน้ำด้านท้ายน้ำเท่านั้น



ภาพที่ 20 ระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณ
จากแบบจำลอง กรณี PS00V00 เทียบกับข้อมูลสถิติ



ภาพที่ 21 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ
จากแบบจำลอง กรณี PS00V00 เทียบกับข้อมูลสถิติ

5. ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

การจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลองได้จำลองสถานการณ์เป็นรายเดือน โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ รวมถึงน้ำที่ไม่มี การควบคุมระหว่างท้ายเขื่อนศรีนครินทร์-วชิราลงกรณ จนถึงเขื่อนแม่กลอง ระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง 2545 รวมระยะเวลา 30 ปี ผลการจำลองสถานการณ์แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนแรก เป็นการสรุปผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์โดยแบบจำลอง HEC-ResSim ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแต่ละเขื่อน ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ การขาดแคลนน้ำ และการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำมากกว่าความต้องการ

ส่วนที่สอง เป็นตัวชี้วัดวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ความน่าเชื่อถือของระบบ ความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ ความเปราะบางของระบบและการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ

5.1 ผลจากแบบจำลอง HEC-ResSim

การจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำได้สรุปผลการจำลองสถานการณ์กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ในตารางที่ 12 โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ แสดงในภาพที่ 22 ส่วนปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ แสดงในภาพที่ 24 และในภาพที่ 26 และภาพที่ 28 เป็นปริมาณน้ำที่ขาดและปริมาณน้ำที่เกินทั้งในเชิงปริมาณและเวลา

ส่วนผลการจำลองสถานการณ์ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตได้สรุปในตารางที่ 13 โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณแสดงในภาพที่ 23 ส่วนปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบแสดงในภาพที่ 25 และในภาพที่ 27 และภาพที่ 29 เป็นปริมาณน้ำที่ขาดและปริมาณน้ำที่เกินทั้งในเชิงปริมาณและเวลา

ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ มีดังนี้

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 22 พบว่าในกรณีที่ไม่มีกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ (PS00V00) มีปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มากที่สุด โดยเขื่อนศรีนครินทร์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณเดือนละ 101 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง และเขื่อนวชิราลงกรณผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณเดือนละ 65 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

เมื่อเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 23 พบว่ากรณีเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณไม่มีกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (FS00V00) ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ลดลง โดยเขื่อนศรีนครินทร์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณเดือนละ 90.9 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง และเขื่อนวชิราลงกรณผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณเดือนละ 61.8 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ในขณะที่การเพิ่มเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของทั้งสองเขื่อน ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของกำลังผลิตติดตั้ง ทั้งในกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต พบว่า กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของทั้งสองเขื่อนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือน้อยทำให้มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า อันเป็นผลให้ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตามเป้าหมายที่กำหนดได้

ปริมาณน้ำที่ขาดพิจารณาจากปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนที่ผันเข้าระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีความต้องการน้ำเฉลี่ยรายปี ประมาณ 9,000 ล้าน ลบ.ม. หรือประมาณ 756 ล้าน ลบ.ม. ต่อเดือน โดยปริมาณน้ำที่ขาด ทั้งในเชิงปริมาณและเวลา กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน แสดงในภาพที่ 26 พบว่าในกรณีที่เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (PS00V00) ไม่เกิดการขาดแคลนน้ำ

เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ขาด กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ซึ่งมีความต้องการน้ำเฉลี่ยรายปี ประมาณ 10,000 ล้าน ลบ.ม. หรือประมาณ 835 ล้าน ลบ.ม. ต่อเดือน โดยปริมาณน้ำที่ขาดทั้งในเชิงปริมาณและเวลาของกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 27 พบว่ากรณีเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (FS00V00) เกิดการขาดแคลนน้ำ เท่ากับ 20.4 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 1.86 ของความต้องการใช้น้ำอนาคต และมีจำนวนเดือนที่ขาดน้ำ เท่ากับ 11 เดือน

ในขณะที่การเพิ่มเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของทั้งสองเขื่อน ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของกำลังผลิตติดตั้ง ทั้งในกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต พบว่าระบบมีแนวโน้มเกิดการขาดแคลนน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของทั้งสองเขื่อน ทำให้ต้องปล่อยน้ำจากเขื่อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือน้อยอันเป็นผลให้เพิ่มปริมาณการขาดแคลนน้ำมากขึ้น

ส่วนปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการ พิจารณาจากปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนที่ผันเข้าระบบโดยปริมาณน้ำที่เกิน ทั้งในเชิงปริมาณและเวลา กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน แสดงในภาพที่ 28 พบว่ากรณีที่เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (PS00V00) มีปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการ เท่ากับ 237.7 ล้าน ลบ.ม. หรือประมาณร้อยละ 39 ของความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และมีจำนวนเดือนที่น้ำเกินเท่ากับ 149 เดือน

เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการ ทั้งในเชิงปริมาณและเวลาของกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต แสดงในภาพที่ 29 พบว่า ในกรณีที่เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (FS00V00) มีปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการลดลง เท่ากับ 176.5 ล้าน ลบ.ม. หรือประมาณร้อยละ 24.6 ของความต้องการใช้น้ำอนาคต และมีจำนวนเดือนที่น้ำเกินเท่ากับ 149 เดือน

ในขณะที่การเพิ่มเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของทั้งสองเขื่อน ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของกำลังผลิตติดตั้ง ทั้งในกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและในอนาคต พบว่าระบบมีปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของทั้งสองเขื่อน ทำให้ต้องปล่อยน้ำจากเขื่อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น อันเป็นผลให้ปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการด้านท้ายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย

ทั้งนี้ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ สรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยรายเดือน ระหว่าง 73.5 – 101.3 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าเฉลี่ยรายเดือนลดลง ซึ่งอยู่ระหว่าง 69.8 – 95.4 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในขณะที่กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ระหว่าง ประมาณ 47.4 – 65.0 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ส่วนในกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าเฉลี่ยรายเดือนลดลง อยู่ระหว่าง 47.4 – 64.8 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ระหว่าง ประมาณ 605.3 – 756.2 ล้าน ลบ.ม. ส่วนในกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น โดยอยู่ระหว่าง ประมาณ 650.3 – 828.4 ล้าน ลบ.ม.

ปริมาณน้ำที่ขาด กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง 0.0 – 150.0 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 0.0 – 15.0 โดยมีจำนวนเดือนที่ขาดน้ำอยู่ระหว่าง 0 – 119 เดือน ส่วนในกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าเฉลี่ยรายเดือนเพิ่มขึ้น ซึ่งอยู่ระหว่าง 6.0 – 185.0 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 0.8 – 17.8 และมีจำนวนเดือนที่ขาดน้ำ ระหว่าง 0 – 122 เดือน

ปริมาณน้ำที่เกินจากความต้องการ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ระหว่าง 237.4 – 406.0 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 38.9 – 66.5 โดยมีจำนวนเดือนที่น้ำเกินระหว่าง 129 – 223 เดือน ส่วนในกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าเฉลี่ยรายเดือนลดลง โดยอยู่ระหว่าง 164.5 – 339.6 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 23.4 – 52.3 และมีจำนวนเดือนที่ขาดน้ำช่วงระหว่าง 107 – 198 เดือน

โดยสรุป จากผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ทั้งในกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต แสดงให้เห็นว่า การกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ที่ต่างกัน มีผลต่อการปล่อยน้ำจากเขื่อน โดยการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าต่ำเกินไป มีผลให้เสียโอกาสในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในขณะที่การกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงเกินไปทำให้ต้องปล่อยน้ำจากเขื่อนมากเกินไปเกินความต้องการด้านท้ายน้ำ ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือน้อย อันเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการขาดน้ำรวมถึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้อาจลดลงด้วย

ตารางที่ 12 ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

กรณีศึกษา	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้		ปริมาณน้ำ ผันเข้าระบบ	น้ำที่ขาด			น้ำที่เกิน		
	ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ์		ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน	ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน
PS00V00	101.08	65.02	756.24	0.01	0.00	0	237.70	39.16	149
PS00V10	101.08	65.02	756.24	0.01	0.00	0	237.70	39.16	149
PS00V20	101.29	64.29	746.05	10.20	1.35	0	249.29	42.29	129
PS00V30	100.37	60.03	714.31	41.93	4.02	29	277.13	45.00	218
PS00V40	100.11	47.45	648.88	107.37	11.64	113	350.49	56.48	208
PS10V00	100.70	64.98	756.24	0.01	0.00	0	237.45	38.97	160
PS10V10	100.70	64.98	756.24	0.01	0.00	0	237.45	38.97	160
PS10V20	100.95	64.81	746.02	10.23	1.34	0	248.98	41.87	146
PS10V30	99.82	59.88	713.73	42.51	4.08	29	277.55	45.05	219
PS10V40	98.53	47.45	648.88	107.37	11.64	113	350.40	56.53	208
PS20V00	91.53	63.37	749.07	7.17	1.00	8	246.36	40.17	179
PS20V10	91.52	63.34	749.01	7.23	1.00	8	246.42	40.18	179
PS20V20	92.72	64.84	741.29	14.96	2.03	9	254.99	42.47	178
PS20V30	91.67	58.78	703.78	52.46	5.32	37	290.42	47.56	203
PS20V40	91.71	47.45	640.49	115.75	12.75	107	362.31	58.99	199
PS30V00	86.55	62.24	724.37	31.88	3.18	27	274.61	45.01	182
PS30V10	86.55	62.21	724.43	31.81	3.18	27	274.55	44.99	183
PS30V20	86.49	63.45	720.46	35.79	3.84	52	279.16	46.37	184
PS30V30	86.73	57.92	672.56	83.68	8.13	61	326.65	54.00	223
PS30V40	86.73	47.45	612.33	143.91	15.23	119	394.74	64.91	204

ตารางที่ 12 (ต่อ)

กรณีศึกษา	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้		ปริมาณน้ำ		น้ำที่ขาด		น้ำที่เกิน		
	ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ์	ผันเข้าระบบ	ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน	ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน
PS40V00	73.55	60.98	709.26	46.98	4.59	34	292.86	47.21	206
PS40V10	73.54	60.96	709.51	46.74	4.58	34	292.61	47.17	206
PS40V20	74.19	61.66	709.32	46.92	4.68	29	292.66	47.82	201
PS40V30	74.19	57.53	655.55	100.70	9.86	75	348.53	56.84	226
PS40V40	74.62	47.45	605.36	150.89	15.63	106	406.02	66.53	208

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ มีหน่วยเป็น ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน
 ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ ปริมาณน้ำที่ขาด และปริมาณน้ำที่เกิน
 มีหน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม. ต่อเดือน

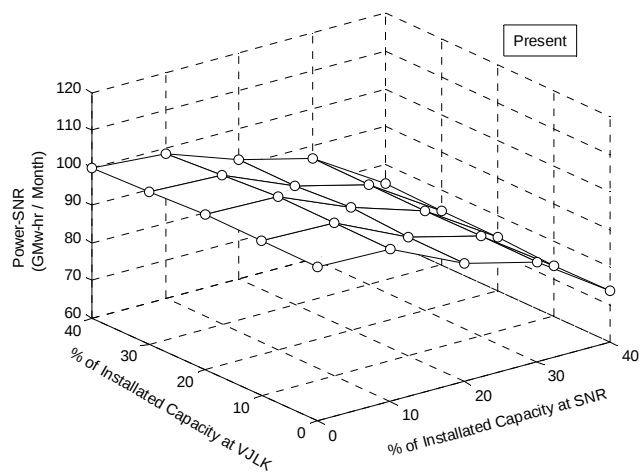
ตารางที่ 13 ผลการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

กรณีศึกษา	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้		ปริมาณน้ำ		น้ำที่ขาด		น้ำที่เกิน		
	ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ์	ผันเข้าระบบ	ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน	ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน
FS00V00	90.93	61.84	814.67	20.40	1.86	11	176.48	24.61	137
FS00V10	90.93	61.82	814.67	20.40	1.86	11	176.48	24.61	137
FS00V20	95.42	64.83	828.44	6.63	0.83	0	164.51	23.46	107
FS00V30	89.48	58.79	768.27	66.81	6.18	37	222.74	31.72	185
FS00V40	85.91	47.49	694.34	140.74	14.02	117	304.80	43.31	198
FS10V00	87.36	61.37	807.62	27.45	2.59	15	183.20	25.70	143
FS10V10	87.34	61.31	807.63	27.44	2.59	15	183.19	25.70	143
FS10V20	90.68	63.71	822.52	12.55	1.44	3	169.47	24.22	116
FS10V30	86.59	58.64	762.82	72.26	6.65	38	228.19	32.64	185
FS10V40	83.08	47.49	691.51	143.57	14.26	117	307.78	43.84	198
FS20V00	81.59	60.71	797.34	37.74	3.92	24	198.86	28.27	147
FS20V10	81.60	60.65	797.31	37.77	3.93	24	198.89	28.27	147
FS20V20	81.75	62.54	800.26	34.82	3.91	29	196.44	28.20	146
FS20V30	81.71	58.15	760.00	75.07	7.06	42	236.56	34.31	174
FS20V40	81.86	47.49	690.92	144.16	14.67	118	313.52	45.12	188

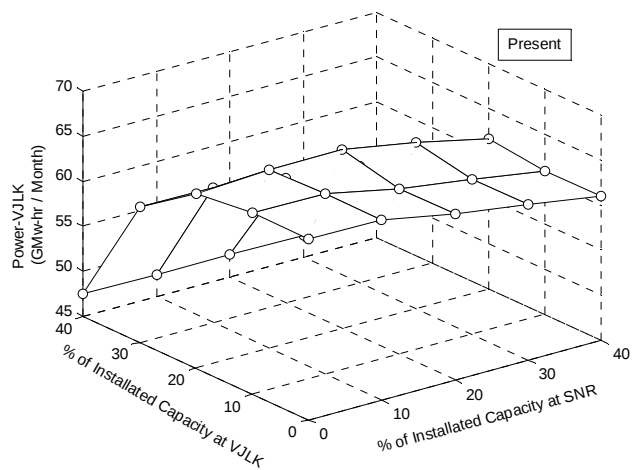
ตารางที่ 13 (ต่อ)

กรณีศึกษา	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้		ปริมาณน้ำ ผันเข้าระบบ	น้ำที่ขาด			น้ำที่เกิน		
	ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ์		ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน	ปริมาตร	ร้อยละ	เดือน
FS30V00	72.99	60.00	774.51	60.57	5.91	31	225.95	32.36	159
FS30V10	72.93	59.91	774.49	60.59	5.90	30	226.02	32.37	159
FS30V20	74.14	61.20	777.31	57.77	5.92	46	222.09	32.06	156
FS30V30	73.14	57.65	734.41	100.66	9.40	51	266.07	38.76	186
FS30V40	73.12	47.49	668.43	166.64	16.76	122	339.64	49.03	183
FS40V00	69.84	59.59	751.98	83.10	7.63	62	252.69	36.19	174
FS40V10	69.81	59.48	751.88	83.20	7.65	62	252.80	36.20	174
FS40V20	70.33	60.38	757.45	77.62	7.32	67	245.42	35.46	166
FS40V30	70.52	57.45	707.64	127.43	11.57	81	297.01	43.02	214
FS40V40	70.89	47.49	650.35	184.73	17.85	119	361.32	52.34	192

หมายเหตุ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ มีหน่วยเป็น ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน
 ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ ปริมาณน้ำที่ขาด และปริมาณน้ำที่เกิน
 มีหน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม. ต่อเดือน

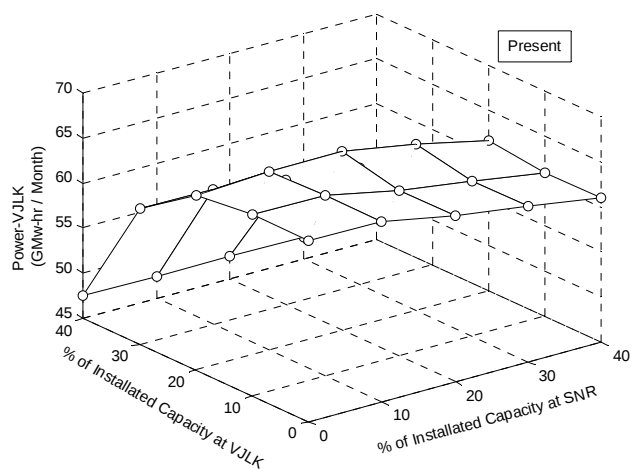


ก. เชื้อนครินทร์ (S)

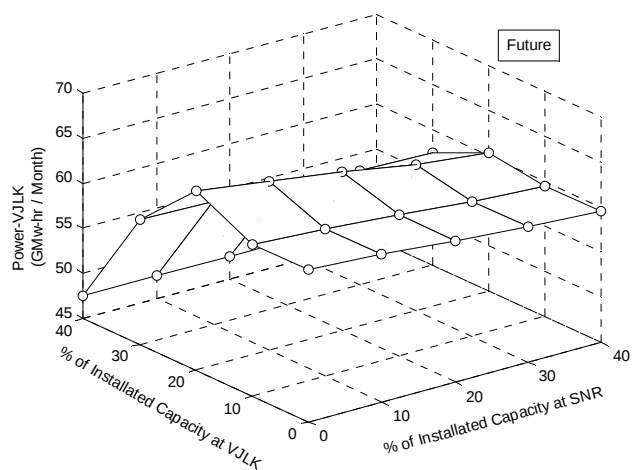


ข. เชื้อนวลราลงกรณ (V)

ภาพที่ 22 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Power) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

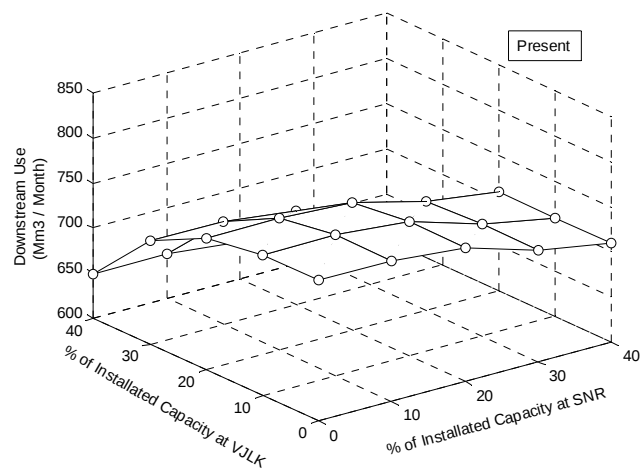


ก. เชื้อนครินทร์ (S)

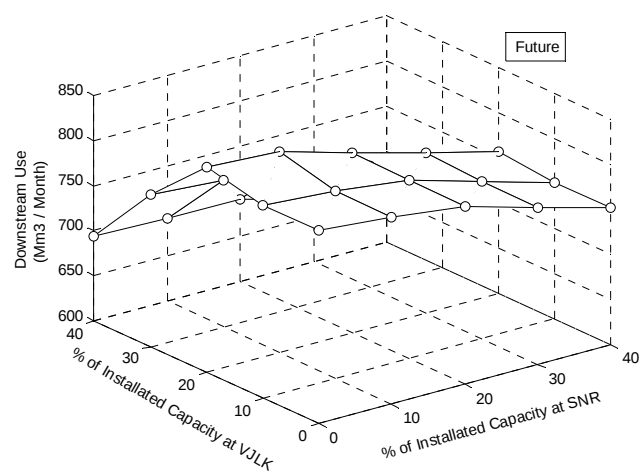


ข. เชื้อนวลราลงกรณ (V)

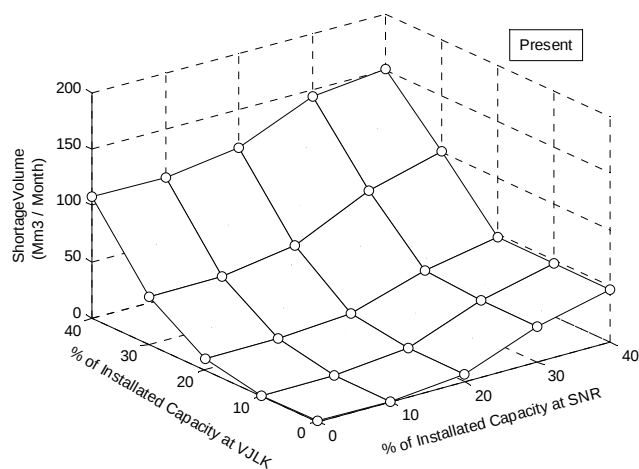
ภาพที่ 23 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Power) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต



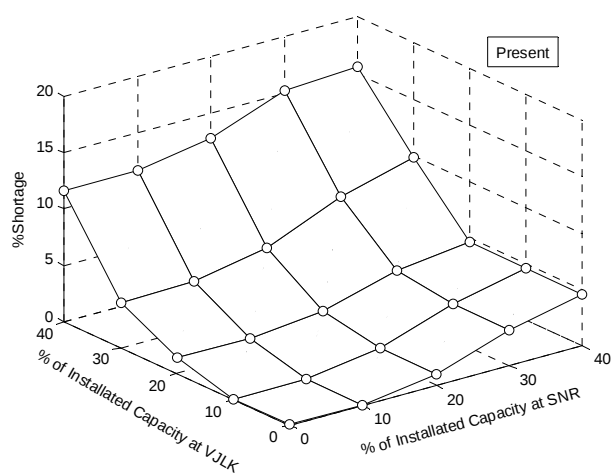
ภาพที่ 24 ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ (Downstream Use) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



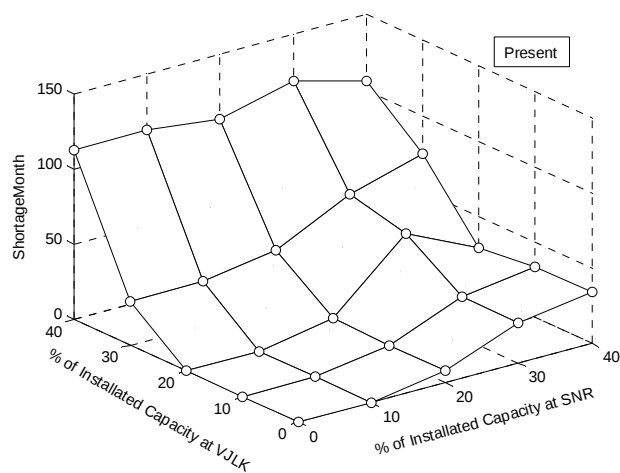
ภาพที่ 25 ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ (Downstream Use) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต



ก. ปริมาตร (Volume)

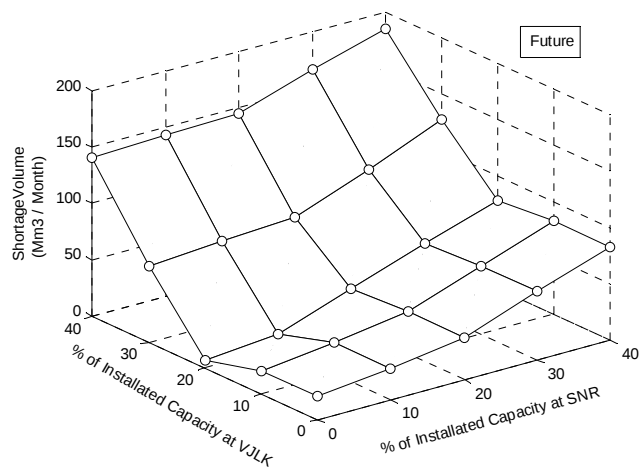


ข. ร้อยละ (%)

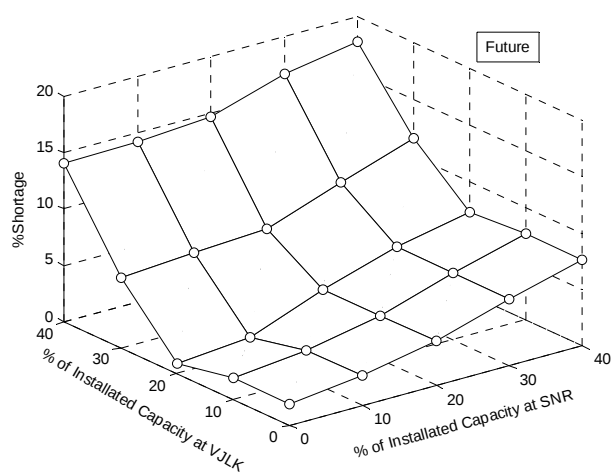


ค. เวลา (Month)

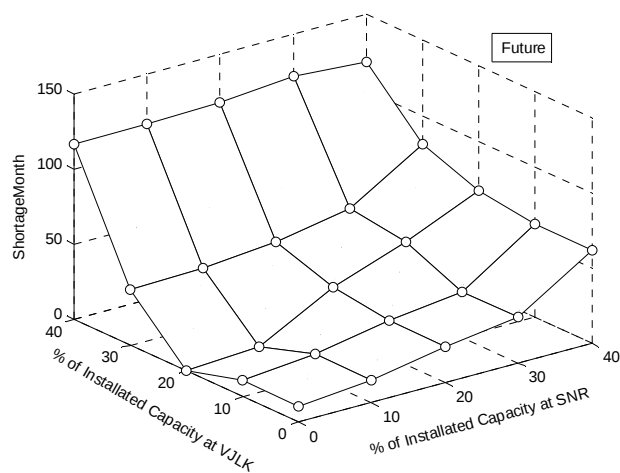
ภาพที่ 26 ปริมาณน้ำที่ขาด (Shortage) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ก. ปริมาตร (Volume)

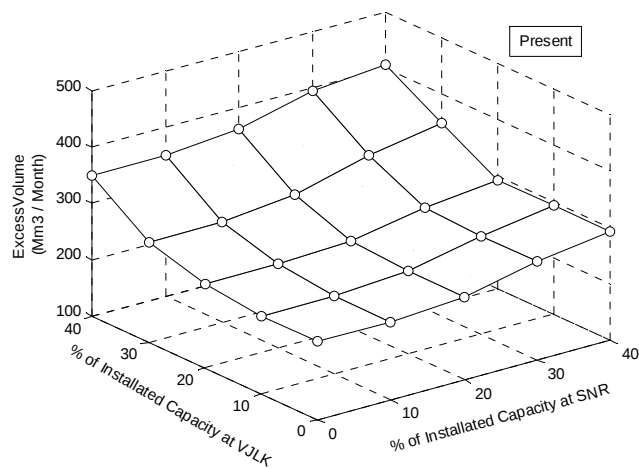


ข. ร้อยละ (%)

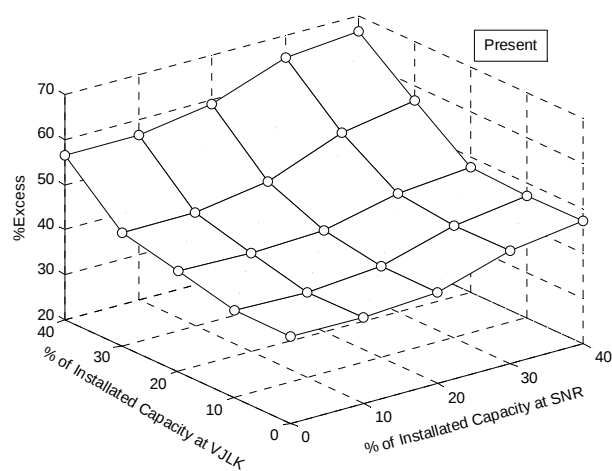


ค. เวลา (Month)

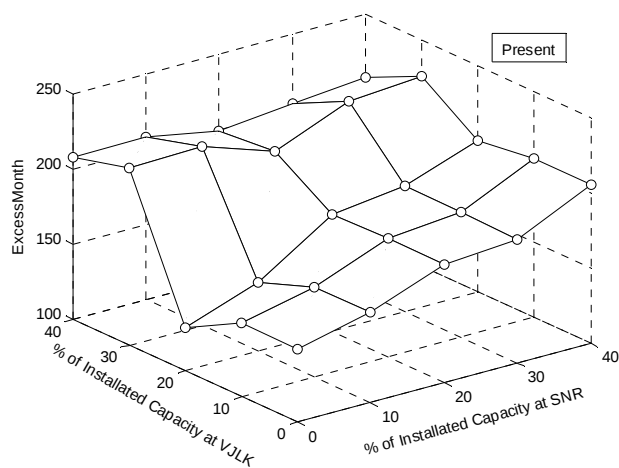
ภาพที่ 27 ปริมาณน้ำที่ขาด (Shortage) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต



ก. ปริมาตร (Volume)

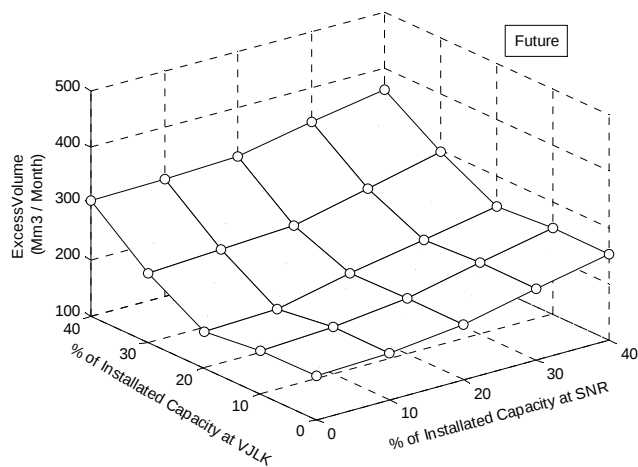


ข. ร้อยละ (%)

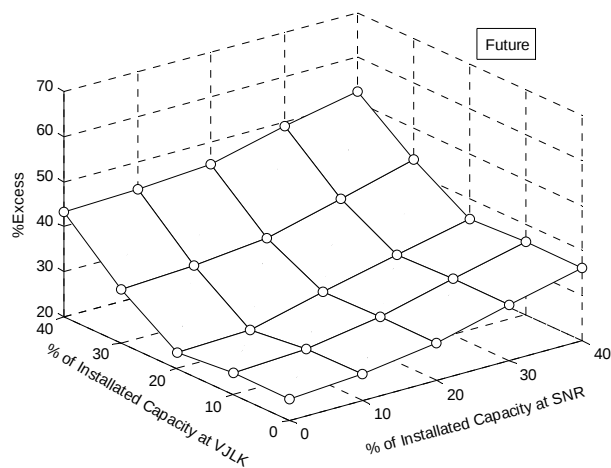


ค. เวลา (Month)

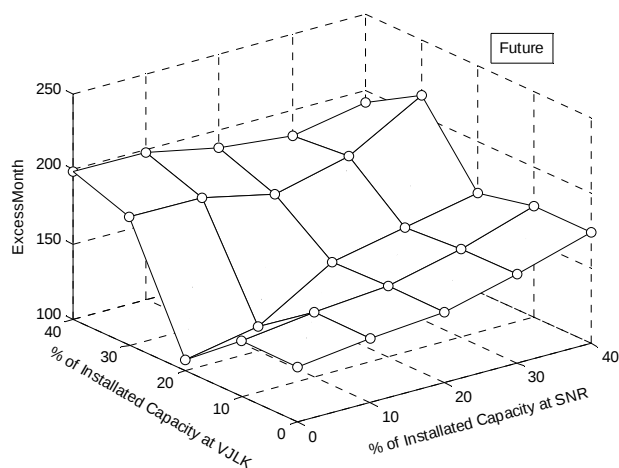
ภาพที่ 28 ปริมาณน้ำที่เกิน (ExcessVolume) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ก. ปริมาตร (Volume)



ข. ร้อยละ (%)



ค. เวลา (Month)

ภาพที่ 29 ปริมาณน้ำที่เกิน (ExcessVolume) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

5.2 ดัชนีชี้วัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

ในการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ได้พิจารณาจากดัชนีชี้วัด 4 ตัว โดยผลของดัชนีชี้วัดแต่ละตัวที่คำนวณได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ดังนี้

- 1) ความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) เป็นตัวชี้ว่าระบบตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวบ่อยแค่ไหน ถ้าค่าความน่าเชื่อถือของระบบ เท่ากับ 1 หมายถึง ระบบมีความน่าเชื่อถือสูง
- 2) ความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency) เป็นตัวชี้ว่าระบบนั้นฟื้นตัวจากสภาวะล้มเหลวได้เร็วแค่ไหน ถ้าค่าความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ เท่ากับ 1 หมายถึง ระบบไม่เกิดสภาวะล้มเหลวตลอดช่วงเวลาที่ทำการจำลองสถานการณ์
- 3) ความเปราะบางของระบบ (Vulnerability) เป็นตัวชี้ว่าผลจากสภาวะล้มเหลวของระบบนั้นรุนแรงเพียงใด ถ้าค่าความเปราะบางของระบบเท่ากับ 0 เป็นตัวชี้ว่าระบบไม่เกิดสภาวะล้มเหลวในทางตรงข้ามถ้าเท่ากับ 1 จะเป็นตัวชี้ว่าระบบเกิดสภาวะล้มเหลวรุนแรงมาก
- 4) การกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Dispersion of reservoir storage level) เป็นตัวชี้ว่าการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมของระบบ ถ้าค่าการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 0 หมายถึง ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีการกระจายตัวคงที่ หรือไม่มีความแปรปรวนเลยในทางตรงข้าม ถ้าเท่ากับ 1 เป็นตัวชี้ว่า ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีความแปรปรวนมาก

การวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ สำหรับดัชนีชี้วัด ตัวที่ 1 ถึง ตัวที่ 3 ได้แบ่งการพิจารณาตามความต้องการใช้น้ำออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า พิจารณาจากกระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่ผลิตได้รายปีของเขื่อนศรีนครินทร์ เท่ากับ 876 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง (กฟผ., 2544 ก) และเขื่อนวชิราลงกรณ์ เท่ากับ 350 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง (กฟผ., 2544 ข)

2) ด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการ พิจารณาจากความต้องการน้ำรวมด้านทำน้ำ โดยกรณีปัจจุบันมีความต้องการน้ำรวมประมาณ 9,000 ล้าน ลบ.ม. และกรณีอนาคตมีความต้องการน้ำรวมประมาณ 10,000 ล้าน ลบ.ม. โดยรายละเอียดของข้อมูลได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อความต้องการใช้น้ำ

ส่วนดัชนีตัวสุดท้าย พิจารณาจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดการจำลอง

การวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำได้สรุปผลการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันแยกตามดัชนีชี้วัด ในตารางที่ 14 โดยค่าสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบ แสดงในภาพที่ 30 ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ ในภาพที่ 32 ส่วนดัชนีความเปราะบางของระบบ ดังในภาพที่ 34 และดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังในภาพที่ 36

นอกจากนี้ ผลการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตแยกตามดัชนีชี้วัด ในตารางที่ 15 โดยค่าสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบ แสดงในภาพที่ 31 ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ ในภาพที่ 33 ส่วนดัชนีความเปราะบางของระบบ ดังในภาพที่ 35 และดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังในภาพที่ 37

ผลการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ มีดังนี้

ดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน แสดงในภาพที่ 30 พบว่าในกรณีที่ไมกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ (PS00V00) ดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 79.1 และเขื่อนวชิราลงกรณ์ ระบบมีความน่าเชื่อถือสูง (ร้อยละ 100) ส่วนดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบในด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการ ระบบมีความน่าเชื่อถือสูง (ร้อยละ 100)

เมื่อเทียบกับดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต แสดงในภาพที่ 31 พบว่าในกรณีที่ทั้งสองเงื่อนไขไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (FS00V00) ดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบทั้งในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าและการส่งน้ำให้ตามความต้องการ มีค่าความน่าเชื่อถือลดลง โดยด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 72.5 เขื่อนวชิราลงกรณ ร้อยละ 96.6 ส่วนด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการเท่ากับ ร้อยละ 96.6

ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน แสดงในภาพที่ 32 พบว่าในกรณีที่ไม่มีกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ (PS00V00) ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณ ระบบไม่เกิดสภาวะล้นเหลวตลอดช่วงเวลาที่ทำการจำลองสถานการณ์ (ร้อยละ 100) ส่วนดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบในด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการ ระบบไม่เกิดสภาวะล้นเหลวตลอดช่วงเวลาที่ทำการจำลองสถานการณ์ (ร้อยละ 100)

เมื่อเทียบกับดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ในภาพที่ 33 พบว่าในกรณีที่ทั้งสองเงื่อนไขไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (FS00V00) ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบทั้งในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าและการส่งน้ำให้ตามความต้องการ มีค่าความสามารถในการฟื้นตัวลดลง นั่นคือ ระบบมีการเกิดสภาวะล้นเหลวโดยการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 25.2 และเขื่อนวชิราลงกรณ ร้อยละ 41.6 ส่วนด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการ เท่ากับ ร้อยละ 45.4

ดัชนีความเปราะบางของระบบ ทั้งในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า และด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการของกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ในภาพที่ 34 พบว่ากรณีไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ (PS00V00) ระบบไม่เกิดสภาวะล้นเหลว (เท่ากับ 0)

เมื่อเทียบกับดัชนีความเปราะบางของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ดังในภาพที่ 35 พบว่าในกรณีที่ทั้งสองเงื่อนไขไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า (FS00V00) ดัชนีความเปราะบางของระบบในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าความเปราะบางของระบบสูงขึ้น นั่นคือ ระบบเกิดสภาวะล้นเหลว โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 9.9 และเขื่อนวชิราลงกรณ

ระบบไม่เกิดสภาวะล้นเหลว (เท่ากับ 0) ส่วนในด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการ มีค่าความแปรปรวนของระบบสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เท่ากับ ร้อยละ 0.04

ดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ดังในภาพที่ 36 พบว่าในกรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ (PS00V00) ดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของทั้งสองเขื่อนมีความแปรปรวน โดยเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 8.8 ส่วนเขื่อนวชิราลงกรณ มีค่าเท่ากับ 18.2

เมื่อเทียบกับดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ดังในภาพที่ 37 พบว่ากรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ (FS00V00) ดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของทั้งสองมีความแปรปรวนมากขึ้น โดยเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 13.2 และเขื่อนวชิราลงกรณ เท่ากับ ร้อยละ 27.4

ทั้งนี้ผลการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ สรุปได้ว่าดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบของกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 58.8 – 80.5 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าลดลง โดยอยู่ระหว่างร้อยละ 56.6 – 73.8 ในขณะที่เขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันมีค่าดัชนีความน่าเชื่อถือระบบอยู่ระหว่างร้อยละ 57.2 – 100.0 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าลดลง ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 57.2 – 99.1 นอกจากนี้ ดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบในด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการของกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 68.6 – 100.0 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าลดลง ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 66.1 – 100.0

ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 12.8 – 44.1 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าลดลง โดยอยู่ระหว่างร้อยละ 12.1 – 26.6 ในขณะที่เขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันมีค่าดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ ระหว่างร้อยละ 19.4 – 100.0 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าลดลง ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 19.4 – 99.1 นอกจากนี้ดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบในด้านการส่งน้ำให้ตามความต้องการของ

กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 23.8 – 100.0 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าลดลง ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 23.0 – 100.0

ดัชนีความเปราะบางของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ในด้านผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 – 20.8 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอยู่ระหว่างร้อยละ 9.1 – 24.2 ในขณะที่เขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าดัชนีความเปราะบางของระบบ ระหว่างร้อยละ 0.0 – 2.89 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต มีค่าลดลง ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 – 2.86 นอกจากนี้ดัชนีความเปราะบางของระบบในการส่งน้ำให้ตามความต้องการของกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 – 0.5 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0 – 1.7

ดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันของเขื่อนศรีนครินทร์ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 7.8 – 10.6 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอยู่ระหว่างร้อยละ 8.5 – 13.8 ในขณะที่เขื่อนวชิราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันมีค่าดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 14.1 – 31.3 ส่วนกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคตมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 19.6 – 31.4

โดยสรุป จากผลการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ทั้งในกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต แสดงให้เห็นว่าการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณที่ต่างกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีชี้วัดซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของการจัดการอ่างเก็บน้ำในภาพรวม ถึงกระนั้นในการเปรียบเทียบสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้จากดัชนีชี้วัดตัวใดตัวหนึ่ง จำเป็นต้องพิจารณาดัชนีชี้วัดร่วมกัน แต่เนื่องจากตัวชี้วัดมีความหลากหลายและมีจำนวนมาก ทำให้การเปรียบเทียบสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในแต่ละกรณี จึงทำได้อย่างจำกัด

ตารางที่ 14 ผลการวัดสมรรถนะของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

(หน่วย: ร้อยละ)

กรณีศึกษา	Reliability			Resiliency			Vulnerability			CV	
	Power SNR	Power VJLK	Power DS	Power SNR	Power VJLK	Power DS	Power SNR	Power VJLK	Power DS	Storage SNR	Storage VJLK
PS00V00	79.17	100.00	100.00	40.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	8.89	18.29
PS00V10	79.17	100.00	100.00	40.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	8.89	18.29
PS00V20	76.39	100.00	100.00	35.29	100.00	100.00	0.02	0.00	0.00	7.84	14.13
PS00V30	80.28	91.39	91.94	42.25	29.03	34.48	0.18	0.00	0.00	9.50	30.91
PS00V40	81.11	57.22	68.61	44.12	19.48	23.89	0.18	2.89	0.06	9.68	25.84
PS10V00	77.50	100.00	100.00	37.04	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	9.55	18.59
PS10V10	77.50	100.00	100.00	37.04	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	9.55	18.59
PS10V20	73.89	100.00	100.00	31.91	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	8.91	14.78
PS10V30	80.00	91.11	91.94	41.67	28.13	31.03	0.56	0.00	0.00	9.99	30.74
PS10V40	80.56	57.22	68.61	42.86	19.48	23.89	0.97	2.89	0.08	10.32	25.84
PS20V00	69.17	99.72	97.78	29.73	100.00	75.00	6.70	0.00	0.00	10.60	24.07
PS20V10	69.17	99.72	97.78	29.73	100.00	75.00	6.70	0.00	0.00	10.59	24.06
PS20V20	69.72	100.00	97.50	32.11	100.00	88.89	5.43	0.00	0.00	10.33	19.89
PS20V30	69.17	89.44	89.72	29.73	26.32	27.03	6.55	0.00	0.00	10.59	30.88
PS20V40	68.89	57.22	70.28	29.46	19.48	25.23	6.46	2.89	0.20	10.56	25.84
PS30V00	80.56	98.33	92.50	12.86	83.33	85.19	12.89	0.00	0.00	8.81	26.14
PS30V10	80.56	98.33	92.50	12.86	83.33	85.19	12.87	0.00	0.00	8.81	26.12
PS30V20	80.28	99.44	85.56	14.08	100.00	76.92	12.78	0.00	0.00	8.81	23.20
PS30V30	80.56	86.67	83.06	12.86	27.08	47.54	12.64	0.00	0.00	8.83	31.34
PS30V40	80.28	57.22	66.94	14.08	19.48	25.21	12.37	2.89	0.24	8.85	25.84
PS40V00	58.89	95.83	90.56	13.51	60.00	58.82	20.86	0.00	0.45	8.37	29.20
PS40V10	58.89	95.83	90.56	13.51	66.67	58.82	20.86	0.00	0.48	8.37	29.18
PS40V20	59.17	95.83	91.94	13.61	46.67	65.52	20.58	0.00	0.40	8.37	28.76
PS40V30	59.17	85.28	79.17	14.29	26.42	37.33	19.73	0.00	0.48	8.36	31.50
PS40V40	58.89	57.22	70.56	13.51	19.48	25.47	19.15	2.89	0.47	8.37	25.84

หมายเหตุ Power-SNR หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์

Power-VJLK หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ

DS หมายถึง ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ

Storage-SNR หมายถึง ปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์

Storage-VJLK หมายถึง ปริมาณน้ำในเขื่อนวชิราลงกรณ

ตารางที่ 15 ผลการวัดสมรรถนะของระบบ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

(หน่วย: ร้อยละ)

กรณีศึกษา	Relibilty			Resiliency			Vulnerability			CV	
	Power SNR	Power VJLK	DS	Power SNR	Power VJLK	DS	Power SNR	Power VJLK	DS	Storage SNR	Storage VJLK
FS00V00	72.50	96.67	96.94	25.25	41.67	45.45	9.96	0.00	0.04	13.22	27.46
FS00V10	72.50	96.67	96.94	25.25	41.67	45.45	9.96	0.00	0.04	13.22	27.47
FS00V20	73.89	100.00	100.00	26.60	100.00	100.00	5.18	0.00	0.00	12.27	19.60
FS00V30	71.39	89.17	89.72	25.24	28.21	32.43	10.87	0.00	0.34	13.45	30.94
FS00V40	68.89	57.22	67.50	21.43	19.48	23.08	14.22	2.86	0.77	13.88	25.85
FS10V00	67.78	95.83	95.83	20.69	40.00	46.67	13.42	0.00	0.50	13.37	28.34
FS10V10	67.78	95.83	95.83	20.69	40.00	46.67	13.45	0.00	0.50	13.37	28.35
FS10V20	66.67	99.17	99.17	22.50	100.00	100.00	9.15	0.00	0.00	13.00	22.17
FS10V30	68.06	88.89	89.44	20.87	27.50	28.95	14.11	0.00	0.63	13.38	30.95
FS10V40	65.00	57.22	67.50	19.05	19.48	23.08	16.13	2.86	1.05	13.83	25.85
FS20V00	58.33	95.56	93.33	20.67	50.00	50.00	16.57	0.00	0.48	11.52	29.01
FS20V10	58.33	95.56	93.33	20.67	50.00	50.00	16.56	0.00	0.47	11.52	29.00
FS20V20	58.89	98.06	91.94	20.95	57.14	62.07	16.23	0.00	0.08	11.52	25.36
FS20V30	58.33	87.78	88.33	20.67	27.27	30.95	16.44	0.00	0.61	11.55	30.97
FS20V40	58.06	57.22	67.22	20.53	19.48	23.73	16.23	2.86	1.07	11.51	25.85
FS30V00	61.94	93.06	91.39	12.41	44.00	51.61	22.16	0.00	0.86	9.51	29.78
FS30V10	61.94	93.33	91.67	12.41	45.83	50.00	22.19	0.00	0.87	9.51	29.77
FS30V20	63.89	95.28	87.22	12.31	47.06	76.09	21.09	0.00	0.75	9.52	28.51
FS30V30	62.22	85.83	85.83	12.50	27.45	33.33	21.96	0.00	0.88	9.53	31.41
FS30V40	61.67	57.22	66.11	12.32	19.48	24.59	21.58	2.86	1.42	9.57	25.85
FS40V00	56.67	91.67	82.78	12.18	46.67	46.77	24.24	0.00	1.04	8.50	29.80
FS40V10	56.67	91.67	82.78	12.18	46.67	46.77	24.29	0.00	1.04	8.50	29.80
FS40V20	56.67	93.33	81.39	12.18	41.67	43.28	24.03	0.00	1.01	8.53	29.37
FS40V30	56.67	85.00	77.50	12.18	25.93	35.80	23.30	0.00	1.06	8.51	31.39
FS40V40	56.67	57.22	66.94	12.18	19.48	23.53	22.76	2.86	1.75	8.51	25.85

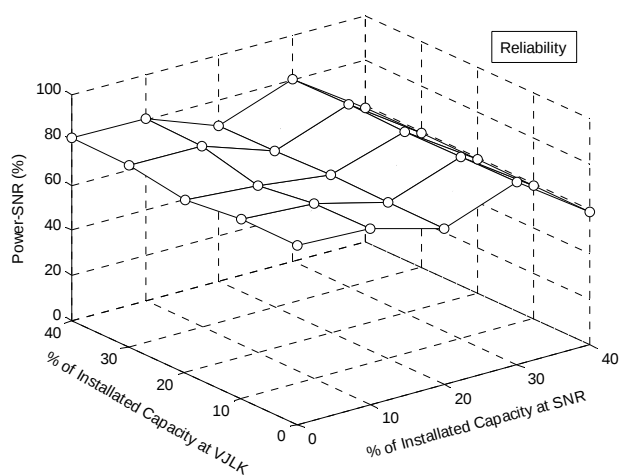
หมายเหตุ Power-SNR หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์

Power-VJLK หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ

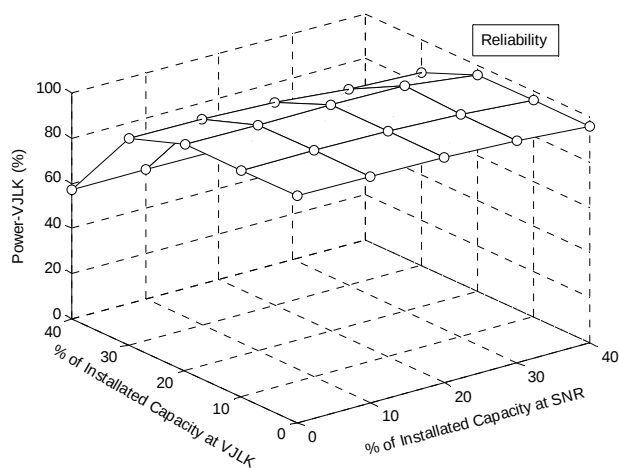
DS หมายถึง ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ

Storage-SNR หมายถึง ปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์

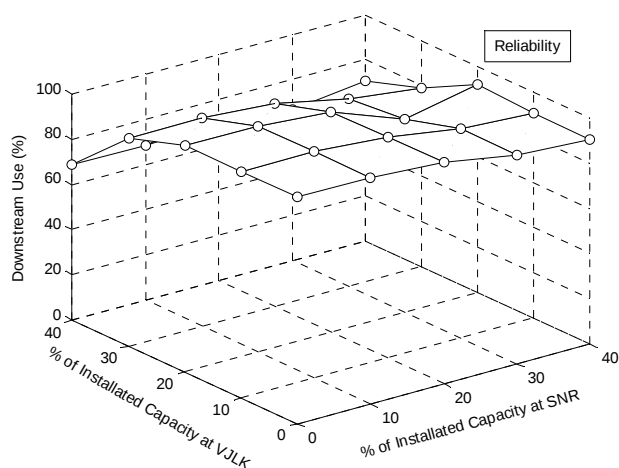
Storage-VJLK หมายถึง ปริมาณน้ำในเขื่อนวชิราลงกรณ



ก. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

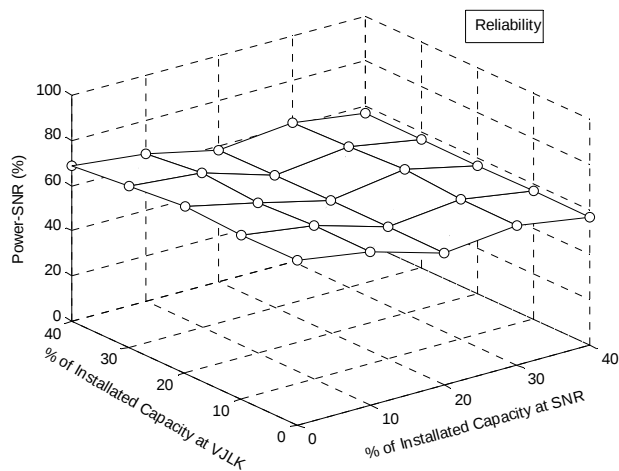


ข. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนวชิราลงกรณ (Power-V)

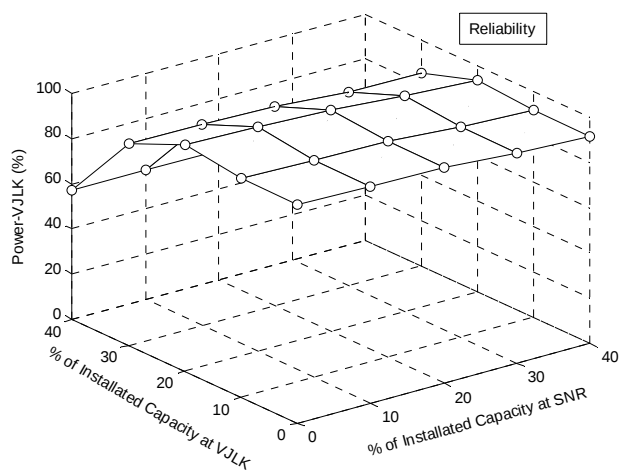


ค. การส่งน้ำให้ตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำ (Downstream Use)

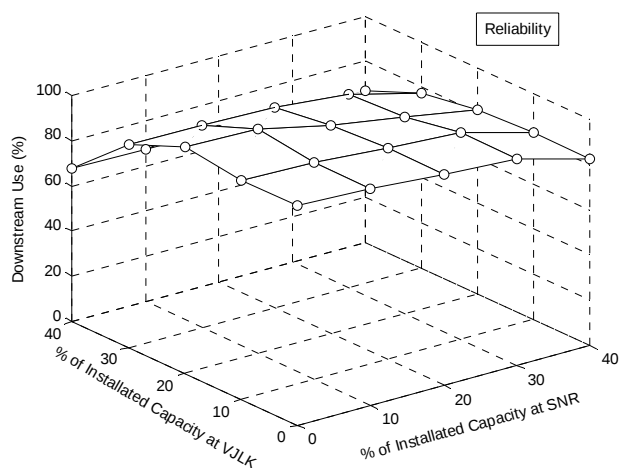
ภาพที่ 30 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ก. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

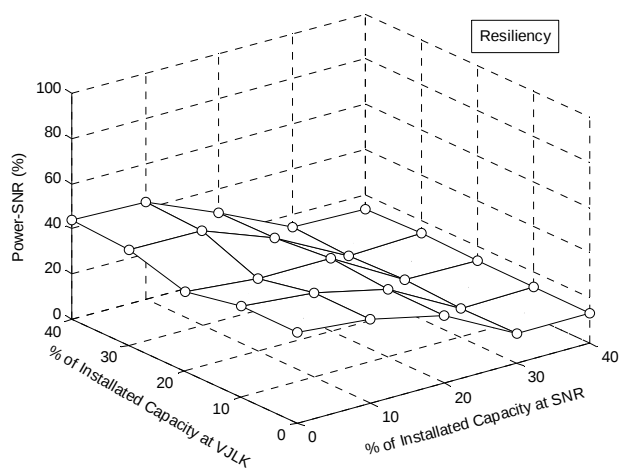


ข. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนวชิราลงกรณ (Power-V)

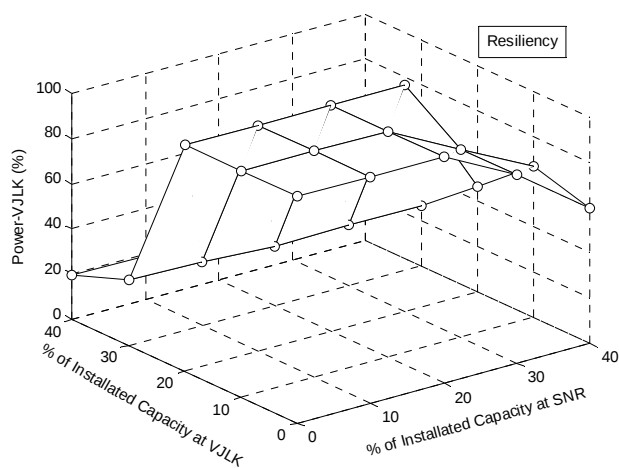


ค. การส่งน้ำให้ตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำ (Downstream Use)

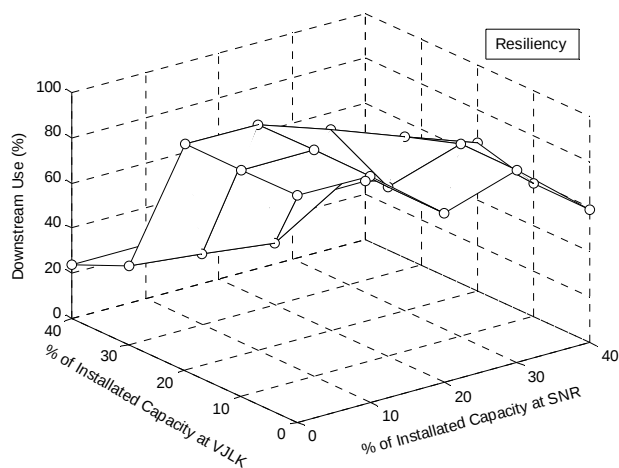
ภาพที่ 31 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต



ก. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

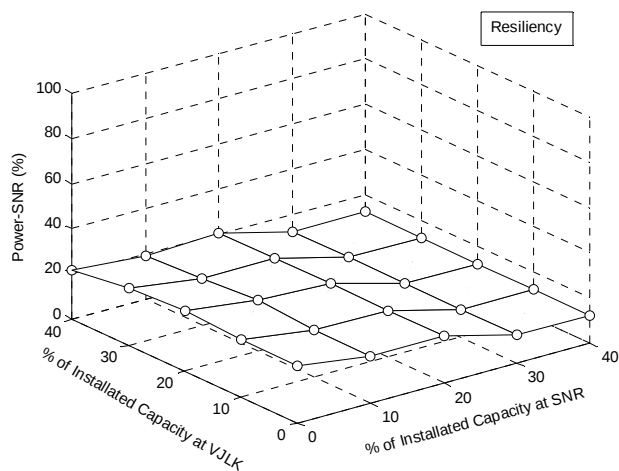


ข. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนวชิราลงกรณ (Power-V)

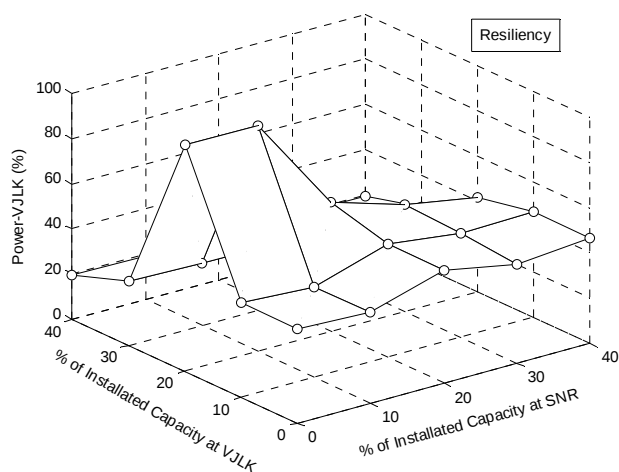


ค. การส่งน้ำให้ตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำ (Downstream Use)

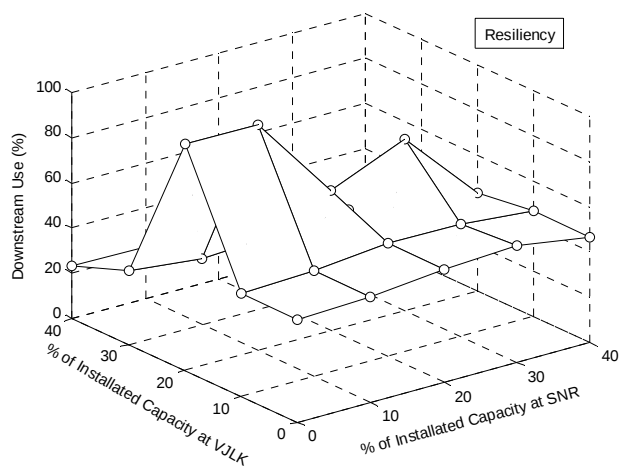
ภาพที่ 32 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ก. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

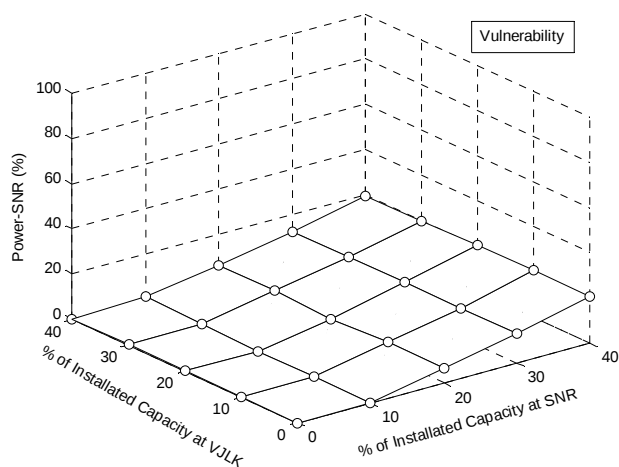


ข. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนวชิราลงกรณ (Power-V)

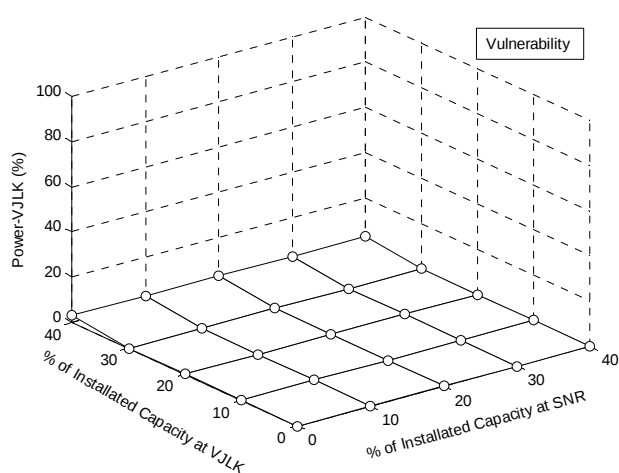


ค. การส่งน้ำให้ตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำ (Downstream Use)

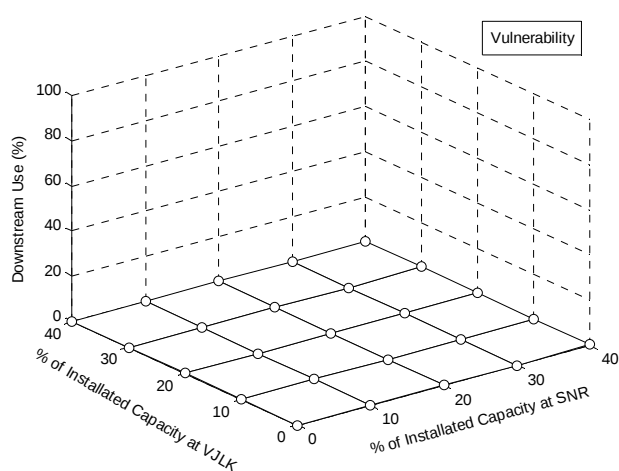
ภาพที่ 33 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความสามารถในการฟื้นตัวของ
ระบบ (Resiliency) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต



ก. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

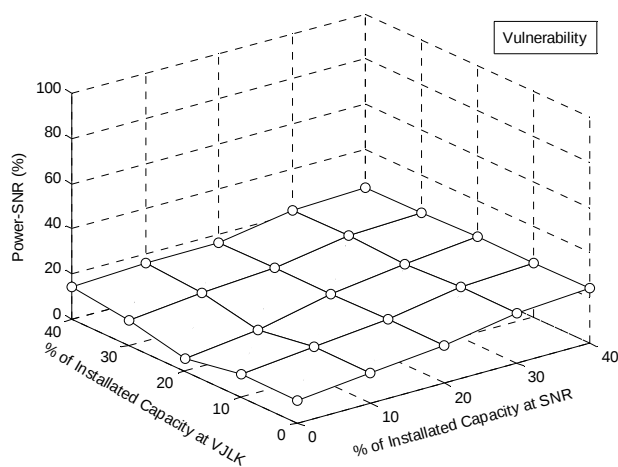


ข. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนวชิราลงกรณ (Power-V)

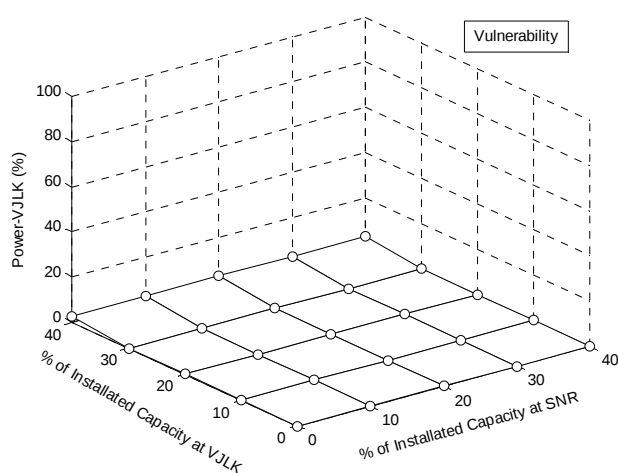


ค. การส่งน้ำให้ตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำ (Downstream Use)

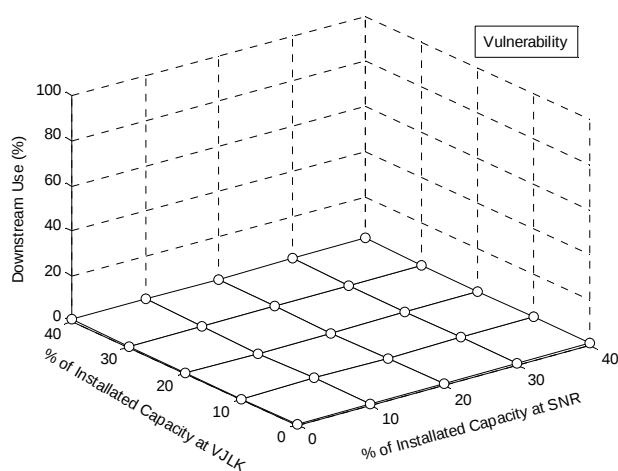
ภาพที่ 34 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความเปราะบางของระบบ
(Vulnerability) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ก. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

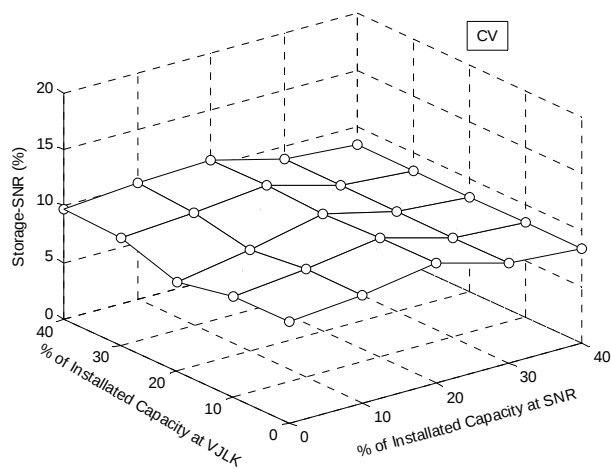


ข. การผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนวชิราลงกรณ์ (Power-V)

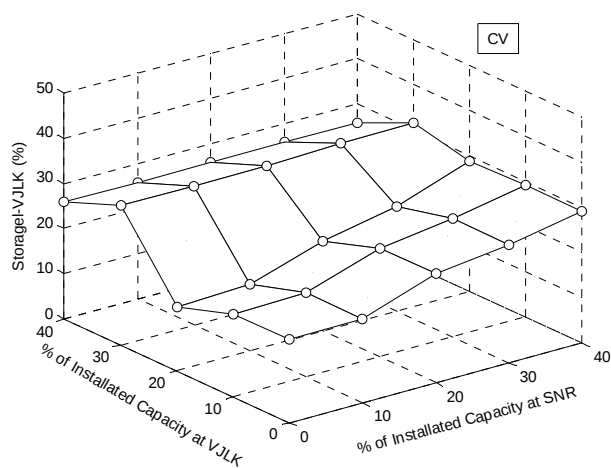


ค. การส่งน้ำให้ตามความต้องการ
ด้านท้ายน้ำ (Downstream Use)

ภาพที่ 35 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีความเปราะบางของระบบ
(Vulnerability) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

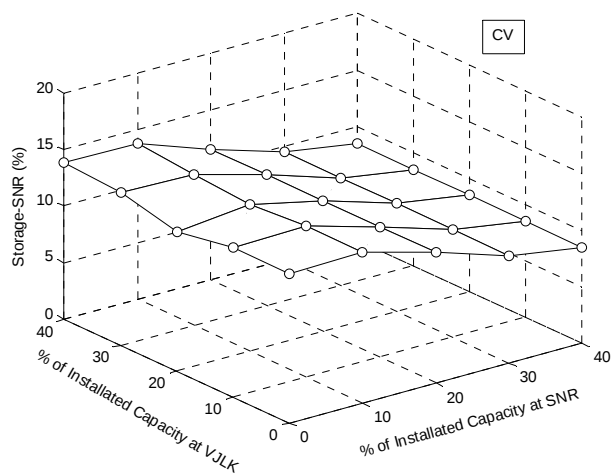


ก. ปริมาตรเก็บกักของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Storage-S)

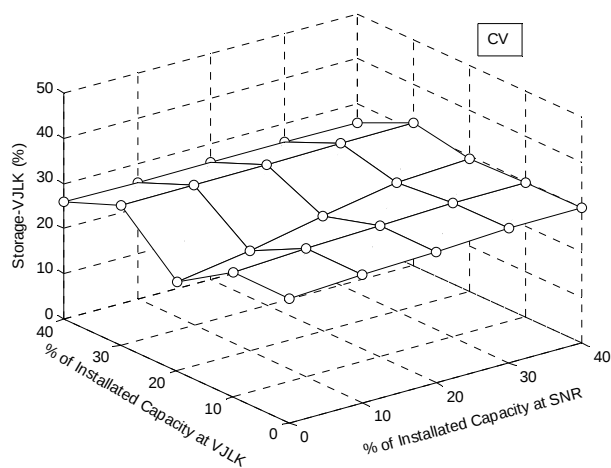


ก. ปริมาตรเก็บกักของ
เขื่อนวชิราลงกรณ์ (Storage-V)

ภาพที่ 36 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (CV) กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ก. ปริมาตรเก็บกักของ
เขื่อนศรีนครินทร์ (Storage-S)



ก. ปริมาตรเก็บกักของ
เขื่อนวชิราลงกรณ์ (Storage-V)

ภาพที่ 37 สมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยดัชนีการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (CV) กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

การวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำดำเนินการโดยใช้วิธี DEA มีเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยผลการวิเคราะห์ DEA แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์ DEA ด้วยดัชนีชี้วัดสมรรถนะของระบบ
2. การวิเคราะห์ DEA ด้วยผลลัพธ์จากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

1. การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

การเปรียบเทียบสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี DEA โดยใช้แบบจำลอง Output-orientation ในรูปแบบ Variable Return-to-Scale (VRS) พิจารณาจากดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในแต่ละกรณีศึกษา โดยการวิเคราะห์ DEA มีดังนี้

1.1 การพิจารณาข้อมูลปัจจัยการผลิตและผลผลิต

การพิจารณาข้อมูลปัจจัยการผลิตและผลผลิตในแต่ละกรณีศึกษา พิจารณาเป็นแต่ละหน่วยการผลิต (Decision Making Unit, DMU) โดยดัชนีชี้วัดของการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่กำหนดเป็นปัจจัยการผลิต (input) และผลผลิต (output) ได้พิจารณาจากข้อกำหนดในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธี DEA โดยหน่วยการผลิตที่มีค่าประสิทธิภาพสูงก็ต่อเมื่อใช้ปัจจัยการผลิตน้อย แต่ให้ผลผลิตมาก

ดัชนีชี้วัดที่กำหนดเป็นปัจจัยการผลิตและผลผลิตในกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อผลการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำแสดงในตารางที่ 14 และตารางที่ 15 โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

ก) ปัจจัยการผลิต (input) ที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่าน้อย มี 5 องค์ประกอบ ดังนี้

(1) Vul_Power-S หมายถึง ค่าความเปราะบางของระบบ (Vulnerability, Vul) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

(2) Vul_Power-V หมายถึง ค่าความเปราะบางของระบบ (Vulnerability, Vul) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนวชิราลงกรณ์ (Power-V)

(3) Vul_DS หมายถึง ค่าความเปราะบางของระบบ (Vulnerability, Vul) สำหรับการส่งน้ำให้ตามความต้องการ (DS)

(4) CV_Storage-S หมายถึง ค่าการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (CV) ของปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์ (Storage-S)

(5) CV_Storage-V หมายถึง ค่าการกระจายของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (CV) ของปริมาณน้ำในเขื่อนวชิราลงกรณ์ (Storage-V)

ข) ผลผลิต (output) ที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่ามาก มี 6 องค์ประกอบ ดังนี้

(1) Rel_Power-S หมายถึง ค่าความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability, Rel) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

(2) Rel_Power-V หมายถึง ค่าความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability, Rel) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนวชิราลงกรณ์ (Power-V)

(3) Rel_DS หมายถึง ค่าความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability, Rel) สำหรับการส่งน้ำให้ตามความต้องการ (DS)

(4) Res_Power-S หมายถึง ค่าความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency, Res) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S)

(5) Res_Power-V หมายถึง ค่าความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency, Res) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนวชิราลงกรณ์ (Power-V)

(6) Res_DS หมายถึง ค่าความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (Resiliency, Res) สำหรับการส่งน้ำให้ตามความต้องการ (DS)

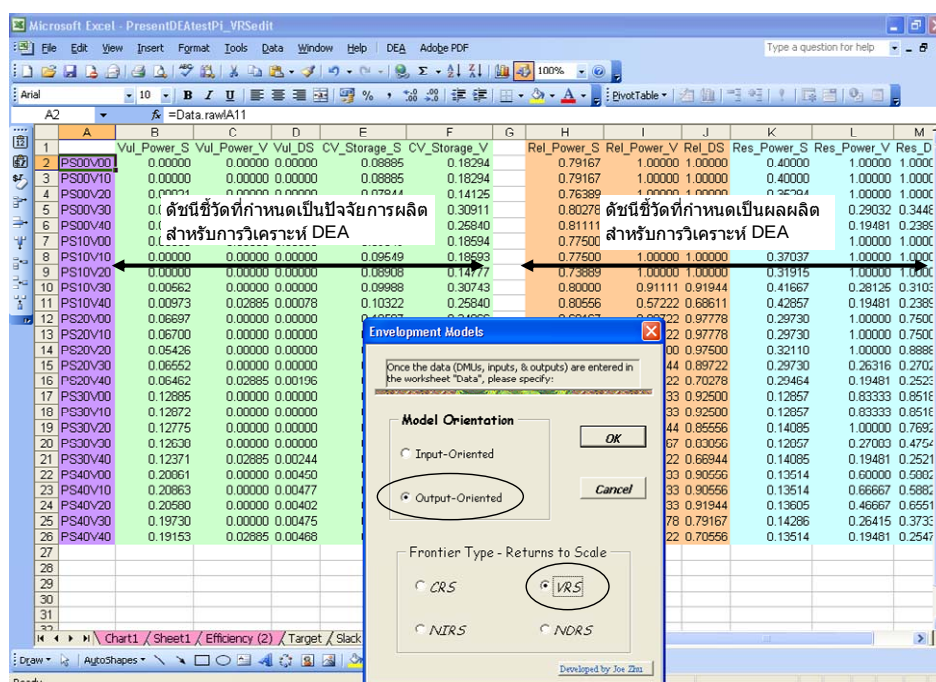
1.2 ผลการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต

การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวัดสมรรถนะของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ผลจากการวิเคราะห์ DEA แสดงให้เห็นถึงผลของกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่จัดอยู่เขตแนวหน้า หรือมีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) เท่ากับ 1 และกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่เบี่ยงเบนออกจากเขตแนวหน้า หรือด้อยกว่าหน่วยอื่น (มีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) ไม่เท่ากับ 1) โดยในภาพที่ 38 เป็นตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม DEA Excel Solver กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และในภาพที่ 39 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA

จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต ได้สรุปค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA ในตารางที่ 16 โดยสรุปผลการวิเคราะห์ DEA ได้ดังนี้

ผลจากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 40 พบว่ามี DMU จำนวน 15 หน่วย จากทั้งหมด 25 หน่วย จัดอยู่เขตแนวหน้า มีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) เท่ากับ 1 ประกอบด้วย กรณี PS00V00, PS00V10, PS00V20, PS00V30, PS00V40, PS10V00, PS10V10, PS10V20, PS20V00, PS20V10, PS20V20, PS30V00, PS30V10, PS30V20 และ PS30V30 โดยส่วนใหญ่เป็นกรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่เกิน ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง ยกเว้นกรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์เท่ากับ ร้อยละ 40 (S40) ซึ่งมีผลให้กรณีเหล่านี้ไม่อยู่ในเขตแนวหน้ามีตัวชี้ประสิทธิภาพมากกว่า 1

ส่วนผลการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 41 พบว่ามี DMU จำนวน 10 หน่วย จากทั้งหมด 25 หน่วย จัดอยู่เขตแนวหน้า มีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) เท่ากับ 1 ประกอบด้วย กรณี FS00V20, FS10V20, FS20V20, FS30V10, FS30V20, FS40V00, FS40V10, FS40V20, FS40V30 และ FS40V40 โดยส่วนใหญ่เป็นกรณีที่เขื่อนวรालงกรณกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เกิน ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง ในขณะที่การกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ที่ต่างกันให้ผลของการวิเคราะห์ไม่ต่างกัน



ภาพที่ 38 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม DEA Excel Solver
กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

Microsoft Excel - PresentDEAtestPI_VRSedit

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help DEA Adobe PDF

Type a question for help

10 Arial B I U

Inputs

Inputs	Outputs
2 Vol_Power_S	Rel_Power_S
3 Vol_Power_V	Rel_Power_V
4 Vol_DS	Rel_DS
5 CV_Storage_S	Res_Power_S
6 CV_Storage_V	Res_Power_V
	Res_DS

Output-Oriented VRS			
DMU No.	DMU Name	Efficiency	Benchmarks
1	PS00V00	1.00000	1.000 S00V00
2	PS00V10	1.00000	1.000 S00V00 0.000 S10V20
3	PS00V20	1.00000	1.000 S00V20
4	PS00V30	1.00000	1.000 S00V30
5	PS00V40	1.00000	1.000 S00V40
6	PS10V00	1.00000	1.000 S00V00
7	PS10V10	1.00000	1.000 S00V00
8	PS10V20	1.00000	1.000 S10V20
9	PS10V30	1.00305	0.034 S00V10 0.953 S00V30 0.013 S30V00
10	PS10V40	1.00675	0.001 S00V10 0.981 S00V40 0.018 S30V10
11	PS20V00	1.00000	1.000 S00V20
12	PS20V10	1.00000	1.000 S00V20
13	PS20V20	1.00000	1.000 S00V20
14	PS20V30	1.11455	0.252 S00V10 0.748 S00V20
15	PS20V40	1.17028	0.109 S00V10 0.146 S00V30 0.460 S00V40 0.265 S30V10
16	PS30V00	1.00000	1.000 S30V00
17	PS30V10	1.00000	0.002 S00V10 0.996 S30V00 0.002 S30V20
18	PS30V20	1.00000	1.000 S30V20
19	PS30V30	1.00000	0.019 S00V30 0.981 S30V00
20	PS30V40	1.00341	0.041 S00V40 0.861 S30V00 0.098 S30V20

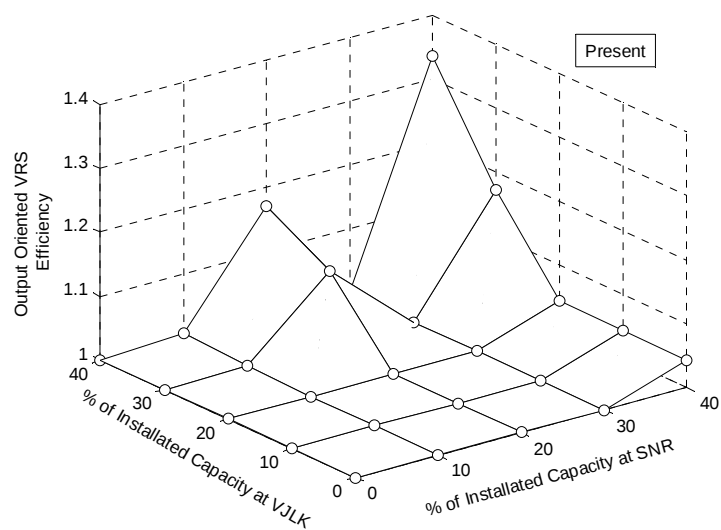
Chart1 / Sheet1 / Efficiency (2) / Target / Slack / Efficiency / Data / Data.raw

Ready

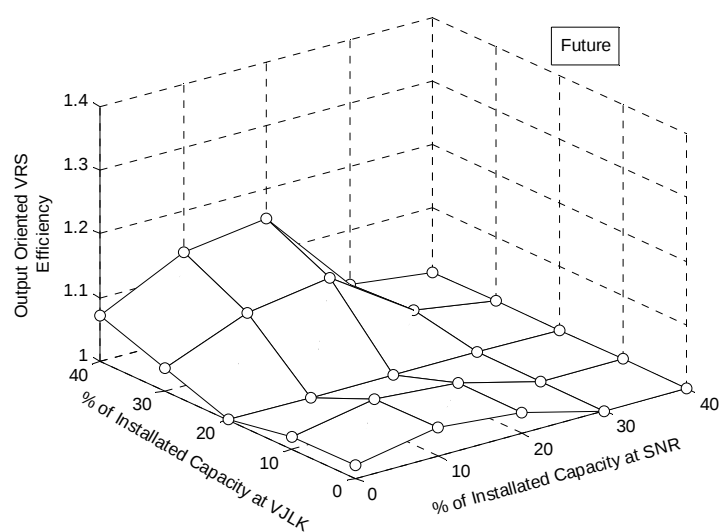
ภาพที่ 39 แสดงหน้าต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

ตารางที่ 16 ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพของดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA

ก. กรณีปัจจุบัน (P)		ข. กรณีอนาคต (F)	
กรณีศึกษา	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพ	กรณีศึกษา	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพ
PS00V00	1.0000	FS00V00	1.0192
PS00V10	1.0000	FS00V10	1.0192
PS00V20	1.0000	FS00V20	1.0000
PS00V30	1.0000	FS00V30	1.0350
PS00V40	1.0000	FS00V40	1.0726
PS10V00	1.0000	FS10V00	1.0435
PS10V10	1.0000	FS10V10	1.0435
PS10V20	1.0000	FS10V20	1.0000
PS10V30	1.0030	FS10V30	1.0857
PS10V40	1.0068	FS10V40	1.1368
PS20V00	1.0000	FS20V00	1.0330
PS20V10	1.0000	FS20V10	1.0330
PS20V20	1.0000	FS20V20	1.0000
PS20V30	1.1146	FS20V30	1.1073
PS20V40	1.1703	FS20V40	1.1531
PS30V00	1.0000	FS30V00	1.0001
PS30V10	1.0000	FS30V10	1.0000
PS30V20	1.0000	FS30V20	1.0000
PS30V30	1.0000	FS30V30	1.0209
PS30V40	1.0034	FS30V40	1.0143
PS40V00	1.0435	FS40V00	1.0000
PS40V10	1.0435	FS40V10	1.0000
PS40V20	1.0435	FS40V20	1.0000
PS40V30	1.1726	FS40V30	1.0000
PS40V40	1.3354	FS40V40	1.0000



ภาพที่ 40 ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพของดัชนีชีวิตที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ภาพที่ 41 ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพของดัชนีชีวิตที่ได้จากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

2. การเปรียบเทียบผลจากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ

การเปรียบเทียบผลจากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี DEA ได้พิจารณาจากผลการจำลองสถานการณ์ในแต่ละกรณีศึกษา โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ DEA มีดังนี้

2.1 การพิจารณาข้อมูลปัจจัยการผลิตและผลผลิต

การพิจารณาข้อมูลปัจจัยการผลิตและผลผลิตในแต่ละกรณีศึกษา พิจารณาเป็นแต่ละหน่วยการผลิต (Decision Making Unit, DMU) โดยปัจจัยการผลิต (input) สำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ และผลผลิต (output) ที่ได้จากการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

ก) ปัจจัยการผลิต (input) สำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่าน้อยได้พิจารณาจากปริมาณน้ำต้นทุน ดังในตารางที่ 17 โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

- (1) ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์
- (2) ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ์
- (3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์
- (4) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ์

ข) ผลผลิต (output) ที่ได้จากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่ามากได้พิจารณาจากปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้, ปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ, น้ำที่ไม่ขาดแคลน และน้ำที่ไม่เกินความต้องการในเชิงปริมาณและเวลา ดังในตารางที่ 18 เป็นกรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และตารางที่ 19 เป็นกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต โดยแบ่งออกเป็น 7 องค์ประกอบ ดังนี้

- (1) ค่าเฉลี่ยรายเดือนของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์
- (2) ค่าเฉลี่ยรายเดือนของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ์
- (3) ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ
- (4) ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำที่ไม่ขาด

คำนวณได้จาก $1 - (\text{น้ำที่ขาด} / \text{ความต้องการน้ำ})$

- (5) ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำที่ไม่เกิน
คำนวณได้จาก $1 - (\text{น้ำที่เกิน} / \text{ความต้องการน้ำ})$
- (6) จำนวนเดือนที่น้ำไม่ขาด
- (7) จำนวนเดือนที่น้ำไม่เกิน

การปรับเปลี่ยนค่าผลผลิตขององค์ประกอบที่ 3, 4, 5 และ 6 เป็นค่าตรงข้าม เช่น ปริมาณน้ำที่ขาดปรับเป็นปริมาณน้ำที่ไม่ขาด มีเหตุผลจากข้อกำหนดในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธี DEA โดยหน่วยการผลิตจะมีค่าประสิทธิภาพสูงขึ้น ต้องให้ผลผลิตมากขึ้น

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำต้นทุนที่กำหนดเป็นปัจจัยการผลิตสำหรับวิธี DEA

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.	กรณีปัจจุบัน (P)	กรณีอนาคต (F)
ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์	4,477.4	4,477.4
ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ	4,975.4	4,975.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์	417.4	417.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ	557.3	557.3

ตารางที่ 18 ผลการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
ที่กำหนดเป็นผลผลิตสำหรับวิธี DEA

กรณีศึกษา	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง / เดือน)		ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	น้ำที่ไม่ขาด		น้ำที่ไม่เกิน	
	ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ		ร้อยละ	เดือน	ร้อยละ	เดือน
PS00V00	101.08	65.02	756.24	100.00	360	60.84	211
PS00V10	101.08	65.02	756.24	100.00	360	60.84	211
PS00V20	101.29	64.29	746.05	98.65	360	57.71	231
PS00V30	100.37	60.03	714.31	95.98	331	55.00	142
PS00V40	100.11	47.45	648.88	88.36	247	43.52	152
PS10V00	100.70	64.98	756.24	100.00	360	61.03	200
PS10V10	100.70	64.98	756.24	100.00	360	61.03	200
PS10V20	100.95	64.81	746.02	98.66	360	58.13	214
PS10V30	99.82	59.88	713.73	95.92	331	54.95	141
PS10V40	98.53	47.45	648.88	88.36	247	43.47	152
PS20V00	91.53	63.37	749.07	99.00	352	59.83	181
PS20V10	91.52	63.34	749.01	99.00	352	59.82	181
PS20V20	92.72	64.84	741.29	97.97	351	57.53	182
PS20V30	91.67	58.78	703.78	94.68	323	52.44	157
PS20V40	91.71	47.45	640.49	87.25	253	41.01	161
PS30V00	86.55	62.24	724.37	96.82	333	54.99	178
PS30V10	86.55	62.21	724.43	96.82	333	55.01	177
PS30V20	86.49	63.45	720.46	96.16	308	53.63	176
PS30V30	86.73	57.92	672.56	91.87	299	46.00	137
PS30V40	86.73	47.45	612.33	84.77	241	35.09	156
PS40V00	73.55	60.98	709.26	95.41	326	52.79	154
PS40V10	73.54	60.96	709.51	95.42	326	52.83	154
PS40V20	74.19	61.66	709.32	95.32	331	52.18	159
PS40V30	74.19	57.53	655.55	90.14	285	43.16	134
PS40V40	74.62	47.45	605.36	84.37	254	33.47	152

ตารางที่ 19 ผลการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต
ที่กำหนดเป็นผลผลิตสำหรับวิธี DEA

กรณีศึกษา	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง / เดือน)		ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	น้ำที่ไม่ขาด		น้ำที่ไม่เกิน	
	ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ์		ร้อยละ	เดือน	ร้อยละ	เดือน
FS00V00	90.93	61.84	814.67	98.14	349	75.39	223
FS00V10	90.93	61.82	814.67	98.14	349	75.39	223
FS00V20	95.42	64.83	828.44	99.17	360	76.54	253
FS00V30	89.48	58.79	768.27	93.82	323	68.28	175
FS00V40	85.91	47.49	694.34	85.98	243	56.69	162
FS10V00	87.36	61.37	807.62	97.41	345	74.30	217
FS10V10	87.34	61.31	807.63	97.41	345	74.30	217
FS10V20	90.68	63.71	822.52	98.56	357	75.78	244
FS10V30	86.59	58.64	762.82	93.35	322	67.36	175
FS10V40	83.08	47.49	691.51	85.74	243	56.16	162
FS20V00	81.59	60.71	797.34	96.08	336	71.73	213
FS20V10	81.60	60.65	797.31	96.07	336	71.73	213
FS20V20	81.75	62.54	800.26	96.09	331	71.80	214
FS20V30	81.71	58.15	760.00	92.94	318	65.69	186
FS20V40	81.86	47.49	690.92	85.33	242	54.88	172
FS30V00	72.99	60.00	774.51	94.09	329	67.64	201
FS30V10	72.93	59.91	774.49	94.10	330	67.63	201
FS30V20	74.14	61.20	777.31	94.08	314	67.94	204
FS30V30	73.14	57.65	734.41	90.60	309	61.24	174
FS30V40	73.12	47.49	668.43	83.24	238	50.97	177
FS40V00	69.84	59.59	751.98	92.37	298	63.81	186
FS40V10	69.81	59.48	751.88	92.35	298	63.80	186
FS40V20	70.33	60.38	757.45	92.68	293	64.54	194
FS40V30	70.52	57.45	707.64	88.43	279	56.98	146
FS40V40	70.89	47.49	650.35	82.15	241	47.66	168

2.2 ผลการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคต

การเปรียบเทียบผลจากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ผลจากการวิเคราะห์ DEA แสดงให้เห็นถึงผลของกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่จัดอยู่เขตแนวหน้า หรือมีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) เท่ากับ 1 และกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่เบี่ยงเบนออกจากเขตแนวหน้า หรือคือยกว่าหน่วยอื่น (มีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) ไม่เท่ากับ 1)

จากผลการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและอนาคตได้สรุปค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA ในตารางที่ 20 โดยสรุปผลการวิเคราะห์ DEA ได้ดังนี้

ผลจากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 42 พบว่า มี DMU จำนวน 6 หน่วย จากทั้งหมด 25 หน่วย จัดอยู่เขตแนวหน้า มีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) เท่ากับ 1 ประกอบด้วย กรณี PS00V00, PS00V10, PS00V20, PS10V00, PS10V10 และ PS10V20 โดยส่วนใหญ่เป็นกรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่เกิน ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง ยกเว้นกรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์เท่ากับ ร้อยละ 20 (S20) ร้อยละ 30 (S30) และร้อยละ 40 (S40) ซึ่งมีผลให้กรณีเหล่านี้ไม่อยู่ในเขตแนวหน้า มีตัวชี้ประสิทธิภาพมากกว่า 1

ส่วนผลการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 43 พบว่ามีกรณี FS00V20 เพียงกรณีเดียวเท่านั้นที่จัดอยู่เขตแนวหน้า มีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) เท่ากับ 1 โดยเป็นกรณีที่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เขื่อนวชิราลงกรณ์ ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้งและเขื่อนศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า

โดยสรุปจากผลการวิเคราะห์ DEA ทั้ง 2 สถานการณ์ แสดงให้เห็นว่าเขื่อนวชิราลงกรณ์ไม่ควรกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าเกิน ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง ในขณะที่การกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันไม่ควรกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าเกิน ร้อยละ 10 ของกำลังผลิตติดตั้ง ส่วนในกรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ไม่ควรกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงควรปล่อยน้ำจากเขื่อนตามความต้องการน้ำด้านท้ายน้ำเท่านั้น

ในกรณีที่กลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำหรือพิจารณาเป็นหนึ่งหน่วยการผลิตมีประสิทธิภาพดีกว่าหน่วยอื่น โดยมีตัวชี้ประสิทธิภาพ (ϕ) มากกว่า 1 เกิดจากผลผลิตของหน่วยนั้นมีค่าต่ำกว่าหน่วยอื่นเมื่อมีปัจจัยการผลิตเหมือนกัน เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของผลผลิตพบว่า

เมื่อค่าเฉลี่ยรายเดือนของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ (Power-S) และเขื่อนวชิราลงกรณ (Power-V) มีค่าต่ำ หมายถึง ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามเป้าหมายการผลิต

ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำที่ผันเข้าระบบ (Downstream Use) มีค่าต่ำ หมายถึง ไม่สามารถส่งน้ำให้ตามความต้องการด้านท้ายน้ำได้

ส่วนค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำที่ไม่ขาด (%notShortage) มีค่าต่ำ หมายถึง มีปริมาณน้ำขาดแคลนมากกว่ากรณีอื่น จึงมีผลทำให้จำนวนเดือนที่น้ำไม่ขาด (MonthNotShortage) มีค่าต่ำด้วย ซึ่งหมายถึง มีน้ำขาดแคลนน้อยกว่ากรณีอื่น

ในกรณี ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำที่ไม่เกิน (%notExcess) มีค่าต่ำ หมายถึง มีปริมาณน้ำมากกว่าความต้องการมากกว่ากรณีอื่น ทำให้จำนวนเดือนที่น้ำไม่เกินไป (MonthNotShortage) มีค่าต่ำ หมายถึง มีน้ำมากกว่าความต้องการน้อยกว่ากรณีอื่น

ดังนั้น การกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าต่ำเกินไป มีผลให้เสียโอกาสในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ในขณะที่การกำหนดเป้าหมายสูงเกินไป มีผลให้การปล่อยน้ำจากเขื่อนมากเกินไปเกินความต้องการด้านท้ายน้ำ และมีผลให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือน้อยอันเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการขาดน้ำ

นอกจากนี้ การพิจารณาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหน่วยการผลิต จำเป็นต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายองค์ประกอบร่วมกัน เนื่องจากประสิทธิภาพที่ดีกว่าหน่วยอื่นนั้นมิได้เกิดจากปัจจัยอันใดอันหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว

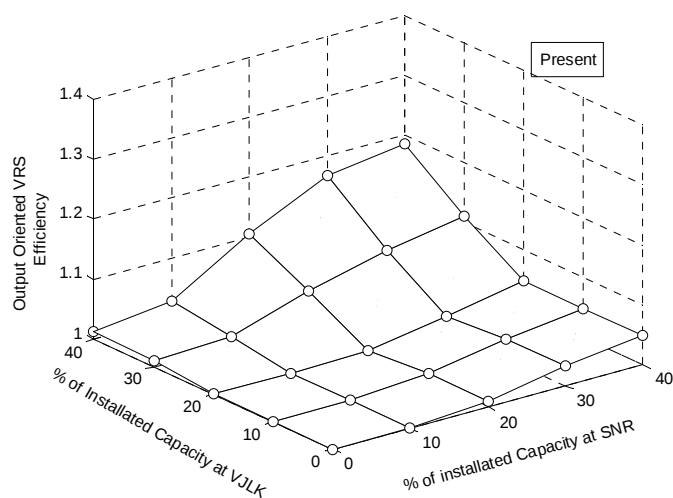
ตารางที่ 20 ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA

ก. กรณีปัจจุบัน (P)

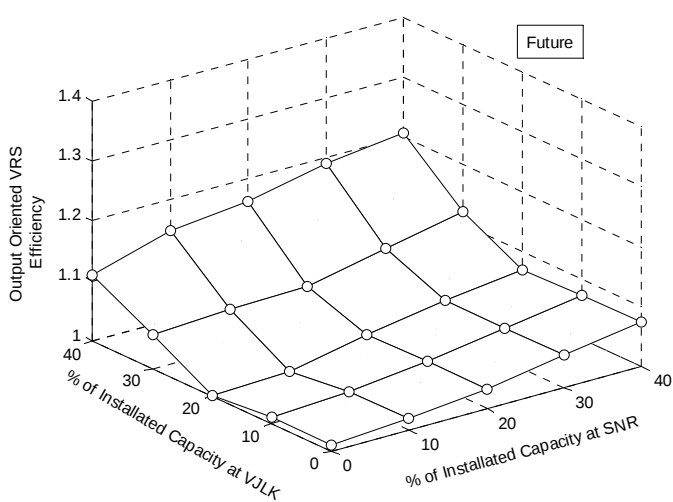
กรณีศึกษา	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพ
PS00V00	1.0000
PS00V10	1.0000
PS00V20	1.0000
PS00V30	1.0092
PS00V40	1.0118
PS10V00	1.0000
PS10V10	1.0000
PS10V20	1.0000
PS10V30	1.0148
PS10V40	1.0281
PS20V00	1.0096
PS20V10	1.0096
PS20V20	1.0028
PS20V30	1.0561
PS20V40	1.1045
PS30V00	1.0328
PS30V10	1.0328
PS30V20	1.0248
PS30V30	1.0884
PS30V40	1.1674
PS40V00	1.0481
PS40V10	1.0479
PS40V20	1.0490
PS40V30	1.1094
PS40V40	1.1853

ข. กรณีอนาคต (F)

กรณีศึกษา	ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพ
FS00V00	1.0105
FS00V10	1.0105
FS00V20	1.0000
FS00V30	1.0571
FS00V40	1.1107
FS10V00	1.0181
FS10V10	1.0181
FS10V20	1.0062
FS10V30	1.0624
FS10V40	1.1485
FS20V00	1.0322
FS20V10	1.0323
FS20V20	1.0321
FS20V30	1.0671
FS20V40	1.1622
FS30V00	1.0540
FS30V10	1.0539
FS30V20	1.0542
FS30V30	1.0946
FS30V40	1.1914
FS40V00	1.0737
FS40V10	1.0739
FS40V20	1.0701
FS40V30	1.1215
FS40V40	1.2073



ภาพที่ 42 ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน



ภาพที่ 43 ค่าตัวชี้ประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ DEA กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองได้ใช้วิธี DEA เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำกลุ่มน้ำแม่กลองด้วยแบบจำลอง HEC-ResSim โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนที่เขื่อนแม่กลอง ระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง 2545 รวมระยะเวลา 30 ปี การจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ ได้กำหนดสถานการณ์เป็นกรณีศึกษา จำนวน 50 กรณีศึกษา โดยพิจารณาด้านความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (2549) และอนาคต (2560) และการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. กลุ่มน้ำแม่กลองมีปริมาณน้ำต้นทุนรวมที่เขื่อนแม่กลอง ประมาณ 12,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยในสภาพปัจจุบัน (2549) มีความต้องการใช้น้ำรวม ประมาณ 9,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และในอนาคต (2560) มีปริมาณน้ำใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำต้นทุน โดยมีความต้องการใช้น้ำรวมประมาณ 10,000 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี
2. การเปรียบเทียบกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี DEA ได้แทนแต่ละกรณีศึกษาเป็นหน่วยการวิเคราะห์ โดยปัจจัยการผลิตสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ เป็นน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ส่วนผลผลิตที่ได้จากการจัดการอ่างเก็บน้ำ เป็นปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ น้ำที่ผันเข้าระบบ น้ำที่ไม่ขาดแคลนและไม่เกินความต้องการในเชิงปริมาณและเวลา
3. กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน พบว่ากลยุทธ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่จัดอยู่เขตแนวหน้า เป็นกรณีที่เขื่อนบริหารจัดการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เกินร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง ในขณะที่เขื่อนศรีนครินทร์ไม่ควรกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าเกินร้อยละ 10 ของกำลังผลิตติดตั้ง
4. กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต พบว่ากลยุทธ์การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่จัดอยู่เขตแนวหน้า เป็นกรณีที่เขื่อนบริหารจัดการกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้ง ในขณะที่เขื่อนศรีนครินทร์ไม่ควรกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้า กล่าวคือให้ปล่อยน้ำจากเขื่อนตามความต้องการด้านท้ายน้ำเท่านั้น

5. กลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำที่มีประสิทธิภาพดีกว่ากรณีอื่น เกิดจากกลยุทธ์นั้นให้ผลผลิตต่ำกว่าเมื่อมีปัจจัยการผลิตเหมือนกัน โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของกลยุทธ์การจัดการอ่างเก็บน้ำต้องพิจารณาปัจจัยหลายองค์ประกอบร่วมกัน เนื่องจากประสิทธิภาพที่ดีกว่ากรณีอื่นนั้นมิได้เกิดจากปัจจัยอันใดอันหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว

6. การกำหนดเป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้ามีผลกระทบต่อปฏิบัติงานของเขื่อน โดยการกำหนดเป้าหมายต่ำเกินไปมีผลให้เสียโอกาสในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในขณะที่การกำหนดเป้าหมายสูงเกินไป มีผลให้มีการปล่อยน้ำจากเขื่อนมากเกินไปเกินความต้องการด้านท้ายน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือน้อยอันเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการขาดน้ำ รวมถึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตนั้นไม่ได้ตามเป้าหมาย

ผลจากงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการประยุกต์วิธีการ DEA ในการเปรียบเทียบผลจากการจำลองสถานการณ์ของการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่มีดัชนีชี้วัดหลายตัว โดยไม่ต้องกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันล่องหน้า ซึ่งผลการวิเคราะห์ DEA ช่วยให้ทราบถึงแนวทางการจัดการอ่างเก็บน้ำ เพื่อนำไปกำหนดกลยุทธ์ในการวางแผนจัดการระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการประเมินการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองได้ใช้วิธี DEA เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อาจพิจารณาดำเนินการได้ดังนี้

1. แบบจำลอง HEC-ResSim เป็นแบบจำลองที่มุ่งเน้นสำหรับการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยมีหลักการพื้นฐานจากแบบจำลอง HEC-3 และแบบจำลอง HEC-5 ดังนั้นการทำความเข้าใจในหลักการของแบบจำลองทั้งสอง จะช่วยให้สามารถใช้งานแบบจำลอง HEC-ResSim ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. แบบจำลอง HEC-ResSim มีข้อจำกัดในเรื่องของการจำลองระบบการสูบน้ำกลับไปผลิตกระแสไฟฟ้าอีกครั้ง

3. แบบจำลอง HEC-ResSim ยังสามารถกำหนดแผนการปฏิบัติงานในการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำและการควบคุมระดับน้ำในแต่ละโซนได้หลายรูปแบบ

4. วิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) มีรูปแบบการวิเคราะห์อื่น ๆ ที่นำศึกษาและทดสอบอีกหลายรูปแบบ ซึ่งอาจนำมาใช้วิเคราะห์เพิ่มเติมได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ศึกษา

5. การวิเคราะห์ DEA ยังสามารถนำไปประยุกต์กับงานที่เกี่ยวข้องกับด้านการบริหารจัดการน้ำได้หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบชลประทาน และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2546. โครงการศึกษาเพื่อทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุง

โครงการชลประทาน สำหรับแผนฯ 9 – ลุ่มน้ำแม่กลอง. กรุงเทพฯ

กรมอุตุนิยมิวิทยา. 2546. สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2514-2543).

รายงานข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา เลขที่ 551.5-03-2546. กรุงเทพฯ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). 2535. หลักเกณฑ์การปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำใน

ลุ่มน้ำแม่กลอง. รายงานการวิจัย รหัสวิจัยเลขที่ 60-59

_____. 2544ก. รายงานคู่มือการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์.

_____. 2544ข. รายงานคู่มือการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ.

ณรงค์ จันทรพิ้ง. 2545. การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุดของอ่างเก็บน้ำมูลบนและ

ลำแซะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัญชา ขวัญยืน. 2541. การวิเคราะห์ระบบเพื่อวางแผนและการจัดการโครงการชลประทาน.

คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

พี แอนด์ ซี แมเนจเม้นท์, บจก., เอเชีย คอนซัลแต้นท์, บจก. และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน. 2549. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำใน

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง. รายงานฉบับสุดท้าย. กรมทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน. 2548. โครงการศึกษา

ความเหมาะสมเบื้องต้นการผันน้ำส่วนเกินจากลุ่มน้ำแม่กลองสู่จังหวัดอุทัยธานี,

รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักชลประทานที่ 12, กรมชลประทาน, ชัยนาท.

สุธรรม ชลสุริยวงศ์. 2548. การศึกษาการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำ
ก๊วกอหมาและก๊วกม จังหวัดลำปาง โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-ResSim.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรารุช วุฒินิชย์. 2538. การจัดการน้ำขั้นสูง เล่ม 1. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____. 2545. อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วีระพงษ์ ประทุมโตน. 2548. การศึกษาการจัดการและควบคุมน้ำท่วมโดยใช้โปรแกรม HEC-
ResSim ในลุ่มน้ำน่านตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารีชา ฤทธิมา. 2549. การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือได้.
วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อักรพงศ์ อินทอง. 2547. คู่มือการใช้โปรแกรม DEAP 2.1 สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วย
วิธีการ Data Envelopment Analysis. สถาบันวิจัยสังคม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอเคอร์, บจก., ปัญญา คอนซัลแตนท์, บจก. และ พอล คอนซัลแตนท์, บจก. 2542. คู่มือการใช้
แบบจำลอง AISP. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

เอกสิทธิ์ ไชยิตตกุลชัย และ บัญชา ขวัญยืน. 2545. การจัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำแม่น้ำแม่กลอง.
วิศวกรรมสาร มก. 47 (ส.ค.-พ.ย.): 122-133.

เอกสิทธิ์ ไชยิตตกุลชัย. 2546. การสร้างแบบจำลองสำหรับการจัดการน้ำทั้งลุ่มน้ำ
ตอนที่ 1 แนวคิดและวิธีการ. วิศวกรรมสาร มก. 48 (ธ.ค.-มี.ค.): 87-98.

Banxia Software Ltd. 2003. **Banxia Frontier Analyst User's Guide: Professional Edition.**
Banxia Software. Kendal, UK

- Biltonen, E., B. Kwanyuen, E. Kositsakulchai and S. Pattani. 2003. Development of Water-Management Institutions in the Mae Klong River Basin, Thailand, pp. 109-137. *In* Bryan Bruns and D.J. Bandaragoda (eds.) Proceedings of a Regional Seminar on Governance for Integrated Water-Resources Management in a River-Basin Context, Bangkok, May 21-23, 2002. **International Water Management Institute (IWMI)**. Colombo, Srilanka
- Bogetoft, P. and K. Nielsen. 2004. **DEA Based Yardstick Competition in Natural resource Management**. Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- Coelli, T. 1996. **A Guide to Deap Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Computer Program**. CEPA Working Paper 96/98.
- _____, D.S.P. Rao and G.E. Battese 1997. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- DHI Water and Environment. 2003. **Guide to Getting Started Tutorial: MIKE BASIN**. Horsholm.
- Fiering, M.B. 1986. **Lecture on Application of Systems Analysis in Water Resources Development**. UN Economic and Social Commission for Asia and Pacific, Bangkok.
- Hla, K.K. 1991. **Optimal Operation of the Ubolratana Reservoir Using Stochastic Dynamic Programming**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Hashimoto, T., J.R. Stedinger and D.P. Loucks. 1982. Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria for Water Resource System Performance Evaluation. **Water Resources Research**. 18(1): 14-20.

- Hussian, I., F. Marikar and W. Jehangir. 2000. Productivity and Performance of Irrigated Wheat Farms across Canal Commands in the Lower Indus Basin. **IWMI Research Report 44**. IWMI, Colombo, Sri Lanka
- Inagaki, M. 1984. **Maximizing Operation of Hydropower Plant in Thailand**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Jain, S.K. and V.P. Singh. 2003. **Water Resources Systems Planning and Management**. Elsevier Science B.V., Amsterdam, Netherlands.
- John, W. and M. Labadie. 2004 Optimal of Multi Reservoir System: State of the Art Review. **Journal of Water Resources Planning and Management**, ASCE.
- Karamouz, M., F. Szidarovszky and B. Zahraie. 2003. **Water Resources Systems Analysis**. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Kawabata, A. and M. Satoh. 1999. **Reservoir Operation Principles for Stable Water in the Mae Klong River Basin**. Workshop on Sustainable Management of Mae Klong River Basin, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok.
- Kitson, T. 1979. The Operation of Reservoir Systems in Great Britain. **Research of Institute for Apply Systems Analysis (IMGW)**. Jodlowy Dwor, Poland.
- Kositsakulchai, E. 1997. **Diagnostic of water resources allocation at the basin scale of Mae Klong River (Thailand): Analysis and Modeling**. DEA Thesis. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF), Montpellier, French.
- _____, F. Molle, U. Kumnuansilp and P. Chevallier. 1999. Analysis of water and power management of the Mae Klong River Basin: A regional analysis within a national scope. **Engineering Journal Kasetsart** 37: 67-85.

- Kositsakulchai, E. 2001. **Modeling of Hydrosystem Dynamics of Mae Klong River Basin, Thailand: A Prototype of Decision Support System for Water Management.** PhD Thesis. University of Montpellier II, Montpellier, French.
- Labadie, W.J. and L.M. Baldo. 2000. **MODSIM: Decision Support System for River Basin Management Documentation and User Manual.** Colorado State University, Bolder, CO.
- Liu, W.S. 1985. **Operation of a Multipurpose Reservoir System: Case Study of Feitsui Reservoir Project.** M.S. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Modini, G.C. 2004. **Challenges in Model Transition from SSARR to RESSIM for the Corps of Engineers.** USACE, Northwestern Division, Portland.
- Nalbantis, I. and D. Koutsoyiannis. 1997. A parametric rule for planning and management of multiple-reservoir systems. **Water Resour. Res.** 33(9): 2165-2177.
- SAITECH, Inc. 2003. **Introduction to DEA-Solver-Pro Professional Version 4.0.** SAITECH. Hazlet, New Jersey.
- Sieber, J., C. Swart and A.H. Lee. 2005. **WEAP: User Guide for WEAP 21.** Stockholm Environment Institute. Boston, MA.
- Srdjevic, B., Y.D.P. Medeiros and R.L.L. Porto. 2005. Data envelopment analysis of reservoir system performance. **Computers & Operations Research** 32 (12): 3209–3226.
- Teasley, R.L., D.C. McKinney and C.P. Gomez. 2004. **Modeling the Forgotten River Segment of the Rio Grande/Bravo Basin.** University of Texas at Austin Center for Research in Water Resources.

USACE (US Army Corps of Engineers). 1977. **Reservoir System Analysis for Conservation, vol 1.** Hydrologic Engineering Method for Water Resources Development, Davis, CA.

_____. 1985. **HEC-3 Reservoir System Analysis for Conservation User's Manual.** Hydrologic Engineering Center, USACE. Davis, CA

_____. 1998. **HEC-5 Simulation of Flood Control and Conservation System User's Manual.** Hydrologic Engineering Center, USACE. Davis, CA

_____. 2003a. **HEC-DSSVue: HEC Data Storage System Visual Utility Engine. User's Manual.** Hydrologic Engineering Center, USACE. Davis, CA

_____. 2003b. **HEC-ResSim: HEC Reservoir System Simulation User's Manual.** Hydrologic Engineering Center, USACE. Davis, CA

Vudhivanich, V. 1986. **Methodology for inclusion of risk in multi reservoir operations.** Ph.D. thesis, Department of Civil Engineering, Colorado State University, Colorado.

Vudhivanich, V. 1998. **Exiting rules for operation of Srinagarind and Khao Laem reservoirs and their effects on water management of Mae Klong Irrigation System.** In: Proceeding of the Workshop on Sustainable Development of Agriculture and Organizational Management of Chao Praya and Mae Klong Basins. Kasetsart University, Bangkok.

Wurbs, R.A. 1995. **Water Management Models: A Guide to Software.** Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Yeh, W.W.G. 1985. Reservoir Management and Operations Models: A State-of-the-Art Review. **Water Resources Research** 21(12): 1797-1818.

Yun, Y.B. 2001. Generalized DEA Model for Multiple Criteria Decision Making. *In* Makowski, M. and H. Nakayama (eds.). **Natural Environment Management and Applied Systems Analysis. IIASA.** Luxemburg, Austria.

Zhu, J. 2003. **Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking. Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver.** Kluwer. Boston, MA.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน (พ.ศ. 2516-2545)

ตารางผนวกที่ ก1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าเขื่อนศรีนครินทร์

(หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ทั้งปี
2516	158.8	77.1	63.7	47.5	108.4	535.9	701.3	798.6	992.3	1,535.5	223.2	116.4	5,358.7
2517	83.3	68.0	69.4	130.2	304.4	323.7	419.9	342.3	616.3	1,225.7	443.5	225.5	4,252.2
2518	227.6	108.4	71.2	110.3	228.2	197.0	542.3	1,223.5	866.2	859.0	369.8	193.0	4,996.5
2519	163.4	103.1	59.8	61.7	123.5	131.1	237.7	1,234.5	1,660.6	750.3	360.7	174.4	5,060.8
2520	127.0	80.5	69.7	113.0	264.0	67.4	278.0	1,004.6	542.8	289.5	128.8	84.9	3,050.2
2521	83.3	55.8	46.0	33.6	280.7	185.9	409.9	254.3	636.5	1,004.1	539.7	247.0	3,776.8
2522	118.3	69.9	74.4	72.0	192.5	57.0	468.4	519.9	731.2	1,010.5	169.0	79.1	3,562.2
2523	71.3	50.7	66.0	73.0	158.1	183.4	240.6	413.0	720.0	751.0	253.5	121.7	3,102.3
2524	76.1	71.7	69.9	64.6	125.5	385.3	529.9	1,430.8	1,087.2	859.4	1,235.0	327.7	6,263.1
2525	181.1	102.0	70.6	96.6	92.7	255.9	624.3	1,599.1	1,008.4	705.3	275.2	146.2	5,157.4
2526	103.8	56.5	47.0	51.6	77.7	96.3	121.4	297.9	500.1	1,839.1	656.8	209.7	4,057.9
2527	139.1	100.9	81.3	124.9	82.4	322.2	365.5	677.5	842.0	865.0	288.0	159.4	4,048.2
2528	115.6	89.9	65.8	95.1	93.6	289.0	790.3	861.1	1,609.7	908.9	398.2	207.7	5,524.9
2529	141.4	82.6	73.9	103.7	472.3	191.3	436.4	668.1	586.1	573.1	218.6	139.9	3,687.4
2530	85.2	71.1	85.7	100.5	74.7	203.8	239.2	423.6	890.5	613.0	368.9	134.3	3,290.5
2531	111.9	93.1	64.4	103.2	346.1	489.9	422.5	621.7	1,306.0	2,097.5	450.9	246.3	6,353.5
2532	172.9	109.4	71.9	39.5	128.3	124.4	165.1	503.9	442.3	409.0	129.0	84.2	2,379.9
2533	76.9	94.2	56.4	49.0	103.8	164.9	407.1	397.8	650.2	798.2	230.9	113.0	3,142.4
2534	81.0	56.9	33.3	44.2	80.9	340.4	429.2	1,754.8	812.3	1,125.1	300.0	134.4	5,192.5
2535	135.8	59.4	48.8	75.2	66.0	76.6	279.9	744.6	465.8	709.4	263.4	120.8	3,045.7
2536	90.1	41.4	61.8	53.6	49.0	78.9	206.2	616.3	750.3	350.2	135.5	60.3	2,493.6
2537	61.4	93.9	49.0	45.8	186.2	294.9	1,445.3	2,037.4	1,279.3	741.4	231.5	122.6	6,588.7
2538	101.0	58.2	51.0	56.2	82.0	130.4	261.9	866.7	1,889.2	929.3	334.1	152.8	4,912.8
2539	105.5	96.2	64.1	86.8	173.6	218.7	787.5	1,112.7	1,372.2	2,069.3	603.5	226.7	6,916.8
2540	141.2	82.1	85.2	74.9	55.4	71.4	724.4	1,381.8	845.3	638.9	252.0	114.3	4,466.9
2541	77.3	58.9	47.8	37.9	67.8	90.5	161.0	295.7	437.1	396.7	121.9	75.3	1,867.9
2542	65.0	48.0	69.0	140.0	214.0	231.0	365.0	963.0	562.0	1,310.0	938.0	233.0	5,138.0
2543	156.0	133.0	102.0	268.0	407.0	561.0	708.0	684.0	1,156.0	1,145.0	406.0	189.0	5,915.0
2544	139.0	82.0	142.0	109.0	209.0	274.0	599.0	881.0	613.0	623.0	248.0	139.0	4,058.0
2545	107.1	86.0	68.7	71.2	259.6	227.7	609.2	1,433.9	2,050.1	1,017.8	481.0	248.2	6,660.5
เฉลี่ย	116.6	79.4	67.7	84.4	170.2	226.7	465.9	868.1	930.7	938.3	368.5	160.9	4,477.4
สูงสุด	227.6	133.0	142.0	268.0	472.3	561.0	1,445.3	2,037.4	2,050.1	2,097.5	1,235.0	327.7	6,916.8
ต่ำสุด	61.4	41.4	33.3	33.6	49.0	57.0	121.4	254.3	437.1	289.5	121.9	60.3	1,867.9

ที่มา: บริษัท พี แอนด์ ซี และคณะ (2549)

ตารางผนวกที่ ก2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าเขื่อนวชิราลงกรณ

(หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ทั้งปี
2516	66.3	67.4	60.8	16.2	29.1	984.9	1,267.9	1,841.6	1,075.8	645.8	117.8	36.4	6,210.0
2517	31.5	30.6	35.2	63.1	333.3	720.8	1,198.9	2,355.9	843.9	1,088.9	347.0	129.1	7,178.2
2518	75.7	54.2	58.1	48.4	82.6	578.8	500.5	1,655.7	737.8	494.0	153.6	92.2	4,531.6
2519	42.3	21.2	25.1	22.9	74.9	371.7	345.2	1,568.7	1,053.4	969.0	179.7	71.5	4,745.6
2520	49.0	50.0	28.5	28.1	88.3	229.3	715.2	1,446.0	1,224.2	433.5	83.0	32.1	4,407.2
2521	43.0	16.0	19.6	12.2	27.3	251.2	337.2	2,017.5	990.8	300.3	103.8	86.1	4,205.0
2522	56.3	30.0	26.2	21.1	17.6	275.1	403.6	1,972.1	510.0	262.3	131.9	24.3	3,730.5
2523	44.3	26.4	11.0	11.8	52.6	292.8	734.9	271.1	878.7	493.5	100.7	66.6	2,984.4
2524	63.4	23.1	23.6	40.1	172.7	1,181.5	1,255.8	2,347.7	837.9	408.5	393.1	123.8	6,871.2
2525	59.6	50.4	37.4	54.0	87.8	555.5	814.4	2,663.4	1,257.6	473.3	165.8	94.6	6,313.8
2526	51.8	50.1	32.1	18.5	20.5	58.9	79.9	643.3	832.6	662.7	114.3	69.4	2,634.1
2527	41.2	30.7	33.1	62.2	56.8	882.7	803.5	1,102.6	717.5	574.6	195.6	94.4	4,594.9
2528	75.8	40.7	41.7	66.6	96.9	1,043.0	1,566.1	1,935.3	1,402.1	466.9	192.3	59.9	6,987.3
2529	48.0	47.6	26.6	34.9	180.5	269.0	702.2	1,057.1	562.8	364.9	135.8	63.6	3,493.0
2530	46.2	19.1	71.6	21.9	25.3	286.9	449.6	831.8	1,000.4	587.6	207.4	76.9	3,624.7
2531	64.5	35.6	25.8	56.0	266.1	723.4	561.7	1,121.3	580.4	949.6	239.4	98.8	4,722.6
2532	78.7	38.5	30.9	17.5	80.4	188.9	365.0	1,140.4	683.4	362.8	108.2	40.9	3,135.6
2533	41.6	19.0	22.0	23.9	67.7	447.4	763.6	871.0	1,028.7	737.5	157.5	73.3	4,253.2
2534	40.4	29.5	14.0	15.4	33.1	980.4	1,327.8	2,700.7	719.1	461.0	89.3	42.8	6,453.5
2535	48.5	20.0	10.2	22.9	34.0	155.0	506.9	1,729.8	774.7	430.8	129.1	96.2	3,958.1
2536	54.7	29.3	26.1	18.8	51.4	151.8	586.7	1,890.9	943.4	327.5	88.0	42.9	4,211.5
2537	40.4	14.0	21.6	14.7	132.2	494.8	1,563.2	2,535.3	1,062.9	442.1	81.6	33.5	6,436.3
2538	41.5	23.0	23.6	15.1	139.2	575.3	590.4	1,531.1	2,031.7	539.5	117.7	70.5	5,698.6
2539	39.5	33.0	12.1	34.8	78.9	211.7	1,393.3	1,598.2	1,419.5	777.4	195.0	74.2	5,867.6
2540	52.0	27.1	17.9	51.9	45.9	187.7	2,165.3	2,233.2	870.7	470.7	154.4	60.4	6,337.2
2541	39.5	20.8	24.8	17.9	67.3	106.3	186.7	276.8	509.6	350.9	85.5	21.0	1,707.1
2542	29.0	19.0	36.0	99.0	209.0	659.0	1,160.0	2,053.0	933.0	600.0	367.0	104.0	6,268.0
2543	71.0	75.0	51.0	121.0	367.0	638.0	1,122.0	1,019.0	1,523.0	693.0	186.3	96.6	5,962.9
2544	66.0	82.0	60.0	37.0	181.0	419.0	1,381.0	1,788.0	948.0	533.0	132.0	84.0	5,711.0
2545	62.6	30.0	20.9	54.2	497.4	496.4	373.6	1,749.6	1,980.5	461.1	187.7	113.7	6,027.7
เฉลี่ย	52.1	35.1	30.9	37.4	119.9	480.6	840.7	1,598.3	997.8	545.4	164.7	72.5	4,975.4
สูงสุด	78.7	82.0	71.6	121.0	497.4	1,181.5	2,165.3	2,700.7	2,031.7	1,088.9	393.1	129.1	7,178.2
ต่ำสุด	29.0	14.0	10.2	11.8	17.6	58.9	79.9	271.1	509.6	262.3	81.6	21.0	1,707.1

ที่มา: บริษัท พี แอนด์ ซี และคณะ (2549)

ตารางผนวกที่ ก3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่เขื่อนแม่กลอง

(หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ทั้งปี
2516	276.0	179.9	154.8	76.3	159.4	1,923.0	2,463.2	3,347.7	2,556.9	2,627.4	628.2	200.4	14,593.1
2517	139.4	116.6	124.5	234.9	800.0	1,387.3	2,079.5	3,616.4	1,904.0	3,354.3	1,119.1	459.0	15,335.1
2518	367.4	199.1	162.5	188.5	363.4	1,003.4	1,259.4	3,549.4	1,941.4	1,685.7	675.1	345.3	11,740.6
2519	236.4	142.5	102.4	101.1	250.7	653.4	723.2	3,432.7	3,234.7	2,203.4	836.4	304.4	12,221.5
2520	211.0	158.2	116.6	163.6	409.6	386.5	1,266.5	3,022.5	2,241.5	927.1	256.8	137.5	9,297.3
2521	149.4	82.8	77.3	53.2	339.0	544.4	892.9	3,028.2	2,029.4	1,560.5	744.9	384.5	9,886.7
2522	204.5	115.9	114.8	110.7	231.7	442.0	1,057.7	3,241.0	1,469.0	1,442.0	382.2	116.9	8,928.6
2523	135.5	89.6	84.7	95.1	247.3	608.3	1,254.1	803.6	1,951.5	1,535.3	435.7	225.2	7,465.8
2524	169.0	108.0	107.4	124.9	371.0	2,065.1	2,270.2	4,725.1	2,303.5	1,531.6	2,163.7	565.5	16,504.9
2525	287.9	183.5	130.7	185.7	230.8	1,044.5	1,779.0	5,331.0	2,789.4	1,412.1	539.3	295.1	14,208.9
2526	185.6	130.2	94.5	80.2	113.4	183.6	238.2	1,196.1	1,713.5	3,218.9	1,193.7	359.3	8,707.5
2527	219.9	156.5	136.6	224.1	174.6	1,584.4	1,516.4	2,216.8	1,878.7	1,769.8	586.9	302.9	10,767.4
2528	227.9	151.0	126.7	196.8	255.8	1,739.0	3,007.6	3,552.4	3,688.6	1,988.5	821.0	345.0	16,100.3
2529	236.1	169.2	129.3	171.9	813.0	576.3	1,424.1	2,144.6	1,389.2	1,302.7	447.8	253.1	9,057.4
2530	159.9	104.0	189.9	141.1	123.8	630.6	870.5	1,580.8	2,312.5	1,518.7	871.2	284.4	8,787.4
2531	214.3	152.2	106.7	189.4	803.0	1,644.1	1,228.8	2,187.6	2,228.6	3,845.7	856.8	419.3	13,876.6
2532	306.4	180.4	129.8	70.1	258.0	390.4	674.1	2,082.6	1,397.3	976.0	307.1	160.1	6,932.3
2533	147.4	129.0	92.2	89.3	208.6	786.6	1,470.2	1,606.8	2,086.6	1,914.1	518.0	229.3	9,278.0
2534	146.1	103.5	59.1	72.9	147.9	1,737.9	2,268.2	5,607.0	1,859.0	1,987.5	463.7	215.1	14,668.0
2535	213.3	92.7	67.9	114.4	142.1	296.3	988.1	3,141.7	1,562.1	1,486.4	468.1	270.7	8,843.8
2536	173.2	85.0	102.0	87.7	134.1	296.9	1,016.6	3,219.8	2,108.0	1,039.5	310.6	130.8	8,704.3
2537	124.1	119.4	82.6	70.1	388.1	990.0	3,672.3	5,662.5	2,816.9	1,440.5	369.9	182.0	15,918.4
2538	166.4	94.8	87.7	82.8	281.4	930.8	1,082.8	3,007.7	4,801.9	1,985.1	561.1	269.4	13,352.0
2539	171.4	149.1	85.2	144.6	316.5	546.9	2,899.8	3,429.7	3,647.0	3,561.4	1,078.4	374.5	16,404.6
2540	235.0	133.2	123.1	161.8	131.7	333.4	3,710.8	4,542.6	2,155.6	1,437.4	754.9	227.9	13,947.5
2541	143.6	93.2	85.7	69.1	168.4	244.0	428.9	701.2	1,221.2	1,133.5	285.5	122.1	4,696.3
2542	112.7	78.9	123.1	292.6	570.4	1,146.9	1,961.6	3,816.6	1,864.5	2,644.6	1,711.6	405.9	14,729.4
2543	265.9	246.2	179.8	478.0	984.3	1,472.1	2,284.4	2,108.3	3,304.7	2,286.0	748.3	347.1	14,705.1
2544	246.4	203.4	241.8	172.4	474.5	864.4	2,513.6	3,362.4	1,957.9	1,504.4	475.2	270.2	12,286.6
2545	203.0	134.3	107.8	154.2	955.6	920.5	1,159.9	3,893.4	4,907.9	1,961.7	968.4	447.0	15,813.6
เฉลี่ย	202.5	136.1	117.6	146.6	361.6	912.4	1,648.8	3,105.3	2,377.4	1,909.4	719.3	288.3	11,925.3
สูงสุด	367.4	246.2	241.8	478.0	984.3	2,065.1	3,710.8	5,662.5	4,907.9	3,845.7	2,163.7	565.5	16,504.9
ต่ำสุด	112.7	78.9	59.1	53.2	113.4	183.6	238.2	701.2	1,221.2	927.1	256.8	116.9	4,696.3

ที่มา: บริษัท พี แอนด์ ซี และคณะ (2549)

ตารางผนวกที่ ก4 ปริมาณน้ำที่ไม่มีการควบคุม ระหว่างเขื่อนแม่กลองกับท้ายเขื่อนศรีนครินทร์-
วชิราลงกรณ

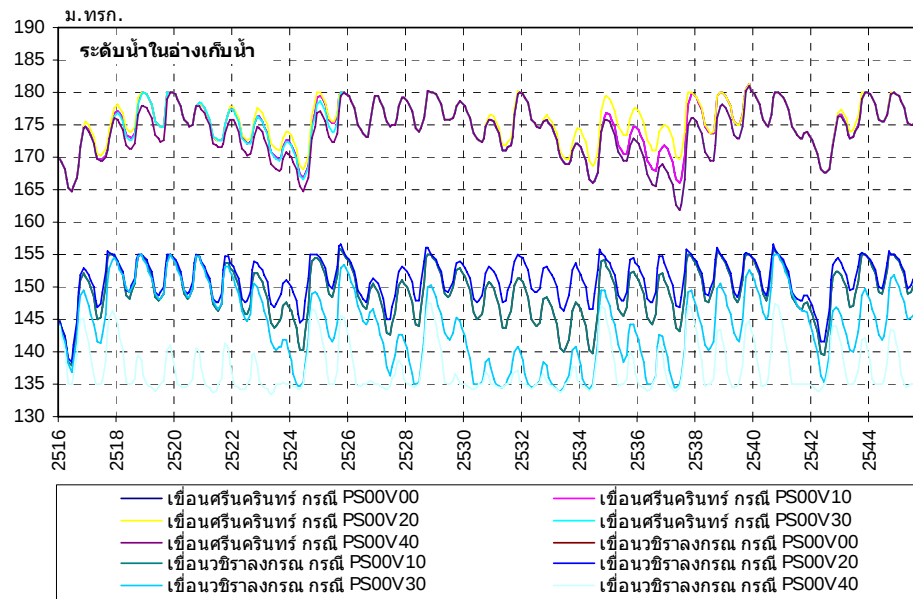
(หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ทั้งปี
2516	50.9	35.4	30.3	12.6	21.9	402.2	494.0	707.5	488.8	446.1	287.2	47.6	3,024.4
2517	24.6	18.0	19.9	41.6	162.3	342.8	460.7	918.2	443.8	1,039.7	328.6	104.4	3,904.7
2518	64.1	36.5	33.2	29.8	52.6	227.6	216.6	670.2	337.4	332.7	151.7	60.1	2,212.5
2519	30.7	18.2	17.5	16.5	52.3	150.6	140.3	629.5	520.7	484.1	296.0	58.5	2,415.1
2520	35.0	27.7	18.4	22.5	57.3	89.8	273.3	571.9	474.5	204.1	45.0	20.5	1,839.9
2521	23.1	11.0	11.7	7.4	31.0	107.3	145.8	756.4	402.1	256.1	101.4	51.4	1,904.9
2522	29.9	16.0	14.2	17.6	21.6	109.9	185.7	749.0	227.8	169.2	81.3	13.5	1,635.9
2523	19.9	12.5	7.7	10.3	36.6	132.1	278.6	119.5	352.8	290.8	81.5	36.9	1,379.1
2524	29.5	13.2	13.9	20.2	72.8	498.3	484.5	946.6	378.4	263.7	535.6	114.0	3,370.6
2525	47.2	31.1	22.7	35.1	50.3	233.1	340.3	1,068.5	523.4	233.5	98.3	54.3	2,737.7
2526	30.0	23.6	15.4	10.1	15.2	28.4	36.9	254.9	380.8	717.1	422.6	80.2	2,015.5
2527	39.6	24.9	22.2	37.0	35.4	379.5	347.4	436.7	319.2	330.2	103.3	49.1	2,124.3
2528	36.5	20.4	19.2	35.1	65.3	407.0	651.2	756.0	676.8	612.7	230.5	77.4	3,588.1
2529	46.7	39.0	28.8	33.3	160.2	116.0	285.5	419.4	240.3	364.7	93.4	49.6	1,877.0
2530	28.5	13.8	32.6	18.7	23.8	139.9	181.7	325.4	421.6	318.1	294.9	73.2	1,872.2
2531	37.9	23.5	16.5	30.2	190.8	430.8	244.6	444.6	342.2	798.6	166.5	74.2	2,800.5
2532	54.8	32.5	27.0	13.1	49.3	77.1	144.0	438.3	271.6	204.2	69.9	35.0	1,416.8
2533	28.9	15.8	13.8	16.4	37.1	174.3	299.5	338.0	407.7	378.4	129.6	43.0	1,882.4
2534	24.7	17.1	11.8	13.3	33.9	417.1	511.2	1,151.5	327.6	401.4	74.4	37.9	3,022.0
2535	29.0	13.3	8.9	16.3	42.1	64.7	201.3	667.3	321.6	346.2	75.6	53.7	1,840.0
2536	28.4	14.3	14.1	15.3	33.7	66.2	223.7	712.6	414.3	361.8	87.1	27.6	1,999.2
2537	22.3	11.5	12.0	9.6	69.7	200.3	663.8	1,089.8	474.7	257.0	56.8	25.9	2,893.4
2538	23.9	13.6	13.1	11.5	60.2	225.1	230.5	609.9	881.0	516.3	109.3	46.1	2,740.6
2539	26.4	19.9	9.0	23.0	64.0	116.5	719.0	718.8	855.3	714.7	279.9	73.6	3,620.2
2540	41.8	24.0	20.0	35.0	30.4	74.3	821.1	927.6	439.6	327.8	348.5	53.2	3,143.4
2541	26.8	13.5	13.1	13.3	33.3	47.2	81.2	128.7	274.5	385.9	78.1	25.8	1,121.3
2542	18.7	11.9	18.1	53.6	147.4	256.9	436.6	800.6	369.5	734.6	406.6	68.9	3,323.4
2543	38.9	38.2	26.8	89.0	210.3	273.1	454.4	405.3	625.7	448.0	156.0	61.5	2,827.2
2544	41.4	39.4	39.8	26.4	84.5	171.4	533.6	693.4	396.9	348.4	95.2	47.2	2,517.6
2545	33.3	18.3	18.2	28.8	198.6	196.4	177.1	709.9	877.3	482.8	299.7	85.1	3,125.4
เฉลี่ย	33.8	21.6	19.0	24.8	71.5	205.2	342.1	638.9	448.9	425.6	186.2	55.0	2,472.5
สูงสุด	64.1	39.4	39.8	89.0	210.3	498.3	821.1	1,151.5	881.0	1,039.7	535.6	114.0	3,904.7
ต่ำสุด	18.7	11.0	7.7	7.4	15.2	28.4	36.9	119.5	227.8	169.2	45.0	13.5	1,121.3

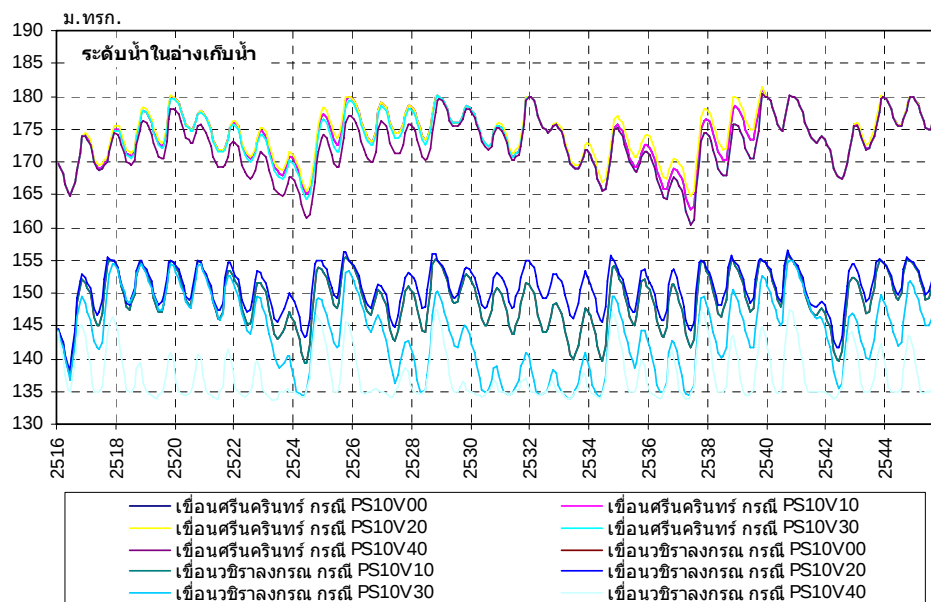
ที่มา: บริษัท พี แอนด์ ซี และคณะ (2549)

ภาคผนวก ข

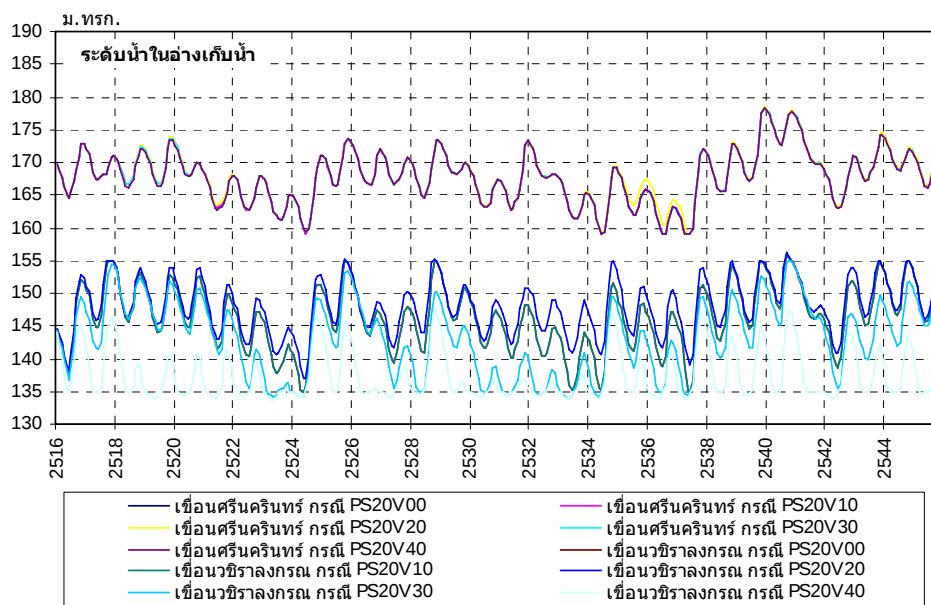
ผลการจำลองการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-ResSim



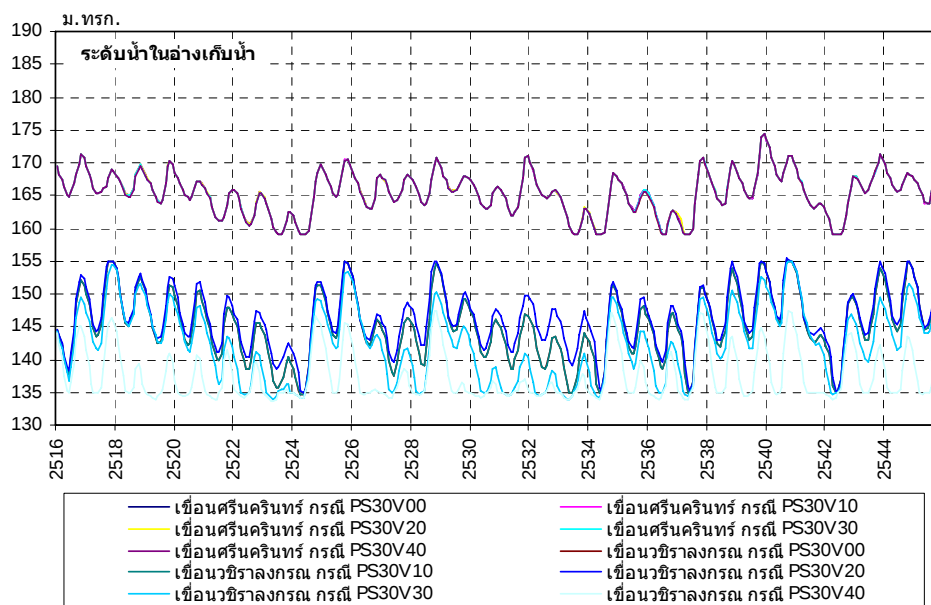
ภาพผนวกที่ ข1 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เชื่อนศรีนครินทร์ไม่
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า
ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



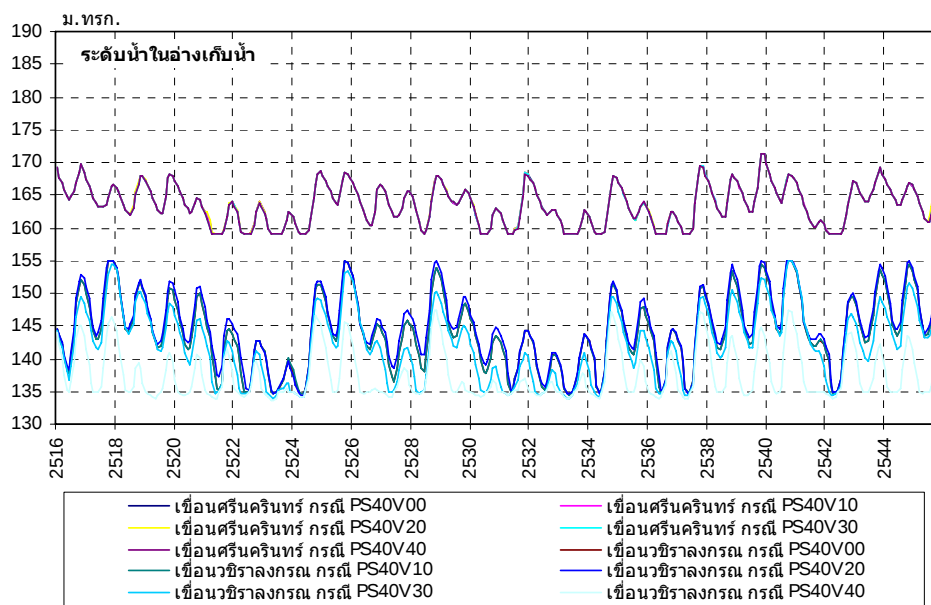
ภาพผนวกที่ ข2 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เชื่อนศรีนครินทร์กำหนด
เป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า
ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



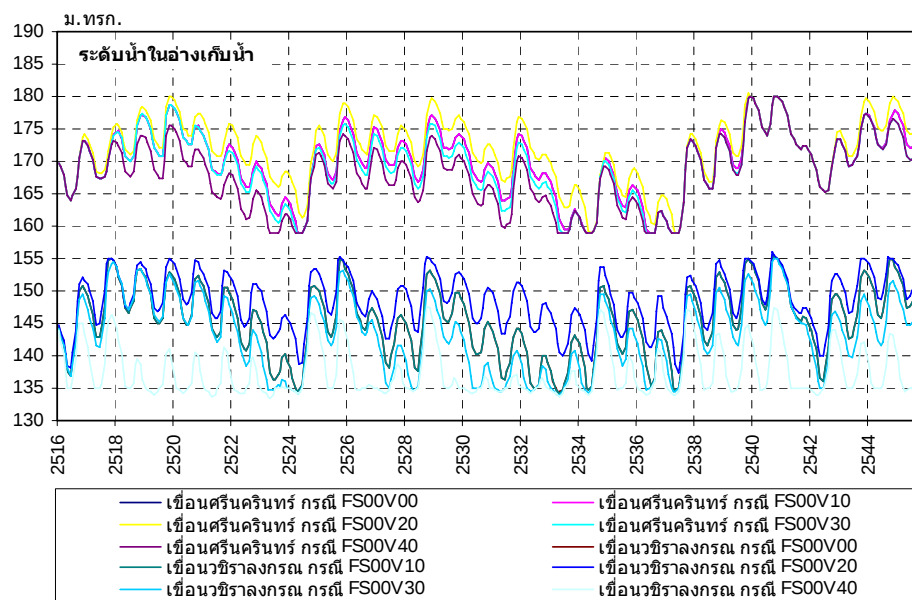
ภาพผนวกที่ ข3 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



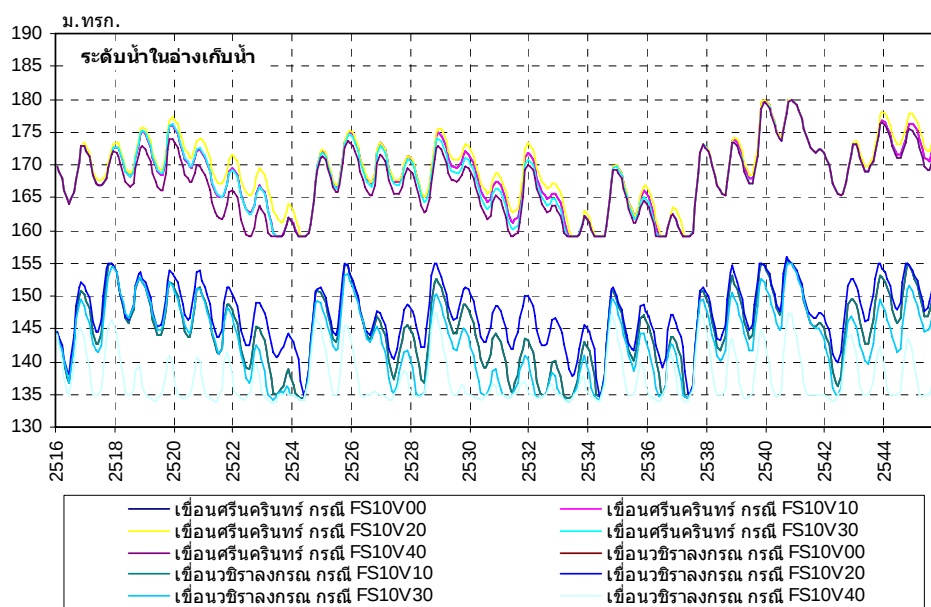
ภาพผนวกที่ ข4 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



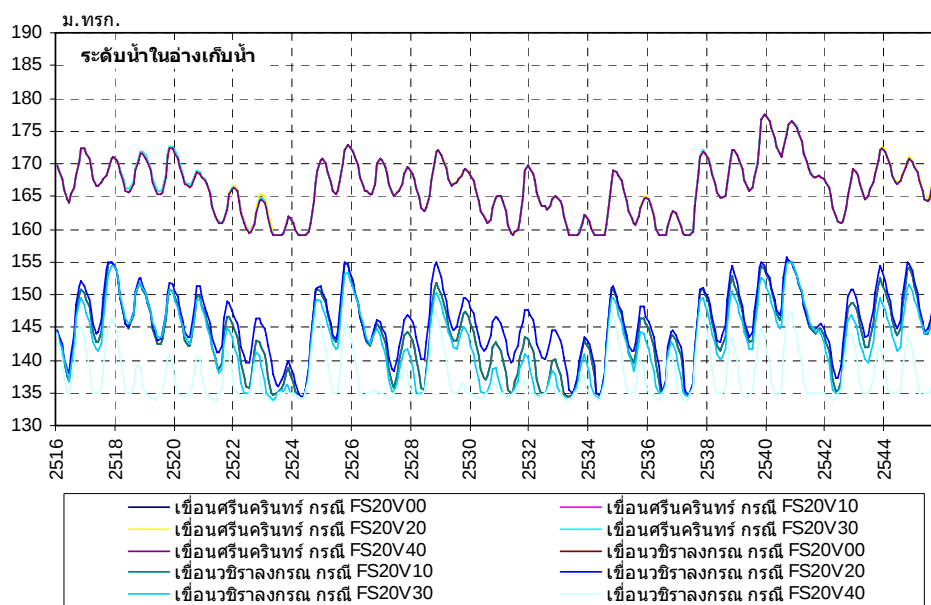
ภาพผนวกที่ ข5 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เชื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



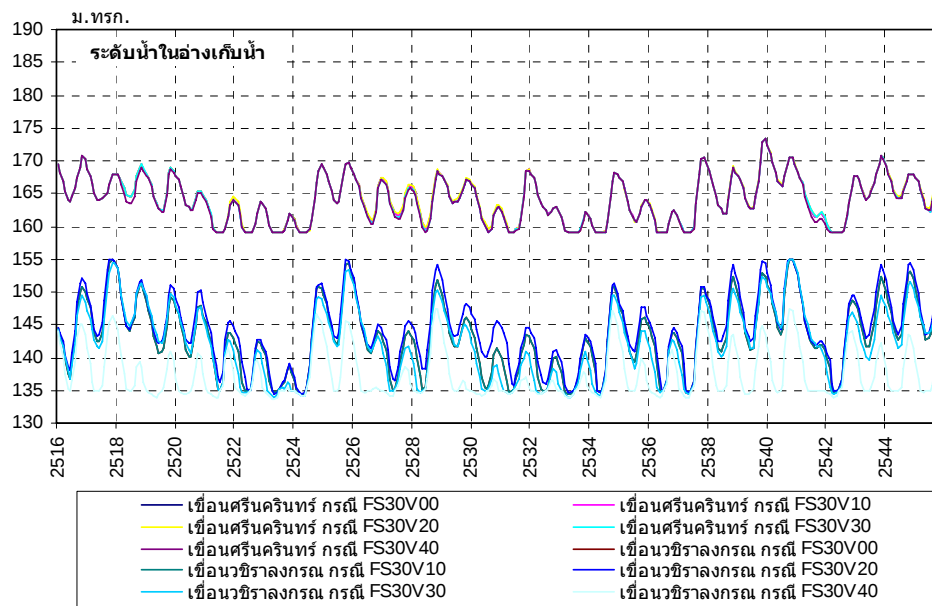
ภาพผนวกที่ ข6 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื่อนศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



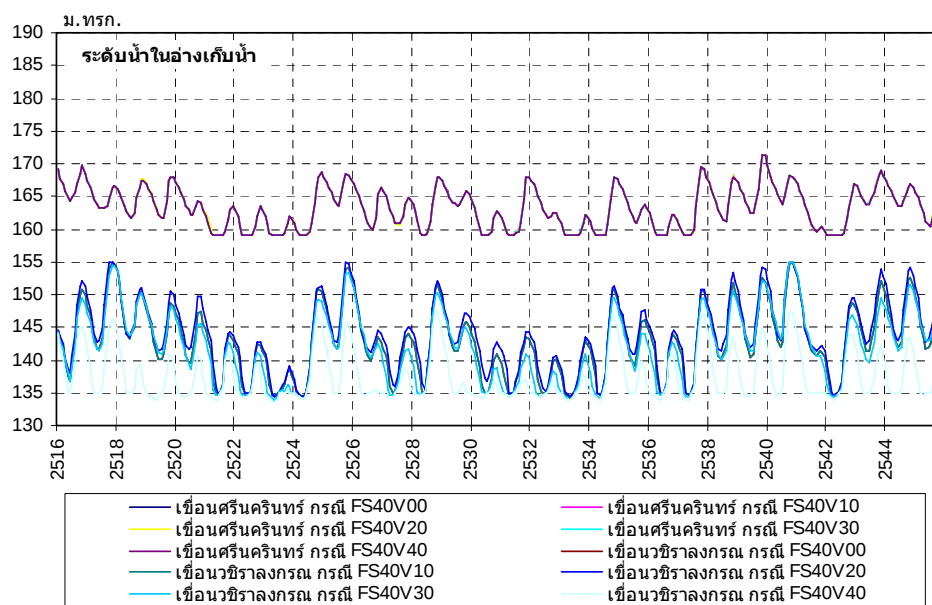
ภาพผนวกที่ ข7 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



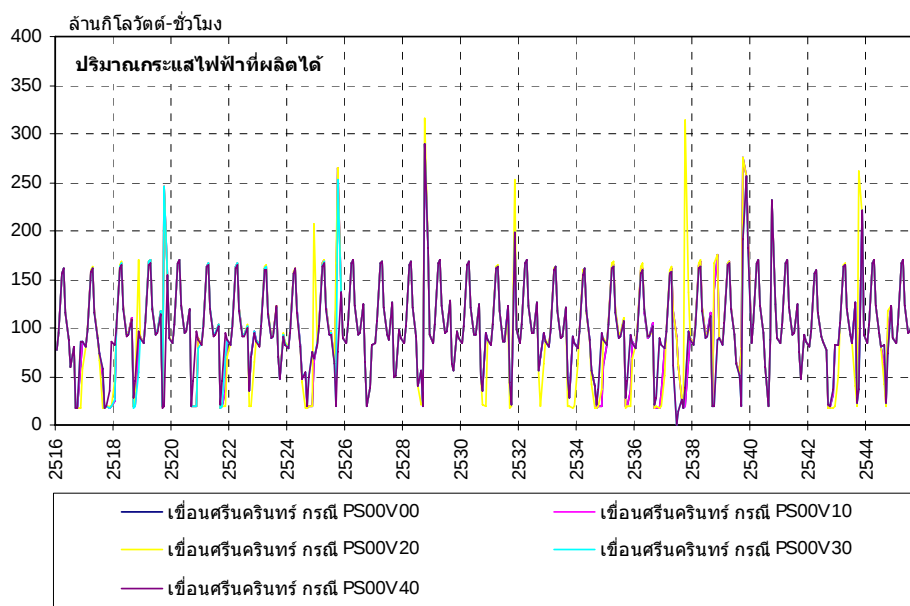
ภาพผนวกที่ ข8 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



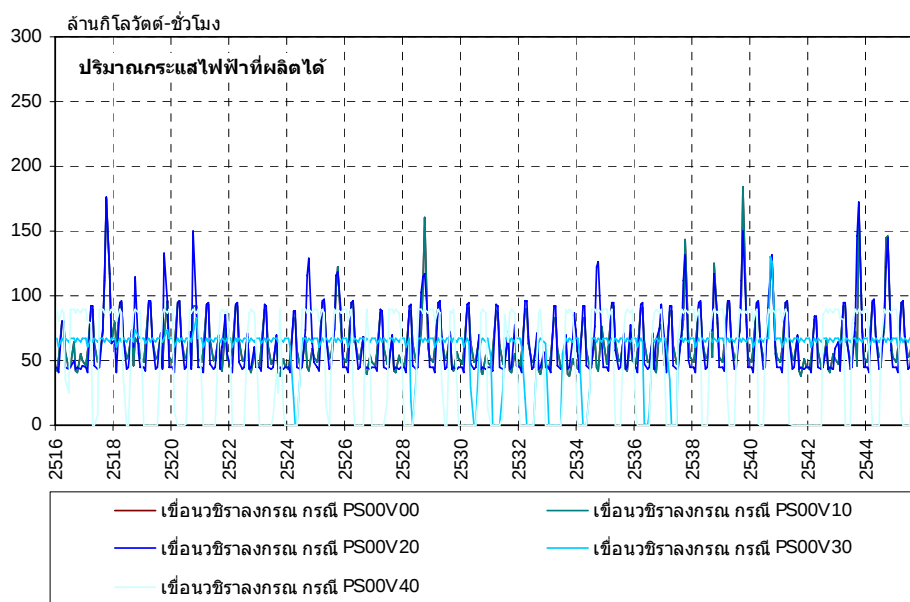
ภาพผนวกที่ 9 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื่อนศรินครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



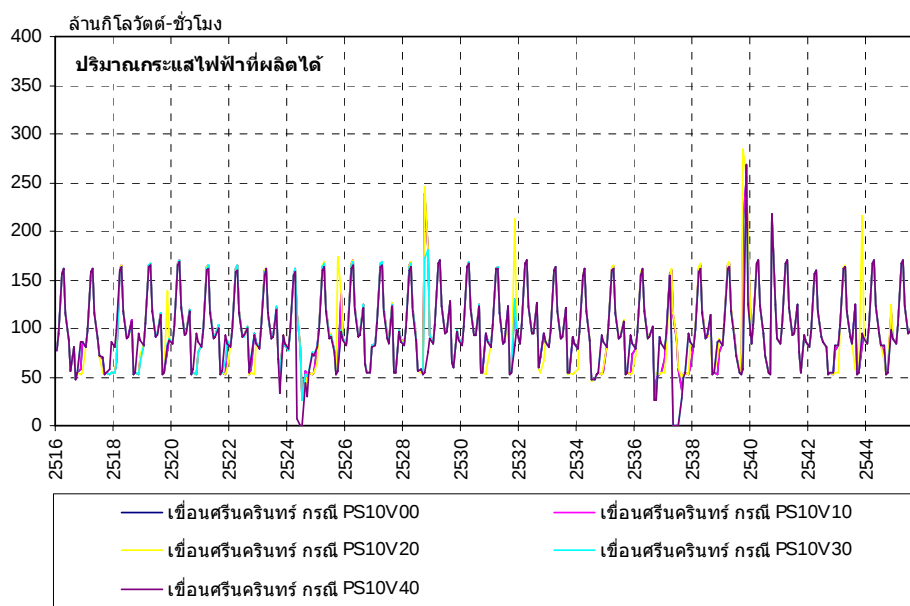
ภาพผนวกที่ 10 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เชื่อนศรินครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเชื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



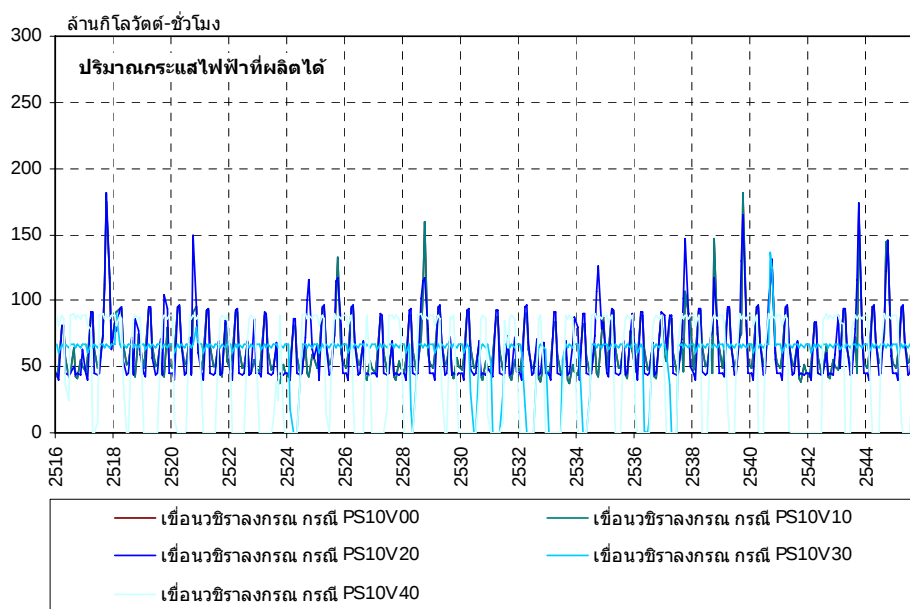
ภาพผนวกที่ ข11 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเชื้อนครินทร์กำหนด
เป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



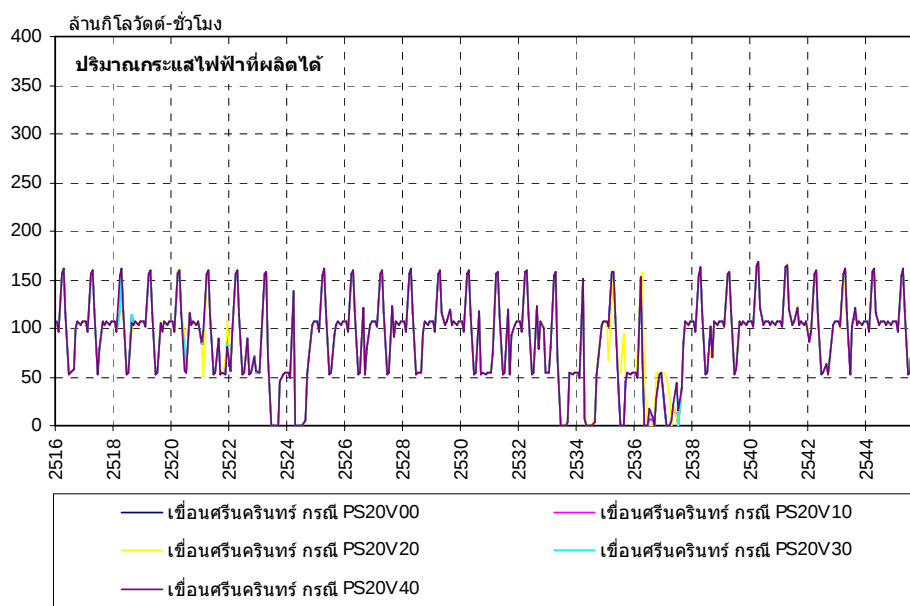
ภาพผนวกที่ ข12 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าและเชื้อนครินทร์กำหนด
เป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



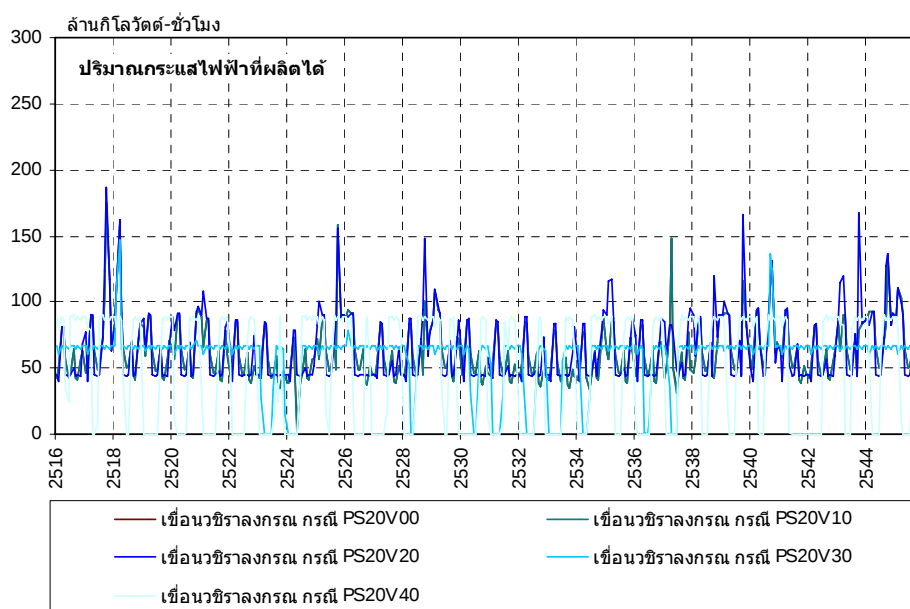
ภาพผนวกที่ ข13 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



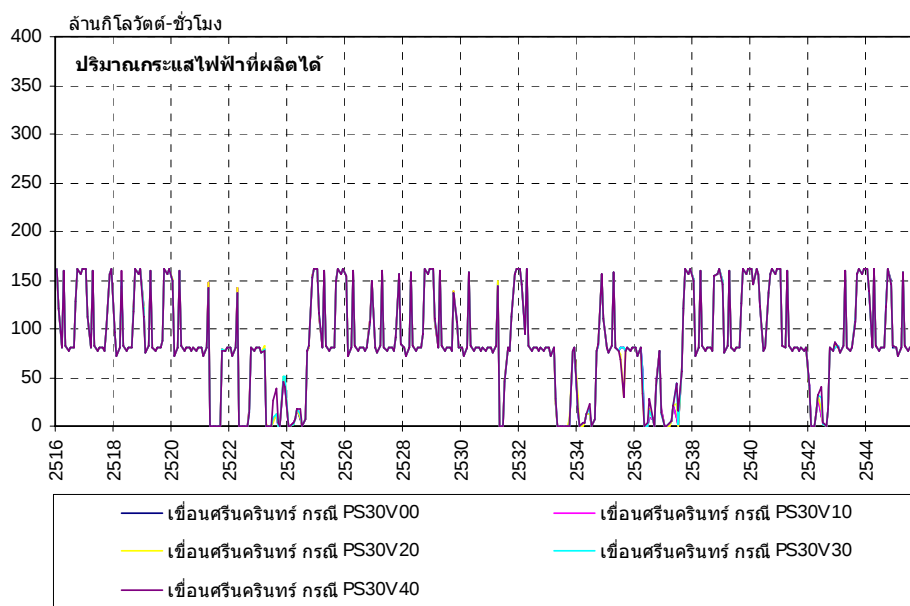
ภาพผนวกที่ ข14 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวชีราลงกรณ กรณ์ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



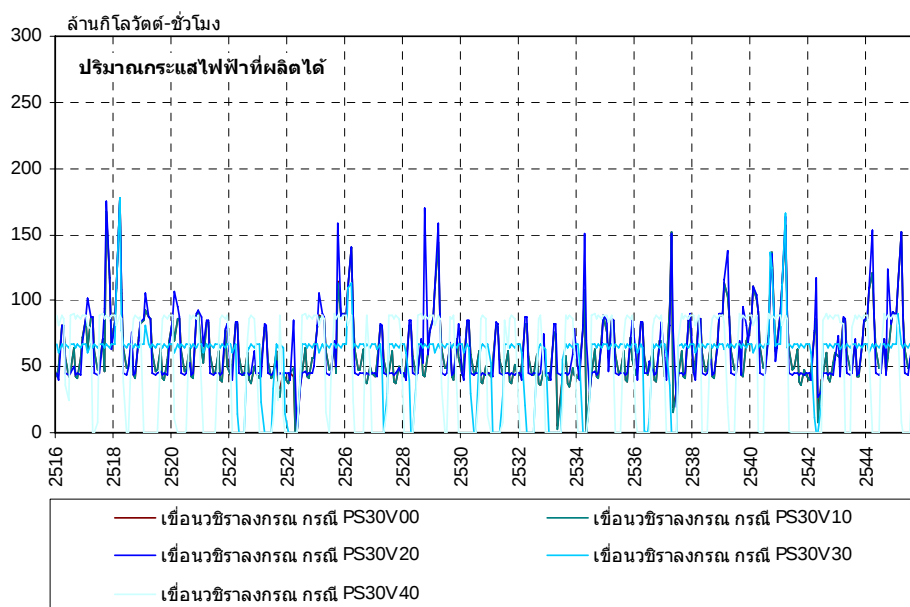
ภาพผนวกที่ ข15 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



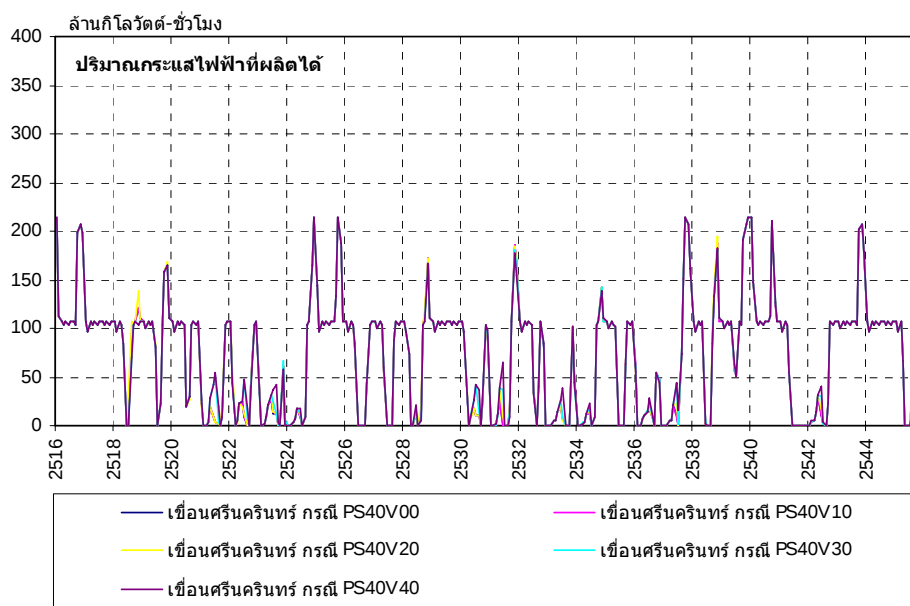
ภาพผนวกที่ ข16 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวชีราลงกรณ กรณ์ความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



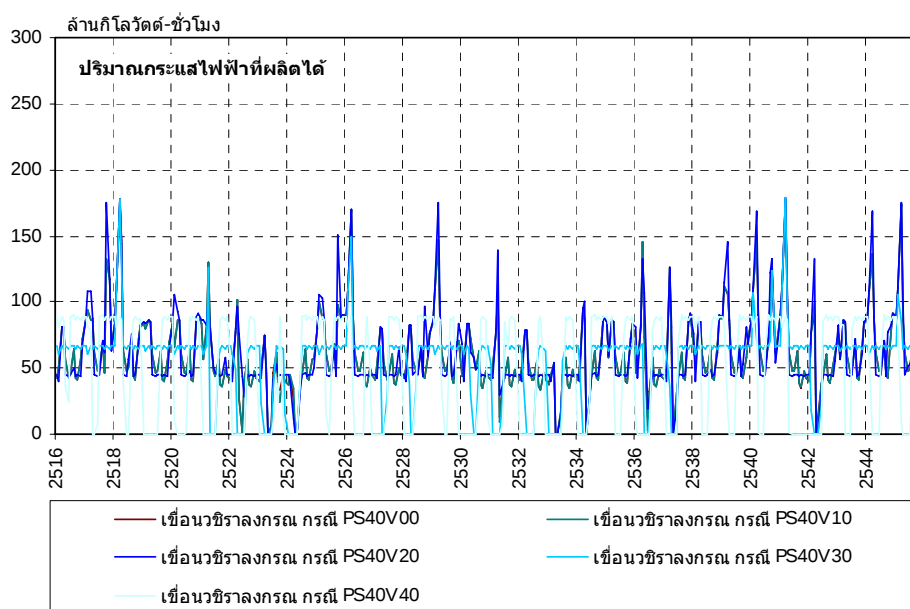
ภาพผนวกที่ ข17 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



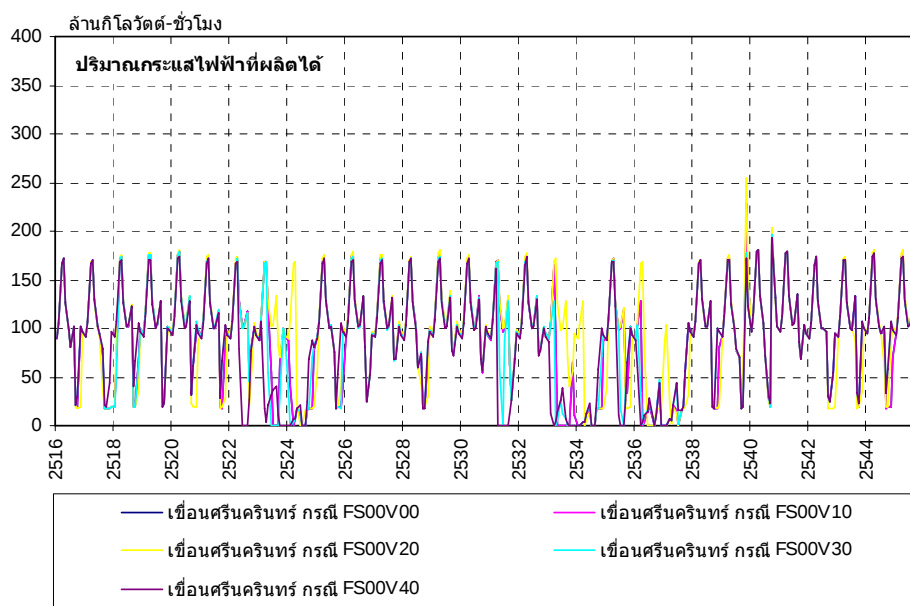
ภาพผนวกที่ ข18 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวชีราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



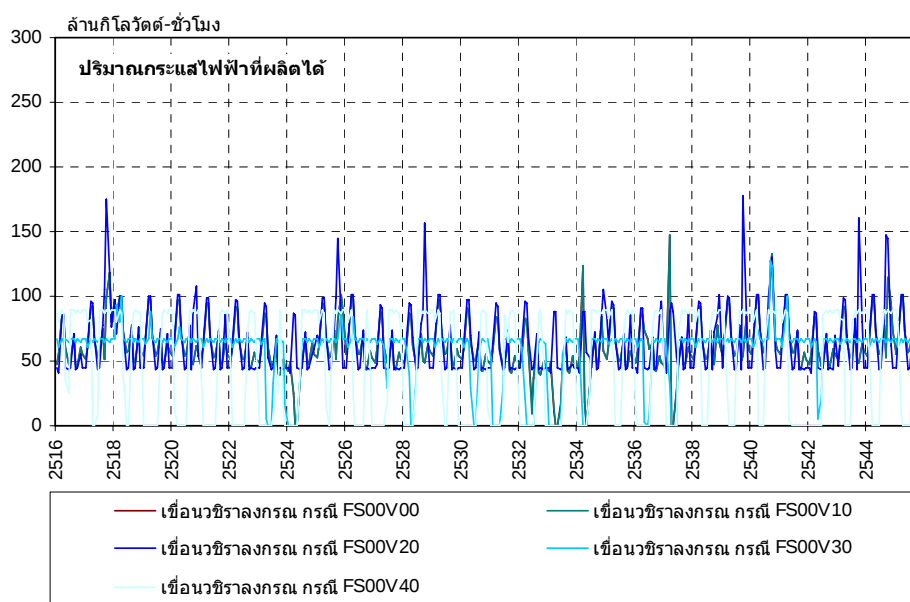
ภาพผนวกที่ ข19 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



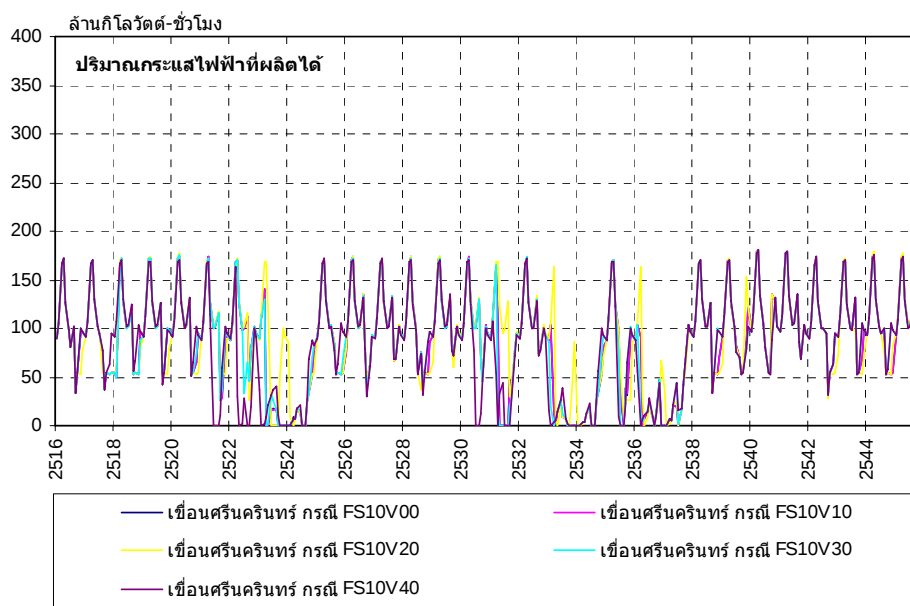
ภาพผนวกที่ ข20 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวชีราลงกรณ กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



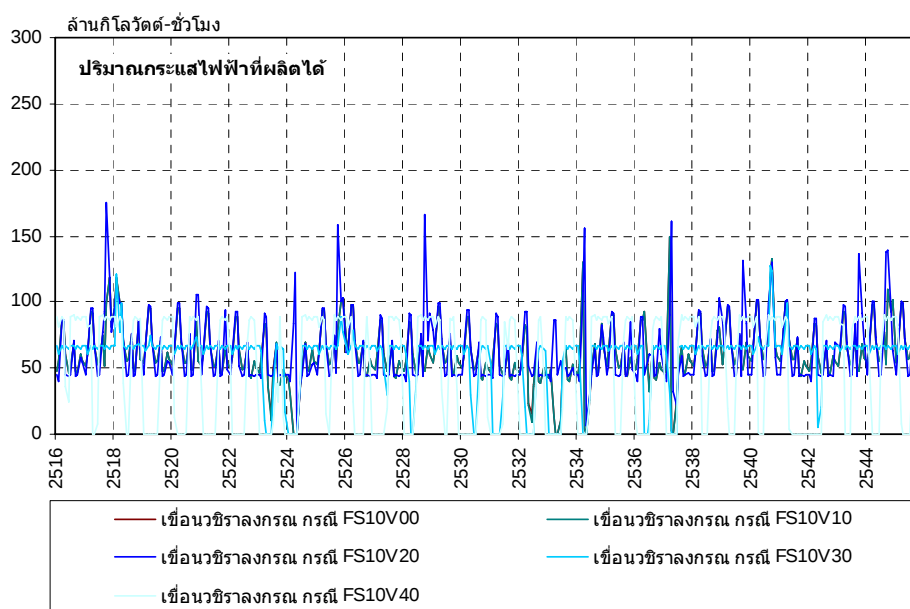
ภาพผนวกที่ ข21 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต
เชื้อนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเชื้อนครินทร์กำหนด
เป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



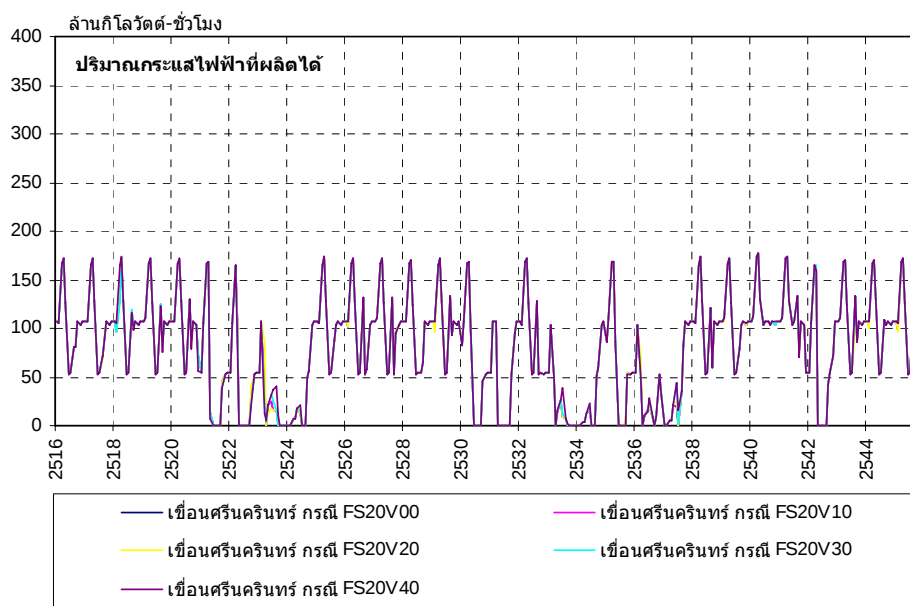
ภาพผนวกที่ ข22 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต
เชื้อนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเชื้อนครินทร์กำหนด
เป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



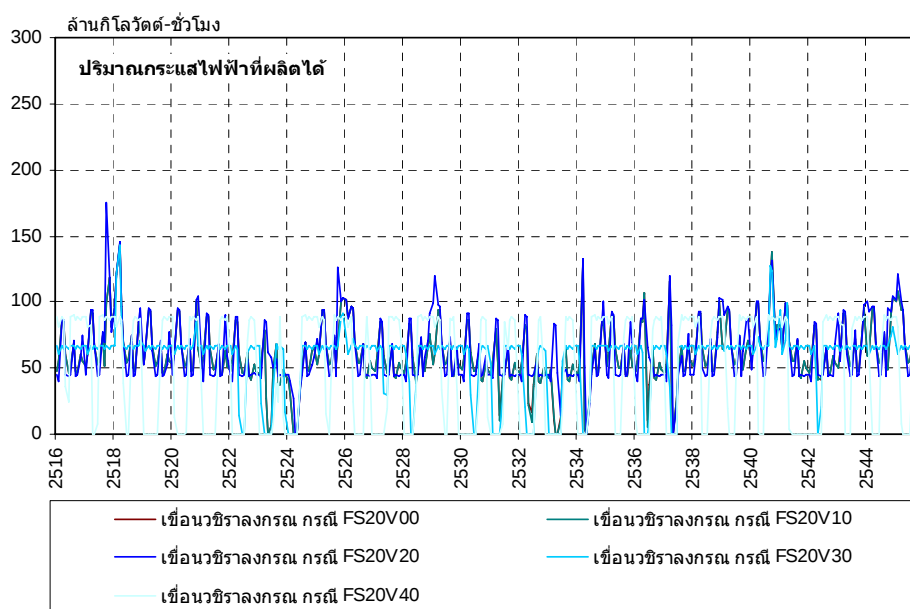
ภาพผนวกที่ ข23 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำมัน
 เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเชื้อนิวซีราลงกรณ
 กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



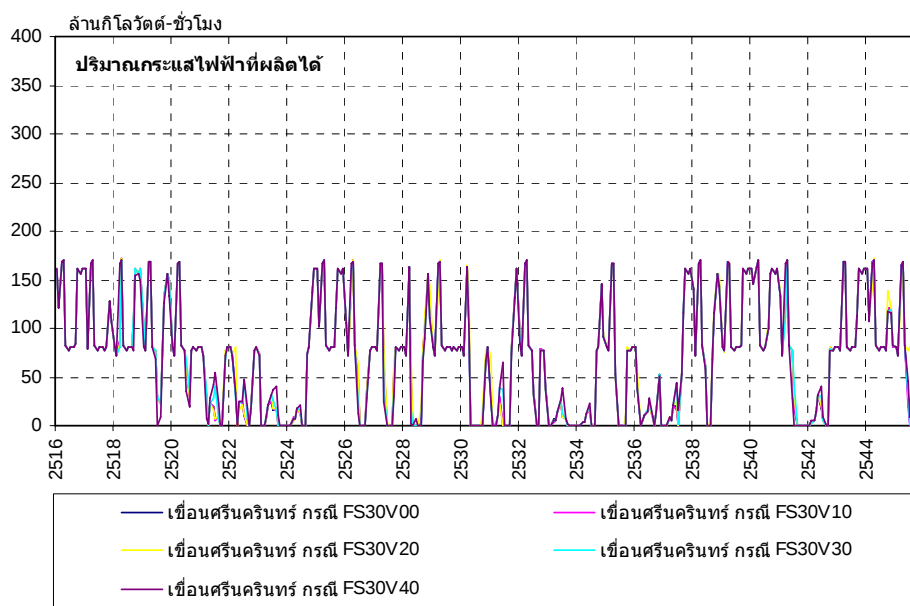
ภาพผนวกที่ ข24 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวซีราลงกรณ กรณ์ความต้องการใช้น้ำมัน
 เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเชื้อนิวซีราลงกรณ
 กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



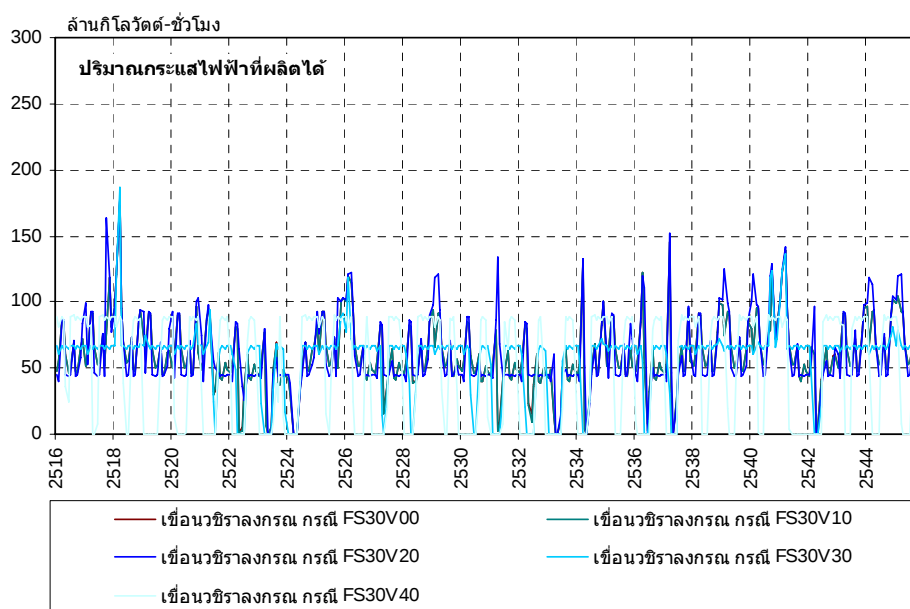
ภาพผนวกที่ ข25 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำอนาคต
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



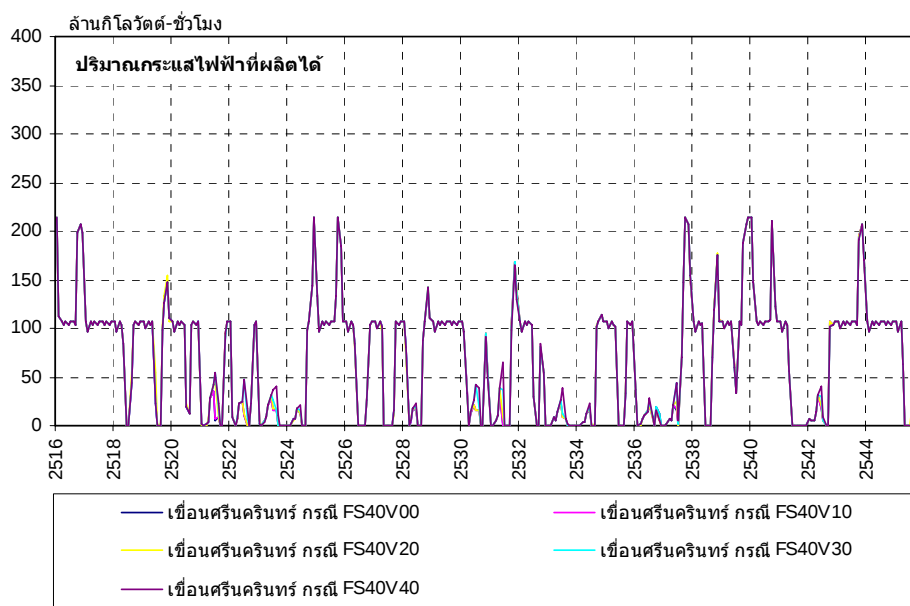
ภาพผนวกที่ ข26 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวชีราลงกรณ กรณ์ความต้องการใช้น้ำอนาคต
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



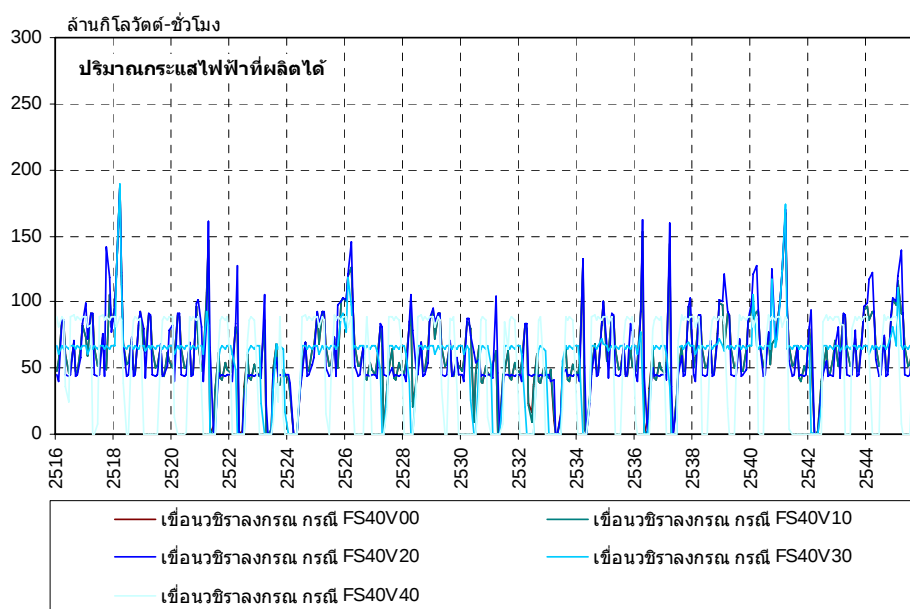
ภาพผนวกที่ ข27 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำมัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเชื้อนิวซีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



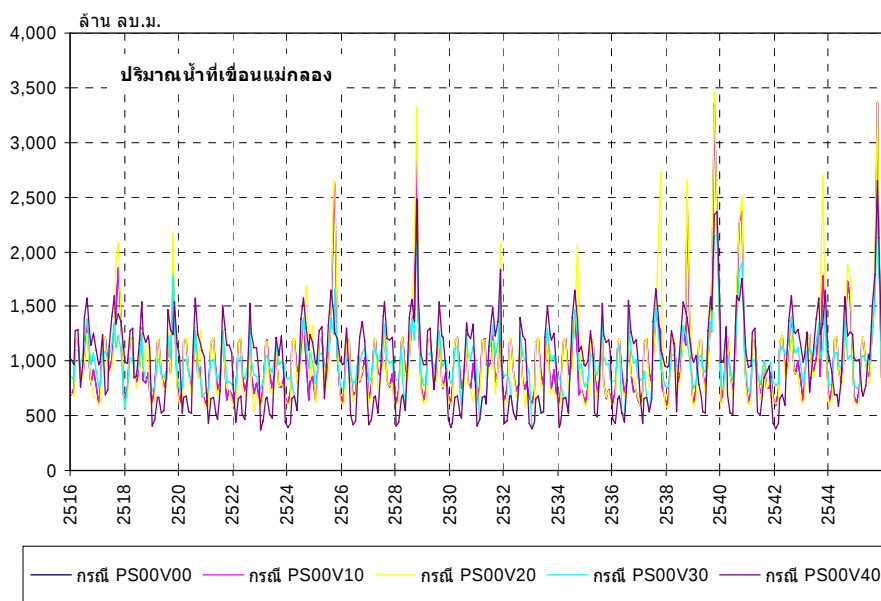
ภาพผนวกที่ ข28 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวซีราลงกรณ กรณ์ความต้องการใช้น้ำมัน
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเชื้อนิวซีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



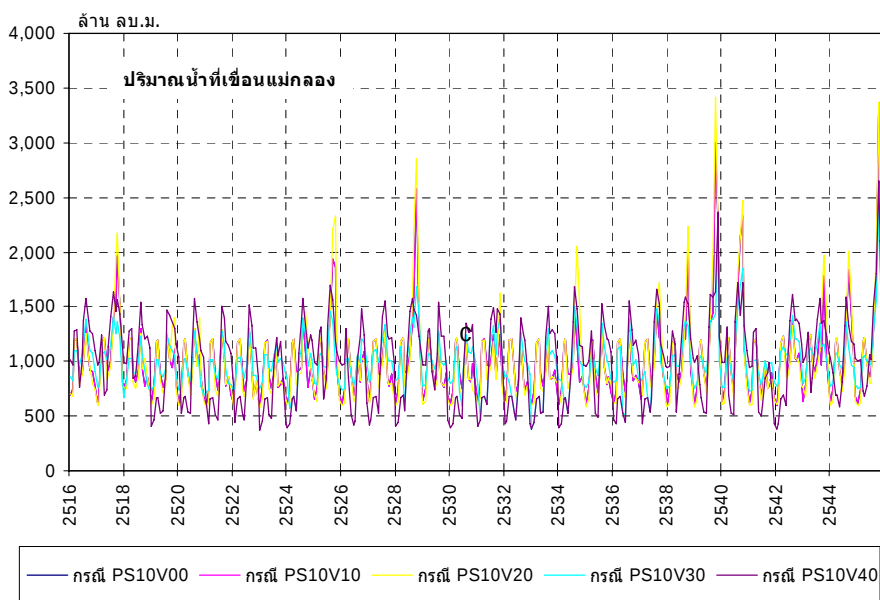
ภาพผนวกที่ ข29 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนครินทร์ กรณ์ความต้องการใช้น้ำอนาคต
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



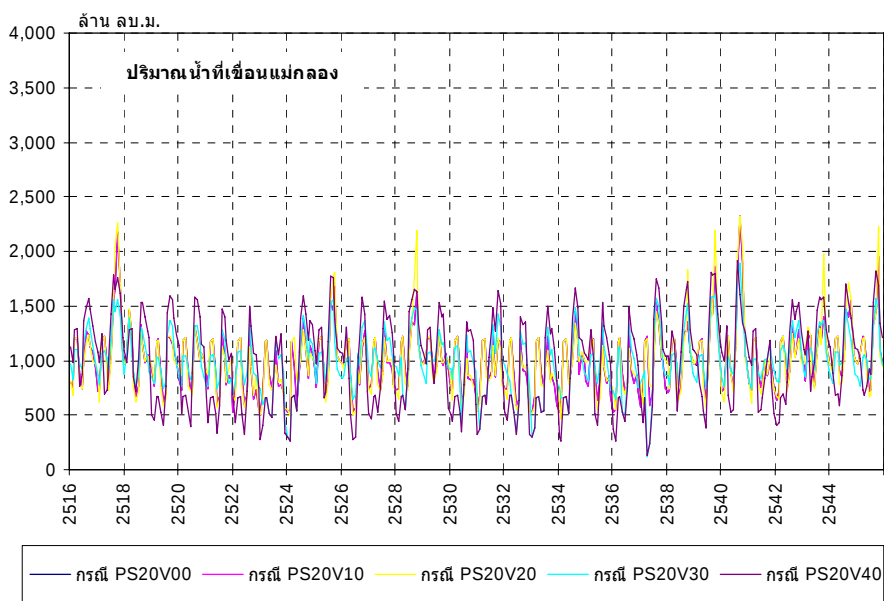
ภาพผนวกที่ ข30 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเชื้อนิวชีราลงกรณ กรณ์ความต้องการใช้น้ำอนาคต
เชื้อนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเชื้อนิวชีราลงกรณ
กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



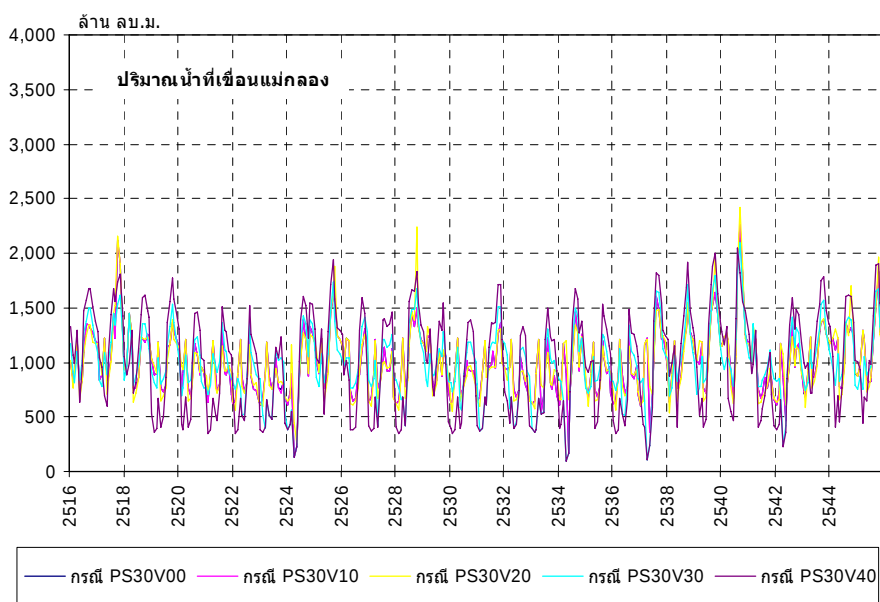
ภาพผนวกที่ ข31 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์ไม่กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



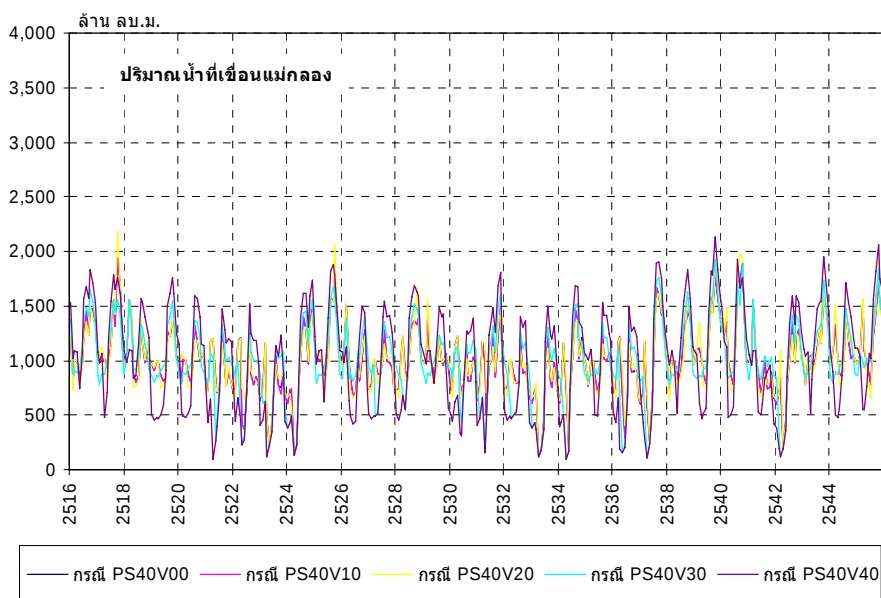
ภาพผนวกที่ ข32 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



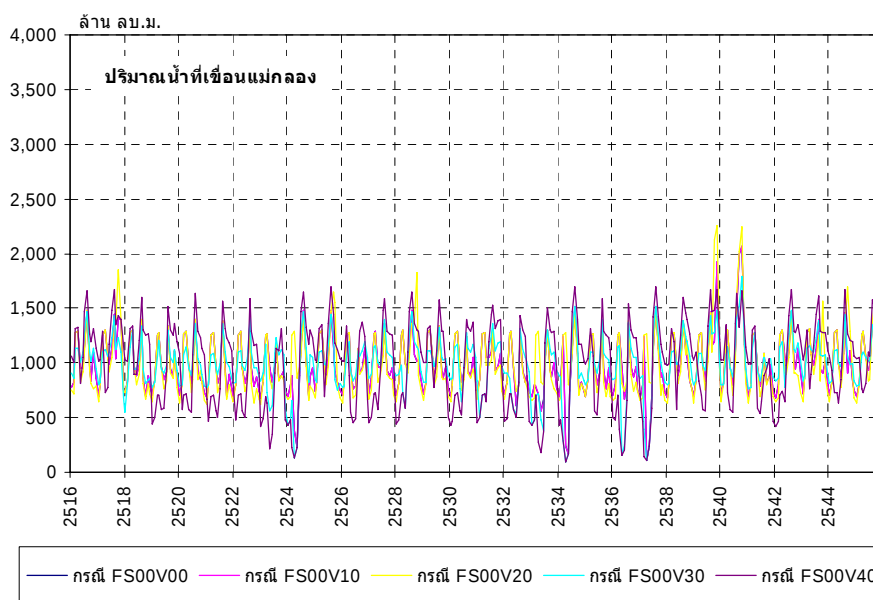
ภาพผนวกที่ ข33 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



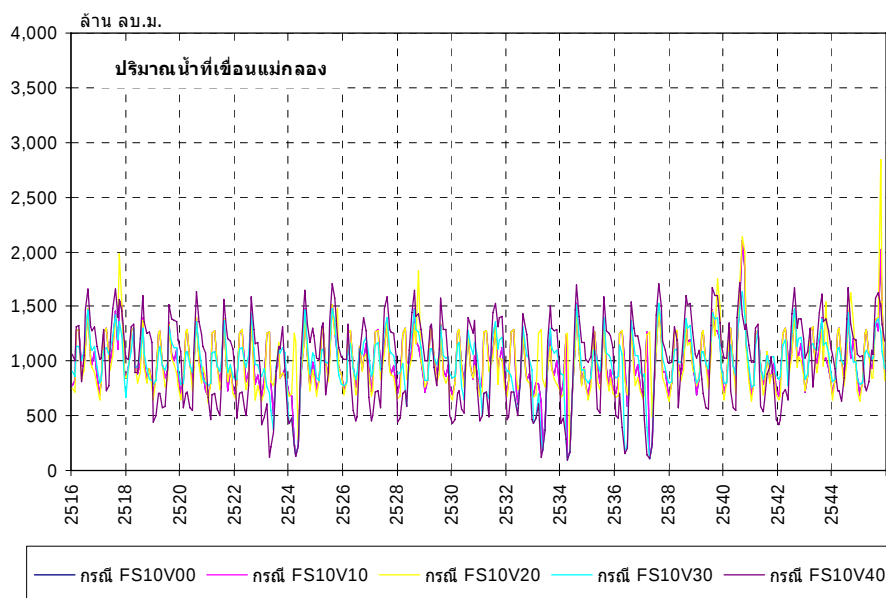
ภาพผนวกที่ ข34 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



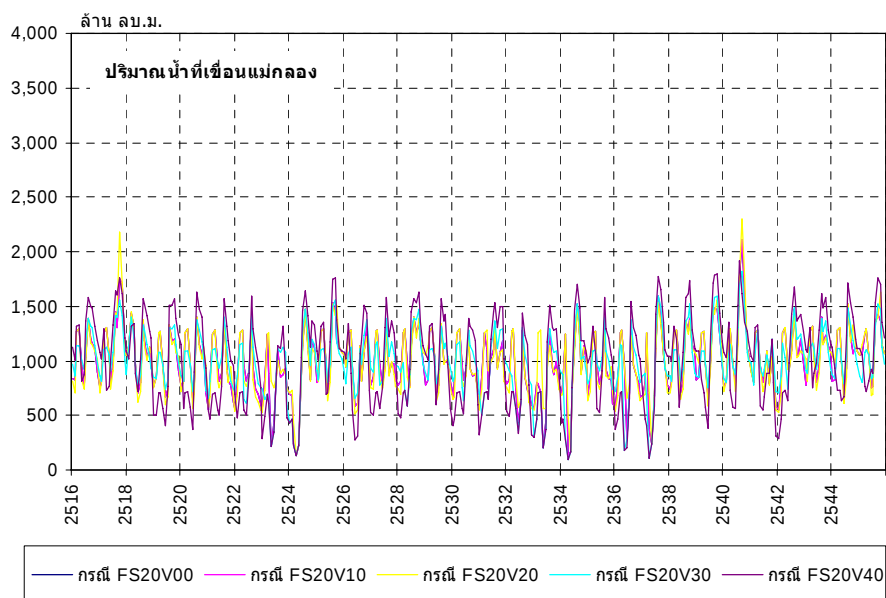
ภาพผนวกที่ ข35 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



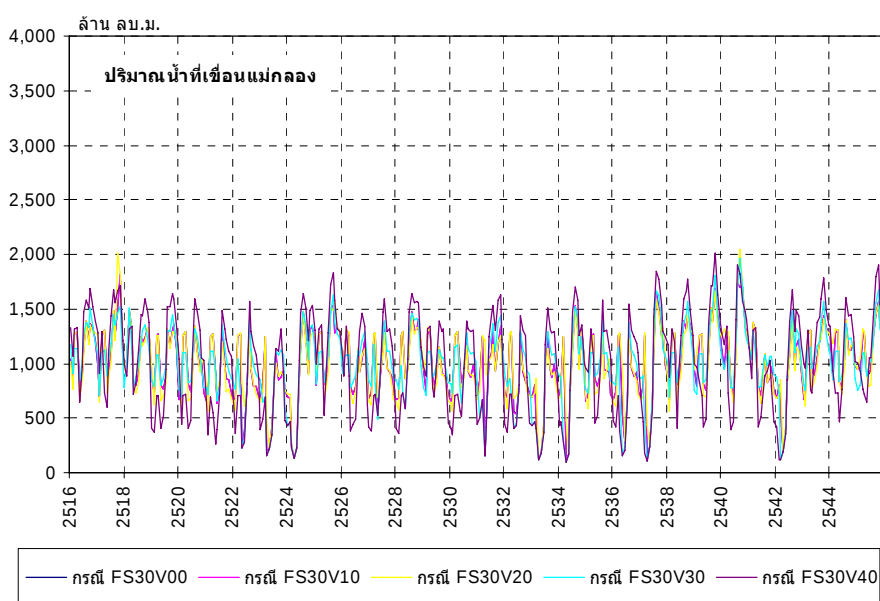
ภาพผนวกที่ ข36 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ไม่ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



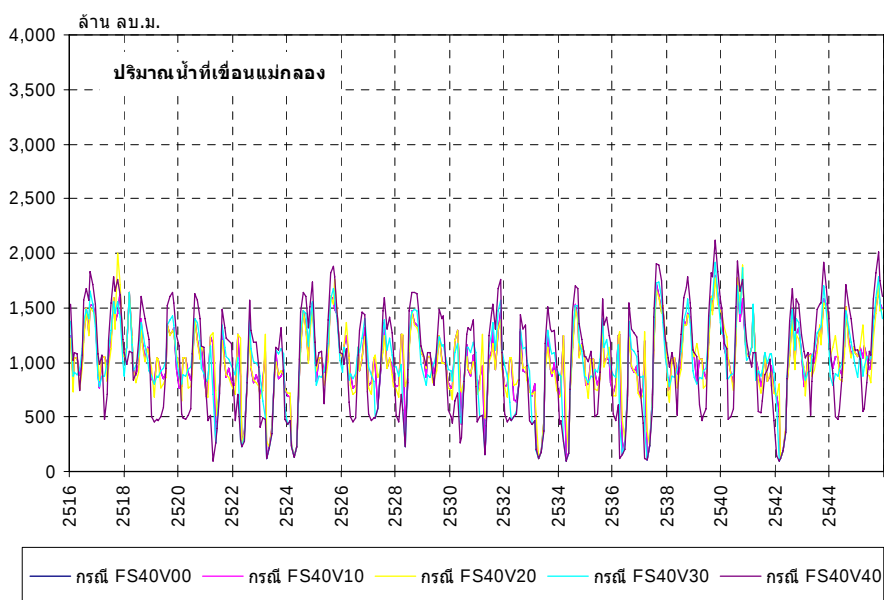
ภาพผนวกที่ ข37 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 10 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



ภาพผนวกที่ ข38 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



ภาพผนวกที่ ข39 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 30 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40



ภาพผนวกที่ ข40 ปริมาณน้ำที่เขื่อนแม่กลอง กรณีความต้องการใช้น้ำอนาคต เขื่อนศรีนครินทร์ กำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้าร้อยละ 40 และเขื่อนวชิราลงกรณกำหนดเป้าหมายผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นายภาสกร ภูพันธ์ศรี

วัน เดือน ปี ที่เกิด

22 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2523

สถานที่เกิด

จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

อสบ. (เทคโนโลยีโยธา)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2546)