

บทที่ 4

การประยุกต์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

4.1 เขื่อนอุบลรัตน์

เขื่อนอุบลรัตน์ เดิมชื่อ เขื่อนพองหนีบ สร้างปิดกั้นแม่น้ำพองที่อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ที่ประมาณเส้นรุ้งที่ $102^{\circ}-30'$ ตะวันออก และเส้นแวงที่ $16^{\circ}-45'$ เหนือ อยู่ห่างจากตัวจังหวัดขอนแก่นไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ประมาณ 50 กิโลเมตร เป็นเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำแห่งแรกที่มีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้สร้างขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มต้นก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2507 แล้วเสร็จปลายปี พ.ศ. 2508 และมีรัฐพิธีเปิดเขื่อนอุบลรัตน์และโรงไฟฟ้าเมื่อวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2509 เขื่อนอุบลรัตน์มีพื้นที่ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัด เพชรบูรณ์ เลย ชัยภูมิ อุดรธานี และขอนแก่น พื้นที่รับน้ำทางด้านตะวันตกประกอบด้วย เทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำพองและลำน้ำพรม ความสูงของระดับพื้นที่โดยเฉลี่ยประมาณ 900 เมตร (รทก.) จนถึง 1,300 เมตร (รทก.) ที่เขาภูกระดึงระหว่างลำน้ำพรมและลำน้ำพองค่อนข้างลาดชันไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่รับน้ำเป็นที่ตั้งของภูทาบพร อันเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำโจน มีความสูงประมาณ 260 เมตร (รทก.) ลำน้ำพองและลำน้ำโจนจะไหลไปทางทิศตะวันออกลงสู่อ่างเก็บน้ำ ทางด้านทิศเหนือของพื้นที่รับน้ำจะเป็นเทือกเขาภูพานซึ่งเป็นเทือกเขาสูง ประมาณ 900 เมตร (รทก.) ในส่วนของเทือกเขาภูพานทางด้านทิศตะวันตก เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำพะเนียงซึ่งไหลลงไปทางทิศใต้ลงสู่อ่างเก็บน้ำทางด้านทิศใต้ของพื้นที่รับน้ำจะเป็นเขาภูเขียว ซึ่งมีระดับความสูงประมาณ 1,100 เมตร (รทก.) ดังภาพที่ 4.1 และลักษณะโดยทั่วไปของเขื่อนอุบลรัตน์แสดงได้ดังนี้

1. สภาพน้ำและอ่างเก็บน้ำ

พื้นที่รับน้ำ	12,104	ตารางกิโลเมตร
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยต่อปี	2,264	ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสูงสุด (PMF)	19,477	ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	186.60	เมตร (รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	182.00	เมตร (รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	175.00	เมตร (รทก.)
ความจุที่ระดับเก็บกักปกติ	2,263.6	ล้านลูกบาศก์เมตร
พื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ	401.2	ตารางกิโลเมตร

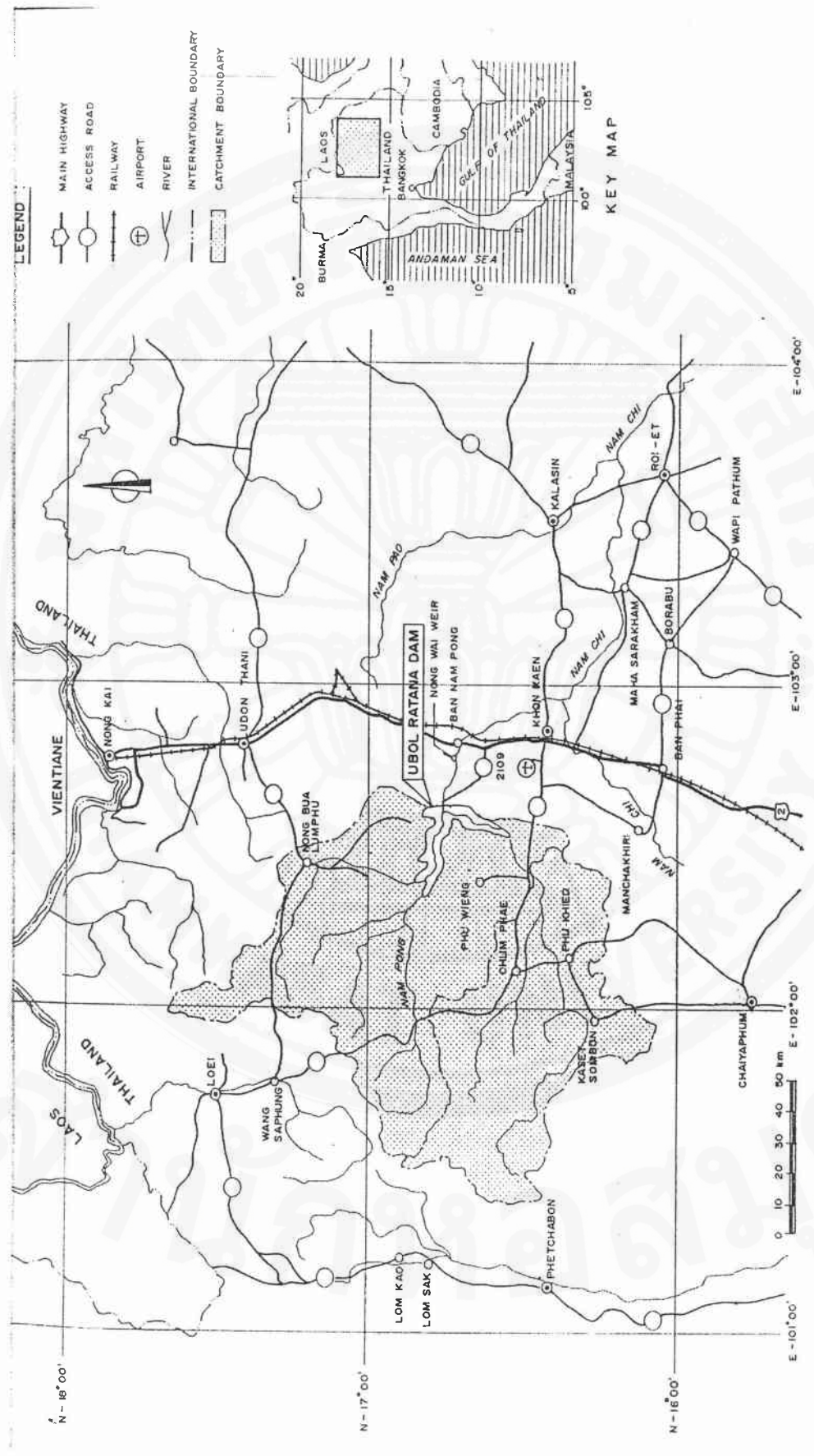
2. เขื่อนและส่วนประกอบที่สำคัญ

ชนิด	หินถมแกนดินเหนียว
ระดับสันเขื่อน	188.10 เมตร (รทก.)
ความยาวสันเขื่อน	885.0 เมตร
ความกว้างสันเขื่อน	6.0 เมตร
ความสูงจากฐานเขื่อน	35.1 เมตร
ความกว้างฐานเขื่อน	120.0 เมตร
ปริมาตรตัวเขื่อน	580,000 ลูกบาศก์เมตร
ความลาดชันทางด้านเหนือน้ำ	1:3, 1:1.5
ความลาดชันทางด้านท้ายน้ำ	1:1.3, 1:1.5

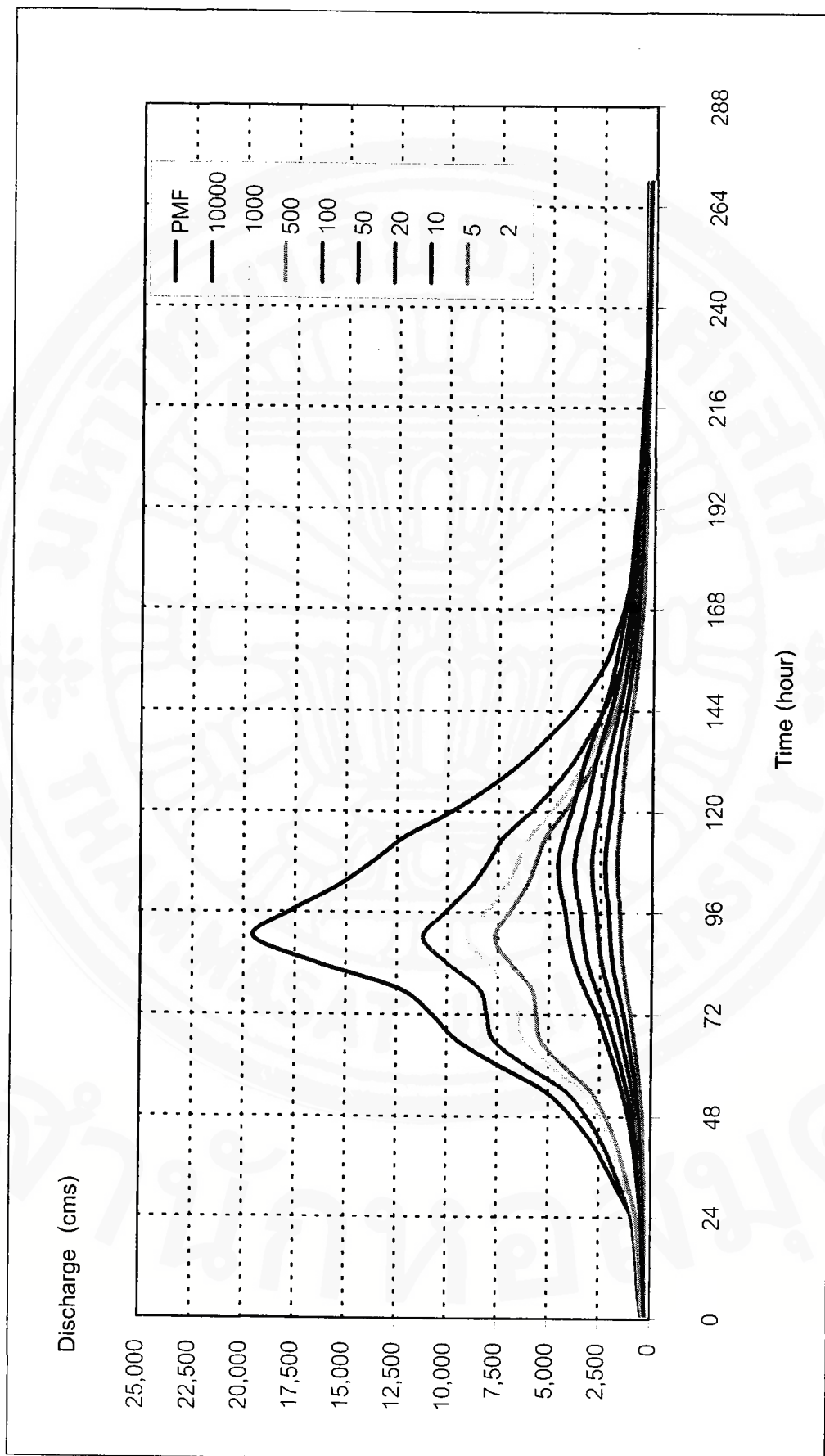
3. ประสิทธิภาพการระบายน้ำล้น

ชนิด	Radial Gate -- Orifice type
จำนวนประตูระบายน้ำ	4 บาน
ขนาดประตูระบายน้ำ (ก x ย)	12.00 x 7.80 เมตร
ระบบเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ	Hoist
ความสามารถในการระบายสูงสุด	3,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

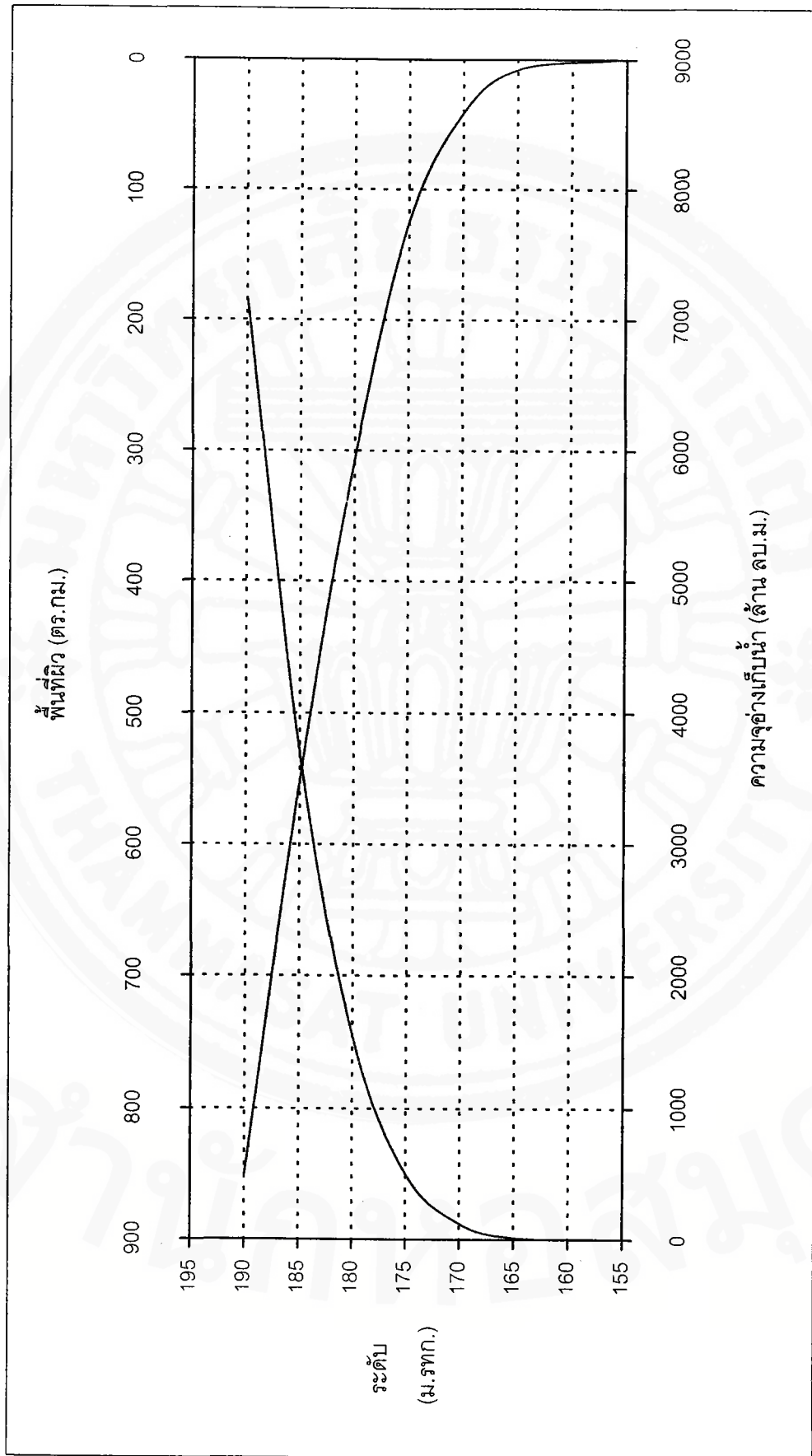
โดยทั่วไปการสร้างอ่างเก็บน้ำจำเป็นที่จะต้องมีการหาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่จะไหลเข้าเขื่อน รวมถึงความสามารถในการเก็บกักน้ำที่ระดับต่างๆ ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างระดับ พื้นที่ผิวและความจุของอ่างเก็บน้ำ โดยเขื่อนอุบลรัตน์มีปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิงที่รอบปีการเกิดต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4.2 ส่วนเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ พื้นที่ผิวและความจุ แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่รับน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์

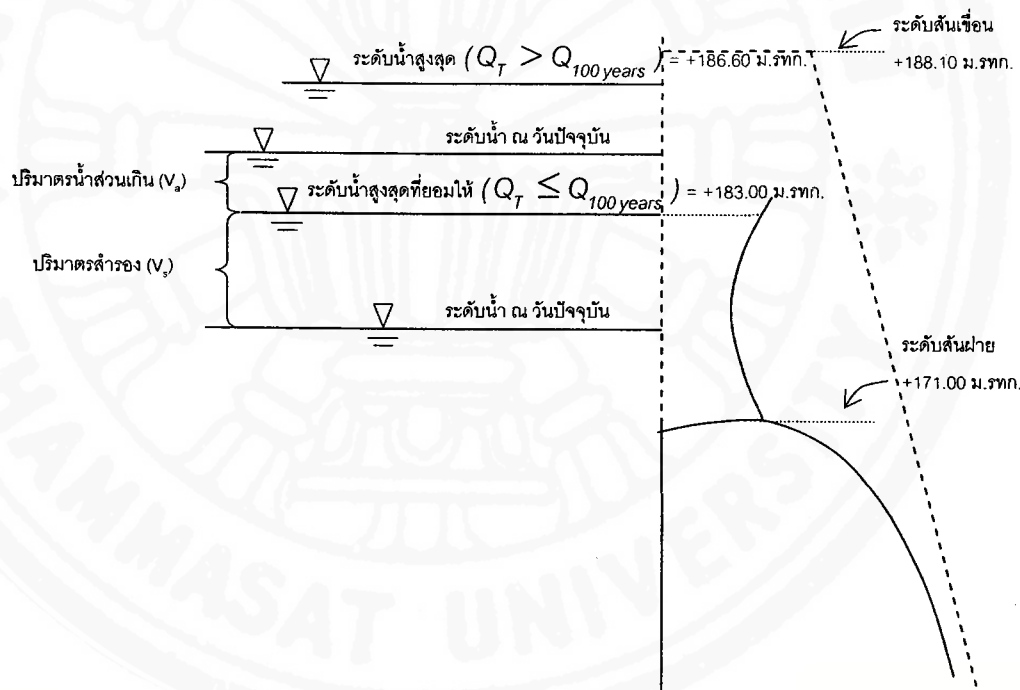


ภาพที่ 4.2 กราฟนำหลากอกแบบข้างอิงที่รอบปีการเกิดต่างๆ ของเขื่อนอุบลรัตน์



ภาพที่ 4.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ พื้นที่ผิวและความสูงของเขื่อนอุบลรัตน์

ปริมาตรสำรองสำหรับเขื่อนอุบลรัตน์นี้จะพิจารณาตามข้อกำหนด ในการปฏิบัติการควบคุมอุทกภัย (คู่มือปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์) คือ เมื่อปริมาณน้ำหลากที่คาดการณ์ได้มีรอบปีการเกิดซ้ำที่อยู่ในช่วง 100 ปี ระดับน้ำสูงสุดที่กำหนดคือ 183 เมตร (รทก.) การระบายน้ำลงท้ายน้ำจะไม่เกิน 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีซึ่งเป็นความจุลำนํ้า โดยจะเผื่อความสูงสำหรับคลื่นผิวน้ำอีก 0.5 เมตร ซึ่งจะเป็นระดับคันกันน้ำของอำเภอโนนสังพอดี แต่ถ้าปริมาณน้ำหลากที่คาดการณ์ได้นั้นเกิดในช่วงรอบปีการเกิดซ้ำที่ 100 ปี จนถึง PMF แล้ว ระดับน้ำสูงสุดที่กำหนด คือ 186.60 เมตร (รทก.) และจะระบายน้ำสูงสุดได้ไม่เกิน 3,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และปริมาตรเก็บกักสุดท้ายจะอยู่ที่ระดับเก็บกักปกติ (2,263 MCM) หรือมากกว่าได้เพื่อที่จะให้มีปริมาณน้ำต้นทุนมากพอ ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นจะแบ่งปริมาตรสำรองได้ 2 ระดับ ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ปริมาตรสำรองและการรักษาระดับน้ำ

4.2 ข้อมูลของตัวแปรกราฟน้ำหลาก

ข้อมูลตัวแปรกราฟน้ำหลากนี้ รวบรวมมาจากปริมาณน้ำท่ารายวันที่ไหลเข้าเขื่อนอุบลรัตน์ ในช่วงเวลา 34 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 ถึงปี พ.ศ. 2547 ซึ่งการพิจารณาข้อมูลน้ำหลากของเขื่อนอุบลรัตน์นี้ จะพิจารณาในช่วงฤดูน้ำหลากซึ่งอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนพฤศจิกายน และจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าเขื่อนนั้น พบว่าบางปีมีการเกิดน้ำหลากก่อนถึงช่วงฤดูน้ำหลากซึ่งก็จะนำมาพิจารณาด้วย โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งการเกิดน้ำหลากเป็นตัวพิจารณาเช่นกัน เริ่มต้นโดยทำการพล็อตกราฟน้ำหลากจากปริมาณน้ำท่ารายวันกับเวลา จากนั้นหาช่วงวันที่เริ่มเกิดน้ำหลากโดยจะพิจารณาจากอัตราการไหลของวันที่พิจารณามากกว่าอัตราการไหลพื้นฐาน (จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าในอ่างเก็บน้ำแต่ละวันน้อยมาก ดังนั้นการเกิดน้ำหลากอาจพิจารณาจากอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นได้เลย) และพิจารณาร่วมกับเกณฑ์ในการแบ่งน้ำหลากที่เป็นอิสระต่อกัน ตามสมการที่ 3.1 และ 3.2 จะพบว่าจำนวนน้ำหลากที่เกิดขึ้นมี 46 ลูก (แสดงในภาคผนวก ก)

เมื่อได้กราฟน้ำหลากแล้ว ทำการหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่แสดงลักษณะของกราฟน้ำหลากในแต่ละลูก เพื่อที่จะนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณน้ำสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ (RatioV) ซึ่งค่าตัวแปรที่แสดงลักษณะของกราฟน้ำหลาก ได้แก่ ปริมาณน้ำหลาก (V), อัตราการไหลสูงสุด (Q_p), ระยะเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (T_p), ระยะเวลาที่เกิดน้ำหลาก (T), และอัตราส่วนปริมาณน้ำหลากสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ (RatioV) มีค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของกราฟน้ำหลาก

ปี พ.ศ.	2513	2513	2513	2514	2514	2515	2516
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7
V (ล้าน ลบ.ม.)	516.01	1215.74	347.54	214.32	1746.50	674.59	1247.56
Q_p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	40.23	79.05	37.37	81.84	55.25	36.09	92.61
T_p (วัน)	9	4	9	6	52	24	16
T (วัน)	22	37	18	14	68	45	37
RatioV	0.60	0.79	0.80	0.25	0.51	0.92	0.73

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของกราฟน้ำหลาก (ต่อ)

ปี พ.ศ.	2518	2518	2519	2519	2520	2521	2521
ลำดับที่	8	9	10	11	12	13	14
V (ล้าน ลบ.ม.)	722.50	835.97	1231.83	822.75	1527.08	767.37	896.85
Q _p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	64.55	55.37	109.58	121.89	140.70	63.41	119.96
T _p (วัน)	13	15	9	7	18	10	7
T (วัน)	25	27	30	27	47	19	21
RatioV	0.38	0.89	0.77	0.53	0.65	0.68	0.68

ปี พ.ศ.	2521	2522	2522	2523	2523	2523	2525
ลำดับที่	15	16	17	18	19	20	21
V (ล้าน ลบ.ม.)	3301.47	1030.32	532.90	2011.97	425.65	3076.65	248.51
Q _p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	547.25	127.65	85.07	152.62	53.08	133.20	49.27
T _p (วัน)	18	16	14	33	11	25	3
T (วัน)	31	29	23	58	23	61	11
RatioV	0.73	0.75	0.68	0.86	0.67	0.72	0.15

ปี พ.ศ.	2525	2526	2526	2526	2526	2527	2530
ลำดับที่	22	23	24	25	26	27	28
V (ล้าน ลบ.ม.)	1325.43	280.53	739.45	861.28	542.87	856.93	254.84
Q _p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	85.92	60.83	64.50	59.59	38.38	53.17	29.83
T _p (วัน)	13	4	14	8	16	21	10
T (วัน)	49	14	25	30	28	34	17
RatioV	0.79	0.28	0.91	0.66	0.81	0.90	0.80

ปี พ.ศ.	2530	2531	2532	2533	2534	2537	2538
ลำดับที่	29	30	31	32	33	34	35
V (ล้าน ลบ.ม.)	1424.64	1725.63	1348.78	2413.09	2595.05	962.09	1990.01
Q _p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	64.13	160.77	54.20	150.99	70.50	58.57	61.22
T _p (วัน)	16	17	45	40	48	19	48
T (วัน)	52	43	67	68	75	51	83
RatioV	0.83	0.80	0.94	0.89	0.13	0.78	0.76

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของกราฟน้ำหลาก (ต่อ)

ปี พ.ศ.	2539	2539	2543	2543	2544	2544	2545
ลำดับที่	36	37	38	39	40	41	42
V (ล้าน ลบ.ม.)	1758.30	546.08	2394.00	1273.90	2699.70	1044.91	3231.78
Q_p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	61.18	31.65	74.35	90.02	104.27	111.09	268.20
T_p (วัน)	26	17	35	25	10	6	8
T (วัน)	57	29	100	50	76	23	42
RatioV	0.81	0.73	0.91	0.85	0.54	0.74	0.54

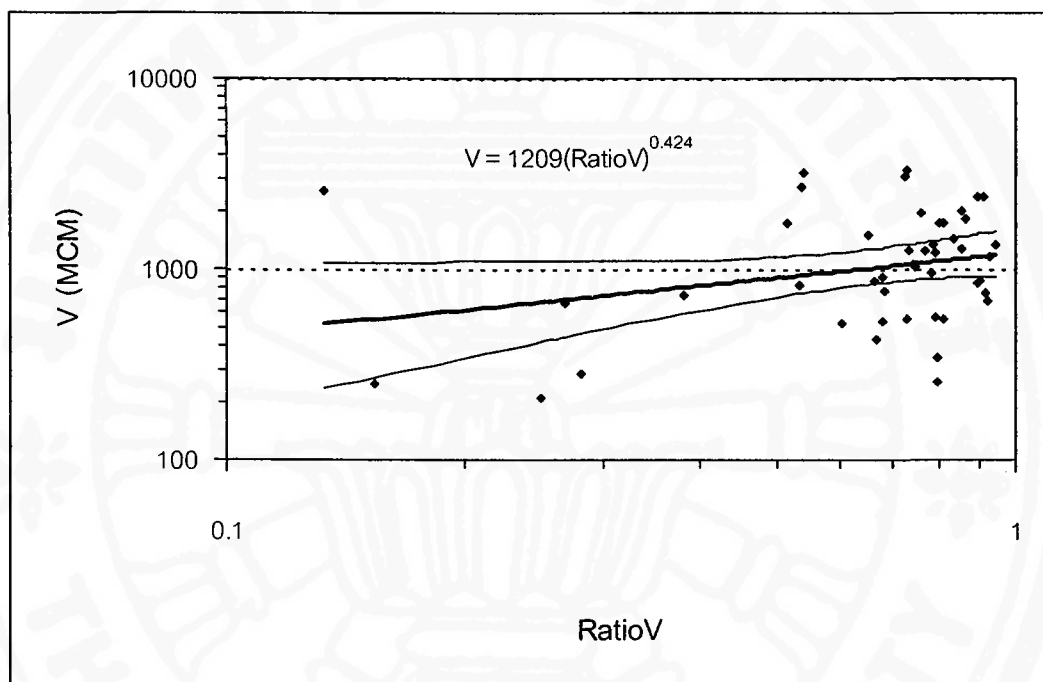
ปี พ.ศ.	2545	2546	2547	2547
ลำดับที่	43	44	45	46
V (ล้าน ลบ.ม.)	669.43	1823.29	1161.82	553.54
Q_p (ล้าน ลบ.ม./วัน)	57.56	117.05	64.02	52.85
T_p (วัน)	8	33	17	14
T (วัน)	23	60	43	27
RatioV	0.27	0.86	0.93	0.79

แม้ว่าเมื่อพิจารณาในปีที่มีการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น 12 ปี ซึ่งได้แก่ ปี พ.ศ. 2513, 2518, 2519, 2521, 2523, 2531, 2533, 2534, 2538, 2543, 2544, 2545 แล้วนั้นพบว่ามีการกราฟน้ำหลากเกิดขึ้น 22 ลูก แต่ค่าตัวแปรกราฟน้ำหลากต่างๆ นั้นก็จะนำไปพิจารณาร่วมกับปีที่ไม่มีการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นด้วย ซึ่งข้อมูลตัวแปรกราฟน้ำหลากทั้งหมด 46 ลูกนี้ จะถูกนำไปใช้หาความสัมพันธ์ต่อไป

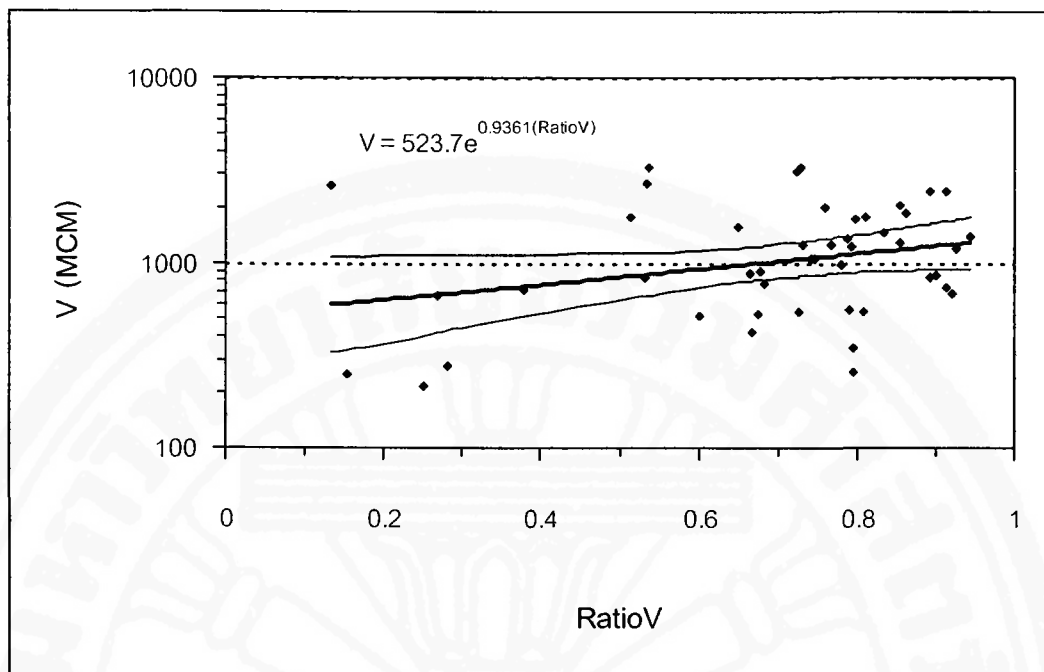
4.3 การประเมินความสัมพันธ์ของตัวแปรกราฟน้ำหลาก

จากค่าตัวแปรของกราฟน้ำหลากต่างๆ และอัตราส่วนปริมาณน้ำหลากสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ ดังตารางที่ 4.1 จะถูกนำไปใช้สร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรกราฟน้ำหลาก โดยพิจารณาจับคู่ระหว่างตัวแปรอิสระ (RatioV) กับตัวแปรตาม (V, Q_p, T_p) ได้แก่ RatioV&V, RatioV& Q_p และ RatioV& T_p และจับคู่ระหว่างตัวแปรตามด้วยกันเอง (V, Q_p, T_p) ได้แก่ V& Q_p , V& T_p , และ Q_p & T_p พล็อตลงบนกราฟสเกลต่างๆ พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพิจารณาช่วงความเชื่อมั่น 95 % ประกอบ (แสดงภาคผนวก ข) ผลการพิจารณาพบว่ามีตัวแปร 4 คู่ที่มีความสัมพันธ์

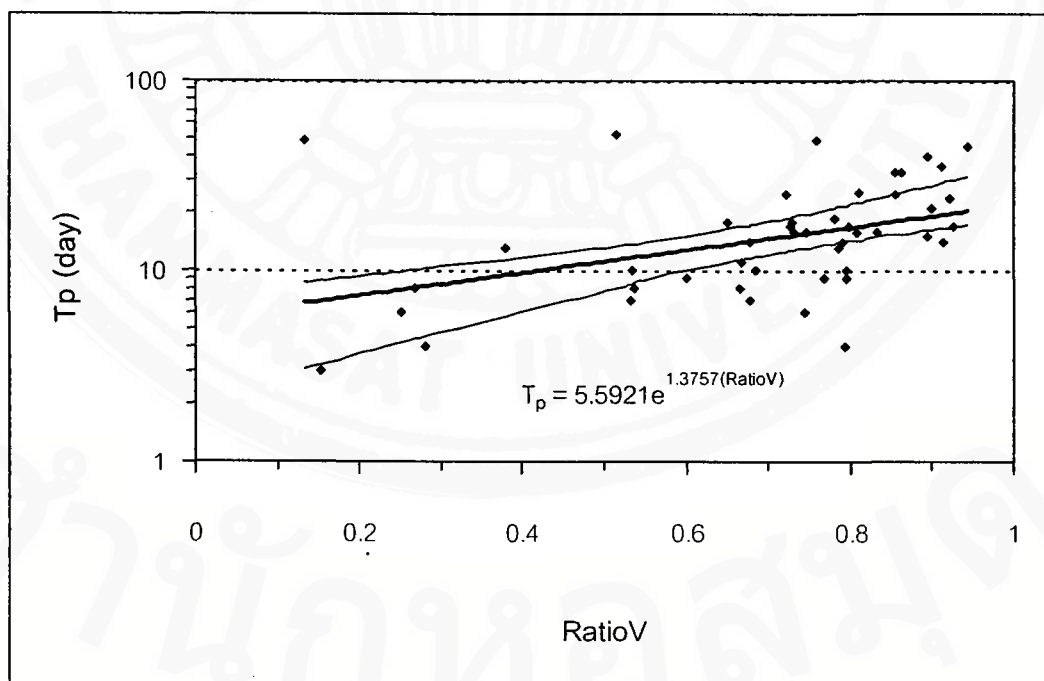
กัน คือ RatioV&V, RatioV&T_p, V&Q_p และ T_p&V โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม RatioV&V มีความสัมพันธ์ในรูปของ Power กับ Exponential ใกล้เคียงกันทั้งคู่ และ RatioV&T_p มีความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูป Exponential ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือ V&Q_p มีความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูป Exponential และ T_p&V มีความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูป Power ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ถึง 4.9



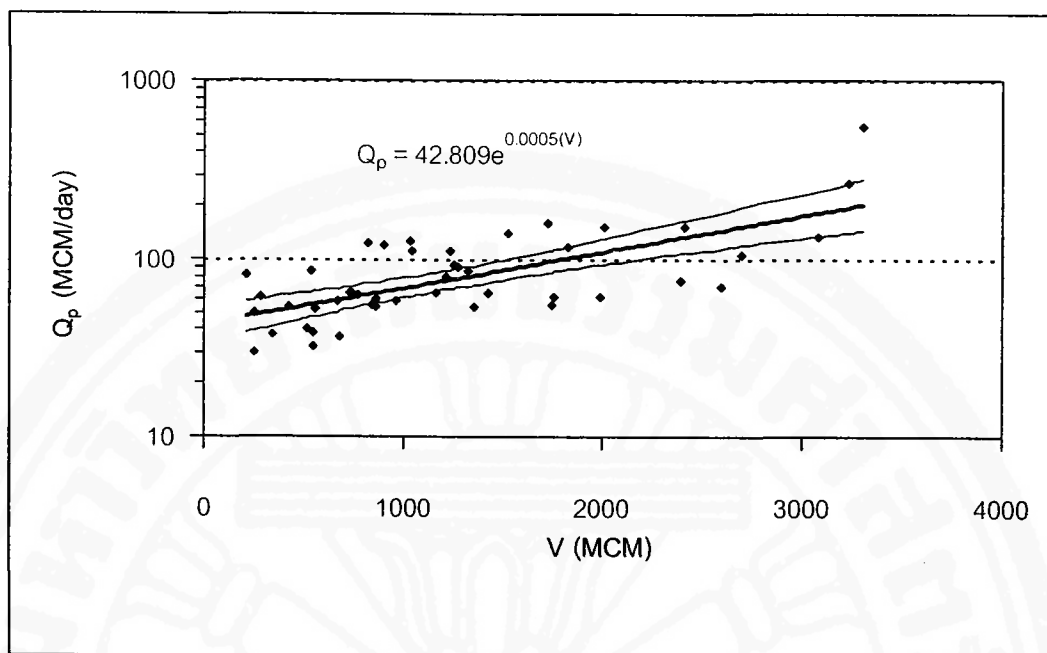
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง RatioV และ V (power)



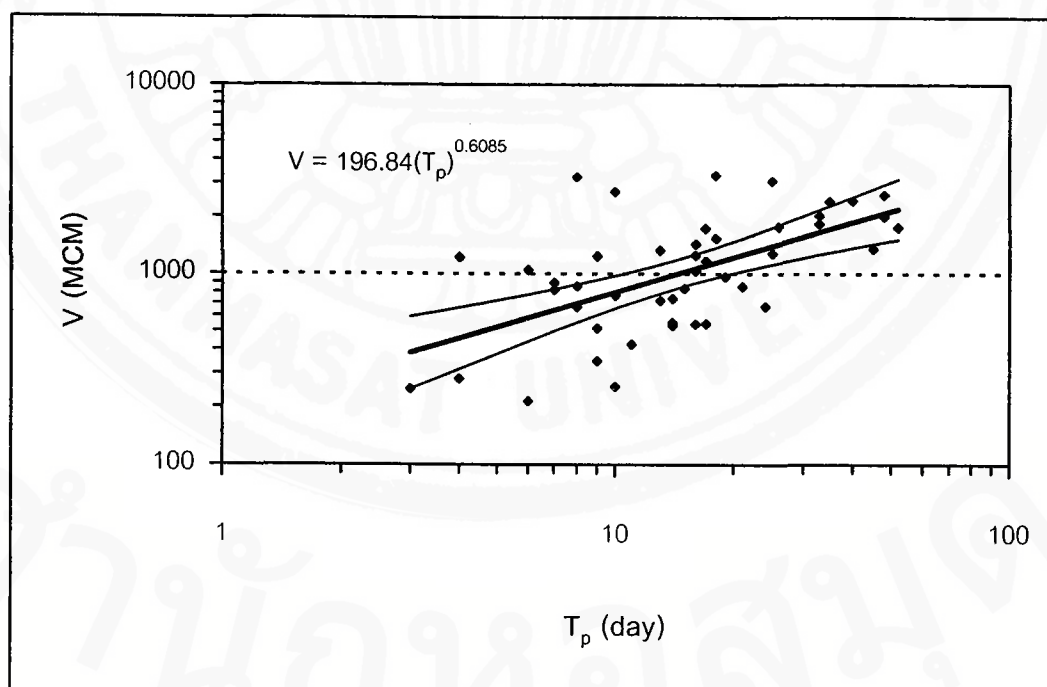
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง RatioV และ V (exponential)



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง RatioV และ T_p



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง V และ Q_p



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง T_p และ V

จากกราฟความสัมพันธ์ข้างต้น ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกราฟน้ำหลากับอัตราส่วนปริมาณน้ำหลากละสมเมื่อวานต่อวันนี้ ในการจะพิจารณาหาปริมาณน้ำหลาคาดการณ์ เราจะสามารถทำได้ 3 วิธี คือ กรณี 1A, (RatioV&V) กรณี 3A, (RatioV&T_p)-(T_p&V) และกรณี 5A, (RatioV&T_p)-(Q_p=slope*T_p+Q_{base})-(V&Q_p) ส่วนการหาอัตราการไหลสูงสุด คาดการณ์สามารถทำได้ 3 กรณีเช่นกันคือ กรณี 2B, (RatioV&V)-(V&Q_p) กรณี 3B, (RatioV&T_p)-(T_p&V)-(V&Q_p) และกรณี 5B, (RatioV&T_p)-(Q_p=slope*T_p+Q_{base})

อย่างไรก็ตามเลือกที่จะคาดการณ์ปริมาณน้ำหลาด้วยกรณี 1A, (RatioV&V) ที่อยู่ในรูป Power แม้ว่าค่าการถดถอยเชิงเส้นจะมีค่าใกล้เคียงกับ Exponential เนื่องจากทางด้านอุทกวิทยานิยมใช้ความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการยกกำลัง(วีระพล แต่สมบัติ) ส่วนการคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดเลือกใช้กรณี 2B, (RatioV&V)-(V&Q_p) ซึ่งทั้งการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลา (1A) และอัตราการไหลสูงสุด (2B) มีขั้นตอนในการคาดการณ์น้อยที่สุดจึงให้ค่าความคาดเคลื่อนน้อยกว่ากรณีอื่น แม้ว่าการกระจายของข้อมูลที่พิจารณานั้นมีค่าการถดถอยเชิงเส้นค่อนข้างน้อย และการกระจายของข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นที่ 95% ยังมีจำนวนข้อมูลที่ยื่นนอกขอบเขตความเชื่อมั่นอยู่บ้าง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าการถดถอยเชิงเส้น (R^2) และจำนวนข้อมูลที่ยื่นนอก 95% ความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ตัวแปรกราฟน้ำหลา

Type	Linear		Power		Exponential		Logarithm	
	R^2	No. out*	R^2	No. out*	R^2	No. out*	R^2	No. out*
RatioV&V	0.011	36	0.073	30	0.076	30	0.009	34
RatioV&T _p	0.050	30	0.118	27	0.176	30	0.017	30
V&Q _p	0.403	20	0.415	30	0.483	34	0.267	24
T _p &V	0.251	31	0.346	30	0.307	29	0.249	28

No. out* จำนวนข้อมูลที่ยื่นนอก 95 % ความเชื่อมั่น

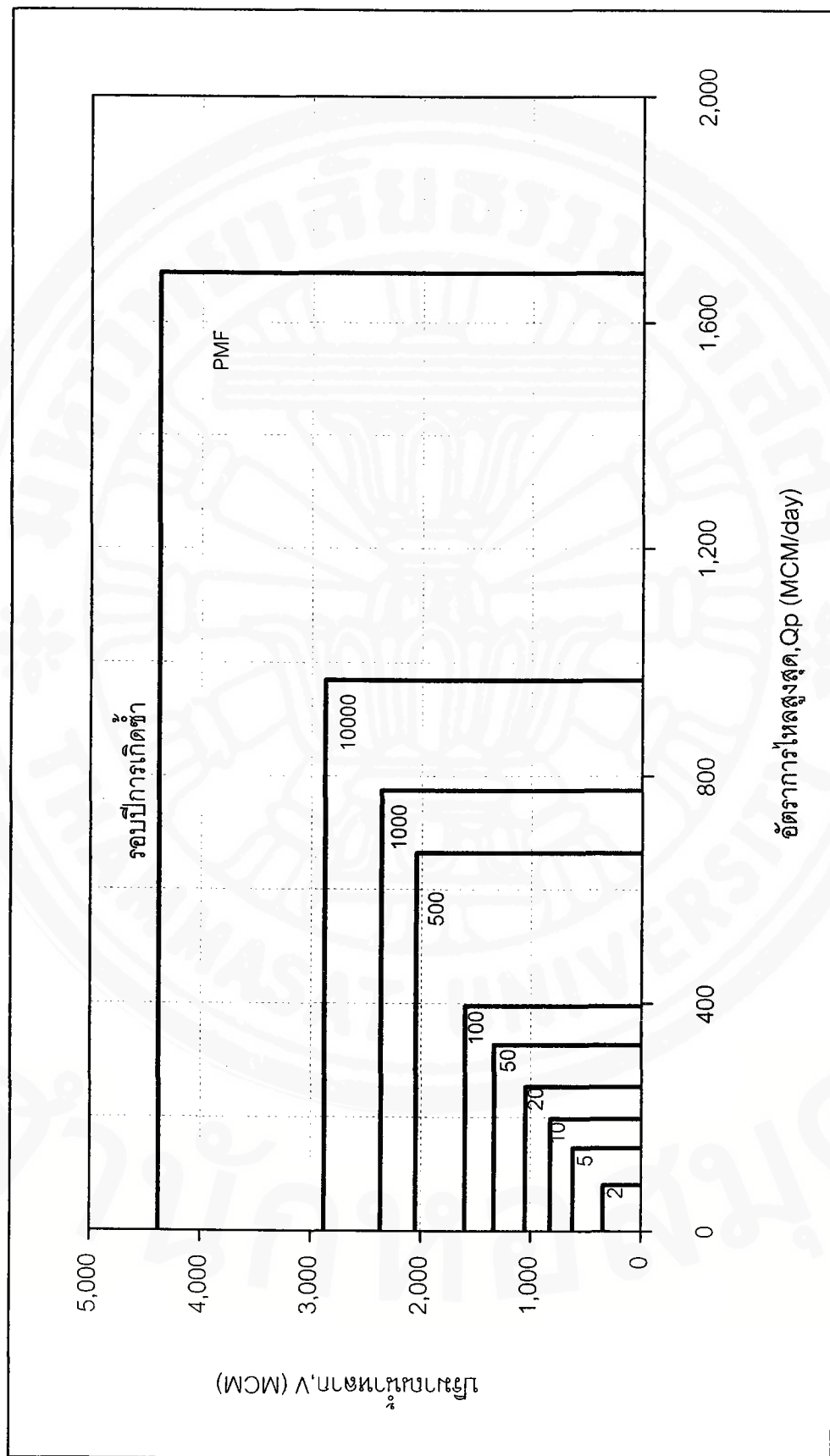
4.4 การปรับเทียบน้ำหลากออกแบบ

ในการปรับเทียบตัวแปรกราฟน้ำหลากที่คาดการณ์ได้ ปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุดคาดการณ์ จะถูกปรับเทียบกับค่าตัวแปรปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิงที่รอบปีการเกิดต่างๆ (Design Flood) โดยความสัมพันธ์ในการปรับเทียบปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิง ซึ่งมีค่าตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 4.3 จะแสดงอยู่ในรูปของเมทริกซ์การปรับเทียบปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิง (ปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุด) ดังภาพที่ 4.10

การนำปริมาณน้ำหลากคาดการณ์ (V^*) และอัตราการไหลสูงสุดคาดการณ์ (Q_p^*) ที่หาได้จากความสัมพันธ์ข้างต้น นำมาเทียบกับเมทริกซ์ปรับเทียบนี้ หากปริมาณน้ำหลากคาดการณ์หรืออัตราการไหลสูงสุดคาดการณ์อยู่ในขอบเขตของรอบปีการเกิดซ้ำใด ก็ให้นำค่าปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุดของรอบปีการเกิดซ้ำนั้นมาเป็นกราฟน้ำหลากคาดการณ์ โดยการต่อทาบกราฟน้ำหลากคาดการณ์กับน้ำหลากปัจจุบันที่เกิดขึ้น ณ อัตราการไหลเดียวกัน เพื่อที่จะหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและอัตราการระบายน้ำต่อไป

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวแปรกราฟน้ำหลากออกแบบอ้างอิง

Return Period	2	5	10	20	50	100	500	1,000	10,000	PMF
V (MCM)	342	619	825	1,050	1,331	1,598	2,045	2,364	2,877	4,379
Q_p (cms)	940	1,691	2,280	2,931	3,777	4,574	7,690	8,967	11,212	19,542
Q_p (MCM/day)	81	146	197	253	326	395	664	775	969	1,688



ภาพที่ 4.10 เมทริกซ์เปรียบเทียบปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิง