สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
ข้อมูลที่ใช้และการสร้างแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 หัวข้อ 1.4 แล้วนั้น ในบทนี้จะได้กล่าวรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา การสร้างและการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงการแจกแจงกรณีศึกษาต่างๆ รายละเอียดมีดังนี้

5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

5.1.1 ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่า

ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่า ที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นข้อมูลในช่วงเวลาเกิดน้ำหลาก ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 ธันวาคม ในปี พ.ศ. 2538 2539 2545 และ 2549 รายละเอียดของข้อมูลต่างๆ มีดังนี้

1) ข้อมูลฝนรายวันที่สถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาสายหลัก ช่วงระหว่างสถานีวัดน้ำ C.2 และ C.13 รายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนแสดงไว้ใน ตารางที่ 5-1

2) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า และระดับน้ำรายวัน รวมถึง ข้อมูลกราฟ Rating Curve ที่สถานีวัดน้ำ C.2 และ C.13 ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาสายหลัก และข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันที่สถานีวัดน้ำ CT.3 CT.6 CT.8 และ CT.9 ในลุ่มน้ำสะแกกรัง ของกรมชลประทาน รายละเอียดสถานีวัดน้ำ แสดงในตารางที่ 5-2

3) ข้อมูลรายวันของระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ รวมถึงปริมาณน้ำระบาย ที่ ปตร. ปากคลองส่งน้ำสายหลักทั้ง 5 แห่ง คือ ปตร.มหาราช ปตร.บรมธาตุ ปตร.พลเทพ ปตร.มะขามเฒ่า-อู่ทอง และปตร.มโนรมย์ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่ ปตร.และทรบ. ปากคลองส่งน้ำสายซอย ซึ่งรับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำเจ้าพระยา คือ ปตร. บรมธาตุ 1 ขวา ปตร. บรมธาตุ 1 ซ้าย ปตร. บรมธาตุ 2 ซ้าย ทรบ.พลเทพ 1 ขวา ทรบ.พลเทพ 1 ซ้าย ทรบ.พลเทพ 2 ซ้าย ดูรายละเอียดดังตารางที่ 5-3

4) ข้อมูลการสูบน้ำรายวันของโรงสูบน้ำที่สูบน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยตรง คือ โรงสูบน้ำบ้านเหล็ก โรงสูบน้ำวัดโคก และโรงสูบน้ำเขาแก้ว ซึ่งทั้ง 3 โรงสูบน้ำนี้อยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทานมโนรมย์ นอกจากนี้ยังมีโรงสูบน้ำอีกหลายแห่งที่สูบน้ำโดยตรงจากแม่น้ำเจ้าพระยา แต่ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลไว้ ดูรายละเอียดของโรงสูบต่างๆ ในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-1 สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

สถานี	ที่ตั้ง	พิกัดที่ตั้ง		ช่วงเวลาวัดข้อมูล
		N	E	(พ.ศ.)
	สถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาสายหลัก			
	จ.ชัยนาท			
04012	อ.เมือง	1,679,069	621,027	2463 - ปัจจุบัน
04022	อ.สรรพยา	1,673,638	633,951	2464 - ปัจจุบัน
04032	อ.มโนรมย์	1,692,844	616,542	2464 - ปัจจุบัน
04052	อ.หันคา	1,656,365	609,374	2464 - ปัจจุบัน
04062	อ.วัดสิงห์	1,686,986	612,514	2464 - ปัจจุบัน
	สถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำสะแกกรัง			
	จ.กำแพงเพชร			
12012	อ.เมือง	1,822,350	555,916	2464 - ปัจจุบัน
12042	อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี	1,775,796	592,374	2464 - ปัจจุบัน
12081	บ้านปางมะค่า (CT.5A) อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี	1,758,240	551,292	2513 - ปัจจุบัน
	จ.นครสวรรค์			
26013	อ.เมือง	1,736,419	622,245	2464 - ปัจจุบัน
26042	อ.โกรกพระ	1,719,942	615,392	2464 - ปัจจุบัน
26052	อ.พยุหะคีรี	1,708,852	622,124	2464 - ปัจจุบัน
26062	อ.บ้านโพธิ์พิสัย	1,761,841	605,485	2463 - ปัจจุบัน
26072	อ.ลาดยาว	1,741,380	584,868	2474 - ปัจจุบัน
26092	ศูนย์อาหารสัตว์ อ.เมือง	1,730,564	625,046	2479 - ปัจจุบัน
26262	บ้านศาลเจ้าไก่โต อ.ลาดยาว	1,745,088	573,191	2513 - ปัจจุบัน
26270	ห้วยแม่วง (CT.4) อ.ลาดยาว	1,745,118	573,042	2518 - ปัจจุบัน
26281	คลองโพ (CT.7) บ้างห่างไร่ อ.ลาดยาว	1,729,157	557,759	2518 - ปัจจุบัน
26292	อ.เก้าเลี้ยว	1,641,400	615,899	2518 - ปัจจุบัน
	จ.อุทัยธานี			
69012	อ.เมือง	1,700,342	610,332	2463 - ปัจจุบัน
69022	อ.ทัพทัน	1,709,127	595,777	2464 - ปัจจุบัน
69032	อ.หนองขาหย่าง	1,698,637	600,084	2464 - ปัจจุบัน
69042	อ.หนองฉาง	1,701,455	590,621	2464 - ปัจจุบัน
69052	อ.บ้านไร่	1,667,241	556,332	2465 - ปัจจุบัน
69062	อ.สว่างอารมณ์	1,722,881	592,592	2509 - ปัจจุบัน
69104	ศูนย์ปลูกป่าห้วยระบำ	1,711,826	542,905	2519 - ปัจจุบัน
69121	บ้านบึงไข้เคียม (CT.9) อ.ลานสัก	1,716,696	550,343	2520 - ปัจจุบัน
69132	อ.ลานสัก	1,710,023	560,788	2520 - ปัจจุบัน
69144	บริษัทไทยฟายวูด	1,706,389	578,680	2520 - ปัจจุบัน
69150	บ้านสมอทอง (C.30) อ.บ้านไร่	1,697,233	557,899	2526 - ปัจจุบัน

ตารางที่ 5-2 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา

สถานี	แม่น้ำ	ที่ตั้ง	พิกัดที่ตั้ง		พื้นที่รับน้ำ	ช่วงเวลาวัดข้อมูล
			N	E	(ตร.กม.)	พ.ศ.
	ลุ่มน้ำเจ้าพระยาสายหลัก					
C.2	เจ้าพระยา	ค่ายจิระประวัติ อ.เมือง จ.นครสวรรค์	1,732,838	619,227	109,973	2457 - ปัจจุบัน
C.13	เจ้าพระยา	อ.สรรพยา จ.ชัยนาท	1,677,017	628,082	120,159	2490 - ปัจจุบัน
	ลุ่มน้ำสะแกกรัง					
CT.2	สะแกกรัง	อ.เมือง จ.อุทัยธานี	1,700,592	611,106	3,865	1995
CT.3	ห้วยทับเสลา	บ้านประดู่หัก อ.หนองฉาง จ.อุทัยธานี	1,703,278	576,306	772	2510 - 2516
CT.6	ห้วยทับเสลา	บ้านท่ามะนาว อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	1,710,717	555,959	655	2512 - 2518
CT.8	แม่วง	บ้านโคกโม อ.ทัพทัน จ.อุทัยธานี	1,713,544	600,943	3,207	2518 - 2521
CT.9	ห้วยทับเสลาตอนบน	บ้านบึงอ้ายเคียม อ.ลานสัก จ.อุทัยธานี	1,716,696	550,343	528	2520 - ปัจจุบัน

ตารางที่ 5-3 ปตร. และ ทรบ.ที่ปากคลองส่งน้ำต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	ปตร./ทรบ.	โครงการชลประทานที่รับผิดชอบ	คลองส่งน้ำ/แม่น้ำ	พิกัดที่ตั้ง		ความจุคลองส่งน้ำ
				N	E	(ลบ.ม/ว)
1	ปตร.มหาราช	โครงการชลประทานมหาราช	คลองส่งน้ำชัยนาท-อยุธยา	1,676,417	626,023	75.00
2	ปตร.บรมธาตุ	โครงการชลประทานบรมธาตุ	แม่น้ำน้อย	1,675,848	623,585	260.00
3	ปตร.บรมธาตุ 1 ขวา	โครงการชลประทานบรมธาตุ	คลองส่งน้ำบรมธาตุ 1 ขวา	1,676,602	622,894	26.97
4	ปตร.บรมธาตุ 1 ซ้าย	โครงการชลประทานบรมธาตุ	คลองส่งน้ำบรมธาตุ 1 ซ้าย	1,675,979	623,991	13.81
5	ปตร.บรมธาตุ 2 ซ้าย	โครงการชลประทานบรมธาตุ	คลองส่งน้ำบรมธาตุ 2 ซ้าย	1,675,979	623,991	11.56
6	ปตร.พลเทพ	โครงการชลประทานพลเทพ	แม่น้ำท่าจีน	1,682,543	615,177	320.00
7	ทรบ.พลเทพ 1 ขวา	โครงการชลประทานพลเทพ	คลองส่งน้ำพลเทพ 1 ขวา	1,682,922	614,676	1.59
8	ทรบ.พลเทพ 1 ซ้าย	โครงการชลประทานพลเทพ	คลองส่งน้ำพลเทพ 1 ซ้าย	1,675,581	625,140	3.31
9	ทรบ.พลเทพ 2 ซ้าย	โครงการชลประทานพลเทพ	คลองส่งน้ำพลเทพ 2 ซ้าย	1,682,573	615,444	3.31
10	ปตร.มะขามเฒ่า-อู่ทอง	โครงการชลประทานพลเทพ	คลองมะขามเฒ่า-อู่ทอง	1,683,329	614,107	35.00
11	ปตร.มโนรมย์	โครงการชลประทานมโนรมย์	คลองส่งน้ำชัยนาท-ป่าสัก	1,695,262	618,103	210.00
					รวม	960.55

ตารางที่ 5-4 โรงสูบน้ำและเครื่องสูบน้ำเคลื่อนที่ในช่วงระหว่าง จ.นครสวรรค์ ถึง เขื่อนเจ้าพระยา

ลำดับที่	สถานที่	พิกัดที่ตั้ง		ฝั่ง		จำนวนปั๊ม	อัตราการสูบต่อปั๊ม	อัตราการสูบรวม
		N	E	ขวา	ซ้าย	(เครื่อง)	(ลบ.ม/ว)	(ลบ.ม/ว)
	โรงสูบน้ำที่มีข้อมูลการสูบน้ำรายวัน							
1	เขาแก้ว อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,708,604	621,651		/	7	1.00	7.00
2	บ้านเหล็ก อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,705,438	622,001		/	3	1-1.2	3.40
3	วัดโคก อ.มโนรมย์ จ. นครสวรรค์	1,694,393	616,923		/	2	0.45	0.90
4	โรงสูบน้ำทุ่งวัดสิงห์ อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท	1,683,900	613,632		/	6	1.80	10.80
							รวม	22.10
	โรงสูบน้ำที่ไม่มีข้อมูลการสูบน้ำรายวัน							
1	โรงงานทำน้ำแข็ง (ตลาดบ่อนไก่)อ.เมือง จ. นครสวรรค์	1,741,299	624,330	/		1	0.06	0.06
2	โรงสูบ สะพานดำ อ.เมือง จ. นครสวรรค์	1,738,309	621,032	/		3	0.75	0.75
3	ประปา ค่ายจิระประวัติ อ.เมือง จ. นครสวรรค์	1,735,275	619,019		/	2	0.22	0.22
4	บ้านกลางแดด อ.เมือง จ. นครสวรรค์	1,728,612	618,170		/	1	0.25	0.25
5	บ้านบางมะฝ่อ อ.โกรกพระ จ. นครสวรรค์	1,725,699	617,161	/		2	0.50	0.50
6	บ้านหว้า อ.โกรกพระ จ.นครสวรรค์	1,723,843	618,493		/	1	0.25	0.25
7	บ้านเนินกร่าง อ.โกรกพระ จ. นครสวรรค์	1,723,237	618,023		/	2	0.22	0.22
8	บ้านบางจ่า อ.โกรกพระ จ. นครสวรรค์	1,719,511	616,294	/		1	0.25	0.25
9	บ้านหาดสะแก อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,715,398	618,021		/	2	0.50	0.50
10	บ้านยางขาว อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,715,943	617,098	/		1	0.25	0.25
11	บ้านท่าโก อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,715,163	617,938	/		1	0.25	0.25
12	บ้านบางปราบ อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,713,829	619,898		/	6	0.03-0.06	0.24
13	บ้านหนองยาง อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,709,524	621,397	/		1	0.25	0.25
14	บ้านแหลมยาง อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,708,776	621,668		/	3	0.06-0.11	0.28
15	บ้านแหลมยาง อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,708,768	621,500	/		2	0.12	0.12
16	บ้านท่าฉนวน อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,701,404	618,346		/	3	1.10	3.30
17	ตลาดท่าน้ำอ้อย จ. นครสวรรค์	1,708,914	621,589		/	1	0.06	0.06
18	บ้านท่าน้ำอ้อย ใต้สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา	1,705,333	622,205		/	3	0.05	0.05
19	หน้าวัดพระปรางค์เหลือง อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,705,280	621,908		/	2	0.03	0.03
20	บ้านหัวยาง อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,704,260	619,429		/	2	0.03	0.03
21	บ้านบางตาเหลือก อ.พยุหะคีรี จ. นครสวรรค์	1,704,240	619,402			1	0.03	0.03
22	บ้านหาดพัง อ.เมือง จ.อุทัยธานี	1,708,774	617,392	/		1	0.25	0.25
23	บ้านหาดทนง อ.เมือง จ.อุทัยธานี	1,708,979	617,391	/		2	0.25	0.25
24	บ้านเกาะเทโพ อ.เมือง จ.อุทัยธานี	1,701,127	618,091	/		1	0.02	0.02
25	วัดราษฎรศรัทธาธรรม (วัดโคก) อ.เมือง จ.อุทัยธานี	1,695,152	617,565	/		1	0.25	0.25
26	บ้านตาโป้ย เกาะตาลัด อุทัยธานี	1,685,751	612,152	/		1	0.25	0.25
27	บ้านบางก้านเหลือง อ.เมือง จ.ชัยนาท	1,683,040	617,015	/		1	0.25	0.25
28	บ้านท่าลาภ อ.เมือง จ.ชัยนาท	1,681,934	618,443		/	1	0.25	0.25
29	บ้านกล้วย อ.เมือง จ.ชัยนาท	1,681,163	619,299		/	2	0.13	0.13
30	บ้านท่าข้าวโพด อ.เมือง จ.ชัยนาท	1,679,139	620,601		/	1	0.03	0.03
							รวม	9.56
							รวมทั้งหมด	31.66

หมายเหตุ - สำรวจโดยสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคกลาง กรมชลประทาน เมื่อวันที่ 19-23 พฤษภาคม พ.ศ. 2548

5.1.2 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1) ข้อมูลสำรวจรูปตัดลำน้ำเจ้าพระยาโดยสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคกลางในปี พ.ศ.2547 ตั้งแต่สถานีวัดน้ำ C.2 ถึง C.13 ระยะห่างระหว่างรูปตัดอยู่ระหว่าง 500 - 1,000 เมตร รายละเอียดรูปตัดต่าง ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ง

2) แผนที่เส้นชั้นความลึกท้องน้ำตามแนวลำน้ำเจ้าพระยา โดยกรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี ในปี พ.ศ.2545 ตั้งแต่สถานีวัดน้ำ C.2 ถึง C.13 โดยใช้เป็นข้อมูลเสริมจากข้อมูลสำรวจของกรมชลประทาน เพื่อหารูปตัดลำน้ำช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยเฉพาะช่วงโค้งของลำน้ำ และเป็นช่วงที่ไม่มีข้อมูลสำรวจรูปตัดของกรมชลประทาน

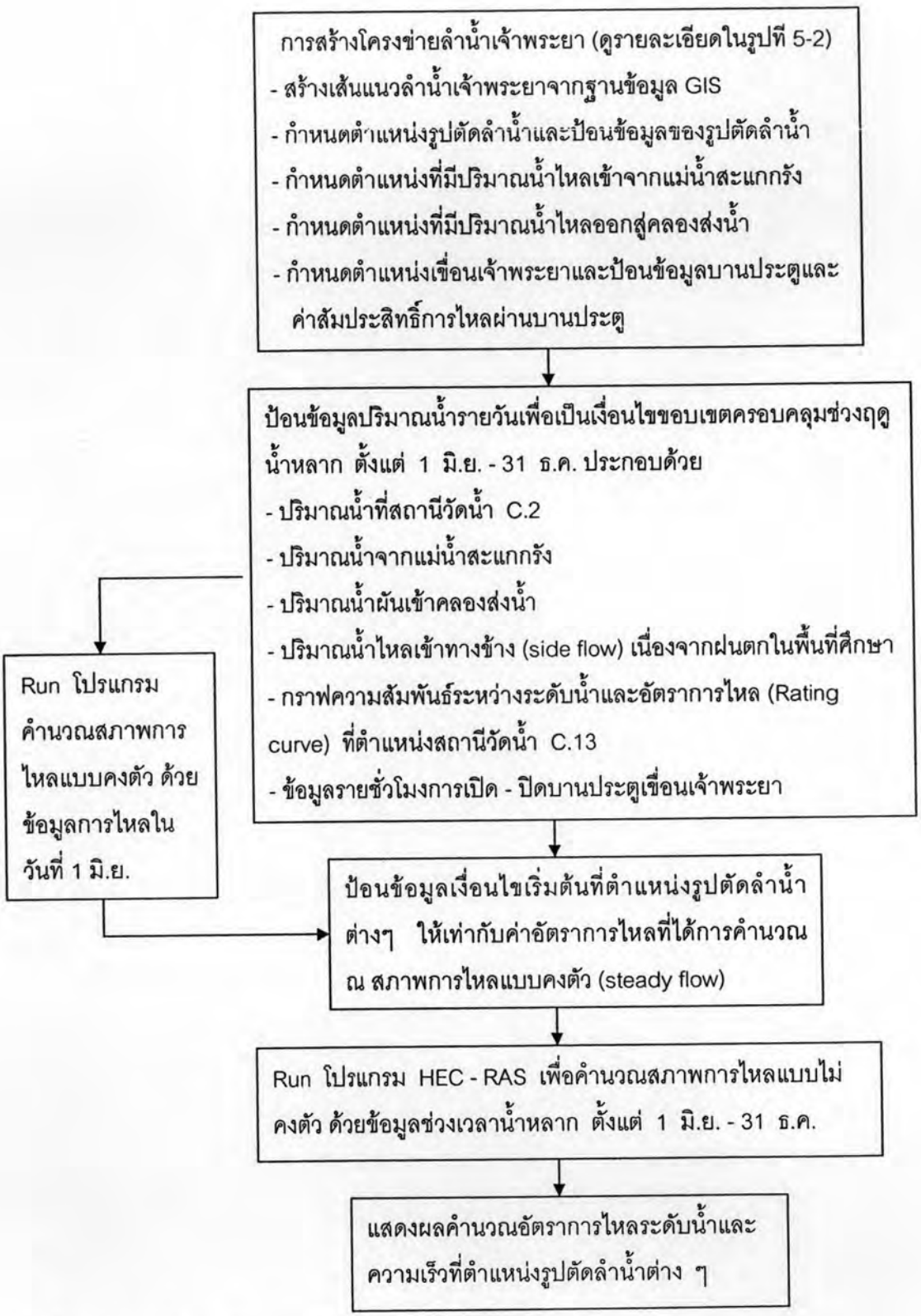
3) ข้อมูลแบบจำลองระดับพื้นที่เชิงตัวเลข (Digital Elevation Model : DEM) ซึ่งแสดงค่าระดับความสูงของพื้นที่ทุก ๆ 90 เมตร (Resolution 90 เมตร) เป็นข้อมูลดาวน์โหลดจาก website http://www.jpl.nasa.gov/srtm/ โดยการนำข้อมูล DEM มาใช้ในการคำนวณหาระดับของพื้นที่น้ำท่วม เพื่อนำมาใช้ต่อเชื่อมกับรูปตัดลำน้ำที่ได้จากการสำรวจโดยกรมชลประทาน

4) แบบ Drawing ของโครงการเขื่อนเจ้าพระยา แสดงรายละเอียดภาพแปลน และรูปตัดของอาคารเขื่อนเจ้าพระยา (ดูรูปที่ จ-1 และ จ-2 ในภาคผนวก จ)

5) ฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (GIS) รวบรวมโดยกรมทรัพยากรน้ำ ประกอบด้วย ชั้นข้อมูลเส้นลำน้ำ ชั้นข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำ ชั้นข้อมูลจังหวัด อำเภอ ตำบล และชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน

5.2 การสร้างแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

การสร้างระบบจำลองลำน้ำเจ้าพระยา ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างโครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยา ขั้นตอนการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น และขั้นตอนการ Run โปรแกรม HEC - RAS เพื่อคำนวณหาสภาพการไหลแบบคงตัวและแบบไม่คงตัว ซึ่งผลคำนวณที่ได้คือ ค่าอัตราการไหล ความเร็ว และระดับน้ำที่ตำแหน่งรูปตัดลำน้ำต่างๆ ตลอดแนวลำน้ำเจ้าพระยา รายละเอียดการสร้างแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา มีดังนี้ (ดูรูปที่ 5-1)



รูปที่ 5-1 แผนผังการสร้างแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

5.2.1 การสร้างโครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยา

สิ่งที่จำเป็นสำหรับการสร้างโครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยา คือ ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ ได้แก่ เส้นแนวลำน้ำ ระยะทางตามแนวลำน้ำ ตำแหน่งและขนาดรูปตัดตามขวางของลำน้ำ ตำแหน่งบรรจบของแม่น้ำสาขา คลองส่งน้ำ ตำแหน่งเขื่อนเจ้าพระยาและข้อมูลบานประตู การสร้างโครงข่ายลำน้ำมีรายละเอียดดังรูปที่ 5-2

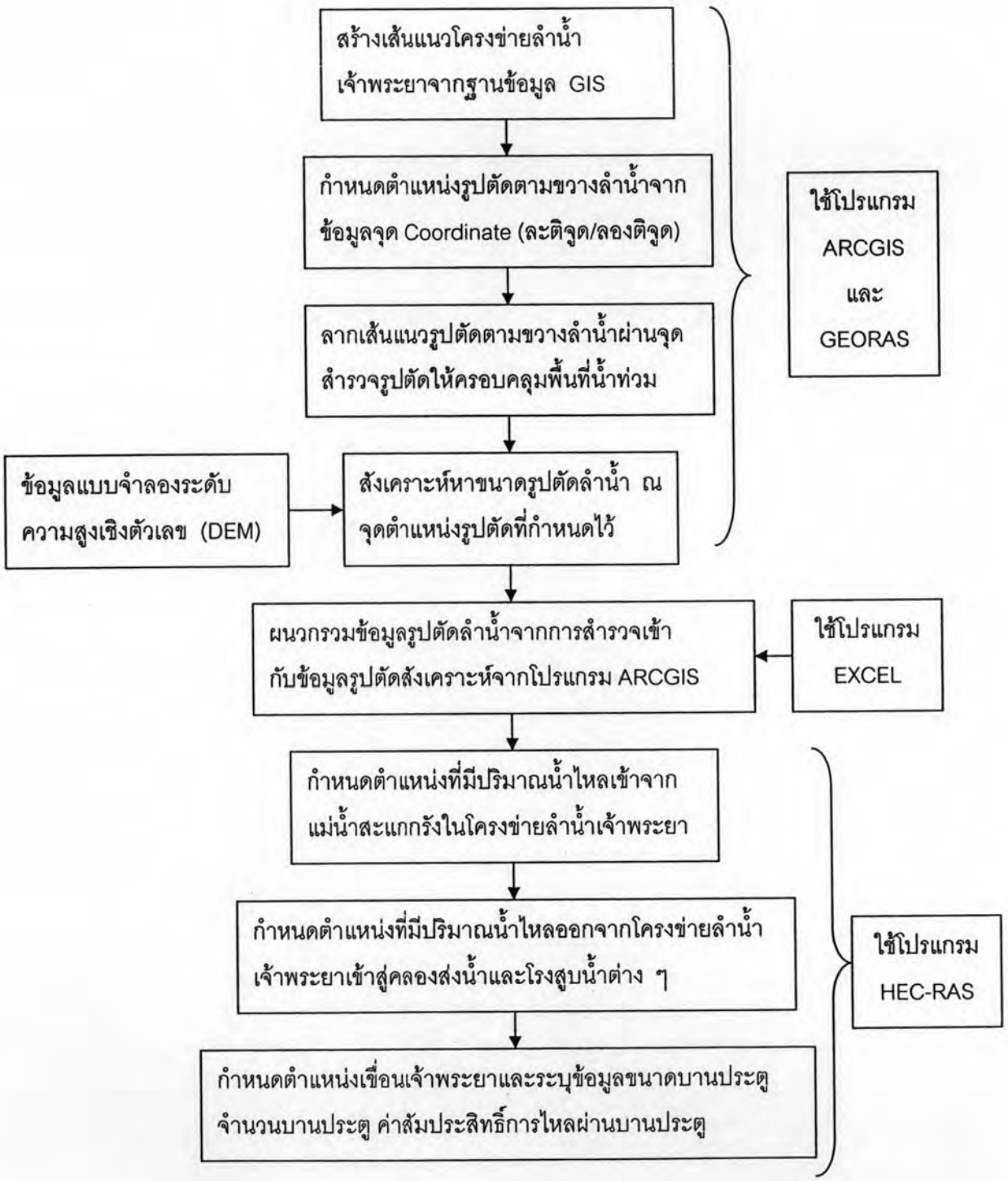
รูปที่ 5-3 แสดงแผนที่โครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยาช่วงที่ทำการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำ จุดเชื่อมต่อกับแม่น้ำสะแกกรังและคลองส่งน้ำต่างๆ โรงสูบน้ำ ตำแหน่งหมู่บ้านต่างๆ ที่มีสภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่มซึ่งมักเกิดปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้ง โดยเฉพาะในปี พ.ศ.2549 เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่หมู่บ้านเหล่านี้เป็นเวลานานร่วมเดือน รูปที่ 5-4 แสดงแผนผังโครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยา และรูปที่ 5-5 แสดงแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

5.2.2 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น

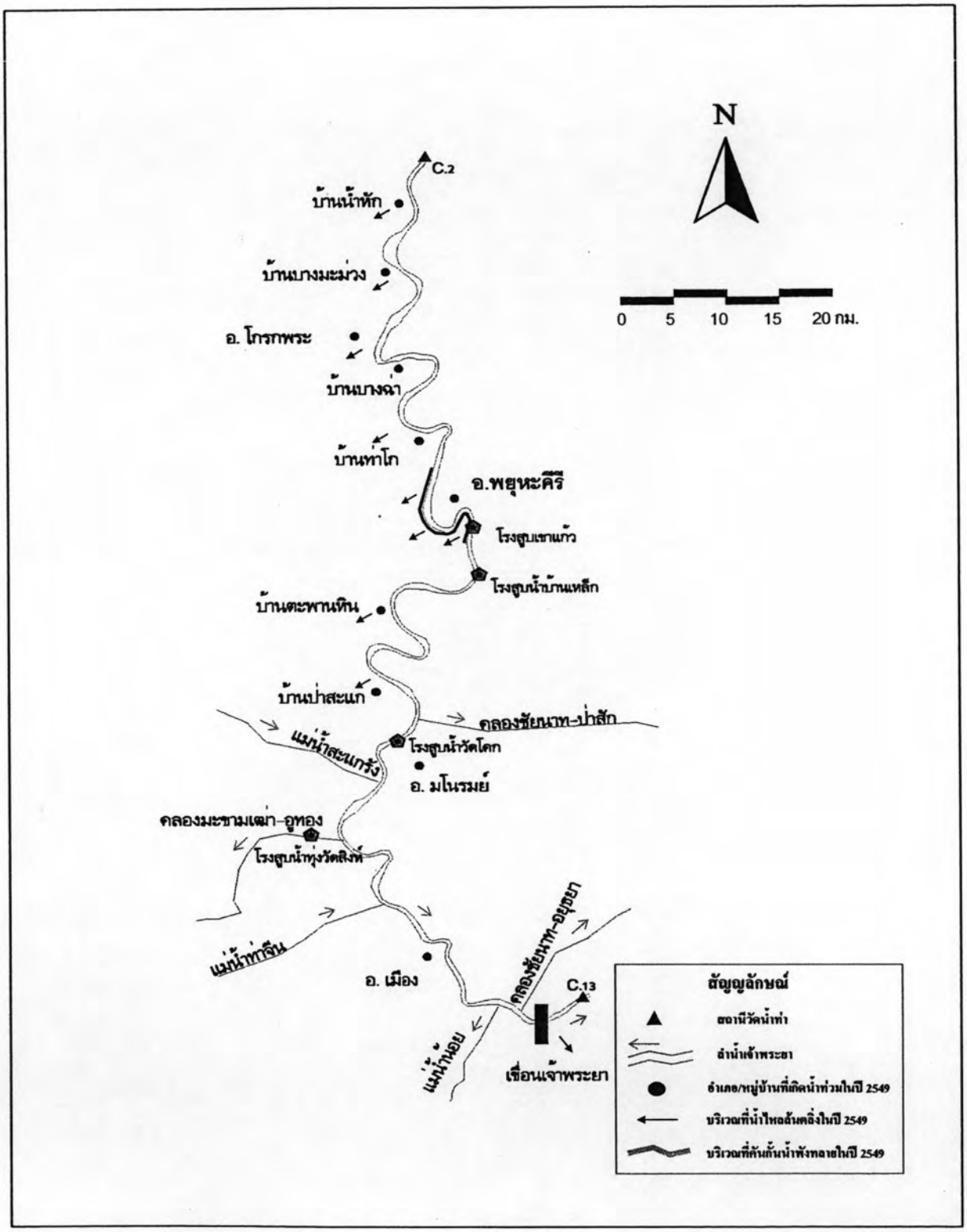
1) เงื่อนไขขอบเขต คือ ข้อมูลที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำ ด้านท้ายน้ำและด้านข้างของแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบไปด้วย

- ข้อมูลที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำ คือ ข้อมูลรายวันอัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำ C.2
- ข้อมูลที่ขอบเขตด้านท้ายน้ำ คือ ข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating Curve) ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำ C.13
- ข้อมูลที่ขอบเขตด้านข้าง คือ ข้อมูลรายวันอัตราการไหลของน้ำจากแม่น้ำสะแกกรังที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา อัตราการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ อัตราการไหลของน้ำเข้าทางด้านข้างเนื่องจากฝนตกในพื้นที่ที่ศึกษา
- ข้อมูลรายชั่วโมงการเปิด - ปิดบานประตูของเขื่อนเจ้าพระยา

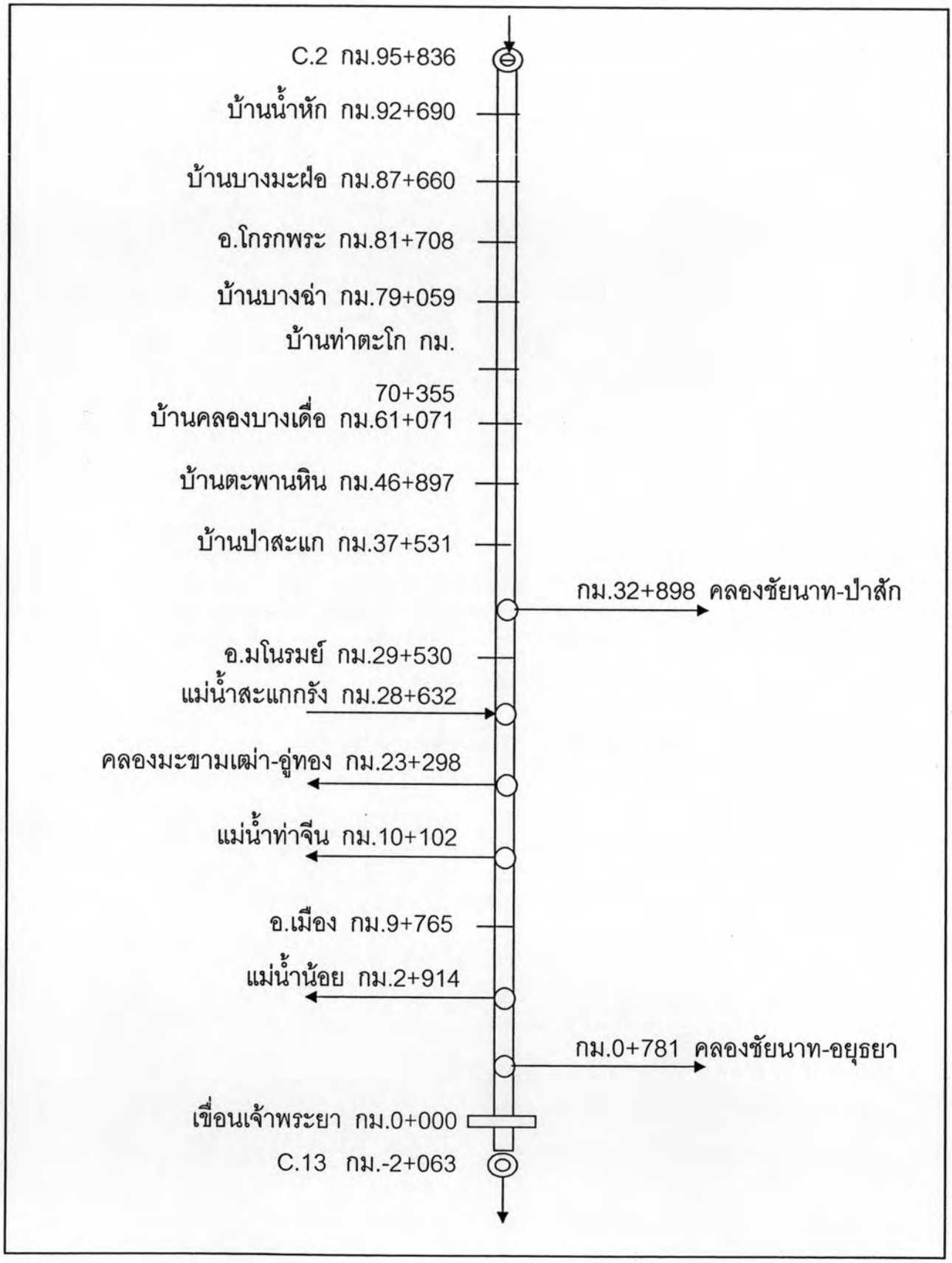
2) เงื่อนไขเริ่มต้น คือ ข้อมูลอัตราการไหลเริ่มต้นที่ทุก ๆ ตำแหน่งรูปตัดลำน้ำภายในโครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยา ซึ่งคำนวณหาจากการกำหนดโปรแกรม HEC - RAS ที่สภาวะการไหลแบบคงตัว (steady flow)



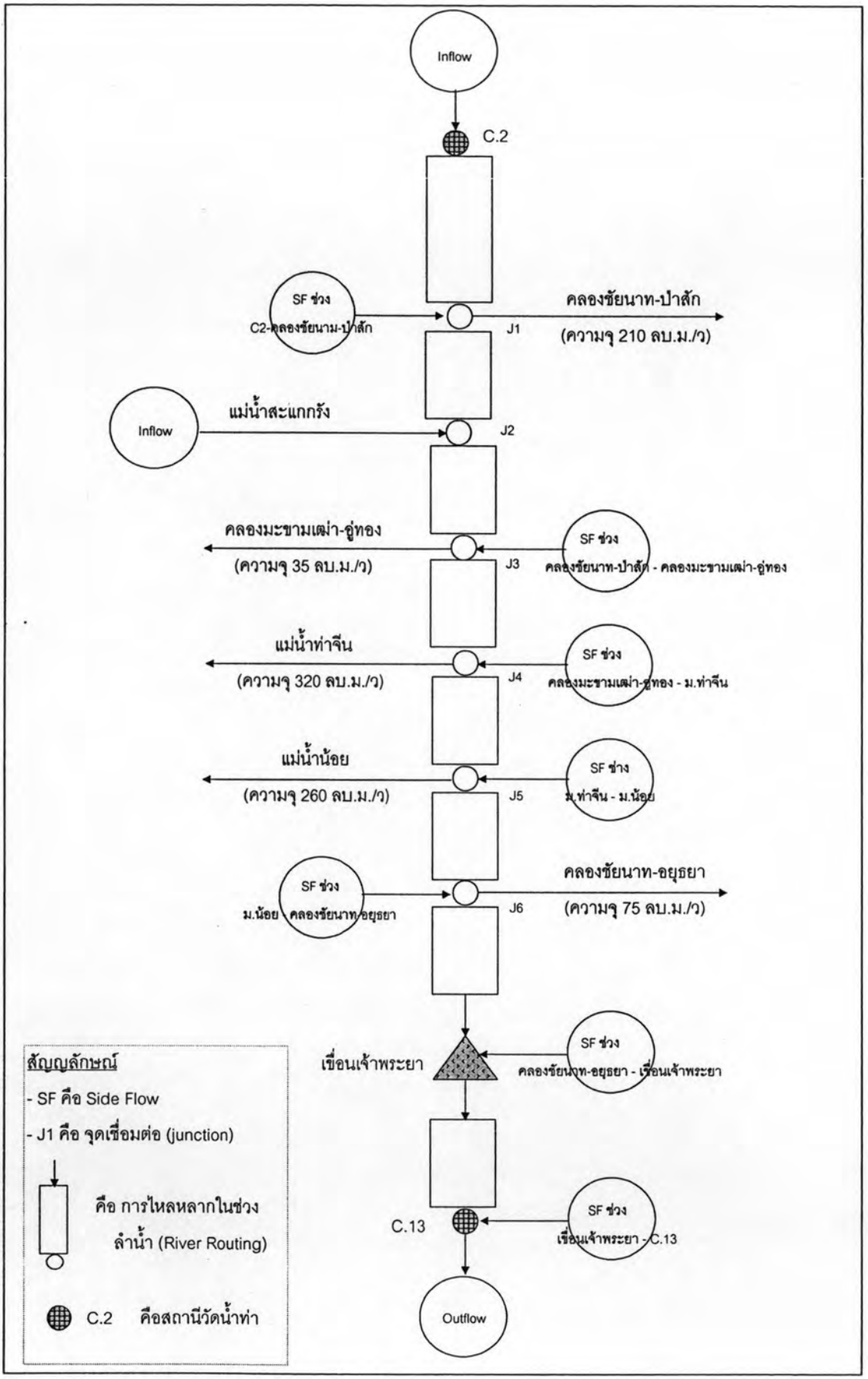
รูปที่ 5-2 แผนผังการสร้างโครงข่ายแม่น้ำ



รูปที่ 5-3 แผนที่โครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยาช่วงที่ทำการศึกษา



รูปที่ 5-4 แผนผังโครงข่ายลำน้ำเจ้าพระยาช่วงที่ทำการศึกษา



รูปที่ 5-5 แบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

5.2.3 การ Run โปรแกรม HEC - RAS

การ Run โปรแกรม HEC - RAS เพื่อคำนวณหาอัตราการไหลระดับน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำในตำแหน่งรูปตัดลำน้ำต่าง ๆ ตลอดแนวโครงข่ายลำน้ำ การ Run โปรแกรม HEC - RAS มี 2 รูปแบบ คือ

1) การ Run โปรแกรม HEC - RAS ที่สภาพการไหลแบบคงตัว ซึ่งผลการคำนวณ คือ อัตราการไหล ระดับน้ำและความเร็ว การศึกษา ณ เวลาเริ่มคือ 1 มิถุนายน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้จะใช้เป็นข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นในการ Run โปรแกรม HEC - RAS ที่สภาพการไหลแบบไม่คงตัว

2) การ Run โปรแกรม HEC - RAS ที่สภาพการไหลแบบไม่คงตัว ผลลัพธ์จากการคำนวณ คือ อัตราการไหล ระดับน้ำ และความเร็ว การไหลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 ธันวาคม ของปีที่เลือกใช้ในการศึกษาสภาพน้ำหลากในพื้นที่ศึกษา

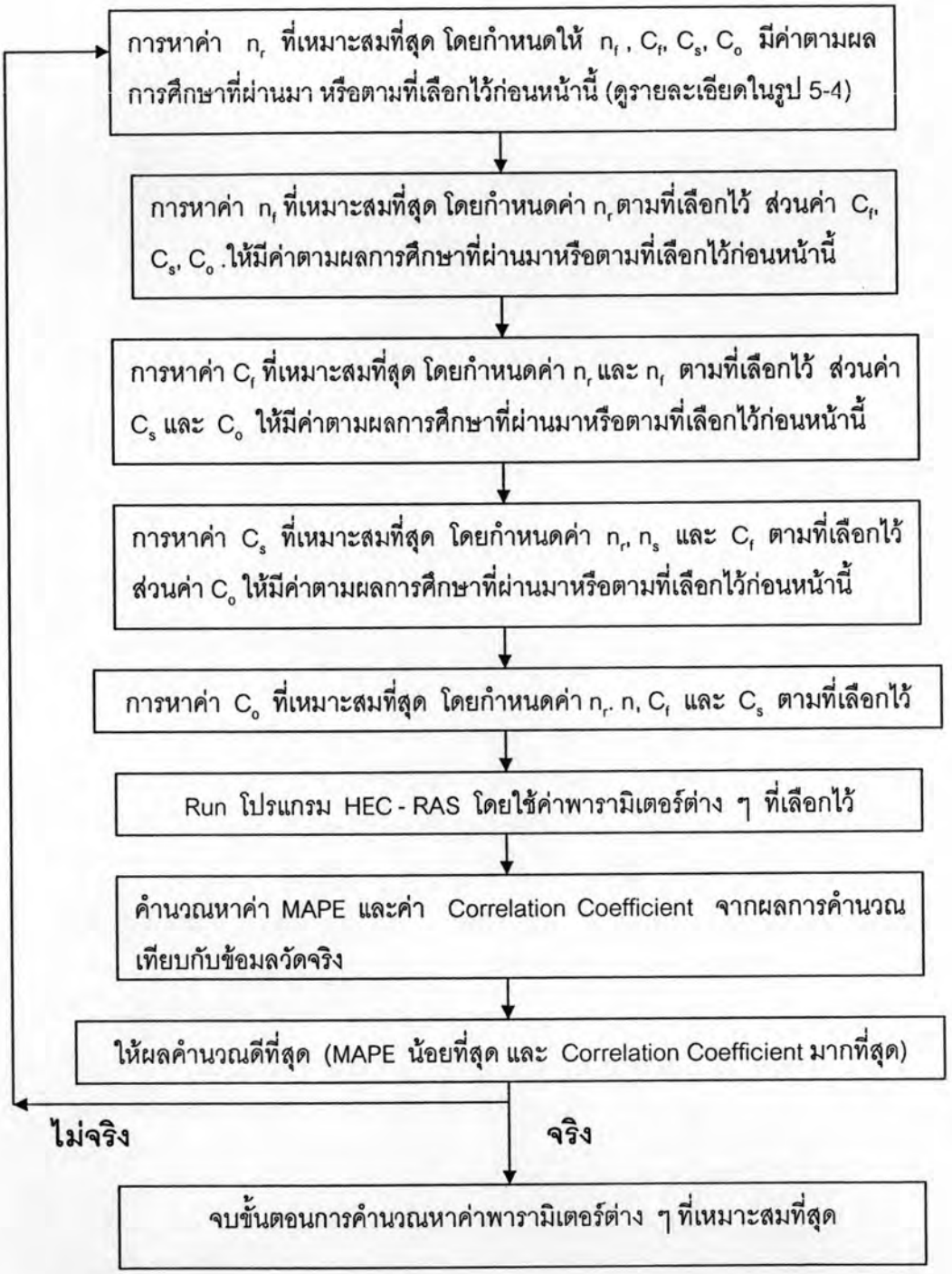
5.3 การปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

ก่อนที่จะนำแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยาไปประยุกต์ใช้งานจะต้องมีการทดสอบปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งพารามิเตอร์ในแบบจำลองมีทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งสำหรับลำน้ำหลัก (n_r) สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับพื้นที่น้ำท่วม (n_f) สัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูแบบ free flow (C_f) สัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูแบบ submerge flow (C_s) และสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูเมื่อยกบานพ้นน้ำ (C_w)

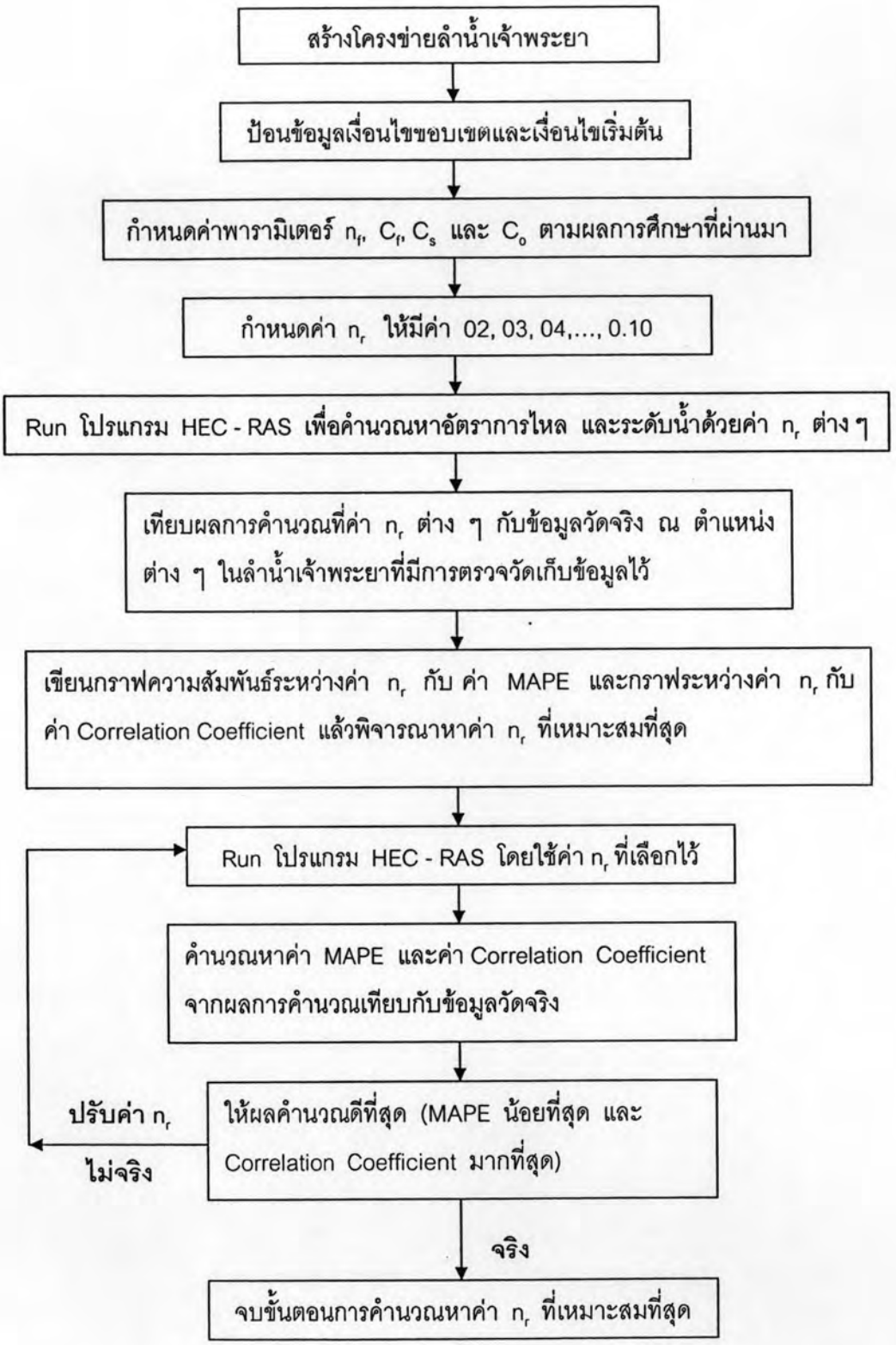
โดยในการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะหาเรียงตามลำดับดังนี้คือ (1) n_r (2) n_f (3) C_f (4) C_s และ (5) C_w ดูรูปที่ 5-6 ประกอบ

เหตุผลที่เลือกปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งก่อน เพราะว่าการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งจะเป็นตัวปรับเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (t_p) ของผลการคำนวณอัตราการไหลให้ใกล้เคียงกับข้อมูลวัดจริง ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรก หลังจากนั้นจึงทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูเขื่อนเจ้าพระยา ซึ่งจะมีผลต่อการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาต่อไป

สำหรับการปรับเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณแสดงไว้ในรูปที่ 5-7 ซึ่งได้แสดงการปรับเทียบหาค่า n_r โดยขั้นตอนการปรับเทียบหาค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ก็มีขั้นตอนเช่นเดียวกันนี้ด้วย



รูปที่ 5-6 แผนผังขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดสอบปรับเทียบแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 5-7 แผนผังการปรับเทียบ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับลำน้ำหลัก (n_r)

โดยในขั้นตอนการปรับเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จะทำการคำนวณหาค่า error คือ RMSE (Root Mean Square of Error) และ MAPE (Mean Average Percentage of Error) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) สำหรับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว โดยหลักการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือค่าพารามิเตอร์จะให้ค่า error น้อย (ใกล้ 0 ถือว่าดีที่สุด) และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาก (ใกล้ 1 ถือว่าดีที่สุด) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$RSME = \sqrt{\frac{\sum (A-C)^2}{N}} \qquad \text{[เมตร] หรือ [ลบ.ม./วินาที]}$$

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|A-C|}{A} * 100}{N} \qquad \text{[\%]}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} (A-C)^2}{\sum_{i=1}^{N} (A-\bar{A})^2} \right]^{0.5}$$

โดย A คือ ข้อมูลวัดจริง

$\bar{A}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลวัดจริง

C คือ ข้อมูลจากการคำนวณ

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

5.4 เกณฑ์การเลือกค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง และค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูน้ำ ซึ่งการกำหนดค่าเบื้องต้นของพารามิเตอร์ทั้งสองแสดงในตารางที่ 5-5 และ 5-6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-5 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับแม่น้ำตามธรรมชาติ

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
1. แม่น้ำขนาดเล็ก (ความกว้างผิวน้ำ ณ ระดับอุทกภัย น้อยกว่า 30 เมตร			
1.1 แม่น้ำที่ไหลผ่านที่ราบลุ่ม			
1) ทางน้ำตรงและสะอาด ระดับสูง ไม่มีรอยแยก	0.025	0.030	0.033
2) เหมือน (1) แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุมมาก	0.030	0.035	0.040
3) ทางน้ำคดเคี้ยวและสะอาด มีแอ่งและหาดทรายใต้น้ำ	0.033	0.040	0.040
4) เหมือน 3) แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุมบ้าง	0.035	0.045	0.050
5) เหมือน 4) แต่มีระดับตื้น รูปร่างไม่สม่ำเสมอ	0.040	0.048	0.055
6) เหมือน 4) แต่มีก้อนหินมาก	0.045	0.050	0.060
7) การไหลค่อนข้างช้า มีแอ่งลึก ปกคลุมด้วยวัชพืช	0.050	0.070	0.080
8) ปกคลุมด้วยวัชพืชมาก มีแอ่งลึก ไม้ยืนต้นหนาแน่น	0.075	0.100	0.150
1.2 แม่น้ำที่ไหลจากหุบเขา ปราศจากพืชพรรณในทางน้ำ แต่มีไม้ยืนต้นและไม้พุ่มบนตลิ่งซึ่งจมอยู่ในขณะระดับน้ำสูง			
1) ท้องน้ำประกอบด้วยกรวด ก้อนหินใหญ่บ้างเล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
2) ท้องน้ำประกอบด้วยกรวด ก้อนหินใหญ่มาก	0.040	0.050	0.070

ที่มา : Chow (1973)

ตารางที่ 5-5 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับแม่น้ำตามธรรมชาติ

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
2. พื้นที่ริมตลิ่งน้ำท่วมถึง			
2.1 ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ปราศจากหมู่ไม้พุ่ม			
1) หญ้าพันธุ์สั้น	0.025	0.030	0.035
2) หญ้าพันธุ์สูง	0.030	0.035	0.050
2.2 พื้นที่เพาะปลูก			
1) ไม่มีการปลูกข้าว	0.020	0.030	0.040
2) ปลูกข้าวแบบปักดำ	0.025	0.035	0.045
3) ปลูกข้าวแบบหว่าน	0.030	0.040	0.050
2.3 หมู่ไม้พุ่ม			
1) กระจัดกระจาย มีวัชพืชปกคลุมสูง	0.035	0.050	0.070
2) มีความหนาแน่นน้อย ในฤดูหนาว	0.035	0.050	0.060
3) มีความหนาแน่นน้อย ในฤดูร้อน	0.040	0.060	0.080
4) มีความหนาแน่นปานกลางถึงสูง ในฤดูหนาว	0.045	0.070	0.110
5) มีความหนาแน่นปานกลางถึงสูง ในฤดูร้อน	0.070	0.100	0.160
2.4 ไม้ยืนต้น			
1) ไม้ลำต้นตรง มีความหนาแน่นสูง ในฤดูร้อน	0.110		0.200
2) พื้นที่ว่างเปล่า มีตอไม้ ไม่มีลำต้นอ่อน	0.030		0.050
3) เหมือน 2) แต่มีความหนาแน่นของไม้ลำต้นอ่อนสูง	0.050		0.080
4) มีไม้ยืนต้นมาก มีไม้แคระและไม้ที่กำลังโตเล็กน้อย ระดับน้ำท่วมอยู่ใต้กิ่งก้านใบ	0.080		0.120
5) เหมือน 4) แต่มีระดับน้ำท่วมกิ่งก้านใบ	0.100		0.160

ที่มา : Chow (1973)

ตารางที่ 5-5 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับแม่น้ำตามธรรมชาติ

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
3. แม่น้ำขนาดใหญ่ (ความกว้างผิวน้ำ ณ ระดับอุทกภัย 30 เมตร) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระน้อยกว่าแม่น้ำสายรองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เนื่องจากมีความต้านทานบนตลิ่งน้อยกว่า			
3.1 หน้าตัดการไหลเป็นระเบียบ ไม่มีก้อนหินใหญ่ หรือไม้พุ่ม	0.025	-	0.060
3.2 หน้าตัดการไหลไม่เป็นระเบียบ และมีความขรุขระ	0.035	-	0.100

ตารางที่ 5-6 ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านบานประตูน้ำ

สภาพการไหลทางด้านท้ายน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล	เอกสารอ้างอิง
1. free flow	0.4 - 0.8	ฉลอง (2538)
2. submerged flow	0.6 - 0.8	US Army (2002)
3. ยกบานประตูพ้นน้ำ	1.38 - 1.7	US Army (2002)

ทั้งนี้ก่อนทำการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง และสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูซึ่งแสดงเป็นสมการดังนี้

1) สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง $n = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{V}$

2) สัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูน้ำ (C)

- กรณีสภาพการไหลด้านท้ายน้ำแบบ free flow

$$C_f = \frac{Q}{LG_0 \cdot \sqrt{2gy_1}}$$

- กรณีสภาพการไหลด้านท้ายน้ำแบบ submerge

$$C_s = \frac{Q}{LG_0 \cdot \sqrt{2gh}}$$

- กรณียกบานประตูพ้นน้ำ

$$C_w = \frac{Q}{Ly_1^{1.5}}$$

โดย R คือ ค่ารัศมีชลศาสตร์

S คือ ความลาดชันท้องน้ำ

V คือ ความเร็วการไหล (ม./วินาที)

L คือ ความกว้างบานประตู (เมตร)

G_0 คือ ระยะยกบานประตู (เมตร)

y_1 คือ ค่าผลต่างระหว่างระดับเส้นชั้นพลังงานด้านเหนือน้ำ และระดับสันธรณีประตู (เมตร)

h คือ ผลต่างของ head ระหว่างเหนือน้ำและท้ายน้ำ

ทั้งนี้จากสมการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง จะเห็นได้ว่าสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการแบ่งช่วงลำน้ำประกอบด้วย

- ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ เช่น รูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวาง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความกว้าง ความลึก ความขรุขระของท้องน้ำ และความลาดชันของท้องน้ำ
- รูปแปลนของลำน้ำหรือแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งจะแสดงถึงความคดเคี้ยวของลำน้ำ
- ระยะทางและความสูงระหว่างตำแหน่งที่มีการไหลล้นคันกั้นน้ำกับระดับพื้นดินในพื้นที่น้ำท่วมถึง
- สภาพการใช้ที่ดินบริเวณที่ราบน้ำท่วมในเขตพื้นที่น้ำท่วมถึง

นอกปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาอีกประการคือ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง หลังจากแบ่งช่วงน้ำสำหรับการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์แล้วจึงเริ่มทำการปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนการ

ปรับเทียบแบบจำลองแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนหลัก ๆ โดยมีรายละเอียดปรับเทียบแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การปรับเทียบในขั้นการคำนวณการไหล ด้วยวิธีการไหลแบบทรงตัวมั่น (Steady flow) ซึ่งผลที่ประมวลได้จากขั้นตอนการคำนวณด้วยวิธีการไหลแบบทรงตัวมั่นสามารถนำไปใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณการไหลด้วยวิธีการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่น (Unsteady flow) ดังนั้นหากทำการปรับเทียบในขั้นตอนนี้ก่อน ก็สามารถให้ค่าเริ่มต้นในการคำนวณการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่นที่ดี ซึ่งจะทำให้การประมวลผลลู่เข้า (Convergence) ได้เร็วยิ่งขึ้นอีกทั้งยังทำให้หาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องได้เร็วยิ่งขึ้น การปรับเทียบพารามิเตอร์หลักที่ต้องทำการปรับเทียบในขั้นตอนนี้คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง สำหรับการปรับเทียบนั้นสามารถทำได้โดยการแปรเปลี่ยนค่าอัตราการไหลที่ใช้ในการคำนวณแล้วปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งซึ่งผลการคำนวณที่ได้คือระดับน้ำที่แต่ละอัตราการไหล แล้วนำค่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าสถิติ ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง จนกระทั่งผลที่ได้จากการจำลองใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการบันทึก การปรับเทียบในขั้นตอนนี้นอกจากจะทำให้ได้ค่าเริ่มต้นที่ดีสำหรับการคำนวณการไหลด้วยวิธีการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่นแล้ว ยังเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการบันทึกและข้อมูลเข้า เช่น รูปตัดลำน้ำอีกด้วย

2) การปรับเทียบในขั้นตอนการคำนวณการไหล ด้วยวิธีการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่น (Unsteady flow) โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง และค่าสัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกั้นน้ำ จนกระทั่งผลการประมวลจากแบบจำลอง ได้แก่ ค่าระดับน้ำที่เวลาต่าง ๆ และค่าอัตราการไหลที่เวลาต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการบันทึกซึ่งหมายความว่าแบบจำลองสามารถจำลองสภาพการไหลได้ใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นจริง

ทั้งนี้เหตุการณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองการไหลแบบอุทกพลศาสตร์ ได้แก่ เหตุการณ์ ช่วงวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2538 และทำการสอบทานความถูกต้องของแบบจำลองที่ปรับเทียบไปแล้ว โดยใช้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2539 2545 และ 2549 ซึ่งการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองการไหลแบบอุทกพลศาสตร์ จะเปรียบเทียบค่าอัตราการไหล และระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำ C.13 และที่ปากคลองส่งน้ำต่าง ๆ

5.5 กรณีศึกษาการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาในรูปแบบต่าง ๆ

จากวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้คือ (1) เพื่อทำการศึกษาผลกระทบจากการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพชลศาสตร์ และ (2) เพื่อศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยาให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับเหตุการณ์น้ำหลากในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นในการกำหนดรูปแบบกรณีศึกษาจึงสามารถแบ่งออกเป็นกรณีศึกษาออกเป็น 2 หัวข้อ คือ 5.5.1) กรณีศึกษาผลกระทบจากการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพชลศาสตร์ และ 5.5.2) กรณีศึกษาการปรับปรุงรูปแบบการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยา รายละเอียดของแต่ละกลุ่มกรณีศึกษา มีดังนี้

5.5.1 กรณีศึกษาผลกระทบจากการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพชลศาสตร์

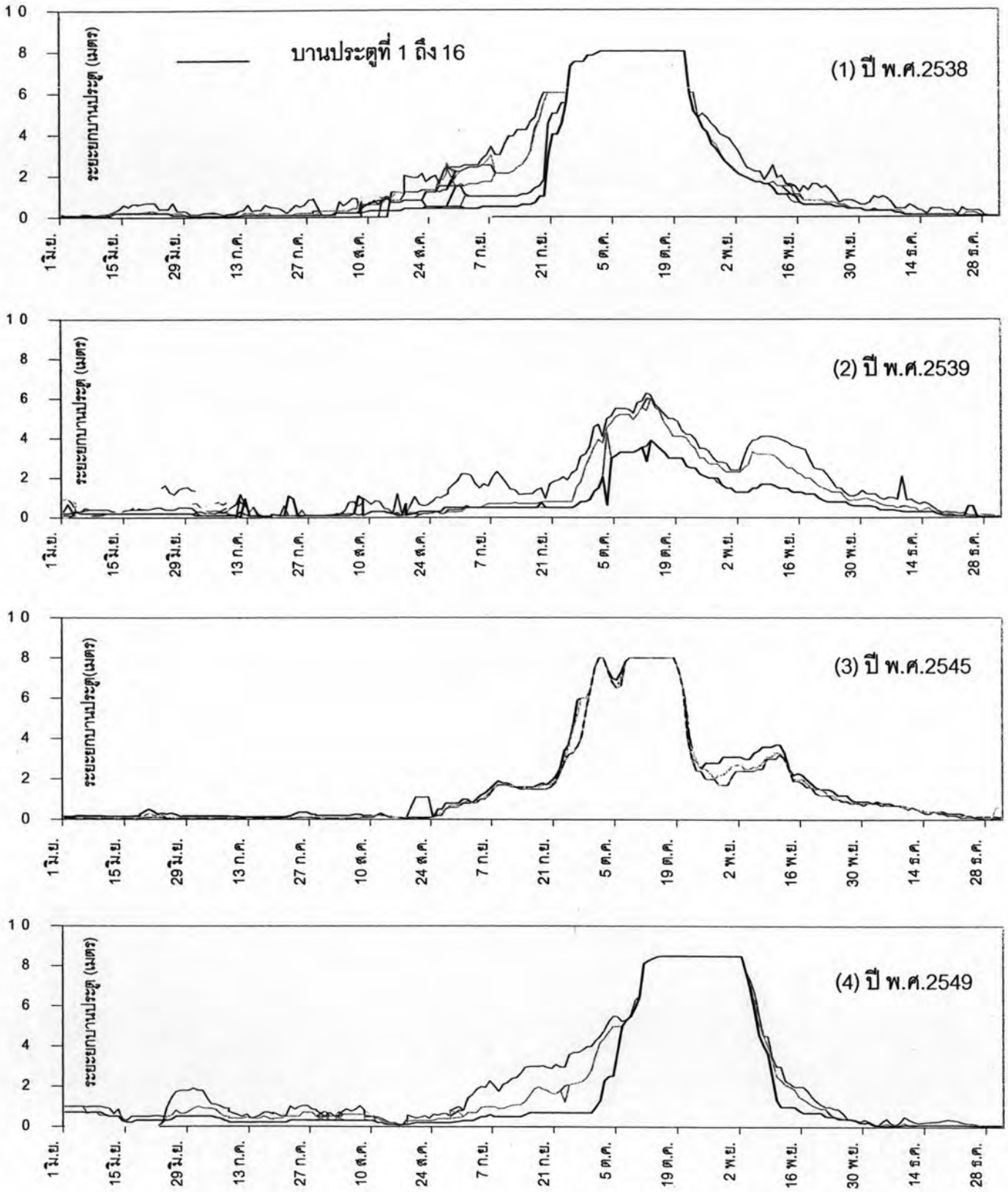
ในกรณีศึกษานี้จะทำการศึกษารูปแบบการการควบคุมบานประตูของเขื่อนเจ้าพระยาและการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำต่างๆ ว่ามีผลต่อปริมาณการไหลของน้ำทั้งทางด้านท้ายน้ำ และด้านเหนือน้ำ รวมถึงระดับน้ำเอ่อออย่างไร โดยอาศัยเหตุการณ์น้ำหลาก และข้อมูลการเปิดบานประตูของเขื่อนเจ้าพระยา (ดูรูปที่ 5-8) และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำสายหลัก (ดูรูปที่ 5-9) ในปี พ.ศ. 2538 2539 2545 และ 2549 ในการศึกษาเปรียบเทียบ

5.5.2 กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยา

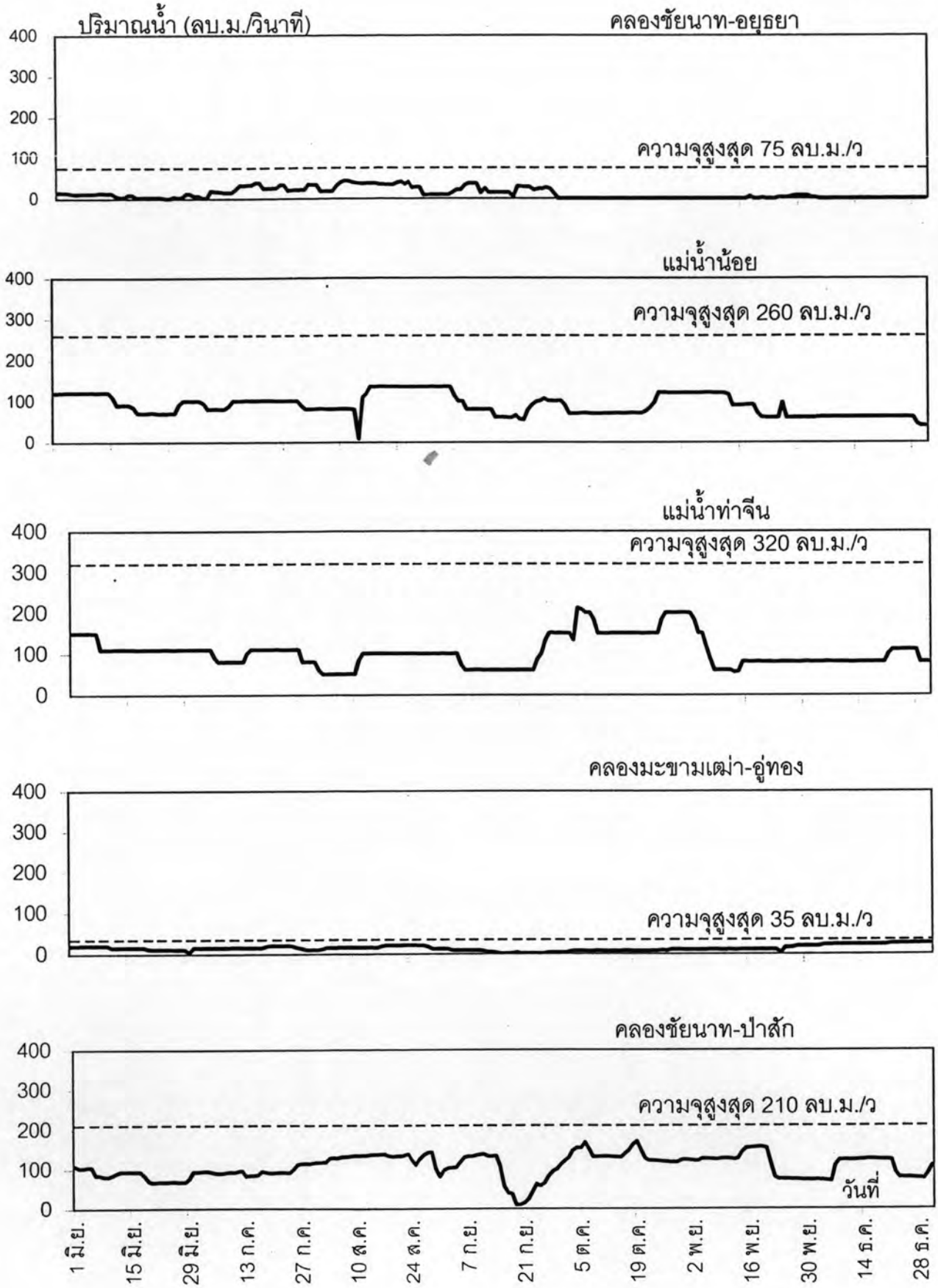
ในกรณีศึกษานี้เพื่อทำการศึกษาการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยาในกรณีศึกษาต่างๆ ของการปรับปรุงการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยา และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ แล้วทำการวิเคราะห์หาวิธีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพต่อการบริหารจัดการน้ำหลาก โดยได้แบ่งหัวข้อกรณีศึกษาออกเป็น 2 หัวข้อย่อย ดังต่อไปนี้คือ

5.5.2.1) กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยาเฉพาะส่วน (ดูรูปที่ 5-10)

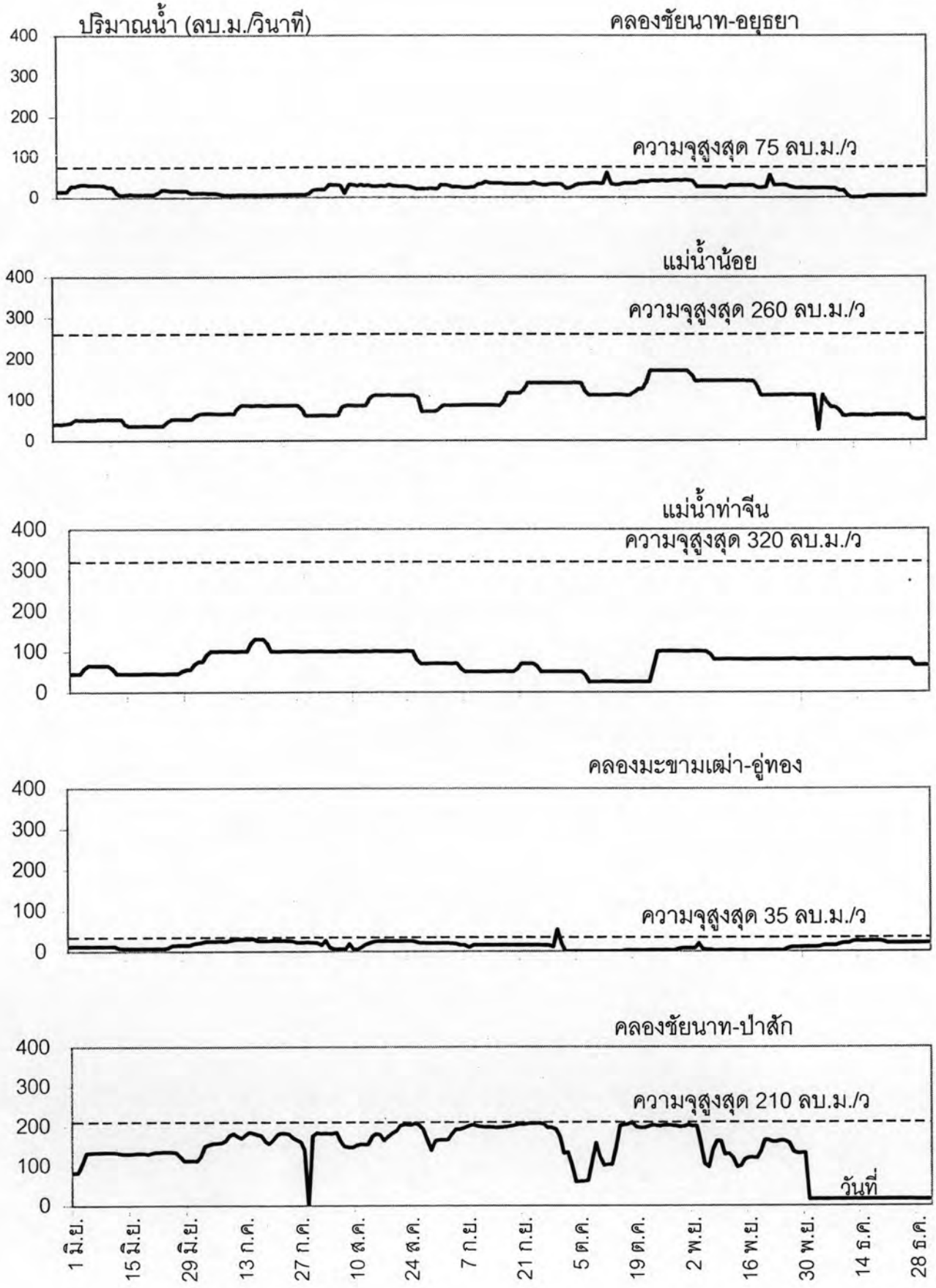
5.5.2.2) กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยาแบบผสมผสาน (ดูรูปที่ 5-11)



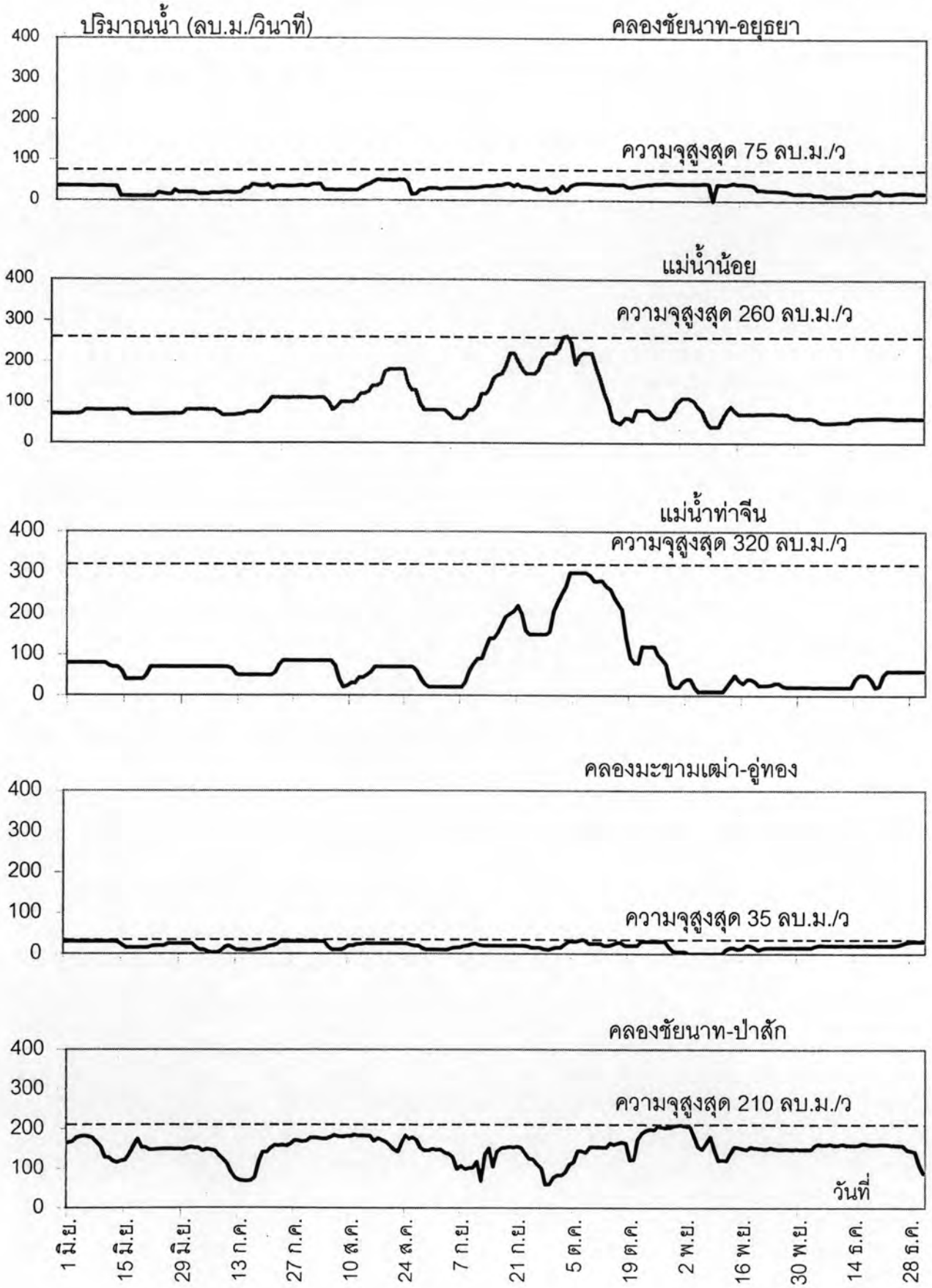
รูปที่ 5-8 การเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยา (1) ในปี พ.ศ.2538 (2) ในปี พ.ศ.2539 (3) ในปี พ.ศ.2545 และ (4) ในปี พ.ศ.2549



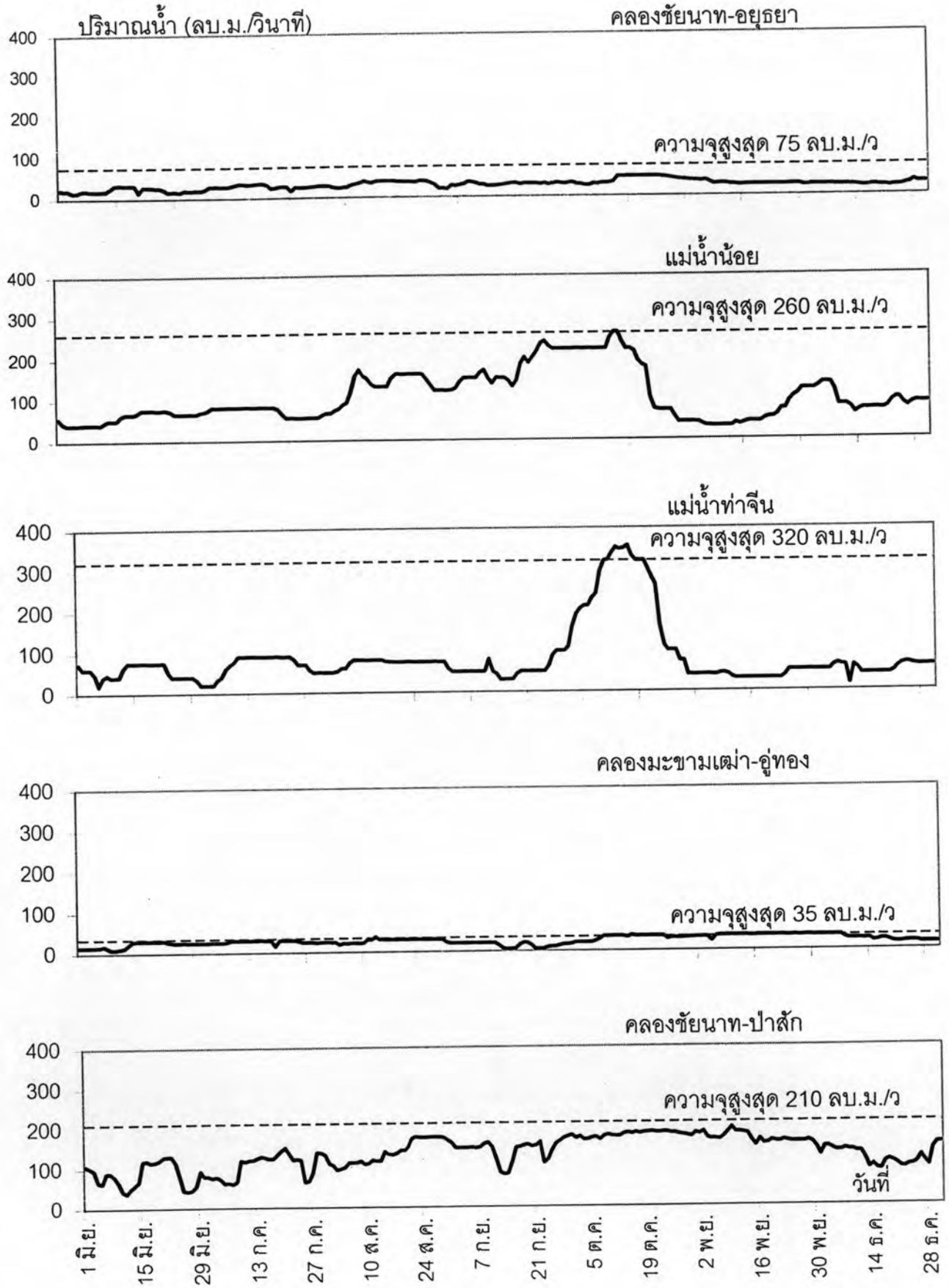
รูปที่ 5-9 (ก) ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่คลองส่งน้ำสายหลักต่างๆ ในปี พ.ศ. 2538



รูปที่ 5-9 (ข) ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่คลองส่งน้ำสายหลักต่างๆ ในปี พ.ศ. 2539



รูปที่ 5-9 (ค) ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่คลองส่งน้ำสายหลักต่างๆ ในปี พ.ศ. 2545



รูปที่ 5-9 (ง) ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่คลองส่งน้ำสายหลักต่างๆ ในปี พ.ศ. 2549

รายละเอียดของแต่ละกรณีศึกษา มีดังนี้คือ

5.5.2.1 **กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยาเฉพาะส่วน**

กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานของเขื่อนเจ้าพระยาเฉพาะส่วนสามารถแบ่งแยกออกได้อีกเป็น 2 หัวข้อคือ

1) กรณีศึกษาการปรับปรุงการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยา
2) กรณีศึกษาการปรับปรุงการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ

รายละเอียดของกรณีศึกษาทั้งสอง มีดังนี้คือ

1) **กรณีศึกษาการปรับปรุงการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยา** ถูกแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อดังนี้

(1) กรณีศึกษาการเปิดบานประตูในช่วงเวลาระหว่างที่ปริมาณน้ำหลากกำลังเพิ่มสูงขึ้นจนถึงช่วงน้ำหลากสูงสุด โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

G1: การเปิดบานเป็นจังหวะแบบขั้นบันได คือการเปิดบานประตูเป็นจังหวะ "ยก-หยุด" สลับกันไปจนกระทั่งยกบานประตูพ้นน้ำในช่วงที่มีปริมาณน้ำหลากสูงสุด โดยในจังหวะยกบานประตูขึ้นนั้นให้ทำการยกขึ้นอย่างรวดเร็วต่อเนื่อง (ด้วยความเร็วการยกบาน 1 เมตรต่อ 3.5 นาที ซึ่งเป็นความเร็วปกติของการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยาในปัจจุบัน) (ณรงค์ (2550)) และในจังหวะถัดมาให้หยุดการยกเปิดบานประตู ทำสลับกันไปจนจนกระทั่งยกบานประตูพ้นน้ำ (ดูรูปที่ 5-12 (G1) ประกอบ) โดยจุดประสงค์ของกรณีศึกษานี้เพื่อทำการศึกษาถึงผลการยกบานประตูอย่างรวดเร็วต่อเนื่องว่าจะส่งผลต่อสภาพการไหลของน้ำทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำอย่างไร

G2: การเปิดบานด้วยความเร็วช้าอย่างต่อเนื่อง 1 เมตรต่อหนึ่งวัน ในช่วงเวลาตั้งแต่ปริมาณน้ำหลากกำลังเริ่มสูงขึ้นไปจนกระทั่งถึงปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ดูรูปที่ 5-12 (G2) ประกอบ) โดยจุดประสงค์ของกรณีศึกษานี้เพื่อทำการศึกษาถึงผลการยกบานประตูด้วยความเร็วช้าอย่างต่อเนื่องว่าจะส่งผลต่อสภาพการไหลของน้ำทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำอย่างไร

G3: การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน คือการยกเปิดบานประตูขึ้นสูงสุด 8 เมตรอย่างรวดเร็ว (ด้วยความเร็วการเปิดบานประตู 1 เมตรต่อ 3.5 นาที) ณ เวลาก่อนเกิด

น้ำหลากสูงสุด 10 วัน (ดูรูปที่ 5-12 (G3) ประกอบ) โดยการดำเนินการนี้เป็นการเร่งระบายน้ำลงท้ายน้ำ และลดระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำ ซึ่งถือเป็นการเพิ่มความจุเก็บกักของเขื่อนเจ้าพระยาเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดต่อไป

(2) กรณีศึกษาการเปิดบานประตูขึ้นลงในช่วงที่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

G4: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม คือการเปิดบานประตูขึ้นลง 7.5 – 8 ม. สลับกันทุก 5 วัน (ดูรูปที่ 5-12 (G4) ประกอบ)

G5: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 ม คือการเปิดบานประตูขึ้นลง 6.5 – 8 ม. สลับกันทุก 5 วัน (ดูรูปที่ 5-12 (G5) ประกอบ)

โดยจุดประสงค์ของการศึกษากรณีศึกษา G4 และ G5 คือเพื่อศึกษาผลของการปรับเปิดบานประตูขึ้นลงด้วยช่วงระยะที่แตกต่างกันนั้น จะมีผลต่อสภาพการไหลของน้ำทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำอย่างไร

(3) กรณีศึกษาการเปิด-ปิดบานประตูบางส่วนในช่วงที่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

G6: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน (ดูรูปที่ 5-12 (G6) ประกอบ)

G7: การเปิดบานสูงสุด 1, 2, และ 4 เมตร (ดูรูปที่ 5-12 (G7) ประกอบ) เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำเอ่อต่อระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำเนื่องจากการเปิดบานประตูด้วยระยะยกต่างๆ นอกจากนี้ในกรณีการยกบานประตูสูง 4 เมตรนั้นก็จะนำผลการศึกษาไปเปรียบเทียบกับกรณี G6 ด้วย เพราะทั้งสองกรณีนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดน้ำไหลผ่านบานประตูที่ใกล้เคียงกัน จึงน่าสนใจว่าจะมีสภาพการไหลของน้ำทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของทั้งสองกรณีนี้มีลักษณะเหมือนกันด้วยหรือไม่

(4) กรณีศึกษาการเปิดบานประตูเช่นเดียวกับในปีน้ำน้อยกว่า และปีน้ำมากกว่า โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

G8: การเปิดบานตามรูปแบบการเปิดบานในปีน้ำน้อยกว่า (พ.ศ. 2539) (ดูรูปที่ 5-12 (G8) ประกอบ)

G9: การเปิดบานตามรูปแบบการเปิดบานในปีน้ำมากกว่า (พ.ศ. 2549) (ดูรูปที่ 5-12 (G9) ประกอบ)

ในการศึกษากรณี G8 และ G9 นี้เพื่อดูผลการเปิดบานประตูในปีน้ำน้อยกว่าและในปีน้ำมากกว่าจะมีผลต่อสภาพการไหลในปี พ.ศ.2538 และ 2545 อย่างไร

2) กรณีศึกษาการปรับปรุงการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ

กรณีศึกษาการปรับปรุงการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ ถูกแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อดังนี้

(1) กรณีศึกษาการหยุดผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำบางคลอง เป็นการศึกษาผลกระทบของการหยุดผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำที่มีต่อสภาพการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

D1: ไม่มีการผันน้ำในทุกคลองส่งน้ำ (ดูรูปที่ 5-13 (D1) ประกอบ)
D2: ไม่มีการผันน้ำเข้าแม่น้ำท่าจีน (ดูรูปที่ 5-13 (D2) ประกอบ)
D3: ไม่มีการผันน้ำเข้าแม่น้ำน้อย (ดูรูปที่ 5-13 (D3) ประกอบ)

(2) กรณีศึกษาการเพิ่มความจุคลองส่งน้ำชัยนาท – ป่าสัก เพื่อเร่งทำการผันน้ำในช่วงที่น้ำหลากสูงสุด โดยเร่งผันน้ำในปริมาณมากขึ้นเต็มตามความจุคลองที่เพิ่มเป็นเวลา 5 วัน และลดปริมาณการผันน้ำลงเหลือ 105 ลบ.ม/ว (ครึ่งหนึ่งของความจุคลองขนาดเดิม) เป็นเวลา 5 วัน สลับกันไป (ดูรูปที่ 5-13 (D4) ประกอบ) เหตุผลที่ต้องมีการผันน้ำแบบสลับเช่นนี้ เพื่อให้ในช่วงเวลาที่ลดการผันน้ำถือเป็นเวลาที่เปิดโอกาสให้มีการเร่งการระบายน้ำออกจากพื้นที่รับน้ำเพื่อเตรียมพื้นที่รับน้ำไว้รอรับน้ำที่จะผันเข้ามาในรอบถัดไป โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

D4.1: เพิ่มความจุคลองส่งน้ำชัยนาท - ป่าสักเป็น 400 ลบ.ม/ว
D4.2: เพิ่มความจุคลองส่งน้ำชัยนาท - ป่าสักเป็น 600 ลบ.ม/ว
D4.3: เพิ่มความจุคลองส่งน้ำชัยนาท - ป่าสักเป็น 1,000 ลบ.ม/ว

(3) กรณีศึกษาการเพิ่ม-ลดปริมาณการผันน้ำในช่วงที่มีปริมาณน้ำหลากสูงสุด โดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

D5: ผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน พร้อมกันทุกคลองส่งน้ำ (ดูรูปที่ 5-13 (D5) ประกอบ)

D6: ผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน แบบสลับคลองส่งน้ำฝั่งซ้าย-ขวา (ดูรูปที่ 5-13 (D6) ประกอบ) คือ ช่วงแรกผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำฝั่งซ้าย คือ คลองชัยนาท-อยุธยา และคลองชัยนาท-ป่าสักเต็มตามความจุคลองส่งน้ำเป็นเวลา 5 วัน โดยในช่วงนี้ให้ทำการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำฝั่งขวา คือ แม่น้ำน้อย แม่น้ำท่าจีน และคลองมะขามเฒ่า-อู่ทองในปริมาณครึ่งความจุเป็นเวลา 5 วัน ต่อมาทำการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำฝั่งขวาในปริมาณเต็มความจุเป็นเวลา 5 วัน และขณะเดียวกันก็ผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำฝั่งซ้ายครึ่งความจุเป็นเวลา 5 วัน ทำสลับกันไปจนกว่าปริมาณน้ำหลากจะผ่านพ้นจุดสูงสุดไปแล้ว

(4) กรณีศึกษาการผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (D7) เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำเก็บกักเหนือเขื่อนเจ้าพระยาไว้ล่วงหน้า และเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่จะมาถึง (ดูรูปที่ 5-13 (D7) ประกอบ)

(5) กรณีศึกษาการผันน้ำในปริมาณเช่นเดียวกับปีน้ำน้อยกว่า และปีน้ำมากกว่า เพื่อดูศึกษาผลการผันน้ำในปีน้ำน้อยกว่าและในปีน้ำมากกว่าว่าจะมีผลต่อสภาพการไหลในปี พ.ศ. 2538 และ 2545 อย่างไรโดยมีกรณีศึกษาย่อย ดังนี้

D8: ผันน้ำตามรูปแบบการผันน้ำในปีน้ำน้อยกว่า (พ.ศ. 2539) (ดูรูปที่ 5-13 (D8) ประกอบ)

D9: ผันน้ำตามรูปแบบการผันน้ำในปีน้ำมากกว่า (พ.ศ. 2549) (ดูรูปที่ 5-13 (D9) ประกอบ)

5.5.2.2 กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาแบบผสมผสาน

การศึกษากรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาแบบผสมผสานเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของการเปิดบานประตู และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ และหารูปแบบการดำเนินงานร่วมกันที่เหมาะสม เพื่อทำให้สามารถบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาลงได้ สำหรับกรณีศึกษาต่างๆ ของการปรับปรุงการเปิดบานประตู และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ มีดังนี้

M1 : การเปิดบานเป็นจังหวะแบบขั้นบันได และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G1+D5)

M2 : การเปิดบานเป็นจังหวะแบบขั้นบันได และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G1+D6)

M3 : การเปิดบานเป็นจังหวะแบบขั้นบันได และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G1+D7)

M4 : การเปิดบานแบบด้วยความเร็วสม่ำเสมอต่อเนื่อง และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G2+D5)

M5 : การเปิดบานแบบด้วยความเร็วสม่ำเสมอต่อเนื่อง และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G2+D6)

M6 : การเปิดบานแบบด้วยความเร็วสม่ำเสมอต่อเนื่อง และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G2+D7)

M7 : การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G3+D5)

M8 : การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G3+D6)

M9 : การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G3+D7)

M10: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G4+D5)

M11: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G4+D6)

M12: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G4+D7)

M13: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G5+D5)

M14: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 มและผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G5+D6)

M15: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G5+D7)

M16: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G6+D5)

M17: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G6+D6)

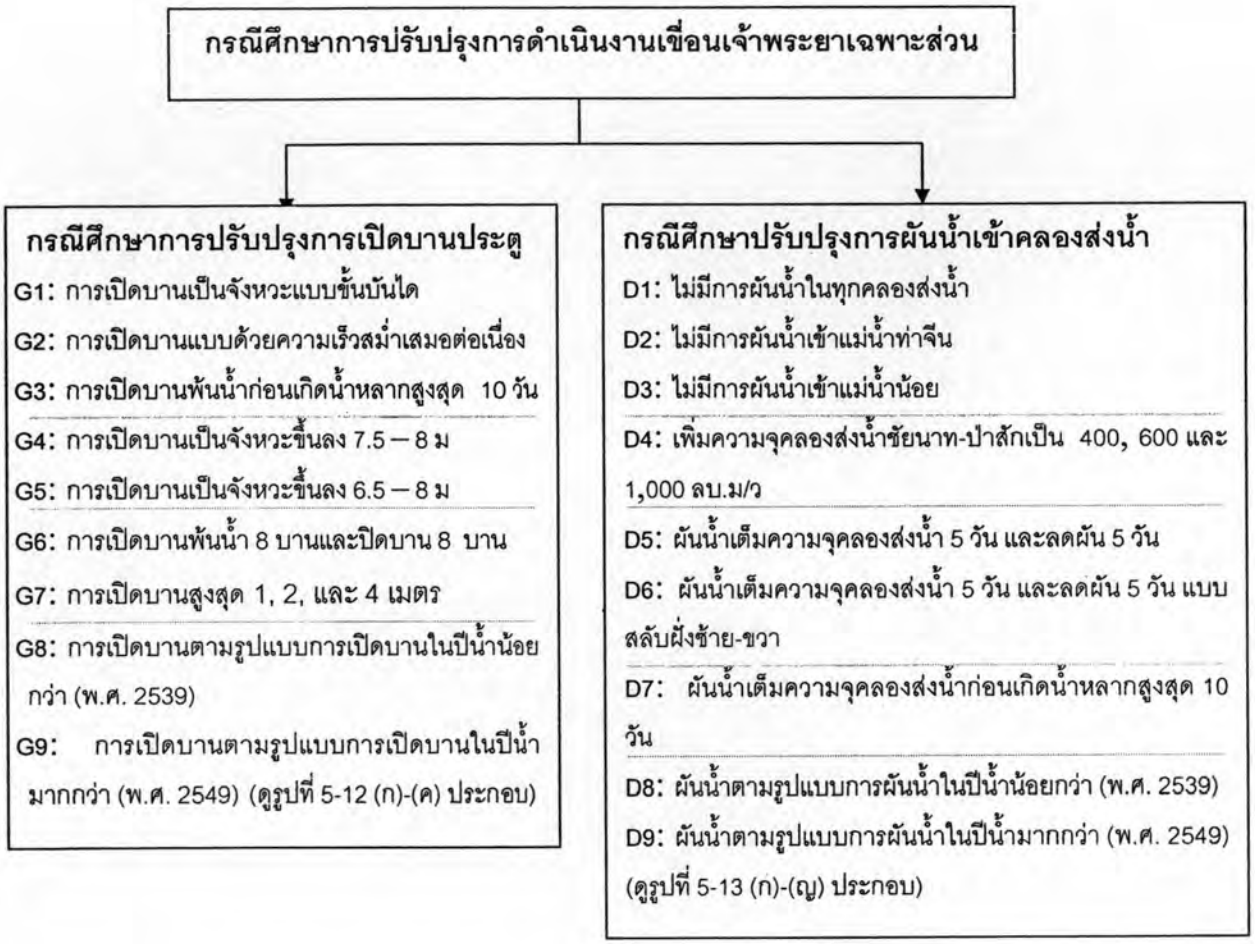
M18: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G6+D7)

M19: การเปิดบานสูงสุด 4 เมตร และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G7+D5)

M20: การเปิดบานสูงสุด 4 เมตร และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G7+D6)

M21: การเปิดบานสูงสุด 4 เมตร และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G7+D7)

กรณีศึกษาต่างๆ ข้างต้น สามารถสรุปเป็นแผนผัง ดังในรูปที่ 5-10 และ 5-11 สำหรับรายละเอียดรูปแบบการปรับปรุงการเปิดบานประตู และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำในกรณีต่างๆ ดูรูปที่ 5-12 และ 5-13 ตามลำดับ ซึ่งทำการปรับปรุงจากข้อมูลการเปิดบานประตู และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำในปี พ.ศ.2538 สำหรับการปรับปรุงจากข้อมูลการเปิดบานประตู และการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำในปี พ.ศ.2539 2545 และ 2549 ดูรายละเอียดในภาคผนวก ฉ และ ช



รูปที่ 5-10 กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาเฉพาะส่วน

กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาแบบผสมผสาน

M1 : การเปิดบานเป็นจังหวะแบบขั้นบันได และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G1+D5)

M2 : การเปิดบานเป็นจังหวะขั้นบันได และผันน้ำเต็มความจุคลอง 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G1+D6)

M3 : การเปิดบานเป็นจังหวะแบบขั้นบันได และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G1+D7)

M4 : การเปิดบานแบบด้วยความเร็วสม่ำเสมอต่อเนื่อง และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G2+D5)

M5 : การเปิดบานแบบด้วยความเร็วสม่ำเสมอต่อเนื่อง และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G2+D6)

M6 : การเปิดบานแบบด้วยความเร็วสม่ำเสมอต่อเนื่อง และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G2+D7)

M7 : การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G3+D5)

M8 : การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G3+D6)

M9 : การเปิดบานพ้นน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G3+D7)

M10: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G4+D5)

M11: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G4+D6)

M12: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 7.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G4+D7)

M13: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G5+D5)

M14: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 มและผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G5+D6)

M15: การเปิดบานเป็นจังหวะขึ้นลง 6.5 – 8 ม และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G5+D7)

M16: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G6+D5)

M17: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G6+D6)

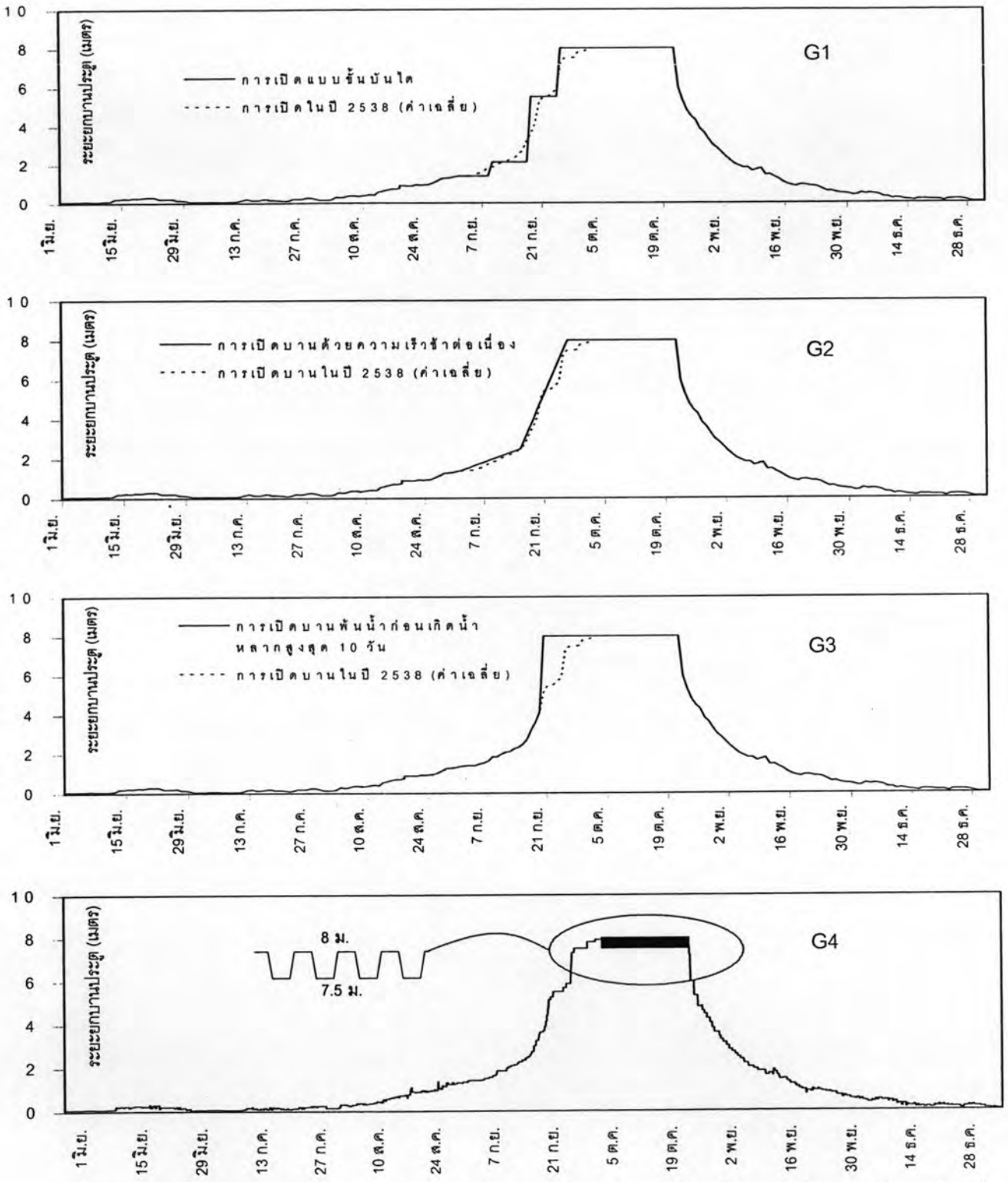
M18: การเปิดบานพ้นน้ำ 8 บานและปิดบาน 8 บาน และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน (G6+D7)

M19: การเปิดบานสูงสุด 4 เมตร และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G7+D5)

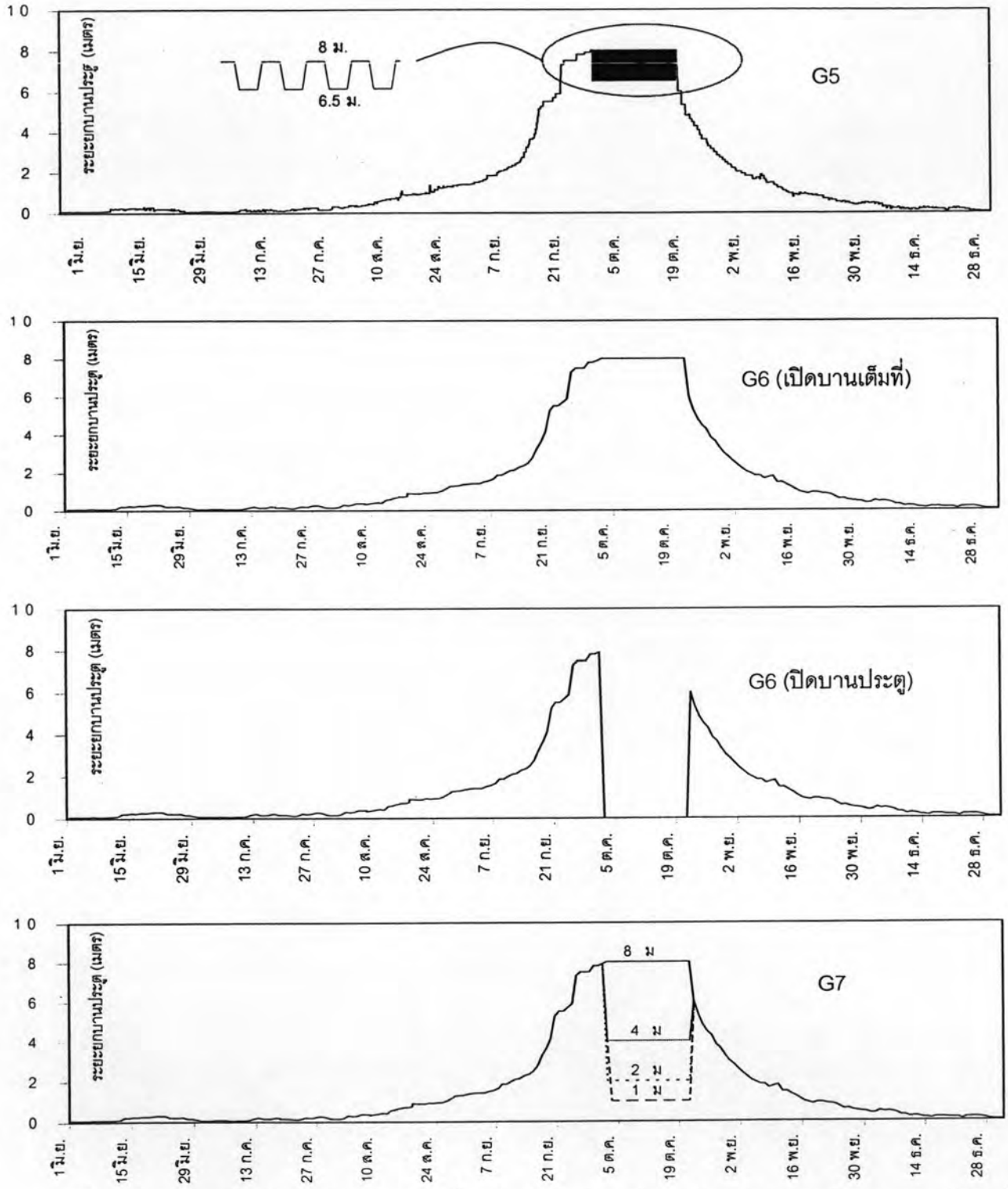
M20: การเปิดบานสูงสุด 4 เมตร และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (G7+D6)

M21: การเปิดบานสูงสุด 4 เมตร และผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และครึ่งความจุ 5 วัน (G7+D7)

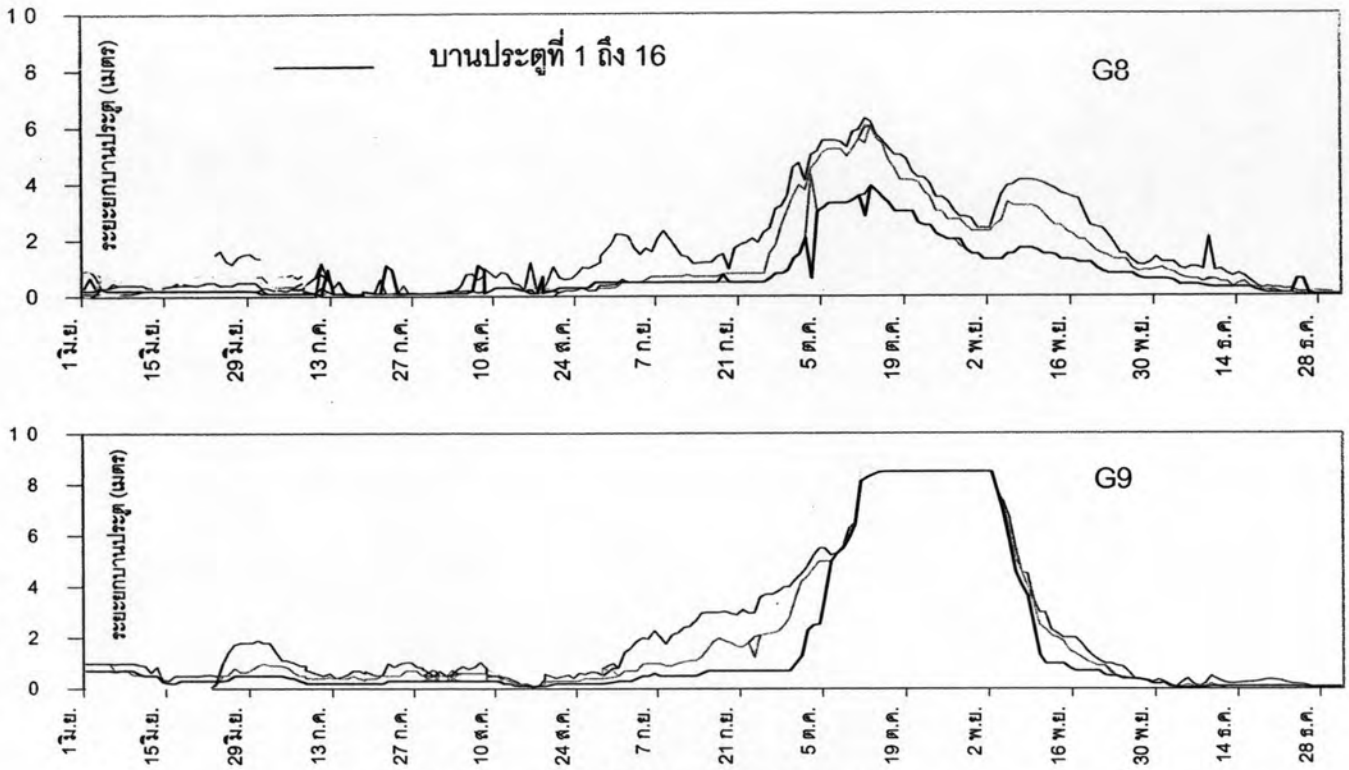
รูปที่ 5-11 กรณีศึกษาการปรับปรุงการดำเนินงานเขื่อนเจ้าพระยาแบบผสมผสานร่วมกันระหว่างการปรับปรุงการเปิดบานประตูและการผันน้ำเข้าคลองส่งน้ำ



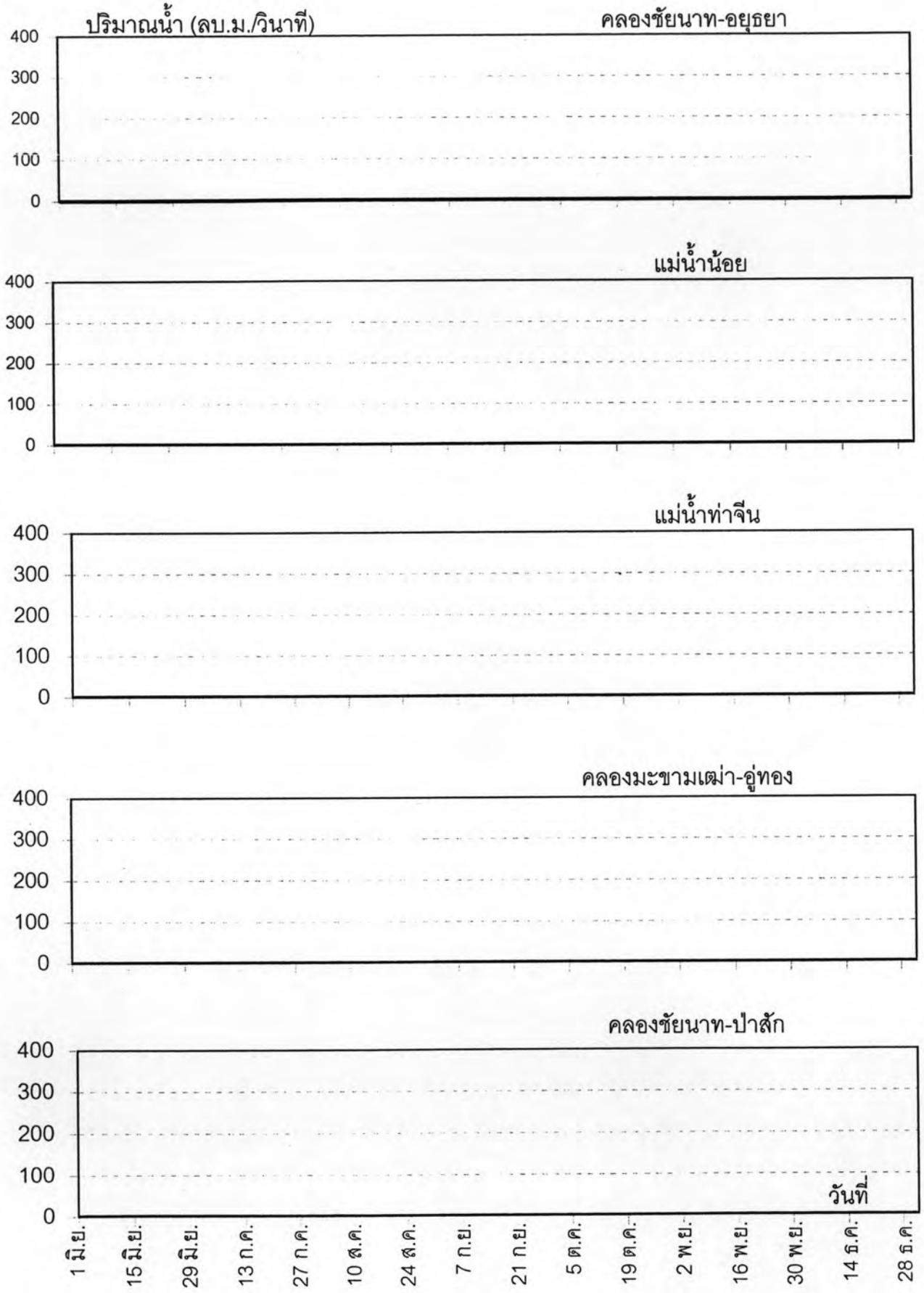
รูปที่ 5-12 (ก) การปรับปรุงการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยาในกรณีต่างๆ ด้วยข้อมูลการเปิดบานประตู (ค่าเฉลี่ย) ในปี พ.ศ.2538



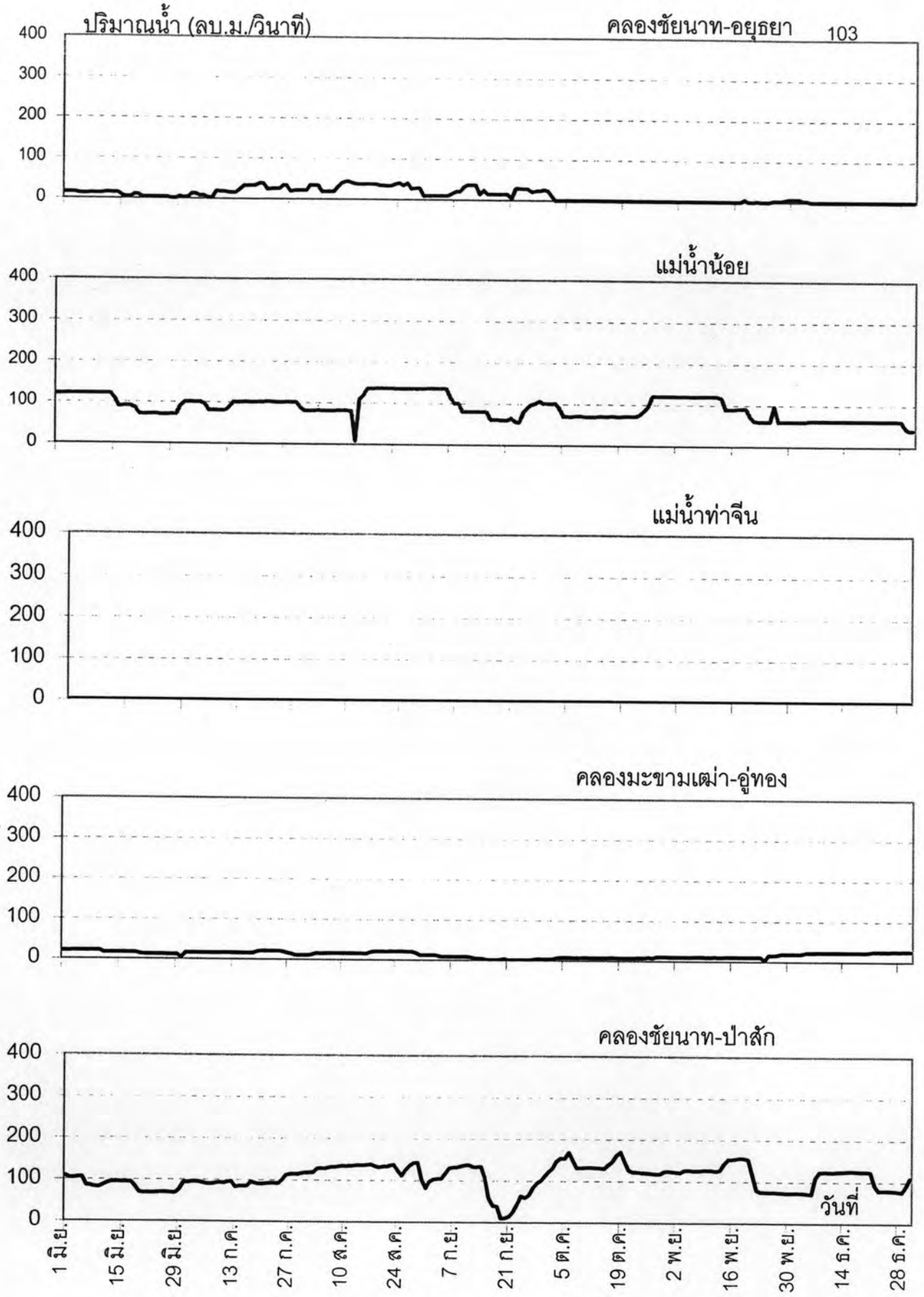
รูปที่ 5-12 (ข) การปรับปรุงการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยาในกรณีต่างๆ ด้วยข้อมูลการเปิดบานประตู (ค่าเฉลี่ย) ในปี พ.ศ.2538



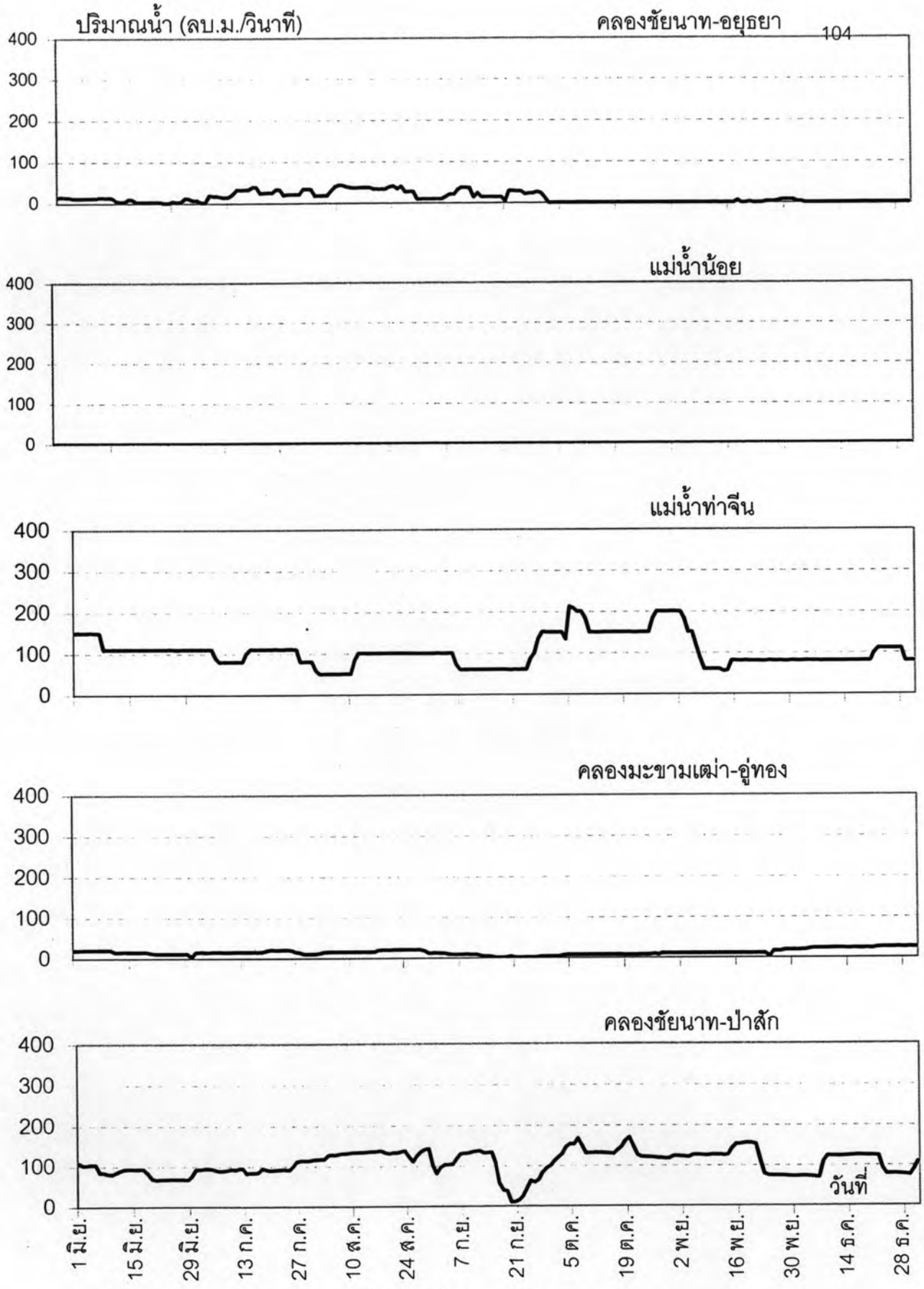
รูปที่ 5-12 (ค) การปรับปรุงการเปิดบานประตูเขื่อนเจ้าพระยาโดยใช้ข้อมูลการเปิดบานในปีน้ำน้อย (G8) และในปีน้ำมาก (G9)



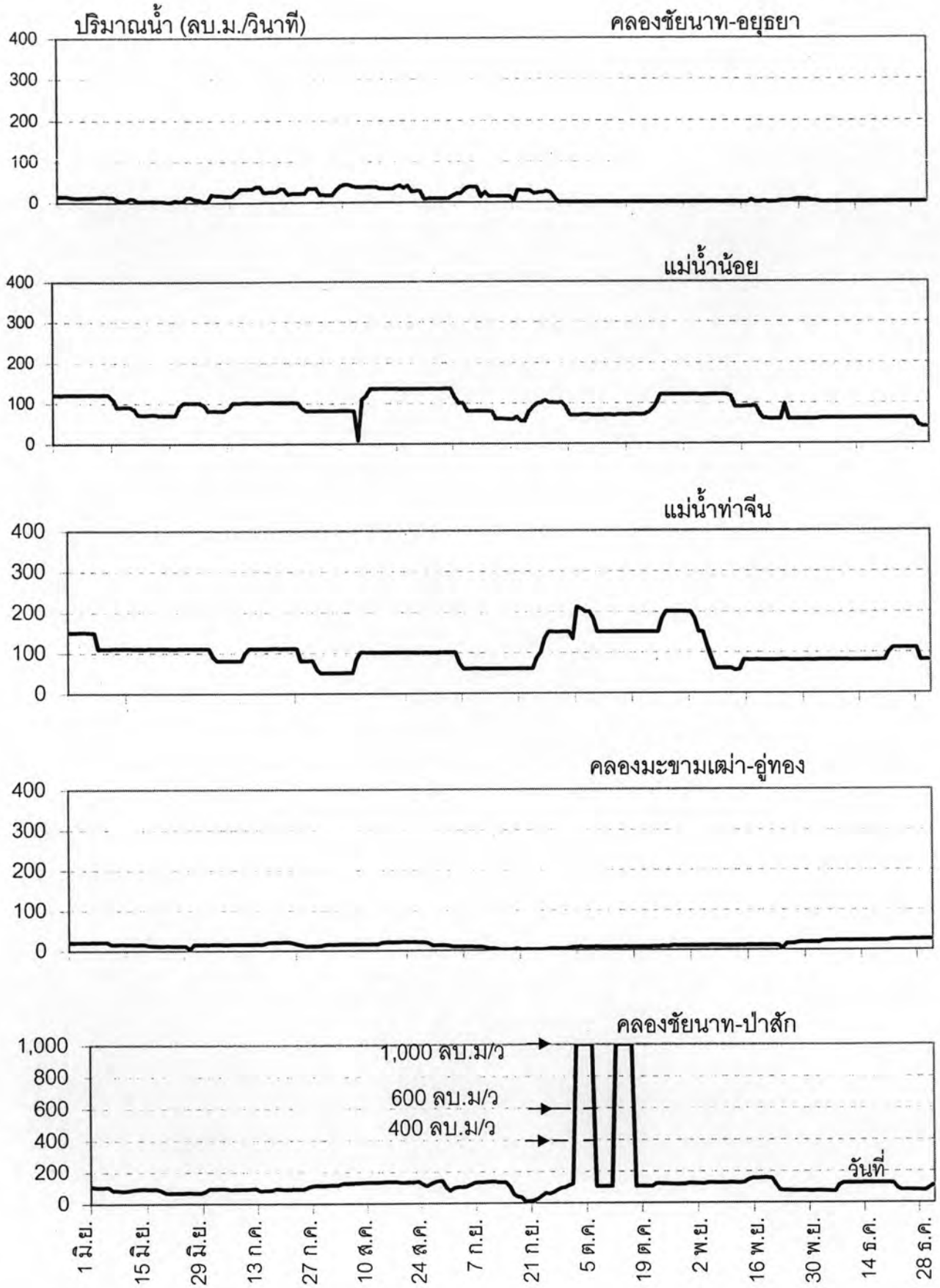
รูปที่ 5-13 (ก) D1: ไม่มีการผันน้ำในทุกคลองส่งน้ำ



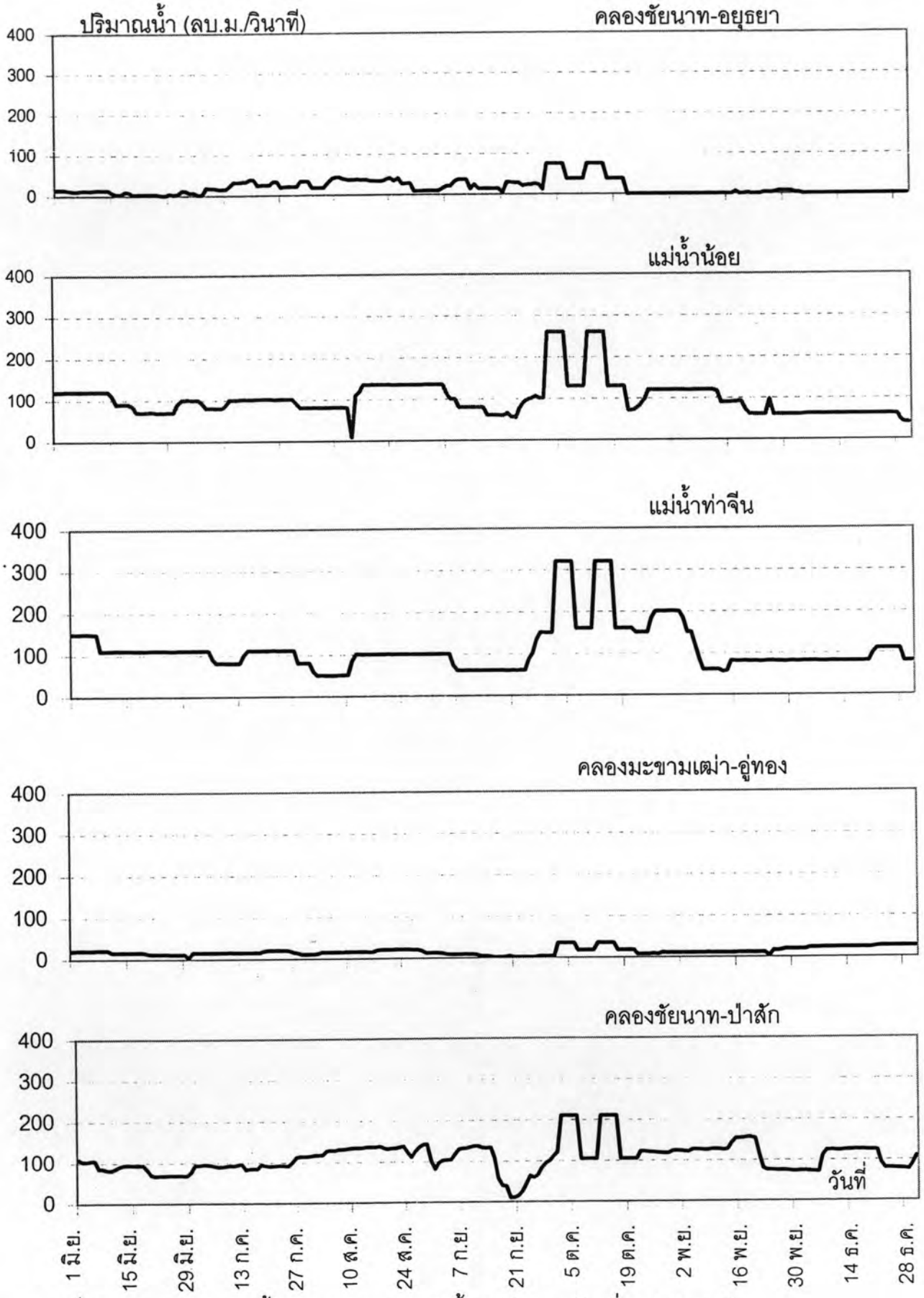
รูปที่ 5-13 (ข) D2: ไม่มีการผันน้ำเข้าแม่น้ำท่าจีน (ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ.2538)



รูปที่ 5-13 (ค) D3: ไม่มีการผันน้ำเข้าแม่น้ำน้อย (ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ.2538)

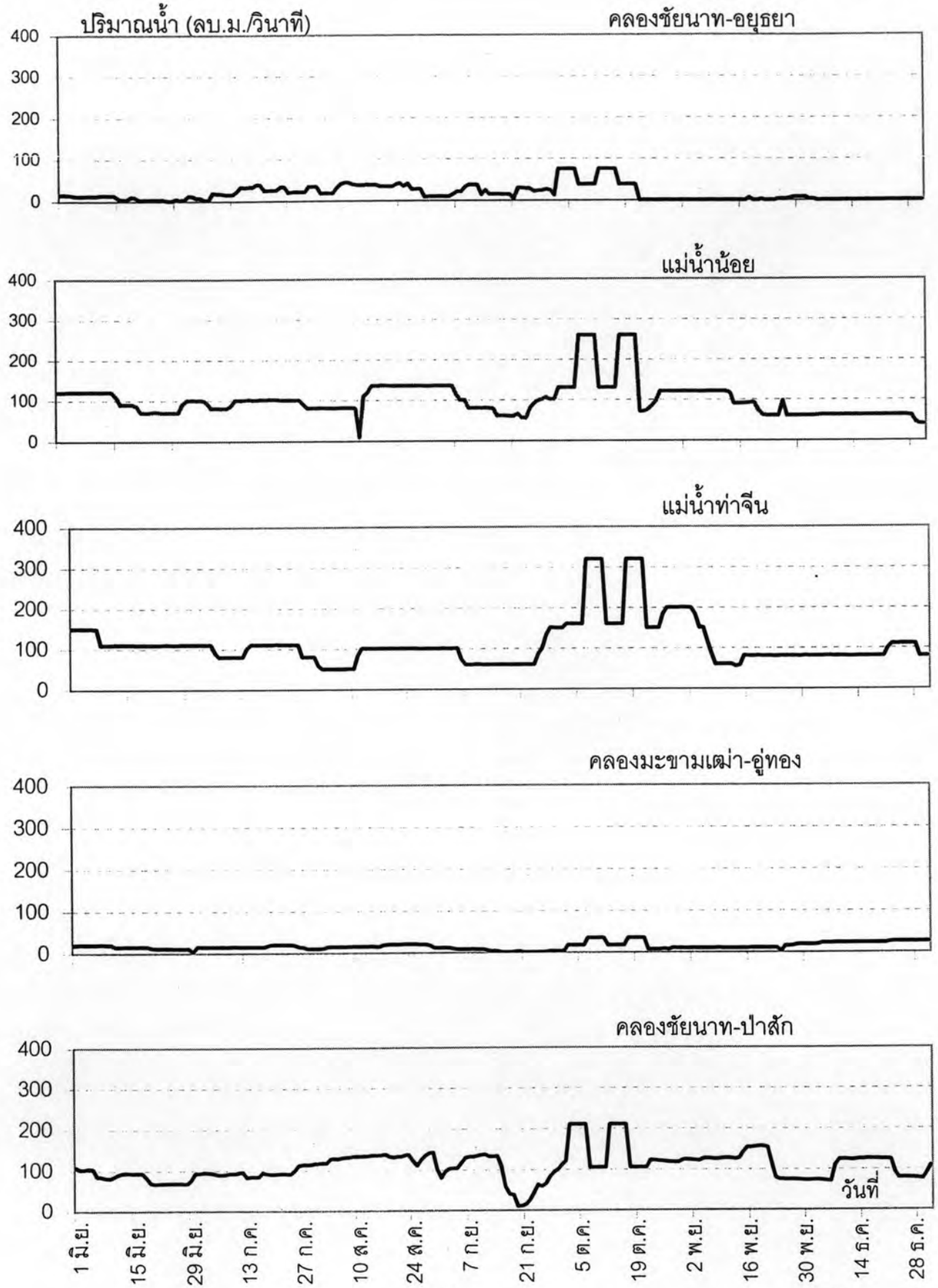


รูปที่ 5-13 (ง) D4: เพิ่มความจุคลองส่งน้ำชัยนาท-ป่าสักเป็น 400, 600 และ 1,000 ลบ.ม/ว (ปรับปรุงจากข้อมูลในปี พ.ศ.2538)

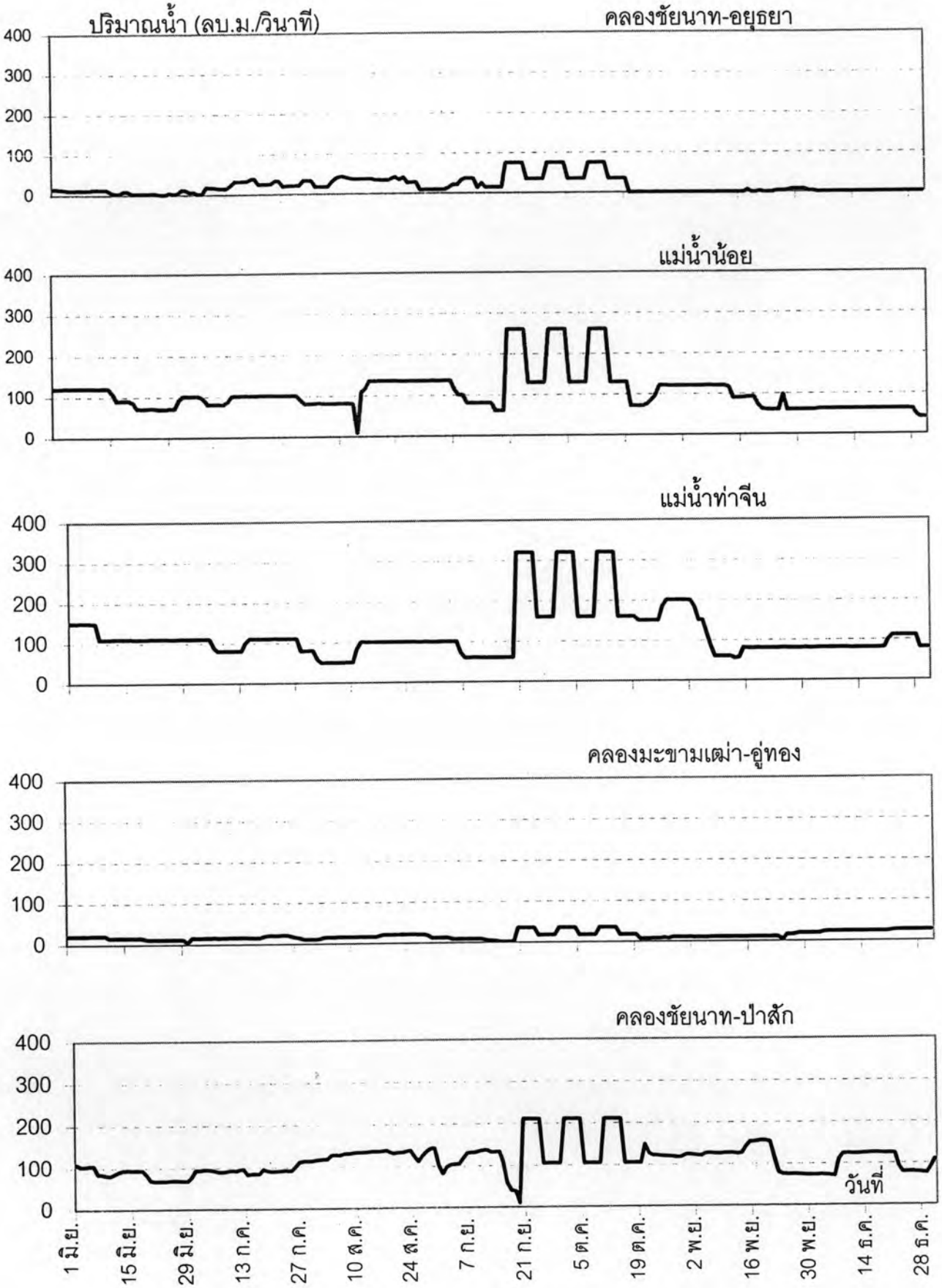


รูปที่ 5-13 (ฉ) D5: ผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และผันคืนความจุ 5 วัน

(ปรับปรุงจากข้อมูลในปี พ.ศ.2538)

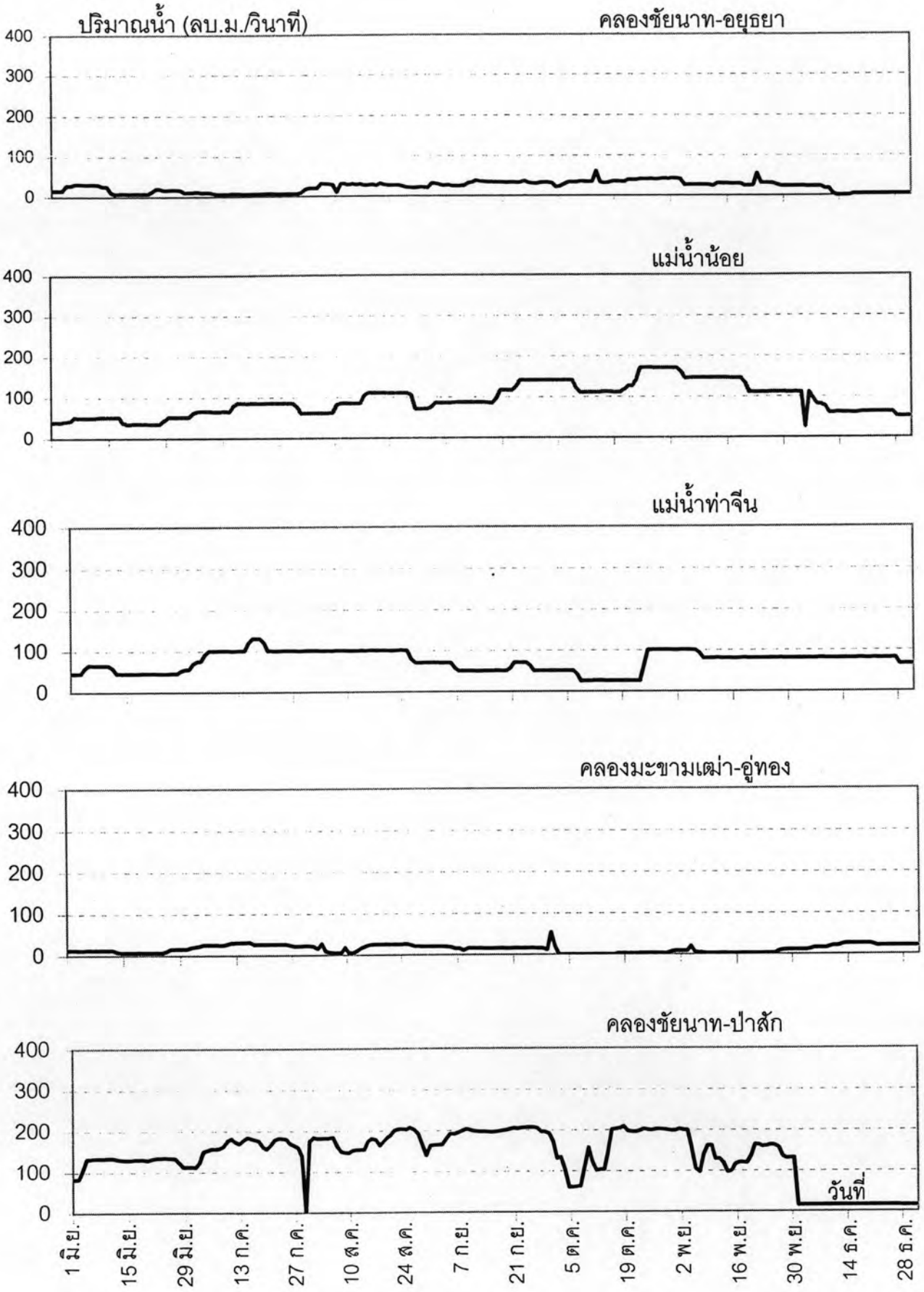


รูปที่ 5-13 (ช) D6: ผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำ 5 วัน และผันคริ่งความจุ 5 วัน แบบสลับฝั่งซ้าย-ขวา (ปรับปรุงจากข้อมูลในปี พ.ศ.2538)

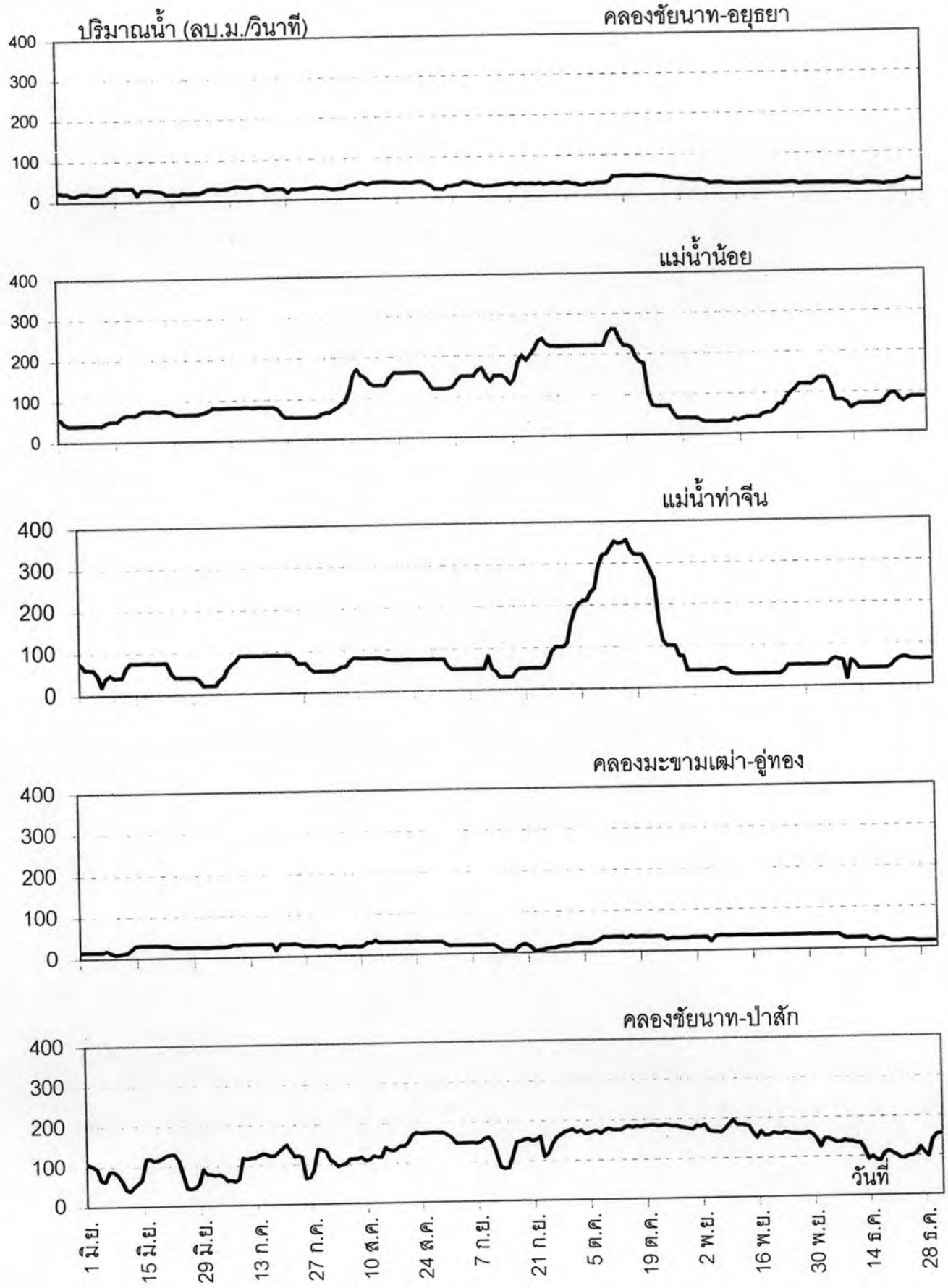


รูปที่ 5-13 (ซ) D7: ผันน้ำเต็มความจุคลองส่งน้ำก่อนเกิดน้ำหลากสูงสุด 10 วัน

(ปรับปรุงจากข้อมูลในปี พ.ศ.2538)



รูปที่ 5-13 (ฌ) D8: ผันน้ำตามรูปแบบการผันน้ำในปีน้ำน้อยกว่า (พ.ศ. 2539)



รูปที่ 5-13 (ญ) D9: ผันน้ำตามรูปแบบการผันน้ำในปีน้ำมากกว่า (พ.ศ. 2549)