



# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

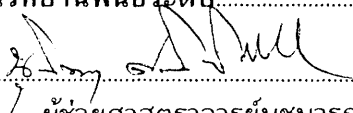
ภาควิชา

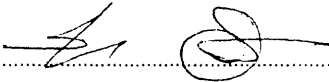
เรื่อง การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

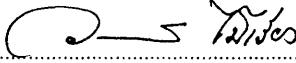
Prediction of Flood in Bang Pakhong River by RUBICON Mathematical Model

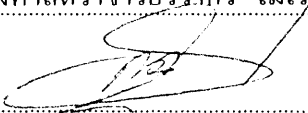
นามผู้วิจัย นางสาวรียา ผาฟองยูน

ได้พิจารณาเห็นชอบให้เป็นวิทยานิพนธ์ระดับ..... ตี

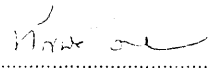
โดย ประธานกรรมการ   
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. ....)

กรรมการ.....   
(..... อาจารย์สัวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D. ....)

กรรมการ.....   
(..... รองศาสตราจารย์วรจักร ไม้เรียง, Ph.D. ....)

หัวหน้าภาควิชา.....   
(..... รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพฒ์, Ph.D. ....)

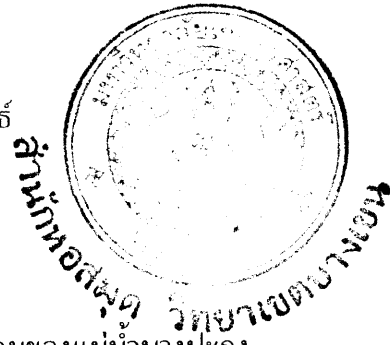
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....   
(..... ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัดตะนันท์, D.Agr. ....)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 25 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2543

วิทยานิพนธ์

เรื่อง



การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง  
โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

Prediction of Flood in Bang Pakong River  
by RUBICON Mathematical Model

โดย

นางสาววริยา ผาฟองยูน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2543

ISBN 974-461-311-4

วริยา ผาพองยูน 2543 : การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประชานกรรณการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิดานนท์, Ph.D. 143 หน้า ISBN 974-461-311-4

แม่น้ำบางปะกงมีความลาดเทของท้องน้ำต่ำทำให้น้ำทะเลหนุนเข้ามาในช่วงฤดูแล้งได้ทุกปี จึงได้มีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงขึ้นซึ่งส่งผลให้การไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไป สำหรับการจำลองและพยากรณ์สภาพการไหลของน้ำใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ที่สามารถจำลองการไหลได้ตรงกับสภาพจริงคือการไหลเป็นแบบไม่คงที่กับเวลาและสถานที่ โดยได้กำหนดจุดควบคุมด้านเหนือน้ำบนแม่น้ำปราจีนบุรีที่สถานี KCFI.3 และบนแม่น้ำนครนายกที่ ปตร.บางเม้า ส่วนจุดควบคุมด้านท้ายน้ำอยู่ที่ปากแม่น้ำ ซึ่งถูกควบคุมโดยการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล เนื่องจากไม่มีสถานีวัดน้ำทำเพื่อวัดปริมาณการไหลด้านข้างระหว่างจุดควบคุมด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ ดังนั้นจึงประยุกต์แบบจำลอง SSCs และเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำในการประเมินปริมาณการไหลด้านข้าง สำหรับการจำลองสภาพการไหลจำเป็นต้องมีการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) ทั้งในแม่น้ำและทุ่งน้ำท่วมของในแต่ละรูปตัดขวาง สำหรับในส่วนของวิเคราะห์ความถี่ปริมาณน้ำหลากสำหรับจุดควบคุมด้านเหนือน้ำและการไหลเข้าด้านข้างใช้การแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบลโดยพิจารณารอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 และ 50 ปี จากการศึกษาการพยากรณ์สภาพน้ำท่วมพบว่าระดับน้ำสูงสุดในสภาพหลังจากการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงสูงกว่าก่อนมีการก่อสร้างไม่มากนัก โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปีมีค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่บริเวณอำเภอบางคล้าและอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา เท่ากับ 0.17 และ 0.01 เมตร (รทก.) ตามลำดับ และพบว่าระดับน้ำท่วมสูงสุดเกิดที่บริเวณอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี เท่ากับ 4.81 เมตร (รทก.) ซึ่งส่งผลทำให้น้ำล้นคันกันน้ำด้านขวา สูงถึง 1.78 เมตร (รทก.)

มาตรการในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยประกอบด้วยการสร้างคันกันน้ำและปรับปรุงสภาพทางน้ำ โดยน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปีได้พิจารณาให้มีการขุดลอกแม่น้ำให้ลึกลงไปจากเดิมโดยเฉลี่ย 2.13 เมตรเป็นระยะทางทั้งสิ้น 142 กิโลเมตรในช่วงระหว่างอำเภอมือง จังหวัดปราจีนบุรีถึงอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ควบคู่ไปกับการสร้างคันกันน้ำและเสริมคันกันน้ำเดิมให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.25 เมตร

วริยา ผาพองยูน

ลายมือชื่อนิสิต

ศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิดานนท์

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

24 / 10 / 2543

Wariya Bhafongyoon 2000 : Prediction of Flood in Bang Pakong River by RUBICON Mathematical Model. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor : Assistant Professor Nuchanart Sriwongsitanon, Ph.D. 143 pages. ISBN 974-461-311-4

As the Bang Pakong River has a low slope of its midst, consequently, it causes seawater intrusion in every dry season. This resulted in a construction of the Bang Pakong Diversion Dam, which has effected in changing the flow of water. For the hydraulic simulation and hydraulic prediction, the RUBICON mathematical model is applied. RUBICON is a hydrodynamic model that is able to simulate the flow in accordance to the actual circumstances, which is an unsteady and nonuniform flow. Upstream control stations are situated at the KGT.3 station located on the Prachin Buri River and at the Bang Mao regulator located on the Nakorn-nayok River. Whereas a downstream control is fixed at the river entrance controlled by tidal. Since there is no gauging station to measure lateral flow between upstream and downstream boundary controls, the SCS model together with the unit hydrograph technique are applied to synthetic the lateral flow. For hydraulic simulation, it needs to calibrate and validate the model to render roughness coefficients (Manning's n) both in the channel and floodplain of each cross section. For the frequency analysis of flood volume of upstream controls and lateral inflows, the Gumbel distribution is applied by considering 2, 5, 10, 25 and 50-year return period. The study of flood prediction shows that, after the construction of the Bang Pakong Diversion Dam, the maximum water levels are quite the same. For the 50-year return period flood, there are the differences of the lowest and highest water levels at Amphur Bang Khla and Amphur Bang Pakong in Chachoengsao province equal to 0.17 and 0.01 m. (MSL.) respectively. And, it is found that the maximum flood level located at Amphur Ban Sang in Prachin Buri province, equal to 4.81 m. (MSL.). Consequently, such high flooding effected the water overwhelms the dike on its right bank up to 1.78 m. (MSL.).

Flood protection and mitigation measures include dike construction and river modification. For the 50-year return period flood, it is suggested to dredge a river by 2.13 m. deeper in average for the total distance of 142 km. along the cross section between Amphur Muang in Prachin Buri province to Amphur Ban Pho in Chachoengsao province. Together with construct the dike and heighten the existing dike by 0.25 m. in average.

Wariya Bhafongyoon

Student's signature

Dr. Nuchanart Sriwongsitanon 24 / 10 / 2000

Thesis Advisor's signature

## คำนิยม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อ.ดร.สุวัฒนา จิตตลดากร กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และ ผศ.ดร.วิพัทธ์ จินตนา ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวนามมาไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ กองอุทกวิทยา กองจัดสรรน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา นครนายก โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต กรมชลประทาน เจ้าหน้าที่กรมเจ้าท่า เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดหาข้อมูลและอุปกรณ์ ในการดำเนินการวิจัยเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ คุณโกศล สจิริวัฒนากุล ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

คุณประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบความดีทั้งปวงแด่ นายตวันศักดิ์ ผาฟองยูน (บิดา) นางจรรยา ผาฟองยูน (มารดา) ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่นั้นมา

นางสาววริยา ผาฟองยูน

ตุลาคม 2543

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	4
แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านอุทกพลศาสตร์	6
แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างโดยวิธี SCS	14
การวิเคราะห์ความถี่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด	25
ลักษณะการขึ้นลงของน้ำทะเล	26
เกณฑ์การยอมรับแบบจำลอง	28
อุปกรณ์และวิธีการ	30
อุปกรณ์	30
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	57
การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS	57
การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างโดยวิธี SCS	59
การสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON	78
การตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON	92
การวิเคราะห์จุดควบคุมท้ายน้ำ	94
การวิเคราะห์ความถี่กราฟน้ำหลาก	94
การประเมินสภาพน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง	99
แนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย	109
การประเมินสภาพการไหลในช่วงฤดูแล้ง	115

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	116
ข้อสรุป	116
ข้อเสนอแนะ	117
เอกสารอ้างอิง	119
ภาคผนวก	121
ภาคผนวก ก การจำแนกกลุ่มดินของกลุ่มน้ำบางปะกงและกลุ่มน้ำปราจีนบุรี	122
ภาคผนวก ข สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 5 วัน ของ สถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา	127
ภาคผนวก ค กราฟการตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON	133

## สารบัญญัตินี้

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะภูมิอากาศของกลุ่มน้ำปราจีนบุรี	5
2	ลักษณะภูมิอากาศของกลุ่มน้ำบางปะกง	5
3	ค่า CN สำหรับพื้นที่ที่มีชนิดดินและการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ตาม มาตรฐานที่พัฒนาโดย U.S. Department of Agriculture (1972)	19
4	เกณฑ์การแบ่งชนิดของ AMC	22
5	พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำปราจีนบุรีและแม่น้ำบางปะกง	31
6	ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ การไหลเข้าด้านข้าง	36
7	ชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา	38
8	ชื่อสถานีวัดน้ำท่าและระดับน้ำที่ใช้ในการศึกษา	40
9	ประเภทกลุ่มดินของกลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี	42
10	ค่า CN สำหรับเป็นข้อมูลคำนวณการไหลเข้าด้านข้างของ แม่น้ำบางปะกงและสาขา	43
11	อัตราส่วนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าในรูปไม่มีหน่วย สำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	45
12	แฟคเตอร์อีเอสเอสของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในการคำนวณปริมาณ การไหลเข้าด้านข้าง	47
13	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา	60
14	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในแต่ละช่วงแม่น้ำ กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ	79
15	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ	80
16	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON กรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม	80
17	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในแต่ละช่วงลำน้ำ กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำและในทุ่งน้ำท่วม	81
18	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำและกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม	93
19	การตรวจสอบผลกระทบของระดับน้ำเนื่องจากการขึ้นลงของน้ำทะเล	95



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีไม่มีเขื่อนทดน้ำบางปะกง และเงื่อนไขท้ายน้ำปี พ.ศ.2528	100
21	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีไม่มีเขื่อนทดน้ำบางปะกง และเงื่อนไขท้ายน้ำปี พ.ศ.2529	101
22	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกง	102
23	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดกรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกง	103
24	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีปรับปรุงแม่น้ำบางปะกงและสาขา	111
25	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดกรณีปรับปรุงแม่น้ำบางปะกงและสาขา	112
ตารางผนวกที่		
1	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา	128

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ที่ตั้งของกลุ่มน้ำบางปะกง	2
2	แผนภูมิจำลองระบบปฏิบัติการของแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON	9
3	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าตามทฤษฎีของ SCS	15
4	ปริมาตรสะสมระหว่าง $P$ กับ $Pe$	15
5	แสดงโค้งมาตรฐานของ $CN$ ที่สร้างขึ้นโดย SCS	17
6	แสดงค่าจำกัดความพหามิตเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ใช้วิธี SCS	23
7	แสดงชนิดของน้ำขึ้นน้ำลง (ก) น้ำคู่ (ข) น้ำเดี่ยว (ค) น้ำผสม	27
8	แผนที่แสดงขอบเขตของกลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี	33
9	แผนภูมิแสดงการจำลองสภาพการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา กรณีก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง	35
10	เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฝนสูงสุด 1 วันของจังหวัดปราจีนบุรี	39
11	เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฝนสูงสุด 1 วันของจังหวัดฉะเชิงเทรา	39
12	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง คณิตศาสตร์ RUBICON	51
13	แผนภูมิแสดงการจำลองสภาพการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา กรณีหลังการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง	56
14	กราฟแสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง SCS	57
15	กราฟแสดงผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS	58
16	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำย่อย PLSF1	66
17	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำย่อย PLT1	66
18	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำย่อย PLSF2	67
19	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำย่อย PLSF3	67
20	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำย่อย PLSF4	68
21	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำย่อย PRT1	68



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLSF5	76
38	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BRSF4	77
39	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำระหว่างวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 ที่สถานี KGT.1	82
40	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำระหว่างวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.บางชนาก	83
41	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำระหว่างวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.ท่าไช้	84
42	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำระหว่างวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.ท่าถั่ว	85
43	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำระหว่างวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.ปากตะคอง	86
44	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2540 ที่สถานี KGT.1	87
45	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.บางชนาก	88
46	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.ท่าไช้	89
47	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.ท่าถั่ว	90
48	ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.ปากตะคอง	91
49	กราฟน้ำหลากสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ที่สถานี KGT.3	97
50	กราฟน้ำหลากสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ที่ ปตร.บางเม้า	98

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม-19 กันยายน 2540 ที่สถานี KGT.1	134
2 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม-19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.บางชนาก	135
3 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม-19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.ท่าไผ่	136
4 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม-19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.ท่าถั่ว	137
5 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม-19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.ปากตะคอง	138
6 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน-29 ตุลาคม 2539 ที่สถานี KGT.1	139
7 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน-29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.บางชนาก	140
8 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน-29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.ท่าไผ่	141
9 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน-29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.ท่าถั่ว	142
10 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน-29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.ปากตะคอง	143

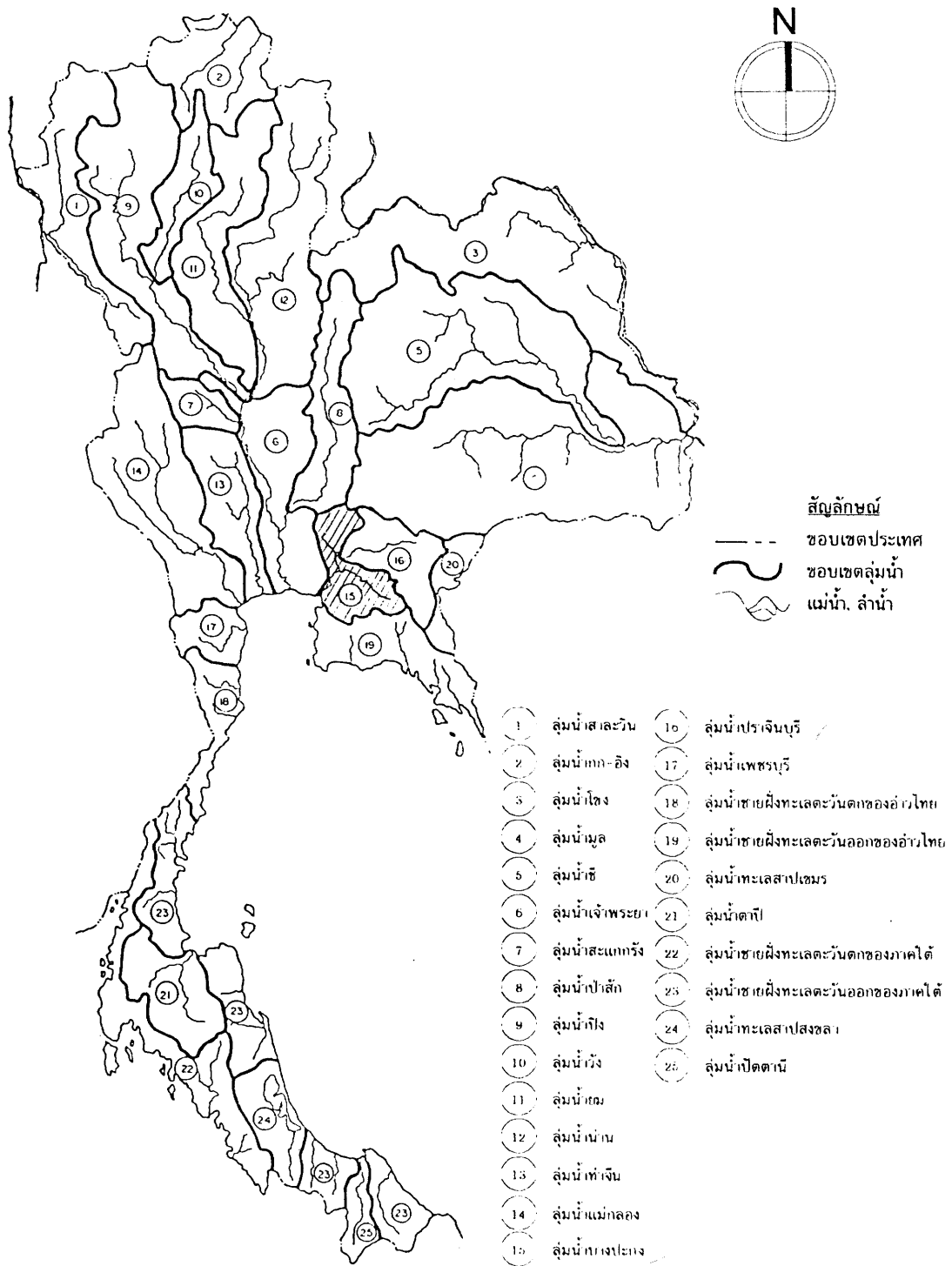
การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง  
โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

Prediction of Flood in Bang Pakong River  
by RUBICON Mathematical Model

คำนำ

ลุ่มน้ำบางปะกงเป็นลุ่มน้ำที่ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ดังแสดงในภาพที่ 1 มีแม่น้ำสำคัญ 2 สาย คือแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี แม่น้ำทั้งสองสายไหลมาบรรจบกันบริเวณตอนเหนือของอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา กลายเป็นแม่น้ำบางปะกงและไหลออกสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ความยาวของแม่น้ำบางปะกงจากจุดบรรจบแม่น้ำนครนายกกับแม่น้ำปราจีนบุรีถึงปากอ่าวไทยรวมทั้งสิ้น 122 กิโลเมตร เนื่องจากแม่น้ำบางปะกงมีความลาดเทของท้องน้ำต่ำ และช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านนำเอาอากาศแห้งแล้งและความร้อนเข้ามา จึงทำให้มีฝนตกน้อยและปริมาณน้ำไหลลงมามีน้อยมากน้ำเค็มจากน้ำทะเลจึงสามารถไหลย้อนหนุนเข้ามาในแม่น้ำบางปะกงได้ทุกปี ดังนั้นจึงมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

จากการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงทำให้มีผลกระทบทางด้านชลศาสตร์ของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งสภาวะการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้น้ำเกิดการไหลย้อนกลับ (back water) มีผลให้น้ำท่วมบริเวณพื้นที่ทางด้านเหนือของเขื่อนทดน้ำบางปะกง ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงสภาวะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จึงต้องจำลองการไหลของน้ำ (hydraulic simulation) ให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง ซึ่งในการทำ hydraulic simulation จะต้องใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สามารถวิเคราะห์สภาวะการไหลของน้ำที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงทั้งในสภาพปัจจุบันและการทำนายการเปลี่ยนแปลงในอนาคตหลังจากมีการก่อสร้างอาคารชลศาสตร์สำหรับทุก ๆ ตำแหน่งตามแนวเส้นทางไหลของน้ำ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือวางแผนป้องกันน้ำท่วมหรือผลกระทบต่าง ๆ จากการไหลของน้ำได้



ภาพที่ 1 ที่ตั้งของลุ่มน้ำบางปะกง

จากการศึกษาศักยภาพของแบบจำลองทางด้านชลศาสตร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว ได้พิจารณาเลือกแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON มาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลกระทบจากการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองทางด้านอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic) ซึ่งสามารถจำลองการไหลแบบไม่คงที่กับเวลา (unsteady flow) ในทางน้ำเปิดและทางน้ำปิด รวมทั้งผลกระทบเนื่องจากการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล (tidal effect) ซึ่งเป็นสภาพที่เกิดขึ้นในแม่น้ำบางปะกงในสภาพปัจจุบัน ดังนั้นแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON จึงมีความเหมาะสมในการทำนายสภาพการไหลในแม่น้ำบางปะกงทั้งในสภาพก่อนและหลังจากการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากเพื่อให้แน่ใจว่าการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงจะไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในบริเวณพื้นที่โครงการและบริเวณใกล้เคียง

### วัตถุประสงค์

1. ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำตามแนวแม่น้ำบางปะกง ทั้งในสภาพก่อนและหลังการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง
2. พยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมตามแนวแม่น้ำบางปะกงและสาขา สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ทั้งในสภาพก่อนและหลังการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง
3. เสนอแนะมาตรการที่เหมาะสมในการบรรเทาภาวะการเกิดน้ำท่วมตามแนวแม่น้ำบางปะกงและสาขา สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ



## การตรวจเอกสาร

### ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

#### ลักษณะภูมิประเทศ

##### 1. ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลุ่มน้ำปราจีนบุรีมีพื้นที่รับน้ำฝน 9,821 ตารางกิโลเมตร รหัสลุ่มน้ำตามคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติหมายเลข 15 ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 4 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว นครนายก และฉะเชิงเทรา มีแม่น้ำปราจีนบุรีเป็นแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำปราจีนบุรีเกิดจากแม่น้ำหุมนานและแม่น้ำพระปรังโหลมาบรรจบกันที่บริเวณ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี โดยแม่น้ำไหลจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกและไหลไปบรรจบกับแม่น้ำนครนายกที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งจุดบรรจบนี้เองเป็นจุดเริ่มต้นของแม่น้ำบางปะกง

##### 2. ลุ่มน้ำบางปะกง

ลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่รับน้ำฝน 8,679 ตารางกิโลเมตร รหัสลุ่มน้ำตามคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติหมายเลข 16 ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 5 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรี สระบุรี นครนายก ชลบุรี และฉะเชิงเทรา มีแม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำบางปะกงเกิดจากแม่น้ำปราจีนบุรีและแม่น้ำนครนายกไหลมาบรรจบกันที่บริเวณอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยแม่น้ำไหลจากทิศเหนือผ่านที่ราบลุ่มลงสู่ทิศใต้ออกทะเลที่อำเภอน้ำโสมบริเวณอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

#### ลักษณะภูมิอากาศ

##### 1. ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลุ่มน้ำปราจีนบุรีมีสถานีตรวจวัดอากาศ 2 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอเมืองปราจีนบุรี และสถานีอำเภอกบินทร์บุรี จากข้อมูลภูมิอากาศที่รวบรวมได้ทั้ง 2 สถานีนี้ สรุปช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายปีระหว่างสถานีและช่วงพิสัยรายเดือนจากทั้ง 2 สถานีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังตารางที่ 1 (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541)

ตารางที่ 1 ลักษณะภูมิอากาศของกลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ตัวแปรภูมิอากาศ	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายปี (ระหว่าง 2 สถานี)	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน (ระหว่าง 2 สถานี)
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	27.7 - 28.2	25.9 - 30.1
ความชื้นสัมพัทธ์, เปอร์เซ็นต์	72.0 - 77.0	63.5 - 84.0
ความเร็วลมเฉลี่ย, น็อต	1.8 - 1.9	1.3 - 3.0
เมฆปกคลุม, หน่วย (0-10)	6.0 - 6.1	3.0 - 8.9
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ, มม.	1,654.0 - 1,747.8	124.2 - 178.6

ที่มา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2541)

## 2. ลุ่มน้ำบางปะกง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2541) กล่าวว่าในลุ่มน้ำบางปะกงไม่มีสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จึงเลือกสถานีตรวจอากาศอำเภอเมืองชลบุรีและสถานีอำเภอเมืองปราจีนบุรีเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำบางปะกง จากข้อมูลภูมิอากาศที่รวบรวมได้ทั้ง 2 สถานีนี้สรุปช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายปีระหว่างสถานี และช่วงพิสัยรายเดือนจากทั้ง 2 สถานีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศของกลุ่มน้ำบางปะกง

ตัวแปรภูมิอากาศ	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายปี (ระหว่าง 2 สถานี)	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน (ระหว่าง 2 สถานี)
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	28.0 - 28.2	26.0 - 30.0
ความชื้นสัมพัทธ์, เปอร์เซ็นต์	72.0 - 72.0	62.5 - 80.5
ความเร็วลมเฉลี่ย, น็อต	1.9 - 3.6	2.0 - 3.6
เมฆปกคลุม, หน่วย (0-10)	5.8 - 6.0	3.3 - 8.5
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ, มม.	1,654.0 - 1,800.3	126.5 - 173.7

ที่มา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2541)

## โครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกง

โครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกงเป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาลุ่มน้ำบางปะกง โดยก่อสร้างเขื่อนน้ำปิดกั้นแม่น้ำบางปะกง เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการชลประทาน การป้องกัน การรुक้ำ ของน้ำเค็ม การบรรเทาอุทกภัย การอุปโภค-บริโภค และการจัดสรรน้ำเพื่อรองรับการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก

เขื่อนทดน้ำบางปะกงตั้งอยู่ระหว่างบริเวณบ้านไผ่เสวกและบ้านแหลมพระยาจาก ตำบลบางแก้วระหว่างอำเภอเมืองฉะเชิงเทรากับอำเภอบางคล้า มีระยะห่างจากตัวเมืองฉะเชิงเทราไปตามลำน้ำประมาณ 12 กิโลเมตร และห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง 74 กิโลเมตร โดยเขื่อนทดน้ำบางปะกงเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ตัวเขื่อนยาว 280 เมตร มีบานประตูระบายน้ำ 2 ชุด ชุดแรกสำหรับควบคุมระดับน้ำปกติประกอบด้วยบานระบายแบบ Double leaf gate จำนวน 2 บาน กว้างบานละ 30 เมตร บานล่างสูง 3.7 เมตร และบานบนสูง 7.5 เมตร สำหรับประตูระบายเพื่อการควบคุมขณะน้ำหลากเป็นบานระบายแบบ Single leaf gate จำนวน 3 บาน กว้างบานละ 30 เมตร สูง 10.3 เมตร ท่ำนปิดกั้นลำน้ำเป็นเขื่อนดินยาว 250 เมตร สูง 13 เมตร ระดับสันท่ำนบ +3.0 เมตร (รทก.) มีปริมาตรเก็บกักในแม่น้ำ 30 ล้านลูกบาศก์เมตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535) ได้ศึกษาผลกระทบด้านอุทกวิทยาในส่วน back water effect อันเนื่องมาจากการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง ด้วยการใช้แบบจำลอง HEC-2 (water surface profile) โดยแบบจำลองมีขีดจำกัดในการประยุกต์ใช้เฉพาะกรณีการไหลแบบคงที่ (steady flow) เท่านั้น ซึ่งปรากฏการณ์จริงทางชลศาสตร์ (hydraulic phenomenon) ของแม่น้ำบางปะกงเป็นลักษณะการไหลแบบไม่คงที่กับเวลา (unsteady flow) จึงทำให้ผลการวิเคราะห์สภาพการเกิดน้ำท่วมได้ค่าที่ไม่เป็นจริงจากค่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาผลกระทบทางด้านชลศาสตร์ของแม่น้ำบางปะกงด้วยการวิเคราะห์โดยวิธี hydraulic simulation เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นอย่างใกล้เคียงสภาพความจริงมากที่สุด

### แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านอุทกพลศาสตร์

#### แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) พัฒนาขึ้นโดย HASKONING BV และ Delft Engineer Software เพื่อใช้ในการศึกษาปัญหาด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ ได้แก่ การจำลองลักษณะการไหลของน้ำ การไหลแบบน้ำขึ้นน้ำลงของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำ ผลกระทบของอาคารชลศาสตร์ต่อระบบของทางน้ำ

การเคลื่อนตัวของน้ำเนื่องจากการพังทลายของเขื่อน นอกจากนี้ยังสามารถทำการจำลองการไหลแบบคงที่ (steady flow) และแบบไม่คงที่ (unsteady flow) ในระบบทางน้ำเปิด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (numerical analysis) ตามวิธีของ Preissmann's implicit finite difference เพื่อหาคำตอบของสมการ Saint Venant แบบเต็มรูปแบบ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองประกอบด้วยอนุกรมเวลาของระดับน้ำและปริมาณการไหล

สมการ Saint Venant เป็นสมการที่อธิบายการไหลของน้ำทั้งแบบคงที่และไม่คงที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทีละน้อย (gradually varied unsteady flow) ซึ่งประกอบด้วยสมการ 2 สมการ คือ สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) และสมการโมเมนตัม (momentum equation) ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad \dots\dots\dots(1)$$

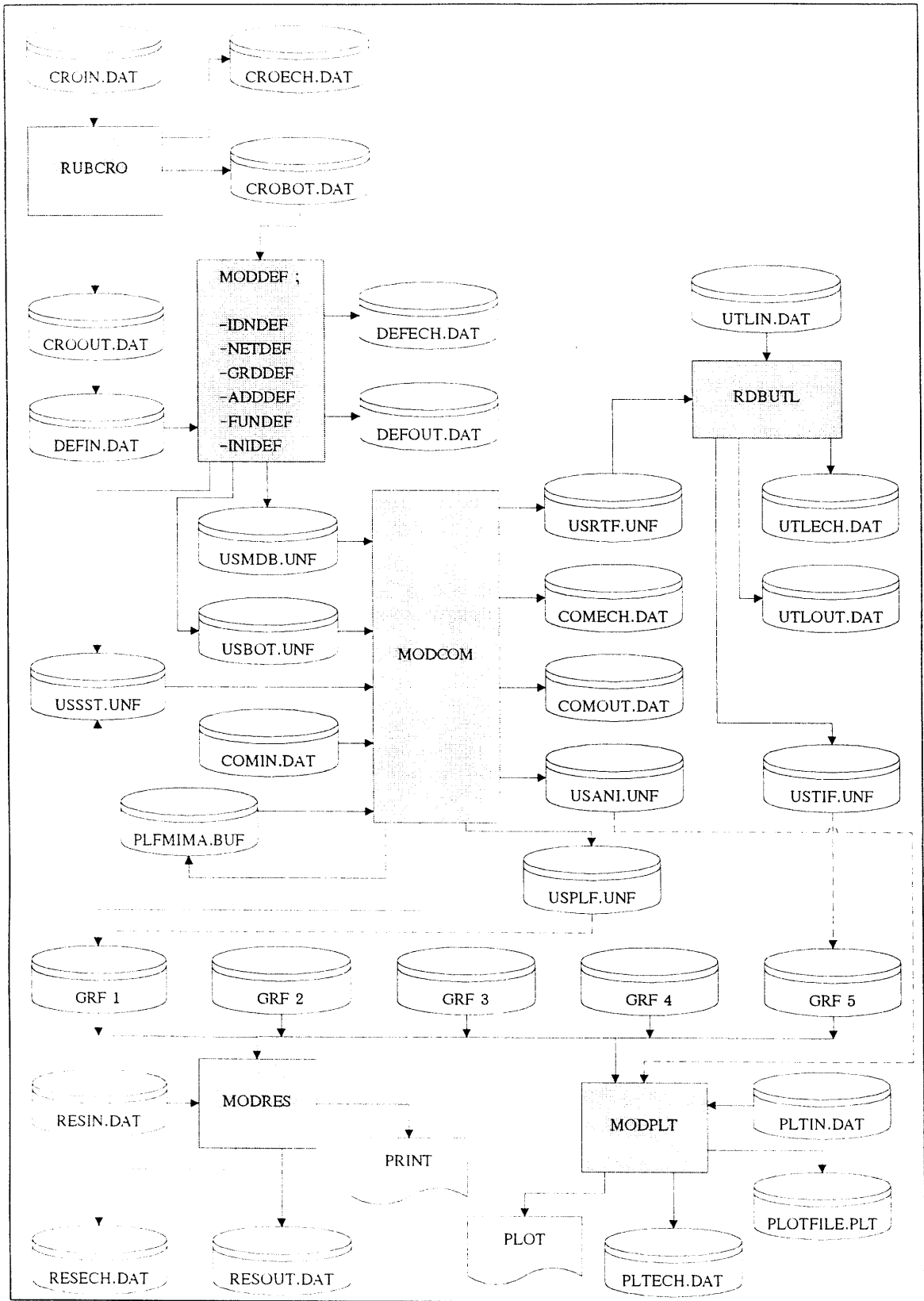
สมการโมเมนตัม (momentum equation) :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{\alpha Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

โดยที่	Q	=	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
	A	=	หน้าตัดขวางของการไหล (ตารางเมตร)
	q	=	ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (lateral inflow, ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
	h	=	ระดับน้ำเหนือจุดอ้างอิง (เมตร)
	C	=	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Chezy (เมตร <sup>1/2</sup> /วินาที)
	R	=	รัศมีไฮดรอลิกส์ หรือรัศมีของความเสียดทาน (เมตร)
	$\alpha$	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของโมเมนตัม (Momentum distribution coefficient)

แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ประกอบด้วยระบบย่อยพื้นฐาน 6 ระบบ ซึ่งแต่ละระบบย่อยสามารถดำเนินการให้เสร็จสิ้นได้ภายในตัวเอง และติดต่อสื่อสารกับระบบย่อยต่าง ๆ โดยวิธีการทำงานของไฟล์ (file) โดยระบบปฏิบัติการของแบบจำลองแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังภาพที่ 2 และระบบย่อยพื้นฐานทั้ง 6 ระบบมีดังนี้

- ระบบย่อยสำหรับนิยามของโครงสร้างแบบจำลอง (MODDEF-model definition)
- ระบบย่อยสำหรับปฏิบัติให้เป็นจริงของการจำลองสภาพการไหลด้วยแบบจำลอง (MODCOM-model computation)
- ระบบย่อยสำหรับไฟล์เฉพาะบางไฟล์ เพื่อจัดเตรียมรูปแบบของไฟล์ผลลัพธ์แบบไม่มีรูปแบบจาก MODCOM (RDBUTL-result data base utilities)
- ระบบย่อย 2 ระบบ สำหรับกรรมวิธีผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินการจำลองสภาพการไหล (MODRES-model results และ MODPLT-model plots)
- ระบบย่อยเพื่อสร้างตารางรูปตัดขวางสำหรับรวมเข้าไปใน MODDEF (RUBCRO-RUBICON cross-section generator)



ภาพที่ 2 แผนภูมิจำลองระบบปฏิบัติการของแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON  
ที่มา : Haskoning (1986)

## แบบจำลอง MIKE 11

แบบจำลอง MIKE 11 เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปพัฒนาขึ้นโดย Danish Hydraulic Institute ประเทศเดนมาร์ก แบบจำลอง MIKE 11 เพื่อการพยากรณ์น้ำมืองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. Hydrological Information System หรือ HIS module เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการประมวลผลน้ำเสนอและวิเคราะห์ time series ของข้อมูลอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยา ใช้เตรียม input ข้อมูลให้แก่แบบจำลองทั้งในส่วนของอุทกวิทยา (hydrology) และการไหลของน้ำ (hydrodynamic)

2. Rainfall-Runoff หรือ NAM module ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการไหลของน้ำจากค่าปริมาณน้ำฝน แบบจำลองในส่วนนี้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นลุ่มย่อย ๆ หลายลุ่มน้ำ ซึ่งในแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะมีตัวแปรที่พิจารณาเฉพาะลุ่มน้ำเท่านั้น

3. Hydrodynamic module หรือ HD module ส่วนนี้ประกอบด้วยการคำนวณ implicit difference ของการไหลที่ไม่อยู่ในรูปเส้นตรงทั้งในแม่น้ำและปากแม่น้ำ โดยใช้สมการ Saint Venant ในการประมาณค่าการไหลเป็นจุดพิกัด (grid point) ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่กำหนดขอบเขตเงื่อนไข ในการคำนวณส่วนนี้ใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์เกี่ยวกับแม่น้ำและพื้นที่น้ำท่วมซึ่งรวมถึงสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อชะลอการท่วมขัง เช่น การเสริมคันตลิ่ง การขุดลอกคูคลอง และการสร้างพื้นที่หน่วงน้ำ

จากการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON และแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์โดยใช้สมการ Saint Venant เป็นสมการพื้นฐานในการจำลองสภาพการไหลเช่นเดียวกัน เนื่องจากผลอนุกรมเวลาของระดับน้ำและปริมาณการไหลจากแบบจำลองทั้งสองให้ค่าที่ใกล้เคียงกันและแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองที่ไม่มุ่งเน้นในเชิงธุรกิจซึ่งสามารถหาใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ในการทำวิจัยครั้งนี้

## แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

### แบบจำลอง Tank (Tank Model)

แบบจำลอง Tank (Tank Model) พัฒนาขึ้นโดย Dr. M. Sugawara นักวิจัยของ National Research Centre for Disaster Prevention ประเทศญี่ปุ่น ลักษณะของแบบจำลองเป็นแบบ black-box ซึ่งมีวิธีการคำนวณแบบ explicit รูปแบบของแบบจำลองเรียกว่า serial storage

type model ใช้เพื่อการพยากรณ์น้ำสำหรับโครงการด้านแหล่งน้ำต่าง ๆ โดยใช้ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ.2499 ลักษณะของ tank ที่ใช้ในแบบจำลองนั้นจะมีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น บริเวณที่ชุ่มชื้นจะประกอบด้วย tank 1 ชุด (ชุดละ 4 ใบ) เรียงตัวตามแนวตั้ง ส่วนบริเวณที่ไม่ชุ่มชื้นจะประกอบด้วย tank หลายชุด (ชุดละ 4 ใบ) เรียงตัวตามแนวตั้งขนานกัน ซึ่งหมายความว่าบริเวณนี้มีการระเหยตัวของน้ำสูงในขณะที่การดูดซึมและการไหลที่ชั้นผิวดินมีน้อย

### **แบบจำลอง SSARR (The Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation Model)**

แบบจำลอง SSARR พัฒนาขึ้นโดย Mr. D. Speers แห่ง Corps of Engineers, Portland, Oregon, U.S.A. ใช้สำหรับการพยากรณ์น้ำและการเตือนระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ใช้ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ.2500 แบบจำลองนี้สามารถใช้กับลุ่มน้ำใด ๆ ก็ได้ที่มีค่าความเปลี่ยนแปลงของเวลา (t) อยู่ระหว่าง 0.1 ชั่วโมง กับ 1 วัน สามารถพยากรณ์ได้ 3-4 วันล่วงหน้า สำหรับเหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากฝนและ 10 วันสำหรับเหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากหิมะละลาย และยังคาดการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ 30-40 วันล่วงหน้า ข้อมูลที่ใช้สำหรับการปฏิบัติการพยากรณ์ประจำวันประกอบด้วยปริมาณอุณหภูมิต่ำระดับต่าง ๆ ที่ทำให้หิมะละลาย พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกหิมะปกคลุม น้ำระเหยประจำวันจากผิวน้ำ ระเหยหรือค่าน้ำระเหยเฉลี่ยรายเดือน ตารางความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (rating table) บริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้คือระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในบริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับเวลา (hydrograph) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ รายวัน

จากการศึกษาแบบจำลอง Tank และ SSARR พบว่าเป็นแบบจำลองที่ต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานมาก โดยในการวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลอง SCS ในการประมาณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน ซึ่งจะกล่าวในส่วนต่อไป

### **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

#### **การพยากรณ์น้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์**

DHI และ AIT (1993) ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการทำ flood modelling ของลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูลให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อการทำนายปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนปากมูล และดำเนินงานเขื่อนให้เป็นไปตามเงื่อนไขระดับน้ำที่ต้องการในตัวเขื่อน ถึงแม้ว่าเงื่อนไขทางด้านชลศาสตร์ของแม่น้ำมูลตอนล่างมีความซับซ้อนเนื่องจากมีน้ำตกขนาดเล็กจำนวนมาก แต่ปัญหานี้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 สามารถแก้ไขได้ ทั้งยังสามารถจัดการในการดำเนินงานเขื่อนโดยใช้ข้อมูลที่เป็นเวลาจริงของการเกิดฝนตกได้



โดยการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนและระดับน้ำอัตโนมัติภายในพื้นที่ 13,000 ตารางกิโลเมตรเหนือเขื่อนปากมูล ผลจากการทำนายปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนปากมูลโดยใช้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และข้อมูลจากแบบจำลองจะใช้ดำเนินงานในการปล่อยน้ำของเขื่อนปากมูลเพื่อป้องกันน้ำท่วม

วัชร (2538) ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำอุ้งตะเภา เพื่อทำการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม ณ สถานีหาดใหญ่ โดยทำการปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ ในลุ่มน้ำทั้งในส่วนของ NAM (NAM parameters) เพื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา (hydrograph) และส่วนของ hydrodynamic ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำ จนกระทั่งระดับน้ำและปริมาณน้ำที่คำนวณจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าสำรวจวัดมากที่สุด หลังจากนั้นนำค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ไปทดลองใช้ในการพยากรณ์จนกระทั่งผลการพยากรณ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับสำหรับการพยากรณ์ประจำวัน

นุชนารถ (2540) ศึกษาสถานะน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 เพื่อจำลองเลียนแบบสภาวะการเกิดอุทกภัยของตัวเมืองเชียงใหม่และบริเวณใกล้เคียง โดยการศึกษาสถานะน้ำท่วมนี้ได้วิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2537 จำนวน 2 เหตุการณ์ ซึ่งประกอบด้วยกราฟน้ำหลากขนาดเล็กที่มีการไหลเฉพาะในแม่น้ำ และกราฟน้ำหลากขนาดใหญ่ที่มีการไหลล้นตลิ่งลงสู่ทุ่งน้ำท่วม จากการสอบเทียบแบบจำลองแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำหลากที่ได้จากการบันทึกข้อมูลเข้ากันได้ดีเป็นที่ยอมรับได้ กับกราฟน้ำหลากที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ผลจากการสอบเทียบแบบจำลองจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ทั้งในแม่น้ำและทุ่งน้ำท่วม ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาแนวทางป้องกันและแผนการบรรเทาอุทกภัยที่เหมาะสมต่อการเกิดอุทกภัยในแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ สำหรับแนวทางป้องกันและแผนการบรรเทาอุทกภัยนั้นมีหลายทางเลือก เช่น การปรับปรุงสภาพแม่น้ำให้ลึกหรือกว้างขึ้นเพื่อเพิ่มความจุของแม่น้ำ การสร้างคันกันน้ำเพื่อป้องกันการไหลล้นตลิ่ง และการผันน้ำ

Poomthaisong (1997) ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 และ HEC-5 ในการควบคุมสภาพการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำกกและลุ่มน้ำอิง โดยใช้ rainfall-runoff model ในการหา local flow ด้านเหนือน้ำของลุ่มน้ำ่านและใช้ hydrodynamic model ในการจำลองการไหลของน้ำในแม่น้ำ่าน โดยการจำลองการไหลของน้ำแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือกรณีการผันน้ำจากแม่น้ำอิงผ่านแม่น้ำ่านลงสู่เขื่อนสิริกิติ์และกรณีการผันน้ำจากแม่น้ำ่านลงสู่อ่างเก็บน้ำ และใช้ HEC-5 ในการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมการเกิดน้ำท่วม โดยเปรียบเทียบผลกระทบจากการจำลองการไหลของน้ำทั้ง 2 กรณีผลการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำในอนาคตเพื่อควบคุมน้ำท่วมสามารถลดขนาดของน้ำท่วมได้

Kawinpoomstan (1998) พยากรณ์การเกิดน้ำท่วมของกลุ่มน้ำยมโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 และประยุกต์ผลการพยากรณ์การเกิดน้ำท่วมในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ เพื่อนำไปทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมบริเวณจังหวัดแพร่และจังหวัดสุโขทัย การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจำแนกออกเป็น 3 รูปแบบ คือ รูปแบบแรกพิจารณาตามลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศ โดยการเสี่ยงภัยน้ำท่วมถูกประเมินค่าจากค่าน้ำตามธรรมชาติ และเส้นทางการไหลของลำน้ำเก่า รูปแบบที่สองพิจารณาข้อมูลน้ำท่วมในอดีต โดยการเสี่ยงภัยน้ำท่วมถูกประเมินค่าจากข้อมูลความเสียหายของเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต และรูปแบบสุดท้ายพิจารณาจากแบบจำลองอุทกศาสตร์และแบบจำลองชลศาสตร์ในการหาพื้นที่น้ำท่วมความลึกและช่วงเวลา อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในแต่ละรูปแบบจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เงื่อนไขของพื้นที่ ข้อมูลที่แปรเปลี่ยนและความต้องการต่าง ๆ โดยในการหาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์จะให้ความถูกต้องในการหาพื้นที่น้ำท่วม ความลึกและช่วงเวลาการเกิดน้ำท่วมได้ดีที่สุด แต่ขั้นตอนในการดำเนินงานและการเก็บรวบรวมข้อมูลมีความยุ่งยาก รวมทั้งการใช้เวลาและงบประมาณในการดำเนินงานมากกว่า 2 รูปแบบแรกที่กำลังกล่าวถึง

มนตรี (2542) ประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปทุมภูมิของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาในอาณาเขตของกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เพื่อนำมาใช้ในการจำลองสภาพ (simulation) จากนั้นได้ทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองซึ่งผลจากการปรับเทียบได้ระดับน้ำที่จุดควบคุมต่าง ๆ ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากสนาม จากนั้นประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปทุมภูมิเดิมในกรณีการใช้ที่ดินในสภาพปัจจุบันและอนาคต (ปี พ.ศ.2559) ผลการศึกษาพบว่าระบบระบายน้ำในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษายังสามารถรองรับปริมาณฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี ได้โดยไม่เกิดน้ำท่วม ส่วนกรณีการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ.2559 โดยมีฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี จะเกิดน้ำท่วมทั้งพื้นที่ศึกษา

### วิเคราะห์ความถี่ของปริมาณน้ำหลาก

Sabur (1982) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีความเป็นไปได้ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์น้ำหลากด้วยหลักสถิติของการเกิดของแม่น้ำในประเทศไทย และได้สรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้ จากการเปรียบเทียบทฤษฎีความเป็นไปได้ 4 วิธีคือ ทฤษฎีกัมเบล ทฤษฎีล็อกนอร์มอลแบบสองพารามิเตอร์ ทฤษฎีเพียร์สันประเภทสาม และทฤษฎีล็อกเพียร์สันประเภทสาม สรุปได้ว่าถ้าใช้ Kolmogorov-Smirnov test เป็นมาตรฐานการเปรียบเทียบทฤษฎีกัมเบล และล็อกนอร์มอล ซึ่งมีเพียงสองพารามิเตอร์จะเหมาะสมที่สุด แต่ถ้าใช้ Chi-square test เป็นมาตรฐานการเปรียบเทียบพบว่าทฤษฎีกัมเบลจะเด่นที่สุด และไม่ว่าจะใช้เกณฑ์มาตรฐานการเปรียบเทียบวิธีใดก็ตามทั้งทฤษฎีเพียร์สันประเภทสามและทฤษฎีล็อกเพียร์สันประเภทสาม ซึ่งต่างก็มีสามพารามิเตอร์ก็ไม่

แสดงความเหมาะสมดีกว่าทฤษฎีที่มีสองพารามิเตอร์แต่อย่างใด และได้แนะนำทฤษฎีแกมเบลในการวิเคราะห์การเกิดน้ำหลากด้วยหลักสถิติการเกิดสำหรับแม่น้ำในประเทศไทย

นุชนารถ (2531) ศึกษาการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ปริมาณน้ำหลาก โดยการคำนวณหาปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีแล้วนำมาทำการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ด้วยวิธีแกมเบล และนำไปหาความสัมพันธ์โดยพิจารณาทั้งลุ่มน้ำรวมในทุกภาคของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสองส่วนคือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยโดยทั่วไปแล้วจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไป ซึ่งแสดงว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี

จากการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ความถี่ของปริมาณน้ำหลากที่ผ่านมา สรุปได้ว่าทฤษฎีแกมเบลซึ่งมีสองพารามิเตอร์มีความเหมาะสมสำหรับแม่น้ำในประเทศไทย และในการวิจัยครั้งนี้ได้นำทฤษฎีดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ปริมาณน้ำหลากของพื้นที่ศึกษา

### การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างโดยวิธี SCS

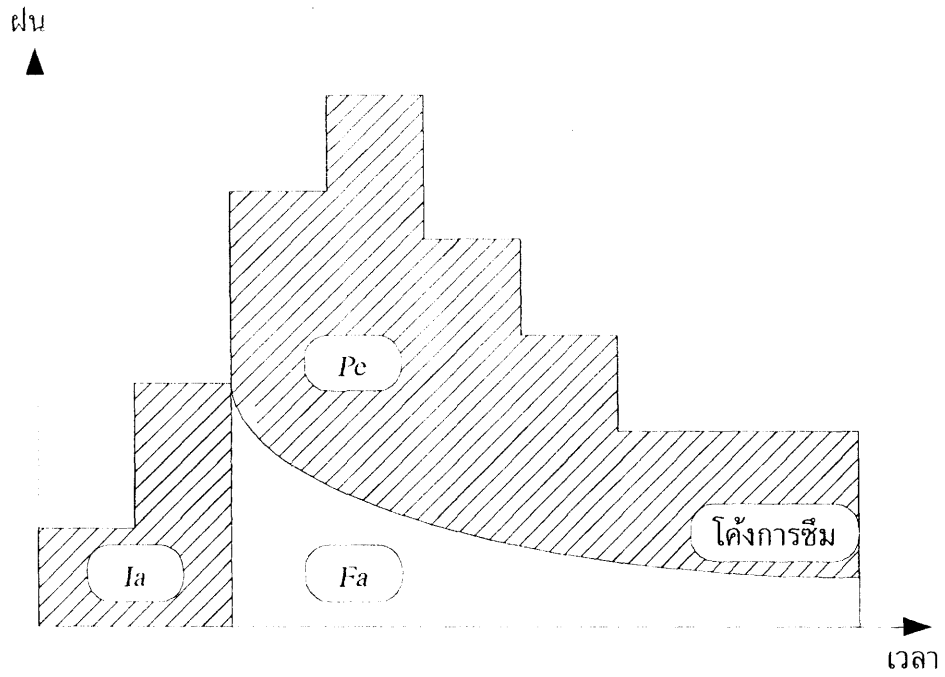
U.S. Department of Agriculture (1972) เป็นหน่วยงานหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ทำการศึกษเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil Conservation Service; SCS) และได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า จนกระทั่งพัฒนาเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝน ในการออกแบบกราฟน้ำท่าวมจากข้อมูลน้ำฝนโดยใช้วิธี SCS (Soil Conservation Service) ทำได้โดยการประยุกต์ใช้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) ที่หาโดยวิธี SCS กับพายุฝนส่วนที่เป็นน้ำท่าผิวดินหรือส่วนที่เรียกว่า direct runoff ที่หาโดยวิธี SCS เพื่อให้ได้กราฟน้ำท่าผิวดิน จากนั้นนำกราฟน้ำท่าผิวดินไปบวกกับการไหลพื้นฐาน (base flow) ก็จะได้กราฟน้ำท่าหลาก (flood hydrograph) โดยมีขั้นตอนดังนี้

#### 1. การหาปริมาณการไหลโดยตรง (direct runoff)

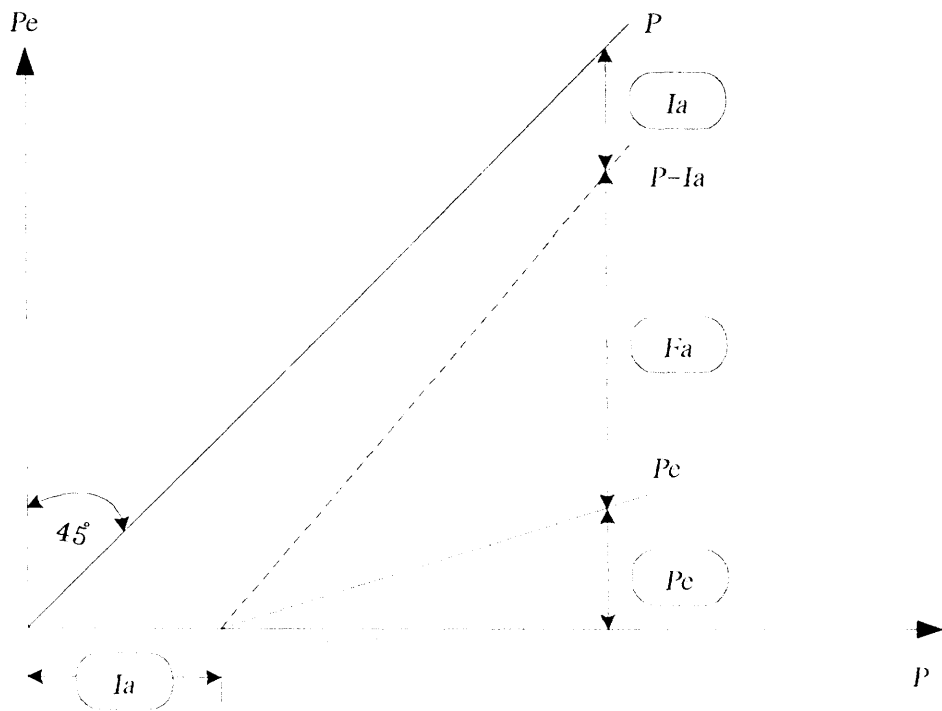
ฝน (rainfall ;  $P$ ) ที่ตกลงมา จะถูกแยกออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการไหลโดยตรง (direct runoff ;  $P_e$ ) ส่วนที่สองเป็นการซึมลงดิน (infiltration ;  $F_a$ ) และส่วนสุดท้ายเป็นการสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction ;  $I_a$ ) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง  $P$ ,  $P_e$ ,  $I_a$  และ  $F_a$  แสดงได้ดังภาพที่ 3 และแสดงเป็นปริมาตรสะสมของ  $P$  กับ  $P_e$  ได้ดังภาพที่ 4 โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการสมดุลย์ของมวลน้ำ (water balance) ดังนี้

$$P = P_e + I_a + F_a \quad \dots\dots\dots(3)$$

สำนักชลประทาน  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าตามทฤษฎีของ SCS  
 ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)



ภาพที่ 4 ปริมาตรสะสมระหว่าง  $P$  กับ  $Pe$   
 ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

นอกจากนี้ยังได้พัฒนาวิธีการคำนวณหาการสูญเสียของฝน เพื่อนำไปหาปริมาณการไหลโดยตรงโดยใช้วิธี Curve Number (CN) ซึ่งในการพัฒนาได้รวบรวมข้อมูลฝนและข้อมูลการไหลโดยตรง แล้วนำข้อมูลปริมาณการไหลโดยตรงสะสมพล็อตกับปริมาณฝนสะสมจะได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 5 ซึ่งพบว่าปริมาณการไหลโดยตรงจะเริ่มมีหลังจากที่ฝนตกแล้วช่วงเวลาหนึ่ง ปริมาณฝนที่สูญเสียก่อนที่จะมีการไหลออกโดยตรง เรียกว่า การสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction,  $I_a$ ) โดยมีสมมุติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพายุฝนกับการไหลโดยตรง ดังนี้

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad \dots\dots\dots(4)$$

โดยที่  $S$  = ศักยภาพการสูญเสียสูงสุด (potential maximum retention) ซึ่งหมายถึง ปริมาตรเก็บกักสูงสุดของดินที่เหลืออยู่ (available maximum void storage) ที่สามารถอุ้มน้ำได้อีก โดยค่า  $S$  นี้จะรวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วย

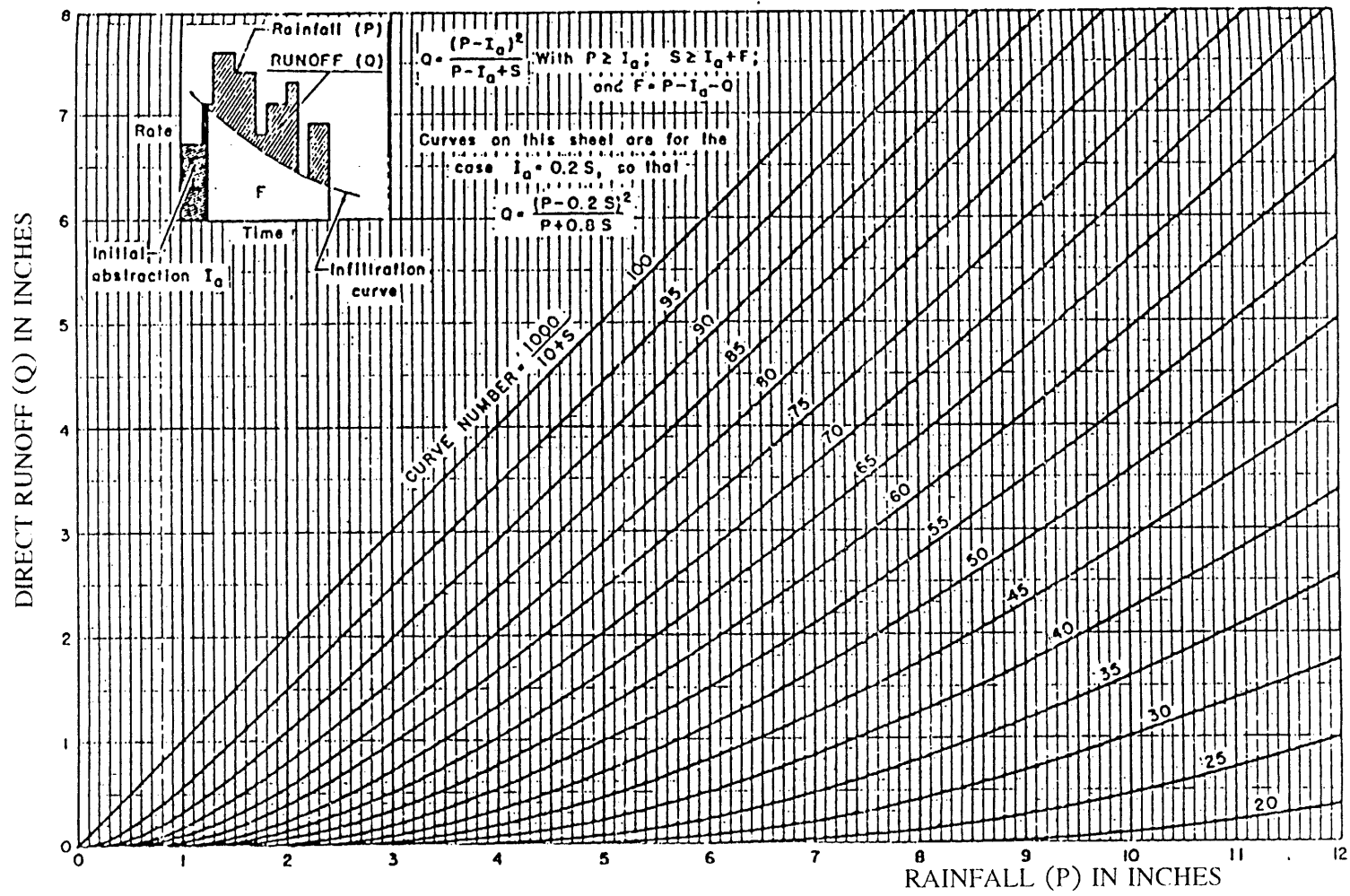
จากความสัมพันธ์ของสมการที่ (3) และสมการที่ (4) จะได้

$$P_e = 0 \quad ; P \leq I_a \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad ; P > I_a \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$F_a = 0 \quad ; P \leq I_a \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S} \quad ; P > I_a \quad \dots\dots\dots(8)$$



ภาพที่ 5 แสดงโค้งมาตรฐานของ CN ที่สร้างขึ้นโดย SCS  
 ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

โดยที่

$$CN = \frac{1000}{(S + 10)} \dots\dots\dots(9)$$

สำหรับค่า CN สามารถประมาณได้ตามตารางที่ 3 ซึ่งแสดงค่า CN ในกรณี  $Ia = 0.2S$  ที่สัมพันธ์กับชนิดของดิน (soil type) และลักษณะการใช้ที่ดิน (land use) โดยมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (hydrologic soil group) แบ่งออกเป็น

- กลุ่ม A เป็นดินที่มีอัตราการซึมลงดินสูง มีการระบายน้ำดี มีศักยภาพในการเกิดการไหลโดยตรงต่ำมาก ส่วนมากประกอบด้วยทรายและกรวด
- กลุ่ม B เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง ดินประเภทนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง
- กลุ่ม C เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำ มีการระบายน้ำต่ำ ดินประเภทนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด
- กลุ่ม D เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำมาก มีการระบายน้ำต่ำมาก มีศักยภาพในการเกิดการไหลตรงค่อนข้างสูง

สิ่งปกคลุม (cover) คือสิ่งต่าง ๆ ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วย

- ลักษณะการใช้ที่ดิน (land use)
- การรักษาหน้าดิน (land treatment) จะเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง แบ่งออกเป็นทำการเพาะปลูกเป็นแถวตรง (straight-row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวค้อยตามระดับพื้นที่ (contoured) การทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (terraced)

ตารางที่ 3 ค่า CN สำหรับพื้นที่ที่มีชนิดดินและการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่พัฒนา  
โดย U.S. Department of Agriculture (1972) กรณี  $Ia = 0.2S$

การใช้ประโยชน์ ที่ดิน	สิ่งปกคลุม ลักษณะกิจกรรม	สถานภาพ ที่ดิน	ประเภทของกลุ่มดิน			
			A	B	C	D
การพักดิน (fallow)	แถวตรง (straight row)	-	77	86	91	94
การปลูกพืช เป็นแถว (row crops)	แถวตรง	ไม่ดี (poor)	72	81	88	91
	แถวตรง	ดี (good)	67	78	85	89
	แถวค้อยตามระดับ (contoured)	ไม่ดี	70	79	84	88
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	65	75	82	86
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได (contoured and terraced)	ไม่ดี	66	74	80	82
การปลูกพืช เมล็ดเล็ก ๆ (small grain)	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ดี	62	71	78	81
	แถวตรง	ไม่ดี	65	76	84	88
	แถวตรง	ดี	63	75	83	87
	แถวค้อยตามระดับ	ไม่ดี	63	74	82	85
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	61	73	81	84
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ไม่ดี	61	72	79	82
การปลูกพืช หมุนเวียน (rotation meadow)	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ดี	59	70	78	81
	แถวตรง	ไม่ดี	66	77	85	89
	แถวตรง	ดี	58	72	81	85
	แถวค้อยตามระดับ	ไม่ดี	64	75	83	85
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	55	69	78	83
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ไม่ดี	63	73	80	83
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ดี	51	67	76	80



ตารางที่ 3 (ต่อ)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	สิ่งปกคลุม		ประเภทของกลุ่มดิน				
	ลักษณะกิจกรรม	สถานภาพที่ดิน	A	B	C	D	
ทุ่งหญ้า สำหรับปศุสัตว์ (pasture)		ไม่ดี	68	79	86	89	
		พอใช้ (fair)	49	69	79	84	
		ดี	39	61	74	80	
		แถวค้อยตามระดับ	ไม่ดี	47	67	81	88
		แถวค้อยตามระดับ	พอใช้	25	59	75	83
		แถวค้อยตามระดับ	ดี	6	35	70	79
ทุ่งหญ้า (meadow)		ดี	30	58	71	78	
ป่าไม้ (wood land or forest)		ไม่ดี	45	66	77	83	
		พอใช้	36	60	73	79	
		ดี	25	55	70	77	
ที่นาซึ่งมีโรงเรือน (farmsteads)		-	59	74	82	86	
ถนน (streets and roads) :							
		ไม่ลาดผิวหน้า (dirt)	72	82	87	89	
		มีผิวหน้า ขอบทางและวางระบายน้ำฝน	98	98	98	98	
		กรวด-ลูกรัง (gravel)	76	85	89	91	
ที่พักอาศัย (residential) :							
		65% ของส่วนที่บ้น้ำ	77	85	90	92	
		30% ของส่วนที่บ้น้ำ	57	72	81	86	
		20% ของส่วนที่บ้น้ำ	51	68	79	84	
ลานจอดรถตาดผิว, หลังคา			98	98	98	98	

ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

สภาพอุทกวิทยา (hydrologic condition) แบ่งออกเป็น

- สภาพเลว (poor) มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์
- สภาพปานกลาง (fair) มีพืชปกคลุมพื้นที่ระหว่าง 50-75 เปอร์เซ็นต์
- สภาพดี (good) มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use classification) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- พื้นที่ป่า (wood, forest)
- พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture)
- พื้นที่โล่งเตียนและพื้นที่อยู่อาศัย (bareland & residential)
- พื้นที่ที่เป็นน้ำ (water body)

นอกจากเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีเงื่อนไขความชื้นในดินก่อนหน้า (antecedent moisture content ; AMC) ซึ่งกำหนดให้ความชื้นในดินมีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขความชื้นในดินก่อนหน้า โดยพิจารณาปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน รวมทั้งพิจารณาช่วงฤดูการเพาะปลูกด้วย โดยได้แบ่ง AMC ออกเป็น 3 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 4

สำหรับค่า CN ที่กำหนดในตารางที่ 3 นั้น เป็นค่า CN ในกรณีของ AMC II เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่า CN ให้อยู่ในกรณีเดียวกันกับ AMC ในกรณีต่าง ๆ ตามเงื่อนไขความชื้นในดินก่อนหน้าที่คำนวณได้ โดยในการปรับค่า CN คำนวณได้ดังสมการที่ (10) และ (11)

$$CN I = \frac{CN II}{(2.281 - 0.0128CN II)} \dots\dots\dots(10)$$

$$CN III = \frac{CN II}{(0.427 - 0.00573CN II)} \dots\dots\dots(11)$$

ตารางที่ 4 เกณฑ์การแบ่งชนิดของ AMC

AMC	ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน			
	ฤดูไม่มีการเพาะปลูก		ฤดูเพาะปลูก	
	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
AMC I (ความชื้นต่ำ)	< 0.5	< 12.7	< 1.4	< 35.6
AMC II (ความชื้นเฉลี่ย)	0.5-1.1	12.7-27.9	1.4-2.1	35.6-53.3
AMC III (ความชื้นสูง)	> 1.1	> 27.9	> 2.1	> 53.3

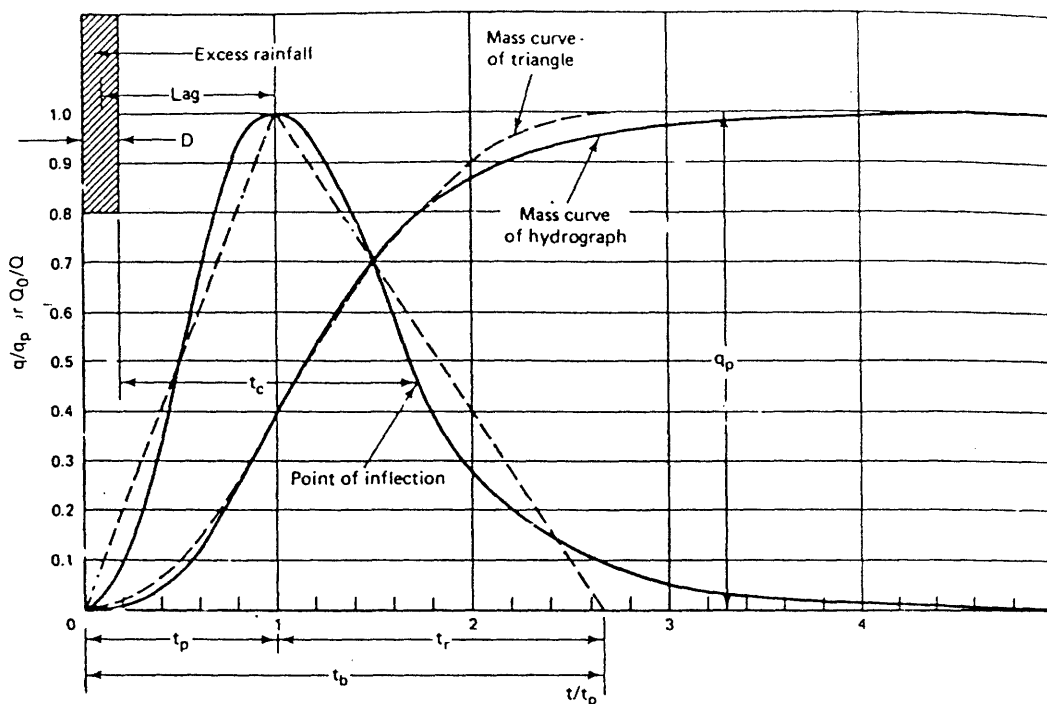
ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

## 2. การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS

ในการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธีของ SCS ทำได้โดยคำนวณหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) จากกราฟน้ำท่าไร้มิติ (dimensionless hydrograph) ของลุ่มน้ำที่ศึกษา ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรง (direct runoff) ที่เกิดจากพายุฝนคำนวณโดยใช้ระบบ Curve Number (CN) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะและชนิดของดิน (soil type) การใช้ที่ดิน (land use) ความลาดเทของผิวดิน ตลอดจนความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตก (antecedent moisture conditions) โดยแนะนำให้ใช้ความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตกชนิด AMC II โดยมีวิธีการดังนี้

1. คำนวณหาค่า Watershed lag ; L ซึ่งเป็นระยะเวลาจากศูนย์กลางของฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ถึงเวลาที่จุดสูงสุด (peak) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 6 โดยค่า L มีหน่วยเป็นชั่วโมง จากสมการ

$$L = \frac{I^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{1900y^{0.5}} \dots\dots\dots(12)$$



ภาพที่ 6 แสดงคำจำกัดความพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ใช้วิธี SCS  
ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

- เมื่อ  $L$  = Watershed lag (ชั่วโมง)
- $l$  = ความยาวของทางน้ำของพื้นที่รับน้ำฝน (ฟุต)
- $S$  = คัดยสูญเสียดสูงสุด (ฟุต)
- $= \frac{1000}{CN} - 10$
- $CN$  = Runoff Curve Number ของลุ่มน้ำ
- $y$  = ความลาดเทเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำ (%)

2. คำนวณหาค่าเวลาน้ำท่าเข้มข้น (Time of concentration ;  $t_c$ ) มีหน่วย เป็นชั่วโมง

จากสมการ

$$t_c = \frac{L}{0.6} \dots\dots\dots(13)$$

3. คำนวณหาค่าช่วงเวลา (duration) ของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย (unit rainfall excess) มีหน่วยเป็นชั่วโมง จากสมการ

$$D = 0.133 t_c \quad \dots\dots\dots(14)$$

4. คำนวณหาเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (time to peak) มีหน่วยเป็นชั่วโมง จากสมการ

$$t_p = \frac{D}{2} + L \quad \dots\dots\dots(15)$$

5. คำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak discharge) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จากสมการ

$$q_p = \frac{484AQ}{t_p} \quad \dots\dots\dots(16)$$

เมื่อ  $A$  = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางไมล์)

$Q$  = ความลึกของน้ำท่าผิวดิน = 1 นิ้วสำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย

6. นำค่า  $t_p$  และ  $q_p$  ที่ได้จากการคำนวณไปคูณกับค่าอัตราส่วนของกราฟ น้ำท่าหนึ่งหน่วยไร้มิติ (dimensionless unit hydrograph) ก็จะได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph)

### 3. การสร้างกราฟน้ำท่ารวมด้วยกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

วีระพล (2531) ได้กล่าวว่าเมื่อทำการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแล้วต่อไปก็นำไปประยุกต์กับพายุฝนส่วนเกิน (rainfall excess) เพื่อคำนวณกราฟน้ำท่ารวมต่อไป ในบางครั้งพายุฝนส่วนเกินที่คำนวณได้อาจมีช่วงเวลาของฝนไม่ตรงกับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปรับช่วงเวลาของฝนหรือกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเสียก่อน การปรับช่วงเวลาดังกล่าวสามารถทำได้ 2 วิธี คือ (1) เปลี่ยนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าให้มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของพายุฝนส่วนเกินแล้วนำไปประยุกต์กับพายุฝนส่วนเกิน และ (2) ทำการแบ่งพายุฝนส่วนเกินออกเป็นช่วง ๆ โดยให้แต่ละช่วงมีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า จากนั้นประยุกต์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ากับแต่ละช่วงของฝนที่แบ่งจนครบและให้แต่ละช่วงเกิดห่างกัน (time lag) เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า จากนั้นก็นำผลของ direct runoff แต่ละช่วงมารวมกันตามเวลาเกิดก่อนหลังเป็น direct runoff รวมจากพายุฝนส่วนเกินทั้งหมด เมื่อประยุกต์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไปใช้กับ

พายุฝนส่วนเกินแล้วก็จะคำนวณกราฟน้ำท่าของ direct runoff จากนั้นนำกราฟน้ำท่าของ direct runoff ไปบวกกับการไหลพื้นฐาน (base flow) ก็จะได้กราฟน้ำหลาก (flood hydrograph) ตามต้องการ

สำหรับพายุฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องมีการคำนวณค่าแฟคเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ (Area Rainfall Reduction Factor, ARF) เพื่อให้ปริมาณฝนที่พิจารณามีความถูกต้อง เมื่อนำ ARF ไปคูณกับปริมาณน้ำฝนก็จะได้ปริมาณฝนแบบ Areal rainfall โดยค่า ARF คำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$ARF = 1 - \exp(-1.1D^{0.25}) + \exp(-1.1D^{0.25} - 0.01A) \dots\dots\dots(17)$$

โดยที่            D = ช่วงเวลาของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย (ชั่วโมง)  
                     A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางไมล์)

**การวิเคราะห์ความถี่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด**

การวิเคราะห์ความถี่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (frequency analysis of flood peak) โดยแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล (Gumbel distribution) วีระพล (2531) กล่าวว่าทฤษฎีกัมเบล เป็นวิธีที่น่าสนใจ และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์น้ำหลากด้วยหลักสถิติการเกิดในลำน้ำของประเทศไทย โดยทั่ว ๆ ไปแล้วข้อมูลสถิติน้ำท่วมสูงสุดรายปีของสถานีต่าง ๆ มีไม่มากนัก การใช้ทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่มีพารามิเตอร์ 2 ตัวจะให้ผลดีกว่า หรือมีโอกาสผิดพลาดได้น้อยกว่าทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่มีพารามิเตอร์มากกว่า 2 ตัวขึ้นไป การประมาณหาค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎีกัมเบลทำได้ไม่ยากนัก โดยมีสมการดังนี้

สมการทั่วไปของการแจกแจงความถี่กัมเบล (Gumbel distribution) มีดังนี้

$$P(Q \leq q) = e^{-e^{-\left(\frac{Q-u}{\alpha}\right)}} \dots\dots\dots(18)$$

สมการการคำนวณขนาดน้ำหลากสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ย มีดังนี้

$$Q_{T_r} = \bar{Q} - 0.45 S_Q - 0.7797 S_Q \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \dots\dots\dots(19)$$

โดยที่	$Q_{T_r}$	=	ขนาดน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณา
	$\bar{Q}$	=	ค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (mean) ของขนาดน้ำหลาก
	$S_Q$	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของขนาดน้ำหลาก
	$T_r$	=	รอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณา

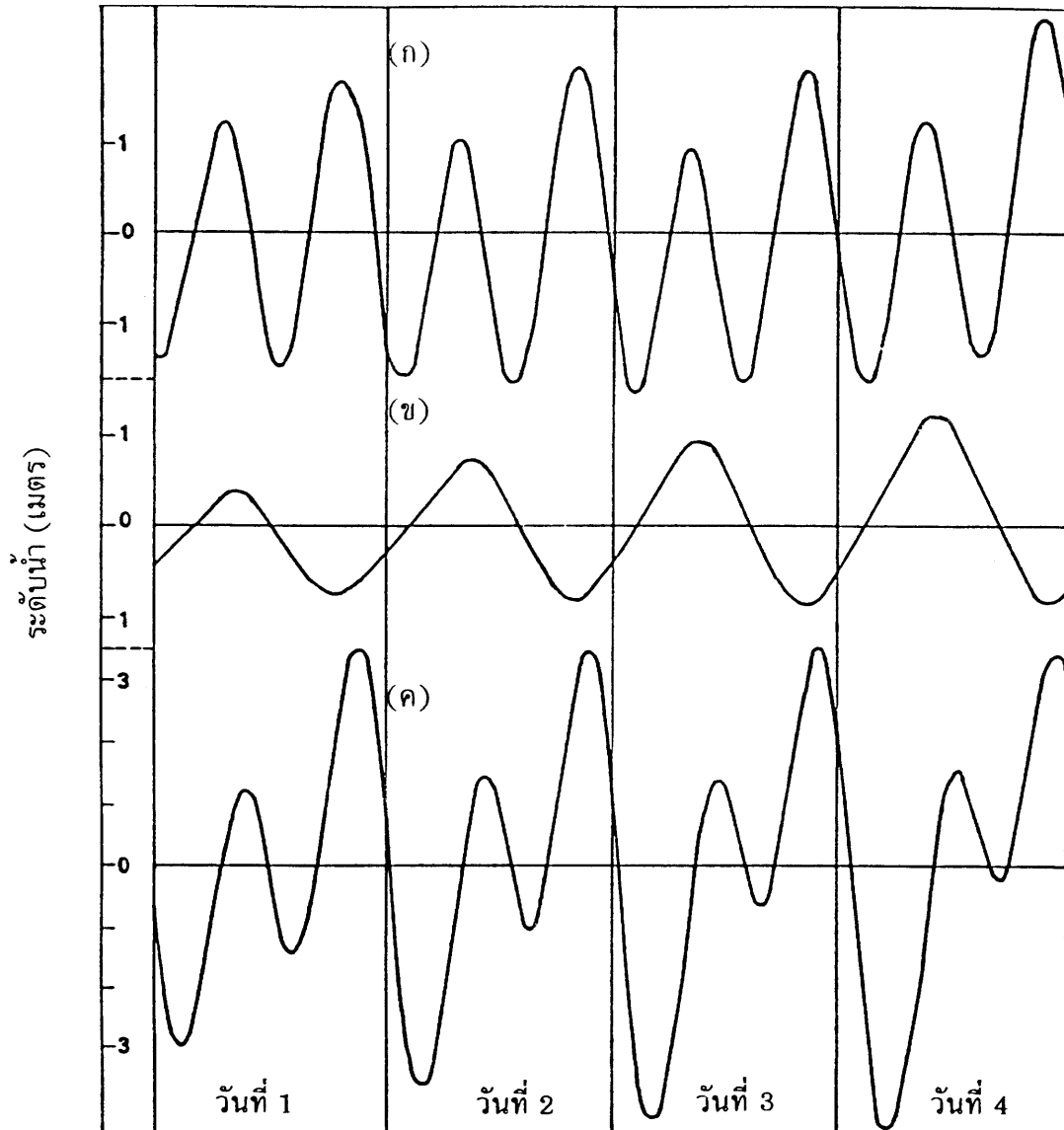
### ลักษณะการขึ้นลงของน้ำทะเล

การเกิดน้ำขึ้นลงบนโลกเป็นผลมาจากแรงดึงดูดระหว่างดวงอาทิตย์กับโลกและดวงจันทร์กับโลก แรงดึงดูดระหว่างโลกกับดาวนพเคราะห์ดวงอื่น ๆ มีผลน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้ การหมุนตัวของโลกรอบตัวเองและเอียงทำมุมกับวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์โคจรรอบโลกมีความสำคัญอย่างมากในการศึกษาเรื่องน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ทางดาราศาสตร์ระหว่างดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก น้ำขึ้นน้ำลงในมหาสมุทร (oceanic tides) สามารถเรียกได้เป็นน้ำขึ้นน้ำลงเนื่องจากดวงดาว (astronomical tides) (สุริยา, 2534)

ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงไม่ได้สูงขึ้นหรือต่ำลงในอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ จากน้ำลงต่ำสุดที่แรกจะค่อย ๆ สูงขึ้นช้า ๆ ก่อนด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มคงที่ราว 3 ชั่วโมง เมื่ออัตราการเพิ่มมีค่าสูงสุด การสูงขึ้นจะค่อย ๆ ลดอัตราเร็วลงไปอีก 3 ชั่วโมงต่อมา จนถึงน้ำขึ้นสูงสุดการสูงขึ้นของน้ำก็จะหยุดลง ส่วนน้ำลงก็เกิดคล้ายกันคืออัตราของการลดเริ่มเร็วก่อนอย่างคงที่ราว 3 ชั่วโมงหลังจากน้ำสูงสุด เมื่ออัตราของการลดถึงค่าสูงสุดจะค่อย ๆ ลดลงราว 3 ชั่วโมงจนถึงน้ำลงต่ำสุด

การสูงขึ้นและต่ำลงของน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานที่ใด ๆ มีลักษณะหลายอย่างที่แตกต่างกันตามที่ตั้งต่าง ๆ ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด แสดงดังภาพที่ 7 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. น้ำคู่ (semidaily tides) คือน้ำขึ้นน้ำลงที่มีวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงเกิดครบรอบในครึ่งวัน หรือใน 1 วันมีน้ำขึ้น 2 ครั้งและน้ำลง 2 ครั้ง ซึ่งในวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง 2 รอบในแต่ละวันต้องคล้ายกัน นั่นคือน้ำขึ้นน้ำลงตอนเช้าและตอนบ่ายต้องไม่แตกต่างกันมากนัก วัฏจักรของน้ำขึ้นน้ำลงใช้เวลา 12.42 ชั่วโมง
2. น้ำเดี่ยว (daily tides) คือน้ำขึ้นน้ำลงที่มีน้ำขึ้น 1 ครั้งและน้ำลง 1 ครั้งใน 1 วัน สำหรับน้ำขึ้นน้ำลงชนิดนี้การสูงขึ้นและการต่ำลงแต่ละครั้งจะเกิดในคาบ 24.83 ชั่วโมง
3. น้ำผสม (mixed tides) คือน้ำขึ้นน้ำลงที่มีน้ำขึ้น 2 ครั้งและน้ำลง 2 ครั้งใน 1 วัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างน้ำขึ้นทั้งสองหรือระหว่างน้ำลงทั้งสองใน 1 วัน น้ำผสมเกิดจากส่วนผสมของน้ำคู่และน้ำเดี่ยว



ภาพที่ 7 แสดงชนิดของน้ำขึ้นน้ำลง (ก) น้ำคู้ (ข) น้ำเตี้ยว และ (ค) น้ำผสม  
ที่มา : สุริยา (2534)



ผลการศึกษาคุณลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงชายฝั่งทะเลบริเวณด้านอ่าวไทยและทะเลอันดามันภาคใต้ของประเทศไทย สรุปว่าลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณอ่าวไทยเป็นน้ำเดี่ยวและน้ำผสมและมีความผันแปรของระดับน้ำตามระนาบเกณฑ์น้อยมาก

**เกณฑ์การยอมรับแบบจำลอง**

การเปรียบเทียบกลุ่มของข้อมูลสองกลุ่ม เพื่อยอมรับข้อมูลทั้งสองกลุ่มเข้ากันได้ เป็นไปในแนวเดียวกัน สามารถใช้เกณฑ์ในการยอมรับ (fitting criteria) ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) มีสมการดังต่อไปนี้

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Q}_{oi} - \bar{Q}_c)(\bar{Q}_{ci} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{Q}_{oi} - \bar{Q}_c)^2 \sum_{i=1}^n (\bar{Q}_{ci} - \bar{Q}_c)^2}} \dots\dots\dots(20)$$

โดยที่

n	=	ลำดับที่ของข้อมูล
$\bar{Q}_{oi}$	=	ค่าเฉลี่ยลำดับที่ i ของข้อมูลจากการบันทึก
$\bar{Q}_{ci}$	=	ค่าเฉลี่ยลำดับที่ i ของข้อมูลจากการคำนวณ
$\bar{Q}_c$	=	ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของข้อมูลจากการคำนวณ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 (-1 < r < 1) ซึ่งถ้าค่า r เป็นบวกแสดงว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เป็นแบบปฏิภาคโดยตรง คือค่ากลุ่มที่หนึ่งเพิ่มค่ากลุ่มที่สองก็เพิ่ม ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า r เป็นลบแสดงว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เป็นแบบปฏิภาคผกผันคือค่ากลุ่มที่หนึ่งเพิ่มค่ากลุ่มที่สองจะลดลง ถ้าค่า r เข้าใกล้ 0 แสดงว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันน้อยมาก โดยทั่วไปแล้วในด้านอุทกวิทยากำหนดค่า r ควรมากกว่า 0.65 (วีระพล, 2531) จึงจะถือว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์กันเป็นที่ยอมรับได้

2. ค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (sum of squares of differences) มีสมการดังต่อไปนี้

$$\epsilon_Q = \sum_{i=1}^n (Q_{ci} - Q_{oi})^2 \quad \dots\dots\dots(21)$$

โดยทั่วไปแล้วค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง ( $\epsilon_Q$ ) มีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ตามค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสองนี้ควรมีค่าน้อยโดยการเปรียบเทียบกับขนาดของข้อมูลที่พิจารณา

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ 32 บิต พร้อม hard disk, math co-processor และ เครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) โดยใช้แบบจำลอง คณิตศาสตร์ RUBICON
3. แผนที่ภูมิประเทศของกลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี มาตรฐาน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
4. รูปหน้าตัดขวางและรูปหน้าตัดตามยาวของแม่น้ำสายหลักของกลุ่มน้ำบางปะกง
5. ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาและข้อมูลชลศาสตร์ของกลุ่มน้ำบางปะกง
6. เครื่องวัดพื้นที่และระยะทาง (planimeter)
7. แผนที่หน่วยดินของกรมพัฒนาที่ดิน

### วิธีการ

#### การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง ประกอบด้วย ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ ข้อมูลรูปตัดตามยาวและตามขวางของแม่น้ำ ข้อมูลสถิติ น้ำฝน ข้อมูลสถิติน้ำท่า ข้อมูลสถิติระดับน้ำ โดยข้อมูลเหล่านี้มาจากการเก็บรวบรวมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมเจ้าท่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ

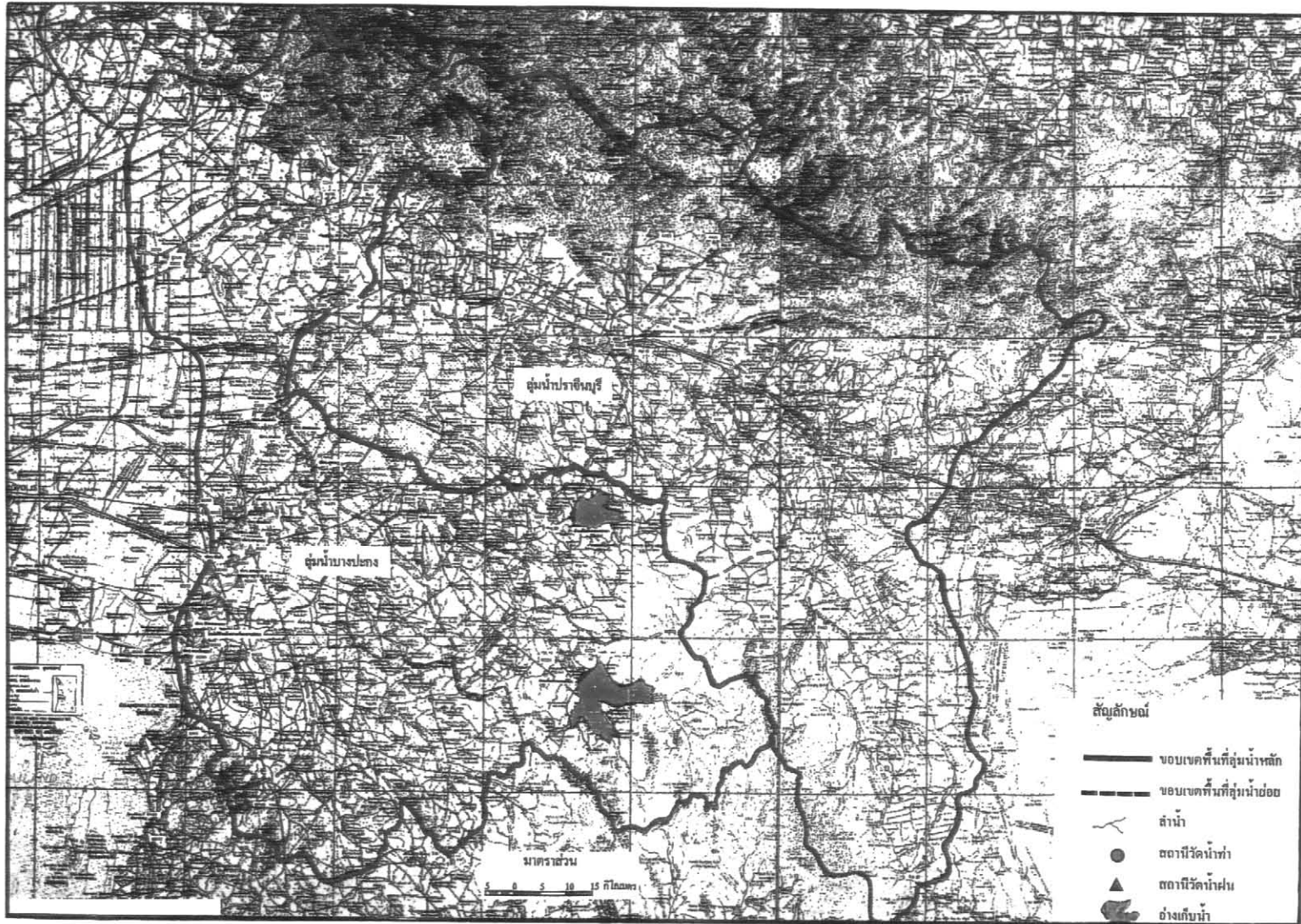
จากแผนที่ภูมิประเทศของกลุ่มน้ำบางปะกง มาตรฐาน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหารทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและวัดพื้นที่ลุ่มน้ำดังแสดงในตารางที่ 5 และแสดงเป็นแผนที่ลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรีได้ดังภาพที่ 8

ตารางที่ 5 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปราจีนบุรีและลุ่มน้ำบางปะกง

รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
ลุ่มน้ำปราจีนบุรี		
15.01	แม่น้ำปราจีนบุรีรวม	9821.0
15.02	คลองพระสึง	2605.0
15.03	แม่น้ำพระปรัง	2576.0
15.03/1	แม่น้ำพระปรังตอนบน	1666.7
15.03/2	ห้วยไคร้	468.5
15.03/3	แม่น้ำพระปรังตอนล่าง	440.8
15.04	แม่น้ำหนุมาน	2117.0
15.04/1	ห้วยใส่น้อย-ใสใหญ่	670.8
15.04/2	ลำพระยาธาร	507.0
15.04/3	ห้วยโสมง	809.2
15.04/4	แม่น้ำหนุมานพื้นที่ย่อย 1	56.0
15.04/5	แม่น้ำหนุมานพื้นที่ย่อย 2	74.0
15.05	แม่น้ำปราจีนบุรีสายหลัก	2523.0
15.05/1	แม่น้ำประจันตคาม	573.0
15.05/2	ห้วยเกษียร	140.0
15.05/3	คลองยาง	222.0
15.05/4	แม่น้ำปราจีนบุรีฝั่งซ้าย	1288.0
15.05/5	แม่น้ำปราจีนบุรีฝั่งขวา	300.0
ลุ่มน้ำบางปะกง		
16.01	แม่น้ำบางปะกงรวม	8679.0
16.02	แม่น้ำนครนายก	2433.0
16.02/1	คลองท่าด่าน	855.9
16.02/2	คลองบ้านนา	713.9
16.02/3	แม่น้ำนครนายกตอนล่าง	863.2

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
16.03	คลองท่าลาด	2835.0
16.03/1	คลองระบม	896.7
16.03/2	คลองสียัด	1620.0
16.03/3	คลองท่าลาดตอนล่าง	318.3
16.04	คลองหลวง	1897.0
16.04/1	คลองหลวงตอนบน	770.6
16.04/2	คลองใหญ่	542.0
16.04/3	คลองหลวงตอนล่าง (ที่ราบพานทอง)	584.4
16.05	แม่น้ำบางปะกงสายหลัก	1514.0
16.05/1	แม่น้ำบางปะกงฝั่งขวา (พระองค์ไชยานุชิต)	580.7
16.05/2	แม่น้ำบางปะกงฝั่งซ้าย	933.3



ภาพที่ 8 แผนที่แสดงขอบเขตของลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี

สำหรับแผนภูมิจำลองการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขาได้แสดงดังภาพที่ 9 ซึ่งเป็นแผนภูมิการไหลก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนตลิ่งชันแม่น้ำบางปะกง และลักษณะทางกายภาพของการไหลเข้าด้านข้าง (lateral inflow) แสดงได้ดังตารางที่ 6

#### ข้อมูลสถิติน้ำฝน

1. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง โดยวิธีการประมาณน้ำท่าผิวดินโดยวิธีของ SCS ซึ่งรวบรวมโดยกรมชลประทานมีจำนวนทั้งสิ้น 25 สถานี ดังแสดงรายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 7

2. การแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ที่จังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดฉะเชิงเทราใช้กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ศึกษาโดยสุภาพรรณ (2532) แสดงดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11 ตามลำดับ

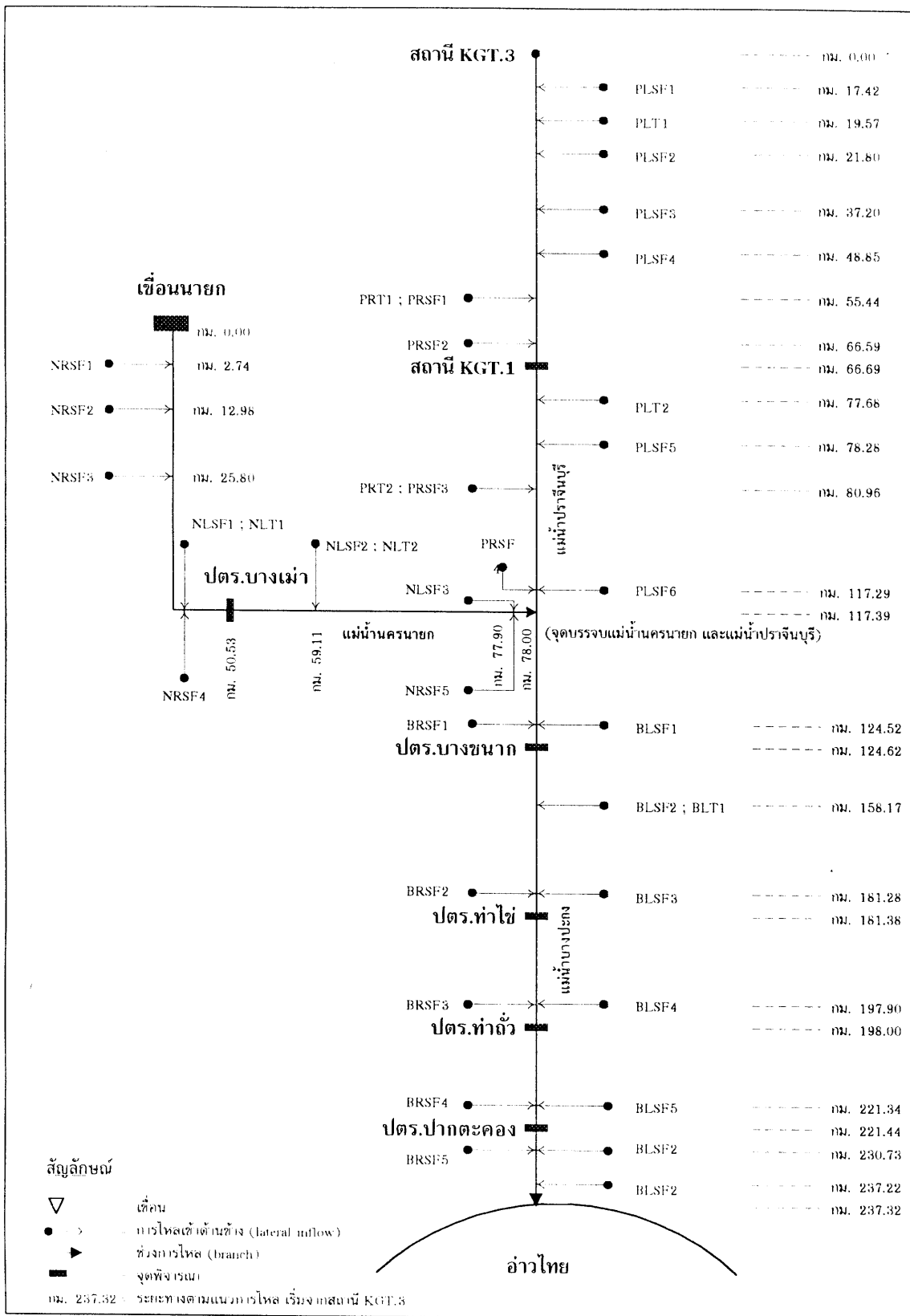
#### ข้อมูลสถิติน้ำท่า

1. ปริมาณน้ำท่ารายวันของกลุ่มน้ำบางปะกงและกลุ่มน้ำปราจีนบุรีซึ่งรวบรวมโดยกรมชลประทาน เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และเป็นข้อมูลป้อนเข้าด้านเหนือน้ำของแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 8

2. ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงโดยการเก็บรวบรวมจากกรมชลประทาน เพื่อใช้เป็นจุดพิจารณาบนลำน้ำในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON และข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงซึ่งรวบรวมโดยกรมเจ้าท่า เพื่อใช้เป็นจุดควบคุมด้านท้ายน้ำ (downstream control) โดยมีช่วงข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2528-พ.ศ.2540

#### ข้อมูลหน่วยดิน

จากแผนที่หน่วยดินของกรมพัฒนาที่ดิน สามารถจำแนกกลุ่มของดินและแสดงการใช้ที่ดิน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการสร้างกราฟน้ำท่วมโดยวิธี SCS ซึ่งจะกล่าวในส่วนต่อไป



ภาพที่ 9 แผนภูมิแสดงการจำลองสภาพการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา กรณีก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง



ตารางที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับวิเคราะห์ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง

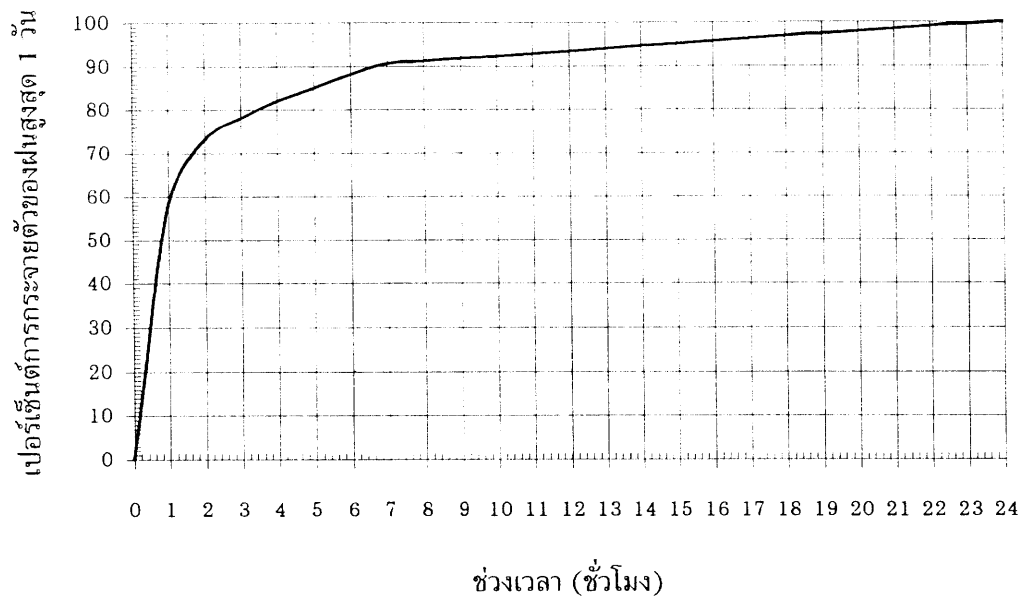
ช่วงพิจารณา	รหัสลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	l (กม.)	y (%)
สถานี KGT.3 - สถานี KGT.1	PLSF1	96.00	12.65	0.218
	PLT1	241.00	28.07	0.150
	PLSF2	103.20	19.35	0.154
	PLSF3	337.20	25.66	0.172
	PLSF4	73.60	6.40	0.074
	PRT1	505.00	51.00	0.050
	PRSF1	232.00	19.01	0.120
	PRSF2	119.00	27.36	0.096
สถานี KGT.1 - ปตร.บางขนาก	PLT2	216.00	37.25	0.041
	PLSF5	30.70	6.35	0.063
	PRT2	222.00	44.60	0.174
	PRSF3	24.00	3.58	0.050
	PRSF4	35.00	44.60	0.035
	PLSF6	84.30	21.69	0.171
	BLSF1	14.00	6.56	0.023
	BRSF1	229.50	15.78	0.008
ปตร.บางขนาก - ปตร.ท่าไข่	BLSF2	129.00	17.70	0.074
	BLT1	340.00	41.00	0.269
	BLSF3	62.00	13.50	0.099
	BRSF2	243.20	21.31	0.004
ปตร.ท่าไข่ - ปตร.ท่าถั่ว	BLSF4	269.00	37.84	0.089
	BRSF3	60.00	10.28	0.020
ปตร.ท่าถั่ว - ปตร.ปากตะคอง	BLSF5	459.30	47.02	0.022
	BRSF4	34.00	8.20	0.035

ตารางที่ 6 (ต่อ)

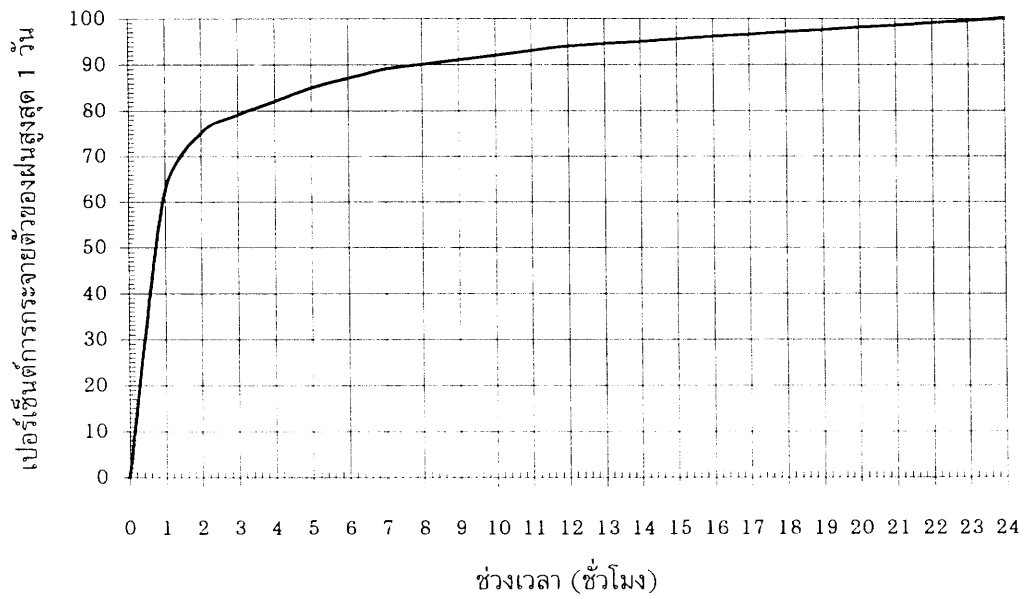
ช่วงพิจารณา	รหัสลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	l (กม.)	y (%)
ปตร.ปากตะคอง - ปากอ่าวไทย	BRSF5	14.00	0.85	0.032
	BLT2	1,812.56	84.42	0.045
	BLT3	84.44	9.05	0.032
เขื่อนนายก - ปตร.บางแม่	NRSF1	109.81	23.17	5.222
	NRSF2	203.26	18.44	4.574
	NRSF3	798.43	46.82	0.019
	NRSF4	148.50	17.86	0.007
	NLSF1	143.00	21.71	0.022
	NLT1	56.00	23.16	0.006
ปตร.บางแม่ - ปตร.บางขนาก	NLSF2	16.00	5.03	0.016
	NLT2	254.00	48.34	0.008
	NLSF3	27.00	7.50	0.017
	NRSF5	96.00	21.70	0.002
	BRSF1	229.50	15.78	0.008

ตารางที่ 7 ชื่อสถานีวิัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

ชื่อสถานีวิัดน้ำฝน	รหัสสถานีวิัดน้ำฝน	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ที่ตั้ง		
			จังหวัด	เส้นรุ้ง	เส้นแวง
1. อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	03012	2495-2541	ฉะเชิงเทรา	13-41-16	101-04-47
2. อำเภอบางคล้า	03052	2495-2541	ฉะเชิงเทรา	13-43-30	101-12-40
3. ปตร.บางขนาก	03080	2495-2541	ฉะเชิงเทรา	13-51-34	101-07-37
4. ปตร.ท่าฉั่ว	03100	2496-2541	ฉะเชิงเทรา	13-37-07	101-02-57
5. ปตร.บางโรง	03150	2506-2541	ฉะเชิงเทรา	13-48-39	101-08-58
6. ปตร.บ้านใหม่	03160	2506-2541	ฉะเชิงเทรา	13-42-09	101-04-36
7. กิ่งอำเภอราชสาส์น	03172	2520-2541	ฉะเชิงเทรา	13-46-42	101-16-51
8. ปตร.สมบูรณ	03190	2495-2541	ฉะเชิงเทรา	13-57-54	101-08-11
9. ปตร.คลอง 17	03200	2495-2541	ฉะเชิงเทรา	13-52-37	100-58-18
10. อำเภอสนามชัยเขต	03242	2513-2541	ฉะเชิงเทรา	13-39-21	101-26-56
11. อำเภอพนัสนิคม	09022	2497-2541	ชลบุรี	13-27-00	101-10-50
12. อำเภอพานทอง	09032	2495-2541	ชลบุรี	13-26-07	101-06-02
13. บ้านใหม่	09171	2498-2541	ชลบุรี	13-23-17	101-20-40
14. อำเภอองครักษ์	22022	2496-2541	นครนายก	14-07-24	101-00-20
15. อำเภอบ้านนา	22042	2495-2541	นครนายก	14-15-54	101-03-51
16. ปตร.คลอง 16	22050	2495-2541	นครนายก	13-57-45	100-57-48
17. บ้านคลองยาง	22301	2526-2541	นครนายก	14-12-02	101-27-05
18. เขานางบวช	22341	2531-2541	นครนายก	14-14-45	101-12-38
19. อำเภอเมืองปราจีนบุรี	44013	2495-2541	ปราจีนบุรี	14-03-00	101-22-23
20. อำเภอบ้านสร้าง	44022	2495-2541	ปราจีนบุรี	13-59-50	100-13-30
21. อำเภอศรีมหาโพธิ์	44032	2495-2541	ปราจีนบุรี	13-57-50	101-30-58
22. อำเภอกบินทร์บุรี	44043	2495-2541	ปราจีนบุรี	13-59-01	101-42-33
23. อำเภอนาดี	44132	2508-2541	ปราจีนบุรี	14-06-30	101-45-25
24. อำเภอโคกปีบ	44282	2526-2541	ปราจีนบุรี	13-52-39	101-23-16
25. เหวนรก	44301	2529-2541	ปราจีนบุรี	14-17-23	101-24-16



ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของผนสูงสุด 1 วัน ของจังหวัดปราจีนบุรี  
ที่มา : สุภาพรณ (2532)



ภาพที่ 11 เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของผนสูงสุด 1 วัน ของจังหวัดฉะเชิงเทรา  
ที่มา : สุภาพรณ (2532)

ตารางที่ 8 ชื่อสถานีวิัดน้ำท่าและระดับน้ำที่ใช้ในการศึกษา

ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ช่วงปี สถิติข้อมูล	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ที่ตั้ง	
				เส้นรุ้ง	เส้นแวง
1. แม่น้ำปราจีนบุรีที่ปราจีนบุรี	KGT.1	2509-2541	9209.00	14-03-01	101-22-03
2. แม่น้ำปราจีนบุรีที่กบินทร์บุรี	KGT.3	2495-2541	7502.00	13-59-05	101-42-32
3. แม่น้ำบางปะกงที่บ้านใหม่	KGT.19	2508-2541	535.00	13-23-17	101-02-40
4. แม่น้ำปราจีนบุรีที่บ้านคลองยาง	KGT.27	2526-2541	45.00	14-12-02	101-22-05
5. แม่น้ำนครนายกที่บ้านป่าคา	NY.3	2512-2541	203.00	14-17-07	101-04-28
6. ปตร.บางชาก	CKD.2	2495-2541	-	13-51-34	101-07-37
7. ปตร.ท่าไช้	CKD.3	2495-2541	-	13-41-14	101-03-57
8. ปตร.ท่าถั่ว	CKD.4	2496-2541	-	13-37-07	101-02-57
9. ปตร.ปากตะคอง	CKD.5	2495-2541	-	13-32-23	100-58-52
10. ปตร.บางเม้า	NNK.8	2495-2541	-	14-02-52	101-06-54

## การวิเคราะห์ข้อมูล

### การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างโดยวิธี SCS

1. คำนวณหาพายุฝนส่วนเกิน โดยมีพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบค่าคือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (rainfall;  $P$ ) การสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction;  $I_a$ ) และค่าศักยภาพการสูญเสียสูงสุด (potential maximum retention;  $S$ ) เพื่อนำไปคำนวณหาพายุฝนส่วนเกิน

สำหรับข้อมูลปริมาณฝนรายวันได้จากบันทึกสถิติข้อมูลฝน ส่วนค่าการสูญเสียเริ่มต้นพิจารณาจากผลการศึกษาของอวิรุทธ์ (2538) ซึ่งได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียของฝนเริ่มต้นกับศักยภาพการสูญเสียสูงสุดของกลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีความสัมพันธ์ เป็นเชิงเส้นตรงดังสมการต่อไปนี้

$$I_a = \lambda S \quad \dots\dots\dots(13)$$

เมื่อ	$\lambda$	=	0.158	กรณี AMC I
	$\lambda$	=	0.169	กรณี AMC II
	$\lambda$	=	0.175	กรณี AMC III

ส่วนศักยภาพการสูญเสียสูงสุดคำนวณจากสมการที่ (9) โดยค่า  $CN$  พิจารณาจากแผนที่หน่วยดิน ซึ่งการจำแนกกลุ่มดินของกรมพัฒนาที่ดินจำแนกโดยใช้ลักษณะเนื้อดิน (texture) เป็นตัวกำหนด โดยแยกออกเป็นดินทราย (sandy) ดินร่วน (loamy) ดินเหนียว (clayey) และดินปนกรวด (skeletal) และจำแนกเป็นหน่วยแผนที่ดินโดยในแต่ละหน่วยมีหมายเลขกำกับสำหรับการจำแนกดินของกลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรีแสดงดังตารางที่ 9

จากการวิเคราะห์สามารถหาค่า  $CN$  สำหรับเป็นข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของแม่น้ำบางปะกงได้ดังตารางที่ 10

2. การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS พิจารณาจากสมการที่ (14) และ (15) คำนวณได้ค่าปริมาณการไหลสูงสุด (peak discharge) และเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (time to peak) จากนั้นนำไปคูณกับอัตราส่วนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้มิติ (dimensionless unit hydrograph) ก็จะได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) สำหรับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าในรูปแบบไม่มีหน่วยสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้นสรารุทธ์ (2534) ได้ศึกษาไว้ดังแสดงตามตารางที่ 11

ตารางที่ 9 ประเภทกลุ่มดินของกลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี

หมายเลขหน่วยแผนที่	ประเภทของกลุ่มดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน	ประเภทของกลุ่มดิน ของ SCS
1CL	clayey loamy sulfaquents	B
4S	sandy tropaquent	D
5S	sandy quartzipsamments	A
14A	clayey sulfic tropaquepts	C
14C	clayey tropaquepts	D
14L	loamy tropaquepts	C
18L	loamy dystropepts	B
25L	loamy tropaqualfs	C
26C	clayey paleustalfs	C
27C	clayey haplustalfs	D
27K	skeletal haplustalfs	B
29C	clayey plinthaquults	D
29K	skeletal plinthaquults	C
30C	clayey paleaquults	C
30L	loamy paleaquults	B
30K	skeletal paleaquults	C
32K	skeletal plinthustults	A
33C	clayey paleustults	D
33L	loamy paleustults	B
33K	skeletal paleustults	A
34C	clayey haplustults	C
34L	loamy haplustults	B
34K	skeletal haplustults	A
42	slope complex	C

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2537)

ตารางที่ 10 ค่า CN สำหรับเป็นข้อมูลคำนวณการไหลเข้าด้านข้างของแม่น้ำบางปะกงและสาขา

ช่วงพิจารณา	รหัสลุ่มน้ำย่อย	CN
สถานี KGT.3 - สถานี KGT.1	PLSF1	79.60
	PLT1	67.40
	PLSF2	67.40
	PLSF3	66.20
	PLSF4	81.16
	PRT1	79.50
	PRSF1	79.20
	PRSF2	79.62
สถานี KGT.1 - ปตร.บางชนาก	PLT2	67.16
	PLSF5	81.40
	PRT2	81.00
	PRSF3	71.00
	PRSF4	71.00
	PLSF6	71.80
	BLSF1	81.80
	BRSF1	83.00
ปตร.บางชนาก - ปตร.ท่าไข่	BLSF2	82.60
	BLT1	80.28
	BLSF3	83.00
	BRSF2	81.80
ปตร.ท่าไข่ - ปตร.ท่าถั่ว	BLSF4	69.62
	BRSF3	92.50
ปตร.ท่าถั่ว - ปตร.ปากตะคอง	BLSF5	69.73
	BRSF4	95.80



## ตารางที่ 10 (ต่อ)

ช่วงพิจารณา	รหัสลุ่มน้ำย่อย	CN
ปตร.ปากตะคอง - ปากอ่าวไทย	BRSF5	91.00
	BLT2	74.00
	BLT3	90.00
เขื่อนนายก - ปตร.บางเม้า	NRSF1	74.70
	NRSF2	75.79
	NRSF3	72.74
	NRSF4	81.00
	NLSF1	81.00
	NLT1	82.00
ปตร.บางเม้า - ปตร.บางขนาก	NLSF2	81.40
	NLT2	82.00
	NLSF3	82.20
	NRSF5	82.60
	BRSF1	82.60

ตารางที่ 11 อัตราส่วนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำในรูปไม่มีหน่วยสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียง  
ของประเทศไทย

Time Ratios ( $t/t_p$ )	Discharge Ratios ( $q/q_p$ )
0.00	0.00
0.20	0.10
0.40	0.28
0.60	0.54
0.80	0.84
1.00	1.00
1.20	0.90
1.40	0.72
1.60	0.58
1.80	0.46
2.00	0.36
2.20	0.29
2.40	0.25
2.60	0.21
2.80	0.18
3.00	0.15
3.20	0.12
3.40	0.09
3.60	0.07
3.80	0.05
4.00	0.04
4.20	0.02
4.40	0.01
4.60	0.00

ที่มา : สรวุธ (2534)

3. คัดเลือกสถานีตรวจวัดเพื่อใช้ในการหาค่าเฉลี่ยน้ำฝน โดยวิธีเฉลี่ยทีเอสเซน (thiessen average) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าแพคเตอร์ทีเอสเซนได้ดังตารางที่ 12
4. แบ่งช่วงเวลาฝนให้เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และทำการจัดเรียงลำดับพายุกฝนใหม่ ซึ่งในการแบ่งช่วงเวลาฝนจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การกระจายฝนสูงสุด 1 วัน
5. คำนวณค่าแพคเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) ตามสมการที่ (12) เมื่อนำ ARF ไปคูณกับปริมาณน้ำฝนก็จะได้ปริมาณน้ำฝนแบบ areal rainfall
6. ประยุกต์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ากับแต่ละช่วงของฝนที่แบ่งจนครบ และให้แต่ละช่วงเกิดห่างกัน (time lag) เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า จากนั้นนำผลของแต่ละช่วงมารวมกันตามเวลาเกิดก่อนหลังก็จะได้กราฟน้ำท่าผิวดิน (direct runoff hydrograph)
7. นำกราฟน้ำท่าผิวดินบวกกับการไหลพื้นฐาน (base flow) ก็จะได้อกราฟน้ำหลาก (flood hydrograph)

ตารางที่ 12 แฟคเตอร์รีเอสเซนของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในการคำนวณปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง

รหัสสถานี วัดน้ำฝน	แฟคเตอร์รีเอสเซน											
	PLSF1	PLT1	PLSF2	PLSF3	PLSF4	PRT1	PRSF1	PRSF2	PLT2	PLSF5	PRSF3	PRSF4
03012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07
03100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08
03200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09171	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22301	-	-	-	-	-	-	-	0.25	-	-	-	-
22341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44013	-	-	-	-	1.00	0.13	-	0.75	-	-	1.00	-
44022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	0.85
44032	-	0.50	1.00	0.49	-	0.22	0.52	-	-	-	-	-
44043	1.00	0.50	-	-	-	-	0.34	-	-	-	-	-
44132	-	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-
44282	-	-	-	0.51	-	-	-	-	1.00	-	-	-
44301	-	-	-	-	-	0.65	-	-	-	-	-	-





การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON (RUBICON model calibration and validation)

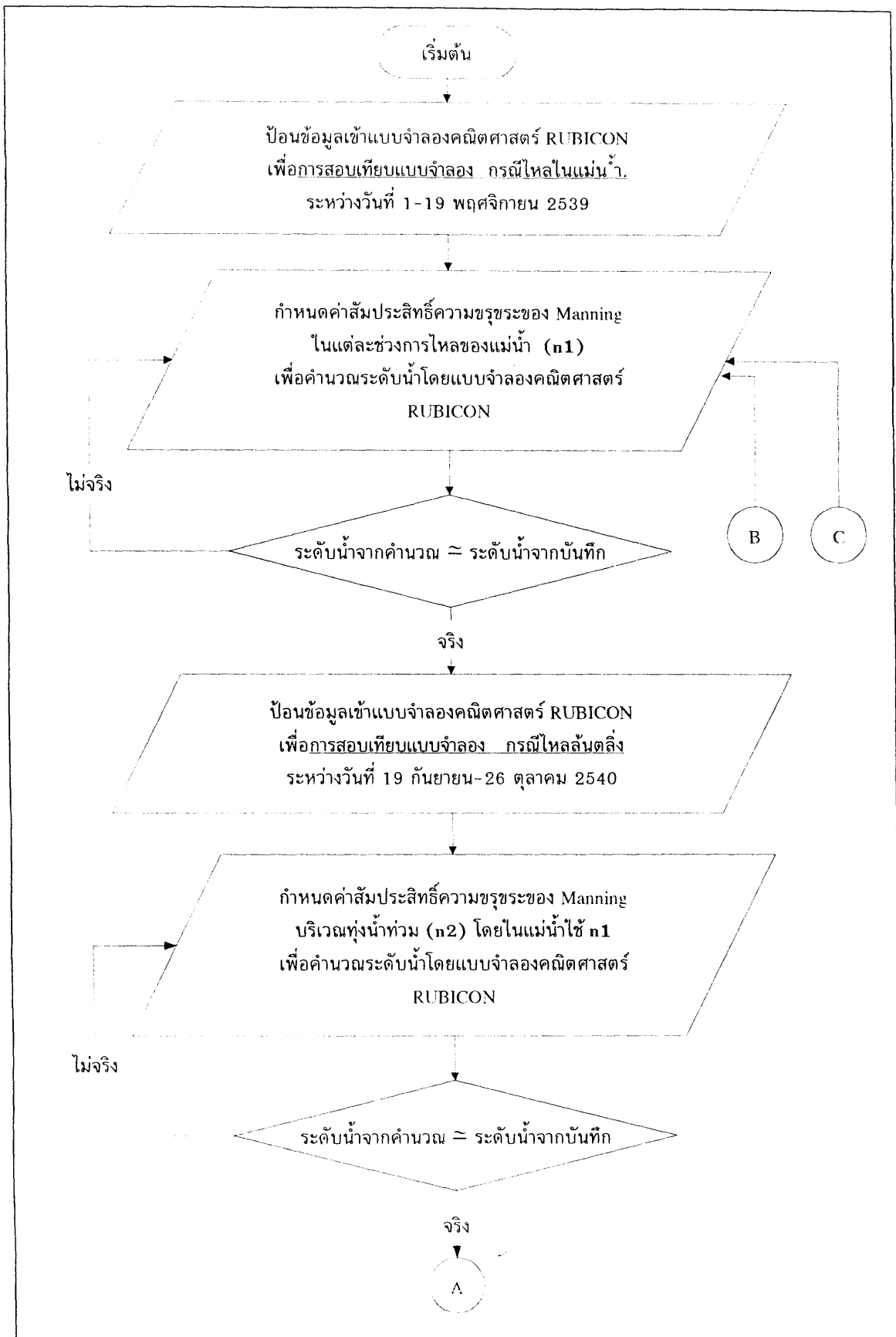
การจำลองสภาพการไหลของน้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในสภาพเงื่อนไขปัจจุบัน มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับศึกษามาตรการบรรเทาอุทกภัย โดยการจำลองสภาพการไหลของน้ำ จะต้องมีการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์พารามิเตอร์ของแบบจำลอง ซึ่งพารามิเตอร์ดังกล่าวได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's  $n$  coefficients) ซึ่งเหมาะสมสำหรับรูปตัดขวางทั้งในลำน้ำ (channel) และบริเวณทุ่งน้ำท่วม (floodplain) ทั้งสองด้านตลอดความยาวลำน้ำ โดยในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ในครั้งนี้มีขั้นตอนในการดำเนินงานเป็นแผนภูมิแสดงได้ดังภาพที่ 11

หลักในการสอบเทียบแบบจำลอง ทำได้โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ตลอดทั้งลำน้ำ เพื่อให้ได้อนุกรมเวลาของระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ ซึ่งค่าความแตกต่างของอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและจากการบันทึกข้อมูลนั้นพิจารณาระดับน้ำนองสูงสุด (level flood peak) และเวลาที่เกิดระดับน้ำนองสูงสุด (time to peak) ให้มีความแตกต่างกันไม่มากนัก กรณีค่าความแตกต่างเกินกว่าขีดความสามารถที่ยอมรับได้ จะต้องมีการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ใหม่ จนกระทั่งค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระนั้น และนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ต่อไป

การสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON มีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

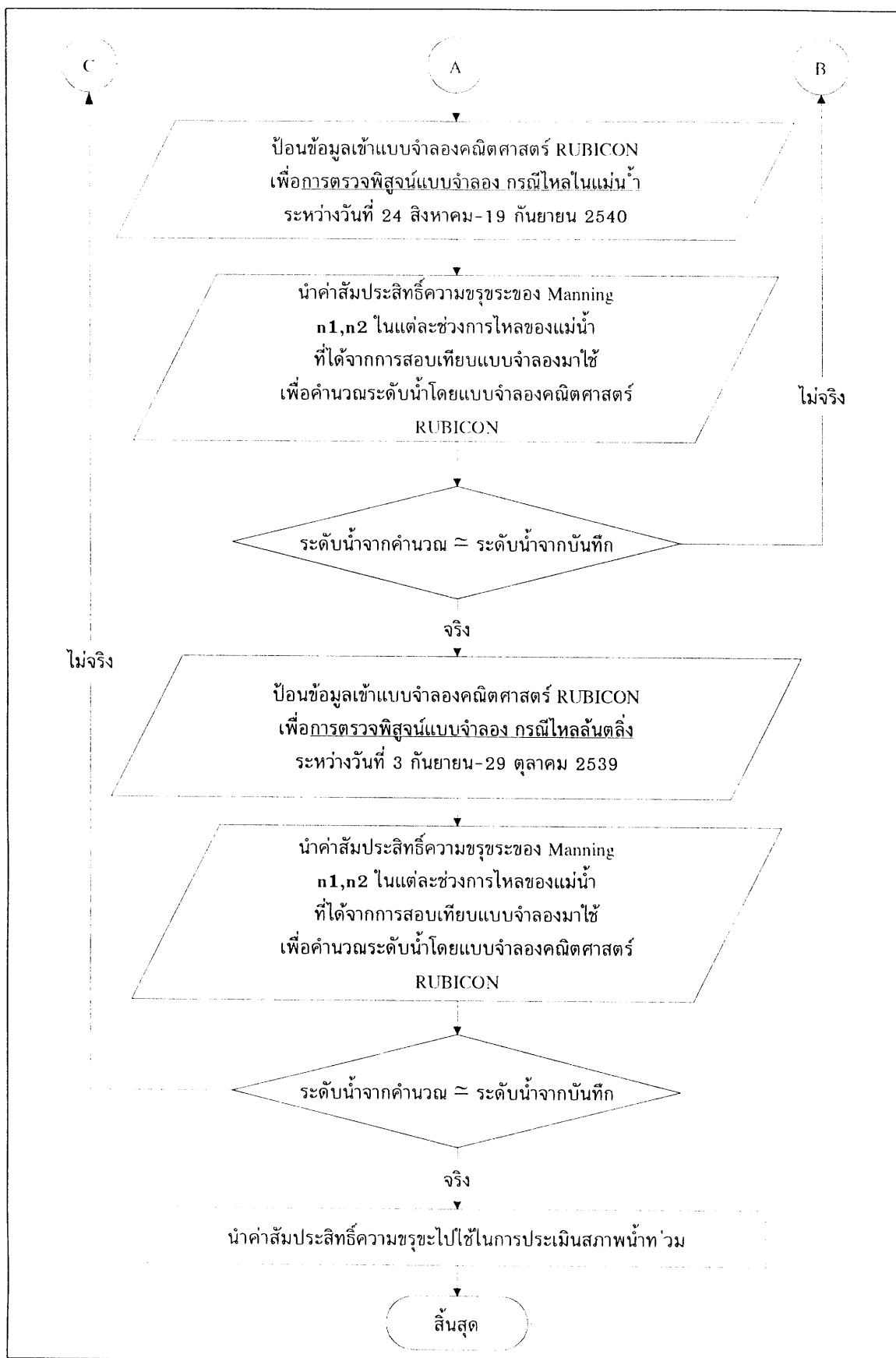
1. ข้อมูลป้อนเข้าในแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ประกอบด้วยข้อมูลด้านกายภาพของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลรูปตัดตามขวางรวบรวมโดยกรมชลประทาน ของแม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำปราจีนบุรี จำนวน 101 รูปตัด โดยเริ่มจากระยะทาง (chainage) กิโลเมตรที่ 0.00 ณ สถานี KG1.3 ไปตามแนวการไหลของน้ำจนถึงปากแม่น้ำบางปะกงเป็นระยะทาง 237.32 กิโลเมตร และรูปตัดขวางของแม่น้ำนครนายกจำนวน 40 รูปตัด โดยเริ่มกิโลเมตรที่ 0.00 ณ เขื่อนนายกและสิ้นสุดที่จุดบรรจบระหว่างแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรีเป็นระยะทาง 78.00 กิโลเมตร



ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON





ภาพที่ 12 (ต่อ)

1.2 ข้อมูลน้ำท่ารายวันของกรมชลประทาน ที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary control) ได้แก่สถานี KGT.3 และระดับน้ำเฉลี่ยรายวันที่ประตูระบายน้ำบางเม้า สำหรับคำนวณเป็นน้ำท่ารายวัน

1.3 ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นจุดควบคุมด้านท้ายน้ำ (downstream boundary control) ข้อมูลจากกรมเจ้าท่า

1.4 ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงของกรมชลประทานที่ ปตร.บางขนาก ปตร.ท่าไข่ ปตร.ท่าถั่ว ปตร.ปากตะคอง ซึ่งมีที่ตั้งแสดงตามภาพที่ 8 เพื่อเป็นจุดพิจารณาในการสอบเทียบ

1.5 ข้อมูลในข้อ 1.2-1.4 พิจารณาเหตุการณ์กราฟน้ำหลาก (flood event) เป็น 2 กรณี ซึ่งประกอบด้วยกราฟน้ำหลากขนาดเล็กที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ (channel flow) และกราฟน้ำหลากขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีการไหลล้นตลิ่งสู่ทุ่งน้ำท่วม (floodplain flow) โดยรายละเอียดของช่วงเวลาในการสอบเทียบแบบจำลองคือ สภาพการไหลในลำน้ำช่วงวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 และสภาพการไหลล้นตลิ่งช่วงวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2540

2. จำลองการไหลของน้ำในแม่น้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON และปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ให้อนุกรมเวลาของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ ณ จุดพิจารณาทั้ง 4 สถานี

3. จำลองสภาพการไหลของน้ำกรณีไหลล้นตลิ่งด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON โดยการไหลในลำน้ำใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้จากข้อ 2. และปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในช่วงการไหลล้นตลิ่ง (floodplain flow) ให้อนุกรมเวลาของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ ณ จุดพิจารณาทั้ง 4 สถานี

จากการสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เหมาะสมของทุกช่วงลำน้ำทั้ง 2 สภาพการไหล คือ กรณีไหลในลำน้ำและกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้นี้อาจเหมาะสมเฉพาะช่วงเวลาที่ทำการสอบเทียบแบบจำลองเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบแบบจำลอง (model validation) เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับทุกช่วงของลำน้ำ โดยรายละเอียดและขั้นตอนในการตรวจสอบแบบจำลองมีดังนี้

1. จำลองสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำและกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่คำนวณได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดของช่วงเวลาในการตรวจสอบแบบจำลองในแต่ละกรณี

ดังนี้ สภาพการไหลในลำน้ำช่วงวันที่ 19 กรกฎาคม-15 สิงหาคม 2540 และช่วงวันที่ 24 สิงหาคม-19 กันยายน 2540 ส่วนสภาพการไหลในทุ่งน้ำท่วมช่วงวันที่ 3 กันยายน-29 ตุลาคม 2539

2. เปรียบเทียบอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง กับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ ณ จุดที่พิจารณาทั้ง 4 สถานี โดยค่าผลต่างของระดับน้ำจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองแล้ว จึงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรูปตัดขวางของแม่น้ำบางปะกงและสาขา

3. กรณีที่การเปรียบเทียบในข้อที่ 2. เกินกว่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้ จะต้องดำเนินการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอีก โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระใหม่และดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จนกระทั่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรูปตัดขวางของแม่น้ำบางปะกงและสาขา

#### การวิเคราะห์จุดควบคุมท้ายน้ำ

การพยากรณ์สภาวะการเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการ วิเคราะห์ระดับน้ำด้านท้ายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลจุดควบคุมด้านท้ายน้ำ (downstream control) สำหรับป้อนเข้าในแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ในการศึกษาครั้งนี้เงื่อนไขด้านท้ายน้ำเป็นเงื่อนไขของการขึ้นลงของน้ำทะเล ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวไม่สามารถใช้การวิเคราะห์แจกแจงความถี่เพื่อคำนวณระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้ เนื่องจากลักษณะการขึ้นลงของน้ำทะเลมีความผันแปรไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งเป็นการยุ่งยากมากในการที่จะทำนายรูปแบบการขึ้นลงของน้ำทะเล ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สถิติข้อมูลการขึ้นลงของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงซึ่งรวบรวมโดยกรมเจ้าท่า ตั้งแต่ปี พ.ศ.2524-พ.ศ.2539 รวมทั้งสิ้นจำนวน 16 ปี นำมาเป็นข้อมูลป้อนเข้าด้านท้ายน้ำของแบบจำลอง โดยที่กำหนดจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream control) ของทุกปีที่ทำการวิเคราะห์มีค่าเท่ากันทุกปี คือใช้ข้อมูลในช่วงระหว่างวันที่ 19 กันยายน-26 ตุลาคม 2539 โดยป้อนข้อมูลดังกล่าวลงในแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดที่จุดพิจารณาบนแม่น้ำที่กำหนด ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์สภาวะการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ต่อไป

### การประเมินสภาพการไหลในช่วงฤดูน้ำหลาก

เนื่องจากช่วงข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เหมาะสมกับการไหลของน้ำในแม่น้ำบางปะกงนั้น ช่วงข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลช่วงก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง ซึ่งในปัจจุบันเขื่อนทดน้ำบางปะกงได้มีการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขาเป็นแผนภูมิได้ตามภาพที่ 13 ดังนั้นในการวิจัยจึงพิจารณาสภาพการไหลเป็น 2 กรณี คือ กรณีไม่มีเขื่อนทดน้ำบางปะกงและกรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกง โดยสภาพการไหลพิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำ (return period) ต่าง ๆ คือรอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 5 10 25 และ 50 ปี

กราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณาที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำ ซึ่งหมายถึงที่สถานี KGT.3 และที่ประตูระบายน้ำบางเม็ก ใช้การวิเคราะห์ความถี่กราฟน้ำหลากสูงสุด (frequency analysis of maximum flood hydrograph) โดยแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล (Gumbel distribution)

### การประเมินสภาพการไหลในช่วงฤดูแล้ง

เนื่องจากช่วงฤดูแล้งแม่น้ำบางปะกงเกิดปัญหาน้ำทะเลหนุนเข้ามาในแม่น้ำ จึงมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ดังนั้นในช่วงฤดูแล้งเขื่อนทดน้ำบางปะกงจึงมีการปิดบานประตูระบายน้ำหมดทุกบาน เพื่อป้องกันมิให้น้ำเค็มรุกเข้าไปทางด้านเหนือน้ำ ซึ่งอาจเกิดผลกระทบทางลบจากระดับน้ำท้ายเขื่อนเอ่อสูงขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของน้ำทะเล โดยตัวเขื่อนเป็นตัวปิดกั้นมิให้น้ำไหลขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำได้ดังที่เคยเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาผลกระทบดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันน้ำเค็มมิให้ไหลล้นข้ามสันบานระบายน้ำเข้ามาด้านเหนือเขื่อนทดน้ำบางปะกงได้

การศึกษาสภาพการไหลในช่วงฤดูแล้งพิจารณาข้อมูลที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำในช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึงวันที่ 10 มีนาคม 2540 โดยการจำลองสภาพการมีเขื่อนทดน้ำบางปะกงตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง 74 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำบางปะกง แสดงเป็นแผนภูมิจำลองการไหลดังภาพที่ 13 และในแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON กำหนดให้เขื่อนทดน้ำบางปะกงเป็นโครงสร้างอาคารชลศาสตร์แบบน้ำไหลลอด (orifice structure) โดยมีระยะเปิดบานประตูระบายน้ำเป็นศูนย์เนื่องจากเป็นกรณีที่ทำให้ค่าระดับน้ำท้ายเขื่อนสูงสุด

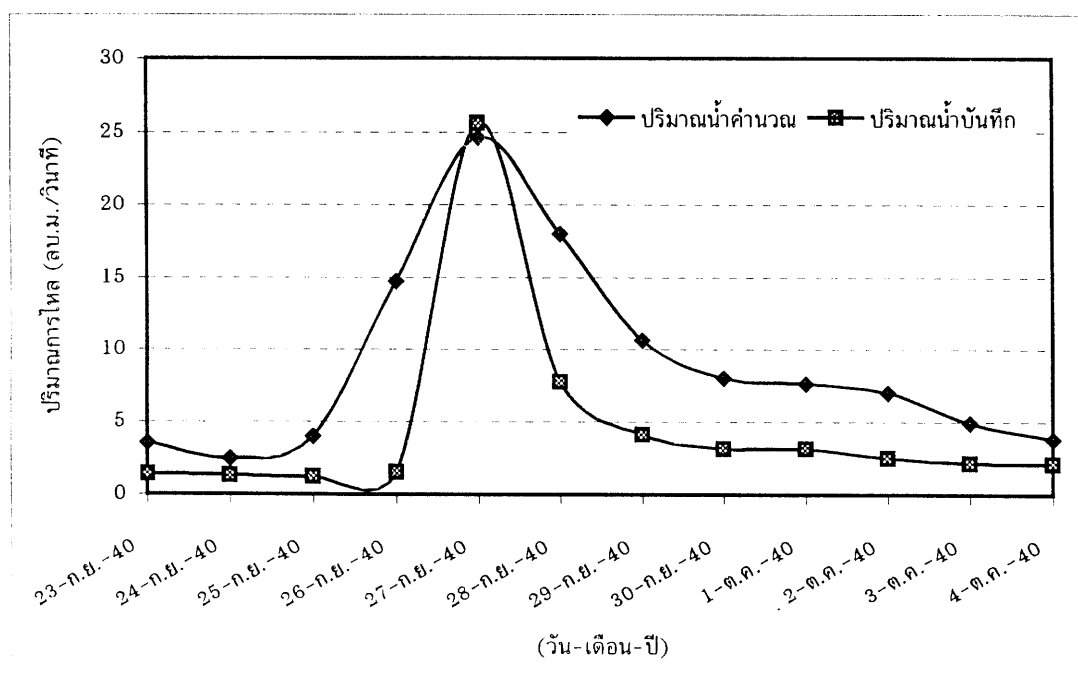


## ผลและวิจารณ์

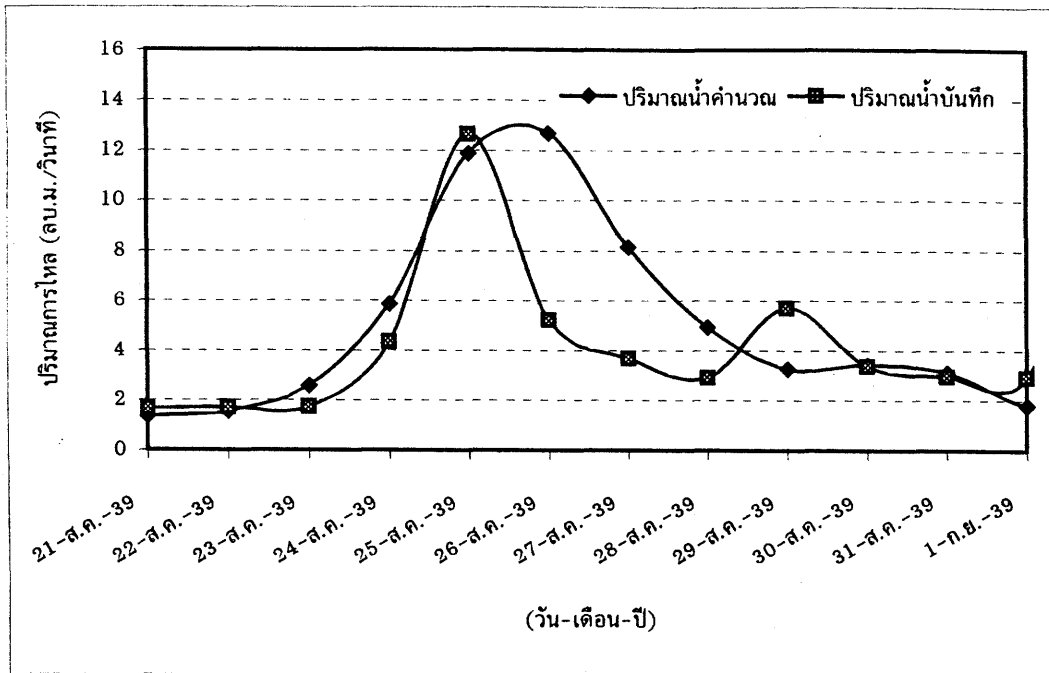
### การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS

การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS ได้เลือกใช้เหตุการณ์ของน้ำฝนและน้ำท่าที่สถานี KGT.27 โดยใช้ค่า CN เท่ากับ 80 สำหรับช่วงของการสอบเทียบแบบจำลองได้แก่เหตุการณ์น้ำฝน-น้ำท่าระหว่างวันที่ 23 กันยายน 2540 ถึง 4 ตุลาคม 2540 และช่วงของการตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้แก่เหตุการณ์น้ำฝน-น้ำท่าระหว่างวันที่ 21 สิงหาคม 2539 ถึง 1 กันยายน 2539

จากการดำเนินการคำนวณตามขั้นตอนของวิธี SCS ที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น สามารถแสดงผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS ในรูปแบบของกราฟได้ดังภาพที่ 14 และภาพที่ 15 ตามลำดับ



ภาพที่ 14 กราฟแสดงผลการสอบเทียบแบบจำลอง SCS



ภาพที่ 15 กราฟแสดงผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS

### การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างโดยวิธี SCS

การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างโดยวิธี SCS สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 และ 50 ปี จำเป็นต้องวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณฝนสูงสุดรายปีซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง และลุ่มน้ำปราจีนบุรีนี้ต้องวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีตั้งแต่ 1 วัน ถึง 5 วัน ในการวิเคราะห์ใช้วิธีแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบลโดยใช้ข้อมูลจาก 25 สถานี ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1

จากผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณฝนสูงสุดรายปีในช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน นำมาหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนสูงสุดของลุ่มน้ำย่อยโดยวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก และนำมาประยุกต์ใช้ซึ่งแสดงเป็นปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อยสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับวิธี SCS ต่อไป ซึ่งผลปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อยแสดงได้ดังตารางที่ 13

จากผลการคำนวณหาปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินโดยวิธี SCS แล้วนำมาประยุกต์กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่คำนวณได้จากวิธี SCS จะได้กราฟน้ำท่าผิวดิน จากนั้นนำไปบวกกับการไหลพื้นฐานก็จะได้กราฟน้ำนองสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับเป็นปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของแม่น้ำบางปะกงและสาขา ซึ่งแสดงกราฟน้ำนองสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจำนวน 23 ลุ่มน้ำได้ดังภาพที่ 16 ถึงภาพที่ 40



ตารางที่ 13 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา

รหัส ลุ่มน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
		2	5	10	25	50
1. PLSF1	1	86.1	105.2	117.8	133.7	145.5
	2	111.4	137.9	155.4	177.5	193.9
	3	133.3	164.3	184.8	210.8	230.1
	4	153.1	184.4	205.2	231.3	250.7
	5	166.1	198.6	220.0	247.2	267.3
2. PLT1	1	85.7	104.7	117.3	133.2	144.9
	2	112.7	141.5	160.5	184.5	202.4
	3	135.6	168.3	190.0	217.4	237.7
	4	154.4	189.0	211.9	240.8	262.2
	5	167.4	203.4	227.1	257.2	279.5
3. PLSF2	1	85.3	104.2	116.8	132.6	144.4
	2	114.0	145.0	165.6	191.6	210.8
	3	137.9	172.4	195.2	224.0	245.4
	4	155.6	193.5	218.5	250.2	273.7
	5	168.8	208.2	234.2	267.2	291.6
4. PLSF3	1	84.1	106.0	120.5	138.8	152.4
	2	117.6	156.0	181.4	213.6	237.4
	3	138.9	180.4	207.9	242.6	268.4
	4	154.2	196.5	224.6	260.1	286.4
	5	168.2	212.5	241.9	278.9	306.4
5. PLSF4	1	101.6	128.1	145.6	167.8	184.2
	2	138.1	174.8	199.2	229.9	252.8
	3	158.8	195.9	220.5	251.6	274.7
	4	175.4	214.1	239.7	272.2	296.2
	5	194.4	233.4	259.2	291.7	315.9
6. PR11	1	113.2	140.5	158.6	181.4	198.4
	2	152.5	189.5	213.9	244.9	267.8
	3	179.2	219.4	246.0	279.6	304.6
	4	200.0	243.1	271.7	307.8	334.6
	5	221.1	264.6	293.5	329.9	357.0

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รหัส ลุ่มน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
		2	5	10	25	50
7. PRSF1	1	87.8	109.5	123.9	142.1	155.6
	2	116.0	148.0	169.2	196.0	215.8
	3	138.8	175.4	199.7	230.3	253.1
	4	157.9	196.8	222.6	255.1	279.3
	5	172.7	213.4	240.3	274.4	299.7
8. PRSF2	1	104.9	132.4	150.5	173.5	190.5
	2	142.4	180.8	206.2	238.4	262.2
	3	164.9	203.2	228.6	260.7	284.5
	4	182.6	222.0	248.1	281.1	305.6
	5	201.7	241.6	268.1	301.5	326.3
9. PLT2	1	83.0	107.7	124.0	144.7	160.0
	2	121.1	166.5	196.7	234.7	263.0
	3	140.0	188.2	220.2	260.5	290.5
	4	152.8	199.5	230.4	269.5	298.5
	5	167.7	216.7	249.2	290.2	320.6
10. PLSF5	1	100.6	140.1	166.2	199.1	223.6
	2	127.5	169.6	197.5	232.7	258.8
	3	149.6	203.4	239.1	284.1	317.5
	4	163.2	217.7	253.7	299.3	333.1
	5	179.9	236.7	274.2	321.6	356.8
11. PRSF3	1	101.6	128.1	145.6	167.8	184.2
	2	138.1	174.8	199.2	229.9	252.8
	3	158.8	195.9	220.5	251.6	274.7
	4	175.4	214.1	239.7	272.2	296.2
	5	194.4	233.4	259.2	291.7	315.9
12. PRSF4	1	98.5	136.6	161.7	193.6	217.2
	2	125.4	167.3	195.1	230.1	256.1
	3	147.2	199.3	233.7	277.3	309.5
	4	160.9	213.7	248.7	292.9	325.7
	5	177.1	232.1	268.6	314.6	348.7

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รหัส ลุ่มน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
		2	5	10	25	50
13. PLSF6	1	99.3	137.2	162.2	193.9	217.4
	2	125.9	167.1	194.4	228.9	254.5
	3	147.6	199.3	233.5	276.7	308.8
	4	161.2	213.6	248.4	292.3	324.9
	5	177.3	231.9	268.1	313.8	347.6
14. BLSF1	1	88.3	113.6	130.3	151.4	167.1
	2	112.5	146.9	169.6	198.4	219.7
	3	131.7	165.9	188.6	217.2	238.4
	4	144.8	181.2	205.4	235.8	258.5
	5	156.0	193.6	218.5	249.9	273.2
15. BRSF1	1	84.2	112.9	131.9	155.8	173.7
	2	110.3	148.7	174.2	206.3	230.1
	3	129.8	170.7	197.8	232.1	257.5
	4	143.5	186.9	215.7	252.0	278.9
	5	156.2	202.8	233.7	272.7	301.6
16. BLSF2	1	80.8	112.9	134.1	161.0	180.9
	2	104.4	146.2	173.8	208.7	234.6
	3	119.6	163.5	192.5	229.2	256.5
	4	132.4	176.9	206.5	243.8	271.5
	5	143.2	192.2	224.7	265.8	296.2
17. BLT1	1	77.7	113.2	136.7	166.4	188.4
	2	98.4	140.5	168.4	203.6	229.7
	3	111.9	156.7	186.3	223.8	251.6
	4	122.8	169.7	200.8	240.0	269.1
	5	134.0	185.4	219.5	262.5	294.4
18. BLSF3	1	71.5	98.2	115.9	138.2	154.8
	2	92.6	130.0	154.8	186.1	209.3
	3	110.3	151.2	178.3	212.6	238.0
	4	122.1	164.4	192.4	227.7	254.0
	5	133.1	176.8	205.8	242.4	269.5

ตารางที่ 13 (ต่อ)

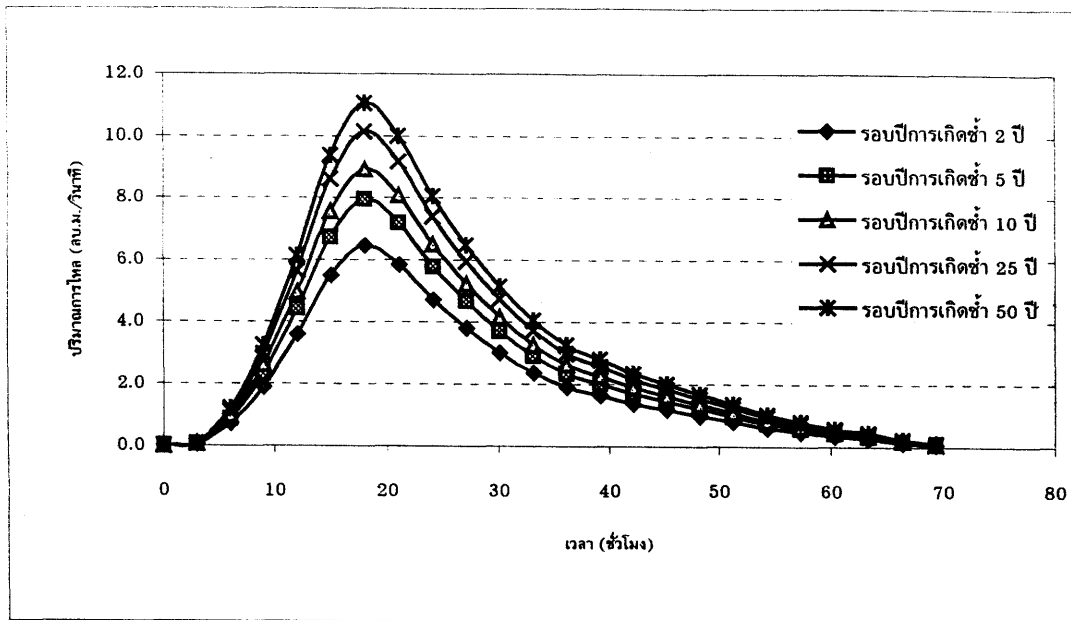
รหัส ลุ่มน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
		2	5	10	25	50
19. BRSF2	1	78.0	105.9	124.3	147.6	164.8
	2	101.1	140.1	165.9	198.4	222.6
	3	118.2	158.5	185.2	219.0	244.0
	4	131.4	172.6	199.9	234.5	260.1
	5	142.0	186.3	215.7	252.7	280.2
20. BLSF4	1	75.1	113.7	139.3	171.6	195.5
	2	94.2	140.8	171.7	210.7	239.7
	3	109.2	159.3	192.4	234.3	265.4
	4	120.8	173.3	208.1	252.1	284.7
	5	132.6	188.8	226.0	273.0	307.8
21. BRSF3	1	83.3	110.2	128.1	150.6	167.3
	2	104.0	141.4	166.1	197.4	220.5
	3	124.2	165.2	192.4	226.7	252.2
	4	137.6	182.2	211.7	249.0	276.7
	5	152.1	198.8	229.7	268.8	297.8
22. BLSF5	1	75.8	106.5	126.9	152.6	171.6
	2	95.7	132.7	157.3	188.3	211.3
	3	108.6	149.8	177.1	211.7	237.3
	4	118.2	161.8	190.6	227.0	254.0
	5	128.1	174.1	204.6	243.0	271.6
23. BRSF4	1	77.8	107.2	126.6	151.1	169.3
	2	98.2	138.9	165.8	199.8	225.0
	3	117.8	164.4	195.3	234.3	263.3
	4	129.0	178.2	210.7	251.9	282.5
	5	142.1	193.4	227.4	270.3	302.2
24. BRSF5	1	76.1	104.1	122.6	146.0	163.3
	2	94.5	127.3	149.0	176.5	196.8
	3	108.7	147.2	172.6	204.9	228.7
	4	117.8	157.0	182.9	215.7	240.0
	5	127.8	169.6	197.3	232.3	258.2

ตารางที่ 13 (ต่อ)

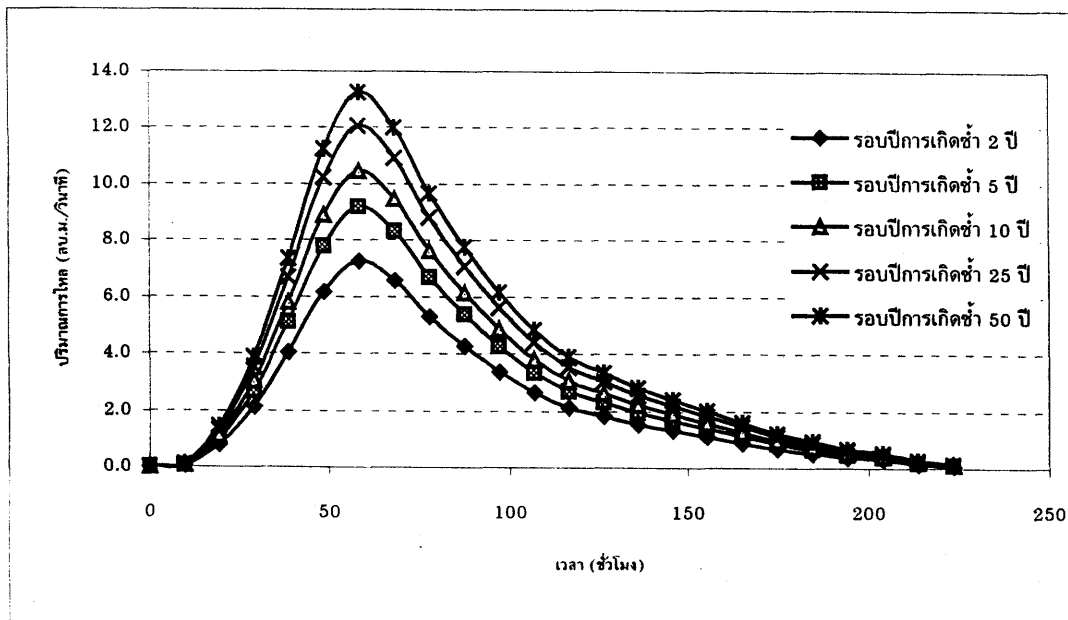
รหัส ลุ่มน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
		2	5	10	25	50
25. BLT2	1	74.7	96.6	111.1	129.5	143.1
	2	96.9	126.6	146.2	171.1	189.5
	3	112.1	149.4	174.2	205.4	228.6
	4	122.3	162.0	188.2	221.4	246.0
	5	132.1	171.3	197.2	229.9	254.2
26. BLT3	1	76.1	104.1	122.6	146.0	163.3
	2	94.5	127.3	149.0	176.5	196.8
	3	108.7	147.2	172.6	204.9	228.7
	4	117.8	157.0	182.9	215.7	240.0
	5	127.8	169.6	197.3	232.3	258.2
27. NRSF1	1	105.8	122.4	133.3	147.2	157.5
	2	131.5	151.4	164.6	181.2	193.6
	3	146.0	169.3	184.8	204.3	218.8
	4	148.6	172.4	188.2	208.2	222.9
	5	159.0	182.0	197.2	216.4	230.6
28. NRSF2	1	97.4	126.9	146.5	171.2	189.5
	2	126.2	164.8	190.3	222.6	246.5
	3	144.3	181.8	206.7	238.1	261.3
	4	156.9	194.8	219.9	251.6	275.1
	5	169.7	207.8	233.1	265.0	288.7
29. NRSF3	1	92.6	129.9	154.7	185.9	209.1
	2	122.5	172.0	204.8	246.2	276.9
	3	143.3	190.9	222.3	262.1	291.6
	4	161.5	209.7	241.7	282.0	312.0
	5	175.7	225.2	258.0	299.4	330.1
30. NRSF4	1	91.2	126.9	150.6	180.5	202.7
	2	119.0	165.6	196.4	235.4	264.3
	3	139.8	190.1	223.4	265.4	296.6
	4	156.1	209.5	244.8	289.5	322.6
	5	170.0	227.0	264.8	312.4	347.8

ตารางที่ 13 (ต่อ)

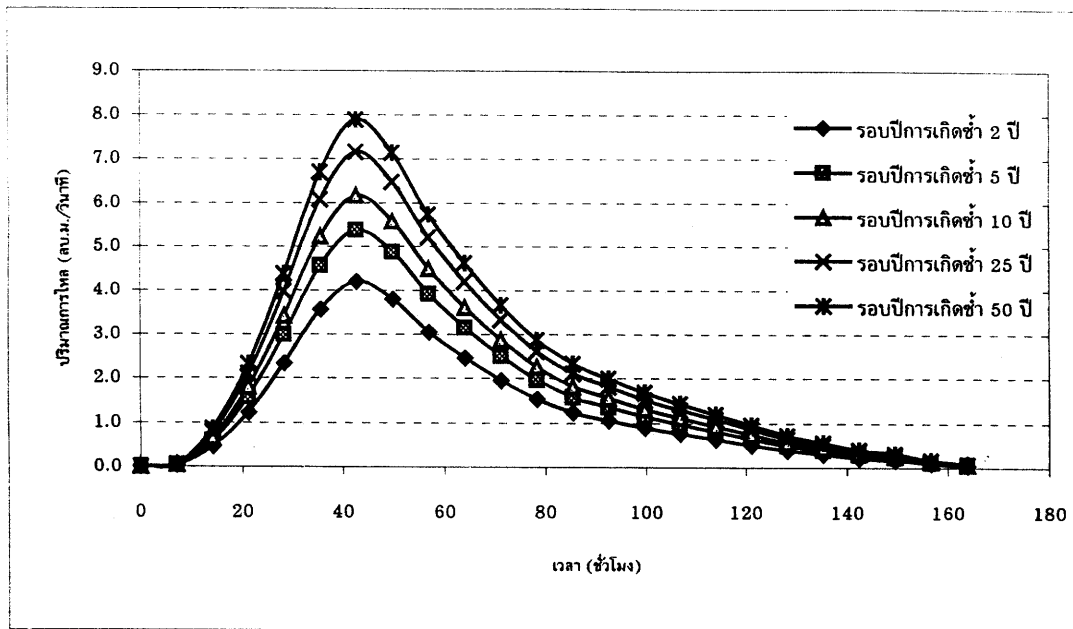
รหัส ลุ่มน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
		2	5	10	25	50
31. NLSF1	1	93.8	128.7	151.9	181.1	202.9
	2	121.4	166.8	196.9	234.9	263.1
	3	142.7	191.2	223.3	263.8	293.9
	4	158.2	208.2	241.2	283.0	314.1
	5	172.1	223.9	258.2	301.5	333.6
32. NLT1	1	92.6	123.5	143.9	169.7	188.9
	2	120.9	160.6	186.9	220.2	244.8
	3	140.5	183.7	212.3	248.4	275.2
	4	152.5	196.7	226.1	263.1	290.6
	5	166.4	212.2	242.5	280.8	309.2
33. NLSF2	1	84.7	119.3	142.2	171.2	192.7
	2	114.7	161.1	191.8	230.6	259.4
	3	135.7	184.3	216.5	257.2	287.4
	4	150.3	200.2	233.2	274.9	305.9
	5	165.6	217.8	252.4	296.0	328.4
34. NLT2	1	99.6	125.8	143.1	165.0	181.3
	2	129.9	164.5	187.5	216.5	238.0
	3	149.5	186.2	210.5	241.1	263.9
	4	160.4	197.6	222.3	253.5	276.6
	5	174.4	212.5	237.7	269.5	293.2
35. NLSF3	1	89.8	125.9	149.9	180.2	202.6
	2	118.8	163.8	193.6	231.3	259.2
	3	140.1	190.4	223.7	265.8	297.0
	4	154.5	205.8	239.8	282.7	314.6
	5	170.2	223.8	259.4	304.2	337.5
36. NRSF5	1	86.3	120.5	143.2	171.8	193.1
	2	115.5	160.9	190.9	228.9	257.1
	3	135.3	183.8	215.8	256.4	286.5
	4	150.3	202.1	236.3	279.6	311.7
	5	164.7	220.6	257.6	304.3	339.0



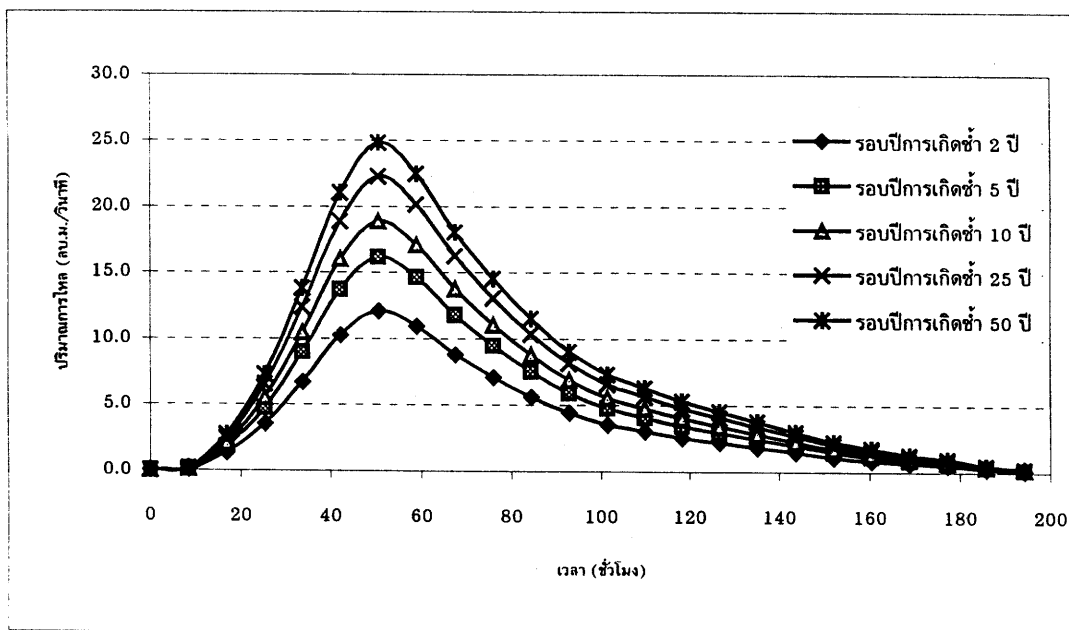
ภาพที่ 16 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLSF1



ภาพที่ 17 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLT1

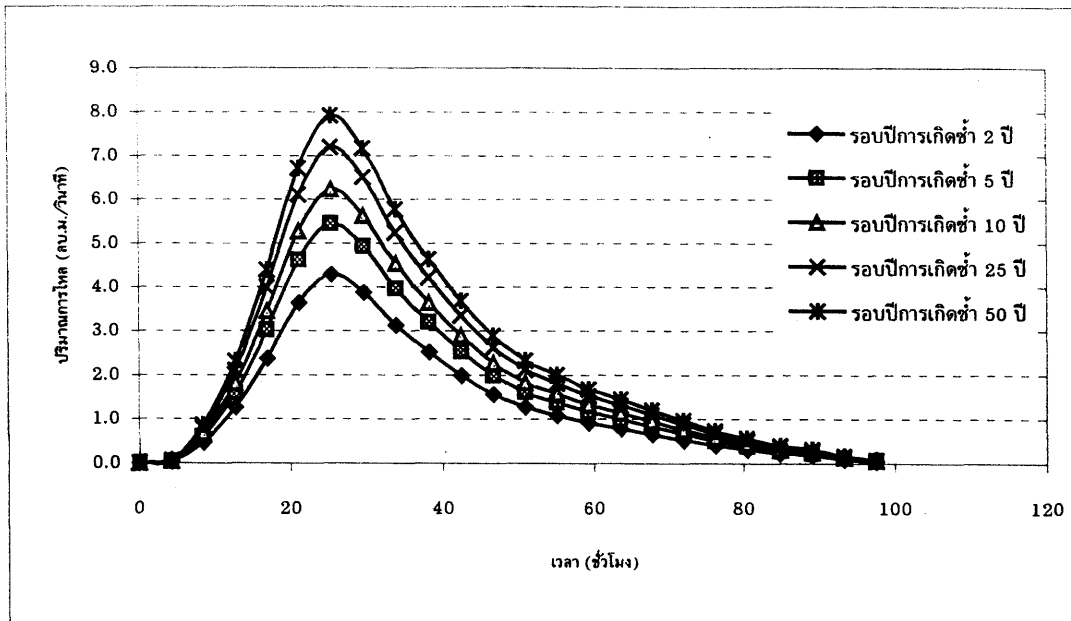


ภาพที่ 18 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLSF2

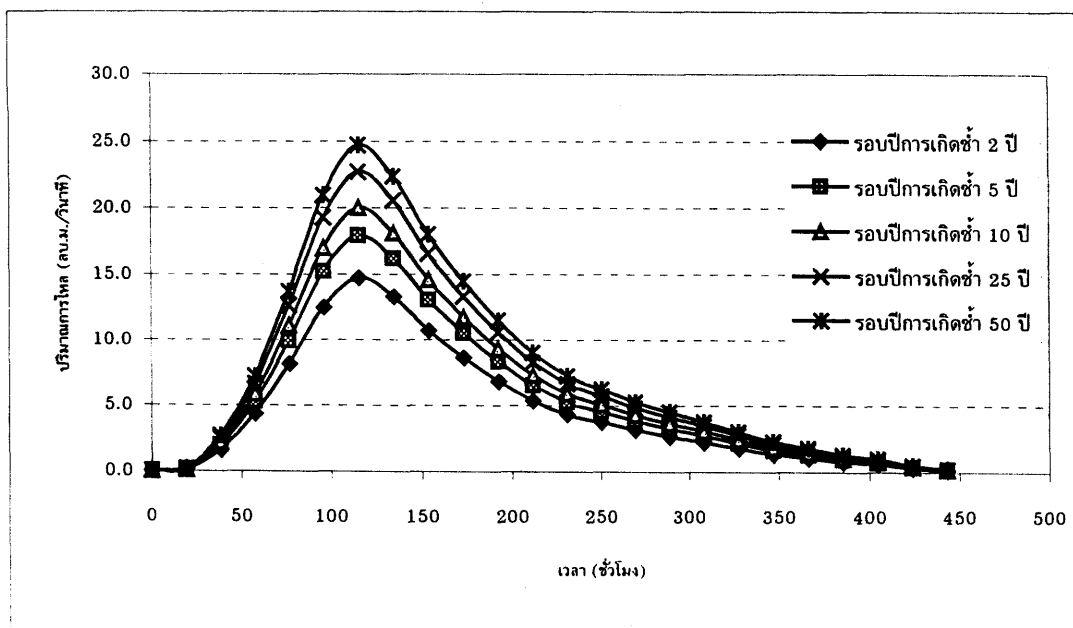


ภาพที่ 19 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLSF3

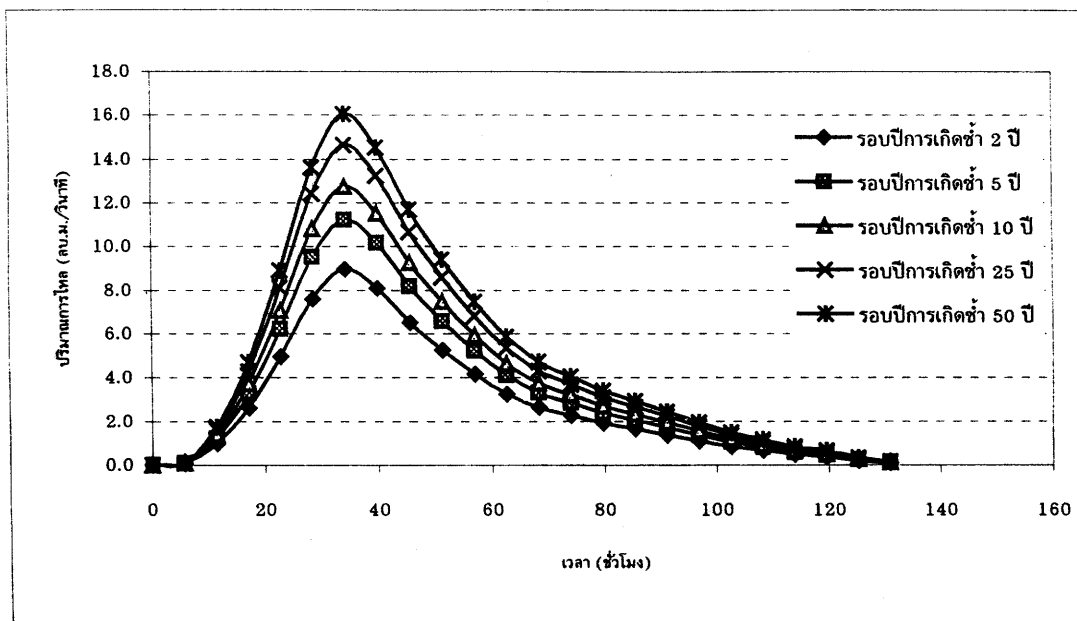




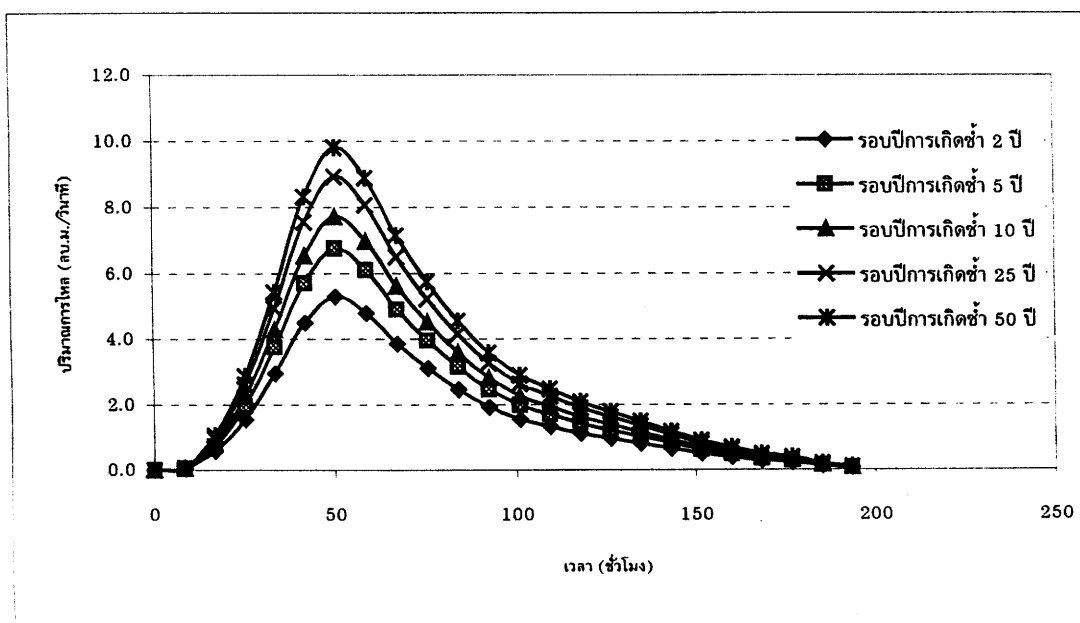
ภาพที่ 20 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLSF4



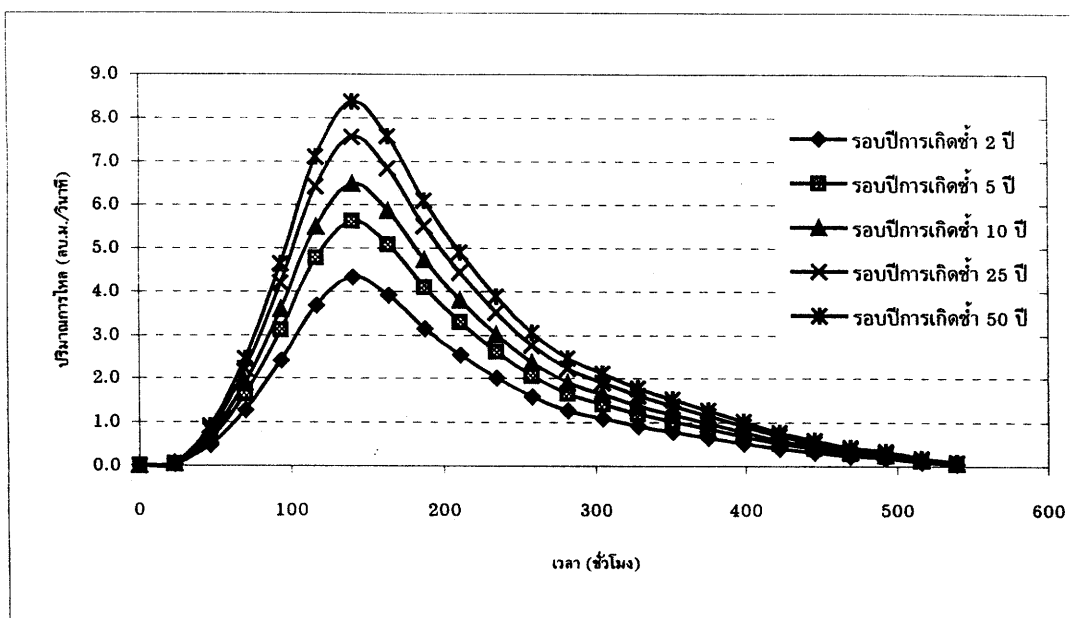
ภาพที่ 21 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PRT1



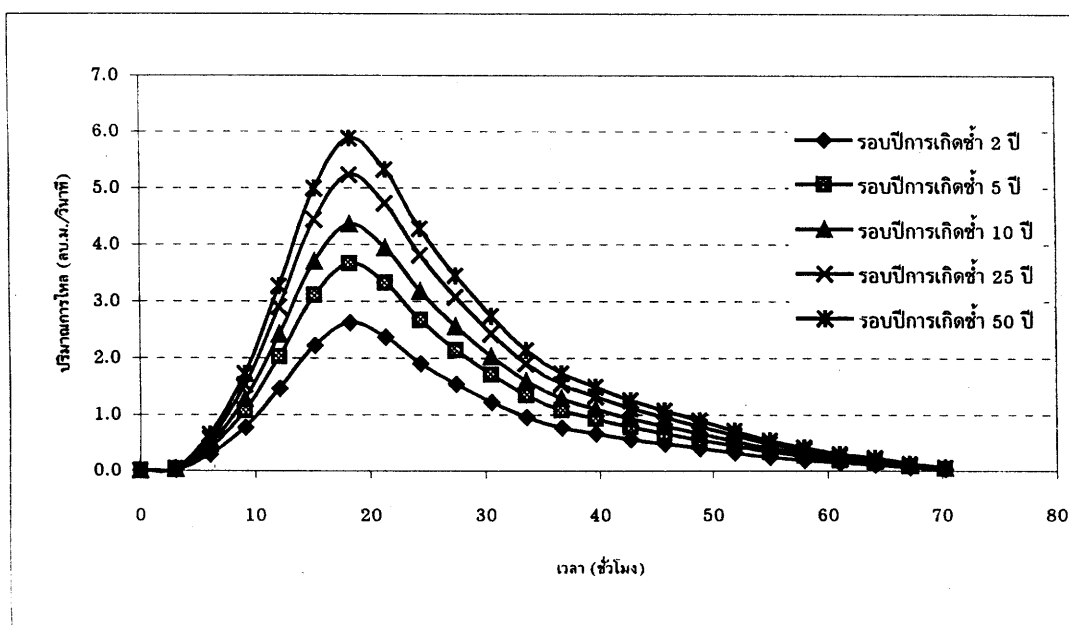
ภาพที่ 22 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PRSF1



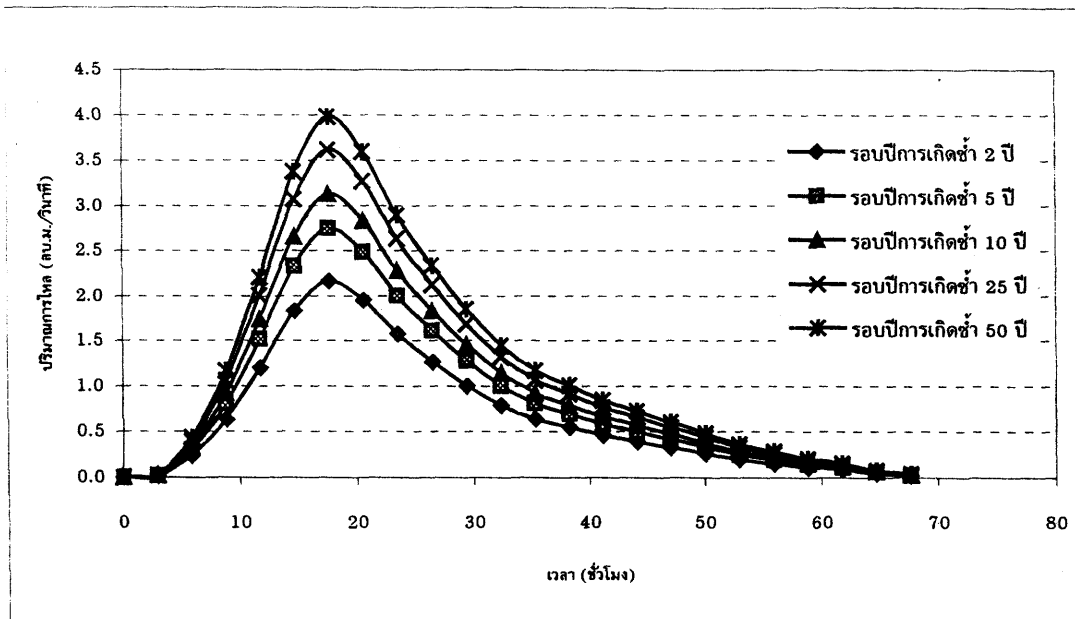
ภาพที่ 23 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PRSF2



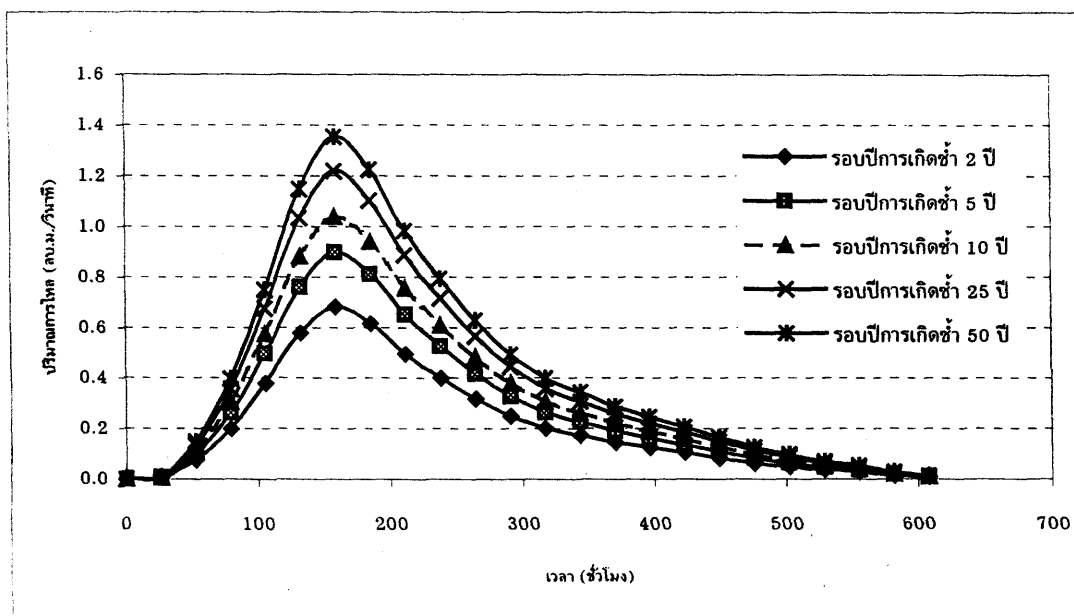
ภาพที่ 24 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLT2



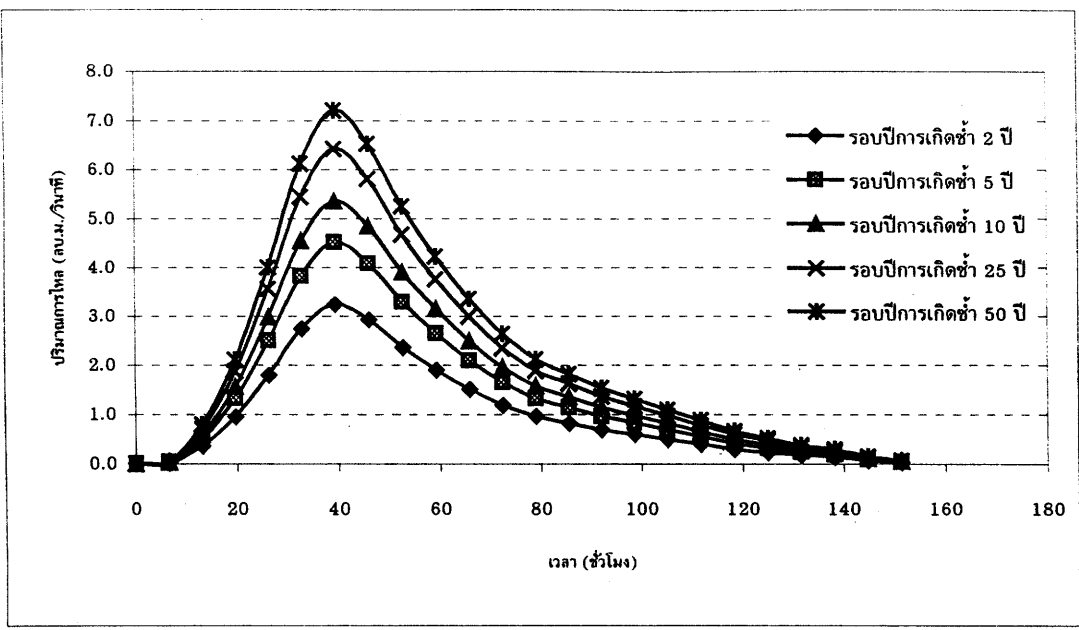
ภาพที่ 25 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLSF5



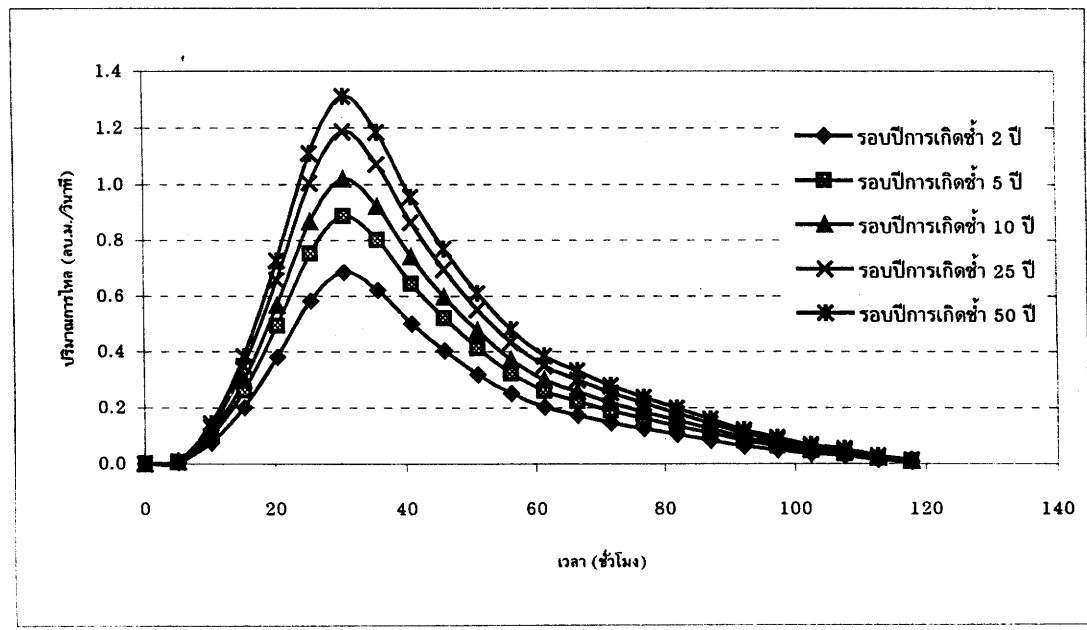
ภาพที่ 26 กราฟปริมาณน้ำไอน้ำเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PRSF3



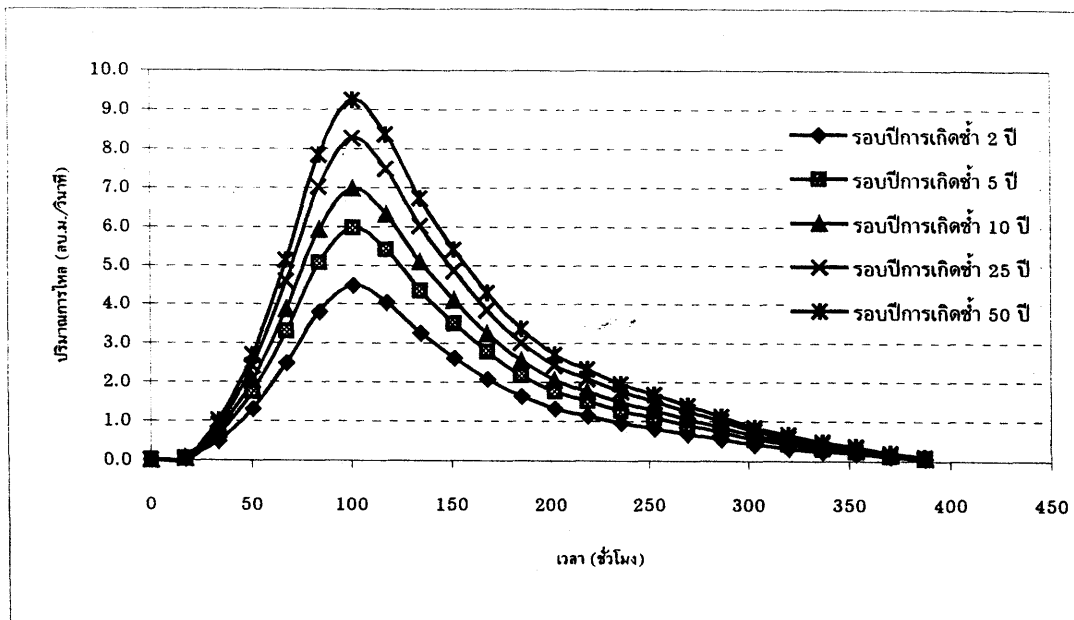
ภาพที่ 27 กราฟปริมาณน้ำไอน้ำเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PRSF4



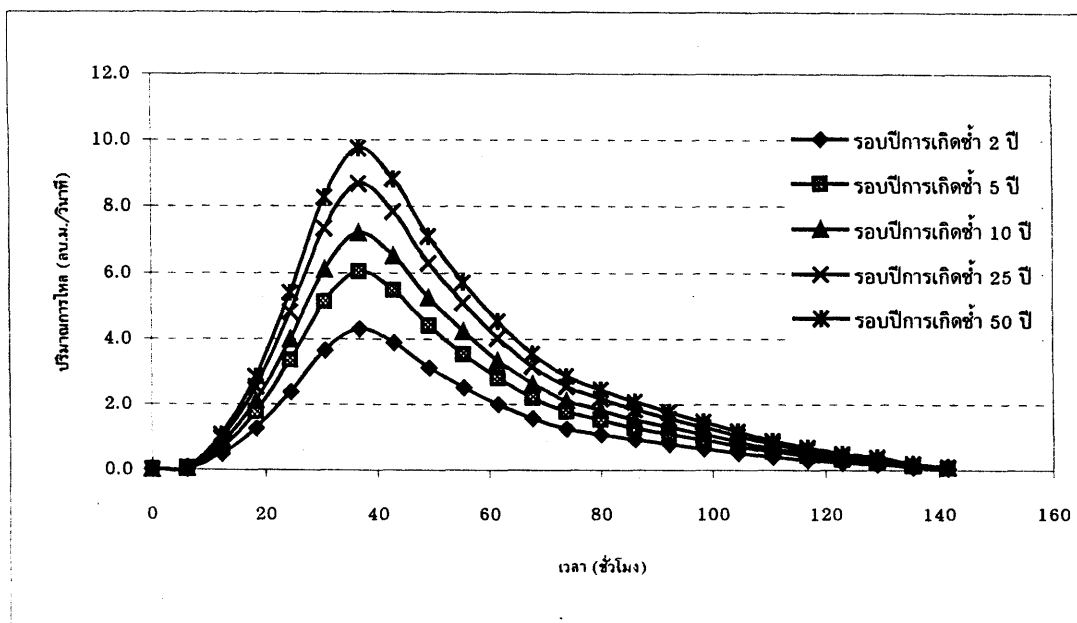
ภาพที่ 28 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย PLSF6



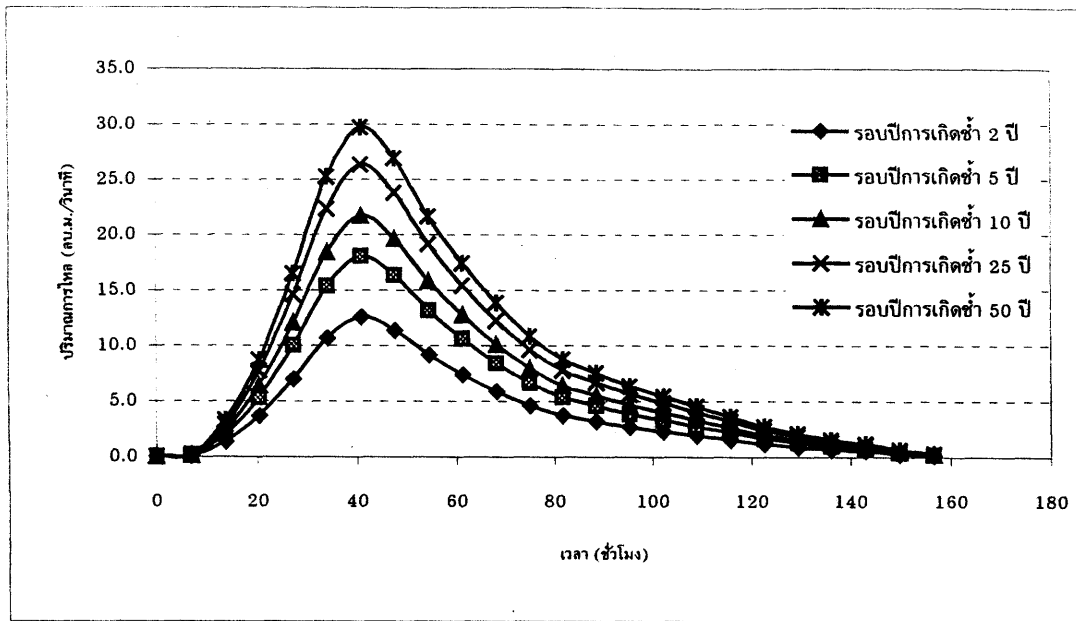
ภาพที่ 29 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLSF1



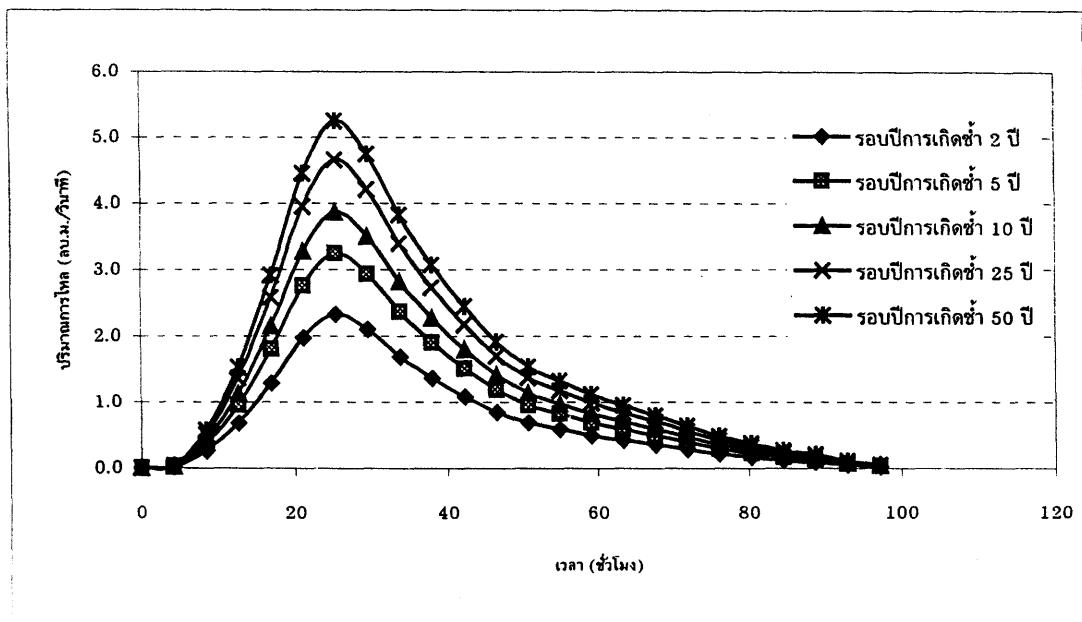
ภาพที่ 30 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BRSF1



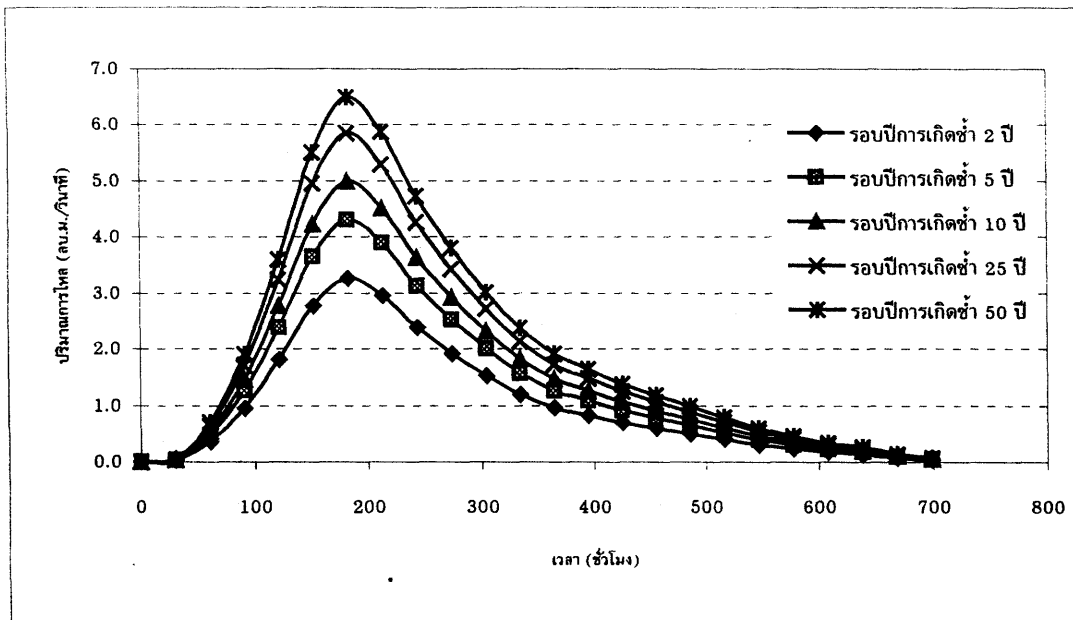
ภาพที่ 31 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLSF2



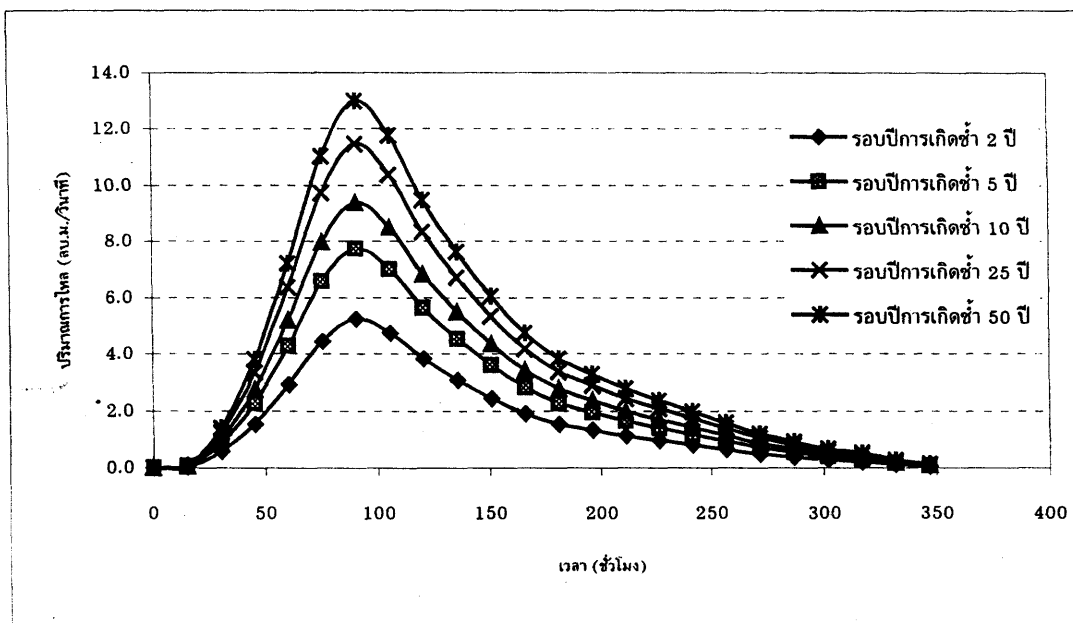
ภาพที่ 32 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLT1



ภาพที่ 33 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLSF3

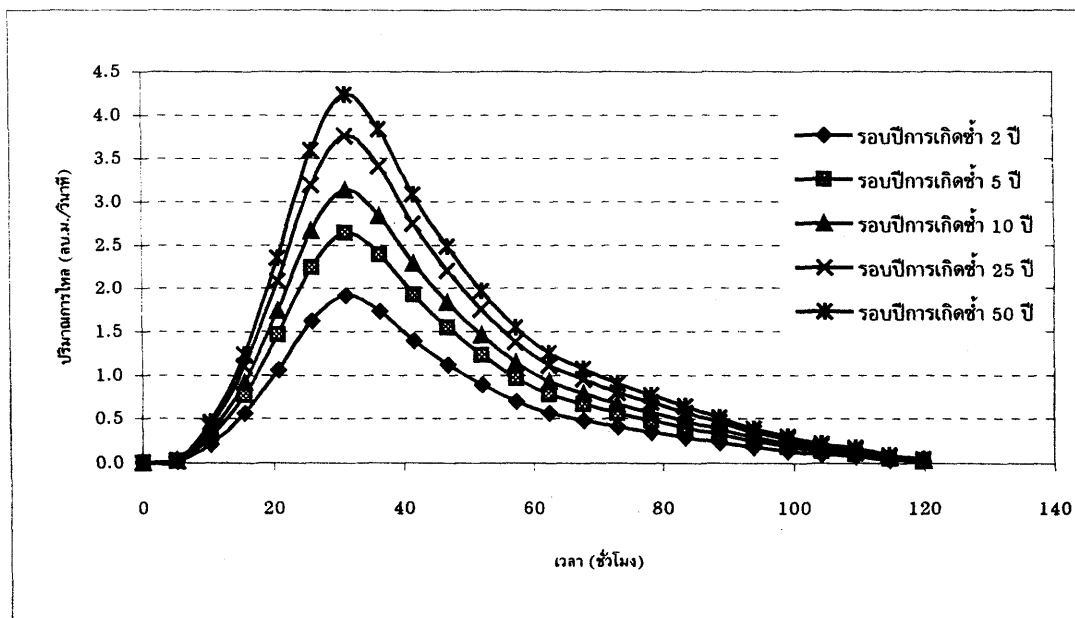


ภาพที่ 34 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BRSF2

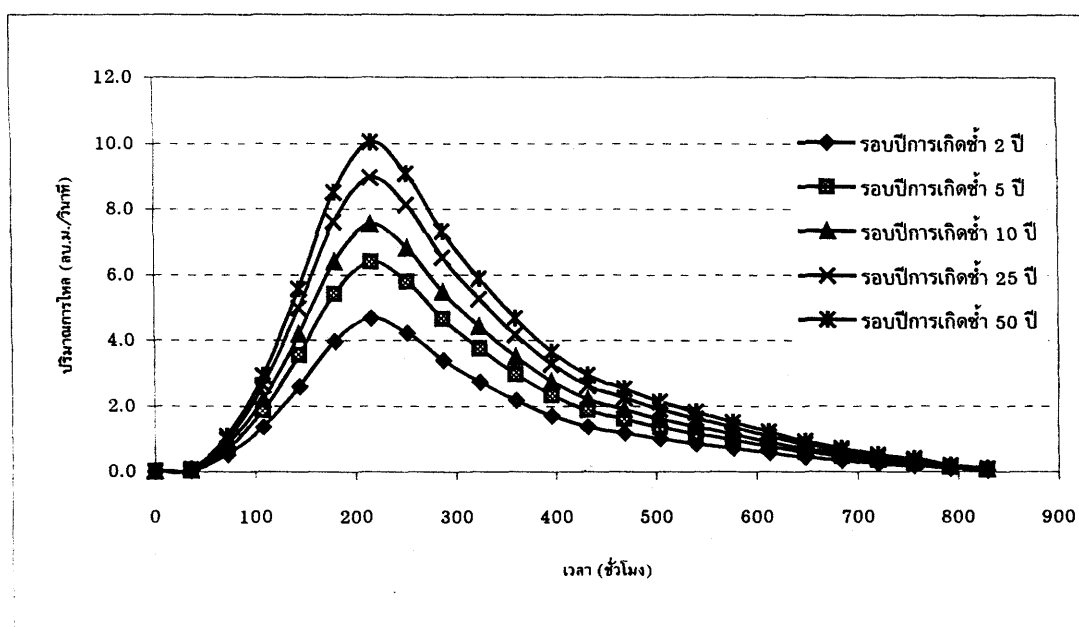


ภาพที่ 35 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLSF4

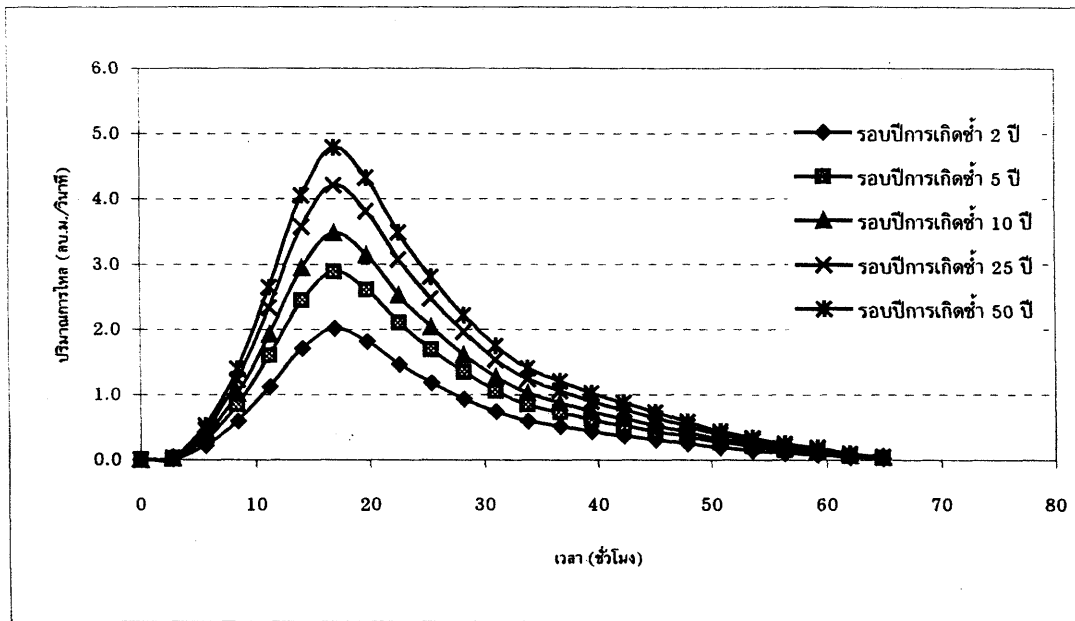




ภาพที่ 36 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BRSF3



ภาพที่ 37 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BLSF5



ภาพที่ 38 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อย BRSF4

### การสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

เหตุการณ์ของน้ำหลาก (flood event) ที่ถูกเลือกเพื่อใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON สำหรับกราฟน้ำหลากขนาดเล็กซึ่งหมายถึงกราฟน้ำหลากที่มีการไหลเฉพาะในแม่น้ำ (channel flow) ได้แก่เหตุการณ์ของกราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 1-19 พฤศจิกายน 2539 โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับแต่ละรูปตัดขวางของแม่น้ำบางปะกงและสาขาดังได้แสดงตามตารางที่ 14

ผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ สำหรับจุดพิจารณากระดับน้ำที่สถานี KGT.1 ปตร.บางชนาก ปตร.ทำไข่ ปตร.ทำถั่ว และปตร.ปากตะคอง แสดงได้ดังภาพที่ 39 ถึงภาพที่ 43 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่จุดพิจารณาทั้ง 4 แห่ง มีความใกล้เคียงกันและค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยระดับน้ำนองสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำนองสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการเปรียบเทียบทางสถิติโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) มีค่ามากกว่า 0.8 และค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (sum of squares of differences) มีค่าน้อย แสดงได้ดังตารางที่ 15

สำหรับเหตุการณ์น้ำหลากขนาดใหญ่ซึ่งหมายถึงเหตุการณ์ของกราฟน้ำหลากที่มีการล้นน้ำท่วม (floodplain flow) ได้แก่เหตุการณ์ของกราฟน้ำหลากในระหว่างวันที่ 19 กันยายน 2540 ถึงวันที่ 26 ตุลาคม 2540 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองกรณีเหตุการณ์น้ำหลากขนาดเล็ก และปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับการไหลบริเวณทุ่งน้ำท่วมของรูปตัดขวางของแม่น้ำบางปะกงและสาขาในช่วงระหว่าง 0.5-1.0 ซึ่งได้ผลของอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่จุดพิจารณาทั้ง 4 แห่งมีความใกล้เคียงกันและค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยระดับน้ำนองสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำนองสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกันและจากการเปรียบเทียบทางสถิติโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) มีค่ามากกว่า 0.7 และค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (sum of squares of differences) มีค่าน้อยแสดงได้ดังตารางที่ 16 และสรุปค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ทั้งสำหรับการไหลเฉพาะในแม่น้ำและการไหลในทุ่งน้ำท่วมได้ดังตารางที่ 17 ซึ่งผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้สำหรับจุดพิจารณากระดับน้ำที่สถานี KGT.1 ปตร.บางชนาก ปตร.ทำไข่ ปตร.ทำถั่ว และปตร.ปากตะคอง แสดงได้ดังภาพที่ 44 ถึงภาพที่ 48 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในแต่ละช่วงแม่น้ำ กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ

แม่น้ำ	ระยะทาง (chainage)	จุดพิจารณา	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	
			กรณีการไหลในแม่น้ำ (channel flow)	กรณีการไหลในทุ่งน้ำท่วม (floodplain flow)
ปราจีนบุรี	กม.ที่ 0.00 ถึง กม.ที่ 66.69	KGT.3 - KGT.1	0.035	-
ปราจีนบุรี	กม.ที่ 66.69 ถึง กม.ที่ 124.62	KGT.1 - ปตร.บางขนาก	0.028	-
บางปะกง	กม.ที่ 124.62 ถึง กม.ที่ 181.38	ปตร.บางขนาก - ปตร.ท่าไข่	0.020	-
บางปะกง	กม.ที่ 181.38 ถึง กม.ที่ 198.00	ปตร.ท่าไข่ - ปตร.ท่าถั่ว	0.030	-
บางปะกง	กม.ที่ 198.00 ถึง กม.ที่ 221.44	ปตร.ท่าถั่ว - ปตร.ปากตะคอง	0.030	-
บางปะกง	กม.ที่ 221.44 ถึง กม.ที่ 237.32	ปตร.ปากตะคอง - ปากอ่าวไทย	0.030	-

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ

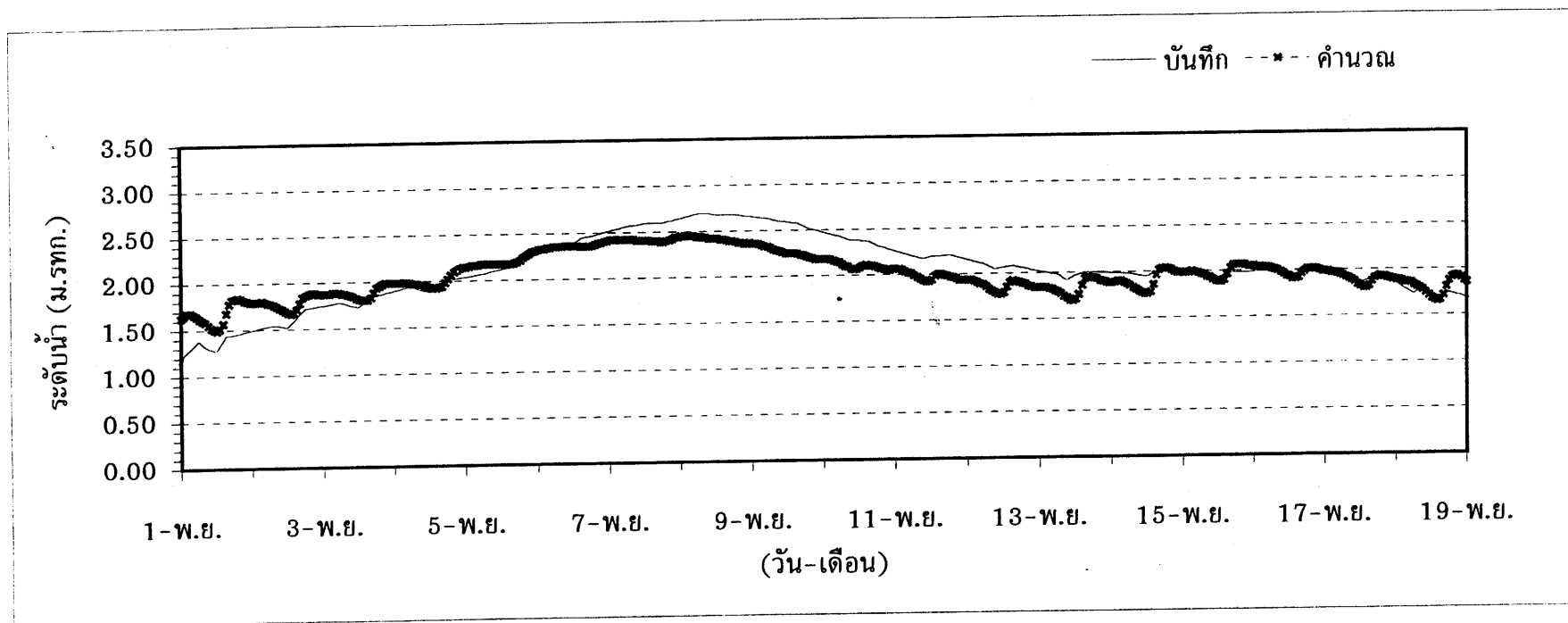
สถานีวัดระดับน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)	ผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (Sum of squares of differences)
KGT.1	0.8967	14.48
ปตร.บางขนาก	0.9134	2.40
ปตร.ท่าไข่	0.9390	14.27
ปตร.ท่าถั่ว	0.9730	7.34
ปตร.ปากตะคอง	0.9766	12.55

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON กรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม

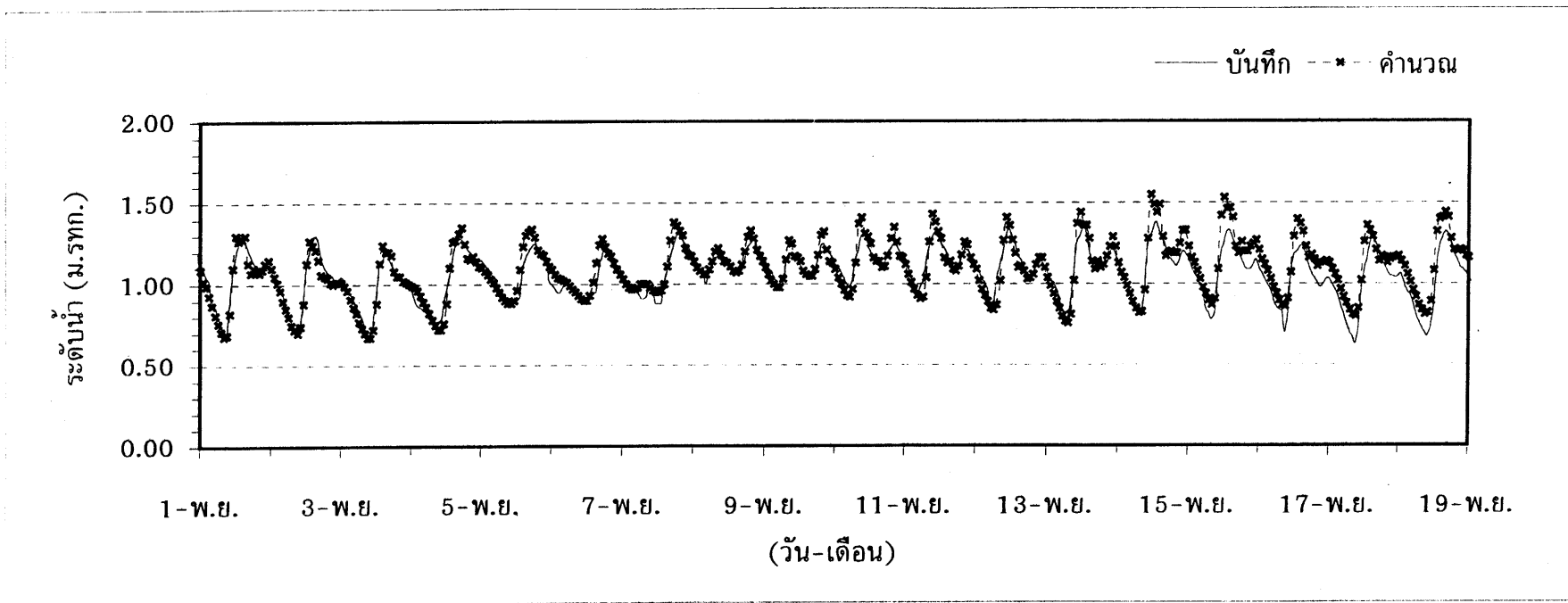
สถานีวัดระดับน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)	ผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (Sum of squares of differences)
KGT.1	0.9928	23.48
ปตร.บางขนาก	0.8793	44.97
ปตร.ท่าไข่	0.7831	68.82
ปตร.ท่าถั่ว	0.8907	48.87
ปตร.ปากตะคอง	0.9399	55.70

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในแต่ละช่วงแม่น้ำ กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำและในทุ่งน้ำท่วม

แม่น้ำ	ระยะทาง (chainage)	จุดพิจารณา	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	
			กรณีการไหลในแม่น้ำ (channel flow)	กรณีการไหลในทุ่งน้ำท่วม (floodplain flow)
ปราจีนบุรี	กม.ที่ 0.00 ถึง กม.ที่ 66.69	KGT.3 - KGT.1	0.035	0.090
ปราจีนบุรี	กม.ที่ 66.69 ถึง กม.ที่ 124.62	KGT.1 - ปตร.บางชนาก	0.028	0.090
บางปะกง	กม.ที่ 124.62 ถึง กม.ที่ 181.38	ปตร.บางชนาก - ปตร.ทำไร่	0.020	0.090
บางปะกง	กม.ที่ 181.38 ถึง กม.ที่ 198.00	ปตร.ทำไร่ - ปตร.ทำถั่ว	0.030	0.090
บางปะกง	กม.ที่ 198.00 ถึง กม.ที่ 221.44	ปตร.ทำถั่ว - ปตร.ปากตะคอง	0.030	0.090
บางปะกง	กม.ที่ 221.44 ถึง กม.ที่ 237.32	ปตร.ปากตะคอง - ปากอ่าวไทย	0.030	0.090

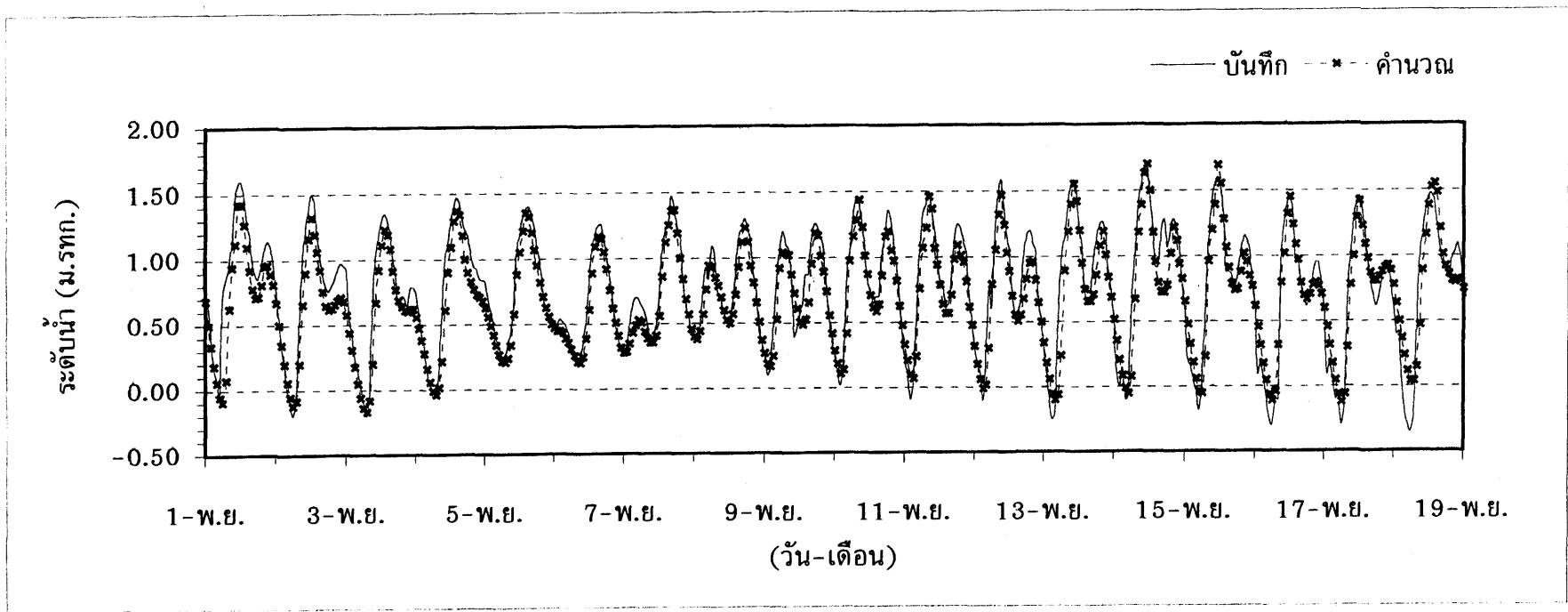


ภาพที่ 39 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 1 - 19 พฤศจิกายน 2539 ที่สถานี KGT.1

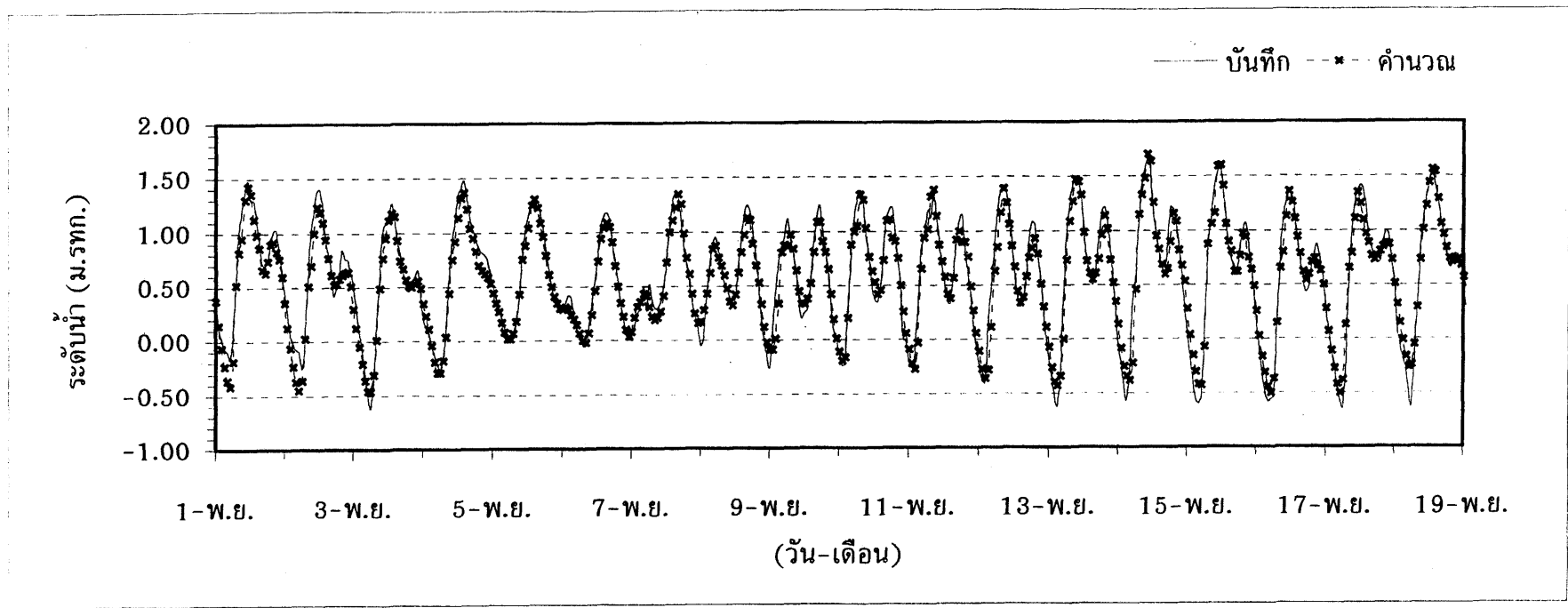


ภาพที่ 40 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 1 - 19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.บางชนาก

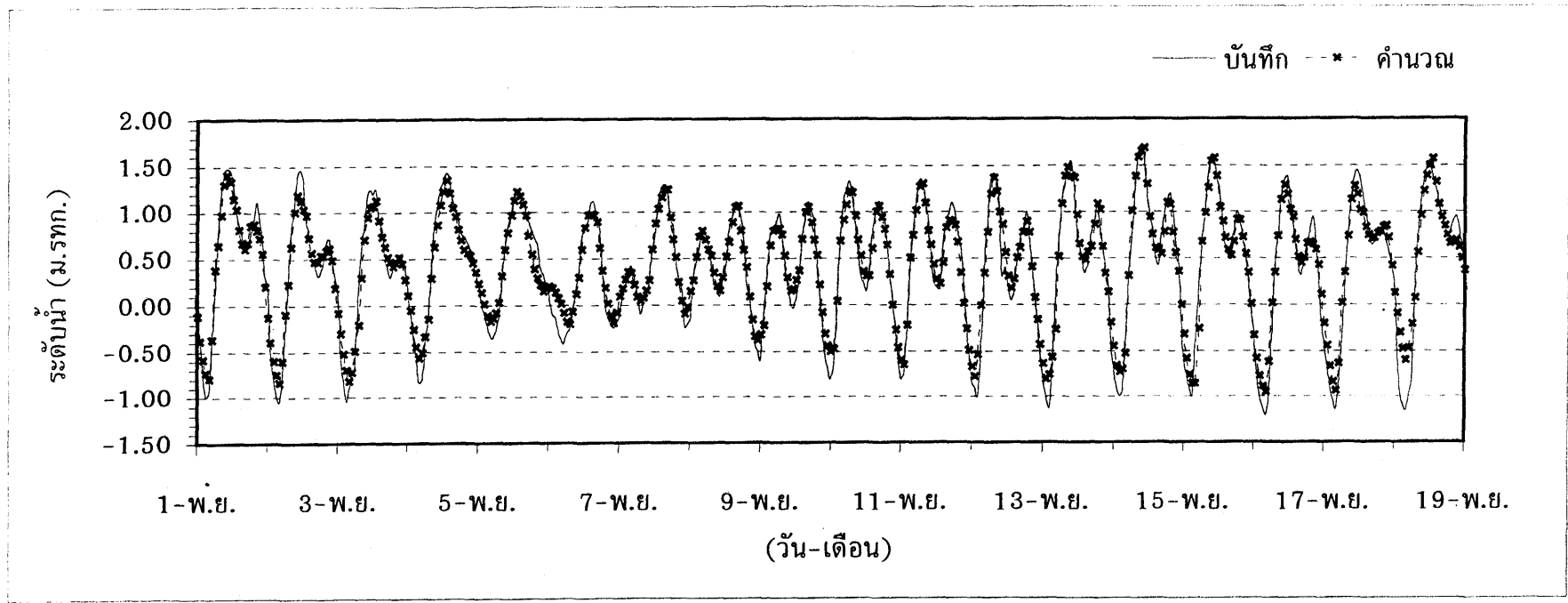




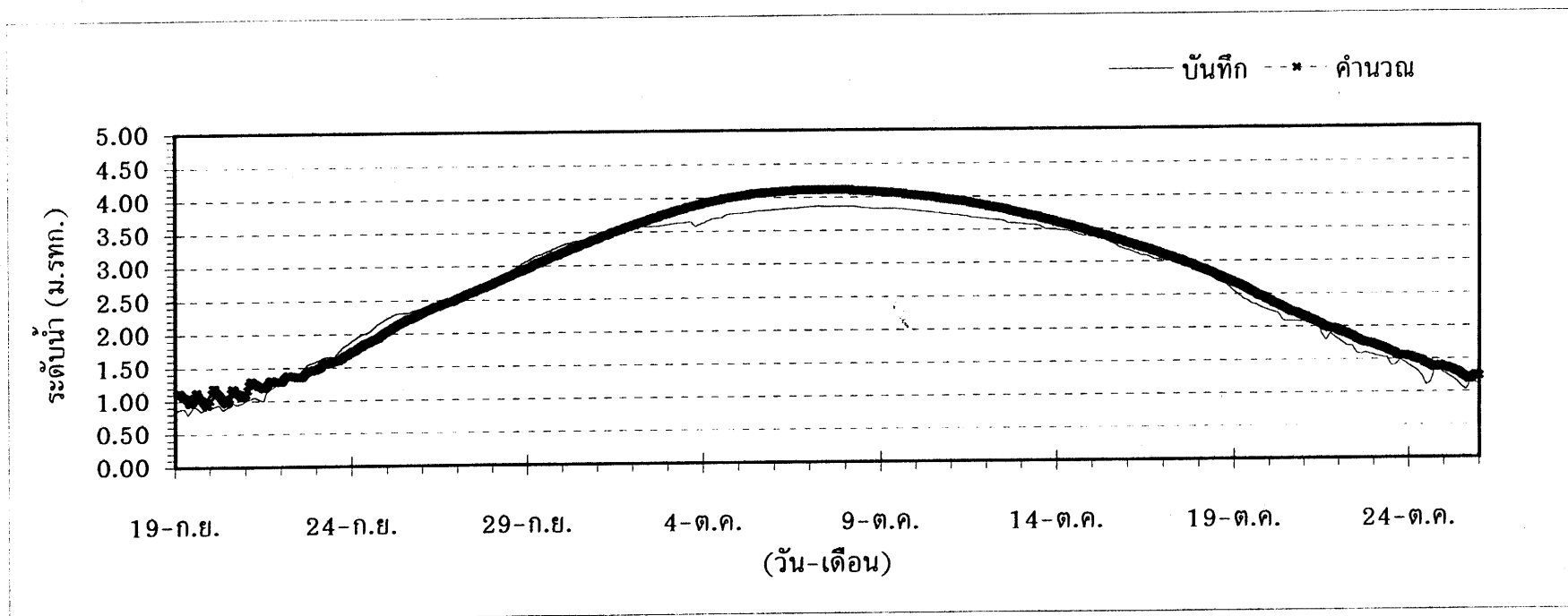
ภาพที่ 41 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 1 - 19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.ท่าไช้



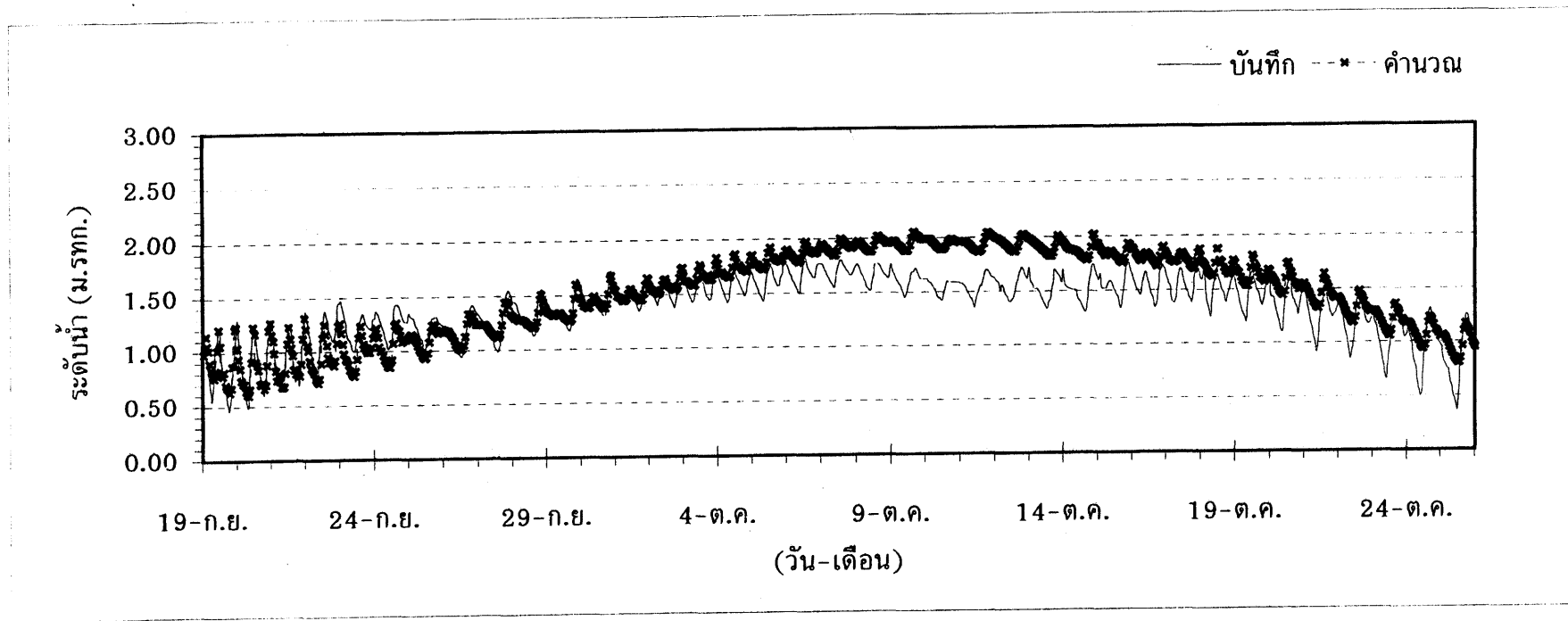
ภาพที่ 42 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 1 - 19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.ท่าถั่ว



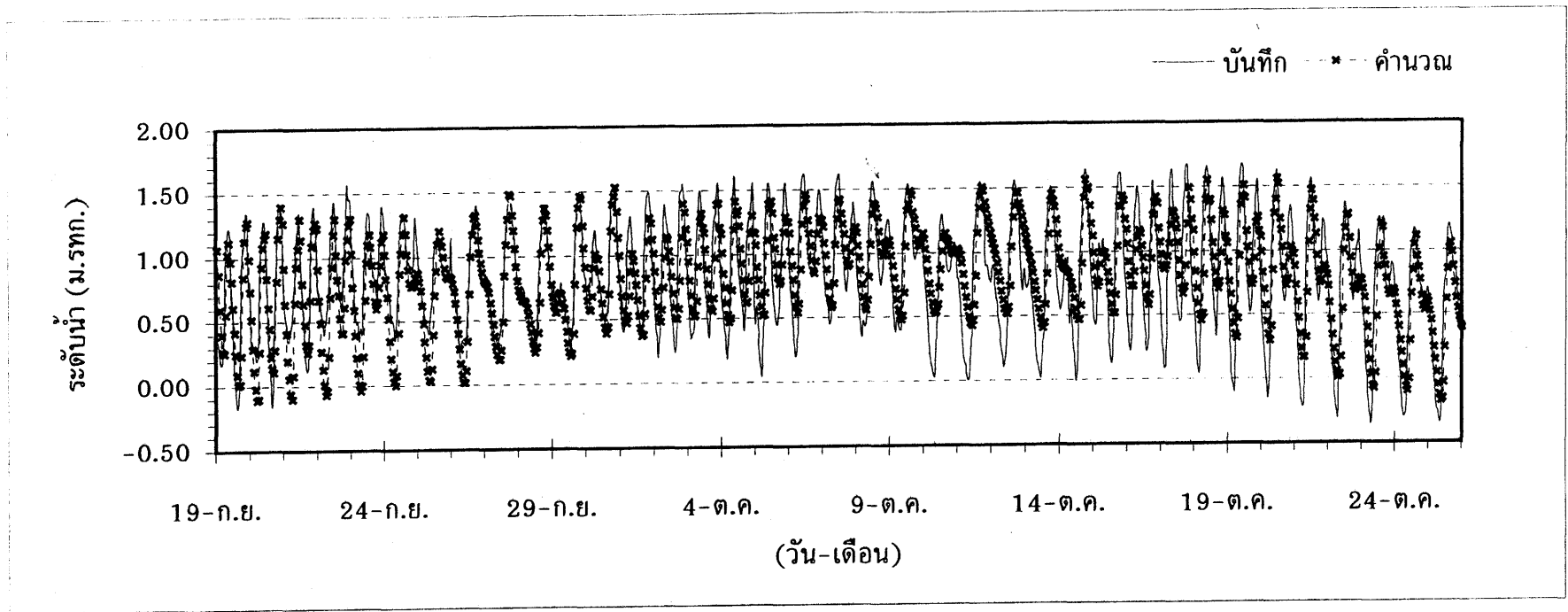
ภาพที่ 43 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 1 - 19 พฤศจิกายน 2539 ที่ ปตร.ปากตะคอง



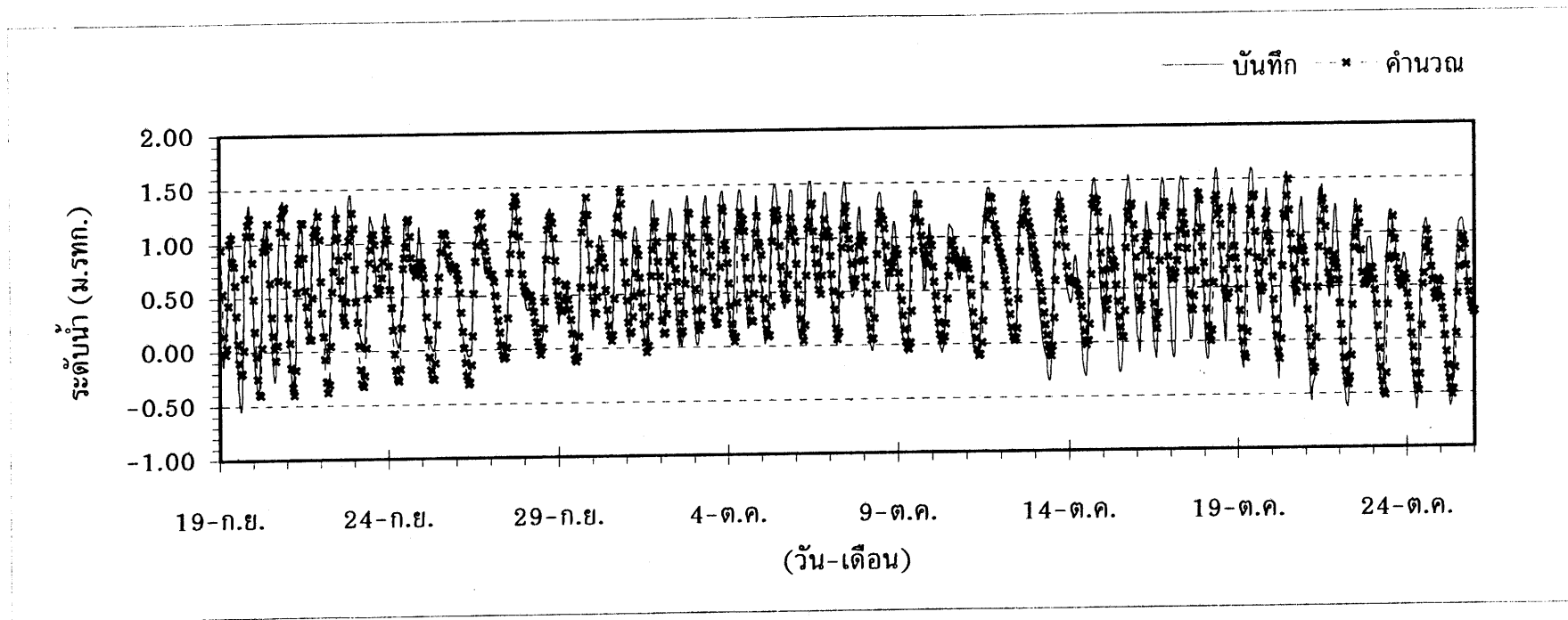
ภาพที่ 44 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 26 ตุลาคม 2540 ที่สถานี KGT.1



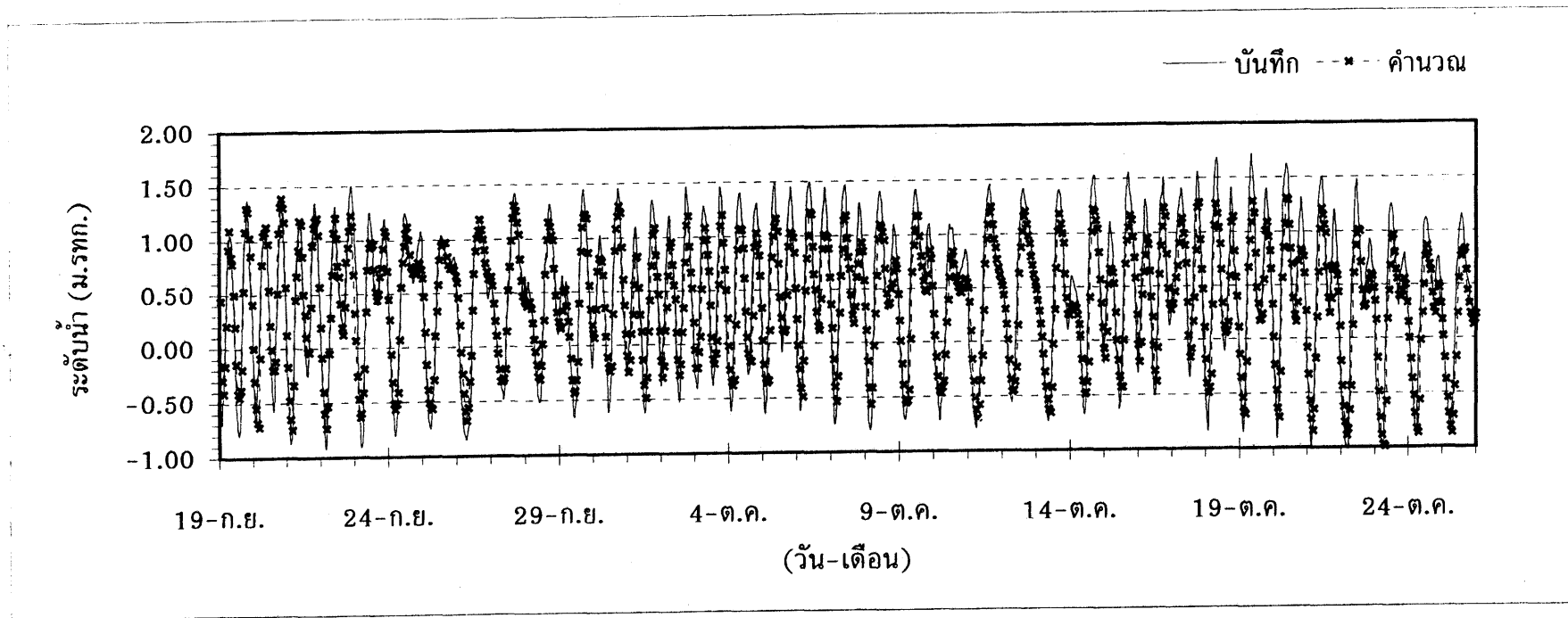
ภาพที่ 45 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.บางนา



ภาพที่ 46 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในท่อน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.ท่าไผ่



ภาพที่ 47 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในท่อน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.ท่าถั่ว



ภาพที่ 48 ผลการสอบเทียบแบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 26 ตุลาคม 2540 ที่ ปตร.ปากตะคอง



### การตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

การตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ทำได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ความซรุขระของ Manning สำหรับแต่ละรูปตัดขวางของแม่น้ำที่ยอมรับจากผลการสอบเทียบแบบจำลองซึ่งแสดงดังตารางที่ 16 แล้วนั้น มาประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์น้ำหลากอื่น ๆ เพื่อเป็นการยืนยันว่าค่าสัมประสิทธิ์ความซรุขระของ Manning ดังกล่าว เหมาะสมสำหรับแต่ละรูปตัดขวางตลอดแนวการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา

อนึ่ง เหตุการณ์กราฟน้ำหลากที่นำมาพิจารณาในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON มีจำนวน 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์น้ำหลากขนาดเล็กระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม 2540 ถึงวันที่ 19 กันยายน 2540 และเหตุการณ์น้ำหลากขนาดใหญ่ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2539 ถึงวันที่ 29 ตุลาคม 2539

ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองของเหตุการณ์น้ำหลากทั้ง 2 เหตุการณ์ โดยการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง กับอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่มีการบันทึกไว้ สำหรับจุดพิจารณาระดับน้ำที่สถานี KGT.1 ปตร.บางชนาก ปตร.ท่าไข่ ปตร.ท่าถั่ว และ ปตร.ปากตะคอง แสดงได้ดังภาพผนวกที่ 1 ถึงภาพผนวกที่ 10 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอนุกรมเวลาของระดับน้ำที่จุดพิจารณาทั้ง 4 แห่ง มีความใกล้เคียงกันและค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยระดับน้ำนองสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำนองสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการเปรียบเทียบทางสถิติโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) มีค่ามากกว่า 0.9 และค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (sum of squares of differences) มีค่าน้อย แสดงได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำและกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม

สถานีวัดระดับน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)	ผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (Sum of squares of differences)
<u>กรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ</u>		
KGT.1	0.9027	54.02
ปตร.บางชนาก	0.9341	11.37
ปตร.ท่าไช	0.9268	20.71
ปตร.ท่าถั่ว	0.9502	18.04
ปตร.ปากตะคอง	0.9712	18.44
<u>กรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม</u>		
KGT.1	0.9734	88.48
ปตร.บางชนาก	0.9404	40.48
ปตร.ท่าไช	0.9465	29.81
ปตร.ท่าถั่ว	0.9542	29.62
ปตร.ปากตะคอง	0.9377	51.64

### การวิเคราะห์จุดควบคุมท่ายน้ำ

จากการคำนวณหาค่าระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดที่จุดพิจารณาที่กำหนด โดยกำหนดให้ทุกปีที่วิเคราะห์มีค่าเงื่อนไขด้านเหนือน้ำเท่ากันและกำหนดค่าเงื่อนไขด้านท่ายน้ำเปลี่ยนไปตามปีสถิติข้อมูลจริงนั้น ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำจากการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ได้ผลแสดงดังตารางที่ 19

จากการคำนวณผลกระทบของระดับน้ำเนื่องจากอิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล (tidal effect) ปรากฏว่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับน้ำสูงสุดกับค่าระดับน้ำต่ำสุดในแต่ละจุดพิจารณาบนแม่น้ำมีค่าแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 0.06-0.54 เมตร ซึ่งความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในช่วงฤดูน้ำหลากอิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเลมีผลกระทบต่อระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกงและสาขาน้อยมาก

สำหรับการพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงพิจารณาจากระดับน้ำสูงสุดเป็นสำคัญ ซึ่งสถานี ปตร.ปากตะคอง มีค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดมากที่สุดคือ 0.52 เมตร ดังนั้นจึงใช้สถานี ปตร.ปากตะคอง เป็นสถานีที่พิจารณาในการกำหนดว่าปีใดสมควร ใช้เป็นตัวแทนข้อมูลเงื่อนไขด้านท่ายน้ำ โดยจากการพิจารณาผลการคำนวณตารางที่ 19 จะเห็นว่าที่ค่าระดับน้ำสูงสุดจากจำนวน 16 ปี ที่สถานี ปตร.ปากตะคองใน ปี พ.ศ.2528 ให้ค่าระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 2.53 เมตร (รทก.) ปี พ.ศ.2529 ให้ค่าระดับน้ำต่ำสุดเท่ากับ 2.01 เมตร (รทก.) และปี พ.ศ.2533 ให้ค่าระดับน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 เมตร (รทก.) ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลทั้ง 3 ปีดังกล่าวเป็นตัวแทนข้อมูลเงื่อนไขด้านท่ายน้ำเพื่อใช้ในการพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงต่อไป

### การวิเคราะห์ความถี่กราฟน้ำหลาก

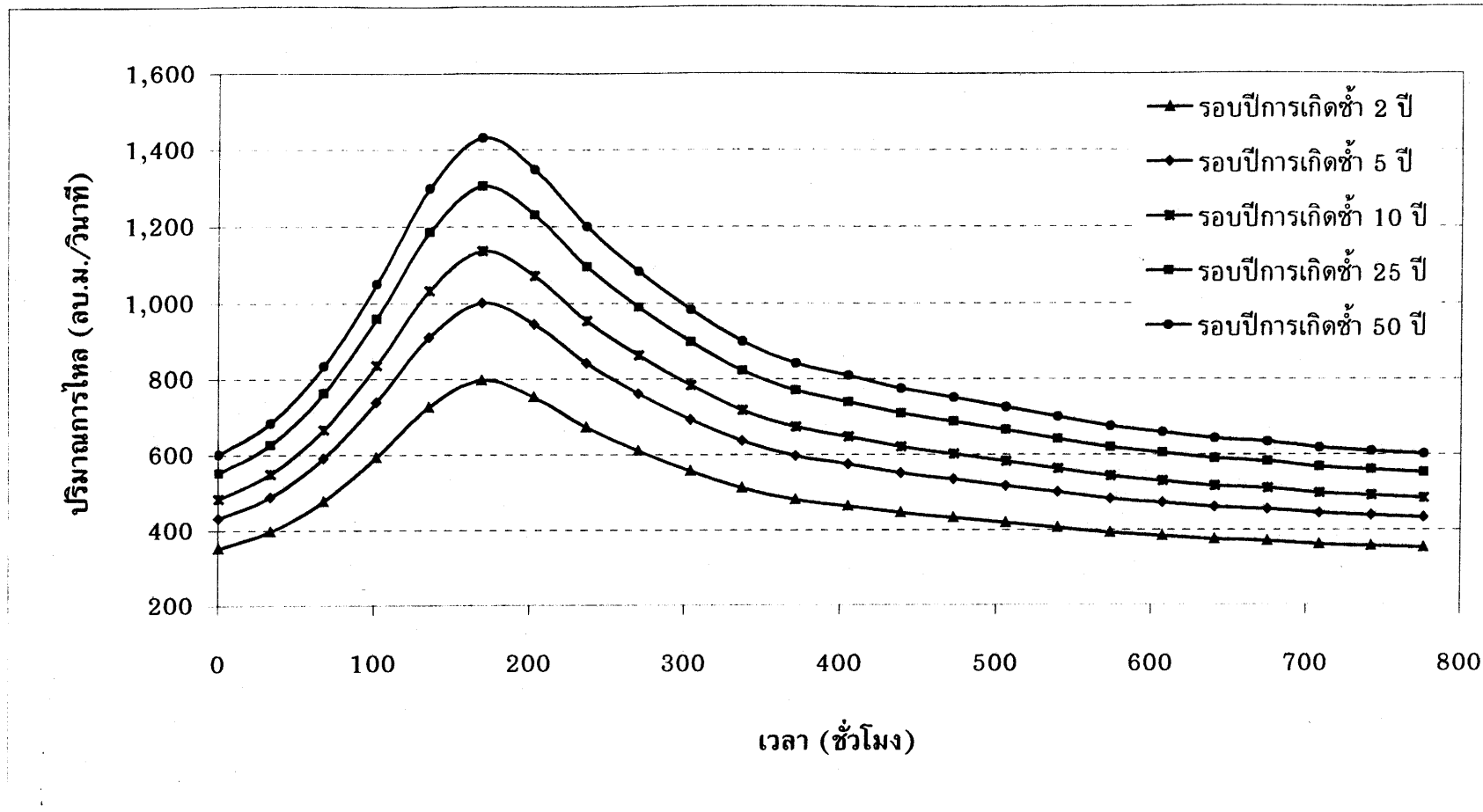
การวิเคราะห์ความถี่กราฟน้ำหลาก (frequency analysis of flood hydrograph) โดยการแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล (Gumbel distribution) สำหรับจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ ซึ่งได้แก่ สถานี KGT.3 และที่ ปตร.บางเม้า แสดงเป็นกราฟน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานี KGT.3 ได้ดังภาพที่ 49 และกราฟน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของ ปตร.บางเม้า ได้ดังภาพที่ 50

ตารางที่ 19 การตรวจสอบผลกระทบของระดับน้ำเนื่องจากการขึ้นลงของน้ำทะเล

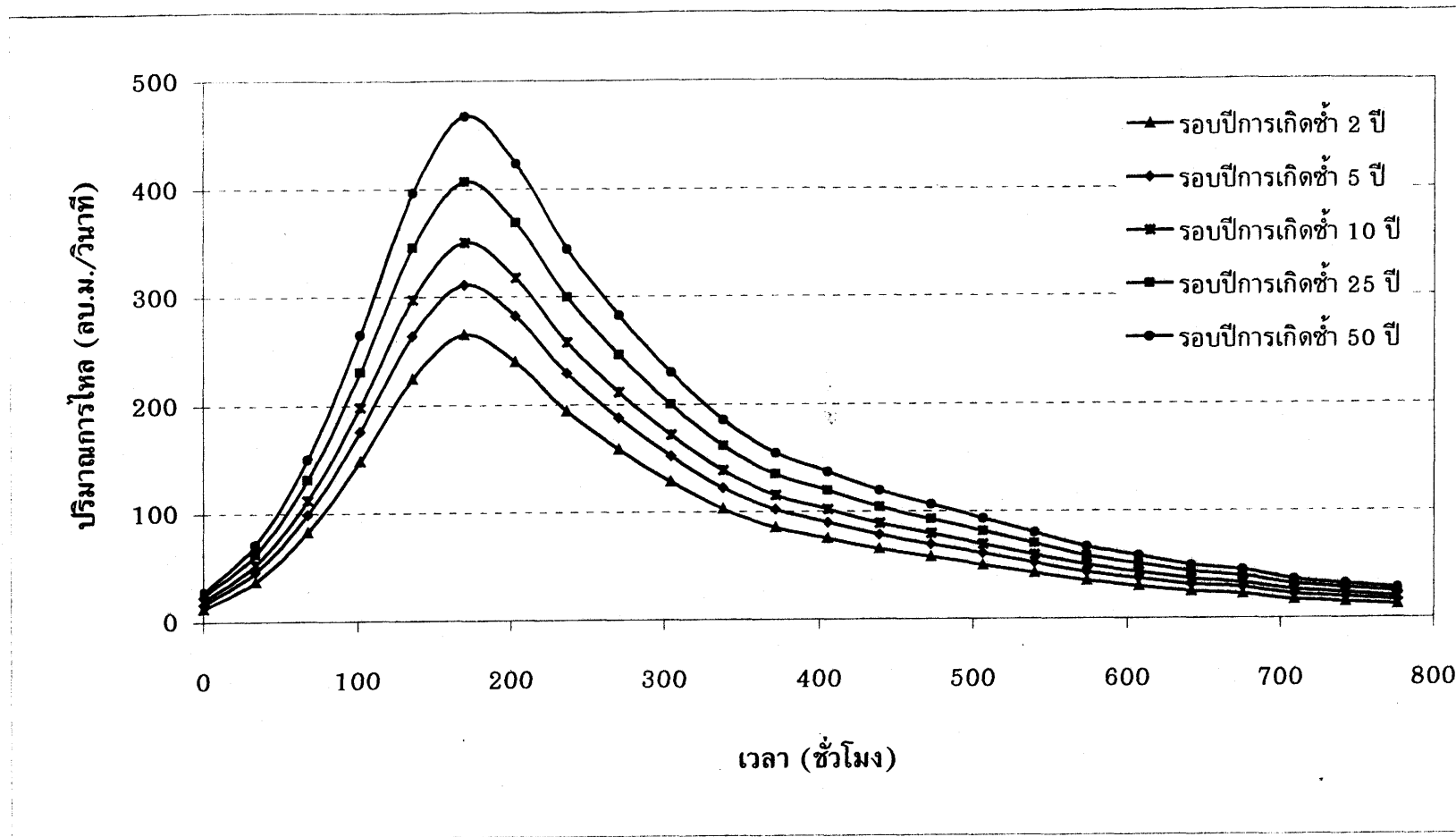
ปี พ.ศ.	ระดับน้ำที่สถานีตรวจสอบ (ม.รทก.)														
	KGT.1			ปตร.บางขนาก			ปตร.ท่าไข่			ปตร.ท่าถั่ว			ปตร.ปากตะคอง		
	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
2524	2.56	3.74	0.70	1.40	1.98	0.44	0.71	1.76	-0.66	0.54	1.81	-0.90	0.38	2.20	-1.01
2525	2.58	3.75	0.76	1.43	2.03	0.44	0.75	1.81	-0.30	0.59	1.78	-0.75	0.43	2.31	-1.06
2526	2.58	3.76	0.80	1.43	2.03	0.45	0.75	1.91	-0.25	0.60	1.84	-0.51	0.44	2.02	-0.98
2527	2.60	3.78	0.81	1.45	2.01	0.52	0.75	1.74	-0.35	0.58	1.85	-0.60	0.40	2.04	-1.10
2528	2.60	3.75	0.78	1.45	2.02	0.45	0.75	1.76	-0.34	0.59	1.99	-0.58	0.42	2.53	-1.18
2529	2.57	3.76	0.77	1.43	2.10	0.21	0.75	1.81	-0.24	0.59	1.75	-0.61	0.42	2.01	-1.02
2530	2.57	3.77	0.83	1.42	1.97	0.42	0.71	1.72	-0.38	0.55	1.76	-0.75	0.39	2.16	-1.03
2531	2.60	3.77	0.79	1.45	1.93	0.49	0.74	1.88	-0.40	0.57	1.73	-0.62	0.40	2.17	-1.25
2532	2.57	3.73	0.64	1.41	2.00	0.26	0.71	1.86	-0.44	0.55	1.98	-0.68	0.38	2.36	-1.14
2533	2.58	3.72	0.75	1.42	2.16	0.39	0.74	1.92	-0.28	0.58	1.80	-0.59	0.42	2.21	-1.00

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ระดับน้ำที่สถานีตรวจสอบ (ม.รทก.)														
	KGT.1			ปตร.บางขนาก			ปตร.ท่าไผ่			ปตร.ท่าถั่ว			ปตร.ปากตะคอง		
	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
2534	2.59	3.77	0.84	1.45	2.11	0.53	0.78	1.98	-0.21	0.62	1.85	-0.42	0.46	2.17	-0.85
2535	2.58	3.77	0.64	1.44	1.96	0.36	0.75	1.88	-0.43	0.58	1.97	-0.62	0.41	2.15	-1.37
2536	ไม่มีข้อมูลในช่วงพิจารณา														
2537	2.56	3.75	0.83	1.40	2.06	0.40	0.72	1.79	-0.12	0.57	1.76	-0.44	0.41	2.48	-1.01
2538	2.58	3.78	0.78	1.43	1.92	0.50	0.75	1.62	-0.15	0.59	1.58	-0.38	0.43	2.12	-0.90
2539	2.58	3.76	0.64	1.43	1.96	0.31	0.76	1.85	-0.20	0.60	1.70	-0.52	0.44	2.29	-1.08
ค่าเฉลี่ย	2.58	3.76	0.76	1.43	2.02	0.41	0.74	1.82	-0.32	0.58	1.81	-0.60	0.42	2.21	-1.07
ค่าสูงสุด	2.60	3.78	0.84	1.45	2.16	0.53	0.78	1.98	-0.12	0.62	1.99	-0.38	0.46	2.53	-0.85
ค่าต่ำสุด	2.56	3.72	0.64	1.40	1.92	0.21	0.71	1.62	-0.66	0.54	1.58	-0.90	0.38	2.01	-1.37
ค่าแตกต่าง	0.04	0.06	0.20	0.05	0.24	0.32	0.07	0.36	0.54	0.08	0.41	0.52	0.08	0.52	0.52



ภาพที่ 49 กราฟน้ำหลากสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ที่สถานี KGT.3



ภาพที่ 5.0 กราฟน้ำหลากสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ที่ ปตร.บางเม้า

### การประเมินสภาพน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง

การประเมินสภาพน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงพิจารณาการไหลเป็น 2 กรณี คือกรณีแรกทำการจำลองสภาพการไหลในสภาพที่ยังไม่มีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 และ 50 ปี และกรณีที่สองทำการจำลองสภาพการไหลในกรณีที่มีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงเรียบร้อยแล้วที่รอบปีการเกิดซ้ำตามที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ในแต่ละกรณี ดังนี้

#### กรณีไม่มีเขื่อนทดน้ำบางปะกง

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณาโดยกำหนดเงื่อนไขด้านท้ายน้ำในปีที่ให้ค่าระดับน้ำสูงสุด (ปี พ.ศ.2528) แสดงผลการวิเคราะห์ระดับน้ำดังตารางที่ 20 และกรณีเงื่อนไขด้านท้ายน้ำในปีที่ให้ค่าระดับน้ำต่ำสุด (ปี พ.ศ.2529) แสดงผลการวิเคราะห์ระดับน้ำดังตารางที่ 21

ในการเสนอแนะแนวทางการบรรเทาอุทกภัยของแม่น้ำบางปะกงและผลการวิเคราะห์อื่น ๆ จากนี้ไป จึงพิจารณาเฉพาะกรณีเงื่อนไขด้านท้ายน้ำสูงสุด (ปี พ.ศ.2528) เนื่องจากเป็นปีที่ให้ค่าระดับน้ำในแม่น้ำสูงสุด

#### กรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกง

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 และ 50 ปี กรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกงสร้างปิดกั้นแม่น้ำ โดยกำหนดให้ยกบานประตูระบายน้ำสูงสุดที่ห้องบานประตูอยู่ที่ระดับ 3.90 เมตร สูงจากระดับธรณีประตู 12.10 เมตร มีผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดและผลการวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดบริเวณแหล่งชุมชนตามแนวการไหลของแม่น้ำบางปะกง และสาขาแสดงในรูปแบบของตารางได้ดังตารางที่ 22 และตารางที่ 23 ตามลำดับ และแสดงเป็นภาพระดับน้ำท่วมสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 51 ซึ่งมีรายละเอียดการเกิดสภาวะน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงดังนี้



ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีไม่มีเขื่อนทดน้ำบางปะกงและเงื่อนไขท้ายน้ำปี พ.ศ.2528

สถานที่	ระดับคันกั้นน้ำ (ม.รทก.)		ระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ม.รทก.)				
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	2	5	10	25	50
อำเภอเมืองปราจีนบุรี	4.92	4.57	3.50	3.85	4.58	5.12	5.51
อำเภอบ้านสร้าง	3.90	3.03	2.90	3.46	3.85	4.32	4.69
อำเภอบางคล้า	1.90	3.02	1.93	2.13	2.25	2.39	2.50
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	1.80	2.77	1.82	1.88	1.93	1.97	1.99
อำเภอบ้านโพธิ์	2.70	1.66	1.66	1.71	1.74	1.74	1.77
อำเภอบางปะกง	1.55	2.00	1.55	1.59	1.61	1.65	1.67

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีไม่มีเขื่อนทดน้ำบางปะกงและเงื่อนไขท้ายน้ำปี พ.ศ.2529

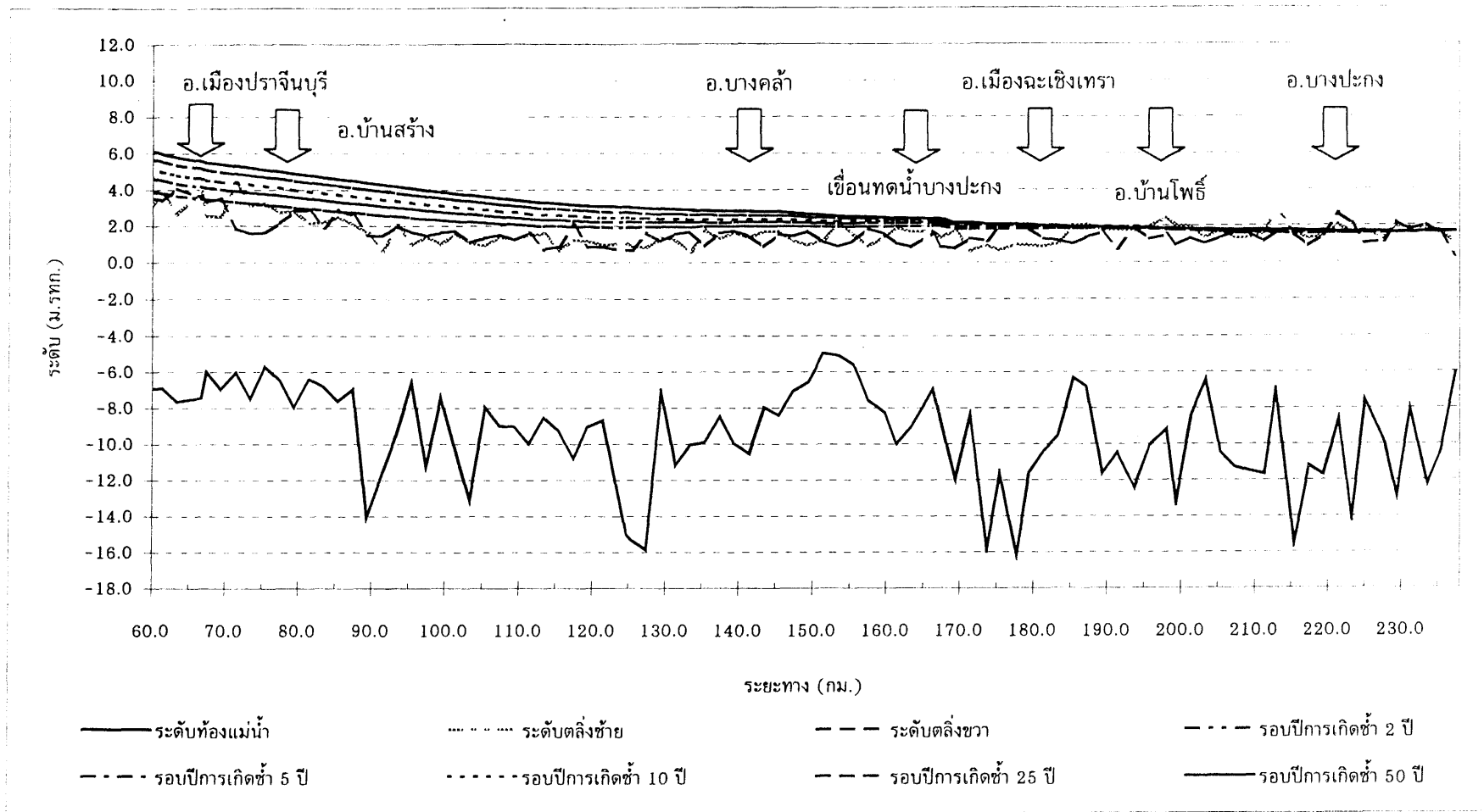
สถานที่	ระดับคันกั้นน้ำ (ม.รทก.)		ระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ม.รทก.)				
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	2	5	10	25	50
อำเภอเมืองปราจีนบุรี	4.92	4.57	3.49	4.14	4.57	5.10	5.50
อำเภอบ้านสร้าง	3.90	3.03	2.90	3.45	3.83	4.31	4.67
อำเภอบางคล้า	1.90	3.02	1.85	2.04	2.16	2.34	2.50
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	1.80	2.77	1.73	1.77	1.80	1.85	1.92
อำเภอบ้านโพธิ์	2.70	1.66	1.63	1.65	1.70	1.76	1.80
อำเภอบางปะกง	1.55	2.00	1.56	1.57	1.57	1.57	1.57

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกง

สถานที่	ระดับคั่นกั้นน้ำ (ม.รทก.)		ระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ม.รทก.)				
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	2	5	10	25	50
อำเภอเมืองปราจีนบุรี	4.92	4.57	3.54	4.20	4.64	5.19	5.60
อำเภอบ้านสร้าง	3.90	3.03	2.95	3.53	3.93	4.43	4.81
อำเภอบางคล้า	1.90	3.02	1.99	2.22	2.37	2.57	2.78
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	1.80	2.77	1.83	1.91	1.97	2.01	2.05
อำเภอบ้านโพธิ์	2.70	1.66	1.70	1.74	1.78	1.77	1.79
อำเภอบางปะกง	1.55	2.00	1.56	1.60	1.62	1.66	1.68

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดกรณีมีเขื่อนทดน้ำบางปะกง

สถานที่	ระดับคันกันน้ำ (ม.รทก.)		ปริมาณน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ลบ.ม.ต่อวินาที)				
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	2	5	10	25	50
อำเภอเมืองปราจีนบุรี	4.92	4.57	593	716	801	909	992
อำเภอบ้านสร้าง	3.90	3.03	602	727	813	922	1,006
อำเภอบางคล้า	1.90	3.02	848	956	1,039	1,151	1,244
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	1.80	2.77	1,019	1,089	1,168	1,273	1,361
อำเภอบ้านโพธิ์	2.70	1.66	1,373	1,349	1,407	1,487	1,564
อำเภอบางปะกง	1.55	2.00	1,822	1,821	1,856	1,894	1,931



ภาพที่ 51 ระดับน้ำท่วมสูงสุดตามแนวการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

### รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี

1. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางคล้า ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.09 เมตร
2. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.03 เมตร
3. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.04 เมตร
4. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางปะกง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.01 เมตร

### รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี

1. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอบ้านสร้าง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.50 เมตร
2. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางคล้า ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.30 เมตร
3. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.11 เมตร
4. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.08 เมตร
5. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางปะกง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.05 เมตร

### รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

1. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอเมืองปราจีนบุรี ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.07 เมตร

2. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอบ้านสร้าง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.90 เมตร และระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายเท่ากับ 0.03 เมตร

3. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางคล้า ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.47 เมตร

4. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอมืองฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.17 เมตร

5. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.12 เมตร

6. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางปะกง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.07 เมตร

#### รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี

1. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอมืองปราจีนบุรี ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.62 เมตร และด้านซ้ายระดับสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.27 เมตร

2. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอบ้านสร้าง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.53 เมตร และด้านขวากระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 1.40 เมตร

3. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางคล้า ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.67 เมตร

4. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอมืองฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.21 เมตร

5. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.11 เมตร

6. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางปะกง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.11 เมตร

### รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

1. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอเมืองปราจีนบุรี ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.68 เมตร และด้านขวากระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 1.03 เมตร

2. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำปราจีนบุรี บริเวณอำเภอบ้านสร้าง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.91 เมตร และด้านขวากระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 1.78 เมตร

3. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางคล้า ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.88 เมตร

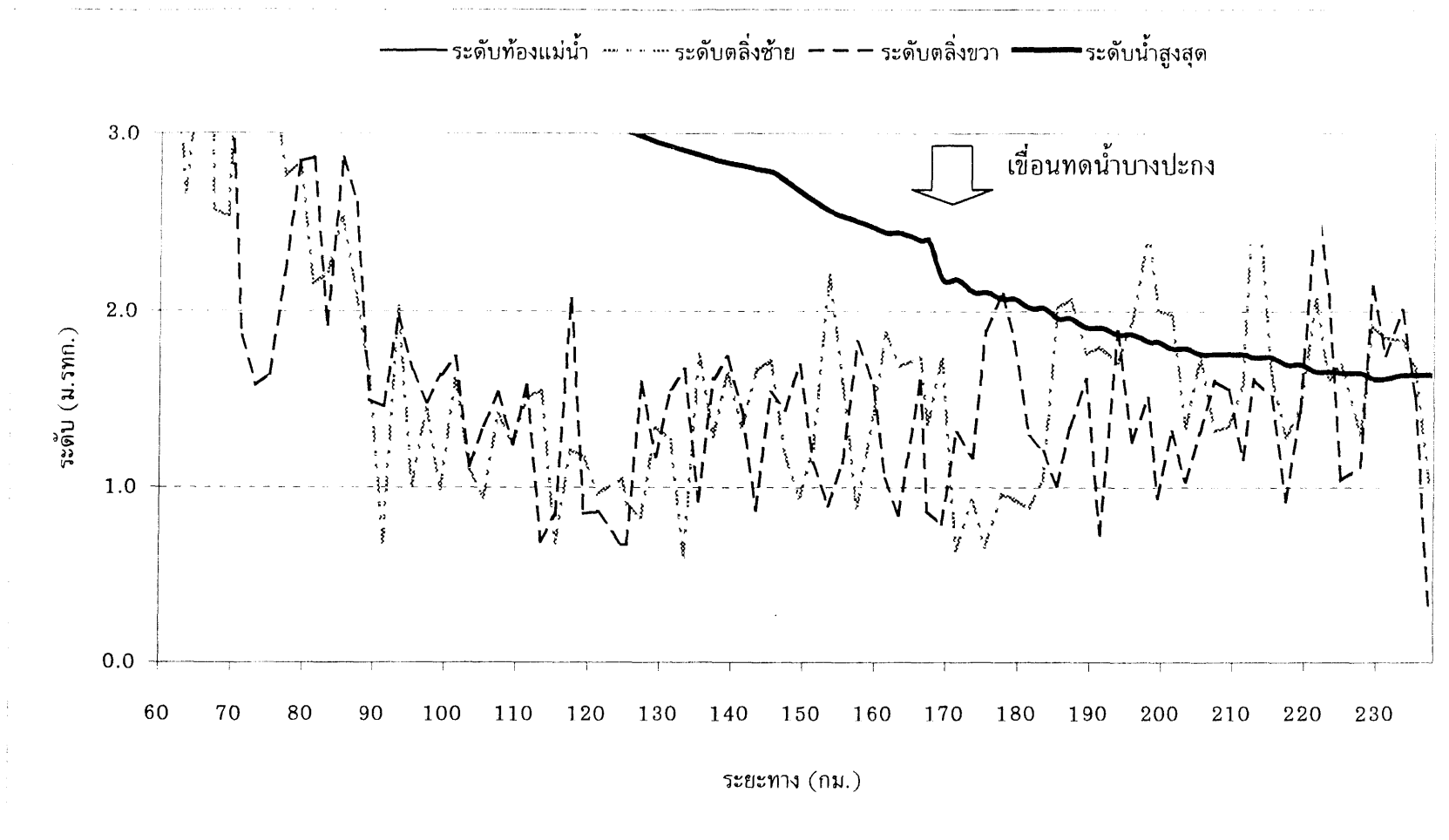
4. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.25 เมตร

5. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านขวาของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.13 เมตร

6. เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นระดับคันกั้นน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง บริเวณอำเภอบางปะกง ระดับน้ำสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำเท่ากับ 0.13 เมตร

จากการประเมินสภาพน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงในกรณีก่อนและหลังการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง พบว่าบริเวณด้านหน้าและหลังเขื่อนทดน้ำบางปะกงมีระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงอย่างมากเนื่องจากเขื่อนทดน้ำกั้นขวางแม่น้ำทำให้น้ำยกตัวขึ้นที่หน้าเขื่อนดังแสดงได้ตามภาพที่ 52 และยิ่งปรากฏค่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำทั้ง 2 กรณีที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี บริเวณอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าเท่ากับ 0.17 เมตร โดยระดับน้ำก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง มีค่าเท่ากับ 2.38 เมตร (รทก.) และหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงแล้วระดับน้ำสูงขึ้นไปเป็น 2.55 เมตร (รทก.) ซึ่งจากเหตุผลข้างต้นจึงกล่าวได้ว่าการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงกั้นขวางแม่น้ำบางปะกงมีผลทำให้ระดับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากสูงกว่าระดับน้ำก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงเพียงเล็กน้อย





ภาพที่ 52 ระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณเขื่อนทดน้ำบางปะกง ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

### แนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย

จากการประเมินสภาพการไหลในฤดูน้ำหลากของแม่น้ำบางปะกงและสาขา ปรากฏว่าเกิดสภาวะน้ำท่วมในหลายพื้นที่บริเวณริมฝั่งทั้งสองของแม่น้ำบางปะกงและสาขา อันเป็นผลให้เกิดความเสียหายเป็นอันมากทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมโดยรวม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้แนวทางที่เหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐกิจการเงิน และด้านสิ่งแวดล้อมในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP, 1991) ได้กำหนดรอบปีการเกิดซ้ำสำหรับพิจารณาแนวทางในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยดังนี้ สำหรับแม่น้ำที่ผ่านเมืองและแหล่งชุมชนที่สำคัญ ให้พิจารณาการป้องกันอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ถึง 100 ปี และแม่น้ำที่ผ่านเมืองและแหล่งชุมชนที่ไม่สำคัญมากนัก ให้พิจารณาการป้องกันอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ถึง 50 ปี ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ใช้รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เพื่อนำมาพิจารณาแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยมีแนวทางเลือก 2 ประการและมีรายละเอียดแนวทางการป้องกันในแต่ละแหล่งชุมชน ดังนี้

ประการที่หนึ่ง เสริมคันกันน้ำเดิมให้สูงขึ้น

ประการที่สอง ปรับปรุงสภาพแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตั้งแต่กิโลเมตรที่ 41.62 ถึงกิโลเมตรที่ 183.62 ขุดให้ลึกลงจากท้องน้ำเดิมโดยเฉลี่ย 2.13 เมตร โดยความกว้างของกันแม่น้ำและความลาดชันของลาดตลิ่งมีรายละเอียดดังนี้

- กิโลเมตรที่ 41.62 ถึง 97.62 ความกว้างกันแม่น้ำเท่ากับ 30 เมตร และความลาดชันของลาดตลิ่งเท่ากับ 1:3
- กิโลเมตรที่ 97.62 ถึง 111.62 ความกว้างกันแม่น้ำเท่ากับ 40 เมตร และความลาดชันของลาดตลิ่งเท่ากับ 1:3
- กิโลเมตรที่ 111.62 ถึง 123.62 ความกว้างกันแม่น้ำเท่ากับ 60 เมตร และความลาดชันของลาดตลิ่งเท่ากับ 1:3
- กิโลเมตรที่ 123.62 ถึง 143.62 ความกว้างกันแม่น้ำเท่ากับ 70 เมตร และความลาดชันของลาดตลิ่งเท่ากับ 1:3

- กิโลเมตรที่ 143.62 ถึง 161.62 ความกว้างกันแม่น้ำเท่ากับ 80 เมตร และความลาดชันของลาดตลิ่งเท่ากับ 1:4
- กิโลเมตรที่ 161.62 ถึง 183.62 ความกว้างกันแม่น้ำเท่ากับ 100 เมตร และความลาดชันของลาดตลิ่งเท่ากับ 1:4

โดยคิดเป็นปริมาตรดินประมาณ 21.20 ล้าน ลบ.ม. ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำปราจีนบุรีและแม่น้ำบางปะกงแล้ว ทำให้สภาพการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขามีระดับน้ำและปริมาณการไหลสูงสุดดังตารางที่ 24 และตารางที่ 25 ตามลำดับ และแสดงเป็นรูปตัดตามยาวของแม่น้ำได้ดังภาพที่ 53 ซึ่งรายละเอียดดังนี้

1. บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 5.60 เมตร (รทก.) ซึ่งสูงกว่าระดับคันกันน้ำด้านซ้าย 0.68 เมตร และสูงกว่าระดับคันกันน้ำด้านขวา 1.03 เมตร โดยแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยมีดังนี้

- เสริมคันกันน้ำบริเวณริมฝั่งทั้งสองของแม่น้ำปราจีนบุรี โดยเสริมคันกันน้ำด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.68 เมตร และเสริมคันกันน้ำด้านฝั่งขวาของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 1.03 เมตร

- ปรับปรุงสภาพลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตามขอบข่ายงานข้างต้น ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำแล้วจะมีระดับน้ำเท่ากับ 4.32 เมตร ลดลงจากเดิม 1.28 เมตร ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดสภาวะน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

2. บริเวณอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 4.81 เมตร (รทก.) ซึ่งสูงกว่าระดับคันกันน้ำด้านซ้าย 0.91 เมตร และสูงกว่าระดับคันกันน้ำด้านขวา 1.78 เมตร โดยแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยมีดังนี้

- เสริมคันกันน้ำบริเวณริมฝั่งทั้งสองของแม่น้ำปราจีนบุรี โดยเสริมคันกันน้ำด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.91 เมตร และเสริมคันกันน้ำด้านฝั่งขวาของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 1.78 เมตร

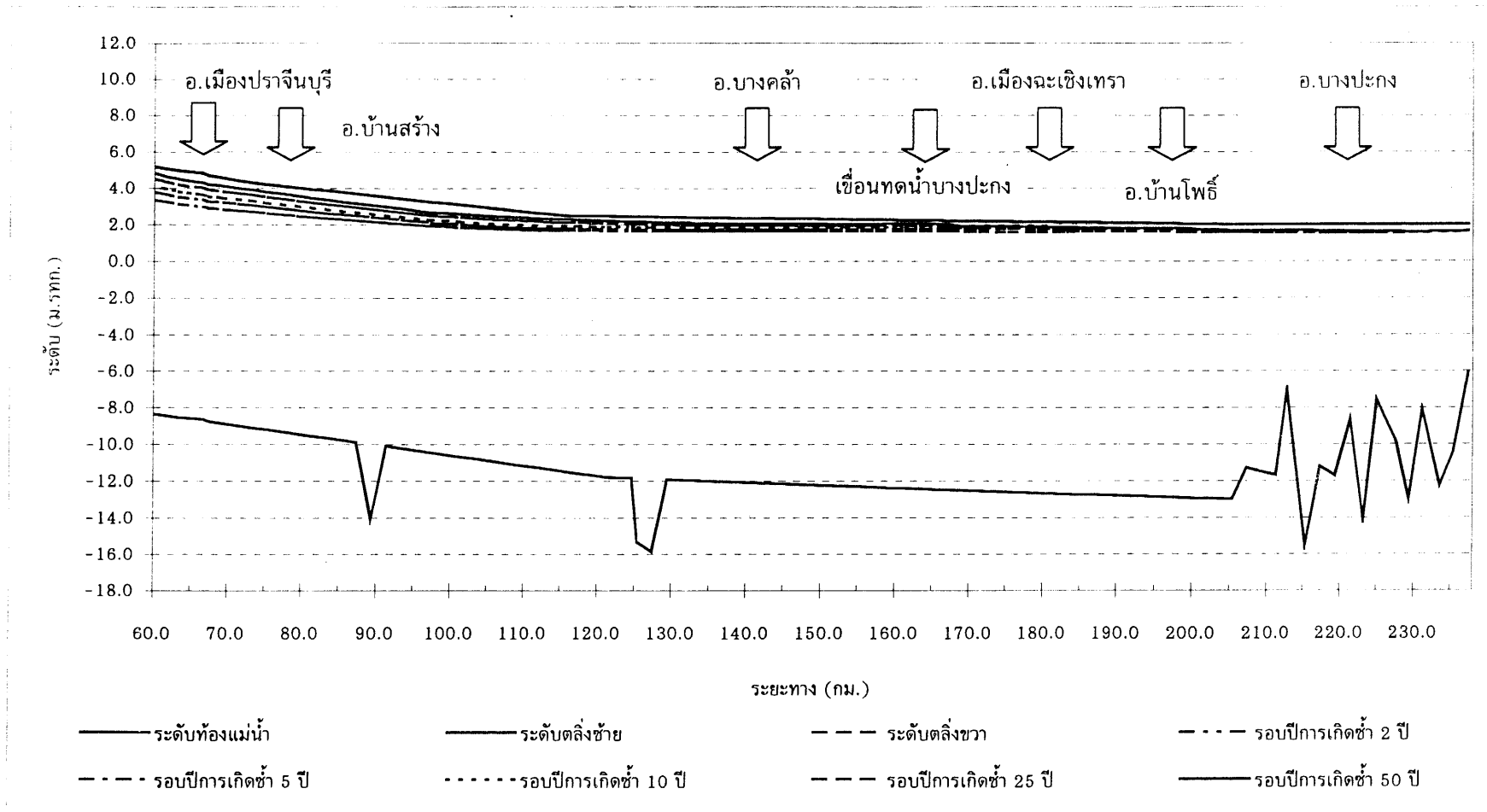
- ปรับปรุงสภาพลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตามขอบข่ายงานข้างต้น ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำแล้วจะมีระดับน้ำเท่ากับ 3.47 เมตร ลดลงจากเดิม 1.34 เมตร พร้อมทั้งเสริมคันกันน้ำด้านขวาให้สูงขึ้นจากเดิมอย่างน้อย 0.44 เมตร ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดสภาวะน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดกรณีปรับปรุงแม่น้ำบางปะกงและสาขา

สถานที่	ระดับคั่นกั้นน้ำ (ม.รทก.)		ระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ม.รทก.)				
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	2	5	10	25	50
อำเภอเมืองปราจีนบุรี	4.92	4.57	2.99	3.38	3.65	4.03	4.32
อำเภอบ้านสร้าง	3.90	3.50	2.42	2.72	2.93	3.23	3.47
อำเภอบางคล้า	2.20	3.02	1.64	1.75	1.87	1.97	2.07
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	2.00	2.77	1.59	1.73	1.79	1.84	1.88
อำเภอบ้านโพธิ์	2.70	1.90	1.58	1.67	1.71	1.74	1.75
อำเภอบางปะกง	1.70	2.00	1.53	1.58	1.60	1.62	1.64

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดกรณีปรับปรุงแม่น้ำบางปะกงและสาขา

สถานที่	ระดับคั่นกั้นน้ำ (ม.รทก.)		ปริมาณน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ลบ.ม.ต่อวินาที)				
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	2	5	10	25	50
อำเภอเมืองปราจีนบุรี	4.92	4.57	662	733	787	855	904
อำเภอบ้านสร้าง	3.90	3.50	677	756	810	870	916
อำเภอบางคล้า	2.20	3.02	1,096	1,134	1,177	1,243	1,294
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	2.00	2.77	1,191	1,234	1,281	1,351	1,405
อำเภอบ้านโพธิ์	2.70	1.90	1,348	1,391	1,437	1,506	1,559
อำเภอบางปะกง	1.70	2.00	1,729	1,762	1,797	1,854	1,897



ภาพที่ 53 ระดับน้ำท่วมสูงสุดตามแนวการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ กรณีมีการป้องกันอุทกภัย

3. บริเวณอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 2.78 เมตร (รทก.) ซึ่งสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำด้านซ้าย 0.88 เมตร ส่วนคันกั้นน้ำด้านขวาไม่มีการไหลล้น โดยแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยมีดังนี้

- เสริมคันกั้นน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำบางปะกง โดยเสริมคันกั้นน้ำด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.88 เมตร

- ปรับปรุงสภาพลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตามขอบข่ายงานข้างต้น ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำแล้วจะมีระดับน้ำเท่ากับ 2.07 เมตร ซึ่งลดลงจากเดิม 0.62 เมตร พร้อมทั้งเสริมคันกั้นน้ำด้านซ้ายให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.17 เมตร ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดสภาวะน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

4. บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 2.05 เมตร (รทก.) ซึ่งสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำด้านซ้าย 0.25 เมตร ส่วนคันกั้นน้ำด้านขวาไม่มีการไหลล้น โดยแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยมีดังนี้

- เสริมคันกั้นน้ำบริเวณริมฝั่งของแม่น้ำบางปะกง โดยเสริมคันกั้นน้ำด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.25 เมตร

- ปรับปรุงสภาพลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตามขอบข่ายงานข้างต้น ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำแล้วจะมีระดับน้ำเท่ากับ 1.88 เมตร ลดลงจากเดิม 0.17 เมตร พร้อมทั้งเสริมคันกั้นน้ำด้านซ้ายให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.08 เมตร ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดสภาวะน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

5. บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 1.79 เมตร (รทก.) ซึ่งสูงกว่าระดับคันกั้นน้ำด้านขวา 0.13 เมตร ส่วนคันกั้นน้ำด้านซ้ายไม่มีการไหลล้น โดยแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยมีดังนี้

- เสริมคันกั้นน้ำบริเวณริมฝั่งของแม่น้ำบางปะกง โดยเสริมคันกั้นน้ำด้านฝั่งขวาของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.13 เมตร

- ปรับปรุงสภาพลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตามขอบข่ายงานข้างต้น ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำแล้วจะมีระดับน้ำเท่ากับ 1.75 เมตร ลดลงจากเดิม 0.04 เมตร พร้อมทั้งเสริมคันกั้นน้ำด้านขวาให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.09 เมตร ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดสภาวะน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

6. บริเวณอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 1.68 เมตร (รทก.) ซึ่งสูงกว่าระดับคันกันน้ำด้านซ้าย 0.13 เมตร ส่วนคันกันน้ำด้านขวาไม่มีการไหลล้น โดยแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยมีดังนี้

- เสริมคันกันน้ำบริเวณริมฝั่งของแม่น้ำบางปะกง โดยเสริมคันกันน้ำด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.13 เมตร
- ปรับปรุงสภาพลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยขุดลอกแม่น้ำตามขอบข่ายงานข้างต้น ทั้งนี้เมื่อปรับปรุงสภาพแม่น้ำแล้วจะมีระดับน้ำเท่ากับ 1.64 เมตร ลดลงจากเดิม 0.04 เมตร พร้อมทั้งเสริมคันกันน้ำด้านซ้ายให้สูงจากเดิมอย่างน้อย 0.09 เมตร ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดสภาวะน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

### การประเมินสภาพการไหลในช่วงฤดูแล้ง

เนื่องจากการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงปิดกันแม่น้ำ ทำให้น้ำทะเลในฤดูแล้งไม่สามารถไหลขึ้นไปด้านเหนือน้ำได้ดังที่เคยเกิดขึ้นตามธรรมชาติ จึงได้มีการจำลองการไหลของแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูแล้ง เพื่อศึกษาระดับสูงสุดของน้ำทะเลหนุนสูงมากกว่าระดับสันบานประตูระบายของเขื่อนทดน้ำบางปะกงหรือไม่ โดยที่ระดับสันบานประตูระบายของเขื่อนทดน้ำบางปะกงเท่ากับ 1.80 เมตร (รทก.) ซึ่งผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าบริเวณท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกงมีระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 1.74 เมตร (รทก.) บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีระดับน้ำสูงสุด 1.70 เมตร (รทก.) บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ มีระดับน้ำสูงสุด 1.56 เมตร (รทก.) บริเวณอำเภอบางปะกง มีระดับน้ำสูงสุด 1.53 เมตร (รทก.) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าน้ำเค็มจากน้ำทะเลที่หนุนเข้ามาในแม่น้ำบางปะกงโดยมีเขื่อนทดน้ำบางปะกงปิดกันขวางแม่น้ำอยู่นั้นไม่สามารถรุกล้ำสันข้ามสันบานประตูระบายของเขื่อนทดน้ำบางปะกงได้



## ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

### ข้อสรุป

ผลการพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจำลองสภาพการไหลของน้ำในแม่น้ำบางปะกงและสาขา โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำตามแนวแม่น้ำในช่วงฤดูน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 และ 50 ปี โดยพิจารณาเป็น 2 กรณีคือกรณีก่อนการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงและกรณีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่าระดับสูงสุดของน้ำในแม่น้ำบางปะกงและสาขา ในสภาพหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงมีระดับน้ำสูงกว่าก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงเพียงเล็กน้อย ซึ่งความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดพบที่บริเวณอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี มีค่าเท่ากับ 0.28 เมตร

2. การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมตามแนวแม่น้ำบางปะกงและสาขา กรณีหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงพบว่า

- สภาพการไหลที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปีขึ้นไปเกิดการไหลล้นคันกันน้ำด้านขวาของแม่น้ำปราจีนบุรี และรอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 25 ปีขึ้นไปเกิดสภาพการไหลล้นคันกันน้ำด้านซ้าย

- สภาพการไหลที่อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี ที่รอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไปมีการไหลล้นคันกันน้ำด้านขวาของแม่น้ำปราจีนบุรี และรอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไปมีการไหลล้นคันกันน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำปราจีนบุรี

- สภาพการไหลที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่รอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปมีการไหลล้นคันกันน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง ส่วนด้านฝั่งขวาของแม่น้ำตั้งแต่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปีลงมาไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำ

- สภาพการไหลที่อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่รอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปมีการไหลล้นคันกันน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง ส่วนด้านฝั่งขวาของแม่น้ำตั้งแต่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปีลงมาไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำ

- สภาพการไหลที่อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่รอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปมีการไหลล้นคันกันน้ำด้านขวาของแม่น้ำบางปะกง ส่วนด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำตั้งแต่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปีลงมาไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำ

- สภาพการไหลที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่รอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปมีการไหลล้นคันกันน้ำด้านซ้ายของแม่น้ำบางปะกง ส่วนด้านฝั่งขวาของแม่น้ำตั้งแต่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปีลงมาไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำ

3. แนวทางในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย พิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ซึ่งมีแนวทางในการตัดสินใจ 2 ประการคือประการแรกกำหนดให้มีการเสริมคันกันน้ำตามแนวเสี่ยงภัยอันเกิดจากการไหลล้นคันกันน้ำเดิม โดยมีระยะเสริมจากคันกันน้ำสูงสุดที่อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี เท่ากับ 1.78 เมตร ประการที่สองปรับปรุงแม่น้ำโดยขุดลอกแม่น้ำบางปะกง และสาขา ให้ลึกลงไปจากเดิมโดยเฉลี่ย 2.13 เมตร ตั้งแต่บริเวณอำเภอมือง จังหวัดปราจีนบุรี ถึงบริเวณอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา คิดเป็นระยะทาง 142 กิโลเมตร ควบคู่ไปกับการสร้างคันกันน้ำและเสริมคันกันน้ำเดิมให้สูงโดยเฉลี่ย 0.25 เมตร

4. การปิดบานประตูระบายน้ำของเขื่อนทดน้ำบางปะกงในช่วงฤดูแล้ง เพื่อสำรองน้ำจัดไว้ใช้ในการอุปโภค-บริโภคนั้น ปรากฏว่าระดับน้ำทะเลหนุนด้านท้ายประตูระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ 1.74 เมตร (รทก.) ซึ่งระดับสันประตูระบายน้ำมีค่าเท่ากับ 1.80 เมตร (รทก.) ดังนั้นจึงไม่เกิดการไหลล้นข้ามสันประตูระบายน้ำของเขื่อนทดน้ำบางปะกง

#### ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาสภาพน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกงและสาขา ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยทุก ๆ 5 ปี เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินทั้งบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำและบริเวณต้นน้ำ ซึ่งบริเวณต้นกำเนิดของแม่น้ำมีโครงการพัฒนาและปรับปรุงแหล่งน้ำ โดยกรมชลประทานอยู่หลายโครงการ อาทิเช่น โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะโตน อำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว มีความจุ 18.50 ล้าน ลบ.ม. โครงการพัฒนาลุ่มน้ำนครนายกตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก มีความจุ 244 ล้าน ลบ.ม. โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยโสมง อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี มีความจุ 503 ล้าน ลบ.ม. โดยรวมความจุทั้งสิ้น 778.5 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งโครงการต่าง ๆ เหล่านี้จะทำหน้าที่เก็บกักน้ำฝนไว้ได้ส่วนหนึ่ง ดังนั้นน้ำที่ไหลลงแม่น้ำบางปะกงและสาขาในช่วงฤดูน้ำหลากจึงมีปริมาณน้อยลงทำให้ลดปัญหาอุทกภัยลงได้

2. ควรมีการศึกษาถึงผลกระทบและแนวทางแก้ไข ในด้านความเค็มของน้ำบริเวณท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกงในช่วงฤดูแล้ง โดยพิจารณาปริมาณความเค็มในช่วงก่อนและหลังการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงมีค่าความเค็มของน้ำมากขึ้นหรือน้อยลง เนื่องจากอาจทำให้เกิดผลกระทบในภาคการเกษตรในบริเวณดังกล่าวได้

3. ควรมีการศึกษาความมั่นคงของลาดตลิ่งทั้งสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกง บริเวณด้านท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง เนื่องจากเมื่อน้ำทะเลอยู่ในวัฏจักรน้ำช่วงลงอาจทำให้ระดับน้ำบริเวณดังกล่าวมีความสูงไม่เพียงพอต่อความมั่นคงของลาดตลิ่งทำให้ตลิ่งพังลงมาได้ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและหาแนวทางในการแก้ไขผลกระทบดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้นได้ หนึ่งจากข้อมูลสถิติน้ำลงต่ำสุดในช่วงปี พ.ศ.2537 ถึงปี พ.ศ.2540 ที่บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ซึ่งอยู่ด้านท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกงเป็นระยะทาง 12 กิโลเมตร มีระดับน้ำต่ำสุดเท่ากับ  $-1.25$  เมตร (รทก.) ไม่ปรากฏการพังทลายของลาดตลิ่ง ดังนั้นจึงเสนอให้มีการปล่อยน้ำจากเขื่อนทดน้ำบางปะกง สำหรับรักษาระดับน้ำท้ายเขื่อนให้มีระดับน้ำต่ำสุดที่บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทราเท่ากับ  $-1.25$  เมตร (รทก.) เพื่อเป็นแนวทางขั้นต้นในการรักษาความมั่นคงของลาดตลิ่งทั้งสองข้างไม่ให้เกิดการพังทลาย ทั้งนี้ในทางปฏิบัติควรมีการศึกษาในรายละเอียดตามหลักวิชาการเพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อนำไปปฏิบัติจริงแล้วจะไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุก ๆ ด้าน

4. ในการศึกษาสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์เป็นแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (flood risk map) ตามแนวการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขาได้ โดยแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมมีลักษณะเป็นขอบเขตที่น้ำสามารถไหลออกจากแม่น้ำไปตามแนวการไหลซึ่งจะพิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ตามสมควร หากมีอุทกภัยเกิดขึ้นการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจะมีคุณประโยชน์อย่างยิ่งต่อการรักษาชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อาศัยอยู่ตามแนวการไหลของแม่น้ำบางปะกงและสาขา

## เอกสารอ้างอิง

- นิวัตชัย คัมภีร์. 2539. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก โดยวิธี SCS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์. 2531. การวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ปริมาตรน้ำท่วมโดยพิจารณาทั้งลุ่มน้ำรวม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ..... . 2540. การศึกษาสภาวะน้ำท่วมของกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิศวกรรมสารเกษตรศาสตร์ 12(35) : 113-145.
- มนตรี วิวัฒน์วงศ์เจริญ. 2542. การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่ชุมชนชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง RUBICON. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535. การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง, รายงานหลัก. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์, กรุงเทพฯ. 562 น.
- ..... . 2541. โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำภาคตะวันออก, รายงานหลัก. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์, กรุงเทพฯ. 698 น.
- วัชร วีระพันธุ์. 2538. การจำลองน้ำท่วมในลุ่มน้ำอู่ตะเภา. เอกสารวิชาการเล่มที่1. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ. 44 น.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 317 น.
- สราวุธ จันทร์จรุงกิจ. 2534. การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุภาพรณ สุคนธราช. 2532. การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสูงสุด 1 วัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สุริยา กานิล. 2534. การศึกษาคุณลักษณะน้ำขึ้นน้ำลง ชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยและด้านทะเลอันดามัน ภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ. 2538. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Danish Hydraulic Institute and Asian Institute of Technology. 1993. Flood modelling in the Chi-Mun river basin, Thailand. Available : [http : //www.dhi.dk/project/thailand/chimun/chimun.htm](http://www.dhi.dk/project/thailand/chimun/chimun.htm), March 15, 1999.
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). 1991. Manual and Guidelines for Comprehensive Flood Loss Prevention and Management. The Federal Government of Australia, New South Wales, Australia. 92 p.
- Haskoning, D.E.S. 1986. Reference Manual of RUBICON-A Microcomputer Based Modelling System for River and Cannels. The Public Works Department of NSW, Australia. 143 p.
- \_\_\_\_\_ . 1990. User Manual of RUBICON-A Microcomputer Based Modelling System for River and Cannels. Webb, McKeown & Associates Pty.Ltd., Australia. 68 p.
- Kawinpoomstan, W. 1998. Flood Risk Mapping of the Yom River Basin. AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 176 p.
- Poomthaisong, A. 1997. Flood Control Investigation of the Upper Nan River Yot and Yao Tributaries. AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 159 p.
- Sabur, M.A. 1982. Reginal Flood Frequency Analysis of Thailand. AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 125 p.
- U.S. Department of Agriculture. 1972. National Engineering Handbook. Hydrology Section 4. U.S. Government Printing, Washington, D.C. 23 p.

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก****การจำแนกกลุ่มดินของกลุ่มน้ำบางปะกงและกลุ่มน้ำปราจีนบุรี**

การจำแนกชนิดกลุ่มดินของกลุ่มน้ำบางปะกง และลุ่มน้ำปราจีนบุรีของกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 9 นั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

## 1. ลักษณะเนื้อดิน

1.1 ดินทราย (sandy-S) ได้แก่ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย (sand) หรือ ดินร่วนปนทราย (loamy sand) ตลอดความลึก 1 เมตร

1.2 ดินร่วน (loamy-L) ได้แก่ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loamy), ดินร่วน (loam), ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam), ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam), ดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam), หรือดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) ซึ่งเนื้อดินเหล่านี้จะมีอนุภาคของดินเหนียว (clay particles) น้อยกว่า 35% โดยน้ำหนักที่คิดเฉลี่ยในดินชั้นล่าง

1.3 ดินเหนียว (clayey-C) ได้แก่ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay), ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay), ดินเหนียวปนทราย (sandy clay), ดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam), หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ซึ่งเฉลี่ยแล้วมีอนุภาคของดินเหนียว (clay particles) มากกว่า 35% โดยคิดเฉลี่ยในดินชั้นล่าง

1.4 ดินปนกรวด (skeletal-K) ได้แก่ดินพวกที่มีเศษหินกรวดหรือลูกรังที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 2 มิลลิเมตร ปะปนอยู่ในเนื้อดินเป็นปริมาณมากกว่า 35% โดยปริมาตรในดินชั้นล่างซึ่งดินพวกนี้มักจัดว่าเป็นดินตื้น

## 2. หน่วยแผนที่ดิน

2.1 หมายเลข 1 กลุ่มดิน sulfaquents : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณที่ราบลุ่มที่มีน้ำทะเลท่วมถึงและมักมีน้ำขังหรือระดับน้ำอยู่ใกล้ผิวดินตลอดทั้งปี เป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเลและตะกอนน้ำจืด ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินมีสารประกอบของธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่สูงตั้งแต่ร้อยละ 0.75 ขึ้นไป เมื่อดินอยู่ในสภาพเปียกมีน้ำขังอยู่ตลอดเวลาจะมีปฏิกิริยาเป็นกลางถึงเป็นด่าง แต่พอระบายน้ำออกทำให้ดินแห้งดินจะมีปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นกรดจัด

2.2 หมายเลข 4 กลุ่มดิน tropaquent : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณที่ลุ่มติดต่อกับหาดทรายเก่าเนื้อดินมีลักษณะค่อนข้างไม่แน่นอน มักมีชั้นทรายเกิดขึ้นสลับกับชั้นดินร่วนเหนียวปนทราย และมักพบชั้นเปลือกหอยอยู่กับเนื้อดินภายในความลึก 1 เมตร ดินชั้นบนมี



ปฏิบัติการเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลางส่วนดินชั้นล่างเป็นต่าง กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีสภาพระบายน้ำต่ำ และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2.3 หมายเลข 5 กลุ่มดิน quartzipsamments : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณลานตะพักลำน้ำ (alluvial terrace) ซึ่งมีลักษณะพื้นที่เป็นคลื่นลอนลาด (undulating) มีความลาดชัน 3-8% ลักษณะการจัดเรียงชั้นดินเป็นแบบ A-C Profile เป็นดินทรายตลอดชั้นดินทรายประกอบไปด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) มากกว่า 35 % กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำค่อนข้างดีถึงดีมากไป มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำมาก และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมาก

2.4 หมายเลข 14 กลุ่มดิน tropaquepts : เป็นกลุ่มดินที่พบในบริเวณที่ราบลุ่มสองข้างลำน้ำหรือบริเวณลานตะพักน้ำระดับต่ำ (low terrace) มีลักษณะพื้นที่ค่อนข้างเรียบความลาดชันไม่เกิน 2% ในฤดูฝนจะมีน้ำขังเป็นเวลานาน มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-B (cambic) profile เนื้อดินเป็นดินเหนียวสีเทาหรือดินร่วนและพบจุดประสีน้ำตาลแดงหรือเหลืองตลอดชั้นดิน กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำต่ำมีความสามารถในการอุ้มน้ำค่อนข้างสูงหรือสูงและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง

2.5 หมายเลข 18 กลุ่มดิน dystropepts : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงพื้นที่ลอนลาดที่มีความลาดชันประมาณ 2-8% มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-B (cambic) profile เป็นดินเนื้อหยาบปานกลางหรือเป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงดี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงค่อนข้างต่ำ

2.6 หมายเลข 25 กลุ่มดิน tropaqualfs : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Btg (argillic B) profile เนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียดพวกดินเหนียวหรือดินร่วนที่เป็นสีเทาและพบจุดประสีน้ำตาลแดงหรือเหลืองตลอดชั้นดินดินชั้นล่างจะมีเปอร์เซ็นต์ประจุบวกที่เป็นต่าง (% BS) มากกว่า 35% กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำต่ำและมีน้ำขังตลอดหรือเกือบตลอดฤดูฝน

2.7 หมายเลข 26 กลุ่มดิน paleustalfs : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Bt (argillic B) profile มีเนื้อดินหยาบปานกลางสีของดินมักเป็นสีน้ำตาลถึงแดง ดินชั้นล่างจะมีเปอร์เซ็นต์ประจุบวกที่เป็นต่าง (% BS) มากกว่า 35% กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีและจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

2.8 หมายเลข 27 กลุ่มดิน haplustalfs : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชัน มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Bt (argillic B) profile และเป็นดิน

ค่อนข้างตื้น มีเนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียดหรือดินเหนียวตลอดสีของดินมักเป็นสีน้ำตาลหรือสีเหลืองปนน้ำตาล ในดินชั้นล่างลึกมากกว่า 50 เซนติเมตรลงไปอาจพบชั้นหินหรือเศษหินซึ่งเกิดจากการสลายตัวของหินเบื้องล่างตลอด จะมีเปอร์เซ็นต์ประจุบวกที่เป็นต่างของดินชั้นล่างมากกว่า 35% กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีและจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

2.9 หมายเลข 29 กลุ่มดิน *plinthaquults* : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณลานตะพักน้ำเก่า (old alluvial terrace) ที่มีลักษณะพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Bt (argillic B) profile โดยมากมักเป็นดินเนื้อหยาบปานกลางถึงดินเนื้อละเอียดที่มีสีเทาและมีจุดประดลอดชั้นดินจะมีชั้นลูกรังอยู่ในดินชั้นล่างถัดจากชั้นลูกรังลงไปจะเป็นชั้นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียวสีเทาและมีจุดประสีแดงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลูกรังหรือศิลาแลง กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำต่ำมีน้ำขังตลอดหรือเกือบตลอดฤดูฝน และจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือค่อนข้างต่ำ

2.10 หมายเลข 30 กลุ่มดิน *paleaquults* : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณลานตะพักน้ำเก่า (old alluvial terrace) ที่มีลักษณะพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Bt (argillic B) profile โดยมากมักเป็นดินเนื้อละเอียดหรือดินร่วนปนทราย สีของดินเป็นสีเทาและมีจุดประสีน้ำตาลเหลืองหรือแดงตลอดชั้นดิน กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำต่ำมีน้ำขังตลอดหรือเกือบตลอดฤดูฝนและจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือค่อนข้างต่ำ

2.11 หมายเลข 32 กลุ่มดิน *plinthustults* : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณลานตะพักน้ำเก่า (old alluvial terrace) ที่มีลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Bt (argillic B) profile เป็นดินตื้นหรือค่อนข้างตื้น ชั้นดินล่างพบชั้นลูกรังหรือชั้นที่มีเศษหินปะปนภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดินบน ถัดจากชั้นนี้ลงไปพบชั้นดินที่มีจุดประสีแดงขนาดใหญ่ซึ่งถ้าปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งและเปียกสลับกันเป็นเวลานาน ๆ จะแปรสภาพเป็นศิลาแลงหรือลูกรัง กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีหรือดีปานกลางและจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือค่อนข้างต่ำ

2.12 หมายเลข 33 กลุ่มดิน *paleustults* : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดหรือลอนชัน จนไปถึงบริเวณเชิงเขาหรือเนินเขาที่มีความลาดชันไม่เกิน 30% มีการจัดเรียงชั้นดินแบบ A-Bt (argillic B) profile เป็นดินลึกถึงลึกมาก เนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียดหรือดินเนื้อละเอียดปานกลางสีแดงปนเหลืองหรือแดง กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลางและจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือค่อนข้างต่ำ

2.13 หมายเลข 34 กลุ่มดิน *haplustults* : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ที่ราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนชัน เป็นดินที่มีความแตกต่างกันทั้งในด้านวัตถุต้นกำเนิดดินและลักษณะ

ของหน้าดินโดยเฉพาะความลึกของดินตั้งแต่ดินตื้นมาก (skeletal haplustults) ถึงดินลึก (clayey haplustults) ลักษณะเนื้อดินแตกต่างกันไปตั้งแต่เป็นเนื้อดินหยาบถึงเป็นดินเหนียว ดินมีปฏิกริยาเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง กลุ่มดินนี้จัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงดีและจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2.14 หมายเลข 42 กลุ่มดิน slope complex : เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35%

**ภาคผนวก ข**

**สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา**

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา

ชื่อสถานี	รหัส สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
			2	5	10	25	50
1. อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	03012	1	86.9	112.3	129.0	150.2	166.0
		2	107.8	143.0	166.3	195.8	217.6
		3	128.6	165.8	190.5	221.6	244.8
		4	143.4	184.9	212.4	247.1	272.8
		5	158.7	202.4	231.3	267.8	294.9
2. อำเภอบางคล้า	03052	1	76.8	116.3	142.5	175.5	200.0
		2	97.2	146.5	179.2	220.4	251.1
		3	113.9	167.8	203.5	248.6	282.1
		4	126.4	182.1	219.0	265.6	300.2
		5	138.6	197.4	236.3	285.4	321.8
3. ปตร.บางขนาก	03080	1	88.3	113.6	130.3	151.4	167.1
		2	112.5	146.9	169.6	198.4	219.7
		3	131.7	165.9	188.6	217.2	238.4
		4	144.8	181.2	205.4	235.8	258.5
		5	156.0	193.6	218.5	249.9	273.2
4. ปตร.ท่าฉั่ว	03100	1	77.8	107.2	126.6	151.1	169.3
		2	98.2	138.9	165.8	199.8	225.0
		3	117.8	164.4	195.3	234.3	263.3
		4	129.0	178.2	210.7	251.9	282.5
		5	142.1	193.4	227.4	270.3	302.2
5. ปตร.บางโรง	03150	1	80.4	107.5	125.4	148.1	164.9
		2	105.4	144.8	170.9	203.9	228.3
		3	121.5	160.3	186.0	218.4	242.5
		4	135.9	174.7	200.5	233.0	257.1
		5	145.7	189.5	218.5	255.1	282.3

## ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชื่อสถานี	รหัส สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
			2	5	10	25	50
6. ปตร.บ้านใหม่	03160	1	70.4	94.5	110.5	130.6	145.5
		2	91.6	126.6	149.8	179.1	200.8
		3	109.5	147.8	173.2	205.2	229.0
		4	121.2	160.8	186.9	220.0	244.5
		5	132.0	172.6	199.6	233.6	258.8
7. กิ่งอำเภอราชสาส์น	03172	1	82.5	116.0	138.1	166.1	186.9
		2	106.1	147.1	174.3	208.6	234.0
		3	120.1	164.5	194.0	231.1	258.7
		4	131.6	176.9	207.0	244.9	273.0
		5	142.7	192.7	225.7	267.5	298.5
8. ปตร.สมบูรณ	03190	1	84.7	119.3	142.2	171.2	192.7
		2	114.7	161.1	191.8	230.6	259.4
		3	135.7	184.3	216.5	257.2	287.4
		4	150.3	200.2	233.2	274.9	305.9
		5	165.6	217.8	252.4	296.0	328.4
9. ปตร.คลอง 17	03200	1	72.4	96.4	112.2	132.3	147.2
		2	95.6	127.0	147.9	174.2	193.7
		3	113.7	153.1	179.3	212.3	236.8
		4	126.5	169.1	197.3	232.9	259.4
		5	137.6	187.7	220.9	262.8	293.9
10. อำเภอสนามชัยเขต	03242	1	72.0	109.2	133.8	164.9	188.0
		2	89.0	131.1	159.0	194.2	220.3
		3	101.2	144.7	173.5	209.9	236.9
		4	111.3	158.4	189.6	229.0	258.3
		5	122.3	174.1	208.4	251.8	283.9

## ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชื่อสถานี	รหัส สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
			2	5	10	25	50
11. อำเภอพนัสนิคม	09022	1	80.6	112.0	132.8	159.1	178.6
		2	103.3	142.9	169.1	202.2	226.8
		3	114.5	158.0	186.8	223.2	250.1
		4	123.9	169.3	199.3	237.2	265.4
		5	132.2	179.4	210.7	250.1	279.4
12. อำเภอพานทอง	09032	1	76.1	104.1	122.6	146.0	163.3
		2	94.5	127.3	149.0	176.5	196.8
		3	108.7	147.2	172.6	204.9	228.7
		4	117.8	157.0	182.9	215.7	240.0
		5	127.8	169.6	197.3	232.3	258.2
13. บ้านใหม่	09171	1	73.0	91.3	103.5	118.8	130.2
		2	95.7	122.4	140.0	162.3	178.9
		3	112.1	147.8	171.4	201.2	223.3
		4	122.8	161.2	186.6	218.6	242.5
		5	133.0	169.6	193.8	224.4	247.2
14. อำเภอองครักษ์	22022	1	93.6	130.7	155.2	186.2	209.1
		2	120.9	168.9	200.7	240.9	270.7
		3	143.2	194.9	229.0	272.2	304.2
		4	160.1	213.5	248.8	293.5	326.6
		5	174.2	229.7	266.5	312.9	347.4
15. อำเภอบ้านนา	22042	1	92.2	129.7	154.5	185.8	209.1
		2	123.0	173.0	206.1	248.0	279.0
		3	143.3	189.5	220.1	258.8	287.4
		4	161.9	208.5	239.3	278.2	307.1
		5	176.2	223.7	255.1	294.9	324.3

## ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชื่อสถานี	รหัส สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
			2	5	10	25	50
16. ปตร.คลอง 16	22050	1	88.7	122.3	144.6	172.7	193.6
		2	116.7	160.5	189.6	226.3	253.5
		3	134.7	182.9	214.8	255.1	285.0
		4	150.3	204.8	240.9	286.6	320.4
		5	163.5	224.9	265.5	316.8	354.9
17. บ้านคลองยาง	22301	1	114.9	145.2	165.3	190.7	209.5
		2	155.3	198.6	227.4	263.7	290.6
		3	183.1	225.1	252.8	287.9	313.9
		4	204.2	245.7	273.2	307.9	333.7
		5	223.5	266.4	294.9	330.8	357.5
18. เขานางบวช	22341	1	105.8	122.4	133.3	147.2	157.5
		2	131.5	151.4	164.6	181.2	193.6
		3	146.0	169.3	184.8	204.3	218.8
		4	148.6	172.4	188.2	208.2	222.9
		5	159.0	182.0	197.2	216.4	230.6
19. อำเภอเมือง	44013	1	101.6	128.1	145.6	167.8	184.2
		2	138.1	174.8	199.2	229.9	252.8
		3	158.8	195.9	220.5	251.6	274.7
		4	175.4	214.1	239.7	272.2	296.2
		5	194.4	233.4	259.2	291.7	315.9
20. อำเภอบ้านสร้าง	44022	1	100.6	140.1	166.2	199.1	223.6
		2	127.5	169.6	197.5	232.7	258.8
		3	149.6	203.4	239.1	284.1	317.5
		4	163.2	217.7	253.7	299.3	333.1
		5	179.9	236.7	274.2	321.6	356.8

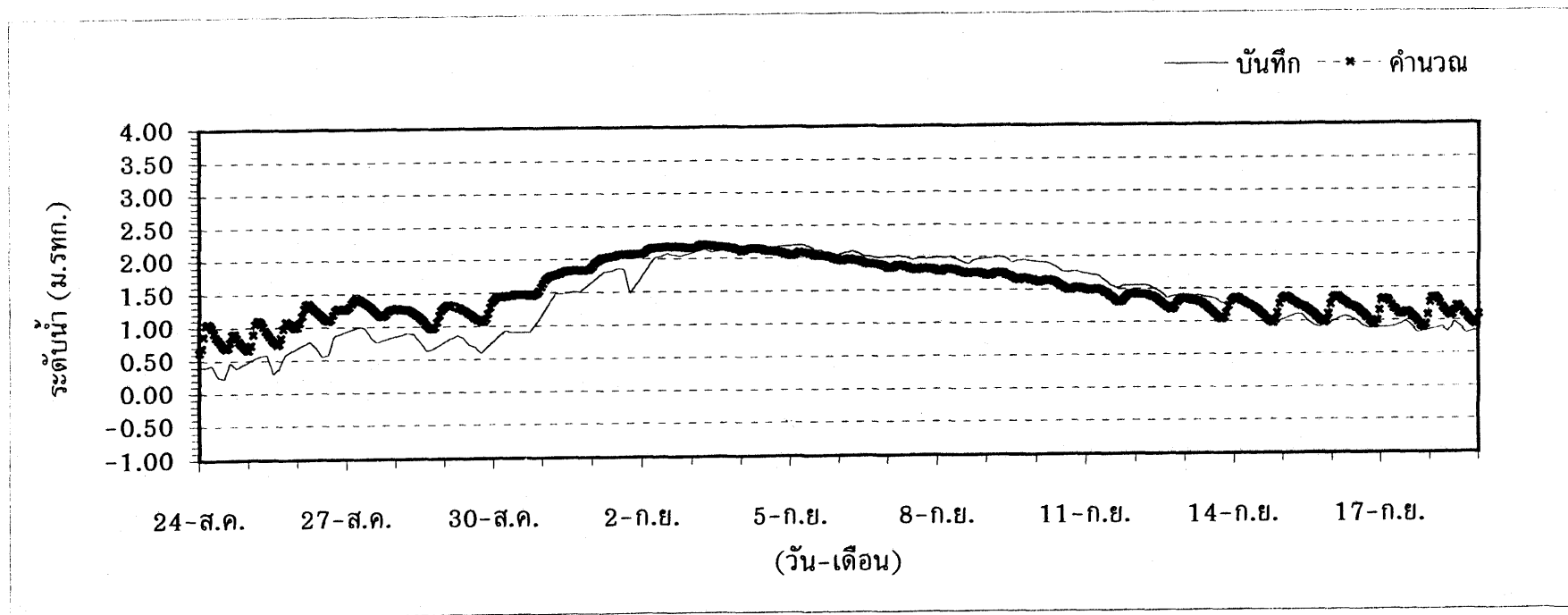


## ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

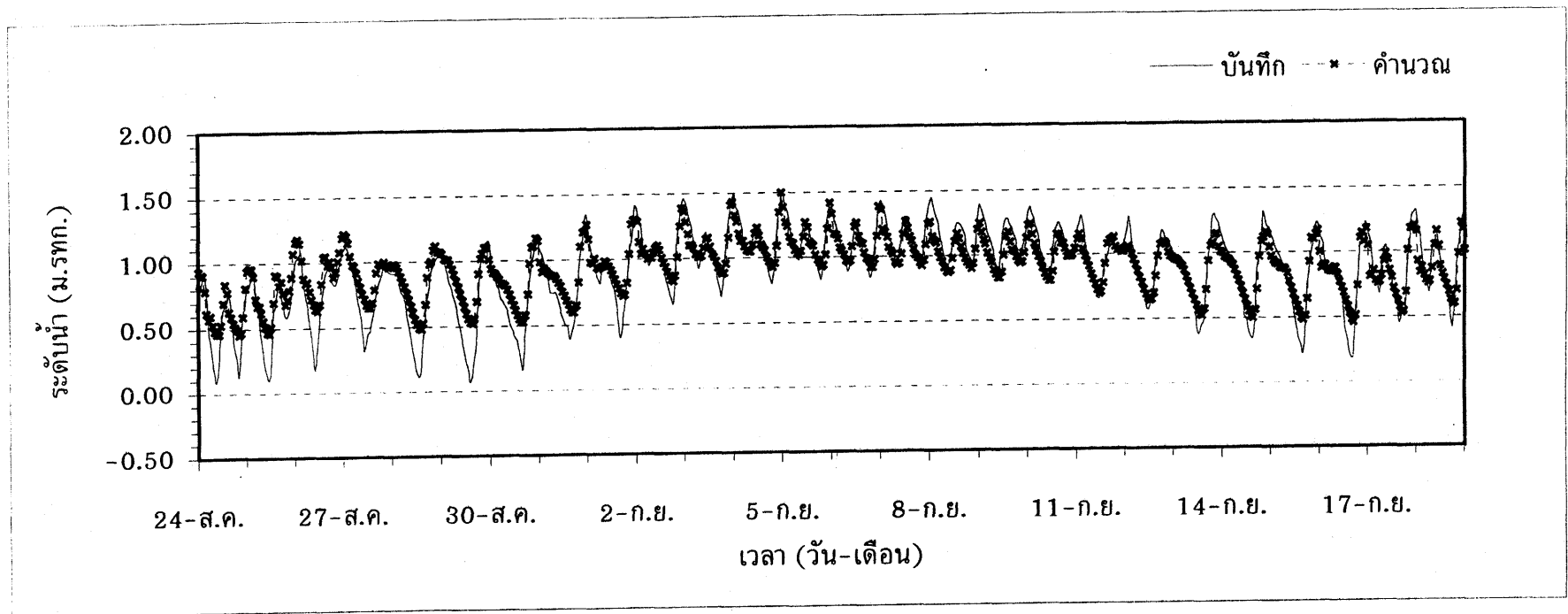
ชื่อสถานี	รหัส สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (มม.)				
			2	5	10	25	50
21. อำเภอศรีมหาโพธิ์	44032	1	85.3	104.2	116.8	132.6	144.4
		2	114.0	145.0	165.6	191.6	210.8
		3	137.9	172.4	195.2	224.0	245.4
		4	155.6	193.5	218.5	250.2	273.7
		5	168.8	208.2	234.2	267.2	291.6
22. อำเภอบึงนาราง	44043	1	86.1	105.2	117.8	133.7	145.5
		2	111.4	137.9	155.4	177.5	193.9
		3	133.3	164.3	184.8	210.8	230.1
		4	153.1	184.4	205.2	231.3	250.7
		5	166.1	198.6	220.0	247.2	267.3
23. อำเภอชาติ	44132	1	101.1	139.8	165.3	197.7	221.7
		2	134.9	183.8	216.2	257.2	287.6
		3	155.4	213.8	252.5	301.4	337.7
		4	178.2	239.4	280.0	331.2	369.2
		5	203.2	268.9	312.4	367.3	408.1
24. อำเภอโคกปีบ	44282	1	83.0	107.7	124.0	144.7	160.0
		2	121.1	166.5	196.7	234.7	263.0
		3	140.0	188.2	220.2	260.5	290.5
		4	152.8	199.5	230.4	269.5	298.5
		5	167.7	216.7	249.2	290.2	320.6
25. เขวนรอก	44301	1	125.0	155.3	175.3	200.7	219.5
		2	168.4	207.4	233.2	265.9	290.1
		3	197.3	240.0	268.3	304.1	330.6
		4	220.0	265.8	296.1	334.4	362.8
		5	244.1	290.0	320.4	358.8	387.3

ภาคผนวก ค

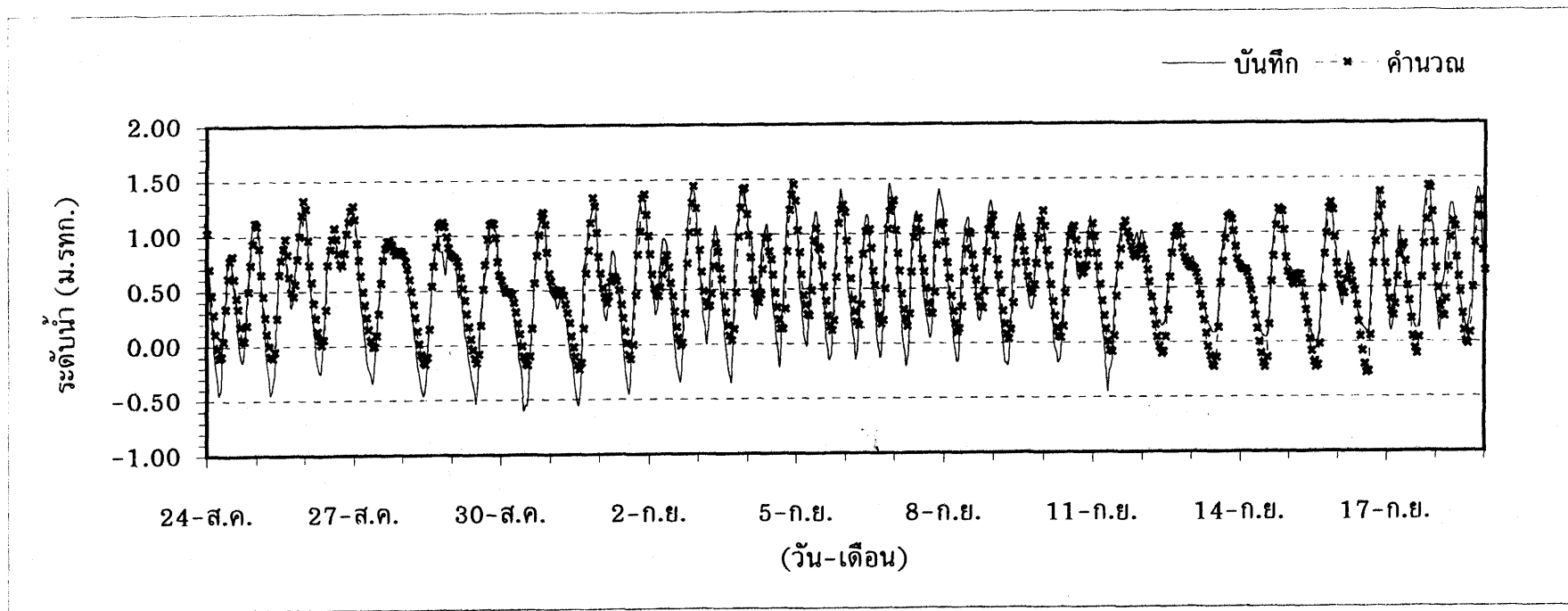
กราฟการตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON



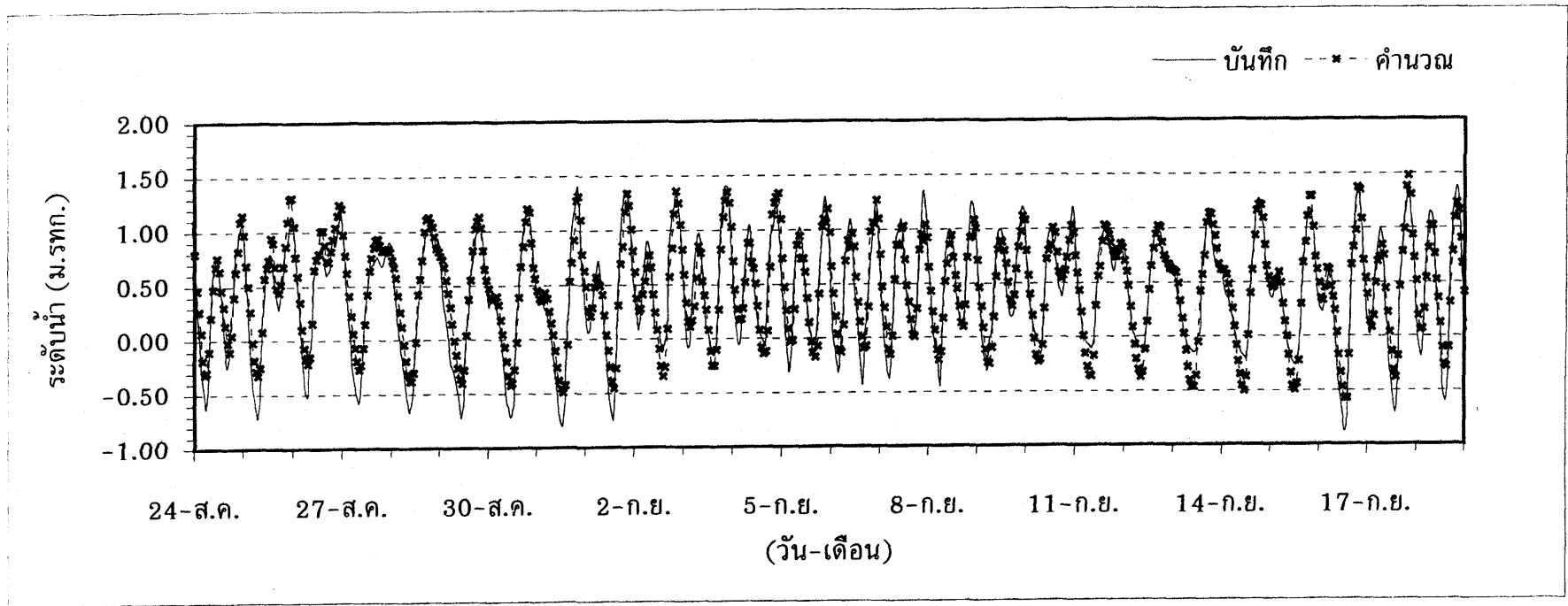
ภาพผนวกที่ 1 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม - 19 กันยายน 2540 ที่สถานี KGT.1



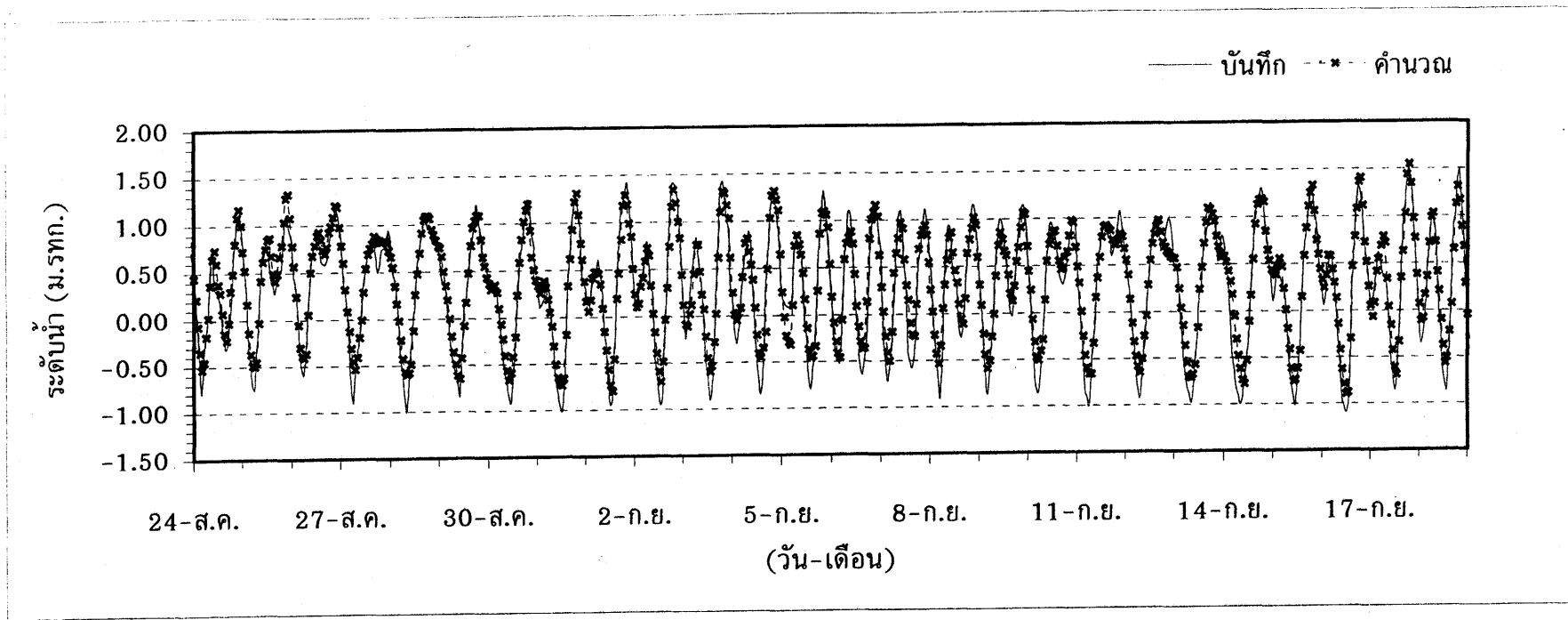
ภาพผนวกที่ 2 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม - 19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.บางขนาก



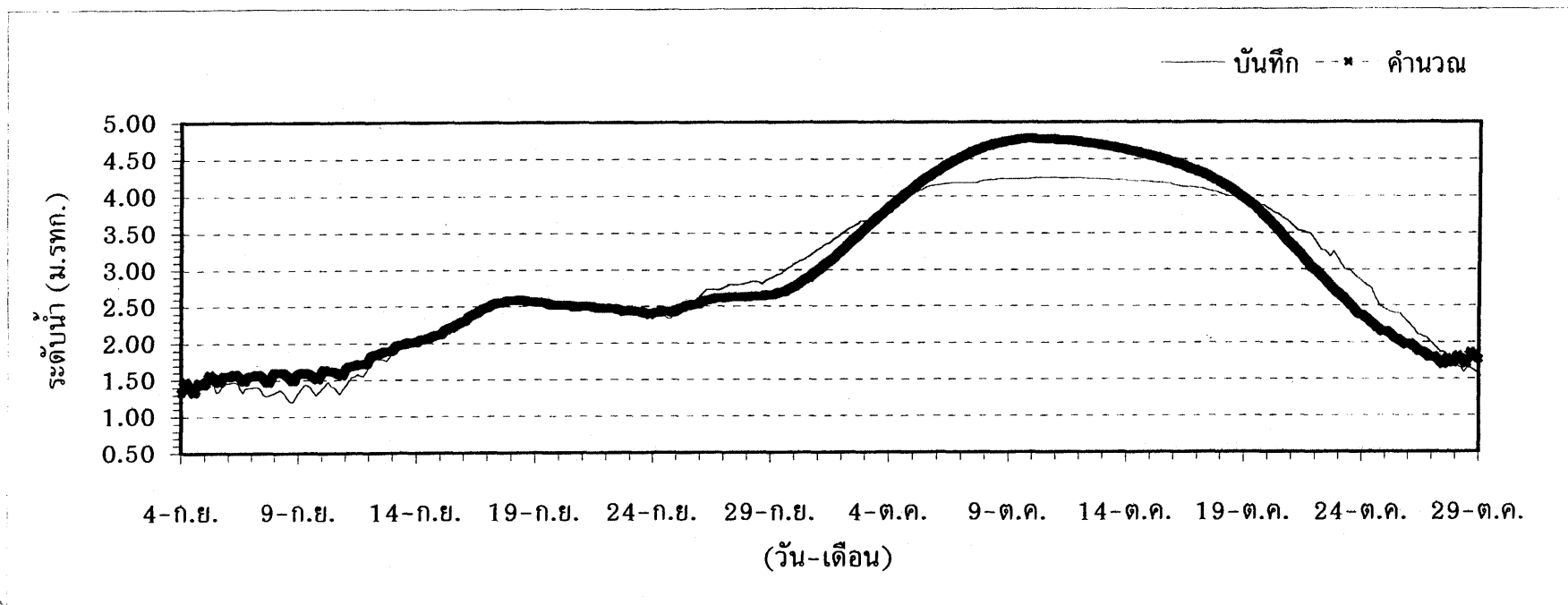
ภาพผนวกที่ 3 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม - 19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.ท่าไคร้



ภาพผนวกที่ 4 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม - 19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.ท่าถั่ว

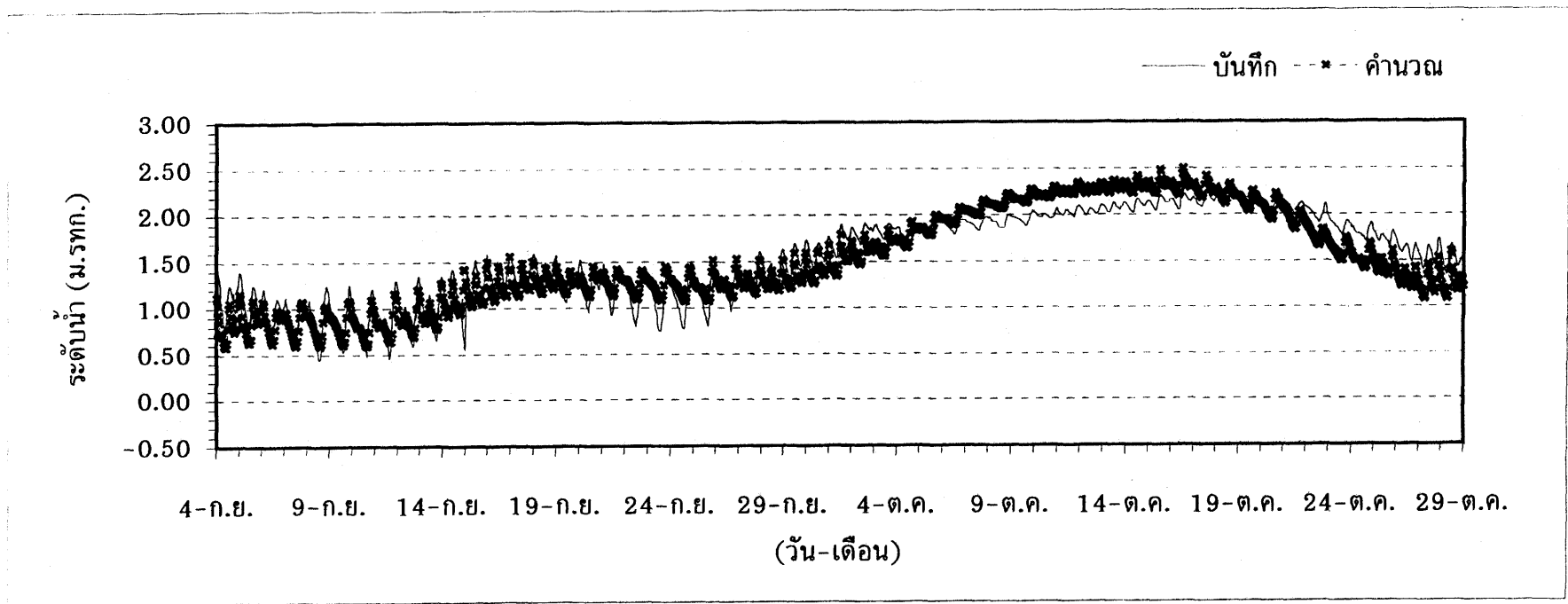


ภาพผนวกที่ 5 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลเฉพาะในแม่น้ำ ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม - 19 กันยายน 2540 ที่ ปตร.ปากตะคอง

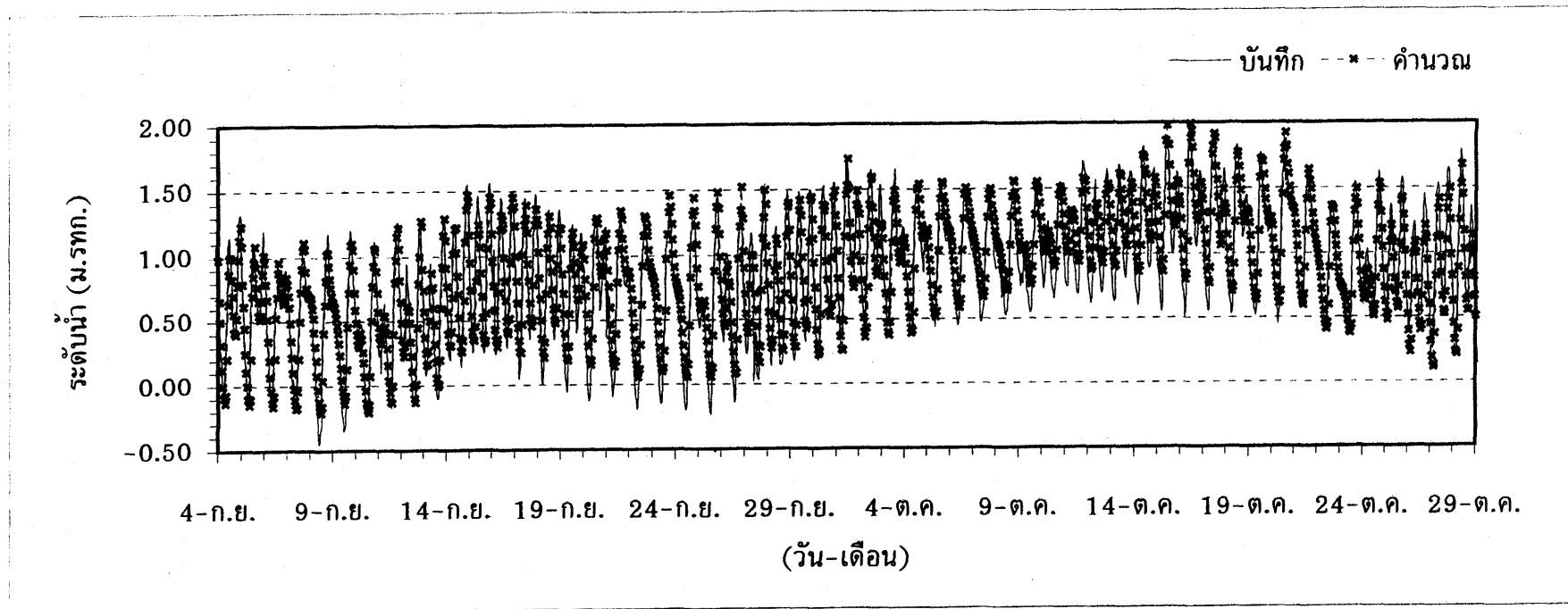


ภาพผนวกที่ 6 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน - 29 ตุลาคม 2539 ที่สถานี KGT.1

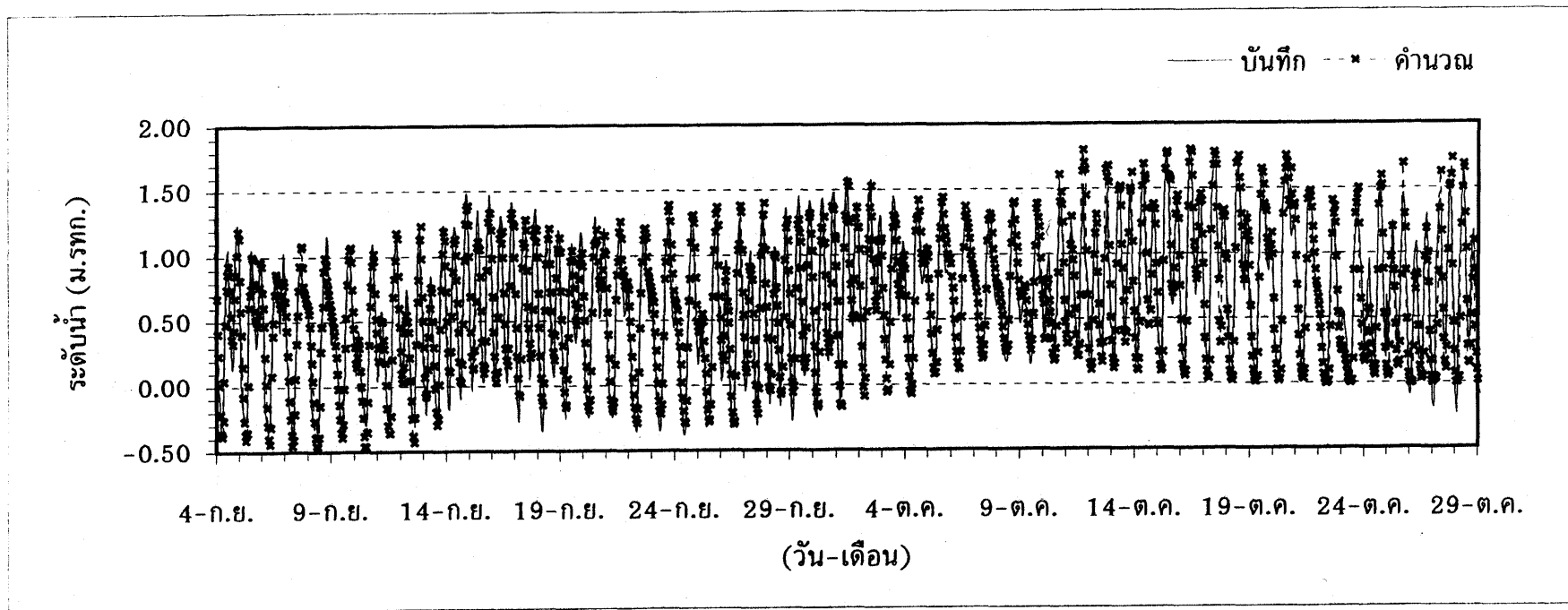




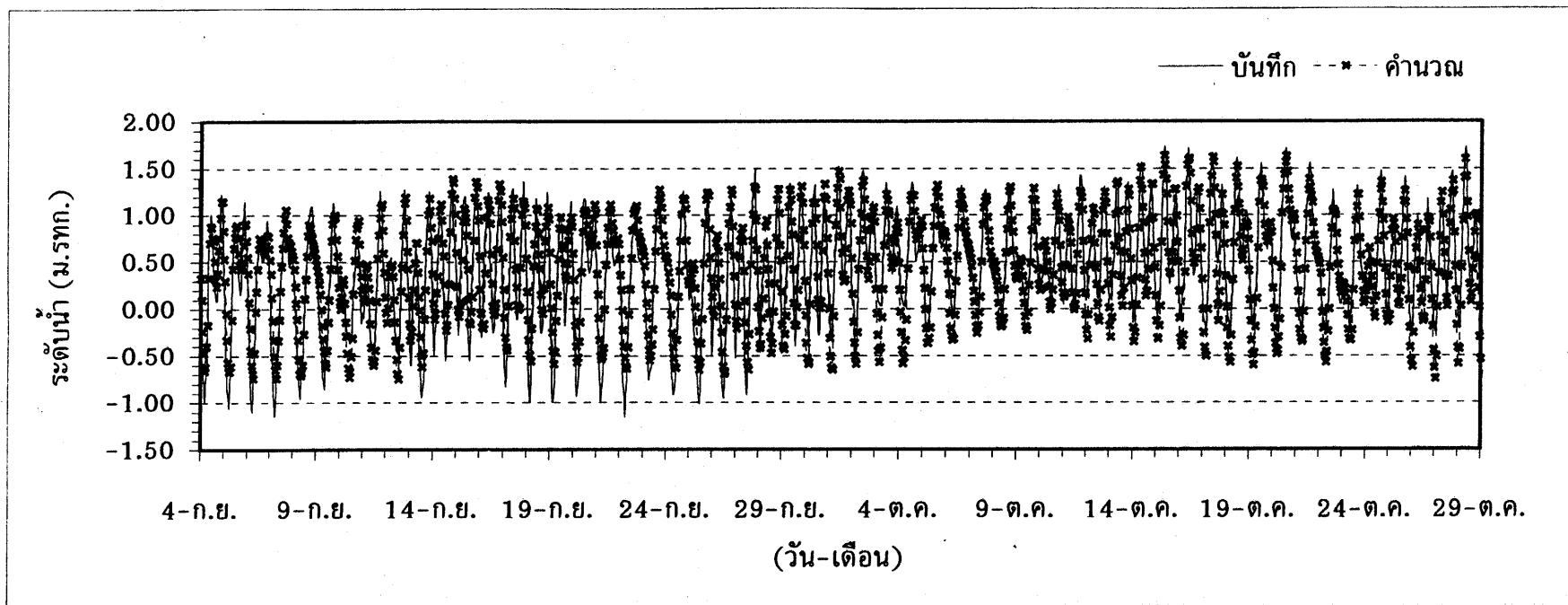
ภาพผนวกที่ 7 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน - 29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.บางขนาก



ภาพผนวกที่ 8 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน - 29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.ท่าไข่



ภาพผนวกที่ 9 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน - 29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.ท่าฉั่ว



ภาพผนวกที่ 10 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีไหลในทุ่งน้ำท่วม ระหว่างวันที่ 4 กันยายน - 29 ตุลาคม 2539 ที่ ปตร.ปากตะคอง

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

วัน เดือน ปี เกิด : 4 เมษายน 2516

สถานที่เกิด : กรุงเทพมหานคร

การศึกษา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

สถานที่ทำงานปัจจุบัน : กองพัฒนาแหล่งน้ำ สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท