



วิทยานิพนธ์

การศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในลุ่มน้ำยม

THE STUDY OF FLOOD MANAGEMENT IN YOM RIVER BASIN

นางสาวอุทุมพร นิตยาคม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในกลุ่มน้ำยม

The Study of Flood Management in Yom River Basin

นามผู้วิจัย นางสาวอุทุมพร นิตยาคม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรชัย ลิปิวัฒนาการ, M.Eng)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล คำรงค์ศรี, Dr.Eng)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรชัย ลิปิวัฒนาการ, M.Eng)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคองหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๙ เดือน เม.ย. พ.ศ. ๕๑

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในลุ่มน้ำยม

The Study of Flood Management in Yom River Basin

โดย

นางสาวอุทุมพร นิตยาคม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2551

อุทุมพร นิธยาคม 2551: การศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในลุ่มน้ำยม ปรินญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng. 135 หน้า

ปัญหาน้ำท่วมในลุ่มน้ำยมเริ่มจากจังหวัดแพร่เรื่อยลงมาด้านท้ายน้ำจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำน่าน ที่
อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีมานาน ทำความเสียหายต่อทั้งพื้นที่เกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย
และเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่จังหวัดแพร่ และจังหวัดสุโขทัย ซึ่งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญ

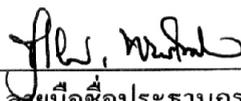
ในการศึกษานี้ ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWork RS มาใช้ประมวลผล ทำการเปรียบเทียบ
แบบจำลอง โดยใช้สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2538 และตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2539 ซึ่งได้มี
การปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง ตามลำน้ำและที่ราบน้ำท่วมมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.025-0.060
และ 0.030-0.075 ตามลำดับ

การศึกษารังนี้เป็นการศึกษากรณีน้ำท่วมปี 2538 ซึ่งเทียบเท่าคาบอุบัติ 25 ปี โดยมีแนวทางการศึกษา
4 ทางเลือก คือ 1) กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น 2) กรณีเพิ่มประสิทธิภาพในการ
ระบายน้ำโดยการขุดลอกลำน้ำบริเวณตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำโดยมีความลึกประมาณ 2-5 เมตร
3) การพัฒนาพื้นที่แก้มลิงบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยมีขนาด
ความจุ 32 และ 50 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ และ 4) การก่อสร้างคันกั้นน้ำปิดกั้นพื้นที่ชุมชนเมืองสำคัญที่ตั้งอยู่ริม
แม่น้ำ ได้แก่ ชุมชนเมืองแพร่ และชุมชนเมืองสุโขทัย โดยมีความสูงของคันกั้นน้ำประมาณ 0.5-1.2 เมตร

ผลการศึกษาประสิทธิภาพทั้ง 4 ทางเลือก พบว่ามาตรการในการบริหารจัดการน้ำหลากในลุ่มน้ำยม
สรุปได้ดังนี้คือ 1) กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดได้ประมาณ 2.52 เมตร
แต่จะช่วยบรรเทาน้ำท่วมได้เฉพาะลุ่มน้ำยมตอนบนบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ เท่านั้น ไม่สามารถช่วย
บรรเทาในพื้นที่ตอนล่างซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่ได้ 2) การเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของลุ่มน้ำยม
ตอนล่าง โดยการขุดลอกลำน้ำ จะสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัย
ลงมาด้านท้ายน้ำซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่ได้ประมาณ 0.40 ถึง 0.80 เมตร 3) การพัฒนาพื้นที่แก้มลิง จะช่วย
ลดระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำได้เพียง 0.12 ถึง 0.27 เมตร
และ 4) การก่อสร้างคันกั้นน้ำ ให้มีความสูงประมาณ 1.2 เมตร ตลอดแนวลำน้ำในเขตชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่ริมน้ำ
จะสามารถช่วยป้องกันเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดในรอบ 25 ปีได้ ดังนั้นเพื่อให้การบริหารจัดการน้ำหลากมี
ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรจะทำหลายทางเลือกพร้อมกันเป็นระบบทั้งลุ่มน้ำ

อุทุมพร นิธยาคม

ลายมือชื่อนิสิต



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

๓๑ / ส.ค. / ๕๑

Utoomporn Nitayakom 2008: The Study of Flood Management in Yom River Basin. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Chukiat Sapphaisal, M.Eng. 135 pages.

Floods usually occur in Yom River Basin from Phrae province down to at the Nan River confluence damaging agricultural areas, residential areas and economical areas especially in Phrae and Sukhothai provinces.

The InfoWork RS model has been therefore used to simulate flood phenomena in 1995 and 1996. Those two floods were used for the model calibration and model verification respectively. The parameters obtained from calibration of the Hydrodynamics Model are manning roughness coefficient of the river and floodplain ranging from 0.025-0.060 and 0.030-0.075 respectively.

The study of flood alleviation using 1995 flood ($T_r = 25$ yrs) was intensively analyzed. The four alternatives of flood mitigation can be described as : 1) construction of the large dam, Kaeng Sua Ten in the Yom River. 2) dredging Yom River from Sukhothai province to downstream area for 2-5 meters depth for better drainage. 3) divert the peak flood flow, approximate volume of 32 and 50 million cubicmeters for Sukhothai and Phitsanulok provinces respectively, into the natural retarding basin (river basin monkey cheek) on river floodplain in Sukhothai and Phitsanulok provinces and 4) construction of dike along the river banks in Phrae and Sukhothai provinces, height varying from 0.5-1.2 meters to protect city areas.

The results of the four alternatives showed that 1) construction of the large dam, Kaeng Sua Ten in the Yom River, the maximum water level will be reduced by 2.52 meters, but only for upper Yom River at Phrae province. 2) dredging Yom River from Sukhothai province to downstream area for 2-5 meters depth for better drainage, the maximum water level will be reduced by 0.40-0.80 meters in major flood areas. 3) divert the peak flood flow into the natural retarding basin (river basin monkey cheek) on river floodplain in Sukhothai and Phitsanulok provinces, the maximum water level will be reduced by 0.12-0.27 meters and 4) construction of dike along the river banks in Phrae and Sukhothai provinces, height varying from 0.5-1.2 meters to protect city areas for flood at recurrence period of 25 years. Therefore, to effectively manage floods in Yom River Basin, all four alternatives should be integrated as a system.

Utoomporn Nitayakom

Student's signature

S. Chukiat

Thesis Advisor's signature

31 / March / 08

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล คำรงค์ศรี กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และรองศาสตราจารย์วิชา นิยม กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและติดต่อประสานงาน

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน บริษัทวอเตอร์ ดีเวลล์ฟเม้นท์ คอนซัลแต้นส์ จำกัด และบริษัทชีกม่า ไฮโดร คอนซัลแต้นท์ จำกัด ที่ได้ช่วยเหลือในการอำนวยความสะดวกในการจัดหาข้อมูลและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้

อุทุมพร นิตยาคม

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	51
อุปกรณ์	51
วิธีการ	51
ผลและวิจารณ์	78
สรุปและข้อเสนอแนะ	104
สรุป	104
ข้อเสนอแนะ	105
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	107
ภาคผนวก	110
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	136

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในกลุ่มน้ำยม	9
2	สัดส่วนการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	12
3	มูลค่าความเสียหายเนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมเปรียบเทียบกับระดับน้ำสูงสุดและปริมาณน้ำสูงสุด	16
4	ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำยม	18
5	รายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำยม	53
6	รายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองในลุ่มน้ำยม	55
7	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแม่น้ำตามธรรมชาติ	60
8	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลสั้นคั่นกันน้ำ	61
9	การวิเคราะห์คาบอุบัติการณ์เกิดอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำนองสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ	64
10	ระดับควบคุมการระบายน้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น	67
11	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง กรณีการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady State)	83
12	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady State)	83
13	ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด	85
14	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ได้จากการปรับเทียบ	85
15	ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการตรวจสอบแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด	89
16	ผลการวิเคราะห์ความไวของระดับน้ำในแม่น้ำยม	92
17	ระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น	98
18	ระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ กรณีเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของลุ่มน้ำยมตอนล่าง	102
19	ระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ กรณีมีการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีสภาพปัจจุบัน ไม่มีโครงการ	111
2	สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น	116
3	สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ	121
4	สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง	126
5	สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ	131

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6
2	รูปตัดตามยาวของลำน้ำยม	7
3	ระบบลุ่มน้ำ-ลำน้ำยมและลำน้ำสาขา	8
4	ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านเข้ามาในประเทศไทย	10
5	ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	11
6	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	13
7	ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำยม	19
8	ที่ตั้งโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางศักยภาพ ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	22
9	ตำแหน่งการขุดลอกลำน้ำและคลองผันน้ำ	23
10	โครงการผันน้ำยม-สิริกิติ์	26
11	ที่ตั้งแก้มลิงที่มีศักยภาพในการบรรเทาอุทกภัย	28
12	ตำแหน่งที่ตั้งโครงการก่อสร้าง/ปรับปรุง ปตร.	30
13	แนวถนนที่ต้องเสริมคันกันน้ำชั่วคราวในเขตเทศบาลเมืองแพร่	32
14	แนวถนนที่ต้องเสริมคันกันน้ำชั่วคราวในเขตเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	34
15	โครงข่ายสถานีระบบโทรมาตรที่เสนอในลุ่มน้ำยม	36
16	รูปสามเหลี่ยมกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS	41
17	แผนภูมิของ Preissmann's Implicit Finite Difference	49
18	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและพื้นที่หลายเหลี่ยม โดยวิธี Theissen Polygon	56
19	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง	57
20	ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในการศึกษา	58
21	แผนภูมิการจำลองลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	59
22	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ เขื่อนแก่งเสือเต้น	66
23	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับและอัตราการระบายออกของอาคารระบายน้ำล้น	66

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ระดับน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น เมื่อมีการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่กำหนดใหม่	68
25	การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น	68
26	แผนภูมิการจำลองแบบการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำ	69
27	การปรับปรุงชุดลอกลำน้ำยม	72
28	แผนภูมิการจำลองแบบการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยมตอนล่าง	73
29	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิว ของพื้นที่แก้มลิงทะเลหลวง	74
30	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิว ของพื้นที่แก้มลิงบางระกำ	74
31	แผนภูมิการจำลองแบบการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง	75
32	แผนภูมิการจำลองแบบการก่อสร้างคันกั้นน้ำ	77
33	พื้นที่ประสบอุทกภัยลุ่มน้ำยมปี พ.ศ.2538	79
34	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง กรณีการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady State)	84
35	ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลและระดับน้ำ สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลปี 2538	86
36	ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลและระดับน้ำ สำหรับการตรวจสอบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลปี 2539	90
37	ระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีสภาพปัจจุบัน	94
38	เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำปี พ.ศ.2538	95
39	เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำปี พ.ศ.2539	96
40	เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำปี พ.ศ.2545	97
41	เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีมีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำปี พ.ศ.2538	99

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
42	เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีมีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ ปี พ.ศ.2539	100
43	เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีมีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ ปี พ.ศ.2545	101

การศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในลุ่มน้ำยม

The Study of Flood Management in Yom River Basin

คำนำ

ในปัจจุบันแม่น้ำยมสายหลัก ลำน้ำสาขา ตลอดจนลำห้วยต่างๆ มีสภาพต้นเขิน ขาดแหล่งเก็บกักน้ำอย่างเพียงพอในฤดูแล้ง ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ ประกอบกับลุ่มน้ำตอนบนมีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาล้อมรอบ ทำให้ในฤดูฝนมักเกิดปัญหาอุทกภัย สร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก รวมทั้งคุณภาพน้ำบางแห่งมีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสมต่อการอุปโภคบริโภค ประกอบกับการพัฒนาและฟื้นฟูสภาพของแม่น้ำยมในแต่ละพื้นที่ที่ผ่านมามีส่วนใหญ่มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาในลักษณะเฉพาะที่ซึ่งไม่ได้พิจารณาในภาพรวมทั้งลุ่มน้ำ ทำให้การพัฒนาและแก้ไขปัญหาในบางครั้งขาดความเชื่อมโยง ไม่ครอบคลุมปัญหาดังกล่าว หากปล่อยให้ปัญหาสะสมโดยไม่รีบดำเนินการแก้ไข อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างด้วย จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าความจุลุ่มน้ำของแม่น้ำยมตั้งแต่ต้นน้ำถึงอำเภอเมืองสุโขทัยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และตั้งแต่ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยลงมา มีความจุของลำน้ำลดลงเหลือ 300-600 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เนื่องจากลำน้ำมีสภาพเป็นคอคอด ทำให้การระบายน้ำในฤดูฝนไม่ดีเท่าที่ควร และมีปัญหาเรื่องอุทกภัยบ่อยครั้ง อีกทั้งลำน้ำมีลักษณะคดเคี้ยวไปมา ทำให้ในฤดูฝนเมื่อมีน้ำไหลบ่ามาอย่างแรง จะเกิดอุทกภัยในพื้นที่ราบลุ่มสองริมฝั่งแม่น้ำยม

การเกิดปัญหาอุทกภัยในลุ่มน้ำยม มีสาเหตุจากฝนที่ตกหนักในพื้นที่ลุ่มน้ำ และจากสภาพทางกายภาพของลุ่มน้ำ เช่น ไม่มีแหล่งเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน ประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำต่ำ โดยเฉพาะบริเวณที่มีความลาดชันเมื่อเกิดฝนตกในปริมาณมาก น้ำจากภูเขาจะไหลลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว ประกอบกับพื้นที่บางแห่งไม่มีต้นไม้อัดดินไว้ ทำให้เกิดดินถล่ม ปัญหาป่าไม้ถูกทำลาย และการชะล้างพังทลายหน้าดิน ทำให้เกิดความไม่สมดุลทางธรรมชาติ มีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา และเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถจำลองสภาพการไหลแบบไม่ทรงตัว (unsteady flow) มาใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วมของลุ่มน้ำยม และเปรียบเทียบแบบ

จำลองโดยใช้ข้อมูลสภาพน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นอย่างรุนแรงในอดีต เพื่อทำการวิเคราะห์หาแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในการบรรเทาและป้องกันการเกิดปัญหาอุทกภัยได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาพการไหลในลำน้ำสายหลักทั้งในสภาพปกติและเมื่อเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำยม
2. เพื่อจำลองแบบและเปรียบเทียบสภาพการไหลในลำน้ำสายหลักเมื่อเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์
3. เพื่อศึกษาและสร้างแบบจำลองแนวทางการบรรเทาและแก้ไขปัญหามลพิษในลุ่มน้ำยม
4. เพื่อเสนอแนะแนวทางการบรรเทาและแก้ไขความเสียหายจากอุทกภัยในลุ่มน้ำยมที่เหมาะสม

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษามลพิษทางน้ำของลุ่มน้ำยมมีขอบเขตการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาสภาพทางธรรมชาติของลุ่มน้ำ ผลการศึกษาและรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุทกภัย และสภาพอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยม
2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอุทก-อุทกวิทยาที่สำคัญของพื้นที่ลุ่มน้ำ และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำ
3. ข้อมูลด้านอุทก-อุทกวิทยาที่นำมาใช้ในการศึกษาปริมาณน้ำหลาก เป็นข้อมูลประเภทรายวัน และไม่ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เนื่องจากข้อจำกัดด้านข้อมูล
4. รวบรวมข้อมูลลักษณะทั่วไปและการจัดการอ่างเก็บน้ำและอาคารชลศาสตร์ในลำน้ำที่สำคัญ ทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบันและที่มีอยู่ในแผนงานในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

5. จำลองสภาพการไหลในกลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ แล้วทำการเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้ในปีที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรงในอดีต โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง
6. ศึกษาแนวทางการบรรเทาและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในกลุ่มน้ำยม พร้อมทั้งตรวจสอบความสัมฤทธิ์ผลของแนวทางการบรรเทาและการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์
7. เสนอแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำยมอย่างเหมาะสม เพื่อการบรรเทาและป้องกันอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

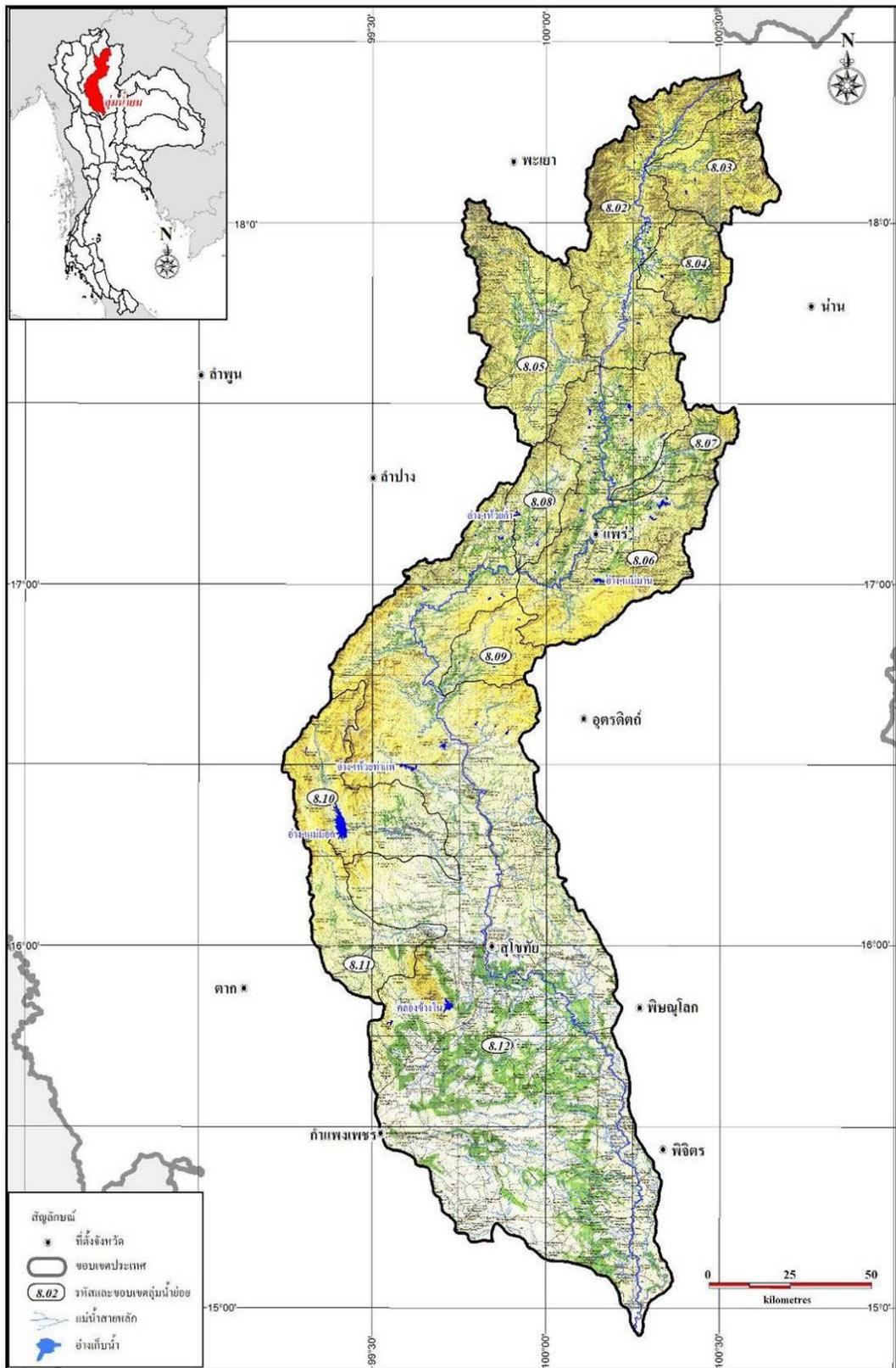
การตรวจเอกสาร

1. สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำยม

ลุ่มน้ำยม ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $15^{\circ}45'35''$ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ $19^{\circ}25'24''$ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ $100^{\circ}16'34''$ ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ $100^{\circ}40'51''$ ตะวันออก โดยมี ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำปิง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำน่าน ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำวังและลุ่มน้ำปิง มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 23,616 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 11 จังหวัด โดยแม่น้ำยมเป็นแม่น้ำสายหลักไหลผ่านจังหวัดแพร่ และจังหวัดสุโขทัย และไหลผ่านบางส่วนของจังหวัดพะเยา น่าน ลำปาง ตาก กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์

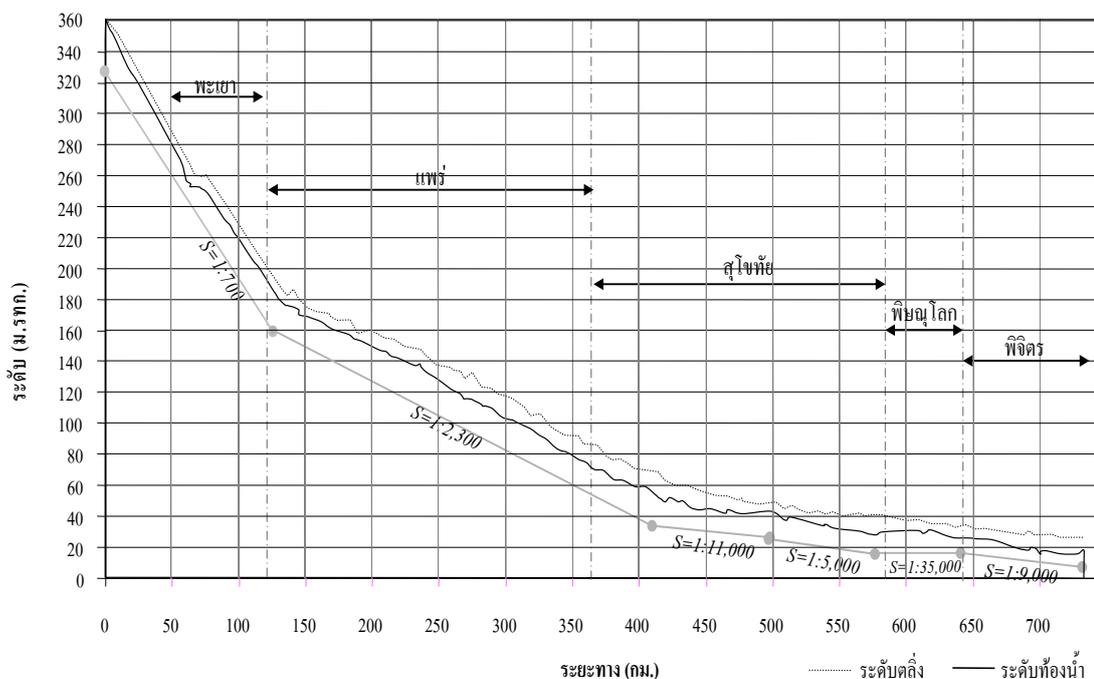
แม่น้ำยมมีต้นกำเนิดจากคอยขุนยวมในทิวเขาผีปันน้ำ อยู่ในเขตอำเภอปงและอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ไหลผ่านหุบเขาที่มีความลาดชันมาก มีที่ราบแคบๆ ริมแม่น้ำเป็นบางช่วงในเขตจังหวัดแพร่ จากนั้นจะไหลออกสู่ที่ราบผืนใหญ่ ผ่านอำเภอสอง อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย แล้วไหลเข้าสู่หุบเขาทางตะวันตก ผ่านอำเภอลอง อำเภอวังชิ้น ลงมาทางใต้เข้าสู่ที่ราบที่อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ในช่วงนี้แม่น้ำยมจะไหลกู่ขนานมากับแม่น้ำน่าน และเริ่มมีความลาดชันลดลง จากนั้นจะไหลผ่านอำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมืองสุโขทัย อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เข้าสู่อำเภอสางงาม อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร จนเข้าเขตจังหวัดนครสวรรค์ แล้วไหลมาบรรจบกับแม่น้ำน่านที่บ้านเกษไชย อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมความยาวตลอดลำน้ำประมาณ 735 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1

สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำยม บริเวณพื้นที่ตอนบนแม่น้ำยมในเขตอำเภอปง และอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา มีสภาพเป็นเทือกเขาสูงตามลำน้ำ อยู่ระหว่างระดับความสูงที่ 180-360 ม.รทก. โดยมีความลาดชันประมาณ 1:700 แม่น้ำยมไหลผ่านพื้นที่ราบหุบเขาในเขตพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแพร่ แล้วไหลเข้าสู่ที่ราบที่อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ระดับความสูงของพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำอยู่ที่ระดับ 50-180 ม.รทก. โดยมีความลาดชันประมาณ 1:2,300 พื้นที่ตอนล่างแม่น้ำยมเป็นที่ราบในเขตอำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก อำเภอสางงาม อำเภอโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร และที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ มี



ภาพที่ 1 สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำยม
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

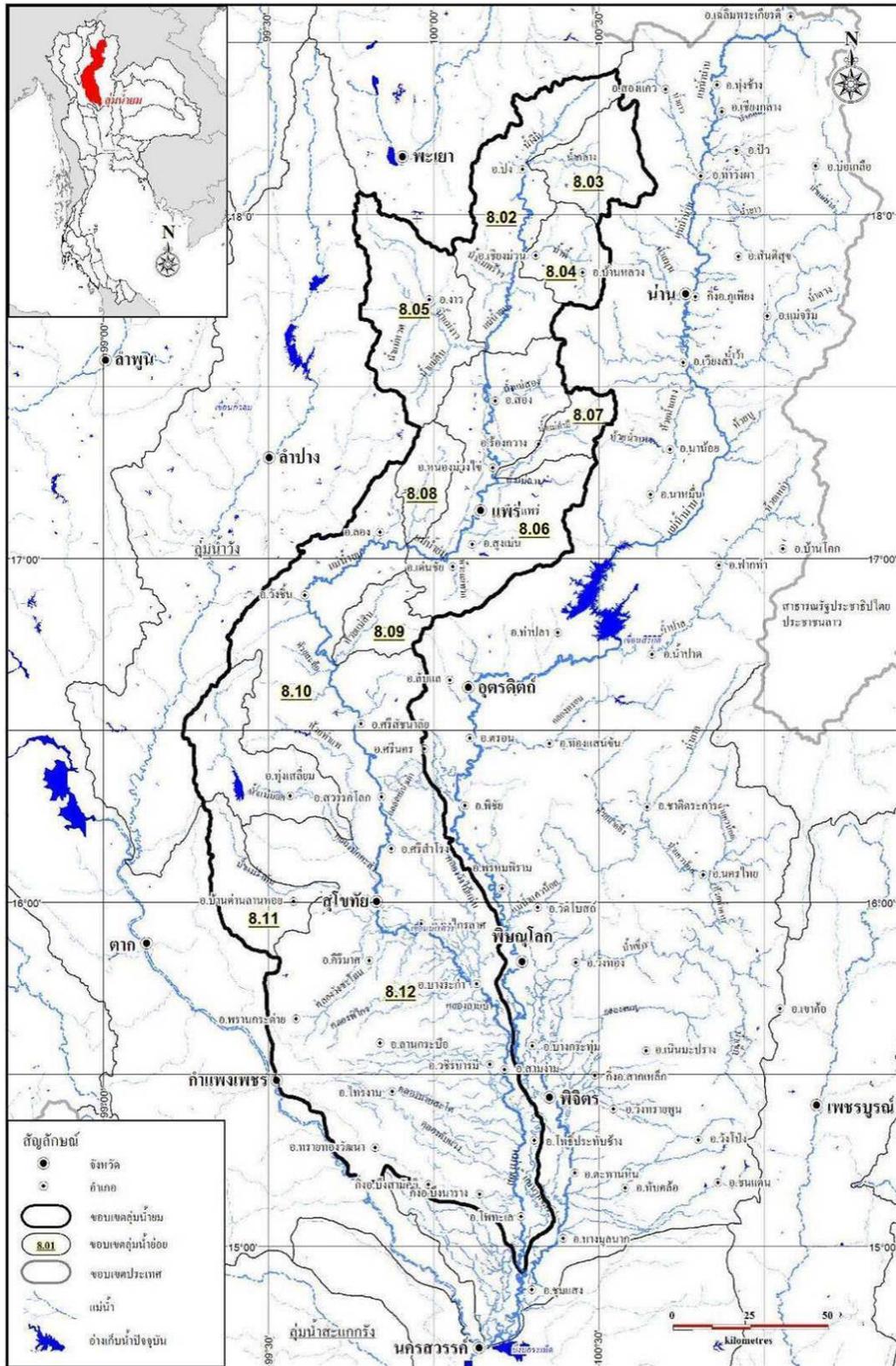
ระดับความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 20-50 ม.รทก. ความลาดชันตามลำน้ำประมาณ 1:5,000 ถึง 1:35,000 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รูปตัดตามยาวของลำน้ำยม

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2548)

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ ลำน้ำควรรไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอปง จังหวัดพะเยา ลำน้ำปี่ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ลำน้ำจาวไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมในเขตจังหวัดแพร่ น้ำแม่สองไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอสอง จังหวัดแพร่ น้ำแม่คำมีไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ น้ำแม่ต้าไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอลอง จังหวัดแพร่ ห้วยแม่สินไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย น้ำแม่อกไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย น้ำแม่รำพันไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย และแม่น้ำพิจิตรไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่บ้านบางคลาน อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร ดังแสดงระบบลุ่มน้ำ-ลำน้ำยม และลำน้ำสาขาในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระบบลุ่มน้ำ-ลำน้ำยมและลำน้ำสาขา
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

2. สภาพอุทุนิยมวิทยา

2.1 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำยมอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ดังแสดงทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทยในภาพที่ 4

จากสถิติภูมิอากาศประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2514-2543) ที่สถานีตรวจอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและข้างเคียงจำนวน 6 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศแพร่ อุดรดิตถ์ กำแพงเพชร พิษณุโลก ตาก และพะเยา สามารถสรุปลักษณะภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังแสดงในตารางที่ 1

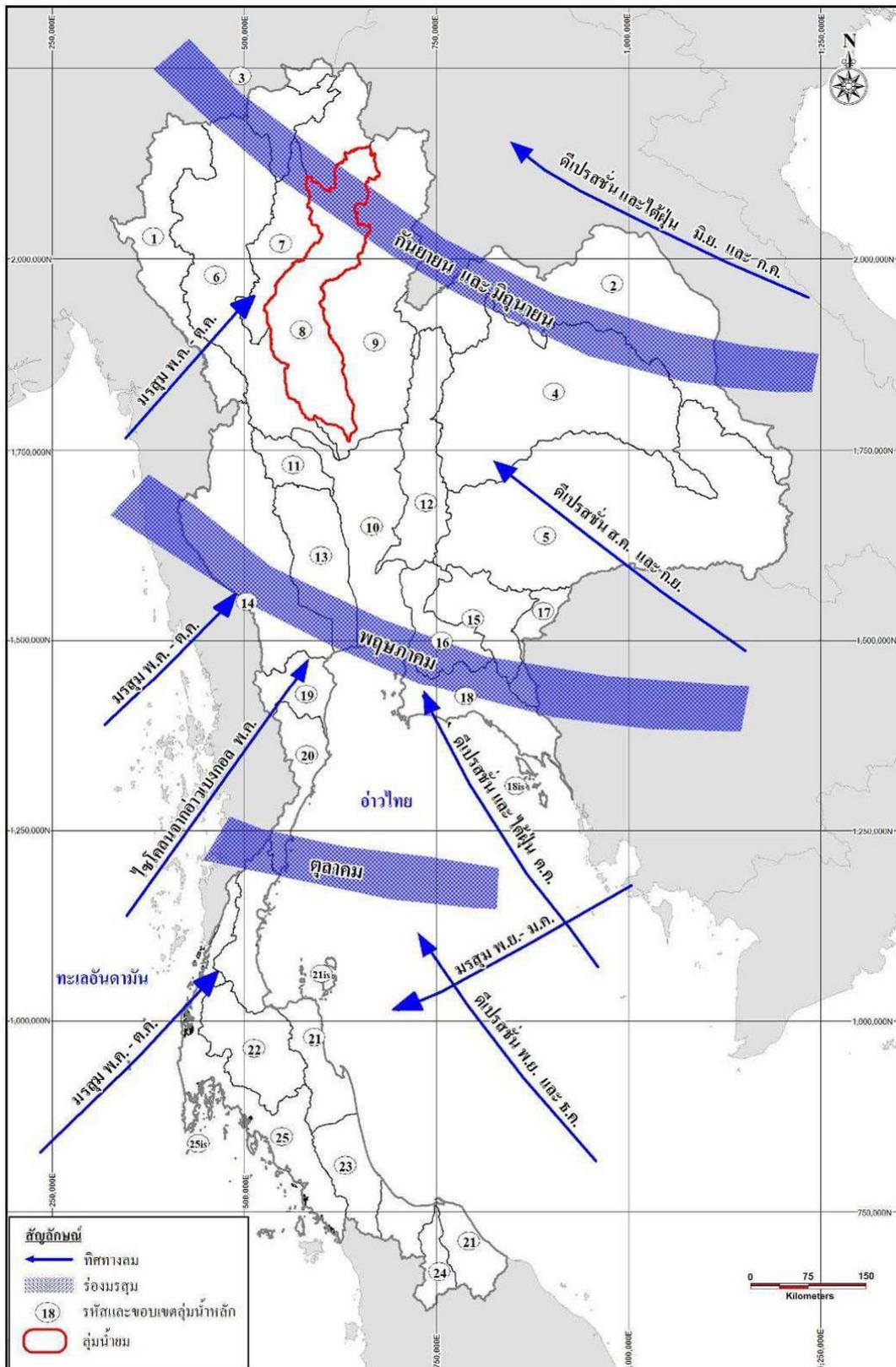
ตารางที่ 1 สรุปค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในลุ่มน้ำยม

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	25.3 - 27.7	26.9
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	69.0 - 75.0	72.7
ความเร็วลม	น็อต	0.9 - 2.0	1.4
เมฆปกคลุม	0-10	5.1 - 5.8	5.4
ปริมาณการคายระเหยจากผิวดิน	มิลลิเมตร	1,429.4 - 1,871.2	1,618.2

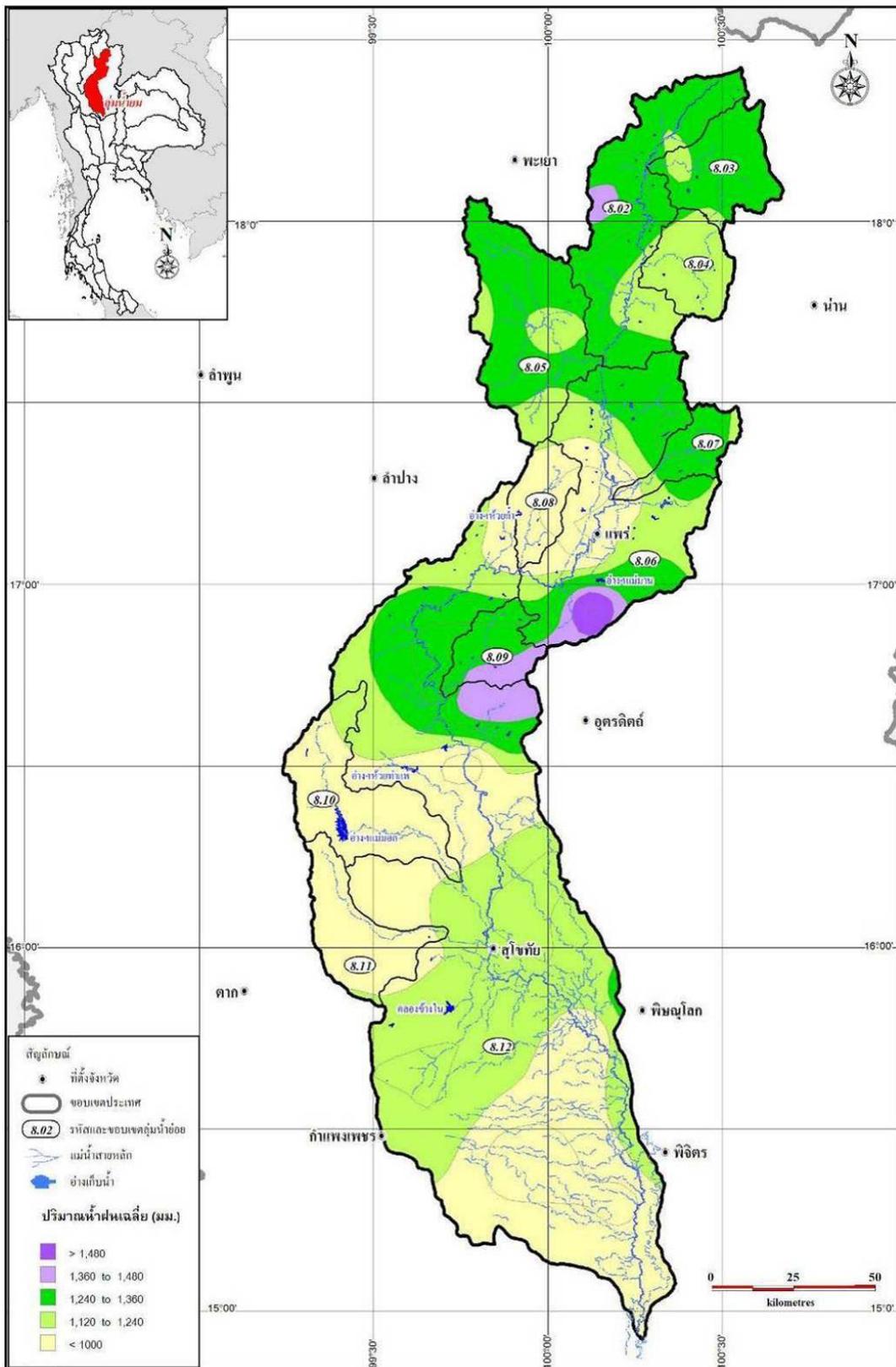
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

2.2 ปริมาณฝน

ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำประมาณ 1,159.2 มิลลิเมตร ฝนตกส่วนใหญ่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพายุจรจากทะเลจีนใต้พัดผ่านประเทศไทย ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีที่ตกในลุ่มน้ำยมแสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านเข้ามาในประเทศไทย
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำยม
 ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

3. สภาพการใช้ที่ดิน

จากผลการศึกษาโครงการบรรเทาอุทกภัยลำน้ำยม-ลำน้ำน่าน (กรมชลประทาน, 2549) สรุปได้ว่า ลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมเป็นพื้นที่ป่าไม้ 8,045,958 ไร่ หรือร้อยละ 54.51 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ร่องลงมาเป็นพื้นที่การเกษตร 6,108,084 ไร่ หรือร้อยละ 41.38 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และพื้นที่ที่อยู่อาศัย 334,046 ไร่ หรือร้อยละ 2.26 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 6

ตารางที่ 2 สัดส่วนการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

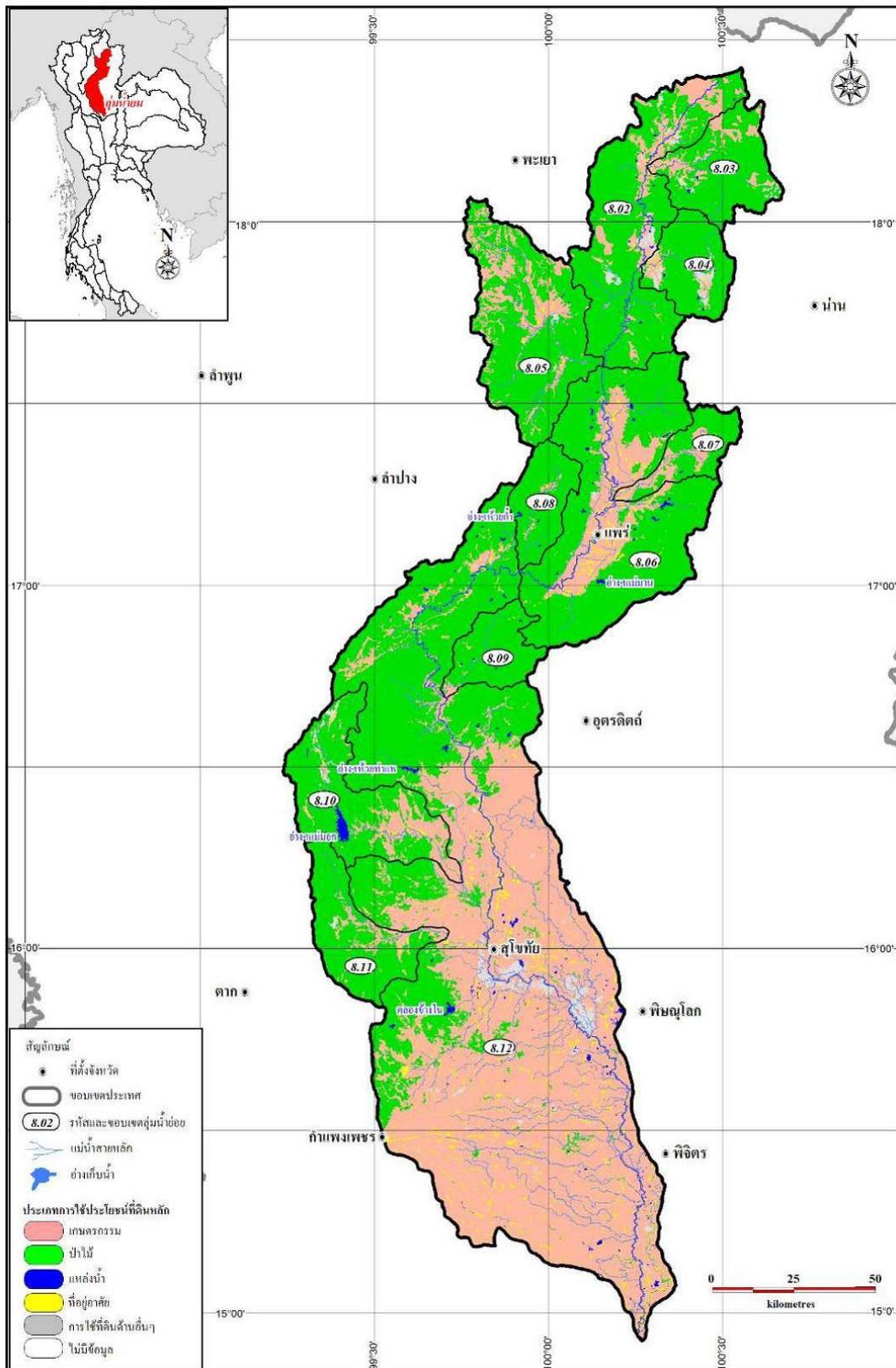
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
เกษตรกรรม	6,108,084	41.38
ป่าไม้	8,045,958	54.51
ที่อยู่อาศัย	334,046	2.26
แหล่งน้ำ	57,387	0.39
อื่นๆ	214,525	1.45
รวม	14,760,000	100.00

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

4. สภาพน้ำท่วมครั้งสำคัญในลุ่มน้ำยม

4.1 สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2538

ในปี พ.ศ.2538 ได้เกิดน้ำท่วมในลุ่มน้ำยมเป็นบริเวณกว้าง อันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุโซนร้อน “แกเร็” “เฮเลน” และ “เออร์วิง” ที่เกิดขึ้นในช่วงต้นเดือนและกลางเดือนสิงหาคม ทำให้แม่น้ำยมมีปริมาณน้ำมากและคลื่นสึนามิไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ของจังหวัดแพร่ จังหวัดสุโขทัย ลงมาจนถึงอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ประกอบกับพายุโซนร้อน “โลอิส” ได้พัดผ่านประเทศในบริเวณดังกล่าว ทำให้ปริมาณน้ำจำนวนมากจากลุ่มน้ำยมตอนบนซึ่งมีปริมาณการไหลมากกว่า 4,200 ลบ.ม./วินาที ไหลผ่านฝายแม่ยม จังหวัดแพร่ และไหลลงสู่ลุ่มน้ำยมตอนล่าง เป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่เคยเกิดขึ้นในรอบ 35 ปี น้ำไหลผ่านจังหวัดสุโขทัย ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงกันยายน คิดเป็นปริมาณน้ำได้ 2,649 ล้าน ลบ.ม. แต่มีปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอำเภอบางระกำ เพียง 1,099 ล้าน ลบ.ม.



ภาพที่ 6 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำยม
 ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

ดังนั้นปริมาณน้ำที่ล้นตลิ่งระหว่างจังหวัดสุโขทัยถึงอำเภอบางระกำ มีปริมาณมากถึง 1,550 ล้าน ลบ.ม. ทำให้พื้นที่การเกษตรและบ้านเรือนที่อยู่อาศัยบริเวณที่ลุ่มสองฝั่งแม่น้ำยมถูกน้ำท่วมขังได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก

4.2 สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2539

ในปี พ.ศ. 2539 ได้เกิดน้ำท่วมที่จังหวัดสุโขทัย โดยมีสาเหตุเกิดจากน้ำป่าไหลหลากจากภูเขาเข้าท่วมบ้านเรือน ไร่นาของราษฎร ได้รับความเสียหายและเดือดร้อนเป็นอย่างมาก บางแห่งมีระดับน้ำลึกถึง 3 เมตร ส่วนที่ตัวเมืองสุโขทัย ระดับน้ำในแม่น้ำยมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องวัดได้ 6.20 เมตร หรือเท่ากับระดับ +49.64 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงสุดในแม่น้ำยมที่ตัวเมืองสุโขทัย เมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2539 วัดได้ 6.75 เมตร หรือเท่ากับระดับ +50.19 ม.รทก.

4.3 สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2545

ในปี พ.ศ. 2545 ได้เกิดน้ำท่วมเมืองสุโขทัยถึง 3 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 ช่วงวันที่ 25 ถึง 27 สิงหาคม สาเหตุเกิดจากอิทธิพลของพายุโซนร้อน “หว่องฟง” ทำให้ฝนตกชุกในเขตภาคเหนือ โดยเฉพาะบริเวณต้นน้ำแม่น้ำยม เกิดน้ำท่วมไหลหลากมาตามลำน้ำยมเป็นปริมาณมาก ระดับน้ำในแม่น้ำยมที่อำเภอเมืองสุโขทัยมีระดับสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 25 สิงหาคม และล้นคันกั้นน้ำเข้าท่วมบริเวณตัวเมืองสุโขทัย สูงประมาณ 30 เซนติเมตร ระดับน้ำสูงสุดเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม ที่สถานี Y.6 อำเภอศรีสัชนาลัย วัดได้ 5.46 ม. หรือเท่ากับระดับ +64.46 ม.รทก. ปริมาณน้ำ 628 ลบ.ม./วินาที ทำให้น้ำท่วมขังบริเวณตัวเมืองสุโขทัยเกิดความเสียหายต่อถนนริมตลิ่งแม่น้ำยมและบ้านเรือนราษฎร

ครั้งที่ 2 ช่วงวันที่ 31 สิงหาคม ถึง 3 กันยายน สาเหตุเนื่องจากเกิดฝนตกหนักบริเวณจังหวัดแพร่ เมื่อวันที่ 29 สิงหาคม ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำยมสูงขึ้น และมีผลกระทบกับจังหวัดสุโขทัยตั้งแต่วันที่ 31 สิงหาคม ประกอบกับในช่วงวันที่ 1 ถึง 2 กันยายน มีฝนตกหนักบริเวณอำเภอศรีสัชนาลัย ระดับน้ำในแม่น้ำยมสูงขึ้นอีกอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 3 กันยายน ระดับน้ำล้นตลิ่งหลายแห่งในเขตอำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมืองสุโขทัย และอำเภอกงไกรลาส ระดับ

น้ำสูงสุดเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม ที่สถานี Y.6 อำเภอศรีสัชนาลัย วัดได้ 6.40 เมตร หรือเท่ากับระดับ +65.40 ม.รทก. ปริมาณน้ำ 875 ลบ.ม./วินาที

ครั้งที่ 3 ช่วงวันที่ 7 ถึง 18 กันยายน สาเหตุเกิดจากน้ำป่าไหลหลากจากอำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย และจากอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง เนื่องจากมีฝนตกหนักทำให้เกิดน้ำท่วมขังบริเวณรอบชุมชนตัวเมืองสุโขทัยเพิ่มขึ้น ประกอบกับมีฝนตกกระจายทั่วไปบริเวณจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดแพร่ ทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำยมซึ่งลดลงบ้างแล้ว มีระดับสูงขึ้นแล้วทรงตัวอยู่เป็นเวลาหลายวัน

4.4 สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2546

ในปี พ.ศ.2546 น้ำท่วมเมืองสุโขทัยช่วงวันที่ 21-22 สิงหาคม สาเหตุเกิดจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำทำให้ฝนตกชุกในเขตภาคเหนือ โดยเฉพาะบริเวณด้านต้นน้ำ เกิดน้ำป่าไหลหลากมาตามแม่น้ำยมเป็นปริมาณมาก ระดับน้ำในแม่น้ำยมที่อำเภอเมืองสุโขทัยมีระดับสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ช่วงเย็นของวันที่ 20 สิงหาคม และล้นคันกั้นน้ำเข้าท่วมบริเวณตัวเมืองสุโขทัยสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ระดับน้ำสูงสุดเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม ที่สถานี Y.6 อำเภอศรีสัชนาลัย วัดได้ 5.40 เมตร หรือเท่ากับระดับ +64.40 ม.รทก. ปริมาณน้ำ 662 ลบ.ม./วินาที ระดับน้ำสูงสุดที่สถานี Y.4 อำเภอเมืองสุโขทัยวัดได้ 7.00 เมตร หรือเท่ากับ +50.44 ม.รทก. เป็นระดับสูงสุดที่เคยวัดได้ของสถานี Y.4 ตั้งแต่ติดตั้งสถานีเป็นต้นมา ทำให้น้ำท่วมขังบริเวณตัวเมืองสุโขทัย และท่วมถนนเสียหายหลายสาย

4.5 สภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2547

ในปี พ.ศ.2547 น้ำท่วมเมืองสุโขทัยช่วงวันที่ 15-21 กันยายน เนื่องจากร่องฝนและพายุจันทูพัดผ่านภาคเหนือตอนล่าง โดยระดับน้ำในลำน้ำยมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน และเอ่อล้นกระสอบทรายที่เสริมพนังกั้นน้ำเข้าท่วมบริเวณเมืองสุโขทัยสูงประมาณ 0.8-1.2 เมตร และแม่น้ำยมได้ไหลล้นตลิ่งท่วมชุมชนและพื้นที่การเกษตรตั้งแต่อำเภอศรีสัชนาลัย อำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมือง และอำเภอกงไกรลาศ

5. มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์น้ำท่วม

ข้อมูลความเสียหายเนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมของแต่ละจังหวัด ได้รวบรวมจากสำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย และศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย สามารถสรุปความเสียหายเนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมของจังหวัดต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมระหว่างปี พ.ศ. 2538-2542 และปี พ.ศ. 2545 สรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มูลค่าความเสียหายเนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมเปรียบเทียบกับระดับน้ำสูงสุดและปริมาณน้ำสูงสุด

ปี พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	มูลค่าความเสียหาย (ล้านบาท)
สถานี Y.1 อ.เมืองแพร่			
2538	155.23	2,243.60	263.68
2539	149.54	455.20	20.00
2540	150.65	643.12	16.74
2541	150.63	617.85	26.42
2542	151.11	869.25	25.25
2545	151.98	1,153.40	44.19
สถานี Y.3A อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย			
2538	61.08	1,139.40	394.32
2539	59.12	785.20	1,102.39
2540	59.19	719.70	49.71
2541	58.68	626.80	19.73
2542	60.84	1,007.20	174.73
2545	61.39	1,346.65	300.02

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	มูลค่าความเสียหาย (ล้านบาท)
สถานี Y.17 อ.สามง่าม จ.พิจิตร			
2538	38.14	1,511.00	606.91
2539	37.81	769.00	352.76
2540	36.54	290.90	24.49
2541	36.23	247.55	8.42
2542	37.23	341.70	67.56
2545	38.34	1,450.60	353.17

ที่มา :

1. มูลค่าความเสียหาย
 - สำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (2545)
 - ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย (2545)
2. ระดับน้ำสูงสุด และปริมาณน้ำสูงสุด
 - กรมชลประทาน (2545)

6. สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วม

สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วมในกลุ่มน้ำยมมาจากปัจจัยหลายอย่างรวมกัน ทั้งจากปัจจัยทางด้านธรรมชาติ ข้อจำกัดของสภาพภูมิประเทศ ผลกระทบจากการพัฒนาระบบสาธารณสุขโลก และสิ่งก่อสร้างที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ และการขาดการจัดการที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ในช่วงเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบกับเป็นช่วงที่พายุจรซึ่งก่อตัวในบริเวณทะเลจีนใต้พัดผ่านประเทศไทยตอนบน ทำให้ฝนตกหนักและติดต่อกันนานจนเป็นเหตุให้เกิดอุทกภัยแทบทุกปี

2) ในบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาทางด้านท้ายน้ำมีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบ ไม่สามารถระบายน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ระดับน้ำท่วมขังสูงและเป็นเวลานาน

3) ลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำยมซึ่งเป็นลำน้ำสายหลักในการระบายน้ำในพื้นที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะตั้งแต่ช่วงจังหวัดสุโขทัยลงมาทางด้านท้ายน้ำ ในบางช่วงของลำน้ำค่อนข้างแคบโดยเฉพาะในช่วงที่ผ่านชุมชนเมือง ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 7

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำยม

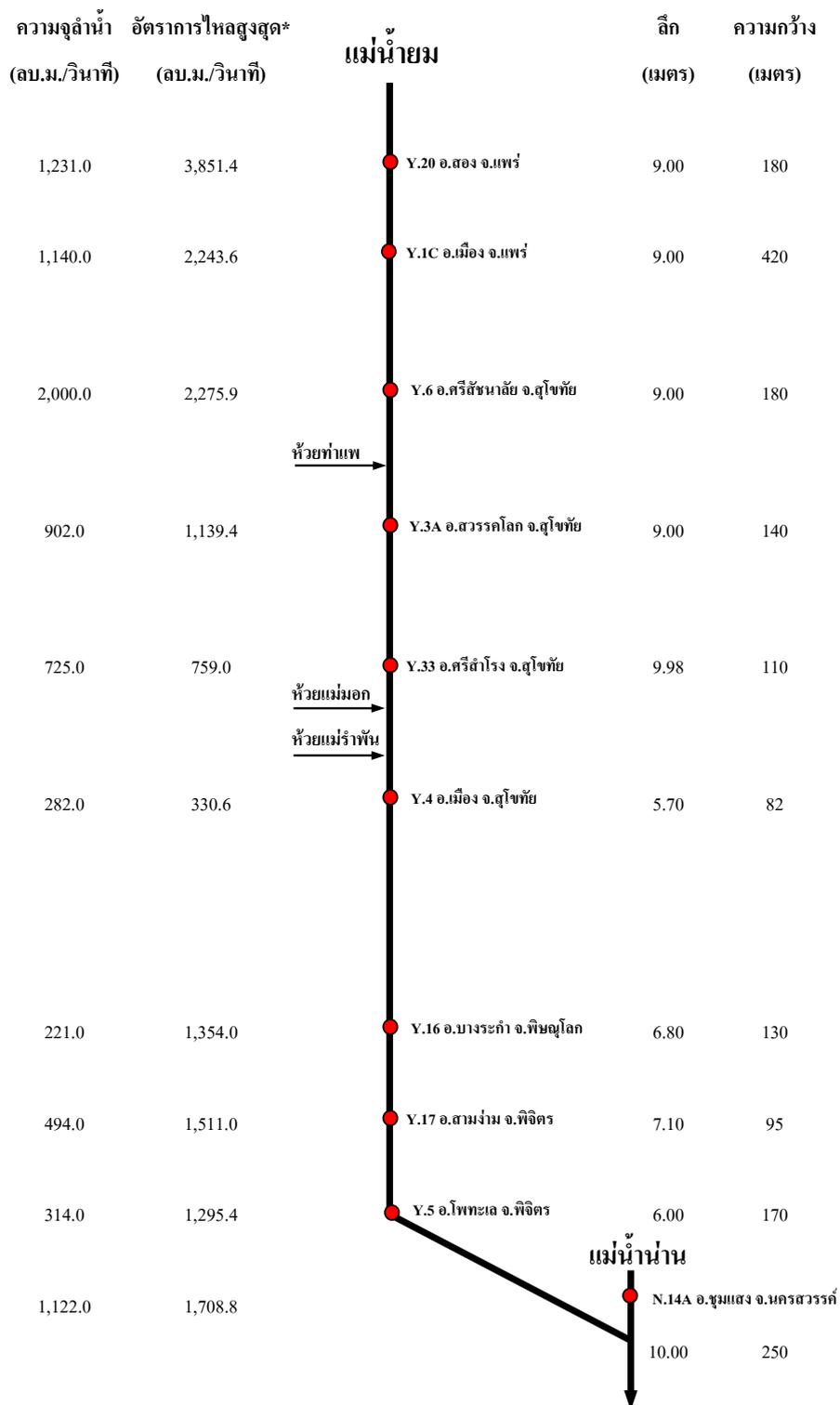
สถานี วัดน้ำ	ที่ตั้ง		ความกว้าง ลำน้ำ (ม.)	ความลึกที่ ระดับตลิ่ง (ม.)	อัตราการไหลที่ระดับ ตลิ่ง (ลบ.ม./วินาที)
	อำเภอ	จังหวัด			
Y.20	สอง	แพร่	180	9.00	1,231
Y.1	เมือง	แพร่	420	9.00	1,140
Y.6	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	180	9.00	2,000
Y.3A	สวรรคโลก	สุโขทัย	140	9.00	902
Y.33	ศรีสำโรง	สุโขทัย	110	9.98	725
Y.4	เมือง	สุโขทัย	82	5.70	282
Y.16	บางระกำ	พิษณุโลก	130	6.80	221
Y.17	สามง่าม	พิจิตร	95	7.10	494
Y.5	โพทะเล	พิจิตร	170	6.00	314

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

4) ขาดการบำรุงรักษาสภาพลำน้ำ ทำให้ลำน้ำตื้นเขิน มีตะกอนทรายทับถมเป็นจำนวนมาก เป็นเหตุให้รับปริมาณน้ำได้น้อย และลดความสามารถในการระบายน้ำของลำน้ำ

5) ขาดเครื่องมือในการจัดการน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่เพื่อเก็บกักน้ำในช่วงปริมาณน้ำหลาก นอกจากนี้ในระบบลำน้ำและอาคารบังคับน้ำต่างๆ ในปัจจุบันก็ยังไม่มียเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดการน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำ เช่น ระบบโทรมาตร ทำให้ไม่สามารถดำเนินการผันน้ำส่วนเกินไปยังลำน้ำและหนองน้ำต่าง ๆ เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) ระบบสาธารณูปโภคในหลายพื้นที่เป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ เช่น ถนนมีช่องเปิดสำหรับระบายน้ำไม่เพียงพอ และช่องเปิดของสะพานข้ามลำน้ำค่อนข้างแคบ



ภาพที่ 7 ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำยม

หมายเหตุ: * อัตราการไหลสูงสุด เป็นข้อมูลจذبันที่กปี พ.ศ.2538

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

7) อาคารบังคับน้ำในลำน้ำต่างๆ และคลองระบายน้ำมีขนาดไม่เหมาะสมและเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ โดยอาคารบังคับน้ำเหล่านั้นมีวัตถุประสงค์ในการเก็บกักน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำเท่านั้น ทำให้ประตูระบายน้ำมีช่องระบายค่อนข้างเล็กและจำนวนช่องน้อย นอกจากนี้ในคลองระบายน้ำสายหลักบางสายยังมีอาคารชลศาสตร์อื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำอีกด้วย

8) การขยายตัวของชุมชน และการบุกรุกทำการเกษตรในบริเวณแม่น้ำและริมตลิ่ง ทำให้พื้นที่ชะลอน้ำในที่ลุ่มตามธรรมชาติลดน้อยลง และลำน้ำมีขนาดเล็กลง เป็นเหตุให้น้ำไหลได้ช้าลง

9) ป่าไม้บริเวณต้นน้ำถูกทำลายไปมาก ทำให้เมื่อเกิดฝนตก สภาพน้ำจะไหลหลากลงสู่แม่น้ำยมและเร็วขึ้น

7. แนวทางการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยม

จากการศึกษาสภาพปัญหา สาเหตุการเกิดอุทกภัย และการพิจารณาสภาพภูมิประเทศ สภาพลำน้ำ ลักษณะของกลุ่มน้ำ การใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำหลาก และการพัฒนาโครงการที่เกี่ยวข้องในการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยม สามารถกำหนดแนวทางการบรรเทาอุทกภัยได้ดังนี้

- 1) การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ
- 2) การปรับปรุงแหล่งน้ำธรรมชาติ
- 3) การผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ
- 4) การพัฒนาพื้นที่แก้มลิง
- 5) การก่อสร้างพนังกั้นน้ำ
- 6) การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม

7.1 การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ

ปัจจุบันพื้นที่ลุ่มน้ำยมไม่มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน ปัญหาก็แล้งและคุณภาพน้ำในฤดูแล้ง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะรุนแรงมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในลุ่มน้ำยม จากการศึกษาพบว่า มีอ่างเก็บน้ำศักยภาพขนาดใหญ่หนึ่ง

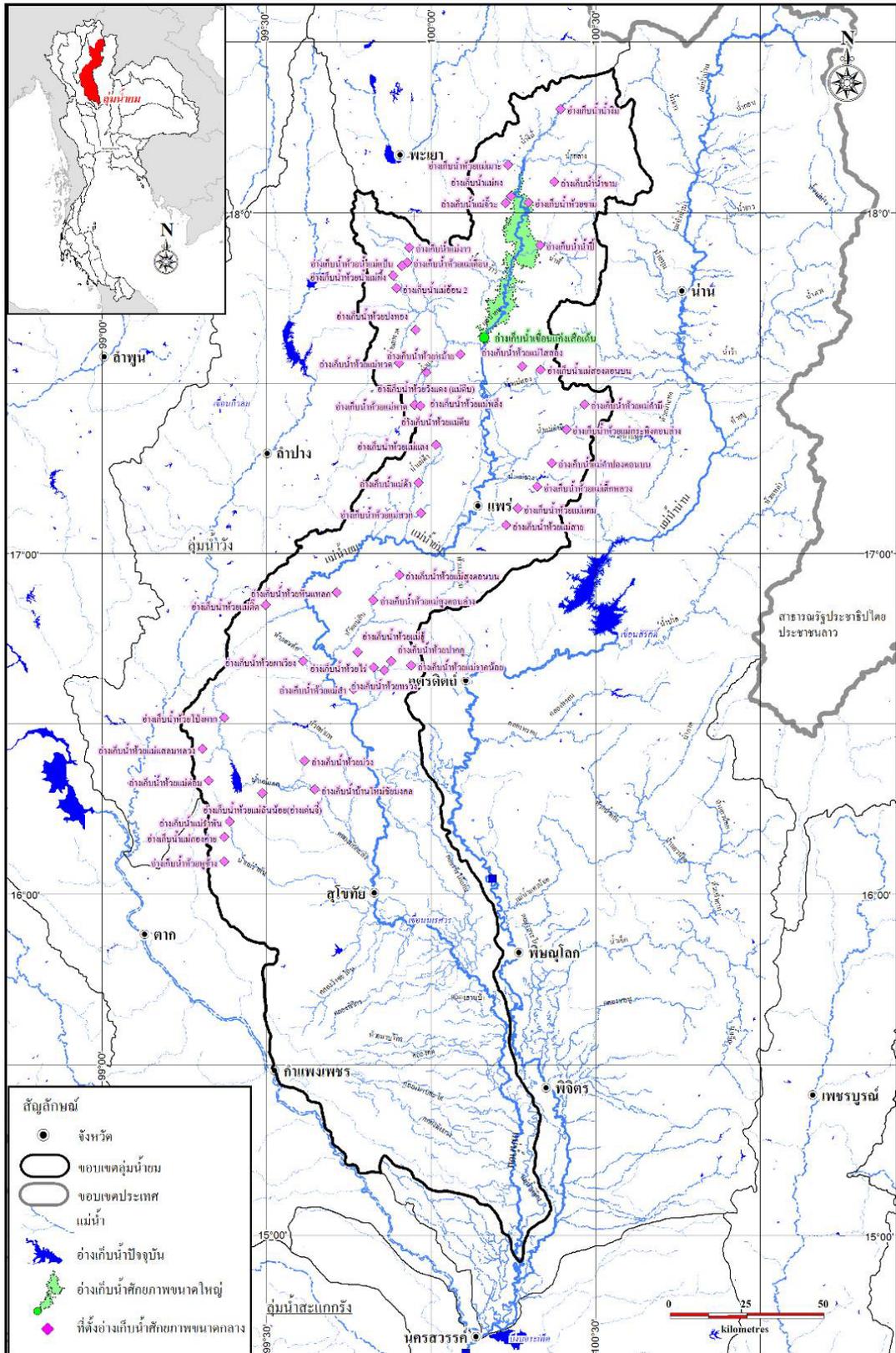
แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น เป็นโครงการแบบเอนกประสงค์ กั้นลำน้ำยมที่ ตำบล สะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ ซึ่งมีปริมาตรความจุที่ระดับเก็บกักประมาณ 1,175 ล้าน ลบ.ม. จาก การทบทวนรายงานการศึกษาโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ยม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548) พบว่าผลจากการจำลองสภาพน้ำหลากในปี พ.ศ.2538 กรณีมีโครงการ เขื่อนแก่งเสือเต้น สามารถป้องกันน้ำท่วมที่จังหวัดแพร่และสุโขทัยได้ในรอบปีการเกิดน้ำหลาก 25 และ 2 ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีอ่างเก็บน้ำศักยภาพขนาดกลางที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดแพร่และ สุโขทัย ซึ่งกระจายอยู่ตามลุ่มน้ำสาขาต่างๆ จะสามารถบรรเทาอุทกภัยโดยการลดอัตราการไหล สูงสุดของปริมาณน้ำหลากได้ในระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับความจุของอ่างเก็บน้ำทั้งหมดในลุ่มน้ำสาขา นั้น ๆ โดยที่ตั้งโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางที่มีศักยภาพในพื้นที่ลุ่มน้ำยมแสดงใน ภาพที่ 8

7.2 การปรับปรุงแหล่งน้ำธรรมชาติ

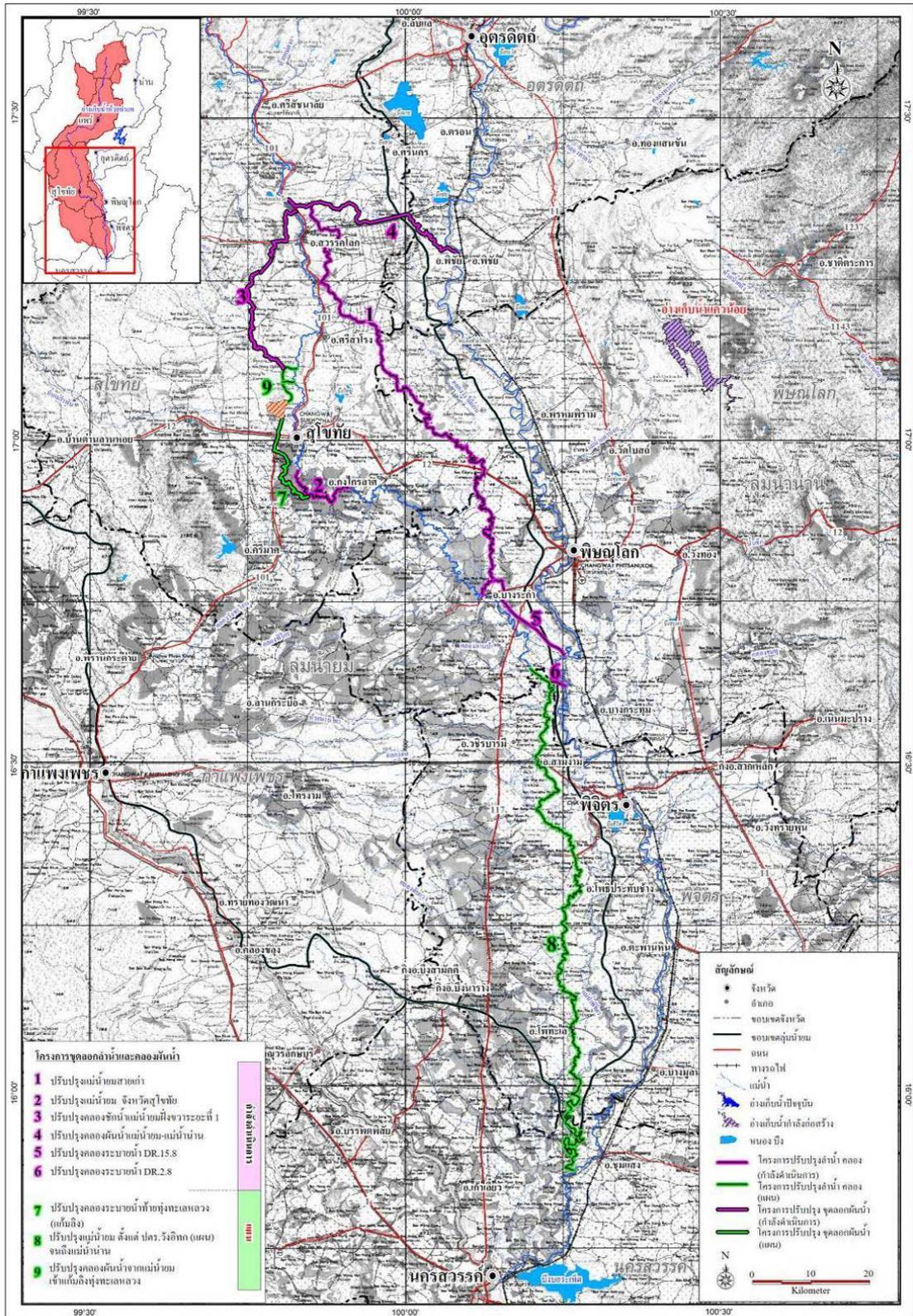
7.2.1 การปรับปรุงลำน้ำ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำ โดยการขุดลอก ลำน้ำช่วงที่มีการตื้นเขิน ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำแสดงในภาพที่ 9 และสรุปได้ ดังนี้

1) ปรับปรุงแม่น้ำยมสายเก่า ซึ่งเป็นคลองธรรมชาติอยู่ทางด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำ ยม ปากคลองเริ่มต้นที่บ้านป่ากุมเกาะ ตำบลป่ากุมเกาะ อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ไหลไป รวมกับคลองแม่ที่ ตำบลกกแรต อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย แล้วไหลลงสู่แม่น้ำยมที่อำเภอ บางระกำ จังหวัดพิษณุโลก รวมความยาวประมาณ 97.0 กม. ได้มีการดำเนินการปรับปรุงลำน้ำไป แล้วในช่วงต้นคลองโดยกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท (เดิม) เป็นความยาวประมาณ 34.38 กม. และ ปัจจุบันกรมชลประทานดำเนินการขุดลอกต่อจากช่วงต้นคลอง เป็นความยาวรวมประมาณ 88.43 กม. เสร็จแล้ว โดยขุดลอกคลองให้มีขนาดท้องน้ำกว้างประมาณ 25-40 เมตร ลึกประมาณ 5.0 เมตร สามารถระบายน้ำได้สูงสุด 240 ลบ.ม./วินาที

2) ปรับปรุงแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ตั้งแต่ตำบลยางซ้าย อำเภอเมืองสุโขทัย จนถึงตำบลท่าฉนวน อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย มีระยะทางประมาณ 25.80 กม. โดยขุดลอก ให้มีขนาดท้องน้ำกว้าง 15-30 เมตร ลึกประมาณ 8.0 เมตร สามารถระบายน้ำได้สูงสุดเพิ่มจากเดิม 350 ลบ.ม./วินาที เป็น 420 ลบ.ม./วินาที ปัจจุบันกรมชลประทานได้ดำเนินการแล้วเสร็จ



ภาพที่ 8 ที่ตั้งโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางศักยภาพ ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)



ภาพที่ 9 ตำแหน่งการขุดลอกลำน้ำและคลองผันน้ำ
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

3) ปรับปรุงแม่น้ำยมบริเวณท้ายน้ำ ตั้งแต่ ปตร.วังอิทก ตำบลวังอิทก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ถึงจุดบรรจบของแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่าน ที่บ้านเกยไชย อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมความยาวประมาณ 155.0 กม.

7.2.2 การขุดคลองผันน้ำ เป็นการผันน้ำบางส่วนจากแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน โดยการขุดคลองตามแนวคลองเดิมที่มีอยู่ หรือขุดคลองใหม่โดยการตัดเป็นแนวตรงเพื่อเร่งระบายน้ำออกจากตัวเมือง ซึ่งตำแหน่งการขุดคลองผันน้ำแสดงในภาพที่ 9 และสรุปได้ดังนี้

1) ปรับปรุงคลองชักน้ำแม่น้ำยมฝั่งขวา ระยะที่ 1 เป็นการขุดลอกคลองธรรมชาติที่อยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำยมตั้งแต่บริเวณ ปตร.แม่น้ำยม (บ้านหาดสะพานจันทร์) มาทางคลองตะก้อ คลองวังควาย คลองยายซ้อง ต่อเนื่องไปจนถึงบริเวณจุดบรรจบคลองแม่มอก และปล่อยลงทะเลหลวง ระยะทางประมาณ 75.0 กม. โดยปรับปรุงขุดลอกให้มีขนาดก้นคลองกว้าง 10.0 เมตร ลึก 5.0 เมตร ปัจจุบันกรมชลประทานได้ดำเนินการแล้วเสร็จ สามารถระบายน้ำได้ 100 ลบ.ม./วินาที

2) ปรับปรุงคลองระบายน้ำท้ายทุ่งทะเลหลวง (แก้มลิง) ตั้งแต่ท้ายแก้มลิงทุ่งทะเลหลวงถึงจุดบรรจบแม่น้ำยมด้านท้ายน้ำ ผ่านคลองหนองหมี คลองขลัน คลองตุ้ และคลองคลุกช้าง มีความยาวประมาณ 22.00 กม. โดยในช่วงที่ไหลผ่านชุมชนปรับปรุงเป็นคลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้างประมาณ 17.0 เมตร ยาวประมาณ 5.0 กม. และช่วงที่ไม่ได้ไหลผ่านชุมชนปรับปรุงเป็นคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีความกว้างก้นคลองประมาณ 22.5 เมตร ยาวประมาณ 17.0 กม. โดยปริมาณน้ำที่ระบายลงคลองระบายน้ำท้ายทุ่งทะเลหลวงเป็นปริมาณน้ำจากแก้มลิงที่ไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นเท่านั้น

3) ปรับปรุงคลองผันน้ำจากแม่น้ำยมเข้าแก้มลิงทุ่งทะเลหลวง เพื่อผันน้ำออกจากแม่น้ำยมบริเวณฝั่งขวาหน้าฝายบางบ้านเกาะวงษ์เกียรติ์ โดยอาศัยการยกระดับน้ำหน้าฝาย มี 2 แห่ง คือ

1. คลองตาโฮ่ ปากคลองตั้งอยู่บริเวณหน้าฝายบางบ้านเกาะวงษ์เกียรติ์ ประมาณ 50 ม. โดยทำการปรับปรุงคลองตาโฮ่ และอาคารปากคลองให้สามารถผันน้ำได้ในอัตราสูงสุด 40 ลบ.ม./วินาที โดยปรับปรุงจากคลองดินเดิมให้เป็นกำแพงกันดิน คสล. สำเร็จรูปทั้งสอง

ฝั่ง ความกว้างประมาณ 5 ม. ความยาวประมาณ 1.9 กม. เชื่อมต่อกับคลองทางไม้-วังทองแดง พร้อมทั้งปรับปรุงถนนริมคลองตาโฮ่ด้วย

2. คลองนางนาก ปากคลองตั้งอยู่บริเวณหน้าฝายขางบ้านเกาะวงษ์เกียรติ์ ขึ้นไปด้านเหนือหน้า ประมาณ 3.0 กม. ทำการปรับปรุงก่อสร้างอาคารปากคลองเป็นประตูระบายน้ำ ให้สามารถผันน้ำได้ในอัตราสูงสุด 60 ลบ.ม./วินาที โดยปรับปรุงให้เป็นคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ความยาวประมาณ 2.5 กม. เชื่อมต่อกับคลองทางไม้-วังทองแดง พร้อมทั้งปรับปรุงถนนริมคลองตลอดสาย

นอกจากนี้ได้ทำการขุดลอกปรับปรุงคลองทางไม้-วังทองแดง ตั้งแต่จุดบรรจบของคลองนางนาก ถึงแก้มลิงทุ่งทะเลหลวง มีความยาวประมาณ 6.2 กม. ให้สามารถระบายน้ำได้ในอัตรา 100 ลบ.ม./วินาที

7.3 การผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ เป็นการผันน้ำจากแม่น้ำยมไปลงแม่น้ำน่าน ซึ่งได้พิจารณาดังนี้

1) โครงการผันน้ำยม-สิริกิติ์ แสดงในภาพที่ 10 เป็นการผันน้ำจากแม่น้ำยมบริเวณท้ายจุดบรรจบลำน้ำจาวในเขตอำเภอสอง จังหวัดแพร่ มีความยาวประมาณ 76.0 กม. เพื่อผันน้ำในช่วงฤดูฝนจากลุ่มน้ำยมไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ในลุ่มน้ำน่าน ปริมาณ 400 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่สามารถผันไปได้โดยไม่เกิดการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำยม และจะนำน้ำบางส่วนกลับมาใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างเพื่อให้สามารถรับประโยชน์ในการปลูกพืชช่วงฤดูแล้งได้ โดยผ่านการควบคุมจัดสรรน้ำจากเขื่อนสิริกิติ์และเขื่อนนเรศวร

2) ปรับปรุงคลองผันน้ำแม่น้ำยม-แม่น้ำน่าน เริ่มจาก ปตร.คลองหกบาท-คลองวังตาคล้อ-จุดเชื่อมคลองน้ำไหล-คลองกล้วย-คลองละมุง-ท้ายสะพานอำเภอพิชัย มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 38.30 กม. สามารถระบายน้ำได้สูงสุด 100 ลบ.ม./วินาที ซึ่งอยู่ในส่วนของจังหวัดสุโขทัย 27.20 กม. และจังหวัดอุตรดิตถ์ 11.10 กม. ปัจจุบันกรมชลประทานได้ดำเนินการแล้วเสร็จเฉพาะในส่วนของจังหวัดสุโขทัย

3) ปรับปรุงคลองระบายน้ำ DR.15.8 เพื่อระบายน้ำจากแม่น้ำยมไปแม่น้ำน่านในเขตพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีความสามารถระบายน้ำได้สูงสุด 100 ลบ.ม./วินาที ปัจจุบัน

หน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ 34 ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ

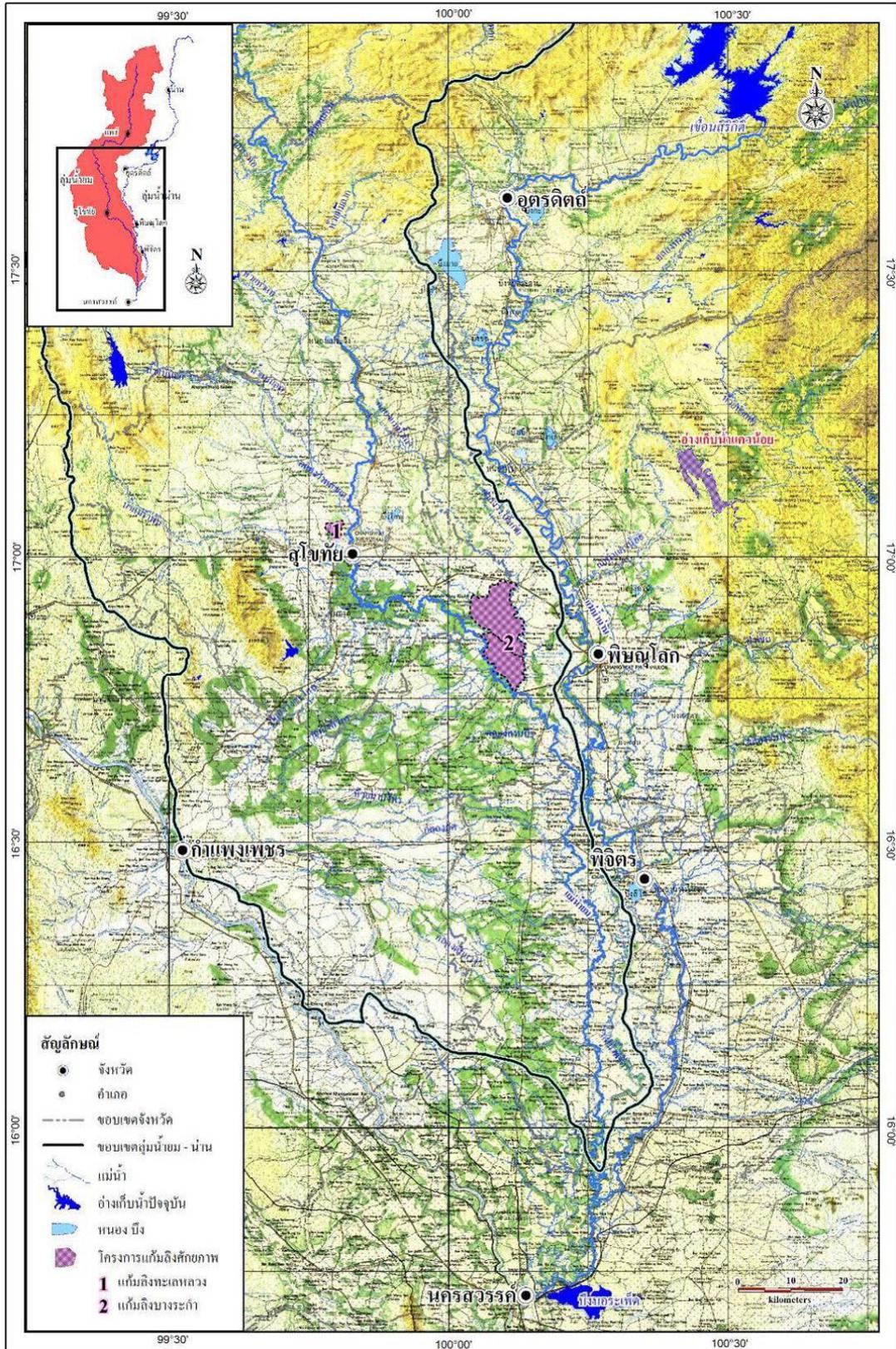
4) ปรับปรุงคลองระบายน้ำ DR.2.8 ซึ่งเป็นคลองเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านในเขตจังหวัดพิจิตร มีความยาวประมาณ 3.0 กม. เพื่อระบายน้ำจากแม่น้ำยมไปแม่น้ำน่านในเขตพื้นที่จังหวัดพิจิตร มีความสามารถระบายน้ำได้สูงสุด 300 ลบ.ม./วินาที ปัจจุบันกรมชลประทานได้ดำเนินการแล้วเสร็จ

7.4 การพัฒนาพื้นที่แก้มลิง

พื้นที่ทางตอนล่างของกลุ่มน้ำยมในเขตจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ลุ่ม และมีปัญหาน้ำท่วมขัง โครงการบรรเทาอุทกภัยต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและตอนกลางจะสามารถช่วยบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ตอนล่างได้น้อยมากเนื่องจากเป็นที่ลุ่มต่ำและได้รับผลกระทบจากการสะสมของปริมาณน้ำหลากในลุ่มน้ำน่านและปิงที่ไหลมารวมกันที่จุดเดียว ทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีปัญหาน้ำท่วมขังเกือบทุกปี แนวทางการแก้ไขปัญหาคควรเป็นลักษณะการใช้พื้นที่แก้มลิงโดยการเก็บกักและชะลอน้ำในฤดูน้ำหลาก และนำน้ำที่เก็บกักไว้ไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่โดยรอบในช่วงฤดูแล้ง โดยการพัฒนาปรับปรุงหนองน้ำต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่าง ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งโครงการพัฒนาพื้นที่แก้มลิงในภาพที่ 11 และสรุปได้ดังนี้

1) แก้มลิงทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เป็นการขุดลอกบึงให้เป็นพื้นที่รับน้ำถาวร มีพื้นที่เก็บกักน้ำประมาณ 4,500 ไร่ โดยการถมดินเป็นคันกั้นน้ำรอบแก้มลิงประมาณ 2,570 ไร่ มีความจุ 32.4 ล้าน ลบ.ม. ลึกประมาณ 5.0 เมตร จะช่วยชะลอน้ำที่ผันออกทางคลองชักน้ำแม่น้ำยมฝั่งขวา ก่อนที่จะไหลไปรวมกับแม่น้ำยมบริเวณเหนือฝายบางบัว ขณะนี้อยู่ในระหว่างรอการดำเนินการก่อสร้างโดยกรมชลประทาน

2) แก้มลิงบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็นการสร้างคันดินล้อมรอบพื้นที่ 51,875 ไร่ มีความจุ 50 ล้าน ลบ.ม. ลึกประมาณ 1.0 เมตร จะช่วยชะลอน้ำในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก



ภาพที่ 11 ที่ตั้งแก้มลิงที่มีศักยภาพในการบรรเทาอุทกภัย
ที่ท่า: กรมชลประทาน (2549)

7.5 การก่อสร้าง/ปรับปรุงประตุนระบายน้ำ

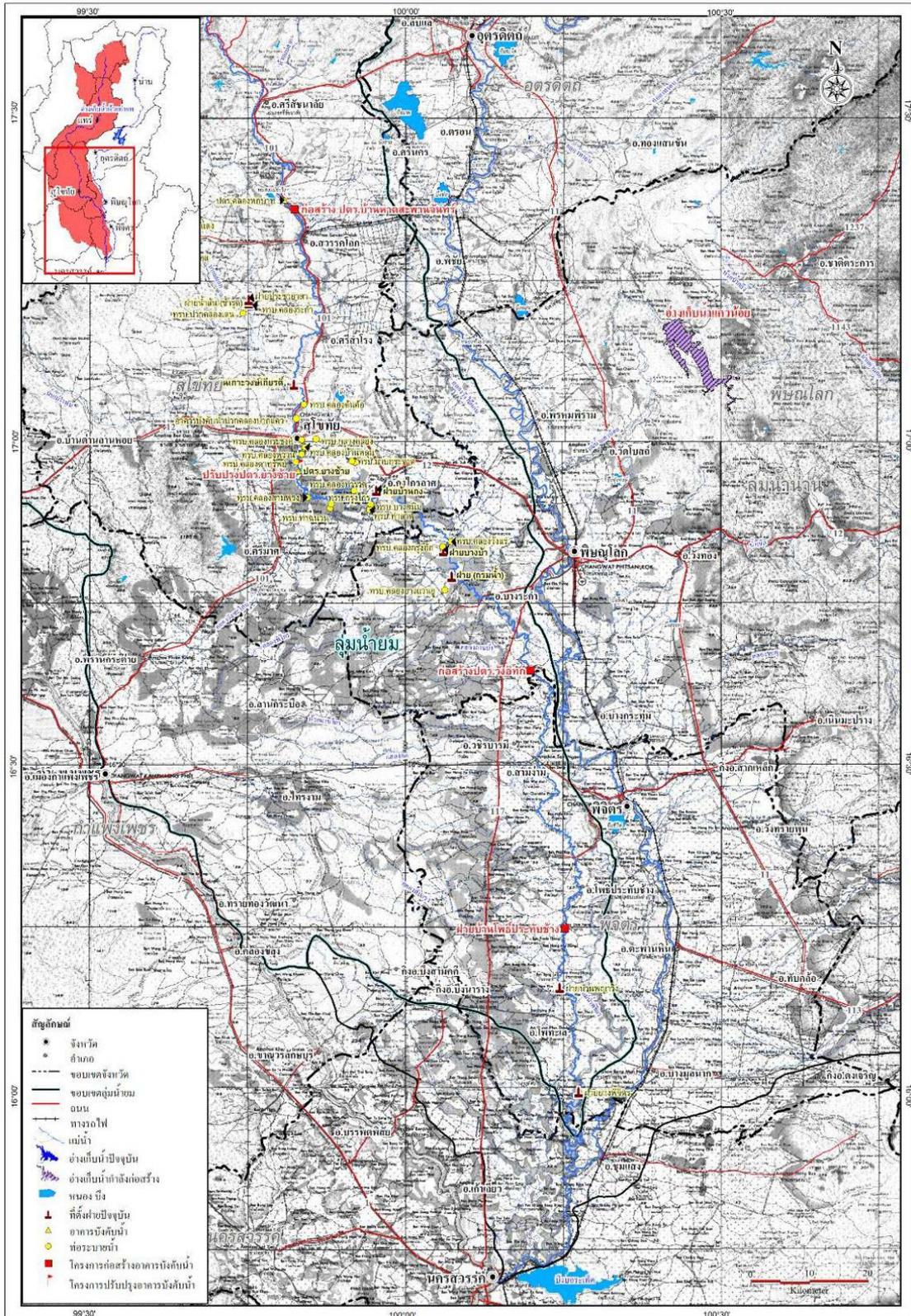
โครงการก่อสร้าง/ปรับปรุงประตุนระบายน้ำที่มีศักยภาพในการบรรเทาอุทกภัยในกลุ่มน้ำยม แสดงในภาพที่ 12 และสรุปได้ดังนี้

1) ปรับปรุง ประตูบ้านยางซ้าย ตำบลยางซ้าย อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เป็นการปรับปรุงเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งควบคุมด้วยบานระบายเหล็กโค้ง โดยเพิ่มขนาดจากเดิม 6.00x6.00 ม. เป็น 8.00x6.00 ม. และเพิ่มจำนวนบานระบายจาก 7 ช่อง เป็น 9 ช่อง สามารถระบายน้ำได้สูงสุดเพิ่มจากเดิม 90 ลบ.ม./วินาที เป็น 630 ลบ.ม./วินาที ปัจจุบันกรมชลประทานได้ดำเนินการแล้วเสร็จ

2) ก่อสร้างประตูบ้านหาดสะพานจันทร์ กันแม่น้ำยมที่ตำบลป่ากุมเกาะ อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ควบคุมด้วยบานระบายเหล็กโค้ง จำนวน 5 บาน ขนาดกว้าง 12 เมตร สูง 10.25 เมตร สามารถระบายน้ำได้สูงสุด 1,804 ลบ.ม./วินาที ปัจจุบันกรมชลประทานดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ

7.6 การสร้างคันกั้นน้ำ

การก่อสร้างคันกั้นน้ำเป็นการก่อสร้างคันดินปิดกั้นพื้นที่ชุมชน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำจากลำน้ำไหลเข้าพื้นที่ชุมชนที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำ และจากการพิจารณาการศึกษาโครงการศึกษาจัดทำแผนหลักป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ชุมชนภาคเหนือของกรมโยธาธิการ (ปัจจุบันคือกรมโยธาธิการและผังเมือง) เมื่อปี พ.ศ. 2541 ซึ่งได้วางแผนหลักการป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนในกลุ่มน้ำยม ประกอบด้วย อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ อำเภอสวรรคโลก และอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย และในปี พ.ศ.2545 กรมโยธาธิการ (เดิม) ได้ศึกษาโครงการสำรวจออกแบบรายละเอียดระบบป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ชุมชนจังหวัดสุโขทัย โดยได้มีการสำรวจออกแบบรายละเอียดระบบป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ชุมชน ได้แก่ อำเภอสวรรคโลก และอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย



ภาพที่ 12 ตำแหน่งที่ตั้งโครงการก่อสร้าง/ปรับปรุง ปตร.

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

7.6.1 การสร้างคันกั้นน้ำชั่วคราว

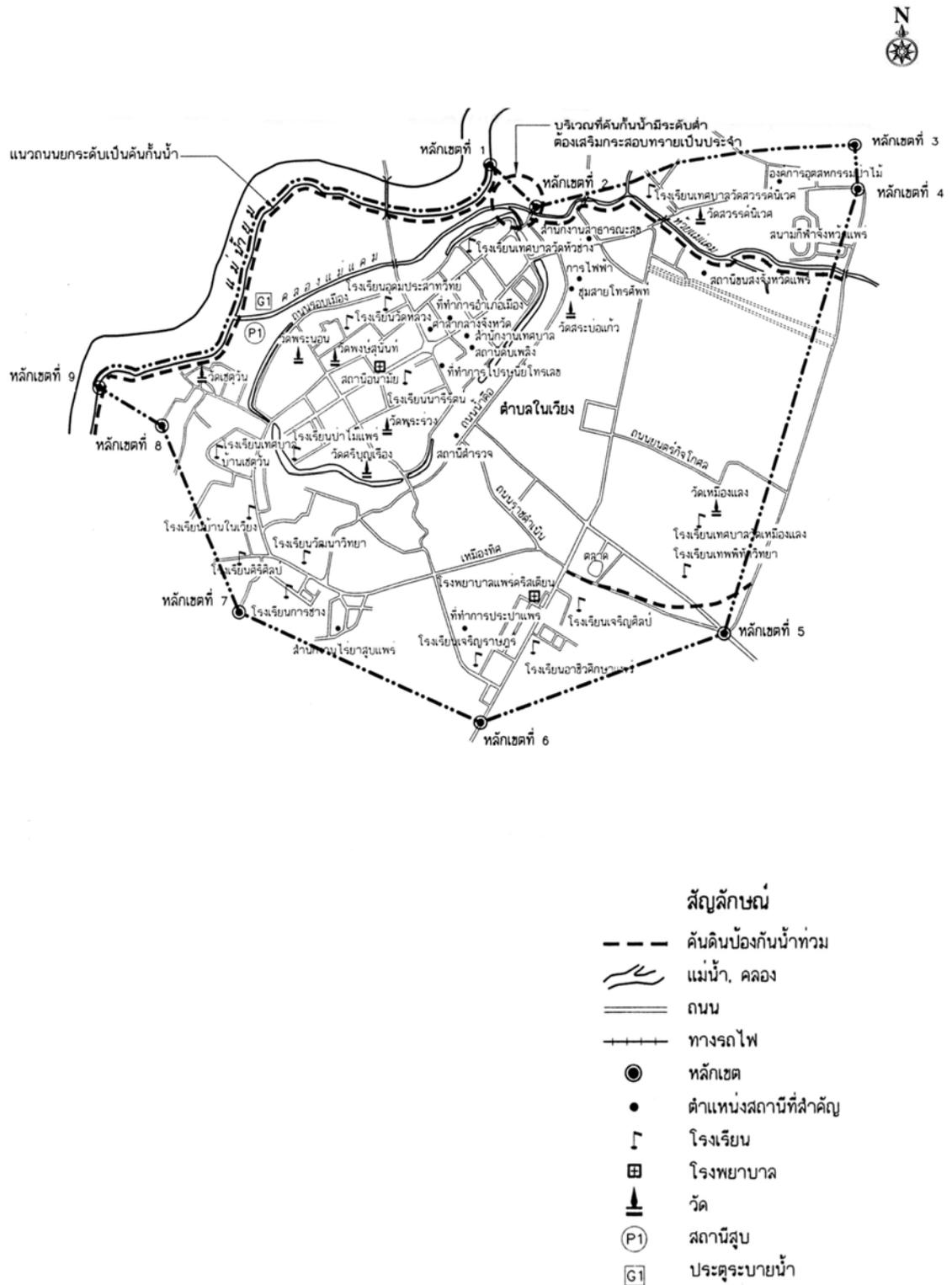
การสร้างคันกั้นน้ำชั่วคราว สามารถดำเนินการได้โดยใช้กระสอบทรายวางเรียงเป็นแนวสองฝั่งลำน้ำหรือโดยรอบพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน โดยมีความสูงจากตลิ่งไม่มากนัก คือประมาณ 0.5-1.0 ม. วิธีนี้จะมีผลกระทบค่อนข้างน้อย เนื่องจากจะดำเนินการในช่วงที่เกิดน้ำหลาก ล้นตลิ่งเท่านั้น เมื่อหมดภาวะวิกฤตสามารถรื้อถอนออกได้โดยไม่กีดขวางการใช้ประโยชน์ทางน้ำ และมีค่าลงทุนไม่มากนัก แต่ต้องเตรียมการและดำเนินการบ่อยครั้ง และอาจไม่ทันกับภาวะวิกฤต น้ำท่วมที่จะเกิดขึ้น การสร้างคันกั้นน้ำชั่วคราวในลักษณะนี้สามารถดำเนินการได้ตลอดสองฝั่งลำน้ำ ตรงบริเวณที่ได้รับการเตือนภัยล่วงหน้าว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดน้ำล้นตลิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่แม่น้ำไหลผ่านเขตชุมชน เช่น เขตเทศบาล และเขตอำเภอ เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมในด้านวัสดุและอุปกรณ์ รวมทั้งกำลังคนที่จะต้องมีการระดมความช่วยเหลือด้วย

สำหรับแนวทางการป้องกันน้ำท่วมโดยใช้คันกั้นน้ำชั่วคราวในพื้นที่เขตเมืองที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในกลุ่มน้ำยม สรุปได้ดังนี้

1) เทศบาลเมืองแพร่

การเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองแพร่ จะเกิดจากลำน้ำสาขาหลายสาย ได้แก่ น้ำแม่หลาย น้ำแม่คำมี น้ำแม่แคม และแม่น้ำยม ขึ้นอยู่กับว่าน้ำจะมาจากทางไหนมากกว่า ซึ่งในปี พ.ศ. 2538 น้ำจะมาจากแม่น้ำยมมากกว่า เกิดสถานะน้ำท่วมหนัก (ถึงขั้น 2 ของเทศบาล) จึงมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำป้องกัน โดยยกระดับถนนรอบกำแพงเมืองฝั่งที่ติดกับแม่น้ำยม ซึ่งจากการดำเนินการดังกล่าวสามารถป้องกันน้ำท่วมจากการที่แม่น้ำยมไหลล้นตลิ่งได้เป็นส่วนใหญ่

ในการดำเนินการก่อสร้างคันกั้นน้ำชั่วคราวเพื่อป้องกันพื้นที่เขตเทศบาลเมืองแพร่ เสนอแนะให้ดำเนินการโดยใช้กระสอบทรายเรียงบนถนนที่ยกระดับเป็นคันกั้นน้ำบริเวณริมฝั่งลำน้ำยมในช่วงที่คันกั้นน้ำยังมีระดับต่ำอยู่ (บริเวณเขตเทศบาลทางทิศเหนือช่วงที่ติดกับแม่น้ำยม) รวมถึงใช้กระสอบทรายอุดแนวท่อระบายน้ำจากเทศบาลที่จะไหลลงแม่น้ำยม เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับมาตามท่อเข้าสู่เขตเทศบาล โดยแนวถนนที่เสนอให้เสริมคันกั้นน้ำชั่วคราวในเขตเทศบาลเมืองแพร่แสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แนวถนนที่ต้องเสริมคันกันน้ำชั่วคราวในเขตเทศบาลเมืองแพร่
 ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2541)

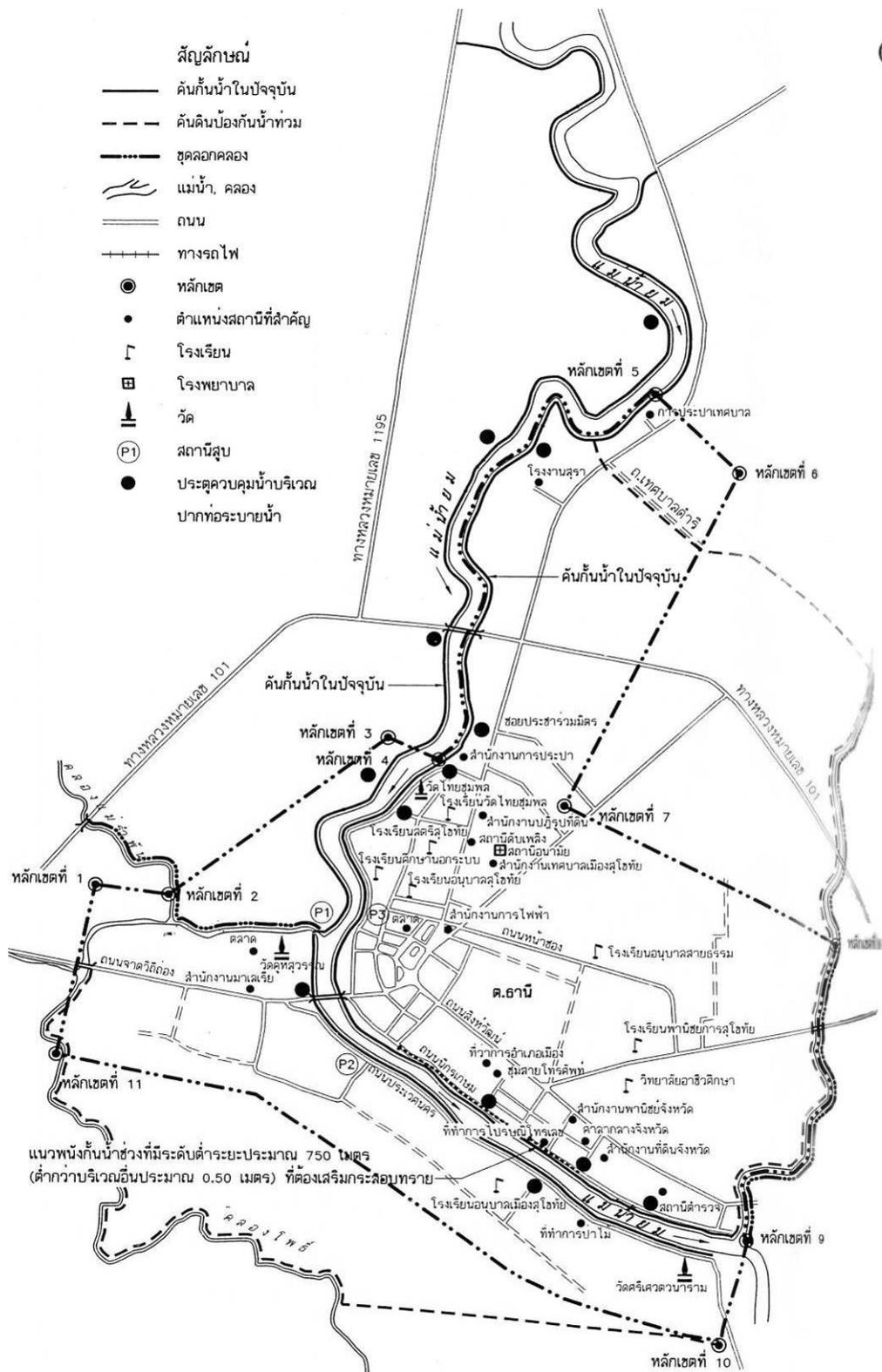
2) เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี

การเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี ส่วนใหญ่จะเกิดจากระดับน้ำในแม่น้ำยมไหลเข้าท่วมเขตเทศบาลโดยตรง ซึ่งในปัจจุบันเทศบาลเมืองสุโขทัยธานีได้มีการก่อสร้างคันป้องกันน้ำท่วมเป็นผนังกันน้ำทั้ง 2 ฝั่งแม่น้ำยมตลอดแนวเขตเทศบาลแล้ว แต่ยังมีบริเวณช่วงหลังที่ว่าการอำเภอซึ่งแนวผนังกันน้ำยังมีระดับต่ำอยู่ (ระยะประมาณ 750 เมตร) ทำให้ปริมาณน้ำจะไหลหลากเข้ามาจากบริเวณนี้เป็นส่วนใหญ่

ในการดำเนินการก่อสร้างคันกันน้ำชั่วคราวเพื่อป้องกันพื้นที่เขตเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี เสนอแนะให้ดำเนินการโดยใช้กระสอบทรายเรียงบนผนังกันน้ำบริเวณริมฝั่งลำน้ำยมในช่วงที่คันกันน้ำยังมีระดับต่ำอยู่ให้มีความสูงไม่น้อยกว่า 0.5 เมตร แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินการเสริมคันกันน้ำในบริเวณเทศบาลเมืองสุโขทัยธานีจะทำได้ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากเป็นการเสริมกระสอบทรายเหนือผนังกันน้ำเดิม ซึ่งมีความกว้างของสันผนังเพียง 0.15-0.20 เมตร เท่านั้น จึงต้องมีรูปแบบการค้ำยันที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้แนวคันกันน้ำพังทลายลงมา รวมถึงใช้กระสอบทรายอุดแนวท่อระบายน้ำจากเทศบาลที่จะไหลลงแม่น้ำยม เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับมาตามท่อเข้าสู่เขตเทศบาล โดยแนวถนนที่เสนอให้เสริมคันกันน้ำชั่วคราวในเขตเทศบาลเมืองสุโขทัยธานีแสดงในภาพที่ 14 และเพื่อให้การป้องกันมีประสิทธิภาพ ควรเร่งดำเนินการก่อสร้างผนังกันน้ำแบบถาวรในบริเวณดังกล่าว ซึ่งปัจจุบันทางเทศบาลได้ดำเนินการของบประมาณไว้แล้ว

7.6.2 การสร้างคันกันน้ำถาวร

จากสภาพการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ซึ่งในช่วงฤดูฝนจะมีน้ำไหลหลากจากพื้นที่ตอนบนปริมาณมากและไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ 2 ฝั่งลำน้ำ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างเป็นประจำ และจากสภาพภูมิประเทศและการพัฒนาการใช้พื้นที่ในลุ่มน้ำยม ทำให้ไม่สามารถพัฒนาอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลางได้ จึงไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำหลากได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นอีกแนวทางหนึ่งในการพิจารณาเพื่อบรรเทาอุทกภัยคือการก่อสร้างคันกันน้ำถาวรเพื่อปิดล้อมพื้นที่เมือง และพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำจากภายนอกไหลบ่าเข้าพื้นที่ ประกอบกับการพัฒนาระบบระบายน้ำภายในพื้นที่ปิดล้อมเพื่อให้สามารถระบายน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ได้



ภาพที่ 14 แนวถนนที่ต้องเสริมคันกันน้ำชั่วคราวในเขตเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2545)

7.7 การพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วม

ระบบโทรมาตรเพื่อการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำหลาก คือระบบตรวจวัดข้อมูลด้านอุตุนิยมิวิทยาและอุทกวิทยา ซึ่งสถานีตรวจวัดระยะไกลหรือสถานีสนามจะทำการตรวจวัดข้อมูลและส่งข้อมูลโดยอัตโนมัติไปยังหน่วยเก็บข้อมูลที่สถานีหลัก ทำให้ได้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงขณะนั้นทันที ข้อมูลที่ได้จะเก็บรวบรวมไว้ และนำไปวิเคราะห์ใช้งานในการประมวลผลข้อมูล และนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์การเกิดอุทกภัยและการพยากรณ์น้ำท่วมเพื่อนำผลไปประเมินและเตือนภัยในพื้นที่เป็นการลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากอุทกภัย รวมทั้งการติดตามประเมินความเสียหายจากน้ำท่วม โดยโครงข่ายสถานีระบบโทรมาตรที่เสนอในกลุ่มน้ำยมแสดงในภาพที่ 15

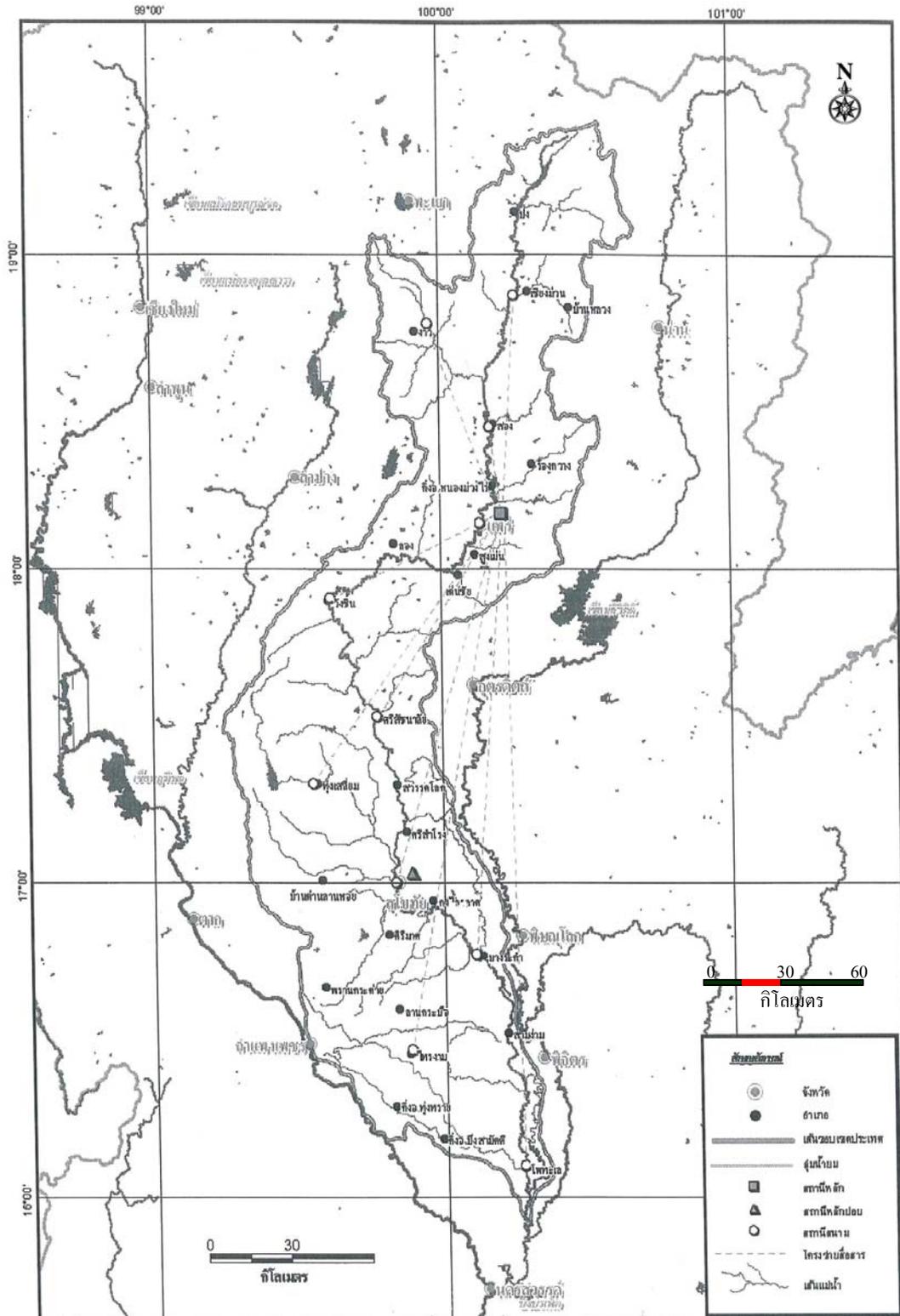
8. การศึกษาที่ผ่านมา

8.1 การศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำยม

ธวัชชัย และ Arbhabhirama (2521) พัฒนาและศึกษาถึงแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลอง SSARR model, Node and Brach model, Flood Plain model และ Grid model เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลในแม่น้ำปิง วัง ยม น่าน ป่าสัก และแม่น้ำเจ้าพระยา โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองในจุดประสงค์ที่แตกต่างกันไปดังนี้

1. Data Generative Model สามารถสร้างข้อมูลการไหลที่ขาดหายไป
2. Reservoir Regulator Model ศึกษาการไหลทางท้ายน้ำที่เกิดจากการควบคุมอาคารบังคับน้ำ
3. Flood Forecasting Model สามารถทำนายและเตือนภัยถึงอุทกภัยที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
4. Dredging Model ศึกษาระดับน้ำทางด้านท้ายเขื่อนเจ้าพระยาที่เกิดจากการกัดเซาะของท้องน้ำ

โดยใช้ข้อมูลการไหลในปี พ.ศ. 2511 2514 และ 2518 สำหรับ Data Generative Model และ Reservoir Regulator Model ข้อมูลในปี พ.ศ. 2518 สำหรับ Flood Forecasting Model และข้อมูลการไหลต่ำสุดในปี พ.ศ. 2516 2517 และ 2518 สำหรับ Dredging Model



ภาพที่ 15 โครงข่ายสถานีระบบโทรมาตรที่เสนอในกลุ่มน้ำยม
 ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2548)

Kawinpoomstan (2541) ได้ใช้แบบจำลอง MIKE-11 ในการพยากรณ์การเกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำยม และประยุกต์ผลการพยากรณ์การเกิดอุทกภัยตามรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ เพื่อใช้จัดทำแผนที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยบริเวณจังหวัดแพร่และสุโขทัย โดยที่การวิเคราะห์ดังกล่าวได้จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยออกเป็น 3 รูปแบบ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์เงื่อนไขของพื้นที่นั้นๆ ดังนี้

1. พิจารณาตามลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศ โดยทำการประเมินการเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยจากคั่นกันน้ำตามธรรมชาติ หรือเส้นทางไหลของลำน้ำเดิม
2. พิจารณาจากข้อมูลอุทกภัยที่เกิดขึ้นในอดีต โดยจะประเมินการเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยจากข้อมูลความเสียหายของเหตุการณ์อุทกภัยในอดีต
3. พิจารณาจากแบบจำลองทางอุทกศาสตร์และชลศาสตร์ในการหาพื้นที่เกิดอุทกภัยระดับน้ำท่วม และช่วงเวลาในการเกิดอุทกภัย

วีระพล (2544) ได้ศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพในการบรรเทาอุทกภัยในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน และสะแกกรัง ด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางที่มีอยู่ในปัจจุบัน 8 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล เขื่อนแม่งวงอุดมธารา เขื่อนกิ่วลม เขื่อนแม่จาง เขื่อนแม่มอก เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนทับเสลา และอ่างเก็บน้ำที่มีศักยภาพ 6 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่ขาน เขื่อนกิ่วคอหมา เขื่อนแก่งเสือเต้น เขื่อนแควน้อย เขื่อนแม่วัง และเขื่อนคลองโพธิ์ โดยการใช้แบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองตามหลักการ Routing and Combining ซึ่งยังไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดจากปริมาณเก็บกักในบริเวณทุ่งน้ำนองที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำนองด้านท้ายน้ำได้ จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าโครงการอ่างเก็บน้ำที่มีศักยภาพทั้ง 6 แห่ง สามารถลดปริมาณน้ำนองสูงสุด ณ จุดบรรจบแม่น้ำปิงและน่าน และที่ตั้งเขื่อนเจ้าพระยาระหว่าง 3.52-8.19% และ 1.81-2.16% ตามลำดับ โดยอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้นสามารถบรรเทาอุทกภัยได้มากที่สุด

กรมชลประทาน (2544) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยเหตุการณ์ปี พ.ศ.2538 ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น เริ่มวิเคราะห์เหตุการณ์ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2538 พบว่าเขื่อนสามารถลดสภาวะอุทกภัยในกลุ่มน้ำยมตอนบนเหนือเขตจังหวัดสุโขทัย

ได้ดีพอสมควร ระดับน้ำท่วมและระยะเวลาที่น้ำท่วมลดลง ประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยจะค่อยๆ ลดลงตามระยะทางของแม่น้ำยมจากท้ายเขื่อน เนื่องจากพื้นที่รับน้ำจากพื้นที่ใต้เขื่อนที่เพิ่มมากขึ้น โดยอัตราการไหลสูงสุด ณ ที่ตั้งอาคารหัวงานเขื่อนลดลง 1,452 ลบ.ม./วินาที หรือคิดเป็น 74.19% และระดับน้ำสูงสุดลดลง 5.7 เมตร ขณะที่อัตราการไหลสูงสุดที่สถานี Y.4 ที่อำเภอเมืองสุโขทัย ลดลง 176.86 ลบ.ม./วินาที หรือคิดเป็น 19.93% และระดับน้ำสูงสุดลดลง 0.34 เมตร และตั้งแต่แม่น้ำยมไหลผ่านเข้าสู่เขตจังหวัดพิษณุโลกจนถึงสถานี Y.17 ที่อำเภอสว่างงาม จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นขอบเขตด้านท้ายน้ำของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ค่าอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุดไม่ลดลง

8.2 การศึกษาทั่วไปเกี่ยวกับแบบจำลองคณิตศาสตร์

อรรถพล (2543) ได้ทำการศึกษาสภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้จำลองสภาพการไหลในทางน้ำเปิด นำมาจำลองสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างตั้งแต่เขื่อนเจ้าพระยาถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความยาวประมาณ 267 กม. และแม่น้ำสาขา ได้แก่ แม่น้ำลพบุรี ป่าสัก และน้อย รวมถึงคลองสาขาต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบมาตรฐานแบบจำลองด้วยเงื่อนไขของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในช่วงวันที่ 1 กันยายน ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2538 พร้อมทั้งศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน โดยการศึกษาี้ได้เสนอไว้ 3 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 เป็นการเสริมคันกั้นน้ำตลอดแนวแม่น้ำโดยบังคับไม่ให้มีการไหลล้นคันกั้นน้ำพบว่าต้องเสริมคันกั้นน้ำด้วยความสูงตั้งแต่ 1.5 ถึง 5.0 เมตร แนวทางที่ 2 คือการสร้างทางผันน้ำจากบางไทรสู่อ่าวไทยด้วยความจุ 1,500 ลบ.ม./วินาที และต้องเสริมคันกั้นน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาเหนือบางไทรและแม่น้ำสาขา และแนวทางที่ 3 คือการผันน้ำเข้าสู่พื้นที่เก็บกักน้ำชั่วคราว (แก้มลิง) ในทุ่งน้ำท่วมเหนือบางไทร โดยมีปริมาตรเก็บกักที่ไม่น้อยกว่า 4,200 ล้าน ลบ.ม. จะเห็นว่าแนวทางการบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 แนวทางนี้มีผลต่อการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างที่เหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันในด้านราคาลงทุน ด้านเศรษฐกิจและสังคม

สมปอง (2544) ได้ใช้แบบจำลอง ISIS ในการประเมินผลกระทบของพื้นที่ปิดล้อมย่อยต่อระบบระบายน้ำปทุมธานีในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร พร้อมกับประเมินแนวทางการพัฒนาระบบระบายน้ำปทุมธานีให้สอดคล้องกับสภาพการใช้ที่ดินและการพัฒนาระบบพื้นที่ปิดล้อมย่อย โดยการศึกษาพบว่าขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมธานีในปัจจุบันส่วน

ใหญ่จะไม่เกิดสภาวะน้ำไหลล้นตลิ่งเมื่อรองรับพายุฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี แต่ในคลองระบายน้ำสายหลักที่มีสภาพตื้นเขินจะมีสภาวะน้ำไหลล้นตลิ่งเมื่อรองรับพายุฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี ซึ่งคลองดังกล่าวจะอยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ ชั้นกลางและชั้นนอก ในการพัฒนาระบบระบายน้ำปทุมธานีให้สอดคล้องกับการพัฒนาระบบพื้นที่ที่ปิดล้อมย่อยให้สามารถรองรับพายุฝนที่คาบอุบัติ 5 ปี จะต้องมีการพัฒนาระบบระบายน้ำ 3 ส่วนหลักให้สอดคล้องกัน คือ จะต้องมีการเพิ่มอัตราการระบายน้ำออกจากระบบระบายน้ำปทุมธานีโดยจะมีค่าความต้องการในการระบายน้ำออกจากระบบในปัจจุบันและอนาคตเป็น 412 และ 612 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ และจะต้องมีการจัดหาแหล่งเก็บกักน้ำเพิ่มเติมตามคลองระบายน้ำสายหลักต่างๆ โดยมีปริมาตรที่ต้องการในปัจจุบันและอนาคตเท่ากับ 11.40 และ 14.00 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังต้องมีการปรับปรุงคลองระบายน้ำที่ตื้นเขินให้มีสภาพทางชลศาสตร์ที่ดีขึ้นเพื่อช่วยในการส่งน้ำมายังอุโมงค์ผันน้ำหรือสถานีสูบน้ำได้มากและเร็วขึ้น

นิพนธ์ (2544) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS มาใช้ในการศึกษาการบรรเทาอุทกภัยของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยใช้พื้นที่ทุ่งน้ำท่วมธรรมชาติ เป็นการศึกษาในกรณีน้ำท่วมปี 2538 โดยพื้นที่ที่คัดเลือกให้เป็นทุ่งน้ำท่วมส่วนใหญ่อยู่บริเวณเหนือจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในเขตโครงการมหาราช โศกกระเทียมเรียงราง ยางมณี และผักไห่ ได้ทำการศึกษาแนวทางการผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งน้ำท่วม 4 แนวทาง คือ 1.กรณีไม่มีการผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่ง 2.กรณีผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งเท่ากับระดับน้ำสูงสุดของ ปตท.ที่ควบคุมระดับน้ำในทุ่ง 3.กรณีผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งเต็มความจุของทุ่ง โดยปริมาตรน้ำเก็บกักในทุ่งทั้งหมดประมาณ 2,963 ล้าน ลบ.ม. และ 4.กรณีผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งเต็มความจุของทุ่งและมีการก่อสร้างทุ่งน้ำท่วมเพิ่มเติม โดยพบว่าถ้าไม่มีการผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งจะทำให้ยอดปริมาณน้ำนองสูงสุดที่อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เท่ากับ 4,819 ลบ.ม./วินาที และหากมีการผันน้ำเข้าเก็บกักในทุ่งจะทำให้ยอดปริมาณน้ำนองสูงสุดที่อำเภอบางไทร ลดลงจากเดิมร้อยละ 4.3 และ 14.3 สำหรับแนวทางการผันน้ำที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และลดลงจากเดิมร้อยละ 21.8 25.6 และ 30.6 สำหรับแนวทางการผันน้ำที่ 4 เมื่อมีการขุดทุ่งน้ำท่วมเพิ่มเติมด้วยความลึกเฉลี่ย 2 4 และ 6 เมตร ตามลำดับ ซึ่งทุ่งน้ำท่วมที่เสนอให้ทำการขุด ได้แก่ บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวขึ้นน้ำที่อยู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ ทุ่งวัดมณีชลขันธ์ วัดอุโลม คลองน้อย บางกุ้ง ยางมณี คลองตาหนั่ง และผักไห่ คิดเป็นพื้นที่รวมประมาณ 461,506 ไร่

ชิพรหม (2546) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS มาใช้ในการศึกษาการบรรเทาอุทกภัยของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยการศึกษาโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่กลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ตอนบน โดยใช้เหตุการณ์อุทกภัยปี พ.ศ.2538 ที่มีอัตราการไหลสูงสุดบริเวณต้นน้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ เท่ากับ 4,820 ลบ.ม./วินาที เป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีแนวทางการศึกษา คือ 1.ปรับปรุงการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่มีในปัจจุบัน 2.เมื่อมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำต่างๆ ในแผน 3.ปรับปรุงการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่มีในปัจจุบันและมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำต่างๆ ในแผน 4.เมื่อไม่มีการระบายน้ำท้ายเขื่อนทุกเขื่อน และ 5. เมื่อไม่มีการระบายน้ำท้ายเขื่อนทุกเขื่อนและสร้างอ่างเก็บน้ำเพิ่ม จากการศึกษาพบว่าหากเกิดอุทกภัยเช่นเหตุการณ์ปี พ.ศ.2538 โดยไม่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ อัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์จะเพิ่มขึ้นจาก 4,820 ลบ.ม./วินาที เป็น 6,169 ลบ.ม./วินาที และถ้ามีการบรรเทาอุทกภัยปี พ.ศ.2538 ด้วยการปฏิบัติตามกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 กรณีที่ 3 กรณีที่ 4 และกรณีที่ 5 จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ลดลงได้ประมาณ 10 3 13 33 และ 40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

สิทธิพงษ์ (2547) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISIS มาใช้ในการศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยเทศบาลนครอุดรธานี โดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2544 เป็นกรณีศึกษาซึ่งมีมาตรการบรรเทาอุทกภัย 4 มาตรการ ได้แก่ 1. การบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำบ้านจั่นไว้ที่ระดับน้ำต่ำสุด 2. การบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำกุดลิงง้อไว้ที่ระดับน้ำต่ำสุด 3. การก่อสร้างคลองผันน้ำ และ 4. การปรับปรุงระบบระบายน้ำเทศบาลนครอุดรธานี จากผลการศึกษาสามารถบรรเทาอุทกภัยพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีได้โดยทำให้ระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นอยู่ต่ำกว่าระดับตลิ่งของคลองต่างๆ ที่ไหลผ่านพื้นที่ระหว่าง 0.20 เมตร ถึง 0.50 เมตร แต่ถ้ามีการเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำบ้านจั่นและอ่างเก็บน้ำกุดลิงง้อไว้ที่ระดับเก็บกักจะทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ประมาณ 0.50 เมตร ถึง 0.87 เมตร

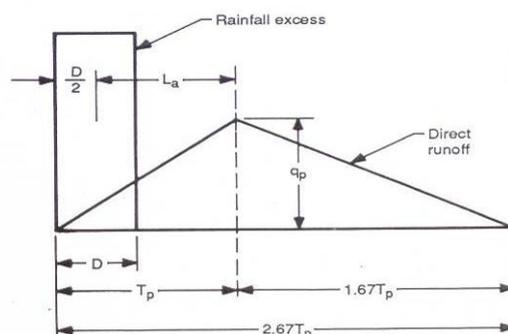
9. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษารุ่นนี้ คือ แบบจำลอง InfoWorks RS ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Sir William Halcrow & Partners Ltd. และ Wallingford Software, Hydraulic Research Ltd. เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองสภาพทางอุทกวิทยาและสภาพการไหลทั้งแบบทรงตัวมัน (steady) และไม่ทรงตัวมัน (unsteady) ในทางน้ำเปิดและทางน้ำปิดบางชนิด การไหลบ่าล้นตลิ่ง รวมถึงการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้สำหรับศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรม ชลศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น

- การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำนองที่ผ่านเข้าสู่ทางน้ำ แม่น้ำ ทุ่งน้ำนอง และอ่างเก็บน้ำ
- การไหลที่มีผลกระทบจากระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ในแม่น้ำและบริเวณปากแม่น้ำ
- ผลกระทบทางชลศาสตร์ของอาคารหรือโครงสร้างต่อระบบของลำน้ำ
- การออกแบบ ปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมของระบบระบายน้ำเดิม
- การออกแบบและปฏิบัติการที่เหมาะสมของระบบชลประทานและระบบระบายน้ำ
- การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำนองเนื่องจากการพังทลายของเขื่อน
- การออกแบบและปฏิบัติการ การระบายน้ำเนื่องจากพายุฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ปิดล้อม

9.1 แบบจำลองอุทกวิทยา (Hydrology Model)

1) การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า ในแบบจำลอง InfoWork RS จะประกอบด้วย กระบวนการ เปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าหลายวิธี เช่น FSSR16 SCS FEH และ PDM ในการศึกษานี้จะใช้แบบจำลองในส่วนของ การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์ (SCS synthetic unit hydrograph) ซึ่งถูกพัฒนาโดย U.S. Soil conservation Service โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานคล้ายกับวิธี Rational Method เช่น พื้นที่รับน้ำ สัมประสิทธิ์การไหล ปริมาณฝน เป็นต้น กราฟน้ำท่าหรือกราฟน้ำหลากโดยวิธีของ SCS คำนวณจากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไม่มีหน่วย (Dimensionless unit hydrograph) ที่พัฒนาขึ้นมาดังแสดงในภาพที่ 16 โดยสมมติให้กราฟน้ำท่าดังกล่าว มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม และคำนวณกราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ที่ตกภายในช่วงระยะเวลาเท่ากับ D (หน่วยเป็นชั่วโมง)



ภาพที่ 16 รูปสามเหลี่ยมกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS

จากภาพที่ 16 L_a คือ lag time หมายถึงระยะจากศูนย์กลางของช่วงเวลาฝนส่วนเกิน จนถึงจุดสูงสุดของกราฟน้ำท่า L_a มีความสัมพันธ์กับเวลาเดินทางของน้ำจากจุดไกลสุดของพื้นที่ ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก (t_c) โดยสมมติให้ $L_a = 0.6t_c$ และ T_p คือเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดคำนวณจาก

$$T_p = 0.5D + 0.6t_c \quad \text{มีหน่วยเป็นชั่วโมง} \quad (1)$$

ปริมาณน้ำท่าเท่ากับพื้นที่ $\frac{1}{2}q_p \times T_b$ เมื่อ T_b คือความยาวของฐานกราฟน้ำท่าโดย

$$T_b = 2.67T_p \quad \text{มีหน่วยเป็นชั่วโมง} \quad (2)$$

Q คือ ปริมาณน้ำท่าซึ่งคำนวณได้จากปริมาณฝน เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์และ จัดรูปสมการใหม่ จะได้สมการสำหรับคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด (q_p) ดังนี้

$$q_p = \frac{484AQ}{0.5D + 0.6t_c} \quad \text{ลบ.ฟุต / วินาที} \quad (3)$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{0.278AQ}{0.5D + 0.6t_c} \quad \text{ลบ.ม. / วินาที} \quad (4)$$

โดยที่ A = พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็น ตร.ไมล์ หรือ ตร.กม.

Q = ปริมาณน้ำท่า มีหน่วยเป็นนิ้ว หรือ มม.

D = ช่วงเวลาของฝนที่ตกเป็นปริมาณฝนส่วนเกิน มีหน่วยเป็น ชม.

t_c = ระยะเวลาที่น้ำใช้ในการเคลื่อนตัวจากจุดไกลสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ จนถึงจุดออกหรือจุดที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ชม.

จะเห็นว่ากรคำนวณค่า q_p จะขึ้นอยู่กับค่า t_c ดังนั้นในการคำนวณหากราฟน้ำท่า จึงขึ้นอยู่กับวิธีที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่า t_c ซึ่งมีวิธีการคำนวณต่างๆ เช่น วิธีของ Kirpich หรือวิธี Snyder เป็นต้น

โดยวิธีของ SCS ได้เสนอวิธีหาค่า t_c ตามลักษณะการไหลที่แบ่งเป็นประเภทการไหลแบบต่างๆ คือการไหลผ่านที่ราบ (Sheet flow) การไหลรวมผ่านที่ตื้น (Shallow flow) และการไหลในทางน้ำเปิด (Open channel flow) แต่โดยส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีคำนวณค่า t_c ตามความเหมาะสมของลักษณะภูมิประเทศในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการคำนวณค่า t_c จึงมีผลต่อการคำนวณหาค่าอัตราการไหลสูงสุด (q_p)

การคำนวณกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS จะคำนวณจากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยในการคำนวณปริมาณการไหลโดยตรง (Direct runoff) ที่เกิดจากพายุฝนจะกระทำโดยใช้ค่า Curve Number (CN) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะของดิน ชนิดดิน การใช้ที่ดิน ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่นั้นๆ นอกจากนี้ผลการคำนวณกราฟน้ำท่ายังขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหาเวลาที่น้ำใช้ในการเคลื่อนตัว (t_c) มีผลโดยตรงต่อเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดตามสมการที่ (1) ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดอัตราการไหลสูงสุดอีกด้วย เมื่อได้ค่า T_p และ q_p แล้ว ก็สามารถคำนวณหากราฟน้ำท่าได้โดยนำไปคูณกับอัตราส่วนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless unit hydrograph)

- 2) การคำนวณการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลจะใช้วิธี Harmonic Function
- 3) ข้อมูลอนุกรมเวลาของระดับน้ำและปริมาณการไหล
- 4) ความสัมพันธ์ของระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating Curve)

9.2 แบบจำลองชลศาสตร์ (Hydraulic Model)

โดยพื้นฐานของการคำนวณการไหลแบบตรงตัวมันจะทำได้ 2 วิธี คือ Direct method และ Pseudo time-stepping method สำหรับพื้นฐานการคำนวณการไหลแบบไม่ตรงตัวมันจะใช้สมการพื้นฐาน คือ Saint-Venant แบบเต็มรูปแบบ และหาค่าตอบของสมการโดยใช้ Preissmann four-point finite difference

9.2.1 การคำนวณการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady state flow)

การคำนวณการไหลแบบทรงตัวมันมีจุดประสงค์เพื่อกำหนดค่าสถานะทางชลศาสตร์เริ่มต้น (Initial condition) ในทุกๆ จุด (node) และทุกๆ การต่อเชื่อม (link) ของแบบจำลองโครงข่ายทางน้ำก่อนที่จะนำไปสู่การจำลองสภาพชลศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (unsteady state flow) ในการจำลองการไหลแบบทรงตัวมันจะสามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ

1) Direct Method

วิธี Direct Method เป็นวิธีการหลักในการหาผลลัพธ์ทาง steady state flow ซึ่งมีกระบวนการที่รวดเร็วและแน่นอนกว่าวิธี Pseudo time-stepping method และยังต้องการข้อมูลเริ่มต้นที่น้อยกว่า ในการคำนวณสภาพการไหลแบบ steady state อาศัยสมการ Saint-Venant ที่ลดรูปให้อยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์ ซึ่งจะถูกใช้ในการควบคุมขนาดของช่วงห่างของหน้าตัดในการหาผลลัพธ์อย่างอัตโนมัติ และแสดงส่วนของหน้าตัดเสริมที่จำเป็นต้องจัดแทรกลงในแบบจำลองในรูปแบบที่เหมาะสม

ประเด็นหลักที่นำมาพิจารณาในการคำนวณหาผลลัพธ์ของโครงข่ายน้ำก็คือ การพิจารณาตามกฎของ Kirchoff (กฎทรงมวล) และกำหนดให้ระดับน้ำที่หน้าตัดทางน้ำที่จุดบรรจบ/จุดต่อเชื่อม (junction) มีระดับเท่ากัน ซึ่งกระบวนการคำนวณนี้จะทำซ้ำเพื่อปรับแก้ค่าอัตราการไหลและระดับน้ำที่จุดบรรจบของแม่น้ำ จนกว่าอัตราการไหลในระบบจะมีการปรับแก้ น้อยกว่า 0.1% และผลต่างของระดับน้ำน้อยกว่า 1 มม. ที่จุดบรรจบ ความถูกต้องของการคำนวณจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องและสอดคล้องของช่องว่างหรือระยะห่างระหว่าง 2 หน้าตัด ซึ่งในขณะที่เครื่องได้ทำการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์โดยใช้หน้าตัดเสริม (interpolated section) แทรกระหว่าง 2 หน้าตัดจริง เครื่องจะทำการตรวจสอบและทำการแจ้งหากต้องมีการเพิ่มหน้าตัดจากการสำรวจ หรือมีจำนวนของหน้าตัดเสริมถูกบรรจุอยู่ระหว่างหน้าตัดจริงมากเกินไป หรือความโค้งของทางน้ำที่มากเกินไป

วิธีนี้จะเร็วกว่า Pseudo time-stepping method เพราะสามารถเจาะจงตัวข้อมูลที่มีปัญหาหรือพื้นที่ส่วนที่มีผลกระทบในแบบจำลอง ซึ่งการชี้ถึงพื้นที่ปัญหภายใน โดยอัตโนมัติจะเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญ

2) Pseudo time-stepping method

การคำนวณหาผลลัพท์ด้วยวิธี time-stepping method จะกระทำโดยการประมาณค่าอัตราการไหลและระดับน้ำในแต่ละจุด (node) เป็นเงื่อนไขกำหนดเริ่มต้นซึ่งเงื่อนไขกำหนดเริ่มต้นเหล่านี้จะถูกใช้สำหรับการจำลองการไหลแบบ steady state โดยก้าวเวลา (time step) ที่ถูกกำหนดอยู่ในเงื่อนไขขอบอย่างคงที่เป็นสิ่งจำเป็นในการหาผลลัพท์ด้วยวิธีการนี้

timestep เริ่มต้น คือสิ่งที่สำคัญสำหรับเริ่มต้นการทำงาน (run) โดยที่ค่า timestep จะต้องทำการเปลี่ยนแปลงหากสถานะเริ่มต้นมีการผันแปรมาก ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลมีความไม่เสถียรมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการกำหนด timestep ใหม่ (อาจใช้ได้จนต่ำกว่า 10 วินาที) โดยที่ค่า timestep สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้จนกระทั่งอัตราการไหลมีความเสถียรมากที่สุด

แบบจำลองจะทำงานจนกระทั่งความผิดปกติและความไม่แน่นอนทั้งหมดในเงื่อนไขเริ่มต้นที่ประมาณไว้ถูกกระจายไปจนระบบของแบบจำลองมีความเสถียร ซึ่งขบวนการนี้จะต้องใช้เวลานาน โดยเฉพาะแบบจำลองที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งหน้าแสดงผลจะแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เมื่อค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ปกติจะน้อยกว่า 0.0005) และ timestep มากกว่า 200-500 วินาที แล้วการคำนวณ steady ก็จะสำเร็จ แต่บางครั้งเป็นการยากที่จะ Run แบบจำลองบางแบบจำลองที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลง timestep ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า timestep นั้นจะทำให้แบบจำลองเกิดการ diverge (การลู่ออกของตัวแปร) ได้

9.2.2 การคำนวณการไหลแบบไม่ทรงตัวมัน (Unsteady state flow)

การจำลองระบบกลุ่มน้ำของโปรแกรมนี้ประกอบด้วยการต่อเชื่อมกันของทางน้ำ สิ่งควบคุมการไหลภายนอก (เงื่อนไขที่ขอบเขต) และสิ่งควบคุมภายใน (สะพาน และอาคารชลศาสตร์ต่างๆ) การเคลื่อนที่ของน้ำในทางน้ำเปิดสามารถจำลองสภาพการไหลได้ด้วยสมการ Saint-Venant ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของกฎทรงมวลและกฎทรงโมเมนตัม สำหรับกฎทรงมวลจะนำสมการความต่อเนื่อง (continuity equation) มาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำกับปริมาตรรูปลิ้มของช่วงลำน้ำที่พิจารณาซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความลาดชันของฝิวน้ำกับความลาดชันของท้องน้ำไม่เท่ากัน (wedge and prism storages) ส่วนกฎทรงโมเมนตัมจะนำสมการ

พลศาสตร์ (dynamic equation) มาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยแรงเนื่องจากความเฉื่อย แรงเนื่องจากการแพร่กระจาย แรงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

- สมการความต่อเนื่อง (continuity equation)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (5)$$

โดย Q = อัตราการไหล, ลบ.ม./วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล, ตร.ม.

q = อัตราการไหลด้านข้าง, ลบ.ม./วินาที/เมตร

x = ความยาวของช่วงลำน้ำที่พิจารณา, ม.

t = ช่วงเวลาที่พิจารณา, วินาที

- สมการโมเมนตัม (momentum equation)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A} \right) + qA \frac{\partial H}{\partial x} - gAS_f = 0 \quad (6)$$

โดย H = ความลึกการไหลเหนือพื้นที่ท้องน้ำ, ม.

β = สัมประสิทธิ์ปรับแก้โมเมนตัม

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, เมตร/วินาที²

S_f = ความลาดชันเสียดทาน (friction slope)

การเปลี่ยนแปลงของระดับผิวน้ำ จะกำหนดให้มีค่าเป็นบวกเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้น จากด้านเหนือน้ำไปยังด้านท้ายน้ำ สำหรับความลาดชันเสียดทานสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$S_f = \frac{Q|Q|}{K^2} = \text{friction slope} \quad (7)$$

โดย K = ดัชนีความจุของคลอง ซึ่งคำนวณจาก

$$K^2 = \frac{A^2 R^{\frac{4}{3}}}{n^2} \quad (8)$$

โดย n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's roughness coefficient)

R = รัศมีชลศาสตร์, ม. = A/P โดย P = ความยาวเส้นขอบเปียก, ม.

สมการความต่อเนื่องจะนำมาใช้ปรับคุณภาพระหว่างอัตราการไหลเข้าและไหลออกของพื้นที่ที่พิจารณา สำหรับสมการ โมเมนตัมจะใช้เพื่อปรับคุณภาพของแรงที่กระทำต่อมวลของน้ำที่เกิดจากแรงเฉื่อย การกระจายตัว แรงดึงดูดของโลก และแรงเสียดทานของทางน้ำ

คุณลักษณะของสมการ Saint-Venant สามารถใช้แสดงได้ทั้งการเกิดสภาวะการไหลต่ำกว่าวิกฤต (Sub-critical flow) และการไหลสูงกว่าวิกฤต (Super-critical flow) โดยการไหลต่ำกว่าวิกฤตจะเกิดคลื่นการไหลไปทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ส่วนการไหลสูงกว่าวิกฤตจะเกิดคลื่นการไหลไปทางด้านท้ายน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่งการเกิดสภาวะการไหลต่ำกว่าวิกฤตจะเกี่ยวเนื่องจากเงื่อนไขทางด้านเหนือน้ำและเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำ สำหรับการไหลสูงกว่าวิกฤตจะเกี่ยวข้องเฉพาะเงื่อนไขทางด้านเหนือน้ำเท่านั้น

การกำหนดรูปแบบของเงื่อนไขขอบจะกำหนดดังนี้

- อัตราการไหลเทียบกับเวลา
- ระดับน้ำเทียบกับเวลา
- ระดับน้ำเทียบกับอัตราการไหล

ในการแสดงโครงข่ายระบบทางน้ำแบบหนึ่งมิติ (one-dimensional) โครงข่ายจะถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ ด้วยขอบเขตภายใน ซึ่งอาจจะเป็นอาคารควบคุม การสูญเสียพลังงาน อ่างพักน้ำหรือบึงพักน้ำ และจุดต่อเชื่อม โดยมีรายละเอียดดังนี้

- อาคารควบคุม (Control Structures) ในรูปแบบของโครงสร้างต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำเปิดจะมีการกำหนดความสัมพันธ์ของอัตราการไหลและระดับน้ำที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งโดยปกติจะมีรูปแบบของสมการการคำนวณเป็น

$$Q = ah^b \quad (9)$$

- โดยที่ h = ระดับความลึกของน้ำ
 a = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นกับโครงสร้างนั้นๆ
 b = มากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 ในกรณีของฝาย และ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ในกรณีของการไหลอย่างอิสระภายใต้บานระบาย

ซึ่งความสัมพันธ์นี้จะได้จากการสังเกตตามธรรมชาติและการปรับเทียบค่า ซึ่งโดยปกติจะอ้างอิงกับสมการที่ได้จากการทดลองในเอกสารรายงานหรือการวิจัยต่างๆ ที่มีอยู่

- อ่างพักน้ำหรือบึงพักน้ำ (Reservoirs) ในการพิจารณาอ่างพักน้ำหรือบึงพักน้ำ จะบ่งบอกในลักษณะของพื้นที่เก็บกัก (Storage Area) เทียบกับระดับอ้างอิง โดยสมมติให้ผิวน้ำในพื้นที่เก็บกักอยู่ในแนวราบ และไม่คำนึงถึงผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผิวน้ำ และการนำยูนิตอ่างพักน้ำมาจำลองเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่น้ำท่วมก็สามารถทำได้

การคำนวณสมดุลของอัตราการไหลเข้าและไหลออกเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ (ความสูงพลังงาน) จะพิจารณาจากสมการ

$$\frac{h_{new} - h_{old}}{\Delta t} = \frac{Q_{net}}{Area} \quad (10)$$

- โดย h_{new} = ระดับน้ำเมื่อเวลา t_2
 h_{old} = ระดับน้ำเมื่อเวลา t_1
 Q_{net} = อัตราการไหล
 $Area$ = พื้นที่ผิวน้ำ
 Δt = $t_2 - t_1$

- การสูญเสียพลังงาน (Losses) การคำนวณการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการขยายออกหรือบีบเข้าของทางน้ำ จะใช้สมการของ Bernoulli Loss โดยมีความสัมพันธ์กับกำลังสองของความเร็วน้ำทางด้านเหนือหน้า ดังสมการต่อไปนี้คือ

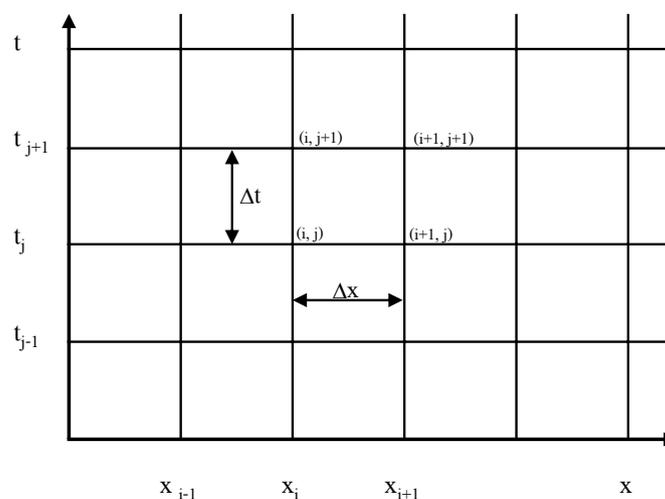
$$\Delta H = k \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

โดย k = สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงาน

- จุดต่อเชื่อม (Junctions) ในกรณีของการจำลองโครงข่ายแบบวงรอบหรือแบบแขนง ยูนิตจุดต่อเชื่อม (Junction) จะต้องนำมาใช้เพื่อนำมาพิจารณาถึงระดับน้ำของบัพที่จุดต่อเชื่อม โดยใช้กฎทรงมวล และพัฒนากฎของเคอร์ชอฟมาใช้กับอัตราการไหล และผลกระทบจากปริมาตรเก็บกักของจุดต่อเชื่อมจะไม่นำมาพิจารณา แต่ถ้ามีผลกระทบจากปริมาตรเก็บกักก็สามารถแทนยูนิตจุดต่อเชื่อมได้ด้วยยูนิตอ่างเก็บน้ำได้เช่นกัน ยูนิตจุดต่อเชื่อมไม่สามารถต่อกับจุดต่อเชื่อมอื่นหรือยูนิตอ่างเก็บน้ำอื่นได้ และส่วนที่สามารถนำมาต่อกับจุดต่อเชื่อมมีสูงสุดได้ไม่เกิน 10 การต่อเชื่อม

การแก้ปัญหของสมการ Saint-Venant ได้ใช้วิธีทางตัวเลข (Numerical Solution) ในการแก้สมการ โดยวิธีของ Preissmann's Implicit Finite Difference ซึ่งอ้างอิงถึงจุด 4 จุดบนตารางสี่เหลี่ยมในภาพที่ 17 โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

ให้ f เป็นค่าแสดงความลึกน้ำหรืออัตราการไหล หรือเป็นฟังก์ชันของความลึกน้ำหรืออัตราการไหลที่จุด $(i+1/2, j+1/2)$



ภาพที่ 17 แผนภูมิของ Preissmann's Implicit Finite Difference

ค่าของ f หรืออนุพันธ์ความต่อเนื่องเทียบกับเวลาหรือระยะทาง แสดงได้ดังนี้

$$f(x,t) = \frac{1}{2} [\theta(f_{i+1}^{j+1} + f_i^{j+1}) + (1-\theta)(f_{i+1}^j + f_i^j)] \quad (12)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta x} [\theta(f_{i+1}^{j+1} + f_i^{j+1}) + (1-\theta)(f_{i+1}^j + f_i^j)] \quad (13)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t} [(f_{i+1}^{j+1} + f_{i+1}^j) + (f_i^{j+1} + f_i^j)] \quad (14)$$

เมื่อ θ = ค่าถ่วงน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0

f_i^j = ค่าของ f ที่ตำแหน่ง (x_i, t_j)

เมื่อประยุกต์ใช้สมการของ Saint-Venant และสมการข้างต้นเข้าด้วยกันจะสามารถเปลี่ยนรูปของสมการให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น ได้ดังนี้

$$aQ_i^{j+1} + bH_i^{j+1} + cQ_{i+1}^{j+1} + dH_{i+1}^{j+1} = e \quad (15)$$

a b c d และ e เป็นค่าที่คำนวณได้จากการวนรอบในแต่ละรอบและในแต่ละจุดเชื่อมของทางน้ำเปิด และขึ้นอยู่กับตัวแปรที่คำนวณได้ในการวนรอบครั้งก่อน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. เครื่องพิมพ์
3. เครื่องวัดระยะทางและพื้นที่
4. แบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWork RS พร้อมคู่มือ
5. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
6. รูปตัดตามยาว และรูปตัดตามขวาง ของลุ่มน้ำยม
7. ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาของลุ่มน้ำยม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ข้อมูลระดับน้ำรายวัน และข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน
8. ข้อมูลคุณลักษณะต่างๆ ของโครงการอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในแผนการดำเนินโครงการ

วิธีการ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1 แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 และมาตราส่วน 1:250,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำยม เพื่อหาลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ และความยาวลำน้ำของลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา

1.2 ข้อมูลทางกายภาพของลำน้ำสายหลัก ได้แก่ รูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวางทุกระยะ 5- 10 กม. ตามลำน้ำยม ตั้งแต่ต้นน้ำที่อำเภอสอง จังหวัดแพร่ ถึงจุดบรรจบแม่น้ำน่านที่อำเภอ

ชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมระยะทางประมาณ 675 กม. ซึ่งรวบรวมจากกรมชลประทาน ปี พ.ศ. 2539 และกรมควบคุมมลพิษปี พ.ศ.2540

1.3 ข้อมูลด้านอุตุ-อุทกวิทยา ประกอบด้วย

1) ปริมาณฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและใกล้เคียง จำนวน 53 สถานี รายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนแสดงในตารางที่ 5 เพื่อหาปริมาณฝนรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยวิธี Theissen Polygon ดังแสดงในภาพที่ 18 เพื่อใช้เป็นข้อมูลฝนนำเข้าในแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า

2) ปริมาณน้ำท่าและระดับน้ำรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำยมที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองและตรวจสอบแบบจำลอง จากสถานีวัดน้ำของกรมชลประทาน จำนวน 8 สถานี รายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่าแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 19

1.4 ข้อมูลคุณลักษณะต่างๆ และข้อมูลการบริหารจัดการของอ่างเก็บน้ำศึกษาภาพ รวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทาน เพื่อใช้จำลองแบบวิเคราะห์สภาพที่เกิดขึ้นในอนาคต

1.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันในลุ่มน้ำยม รวบรวมจากกรมพัฒนาที่ดิน

2. การสร้างแบบจำลอง

2.1 การกำหนดขอบเขตการจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWork RS เพื่อทำการวิเคราะห์สภาพการไหลของน้ำและสภาพการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ศึกษา ได้ทำการแบ่งลุ่มน้ำย่อยออกเป็น 51 ลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในภาพที่ 20 โดยได้จำลองสภาพการไหลในแม่น้ำยมตั้งแต่ต้นน้ำที่อำเภอสอง จังหวัดแพร่ (กม.0+000) ไปจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำน่าน ที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ (กม.675+000) ต่อเนื่องกันเป็นระบบลำน้ำตามแผนภูมิการจำลองลุ่มน้ำยมในภาพที่ 21 โดยกำหนดให้อัตราการไหลจากลุ่มน้ำย่อย y_1 ที่คำนวณจากแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าด้วยวิธี SCS เป็นอัตราการไหลควบคุมด้านเหนือน้ำ และระดับน้ำที่สถานี Y.5 (อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร) เป็นระดับน้ำควบคุมด้านท้ายน้ำ โดยการจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าด้วยวิธี SCS ทั้งด้านเหนือน้ำและในลุ่มน้ำยมทั้งหมดได้อาศัยค่าพารามิเตอร์จากการศึกษาของ ธีรัฐ เทภาสิต (2542)

ตารางที่ 5 รายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำยม

ลำดับ ที่	สถานี วัดน้ำฝน	อำเภอ	จังหวัด	ข้อมูลปี พ.ศ.			ประเภท ข้อมูล
				2538	2539	2545	
1.	12012	อ.เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
2.	12022	อ.คลองขลุง	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
3.	12032	อ.พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
4.	12042	อ.ขาณุวรลักษบุรี	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
5.	12052	นิคมสร้างตนเอง ทุ่งโพทะเล	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
6.	12102	อ.ไตรงาม	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
7.	12141	อ.ลานกระบือ	กำแพงเพชร	✓	✓	✓	รายวัน
8.	16042	อ.สบปราบ	ลำปาง	✓	✓	✓	รายวัน
9.	16072	อ.เถิน	ลำปาง	✓	✓	✓	รายวัน
10.	16082	อ.แม่พริก	ลำปาง	✓	✓	✓	รายวัน
11.	16092	อ.งาว	ลำปาง	✓	✓	✓	รายวัน
12.	16102	สวนสัตว์ห้วยทาก อ.งาว	ลำปาง	✓	✓	✓	รายวัน
13.	16112	อ.วังเหนือ	ลำปาง	✓	✓	✓	รายวัน
14.	26022	อ.ชุมแสง	นครสวรรค์	✓	✓	✓	รายวัน
15.	28073	อ.ท่าวังผา	น่าน	✓	✓	✓	รายวัน
16.	28141	อากาศเกษตร น่าน	น่าน	✓	✓	✓	รายวัน
17.	28172	อ.สองแคว	น่าน	✓	✓	✓	รายวัน
18.	38022	อ.บางมูลนาก	พิจิตร	✓	✓	✓	รายวัน
19.	38032	อ.โพทะเล	พิจิตร	✓	✓	✓	รายวัน
20.	38052	อ.สามง่าม	พิจิตร	✓	✓	✓	รายวัน
21.	38062	อ.โพธิ์ประทับช้าง	พิจิตร	✓	✓	✓	รายวัน
22.	39022	อ.บางระกำ	พิษณุโลก	✓	✓	✓	รายวัน
23.	39062	อ.บางกระทุ่ม	พิษณุโลก	✓	✓	✓	รายวัน
24.	39072	อ.วัดโบสถ์	พิษณุโลก	✓	✓	✓	รายวัน
25.	40013	อ.เมืองแพร่	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สถานี วัดน้ำฝน	อำเภอ	จังหวัด	ข้อมูลปี พ.ศ.			ประเภท ข้อมูล
				2538	2539	2545	
26.	40022	อ.สูงเม่น	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
27.	40032	อ.ร้องกวาง	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
28.	40043	อ.สอง	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
29.	40052	อ.ลอง	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
30.	40062	อ.วังชิ้น	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
31.	40072	สวนสักห้วยไร่เขาพลึง อ.เด่นชัย	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
32.	40082	หน่วยป้องกันรักษาป่า ที่ พร. 15 อ.สอง	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
33.	40092	อ.เด่นชัย	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
34.	40111	แม่ยม (Y.20) อ.สอง	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
35.	40124	สวนป่าขุนแม่คำมี อ.ร้องกวาง	แพร่	✓	✓	✓	รายวัน
36.	59012	อ.เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
37.	59022	อ.ศรีสำชนาลัย	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
38.	59032	อ.สวรรคโลก	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
39.	59042	อ.กงไกรลาศ	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
40.	59062	อ.บ้านด่านลานหอย	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
41.	59072	อากาศเกษตรศรีสำโรง	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
42.	59082	อ.คีรีมาศ	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
43.	59092	อ.ทุ่งเสลี่ยม	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
44.	59121	แก่งหลวง (Y.6) อ.ศรีสำชนาลัย	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
45.	59131	ดอนระเบียง (Y.14) อ.ศรีสำชนาลัย	สุโขทัย	✓	✓	✓	รายวัน
46.	70032	อ.ลับแล	อุตรดิตถ์	✓	✓	✓	รายวัน
47.	70042	อ.พิชัย	อุตรดิตถ์	✓	✓	✓	รายวัน
48.	70062	อ.ท่าปลา	อุตรดิตถ์	✓	✓	✓	รายวัน

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สถานี วัดน้ำฝน	อำเภอ	จังหวัด	ข้อมูลปี พ.ศ.			ประเภท ข้อมูล
				2538	2539	2545	
49.	73012	อ.เมืองพะเยา	พะเยา	✓	✓	✓	รายวัน
50.	73022	อ.เชียงคำ	พะเยา	✓	✓	✓	รายวัน
51.	73032	อ.ปง	พะเยา	✓	✓	✓	รายวัน
52.	73062	อ.จุน	พะเยา	✓	✓	✓	รายวัน
53.	73082	อ.เชียงม่วน	พะเยา	✓	✓	✓	รายวัน

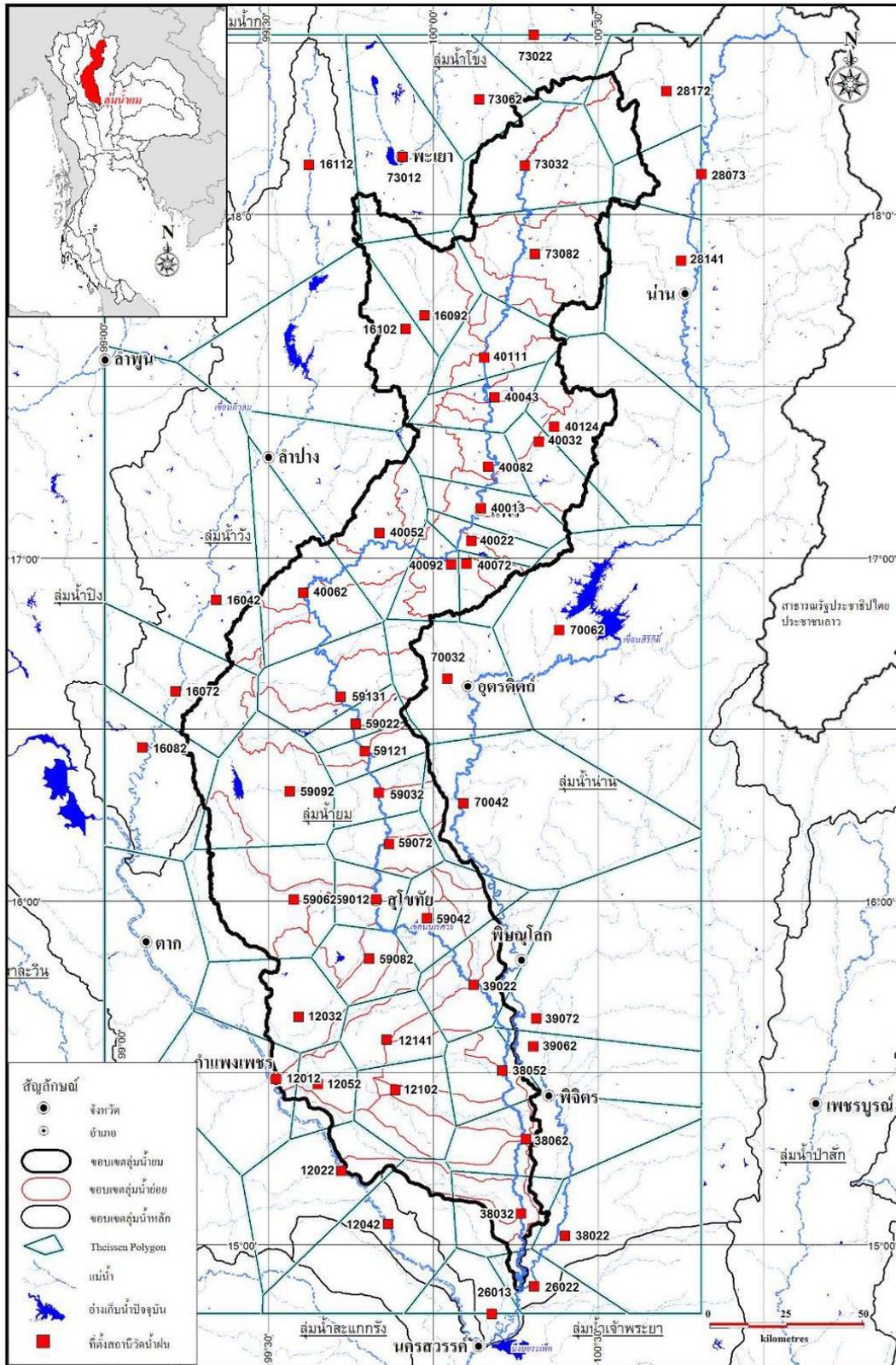
ที่มา: กรมชลประทาน (2545)

ตารางที่ 6 รายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองในกลุ่มน้ำยม

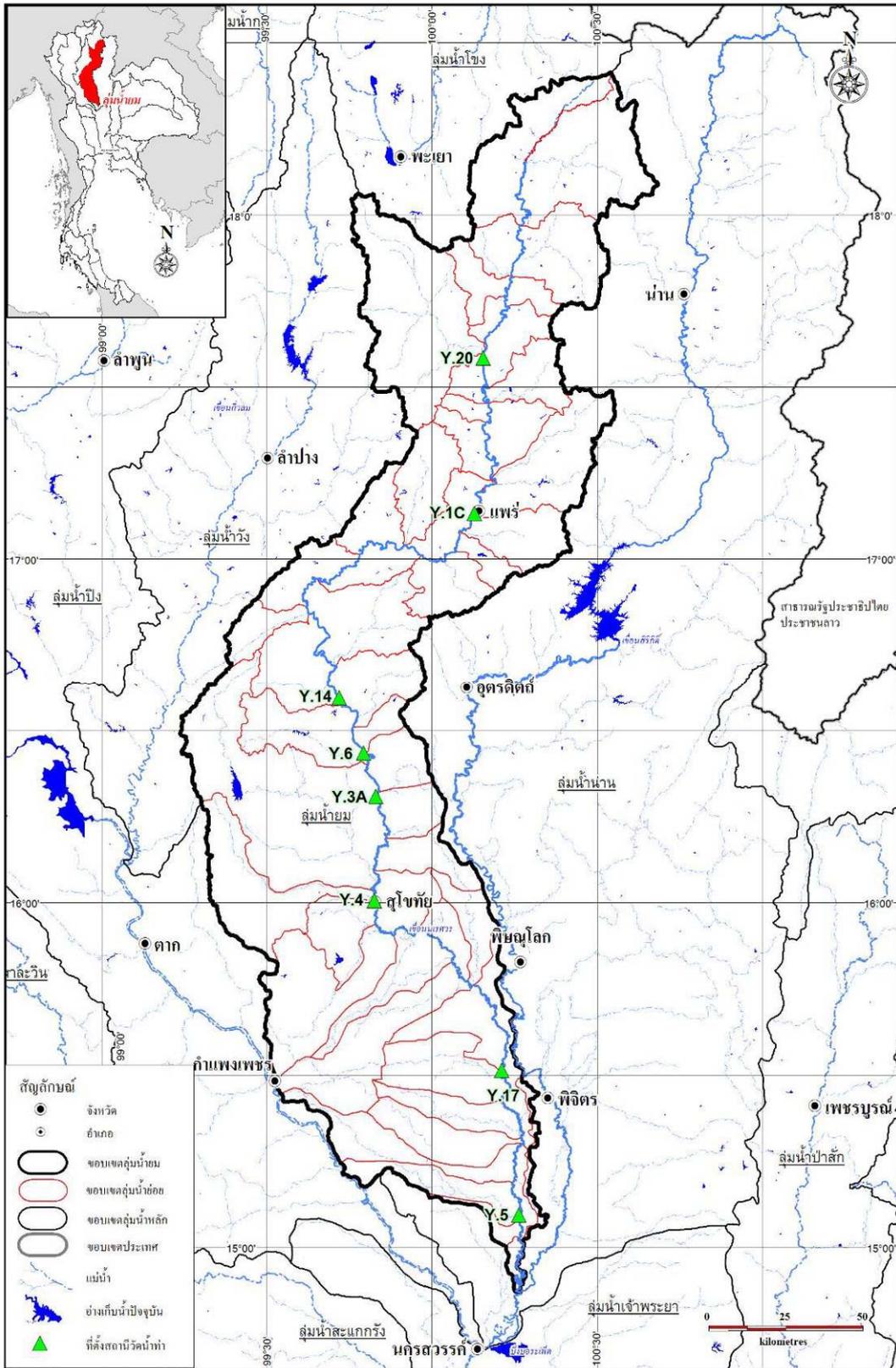
	สถานี วัดน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	พ.ศ.2538		พ.ศ.2539		พ.ศ.2545		ประเภท ข้อมูล
			(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
1.	บ้านจาวสัก อ.สอง จ.แพร่ (Y.20)	5,410	✓	✓	✓	✓	✓	✓	รายวัน
2.	บ้านน้ำโค้ง อ.เมือง จ.แพร่ (Y.1C)	7,624	✓	✓	✓	✓	✓	✓	รายวัน
3.	บ้านคอนระเบียง อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย (Y.14)	12,131	✓	✓	✓	✓	✓	✓	รายวัน
4.	บ้านแก่งหลวง อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย (Y.6)	12,658	✓	✓	✓	✓	✓	✓	รายวัน
5.	อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย (Y.3A)	13,583	✓	✓	✓	✓	✓	✓	รายวัน
6.	ตลาดธานี อ.เมือง จ.สุโขทัย (Y.4)	17,731	✓	✓	✓	✓	✓	—	รายวัน
7.	อ.สามง่าม จ.พิจิตร (Y.17)	21,415	✓	✓	✓	✓	✓	✓	รายวัน
8.	อ.โพทะเล จ.พิจิตร (Y.5)	22,344	✓	✓	✓	✓	✓	—	รายวัน

หมายเหตุ: (1) = ข้อมูลระดับน้ำ (2) = ข้อมูลอัตราการไหล

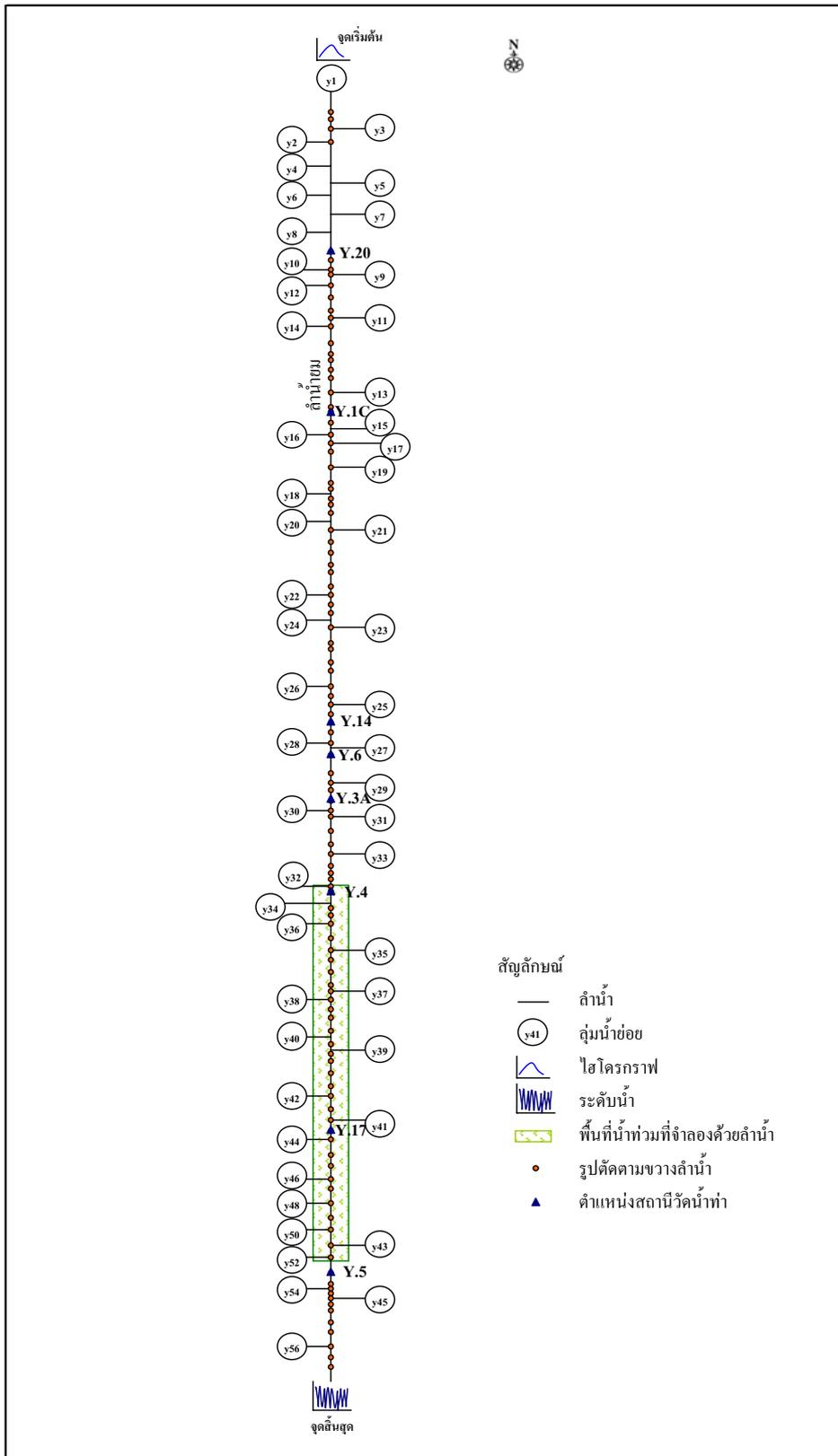
ที่มา: กรมชลประทาน



ภาพที่ 18 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและพื้นที่ที่หลายเหลี่ยม โดยวิธี Theissen Polygon



ภาพที่ 19 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง



ภาพที่ 21 แผนภูมิการจำลองกลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

2.2 การกำหนดรูปแบบการจำลองพื้นที่น้ำท่วม

การศึกษานี้เป็นการศึกษากรณีน้ำท่วมปี พ.ศ.2538 จากการศึกษาสภาพพื้นที่และการระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา ได้ทำการแบ่งการจำลองพื้นที่น้ำท่วมออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 พื้นที่น้ำท่วมที่มีลักษณะเป็นแอ่งหรือเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมขัง จะจำลองสภาพพื้นที่ด้วยอ่างเก็บน้ำ (reservoir unit) ในการจำลองต้องการข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก-พื้นที่น้ำท่วม

2.2.2 พื้นที่น้ำท่วมที่มีลักษณะเป็นแอ่งยาว จะจำลองสภาพพื้นที่โดยการต่อขยายหน้าตัดการไหลของคลองระบายสายหลักออกไปให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด แล้วจำลองด้วยการไหลในลำน้ำ (river unit) ในการจำลองต้องการข้อมูลระดับน้ำสูงสุดที่เคยเกิดขึ้น พื้นที่น้ำท่วมในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

3. การเปรียบเทียบแบบจำลอง

หลังจากสร้างแบบจำลองเสร็จแล้ว ต้องทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง ซึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง และค่าสัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกันน้ำ โดยการทดลองแทนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แล้วทำการตรวจสอบผลการคำนวณด้วยแบบจำลองเทียบกับสภาพที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งแนวการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งสองแสดงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแม่น้ำตามธรรมชาติ

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
1. แม่น้ำที่ไหลบนที่ราบลุ่ม			
1) ทางน้ำตรงและสะอาด	0.025	0.030	0.033
2) เหมือน 1) แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุม	0.030	0.035	0.040
3) ทางน้ำคดเคี้ยวและสะอาด มีแอ่งและหาดทรายใต้น้ำ	0.033	0.040	0.045
4) เหมือน 3) แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุมบ้าง	0.035	0.045	0.050
5) เหมือน 4) แต่มีระดับดิน รูปร่างไม่สม่ำเสมอ	0.040	0.048	0.055

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
6) เหมือน 4) แต่มีก้อนหินมาก	0.045	0.050	0.060
7) การไหลค่อนข้างช้า มีแอ่งลึก ปกคลุมด้วยวัชพืช	0.050	0.070	0.080
8) ปกคลุมด้วยวัชพืชมก มีแอ่งลึก ไม้ยืนต้นหนาแน่น	0.075	0.100	0.150
2. แม่น้ำที่ไหลจากหุบเขา			
1) ท้องน้ำประกอบด้วยกรวด ก้อนหินใหญ่บ้างเล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
2) ท้องน้ำประกอบด้วยกรวด ก้อนหินใหญ่มาก	0.040	0.050	0.070

ที่มา: Open Channel hydraulics Chow (1973)

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกั้นน้ำ

ชนิดและรายละเอียดของคันกั้นน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลล้น
1. กำแพงกั้นน้ำลักษณะตรง	1.85
2. คันกั้นน้ำลักษณะโค้ง	1.70
3. คันดินกั้นน้ำ	0-1.70

ที่มา: InfoWork RS user manual HR Wallingford (1995)

ก่อนทำการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องจะต้องทำการแบ่งช่วงลำน้ำและพื้นที่น้ำท่วมถึงสำหรับการเปรียบเทียบก่อน โดยสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ และสัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกั้นน้ำ ซึ่งแสดงดังสมการ

$$\text{สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง} = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{V} \quad (16)$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกั้นน้ำ} = \frac{\sqrt{(1-m)d^{0.67}}}{n\sqrt{DX}} \quad (17)$$

โดย R = ค่ารัศมีชลศาสตร์, ม.

- S = ความลาดชันท้องน้ำ
 V = ความเร็วการไหล, ม./วินาที
 d = ความลึกเฉลี่ยการไหล, ม.
 DX = ระยะระหว่างตำแหน่งการไหลล้นกับระดับพื้นดิน, ม.
 n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง
 m = โมดูลาลิมิต

จากสมการดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการแบ่งช่วงลำน้ำ ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ เช่น รูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวาง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความกว้าง ความลึก ความขรุขระของท้องน้ำ และความลาดชันของท้องน้ำ
- 2) รูปแปลนของลำน้ำหรือแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความคดเคี้ยวของลำน้ำ
- 3) สภาพการใช้ที่ดินบริเวณที่ราบน้ำท่วมและที่ราบน้ำท่วมถึง

นอกจากปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งและสัมประสิทธิ์การไหล ล้นกันกันน้ำแล้ว สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาอีกประการคือ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง หลังจากแบ่งช่วงลำน้ำสำหรับการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์แล้วจึงเริ่มทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนการเปรียบเทียบแบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ โดยมีรายละเอียดในการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 การเปรียบเทียบในขั้นการคำนวณการไหลด้วยวิธีการไหลแบบทรงตัวมัน (steady flow) ซึ่งผลที่ประมวลได้จากขั้นตอนการคำนวณด้วยวิธีการไหลแบบทรงตัวมันนี้ สามารถนำไปใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณการไหลด้วยวิธีการไหลแบบไม่ทรงตัวมัน (unsteady flow) ดังนั้นหากทำการเปรียบเทียบในขั้นตอนนี้ก่อน ก็สามารถให้ค่าเริ่มต้นในการคำนวณการไหลแบบไม่ทรงตัวมันที่ดี ซึ่งจะทำให้การประมวลผลลู่เข้า (convergence) ได้เร็วยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้หาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องได้เร็วยิ่งขึ้น ในการคำนวณด้วยวิธีการไหลแบบทรงตัวมัน จะไม่สามารถคำนวณการไหลเข้าสู่หน่วยของอ่างเก็บน้ำซึ่งใช้จำลองพื้นที่น้ำท่วมถึงได้ เนื่องจากวิธีการคำนวณนี้กำหนดให้ อัตรา

การไหล ความเร็วการไหล และระดับน้ำ มีค่าคงที่ เมื่อเทียบกับเวลา ซึ่งไม่สอดคล้องกับการคำนวณ การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นพารามิเตอร์หลักที่ต้องทำการปรับเทียบในขั้นตอนนี้คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง สำหรับการปรับเทียบนั้นสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนค่า อัตราการไหลที่ใช้ในการคำนวณแล้วปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง ซึ่งผลการ คำนวณที่ได้คือ ระดับน้ำที่แต่ละอัตราการไหล แล้วนำค่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าที่ ได้จากการบันทึก ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง จนกระทั่งผลที่ได้จากการ จำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการบันทึก การปรับเทียบในขั้นตอนนี้นอกจากจะทำให้ได้ค่า เริ่มต้นที่ดีสำหรับการคำนวณการไหลด้วยวิธีการไหลแบบไม่ทรงตัวมันแล้ว ยังเป็นการตรวจสอบ ความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการบันทึกและข้อมูลนำเข้า เช่น รูปตัดลำน้ำอีกด้วย

3.2 การปรับเทียบในขั้นการคำนวณการไหลด้วยวิธีการไหลแบบไม่ทรงตัวมัน (unsteady flow) โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง และค่าสัมประสิทธิ์การไหลล้นคันกัน น้ำ จนกระทั่งผลการคำนวณจากแบบจำลอง คือค่าอัตราการไหลและค่าระดับน้ำที่เวลาต่างๆ มีค่า ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการบันทึก แสดงว่าแบบจำลองสามารถจำลองสภาพการไหลได้ใกล้เคียงกับ สภาพที่เกิดขึ้นจริง

สำหรับเหตุการณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองการไหลในการศึกษานี้ ได้แก่ เหตุการณ์ ช่วงวันที่ 27 สิงหาคม ถึง 22 กันยายน พ.ศ.2538 ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำ จะ เปรียบเทียบค่าอัตราการไหลและค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการบันทึกตาม สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ที่กำหนด

4. การพิสูจน์แบบจำลอง

เพื่อพิสูจน์ว่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีความถูกต้อง โดยการนำ แบบจำลองไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปีอื่นๆ โดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการ ปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่วม โดย ใช้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงวันที่ 23 สิงหาคม ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2539

5. การวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความไวของค่าระดับน้ำ โดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งในช่วง 20% จะทำการวิเคราะห์ลำน้ำยมในช่วงลำน้ำที่ไม่มีอาคารชลศาสตร์ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำและอัตราการไหลตั้งอยู่ เพื่อตรวจสอบความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำ ก่อนตัดสินใจนำแบบจำลองไปใช้

6. การนำแบบจำลองไปใช้ในการศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในกลุ่มน้ำยม

จากสถิติข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำที่บันทึกไว้ที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในตารางที่ 9 พบว่าในปี พ.ศ.2538 ได้เกิดอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สุดในลุ่มน้ำยม รองลงมาคือ ปี พ.ศ.2545 และ 2539 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์คาบอุบัติการณ์เกิดอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้นในลำน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ พบว่าอัตราการไหลด้านท้ายน้ำมีขนาดลดลง เนื่องจากบริเวณท้ายน้ำตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงไปเป็นพื้นที่น้ำท่วมถึง ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลล้นตลิ่งทั้งสองฝั่ง ซึ่งไม่สามารถทำการตรวจวัดอัตราการไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึงได้ ทำให้อัตราการไหลด้านท้ายน้ำที่วัดได้ในลำน้ำสายหลักมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลด้านเหนือ

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์คาบอุบัติการณ์เกิดอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำนองสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่งที่ พิจารณา	ปริมาณน้ำนองสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)						ระดับน้ำนองสูงสุด (ม.รทก.)					
	พ.ศ. 2538	Tr (ปี)	พ.ศ. 2539	Tr (ปี)	พ.ศ. 2545	Tr (ปี)	พ.ศ. 2538	Tr (ปี)	พ.ศ. 2539	Tr (ปี)	พ.ศ. 2545	Tr (ปี)
1. อ.เมือง จ.แพร่ (Y.1C)	2,243.6	25	455.2	<2	1,153.4	3.7	155.2*	30	149.5	<2	152.0	4.7
2. อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย (Y.14)	2,341.5	12.5	700.0	<2	1,219.4	2.3	76.6	18	71.4	<2	73.9	3.8
3. อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย (Y.6)	2,275.9	13.5	723.7	<2	1,358.8	2.6	68.6*	15	64.5	<2	66.9	4.5
4. อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย (Y.3A)	1,139.4	3.5	785.2	<2	1,346.6	7.0	61.1*	6	59.1	<2	61.4*	7.7
5. อ.เมือง จ.สุโขทัย (Y.4)	330.6	3.7	325.7	3.4	-	-	50.1*	20	50.2*	24	-	-
6. อ.โพทะเล จ.พิจิตร (Y.5)	1,295.4	16	956.0	6.5	-	-	30.9*	8.5	30.4*	6.3	-	-

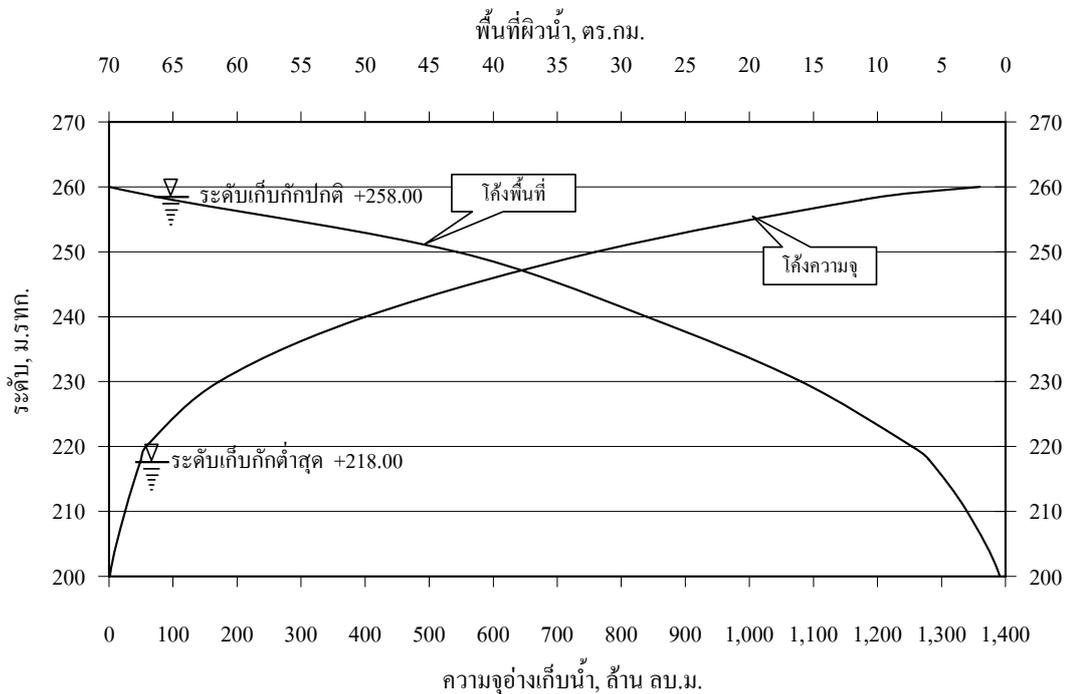
หมายเหตุ: *ระดับน้ำล้นตลิ่ง

จากการศึกษา พบว่าเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ.2538 อยู่ระหว่างรอบปีการเกิดซ้ำ 20-25 ปี ซึ่งประมาณได้ว่าเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ.2538 เป็นเหตุการณ์น้ำท่วมในรอบ 25 ปี และในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดให้เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2538 เป็นตัวแทนในการบริหารจัดการน้ำหลากในรอบ 25 ปี และเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2545 และ 2539 เป็นตัวแทนในการบริหารจัดการน้ำหลากในรอบ 5 และ 2 ปี ตามลำดับ โดยมีแนวทางการศึกษากรณีต่างๆ ดังนี้

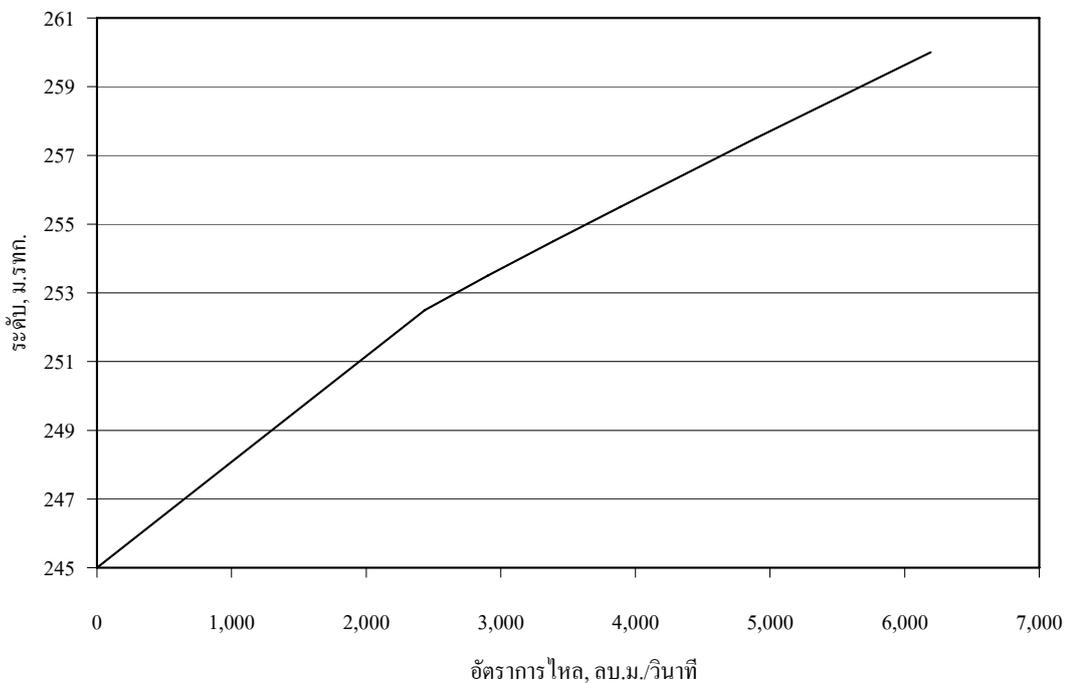
6.1 การพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำ

การพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่อยู่ในแผน ได้แก่ โครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น โดยมีตำแหน่งหางานอยู่ที่ตำบลสะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ เหนือจุดบรรจบแม่น้ำงาว เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์เพื่อการชลประทาน อุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม ในเขตพื้นที่จังหวัดแพร่ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน รวมทั้งเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยมตอนบนและตอนกลาง โดยตัวเขื่อนเป็นเขื่อนหินถมคาตคอนกรีต ความยาวสันเขื่อนประมาณ 520 เมตร มีพื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อน 3,583 ตร.กม. ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 930 ล้าน ลบ.ม./ปี ที่ระดับเก็บกักปกติ +258.0 ม.รทก. มีความจุอ่างเก็บน้ำ 1,175 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด +218.0 ม.รทก. มีความจุอ่างเก็บน้ำ 50 ล้าน ลบ.ม. ความจุใช้งานของอ่างเก็บน้ำ 1,125 ล้าน ลบ.ม. อัตราการระบายน้ำสูงสุดของอาคารระบายน้ำล้นเท่ากับ 5,355 ลบ.ม./วินาที และอัตราการระบายน้ำสูงสุดลงลำน้ำเดิมเท่ากับ 108 ลบ.ม./วินาที โดยโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงในภาพที่ 22 และโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับและอัตราการระบายออกของอาคารระบายน้ำล้น แสดงในภาพที่ 23

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้น้ำในฤดูแล้งและลดผลกระทบที่อาจจะเกิดในช่วงฤดูฝน เนื่องจากปริมาณน้ำหลากทั้งในพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำและพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำยม จึงได้กำหนดระดับควบคุมการระบายน้ำ (Rule Curve) ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้นในแต่ละเดือน คือ กำหนดระดับควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ที่ระดับ +248.0 ม.รทก. โดยมีระดับควบคุมน้ำหลากในช่วงปลายฤดูฝนเดือนพฤศจิกายนที่ระดับ +258.0 ม.รทก. รายละเอียดแสดงในตารางที่ 10 และภาพที่ 24



ภาพที่ 22 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น
ที่มา: กรมชลประทาน (2544)



ภาพที่ 23 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับและอัตราการระบายออกของอาคารระบายน้ำล้น
ที่มา: กรมชลประทาน (2544)

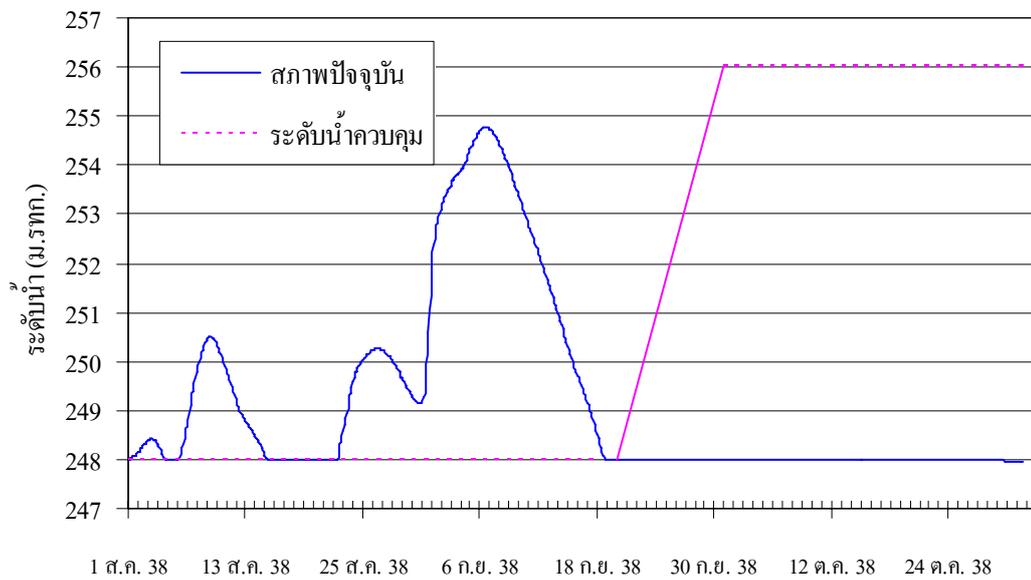
จากการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น (โครงการแก่งเสือเต้น จังหวัดแพร่, 2544) ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ช่วงเวลาดังแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2538 โดยกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นเมื่อต้นเดือนสิงหาคมไว้ที่ระดับ +248.00 ม.รทก. โดยมีอัตราการระบายออกควบคุมปริมาณน้ำที่อำเภอเมืองแพร่ ไว้ที่ประมาณ 621 ลบ.ม./วินาที ที่ระดับ +150.20 ม.รทก. ซึ่งเป็นระดับวิกฤตที่น้ำในแม่น้ำยมมีแนวโน้มที่จะล้นตลิ่ง ถ้าอัตราการไหลเกินกว่านี้อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้นจะเก็บกักน้ำเอาไว้ตามความจุอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่ ทั้งนี้เพื่อบรรเทาสภาพน้ำท่วมที่อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ และจะเริ่มระบายออกอีกครั้งเมื่ออัตราการไหลในแม่น้ำยมลดลงต่ำกว่า 621 ลบ.ม./วินาที จากผลการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น สามารถบรรเทาสภาพน้ำท่วมบริเวณด้านท้ายอ่างเก็บน้ำได้เป็นอย่างดี และเมื่อพิจารณากราฟน้ำหลากที่ไหลเข้าและระบายออกพบว่าสามารถลดอัตราการไหลในช่วงที่เกิดน้ำหลากลงได้มาก จากปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุด 2,500 ลบ.ม./วินาที ลดลงเหลือปริมาณน้ำไม่เกิน 500 ลบ.ม./วินาที ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการไหลที่อำเภอเมืองแพร่ได้

ในการเปรียบเทียบกรณีไม่มีและมีอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น จะใช้อัตราการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้นเป็นข้อมูลด้านเข้าที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำของแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 25 โดยมีแผนภูมิการจำลองแบบการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำแสดงในภาพที่ 26

ตารางที่ 10 ระดับควบคุมการระบายน้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น

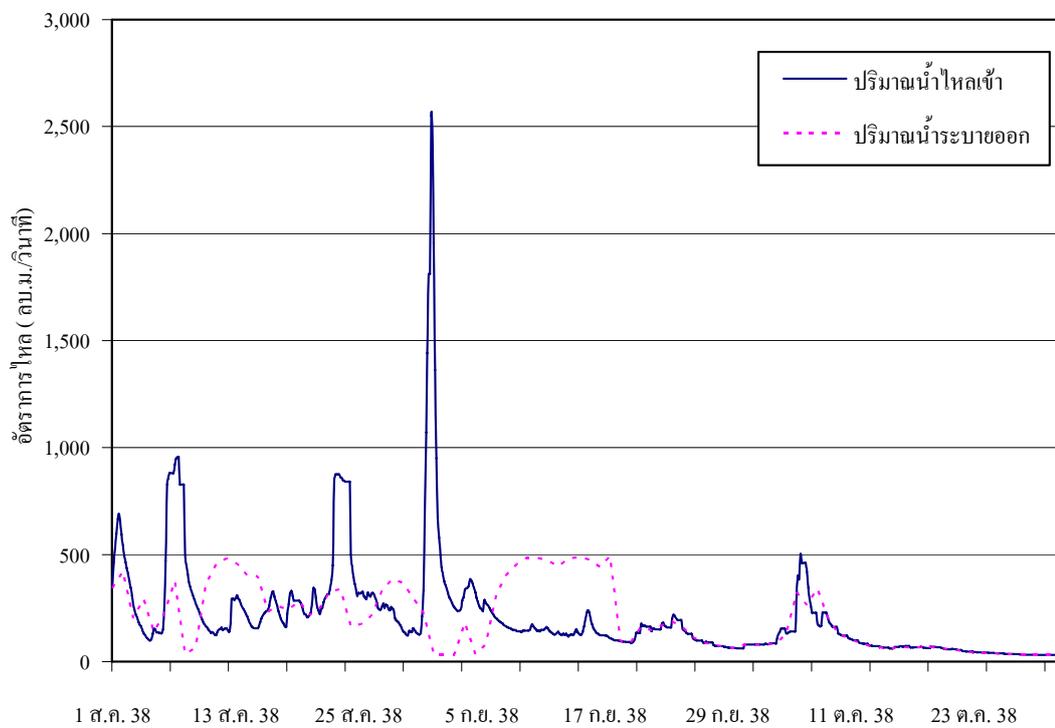
เดือน	ระดับอ่าง ฯ (ม.รทก.)	ความจุอ่าง ฯ (ล้าน ลบ.ม.)	เดือน	ระดับอ่าง ฯ (ม.รทก.)	ความจุอ่าง ฯ (ล้าน ลบ.ม.)
มกราคม	+257.0	1,116.66	กรกฎาคม	+248.0	665.00
กุมภาพันธ์	+256.0	1,058.33	สิงหาคม	+248.0	665.00
มีนาคม	+255.0	1,002.08	กันยายน	+248.0	665.00
เมษายน	+253.0	900.00	ตุลาคม	+256.0	1,058.33
พฤษภาคม	+251.0	805.00	พฤศจิกายน	+258.0	1,188.66
มิถุนายน	+250.0	760.00	ธันวาคม	+257.5	1,145.83

ที่มา: กรมชลประทาน (2544)



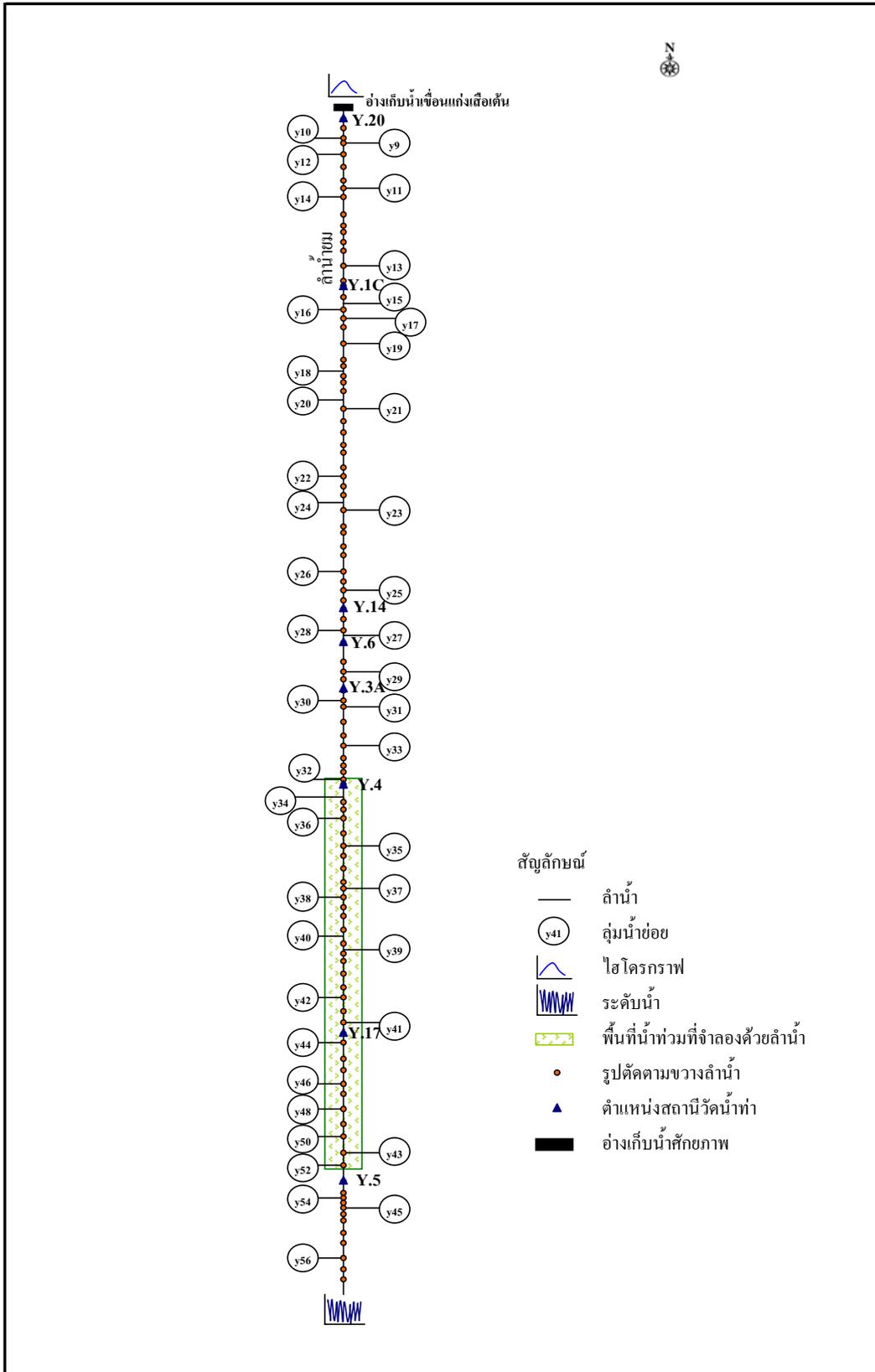
ภาพที่ 24 ระดับน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น เมื่อมีการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่กำหนดใหม่

ที่มา: กรมชลประทาน (2544)



ภาพที่ 25 การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น

ที่มา: กรมชลประทาน (2544)



ภาพที่ 26 แผนภูมิการจำลองแบบการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำ

6.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยมตอนล่าง

ปัจจุบันในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำโดยการขยายความกว้างลำน้ำที่มีชุมชนอาศัยอยู่ตลอดริมฝั่งทั้งสองข้างนั้นค่อนข้างลำบาก จึงทำได้เพียงการขุดลอกแม่น้ำยมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำเท่านั้น และเนื่องจากในปัจจุบันมีโครงการที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จอยู่หลายโครงการด้วยกัน ซึ่งทำให้สภาพการเกิดน้ำหลากในปัจจุบันเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นในการวิเคราะห์สภาพการเกิดน้ำหลากด้วยแบบจำลองจะวิเคราะห์ในส่วนของโครงการที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จด้วยดังนี้

1) โครงการปรับปรุงแม่น้ำยมสายเก่า เป็นการขุดลอกแม่น้ำยมสายเก่า ซึ่งเป็นลำน้ำธรรมชาติทางด้านฝั่งซ้ายของแม่น้ำยม ปากคลองเริ่มที่บ้านป่ากุมเกาะ ตำบลป่ากุมเกาะ อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดสุโขทัย และไหลไปรวมกับคลองแม่มที่ตำบลกกแรต อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดพิษณุโลก โดยการปรับปรุงให้ก้นคลองกว้าง 25-40 ม. ระยะทาง 88.43 กม. ระบายน้ำได้สูงสุด 240 ลบ.ม./วินาที

2) โครงการปรับปรุงแม่น้ำยม โดยการปรับปรุงแม่น้ำยมตั้งแต่ตำบลยางซ้าย อำเภอเมืองสุโขทัย จนถึงตำบลท่าฉนวน อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย ระยะทาง 25.80 กม. โดยขุดลอกให้มีขนาดท้องน้ำกว้าง 15-30 ม. ลึก 8.00 ม. มีความสามารถระบายน้ำได้สูงสุดเพิ่มจากเดิม 350 ลบ.ม./วินาที เป็น 420 ลบ.ม./วินาที

3) โครงการปรับปรุงคลองชักน้ำแม่น้ำยมฝั่งขวา ระยะที่ 1 เป็นการขุดลอกคลองธรรมชาติที่อยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำยม โดยการขุดลอกให้ต่อเชื่อมถึงกันตั้งแต่คลองธรรมชาติเหนือปตร.แม่น้ำยม และต่อเนื่องมาจนถึงคลองแม่มอก เนื่องจากการขุดลอกคลองธรรมชาติดังกล่าวไม่มีแบบรายละเอียดที่ชัดเจน ดังนั้นในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองจึงได้กำหนดให้คลองธรรมชาติสามารถผันน้ำได้สูงสุดประมาณ 100 ลบ.ม./วินาที

4) โครงการปรับปรุงคลองระบายน้ำ DR.15.8 เป็นการผันน้ำจากแม่น้ำยมมายังแม่น้ำน่านในเขตอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยมีความสามารถในการระบายน้ำได้สูงสุด 100 ลบ.ม./วินาที

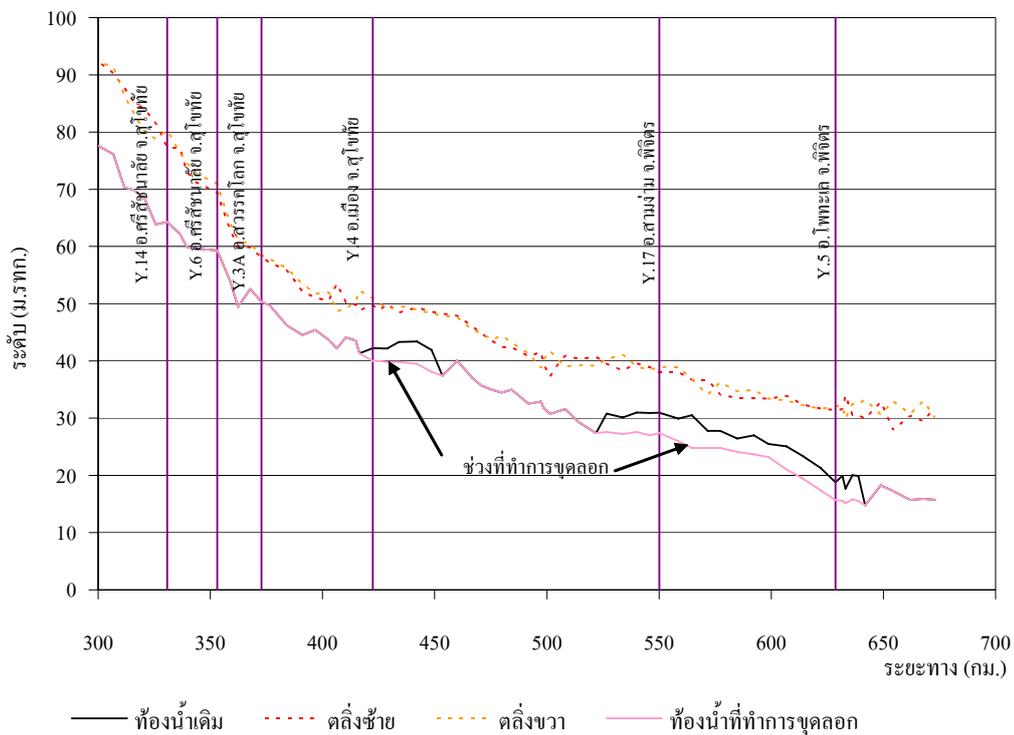
5) โครงการปรับปรุงคลองระบายน้ำ DR.2.8 เป็นการผันน้ำจากแม่น้ำยมมายังแม่น้ำน่านในเขตจังหวัดพิจิตร มีความสามารถในการระบายน้ำได้สูงสุด 300 ลบ.ม./วินาที

6) โครงการปรับปรุงคลองผันน้ำแม่น้ำยม-แม่น้ำน่าน บริเวณตั้งแต่ ปตร.คลองหกบาท-คลองวังตาล้อ-จุดเชื่อมคลองน้ำไหล-คลองกล้วย-คลองละมุง-ท้ายสะพานอำเภอพิชัย เป็นการปรับปรุงลำน้ำธรรมชาติเพื่อผันน้ำจากแม่น้ำยมไปยังแม่น้ำน่าน ระยะทาง 27.20 กม. ระบายน้ำได้สูงสุด 100 ลบ.ม./วินาที

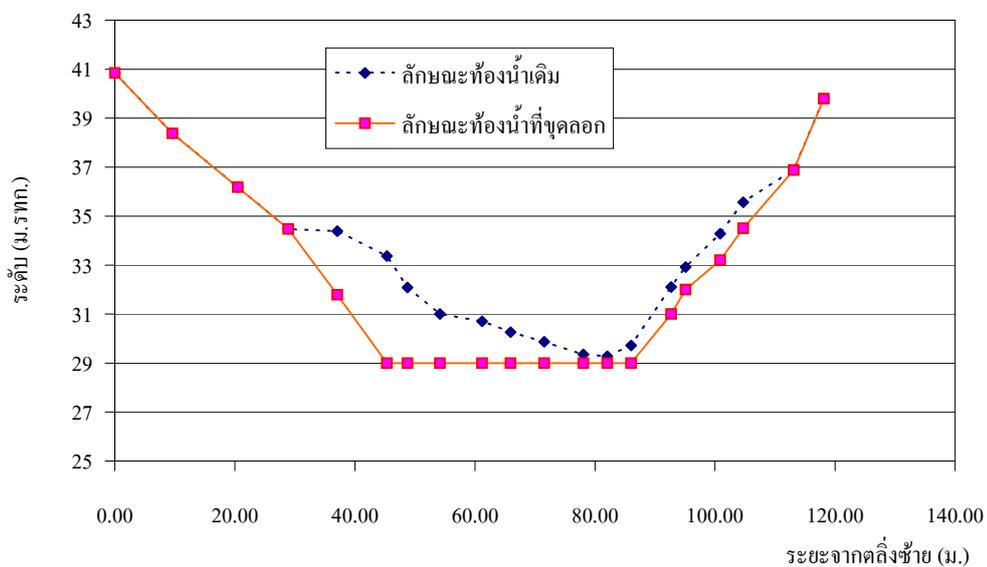
จากการพิจารณาโครงการที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ จึงได้กำหนดแนวทางที่ใช้ในการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำโดยการขุดลอกแม่น้ำยมบริเวณช่วงตั้งแต่ท้าย ปตร.วังอิทก ตำบลวังอิทก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ลงไปทางด้านท้ายน้ำจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำน่าน ระยะทางประมาณ 155 กม. ซึ่งกำหนดให้การขุดลอกลำน้ำมีความกว้างก้นคลองประมาณ 20 เมตร ลาดด้านข้าง 1:2 ลึกประมาณ 2-5 เมตร ซึ่งสภาพท้องน้ำเดิมและท้องน้ำที่จะขุดลอกของแม่น้ำยมแสดงในภาพที่ 27 โดยมีแผนภูมิการจำลองแบบการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยมตอนล่างแสดงในภาพที่ 28

6.3 การพัฒนาพื้นที่แก้มลิง

แนวทางในการบรรเทาอุทกภัยโดยการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง เพื่อเป็นการเก็บกักน้ำและชะลอน้ำในฤดูน้ำหลาก และนำน้ำที่เก็บไว้ไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่โดยรอบในช่วงฤดูแล้งได้ โดยการผันน้ำเข้าไปเก็บกักในพื้นที่แก้มลิง กำหนดให้สามารถเก็บกักน้ำได้เต็มความจุของแก้มลิงซึ่งได้พิจารณาแก้มลิง 2 แห่ง คือ แก้มลิงทะเลหลวง ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย โดยมีความจุ 32 ล้าน ลบ.ม. และแก้มลิงบางระกำ ตั้งอยู่ที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยมีความจุ 50 ล้าน ลบ.ม. ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งแก้มลิงในภาพที่ 11 และ ใ้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิว ของพื้นที่แก้มลิงทะเลหลวงและพื้นที่แก้มลิงบางระกำ แสดงในภาพที่ 29 และ 30 ตามลำดับ โดยมีแผนภูมิการจำลองแบบการพัฒนาพื้นที่แก้มลิงแสดงในภาพที่ 31



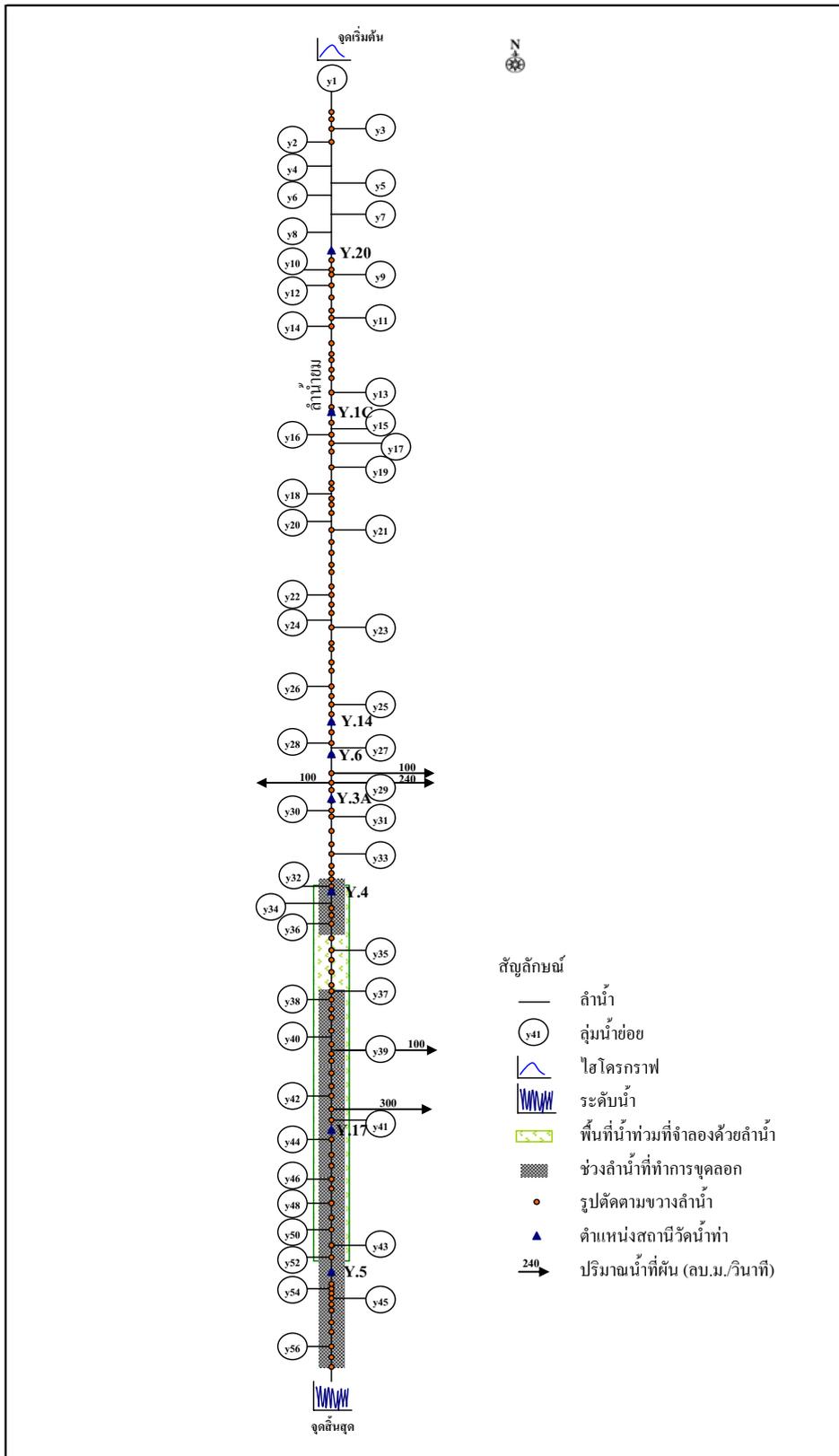
ระยะทางที่ทำการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยม



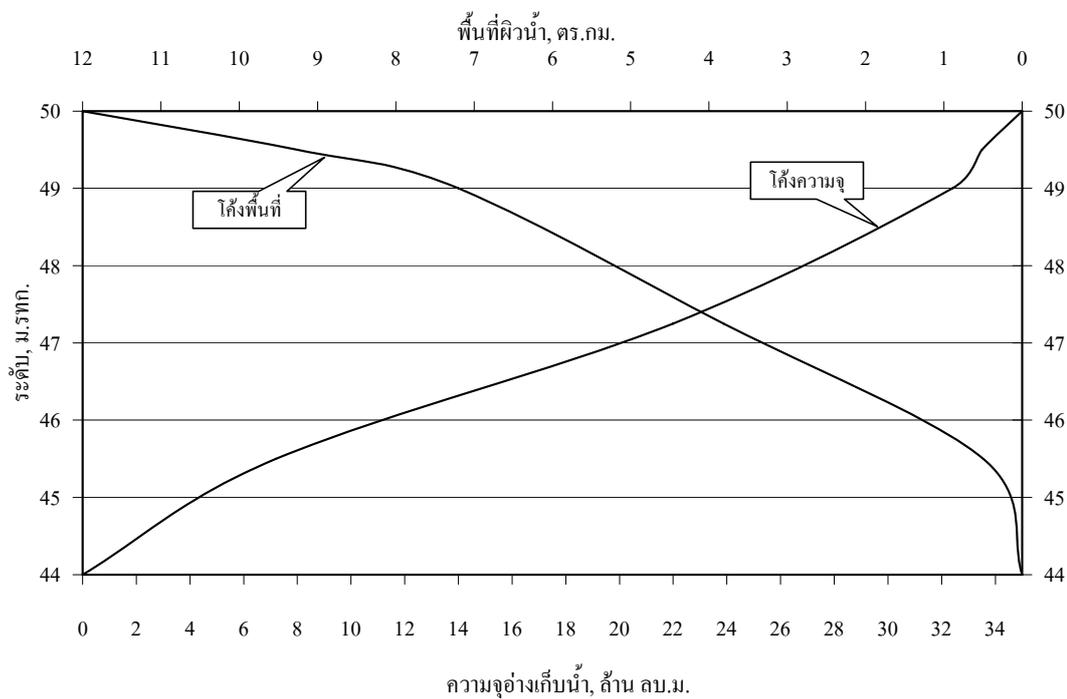
ลักษณะการขุดลอก

ภาพที่ 27 การปรับปรุงขุดลอกลำน้ำยม

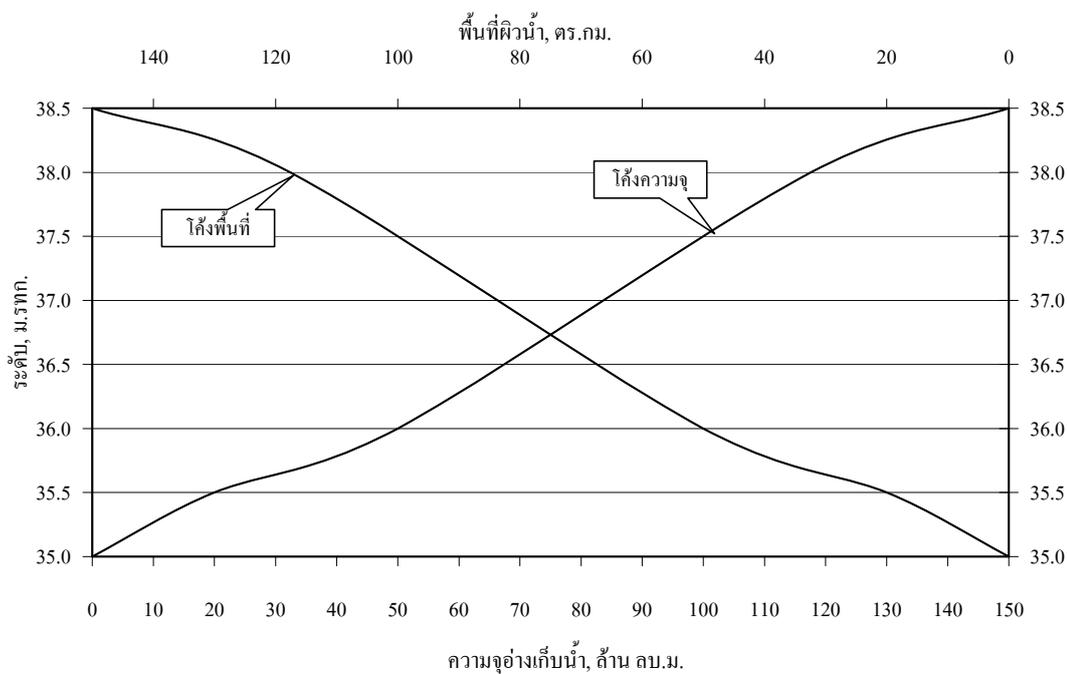
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)



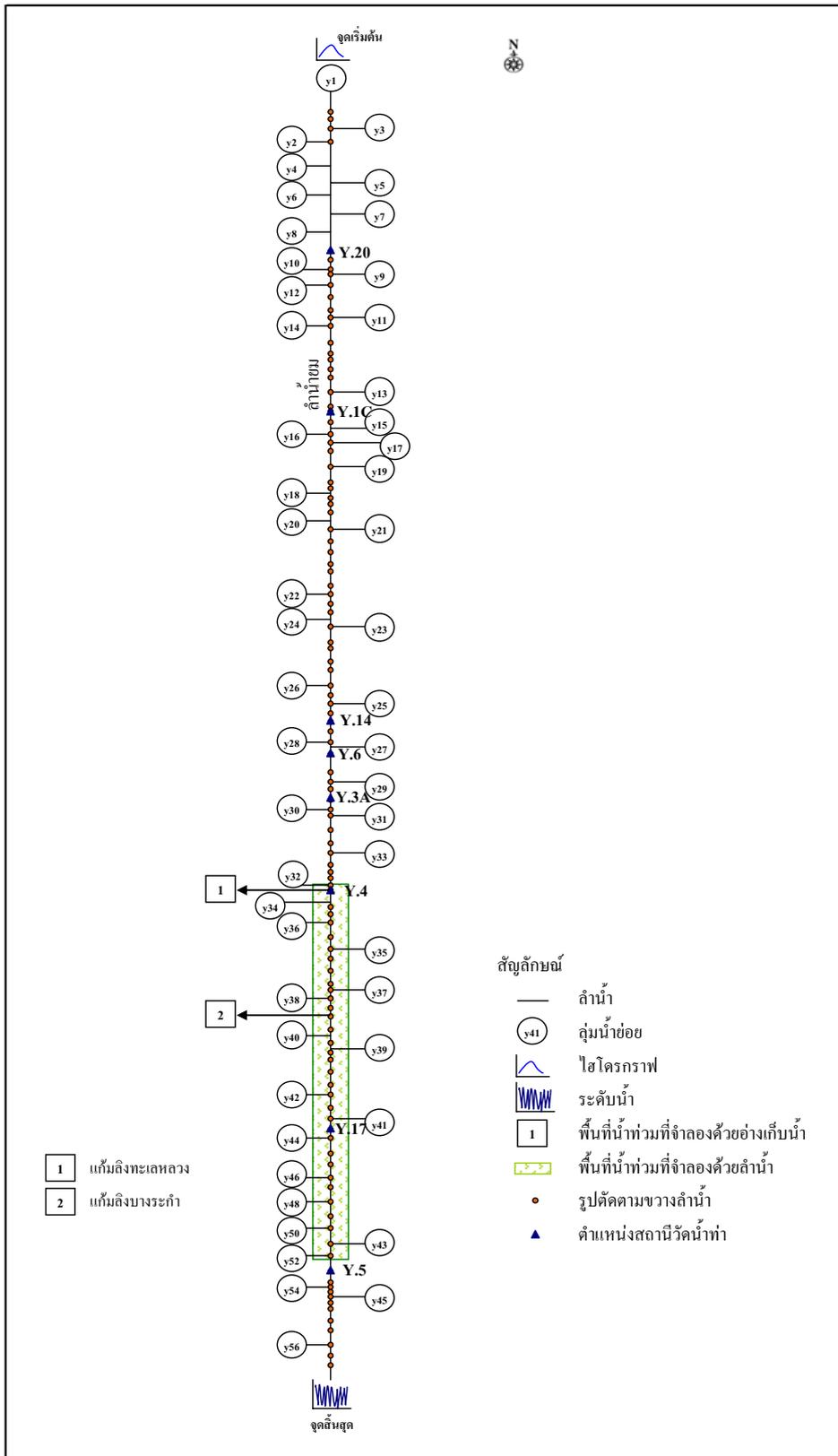
ภาพที่ 28 แผนภูมิการจำลองแบบการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยมตอนล่าง



ภาพที่ 29 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิว ของพื้นที่แก้มลิงทะเลหลวง
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)



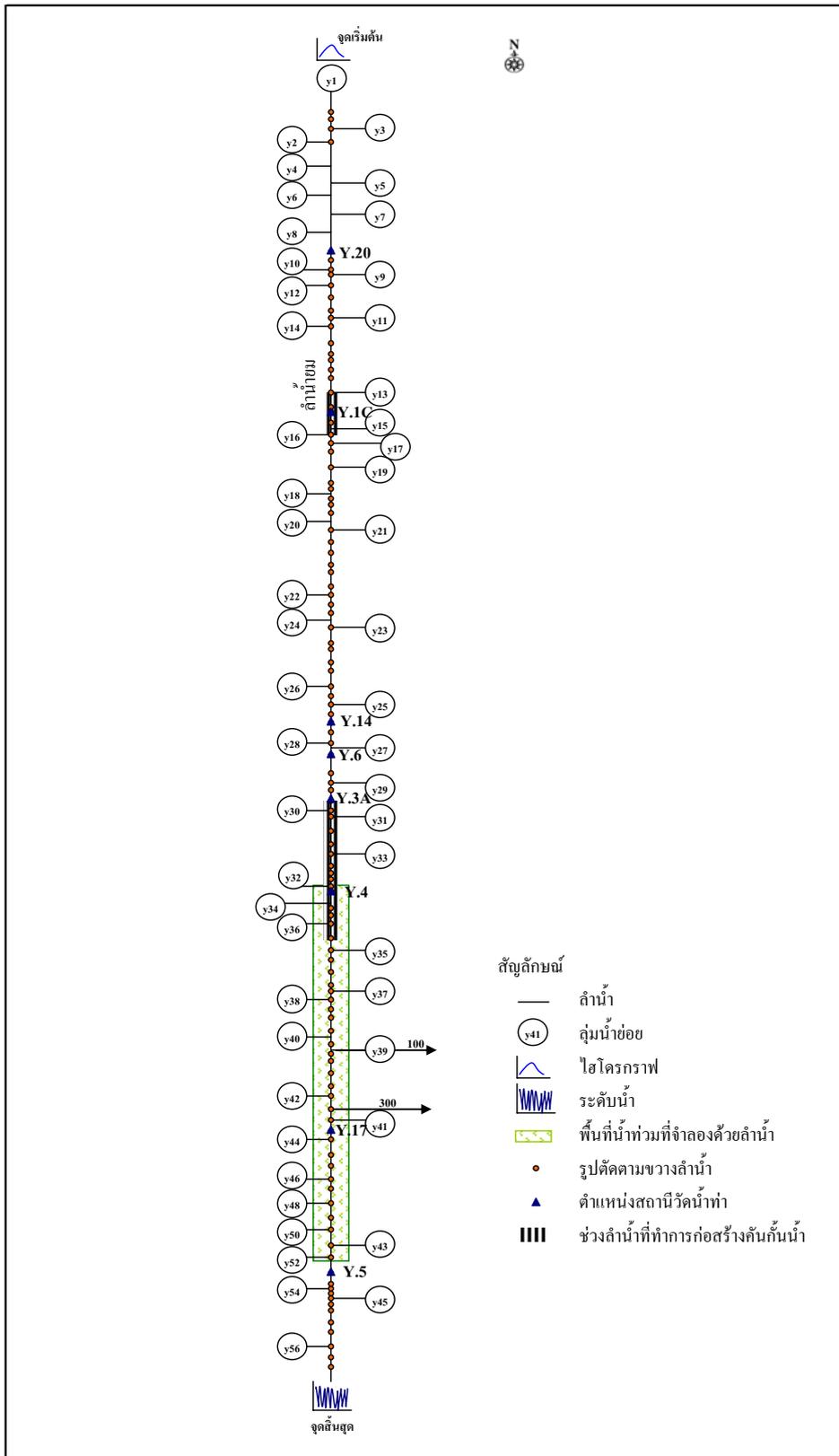
ภาพที่ 30 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ-ปริมาตร-พื้นที่ผิว ของพื้นที่แก้มลิงบางระกำ
ที่มา: กรมชลประทาน (2549)



ภาพที่ 31 แผนภูมิการจำลองแบบการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง

6.4 การก่อสร้างคันกั้นน้ำ

แนวทางในการบรรเทาอุทกภัย โดยการก่อสร้างคันกั้นน้ำเพื่อปิดล้อมพื้นที่เมือง และพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำจากภายนอกไหลบ่าเข้าพื้นที่ โดยพิจารณาการก่อสร้างคันกั้นน้ำปิดกั้นพื้นที่ชุมชนเมืองที่สำคัญต่างๆ ที่ตั้งอยู่ริมน้ำ ได้แก่ ชุมชนเมืองแพร์ ชุมชนเมืองสุโขทัย และชุมชนสวรรคโลก โดยทำการก่อสร้างคันกั้นน้ำให้มีความสูงประมาณ 0.5-2.0 เมตร ตลอดแนว 2 ฟันลำน้ำรอบชุมชนเมือง และจำกัดปริมาณน้ำให้ไหลเฉพาะในแม่น้ำโดยไม่ให้ล้นคันกั้นน้ำตลอดแนวที่ก่อสร้างคันกั้นน้ำ โดยมีแผนภูมิการจำลองแบบการก่อสร้างคันกั้นน้ำแสดงในภาพที่ 32



ภาพที่ 32 แผนภูมิการจำลองแบบการก่อสร้างคันกันน้ำ

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาสภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำยม

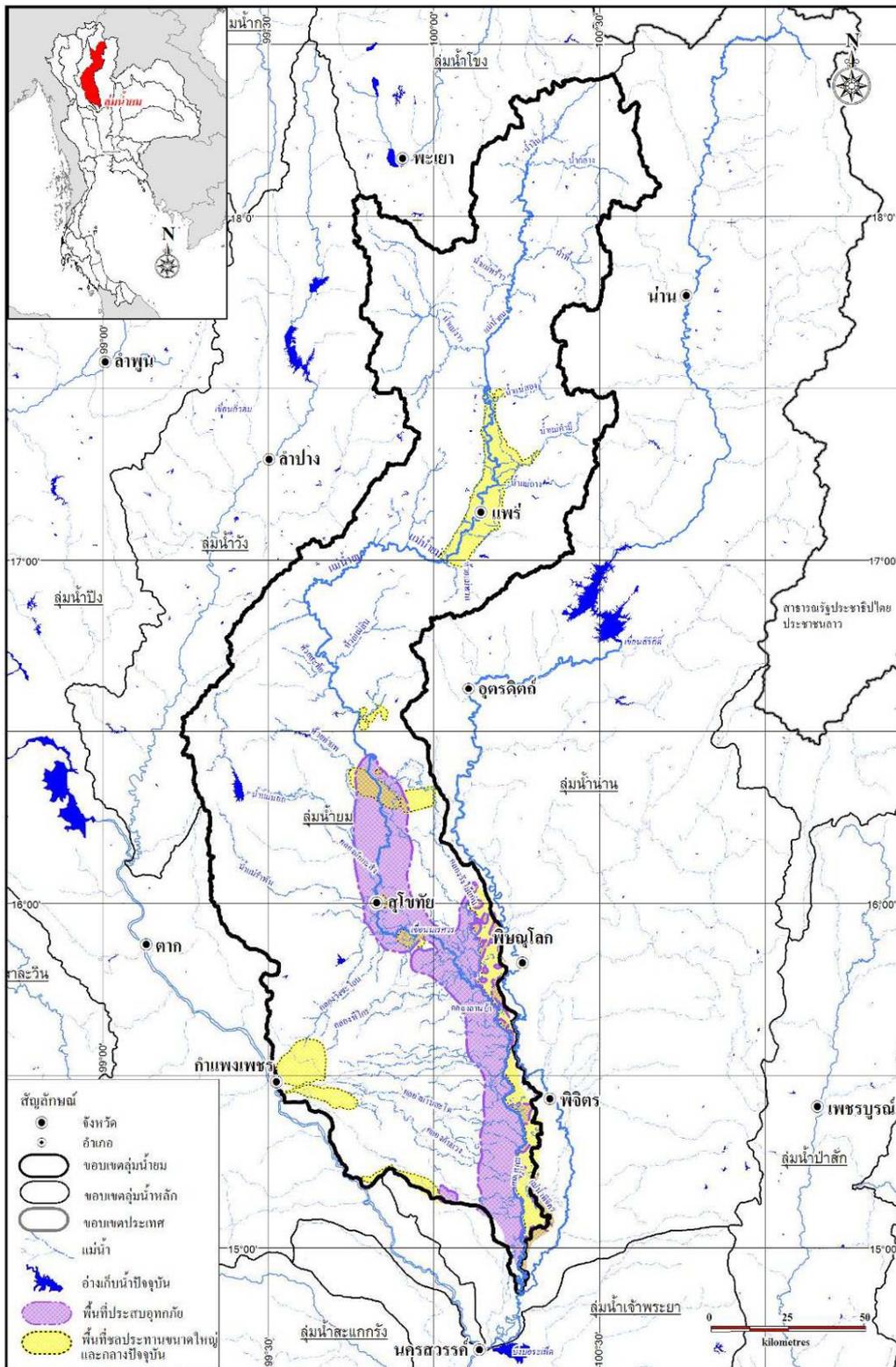
สภาพการไหลในขณะเกิดอุทกภัยของแม่น้ำยม มีลักษณะที่แตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศที่แม่น้ำไหลผ่าน ดังนี้

1) แม่น้ำช่วงที่ไหลผ่านร่องเขา ลักษณะการไหลของน้ำในช่วงนี้มีลักษณะค่อนข้างเฉียว มีความเร็วการไหลสูง เนื่องจากท้องน้ำมีความลาดชันมาก ได้แก่ แม่น้ำยมช่วงที่ไหลผ่านร่องเขาบริเวณรอยต่อระหว่างอำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ กับอำเภอศรีสาขาสัย จังหวัดสุโขทัย ลักษณะการท่วมจะแผ่ออกตามร่องเขานานกับแม่น้ำเป็นพื้นที่แคบๆ ระยะเวลาที่น้ำท่วมไม่นานมาก อีกทั้งในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวไม่มีชุมชนหนาแน่นตั้งอยู่ จึงไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากนัก

2) แม่น้ำช่วงที่ไหลผ่านที่ราบลุ่ม สภาพปกติลักษณะการไหลของแม่น้ำในช่วงนี้ค่อนข้างราบเรียบ และจะมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีน้ำหลาก แต่ความเร็วของน้ำไม่สูงมากนัก เนื่องจากความลาดชันของท้องน้ำค่อนข้างราบ เมื่อมีน้ำหลากในปริมาณมากไหลผ่านแม่น้ำช่วงนี้ น้ำจะชะลอการไหลลงและเอ่อล้นตลิ่ง 2 ฟังแม่น้ำ ฝั่งเข้าท่วมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ได้แก่ แม่น้ำยมช่วงที่ไหลผ่านที่ราบลุ่มในเขตจังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำ โดยพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2538 ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม แสดงในภาพที่ 33

จากการศึกษาสภาพน้ำท่วมในปี พ.ศ.2538 พบว่าการสร้างแหล่งเก็บกักน้ำบริเวณต้นน้ำ จะช่วยบรรเทาอุทกภัยให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำทางตอนบน ส่วนการพัฒนาพื้นที่แก้มลิงจะช่วยบรรเทาอุทกภัยให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำทางตอนล่าง โดยแก้มลิงจะทำหน้าที่

1) ช่วงเริ่มเก็บกักน้ำถึงเก็บกักน้ำเต็มความจุของแก้มลิง ในช่วงนี้แก้มลิงจะทำหน้าที่เป็นเสมือนทุ่งเก็บกักน้ำ (natural retention) คือหากไม่มีการระบายน้ำผ่านประตูระบายน้ำที่ควบคุมการระบายน้ำออกจากแก้มลิง ปริมาณน้ำท่วมที่ไหลล้นคันกั้นน้ำเข้ามาในแก้มลิงจะสามารถเก็บกักไว้ได้ทั้งหมด



ภาพที่ 33 พื้นที่ประสบอุทกภัยในกลุ่มน้ำยมปี พ.ศ.2538

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

2) ช่วงหลังจากเก็บกักน้ำเต็มความจุของแก้มลิง ในช่วงนี้แก้มลิงจะทำหน้าที่เป็นเสมือนที่ชะลอน้ำ (retarding basin) คือ ไม่สามารถเก็บกักปริมาณน้ำท่วมที่ไหลล้นคันกั้นน้ำเข้ามาไว้ในแก้มลิงได้ แต่สามารถช่วยชะลอการไหล ทำให้ปริมาณน้ำท่วมส่วนที่ไหลล้นเข้ามา มีการเคลื่อนตัวสู่ด้านท้ายน้ำช้าลง

2. ผลการจำลองสภาพน้ำท่วมของกลุ่มน้ำยมและการปรับเทียบแบบจำลอง

2.1 ผลการสร้างแบบจำลอง

การจำลองสภาพน้ำท่วมในกลุ่มน้ำยมในปี พ.ศ. 2538 ด้วยแบบจำลอง InfoWork RS มีองค์ประกอบดังนี้

- 1) ลำน้ำสายหลัก
- 2) พื้นที่น้ำท่วมถึง (Flood Plain) และพื้นที่น้ำท่วม (Flood Area)
- 3) การไหลล้นตลิ่งและการไหลล้นคันกั้นน้ำ

แม้ว่าแบบจำลอง InfoWork RS จะมีองค์ประกอบที่สามารถจำลองระบบแม่น้ำต่างๆ ได้ค่อนข้างสมบูรณ์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลบางประการทำให้การจำลองสภาพน้ำท่วมในพื้นที่กลุ่มน้ำยมในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ทุกองค์ประกอบ โดยมีสาเหตุจาก

1) จากขอบเขตการศึกษาที่ไม่ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยาในการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าด้วยวิธี SCS ซึ่งได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมาเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง อีกทั้งข้อมูลที่ใช้ในการหาปริมาณฝนกลุ่มน้ำโดยวิธี Thiessen Polygon เป็นข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ซึ่งข้อมูลลักษณะรายวัน จะมีความละเอียดไม่เพียงพอต่อการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากพายุฝนในกลุ่มน้ำสาขาที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก และยังสามารถเกิดจากความคลาดเคลื่อนของเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจากพายุฝนลูกหนึ่งๆ ได้ เป็นสาเหตุให้แบบจำลองเกิดการคลาดเคลื่อนได้

2) แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าด้วยวิธี SCS ซึ่งเป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรเหมารวม (Lumped) มีข้อจำกัดในเรื่องการพิจารณาการระเหยของน้ำในผิวดิน กรณีที่ฝนไม่ได้

ตกต่อเนื่องกันตลอดช่วงเวลาของการจำลองเหตุการณ์ เพราะเมื่อมีวันที่ฝนไม่ตกอยู่ในช่วงเหตุการณ์ที่ใช้จำลองแบบ แบบจำลองจะไม่สามารถประเมินปริมาณน้ำในดินที่จะสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยไปในช่วงวันดังกล่าวได้

3) ข้อมูลสภาพพื้นที่ภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำไม่ได้สำรวจในปี พ.ศ.2538 ทั้งหมด และข้อมูลที่รวบรวมได้ส่วนมากไม่ได้ทำการสำรวจในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ.2538 และการสำรวจรูปตัดลำน้ำของแม่น้ำต่างๆ ไม่ได้ทำในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน จึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในเรื่องของระดับน้ำท่วมได้

4) ระยะห่างของข้อมูลรูปตัดทางน้ำมีระยะห่างค่อนข้างมากทำให้เกิดปัญหาในการจำลองสภาพการไหลล้นจากแม่น้ำเข้าสู่พื้นที่น้ำท่วม เพราะระดับของตลิ่งจากรูปตัดด้านเหนือน้ำถึงหน้าตัดถัดลงมาด้านท้ายน้ำ มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้ข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่หน่วยของการไหลล้นค่อนข้างหยาบ มีผลให้การคำนวณปริมาณน้ำไหลล้นดังกล่าวอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ โดยในการจำลองได้ทำการปรับสภาพหน่วยของการไหลล้นให้สามารถตอบสนองได้ใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นในธรรมชาติให้มากที่สุด ซึ่งจากเหตุดังกล่าวทำให้โปรแกรมมีความอ่อนไหวสูงในการคำนวณเพื่อประมวลผล และการปรับสภาพต่างๆ ของแบบจำลอง

5) ความไม่แน่นอนของข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลที่ได้จากการบันทึกที่สถานีวัดน้ำต่างๆ ซึ่งข้อมูลอัตราการไหล ณ เวลาต่างๆ ของสถานีวัดน้ำเกิดจากการอ่านค่าระดับน้ำแล้วนำไปอ่านค่าอัตราการไหลจากโค้งระดับน้ำ-อัตราการไหล ของสถานีนั่นๆ โดยเส้นโค้งดังกล่าวได้จากการสำรวจรูปตัดทางน้ำในบริเวณที่ตั้งสถานี ที่มีขอบเขตการสำรวจบนตลิ่งของแม่น้ำที่แตกต่างกัน ทั้งนี้สถานีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลาดเชิงเขามักไม่มีปัญหาเพราะสามารถสำรวจรูปตัดลำน้ำได้ครอบคลุมขอบเขตของระดับน้ำสูงสุดได้ทั้งหมด แต่ในกรณีที่ตั้งสถานีดังกล่าวตั้งอยู่ในลำน้ำที่เป็นพื้นที่ชุมชนหรือช่วงลำน้ำที่เป็นพื้นที่น้ำท่วมถึงแล้ว การสำรวจจะกระทำไม่ได้ไม่ครอบคลุมพื้นที่รูปตัดลำน้ำในส่วนที่ผ่านพื้นที่ชุมชน หรือจนถึงระยะสิ้นสุดของพื้นที่น้ำท่วมถึงได้ ดังนั้นเมื่อระดับน้ำสูงจนถึงระดับที่ไม่มีข้อมูลสำรวจเพียงพอ การประมาณค่าอัตราการไหลที่เกิดขึ้นจึงอาจคลาดเคลื่อนได้ หรือกรณีที่สถานีวัดน้ำที่ตั้งอยู่ติดกับสะพานก็อาจเกิดปัญหาของการประมาณค่าอัตราการไหลจากระดับน้ำ ในกรณีที่ระดับน้ำเริ่มอยู่สูงกว่าระดับท้องสะพาน เพราะสะพานจะทำหน้าที่เสมือนอาคารทางชลศาสตร์ ที่ควบคุมระดับน้ำด้านเหนือและท้ายสะพานให้มีความแตกต่างกันมากกว่าปกติ

2.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบแบบจำลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเปรียบเทียบกรณีการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady State) และกรณีการไหลแบบไม่ทรงตัวมัน (Unsteady State) ดังนี้

2.2.1 การเปรียบเทียบกรณีการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady State)

การเปรียบเทียบแบบจำลองในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะกำหนดอัตราการไหลผ่านสถานีวัดน้ำต่างๆ ให้มีค่าคงที่ โดยไม่นำการผันแปรของระดับน้ำและปริมาณน้ำมาพิจารณา เพื่อทำการตรวจสอบค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการบันทึกที่อัตราการไหลเดียวกันว่าใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งการเปรียบเทียบจะเลือกใช้กรณีที่ระดับน้ำสูงไม่ผันขยับลงมาใช้เพื่อลดผลกระทบจากการกีดขวางทางน้ำที่ยังไม่มีข้อมูล

ผลจากการเปรียบเทียบกรณีการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady State) แสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 34 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่าที่ปริมาณน้ำ 100 200 และ 300 ลบ.ม./วินาที มีค่าระดับน้ำต่างกัน 0.03-0.07 ม. และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองในช่วงจากอำเภอศรีสัชชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ถึงอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย มีค่าเท่ากับ 0.035 และจากอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ถึง อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร มีค่าเท่ากับ 0.030 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งช่วงอำเภอศรีสัชชนาลัยถึงอำเภอเมืองสุโขทัย มีค่าสูงกว่าเนื่องจากมีความลาดชันมากกว่าพื้นที่ทางด้านท้ายน้ำ และเป็นการไหลผ่านชุมชนจำนวนมากที่มีอยู่ตลอดระยะทางสองฝั่งแม่น้ำยม และจากอำเภอเมืองสุโขทัยถึงอำเภอสามง่าม มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลดลงเนื่องจากเป็นการไหลในที่ราบลุ่ม

2.2.2 การเปรียบเทียบกรณีการไหลแบบไม่ทรงตัวมัน (Unsteady State)

การเปรียบเทียบแบบจำลองในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบโดยการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง และค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลผันคั่นกันน้ำ โดยพิจารณาความสอดคล้องของการผันแปรข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำที่คำนวณได้กับข้อมูลที่ได้จากการบันทึก

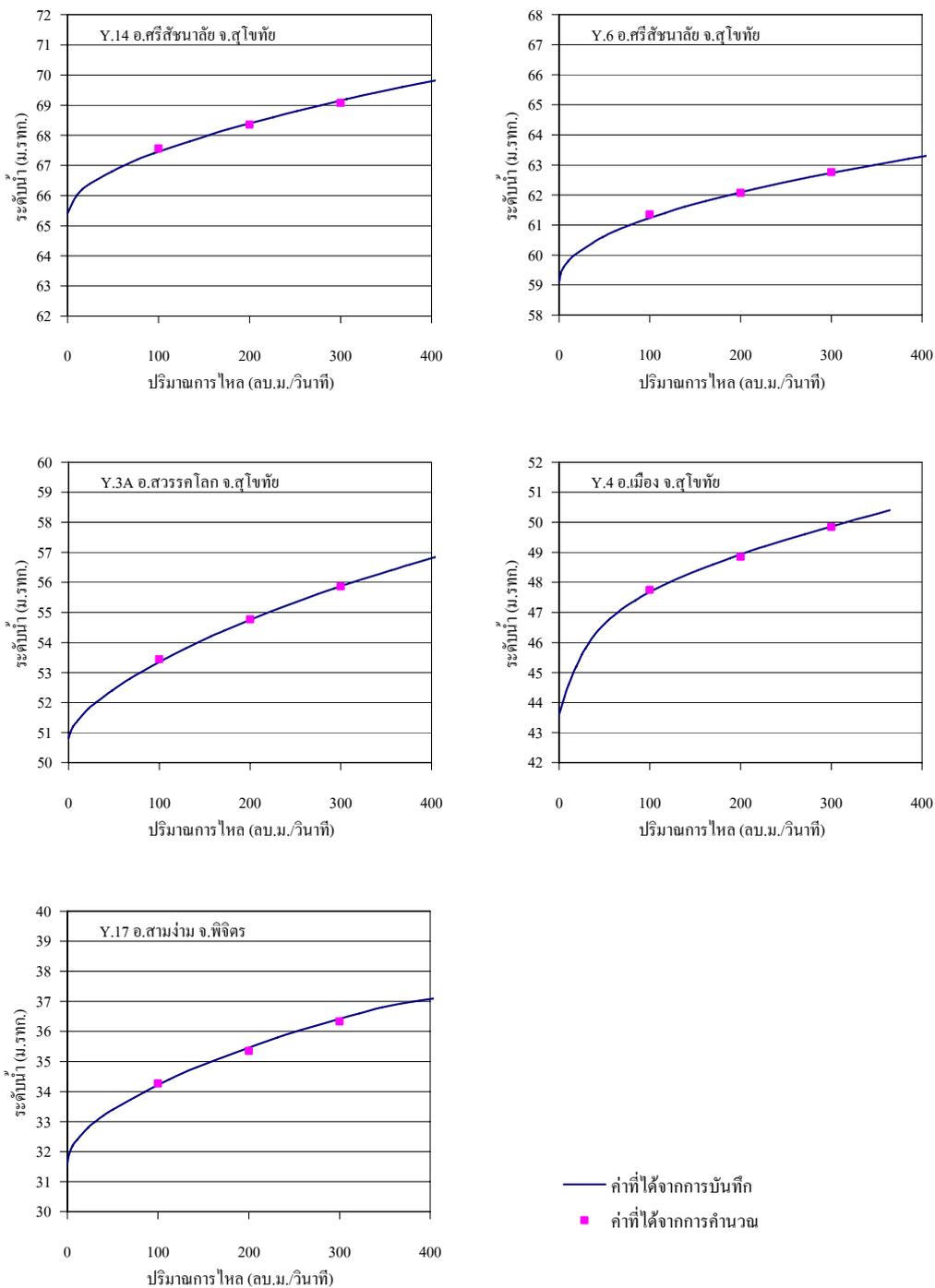
ซึ่งผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกรณีการไหลแบบไม่ทรงตัว (Unsteady State) แสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 35 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแน่นอนแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง กรณีการไหลแบบทรงตัว (Steady State)

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แบบจำลอง (ลบ.ม./วินาที)	ค่าระดับน้ำที่ได้จาก การบันทึก (ม.รทก.)	ค่าระดับน้ำที่ได้จาก แบบจำลอง (ม.รทก.)	ผลต่าง (ม.)
สถานี Y.14 อ.ศรีษะนาถ จ.สุโขทัย			
100	67.50	67.56	0.06
200	68.40	68.35	0.05
300	69.10	69.07	0.03
สถานี Y.6 อ.ศรีษะนาถ จ.สุโขทัย			
100	61.30	61.35	0.05
200	62.10	62.07	0.03
300	62.80	62.76	0.04
สถานี Y.3A อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย			
100	53.40	53.44	0.04
200	54.80	54.77	0.03
300	55.90	55.86	0.04
สถานี Y.4 อ.เมือง จ.สุโขทัย			
100	47.70	47.75	0.05
200	48.90	48.85	0.05
300	49.90	49.85	0.05
สถานี Y.17 อ.สามง่าม จ.พิจิตร			
100	34.20	34.27	0.07
200	35.40	35.35	0.05
300	36.40	36.33	0.07

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ กรณีการไหลแบบทรงตัว (Steady State)

ช่วงลำน้ำ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแน่นอนในลำน้ำ
อ.ศรีษะนาถ ถึง อ.เมืองสุโขทัย	0.035
อ.เมืองสุโขทัย ถึง อ.สามง่าม	0.030



ภาพที่ 34 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง กรณีการไหลแบบทรงตัว (Steady State)

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

สถานีวัดน้ำ	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)			ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(ผลต่าง)
Y.20 อ.สอง จ.แพร่	1,960.00	1,620.00	20.99	191.69	190.20	1.49
Y.1C อ.เมือง จ.แพร่	2,240.00	1,803.80	24.18	157.36	154.18	3.18
Y.14 อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	2,462.63	2,271.50	8.41	78.49	76.39	2.10
Y.6 อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	2,450.00	2,222.50	10.24	71.02	68.50	2.52
Y.3A อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	1,250.57	1,139.40	9.76	60.54	61.08	0.54
Y.4 อ.เมือง จ.สุโขทัย	891.71	322.37	176.61	51.00	50.05	0.95
Y.17 อ.สามง่าม จ.พิจิตร	1,290.00	1,511.00	14.63	39.15	38.14	1.01
Y.5 อ.โพทะเล จ.พิจิตร	1,310.13	1,295.40	1.14	31.94	30.89	1.05

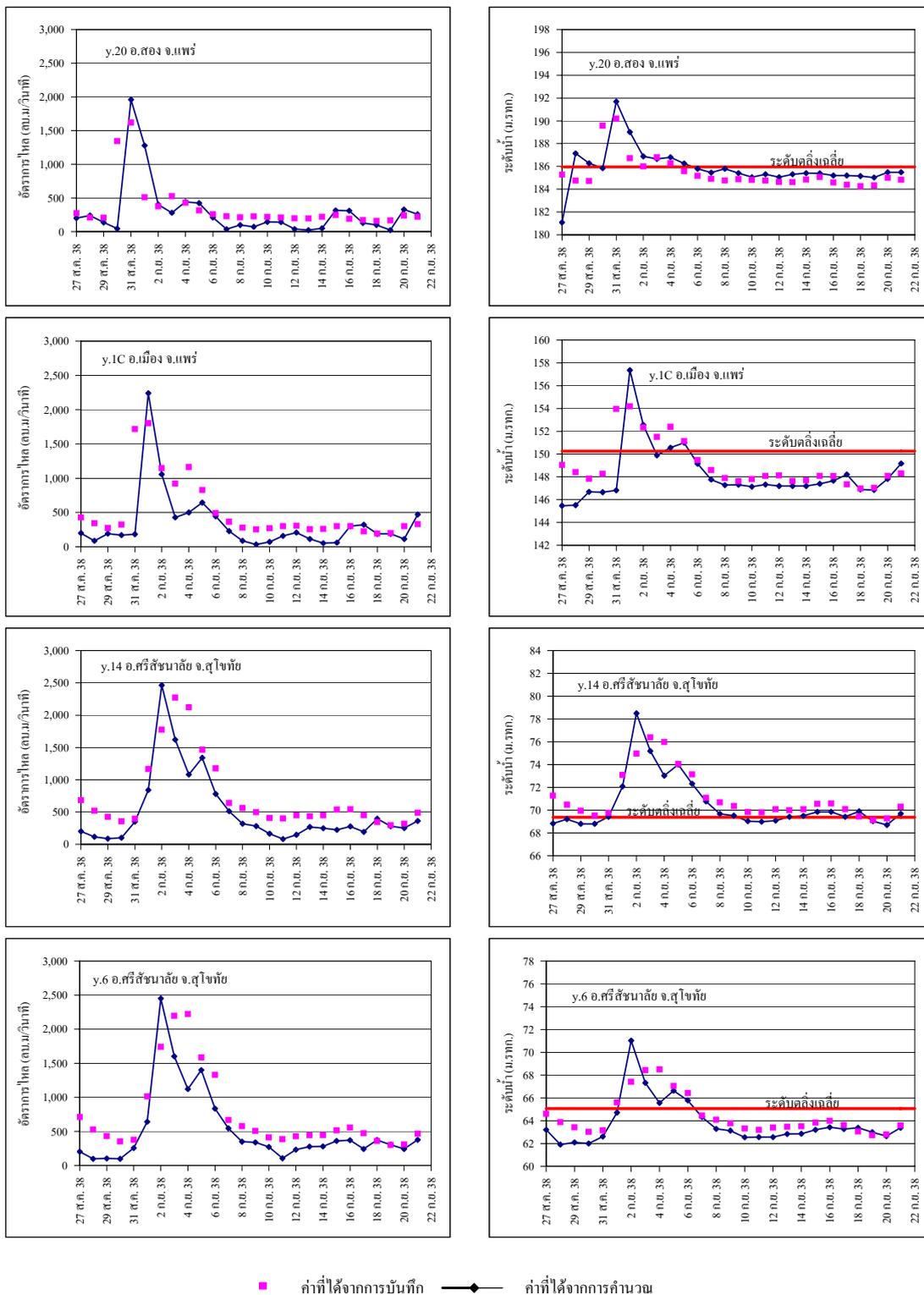
หมายเหตุ: (1) หมายถึง ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

(2) หมายถึง ค่าที่ได้จากการตรวจวัด

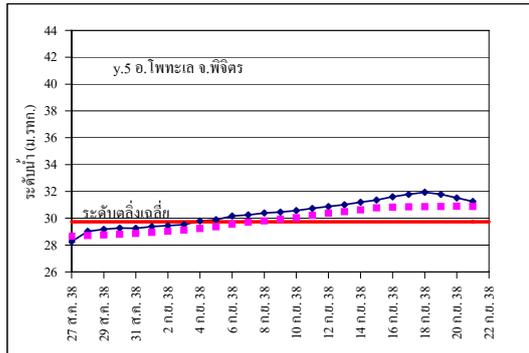
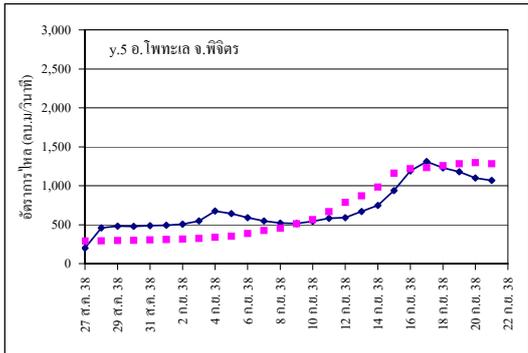
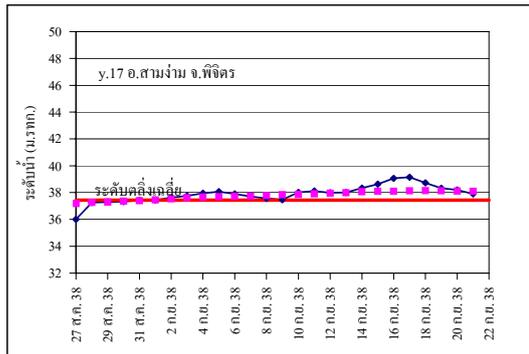
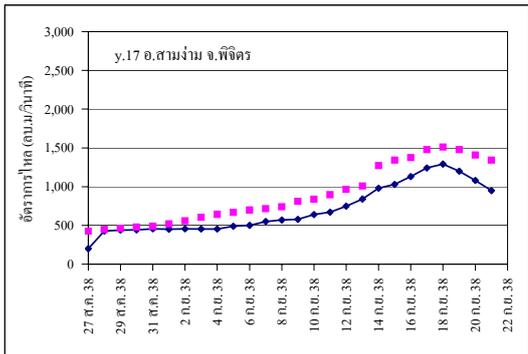
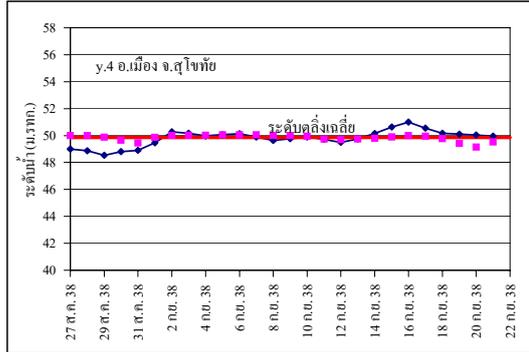
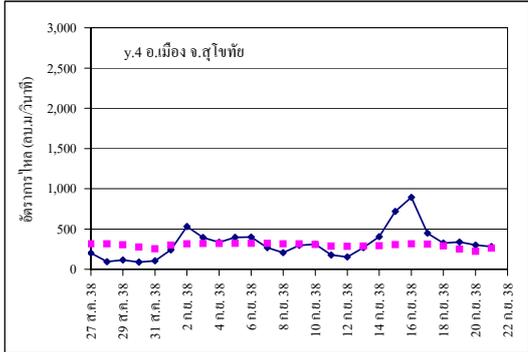
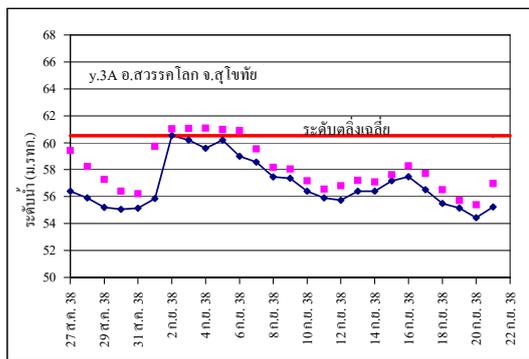
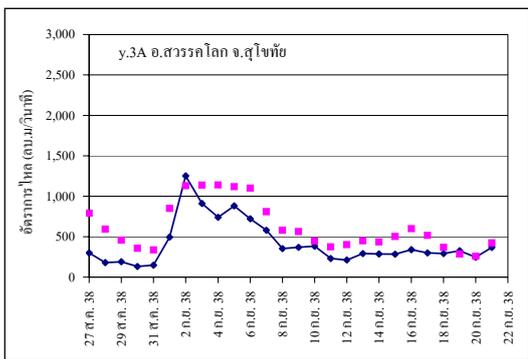
(3) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

ตารางที่ 14 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ได้จากการปรับเทียบ

ช่วงลำน้ำ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง	
	ลำน้ำ	ตลิ่งและที่ราบน้ำท่วม
อ.สอง จ.แพร่ – อ.เมือง จ.แพร่	0.050-0.060	0.070-0.075
อ.เมือง จ.แพร่ – อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	0.040	0.065-0.070
อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย – อ.เมือง จ.สุโขทัย	0.040-0.060	0.045-0.650
อ.เมือง จ.สุโขทัย – อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0.030-0.040	0.040-0.050
อ.สามง่าม จ.พิจิตร – อ.โพทะเล จ.พิจิตร	0.025-0.030	0.030-0.050



ภาพที่ 35 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลและระดับน้ำ สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2538



■ ค่าที่ได้จากการบันทึก ◆ ค่าที่ได้จากการคำนวณ

ภาพที่ 35 (ต่อ)

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แล้วเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุดระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการบันทึกที่สถานีวัดน้ำต่างๆ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอัตราการไหลสูงสุดอยู่ระหว่าง 1.14 ถึง 176.61 เปอร์เซ็นต์ และความแตกต่างของค่าระดับน้ำสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.54-3.18 ม. ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการบันทึกทั้งอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุด โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ไม่สามารถเปรียบเทียบให้เหมือนกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลนำเข้า เช่น จำนวนข้อมูลของรูปตัดลำน้ำที่มีผลการสำรวจไม่เพียงพอและไม่มีการสำรวจรูปตัดของลำน้ำสาขา ทำให้ไม่สามารถกำหนดอัตราการไหลออกที่แน่นอนได้ จึงใช้การสมมติขนาดและปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อที่จะให้ได้ผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการบันทึก แต่ไม่ว่าจะปรับขนาดอย่างไรก็ตาม อัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุดก็ยังคงมีความคลาดเคลื่อน อาจเป็นไปได้ว่ามีน้ำหลากบางส่วนไหลอ้อมสถานีวัดน้ำ โดยไม่ได้ผ่านสถานีวัดน้ำทั้งหมด ทำให้อัตราการไหลของน้ำหลากที่ได้จากการตรวจวัดไม่ถูกต้อง

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองจะพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในลำน้ำจะมีค่าสูงในช่วงอำเภอสอง จังหวัดแพร่ ถึง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ เนื่องจากความลาดชันของลำน้ำในช่วงนี้มีค่าสูงและลำน้ำมีความคดเคี้ยว และเต็มไปด้วยป่าไม้ทั้งสองฝั่งลำน้ำ ในช่วงตั้งแต่ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ถึง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในลำน้ำไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากความชันของลำน้ำในช่วงนี้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักและเป็นการไหลในพื้นที่ราบลุ่ม ส่วนในช่วงอำเภอศรีสัชนาลัย ถึงอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งสูงขึ้นเนื่องจากเป็นการไหลผ่านพื้นที่ชุมชนที่อาศัยอยู่ตามริมน้ำทั้งสองฝั่ง และช่วงอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ถึงอำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลดลง เนื่องจากเป็นการไหลในที่ราบลุ่ม

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองดังกล่าว ภายใต้งี้อื่นๆ ของข้อมูลด้านเข้าที่ไม่ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากการศึกษาที่ผ่านมา และข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลประเภทรายวัน ซึ่งมีความละเอียดไม่เพียงพอต่อการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำสาขาที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก ทำให้สรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถแสดงพฤติกรรมการไหลของน้ำในแม่น้ำในช่วงเกิดอุทกภัยในปี พ.ศ.2538 อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

2.3 ผลการตรวจสอบแบบจำลอง

การตรวจสอบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลและระดับน้ำระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการบันทึกช่วงระหว่างวันที่ 23 สิงหาคม ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2539 แสดงไว้ในภาพที่ 36 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย สำหรับอัตราการไหลอยู่ในช่วง 1.55 ถึง 77.02 เปอร์เซ็นต์ และค่าระดับน้ำแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.39 ถึง 2.83 ม. ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการตรวจสอบแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

สถานีวัดน้ำ	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)			ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(ผลต่าง)
Y.20 อ.สอง จ.แพร่	569.84	497.60	14.52	187.05	186.29	0.76
Y.1C อ.เมือง จ.แพร่	600.00	421.40	42.38	150.45	149.28	1.17
Y.14 อ.ศรีสขนาลัย จ.สุโขทัย	920.00	668.00	37.72	72.40	71.24	1.16
Y.6 อ.ศรีสขนาลัย จ.สุโขทัย	930.00	693.70	34.06	67.28	64.45	2.83
Y.3A อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	734.04	722.80	1.55	59.26	58.87	0.39
Y.4 อ.เมือง จ.สุโขทัย	570.00	322.00	77.02	51.34	50.16	1.18
Y.17 อ.สามง่าม จ.พิจิตร	640.00	461.50	38.68	38.62	37.29	1.33
Y.5 อ.โพทะเล จ.พิจิตร	503.09	314.40	60.02	29.54	28.71	0.83

หมายเหตุ: (1) หมายถึง ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

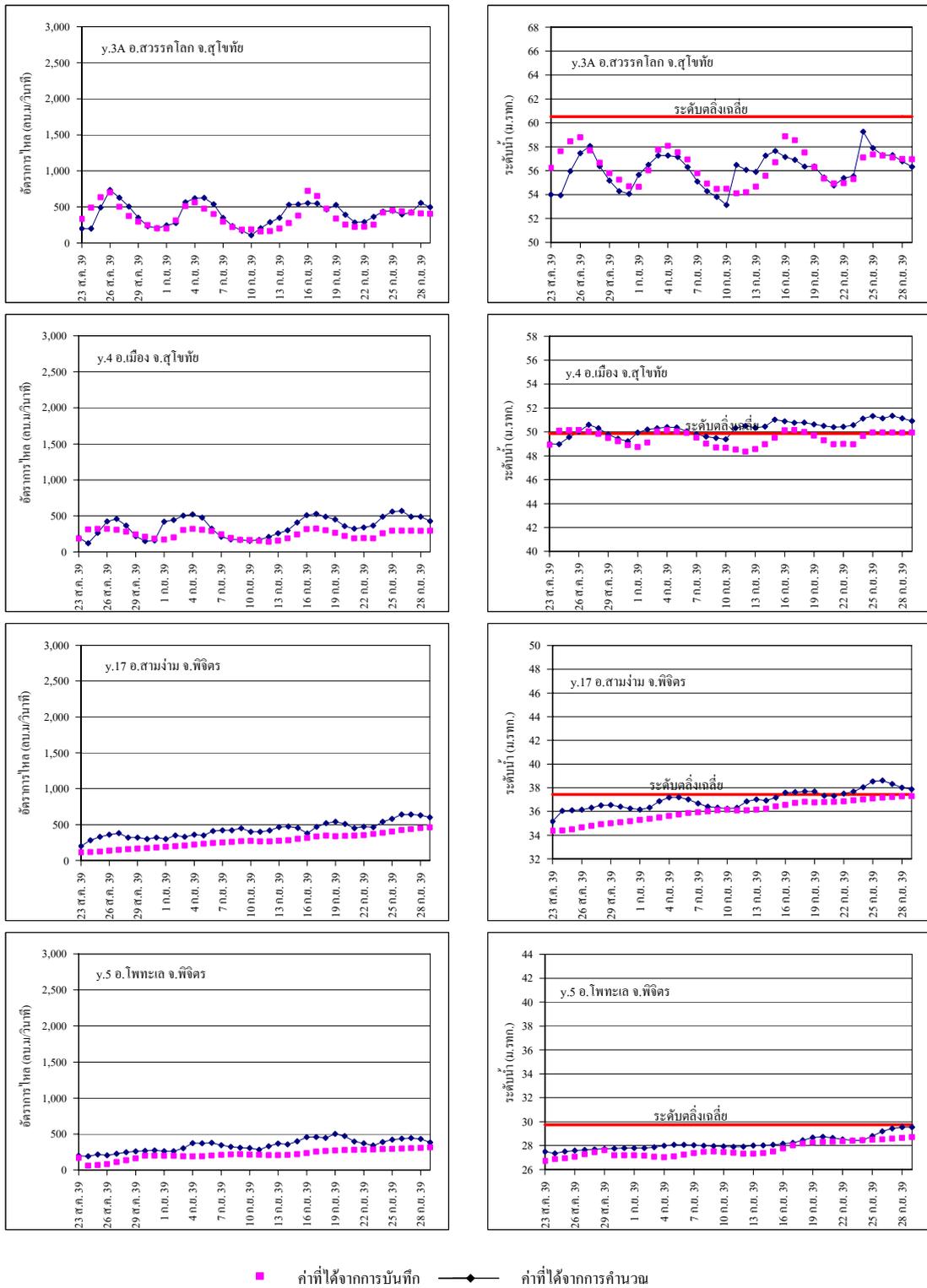
(2) หมายถึง ค่าที่ได้จากการตรวจวัด

(3) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

จากผลการตรวจสอบแบบจำลอง พบว่าส่วนใหญ่ผลการคำนวณมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการบันทึก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2538 มีค่ามากกว่าในปี พ.ศ.2539 และด้วยลักษณะของลำน้ำที่ค่อนข้างกว้างและมีความคดเคี้ยว ทำให้การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการเกิดอุทกภัยไม่สามารถจำลองสภาวะการไหลที่อยู่ในสภาพปกติได้ดีนัก และด้วยข้อจำกัดภายใต้เงื่อนไขของข้อมูลด้านเข้าจึงสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในกลุ่มน้ำยมได้



ภาพที่ 36 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลและระดับน้ำ สำหรับการตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2539



ภาพที่ 36 (ต่อ)

2.4 ผลการวิเคราะห์ความไว

ผลการวิเคราะห์ความไวของระดับน้ำในแม่น้ำยม โดยการเพิ่มและลดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งในช่วง 20 เพอร์เซ็นต์ โดยในช่วงลำน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่มีอาคารชลศาสตร์ที่จะมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ระดับน้ำและอัตราการไหลตั้งอยู่ พบว่าค่าระดับน้ำเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.31 ถึง 0.67 ม. ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งลดลง 20 เพอร์เซ็นต์ มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำค่อนข้างมาก โดยค่าระดับน้ำลดลงประมาณ 0.56-0.67 ม. ในขณะที่ผลกระทบจากการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง 20 เพอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าระดับน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 0.31-0.36 ม. โดยสาเหตุที่คาดว่าทำให้มีผลแตกต่างกันระหว่างการเพิ่มและลดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งเนื่องจากเป็นช่วงน้ำท่วม เมื่อลดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งจะทำให้น้ำบางส่วนไหลในทางน้ำ ไม่เกิดการท่วม ระดับน้ำจึงลดลงมาก ในขณะที่เมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งจะทำให้ น้ำท่วมมากขึ้น ซึ่งพื้นที่หน้าตัดการไหลมากขึ้นทำให้ระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความไวของระดับน้ำในแม่น้ำยม

จุดพิจารณา	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			ผลต่าง (ม.)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
อ.สอง จ.แพร่	191.69	192.03	191.02	0.34	0.67
อ.เมือง จ.แพร่	157.36	157.67	156.71	0.31	0.65
อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	78.49	78.85	77.93	0.36	0.56

หมายเหตุ: (1) หมายถึง ค่า n เดิม

(2) หมายถึง ค่า n เพิ่ม 20%

(3) หมายถึง ค่า n ลด 20%

(4) หมายถึง ความแตกต่างของระดับน้ำเมื่อค่า n เพิ่ม 20%

(5) หมายถึง ความแตกต่างของระดับน้ำเมื่อค่า n ลด 20%

3. ผลการศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในกลุ่มน้ำยมตามกรณีศึกษาต่างๆ

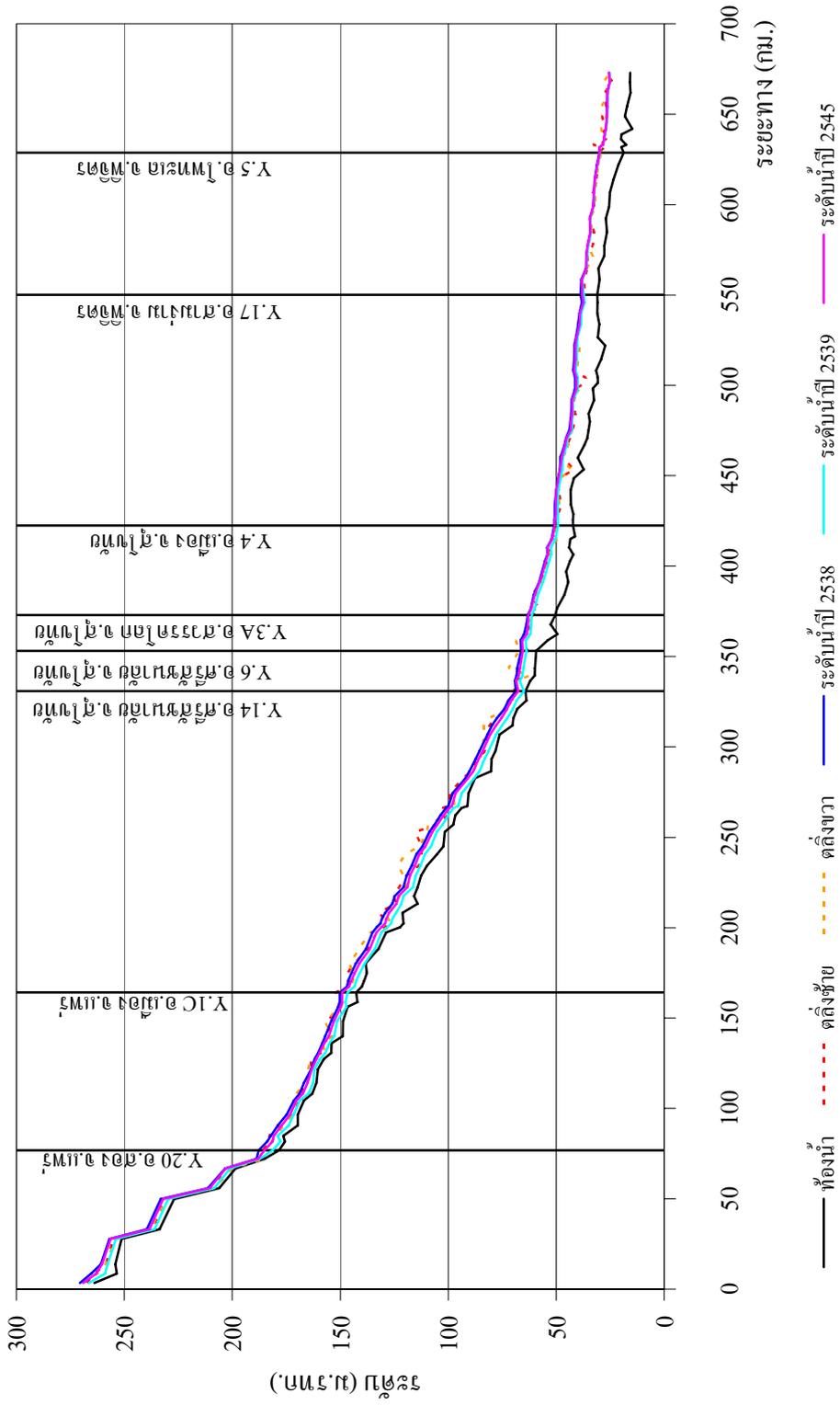
ผลการศึกษาการบริหารจัดการน้ำหลากในกลุ่มน้ำยม โดยการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWork RS มาจำลองสภาพน้ำหลากที่รอบปีการเกิด 25 ปี (เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2538) รอบ 5 ปี (เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2545) และรอบ 2 ปี (เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2539) โดยผลการจำลองสภาพน้ำหลากกรณีปัจจุบัน ยังไม่มีการพัฒนาโครงการต่างๆ แสดงในภาพที่ 37 ซึ่งพบว่าในปี พ.ศ. 2538 น้ำได้เริ่มท่วมแม่น้ำยมตั้งแต่บริเวณตัวเมืองแพร่ เรื่อยลงมาจนถึงด้านท้ายน้ำ ส่วนในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ.2539 น้ำเริ่มท่วมแม่น้ำยมตั้งแต่บริเวณตัวเมืองสุโขทัยเรื่อยลงมาจนถึงด้านท้ายน้ำ

ในการจำลองสภาพน้ำท่วมเพื่อศึกษาหาแนวทางในการบรรเทาอุทกภัยตามกรณีการศึกษาต่างๆ สรุปได้ดังนี้

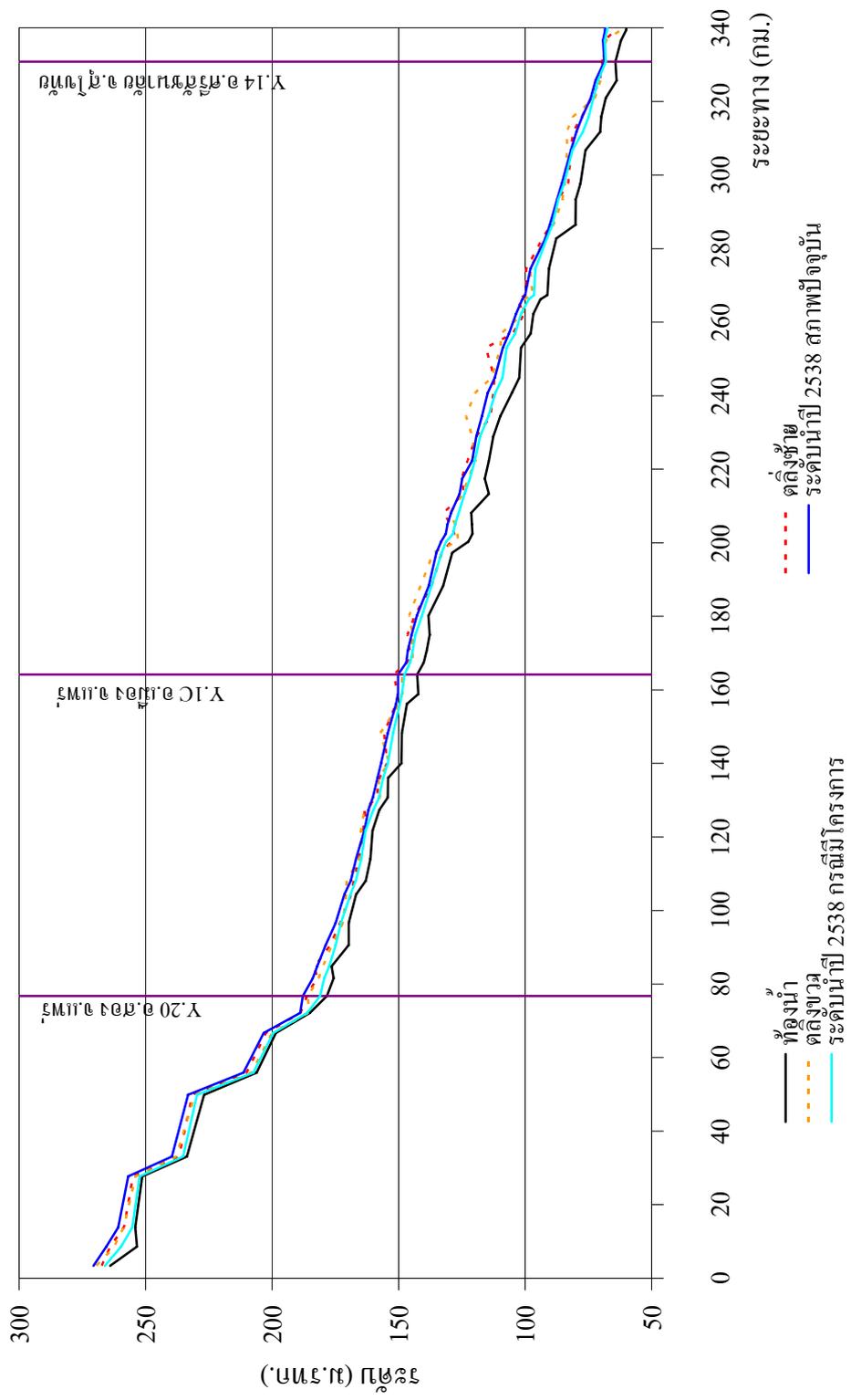
3.1 ผลการศึกษากรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำ

ในการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลากโดยการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น ที่มีตำแหน่งหัวงานตั้งอยู่ที่ ตำบลสะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ โดยใช้อัตราการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้นเป็นข้อมูลเข้าที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำนั้น พบว่าจะสามารถบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนได้มาก โดยเฉพาะในเขตอำเภอเมืองแพร่ จะสามารถช่วยลดระดับน้ำท่วมสูงสุดในปี พ.ศ. 2538 2539 และ 2545 ได้ประมาณ 2.52 0.70 และ 1.72 เมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างไม่สามารถบรรเทาน้ำท่วมได้มากนัก โดยในปี พ.ศ.2538 ระดับน้ำท่วมสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างจะลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.10-0.71 เมตร ในปี พ.ศ. 2539 ระดับน้ำท่วมสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.04-0.34 เมตร และในปี พ.ศ.2545 ระดับน้ำท่วมสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.08-0.55 เมตร ค่าระดับน้ำในแม่น้ำยมที่ตำแหน่งต่างๆ จะลดลงจากสภาพที่น้ำเคยท่วม สรุปได้ดังตารางที่ 17

ระดับน้ำสูงสุดในแม่น้ำยม กรณีสภาพปัจจุบันก่อนมีโครงการและหลังมีการก่อสร้างโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น กรณีพิจารณาปี พ.ศ.2538 2539 และ 2545 แสดงในภาพที่ 38 39 และ 40 ตามลำดับ



ภาพที่ 37 เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง สภาพปัจจุบัน ซึ่งไม่มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำต่างๆ (ปี 2538 2539 และ 2545)



ภาพที่ 38 เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีสภาพปัจจุบันยังไม่มีการและมีการ
 อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น ปี พ.ศ.2538

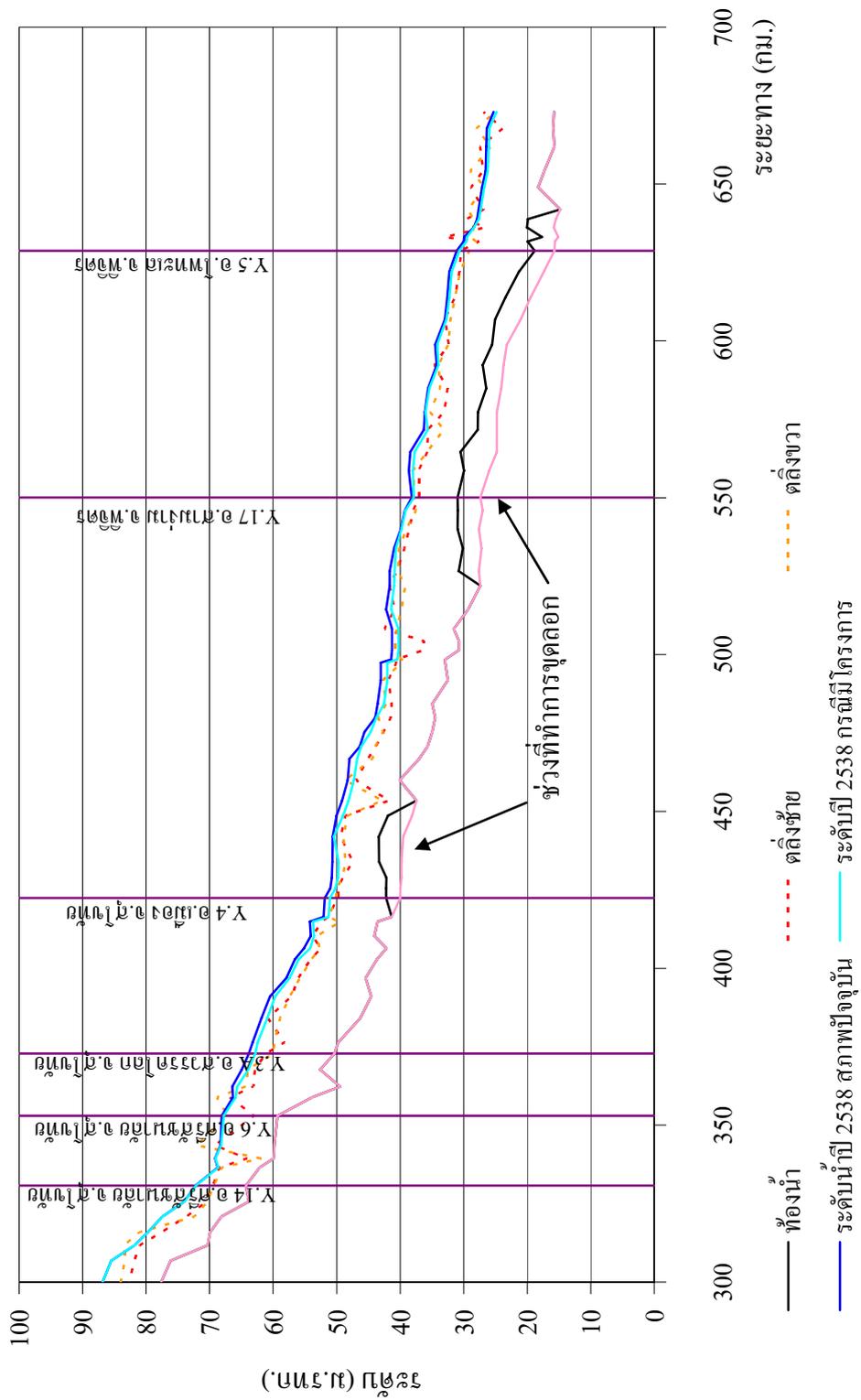
ตารางที่ 17 ระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น

จุดพิจารณา	ระดับน้ำ (ม.รทก.)						ระดับน้ำลดลง		
	สภาพปัจจุบัน			กรณีมีโครงการ			(ม.)		
	2538	2539	2545	2538	2539	2545	2538	2539	2545
1. อ.เมือง จ.แพร่	150.15	146.59	149.05	147.63	145.89	147.33	2.52	0.70	1.72
2. อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	66.34	63.83	65.47	65.83	63.50	64.99	0.52	0.34	0.48
3. อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	63.23	61.33	62.95	62.52	61.21	62.39	0.71	0.13	0.55
4. อ.เมือง จ.สุโขทัย	51.00	49.14	50.63	50.50	48.94	50.40	0.50	0.20	0.24
5. อ.สามง่าม จ.พิจิตร	38.66	37.34	38.01	38.46	37.26	37.88	0.20	0.08	0.14
6. อ.โพทะเล จ.พิจิตร	30.01	29.85	29.95	29.91	29.82	29.88	0.10	0.04	0.08

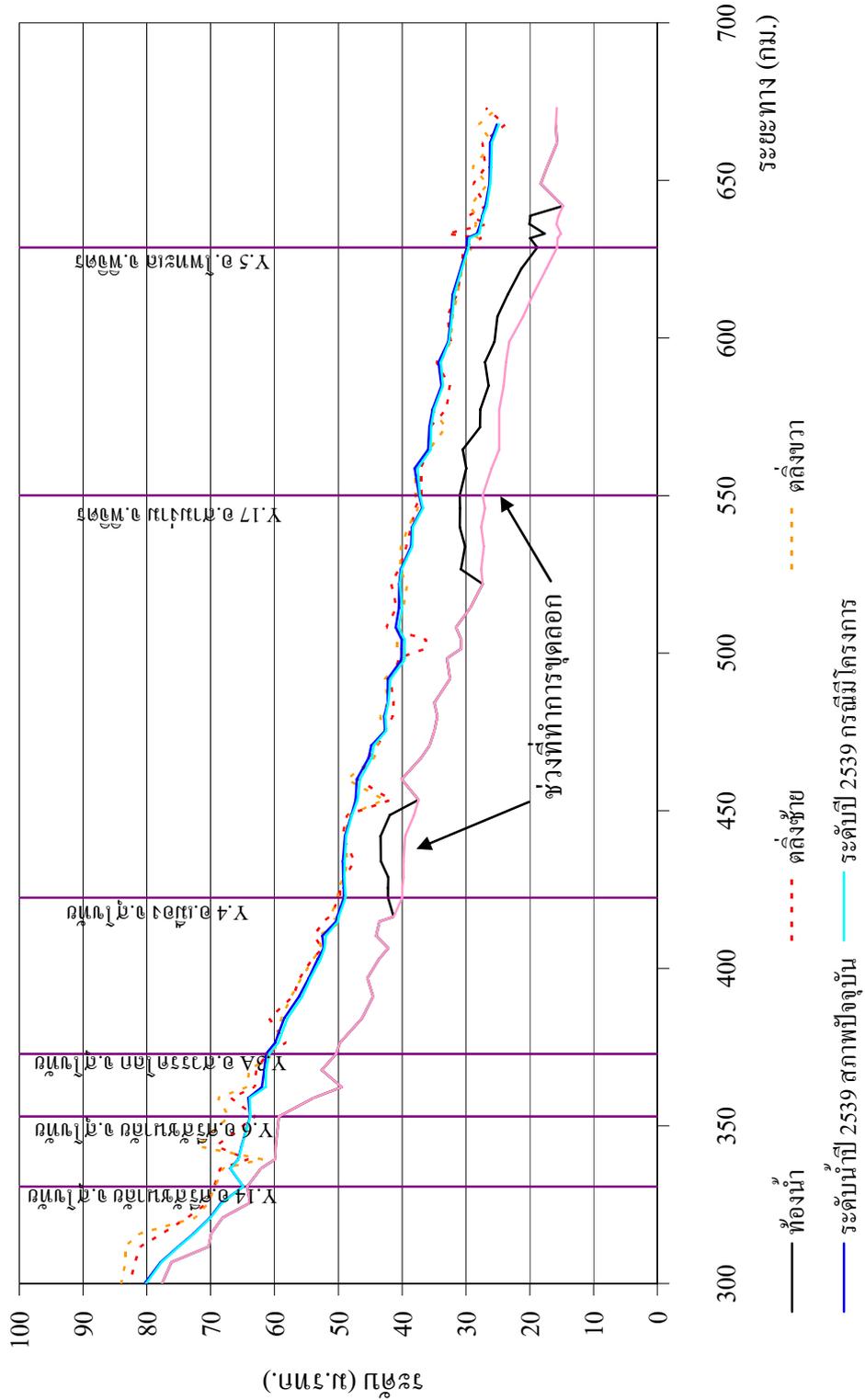
3.2 ผลการศึกษากรณีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำมตอนล่าง

ในการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลากโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำมตอนล่างโดยการขุดลอกแม่น้ำยมบริเวณช่วงตั้งแต่ท้าย ปตร.วังอิทก ตำบลวังอิทก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ลงไปทางด้านท้ายน้ำจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำน่านที่บ้านเกษไชย อำเภอลำปาง จังหวัดนครสวรรค์ รวมระยะทางประมาณ 155 กม. โดยพิจารณาร่วมกับโครงการที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จโดยหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ โครงการปรับปรุงแม่น้ำยมสายเก่า โครงการปรับปรุงแม่น้ำยมบริเวณอำเภอมืองสุโขทัย โครงการปรับปรุงคลองชักน้ำฝั่งขวา โครงการปรับปรุงคลองระบายน้ำ DR.15.8 โครงการปรับปรุงคลองระบายน้ำ DR.2.8 และโครงการปรับปรุงคลองผันน้ำแม่น้ำยม-แม่น้ำน่าน พบว่าจะสามารถบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่กลุ่มน้ำมตอนล่างช่วงตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำ โดยในปี พ.ศ.2538 ระดับน้ำท่วมสูงสุดลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.40-0.80 เมตร ปี พ.ศ.2539 ระดับน้ำท่วมสูงสุดลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05-0.50 เมตร และปี พ.ศ.2545 ระดับน้ำท่วมสูงสุดลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.14-0.54 เมตร ค่าระดับน้ำในแม่น้ำยมที่ตำแหน่งต่างๆ จะลดลงจากสภาพที่น้ำเคยท่วม สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 18

ระดับน้ำสูงสุดในแม่น้ำยม กรณีก่อนและหลังการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำมตอนล่าง กรณีพิจารณา ปี พ.ศ.2538 2539 และ 2545 แสดงในภาพที่ 41 42 และ 43 ตามลำดับ

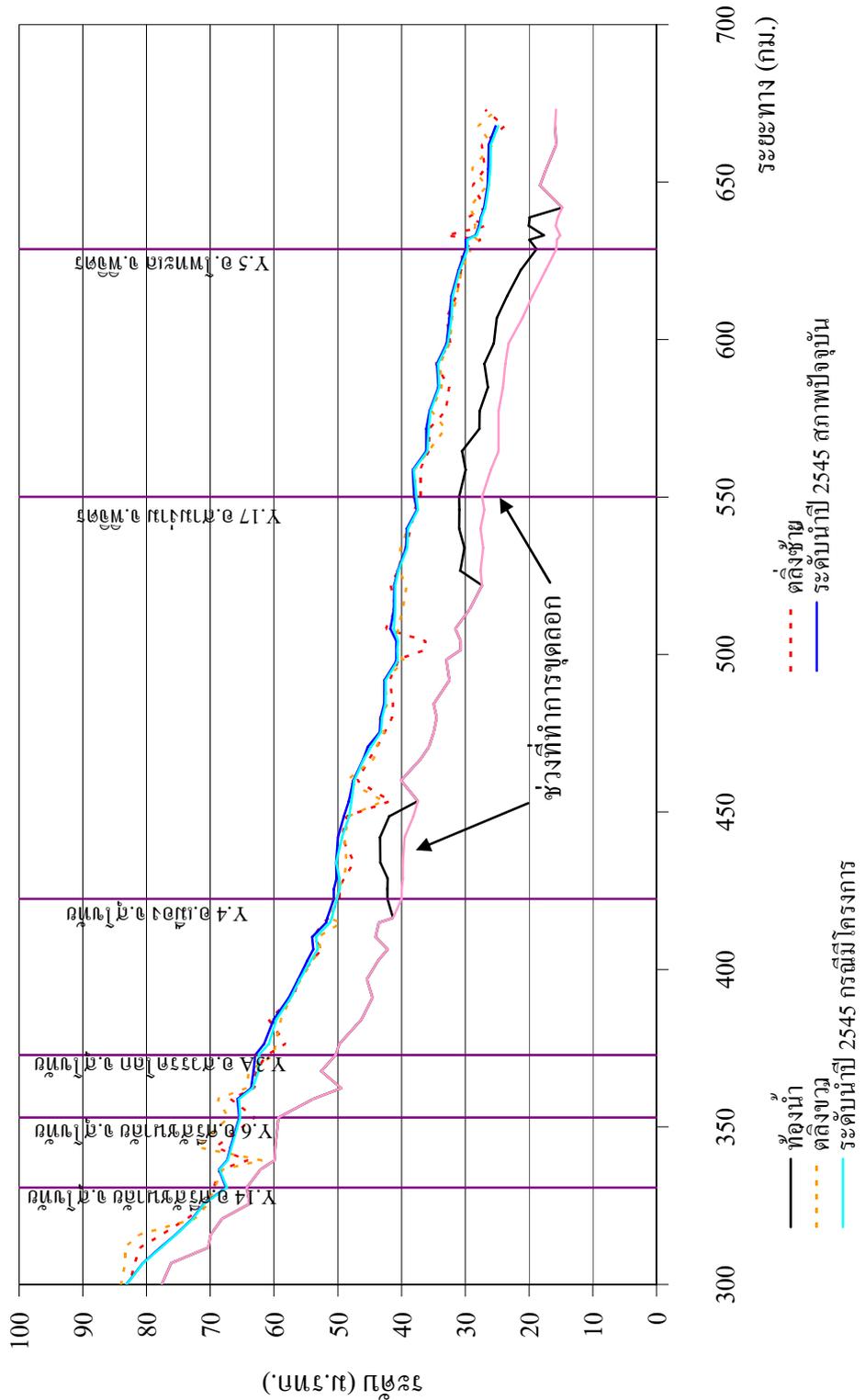


ภาพที่ 41 เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีสภาพปัจจุบันยังไม่มีการและมีโครงการ
เพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลุ่มน้ำยมตอนล่าง ปี พ.ศ.2538



ภาพที่ 42 เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีสภาพปัจจุบันซึ่งไม่มีโครงการและมีโครงการ

เพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลุ่มน้ำยมตอนล่าง ปี พ.ศ.2539



ภาพที่ 43 เปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลอง กรณีสภาพปัจจุบันยังไม่มีการและมีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลุ่มน้ำยมตอนล่างปี พ.ศ.2545

เพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลุ่มน้ำยมตอนล่างปี พ.ศ.2545

ตารางที่ 18 ระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ กรณีเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยมตอนล่าง

จุดพิจารณา	ระดับน้ำ (ม.รทก.)						ระดับน้ำลดลง		
	สภาพปัจจุบัน			กรณีมีโครงการ			(ม.)		
	2538	2539	2545	2538	2539	2545	2538	2539	2545
1. อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	66.34	63.83	65.47	65.94	63.78	65.34	0.40	0.05	0.14
2. อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	63.23	61.33	62.95	62.43	60.83	62.41	0.80	0.50	0.54
3. อ.เมือง จ.สุโขทัย	51.00	49.14	50.63	50.20	48.84	50.18	0.80	0.30	0.46
4. อ.สามง่าม จ.พิจิตร	38.66	37.34	38.01	37.99	37.18	37.68	0.66	0.16	0.34
5. อ.โพทะเล จ.พิจิตร	30.01	29.85	29.95	29.55	29.55	29.61	0.45	0.31	0.34

3.3 ผลการศึกษากรณีมีการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง

ในการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลาก โดยการพัฒนาพื้นที่แก้มลิงของกลุ่มน้ำยมบริเวณอำเภอเมืองสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยพิจารณาผันน้ำเข้าไปเก็บกักในพื้นที่แก้มลิงให้เต็มความจุของแก้มลิง พบว่าไม่สามารถบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างได้มากนัก โดยสามารถลดระดับน้ำช่วงตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำในปี พ.ศ.2538 อยู่ในช่วงระหว่าง 0.12-0.27 เมตร ในปี พ.ศ.2539 ระดับน้ำลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.03-0.07 เมตร และในปี พ.ศ.2545 ระดับน้ำลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.07-0.16 เมตร ค่าระดับน้ำในแม่น้ำยมที่ตำแหน่งต่างๆ จะลดลงจากสภาพที่น้ำเคยท่วม สรุปได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ กรณีมีการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง

จุดพิจารณา	ระดับน้ำ (ม.รทก.)						ระดับน้ำลดลง		
	สภาพปัจจุบัน			กรณีมีโครงการ			(ม.)		
	2538	2539	2545	2538	2539	2545	2538	2539	2545
1. อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	66.34	63.83	65.47	66.08	63.77	65.31	0.27	0.07	0.16
2. อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	63.23	61.33	62.95	63.01	61.28	62.81	0.22	0.05	0.13
3. อ.เมือง จ.สุโขทัย	51.00	49.14	50.63	50.88	49.11	50.56	0.12	0.03	0.07
4. อ.สามง่าม จ.พิจิตร	38.66	37.34	38.01	38.48	37.30	37.91	0.18	0.05	0.11
5. อ.โพทะเล จ.พิจิตร	30.01	29.85	29.95	29.76	29.79	29.81	0.24	0.06	0.15

3.4 ผลการศึกษากรณีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ

ในการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลากโดยการก่อสร้างคันกั้นน้ำปิดกั้นพื้นที่ชุมชนเมืองที่สำคัญต่างๆ ที่ตั้งอยู่ริมน้ำของกลุ่มน้ำยม ได้แก่ ชุมชนเมืองแพร่ และชุมชนเมืองสุโขทัย โดยมีความสูงของคันประมาณ 0.50-1.2 เมตร พบว่าการก่อสร้างคันกั้นน้ำจะมีผลทำให้ระดับน้ำโดยส่วนใหญ่สูงขึ้นเล็กน้อยในบางพื้นที่ แต่จะป้องกันพื้นที่ชุมชนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้ และเพื่อป้องกันอุทกภัยในปี พ.ศ.2538 (เหตุการณ์น้ำท่วมในรอบ 25 ปี) จะต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงประมาณ 1.20 เมตร ตลอดแนวลำน้ำในเขตชุมชนเมืองต่างๆ ที่อยู่ริมน้ำ ส่วนการป้องกันอุทกภัยในปี พ.ศ.2539 และ 2545 (เหตุการณ์น้ำท่วมในรอบ 2 และ 5 ปี ตามลำดับ) จะต้องสร้างคันกั้นน้ำสูงประมาณ 0.50 และ 0.80 เมตร ตลอดแนวลำน้ำในเขตชุมชนเมืองต่างๆ ที่อยู่ริมน้ำ ตามลำดับ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพทั้ง 4 ทางเลือก พบว่ามาตรการในการบริหารจัดการน้ำหลากในกลุ่มน้ำยมสรุปได้ดังนี้คือ 1) กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดได้ประมาณ 2.52 เมตร แต่จะช่วยบรรเทาน้ำท่วมได้เฉพาะกลุ่มน้ำยมตอนบนบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ เท่านั้น ไม่สามารถช่วยบรรเทาในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่ได้ 2) การเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของกลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยการขุดลอกลำน้ำจะสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่ได้ประมาณ 0.40 ถึง 0.80 เมตร 3) การพัฒนาพื้นที่แก้มลิง จะช่วยลดระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำได้เพียง 0.12 ถึง 0.27 เมตร และ 4) การก่อสร้างคันกั้นน้ำ ให้มีความสูงประมาณ 1.2 เมตร ตลอดแนวลำน้ำในเขตชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่ริมน้ำ จะสามารถช่วยป้องกันเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดในรอบ 25 ปีได้ ดังนั้น เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำหลากมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรจะทำหลายทางเลือกพร้อมกันเป็นระบบทั้งลุ่มน้ำ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สภาพการไหลของน้ำในแม่น้ำยมในขณะเกิดอุทกภัย จะมีการไหลแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือการไหลที่มีความเร็วการไหลสูงทำให้เกิดอุทกภัยรุนแรง ลักษณะดังกล่าวจะพบในบริเวณลุ่มน้ำยมตอนบนที่แม่น้ำไหลผ่านร่องเขาที่มีความลาดชันมาก แต่ลักษณะการไหลเช่นนี้จะก่อให้เกิดอุทกภัยที่ไม่ยาวนาน และการไหลในที่ราบลุ่มซึ่งมีความเร็วการไหลต่ำ พบในบริเวณที่มีความลาดชันของท้องน้ำไม่มากนัก ทำให้การไหลระบายของน้ำไม่สะดวก ก่อให้เกิดการเอ่อล้นของน้ำเข้าท่วมพื้นที่เป็นระยะเวลานาน ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปัญหาน้ำท่วมส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำยม ได้แก่ บริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาทางด้านท้ายน้ำ

2. ผลการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ศึกษาสภาพอุทกภัยในลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา (แบบจำลอง SCS) ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWork RS โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาจากผลการศึกษาของฉัฐ เทภาสิต (2542) และข้อมูลฝนที่ใช้เป็นข้อมูลประเภทรายวัน ซึ่งความละเอียดไม่เพียงพอต่อการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากพายุฝนในลุ่มน้ำสาขาที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก ทำให้ผลการศึกษามีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง สามารถสรุปได้ดังนี้

การเปรียบเทียบแบบจำลองกับสภาพจริงของอัตราการไหลมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.14 ถึง 176.61 เปอร์เซ็นต์ และความแตกต่างของระดับน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.54-3.18 เมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง ตามลำน้ำและที่ราบน้ำท่วมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.025-0.060 และ 0.030-0.075 ตามลำดับ

การพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2539 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ได้จากการเปรียบเทียบ พบว่าอัตราการไหลมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.55 ถึง 77.02 เปอร์เซ็นต์ และความแตกต่างของระดับน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.39-2.83 เมตร

ผลการวิเคราะห์ความไวของระดับน้ำในแม่น้ำยม โดยการเพิ่มและลดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งในช่วง 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าทำให้ระดับน้ำมีค่าความแตกต่างอยู่ในช่วง

0.31-0.36 และ 0.56-0.67 เมตร สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งที่เพิ่มขึ้น และลดลง 20 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำน้อย

3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพทั้ง 4 ทางเลือก พบว่ามาตรการในการบริหารจัดการน้ำหลาก ในลุ่มน้ำยมสรุปได้ดังนี้คือ

3.1) กรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดได้ประมาณ 2.52 เมตร แต่จะช่วยบรรเทาน้ำท่วมได้เฉพาะลุ่มน้ำยมตอนบนบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ เท่านั้น ไม่สามารถช่วยบรรเทาในพื้นที่ตอนล่างซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่ได้

3.2) การเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยการขุดลอกลำน้ำ จะสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่ได้ประมาณ 0.40 ถึง 0.80 เมตร

3.3) การพัฒนาพื้นที่แก้มลิงทะเลหลวงและแก้มลิงบางระกำ จะช่วยลดระดับน้ำท่วมสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยลงมาด้านท้ายน้ำได้เพียง 0.12 ถึง 0.27 เมตร

3.4) การก่อสร้างคันกั้นน้ำ ให้มีความสูงประมาณ 1.2 เมตร ตลอดแนวลำน้ำในเขตชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่ริมน้ำ จะสามารถช่วยป้องกันเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดในรอบ 25 ปีได้

จากผลการจำลองการบริหารจัดการน้ำหลาก จะเห็นว่าแต่ละทางเลือกในการบริหารจัดการน้ำหลากที่เสนอแนะจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำยมได้ แต่ถ้านำทางเลือกต่างๆ มาใช้ประกอบกันก็จะสามารถบริหารจัดการน้ำหลากที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2538 ได้เกือบทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้การบริหารจัดการน้ำหลากมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรจะทำหลายทางเลือกพร้อมกันเป็นระบบทั้งลุ่มน้ำ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาทำความเข้าใจในสภาพน้ำท่วมในกลุ่มน้ำยมเพิ่มมากขึ้น รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม และปรับปรุงความทันสมัยของข้อมูล เช่น สภาพภูมิประเทศ รูปตัดตามยาวและตามขวางของแม่น้ำ ที่มีระยะห่างที่เหมาะสมและแน่นอน ระดับหลังคันของถนน ทางหลวง อาคารชลศาสตร์ในลำน้ำ ต่างๆ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการจำลองสภาพของระบบแม่น้ำ และให้ความสำคัญกับข้อมูลต่างๆ ทางด้านอุทกวิทยา เช่น การกระจายตัวของสถานีตรวจวัด การตรวจวัด การจัดเก็บ และการเผยแพร่ ข้อมูลต่างๆ มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน
2. ในการสำรวจรูปตัดลำน้ำ ควรทำการสำรวจในปีเดียวกันทั้งหมดตลอดลำน้ำและเป็นการสำรวจในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับเหตุการณ์น้ำท่วม ระยะห่างของรูปตัดลำน้ำที่ทำการสำรวจไม่ควรห่างกันเกิน 1 กิโลเมตร เพราะหากระดับของรูปตัดลำน้ำที่ต่อเนื่องกันในแบบจำลองมีค่าระดับแตกต่างกันมากอาจทำให้ผลการคำนวณเกิดความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำท่วมได้
3. ควรทำการรวบรวมข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมของกลุ่มน้ำยม เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่น้ำท่วมในกลุ่มน้ำมากนัก
4. ควรศึกษาทบทวนการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งในปัจจุบันและที่จะก่อสร้างเพิ่มเติมในภาพรวมของทั้งลุ่มน้ำยมเพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำในการบรรเทาอุทกภัยและการจัดสรรน้ำต้นทุนเพื่อประโยชน์ด้านต่างๆ
5. เนื่องจากกลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็ก มีลักษณะลุ่มน้ำแคบ เรียว ยาว และมีความลาดชันมาก ทำให้น้ำไหลเร็ว จึงควรทำการศึกษาติดตั้งระบบติดตามน้ำแบบ Real Time เพื่อติดตามสถานการณ์น้ำและการเตือนภัยในลุ่มน้ำยมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2543. โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำ
ภาคตะวันออก.
- _____. 2544. งานทบทวนและสรุปผลการศึกษาความเหมาะสม โครงการแก่งเสือเต้น จังหวัดแพร่.
- _____. 2548. การจัดทำแผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำในเขตจังหวัดสุโขทัย.
- _____. 2549. งานศึกษาและวิเคราะห์จัดทำแผนรวมการแก้ไขบรรเทาปัญหาอุทกภัย โครงการ
บรรเทาอุทกภัยลำน้ำยม-ลำน้ำน่าน.
- กรมทรัพยากรน้ำ. 2547. งานศึกษาความเหมาะสมและสำรวจออกแบบรายละเอียด โครงการ
ปรับปรุงและฟื้นฟูลำน้ำยม (สายเก่า) ตอนที่ 2 จังหวัดสุโขทัย.
- _____. 2548. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำยม.
- _____. 2548. โครงการจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการป้องกันและบรรเทาวิกฤตน้ำ.
- กรมโยธาธิการ. 2541. โครงการศึกษาจัดทำแผนหลักการป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ชุมชน กลุ่มที่ 2
จำนวน 49 แห่ง.
- _____. 2545. การสำรวจออกแบบรายละเอียดระบบป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ชุมชน จังหวัดสุโขทัย.
- ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2527. การไหลในทางน้ำเปิด. สำนักส่งเสริมและ
ฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2529. การป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำของมหานคร. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ธิพรหม อวปรียา. 2546. การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยการศึกษาโครงการ
อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- ณัฐ เทภาสิต. 2542. การวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า SCS ของอำเภอในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- นิปัทม์ คำพรหม. 2544. การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยใช้พื้นที่ทุ่งน้ำ
ท่วมธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีระพล เต้สมบัติ. 2544. ศักยภาพการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ด้วยอ่างเก็บน้ำ
ขนาดใหญ่และขนาดกลาง รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์.
- สมปอง มังคละวิรัช. 2544. การประเมินผลกระทบของการพัฒนาระบบพื้นที่ปิดล้อมย่อยต่อ
ประสิทธิผลของระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วย
แบบจำลอง ISIS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิทธิพงษ์ กิจวรวุฒิ. 2547. การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัยเทศบาลนครอุดรธานี ด้วยแบบ
จำลอง ISIS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2537. งานศึกษาข้อมูลและ
ศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำแม่ข่าย.
- อรรถพล ชำนาญเวชกิจ. 2543. การศึกษาสภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยแบบจำลอง
คณิตศาสตร์ ISIS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AIT/RID. 2539. การทำนายสภาวะน้ำท่วมอำเภอหาดใหญ่. Asian Institute of Technology และ
กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ

Kawinpoomatan, W. 1998. **Flood Risk Mapping of the Yom River Basin : Phrae and Sukhothai Areas**. Thailand. M.Eng. thesis, Asian Institute of Technology.

Sir William Halcrow&Partners Ltd. and HR Wallingford Ltd. 1998. **InfoWorks RS and FloodWorks ISIS Flow User Manual**, UK

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีสภาพปัจจุบัน ไม่มีโครงการ

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
3.43	263.93	267.28	269.43	270.58	266.44	269.11	2,090.01	475.91	589.50
8.65	253.40	263.84	262.31	265.43	258.95	263.04	2,064.49	467.46	582.63
13.87	254.12	258.50	258.64	260.89	257.77	260.34	2,212.48	612.46	632.48
27.75	251.28	255.01	253.94	256.84	253.84	256.38	2,232.15	634.17	639.66
33.11	233.62	236.76	237.78	239.61	236.06	238.42	2,248.85	665.96	656.39
49.88	226.93	231.42	230.58	233.13	229.71	232.01	2,261.10	679.28	660.57
55.93	206.07	210.08	208.12	211.33	208.44	210.52	2,253.30	677.02	659.51
66.71	198.51	202.35	199.99	203.31	201.02	203.03	2,264.44	683.30	665.92
72.16	185.09	188.62	185.54	188.84	187.28	188.15	2,616.93	1,076.94	990.87
76.76	178.30	186.16	185.74	187.83	181.43	185.24	2,601.77	1,075.64	989.16
81.61	175.65	182.21	181.60	183.85	177.63	181.41	2,599.80	1,077.77	989.87
84.84	176.42	183.04	179.78	182.15	179.05	180.84	2,593.78	1,081.01	992.68
90.61	169.73	176.94	176.17	178.83	173.82	177.06	2,623.35	1,095.70	1,026.81
96.61	169.74	172.92	171.98	174.77	171.61	173.32	2,602.18	1,089.40	1,024.72
104.41	166.81	168.78	170.72	171.49	168.68	170.36	2,579.78	1,081.22	1,020.75
108.11	162.98	167.69	170.55	168.94	164.70	167.35	2,557.63	1,073.09	1,016.89
114.10	161.08	165.80	165.49	166.78	162.61	165.24	2,580.95	1,083.30	1,027.28
121.71	160.34	163.72	164.88	163.55	162.07	163.19	2,575.33	1,083.70	1,027.76
127.38	157.60	163.56	163.55	161.93	159.45	161.04	2,540.20	1,071.76	1,022.64
130.76	154.25	158.67	157.25	160.24	156.96	159.53	2,523.38	1,066.62	1,019.99
136.06	154.09	157.49	157.99	158.29	155.00	157.55	2,514.53	1,064.37	1,018.96
140.06	148.85	154.47	153.67	156.98	152.81	155.34	2,486.43	1,055.55	1,015.93
148.26	148.73	155.74	157.13	154.23	151.37	152.89	2,460.03	1,044.58	1,013.25
156.16	146.68	150.83	149.55	150.95	147.22	149.70	2,620.75	1,113.81	1,069.63
158.86	142.15	150.29	148.68	150.19	147.64	149.12	2,593.72	1,095.99	1,062.63
164.21	142.62	151.97	148.55	150.15	146.59	149.05	2,589.91	1,093.76	1,061.66
167.45	140.03	146.47	144.62	146.97	143.51	145.95	2,583.70	1,090.14	1,059.72

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
170.71	138.89	145.66	144.35	146.36	142.62	145.04	2,662.28	1,141.90	1,067.88
174.98	137.75	146.47	144.43	144.82	140.99	143.40	2,679.70	1,150.94	1,070.14
180.21	138.24	143.52	145.74	142.76	138.70	141.09	2,698.87	1,163.14	1,073.83
188.26	132.42	137.02	141.20	138.12	133.95	136.28	2,696.01	1,162.15	1,073.36
197.26	128.79	132.98	136.33	135.06	130.95	133.26	2,747.63	1,197.00	1,081.53
200.33	122.35	129.04	126.63	133.23	128.19	130.97	2,728.64	1,187.74	1,078.29
202.41	120.79	127.86	126.76	131.42	126.49	129.26	2,722.63	1,185.35	1,077.29
205.01	120.98	129.35	127.62	130.67	125.87	128.62	2,858.14	1,238.94	1,099.45
208.14	121.23	132.27	129.56	129.22	124.17	127.41	2,855.15	1,237.31	1,098.88
213.31	114.29	124.19	124.61	125.92	121.80	124.02	2,851.28	1,234.76	1,097.88
217.41	115.86	125.13	122.42	124.86	120.78	122.99	2,845.65	1,230.89	1,096.52
222.31	114.30	122.69	119.61	120.87	116.40	119.06	2,912.40	1,264.94	1,099.24
228.86	112.55	119.27	120.73	119.25	115.12	117.77	2,916.43	1,266.66	1,101.71
234.36	109.87	113.57	123.36	117.04	112.86	115.48	2,908.20	1,262.78	1,100.37
240.76	105.18	112.48	119.73	114.74	110.75	113.36	2,900.28	1,259.38	1,099.22
244.86	102.31	112.02	113.21	111.97	108.09	110.67	2,889.41	1,254.79	1,097.58
253.01	101.61	115.39	109.74	108.78	105.26	107.31	2,881.44	1,251.38	1,096.33
256.91	97.81	104.80	109.45	106.41	102.67	105.20	2,868.53	1,246.44	1,094.69
262.21	96.74	100.32	100.75	103.63	100.13	102.13	2,879.20	1,247.79	1,098.02
266.21	93.91	103.02	100.66	101.08	97.59	99.57	2,873.55	1,245.90	1,097.39
267.41	91.20	99.56	97.09	100.00	95.38	98.33	2,868.30	1,244.09	1,096.90
274.51	90.57	99.47	98.02	97.90	93.76	96.70	2,883.98	1,251.46	1,100.76
282.76	87.63	92.95	92.15	91.93	87.96	90.84	3,025.37	1,303.18	1,160.88
286.46	80.15	89.58	88.67	90.21	85.55	88.40	3,011.75	1,295.70	1,159.00
293.36	79.97	86.84	85.17	87.33	83.16	85.99	3,007.30	1,293.20	1,158.27
297.73	78.10	82.88	84.24	85.50	81.22	84.04	3,000.19	1,290.02	1,157.42
306.76	76.14	81.89	83.36	81.83	77.81	80.59	2,995.17	1,287.99	1,157.04

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
311.76	70.29	81.00	83.47	79.75	75.09	77.84	3,009.80	1,288.12	1,181.52
315.81	69.91	77.55	81.07	77.40	72.67	75.39	2,999.53	1,284.90	1,181.29
320.91	68.17	73.66	72.41	74.02	70.10	72.80	3,017.10	1,289.09	1,211.48
325.66	63.84	70.45	70.28	72.19	68.32	71.00	3,005.35	1,282.81	1,210.95
330.79	64.29	69.48	69.28	68.70	64.92	67.57	2,995.33	1,277.14	1,210.52
336.56	62.11	68.48	68.04	69.13	66.95	68.62	2,986.74	1,272.14	1,210.53
339.41	59.95	64.13	61.92	68.31	65.70	67.35	2,980.93	1,273.32	1,281.33
343.56	59.85	69.14	72.06	68.09	65.17	66.82	2,977.79	1,272.30	1,304.95
353.01	59.32	62.99	67.14	66.34	63.83	65.47	2,971.64	1,270.22	1,303.47
358.91	53.90	66.79	68.79	66.44	64.10	65.74	2,967.62	1,269.08	1,302.29
362.31	49.46	63.07	64.28	64.94	61.99	63.61	1,349.26	754.57	760.32
367.76	52.57	62.85	63.97	63.82	61.61	63.23	1,348.20	753.10	760.39
372.86	50.35	61.10	59.95	63.23	61.33	62.95	1,346.49	748.21	760.98
376.41	49.73	58.20	59.84	61.81	59.94	61.54	1,356.11	1,678.21	1,995.72
384.11	46.24	60.79	58.90	60.47	58.48	60.06	1,357.18	1,824.34	2,181.72
391.06	44.53	57.08	57.39	57.92	56.15	57.71	1,356.47	1,821.27	2,181.65
396.86	45.42	56.02	55.75	56.60	54.64	56.18	675.08	828.03	1,012.56
402.86	43.65	54.04	53.91	55.16	53.24	54.78	688.90	1,039.13	1,313.49
406.43	42.18	52.48	52.69	54.06	52.32	53.84	688.54	1,036.77	1,264.34
410.30	44.08	53.76	53.06	54.20	52.48	54.01	619.23	935.93	1,110.85
414.91	43.58	52.29	49.43	52.09	50.33	51.84	1,006.90	953.68	1,279.17
416.41	41.33	51.31	51.30	51.86	50.14	51.64	1,201.33	1,233.39	1,923.30
422.41	42.23	49.77	49.97	51.00	49.14	50.63	1,198.63	1,255.99	1,925.19
425.51	42.23	49.77	49.97	50.77	49.13	50.63	920.53	1,237.11	2,227.84
428.84	42.15	48.99	49.10	50.67	49.24	50.23	923.75	1,224.62	2,149.55
434.01	43.31	47.42	48.63	50.62	49.28	50.27	957.81	1,539.19	2,282.35
442.01	43.37	49.32	48.95	50.02	48.97	49.96	1,298.41	1,691.59	2,444.25

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
448.63	41.91	48.62	48.26	49.13	47.95	49.03	1,318.49	1,687.92	2,318.03
453.41	37.41	41.72	42.79	48.28	47.26	48.24	1,590.39	1,728.83	2,357.53
460.01	40.07	46.91	48.64	47.99	47.07	47.54	1,543.62	1,769.73	2,397.02
466.81	37.03	45.04	44.36	46.33	45.23	45.99	1,722.74	1,771.74	2,394.53
470.74	35.72	43.82	43.95	45.63	44.82	45.27	1,557.72	1,766.51	2,388.24
475.31	34.97	42.57	42.69	43.93	42.68	43.41	1,619.31	1,808.81	2,476.73
479.88	34.49	41.46	43.45	43.54	42.83	43.26	1,798.63	1,928.60	2,647.01
484.31	34.97	41.35	42.17	43.05	42.28	42.70	1,718.89	1,895.78	2,642.99
491.86	32.52	41.82	42.74	43.03	42.25	42.67	1,695.08	1,882.77	2,640.16
497.41	32.92	40.59	39.74	41.44	40.25	40.95	316.74	336.94	379.95
498.43	32.92	40.59	39.74	41.27	40.12	40.82	751.54	953.35	1,139.15
501.41	30.73	36.29	40.76	41.28	40.11	40.81	748.27	949.41	1,139.13
504.36	30.73	36.29	40.76	41.27	40.10	40.80	825.72	1,007.97	1,206.26
508.19	31.55	42.43	40.55	42.21	41.02	41.73	818.75	1,001.75	1,205.60
514.36	29.27	40.84	39.79	41.68	40.49	41.19	808.33	992.55	1,205.73
521.93	27.36	41.70	39.17	41.64	40.43	41.14	786.99	974.76	1,207.76
526.61	30.77	40.51	40.33	40.97	40.20	40.60	779.92	966.37	1,215.48
533.86	30.14	39.32	40.15	39.88	38.59	39.28	875.76	1,011.36	1,277.53
540.01	30.98	38.59	38.98	39.25	38.44	39.12	854.57	993.11	1,292.52
545.94	30.92	37.93	37.46	38.19	36.87	37.54	932.91	1,030.03	1,418.98
550.11	30.97	36.96	37.90	38.66	37.34	38.01	949.45	1,037.86	1,418.19
558.61	29.92	37.04	37.98	38.39	38.04	38.22	2,348.32	2,522.26	3,593.56
564.66	30.49	35.69	35.75	36.27	35.92	36.12	2,340.13	2,517.30	3,580.21
571.66	27.79	35.64	33.10	36.12	35.75	36.11	1,101.79	1,196.31	1,685.72
577.26	27.78	33.08	35.28	35.63	35.24	35.59	1,173.20	1,233.09	1,926.04
584.79	26.46	32.57	33.69	34.25	33.86	34.20	1,159.42	1,220.98	1,879.66
592.29	27.02	34.58	33.94	34.52	34.29	34.43	1,235.19	1,277.20	2,249.26

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
598.79	25.51	32.36	32.41	32.96	32.77	32.90	1,207.95	1,257.96	2,172.98
606.84	25.08	32.92	32.07	32.59	32.36	32.48	1,230.68	1,258.19	2,193.79
613.84	23.42	31.38	31.31	32.26	32.06	32.18	1,200.40	1,219.29	2,110.32
621.99	21.30	30.68	30.60	31.11	30.84	31.04	1,388.19	1,198.21	2,115.26
628.69	18.81	30.39	29.07	30.01	29.85	29.95	1,312.99	1,152.51	1,990.35
631.72	19.96	27.59	28.02	29.94	29.79	29.89	2,137.90	2,128.25	3,120.83
633.10	17.67	32.98	28.89	28.42	28.27	28.35	2,153.00	2,140.02	3,096.24
636.13	20.02	26.58	28.42	27.91	27.76	27.84	2,152.42	2,139.86	3,095.35
638.80	19.92	29.50	28.39	27.65	27.41	27.58	2,180.37	2,150.08	3,107.70
641.83	14.78	26.87	29.27	27.11	26.96	27.06	2,165.75	2,145.94	3,087.15
648.90	18.28	28.84	26.61	26.56	26.32	26.52	2,151.15	2,141.43	3,070.29
654.20	17.29	26.94	28.95	26.43	26.29	26.39	2,122.99	2,132.02	3,042.77
661.90	15.71	27.41	25.73	26.36	26.21	26.31	2,109.38	2,127.56	3,032.17
667.73	15.88	23.80	28.01	25.28	25.13	25.23	2,098.98	2,125.02	3,028.30
672.93	15.78	26.86	25.08	25.57	25.41	25.51	2,097.70	2,124.97	3,028.16

ตารางผนวกที่ 2 สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งเสือเต้น

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
3.43	263.93	267.28	269.43	266.08	264.75	265.55	889.96	75.89	109.48
8.65	253.40	263.84	262.31	259.63	258.33	259.11	830.43	56.30	89.12
13.87	254.12	258.50	258.64	255.29	255.01	254.77	1,001.45	208.73	148.10
27.75	251.28	255.01	253.94	252.34	252.08	251.83	1,023.18	231.16	156.06
33.11	233.62	236.76	237.78	235.11	233.93	234.64	940.90	230.02	133.24
49.88	226.93	231.42	230.58	229.63	228.48	229.17	836.16	204.32	90.65
55.93	206.07	210.08	208.12	207.33	206.30	206.92	922.46	233.26	127.11
66.71	198.51	202.35	199.99	199.61	198.61	199.21	944.53	243.19	137.88
72.16	185.09	188.62	185.54	186.12	185.19	185.75	1,188.49	603.00	422.58
76.76	178.30	186.16	185.74	181.01	180.10	180.65	1,129.26	583.37	401.38
81.61	175.65	182.21	181.60	179.34	176.94	178.98	1,071.20	566.91	379.60
84.84	176.42	183.04	179.78	177.44	176.55	177.08	1,352.00	665.84	497.12
90.61	169.73	176.94	176.17	174.82	172.94	174.47	1,069.71	576.55	406.44
96.61	169.74	172.92	171.98	172.75	170.89	172.41	1,021.58	561.13	393.62
104.41	166.81	168.78	170.72	168.97	168.12	168.63	1,325.31	661.73	520.00
108.11	162.98	167.69	170.55	166.92	164.09	166.59	1,203.07	620.42	476.26
114.10	161.08	165.80	165.49	164.76	161.93	164.43	1,335.43	667.03	530.08
121.71	160.34	163.72	164.88	163.03	160.71	162.70	1,080.86	584.37	431.05
127.38	157.60	163.56	163.55	159.91	159.11	159.59	1,170.59	614.35	476.00
130.76	154.25	158.67	157.25	157.72	156.93	157.40	1,262.00	645.33	516.52
136.06	154.09	157.49	157.99	156.07	154.29	155.76	1,029.12	568.35	425.99
140.06	148.85	154.47	153.67	154.26	152.48	153.95	1,232.08	636.46	515.38
148.26	148.73	155.74	157.13	152.21	150.44	151.90	1,183.61	618.34	503.79
156.16	146.68	150.83	149.55	149.43	146.99	149.13	1,289.51	669.43	538.29
158.86	142.15	150.29	148.68	148.66	146.92	148.37	1,484.33	725.75	620.01
164.21	142.62	151.97	148.55	147.63	145.89	147.33	1,493.58	727.95	624.27
167.45	140.03	146.47	144.62	145.45	143.23	145.16	1,680.40	788.59	699.56

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
170.71	138.89	145.66	144.35	144.34	141.62	144.05	1,775.93	845.81	714.54
174.98	137.75	146.47	144.43	143.30	140.59	143.02	1,793.41	854.82	716.79
180.21	138.24	143.52	145.74	140.74	138.24	140.46	1,860.63	883.06	739.68
188.26	132.42	137.02	141.20	137.10	133.41	135.82	1,895.79	894.71	754.42
197.26	128.79	132.98	136.33	133.04	130.37	132.77	1,979.36	939.96	775.49
200.33	122.35	129.04	126.63	131.21	127.55	130.95	1,923.32	918.32	757.31
202.41	120.79	127.86	126.76	128.40	125.75	128.14	1,917.34	915.89	756.47
205.01	120.98	129.35	127.62	127.65	125.01	127.40	2,152.95	1,002.65	818.57
208.14	121.23	132.27	129.56	126.20	123.57	125.95	2,227.00	1,026.73	848.77
213.31	114.29	124.19	124.61	123.90	121.28	123.65	2,123.11	990.80	807.82
217.41	115.86	125.13	122.42	121.84	120.23	121.60	2,040.48	961.24	775.64
222.31	114.30	122.69	119.61	119.85	116.25	118.61	2,073.18	984.13	765.38
228.86	112.55	119.27	120.73	117.74	114.15	117.50	2,084.21	988.26	770.65
234.36	109.87	113.57	123.36	114.52	111.95	114.29	2,111.99	996.33	783.74
240.76	105.18	112.48	119.73	111.72	110.16	111.50	2,179.09	1,017.91	812.57
244.86	102.31	112.02	113.21	108.95	107.41	108.74	2,141.22	1,004.36	800.17
253.01	101.61	115.39	109.74	107.27	104.73	107.05	2,097.22	988.96	784.50
256.91	97.81	104.80	109.45	103.89	102.37	103.68	2,068.38	978.68	776.42
262.21	96.74	100.32	100.75	101.62	99.61	101.41	2,095.00	985.28	786.15
266.21	93.91	103.02	100.66	98.56	97.07	98.36	2,152.40	1,004.41	810.78
267.41	91.20	99.56	97.09	96.48	95.00	96.29	2,150.21	1,003.61	811.45
274.51	90.57	99.47	98.02	95.88	93.40	95.69	2,143.80	1,003.63	806.38
282.76	87.63	92.95	92.15	91.41	87.65	90.23	2,307.07	1,062.13	874.74
286.46	80.15	89.58	88.67	89.19	85.24	88.01	2,282.40	1,050.98	868.48
293.36	79.97	86.84	85.17	86.81	82.88	85.64	2,210.99	1,026.13	840.97
297.73	78.10	82.88	84.24	84.48	81.06	83.31	2,294.87	1,053.27	876.50
306.76	76.14	81.89	83.36	81.32	77.61	80.15	2,288.94	1,051.47	875.72

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
311.76	70.29	81.00	83.47	77.23	74.84	77.08	2,404.58	1,084.70	940.56
315.81	69.91	77.55	81.07	74.88	72.51	74.73	2,414.34	1,088.13	948.39
320.91	68.17	73.66	72.41	73.00	69.74	72.25	2,482.86	1,109.09	999.01
325.66	63.84	70.45	70.28	71.17	68.02	70.63	2,443.17	1,093.52	987.34
330.79	64.29	69.48	69.28	68.19	64.64	67.25	2,419.06	1,082.99	981.36
336.56	62.11	68.48	68.04	68.51	66.67	68.38	2,523.49	1,115.67	1,026.59
339.41	59.95	64.13	61.92	67.59	65.55	66.86	2,495.71	1,109.67	1,089.25
343.56	59.85	69.14	72.06	67.58	64.84	66.44	2,526.59	1,120.04	1,126.53
353.01	59.32	62.99	67.14	65.83	63.50	64.99	2,525.47	1,119.64	1,126.94
358.91	53.90	66.79	68.79	65.83	63.75	65.60	2,497.47	1,110.50	1,116.23
362.31	49.46	63.07	64.28	64.43	61.71	63.30	869.02	593.51	569.09
367.76	52.57	62.85	63.97	63.22	61.40	63.09	947.92	618.71	601.07
372.86	50.35	61.10	59.95	62.52	61.21	62.39	987.18	627.49	617.94
376.41	49.73	58.20	59.84	61.20	59.70	61.08	992.80	1,557.98	1,851.27
384.11	46.24	60.79	58.90	59.97	58.17	59.85	1,058.88	1,725.73	2,063.23
391.06	44.53	57.08	57.39	57.42	55.93	57.30	1,067.19	1,725.72	2,066.95
396.86	45.42	56.02	55.75	56.09	54.31	55.98	408.02	739.40	906.13
402.86	43.65	54.04	53.91	54.66	52.89	54.55	445.12	957.85	1,216.37
406.43	42.18	52.48	52.69	53.56	52.09	53.45	474.71	965.43	1,179.00
410.30	44.08	53.76	53.06	53.70	52.23	53.59	396.28	861.98	1,022.09
414.91	43.58	52.29	49.43	51.59	50.13	51.49	770.87	875.01	1,155.09
416.41	41.33	51.31	51.30	51.36	49.91	51.26	987.25	1,162.17	1,838.93
422.41	42.23	49.77	49.97	50.50	48.94	50.40	999.67	1,189.82	1,847.60
425.51	42.23	49.77	49.97	50.37	48.92	50.27	727.48	1,172.97	2,104.55
428.84	42.15	48.99	49.10	50.18	48.92	50.07	737.92	1,163.03	2,086.56
434.01	43.31	47.42	48.63	50.32	49.07	50.12	783.91	1,481.22	2,220.17
442.01	43.37	49.32	48.95	49.82	48.77	49.72	1,135.59	1,637.70	2,368.94

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
448.63	41.91	48.62	48.26	48.93	47.69	48.83	1,165.67	1,637.27	2,256.52
453.41	37.41	41.72	42.79	48.18	46.94	48.08	1,449.41	7,899.47	7,897.22
460.01	40.07	46.91	48.64	47.79	46.75	47.19	1,406.51	1,724.18	2,341.41
466.81	37.03	45.04	44.36	46.13	44.90	45.54	1,603.05	1,731.84	2,345.80
470.74	35.72	43.82	43.95	45.43	44.50	44.84	1,457.83	1,733.39	2,347.71
475.31	34.97	42.57	42.69	43.73	42.51	43.14	1,519.24	1,775.57	2,436.30
479.88	34.49	41.46	43.45	43.34	42.63	43.06	1,668.68	1,885.45	2,594.28
484.31	34.97	41.35	42.17	42.86	42.14	42.27	1,578.67	1,849.14	2,585.77
491.86	32.52	41.82	42.74	42.85	42.14	42.27	1,575.08	1,842.93	2,591.24
497.41	32.92	40.59	39.74	41.29	40.08	40.70	217.73	303.80	340.40
498.43	32.92	40.59	39.74	41.17	39.97	40.59	654.45	921.14	1,100.04
501.41	30.73	36.29	40.76	41.15	39.94	40.56	655.20	918.40	1,101.61
504.36	30.73	36.29	40.76	41.13	39.92	40.55	738.66	979.04	1,171.00
508.19	31.55	42.43	40.55	42.01	40.80	41.43	735.64	974.16	1,172.34
514.36	29.27	40.84	39.79	41.38	40.17	40.79	726.31	965.34	1,172.75
521.93	27.36	41.70	39.17	41.34	40.13	40.76	722.86	953.39	1,181.79
526.61	30.77	40.51	40.33	40.77	40.07	40.19	711.82	943.76	1,188.15
533.86	30.14	39.32	40.15	39.73	38.54	39.15	815.66	991.39	1,253.14
540.01	30.98	38.59	38.98	39.05	38.35	38.97	787.52	970.91	1,265.37
545.94	30.92	37.93	37.46	38.09	36.60	37.01	882.86	1,013.65	1,398.98
550.11	30.97	36.96	37.90	38.46	37.26	37.88	897.38	1,020.72	1,397.99
558.61	29.92	37.04	37.98	38.24	37.85	38.11	2,289.14	2,502.74	3,569.49
564.66	30.49	35.69	35.75	36.13	35.55	36.01	2,290.81	2,501.22	3,560.03
571.66	27.79	35.64	33.10	36.00	35.52	35.92	1,061.62	1,183.16	1,669.33
577.26	27.78	33.08	35.28	35.50	34.92	35.43	1,126.06	1,217.48	1,907.58
584.79	26.46	32.57	33.69	34.11	33.64	34.05	1,116.25	1,206.77	1,861.90
592.29	27.02	34.58	33.94	34.40	34.22	34.33	1,197.18	1,264.51	2,233.95

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
598.79	25.51	32.36	32.41	32.83	32.66	32.76	1,177.79	1,247.96	2,160.86
606.84	25.08	32.92	32.07	32.48	32.32	32.37	1,196.51	1,246.88	2,179.91
613.84	23.42	31.38	31.31	32.14	31.98	32.11	1,169.39	1,208.93	2,097.60
621.99	21.30	30.68	30.60	30.96	30.80	30.93	1,367.41	1,191.21	2,106.51
628.69	18.81	30.39	29.07	29.91	29.82	29.88	1,293.10	1,145.82	1,981.92
631.72	19.96	27.59	28.02	29.82	29.73	29.79	2,108.84	2,118.80	3,108.80
633.10	17.67	32.98	28.89	28.32	28.23	28.26	2,129.88	2,132.53	3,086.74
636.13	20.02	26.58	28.42	27.80	27.72	27.75	2,132.31	2,133.35	3,087.01
638.80	19.92	29.50	28.39	27.53	27.40	27.48	2,163.32	2,144.63	3,100.65
641.83	14.78	26.87	29.27	27.01	26.92	26.95	2,146.76	2,139.68	3,079.36
648.90	18.28	28.84	26.61	26.46	26.03	26.41	2,139.09	2,137.59	3,065.22
654.20	17.29	26.94	28.95	26.31	26.18	26.26	2,112.93	2,128.74	3,038.56
661.90	15.71	27.41	25.73	26.25	26.12	26.19	2,099.38	2,124.28	3,027.79
667.73	15.88	23.80	28.01	25.18	25.05	25.13	2,082.90	2,119.88	3,021.54
672.93	15.78	26.86	25.08	25.47	25.34	25.42	2,084.65	2,120.69	3,022.62

ตารางผนวกที่ 3 สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
3.43	263.93	267.28	269.43	270.58	266.44	269.07	2,090.01	475.91	589.50
8.65	253.40	263.84	262.31	265.43	258.95	262.94	2,064.52	467.44	582.69
13.87	254.12	258.50	258.64	260.89	257.76	260.31	2,212.49	612.52	632.51
27.75	251.28	255.01	253.94	256.84	253.84	256.37	2,232.20	634.20	639.68
33.11	233.62	236.76	237.78	239.61	236.06	238.41	2,248.91	665.97	656.49
49.88	226.93	231.42	230.58	233.13	229.71	231.67	2,261.11	679.25	660.69
55.93	206.07	210.08	208.12	211.33	208.44	210.52	2,253.17	676.97	659.46
66.71	198.51	202.35	199.99	203.31	201.02	203.01	2,264.32	683.18	665.80
72.16	185.09	188.62	185.54	188.84	187.28	188.12	2,616.86	1,076.83	990.87
76.76	178.30	186.16	185.74	187.80	181.43	185.23	2,601.80	1,075.63	989.30
81.61	175.65	182.21	181.60	183.83	177.63	181.33	2,599.75	1,077.73	989.89
84.84	176.42	183.04	179.78	182.15	179.05	180.81	2,593.66	1,081.02	992.74
90.61	169.73	176.94	176.17	178.83	173.82	177.02	2,623.27	1,095.62	1,026.83
96.61	169.74	172.92	171.98	174.77	171.61	173.30	2,602.04	1,089.40	1,024.82
104.41	166.81	168.78	170.72	171.49	168.68	170.35	2,579.71	1,081.18	1,020.67
108.11	162.98	167.69	170.55	168.94	164.70	167.31	2,557.32	1,073.06	1,016.81
114.10	161.08	165.80	165.49	166.78	162.61	165.23	2,580.80	1,083.27	1,027.17
121.71	160.34	163.72	164.88	163.55	162.07	163.11	2,575.20	1,083.65	1,027.72
127.38	157.60	163.56	163.55	161.93	159.35	160.98	2,539.86	1,071.75	1,022.54
130.76	154.25	158.67	157.25	160.24	156.96	159.51	2,523.19	1,066.67	1,020.00
136.06	154.09	157.49	157.99	158.29	154.98	157.49	2,514.34	1,064.28	1,018.96
140.06	148.85	154.47	153.67	156.98	152.79	155.33	2,486.30	1,055.49	1,015.93
148.26	148.73	155.74	157.13	154.23	151.36	152.86	2,459.85	1,044.61	1,013.16
156.16	146.68	150.83	149.55	150.93	147.21	149.67	2,620.88	1,113.96	1,069.58
158.86	142.15	150.29	148.68	150.16	147.63	149.08	2,593.61	1,096.05	1,062.63
164.21	142.62	151.97	148.55	150.13	146.58	149.04	2,589.79	1,093.85	1,061.61
167.45	140.03	146.47	144.62	146.95	143.50	145.94	2,583.64	1,090.18	1,059.73

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
170.71	138.89	145.66	144.35	146.34	142.61	145.01	2,662.23	1,141.97	1,067.82
174.98	137.75	146.47	144.43	144.82	140.79	143.40	2,679.54	1,150.97	1,070.09
180.21	138.24	143.52	145.74	142.76	138.50	141.07	2,698.76	1,163.22	1,073.81
188.26	132.42	137.02	141.20	138.12	133.85	136.24	2,695.86	1,162.14	1,073.37
197.26	128.79	132.98	136.33	135.06	130.75	133.04	2,747.48	1,197.01	1,081.47
200.33	122.35	129.04	126.63	133.23	127.99	130.70	2,728.65	1,187.75	1,078.13
202.41	120.79	127.86	126.76	131.42	126.29	129.00	2,722.49	1,185.25	1,077.19
205.01	120.98	129.35	127.62	130.67	125.67	128.37	2,858.06	1,238.90	1,099.37
208.14	121.23	132.27	129.56	129.22	123.97	127.14	2,855.10	1,237.33	1,098.78
213.31	114.29	124.19	124.61	125.92	121.60	124.00	2,851.21	1,234.77	1,097.79
217.41	115.86	125.13	122.42	124.86	120.58	122.99	2,845.60	1,230.89	1,096.42
222.31	114.30	122.69	119.61	120.87	116.20	118.96	2,912.29	1,264.93	1,099.25
228.86	112.55	119.27	120.73	119.25	114.92	117.71	2,916.35	1,266.73	1,101.71
234.36	109.87	113.57	123.36	117.04	112.56	114.43	2,908.09	1,262.87	1,100.38
240.76	105.18	112.48	119.73	114.74	110.45	113.33	2,900.22	1,259.42	1,099.22
244.86	102.31	112.02	113.21	111.97	107.79	110.58	2,889.29	1,254.83	1,097.61
253.01	101.61	115.39	109.74	108.78	104.96	107.22	2,881.35	1,251.43	1,096.41
256.91	97.81	104.80	109.45	106.41	102.37	105.05	2,868.46	1,246.47	1,094.69
262.21	96.74	100.32	100.75	103.63	99.63	102.05	2,879.15	1,247.79	1,098.09
266.21	93.91	103.02	100.66	101.08	97.09	99.43	2,873.55	1,245.91	1,097.46
267.41	91.20	99.56	97.09	100.00	94.88	98.20	2,868.29	1,244.11	1,096.98
274.51	90.57	99.47	98.02	97.90	93.56	96.69	2,883.94	1,251.47	1,100.68
282.76	87.63	92.95	92.15	91.93	87.66	90.72	3,025.33	1,303.25	1,160.83
286.46	80.15	89.58	88.67	90.21	85.25	88.38	3,011.77	1,295.78	1,158.95
293.36	79.97	86.84	85.17	87.33	82.86	85.90	3,007.26	1,293.26	1,158.22
297.73	78.10	82.88	84.24	85.50	80.93	84.01	3,000.14	1,290.10	1,157.39
306.76	76.14	81.89	83.36	81.83	77.71	80.52	2,995.10	1,288.09	1,156.97

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
311.76	70.29	81.00	83.47	79.74	74.99	77.70	3,009.73	1,288.20	1,181.46
315.81	69.91	77.55	81.07	77.40	72.57	75.34	2,999.59	1,284.94	1,181.24
320.91	68.17	73.66	72.41	73.97	70.00	72.73	3,017.04	1,289.20	1,211.48
325.66	63.84	70.45	70.28	72.15	68.22	70.96	3,005.28	1,282.91	1,210.93
330.79	64.29	69.48	69.28	68.62	64.90	67.41	2,995.26	1,277.19	1,210.49
336.56	62.11	68.48	68.04	69.06	66.90	68.53	2,986.68	1,272.19	1,210.51
339.41	59.95	64.13	61.92	68.21	65.65	67.25	2,980.86	1,273.35	1,281.30
343.56	59.85	69.14	72.06	67.79	65.15	66.64	2,977.74	1,272.36	1,305.02
353.01	59.32	62.99	67.14	65.94	63.78	65.34	2,971.60	1,270.26	1,303.51
358.91	53.90	66.79	68.79	65.64	63.90	65.52	2,967.58	1,269.16	1,302.34
362.31	49.46	63.07	64.28	63.94	61.39	63.38	1,349.23	754.56	760.34
367.76	52.57	62.85	63.97	62.82	61.31	62.44	1,348.19	753.12	760.38
372.86	50.35	61.10	59.95	62.43	60.83	62.41	1,346.47	748.27	761.04
376.41	49.73	58.20	59.84	60.91	59.44	60.82	1,356.09	1,678.37	1,995.23
384.11	46.24	60.79	58.90	59.67	57.98	59.65	1,357.16	1,824.47	2,180.76
391.06	44.53	57.08	57.39	57.42	55.65	57.36	1,356.47	1,821.46	2,179.29
396.86	45.42	56.02	55.75	56.00	54.34	55.92	675.07	827.99	1,012.13
402.86	43.65	54.04	53.91	54.16	52.74	54.21	688.86	1,039.14	1,312.42
406.43	42.18	52.48	52.69	53.56	52.17	53.14	688.48	1,036.75	1,263.48
410.30	44.08	53.76	53.06	53.70	51.98	53.41	619.21	936.19	1,110.62
414.91	43.58	52.29	49.43	51.29	50.03	51.22	1,005.79	1,051.17	1,270.56
416.41	41.33	51.31	51.30	51.06	49.94	50.95	1,197.49	1,234.15	1,916.30
422.41	42.23	49.77	49.97	50.20	48.84	50.18	1,196.72	1,586.00	1,912.67
425.51	42.23	49.77	49.97	49.77	48.94	49.71	920.44	1,237.99	2,208.25
428.84	42.15	48.99	49.10	49.68	49.04	49.68	923.90	1,225.79	2,138.61
434.01	43.31	47.42	48.63	50.42	48.98	50.24	957.94	1,540.50	2,287.43
442.01	43.37	49.32	48.95	49.02	48.77	49.34	1,298.78	1,693.39	2,441.05

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ต่องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
448.63	41.91	48.62	48.26	48.13	47.85	48.23	1,318.29	1,689.62	2,320.82
453.41	37.41	41.72	42.79	47.28	46.96	47.85	1,592.56	6,740.73	6,723.40
460.01	40.07	46.91	48.64	46.79	46.58	47.42	1,543.55	1,772.17	2,399.20
466.81	37.03	45.04	44.36	46.13	44.73	45.90	1,723.34	1,774.40	2,397.04
470.74	35.72	43.82	43.95	44.63	44.42	44.75	1,558.33	1,769.02	2,390.67
475.31	34.97	42.57	42.69	43.73	42.48	43.25	1,619.85	1,811.50	2,478.94
479.88	34.49	41.46	43.45	42.54	42.64	43.04	1,799.98	1,931.00	2,649.21
484.31	34.97	41.35	42.17	42.05	42.18	42.56	1,719.72	1,897.30	2,644.57
491.86	32.52	41.82	42.74	42.03	41.86	42.50	1,696.01	1,884.30	2,641.96
497.41	32.92	40.59	39.74	40.44	39.75	40.79	316.83	405.97	393.93
498.43	32.92	40.59	39.74	40.27	39.62	40.57	752.68	952.21	1,143.06
501.41	30.73	36.29	40.76	40.28	39.61	40.66	749.47	1,319.70	1,307.45
504.36	30.73	36.29	40.76	40.27	39.60	40.54	826.53	1,052.62	1,210.51
508.19	31.55	42.43	40.55	41.41	40.52	41.17	819.70	1,000.85	1,209.61
514.36	29.27	40.84	39.79	40.98	39.99	41.03	809.96	992.36	1,209.54
521.93	27.36	41.70	39.17	40.88	40.37	41.02	790.07	975.65	1,211.86
526.61	30.77	40.51	40.33	40.67	40.10	40.49	782.89	967.65	1,219.98
533.86	30.14	39.32	40.15	39.78	38.40	39.11	877.95	1,011.73	1,282.18
540.01	30.98	38.59	38.98	39.13	38.32	38.97	855.99	994.23	1,297.78
545.94	30.92	37.93	37.46	37.84	36.73	37.41	932.76	1,030.14	1,439.37
550.11	30.97	36.96	37.90	37.99	37.18	37.68	949.23	1,038.14	1,435.75
558.61	29.92	37.04	37.98	37.72	37.57	38.08	2,345.19	2,519.93	3,612.43
564.66	30.49	35.69	35.75	35.66	35.51	35.96	2,336.91	2,513.67	3,598.37
571.66	27.79	35.64	33.10	36.02	35.46	35.73	1,158.22	1,255.43	1,764.21
577.26	27.78	33.08	35.28	35.43	35.02	35.47	1,232.84	1,293.73	2,003.58
584.79	26.46	32.57	33.69	34.01	33.59	34.10	1,223.06	1,284.07	1,956.66
592.29	27.02	34.58	33.94	34.15	33.92	34.25	1,305.50	1,338.51	2,327.77

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
598.79	25.51	32.36	32.41	32.72	32.62	32.75	1,284.72	1,319.81	2,261.58
606.84	25.08	32.92	32.07	32.26	32.19	32.17	1,315.05	1,329.91	2,293.98
613.84	23.42	31.38	31.31	31.89	31.80	31.98	1,296.50	1,297.80	2,232.60
621.99	21.30	30.68	30.60	30.70	30.64	30.87	1,499.86	1,287.54	2,257.71
628.69	18.81	30.39	29.07	29.55	29.55	29.61	1,443.72	1,255.35	2,158.58
631.72	19.96	27.59	28.02	29.47	29.45	29.67	2,228.70	2,178.55	3,294.13
633.10	17.67	32.98	28.89	28.35	27.93	28.24	2,250.88	2,184.03	3,281.22
636.13	20.02	26.58	28.42	27.63	27.61	27.65	2,250.54	2,183.90	3,280.73
638.80	19.92	29.50	28.39	27.33	27.31	27.45	2,283.10	2,194.11	3,296.54
641.83	14.78	26.87	29.27	26.76	26.74	26.87	2,273.07	2,192.47	3,284.72
648.90	18.28	28.84	26.61	26.20	26.18	26.29	2,263.12	2,191.00	3,273.53
654.20	17.29	26.94	28.95	26.04	26.03	26.10	2,245.23	2,187.47	3,253.74
661.90	15.71	27.41	25.73	25.94	25.93	25.97	2,237.17	2,185.59	3,245.01
667.73	15.88	23.80	28.01	24.84	24.83	24.82	2,231.01	2,184.97	3,238.49
672.93	15.78	26.86	25.08	25.31	25.13	25.34	2,230.34	2,184.95	3,238.22

ตารางผนวกที่ 4 สรุปสภาพน้ำท่าวมกรณีมีการพัฒนาพื้นที่แก้มลิง

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
3.43	263.93	267.28	269.43	270.57	266.44	269.10	589.50	586.40	587.20
8.65	253.40	263.84	262.31	265.44	258.95	263.04	582.69	579.59	580.39
13.87	254.12	258.50	258.64	260.81	257.75	260.30	632.51	629.41	630.21
27.75	251.28	255.01	253.94	256.84	253.84	256.38	639.68	636.58	637.38
33.11	233.62	236.76	237.78	239.53	236.04	238.37	656.49	653.39	654.19
49.88	226.93	231.42	230.58	233.07	229.70	231.97	660.69	657.59	658.39
55.93	206.07	210.08	208.12	211.24	208.41	210.47	659.46	656.36	657.16
66.71	198.51	202.35	199.99	203.31	201.02	203.03	665.80	662.70	663.50
72.16	185.09	188.62	185.54	188.82	187.27	188.14	990.87	987.77	988.57
76.76	178.30	186.16	185.74	187.82	181.43	185.24	989.30	986.20	987.00
81.61	175.65	182.21	181.60	183.83	177.63	181.40	989.89	986.79	987.59
84.84	176.42	183.04	179.78	182.11	179.04	180.81	992.74	989.64	990.44
90.61	169.73	176.94	176.17	178.82	173.82	177.05	1,026.83	1,023.73	1,024.53
96.61	169.74	172.92	171.98	174.75	171.60	173.31	1,024.82	1,021.72	1,022.52
104.41	166.81	168.78	170.72	171.47	168.67	170.35	1,020.67	1,017.57	1,018.37
108.11	162.98	167.69	170.55	168.91	164.70	167.33	1,016.81	1,013.71	1,014.51
114.10	161.08	165.80	165.49	166.73	162.60	165.21	1,027.17	1,024.07	1,024.87
121.71	160.34	163.72	164.88	163.51	162.06	163.17	1,027.72	1,024.62	1,025.42
127.38	157.60	163.56	163.55	161.88	159.44	161.01	1,022.54	1,019.44	1,020.24
130.76	154.25	158.67	157.25	160.21	156.96	159.52	1,020.00	1,016.90	1,017.70
136.06	154.09	157.49	157.99	158.29	154.99	157.54	1,018.96	1,015.86	1,016.66
140.06	148.85	154.47	153.67	156.93	152.80	155.31	1,015.93	1,012.83	1,013.63
148.26	148.73	155.74	157.13	154.21	151.37	152.88	1,013.16	1,010.06	1,010.86
156.16	146.68	150.83	149.55	150.87	147.20	149.64	1,069.58	1,066.48	1,067.28
158.86	142.15	150.29	148.68	150.18	147.64	149.11	1,062.63	1,059.53	1,060.33
164.21	142.62	151.97	148.55	150.10	146.58	149.03	1,061.61	1,058.51	1,059.31
167.45	140.03	146.47	144.62	146.96	143.51	145.94	1,059.73	1,056.63	1,057.43

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
170.71	138.89	145.66	144.35	146.31	142.60	145.01	1,067.82	1,064.72	1,065.52
174.98	137.75	146.47	144.43	144.80	140.99	143.39	1,070.09	1,066.99	1,067.79
180.21	138.24	143.52	145.74	142.67	138.68	141.03	1,073.81	1,070.71	1,071.51
188.26	132.42	137.02	141.20	138.09	133.94	136.27	1,073.37	1,070.27	1,071.07
197.26	128.79	132.98	136.33	135.04	130.94	133.25	1,081.47	1,078.37	1,079.17
200.33	122.35	129.04	126.63	132.70	128.05	130.65	1,078.13	1,075.03	1,075.83
202.41	120.79	127.86	126.76	131.40	126.49	129.25	1,077.19	1,074.09	1,074.89
205.01	120.98	129.35	127.62	130.66	125.86	128.62	1,099.37	1,096.27	1,097.07
208.14	121.23	132.27	129.56	129.22	124.17	127.41	1,098.78	1,095.68	1,096.48
213.31	114.29	124.19	124.61	125.90	121.79	124.00	1,097.79	1,094.69	1,095.49
217.41	115.86	125.13	122.42	124.86	120.78	122.99	1,096.42	1,093.32	1,094.12
222.31	114.30	122.69	119.61	120.86	116.40	119.06	1,099.25	1,096.15	1,096.95
228.86	112.55	119.27	120.73	119.21	115.11	117.75	1,101.71	1,098.61	1,099.41
234.36	109.87	113.57	123.36	117.03	112.85	115.48	1,100.38	1,097.28	1,098.08
240.76	105.18	112.48	119.73	114.73	110.75	113.35	1,099.22	1,096.12	1,096.92
244.86	102.31	112.02	113.21	111.96	108.09	110.66	1,097.61	1,094.51	1,095.31
253.01	101.61	115.39	109.74	108.78	105.26	107.31	1,096.41	1,093.31	1,094.11
256.91	97.81	104.80	109.45	106.40	102.67	105.19	1,094.69	1,091.59	1,092.39
262.21	96.74	100.32	100.75	103.63	100.13	102.13	1,098.09	1,094.99	1,095.79
266.21	93.91	103.02	100.66	101.08	97.59	99.57	1,097.46	1,094.36	1,095.16
267.41	91.20	99.56	97.09	99.99	95.38	98.33	1,096.98	1,093.88	1,094.68
274.51	90.57	99.47	98.02	97.89	93.76	96.70	1,100.68	1,097.58	1,098.38
282.76	87.63	92.95	92.15	91.92	87.96	90.84	1,160.83	1,157.73	1,158.53
286.46	80.15	89.58	88.67	90.18	85.54	88.38	1,158.95	1,155.85	1,156.65
293.36	79.97	86.84	85.17	87.30	83.15	85.97	1,158.22	1,155.12	1,155.92
297.73	78.10	82.88	84.24	85.46	81.21	84.01	1,157.39	1,154.29	1,155.09
306.76	76.14	81.89	83.36	81.82	77.80	80.58	1,156.97	1,153.87	1,154.67

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
311.76	70.29	81.00	83.47	79.74	75.09	77.84	1,181.46	1,178.36	1,179.16
315.81	69.91	77.55	81.07	77.40	72.67	75.39	1,181.24	1,178.14	1,178.94
320.91	68.17	73.66	72.41	74.02	70.10	72.80	1,211.48	1,208.38	1,209.18
325.66	63.84	70.45	70.28	72.18	68.32	71.00	1,210.93	1,207.83	1,208.63
330.79	64.29	69.48	69.28	68.61	64.89	67.51	1,210.49	1,207.39	1,208.19
336.56	62.11	68.48	68.04	68.77	66.86	68.40	1,210.51	1,207.41	1,208.21
339.41	59.95	64.13	61.92	68.05	65.63	67.20	1,281.30	1,278.20	1,279.00
343.56	59.85	69.14	72.06	67.84	65.11	66.67	1,305.02	1,301.92	1,302.72
353.01	59.32	62.99	67.14	66.08	63.77	65.31	1,303.51	1,300.41	1,301.21
358.91	53.90	66.79	68.79	66.22	64.04	65.61	1,302.34	1,299.24	1,300.04
362.31	49.46	63.07	64.28	64.68	61.92	63.45	760.34	757.24	758.04
367.76	52.57	62.85	63.97	63.44	61.51	63.00	760.38	757.28	758.08
372.86	50.35	61.10	59.95	63.01	61.28	62.81	761.04	757.94	758.74
376.41	49.73	58.20	59.84	61.52	59.86	61.36	1,995.23	1,992.13	1,992.93
384.11	46.24	60.79	58.90	60.25	58.42	59.93	2,180.76	2,177.66	2,178.46
391.06	44.53	57.08	57.39	57.66	56.09	57.56	2,179.29	2,176.19	2,176.99
396.86	45.42	56.02	55.75	56.42	54.59	56.07	1,012.13	1,009.03	1,009.83
402.86	43.65	54.04	53.91	54.71	53.13	54.50	1,312.42	1,309.32	1,310.12
406.43	42.18	52.48	52.69	53.84	52.26	53.71	1,263.48	1,260.38	1,261.18
410.30	44.08	53.76	53.06	53.71	52.36	53.71	1,110.62	1,107.52	1,108.32
414.91	43.58	52.29	49.43	51.62	50.21	51.55	1,270.56	1,267.46	1,268.26
416.41	41.33	51.31	51.30	51.45	50.04	51.40	1,916.30	1,913.20	1,914.00
422.41	42.23	49.77	49.97	50.88	49.11	50.56	1,912.67	1,909.57	1,910.37
425.51	42.23	49.77	49.97	50.61	49.09	50.53	2,208.25	2,205.15	2,205.95
428.84	42.15	48.99	49.10	50.48	49.19	50.11	2,138.61	2,135.51	2,136.31
434.01	43.31	47.42	48.63	50.39	49.22	50.13	2,287.43	2,284.33	2,285.13
442.01	43.37	49.32	48.95	49.64	48.88	49.73	2,441.05	2,437.95	2,438.75

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ต่อน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
448.63	41.91	48.62	48.26	48.73	47.85	48.79	2,320.82	2,317.72	2,318.52
453.41	37.41	41.72	42.79	48.05	47.21	48.10	6,723.40	6,720.30	6,721.10
460.01	40.07	46.91	48.64	47.62	46.98	47.32	2,399.20	2,396.10	2,396.90
466.81	37.03	45.04	44.36	46.10	45.18	45.85	2,397.04	2,393.94	2,394.74
470.74	35.72	43.82	43.95	45.25	44.73	45.04	2,390.67	2,387.57	2,388.37
475.31	34.97	42.57	42.69	43.55	42.59	43.18	2,478.94	2,475.84	2,476.64
479.88	34.49	41.46	43.45	43.24	42.76	43.08	2,649.21	2,646.11	2,646.91
484.31	34.97	41.35	42.17	42.86	42.23	42.59	2,644.57	2,641.47	2,642.27
491.86	32.52	41.82	42.74	42.60	42.14	42.42	2,641.96	2,638.86	2,639.66
497.41	32.92	40.59	39.74	41.39	40.24	40.92	393.93	390.83	391.63
498.43	32.92	40.59	39.74	41.27	40.12	40.82	1,143.06	1,139.96	1,140.76
501.41	30.73	36.29	40.76	41.26	40.10	40.80	1,307.45	1,304.35	1,305.15
504.36	30.73	36.29	40.76	41.24	40.09	40.78	1,210.51	1,207.41	1,208.21
508.19	31.55	42.43	40.55	41.67	40.89	41.41	1,209.61	1,206.51	1,207.31
514.36	29.27	40.84	39.79	41.13	40.35	40.86	1,209.54	1,206.44	1,207.24
521.93	27.36	41.70	39.17	41.02	40.28	40.77	1,211.86	1,208.76	1,209.56
526.61	30.77	40.51	40.33	40.79	40.15	40.49	1,219.98	1,216.88	1,217.68
533.86	30.14	39.32	40.15	39.71	38.55	39.17	1,282.18	1,279.08	1,279.88
540.01	30.98	38.59	38.98	38.77	38.32	38.84	1,297.78	1,294.68	1,295.48
545.94	30.92	37.93	37.46	37.71	36.76	37.26	1,439.37	1,436.27	1,437.07
550.11	30.97	36.96	37.90	38.48	37.30	37.91	1,435.75	1,432.65	1,433.45
558.61	29.92	37.04	37.98	38.18	37.99	38.09	3,612.43	3,609.33	3,610.13
564.66	30.49	35.69	35.75	36.16	35.89	36.05	3,598.37	3,595.27	3,596.07
571.66	27.79	35.64	33.10	35.73	35.66	35.88	1,764.21	1,761.11	1,761.91
577.26	27.78	33.08	35.28	35.47	35.20	35.50	2,003.58	2,000.48	2,001.28
584.79	26.46	32.57	33.69	34.00	33.80	34.04	1,956.66	1,953.56	1,954.36
592.29	27.02	34.58	33.94	34.25	34.23	34.28	2,327.77	2,324.67	2,325.47

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
598.79	25.51	32.36	32.41	32.55	32.67	32.66	2,261.58	2,258.48	2,259.28
606.84	25.08	32.92	32.07	32.27	32.28	32.29	2,293.98	2,290.88	2,291.68
613.84	23.42	31.38	31.31	31.83	31.96	31.92	2,232.60	2,229.50	2,230.30
621.99	21.30	30.68	30.60	30.72	30.74	30.81	2,257.71	2,254.61	2,255.41
628.69	18.81	30.39	29.07	29.76	29.79	29.81	2,158.58	2,155.48	2,156.28
631.72	19.96	27.59	28.02	29.67	29.72	29.73	3,294.13	3,291.03	3,291.83
633.10	17.67	32.98	28.89	28.14	28.20	28.18	3,281.22	3,278.12	3,278.92
636.13	20.02	26.58	28.42	27.55	27.67	27.62	3,280.73	3,277.63	3,278.43
638.80	19.92	29.50	28.39	27.45	27.36	27.46	3,296.54	3,293.44	3,294.24
641.83	14.78	26.87	29.27	26.87	26.90	26.92	3,284.72	3,281.62	3,282.42
648.90	18.28	28.84	26.61	26.29	26.25	26.35	3,273.53	3,270.43	3,271.23
654.20	17.29	26.94	28.95	26.10	26.20	26.19	3,253.74	3,250.64	3,251.44
661.90	15.71	27.41	25.73	25.97	26.11	26.08	3,245.01	3,241.91	3,242.71
667.73	15.88	23.80	28.01	24.82	25.02	24.96	3,238.49	3,235.39	3,236.19
672.93	15.78	26.86	25.08	25.34	25.35	25.38	3,238.22	3,235.12	3,235.92

ตารางผนวกที่ 5 สรุปสภาพน้ำท่วมกรณีมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
3.43	263.93	267.28	269.43	270.58	266.44	269.11	2,090.01	2,086.91	2,087.71
8.65	253.40	263.84	262.31	265.43	258.95	263.04	2,064.40	2,061.30	2,062.10
13.87	254.12	258.50	258.64	260.89	257.77	260.34	2,212.45	2,209.35	2,210.15
27.75	251.28	255.01	253.94	256.84	253.84	256.38	2,232.14	2,229.04	2,229.84
33.11	233.62	236.76	237.78	239.61	236.06	238.42	2,248.89	2,245.79	2,246.59
49.88	226.93	231.42	230.58	233.13	229.71	232.01	2,261.18	2,258.08	2,258.88
55.93	206.07	210.08	208.12	211.33	208.44	210.52	2,253.33	2,250.23	2,251.03
66.71	198.51	202.35	199.99	203.31	201.02	203.03	2,264.36	2,261.26	2,262.06
72.16	185.09	188.62	185.54	188.84	187.28	188.15	2,617.04	2,613.94	2,614.74
76.76	178.30	186.16	185.74	187.83	181.43	185.24	2,601.90	2,598.80	2,599.60
81.61	175.65	182.21	181.60	183.85	177.63	181.41	2,599.83	2,596.73	2,597.53
84.84	176.42	183.04	179.78	182.15	179.05	180.84	2,593.65	2,590.55	2,591.35
90.61	169.73	176.94	176.17	178.83	173.82	177.06	2,623.31	2,620.21	2,621.01
96.61	169.74	172.92	171.98	174.77	171.61	173.32	2,602.15	2,599.05	2,599.85
104.41	166.81	168.78	170.72	171.49	168.68	170.36	2,579.76	2,576.66	2,577.46
108.11	162.98	167.69	170.55	168.94	164.70	167.35	2,557.50	2,554.40	2,555.20
114.10	161.08	165.80	165.49	167.08	162.67	165.36	2,580.99	2,577.89	2,578.69
121.71	160.34	163.72	164.88	163.85	162.13	163.31	2,575.28	2,572.18	2,572.98
127.38	157.60	163.56	163.55	162.53	159.57	161.28	2,539.95	2,536.85	2,537.65
130.76	154.25	158.67	157.25	160.94	157.10	159.81	2,523.30	2,520.20	2,521.00
136.06	154.09	157.49	157.99	159.29	155.20	157.95	2,514.46	2,511.36	2,512.16
140.06	148.85	154.47	153.67	157.98	153.01	155.74	2,486.47	2,483.37	2,484.17
148.26	148.73	155.74	157.13	155.23	151.57	153.29	2,459.88	2,456.78	2,457.58
156.16	146.68	150.83	149.55	151.25	147.28	149.82	2,620.77	2,617.67	2,618.47
158.86	142.15	150.29	148.68	150.68	147.74	149.31	2,593.58	2,590.48	2,591.28
164.21	142.62	151.97	148.55	150.65	146.69	149.25	2,589.93	2,586.83	2,587.63
167.45	140.03	146.47	144.62	147.47	143.61	146.15	2,583.59	2,580.49	2,581.29
170.71	138.89	145.66	144.35	146.56	142.66	145.12	2,662.13	2,659.03	2,659.83
174.98	137.75	146.47	144.43	145.42	141.11	143.64	2,679.64	2,676.54	2,677.34
180.21	138.24	143.52	145.74	143.26	138.80	141.29	2,698.78	2,695.68	2,696.48

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ต่อน้ำ (ม.รทก.)	ตั้งซ้าย (ม.รทก.)	ตั้งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
188.26	132.42	137.02	141.20	138.32	133.99	136.36	2,695.94	2,692.84	2,693.64
197.26	128.79	132.98	136.33	135.36	131.01	133.38	2,747.48	2,744.38	2,745.18
200.33	122.35	129.04	126.63	133.33	128.21	131.01	2,728.69	2,725.59	2,726.39
202.41	120.79	127.86	126.76	131.72	126.55	129.38	2,722.57	2,719.47	2,720.27
205.01	120.98	129.35	127.62	131.07	125.95	128.78	2,858.10	2,855.00	2,855.80
208.14	121.23	132.27	129.56	129.72	124.27	127.61	2,855.09	2,851.99	2,852.79
213.31	114.29	124.19	124.61	126.12	121.84	124.10	2,851.25	2,848.15	2,848.95
217.41	115.86	125.13	122.42	125.16	120.84	123.11	2,845.61	2,842.51	2,843.31
222.31	114.30	122.69	119.61	121.27	116.48	119.22	2,912.29	2,909.19	2,909.99
228.86	112.55	119.27	120.73	119.75	115.22	117.97	2,916.35	2,913.25	2,914.05
234.36	109.87	113.57	123.36	117.24	112.90	115.56	2,908.15	2,905.05	2,905.85
240.76	105.18	112.48	119.73	115.04	110.81	113.48	2,900.26	2,897.16	2,897.96
244.86	102.31	112.02	113.21	112.47	108.19	110.87	2,889.31	2,886.21	2,887.01
253.01	101.61	115.39	109.74	109.28	105.36	107.51	2,881.38	2,878.28	2,879.08
256.91	97.81	104.80	109.45	106.91	102.77	105.40	2,868.53	2,865.43	2,866.23
262.21	96.74	100.32	100.75	104.13	100.23	102.33	2,879.18	2,876.08	2,876.88
266.21	93.91	103.02	100.66	101.58	97.69	99.77	2,873.60	2,870.50	2,871.30
267.41	91.20	99.56	97.09	100.50	95.48	98.53	2,868.35	2,865.25	2,866.05
274.51	90.57	99.47	98.02	98.60	93.90	96.98	2,883.95	2,880.85	2,881.65
282.76	87.63	92.95	92.15	92.23	88.02	90.96	3,025.34	3,022.24	3,023.04
286.46	80.15	89.58	88.67	90.51	85.61	88.52	3,011.72	3,008.62	3,009.42
293.36	79.97	86.84	85.17	87.63	83.22	86.11	3,007.30	3,004.20	3,005.00
297.73	78.10	82.88	84.24	86.10	81.34	84.28	3,000.19	2,997.09	2,997.89
306.76	76.14	81.89	83.36	82.03	77.85	80.67	2,995.18	2,992.08	2,992.88
311.76	70.29	81.00	83.47	79.95	75.13	77.92	3,009.76	3,006.66	3,007.46
315.81	69.91	77.55	81.07	77.70	72.73	75.51	2,999.53	2,996.43	2,997.23
320.91	68.17	73.66	72.41	74.22	70.14	72.88	3,017.09	3,013.99	3,014.79
325.66	63.84	70.45	70.28	72.49	68.38	71.12	3,005.34	3,002.24	3,003.04
330.79	64.29	69.48	69.28	69.00	64.98	67.69	2,995.32	2,992.22	2,993.02
336.56	62.11	68.48	68.04	69.53	67.03	68.78	2,986.74	2,983.64	2,984.44

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ต่องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
339.41	59.95	64.13	61.92	68.51	65.74	67.43	2,980.91	2,977.81	2,978.61
343.56	59.85	69.14	72.06	68.19	65.19	66.86	2,977.78	2,974.68	2,975.48
353.01	59.32	62.99	67.14	66.54	63.87	65.55	2,971.61	2,968.51	2,969.31
358.91	53.90	66.79	68.79	66.64	64.14	65.82	2,967.63	2,964.53	2,965.33
362.31	49.46	63.07	64.28	65.34	62.07	63.77	1,349.22	1,346.12	1,346.92
367.76	52.57	62.85	63.97	64.12	61.67	63.35	1,348.16	1,345.06	1,345.86
372.86	50.35	61.10	59.95	63.43	61.37	63.03	1,346.42	1,343.32	1,344.12
376.41	49.73	58.20	59.84	61.91	59.96	61.58	1,356.04	1,352.94	1,353.74
384.11	46.24	60.79	58.90	60.68	58.52	60.15	1,357.08	1,353.98	1,354.78
391.06	44.53	57.08	57.39	58.46	56.26	57.93	1,356.15	1,353.05	1,353.85
396.86	45.42	56.02	55.75	56.78	54.67	56.26	652.16	649.06	649.86
402.86	43.65	54.04	53.91	55.44	53.30	54.89	654.77	651.67	652.47
406.43	42.18	52.48	52.69	54.33	52.37	53.95	654.37	651.27	652.07
410.30	44.08	53.76	53.06	54.34	52.51	54.06	562.56	559.46	560.26
414.91	43.58	52.29	49.43	55.73	51.06	53.29	545.97	542.87	543.67
416.41	41.33	51.31	51.30	52.12	50.19	51.75	836.51	833.41	834.21
422.41	42.23	49.77	49.97	51.62	49.27	50.88	791.94	788.84	789.64
425.51	42.23	49.77	49.97	51.01	49.18	50.72	751.42	748.32	749.12
428.84	42.15	48.99	49.10	50.76	49.26	50.27	753.75	750.65	751.45
434.01	43.31	47.42	48.63	51.27	49.41	50.53	811.84	808.74	809.54
442.01	43.37	49.32	48.95	50.49	49.06	50.15	1,266.43	1,263.33	1,264.13
448.63	41.91	48.62	48.26	49.62	48.05	49.23	1,281.85	1,278.75	1,279.55
453.41	37.41	41.72	42.79	48.87	47.38	48.47	1,717.07	1,713.97	1,714.77
460.01	40.07	46.91	48.64	48.18	47.11	47.62	1,520.72	1,517.62	1,518.42
466.81	37.03	45.04	44.36	46.52	45.27	46.06	1,703.61	1,700.51	1,701.31
470.74	35.72	43.82	43.95	46.11	44.92	45.46	1,532.83	1,529.73	1,530.53
475.31	34.97	42.57	42.69	44.40	42.78	43.60	1,594.73	1,591.63	1,592.43
479.88	34.49	41.46	43.45	44.02	42.93	43.45	1,780.55	1,777.45	1,778.25
484.31	34.97	41.35	42.17	43.50	42.37	42.88	1,698.28	1,695.18	1,695.98
491.86	32.52	41.82	42.74	43.19	42.28	42.74	1,673.84	1,670.74	1,671.54

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ต่อน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
497.41	32.92	40.59	39.74	41.61	40.28	41.02	316.41	313.31	314.11
498.43	32.92	40.59	39.74	41.46	40.16	40.89	742.59	739.49	740.29
501.41	30.73	36.29	40.76	41.56	40.17	40.92	739.25	736.15	736.95
504.36	30.73	36.29	40.76	41.45	40.13	40.87	821.89	818.79	819.59
508.19	31.55	42.43	40.55	42.30	41.04	41.77	814.59	811.49	812.29
514.36	29.27	40.84	39.79	41.86	40.52	41.26	803.92	800.82	801.62
521.93	27.36	41.70	39.17	41.92	40.49	41.25	779.83	776.73	777.53
526.61	30.77	40.51	40.33	41.36	40.28	40.76	771.03	767.93	768.73
533.86	30.14	39.32	40.15	40.67	38.75	39.59	873.75	870.65	871.45
540.01	30.98	38.59	38.98	39.74	38.54	39.32	849.47	846.37	847.17
545.94	30.92	37.93	37.46	38.58	36.95	37.70	930.49	927.39	928.19
550.11	30.97	36.96	37.90	39.15	37.44	38.21	949.42	946.32	947.12
558.61	29.92	37.04	37.98	39.08	38.18	38.49	2,341.70	2,338.60	2,339.40
564.66	30.49	35.69	35.75	37.07	36.08	36.43	2,332.97	2,329.87	2,330.67
571.66	27.79	35.64	33.10	36.71	35.87	36.35	1,097.99	1,094.89	1,095.69
577.26	27.78	33.08	35.28	36.22	35.36	35.83	1,172.02	1,168.92	1,169.72
584.79	26.46	32.57	33.69	34.75	33.96	34.40	1,157.82	1,154.72	1,155.52
592.29	27.02	34.58	33.94	34.81	34.35	34.55	1,235.25	1,232.15	1,232.95
598.79	25.51	32.36	32.41	33.25	32.83	33.01	1,207.61	1,204.51	1,205.31
606.84	25.08	32.92	32.07	32.88	32.42	32.60	1,230.18	1,227.08	1,227.88
613.84	23.42	31.38	31.31	32.55	32.12	32.30	1,199.66	1,196.56	1,197.36
621.99	21.30	30.68	30.60	31.50	30.91	31.20	1,387.69	1,384.59	1,385.39
628.69	18.81	30.39	29.07	30.50	29.95	30.15	1,312.61	1,309.51	1,310.31
631.72	19.96	27.59	28.02	30.33	29.87	30.05	2,132.04	2,128.94	2,129.74
633.10	17.67	32.98	28.89	28.71	28.33	28.47	2,148.27	2,145.17	2,145.97
636.13	20.02	26.58	28.42	28.20	27.82	27.95	2,147.68	2,144.58	2,145.38
638.80	19.92	29.50	28.39	28.14	27.51	27.78	2,176.00	2,172.90	2,173.70
641.83	14.78	26.87	29.27	27.40	27.02	27.18	2,160.97	2,157.87	2,158.67
648.90	18.28	28.84	26.61	26.85	26.37	26.63	2,145.94	2,142.84	2,143.64
654.20	17.29	26.94	28.95	26.82	26.37	26.54	2,116.94	2,113.84	2,114.64

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ท้องน้ำ (ม.รทก.)	ตลิ่งซ้าย (ม.รทก.)	ตลิ่งขวา (ม.รทก.)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)			อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		
				ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2545
661.90	15.71	27.41	25.73	26.75	26.29	26.47	2,102.74	2,099.64	2,100.44
667.73	15.88	23.80	28.01	25.77	25.23	25.43	2,091.57	2,088.47	2,089.27
672.93	15.78	26.86	25.08	26.06	25.51	25.71	2,090.29	2,087.19	2,087.99

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวอุทุมพร นิตยาคม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 7 มีนาคม 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดนครพนม
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิศวกรแหล่งน้ำ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	