

การจำลองการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลางด้วยแบบจำลอง HEC-RAS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOOD MODELLING IN THE MIDDLE CHAO PHRAYA RIVER BASIN  
USING HEC-RAS MODEL



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Arts in Geography and Geoinformatics

Department of Geography

FACULTY OF ARTS

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
	ตอนกลางด้วยแบบจำลอง HEC-RAS
โดย	น.ส.ปัญชิกา มุสรังษี
สาขาวิชา	ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี

---

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะอักษรศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรเดช โชติอุดมพันธ์)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรธณี ชีวินศิริวัฒน์)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร นิธิฐูรวิทยา)	

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัญหา มูลรังษี : การจำลองการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลางด้วย  
แบบจำลอง HEC-RAS. ( FLOOD MODELLING IN THE MIDDLE CHAO PHRAYA  
RIVER BASIN USING HEC-RAS MODEL) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.เอกกมล วรณเมธี

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์ HEC-RAS เพื่อการจำลองและคาดการณ์การเกิดน้ำท่วม ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาบริเวณตั้งแต่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท จนกระทั่งถึง อ.เมือง จ.อ่างทอง โดยทำการจำลองการไหลในลำน้ำแบบหนึ่งมิติ (1D) และการหลากของน้ำล้นตลิ่งในลักษณะสองมิติ (2D) ในการจำลองการไหลแบบหนึ่งมิติ ผู้วิจัยทำการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหล ในลำน้ำที่สถานีตรวจวัด C.13 และระดับน้ำที่ C.7A พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2555 เพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง (Manning's n) ของพื้นที่ท้องน้ำที่เหมาะสมในการจำลองการไหลแบบไม่คงที่ในลำน้ำ สำหรับการจำลองการไหลแบบ 2 มิติ ทำการเทียบมาตรฐานแบบจำลองกับขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมรายวัน และระดับน้ำท่วมจากจุดสำรวจ 4 ตำแหน่ง เพื่อปรับค่าการระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษาด้วยค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้การเปิด-ปิดประตูระบายน้ำและการกักเก็บปริมาณน้ำท่วมส่วนเกิน จากนั้นจึงทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลในลำน้ำและขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม พ.ศ.2551 และ พ.ศ.2552 รวมถึงระดับน้ำท่วมจากจุดสำรวจ 3 ตำแหน่งในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ค่า Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) ของอัตราการไหลในลำน้ำอยู่ระหว่าง 0.95-0.99 และค่า root-mean-squared error (RMSE) ของความลึกน้ำท่วม 3 ตำแหน่ง อยู่ระหว่าง 0.67-0.68 เมตร เมื่อเพิ่มโครงสร้างบรรเทาการเกิดอุทกภัยในแบบจำลอง สามารถลดพื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 ได้ 41.27 และ 51.49 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยการเพิ่มพื้นที่แก้มลิงสามารถบรรเทาอุทกภัยได้มากที่สุด ในขณะที่การเพิ่มความสูงคันกั้นน้ำและการขุดลอกลำน้ำ ไม่สามารถลดพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมขังได้มากนัก ในนอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 ประเภท ทำให้พื้นที่ที่ยังคงมีน้ำท่วมขัง มีระดับความลึกน้ำท่วมลดลง 0.1-0.15 เซนติเมตร

สาขาวิชา ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ      ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565      ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 6080303022 : MAJOR GEOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

KEYWORD: HEC-RAS Hydraulic model Chao Phraya River Basin

Punchika Munrangsee : FLOOD MODELLING IN THE MIDDLE CHAO PHRAYA RIVER BASIN USING HEC-RAS MODEL. Advisor: EKKAMOL VANNAMEETEE, Ph.D.

The study presents an application of HEC-RAS model to simulate and predict floodplain inundation in the Chao Phraya River Basin in the area between downstream of the Chao Phraya dam in Chai Nat Province and Mueang District of Ang Thong Province. The channel flood routing and floodplain inundation were simulated in one and two dimensions, respectively. In 1D flood simulation, the model was calibrated for the optimal Manning's roughness coefficient (Manning's  $n$ ) of the channel bed, using time series of daily discharge at C.13 station and water level at C.7A station in 2553 B.E. and 2555 B.E. For 2D simulation, the areal extent of flooded surface from satellite images, and levels of flood depth at 4 locations were used in model calibration to adjust for the flood amount in the study area through opening of the floodgate and water pumping to hypothetical flood storages. Flood simulations in 2551 B.E. and 2552 B.E, showed the capability of the model in producing hydrographs with Nash Sutcliffe Efficiency index (NSE) between 0.95-0.99. Root-mean-squared error (RMSE) of flood depth at 3 validation sites ranges between 0.67-0.68 metres. With flood mitigation structures, which are floodwalls (dike), retention basin, and channel dredging, flood inundation areas were altogether reduced 41.27 and 51.48.  $\text{km}^2$  in 2548 B.E. and 2550 B.E., respectively. The retention basin is the most effective flood mitigation measure, while floodwalls and channel dredging can only slightly reduce flooded areas. It is

Field of Study: Geography and

Student's Signature .....

Geoinformatics

Academic Year: 2022

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูง จากคณาจารย์ 3 ท่าน ท่านแรก คือ อาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี อาจารย์ที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ช่วยเหลือแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ และให้กำลังใจอย่างดียิ่งตลอดมา ท่านที่สอง คือ รศ. ดร. พรรณี ชีวินศิริวัฒน์ ประธานสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นประธานการสอบ ตลอดจนให้คำแนะนำ คำปรึกษา และท่านที่สาม ผศ. ดร. สุรีย์พร นิพัทธ์วิทยา ที่กรุณาเป็นกรรมการการสอบ ตลอดจนให้คำแนะนำ คำปรึกษา เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ นอกจากนี้ ขอขอบคุณ คุณวัลลี เชยชม ที่กรุณาประสานงานในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ พ่อ แม่ น้องชาย ที่ให้การสนับสนุน และกำลังใจเสมอมา ขอขอบคุณ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ปัญชিকা มุสรังษี



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

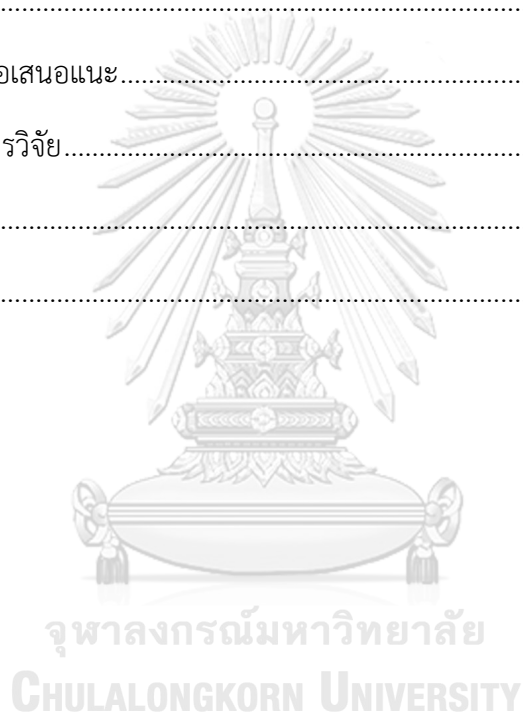
## สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 วิธีการดำเนินการ.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.6 อธิบายศัพท์.....	7
บทที่ 2.....	8
ทบทวนวรรณกรรม.....	8
2.1 อุทกภัยในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา.....	8
2.2 แนวทางการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยา.....	9
2.3 การศึกษาน้ำท่วมด้วยแบบจำลองชลศาสตร์การไหลของน้ำผิวดิน.....	15

2.3.1 แบบจำลองชลศาสตร์ .....	15
2.3.2 แบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS).....	16
2.4 การใช้แบบจำลอง HEC – RAS เพื่อศึกษาอุทกภัย.....	22
2.5 เทคโนโลยีไลดาร์และการประยุกต์ใช้ในการจำลองอุทกภัย .....	24
2.6 ระดับน้ำและอัตราการไหล.....	25
บทที่ 3 .....	27
พื้นที่ศึกษา .....	27
3.1 ที่ตั้ง .....	27
3.2 ลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษา.....	28
3.3 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม .....	29
3.4 สถิติและลักษณะของอุทกภัยในพื้นที่ศึกษา.....	31
3.5 โครงสร้างป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา.....	35
บทที่ 4 .....	68
วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	68
4.1 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย .....	68
4.2 การเตรียมแบบจำลอง HEC-RAS .....	81
4.3 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง.....	84
4.4 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง.....	86
4.5 การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัย.....	87
บทที่ 5 .....	93
ผลการศึกษา .....	93
5.1 ผลการรวบรวมข้อมูล.....	93
5.2 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง (Calibration).....	97
5.2.1 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง HEC-RAS ใน 1 มิติ.....	97



5.2.2 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง 2 มิติ.....	104
5.3 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง (Validation).....	115
5.4 ผลของการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัย .....	66
5.4.1 ปริมาณการไหลการไหลในลำน้ำ.....	66
5.4.2 การเปลี่ยนแปลงขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมขัง.....	67
5.4.3 ระดับน้ำท่วม .....	70
บทที่ 6 .....	74
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	74
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	74
บรรณานุกรม.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	84



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 จังหวัดในขอบเขตของพื้นที่ศึกษา .....	27
ตารางที่ 2 การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในจังหวัดสิงห์บุรี พ.ศ. 2559-2560.....	30
ตารางที่ 3 ระดับท่วมพื้นที่ลุ่มต่ำและความจุลำน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา ณ สถานีอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษา .....	31
ตารางที่ 4 สถิติการเกิดอุทกภัยจากการเกิดน้ำท่วมล้นตลิ่งในพื้นที่ศึกษา ระหว่าง พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2564 .....	33
ตารางที่ 5 รายละเอียดโครงการก่อสร้างคันกั้นน้ำ ของจังหวัดสิงห์บุรี .....	62
ตารางที่ 6 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา .....	68
ตารางที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) จากฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดินแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา .....	71
ตารางที่ 8 รายละเอียดวันที่มีข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมในปีต่าง ๆ .....	78
ตารางที่ 9 เกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของ Manning.....	82
ตารางที่ 10 แสดงการแปลความหมายค่าดัชนี NSE.....	85
ตารางที่ 11 ระดับน้ำและปริมาตรของน้ำที่สามารถกักเก็บได้ในพื้นที่แก้มลิงเชียงราก .....	87
ตารางที่ 12 การคำนวณคาบการอุบัติน้ำรอบ 100 ปี ตลอดความยาวลำน้ำในพื้นที่ศึกษา.....	90
ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลความลึกโดยเฉลี่ยของน้ำท่วมของสถานที่ต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา.....	93
ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติปีพ.ศ. 2553 ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ.....	98
ตารางที่ 15 Table 15ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ ปี พ.ศ. 2555 ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ .....	99
ตารางที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ เฉลี่ยระหว่างปีพ.ศ. 2553 และ ปีพ.ศ. 2555.....	100

ตารางที่ 17 ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง HEC-RAS แบบ 1 มิติ ในการคาดการณ์การไหลในลำน้ำ	103
ตารางที่ 18 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์การเปิดปิดบานประตูน้ำระหว่าง 2.3-2.7 ในปีพ.ศ. 2553	107
ตารางที่ 19 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์การเปิดปิดบานประตูน้ำระหว่าง 2.3-2.7 ในปีพ.ศ. 2555	108
ตารางที่ 20 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2553	109
ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2555	110
ตารางที่ 22 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2553	111
ตารางที่ 23 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2555	113
ตารางที่ 24 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง HEC-RAS แบบ 1 มิติ ในการคาดการณ์การไหลในลำน้ำที่สถานีตรวจวัด 2 แห่ง	116
ตารางที่ 25 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2551	116
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2552	117
ตารางที่ 27 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2551	118
ตารางที่ 28 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2552	119
ตารางที่ 29 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปี พ.ศ. 2551	120
ตารางที่ 30 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปี พ.ศ. 2552	64
ตารางที่ 31 อัตราการไหลเฉลี่ยและอัตราการไหลสะสมในลำน้ำ ก่อนและหลัง เพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม จากสถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2548	66

ตารางที่ 32 อัตราการไหลเฉลี่ยและอัตราการไหลสะสมในลำน้ำ ก่อนและหลัง เพิ่มโครงสร้าง  
 บรรเทาน้ำท่วม จากสถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2550..... 66

ตารางที่ 33 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยแบบต่าง ๆ จาก  
 สถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2548 ..... 67

ตารางที่ 34 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยแบบต่าง ๆ จาก  
 สถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2550 ..... 67

ตารางที่ 35 ระดับความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัยจากสถานการณ์  
 น้ำท่วม ในปีพ.ศ. 2548 ..... 70

ตารางที่ 36ระดับความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยจาก  
 สถานการณ์น้ำท่วม ในปีพ.ศ. 2550 ..... 70



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา .....	4
ภาพที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย .....	6
ภาพที่ 3 การเรียงถูทรายเพื่อป้องกันน้ำท่วม 1.50 เมตร.....	12
ภาพที่ 4 คันกั้นน้ำถาวรแบบคอนกรีต พร้อมเครื่องสูบน้ำ .....	13
ภาพที่ 5 การขุดลอกทรายในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณเขตเทศบาลเมืองสิงห์บุรี โดยกรมเจ้าท่า .....	15
ภาพที่ 6 Elementary Control Volume เพื่อวิเคราะห์สมการความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม... ..	17
ภาพที่ 7 การไหลในทางน้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง.....	19
ภาพที่ 8 การแบ่งพื้นที่การจำลองการไหลตามทฤษฎี Finite Difference.....	22
ภาพที่ 9 ปริมาณฝนรายเดือน (มิลลิเมตร) ณ สถานี 560012 อ.เมือง จ.สิงห์บุรี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2563.....	29
ภาพที่ 10 จำนวนประชากรในจังหวัดสิงห์บุรี จำแนกตามช่วงอายุและเพศ.....	30
ภาพที่ 11 น้ำท่วมบริเวณหลังวัดประสาธ หมู่ที่ 4 ต.อินทร์บุรี อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี.....	32
ภาพที่ 12 น้ำท่วมเขตชุมชนบางกระบือใน อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี.....	32
ภาพที่ 13 ระดับน้ำสูงสุดรายวันระหว่างปีพ.ศ. 2532 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.13..	33
ภาพที่ 14 ระดับน้ำสูงสุดรายวัน ระหว่างปีพ.ศ. 2543 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.44	34
ภาพที่ 15 ระดับน้ำสูงสุดรายวันระหว่างปีพ.ศ. 2504 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.3 .....	34
ภาพที่ 16 ระดับน้ำสูงสุดรายวัน ระหว่างปีพ.ศ. 2518 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.7A.....	35
ภาพที่ 17 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน สถานี C.13 อ.สรรพยา จ.ชัยนาท.....	69
ภาพที่ 18 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน สถานี C.44 อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี .....	69
ภาพที่ 19 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน สถานี C.3 อ.เมือง จ.สิงห์บุรี.....	70
ภาพที่ 20 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน สถานี C.7A อ.เมือง จ.อ่างทอง.....	70

ภาพที่ 21 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา.....	72
ภาพที่ 22 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง HEC-RAS	73
ภาพที่ 23 พื้นที่ที่ทำการสำรวจโดยเทคโนโลยีไลดาร์ พ.ศ.2555 (JICA, 2012).....	74
ภาพที่ 24 ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ ในแบบจำลอง HEC-RAS.....	75
ภาพที่ 25 ข้อมูลภาพตัดขวางลำน้ำที่สถานี สถานี C.13 C.44 C.3 และ C.7A พ.ศ.2553 (กรมชลประทาน, 2553).....	77
ภาพที่ 26 แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมจากวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 10 ต.ค. พ.ศ. 2553.....	80
ภาพที่ 27 โครงข่ายลำน้ำของกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางในแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติ.....	83
ภาพที่ 28 โครงข่ายลำน้ำของกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางในแบบจำลอง HEC-RAS 1 และ 2 มิติ.....	84
ภาพที่ 29 ขอบเขตของพื้นที่แก้มลิงเชียงรากในแบบจำลอง HEC-RAS .....	88
ภาพที่ 30 ตำแหน่งที่ทำการขุดลอกลำน้ำด้วยการขุดลอก (12 ตำแหน่ง).....	89
ภาพที่ 31 ตัวอย่างการขุดลอกลำน้ำด้วยการขุดลอกที่ภาพตัดขวางลำดับที่ 9 โดยแสดงภาพตัดขวาง.....	90
ภาพที่ 32 แสดงระดับน้ำสูงสุดที่คาบอุบัติซ้ำ 2-1,000 ปี ของสถานี C.13 C.44 C.3 และ C.7A... 91	
ภาพที่ 33 ตัวอย่างการเพิ่มความสูงของคันกันริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาที่ภาพตัดขวางลำดับที่ 1 .....	92
ภาพที่ 34 แผนที่แสดงพิกัดข้อมูลความลึกน้ำท่วม จากการที่ผู้ศึกษาออกสนามสำรวจพื้นที่ประสบภัยในช่วงวันที่ 20 – 21 มิถุนายน ปีพ.ศ. 2565 .....	94
ภาพที่ 35 ผู้ศึกษาทำการสำรวจภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษา .....	96
ภาพที่ 36 ตัวอย่างข้อมูลการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำบางโฉมศรี ในปี 2553.....	96
ภาพที่ 37 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติเฉลี่ย .....	102
ภาพที่ 38 กราฟอัตราการไหลในลำน้ำของแบบจำลอง เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในลำน้ำ จากค่าเฉลี่ย ที่สถานี C.44 และ C.3 .....	103
ภาพที่ 39 แสดงพื้นที่เก็บกักจำนวน 4 แห่ง บริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษา.....	105

ภาพที่ 40 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและความลึกของระดับน้ำท่วม เมื่อมีพื้นที่เก็บกักน้ำเพื่อการระบาย ออกจากพื้นที่ 1-3 แห่ง .....	106
ภาพที่ 41 ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 กับค่าการ เปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี ปีพ.ศ. 2553 .....	112
ภาพที่ 42 ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 กับค่าการ เปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี ปีพ.ศ. 2555 .....	114
ภาพที่ 43 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลอัตราการไหลในลำน้ำ (discharge; cms) ของ แบบจำลองที่สถานี C.44 และ C.3.....	115
ภาพที่ 44 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 .....	121
ภาพที่ 45 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 กับค่าการเปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี ปีพ.ศ. 2552.....	65
ภาพที่ 46 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 รูปแบบของปีพ.ศ. 2548 .....	68
ภาพที่ 47 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 รูปแบบของปีพ.ศ. 2550 .....	69
ภาพที่ 48 แสดงความแตกต่างของความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม 3 แบบ ของปีพ.ศ. 2548 .....	71
ภาพที่ 49 แสดงความแตกต่างของความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม 3 แบบ ของปีพ.ศ. 2550 .....	72

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุทกภัยจัดเป็นภัยธรรมชาติที่สำคัญของประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก ในช่วง พ.ศ. 2551 – 2560 เกิดอุทกภัยจำนวน 50 ครั้ง ทำให้มีผู้เสียชีวิต 1,817 ราย สร้างความเสียหายมูลค่ากว่า 57,000 ล้านบาท (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาบริเวณภาคกลางของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปี เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มจึงได้รับมลน้ำจำนวนมากจากลุ่มน้ำต่าง ๆ ทางตอนเหนือ นอกจากนี้พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ เป็นเขตที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นเป็นพื้นที่ชุมชนรวมถึงเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม ดังนั้น เมื่อเกิดอุทกภัยจึงทำให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างมีมูลค่าความเสียหายสูง ดังเช่น ใน พ.ศ. 2554 พื้นที่ประสบอุทกภัยส่วนใหญ่อยู่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ก่อให้เกิดความเสียหายประมาณ 23,000 ล้านบาท นับเป็นความเสียหายที่สูงที่สุด จากสถิติความเสียหายของการเกิดอุทกภัยตั้งแต่ พ.ศ. 2532 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) จากข้อมูลสถิติทางอุทกวิทยา ในพื้นที่ศึกษา พบว่า อำเภอเมืองสิงห์บุรี เกิดอุทกภัย 13 ครั้ง ในช่วงระหว่างพ.ศ. 2493 – พ.ศ. 2564 โดยหากพิจารณาเฉพาะรอบ 10 ปีหลังสุด (พ.ศ. 2555 – พ.ศ. 2564) มีการเกิดอุทกภัยถึง 3 ครั้ง ในขณะที่ช่วงเวลา 62 ปีก่อนหน้านั้น (พ.ศ. 2493 – พ.ศ. 2554) เกิดอุทกภัย 10 ครั้ง (กรมชลประทาน, 2564) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของอุทกภัยที่มีเพิ่มมากขึ้น

ในการแก้ปัญหาน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยา กรมชลประทาน กรมโยธาธิการและผังเมือง กรุงเทพมหานคร มีการใช้โครงสร้างป้องกันน้ำท่วมหลายประการ อาทิเช่น การสร้างคันกันน้ำเพื่อเพิ่มความจุของลำน้ำและป้องกันน้ำท่วมที่คาบอับตื้น้ำ (Return Period) 100 ปี ในพื้นที่ชุมชนและคาบอับตื้น้ำ 25 ปี บริเวณพื้นที่การเกษตร (ธนาวิศน์, 2558) การจัดสรรพื้นที่ลุ่มต่ำเพื่อให้เป็นพื้นที่พักน้ำหรือแก้มลิง แบ่งเป็นบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำ 1 แห่ง และบริเวณตอนล่าง 12 แห่ง ซึ่งมีศักยภาพในการหน่วงน้ำรวมทั้งหมดประมาณ 2,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (กรมชลประทาน, 2561) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ปรับปรุงอาคารบังคับน้ำตลอดแนว



ลำน้ำเจ้าพระยาและลำน้ำสาขา รวมถึงการปรับปรุงสภาพลำน้ำ นอกจากมาตรการเชิงโครงสร้าง (Structural Measure) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วกรมชลประทานยังใช้มาตรการที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Non-structural Measure) หรือมาตรการเชิงนโยบายในการป้องกันน้ำท่วม เช่น การปรับปรุงนโยบาย และแผนการบริหารจัดการน้ำของเขื่อนเจ้าพระยา ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ภาคกลาง ควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประกันภัยน้ำท่วม เป็นต้น อย่างไรก็ตามมาตรการป้องกันน้ำท่วมทั้งในเชิงโครงสร้างและเชิงนโยบายยังไม่สามารถแก้ปัญหา น้ำท่วมได้ทั้งลุ่มน้ำ เนื่องจากโครงสร้างป้องกันน้ำท่วม เช่น คันกั้นน้ำ ส่วนใหญ่จะสร้างบริเวณพื้นที่ชุมชนและพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นหลัก ไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด หรือโครงสร้างที่มีอยู่ไม่สามารถระบายมวลน้ำปริมาณมากออกจากพื้นที่ได้ทัน เป็นต้น

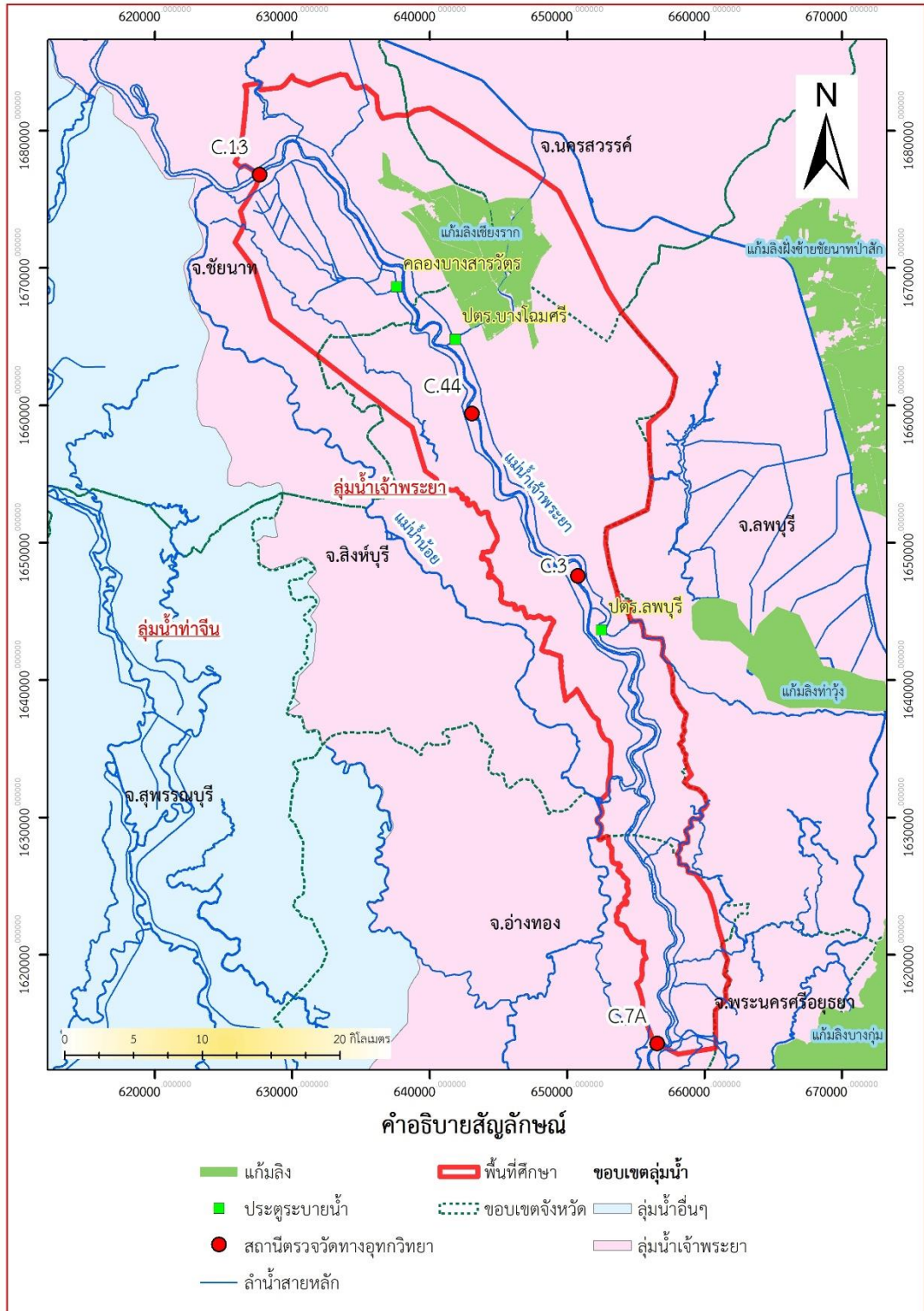
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดน้ำท่วมล้นตลิ่งบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลางด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ คันกั้นน้ำ พื้นที่แก้มลิง และการขุดลอกลำน้ำ ในการลดการเกิดน้ำล้นตลิ่งและน้ำท่วมซึ่งผู้วิจัยใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อจำลองปริมาณการไหลในลำน้ำและการเกิดน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมขังในบริเวณโดยรอบลำน้ำ ในกรณีที่มีโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินความสามารถของมาตรการต่าง ๆ ในการลดความรุนแรงของการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้คือ บริเวณท้ายเขื่อนเจ้าพระยา (สถานีตรวจวัด C.13) จนถึงจังหวัดอ่างทอง (สถานีตรวจวัด C.7A) (ภาพที่ 3.1) ดังนั้นผลการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการสร้างโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางได้ในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อจำลองการเกิดน้ำท่วมล้นตลิ่งในบริเวณโดยรอบของลำน้ำในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางด้วยแบบจำลอง HEC-RAS
- 2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมขังและระดับน้ำท่วมขังจากการใช้มาตรการเชิงโครงสร้างเพื่อการป้องกันอุทกภัย ได้แก่ คันกั้นน้ำ พื้นที่แก้มลิง และการขุดลอกลำน้ำจากการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมลุ่มน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาบริเวณจังหวัดชัยนาท (สถานีตรวจวัด C.13) จนถึงจังหวัดอ่างทอง (สถานีตรวจวัด C.7A) จำลองสภาพน้ำท่วม โดยใช้เหตุการณ์ใน พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2555 เพื่อการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง (Calibration) ส่วนในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง (Validation) ใช้เหตุการณ์น้ำท่วม พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2552 และใช้เหตุการณ์ พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการเชิงโครงสร้างในการบรรเทาอุทกภัย



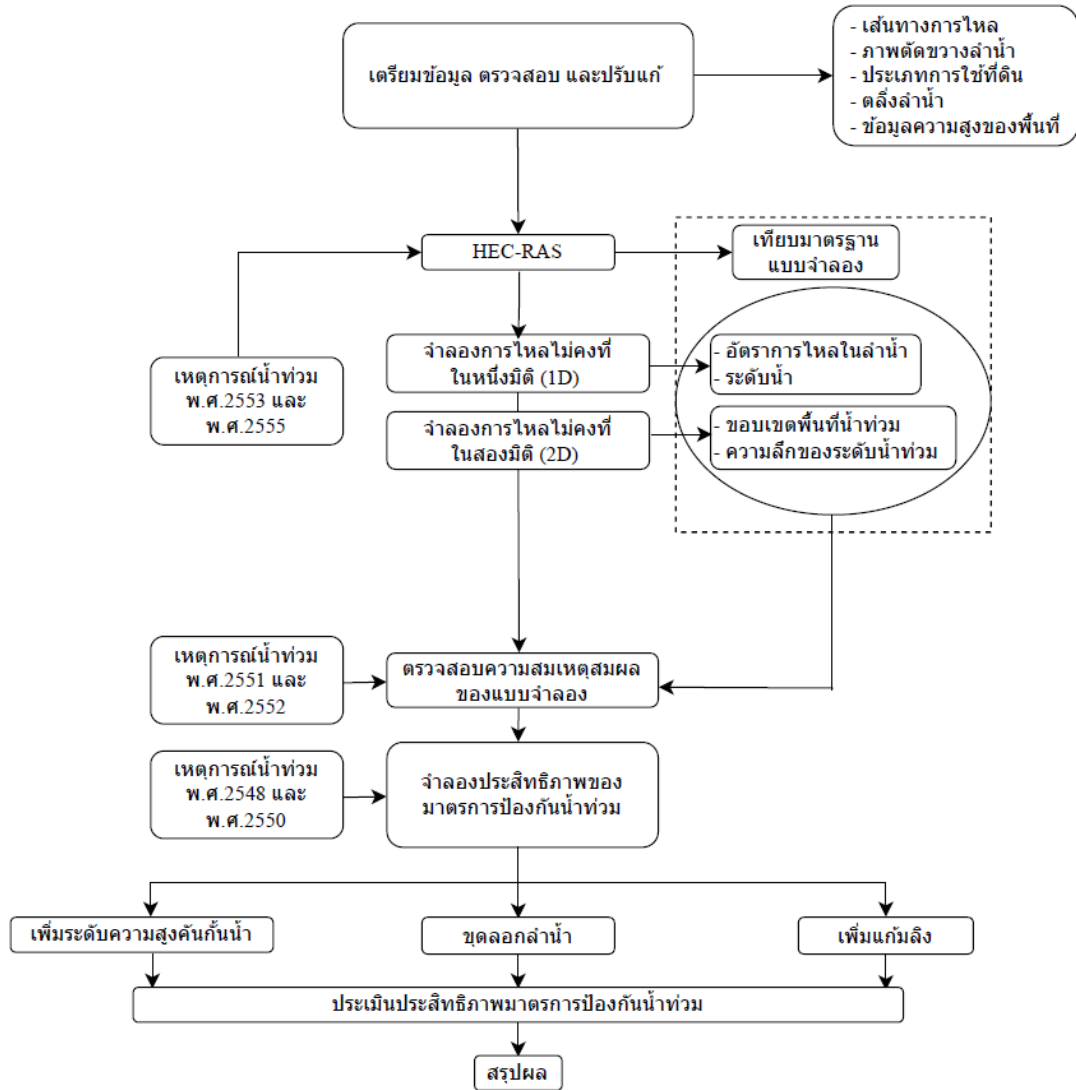
ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

## 1.4 วิธีการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการวิจัย มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน รายละเอียด ดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลของพื้นที่ศึกษา และจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS ได้แก่ ทางน้ำสายหลัก (Centerline) ตลิ่ง (Banks) เส้นทางการไหลเมื่อล้นตลิ่ง (Flow Path) เส้นสันเขาหรือพื้นที่สูง (Breaklines) ภาพตัดขวางลำน้ำ (Cross Sections) ประเภทการใช้ที่ดิน (Land Uses) และ ข้อมูล ความสูงของภูมิประเทศของพื้นที่ (2D Flow Area) ด้วย HEC- GeoRAS และ ArcGIS 10.3
- 2) นำเข้าข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ สู่แบบจำลอง HEC-RAS รวมทั้งข้อมูล ระดับน้ำและอัตราการไหล รายวัน ช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤษภาคม – ตุลาคม) พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2555 ซึ่งจะใช้เป็น เหตุการณ์ การเทียบ มาตรฐาน (Calibration) ของแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยจะทำการการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง จากข้อมูล ระดับน้ำและอัตราการไหลในลำน้ำ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม และความลึกของน้ำท่วม ที่ทำการตรวจวัดจริง
- 3) นำแบบจำลองที่ผ่านการการเทียบมาตรฐานแล้ว ทำการตรวจสอบความสมเหตุสมผล แบบจำลอง (Validation) โดยใช้ข้อมูลช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤษภาคม – ตุลาคม) พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2552 ทำการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองจากข้อมูลระดับน้ำและ อัตราการไหลในลำน้ำ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม และความลึกของน้ำท่วมที่ทำการตรวจวัดจริง
- 4) จำลองสถานการณ์น้ำท่วมขังของพื้นที่ศึกษาในกรณีที่ไม่มีการเชิงโครงสร้างเพื่อบรรเทา อุทกภัยโดยใช้เหตุการณ์ พ.ศ. 2548 และพ.ศ. 2550
- 5) จำลองสถานการณ์น้ำท่วมขังของพื้นที่ศึกษาใน พ.ศ. 2548 และพ.ศ. 2550 เมื่อมีการ การป้องกันอุทกภัยเพิ่มเติม ได้แก่ เพิ่มพื้นที่แก้มลิง คันกั้นน้ำและขุดลอกลำน้ำ
- 6) ประเมินขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมขังและระดับน้ำท่วมขังก่อนและหลังการเพิ่มมาตรการป้องกัน อุทกภัย
- 7) สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลลัพธ์จากการจำลองการเกิดน้ำท่วม ได้แก่ ความลึกน้ำท่วมและขอบเขตของพื้นที่ประสบอุทกภัย สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันน้ำท่วมและบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ศึกษาได้ ทั้งยังเป็นแนวทางในการสร้างโครงสร้างป้องกันอุทกภัยเพื่อลดความเสียหายจากน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลางได้

## 1.6 อธิบายศัพท์

- 1) ภาพตัดขวางลำน้ำ (Cross Section) คือ ระดับความลึกของพื้นที่ท้องน้ำเทียบกับแนวตลิ่งตามแนวตั้งฉากกับทิศทางของการไหล
- 2) การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง (Calibration) คือ กระบวนการในการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้เหมาะสมกับกรณีศึกษา โดยเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ผลการคำนวณของแบบจำลองใกล้เคียงกับข้อมูลจากการตรวจวัดมากที่สุด
- 3) การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง (Validation) คือ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในการคาดการณ์พฤติกรรมของระบบ
- 4) คันกั้นน้ำ (Floodwalls) คือ เป็นสิ่งก่อสร้างขนานตามแนวลำน้ำในแนวตั้ง ออกแบบให้ควบคุมการเคลื่อนตัวของมวลน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม
- 5) แก้มลิง (Retention Basin) คือ พื้นที่ลุ่มต่ำ ใช้ในการเก็บกักมวลน้ำส่วนเกินที่ผันจากแม่น้ำไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ก่อนจะระบายลงสู่ลำน้ำหรือระบบระบายน้ำ เมื่อปริมาณน้ำในแม่น้ำลดลง
- 6) การไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) คือ การไหลของของไหลที่ความเร็วในการไหลเปลี่ยนแปลงตามเวลา ทำให้ความลึกของการไหลเปลี่ยนแปลงตามเวลา มักเกิดขึ้นในทางน้ำธรรมชาติ เนื่องจากปัจจัยที่ควบคุมการไหลในลำน้ำมีความผันแปรมาก

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### 2.1 อุทกภัยในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

สาเหตุของอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยามีหลายประการ ดังนี้ ลุ่มน้ำเจ้าพระยารับน้ำจากลุ่มน้ำปิง วัง ยมและน่านซึ่งเป็นลำน้ำสาขาที่อยู่ตอนบนมากเกินความจุลำนน้ำที่จะรับได้ ทำให้เกิดน้ำไหลล้นตลิ่งท่วมพื้นที่สองฝั่งของลำน้ำ นอกจากนี้ เมื่อรับน้ำจากพื้นที่ตอนบนมาก ทำให้ต้องเพิ่มการระบายที่เขื่อนเจ้าพระยา และด้วยความจุลำนน้ำเจ้าพระยาตลอดสายมีความแตกต่างกันมากคือ ที่จังหวัดชัยนาทช่วงท้ายเขื่อนเจ้าพระยามีความจุลำนน้ำประมาณ 3,300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่จังหวัดสิงห์บุรี มีความจุประมาณ 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่จังหวัดอ่างทอง มีความจุประมาณ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็นต้น ทำให้เมื่อมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาปริมาณมากกว่า 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จึงทำให้เกิดอุทกภัยบริเวณจังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดอ่างทอง (อรรถพล, 2543)

ปริมาณฝนตกหนักในพื้นที่อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานหลายวัน ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ทัน โดยเฉพาะช่วงมรสุมเดือนมิถุนายน-กันยายน นอกจากนี้ การขยายตัวของเมือง ทำให้เกิดพื้นที่ที่บ้น้ำมากขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการระบายน้ำของพื้นที่ (สุดารัตน์, 2554)

นอกจากปริมาณฝนตกหนักในพื้นที่แล้ว การเกิดน้ำทะเลหนุน โดยเฉพาะช่วงน้ำเกิดที่ถึงแม้จะเป็นระยะเวลาสั้นๆ แต่ก็ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำเพิ่มสูง จนเกิดอุทกภัยหรือส่งผลต่อการระบายน้ำออกสู่ทะเล ส่วนการเกิดแผ่นดินทรุดตัว เนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาล เพื่อใช้ในหน้าแล้งมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้พื้นดินบางแห่ง มีต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง ส่งผลต่อการระบายน้ำในพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้วิธีการที่เคยทำในอดีต แต่ต้องใช้ในการสูบน้ำออกจากพื้นที่ ซึ่งเป็นวิธีการระบายน้ำที่มีข้อจำกัดมาก

## 2.2 แนวทางการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

การบรรเทาน้ำท่วมสามารถแบ่งลักษณะได้เป็น 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ใช้มาตรการเชิงนโยบายหรือมาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง และแนวทางที่ใช้มาตรการเชิงโครงสร้าง ซึ่งทั้ง 2 แนวทางมีรายละเอียด ดังนี้

มาตรการเชิงนโยบายหรือมาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง เป็นมาตรการเพื่อช่วยลดการเกิดอุทกภัย โดยที่ไม่เน้นสิ่งก่อสร้างถาวร แต่อาจมีสิ่งก่อสร้างชั่วคราว เช่น กระสอบทราย เป็นต้น จึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย (กรมชลประทาน, 2561) มาตรการเชิงนโยบาย มีดังนี้

1) การจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นการจัดสรรการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ที่จะพัฒนาในอนาคต ให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสามารถในการรองรับน้ำท่วมได้ เช่น การวางผังเมือง การควบคุมสิ่งปลูกสร้าง ควบคุมพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น

2) การเวนคืนและรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จะทำให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจและวิถีชีวิตของผู้คนในระยะสั้นเท่านั้น แต่ในระยะยาวจะให้ผลที่คุ้มค่า เนื่องจากไม่ต้องได้รับผลกระทบและเสียเวลาฟื้นฟูเศรษฐกิจ ความเป็นอยู่หลังจากน้ำท่วม

3) ปรับปรุงเกณฑ์จัดการน้ำ (Rule Curve) ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการบริหารจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์มากที่สุดในภาพรวมทั้งปี โดยมีเกณฑ์ควบคุมสูงสุด (Upper Rule Curve - URC) เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำในหน้าน้ำหลาก และมีเกณฑ์ควบคุมต่ำสุด (Lower Rule Curve - LRC) สำหรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำช่วงหน้าแล้ง โดยเกณฑ์ที่กล่าวมานั้น กำหนดโดยใช้ข้อมูลอุตุนิมวิทยา อุทกวิทยา การใช้น้ำด้านต่าง ๆ รวมถึงข้อจำกัดในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำนั้น ๆ ในอดีต (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2555)

4) การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำหลาก เป็นการคาดการณ์ช่วงเวลาที่将会เกิดการล้นตลิ่งช่วงเวลาของระดับน้ำและปริมาณน้ำที่สูงที่สุด รวมถึงช่วงเวลาที่ระดับน้ำจะเข้าสู่ภาวะปกติ โดยจะต้องมีความแม่นยำ ทันท่วงที และเพื่อให้การเตือนภัยมีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องมีการสร้างความรู้ ความเข้าใจให้ประชาชนในพื้นที่สามารถตอบสนองการอพยพได้ทันท่วงที นอกจากนี้ กรมชลประทานยังมีการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า เพื่อกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางที่อยู่ในความรับผิดชอบ ให้มีความเหมาะสมต่อการรองรับ



ปริมาณน้ำหลากและแจ้งเตือน ผู้สาธารณะผ่านช่องทางต่าง ๆ ส่วนกรมอุตุนิยมวิทยา มีหน้าที่พยากรณ์และติดตามสภาพภูมิอากาศเพื่อการเตือนภัย

5) มาตรการช่วยเหลือหลังน้ำลด เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร มีการจัดตั้งศูนย์อำนวยการทั้งส่วนกลางและภูมิภาคเพื่อช่วยเหลือและฟื้นฟูด้านการเกษตร ทั้งระยะเร่งด่วน ระยะสั้น และระยะยาว และลงพื้นที่ให้คำแนะนำแก่เกษตรกรในการดูแลพืชผลทางการเกษตร หลังได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม กระทรวงอุตสาหกรรม ออกมาตรการยกเว้นค่าธรรมเนียมบางอย่างในพื้นที่จังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย เป็นต้น

6) การประกันภัยน้ำท่วม เช่น การประกันภัยพืชผลทางการเกษตร ที่ดำเนินการโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยจะคุ้มครองความเสียหายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ น้ำท่วม ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง ลมพายุ ภัยอากาศหนาว ลูกเห็บและไฟไหม้ วงเงินคุ้มครอง 1,260 บาทต่อไร่

7) จัดทำแผนบริหารจัดการน้ำในกรณีต่าง ๆ เช่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จัดทำแผนป้องกันและบรรเทาอุทกภัย แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ก่อนการเกิดอุทกภัย ขณะเกิดอุทกภัยและหลังเกิดอุทกภัย เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานเสริมร่วมกับกรมชลประทาน และหน่วยงานท้องถิ่นอื่น ๆ

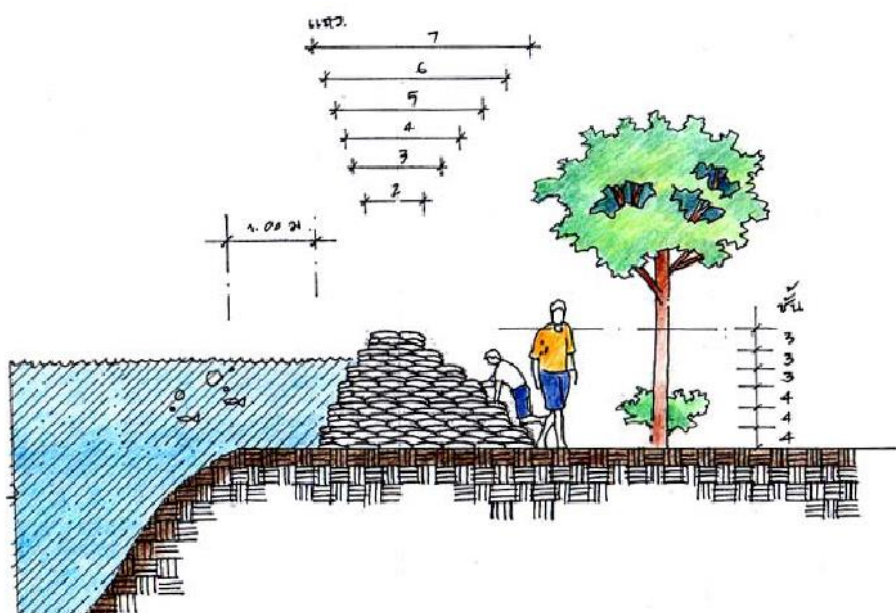
8) ปรับปรุงกฎระเบียบการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

มาตรการเชิงโครงสร้าง เป็นมาตรการที่ใช้สิ่งก่อสร้างในการบรรเทาอุทกภัย โดยในพื้นที่ศึกษามีการนำมาตรการเชิงโครงสร้างมาใช้ ดังนี้

1) การสร้างคันกันน้ำ (floodwall หรือ dike) เป็นการกั้นน้ำไม่ให้ไหลเข้าพื้นที่เมือง และเป็นเครื่องมือในการป้องกัน แก่ไข และบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ทั้งในด้านปริมาณความรุนแรง และทิศทางการออกแบบคันกันน้ำควรออกแบบให้มีระดับสันสูงกว่าน้ำท่วมสูงสุด โดยการระบายน้ำจากคันกันน้ำ ส่วนใหญ่เป็นไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก แต่จะมีการติดตั้งประตูน้ำเพื่อควบคุมการไหลเมื่อระดับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นและเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมจะต้องมีการกักน้ำชั่วคราวหรือระบายออกโดยใช้เครื่องสูบน้ำ นอกจากนั้นยังต้องควบคุมการใช้พื้นที่โดยรอบคันกันน้ำ เช่น การเพาะปลูก

การใช้เป็นเส้นทางสัญจร เป็นต้น คันกั้นน้ำที่ปิดล้อมพื้นที่ชุมชน เป็นการยกระดับถนนหรือกำแพง ล้อมรอบพื้นที่ชุมชนเพื่อป้องกันน้ำท่วม เหมาะสำหรับพื้นที่ชุมชนที่อยู่ในที่ราบ มีระดับดินต่ำ และไม่สามารถบริหารจัดการน้ำด้วยวิธีการอื่นแล้ว (กรมอุตุนิยมวิทยาและกรมการเหมืองแร่, 2560) คันกั้นน้ำมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ

1.1) คันกั้นน้ำท่วมชั่วคราว ได้แก่ คันกั้นน้ำแบบถุงทราย เป็นการนำถุงบรรจุทราย วางซ้อนเพื่อเสริมระดับคันกั้นน้ำ โดยการวางให้มีระยะเหลือมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และเสถียรภาพในการกั้นน้ำ ข้อดีของคันกั้นน้ำประเภทนี้ คือ ประหยัดเวลาดำเนินการ เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ไม่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการก่อสร้างและสามารถก่อสร้างได้ในพื้นที่จำกัด ส่วนข้อจำกัด คือ ใช้ได้เฉพาะจุดหรือบางพื้นที่ที่ไม่เหมาะสำหรับการใช้ป้องกันน้ำท่วมในระยะทางที่ยาว รวมทั้งสามารถป้องกันน้ำท่วมได้ในระดับหนึ่ง (ความสูงไม่เกิน 1.50 เมตร) และมีการสูญเสียวัสดุในระหว่างการใช้งานและการรื้อถอน (ภาพที่ 3) และคันกั้นน้ำแบบคันดิน เป็นการใช้วัสดุดินถม ที่มีความเหนียว นำมาแต่งให้เป็นรูปคันดินสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อใช้ป้องกันน้ำท่วม ข้อดีของคันกั้นน้ำประเภทนี้ ได้แก่ ประหยัดเวลาดำเนินการ เป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น ใช้งบประมาณการก่อสร้างน้อย และสามารถปรับรูปแบบเพื่อใช้ประโยชน์อื่น เช่น ใช้เป็นทางสัญจรชั่วคราว เป็นต้น ส่วนข้อจำกัด คือ ความมั่นคงแข็งแรงอาจลดลง เนื่องจากวัสดุสามารถถูกชะล้างได้ จะต้องเลือกวัสดุและทำการบดอัดเพื่อสามารถป้องกันน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3 การเรียงถุงทรายเพื่อป้องกันน้ำท่วม 1.50 เมตร  
(กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

1.2) คันกันน้ำแบบกึ่งถาวร เป็นการนำวัสดุที่สำเร็จรูปมาใช้เป็นองค์ประกอบของคันป้องกันน้ำท่วม เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน เมื่อต้องป้องกันในท่วมเป็นแนวยาวตลอดลำน้ำ และช่วยลดการสูญเสียวัสดุเมื่อทำการรื้อถอน โดยรูปแบบการใช้งานมีความคล้ายคลึงกับคันกันน้ำชั่วคราว แต่วัสดุที่ใช้มีความถาวร นำกลับมาใช้ใหม่ได้ อย่างไรก็ตาม คันกันน้ำลักษณะนี้จะต้องวางอยู่บนพื้นหรือโครงสร้างที่มีความแข็งแรง จึงมักใช้ในการเสริมคันกันน้ำถาวรหรือเสริมในตำแหน่งที่มีโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมอยู่แล้ว

1.3) คันกันน้ำแบบถาวร เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่เศรษฐกิจ โดยใช้ระบบสร้างคันปิดล้อมพื้นที่ (Polder System) เพื่อป้องกันน้ำจากภายนอกไหลเข้าท่วมพื้นที่ภายใน องค์ประกอบของระบบ ประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ คันกันน้ำปิดล้อม มีหน้าที่กันน้ำจากภายนอกเข้าไปในพื้นที่ โครงข่ายภายใน เป็นระบบที่รวบรวมน้ำภายในพื้นที่สถานีสูบน้ำเพื่อระบายน้ำจากภายในออกสู่ภายนอก (ภาพที่ 4)

คันกันน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบป้องกันน้ำท่วม หากคันกันน้ำไม่แข็งแรงหรือไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบป้องกันน้ำท่วมอย่างยากที่จะแก้ไขได้ จึงต้องมีการออกแบบคันกันน้ำให้มีความมั่นคงแข็งแรงต่อการต้านทานแรงดัน

น้ำ รวมถึงแรงดันดินซึ่งอยู่หลังคันได้ และต้องสามารถใช้งานร่วมกับองค์ประกอบอื่น ๆ ในการป้องกันน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบของโครงสร้างคันกั้นน้ำถาวร สามารถแบ่งตามแนวการก่อสร้างคันปิดล้อมพื้นที่ได้ 2 กรณี คือ 1) คันกั้นน้ำตามแนวปิดล้อมภายในพื้นที่ 2) คันกั้นน้ำตามแนวปิดล้อมริมคลองหรือแม่น้ำ ซึ่งมีความซับซ้อนยุ่งยาก เนื่องจากต้องมีโครงสร้าง 2 ส่วน คือ 1) โครงสร้างคันกั้นน้ำ ทำหน้าที่กั้นน้ำภายนอกไหลเข้ามาในพื้นที่ในช่วงหน้าน้ำ และกั้นดินหลังคันกั้นน้ำที่มีระดับสูงกว่าหน้าคันในช่วงฤดูแล้ง โดยมีเสาเข็มเป็นโครงสร้างหลัก 2) โครงสร้างป้องกันตลิ่งพัง ทำหน้าที่ป้องกันการพังทลายของตลิ่ง โดยเฉพาะบริเวณช่วงโค้งของแม่น้ำ ซึ่งรูปแบบของโครงสร้างป้องกันตลิ่งจะทำการปรับความลาดชันของตลิ่งที่มีความชันสูง ให้มีความชันที่เหมาะสม และใช้หินเรียงขนาดใหญ่ป้องกันการกัดเซาะของเชิงลาด

หน่วยงานที่รับผิดชอบในการก่อสร้างคันกั้นน้ำ มีดังนี้ ในพื้นที่เกษตรกรรม กรมชลประทานจะเป็นผู้รับผิดชอบ โดยมีการสร้างคันกั้นน้ำที่เกณฑ์คาบอุบัติ 25 ปี ส่วนการป้องกันน้ำท่วมชุมชนเมืองจะรับผิดชอบโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองหรือเทศบาลที่ดูแลรับผิดชอบพื้นที่ และกรุงเทพมหานคร โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ โดยใช้เกณฑ์คาบอุบัติซ้ำ 100 ปี ในเขตพื้นที่ชุมชนของกรุงเทพมหานคร เทศบาลชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา เป็นต้น



ภาพที่ 4 คันกั้นน้ำถาวรแบบคอนกรีต พร้อมเครื่องสูบน้ำ  
(กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

จากข้อมูลของกรมโยธาธิการและผังเมืองพบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลาง มีการเริ่มสร้างคันกั้นน้ำในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา โดยสร้างคันกั้นน้ำในเขตชุมชนเมืองสิงห์บุรี ชุมชนอินทร์บุรี ชุมชนปากบาง ชุมชนบางน้ำเชี่ยวและชุมชนท่างาม

2) พื้นที่แก้มลิง เป็นการชะลอและกักเก็บน้ำในฤดูน้ำหลากด้วยการใช้พื้นที่รับน้ำ ซึ่งมักเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ เป็นการตัดยอดปริมาณน้ำที่สูงจนสามารถทำให้เกิดน้ำท่วมเข้าสู่พื้นที่แก้มลิง เพื่อช่วยบรรเทาความรุนแรงของอุทกภัยลง แล้วรอให้น้ำในลำน้ำหลักพร่องน้ำพอจะรับน้ำที่เก็บกักไว้เสียก่อน จึงระบายน้ำลงสู่ทางน้ำผ่านประตูระบายน้ำ โดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลก และเมื่อระดับน้ำในลำน้ำหลักสูงกว่าระดับน้ำในคลองจะทำการปิดประตูระบายน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำย้อนไหลกลับโดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งแก้มลิงตามประเภทและขนาด ได้ 3 ประเภท ได้แก่ แก้มลิงขนาดใหญ่ คือ สระน้ำหรือบึงขนาดใหญ่ ที่กักเก็บน้ำฝนจากพื้นที่บริเวณนั้น เป็นระยะเวลาหนึ่ง ก่อนที่จะระบายลงสู่ลำน้ำ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น การก่อสร้างแก้มลิงประเภทนี้ มักจะมีวัตถุประสงค์อื่นร่วมด้วยเช่น เพื่อการชลประทาน การประมง เป็นต้น แก้มลิงขนาดกลาง เป็นพื้นที่ชะลอน้ำที่มีการก่อสร้างในระดับลุ่มน้ำ ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ธรรมชาติ เช่น หนอง บึง เป็นต้น และแก้มลิงขนาดเล็ก อาจเป็นพื้นที่สาธารณะ เช่น ลานจอดรถ สนามเด็กเล่นที่เชื่อมต่อกับระบบระบายน้ำ

แผนบริหารจัดการน้ำ ในพื้นที่ลุ่มต่ำเจ้าพระยา พ.ศ. 2561 ของกรมชลประทาน ระบุว่า ปัจจุบันในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน มีพื้นที่ลุ่มต่ำจำนวน 1 ท่ง คือ ท่งบางระกำ มีพื้นที่รับน้ำ 0.382 ล้านไร่ มีความสามารถในการหน่วงน้ำ 550 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีพื้นที่ลุ่มต่ำจำนวน 12 ท่ง มีพื้นที่รับน้ำ 1.15 ล้านไร่ สามารถหน่วงน้ำได้ 1,500 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีแก้มลิงทุ่งเชียงรากอยู่ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งแก้มลิงทุ่งเชียงราก เริ่มเปิดใช้งานเมื่อพ.ศ. 2560 เพื่อแก้ปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (กรมชลประทาน)

3) ระดับน้ำที่พัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำในพื้นที่ตอนบน โดยปัจจุบันมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 10 โครงการ ความจุเก็บกักรวมกันประมาณประมาณ 26,000 ล้านลูกบาศก์เมตร การบริการจัดการน้ำในอ่างขนาดใหญ่ จะมีผลต่อการเกิดอุทกภัยในพื้นที่เจ้าพระยาตอนกลางเป็นอย่างมาก

4) พัฒนาทางระบายน้ำหลากหรือเส้นทางน้ำอ้อมเมือง เป็นการลดอัตราการใช้ไหลในลำน้ำหลักที่ผ่านพื้นที่ชุมชนออกไปทางน้ำสายอื่น ซึ่งไม่ผ่านบริเวณที่อยู่อาศัยและไม่มีสิ่งกีดขวาง

ในลำน้ำ โดยคลองที่ใช้ในการผันน้ำอาจจะบรรจบกับแม่น้ำสายหลักท้ายพื้นที่ชุมชน หรืออาจจะผันน้ำออกสู่ทะเลได้

5) ปรับปรุงสภาพลำน้ำ เป็นการเพิ่มความจุของลำน้ำหรือ ปรับปรุงให้การไหลในลำน้ำเป็นไปได้อย่างสะดวก โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง เช่น การขุดลอกตะกอน การกำจัดสิ่งกีดขวางทางน้ำ เป็นต้น (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การขุดลอกทรายในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณเขตเทศบาลเมืองสิงห์บุรี โดยกรมเจ้าท่า (สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์, 2563)

## 2.3 การศึกษาน้ำท่วมด้วยแบบจำลองชลศาสตร์การไหลของน้ำผิวดิน

### 2.3.1 แบบจำลองชลศาสตร์

แบบจำลองชลศาสตร์ เป็นการจำลองโครงสร้างทางชลศาสตร์หรือของไหลจริง เพื่อทดลองหรือทดสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ในการศึกษาถึงพฤติกรรมของของไหลหรือวัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหล โดยสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบการตัดสินใจก่อสร้างโครงสร้างทางชลศาสตร์ หรือเพื่อปรับปรุง แก้ไขปัญหาโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (กรมชลประทาน, 2551) โดยทั่วไปแล้ว แบบจำลองชลศาสตร์จัดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองเชิงตัวเลข เมื่อทำการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ได้แก่ หลักความต่อเนื่องของการเคลื่อนที่ของน้ำ (สมการต่อเนื่อง) และหลักการโมเมนตัมของการไหลของน้ำ



ตัวอย่างแบบจำลองทางชลศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น HEC-RAS, TUFLOW และ MIKE FLOOD เป็นต้น แบบจำลองแต่ละตัวมีรายละเอียดดังนี้

1) HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดยหน่วยงานของกองทัพประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Army Corps) โดยนำออกเผยแพร่ให้ใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายครั้งแรกใน พ.ศ. 2538 แทนที่แบบจำลอง HEC-2 โดยสามารถประมวลผลการไหลคงที่ใน 1 มิติเท่านั้นต่อมาใน พ.ศ. 2544 ได้มีการพัฒนาให้ประมวลผลการไหลไม่คงที่ใน 1 มิติ และการพัฒนาแบบจำลอง HEC-RAS ที่สำคัญครั้งต่อมาคือ เมื่อพ.ศ. 2559 ที่สามารถประมวลผลแบบจำลองการไหลไม่คงที่ใน 2 มิติได้ โดยในเวอร์ชัน 5.0.3 มีข้อจำกัดของงานการไหล 2 มิติ คือ ไม่สามารถเพิ่มเครื่องสูบน้ำและสะพานในตาข่ายการไหล 2 มิติ

2) TUFLOW เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดยความร่วมมือของมหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์ร่วมกับบริษัท BMT ที่ต้องการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ซึ่งสามารถประมวลผลได้ทั้ง 1 และ 2 มิติ ใน พ.ศ. 2532 และมีการพัฒนาแบบจำลองมาจนถึงปัจจุบัน แบบจำลอง TUFLOW มีค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้งาน ข้อจำกัดของแบบจำลอง TUFLOW คือ จะต้องระมัดระวังหากใช้ขนาดตาข่ายในพื้นที่การไหล 2 มิติเล็กเกินไป ความลึกของน้ำที่มากกว่าความกว้างของตาข่าย จะทำให้เกิดการละเมิดสมมติฐานของสมการ 2 มิติ (BMT, 2016)

3) MIKEFLOOD เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการรวมกันของ MIKE-11 ซึ่งเป็นแบบจำลองการไหลใน 1 มิติ และ MIKE-21 ที่จำลองการไหลใน 2 มิติ โดยแบบจำลองที่กล่าวมานั้น พัฒนาโดยบริษัท DHI และเป็นแบบจำลองที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้งาน ข้อจำกัดของ MIKEFLOOD ได้แก่ การจำลองการไหลบ่าบนผิวดิน (Overland Flow) ทำได้ยาก หากเส้นทางการไหลเมื่อเกิดการล้นตลิ่ง (Flow Path) ไม่แน่นอน และการจำลองการไหลบ่าบนผิวดินควบคู่กับการไหลในท่อยังมีความยุ่งยาก (DHI, 2017)

### 2.3.2 แบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

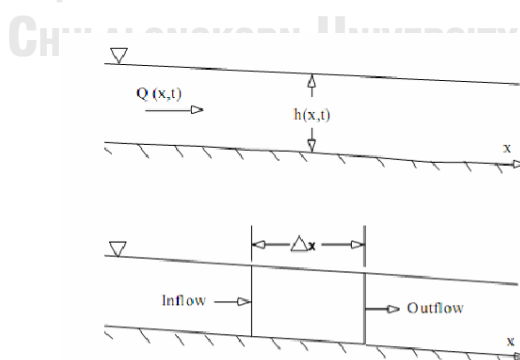
ทฤษฎี และสมการในแบบจำลอง HEC-RAS พัฒนาโดย ศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา (Hydrologic Engineering Center) ของหน่วยงานในกองทัพประเทศสหรัฐอเมริกา (US Army Corps) จัดเป็นแบบจำลองชลศาสตร์การไหลของน้ำผิวดิน แต่เดิมนั้นสามารถจำลองการไหลแบบคงที่และไม่คงที่ใน 1 มิติเท่านั้น ต่อมาใน พ.ศ. 2559 ได้มีการพัฒนาให้สามารถจำลองการไหลไม่คงที่

ใน 2 มิติ และสามารถจำลองการไหลใน 1 มิติ และ 2 มิติควบคู่กัน โดยในการคำนวณการไหลในลำน้ำ (1 มิติ) ใช้หลักการอนุรักษ์มวล พลังงาน และโมเมนตัม ส่วนการไหลของน้ำที่ล้นออกจากลำน้ำ (2 มิติ) สามารถเลือกใช้ได้ทั้งสมการ Saint-Venant แบบเต็มที่ถูกพัฒนามาจากการรวมกันของสมการความต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัม (กรกต, 2559) หรือสมการ Diffusion wave ซึ่งเป็นการลดรูปสมการ Saint-Venant แบบเต็มโดยการตัดเทอมของสมการโมเมนตัมออก การคำนวณการไหลนอกลำน้ำจะแบ่งพื้นที่การไหลให้เล็กลงเป็นตาข่าย (Mesh) ย่อย ๆ ซึ่งขนาดของตาข่ายขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและระดับของความละเอียดที่ต้องการศึกษา เช่น การศึกษาการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่เมืองควรจะใช้ตาข่ายที่มีความละเอียดกว่าการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ชนบท เป็นต้น (Zeve and Anderson, 2017) โดยสมการที่ใช้คำนวณการไหลทั้ง 1 มิติและ 2 มิติ มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) การไหลแบบไม่คงที่ในหนึ่งมิติ

แบบจำลอง HEC-RAS ใน 1 มิติ อาศัยหลักการทางฟิสิกส์ในการคำนวณ กล่าวคือ การอนุรักษ์มวล พลังงาน และโมเมนตัม สำหรับการเคลื่อนที่ของมวลน้ำในลำน้ำนั้น คำนวณด้วยสมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation)

สมการความต่อเนื่อง คำนวณโดยการแบ่งมวลน้ำเป็นหน่วยย่อยที่ต่อเนื่องกัน โดยแต่ละหน่วยย่อยมีลักษณะเป็น Elementary Control Volume (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 Elementary Control Volume เพื่อวิเคราะห์สมการความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม (Corps, 2016)



สมการความต่อเนื่อง สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0 \quad (1)$$

เมื่อ  $\partial$  = ความหนาแน่นของของเหลว

$q_1$  = อัตราการไหลทางข้าง (lateral flow) ต่อระยะทางหนึ่งหน่วย

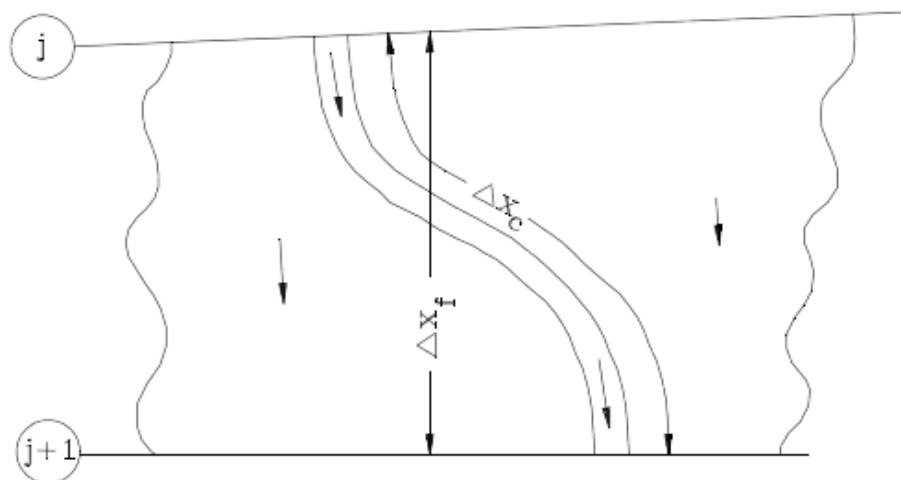
สมการโมเมนตัมประยุกต์มาจากกฎข้อสองของนิวตันกับแรง 3 ประการ ได้แก่  
1.แรงดัน (Pressure forces) 2.แรงโน้มถ่วง (Gravity forces) 3.แรงฉุดที่ผิว (Boundary drag)  
จะได้สมการโมเมนตัมดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left[ \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right] = 0 \quad (2)$$

เมื่อ  $\frac{\partial z}{\partial x}$  = ความชันของผิวน้ำ

$S_f$  = ความชันของเส้นลาดพลังงานการไหล

การประยุกต์ใช้สมการการไหลไม่คงที่ในแบบจำลอง HEC-RAS (ภาพที่ 7) แสดงการไหล  
ใน 2 ทิศทางระหว่างการไหลในลำน้ำและการไหลบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) เมื่อน้ำ  
ในลำน้ำเพิ่มขึ้น จนล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและไหลเข้าพื้นที่แก้มลิง เมื่อความลึกของน้ำ  
ในลำน้ำยิ่งเพิ่มขึ้น น้ำที่ท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงอยู่นั้นก็จะเริ่มไหลไปทางปลายน้ำ โดยทั่วไปแล้ว  
ระยะเวลาที่น้ำท่วมบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงจะสั้นกว่าในลำน้ำ คือเมื่อน้ำในลำน้ำลดระดับลง  
น้ำที่ล้นตลิ่งอยู่ก็จะไหลกลับลงสู่ลำน้ำหลัก



ภาพที่ 7 การไหลในทางน้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง

(Corps, 2016)

ทิศทางการไหลหลัก มีทิศทางเดียวกับการไหลของน้ำในลำน้ำ การไหลแบบ 2 มิติ เช่นนั้น จึงสามารถคำนวณโดยประมาณได้จากการคำนวณการไหลแบบหนึ่งทิศทาง พื้นที่กักเก็บนอกลำน้ำสามารถใช้แบบจำลองพื้นที่กักเก็บน้ำ โดยจะมีการแลกเปลี่ยนน้ำกับลำน้ำหลัก ส่วนน้ำที่ไหลล้นตลิ่งสามารถประมาณโดยคำนวณแยกจากลำน้ำหลัก

การคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงนี้ มีหลายวิธี วิธีที่ใช้อย่างแพร่หลาย คือ ไม่คำนวณการไหลนอกลำน้ำทั้งหมด โดยตั้งสมมติฐานว่าพื้นที่นอกตลิ่งใช้เพื่อการกักเก็บน้ำเพียงอย่างเดียว โดยสมมติฐานนี้ใช้ได้กับลำน้ำขนาดใหญ่ที่มีคันดินบริเวณตลิ่ง ซึ่งเพิ่มการจำกัดให้น้ำไหลเฉพาะในช่องทางน้ำไหล และพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงมีไว้สำหรับเก็บกักน้ำ แต่ในแบบจำลอง HEC-RAS จะใช้วิธีที่ได้มาจากแนวคิดของ Barkau (Barkau, 1982) เป็นหลัก คือ ใช้สมการระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบ Finite Difference สำหรับสมการในลำน้ำและสมการที่ราบน้ำท่วมถึง และจัดหมวดหมู่ของสมการให้ง่ายต่อการประมวลผลมากขึ้น

2) การไหลแบบไม่คงที่ในสองมิติ การคำนวณการไหลสองมิติในแบบจำลอง HEC-RAS มี 2 วิธี คือ

2.1) สมการ Diffusion Wave เป็นวิธีตั้งต้นในแบบจำลอง HEC-RAS สามารถประมวลผลได้รวดเร็ว เสถียร แต่ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกต้องมากนัก เพราะจะไม่นำส่วนของโมเมนตัมแนวแกน x และโมเมนตัมแนวแกน y มาคำนวณ แต่จะคำนวณเฉพาะส่วนของสมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) สามารถเขียนสมการ ได้ดังนี้

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ  $\zeta$  = ระดับผิวน้ำ

p และ q = ค่าการไหลเฉพาะในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

2.2) สมการ Saint Venant แบบเต็มจะเพิ่มการคำนวณสมการโมเมนตัมที่แกน x และแกน y เพิ่มเติมจาก สมการความต่อเนื่อง และโดยทั่วไปแล้ว จะมีช่วงเวลาคำนวณน้อยกว่าวิธี Diffusion Waves ที่ขนาดของกริดเซลล์เดียวกัน สำหรับสมการโมเมนตัมแกน x และ แกน y สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 4 และ สมการที่ 5 ตามลำดับ และยังคงการคำนวณของสมการที่ 3 ไว้ด้วย

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) = -\frac{n^2 pg \sqrt{p^2 + q^2}}{h^2} - gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + pf + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \quad (4)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) = -\frac{n^2 qg \sqrt{p^2 + q^2}}{h^2} - gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + qf + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \quad (5)$$

เมื่อ  $g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

$n$  = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวของแมนนิง

$p$  = ความหนาแน่นของน้ำ

$\tau_{xx}$  และ  $\tau_{xy}$  = ส่วนประกอบประสิทธิภาพความเค้นเฉือน (shear stress)

$f$  = แรงโคลีโอริส

3) การกำหนดเงื่อนไขที่ตำแหน่งขอบเขตของการจำลอง (Boundary Conditions) เงื่อนไขขอบเขตของการจำลอง จะถูกกำหนดไว้ที่ขอบเขตสิ้นสุดบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของลำน้ำทุกสายในแบบจำลอง

3.1) เงื่อนไขขอบเขตด้านต้นน้ำ (Upstream Boundary Conditions) จะอยู่บริเวณขอบเขตต้นน้ำและไม่เป็นบริเวณที่ติดต่อกับลำน้ำสาขาอื่นหรือแหล่งกักเก็บน้ำ เมื่อประยุกต์เข้ากับอัตราการไหลต่อเวลาแล้ว จะได้สมการดังนี้

$$\Delta Q_k^{n+1} = Q_m^n + Q_k \quad (6)$$

เมื่อ  $k =$  โหนดต้นน้ำของลำน้ำ  $m$

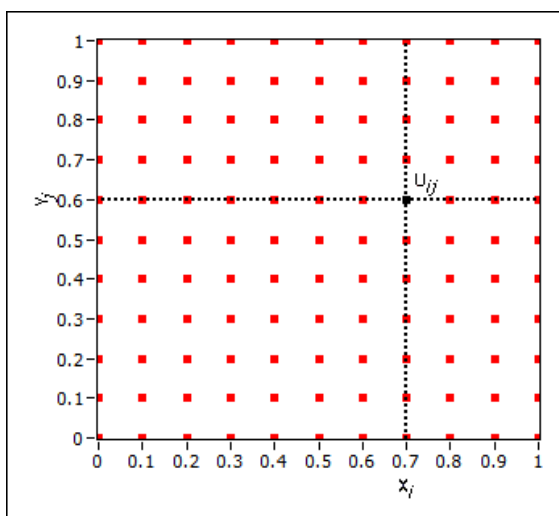
3.2) เงื่อนไขขอบเขตด้านปลายน้ำ (Downstream Boundary Conditions) แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ 1) แบบระดับน้ำ 2) แบบอัตราการไหล 3) แบบค่าความสัมพันธ์ระดับน้ำและอัตราการไหลค่าเดียว 4) แบบความลึกปกติ

ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้ขอบเขตปลายน้ำแบบอัตราการไหล ซึ่งจะใช้เมื่อมีข้อมูลตรวจวัดอัตราการไหลที่ขอบเขตท้ายน้ำ เพื่อให้แบบจำลองทำการเทียบมาตรฐานแบบจำลองได้ที่ช่วงเวลาการคำนวณ  $(n+1) \Delta t$  (ภาพที่ 8) จะเขียนสมการตามรูปแบบสมการ Finite Difference ได้ดังนี้

$$CDQ_m \Delta Q_N = CDB_m \quad (7)$$

$$\text{เมื่อ } CDQ_m = 1$$

$$CDB_m = Q_N^{n+1} - Q_N^n$$



ภาพที่ 8 การแบ่งพื้นที่การจำลองการไหลตามทฤษฎี Finite Difference

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สามารถนำมาใช้งานร่วมกับแบบจำลองทางชลศาสตร์ ในส่วนของการเตรียมข้อมูลทางกายภาพเพื่อนำเข้าในแบบจำลอง เช่น ข้อมูลเส้นทางการไหล ตลิ่ง เส้นทางการไหลป่า ภาพตัดขวางลำน้ำ ข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขเพื่อใช้เป็นพื้นที่การไหล 2 มิติ เป็นต้น และยังสามารถนำผลของแบบจำลองชลศาสตร์แสดงในระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์ ต่อยอดผลลัพธ์ได้อีกด้วย เช่น แปลงผลลัพธ์ขอบเขตพื้นที่และความสูงของน้ำท่วม ซึ่งเป็นข้อมูล แบบ Raster จากแบบจำลอง HEC-RAS เป็นข้อมูล Vector เพื่อให้สามารถคำนวณพื้นที่น้ำท่วม สกัด (Extract) ความสูงของน้ำท่วมที่พิกัดที่ต้องการ หรือตัด (Clip) กับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วม จากดาวเทียม เพื่อใช้ในการตรวจหาความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นต้น

#### 2.4 การใช้แบบจำลอง HEC – RAS เพื่อศึกษาอุทกภัย

การใช้แบบจำลอง HEC – RAS เพื่อการศึกษาทางด้านอุทกภัย มีทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ ดังนี้

เอกพล ฉิมพงษ์และพงษ์ศักดิ์ จินดาศรี (2552) ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อการเตือนภัย น้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน โดยทำการคำนวณการไหลแบบคงที่ (Steady Flow) ใน 1 มิติ และใช้ปริมาณน้ำนองสูงสุดในรอบ 2 ปี 5 ปี และ 10 ปี ได้แก่ 285.58 ,564.90 และ 749.83 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีตามลำดับ โดยใช้ HEC-GeoRAS ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเตรียมข้อมูล ทางพื้นที่ให้กับแบบจำลอง HEC-RAS ได้แก่ เส้นลำน้ำ เส้นขอบลำน้ำ ตลิ่ง เส้นทิศทางการไหล และเส้นตัดภาพตัดขวางลำน้ำ ส่วนแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (DEM) ประมวลผลมาจาก เส้นชั้นความสูง 2 เมตร ผลลัพธ์ของแบบจำลอง HEC-RAS เช่น พื้นที่น้ำท่วมและความเร็วการไหล

สามารถส่งออกมาเพื่อประมวลผลโดยเครื่องมือใน HEC-GeoRAS สำหรับจัดทำแผนที่และคำนวณความเสียหายจากน้ำท่วม (เอกพล, 2552)

สุตารัตน์ ภิรมย์ (2554) ใช้แบบจำลอง HEC-RAS จำลองพื้นที่แก้มลิง เพื่อหาแนวทางบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างใน 1 มิติ โดยมีกรณีศึกษา 3 กรณี คือ กรณีที่มีแก้มลิงอยู่ทางด้านเหนือเขื่อนเจ้าพระยา กรณีมีแก้มลิงอยู่ทางด้านท้ายเขื่อนเจ้าพระยาและกรณีมีแก้มลิงอยู่เหนือและท้ายเขื่อนเจ้าพระยา พบว่า ลดอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำได้ 103 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (0.36 เมตร) 1020 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (0.78 เมตร) และ 834 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1.09 เมตร) ตามลำดับ (สุตารัตน์, 2554)

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุลและธิดา ยงสถิตศักดิ์ (2559) ศึกษาอุทกภัยบริเวณเทศบาลหาดใหญ่ที่เกิดจากปริมาณน้ำล้นตลิ่งของคลองอู่ตะเภา โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS โดยจำลองเหตุการณ์อุทกภัยทั้งใน 1 และ 2 มิติ แบบการไหลไม่คงที่ พบว่า เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ 0.025 จะได้ค่าความแตกต่างเฉลี่ยเชิงสถิติแบบ Root Mean Square Error ที่ดีที่สุด คือ เท่ากับ 5 และ 3.5 เซนติเมตร ที่สถานี X.44 บริเวณกลางน้ำและสถานี X.181 ที่สถานีท้ายน้ำตามลำดับ ส่วนการเปรียบเทียบข้อมูลความลึกของระดับน้ำท่วมสูงสุด พบว่า มีค่าความแตกต่างเฉลี่ยเชิงสถิติแบบ Root Mean Square Error เท่ากับ 48 เซนติเมตร โดยระบุว่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ด้านความลึกของน้ำท่วม อาจจะเป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็ว ทำให้ลักษณะทางกายภาพที่แท้จริง มีความแตกต่างจากข้อมูลความสูงของภูมิประเทศเชิงเลข (DEM) และแผนที่ความลึกสูงสุดของน้ำท่วมได้มาจากการประมาณค่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระดับน้ำท่วมสูงสุด ซึ่งดำเนินการสำรวจมาแล้วก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง มีการเสนอแนะให้เพิ่มพื้นที่ศึกษาบริเวณต้นน้ำ และเพิ่มคลองสาขาต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภา (ศักดิ์ชัย, 2561)

Quiroga et al. (2015) ศึกษาการเกิดอุทกภัยจากแม่น้ำ Mamore โดยทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในแบบจำลอง HEC – RAS พบว่า ผลลัพธ์ของแบบจำลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมีผลต่อแบบจำลองน้อย ด้านผลลัพธ์ของแบบจำลอง ปรากฏว่า พื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองน้อยกว่าพื้นที่น้ำท่วมจากดาวเทียม

ประมาณ 13 % โดยอาจมีสาเหตุมาจากการแปลสภาพดาวเทียมให้พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำเดิม เป็นพื้นที่น้ำท่วมและการไม่พิจารณาแม่น้ำสาขาต่าง ๆ ในลุ่มน้ำ (Quiroga, 2015)

บุษปกร ชันดิธีรกี (2555) ใช้แบบจำลอง HEC-RAS ศึกษาการจัดการน้ำท่วมในลุ่มน้ำน่าน ตอนบน เป็นการจำลองการไหลใน 1 มิติ ประมวลผลโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ 4 กรณี คือ 0.025 0.030 0.035 และ 0.040 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่เหมาะสมที่สุด คือ 0.035 เมื่อตรวจพิสูจน์กับข้อมูลระดับน้ำที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน ได้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) สูงสุด 0.87 (บุษปกร, 2555)

## 2.5 เทคโนโลยีไลดาร์และการประยุกต์ใช้ในการจำลองอุทกภัย

จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุล วิลาสลักษณ์ วงศ์เยาว์ฟ้า และสุกิจ วิเศษสินธุ์ (2550) ให้ความหมายของไลดาร์ (Light Detection and Ranging : LiDAR) ว่าเป็นนวัตกรรมในการรังวัด ภูมิประเทศด้วยระบบเลเซอร์ โดยจะให้ค่าทั้งความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวของภูมิประเทศ (Digital Surface Model : DSM) และค่าความสูงของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model : DEM) ความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของการสำรวจแบบไลดาร์เกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบ เลเซอร์ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสบนอากาศยาน (Airborne GPS) ที่จะให้ค่าตำแหน่งของอากาศยาน ใน 3 มิติ คือ ละติจูด ลองจิจูด และค่าความสูงเหนือพื้นผิวทรงกลมโลก และระบบรังวัดการเอียงตัวของอากาศยาน (Orientation System) จะให้ค่าการเอียงตัวของอากาศยานพร้อมกันทั้ง 3 แกน ทำให้มีความถูกต้องของค่าความสูงในระดับเดซิเมตร ในขณะที่การรังวัดแบบเดิมให้ความถูกต้อง ในระดับเมตร และยังให้ความหนาแน่นของจำนวนจุดระดับบนพื้นดินมากถึง 2 เมตรต่อ 1 จุดระดับ นอกจากนี้ข้อได้เปรียบอื่นของเทคโนโลยีไลดาร์ คือ ประหยัดเวลาในการสำรวจและเมื่อคิดค่าใช้จ่าย เมื่อเทียบกับการประหยัดเวลาแล้ว มีความคุ้มค่ามากที่สุด (จนิษฐ์, 2550)

ในการประยุกต์ข้อมูลภูมิประเทศจากการสำรวจไลดาร์ในการจำลองการเกิดอุทกภัย พบในงานวิจัยของ Abdulaziz Saeed Alzahrani (2017) งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลขที่ทำการสำรวจโดยเทคโนโลยีไลดาร์ ขนาดจุดภาพ 2.5 ตารางฟุต ในการจำลองการไหล 2 มิติโดยแบบจำลอง HEC-RAS ที่แม่น้ำ Great Miami River (GMR) และแม่น้ำ Bear Creek พบว่า ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความ

ละเอียดสูงจากเทคโนโลยีไลดาร์ ลดความจำเป็นของการเก็บข้อมูลภาคสนามลง โดยข้อมูลจากไลดาร์ จะให้รายละเอียดของพื้นที่เก็บกักและฝายทั้งหมด (Alzahrani, 2017)

## 2.6 ระดับน้ำและอัตราการไหล

ในการตรวจวัดอัตราการไหลในลำน้ำ กรมชลประทาน ทำการตรวจวัด โดยเครื่องโทรมาตรขนาดเล็กแบบลูกลอย (floating-gauge recorder) ควบคู่กับการอ่านจากสายตามนุษย์บนแผ่นวัดระดับน้ำ (Staff Gauge) จากนั้นนำค่าระดับน้ำที่ได้ไปแปลงให้เป็นค่าอัตราการไหล จากเส้นโค้งความสัมพันธ์ระดับน้ำ - อัตราการไหล (Rating Curve) ณ ตำแหน่งสถานีตรวจวัด

การสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์ระดับน้ำ - อัตราการไหล ทำได้โดยตรวจวัดข้อมูลอัตราการไหล พร้อมทั้งระดับน้ำ

ในการวัดการไหลในลำน้ำสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ การใช้เครื่องมือวัดความเร็วกระแส น้ำ (Current Meter) ในการเก็บข้อมูลความเร็วของกระแส น้ำ และหาพื้นที่ของหน้าตัดลำน้ำ โดยแบ่งหน้าตัดลำน้ำเป็นช่วง ๆ จากนั้นใช้สมการที่ 8 ในการหาอัตราการไหล

$$Q = AV \quad (8)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (ตารางเมตร)

$V$  = ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)

การตรวจวัดการไหลในลำน้ำอีกวิธีการหนึ่งเป็นการใช้เครื่องมือวัดความเร็ว น้ำ ด้วยคลื่นเสียง โดยใช้เทคนิคความแตกต่างของคลื่นเสียง (Acoustic Doppler) จากหลักการที่ว่า คลื่นจะมีความถี่ที่เปลี่ยนแปลง เมื่อเดินทางผ่านน้ำที่ไหลด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวมีความรวดเร็ว สะดวกในการตรวจวัดมากกว่าเครื่องมือวัดความเร็วกระแส น้ำ โดยทำการวัดอัตราการไหลช่วงที่มีอัตราการไหลมาก อัตราการไหลปานกลาง และอัตราการไหลน้อย



จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าว สร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล  
ดังสมการที่ 9

$$Q = K(h+a)p \quad (9)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

$h$  = ระดับน้ำ (เมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง)

$a$  = ระดับน้ำที่น้ำเริ่มไหล (เมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง)

$k$  และ  $p$  = ค่าคงที่



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### บทที่ 3

#### พื้นที่ศึกษา

#### 3.1 ที่ตั้ง

พื้นที่ศึกษาดังอยู่บริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนเจ้าพระยา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท (สถานีตรวจวัด C.7A) จนถึงจังหวัดอ่างทอง (สถานีตรวจวัด C.7A) (ภาพที่ 1) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 900 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ศึกษาครอบคลุมจังหวัดต่าง ๆ ดังนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จังหวัดในขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	จังหวัด	อำเภอ	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1	สิงห์บุรี	อ.เมืองสิงห์บุรี อ.บางระจัน อ.พรหมบุรี อ.ท่าช้าง และอ.อินทร์บุรี	463.0	51.4
2	ชัยนาท	อ.เมืองชัยนาท อ.สรรพยา และอ.สรรคบุรี	260.0	28.9
3	อ่างทอง	อ.ไชโย และอ.โพธิ์ทอง	90.0	10.0
4	นครสวรรค์	อ.ตากลิ	83.0	9.2
5	ลพบุรี	อ.ท่าม่วง และอ.บ้านหมี่	4.0	4.4
		<b>รวม</b>	<b>900.0</b>	<b>100.0</b>

### 3.2 ลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษา

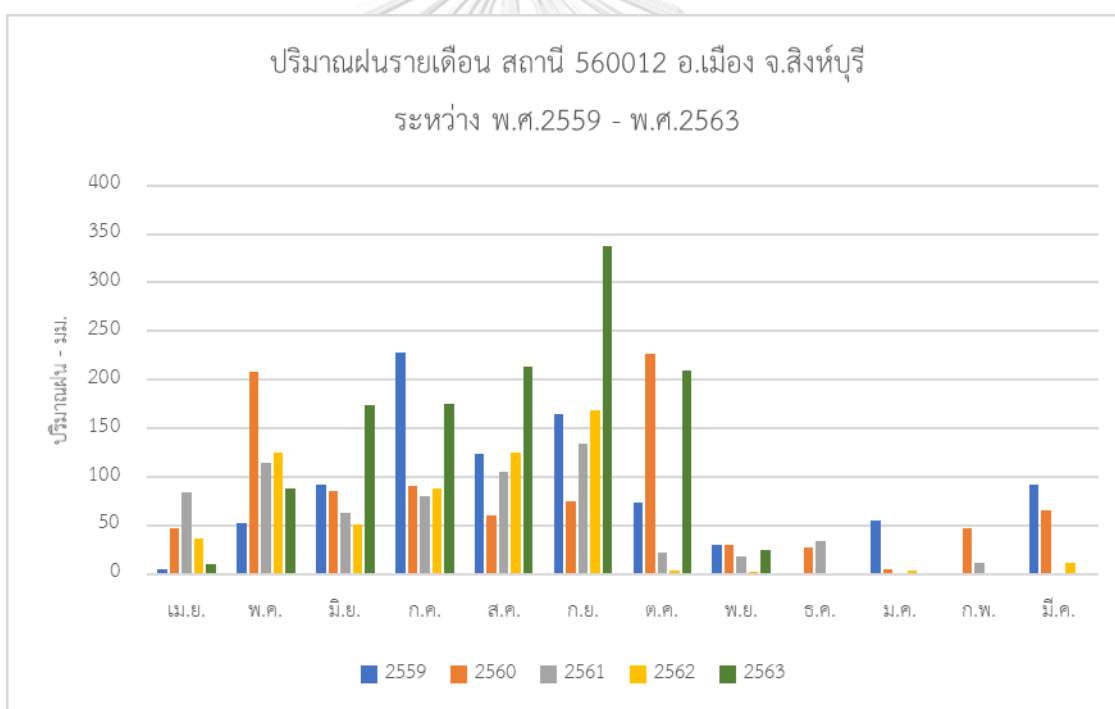
ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง เกิดจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนใหญ่ คือ รอยเลื่อนแม่ปิง (ต่อเลยไปเกือบเชื่อมกับรอยเลื่อนเมย) รอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรี ซึ่งต่อเนื่องจากการเปิดตัวของอ่าวไทยทางใต้ ส่วนตะกอนในพื้นที่ราบลุ่มเจ้าพระยา เป็นตะกอนยุคควอเทอร์นารี สมัยไพลสโตซีน มีความหนาของชั้นตะกอนประมาณ 650 เมตร ถึง 1,830 เมตร สะสมตัวอย่างต่อเนื่องอยู่ในแอ่งของเปลือกกรอยเลื่อน แบ่งตะกอนออกได้เป็น 2 ชั้น ได้แก่ 1) ตะกอนเจ้าพระยา มีตะกอนชุดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นชั้นหินโคลนวางตัวอยู่บนหินดินดานสีแดง อายุเทอร์เชียรีวางตัวอยู่ล่างสุด ถัดขึ้นมาคือตะกอนชุดพระนคร เป็นชั้นทรายสลับชั้นดินเหนียว วางตัวแบบรอยสัมผัสไม่ต่อเนื่องบนชั้นตะกอนชุดสมุทรปราการ ชั้นบนสุดเป็นตะกอนชุดพระประแดง มีลักษณะเป็นตะกอนทรายและกรวด ปนด้วยเศษเปลือกกรากไม้หรือพืช 2) หน่วยชั้นตะกอนดินเหนียว กรุงเทพฯ ประกอบด้วย ตะกอนดินเหนียวกรุงเทพฯตอนล่าง เป็นตะกอนทรายที่สะสมตัว ในบริเวณปากแม่น้ำไหลลงสู่ทะเล และตะกอนดินเหนียว ที่สะสมตัวในทะเล เรียกว่า ตะกอนดินเหนียวกรุงเทพฯตอนบน (กรมทรัพยากรธรณี)

แม่น้ำสำคัญในพื้นที่ศึกษาคือ แม่น้ำเจ้าพระยา รวมความยาวประมาณ 80 กิโลเมตร มีความลาดชันของลำน้ำประมาณ 1:14,500 ในขณะที่ความลาดเทของพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดชัยนาทถึงจังหวัดพระนครศรีอยุธยาประมาณ 1:7,000 ส่วนตั้งแต่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาถึงจุดออกสู่ทะเล มีความลาดเทของพื้นที่ประมาณ 1:25,000 (อรรถพล, 2543)

สภาพภูมิอากาศของกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง เป็นแบบร้อนชื้นสลับแล้ง ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว กล่าวคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในฤดูหนาว และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดเอาความชุ่มชื้นมาจากอ่าวไทย โดยฤดูฝนของจังหวัดสิงห์บุรี เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยในช่วงปลายเดือนมิถุนายน ถึงต้นเดือนกรกฎาคม จะเกิดฝนทิ้งช่วงขึ้นเป็นประจำ ทำให้ในระยะนี้จะมีอากาศร้อนอบอ้าว และแห้งแล้ง (ภาพที่ 9) ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ศึกษาในพ.ศ. 2564 เท่ากับ 1,234 มิลลิเมตร

(ข้อมูลจากสถานี 560012 อ.เมือง จ.สิงห์บุรี) ต่ำกว่าปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั้งประเทศ คือ 1,572.5 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560)

ในบางปีพื้นที่ศึกษาได้รับอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน ส่วนใหญ่เป็นพายุดีเปรสชันทำให้เกิดฝนตกหนัก ลมกระโชกแรง และทำให้เกิดอุทกภัยได้ จากสถิติในรอบ 69 ปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565) (พ.ศ. 2494 – พ.ศ. 2562) พบว่า พายุหมุนเขตร้อนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ศึกษามีจำนวนทั้งหมด 14 ลูก ในเดือนพฤษภาคม 1 ลูก (พ.ศ. 2504) เดือนกรกฎาคม 1 ลูก (พ.ศ. 2494) เดือนสิงหาคม 1 ลูก (พ.ศ. 2508) เดือนกันยายน 6 ลูก (พ.ศ. 2502 พ.ศ. 2506 พ.ศ. 2515 พ.ศ. 2522 พ.ศ. 2528 และ พ.ศ. 2548) เดือนตุลาคม 4 ลูก (พ.ศ. 2503 พ.ศ. 2506 พ.ศ. 2507 และพ.ศ. 2533) และเดือนพฤศจิกายน 1 ลูก (พ.ศ. 2517)

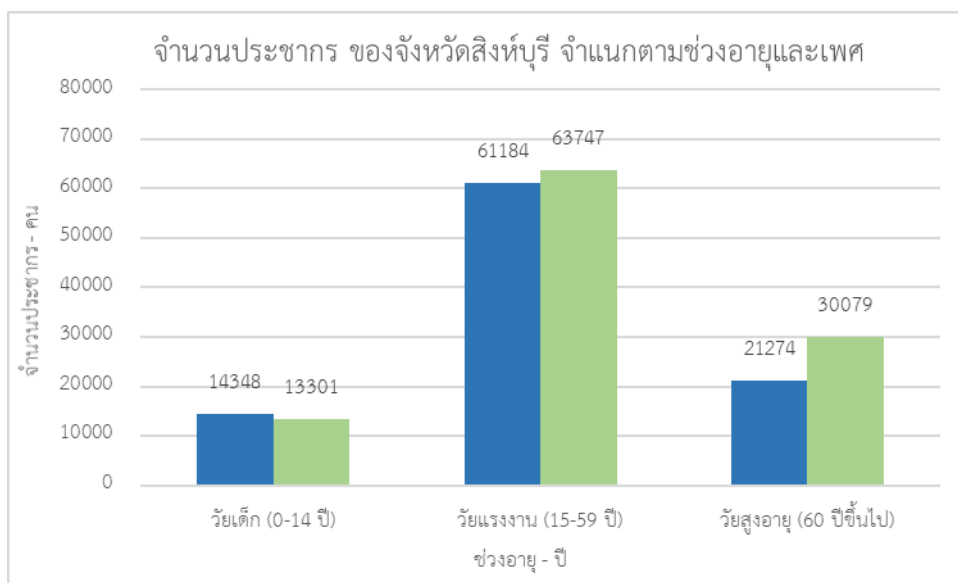


ภาพที่ 9 ปริมาณฝนรายเดือน (มิลลิเมตร) ณ สถานี 560012 อ.เมือง จ.สิงห์บุรี  
พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2563

### 3.3 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมในพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลของจังหวัดสิงห์บุรีเป็นหลัก เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาเกือบทั้งหมด มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรในจังหวัดสิงห์บุรี มีจำนวนเพศหญิงมากกว่าเพศชาย และอยู่ในช่วงอายุ 15 – 59 ปี มากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 31 ของประชากรทั้งหมด (ภาพที่ 10) มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 57,779 ครัวเรือน แบ่งเป็นในเขตเทศบาล 18,222 ครัวเรือน และนอกเขตเทศบาล 39,570 ครัวเรือน (กรมการปกครอง, 2561)



ภาพที่ 10 จำนวนประชากรในจังหวัดสิงห์บุรี จำแนกตามช่วงอายุและเพศ

กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ศึกษาคือการทำเกษตรกรรม ส่วนใหญ่เป็นการเพาะปลูกโดยมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อยโรงงาน ไม้ผล ไม้ยืนต้น และพืชผัก (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) มีรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในจังหวัดสิงห์บุรี พ.ศ. 2559-2560

ลำดับ	พืชเศรษฐกิจ	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
1	ข้าว	343,559	435,491
2	อ้อยโรงงาน	13,776	152,779
3	ไม้ผล	32,809	597.76
4	ไม้ยืนต้น	3,360	607
5	พืชผัก	1,726	28,307

นอกจากการเพาะปลูกพืช ยังมีการเลี้ยงสัตว์เพื่อการบริโภคและเชิงพานิชย์ โดยสัตว์ที่นิยมเลี้ยงได้แก่ ไก่ เป็ด และสุกร ตามลำดับ และการทำประมงในพื้นที่สิงห์บุรี สามารถแบ่งออกเป็น การเพาะเลี้ยงและการจับสัตว์น้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560)

### 3.4 สถิติและลักษณะของอุทกภัยในพื้นที่ศึกษา

แม่น้ำเจ้าพระยา มีขนาดของร่องน้ำและความจุในลำน้ำไม่เท่ากันตลอดทั้งลำน้ำ (ตารางที่ 3) ส่งผลให้มีการเกิดอุทกภัยในส่วนของลำน้ำที่มีความจุน้อยกว่า นอกจากนี้ การทรุดตัวของพื้นดิน เนื่องจากการสูบน้ำบาดาล น้ำทะเลหนุน หรือปริมาณฝนที่ตกหนักต่อเนื่อง ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุทกภัยในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน สภาพน้ำท่วมและผลกระทบในพื้นที่ศึกษา แสดงในภาพที่ 11 และภาพที่ 12

ตารางที่ 3 ระดับท่วมพื้นที่ลุ่มต่ำและความจุลำน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา  
ณ สถานีอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษา

สถานี	ที่ตั้ง	ระดับท่วมพื้นที่ลุ่มต่ำ (ม.รทก.)	ความจุลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
C.13	อ.สรรพยา จ.ชัยนาท	15.00	2,180
C.44	อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี	13.00	2,000
C.3	อ.เมือง จ.สิงห์บุรี	11.70	2,230
C.7A	อ.เมือง จ.อ่างทอง	8.50	2,100



ภาพที่ 11 น้ำท่วมบริเวณหลังวัดประสาธ หมู่ที่ 4 ต.อินทร์บุรี อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี  
ที่มา: สำนักข่าวไทยพีบีเอส (2564)



ภาพที่ 12 น้ำท่วมเขตชุมชนบางกระบือใน อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี  
(ผู้จัดการออนไลน์, 2564)

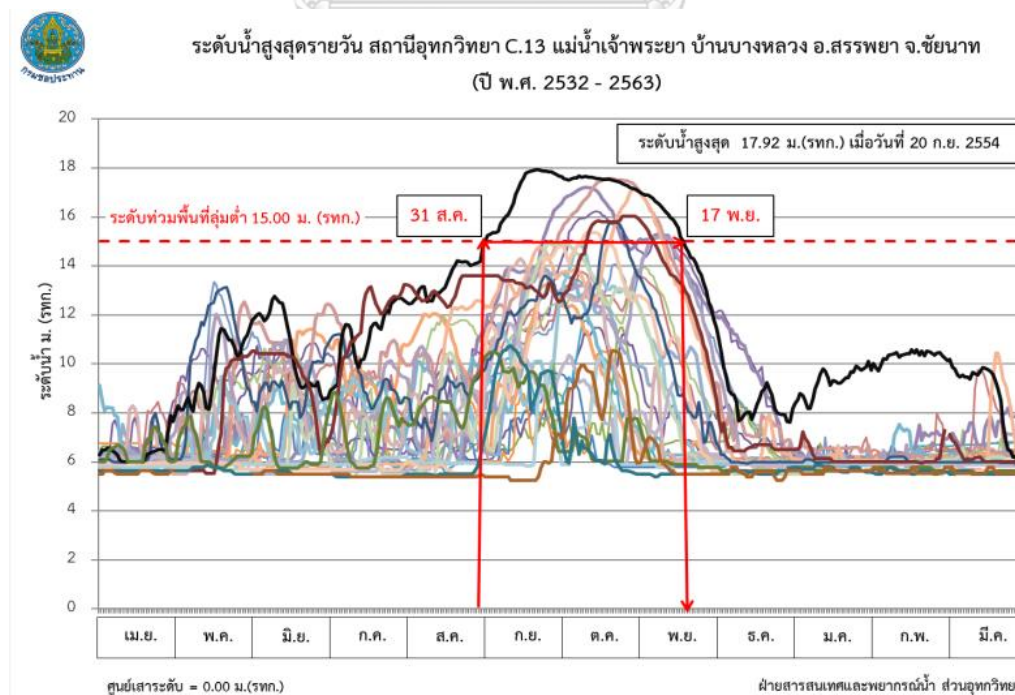


สำหรับสถิติการเกิดอุทกภัยของพื้นที่ศึกษาในช่วง 20 ปีย้อนหลัง ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าเหตุการณ์น้ำท่วมที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เหตุการณ์อุทกภัย พ.ศ. 2554 ซึ่งจะเห็นว่ามีความรุนแรงทั้งในด้านความลึกและระยะเวลาการเกิดอุทกภัย โดยเฉลี่ยแล้ว ในปีพ.ศ. 2554 เกิดอุทกภัยนานกว่าปีเหตุการณ์น้ำท่วมในปีอื่นนานประมาณ 20 วัน

ตารางที่ 4 สถิติการเกิดอุทกภัยจากการเกิดน้ำท่วมล้นตลิ่งในพื้นที่ศึกษา ระหว่าง พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2564

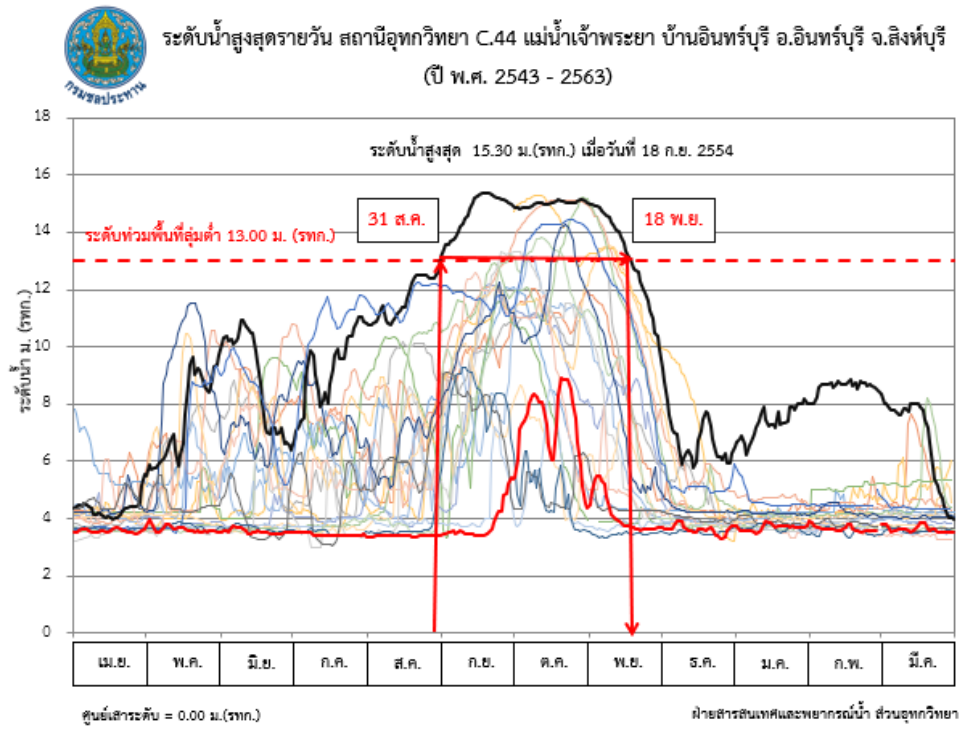
สถานี	ช่วงเวลาของข้อมูล (พ.ศ. )	จำนวนการเกิดอุทกภัย	ปีที่ความลึกและระยะเวลาท่วมสูงสุด	ระยะเวลาน้ำท่วม (วัน)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)
C.13	2543 – 2564	9	2554	78	17.92
C.44	2543 - 2564	11	2554	80	15.30
C.3	2543 – 2564	7	2554	72	13.07
C.7A	2543 - 2564	7	2554	68	9.30

ข้อมูลกราฟระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (รทก.) จากสถานีอุทกวิทยาเปรียบเทียบกับข้อมูลปีอื่น ๆ (กรมชลประทาน, 2564) แสดงดังภาพที่ 13-ภาพที่ 16

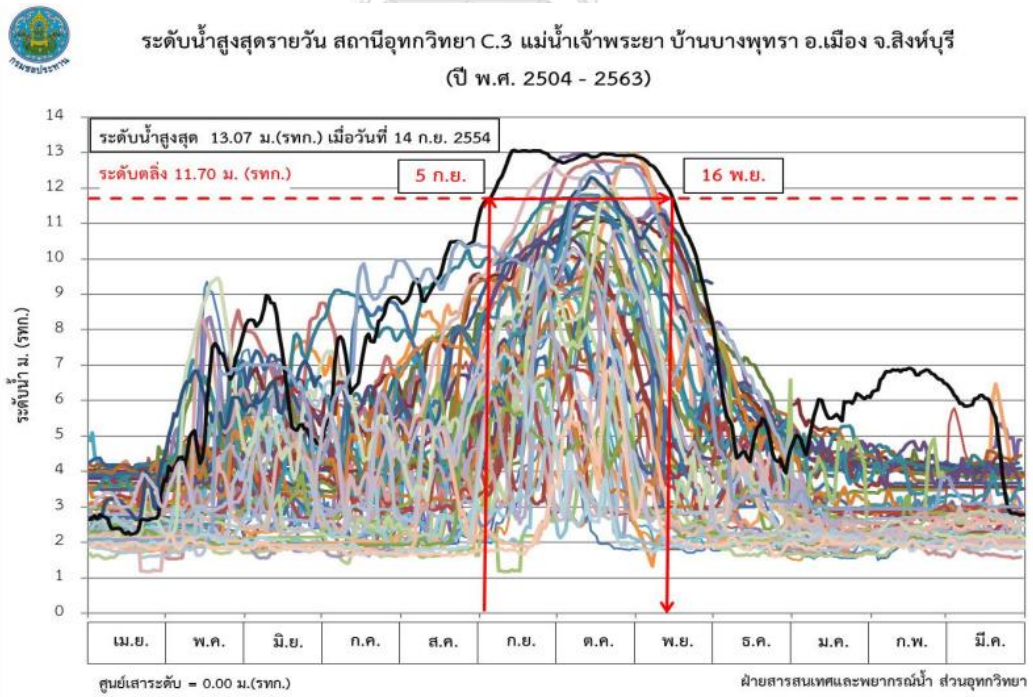


ภาพที่ 13 ระดับน้ำสูงสุดรายวันระหว่างปีพ.ศ. 2532 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.13





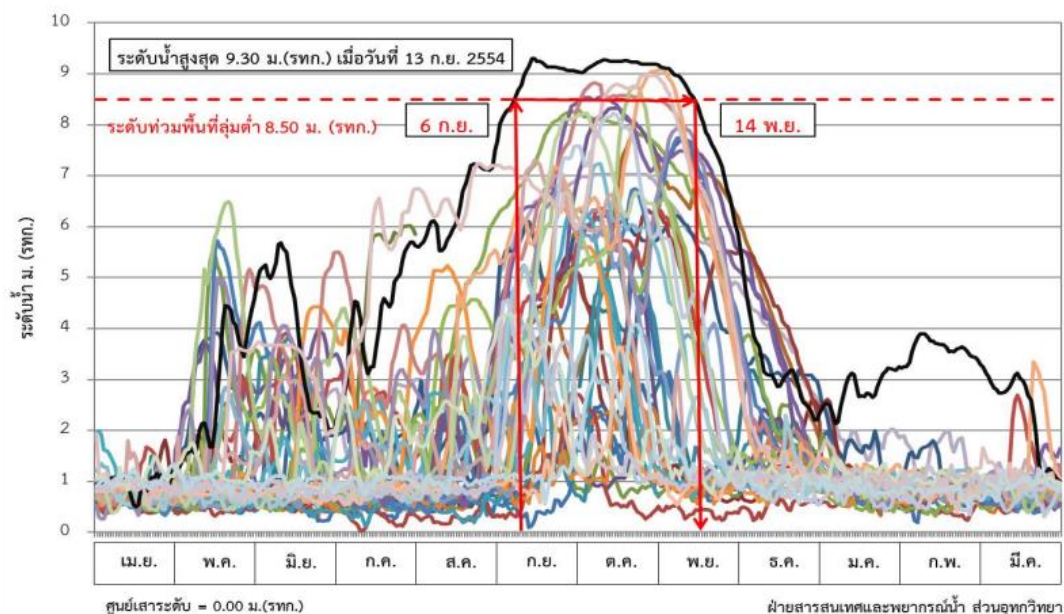
ภาพที่ 14 ระดับน้ำสูงสุดรายวัน ระหว่างปีพ.ศ. 2543 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.44



ภาพที่ 15 ระดับน้ำสูงสุดรายวันระหว่างปีพ.ศ. 2504 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.3



ระดับน้ำสูงสุดรายวัน สถานีอุทกวิทยา C.7A แม่น้ำเจ้าพระยา บ้านบางแก้ว อ.เมือง จ.อ่างทอง  
(ปี พ.ศ. 2518 - 2563)



ภาพที่ 16 ระดับน้ำสูงสุดรายวัน ระหว่างปีพ.ศ. 2518 ถึง ปีพ.ศ. 2563 ณ สถานีอุทกวิทยา C.7A

### 3.5 โครงสร้างป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา

ในพื้นที่ศึกษา มีการบรรเทาน้ำท่วม โดยใช้ทั้งมาตรการเชิงนโยบายและมาตรการเชิงโครงสร้าง มีรายละเอียดโครงสร้างป้องกันน้ำท่วม ดังนี้

- 1) พื้นที่แก้มลิงเชียงราก อยู่บริเวณฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ภาพที่ 1 บทที่ 1) มีพื้นที่รับน้ำ 38,300 ไร่ สามารถหน่วงน้ำในฤดูน้ำหลากได้ประมาณ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2560 เริ่มมีการผันน้ำเข้าสู่แก้มลิงทุ่งเชียงรากประมาณเดือนกันยายน (กรมชลประทาน)
- 2) การขุดลอกแม่น้ำตามวงรอบ ดำเนินการโดยหลายหน่วยงาน เช่น กรมเจ้าท่า กรมชลประทาน มีวัตถุประสงค์ เพื่ออำนวยความสะดวกด้านการเดินเรือ และเพิ่มความจุลำน้ำ
- 3) การสร้างคันกันน้ำปิดล้อมพื้นที่สำคัญ โดยความสูงของคันกันน้ำ สร้างที่คาบอูบัติ้ต่าง ๆ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะดำเนินการตามแผนการก่อสร้าง เช่น แผนดำเนินการก่อสร้างคันกันน้ำ

ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยมีกรมโยธาธิการและผังเมืองเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2561) ตามรายละเอียดในตารางที่ 5



ตารางที่ 5 รายละเอียดโครงการก่อสร้างคั่นกันน้ำ ของจังหวัดสิงห์บุรี

โครงการก่อสร้าง ระบบป้องกันน้ำท่วม	งบประมาณ (ล้านบาท)	ปีที่ ดำเนินการ	ตำบล	อำเภอ	พื้นที่ ป้องกัน (ตร.กม.)	ประชากร	ครัวเรือน	สถานะ โครงการ
ชุมชนเมืองสิงห์บุรี	228.80	2550	ในเมือง	เมือง	2.25	19,439	6,480	แล้วเสร็จ
ชุมชนอินทร์บุรี ระยะที่ 1	124.90	2552	ท่าแพ	อินทร์บุรี	58.00	10,334	3,445	แล้วเสร็จ
ชุมชนปากบาง	174.95	2553	ปากบาง	พรหมบุรี	0.78	4,076	1,359	แล้วเสร็จ
ชุมชนอินทร์บุรี ระยะที่ 2	175.00	2553	อินทร์บุรี	อินทร์บุรี	58.00	9,327	3,109	แล้วเสร็จ
ชุมชนอินทร์บุรี ระยะที่ 3	185.00	2554	อินทร์บุรี	อินทร์บุรี	7.00	2,100	700	แล้วเสร็จ
ชุมชนปากบาง ระยะที่ 2	190.00	2554	ปากบาง	ปากบาง	0.5	1,050	350	แล้วเสร็จ
ชุมชนบางน้ำเชี่ยว ระยะที่ 1	200.00	2554	บางน้ำเชี่ยว	บางน้ำเชี่ยว	3.00	2,100	700	แล้วเสร็จ
ชุมชนอินทร์บุรี ระยะที่ 4	239.75	2555	อินทร์บุรี	อินทร์บุรี	97.00	1,670	557	แล้วเสร็จ
ชุมชนเมืองสิงห์บุรี ระยะที่ 2	209.79	2555	ในเมือง	เมือง	5.00	4,060	1,353	แล้วเสร็จ
ชุมชนปากบาง ระยะที่ 3	194.78	2555	ปากบาง	ปากบาง	0.36	1,180	393	แล้วเสร็จ
ชุมชนบางน้ำเชี่ยว ระยะที่ 2	194.78	2555	บางน้ำเชี่ยว	บางน้ำเชี่ยว	0.57	1,620	540	แล้วเสร็จ
ชุมชนท่างาม อำเภออินทร์บุรี	194.00	2558	ท่างาม	อินทร์บุรี	0.52	3,338	1,068	แล้วเสร็จ

ตารางที่ 5 รายละเอียดโครงการก่อสร้างคั่นน้ำในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี (ต่อ)

โครงการก่อสร้าง ระบบป้องกันท่วม	งบประมาณ (ล้านบาท)	ปีที่ ดำเนินการ	ตำบล	อำเภอ	พื้นที่ ป้องกัน (ตร.กม.)	ประชากร	ครัวเรือน	สถานะ โครงการ
ชุมชนท่างาม ระยะที่ 2 อำเภออินทร์บุรี	292.50	2559	ท่างาม	อินทร์บุรี	0.50	1,700	500	ช่วง ดำเนินการ
ชุมชนบางน้ำเชี่ยว ระยะที่ 3	179.30	2560	บางน้ำเชี่ยว	บางน้ำเชี่ยว	0.36	1,320	370	ช่วง ดำเนินการ
ชุมชนอินทร์บุรี ระยะที่ 5	273.42	2561	ทับยา	อินทร์บุรี	0.80	1,670	640	ช่วงขอ งบประมาณ
ชุมชนบางแคในและบางแคนอก	200.00	-	บางมัญ	เมือง	3.94	19,439	6,480	อยู่ในแผน ก่อสร้าง
<b>รวม</b>	<b>3256.97</b>				<b>238.58</b>	<b>84423</b>	<b>28044</b>	

## บทที่ 4

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 4.1 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

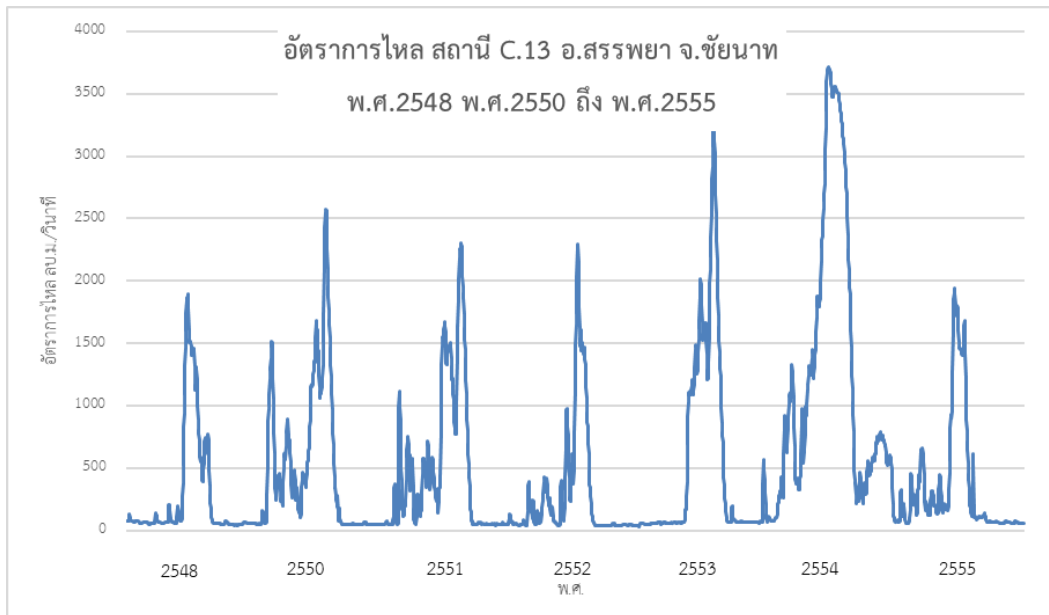
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วยข้อมูลระดับน้ำ อัตราการไหลในลำน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความสูงภูมิประเทศเชิงเลขความละเอียดสูง ภาพตัดขวางลำน้ำ ความสูงของน้ำท่วม ประตุน้ำ และพื้นที่น้ำท่วม มีรายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

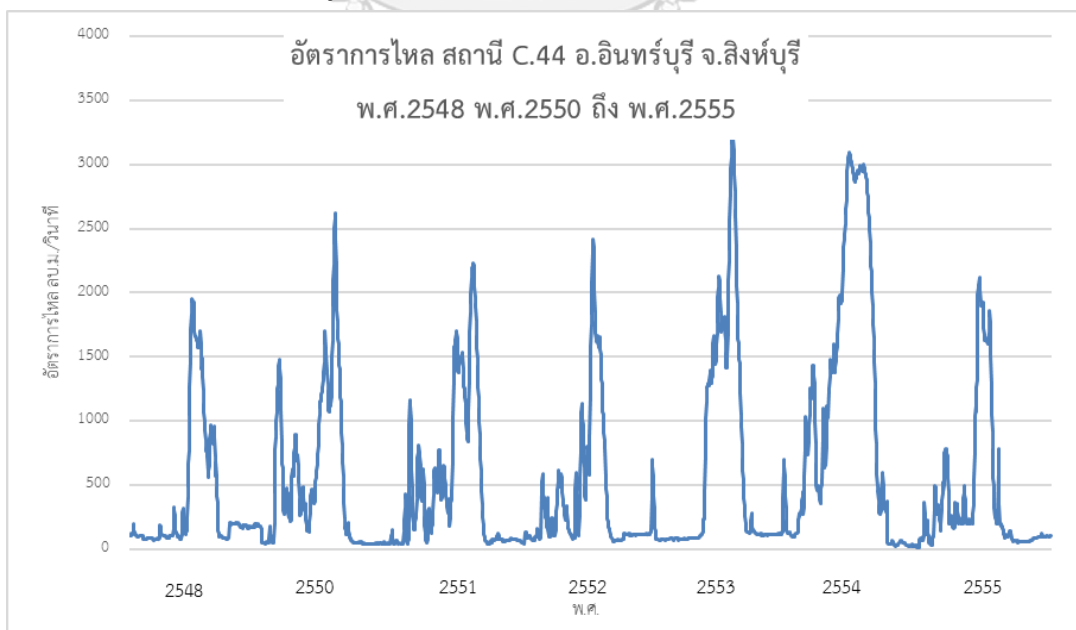
ลำดับ	ชนิดของข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ช่วงปีของข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล	ความละเอียดของข้อมูล	หมายเหตุ
1	ระดับน้ำ	เชิงอรรถอธิบาย	2548 - 2555	กรมชลประทาน	รายวัน	C.13,C.44, C.3 และ C.7A
2	อัตราการไหล	เชิงอรรถอธิบาย	2548 - 2555	กรมชลประทาน	รายวัน	
3	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	เชิงพื้นที่	2553	กรมพัฒนาที่ดิน	1:25000	
4	ความสูงของภูมิประเทศเชิงเลขความละเอียดสูง	เชิงพื้นที่	2554	กรมชลประทาน	10 เมตร	ข้อมูลจากการสำรวจ LIDAR
5	ภาพตัดขวางลำน้ำ	เชิงพื้นที่	2548 - 2555	กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ	รายปี	
6	ความลึกของน้ำท่วม	เชิงอรรถอธิบาย	2554	สำรวจภาคสนาม		7 ตำแหน่ง
7	ประตุน้ำ	เชิงอรรถอธิบาย	2548 - 2555	กรมชลประทาน	รายวัน	ระบุจำนวนประตู
8	ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม	เชิงพื้นที่	2548 - 2555	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)	รายวัน	ข้อมูลจากการแปลและตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม

### 1) ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล

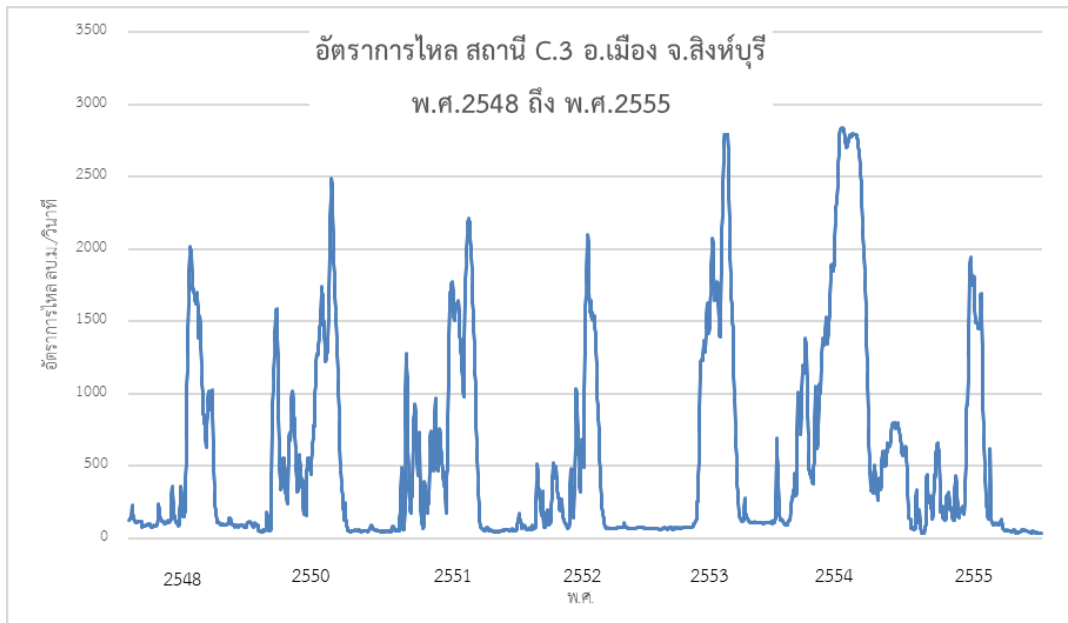
รวบรวมข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลที่สถานี C.13 สถานี C.44 สถานี C.3 และสถานี C.7A ที่ทำการสำรวจโดยกรมชลประทาน แสดงดังภาพที่ 17 ภาพที่ 18 ภาพที่ 19 และภาพที่ 20



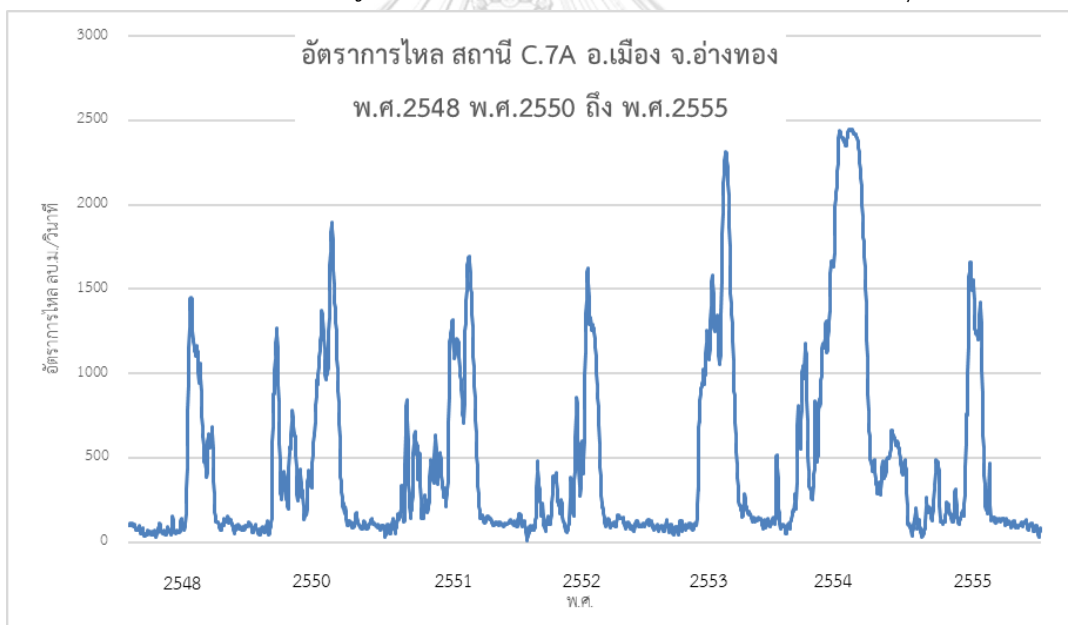
ภาพที่ 17 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน สถานี C.13 อ.สรรพยา จ.ชัยนาท



ภาพที่ 18 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน สถานี C.44 อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี



ภาพที่ 19 ข้อมูลอัตราการใช้ไฟฟ้ายรายวัน สถานี C.3 อ.เมือง จ.สิงห์บุรี



ภาพที่ 20 ข้อมูลอัตราการใช้ไฟฟ้ายรายวัน สถานี C.7A อ.เมือง จ.อ่างทอง



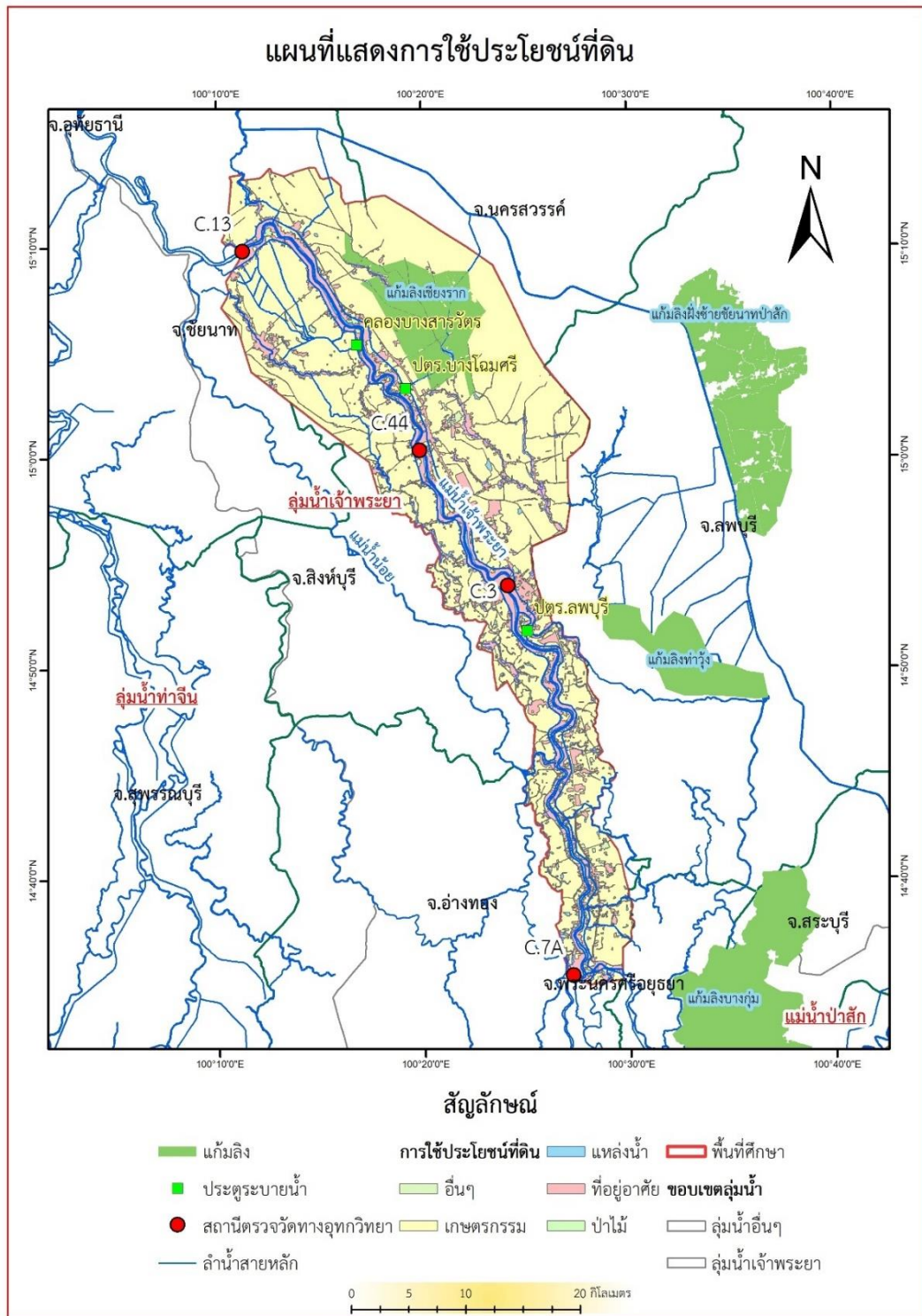
## 2) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ให้บริการในรูปแบบ Shapefile เมื่อพ.ศ.2553 ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของแบบจำลองในทุกการประมวลผล เนื่องจากข้อมูลของแต่ละปีที่นำมาประมวลผลเกิดขึ้นใกล้เคียงกัน การใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

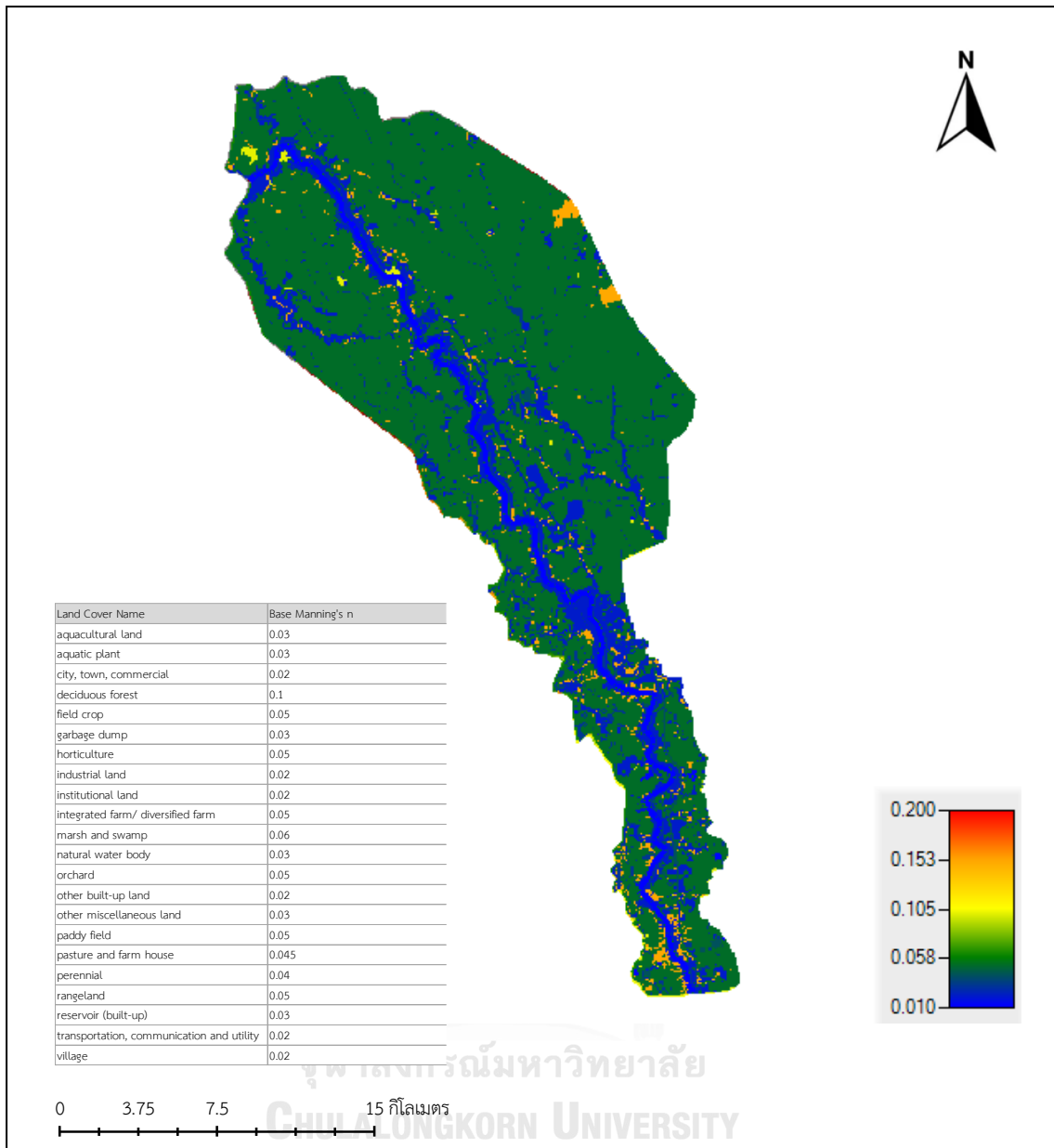
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา มีการแบ่งการใช้ที่ดินเป็น 4 ประเภทใหญ่ ได้แก่ ที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (ภาพที่ 21) การใช้ประโยชน์ที่ดินนี้จะนำไปกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) ในแบบจำลอง HEC-RAS โดยใช้ค่าจากฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดินแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Land Cover Database :NLCD ,2011) (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 22)

ตารางที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) จากฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดินแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

NLCD Value	NLCD Land Cover Type	Range of n (HEC-RAS 2D Manual)	Suggested Initial n
11	Open Water	0.025-0.05	0.035
24	Developed, High Intensity	0.12-0.20	0.15
31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)	0.023-0.030	0.03
41	Deciduous Forest	0.10-0.20	0.10
81	Pasture/Hay	0.025-0.05	0.045
82	Cultivated Crops	0.020-0.05	0.05
95	Emergent Herbaceous Wetlands	0.05-0.085	0.06



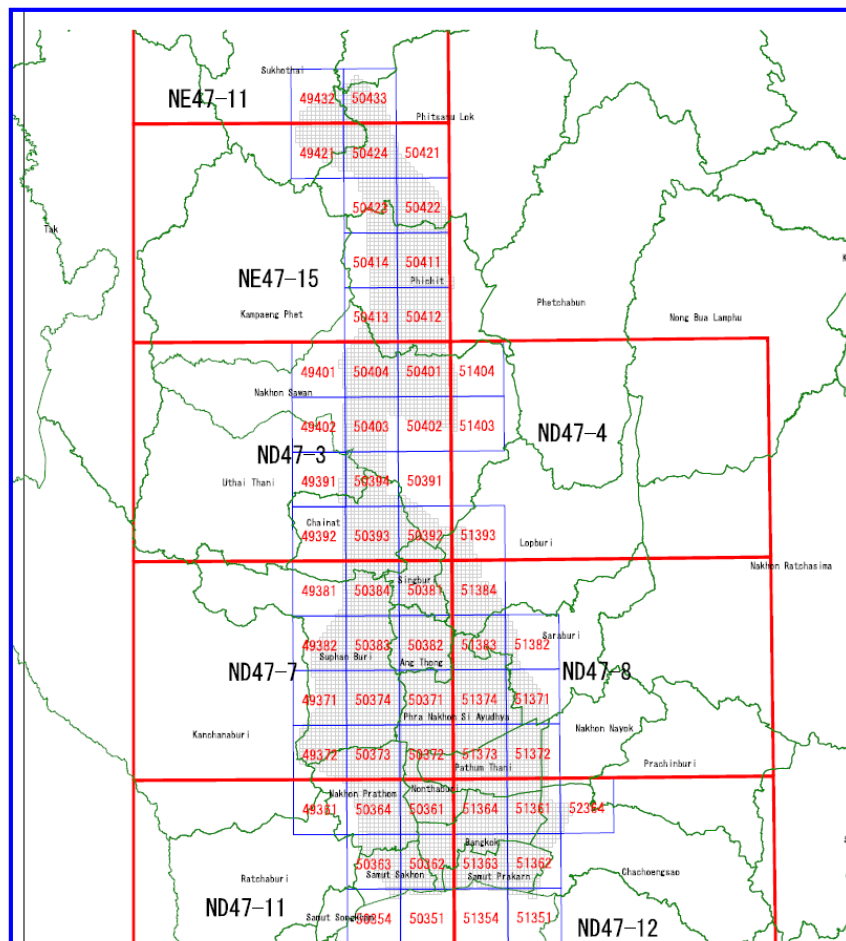
ภาพที่ 21 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 22 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง HEC-RAS

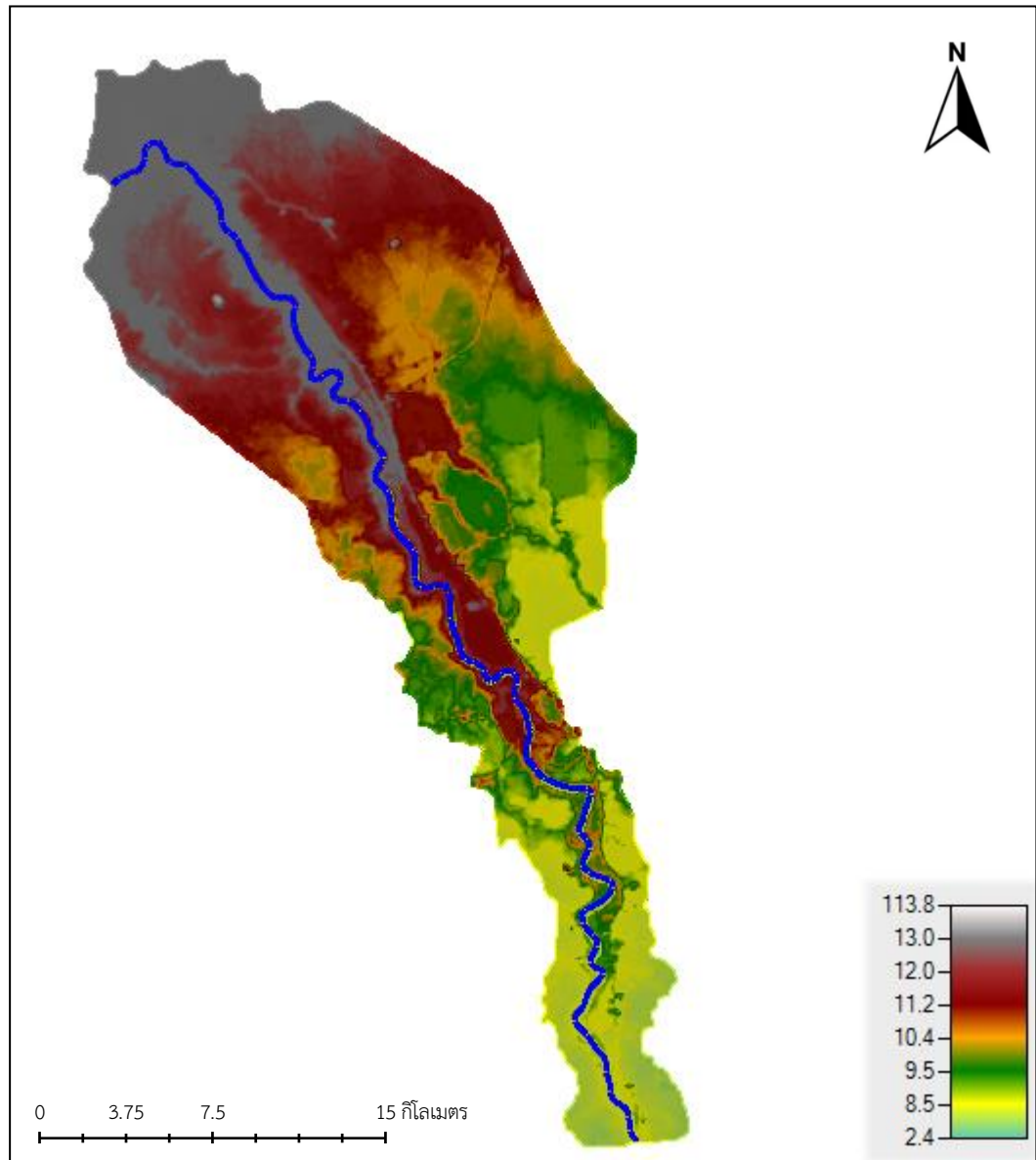
### 3) ความสูงของภูมิประเทศ

ผู้ศึกษาใช้ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศจากการสำรวจโดยเทคโนโลยีไลดาร์ (LIDAR - Light Detection and Ranging) เมื่อพ.ศ.2555 โดยกรมชลประทานร่วมมือกับ Japan International Cooperation Agency (JICA) ดังภาพที่ 23 รวมพื้นที่ทั้งหมด 24,700 ตารางกิโลเมตร ขนาดจุดภาพ 10 เมตร ความถูกต้องของระดับความสูงที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.3 เมตร ในกรณีที่มีข้อมูลการสำรวจทางพื้นดิน และมีความถูกต้องที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 เมตร ในบริเวณที่ไม่มีการสำรวจภาคพื้นดินร่วมด้วย (JICA, 2012) ครอบคลุมพื้นที่ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 พื้นที่ที่ทำการสำรวจโดยเทคโนโลยีไลดาร์ พ.ศ.2555  
(JICA, 2012)

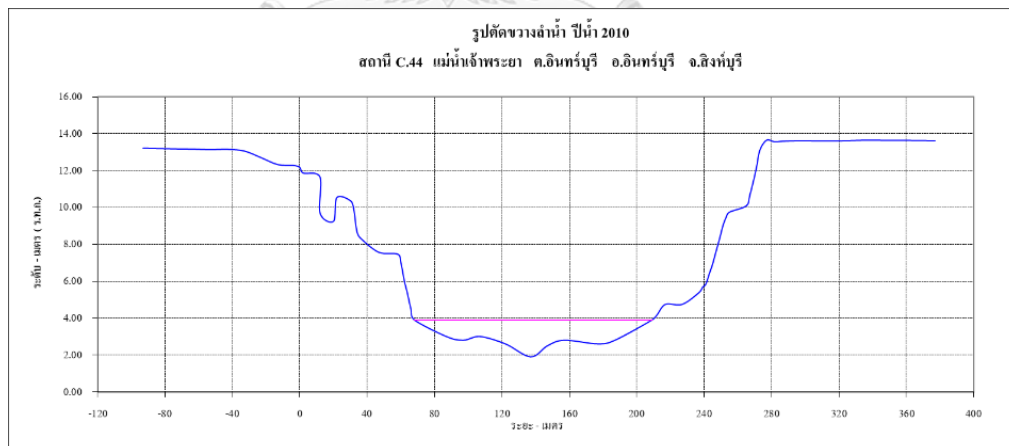
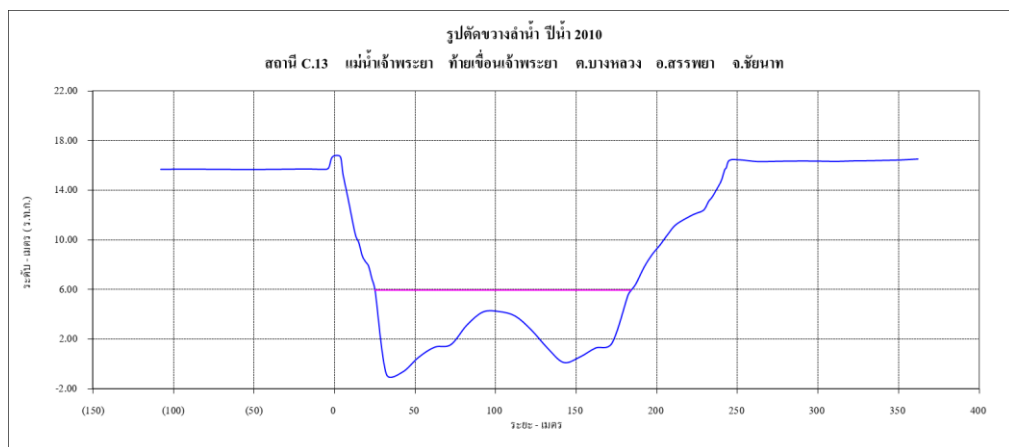
ข้อมูลความสูงภูมิประเทศจากการสำรวจโดยเทคโนโลยีไลดาร์ เมื่อนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS จะได้ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 24

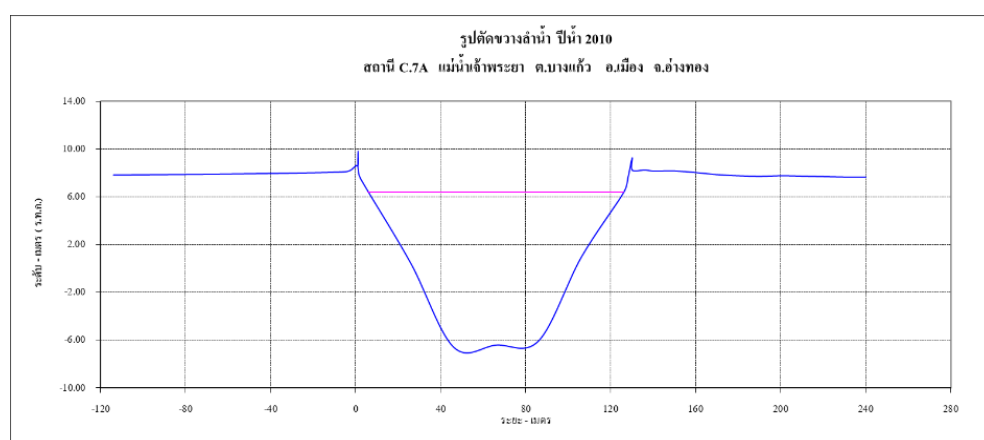
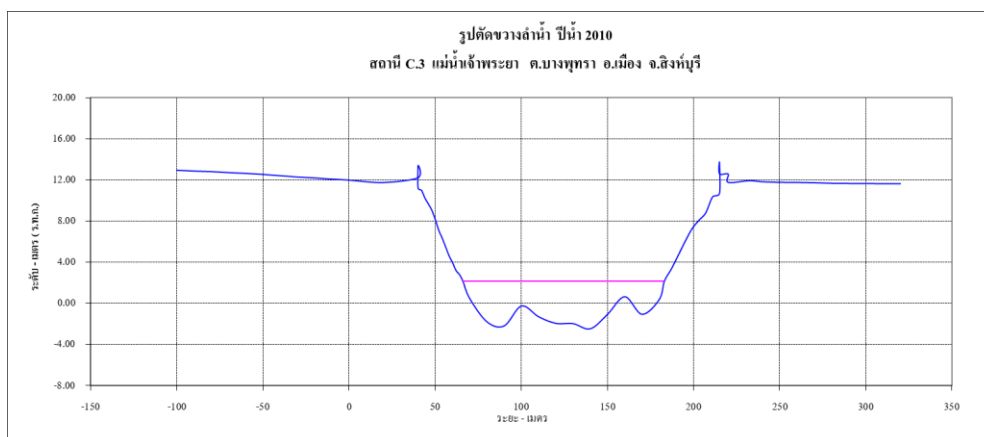


ภาพที่ 24 ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ ในแบบจำลอง HEC-RAS

#### 4) ภาพตัดขวางลำน้ำ

ภาพตัดขวางลำน้ำเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโดยกรมชลประทาน ที่สถานีสำรวจทางอุทกวิทยาต่าง ๆ ร่วมกับภาพตัดขวางลำน้ำจากการสำรวจโดยกรมทรัพยากรน้ำ จำนวนทั้งหมด 83 หน้า ตัดโดยพิกัดและตัวอย่างภาพตัดขวางลำน้ำที่สถานี C.13 สถานี C.44 สถานี C.3 และสถานี C.7A ดังภาพที่ 1 บทที่ 1 และภาพที่ 25 ตามลำดับ โดยข้อมูลภาพตัดขวางนี้ จะมีผลต่ออัตราการไหล ซึ่งจะใช้ข้อมูลพื้นที่หน้าตัดเป็นส่วนหนึ่งในการคำนวณอัตราการไหลในลำน้ำ





ภาพที่ 25 ข้อมูลภาพตัดขวางลำน้ำที่สถานี สถานี C.13 C.44 C.3 และ C.7A พ.ศ.2553  
(กรมชลประทาน, 2553)

#### 5) ความลึกของระดับน้ำท่วมขัง

ข้อมูลความลึกของน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา ได้จากการสำรวจพื้นที่ประสบภัย  
ในภาคสนามโดยเป็นข้อมูลความลึกของน้ำท่วมขังโดยเฉลี่ย จากการสอบถามหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง  
ได้แก่ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และองค์การบริหารส่วนตำบลต่าง ๆ รวมถึงผู้อยู่อาศัย  
ในพื้นที่ และสังเกตคราบน้ำที่ปรากฏหลงอยู่ตามอาคารบ้านเรือน โดยทำการเลือกจุดสำรวจ  
จากบริเวณที่มีน้ำท่วมในปีต่าง ๆ จากแผนที่น้ำท่วมของ GISTDA ให้มีการกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา  
ดำเนินการสำรวจ ในช่วงวันที่ 20 – 21 มิถุนายน พ.ศ.2565

## 6) พื้นที่น้ำท่วม

พื้นที่น้ำท่วม ดำเนินการจัดทำโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เป็นการแปลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกภาพพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม เช่น ดาวเทียม LANDSAT-5 ดาวเทียม RADARSAT-1 ดาวเทียม SPOT 2 และดาวเทียม SPOT 4 เป็นต้น และจัดเก็บผลการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปแบบ Shapefile วันที่ที่มีข้อมูลของพื้นที่น้ำท่วม แสดงดังตารางที่ 8 และตัวอย่างแผนที่ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม แสดงวันที่ 10 ตุลาคมพ.ศ.2553 ซึ่งเป็นวันที่มีพื้นที่น้ำท่วมมาก กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา และสามารถแสดงผลขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมได้ชัดเจน ดังภาพที่ 26

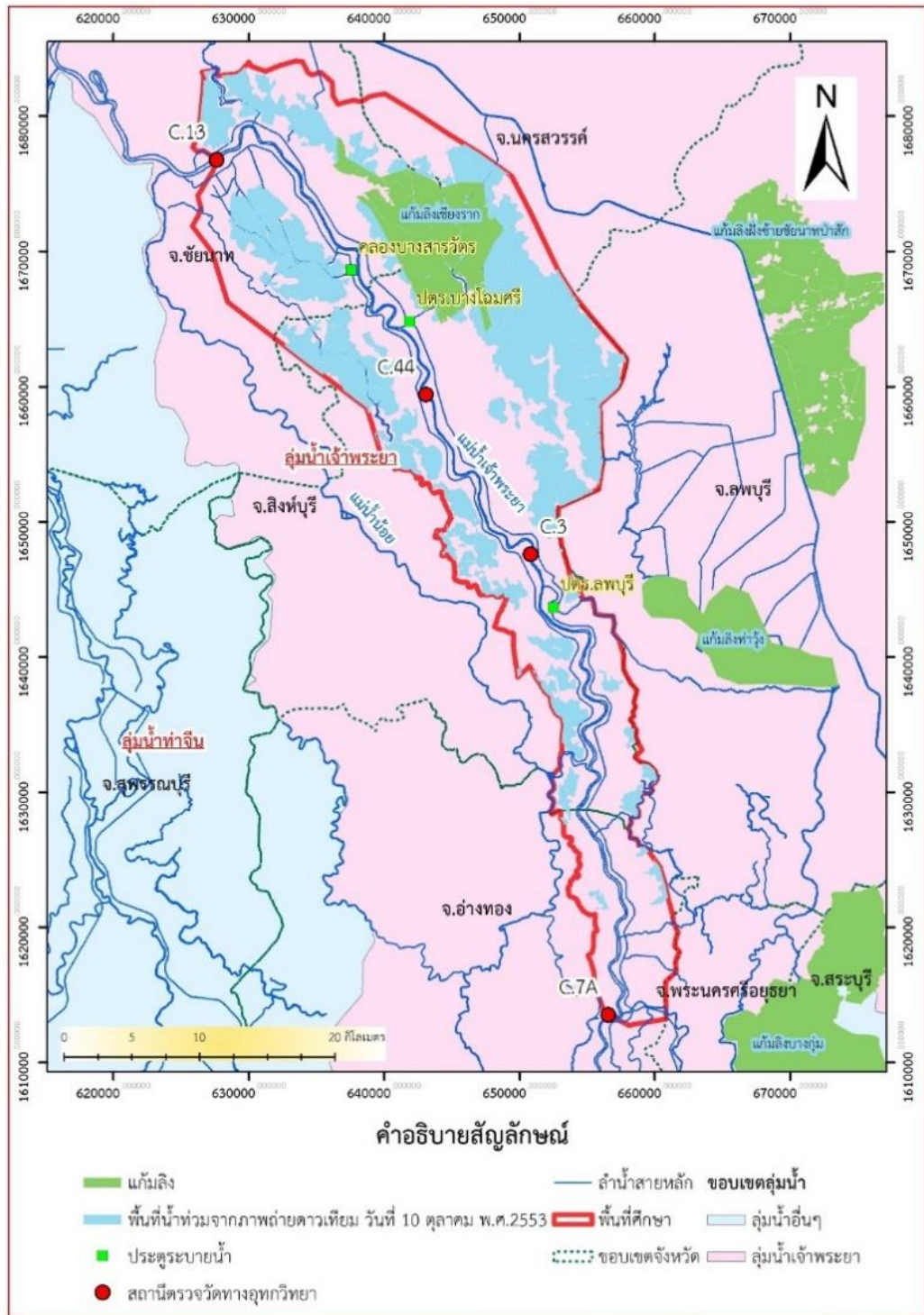
ตารางที่ 8 รายละเอียดวันที่มีข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมในปีต่าง ๆ

ปี พ.ศ.	วันที่มีข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม
2551	19 กันยายน
	5 ตุลาคม
	6 ตุลาคม
	7 ตุลาคม
	13 ตุลาคม
	14 ตุลาคม
	15 ตุลาคม
	16 พฤศจิกายน
2552	8 ตุลาคม
	9 ตุลาคม
	18 ตุลาคม
2553	5 กันยายน
	15 กันยายน
	8 ตุลาคม
	9 ตุลาคม
	26 ตุลาคม
	30 ตุลาคม



ตารางที่ 8 (ต่อ) รายละเอียดวันที่มีข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมในปีต่าง ๆ

2553	1 พฤศจิกายน
	2 พฤศจิกายน
	6 พฤศจิกายน
	9 พฤศจิกายน
	16 พฤศจิกายน
	2 ธันวาคม
2555	17 กันยายน
	22 กันยายน
	23 กันยายน
	27 กันยายน
	28 กันยายน
	30 กันยายน
	3 ตุลาคม
	4 ตุลาคม
	5 ตุลาคม
	9 ตุลาคม
	10 ตุลาคม
	17 ตุลาคม
22 ตุลาคม	



ภาพที่ 26 แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมจากวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 10 ต.ค. พ.ศ.2553

## 7) ประตูละบายน้ำ

ผู้ศึกษาทำการรวบรวมข้อมูลตำแหน่งและการเปิด-ปิดประตูละบายน้ำ 3 แห่ง ได้แก่ ประตูละบายน้ำคลองบางสารวัตร ประตูละบายน้ำบางโฉมศรี และประตูละบายน้ำลพบุรี จากกรมชลประทาน โดยตำแหน่งของประตูละบายน้ำแสดงดังภาพที่ 1 (บทที่ 1)

## 4.2 การจัดเตรียมแบบจำลอง HEC-RAS

1) ผู้ศึกษาจะทำการเตรียมข้อมูล โดยใช้งานซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.3 ร่วมกับส่วนขยาย HEC-GeoRAS ซึ่งเป็นเครื่องมือเสริมเพื่อเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ในซอฟต์แวร์ ArcGIS และนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS ได้สะดวกยิ่งขึ้น เริ่มจากใช้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข เป็นข้อมูลภูมิประเทศสำหรับการไหล 2 มิติและใช้เพื่อเตรียมข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ ภาพตัดขวางลำน้ำ (Cross Sections) พร้อมทั้งตำแหน่งพิกัด จำนวน 83 หน้าตัด ประเภทการใช้ที่ดิน (Land Uses) กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's  $n$ ) ดิจิทัลไนท์ทางน้ำสายหลัก (Centerline) ตลิ่ง (Riverbanks) เส้นทางไหลเมื่อล้นตลิ่ง (Flow Path) และเส้นสันเขาหรือพื้นที่สูง (Breaklines)

ในส่วนของคุณสมบัติการไหลและระดับน้ำรายวัน จัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบของอนุกรมเวลาประกอบด้วยข้อมูลวันที่และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

2) การนำเข้าข้อมูลและตั้งค่าแบบจำลอง HEC-RAS แบ่งออกเป็น การนำเข้าข้อมูล 1 มิติ และ 2 มิติ ดังนี้

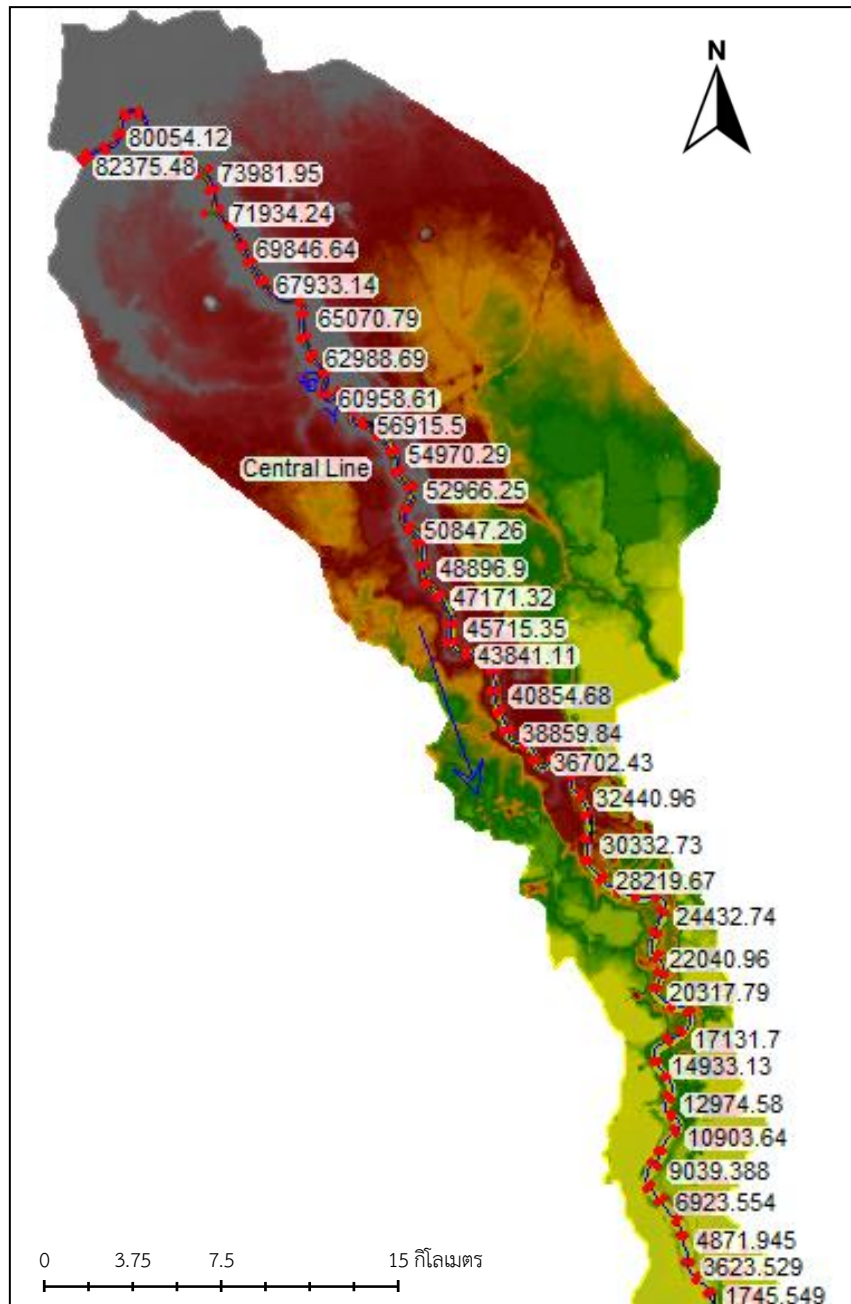
การนำเข้าข้อมูลและตั้งค่าแบบจำลอง 1 มิติ หลังจากทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เช่น ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลรูปตัดลำน้ำ (Cross Section) และข้อมูลความสูงภูมิประเทศและปรับข้อมูลให้ค่าระดับอยู่บนระดับอ้างอิงเดียวกัน เป็นต้น และกำหนดชื่อของภาพหน้าตัดขวางในตำแหน่งที่สำคัญ กำหนดตำแหน่งตลิ่งซ้ายและขวา จากนั้นจะทำการกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's  $n$ ) ของลำน้ำหลัก ได้มาจากการปรับเปลี่ยนแบบลองผิดลองถูก (Trial and Error Method) จากนั้นจึงเทียบมาตรฐานแบบจำลองอัตโนมัติ (Auto-calibration) ซึ่งจะแบ่งลำน้ำออกเป็น 3 ช่วง โดยมีค่าตั้งต้นจากงานศึกษาของสุदारัตน์ ภิรมย์ (สุदारัตน์, 2554) และปรับเปลี่ยนค่าให้อยู่ในเกณฑ์ของ Chow (Chow, 1959) มีรายละเอียด (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 เกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ( $n$ ) ของ Manning

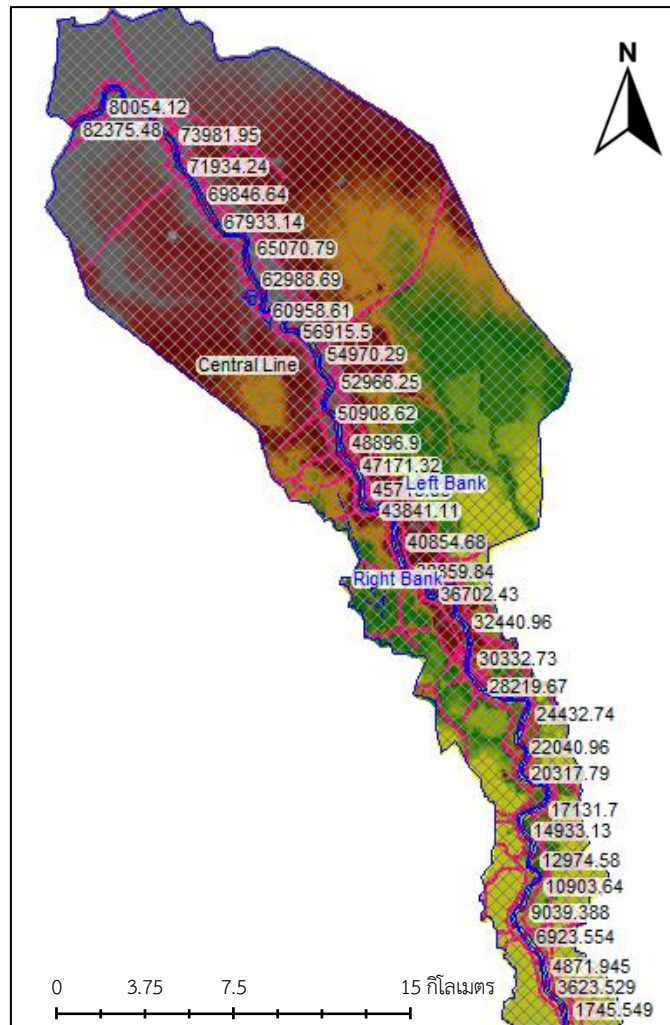
ตำแหน่งของลำน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ	เกณฑ์
ลำน้ำหลัก	0.025	0.025-0.060
พื้นที่น้ำท่วมฝั่งซ้ายและฝั่งขวา	0.055	0.035-0.160

จากนั้นทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตการไหล ดังนี้ ขอบเขตการไหลต้นน้ำใช้ข้อมูล อัตราการไหลรายวันที่สถานี C.13 ขอบเขตท้ายน้ำจะใช้ข้อมูลระดับน้ำรายวันของสถานี C.7A และนำเข้าข้อมูลตำแหน่งและการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ 3 แห่ง ได้แก่ ประตูระบายน้ำ คลองบางสารวัตร ประตูระบายน้ำบางโฉมศรี และประตูระบายน้ำลพบุรี จะได้ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 27 ซึ่งการเปิดประตูเป็นการระบายน้ำออกจากลำน้ำหลักออกสู่คลองสาขา เพื่อลดอัตราการไหล และระดับน้ำในลำน้ำหลัก

การนำเข้าข้อมูลและตั้งค่าแบบจำลอง 2 มิติ ผู้วิจัยทำการนำเข้าข้อมูลพื้นที่การไหล 2 มิติ (2D Flow Area) ก่อน แล้วจึงทดลองประมวลผลแบบจำลองที่ตาข่ายขนาด 50 \* 50 เมตร 100 \* 100 เมตร และ 500 \* 500 เมตร พบว่าการประมวลผลแบบจำลองที่ขนาดตาข่าย 100 \* 100 เมตร มีการประมวลผลการไหลใน 2 มิติที่รวดเร็วและถูกต้องที่สุด จากนั้นนำเข้าข้อมูลเส้นสันเขา หรือเส้นแสดงพื้นที่สูง และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะได้ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 27 โครงข่ายลำน้ำของกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางในแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติ



ภาพที่ 28 โครงข่ายลำน้ำของกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางในแบบจำลอง HEC-RAS 1 และ 2 มิติ

#### 4.3 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง

ในการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ใช้ข้อมูลปริมาณการไหลในลำน้ำช่วงฤดูฝน (เดือน พ.ค.- ต.ค.) พ.ศ. 2553 และ พ.ศ.2555 มีคาบอุบัติซ้ำ 11 ปี และ 3 ปีตามลำดับ หากพิจารณาโดยใช้ระดับน้ำสูงสุด และหากพิจารณาโดยใช้อัตราการไหลสูงสุด จะเป็นคาบอุบัติซ้ำ 5 ปี และ 2 ปี ตามลำดับ ที่สถานี C.44 และสถานี C.3 ซึ่งจากค่าคาบอุบัติซ้ำ แสดงให้เห็นว่าพ.ศ.2553 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำมาก และพ.ศ.2555 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำน้อย ซึ่งจะส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ที่จะไม่คู่เข้าสู่ค่าสำหรับปีที่มีปริมาณน้ำมากหรือปริมาณน้ำน้อยเพียงอย่างเดียว โดยการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง จะทำการปรับช่วงเวลาคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ และกำหนดให้แบบจำลองทำการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง พารามิเตอร์แบบอัตโนมัติ

(Auto-Calibration) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's  $n$ ) ของพื้นที่ท้องน้ำที่เหมาะสมสำหรับอัตราการไหลต่าง ๆ จนได้ค่าดัชนี Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) ของอัตราการไหลในลำน้ำที่ดีที่สุดของแต่ละปี แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทั้งสองปีเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่เหมาะสม ค่าดัชนี NSE เป็นดัชนีที่ใช้หาความแม่นยำในการคาดคะเนของแบบจำลอง ตามสมการที่ 10 ดังนี้

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (10)$$

เมื่อ  $O$  = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานี (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

$\bar{O}$  = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานี (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

$P$  = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ดัชนี NSE จะมีค่าอยู่ระหว่าง  $-\infty$  ถึง 1 หากค่า NSE เท่ากับ 1 แปลว่า แบบจำลองสามารถคาดคะเนอัตราการไหลในลำน้ำได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาด (Perfect fit) และหากค่า NSE น้อยกว่า 0 แสดงว่าแบบจำลองคาดคะเนแม่นยำน้อยกว่าการคาดคะเนจากใช้ค่าเฉลี่ย โดยสามารถแปลความหมายของค่าดัชนี ได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงการแปลความหมายค่าดัชนี NSE

ค่า NSE	การแปลความหมาย
1	แบบจำลองคาดคะเนโดยไม่มีข้อผิดพลาด
$\geq 0.75$	แบบจำลองคาดคะเนได้ดี
0.36 – 0.75	แบบจำลองคาดคะเนพอใช้
$< 0.36$	แบบจำลองคาดคะเนได้ต่ำ
0	แบบจำลองคาดคะเนแม่นยำเท่ากับการคาดคะเนโดยใช้ค่าเฉลี่ย
$< 0$	แบบจำลองคาดคะเนแม่นยำน้อยกว่าการคาดคะเนโดยใช้ค่าเฉลี่ย

ส่วนในการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง 2 มิติ ทำได้โดยการเพิ่มโครงสร้างให้สอดคล้องกับสภาพการไหลจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ คือ เพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำ (storage Area) เพื่อให้แบบจำลองสามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษาได้ และใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลคูณเข้ากับข้อมูลเปิดปิดบานประตู โดยใช้พื้นที่น้ำท่วมจากภาพดาวเทียม และข้อมูลความลึกของน้ำท่วมเป็นข้อมูลในการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ดัชนีทางสถิติที่ใช้ ได้แก่ Root mean square error (RMSE) ซึ่งหากค่าดัชนี RMSE เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า แบบจำลองสามารถทำการคาดคะเนได้ดี ค่าดัชนีคำนวณได้จากสมการที่ 11 ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (11)$$

เมื่อ n = จำนวนข้อมูล

O = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานี (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

P = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาผลรวมความถูกต้อง เมื่อเทียบเป็นรายวัน (เปอร์เซ็นต์) โดยเป็นการพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมในแต่ละวันที่มีข้อมูลขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมในหน่วยตารางกิโลเมตร จากนั้นทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าความแตกต่างของค่าความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมนั้น แล้วนำมารวมผลความถูกต้อง จะได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสุทธิของพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละวัน ทำซ้ำการคำนวณดังกล่าวจนได้ผลลัพธ์ครบตามจำนวนวันที่มีข้อมูล ก็จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลที่นำไปคูณกับการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำที่ดีที่สุด

#### 4.4 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้เป็น การนำแบบจำลองที่เทียบมาตรฐานแบบจำลองแล้ว มาทำการประมวลผลเพื่อตรวจสอบความเหตุสมผลของแบบจำลองจากระดับน้ำท่วมและขอบเขตพื้นที่การเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วม โดยใช้เหตุการณ์ที่ต่างช่วงเวลาไปจากเดิม ได้แก่ ช่วงฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) พ.ศ. 2551 และ พ.ศ.2552 ซึ่งหากพิจารณาโดยใช้ระดับน้ำสูงสุดจะเป็นคาบอุบัติซ้ำ 4 ปี และ 3 ปี ตามลำดับ



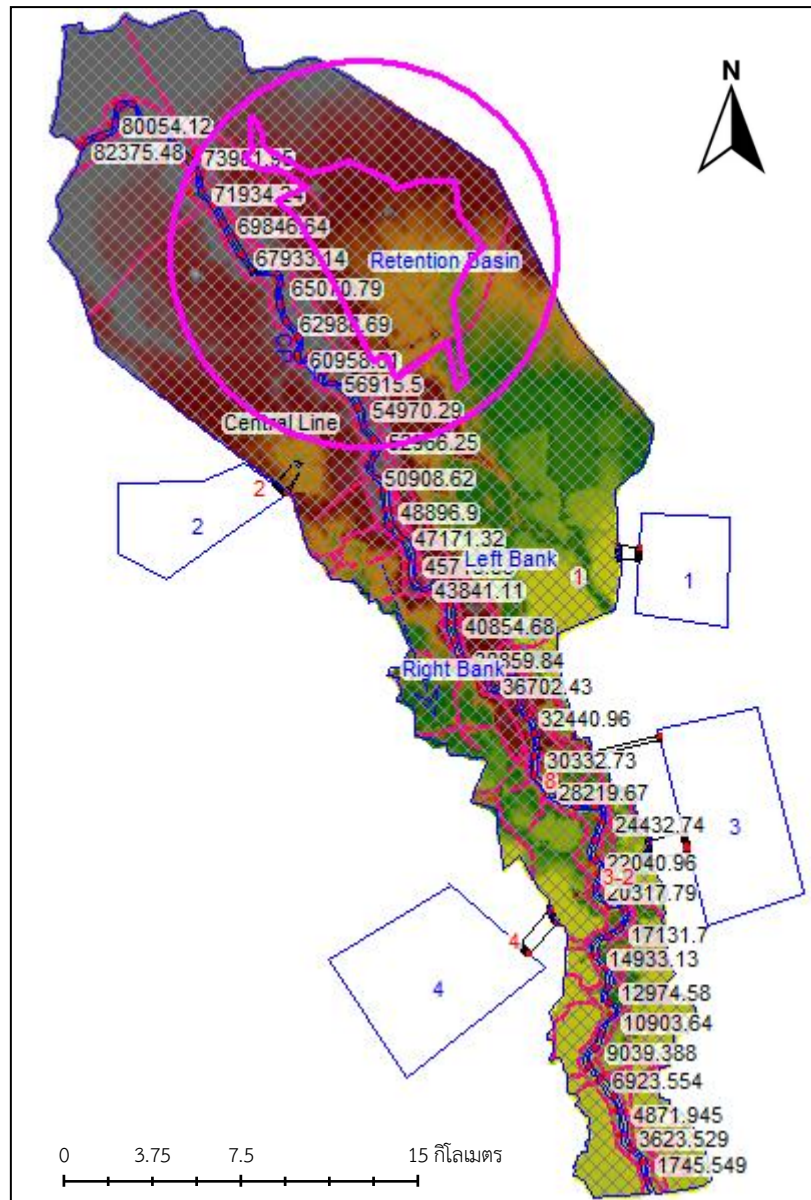
หากพิจารณาโดยใช้อัตราการไหลสูงสุด จะเป็นคาบอุบัติซ้ำ 2 ปี ทั้งสองชุดข้อมูล ที่สถานี C.44 และสถานี C.3 เพื่อตรวจสอบแบบจำลองสามารถใช้งานได้จริง มีความถูกต้องในเหตุการณ์ที่แตกต่างกัน

#### 4.5 การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัย

การจำลองสภาพน้ำท่วมจากการเพิ่มโครงสร้างการบรรเทาอุทกภัย โดยใช้เหตุการณ์ พ.ศ.2548 และพ.ศ.2550 เมื่อพิจารณาโดยใช้ระดับน้ำสูงสุดจะเป็นคาบอุบัติซ้ำ 2 ปี และ 7 ปี ตามลำดับและหากพิจารณาโดยใช้อัตราการไหลสูงสุด จะเป็นคาบอุบัติซ้ำ 3 ปี และ 4 ปี ตามลำดับ (กรมชลประทาน, 2562) มีการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัย 3 วิธีการ ได้แก่

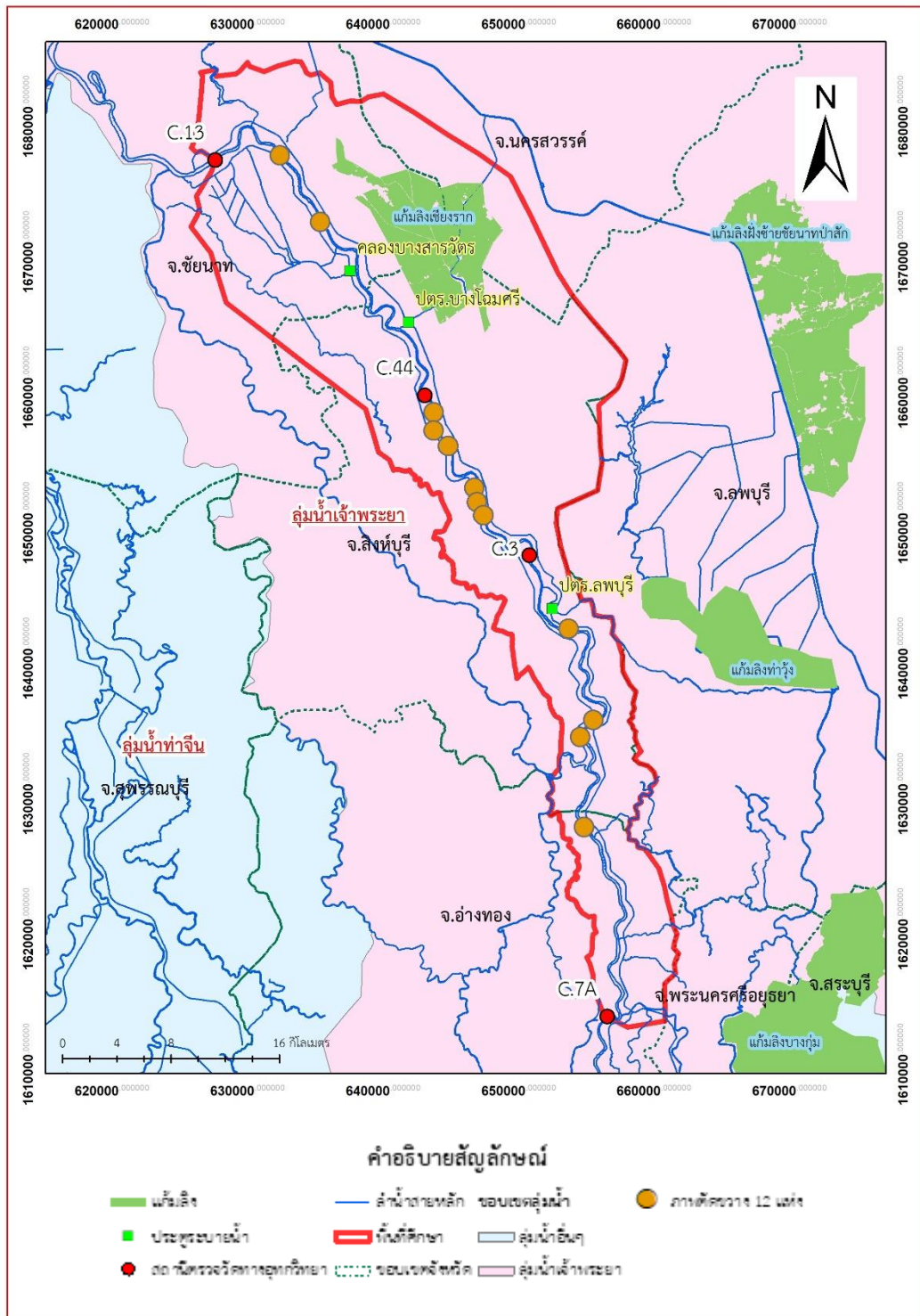
1) เพิ่มพื้นที่แก้มลิงจำนวน 1 แห่งในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ แก้มลิงเชียงราก ซึ่งจะมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 38,300 ไร่ ปริมาตรการกักเก็บ 80 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับน้ำสูงกว่าระดับพื้นดินเดิม +1.30 เมตร ตามรายงานของกรมชลประทาน (กรมชลประทาน, 2561) รายละเอียดดังตารางที่ 11 และภาพที่ 29 ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก พ.ศ.2538 ที่ศึกษาโดย นิปัทม์ คำพรหม (นิปัทม์, 2544) ตารางที่ 11 ระดับน้ำและปริมาตรของน้ำที่สามารถกักเก็บได้ในพื้นที่แก้มลิงเชียงราก

ระดับน้ำ (เมตร)	ปริมาตรกักเก็บ (1000 ลูกบาศก์เมตร)
0.0	0
0.1	1000
0.2	3000
0.3	5000
0.4	10000
0.5	20000
0.6	30000
0.7	40000
0.8	50000
0.9	60000
1.0	70000
1.3	80000

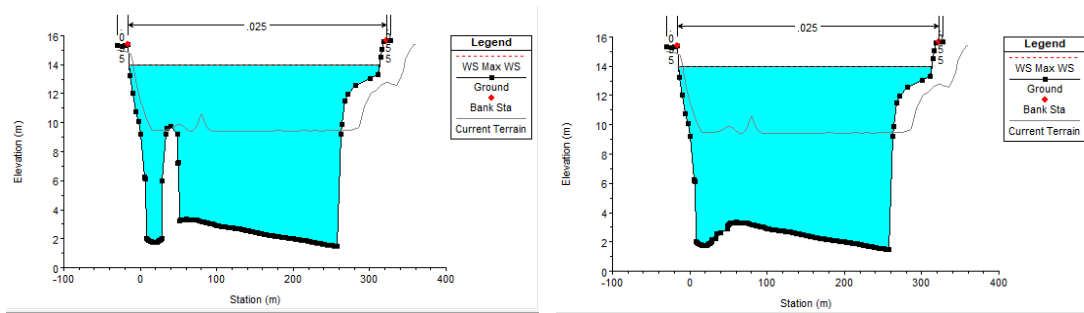


ภาพที่ 29 ขอบเขตของพื้นที่แก้มลิงเชียงรากในแบบจำลอง HEC-RAS

2) ขุดลอกลำน้ำ โดยเป็นการขุดลอกเพื่อเพิ่มความจุลำน้ำ ในภาพตัดขวางลำน้ำ ที่เกิดความตื้นเขินจากตะกอน จำนวน 12 หน้าตัด (ภาพที่ 30) ตัวอย่างการขุดลอกลำน้ำ แสดงดังภาพที่ 31 โดยเฉลี่ยแล้ว หลังจากทำการขุดลอกลำน้ำด้วยการขุดลอก ทำให้แต่ละตำแหน่งในลำน้ำมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น ประมาณ 1,000 - 1,500 ตารางเมตร



ภาพที่ 30 ตำแหน่งที่ทำการขุดลอกลำน้ำด้วยการขุดลอก (12 ตำแหน่ง)

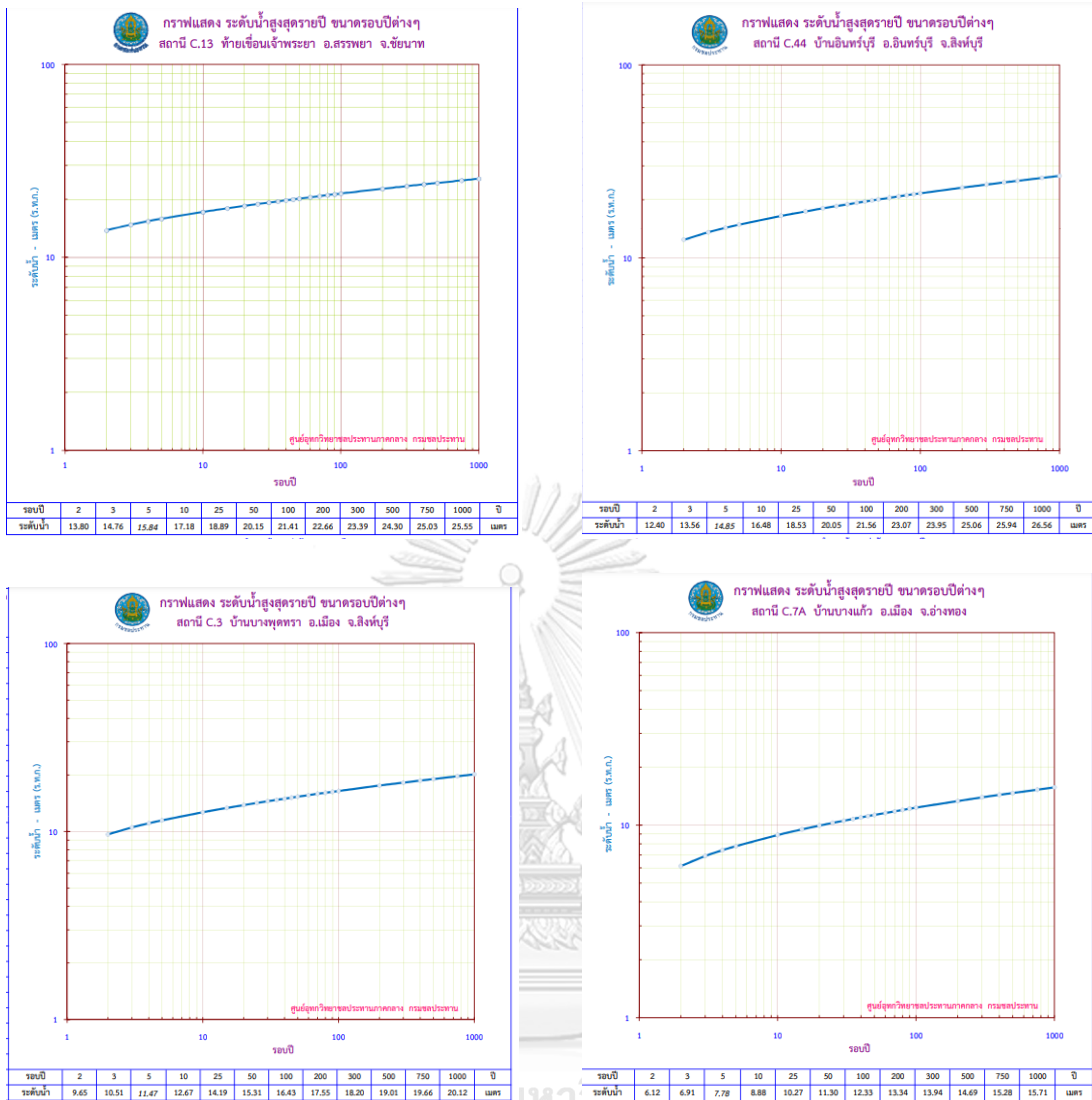


ภาพที่ 31 ตัวอย่างการขุดลอกลำน้ำด้วยการขุดลงที่ภาพตัดขวางลำดับที่ 9 โดยแสดงภาพตัดขวาง  
ก่อน (ซ้าย) และหลังการขุดลง (ขวา)

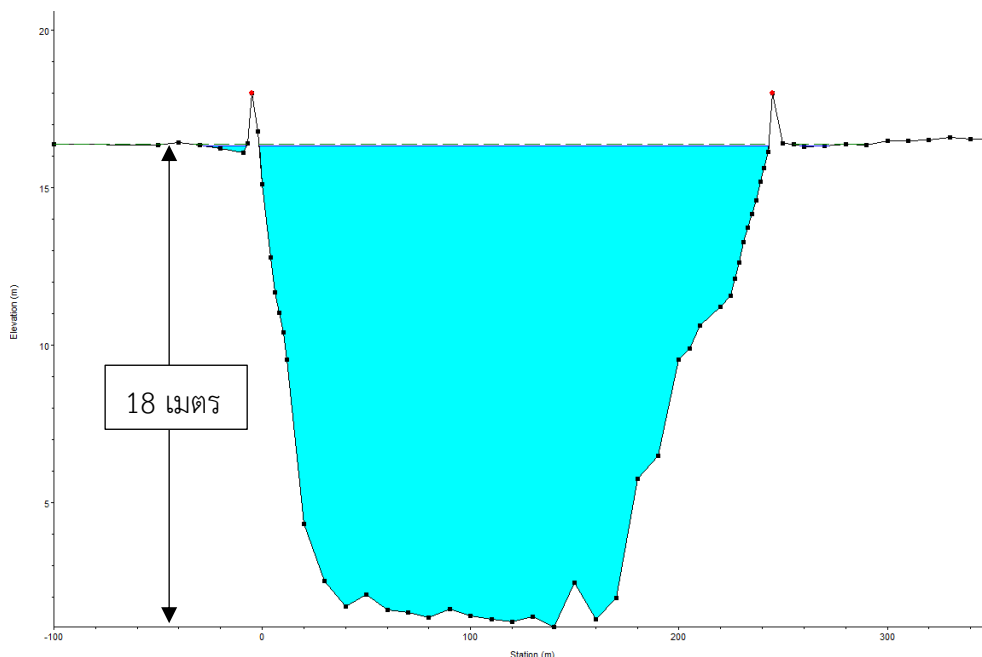
3) ผู้ศึกษาสร้างคันกั้นน้ำให้มีความสูง 18 เมตร ตามค่าเฉลี่ยความสูงน้ำท่วมรอบการอุบัติน้ำ 100 ปี เมื่อพิจารณาจากระดับน้ำสูงสุด (ภาพที่ 32) เพื่อไม่ให้คันกั้นน้ำมีความสูงมากเกินไป หากพิจารณาใช้ค่าระดับน้ำท่วมสูงสุดที่คาบอุบัติน้ำ 100 ปี (กรมชลประทาน, 2562) จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 12 และภาพที่ 33

ตารางที่ 12 การคำนวณคาบการอุบัติน้ำรอบ 100 ปี ตลอดความยาวลำน้ำในพื้นที่ศึกษา

สถานี	ระดับน้ำที่รอบ 100 ปี (เมตร)
C.13	21.41
C.44	21.56
C.3	16.43
C.7A	12.33
เฉลี่ย	17.93



ภาพที่ 32 แสดงระดับน้ำสูงสุดที่คาบอุบัติซ้ำ 2-1,000 ปี ของสถานี C.13 C.44 C.3 และ C.7A (กรมชลประทาน, 2562)



ภาพที่ 33 ตัวอย่างการเพิ่มความสูงของคันกั้นริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาที่ภาพตัดขวางลำดับที่ 1

#### 4) เพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัยทั้งหมดที่กล่าวมา

การประมวลผลแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลช่วงฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) ของ พ.ศ.2548 และ พ.ศ.2550 เพื่อทดสอบโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมตามกรณีศึกษา ดังนี้

**กรณีที่ 1** ใช้โครงสร้างป้องกันอุทกภัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะใช้ผลลัพธ์ของกรณีที่ 1 เป็นมาตรฐานในการเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งในส่วนของอัตราการไหลในลำน้ำ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม และความลึกของน้ำท่วม

**กรณีที่ 2** เพิ่มคันกั้นน้ำ เพียงอย่างเดียว

**กรณีที่ 3** เพิ่มพื้นที่แก้มลิงเพียงอย่างเดียว

**กรณีที่ 4** ชุดลอกลำน้ำ เพียงอย่างเดียว

**กรณีที่ 5** เพิ่มพื้นที่แก้มลิง ชุดลอกลำน้ำ และคันกั้นน้ำ

ผู้ศึกษาจะประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันน้ำท่วม โดยพิจารณาความลึกน้ำท่วมที่จุดที่มีการสำรวจ การเปลี่ยนแปลงขอบเขตน้ำท่วม และพิจารณารูปน้ำท่าของแต่ละจุดในลุ่มน้ำ ว่าไม่เกิดการท่วมขังของน้ำหลังจากน้ำล้นตลิ่งมาสู่กระยะ จากนั้นจึงสรุปผลจากแบบจำลอง เพื่อหาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

## บทที่ 5

### ผลการศึกษา

#### 5.1 ผลการรวบรวมข้อมูล

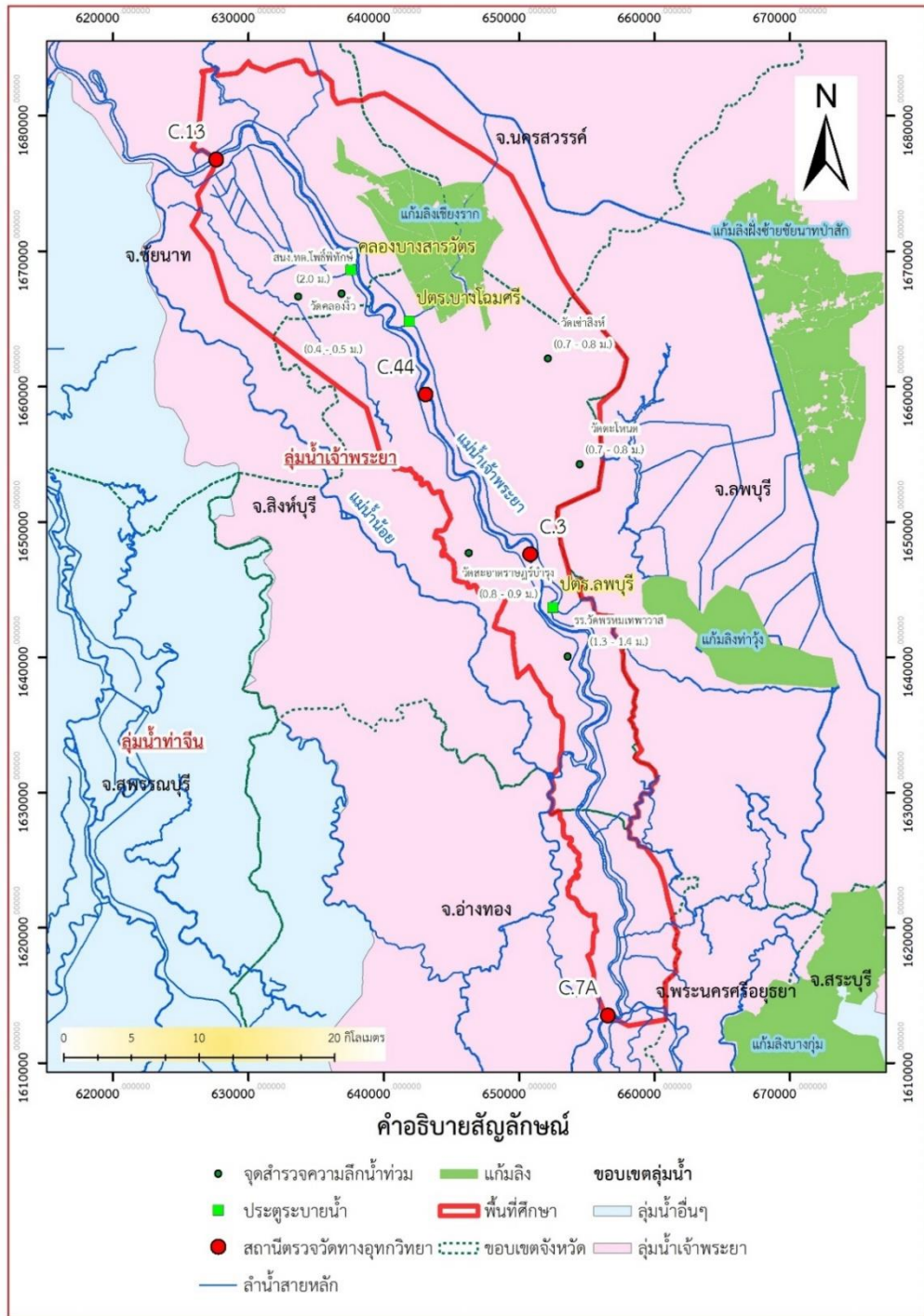
ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูล ที่จำเป็นต้องใช้ในการตั้งค่าแบบจำลอง และข้อมูลที่จำเป็นต่อการเทียบมาตรฐานแบบจำลองจากหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

1) ข้อมูลความลึกของน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา ได้จากการสำรวจพื้นที่ประสบภัย ในช่วงวันที่ 20 – 21 มิถุนายน ปีพ.ศ. 2565 (ตารางที่ 13 ภาพที่ 34 และภาพที่ 35)

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลความลึกโดยเฉลี่ยของน้ำท่วมของสถานที่ต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา

สถานที่	คำอธิบายสถานที่	ความลึกน้ำท่วม (เมตร)	การใช้งานในแบบจำลอง
วัดคลองจั่ว	ต.ห้วยกรดพัฒนา อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท	0.4 - 0.5	การเทียบมาตรฐาน
สนง.ทต.โพธิ์พิทักษ์	ต.โพนางดำตก อ.สรรพยา จ.ชัยนาท.	2.0	การเทียบมาตรฐาน
วัดสะอาดราษฎร์บำรุง	ต.บางกระบือ อ.เมือง จ.สิงห์บุรี	0.8 - 0.9	การเทียบมาตรฐาน
วัดเชียงราก	ต.ทองเอน อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี	0.6 - 0.7	การเทียบมาตรฐาน
วัดเช่าสิงห์	ต.ทองเอน อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี	0.7 - 0.8	การตรวจสอบความสมเหตุสมผล
รร.วัดพรหมเทพาวาส	ต.หัวป่า อ.พรหมบุรี จ.สิงห์บุรี	1.3 - 1.4	การตรวจสอบความสมเหตุสมผล
วัดตะโหนด	ต.หัวไผ่ อ.เมืองสิงห์บุรี จ.สิงห์บุรี	0.7 - 0.8	การตรวจสอบความสมเหตุสมผล





ภาพที่ 34 แผนที่แสดงพิกัดข้อมูลความลึกน้ำท่วม จากการที่ผู้ศึกษาออกสนามสำรวจพื้นที่ประสบภัย ในช่วงวันที่ 20 - 21 มิถุนายน ปีพ.ศ. 2565





ก) วัดคลองจิว



ข) สนง.ทต.โพธิ์พิทักษ์



ค) วัดสะอาดราษฎร์บำรุง



ง) วัดเชียงราก



จ) วัดเช้าสิงห์



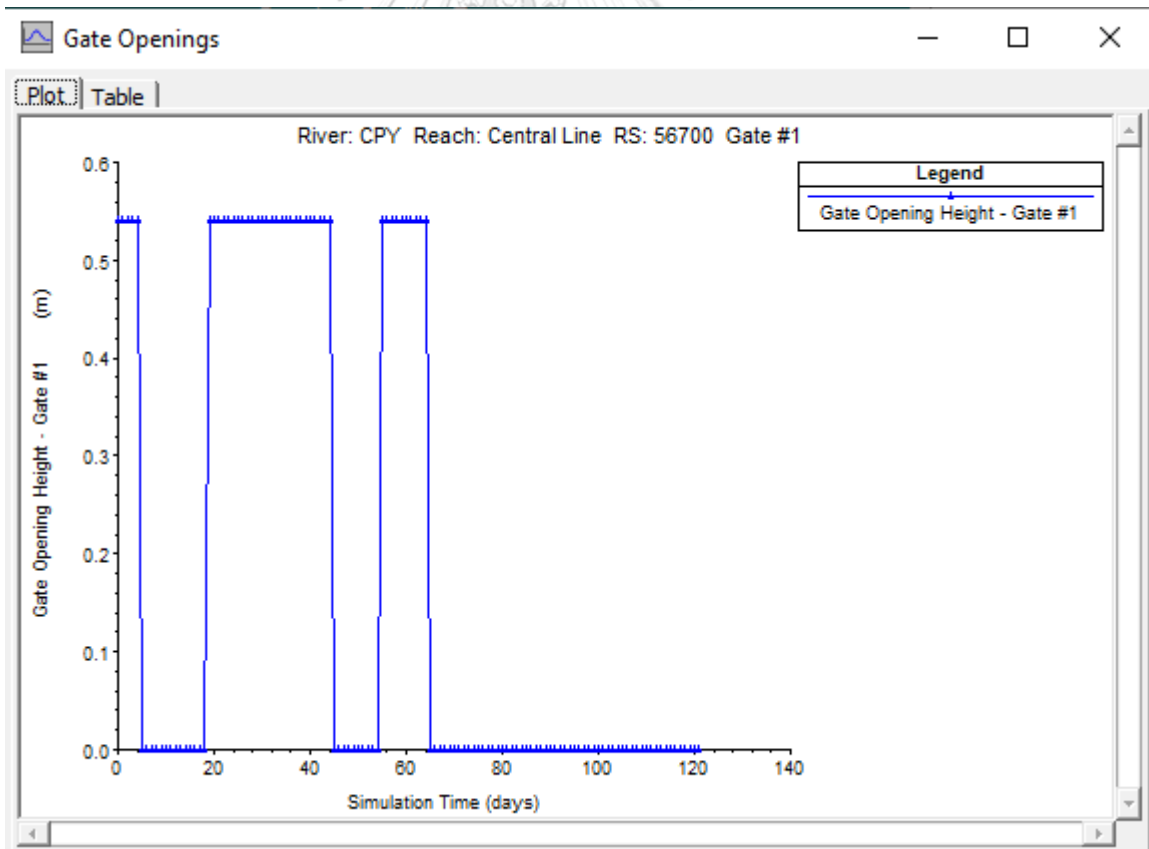
ฉ) โรงเรียนวัดพรหมเทพาวาส



ช) วัดตะโหนด

ภาพที่ 35 ผู้ศึกษาทำการสำรวจภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษา

2) ประตูระบายน้ำ ในพื้นที่ศึกษา มีประตูระบายน้ำที่มีข้อมูลบันทึกไว้อย่างต่อเนื่องจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ ประตูระบายน้ำคลองบางสารวัตร ประตูระบายน้ำบางโฉมศรี และประตูระบายน้ำลพบุรี โดยมีตัวอย่างการเปิดประตูระบายน้ำบางโฉมศรี ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 ตัวอย่างข้อมูลการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำบางโฉมศรี ในปี 2553

## 5.2 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง (Calibration)

การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง จะใช้ข้อมูลปีพ.ศ. 2553 และ ปีพ.ศ. 2555 ที่สถานี C.44 และ C.3 เพื่อทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จะทำให้แบบจำลองมีผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกปี ที่นำข้อมูลมาทำการประมวลผล โดยจะแบ่งผลการสอบเทียบแบบจำลองออกเป็น 1 มิติ และ 2 มิติ

### 5.2.1 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง HEC-RAS ใน 1 มิติ

ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติที่เหมาะสม สำหรับ ปีพ.ศ. 2553 ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.86-1.44 (ตารางที่ 14) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ ความขรุขระในลำน้ำจากการลองผิดลองถูก จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในทางน้ำหลัก เท่ากับ 0.025 และพื้นที่น้ำท่วมถึงฝั่งซ้ายและฝั่งขวา เท่ากับ 0.055 จะได้ค่า NSE เท่ากับ 0.9791 และ 0.9842 ที่สถานี C.44 และ สถานี C.3 ตามลำดับ (ตารางที่ 17) เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ ที่ได้จากการลองผิดลองถูกและค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบ อัตโนมัติคู่กัน จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ ระหว่าง 0.022-0.079 ส่วนปีพ.ศ. 2555 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติที่เหมาะสม ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.77-1.30 (ตารางที่ 15) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำจากการลองผิดลองถูก จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในทางน้ำหลัก เท่ากับ 0.025 และพื้นที่น้ำท่วมถึงฝั่งซ้ายและฝั่งขวา เท่ากับ 0.055 จะได้ค่า NSE เท่ากับ 0.97 และ 0.99 ที่สถานี C.44 และ สถานี C.3 ตามลำดับ (ตารางที่ 17) เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำและค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหล จากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติคู่กัน จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ ระหว่าง 0.019-0.072 จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง แบบอัตโนมัติของทั้งสองปีหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.82-1.37 (ตารางที่ 16 และภาพที่ 37) จะได้ค่า NSE เท่ากับ 0.98 และ 0.985 ที่สถานี C.44 และ สถานี C.3 ตามลำดับ ในปีพ.ศ. 2553 และ 0.97 และ 0.99 ที่สถานี C.44 และ สถานี C.3 ตามลำดับ ในปีพ.ศ. 2555 (ตารางที่ 17) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง HEC-RAS สามารถจำลองการไหลในลำน้ำได้น่าเชื่อถือ เมื่อนำค่า สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำที่เฉลี่ยระหว่างทั้งสองปีคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหล จากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำระหว่าง 0.021-0.075 ตลอดช่วงลำน้ำ

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติปีพ.ศ. 2553  
ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ

อัตราการไหล	C.13-C.44	C.44-C.3	C.3-C.7A
100	1.215	0.87	0.86
200	1.215	0.86	0.86
300	1.215	0.86	0.86
400	1.215	0.955	0.96
500	1.215	1.02	1.01
600	1.215	1.125	1.08
800	1.215	1.185	1.03
1000	1.225	1.24	1.13
1100	1.29	1.38	1.23
1200	1.265	1.25	1.23
1300	1.32	1.34	1.165
1400	1.275	1.285	1.185
1500	1.29	1.12	0.98
1600	1.32	1.43	1.325
1800	1.33	1.365	1.275
2000	1.36	1.425	1.355
2100	1.35	1.4	1.33
2200	1.35	1.375	1.305
2300	1.315	1.435	1.365
2400	1.36	1.41	1.34
2500	1.35	1.36	1.29
2600	1.345	1.395	1.325
2800	1.32	1.39	1.32
3000	1.32	1.385	1.315
3200	1.29	1.385	1.315
3300	1.29	1.385	1.315

ตารางที่ 14 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ  
ปีพ.ศ. 2553 ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ

อัตราการไหล	C.13-C.44	C.44-C.3	C.3-C.7A
3400	1.29	1.385	1.315
3600	1.29	1.385	1.315
3800	1.29	1.385	1.315
4000	1.29	1.385	1.315

ตารางที่ 15 Table 15 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ  
ปีพ.ศ. 2555 ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ

อัตราการไหล	C.13-C.44	C.44-C.3	C.3-C.7A
100	0.77	0.79	0.77
200	0.77	0.77	0.77
300	0.77	0.77	0.77
400	0.77	0.79	0.8
500	0.77	0.79	0.77
600	0.77	0.86	0.77
800	0.77	1.09	0.78
1000	0.79	1.11	0.89
1100	0.92	1.2	0.9
1200	0.87	1.05	1.01
1300	0.98	1.29	0.94
1400	0.89	1.3	1.1
1500	0.92	1.27	0.99
1600	0.98	1.3	1.09
1800	1	1.3	1.12
2000	1.09	1.3	1.16
2100	1.09	1.3	1.16
2200	1.09	1.3	1.16

ตารางที่ 15 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ  
ปีพ.ศ. 2555 ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ

อัตราการไหล	C.13-C.44	C.44-C.3	C.3-C.7A
2300	1.09	1.3	1.16
2400	1.09	1.3	1.16
2500	1.09	1.3	1.16
2600	1.09	1.3	1.16
2800	1.09	1.3	1.16
3000	1.09	1.3	1.16
3200	1.09	1.3	1.16
3300	1.09	1.3	1.16
3400	1.09	1.3	1.16
3600	1.09	1.3	1.16
3800	1.09	1.3	1.16
4000	1.09	1.3	1.16

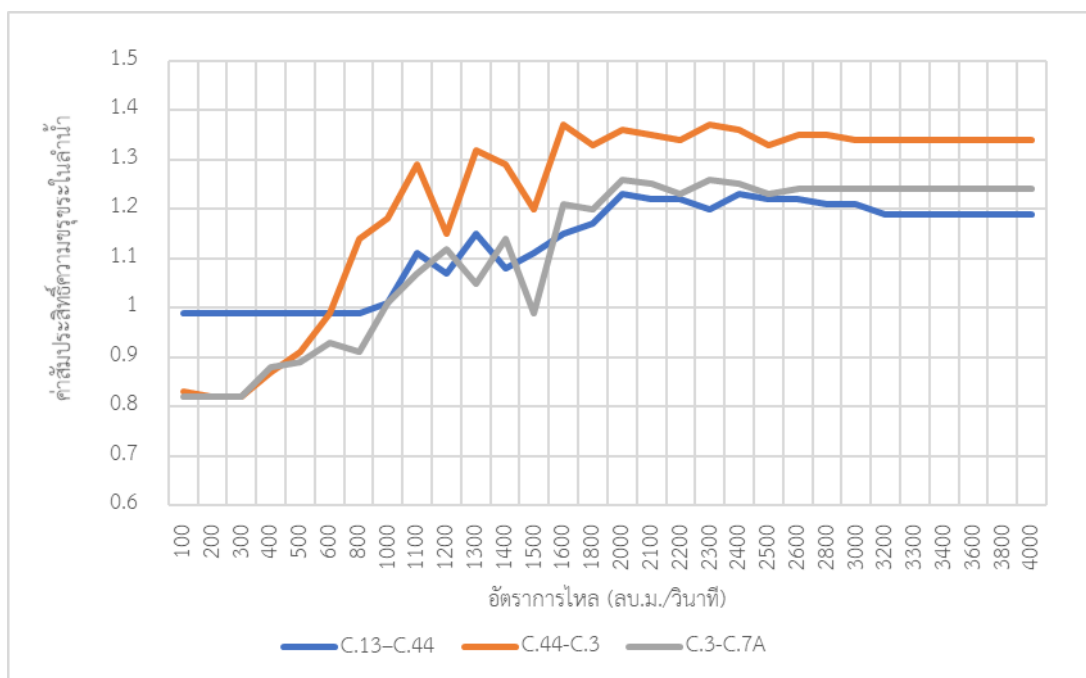
ตารางที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ  
ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ เฉลี่ยระหว่างปีพ.ศ. 2553 และ ปีพ.ศ. 2555

อัตราการไหล	C.13-C.44	C.44-C.3	C.3-C.7A
100	0.99	0.83	0.82
200	0.99	0.82	0.82
300	0.99	0.82	0.82
400	0.99	0.87	0.88
500	0.99	0.91	0.89
600	0.99	0.99	0.93
800	0.99	1.14	0.91
1000	1.01	1.18	1.01
1100	1.11	1.29	1.07
1200	1.07	1.15	1.12

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติ  
ทั้ง 3 ช่วงลำน้ำ เฉลี่ยระหว่างปีพ.ศ. 2553 และ ปีพ.ศ. 2555

อัตราการไหล	C.13-C.44	C.44-C.3	C.3-C.7A
1300	1.15	1.32	1.05
1400	1.08	1.29	1.14
1500	1.11	1.20	0.99
1600	1.15	1.37	1.21
1800	1.17	1.33	1.20
2000	1.23	1.36	1.26
2100	1.22	1.35	1.25
2200	1.22	1.34	1.23
2300	1.20	1.37	1.26
2400	1.23	1.36	1.25
2500	1.22	1.33	1.23
2600	1.22	1.35	1.24
2800	1.21	1.35	1.24
3000	1.21	1.34	1.24
3200	1.19	1.34	1.24
3300	1.19	1.34	1.24
3400	1.19	1.34	1.24
3600	1.19	1.34	1.24
3800	1.19	1.34	1.24
4000	1.19	1.34	1.24

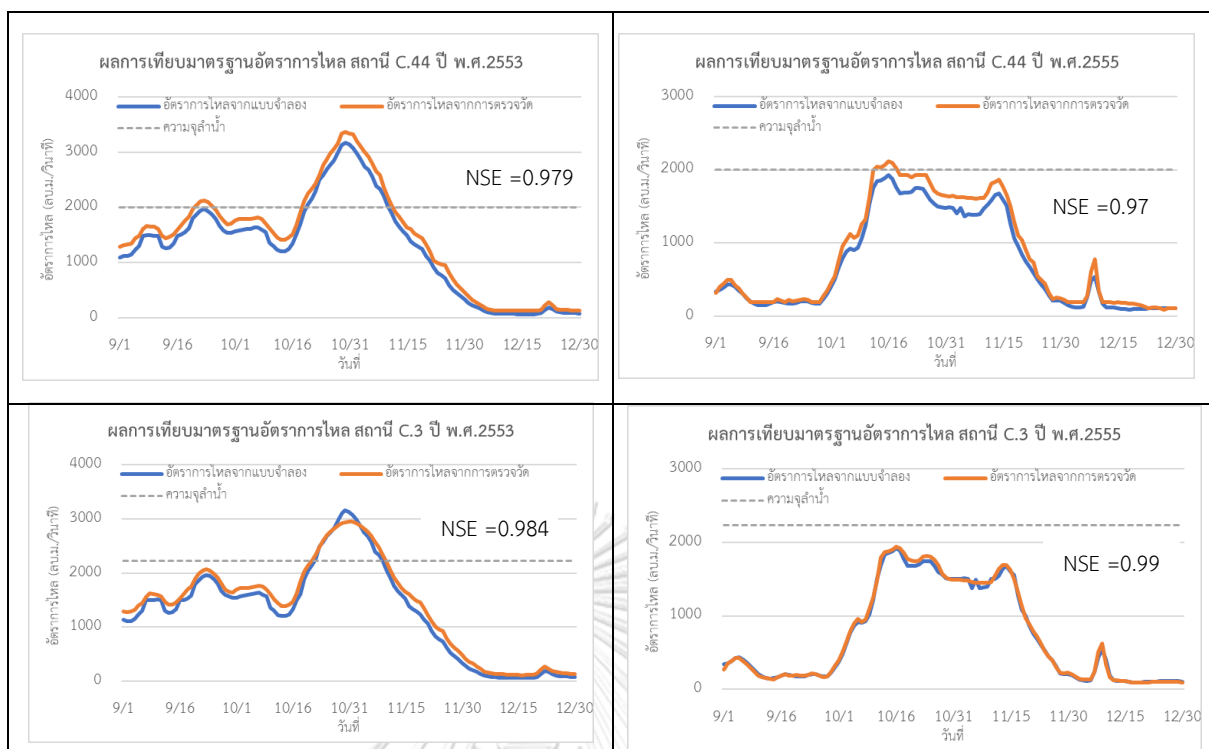




ภาพที่ 37 ค่าสัมประสิทธิ์ต่อการไหลจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติเฉลี่ย

จากผลของค่าสัมประสิทธิ์จากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองแบบอัตโนมัติเฉลี่ย จะเห็นว่า ในช่วงลำน้ำระหว่างสถานี C.13-C.44 มีค่าสัมประสิทธิ์คงที่ในช่วงการไหล 100-800 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ประมาณ 1 จากนั้นแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์จะเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อมีอัตราการไหล 2000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1.20 ต่อมาในช่วงลำน้ำระหว่างสถานี C.44-C.3 มีค่าสัมประสิทธิ์คงที่ในช่วงการไหล 100-300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ประมาณ 0.85 จากนั้นแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์จะเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อมีอัตราการไหล 2500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1.30 ในช่วงที่สามของลำน้ำ ระหว่างสถานี C.3-C.7A มีค่าสัมประสิทธิ์คงที่ในช่วงการไหล 100-800 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ประมาณ 0.85 จากนั้นแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์จะเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อมีอัตราการไหล 2000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1.25 ซึ่งการที่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการไหลและความลึก เนื่องจากความขรุขระของลำน้ำที่เกิดจากพืชพรรณต่าง ๆ มีมากขึ้น เมื่อระดับน้ำในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง





ภาพที่ 38 กราฟอัตราการไหลในลำน้ำของแบบจำลอง เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในลำน้ำ จากค่าเฉลี่ย ที่สถานี C.44 และ C.3

ตารางที่ 17 ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง HEC-RAS แบบ 1 มิติ ในการคาดการณ์การไหลในลำน้ำ

การสอบเทียบแบบจำลอง (calibration)				
ดัชนีประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง (NSE)	2553		2555	
	C.44	C.3	C.44	C.3
ค่าสัมประสิทธิ์แยกปี	0.979	0.984	0.97	0.99
ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย	0.980	0.985	0.97	0.99

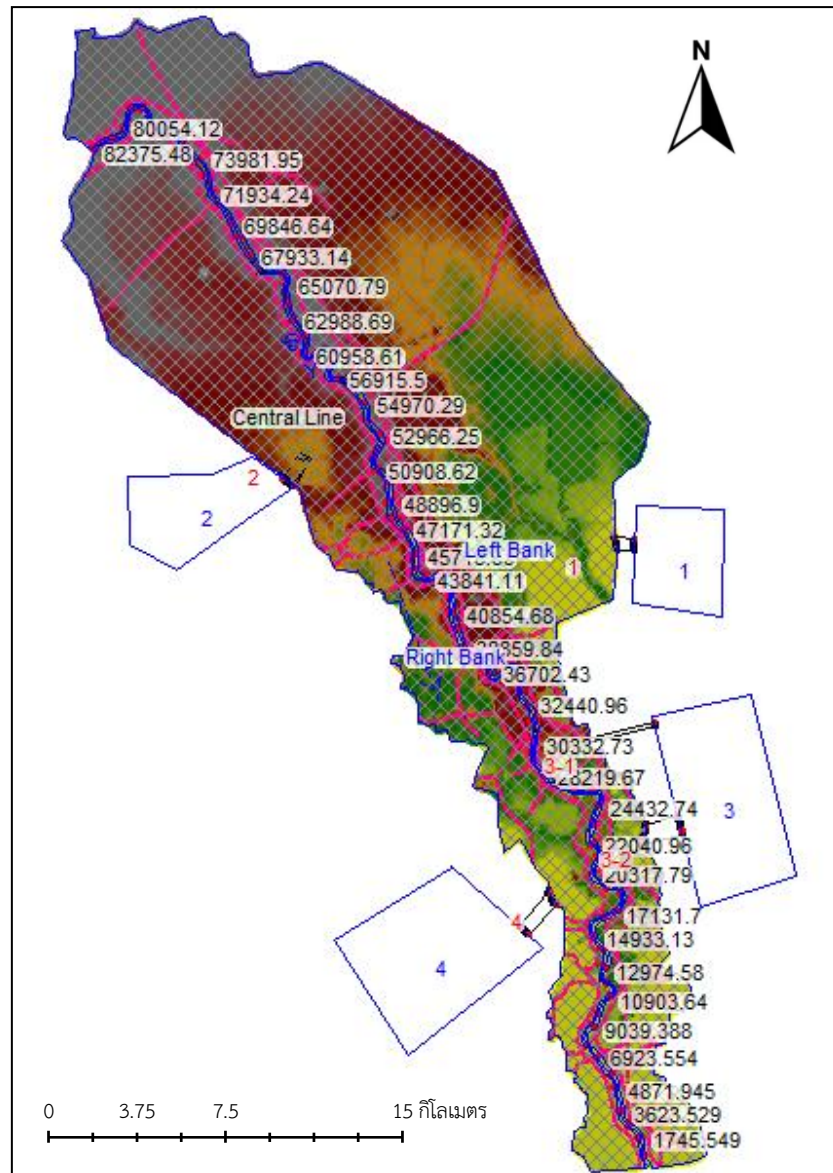
จากภาพที่ 38 และตารางที่ 17 จะเห็นว่าที่สถานี C.44 และ C.3 ในปีพ.ศ. 2553 เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในลำน้ำจากค่าเฉลี่ย ค่า NSE มีความถูกต้องใกล้เคียงกัน โดยที่สถานี C.44 อัตราการไหลจากแบบจำลองต่ำกว่าอัตราการไหลจริงตลอดช่วงเหตุการณ์ แต่ที่สถานี C.3 การไหลจากแบบจำลองต่ำกว่าอัตราการไหลจริง ยกเว้นช่วงอัตราการไหลสูงสุด ประมาณปลายเดือนตุลาคม ส่วนในปีพ.ศ. 2555 เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในลำน้ำจากค่าเฉลี่ย ค่า NSE ของ C.44 มีค่าต่ำกว่าที่สถานี C.3 เล็กน้อย สอดคล้องกับกราฟที่สถานี C.44 จะมีอัตราการไหล

จากแบบจำลองต่ำกว่าอัตราการไหลจริงในช่วงที่มีอัตราการไหลประมาณ 1500-1800 ลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที แต่ที่สถานี C.3 การไหลจากแบบจำลองจะใกล้เคียงกับอัตราการไหลจริง ตลอดช่วงเหตุการณ์

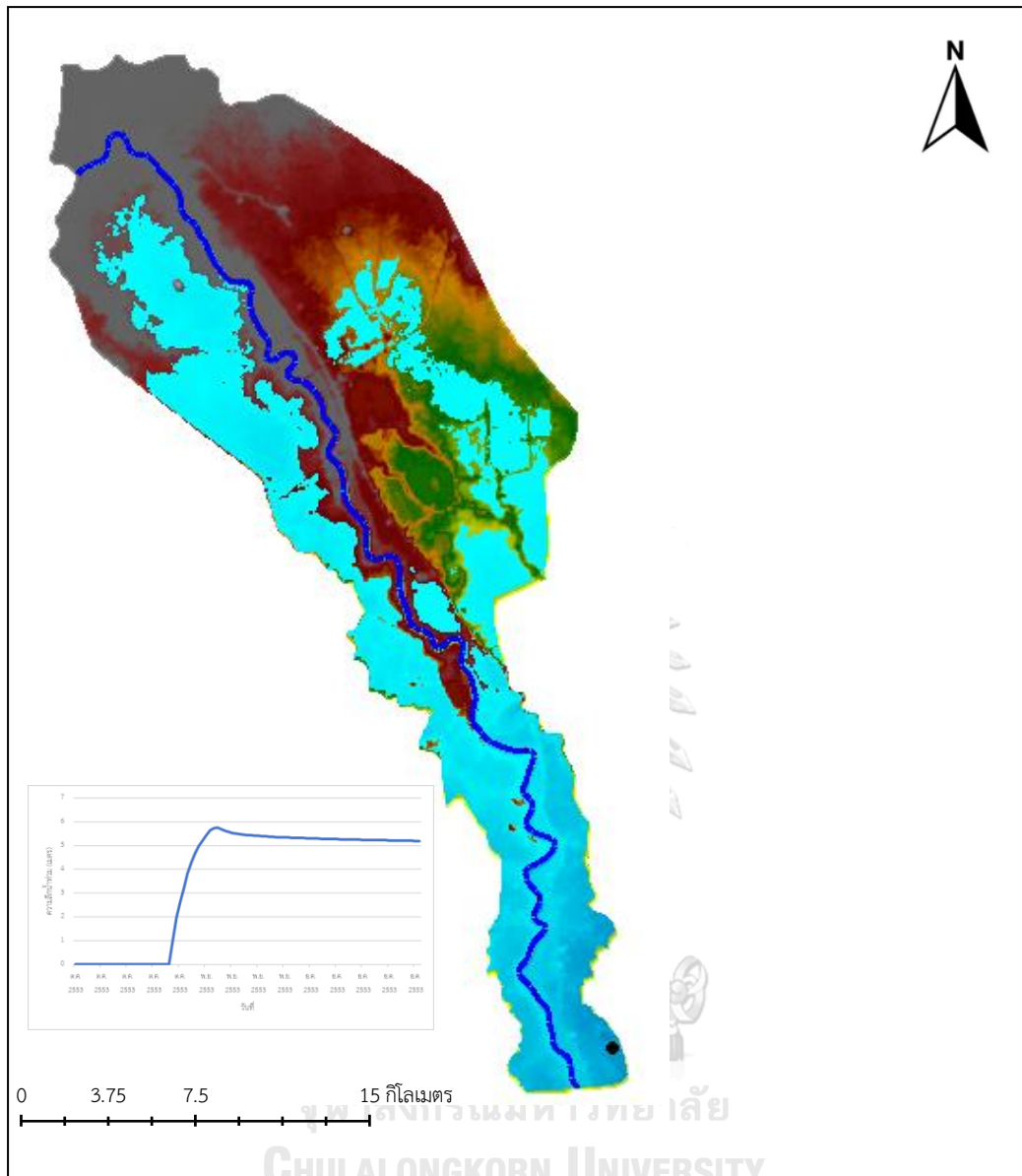
### 5.2.2 การเทียบมาตรฐานแบบจำลอง 2 มิติ

ในการเทียบมาตรฐานของแบบจำลอง 2 มิติด้วยข้อมูลความลึกและขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ในปีพ.ศ. 2553 นั้น ทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำส่วนเกินและเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำ ออกจากพื้นที่ศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการเกิดน้ำท่วมขังจริงในพื้นที่ (ภาพที่ 39) ในการนี้ ได้ทำการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการคูณเข้ากับข้อมูลเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำ รวมถึงสร้างพื้นที่ เก็บกักน้ำส่วนเกินขึ้นมา

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีจำนวนพื้นที่กักเก็บส่วนเกินน้อยเกินไป (ประมาณ 1-3 แห่ง) จะทำให้น้ำไม่สามารถระบายออกจากพื้นที่ศึกษาได้ ส่งผลโดยตรงกับขอบเขตพื้นที่และความลึกน้ำท่วม ซึ่งจะมีผลดังภาพที่ 40 และหากมีพื้นที่เก็บกักมากเกินไปจนความจำเป็น (ประมาณ 5-6 แห่ง) ก็จะทำให้พื้นที่และความลึกน้ำท่วมลดลง เมื่อเทียบกับค่าจากการตรวจวัด ส่วนการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ในการคูณกับค่าการเปิด-ปิดบานประตู เมื่อพิจารณาพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วม โดยคำนวณ ผลความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและน้ำไม่ท่วม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เท่ากับ 6.19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 18) ส่วนการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง 2 มิติของข้อมูลใน ปีพ.ศ. 2555 พบว่าพื้นที่เก็บกักจำนวน 4 แห่ง และการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 ในการคูณกับค่าการเปิด-ปิดบานประตู ให้ผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วม (ตารางที่ 19) ที่ค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือ 11.78 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 39 แสดงพื้นที่เก็บกักจำนวน 4 แห่ง บริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 40 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและความลึกของระดับน้ำท่วม  
เมื่อมีพื้นที่เก็บกักน้ำเพื่อการระบายออกจากพื้นที่ 1-3 แห่ง

ตารางที่ 18 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์การเปิดปิดบานประตูน้ำระหว่าง 2.3-2.7 ในปีพ.ศ. 2553

วันที่	ความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อเทียบกับ การเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ (%)				ความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อเทียบกับ การเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ (%)				ผลรวมความถูกต้อง เมื่อเทียบเป็นรายวัน (%)			
	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7		F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7		F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	
05 ก.ย. 2553	0.52	0.56	0.64		-0.35	-0.37	-0.41		0.17	0.19	0.24	
15 ก.ย. 2553	0.43	0.56	0.67		-0.43	-0.70	-0.78		0.00	-0.14	-0.11	
08 ต.ค. 2553	4.56	5.57	6.41		-3.45	-4.17	-4.79		1.12	1.39	1.62	
09 ต.ค. 2553	6.06	6.86	7.29		-3.97	-4.59	-5.12		2.08	2.27	2.18	
26 ต.ค. 2553	12.34	12.60	12.81		-6.15	-6.55	-6.87		6.19	6.06	5.95	
30 ต.ค. 2553	11.94	12.45	12.89		-8.44	-8.98	-9.47		3.50	3.47	3.42	
01 พ.ย. 2553	11.36	11.83	12.32		-6.15	-6.59	-7.21		5.21	5.23	5.12	
02 พ.ย. 2553	10.41	11.07	11.47		-6.10	-6.78	-7.04		4.31	4.28	4.43	
06 พ.ย. 2553	6.99	7.57	8.58		-4.72	-5.03	-5.86		2.28	2.54	2.71	
09 พ.ย. 2553	2.40	2.80	3.69		-3.25	-3.49	-4.72		-0.85	-0.69	-1.02	
16 พ.ย. 2553	1.83	2.73	3.12		-1.89	-3.11	-4.40		-0.06	-0.39	-1.28	
02 ธ.ค. 2553	2.45	2.98	3.01		-2.43	-4.12	-4.54		0.03	-1.15	-1.52	
ค่าสูงสุด	-	-	-		-	-	-		6.19	6.06	5.95	

ตารางที่ 19 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่นำท่วมและพื้นที่นำท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์การเปิดปิดบานประตูน้ำระหว่าง 2.3-2.7 ในปีพ.ศ. 2555

วันที่	ความถูกต้องของพื้นที่นำท่วมเมื่อเทียบกับ กับการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ (%)			ความถูกต้องของพื้นที่นำท่วมเมื่อเทียบกับ กับการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ (%)			ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง เมื่อเทียบเป็นรายวัน (%)		
	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7
17 ก.ย. 2555	11.08	12.41	13.99	-1.79	-1.98	-2.21	9.29	10.43	11.78
22 ก.ย. 2555	13.22	13.40	13.55	-5.83	-6.06	-6.25	7.39	7.33	7.31
23 ก.ย. 2555	9.28	9.50	12.35	-4.59	-4.83	-5.39	4.69	4.67	6.96
27 ก.ย. 2555	8.73	8.89	9.03	-3.96	-4.14	-4.36	4.77	4.76	4.67
28 ก.ย. 2555	10.00	10.29	10.51	-3.78	-3.98	-4.15	6.22	6.31	6.36
30 ก.ย. 2555	5.85	5.99	8.18	-2.93	-3.22	-3.52	2.92	2.78	4.67
03 ต.ค. 2555	8.97	9.29	9.62	-3.19	-3.34	-3.51	5.78	5.94	6.11
04 ต.ค. 2555	8.10	8.41	8.66	-3.10	-3.28	-3.56	5.00	5.12	5.10
05 ต.ค. 2555	5.14	5.48	5.84	-2.97	-3.35	-3.55	2.17	2.13	2.29
09 ต.ค. 2555	5.87	6.08	6.35	-2.95	-3.07	-3.16	2.92	3.01	3.18
10 ต.ค. 2555	5.94	6.17	6.44	-2.93	-3.03	-3.16	3.01	3.14	3.28
17 ต.ค. 2555	2.66	2.79	2.89	-2.05	-2.53	-2.51	0.61	0.31	0.38
ค่าสูงสุด	-	-	-	-	-	-	9.29	10.43	11.78

จากตารางที่ 18 และตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่า ช่วงระหว่างวันที่ 26 ต.ค. – 2 พ.ย. 2553 และช่วงวันที่ 17 ก.ย. – 4 ต.ค. 2555 มีผลรวมความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมเพิ่มขึ้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์คูณกับการเปิด-ปิดบานประตูค่อนข้างสูง เพราะว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ประตูระบายน้ำหรือโครงสร้างอื่นที่ใช้ระบายน้ำเข้าสู่คลองสาขาในพื้นที่ศึกษา ซึ่งไม่ได้ใช้ในการตั้งค่า แบบจำลอง ทำการเปิดประตูเพื่อระบายน้ำออกจากลำน้ำหลัก ซึ่งเมื่อทำการคูณค่าสัมประสิทธิ์กับการเปิด-ปิดบานประตู ทำให้มีการระบายน้ำมากขึ้น ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจึงมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับค่าตรวจวัดจริง

ในส่วนของผลลัพธ์ค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วม ในปีพ.ศ. 2553 ค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ดีที่สุด คือเมื่อคูณค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 กับการเปิด-ปิด บานประตูระบายน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.776 เมตร (ตารางที่ 20) ผลลัพธ์ค่า RMSE ในปีพ.ศ. 2553 พบว่า ความลึกน้ำท่วมที่ดีที่สุด คือเมื่อคูณค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 กับการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.852 เมตร (ตารางที่ 21) โดยความลึกจากการสำรวจนี้เป็นการสอบถามจากเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ จึงเป็นระดับน้ำท่วมโดยเฉลี่ย และทำการคำนวณค่า RMSE โดยใช้วันที่มีความลึกของน้ำท่วมสูงที่สุด

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2553

สถานที่	ความลึกน้ำท่วมจากการสำรวจ (เมตร)	ความลึกน้ำท่วมจากแบบจำลอง (เมตร)			ค่า RMSE ความลึกน้ำท่วมจากแบบจำลอง (เมตร)			วันที่
		F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	
วัดคลองจิว	0.4	0.21	0.21	0.22	0.19	0.19	0.18	1 พ.ย.
สนง.ทต.โพธิ์พิทักษ์	2.0	0.28	0.29	0.29	1.72	1.71	1.71	1 พ.ย.
วัดสะอาดราษฎร์บำรุง	0.8	0.38	0.39	0.43	0.42	0.41	0.37	6 พ.ย.
วัดเขียงราก	0.6	0.34	0.34	0.35	0.26	0.26	0.25	30 ต.ค.
ค่า RMSE	-	-	-	-	0.680	0.677	0.671	-

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2555

สถานที่	ความลึกน้ำท่วมจากการสำรวจ (เมตร)	ความลึกน้ำท่วมจากแบบจำลอง (เมตร)			ค่า RMSE ความลึกน้ำท่วมจากแบบจำลอง (เมตร)			วันที่
		F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	
วัดคลองจิว	0.4	0.17	0.18	0.18	0.23	0.22	0.22	27 ก.ย.
สนง.ทต.โพธิ์พิทักษ์	2.0	0.25	0.25	0.26	1.75	1.75	1.74	27 ก.ย.
วัดสะอาดราษฎร์บำรุง	0.8	0.23	0.23	0.24	0.57	0.57	0.56	5 ต.ค.
วัดเขียงราก	0.6	0.34	0.35	0.35	0.26	0.25	0.25	23 ก.ย.
ค่า RMSE	-	-	-	-	0.709	0.706	0.702	-

และเมื่อพิจารณา ค่า RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมเป็นหลักจะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 79.63 ตารางกิโลเมตร เมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 กับการเปิด-ปิด บานประตูระบายน้ำ ดังตารางที่ 22 และภาพพื้นที่น้ำท่วมแสดง ดังภาพที่ 41 ซึ่งจะเห็นว่า วันที่แบบจำลองสามารถคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมได้ดีที่สุดคือ วันที่ 8-9 ตุลาคม ปีพ.ศ. 2553 เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 ในวันที่ 30 ตุลาคม ปีพ.ศ. 2553 แบบจำลองคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมคลาดเคลื่อนมากที่สุด ซึ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 ส่วนใน ปีพ.ศ. 2555 ค่า RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมเป็นหลักจะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 44.70 ตารางกิโลเมตร เมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 กับการเปิด-ปิด บานประตูระบายน้ำ ดังตารางที่ 23 และภาพพื้นที่น้ำท่วมแสดงดังภาพที่ 42 ซึ่งจะเห็นว่า วันที่แบบจำลองสามารถคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมได้ดีที่สุด คือ วันที่ 9 ตุลาคม ปีพ.ศ. 2555 เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 ในวันที่ 23 กันยายน ปีพ.ศ. 2555 แบบจำลองคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมคลาดเคลื่อนมากที่สุด ซึ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.7

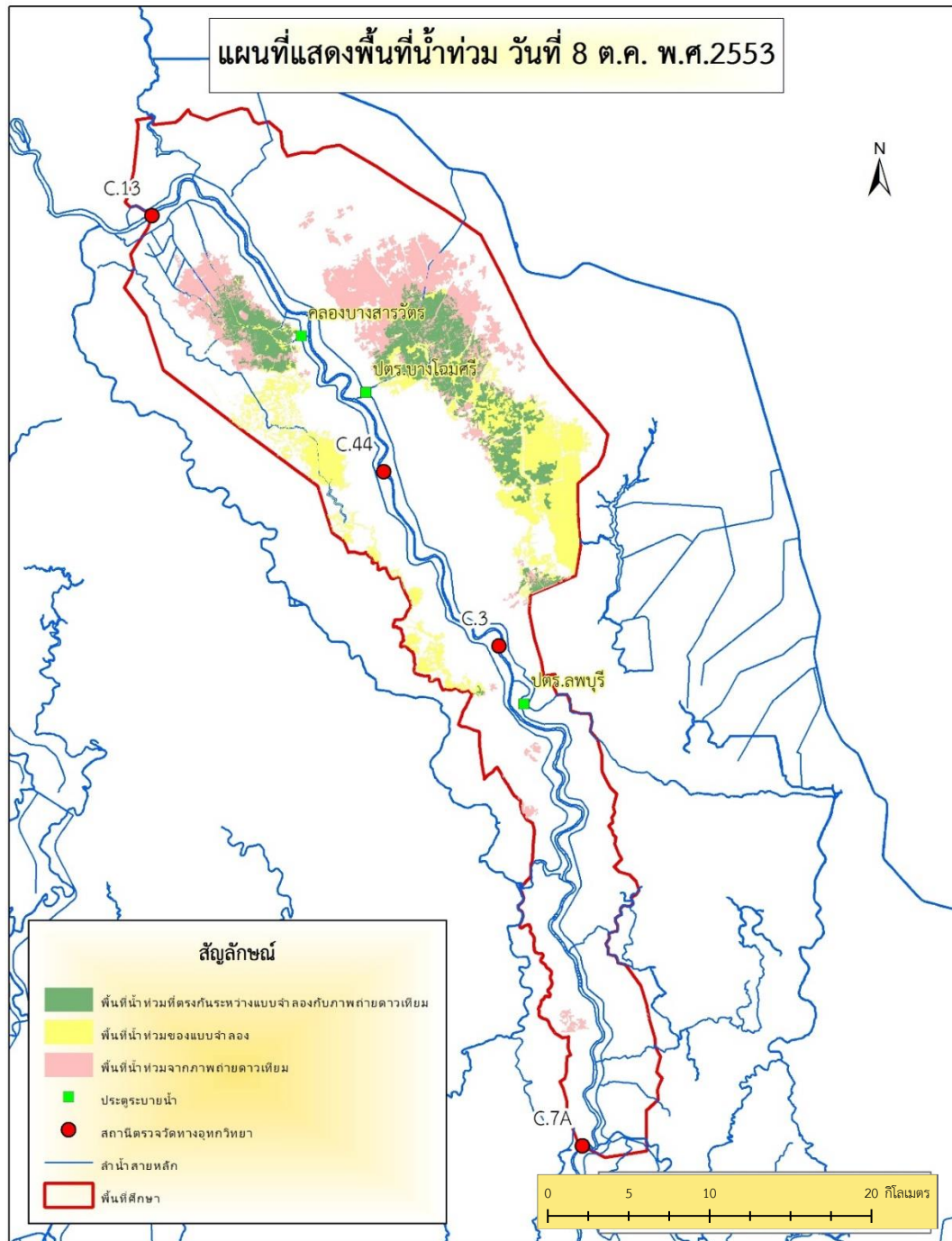
ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีทั้งหมดแล้ว จึงสรุปว่า ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ในปีพ.ศ. 2553 การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 กับการเปิด-ปิดบานระบาย มีความเหมาะสมที่สุด ส่วนในปีพ.ศ. 2555 การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 กับการเปิด-ปิดบานระบาย มีความเหมาะสมที่สุด



ดังนั้น จึงใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 และการเพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำ 4 แห่ง บริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษา ทั้งในปีพ.ศ. 2553 และ ปีพ.ศ. 2555 เพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษา เป็นการจำลองที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาที่สุด

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2553

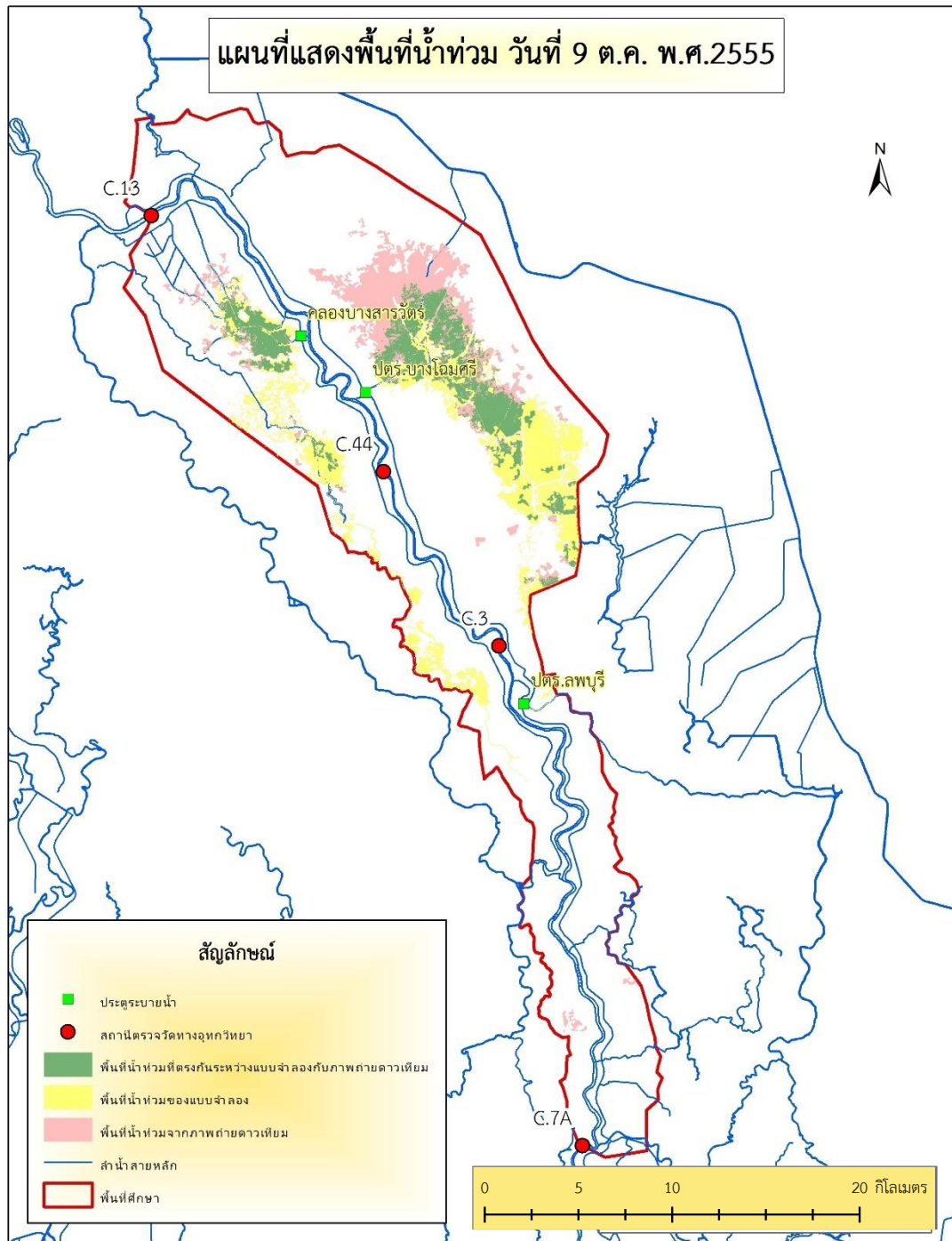
วันที่	พื้นที่น้ำท่วม จากภาพถ่าย ดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )	พื้นที่น้ำท่วมระหว่าง แบบจำลองกับภาพถ่าย ดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )			ค่า RMSE พื้นที่น้ำท่วม ระหว่างแบบจำลองกับ ภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )		
		F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7
05 ก.ย. 2553	52.71	16.84	17.08	17.34	35.87	35.63	35.37
15 ก.ย. 2553	168.36	38.31	40.31	40.84	130.05	128.05	127.52
08 ต.ค. 2553	121.89	123.00	128.65	133.44	1.11	6.75	11.54
09 ต.ค. 2553	125.10	126.97	131.71	135.81	1.87	6.62	10.72
26 ต.ค. 2553	166.63	142.67	145.57	147.91	23.96	21.05	18.72
30 ต.ค. 2553	355.14	173.73	176.67	179.33	181.42	178.48	175.81
01 พ.ย. 2553	227.13	179.10	182.08	186.20	48.03	45.04	40.92
02 พ.ย. 2553	239.76	180.73	185.23	186.89	59.04	54.54	52.88
06 พ.ย. 2553	237.72	175.41	177.47	182.99	62.31	60.24	54.72
09 พ.ย. 2553	157.47	166.04	167.80	176.92	8.57	10.33	19.45
16 พ.ย. 2553	49.16	146.77	157.15	168.07	97.61	108.00	118.91
02 ธ.ค. 2553	62.90	134.52	148.73	152.17	71.62	85.83	89.26
ค่า RMSE	-	-	-	-	79.63	80.53	81.12



ภาพที่ 41 ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 กับค่าการเปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2555

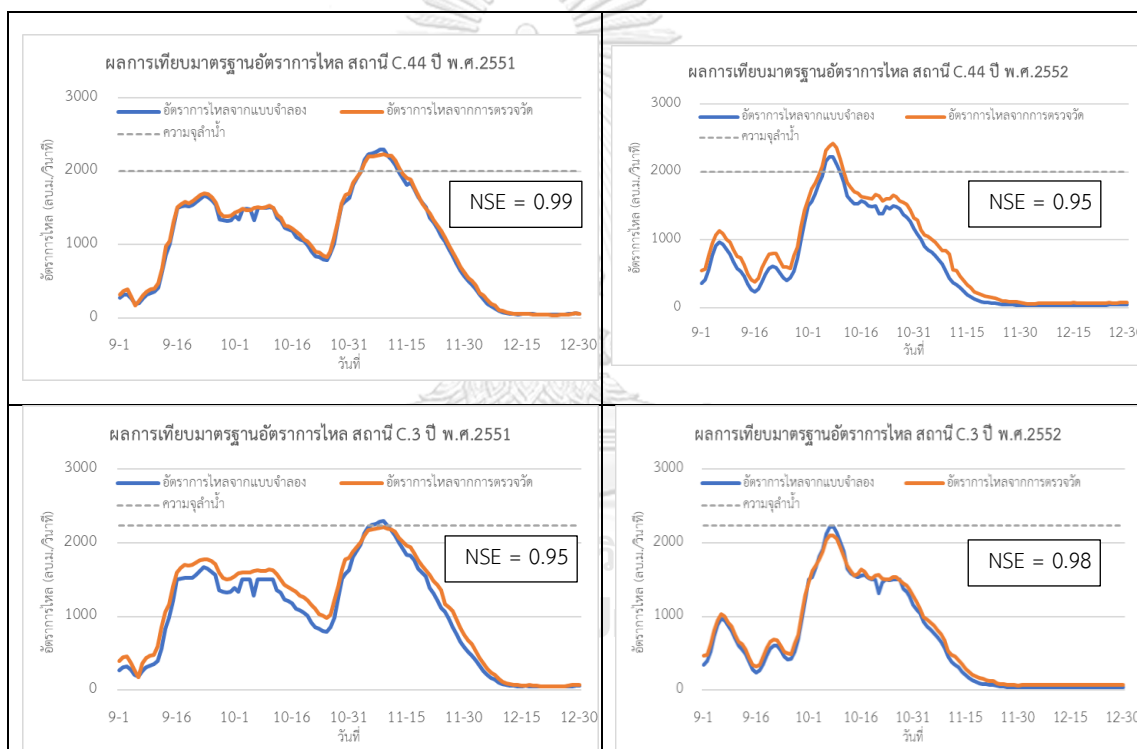
วันที่	พื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )	พื้นที่น้ำท่วมระหว่างแบบจำลองกับภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )			ค่า RMSE พื้นที่น้ำท่วมระหว่างแบบจำลองกับภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )		
		F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7	F = 2.3	F = 2.5	F = 2.7
17 ก.ย. 2555	80.30	29.99	31.57	33.41	50.69	48.74	46.89
22 ก.ย. 2555	89.02	119.41	121.31	122.78	30.23	32.29	33.76
23 ก.ย. 2555	62.12	118.04	120.09	124.73	55.97	57.97	62.62
27 ก.ย. 2555	65.86	120.03	121.49	123.39	53.73	55.64	57.53
28 ก.ย. 2555	66.28	116.98	118.60	120.04	50.28	52.33	53.75
30 ก.ย. 2555	62.97	104.32	106.67	109.18	40.76	43.70	46.21
03 ต.ค. 2555	61.58	108.33	109.66	111.09	46.69	48.07	49.50
04 ต.ค. 2555	62.18	109.45	110.97	113.33	47.23	48.79	51.14
05 ต.ค. 2555	62.64	110.58	113.81	115.48	47.84	51.17	52.83
09 ต.ค. 2555	95.83	112.17	113.16	113.91	16.35	17.33	18.28
10 ต.ค. 2555	81.35	112.06	112.87	113.95	30.71	31.51	32.84
17 ต.ค. 2555	65.53	90.07	93.65	93.90	24.59	28.51	28.78
ค่า RMSE	-	-	-	-	44.70	46.13	47.59



ภาพที่ 42 ผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคุณค่าสัมประสิทธิ์ 2.3  
กับค่าการเปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2555

### 5.3 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง (Validation)

ผลจากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง HEC-RAS ในลำน้ำ (1 มิติ) พบว่า ที่สถานี C.44 และสถานี C.3 ที่ใช้ข้อมูลของ ปีพ.ศ. 2551 และปีพ.ศ. 2552 พบว่า ค่าดัชนี NSE อยู่ในช่วง 0.95-0.98 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าของแบบจำลองและปริมาณน้ำท่าจากการสำรวจแสดงในภาพที่ 43 และตารางที่ 24 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในปีพ.ศ. 2551 สถานี C.44 มีค่า NSE ดีว่าสถานี C.3 ที่อัตราการไหลในแบบจำลองต่ำกว่าอัตราการไหลจริง แต่ในปีพ.ศ. 2552 สถานี C.3 มีค่า NSE ดีว่าสถานี C.44 ที่อัตราการไหลในแบบจำลองต่ำกว่าอัตราการไหลจริง ตลอดช่วงเหตุการณ์ที่นำมาทำการจำลอง การไหลในลำน้ำ



ภาพที่ 43 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลอัตราไหลในลำน้ำ (discharge; cms) ของแบบจำลองที่สถานี C.44 และ C.3

ตารางที่ 24 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง HEC-RAS แบบ 1 มิติ  
ในการคาดการณ์การไหลในลำน้ำที่สถานีตรวจวัด 2 แห่ง

ดัชนีประเมินความถูกต้อง ของแบบจำลอง	การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลอง (Validation)			
	2551		2552	
	C.44	C.3	C.44	C.3
NSE	0.99	0.95	0.95	0.98

จากผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลองได้ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 และพื้นที่กักเก็บน้ำ 4 แห่ง ให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองดีที่สุด จึงนำการตั้งค่าดังกล่าวใช้ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 2 มิติกับข้อมูลปี พ.ศ. 2551 และปีพ.ศ. 2552 พบว่า ในปีพ.ศ. 2551 ผลลัพธ์ค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วม เท่ากับ 0.783 เมตร (ตารางที่ 25) ส่วนในปีพ.ศ. 2552 พบว่า ผลลัพธ์ค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วม เท่ากับ 0.910 เมตร (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2551

สถานที่	ความลึกน้ำท่วม จากการสำรวจ (เมตร)	ความลึกน้ำท่วมจาก แบบจำลอง F = 2.5 (เมตร)	ค่า RMSE ความลึกน้ำท่วมจาก แบบจำลอง F = 2.5 (เมตร)	วันที่
วัดเช่าสิงห์	0.6	0.49	0.21	14 พ.ย.
รร.วัดพรหม เทพาวาส	1.3	-	-	-
วัดตะโหนด	0.7	0.80	0.10	16 พ.ย.
ค่า RMSE	-	-	0.41	-

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบค่า RMSE ของความลึกน้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2552

สถานที่	ความลึกน้ำท่วม จากการสำรวจ (เมตร)	ความลึกน้ำท่วมจาก แบบจำลอง F = 2.5 (เมตร)	RMSE ความลึกน้ำท่วมจาก แบบจำลอง F = 2.5 (เมตร)	วันที่
วัดเขาสิงห์	0.6	0.14	0.56	5 ต.ค.
รร.วัดพรหม เทพาวาส	1.3	-	-	-
วัดตะโหนด	0.7	-	-	-
ค่า RMSE	-	-	0.556	-

จากตารางที่ 27 และตารางที่ 28 แสดงให้เห็นว่า ในปีพ.ศ. 2551 ค่าผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและน้ำไม่ท่วม เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 คูณกับการเปิด-ปิดบานระบาย มีผลลัพธ์ เท่ากับ 2.99 เปอร์เซ็นต์ และในปีพ.ศ. 2552 มีผลลัพธ์ เท่ากับ 12.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เพราะไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำ นอกเหนือจากในแบบจำลอง ทำให้ผลรวมความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นจากการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ ในปีพ.ศ. 2551 ไม่เพิ่มขึ้นมากนัก

ตารางที่ 27 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่นำท่วมและพื้นที่นำท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2551

วันที่	ความถูกต้องของพื้นที่นำท่วมเมื่อเทียบกับ กับการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ ค่าสัมประสิทธิ์ = 2.5 (%)	ความถูกต้องของพื้นที่นำท่วมเมื่อเทียบกับ กับการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ ค่าสัมประสิทธิ์ = 2.5 (%)	ผลรวมความถูกต้อง เมื่อเทียบเป็นรายวัน (%)
19 ก.ย. 2551	1.75	-0.81	0.94
05 ต.ค. 2551	2.43	-0.83	1.60
06 ต.ค. 2551	1.68	-0.73	0.95
07 ต.ค. 2551	0.20	-0.32	-0.13
13 ต.ค. 2551	8.16	-5.17	2.99
14 ต.ค. 2551	0.88	-0.36	0.52
15 ต.ค. 2551	2.95	-0.64	2.31
14 พ.ย. 2551	4.03	-5.39	-1.36
16 พ.ย. 2551	2.08	-0.75	1.33
ค่าสูงสุด	-	-	2.99



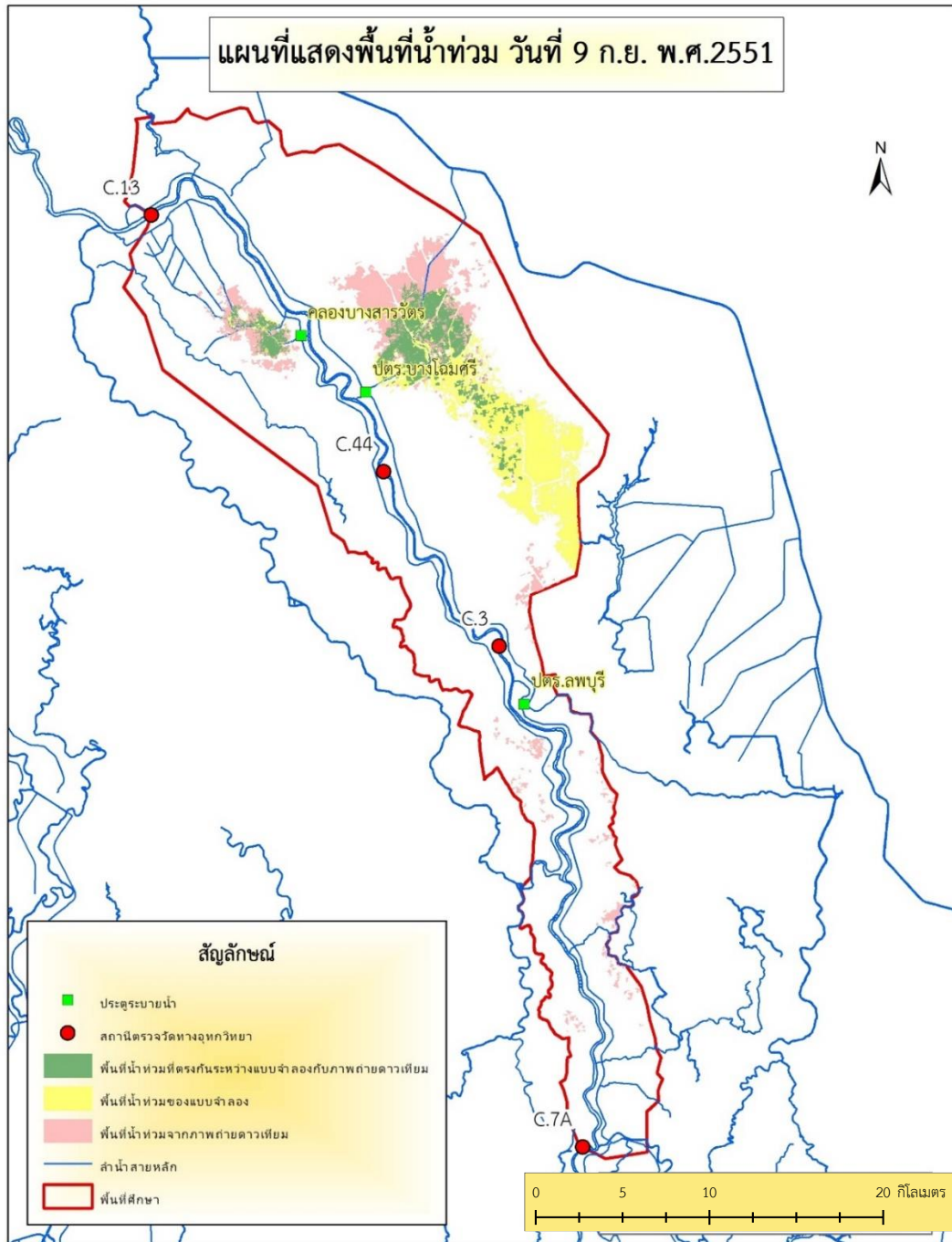
ตารางที่ 28 แสดงผลรวมความถูกต้องระหว่างพื้นที่นำท่วมและพื้นที่นำท่วมของพื้นที่ศึกษาที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปีพ.ศ. 2552

วันที่	ความถูกต้องของพื้นที่นำท่วมเมื่อเทียบกับ กับการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ ค่าสัมประสิทธิ์ = 2.5 (%)	ความถูกต้องของพื้นที่นำท่วมเมื่อเทียบกับ กับการเปิด-ปิดบานระบายแบบปกติ ค่าสัมประสิทธิ์ = 2.5 (%)	ผลรวมความถูกต้อง เมื่อเทียบเป็นรายวัน (%)
08 ต.ค. 2552	17.45	-5.00	12.45
09 ต.ค. 2552	18.31	-5.78	12.53
18 ต.ค. 2552	0.39	-1.56	-1.17
ค่าสูงสุด	-	-	12.53

ส่วนค่า RMSE ที่พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมเป็นหลัก ของปีพ.ศ. 2551 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 75.50 ตารางกิโลเมตร ดังตารางที่ 29 และภาพพื้นที่น้ำท่วมแสดงดังภาพที่ 44 วันที่แบบจำลองคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมได้ถูกต้องมากที่สุด คือ วันที่ 19 กันยายน ปีพ.ศ. 2551 และวันที่ 16 พฤศจิกายน เป็นวันที่แบบจำลองคาดการณ์คลาดเคลื่อนมากที่สุด ส่วนค่า RMSE ที่พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมเป็นหลัก ของปีพ.ศ. 2552 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 50.20 ตารางกิโลเมตร ดังตารางที่ 30 และภาพพื้นที่น้ำท่วมแสดงดังภาพที่ 45 วันที่แบบจำลองคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมได้ถูกต้องมากที่สุด คือ วันที่ 9 ตุลาคม ปีพ.ศ. 2552 และวันที่ 8 ตุลาคม ปีพ.ศ. 2552 เป็นวันที่แบบจำลองคาดการณ์คลาดเคลื่อนมากที่สุด

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปี พ.ศ. 2551

วันที่	พื้นที่น้ำท่วมจาก ภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )	พื้นที่น้ำท่วมระหว่าง แบบจำลองกับภาพถ่าย ดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )	ค่า RMSE พื้นที่น้ำท่วม ระหว่างแบบจำลองกับ ภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )
19 ก.ย. 2551	67.38	77.20	9.82
05 ต.ค. 2551	121.09	76.37	44.71
06 ต.ค. 2551	137.18	72.64	64.55
07 ต.ค. 2551	74.73	53.93	20.80
13 ต.ค. 2551	77.17	132.61	55.44
14 ต.ค. 2551	77.33	55.38	21.96
15 ต.ค. 2551	76.20	59.39	16.81
14 พ.ย. 2551	121.99	157.12	35.13
16 พ.ย. 2551	210.80	11.80	199.00
ค่า RMSE	-	-	75.5

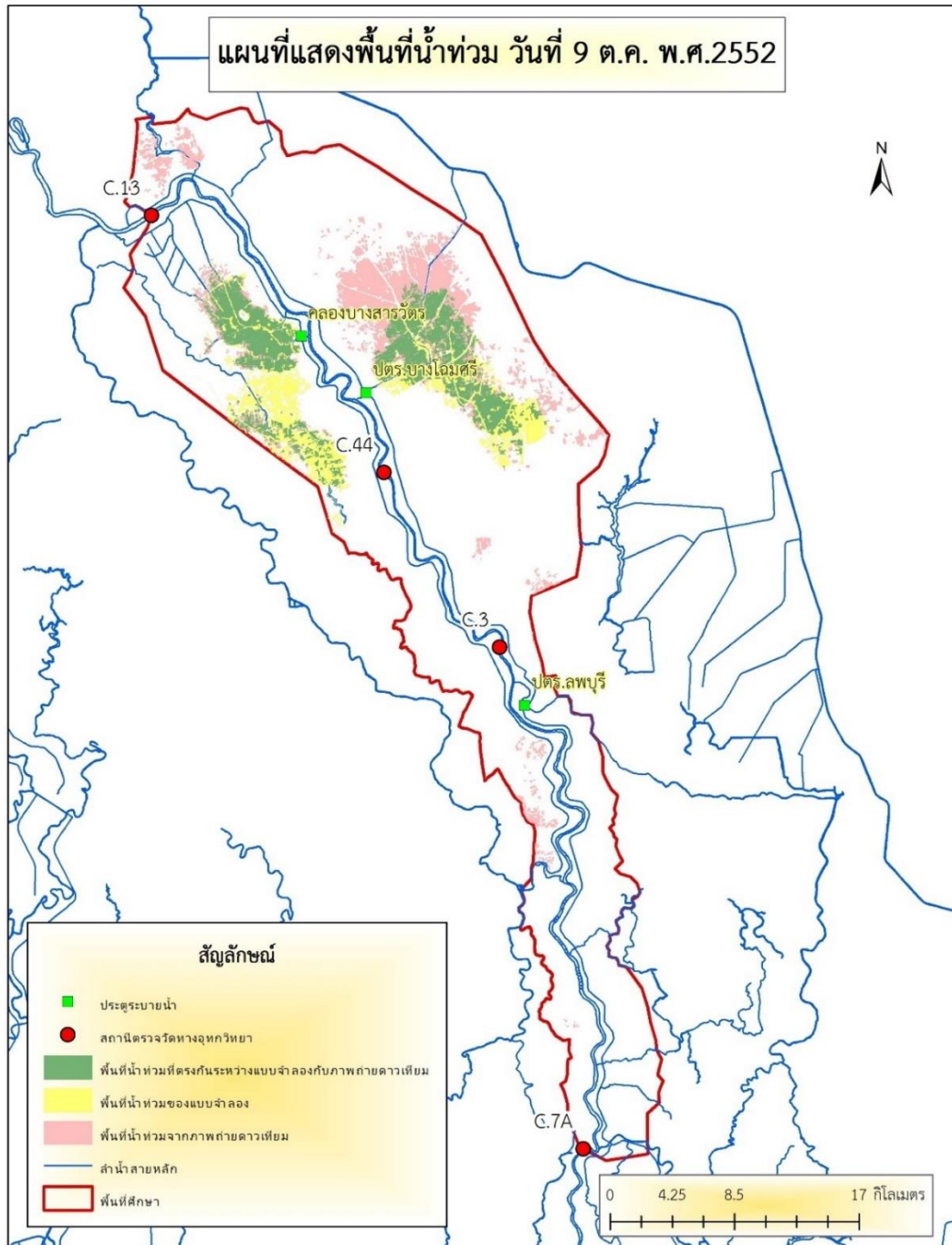


ภาพที่ 44 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคูณค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 กับค่าการเปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบ RMSE ของพื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 2.5 ในปี ปีพ.ศ. 2552

วันที่	พื้นที่น้ำท่วมจาก ภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )	พื้นที่น้ำท่วมระหว่าง แบบจำลองกับภาพถ่าย ดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )	ค่า RMSE พื้นที่น้ำท่วม ระหว่างแบบจำลองกับ ภาพถ่ายดาวเทียม (กม <sup>2</sup> )
08 ต.ค. 2552	136.49	73.29	63.20
09 ต.ค. 2552	110.55	91.60	18.95
18 ต.ค. 2552	33.48	90.02	56.53
ค่า RMSE	-	-	50.2

จากการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองทั้งในปีพ.ศ. 2551 และ ปีพ.ศ. 2552 พบว่า การไหลในลำน้ำ ทั้งปีพ.ศ. 2551 และปีพ.ศ. 2552 ให้ค่า NSE ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาความลึกของน้ำท่วมพบว่า ปีพ.ศ. 2551 มีค่า RMSE ที่น้อยกว่า แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ค่าผลรวมความถูกต้องรายวันของทั้งพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วม และค่า RMSE เฉพาะพื้นที่น้ำท่วมพบว่า ปีพ.ศ. 2552 มีผลลัพธ์ที่ดีกว่า ปีพ.ศ. 2551 อย่างมีนัยยะสำคัญ



ภาพที่ 45 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองของพื้นที่น้ำท่วมเมื่อคูณค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 กับค่าการเปิด-ปิดบานระบาย และพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2552

#### 5.4 ผลของการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัย

ผู้วิจัยจะทำการจำลองสภาพน้ำท่วม โดยใช้ข้อมูลของ ปีพ.ศ. 2548 และปีพ.ศ. 2550 ซึ่งจะทำให้การเพิ่มโครงสร้างการบรรเทาอุทกภัย 3 วิธีการ ได้แก่ 1) เพิ่มพื้นที่แก้มลิงจำนวน 1 แห่ง ได้แก่ แก้มลิงทุ่งเชียงราก 2) ปรับสภาพลำน้ำโดยการขุดลอกเพื่อเพิ่มความจุลำน้ำ 3) สร้างคันกั้นน้ำให้มีความสูง 18 เมตร 4) เพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัยทั้งหมดที่กล่าวมา

##### 5.4.1 ปริมาณการไหลการไหลในลำน้ำ

จากการใช้ข้อมูลของปีพ.ศ. 2548 และ ปีพ.ศ. 2550 พบว่า ผลของการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม ทั้ง 4 กรณี ทำให้อัตราการไหลในลำน้ำลดลงเล็กน้อย ในระดับที่ไม่มีนัยยะสำคัญ (ตารางที่ 31 และตารางที่ 32)

ตารางที่ 31 อัตราการไหลเฉลี่ยและอัตราการไหลสะสมในลำน้ำ ก่อนและหลังเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม จากสถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2548

สถานี	ก่อนเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม		เพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ (เมตร)		เพิ่มแก้มลิง		ปรับปรุงสภาพลำน้ำ		เพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 ประเภท	
	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม
C.44	430.9	91.78	429.3	91.51	429.6	91.45	430.3	91.64	430.0	91.60
C.3	431.8	91.97	429.5	91.60	430.1	91.49	430.8	91.75	430.5	91.69
C.7A	423.5	90.19	423.2	90.25	423.7	90.15	424.3	90.37	424.1	90.33

ตารางที่ 32 อัตราการไหลเฉลี่ยและอัตราการไหลสะสมในลำน้ำ ก่อนและหลังเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม จากสถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2550

สถานี	ก่อนเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม		เพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ (เมตร)		เพิ่มแก้มลิง		ขุดลอกลำน้ำ		เพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 ประเภท	
	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม	เฉลี่ย	สะสม
C.13	148.05	695.31	148.05	695.31	148.05	695.31	148.05	695.31	695.31	148.10
C.44	148.24	696.20	148.01	695.10	148.16	695.81	148.14	695.75	695.65	148.17
C.3	148.40	696.95	147.95	694.87	148.33	696.62	148.49	697.37	696.39	148.33
C.7A	146.01	685.75	146.11	686.21	146.09	686.12	146.22	686.70	686.58	146.24

#### 5.4.2 การเปลี่ยนแปลงขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมขัง

ในส่วนเขตพื้นที่น้ำท่วมจากผลของการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม ของข้อมูลปีพ.ศ. 2548 มีรายละเอียด ดังตารางที่ 33 และภาพที่ 46 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมพร้อมกันทั้ง 3 โครงสร้าง จะช่วยบรรเทาการเกิดอุทกภัยได้ดีที่สุด โดยจะช่วยลดพื้นที่ท่วมขังบริเวณฝั่งซ้ายของแม่น้ำ เมื่อพิจารณาแยกแล้ว พบว่า โครงสร้างที่ช่วยบรรเทาอุทกภัยได้ดีที่สุด ได้แก่ การเพิ่มแก้มลิง ส่วนการขุดลอกลำน้ำและการเพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ มีประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยน้อยลงมาตามลำดับ ส่วนในข้อมูลปีพ.ศ. 2550 มีรายละเอียด ดังตารางที่ 34 และภาพที่ 47 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมพร้อมกันทั้ง 3 โครงสร้างและการเพิ่มแก้มลิง ช่วยบรรเทาการเกิดอุทกภัยได้ดีใกล้เคียงกัน โครงสร้างที่ช่วยบรรเทาอุทกภัยรองลงมา ได้แก่ การเพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ ส่วนการขุดลอกลำน้ำมีประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยน้อยที่สุด

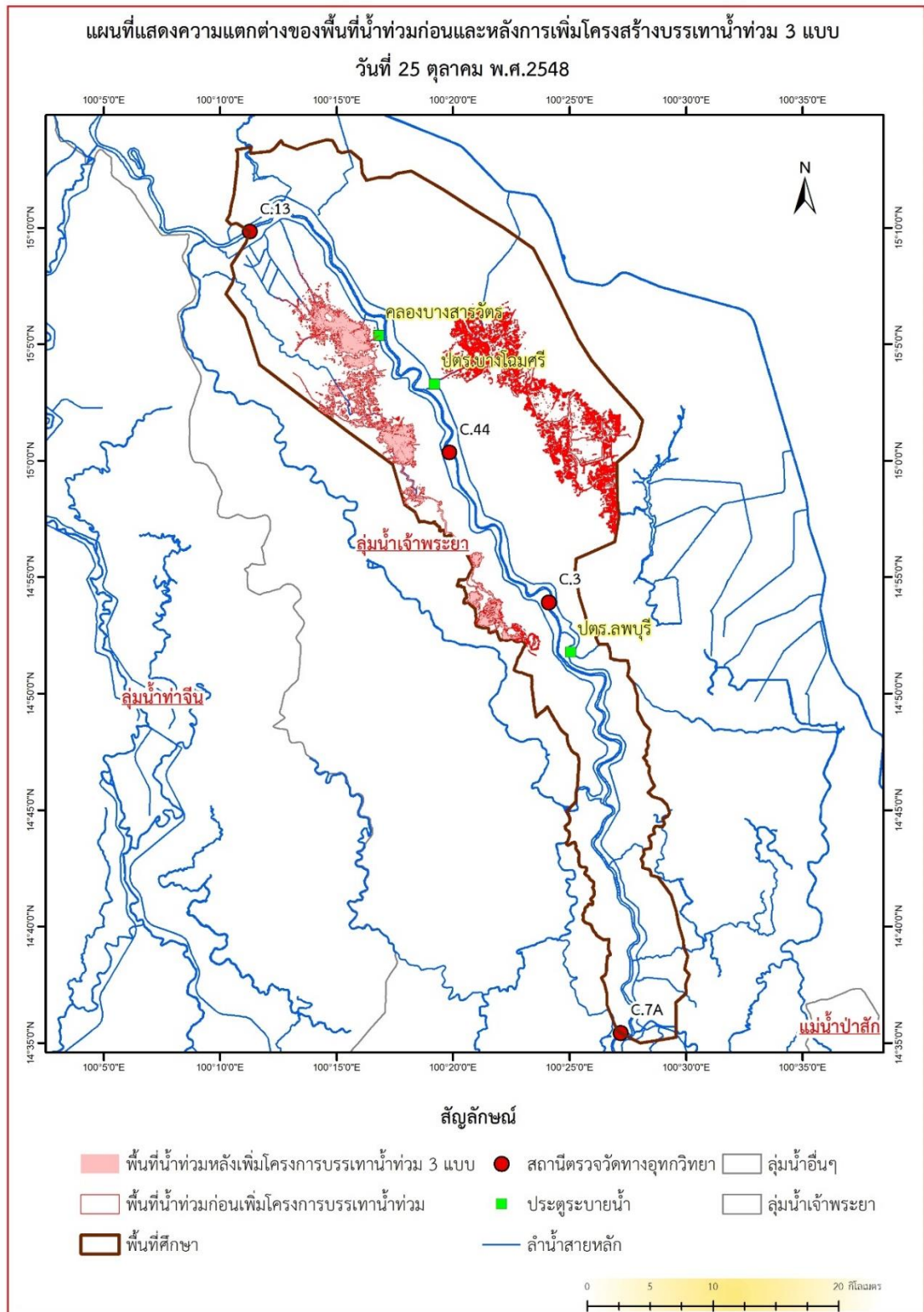
ตารางที่ 33 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยแบบต่าง ๆ จากสถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2548

พื้นที่น้ำท่วม	ก่อนเพิ่ม โครงสร้าง บรรเทาน้ำ ท่วม	เพิ่มความสูง ของคันกั้นน้ำ (เมตร)	เพิ่ม แก้มลิง	ขุดลอกลำน้ำ	เพิ่มโครงสร้าง บรรเทาน้ำ ท่วมทั้งหมด
25 ต.ค. 2548	67.06	66.08	27.72	64.89	25.79
26 ต.ค. 2548	66.98	66.32	28.49	63.92	25.75
07 พ.ย. 2548	59.16	58.89	28.49	57.88	27.69
10 พ.ย. 2548	56.56	56.30	28.43	54.45	27.39

ตารางที่ 34 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยแบบต่าง ๆ จากสถานการณ์น้ำท่วมใน ปีพ.ศ. 2550

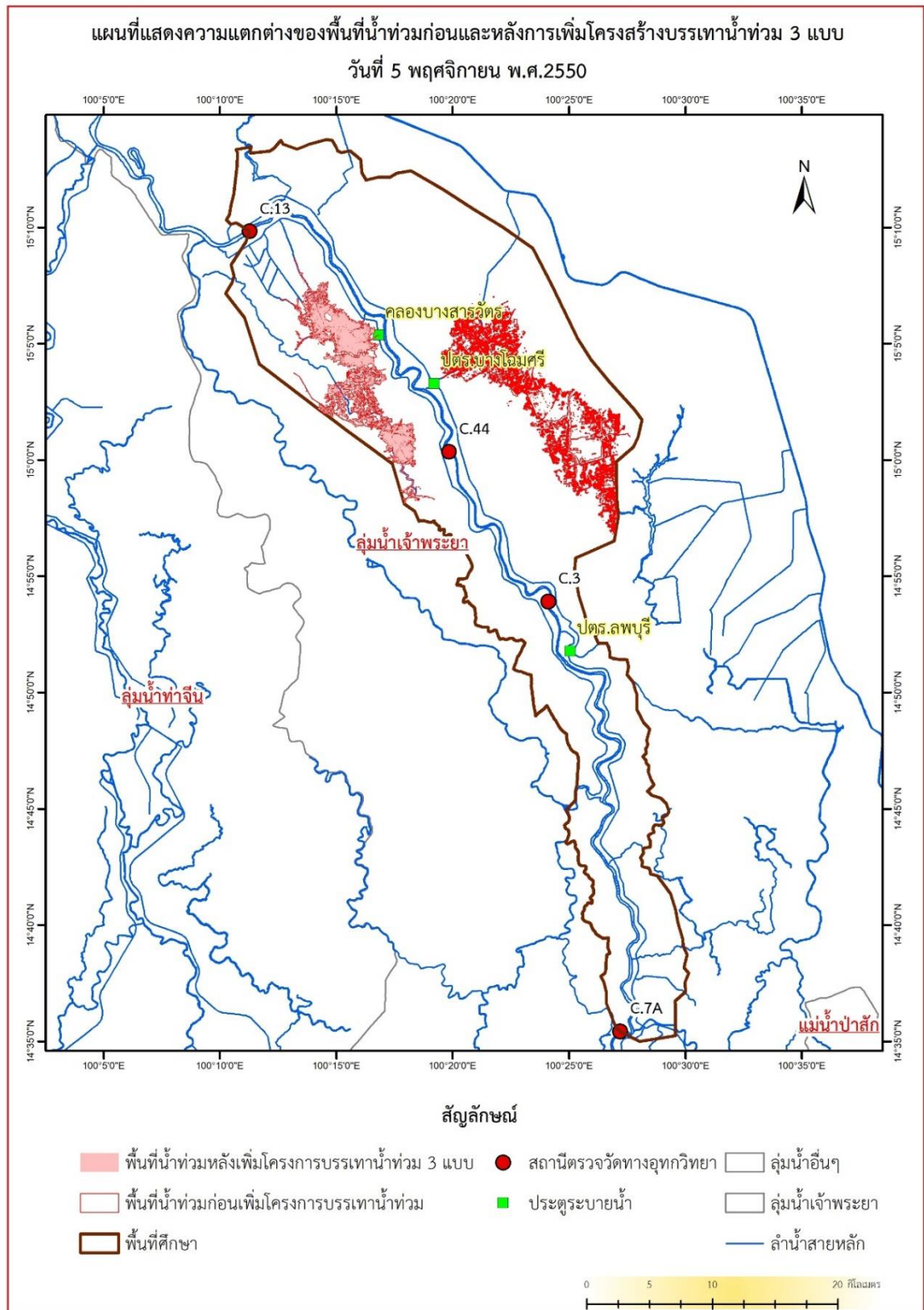
พื้นที่น้ำท่วม	ก่อนเพิ่ม โครงสร้าง บรรเทาน้ำท่วม	เพิ่มความสูง ของคันกั้นน้ำ (เมตร)	เพิ่ม แก้มลิง	ขุดลอกลำน้ำ	เพิ่มโครงสร้าง บรรเทาน้ำท่วม ทั้งหมด
12 ต.ค. 2550	13.14	8.23	0.00	9.63	0.00
23 ต.ค. 2550	55.45	30.48	14.00	44.26	13.98
26 ต.ค. 2550	72.56	33.02	21.27	58.03	21.07
05 พ.ย. 2550	72.62	35.10	26.70	70.18	26.38





ภาพที่ 46 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 รูปแบบของปีพ.ศ. 2548





ภาพที่ 47 พื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้ง 3 รูปแบบของปีพ.ศ. 2550

### 5.4.3 ระดับน้ำท่วม

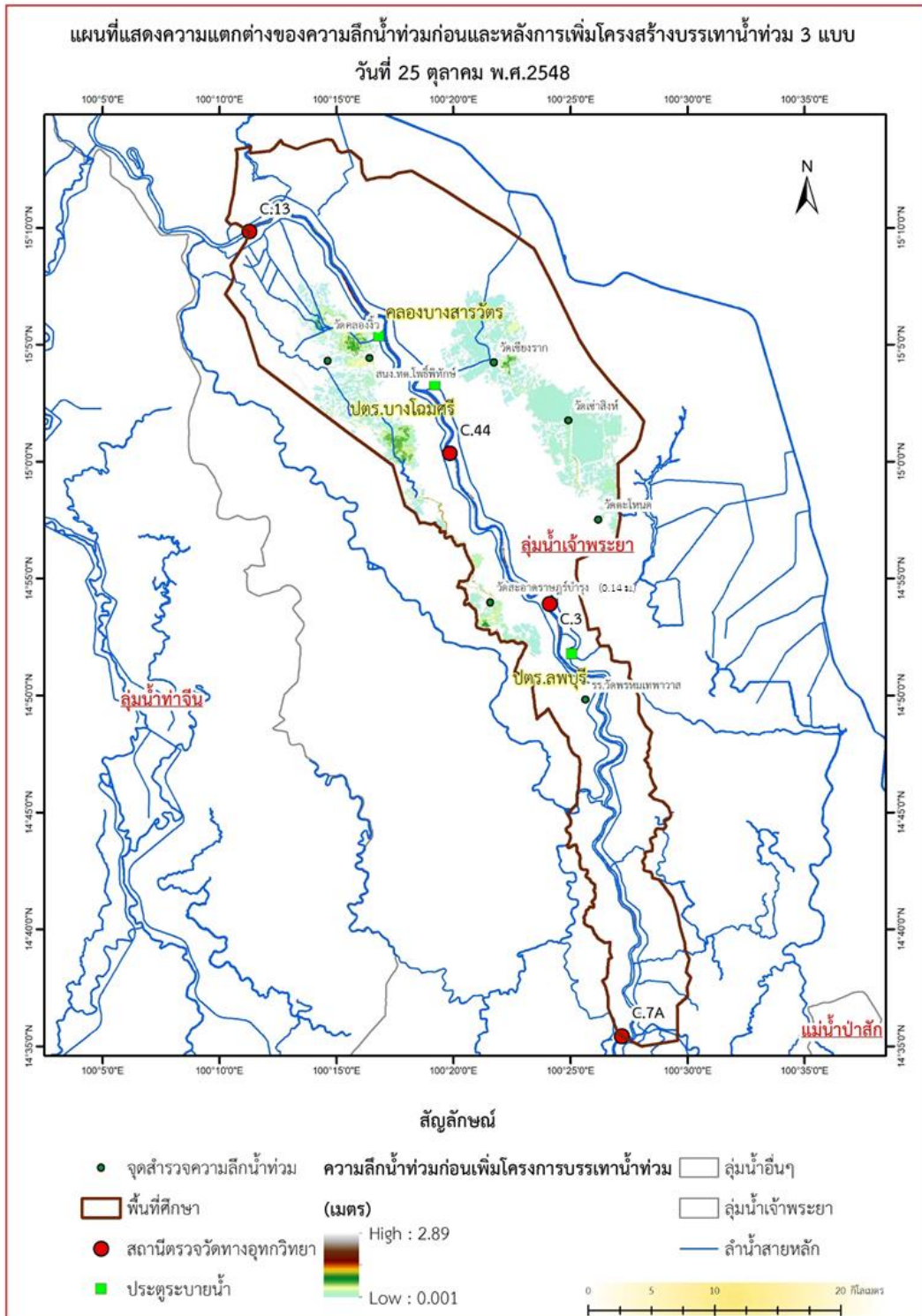
ความลึกของน้ำท่วมจากผลของการเพิ่มโครงสร้างฯ ในปีพ.ศ. 2548 (ตารางที่ 35 และภาพที่ 48) พบว่า การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมพร้อมกันทั้ง 3 โครงสร้างและการเพิ่มแก้มลิง จะช่วยลดความสูงของน้ำท่วมได้ดีใกล้เคียงกัน ส่วนการขุดลอกลำน้ำและการเพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ มีส่วนช่วยลดระดับความลึกของน้ำท่วมซึ่งได้ไม่มากนัก และในปีพ.ศ. 2548 (ตารางที่ 36 และภาพที่ 49) พบว่า การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมพร้อมกันทั้ง 3 โครงสร้าง มีประสิทธิภาพในการลดความลึกของน้ำท่วมได้ดีที่สุด การเพิ่มแก้มลิง การเพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำและการขุดลอกลำน้ำ มีส่วนช่วยลดความลึกของน้ำท่วมน้อยลงตามลำดับ

ตารางที่ 35 ระดับความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาอุทกภัยจากสถานการณ์น้ำท่วม ในปีพ.ศ. 2548

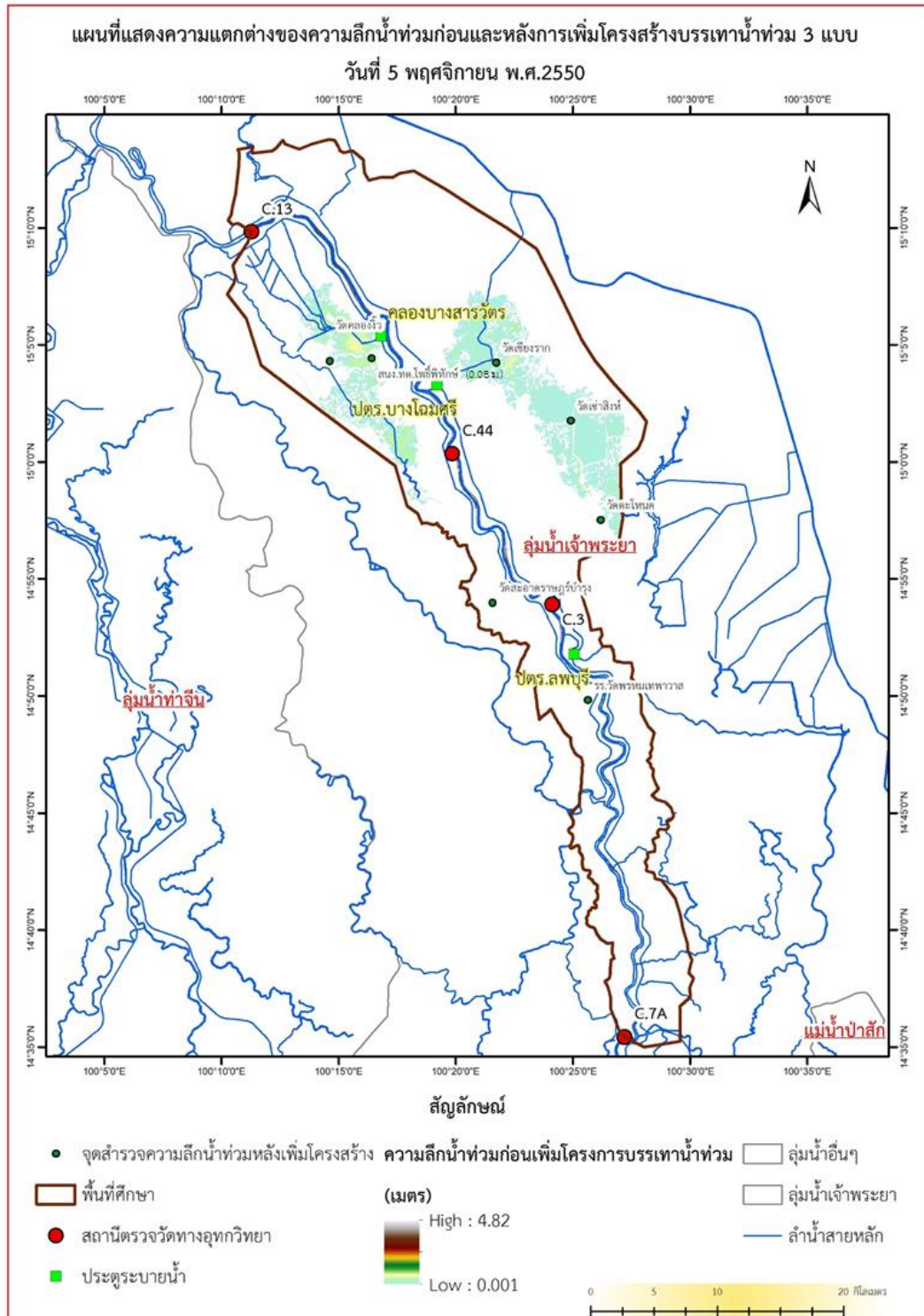
ความลึกน้ำท่วม	ก่อนเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม	เพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ (เมตร)	เพิ่มแก้มลิง	ขุดลอกลำน้ำ	เพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้งหมด
วัดสะอาดราษฎร์บำรุง	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14
วัดเชียงราก	0.11	0.11	-	0.11	-
วัดเช่าสิงห์	0.09	0.09	-	0.08	-

ตารางที่ 36 ระดับความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยจากสถานการณ์น้ำท่วม ในปีพ.ศ. 2550

ความลึกน้ำท่วม	ก่อนเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม	เพิ่มความสูงของคันกั้นน้ำ (เมตร)	เพิ่มแก้มลิง	ขุดลอกลำน้ำ	เพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมทั้งหมด
วัดคลองจี่ว	0.14	-	-	-	-
สนง.ทต.โพธิ์พิทักษ์	0.23	-	-	0.08	0.08
วัดสะอาดราษฎร์บำรุง	0.12	-	-	-	-
วัดเชียงราก	0.32	0.23	0.10	0.26	-
วัดเช่าสิงห์	0.19	0.08	0.003	0.111	-



ภาพที่ 48 แสดงความแตกต่างของความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม 3 แบบ  
 ของปีพ.ศ. 2548



ภาพที่ 49 แสดงความแตกต่างของความลึกน้ำท่วมก่อนและหลังการเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วม 3 แบบ ของปีพ.ศ. 2550

ดังนั้น เมื่อพิจารณาทั้งการไหลในลำน้ำ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม และความลึกน้ำท่วม โครงสร้างการบรรเทาอุทกภัยที่ดีที่สุดคือ การเพิ่มโครงสร้างฯ ทั้ง 3 แบบ ที่จะช่วยลดพื้นที่และความลึกของน้ำท่วมได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาแยกแต่ละมาตรการแล้วพบว่า การเพิ่มพื้นที่แก้มลิงมีประสิทธิภาพในการบรรเทาน้ำท่วมดีที่สุด ในขณะที่อีก 2 มาตรการ การเพิ่มคันกั้นน้ำและการปรับปรุงลำน้ำ ยังไม่เห็นการบรรเทาน้ำท่วมที่ชัดเจน





## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการจำลองการเกิดน้ำท่วมล้นตลิ่งในบริเวณโดยรอบของลำน้ำในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางและศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของขอบเขตพื้นที่และระดับน้ำท่วมซึ่งจากการใช้มาตรการเชิงโครงสร้างในการป้องกันน้ำท่วม ได้แก่ คันกั้นน้ำ พื้นที่แก้มลิง และการขุดลอกลำน้ำ จากการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS โดยมีพื้นที่ศึกษาคือบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลาง ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาจนถึงอำเภอเมืองจังหวัดอ่างทอง

ในการวิจัยใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการคาดการณ์ปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำเจ้าพระยา (1 เมตร) และปริมาณน้ำหลากล้นตลิ่ง (2 เมตร) โดยใช้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำ ได้แก่ ทางน้ำสายหลัก ระดับตลิ่ง เส้นทางการไหลเมื่อล้นตลิ่ง เส้นสันเขาหรือพื้นที่สูง ภาพตัดขวางลำน้ำ ประเภทการใช้ที่ดิน และข้อมูลความสูงภูมิประเทศของพื้นที่ ในการทดสอบแบบจำลองได้ใช้ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลที่ทำการตรวจวัดในลำน้ำสายหลักจำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานี C.13 สถานี C.44 สถานี C.3 และสถานี C.7A โดยเป็นข้อมูลช่วงฤดูน้ำหลากของพื้นที่ศึกษา คือ เดือนมิถุนายนถึงธันวาคม

การเทียบมาตรฐานแบบจำลองใน 1 เมตร ที่สถานี C.44 และ C.3 โดยค่าดัชนี NSE เท่ากับ 0.97 และ 0.98 ตามลำดับ เมื่อใช้ข้อมูลของ ปีพ.ศ. 2553 ส่วนข้อมูล ปีพ.ศ. 2555 ได้ค่าดัชนี NSE เท่ากับ 0.97 และ 0.99 ที่สถานี C.44 และ C.3 ตามลำดับ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำที่ 0.017-0.042 ส่วนในการเทียบมาตรฐานแบบจำลองใน 2 เมตร โดยใช้ข้อมูล ปีพ.ศ. 2553 และปีพ.ศ. 2555 ได้ทำการเพิ่มพื้นที่กักเก็บจำนวน 4 แห่ง รอบพื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นการระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษา เป็นการจำลองตามสภาพการไหลจริง และนำค่าสัมประสิทธิ์คูณกับการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ เนื่องจากประตูระบายน้ำ 3 แห่ง ในแบบจำลอง เป็นข้อมูลการระบายน้ำออกจากลำน้ำหลักในพื้นที่ศึกษาที่อาจจะไม่เป็นตัวแทนการระบายน้ำที่ดีมากนัก เพราะพื้นที่ศึกษามีระบบการระบายน้ำที่ซับซ้อน ประกอบไปด้วย ประตูระบายน้ำ ท่อลอด และไซฟ่อนต่าง ๆ ที่มีการจัดเก็บ

ข้อมูลไม่ครบถ้วน การนำค่าค่าสัมประสิทธิ์คูณกับการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำที่มีข้อมูลน่าเชื่อถือ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองในอีกประการหนึ่ง ปรากฏว่า ใน ปีพ.ศ. 2553 ค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ส่วนเมื่อใช้ข้อมูล ปีพ.ศ. 2555 ที่มีพื้นที่เก็บกักน้ำ 4 แห่ง ในบริเวณเดียวกับการตั้งค่าแบบจำลองใน ปีพ.ศ. 2553 ค่าสัมประสิทธิ์ 2.7 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นจากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองทั้งใน ปีพ.ศ. 2553 และปีพ.ศ. 2555 พบว่า พื้นที่เก็บกัก 4 แห่ง และค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมกับการคูณกับการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำ เท่ากับ 2.3 และ 2.7 ตามลำดับ ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ คือ 2.5

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองใน 1 มิติ พบว่า ที่สถานี C.44 และ C.3 โดยค่าดัชนี NSE เท่ากับ 0.99 และ 0.95 ตามลำดับ เมื่อใช้ข้อมูลของปีพ.ศ. 2551 ส่วนข้อมูล ปีพ.ศ. 2552 ได้ค่าดัชนี NSE เท่ากับ 0.95 และ 0.98 ที่สถานี C.44 และ C.3 ตามลำดับ ส่วนในการ ตรวจสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองใน 2 มิติ ที่ค่าสัมประสิทธิ์ 2.5 โดยใช้ข้อมูล ปีพ.ศ. 2551 โดยใช้ค่าผลรวมความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมของพื้นที่ศึกษา จะได้ค่า เท่ากับ 1.02 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนความลึกของน้ำท่วม ค่าดัชนี RMSE เท่ากับ 0.662 เมตร และเมื่อพิจารณา ค่าดัชนี RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมเพียงอย่างเดียว พบว่า ผลลัพธ์เท่ากับ 226.60 ตารางกิโลเมตร หากใช้ข้อมูล ปีพ.ศ. 2555 จะได้ค่าผลรวมความถูกต้องของพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมของพื้นที่ ศึกษา เท่ากับ 7.94 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนความลึกของน้ำท่วม ค่าดัชนี RMSE เท่ากับ 0.690 เมตร และเมื่อพิจารณา ค่าดัชนี RMSE ของพื้นที่น้ำท่วมเพียงอย่างเดียว พบว่า ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด คือ ค่าสัมประสิทธิ์ 2.3 ผลลัพธ์เท่ากับ 86.88 ตารางกิโลเมตร

จากผลลัพธ์การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง จะเห็นว่าแบบจำลองสามารถ คาดคะเนการไหลในลำน้ำได้อย่างน่าเชื่อถือ แต่สำหรับการไหลล้นตลิ่งแล้ว ยังให้ค่าความถูกต้อง ไม่ค่อยสูงมากนักทั้งพื้นที่น้ำท่วม พื้นที่น้ำไม่ท่วม และความลึกของน้ำท่วม ในบริเวณพื้นที่ ที่อยู่ห่างจากลำน้ำสายหลัก เนื่องจากน้ำท่วมในบริเวณดังกล่าวไม่ได้เกิดจากปริมาณน้ำในแม่น้ำ เจ้าพระยา ล้นตลิ่งแต่เกิดจากการที่น้ำในลำคลองสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยาล้นตลิ่งและไหลบ่า บนพื้นที่ราบจากทางตอนบนของพื้นที่ศึกษาลงมายังที่ราบตอนล่าง

ส่วนการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ศึกษานั้น จะใช้ข้อมูลของปีพ.ศ. 2548 และปีพ.ศ. 2550 ทำการเพิ่มโครงสร้างฯ ดังนี้ เพิ่มคันกันน้ำ ขุดลอกลำน้ำ และเพิ่มพื้นที่แก้มลิง รวมทั้งการสร้างภาพจำลอง (Scenario) ของโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 แบบ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยในปีพ.ศ. 2548 พบว่า การเพิ่มโครงสร้างฯ ไม่ส่งผลต่ออัตราการไหลเฉลี่ยและอัตราการไหลสะสมในลำน้ำอย่างมีนัยยะสำคัญ ในส่วนของพื้นที่น้ำท่วม การเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 แบบ และการเพิ่มแก้มลิง จะช่วยลดความสูงของน้ำท่วมได้ดีใกล้เคียงกัน คือ โดยสามารถช่วยลดพื้นที่น้ำท่วมได้สูงสุด 41.27 และ 39.34 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนการขุดลอกลำน้ำ และการเพิ่มความสูงของคันกันน้ำ มีส่วนช่วยลดพื้นที่น้ำท่วมน้อยลง คือ 2.17 และ 0.98 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการลดความลึกของน้ำท่วม ที่การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมพร้อมกันทั้ง 3 โครงสร้างและการเพิ่มแก้มลิง จะช่วยลดความสูงของน้ำท่วมได้ดีใกล้เคียงกัน ส่วนการขุดลอกลำน้ำและการเพิ่มความสูงของคันกันน้ำ มีส่วนช่วยลดความลึกของน้ำท่วมน้อยมาก เมื่อใช้ข้อมูลของปีพ.ศ. 2550 พบว่า การเพิ่มโครงสร้างฯ ไม่ส่งผลต่ออัตราการไหลเฉลี่ยและอัตราการไหลสะสมในลำน้ำอย่างมีนัยยะสำคัญ ในส่วนของพื้นที่น้ำท่วม การเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 แบบ และการเพิ่มแก้มลิง จะช่วยลดพื้นที่ของน้ำท่วมได้ดีใกล้เคียงกัน คือ โดยสามารถช่วยลดพื้นที่น้ำท่วมได้สูงสุด 51.48 และ 51.28 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนการขุดลอกลำน้ำและการเพิ่มความสูงของคันกันน้ำ มีส่วนช่วยลดพื้นที่น้ำท่วมน้อยลง คือ 14.52 และ 39.53 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนการลดความลึกของน้ำท่วม การเพิ่มโครงสร้างบรรเทาน้ำท่วมพร้อมกันทั้ง 3 โครงสร้าง จะช่วยลดความลึกของน้ำท่วมได้ดีที่สุด รองลงไปเป็นการเพิ่มแก้มลิง การเพิ่มความสูงของคันกันน้ำ และการขุดลอกลำน้ำ ตามลำดับ

จากการสร้างภาพจำลองของการเพิ่มโครงสร้าง โดยการเพิ่มแก้มลิง การสร้างคันกันน้ำ และการขุดลอกลำน้ำ และการเพิ่มโครงสร้างเพื่อบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 แบบ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว จะเห็นว่าการเพิ่มโครงสร้างทั้งหมด เป็นวิธีบรรเทาน้ำท่วมที่ดีที่สุด เนื่องจากช่วยลดขอบเขตพื้นที่และความสูงของน้ำท่วมได้ดีที่สุด โดยโครงการการป้องกันน้ำท่วมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการสร้างพื้นที่แก้มลิง ในขณะที่การสร้างคันกันน้ำและการขุดลอกลำน้ำ ช่วยบรรเทาน้ำท่วมได้ไม่มากนัก เนื่องจากการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาเป็นการท่วมจากการผันน้ำจากลำน้ำสายหลักไปยังคลองสาขา และเกิดการล้นตลิ่งจากคลองสาขาไปยังบริเวณโดยรอบเป็นหลัก การเกิดน้ำท่วมจากการไหลล้นคัน



กันน้ำริมฝั่งแม่น้ำเป็นเพียงส่วนน้อยในพื้นที่ศึกษา ส่วนการขุดลอกลำน้ำ ในความเป็นจริงแล้ว จะสามารถทำการขุดลอกได้เป็นบางช่วงของลำน้ำเท่านั้น เช่นเดียวกับการจำลองในแบบจำลองที่ขุดลอก เฉพาะบริเวณที่มีสันดอนทรายเด่นชัด ซึ่งจะช่วยเพิ่มความจุลำน้ำได้เล็กน้อย และมีผลต่อการบรรเทา น้ำท่วมไม่มากนัก

## 6.2 ปัญหาและอุปสรรค

บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลาง เป็นบริเวณที่มีระบบการระบายน้ำที่ซับซ้อน ทั้งจากการไหลโดยธรรมชาติและจากคลองขุดเพื่อการชลประทาน รวมถึงยังมีโครงสร้างการ ชลประทานและการระบายน้ำท่วมซึ่งเป็นจำนวนมาก ประกอบด้วย ประตูระบายน้ำ ท่อลอด ไซฟอน การสูบน้ำออกไปสู่คลองย่อยต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำออกจากลำน้ำสายหลัก ในช่วงเวลาน้ำหลาก ข้อมูลการระบายน้ำผ่านโครงสร้างทั้งหมดนี้ ไม่ได้รับการบันทึกไว้อย่างเหมาะสม หากมีการบันทึกข้อมูลไว้อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลที่เป็น ระบบ ก็จะทำให้สะดวกต่อการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ และไม่เกิดการสูญหายเมื่อเปลี่ยนเจ้าหน้าที่ รับผิดชอบ

ในแง่ของความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น ค่าอัตราการระบายน้ำผ่านโครงสร้างต่าง ๆ อาจมีความ คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากขาดการเทียบมาตรฐานการระบายน้ำของโครงสร้าง หากมีการกำหนดรอบเกณฑ์การเทียบมาตรฐานการระบายน้ำของโครงสร้าง ให้มีความสม่ำเสมอตาม หลักสากล ก็จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้ ในขณะที่ข้อมูลอัตราการไหลที่สถานีอุทกวิทยา ได้จากคำนวณมาจากเส้นโค้งความสัมพันธ์ของระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating Curve) ที่หากการสำรวจเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำเส้นโค้งฯ ทำได้ไม่ถูกต้อง หรือมีจำนวนข้อมูลตัวอย่างน้อย ไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของหน้าตัดการไหลนั้น ๆ ได้ ก็จะทำให้ข้อมูลอัตราการไหลคลาดเคลื่อน เช่นกัน นอกจากนี้ ความถูกต้อง (accuracy) ของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ซึ่งอยู่ระหว่างค่า ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30 เซนติเมตร ถึง 2 เมตร ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความลึกของน้ำท่วม จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อน

การนำแบบจำลองทางชลศาสตร์ จำลองการไหลทั้ง 1 และ 2 มิติ ในลุ่มน้ำต่าง ๆ ที่มีการเกิดอุทกภัยบ่อยครั้ง จะมีประโยชน์อย่างมากในการคาดการณ์อัตราการไหล ความลึก

และพื้นที่น้ำท่วม แต่ในปัจจุบัน ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ คือ ภาพตัดขวางลำน้ำ และข้อมูล ความสูงของภูมิประเทศที่มีความละเอียดในระดับเดซิเมตร ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ ต่อการตั้งค่าแบบจำลองทางชลศาสตร์ มีจำนวนไม่เพียงพอในกลุ่มน้ำต่าง ๆ ทำให้การประยุกต์ใช้ แบบจำลองไม่ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ที่มีลักษณะ เป็นพื้นที่ราบ มีความสูงของพื้นที่ที่แตกต่างกันน้อย

ข้อจำกัดของแบบจำลอง HEC-RAS เป็นแบบจำลองทางชลศาสตร์ ที่มีการคำนวณซับซ้อน ทำให้ใช้เวลาประมวลผลค่อนข้างนาน โดยเฉพาะหากมีการไหลล้นตลิ่งของอัตราการไหลเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์จำลองได้เป็นจำนวนมาก และในส่วนของข้อจำกัด ของการจำลอง คือ ไม่สามารถแสดงผลของพื้นที่น้ำท่วมในแก้มลิงได้ ทำให้ไม่สามารถคำนวณ พื้นที่น้ำท่วมได้ทั้งหมด ในกรณีที่พื้นที่แก้มลิงอยู่ในพื้นที่ศึกษา ในส่วนของโครงสร้างบรรเทาอุทกภัย ตำแหน่งของแก้มลิง อาจจะมีผลต่อความลึกและขอบเขตน้ำท่วม การสร้างคันกั้นน้ำ ซึ่งมีการสร้าง โดยใช้เกณฑ์ความสูงของคาบการอุบัตซ้ำ 25 ปี ในเขตพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งความสูงของคันกั้นน้ำ อาจจะไม่เพียงพอต่อการป้องกันน้ำท่วม จึงจะต้องสร้างคันกั้นน้ำที่ความสูง 18 เมตร เพื่อให้ครอบคลุมความลึกของน้ำท่วมของคาบการอุบัตซ้ำ 100 ปี โดยเฉลี่ยทั้งลำน้ำ ซึ่งจะช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการป้องกันน้ำท่วมให้เพิ่มมากขึ้น และการขุดลอกลำน้ำในทุกภาพตัดขวาง อาจจะช่วย เพิ่มความจุของลำน้ำ ซึ่งอาจจะช่วยลดความลึกและขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมได้มากขึ้น

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลาง ควรจะเพิ่ม การจำลองการไหลทั้งแบบ 1 มิติและ 2 มิติของคลองสาขาขนาดใหญ่ ได้แก่ คลองบางโฉมศรี เพื่อให้สามารถจำลองการไหลล้นตลิ่งของคลองสาขาในแบบจำลองได้ และควรเพิ่มการสร้างภาพ จำลองให้หลากหลายขึ้น เช่น การจำลองการเกิดน้ำท่วมจากปริมาณน้ำไหลในลำน้ำที่มี คาบการอุบัตซ้ำที่มีความละเอียดมากขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ของพื้นที่น้ำท่วม การเพิ่มโครงสร้าง ป้องกันน้ำท่วม ทั้งในด้านจำนวนและตำแหน่งของโครงสร้างบนพื้นที่ และวิเคราะห์ความสามารถ ในการลดความรุนแรงของการเกิดน้ำท่วมที่ทั้งในเชิงปริมาณและในเชิงพื้นที่ พิจารณาเพิ่มโครงสร้าง ป้องกันน้ำท่วมแบบอื่น ๆ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดินในอนาคต

ต่อความรุนแรงของน้ำท่วมและประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา  
ว่าสามารถรับมือกับน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใด เป็นต้น

ในแบบจำลองนี้โครงสร้างการบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 แบบ ขาดการคำนวณค่าใช้จ่าย  
และความเห็นชอบของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ ซึ่งหากจะมีการนำโครงสร้างการบรรเทาอุทกภัย  
เหล่านี้ไปใช้ในพื้นที่ ควรจะคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าวด้วย



## บรรณานุกรม

- Alzahrani, A. S. (2017). *Application of Two-Dimensional Hydraulic Modeling in Riverine Systems Using HEC-RAS*
- Barkau, R. L. (1982). *Simulation of the July 1981 Flood Along the Salt River.*
- BMT, W. P. L. (2016). *TUFLOW User Manual.*
- Chow. (1959). *Manning's n for Channels.*
- Corps, U. A. (2016). *Hydraulic Reference Manual.*
- DHI. (2017). *MIKEFLOOD User Manual.*
- JICA. (2012). *Project for Comprehensive Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin (sub-component 1-1 Aerial Survey by LiDAR) in Thailand: Final Report.*
- Quiroga, V. M. (2015). Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5.
- เอกพล, ฉ. (2552). โครงการศึกษาการสร้างแบบจำลองเตือนภัยน้ำท่วมด้วย Hec-Ras และ Hec-GoRas จากข้อมูล DEM ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน จ. ประจวบคีรีขันธ์.
- กรกต, ใ. (2559). การบรรเทาอุทกภัยในชุมชนเมืองด้วยการผันน้ำออกสู่แก้มลิง : กรณีศึกษาเทศบาลนครราชสีมา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2550). คู่มือแนะนำการทำคันป้องกันน้ำท่วมชุมชน [http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/doc\\_work/protect\\_flood.pdf](http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/doc_work/protect_flood.pdf)
- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2561). รายละเอียดโครงการก่อสร้างคันกันน้ำ ในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี.
- กรมการปกครอง. (2561). ระบบสถิติทางการทะเบียน [http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat\\_age.php](http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age.php)
- กรมชลประทาน. แนวทางการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยา <https://www.netisplus.net/seminar/pdf/151001/rid.pdf>
- กรมชลประทาน. (2553). ผลการสำรวจสภาพตัดขวางลำน้ำ.
- กรมชลประทาน. (2561). สถานการณ์น้ำเจ้าพระยา <http://water.rid.go.th/flood/news/สรุปสถานการณ์น้ำเจ้าพระยา.pdf>

กรมชลประทาน. (2562). คาบปีการเกิดซ้ำ.

กรมชลประทาน. (2564). ช่วงเวลาเฝ้าระวังน้ำท่วม

[http://water.rid.go.th/hyd/Timing/Timing\\_CPY.pdf](http://water.rid.go.th/hyd/Timing/Timing_CPY.pdf)

กรมทรัพยากรธรณี. ธรณีวิทยาภาคกลาง [http://www.dmr.go.th/ewt\\_news.php?](http://www.dmr.go.th/ewt_news.php?)

nid=6825&filename=index

กรมอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2560). คั่นกั้นน้ำกับการแก้ปัญหาอุทกภัย

<http://www.dpim.go.th/service/download?articleid=3477>

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดสิงห์บุรี <http://climate.tmd.go.th/data/province/>  
กลาง/ภูมิอากาศสิงห์บุรี.pdf

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2565). สถิติพายุหมุนเขตร้อน.

<https://www.tmd.go.th/climate/climateStat/TropicalCyclone>

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2555). รายงานการปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

[http://ichpp.egat.co.th/graphIN/Rule\\_curve.pdf](http://ichpp.egat.co.th/graphIN/Rule_curve.pdf)

จนิษฐ์, ป. (2550). การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วย LIDAR : ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขความ  
ละเอียดสูง.

ธนาวิศน์, เ. (2558). การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยใช้ทางผัน  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

นิปัทม์, ค. (2544). การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยใช้พื้นที่ทุ่งน้ำท่วม  
ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

บุษปกร, ข. (2555). การประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อการจัดการน้ำท่วมในลุ่มน้ำน่านส่วนบน  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

ผู้จัดการออนไลน์. (2564). อยุธยา-สิงห์บุรียังวิกฤตคั่นกั้นน้ำพัง น้ำท่วมวัดและชุมชน. ผู้จัดการออนไลน์.

ศักดิ์ชัย, ป. (2561). การพัฒนาแบบจำลองน้ำท่วมในชุมชนเมืองหาดใหญ่ด้วย HEC-RAS.

สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์. (2563). กรมเจ้าท่าสิงห์บุรี ขุดลอกทรายแม่น้ำเจ้าพระยาป้องกันน้ำท่วม.

<https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG200713092731359>

สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). อนุกรมการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสิงห์บุรี

<https://www.opsmoac.go.th/singburi-dwl-files-392891791877>

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). ระบบฐานข้อมูลด้านสังคมและคุณภาพ

ชีวิต [http://social.nesdb.go.th/SocialStat/StatReport\\_Final.aspx](http://social.nesdb.go.th/SocialStat/StatReport_Final.aspx)

สุครำร์ตัน, ภ. (2554). การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทาง

ภูมิศาสตร์ เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิง มหาวิทยาลัย  
ศิลปากร].

อรรถพล, ช. (2543). การศึกษาสภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์  
ISIS มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปัญญา มุขรังษี
วัน เดือน ปี เกิด	26 ธันวาคม พ.ศ.2532
สถานที่เกิด	จังหวัดลำพูน
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2554 วทบ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	89/2 คาซ่า ซิตี พระราม 5 - ปิ่นเกล้า ต.วัดชลอ อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130
ผลงานตีพิมพ์	การจำลองการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลาง ด้วย แบบจำลอง HEC-RAS



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY