

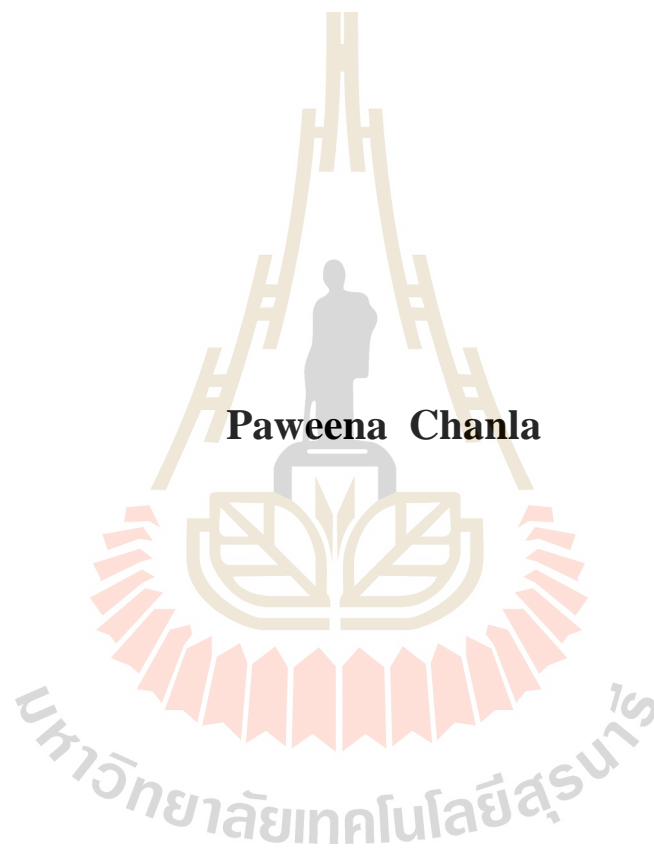
การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS
ในกลุ่มน้ำลำตะคอง



นางสาวปวีณา จันท์ตา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

**FLOODING AREA ANALYSIS USING HEC-RAS
IN THE LAM TAKONG RIVER BASIN**

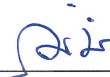


**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2018**

การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ในลุ่มน้ำลำตะคอง

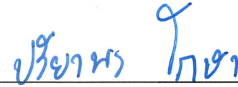
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



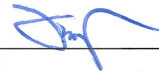
(ผศ. ดร.กิตติเวช ชันติวิชัย)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร.ปริยาพร โกษา)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(รศ. ดร.นัตร์ชัย โชติษฐียงกูร)

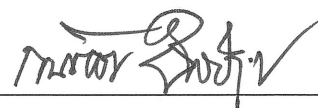
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปวีณา จันทร์ลา : การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ในลุ่มน้ำลำตะคอง
(FLOODING AREA ANALYSIS USING HEC-RAS IN THE LAM TAKONG RIVER
BASIN) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชาพร โภชา, 192 หน้า.

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญต่อจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และแม่น้ำลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในหลายอำเภอ และพื้นที่เศรษฐกิจในอำเภอเมืองนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2553 ได้เกิดน้ำท่วมที่ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ของลุ่มน้ำลำตะคอง โดยสาเหตุเกิดจากการระบายน้ำออกจากเขื่อนลำตะคอง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำในลำตะคองมาก จนเกิดการล้นตลิ่ง และมีสาเหตุเกิดจากฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เกิดน้ำหลากและกลายเป็นน้ำท่วมในหลายพื้นที่ วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาสภาพการไหลในลำน้ำ และการหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง เพื่อจัดทำแผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD กับ HEC-RAS ในส่วนของขั้นตอนการทำงานและแผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง จากการศึกษาได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (n) อยู่ระหว่าง 0.028 ถึง 0.065 โดยทำการปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองในปี พ.ศ.2558 และ 2560 ได้ผลการปรับเทียบ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.818 และค่า NSE เท่ากับ 0.713 และผลการสอบเทียบ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.820 และค่า NSE เท่ากับ 0.708 ผลการจำลองค่าระดับน้ำและอัตราการไหลต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด ทำให้ทราบการรับน้ำของแม่น้ำลำตะคองแต่ละหน้าตัด สามารถหาศักยภาพการระบายน้ำช่วยในการพิจารณาการเฝ้าระวังและการป้องกันน้ำท่วมได้ สำหรับการวิเคราะห์หาพื้นที่น้ำท่วมภายใต้เงื่อนไขการไหลคงที่ พบว่า พื้นที่น้ำท่วมที่เกิดจากการเอ่อล้นตลิ่ง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 102.24, 116.28, 129.01, 136.70 และ 145.23 ตร.กม. ตามลำดับ และผลการศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน ขึ้นกับการใช้งาน ความเหมาะสมของข้อมูล และการแสดงผลการคำนวณ

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนักศึกษา ปวีณา จันทร์ลา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ปรีชาพร โภชา

PAWEENA CHANLA : FLOODING AREA ANALYSIS USING HEC-RAS
IN THE LAM TAKONG RIVER BASIN. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. PREEYAPHORN KOSA, D.Eng., 192 PP.

LAM TAKONG BASIN/HEC-RAS MODEL/FLOOD RISK AREA

Lam Takong River Basin is an important basin for Nakhon Ratchasima province, because it is a large river basin that flows through both the agricultural and economic areas in many districts throughout the province. In 2010, there was a flood that damaged in several areas around the basin caused from drainage system of the Lam Takong Dam. It resulted in high water levels in the Lam Takong Dam and overflows. Another factor contributing to this is several consecutive days of heavy rain which caused surface runoffs and floodplains in many areas. The objectives of this research are to study the flow in the river and the diversification in the Lam Takong river basin, assess the flooding area at the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years respectively using HEC-RAS model and to compare the MIKE FLOOD and HEC-RAS models for work procedures and flood map in the Lam Takong Basin. This study used Manning's roughness coefficient (n) ranged between 0.028 to 0.065. The calibration and validation of model was performed in comparison to the data from 2015 and 2017 models. Calibration results showed the coefficient of determination (R^2) of 0.818, the Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) value of 0.713, the validation values (R^2) was 0.820 and the NSE value was 0.708. Simulation results, water level values and the minimum, average and maximum flow rates allowed for the calculations of the water receiving potential for the each section of the Lam Takong River and to find the drainage potential which can be used in monitoring and preventing floods. Under

constant flow conditions it was found that the flooding area caused by overflows at the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years were 102.24, 116.28, 129.01, 136.70 and 145.23 km², respectively. The results of the comparison of the MIKE FLOOD model and the HEC-RAS model showed that advantages and disadvantages for MIKE FLOOD model and HEC-RAS model are depend ant on the appropriateness of the input data, utility purpose and the method of presentation of calculation results.



School of Civil Engineering

Academic Year 2018

Student's Signature ปวีณา ฉันทะโล

Advisor's Signature ปวีณา ใจ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติเวช ชันดิยวิชัย ประธานกรรมการ อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทาน เนื้อหาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชาพร โกษา กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอดรวมทั้ง ช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร กรรมการ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม โยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์จน เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการทำวิจัย สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่บิดาและมารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และ ถวายทอดประสพการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

ปวีณา จันทร์ลา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 พื้นที่ศึกษา.....	4
2.1.1 ลักษณะลุ่มน้ำลำตะคอง.....	4
2.2.2 ลักษณะภูมิอากาศ.....	5
2.1.3 ลักษณะทางอุทกวิทยา.....	6
2.1.4 โครงการชลประทาน.....	9
2.2 วัฏจักรของอุทกวิทยา.....	11
2.3 กระบวนการเกิดน้ำท่า.....	12
2.4 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง.....	14
2.4.1 ความหมายของการเกิดน้ำท่วม.....	14
2.4.2 ปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง.....	15
2.4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง.....	16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5	แบบจำลอง HEC-GeoRAS.....	17
2.6	แบบจำลอง HEC-RAS.....	18
2.6.1	การคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบคงที่ (Steady flow).....	19
2.6.2	การคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady flow).....	39
2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	58
3.1	การรวบรวมข้อมูล.....	58
3.1.1	ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ.....	59
3.1.2	ข้อมูลด้านอุทกวิทยา.....	63
3.2	การจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	64
3.2.1	แบบจำลอง HEC-GeoRAS.....	64
3.2.2	แบบจำลอง HEC-RAS.....	67
4	ผลการศึกษา.....	70
4.1	ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองอัตราการไหลในลำตะคอง.....	70
4.2	ผลการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมของแบบจำลอง.....	72
4.3	ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำลำตะคอง ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS.....	75
4.4	ผลการคำนวณขอบเขตน้ำท่วมในแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ.....	87
4.5	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD กับ HEC-RAS.....	101

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	106
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	106
5.1.1	ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง.....	106
5.1.2	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD กับ HEC-RAS.....	106
5.1.3	ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำลำตะคอง ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS.....	107
5.1.4	ผลการคำนวณขอบเขตน้ำท่วมในแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ.....	107
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	107
	รายการอ้างอิง.....	109
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลอุทกวิทยาลุ่มน้ำลำตะคอง.....	113
	ภาคผนวก ข. รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำน้ำ.....	121
	ภาคผนวก ค. การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง HEC-RAS.....	133
	ภาคผนวก ง. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา.....	161
	ประวัติผู้เขียน.....	192

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ข้อมูลฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 24 ปี พ.ศ.2533-2556..... 7
2.2	ความลาดชัน..... 39
3.1	ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ..... 58
3.2	ตำแหน่งที่ตั้งรูปตัดลำน้ำจากการสำรวจ..... 60
3.3	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า..... 63
3.4	ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี (ลบ.ม./วินาที)..... 69
4.1	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำในแบบจำลอง..... 70
4.2	การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง..... 71
4.3	การเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงสถิติด้วย Confusion matrix ระหว่างแบบจำลอง HEC-RAS กับ GISTDA..... 73
4.4	การเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงสถิติด้วย Confusion matrix ระหว่างแบบจำลอง HEC-RAS กับแบบจำลอง MIKE FLOOD..... 74
4.5	อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560..... 75
4.6	อัตราการไหลและระดับน้ำต่ำสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560..... 79
4.7	อัตราการไหลและระดับน้ำเฉลี่ย สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560..... 83
4.8	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี..... 88
4.9	พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี..... 88
4.10	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี..... 90
4.11	พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี..... 91
4.12	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี..... 93
4.13	พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี..... 94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี.....	96
4.15 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี.....	97
4.16 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี.....	99
4.17 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี.....	100
4.18 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS ในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง.....	102



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง..... 5
2.2	ทิศทางลมมรสุมและพายุจรที่พัดผ่านประเทศไทย..... 6
2.3	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 24 ปี พ.ศ.2533-2556..... 8
2.4	ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่า..... 9
2.5	วัฏจักรของอุทกวิทยา..... 12
2.6	เส้นทางการไหลของน้ำท่า..... 13
2.7	รูปแบบของแบบจำลอง HEC-GeoRAS..... 18
2.8	รูปแบบของแบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3..... 19
2.9	ผังไดอะแกรมแสดงตัวแปรในสมการพลังงาน..... 20
2.10	วิธีการแบ่งรูปตัดการไหลเพื่อการคำนวณค่านำพาการไหลในแบบจำลอง HEC-RAS..... 22
2.11	วิธีการทางเลือกในการแบ่งรูปตัดการไหลเพื่อการคำนวณค่านำพาการไหล ในแบบจำลอง HEC-RAS..... 23
2.12	คำจำกัดความของลาดตลิ่ง (Bank Slope) สำหรับการคำนวณค่า Composite n_c 24
2.13	ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ย..... 25
2.14	Energy vs. Water Surface Elevation Diagram..... 31
2.15	การประยุกต์ใช้หลักโมเมนตัม..... 33
2.16	ปริมาตรควบคุมพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ที่มาของ Continuity และ Momentum Equations..... 40
2.17	เทอมที่เกี่ยวข้องกับคำจำกัดความของแรงเนื่องจากความดัน..... 42
2.18	การไหลในลำน้ำและ Flood Plain..... 47
3.1	ตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำ..... 61
3.2	แผนที่ความสูงเชิงเลข (DEM) ขนาดความละเอียด 5 เมตร..... 62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3	ขอบเขตน้ำท่วมจากข้อมูลสำรวจ GISTDA ในปี พ.ศ.2553..... 63
3.4	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า..... 64
3.5	แผนภูมิขั้นตอนการจำลอง..... 66
3.6	หน้าตัดลำน้ำที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS..... 67
4.1	ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลที่สถานี M.191..... 71
4.2	ผลการสอบเทียบอัตราการไหลที่สถานี M.191..... 72
4.3	ผลการเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 กับขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จาก GISTDA วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553..... 73
4.4	ผลการเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 กับขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง MIKE FLOOD วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553..... 74
4.5	ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี..... 87
4.6	ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี..... 90
4.7	ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี..... 93
4.8	ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี..... 96
4.9	ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี..... 99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดนครราชสีมา อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุดในประเทศไทย และมีประชากรมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศ ในปี พ.ศ.2561 สำนักงานคลังจังหวัดนครราชสีมาได้ประเมินการขยายตัวทางเศรษฐกิจของจังหวัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2560 ร้อยละ 1.8 เนื่องจากปริมาณพืชผลทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้นจากการฟื้นตัวของภาคเกษตรกรรม และปัจจัยสนับสนุนจากการดำเนินนโยบายและมาตรการด้านเกษตรต่างๆ ของภาครัฐที่เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจัยเสี่ยงเศรษฐกิจในปี พ.ศ. 2561 และปี พ.ศ. 2562 ที่ควรระวังและติดตามอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ความเสี่ยงจากภัยทางธรรมชาติ ประกอบด้วยปัญหาน้ำท่วมและปัญหาน้ำแล้ง ซึ่งยังคงเป็นความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตภาคเกษตรกรรมโดยตรงและส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร การบริโภคภาคเอกชนและการขยายตัวทางเศรษฐกิจโดยรวมของจังหวัด

ในปี พ.ศ.2553 ได้มีผลการศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะการไหลและการจัดทำพื้นที่น้ำท่วมระหว่างวันที่ 14-30 ตุลาคม พ.ศ.2553 ในลุ่มน้ำลำตะคอง ด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD ผลการศึกษาพบว่า มีระดับน้ำเอ่อตื้นตลิ่งสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 2.655, 0.204 และ 1.129 ม. ตามลำดับ ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 206.38 ตร.กม. ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ.2553 และมีขอบเขตน้ำท่วมต่ำสุดเท่ากับ 50.38 ตร.กม. ณ วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2553 (กาญจพงษ์, 2560) จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการศึกษาเพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำ และการไหลหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำท่วมและปัญหาน้ำแล้งโดยตรง ประกอบกับเป็นพื้นที่เศรษฐกิจของจังหวัดนครราชสีมา นอกจากนี้ การนำแบบจำลองที่สามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่าย เช่น HEC-GeoRAS และ HEC-RAS มาเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณและจำลองสภาพการไหลจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีความน่าสนใจในการศึกษา ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้นำแบบจำลอง HEC-RAS มาจำลองสภาพการไหลและวิเคราะห์หาพื้นที่น้ำท่วม และได้นำแบบจำลอง HEC-GeoRAS ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ มาใช้เพื่อนำข้อมูลเข้าและส่งผลการจำลองออกไปยังแบบจำลอง

HEC-RAS และแบบจำลอง HEC-GeoRAS ยังสามารถนำข้อมูลที่ส่งออกจากแบบจำลอง HEC-RAS มาวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์จัดทำแผนที่ศึกษาผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม และการเตือนภัยและป้องกันภัยน้ำท่วมได้ นอกจากนี้ การศึกษาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และความเหมาะสมในการนำแบบจำลอง HEC-RAS กับแบบจำลอง MIKE FLOOD มาใช้กับลุ่มน้ำลำตะคอง จึงมีความสำคัญเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ใช้งานในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาพการไหลในลำน้ำ และการหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS

1.2.2 เพื่อจัดทำแผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD กับ HEC-RAS ในส่วนของขั้นตอนการทำงานและแผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษา คือ ลุ่มน้ำลำตะคอง โดยพิจารณาแม่น้ำลำตะคองสายหลัก เริ่มตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองจนถึงจุดเชื่อมต่อกับลำบริบูรณ์

1.3.2 ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ใน HEC-RAS ประกอบด้วย ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำลำตะคองในปี พ.ศ.2549 ถึง พ.ศ.2556

1.3.3 ข้อมูลอัตราการไหลรายวันที่สถานีวัดน้ำท่า M.38C, M.177, M.191 และ M.164 เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2550 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2561 เพื่อจัดทำแบบจำลองสำหรับลุ่มน้ำลำตะคองและการวิเคราะห์สภาพการไหลและพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี

1.3.4 แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ที่ความละเอียดของกริด 5 ม.

1.3.5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2558

1.3.6 แบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3 ได้ถูกนำมาใช้ศึกษาแม่น้ำลำตะคอง เริ่มตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองจนถึงจุดเชื่อมต่อกับลำบริบูรณ์ และด้วยข้อจำกัดของแบบจำลอง HEC-RAS ที่พิจารณาลักษณะการไหลและพื้นที่น้ำท่วมจากการเอ่อล้นตลิ่งจากปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ ดังนั้นจึงไม่ได้พิจารณาลักษณะการไหลและพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดจากปริมาณน้ำฝน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สภาพการไหลของแม่น้ำลำตะคอง
- 1.4.2 แผนที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิด 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี
- 1.4.3 ข้อดีและข้อเสียระหว่างแบบจำลอง HEC-RAS และ MIKE FLOOD และความเหมาะสมในการใช้งานสำหรับลุ่มน้ำลำตะคอง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นที่ศึกษา : ลุ่มน้ำลำตะคอง

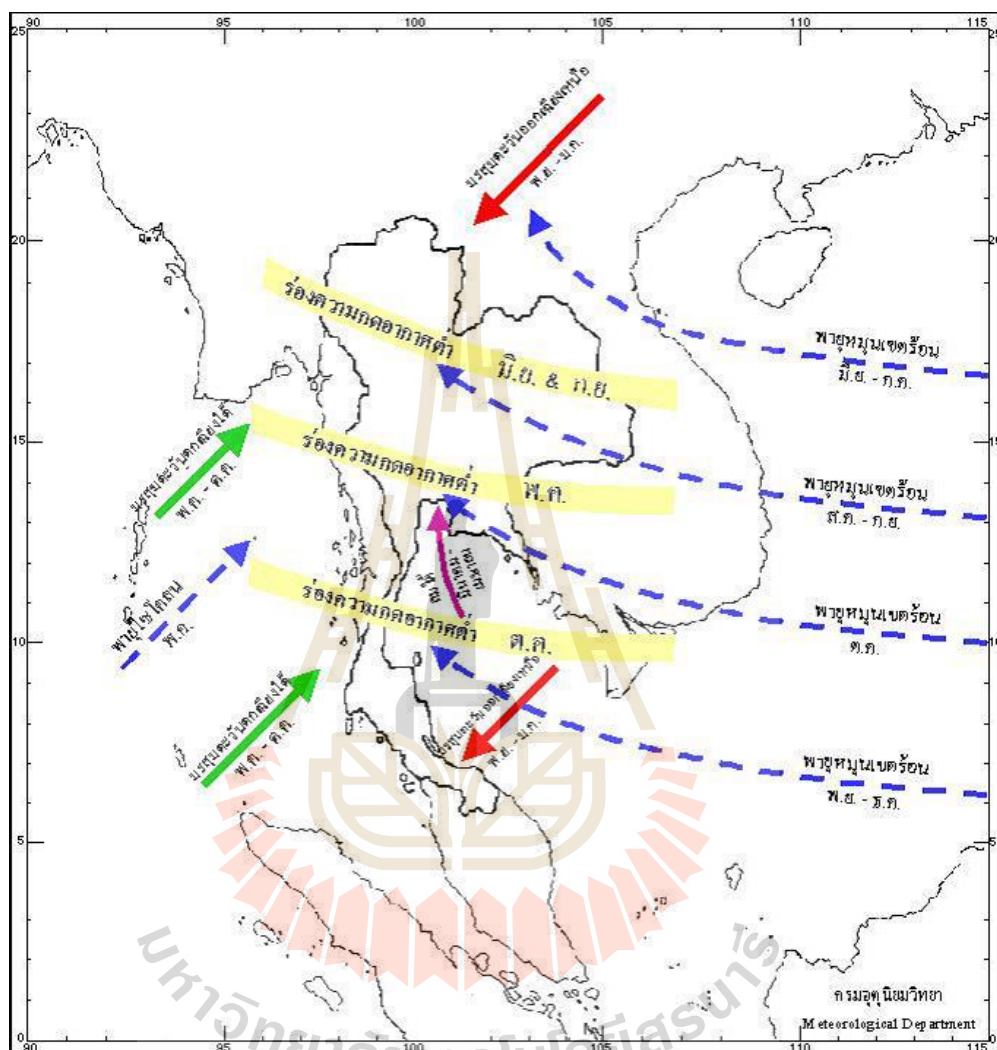
2.1.1 ลักษณะลุ่มน้ำลำตะคอง

ลำตะคองเป็นลำน้ำหลักของจังหวัดนครราชสีมา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และเป็นลำน้ำสาขาหนึ่งของแม่น้ำมูล มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตองพญาเย็น ซึ่งเป็นสันปันน้ำระหว่างลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำนครนายก โดยลุ่มน้ำลำตะคองมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,310 ตร.กม. ความยาวของลำตะคองตลอดลุ่มน้ำประมาณ 240 กม. พื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่

ช่วงที่ 1 จากต้นน้ำถึงช่องเขาเขื่อนล้น และเขาด่านเสียดในเขตอำเภอสีคิ้ว ซึ่งเป็นที่ตั้งของเขื่อนลำตะคอง ลักษณะของลำน้ำช่วงนี้มีความลาดชันลำน้ำมาก มีความยาวประมาณ 115 กม. และมีพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อน 1,430 ตร.กม.

ช่วงที่ 2 จากท้ายเขื่อนลำตะคองเป็นต้นมา ลักษณะของลำน้ำเป็นพื้นที่ราบต่อเนื่องกันตลอดทั้งสองฝั่งไหลผ่านพื้นที่อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมือง และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา ลำตะคองมีลำน้ำแยก คือ ลำปริบูรณ์ มีความยาว 35 กม. ไปทางทิศเหนือของลำตะคองที่บ้าน โกงแระ อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา แนวของลำน้ำขนานกับลำตะคองที่ไหลผ่านพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา แล้วไปบรรจบกันที่บ้านกันผม อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา ก่อนไหลลงแม่น้ำมูลเพียง 5 กม. จากท้ายเขื่อนถึงแม่น้ำมูลมีความยาว 120 กม. และมีพื้นที่ลุ่มน้ำท้ายเขื่อน 1,880 ตร.กม.

3. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ช่วงที่อากาศร้อนที่สุดอยู่ในเดือนมีนาคม



รูปที่ 2.2 ทิศทางลมมรสุมและพายุจรที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา : กรมชลประทาน (2557)

2.1.3 ลักษณะทางอุทกวิทยา

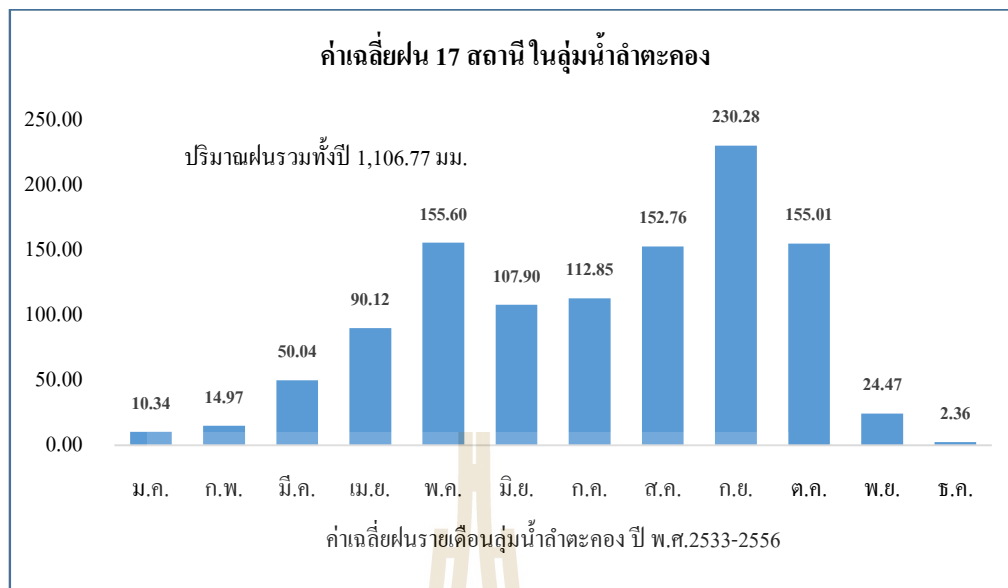
สภาพฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเดือนกันยายน จะมีฝนตกชุกที่สุด เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพายุมรสุมในทะเลจีนใต้ จึงสรุปข้อมูลฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 24 ปี ระหว่างปี พ.ศ.

2533-2556 ของสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำลำตะคองจำนวน 17 สถานี จากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 24 ปี พ.ศ.2533-2556

ลำดับ	ชื่อสถานีวัด	ค่าเฉลี่ยฝนรายเดือนกลุ่มน้ำลำตะคอง ปี พ.ศ.2533-2556												ฝน สะสม ทั้งปี
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	เขาใหญ่	16.02	34.44	98.28	134.68	278.23	265.98	286.65	259.67	343.91	186.03	58.15	3.89	1965.93
2	ฟาร์มโชคชัย 4	23.08	24.97	73.07	110.07	138.82	120.86	70.86	118.48	239.95	137.17	30.96	4.93	1093.22
3	ฟาร์มโชคชัย 3	12.21	29.46	105.82	173.99	151.57	114.51	104.58	164.14	286.96	178.29	50.76	0.90	1373.19
4	เกษตรปากช่อง	12.97	26.89	48.32	99.25	119.88	73.16	68.00	110.12	232.52	175.60	41.35	2.10	1010.16
5	เขื่อนลำตะคอง	10.50	21.45	62.60	94.13	141.27	69.96	73.41	124.82	205.91	173.29	31.31	3.81	1012.46
6	ปตร.มะเกลือใหม่	3.45	6.74	35.96	91.18	170.25	78.63	80.16	129.08	296.63	164.11	17.85	9.23	1083.27
7	ปตร.กุดหิน	5.00	7.36	33.57	58.97	132.10	74.72	60.26	108.62	179.79	130.33	20.92	1.58	813.22
8	ปตร.มะขามแต้ว	7.04	7.36	38.15	73.70	144.83	105.62	111.65	149.38	204.71	153.03	14.28	1.43	1011.18
9	ปตร.คนชุม	14.52	13.86	44.58	87.67	167.66	117.83	138.33	168.70	230.18	145.60	14.59	2.48	1146.00
10	ที่ทำการโครงการ	7.56	7.46	37.95	68.94	113.61	71.00	95.98	124.58	176.23	116.93	19.48	2.10	841.82
11	ปตร.ช่อขาม	6.86	11.88	41.67	61.21	149.86	94.96	100.92	176.36	199.97	145.45	11.87	1.12	1002.13
12	ปตร.กันทม	6.53	16.86	40.40	75.71	141.72	119.18	115.68	173.44	214.54	137.91	13.28	0.96	1056.21
13	ปตร.โคกแฝก	9.23	7.24	31.40	73.88	149.37	106.74	104.40	136.32	230.09	162.16	19.44	0.59	1030.86
14	ปตร.บ้านทุ่ง	11.40	8.13	43.72	77.17	160.94	111.89	130.81	166.68	222.91	178.95	21.81	1.33	1135.74
15	ปตร.โพธิ์เตี้ย	11.88	10.18	32.79	81.43	161.11	104.96	123.25	152.62	220.53	156.42	15.75	1.47	1072.39
16	ปตร.นาตม	6.87	14.09	49.83	103.27	196.48	124.71	142.33	192.03	260.06	176.96	22.38	1.63	1290.64
17	ปตร.จอหอ	10.58	6.15	32.57	66.79	127.57	79.66	111.26	141.84	170.83	116.92	11.83	0.61	876.61
	ค่าเฉลี่ย	10.34	14.97	50.04	90.12	155.60	107.90	112.85	152.76	230.34	155.01	24.47	2.36	1106.77

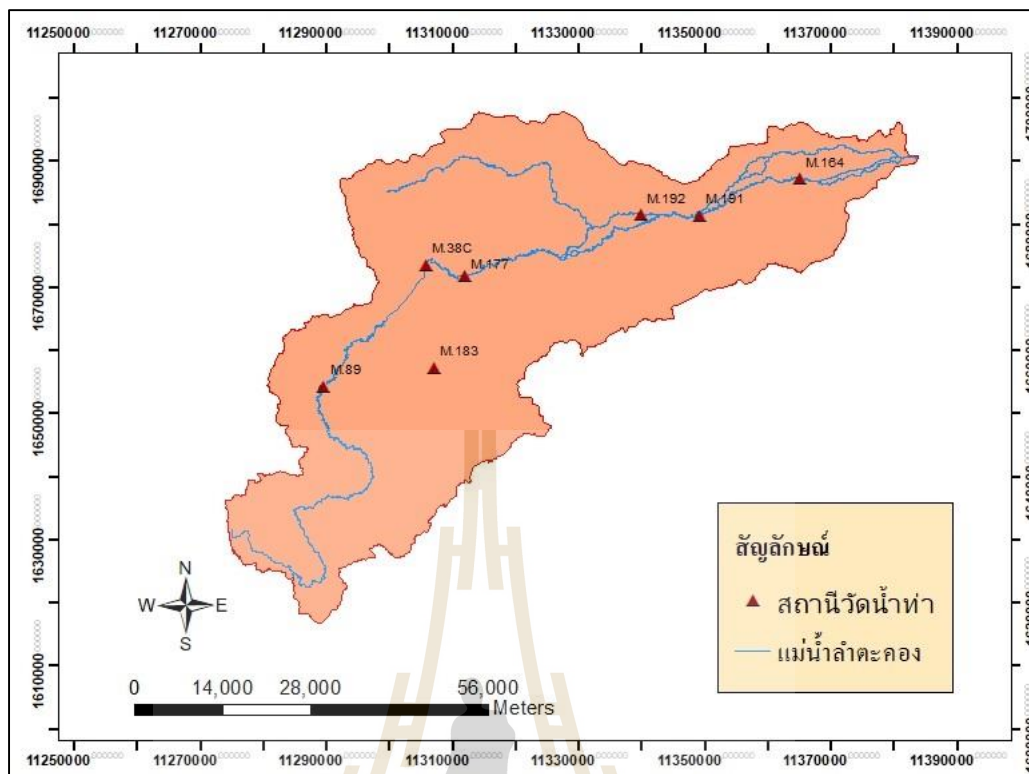
ที่มา : กรมชลประทาน (2557)



รูปที่ 2.3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 24 ปี พ.ศ.2533-2556
ที่มา : กรมชลประทาน (2557)

น้ำท่าในลุ่มน้ำลำตะคอง มีสถานีที่อยู่เหนือเขื่อนลำตะคอง โดยมีปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่าง 273.60 ล้าน ลบ.ม. อ่างมีพื้นที่รับน้ำ 1,430 ตร.กม. และสถานีที่อยู่ท้ายเขื่อน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านจะถูกควบคุมโดยปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยออกจากอ่าง รวมกับน้ำท่าที่เกิดจากฝนตกบริเวณท้ายอ่าง โดยสถานีวัดน้ำท่าจะอยู่ในความดูแลของศูนย์อุทกวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน มีสถานีทั้งหมด 6 สถานี ดังนี้

1. สถานีวัดน้ำ M.89 วัดน้ำลำตะคองเหนืออ่างฯ ในเขตอำเภอปากช่อง
2. สถานีวัดน้ำ M.183 วัดน้ำห้วยหินลับเหนืออ่างฯ ในเขตอำเภอปากช่อง
3. สถานีวัดน้ำ M.38c วัดน้ำลำตะคองท้ายอ่างฯ ในเขตอำเภอสี่คิ้ว
4. สถานีวัดน้ำ M.177 วัดน้ำลำตะคองท้ายอ่างฯ ในเขตอำเภอสี่คิ้ว
5. สถานีวัดน้ำ M.191 วัดน้ำลำตะคองท้ายอ่างฯ ในเขตอำเภอเมือง
6. สถานีวัดน้ำ M.164 วัดน้ำลำตะคองท้ายอ่างฯ ในเขตอำเภอเมือง



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่า

2.1.4 โครงการชลประทาน

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญต่อจังหวัดนครราชสีมา ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ลำตะคองตอนล่างทำการเกษตรทำให้มีการขาดแคลนน้ำ กรมชลประทานจึงมีโครงการทดและส่งน้ำลำตะคอง ไปยังพื้นที่เพาะปลูกทั้ง 2 ฝั่งลำตะคอง ในท้องที่อำเภอเมือง กับบางส่วนของอำเภอขามทะเลสอและอำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยสร้างเป็นเขื่อนระบายน้ำขึ้น 9 แห่ง อยู่ในลำบริบูรณ์ 5 แห่ง คือ ที่บ้านโคกแฝกบ้านทุ่ง บ้านโพธิ์เตี้ย บ้านนาทม บ้านจอหอ และในลำตะคอง 4 แห่ง คือ บ้านมะขามเต่า บ้านคนชุมบ้านข่อยงาม และบ้านกันผม เพื่อส่งน้ำให้กับพื้นที่รวมประมาณ 100,000 ไร่ โดยรายละเอียดของเขื่อนดังนี้

ลักษณะทางอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำไหลลงอ่างฯ	273.60	ล้าน ลบ.ม./ปี
พื้นที่รับน้ำ	1,430.00	ตร.กม.
ปริมาณฝนเฉลี่ย	947.00	มม./ปี
พื้นที่ชลประทาน	154,195.00	ไร่

ลักษณะของเขื่อน เป็นชนิดเขื่อนดิน (Earthfill Dam)

สันเขื่อนยาว	521.00	ม.
สันเขื่อนสูง	43.30	ม.
สันเขื่อนกว้าง	10.00	ม.
ระดับสันเขื่อน	282.30	ม.รทก.
ระดับน้ำสูงสุด	278.50	ม.รทก.
ระดับน้ำเก็บกัก	277.00	ม.รทก.
ระดับน้ำต่ำสุด	261.00	ม.รทก.
ปริมาตรน้ำสูงสุด	367.00	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาตรน้ำเก็บกัก	314.49	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาตรน้ำต่ำสุด	22.70	ล้าน ลบ.ม.

อาคารระบายน้ำล้น

- อาคารระบายน้ำล้นใช้งาน

แบบมีบาน (Gated Spillway) จำนวน 7 ช่อง ชนิดบานโค้ง (Radial Gate)

ขนาดช่องระบาย	6.00 x 6.00	ม.
ระบายน้ำได้	1,530.00	ลบ.ม./วินาที

- อาคารระบายน้ำล้นฉุกเฉิน

แบบไม่มีบาน (Ungated Spillway)

ยาว	800.00	ม.
ระบายน้ำได้	600.00	ลบ.ม./วินาที

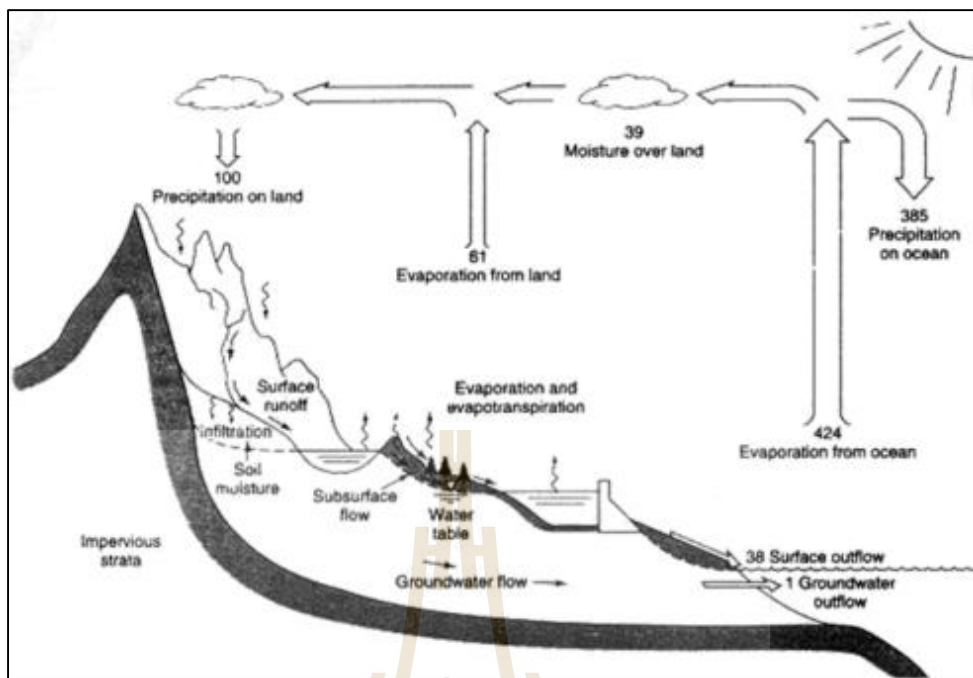
อาคารที่ระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet)

ขนาด	Ø 3.50	ม.
ระบายน้ำได้	20.00	ลบ.ม./วินาที

2.2 วัฏจักรของอุทกวิทยา

วิทยุวัฒน์ แซ่สมบัติ (2555) วัฏจักรของอุทกวิทยาเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่มีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ไอน้ำที่อยู่ในบรรยากาศเมื่อมีปริมาณมากก็จะตกลงมาสู่พื้นโลก (Precipitation) ในรูปแบบต่างๆ เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น แบ่งออกเป็นน้ำที่ตกลงสู่ทะเล มหาสมุทร และแม่น้ำ โดยตรง และน้ำที่ตกลงสู่พื้นดินน้ำส่วนนี้บางส่วนจะตกค้างตามใบของต้นไม้ เป็นพืชที่ปกคลุมพื้นดิน (Interception) เมื่อได้รับแสงแดดก็จะกลายเป็นไอรเหยขึ้นสู่บรรยากาศ (Evaporation) โดยส่วนที่ตกสู่พื้นดิน จะซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) และซึมลึกกลงไปในใต้ดิน (Percolation) ปริมาณความชื้นที่ผิวดินจะมีการระเหยและการคายน้ำของพืช (Transpiration) กลับขึ้นสู่บรรยากาศ โดยน้ำที่ซึมลึกกลงไปใต้ดิน จะไปสู่แหล่งน้ำใต้ดิน (Ground Water Resource) ซึ่งน้ำส่วนนี้อาจจะถูกดูดมาใช้โดยพืชหรือไหลขึ้นสู่ผิวดิน ในรูปของน้ำพุ (Spring) หรือไหลออกสู่แม่น้ำลำธารและระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ ถ้าปริมาณน้ำในบรรยากาศที่ตกลงสู่พื้นดินมีปริมาณมาก จะมีน้ำบางส่วนที่ไหลไปตามผิวดินเรียกว่า Overland Flow ไหลลงสู่แม่น้ำ ลำธาร จนถึงทะเล และมหาสมุทร และลักษณะของพื้นดินที่เป็นหลุม บ่อ หรือเป็นแอ่ง ซึ่งจะมีน้ำบางส่วนเรียกว่า Depression Storage โดยน้ำใน 2 ส่วนนี้จะเกิดการระเหยขึ้นสู่บรรยากาศอีกเช่นกัน

ดังนั้นวัฏจักรของอุทกวิทยาจะไม่มีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด แต่อาจมีการผันแปรของปริมาณน้ำและความถี่ของการเกิดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่ถูกควบคุมในแต่ละกระบวนการ

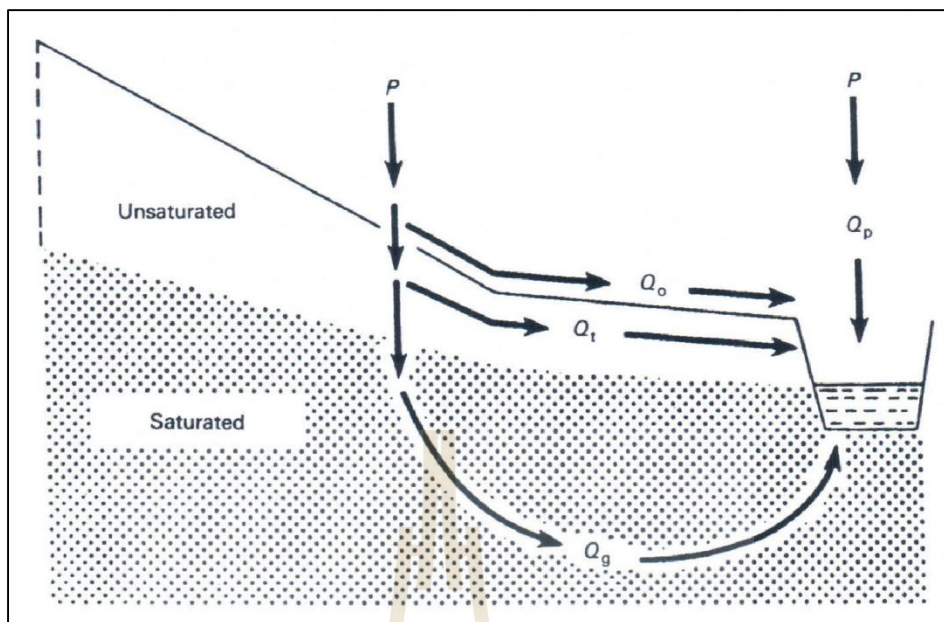


รูปที่ 2.5 วัฏจักรของอุทกวิทยา

ที่มา : Chow et al. (1988)

2.3 กระบวนการเกิดน้ำท่า

วิทยุวัฒน์ แซ่สมบัติ (2555) กล่าวว่า น้ำท่า (Runoff) เป็นน้ำฝนส่วนที่ตกลงบนผิวดินแล้วไหลไปตามผิวดินลงสู่ลำน้ำหลังจากที่บางส่วนได้ระเหยและซึมลงไปในดินแล้ว ในระหว่างที่น้ำไหลไปตามผิวดินเรียกว่า Overland Flow เมื่อไหลลงลำน้ำแล้วเรียกว่า Stream Flow ตามปกติปริมาณน้ำส่วนที่ไหลลงลำน้ำจะมีค่าประมาณ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณฝนที่วัดได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ดิน ทางน้ำ ลักษณะของกลุ่มน้ำ สภาพพื้นที่ สภาพป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำ และอื่นๆ



รูปที่ 2.6 เส้นทางการไหลของน้ำท่า

ที่มา : Ward and Robinson (1990)

กระบวนการเกิดน้ำท่าของน้ำท่าไหลมารวมกันในแม่น้ำ ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. น้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Overland Flow หรือ Surface Runoff, Q_o) เกิดจากฝนที่ตกลงมาบนผิวดินโดยตรง บางส่วนสูญเสียจากการระเหย ตกค้างอยู่ตามใบไม้ใบหญ้าของพืชที่ขึ้นปกคลุมดิน (Interception) ตกค้างอยู่ในบ่อ แอ่ง หลุม ตามผิวดิน ซึ่งไม่ได้ติดต่อกับระบบลำน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Depression Storage) การซึมผ่านผิวดินและอาจจะซึมลึกลงไปถึงแหล่งน้ำใต้ดิน ถ้าปริมาณน้ำฝนมากกว่าการสูญเสียดังกล่าว จะทำให้ปริมาณน้ำฝนสุทธิไหลผ่านตามผิวดิน
2. น้ำท่าไหลใต้ผิวดิน (Interflow หรือ Subsurface Flow, Q_t) เกิดจากปริมาณน้ำส่วนที่ซึมผ่านผิวดินแล้วเคลื่อนตัวไปตามความลาดชันของชั้นดิน แล้วไหลลงสู่ลำน้ำ ซึ่งมีความสำคัญในการเพิ่มปริมาณน้ำให้กับลำน้ำหลังจากฝนหยุดตก ช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วง และฤดูแล้ง
3. น้ำใต้ดิน (Groundwater Flow, Q_g) เกิดจากปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ดินถึงระดับน้ำใต้ดิน มีการเคลื่อนตัวสู่ลำน้ำที่ช้า ใช้ระยะเวลานาน ฉะนั้นน้ำใต้ดินจึงไม่มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดน้ำท่าวมสูงสุด
4. ฝนที่ตกลงในลำน้ำโดยตรง (Channel Precipitation, Q_p) เกิดจากฝนที่ตกลงบนผิวน้ำของทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และลำน้ำ สามารถคำนวณปริมาณน้ำจากความลึกของฝนเฉลี่ย คูณกับพื้นที่

ของผิวน้ำ โดยน้ำส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของกลุ่มน้ำ และเวลา เนื่องจากระดับน้ำในทะเลสาบอ่างเก็บน้ำ และลำน้ำมีการขึ้นลงอยู่เสมอ ทำให้พื้นที่ของผิวน้ำเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าในแม่น้ำ จะพิจารณาทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 น้ำที่ไหลมาที่ไหลมาอยู่ในลำน้ำเร็ว (Direct Runoff หรือ Quick Flow) คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาโดยตรง แล้วไหลไปตามผิวดิน เกิดขึ้นหลังจากฝนหยุดตกไประยะหนึ่ง เนื่องจากน้ำจุดต่างๆ ในพื้นที่จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการไหลมาทางออกซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ของกลุ่มน้ำ และเพิ่มปริมาณ และส่วนที่ 2 น้ำที่ไหลมาอยู่ในลำน้ำช้า (Base Flow) คือ ปริมาณน้ำที่ไหลมาทางใต้ดิน จะใช้เวลาไหลได้ช้า จากจุดที่ฝนตกลงมาจนกระทั่งถึงทางออกของกลุ่มน้ำอาจเป็นหลายๆ วัน จนกระทั่งเป็นปี ปริมาณของน้ำส่วนนี้ในลำน้ำค่อนข้างจะคงที่โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

2.4 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง

2.4.1 ความหมายของการเกิดน้ำท่วม

ทับทิม วงศ์ทะคำ (2559) ให้นิยาม น้ำท่วม เกิดจากสถานะที่น้ำไหลเอ่อล้นลำน้ำหรือเกิดจากการสะสมน้ำภายในพื้นที่ที่ไม่สามารถระบายออกได้ ส่งผลให้น้ำไหลแผ่ออกไปท่วมพื้นที่ข้างเคียงได้รับความเสียหาย โดยสามารถแบ่งชนิดและสาเหตุการเกิดน้ำท่วมได้ ดังนี้

1. น้ำท่วมเนื่องจากน้ำล้นตลิ่ง (Riverine Flood) เกิดจากฝนที่ตกลงมาติดต่อกันหลายวัน ทำให้มีน้ำส่วนเกินจำนวนมาก ลำน้ำไม่สามารถรับน้ำได้จึงเกิดการล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่สองฝั่งลำน้ำ

2. น้ำป่าไหลหลาก (Flash Flood) เกิดจากฝนตกหนักในบริเวณพื้นที่ที่มีความชันมาก และพื้นที่ที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำหรือดักน้ำไว้ได้ ทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันเข้าท่วมพื้นที่ราบ ซึ่งสาเหตุอื่นๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำพังทลาย น้ำป่าไหลหลาก โดยการเกิดน้ำท่วมนี้มีความรุนแรงและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมาก โอกาสที่จะป้องกันและอพยพประชาชนที่อยู่ในพื้นที่จะเป็นไปได้ยาก

3. น้ำท่วมในเขตชุมชนเมือง (Urban Flood) เกิดจากฝนที่ตกมีปริมาณมากในพื้นที่ชุมชนเมือง โดยภายในพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทำให้น้ำไม่สามารถระบายออกได้ จึงทำให้เกิดน้ำท่วม

4. น้ำท่วมบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล เกิดขึ้นจากระดับน้ำทะเลสูงขึ้นเกินกว่าระดับน้ำทะเลสูงสุดที่เคยเกิดขึ้น ซึ่งได้รับอิทธิพลของลมพายุ เช่น พายุไต้ฝุ่นและพายุเฮอริเคน จะพัดพามวลน้ำในปริมาณมหาศาลที่เรียกว่า Storm Surge เข้าสู่ชายฝั่ง ก่อให้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม

ที่รุนแรงบริเวณชายฝั่ง ยกตัวอย่าง พายุไซโคลนนาร์กิส (Nargis) ที่พัดถล่มชายฝั่งเมืองย่างกุ้งของประเทศพม่าเมื่อเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2551 เหตุการณ์ในครั้งนั้นทำให้บ้านเรือนเสียหายกว่า 700,000 หลังคาเรือนมียอดผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมากถึง 85,000 คน และสูญหายอีกกว่า 54,000 คน

2.4.2 ปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง

ทองเปลว กองจันทร์ และสุเทพ น้อยไพโรจน์ (2553) ในช่วงระหว่างวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2553 มีร่องมรสุมกำลังแรงพาดผ่านภาคกลางตอนล่าง ภาคใต้ตอนบน ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย เข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำในทะเลจีนใต้ตอนกลาง ประกอบกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมทะเลอันดามัน ภาคใต้ และอ่าวไทย มีกำลังแรงส่งผลให้ประเทศไทยมีฝนตกชุกหนาแน่น และมีฝนตกหนักบางแห่ง ทำให้เกิดสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และน้ำล้นตลิ่ง จังหวัดนครราชสีมา ที่มีแม่น้ำตะคองไหลผ่านเขตเทศบาลเมืองเป็นหนึ่งในจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยครั้งนี้ ส่งผลทำให้ประชาชนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ได้รับความเสียหาย จากการศึกษาสามารถสรุปปัญหา และสาเหตุของการเกิดอุทกภัย ใน พ.ศ.2553 ได้ดังนี้

1. เกิดจากปริมาณฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน ระหว่างวันที่ 14-16 ตุลาคม พ.ศ.2553 มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 200 มิลลิเมตร มีปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเฉลี่ยของเดือนตุลาคมที่มีค่าเท่ากับ 154.6 มิลลิเมตร ประกอบกับช่วงเวลาก่อนเกิดฝนตกหนัก สภาพของพื้นที่ที่มีความอึดตัวและชุ่มน้ำอยู่แล้ว

2. สภาพภูมิประเทศพื้นที่ลำตะคองก่อนถึงเขื่อนลำตะคองมีความชันสูง ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลหลากเร็วเข้าท่วมพื้นที่อำเภอปากช่อง และพื้นที่ในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา และอำเภอเฉลิมพระเกียรติมีความลาดชันน้อย เมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากจึงระบายออกได้ช้า

3. ความสามารถในการระบายน้ำจากพื้นที่ด้านเหนือน้ำไปสู่ท้ายน้ำ โคนไหลผ่านพื้นที่ชุมชนเมืองไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลาก เนื่องจากพื้นที่ชุมชนมีสิ่งปลูกสร้างที่ขวางทางน้ำสายหลัก คือ ลำตะคอง และลำบริบูรณ์ อยู่เป็นจำนวนมาก และมีขนาดของสิ่งปลูกสร้างที่ไม่ได้มาตรฐานจึงไม่สามารถระบายน้ำหลากได้ตามเวลาที่เหมาะสม และการพัฒนาของเมืองอย่างต่อเนื่อง ก็ส่งผลทำให้มีการบุกรุกพื้นที่สาธารณะประโยชน์ของลำน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำของลำน้ำลดลง

4. ระบบเก็บกักน้ำและชะลอน้ำหลากในลุ่มน้ำ ก่อนที่จะไหลเข้าตัวเมืองมีไม่เพียงพอต่อปริมาณน้ำหลาก เนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนที่ไหลล้นจากทางระบายน้ำ และปริมาณน้ำจากการไหลด้านข้างที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อนที่ไหลเข้าสู่พื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา

5. ความสามารถในการระบายน้ำออกจากลำตะคองลำซ้ายและไหลออกในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากมีการเกิดอุทกภัยก่อนหน้าประมาณ 1 สัปดาห์ที่เขตอำเภอบึงกระบัง น้ำจากแม่น้ำลำตะคองไหลสู่แม่น้ำมูล ซึ่งระดับน้ำในแม่น้ำมูลสูงกว่าระดับน้ำในลำตะคอง ส่งผลให้ไม่สามารถระบายน้ำออกได้

2.4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง

สำนักงานกรมชลประทานที่ 8 มีมาตรการแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคอง โดยการใช้มาตรการแก้ไขปัญหาลำน้ำก่อสร้างและไม่ใช่สิ่งก่อสร้างได้ ดังนี้

1. มาตรการแก้ไขปัญหาลำน้ำโดยใช้สิ่งก่อสร้าง

1) การปรับปรุงเสริมระดับสันบานอาคารน้ำล้นปกติ (Service Spillway) ให้สามารถควบคุมระดับน้ำในเขื่อนลำตะคองให้สูงถึงระดับน้ำนองสูงสุดที่โครงการลำตะคองขอใช้พื้นที่น้ำท่วมในปัจจุบัน +278.50 ม.รทก. และเพิ่มระดับสันทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน (Emergency Spillway) จากระดับเดิม +278.00 ม.รทก. เป็นระดับ +279.00 ม.รทก. ผลลัพธ์ สามารถที่จะควบคุมระดับน้ำในเขื่อนลำตะคองให้กักเก็บน้ำถึงระดับน้ำนองสูงสุด ทำให้เกิดการชะลอของน้ำหลากและได้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 60 ล้าน ลบ.ม.

2) โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและแก้มลิงขนาดใหญ่ ได้แก่

- อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนล่าง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ความจุ 10.50 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 8,000 ไร่
- อ่างเก็บน้ำห้วยมะเกลือ อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา ความจุ 4.00 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 2,500 ไร่
- อ่างเก็บน้ำหนองตะลุงปึก อ.เมือง จ.นครราชสีมา ความจุ 1.00 ล้าน ลบ.ม.
- โครงการแก้มลิงบึงพุดซา พร้อมอาคารประกอบ อ.เมือง จ.นครราชสีมา ความจุที่กักเก็บน้ำ 5.00 ล้าน ลบ.ม.
- โครงการแก้มลิงหนองพลวงพร้อมอาคารประกอบ อ.เมือง จ.นครราชสีมา ความจุที่กักเก็บน้ำ 0.50 ล้าน ลบ.ม.

3) การปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของลำตะคองและลำบริบูรณ์ ในช่วงท้ายน้ำจากเขื่อนลำตะคองโดยดำเนินการดังนี้

- ก่อสร้างอาคารแบ่งน้ำละมหม้อ
- รื้อถอนสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางระบายน้ำพร้อมขุดลอกลำตะคองและลำบริบูรณ์
- รื้อถอนอาคารเดิมที่ไม่ได้มาตรฐานพร้อมก่อสร้างใหม่ทดแทน

2. มาตรการการแก้ไขปัญหาโดยไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง

1) การป้องกันการบุกรุกทางน้ำชลประทาน โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็น Floodway โดยกรมชลประทานและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง

2) การกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมที่ยอมให้เกิดการท่วมได้เป็นพื้นที่ที่เป็น Floodway พื้นที่ราบลุ่ม (Flood Plain) และพื้นที่เศรษฐกิจ พร้อมมาตรการทบทวนปรับปรุงกฎระเบียบและกฎหมาย เพื่อมิให้มีการก่อสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ รวมทั้งมาตรการให้ความช่วยเหลือ โดยคณะทำงานระดับจังหวัด

3) การติดตั้งระบบเตือนภัยให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ พร้อมกำหนดตัวชี้วัดสำหรับการเตือนภัยที่ชัดเจน

4) มีการจัดประชุมเตรียมความพร้อมรับสถานการณ์ก่อนฤดูน้ำหลาก เพื่อทำความเข้าใจ เชื่อมประสานการปฏิบัติงานของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในระดับจังหวัดแบบบูรณาการอย่างมีประสิทธิภาพ

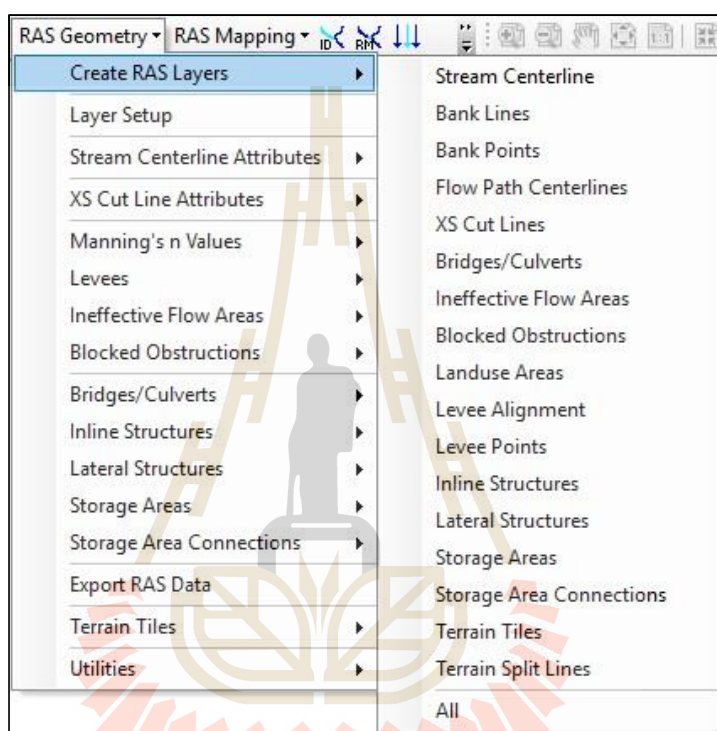
5) มีการคาดการณ์และติดตามสถานการณ์ต่างๆ อย่างใกล้ชิด ประกอบด้วย สภาพภูมิอากาศ สภาพน้ำฝน สภาพน้ำท่า สภาพน้ำในอ่างฯ และพายุจร เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำและแก้ไขปัญหาดังกล่าว เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลพื้นฐานของหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้ทราบสถานการณ์ที่รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ โดยทางระบบสารสนเทศและระบบรับส่งข้อมูลทางไกล

6) มีการจัดตั้งศูนย์บริหารและจัดการน้ำทั้งส่วน โครงการฯ และสำนักชลประทานเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำอย่างใกล้ชิดและจัดทำรายงานรวมทั้งแจ้งข้อมูลข่าวสารให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบ โดยระดับสำนักฯ ให้ผู้อำนวยการสำนักชลประทานที่ 8 เป็นผู้แทนกรมฯ ในการให้ข้อมูลข่าวสาร และระดับโครงการให้โครงการชลประทานจังหวัดเป็นผู้แทนจังหวัดในการให้ข้อมูลข่าวสาร รูปแบบแผนผัง การบริหารงานเพื่อเตรียมการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมของสำนักชลประทานที่ 8

2.5 แบบจำลอง HEC-GeoRAS

แบบจำลอง HEC-GeoRAS ดังรูปที่ 2.7 เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยหน่วยงาน Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering และเป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยทำงานร่วมกับโปรแกรม ARC GIS ในส่วนของการใช้งานจะติดต่อการในรูปแบบ graphical user interface (GUI) โดยแบบจำลองสามารถสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ลำน้ำสายหลัก (Stream Centerline) ดิ่งของลำน้ำ (Stream Bank) เส้นทางการ

ไหลบ่า (Flow Paths) หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections XS Cut Lines) เพื่อนำข้อมูลเข้าในแบบจำลอง HEC-RAS และแบบจำลอง HEC-GeoRAS (เอกพล ฉิมพงษ์ และพงษ์ศักดิ์ จินดาศรี, 2552) ยังสามารถนำข้อมูลที่ส่งออกจากแบบจำลอง HEC-RAS มาวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์จัดทำแผนที่ การคำนวณความเสียหายจากน้ำท่วม การฟื้นตัวทางระบบนิเวศ และการเตือนภัยและป้องกันภัยน้ำท่วมได้

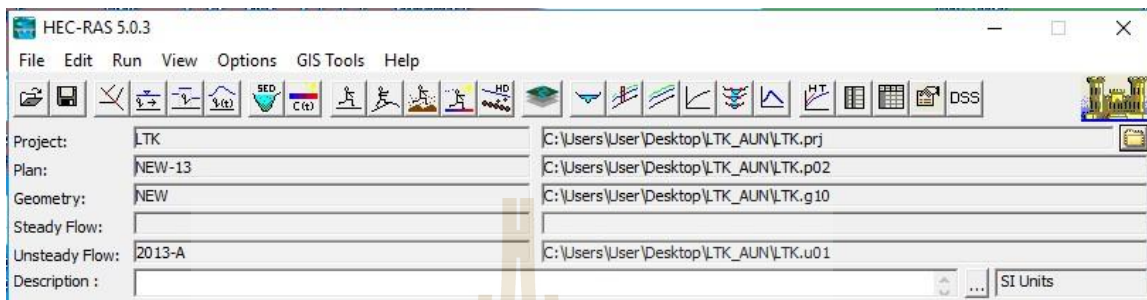


รูปที่ 2.7 รูปแบบของแบบจำลอง HEC-GeoRAS
ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

2.6 แบบจำลอง HEC-RAS

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3 ดังรูปที่ 2.8 เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย Hydraulics Engineering Center US Army Corps of Engineer ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์งานด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (One-dimensional) และ 2 มิติ (Two-dimensional) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำระหว่างรูปตัดได้ และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบได้วิกฤต (Subcritical flow) และเหนือวิกฤต (Supercritical flow) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (Water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น

(สำนักวิจัยและพัฒนา, 2553) โดยแบบจำลอง HEC-RAS จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบคงที่ (Steady flow) และการคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady flow) โดยมีหลักการการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้



รูปที่ 2.8 รูปแบบของแบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

2.6.1 การคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบคงที่ (Steady flow)

1. สมการสำหรับการคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำ

การคำนวณหาค่าระดับน้ำตามยาว (Water surface profile) ของการไหลแบบไม่ผันแปรตามเวลา (Steady flow) สามารถคำนวณจากหน้าตัดหนึ่งไปยังอีกหน้าตัดหนึ่งโดยใช้สมการพลังงาน (Energy equation) ดังรูปที่ 2.9 ด้วยวิธีการทำซ้ำที่เรียกว่า Standard Step Method ซึ่งสมการพลังงานสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.1

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2.1)$$

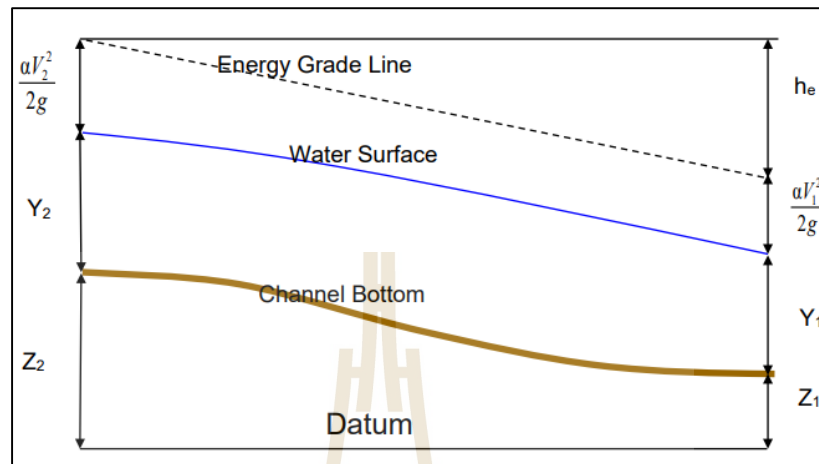
เมื่อ Z_1, Z_2 คือ ระดับของท้องน้ำที่หน้าตัดที่พิจารณา (Elevation of the main channel inverts)

Y_1, Y_2 คือ ความลึกที่หน้าตัดที่พิจารณา (Depth of water cross sections)

V_1, V_2 คือ ความเร็วการไหลของน้ำเฉลี่ย (ผลรวมการไหล/พื้นที่ทั้งหมด)
(Average velocities (total discharge/total flow area))

a_1, a_2 คือ สัมประสิทธิ์น้ำหนักของความเร็ว (Velocity weighting coefficients)

- g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational acceleration)
- h_e คือ พลังงานความสูญเสียหัวน้ำ (Energy head loss)



รูปที่ 2.9 พังไคอะแกรมแสดงตัวแปรในสมการพลังงาน

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

พลังงานความสูญเสียหัวน้ำ (h_e) ระหว่างสองหน้าตัดประกอบไปด้วยการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน และการสูญเสียเนื่องจากการบีบ และการขยายของหน้าตัด ดังนั้นสมการสำหรับการคำนวณพลังงาน ความสูญเสียของหัวน้ำสามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.2

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2.2)$$

- เมื่อ L คือ น้ำหนักของการไหลในช่วงที่พิจารณา (Discharge Weighted Reach Length)
- \bar{S}_f คือ ความลาดชันของแรงเสียดทานระหว่างสองรูปหน้าตัด (Representative friction slope between two sections)
- C คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสีย (Expansion or contraction loss coefficient)

เนื่องจากการขยายหรือการบีบแคบของทางน้ำ L สามารถคำนวณได้ตามสมการ 2.3

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (2.3)$$

เมื่อ L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} คือ ช่วงความยาวหน้าตัดที่กำหนดสำหรับการไหลที่สั้นตลิ่งด้านซ้ายในลำน้ำหลัก และสั้นที่ตลิ่งด้านขวาตามลำดับ
 $\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}$ คือ อัตราการไหลของความยาวหน้าตัดที่กำหนดสำหรับการไหลที่สั้นตลิ่งด้านซ้ายในลำน้ำหลักและที่สั้นตลิ่งด้านขวาตามลำดับ

2. การแบ่งหน้าตัดการไหลสำหรับการคำนวณค่านำพาการไหล (Conveyance)
 การพิจารณาค่านำพาการไหลทั้งหมดและค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วการไหลสำหรับแต่ละหน้าตัดการไหล จะดำเนินการ โดยการแบ่งการไหลออกเป็นส่วนๆ เพื่อที่จะทำให้ความเร็วการไหลมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ วิธีการที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS คือการแบ่งการไหลในพื้นที่ Over bank ตามการเปลี่ยนแปลงของค่า n ที่ได้ป้อนเข้าไปในแต่ละหน้าตัดการไหล (ตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า n) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.10 ค่านำพาการไหล (Conveyance) จะถูกคำนวณจากสมการแมนนิง (หน่วยอังกฤษ) คือ

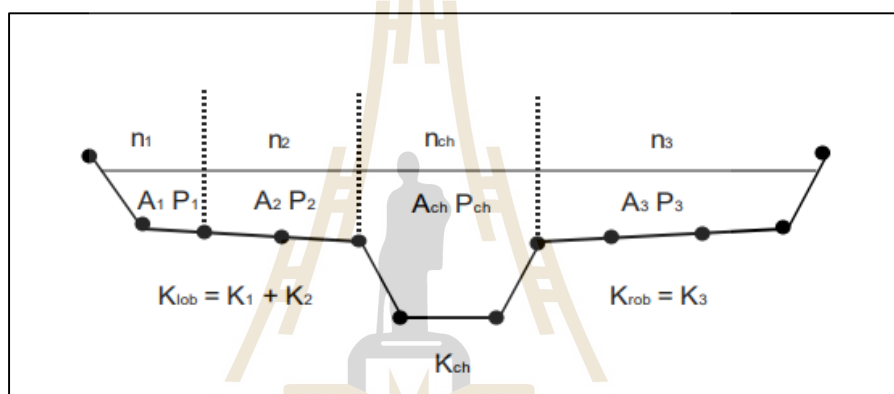
$$Q = KS_f^{1/2} \quad (2.4)$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \quad (2.5)$$

เมื่อ K คือ ค่านำพาการไหลของลำน้ำย่อย (Conveyance for Subdivision)
 n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ (Manning's Roughness Coefficient for Subdivision)
 A คือ พื้นที่ลำน้ำย่อย (Flow Area for Subdivision)

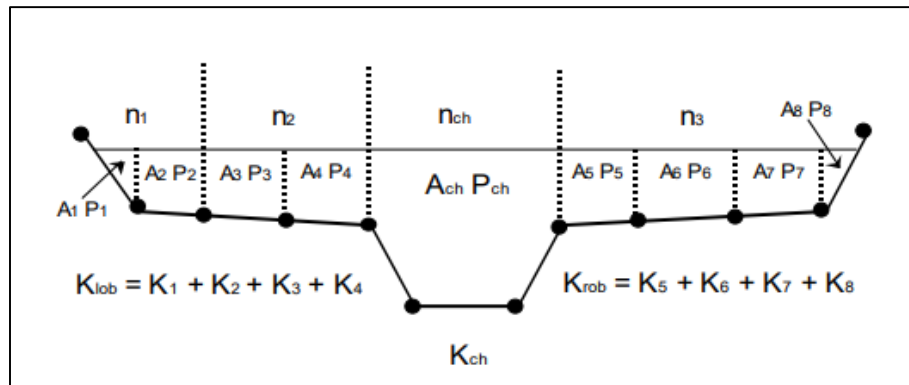
- R คือ รัศมีของการไหลในลำน้ำ (พื้นที่/เส้นขอบเปียก) (Hydraulic Radius for Subdivision (Area/ Wetted Perimeter))
- S_f คือ slope of the energy gradeline

โปรแกรมทำการคำนวณค่านำพาการไหลสำหรับ Over bank ผังซ้ายและฝั่งขวาโดยการรวมค่านำพาการไหลย่อยๆ ในแต่ละฝั่งเข้าด้วยกัน สำหรับค่านำพาการไหลในลำน้ำหลักโดยปกติจะมีเพียงค่าเดียว ค่านำพาการไหลทั้งหมดของรูปตัดการไหล สามารถหาได้โดยการรวมค่านำพาการไหลทั้งหมดเข้าด้วยกัน



รูปที่ 2.10 วิธีการแบ่งรูปตัดการไหลเพื่อการคำนวณค่านำพาการไหลในแบบจำลอง HEC-RAS
ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

นอกจากการคำนวณค่านำพาการไหลตามวิธีดังกล่าวมาแล้ว ยังมีทางเลือกในการคำนวณค่าดังกล่าวในแบบจำลอง HEC-RAS ทางเลือกดังกล่าวจะทำการคำนวณค่านำพาการไหลย่อยระหว่างทุกๆ จุดใน Over bank ค่านำพาการไหลย่อยเหล่านี้จะถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อหาค่านำพาการไหลรวมในแต่ละ Over bank วิธีการหาค่านำพาการไหลวิธีนี้ เป็นวิธีการที่ถูกใช้ในแบบจำลอง HEC-2 แต่ยังคงเก็บไว้ในแบบจำลอง HEC-RAS เพื่อให้สามารถศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทั้งสองได้โดยทั่วไปแล้ววิธีคำนวณค่านำพาการไหลวิธีแรก จะให้ค่านำพาการไหลที่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้จากวิธีที่สอง ที่ระดับผิวน้ำเดียวกัน

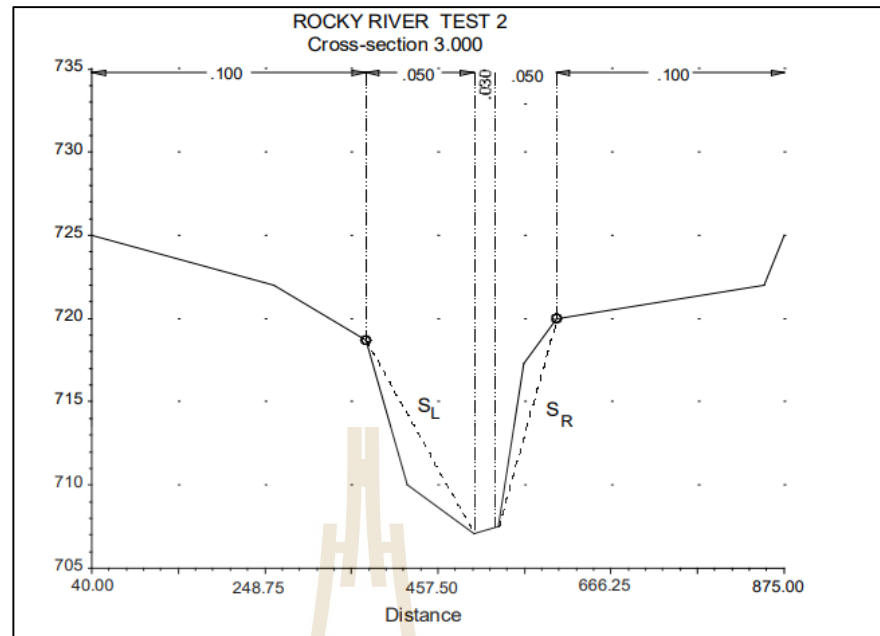


รูปที่ 2.11 วิธีการทางเลือกในการแบ่งรูปตัดการไหลเพื่อการคำนวณค่านำพาการไหลในแบบจำลอง HEC-RAS

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

3. ค่า Composite Manning's n สำหรับลำน้ำหลัก

การไหลในลำน้ำหลักจะไม่ถูกแบ่งเป็นส่วนย่อย ยกเว้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งภายในลำน้ำหลัก แบบจำลอง HEC-RAS จะทำการตรวจสอบว่าสามารถทำการแบ่งค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของหน้าตัดในลำน้ำหลักได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถทำได้ โปรแกรมก็จะคำนวณค่า n สำหรับลำน้ำหลักเพียงค่าเดียว โปรแกรมจะทำการพิจารณาว่าส่วนของลำน้ำหลักสามารถที่จะแบ่งเป็นส่วนย่อยได้หรือไม่ หรือสามารถใช้ค่า Composite Manning's n ได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ว่าลำน้ำหลักมีค่า Side Slope ชันกว่า 5H : 1V และค่า n สำหรับลำน้ำหลักมีมากกว่าหนึ่งค่า ซึ่งถ้าเข้าเกณฑ์ดังกล่าว โปรแกรมจะทำการคำนวณค่า Composite Roughness สำหรับใช้คำนวณการไหลในลำน้ำหลัก Side Slope ที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS หมายถึงอัตราส่วนของค่าระยะทางแนวราบระหว่างจุดที่มีค่า n แตกต่างกันในลำน้ำหลัก ต่อค่าต่างระดับของทั้งสองจุด (คูค่า SL และ SR ในรูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 ค่าจำกัดความของลาดตลิ่ง (Bank Slope) สำหรับการคำนวณค่า Composite n_c
ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

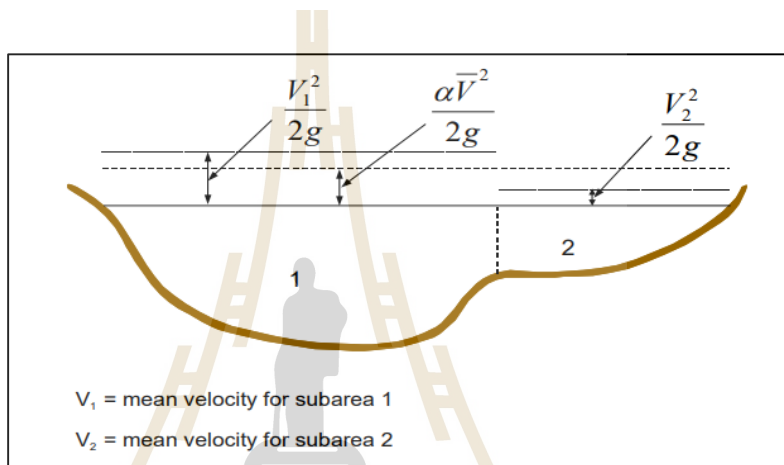
ในการคำนวณค่า n_c ลำน้ำหลักจะถูกแบ่งออกเป็น N ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะทราบค่าความยาวของเส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter P_i) และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n_i

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (2.6)$$

- เมื่อ n_c คือ ผลรวมสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Composite or Equivalent Coefficient of Roughness)
- P คือ เส้นขอบเปียกทั้งหมดของลำน้ำ (Wetted Perimeter of Entire Main Channel)
- P_i คือ เส้นขอบเปียกของลำน้ำย่อยที่ 1 (Wetted Perimeter of Subdivision I)
- n_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Coefficient of Roughness for Subdivision)

4. การประเมินค่าความสูงพลังงานจลน์เฉลี่ย

เนื่องจากแบบจำลอง HEC-RAS เป็นแบบจำลองการไหลแบบทิศทางเดียว (One-Dimensional Flow) ในแต่ละหน้าตัดการไหลโปรแกรมจะทำการคำนวณผิวน้ำหรือพลังงานเพียงค่าเดียวเท่านั้น โดยค่าพลังงานจะได้มาจากการคำนวณพลังงานการไหลถ่วงน้ำหนัก (Flow Weighted Energy) จากพื้นที่ย่อยของรูปตัดการไหล (Left Over bank, Main Channel, and Right Over bank) รูปที่ 2.13 แสดงการคำนวณพลังงานเฉลี่ยของรูปตัดการไหลที่ประกอบด้วยลำน้ำหลัก และ Over bank ฝั่งขวา



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ย

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

ในการคำนวณค่าพลังงานจลน์เฉลี่ย มีความจำเป็นต้องหาค่า Velocity Head Weighting Coefficient Alpha ซึ่งค่า Alpha คำนวณจากสมการด้านล่าง

$$\text{Mean Kinetic Energy Head} = \text{Discharge} - \text{Weighted Velocity Head}$$

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \tag{2.7}$$

$$\alpha = \frac{2g \left[Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g} \right]}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \tag{2.8}$$

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (2.9)$$

โดยทั่วไปแล้ว :

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q \bar{V}^2} \quad (2.10)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วไหล α จะถูกคำนวณบนพื้นฐานของค่านำพาการไหล (Conveyance) ในพื้นที่การไหลทั้งสามส่วน คือ Over bank ฝั่งซ้าย, Over bank ฝั่งขวา, และลำน้ำหลัก ซึ่งสามารถเขียนสมการในรูปของค่า Conveyance และพื้นที่ได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \quad (2.11)$$

เมื่อ	A_t	คือ พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (Total Flow Area of Cross Section)
	A_{lob}, A_{ch}, A_{rob}	คือ เส้นของเปียกของลำน้ำหลัก (Wetted Perimeter of Entire Main Channel)
	K_t	คือ ผลรวมค่านำพาการไหลของหน้าตัดลำน้ำ (Total Conveyance of Cross Section)
	K_{lob}, K_{ch}, K_{rob}	คือ ค่านำพาการไหลของฝั่งซ้าย, ลำน้ำหลัก, ฝั่งขวา ตามลำดับ (Conveyances of Left Over bank, Main Channel and Right Over bank, Respectively)

5. การประเมินค่าสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน

ค่าสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานในแบบจำลอง HEC-RAS จะถูกประเมินในรูปของผลคูณระหว่าง \bar{S}_f และ L สมการที่ 2.2 โดยค่า คือค่า Representative Friction Slope ของช่วงลำน้ำ และ L มีความหมายตามสมการที่ 2.3 ค่าความลาดของแรงเสียดทาน (Slope of Energy Grade Line) ที่แต่ละหน้าตัดการไหล คำนวณได้จากสมการแมนนิ่ง ดังนี้

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (2.12)$$

ค่า Representatives Reach Friction Slope, S_f ในแบบจำลอง HEC-RAS ยังมีให้เลือกอีกหลายรูปแบบ ดังนี้

Average conveyance Equation

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (2.13)$$

Average Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (2.14)$$

Geometric Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (2.15)$$

Harmonic Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{2(S_{f1} \times S_{f2})}{S_{f1} + S_{f2}} \quad (2.16)$$

สมการในข้อ 2.13 เป็นสมการหลัก ซึ่งจะถูกใช้ในโปรแกรมโดยอัตโนมัติ ยกเว้นว่าผู้ใช้โปรแกรมได้เลือกสมการอื่นในขั้นตอนการ Input ข้อมูล

6. การประเมินค่าสูญเสียเนื่องจากการลดลงและการขยายตัวของหน้าตัดการไหล

ค่า Contraction และ Expansion Losses ในแบบจำลอง HEC-RAS จะประเมินได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right| \quad (2.17)$$

เมื่อ C คือ สัมประสิทธิ์ค่าการสูญเสียเนื่องจากการลดลงและขยายตัวของหน้าตัดการไหล (Expansion or Contraction Loss Coefficient)

โปรแกรมจะถือว่ามีการลดลงของหน้าตัดการไหลเมื่อค่า Velocity Head ทางด้านซ้ายมีค่ามากกว่าค่า Velocity Head ทางด้านเหนือน้ำ ในทำนองเดียวกันเมื่อค่า Velocity Head ทางด้านเหนือน้ำมีค่ามากกว่า Velocity Head ทางด้านท้ายน้ำ โปรแกรมจะถือว่ามีการขยายตัวของหน้าตัดการไหล

7. ขั้นตอนการคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำ

ระดับของผิวน้ำ ณ หน้าตัดการไหลที่ยังไม่ทราบค่าจะหาได้โดยการทำซ้ำสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 โดยมีขั้นตอนในการคำนวณ ดังนี้

- 1) สมมติระดับผิวน้ำที่หน้าตัดการไหลด้านเหนือ (หรือที่หน้าตัดการไหลด้านท้ายน้ำในกรณีที่ต้องการคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำแบบ Supercritical Flow)
- 2) ทำการคำนวณค่า Total Conveyance and Velocity Head ตามค่าระดับผิวน้ำที่ได้สมมุติขึ้น
- 3) จากค่าที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณค่า s_f แล้วทำการแก้สมการที่ 2.2 เพื่อหาค่า h_c
- 4) ทำการแก้สมการที่ 2.1 โดยใช้ค่าที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 และ 3 เพื่อหาค่า WS2
- 5) เปรียบเทียบค่า WS2 ที่คำนวณได้กับค่าที่สมมุติขึ้นในข้อ 1 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 จนกระทั่งค่าที่คำนวณได้แตกต่างจากค่าที่สมมุติขึ้นน้อยกว่า 0.003 เมตรหรือตามที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานโปรแกรม

เกณฑ์ที่ใช้ในการสมมติค่าระดับผิวน้ำในการคำนวณแต่ละรอบจะแตกต่างกันไป ในรอบการคำนวณแรก โปรแกรมจะทำการโปรเจกต์ผิวน้ำจากรูปตัดการไหลก่อนหน้ามายังรูปตัดการไหลปัจจุบัน ในรอบการคำนวณที่สอง ระดับผิวน้ำ จะถูกกำหนดให้เท่ากับระดับผิวน้ำสมมติบวก 70% ของค่า Error จากการคำนวณในรอบแรก นั่นคือ ระดับผิวน้ำใหม่ = ระดับผิวน้ำสมมติ $W_i + 0.7 * (\text{ระดับผิวน้ำที่คำนวณได้} - \text{ระดับผิวน้ำสมมติ})$ ในรอบการคำนวณที่ 3

และรอบการการคำนวณถัดไปจะใช้วิธี Secant Method ในการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าระดับที่คำนวณได้กับค่าที่สมมติในรอบการคำนวณสองครั้งก่อนหน้า สมการสำหรับ Secant Method คือ

$$WS_I = WS_{I-2} - Err_{I-2} * Assum_Diff / Err_Diff \quad (2.18)$$

เมื่อ	WS_I	คือ สมมติค่าระดับน้ำใหม่ (The New Assumed Water Surface)
	WS_{I-1}	คือ ก่อนทำการรวนซ้ำให้สมมติระดับน้ำก่อน (The Previous Iteration's Assumed Water Surface)
	WS_{I-2}	คือ สมมติการทดลองจากสองครั้งก่อน (The Assumed Water Surface from Two Trials Previous)
	Err_{I-2}	คือ ค่าผิดพลาดจากการทาบครั้งที่ 2 (คำนวณระดับน้ำลบด้วยการสมมติจากครั้งที่ 1 และ 2 (The Error from Two Trials Previous (Computed Water Surface Minus Assumed from the I-2 Iteration))
	Assum_Diff	คือ ความแตกต่างในการสมมติระดับน้ำจากก่อนการทาบครั้งที่ 2 (The Difference n Assumed Water Surfaces from the Previous Two Trials. $Err_Assum = WS_{I-2} - WS_{I-1}$)
	Err_Diff	คือ สมมติระดับน้ำลบด้วยจากการคำนวณก่อนครั้งที่ 2 บวกด้วยค่าผิดพลาดจาก ครั้งที่ 2 (The Assumed Water Surface Minus the Calculated Water Surface from the Previous Iteration (I-1), Plus The Error from Two Trials Previous (Err I-2)), ($Err_Diff = WS_{I-1} - WS_Calc_{I-1} + Err_{I-2}$)

ค่าแตกต่างจากรอบการคำนวณหนึ่งกับรอบการคำนวณถัดไปจะถูกจำกัดไว้ที่ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าความลึกที่สมมติไว้ในรอบการคำนวณก่อนหน้า ทำให้ Secant Method มีโอกาสที่จะใช้ไม่ได้ถ้าค่า Err_Diff มีค่าน้อยเกินไป โดยถ้าค่า Err_Diff มีค่าน้อยกว่า 0.01 โปรแกรมก็จะงดใช้ Secant Method ซึ่งถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้น โปรแกรมก็จะทำการคำนวณระดับผิวน้ำใหม่ โดยการนำค่าเฉลี่ยระหว่างค่าสมมติและค่าที่คำนวณได้ในรอบการคำนวณก่อนหน้ามาใช้ในการคำนวณในรอบปัจจุบัน นอกจากนั้นจำนวนรอบการคำนวณสำหรับการทำให้ผิวน้ำสมดุลจะถูกกำหนดให้ไม่เกิน 20 รอบ ถ้าหากโปรแกรมไม่สามารถทำให้ผิวน้ำสมดุลได้ภายในรอบการ

คำนวณที่กำหนดโปรแกรมจะทำการคำนวณความลึกวิกฤติ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับจะใช้ค่าใดเป็นคำตอบ

8. การกำหนดค่าความลึกวิกฤติ (Critical Depth)

ความลึกวิกฤติสำหรับหน้าตัดการไหลจะถูกกำหนดขึ้น ถ้าหากเงื่อนไขดังต่อไปนี้เกิดขึ้น

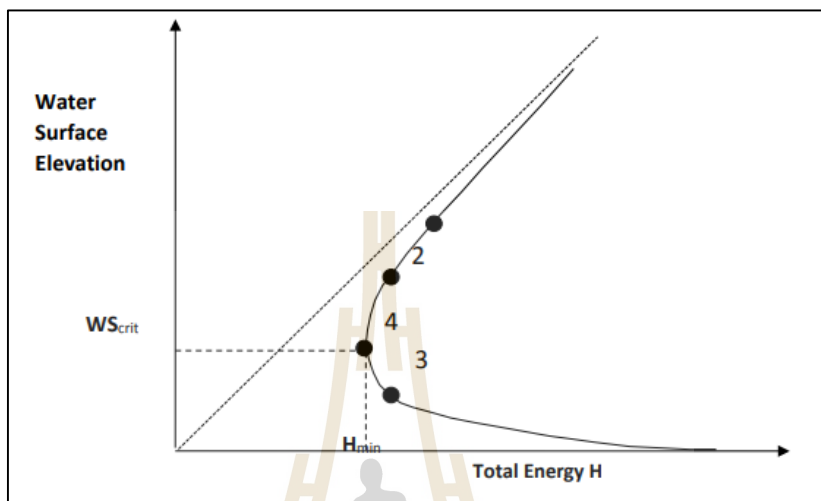
- 1) มีการกำหนดให้โปรแกรมคำนวณแบบ Supercritical Flow
- 2) ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดให้คำนวณค่าความลึกวิกฤติ
- 3) หน้าตัดการไหลที่พิจารณาเป็นหน้าตัดการไหลภายนอกขอบเขต (External Boundary Condition) และจะต้องทำการหาความลึกวิกฤติเพื่อให้แน่ใจว่า Boundary Condition ที่ผู้ใช้ได้ป้อนในแบบจำลองถูกต้อง
- 4) การตรวจสอบค่า Froude Number สำหรับการไหลแบบ Subcritical พบว่าจำเป็นต้องทำการคำนวณค่าความลึกวิกฤติ เพื่อยืนยันกฎการไหลที่เกี่ยวข้องกับระดับน้ำที่สมดุล
- 5) โปรแกรมไม่สามารถ Balance สมการพลังงานให้อยู่ภายในค่า Tolerance ที่กำหนดถึงแม้ว่าจำนวนรอบการคำนวณจะถึงค่าสูงสุดที่โปรแกรมกำหนดไว้แล้ว

ความสูงพลังงานทั้งหมดสำหรับหน้าตัดการไหล ถูกกำหนดโดยสมการ

$$H = WS + \frac{aV^2}{2g} \quad (2.19)$$

เมื่อ	H	คือ พลังงานการไหล total energy head
	WS	คือ ระดับน้ำ water surface elevation
	$\frac{aV^2}{2g}$	คือ ความเร็วการไหล velocity head

ค่าระดับผิวน้ำวิกฤติเป็นค่าระดับซึ่งพลังงานการไหลรวมมีค่าต่ำสุด (พลังงานจำเพาะต่ำสุดสำหรับหน้าตัดการไหลนั้นๆ ที่ปริมาณการไหลที่กำหนด) ค่าระดับวิกฤติจะถูกคำนวณโดยการทำซ้ำสมการที่ 2.19 โดยสมมติค่า WS แล้วคำนวณค่า H จนกระทั่งได้ค่า H ต่ำสุด



รูปที่ 2.14 Energy vs. Water Surface Elevation Diagram

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

9. การประยุกต์ใช้สมการโมเมนตัม (Application of the Momentum Equation)

สมการพลังงานจะไม่สามารถใช้ได้ในการณีที่ผิวน้ำตัดผ่านความลึกวิกฤติ นอกจากนั้นสมการพลังงานจะสามารถใช้ได้กับการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป (Gradually Varied Flow) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงการไหลจากภาวะการไหลแบบ Subcritical ไปเป็นการไหลแบบ Supercritical หรือจากแบบ Supercritical ไปเป็นแบบ Subcritical เป็นการเปลี่ยนแปลงการไหลอย่างทันทีทันใด ตัวอย่างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลแบบทันทีทันใด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความลาดท้องน้ำ การบีบอัดการไหลเนื่องจากสะพาน บริเวณอาคารน้ำตก และฝายทดน้ำ และบริเวณจุดบรรจบของลำน้ำ เป็นต้น ในบางกรณีตัวอย่างที่กล่าวถึงสามารถใช้สมการ Empirical ในการคำนวณการไหลได้ เช่น ในกรณีของอาคารน้ำตกและฝายทดน้ำ แต่ในบางกรณีมีความจำเป็นต้องใช้สมการโมเมนตัมในการหาคำตอบ

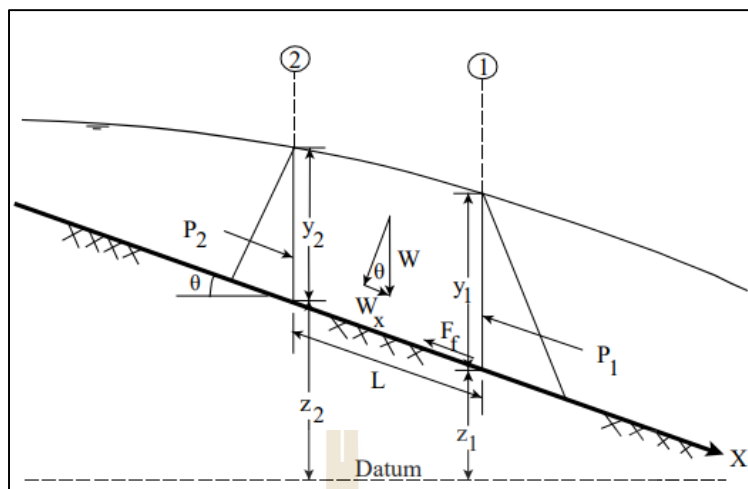
ภายในแบบจำลอง HEC-RAS สมการโมเมนตัมสามารถนำมาใช้ได้ในกรณี เช่น มีการเกิด Hydraulic Jump เกิดการไหลแบบ Low Hydraulics บริเวณสะพาน และบริเวณจุดบรรจบของลำน้ำ ซึ่งสมการโมเมนตัมนี้ได้มาจากกฎข้อที่สองของนิวตัน ดังนี้

Force = Mass x Acceleration (Change in Momentum)

$$\sum F_x = ma \quad (2.20)$$

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (2.21)$$

เมื่อ	P	คือ แรงดันน้ำสถิติตำแหน่งที่ 1 และ 2 (Hydrologic Pressure Force at Location 1 and 2.)
	W_x	คือ แรงเนื่องจากน้ำหนักของน้ำในทิศทาง x (Force due to the Weight of Water in The X Direction.)
	F_f	คือ แรงเนื่องจากการสูญเสียพลังงานภายนอกจาก 2 และ 1 (Force Due to External Friction Losses from 2 and 1)
	Q	คือ ปริมาณการไหล (Discharge)
	ρ	คือ ความหนาแน่นของน้ำ (Density of Water)
	ΔV_x	คือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วจากจุดที่ 1 ไป 2 ในทิศทาง X (Change in Velocity from 2 to 1, in the X Direction.)



รูปที่ 2.15 การประยุกต์ใช้หลักโมเมนต์
ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

แรงเนื่องจากความดันน้ำสถิต (Hydrostatic Pressure Forces)

แรงในแนวแกน X เนื่องจากความดันน้ำสถิต ได้แก่

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta \quad (2.22)$$

สมมติฐานของการกระจายความดันสถิตสามารถใช้ได้สำหรับความลาดเทที่น้อยกว่า 1:10 โดยค่า $\cos \theta$ ที่ความลาดเท 1:10 (ประมาณ 6 องศา) มีค่าเท่ากับ 0.995 และเนื่องจากค่าความลาดของท้องน้ำโดยปกติจะมีค่าน้อยกว่า 1:10 มาก จึงสามารถกำหนดค่า $\cos \theta$ ให้เท่ากับ 1.0 ได้ (Chow, 1959) ดังนั้นแรงดันเนื่องจากค่าความดันสถิตที่หน้าตัด 1 และ 2 คือ

$$P_1 = \gamma A_1 \bar{Y}_1 \quad (2.23)$$

$$P_2 = \gamma A_2 \bar{Y}_2 \quad (2.24)$$

เมื่อ γ คือ หน่วยน้ำหนักของน้ำ (Unit Weight of Water)
 A_1 คือ พื้นที่ขอบเปียกของหน้าตัดน้ำตำแหน่งที่ 1 และ 2 (Wetted Area of The Cross Section at Locations 1 and 2)

\bar{Y}_i คือ วัดความลึกจากผิวน้ำถึงก้นคลองที่หน้าตัดลำน้ำในตำแหน่งที่ 1 และ 2 (Depth Measured from Water Surface to the Censored of the Cross Sectional Area at Location 1 and 2.)

แรงเนื่องจากน้ำหนักของน้ำ (Weight of Water Force)

น้ำหนักของน้ำ = (น้ำหนักหนึ่งหน่วยของน้ำ) x (ปริมาตรของน้ำ)

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \quad (2.25)$$

$$W_x = W \sin \theta \quad (2.26)$$

$$\sin \theta = \frac{z_2 - z_1}{L} = S_0 \quad (2.27)$$

$$W_x = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 \quad (2.28)$$

- เมื่อ
- L คือ ระยะระหว่างหน้าตัดที่ 1 และ 2 ตามแนวแกน X (Distance between sections 1 and 2 along the X Axis)
 - S_0 คือ ความชันลำน้ำ, ระดับท้องน้ำ (Slope of the Channel, Based on Mean Bed Elevations)
 - Z_i คือ ระดับท้องน้ำที่ตำแหน่งที่ 1 และ 2 (Mean bed Elevation at Locations 1 and 2)

แรงเนื่องจากความเสียดทานภายนอก (Force Of External Friction)

$$F_f = \tau \bar{P} L \quad (2.29)$$

เมื่อ τ คือ แรงเฉือน (Shear Stress)
 \bar{P} คือ ค่าเฉลี่ยเส้นขอบเปียกระหว่างตำแหน่งที่ 1 และ 2 (Average Wetted Perimeter \bar{P} between Section 1 and 2)

$$\tau = \gamma \bar{R} \bar{S}_f \quad (2.30)$$

เมื่อ \bar{R} คือ ค่าเฉลี่ยรัศมีแรงดันน้ำ (Average Hydraulic Radius ($R=A/P$))
 \bar{S}_f คือ ความชันของเส้นชั้นพลังงาน (Slope of the Energy Grade Line (Friction S_f Slope))

$$F_f = \gamma \frac{\bar{A}}{\bar{P}} \bar{S}_f \bar{P} L \quad (2.31)$$

$$F_f = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \bar{S}_f L \quad (2.32)$$

Mass Times Acceleration:

$$ma = Q\rho\Delta V_x \quad (2.33)$$

โดย $\rho = \frac{\gamma}{g}$ and $\Delta V_x = (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$

$$ma = \frac{Q\gamma}{g} (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2) \quad (2.34)$$

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่สำหรับ A นับจากความเร็วในช่องลำน้ำ
 (Momentum Coefficient that Accounts for a Varying Velocity Distribution in Irregular Channels)

แทนค่าตัวแปรทั้งหมดลงในสมการที่ 2.21 และสมมติว่า Q สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้จากหน้าตัด 2 ถึงหน้าตัด 1

$$\gamma A_2 \bar{Y}_1 - \gamma A_1 \bar{Y}_1 + \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1 \gamma}{g} \beta_1 V_1 - \frac{Q_2 \gamma}{g} \beta_2 V_2 \quad (2.35)$$

$$\frac{Q_2 \beta_2 V_2}{g} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1 V_1}{g} + A_1 \bar{Y}_1 \quad (2.36)$$

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 \quad (2.37)$$

สมการที่ 2.37 เป็นรูปแบบฟังก์ชันของสมการ โมเมนต์ที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งการประยุกต์ใช้สมการ โมเมนต์ภายในแบบจำลอง HEC-RAS ทุกครั้งจะ Derive มาจากสมการที่ 2.37

10. การดึงของอากาศในกระแสน้ำที่มีความเร็วสูง (Air Entrainment in High Velocity Streams)

สำหรับทางน้ำที่ความเร็วการไหลมีค่าสูง ผิวน้ำอาจจะยกตัวสูงกว่าที่คาดไว้เล็กน้อยเนื่องจากการดึงของอากาศถึงแม้ว่าในแม่น้ำส่วนใหญ่การดึงของอากาศจะไม่มีผลสำคัญ แต่อาจมีความสำคัญสำหรับการไหลแบบ Highly Supercritical (ค่า Froude Number มากกว่า 1.6) แบบจำลอง HEC-RAS ได้นำผลกระทบเนื่องจากการดึงของอากาศมาคิดไว้ในแบบจำลอง โดยใช้สมการสองสมการดังต่อไปนี้

สำหรับการไหลที่มีค่า Froude Number น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8.2

$$D_a = 0.906D(e)^{0.061F} \quad (2.38)$$

สำหรับการไหลที่มีค่า Froude Number มากกว่า 8.2

$$D_a = 0.620D(e)^{0.1051F} \quad (2.39)$$

เมื่อ	D_a	คือ ความลึกของน้ำกับมีการดึงของอากาศ (Water Depth with Air Entrainment)
	D	คือ ความลึกของน้ำกับไม่มีการดึงของอากาศ (Water Depth without Air Entrainment)
	e	คือ จำนวนคงที่ เท่ากับ (Numerical Constant, Equal to 2.718282)
	F	คือ Froude Number

ผิวน้ำที่รวมผลกระทบของการดึงของอากาศ จะถูกคำนวณและแสดงไว้แยกต่างหากในตาราง Output ของแบบจำลอง HEC-RAS ถ้าหากผู้ใช้แบบจำลองต้องการแสดงผิวน้ำที่รวมการดึงของอากาศนี้ ผู้ใช้แบบจำลองจะต้องสร้างตารางที่มีตัวแปรคำว่า “WS Air Enter” ไว้ในตารางโปรไฟล์ด้วยตนเอง ตัวแปรนี้จะไม่แสดงโดยอัตโนมัติในตารางมาตรฐานของแบบจำลอง HEC-RAS

11. ข้อจำกัดของ โปรแกรมการไหลแบบคงที่ (Steady Flow Program Limitations)
การวิเคราะห์ต่างๆ ที่แสดงไว้ในโปรแกรมการไหลแบบคงที่ที่ตั้งอยู่บนสมมติฐานดังต่อไปนี้

- 1) การไหลเป็นแบบคงที่
- 2) การไหลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป (ยกเว้น ณ จุดที่มีอาคารทางชลศาสตร์ เช่น สะพาน ทางลอด และฝาย ซึ่งเป็นจุดที่มีการไหลเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สมการโมเมนตัมหรือสมการ Empirical จะถูกนำมาใช้ ณ จุดนี้)
- 3) การไหลเป็นแบบหนึ่งมิติ (องค์ประกอบของความเร็วในทิศทางอื่น นอกเหนือจากทิศทางของการไหลจะไม่ถูกนำมาพิจารณา)
- 4) ทางน้ำหรือลำน้ำมีค่าความลาดเทน้อยกว่า 1:10

การไหลจะถูกสมมติให้เป็นแบบคงที่เนื่องจากเทอมที่ขึ้นกับเวลาจะไม่ถูกนำมารวมไว้ในสมการพลังงาน (สมการที่ 2.1) นอกจากนั้นการไหลจะถูกสมมติให้เปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็น ค่อยไป เนื่องจากสมการที่ 2.1 ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าการกระจายตัวของแรงดันสถิตินี้อยู่ในทุกหน้าตัดการไหล บริเวณที่การไหลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด โปรแกรมจะเปลี่ยนไปใช้สมการโมเมนต์ัมหรือสมการ Empirical อื่นๆ ส่วนสาเหตุที่การไหลถูกสมมติให้เป็นการไหลแบบหนึ่งมิติเนื่องจากสมการที่ 2.19 ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ความสูงพลังงานรวมมีค่าเท่ากันทุกๆ จุดในแต่ละหน้าตัดการไหล

ข้อจำกัดของความลาดเทที่ต้องมีค่าน้อยกว่า 1:10 นั้นเนื่องมาจากการในการวิเคราะห์สมการพลังงานได้คำนวณความสูงของความดันในแนวตั้งจากสมการ

$$H_p = d \cos \theta$$

เมื่อ	H_p	คือ แรงดันตามแนวตั้ง (Vertical Pressure Head)
	d	คือ ความลึกของน้ำถึงก้นคลอง (Depth of Water Measured Perpendicular to the Channel Bottom)
	θ	คือ ความชันก้นคลองในหน่วยองศา (The Channel Bottom Slope Expressed in Degrees)

สำหรับความลาดชันของท้องน้ำที่ 1:10 (5.71 องศา) หรือน้อยกว่าค่า $\cos(\theta)$ จะเท่ากับ 0.995 ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าความสูงของความดันมีค่าเท่ากับ d โดยประมาณ แทนที่จะใช้ค่าเท่ากับ $d \cos(\theta)$ เนื่องจากจะเห็นได้ว่าที่ค่าความลาดชัน 1:10 หรือน้อยกว่าค่าผิดพลาดในการประมาณค่าความลึกในแนวตั้งจะน้อยมาก (0.5%)

ถ้าหากต้องใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในทางน้ำที่มีค่าความลาดชันท้องน้ำมาก จะต้องระมัดระวังค่าความผิดพลาด (Error) ในการคำนวณความลึกอันเนื่องมาจากขนาดของความลาดชันตารางด้านล่างแสดงค่า $\cos(\theta)$ ที่ค่าความลาดชันต่างๆ

ตารางที่ 2.2 ความลาดชัน

ความลาดชัน	องศา	$\cos(\theta)$
1:10	5.71	0.995
2:10	11.31	0.981
3:10	16.70	0.958
4:10	21.80	0.929
5:10	26.57	0.894

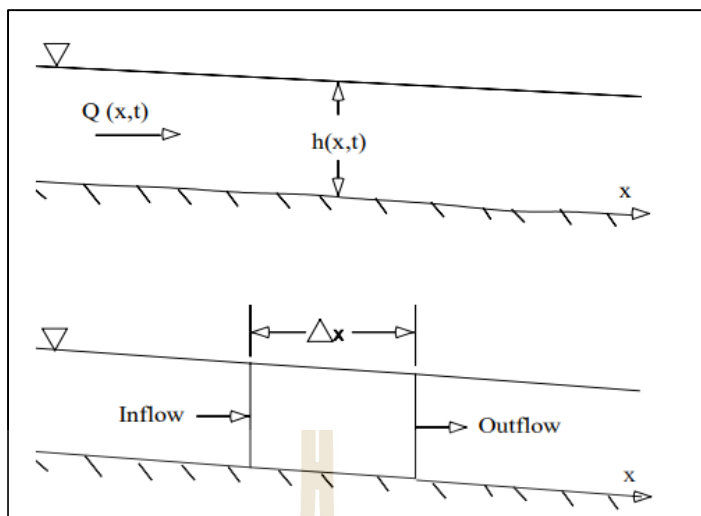
ถ้าหากต้องใช้แบบจำลอง HEC-RAS กับทางน้ำที่มีค่าความลาดต่อน้ำมากกว่า 1:10 จะต้องหาค่าความลึกที่คำนวณได้จากแบบจำลองด้วยค่า $\cos(\theta)$ เพื่อให้ค่าความลึกมีความถูกต้อง นอกจากนี้จะต้องตระหนักว่าทางน้ำที่มีความลาดชันต่อน้ำมาก ๆ จะทำให้เกิดการดึงของอากาศทำให้ผิวน้ำสูงขึ้นได้ ตลอดจนถึงคำนึงถึงแฟลคเตอร์อื่นๆ ที่ยังไม่ได้พิจารณาไว้ในแบบจำลอง

2.6.2 การคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบคงที่ (Unsteady flow)

กฎทางฟิสิกส์ที่ครอบคลุมการไหลของน้ำในลำน้ำประกอบด้วย (1) กฎทรงมวล (Continuity) และ (2) กฎทรงโมเมนตัม ในทางคณิตศาสตร์กฎทั้งสองจะถูกแสดงในรูปของสมการ Partial Differential

1. สมการต่อเนื่อง (Continuity Equation)

พิจารณาปริมาตรควบคุมพื้นฐานแสดงในรูปที่ 2.16 จากรูป ระยะทาง x เป็นระยะทางที่วัดตามทางน้ำ การไหลและพื้นที่การไหลทั้งหมด ณ จุดกึ่งกลางของปริมาตรควบคุมแสดงด้วยเทอม $Q(x,t)$ และ A_T ตามลำดับ พื้นที่การไหลทั้งหมดเกิดจากผลรวมของพื้นที่ประสิทธิผล A และพื้นที่เก็บกักนอกทางน้ำ S



รูปที่ 2.16 ปริมาตรควบคุมพื้นที่ฐานสำหรับการวิเคราะห์ที่มาของ Continuity และ Momentum Equations

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

การทรงไว้ซึ่งมวลของปริมาตรควบคุมกล่าวไว้ว่า อัตราการไหลสุทธิเข้าสู่ ปริมาตรควบคุมจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของการเก็บกักภายในปริมาตร อัตราการไหลเข้าสู่ ปริมาตรเก็บกักอาจจะเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.40)$$

อัตราการไหลออกเขียนได้ดังนี้

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.41)$$

และอัตราการเปลี่ยนแปลงของการเก็บกักเขียนได้ดังนี้

$$\rho \frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_i \right] \quad (2.42)$$

สมมติว่า Δx มีค่าน้อยมาก ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงมวลในปริมาตรควบคุมจะเท่ากับ Δx

$$\rho \frac{\partial A_r}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q \right] \quad (2.43)$$

โดย Q คือการไหลด้านข้างเข้าสู่ปริมาตรควบคุม และ ρ คือความหนาแน่นของของเหลว ทำให้สมการอยู่ในรูปร่างง่ายและหารตลอดด้วยค่า จะได้ $\rho \Delta x$ (Continuity Equation) ดังนี้

$$\frac{\partial A_r}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (2.44)$$

โดย q_l คือ การไหลด้านข้าง (Lateral Flow) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว

2. สมการโมเมนตัม (Momentum Equations)

การทรงไว้ซึ่งโมเมนตัมเขียนได้โดยใช้กฎข้อที่สองของนิวตัน ดังนี้

$$\sum F_x = \frac{d\vec{M}}{dt} \quad (2.45)$$

การทรงไว้ซึ่งโมเมนตัมสำหรับปริมาตรควบคุมกล่าวไว้ว่า อัตราของโมเมนตัมสุทธิที่เข้าสู่ปริมาตร (Momentum Flux) บวกกับผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่กระทำกับปริมาตรจะเท่ากับอัตราการสะสมของโมเมนตัม ความสัมพันธ์นี้เป็นสมการเวกเตอร์ที่กระทำในทิศทางแกน x และค่า Momentum Flux (MV) คือมวลของของเหลวคูณด้วยเวกเตอร์ความเร็วในทิศทางของการไหล ในที่นี้แรงที่จะถูกพิจารณาประกอบไปด้วยแรงที่เกิดจาก (1) ความดัน (2) ความโน้มถ่วงของโลก และ (3) แรงจุดที่ผิว หรือแรงเสียดทาน

แรงเนื่องจากความดัน (Pressure Forces) รูปที่ 2.17 อธิบายกรณีทั่วไปของหน้าตัดการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ การกระจายตัวของความดันถูกสมมุติให้เป็น Hydrostatic (ความดันเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรงตามความลึก) และความดันรวมทั้งหมดได้จากการอินทิเกรตผลคูณของ

ความดัน-พื้นที่ตลอดหน้าตัด ภายหลังจาก Shames (1962) แรงเนื่องจากความดัน ณ จุดใดๆ อาจเขียนได้ดังนี้

$$F_p = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy \quad (2.46)$$

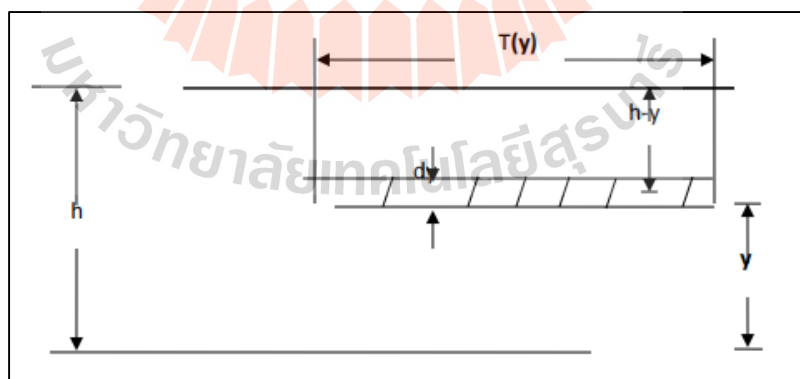
โดย h คือค่าความลึก, y คือระยะทางเหนือท้องทางน้ำ และ $T(y)$ คือฟังก์ชันความกว้างซึ่งทำให้ความกว้างของรูปตัดสัมพันธ์กับระยะทางเหนือท้องทางน้ำ

ถ้า F_p คือแรงเนื่องจากความดันในทิศทางแกน x ณ จุดกึ่งกลางของปริมาตรควบคุมแรงทางด้านเหนือน้ำของปริมาตรควบคุมสามารถเขียนได้ดังนี้

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial X} \frac{\Delta X}{2} \quad (2.47)$$

และแรงทางด้านท้ายน้ำเขียนได้เป็น

$$F_p + \frac{\partial F_p}{\partial X} \frac{\Delta X}{2} \quad (2.48)$$



รูปที่ 2.17 เทอมที่เกี่ยวข้องกับคำจำกัดความของแรงเนื่องจากความดัน

ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

ผลรวมของแรงเนื่องจากความดันสำหรับปริมาตรควบคุมจึงอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F_{Pn} = \left| F_P - \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_P + \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B \quad (2.49)$$

โดย F_{Pn} คือค่าแรงสุทธิเนื่องจากความดันสำหรับปริมาตรควบคุม และ F_B คือแรงเนื่องจากดลิ่งทางน้ำในทิศทางแกน x -ที่กระทำต่อของเหลว ซึ่งอาจเขียนเป็นสมการอย่างง่ายได้ดังนี้

$$F_{Pn} = -\frac{\partial F_P}{\partial x} \Delta x + F_B \quad (2.50)$$

ดิฟเฟอเรนติเอท สมการที่ 2.46 โดยใช้กฎของ Leibnitz และแทนค่าลงในสมการที่ 2.50 จะได้

$$F_{Pn} = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial x} dy \right] + F_B \quad (2.51)$$

ค่าแรกของการอินทิเกรทในสมการที่ 2.51 คือค่าพื้นที่รูปตัด A ค่าที่สอง (คูณด้วย $-\rho g \Delta x$) คือค่าของแรงดันเนื่องจากของเหลวที่กระทำต่อดลิ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ F_B แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น ค่าแรงดันสุทธิอาจเขียนได้เป็น

$$F_{Pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x \quad (2.52)$$

แรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Force) แรงเนื่องจากความโน้มถ่วงที่กระทำบนของเหลวในปริมาตรควบคุมในทิศทางแกน x คือ

$$F_g = \rho g A \sin \theta \Delta x \quad (2.53)$$

โดย θ คือมุมที่ท้องทางน้ำทำกับแนวราบ สำหรับลำน้ำธรรมชาติ θ มีค่าน้อย และค่า $\theta \approx \tan \theta = -\partial Z_0 / \partial x$ โดยที่ Z_0 คือระดับของท้องทางน้ำ ดังนั้นแรงเนื่องจากความโน้มถ่วง อาจเขียนได้เป็น

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial Z_0}{\partial x} \Delta x \quad (2.54)$$

แรงนี้จะมีค่าเป็นบวกสำหรับความลาดชันท้องน้ำที่เป็นลบ

แรงฉุดที่ผิวหรือแรงเสียดทาน (Boundary Drag or Friction Force) แรงเสียดทานระหว่างทางน้ำและของเหลวอาจเขียนได้ดังนี้

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x \quad (2.55)$$

โดย τ_0 คือค่าแรงเฉือนที่ผิวเฉลี่ย (แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่) ซึ่งกระทำบนผิวของเหลว และ P คือความยาวของเส้นเปียก เครื่องหมายลบแสดงว่า สำหรับการไหลในทิศทางแกน x ที่เป็นบวกแรงจะกระทำในทิศทางแกน x ที่เป็นลบ จากการวิเคราะห์มิติ ค่า τ_0 อาจแสดงในเทอมของสัมประสิทธิ์ของแรงฉุด (Drag Coefficient) ดังสมการที่ 2.56

$$\tau_0 = \rho C_D V^2 \quad (2.56)$$

Drag Coefficient สามารถเขียนให้สัมพันธ์กับ Chezy Coefficient, C ได้ดังสมการที่ 2.57

$$C_D = \frac{g}{C^2} \quad (2.57)$$

นอกจากนั้น อาจเขียนสมการ Chezy ได้ดังสมการที่ 2.58

$$V = C \sqrt{RS_f} \quad (2.58)$$

แทนค่าสมการ 2.56, 2.57, และ 2.58 ในสมการที่ 2.55 จะได้สมการสำหรับแรงเฉือนที่ผิวดังสมการที่ 2.59

$$F_f = -\rho g A S_f \Delta x \quad (2.59)$$

โดย S_f คือค่าความลาดของแรงเสียดทาน (Friction Slope) ซึ่งจะเป็นบวกสำหรับการไหลในทิศทางแกน x ที่เป็นบวกค่า Friction Slope จะต้องสัมพันธ์กับค่าการไหลและค่าระดับ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วใช้ Friction Equation ของ Manning และ Chezy แต่ใน HEC-RAS จะใช้ค่า Manning ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.60

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{2.208R^{4/3}A^2} \quad (2.60)$$

โดย R คือค่ารัศมีชลศาสตร์ และ n คือค่า Manning Friction Coefficient

Momentum Flux : เมื่อได้ให้ค่าจำกัดความของแรงทั้งสามแล้วเทอมที่ยังเหลืออยู่คือ ค่า Momentum Flux ซึ่ง Flux ที่ผ่านเข้าไปยังปริมาตรควบคุมเขียนได้ดังนี้

$$\rho \left[QV - \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \quad (2.61)$$

และ Flux ที่ออกจากปริมาตรควบคุมเขียนได้เป็น

$$\rho \left[QV + \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \quad (2.62)$$

ดังนั้นอัตราสุทธิของโมเมนตัม (Momentum Flux) ที่ผ่านเข้าไปในปริมาตรควบคุมคือ

$$-\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x \quad (2.63)$$

เนื่องจากโมเมนต์ของเหลวในปริมาตรควบคุมคือ $\rho Q \Delta x$ จึงสามารถเขียนอัตราการสะสมของโมเมนต์ได้ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Q \Delta x) = \rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} \quad (2.64)$$

ให้ความหมายของหลักการทรงโมเมนต์ใหม่ได้ว่า : อัตราสุทธิของโมเมนต์ (Momentum Flux) ที่ผ่านเข้าไปในปริมาตร สมการที่ 2.63 บวกกับผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่กระทำต่อปริมาตร [(2.52)+(2.54)-(2.59)] เท่ากับอัตราการสะสมของโมเมนต์ สมการที่ 2.64 ดังนี้

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} = -\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial Z_0}{\partial x} \Delta x - \rho g A S_f \Delta x \quad (2.65)$$

ระดับของผิวน้ำ, z มีค่าเท่ากับ $z_0 + h$ ดังนี้ :

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial Z_0}{\partial x} \quad (2.66)$$

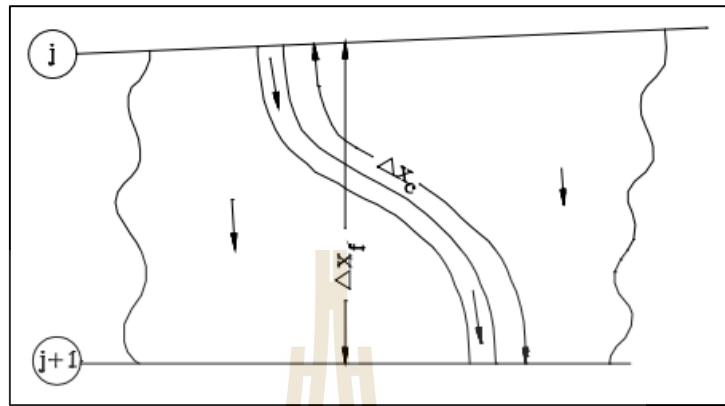
โดยที่ $\partial z / \partial x$ คือค่าความลาดของผิวน้ำ แทนค่าสมการที่ 2.66 ลงในสมการที่ 2.65 และหารตลอดด้วย $\rho \Delta x$ และย้ายเทอมทั้งหมดไปทางด้านซ้ายของสมการ จะได้รูปแบบของสมการโมเมนต์คือ

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (2.67)$$

3. การประยุกต์ใช้สมการการไหลแบบไม่คงที่ในแบบจำลอง HEC-RAS

รูปที่ 2.18 อธิบายถึงลักษณะของปฏิสัมพันธ์ในสองมิติระหว่างการไหลในลำน้ำหลักและ Flood Plain เมื่อน้ำในลำน้ำมีระดับสูงขึ้น น้ำก็จะไหลออกจากลำน้ำไปทางด้านข้างเข้าท่วมพื้นที่ที่เป็น Flood Plain และไหลเข้าไปเติมพื้นที่แก้มลิง (Storage Area) ขณะที่ความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น Flood Plain ก็จะเริ่มนำพาน้ำให้ไหลไปยังด้านท้ายน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระยะเวลาการไหลใน

Flood Plain จะสั้นกว่าระยะการไหลในลำน้ำหลัก เมื่อระดับน้ำในลำน้ำลดลง น้ำจากพื้นที่นอกตลิ่งลำน้ำก็จะไหลกลับเข้าไปยังลำน้ำ ทำให้การไหลในลำน้ำหลักเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.18 การไหลในลำน้ำและ Flood Plain
ที่มา : US Army Corp of Engineers (2010)

เนื่องจากทิศทางหลักของการไหลจะวางตัวไปตามลำน้ำ การไหลในสองมิติดังกล่าวนี้สามารถประมาณให้ถูกต้องได้โดยใช้การไหลแบบหนึ่งมิติเป็นตัวแทน พื้นที่การท่วมนอกตลิ่งลำน้ำสามารถจำลองด้วยพื้นที่แก้มลิงซึ่งแลกเปลี่ยนน้ำกับลำน้ำหลัก การไหลในพื้นที่นอกตลิ่งลำน้ำสามารถประมาณได้ว่าเป็นการไหลผ่านลำน้ำที่แยกต่างหากจากลำน้ำหลัก

มีความพยายามในการแก้ปัญหาการไหลในลำน้ำและ Flood Plain ในหลายๆวิธี วิธีการหนึ่งที่รู้จักกันดีคือ การละทางน้ำในพื้นที่นอกตลิ่งลำน้ำทั้งหมด แล้วสมมุติให้ใช้พื้นที่นอกตลิ่งลำน้ำเป็นแก้มลิงเท่านั้น ข้อสมมุติฐานนี้อาจจะเหมาะสมสำหรับลำน้ำที่มีขนาดใหญ่ ดังเช่น แม่น้ำมิสซิสซิปปี ซึ่งลำน้ำได้ถูกจำกัดหรือกั้นไว้ด้วยพนังกั้นน้ำ และ Flood Plain ที่เหลืออยู่ก็ถูกปกคลุมด้วยพืชหรือเป็นพื้นที่แก้มลิงนอกลำน้ำ Fread (1976) และ Smith (1978) ได้พยายามแก้ปัญหาหนี้โดยการแบ่งระบบออกเป็นลำน้ำย่อยสองส่วน แล้วเขียนสมการ Continuity และสมการ Momentum สำหรับแต่ละลำน้ำแยกจากกัน เพื่อให้ปัญหาง่ายขึ้นพวกเขาได้ให้ผิวน้ำ ณ แต่ละหน้าตัดซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหลอยู่ในแนวราบ นั่นหมายถึงว่าได้ละการแลกเปลี่ยนโมเมนตัมระหว่างลำน้ำและ Flood Plain และให้ Discharge มีการกระจายตัวตามช่องทางลำน้ำ นั่นคือ

$$Q_c = \phi Q \quad (2.68)$$

เมื่อ	Q_c	คือ การไหลในลำน้ำ (Flow in Channel)
	Q	คือ ปริมาณน้ำ (Total Flow)
	θ	คือ ค่ามุม ($K_c / (K_c + K_f)$)
	K_c	คือ ค่านำพาการไหลในลำน้ำ (Conveyance in the Channel)
	K_f	คือ ค่านำพาการไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง (Conveyance in the Floodplain)

ด้วยสมมติฐานนี้ สามารถรวมสมการการเคลื่อนที่หนึ่งมิติเป็นสมการเดียวคือ

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\phi Q)}{\partial X_c} + \frac{\partial[(1-\phi)Q]}{\partial X_f} = 0 \quad (2.69)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial X_c} + \frac{\partial((1-\phi)^2 Q^2 / A_f)}{\partial X_f} + gA_c \left[\frac{\partial Z}{\partial X_c} + S_{fc} \right] + gA_f \left[\frac{\partial Z}{\partial X_f} + S_{ff} \right] = 0 \quad (2.70)$$

สัญลักษณ์ c และ f ในที่นี้หมายถึงลำน้ำหลักและ Flood Plain ตามลำดับ สมการเหล่านี้ได้ถูกประมาณค่าโดยใช้ Implicit Finite Differences และแก้ค่าโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขที่ชื่อว่า Newton–Raphson Iteration Technique

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2549) ได้ศึกษาแบบจำลอง HEC-RAS มาใช้ในการจำลองการไหลของน้ำและการไหลหลากในลำน้ำป่าสัก เพื่อนำผลที่ได้จากแบบจำลองไปวางแผนแนวคลองผันน้ำอ้อมชุมชนในการศึกษาได้ทำการนำเส้นชั้นความสูงของพื้นที่จากการแปลภาพถ่ายระยะไกล และจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง เพื่อกำหนดทิศทางการไหลหลากและวางแนวคลองผันน้ำ โดยการจำลองการไหลของน้ำในแม่น้ำป่าสักผ่านคลองผันน้ำ ก่อนเข้าเขตเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์ ด้วยแนวทางทั้งหมด 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 มีการผันที่บ้านลำป่าสักมูล คลองทะเล และบ้านปากน้ำ แนวทางที่ 2 มีการผันที่บ้านลำป่าสักมูล คลองทะเล คลองตาตั้งและฝายสักแห้ง แนวทางที่ 3 การผันน้ำร่วมกันทั้ง 2 แนวทางข้างต้น โดยมีอาคารแบ่งน้ำไปสองแนวทางอย่างละครึ่งของปริมาณน้ำหลากรวมกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลมาทางทิศตะวันออกของตัวเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์ จากผลการจำลองการผันน้ำแนวทางที่ 3 โดยการจำลองการผันน้ำด้วย

อัตราการไหลประมาณ 50 ลบ.ม./วินาที รวมกับน้ำในแม่น้ำป่าสัก 183 ลบ.ม./วินาที ก่อนเข้าเมือง เพชรบูรณ์ ทำให้พื้นที่ชุมชนเมืองวัดค่าระดับน้ำท่วมสูงสุดลงได้จากระดับเดิม 1.23, 0.98 และ 0.49 ม. โดยจำนวนวันที่น้ำท่วมขังลดลงจากเดิมคือ 18, 8 และ 30 วัน เป็น 0, 0 และ 17 วัน เมื่อเทียบกับข้อมูลน้ำท่วมในปี พ.ศ.2540 พ.ศ.2544 และ พ.ศ.2545 ตามลำดับ

วิทยุวัฒน์ แต่สมบัติ และกิติพงษ์ ทองเชื้อ (2554) การประยุกต์แบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในกลุ่มน้ำน้ำชีตอนบน โดยการนำแบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า MIKE11-NAM มาปรับเทียบ และตรวจพิสูจน์ ซึ่งใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวัน ข้อมูลการระเหยจากภาควัดการระเหยรายวัน และข้อมูลปริมาณการไหลรายวัน ที่ตั้งอยู่ในกลุ่มน้ำชีตอนบน ได้แก่ สถานี E.32A และสถานี E.6C โดยเป็นการพิจารณาข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ. 2550 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) อยู่ในช่วง 0.747 ถึง 0.911 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก แบบจำลองการไหลในลำน้ำ MIKE11-HD จะใช้ข้อมูลรายวันของปริมาณการไหลและระดับน้ำ รวมถึง Rating Curves ที่ 4 สถานี เรียงลำดับจากด้านบนน้ำไปท้ายน้ำได้แก่ สถานี E.5, E.23, E.21 และ E.9 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n อยู่ในช่วง 0.1-0.95 ขึ้นอยู่กับแต่ละสภาพพื้นที่การประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11-NAM ร่วมกับแบบจำลอง MIKE11-HD สำหรับเหตุการณ์อุทกภัยในช่วงปี พ.ศ.2547-2550 ได้ผลการคำนวณปริมาณการไหลได้ดีใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัด โดยพิจารณาที่สถานี E.23 และ E.9 มีเพียงปี พ.ศ.2549 ที่สถานี E.23 พบว่ามีปริมาณการไหลที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 400 ลบ.ม./วินาที แต่ผลการคำนวณจากแบบจำลองได้ค่ามากกว่าคือ 471 ลบ.ม./วินาที ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณน้ำหลากและเกิดน้ำล้นตลิ่งค่อนข้างมาก ทำให้ข้อมูลการวัดปริมาณการไหลอาจเกิดความผิดพลาดไป แบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA ได้ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ โดยตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วันย้อนหลัง ค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และทำการพยากรณ์น้ำต่อเนื่องทุกๆ 2 วัน โดยช่วงเวลาเริ่มต้นวันที่ 2 ถึง 30 ตุลาคม พ.ศ.2549 จำนวนทั้งสิ้น 15 ครั้ง ที่สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี E.23, E.21 และ E.9 ในแม่น้ำชี ได้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า ช่วงสองวันล่วงหน้า และช่วงสามวันล่วงหน้า จะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 98.85, 97.68 และ 96.34 ตามลำดับ

วีระยา มิ่งขวัญ และจิระวัฒน์ กณะสุด (2555) ได้ทำการศึกษาแนวทางอุทกภัย ในกลุ่มน้ำมูลตอนบนในเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยการนำแบบจำลอง MIKE11 มาจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม ขอบเขตด้านเหนือน้ำเริ่มตั้งแต่ท้ายเขื่อนลำตะคองและเขื่อนลำพระเพลิงไปจนถึงพื้นที่แม่น้ำมูลที่บ้านวังปรัด จ.บุรีรัมย์ให้เป็นขอบเขตด้านท้ายน้ำ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง ประกอบด้วย ปริมาณการระเหย ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า ระดับน้ำ ข้อมูลอาคาร

ชลศาสตร์ และข้อมูลตัดขวางลำน้ำ ผลการสอบเทียบแบบจำลองจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Manning's n ในลำน้ำเท่ากับ 0.035 และกำหนดกรณีศึกษาเพื่อหาแนวทางในการบรรเทาอุทกภัย จะเลือกใช้ข้อมูลระหว่างวันที่ 1 กันยายน ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2553 เนื่องจากเป็นช่วงที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมสูงสุดในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การใช้ระบบผันน้ำจากเขื่อนระบายน้ำโคกแฝกไปลงบึงพุดซา โดยใช้อาคารแบ่งน้ำละลมหม้อ กรณีที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลำตะคองและลำบริบูรณ์โดยการ รื้อฝายเดิม สิ่งกีดขวางทางน้ำ ในลำตะคองและลำบริบูรณ์และขุดลอกลำน้ำ และกรณีที่ 3 การใช้ระบบผันน้ำรวมกับการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลำตะคองและลำบริบูรณ์ จากผลการศึกษาสามารถหาแนวทางที่ดีที่สุดที่สามารถลดระดับน้ำที่จะเข้าเมืองได้ดีที่สุด และสามารถช่วยในการระบายน้ำได้เร็วที่สุด คือ กรณีที่ 3

สุรินทรา แก้วละมุล และวิเชียร ปลื้มกมล (2555) ได้ศึกษาความถูกต้องของข้อมูล DEM ของลุ่มน้ำห้วยสายบาตร โดยการนำแบบจำลอง HEC-GeoRAS มาช่วยในการสร้างภาคตัดขวางลำน้ำที่ได้จากข้อมูล DEM และตรวจสอบความถูกต้องจากการรังวัดภาคตัดขวางลำน้ำในห้วยสายบาตรทั้งหมด 5 จุด ได้ผลการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความแปรปรวนของข้อมูล (R^2) เท่ากับ 0.396, 0.502, 0.604, 0.430 และ 0.066 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า R^2 มีค่าน้อย เนื่องจากบริเวณที่สำรวจมีการขุดลอกลำน้ำ ทำให้ค่าระดับเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อนำข้อมูลจากการสำรวจของสำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 4 ขอนแก่น จำนวน 1 จุด มาพิจารณาได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.960 เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจึงทำให้มีค่ามาก ดังนั้นการใช้แบบจำลอง HEC-GeoRAS จึงสามารถนำไปใช้สร้างภาคตัดขวางลำน้ำได้จำนวนมาก โดยอาศัยข้อมูล DEM ร่วมด้วย ทำให้ประหยัดเวลาและงบประมาณในการสำรวจได้

อรุณรัตน์ จันทร์เรียบ และณัฐ มาแจ้ง (2556) ได้ศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เพื่อช่วยในการจำลองระบบระบายน้ำปทุมธานีในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร โดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2554 และเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงของวันที่ 6-20 ตุลาคม พ.ศ.2554 และทำการวิเคราะห์พฤติกรรมมวลการไหลของน้ำในคลองสายหลักเพื่อนำไปใช้สำหรับวิเคราะห์ขีดความสามารถในการรองรับน้ำท่วมจากพื้นที่ด้านทิศเหนือของกรุงเทพมหานครรวมถึงการปรับปรุงในอนาคต ผลการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำทั้ง 6 สถานี ได้แก่ สถานีวัดระดับน้ำบางบัว (E04) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดพร้าว (E12) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน (E11) สถานีวัดระดับน้ำสามแสน (E16) สถานีวัดระดับน้ำแสนแสบตอนคลองตัน (E19) และสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำกระทุ่มเสือปลา (E22) พบว่าค่าความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยอยู่ในพิสัยระหว่าง 0.00-0.20 ม. และอัตราการไหลของน้ำ

ในคลองระบายน้ำปทุมภูมิบริเวณสถานีสูบน้ำมีค่าอยู่ในพิสัยประมาณร้อยละ 35 ถึง 80 หรือมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 60 ของขีดความสามารถในการสูบน้ำสภาพปกติ ถือว่าค่าความแตกต่างของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับกับข้อมูลจริง และผลของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมีค่าเท่ากับ 0.025-0.036 ขึ้นอยู่กับสภาพของคลองระบายน้ำปทุมภูมิ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระประมาณร้อยละ 10 จะส่งผลกระทบต่อระบบระบายน้ำปทุมภูมิน้อยมาก

หฤทัย มาศโค้ง และฉัตรชัย โชติษฐียงกูร (2556) ได้จัดทำแผนที่น้ำท่วมสำหรับเทศบาลนครราชสีมา โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันกับเวลา พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากอดีต ซึ่งในปี พ.ศ.2553 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดกว่าทุกปี ในวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2553 เท่ากับ 116.3 มม. และมีรอบการเกิดซ้ำ 11 ปี เทียบกับปริมาณน้ำฝน 33 ปี (พ.ศ.2522-2554) ที่สถานีวัด 431201 อ.เมืองนครราชสีมา และวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานี M.164 พบว่าเดือนตุลาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสูงสุด และในเดือนตุลาคมปี พ.ศ.2553 มีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 68 ล้าน ลบ.ม. จึงทำให้มีพื้นที่ถูกน้ำท่วมบริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองและในเทศบาลนครราชสีมา และมีปริมาณน้ำท่วมขังอยู่ระหว่างวันที่ 15-31 ตุลาคม ประมาณ 72.14 ล้าน ลบ.ม. ได้จัดทำแผนที่ในรูปแบบเส้นชั้นความสูง ของความลึกน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2553 ทำให้ทราบระดับน้ำความลึกน้ำท่วม ของแต่ละชุมชนในเขตเทศบาลนครราชสีมา เพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของอุทกภัยได้

ศักดิ์ชัย ปรีชากุล และคณะ (2556) ได้พัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยใช้ HEC-RAS และ HEC-GeoRAS ร่วมกับ โปรแกรม ARC GIS เพื่อจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยการเกิดน้ำท่วมเทศบาลนครหาดใหญ่ การศึกษานี้ได้ทำการสำรวจระดับน้ำท่วม ในปี พ.ศ.2553 โดยทำการจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ประเภทตามคุณภาพของข้อมูลจากการสำรวจ ได้แก่ ข้อมูลเกรด A คือข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดที่เห็นรอบคราบน้ำท่วมชัดเจน ข้อมูลเกรด B คือข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดที่แสดงถึงรอยคราบน้ำท่วมค่อนข้างชัดเจน ข้อมูลเกรด C คือข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดที่ไม่มีรอยคราบชัดเจน มาวิเคราะห์ได้ จำนวนที่สำรวจทั้งหมดเท่ากับ 1,771 จุด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามสามารถนำไปประมาณค่าความสูงของระดับน้ำท่วมสูงสุดด้วยวิธี Kriging แสดงให้เห็นถึงพื้นที่เกิดน้ำท่วมที่ความสูงต่างกัน มีพื้นที่น้ำท่วมในเขตชุมชนเท่ากับ 40.86 ตร.กม. พื้นที่ระดับน้ำที่น้ำท่วมสูงมีความลึกประมาณ 0.3-4.09 ม. และการนำข้อมูลจากการสำรวจมาปรับปรุงข้อมูล DEM เดิมของกรมแผนที่ทหาร ได้เป็น DEM ชุดใหม่ โดยได้ทำการคำนวณหาค่าพื้นที่และปริมาตรใต้พื้นผิว (Surface Volume) ของระดับความสูงตั้งแต่ 1 ถึง 9 ม. ร.ท.ก. เพื่อใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดน้ำท่วม โดยการนำแบบจำลอง HEC-GeoRAS เป็นแบบจำลองที่ใช้

สำหรับจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ในประยุกต์ใช้จัดทำแผนที่น้ำท่วม ในชุมชนเมืองหาดใหญ่ ได้ทำการจำลองการไหลแบบคงที่ (Steady Flow) ที่สถานี X.44 บ้านหาดใหญ่ กำหนดปริมาณน้ำเท่ากับ 600, 900 และ 1,600 ลบ.ม./วินาที พบว่าปริมาณน้ำท่า 600 ลบ.ม./วินาที จะทำให้น้ำเริ่มล้นตลิ่งบริเวณฝั่งขวาของคลองอู่ตะเภา ระดับความสูงของผิวน้ำ 2.31 ม. ปริมาณน้ำท่า 900 ลบ.ม./วินาที น้ำจะไหลเข้าเมืองหาดใหญ่ โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมบริเวณฝั่งตะวันออกของคลองอู่ตะเภา ระดับความสูงของผิวน้ำเท่ากับ 2.05-6.15 ม. และปริมาณน้ำท่า 1,600 ลบ.ม./วินาที น้ำจะท่วมพื้นที่ทั้งหมดของตัวเมืองหาดใหญ่ในเขตพื้นที่ชุมชนและเขตเศรษฐกิจ ระดับความสูงของผิวน้ำเท่ากับ 2.67-8.41 ม. เมื่อน้ำผลที่ได้จากแบบจำลองไปเทียบกับการเกิดน้ำท่วมในปี พ.ศ.2553 มีความสอดคล้องกัน

ศักดิ์ชัย ปรีชากุล และคณะ (2557) ได้พัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเทศบาลนครหาดใหญ่ ระยะที่ 2 ได้ทำการปรับปรุงรูปตัดขวางลำน้ำของอู่ตะเภา โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจของกรมชลประทาน และได้เพิ่มคลองระบายน้ำ ร.1 ขึ้นอีกหนึ่งคลอง เนื่องจากแบบจำลองน้ำท่วมใน ระยะที่ 1 ได้จำลองคลองอู่ตะเภาเพียงคลองเดียว ซึ่งยังมีคลองสายหลักอีกหนึ่งสายคือ คลองระบายน้ำ ร. 1 เพื่อช่วยในการระบายน้ำออกจากเมือง จากผลการศึกษาได้ทำการจำลองการไหลของน้ำแบบคลองเดียว คือ คลองระบายน้ำ ร.1 กำหนดปริมาณน้ำท่า 465 ลบ.ม./วินาที น้ำล้นตลิ่งเล็กน้อย แต่เพิ่มปริมาณน้ำท่า 600 ลบ.ม./วินาที น้ำจะล้นตลิ่งทั้งฝั่งซ้ายและขวา บริเวณที่ลุ่มชุมชนคลองระบายน้ำ ร.1 และชุมชนสถานีขนส่งหาดใหญ่ ส่วนคลองอู่ตะเภา เป็นคลองเดียวนั้นได้ทำการพัฒนาแบบจำลองไปแล้วในโครงการระยะที่ 1 และทำการจำลองการไหลของน้ำสองคลอง ให้น้ำไหลเข้าคลองอู่ตะเภา และคลองระบายน้ำ ร.1 พร้อมกันในปริมาณที่ต่างกัน กำหนดให้ปริมาณน้ำท่า 1,000 ลบ.ม./วินาที จากข้อมูลน้ำท่วมปี พ.ศ.2543 และปี พ.ศ.2552 แบ่งระบายน้ำลงสู่คลองอู่ตะเภาเท่ากับ 600 ลบ.ม./วินาที และคลองระบายน้ำ ร.1 เท่ากับ 400 ลบ.ม./วินาที ผลการจำลองพบว่าชุมชนที่อยู่ติดริมคลองได้รับผลกระทบจากน้ำล้นตลิ่ง และกำหนดปริมาณน้ำท่า 1,623 ลบ.ม./วินาที จากข้อมูลน้ำท่วมปี พ.ศ.2553 แบ่งระบายน้ำลงสู่คลองอู่ตะเภาเท่ากับ 930 ลบ.ม./วินาที และคลองระบายน้ำ ร.1 เท่ากับ 693 ลบ.ม./วินาที ผลการจำลองพบว่าน้ำจะล้นตลิ่งจากคลองอู่ตะเภา และคลอง ร.1 ไหลเข้าท่วมในพื้นที่ลุ่มต่ำในชุมชนหาดใหญ่เกือบทั้งหมด ซึ่งไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น

ชาญวิทย์ กัณฑ์ชวยะ (2558) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS และ HEC-GeoRAS เพื่อบรรเทาปัญหาอุทกภัยพื้นที่ท้ายเขื่อนระบายน้ำห้วยหลวงเดิม-ฝายทุ่งแร่ อ.เมือง อุดรธานี จ.อุดรธานี ผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ในลำน้ำเท่ากับ 0.035 และพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 0.040 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองได้ค่า RMSE เท่ากับ 0.97 แสดง

ให้เห็นว่าค่า RMSE มีค่าน้อยและเข้าใกล้ศูนย์ ถือว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ และการศึกษาหาแนวทางการลดลงของขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ในการจำลองที่รอบการเกิดซ้ำที่ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี โดยการจำลองที่สภาพพื้นที่ คงลักษณะของสภาพน้ำท่วมตามเดิม และสภาพพื้นที่ที่สภาพลำน้ำ ขุดลอกปรับให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู มีความกว้างเฉลี่ยที่ก้นคลองประมาณ 20 ม. มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 5 เมตร และมีความลาดด้านข้างเท่ากับ 1:2 พร้อมด้วยปรับความกว้างของฝายทุ่งแร่ให้มีความกว้างเท่ากับ 77 เมตร เพื่อรองรับปริมาณการไหลผ่านของน้ำในแต่ละรอบปีต่างๆ จะได้พื้นที่น้ำท่วม 2 กรณี พบว่า พื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีพื้นที่น้ำท่วมลดลง เมื่อสภาพลำน้ำถูกปรับปรุง

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และธิดา ยงสถิตศักดิ์ (2558) ได้พัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในชุมชนเมืองหาดใหญ่ โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อจำลองการไหลในของน้ำ 2 มิติ ผลการศึกษานี้ได้ทำการจำลองการไหลหนึ่งมิติแบบไม่คงที่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมงของสถานี X.44 บ้านหาดใหญ่ ระหว่างวันที่ 17-24 ธันวาคม พ.ศ.2557 ซึ่งกำหนดเงื่อนไขเหนือน้ำที่สถานี X.44 บ้านหาดใหญ่ และท้ายน้ำที่ทะเลสาบสงขลาที่แหลมโพธิ์ให้เป็น Normal Depth ของแบบจำลอง และทำการปรับเทียบ Rating Curve ปี พ.ศ.2553 ของสถานี X.181 บ้านหาร ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ของคลองอุตะเกา เท่ากับ 0.020 สำหรับการจำลองการน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเทศบาลหาดใหญ่ ที่เกิดจากน้ำสันตลิ่ง จะทำการจำลองการไหลสองมิติแบบไม่คงที่ โดยใช้ปริมาณน้ำท่าวันที่ 1-3 พฤศจิกายน พ.ศ.2553 ที่สถานีวัดระดับน้ำ X.44 พบว่ามีทั้งหมด 88 ชุมชนจากทั้งหมด 102 ชุมชน ที่เกิดน้ำท่วม และทำการปรับเทียบความลึกสูงสุดจากแบบจำลอง HEC-RAS เทียบกับ ความลึกสูงสุดจากแผนที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดปี พ.ศ.2553 ได้ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง RMSE เท่ากับ 61 ซม.

ภาณุพงษ์ ทิมบุญญา และปริยาพร โกษา (2560) ได้จำลองสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง โดยใช้แบบจำลอง MIKE FLOOD ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้จำลองสภาพการไหลในลำน้ำแบบหนึ่งมิติ และสองมิติ ผลการศึกษาได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2553 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2554 และตรวจพิสูจน์แบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2554 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2555 โดยใช้แบบจำลองย่อย MIKE11-NAM เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแทนลุ่มน้ำลำตะคอง ที่สถานีวัดน้ำท่า 4 สถานี คือ M.89, M.183, M.192 และ M.164 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.434 และ 0.826 และค่าผลต่างสมมูลของน้ำท่าสะสม WBL มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20% ถึง 15.30% และแบบจำลองย่อย MIKE11-HD ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า 3 สถานี คือ M.192, M.177 และ M.164 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.466 และ 0.903 และค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency

(NSE) มีค่า 0.165 ถึง 0.671 และผลการสอบเทียบแบบจำลองขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง MIKE FLOOD มาเปรียบเทียบกับขอบเขตน้ำท่วมที่ผ่านการแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียมจาก GISTDA พบว่า ในช่วงการเกิดน้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 206.75 ตร.กม. และพื้นที่น้ำท่วมจาก GISTDA เท่ากับ 216.75 ตร.กม. ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยวิธี confusion matrix ได้เท่ากับ 93.6% ดังนั้น จึงสามารถนำแบบจำลองมาจำลองสภาพน้ำท่วมสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 14-30 ตุลาคม พ.ศ.2553 พบว่า มีระดับน้ำเอ่อล้นตลิ่งสูงสุดเท่ากับ 2.655 เมตร ค่าระดับน้ำต่ำสุดเท่ากับ 0.204 ม. และค่าระดับน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.129 ม. ส่งผลให้เกิดขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 206.38 ตร.กม. ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ.2553 และมีขอบเขตน้ำท่วมต่ำสุดเท่ากับ 50.38 ตร.กม. ณ วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2553

กรกต เลิศชัยพงศ์ ฤทธิชัย มาศโคง และฉัตรชัย โชคิชฐธูยางกูร (2560) ได้ทำการศึกษาวิธีผันน้ำออกสู่แก้มลิง เพื่อบรรเทาอุทกภัยในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS ผลการศึกษากำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า M.177 และขอบเขตท้ายน้ำที่ประตูระบายน้ำช้อยงาม โดยทำการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าที่สถานี M.164 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง โดยการการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ของลำตะคอง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.055-0.090 ของลำน้ำหลัก และ Floodplain ซ้ายขวา อยู่ระหว่าง 0.075-0.15 ส่วนลำบริบูรณ์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n อยู่ระหว่าง 0.035-0.045 ของลำน้ำหลัก และ Floodplain ซ้ายขวา อยู่ระหว่าง 0.055-0.065 และทำการสอบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับค่าระดับที่วัดจริง ที่สถานีวัดน้ำท่า M.164 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.8118 NSE เท่ากับ 0.8928 และค่า RMSE เท่ากับ 0.2621 จากการปรับเทียบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จึงทำการจำลองเหตุการณ์การเกิดอุทกภัยในปี พ.ศ.2553 ใช้ค่าอัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุด ที่สถานีวัดน้ำท่า M.164 เนื่องจากเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยศึกษา 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ไม่มีการผันน้ำออกนอกเขตเทศบาลนครราชสีมา พบว่า ผลจากแบบจำลองได้ระดับน้ำสูงสุด ณ วันที่ 23 ตุลาคม พ.ศ.2553 ค่าระดับน้ำเท่ากับ +178.78 ม.รทก. แต่ข้อมูลจริงระดับน้ำเกิดเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ.2553 ระดับน้ำเท่ากับ +179.60 ม.รทก. ระดับน้ำท่วมสูง 5.5 ม. เป็นเวลา 12 วัน แสดงว่าแบบจำลองทำนายค่าระดับน้ำได้ล่าช้ากว่าเหตุการณ์จริง 4 วัน และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ R^2 มีค่าเท่ากับ 0.8406 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และกรณีที่ 2 การผันน้ำออกนอกเขตเทศบาลนครราชสีมา สู่แก้มลิงบึงพุดซา โดยคลองผันน้ำที่อัตราการไหล 40 ลบ.ม./วินาที พบว่า ผลจากแบบจำลองได้ระดับน้ำสูงสุด ณ วันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ.2553 ค่าระดับน้ำเท่ากับ +177.28 ม.รทก. เห็นได้ว่าค่าระดับน้ำสูงสุดจากระดับท้องคลองลดลงจากข้อมูลจริง จาก 5.5 ม. ลดลงเป็น 2.2 ม. คิดเป็นร้อยละ 45 และช่วยลดช่วงเวลาน้ำท่วมล้นตลิ่งให้เหลือ 4 วัน จากเดิม 12 วัน

วุฒิกัทร เฟ็งสวย และสมฤทัย ทะสดวง (2561) ได้ทำการสอบเทียบอาคารชลศาสตร์ของคลองส่งน้ำมะขามเฒ่า-อุ้มทอง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE11 การศึกษานี้ได้ทำแบ่งช่วงคลองตามอาคารชลประทานของคลองส่งน้ำมะขามเฒ่า-อุ้มทองออกเป็น 8 ช่วง ที่ระยะทางตั้งแต่ กม.0+188 ถึง กม.104+240 ผลการสอบเทียบได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ของทุกช่วงเกิดร้อยละ 90 ถือว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จึงได้ทำการสอบเทียบอาคารชลประทานที่อยู่ในคลองมะขามเฒ่า-อุ้มทอง พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์อัตราการไหล (Cs) กับอัตราการส่วนระหว่างระดับน้ำท้ายธรณิหารด้วยระยะการเปิดบาน (hs/Go) มีค่าความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำ ในการส่งน้ำเข้าปากคลอง 10, 20 และ 30 ลบ.ม./วินาที จะสามารถส่งน้ำให้กับพื้นที่เพราะปลูกเพิ่มขึ้นร้อยละ 40, 60 และ 80 ตามลำดับ

ธีรวุฒิ พงษ์จันทร์ และอุมา สีนุญเรื่อง (2561) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการบรรเทาปัญหาอุทกภัย ด้วยการปรับปรุงสภาพลำน้ำ พื้นที่ศึกษาแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย การศึกษานี้ได้ทำการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS มาวิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดและค่าระดับน้ำสูงสุดที่เกิดอุทกภัยในปี พ.ศ.2554 ที่สถานี Y.4 (อ.สุโขทัย) จากผลการสอบเทียบอัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุด พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ของท้องน้ำและตลิ่ง มีค่าเท่ากับ 0.013 และทำการปรับปรุงสภาพของลำน้ำโดยการคาดคอนกรีต โดยข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง คือ ข้อมูลปี พ.ศ.2554 ที่อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 685.20 ลบ.ม./วินาที และระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 50.74 ม.รทก. แบ่งการพิจารณาออกเป็น 10 กรณี คือ กรณีที่ 1 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 2 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 0.13 ม. กรณีที่ 2 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 4 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 0.37 ม. กรณีที่ 3 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 6 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 0.52 ม. กรณีที่ 4 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 8 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 0.67 เมตร กรณีที่ 5 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 10 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 0.82 เมตร กรณีที่ 6 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 12 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 1.04 เมตร กรณีที่ 7 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 14 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 1.19 ม. กรณีที่ 8 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 16 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 1.33 ม. กรณีที่ 9 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 18 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 1.46 ม. กรณีที่ 10 คาดคอนกรีตเป็นระยะทางยาว 20 กม. ค่าระดับน้ำลดลง 1.59 ม. ตามลำดับ

Prafulkumar V. et al. (2011) ได้สอบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS ของแม่น้ำ Tapi ตอนล่างของประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2549 ในการสอบเทียบแบบจำลอง จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ที่สถานี Kakrapar เท่ากับ 0.035 สถานี Mandavi เท่ากับ 0.025 และ สถานี Ghala เท่ากับ 0.025 ที่ทำให้ผลการสอบเทียบจากแบบจำลองกับผลจากการวัดมีค่า Root mean Squared Error (RMSE) ที่สถานี Kakrapar, Mandavi และ Ghala มีค่าเท่ากับ 0.1916, 1.3609 และ

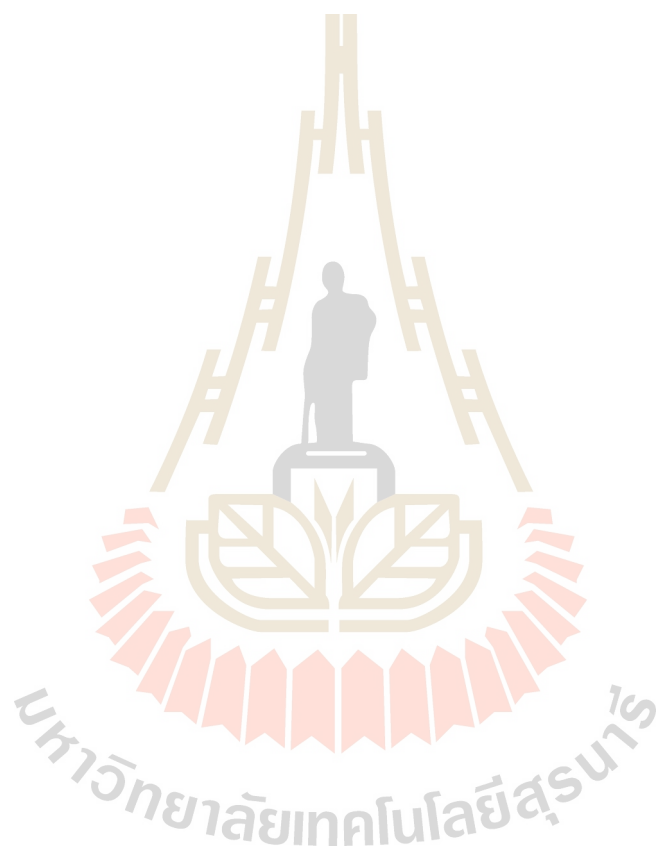
1.6306 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จึงสามารถนำแบบจำลองไปหาพื้นที่น้ำท่วมของแม่น้ำ Tapi ตอนล่างได้

Muhammad Masood และ Kuniyoshi Takeuchi (2012) ได้ทำการประเมินพื้นที่น้ำท่วมและความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในเมืองธากาตะวันออกกลาง ของประเทศบังกลาเทศ โดยการใช้ข้อมูล DEM ร่วมกับแบบจำลอง HEC-RAS ในรูปแบบหนึ่งมิติ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการพัฒนา DEM จากข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลจากการสำรวจทั้งหมด 32 ปี (พ.ศ.2515-2547) มาพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ปัจจุบัน เมื่อแก้ไขข้อมูล DEM แล้วได้ดำเนินการจำลองพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS ที่คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี ผลการจำลองน้ำท่วม พบว่า ความลึกสูงสุดเท่ากับ 7.55 เมตร โดยพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ได้รับผลกระทบมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ ได้ทำการประเมินความเสี่ยงภัยน้ำท่วมของพื้นที่ โดยทำการสร้างแผนที่น้ำท่วม และกำหนดความเสียหายจากความลึกของน้ำท่วม และความเสียหายของบุคคลหรือทรัพย์สิน เพื่อสร้างความตระหนักแก่ผู้อยู่อาศัยและกำหนดลำดับความสำคัญสำหรับการพัฒนาที่ดินและเตรียมพร้อมในกรณีฉุกเฉิน รวมถึงความช่วยเหลือและการดำเนินงานบรรเทาทุกข์ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงในอนาคต

Chandresh G.Patel and Pradip J. Gumdaliya (2016) ได้ทำการจำลองพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS พื้นที่ศึกษาเมือง Surat ของประเทศอินเดีย ซึ่งได้รับผลกระทบที่เกิดจากน้ำล้นตลิ่งของแม่น้ำ Tapi เข้าท่วมพื้นที่ชุมชนได้รับความเสียหาย การศึกษานี้จึงได้นำแบบจำลอง HEC-RAS มาประยุกต์ใช้ เพื่อจำลองหาพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดจากการล้นตลิ่ง ทำการสอบเทียบแบบจำลองได้ค่าพารามิเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n เท่ากับ 0.032 และ 0.045 ที่ท้องคลองและตลิ่งซ้ายขวา ตามลำดับ และได้ทำการคำนวณ ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 5 ปี 10 ปี 15 ปี 20 ปี 25 ปี 30 ปี 32 ปี และ 35 ปี มีค่าการไหลสูงสุดเท่ากับ 548.60, 916.10, 1,358.04, 4,734.53, 14,307.90, 25,768.09 และ 43,612.43 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ พบว่าที่คาบการเกิดซ้ำที่ 32 ปี ทำให้น้ำล้นตลิ่งมีระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 12.50 ม. จากผลการศึกษาได้ทำการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้

Rastislav Fijko and Martina Zeleňáková (2016) ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วม การศึกษานี้ได้ทำการออกแบบเพื่อควบคุมการไหลของ Stuliansky Creek ในพื้นที่ Village Lopuchov ทั้งหมด 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ตลิ่งให้เป็นคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n เท่ากับ 0.033 และปรับปรุงพื้นดินให้เป็นพื้นที่หญ้า กรณีที่ 2 ตลิ่งให้เป็นกระเบื้องที่ทำจากปูนซีเมนต์ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n เท่ากับ 0.02 กรณีที่ 3 ตลิ่งเป็นธรรมชาติ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n

เท่ากับ 0.07 และทำการจำลองที่อัตราการไหลในแม่น้ำเท่ากับ 0.04 ลบ.ม./วินาที และจำลองพื้นที่น้ำท่วมที่คาบการเกิดซ้ำ 20 ปี 50 ปี และ 100 ปี ทั้ง 3 กรณี ผลการศึกษาได้พัฒนาแบบจำลองโดยการประเมินมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม พบว่ากรณีที่ 3 ตลิ่งเป็นธรรมชาติ จะมีมูลค่าความเสียหายเท่ากับ 977,735 ยูโร การที่มีการปรับปรุงแม่น้ำตามกรณีที่ 1 จะมีมูลค่าความเสียหายเท่ากับ 408,777 ยูโร และกรณีที่ 2 จะมีมูลค่าความเสียหายเท่ากับ 238,640 ยูโร จะเห็นว่ากรณี 2 ทำให้มีค่าความเสียหายน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีที่ 3 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ และข้อมูลด้านอุทกวิทยา ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ

ลำดับ	รายการข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ปี
1	แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) เป็นฐานข้อมูลที่บอกถึงลักษณะสูงต่ำของพื้นผิว โดยการนำข้อมูล DEM เพื่อสร้าง Geometric Data ในแบบจำลอง HEC-GeoRAS	โครงการวิจัยการศึกษาผลกระทบของภูมิอากาศและการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำทำด้วยภาพถ่ายดาวเทียมรีออส (ปริยาพร, 2555)	-
2	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use/Land Cover Map) เป็นข้อมูลได้มาจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม แสดงขอบเขตข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 5 ประเภทหลัก ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและอุตสาหกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ และพื้นที่แหล่งน้ำ	กรมพัฒนาที่ดิน	2558

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	รายการข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ปี
3	รูปตัดลำน้ำ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ เพื่อใช้ในการนำเข้แบบจำลอง	กรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2552- 2556 2549
4	เส้นแนวลำน้ำ ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและความละเอียดของข้อมูล DEM ในการแบ่งเส้นลำน้ำ เพื่อนำเข้ในแบบจำลอง	โครงการวิจัยการศึกษาผลกระทบของภูมิอากาศและการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำท่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมธีออส (ปรียาพร, 2555)	-
5	ข้อมูลน้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง และการหาสาเหตุการเกิดซ้ำต่างๆ สถานีวัดน้ำท่า M.38C, M.177, M.191, M.164	กรมชลประทาน	2550- 2560
6	ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ ขนาดประตูระบายน้ำ/เขื่อนระบายน้ำ ข้อมูลการเปิด-ปิด และระดับของการยกบานประตูระบายน้ำ พร้อมข้อมูลอัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำ	โครงการบำรุงรักษาและส่งน้ำลำตะคองสำนักชลประทานที่ 8	2551- 2555

3.1.1 ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ

1) ข้อมูลแนวเส้นลำน้ำที่ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยขอบเขตของการศึกษาพิจารณาแม่น้ำลำตะคอง เริ่มตั้งแต่ท้ายเขื่อนลำตะคองที่สถานีวัดน้ำท่า M.38C จนถึงจุดเชื่อมต่อกับลำบริบูรณ์

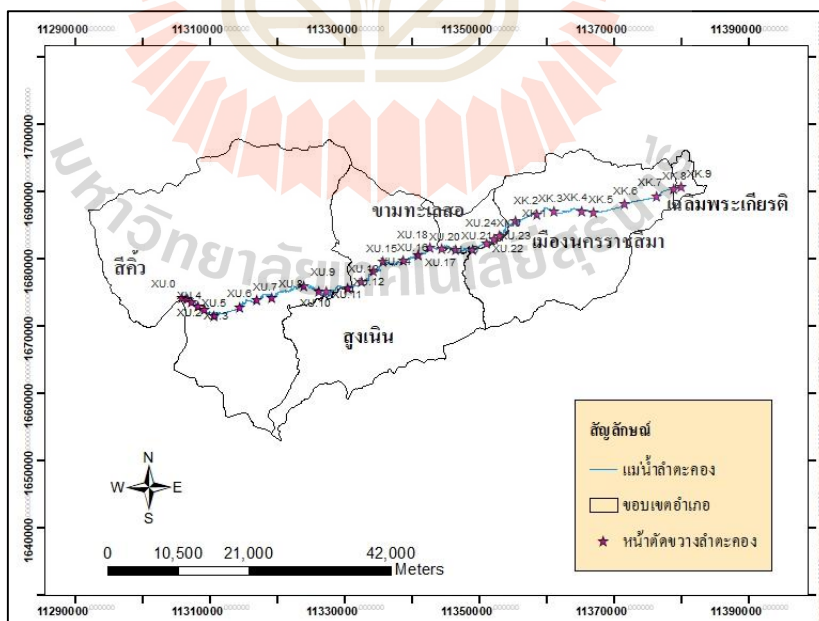
2) ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ ในลุ่มน้ำลำตะคอง มีจำนวน 38 หน้าตัด ได้แก่ ข้อมูลของกรมชลประทานจำนวน 5 หน้าตัด โดยสำรวจในปี พ.ศ.2555 และภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำจำนวน 33 รูปตัด โดยสำรวจในปี พ.ศ.2549 ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งที่ตั้งรูปตัดลำน้ำจากการสำรวจ

ลำดับที่	รหัส หน้าตัด	ระยะทาง (เมตร)	พิกัด		ระดับ (ม.รทก.)		
			E	N	ตลิ่งซ้าย	ท้องน้ำ	ตลิ่งขวา
1	M38C	0	775647	1644991	252.188	243.658	252.528
2	XU0	845.9763	775769	1645660	252.56	244.14	259.16
3	XU1	1684.44	776429	1645445	252.56	244.14	259.16
4	XU2	2710.301	777165	1645090	254.48	244.57	253.87
5	XU3	4034.03	777975	1644478	252.87	243.87	252.81
6	XU4	5464.232	779007	1644046	249.88	242.18	248.74
7	XU5	8533.398	780307	1643071	245.49	238.85	245.72
8	M177	10210.79	781580	1643421	245.337	238.674	245.227
9	XU6	13410.08	784064	1644332	238.04	234.74	238.23
10	XU7	18564.17	786548	1645369	234.74	231.24	234.4
11	XU8	23086.89	788675	1645800	232.13	229.73	231.56
12	XU9	32299.74	793260	1647527	225.74	222.16	226.43
13	XU10	36929	795434	1646680	221.5	220.38	221.61
14	XU11	39019.62	796555	1645990	219.7	215.19	219.25
15	XU12	44501.6	799483	1647266	215.45	211.78	215.71
16	XU13	48018.2	801553	1648144	211.2	207.53	211.7
17	XU14	51706.5	803237	1649691	208.6	205.03	210.03
18	XU15	55369.62	804563	1651130	208.49	205.04	209.49
19	XU16	59552.9	807446	1651300	204.74	201.98	205.3
20	XU17	63262.1	809676	1652093	202.42	199.51	202.41
21	XU18	66363.96	811244	1653187	200.91	197.13	201.29
22	XU19	69068.23	813009	1653124	198.58	195.95	198.85
23	XU20	72183.59	814951	1652898	198.45	196.02	198.8
24	XU21	75911.11	817441	1653020	194.33	191.13	194.02
25	M191	76045.67	817539	1653111	195.932	191.98	196.152
26	XU22	78951.51	819440	1653883	192.43	191	192.54

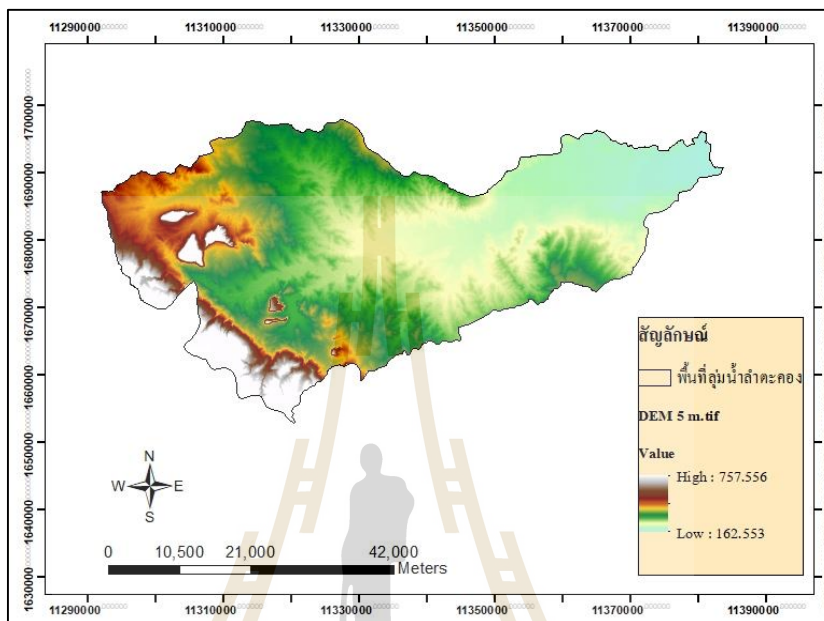
ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งที่ตั้งรูปตัดลำน้ำจากการสำรวจ (ต่อ)

ลำดับที่	รหัส หน้าตัด	ระยะทาง (เมตร)	พิกัด		ระดับ (ม.รทก.)		
			E	N	ตลิ่งซ้าย	ท้องน้ำ	ตลิ่งขวา
27	XU23	82320.42	820507	1654584	191.41	190.04	191.37
28	XU24	83553.42	821304	1655007	190.09	187.4	189.78
29	XK1	89714.68	823610	1657208	185.56	183.42	185.63
30	XK2	94172.13	826530	1658220	183.27	180.4	185.17
31	XK3	98135.83	829039	1658571	180.7	176.88	182.51
32	M164	104347.2	832832	1658893	180.417	175.36	180.609
33	XK4	104728.6	832999	1658716	177.98	174.43	180.99
34	XK5	107417.3	834717	1658558	176.58	171.98	176.85
35	XK6	112288.6	839260	1659805	171.55	169.53	171.56
36	XK7	117205.5	843774	1661052	168.75	167.08	168.94
37	XK8	120081.7	846241	1662050	167.02	164.64	168.32
38	XK9	121502.6	847305	1662365	170.37	163	169.15



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำ

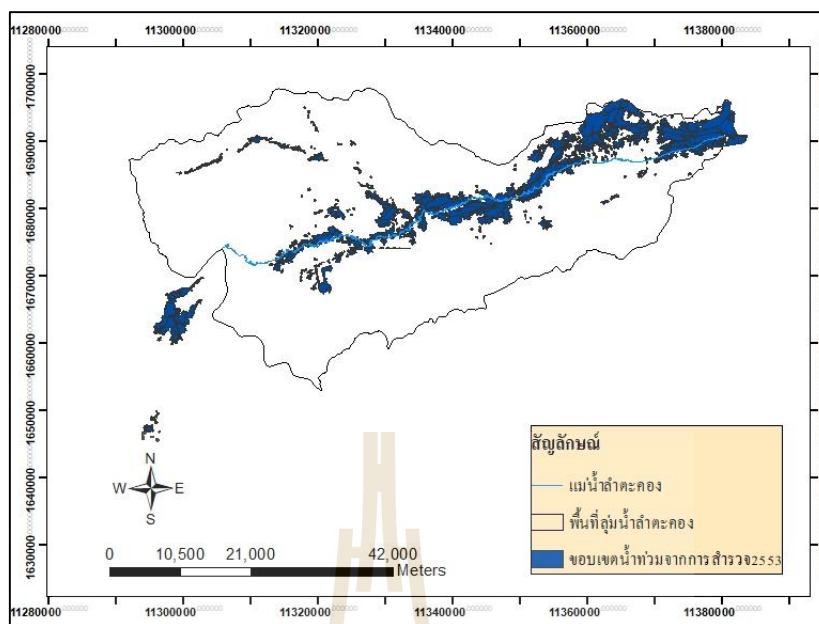
3) แผนที่ภูมิประเทศของกรมพัฒนาที่ดิน ในรูปแบบของข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขหรือ Digital Elevation (DEM) ที่ความละเอียด 5 ม. พิจารณาพื้นที่ลำตะคองตอนล่าง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนที่ความสูงเชิงเลข (DEM) ขนาดความละเอียด 5 ม.

4) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน ได้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ (1) พื้นที่เกษตรกรรม (2) พื้นที่ป่าไม้ (3) พื้นที่ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ (4) พื้นที่ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม (5) พื้นที่แหล่งน้ำ

5) ข้อมูลสภาพปัญหาอุทกภัย เป็นข้อมูลที่ใช้ในการประกอบการพิจารณากำหนดขอบเขต และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมมหาชน) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)–GISTDA) เป็นภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ในปี พ.ศ.2553 ดังแสดงในรูปที่ 3.3



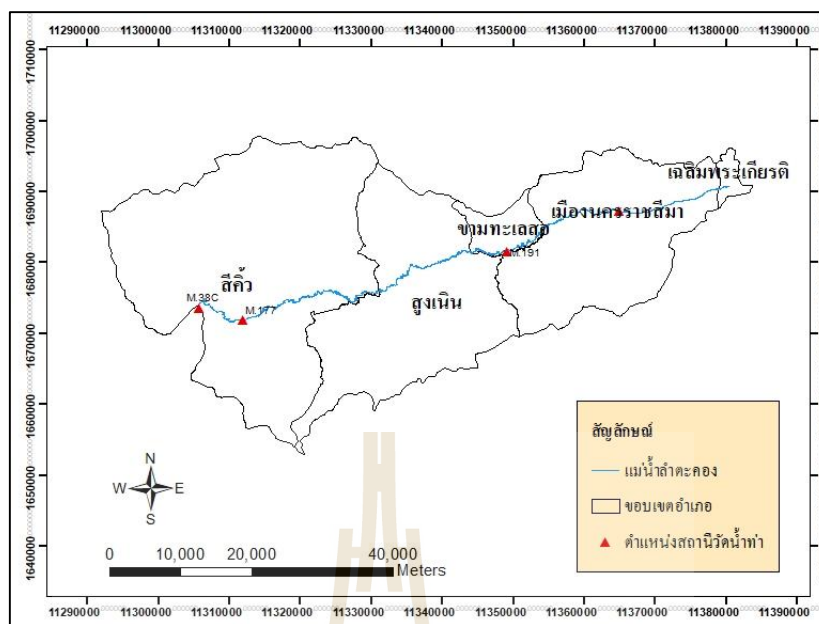
รูปที่ 3.2 ขอบเขตน้ำท่วมจากข้อมูลสำรวจ GISTDA ในปี พ.ศ.2553

3.1.2 ข้อมูลด้านอุทกวิทยา

แบบจำลองจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน และข้อมูลระดับน้ำของสถานีวัดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้สถานีวัด จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า M.38C, M.177, M.191 และ M.164 ทั้งนี้ ข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.38C, M.177 และ M.164 ในช่วงวันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2550 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2561 โดยตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าที่สถานีวัด M.191 มีข้อมูลช่วงวันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2554 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2561 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ลำน้ำ	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	ที่ตั้ง	
						E	N
1.	M.38c	ลำตะคอง	คลองไผ่	คลองไผ่	สีคิ้ว	775647	1644991
2.	M.177	ลำตะคอง	โนนสว่าง	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	781580	1643421
3.	M.191	ลำตะคอง	โคกกรวด	โคกกรวด	เมือง	817539	1653111
4.	M.164	ลำตะคอง	โรงเรียน อัสสัมชัญ	ในเมือง	เมือง	832832	1658893



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า

3.2 การจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลอง HEC-GeoRAS ในการสร้าง Geometry data เพื่อนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ และแบบจำลอง HEC-RAS มาจำลองสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำที่เกิดการเอ่อล้นตลิ่ง โดยการจำลองการไหลแบบหนึ่งมิติ (One-dimension) มีขั้นตอน ดังรูปที่ 3.5

3.2.1 แบบจำลอง HEC-GeoRAS

แบบจำลอง HEC-GeoRAS เป็นแบบจำลองที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม ARC GIS ในส่วนของการใช้งานจะติดต่อกันในรูปแบบ graphical user interface (GUI) เพื่อสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ ในการนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS โดยไฟล์ที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลองมีนามสกุล sdf. ดังขั้นตอนต่อไปนี้

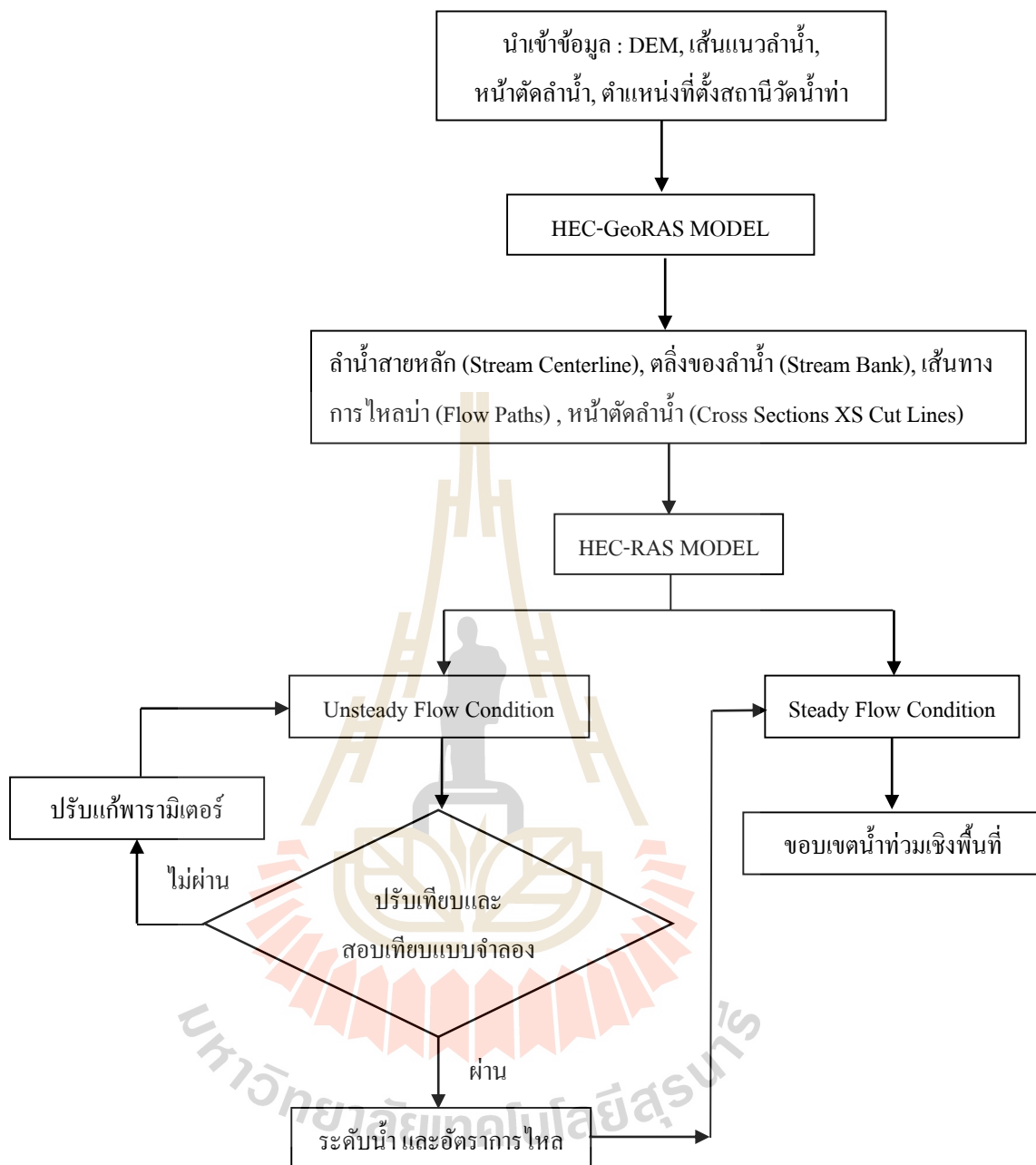
1) การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง HEC-GeoRAS

- ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ความละเอียดของขนาด กริดเซลล์ 5 ม. ในการนำเข้าแบบจำลอง
- เส้นแนวลำน้ำ เพื่อทราบทิศทาง การไหลของน้ำและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
- หน้าตัดลำน้ำ เพื่อเปรียบเทียบหน้าตัดที่ได้จากข้อมูล DEM ในแบบจำลอง

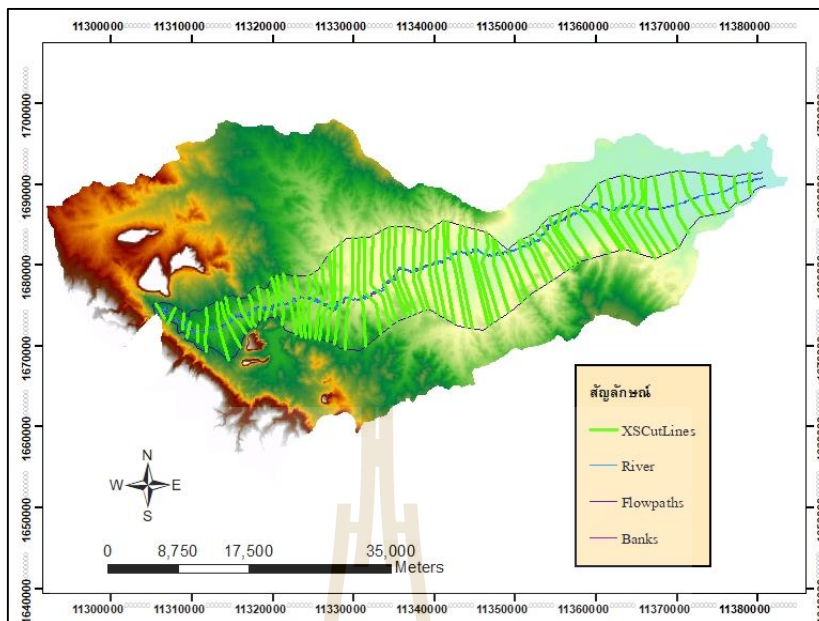
- ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า มีทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ M.38C, M.177, M.191 และ M.164 โดยกำหนดเงื่อนไขของแบบจำลอง

2) การสร้างข้อมูล Geometry data

- ลำน้ำสายหลัก (Stream Centerline) ทำการสร้างลำน้ำสายหลัก โดยการพิจารณาแม่น้ำลำตะคองด้านเหนือน้ำที่บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ถึงด้านท้ายน้ำที่ ประตูระบายน้ำกันผม ในการสร้างเส้นแนวลำน้ำตามข้อมูล DEM
- ตลิ่งของลำน้ำ (Stream Bank) ทำการสร้างตามเส้นแนวลำน้ำ โดยการสร้างตลิ่งของลำน้ำตามข้อมูล DEM
- เส้นทางการไหลบ่า (Flow Paths) ทำการสร้างตามเส้นแนวลำน้ำ โดยการสร้างเส้นทางการไหลบ่าตามข้อมูล DEM ของพื้นที่น้ำไหลบ่าออกไปยังพื้นที่ที่มีความชันมาก
- หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections XS Cut Lines) ทำการสร้างหน้าตัดลำน้ำตามเส้นแนวลำน้ำ ที่มีระยะห่างกันประมาณ 2 กม. ได้หน้าตัดลำน้ำจำนวน 67 หน้าตัด ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แผนภูมิขั้นตอนการจำลอง



รูปที่ 3.6 หน้าตัดลำน้ำที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS

3.2.2 แบบจำลอง HEC-RAS

แบบจำลอง HEC-RAS ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์เฉพาะการไหลในหนึ่งมิติ (One-dimension) โดยการจำลองในรูปแบบการไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) เพื่อเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง และการจำลองในรูปแบบการไหลแบบคงที่ (Steady flow) เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ การเกิดซ้ำต่างๆ ดังนี้

1. การจำลองในรูปแบบการไหลไม่คงที่ (Unsteady flow)

1) การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS

- ข้อมูลน้ำท่า ที่สถานีวัด มีทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ M.38C, M.177, M.191 และ M.164 ปี พ.ศ.2550-2560 ข้อมูลปีน้ำ

- หน้าตัดลำน้ำที่ได้จากการสำรวจ มีจำนวน 33 หน้าตัด แต่ในหน้าตัดที่พิจารณา ในแบบจำลอง HEC-RAS มีจำนวน 67 ตำแหน่ง ดังนั้นจึงได้ใช้หน้า ตัดลำน้ำ ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงแทนตำแหน่งที่ไม่มีข้อมูล หน้าตัดลำน้ำจาก การสำรวจ จริง สำหรับค่าระดับความสูงในหน้าตัดตำแหน่งที่ไม่มีข้อมูล ได้ใช้ค่าระดับ จากข้อมูล DEM

2) การจำลองสภาพการไหลของน้ำในหนึ่งมิติด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

- นำเข้าข้อมูล จากแบบจำลอง HEC-GeoRAS ของรูปแบบไฟล์ sdf.
- กำหนดขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลอง กำหนดด้านเหนือน้ำ Flow hydrograph และทำน้ำเป็น Normal Depth

3) การปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับแบบจำลอง และตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลจริง โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) ซึ่งแสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลในทางน้ำเปิด

จากการพิจารณาข้อมูลได้เลือกช่วงปีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน วันที่ 1 กันยายน ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 มาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง และพิจารณาข้อมูลได้เลือกช่วงปีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน วันที่ 1 กันยายน ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 มาใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง โดยการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำและทำน้ำ ด้วยข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.38C อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา สถานี M.177 อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา และสถานี M.164 อ.เมือง จ.นครราชสีมา เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง และข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.191 อ.เมือง จ.นครราชสีมา เป็นข้อมูลสำหรับการปรับเทียบและการสอบเทียบ

การปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องจะใช้ค่าทางสถิติมาพิจารณา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ Coefficient of Determination (R^2) และค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c) * (Q_{oi} - \bar{Q}_o)}{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 * \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \right]^{0.5}} \right\} \quad (3.1)$$

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2} \quad (3.2)$$

เมื่อ	Q_{ci}	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงที่เวลาใดๆ
	Q_{oi}	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลาใดๆ
	$\overline{Q_c}$	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงเฉลี่ยที่เวลาใดๆ
	$\overline{Q_o}$	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองเฉลี่ยที่เวลาใดๆ
	N	คือ จำนวนข้อมูลน้ำท่าที่พิจารณาความคลาดเคลื่อน

ค่า R^2 และ NSE ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณ มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคตรงกัน แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณ มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกัน

2. การจำลองในรูปแบบการไหลคงที่ (Steady Flow)

การจำลองในรูปแบบการไหลแบบคงที่ (Steady Flow) เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ ในการศึกษานี้ได้นำผลการศึกษาข้อมูลน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี จากศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่งปริมาณน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำดังกล่าวข้างต้นคำนวณจากหลักการของทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel Distribution) โดยศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างวิเคราะห์จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี ณ สถานีวัดน้ำท่า M.38C (พ.ศ.2505-พ.ศ.2559) สถานีวัดน้ำท่า M.177 (พ.ศ.2545-พ.ศ.2559) สถานีวัดน้ำท่า M.191 (พ.ศ.2554-พ.ศ.2559) และสถานีวัดน้ำท่า M.164 (พ.ศ.2550-พ.ศ.2559) ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขของแบบจำลอง กำหนดอัตราการไหลคงที่จากข้อมูลตารางที่ 3.4 และด้านท้ายน้ำเป็น Normal Depth

ตารางที่ 3.4 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี (ลบ.ม./วินาที)

สถานี/ รอบการเกิดซ้ำ	5 ปี	10 ปี	25 ปี	50 ปี	100 ปี
M.38C	70.1	94.53	125.39	148.29	171
M.177	60.7	77.2	98.1	113.5	128.9
M.191	39.6	53.9	72	85	98
M.164	87.8	117.4	154.74	182.5	210

ที่มา : <http://hydro-4.com/4runoffdata/runoff.htm>

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การจำลองสภาพการไหลของน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและระดับตามเวลา ในการจำลองลำน้ำลำตะคองที่มีความยาวลำน้ำตั้งแต่ท้ายเขื่อนลำตะคองที่สถานีวัดน้ำท่า M.38C ถึงลำตะคองมาบรรจบกับลำบริบูรณ์ รวมเป็นความยาวทั้งหมด 135.422 กิโลเมตร หน้าตัดลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลอง จำนวน 67 หน้าตัด โดยการจำลองได้ทำการกำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า M.38C และขอบเขตด้านท้ายน้ำเป็น Normal Depth

4.1 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองอัตราการไหลในลำตะคอง

การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง การศึกษานี้เลือกใช้การปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ณ หน้าตัดขวางของลำน้ำหลัก และทุ่งน้ำท่วมถึง เพื่อเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ของอัตราการไหล ที่สถานีวัดน้ำท่า M.191 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n เป็นตัวแปรสำคัญของความสามารถในการไหลในลำน้ำดังแสดงตารางที่ 4.1 และทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองกับอัตราการไหลที่จากการสำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 ตารางที่ 4.2

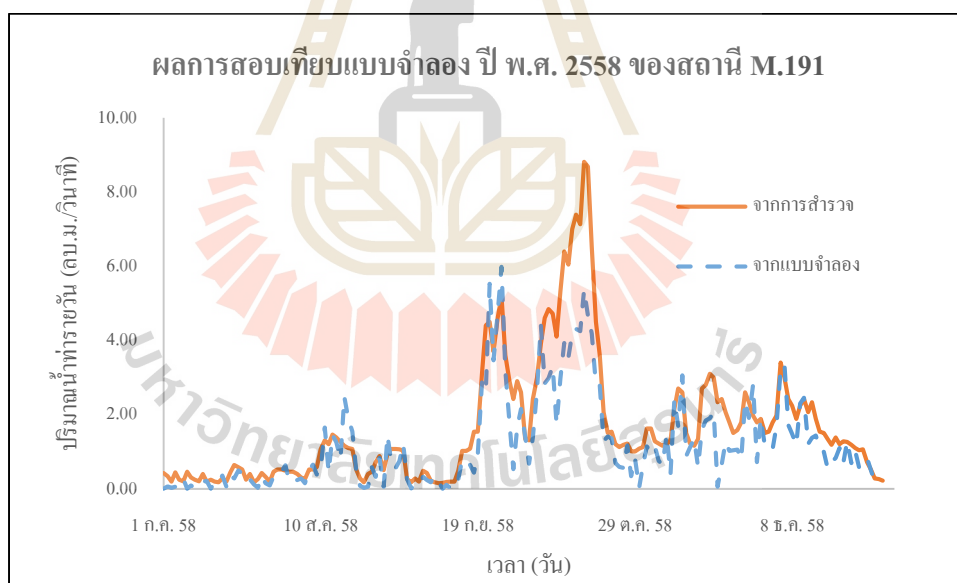
ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำในแบบจำลอง

ลำน้ำ	ระยะทาง		สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n		
			ตลิ่งซ้าย	ท้องน้ำ	ตลิ่งขวา
ลำตะคอง	กม. 0+000.00	ถึง 19+922.84	0.045	0.028	0.045
	กม. 19+922.84	ถึง 70+000.00	0.055	0.035	0.055
	กม. 70+000.00	ถึง 77+733.21	0.056	0.038	0.056
	กม. 77+733.21	ถึง 86+000.01	0.058	0.040	0.058
	กม. 86+000.01	ถึง 124+000.00	0.06	0.042	0.06
	กม. 124+000.00	ถึง 134+916.90	0.065	0.045	0.065

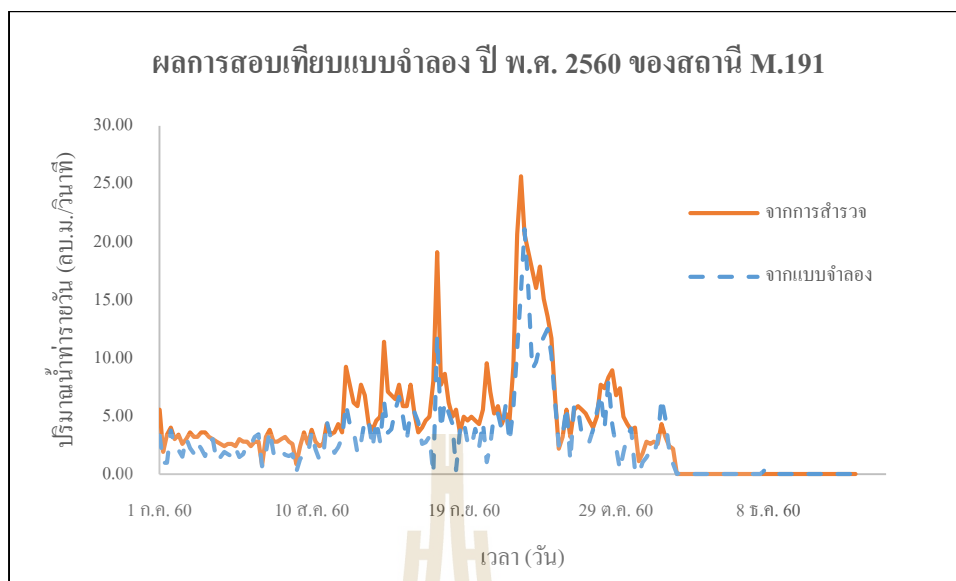
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning'n ในลำน้ำจากแบบจำลองมีอยู่ระหว่าง 0.028 ถึง 0.045 เมื่อเทียบกับสภาพทางน้ำปกติตามธรรมชาติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.040 ถึง 0.055 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning'n ในที่ราบน้ำท่วมถึงจากแบบจำลองมีอยู่ระหว่าง 0.045 ถึง 0.065 เมื่อเทียบกับสภาพที่ราบน้ำท่วมถึงซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกตลอดลำน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.035 ถึง 0.070 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning'n ไม่เป็นไปตามสภาพตามธรรมชาติ เนื่องจากในลำน้ำมีการก่อสร้างอาคารบังคับน้ำ เช่น ประตูระบายน้ำ ฝายชะลอน้ำ อยู่เป็นจำนวนมาก จึงส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning'n

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

สถานี	การเปรียบเทียบ			การสอบเทียบ		
	ช่วงปี พ.ศ.	R ²	NSE	ช่วงปี พ.ศ.	R ²	NSE
M.191	2558	0.818	0.713	2560	0.820	0.708



รูปที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลที่สถานี M.191



รูปที่ 4.2 ผลการสอบเทียบอัตราการไหลที่สถานี M.191

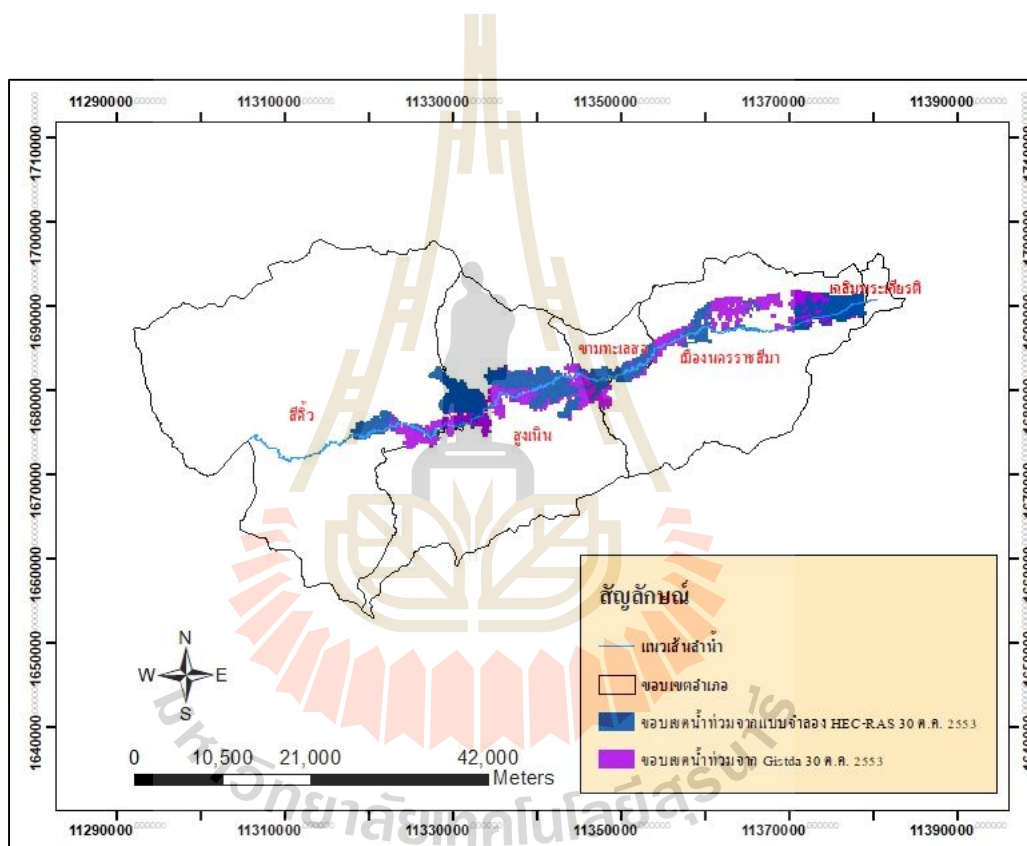
ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง ความสัมพันธ์ของอัตราการไหล ที่สถานีวัดน้ำท่า M.191 ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2558 เป็นตัวเปรียบเทียบ และระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2560 เป็นตัวสอบเทียบ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.818 ถึง 0.820 และค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) 0.708 ถึง 0.713 พบว่า อัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลจากการสำรวจ เนื่องจากการศึกษาไม่เกิดการไหลด้านข้าง โดยลุ่มน้ำลำตะคองเป็นพื้นที่ที่มีแม่น้ำย่อยจำนวนมาก เชื่อมต่อกัน

4.2 ผลการเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมของแบบจำลอง

1) การเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมจากแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับแผนที่น้ำท่วมที่ผ่านการแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียมของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิอากาศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA พบว่า ในช่วงการเกิดน้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 113.25 ตร.กม. นำมาซ้อนทับกับแผนที่น้ำท่วม วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 จาก GISTDA มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 177.37 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.3 และนำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยวิธี Confusion matrix ผลที่ได้คือมีค่าความถูกต้องของการซ้อนทับเท่ากับ 84.2 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงสถิติด้วย Confusion matrix ระหว่างแบบจำลอง HEC-RAS กับ GISTDA

GISTDA data (Reference data)	HEC-RAS Model		Row total
	Flood	Non-Flood	
Flood	1586	1252	2838
Non-Flood	226	6297	6523
Column Total	1812	7549	9361



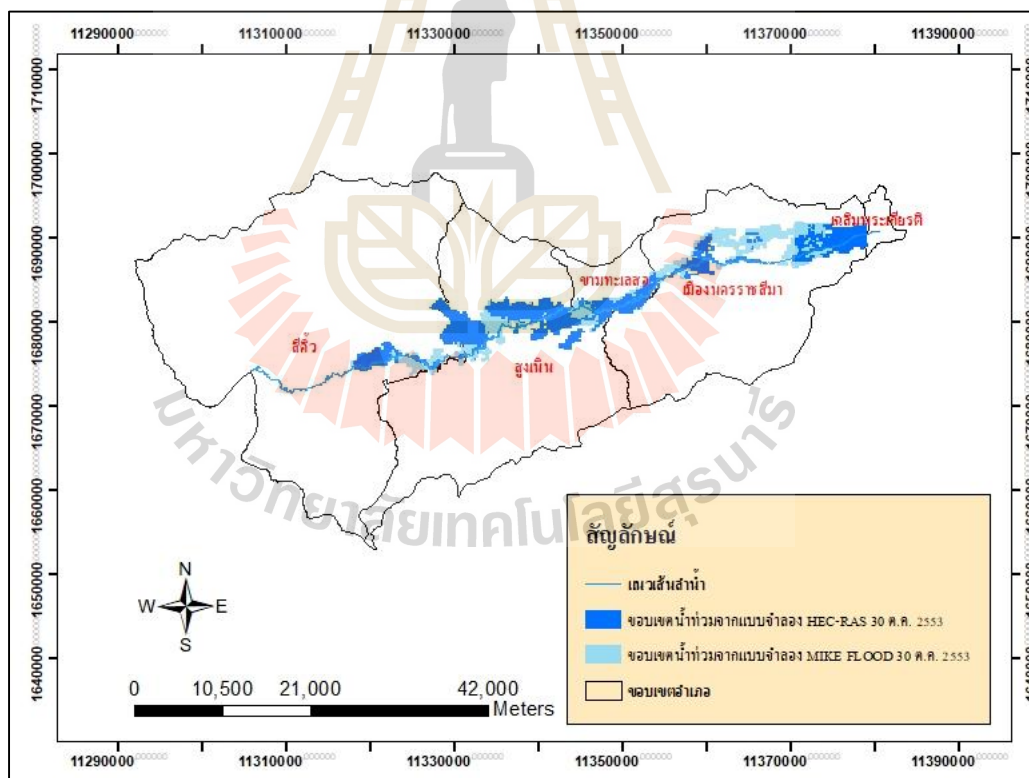
รูปที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 กับขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จาก GISTDA วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553

2) การเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมจากแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD พบว่า ในช่วงการเกิดน้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 113.25 ตร.กม. นำมาซ้อนทับกับแผนที่น้ำท่วม วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 จากแบบจำลอง MIKE FLOOD มีพื้นที่น้ำท่วม

เท่ากับ 146.5 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.4 และนำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยวิธี Confusion matrix ผลที่ได้คือมีค่าความถูกต้องของการซ้อนทับเท่ากับ 82.8 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงสถิติด้วย Confusion matrix ระหว่างแบบจำลอง HEC-RAS กับแบบจำลอง MIKE FLOOD

MIKE FLOOD Model	HEC-RAS Model		Row total
	Flood	Non-Flood	
Flood	1292	1052	2344
Non-Flood	520	6497	7017
Column Total	1812	7549	9361



รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 กับขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง MIKE FLOOD วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2553

4.3 ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

การศึกษาพฤติกรรมการไหลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถือเป็นอีกหนึ่งวิธีในการศึกษาสภาพการไหลของน้ำ เนื่องจากทำให้ทราบระดับน้ำและอัตราการไหลในจุดที่ไม่มีสถานีวัดน้ำทำ และบางช่วงเวลาที่เครื่องมือวัด ณ สถานีวัดน้ำทำชำรุด ดังเช่น ในสถานีวัดน้ำทำ M.191 ที่มีข้อมูลน้ำทำตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2554 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2561 โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS ได้จำลองปริมาณน้ำทำรายวันจากวันที่ 1 เมษายน 2550 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2561 บนพื้นฐานของข้อมูลของสถานีวัดน้ำทำใกล้เคียง ดังตารางที่ 4.5, 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหล และระดับน้ำสูงสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560

ระยะทาง	ปี.พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
134916.90	อัตราการไหล	21.6	17.06	20.15	120.66	37.74	17.55	31	17.27	11.7	5.9	7.27
	ระดับน้ำ	245.71	245.06	245.89	248.17	246.59	245.08	247.96	245.10	244.90	243.30	243.10
132000.00	อัตราการไหล	21.37	19.49	20.15	111.09	37.86	17.60	15.58	18.01	11.60	5.88	7.10
	ระดับน้ำ	246.54	246.21	244.97	248.98	244.85	244.69	247.98	243.87	244.90	243.30	243.10
130000.00	อัตราการไหล	21.31	19.49	20.14	104.86	42.87	17.73	24.66	17.80	11.27	6.60	7.04
	ระดับน้ำ	244.47	242.59	244.59	247.36	243.63	243.95	244.01	245.28	244.90	243.30	240.60
128000.00	อัตราการไหล	21.35	22.23	20.10	104.86	37.88	17.88	40.38	16.86	10.33	16.40	6.95
	ระดับน้ำ	244.35	238.96	244.50	245.96	240.23	243.90	243.99	245.27	244.90	245.30	238.10
125571.50	อัตราการไหล	22.05	19.23	20.02	97.64	40.93	17.99	41.89	16.53	8.49	30.73	6.66
	ระดับน้ำ	244.34	239.25	244.49	243.56	239.99	243.90	242.99	245.27	236.78	237.50	236.70
124000.00	อัตราการไหล	27.9	19.58	21.16	97.64	42.91	16.40	42.90	16.45	7.84	35.75	7.98
	ระดับน้ำ	244.34	239.57	244.49	238.14	242.43	239.66	238.07	238.18	236.76	237.33	236.78
122000.00	อัตราการไหล	27.9	19.58	21.16	97.64	42.91	16.40	42.90	16.45	7.84	35.75	7.98
	ระดับน้ำ	241.66	242.96	242.03	242.69	241.40	240.91	241.37	241.11	240.20	241.43	240.90
120574.20	อัตราการไหล	28.57	26.51	20.66	94.02	38.47	17.30	43.03	16.30	7.69	8.66	7.17
	ระดับน้ำ	239.38	239.52	239.25	240.25	239.76	238.50	240.23	238.66	238.03	234.63	234.20
118319.50	อัตราการไหล	30.71	22.84	27.75	90.00	43.89	18.36	27.66	20.40	8.81	18.26	7.18
	ระดับน้ำ	237.52	237.50	237.39	237.82	237.43	236.18	236.91	236.18	234.79	235.96	234.86
116031.80	อัตราการไหล	34.18	19.98	25.80	86.92	44.23	18.88	27.78	18.26	12.13	18.70	13.46
	ระดับน้ำ	236.3	236.11	234.98	237.13	236.90	235.94	235.71	236.22	233.72	232.70	234.09
114138.30	อัตราการไหล	27.85	23.63	29.25	86.86	37.64	20.42	27.79	20.48	10.86	18.71	13.47
	ระดับน้ำ	234.62	234.86	234.74	238.49	235.52	234.03	234.70	233.89	232.09	232.20	231.35
112350.60	อัตราการไหล	27.29	31.64	29.26	86.81	81.14	24.38	27.79	20.49	11.58	9.09	7.94
	ระดับน้ำ	234.36	234.31	234.40	235.13	235.10	233.58	234.68	233.50	233.07	233.38	233.12
110006.00	อัตราการไหล	29.71	23.29	29.26	66.17	43.36	36.37	27.79	21.30	12.32	20.45	15.50
	ระดับน้ำ	232.61	233.42	232.94	234.00	232.11	232.06	231.72	231.82	230.75	230.63	231.32
107746.50	อัตราการไหล	38.05	22.42	29.30	49.60	44.38	20.65	34.40	20.50	13.03	19.91	12.07
	ระดับน้ำ	231.97	231.25	231.61	232.15	231.89	231.16	232.29	231.57	230.12	229.95	229.75

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหล และระดับน้ำสูงสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

ระยะทาง	ปี พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
106281.50	อัตราการไหล	23.29	21.72	29.33	63.70	39.76	36.30	24.92	21.94	13.45	17.43	16.22
	ระดับน้ำ	229.97	229.80	229.96	230.06	231.10	229.34	230.35	229.34	228.58	230.35	229.60
103984.90	อัตราการไหล	22.59	36.84	29.33	49.52	39.85	28.97	33.12	21.70	12.43	19.45	16.23
	ระดับน้ำ	229.61	228.81	229.42	230.23	229.82	228.51	231.61	228.38	227.39	226.88	227.00
102033.80	อัตราการไหล	25.02	21.71	19.02	57.70	39.85	25.69	16.89	20.51	20.10	17.43	14.16
	ระดับน้ำ	225.1	226.99	225.32	224.64	227.39	226.69	228.52	225.03	224.55	224.13	224.16
100471.90	อัตราการไหล	26.83	21.29	18.70	63.72	39.85	17.27	46.00	20.51	12.16	26.50	16.33
	ระดับน้ำ	226.08	225.84	224.59	227.00	226.67	224.98	225.71	224.52	222.98	222.44	223.71
99240.74	อัตราการไหล	18.85	21.29	18.64	61.43	34.18	17.27	17.55	20.51	10.99	17.46	7.18
	ระดับน้ำ	221.27	225.11	222.68	223.29	222.67	222.93	222.80	221.80	221.59	221.81	221.43
96000.01	อัตราการไหล	19.47	21.27	17.69	57.50	34.18	19.93	37.35	20.52	11.00	17.44	6.96
	ระดับน้ำ	221.67	223.99	221.82	223.93	222.92	222.92	223.00	222.50	220.58	221.83	220.28
94289.05	อัตราการไหล	19.79	21.25	21.23	55.40	34.19	16.54	31.40	15.11	11.01	17.41	5.96
	ระดับน้ำ	222.04	221.66	223.14	222.95	222.21	222.92	220.78	222.75	219.96	219.96	219.68
93076.66	อัตราการไหล	20.51	17.21	17.47	54.41	30.00	16.05	30.57	13.29	11.01	67.83	5.95
	ระดับน้ำ	219.72	219.43	220.31	220.50	220.13	221.20	220.00	218.44	217.91	217.86	217.30
90000.01	อัตราการไหล	20.9	19.39	22.17	49.24	25.09	15.48	25.68	13.01	8.04	17.98	6.67
	ระดับน้ำ	220.36	218.79	220.64	220.94	220.33	219.62	221.56	218.14	216.64	216.90	217.45
87769.26	อัตราการไหล	14.37	10.08	10.90	50.28	22.10	8.45	22.09	8.47	4.04	18.41	4.11
	ระดับน้ำ	218.77	218.18	218.82	220.00	219.31	217.23	219.07	218.48	217.26	217.29	216.21
86000.01	อัตราการไหล	14.37	10.08	10.90	50.28	22.10	8.45	22.09	8.47	4.04	18.41	4.11
	ระดับน้ำ	216	217.96	216.83	217.06	217.41	216.16	216.90	215.94	213.04	215.33	212.50
84000.01	อัตราการไหล	14.43	14.47	25.14	47.88	22.26	8.24	22.23	8.47	4.02	18.30	6.72
	ระดับน้ำ	215.73	216.50	215.76	216.71	216.59	215.47	216.36	215.91	212.09	213.23	215.16
82246.26	อัตราการไหล	12.67	14.45	13.17	47.63	22.29	8.94	22.35	8.46	4.00	18.21	6.55
	ระดับน้ำ	214.91	215.07	213.64	213.91	214.39	214.34	213.46	214.15	210.67	211.78	213.45
79887.28	อัตราการไหล	61.03	28.47	14.97	47.56	22.25	9.82	22.40	8.59	3.97	18.09	6.75
	ระดับน้ำ	219.83	211.87	212.60	212.41	213.12	211.59	212.13	209.82	209.00	210.07	210.38
77733.21	อัตราการไหล	14.85	21.20	13.73	40.73	22.27	22.46	22.46	8.81	3.95	17.99	17.92
	ระดับน้ำ	210.66	211.23	211.26	210.90	210.92	210.55	212.69	210.34	207.10	207.85	209.34
75619.97	อัตราการไหล	77	26.00	27.90	46.55	35.17	21.33	27.47	8.82	3.94	17.90	25.30
	ระดับน้ำ	209.43	209.77	208.33	208.90	208.83	207.34	208.63	207.75	206.34	206.47	207.23
73707.38	อัตราการไหล	27.56	34.15	21.19	43.93	27.50	8.51	22.69	8.84	3.93	17.80	15.10
	ระดับน้ำ	208.52	207.30	207.93	207.68	207.31	206.91	207.55	205.66	206.34	206.47	207.19
71925.01	อัตราการไหล	57.16	40.28	21.34	46.28	31.77	11.52	22.74	8.87	3.92	8.91	17.89
	ระดับน้ำ	209.36	211.66	208.77	207.10	210.46	207.17	213.18	205.66	206.34	206.46	207.51
70000.00	อัตราการไหล	77.38	47.00	64.20	52.23	36.90	14.55	41.52	8.76	3.52	16.65	25.65
	ระดับน้ำ	204.57	204.94	205.40	205.23	205.86	203.79	205.55	205.65	206.34	206.46	204.72
68032.27	อัตราการไหล	77.92	39.26	36.30	89.19	39.88	31.50	36.00	8.92	4.36	14.39	25.82
	ระดับน้ำ	202.45	205.59	204.33	207.79	205.46	202.94	204.86	205.65	206.34	206.46	204.28

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหล และระดับน้ำสูงสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

ระยะทาง	ปี พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
66207.63	อัตราการไหล	77.9	45.50	35.50	89.33	36.91	7.42	41.68	7.40	7.07	17.34	26.00
	ระดับน้ำ	202.38	205.61	202.52	203.57	203.61	202.94	204.86	205.65	206.34	206.46	204.28
63783.00	อัตราการไหล	77.87	55.22	35.47	105.33	36.92	7.44	41.72	3.63	9.02	22.09	26.23
	ระดับน้ำ	202.34	203.09	202.74	203.61	205.23	202.42	204.86	201.47	199.49	199.80	204.28
61922.95	อัตราการไหล	77.87	55.22	35.47	105.33	36.92	7.44	41.72	3.63	9.02	22.09	26.23
	ระดับน้ำ	203.46	206.56	201.99	208.12	203.52	201.47	202.54	201.25	200.94	202.07	204.42
60000.00	อัตราการไหล	77.88	41.80	30.92	97.14	40.59	16.67	40.88	3.53	26.17	22.11	21.81
	ระดับน้ำ	203.28	202.05	201.26	200.47	201.29	200.48	202.92	199.38	199.74	200.03	202.05
57871.93	อัตราการไหล	77.89	35.70	33.29	98.48	35.40	14.01	40.08	6.52	8.99	30.87	21.11
	ระดับน้ำ	199.69	199.84	199.28	198.65	203.28	197.46	200.38	197.03	197.46	199.10	199.94
56490.11	อัตราการไหล	77.91	34.57	29.91	96.46	37.09	21.88	36.78	6.39	8.97	28.11	21.10
	ระดับน้ำ	198.96	200.59	202.70	200.40	197.93	197.13	198.06	194.38	196.65	196.59	197.81
54000.00	อัตราการไหล	77.95	34.82	30.31	77.91	37.09	15.68	33.96	4.01	10.20	35.40	21.10
	ระดับน้ำ	197.28	198.10	196.32	203.60	196.50	193.65	198.06	193.41	192.94	196.49	195.93
51755.66	อัตราการไหล	50.51	47.13	52.86	61.55	42.23	15.77	31.06	6.23	9.00	35.90	21.09
	ระดับน้ำ	196.57	194.73	194.78	195.55	195.95	193.02	196.22	192.43	193.53	193.70	195.36
49726.15	อัตราการไหล	50.55	35.63	27.65	60.40	37.21	14.29	25.62	4.07	6.07	36.34	21.09
	ระดับน้ำ	194.76	197.09	195.52	199.25	195.39	192.78	194.39	191.57	192.23	193.71	192.97
48330.23	อัตราการไหล	50.55	36.15	23.95	62.76	37.25	9.49	24.28	4.24	5.98	25.20	21.09
	ระดับน้ำ	194.61	195.01	194.77	196.37	196.32	192.75	192.94	191.91	191.50	194.10	193.09
46000.00	อัตราการไหล	50.56	36.31	21.64	62.60	37.52	9.04	24.64	3.15	6.05	17.38	21.09
	ระดับน้ำ	192.73	192.21	192.20	192.98	192.65	192.62	192.30	191.87	191.55	192.85	192.10
44000.00	อัตราการไหล	48.56	36.32	27.08	62.47	30.70	8.45	24.41	3.34	5.80	16.76	16.82
	ระดับน้ำ	193.86	194.57	192.25	194.69	193.17	191.67	192.78	190.99	191.63	192.01	194.00
42061.13	อัตราการไหล	48.17	36.33	21.18	62.59	30.84	13.39	24.65	3.57	5.38	15.92	15.73
	ระดับน้ำ	194.46	196.03	190.79	190.57	192.80	189.90	190.53	189.86	189.32	190.96	191.52
40000.00	อัตราการไหล	47.75	36.35	21.20	62.63	27.71	14.60	24.78	3.88	5.40	13.56	15.70
	ระดับน้ำ	191.77	190.32	190.26	191.30	190.37	187.98	189.40	187.74	187.62	188.64	188.34
38007.27	อัตราการไหล	46.58	33.03	21.22	63.00	22.08	4.45	24.96	2.17	5.39	13.21	15.69
	ระดับน้ำ	197.33	190.68	190.87	191.20	190.79	188.00	189.90	189.02	187.77	189.33	190.97
36000.00	อัตราการไหล	46.58	33.03	21.22	63.00	22.08	4.45	24.96	2.17	5.39	13.21	15.69
	ระดับน้ำ	186.59	187.33	186.29	187.47	186.71	188.84	186.77	187.00	188.23	188.35	188.36
34000.00	อัตราการไหล	63.56	33.15	22.51	66.41	29.50	9.30	32.62	5.71	9.04	14.62	18.99
	ระดับน้ำ	187.36	186.75	186.55	188.61	187.71	187.92	187.91	185.44	186.92	186.94	187.94
32030.29	อัตราการไหล	73.99	41.73	25.06	96.46	29.49	9.15	47.98	7.61	6.57	19.05	19.74
	ระดับน้ำ	183.9	183.59	183.20	184.16	183.40	185.36	183.70	183.34	183.20	183.10	183.20

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหล และระดับน้ำสูงสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

ระยะทาง	ปี.พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
30000.00	อัตราการไหล	74.35	58.20	30.00	93.73	34.08	9.30	54.17	5.73	9.15	30.00	21.09
	ระดับน้ำ	183.77	183.13	182.90	184.13	183.97	182.36	184.10	183.10	182.70	184.01	182.90
28000.00	อัตราการไหล	74.67	58.12	30.03	93.79	34.11	9.49	54.20	5.94	9.16	30.16	22.47
	ระดับน้ำ	182.9	182.20	183.70	183.00	182.15	182.00	182.82	181.97	183.41	183.42	182.28
25613.65	อัตราการไหล	79.56	57.66	30.14	94.72	34.15	13.76	54.28	20.19	9.16	30.31	20.56
	ระดับน้ำ	181.93	182.78	183.07	183.72	183.20	183.57	183.70	181.38	182.02	182.07	182.00
24000.00	อัตราการไหล	75.02	52.28	30.23	95.36	34.36	9.50	54.36	6.53	9.15	30.65	20.63
	ระดับน้ำ	177.63	178.75	176.90	180.37	177.00	179.48	180.27	176.43	177.02	178.56	178.27
21973.80	อัตราการไหล	75.5	50.90	34.49	94.70	34.61	9.76	55.81	8.00	9.14	32.82	20.72
	ระดับน้ำ	177.34	178.80	178.74	178.88	177.43	177.23	184.30	175.21	175.44	177.26	176.67
19922.84	อัตราการไหล	75.85	53.92	43.34	102.97	34.76	9.39	57.29	8.49	9.13	29.03	20.82
	ระดับน้ำ	175	176.22	174.51	175.16	175.19	175.90	175.65	175.21	174.00	176.51	176.10
17747.12	อัตราการไหล	76.15	54.00	34.69	103.00	35.95	9.45	57.33	9.00	9.50	25.07	20.81
	ระดับน้ำ	176.97	176.26	175.64	177.59	176.03	174.85	175.60	174.00	174.15	176.87	175.43
16000.00	อัตราการไหล	76.15	54.00	34.69	103.00	35.95	9.45	57.33	9.00	9.50	25.07	20.81
	ระดับน้ำ	176.95	179.75	176.98	177.00	175.17	174.38	177.61	174.36	174.38	174.90	174.78
14000.00	อัตราการไหล	76.08	53.92	34.63	101.81	35.90	9.38	57.27	8.92	9.44	25.06	20.81
	ระดับน้ำ	173.04	177.27	175.23	174.55	172.18	171.01	174.41	170.98	171.01	173.76	171.61
11995.97	อัตราการไหล	75.05	53.82	34.54	100.60	35.85	9.30	57.20	8.81	9.37	25.05	20.80
	ระดับน้ำ	172.4	173.78	172.43	176.03	171.56	170.42	172.16	170.39	170.60	172.42	171.02
10000.00	อัตราการไหล	73.83	53.73	34.47	100.68	35.80	9.22	57.14	8.70	9.29	25.03	20.79
	ระดับน้ำ	171.48	175.04	170.73	175.06	170.77	169.75	172.32	169.71	169.76	170.46	170.31
8000.00	อัตราการไหล	72.34	53.65	34.42	65.78	35.76	9.11	57.09	8.55	9.20	25.02	20.79
	ระดับน้ำ	170.64	171.95	170.13	171.73	170.15	169.47	170.64	169.42	169.48	170.00	169.90
6000.00	อัตราการไหล	67.54	51.28	33.72	65.94	35.03	9.02	55.86	8.43	9.12	24.57	20.66
	ระดับน้ำ	170.41	170.52	170.51	172.42	169.90	169.34	170.27	169.30	169.35	169.78	169.71
4000.00	อัตราการไหล	61.83	45.21	31.88	45.84	33.54	8.96	54.13	8.35	9.06	23.60	20.22
	ระดับน้ำ	170.4	170.41	170.25	171.18	169.85	169.18	170.26	169.15	169.19	169.64	169.57
2000.00	อัตราการไหล	61.3	44.39	31.64	53.64	33.06	8.90	53.23	8.28	9.02	23.06	20.23
	ระดับน้ำ	169.39	169.40	168.79	170.17	168.82	168.08	169.24	168.05	168.08	168.56	168.48

ตารางที่ 4.6 อัตราการไหลและระดับน้ำต่ำสุด สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

ระยะทาง	ปี.พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
99240.74	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	ระดับน้ำ	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03	220.03
96000.01	อัตราการไหล	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	ระดับน้ำ	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50
94289.05	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00
	ระดับน้ำ	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07	218.07
93076.66	อัตราการไหล	0.00	0.15	0.03	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ระดับน้ำ	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42	215.42
90000.01	อัตราการไหล	0.00	0.61	0.02	0.01	0.13	0.01	0.07	0.45	0.01	0.00	0.00
	ระดับน้ำ	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88	214.88
87769.26	อัตราการไหล	0.00	1.31	0.31	0.06	1.05	0.42	0.88	0.95	0.05	0.20	0.03
	ระดับน้ำ	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48	213.48
86000.01	อัตราการไหล	0.00	1.31	0.31	0.06	1.05	0.42	0.88	0.95	0.05	0.20	0.03
	ระดับน้ำ	210.73	210.73	210.73	210.73	210.73	210.73	210.73	210.73	211.99	211.80	210.73
84000.01	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.20	0.00
	ระดับน้ำ	210.57	210.57	210.57	210.57	210.57	210.57	210.57	210.57	210.90	211.00	210.57
82246.26	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.20	0.00
	ระดับน้ำ	209.25	209.25	209.25	209.25	209.25	209.25	209.25	209.25	209.68	209.69	209.25
79887.28	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.21	0.00
	ระดับน้ำ	207.58	207.58	207.58	207.58	207.58	207.58	207.58	207.58	207.94	207.96	207.58
77733.21	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.21	0.00
	ระดับน้ำ	206.03	206.03	206.03	206.03	206.03	206.03	206.03	206.03	206.47	206.38	206.03
75619.97	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.21	0.00
	ระดับน้ำ	203.82	203.82	203.82	203.82	203.82	203.82	203.82	203.82	205.68	205.25	203.82
73707.38	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20	0.21	0.00
	ระดับน้ำ	202.64	202.64	202.64	202.64	202.64	202.64	202.64	202.64	205.67	205.25	202.64
71925.01	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.21	0.21	0.00
	ระดับน้ำ	202.95	202.95	202.95	202.95	202.95	202.95	202.95	202.95	205.66	205.25	202.95
70000.00	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.24	0.23	0.00
	ระดับน้ำ	200.95	200.95	200.95	200.95	200.95	200.95	200.95	200.95	205.66	205.25	200.95
68032.27	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.22	0.27	0.00
	ระดับน้ำ	199.73	199.73	199.73	199.73	199.73	199.73	199.73	199.73	205.66	205.25	199.73
66207.63	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.20	0.32	0.00
	ระดับน้ำ	200.14	200.14	200.14	200.14	200.14	200.14	200.14	200.14	205.66	205.25	200.14
63783.00	อัตราการไหล	0.00	0.00	0.00	0.00	1.06	0.02	0.00	0.01	0.11	0.10	0.00
	ระดับน้ำ	198.93	198.93	198.93	198.93	198.93	198.93	198.93	198.93	198.96	198.96	198.93

ตารางที่ 4.7 อัตราการไหลและระดับน้ำเฉลี่ย สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560

ระยะทาง	ปี.พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
134916.90	อัตราการไหล	8.11	8.71	8.77	8.26	16.39	8.17	6.44	6.71	3.91	2.54	2.81
	ระดับน้ำ	243.88	243.29	244.27	243.64	243.43	243.66	243.46	243.57	243.20	243.00	243.20
132000.00	อัตราการไหล	8.16	9.15	8.77	8.44	16.08	7.72	6.09	6.64	3.90	2.56	2.81
	ระดับน้ำ	243.30	242.85	243.53	242.91	242.88	243.00	243.04	243.02	243.20	243.00	243.20
130000.00	อัตราการไหล	8.35	9.39	8.79	8.71	17.01	7.37	6.39	6.54	3.86	2.68	2.80
	ระดับน้ำ	240.98	240.10	242.00	240.29	240.24	240.61	240.27	240.50	243.20	243.00	243.20
128000.00	อัตราการไหล	8.25	9.00	8.75	8.65	16.80	7.24	6.84	6.55	3.77	2.93	2.80
	ระดับน้ำ	239.39	237.86	240.82	238.05	237.97	238.21	238.13	238.33	238.00	237.80	237.80
125571.50	อัตราการไหล	9.11	10.13	8.85	9.21	17.80	7.41	7.66	6.71	3.59	3.30	2.95
	ระดับน้ำ	238.32	236.50	240.18	236.71	236.70	236.62	236.61	236.73	236.20	236.50	236.00
124000.00	อัตราการไหล	9.98	10.85	9.04	10.02	18.12	7.37	8.35	6.84	3.51	3.46	3.04
	ระดับน้ำ	238.24	236.27	240.16	236.28	236.33	236.53	236.21	236.38	236.45	236.39	236.43
122000.00	อัตราการไหล	9.98	10.85	9.04	10.02	18.12	7.37	8.35	6.84	3.51	3.46	3.04
	ระดับน้ำ	237.83	238.04	237.86	237.91	238.27	237.56	237.82	237.65	237.14	237.16	237.39
120574.20	อัตราการไหล	9.09	9.70	7.96	9.90	15.65	6.58	7.80	5.36	2.92	2.37	2.67
	ระดับน้ำ	235.67	235.68	235.62	235.61	236.00	235.44	235.54	235.28	235.05	235.02	235.02
118319.50	อัตราการไหล	8.06	8.87	7.82	9.78	15.27	6.37	6.61	5.37	2.78	2.56	2.52
	ระดับน้ำ	233.63	233.77	233.75	233.37	233.99	233.37	233.60	233.41	232.96	233.04	233.07
116031.80	อัตราการไหล	8.24	8.29	7.69	7.33	14.23	6.06	6.00	4.93	3.03	2.46	2.86
	ระดับน้ำ	232.41	232.30	232.02	232.01	232.72	231.78	232.01	231.83	231.64	231.49	231.61
114138.30	อัตราการไหล	7.92	7.73	7.43	8.17	12.73	5.67	6.36	5.12	2.80	2.39	2.82
	ระดับน้ำ	231.10	231.17	231.24	231.02	231.49	230.75	230.90	230.73	230.41	230.51	230.25
112350.60	อัตราการไหล	8.00	8.29	7.28	7.47	14.23	5.74	5.92	5.07	2.86	2.12	2.34
	ระดับน้ำ	231.61	231.75	231.72	231.64	231.99	231.62	231.73	231.44	231.38	231.40	231.32
110006.00	อัตราการไหล	7.98	7.70	6.91	6.56	12.70	6.05	5.78	5.35	2.96	2.43	3.11
	ระดับน้ำ	229.33	229.68	229.59	229.46	229.52	229.22	229.29	229.16	229.08	229.12	229.02
107746.50	อัตราการไหล	8.66	7.49	6.81	5.64	12.64	5.40	5.89	4.93	2.83	2.36	2.68
	ระดับน้ำ	228.83	228.88	228.74	228.86	229.01	228.66	228.85	228.68	228.55	228.40	228.41
106281.50	อัตราการไหล	7.61	7.40	6.68	8.02	12.53	6.40	5.51	5.34	2.82	2.27	2.77
	ระดับน้ำ	227.33	227.18	227.11	227.12	227.45	227.06	227.06	227.10	226.80	226.99	226.87
103984.90	อัตราการไหล	6.96	8.01	6.56	6.79	12.46	5.79	5.93	5.74	2.83	2.96	2.81
	ระดับน้ำ	226.30	226.24	226.22	226.39	226.53	226.16	226.22	226.21	225.95	225.89	225.91
102033.80	อัตราการไหล	6.91	7.61	6.07	6.77	12.25	5.25	5.14	5.16	2.91	2.41	2.41
	ระดับน้ำ	223.08	223.16	223.09	222.95	223.63	223.11	223.28	223.12	222.89	222.86	222.88
100471.90	อัตราการไหล	6.89	6.97	6.02	6.97	12.59	5.06	6.00	5.10	2.68	2.56	2.69
	ระดับน้ำ	222.10	222.19	222.07	222.12	222.46	221.93	222.06	222.04	221.77	221.75	221.80

ตารางที่ 4.7 อัตราการไหลและระดับน้ำเฉลี่ย สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

ระยะทาง	ปี.พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
99240.74	อัตราการไหล	6.00	6.98	5.96	5.57	11.81	5.05	4.73	4.43	2.13	2.01	2.04
	ระดับน้ำ	220.57	220.63	220.57	220.49	220.78	220.50	220.66	220.35	220.26	220.28	220.35
96000.01	อัตราการไหล	6.17	6.65	5.52	5.48	11.32	4.75	5.19	4.26	2.11	2.10	1.87
	ระดับน้ำ	219.88	219.98	219.92	219.93	220.28	220.00	220.20	219.96	219.71	219.76	219.69
94289.05	อัตราการไหล	6.12	6.56	5.72	5.37	10.86	4.50	5.04	4.13	2.00	2.01	1.83
	ระดับน้ำ	218.56	218.63	218.49	218.70	218.99	218.72	218.49	218.61	218.31	218.30	218.31
93076.66	อัตราการไหล	6.14	6.45	5.28	5.38	10.89	4.40	5.03	4.06	2.03	3.90	1.83
	ระดับน้ำ	216.35	216.43	216.26	216.22	216.93	216.21	216.31	216.05	215.72	215.64	215.65
90000.01	อัตราการไหล	6.22	6.19	5.21	5.50	9.45	4.37	4.67	3.83	1.90	1.94	1.98
	ระดับน้ำ	215.67	215.74	215.85	215.78	216.40	215.47	215.57	215.48	215.21	215.08	215.25
87769.26	อัตราการไหล	5.15	5.59	4.65	5.16	9.33	3.80	4.30	3.52	1.81	1.78	1.57
	ระดับน้ำ	214.70	214.46	214.54	214.35	215.00	214.21	214.64	214.30	213.99	214.07	213.99
86000.01	อัตราการไหล	5.15	5.59	4.65	5.16	9.33	3.80	4.30	3.52	1.81	1.78	1.57
	ระดับน้ำ	212.35	212.89	213.00	212.89	212.96	212.47	212.82	212.80	212.57	212.45	212.35
84000.01	อัตราการไหล	4.83	4.63	5.11	4.42	8.01	3.32	3.47	3.25	1.80	1.78	1.58
	ระดับน้ำ	211.74	211.96	212.19	212.31	212.43	211.67	212.21	212.09	211.62	211.54	211.68
82246.26	อัตราการไหล	4.99	4.62	4.44	4.18	7.50	3.09	3.34	3.21	1.80	1.77	1.56
	ระดับน้ำ	210.29	210.45	210.41	210.61	210.72	210.33	210.27	210.60	210.28	210.19	210.24
79887.28	อัตราการไหล	6.51	5.40	4.56	4.27	7.51	3.10	3.32	3.21	1.79	1.77	1.52
	ระดับน้ำ	208.74	208.70	208.61	208.69	208.94	208.41	208.61	208.83	208.54	208.48	208.53
77733.21	อัตราการไหล	4.76	5.58	4.25	3.70	7.09	3.51	3.26	3.14	1.78	1.76	1.84
	ระดับน้ำ	206.75	206.83	207.33	207.07	207.32	206.76	206.97	207.01	206.84	206.77	206.65
75619.97	อัตราการไหล	8.03	6.05	5.53	4.24	8.47	4.25	3.48	3.02	1.78	1.76	2.38
	ระดับน้ำ	204.70	204.96	204.73	204.77	205.12	204.46	204.75	204.95	206.06	205.89	204.48
73707.38	อัตราการไหล	5.96	7.33	4.76	4.16	7.79	2.91	3.16	3.02	1.78	1.75	1.80
	ระดับน้ำ	203.56	203.24	203.73	203.39	203.71	203.33	203.42	204.32	206.06	205.88	203.79
71925.01	อัตราการไหล	7.18	7.21	5.41	4.75	8.09	3.04	3.23	3.02	1.77	1.49	2.05
	ระดับน้ำ	204.07	204.16	203.89	203.67	204.29	203.63	203.94	204.38	206.06	205.87	203.81
70000.00	อัตราการไหล	8.75	9.51	8.45	5.11	9.78	3.37	4.51	2.88	1.66	1.79	2.29
	ระดับน้ำ	201.54	201.66	201.89	201.58	201.66	201.36	201.48	203.72	206.06	205.87	202.51
68032.27	อัตราการไหล	9.28	9.02	7.09	8.10	10.04	3.93	4.00	2.45	1.51	1.95	2.15
	ระดับน้ำ	200.33	200.46	200.54	200.63	200.82	200.29	200.31	203.40	206.06	205.87	201.94
66207.63	อัตราการไหล	8.80	8.69	6.16	5.69	7.93	2.90	4.27	1.82	1.44	2.28	2.51
	ระดับน้ำ	200.66	200.76	200.59	200.54	200.92	200.55	200.70	203.50	206.06	205.87	202.03
63783.00	อัตราการไหล	9.14	9.02	6.50	6.48	8.03	2.81	4.49	1.25	1.38	2.59	3.29
	ระดับน้ำ	199.76	199.68	199.54	199.62	200.26	199.42	199.68	199.18	199.08	199.14	201.57

ตารางที่ 4.7 อัตราการไหลและระดับน้ำเฉลี่ย สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

ระยะทาง	ปี.พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
61922.95	อัตราการไหล	9.14	9.02	6.50	6.48	8.03	2.81	4.49	1.25	1.38	2.59	3.29
	ระดับน้ำ	198.63	198.64	198.25	198.35	198.62	198.19	198.28	197.91	197.93	197.79	197.63
60000.00	อัตราการไหล	8.56	8.44	6.09	6.08	7.84	3.21	5.57	1.15	2.00	2.49	2.94
	ระดับน้ำ	197.90	197.82	197.57	197.19	197.75	197.41	197.49	197.09	197.02	197.10	197.13
57871.93	อัตราการไหล	8.53	8.17	6.34	6.02	6.93	3.26	4.57	1.22	1.28	3.58	2.49
	ระดับน้ำ	196.30	196.19	196.11	195.72	196.38	195.66	195.84	195.54	195.57	195.71	195.71
56490.11	อัตราการไหล	8.36	7.77	6.06	5.73	6.99	3.34	4.73	1.20	1.29	3.60	2.47
	ระดับน้ำ	193.92	194.06	193.73	193.48	193.75	193.25	193.31	193.02	193.01	193.12	193.10
54000.00	อัตราการไหล	8.07	8.01	6.44	4.99	7.28	3.06	4.96	1.10	1.50	2.88	2.45
	ระดับน้ำ	192.76	192.92	192.42	192.41	192.45	192.10	192.23	192.00	191.96	192.13	192.04
51755.66	อัตราการไหล	8.03	8.38	7.14	4.44	7.23	2.89	3.43	1.25	1.43	2.70	2.39
	ระดับน้ำ	191.86	191.71	191.51	191.36	191.87	191.33	191.55	191.18	191.19	191.22	191.35
49726.15	อัตราการไหล	7.56	7.48	5.12	4.50	6.96	2.83	3.57	1.05	1.13	2.60	2.34
	ระดับน้ำ	190.92	191.31	190.96	190.70	190.95	190.57	190.52	190.37	190.29	190.45	190.44
48330.23	อัตราการไหล	6.83	7.52	5.10	4.67	6.65	2.69	2.99	1.02	1.11	2.20	2.29
	ระดับน้ำ	190.76	191.24	190.74	190.41	191.09	190.53	190.36	190.29	190.25	190.45	190.38
46000.00	อัตราการไหล	6.59	6.67	4.70	4.48	6.22	2.40	3.01	0.92	1.10	1.92	2.25
	ระดับน้ำ	190.82	191.07	190.73	190.37	190.95	190.56	190.63	190.37	190.31	190.47	190.46
44000.00	อัตราการไหล	6.55	6.40	4.98	4.35	5.56	2.26	3.24	0.89	1.12	1.87	2.10
	ระดับน้ำ	190.46	190.43	190.27	190.21	190.50	190.20	190.21	190.04	190.07	190.10	190.21
42061.13	อัตราการไหล	6.58	6.76	4.56	4.23	5.64	2.35	3.37	0.87	1.06	1.79	2.11
	ระดับน้ำ	188.63	188.73	188.45	188.23	188.61	188.19	188.35	188.12	188.04	188.18	188.17
40000.00	อัตราการไหล	6.13	6.37	4.13	4.24	5.20	2.28	2.94	0.90	1.02	1.63	1.99
	ระดับน้ำ	186.62	186.65	186.46	186.28	186.36	186.09	186.13	185.94	185.89	185.97	186.01
38007.27	อัตราการไหล	5.47	5.40	3.89	3.88	4.80	1.68	2.69	0.75	0.83	1.55	1.97
	ระดับน้ำ	186.97	186.71	186.51	186.38	186.63	186.24	186.34	186.12	186.05	186.06	186.28
36000.00	อัตราการไหล	5.47	5.40	3.89	3.88	4.80	1.68	2.69	0.75	0.83	1.55	1.97
	ระดับน้ำ	185.27	185.40	185.26	185.50	185.97	186.05	185.68	185.28	185.50	185.55	185.75
34000.00	อัตราการไหล	6.37	5.70	4.48	5.71	5.51	1.83	4.75	1.47	1.37	1.92	2.19
	ระดับน้ำ	185.15	185.10	184.97	185.18	185.52	185.33	185.36	184.93	185.03	185.09	185.12
32030.29	อัตราการไหล	8.29	7.04	5.10	5.14	6.10	2.18	5.59	1.92	1.26	2.57	2.35
	ระดับน้ำ	183.02	182.94	182.73	182.74	183.11	182.95	183.02	182.61	182.74	182.83	182.90
30000.00	อัตราการไหล	7.80	8.48	5.39	5.30	6.98	2.42	6.35	2.14	1.49	3.32	2.47
	ระดับน้ำ	182.64	182.55	182.53	182.65	182.85	182.85	182.61	182.55	182.65	182.64	182.73
28000.00	อัตราการไหล	7.91	8.37	5.55	5.33	7.07	2.38	6.49	2.37	1.67	3.42	2.49
	ระดับน้ำ	181.77	181.60	181.66	181.66	181.93	181.78	181.70	181.59	181.68	181.77	181.85

ตารางที่ 4.7 อัตราการไหลและระดับน้ำเฉลี่ย สำหรับปีน้ำ พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2560 (ต่อ)

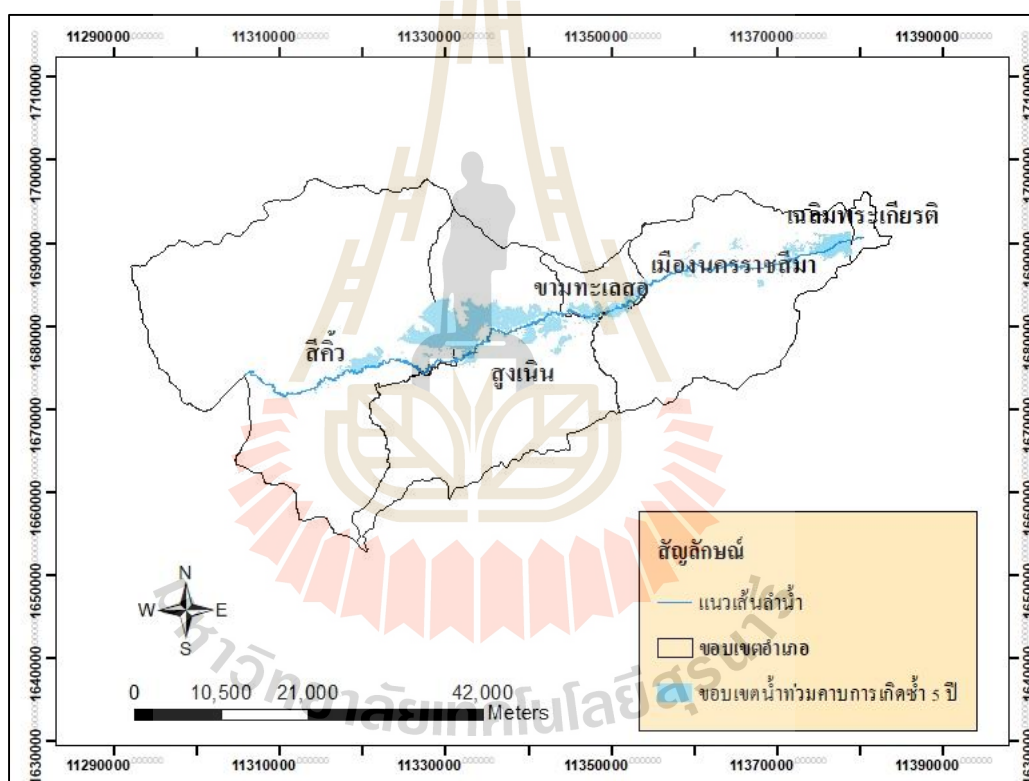
ระยะทาง	ปี พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
25613.65	อัตราการไหล	9.82	8.47	5.89	5.58	7.71	2.47	6.73	3.23	1.89	3.47	2.52
	ระดับน้ำ	180.79	180.86	180.80	180.88	181.11	181.04	180.88	180.76	180.82	180.84	180.94
24000.00	อัตราการไหล	8.10	7.82	6.00	5.54	7.14	2.32	6.89	2.58	1.84	3.60	2.48
	ระดับน้ำ	176.01	175.99	175.94	176.11	176.26	176.04	176.07	175.87	175.88	175.99	176.06
21973.80	อัตราการไหล	8.42	8.72	6.14	5.76	8.37	2.32	7.43	2.87	1.70	3.64	2.60
	ระดับน้ำ	175.11	175.46	175.13	175.19	175.21	175.10	175.46	174.91	174.94	175.04	175.07
19922.84	อัตราการไหล	8.71	9.11	6.44	6.17	7.59	2.14	7.66	2.96	1.83	4.23	2.89
	ระดับน้ำ	173.77	173.58	173.46	173.52	173.63	173.71	173.61	173.48	173.42	173.66	173.53
17747.12	อัตราการไหล	8.94	8.82	6.36	6.34	7.77	2.12	7.89	3.10	1.99	3.42	2.09
	ระดับน้ำ	173.62	173.27	173.33	173.42	173.49	173.33	173.23	173.09	173.11	173.43	173.25
16000.00	อัตราการไหล	8.94	8.82	6.36	6.34	7.77	2.12	7.89	3.10	1.99	3.42	2.09
	ระดับน้ำ	174.29	174.47	174.21	174.20	174.17	173.88	174.37	174.00	173.87	173.93	173.89
14000.00	อัตราการไหล	8.95	8.66	6.37	5.94	7.76	2.12	7.86	3.09	1.97	3.44	2.09
	ระดับน้ำ	170.79	171.07	170.73	170.40	170.72	170.32	170.84	170.46	170.34	170.38	170.34
11995.97	อัตราการไหล	8.92	8.79	6.35	5.80	7.75	2.12	7.83	3.09	1.96	3.40	2.09
	ระดับน้ำ	170.21	170.36	170.04	170.02	170.15	169.75	170.20	169.90	169.76	169.85	169.74
10000.00	อัตราการไหล	8.90	8.13	6.25	5.73	7.73	2.11	7.81	3.08	1.95	3.39	2.09
	ระดับน้ำ	169.48	169.74	169.23	169.15	169.41	168.97	169.53	169.13	168.97	168.99	168.97
8000.00	อัตราการไหล	8.86	7.99	6.26	4.57	7.70	2.10	7.80	3.07	1.93	3.87	2.10
	ระดับน้ำ	169.13	169.19	168.77	168.66	169.05	168.66	169.11	168.82	168.68	168.47	168.70
6000.00	อัตราการไหล	8.69	7.95	6.06	4.71	7.52	2.09	7.77	3.07	1.92	3.83	2.10
	ระดับน้ำ	169.01	168.84	168.64	168.65	168.95	168.62	168.98	168.77	168.64	168.28	168.68
4000.00	อัตราการไหล	8.48	7.91	5.84	4.61	7.34	2.08	8.36	3.06	1.91	3.27	2.08
	ระดับน้ำ	168.96	168.79	168.56	168.52	168.87	168.59	168.91	168.71	168.61	168.23	168.66
2000.00	อัตราการไหล	8.45	7.74	5.86	4.51	7.29	2.08	8.99	3.06	1.90	3.25	2.09
	ระดับน้ำ	167.95	167.92	167.79	167.72	167.90	167.64	167.96	167.74	167.63	167.64	167.64

4.4 ผลการคำนวณขอบเขตน้ำท่วมในแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ในรูปแบบการไหลแบบคงที่ (Steady Flow) เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี ซึ่งมีการไหลเอ่อล้นตลิ่งของน้ำสองฝั่งลำน้ำ โดยแสดงตามคาบการเกิดซ้ำต่างๆ ดังนี้

1) ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี

การจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี มีขอบเขตการเกิดน้ำท่วมเท่ากับ 102.24 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและตำบลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.5 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี

ตารางที่ 4.8 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี

รหัส	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	เกษตรกรรม	88.64	86.70
2	ป่าไม้	0.05	0.05
3	ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ	2.83	2.77
4	ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม	6.52	6.38
5	แหล่งน้ำ	4.20	4.11
รวมพื้นที่น้ำท่วม		102.24	100.00

ตารางที่ 4.9 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี

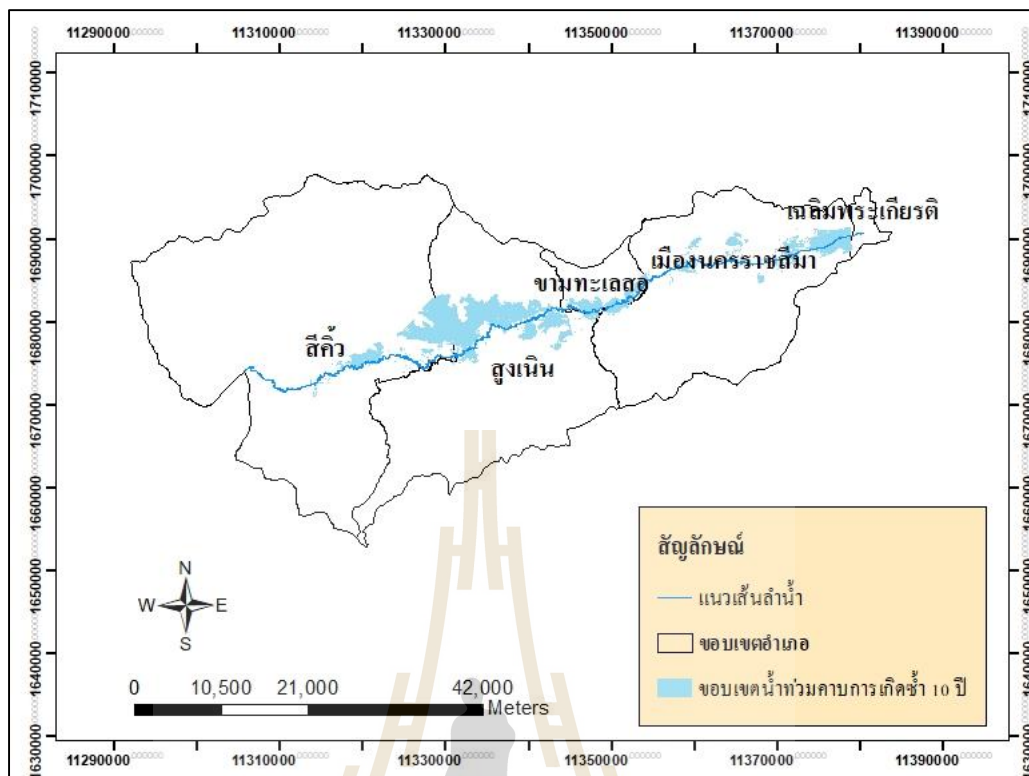
ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.94	0.92
2	หนองจะบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.00	0.00
3	มะเรียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.44	0.43
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.45	0.44
5	ปรุใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.54	1.51
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.23	0.22
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.44	0.43
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.01	0.01
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.71	0.69
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	6.58	6.44
11	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.85	1.81
12	สีมอม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.78	0.76
13	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	4.46	4.36
14	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.27	2.22
15	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.64	0.62

ตารางที่ 4.9 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
16	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	5.18	5.07
17	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.05	17.65
18	โคราข	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.67	2.61
19	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	11.29	11.04
20	โนนค่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.65	2.59
21	ไค้ยาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.45	3.37
22	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.20	1.17
23	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.01	0.01
24	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.42	1.39
25	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.91	2.85
26	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	5.02	4.91
27	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	3.59	3.51
28	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	6.71	6.57
29	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.16	0.16
30	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	1.86	1.81
31	กุดน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	13.98	13.67
32	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.30	0.30
33	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.16	0.15
34	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.30	0.29
รวมพื้นที่น้ำท่วม				102.24	100.00

2) ขอบเขตนํ้าท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี

การจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี มีขอบเขตการเกิดน้ำท่วมเท่ากับ 116.28 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งส่งผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และตำบลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ดังตารางที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.6 ขอบเขตนํ้าท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี

ตารางที่ 4.10 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม

ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี

รหัส	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นน้ำท่วม
1	เกษตรกรรม	99.94	85.95
2	ป่าไม้	0.06	0.05
3	ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ	3.43	2.95
4	ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม	8.31	7.15
5	แหล่งน้ำ	4.54	3.90
รวมพื้นที่น้ำท่วม		116.28	100

ตารางที่ 4.11 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี

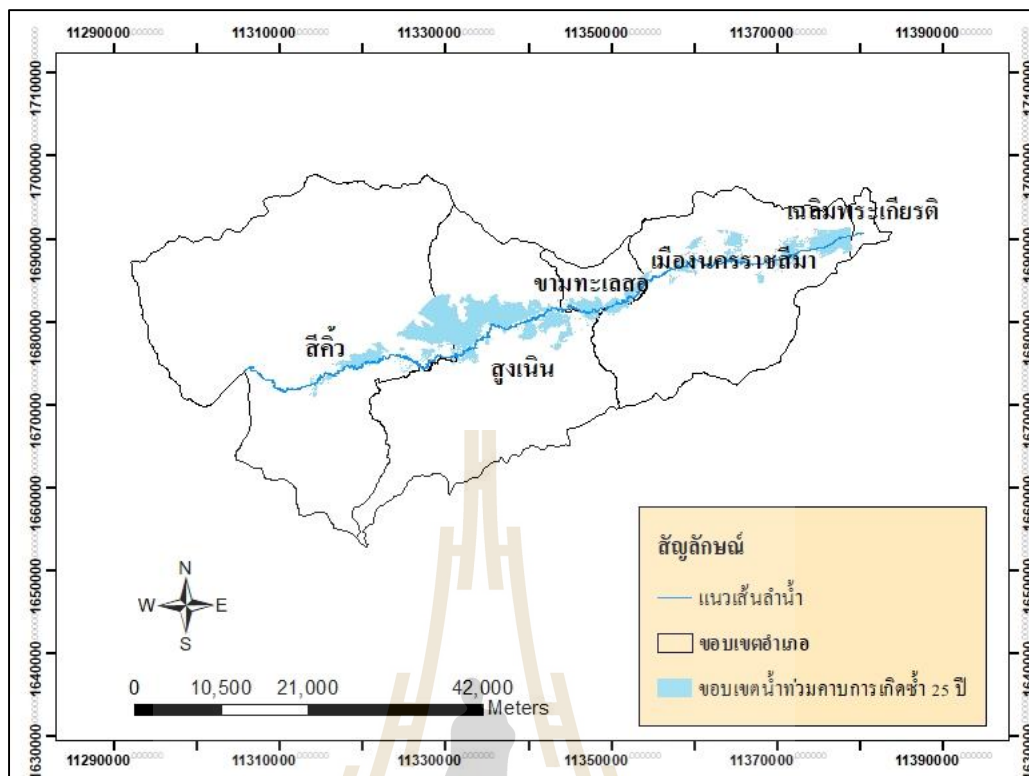
ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.33	1.15
2	หนองจะบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.01	0.01
3	มะเรียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.52	0.45
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.55	0.48
5	ปรุใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.10	1.80
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.63	0.54
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.52	0.45
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.03	0.03
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.01	0.87
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	7.02	6.04
11	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.90	1.63
12	สีมูม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.12	0.96
13	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	5.86	5.04
14	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.52	2.17
15	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.73	1.49
16	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	6.01	5.17
17	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.61	16.01
18	โคราช	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.80	2.41
19	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	12.27	10.55
20	โนนค้ำ	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.73	2.35
21	โค้งยาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	4.28	3.68
22	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.02	1.74
23	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.01	0.01
24	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.57	1.35
25	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.35	2.88
26	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	5.58	4.79
27	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	4.00	3.44

ตารางที่ 4.11 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
28	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	7.81	6.71
29	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.17	0.15
30	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	2.69	2.32
31	กุคูน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	14.49	12.46
32	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.53	0.45
33	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.20	0.17
34	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.31	0.26
รวมพื้นที่น้ำท่วม				116.28	100.00

3) ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี

การจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี มีขอบเขตการเกิดน้ำท่วมเท่ากับ 129.01 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งส่งผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และตำบลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ดังตารางที่ 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.7 ขอบเขตนํ้าท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี

ตารางที่ 4.12 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี

รหัส	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นน้ำท่วม
1	เกษตรกรรม	108.92	84.43
2	ป่าไม้	0.09	0.07
3	ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ	4.11	3.19
4	ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม	11.09	8.60
5	แหล่งน้ำ	4.80	3.72
รวมพื้นที่น้ำท่วม		129.01	100.00

ตารางที่ 4.13 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.61	2.02
2	หนองจะบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.06	0.05
3	มะเรียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.54	0.42
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.56	0.44
5	ปรุใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.89	2.24
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.04	0.81
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.59	0.45
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.08	0.06
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.30	1.01
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	7.06	5.47
11	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.98	1.53
12	สีมอม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.53	1.19
13	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	5.95	4.61
14	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.56	1.99
15	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.84	2.20
16	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	6.71	5.20
17	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.86	14.62
18	โคราข	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.92	2.26
19	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	12.61	9.78
20	โนนค้ำ	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.83	2.19
21	โค้งยาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	4.75	3.68
22	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.49	1.93
23	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.07	0.05
24	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.71	1.32
25	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.70	2.87
26	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	5.87	4.55
27	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	4.25	3.30

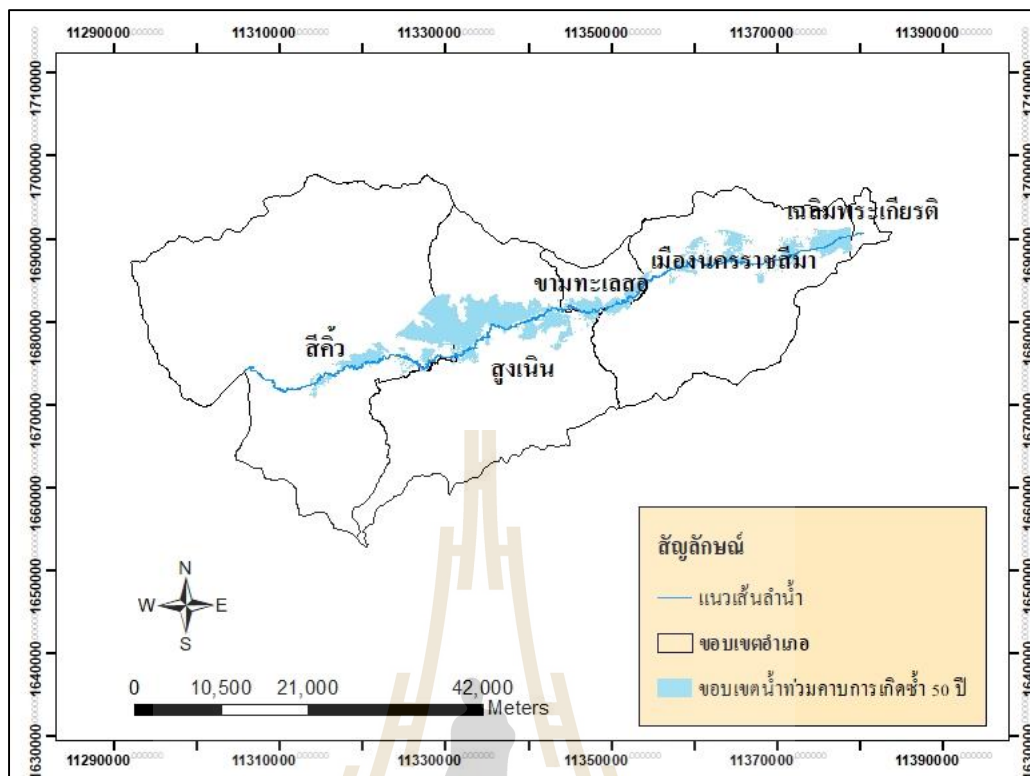
ตารางที่ 4.13 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
28	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	9.38	7.27
29	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.17	0.13
30	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	4.45	3.45
31	กุคูน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	15.02	11.64
32	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	1.07	0.83
33	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.25	0.19
34	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.31	0.24
รวมพื้นที่น้ำท่วม				129.01	100

4) ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี

การจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี มีขอบเขตการเกิดน้ำท่วมเท่ากับ 136.70 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.8 ซึ่งส่งผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และตำบลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ดังตารางที่ 4.14 และ 4.15





รูปที่ 4.8 ขอบเขตนํ้าท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี

ตารางที่ 4.14 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม

ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี

รหัส	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นน้ำท่วม
1	เกษตรกรรม	113.96	83.37
2	ป่าไม้	0.11	0.08
3	ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ	4.60	3.37
4	ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม	13.12	9.60
5	แหล่งน้ำ	4.91	3.59
รวมพื้นที่น้ำท่วม		136.70	100.00

ตารางที่ 4.15 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี

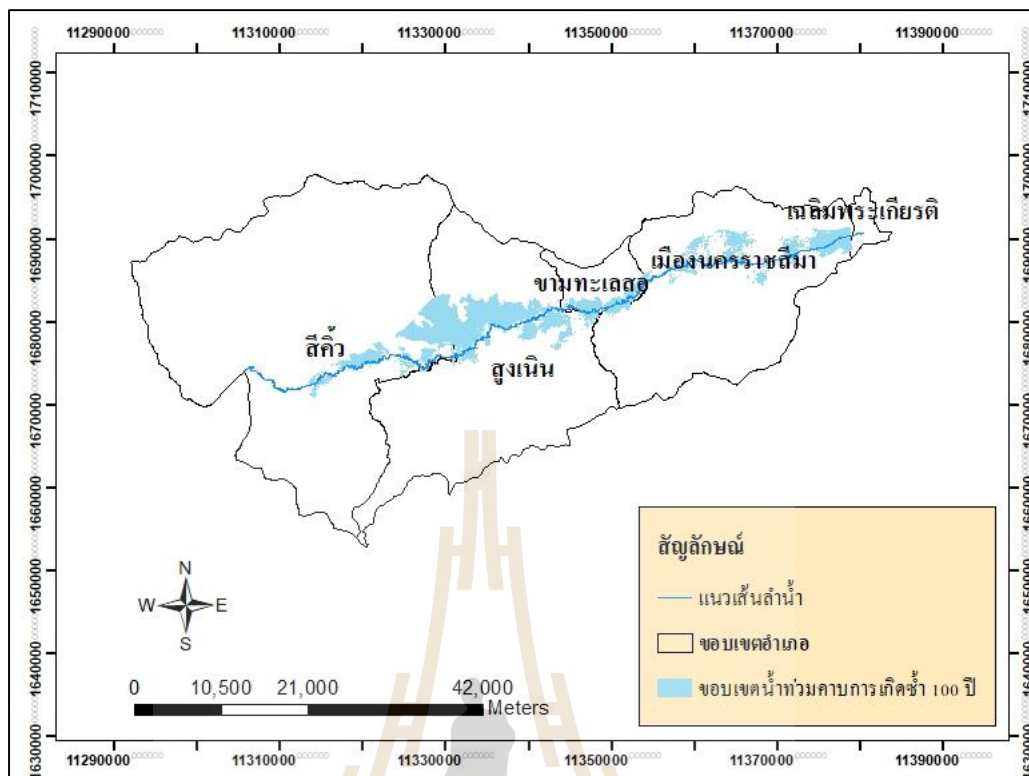
ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	3.84	2.81
2	หนองจะบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.31	0.23
3	มะเรียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.55	0.40
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.57	0.41
5	ปรุใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	3.55	2.60
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.38	1.01
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.57	0.42
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.11	0.08
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.41	1.03
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	7.06	5.16
11	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.05	1.50
12	สีมอม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.76	1.28
13	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	5.55	4.06
14	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.58	1.89
15	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	3.44	2.52
16	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	7.29	5.34
17	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.94	13.86
18	โคราข	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.98	2.18
19	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	12.78	9.35
20	โนนคำ	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.88	2.11
21	ไค้ข่าง	สูงเนิน	นครราชสีมา	4.92	3.60
22	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.60	1.90
23	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.15	0.11
24	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.77	1.30
25	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.88	2.84
26	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	6.04	4.42
27	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	4.39	3.21

ตารางที่ 4.15 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
28	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	10.50	7.68
29	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.17	0.13
30	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	5.18	3.79
31	กุคูน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	15.24	11.15
32	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	1.66	1.21
33	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.30	0.22
34	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.31	0.23
รวมพื้นที่น้ำท่วม				136.70	100.00

5) ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี

การจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี มีขอบเขตการเกิดน้ำท่วมเท่ากับ 145.23 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งส่งผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และตำบลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17



รูปที่ 4.9 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี

ตารางที่ 4.16 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม

ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี

รหัส	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นน้ำท่วม
1	เกษตรกรรม	119.20	82.14
2	ป่าไม้	0.13	0.09
3	ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ	5.30	3.65
4	ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม	15.50	10.68
5	แหล่งน้ำ	5.10	3.51
รวมพื้นที่น้ำท่วม		145.23	100.00

ตารางที่ 4.17 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	5.25	3.62
2	หนองจะบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.61	0.42
3	มะเรียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.61	0.42
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.57	0.39
5	ปรุใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	4.13	2.84
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.41	1.66
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.56	0.38
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.07	0.04
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.49	1.03
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	7.09	4.88
11	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.18	1.50
12	สีมอม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.92	1.32
13	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	6.27	4.31
14	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.63	1.81
15	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	3.80	2.62
16	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	7.71	5.31
17	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.97	13.06
18	โคราข	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.04	2.09
19	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	12.92	8.90
20	โนนคำ	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.93	2.02
21	โค้งยาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	4.97	3.42
22	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.65	1.82
23	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.19	0.13
24	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.80	1.24
25	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	4.09	2.81
26	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	6.30	4.34
27	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	4.47	3.08

ตารางที่ 4.17 พื้นที่ตำบลที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.ม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
28	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	11.46	7.89
29	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.17	0.12
30	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	5.78	3.98
31	กุคน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	15.41	10.61
32	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	2.12	1.46
33	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.35	0.24
34	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.31	0.21
รวมพื้นที่น้ำท่วม				145.23	100

4.5 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD กับแบบจำลอง HEC-RAS

การเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่าง 2 แบบจำลอง แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของแบบจำลอง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับลักษณะของงาน ดังตารางที่ 4.18

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมในกลุ่มน้ำลำตะคอง โดยแบบจำลอง MIKE FLOOD จะทำการจำลองแม่น้ำลำตะคอง และแม่น้ำลำบริบูรณ์ ซึ่งแม่ทั้งสองจะแยกออกจากกันและมาบรรจบกัน มีลักษณะเป็นรูป ซึ่งแบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถนำเข้าข้อมูลได้ง่าย ส่วนแบบจำลอง HEC-RAS ได้จำลองเพียงแม่น้ำลำตะคองเพียงสายเดียว เนื่องจากแม่น้ำลำบริบูรณ์ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จึงไม่สามารถสอบเทียบและปรับเทียบแบบจำลองได้ โดยการศึกษาแบบจำลอง HEC-RAS ผู้ศึกษาจำลองน้ำในลำน้ำที่จากการเอ่อล้นตลิ่ง จึงใช้ข้อมูลน้ำท่ามาพิจารณา แต่แบบจำลองสามารถทำงานร่วมกับแบบจำลองอื่นได้

ตารางที่ 4.18 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS
ในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

คุณสมบัติ	MIKE FLOOD	HEC-RAS
คุณสมบัติเฉพาะด้าน	<p>เป็นแบบจำลองที่สามารถทำการจำลองการไหลในหนึ่งมิติ (One Dimension) ที่อาศัยข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองเพื่อทำการจำลองสภาพการไหลในลำน้ำที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติด้วยแบบจำลอง MIKE 11 และการจำลองการไหลในสองมิติ (Two Dimension Flow) ที่อาศัยข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Bathymetry) จากข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ด้วยแบบจำลอง MIKE 21 แบบจำลองทั้งสองจะทำการเชื่อมต่อผลของต่างระดับน้ำและอัตราการไหลด้วยเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในแบบจำลอง MIKE FLOOD</p>	<p>เป็นแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์งานด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (One-dimensional) และ 2 มิติ (Two-dimensional) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำระหว่างรูปตัดได้และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบใต้วงกุก (subcritical flow) และเหนือวงกุก (supercritical flow) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น</p>
หลักการทํางาน	<p>MIKE FLOOD มีแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลอง MIKE 11 และแบบจำลอง MIKE 21 ที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีหลักการทํางานดังนี้</p> <p>1) แบบจำลอง MIKE 11 เป็นแบบจำลองที่ใช้ทำการจำลองลักษณะการไหลของน้ำที่เป็นการไหลในทิศทางเดียว คือ การไหลของน้ำในหนึ่งมิติ และมีลักษณะการไหลที่ไม่คงที่ตามเวลา (Unsteady Flow) ประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง คือ</p>	<p>แบบจำลอง HEC-RAS มีแบบจำลองย่อยชื่อแบบจำลอง HEC-GeoRAS เป็นแบบจำลองช่วยการนำเข้าข้อมูล โดยแบบจำลองนี้สามารถสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ลำน้ำสายหลัก (Stream Centerline), ดิ่งของลำน้ำ (Stream Bank), เส้นทางไหลบ่า (Flow Paths), หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections XS Cut Lines) ได้ และยังสามารถนำข้อมูลที่ส่งออกจากแบบจำลอง HEC-RAS มาวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์จัดทำแผนที่ การคำนวณ</p>

ตารางที่ 4.18 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS
ในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง (ต่อ)

คุณสมบัติ	MIKE FLOOD	HEC-RAS
หลักการทํางาน (ต่อ)	<p>- แบบจำลองย่อยน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Module, NAM Model) เป็นแบบจำลองที่จำลองกระบวนการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่เกิดขึ้นในระดับลุ่มน้ำ และเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองระบบแม่น้ำน้ำ หลักการทํางานจะทำการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยเป็นหนึ่งหน่วย ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยตัวแทนของลุ่มน้ำในแต่ละลุ่มน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าไปในแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวัน และปริมาณการระเหยจากผิวดินรายเดือน โดยแนวคิดของแบบจำลองตั้งอยู่บนพื้นฐานทางกายภาพ ที่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์บางตัวได้จากลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำ</p> <p>- แบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module, HD) เป็นแบบจำลองที่ใช้สร้างข้อมูลหน้าตัดลำนํ้าให้เหมือนสภาพการไหลจริงในแม่น้ำ และสภาพภูมิประเทศและสภาพทุ่งท่วมน้ำท่วม ตลอดจนสภาพของสิ่งก่อสร้าง และอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ในลำน้ำ ผลด้านการนำออกคือ ค่าระดับน้ำที่คำนวณมาได้ทุกรูปตัดต่างๆ</p>	การคำนวณความเสียหายจากน้ำท่วม การฟื้นตัวทาง ระบบนิเวศน์ และการเตือนภัยและป้องกันภัยน้ำท่วมได้

ตารางที่ 4.18 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS
ในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง (ต่อ)

คุณสมบัติ	MIKE FLOOD	HEC-RAS
หลักการ ทำงาน (ต่อ)	<p>ทุกรูปตัด และค่าอัตราการไหลที่จุดกึ่งกลางระหว่างรูปตัด ทำให้สามารถติดตามผลการไหลของน้ำได้ตลอดลำน้ำ</p> <p>2) แบบจำลอง MIKE 21 เป็นแบบจำลองที่จำลองสภาพการไหลแบบอิสระในสองมิติ ทำงานร่วมกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและการไหลที่ตอบสนองต่อความหลากหลายที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ</p>	
พารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง	<p>1) แบบจำลอง MIKE11-NAM ในการสอบเทียบแบบจำลองแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะใช้พารามิเตอร์ คือ</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umax ปริมาณน้ำที่ตกค้างอยู่ตามใบไม้/ ผิวดิน และแหล่งน้ำผิวดิน - Lmax ความสามารถในการเก็บกักน้ำในแหล่งน้ำชั้นล่าง - CQOF ค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า - CKIF กำหนดเวลาในการเกิดน้ำซึมผิวดิน - CK1,2 การเคลื่อนตัวของน้ำผิวดิน และน้ำซึมผิวดิน ตามความลึกชั้นของกลุ่มน้ำ และตามลำน้ำมายังท้ายน้ำของกลุ่มน้ำ - TOF ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลผิวดิน - TIF ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลซึมผิวดิน - TG ค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นของการไหลซึมผิวดิน 	<p>ในการสอบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS จะใช้พารามิเตอร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n</p>

ตารางที่ 4.18 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS
ในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง (ต่อ)

คุณสมบัติ	MIKE FLOOD	HEC-RAS
พารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)	<ul style="list-style-type: none"> - CKBF ความยาวนานในการเกิดการไหลของน้ำใต้ผิวดิน และพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง MIKE11HD - ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ manning'n <p>2) แบบจำลอง MIKE11-HD ในการสอบเทียบจะใช้พารามิเตอร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n</p>	
ผลจากแบบจำลอง	แบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมที่มากกว่า เนื่องจากแบบจำลอง MIKE FLOOD พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากทั้งการหลากด้านข้างที่เกิดจากน้ำฝนและพิจารณาการล้นตลิ่งจากการไหลในลำน้ำ	แบบจำลอง HEC-RAS พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากการล้นตลิ่งจากลำน้ำเพียงอย่างเดียว

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลอง HEC-RAS มาจำลองสภาพเหตุการณ์น้ำท่วมในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาอุทกภัยน้ำท่วมขังอยู่บ่อยครั้ง มีสาเหตุเกิดจากสภาวะที่น้ำไหลเอ่อล้นตลิ่ง แบบจำลอง HEC-RAS ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์เฉพาะการไหลในหนึ่งมิติ (One-Dimension) โดยการจำลองในรูปแบบการไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) เพื่อเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง และการจำลองในรูปแบบการไหลแบบคงที่ (Steady flow) เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

ผลเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง ณ สถานี M.191 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.028 ถึง 0.065 ผลการเปรียบเทียบวันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2558 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.818 และค่า NSE เท่ากับ 0.713 สำหรับผลการสอบเทียบ วันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2560 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.820 และค่า NSE เท่ากับ 0.708 ซึ่งมีค่าเข้า 1 แสดงถึงปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคตรงกัน ดังนั้น แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความน่าเชื่อถือ

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD กับ HEC-RAS

แบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมที่มากกว่า เนื่องจากแบบจำลอง MIKE FLOOD พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากทั้งการหลากด้านข้างที่เกิดจากน้ำฝนและพิจารณาการล้นตลิ่งจากการไหลในลำน้ำ แต่แบบจำลอง HEC-RAS พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากการล้นตลิ่งจากลำน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่งสภาพปัญหาน้ำท่วมส่วนใหญ่เกิดจากสภาวะน้ำไหลเอ่อล้นตลิ่งตลอดตามยาวของแนวเส้นแม่น้ำลำตะคอง และลำบริบูรณ์ ช่วงที่มีปริมาณฝนตกหนักในพื้นที่ประกอบด้วยมีการปล่อยน้ำออกจากเขื่อนกักเก็บน้ำลำตะคอง ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ที่อยู่ข้างเคียงลำน้ำได้ผลกระทบ

5.1.3 ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

ผลการจำลองพฤติกรรมการไหลด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ทำให้ทราบค่าระดับน้ำและอัตราการไหลต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด พร้อมทั้งทราบค่าระดับตลิ่งของแม่น้ำ และศักยภาพการรับน้ำของแม่น้ำลำตะคอง และทำให้ทราบค่าศักยภาพการระบายน้ำช่วยในการพิจารณาการเฝ้าระวังและการป้องกันน้ำท่วมได้ โดยอัตราการไหลและค่าระดับน้ำไม่ควรเกินค่าที่ลำตะคองในแต่ละหน้าตัดลำน้ำจะสามารถรับได้ นอกจากนี้ ศักยภาพการระบายน้ำของแม่น้ำยังช่วยในด้านการบริหารจัดการน้ำ โดยทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่สามารถส่งเข้าไปในแต่ละพื้นที่ และสามารถนำมาเป็นข้อมูลในเบื้องต้นเพื่อพิจารณาประกอบการวิเคราะห์การขุดลอกคลองสร้างฝาย ประตูระบายน้ำ พนัง เป็นต้น

5.1.4 ผลการคำนวณขอบเขตน้ำท่วมในแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ

ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบประกอบด้วย อำเภอเมือง นครราชสีมา อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสีคิ้ว อำเภอเฉลิมพระเกียรติ และโดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรที่ได้รับความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วม ซึ่งแผนที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ จากการศึกษาช่วยให้ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่พร้อมรับมือกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้อย่างทันทั่วถึง

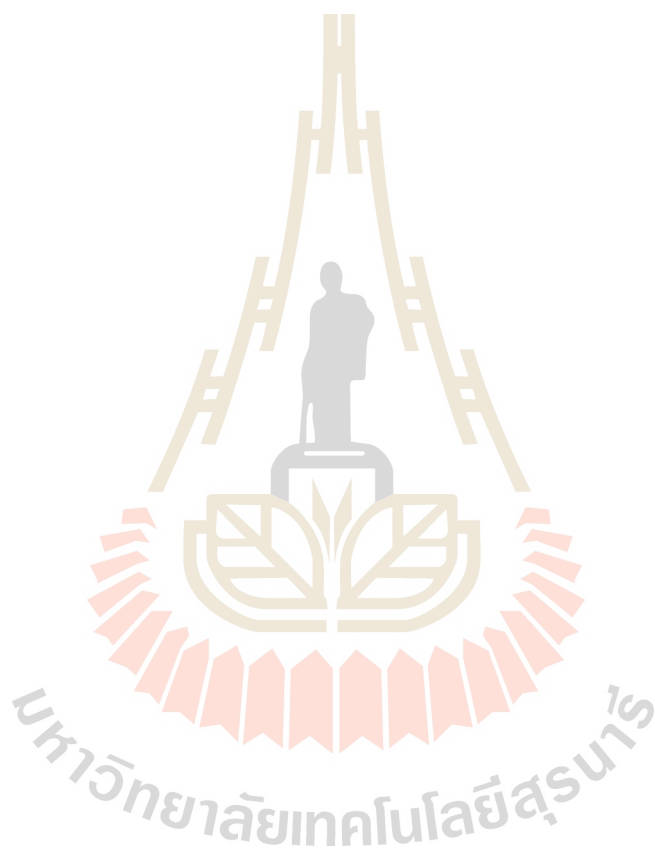
5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้ได้พิจารณาแม่น้ำลำตะคองที่มีความยาว 133.422 กิโลเมตร ซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ยาว ประกอบกับข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่าที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้มีเพียง 4 สถานีดังกล่าวข้างต้น และการกระจายตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าไม่สม่ำเสมอ ทำให้การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองเป็นไปด้วยความยากลำบาก ดังนั้น การเพิ่มสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำลำตะคองจึงมีความสำคัญ

2. ผลการเปรียบเทียบ และสอบเทียบแบบจำลองในช่วงฤดูแล้ง ผลจากแบบจำลองไม่สอดคล้องกับค่าจากการสำรวจ เนื่องจากกลุ่มน้ำลำตะคองมีการบริหารจัดการประตูระบายน้ำจำนวนมาก ซึ่งในการศึกษานี้ได้จำลองในช่วงฤดูฝน เพราะช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำในลำน้ำมาก จึงไหลข้ามผ่านประตูระบายน้ำ ทำให้ผลจากแบบจำลองสอดคล้องกับค่าจากการสำรวจ

3. การศึกษานี้ไม่ได้จำลองสภาพสิ่งกีดขวาง เช่น สิ่งปลูกสร้างที่เป็น อาคาร ถนน และแนวกำแพงกันน้ำ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมยังคงเป็นค่าเฉลี่ยทำให้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงในพื้นที่ศึกษา

4. จากการศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน ขึ้นกับการใช้งาน ความเหมาะสมของข้อมูล การแสดงผลการคำนวณ



รายการอ้างอิง

- กรมชลประทาน (2552). คู่มือ การจัดทำแผนที่น้ำท่วมเพื่อใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วม. พิมพ์ครั้งที่ 1 จัดพิมพ์โดย สำนักชลประทานที่ 2.
- กลุ่มวิจัย และพัฒนาด้านวิศวกรรม (2553). การศึกษาประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองท่าตะเภา ภายหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภา จังหวัดชุมพร. สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมอุตุนิยมวิทยา (2556). ภูมิอากาศจังหวัดนครราชสีมา. ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. กรมชลประทาน (2557). เขื่อนลำตะคอง. สำนักชลประทานที่ 8 จังหวัดนครราชสีมา.
- กรมชลประทาน (2557). รายงานการบริหารจัดการน้ำในเขตลุ่มน้ำลำตะคองอย่างมีประสิทธิภาพ. สำนักชลประทานที่ 8 จังหวัดนครราชสีมา.
- กรกต เลิศชัยพงศ์ หฤทัย มาศโคง และฉัตรชัย โชติษฐูยางกูร (2560). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22 จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 18-20 กรกฎาคม. 1-6.
- ชาญวิทย์ กัมมหัสยะ (2558). การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS HEC-GeoRAS เพื่อบรรเทาปัญหาอุทกภัย กรณีศึกษาท้ายเขื่อนระบายน้ำห้วยหลวงเดิม-ฝายทุ่งแร่ อ. เมืองอุดรธานี จ.อุดรธานี. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ สำนักชลประทานที่ 5 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1-10.
- ทองเปลว กองจันทร์ และสุเทพ น้อยไพโรจน์ (2553) อุทกภัยในเทศบาลนครนครราชสีมา ระหว่างวันที่ 14-16 ตุลาคม 2553. กรมชลประทาน.
- ทับทิม วงศ์เทพดำ (2559) การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมโดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ บริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่าง จังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ธีรวุฒิ พงษ์จันทร์ และอูมา สีนุญเรือง (2561). การศึกษาความเป็นไปได้ในการบรรเทาปัญหาอุทกภัย ด้วยการปรับปรุงสภาพลำน้ำ กรณีศึกษาแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23 จังหวัดนครนายก วันที่ 18-20 กรกฎาคม. 1-8.
- เกษมพงษ์ ทีฆบุญญา และปรียาพร โภษา (2560). การจำลองสถานการณ์น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD กรณีศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม. 182-193.

- ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และคณะ (2556). การพัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเทศบาลนครหาดใหญ่. **ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้)** คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. 1-13.
- ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และคณะ (2557). การพัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเทศบาลนครหาดใหญ่ (ระยะที่ 2). **ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้)** คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 1-10.
- ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และธีรดา ยงสถิตศักดิ์ (2558). การพัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในชุมชนเมืองหาดใหญ่ โดยใช้ HEC-RAS 2D. **ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้)** คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. 1-8.
- วิญวัฒน์ เต็มสมบัติ และกิติพงษ์ ทองเชื้อ (2554). การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11-Data Assimilation เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16** มหาวิทยาลัยมหิดล วันที่ 18-20 พฤษภาคม. 1-15.
- วิญวัฒน์ เต็มสมบัติ (2555) เอกสารประกอบการสอนอุทกวิทยาทางวิศวกรรม (Engineering Hydrology). **ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.**
- วีระยา มิ่งเมือง และจิระวัฒน์ กณะสุด (2555). การศึกษาแนวทางบรรเทาอุทกภัย กรณีศึกษาลุ่มน้ำมูลตอนบนในเขตจังหวัดนครราชสีมาด้วยแบบจำลอง Mike11. **การประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 9** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 1699-1705.
- วุฒิกัทร เฟื่องสวย และสมฤทัย ทะสดวง (2561). การสอบเทียบอาคารชลศาสตร์ของคลองส่งน้ำมะขามเต่า-อู่ทอง. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23** จังหวัดนครนายก วันที่ 18-20 กรกฎาคม. 1-8.
- สมบัติ ชื่นกลิ่น (2549). แบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนคลองผันน้ำเพื่อลดอุทกภัย กรณีศึกษาแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. **วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 1 ฉบับที่ 1** เดือนกันยายน. 9-18.
- สุรินทรา แก้วละมุล และวิเชียร ปลื้มกมล (2555). การตรวจสอบข้อมูล DEM ของลุ่มน้ำห้วยสายบาตร โดยโปรแกรม HEC-GeoRAS. **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13** จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 4-5 เมษายน. 713-71.

- หฤทัย มาศโค้ง และฉัตรชัย โชติษฐายางกูร (2556). การทำแผนที่น้ำท่วมสำหรับเทศบาลนครราชสีมา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 8-10 พฤษภาคม. 1-7.
- เอกพล นิ่มพงษ์ และพงษ์ศักดิ์ จินดาศรี (2552). โครงการศึกษาการสร้างแบบจำลองเตือนภัยน้ำท่วมด้วย HEC-RAS และ HEC-GeoRAS จากข้อมูล DEM ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน จ.ประจวบคีรีขันธ์. สำนักงานชลประทานที่ 14 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรุณรัตน์ จันทร์เรียม และณัฐ มาแจ้ง (2556). การจำลองระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS โดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วมปี 2554. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14 วันที่ 22 กุมภาพันธ์. 407-415.
- Chow, V. T., D.R. Maidment, and L.W. Mays. (1988). Applied Hydrology. New York: Mc-Graw-Hill.
- Chandresh G. Patel and Pradip J. Gundaliya (2016). Floodplain Delineation Using HECRAS Model-A Case Study of Surat City. **Open Journal of Modern Hydrology**, 2016, 6. 34-42.
- Muhammad Masood andKuniyoshi Takeuchi (2012). Assessment of flood hazard, vulnerability and risk of mid-eastern Dhaka using DEM and 1D hydrodynamic model. **Nat Hazards (2012)** 61:757-770.
- Prafulkumar V. Timbadiya, Prem Lal Patel and Prakash D. Porey (2011). Calibration of HEC-RAS Model on Prediction of Flood for Lower Tapi River, India. **Journal of Water Resource and Protection**, 2011, 3, 805-811.
- Rastislav Fijko andMartina Zeleňáková (2016). The HEC RAS model of regulated stream for purposes of flood risk reduction. **JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING** Vol. 11, Issue 1, 2016. 59-70.
- US Army Corp of Engineers. (2010). HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1.
- US Army Corp of Engineers (2010). HEC-RAS River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4.

US Army Corp of Engineers (2010). HEC-RAS River Analysis System, Application Guide Version 4.1.

US Army Corp of Engineers (2011). HEC-GeoRAS GIS Tool for Support of HEC-RAS using ArcGIS, User's Manual Version 4.3.

V. T. Chow (1959). Open-channel hydraulics, New York: McGraw-Hill.

Ward, R.C. and Robinson, M. (1990). Principle of Hydrology. 3rd edition. London: Mc-Graw-Hill. 365 pp.





ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุทกวิทยาลุ่มน้ำลำตะคอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก-1 ตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำทำในกลุ่มน้ำลำตะคอง

(พ.ศ.2550 – พ.ศ.2560)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	ปีที่มีการเก็บสำรวจข้อมูล (พ.ศ.)											
			2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	
1	M38C	ต.คลองไผ่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	M177	ต.โนนสว่าง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	M191	ต.โลกกรวด อ.เมือง จ.นครราชสีมา	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√
4	M164	ลำตะคอง อ.เมือง จ.นครราชสีมา	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

หมายเหตุ: √ มีข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี - ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี



ตารางที่ ก-2 ข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี

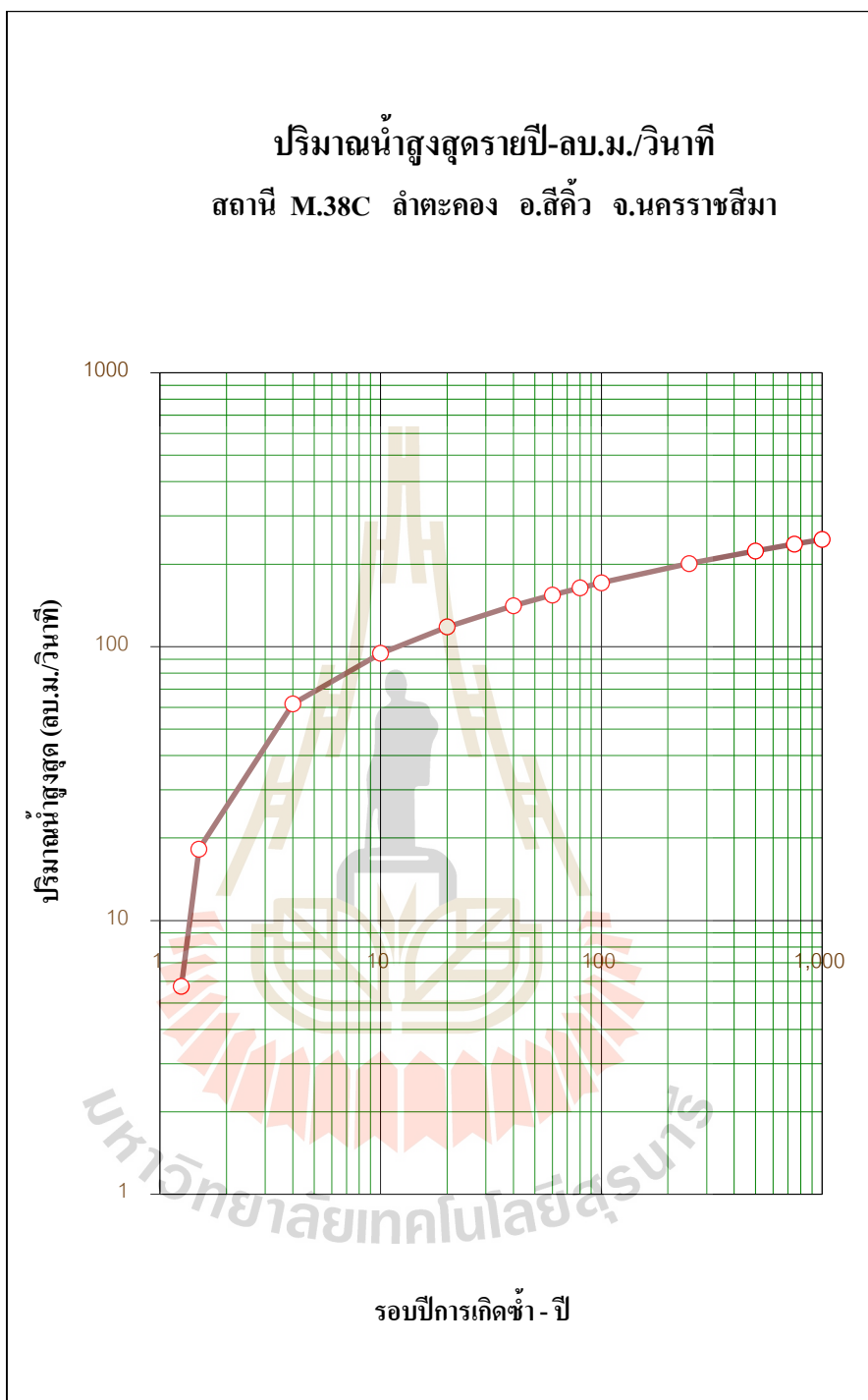
สถานี M.38C ลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา						สถานี M.177 ลำตะคอง ต.ลาดบัวขาว อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา					
ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี						ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี					
ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที
2505	85.00	2524	20.80	2543	25.30	2505	-	2524	-	2543	29.66
2506	122.00	2525	-	2544	19.06	2506	-	2525	-	2544	31.60
2507	110.00	2526	34.04	2545	-	2507	-	2526	-	2545	16.26
2508	87.00	2527	14.19	2546	-	2508	-	2527	-	2546	53.00
2509	103.00	2528	22.97	2547	-	2509	-	2528	-	2547	24.75
2510	122.00	2529	20.18	2548	-	2510	-	2529	-	2548	36.30
2511	29.00	2530	22.10	2549	21.18	2511	-	2530	-	2549	36.75
2512	14.00	2531	23.30	2550	25.12	2512	-	2531	-	2550	30.80
2513	13.00	2532	20.40	2551	-	2513	-	2532	-	2551	99.08
2514	14.00	2533	15.07	2552	-	2514	-	2533	-	2552	50.28
2515	48.00	2534	19.67	2553	166.50	2515	-	2534	-	2553	17.00
2516	17.00	2535	32.88	2554	48.91	2516	-	2535	-	2554	67.85
2517	14.00	2536	9.27	2555	23.60	2517	-	2536	-	2555	16.43
2518	72.19	2537	27.66	2556	41.50	2518	-	2537	-	2556	24.75
2519	-	2538	-	2557	17.29	2519	-	2538	-	2557	51.00
2520	-	2539	-	2558	14.50	2520	-	2539	-	2558	29.66
2521	-	2540	-	2559	5.750	2521	-	2540	-	2559	31.60
2522	19.80	2541	24.50			2522	-	2541	-		
2523	17.54	2542	35.14			2523	-	2542	-		

- ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี

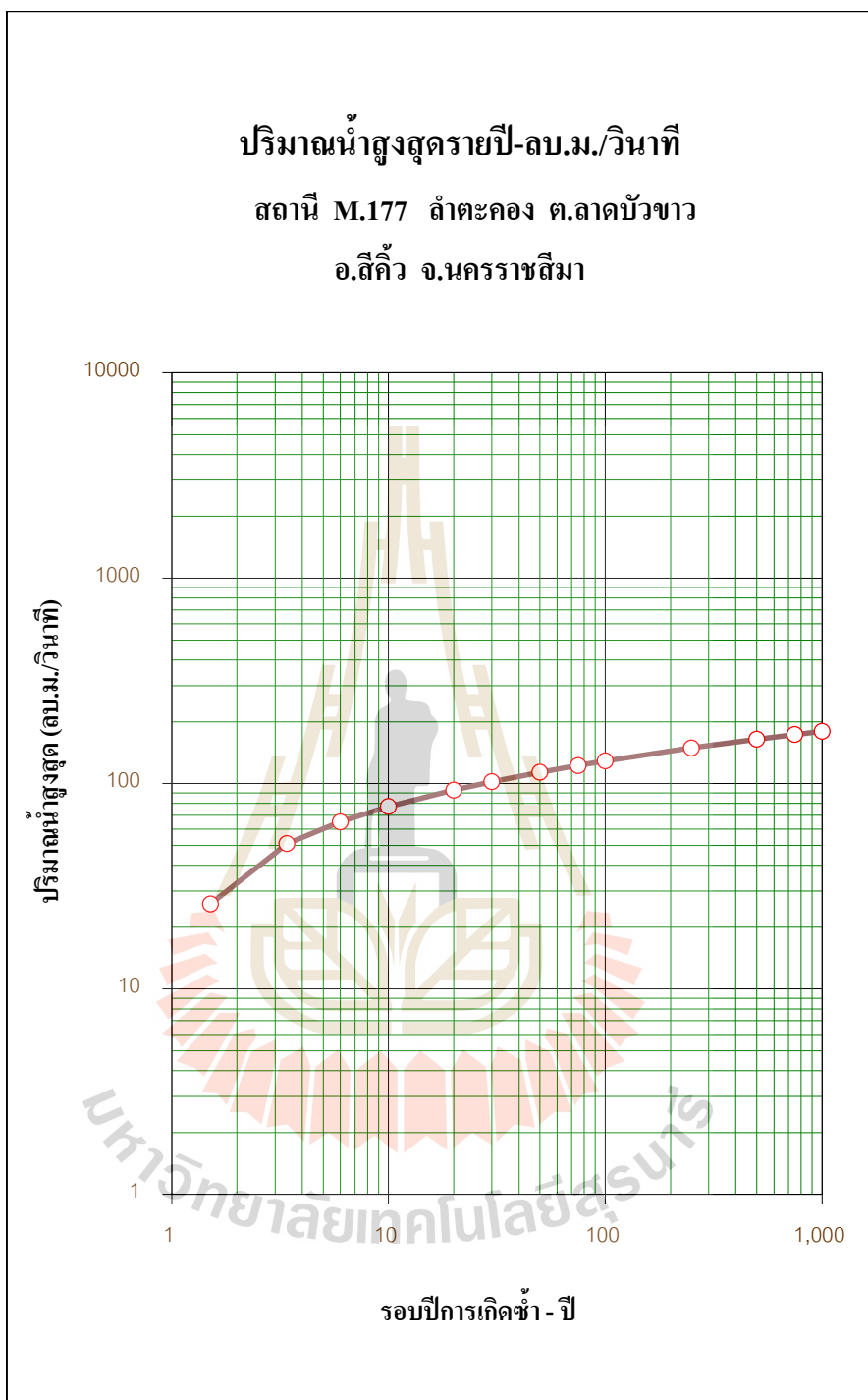
ตารางที่ ก-2 ข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี (ต่อ)

สถานี M.191 ลำตะคอง บ้านโคกกรวด ต.โคกกรวด อ.เมือง จ.นครราชสีมา						สถานี M.164 ลำตะคอง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา					
ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี						ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี					
ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที	ปีน้ำ	ลบ.ม./ วินาที
2505	-	2524	-	2543	-	2505	-	2524	-	2543	-
2506	-	2525	-	2544	-	2506	-	2525	-	2544	-
2507	-	2526	-	2545	-	2507	-	2526	-	2545	-
2508	-	2527	-	2546	-	2508	-	2527	-	2546	-
2509	-	2528	-	2547	-	2509	-	2528	-	2547	-
2510	-	2529	-	2548	-	2510	-	2529	-	2548	-
2511	-	2530	-	2549	-	2511	-	2530	-	2549	-
2512	-	2531	-	2550	-	2512	-	2531	-	2550	76.85
2513	-	2532	-	2551	-	2513	-	2532	-	2551	54.50
2514	-	2533	-	2552	-	2514	-	2533	-	2552	34.69
2515	-	2534	-	2553	36.10	2515	-	2534	-	2553	123.90
2516	-	2535	-	2554	7.440	2516	-	2535	-	2554	40.10
2517	-	2536	-	2555	41.70	2517	-	2536	-	2555	12.30
2518	-	2537	-	2556	3.850	2518	-	2537	-	2556	58.91
2519	-	2538	-	2557	9.340	2519	-	2538	-	2557	-
2520	-	2539	-	2558	22.05	2520	-	2539	-	2558	2.80
2521	-	2540	-	2559	36.10	2521	-	2540	-	2559	27.62
2522	-	2541	-			2522	-	2541	-		
2523	-	2542	-			2523	-	2542	-		

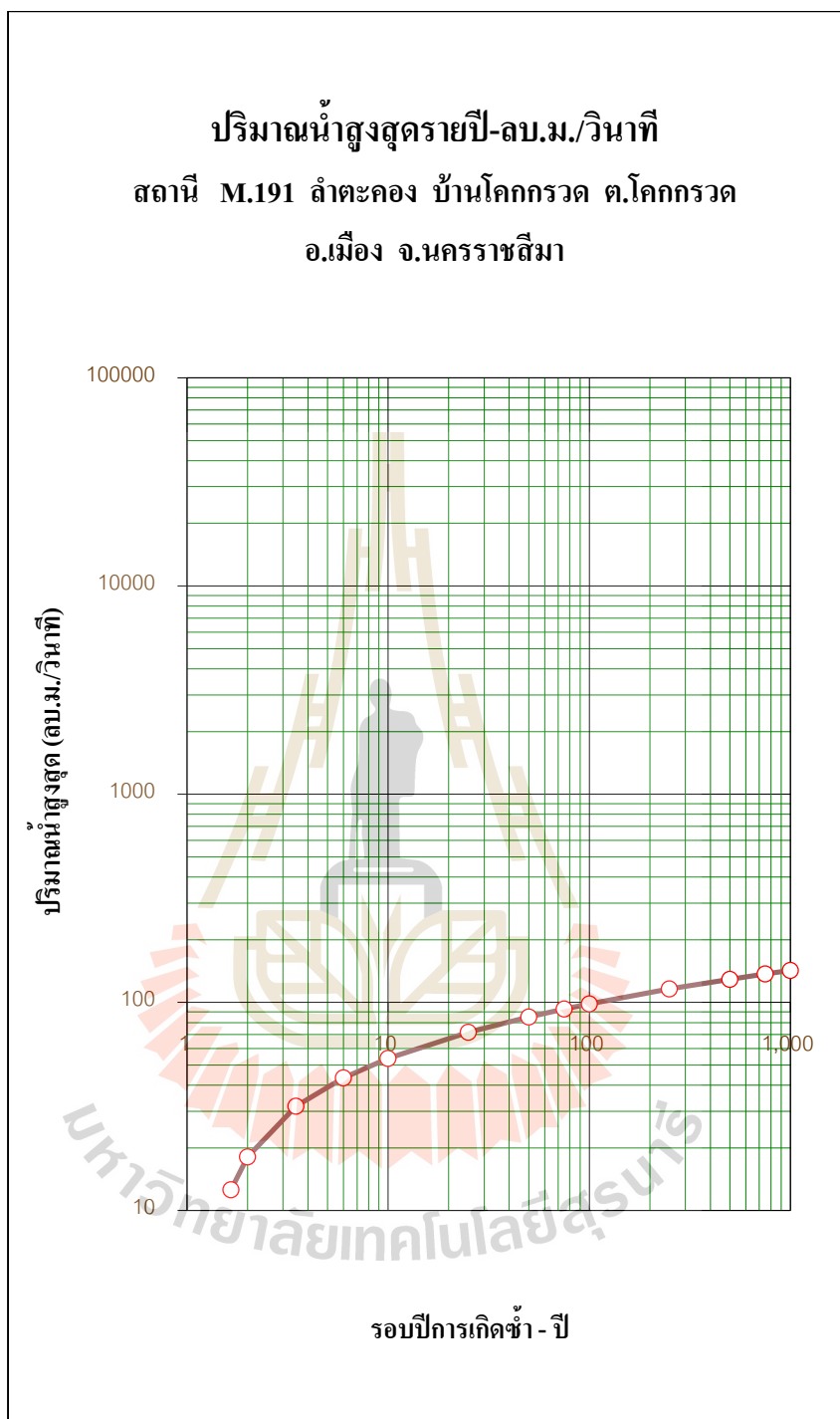
- ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี



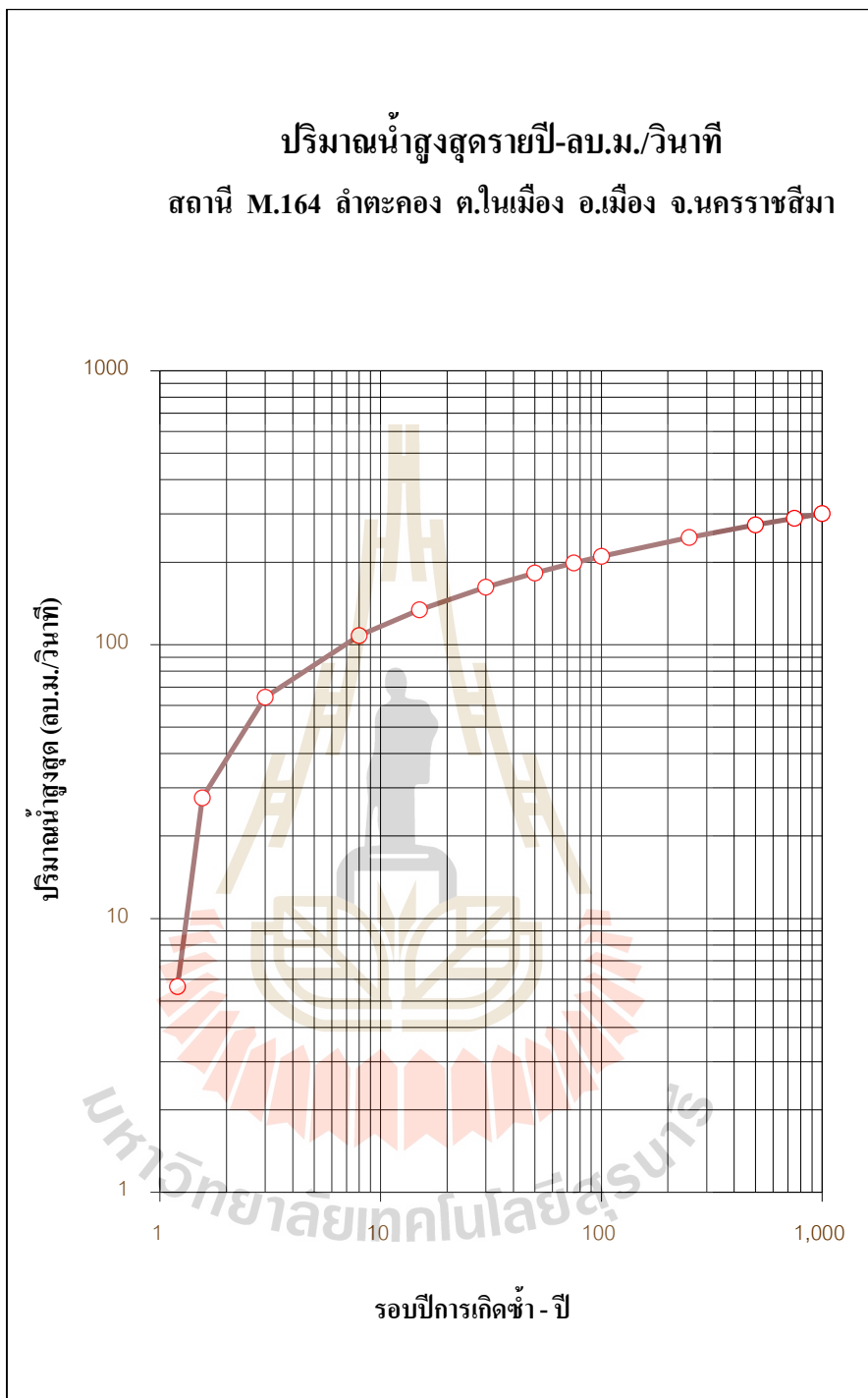
รูปที่ ก-1 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี สถานี M.38C



รูปที่ ก-1 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี สถานี M.177



รูปที่ ก-1 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี สถานี M.191



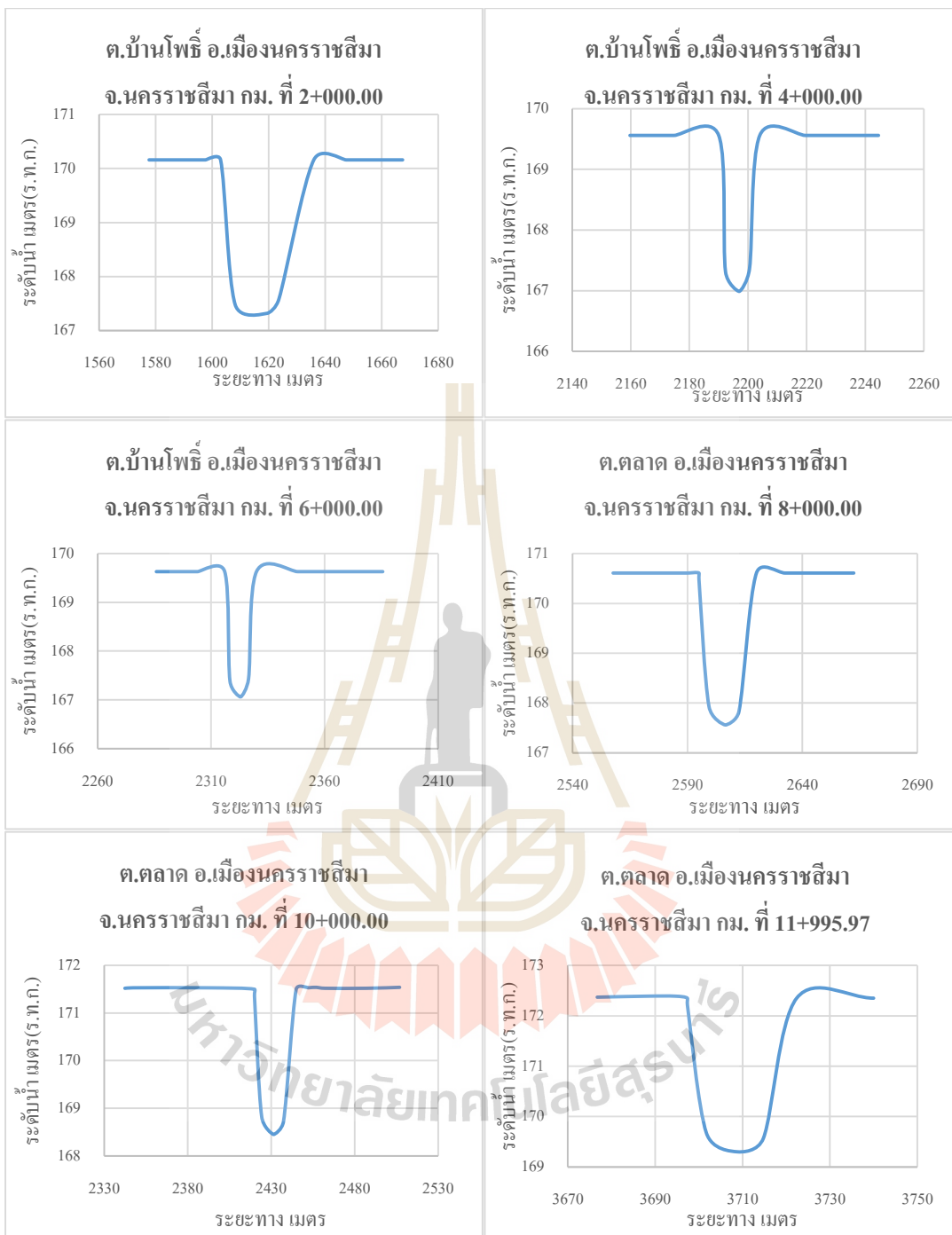
รูปที่ ก-1 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี สถานี M.164



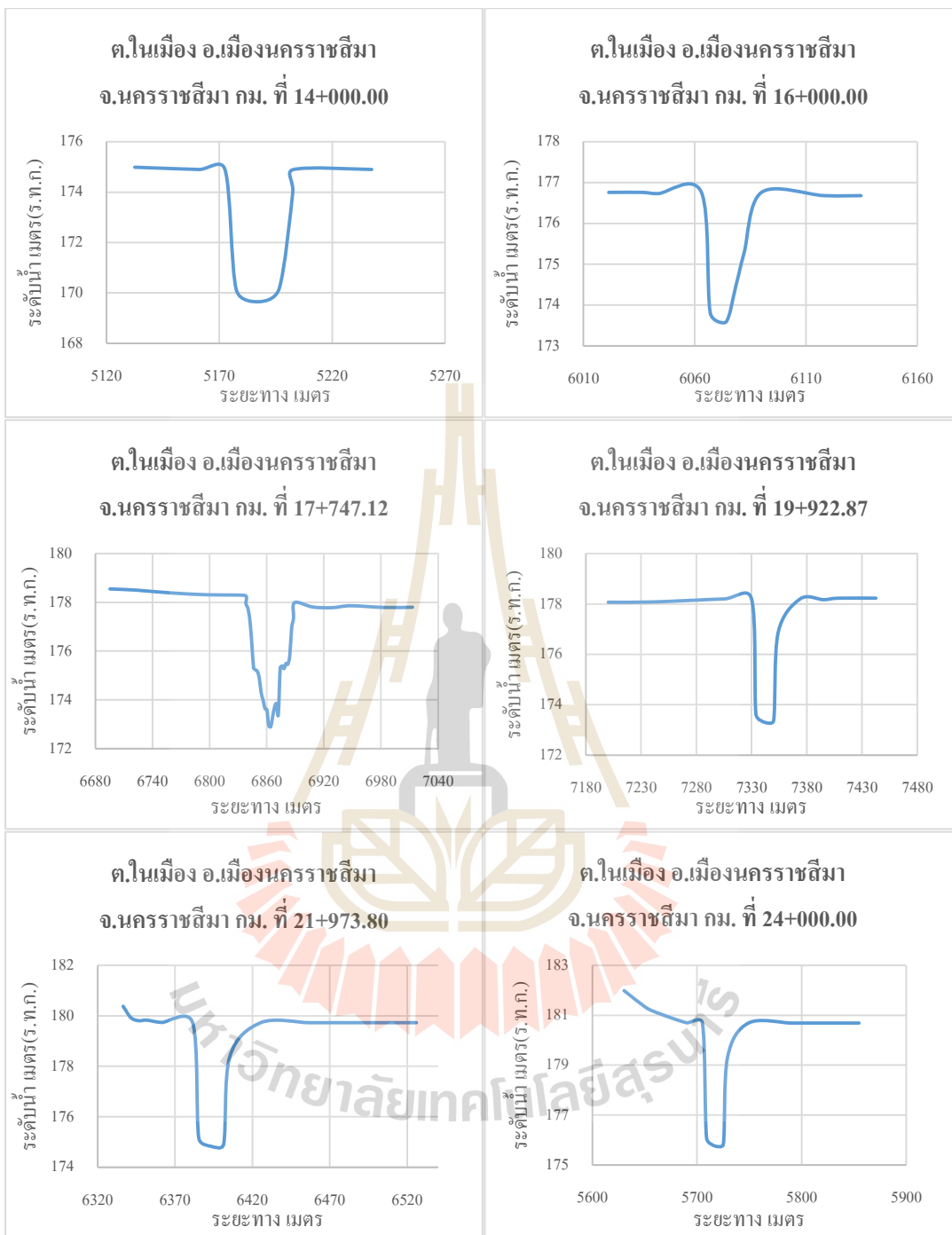
ภาคนวค ข

รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ถ้ำน้้า

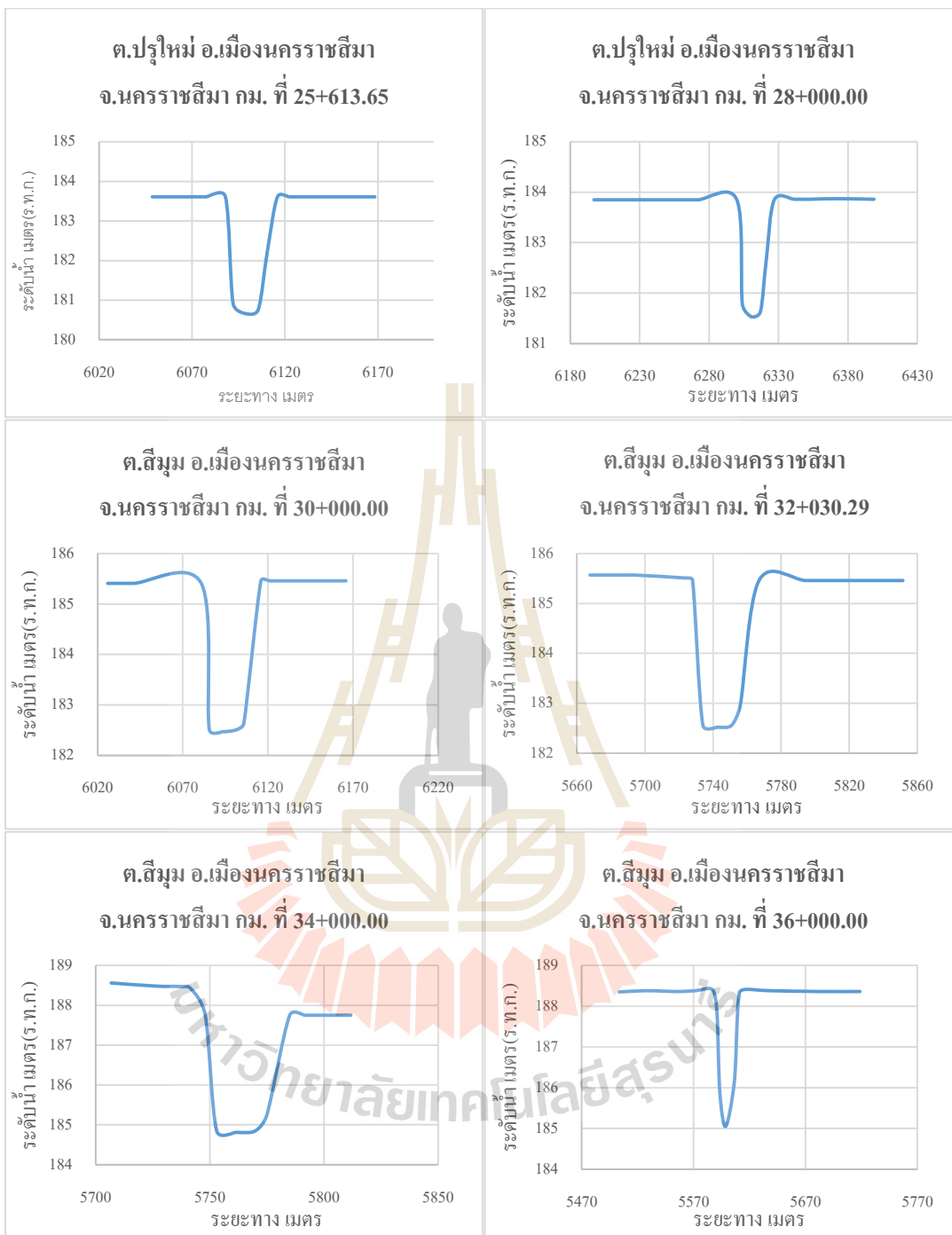
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



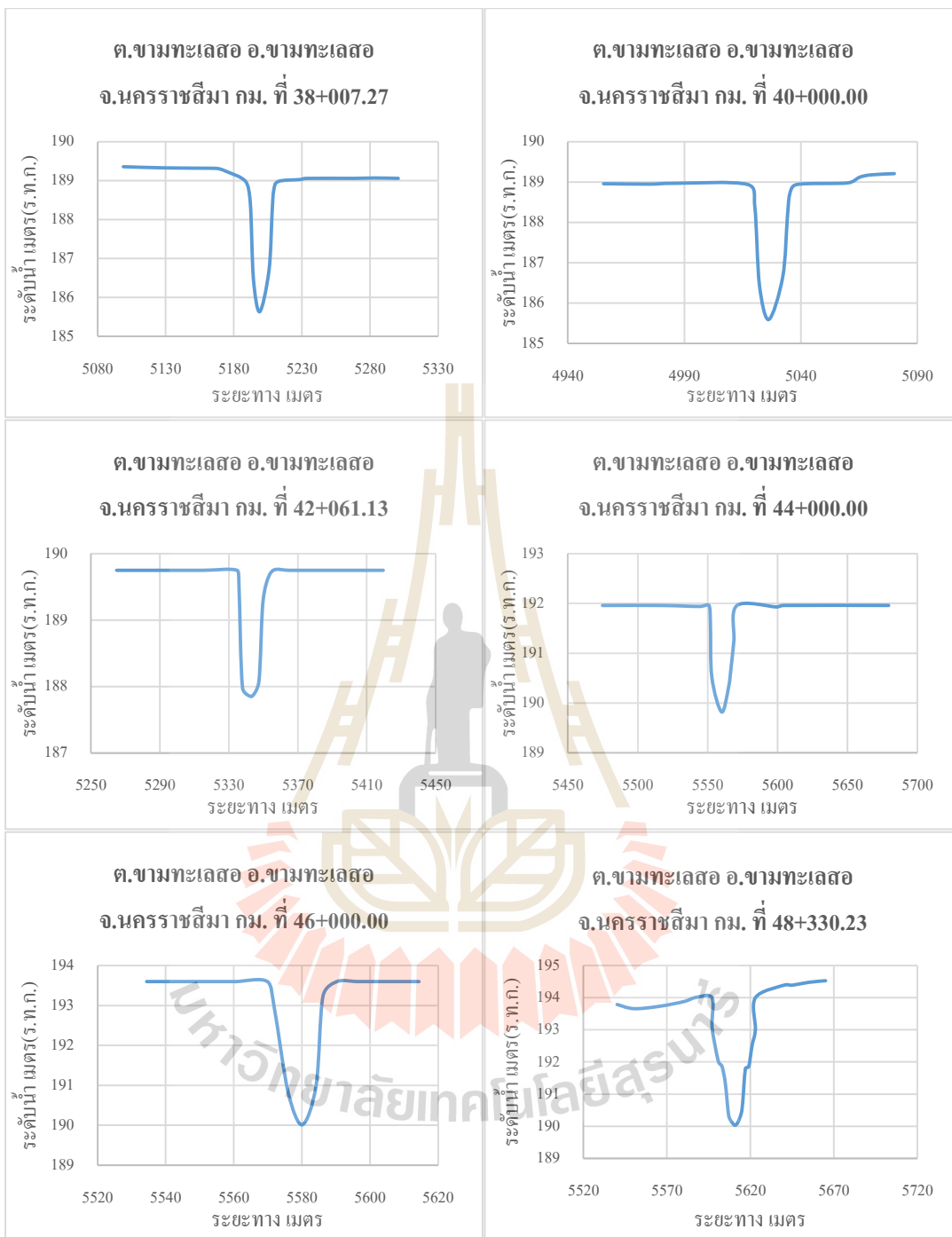
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง



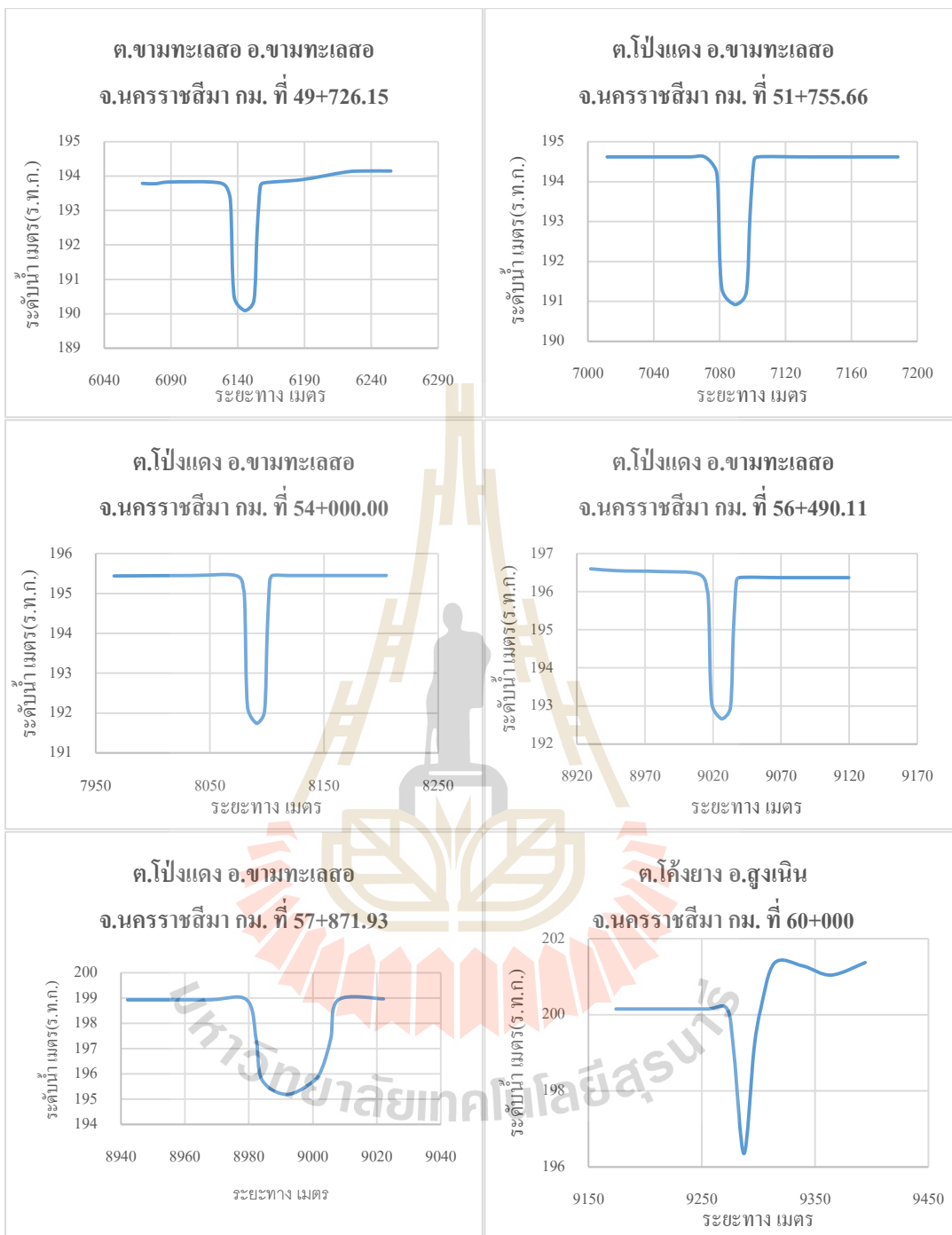
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



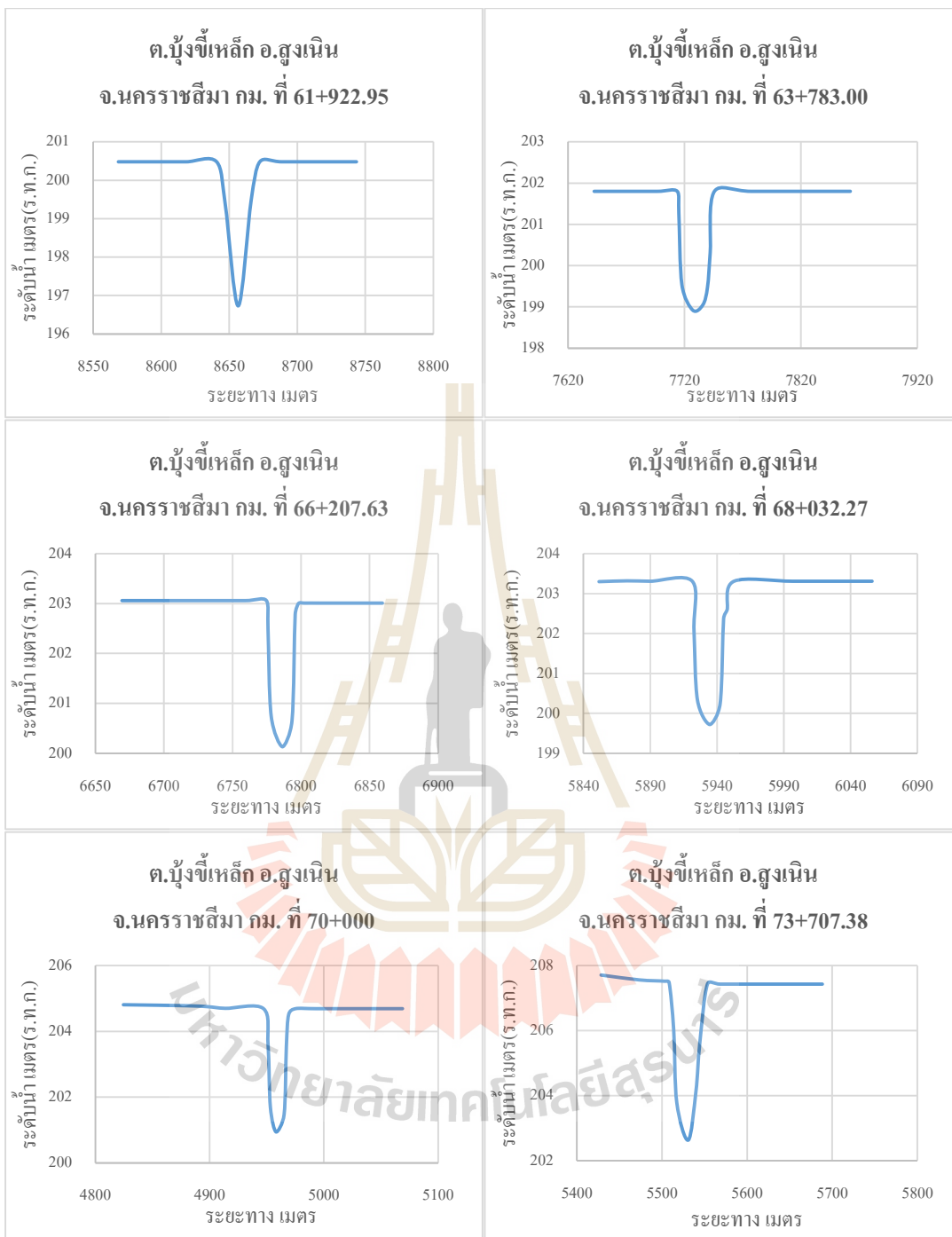
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



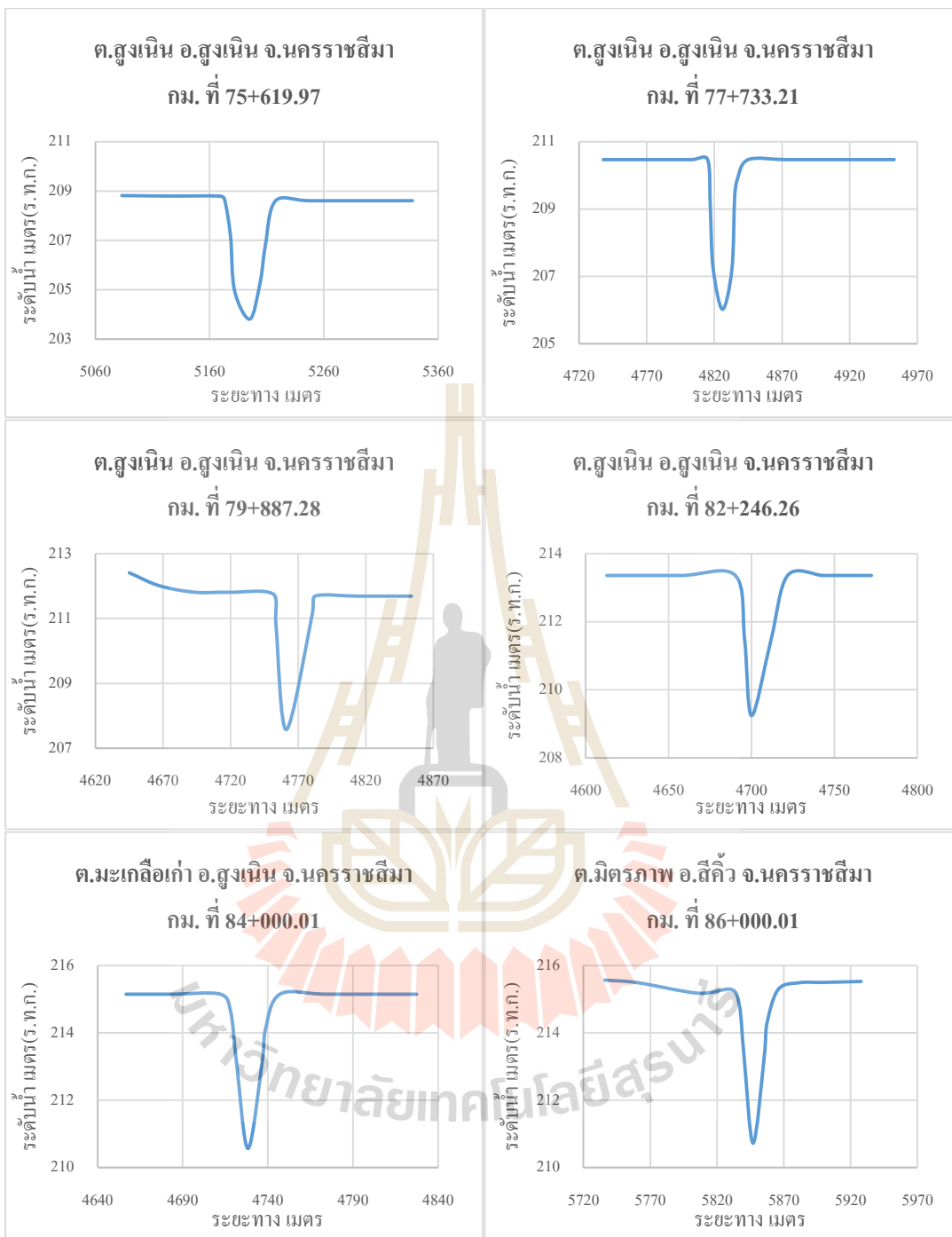
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



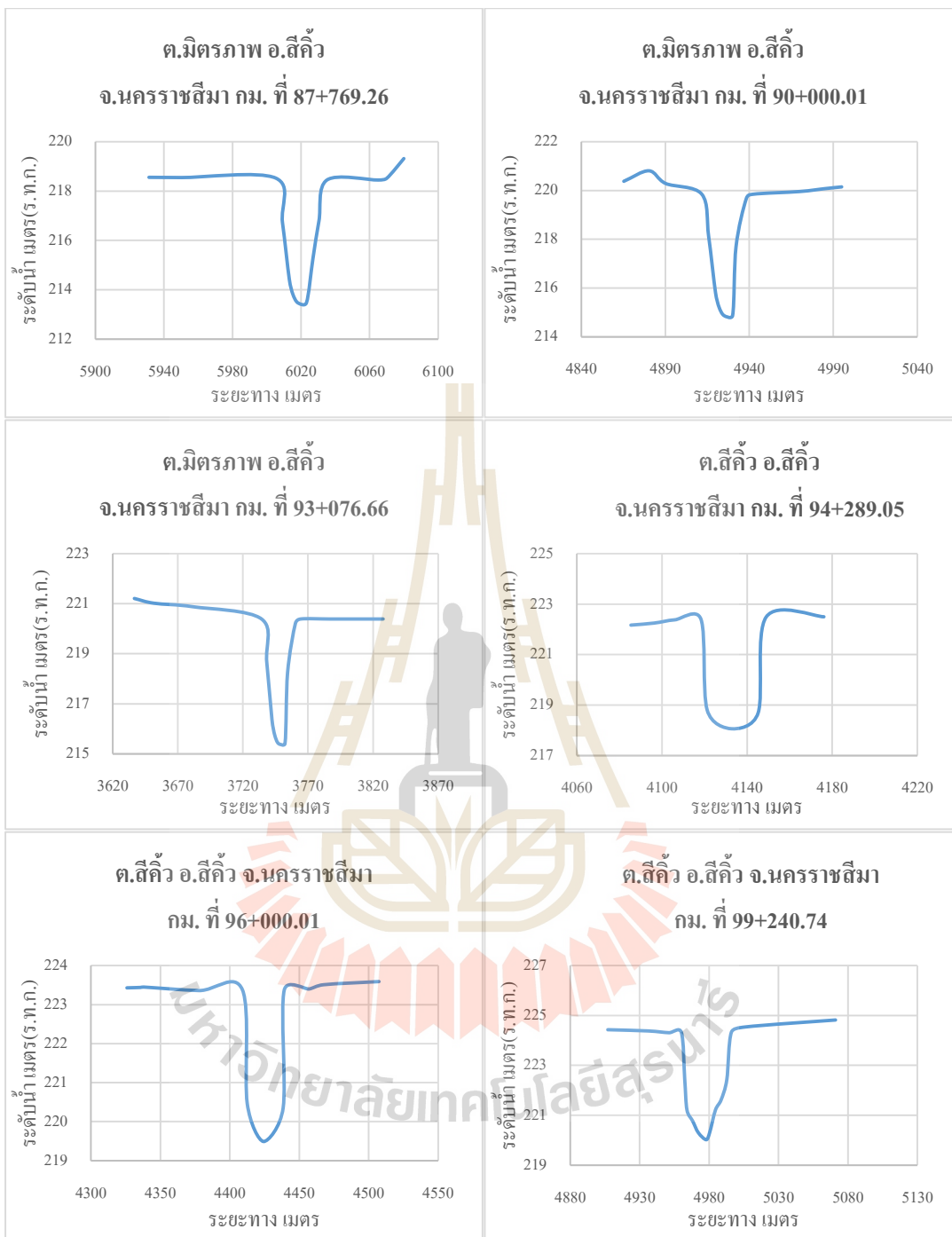
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



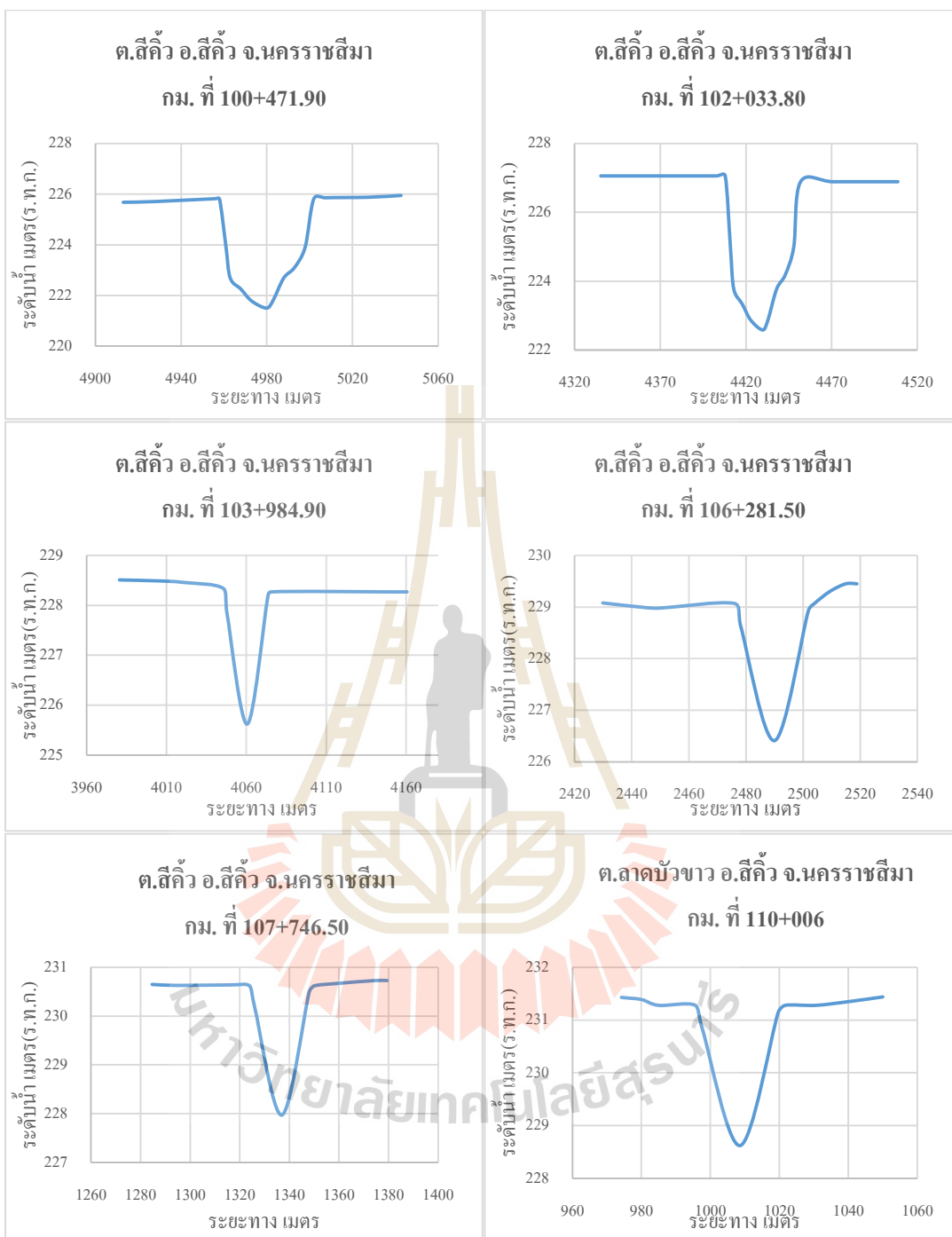
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



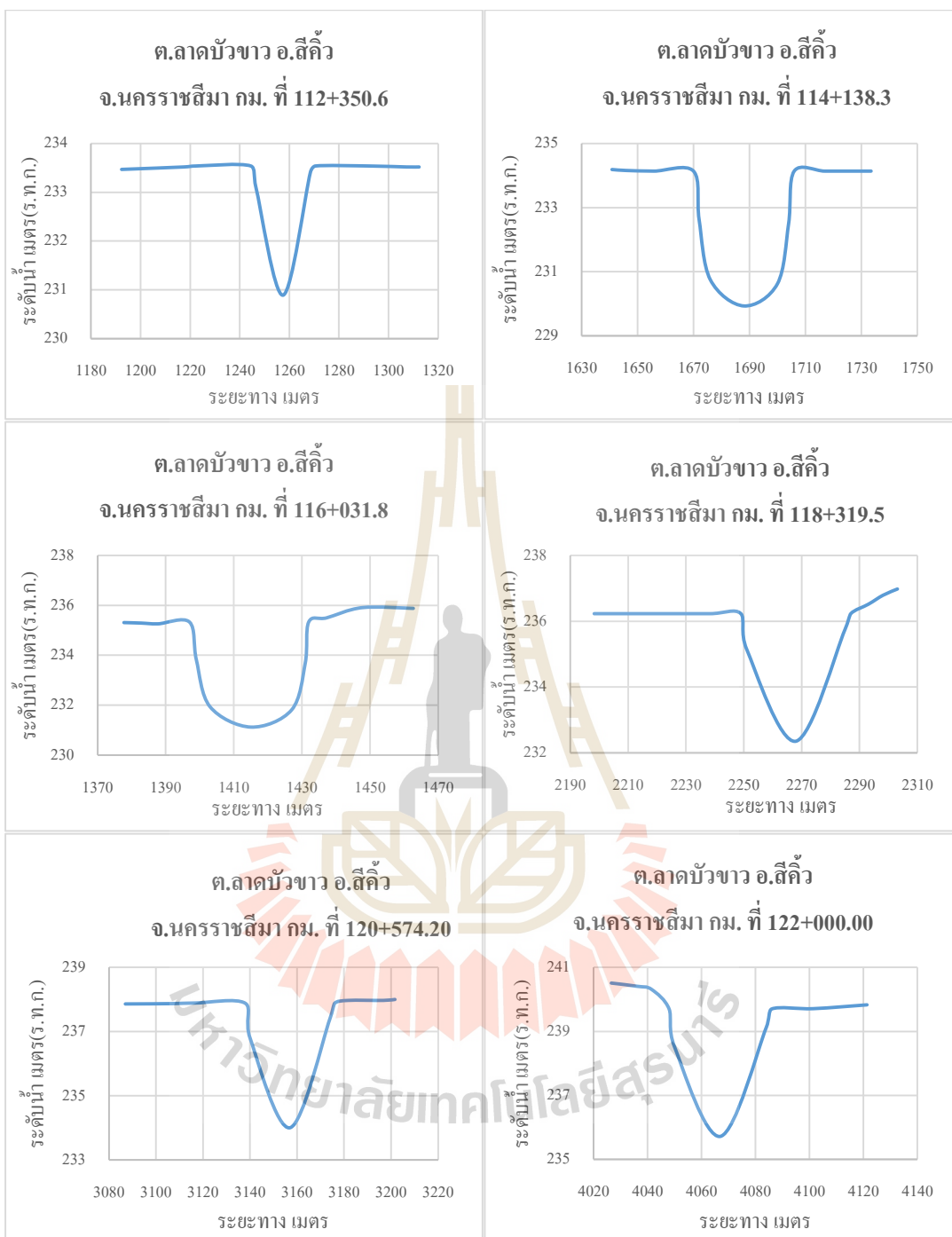
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



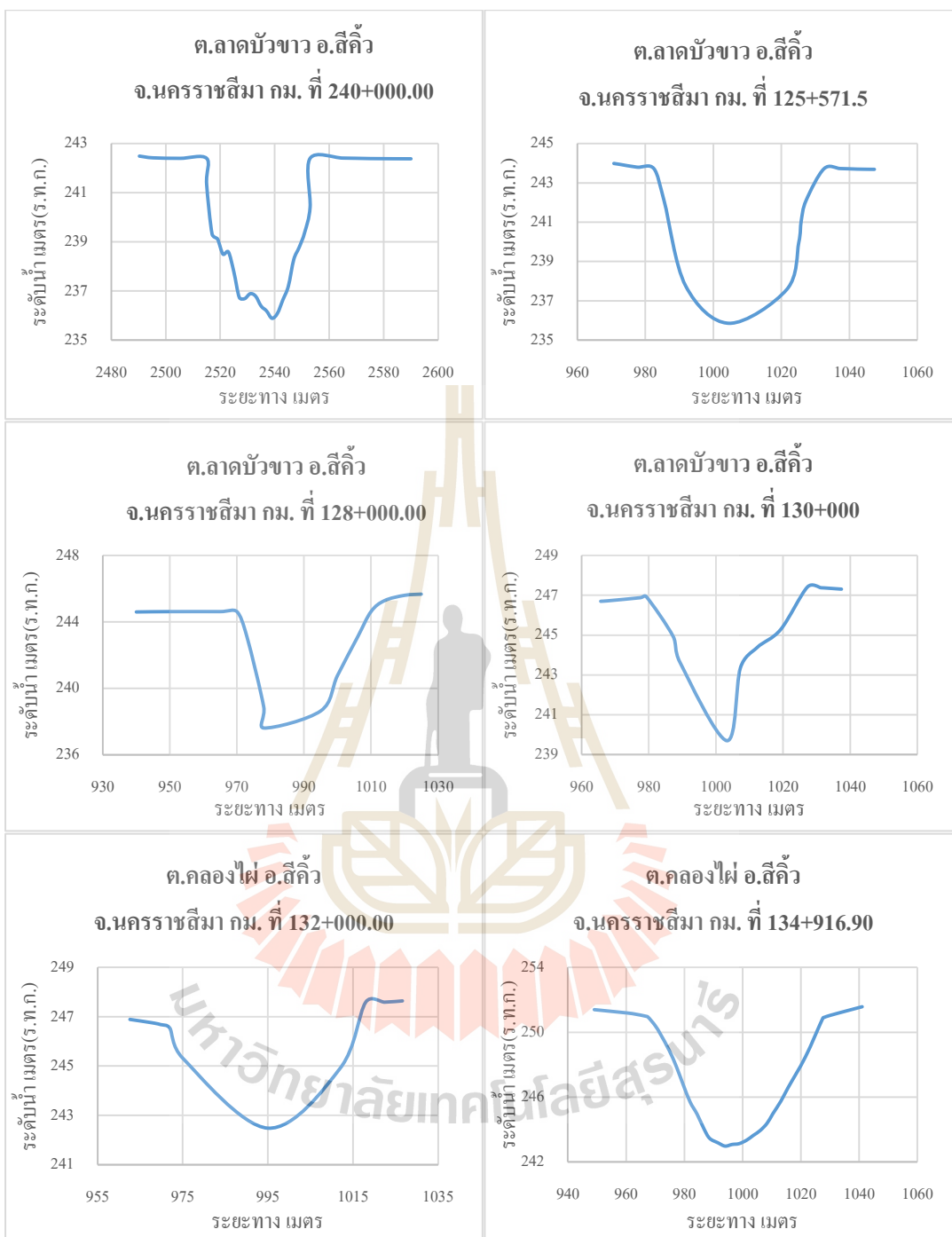
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



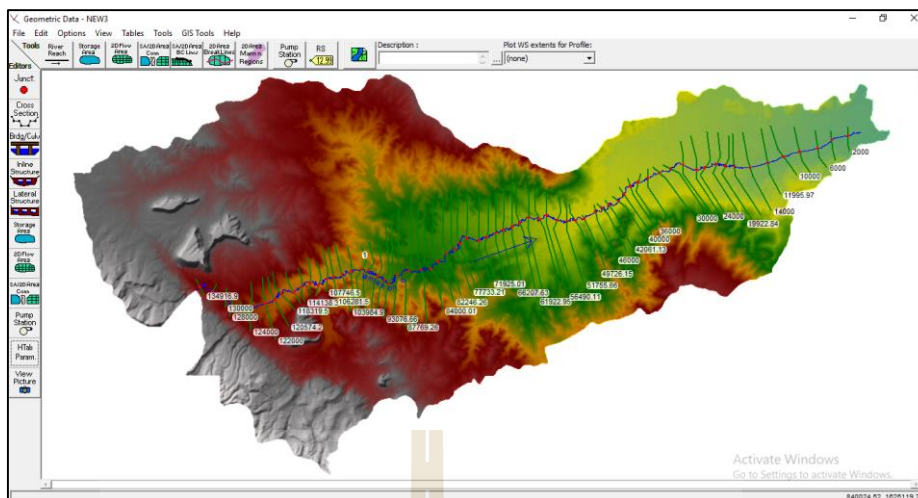
รูปที่ ข-1 รูปตัดตามขวาง (Cross Section) ลำตะคอง (ต่อ)



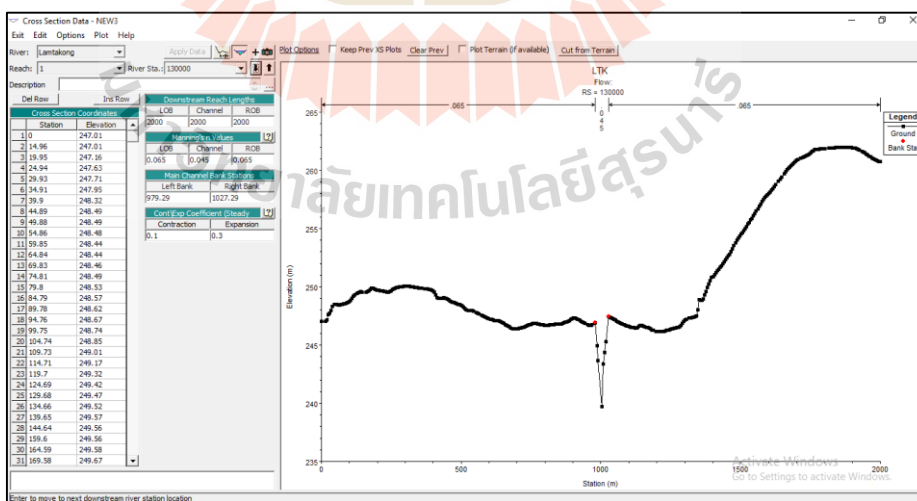
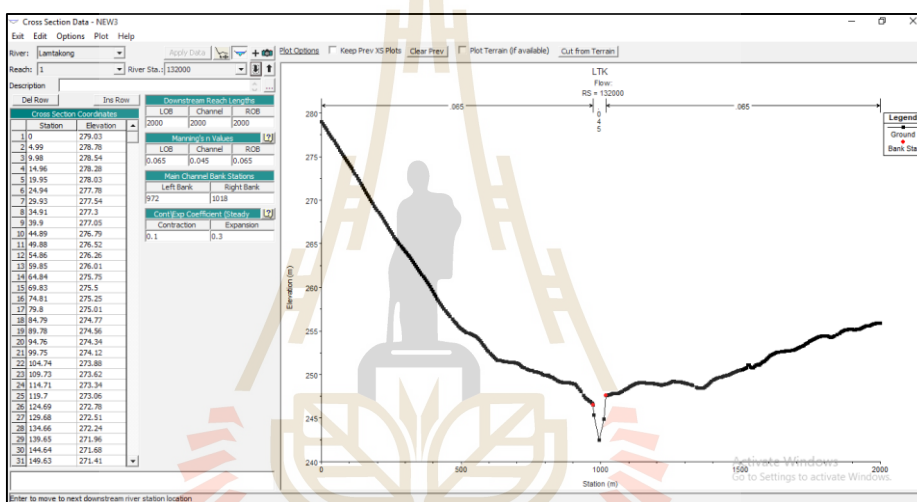
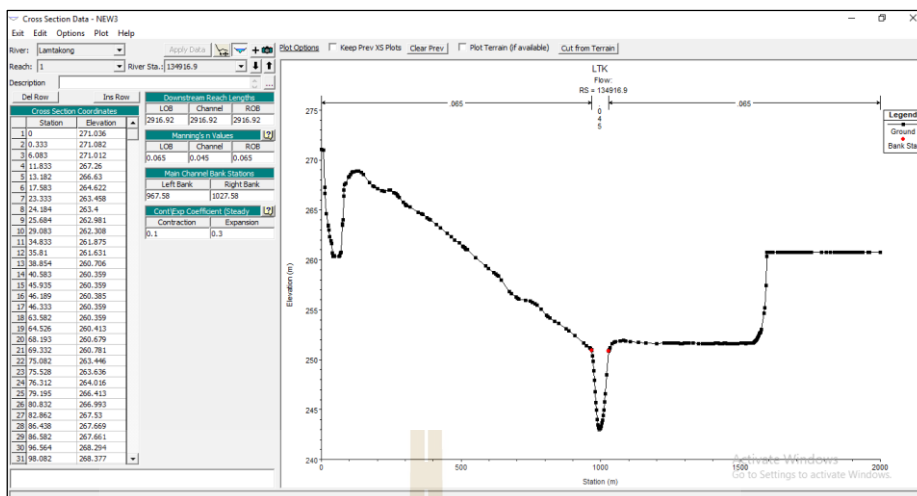
ภาคผนวก ค

การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง HEC-RAS

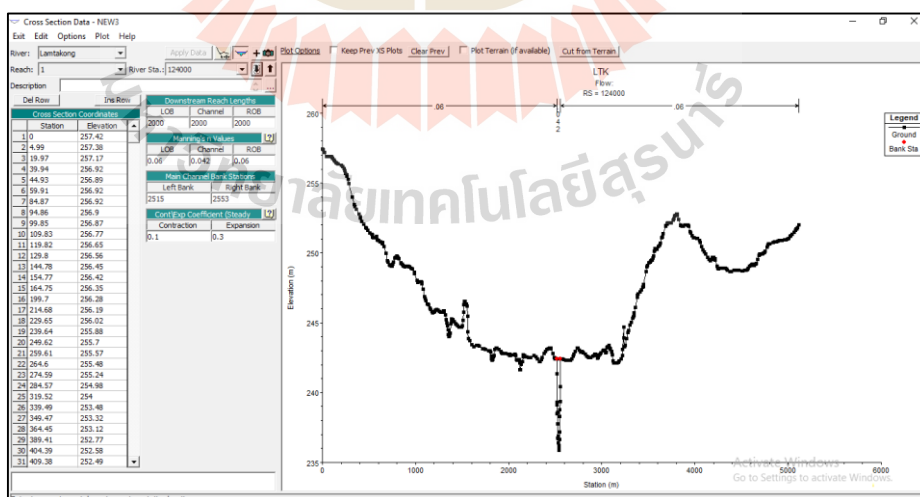
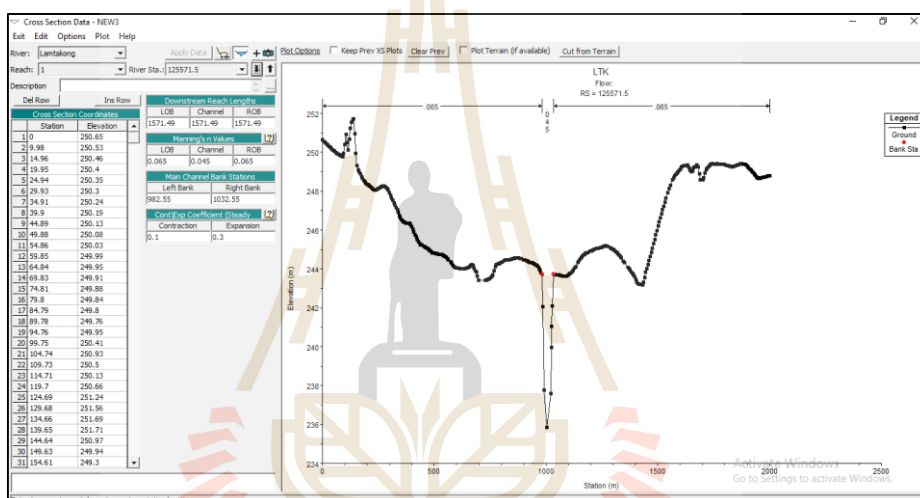
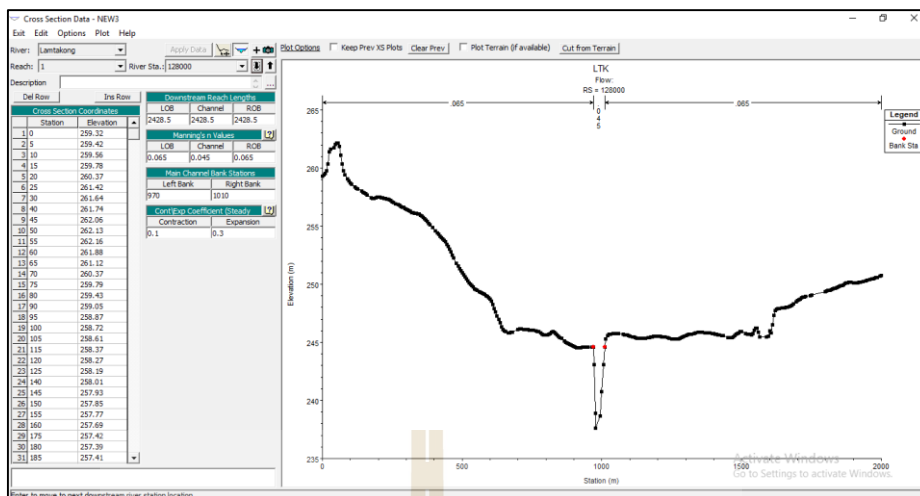
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



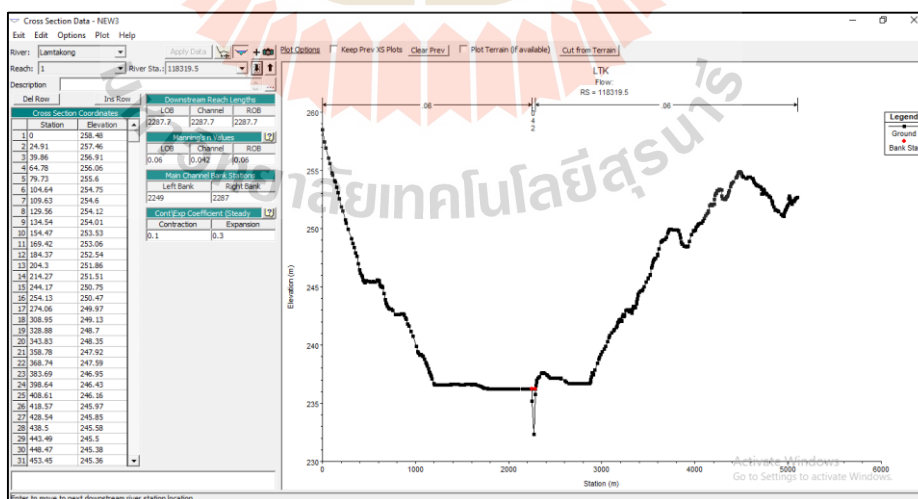
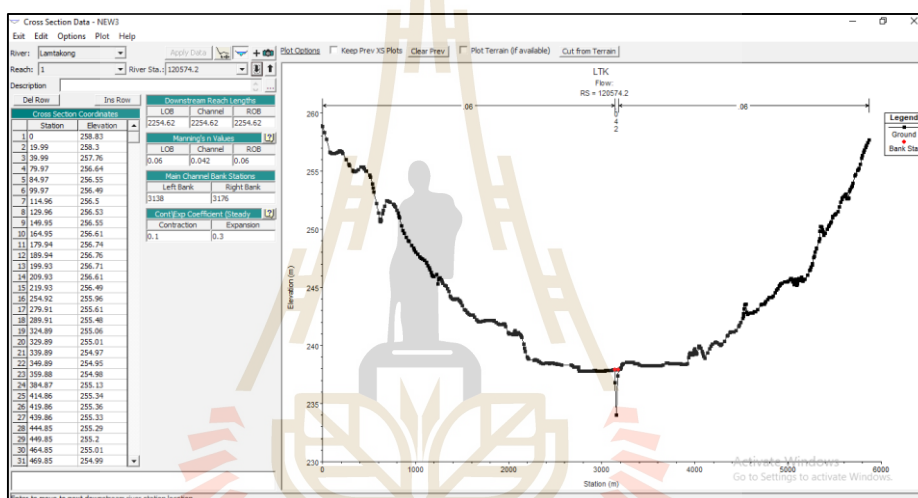
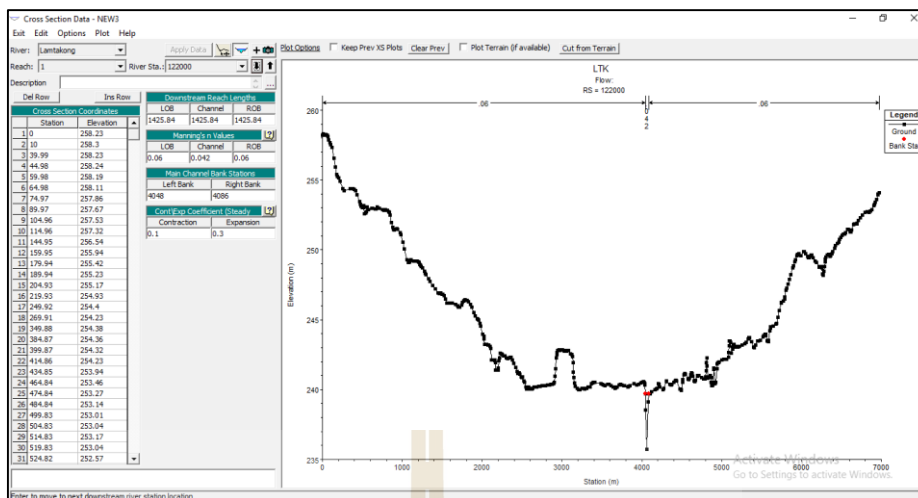
รูปที่ ก-1 นำเข้าข้อมูลน้ำและรูปตัดน้ำเข้าในแบบจำลอง HEC-RAS



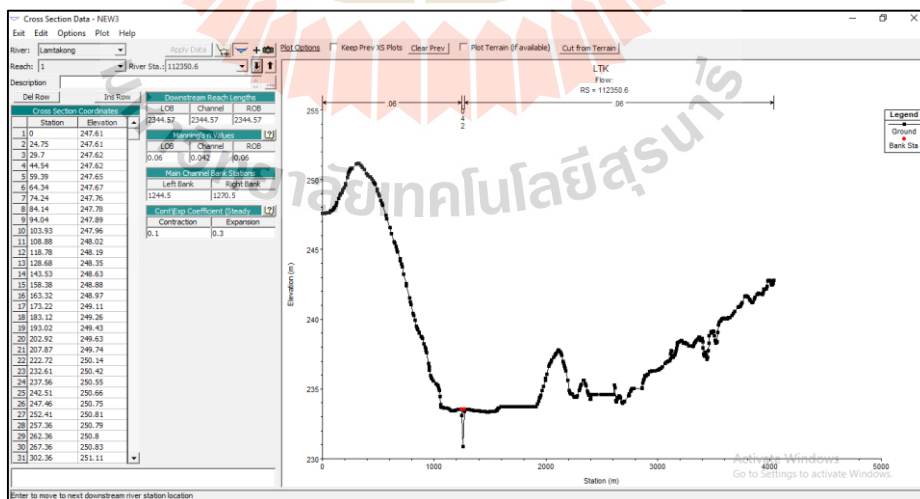
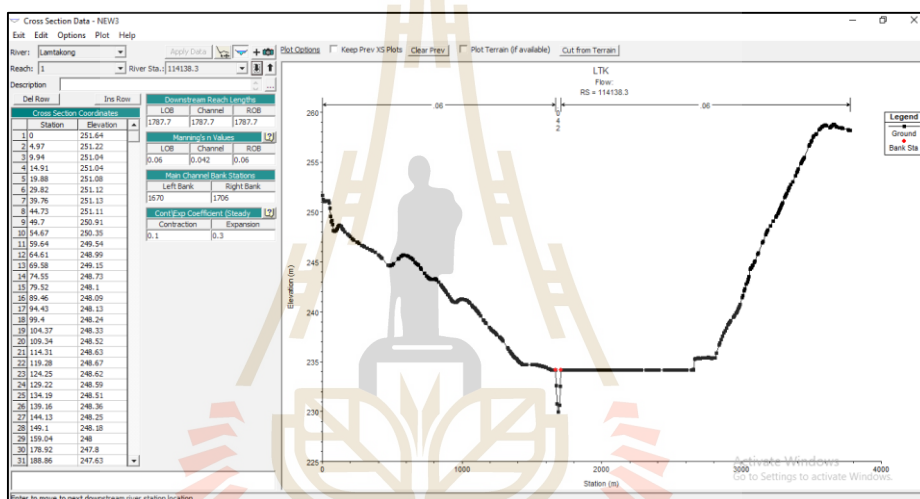
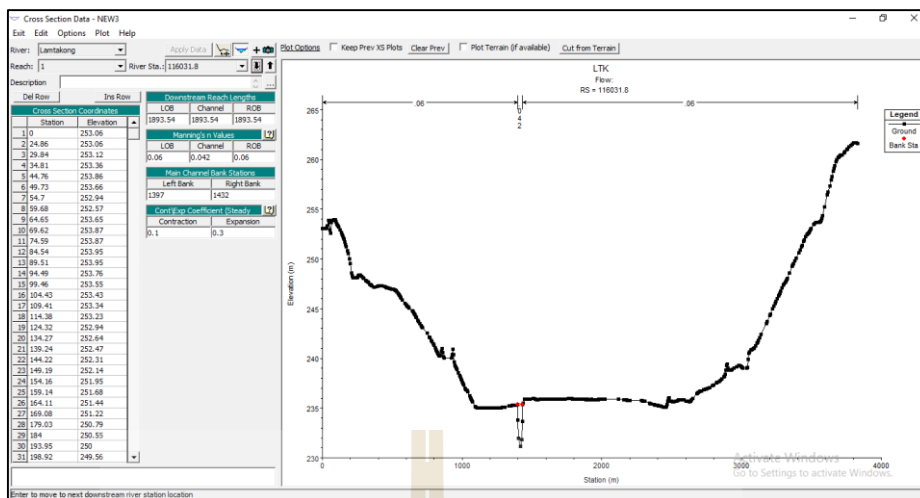
รูปที่ ก-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n



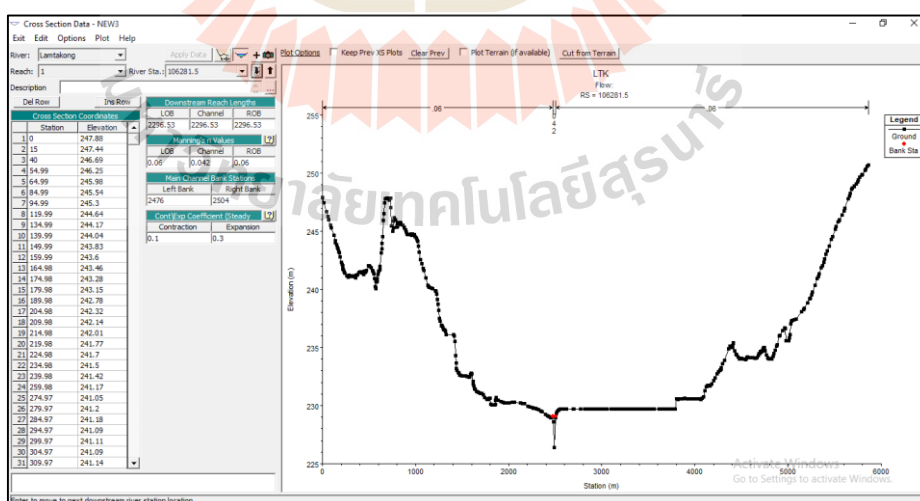
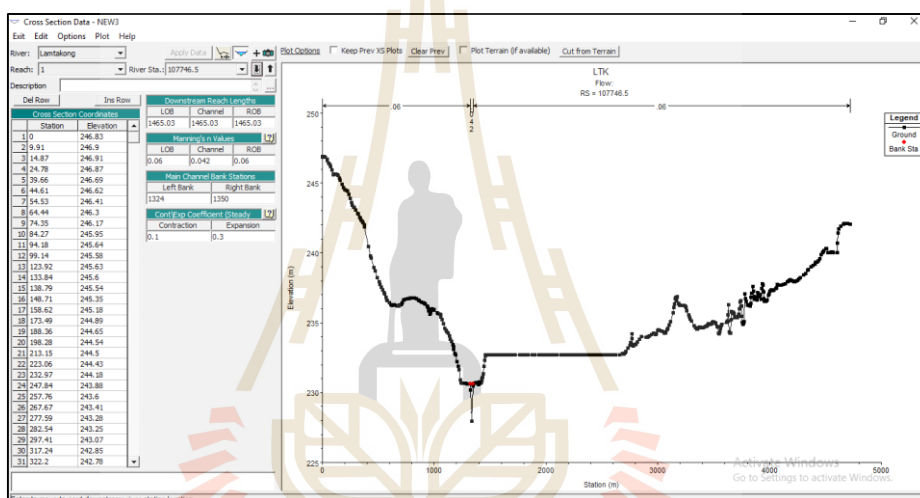
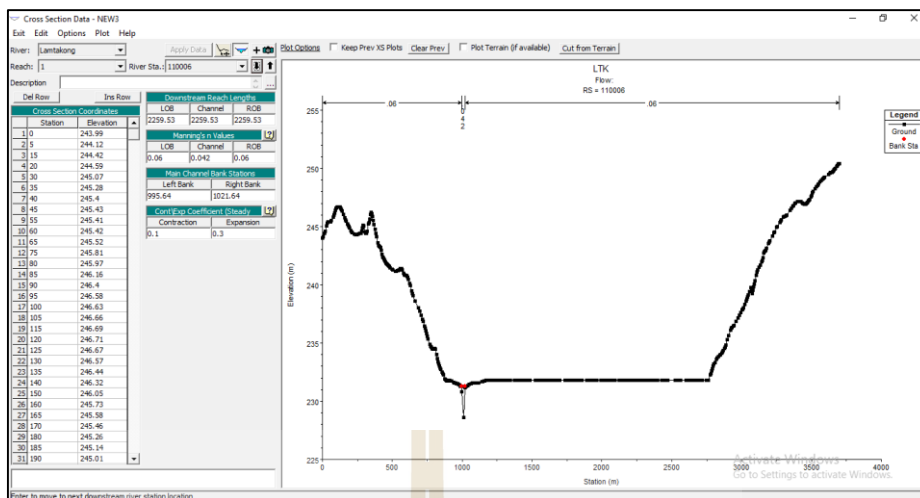
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดต่อน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



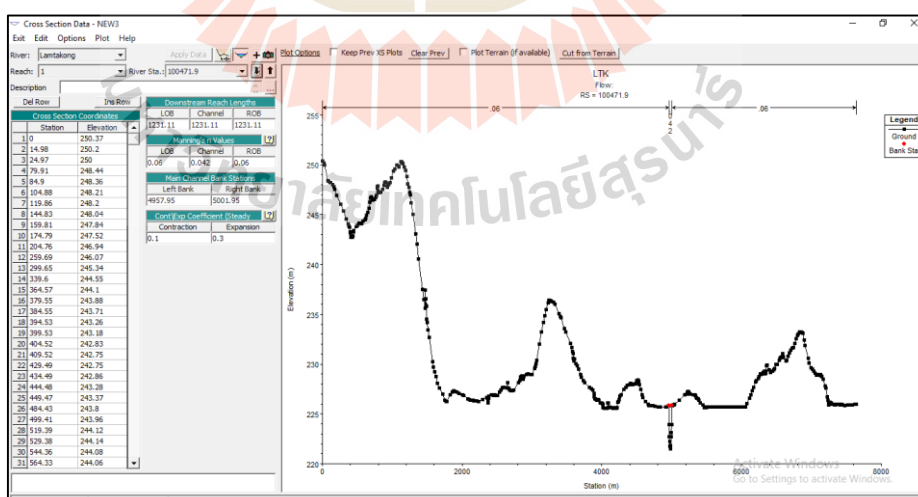
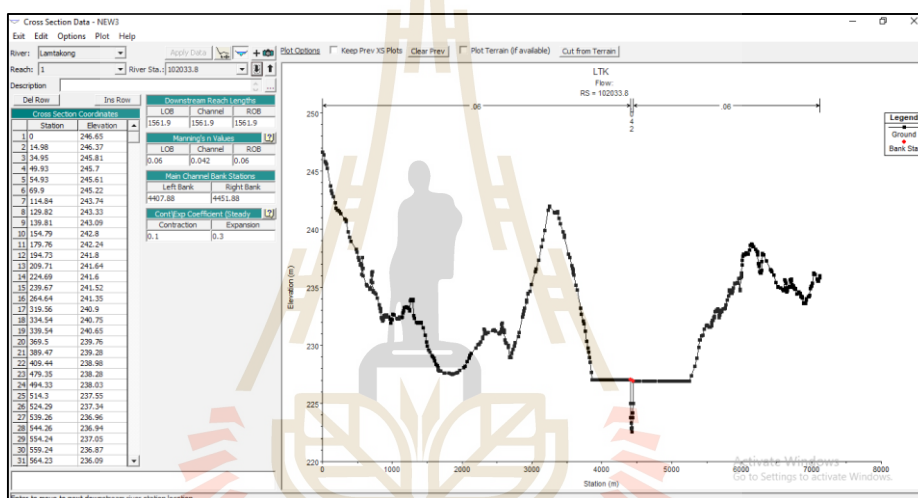
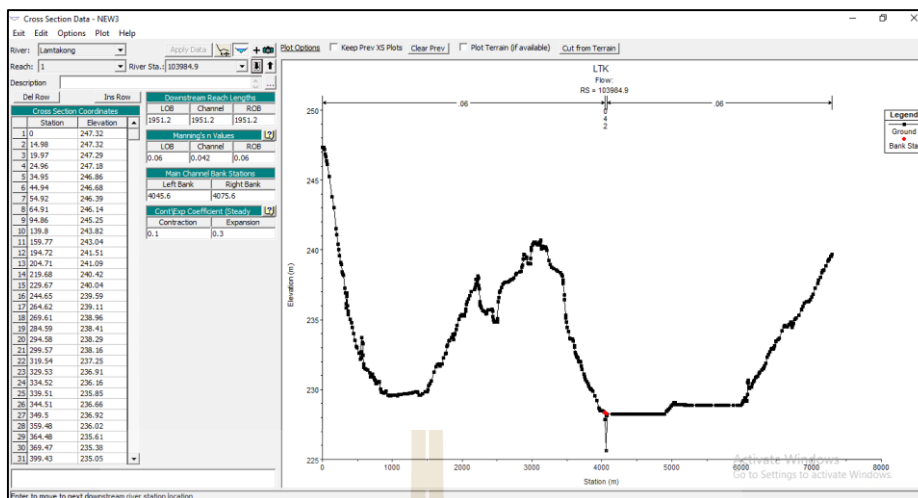
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



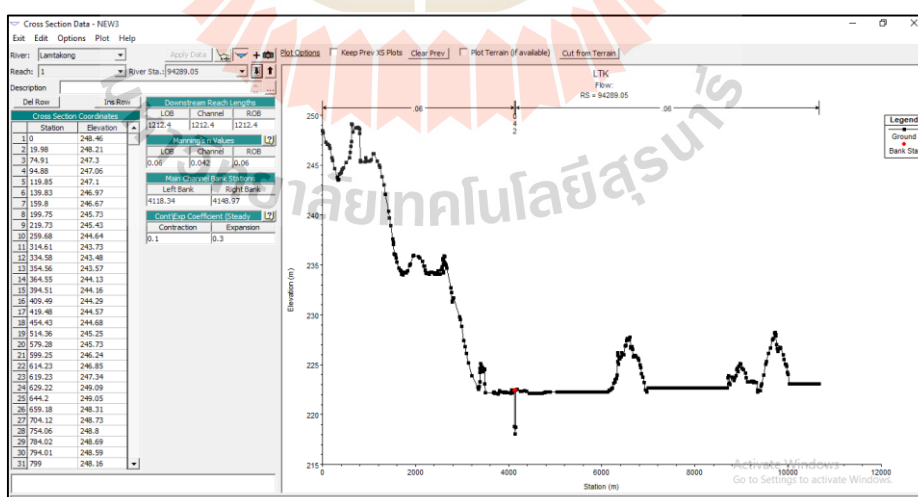
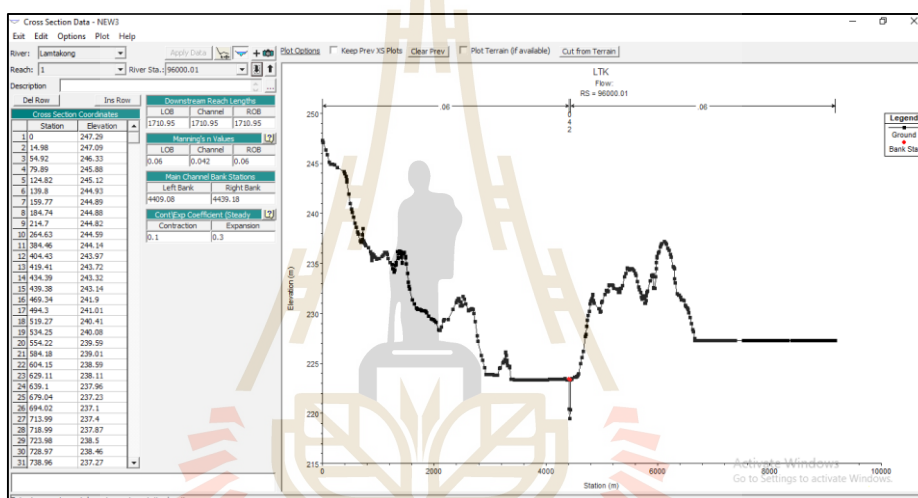
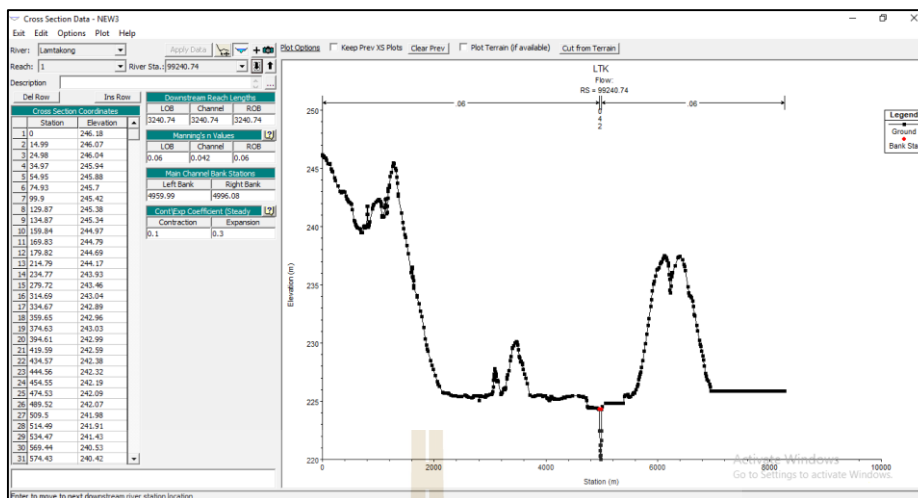
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



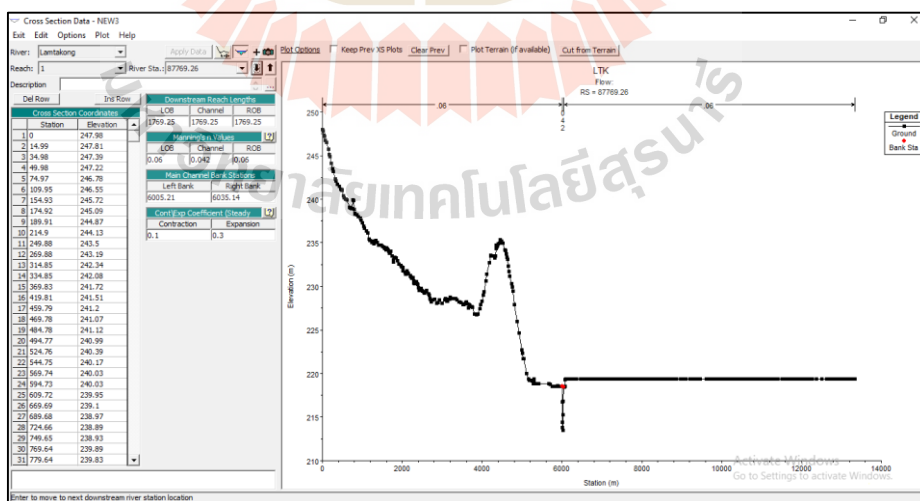
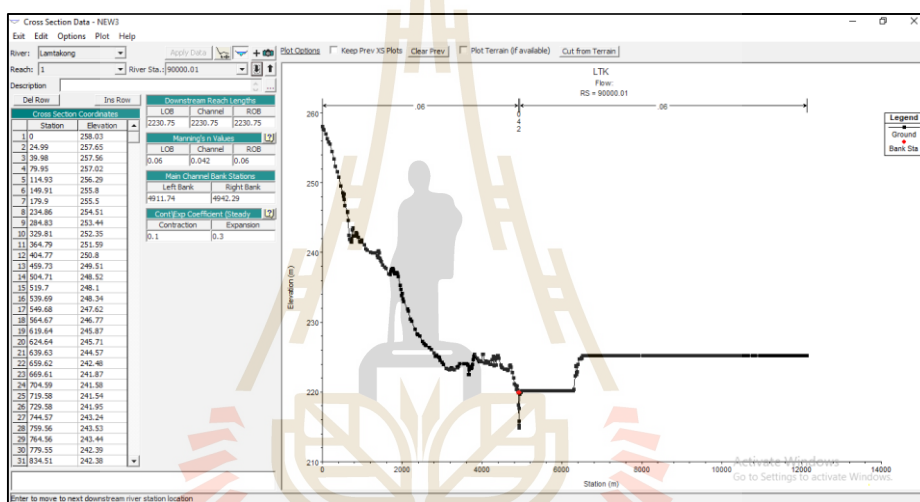
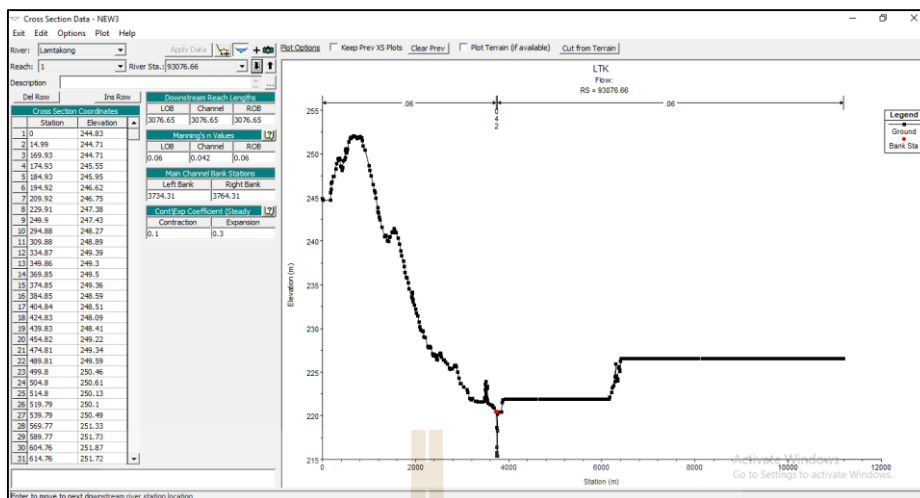
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



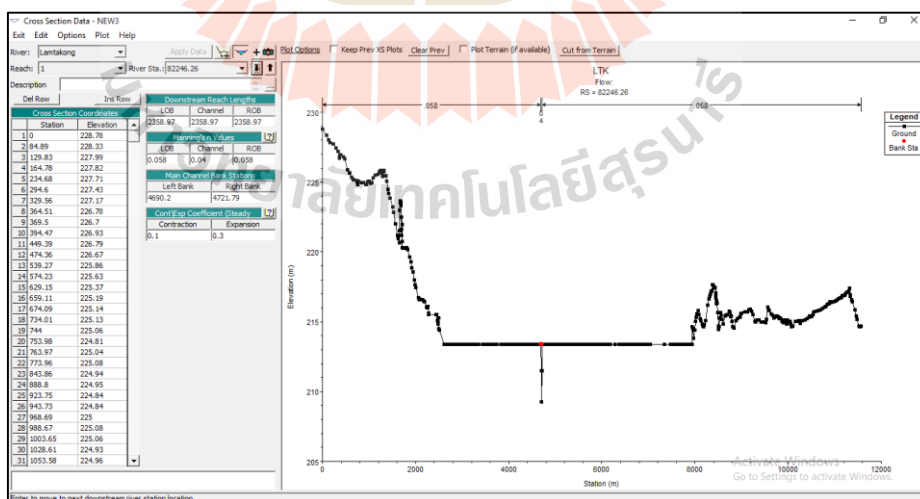
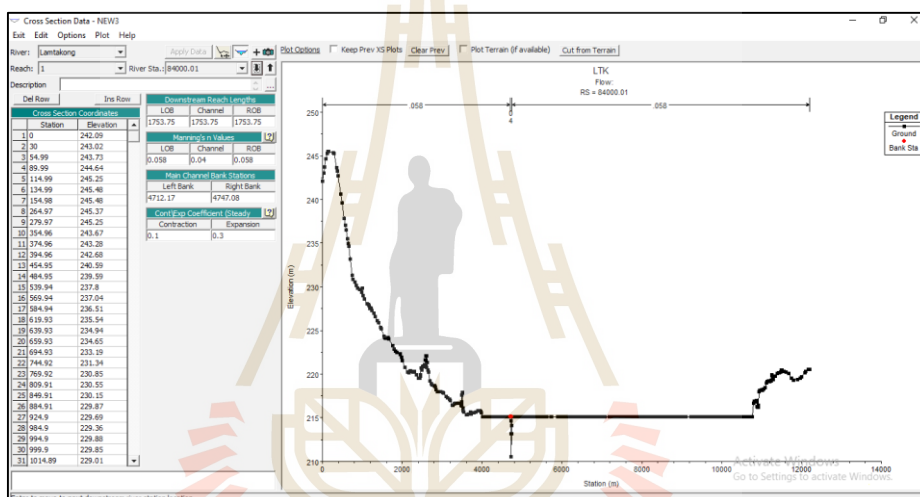
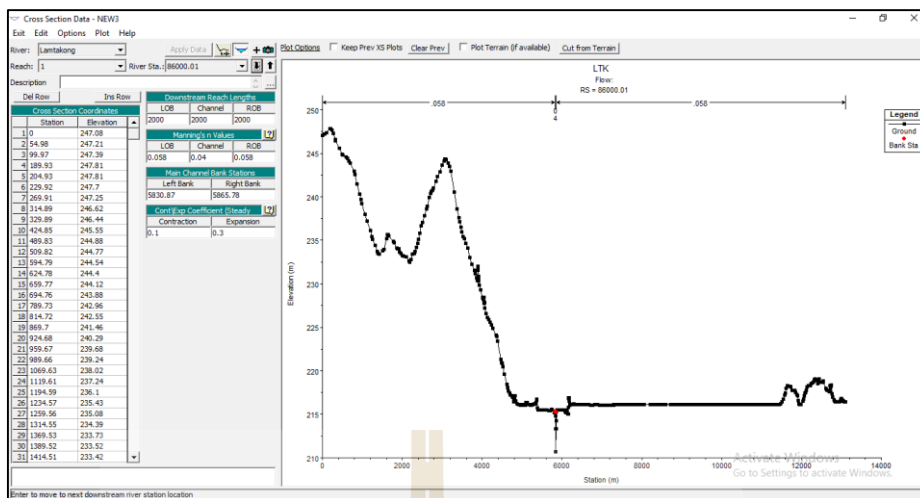
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



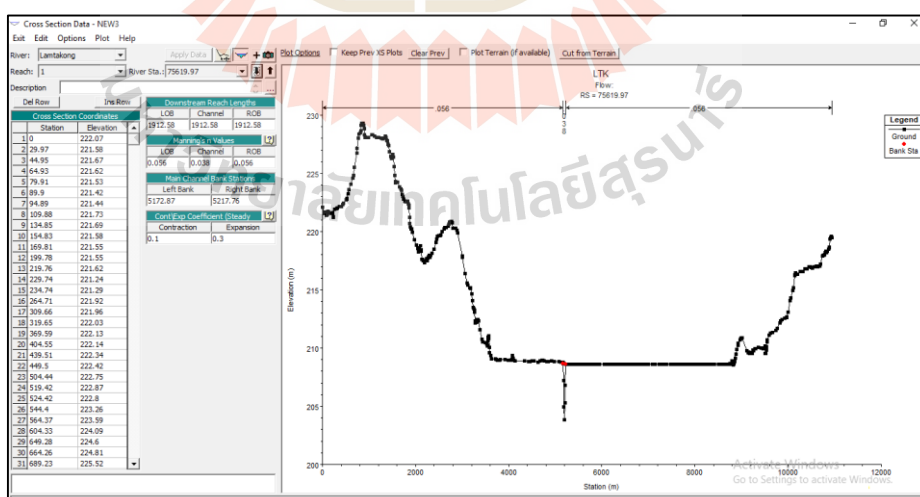
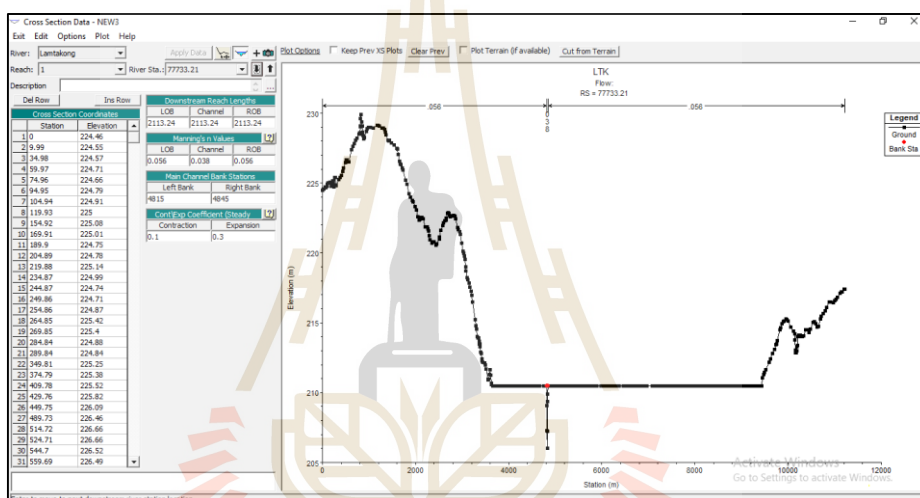
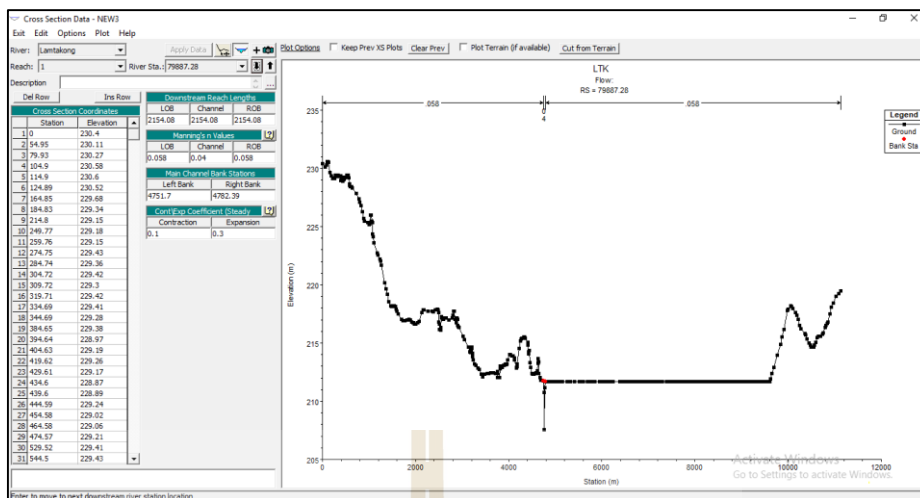
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดตําน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



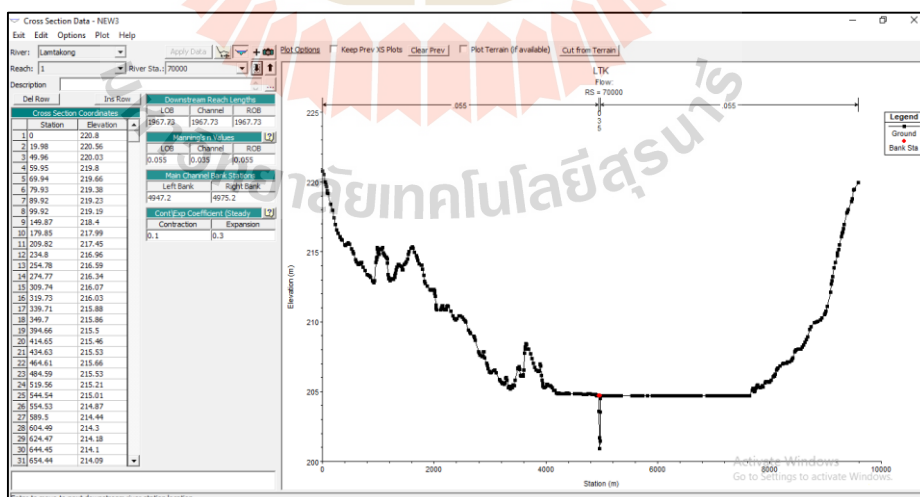
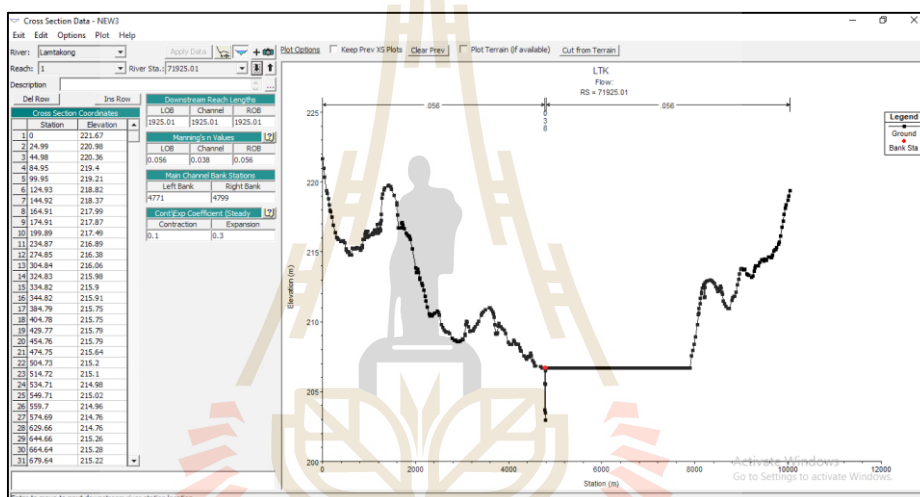
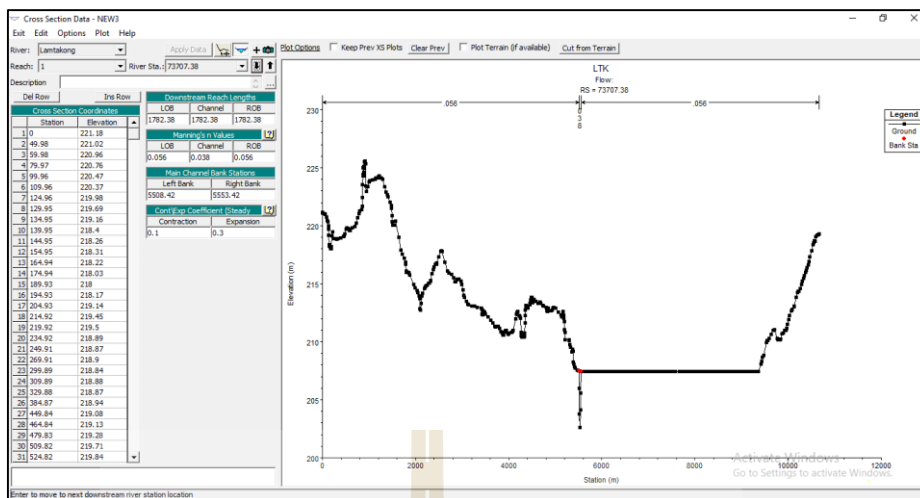
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



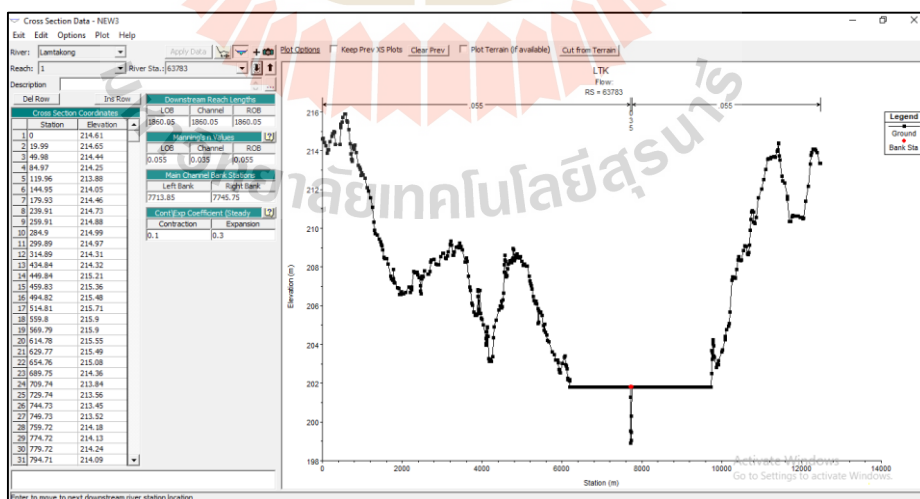
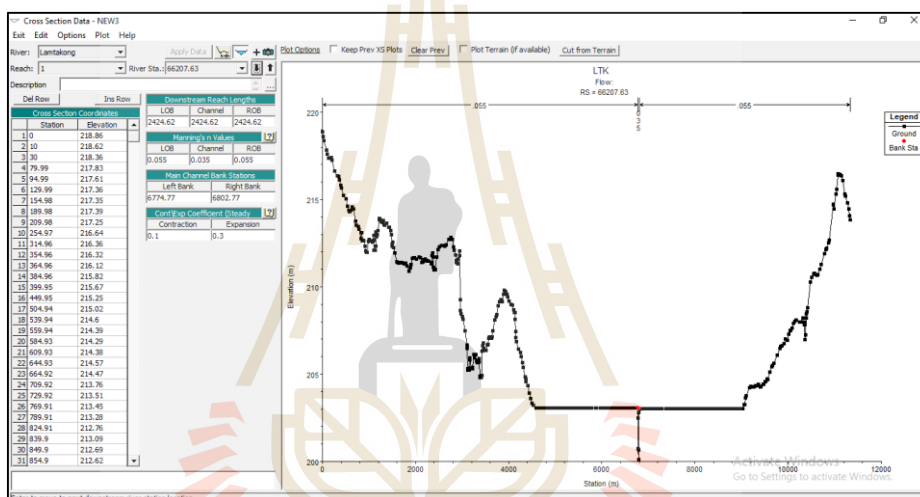
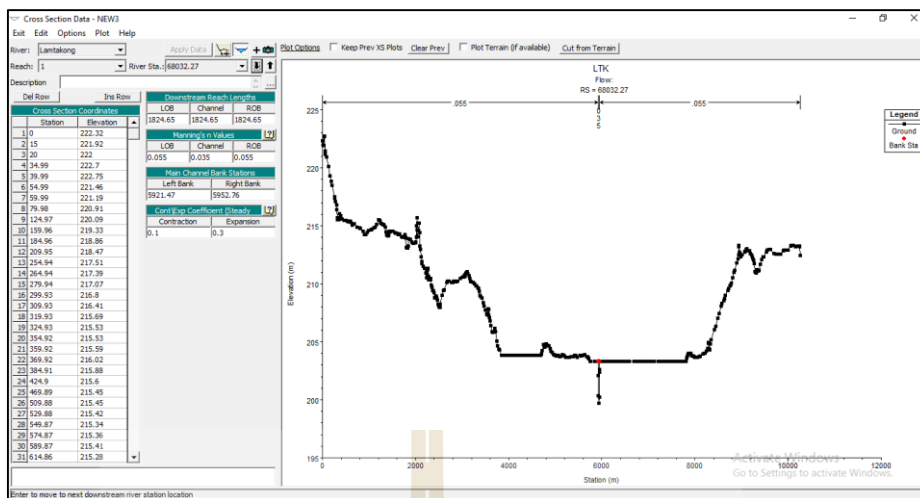
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



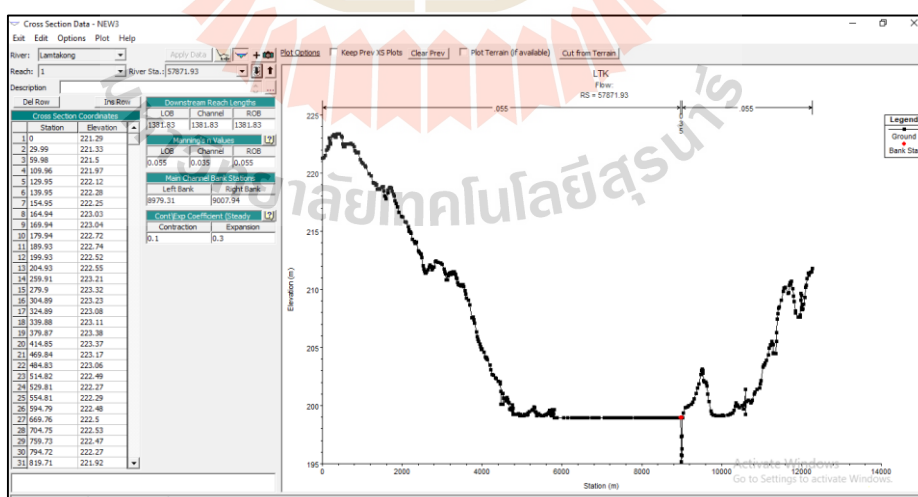
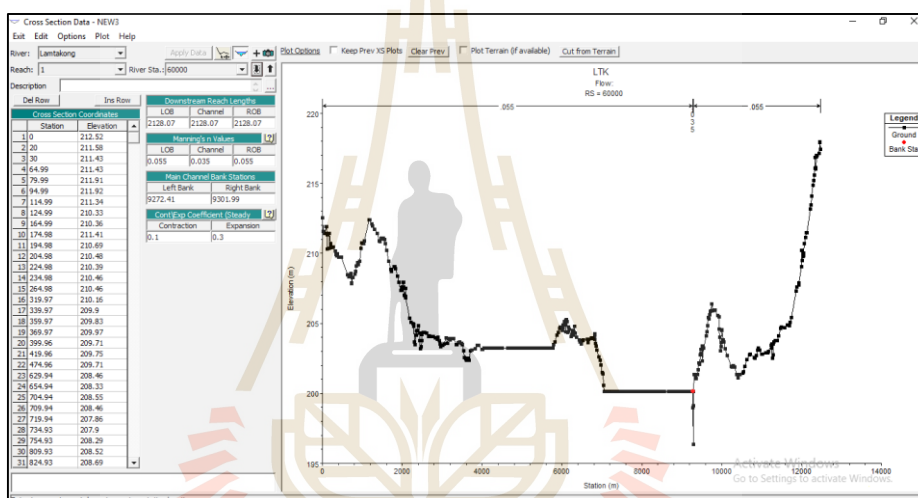
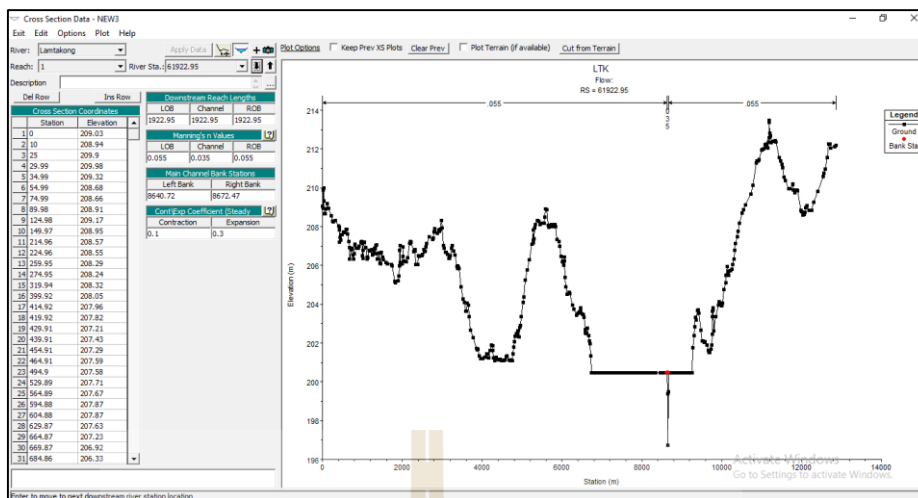
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดตําน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



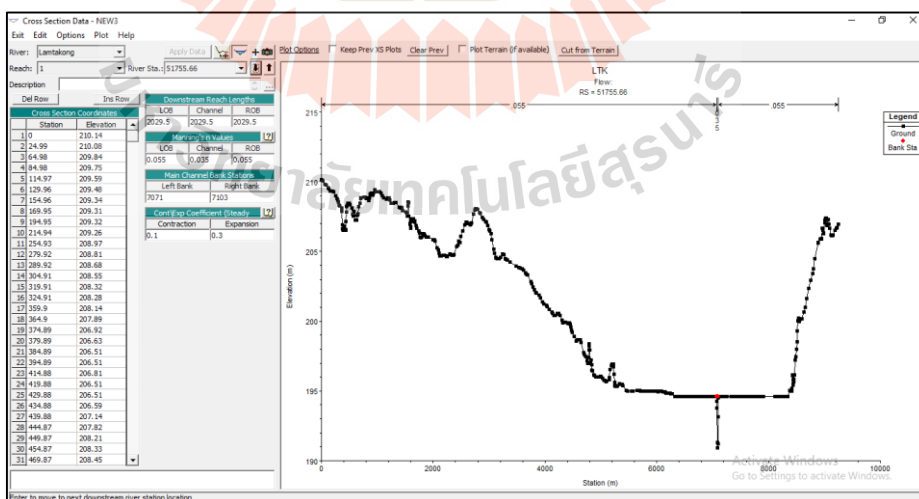
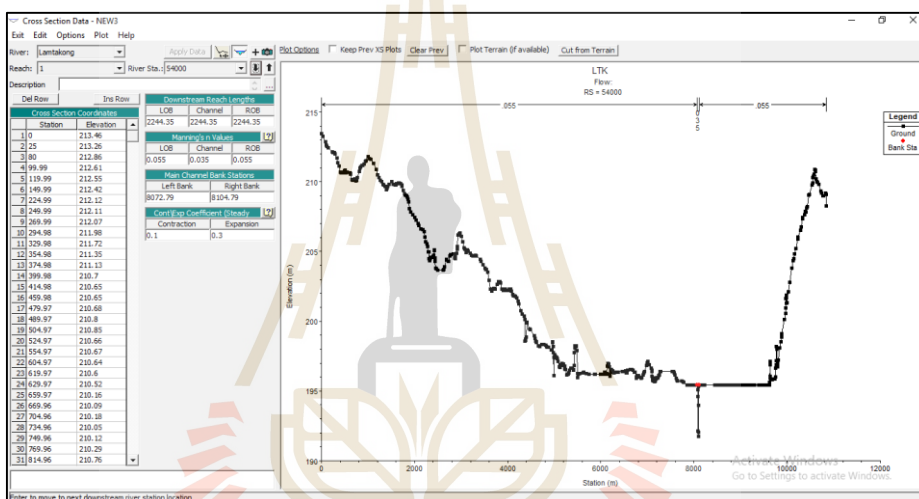
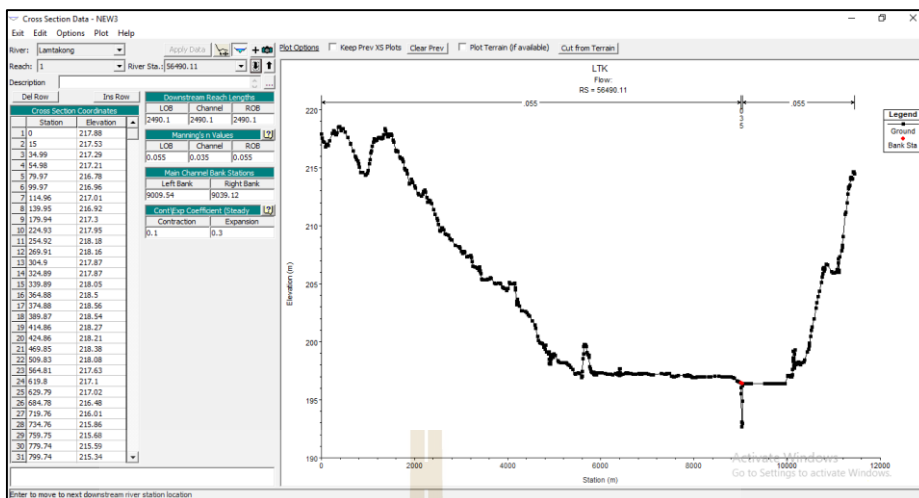
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



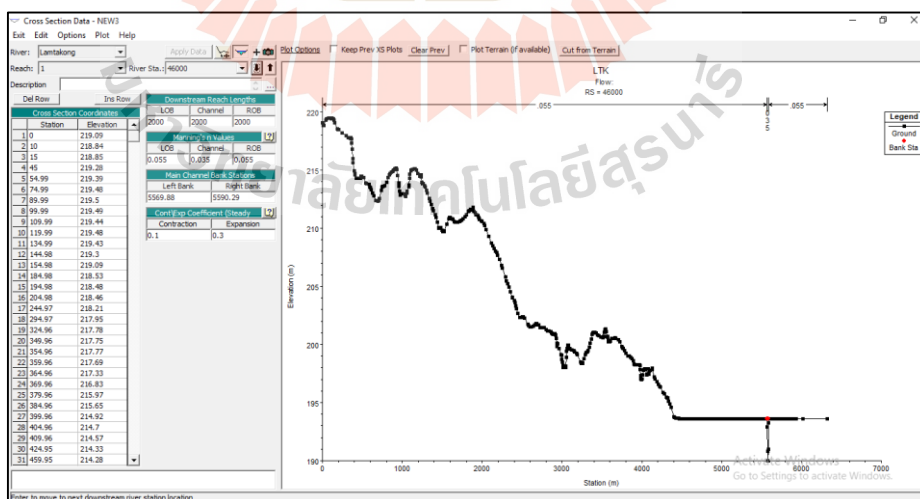
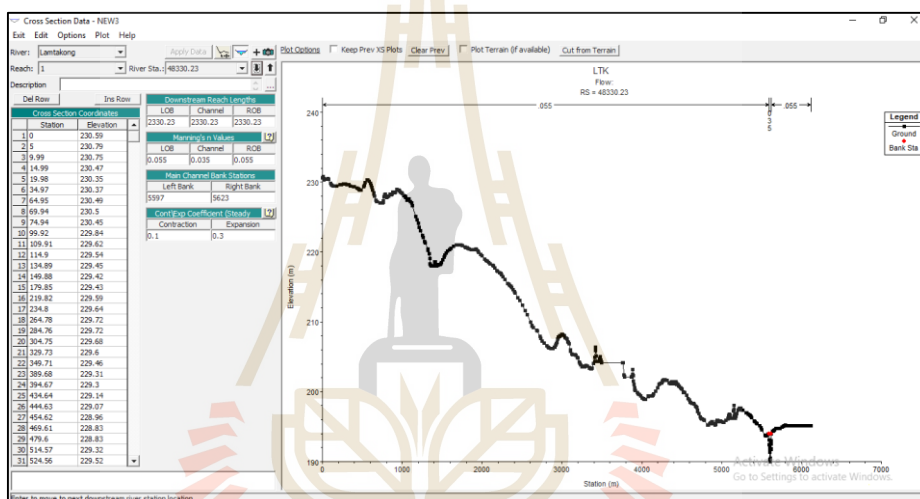
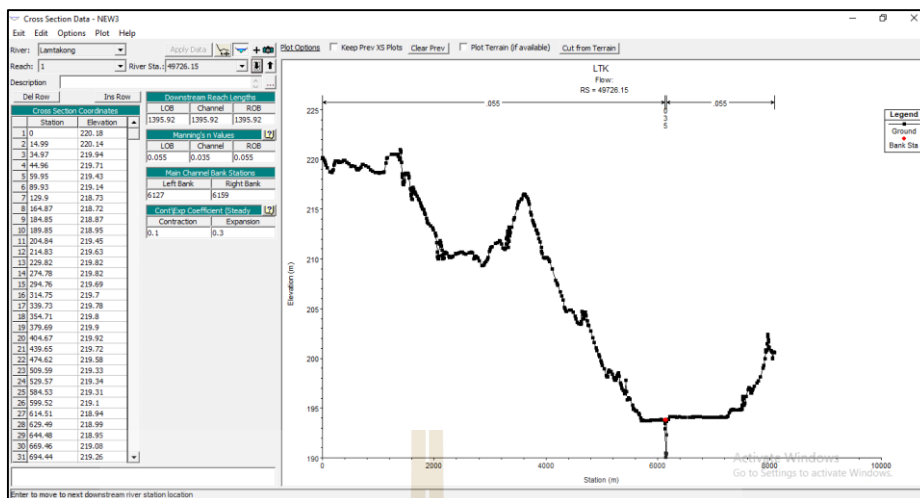
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



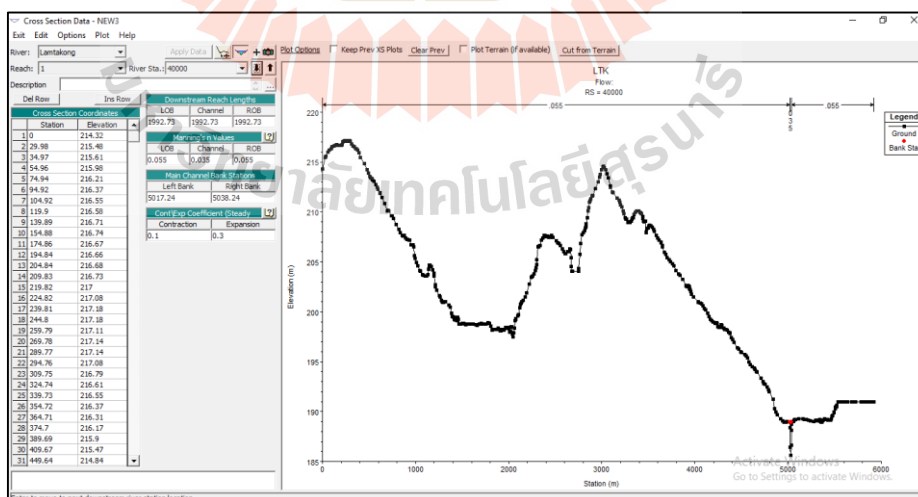
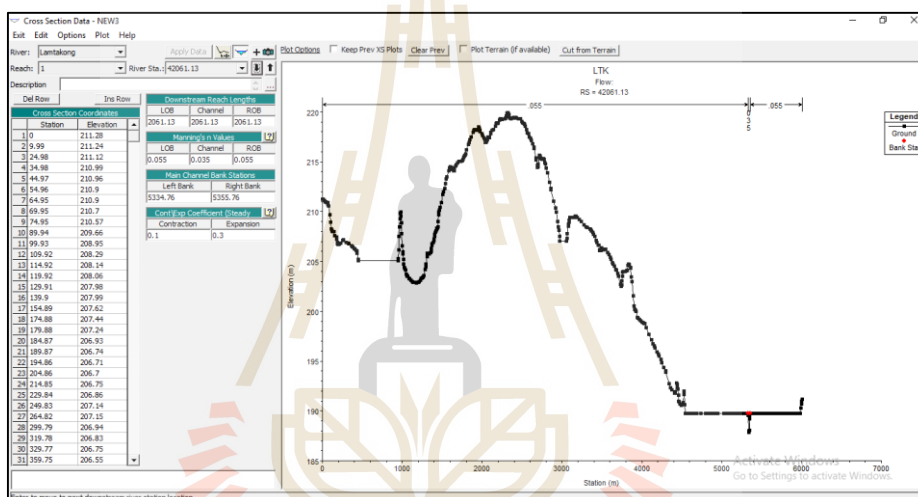
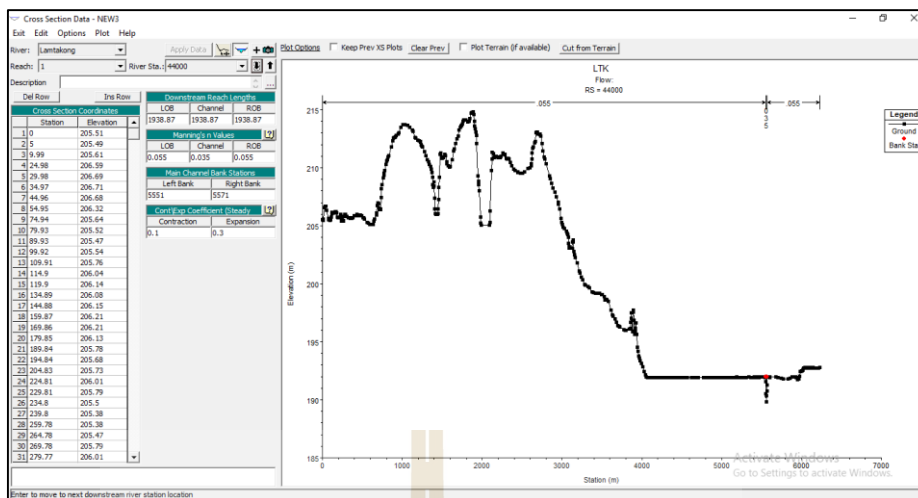
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



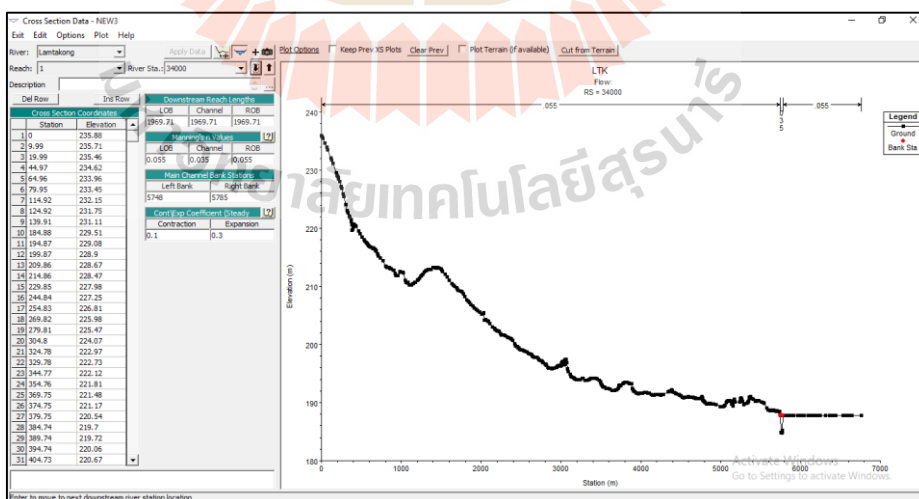
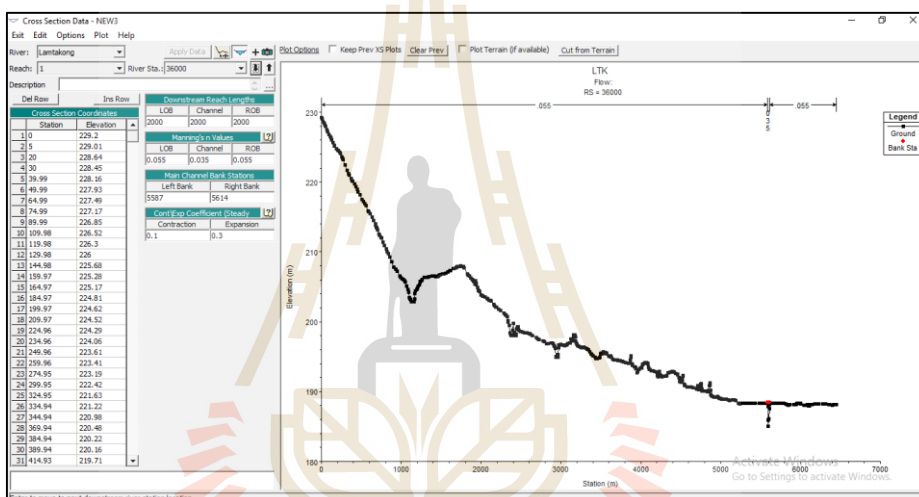
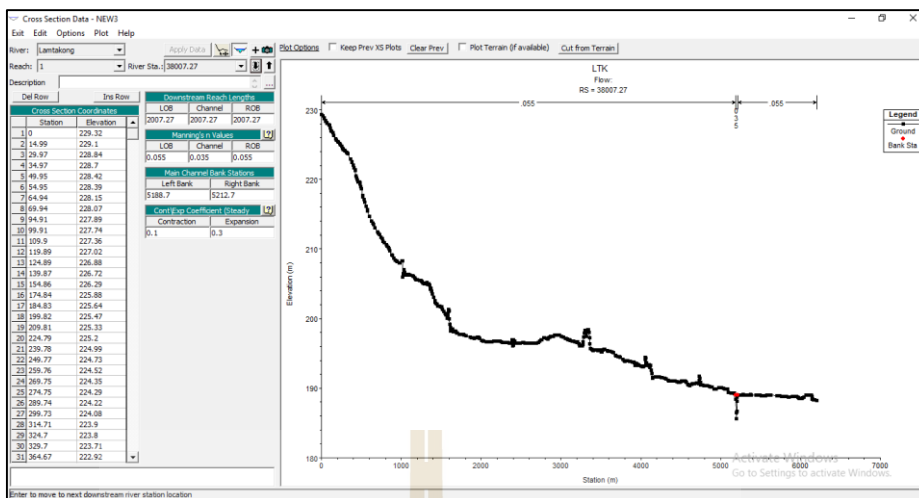
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



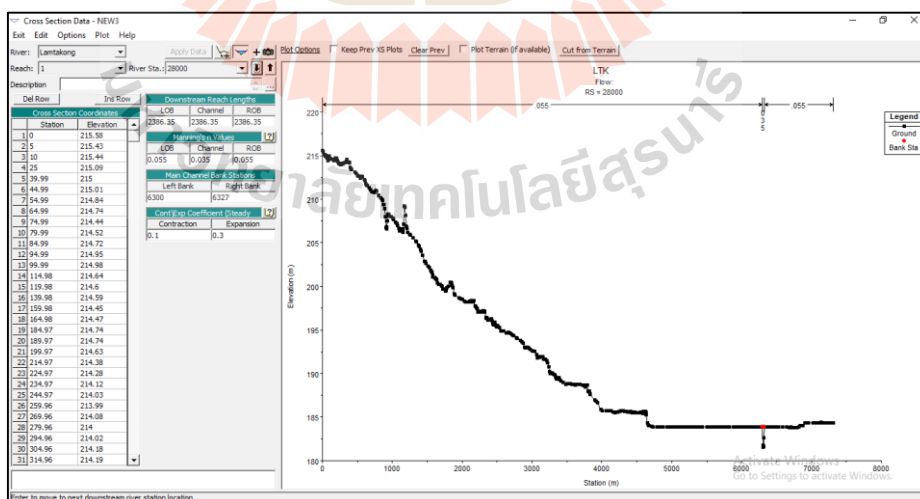
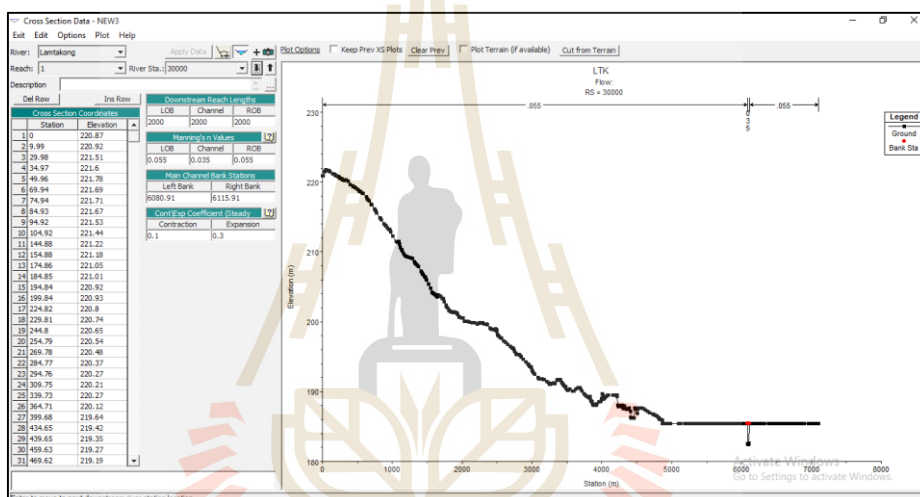
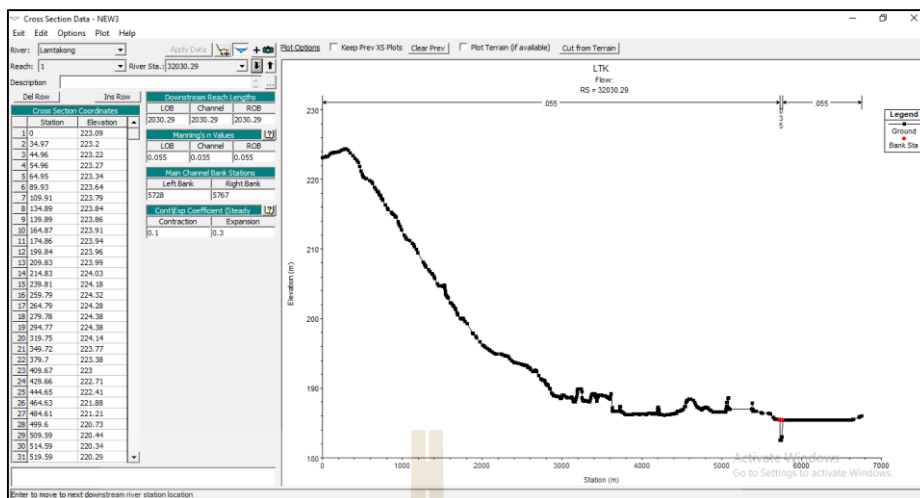
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



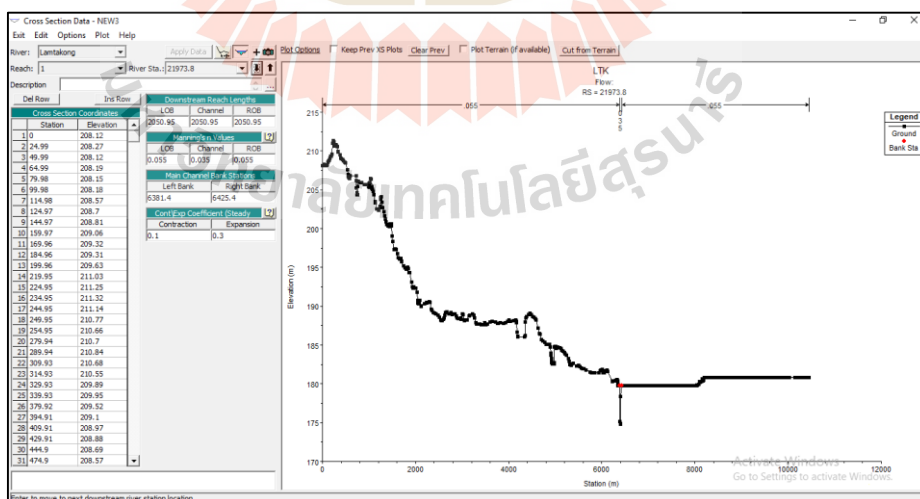
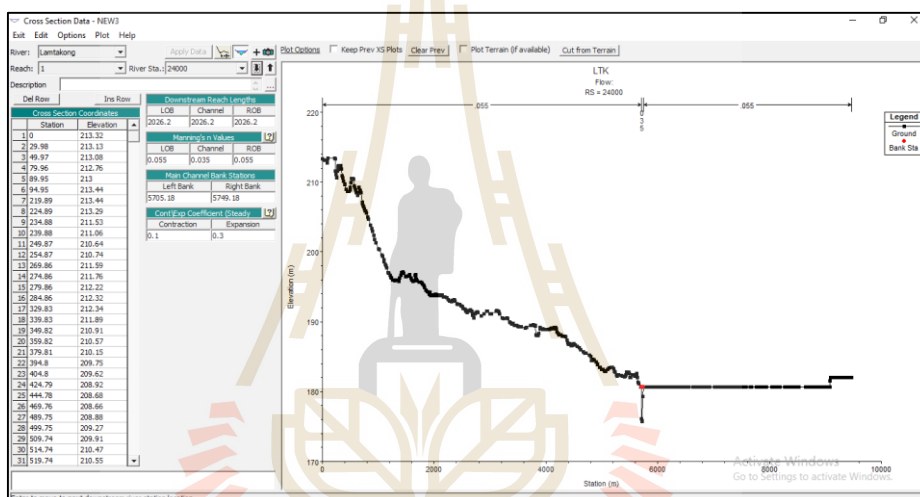
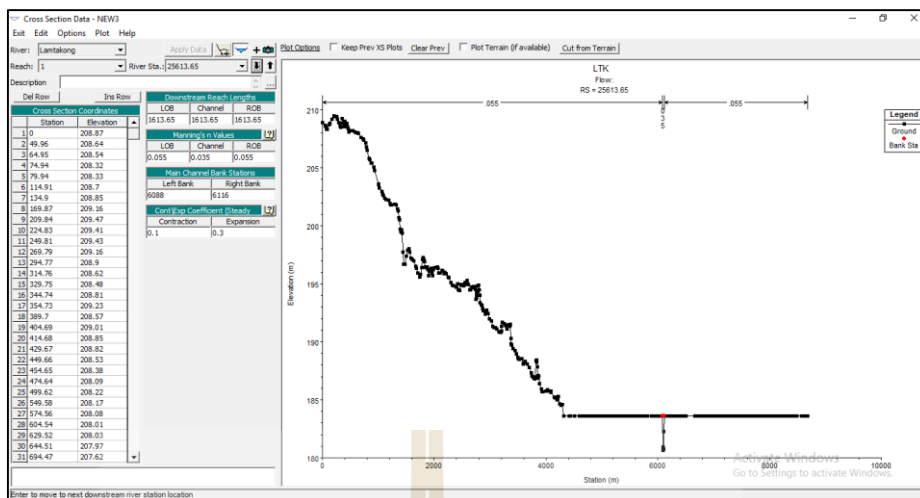
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



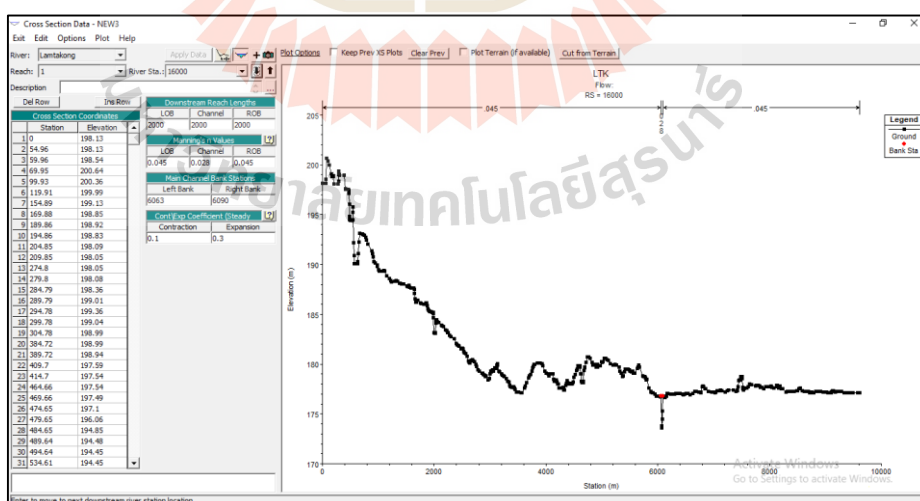
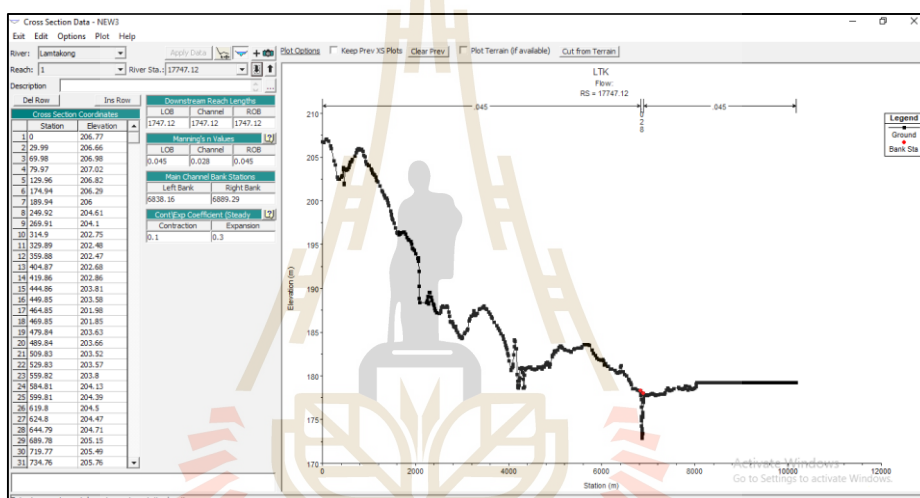
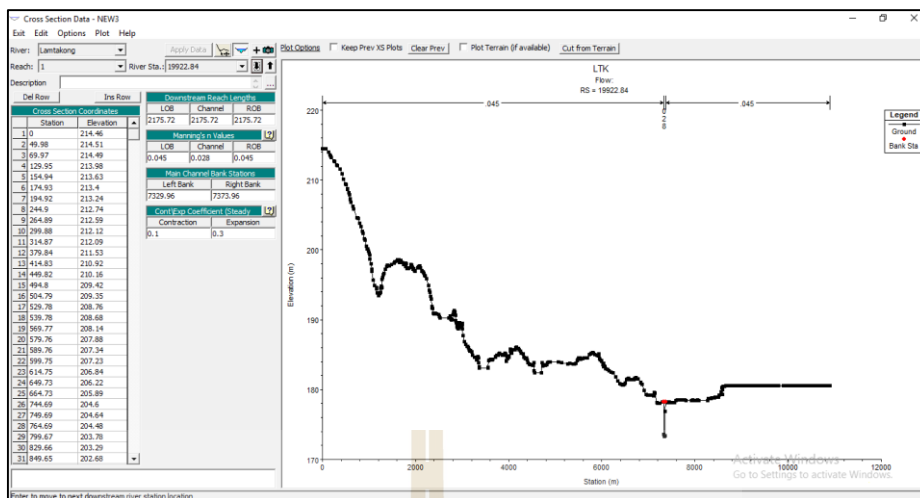
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



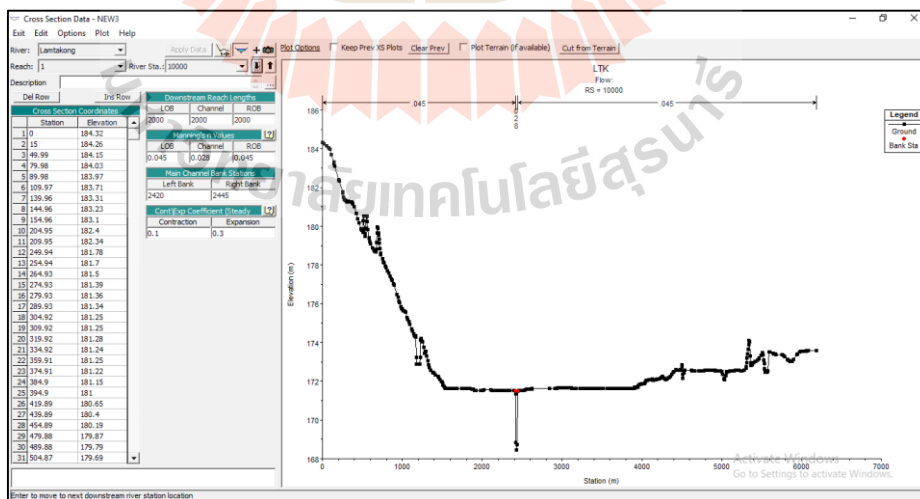
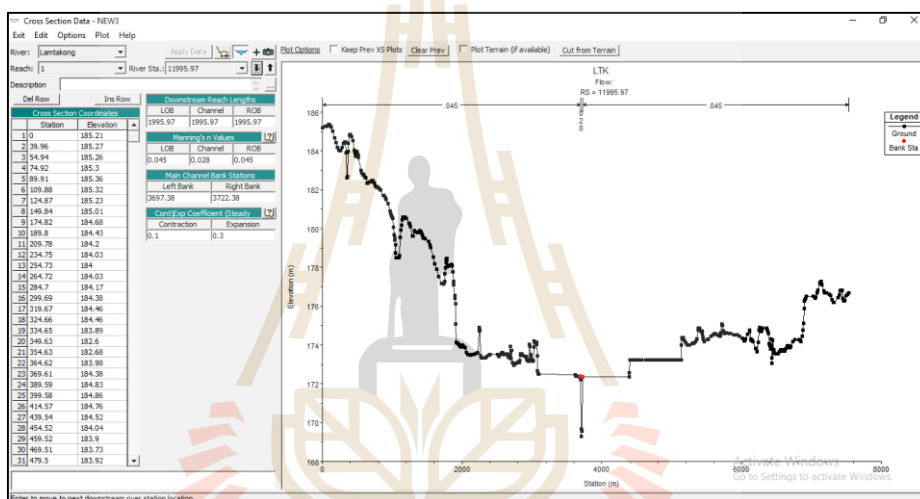
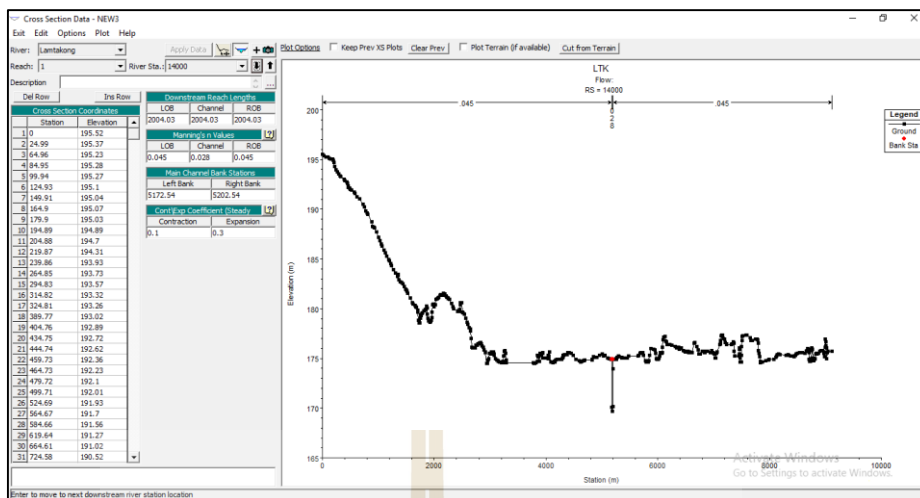
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



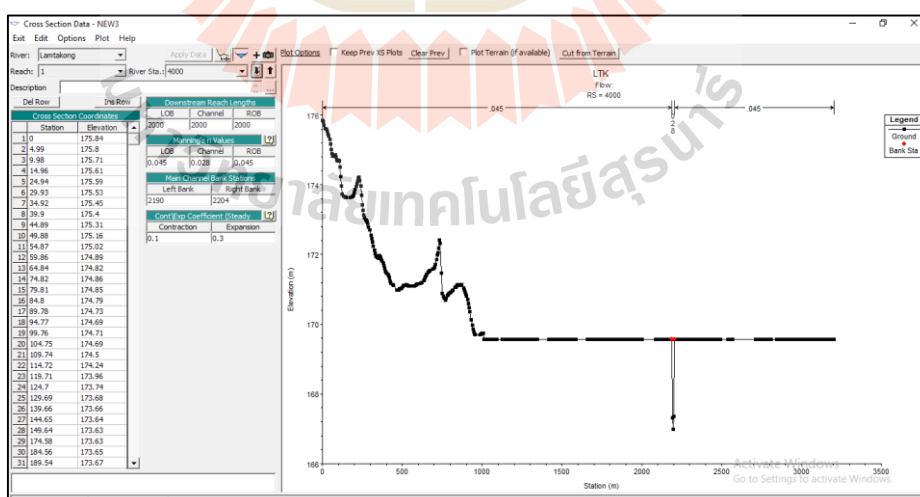
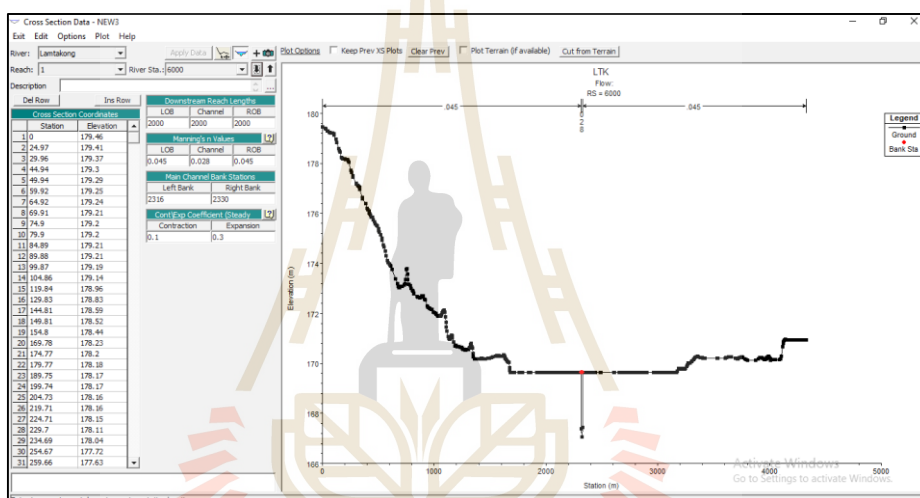
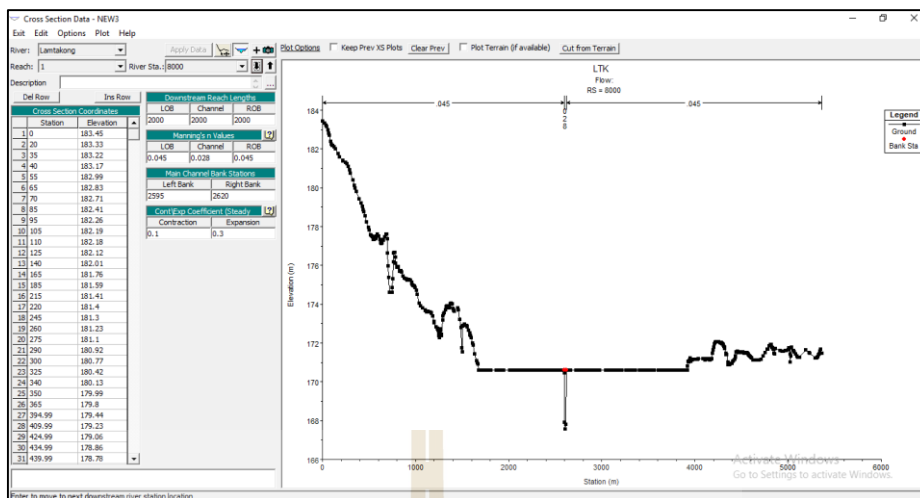
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



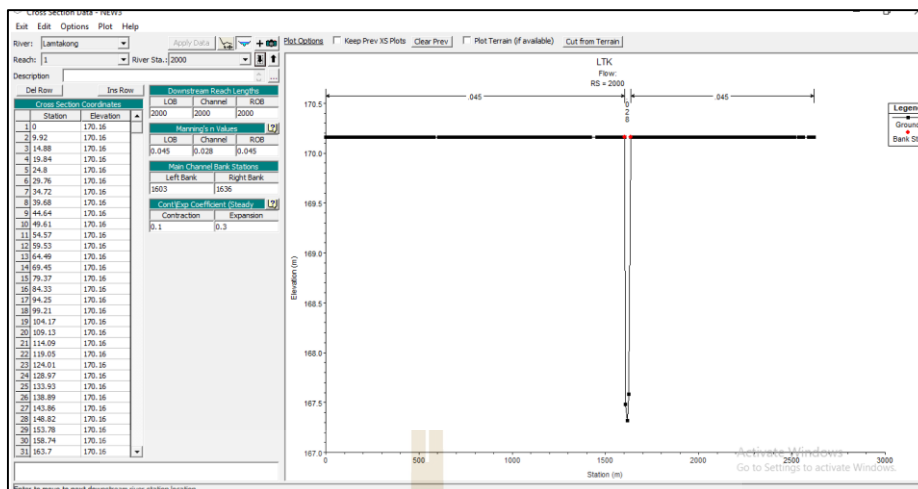
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)

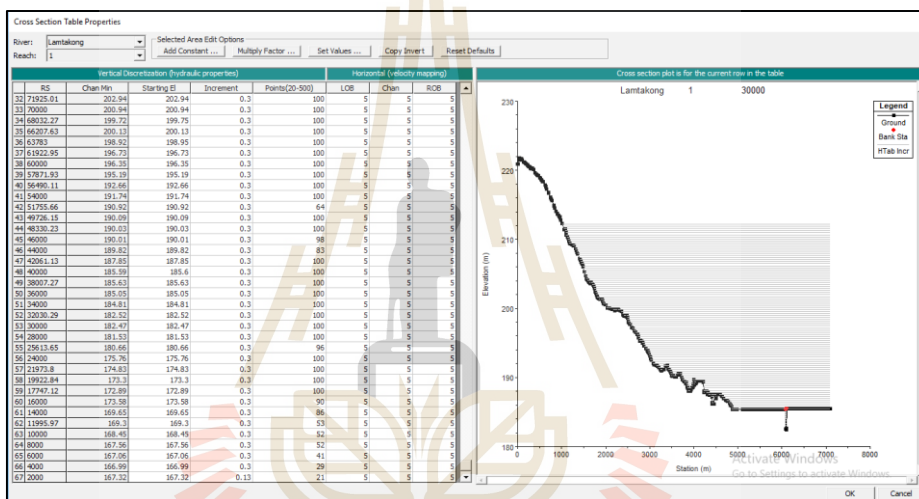
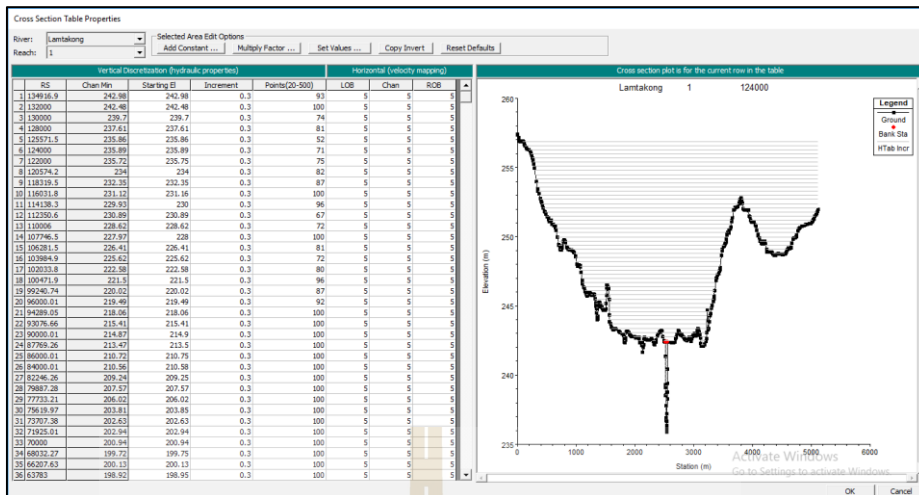


รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)



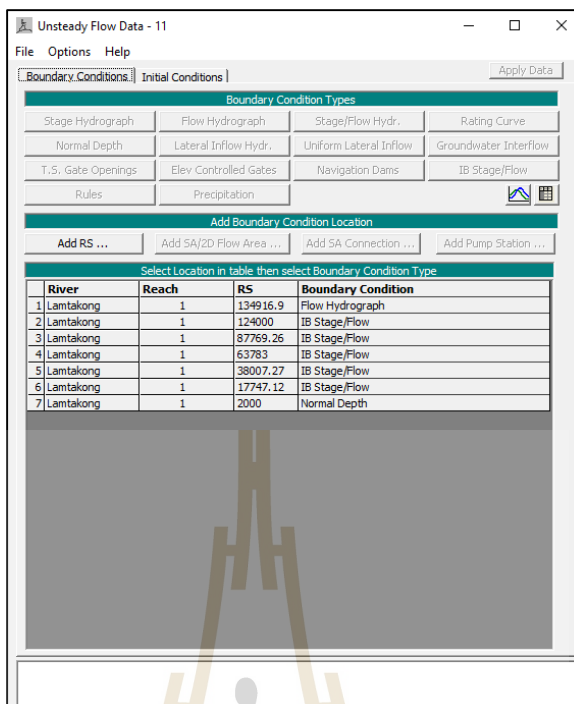
รูปที่ ค-2 นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำและสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

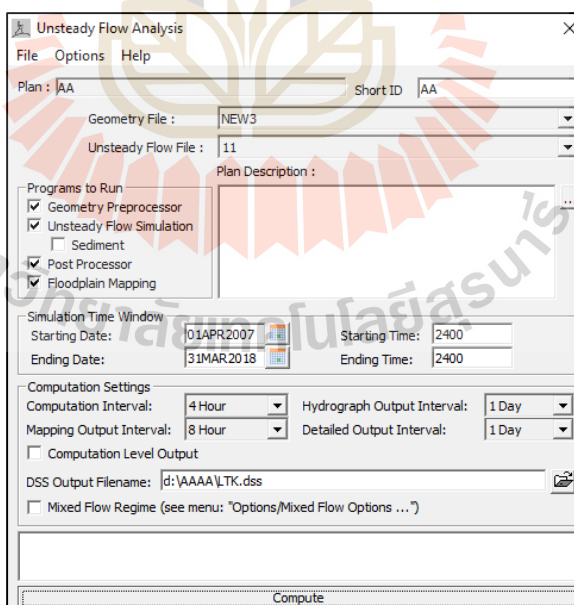


รูปที่ ค-3 ตารางคุณสมบัติรูปตัดลำน้ำแต่ละหน้าตัด

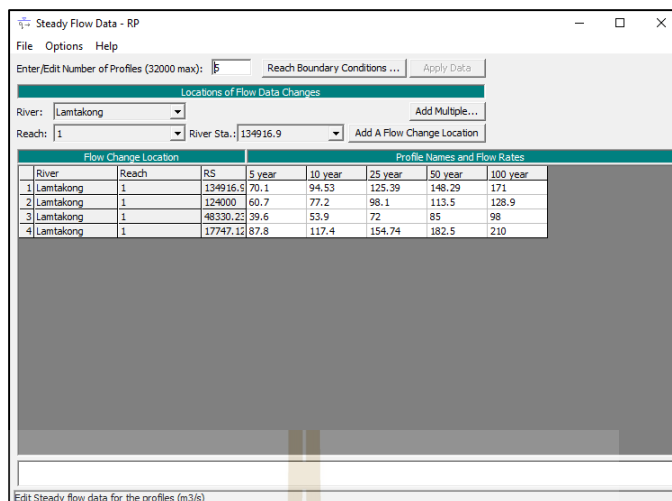
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



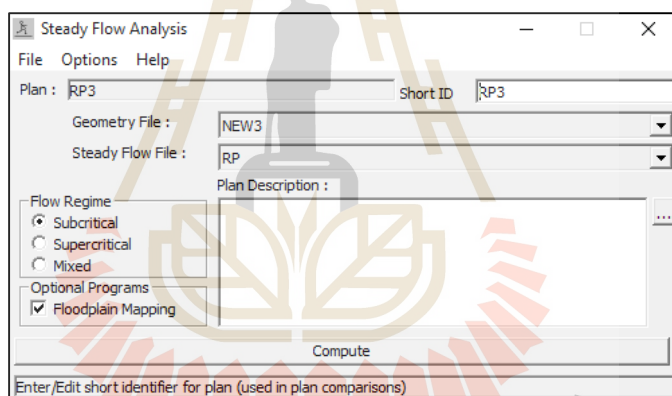
รูปที่ ค-4 การนำเข้าข้อมูลการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow)



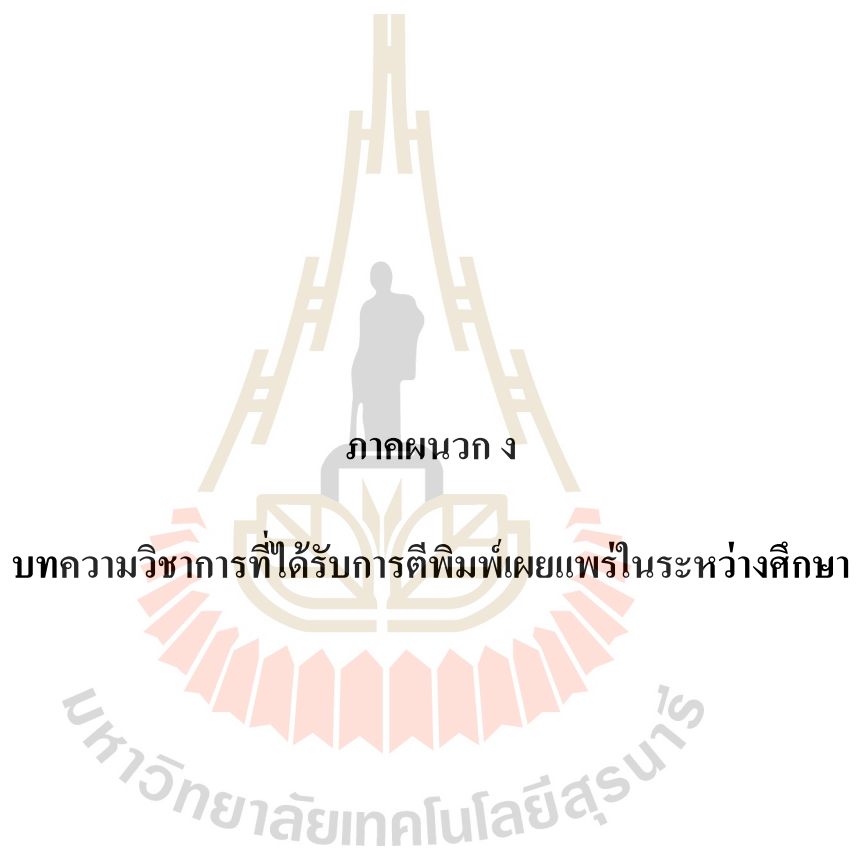
รูปที่ ค-5 การวิเคราะห์การไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow)



รูปที่ ค-6 การนำเข้าข้อมูลการไหลแบบคงที่ (Steady Flow)



รูปที่ ค-7 การวิเคราะห์การไหลแบบคงที่ (Steady Flow)



ภาคผนวก ง

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

ปวีณา จันทร์ลา และปรียาพร โภษา, (2561) การจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23. จังหวัดนครนายก. วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2561.

ปวีณา จันทร์ลา และปรียาพร โภษา, (2562) การประเมินสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. วารสารปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2563.

ปรียาพร โภษา, ปวีณา จันทร์ลา, ธนัช สุขวิมลเสรี และภาณุพงษ์ ทีฆบุญญา, (2562) การจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และ MIKE FLOOD. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24. จังหวัดอุดรธานี. วันที่ 10-12 กรกฎาคม 2562.





การจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS Flow Simulation in Lum Takong River using HEC-RAS Model

ปริณดา จันทรลา¹ และ ปรียาพร โกษา²

¹สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

Corresponding author; E-mail address: Chanla.paweena@gmail.com

บทคัดย่อ

แม่น้ำลำตะคองเป็นแม่น้ำสายหลักที่ไหลเข้าสู่พื้นที่เมืองในจังหวัดนครราชสีมา โดยเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญต่อการผลิตน้ำประปาและการเกิดน้ำท่วม ดังนั้น ในการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำลำตะคอง ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งเป็นแบบจำลองวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ ด้วยการจำลองการไหลของน้ำแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) ในการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองได้ดำเนินการในปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2556 ตามลำดับ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2), Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) และค่า Volume Ratio จากผลการศึกษา ในช่วงปี พ.ศ.2550 ถึง 2558 พบว่า สำหรับฤดูฝนมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 6.61 ลบ.ม./วินาที และฤดูแล้งมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 4.97 ลบ.ม./วินาที โดยอัตราการไหลเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่า M.38c, M.177, M.191, และ M.164 เท่ากับ 9.77, 9.14, 3.81, และ 5.11 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ

คำสำคัญ: แม่น้ำลำตะคอง, ระดับน้ำ, แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS, สภาพการไหลในลำน้ำ

Abstract

Lum Takong River is the main river flowing into urban areas in Nakhon Ratchasima province. The river is important for producing water supply and flooding. The purpose of this study is then to study the flow of the river Lum Takong within the Lum Takong watershed using HEC-RAS model, which is the one-dimensional analysis model of hydraulics. The model simulates the unsteady water flow. In calibration, the model was implemented in 2011 and 2013 respectively, using coefficient of determination (R^2), Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) and Volume Ratio. Findings reveal that during the years 2007 to 2015 at the flow rates in rainy season is 6.61 cubic meters per second. On the other hand, in the dry seasons, the flow rates is 4.97 cubic meters per second. For discharge in runoff station

M.38c, M.177, M.191, and M.164 are 9.77, 9.14, 3.81, and 5.11 cubic meters per second, respectively.

Keywords: Lum Takong River, river capacity, HEC-RAS model, Flow Simulation

1. บทนำ

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำมูล มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาคงพญาเย็น ซึ่งเป็นสันปันน้ำระหว่างลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำนครนายก บริเวณต้นน้ำอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมูล โดยลุ่มน้ำลำตะคองมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,310 ตร.กม. พื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองบริเวณต้นน้ำจากเขื่อนลำตะคองขึ้นไปทางต้นน้ำมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 1,430 ตร.กม. ลำตะคองช่วงนี้ไหลผ่านอำเภอปากช่องลงสู่เขื่อนลำตะคอง มีความลาดชันของลำน้ำค่อนข้างมาก ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนกลางและตอนล่างไหลผ่านอำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมืองนครราชสีมา และไหลไปบรรจบแม่น้ำมูลที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา มีความลาดชันของลำน้ำค่อนข้างน้อย รวมระยะความยาวของลำตะคองตลอดลุ่มน้ำประมาณ 220 กม. ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นภายในลุ่มน้ำเฉลี่ย 468 ล้าน m^3 /ปี จะเห็นว่าแม่น้ำลำตะคองเป็นแม่น้ำสายสำคัญในจังหวัดนครราชสีมา [1], [2]

การศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาสภาพการไหลของลุ่มน้ำลำตะคองเฉพาะลุ่มน้ำลำตะคองตอนกลาง โดยเริ่มจากจากพื้นที่ด้านท้ายเขื่อนลำตะคอง เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในปี 2553 และ 2554 ทั้งนี้ เหตุการณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำลำตะคองเกิดจากร่องความกดอากาศต่ำที่พาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ประกอบกับในช่วงเวลาก่อนที่จะเกิดฝนตกหนักนั้น สภาพพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีความอิ่มตัวและชุ่มน้ำ จึงทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าไหลหลากค่อนข้างสูงกว่าปกติ นอกจากนี้ สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลำตะคองบริเวณเหนือเขื่อนมีความลาดชันสูง ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลหลากเร็วเข้าท่วมพื้นที่บริเวณตอนกลางและตอนล่างของลำน้ำที่มีความลาดชันแนวราบ น้ำจึงล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ชุมชน และความสามารถในการระบายน้ำในลำน้ำธรรมชาติ ได้แก่ ลำน้ำลำตะคอง ลำน้ำบุรินทร์ จากพื้นที่ด้านเหนือน้ำไปสู่

ท้ายน้ำ มีอัตราการระบายน้ำไม่เพียงพอที่จะรองรับน้ำหลากครั้งนั้นได้ จึงทำให้เกิดน้ำท่วม [3], [4]

จากสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อพื้นที่การเกษตร และบ้านเรือน ทรัพย์สินของราษฎร บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองที่ตั้งอยู่ในจังหวัดนครราชสีมาได้รับความเสียหายจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้น จึงมีความสำคัญที่จะทำการศึกษายุทธศาสตร์การไหลของแม่น้ำลำตะคองภายในลุ่มน้ำลำตะคอง ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งเป็นแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ สองมิติ นอกจากนี้ ประกอบด้วยวิธีการคำนวณโปรไฟล์ผิวน้ำของการไหลแบบคงที่ (steady flow) และการไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow)

2. วัตถุประสงค์

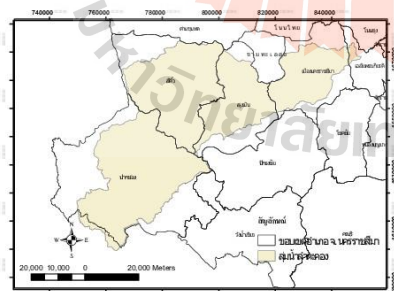
เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำลำตะคอง ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS

3. พื้นที่ศึกษา

ลำตะคอง เป็นลำน้ำสาขาหนึ่งในลุ่มน้ำมูล มีต้นน้ำอยู่ในบริเวณเทือกเขาภูพานเขื่อนตอนใต้จะบรรจบกับเทือกเขาพนมทิวในท้องที่อำเภอปากช่อง โดยไหลผ่านชุมชนขนาดใหญ่ถึง 4 ชุมชน ได้แก่ อำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน เทศบาลนครราชสีมา (ดังแสดงในรูปที่ 1) และบรรจบกับแม่น้ำมูลที่บ้านท่าช้าง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 3,310 ตารางกิโลเมตร และเส้นลำน้ำหลักมีความยาว 220 กิโลเมตร [5] ลำตะคองแบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 จากต้นน้ำถึงช่วงเขื่อนล้นและเขาด่านเสียดในเขตอำเภอสีคิ้วซึ่งเป็นที่ตั้งของเขื่อนลำตะคอง ลำน้ำช่วงนี้จะมีความลาดชันมาก

ช่วงที่ 2 จากท้ายเขื่อนลำตะคองลงมามีที่ราบลุ่มน้ำสองฝั่งต่อเนื่องกันตลอดไปผ่านท้องที่อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมือง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ ลำตะคองเมื่อจะผ่านอำเภอขามทะเลสอมีลำน้ำแยกออกคือ ลำบริบูรณ์ ไปทางทิศเหนือที่บ้านกึ่งแระมีแนวเกือบขนานกับลำตะคองไหลผ่านท้องที่อำเภอเมืองแล้วไปบรรจบกับลำตะคองเดิมที่บ้านก้นหม อำเภอเฉลิมพระเกียรติ ก่อนที่ลำตะคองจะไหลลงแม่น้ำมูล



รูปที่ 1 ลุ่มน้ำลำตะคอง

4. วิธีการศึกษา

การจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS ได้พิจารณาสภาพการไหลตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า M.38C บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคอง อำเภอสีคิ้ว ถึงประตูระบายน้ำก้นหม อำเภอเมืองนครราชสีมา เป็นกรณีศึกษา โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

4.1 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

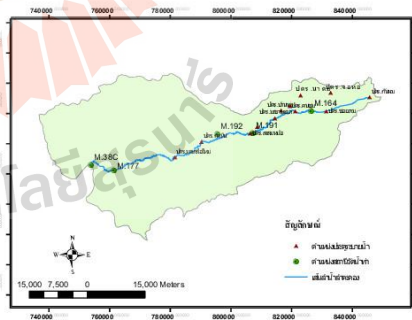
4.1.1 ข้อมูลอุทกวิทยา ข้อมูลอุทกวิทยาหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำที่รายวัน ใช้ข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ในลุ่มน้ำ ของกรมชลประทาน รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ โดยสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า M.38C, M.177, M.191, และ M.164 ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2550 ถึง 31 มีนาคม 2558 ทั้งนี้ ข้อมูลน้ำที่รายวันจากสถานี M.38C, M.177, และ M.164 เป็นข้อมูลนำเข้า และข้อมูลน้ำที่รายวันจากสถานี M.191 เป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบและการสอบเทียบ ดังรูปที่ 2

4.1.2 ข้อมูลรูปหน้าตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำลำตะคอง โดยมีรูปตัดลำน้ำในแม่น้ำลำตะคอง ที่ได้จากการสำรวจโดยภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกรมชลประทาน

4.1.3 ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข ความละเอียดของขนาดกริดเซลล์ 5x5 เมตร จากข้อมูลของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วนการนำเข้า 1:4,000

4.1.4 ข้อมูลสภาพปัญหาอุทกภัยและการบริหารจัดการน้ำหลาก ข้อมูลสภาพปัญหาเป็นข้อมูลที่จะใช้ประกอบการพิจารณา กำหนดขอบเขต และรายละเอียดในการจัดทำแบบจำลอง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำหลาก ส่วนแนวทางการบริหารจัดการพื้นที่น้ำท่วมจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้กำหนดองค์ประกอบของแบบจำลอง เพื่อให้ครอบคลุมโครงสร้างที่ใช้บริหารจัดการน้ำหลากที่มีอยู่

4.1.5 ข้อมูลด้านการใช้ที่ดิน การใช้ที่ดินจะเป็นข้อมูลประกอบการเลือกสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวของแมนนิ่ง และค่าสัมประสิทธิ์ของอาคารชลศาสตร์ในลำน้ำ



รูปที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่า และประตูระบายน้ำ

4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3 พัฒนาโดย Hydraulics Engineering Center US Army Corps of Engineer ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์งานด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (one-dimensional) และ 2 มิติ (two-dimensional) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำระหว่างรูปตัดได้ และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบใต้วิกฤต (subcritical depth) และเหนือวิกฤต (supercritical depth) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น

ในปัจจุบันมีความสามารถในการวิเคราะห์ได้ 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การคำนวณการไหลแบบคงที่ตามเวลา (steady flow) การคำนวณการไหลหลากแบบไม่คงที่ตามเวลา (unsteady flow) การคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอน และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

หลักการคำนวณของแบบจำลอง HEC-RAS สำหรับการจำลองในรูปแบบการไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow) [6] – [10] ในรูปของสมการ partial differential ประกอบด้วย สมการต่อเนื่อง (continuity equation) ดังสมการที่ (1) และอนุรักษโมเมนตัม (principle of conservation of momentum) ดังสมการที่ (2) หรือเมื่อทั้ง 2 รวมกันเรียกว่า สมการเซนต์-วีแนนต์ (Saint-venant equations) ในรูปแบบของฟังก์ชันของเวลาและระยะทาง ดังนี้

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

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

เมื่อ

- A_T = พื้นที่การไหลรวมทั้งหมดเกิดจากผลรวมของพื้นที่ประสิทธิผล A (ตร.ม.)
- Q = อัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
- q_l = การไหลด้านข้าง (Lateral Flow) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว
- V = ความเร็วการไหลของน้ำ (m/s)
- z = ความลึกของน้ำวัดจากผิวน้ำถึงระดับอ้างอิง (เมตร)
- S_f = ความลาดชันของแรงเสียดทาน (friction slope)
- g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที²)
- x = ระยะทางวัดจากจุดเริ่มต้นของลำน้ำด้านเหนือน้ำไปถึงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณา (เมตร)
- t = เวลา (วินาที)

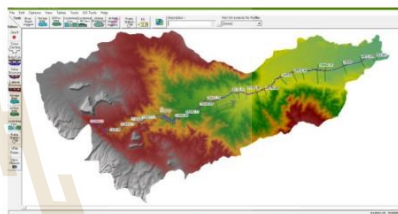
ลักษณะของปฏิสัมพันธ์ในสองมิติระหว่างการไหลในทางน้ำหลักและที่ราบน้ำท่วมถึง เมื่อน้ำในลำน้ำท่วมสูงขึ้นจนเกินระดับของตลิ่งส่งผลให้น้ำที่เอ่อล้นไหลออกจากลำน้ำไปทางด้านข้างขยายตัวเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและไหลเข้าพื้นที่แก้มลิง (storage area) ขณะที่ความลึกของการไหลเพิ่มขึ้น พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงจะสั้นกว่าระยะทางในการไหลของทางน้ำหลักมาก และเมื่อความลึกของการไหลลดลง

น้ำจากพื้นที่นอกตลิ่งจะไหลกลับเข้าไปยังทางน้ำหลัก ทำให้ระดับน้ำของการไหลในทางน้ำหลักเพิ่มปริมาณสูงขึ้นอีกครั้ง

เนื่องจากการไหลหลากของปริมาณที่ท่วมถึงเป็นการไหลออกด้านข้างสองฝั่งลำน้ำเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งมีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการไหลในลำน้ำ ทำให้สามารถประมาณการไหลหนึ่งมิติแทนการไหลสองมิติได้ โดยการกำหนดให้การไหลในทางน้ำหลักสามารถแลกเปลี่ยนน้ำกับที่ราบน้ำท่วมถึงได้ ทำให้อัตราการไหลของน้ำในทางน้ำหลัก

4.3 การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS

เพื่อจำลองพฤติกรรมการไหลในแม่น้ำลำตะคอง ได้ดำเนินการสร้าง Geometry data ด้วยการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับแบบจำลอง HEC-RAS จากแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM) และข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้จัดเตรียมไว้ ประกอบด้วย การระบุชื่อลำน้ำ เส้นทางการไหล ตำแหน่งของรูปตัดขวางลำน้ำ ระยะห่างระหว่างหน้าตัด นำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS

จากนั้นทำการนำเข้าข้อมูลน้ำทำรายวันตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2550 ถึง 31 มีนาคม 2558 ทั้งนี้ ข้อมูลน้ำทำรายวันจากสถานี M.38C, M.177, และ M.164 โดยการใช้อัตราการไหลที่สถานี M.38C เป็นขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream) และใช้ระดับน้ำที่ประตูระบายน้ำกั้นฝนมเป็นขอบเขตด้วยท้ายน้ำ (Downstream)

4.4 การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองได้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2556 ตามลำดับ จากการทำหนดเงื่อนไขที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากสถานีวัดน้ำท่า M.191 มาเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการไหลที่จำลองได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n [14], [12] ใน Geometry Data จากนั้น ประเมินผลค่าความน่าเชื่อถือด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R²), Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE), และ Volume Ratio โดยผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

	R ²	NSE	Volume Ratio
การเปรียบเทียบ	0.875	0.846	83.533
การสอบเทียบ	0.855	0.837	92.746

จากผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง พบว่า ค่า R² และค่า NSE เข้าใกล้ 1 และค่า Volume Ratio ใกล้เคียง 100 ทำให้ผลการศึกษานี้มีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของน้ำในลำน้ำในลำดับต่อไปได้

5. ผลการศึกษา

แม่น้ำลำตะคองเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญในลุ่มน้ำลำตะคองและจังหวัดนครราชสีมา การศึกษาพฤติกรรมการไหลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญ เนื่องจากทำให้ทราบถึงระดับน้ำในจุดที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า ดังเช่น ในสถานี 9 1989, 74438, 60119, 34000, 24865, และ 10000 เป็นต้น นอกจากนี้ ในบางช่วงเวลาเครื่องวัดวัด ณ สถานีน้ำท่าชั่วคราว ดังเช่น ในสถานีวัดน้ำท่า M.191 ที่มีข้อมูลน้ำท่าตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2554 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2558 แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS ได้จำลองปริมาณน้ำท่ารายวันจากวันที่ 1 เมษายน 2550 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2554 บนพื้นฐานของข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าใกล้เคียง ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

จากตารางที่ 2 อัตราการไหลในปี 2554 มีค่าสูงที่สุดตลอดทั้งลำน้ำ เนื่องจากเป็นปีที่เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองและสามารถเก็บข้อมูลน้ำท่าได้ในขณะที่ปี 2553 เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่มากกว่าปี 2554 แต่ไม่สามารถเก็บข้อมูลน้ำท่าได้ จึงทำให้อัตราการไหลที่ได้จากการศึกษามีค่าน้อยกว่าปี 2554 และมีค่าน้อยกว่าค่าที่ควรจะเป็น

จากตารางที่ 3 อัตราการไหลเฉลี่ยสำหรับฤดูแล้ง มีค่าตั้งแต่ 0.59 - 11.80 ลบ.ม.วินาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม่น้ำลำตะคองมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา

ตารางที่ 2 อัตราการไหลเฉลี่ยในฤดูฝน สำหรับปีน้ำ 2550 ถึง 2557

สถานีในลำน้ำ HEC-RAS (สถานีน้ำท่า)	อัตราการไหลเฉลี่ย (ลบ.ม.วินาที)							
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
133844	9.69	8.61	11.49	2.60	22.22	9.60	5.54	8.70
124516	8.91	8.44	9.53	3.69	19.98	7.70	5.60	7.71
91989	7.17	6.25	7.37	4.17	10.05	7.69	5.60	7.69
74438	7.09	5.94	6.44	5.23	9.94	6.10	5.72	4.50
60119	6.86	6.10	5.84	5.02	8.45	3.34	5.85	1.72
48136	6.72	5.85	5.50	3.22	8.40	2.19	5.62	1.71
34000	8.45	7.16	5.97	3.42	8.58	1.92	7.82	2.28
24865	10.04	8.38	6.78	3.14	9.21	1.93	10.05	2.75
18442	10.69	8.99	7.16	3.38	9.40	1.88	10.75	2.98
10000	7.20	5.69	5.79	2.46	5.45	1.39	5.68	2.02

ตารางที่ 3 อัตราการไหลเฉลี่ยในฤดูแล้ง สำหรับปีน้ำ 2550 ถึง 2557

สถานีในลำน้ำ HEC-RAS	อัตราการไหลเฉลี่ย (ลบ.ม.วินาที)							
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
133844	9.20	11.42	7.62	9.44	17.01	6.94	8.90	7.29
124516	9.30	11.80	7.03	10.98	15.25	5.24	9.54	5.47
91989	5.48	7.34	4.00	6.26	15.27	5.26	9.53	5.25
74438	5.07	6.71	3.26	4.61	14.12	3.35	5.47	2.75
60119	4.71	6.49	3.01	4.51	4.70	1.31	1.60	0.59
48136	4.08	5.71	2.02	3.20	3.57	0.93	1.67	0.64
34000	3.92	5.90	1.59	2.44	3.57	0.99	2.76	1.57
24865	4.08	6.55	1.53	2.47	3.77	1.12	3.61	2.37
18442	4.16	6.73	1.56	2.44	3.86	1.15	3.94	2.61
10000	2.36	5.38	0.95	1.51	2.23	0.75	3.02	1.81

ตารางที่ 4 แสดงค่าระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำเฉลี่ย ระดับน้ำสูงสุดในฤดูฝนสำหรับแต่ละสถานีในลำน้ำ และตารางที่ 5 แสดงค่าระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำเฉลี่ย ระดับน้ำสูงสุดในฤดูแล้งสำหรับแต่ละสถานีในลำน้ำที่ได้จากการจำลองแบบด้วย HEC-RAS

ตารางที่ 4 ค่าระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำเฉลี่ย ระดับน้ำสูงสุดในฤดูฝน

สถานีในลำน้ำ	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
ระดับน้ำต่ำสุด								
133844	243.3	248.6	248.2	252.9	247.1	258.9	267.2	265.6
124516	237.7	248.6	248.1	252.9	245.6	258.9	267.2	265.6
91989	215.9	215.9	215.9	215.9	215.9	216.0	216.3	218.1
74438	202.6	202.6	202.6	202.6	202.6	211.4	215.1	218.1
60119	195.9	195.9	195.9	195.9	195.9	211.4	215.1	218.1
48136	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7
34000	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9
24865	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3
18442	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6
10000	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6
ระดับน้ำเฉลี่ย								
133844	248.5	250.2	251.8	254.6	250.7	261.5	267.9	266.7
124516	248.0	250.2	251.8	254.6	250.3	261.5	267.9	266.7
91989	216.0	216.1	216.0	215.9	216.2	216.9	216.6	219.1
74438	203.0	202.8	202.8	202.7	202.8	212.6	215.6	219.1
60119	196.2	196.6	196.1	196.9	196.3	212.6	215.6	219.1
48136	190.8	190.8	190.8	191.1	190.9	190.9	190.7	190.8
34000	185.0	185.0	185.0	185.0	185.0	185.0	185.0	184.9
24865	176.4	176.4	176.4	176.4	176.4	176.3	176.4	176.3
18442	174.7	174.7	174.8	174.7	174.8	174.8	174.7	174.6
10000	170.1	170.6	170.1	169.5	170.3	170.0	171.4	170.1
ระดับน้ำสูงสุด								
133844	249.7	251.9	254.2	255.6	255.0	263.4	269.1	268.1
124516	249.6	251.8	254.2	255.6	255.0	263.4	269.1	268.1
91989	216.1	219.5	219.0	216.8	220.7	218.0	217.8	220.2
74438	205.3	203.9	205.3	203.5	205.9	213.6	216.1	220.2
60119	198.4	201.8	198.5	197.1	200.6	213.6	216.1	220.2
48136	192.5	192.7	192.4	198.2	194.2	192.9	192.0	192.6
34000	185.4	185.3	186.1	186.3	185.5	185.4	186.1	185.1
24865	177.3	177.2	177.6	181.4	178.3	177.9	178.1	176.4
18442	176.7	175.9	176.9	177.9	177.7	176.5	177.9	175.5
10000	172.2	173.9	172.7	171.9	172.9	171.6	177.4	171.7

ตารางที่ 5 ค่าระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำเฉลี่ย ระดับน้ำสูงสุด ในฤดูแล้ง

สถานีในลำน้ำ	ระดับน้ำต่ำสุด							
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	
133844	243.3	247.2	247.3	245.7	248.0	257.7	264.5	265.0
124516	236.7	246.3	246.3	244.3	247.7	257.7	264.5	265.0
91989	215.9	215.9	215.9	215.9	215.9	216.3	216.4	217.8
74438	202.6	202.6	202.6	202.6	202.6	210.7	214.9	217.8
60119	195.9	195.9	195.9	195.9	195.9	210.7	214.9	217.8
48136	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7
34000	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9	184.9
24865	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3	176.3
18442	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6	174.6
10000	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6
สถานีในลำน้ำ	ระดับน้ำเฉลี่ย							
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	
133844	249.1	248.3	254.1	250.3	255.1	264.1	268.8	268.8
124516	247.8	248.0	254.0	250.1	255.0	264.1	268.8	268.8
91989	216.4	216.0	216.0	216.0	218.2	216.7	217.1	217.1
74438	203.1	202.7	202.7	202.8	206.8	213.9	218.3	218.3
60119	196.2	196.0	196.0	196.1	205.7	213.9	218.3	218.3
48136	190.9	190.9	191.1	190.9	190.9	190.8	190.8	190.8
34000	185.0	185.0	185.0	185.0	185.0	185.0	184.9	184.9
24865	176.3	176.4	176.3	176.4	176.4	176.3	176.3	176.3
18442	174.8	174.8	175.0	174.8	174.7	174.7	174.6	174.6
10000	170.2	170.3	169.8	170.2	170.1	169.7	170.7	170.7
สถานีในลำน้ำ	ระดับน้ำสูงสุด							
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	
133844	250.0	249.6	256.0	252.8	258.9	267.4	268.7	271.6
124516	249.9	249.5	256.0	252.8	258.9	267.4	268.7	271.6
91989	217.9	218.5	217.7	221.0	219.3	218.8	218.1	221.6
74438	205.0	204.9	203.8	204.7	211.4	215.2	218.1	221.6
60119	198.1	198.1	197.6	197.3	211.4	215.2	218.1	221.6
48136	192.7	193.5	193.1	196.7	192.7	192.0	192.7	191.0
34000	186.0	186.4	185.9	185.7	186.1	185.4	185.0	185.0
24865	177.9	180.3	177.4	177.5	178.3	177.9	178.7	178.4
18442	176.9	176.8	177.4	177.4	176.2	175.8	175.6	175.0
10000	171.9	174.6	172.1	172.5	171.8	171.7	177.5	172.0

6. สรุปผลการศึกษา

จากผลการจำลองปริมาณน้ำท่ารายวันตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2550 ถึง 31 มีนาคม 2558 ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS สามารถสรุปได้ว่า สำหรับฤดูฝนมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 6.61 ลบ.ม./วินาที และฤดูแล้งมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 4.97 ลบ.ม./วินาที ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราการไหลเฉลี่ย สำหรับฤดูฝนและฤดูแล้ง

สถานีในลำน้ำ	อัตราการไหลเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
133844	9.81	9.73
124516	8.94	9.33
91989	7.00	7.30
74438	6.37	5.66
60119	5.52	3.37
48136	4.90	2.73
34000	5.70	2.84
24865	6.53	3.19
18442	6.90	3.31
10000	4.46	2.25
เฉลี่ยรวม	6.61	4.97

อัตราการไหลเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่า M.38c, M.177, M.191, และ M.164 เท่ากับ 9.77, 9.14, 3.81, และ 5.11 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7 ทั้งนี้ อัตราการไหลตลอดลำน้ำมีค่าที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างไม่เป็นระบบตลอดทั้งลำน้ำ เนื่องจากตลอดแนวลำน้ำมีคลองสายย่อยที่ไหลเข้าแม่น้ำลำตะคอง ประกอบกับหน้าตัดลำน้ำที่แคบและกว้างในบางช่วงของแม่น้ำลำตะคอง

สำหรับค่าระดับน้ำต่ำสุด ค่าระดับน้ำเฉลี่ย และค่าระดับน้ำสูงสุด ที่เฉลี่ยจากผลการจำลองแบบรายวันดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้ ค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับระดับน้ำต่ำสุดมีค่าระหว่าง 0.73 ถึง 6.78 ม. โดยสถานี 34000 มีค่าความแตกต่างของระดับน้ำน้อยที่สุด และสถานี 124516 (หรือสถานีวัดน้ำท่า M177) ค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุด

ในผลการศึกษานี้ ทำให้ทราบค่าระดับน้ำและอัตราการไหลต่ำสุดเฉลี่ย และสูงสุด ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันที่ได้จำลองแบบ พร้อมทั้งทราบค่าระดับตลิ่งของแม่น้ำ และศักยภาพการรับน้ำของแม่น้ำลำตะคอง ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงสามารถนำไปพิจารณาในอนาคตได้ว่าแม่น้ำลำตะคองของใดที่ต้องเพิ่มความสูงของตลิ่ง ขุดลอกแม่น้ำ สร้างฝายประตูประบายน้ำ พนัง เป็นต้น

ตารางที่ 7 ค่าระดับน้ำ และอัตราการไหลเฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2550 ถึง 31 มีนาคม 2558

สถานีในลำน้ำ	ระดับน้ำ (ม.ทก)			อัตราการไหลเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	
133844	253.1	256.6	258.8	9.77
124516	252.0	256.4	258.8	9.14
91989	216.2	216.6	218.8	7.15
74438	207.1	207.8	209.9	6.02
60119	202.9	204.0	206.4	4.44
48136	190.7	190.8	193.2	3.81
34000	184.9	184.9	185.6	4.27
24865	176.2	176.3	177.9	4.86
18442	174.6	174.7	176.6	5.11
10000	168.6	170.2	173.0	3.36

7. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ในแม่น้ำลำตะคอง สำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป ควรดำเนินการดังนี้

1. แม่น้ำลำตะคองเป็นแม่น้ำที่มีความยาว 220 กิโลเมตร และในการศึกษานี้ได้พิจารณาแม่น้ำลำตะคองที่มีความยาว 133.84 กิโลเมตร ซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ยาว ประกอบกับข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่าที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้มีเพียง 4 สถานี ดังกล่าวข้างต้น และการกระจายตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าไม่สม่ำเสมอ ทำให้การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองเป็นไปด้วยความยากลำบาก ดังนั้น การเพิ่มสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำลำตะคองจึงมีความสำคัญ
2. ข้อมูลในลุ่มน้ำลำตะคองบางส่วนไม่ได้บันทึกไว้ เนื่องจากการชำรุดของเครื่องมือหรือจากเหตุการณ์น้ำท่วม การต่อข้อมูลที่ขาดหายไปจึงมีความสำคัญ

3. เนื่องจากในปี 2553 เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ แต่ไม่สามารถเก็บข้อมูลน้ำท่าได้ จึงทำให้อัตราการไหลที่ได้จากการศึกษามีค่าน้อยกว่าค่าที่ควรจะเป็น ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรที่จะใช้หลักสถิติและความน่าจะเป็นในการจำลองข้อมูลที่ขาดหายไป เพื่อให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนและการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งนี้ ขอขอบคุณกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน(2557). การบริหารจัดการน้ำในเขบลุ่มน้ำลำตะคองอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล. สำนักงานชลประทานที่ 8 กรมชลประทาน สิงหาคม 2557
- [2] กัทราพร แสงทอง, ปรียาพร โภษา และ ชลธิชา ลิมสุวรรณ (2555) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT กรณีศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17. คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร, 9-11 พฤษภาคม 2555. จ.อุดรธานี
- [3] ทองเปลว กองจันทร์ และสุเทพ น้อยไพโรจน์, อุทกภัยในเทศบาลนครราชสีมา ระหว่างวันที่ 14-16 ตุลาคม 2553. สำนักอุทกวิทยาและบริหาร กรมชลประทาน
- [4] ภาณุพงษ์ ที่ขมบุญญา และปรียาพร โภษา. 2560. การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD กรณีศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2560.
- [5] ภาณุพงษ์ ที่ขมบุญญา และปรียาพร โภษา. 2559. การจำลองสภาพการไหลในลำน้ำโดยแบบจำลอง MIKE 11 ในลุ่มน้ำลำตะคอง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 28-30 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรม บีพี สมิทลา บีช สงขลา.
- [6] U.S. Army Corps of Engineers(2016). HEC-RAS river analysis system :Hydraulic Reference ManualVersion 5.0 February 2016. Retrieved from <http://www.hec.usace.army.mil/>
- [7] US Army Corp of Engineers,2011. HEC-GeoRAS GIS Tool for Support of HEC-RAS using ArcGIS . User's Manual Version 4.3.93,244 page.
- [8] US Army Corp of Engineers,2010. HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1,766 page.
- [9] US Army Corp of Engineers,2010. HEC-RAS, River Analysis System Application Guide Version 4.1,351 page.
- [10] US Army Corp of Engineers,2010. HEC-RAS River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4.1,411 page.
- [11] Chow, V.T., Maidment, D. and Mays, L.W. 1988. Applied hydrology. McGraw-Hill, New York.
- [12] Chow, V.T. 1959. Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, New York.

การประเมินสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

ปวีณา จันทร์ลา^{1*} และ ปรียาพร โกษา²

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญต่อจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และแม่น้ำลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในหลายอำเภอ และพื้นที่เศรษฐกิจในอำเภอเมืองนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2553 ได้เกิดน้ำท่วมที่ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ของลุ่มน้ำลำตะคอง โดยสาเหตุเกิดจากการระบายน้ำออกจากเขื่อนลำตะคอง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำในลำตะคองมาก จนเกิดการล้นตลิ่ง และมีสาเหตุเกิดจากฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เกิดน้ำหลากและกลายเป็นน้ำท่วมในหลายพื้นที่ วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการระบายน้ำในลำตะคอง และเพื่อประเมินพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากการไหลล้นตลิ่งออกจากลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำจากปริมาณน้ำท่า 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS จากการศึกษาได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (n) ที่ตลิ่งของทั้งสองข้างและท้องน้ำเท่ากับ 0.0415 โดยทำการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองในปี พ.ศ. 2554 และ 2557 ได้ผลการเปรียบเทียบ มีค่า R² เท่ากับ 0.860 และค่า NSE เท่ากับ 0.850 และผลการสอบเทียบ มีค่า R² เท่ากับ 0.645 และค่า NSE เท่ากับ 0.626 ผลการศึกษาพบว่า สำหรับหาค่าศักยภาพการระบายน้ำได้อัตราการไหลสูงสุดสำหรับแต่ละหน้าตัดการไหลอยู่ในช่วง 33.38 ถึง 37.74 ลบ.ม./วินาที และค่าระดับน้ำสูงสุด สำหรับแต่ละหน้าตัดการไหล 177.94 ถึง 246.07 ม.รทก. นอกจากนี้อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ย 35.50 ลบ.ม./วินาที สำหรับการวิเคราะห์หาพื้นที่น้ำท่วมภายใต้เงื่อนไขการไหลคงที่ พบว่า พื้นที่น้ำท่วมที่เกิดจากการเอ่อล้นตลิ่ง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 107.928, 120.596, 133.299, 140.726 และ 147.878 ตร.กม. ตามลำดับ

คำสำคัญ: ลุ่มน้ำลำตะคอง, แบบจำลอง HEC-RAS, ศักยภาพการระบายน้ำ, พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ +664 403 6135 อีเมล: chanlapaweena@gmail.com

Flow Estimation using Hec-Ras Model A Case Study of Lam Takong River Basin

Paweena Chanla^{1*} and Preeyaphorn Kosa²

Abstract

Lam Takong River Basin is an important basin for Nakhon Ratchasima province, because it is a large river basin that flows through both the agricultural and economic areas in many districts throughout the province. In 2010, there was a flood that damaged in several areas around the Basin caused from drainage system of the Lam Takong Dam. It resulted in high water levels in the Lam Takong Dam and overflows. Another factor contributing to this is several consecutive days of heavy rain which caused surface runoffs and floodplains in many areas. The objective of this research is to analyze the drainage potential of Lam Takong and assess the flooding area caused by overflows from the Lam Takong banks at the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years respectively using HEC-RAS model. This study used Manning's roughness coefficient (n) of 0.0415 for both sides of the banks and of the channel. The calibration and validation of model was performed in comparison with the data from 2011 and 2014 models. Calibration results showed the coefficient of Determination (R^2) of 0.860, the Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) value of 0.850, the validation values (R^2) were 0.645 and the NSE value was 0.626. The study of potential drainage found that the maximum flow rate for each surface area of the flow ranged from 33.38 to 37.74 m^3/s . The maximum water level for each surface area ranged from 177.94 to 246.07 m. MSL. In addition, the average maximum flow rate of 35.50 m^3/s was for the analysis of flood areas, under constant flow conditions it was found that the flooding area caused by overflows at the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years were 107.928, 120.596, 133.299, 140.726 and 147.878 km^2 , respectively.

Keywords: Lam Takong River Basin, HEC-RAS model, drainage potential, flood risk area

¹ Master Degree, School of Civil Engineering, Faculty Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

² Assistant Professor, School of Civil Engineering, Faculty Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

* Corresponding Author, Tel. +664 403 6135 email: chanlapaweena@gmail.com

1. บทนำ

จังหวัดนครราชสีมา อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุดในประเทศไทย และมีประชากรมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศ ในปี พ.ศ. 2561 สำนักงานคลังจังหวัดนครราชสีมา ได้ประเมินการขยายตัวทางเศรษฐกิจของจังหวัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2560 ร้อยละ 1.8 เนื่องจากปริมาณพืชผลทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้นจากการฟื้นตัวของภาคเกษตรกรรม และปัจจัยสนับสนุนจากการดำเนินนโยบายและมาตรการด้านเกษตรต่าง ๆ ของภาครัฐที่เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจัยเสี่ยงทางด้านเศรษฐกิจสำหรับปี พ.ศ.2561 และปี พ.ศ.2562 ที่ควรระวังและติดตามอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ความเสี่ยงจากภัยทางธรรมชาติ ประกอบด้วย ปัญหาน้ำท่วมและปัญหาน้ำแล้ง ซึ่งยังคงเป็นความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตภาคเกษตรกรรมโดยตรง และส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร การบริโภคภาคเอกชนและการขยายตัวทางเศรษฐกิจโดยรวมของจังหวัด

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญในจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และแม่น้ำลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในหลายอำเภอ และพื้นที่เศรษฐกิจในอำเภอเมืองนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2553 ได้เกิดน้ำท่วมที่ก่อให้เกิดความเสียหายในพื้นที่ของลุ่มน้ำลำตะคอง โดยสาเหตุเกิดจากการระบายน้ำออกจากเขื่อนลำตะคอง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำในลำตะคองมาก จนเกิดการล้นตลิ่ง และมีสาเหตุเกิดจากฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เกิดน้ำหลากและกลายเป็นน้ำท่วมในหลายพื้นที่ ต่อมาในปี พ.ศ.2554 ได้มีการสร้างแผนที่น้ำท่วมในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยการนำค่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันกับเวลาที่เกิดขึ้นในอดีตมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่เข้าท่วมพื้นที่ในเขตเทศบาลนครราชสีมา พบว่า ที่สถานี M.164 ในเดือนตุลาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสูงสุด

และมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 68 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยค่าเฉลี่ยของน้ำท่าในปี พ.ศ.2553 มีค่าเท่ากับ 62.43 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งทำให้มีพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมบริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองและในเขตเทศบาลนครราชสีมา ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) และการลงสำรวจสภาพจริงของพื้นที่ที่ศึกษา แสดงให้เห็นถึงขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ พบว่า ชุมชนด้านเหนือลำตะคองได้รับผลกระทบรุนแรง โดยเฉพาะชุมชนหมู่บ้านวิโอพีและชุมชนตามถนนข้างเผือก (โรงพยาบาลมหาราช) ซึ่งมีระดับความลึกสูงสุด 190 เซนติเมตร (จากระดับพื้น) [1]

ในปี พ.ศ.2554 ได้มีการนำแบบจำลอง MIKE FLOOD มาจำลองสภาพน้ำท่วมจากการไหลล้นตลิ่งและจากปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง พบว่า แบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถแสดงภาพรวมการเกิดน้ำท่วมในระหว่างวันที่ 14-30 ตุลาคม พ.ศ.2553 มีระดับน้ำเอ่อล้นตลิ่งสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยเท่ากับ 2.655 เมตร 0.204 เมตร และ 1.129 เมตร ตามลำดับ ส่งผลให้เกิดขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 206.38 ตร.กม. ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ.2553 และมีขอบเขตน้ำท่วมต่ำสุดเท่ากับ 50.38 ตร.กม. ณ วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2553 [2]

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่ช่วยในการวิเคราะห์การไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลนำเข้าหลักประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ หน้าที่ตัดลำน้ำ DEM และค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการไหล ความเร็วการไหล และค่าระดับน้ำในแม่น้ำ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนป้องกันน้ำท่วมได้ [3] โดยได้มีการศึกษาแบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนคลองผันน้ำ เพื่อลดอุทกภัยในแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยทำการวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ร่วมกับภาพถ่าย

ทางอากาศของกรมแผนที่ เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลเส้น
ชั้นความสูงของภูมิประเทศในแนวคลองผันน้ำ และ
สามารถจำลองสภาพการลระดับน้ำท่วมลงหลังจากมี
คลองผันน้ำ ซึ่งสามารถนำผลไปพัฒนาช่วยในการสร้าง
แผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมได้ [4]

ทั้งนี้ แบบจำลอง HEC RAS มีแบบจำลองย่อย HEC-
GeoRAS เพื่อใช้วิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูล DEM
สำหรับศึกษาแบบจำลองความสูงของลำน้ำห้วยสาย
บาตร และตรวจสอบค่าความถูกต้อง โดยใช้วิธีการ
สำรวจด้วยกล้อง Total Station และ GPS เพื่อหา
ระยะทางค่าระดับ และค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ ได้ทำการ
สำรวจภาคตัดขวางลำน้ำในห้วยสายบาตรบริเวณที่
สำรวจต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.96
เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง HEC-GeoRAS
ผลการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลจากการ
สำรวจ ดังนั้น จึงสามารถนำแบบจำลอง HEC-GeoRAS
ไปใช้ในการสร้างภาคตัดขวางของลำน้ำได้ [5]

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพ
การระบายน้ำในลำคลอง และเพื่อประเมินพื้นที่น้ำ
ท่วมที่เกิดขึ้นจากการไหลล้นตลิ่งออกจากลำคลอง ณ
คาบการเกิดซ้ำจากปริมาณน้ำท่า 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี,
50 ปี และ 100 ปี

ขอบเขตการศึกษา ประกอบด้วย (1) แบบจำลอง
HEC-RAS version 5.0.3 ได้ถูกนำมาใช้ (2) พื้นที่ศึกษา
เริ่มตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองจนถึงจุดออกของ
ลำตะคอง และ (3) ด้วยข้อจำกัดของแบบจำลอง HEC-
RAS ที่พิจารณาลักษณะการไหลและพื้นที่น้ำท่วมจาก
การเอ่อล้นตลิ่งจากปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ ดังนั้น
จึงไม่ได้พิจารณาลักษณะการไหลและพื้นที่น้ำท่วมที่เกิด
จากปริมาณน้ำฝน

2. วิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา: ลุ่มน้ำลำตะคอง

ลุ่มน้ำลำตะคอง เป็นลำน้ำสาขาหนึ่งของลุ่มน้ำมูล
มีต้นน้ำอยู่บริเวณเทือกเขาตงพญาเย็น ตั้งอยู่ในพื้นที่
จังหวัดนครราชสีมา ลำตะคองไหลผ่าน 5 อำเภอ ได้แก่
อำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขาม
ทะเลสอ และเทศบาลนครราชสีมา มีพื้นที่
ลุ่มน้ำ 3,310 ตารางกิโลเมตร และเส้นลำน้ำหลักมี
ความยาว 220 กิโลเมตร [6] ลำตะคองแบ่งออกเป็น
2 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 จากต้นน้ำถึงเขื่อนลำตะคองที่ตั้งอยู่ในเขต
พื้นที่อำเภอสีคิ้ว โดยที่ลำน้ำช่วงนี้มีความลาดชันมาก

ช่วงที่ 2 จากท้ายเขื่อนลำตะคองผ่านพื้นที่อำเภอ
สีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ เทศบาล
นครราชสีมา และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ลำตะคองมีลำ
น้ำแยกออกคือลำบริบูรณ์ ไปทางทิศเหนือ มีแนวเกือบ
ขนานกับลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เขตเทศบาลเมืองแล้ว
ไปบรรจบกับลำตะคองเดิมที่บ้านกันผม อำเภอเฉลิม
พระเกียรติก่อนที่ลำตะคองจะไหลลงแม่น้ำมูล โดยลำ
น้ำช่วงนี้จะมีความลาดชันค่อนข้างน้อย

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำลำตะคองได้รับ
อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูฝนซึ่งเริ่ม
ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม โดยใน
เดือนกันยายนจะมีฝนตกชุกที่สุด เนื่องจากได้รับ
อิทธิพลจากพายุดีเปรสชันทางทิศตะวันออก

2.2 ขั้นตอนการวิจัย

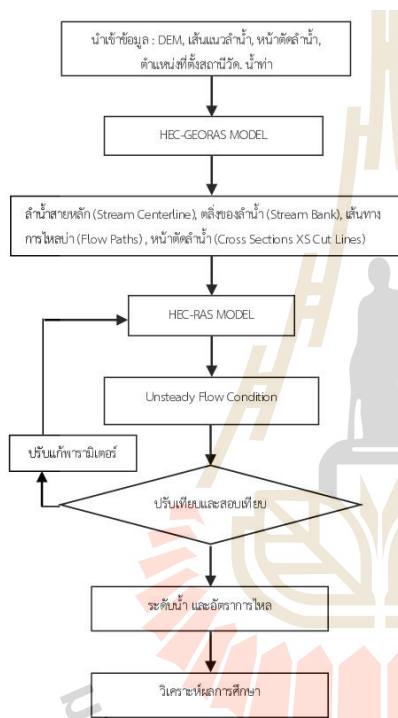
ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการศึกษา ดังแสดงใน
รูปที่ 1 และ รูปที่ 2

2.3 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

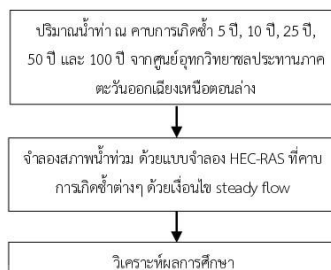
2.3.1 ข้อมูลอุทกวิทยา

ข้อมูลอุทกวิทยา ประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่า
รายวัน และระดับน้ำของสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำ
ของกรมชลประทาน โดยสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ใน
การศึกษานี้ ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า M.38C อ.สีคิ้ว

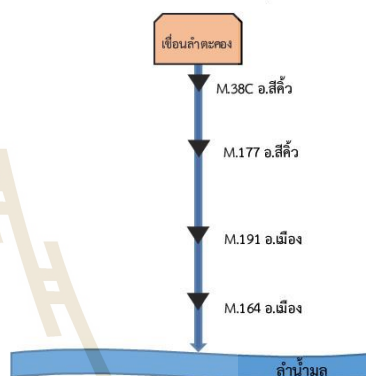
จ.นครราชสีมา สถานี M.177 อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา M.191 อ.เมือง จ.นครราชสีมา และสถานี M.164 อ.เมือง จ.นครราชสีมา ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ทั้งนี้ ปริมาณน้ำท่ารายวันจากสถานี M.38C, M.177 และ M.164 เป็นปริมาณน้ำเข้าในแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่ารายวันจากสถานี M.191 เป็นปริมาณน้ำท่า สำหรับการเปรียบเทียบและการสอบเทียบ



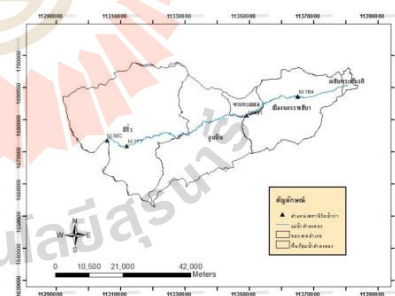
รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 2 ขั้นตอนการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ



รูปที่ 3 แผนผังลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง



รูปที่ 4 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง

2.3.2 รูปตัดลำน้ำ

รวบรวมข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ จากการสำรวจโดยกรมชลประทาน และภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.3 ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

รวบรวมข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขหรือ Digital Elevation (DEM) มีความละเอียดของขนาดกริดเซลล์ 5x5 เมตร จากข้อมูลของกรมแผนที่ทหาร เพื่อใช้ในการบอกลักษณะของพื้นผิวในลุ่มน้ำ

2.3.4 ข้อมูลด้านการใช้ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้อมูลประกอบการเลือกสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวของแมนนิ่งในลำน้ำ เพื่อใช้ในการพิจารณาขอบเขตและความละเอียดในการจัดทำแบบจำลอง

2.3.5 ข้อมูลสภาพปัญหาอุทกภัย

สภาพปัญหาอุทกภัยเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดขอบเขต และรายละเอียดในการจัดทำแบบจำลอง

2.4 แบบจำลอง HEC-GeoRAS

แบบจำลอง HEC-GeoRAS เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยหน่วยงาน Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering [7] เป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ลำน้ำสายหลัก (Stream Centerline), ตลิ่งของลำน้ำ (Stream Bank), เส้นทางการไหลป่า (Flow Paths), หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections XS Cut Lines) เพื่อนำข้อมูลเข้าในแบบจำลอง HEC-RAS และแบบจำลอง HEC-GeoRAS ยังสามารถนำข้อมูลที่ส่งออกจากแบบจำลอง HEC-RAS มาวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์จัดทำแผนที่ การคำนวณความเสียหายจากน้ำท่วม การพื้นที่ตัวทางระบบนิเวศน์ และการเตือนภัยและป้องกันน้ำท่วมได้

2.5 แบบจำลอง HEC-RAS

สำหรับการศึกษาเพื่อประเมินสภาพน้ำท่วมในแม่น้ำลำตะคองได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย Hydraulics Engineering Center US Army Corps of Engineer [8], [9], [10] ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์งานด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (one-dimensional) และ 2 มิติ (two-dimensional) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำระหว่างรูปตัดได้ และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบใต้วิกฤต (subcritical flow) และเหนือวิกฤต (supercritical flow) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น

ลักษณะของปฏิสัมพันธ์ในสองมิติระหว่างการไหลในทางน้ำหลักและที่ราบน้ำท่วม เมื่อน้ำในลำน้ำท่วมสูงขึ้นจนเกินระดับของตลิ่ง ส่งผลให้น้ำที่เอ่อล้นไหลออกจากลำน้ำไปทางด้านข้างขยายตัวเข้าท่วมพื้นที่ที่ราบน้ำท่วมและไหลเข้าพื้นที่แก้มลิง (storage area) ขณะที่ความลึกของการไหลเพิ่มขึ้น พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงจะสั้นกว่าระยะทางในการไหลของทางน้ำหลักมาก และเมื่อความลึกของการไหลลดลง น้ำจากพื้นที่นอกตลิ่งจะไหลกลับเข้าไปยังทางน้ำหลัก ทำให้ระดับน้ำของการไหลในทางน้ำหลักเพิ่มปริมาณสูงขึ้นอีกครั้งเนื่องจากการไหลหลากของปริมาณที่ท่วมตลิ่งเป็นการไหลออกด้านข้างสองฝั่งลำน้ำเข้าท่วมพื้นที่ที่ราบน้ำท่วม ซึ่งมีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการไหลในลำน้ำ ทำให้สามารถประมาณการไหลหนึ่งมิติแทนการไหลสองมิติได้ โดยการกำหนดให้การไหลในทางน้ำหลักสามารถแลกเปลี่ยนน้ำกับที่ราบน้ำท่วมได้

ดังนั้น ในการศึกษาได้วิเคราะห์เฉพาะการไหลในหนึ่งมิติ (one-dimension) โดยการจำลองในรูปแบบการไหลแบบคงที่ (steady flow) เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ และการจำลองใน

รูปแบบการไหลไม่คงที่ (unsteady flow) เพื่อเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง โดยมีหลักการดังนี้

2.5.1 การจำลองในรูปแบบการไหลคงที่ (steady flow)

การจำลองการไหลคงที่เป็นการคำนวณโปรไฟล์ของผิวน้ำในแต่ละหน้าตัดการไหล จะคำนวณจากสมการพลังงาน (Energy Equation) [11], [12] ดังสมการที่ (1)

$$z_2 + \gamma_2 + \frac{v_2^2}{2g} = z_1 + \gamma_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

เมื่อ

γ = ความลึกที่หน้าตัดที่พิจารณา

z = ระดับของท้องน้ำที่หน้าตัดที่พิจารณา

v = ความเร็วการไหลของน้ำเฉลี่ย

a = สัมประสิทธิ์น้ำหนักรวมของความเร็ว

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h_e = พลังงานความสูญเสียหัวน้ำ (energy head loss)

2.5.2 การจำลองในรูปแบบการไหลไม่คงที่ (unsteady flow)

การจำลองการไม่คงที่ที่สามารถแสดงในรูปของสมการ partial differential ประกอบด้วย 2 สมการ ได้แก่ สมการต่อเนื่อง (continuity equation) ดังสมการที่ (2) และหลักการอนุรักษ์โมเมนตัม (principle of conservation of momentum) [11], [12]

ดังสมการที่ (3)

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_L = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Qv}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (3)$$

เมื่อ

A_T = พื้นที่การไหลรวมทั้งหมดเกิดจากผลรวมของ

พื้นที่ประสิทธิผล A (ตร.ม.)

Q = อัตราอัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

q_L = การไหลด้านข้าง (lateral flow) ต่อหนึ่งหน่วย

ความยาว

v = ความเร็วการไหลของน้ำ (m/s)

z = ความลึกของน้ำวัดจากผิวน้ำถึงระดับอ้างอิง

(เมตร)

S_f = ความลาดชันของแรงเสียดทาน (friction slope)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s²)

x = ระยะทางวัดจากจุดเริ่มต้นของลำน้ำด้านเหนือน้ำ

ไปถึงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณา (เมตร)

t = เวลา (วินาที)

2.6 การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง เป็นการศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับแบบจำลอง และตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลจริง โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) ซึ่งแสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลในทางน้ำเปิด

จากการพิจารณาข้อมูลได้เลือกช่วงปีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2554 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 มาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง และพิจารณาข้อมูลได้เลือกช่วงปีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 มาใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง โดยการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ด้วยข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.38C อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา สถานี M.177 อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา และสถานี M.164 อ.เมือง จ.นครราชสีมา เป็นข้อมูลน้ำเข้าในแบบจำลอง และข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.191 อ.เมือง จ.นครราชสีมา เป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบและการสอบเทียบ

การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจะใช้ค่าทางสถิติมาพิจารณา

ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ Coefficient of Determination (R²) และ ค่า Nash- Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) [13] ดังสมการที่ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c) * (Q_{oi} - \bar{Q}_o)}{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 + \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \right]^{0.5}} \right\} \quad (4)$$

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2} \quad (5)$$

เมื่อ

Q_o = ค่าปริมาณน้ำที่ตรวจวัดจริงที่เวลาใด ๆ

Q_c = ค่าปริมาณน้ำที่ทำได้จากแบบจำลองที่เวลาใด ๆ

\bar{Q}_c = ค่าปริมาณน้ำที่ตรวจวัดจริงเฉลี่ยที่เวลาใด ๆ

\bar{Q}_o = ค่าปริมาณน้ำที่ทำได้จากแบบจำลองเฉลี่ยที่เวลาใด ๆ

N = จำนวนข้อมูลน้ำทำที่พิจารณาความคลาดเคลื่อน

ค่า R² และ NSE ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่า ปริมาณน้ำที่ทำได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณ มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคตรงกัน แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าปริมาณน้ำที่ทำได้จากแบบตรวจวัดและการคำนวณ มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกัน

2.7 การประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

การประเมินพื้นที่น้ำท่วมจากการเอ้อลันตลิ่งของ น้ำท่าในลำตะคอง ด้วยข้อมูลน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี ในการศึกษาได้นำผลการศึกษาข้อมูลน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี จากศูนย์อุทกวิทยา ชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่ง ปริมาณน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำดังกล่าวข้างต้นคำนวณ จากหลักการของทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution) โดยการวิเคราะห์จากข้อมูล ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี ณ สถานีวัดน้ำท่า M.38C (พ.ศ.2505-พ.ศ.2559) สถานีวัดน้ำท่า M.177 (พ.ศ.

2545-พ.ศ.2559) สถานีวัดน้ำท่า M.191 (พ.ศ.2554- พ.ศ.2559) และสถานีวัดน้ำท่า M.164 (พ.ศ.2550-พ.ศ. 2559) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี (ลบ.ม./วินาที)

รายการกักน้ำ	5 (ปี)	10 (ปี)	25 (ปี)	50 (ปี)	100 (ปี)
M.38C	70.1	94.53	125.39	148.29	171
M.177	60.7	77.2	98.1	113.5	128.9
M.191	39.6	53.9	72	85	98
M.164	87.8	117.4	154.74	182.5	210

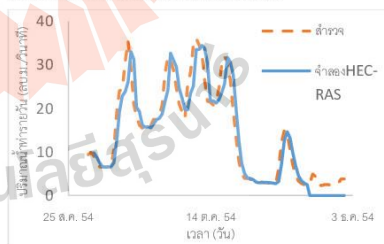
ที่มา <http://hydro-4.com/4/runoffdata/runoff.htm>

3. ผลการวิจัย

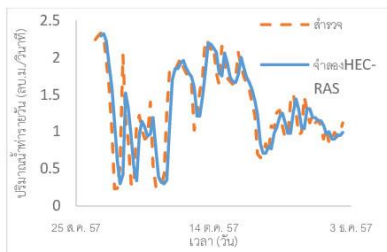
3.1 ผลการเปรียบเทียบ และสอบเทียบแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง ณ สถานี M.191 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) ที่ตลิ่งทั้งสองข้างและท้องน้ำมีค่าเท่ากับ 0.0415

ผลการเปรียบเทียบ มีค่า R² เท่ากับ 0.860 และค่า NSE เท่ากับ 0.850 (ดังแสดงในรูปที่ 5) สำหรับผลการ สอบเทียบ มีค่า R² เท่ากับ 0.645 และค่า NSE เท่ากับ 0.626 (ดังแสดงในรูปที่ 6) ซึ่งมีค่าเข้า 1 แสดงถึง ปริมาณน้ำที่ทำได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณ มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคตรงกัน ดังนั้น แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความน่าเชื่อถือ



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC RAS



รูปที่ 6 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง HEC RAS

3.2 ศักยภาพการระบายน้ำในแม่น้ำลำตะคอง

ศักยภาพการระบายน้ำสูงสุดของแม่น้ำลำตะคองในแต่ละหน้าตัดการไหล ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ในช่วง 33.38 ถึง 37.74 ลบ.ม./วินาที และค่าระดับน้ำสูงสุด 177.94 ถึง 246.07 ม.รทก. โดยอัตราการไหลในช่วงต้นแม่น้ำจะมีค่าสูง และจะค่อยๆ ลดลงในช่วงปลายแม่น้ำลำตะคอง

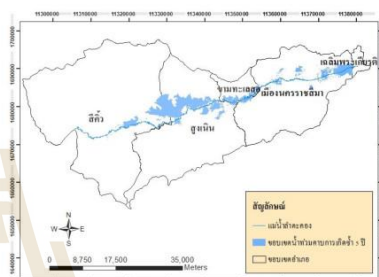
ตารางที่ 2 ศักยภาพการระบายน้ำในแม่น้ำลำตะคอง

กิโลเมตร*	ตำบล	อำเภอ	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก)
134916.9	คลองไผ่	สีคิ้ว	37.74	246.07
124000	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	37.52	239.76
102033.8	สีคิ้ว	สีคิ้ว	36.10	224.74
94289.05	มิตรภาพ	สีคิ้ว	35.94	219.90
86000.01	กุศน้อย	สีคิ้ว	35.74	215.24
70000	บุ่งชีเหล็ก	สูงเนิน	35.45	204.01
54000	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	34.59	194.86
48330.23	โคกกรวด	เมือง	34.50	193.98
38007.27	โคกกรวด	เมือง	34.06	188.90
17747.12	ในเมือง	เมือง	33.38	177.94

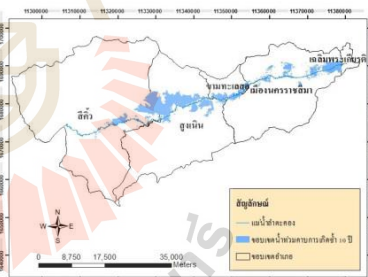
* กิโลเมตรที่ศูนย์อยู่ที่ ต.พระยาธาตุ อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.นครราชสีมา

3.3 พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ

จากการจำลองสภาพน้ำท่วม ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ พบว่า ขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 107.928, 120.596, 133.299, 140.726 และ 147.878 ตร.กม. ตามลำดับ ครอบคลุม 35 ตำบล ใน 5 อำเภอที่แม่น้ำลำตะคองไหลผ่าน ดังแสดงผลในตารางที่ 3 และดังแสดงในรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 11



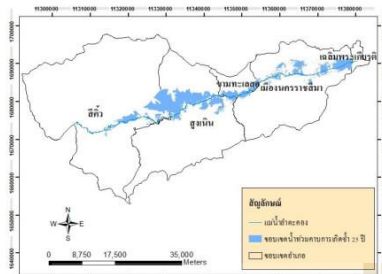
รูปที่ 7 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี



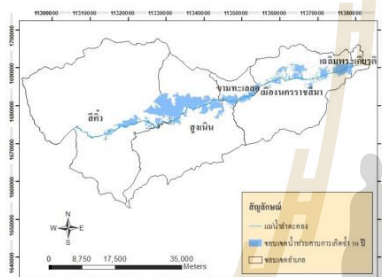
รูปที่ 8 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี

ตารางที่ 3 พื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี

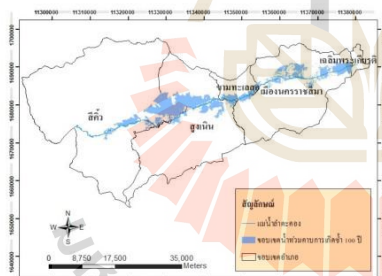
ดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ				
				5 ปี (ตร.กม.)	10 ปี (ตร.กม.)	25 ปี (ตร.กม.)	50 ปี (ตร.กม.)	100 ปี (ตร.กม.)
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.308	2.71	4.363	5.521	6.468
2	หนองจบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.003	0.038	0.337	0.696	1.093
3	มะเริง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.497	0.536	0.551	0.571	0.637
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.549	0.555	0.563	0.567	0.573
5	ปทุมใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.587	2.161	3.078	3.672	4.462
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.587	1.167	1.855	2.219	2.467
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.513	0.591	0.764	1.027	1.172
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.029	0.052	0.105	0.127	0.137
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.842	1.153	1.346	1.422	1.482
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	6.935	7.003	7.04	7.044	7.087
11	จอหอ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0	0	0	0.003	0.004
12	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.884	1.929	1.978	2.128	2.172
13	สีม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.92	1.306	1.608	1.777	1.896
14	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	5.575	5.96	5.984	5.698	6.754
15	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.463	2.509	2.543	2.561	2.616
16	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.717	2.857	3.61	4.192	4.674
17	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	5.384	6.181	7.012	7.548	7.759
18	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.223	18.679	18.863	18.911	18.879
19	โคราข	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.694	2.802	2.902	2.963	3.017
20	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	11.738	12.348	12.643	12.794	12.923
21	โนนคำ	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.666	2.74	2.82	2.862	2.899
22	โค้งยาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.834	4.505	4.985	4.969	5
23	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.334	2.185	2.42	2.482	2.432
24	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.007	0.013	0.055	0.125	0.158
25	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.493	1.653	1.942	1.833	1.822
26	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.082	3.507	3.759	3.916	4.046
27	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	5.124	5.571	5.792	6.148	6.243
28	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	3.7	4.048	4.377	4.435	4.488
29	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	6.613	7.667	9.154	10.225	11.104
30	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.159	0.17	0.173	0.173	0.173
31	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	1.773	2.577	4.23	4.9	5.424
32	กุดน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	13.949	14.439	14.927	15.119	15.263
33	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.287	0.492	0.982	1.515	1.927
34	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.15	0.183	0.229	0.274	0.318
35	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309
รวมพื้นที่น้ำท่วม				107.928	120.596	133.299	140.726	147.878



รูปที่ 9 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี



รูปที่ 10 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี



รูปที่ 11 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี

4. สรุปผล

4.1 การศึกษานี้ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง และได้ศึกษาถึงความถูกต้องของ

แบบจำลองก่อนที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา โดยการเปรียบเทียบ และสอบเทียบแบบจำลอง จนได้ค่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ ทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในทางสถิติ จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมและความถูกต้องในการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง และน่าจะสามารถนำไปประยุกต์ในพื้นที่อื่นได้

4.2 การวิเคราะห์หาค่าภัยพิบัติการระบายน้ำในแม่น้ำลำตะคองมีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 35.50 ลบ.ม./วินาที โดยมีอัตราการไหลสูงสุดในช่วง 33.38 ถึง 37.74 ลบ.ม./วินาที และค่าระดับน้ำสูงสุด 177.94 ถึง 246.07 ม.รทก. โดยค่าศักยภาพการระบายน้ำช่วยในการพิจารณาการเผื่อระวังและการป้องกันน้ำท่วมได้ โดยอัตราการไหลและค่าระดับน้ำไม่ควรเกินค่าที่ลำตะคองในแต่ละหน้าตัดลำน้ำจะสามารถรับได้ นอกจากนี้ ศักยภาพการระบายน้ำของแม่น้ำยังช่วยในด้านการบริหารจัดการน้ำ โดยทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่สามารถส่งเข้าไปในแต่ละพื้นที่ และสามารถนำมาเป็นข้อมูลในเบื้องต้นเพื่อพิจารณาประกอบการวิเคราะห์การขุดลอกคลอง

4.3 การประเมินพื้นที่น้ำท่วมจากน้ำท่าที่เอ่อล้นตลิ่งจากแม่น้ำลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี สามารถสรุปได้ดังนี้

4.3.1 ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี และ 25 ปี มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบประกอบด้วย อำเภอเมือง นครราชสีมา (จำนวน 15 ตำบล จาก 24 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 62.50) อำเภอสูงเนิน (จำนวน 10 ตำบล จาก 10 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 100) อำเภอขามทะเลสอ (จำนวน 2 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 40) อำเภอสีคิ้ว (จำนวน 6 ตำบล จาก 12 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 50) อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (จำนวน 1 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 20)

4.3.2 ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี และ 100 ปี มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบประกอบด้วย อำเภอเมือง นครราชสีมา (จำนวน 16 ตำบล จาก 24 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 66.67) อำเภอสูงเนิน (จำนวน 10 ตำบล จาก 10 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 100) อำเภอขามทะเลสอ (จำนวน 2 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 40) อำเภอสีคิ้ว (จำนวน 6 ตำบล จาก 12 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 50) อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (จำนวน 1 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 20)

4.4 ในการบริหารจัดการน้ำในแม่น้ำลำตะคองควรพิจารณามาตรการป้องกันน้ำท่วมที่สามารถผันน้ำออกจากพื้นที่เศรษฐกิจ นอกจากนี้ ควรพิจารณาการปรับปรุงแม่น้ำลำตะคองให้มีความจุเพิ่มขึ้น เพื่อพร้อมรับมือกับสถานการณ์การเกิดอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนและการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งนี้ ขอขอบคุณกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Maskong and C. Jothityangkoon, "Flood mapping for the municipality of Nakhon Ratchasima," in The 18th National Convention on Civil Engineering, Changmai, Thailand, 2013. (in Thai)
- [2] P. Teekabunya and P. Kosa, "Flooding Simulation using MIKE FLOOD Model A Case Study : Lam Taklong River Basin," Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok, vol. 8, no. 2, pp. 182-193, 2017. (in Thai)
- [3] T. Phongchan and U. Seeboonruang, "Feasibility Study of Flooding Mitigation by Physical River Modification : Case Study of Yom River, Sukhothai Province," in The 23th National Convention on Civil Engineering, Nakhon Nayok, Thailand, 2018. (in Thai)
- [4] S. Chuenchooklin, "River Analysis Simulation Model of Main River and Diversion Channel Planning for Flood Delineation: Case Study for Pasak River, Phetchabun Province," Naresuan University Engineering Journal, vol. 1, no. 1, pp. 9-18, 2017. (in Thai)
- [5] S. Keawlamoon and V. Plermkamon, "DEM data verification of the Huai Sai Bat Basin by HEC- GeoRAS," in The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering, Chiang Mai, Thailand, 2012. (in Thai)
- [6] Royal Irrigation Department, "Water management in Lam Takong River Basin with efficiency and effectiveness," Strategy of Regional Irrigation Office 8 Nakhon Ratchasima, Thailand, 2015. (in Thai)
- [7] US Army Corp of Engineers, HEC-GeoRAS GIS Tool for Support of HEC-RAS using ArcGIS, User's Manual Version 4.3, 2011.
- [8] US Army Corp of Engineers, HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1, 2010.

- [9] US Army Corp of Engineers, HEC-RAS River Analysis System, Application Guide Version 4.1, 2010.
- [10] US Army Corp of Engineers, HEC-RAS River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4, 2010.
- [11] V. T. Chow, D. R. Maidment and L. W. Mays, Applied hydrology, New York: McGraw-Hill, 1988.
- [12] V. T. Chow, Open-channel hydraulics, New York: McGraw-Hill, 1959.
- [13] P. Sangthong and P. Kosa, "Estimation of Streamflow using SWAT: A Case Study of Upper Lam Phoeng River Basin," Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok, vol. 5, no. 2, pp. 165-176, 2017. (in Thai)



การจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และ MIKE FLOOD

The Simulation of Flooding Area using HEC-RAS and MIKE FLOOD

ปริยาพร โภษา¹ ปวีณา จันทร์ลา² ธนัช สุขวิมลเสรี³ และ ภาณุพงษ์ ที่มบุญญา⁴

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา
²นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา
³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
⁴วิศวกรชลประทาน สำนักงานชลประทานที่ 8 กรมชลประทาน จ.นครราชสีมา

*Corresponding author; E-mail address: kosa@su.ac.th

บทคัดย่อ

จังหวัดนครราชสีมา มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาของชุมชนเมืองเพิ่มมากขึ้น การพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจึงมีความสำคัญ เพื่อให้สามารถป้องกันความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี และ 100 ปี และเพื่อแสดงข้อดีและข้อด้อยสำหรับแต่ละแบบจำลอง จากการศึกษพบว่า แบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 135.31 ตร.กม. และ 206.38 ตร.กม. ตามลำดับ แบบจำลอง HEC-RAS แสดงพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 133.30 ตร.กม. และ 147.88 ตร.กม. ตามลำดับ โดยแบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมที่มากกว่า เนื่องจากแบบจำลอง MIKE FLOOD พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากทั้งการหลากด้านข้างที่เกิดจากน้ำฝนและพิจารณาการล้นตลิ่งจากการไหลในลำน้ำ แต่แบบจำลอง HEC RAS พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากการล้นตลิ่งจากลำน้ำ และผลการศึกษการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน ขึ้นกับการใช้งาน ความเหมาะสมของข้อมูล และการแสดงผลคำนวณ

คำสำคัญ : ลุ่มน้ำลำตะคอง, MIKE FLOOD MODEL, HEC-RAS MODEL

Abstract

Economic growth in Nakhon Ratchasima province tends to increase which results in the expansion of community areas. It is important to concern the flood risk area in the community areas because of protection against damage in a future. The objectives of this study are to determine flood risk areas for return period 25 years and 100 year and to compare the advantages and disadvantages for MIKE FLOOD model and

HEC RAS model. The study area is the Lam Taklong river basin. The results present that for MIKE FLOOD model the flooding areas at the return period of 25 years and 100 years equal to 135.31 km² and 206.38 km², respectively. For HEC RAS model, the flooding area are 133.30 km² and 147.88 km² at return period of 25 years and 100 years, respectively. The flooding areas from MIKE FLOOD are larger than that from HEC RAS because MIKE FLOOD concerns flooding areas from the both of side flow and river flow. HEC RAS considers flooding area from the overflowing banks of river. The advantages and disadvantages for MIKE FLOOD model and HEC RAS model are depend on the input data and output data which are suitable for users.

Keywords: Lam Takong Basin Area, MIKE FLOOD MODEL, HEC-RAS MODEL

1. บทนำ

ในปัจจุบันจังหวัดนครราชสีมา มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นทุกปี จากข้อมูลจากสำนักงานคลังจังหวัดนครราชสีมา ได้ทำการประเมินการขยายตัวทางเศรษฐกิจในปี 2560 ร้อยละ 1.8 และในปี 2561 ร้อยละ 3.0 แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวของเศรษฐกิจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งการขยายตัวของเศรษฐกิจอาจส่งผลให้หลายๆ ด้านของจังหวัด เช่น การพัฒนาของชุมชนเมืองด้านการก่อสร้างบ้านเรือน ทำให้พื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่อย่างจำกัด อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการ ปัญหาที่ควรระวังและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ ประกอบด้วยปัญหาน้ำท่วมและน้ำแล้ง ยังเป็นความเสี่ยงที่ประชากรที่อยู่ในพื้นที่ต้องพร้อมรับมือกับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น

ในปี 2553 เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในจังหวัดนครราชสีมา โดยลุ่มน้ำลำตะคอง ซึ่งมีแม่น้ำลำตะคองไหลผ่านพื้นที่ชุมชนเมืองที่เป็นแหล่งเศรษฐกิจของจังหวัดนครราชสีมา โดยเหตุการณ์น้ำท่วมเกิดจากฝนตก

หนักติดต่อกันหลายวัน ประกอบกับในช่วงเวลาก่อนที่เกิดฝนตกหนักพื้นที่ที่มีความอืดตัวและชุ่มน้ำอยู่แล้ว ด้วยสภาพภูมิประเทศของลำตะคองตอนบนมีความลาดชันมากทำให้เกิดน้ำไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่และความสามารถในการระบายน้ำผ่านเทศบาลเมืองไม่เพียงพอที่จะรองรับน้ำหลาก เพราะมีการก่อสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำในลำตะคองจำนวนมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำลดลงเกิดน้ำท่วมขังภายในพื้นที่ ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ต่อบ้านเรือนประชาชน ระบบขนส่งสาธารณะ [1], [2]

จากเหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2553 ได้มีการนำแบบจำลอง MIKE FLOOD มาจำลองสภาพน้ำท่วมจากการไหลล้นตลิ่งและจากปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถแสดงภาพรวมการเกิดน้ำท่วมในระหว่างวันที่ 14-30 ตุลาคม พ.ศ. 2553 มีระดับน้ำเอ่อล้นตลิ่งสูงสุดเท่ากับ 2.655 เมตร ค่าระดับน้ำต่ำสุดเท่ากับ 0.204 เมตร และค่าระดับน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.129 เมตร ส่งผลให้เกิดขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 206.38 ตร.กม. ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2553 และมีขอบเขตน้ำท่วมต่ำสุดเท่ากับ 50.38 ตร.กม. ณ วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2553 [3]

นอกจากนี้ สำนักงานชลประทานที่ 8 ได้ดำเนินการก่อสร้างอาคารทางชลศาสตร์เพื่อผันน้ำจากลำตะคองลงสู่แก้มลิงบึงพุดซา ซึ่งได้มีการนำแบบจำลอง HEC-RAS มาเปรียบเทียบกับผลทางชลศาสตร์ระหว่างกรณีไม่มีการผันน้ำกับกรณีมีการผันน้ำ พบว่าการผันน้ำสู่แก้มลิงบึงพุดซา สามารถช่วยลดระดับน้ำสูงสุดจากระดับน้ำ +178.78 ม.รทก. เหลือเพียง +177.29 ม.รทก. และช่วยลดช่วงเวลาที่น่าท่วมสั้นลงถึงจากเดิม 12 วัน เหลือ 4 วัน ณ สถานีวัดน้ำท่า M.164 [4]

จากการจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS ได้ทำการจำลองการไหลของน้ำแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) จากผลการศึกษา ในช่วงปี พ.ศ.2550 ถึง 2558 พบว่า สำหรับฤดูฝนมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 6.61 ลบ.ม./วินาที และฤดูแล้งมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 4.97 ลบ.ม./วินาที โดยอัตราการไหลเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่า M.38c, M.177, M.191, และ M.164 เท่ากับ 9.77, 9.14, 3.81, และ 5.11 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ [5]

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี และ 100 ปี ด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC RAS ในลุ่มน้ำลำตะคอง และเพื่อศึกษาข้อดีและข้อด้อยสำหรับแต่ละแบบจำลอง

2. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำมูล มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,310 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 18.52 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดในจังหวัดนครราชสีมา แม่น้ำลำตะคองมีความยาวประมาณ 220 กม. โดยไหลผ่านอำเภอทั้งหมด 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน เทศบาลนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่ลำตะคองบริเวณต้นน้ำจากเขื่อนลำตะคองขึ้นไปทางต้นน้ำไหลผ่านอำเภอปากช่องลงสู่เขื่อนลำตะคอง มีความลาดชันค่อนข้างมาก ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนกลางและตอนล่างไหลผ่านอำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมืองนครราชสีมา และไหลไปบรรจบแม่น้ำมูลที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ มีความลาดชันค่อนข้างน้อย สภาพภูมิอากาศของจังหวัด

นครราชสีมาได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง กับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีอากาศชุ่มชื้นและมีฝนตกชุก โดยแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ในเดือนกันยายนจะมีฝนตกมากที่สุด ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ช่วงที่อากาศร้อนที่สุดอยู่ในเดือนมีนาคม [6]

ทั้งนี้ พื้นที่ศึกษาเริ่มตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคอง ณ สถานีวัดน้ำท่า M.38 ถึงประตูระบายน้ำกั้นแหม อำเภอเฉลิมพระเกียรติ รวมความยาวแม่น้ำลำตะคองเท่ากับ 122.065 กม.

3. วิธีการศึกษา

3.1 แบบจำลอง MIKE FLOOD

แบบจำลอง MIKE FLOOD เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute Water Environment and Health ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งสามารถทำการจำลองการไหลในหนึ่งมิติ (One Dimension) ที่อาศัยข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองเพื่อทำการจำลองสภาพการไหลในลำน้ำที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติด้วยแบบจำลอง MIKE 11 และการจำลองการไหลในสองมิติ (Two Dimension Flow) ที่อาศัยข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Bathymetry) จากข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ด้วยแบบจำลอง MIKE 21 แบบจำลองทั้งสองจะทำการเชื่อมต่อผลของตลิ่งระดับน้ำและอัตราการไหลด้วยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาในแบบจำลอง MIKE FLOOD ในส่วนของขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง [7], [8], [9]

3.1.1 แบบจำลอง MIKE 11

แบบจำลอง MIKE 11 เป็นแบบจำลองที่ใช้ทำการจำลองลักษณะการไหลของน้ำที่เป็นการไหลในทิศทางเดียว คือ การไหลของน้ำในหนึ่งมิติ และมีลักษณะการไหลที่ไม่คงที่ตามเวลา (Unsteady Flow) การจำลองประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง คือ ทั้งพื้นที่ขนาดเล็กและพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ประกอบกันหลายพื้นที่ รวมทั้งลำน้ำสาขาที่มีความซับซ้อนได้ โดยกระบวนการนำฝน-น้ำท่าของแบบจำลอง เริ่มจากฝนที่ตกลงมาสะสมในชั้นพื้นผิว เมื่อมีการสะสมของปริมาณน้ำฝนเป็นจำนวนมาก น้ำฝนจะไหลออกไปเป็นน้ำท่า ซึ่งน้ำท่าบางส่วนจะซึมลงไปในชั้น Lower Zone และบางส่วนจะเหวี่ยงกลับไปในบรรยากาศ น้ำที่อยู่ในชั้น Lower Zone บางส่วนจะซึมกลับไปที่ชั้นพื้นผิว และบางส่วนซึมลึกลงไปยังน้ำใต้ดิน ในส่วนของน้ำที่อยู่ใต้ดินจะถูกสูบออกไปใช้ในกิจกรรมของมนุษย์ และไหลกลับไปเป็นน้ำท่า ดังนั้นน้ำท่าที่ได้จากการไหลชั้นพื้นผิว และน้ำใต้ดินจะเป็นน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณ ดังรูปที่ 1

- แบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module, HD) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำนวณการไหลที่ไม่คงที่หรือเปลี่ยนแปลงตามเวลา เพื่อจำลองสภาพการไหลตามธรรมชาติ โดยมีสมการพื้นฐาน 2 สมการ ได้แก่ สมการต่อเนื่อง (Continuity equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum equation) โดยใช้วิธีการ Implicit Finite Difference ในการแก้ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ (1) และ (2) ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \tag{1}$$

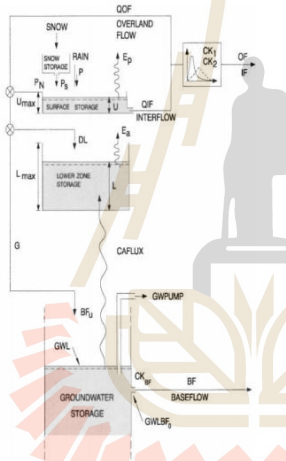
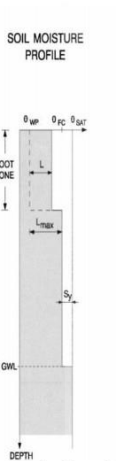
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{n^2 g Q |Q|}{A R^{4/3}} = 0 \tag{2}$$

- เมื่อ
- Q คือ อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)
- A คือ พื้นที่หน้าตัดขวางการไหล (ตร.ม.)
- q คือ ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (ลบ.ม./วินาที)
- H คือ ระดับน้ำเหนือระดับอ้างอิง (ม.)
- X คือ ระยะทาง (ม.)
- t คือ เวลา (วินาที)
- n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ (Manning coefficient)
- R คือ รัศมีชลศาสตร์ (ม.)
- g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที²)
- α คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของโมเมนต์

$$-\frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial (h r_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial (h r_{yx})}{\partial y} \right] - \Omega_x - rV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial (p_{\alpha})}{\partial x} = 0 \tag{4}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial y} + gA \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gQ |Q|}{A R^{4/3}} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial (h r_{xy})}{\partial y} + \frac{\partial (h r_{yx})}{\partial x} \right] - \Omega_x - rV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial (p_{\alpha})}{\partial y} = 0 \tag{5}$$

- เมื่อ
- $\zeta(x, y, t)$ คือ ระดับผิวน้ำเหนือระดับอ้างอิง (ม.)
- $d(x, y, t)$ คือ ความลึกน้ำที่แปรผันตามเวลา (ม.)
- $h(x, y, t)$ คือ ความลึกน้ำ (เท่ากับ $\zeta-d$, ม.)
- $p(x, y, t)$ และ $q(x, y, t)$ คือ ความหนาแน่นของการไหลในทิศทางแกน x และ y (ลบ.ม./วินาที.ม.)
- $C(x, y)$ คือ ความต้านทานของ Chezy (ม.^{1/2}/วินาที)
- g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที²)
- $V, V_x, V_y(x, y, t)$ คือ ความเร็วรวม และความเร็วในทิศทางแกน x และ y (ม./วินาที)
- $f(x, y)$ คือ ความผิดพลาดเนื่องจากลม (dimensionless)
- $\Omega(x, y)$ คือ สัมประสิทธิ์ Coriolis (วินาที⁻¹)
- $p_{\alpha}(x, y, t)$ คือ ความดันอากาศ (กก./ม.วินาที²)
- ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กก./ม.วินาที³)
- x, y คือ ระยะพิกัด (ม.)
- t คือ ช่วงเวลา (วินาที)
- r_{xx}, r_{xy}, r_{yy} คือ แรงเฉือนประสิทธิผลในทิศทาง x และ y (นิวตัน/ม.วินาที²)



รูปที่ 1 โครงสร้างของแบบจำลอง MIKE 11-NAM

3.1.2 แบบจำลอง MIKE 21

แบบจำลอง MIKE 21 เป็นแบบจำลองที่จำลองสภาพการไหลแบบอิสระในสองมิติ โดยมีแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Finite difference) ของสมการต่อเนื่อง (Continuity equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum equation) เพื่อคำนวณการไหลของน้ำใน 2 ทิศทาง ดังสมการที่ (3)-(5) ดังนี้

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \tag{3}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{p^2}{A} \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(\frac{q^2}{A} \right)}{\partial y} + gA \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gQ |Q|}{A R^{4/3}} = 0$$

3.2 แบบจำลอง HEC-RAS

แบบจำลอง HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย Hydraulics Engineering Center US Army Corps of Engineer ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์งานด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (one-dimensional) และ 2 มิติ (two-dimensional) สามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำระหว่างรูปตัดได้ และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบได้วิกฤต (subcritical depth) และเหนือวิกฤต (supercritical depth) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น ในปัจจุบันมีความสามารถในการวิเคราะห์ได้ 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การคำนวณการไหลแบบคงที่ตามเวลา (steady flow) การคำนวณการไหลแบบไม่คงที่ตามเวลา (unsteady flow) การคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอน และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ [10], [11], [12], [13], [14]

แบบจำลอง HEC-RAS มีแบบจำลองย่อยชื่อแบบจำลอง HEC-GeoRAS เป็นแบบจำลองช่วยการนำเข้าข้อมูล โดยแบบจำลองนี้สามารถสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ลำน้ำสายหลัก (Stream Centerline), ดิ่งของลำน้ำ (Stream Bank), เส้นทางการไหลบ่า (Flow Paths), หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections XS Cut Lines) ได้

และยังสามารถนำข้อมูลที่ส่งออกจากแบบจำลอง HEC-RAS มาวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์จัดทำแผนที่การคำนวณความเสี่ยงภัยจากน้ำท่วม การฟื้นตัวทางระบบนิเวศน์ และการเตือนภัยและป้องกันภัยน้ำท่วมได้

3.2.1. การไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow)

สำหรับการจำลองในรูปแบบการไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow) ใช้หลักการคำนวณในรูปของสมการ partial differential ประกอบด้วยสมการต่อเนื่อง (continuity equation) และอนุกรมโมเมนตัม (principle of conservation of momentum) ทั้ง 2 สมการรวมกันเรียกว่า สมการเซนต์-เวแนนต์ (Saint-venant equations) [15], [16] แสดงในรูปแบบของฟังก์ชันของเวลาและระยะทาง ดังสมการที่ (6) และ (7) ดังนี้

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_i = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (7)$$

เมื่อ

A_T = พื้นที่การไหลรวมทั้งหมดที่เกิดจากผลรวมของพื้นที่

ประสิทธิผล A (ตร.ม.)

Q = อัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

q_i = การไหลด้านข้าง (Lateral Flow) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว

V = ความเร็วการไหลของน้ำ (m/s)

z = ความลึกของน้ำวัดจากผิวน้ำถึงระดับอ้างอิง (เมตร)

S_f = ความลาดชันของแรงเสียดทาน (friction slope)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที²)

x = ระยะทางวัดจากจุดเริ่มต้นของลำน้ำด้านเหนือน้ำไปถึงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณา (เมตร)

t = เวลา (วินาที)

3.2.2. การไหลแบบคงที่ (Steady flow)

การจำลองการไหลคงที่เป็นการคำนวณโปรไฟล์ของผิวน้ำในแต่ละหน้าตัดการไหล สามารถคำนวณจากสมการพลังงาน (Energy Equation) ดังสมการที่ (8)

$$Z_2 + V_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (8)$$

เมื่อ

Y = ความลึกที่หน้าตัดที่พิจารณา

Z = ระดับของท้องน้ำที่หน้าตัดที่พิจารณา

V = ความเร็วการไหลของน้ำเฉลี่ย

a = สัมประสิทธิ์หน้าหนกของความเร็ว

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h_e = พลังงานความสูญเสียหัวน้ำ (energy head loss)

3.3 ขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลอง MIKE FLOOD

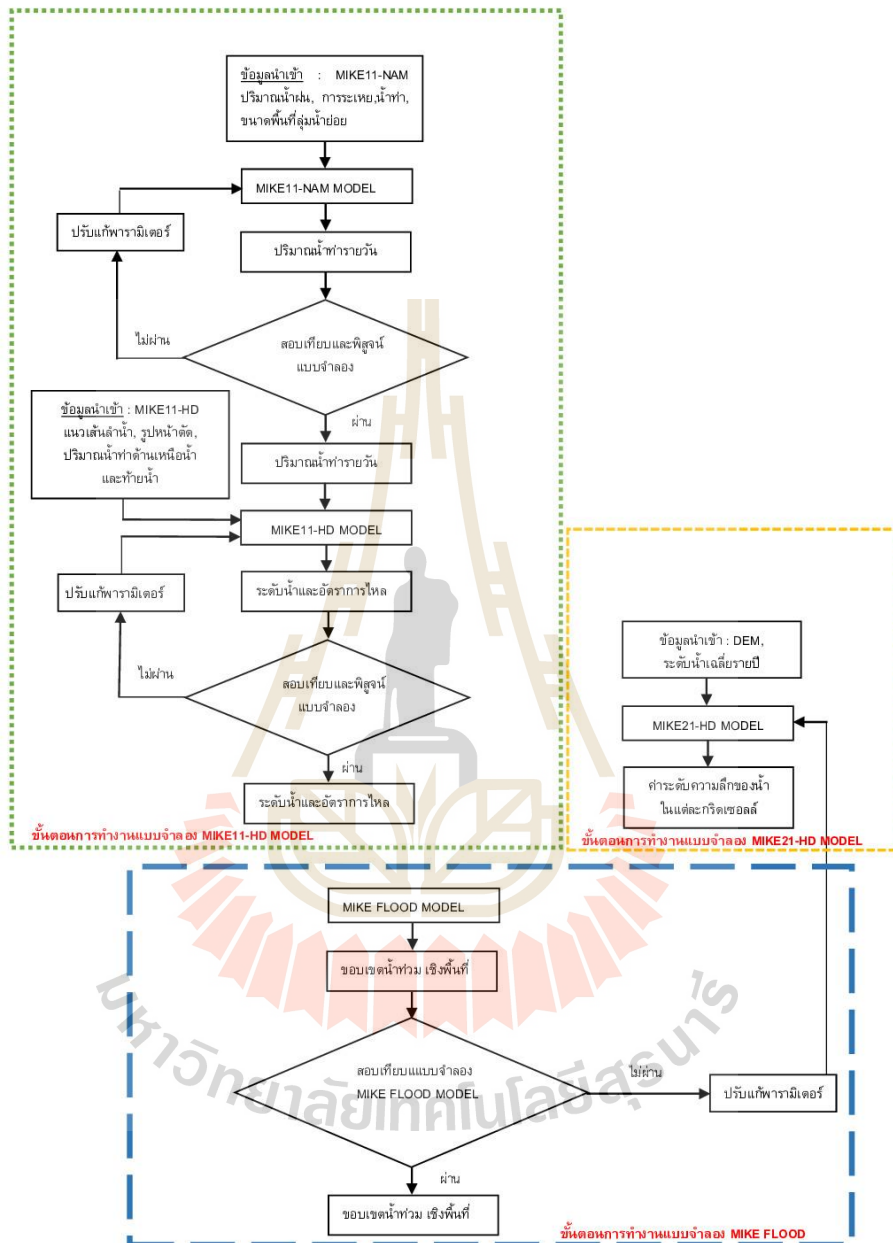
การสร้างแผนที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง MIKE FLOOD ที่มีการผสมผสานแบบจำลองการไหลของน้ำในหนึ่งมิติ และสองมิติ จากข้อมูลหน้าตัดลำน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11-HD พร้อมทั้งจำลองสภาพน้ำท่า ที่เกิดขึ้นจากน้ำฝนด้วยแบบจำลอง MIKE11-NAM และแบบจำลอง MIKE21-HD ที่จำลองสภาพการไหลของพื้นที่น้ำท่วม โดยมีขั้นตอนการศึกษา และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2

- แบบจำลอง MIKE11-HD เป็นแบบจำลองที่ทำงานร่วมกับแบบจำลอง MIKE11-NAM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ทำการจำลองน้ำฝน โดยการนำข้อมูล ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนใกล้เคียงจำนวน 6 สถานี และทำการหาค่าฝนเฉลี่ยโดยวิธี Thiessen เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำย่อย, ข้อมูลการระเหย, ข้อมูลน้ำท่ารายวันและข้อมูลระดับน้ำที่สถานี M.38C M.177 M.191 M.164, ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ทำการปรับแก้พารามิเตอร์ต่างๆ ให้เหมาะสม และสอดคล้องกับพื้นที่จริงในแต่ละลุ่มน้ำย่อย การสอบเทียบและพิสูจน์แบบจำลอง ใช้หลักการทางสถิติทางจรรยา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R²) และค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) และค่าสมดุลของน้ำท่าสะสม (Water balance, WBL) ผลที่ได้จากแบบจำลอง MIKE11-NAM คือปริมาณน้ำท่ารายวัน แล้วทำการนำเข้าในแบบจำลอง MIKE11-HD

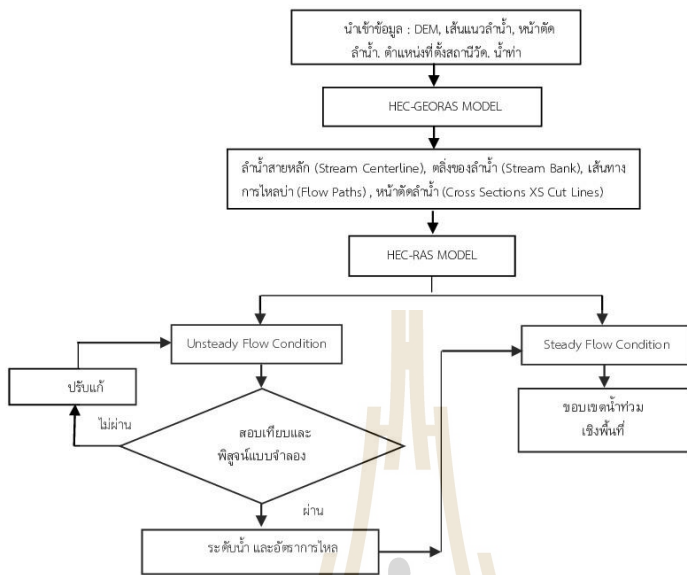
ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง MIKE11-HD ได้แก่ แนวเส้นลำน้ำลำตะคอง และแนวเส้นลำน้ำลำบริบูรณ์, รูปหน้าตัดแม่น้ำลำตะคองจำนวน 34 รูปตัด และรูปตัดแม่น้ำลำบริบูรณ์ 15 รูปตัด, ปริมาณน้ำท่าด้านเหนือน้ำ และท้ายน้ำ ทำการกำหนดขอบเขตของแบบจำลอง โดยการกำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำ และขอบเขตท้ายน้ำ แล้วทำการสอบเทียบและพิสูจน์แบบจำลอง พารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง คือค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning n ที่แสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด โดยการนำเอาค่าพารามิเตอร์มาใช้ในการจำลองผลอีกครั้งแล้วทำการเปรียบเทียบผลของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีวัดน้ำท่าบ้านกึ่งไว้

- แบบจำลอง MIKE21-HD เป็นแบบจำลองที่จำลองสภาพการไหลของน้ำในสองมิติ โดยการนำเข้าข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลแผนที่ความสูงเชิงเลข (DEM) ใช้สำหรับจำลองสภาพพื้นที่น้ำท่วมในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองขนาดความละเอียด 5x5 เมตร นำมา Resample เป็นขนาดความละเอียดที่ 250x250 เมตร และข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยรายปีที่ได้จากสถานีวัดน้ำท่าใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในแบบจำลอง ผลที่ได้จากแบบจำลอง คือ ค่าระดับน้ำและอัตราการไหลในแต่ละกริดเซลล์

-แบบจำลอง MIKE FLOOD เป็นแบบจำลองที่ทำการเชื่อมต่อข้อมูลจากแบบจำลอง MIKE11-HD และแบบจำลอง MIKE21-HD เพื่อนำผลที่ได้จาก 2 แบบจำลองมาสร้างขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำลำตะคอง



รูปที่ 2 ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลอง MIKE FLOOD



รูปที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลอง HEC-RAS

3.2.2 ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลอง HEC-RAS

แบบจำลอง HEC-RAS จะมีแบบจำลอง HEC-GEORAS ที่การนำเข้าข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลแผนที่ความสูงเชิงเลข (DEM), แนวเส้นลำนํ้าลํ้าตะคอง, รูปหน้าตัดแม่น้ำลํ้าตะคองจำนวน 34 รูปตัด, ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า ณ สถานี M.38C M.177 M.191 M.164 เพื่อสร้างข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง HEC-RAS ได้แก่ ลํ้านํ้าสายหลัก (Stream Centerline), ดิ่งของลํ้านํ้า (Stream Bank), เส้นทางการไหลบ่า (Flow Paths), หน้าตัดลํ้านํ้า (Cross Sections XS Cut Lines) และแบบจำลอง HEC-RAS จะนำเข้าข้อมูลนํ้าท่าเพื่อวิเคราะห์การไหลแบบไม่คงที่ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ใช้หลักการทางสถิติมาพิจารณา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R²) ค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) และค่า Volume Ratio เช่นเดียวกับแบบจำลอง MIKE FLOOD พหาวามีเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง คือค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning เมื่อทำการปรับแก้พหาวามีเตอร์เสร็จจึงจะทำการวิเคราะห์การไหลแบบคงที่ เพื่อสร้างขอบเขตพื้นที่นํ้าท่วม ดังแสดงในรูปที่ 3

2554 พบว่า แบบจำลอง MIKE11-NAM มีค่า R² อยู่ระหว่าง 0.434 ถึง 0.826 และค่า WBL อยู่ระหว่าง 0.20% ถึง 15.30% ดังตารางที่ 1 แบบจำลอง MIKE11-HD มีค่า R² อยู่ระหว่าง 0.366 และ 0.935 และค่า NSE อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.756 ดังตารางที่ 2 และผลจากการวัดประสิทธิภาพแบบ Confusion Matrix ที่ได้จากการเปรียบเทียบขอบเขตนํ้าท่วมที่ได้จากแบบจำลองกับขอบเขตนํ้าท่วมที่จากภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA เท่ากับ 93.6% ดังรูปที่ 4

ตารางที่ 1 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11-NAM

สถานี	ช่วงเวลา	การปรับเทียบ		ช่วงเวลา	การตรวจพิสูจน์	
		R ²	WBL		R ²	WBL
M.89	2553	0.826	-9.9	2554	0.607	-0.2
M.186	2553	0.618	5.2	2554	0.505	-14.2
M.192	2553	0.799	11.8	2554	0.740	-15.3
M.164	2550-	0.434	0.5	2554	0.465	-5
	2551					

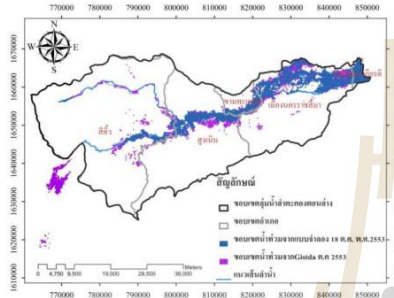
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์

สำหรับแบบจำลอง MIKE FLOOD ในการศึกษาได้ทำการปรับเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลองในปี พ.ศ.2553 และ พ.ศ.

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11-HD

สถานี	ช่วง เวลา	การเปรียบเทียบ		ช่วง เวลา	การตรวจพิสูจน์	
		R ²	NSE		R ²	NSE
M.177	2553	0.755	0.491	2554	0.935	-0.01
M.192	2553	0.826	0.756	2554	0.838	0.141
M.191	2553	0.714	-0.578	2554	0.366	-0.238
M.164	2553	0.683	0.672	2554	0.536	-0.472



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมของแบบจำลอง MIKE FLOOD กับภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA

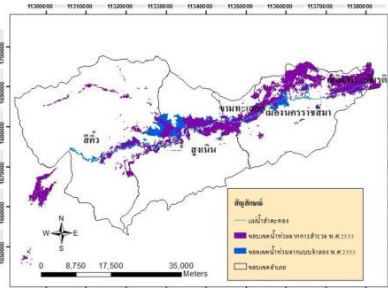
สำหรับแบบจำลอง HEC RAS ได้ดำเนินการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองในปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2556 ตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.855 ถึง 0.875 ค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.837 ถึง 0.846 และค่า Volume Ratio อยู่ในช่วงระหว่าง 83.533 ถึง 92.746 ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS

สถานี	ช่วง เวลา	การเปรียบเทียบ		
		R ²	NSE	Volume Ratio
M.177	2553	0.855	0.837	83.533

ตารางที่ 4 การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS

สถานี	ช่วง เวลา	การตรวจพิสูจน์		
		R ²	NSE	Volume Ratio
M.177	2553	0.875	0.846	92.746



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบขอบเขตน้ำท่วมของแบบจำลอง HEC-RAS กับภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA

รูปที่ 5 แบบจำลอง HEC-RAS ที่ทำการศึกษารังนี้ได้ศึกษาน้ำในลำน้ำที่เกิดการเอ่อล้นตลิ่ง เมื่อเทียบกับขอบเขตน้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA ซึ่งขอบเขตน้ำท่วมที่ได้มาจากน้ำฝนและน้ำที่เกิดการล้นตลิ่ง จึงทำให้มีปริมาณน้ำมากกว่าแบบจำลอง เมื่อพิจารณาเฉพาะน้ำจากการเอ่อล้นตลิ่ง ขอบเขตน้ำท่วมมีความสอดคล้องกัน

4.2 การจำลองขอบเขตน้ำท่วม

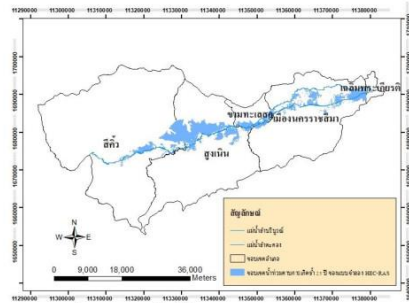
ผลการจำลองขอบเขตน้ำท่วมในลุ่มน้ำลำตะคองจากแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS โดยการศึกษาได้ทำการจำลองขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี และ 100 ปี ดังแสดงในรูปที่ 6-9

โดยแบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 135.31 ตร.กม. และ 206.38 ตร.กม. ตามลำดับ ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี พื้นที่ได้รับความเสียหายจำนวน 36 ตำบลใน 5 อำเภอ โดยมีขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 135.31 ตร.กม. ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ ได้แก่ 1) พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ริมสองฝั่งลำน้ำ โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 121.44 ตร.กม. คิดเป็น 89.75% 2) พื้นที่ชุมชนเมือง มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 5.31 ตร.กม. คิดเป็น 3.93% 3) พื้นที่ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 4.69 ตร.กม. คิดเป็น 3.46% 4) พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 0.06 ตร.กม. คิดเป็น 0.05% และ 5) เขตพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 3.81 ตร.กม. คิดเป็น 2.82%

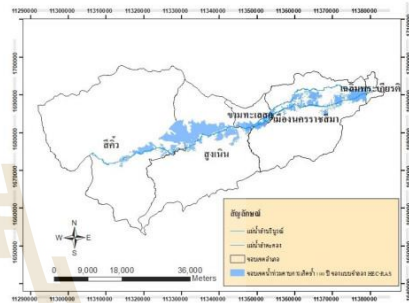
ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 100 ปี พื้นที่ได้รับความเสียหายจำนวน 37 ตำบลใน 5 อำเภอ โดยมีขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 206.38 ตร.กม. ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ ได้แก่ 1) พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ริมสองฝั่งลำน้ำ โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 181.69 ตร.กม. คิดเป็น 88.04% 2) พื้นที่ชุมชนเมือง มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 12.25 ตร.กม. คิดเป็น 5.94% 3) พื้นที่ทุ่งหญ้า และป่าละเมาะ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 7.38 ตร.กม. คิดเป็น 3.57% 4) พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 0.06 ตร.กม. คิดเป็น 0.03% และ 5) เขตพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 5.00 ตร.กม. คิดเป็น 2.42%

แบบจำลอง HEC-RAS แสดงพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 133.30 ตร.กม. และ 147.88 ตร.กม. ตามลำดับ ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี พื้นที่ได้รับความเสียหายจำนวน 35 ตำบลใน 5 อำเภอ โดยมีขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 133.30 ตร.กม. ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ ได้แก่ 1) พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ริมสองฝั่งลำน้ำ โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 111.7 ตร.กม. คิดเป็น 83.77% 2) พื้นที่ชุมชนเมือง มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 12.4 ตร.กม. คิดเป็น 9.31% 3) พื้นที่ทุ่งหญ้า และป่าละเมาะ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 5.3 ตร.กม. คิดเป็น 4% 4) พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 0.1 ตร.กม. คิดเป็น 0.07% และ 5) เขตพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 3.8 ตร.กม. คิดเป็น 2.86%

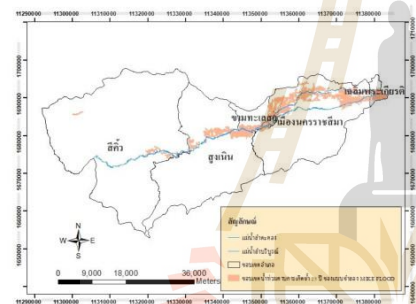
ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 100 ปี พื้นที่ได้รับความเสียหายจำนวน 37 ตำบลใน 5 อำเภอ โดยมีขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 147.88 ตร.กม. ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ ได้แก่ 1) พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ริมสองฝั่งลำน้ำ โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 121.98 ตร.กม. คิดเป็น 82.48% 2) พื้นที่ชุมชนเมือง มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 15.28 ตร.กม. คิดเป็น 10.33% 3) พื้นที่ทุ่งหญ้า และป่าละเมาะ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 6.43 ตร.กม. คิดเป็น 4.35% 4) พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 0.13 ตร.กม. คิดเป็น 0.09% และ 5) เขตพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 4.06 ตร.กม. คิดเป็น 2.75%



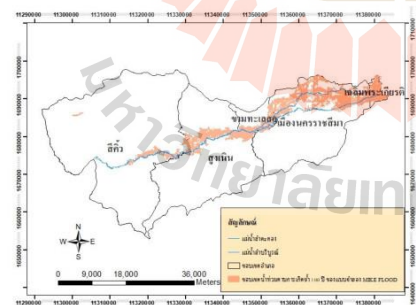
รูปที่ 8 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี



รูปที่ 9 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 100 ปี



รูปที่ 6 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมแบบจำลอง MIKE FLOOD ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 25 ปี



รูปที่ 7 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมแบบจำลอง MIKE FLOOD ณ คาบการเกิดซ้ำที่ 100 ปี

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS

การเปรียบเทียบจำลองระหว่าง 2 แบบจำลอง แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของแบบจำลองเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับลักษณะของงาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำลำตะคอง โดยแบบจำลอง MIKE FLOOD จะทำการจำลองแม่น้ำลำตะคอง และแม่น้ำลำบริบูรณ์ ซึ่งแม่น้ำทั้งสองจะแยกออกจากกันและมาบรรจบกัน มีลักษณะเป็นรูป ซึ่งแบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถนำเข้าข้อมูลได้ง่าย ส่วนแบบจำลอง HEC-RAS ได้จำลองเพียงแม่น้ำลำตะคองเพียงสายเดียว เนื่องจากแม่น้ำลำบริบูรณ์ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จึงไม่สามารถเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้ โดยการศึกษาแบบจำลอง HEC-RAS ผู้ศึกษาจำลองน้ำในลำน้ำที่จากการออลันตลิ่ง จึงใช้ข้อมูลน้ำท่ามาพิจารณา แต่แบบจำลองสามารถทำงานร่วมกับแบบจำลองอื่นได้

ตารางที่ 5 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS

คุณสมบัติ	MIKE FLOOD	HEC-RAS
ด้านลิขสิทธิ์	ต้องมีค่าใช้จ่ายในการซื้อสิทธิ์ในการใช้งาน	ไม่มีค่าใช้จ่ายสามารถดาวน์โหลดได้ฟรี
ด้านการใช้งาน	เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก สามารถทำงานได้ง่ายและวิเคราะห์ข้อมูลได้หลายด้าน ลุ่มน้ำที่มีลักษณะเป็นรูปได้ดี	เป็นที่ยอมรับโดยหน่วยงานภาครัฐและเอกชน แต่อาจพบปัญหาด้านความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่คลอนโดยเฉพะอย่างยิ่งในแม่น้ำสูงชันหรือแบบไดนามิกสูงและลำธาร
ด้านการนำเข้าข้อมูลทางอุทกวิทยา	สามารถนำข้อมูลอากาศ ปริมาณน้ำฝน และข้อมูลน้ำท่า มาวิเคราะห์ในแบบจำลองย่อยจาก MIKE11 มีการเชื่อมต่อข้อมูลได้ง่าย	สามารถนำข้อมูลอากาศ ปริมาณน้ำฝน และข้อมูลน้ำท่า มาวิเคราะห์ในแบบจำลองย่อย แต่อาจมีความยุ่งยากในการเชื่อมต่อข้อมูล ซึ่งต้องใช้แบบจำลองหลายแบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์
ด้านการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ	สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนจากปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณท่าได้ ซึ่งจะทำได้ทราบปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่ด้านข้างของลำน้ำได้	การวิเคราะห์แบบจำลอง 2D มีขั้นตอนการทำที่ซับซ้อนต่อการใช้งาน "สามารถทำการจำลองแบบ 1D ได้ แต่ต้องคำนึงถึงการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง เนื่องจากการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมในการ interpolate พื้นที่ข้างเคียง ทำให้พื้นที่ที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับน้ำท่วมในลำน้ำ เกิดน้ำท่วมทั้งที่มีต้นน้ำสูงกว่าระดับน้ำท่วมคั่นกลางไว้"
ด้านการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม	มีความง่ายต่อการใช้งาน "พื้นที่น้ำท่วมจะคำนวณตามปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง ทำให้ได้พื้นที่น้ำท่วมที่ใกล้เคียงกับพื้นที่จริง"	มีความยุ่งยากต่อการใช้งาน "เนื่องจากพื้นที่น้ำท่วม 1D จะทำการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมตามหน้าตัดที่ขยายออกไปตามพื้นที่ที่จำลอง"

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 แบบจำลอง MIKE FLOOD แสดงพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมที่มากกว่า เนื่องจากแบบจำลอง MIKE FLOOD พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากทั้งการหลากด้านข้างที่เกิดจากน้ำฝนและพิจารณาการล้นตลิ่งจากการไหลในลำน้ำ แต่แบบจำลอง HEC RAS พิจารณาพื้นที่น้ำท่วมจากการล้นตลิ่งจากลำน้ำเพียงอย่างเดียว

5.2 จากการศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE FLOOD และแบบจำลอง HEC-RAS แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน ขึ้นกับการใช้งาน ความเหมาะสมของข้อมูล การแสดงผลการคำนวณ

5.3 การจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง พบว่า สภาพปัญหาน้ำท่วมส่วนใหญ่เกิดจากสถานะน้ำไหลเอ่อล้นตลิ่งตลอดตามยาวของแนวเส้นแม่น้ำลำตะคอง และลำบริบูรณ์ ช่วงที่มีปริมาณฝนตกหนักในพื้นที่ ประกอบกับการปล่อยน้ำออกจากเขื่อนกักเก็บน้ำลำตะคอง ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ที่อยู่ข้างเคียงลำน้ำได้ผลกระทบ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนและการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งนี้ ขอขอบคุณกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทองเปลว กองจันทร์ และสุเทพ น้อยไพโรจน์, อุทกภัยในเทศบาลนครราชสีมา ระหว่างวันที่ 14-16 ตุลาคม 2553. สำนักอุทกวิทยาและบริหาร กรมชลประทาน
- [2] ภัทรพร แสงทอง, ปรียาพร โกษา และ ชลธิชา ลิ้มสุวรรณ (255๑) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT กรณีศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17. คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร, 9-11 พฤษภาคม 2555. จ.อุดรธานี
- [3] ภาณุพงษ์ ที่มบุญญา และปรียาพร โกษา. 2560. การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD กรณีศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระ

จอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2560.

- [4] กรกต เลิศชัยพงศ์, หฤทัย มาศโค้วัง และฉัตรชัย ไรดิษรุธยางกูร. 2560. การบรรเทาอุทกภัยในชุมชนเมืองด้วยวิธีผันน้ำออกสู่แก้มลิง: กรณีศึกษาเทศบาลนครราชสีมา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22 วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2560 จังหวัดนครราชสีมา.
- [5] ปวีณา จันทร์ลา และปรียาพร โกษา. 2561. การจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์HEC-RAS. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23 วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2561 จังหวัดนครนายก.
- [6] กรมชลประทาน (2557). การบริหารจัดการน้ำในเขตลุ่มน้ำลำตะคองอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล. สำนักงานชลประทานที่ 8 กรมชลประทาน สิงหาคม 2557
- [7] Danish Hydraulic Institute (DHI). (2012). MIKE FLOOD Reference and User Manual. Horsholm, Denmark.
- [8] Danish Hydraulic Institute (DHI). (2007). MIKE11 Reference and User Manual. Horsholm, Denmark.
- [9] Danish Hydraulic Institute (DHI). (2012). MIKE21 Reference and User Manual. Horsholm, Denmark.
- [10] U.S. Army Corps of Engineers (2016), HEC-RAS river analysis system: Hydraulic Reference Manual Version 5.0 February 2016. Retrieved from <http://www.hec.usace.army.mil/>
- [11] US Army Corp of Engineers, 2011. HEC-GeoRAS GIS Tool for Support of HEC-RAS using ArcGIS , User's Manual Version 4.3.93,244 page.
- [12] US Army Corp of Engineers, 2010. HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1,766 page.
- [13] US Army Corp of Engineers, 2010. HEC-RAS, River Analysis System Application Guide Version 4.1,351 page.
- [14] US Army Corp of Engineers, 2010. HEC-RAS River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4.1,411 page.
- [15] Chow, V.T., Maidment, D. and Mays, L.W. 1988. Applied hydrology. McGraw-Hill, New York.
- [16] Chow, V.T. 1959. Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, New York.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปวีณา จันทร์ลา เกิดเมื่อวันที่ 2 กันยายน พ.ศ.2537 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนชุมชนบ้านหันมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2558 โดยหลังจากสำเร็จการศึกษาได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับภาคีวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา

ปี พ.ศ.2558 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในระหว่างศึกษาได้เป็นผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ผลงานวิจัย : ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23 ประจำปี พ.ศ.2561 เรื่องการจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำลำตะคองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24 ประจำปี พ.ศ.2562 เรื่องการจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และ MIKE FLOOD และได้ตีพิมพ์บทความในวารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2563 เรื่อง การประเมินสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง