



การบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
ด้วยการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS

นวกร ไชยวัฒนนันท์

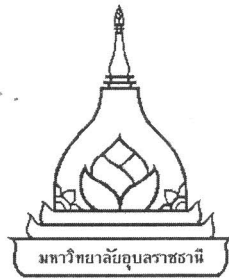
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



FLOOD MITIGATION IN HUAY SAMRAN BASIN OF MUENG SI SA KET,
SI SA KET PROVINCE BY CHANNEL IMPROVEMENT METHOD
USING HEC-RAS MODEL

NAWAKORN CHAIWATTHANANANTHN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
ด้วยการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS

ผู้วิจัย นายนवर ไชยวัฒนนันท์

คณะกรรมการสอบ

รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร ทวีวุฒิ

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ วังไพศาล

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร ทวีวุฒิ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร ทวีวุฒิ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ศรีวรมาศ ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ เคี่ยวเข็ญและผลักดันในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นในการศึกษา และคอยให้กำลังใจเป็นอย่างดีมาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณจักรฤทธิ์ ตรีนาจ ที่ให้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาด้านที่เกี่ยวข้องด้วยดี และขอขอบคุณน้องร่วมภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความร่วมมือในการตอบข้อสอบถามในการศึกษา การใช้แบบจำลองเพื่อการเทียบข้อมูล และขอขอบคุณมากสำหรับคุณสุภาภรณ์ บุญงาม เจ้าหน้าที่ผู้คอยประสานงานและแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัด ทั้ง 3 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยป่าปล้อง องค์การบริหารส่วนตำบลเสื่องข้าว และองค์การบริหารส่วนตำบลพยุห์ ที่ให้โอกาสในการให้เวลาทำการศึกษาตลอดหลักสูตรด้วยดี

และสุดท้ายต้องขอขอบคุณครอบครัวที่อบอุ่นน่ารักของข้าพเจ้า ที่คอยเป็นกำลังใจและคอยสร้างแรงใจในการศึกษาให้ข้าพเจ้าตลอดเวลา

นวกกร ไชยวัฒนนันท์
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ด้วยการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS

ผู้วิจัย : นวกร ไชยวัฒนนันท์

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร ทวีวุฒิ

คำสำคัญ : บรรเทาอุทกภัย, ลุ่มน้ำห้วยสำราญ, แบบจำลอง HEC-RAS

การศึกษการบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ด้วยการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำโดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS ทำการจำลองสภาพน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำห้วยสำราญ ซึ่งใช้ขอบเขตด้านเหนือน้ำที่สถานีวัดน้ำ M.190 อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ และด้านท้ายน้ำที่ปากลำห้วยสำราญบรรจบลำน้ำมูลที่บ้านอีลอก อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี และการจำลองโดยการปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญแบ่งออกเป็น 4 กรณี โดยเปรียบเทียบจากแผนที่เสี่ยงอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เป็นเกณฑ์ ซึ่งมีพื้นที่น้ำท่วมที่ประมาณ 15,400 ไร่ การปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญ กรณีที่ 1 ช่วงต้นน้ำ จากกิโลเมตร 28+000 ถึงกิโลเมตร 72+000 ระยะทาง 44 กิโลเมตร กรณีที่ 2 ช่วงกลางน้ำ กิโลเมตร 13+000 ถึงกิโลเมตร 28+000 ระยะทาง 16 กิโลเมตร กรณีที่ 3 ช่วงปลายน้ำ กิโลเมตร 0+000 ถึงกิโลเมตร 13+000 ระยะทาง 13 กิโลเมตร และกรณีที่ 4 ปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญ ทั้ง 3 ช่วง กิโลเมตร 0+000 ถึงกิโลเมตร 72+000 ระยะทาง 72 กิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่าสามารถบรรเทาอุทกภัยได้ โดยมีการลดลงของพื้นที่น้ำท่วมของกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 กรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 26.69, 30.23, 26.33 และ 33.28 ตามลำดับ

ABSTRACT

TITLE : FLOOD MITIGATION IN HUAY SAMRAN BASIN OF MUENG SI SA KET,
SI SA KET PROVINCE BY CHANNEL IMPROVEMENT METHOD USING
HEC-RAS MODEL

AUTHOR : NAWAKORN CHAIWATTHANANANTHN

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : CIVIL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. THANAPORN THAVEEVOUTHTI, Ph.D.

KEYWORDS : FLOOD MITIGATION, HUAY SAMRAN BASIN, HEC-RAS MODEL

The study of flood mitigation in Huay Samran basin of Mueng Si Sa Ket, Si Sa Ket province by the channel improvement method using HEC-RAS model was carried out to create the Huay Samran basin model. Using the upstream boundary at M.190 Ban Koaw, Uthumphonpisai, Si Sa Ket and the downstream at the junction of Huay Samran and the Moon river, at Ban E-log, Muang Si Sa Ket, Si Sa Ket, the flood maps of the return period at 2, 5, 10, 20, 50 and 100 years were produced. The channel improvement method using HEC-RAS was modeled for 4 cases. The results were compared with the flood map of the 50 year return period where the flooding area was approximately 15,400 rais. The models for improvement of the channel were carried out with the following proximities: case 1, at the upstream channel from km. 28+000 to 72+000 with the distance of 44 kilometers; case 2, at the mid channel from km. 13+000 to 28+000 with the distance of 16 kilometers; case 3, at the downstream channel from km. 0+000 to 13+000 with the distance of 13 kilometers, and case 4, for the whole channel from km. 0+000 to 72+000 with the total distance of 72 kilometers. The results of the improvement of the channel shown that the flood could reduce. The reduction of the flooding area was found to be approximately 26.69%, 30.23%, 26.33% and 33.28% in case 1, 2, 3 and 4 respectively.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ผ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	8
1.3 ขอบเขตการศึกษา	9
1.4 วิธีดำเนินการศึกษา	10
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ	11
2.2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	11
2.3 ทฤษฎีทางชลศาสตร์	15
2.4 การไหลในทางน้ำเปิดธรรมชาติ	20
2.5 การเคลื่อนตัวของน้ำหลาก	21
2.6 ความน่าจะเป็นในงานอุทกวิทยา	22
2.7 มาตรการบริหารจัดการภัยน้ำท่วม	46
2.8 การออกแบบคลองระบบป้องกันน้ำท่วม	48
2.9 แบบจำลองที่ใช้ในงานทรัพยากรน้ำ	69
2.10 แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านการจัดการน้ำท่วม	76
2.11 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	80
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 บทนำ	83
3.2 การรวบรวมข้อมูลการศึกษา	85
3.3 การหาเส้นน้ำตดลำนน้ำ	92
3.4 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในงานอุทกวิทยา	93
3.5 การจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0	106
3.6 กรณีศึกษาการขุดลอกลำน้ำ	112
3.7 การสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยแสดงผลด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	116

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 บทนำ	119
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพ	119
4.3 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นทางอุทกวิทยา	120
4.4 ผลการสร้างแบบจำลอง HEC RAS 5.0	126
4.5 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0	126
4.6 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0	132
4.7 ผลการศึกษาตามกรณีศึกษา	135
4.8 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำ	149
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	157
5.1 อภิปรายผล	157
5.3 ข้อเสนอแนะ	158
เอกสารอ้างอิง	161
ภาคผนวก	
ก ตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำห้วยสำราญ	169
ข หน้าตัดลำน้ำจากข้อมูล DEM	173
ค หน้าตัดลำน้ำที่ทำการปรับปรุง	195
ง ข้อมูลอุทกวิทยา	221
จ วิธีการใช้โปรแกรม Global Mapper 11	235
ฉ วิธีการลงจุดของความเป็นไปได้(probability plotting position)	245
ช วิธีการกระจายแบบ Gumbel distribution	263
ซ วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III	275
ฌ วิธีการใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0	289
ประวัติผู้วิจัย	311

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำธรรมชาติ	18
2.2	เกณฑ์การกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำและค่าขีดจำกัดประเมินตามประเภทของโครงสร้าง	24
2.3	สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P	25
2.4	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ	26
2.5	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานี M.190 ห้วยสำราญ บ้านขวาว ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ	32
2.6	ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ต.หญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ	33
2.7	ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดของสถานี M.190 ห้วยสำราญ บ้านขวาว ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ	36
2.8	ค่าตัวแปรเปลี่ยนรูปเฉลี่ย $\bar{y}_n$ (Reduced mean)	40
2.9	ค่าตัวแปรเปลี่ยนรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S_n (Standard deviation)	41
2.10	k values for the Pearson type III and Log-Pearson Type III distributions	42
2.11	ความเสี่ยง (Risk)	45
2.12	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's n) สำหรับชนิดของพื้นที่ผิวทางน้ำชนิดต่าง ๆ	58
2.13	ค่า Freeboard ของคลองส่งน้ำตาดคอนกรีต	62
2.14	ความหนาของคอนกรีตตาด และความยาวของแผ่นคอนกรีต	62
2.15	ความเร็วสูงสุดของน้ำที่ไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะ (Non-Erodible Velocity)	65
2.16	กำหนดสัดส่วนความลาดชันตลิ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดินของลำน้ำ	65
2.17	ตัวอย่างจุดที่จะฝังท่อส่งน้ำเข้านา (Farm turnout) เลขที่ประจำแฉกส่งน้ำ ปริมาณน้ำที่จะส่งให้แฉกส่งน้ำ และปริมาณน้ำที่จะต้องส่งผ่านคลองในช่วงต่าง ๆ	67
2.18	คำนวณขนาดรูปตัดขวางของคลองขอย	69
2.19	ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทเทียม	70
3.1	ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ข้อมูล	89
3.2	สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P	94
3.3	ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง บ้านหญ้าปล้อง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม.	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.4	ตัวอย่างการคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	98
3.5	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	99
3.6	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel	100
3.7	การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดย Gumbel	101
3.8	การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดย Log Pearson Tpye III distributions	102
3.9	การคำนวณโดยใช้สมการวิธี Log Pearson Tpye III หาระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9	105
3.10	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log Pearson Tpye III distributions	105
3.11	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากัน	109
3.12	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065	109
3.13	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055	110
3.14	ค่าการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055	110
3.15	ค่าการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065	111
4.1	อัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9	121
4.2	อัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190	122
4.3	ระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9	124
4.4	ระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190	125
4.5	ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากัน	127
4.6	ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065	128
4.7	ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055	129

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.8	ค่าการปรับเทียบสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055	130
4.9	ค่าการปรับเทียบสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065	131
4.10	ผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557	133
4.11	ผลการศึกษาจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม HEC-RAS 5.0	135
4.12	รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงตามกรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่อ อำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)	140
4.13	รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงตามกรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ (จากเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับ อำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ)	143
4.14	รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงตามกรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)	146
4.15	รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงตามกรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบ ห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)	149
ฉ.1	สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P	248
ฉ.2	ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง บ้านห้วยปล่อง ตำบลห้วยปล่อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม.	249
ฉ.3	ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.190 ห้วยสำราญตอนล่าง บ้านห้วยปล่อง ตำบลห้วยปล่อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,339 ตร.กม.	252
ฉ.4	การคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ และโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	253
ฉ.5	การคำนวณความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ และโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	254
ฉ.6	การคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ และโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด	257

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ฉ.7	การคำนวณความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด	257
ฉ.8	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	258
ฉ.9	อัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	259
ฉ.10	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด	260
ฉ.11	อัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด	261
ช.1	ค่าตัวแปรเปลี่ยนรูปเฉลี่ย $\bar{y}_n$ (Reduced mean)	265
ช.2	ค่าตัวแปรเปลี่ยนรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S_n (Standard deviation)	265
ช.3	ตารางคำนวณระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel	266
ช.4	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel	268
ช.5	อัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel	269
ช.6	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel	270
ช.7	การคำนวณระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel	271
ช.8	ปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel	272
ช.9	การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel	272
ช.1	k values for the Pearson type III and Log-Pearson Type III distributions	277
ช.2	การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	278
ช.3	การแทนค่าตัวแปรของคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	280
ช.4	การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	281
ช.5	การแทนค่าตัวแปรของคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	283

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ช.6	การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	284
ช.7	การแทนค่าตัวแปรของคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	285
ช.8	การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	286
ช.9	การแทนค่าตัวแปรของคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions	287
ฅ.1	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากัน	298
ฅ.2	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055	299
ฅ.3	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065	300
ฅ.4	ค่าระดับน้ำสูงสุดจากการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบ n ลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยน n ตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9	301
ฅ.5	การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 8 ธันวาคม ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557	302
ฅ.6	การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557	307

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แผนที่ลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำมูล	3
1.2	แผนที่ลำน้ำสาขาของลุ่มน้ำห้วยสำราญ	4
1.3	ภาพถ่ายอุทกภัยจังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2556	5
1.4	แผนที่อุทกภัยจังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2554	7
1.5	แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา	8
1.6	แผนที่ที่ตั้งสถานีวัดน้ำ	9
2.1	แผนผังทิศทางการไหลของลำห้วยสำราญ	13
2.2	การไหลคงที่ในทางน้ำเปิด	21
2.3	การไหลไม่คงที่ในทางน้ำเปิด	21
2.4	ลักษณะทั่วไปคลองส่งน้ำ	49
2.5	การเรียกชื่อคลองส่งน้ำ	50
2.6	ประเภทคลองตามความสัมพันธ์ระหว่างระดับผิวดินกับระดับน้ำสูงสุด	52
2.7	มาตรฐานรูปตัดตามขวางของคลองส่งน้ำ	53
2.8	แบบมาตรฐานระบบส่งน้ำ และระบายน้ำคลองส่งน้ำ	54
2.9	การไหลแบบสม่ำเสมอ	55
2.10	พื้นที่ส่งน้ำของคลองซอย 1L	66
2.11	รูปตัดที่ 1 จาก กม. 0+000 ถึง กม. 0+200 ปริมาณน้ำที่ส่ง (3.200 ลบ.ม./วินาที)	67
2.12	มาตรฐานรูปตัดตามขวางคลองส่งน้ำ	69
2.13	โครงสร้างของระบบโครงสร้างข่ายประสาทเทียม	71
2.14	กระต่ายคำนวณค่าความลึก (Depth)	73
2.15	ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำในกราฟ Log-logscale	74
3.1	แผนผังการดำเนินงาน	84
3.2	รูปตัดขวางลำน้ำ สถานี M.9	85
3.3	รูปตัดขวางลำน้ำ สถานี M.190	86
3.4	ข้อมูล DEM ความละเอียด 15 ม.	87
3.5	แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ L7018 ของกรมแผนที่ทหาร	88
3.6	จุดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำ	89
3.7	อัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.9	90
3.8	ระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.9	90
3.9	อัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.190	91
3.10	ระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.190	91
3.11	การขยายภาพ DEM จุดที่ต้องการ	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.12	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	98
3.13	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel	102
3.14	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III	106
3.15	แผนผังลำน้ำเขตพื้นที่การศึกษา จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงสถานีวัดน้ำ M.9	106
3.16	บริเวณที่ทำการปรับปรุงลำห้วยสำราญตามกรณีศึกษาการขุดลอกลำน้ำ	112
3.17	การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 72+000	113
3.18	ผลการประเมินผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 1	113
3.19	การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 28+000	114
3.20	ผลการประเมินผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 2	114
3.21	การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 13+000	115
3.22	ผลการประเมินผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 3	115
3.23	การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 0+000	116
3.24	ผลการประเมินผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 4	116
4.1	แผนผังลำห้วยสำราญที่ได้จากใช้โปรแกรม Global Mapper 11	119
4.2	หน้าตัดลำน้ำห้วยสำราญ โดยใช้โปรแกรม EXCEL	120
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.9	121
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190	122
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190	124
4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีวัดน้ำ M.190	125
4.7	แผนผังลำห้วยสำราญที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS 5.0	126
4.8	ผลการทดสอบจากค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากัน	128
4.9	การทดสอบจากค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065	129
4.10	ผลการทดสอบจากค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055	130
4.11	ผลการเปรียบเทียบ Manning's n แบบลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยนตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9	131

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	ผลการเปรียบเทียบ Manning's n แบบลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยนตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9	132
4.13	ผลการสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.052 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูลระดับน้ำ พ.ศ. 2555 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม	134
4.14	ผลการสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.052 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูลระดับน้ำ พ.ศ. 2556 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม	134
4.15	ผลการสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.052 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูลระดับน้ำ พ.ศ. 2557 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม	134
4.16	ผลการประมวลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงลำน้ำ	138
4.17	ผลการประมวลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 1	138
4.18	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 1	139
4.19	ผลการประมวลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 2	140
4.20	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 2	142
4.21	ผลการประมวลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 3	144
4.22	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 3	145
4.23	ผลการประมวลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 4	147
4.24	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 4	148
4.25	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี	151
4.26	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี	152
4.27	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี	153
4.28	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี	154
4.29	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี	155
4.30	แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี	156
ก.1	ตำแหน่งหน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 0+000 ถึง 19+000	171
ก.2	ตำแหน่งหน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 18+000 ถึง 36+000	171
ก.3	ตำแหน่งหน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 36+000 ถึง 50+000	172
ก.4	ตำแหน่งหน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 50+000 ถึง 72+000	172
ข.1	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 0+000	175

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.2	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 1+000	175
ข.3	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 2+000	175
ข.4	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 3+000	175
ข.5	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 4+000	176
ข.6	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 5+000	176
ข.7	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 6+000	176
ข.8	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 7+000	176
ข.9	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 8+000	177
ข.10	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 9+000	177
ข.11	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 10+000	177
ข.12	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 11+000	177
ข.13	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 12+000	178
ข.14	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 13+000	178
ข.15	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 14+000	178
ข.16	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 15+000	178
ข.17	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 16+000	179
ข.18	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 17+000	179
ข.19	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 18+000	179
ข.20	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 19+000	179
ข.21	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 20+000	180
ข.22	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 21+000	180
ข.23	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 22+000	180
ข.24	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 23+000	180
ข.25	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 24+000	181
ข.26	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 25+000	181
ข.27	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 26+000	181
ข.28	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 27+000	181
ข.29	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 28+000	182
ข.30	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 29+000	182
ข.31	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 30+000	182
ข.32	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 31+000	182
ข.33	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 32+000	183
ข.34	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 33+000	183

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.35	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 34+000	183
ข.36	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 35+000	183
ข.37	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 36+000	184
ข.38	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 37+000	181
ข.39	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 38+000	184
ข.40	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 39+000	184
ข.41	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 40+000	185
ข.42	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 41+000	185
ข.43	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 42+000	185
ข.44	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 43+000	185
ข.45	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 44+000	186
ข.46	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 45+000	186
ข.47	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 46+000	186
ข.48	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 47+000	186
ข.49	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 48+000	187
ข.50	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 49+000	187
ข.51	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 50+000	187
ข.52	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 51+000	187
ข.53	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 52+000	188
ข.54	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 53+000	188
ข.55	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 54+000	188
ข.56	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 55+000	188
ข.57	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 56+000	189
ข.58	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 57+000	189
ข.59	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 58+000	189
ข.60	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 59+000	189
ข.61	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 60+000	190
ข.62	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 61+000	190
ข.63	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 62+000	190
ข.64	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 63+000	190
ข.65	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 64+000	191
ข.66	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 65+000	191
ข.67	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 66+000	191

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.68	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 67+000	191
ข.69	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 68+000	192
ข.70	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 69+000	192
ข.71	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 70+000	192
ข.72	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 71+000	192
ข.73	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 72+000	193
ค.1	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 0+000	197
ค.2	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 1+000	197
ค.3	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 2+000	197
ค.4	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 3+000	197
ค.5	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 4+000	198
ค.6	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 5+000	198
ค.7	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 6+000	198
ค.8	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 7+000	198
ค.9	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 8+000	199
ค.10	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 9+000	199
ค.11	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 10+000	199
ค.12	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 11+000	199
ค.13	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 12+000	200
ค.14	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 13+000	200
ค.15	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 14+000	200
ค.16	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 15+000	200
ค.17	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 16+000	201
ค.18	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 17+000	201
ค.19	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 18+000	201
ค.20	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 19+000	202
ค.21	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 20+000	202
ค.22	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 21+000	202
ค.23	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 22+000	203
ค.24	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 23+000	203
ค.25	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 24+000	203
ค.26	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 25+000	204
ค.27	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 26+000	204

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค.28	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 27+000	201
ค.29	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 28+000	205
ค.30	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 29+000	205
ค.31	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 30+000	205
ค.32	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 31+000	206
ค.33	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 32+000	206
ค.34	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 33+000	206
ค.35	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 34+000	207
ค.36	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 35+000	207
ค.37	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 36+000	207
ค.38	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 37+000	208
ค.39	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 38+000	208
ค.40	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 39+000	208
ค.41	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 40+000	209
ค.42	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 41+000	209
ค.43	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 42+000	209
ค.44	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 43+000	210
ค.45	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 44+000	210
ค.46	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 45+000	210
ค.47	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 46+000	211
ค.48	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 47+000	211
ค.49	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 48+000	211
ค.50	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 49+000	212
ค.51	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 50+000	212
ค.52	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 51+000	212
ค.53	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 52+000	213
ค.54	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 53+000	213
ค.55	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 54+000	213
ค.56	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 55+000	214
ค.57	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 56+000	214
ค.58	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 57+000	214
ค.59	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 58+000	215
ค.60	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 59+000	215

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค.61	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 60+000	215
ค.62	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 61+000	216
ค.63	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 62+000	216
ค.64	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 63+000	216
ค.65	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 64+000	217
ค.66	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 65+000	217
ค.67	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 66+000	217
ค.68	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 67+000	218
ค.69	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 68+000	218
ค.70	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 69+000	218
ค.71	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 70+000	219
ค.72	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 71+000	219
ค.73	หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 72+000	219
ง.1	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556	223
ง.2	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556	224
ง.3	ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556	225
ง.4	ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556	226
ง.5	ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557	227
ง.6	ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557	228
ง.7	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557	229
ง.8	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557	230
ง.9	ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558	231
ง.10	ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558	232

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
จ.11	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558	233
จ.12	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558	234
จ.1	ไอคอนโปรแกรม Global Mapper	237
จ.2	การเลือกจุดตัดลำน้ำ	237
จ.3	การตัดภาพ DEM จุดที่ต้องการจะได้กราฟตามค่าค่าพิกัด	238
จ.4	บันทึกข้อมูลหน้าตัดลำน้ำเป็นไฟล์ *.CSV	238
จ.5	บันทึกข้อมูลหน้าตัดลำน้ำเป็นไฟล์ *.CSV	239
จ.6	บันทึกข้อมูลหน้าตัดลำน้ำเป็นไฟล์ *.CSV	239
จ.7	การนำเข้าแผนที่ 1 : 50,000 ในโปรแกรม	240
จ.8	ผลหลังจากการนำเข้าแผนที่ 1 : 50,000	240
จ.9	การเปิดใช้งานไฟล์ข้อมูล Digitl Elevation Model (DEM)	241
จ.10	ผลจากการใช้คำสั่ง Create Range Rings กำหนดจุดที่ตั้ง	241
จ.11	แสดงการใช้คำสั่ง Generated Contour	241
จ.12	ผลจากการใช้คำสั่ง Generated Contour	242
จ.13	การใช้คำสั่ง Generated Watershed	242
จ.14	ผลการใช้คำสั่ง Generated Watershed	243
จ.15	แสดงเส้น Contour Line จากการ Generate Contour 0.10 ม. โดยใช้ Global Mapper	244
ฉ.1	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	258
ฉ.2	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด	259
ฉ.3	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด	260
ฉ.4	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด	261
ช.1	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel	269
ช.2	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel	270
ช.3	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดย Gumbel	271
ช.4	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดย Gumbel	273
ช.1	รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log Pearson Tpye III	281
ช.2	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log Pearson Tpye III	284

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ช.3	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log Pearson Tpye III	286
ช.4	รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดย Log Pearson Tpye III	287
ณ.1	หน้าจอหลักโปรแกรม HEC-RAS 5.0	291
ณ.2	ตั้งหน่วยวัดใช้งาน แบบ Unit System	291
ณ.3	เปิด Geometric Data เพื่อทำการนำเข้าข้อมูลลำน้ำ	292
ณ.4	เมื่อนำเข้าข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ Cross Section Data	292
ณ.5	เมื่อนำเข้าข้อมูลลำน้ำ และหน้าตัดลำน้ำ	292
ณ.6	เลือก Steady Flow Data จาก เมนู Edit	293
ณ.7	เลือก New Flow Data จาก เมนู File	294
ณ.8	นำเข้าข้อมูลน้ำ Upstream และ Downstream	294
ณ.9	เลือก Steady Flow Analysis เพื่อทำการประมวลผล	295
ณ.10	ตั้งไฟล์จาก New Plan จากเมนู File	295
ณ.11	กดปุ่ม Compute เพื่อทำการประมวลผล	296
ณ.12	กลับสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม แล้วเลือกไอคอน View summary output by profile	296
ณ.13	View summary output by profile จะแสดงผลเป็นตาราง	297
ณ.14	ผลที่ได้เป็นตารางแล้วคัดลอกไฟล์โดย Copy to Clipboard (Data and Heading)	297
ณ.15	ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบลำน้ำและตลิ่งคงที่ ณ สถานีวัดน้ำ M.9	298
ณ.16	ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบปรับเปลี่ยนค่า n ลำน้ำ และตลิ่งคงที่ 0.055 ณ สถานีวัดน้ำ M.9	299
ณ.17	ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบปรับเปลี่ยนค่า n ลำน้ำ และตลิ่งคงที่ 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9	300
ณ.18	ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยนตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9	301
ณ.19	ผลที่ได้เป็นตารางกราฟเปรียบเทียบในโปรแกรม EXCEL	305
ณ.20	ผลเปรียบเทียบการสอบเทียบแบบจำลอง ปี 2555	306

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ณ.21	ผลเปรียบเทียบการสอบเทียบแบบจำลอง ปี 2556	306
ณ.22	ผลเปรียบเทียบการสอบเทียบแบบจำลอง ปี 2557	307

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
รทก.	ระดับน้ำทะเลปานกลาง
อท.	อุทกวิทยา
A	พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ
B	ความกว้างหน้าตัดลำน้ำ
C	ค่าสัมประสิทธิ์การไหล
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง
ELV	Estimated Limiting Value
I	ความเข้มข้นของน้ำฝน, อัตราการไหลเข้า
K	แฟกเตอร์ความถี่
MSE	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง
N	จำนวนข้อมูลหรือเหตุการณ์ทั้งหมด
P	ความยาวเส้นขอบเปียก, ความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์
PMP	Probable Maximum Precipitation
PMF	Probable Maximum Flood
Q	อัตราการไหล
R	รัศมีชลศาสตร์
RMSE	ค่าเฉลี่ยของรากที่สองของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน
R_e	ความน่าเชื่อถือ
S	ระยะลาดเอียง
SE	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
SF	แฟกเตอร์ความปลอดภัย
S_o	ลาดก้นคลอง
SS	ลาดตลิ่งคลอง
S_w	ขนานกับลาดผิวน้ำ
S_f	ความลาดชันเส้นระดับพลังงาน (Friction Slope)
S_0	ความลาดระดับท้องของของไหล (Bottom Slope)
T	ระยะเวลา, รอบปีการเกิดซ้ำ
V	ความเร็ว, ความเร็วของหน้าตัดการไหล
V_o	กระแสน้ำที่จะไม่กัดทำลายตัวคลองและไม่เกิดตะกอนตกจม
a	ค่าคงที่ของสมการ
b	ค่าคงที่ของสมการ
b	ความกว้างของก้นคลอง

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

d	ความลึกของน้ำในคลอง
dt	ช่วงเวลาที่เกิดการไหลผ่านเข้าออกจากบริเวณที่พิจารณา
ds	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรเก็บกักของลำน้ำ
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
h	ระดับน้ำ
km	กิโลเมตร (กม.)
m	เมตร (ม.)
m ² , sq.m	ตารางเมตร (ตร.ม.)
m ³ , cu.m	ลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.)
m/s	เมตรต่อวินาที (ม./วินาที)
m ³ /s, cms	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ลบ.ม./วินาที)
mm/hr	มิลลิเมตรต่อชั่วโมง (มม./ชั่วโมง)
msl	ระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.)
n	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง
q	อัตราการไหลเข้าหรือไหลออกจากลำน้ำหลักต่อหน่วยความยาวของลำน้ำ
s, sec	วินาที
t	เวลาในช่วงการไหล
x	ระยะทางตามแนวการไหล
y _T	ค่าของ y ที่เรียกว่า ตัวแปรเปลี่ยนภาพที่รอบปีการเกิดซ้ำ T
$\bar{y}_n$	ค่าตัวแปรเปลี่ยนภาพเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล N
S _n	ค่าตัวแปรเปลี่ยนภาพของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
α	ค่าตัวแปรสมการ
β	Correction Factor สำหรับการไหลแบบสม่ำเสมอ $\beta = 1.0$
σ_x	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ x
$\bar{X}$	ค่าเฉลี่ยของ x

บทที่ 1

บทนำ

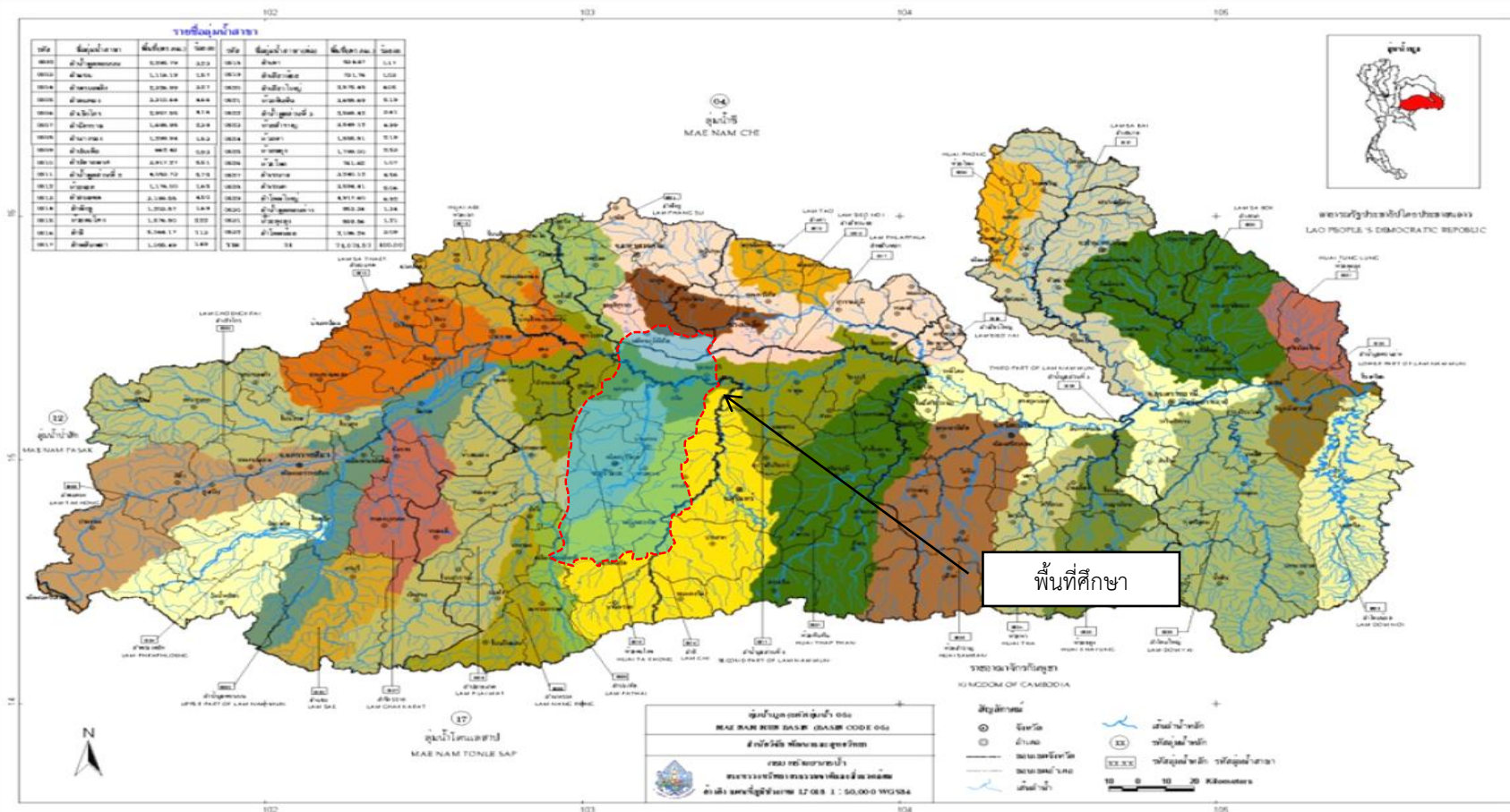
1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การเกิดน้ำท่วมในปัจจุบัน พบว่าบริเวณพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมส่วนมากเป็นบริเวณริมแม่น้ำสายหลัก ๆ ที่เป็นแหล่งของชุมชนธุรกิจ ซึ่งมักจะอยู่ใกล้ริมแม่น้ำ และขยายวงกว้างมากขึ้น ๆ เข้าสู่พื้นที่ของเกษตรกร เนื่องมาจากถนน ทำนบ หรือกำแพงป้องกันน้ำท่วมพังทลาย หรือมีความจำเป็นต้องปล่อยระบายน้ำเข้าพื้นที่ดังกล่าว เพราะไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในแม่น้ำสายหลัก ๆ ได้ เนื่องจากถ้าไม่ปล่อยระบายออกก็จะทำให้น้ำไหลลงมาท่วมตัว ดังนั้นการเกิดน้ำท่วมมักจะ เป็นลักษณะท่วมแบบฉับพลันรวดเร็วทั้งพื้นที่เศรษฐกิจทางธุรกิจและเศรษฐกิจทางการเกษตร ซึ่งทางราชการได้ประเมินความเสียหายไว้ประมาณ 6,300 ล้านบาท และมีเงินชดเชยให้กับประชาชนที่ได้รับผลกระทบในลักษณะต่าง ๆ อีกทั้งเป็นเงินหลายพันล้านบาทอีกด้วย จะเห็นได้ว่าจำนวนเงินที่ได้สูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์มากกว่าหมื่นล้านบาท ประเด็นนี้ถ้าหากว่าทางรัฐบาลนำเงินส่วนนี้ไปใช้ในการพัฒนาและป้องกันน้ำท่วมเชิงบูรณาการให้เกิดประโยชน์ก็จะเกิดคุณค่าอย่างมหาศาล และประชาชนจะไม่เกิดความเดือดร้อน

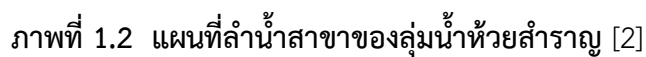
ห้วยสำราญเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูลซึ่งมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาพนมดงรัก ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน-ห้วยสำราญ ตำบลจรด อำเภอบัวเขต จังหวัดสุรินทร์ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยศาลา ตำบลไพรพัฒนา อำเภอภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ ห้วยสำราญไหลไปบรรจบกับแม่น้ำมูล ในเขตพื้นที่ตำบลน้ำคำและตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ เขตพื้นที่ต่างๆ ที่ห้วยสำราญไหลผ่าน ได้แก่ อำเภอบัวเขตและอำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ อำเภอภูสิงห์ อำเภอขุนันธ์ อำเภอปราณบุรี อำเภอวังหิน อำเภออุทุมพรพิสัย และอำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ สภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำราญแสดงในภาพที่ 1.1 และภาพที่ 1.2 พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำราญนั้นมีขนาด 3,548.83 ตร.กม. ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 4.99 ของลุ่มน้ำมูล มีขนาดพื้นที่เป็นลำดับที่ 5 ของลุ่มน้ำสาขาหลักที่สำคัญของลุ่มน้ำมูล ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้ลุ่มน้ำนี้ มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินวิถีชีวิตของคนในจังหวัดศรีสะเกษเป็นอย่างมาก ดังนั้นการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในบริเวณพื้นที่นี้

ลุ่มน้ำห้วยสำราญประกอบไปด้วย 7 ลำน้ำที่สำคัญในลุ่มน้ำ ได้แก่ ห้วยสำราญ ห้วยเหนือ ห้วยคล้า ห้วยตามอญ ห้วยดึกขุ ห้วยแฮด ห้วยฆ้อง โดยแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 1.3 ลักษณะภูมิประเทศพื้นที่จะมีลักษณะเป็นเนินดิน ระดับความสูงประมาณ 133 ถึง 150 ม.รทก. พาดผ่านในแนวตะวันออกไปยังตะวันตก จึงกลายเป็นขอบกั้นระหว่างที่ราบลุ่มแม่น้ำมูลกับที่ราบลุ่มลำห้วยออกจากกัน บริเวณที่ราบลุ่มน้ำลำห้วยหลักที่สำคัญจะประกอบด้วยที่ราบลุ่มห้วยขะยุง ที่ราบลุ่มห้วยทา ที่ราบลุ่มห้วยสำราญ ที่ราบลุ่มห้วยทับทัน ซึ่งที่ราบลุ่มลำห้วยต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ละแห่งจะเป็นที่ราบลุ่มขนาดใหญ่และมีความลาดเอียงต่ำ ลักษณะของพื้นที่โดยส่วนใหญ่

จะลาดเอียงไปทางทิศเหนือและทางทิศตะวันตกของจังหวัด ระดับพื้นความสูงระหว่าง 126 ถึง 133 ม.รทก.



ภาพที่ 1.1 แผนที่ลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำมูล [1]



ในอดีตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำราญนั้น ได้เกิดปัญหาน้ำท่วมล้นลำน้ำห้วยสำราญจนทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วม 2 ฝั่งของลำน้ำมูล เหตุพื้นฐานที่สำคัญเนื่องจากปริมาณน้ำฝนในรอบปีที่มีปริมาณสูง และสภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำในช่วงอำเภอเมืองศรีสะเกษและอำเภออุทุมพรพิสัยมีระดับต่ำ ทำให้การระบายน้ำได้ช้า นอกจากนี้ระดับของท้องน้ำห้วยสำราญมีความลาดชันน้อยมากผนวกกับ

สภาพธรรมชาติของทางน้ำเปลี่ยนแปลง ทั้งที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ โดยเฉพาะการตั้งถิ่นฐานชุมชน การใช้พื้นที่เพาะปลูก ก่อสร้างสาธารณูปโภค สภาพการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะทางกายภาพของลำห้วยสำราญและแม่น้ำมูลที่ได้รับอิทธิพลจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมปัจจุบัน การเกิดอุทกภัยและน้ำท่วมขังในจังหวัดศรีสะเกษ ก่อให้เกิดปัญหาในหลายด้านซึ่งทำให้ส่งผลต่อเศรษฐกิจ และการเติบโตของเมืองไปด้วย สภาพน้ำท่วมในจังหวัดศรีสะเกษมีทั้งจุดที่เกิดซ้ำซากและจุดที่มีการสภาพความเป็นอยู่ เช่น การถมดิน การสร้างทางสร้างฝาย ทำให้น้ำชะลอการไหลลงสู่ลุ่มน้ำหลัก การก่อสร้างถนนและสะพานที่มีมาแต่เดิม ก่อนที่ความเจริญของชุมชนเมืองขยายตัวขึ้น ดังสภาพที่ปรากฏในภาพที่ 1.3 (ก) จุดที่ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 226 มีท่อดลอดอยู่ต่ำมาก และ (ข) คือจุดที่มีการสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก ในช่วงที่แคบเป็นคอขวดมีผลต่อการระบายน้ำ ส่วนภาพที่ 1.3 (ค) แสดงการท่วมสูงเนื่องจากการระบายน้ำได้ช้าของปลายน้ำ และ (ง) ภาพบริเวณน้ำท่วมขังเป็นเวลานานจนทำให้กระทบการใช้ชีวิตประจำวัน ส่งผลด้านสุขภาพ และทรัพย์สิน



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1.3 ภาพถ่ายอุทกภัยจังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2556

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการหาแนวทางการป้องกันอุทกภัย โดยการปรับปรุงลำน้ำ ด้วยการจำลองสภาพการไหลของลำน้ำห้วยสำราญด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS 5.0 จะดำเนินการในเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาผลการระบายน้ำของลำน้ำห้วยสำราญเมื่อมีการเพิ่มขึ้นหรือ

ลดลงของระดับน้ำในแม่น้ำมูลและในลำห้วยสำราญจากสถานีวัดน้ำ M.190 อำเภออุทุมพรพิสัย จนถึงจุดบรรจบกันกับแม่น้ำมูลที่ตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ เพื่อจำลองลำน้ำ ตามสภาพปัจจุบันว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างไรเมื่อได้รับผลกระทบจากการเพิ่มระดับน้ำ ในแม่น้ำมูลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากนั้นทำการปรับเทียบความแม่นยำจนเป็นที่น่าเชื่อถือ และใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาและวิเคราะห์การบริหารจัดการอุทกภัยในเขตพื้นที่ศึกษา

การใช้แบบจำลอง HEC-RAS 5.0 เพื่อจำลองการไหลของน้ำนั้นเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นด้วยเทคโนโลยีด้านฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยใช้โปรแกรม Global Mapper 14 และ ArcView 3.3 มาสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยทำให้การจำลองมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามลำดับ ปัญหาน้ำท่วมให้ครอบคลุมกลุ่มน้ำห้วยสำราญ จะสร้างแบบจำลองลุ่มน้ำในโปรแกรม HEC-RAS 5.0 ให้มีความครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและหาแนวทางต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเป็นไปได้ ทำการทดสอบแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น เพื่อหาแนวทางในการวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้ เพื่อเป็นแผนหลักในการพิจารณาดำเนินการต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.2.1.1 กรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)

2.2.1.3 กรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

1.2.2 เพื่อสร้างแผนที่เสี่ยงอหภภัยในเขตพื้นที่การศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำ

1.4 วิธีดำเนินการศึกษา

- 1.4.1 รวบรวมข้อมูลทางกายภาพและอุตุนิยมวิทยา
- 1.4.2 ศึกษาทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.3 วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของข้อมูลน้ำสถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190
- 1.4.4 สร้างแบบจำลองในโปรแกรม HEC-RAS 5.0
- 1.4.5 ทดลองปรับเทียบด้วยแบบจำลอง HEC-RAS 5.0
- 1.4.6 สอบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS 5.0
- 1.4.7 ทดลองกรณีศึกษา

1.4.7.1 กรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)

1.4.7.2 กรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ (จากเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ)

1.4.7.3 กรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

1.4.7.4 กรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญทั้ง 3 ช่วง (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

1.4.8 สร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำ

1.4.9 สร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยหลังปรับปรุงลำน้ำเปรียบเทียบกับระดับน้ำท่วม ปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้แผนที่เสี่ยงอุทกภัยตามรอบปีการเกิดซ้ำในกลุ่มน้ำห้วยสำราญ เขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ
- 1.5.2 ได้แผนที่เสี่ยงอุทกภัยหลังการขุดลอกปรับปรุงลำห้วยสำราญ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำท่วมรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงสมมติฐานทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เช่น ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดศรีสะเกษและปัญหาทางกายภาพของอำเภอเมืองศรีสะเกษ การไหลในทางน้ำเปิดธรรมชาติ การเคลื่อนตัวของน้ำหลาก การออกแบบคลองชลประทาน ความน่าจะเป็นในงานอุทกวิทยา ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี และพื้นฐานสมการของ Saint-Venant เช่น สมการโมเมนตัม สมการสภาพต่อเนื่องซึ่งเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หลักการทำงานของแบบจำลองต่าง ๆ ที่เคยใช้จำลองแม่น้ำมูล และโปรแกรมอื่นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

2.2.1 สภาพทั่วไปของจังหวัดศรีสะเกษ

สภาพทั่วไปของจังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษเป็นจังหวัดหนึ่งที่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตั้งอยู่ทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14-15 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 104-105 องศาตะวันออก อยู่เหนือจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 120 ม. ระยะทางห่างจากกรุงเทพมหานคร 515 กม. โดยทางรถไฟ และ 571 กม. โดยทางรถยนต์ มีทางหลวงแผ่นดินสายหลัก 2 สาย ซึ่งทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 226 พาดผ่านตัวเมืองจากฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออก และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 พาดผ่านตอนใต้ของจังหวัดศรีสะเกษจากฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออกเช่นกัน มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 8,840 ตร.กม. หรือ 5,525,000 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ: มีอำเภอกันทรารมย์ ยางชุมน้อย ราชีไศล และศิลาลาด ติดต่อกับจังหวัดอุบลราชธานี ยโสธร และร้อยเอ็ด โดยมีแม่น้ำชีและบางส่วนของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้เป็นเส้นแบ่งเขตจังหวัด

ทิศใต้: มีอำเภอกันทรลักษ์ ขุนหาญ ขุขันธ์ และภูสิงห์ ติดกับประเทศกัมพูชา โดยมีเทือกเขาพนมดงเร็กหรือพนมดงรักเป็นแนวแบ่งเขตแดนประเทศ

ทิศตะวันออก: มีอำเภอกันทรารมย์ โนนคูณ เบญจลักษ์ และกันทรลักษ์ติดกับจังหวัดอุบลราชธานี โดยมีบางส่วนของลำห้วยขะยุงเป็นเส้นแบ่งเขตจังหวัด

ทิศตะวันตก: มีอำเภอสีลาลาด ราชีไศล บึงบูรพ์ โพธิ์ศรีสุวรรณ เมืองจันทร์ ห้วยทับทัน ปรังคฤ์ ขุขันธ์ และภูสิงห์ ติดกับจังหวัดร้อยเอ็ดและจังหวัดสุรินทร์ โดยมีบางส่วนของทุ่งกุลาร้องไห้ ลำห้วยทับทัน และลำห้วยสำราญเป็นเส้นแบ่งเขตจังหวัด

ภูมิประเทศทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มอยู่ทางตอนเหนือและตอนกลางของจังหวัด ส่วนทางตอนใต้จะเป็นที่ลาดชันและลูกคลื่นลอนตื้นสลับลาดชันของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด สภาพดิน

ร้อยละ 60 เป็นดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีเพียงร้อยละ 4.5 ของพื้นที่จังหวัดเท่านั้นที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงค่อนข้างสูง ส่วนที่เหลือร้อยละ 35.5 เป็นดินภูเขาและเทือกเขาซึ่งทำการเกษตรได้เพียงบางส่วน มียอดเขาพนมตาเหมือนเป็นภูเขาที่สูงที่สุดในจังหวัดศรีสะเกษ ตั้งอยู่ในอำเภอบุณฑล มีความสูง 672 ม.รทก.

การปกครองของจังหวัดศรีสะเกษ แบ่งเป็น 22 อำเภอ 204 ตำบล 2,613 หมู่บ้าน ประชากรในจังหวัดศรีสะเกษประมาณ 1,500,000 คน ส่วนมากประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก รองลงมา คือ ภาคบริการ ภาคการขายปลีกขายส่ง ส่วนภาคอุตสาหกรรมมีมูลค่าการตลาดน้อยที่สุด เศรษฐกิจที่สำคัญด้านบริการ คือบริการที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวไม่ว่าจะเป็นโบราณสถาน หรือการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ทำให้เศรษฐกิจของจังหวัดศรีสะเกษขับเคลื่อนและพัฒนาจังหวัดได้เป็นอย่างดี

2.2.2 อำเภอเมืองศรีสะเกษหรือพื้นที่ศึกษา

อำเภอเมืองศรีสะเกษเป็นศูนย์กลางของจังหวัดศรีสะเกษในปัจจุบันนี้ จากอดีตที่มีการตั้งถิ่นฐานมาแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ จนเกิดพัฒนาการที่เข้มข้นในสมัยอาณาจักรขอมซึ่งได้ทิ้งมรดกทางวัฒนธรรมหลายประการไว้ เช่น ปราสาทหินและปรางค์กู่ ศิลปะขอมโบราณตั้งกระจายอยู่หลายแห่ง จนครั้งในสมัยอาณาจักรอยุธยาที่มีการยกบ้านปราสาทสี่เหลี่ยมโคกลำดวน (บริเวณใกล้ๆ ปราสาทกุดหรือปราสาทสี่เหลี่ยมโคกลำดวน วัดเจ็ก อำเภอบุณฑล ในปัจจุบัน) เป็นเมืองขุขันธ์ และในสมัยรัชกาลที่ 5 แห่งอาณาจักรรัตนโกสินทร์ได้ย้ายไปยังบริเวณเมืองเก่า (ตำบลเมืองเหนือ อำเภอเมืองศรีสะเกษในปัจจุบัน) แต่เรียกชื่อเมืองขุขันธ์ตามเดิม กระทั่งยกฐานะเป็น “จังหวัดขุขันธ์” เมื่อ พ.ศ. 2459 แล้วเปลี่ยนชื่อเป็น “จังหวัดศรีสะเกษ” เมื่อ พ.ศ. 2481

ที่ตั้งและอาณาเขต

ทิศเหนือ ติดกับอำเภอบุณฑลพิสัย อำเภอยางชุมน้อยและอำเภอกันทรารมย์

ทิศใต้ ติดกับอำเภอโนนดินแดน อำเภอยางชุมน้อย

ทิศตะวันออก ติดกับอำเภอกันทรารมย์

ทิศตะวันตก ติดกับอำเภอบุณฑลพิสัย อำเภอโนนดินแดน

ลักษณะภูมิประเทศของเมืองศรีสะเกษ มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มลอนลาด มีระดับความสูงระหว่าง 100-160 ม.รทก. มีลำน้ำห้วยสำราญเป็นลำน้ำสำคัญสายหลัก ไหลผ่านตัวเมืองศรีสะเกษลงไปยังแม่น้ำมูล ซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำมูลไปทางทิศใต้ประมาณ 10 กม. และอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 126 ม. ส่วนทางตอนเหนือของเมืองศรีสะเกษนั้น ยังมีแม่น้ำมูลไหลผ่านเขตอำเภอสีลาลาด อำเภอราษีไศล อำเภอเมืองศรีสะเกษ อำเภอยางชุมน้อยและอำเภอกันทรารมย์ เป็นระยะทางยาวประมาณ 120 กม. บริเวณนี้ถือเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดของจังหวัดศรีสะเกษด้วย เนื่องจากเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำขนาดใหญ่อันอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 115-130 ม.

ลักษณะภูมิอากาศ โดยทั่วไปของเมืองศรีสะเกษ มีอากาศร้อนจัดในฤดูร้อนและค่อนข้างหนาวจัดในฤดูหนาว ส่วนฤดูฝนจะมีฝนตกหนักในเดือนกันยายน โดยมักจะตกหนักในพื้นที่ตอนกลางและตอนใต้ของจังหวัด ส่วนพื้นที่ทางตอนเหนือของจังหวัดจะมีปริมาณฝนตกน้อยและไม่สม่ำเสมอ

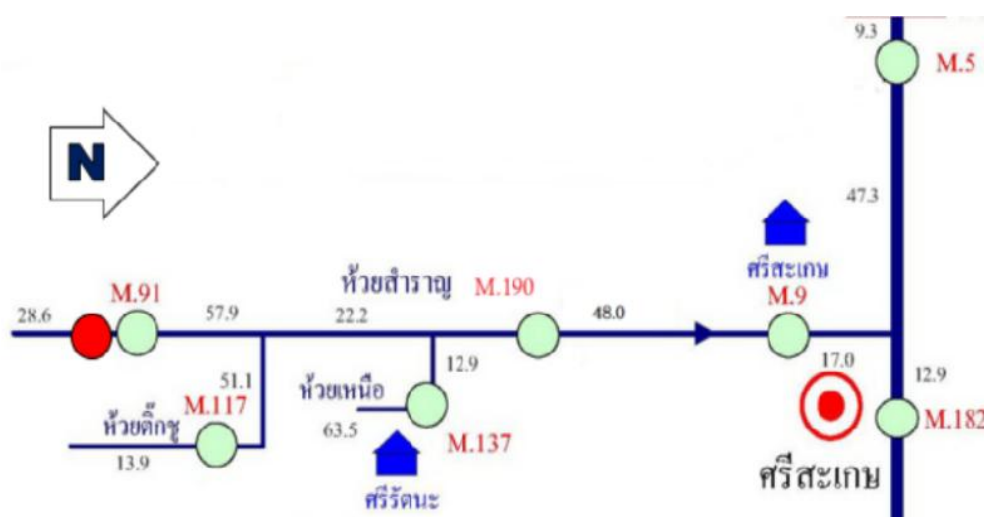
โดยเฉลี่ยแล้วในปีหนึ่ง ๆ จะมีฝนตก 100 วัน ปริมาณฝนเฉลี่ย 1,000-1,350 มม./ปี อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 10 องศาเซลเซียส สูงสุดประมาณ 40 องศาเซลเซียส เฉลี่ยประมาณ 25-28 องศาเซลเซียส การปกครอง อำเภอเมืองศรีสะเกษแบ่งเขตการปกครองย่อยออกเป็น 18 ตำบล 165 หมู่บ้าน ได้แก่

1) เมืองเหนือ (- หมู่บ้าน) 2) เมืองใต้ (- หมู่บ้าน) 3) คูซอด (10 หมู่บ้าน) 4) ชำ (14 หมู่บ้าน) 5) จาน (12 หมู่บ้าน) 6) ตะดอบ (8 หมู่บ้าน) 7) หนองครก (8 หมู่บ้าน) 8) โพนข่า (10 หมู่บ้าน) 9) โพนค้อ (6 หมู่บ้าน) 10) โพนเขา (11 หมู่บ้าน) 11) หน้ำปล้อง (8 หมู่บ้าน) 12) ทุ่ม (13 หมู่บ้าน) 13) หนองไฮ (7 หมู่บ้าน) 14) หนองแก้ว (12 หมู่บ้าน) 15) น้ำคำ (15 หมู่บ้าน) 16) โพธิ์ (10 หมู่บ้าน) 17) หมากริยบ (11 หมู่บ้าน) 18) หนองไผ่ (10 หมู่บ้าน)

2.2.3 สภาพการไหลของลำห้วยสำราญและสภาพปัญหาน้ำท่วมอำเภอเมืองศรีสะเกษ

2.2.3.1 สภาพการไหลของลำห้วยสำราญ

สภาพการไหลของน้ำในลำห้วยสำราญมีทิศทางการไหลจากทิศใต้ไปสู่ทิศเหนือ ไหลไปบรรจบแม่น้ำมูลที่ตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ ช่วงที่ไหลผ่านเมืองศรีสะเกษลำห้วยสำราญมีความสามารถระบายน้ำสูงสุด 450 ลบ.ม./วินาที โดยตลอดลำน้ำห้วยสำราญมีการตั้งสถานีวัดน้ำ ซึ่งจะบันทึกข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลน้ำทำที่ไหลผ่านลำห้วยของกรมชลประทาน รวมทั้งสิ้น 3 สถานี แต่ยังเปิดใช้งานจริงอยู่ 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำบ้านขาว อำเภออุทุมพรพิสัย (M.190) และสถานีวัดน้ำห้วยสำราญตอนล่าง บ้านหนองหญ้าปล้อง อำเภอเมืองศรีสะเกษ (M.9) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนผังทิศทางการไหลของลำห้วยสำราญ

2.2.3.2 สภาพปัญหาน้ำท่วมอำเภอเมืองศรีสะเกษ

ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ มีลักษณะการเกิดน้ำท่วม ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 การเกิดน้ำท่วมเนื่องจากน้ำเอ่อล้นตลิ่งทางน้ำสายหลัก (River Basin Flood) เป็นลักษณะการเกิดน้ำท่วมในลักษณะของน้ำล้นตลิ่งแม่น้ำมูลและลำน้ำอื่น ๆ เข้าท่วมพื้นที่ชุมชนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ราบตลิ่งเป็นบริเวณกว้าง การเกิดน้ำท่วมในกรณีนี้จะส่งผลให้มีน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานและเกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งชุมชนที่ได้รับความเสียหายจากลักษณะการเกิดน้ำท่วมประเภทนี้ หรือมีแนวโน้มที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในลักษณะนี้ เช่น ชุมชนที่อยู่ลำน้ำและมีพื้นที่ลอนลาดหรือเป็นแอ่งกระทะ

ประเภทที่ 2 การเกิดน้ำท่วมเนื่องจากน้ำไหลบ่าจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Regional Flood) เป็นลักษณะการเกิดน้ำท่วมที่เกิดน้ำไหลหลากจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเข้าท่วมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเข้าท่วมพื้นที่ชุมชน ซึ่งมักจะเกิดกับพื้นที่ชุมชนที่อยู่ลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำมูล การเกิดน้ำท่วมในลักษณะนี้บางครั้งมีความรุนแรงและมีระยะเวลาน้ำท่วมประมาณ 1-2 วัน ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชากรในพื้นที่จำกัด บางครั้งอาจทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตได้ แต่มูลค่าความเสียหายจะน้อยกว่ากรณีการเกิดน้ำท่วม เนื่องจากน้ำเอ่อล้นตลิ่งน้ำสายหลัก โดยจำนวนชุมชนที่ได้รับความเสียหายจากลักษณะนี้ เช่น ชุมชนที่ใกล้ลำน้ำสาขา และมีสภาพการไหลที่ค่อนข้างแ่

ประเภทที่ 3 การเกิดน้ำท่วมขังเนื่องจากฝนตกหนักในพื้นที่ (Local Flood) เป็นลักษณะการเกิดน้ำท่วมเนื่องจากฝนตกในพื้นที่ชุมชน แล้วระบายระบายน้ำของชุมชนไม่สามารถระบายน้ำฝนดังกล่าวออกจากพื้นที่ได้ทันต่อสถานการณ์ขณะนั้น จึงส่งผลให้เกิดน้ำท่วมขังเป็นแห่งในพื้นที่ชุมชน การเกิดน้ำท่วมในกรณีนี้จะไม่ส่งผลให้ทรัพย์สินของประชาชนเกิดความเสียหาย แต่จะส่งผลให้เกิดผลกระทบในลักษณะของการรบกวนจิตใจต่อผู้ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมขัง โดยจำนวนชุมชนได้รับผลกระทบอย่างเด่นชัดของการเกิดน้ำท่วมในลักษณะนี้ เช่น ชุมชนที่มีการพัฒนาพื้นที่อุตสาหกรรมและการอยู่อาศัย

สรุปสภาพปัญหาน้ำท่วม จากลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดศรีสะเกษ เป็นพื้นที่ลาดจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือและเป็นพื้นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำมูล มีลำห้วยสาขาที่ไหลผ่านชุมชน ได้แก่ ห้วยสำราญ ห้วยทับทัน ห้วยขะยุง ห้วยทา และห้วยจันทร์ ทำให้ปัญหาน้ำท่วมในจังหวัดศรีสะเกษ ส่วนใหญ่มีลักษณะน้ำไหลบ่าล้นตลิ่งลำน้ำหลักและลำห้วยสาขา ท่วมขังในพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรมตามริมลำน้ำ โดยพื้นที่ชุมชนที่อยู่ริมแม่น้ำมูลและลำห้วยสาขาที่เกิดน้ำท่วมเป็นประจำโดยเฉพาะชุมชนในเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ และพื้นที่ชุมชนต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ลำน้ำหรือลำห้วย โดยปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่ส่วนใหญ่เกิดจากสภาพลำน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง ที่มีอยู่ในปัจจุบันตื้นเขิน มีสิ่งปลูกสร้างกีดขวางทางน้ำจำนวนมาก เช่น ฝาย ท่อลอดถนน เป็นต้น การบริหารจัดการของอ่างเก็บน้ำขาดประสิทธิภาพ และการขาดระบบระบายน้ำหรือระบบระบายน้ำที่มีขนาดเล็กเกินไปไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมและปัญหาน้ำท่วมขังพื้นที่ชุมชนในช่วงฤดูฝนแทบทุกปี ทั้งนี้หน่วยงานภาครัฐส่วนใหญ่มีการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า แต่ยังไม่มีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในระยะยาวเนื่องจากติดปัญหาด้านงบประมาณ

สถิติของสภาพปัญหาน้ำท่วมอำเภอเมืองศรีสะเกษ ที่มีภูมิประเทศเหมือนเนินหลังเต่า พื้นที่ลาดเอียงทางทิศใต้ไปทิศเหนือ และบริเวณรอบชุมชนเมืองลาดเอียงลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ ทั้งฝั่งทิศตะวันออกและทิศตะวันตก มีลำห้วยลำธารไหลจากตะวันตกผ่านเมืองไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ชุมชนติดลำห้วยลำธารจะประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี และยังท่วมพื้นที่ต่อเนื่องรอบบริเวณชุมชนเมือง ลักษณะเป็นการเอ่อท่วมทุ่งออกจนกว่าน้ำจะระบายออก ใน พ.ศ. 2543 ระดับน้ำท่วมสูงที่สุดที่ระดับน้ำ +123.06 ม.รทก. ซึ่งเป็นสถิติสูงที่สุดที่เคยท่วมในเขตเทศบาลเมืองศรีสะเกษ และท่วมนานประมาณ 1 เดือน และใน พ.ศ. 2545 ก็เกิดน้ำท่วมอีกครั้ง แต่ระดับน้ำไม่สูงเท่า พ.ศ. 2543 ที่ระดับน้ำ +122.00 ม.รทก. แต่ท่วมนานกว่า พ.ศ. 2543 เป็นเวลานานเกือบ 2 เดือน ซึ่งทำให้คาดการณ์ได้ว่ามีปัจจัยหลายด้านในการทำให้เกิดน้ำท่วมของอำเภอเมืองศรีสะเกษ

2.3 ทฤษฎีทางชลศาสตร์

2.3.1 ทฤษฎีการไหลของ Saint Venant

หลักการทำงานของแบบจำลอง HEC-RAS 5.0 ใช้สำหรับการจำลองสภาพการไหลแบบคงตัวและแบบไม่คงตัวในทางน้ำเปิด มีพื้นฐานสมการมาจาก Saint Venant ได้ทำการจัดรูปแบบสมการใหม่ได้ดังนี้

สมการสภาพต่อเนื่อง

$$q = \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} \quad (2.1)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลในลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 x = ระยะทางตามแนวการไหล (ม.)
 q = อัตราการไหลเข้าหรือไหลออกจากลำน้ำหลักต่อหน่วยความยาวของลำน้ำ

สมการโมเมนตัม

$$0 = \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) - gAS_f \quad (2.2)$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (ตร.ม.)
 h = ระดับน้ำ (ม.)
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที²)
 t = เวลาในช่วงการไหล (วินาที)

S_f = ความลาดชันเส้นระดับพลังงาน (Friction Slope)

S_0 = ความลาดระดับท้องของของไหล (Bottom Slope)

โดยที่ S_f สามารถหาได้จากสมการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงได้ดังนี้

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (2.3)$$

โดยที่ R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.) มีค่า $\left(R = \frac{A}{P} \right)$

P = ความยาวเส้นขอบเปียก (ม.)

V = ความเร็วของหน้าตัดการไหล (ม./วินาที)

N = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง

จัดรูปแบบสมการ(2.1), (2.2) และ (2.3) ได้สมการใหม่ดังนี้

$$0 = \frac{\partial Q}{\partial t} + \alpha \frac{\partial Q}{\partial x} + \beta \quad (2.4)$$

โดยที่

$$\alpha = 2 \frac{Q}{A} + \frac{\frac{gA}{B} - \frac{Q^2}{A^2}}{\frac{Q}{A} \left(\frac{5}{3} - \frac{4R}{3B} \right)} \quad (2.5)$$

และ

$$\beta = gA(S_f - S_0) \quad (2.6)$$

โดยที่ β = Correction Factor สำหรับการไหลแบบสม่ำเสมอ $\beta = 1.0$

B = ความกว้างหน้าตัดลำน้ำ (ม.)

2.3.2 การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำจากสูตร Manning's Formula

สูตรของ Manning ใน ค.ศ. 1889 Robert Manning วิศวกรชาวไอริช ได้หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของ Chezy และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning กับรัศมีชลศาสตร์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายดังนี้

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ} \quad C = \frac{1.49}{n} R^{1/6} \quad (2.7)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI} \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.8)$$

เมื่อแทนค่า C จากสมการที่ 2.7 และสมการที่ 2.8 ในสมการที่ 2.8 จะได้สมการของ Manning สำหรับคำนวณความเร็วของการไหลในทางน้ำเปิด ดังนี้

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ} \quad V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.9)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI} \quad V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.10)$$

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ} \quad Q = \frac{1.49}{n} R^{1/6} \quad (2.11)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI} \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.12)$$

เมื่อ	v	=	ค่าความเร็วเฉลี่ย (ม./วินาที)
	n	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำ
	R	=	ค่ารัศมีชลศาสตร์ที่หาได้จากค่า PA (ม.)
	A	=	พื้นที่รูปตัดลำน้ำ (ตร.ม.)
	P	=	ความยาวเส้นขอบเปียก (ม.)
	S	=	ความลาดชันผิวน้ำ

2.3.2.1 โดยที่พื้นที่รูปตัด เส้นขอบเปียก และความลาดชันผิวน้ำ หาได้จากการสำรวจ ภายหลังที่ปริมาณน้ำสูงสุดผ่านไปแล้ว ซึ่งสังเกตได้จากคราบของระดับน้ำสูงสุดในการใช้สูตรแมนนิ่ง (Manning) จะพิจารณา 2 กรณี คือ

- 1) กรณีที่สำรวจหาความลาดชันผิวน้ำจากคราบน้ำสูงสุดได้
- 2) กรณีไม่ได้สำรวจหาค่าความลาดชันผิวน้ำ

การสำรวจปริมาณน้ำได้ถูกเพิ่มความสำคัญมากขึ้นในรูปแบบหลากหลายภารกิจ ถูกนำไปใช้ในด้านฐานข้อมูล รายงานสภาพน้ำ การพยากรณ์ปริมาณน้ำและการแจ้งเตือนภัย การสำรวจที่ดียอมทำให้ข้อมูลได้รับการยอมรับและน่าเชื่อถือต่อสำนักกอกุทวิทยาและบริหารน้ำ

โดยรวม ดังนั้นการสำรวจปริมาณน้ำเพื่อสร้างเส้นโค้งปริมาณน้ำ (Rating Curve) จึงเป็นงานที่ต้องใช้ความพยายามและอดทนอย่างมากในการเก็บข้อมูลการสำรวจปริมาณน้ำ แต่ข้อจำกัดด้านจำนวนสถานีที่รับผิดชอบและเวลาในการสำรวจปริมาณน้ำที่เร่งรีบ เพื่อให้ทันต่อการสำรวจ ทำให้บางสถานีไม่สามารถทำการสำรวจปริมาณน้ำสูงสุดหรือในระดับน้ำสูงได้ เป็นผลทำให้สร้างเส้นโค้งปริมาณน้ำของสถานีที่ไม่มีจุดสำรวจปริมาณน้ำสูงสุดยากลำบากมากขึ้น การใช้การประเมินการไหลของน้ำด้วยสูตรแมนนิง (Manning's Formula) เป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาการสำรวจปริมาณน้ำสูงสุดไม่ได้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำธรรมชาติ [6]

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
1. แม่น้ำสายรอง (ความกว้างของผิวน้ำ ณ ระดับอุทกภัยน้อยกว่า 100 ฟุต)			
1.1 แม่น้ำที่ไหลบนที่ราบลุ่ม			
1.1.1 ทางน้ำตรงและสะอาด	0.025	0.030	0.033
1.1.2 เหมือน 1.1.1 แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุม	0.030	0.053	0.040
1.1.3 ทางน้ำคดเคี้ยวและสะอาดมีแอ่งและหาดทรายใต้น้ำ	0.033	0.035	0.045
1.1.4 เหมือน 1.1.3 แต่มีก้อนหินและหญ้าปกคลุมบ้าง	0.035	0.040	0.045
1.1.5 เหมือน 1.1.4 แต่มีระดับตื้นรูปร่างไม่สม่ำเสมอ	0.040	0.048	0.055
1.1.6 เหมือน 1.1.4 แต่มีก้อนหินมาก	0.045	0.050	0.060
1.1.7 การไหลค่อนข้างช้า มีแอ่งลึกปกคลุมด้วยวัชพืช	0.050	0.070	0.080
1.1.8 ปกคลุมด้วยวัชพืชมาก มีแอ่งลึกไม่ย่นตื้นหนาแน่น	0.075	0.100	0.150
1.2 แม่น้ำที่ไหลจากหุบเขาปราศจากพืชพรรณในทางน้ำ			
แต่มีไม้ยืนต้นและไม้พุ่มบนตลิ่งซึ่งจมอยู่ในขณะระดับน้ำสูง			
1.2.1 ท้องน้ำประกอบด้วยกรวดก้อนหินใหญ่บ้างเล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
1.2.2 ท้องน้ำประกอบด้วยกรวดก้อนหินใหญ่มาก	0.040	0.050	0.070
2. ที่ราบตลิ่งน้ำท่วมถึง			
2.1 ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ปราศจากหมู่ไม้พุ่ม			
2.1.1 หญ้าพันธุ์สั้น	0.025	0.030	0.035
2.1.2 หญ้าพันธุ์สูง	0.030	0.035	0.050
2.2 พื้นที่เพาะปลูก			
2.2.1 ไม่มีการปลูกข้าว	0.020	0.030	0.040
2.2.2 ปลูกข้าวแบบปักดำ	0.025	0.035	0.040
2.2.3 ปลูกข้าวแบบนาหว่าน	0.030	0.040	0.050

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำธรรมชาติ (ต่อ) [6]

ชนิดและรายละเอียดของทางน้ำ	ค่าน้อย	ค่าปกติ	ค่ามาก
2.3 ไม้พุ่ม			
2.3.1 กระจัดกระจาย มีวัชพืชปกคลุม	0.035	0.050	0.070
2.3.2 มีความหนาแน่นน้อยในฤดูหนาว	0.035	0.050	0.060
2.3.3 มีความหนาแน่นน้อยในฤดูร้อน	0.040	0.060	0.080
2.3.4 มีความหนาแน่นปานกลางถึงสูงในฤดูหนาว	0.045	0.070	0.110
2.3.5 มีความหนาแน่นปานกลางถึงสูงในฤดูร้อน	0.070	0.100	0.160
2.4 ไม้ยืนต้น			
2.4.1 ลำต้นตรงมีความหนาแน่นสูงในฤดูร้อน	0.110	0.150	0.200
2.4.2 พื้นที่ว่างเปล่า มีตอไม้ไม่มีลำต้นอ่อน	0.030	0.040	0.050
2.4.3 เหมือน 2.4.2 แต่มีความหนาแน่นของไม้ลำต้นอ่อนสูง	0.050	0.060	0.080
2.4.4 มีไม้ยืนต้นมากมีไม้แคระและไม้ที่กำลังโตเล็กน้อย	0.080	0.100	0.120
2.4.5 เหมือน 2.4.4 แต่มีระดับน้ำท่วมถึงก้านใบ	0.100	0.120	0.160
3. แม่น้ำสายหลัก (ความกว้างผิวน้ำ ณ ระดับอุทกภัยมากกว่า 100 ฟุต)			
3.1 หน้าตัดการไหลเป็นระเบียบไม่มีก้อนหินใหญ่หรือไม้พุ่ม	0.025		0.060
3.2 หน้าการไหลเป็นระเบียบและมีความขรุขระ	0.035		0.010

2.3.2.2 หลักการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง (Manning's n หรือ n)

จากการวิจัยพบว่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ และปัจจัยเหล่านี้ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันอีกด้วย ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

1) ความขรุขระของผิวน้ำทางน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของวัสดุที่นำมาใช้สร้างผิวน้ำทางน้ำ โดยวัสดุที่มีเม็ดละเอียดก็จะให้ค่า n ต่ำ และวัสดุที่มีเม็ดหยาบก็จะให้ค่า n สูง ความขรุขระของผิวน้ำทางน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดค่า n

2) พืชที่ขึ้นปกคลุมทางน้ำ เช่น หญ้า ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการต้านการไหล และจะลดอัตราการไหล ผลของพืชที่ขึ้นปกคลุมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสูง ความหนาแน่น การกระจายและชนิดของพืช

3) ความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำในทางน้ำธรรมชาติ ความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำจะเกิดขึ้นจากหาดทราย หลุม และบ่อในท้องคลอง เป็นต้น จากการวิจัยพบว่าถ้าทางน้ำค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง หรือหน้าตัดการไหล จะไม่มีผลกระทบต่อค่า n มากนัก แต่ถ้าวการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนอย่างฉับพลันก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า n อย่างมาก

4) แนวทางน้ำ ทางน้ำที่มีรัศมีส่วนโค้งของแนวทางน้ำมากและส่วนโค้งนั้นราบเรียบจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า n น้อยมาก แต่ถ้าทางน้ำนั้นมีรัศมีส่วนโค้งของแนวทางน้ำน้อยหรือเป็นโค้งหักข้อศอก และโค้งกลับไปกลับมา จะทำให้ค่า n มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากซึ่งบางครั้งอาจจะเพิ่มค่า n ได้ถึงร้อยละ 30 นายสโคบี (Scobey) ได้ทำการทดลองในรางน้ำ (Flume) พบว่า n จะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.001 ถ้ารางน้ำเปียงเบนไปเป็นมุม 20 องศา และความยาวของรางน้ำ 30 ม.

5) การกัดเซาะและการตกตะกอน จากการทดลองพบว่า การตกตะกอนจะทำให้ทางน้ำที่ไม่สม่ำเสมอเปลี่ยนมาเสมอดันเสมอปลายและค่า n จะลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าเกิดการกัดเซาะก็จะทำให้ทางน้ำไม่สม่ำเสมอและค่าของ n จะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับขนาด และชนิดของวัสดุที่ปะปนกับน้ำและทำให้ลักษณะการตกตะกอนแตกต่างกัน เช่น การตะกอนทำให้เกิดสันทรายก็จะเพิ่มค่า n เป็นต้น

6) สิ่งกีดขวาง สิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น ตอหม้อสะพาน จะทำให้ n มีค่าเพิ่มขึ้น การเพิ่ม ค่า n จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด รูปร่าง ปริมาณและการจัดวางตัวของสิ่งกีดขวาง

7) ความลึกการไหลและอัตราการไหล โดยทั่วไปทางน้ำจะมีค่า n ลดลง เมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ว่าเมื่อทางน้ำมีความลึกการไหลน้อย ความไม่สม่ำเสมอของท้องคลองจะทำให้มีบางส่วนไหลขึ้นมาทำให้ n มีค่ามาก อย่างไรก็ตามทางน้ำอาจจะเพิ่มค่า n เพิ่มขึ้น เมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้นก็ได้ [7] ถ้าลาดตลิ่งของทางน้ำขรุขระและมีหญ้าขึ้นรกรุงรัง

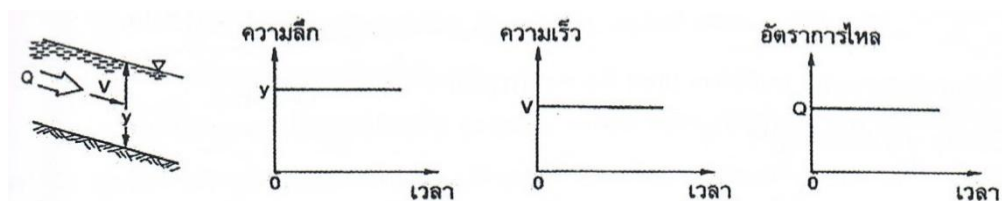
2.4 การไหลในทางน้ำเปิดตามธรรมชาติ

การไหลในทางน้ำเปิด เป็นการไหลที่มีผิวของไหลสัมผัสกับอากาศ ซึ่งเรียกผิวของของไหลนี้ว่าผิวของไหลอิสระ โดยมีความดันบรรยากาศกระทำต่อผิวของไหลอิสระ ซึ่งทางน้ำเปิดธรรมชาติในทางชลศาสตร์สามารถแบ่งชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดได้ 2 ประเภท คือ การไหลแบบคงที่ และการไหลแบบไม่คงที่

2.4.1 การไหลคงที่ (Steady Flow)

คือ การไหลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือตัวแปรต่าง ๆ ของการไหล เช่น ความลึก y ความเร็ว V และอัตราการไหล Q ที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งของทางน้ำเปิดคงที่ในช่วงเวลาที่กำหนด dt หรือลักษณะการไหลคงที่ มักจะเกิดในทางน้ำเปิดที่มนุษย์สร้างขึ้น เพราะสามารถควบคุมปริมาณการไหลคงที่ได้ด้วยประตูน้ำต่าง ๆ ส่วนทางน้ำเปิดตามธรรมชาติก็อาจเกิดการไหลคงที่ได้ ในกรณีที่พิจารณาการไหลในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้นสมการที่ 2.13 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 2.2

$$\frac{d}{dt}(y, V, Q, \dots) = 0 \quad (2.13)$$

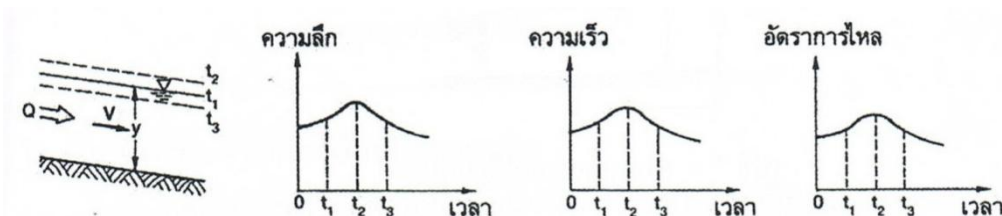


ภาพที่ 2.2 การไหลคงที่ในทางน้ำเปิด [8]

2.4.2 การไหลไม่คงที่ (Unsteady Flow)

คือ การไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือตัวแปรต่าง ๆ ของการไหล เช่น ความลึก y ความเร็ว V และอัตราการไหล Q ที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งของทางน้ำเปิดเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา หรือลักษณะการไหลไม่คงที่ มักเกิดขึ้นตามทางน้ำเปิดธรรมชาติ ซึ่งมีความผันแปรของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาก โดยปริมาณน้ำที่ไหลลงทางน้ำเปิด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น ปริมาณน้ำฝน การซึมลงดิน การกักขังบนผิวดิน และการระเหย เป็นต้น ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความลึก ความเร็ว และอัตราการไหลในทางน้ำเปิด ดังนั้นสมการที่ 2.14 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 2.3

$$\frac{d}{dt}(y, V, Q, \dots) \neq 0 \quad (2.14)$$



ภาพที่ 2.3 การไหลไม่คงที่ในทางน้ำเปิด [8]

2.5 การเคลื่อนตัวของน้ำหลาก

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำหลากเป็นวิธีการที่จะใช้ศึกษาพฤติกรรมของคลื่นน้ำหลาก โดยการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตามเวลาและสถานที่ไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งเป็นวิธีที่แสดงให้เห็นถึงการลดลงของขนาดคลื่นน้ำหลากและเวลาที่ปริมาณน้ำสูงสุดใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำใช้สมการต่อเนื่องของมวลดังสมการที่ 2.15

$$\frac{ds}{dt} = I - Q \quad (2.15)$$

โดยที่	I	=	อัตราการไหลเข้า (ลบ.ม./วินาที)
	Q	=	อัตราการไหลออก (ลบ.ม./วินาที)
	Dt	=	ช่วงเวลาที่เกิดการไหลผ่านเข้าออกจากบริเวณที่พิจารณา (s)
	Ds	=	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรเก็บกัก เป็นได้ทั้งอ่างเก็บน้ำหรือของลำนน้ำ (MCM)

ในกรณีที่คิดที่ละช่วงเวลาสามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = I - Q \quad (2.16)$$

จากอัตราไหลเข้าและไหลออกจากปริมาตรเก็บกักที่เวลา 1t และ 2t สมการที่ 2.16 จะ
เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราไหลเข้าและไหลออกดังสมการที่ 2.17

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2) - \frac{1}{2}(Q_1 - Q_2) = \frac{s_2 - s_1}{\Delta t} \quad (2.17)$$

2.6 ความน่าจะเป็นในงานอุทกวิทยา (Probabiliry in hydrology)

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นหรือการวิเคราะห์โอกาสที่เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ในงานอุทกวิทยา เช่น การหาปริมาณฝนสูงสุด ปริมาณน้ำหลากสุด และความเร็วลมสูงสุด เป็นต้น ทำให้ทราบถึงปริมาณและโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานออกแบบงานควบคุมหรืองานวิเคราะห์ ปัญหาต่างทางวิศวกรรมแหล่งน้ำได้ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) ความเสี่ยง (Risk) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) และแฟคเตอร์ความปลอดภัย (Safety factor) ดังนี้

2.6.1 แนวทางในการเลือกข้อมูลในการวิเคราะห์

2.6.1.1 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ต้องพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1) การตรงกับกรณี (Relevant) หมายถึง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องเป็นประเด็นปัญหา เช่น ถ้าต้องการวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดที่มีผลต่อการเกิดน้ำหลาก (Flood) ในแม่น้ำก็ต้องใช้ข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดในอดีตหลาย ๆ ปีที่ผ่านมาวิเคราะห์ เป็นต้น

2) ความพอเพียง (Adequate) หมายถึง ระยะเวลา และความยาวนานของข้อมูล (Length of record) จะต้องมีความพอที่จะใช้วิเคราะห์ ซึ่งถ้ามีมากพอหรือมีข้อมูลที่เหตุการณ์ในอดีตใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบัน ก็จะสื่อถึงความน่าเชื่อถือได้ของผลการวิเคราะห์

3) ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ความถูกต้องของข้อมูลที่รวบรวมมา ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่หรือผู้เก็บข้อมูล และสภาพแวดล้อมทั้งในบริเวณและรอบ ๆ บริเวณที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นต้น

2.6.1.2 สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้กันทั่วไป มี 2 ลักษณะ คือ

1) ชุดข้อมูลแบบรายปี (Annual series) เป็นเลือกข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดหรือค่าน้อยที่สุดในแต่ละปี ปีละ 1 ค่า มาวิเคราะห์ เช่น เมื่อต้องการวิเคราะห์น้ำหลากสูงสุดก็เลือกข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดในแต่ละปีมาวิเคราะห์ เป็นต้น ชุดข้อมูลแบบรายปีนี้เหมาะสมสำหรับกรณีที่มีความน่าจะเป็นน้อยกว่า 0.5

2) ชุดข้อมูลแบบบางส่วนของปี (Partial series) เป็นการเลือกข้อมูลเพียงบางส่วนของปีมาวิเคราะห์เป็นกรณีที่เหมาะสมกับความน่าจะเป็นมากกว่า 0.5

2.6.2 การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis)

2.6.2.1 การวิเคราะห์ความถี่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์หรือค่าต่าง ๆ (ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด) รอบปีการเกิดซ้ำ (Return period) และความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หรือค่าต่าง ๆ (Probability) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 วิธี ที่นิยมใช้งานกันทั่วไป ดังนี้

1) วิธีการลงจุดของความเป็นไปได้ (Probability plotting position)

วิธีการลงจุดของความเป็นไปได้ หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ X ที่มากกว่าหรือเท่ากับ X_0 มักจะแสดงออกในเทอมของรอบปีการเกิดซ้ำ (Return period หรือ Recurrence interval, T) โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำเป็นปฏิภาคผกผันกับความเป็นไปได้ หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ ดังสมการ

$$T = \frac{1}{P} \quad (2.18)$$

เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำ

และ P คือ ความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์

ในการวางแผน การจัดการ และการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ต่าง ๆ จะมีการกำหนดเกณฑ์ตามความจำเป็น ลักษณะงาน และความเสี่ยงที่มีผลต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งจะกำหนดเป็นรอบปีการเกิดซ้ำและค่าขีดจำกัดประเมิน (Estimated Limiting Value, ELV) โดยค่าขีดจำกัดประเมินหมายถึงค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีขนาดการออกแบบทางอุทกวิทยา (Hydrologic design) ของโครงสร้างขนาดใหญ่ (Major structure) โครงสร้างขนาดกลาง (Intermediate structure) โครงสร้างขนาดเล็ก (Minor structure) ดังในตารางที่ 2.2

ค่าขีดจำกัดประเมินมักจะนำมาใช้กับการหาค่าปริมาณฝนสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation, PMP) และการหาค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Probable Maximum Flood, PMF) โดยโครงสร้างประเภทประเภทต่าง ๆ มีเกณฑ์ในการกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำและค่าขีดจำกัดประเมินดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัดประเมินตามประเภท
ของโครงสร้าง [8]

ประเภทของโครงสร้าง	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ELV
1. ท่อลอดถนน		
- การสัญจรน้อย	5 – 10	-
- การสัญจรปานกลาง	10 – 25	-
- การสัญจรมาก	50 – 100	-
2. สะพานของถนน		
- ระบบรอง	10 – 50	-
- ระบบหลัก	50 – 100	-
3. การระบายจากฟาร์ม		
- ท่อระบายน้ำ	5 – 50	-
- คูน้ำ	5 – 50	-
4. การระบายน้ำในเมือง		
- ท่อระบายน้ำในเมืองเล็ก	2 – 25	-
- ท่อระบายน้ำในเมืองใหญ่	25 – 50	-
5. สนามบิน		
- การจราจรน้อย	5 – 10	-
- การจราจรปานกลาง	10 – 25	-
- การจราจรมาก	50 – 100	-
6. ทำนบกั้นน้ำ		
- ในฟาร์ม	2 – 50	-
- รอบ ๆ เมือง	50 – 200	-
7. เขื่อนที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิต		
- เขื่อนขนาดเล็ก	50 – 100	
- เขื่อนขนาดกลาง	100+	
- เขื่อนขนาดใหญ่	-	50 – 100%
8. เขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิต		
- เขื่อนขนาดเล็ก	100+	50%
- เขื่อนขนาดกลาง	-	50 – 100%
- เขื่อนขนาดใหญ่	-	100%

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัดประเมินตามประเภท
ของโครงสร้าง (ต่อ) [8]

ประเภทของโครงสร้าง	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ELV
9. เชื้อนที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสีย ชีวิตจำนวนมาก		
- เชื้อนขนาดเล็ก	-	50-100%
- เชื้อนขนาดกลาง	-	100%
- เชื้อนขนาดใหญ่	-	100%

สำหรับความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ p มีสมการทั่วไป คือ

$$P = \frac{m - a}{N + b} \quad (2.19)$$

โดย m คือ ลำดับที่ของเหตุการณ์ (Order number of event)
 N คือ จำนวนข้อมูลหรือเหตุการณ์ทั้งหมด (Total number of event in data)
 a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการต่าง ๆ ที่เลือกใช้ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P

วิธี	พ.ศ.	a	b	P
Hazen	2457	0.5	0	$\frac{m - 0.5}{N}$
California	2466	0	0	$\frac{m}{N}$
Weibull	2482	0	1.0	$\frac{m}{N + 1}$
Beard	2486	0.31	0.38	$\frac{m - 0.31}{N + 0.38}$
Chegodayev	2498	0.30	0.40	$\frac{m - 0.30}{N + 0.40}$
Blom	2501	0.375	0.25	$\frac{m - 0.375}{N + 0.25}$
Gringorten	2506	0.44	0.12	$\frac{m - 0.44}{N + 0.12}$

ตารางที่ 2.3 สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P (ต่อ)

วิธี	พ.ศ.	a	b	P
Cunnanc	2521	0.40	0.20	$\frac{m - 0.40}{N + 0.20}$
Adamowski	2524	0.25	0.50	$\frac{m - 0.25}{N + 0.50}$

โดยทั่วไปมักจะใช้สมการของ Weibull ในการหาค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P

$$P = \frac{m}{N+1} \quad (2.20)$$

แทนค่า P ได้ จากสมการที่ 2.19 ในสมการที่ 2.20 จะรอบปีการเกิดซ้ำ

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (2.21)$$

1.1) ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.1.1) เตรียมข้อมูลน้ำท่าสูงสุดรายปี ของสถานีวัดน้ำท่า

1.1.2) กำหนดให้ผลการวัดข้อมูลน้ำท่าสูงสุด ที่สถานีวัดน้ำท่า M.9

พ.ศ. 2497 ถึง พ.ศ. 2558 และที่สถานีวัดน้ำท่า M.190 พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2558 ที่ตรวจวัด
โดยกรมอุตุนิยมวิทยามีข้อมูลดังตารางที่ 2.4 และ ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ [9]

ปีน้ำ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน - ล้าน ลบ.ม.												ปริมาณ น้ำท่ารายปี	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ลบ.ม./วินาที
2497	0.11	0.14	0.14	0.11	0.15	163.30	454.29	64.41	0.10	0.09	0.09	0.06	682.99	21.66
2498	0.07	0.13	1.71	1.36	6.17	12.46	15.71	0.29	0.07	0.06	0.05	0.05	38.13	1.21
2499	0.04	0.11	0.26	15.39	24.29	95.29	67.40	3.14	0.08	0.05	0.02	0.04	206.11	6.54
2500	0.03	0.11	0.14	0.36	0.51	18.48	337.13	57.76	4.13	1.04	0.09	0.01	419.79	13.31
2501	0.06	0.01	6.08	0.08	0.42	285.42	680.05	111.40	0.44	0.21	0.04	0.00	1,084.21	34.38
2502	0.02	0.10	0.21	8.56	90.18	637.63	416.10	42.58	1.19	0.25	0.08	0.00	1,196.90	37.85
2503	0.02	1.48	44.10	32.24	11.59	65.81	805.59	248.14	9.07	0.25	0.08	0.02	1,218.39	38.63
2504	0.02	0.07	0.17	7.98	19.04	400.98	519.61	26.34	0.56	0.30	0.16	0.06	975.29	30.93
2505	3.55	41.82	49.51	197.31	128.60	846.11	1,021.80	151.80	5.53	0.14	0.08	0.05	2,446.30	77.57
2506	0.02	0.08	0.17	2.43	22.67	193.62	171.07	41.50	0.83	0.10	0.02	0.00	432.51	13.68
2507	0.02	0.98	4.15	14.58	5.16	113.36	533.17	169.86	7.84	0.14	0.01	0.01	849.28	26.93
2508	0.09	0.09	0.95	3.88	0.80	8.98	32.65	3.37	0.06	0.00	0.00	0.00	50.87	1.61
2509	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2510	0.00	0.03	0.07	0.18	7.50	281.23	260.15	5.21	0.29	0.09	0.01	0.02	554.78	17.54
2511	0.03	0.43	2.05	0.25	10.44	302.87	165.03	1.59	0.13	0.01	0.00	0.00	482.83	15.31

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำทำรายเดือนสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ (ต่อ) [9]

[illegible]

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ (ต่อ) [9]

ปีน้ำ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน - ล้าน ลบ.ม.												ปริมาณ น้ำท่ารายปี	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ลบ.ม./วินาที
2527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2529	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2530	0.04	0.03	0.12	0.10	1.25	241.86	80.36	26.74	9.18	1.10	0.22	0.04	361.04	11.45
2531	0.18	0.66	132.73	54.35	11.59	3.32	94.93	74.17	6.26	0.74	0.51	0.48	379.92	12.05
2532	0.46	0.98	3.81	45.57	98.48	111.20	25.55	9.18	1.73	0.66	0.41	0.94	298.97	9.48
2533	1.39	2.13	1.72	13.92	99.65	341.75	386.09	187.69	18.12	5.36	2.05	1.66	1,061.53	33.66
2534	0.41	0.25	0.46	1.30	11.51	258.45	599.10	123.04	3.50	3.68	0.71	1.24	1,003.65	31.74
2535	0.10	0.06	0.09	0.11	37.24	212.93	122.27	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	378.36	12.00
2536	37.83	30.82	30.52	41.89	138.49	128.06	20.40	6.16	0.70	0.25	0.25	0.27	435.64	13.81
2537	2.11	3.81	9.00	26.66	32.86	189.60	116.43	10.56	4.14	3.10	2.06	2.26	402.59	12.77
2538	0.35	0.62	0.72	11.19	80.45	165.28	379.06	96.91	4.28	0.99	0.78	0.80	741.43	23.45
2539	1.04	1.24	1.64	3.34	4.85	175.88	524.71	413.38	65.02	3.46	1.59	1.18	1,197.33	37.97
2540	1.16	1.47	1.31	52.93	141.02	45.33	235.20	11.91	1.61	0.98	0.65	0.82	494.39	15.68
2541	0.84	1.00	1.06	1.44	1.55	8.45	24.67	14.38	17.65	1.34	0.69	0.17	73.24	2.32

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ (ต่อ) [9]

ปีน้ำ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน - ล้าน ลบ.ม.												ปริมาณ น้ำท่ารายปี	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ลบ.ม./วินาที
2542	1.59	2.41	11.93	19.51	8.53	6.45	86.78	80.47	19.98	1.56	1.20	1.16	241.58	7.64
2543	1.82	8.69	114.50	493.35	520.57	581.65	219.87	34.61	3.88	1.36	0.97	1.35	1,982.62	62.87
2544	1.13	1.21	1.84	7.70	239.13	225.63	213.25	243.88	22.68	1.64	0.99	1.13	960.20	30.45
2545	0.96	1.11	13.55	27.75	133.84	815.15	354.19	49.43	6.45	1.60	1.19	1.31	1,406.53	44.60
2546	1.04	1.13	1.05	1.15	7.95	177.01	149.03	11.20	1.34	1.04	1.02	2.10	355.06	11.23
2547	0.83	0.76	48.53	32.79	286.55	99.08	35.85	2.92	1.98	0.86	0.50	0.51	511.16	16.21
2548	0.39	0.42	0.53	0.87	20.46	169.30	52.93	32.83	10.27	2.57	1.43	0.50	292.50	9.28
2549	0.53	0.61	0.57	0.78	89.90	177.01	508.77	25.59	2.19	1.41	1.21	0.99	809.56	25.67
2550	1.02	2.45	1.82	1.05	89.59	287.96	422.48	66.33	1.59	0.76	0.61	0.57	876.22	27.71
2551	0.42	25.53	14.76	1.52	7.22	256.82	343.62	80.50	17.01	0.28	0.28	0.19	748.16	23.72
2552	1.93	2.35	3.42	71.48	115.41	516.14	513.18	48.27	4.57	2.68	1.97	2.39	1,283.79	40.71
2553	1.02	1.14	0.99	1.11	3.16	92.53	353.69	77.56	2.65	2.04	1.71	1.46	539.08	17.09
2554	1.38	1.43	1.60	1.46	9.92	330.04	664.35	150.97	3.46	1.61	1.27	1.18	1,168.66	37.06
2555	1.02	1.21	1.80	1.76	1.63	66.85	121.08	7.64	0.00	0.00	0.00	0.00	202.99	6.42
2556	2.59	2.19	1.23	1.52	20.17	478.47	539.67	100.93	8.87	7.07	3.57	2.43	1,168.71	37.06

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ (ต่อ) [9]

ปีน้ำ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน - ล้าน ลบ.ม.												ปริมาณ น้ำท่ารายปี	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ลบ.ม./วินาที
2557	1.86	1.84	1.92	12.02	74.84	153.78	170.01	132.33	24.40	0.00	0.00	0.00	573.00	18.17
2558	0.00	0.00	0.00	16.88	14.33	46.57	131.64	28.52	9.87	4.52	2.35	1.72	256.40	8.11
สูงสุด	37.83	41.82	132.73	493.35	520.57	846.11	1,021.80	505.44	65.02	7.07	3.57	2.43	2,446.30	77.57
เฉลี่ย	1.37	2.76	10.90	31.66	65.11	214.71	289.46	74.84	7.33	1.34	0.68	0.61	700.75	22.21
ต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.08	0.15	3.32	15.71	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	38.13	1.21

ตารางที่ 2.5 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานี M.190 ห้วยสำราญ บ้านขวาว ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ [10]

ปีน้ำ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												ปริมาณน้ำท่า รายปี (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.		
2551	0.00	19.67	4.87	0.18	0.97	244.12	190.12	92.06	0.00	0.00	0.00	0.00	551.99	17.50
2552	0.00	0.01	1.01	45.19	73.92	471.06	431.95	36.14	6.73	0.99	0.00	0.00	1066.99	33.83
2553	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	61.51	355.37	65.87	1.05	0.00	0.00	0.00	484.76	15.37
2554	0.00	0.00	5.25	11.11	20.17	215.39	505.98	85.48	1.80	0.00	0.00	0.00	845.19	26.80
2555	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	63.44	112.00	32.56	10.64	0.00	0.00	0.00	226.97	7.18
2556	0.00	0.00	0.00	0.00	23.92	357.22	380.92	69.84	11.75	2.07	0.00	0.00	845.72	26.82
2557	0.00	0.00	0.00	1.75	56.86	135.08	133.44	97.09	7.31	0.00	0.00	0.00	431.53	13.68
2558	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87	39.00	93.52	21.12	10.40	7.03	0.10	0.00	175.05	5.54
สูงสุด	0.00	19.67	8.33	45.19	73.92	471.06	505.98	97.09	11.75	7.03	0.10	0.00	1066.99	33.83
เฉลี่ย	0.00	2.46	2.43	7.28	22.58	198.35	275.41	62.52	6.21	1.26	0.01	0.00	578.53	18.34

ตารางที่ 2.6 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราญตอนล่าง ตำบลห้วยป่าปล้อง
อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณ น้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณ น้ำเฉลี่ย (ลบ.ม.วินาที)
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ (ลบ.ม./วินาที)	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2497	118.46	314.00	1 ต.ค.	12.00	682.99	21.60
2498	112.60	15.00	1 ต.ค.	06.00	38.13	1.20
2499	114.51	54.00	20 ก.ย.	12.00	206.11	65.40
2500	117.59	215.00	18 ต.ค.	12.00	419.79	13.30
2501	118.56	328.00	9 ต.ค.	18.00	1,084.15	34.20
2502	119.28	426.00	24 ก.ย.	18.00	1,196.90	37.80
2503	119.75	494.00	26 ต.ค.	06.00	1,218.39	38.60
2504	119.25	421.00	25 ก.ย.	18.00	975.29	30.93
2505	121.10	740.00	18 ก.ย.	15.00	2,446.30	77.60
2506	116.41	126.00	29 ก.ย.	06.00	432.51	13.71
2507	117.98	255.00	8 ต.ค.	18.00	849.28	26.92
2508	112.80	18.00	3 ต.ค.	06.00	50.87	1.61
2509	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2510	117.60	216.00	21 ก.ย.	01.00	554.78	17.50
2511	117.70	226.00	10 ต.ค.	12.00	482.83	15.30
2512	117.95	252.00	28 ก.ย.	12.00	405.25	12.80
2513	119.51	459.00	21 ส.ค.	18.00	501.93	15.90
2514	116.42	127.00	9 ก.ย.	12.00	624.69	19.70
2515	120.33	339.00	24 ก.ย.	06.00	1,067.56	33.70
2516	112.41	27.00	14 ต.ค.	18.00	76.89	2.44
2517	116.28	137.00	19 ต.ค.	12.00	358.55	11.40
2518	118.35	164.00	14 ต.ค.	16.00	594.04	18.80
2519	121.19	488.00	1 พ.ย.	12.00	1,552.87	49.20
2520	117.82	108.00	1 ต.ค.	01.00	314.84	9.98
2521	121.79	849.70	2 ต.ค.	04.00	1,132.68	35.92

ตารางที่ 2.6 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราษฎรตอนล่าง ตำบลห้วยป่าปล้อง
อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ (ต่อ) [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณ น้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณ น้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ (ลบ.ม./วินาที)	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2522	117.71	168.50	9 ต.ค.	06.00	496.08	15.69
2523	119.79	213.75	10 ต.ค.	24.00	873.45	27.70
2524	116.21	107.88	31 มิ.ย.	01.00	400.67	12.71
2525	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2526	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2527	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2528	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2529	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2530	117.74	219.00	25 ก.ย.	12.00	361.04	11.42
2531	115.66	100.82	22 มิ.ย.	12.00	379.92	12.05
2532	114.56	86.48	29 ส.ค.	24.00	298.97	9.48
2533	117.83	118.63	29 ต.ค.	09.00	1,061.53	33.66
2534	120.12	326.80	11 ต.ค.	15.00	1,003.65	31.82
2535	116.55	133.50	8 ก.ย.	18.00	378.36	12.00
2536	115.11	132.52	10 ส.ค.	06.00	435.68	13.82
2537	115.70	154.00	26 ก.ย.	06.00	402.62	12.77
2538	118.57	189.21	16 ต.ค.	15.00	741.43	23.40
2539	121.53	440.20	9 ต.ค.	17.00	1,197.33	37.97
2540	117.67	173.80	12 ต.ค.	12.00	494.39	15.70
2541	112.36	35.00	19 ต.ค.	07.00	73.24	2.32
2542	114.27	58.88	10 ต.ค.	06.00	241.58	7.66
2543	123.06	1,064.00	26 ส.ค.	06.00	1,982.62	62.90
2544	119.11	265.60	20 ส.ค.	09.00	960.20	30.45
2545	121.70	660.00	24 ก.ย.	06.00	1,403.73	44.51
2546	116.61	174.90	18 ก.ย.	18.00	355.04	11.20

ตารางที่ 2.6 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราญตอนล่าง ตำบลห้วยป่าปล้อง
อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ (ต่อ) [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณ น้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณ น้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ (ลบ.ม./วินาที)	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2547	118.04	155.40	21 ส.ค.	18.00	511.16	16.21
2548	115.84	123.80	20 ก.ย.	18.00	292.50	9.28
2549	120.50	345.00	11 ต.ค.	24.00	809.56	25.67
2550	119.20	253.00	15 ต.ค.	18.00	876.22	27.71
2546	116.61	174.90	18 ก.ย.	18.00	355.04	11.20
2547	118.04	155.40	21 ส.ค.	18.00	511.16	16.21
2548	115.84	123.80	20 ก.ย.	18.00	292.50	9.28
2549	120.50	345.00	11 ต.ค.	24.00	809.56	25.67
2550	119.20	253.00	15 ต.ค.	18.00	876.22	27.71
2551	119.20	252.70	30 ก.ย.	18.00	748.16	23.72
2552	120.71	408.25	18 ก.ย.	16.00	1,283.79	40.71
2553	118.64	235.08	27 ต.ค.	21.00	539.08	17.09
2554	120.99	334.60	26 ต.ค.	18.00	1,168.66	37.06
2555	114.22	92.20	16 ต.ค.	09.00	202.99	6.42
2556	122.16	652.80	24 ก.ย.	15.00	1,168.71	37.06
2557	115.25	115.20	6 พ.ย.	02.00	573.00	18.17
2558	114.31	84.15	12 ต.ค.	15.00	256.40	8.11
สูงสุด	123.06	1,064.00			2,446.30	77.60
เฉลี่ย	115.39	262.97			700.49	23.37
ต่ำสุด	-	15.00			38.13	1.20

ตารางที่ 2.7 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดของสถานี M.190 ห้วยลำราญ บ้านขาว
ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ [12]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณ น้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณ น้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ (ลบ.ม./วินาที)	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2551	127.27	215.15	26 ก.ย.	06.00	551.99	17.50
2552	127.76	335.80	13 ก.ย.	14.00	958.70	30.40
2553	127.34	255.60	24 ต.ค.	22.00	484.76	15.37
2554	127.73	296.50	24 ต.ค.	04.00	845.19	26.80
2555	125.37	66.90	15 ต.ค.	01.00	226.97	7.18
2556	128.47	384.01	22 ก.ย.	12.00	845.72	26.82
2557	125.61	104.20	23 ก.ย.	16.00	431.53	13.68
2558	125.15	67.00	11 ต.ค.	20.00	175.05	5.54
สูงสุด	128.47	384.01			958.70	30.40
เฉลี่ย	126.84	215.65			564.99	17.91
ต่ำสุด	125.15	66.90			175.05	5.54

2) วิธีการกระจายแบบ Gumbel

ใน พ.ศ. 2484 Gumbel ได้เสนอแนะการกระจายค่าสุดขีด (Extreme value distribution) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้หาฟังก์ชันการกระจายโอกาสที่จะเกิดค่าสุดขีดในงานอุทกวิทยา และอุตุนิยมวิทยาหลายลักษณะงาน เช่น การคาดการณ์การเกิดน้ำท่วมสูงสุด ปริมาณฝนสูงสุด และความเร็วลมสูงสุด เป็นต้น

Gumbel ได้พบว่า เมื่อนำข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้นใน 365 วัน เป็นจำนวนหลาย ๆ ปี มาวิเคราะห์ จะได้สมการในการหาโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ (Probability of occurrence of an event) ที่เท่ากับหรือมากกว่า X_0 ดังนี้

$$P\left(\frac{x}{x_0}\right) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (2.22)$$

$$\text{โดยที่} \quad y = \alpha(x-1) \quad (2.23)$$

$$\text{เมื่อ} \quad a = \bar{x} - 0.45005\sigma_x \quad (2.24)$$

และ
$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma_x} \quad (2.25)$$

โดยที่ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ x
 และ σ_x คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ X (Standard derivation of the variate)

แทนค่า a จากสมการที่ 2.24 และ α จากสมการที่ 2.25 ในสมการที่ 2.23 จะได้

$$y = \frac{1.285}{\sigma_x} \left(x - \bar{x} + 0.45005\sigma_x \right) \quad (2.26)$$

$$y = \frac{1.285(x - \bar{x})}{\sigma_x} + 0.57 \quad (2.27)$$

ในทางปฏิบัติ มักจะหาค่า X_T ตามโอกาสที่เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นจากสมการที่ 2.22 สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง y_p ที่ P ใด ๆ ได้

$$y_p = \ln[-\ln(1-P)] \quad (2.28)$$

เมื่อให้รอบปีการเกิดซ้ำ $T = 1/P$ และ y_T คือ ค่าของ y ที่เรียกว่า ตัวแปรเปลี่ยนภาพ (Reduced variate) ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T จากสมการที่ 2.29 จะมี

$$y_T = -\left[\ln \cdot \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (2.29)$$

หรือ

$$y_T = -\left[0.834 + 2.303 \log_{10} \log_{10} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (2.30)$$

จากสมการที่ 2.18 มี
$$y_T = \frac{1.2825(x_T - \bar{x})}{\sigma_x} + 0.577 \quad (2.31)$$

โดยที่ x_T คือ ค่า X ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T
สมการที่ 2.31 เขียนใหม่ได้เป็น

$$(y_T - 0.577) \frac{\sigma_x}{1.2825} = (x_T - \bar{x}) \quad (2.32)$$

$$x_T = \bar{x} + \left(\frac{y_T - 0.577}{1.2825} \right) \sigma_x \quad (2.33)$$

หรือ
$$x_T = \bar{x} + K_T \sigma_x \quad (2.34)$$

โดยที่
$$K = \left(\frac{y_T - 0.577}{1.2825} \right) \quad (2.35)$$

ค่า K เรียกว่า แฟคเตอร์ความถี่ (Frequency factor) และ x_T หาได้จากสมการที่ 2.33 ส่วนสมการที่ 2.34 เป็นสมการทั่วไปของการวิเคราะห์ความถี่ของอุทกวิทยา (Hydrologic – frequency analysis) โดยสมการที่ 2.33 สมการที่ 2.34 และสมการที่ 2.35 เป็นสมการพื้นฐานของ Gumbel ที่ใช้สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนไม่จำกัด (Infinite sample size) หรือจำนวนข้อมูล $N = \alpha$

ในทางปฏิบัติ ข้อมูลค่าสุดขีด เช่น อัตราการไหลสูงสุด หรือปริมาณฝนสูงสุด มักจะมีข้อมูลจำนวนจำกัด (Finite value) สามารถคำนวณค่าสุดขีด x_T ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T ดังนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (2.36)$$

แฟคเตอร์ความถี่ (Frequency factor)
$$K = \left[\frac{y_T - \bar{y}_n}{S_n} \right] \quad (2.37)$$

เมื่อ y_T คือ ค่าตัวแปรเปลี่ยนภาพ (Reduced variate) เป็นฟังก์ชันกับรอบปีการเกิดซ้ำหาได้จากสมการที่ 2.33 หรือสมการที่ 2.34

$\overline{y}_n$ คือ ค่าตัวแปรเปลี่ยนภาพเฉลี่ย (Reduced mean) ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล N ดังตารางที่ 2.8 โดยที่ $N \rightarrow \alpha = \overline{y}_n \rightarrow 0.577$

S_n คือ ค่าตัวแปรเปลี่ยนภาพของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Reduced standard deviation) ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล N ดังตารางที่ 2.9 โดยที่ $N \rightarrow \alpha = S_n \rightarrow 1.2825$

ตารางที่ 2.8 ค่าตัวแปรเปลี่ยนรูปเฉลี่ย $\overline{y_n}$ (Reduced mean)

[illegible]

2.6.2.3 วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III

วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III แปลงข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในเทอมของ log เช่น $y = \log_{10} x$

โดยที่ x คือ อัตราการไหลสูงสุดในแต่ละปี หรือปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาฝนตกที่จะนำมาวิเคราะห์ เป็นต้น ค่า y_T ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T สมการ คือ

$$y_T = \bar{y} + K\sigma \quad (2.38)$$

$$\text{โดยที่ } \bar{y} \text{ คือ ค่าเฉลี่ยของ } y \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{N} \quad (2.39)$$

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{N - 1}} \quad (2.40)$$

และ K คือ แฟคเตอร์ความถี่ (Frequency factor) ขึ้นอยู่กับรอบปีการเกิดซ้ำ T และสัมประสิทธิ์การเอน (Coefficient of skew, g) ดังตารางที่ 2.10 โดยสัมประสิทธิ์การเอนหาได้สมการ

$$g = \frac{N \sum (y - \bar{y})^3}{(N-1)(N-2)\sigma^3} \quad (2.41)$$

ค่า X_T ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T หาได้จาก $X_T = \text{antilog } y_T = 10^{y_T}$

ตารางที่ 2.10 k values for the Pearson type III and Log-Pearson Type III distributions

Skew	Recurrence interval (years)							
Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
G	Exceedance frequency (%)							
	99	50	20	10	4	2	1	0.5
3.0	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.8	-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.2	-0.905	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444

ตารางที่ 2.10 k values for the Pearson type III and Log-Pearson Type III
Distributions (ต่อ)

Skew	Recurrence interval (years)							
Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
G	Exceedance frequency (%)							
	99	50	20	10	4	2	1	0.5
2.0	-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.326	2.163	2.780	3.388	3.990
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.0	-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.8	-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.6	-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.2	-2.178	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.0	-2.326	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.2	-2.472	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-1.0	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.194	1.270	1.318	1.315
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-2.0	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.2	-3.705	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.4	-3.800	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.6	-0.389	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.8	-0.973	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-3.0	-4.051	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

2.6.4 ความเสี่ยง ความน่าเชื่อถือ และแฟคเตอร์ความปลอดภัย (Risk, Reliability and Safety factor)

วิศวกรที่ออกแบบหรือวิเคราะห์โครงสร้างทางชลศาสตร์ต่าง ๆ เช่น เขื่อน ฝายน้ำล้น ประตูน้ำ อาคารสลายพลังงาน กำแพงริมตลิ่ง และท่อลอดต่าง ๆ เป็นต้น จะต้องพิจารณาถึง ความเสี่ยง ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัย ในเทอมของแฟคเตอร์ความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญ เพราะถ้าเกิดเหตุการณ์ที่มีน้ำมากกว่าที่ออกแบบไว้ อาจเกิดการพังทลายหรือความเสียหาย ต่อโครงสร้างต่าง ๆ ที่มีผลต่อส่วนรวมได้

2.6.4.1 ความเสี่ยง (Risk, R) หมายถึง ความเป็นได้ที่จะเกิดเหตุการณ์ x / x_T อย่างน้อย 1 ครั้ง มีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็น P และอายุการใช้งานของโครงการ n ปี ดังสมการ

$$R_e = (1 - P)^n \quad (2.42)$$

$$\text{หรือ} \quad R_e = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (2.43)$$

เมื่อ P คือ ความน่าจะเป็น x / x_T มีค่าเท่ากับ $1/T$ คือ รอบปีการเกิดซ้ำ

สมการที่ 2.41 และสมการที่ 2.42 สามารถเขียนเป็นตารางสำหรับหาความเสี่ยงได้ ดังตารางที่ 2.11 และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงอายุการใช้งานของโครงการและรอบปีการเกิดซ้ำได้

ตารางที่ 2.11 ความเสี่ยง (Risk)

รอบปีการเกิดซ้ำ T (ปี)	ความน่าจะเป็น P	อายุการใช้งานของโครงการ (n)					
		2	5	10	25	50	100
2	0.5	0.750	0.969	0.999	1.000	1.000	1.000
5	0.2	0.360	0.672	0.893	0.996	1.000	1.000
10	0.1	0.190	0.410	0.651	0.928	0.995	1.000
25	0.04	0.078	0.185	0.335	0.640	0.870	0.983
50	0.02	0.040	0.096	0.183	0.397	0.636	0.867
100	0.01	0.020	0.049	0.096	0.222	0.395	0.634
500	0.002	0.004	0.010	0.020	0.049	0.095	0.181
1000	0.001	0.002	0.005	0.010	0.025	0.049	0.095

จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำคงที่ ความเสี่ยงจะมากขึ้นตามอายุการใช้งานของโครงการ และถ้าพิจารณาที่อายุการใช้งานของโครงการคงที่ ความเสี่ยงจะลดลงถ้าออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำมากขึ้น

2.6.4.2 ความน่าเชื่อถือ (Reliability, R_e) คือค่าที่แสดงความมั่นใจเพื่อประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานของโครงการ หาได้จากสมการ

$$R_e = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (2.44)$$

ถ้าความเสี่ยง R น้อย จะมีความน่าเชื่อถือ R_e มาก และถ้าความเสี่ยง R มาก ความน่าเชื่อถือ R_e จะน้อย

2.6.4.3 แฟกเตอร์ความปลอดภัย (Safety Factor, SF) คือ ค่าที่บอกถึงความปลอดภัยที่ออกแบบพารามิเตอร์ต่าง ๆ (The parameter, M) เช่น ขนาดของน้ำหลากสูงสุด ระดับน้ำในแม่น้ำ ความจุของอ่างเก็บน้ำและระยะื่อน้ำล้น (Freeboard) เป็นต้น ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{แฟกเตอร์ความปลอดภัย (SF)}_M = \frac{\text{ค่าพารามิเตอร์ M จริงที่ออกแบบ (C}_{am})}{\text{ค่าพารามิเตอร์ M ที่คำนวณทางอุทกวิทยา (C}_{hm})} \quad (2.45)$$

ส่วนเผื่อความปลอดภัย (Safety margin) คือ ผลต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ M จริงที่ออกแบบ (C_{am}) กับค่าพารามิเตอร์ M ที่คำนวณทางอุทกวิทยา (C_{hm})

$$\text{ส่วนเผื่อความปลอดภัย} = (C_{am}) - (C_{hm}) \quad (2.46)$$

2.6.4.4 การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy)

ซึ่งความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ก็คือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Mean Square Error, MSE) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error, SE) เท่ากับ $\sqrt{\text{MSE}}$ [13-14] เพื่อตรวจสอบความถูกต้องที่มีค่าระหว่าง -1 ถึง +1

1) การหาค่าความคลาดเคลื่อนของการ 2 ค่า ดังนี้

1.1) ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error, MSE) คือ

$$\text{MSE} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t [e_i(1)]^2 \quad (2.47)$$

1.2) ค่าเฉลี่ยของรากที่สองของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE) หรือความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error, SE) คือ

$$\text{RMSE} = \text{SE} = \sqrt{\text{MSE}} \quad (2.48)$$

2.7 มาตรการบริหารจัดการภัยน้ำท่วม

น้ำท่วมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดได้ แต่สามารถหาวิธีลดความรุนแรงและบรรเทาผลกระทบและความสูญเสียที่จะเกิดได้โดยมาตรการป้องกันความเสียหายและบริหารจัดการน้ำท่วม เป็นการพยายามเรียนรู้และเข้าใจในผลกระทบจากน้ำท่วมที่มีต่อชุมชน สังคม เศรษฐกิจ ที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้คนอาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำและพื้นที่น้ำท่วมถึง สำหรับแนวทางการป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมและการบริหารจัดการน้ำท่วมประกอบไปด้วยมาตรการที่นำสิ่งก่อสร้างมาใช้ลดขนาดความรุนแรงของน้ำท่วม เช่น การขุดลอกปรับปรุงสภาพลำน้ำ [15-17] การใช้แก้มลิง [18] อ่างเก็บน้ำ เขื่อน และพนังกั้นน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วยมาตรการสำหรับการป้องกันความเสียหายและการบรรเทาทุกข์ เช่น การวางผังเมือง การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม ซึ่งโดยทั่วไปควรใช้มาตรการทั้งสองอย่างร่วมกันเพื่อประสิทธิภาพในการบรรเทาภัยพิบัติที่ยั่งยืน

2.7.1 มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง

งานบรรเทาปัญหาน้ำท่วมจะทำการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาโดยเลือกจากหนึ่งหรือหลาย ๆ ข้อในหัวข้อต่อไปนี้เพื่อใช้ลดความรุนแรงของเหตุการณ์น้ำท่วม

2.7.1.1 การลดอัตราการไหลของน้ำโดยใช้วิธีต่าง ๆ เพื่อชะลอการไหลของน้ำ

2.7.1.2 การควบคุมปริมาณการไหลโดยกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำหรือแหล่งเก็บกักน้ำ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำไม่ให้ไหลมากเกินไปโดยเฉพาะในช่วงน้ำท่วม

2.7.1.3 การจำกัดเส้นทางการไหลของลำน้ำโดยการสร้างพนังกั้นน้ำหรือคลอง

2.7.1.4 การปรับปรุงสภาพลำน้ำและสภาพการไหล เช่น การสร้างทางระบายน้ำ อ้อมตัวเมืองเพื่อลดระดับความสูงของน้ำในลำน้ำสายหลัก

2.7.1.5 การระบายน้ำออกจากลำน้ำที่มีสภาพวิกฤต เช่น การใช้เครื่องสูบน้ำ

มาตรการใช้สิ่งก่อสร้างมาใช้ สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาคือการเลือกใช่วิธีแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อาจเกิดผลกระทบกับสมดุลของแม่น้ำสายเดิมหรืออาจทำให้สภาพการเก็บกักน้ำในพื้นที่ของน้ำลดลงและทำให้อัตราการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพื่อหาวิธีอื่นมาใช้แก้ปัญหา เช่น การปรับปรุงลักษณะของลำน้ำหรือการปรับสภาพพื้นผิวลำคลอง โดยคาดคิดว่าวัสดุที่ช่วยลดความเร็วในการไหล

2.7.2 มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง

ส่วนมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง เป็นมาตรการที่ไม่ได้เน้นงานสิ่งปลูกสร้างถาวร โดยอาจมีสิ่งก่อสร้างชั่วคราว เช่น กำแพงกั้นน้ำ กระสอบทราย เป็นต้น ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย การประเมินผลเพื่อตัดสินใจในการหาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเป็นเรื่องที่ยากพอสมควร เนื่องจากการกำหนดนโยบายบางอย่างอาจส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคม มากกว่ามาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง

มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างประกอบด้วยสองมาตรการ ได้แก่ มาตรการที่พยายามจะทำให้เกิดน้ำท่วมได้ยากขึ้น เช่น การจัดการใช้สอยที่ดิน [19] การวางผังเมือง การควบคุม สิ่งปลูกสร้างและการขยายเมือง การเวนคืนที่ดินและการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างบริเวณทางน้ำท่วม การปรับปรุงสภาพอ่างเก็บน้ำ [20] การเก็บกักและควบคุมปริมาณน้ำในพื้นที่ และมาตรการลดผลกระทบจากน้ำท่วม

ช่วยให้ประชาชนได้รับความเสียหายและมีผลกระทบกับชีวิตประจำวันน้อยลงกว่าเดิม เช่น การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม [21-22] การให้ความรู้และข้อมูลสาธารณะแผนรับมือน้ำท่วม การประกันภัยน้ำท่วม เป็นต้น

แนวทางที่ดีในการป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมควรใช้มาตรการหลายอย่างร่วมกัน โดยมาตรการที่เลือกใช้ทั้งมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ประสิทธิภาพและความสำเร็จในการบรรเทาความเสียหายจากน้ำท่วมขึ้นอยู่กับปัจจัยสองอย่างคือ การเข้าใจและยอมรับในการเกิดน้ำท่วมและการตอบสนองจากทั้งภาครัฐและภาคประชาชนในการดำเนินการตามแผนบริหารจัดการน้ำท่วม

2.7.3 การใช้ทั้งสองมาตรการร่วมกัน

การระบายน้ำและการป้องกันอุทกภัย ซึ่งจะใช้หลักวิชาทางชลศาสตร์ในทางน้ำเปิด ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเท่านั้น ซึ่งเป็นการระบายน้ำและการป้องกันอุทกภัยทั้งในภาพกว้างและภาพวงจำกัด เพื่อเน้นให้เข้าใจปัญหาเพื่อจะไปประยุกต์อย่างถูกต้อง การแก้ปัญหการระบายน้ำและการป้องกันอุทกภัยในหลาย ๆ กรณีเกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำที่การไหลค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปตามระยะ (Gradually varied flow) และการแก้ไขปัญหาคือต้องทำอย่างเป็นระบบที่สมบูรณ์เพื่อความถูกต้อง ประหยัดและไม่ทำให้เป็นผลกระทบต่อดูอื่น ๆ ต่อไป

2.7.3.1 การระบายน้ำ

โดยทั่วไปการแก้ไขปัญหการระบายน้ำและการป้องกันน้ำท่วม ณ จุดใดจุดหนึ่งทำได้หลายวิธี โดยเลือกวิธีที่ประหยัดและมีผลกระทบน้อยที่สุดไปประยุกต์ใช้หรือการแก้ไขต้องใช้หลาย ๆ วิธีมาผสมกัน ซึ่งอาจจะทำให้การวิเคราะห์ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น กล่าวคือต้องทำการศึกษาเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากการศึกษาขั้นจัดทำแผนแม่บท (Master plan) ซึ่งในแผนจะประกอบด้วย การแก้ไขปัญหหลาย ๆ วิธีร่วมกัน และจะต้องทราบค่าใช้จ่าย ผลประโยชน์และผลกระทบทางลบของแต่ละวิธี แล้วนำเอาแต่ละวิธีมาจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง (Priority) แล้วจัดทำแผนดำเนินการโครงการ หากมีงบประมาณจำกัดจะได้เลือกใช้วิธีที่ให้ผลตอบแทนดีที่สุดไปดำเนินการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดเพื่อใช้ดำเนินการก่อน ถ้าสามารถดำเนินการได้ดังที่กล่าวมาแล้ว จะทำให้การใช้งบประมาณเกิดประโยชน์สูงสุด

การระบายน้ำบนพื้นที่ขนาดเล็ก การคำนวณหาค่าปริมาณน้ำทางอุทกวิทยา ใช้ Rational formula (ไม่มีผลกระทบจาก Storage) ซึ่งมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณหลายสูตร ถ้าเป็นการระบายน้ำของทั้งถนนและทางรถไฟ ช่วงรอยต่อระหว่างถนนและทางรถไฟกับอุโมงค์ การคำนวณปริมาณน้ำโดย Rational formula ค่อนข้างยุ่งยาก และสูตรที่ใช้ในการคำนวณ 3-4 สูตรก็ให้ค่าปริมาณน้ำที่ต้องสูบน้ำออกไม่เท่ากัน จึงต้องอยู่ที่ดุลยพินิจของผู้คำนวณด้วย ส่วนกรณีที่มีผลกระทบจาก Storage วิธีที่นิยมใช้คือ SCS Dimensionless unit hydrograph แล้วจึงนำมาคำนวณหา Inflow hydrograph จากฝนที่ตกและมีกราฟเส้นโค้งน้ำฝน (Rainfall duration) ต่าง ๆ กัน เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ประทุระบายน้ำ (Spillway)

2.7.3.2 การป้องกันน้ำท่วม สามารถทำได้โดย

- 1) การสร้างอ่างเก็บน้ำทางด้านเหนือ (Reservoir) หรือการทำแก้มลิง
- 2) สร้างคันกั้นน้ำ (Dike)

- 3) ปรับปรุงทางน้ำ (Channel Improvement)
- 4) การผันทางน้ำท่วม (Flood Diversion)

2.8 การออกแบบคลองการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วม

ในการออกแบบระบบป้องกันที่รวมระยะื่อน้ำล้นและการทรุดตัวไว้ รูปแบบที่ใช้เป็นการก่อสร้างกำแพงคอนกรีต หรือคันดินถม หรือแบบผสมระหว่างกำแพงคอนกรีตกับคันดินถม ล้อมรอบพื้นที่ป้องกันบางช่วงอาจเป็นกำแพงคอนกรีต บางช่วงอาจเป็นคันดินถม หรือเป็นแบบผสม ส่วนทางเข้าออกต้องทำทางลาดขึ้นลง (Ramp) ที่ร่ว่งข้ามคันได้สะดวก กรณีที่คันกั้นน้ำสูงมาก ไม่สามารถจัดทำทางขึ้นลงได้ ควรออกแบบเป็นพังกั้นน้ำชั่วคราวแบบถอดประกอบได้ ความแข็งแรง คันกั้นน้ำเปรียบได้กับเขื่อนเตี้ย ฐานรากต้องสามารถรับน้ำหนักได้ มีความแข็งแรงต่อการพลิกคว่ำ และการเลื่อนไถล นอกจากนี้ต้องมีความทึบน้ำที่สามารถป้องกันน้ำซึมผ่านตัวคันและฐานรากได้คันได้ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย การปลูกต้นไม้ใหญ่บนคันมีผลต่อการรั่วซึมจึงไม่ควรปลูก สำหรับต้นไม้ที่มีอยู่แล้วต้องหมั่นตรวจสอบ หากต้นไม้ใหญ่ตายต้องรีบขุดออกแล้วบดอัดคันดินใหม่ให้แน่นคงกว่าเดิม และหมั่นตรวจสอบรูโพรงที่เกิดจากสัตว์ตามธรรมชาติ หากพบให้ดำเนินการซ่อมแซม

นอกจากความมั่นคงและความปลอดภัย ความเหมาะสมด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ ก็เป็นสิ่งสำคัญ ควรยึดหลักการทางวิชาการมากกว่ายึดความต้องการ และเมื่อดำเนินการก่อสร้างแล้วก็ควรติดตามตรวจสอบว่าเป็นไปตามที่ศึกษาและออกแบบไว้หรือไม่

การออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วม ต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังและรอบคอบทุกด้าน เนื่องจากหากเกิดความผิดพลาดความเสียหายค่อนข้างสูง เช่นกรณีคันกั้นน้ำเกิดการพังทลายเมื่อเกิดน้ำท่วม พื้นที่โครงการที่เป็นนิคมอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า หรือโรงงานแต่ละแห่งมีมูลค่าเครื่องจักร อุปกรณ์สูง ทำให้ต้องมีการตรวจสอบว่าเกิดความผิดพลาดได้อย่างไร การก่อสร้างเป็นไปตามแบบและข้อกำหนดหรือไม่ ซึ่งในส่วนนี้ตรวจสอบได้ไม่ยากนัก แต่การตรวจสอบระดับน้ำท่วมว่าเป็นระดับน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำที่เท่าไร ตรวจสอบได้ยาก

2.8.1 คลองส่งน้ำชลประทาน

การนำน้ำจากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่ชลประทาน ตามปกติจะก่อสร้างคลองส่งน้ำเข้าไป แต่คลองบางตอนจะต้องสร้างเป็นอาคารส่งน้ำแทนการก่อสร้างคลอง เช่น สร้างเป็นอุโมงค์ ท่อส่งน้ำ รางน้ำ หรือท่อเชื่อม เป็นต้น เพื่อให้สามารถส่งน้ำผ่านอุปสรรค หรือสิ่งกีดขวางไปได้ ในโครงการและสิ้นเงินค่าก่อสร้างมากกว่างานอย่างอื่น เพราะโครงการชลประทานหนึ่งมีคลองหลายสายรวมกันแล้วมีความยาวมาก ต้องเสียเงินค่าซื้อที่ดินและค่าขุดคลองมาก คลองส่งน้ำเป็นรางเปิด (Open channels) หรือร่องน้ำขนาดใหญ่ซึ่งขุดขึ้นในดินหรือถมขึ้นบนดิน เพื่อนำน้ำเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก

2.8.1.1 คลองส่งน้ำมี 2 ชนิด ดังภาพที่ 2.4 คือ

- 1) คลองดิน (Earth canals) เป็นคลองส่งน้ำที่ขุดดินหรือถมดินให้เป็นรูปคลองส่งน้ำตามทีออกแบบ

2) คลองตาด (lined canals) เป็นคลองส่งน้ำที่ขุดดินหรือถมดินให้เป็นรูปคลองส่งน้ำและตาดผิวคลองส่งน้ำด้วยวัสดุที่น้ำรั่วซึมไม่ได้ ซึ่งในปัจจุบัน ส่วนใหญ่ใช้คอนกรีตคลองดิน คลองตาดคอนกรีต



ภาพที่ 2.4 ลักษณะทั่วไปคลองส่งน้ำ [23]

2.8.1.2 คลองส่งน้ำแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะและหน้าที่ได้ ดังนี้

1) คลองส่งน้ำสายใหญ่ (Main Canal) เป็นคลองส่งน้ำที่ขุดแยกออกมาจากแหล่งน้ำต้นทุน เพื่อรับน้ำเข้าไปในเขตโครงการชลประทาน เนื่องจากคลองจะต้องรับน้ำไปให้เนื้อที่เพาะปลูกทั้งหมดในโครงการหรือเนื้อที่เพาะปลูกอันกว้างใหญ่ ปริมาณน้ำที่ส่งไปในคลองมีมาก คลองมีขนาดใหญ่และมีความสำคัญมากกว่าคลองสายอื่น จึงเรียกว่า คลองสายใหญ่ คลองสายใหญ่นี้จะมีเพียงสายเดียวหรือสองสายจะขุดออกทางฝั่งเดียวหรือทั้งสองฝั่งของลำน้ำหลักก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่เขตส่งน้ำของโครงการและแผนผังการส่งน้ำ ตามปกติคลองสายใหญ่จะมีแนวคลองอยู่บนพื้นที่ซึ่งสูงที่สุดในเขตโครงการ

2) คลองส่งน้ำสายซอย หรือคลองซอย (Lateral) เป็นคลองส่งน้ำที่ขุดแยกออกมาจากคลองสายใหญ่ เพื่อรับน้ำไปส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งคลองซอยสายนั้นควบคุมอยู่ คลองซอยจะมีแนวคลองอยู่บนที่สูงเช่นเดียวกัน ตามข้างคลองซอยจะมีท่อส่งน้ำเข้านา (Farm turnout) ฝังไว้เป็นระยะ ๆ ไปตลอดคลอง เพื่อส่งน้ำเข้าแปลงเพาะปลูก ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

2.1) ปล่อน้ำออกจากท่อส่งน้ำเข้านาแล้วให้ไหลบ่าท่วมไปบนผิวดิน

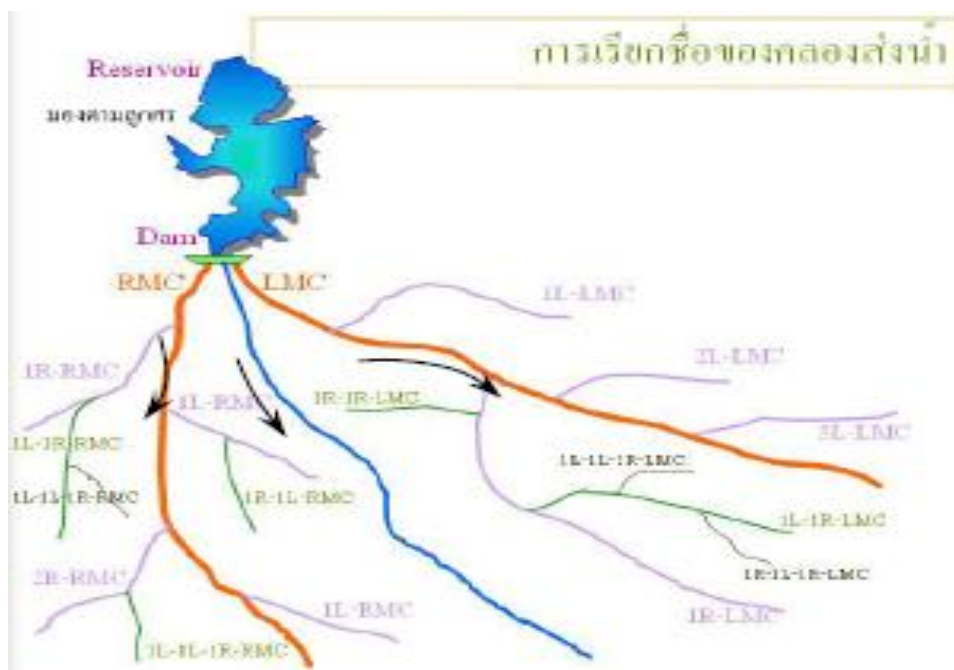
2.2) ปล่อน้ำออกจากท่อส่งน้ำเข้านาลงสู่คูนา ให้คูนารับน้ำไปแจกจ่ายแก่พื้นที่เพาะปลูกอีกทีหนึ่ง เพื่อให้ น้ำแพร่กระจายไปสู่พื้นที่เพาะปลูกทั่วถึงกันดีขึ้น

คลองส่งน้ำสายใหญ่อาจจะมีคลองซอยแยกออกไปหลายสาย และคลองซอยเหล่านี้อาจแยกออกจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ทางฝั่งเดียวกันหรือสองฝั่งก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่เขตส่งน้ำและสภาพของพื้นที่ดินในเขตโครงการ

3) คลองส่งน้ำสายแยกซอย หรือคลองแยกซอย (Tertiary) เป็นคลองส่งน้ำขนาดเล็ก ซึ่งแยกออกจากคลองซอยอีกทีหนึ่ง เพื่อรับน้ำไปส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั่วเขตโครงการ คลองแยกซอยมีลักษณะและหน้าที่เช่นเดียวกับคลองซอย คลองซอยสายหนึ่งจะมีคลองแยกซอยก็สาย

ก็ได้ และจะแยกออกจากทางฝั่งไหนหรือทั้งสองฝั่งของคลองซอยก็ได้ ตามคลองแยกซอยอาจมีคลองส่งน้ำเล็ก ๆ แตกแยกออกไปอีก แต่ก็เรียกคลองส่งน้ำเล็ก ๆ เหล่านี้ว่า คลองแยกซอย เหมือนกัน

การเรียกชื่อคลองส่งน้ำ จะเรียกตามลำดับที่คลองสายนั้นแยกออกจากคลองสายหลัก โดยให้การหันไปตามทิศทางการไหลของน้ำเป็นตัวกำหนด ดังภาพที่ 2.5 เช่น 1L-1R-RMC หมายถึง คลองส่งน้ำสายแยกซอยที่ 1 แยกออกทางฝั่งซ้าย (1L) ของคลองส่งน้ำสายซอยสายที่ 1 ซึ่งแยกออกทางฝั่งขวา (3R) ของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา (RMC)



ภาพที่ 2.5 การเรียกชื่อคลองส่งน้ำ [23]

2.8.1.3 นอกจากจะแบ่งประเภทของคลองส่งน้ำตามลักษณะและหน้าที่ดังกล่าวมาแล้ว ยังสามารถแบ่งประเภทคลองตามความสัมพันธ์ระหว่างระดับผิวดินกับระดับน้ำสูงสุดได้อีก 3 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 2.6 คือ

1) คลองประเภทจมดิน เป็นคลองประเภทที่ระดับน้ำสูงสุดในคลองอยู่เสมอหรือต่ำกว่าระดับผิวดินเดิม มักเป็นคลองส่งน้ำประเภทที่ทำหน้าที่เก็บกักน้ำหรือเป็นช่วงตอนของคลองส่งน้ำที่ผ่านที่เนินหรือที่สูงและไม่ต้องส่งน้ำออกจากคลองส่งน้ำ คลองชนิดนี้มีความแข็งแรงดี ก่อสร้างง่ายเพราะตัวคลองวางอยู่บนดินเดิมทั้งหมด

2) คลองประเภทกึ่งลอย เป็นคลองที่ประเภทที่ระดับน้ำสูงสุดอยู่สูงกว่าระดับผิวดินเดิมเล็กน้อยและเป็นคลองที่นิยมออกแบบใช้งานอยู่ในปัจจุบันเพราะให้ประสิทธิภาพส่งน้ำได้ดี ส่งน้ำออกจากคลองได้ง่าย ไม่มีปัญหาในการส่งน้ำ คลองแบบนี้ตัวคลองส่วนใหญ่วางอยู่บนพื้นดินเดิม

3) คลองลอยหรือเหมือนฟุ เป็นคลองประเภทที่ระดับกันคลองสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับระดับผิวดินเดิม ดังนั้นตัวคลองทั้งหมดจะวางอยู่บนดินถม มีปัญหาในด้านการก่อสร้างและรั่วซึมมาก คลองประเภทนี้มักเป็นช่วงตอนของคลองส่งน้ำที่วางแนวผ่านที่ลุ่ม ในกรณีที่ระดับ

ก้นคลองสูงกว่าระดับดินเดิมมาก อาจหลีกเลี่ยงไปก่อสร้างเป็นสะพานน้ำจะปลอดภัยและบำรุงรักษา
ง่ายกว่า

2.8.2 การออกแบบคลองส่งน้ำ

คลองส่งน้ำจะต้องมีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถส่งได้ตามปริมาณที่กำหนด การออกแบบคลองส่งน้ำเป็นการกำหนดขนาด หรือสัดส่วนของคลองส่งน้ำให้สามารถส่งน้ำได้ตามปริมาณน้ำที่กำหนด

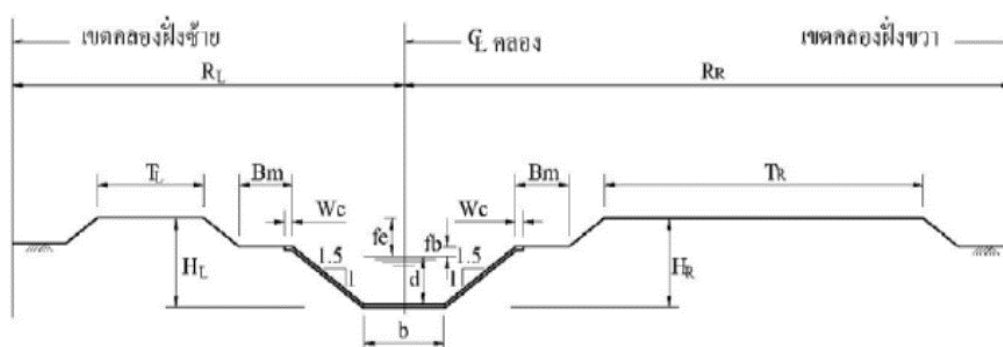
2.8.2.1 ส่วนสัดของคลองส่งน้ำ

มาตรฐานรูปตัดขวางคลองส่งน้ำ ดังภาพที่ 2.7 ส่วนสัดของคลองส่งน้ำที่จะต้องพิจารณามี 5 อย่าง คือ

- 1) ลาดผิวน้ำในคลอง (Water surface slope in canal)
- 2) รูปตัดขวางของคลอง (Cross section of canal) ซึ่งประกอบด้วย
 - 2.1) ความกว้างของก้นคลอง (Bed width of canal = b)
 - 2.2) ความลึกของน้ำในคลอง (Depth of water in canal = d)
 - 2.3) ลาดตลิ่งคลอง (Side slopes of canal = SS) โดยทั่วไปคลองลาด

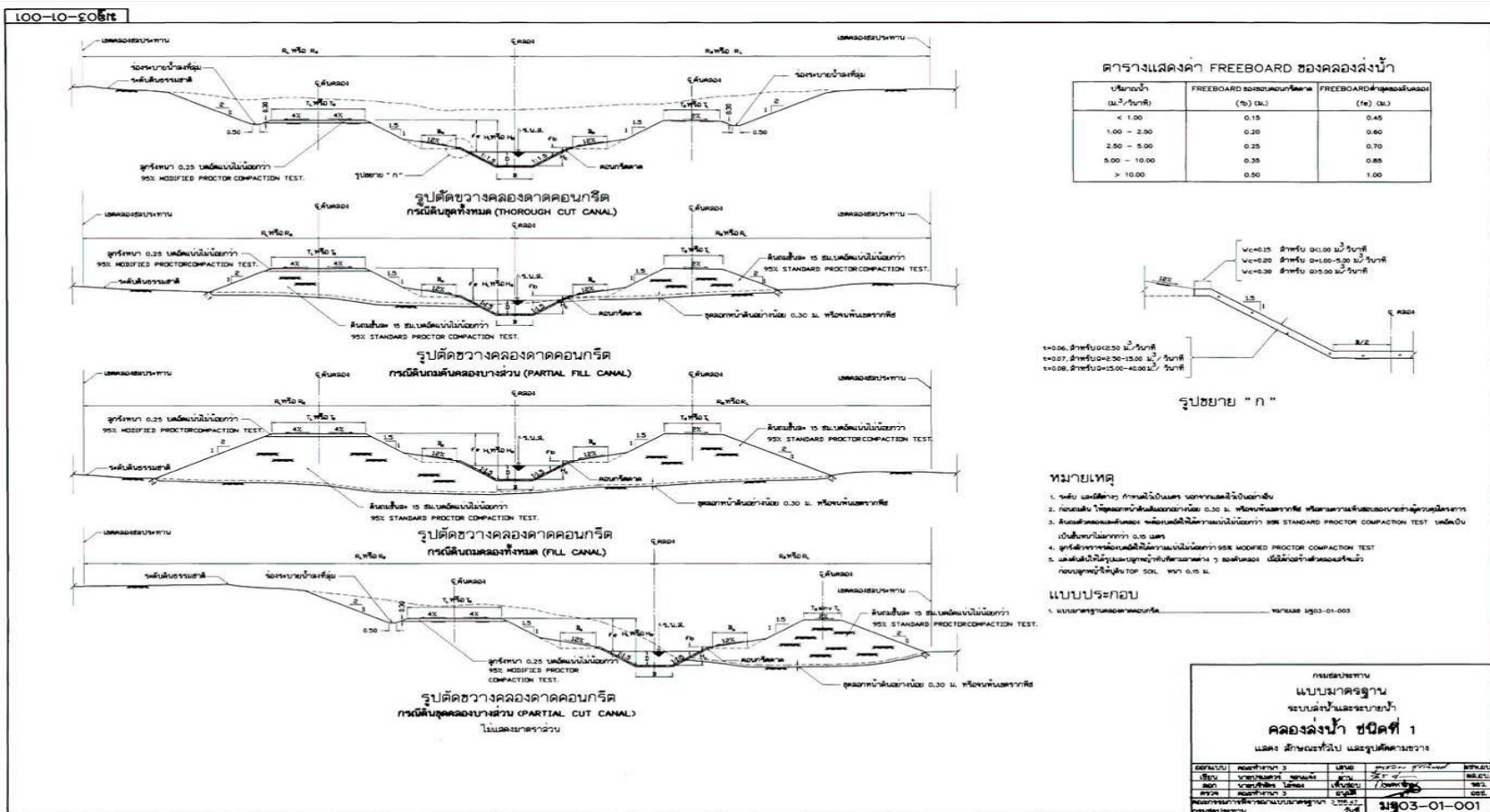
คอนกรีตใช้ 1:1.5

- 3) คันคลอง (Embankments)
- 4) ขานคลอง (Berms)
- 5) เขตคลอง (Right-of-way)



ภาพที่ 2.7 มาตรฐานรูปตัดตามขวางของคลองส่งน้ำ

ลักษณะทั่วไปของคลองส่งน้ำได้แสดงตามแบบมาตรฐานคลองส่งน้ำของกรมชลประทาน ดังแสดงในภาพที่ 2.8 คลองส่งน้ำบางสายมีขานคลองแต่บางสายก็ไม่มี ทั้งนี้แล้วแต่การพิจารณาของผู้ออกแบบ จะเห็นได้ว่า คลองส่งน้ำอาจก่อสร้างในดินขุด ดินถม หรือดินขุดและดินถมบางส่วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและการกำหนดของผู้ออกแบบ ถ้าดินที่ขุดจากคลองมีมากก็จะพอทำคันคลองบนสองฝั่งคลอง แต่ถ้ามีไม่มากพอจะต้องขุดบ่อยืมดิน (Borrow pits) เพื่อเอาดินมาช่วยทำคันคลอง เพราะฉะนั้นรูปตัดขวางของคลองส่งน้ำจึงมีได้ต่าง ๆ กันหลายแบบ



ภาพที่ 2.8 แบบมาตรฐานระบบส่งน้ำและระบายน้ำคลองส่งน้ำ

- A = เนื้อที่รูปตัดขวางของทางน้ำเปิดที่น้ำไหลผ่าน (m^2)
P = Wetted perimeter (ม.)
 S_f = Slope of energy grade line

Manning's formula มีกำเนิดจากสูตรต่าง ๆ ถึง 7 สูตร และขึ้นอยู่กับ Data ที่ได้จากการทดลองของ Bazin และได้แสดงให้เห็นจริงโดยการสังเกตการณ์รวม 170 ครั้ง มีผู้นิยมใช้ Manning's formula คำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยของน้ำในรางเปิดหรือคลอง Uniform flow กันมาก เพราะได้ผลใกล้เคียงความจริงและคำนวณได้ง่ายและรวดเร็วกว่าสูตรอื่นด้วย ในปัจจุบันงานของกรมชลประทานใช้ Manning's formula กล่าวได้ว่า

2.8.3.1 การเลือกใช้ลาดผิวในคลองไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอน ทั้งนี้แล้วแต่

- 1) ลาดพื้นดินตามแนวคลองส่งน้ำ
- 2) ลักษณะและปริมาณของตะกอนที่ไหลมากับน้ำ
- 3) ลักษณะเนื้อดินตามแนวคลองที่น้ำจะพัดพาไปได้ กรณีออกแบบเป็นคลอง

ดิน

- 4) คุลยพินิจของผู้ออกแบบ

2.8.4 การพิจารณารูปตัดขวางของคลองส่งน้ำ

2.8.4.1 รูปตัดขวางของคลองส่งน้ำที่สำคัญต่อการส่งน้ำ ประกอบด้วย

- 1) ความกว้างของกันคลอง (b)
- 2) ความลึกของน้ำในคลอง (d)
- 3) ลาดตลิ่งคลอง (SS)

ความกว้างของกันคลอง (b) และความลึกของน้ำในคลอง (d) มีความสำคัญมาก และเกี่ยวกับ Hydraulic properties ของคลอง

2.8.4.2 การเลือกใช้ความกว้างของกันคลอง (b) และความลึกของน้ำในคลอง (d) สำหรับปริมาณน้ำ (Q) จำนวนหนึ่งนั้น มีวิธีเลือกได้หลายวิธีเพื่อให้เหมาะกับสภาพของท้องถิ่น คือ

- 1) ถ้ามีตะกอนไหลมากับน้ำมาก ควรเลือกใช้ส่วนสัดของคลองที่จะไม่ตื้นเขิน เพราะตะกอนตกจมในคลอง นั่นคือให้ใช้ค่า b/d ต่ำ ๆ จะทำให้ค่า V สูงขึ้น ที่อัตราการไหลเท่ากัน
- 2) ถ้าไม่มีตะกอนมากและไม่มีการรั่วซึมของน้ำออกจากคลองมาก ควรเลือกใช้ส่วนสัดของคลองที่จะส่งน้ำได้สะดวกที่สุด
- 3) ถ้ามีการรั่วซึมของน้ำออกจากคลองมาก ควรเลือกใช้ส่วนสัดของคลองที่จะเกิดการรั่วซึมน้อยที่สุดนั่นคือ มีค่า P น้อยที่สุด

สัดส่วนของคลองที่เหมาะสมกับสภาพอย่างหนึ่งอาจไม่เหมาะสมกับสภาพอย่างอื่นก็ได้ เช่น คลองที่ออกแบบได้ให้ป้องกันการตื้นเขินเพราะตะกอนตกจมอาจส่งน้ำไม่ได้สะดวกหรือเกิดการรั่วซึมของน้ำออกจากคลองมากก็ได้ ผู้ออกแบบไม่สามารถออกแบบคลองให้เหมาะสมกับสภาพทุกอย่างในเวลาเดียวกันได้ เพราะฉะนั้นในการออกแบบคลองจึงต้องพิจารณาว่าสภาพใดจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่คลองมากที่สุด ก็ต้องเลือกใช้ส่วนสัดของคลองที่จะป้องกันความเสียหายนั้นได้ โดยยอมให้มีข้อบกพร่องที่เกิดจากสภาพอื่นได้บ้าง เมื่อ ค.ศ. 1895 Mr. Kennedy ได้ตั้งสูตรสำหรับ

อัตราเร็วของน้ำในคลองซึ่งจะไม่กัดทำลายตัวคลองและเกิดตะกอนตกจม รู้จักกันทั่วไปว่า Kennedy's critical velocity ดังนี้

$$V_0 = C d^m \quad (2.50)$$

เมื่อ V_0 = Critical velocity คือ กระแสน้ำที่จะไม่กัดทำลายตัวคลอง และไม่เกิด ตะกอนตกจม

C = Coefficient ค่าเปลี่ยนได้ตามลักษณะของตะกอนในน้ำ เช่น
 = 0.365 สำหรับตะกอนละเอียดและเบา
 = 0.544 สำหรับตะกอนละเอียดและเบา
 = 0.586 สำหรับตะกอนทรายหยาบและเบา
 = 0.645 สำหรับตะกอนดินทรายหยาบ
 = 0.770 สำหรับตะกอนทรายหยาบและหนัก

กรมชลประทานใช้

C = 0.350 สำหรับตะกอนในลำน้ำต่าง ๆ ในทุ่งราบตอนกลาง
 = 0.547 สำหรับตะกอนในลำน้ำต่าง ๆ ในภาคเหนือและภาค
 อื่นที่มีลักษณะหยาบกว่าตะกอนในทุ่งราบตอนกลาง
 d = ความลึกของน้ำในคลองหรือคลองที่มีรูปตัดแน่นอน
 (Regular section)

$$\text{หรือ} \quad = \frac{\text{เนื้อที่รูปตัดขวางของคลองที่น้ำไหลผ่าน}}{\text{ความกว้างของผิวน้ำในคลอง}} \quad (2.51)$$

สำหรับคลองที่มีรูปตัดไม่แน่นอน (Irregular section)

m = Index
 = 0.64 หรือ 0.66 หรือ $2/3$

Kennedy's critical velocity เป็นหลักในการคำนวณออกแบบคลองดิน โดยพยายามให้อัตราเร็วของน้ำในคลอง (V) เท่ากับ Critical velocity (V_0) หรือให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด คือจะยอมให้คลองตื้นเขินหรือถูกน้ำกัดทำลายได้บ้างเล็กน้อย ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้ขนาดคลอง (หมายถึง b และ d) ต่าง ๆ กัน จนกว่าจะได้ผลตามที่ต้องการในการออกแบบรูปตัดขวางของคลองส่งน้ำนั้นจะต้องคำนวณอัตราเร็วของน้ำในคลอง (V) ก่อน เมื่อเอาอัตราเร็วของน้ำคูณกับเนื้อที่รูปตัดขวางของคลองที่น้ำไหลผ่าน (A) ก็จะได้ปริมาณน้ำที่ไหลในคลอง (Q) นั่นคือ

$$Q = AV \quad (2.52)$$

เนื้อที่รูปตัดขวางของคลองที่น้ำไหลผ่านความกว้างของผิวน้ำในคลอง ถ้า Slope (S) = 10,000 (หรือ 0.0001) หรือมากกว่าและ R มีค่า 1 ถึง 30 ฟุต ค่าของ n สำหรับ Manning's formula ให้ใช้ตามค่าในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.12 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's n) สำหรับชนิดของพื้นที่ผิวทางน้ำชนิดต่าง ๆ [24]

ชนิดของผิวทางน้ำ	สภาพ			
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	เลว
คลองส่งน้ำและคูน้ำ				
คลองดินที่มีแนวตรงและรูปตัดสม่ำเสมอ	0.017	0.020	0.0225*	0.025
คลองที่ลาดตลิ่งเป็นดินปนกรวดปนหิน	0.028	0.030	0.033	0.035
คลองดินที่กั้นคลองมีดินปนกรวด ตลิ่งมีหญ้าขึ้น	0.025	0.030	0.035	0.040
คลองที่ขุดผ่านหินและตกแต่งผิวเรียบ	0.025	0.030	0.033*	0.035
คลองขุดผ่านหินขรุขระและรูปตัดไม่สม่ำเสมอ	0.035	0.040	0.045	-
คลองดินที่คดเคี้ยวมาก	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
คลองดาดคอนกรีต	0.012	0.014*	0.016	0.018
รางน้ำหรือสะพานน้ำ				
คอนกรีตผิวเรียบ	0.012	0.014*	0.016*	0.018
ไม้ผิวขัดเรียบ	0.010	0.012*	0.013	0.014
ไม้ผิวไม่เรียบ	0.011	0.013*	0.014	0.015
โลหะรูปครึ่งวงกลมผิวเรียบ	0.011	0.012	0.013	0.015
โลหะรูปครึ่งวงกลมผิวเป็นลอน	0.0225	0.025	0.0275	0.030
ท่อชนิดต่าง ๆ				
เหล็กหล่อไม่ฉาบผิว	0.012	0.013	0.014	0.015
เหล็กหล่อฉาบผิวเรียบ	0.011	0.012*	0.013*	-
เหล็กด้าไม่ฉาบผิว	0.012	0.013	0.014	0.015
เหล็กด้าอาบสังกะสี	0.013	0.014	0.015	0.017
ทองเหลืองผิวเรียบ หรือหลอดแก้ว	0.009	0.010	0.011	0.013
ดินเผาใช้ทำท่อน้ำโสโครก	0.011	0.012	0.014	0.017
อิฐก่อใช้เป็นท่อน้ำโสโครก	0.012	0.013	0.015	0.017
คอนกรีต	0.012	0.013	0.015*	0.016
ไม้	0.010	0.011	0.012	0.013

หมายเหตุ: เป็นค่าที่แนะนำให้ใช้ในการออกแบบทางน้ำ

2.8.4.3 ลาดตลิ่งคลอง (Side slopes of canal = SS) ลาดตลิ่งคลองนี้คำนวณไม่ได้ ต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับสภาพของดินที่จะขุดคลอง หรือที่จะถมให้เป็นรูปคลอง กล่าวคือ

1) ลักษณะเนื้อดิน (Soil textures) เป็นดินเหนียว ดินธรรมดา ดินร่วน ดินปนทราย ดินปนกรวด ดินดาน ฯลฯ

2) โครงสร้างของดิน (Soil structures) เป็นดินเนื้อละเอียดแน่น หรือเนื้อโปร่ง ร่วน ฯลฯ

3) ลักษณะของงานก่อสร้าง เป็นคลองที่ขุดในดินเดิมตามปกติ หรือเป็นคลองที่เกิดจากการถมดินให้เป็นรูปคลอง

4) วิธีการขุดคลอง ใช้ขุดด้วยแรงคน หรือขุดด้วยเครื่องจักร

ความประสงค์สำคัญของการเลือกใช้ลาดตลิ่งคลองให้เหมาะกับสภาพต่าง ๆ ดังกล่าวก็คือ เพื่อให้ลาดตลิ่งคลองสามารถต้านทานกระแสน้ำ (กรณีที่เป็นคลองดิน) และทรงตัวอยู่ได้อย่างถาวร ดินลาดตลิ่งคลองจะตั้งอยู่ได้ขึ้นเท่าใดนั้นยากที่จะกำหนดได้แน่นอน แต่ตามปกติลาดตลิ่งคลองจะชันกว่า Angle of repose หรือ Angle of internal friction ของดินชนิดนั้นไม่ได้ และสำหรับดินชนิดเดียวกันมุมทรงตัวของลาดตลิ่งคลองในดินขุดจะชันกว่าในดินถม นอกจากลาดตลิ่งคลองจะพังทลายเพราะต้านทานกระแสน้ำไม่ได้ หรือทรงตัวอยู่ไม่ได้แล้ว ยังอาจพังทลายเพราะสาเหตุอื่นอีกหลายอย่าง เป็นต้นว่าคลื่นในคลองที่เกิดจากลมและเรือ (ในกรณีที่ใช้คลองส่งน้ำสำหรับเดินเรือ) จะเซาะลาดตลิ่งคลองบริเวณระดับผิวน้ำให้เป็นโพรงลึกเข้าไปในตลิ่ง ดินลาดตลิ่งข้างบนที่ไม่มีฐานรองรับก็จะเลื่อนพังลงมา หรือในขณะที่ฝนตกหนักน้ำฝนจะไหลลงคลอง และกัดดินลาดตลิ่งคลองพังหรือถูกคนและสัตว์เหยียบย่ำทำลาย ดังนั้น คลองที่ใช้งานไปนานปี ลาดตลิ่งคลองจะเปลี่ยนไปและทำให้รูปตัดขวางของคลองที่ออกแบบไว้เปลี่ยนไปด้วย

2.8.4.4 การเลือกใช้ลาดตลิ่งคลองให้เหมาะสมกับสภาพของดินก็พอจะกำหนดได้ดังต่อไปนี้

- 1) สำหรับการขุดในพื้นที่ดินดาน ใช้ลาด 1:1/4
- 2) สำหรับการขุดในพื้นที่ดินแตกร้าวและดินดานแข็ง ใช้ลาด 1:1/2
- 3) สำหรับการขุดในพื้นที่กรวดแน่นและดินเหนียวที่ ใช้ลาด 1:3/4 เกือบเป็นดินดาน
- 4) สำหรับการขุดในดินปนกรวดทรายแน่นและ ใช้ลาด 1:1 ดินเหนียวธรรมดา
- ค่อนข้างแห้ง
- 5) สำหรับการขุดหรือถมในดินธรรมดา ใช้ลาด 1:1^{1/2} และในดินที่มีกรวดปนอยู่บ้างไม่แน่นนัก
- 6) สำหรับการขุดหรือถมในดินธรรมดา ใช้ลาด 1:2 ค่อนข้างร่วน
- 7) สำหรับการขุดหรือถมในดินปนทราย ใช้ลาด 1:3 ค่อนข้างร่วน
- 8) สำหรับการขุดในดินชายทะเล ใช้ลาด 1:4 ถึง 1:5

2.8.4.5 คันคลอง (Embankments) คันคลอง คือ คันดินซึ่งตั้งอยู่บนสองฝั่งคลองและมีแนวขนานไปกับแนวคลอง มีลักษณะและหน้าที่ดังต่อไปนี้

- 1) เป็นที่ทิ้งดินซึ่งขุดขึ้นมาในเวลาขุดคลองโดยไม่ได้ทำหน้าที่อย่างใดเลย

2) เป็นคันดินที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำในคลองไหลออกไปจากคลองหรือไม่ให้น้ำภายนอกไหลเข้ามาในคลอง

สำหรับคันคลองที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นคันกั้นน้ำ การกำหนดขนาดคันคลองจะไม่มีปัญหามาก คงเพียงแต่คอยระวังให้ลาดข้างคันคลองหรือลาดตลิ่งคันคลองเหมาะสมกับดินที่ถมเท่านั้น เพื่อไม่ให้คันคลองพังลงคลองหรือทลายออกไปทับที่ดินข้างคลองได้ แต่คันคลองที่ทำหน้าที่เป็นคันกั้นน้ำ การกำหนดขนาด การก่อสร้าง การบำรุงรักษาคันคลองเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องทำให้ถูกต้องและมั่นคงแข็งแรง เพราะถ้าคันคลองตอนใดขาดจะกระทบกระเทือนการส่งน้ำในช่วงคลองที่อยู่ถัดจากช่องขาดลงไป และน้ำที่ไหลออกจากคลองทางช่องขาดจะทำความเสียหายแก่พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ใกล้เคียงกับช่องขาดได้มาก สัดส่วนของคันคลองที่ทำหน้าที่เป็นคันกั้นน้ำซึ่งจะต้องพิจารณา มี 3 อย่าง คือ ลาดตลิ่งคันคลอง ระดับหลังคันคลอง และความกว้างของหลังคันคลอง

ระยะหรือความสูงจากระดับน้ำใช้การเต็มที่ในคลอง (F.S.L.) ถึงระดับหลังคันคลอง (T.B.) เรียกความสูงเผื่อล้น (Freeboard, F) ของคลอง (ระยะ f_e ในภาพที่ 2.7) สำหรับการออกแบบคลองจะต้องกำหนดความสูงเผื่อล้นให้สูงพอที่น้ำจะไม่ล้นข้ามหลังคันคลอง ในขณะที่ระดับน้ำในคลองสูงกว่าระดับใช้การเต็มที่ผิดปกติอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น จากการอัดน้ำด้วยประตูประบายท่อน้ำกลางคลอง การไม่ระมัดระวังในการเปิดประตูประบายน้ำในคลองเกิดอุบัติเหตุในขณะที่ส่งน้ำเข้าคลองเต็มที่ อิทธิพลของคลื่นในคลอง การเลื่อนพังของตลิ่งคลองเกิดฝนตกหนักมีน้ำไหลเข้ามาในคลองมาก เหล่านี้เป็นต้น

ตามปกติความสูงเผื่อของคลองที่ขุดในดินเท่าที่เคยใช้กันมีดังต่อไปนี้

สำหรับคูน้ำขนาดเล็ก ใช้ $F = 0.30$ ม.

สำหรับคลองซอยขนาดเล็ก ใช้ $F = 0.50$ ม.

สำหรับคลองซอยขนาดกลาง ใช้ $F = 0.30 + 0.25d$ ม.

คลองของโครงการเจ้าพระยา ใช้ $F = 0.20 + 0.20d$ ม.

ในเมื่อ d = ความลึกของน้ำในคลอง (ม.)

สำหรับคลองสายใหญ่ ใช้ $F = 1.50 - 2.00$ ม.

2.8.5 เกณฑ์กำหนดขนาดคลองส่งน้ำตามคอนกรีตตามมาตรฐานของกรมชลประทาน

กรมชลประทานซึ่งเป็นหน่วยราชการที่ปฏิบัติงานด้านการออกแบบระบบส่งน้ำมาเป็นเวลานาน ได้กำหนดมาตรฐานการออกแบบระบบส่งน้ำและระบายน้ำ โดยการรวบรวมจากเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ และจากประสบการณ์ที่ได้ดำเนินงานด้านการสำรวจ ออกแบบและใช้งานมาเป็นเวลานาน [25] ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.8.5.1 ลาดท้องคลอง (S)

ในการออกแบบคลองส่งน้ำ โดยปกติจะกำหนดให้การไหลเป็นแบบ Uniform flow ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงลาดท้องคลอง จะหมายถึงลาดผิวน้ำนั่นเอง ค่าความลาดท้องคลองจะสัมพันธ์กับความเร็วของกระแสน้ำและระดับน้ำใช้การเต็มที่ (Full Supply Level, F.S.L.)

1) โดยทั่วไป ลาดท้องคลองส่งน้ำ (S) จะอยู่ระหว่าง 1:1,000 ถึง 1:10,000 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

1.1) ลาดแผ่นดินตามแนวคลองส่งน้ำ

1.2) ลักษณะและปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำ

1.3) ตามพินิจพิจารณาของผู้ออกแบบ

2.8.5.2 รูปตัดขวางของคลองส่งน้ำ

การเลือกรูปตัดขวางของคลองส่งน้ำนั้น จะพิจารณาจากรูปตัดที่เล็กที่สุดและสามารถรับปริมาณน้ำได้มากที่สุด ซึ่งจะใช้อัตราส่วน B/D และค่า S.S. เป็นตัวกำหนด

โดยที่ B = ความกว้างท้องคลอง (Bed width of canal) ไม่น้อยกว่า 0.50 ม.

D = ความลึกของน้ำในคลอง (Depth of water in canal)

S.S.= ลาดข้างคลอง (Side slope) จะอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 1:2

สำหรับคลองส่งน้ำที่เป็นคลองลาดคอนกรีต อัตราส่วน B/D ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.0

2.8.5.3 คันคลองส่งน้ำ

ความกว้างคันคลอง ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้และความจำเป็นด้านการจราจร โดยจะกำหนด ดังนี้

1) คันคลองที่ไม่ได้ใช้เป็นถนนจะมีความกว้าง 2.00 ม.

2) คันคลองที่ใช้เฉพาะการบำรุงรักษาจะมีความกว้าง 4.00 ม.

3) เป็นถนนลูกรังหรือลาดยางชั้นเดียวจะใช้ 6.00 ม.

4) สำหรับคันคลองที่เป็นทางเชื่อมระหว่างถนนหลัก หรือมีผู้ใช้ถนนหนาแน่น จะกำหนดการลาดยางตามมาตรฐานกรมทางหลวง และกำหนดความกว้างคันคลองไว้ 9.00 ม.

ความสูงของคันคลองส่งน้ำ หรือ Freeboard ของคันคลอง คือ ระยะที่วัดจากระดับน้ำสูงสุดจนถึงระดับคันคลองส่งน้ำ จะกำหนดตามความจุของคลอง โดยดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 3-2 แสดงระยะเผื่อพื้นน้ำ (Freeboard) ความลาดคันคลองส่งน้ำ (Side Slope, S.S.) ถ้าคันคลองสูงกว่าดินเดิมไม่เกิน 2.00 ม. กำหนดให้ลาดด้านข้าง ตั้ง:ราบ = 1:1.5 แต่ถ้าเกิน 2.00 ม. กำหนดให้ลาดด้านข้าง = 1:2.0

2.8.5.4 ขนคลอง (Berms)

สำหรับคลองที่ขุดลึกมาก ๆ หรือบริเวณเชิงเขาที่จะต้องมีการตัดดิน จะมีขนคลองเป็นชั้น ๆ ทุกความลึก 3.00 ม. เพื่อป้องกันการพังทลายของลาดดิน อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นทางเพื่อทำการบำรุงรักษา ค่าความกว้างขนคลองกำหนดไว้ระหว่าง 1-2 ม. ตามขนาดของคลองและให้ลาด (Slope) ของขนคลองเท่ากับ 12%

2.8.5.5 ระยะเผื่อพื้นน้ำ (Freeboard)

ระยะเผื่อพื้นน้ำ (Freeboard) สำหรับคลองลาดคอนกรีต จะมี 2 ค่า คือ

1) ค่าความสูงของคันคลอง

2) ค่าของขอบคอนกรีตลาด คือ ระยะที่วัดจากระดับน้ำสูงสุดจนถึงขอบคอนกรีตลาด กำหนดตามเกณฑ์ ดังนี้

ตารางที่ 2.13 ค่า Freeboard ของคลองส่งน้ำตาดคอนกรีต [25]

ปริมาณน้ำ (ม. ³ /วินาที)	Freeboard ของขอบคอนกรีตตาด (ม.)	Freeboard ของคันคลอง (ม.)
< 1.00	0.15	0.45
1.00 – 2.50	0.20	0.60
2.50 – 5.00	0.25	0.70
5.00 – 10.00	0.35	0.85
> 10.00	0.50	1.00

2.8.5.6 ความโค้งของคลองส่งน้ำ

ค่ารัศมีมีความโค้งสำหรับคลองตาดคอนกรีต โดยทั่วไปกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความกว้างหน้าตัดผิวน้ำในคลองที่ระดับน้ำใช้การเต็มที่ (F.S.L.) ถ้าคันคลองเป็นถนนลาดยางจะต้องกำหนดให้ปลอดภัยตามมาตรฐานของกรมทางหลวง แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องวางแนวคลองให้มีรัศมีน้อยกว่าที่กำหนด ในการออกแบบอาจจะต้องเพิ่ม Guide vane เพื่อกระจายการไหลของน้ำให้มากที่สุด และจะต้องเพิ่ม Head Loss บริเวณโค้งนี้ด้วย

2.8.5.7 รายละเอียดอื่น ๆ

ความหนาของคอนกรีตตาดคลอง ได้ปรับมาจากมาตรฐานของกรมชลประทาน สหรัฐ ดังตารางที่ 2.11 ในความยาวของแผ่นคอนกรีตแต่ละช่วงจะต้องมีการเขาสันร่องป้องกันการแตกร้าวไว้ด้วย โดยจะกำหนดความหนาของคอนกรีตตาด และความยาวของแผ่นคอนกรีต (Groove spacing) ดังนี้

ตารางที่ 2.14 ความหนาของคอนกรีตตาด และความยาวของแผ่นคอนกรีต [25]

ปริมาณน้ำ (ม. ³ /วินาที)	ความหนาของ แผ่นคอนกรีต (ซม.)	ความยาวของ แผ่นคอนกรีต (ม.)	ปีกข้างคลอง (ซม.)
< 1.00	6	3.00	15
1.00 – 2.50	6	3.00	20
2.50 – 5.00	7	3.00	20
5.00 – 10.00	7	3.50	30
10.00 – 15.00	8	4.50	30

สำหรับคลองส่งน้ำตาดคอนกรีตขนาดใหญ่ ที่มีความลึกของน้ำตั้งแต่ 1.00 ม. ขึ้นไป และเป็นคลองจม จะต้องพิจารณาเพิ่ม Flap valve weephole ที่บริเวณลาดคลองส่งน้ำด้วย สำหรับคลองที่ใหญ่มาก ๆ ควรมีการคำนวณแรงดันน้ำและเพิ่ม Weephole ที่ท้องคลองด้วย

2.8.6 การออกแบบคลอง/คูส่งน้ำแบบรางเปิด

การออกแบบคลอง/คูส่งน้ำแบบรางเปิด มีหลักเกณฑ์โดยสังเขป ดังนี้

2.8.6.1 คลองส่งน้ำสายใหญ่ คลองซอยและคลองแยกซอยออกแบบเป็นคลองลาดด้วยคอนกรีตทั้งหมด

2.8.6.2 ความกว้างของกันคลองต่อความลึกของน้ำ (b/d) อยู่ระหว่าง 1 ถึง 2

2.8.6.3 ลาดข้างคลอง (Side Slope) กำหนดให้ประมาณ 1:1.5 สำหรับคลองลาดด้วยคอนกรีตและประมาณ 1:2 สำหรับคลองดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน วิธีการก่อสร้างและการบำรุงรักษา

2.8.6.4 ลาดกันคลอง กำหนดจากความลาดเทของพื้นที่จริงตามแนวคลองส่งน้ำ โดยให้ลาดผิวน้ำอยู่ระหว่าง 1: 2,000-1:10,000

2.8.6.5 ความเร็วของน้ำในคลองดินอยู่ระหว่าง 0.300-0.758 ม./วินาที โดยจะพิจารณากำหนดร่วมกับมาตรฐานการกำหนดค่าความเร็วของน้ำที่จะไม่เกิดการกัดเซาะ ตามมาตรฐานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สำหรับความเร็วของน้ำในคลองลาดคอนกรีตมีค่าระหว่าง 0.50-1.00 ม./วินาที ทั้งนี้จะได้กำหนดให้สอดคล้องกับมาตรฐานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานด้วย

2.8.6.6 กำหนดค่า Manning's Coefficient of Roughness, $n = 0.016-0.018$ สำหรับคลองลาดด้วยคอนกรีต และ $n = 0.025-0.030$ สำหรับคลองดินซึ่งจะได้ศึกษาทบทวนในรายละเอียดอีกครั้ง

2.8.6.7 ระดับน้ำที่ออกจากท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout) จะอยู่สูงเหนือพื้นดินประมาณ 0.30-0.50 ม.

2.8.6.8 คันคลอง ความกว้างของหลังคันคลองจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของคลอง ถ้าเป็นคลองขนาดเล็กหลังคันควรมีค่าน้อยที่สุด 1.50 ม. เพื่อจะใช้หลังคันเป็นถนน เพื่อประโยชน์ในการส่งน้ำ บำรุงรักษา และเป็นทางลำเลียงผลผลิตออกสู่ตลาด การกำหนดความกว้างของหลังคันจะต้องกำหนดตามความจำเป็นของถนนและขนาดของคลอง เช่น ถนนบนคันคลองสายใหญ่ ความกว้างของถนนควรจะเป็น 6.00 ม. คลองสายซอยและแยกซอยความกว้างของถนนควรเป็น 3.50 ม. เป็นอย่างน้อย และลงพิจารณาจรดด้วยลูกกรงบดอัดแน่นหนาไม่น้อยกว่า 0.25 ม.

2.8.6.9 ขานคลอง ความกว้างขานคลองขึ้นอยู่กับขนาดของคลองเช่นกัน สำหรับคลองขนาดเล็ก เช่น คลองซอยหรือแยกซอยที่มีความจุของน้ำน้อย ขานคลองควรกว้างประมาณ 1.00 ม. สำหรับคลองสายใหญ่ หรือคลองซอยที่มีขนาดใหญ่ ความจุของน้ำมาก ความกว้างของขานคลองควรอยู่ระหว่าง 1.50-2.00 ม. ขานคลองต้องทำให้มีลาดเข้าหาคลองประมาณ 20%

2.8.6.10 ค่า Freeboard จะใช้ตาม US. Bureau of Reclamation Standard โดยที่ค่า Free board ของขอบคอนกรีตลาดคลองต่ำสุดใช้ 0.15 ม. และเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 ม. ตามขนาดคลองที่เปลี่ยนแปลง

2.8.6.11 กำหนดคลองจะพิจารณาจากรูปตัดคลอง ที่ที่ดินชุดขนาดของบ่ออ้อมและวิธีการบำรุงรักษาการออกแบบเบื้องต้นระบบระบายน้ำ ประกอบด้วยการปรับปรุงคลองธรรมชาติให้เป็นคลองระบายน้ำสายใหญ่ และสายซอย การออกแบบคลองระบายน้ำและอาคารประกอบ

โดยคลองระบายน้ำของโครงการจะออกแบบเป็นคลองดินขุด มีอาคารประกอบเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก คลองระบายน้ำจะทำหน้าที่รวบรวมและระบายน้ำจากแปลงเพาะปลูกโดยมีอาคารประกอบตามตำแหน่งที่เหมาะสม และระบายน้ำลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ การออกแบบระบบระบายน้ำจะพิจารณาตามความจำเป็นของสภาพภูมิประเทศ วิธีการส่งน้ำ พืชที่ปลูกและลักษณะดิน เป็นต้น หลักเกณฑ์การออกแบบที่สำคัญ ได้แก่ การกำหนดรูปร่างหน้าตัดคลองระบายน้ำ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำ (Drainage Modulus) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านชลศาสตร์ การเปลี่ยนขนาดคลองระบายน้ำ การวางตำแหน่งอาคารประกอบต่าง ๆ และอาคารทิ้งน้ำลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ

การคำนวณรูปตัดของลำน้ำจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู การคำนวณด้านชลศาสตร์ของคลอง/คูส่งน้ำแบบรางเปิด สามารถคำนวณโดยใช้สูตร Manning's Formula ดังนี้

$$Q = AV \quad (2.52)$$

$$V = (1/n) R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.53)$$

เมื่อ	Q =	ปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
	A =	พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลองส่งน้ำ (ตร.ม.)
	S =	ความลาดของเส้นพลังงาน
	=	ความลาดของผิวน้ำเท่ากับลาดของท้องคลองส่งน้ำเมื่อการไหลเป็น

แบบ Uniform Flow

R =	รัศมีชลศาสตร์ = A/P (ม.)
P =	ความยาวของเส้นของเปียก (ม.)
V =	ความเร็วของน้ำที่ไหลในคลองส่งน้ำ (ม./วินาที)
n =	สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ
	= 0.030 (สำหรับคลอง/คูส่งน้ำที่เป็นดิน)
	= 0.016 (สำหรับคลอง/คูส่งน้ำที่ตาดด้วยคอนกรีต)

ในการออกแบบขนาดของลำน้ำจะถูกกำหนดด้วยความเร็วที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องไม่เกิดการกัดเซาะท้องลำน้ำและลาดข้างตลิ่งของลำน้ำ นอกจากนี้จะต้องไม่เกิดการตกตะกอนและกัดเซาะด้วยการควบคุมความเร็วสูงสุดของน้ำที่ไหลในลำน้ำจะต้องนำมาพิจารณาด้วย ซึ่งความเร็วของน้ำที่ไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะ (Non-Erodible Velocity) จะขึ้นอยู่กับชนิดของดินในลำน้ำ ดังนี้

ตารางที่ 2.15 ความเร็วสูงสุดของน้ำที่ไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะ (Non-Erodible Velocity)

ชนิดของดิน	ความเร็วสูงสุดไม่เกิดการกัดเซาะ (ม./วินาที)
ดินเหนียว (Clay)	1.22
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	0.75
ดินทราย (Fine Sand)	0.46

ความเร็วของน้ำที่ไม่เกิดการกัดเซาะและไม่ตกตะกอนสามารถตรวจสอบความเร็วของน้ำที่ไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะและตกตะกอน (Nonscour Nonsilt Deposition) โดยสูตรของ Kenedy's Formula ดังนี้

$$V_s = C d^m \quad (2.50)$$

เมื่อ V_s = ความเร็ววิกฤตโดยไม่กัดเซาะลำน้ำ และไม่ตกตะกอน (ม./วินาที)
 C = ค่าสัมประสิทธิ์ของดินแต่ละประเภท
 = 0.547 (For Fine, Light, Sandy Soil)
 d = ความลึกของน้ำในคลอง (ม.)
 m = Index = 0.66

ขนาดสัดส่วนของลำน้ำ การปรับปรุงลำน้ำจะต้องให้สอดคล้องกับสภาพเดิมของลำน้ำ ได้แก่ ความลาดชันของลำน้ำและระดับเฉลี่ยของน้ำ ซึ่งผ่านการปรับตัวตามธรรมชาติจนเข้าสู่ภาวะสมดุลเป็นระยะเวลายาวนานมาแล้ว สิ่งที่จะต้องกำหนดให้เหมาะสม ได้แก่ สัดส่วนทางด้านของลำน้ำ เช่น ความกว้าง ลาดชัน ตลิ่ง ขานพัก (Berm) เป็นต้น การกำหนดลาดชันตลิ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่จะขุดหรือถมดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.16 กำหนดสัดส่วนความลาดชันตลิ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดินของลำน้ำ

ชนิดของดิน	ลาดด้านข้าง (ระยะตั้ง:ระยะราบ)
- ดินดานแข็ง	1:0.50
- ดินเหนียวแข็งมาก ดินดาน และกรวดอัดแน่น	1:0.75
- ดินเหนียวแน่นมีกรวดแทรก	1:1
- หินแข็ง	1:0.25
- ดินร่วนหรือดินปนกรวด	1:1.50
- ดินร่วนปนทราย	1:2
- ดินทราย	1:3
- ดินเลนชายทะเล	1:4, 1:5

ในกรณีที่ลำน้ำมีความลึกมากควรสร้างขานคลอง (Berm) ขนานไปกับลำน้ำเพื่อลดน้ำหนักของดินบนฝั่งด้านข้างป้องกันมิให้ดินพังทลาย ขอบขานด้านที่อยู่ห่างจากลำน้ำควรมีคูระบายน้ำเพื่อตักน้ำที่ไหลจากที่สูงบนตลิ่งมิให้กัดเซาะทำความเสียหายแก่ตลิ่งได้

ตัวอย่างการคำนวณขนาดคลองส่งน้ำ

คลองซอย 1L ยาว 3.500 กม. ควบคุมเนื้อที่ซึ่งแบ่งออกเป็นแผนส่งน้ำต่าง ๆ ดังรูป ให้คำนวณขนาดคลองซอยสายนี้ เมื่อกำหนดให้

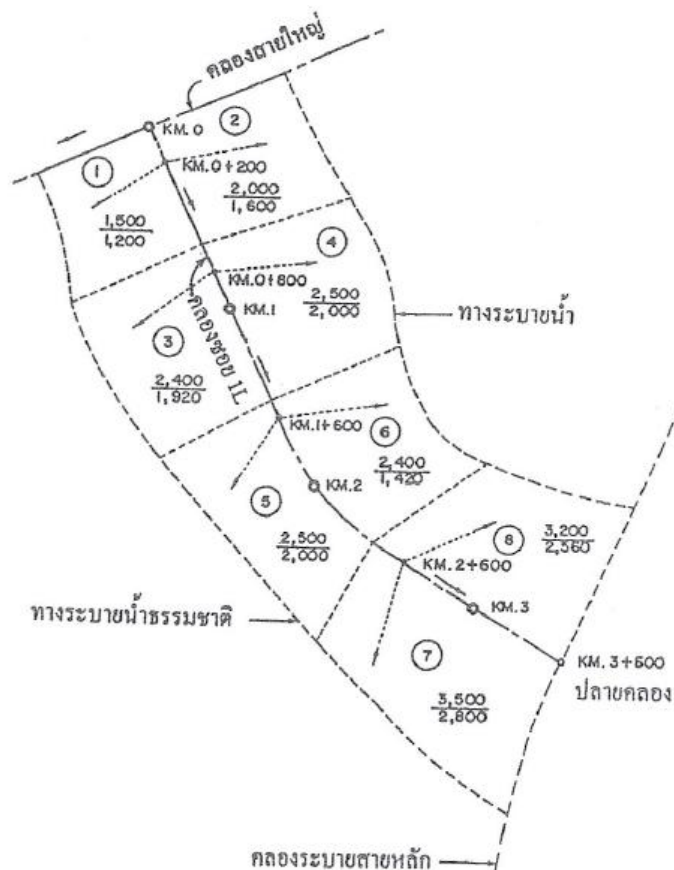
เนื้อที่ชลประทาน (Irrigable area) = 80% ของเนื้อที่ทั้งหมด

ชลภาระ (Water duty) = 0.20 ลิตร/วินาที/ไร่

$S = 1:8,000$

$n = 0.018$

$SS = 1:1 \frac{1}{2}$



ภาพที่ 2.10 พื้นที่ส่งน้ำของคลองซอย 1L [26]

วิธีคำนวณ การคำนวณจะใช้ Manning's formula ก่อนคำนวณขนาดคลองส่งน้ำจะต้องทำบัญชีแผนส่งน้ำ คือ ตารางแสดงจุดที่จะฝัगत่อน้ำเข้านา (Farm turnout) เลขที่ประจำแผนส่งน้ำ ปริมาณน้ำที่จะส่งให้แผนส่งน้ำ และปริมาณน้ำที่จะต้องส่งผ่านคลองในช่วงต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.17 ตัวอย่างจุดที่จะฝั่งท่อส่งน้ำเข้านา (Farm turnout) เลขที่ประจำแฉกส่งน้ำ
ปริมาณน้ำที่จะส่งให้แฉกส่งน้ำ และปริมาณน้ำที่จะต้องส่งผ่านคลองในช่วงต่าง ๆ

ระยะทาง (กม.)		แฉกส่งน้ำ เลขที่		เนื้อที่แฉกส่งน้ำ (ไร่)		ปริมาณน้ำ ประจำแฉก (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำ ที่ต้องส่ง (ลบ.ม./วินาที)
จาก	ถึง	R	L	ทั้งหมด	ชป.		
0 + 000	0 + 200			-	-	-	3.200
0 + 200	0 + 800	1		1500	1200	0.240	
			2	2000	1600	0.320	2.640
0 + 800	1 + 600	3		2400	1920	0.384	
			4	2500	2000	0.400	1.856
1 + 600	2 + 600	5		2500	2000	0.400	
			6	2400	1920	0.384	1.072
2 + 600	3 + 500	7		3500	2800	0.560	
			8	3200	2560	0.512	0.000
รวม				20000	16000	3.200	0

ปริมาณน้ำประจำแฉก

แฉก 1 ขวา = $0.0002 \times 1,200 = 0.240$ ลบ.ม./วินาที

แฉก 2 ซ้าย = $0.0002 \times 1,600 = 0.320$ ลบ.ม./วินาที

แฉก 3 ขวา = $0.0002 \times 1,920 = 0.384$ ลบ.ม./วินาที

แฉก 4 ซ้าย = $0.0002 \times 2,000 = 0.400$ ลบ.ม./วินาที

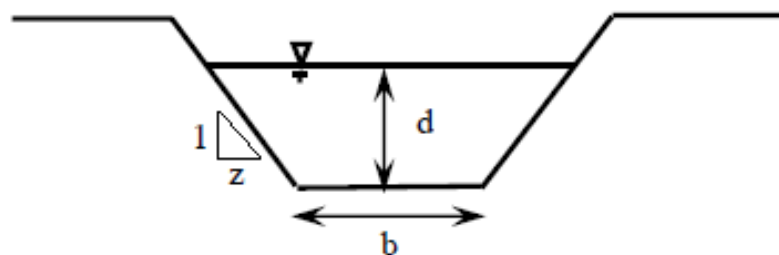
แฉก 5 ขวา = $0.0002 \times 2,000 = 0.400$ ลบ.ม./วินาที

แฉก 6 ซ้าย = $0.0002 \times 1,920 = 0.384$ ลบ.ม./วินาที

แฉก 7 ขวา = $0.0002 \times 2,800 = 0.560$ ลบ.ม./วินาที

แฉก 8 ซ้าย = $0.0002 \times 2,560 = 0.512$ ลบ.ม./วินาที

รวม 8 แฉก = $0.0002 \times 16,000 = 3.200$ ลบ.ม./วินาที



ภาพที่ 2.11 รูปตัดที่ 1 จาก กม. 0+000 ถึง กม. 0+200 ปริมาณน้ำที่ส่ง (3.200 ลบ.ม./วินาที)

$$\begin{aligned}\text{สมมติให้ } b &= 2.60 \text{ ม.} \\ d &= 1.35 \text{ ม.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= (b + 1.5 d) d \\ &= [2.60 + (1.5 \times 1.35)] 1.35 \\ &= 6.244 \text{ ตร.ม.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= b + 2d\sqrt{1 + 1.5^2} \\ &= 2.60 + 2(1.35)\sqrt{1 + 1.5^2} = 7.467 \text{ ม.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R &= A / P \\ &= 6.244 / 7.467 \\ &= 0.836 \text{ ม.}\end{aligned}$$

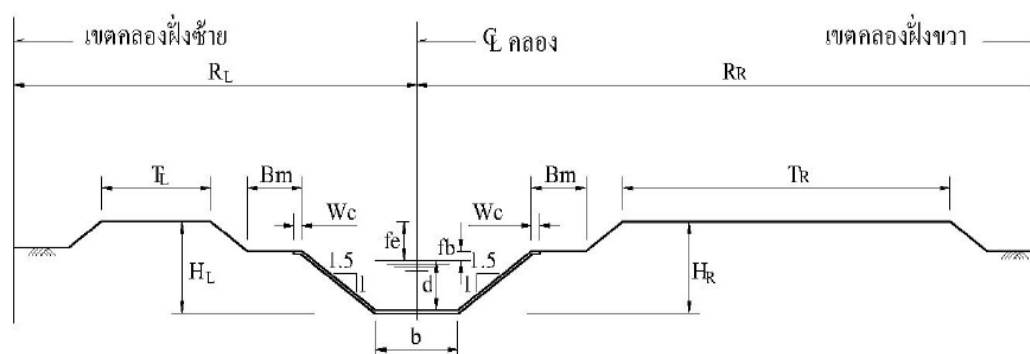
$$\begin{aligned}V &= \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0.018} 0.836^{2/3} \left(\frac{1}{8000} \right)^{1/2} = 0.551 \text{ ม./วินาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= A V \\ &= 6.244 \times 0.551 \\ &= 3.442 \text{ ลบ.ม./วินาที} > Q_{\text{required}} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b/d &= 2.60 / 1.35 \\ &= 1.926 \text{ อยู่ระหว่าง } 0.5 - 2.0 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

สำหรับ รูปตัดที่ 2 จาก ก.ม. 0+200 ถึง ก.ม. 0+800
 รูปตัดที่ 3 จาก ก.ม. 0+800 ถึง ก.ม. 1+600
 รูปตัดที่ 4 จาก ก.ม. 0+600 ถึง ก.ม. 3+500
 คงคำนวณขนาดได้เช่นเดียวกัน

จากการคำนวณขนาดรูปตัดขวางของคลองซอยสายนี้ อาจนำผลการคำนวณมารวมไว้ในตารางโดยอ้างอิงระยะต่าง ๆ ตามรูปมาตรฐานคลองส่งน้ำ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.12 มาตรฐานรูปตัดตามขวางคลองส่งน้ำ [23]

ตารางที่ 2.18 คำนวณขนาดรูปตัดขวางของคลองซอย

Q	A	v	R	n	S	ss	b	d	t
3.442	6.244	0.551	0.836	0.018	1:8000	1:1.5	2.60	1.35	0.07
W_c	B_m	f_b	f_e	H_L	H_R	T_L	T_R	R_L	R_R
0.20	1.00	0.25	0.70	2.05	2.05	2.00	6.00	10.0*	14.0*

หมายเหตุ: * คำนวณจาก ระยะตามรูปตัดขวางของคลอง + ระยะของลาดคันคลองตามแนวนอน + 2

2.9 แบบจำลองที่ใช้ในงานทรัพยากรน้ำ

แบบจำลองการวิเคราะห์ลำน้ำมีด้วยกันหลากหลาย การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน ความเหมาะสมของข้อมูลสภาพพื้นที่ และลักษณะเฉพาะการใช้ประโยชน์แบบจำลอง ตัวอย่างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลน้ำ รวบรวมได้ดังนี้

2.9.1 แบบจำลองสภาพภูมิศาสตร์

โดยการสร้างแบบจำลองลำน้ำด้วยการสร้างลำน้ำเป็นแบบจำลองภูมิศาสตร์ แบบจำลองประเภทนี้มีความละเอียดน้อยและมีข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลองขึ้นมานั้น เช่น มาตรฐาน ขนาดที่จำกัด จึงไม่เหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองที่มีมาตรฐานที่มีขนาดใหญ่

2.9.2 แบบจำลองการพยากรณ์ Black box Model หรือโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองการพยากรณ์ Black box Model หรือโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับการใช้ข้อมูลที่มีเพียงพอต่อการประมวลผลของโปรแกรม หากข้อมูลที่มีผิดพลาดหรือขาดไปก็จะทำให้การพยากรณ์ค่าเคลื่อนไปด้วย [22]

แบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองชนิด Black Box Model ที่ได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้าที่อาศัยข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำในลำน้ำเท่านั้นมาใช้ในการเรียนรู้ให้กับแบบจำลอง ดังนั้นการเลือกข้อมูลปริมาณฝนรายวันและข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ในแต่ละสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำมาใช้เป็นข้อมูลน้ำเข้าให้กับแบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ

แนวคิดและทฤษฎี Artificial Neural Networks, ANNs

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแนวคิดที่ถูกออกแบบให้ทำงานเช่นเดียวกับสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบไปด้วย

หน่วยประมวลผล (Processing Elements) ซึ่งมีเซลล์หลาย ๆ ตัวที่ทำหน้าที่คล้ายกับเซลล์สมองของมนุษย์ โดยที่แต่ละเซลล์จะโยงใยติดต่อกันโดยส่งสัญญาณออกเป็นเอาต์พุต (Output) ของส่วนที่เรียกว่า เดนไดรต์ (Dendrites) และเมื่อผ่านกระบวนการประมวลผลจะได้เอาต์พุตออกมา ในส่วนที่เรียกว่า แอ็กซอน (Axon) ในแต่ละเซลล์จะรับรู้ข้อมูลจากหลายทาง แล้วส่งต่อไปยังเซลล์อื่น ๆ โดยใช้หลักการ Synaptic strength ของการเชื่อมโยงเซลล์สมอง

ส่วนวิธีการประมวลผลภายใน โดยเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะมีจุดเชื่อมโยงระหว่างการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะการกระตุ้น (Excitatory) เป็นการทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านเข้ามามีความถี่ลดลง ซึ่งแบบจำลองของ ANN จะมีอัตราขยายหรือหดได้เมื่อถูกกำหนดด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม ดังแสดงไว้ตารางที่ 1

ตารางที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทเทียม

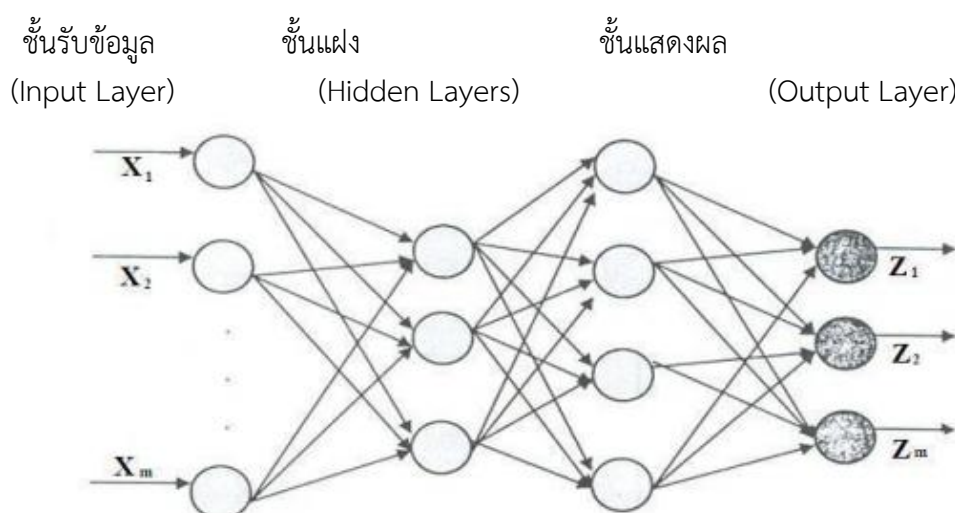
ลำดับ	เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
1	ตัวเซลล์ (Cell Body)	ยูนิต (Unit)
2	เดนไดรต์ (Dendrites)	ตัวแปรอินพุต (Input)
3	แอกซอน (Axon)	ตัวแปรเอาต์พุต (Output)
4	ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight)
5	ความเร็วในการทำงานช้า	ความเร็วในการทำงานสูง
6	มีเซลล์จำนวนมาก (ประมาณ 10^9 ยูนิต)	มีเซลล์จำนวนน้อยกว่า (เป็นหลักร้อย)

โดยทั่วไปในสมองของมนุษย์มีเซลล์ประมาณ 10^9 ถึง 10^{12} เซลล์ โดยที่แต่ละเซลล์สามารถเก็บหน่วยความจำได้มากมายโดยเฉลี่ยสมองมนุษย์มีน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์เล็ก ๆ ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1.5×10^9 กรัม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่มีโครงสร้างเป็นลักษณะของโครงข่ายเชื่อมโยงกันระหว่างหน่วย ซึ่งสามารถที่จะรับข้อมูลและปรับตัวเข้ากับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่กำลังเผชิญอยู่ นักวิจัยหลายท่านเชื่อว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการสร้างระบบคอมพิวเตอร์อัจฉริยะ (Intelligent Computer System) อย่างได้ผล นอกจากนี้

ANNs ยังเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การคำนวณและการจดจำ เช่น การจำแนกข้อมูล (Data Classification) การทำนายเหตุการณ์ (Forecasting) การบีบอัดข้อมูล (Data Compression) การกรองสัญญาณ Noise (Noise Filtering) เป็นต้น ในทางคณิตศาสตร์ ANNs อาจมองในแง่ของการเป็น Universal Approximator เนื่องจากความสามารถในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของข้อมูล Input – Output ซึ่งทำให้ความสามารถแก้ปัญหาที่ยากและสลับซับซ้อนได้

หลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ANNs เป็นแนวคิดที่แตกต่างกับแนวคิดทางด้าน Conventional อย่างสิ้นเชิงในการจำลองพฤติกรรม การไหลโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เราไม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดหรือสร้างสมการ ควบคุมการไหล เพียงแต่เรารวบรวมข้อมูลอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ไว้เป็นคู่ ๆ การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองทางสถิติจะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ซึ่งอยู่ในรูปของสมการ Explicit แต่โครงข่ายประสาทเทียมจำทำการสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) โดยกระบวนการของการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่มีการกำหนดในรูปของสมการ Explicit การจำลองระบบโครงสร้างประสาทเทียม มีการจำลองเป็นชั้น ๆ โดยมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยชั้นรับข้อมูล (Input Layer) ชั้นแฝง (Hidden Layer) และชั้นแสดงผล (Output Layer) ในแต่ละชั้นประกอบด้วยหน่วย (Node) ในชั้นแฝงประกอบด้วยหน่วยที่ทำหน้าที่ส่งตัวแปรด้านออก (Output) ในระหว่างชั้นแต่ละชั้นจะมีการเชื่อมต่อ (Link) แต่การเชื่อมต่อจะมีค่าน้ำหนัก (Weights) เฉพาะสำหรับทำหน้าที่แทนค่าความแข็งแรง (Strength) ของการเชื่อมต่อของเซลล์สมองมนุษย์ โครงสร้างของระบบโครงสร้างข่ายประสาทเทียมแสดงได้ดังภาพที่ 2.13 โครงสร้างของระบบโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของระบบโครงข่ายข่ายประสาทเทียม [27]

2.9.3 การสร้างความสัมพันธ์ของระดับน้ำและอัตราการไหลของลำน้ำ

ในอุทกวิทยาการคำนวณปริมาณน้ำ Rating curve คือการเขียนเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ ซึ่งจะวัดปริมาณน้ำข้ามคลองหรือการไหลของกระแสน้ำด้วยเครื่องมือวัดปริมาณน้ำ ในการเขียนกราฟความสัมพันธ์จะพล็อตปริมาณน้ำในแกน X และระดับน้ำอยู่ในแกน Y

Rating curve ถูกสร้างจาก 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและระดับน้ำ โดยการวัดระดับน้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในแม่น้ำ ขั้นตอนที่สองจากการวัดระดับน้ำในแม่น้ำสามารถนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำได้ โดยใช้ค่าความสัมพันธ์จากส่วนแรก (rating curve เดิม) ซึ่งระดับน้ำวัดได้จากการอ่านค่าจากเสาระดับที่ติดตั้งไว้ในแม่น้ำ

หลักการและรายละเอียดจะบอกถึงวิธีในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำหรือที่เรียกว่า Rating curve ขั้นตอนในการคำนวณปริมาณน้ำดำเนินการดังนี้

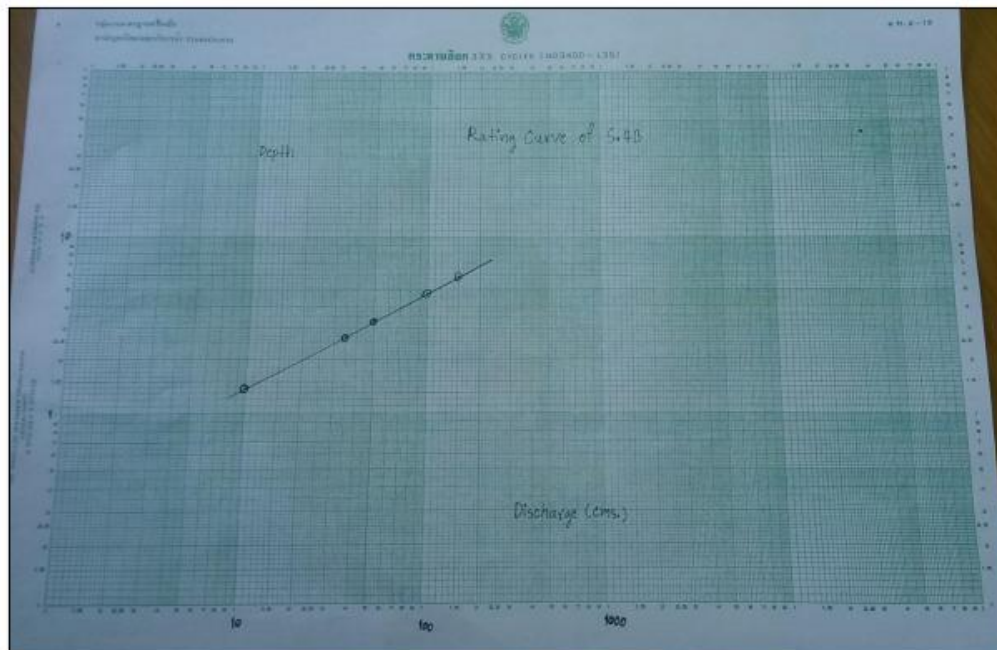
2.9.3.1 การคำนวณปริมาณน้ำ

- 1) กำหนดขนาดของมาตราส่วน (Scale) ของระดับน้ำและปริมาณน้ำให้เหมาะสม โดยพิจารณาให้ครอบคลุมถึงระดับตลิ่งและปริมาณน้ำสูงสุด แกนตั้งจะใช้แทนค่าระดับน้ำ (Gage height) และแกนนอนจะใช้แทนค่าปริมาณน้ำ (Discharge) และเดือนน้ำ
- 2) พล็อตค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายวันของปีน้ำจาก อท. 1-01 จนครบปีน้ำ
- 3) พล็อตจุดสำรวจปริมาณน้ำจากระดับน้ำที่ทำการสำรวจในสนาม อท. 02 ภาพที่ 2.15 ให้ครบในทุกความต่างระดับพร้อมกับลากเส้นโยงวันที่ทำการสำรวจกำกับ
- 4) พิจารณาจุดสำรวจระดับน้ำ-ปริมาณน้ำต่ำสุดที่สำรวจได้ เพื่อกำหนดค่าระดับศูนย์ปริมาณน้ำ (Zero flow) ซึ่งจะใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการอ่านค่าตารางน้ำ (Rating table) ข้อที่พึงระวังคือที่ระดับนี้จะต้องไม่ต่ำกว่าระดับท้องน้ำ (River bed) แต่จะอยู่ใกล้เคียงกับระดับน้ำต่ำสุด
- 5) พิจารณาการกระจายของจุดสำรวจปริมาณน้ำที่ช่างสำรวจทำการสำรวจมา ได้ว่ามีการเกาะกลุ่มหรือกระจายมากน้อยเพียงใด เพื่อหาแนวในการสร้างโค้งปริมาณน้ำ (Rating curve)
- 6) ลากโค้งปริมาณน้ำโดยเริ่มจาก Zero flow เฉลี่ยกลุ่มของจุดสำรวจปริมาณน้ำโดยลากเส้นให้คลุมระดับน้ำสูงสุด
- 7) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของโค้งที่ได้ โดยเลือกค่าปริมาณน้ำและระดับน้ำที่อ่านได้จากโค้งปริมาณน้ำเป็นคู่ ๆ ในช่วงต่าง ๆ กัน จนคลุมระดับน้ำสูงสุดบันทึกลงบน Calculation sheet
- 8) พล็อตค่าระดับน้ำที่ความลึกเหนือ Zero flow หรือ Depth กับปริมาณน้ำในขั้นตอนที่ 7) ลงบนกระดาษ Log-logscale
- 9) ลากเส้นต่อจุดที่ได้จากการพล็อตในขั้นตอนที่ 8) จะเห็นว่าจะเป็นเส้นตรง นั่นคือความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณน้ำจะเป็นเส้นโค้งในกราฟปกติ แต่จะเป็นเส้นตรงในกราฟ Log-logscale ถ้ายังไม่เป็นเส้นตรงต้องทดหรือยกค่าของ Zero flow ใหม่ เนื่องจากยังลากเส้นไม่เฉลี่ยระหว่างกลุ่มของจุดสำรวจปริมาณน้ำดีพอ
- 10) จัดทำตารางน้ำ (Rating table) โดยอ่านค่าเริ่มต้นจากระดับ Zero flow กับปริมาณน้ำจากโค้งปริมาณน้ำทุก ๆ 10 ซม. ลงในแบบฟอร์ม อท. 38 จนถึงระดับน้ำสูงสุดประจำปี ซึ่งจะต้องมีค่า Difference เพิ่มขึ้นหรือเท่ากัน
- 11) กระจายตารางน้ำ (Rating table) ทุก ๆ 1 ซม. ในแบบฟอร์ม อท. 38
- 12) คำนวณค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายวันลงแบบฟอร์ม อท. 26 โดยการลอกค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายวัน และอ่านจากปริมาณน้ำที่ตรงกันในตาราง Rating table ตามที่แตกไว้แล้วจนครบปีน้ำ

- 13) ทำการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้
- 13.1) ค่าเฉลี่ยระดับน้ำรายเดือน
 - 13.2) ค่าระดับน้ำสูงสุดเฉลี่ยประจำเดือน
 - 13.3) ค่าระดับน้ำต่ำสุดเฉลี่ยประจำเดือน
 - 13.4) ค่าระดับน้ำสูงสุดประจำปี และวันที่ เวลาที่เกิด
 - 13.5) ค่าปริมาณน้ำรายเดือน รายปี
 - 13.6) ค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือน รายปี
 - 13.7) ค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยสูงสุดประจำเดือน ประจำปี
 - 13.8) ค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยต่ำสุดประจำเดือน ประจำปี
 - 13.9) ค่าปริมาณน้ำรวมรายเดือนรายปี (ล้าน ลบ.ม.)
 - 13.10) ค่าปริมาณน้ำสูงสุดประจำปี
 - 13.11) ค่า runoff yield (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)
 - 13.12) ค่า momentary peak yield (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)

Hydrology Division										อท.01	
Royal Irrigation Department											
H-01											
กรมชลประทาน											
CALCULATION SHEET											
										Computed by.....	
										Date.....	
										Checked by.....	
S.4B ZF + 109.60											
Q	WES	DEPTH									
10	110.98	1.38									
35	112.09	2.6									
50	112.88	3.28									
100	114.36	4.76									
150	115.51	5.91									

ภาพที่ 2.14 กระดาษคำนวณค่าความลึก (Depth)



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำในกราฟ Log-logscale

2.9.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในในประเทศไทยนั้น พอสรุปจากการได้ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่จะกล่าวถึงเป็นข้อ ๆ ต่อไป

2.9.4.1 แบบจำลอง InfoWorks RS

โปรแกรม InfoWorks RS พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Wallingford Software Limited ประเทศอังกฤษ เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการไหลในทางน้ำเปิด รวมทั้งการไหลบนพื้นที่ท่วมนองซึ่งได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งซอฟต์แวร์ดังกล่าวมีความยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบหรือกำหนดแนวทางเลือกในการสร้างแบบจำลองได้ง่าย และสามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก

InfoWorks RS เป็นแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ 1 มิติ จำลองการไหลในทางน้ำเปิดและพื้นที่น้ำหลาก การคำนวณด้านชลศาสตร์ใช้สมการ St.Venant (สมการโมเมนตัมและสมการความต่อเนื่อง) การคำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำและพื้นที่ราบริมฝั่งแม่น้ำ (Flood Plain) และใช้สมการเฉพาะของอาคารชลศาสตร์แต่ละชนิดสำหรับการคำนวณการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์

แต่ก็มีข้อพึงระวังก็คือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องจนเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้จึงจะได้แบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานจริงได้

2.9.4.2 แบบจำลอง RUBICON

แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองเพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำจาก Reference Manual of RUBICON ได้กล่าวไว้ดังนี้ โปรแกรม RUBICON เป็นโปรแกรม

สำเร็จรูปได้พัฒนาขึ้นโดย Haskoning BV. และ Delhi Engineering Software เมื่อเดือนพฤศจิกายน ใน พ.ศ. 2530 หลังจากนั้น Webb, Mckeown & Associates Pty, Ltd. ได้ทำการศึกษาเรื่องน้ำท่วม ที่ Warragamba โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป RUBICON และในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2531 บริษัทดังกล่าวได้ซื้อลิขสิทธิ์และพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในโครงการอื่นต่อไป แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) ที่สามารถจำลองการไหลแบบไม่ทรงตัว (Unsteady Flow) ในทางน้ำเปิดและทางน้ำปิด บางชนิดสามารถแก้ปัญหาในด้านชลศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง

2.9.4.3 แบบจำลอง MIKE 11

แบบจำลอง MIKE 11 เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย DHI (Danish Hydraulic Institute) ประเทศเดนมาร์ก เมื่อ ค.ศ. 1992 ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวนี้เป็นชุดโปรแกรมสำหรับการจำลอง (Simulation) แบบ 1 มิติ โดยมีความสามารถในการพิจารณาการไหลของน้ำเป็นการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) มีส่วนการคำนวณย่อย ๆ (Module) ที่เหมาะสมกับงานต่าง ๆ อีกหลายส่วนการคำนวณด้วยกัน เช่น ส่วนการคำนวณทางอุทกวิทยา ส่วนการคำนวณ การพัดพา แพร่กระจายของตะกอนและมลพิษ ส่วนการแสดงผลในลักษณะแผนที่ภูมิศาสตร์ เป็นต้น

MIKE 11 ใช้ลักษณะการแก้ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีเทคนิคระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical) แบบ Implicit Finite Difference Scheme (พัฒนาโดย Abbott และ Ionescu 1967) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวใช้คำนวณอัตราการไหล (Q, Discharge) และระดับน้ำ (h, Water level) ในตำแหน่งที่สลับกัน ช่วงของตำแหน่ง Q และ h จะถูกกำหนดในโปรแกรมโดยใช้ระยะห่างของแต่ละช่วงหน้าตัดลำน้ำที่นำเข้าไปกับแบบจำลองเป็นตำแหน่ง แต่อย่างไรก็ตามหากระยะห่างของหน้าตัดลำน้ำมากเกินไปค่า Δx -max แบบจำลอง MIKE 11 จะทำการคำนวณค่าของรูปตัดลำน้ำให้เอง โดยใช้ข้อมูลจากรูปตัดลำน้ำข้างเคียง ซึ่งจากการกำหนดตำแหน่งตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ทำให้แบบจำลองเหมาะสำหรับการคำนวณสภาพทางชลศาสตร์ของลำน้ำที่มีรูปลักษณะแบบแขนง (Branch) หรือแบบโครงข่ายลำน้ำ (River – Network) โดยส่วนของการคำนวณสภาพทางชลศาสตร์ของแบบจำลอง MIKE 11 ได้พัฒนามาจากสมการ St.Venant ซึ่งประกอบด้วยสมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation)

2.9.4.4 แบบจำลอง HEC-RAS

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS 5.0 พัฒนาโดย The Hydrologic Engineering Centre, U.S. Army ประเทศสหรัฐอเมริกา พัฒนาต่อเนื่องจาก HEC-1, HEC-2 เป็นโปรแกรม Free Download พัฒนาเพื่อการวิเคราะห์ชลศาสตร์ก้ำไหลในระบบลุ่มน้ำและลำน้ำธรรมชาติมีความสามารถในการจำลองการไหลแบบ 1 มิติ ใช้ตรวจสอบสภาพการไหลแบบไฮโดรไดนามิกส์ (Hydrodynamics) และสร้างแบบจำลองการไหล ได้ทั้งแบบ Steady Flow และ Unsteady Flow ของลำน้ำธรรมชาติ ได้แก่ การเคลื่อนตัวของน้ำผลกระทบจากอาคารชลศาสตร์ และสามารถนำเสนอสภาพการไหลได้ในรูปแบบต่าง ๆ พร้อมผลการคำนวณในมิติต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.10 แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านการจัดการน้ำท่วม

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์กับการจำลองปัญหาด้านการจัดการน้ำท่วมนั้น ได้มีการศึกษาและทดลองในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย การทบทวนวรรณกรรมและสรุปผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ประเสริฐ ลำภากร (2553) [16] ได้จำลองการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวังด้วยแบบจำลอง InfoWorks RS พ.ศ. 2549 เกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำทางภาคเหนือ ได้แก่ลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน โดยทำการจำลองแม่น้ำปิงและแม่น้ำวังด้วยแบบจำลอง InfoWorks RS และนำแบบจำลองมาศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก โดยการใช้มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างและการใช้มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง อรุณรัตน์ จันทรเรียบ และณัฐ มาแจ้ง (2556) [28] ได้กำหนดการบริหารจัดการน้ำไว้ 6 แนวทาง

กานุงศ์ เทพสมบัติ และปรัชญาพล ไททอง (2550) [7] ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง โดยใช้แบบจำลอง InfoWorks RS ในการจำลองสภาพพื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ริมตลิ่งแม่น้ำมูลบริเวณเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี และเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ในการจำลองใช้ข้อมูลสภาพทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา คือข้อมูลแผนที่เส้นชั้นความสูงระยะห่างระหว่างชั้น 10 ม. ซึ่งเป็นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลลักษณะของลำน้ำ ซึ่งได้จากการสำรวจข้อมูลอุทกวิทยาที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยข้อมูล พ.ศ. 2544 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดอุทกภัยรุนแรงที่สุด และข้อมูลอุทกวิทยา พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ค่อนข้างเป็นปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

กฤษณ์ ศรีวรรมาศ และฤกษ์ชัย ศรีวรรมาศ (2547) [29] ศึกษาความน่าเชื่อถือของการจำลองการไหลในลำน้ำด้วยแบบจำลอง InfoWorks RS ในการทำนายการแผ่กระจายและการเพิ่มหรือลดลงของค่าระดับน้ำ โดยการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ในแบบจำลอง ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งของลำน้ำและตลิ่ง สำหรับกรณีของลำน้ำมูลบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีสถานีวัดน้ำท่าเพียง 1 สถานี โดยใช้ความสัมพันธ์ทางอุทกวิทยา การบันทึกข้อมูลจากภาคสนามและการตั้งสมมติฐานการไหลที่มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง

เชวงศักดิ์ ฤทธิรอด (2547) [17] ได้ศึกษาสภาพน้ำท่วมและหามาตรการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะโค่ง โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 เนื่องจากลุ่มน้ำลำตะโค่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำมูลซึ่งมักเกิดปัญหาน้ำท่วมในช่วงฤดูน้ำหลาก สร้างความเสียหายให้กับพื้นที่เกษตรกรรม อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ฝาย และสะพานเป็นประจำเกือบทุกปี ดังนั้นจึงได้ศึกษาสภาพน้ำท่วมและการบรรเทาอุทกภัยสำหรับลุ่มน้ำลำตะโค่ง

ศุภกรณ์ สังข์สกุล (2557) [15] ได้ศึกษาแนวทางลดระดับน้ำหลากในลำน้ำบริเวณเหนือฝายลำเขบาย โดยใช้แบบจำลอง MIKE11 ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับการไหลผ่านพังกันน้ำที่อยู่ระหว่างจุดควบคุมทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ใช้สำหรับจำลองระดับน้ำท่วมในลำน้ำ ตั้งแต่ปลายคันกันน้ำของลำเขบายและลำห้วยโพธิ์ถึงฝายลำเขบาย โดยใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.32 และใช้การคำนวณด้วยวิธี SCS เปรียบเทียบผลเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง NAM กับพื้นที่ลุ่มน้ำพื้นที่ศึกษาที่ไม่มีสถานีวัดน้ำ การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าให้ผลที่ดี และเมื่อตรวจสอบ

ความถูกต้องของข้อมูลระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลองกับระดับน้ำสูงสุดที่ทำการตรวจวัดได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

เชาวน์ หิรัญติยะกุล (2549) [30] ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการเตือนภัยน้ำท่วม (Artificial neural networks application for flood warning) โดยศึกษาผลกระทบของจำนวนอินพุต เอาต์พุต และเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนเร้นในโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อนเร้นชั้นเดียวที่มีต่อการทำนายค่าอัตราการไหลในลำน้ำที่สถานีวัดน้ำ M.9 โดยในการศึกษาในครั้งนี้ ได้ออกแบบให้โครงข่ายประสาทเทียมมีรูปแบบโครงสร้างที่แตกต่างกันจำนวนทั้งหมด 1,050 รูปแบบ แบ่งออกเป็น 5 กรณีหลัก แต่ละโครงข่ายถูกนำไปผ่านกระบวนการฝึกสอนและนำไปทดสอบการทำนายผลด้วยข้อมูลอัตราการไหลที่ได้จากสถานีวัด จากผลการศึกษาพบว่าจำนวนของอินพุตและเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนเร้นไม่มีผลกระทบต่อการทำนายค่าอัตราการไหล ในขณะที่จำนวนเอาต์พุตส่งผลต่อการทำนายค่าอัตราการไหลอย่างชัดเจน กล่าวคือโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนเอาต์พุตจำนวน 1 หน่วย จะให้ผลการทำนายที่ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนเอาต์พุตจำนวน 2 และ 3 หน่วย ตามลำดับ เมื่อเทียบความสามารถในการทำนายค่าอัตราการไหลของโครงข่ายประสาทเทียมทั้งหมด พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนอินพุต 5 หน่วย จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนเร้น 12 เซลล์ และจำนวนเอาต์พุต 1 หน่วย สามารถทำนายค่าอัตราการไหลได้ดีที่สุดด้วยค่า $R^2 = 0.9780$

สุตารัตน์ ภูพงษ์ (2555) [31] พัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) ในการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำบ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานีวัดระดับน้ำบ้านตะเคียนเกา (X.112) ข้อมูลที่ใช้คือระดับน้ำที่สังเกตได้จากสถานีต้นน้ำในเวลาที่แตกต่างกันอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนเวลาพยากรณ์ ช่วงปีข้อมูลที่ใช้คือ พ.ศ. 2550-2553 ซึ่งได้ผลการศึกษาการพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม ANNs มีความถูกต้องอย่างดี ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ได้จากการพยากรณ์กับระดับน้ำที่สังเกตได้จากสถานีวัดระดับน้ำสูงกว่า 0.82 และ 0.86 สำหรับสถานีบ้านตะเคียนเกา (X.112) และสถานีวัดระดับน้ำบ้านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดแบบ RMS ต่ำกว่า 0.63 และ 0.74 ม. สำหรับสถานีวัดระดับน้ำบ้านตะเคียนเกา (X.112) และสถานีวัดระดับน้ำบ้านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ แบบจำลองนี้สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้ หากมีการเพิ่มข้อมูลนำเข้า เช่น ข้อมูลฝน อาจจะช่วยให้ได้ผลการพยากรณ์มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ยุพิน ไชยสมภาร, ทวี ชัยพิมลสิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์ (2560) [32] การใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์น้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ช่วงเดือนกรกฎาคม - กันยายน ค.ศ. 2035 - 2064 ณ สถานีวัดระดับน้ำ P.1 ณ สะพานนารัฐ ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวันจากแบบจำลอง WRF-ECHAM5 ที่มีขนาดกริดน้ำฝน 20*20 กม. เป็นข้อมูลนำเข้าโดยครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 6 กริด ซึ่งแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ LM (Levenberg-Marquardt) มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น 15 โหนด (จำนวนร้อยละ 50 จากจำนวนข้อมูลนำเข้า) โดยเลือกใช้เหตุการณ์น้ำท่วมระหว่าง ค.ศ. 2005 - 2006 เป็นเหตุการณ์ในการเรียนรู้ ผลการศึกษาการคาดการณ์พบว่าจะมีเหตุการณ์

น้ำท่วมเกือบทุกปี รวมทั้งสิ้น 67 เหตุการณ์ โดยมีเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีระดับน้ำสูงกว่า 5 ม. จำนวน 13 เหตุการณ์ โดยใน ค.ศ. 2064 เป็นปีที่มีระดับน้ำท่วมสูงสุด คือ 5.57 ม. และปริมาณน้ำฝนที่ส่งผลต่อเหตุการณ์น้ำท่วม คือ มีปริมาณน้ำฝนตกมากกว่า 100 มม. ในพื้นที่ศึกษาโดยเฉพาะกริดที่ 1 ที่ครอบคลุมพื้นที่ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

Fijko Rastislav and Martina Zeleňáková (2016) [33] สร้างแบบจำลองของการไหลของน้ำในทางน้ำเปิดโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS ในพื้นที่หมู่บ้านโลพูชอฟ (Lopuchov) หมู่บ้านในภาคตะวันออกของประเทศสโลวะเกีย โดยได้สร้างแบบจำลองจากการสำรวจทางธรณีวิทยา ซึ่งถูกนำไปแสดงผลพื้นที่น้ำท่วมผ่านโปรแกรม ArcGIS โดยการรวบรวมข้อมูลและความเกี่ยวข้องในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตในรูปแบบ 3 มิติ ของพื้นที่การศึกษาในรูปแบบระบบภูมิสารสนเทศร่วมกับ BIM ซึ่งสามารถส่งออกไปยังรูปแบบที่กำหนดได้ตามพื้นที่น้ำท่วม ผลที่ได้สำหรับการจำลองน้ำท่วมให้ได้ทราบขอบเขตชัดเจนในการกำหนดพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งเราใช้ในการประมวลผลการวิเคราะห์ ต้นทุนกับผลประโยชน์จากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น สำหรับระบุค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่เสี่ยงภัยที่เกิดจากอุทกภัย

Silva, F.V., Bonumá, N.B. and Uda, P.K. (2014) [34] น้ำท่วมเป็นปัญหาทางธรรมชาติที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากในประเทศบราซิล ไม่เพียงเศรษฐกิจเท่านั้นแต่ยังรวมถึงสภาพการใช้ชีวิต โดยเฉพาะเมืองซานตา คาทารินา (Santa Catarina state) ใน ค.ศ. 1991 - 2010 พบว่าได้รับผลกระทบประมาณ 5.7 ล้านคน และเสียชีวิต 4,054 คน

ความเป็นจริงนี้ชี้ชัดถึงความจำเป็นในการศึกษาที่สามารถสนับสนุนมาตรการควบคุมอุทกภัยได้ในบรรดามาตรการเหล่านี้แผนที่ท่วมมีลักษณะที่ไม่ใช่โครงสร้างและสามารถช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนเมืองการเพิ่มการรับรู้ของประชาชนเกี่ยวกับพื้นที่เสี่ยงและเส้นทางอพยพ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำแผนที่พื้นที่ลุ่มน้ำในเขตเมือง Rio dos Cedros เมืองตอนกลางของแม่น้ำซานตาคาทารินา (Santa Catarina) โดยใช้แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ HEC-RAS ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก GIS ข้อมูลต่อไปนี้นำมาใช้: แบบจำลองภูมิประเทศแบบดิจิทัลแผนที่อุทกศาสตร์และภาพทางอากาศแบบ Orthorectified (ขนาด 1:10,000), ชุดการปล่อยเวลาของแม่น้ำเซโดส (Cedros) และการวัดการปล่อยเขตข้อมูล การจำลองสถานการณ์ได้ดำเนินการสำหรับเหตุการณ์ที่มีระยะเวลาคืน 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี และเหตุการณ์น้ำท่วมเกิดขึ้นในวันที่ 08/09/2011 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าถนนและสิ่งปลูกสร้างในบริเวณรอบ ๆ ของสะพาน Cedros River และ Ouro Creek และบริเวณบรรจบน้ำแควนั้นอ่อนแอมากขึ้น นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงการขาดการวางแผนเมืองและการยึดครองของพื้นที่น้ำท่วมธรรมชาติ แบบจำลองแสดงผลที่ประเมินไม่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีน้ำท่วม ซึ่งบันทึกในเหตุการณ์ 09/08/2011 พายุครั้งนี้อาจเกิดจากการกลับมาของ Cedros River water โดยระบบระบายน้ำในเมืองและน้ำนิ่งที่เป็นไปได้ของแม่น้ำเซโดสใน Ouro Creek และสาขาของมัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้แบบจำลอง HEC-RAS และ GIS ที่มีข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดสูงสำหรับการทำแผนที่พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง

Reza Montazami Vazifedost, Maryam Nayyeri and Gholam-Abbas Barani (2014) [35] ความสำคัญของโมเดลคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การเกิดน้ำท่วมในลำน้ำคือตำแหน่งของโครงสร้างที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม เช่น สะพาน ถนน และอาคาร ซึ่งไม่สามารถ

เปรียบเทียบกับบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงได้อย่างมีประสิทธิภาพในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ด้วยความสามารถในการคำนวณ hydrodynamic เนื่องจากการใช้สมการที่ต่างกันอาจไม่ได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ดังนั้นในเอกสารฉบับนี้ผลของเขตลุ่มน้ำท่วมจะถูกเปรียบเทียบกับแบบจำลอง ไฮดรอลิคสองตัว MIKE11 และ HEC-RAS เริ่มต้นการวิเคราะห์น้ำท่วมไฮดรอลิคจะดำเนินการกับข้อมูลทางเข้าส่วนติดต่อทางเรขาคณิต เงื่อนไขขอบเขตและข้อมูลเริ่มต้นหลังจากการสอบเทียบแล้ว ผลของรูปแบบที่ประกอบด้วยเขตน้ำท่วมเป็นชั้นของการถ่ายโอนข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ ARCVIEW และซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศ 1/2500 หน่วยงานแผนที่แห่งชาติสุดท้าย ผลที่ได้จะถูกแสดงในรูปแบบแผนที่เขตน้ำท่วมสำหรับ HEC-RAS และ MIKE11 เมื่อเราเปรียบเทียบผลของทั้งสองโมเดล ได้พบความแตกต่างระหว่างโมเดลเพียงเล็กน้อย

ศักดิ์ชาย พวงจันทร์ (2557) [13] ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองทุ่งน้ำท่วมของกลุ่มน้ำเลย ด้วยโปรแกรม HEC-RAS โดยการสร้างแบบจำลองทุ่งน้ำท่วมเป็นวิธีวิเคราะห์สภาพพลศาสตร์การไหลในลำน้ำและพื้นที่ริมฝั่งที่ใช้กันแพร่หลาย การศึกษานี้ใช้โปรแกรม HEC-RAS ในการสร้างแบบจำลองสภาพการไหลของกลุ่มน้ำเลยในช่วงน้ำหลาก ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ประกอบด้วยโครงสร้างชลศาสตร์และหน้าตัดลำน้ำ 1,552 หน้าตัด มีช่วงตั้งแต่ปากน้ำเลยลงสู่โขง ที่กม. ลำน้ำ 0+500 ที่สถานี Kh.97 (ท้ายน้ำ) ไปถึง กม. 155+600 ที่สถานี Kh.61 สะพานบ้านแก่งบง (เหนือน้ำ)

สุตารัตน์ ภิรมย์ (2554) [18] ได้จำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากการเกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเกือบทุกปี และมีแนวโน้มที่รุนแรงมาจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงของโลก และจากพระอัจฉริยภาพของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในการนำแก้มลิงมาประยุกต์ใช้ในการบรรเทาปัญหาน้ำท่วม ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาน้ำท่วมโดยการผันน้ำเข้าแก้มลิงในช่วงน้ำท่วมเพื่อลดปริมาณน้ำท่วมที่จะไหลลงสู่ท้ายน้ำ ซึ่งในการศึกษาจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำลองสภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาก่อนและหลังการมีแก้มลิง

เลอลักษณ์ แก้วจอมแพง และศุภสิทธิ์ คนใหญ่ (2553) [36] ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS ในการจำลองการไหลในเขื่อนปากมูลกรณีต่าง ๆ กรณีที่ไม่มีเขื่อนปากมูลปิดกั้น และกรณีมีเขื่อนปากมูลแต่เปิดประตูระบายน้ำทั้งหมด ผลการจำลองพบว่าที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 50 และ 100 ปี มาใช้เช่นกัน [21] โดยให้ทั้งสองกรณีที่มีระดับน้ำเท่ากันแต่แตกต่างกันที่กรณีไม่มีเขื่อนปากมูล สถานีเหนือเขื่อนปากมูลเป็นสถานีเดียวที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าเขื่อนปากมูลไม่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมในอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี แต่มีผลทำให้ระดับน้ำเหนือเขื่อนปากมูลสูงขึ้น

ณัฐวุฒิ เอี่ยมกาญจน์ (2552) [20] ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาแม่น้ำปิงต่อการไหลของน้ำหลากบริเวณพื้นที่เมืองเชียงใหม่ช่วงลำน้ำระหว่างสถานีวัดน้ำ P.67 และ P.1 โดยใช้ข้อมูลรูปลักษณะของแม่น้ำปิงทั้งในระนาบระดับและระนาบตั้ง รวมทั้งข้อมูลระดับน้ำและปริมาณการไหลที่มีการสำรวจและวัดซึ่งรวบรวมจากกรมชลประทานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของแม่น้ำปิงในปี 2540 และ 2550 พบว่ารูปตัดตามยาวของลำน้ำและรูปร่างในระนาบระดับมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่พบการเปลี่ยนแปลงของรูปตัดหน้าตัดขวางอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการเพิ่มขึ้นของปัจจัยหน้าตัดการไหลโดยเฉลี่ยประมาณ

40 เปอร์เซ็นต์ และทำการจำลองสภาพน้ำหลากโดยแบบจำลอง HEC-RAS 4.0 ในสองกรณี คือกรณีระดับน้ำเท่ากันและกรณีอัตราการไหลเท่ากัน และยังมีผู้ทำการศึกษาผลกระทบของสะพานและฝายต่อระดับน้ำท่วมในลำน้ำปิงผ่านเมืองเชียงใหม่โดยใช้โปรแกรม HEC-RAS เพื่อตรวจสอบผลของสะพานและฝายต่อระดับน้ำในช่วงน้ำหลาก พบว่าปัจจัยที่ทำให้ระดับน้ำสูง [37]

ดุขฎิ พรพระแก้ว, อรรถนันท์ เล็กอุทัย และศรชัย จรรย์นุพงศ์ (2550) [14] ได้ศึกษาประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองท่าตะเภาภายหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภา จังหวัดชุมพร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำท่าตะเภาก่อนและหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภา และเพื่อศึกษาแนวทางการเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำท่าตะเภาสำหรับการบริหารจัดการน้ำในฤดูแล้ง โดยมีพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือประตูระบายน้ำท่าตะเภาในคลองท่าตะเภา และบริเวณที่มีผลกระทบทางด้านการระบายน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของประตูภายหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำ จังหวัดชุมพร ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โปรแกรม HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2549) [38] ได้สร้างแบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนการผันน้ำเพื่อลดอุทกภัย กรณีศึกษาแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มาวิเคราะห์การไหลหลากและชลศาสตร์หน้าตัดการไหลของน้ำในแม่น้ำ และบนพื้นที่น้ำท่วมถึงด้วยแบบจำลอง HEC-RAS มาใช้ในการจำลองการไหลของน้ำและการไหลหลากในลำน้ำป่าสัก เพื่อประกอบการวางแผนบรรเทาปัญหาอุทกภัยในท้องที่อำเภอเมือง

2.11 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นกระบวนการของการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูลให้แสดงผลทุกรูปแบบของสารสนเทศที่สามารถอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นโลก เพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ และเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลเวียนของข้อมูล การผสมผสานจากข้อมูลแหล่งต่าง ๆ เช่น ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) หรือข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เพื่อให้ได้สารสนเทศที่มีคุณค่าและสามารถนำไปใช้วางแผนในการบริหารจัดการ การสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ การนำเข้าข้อมูล (Input data) การจัดการข้อมูล (Data management) หมายถึงการเก็บข้อมูลและการแก้ไขข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) และการแสดงผลสารสนเทศ (Data display) [39] ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่สามารถบันทึกข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลเพื่อที่จะแสดงสภาพพื้นที่จริงซึ่งจะต้องจัดข้อมูลเป็นชั้น ๆ (Layer) สามารถซ้อนทับกันเพื่อนำไปสู่สภาพพื้นที่จริง ยิ่งไปกว่านั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถกำหนดน้ำหนักเงื่อนไขเชิงคณิตศาสตร์ของแต่ละชั้นข้อมูลเพื่อสร้างชั้นข้อมูลใหม่ซึ่งเป็นสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่จะแสดงหรือตอบคำถามที่เกิดขึ้นจากปัจจัยหลายอย่างในพื้นที่เดียวกัน สามารถสืบค้นข้อมูลภูมิสารสนเทศจากระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ข้อมูลในระบบจะอยู่ในรูปข้อมูล เชิงตัวเลข ตารางสถิติ ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute

data) ข้อมูลจำนวนมากเหล่านี้ สามารถแก้ไขสืบค้นได้ในเวลารวดเร็ว สามารถดัดแปลงแก้ไข และวิเคราะห์ แสดงผลการวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้เห็นมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ ของข้อมูลมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหาและประกอบการตัดสินใจในการปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการใช้ทรัพยากรเชิงพื้นที่ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายต่อหน่วยพื้นที่น้อยกว่า การจัดการด้วยระบบอื่น

ซึ่งในประเทศไทยมีการใช้โปรแกรมหลากหลายชนิดในงานระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แต่ผู้เขียนจะหยิบโปรแกรมที่หน่วยงานราชการและหน่วยการศึกษาวิจัยได้ใช้กันอย่างมาก คือ โปรแกรม Global Mapper และโปรแกรม ArcView GIS ดังรายละเอียดจะกล่าวต่อไป

2.11.1 โปรแกรม Global Mapper 11

Global Mapper เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดย Global Mapper Software LLC ประเทศอเมริกา ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในหลายประเทศเนื่องจากคุณสมบัติที่ครบถ้วนและราคาไม่แพง ส่วนโปรแกรมภาษาไทยและคู่มือจัดทำโดย บริษัท โนเวล ซอฟท์ แอนด์ ซิสเต็ม จำกัด ซึ่งได้รับสิทธิ์ การเป็นผู้จัดจำหน่ายผู้เดียวในประเทศไทย

Global Mapper เป็นโปรแกรมสำหรับจัดทำแผนที่และ GIS แบบมีออาชีพที่ง่าย ในการใช้ดูและแก้ไขข้อมูลแผนที่โดยใช้งานร่วมกับรูปแบบไฟล์ได้หลากหลายชนิด ในส่วนของ โครงการนี้ Global Mapper มีส่วนช่วยในการแปลงไฟล์ข้อมูลจาก TAB file เป็น Shape file ดังแสดงตัวอย่างโปรแกรมในภาคผนวก จ

2.11.2 โปรแกรม ArcView 3.3

ArcView 3.3 เป็นโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่พัฒนาโดยบริษัท Environmental Systems Research Institute Inc, ESRI มากกว่า 30 ปีแล้ว เพื่อให้ใช้งานด้านระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ในการเรียกค้นข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล มีการทำงาน บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์แบบ GUI ซึ่งเมนูต่าง ๆ แสดงบนหน้าจอและในระหว่างทำงาน สามารถเปิดได้หลายๆหน้าต่างพร้อมกัน

ArcView1.0 โปรแกรมแรกสามารถใช้งานได้เฉพาะการนำเสนองานที่ทำมาแล้ว ในรูปแบบของแผนที่เท่านั้นและต่อมาค่อยพัฒนามาเรื่อยจนถึง Arcview 8.3 และ 9.0 ในปีนี้ทำให้ มีประสิทธิภาพมากขึ้นใกล้เคียงกับโปรแกรม PC ArcInfo นอกจากความสามารถในการใช้งานในการ นำเสนอเรียกข้อมูลตามเงื่อนไขและการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ยังสามารถผลิตแผนที่ได้เป็นอย่างดี โดยการสร้างและแก้ไขข้อมูลทำได้ทั้งที่เป็นข้อมูลแผนที่ละตารางข้อมูลยังสามารถรับข้อมูลที่จัดเป็น ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น Autocad (.dwg), Image (*.tiff, *.bmp, etc) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เชิงพื้นที่ได้ โดยการเขียนชุดคำสั่ง (Scripts) ชุดคำสั่งสำเร็จรูปหรือโปรแกรมประยุกต์อื่น ๆ โดยโปรแกรมที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลข้อมูลและข้อมูลคุณสมบัติเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถนำเสนอ ข้อมูลในรูปแบบแผนที่ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ตั้ง หาตำแหน่งที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนด สอบถาม ข้อมูลพื้นที่ได้จากข้อมูลคุณลักษณะ สอบถามข้อมูลคุณลักษณะได้จากข้อมูลพื้นที่ แสดงภาพแผนที่ เพื่อวิเคราะห์งานต่าง ๆ รวบรวมข้อมูลหลายแหล่งลงพื้นที่ ปรับปรุงภาพแผนที่ได้ง่าย โดยจัดการ เป็นข้อมูลคุณลักษณะและข้อมูลพื้นที่ผ่านชั้นข้อมูลที่เรียกว่า Theme

นอกจากนี้ข้อมูลที่สร้างขึ้นจาก ArcView ในรูปของ Shape file สามารถนำไปใช้งานหรือเผยแพร่ผ่านโปรแกรมอื่น ๆ เช่น อ่านให้แสดงได้ด้วย ArcExplorer ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เผยแพร่ฟรี มีความสามารถในการเสนอผลข้อมูลคุณลักษณะสอบถามข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลได้ด้วย

บทที่ 3

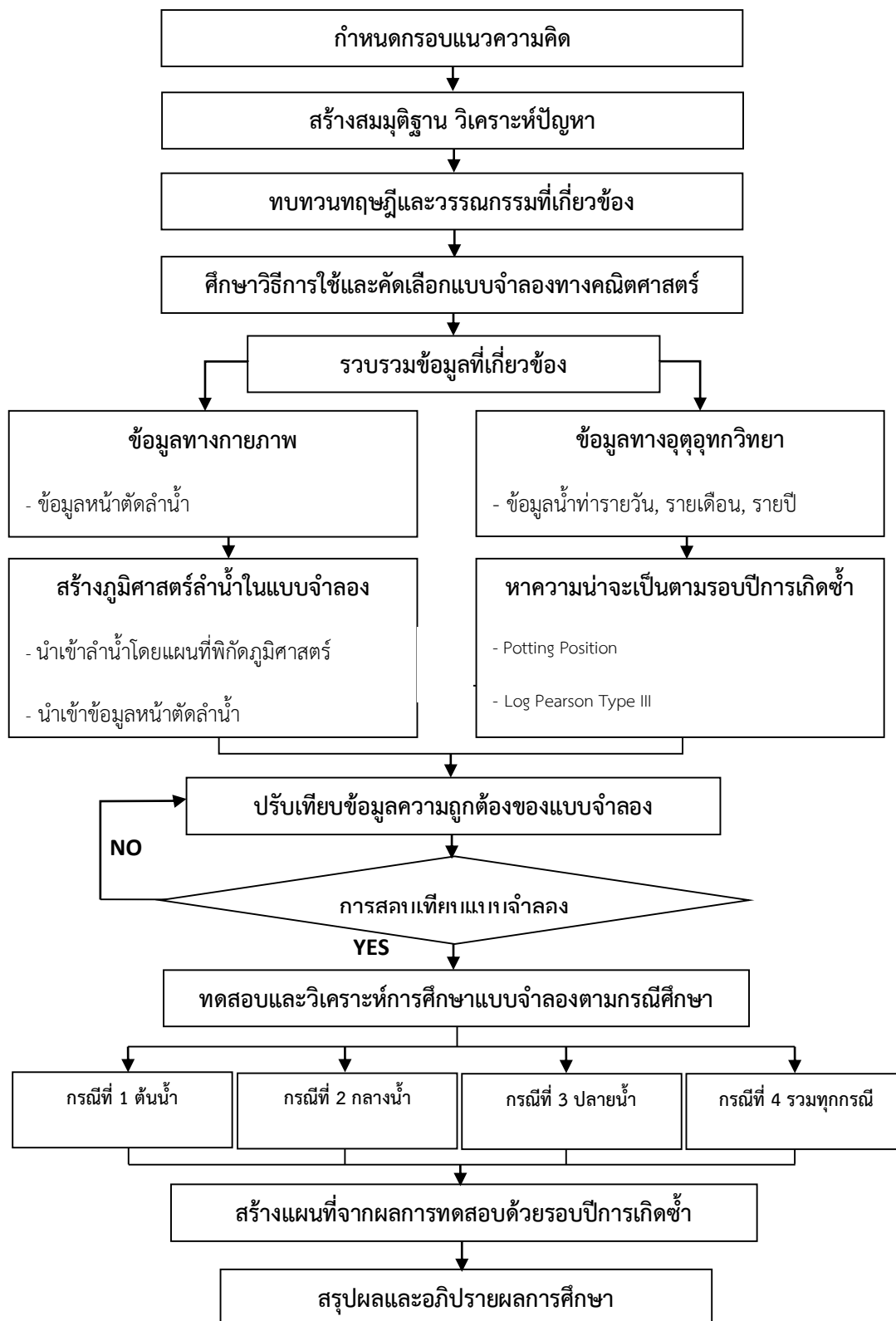
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC RAS 5.0 ซึ่งรายละเอียดและวิธีการใช้งานได้ศึกษาจากคู่มือของแบบจำลอง ในการศึกษาจะเริ่มจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นเพื่อสร้างกราฟรอบปีการเกิดซ้ำ แล้วทำการจำลองสภาพการไหลแบบการไหลคงที่ (Steady flow) ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลลำห้วยสำราญ จากสถานีวัดน้ำท่า M.190 บ้านขวาว อำเภออุทุมพรพิสัย ถึงสถานีวัดน้ำ M.9 บ้านหนองหญ้าปล้อง อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ จนถึงจุดบรรจบกับลำน้ำมูลซึ่งครอบคลุมความยาวประมาณ 72 กม. สำหรับขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

วิธีการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดแนวความคิดในปัญหาที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์การเกิดปัญหาเมื่อวิเคราะห์ปัญหาได้แล้วก็เริ่มศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวความคิด โดยเฉพาะการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีการนำมาใช้งานวิจัย เมื่อศึกษาโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยแล้ว ก็รวบรวมข้อมูลที่จะต้องนำเข้าสู่ข้อมูลในโปรแกรมให้เพียงพอ โดยเฉพาะชั้นของความละเอียดที่ต้องการและที่มีอยู่ จากนั้นเริ่มสร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนกรณีศึกษา ซึ่งก่อนจะนำมาใช้งานได้จริงควรทำการปรับเทียบข้อมูลจากสภาพจริงด้วยการสำรวจพื้นที่จริงหรือใช้ภาพจาก Google map มาใช้ก็ได้เมื่อได้แบบจำลองและทำการปรับเทียบแล้วก็จำลองสถานการณ์ในปีต่าง ๆ เพื่อดูความสมเหตุสมผลของการปรับเทียบ หลังจากนั้นก็ทำการจำลองเพื่อหาคำตอบที่ได้ตั้งตามวัตถุประสงค์

โดยทั่วไปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต้องใช้ข้อมูลเป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ อัตราการไหล ระดับน้ำและอาคารควบคุมในลำน้ำ (เช่น ฝาย ท่อลอด สะพาน) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการไหลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถเขียนเป็นแผนผังการดำเนินงานได้ดังแสดงในภาพที่ 3.1 และรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน จะได้การนำเสนอเป็นลำดับในหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.2 การรวบรวมข้อมูลการศึกษา

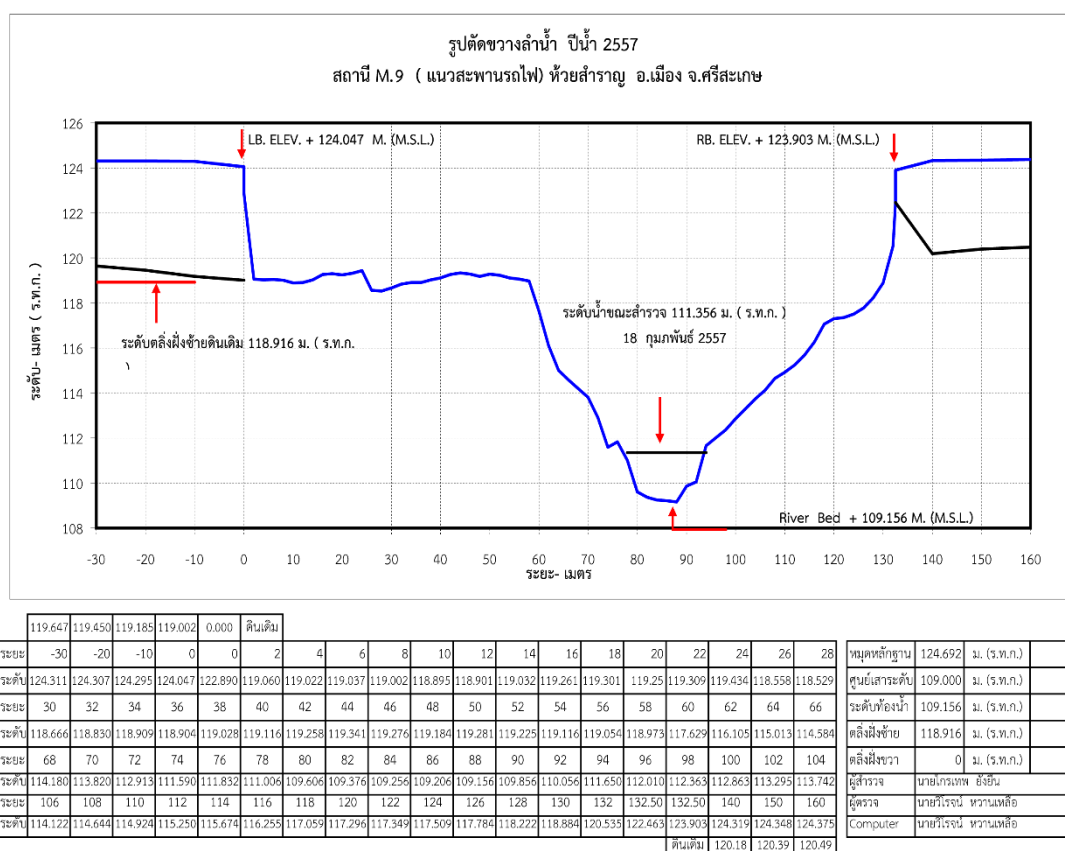
การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานจากภาพที่ 3.1 แต่ละขั้นตอนการศึกษามีข้อมูลสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ อัตราการไหล ระดับน้ำและอาคารควบคุมในลำน้ำ (เช่น ฝาย ท่อลอด สะพาน) และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ เป็นต้น การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ในเบื้องต้นการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้โปรแกรม ที่ทำการศึกษประกอบด้วย

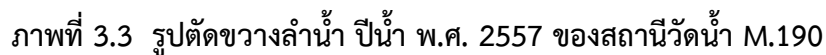
3.2.1 ข้อมูลทางกายภาพ

3.2.1.1 ข้อมูลลักษณะพื้นผิวของภูมิประเทศเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Map

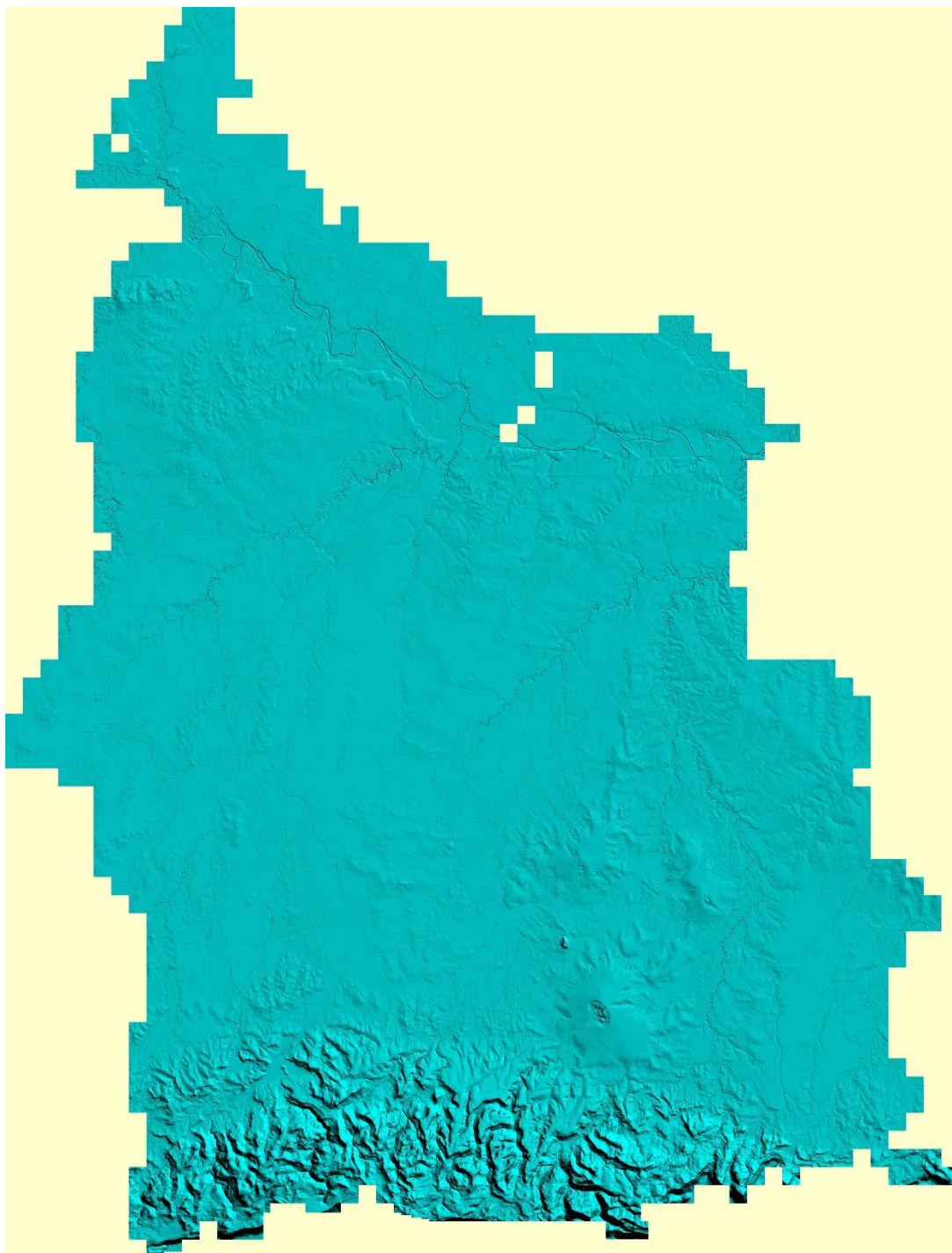
3.2.1.2 กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ใกล้แม่น้ำห้วยสำราญสถานีวัดน้ำ M.190 อำเภออุทุมพรพิสัย (ภาพที่ 3.3) ถึงสถานีวัดน้ำ M.9 อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ (ภาพที่ 3.2) ความยาวลุ่มน้ำห้วยสำราญที่ทำการศึกษามีประมาณ 72 กม.



ภาพที่ 3.2 รูปตัดขวางลำน้ำ ปี พ.ศ. 2557 ของสถานีวัดน้ำ M.9



3.2.1.4 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษขนาดระวาง มาตราส่วนแผนที่ 1:50,000 ได้จากสำนักงานชลประทานที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี ตัวอย่างระวางแผนที่ดังแสดงในภาพที่ 3.5 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ L7018



ภาพที่ 3.4 ข้อมูล DEM ความละเอียด 15 ม.

ภาพที่ 3.5 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ L7018 ของกรมแผนที่ทหาร

3.2.2 ข้อมูลทางอุตุทกวิทยา

3.2.2.1 ข้อมูลน้ำท่า

สถานีวัดน้ำลำห้วยสำราญมี 2 สถานี ได้แก่

- 1) สถานีวัดน้ำ M.9 ตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
- 2) สถานีวัดน้ำ M.190 ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ

ได้แสดงตำแหน่งไว้ในแผนที่แสดงในภาพที่ 3.6 ตามรายละเอียดข้อมูล

ในตารางที่ 3.1

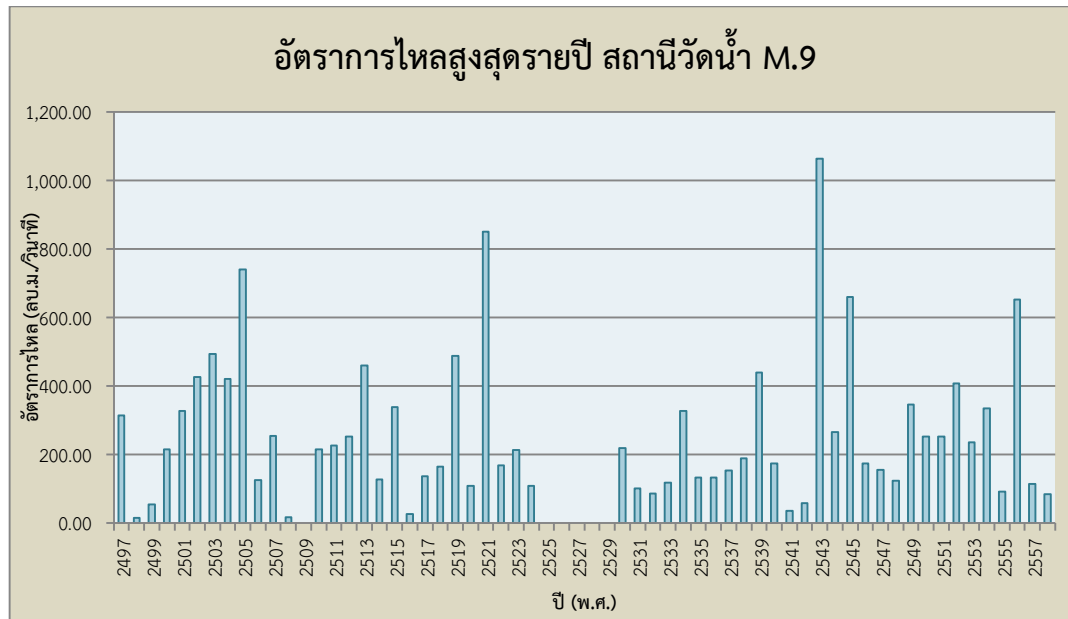
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ข้อมูล

No.	แม่น้ำ	ลุ่มน้ำ	ที่ตั้ง			พื้นที่ ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ข้อมูลระดับน้ำ		ข้อมูล อัตราการ ไหล
			อำเภอ	จังหวัด	พิกัด		แบบ	ช่วงปี	
M.9	มูล	ห้วย สำราญ	เมือง ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ	15° - 07' - 00" 104° - 19' - 20"	3,026	V	1954- 1970	1954-1981
							A	1971- Cont'd	1987- Cont'd
M.190	มูล	ห้วย สำราญ	อุทุมพร พิสัย	ศรีสะเกษ	14° - 29' - 48" 104° - 03' - 29"	128	V	1997- Cont'd	1997- Cont'd

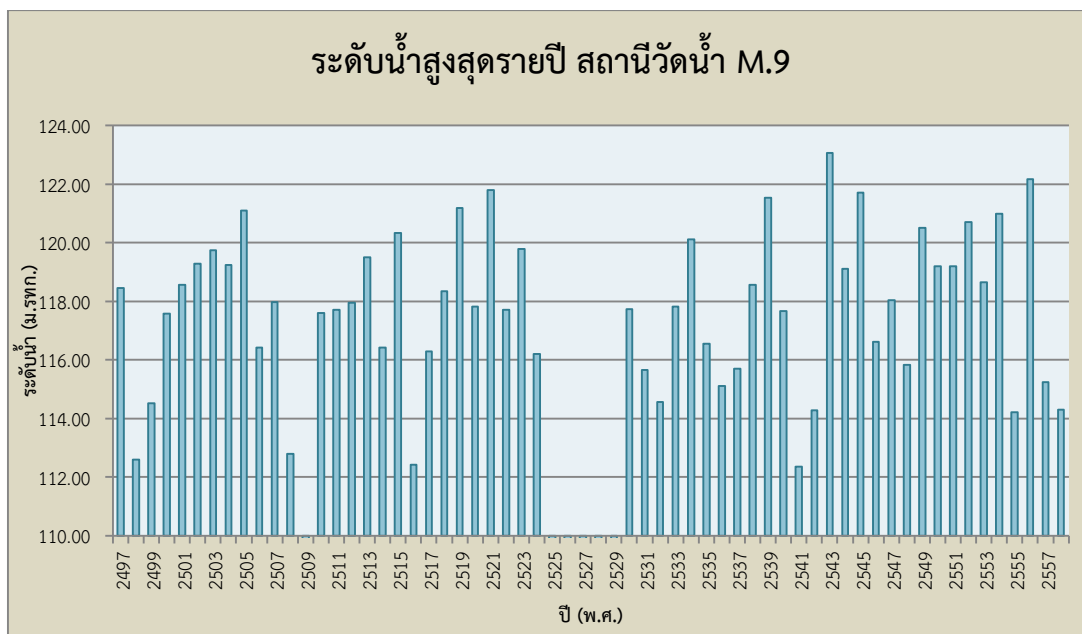


ภาพที่ 3.6 จุดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำ

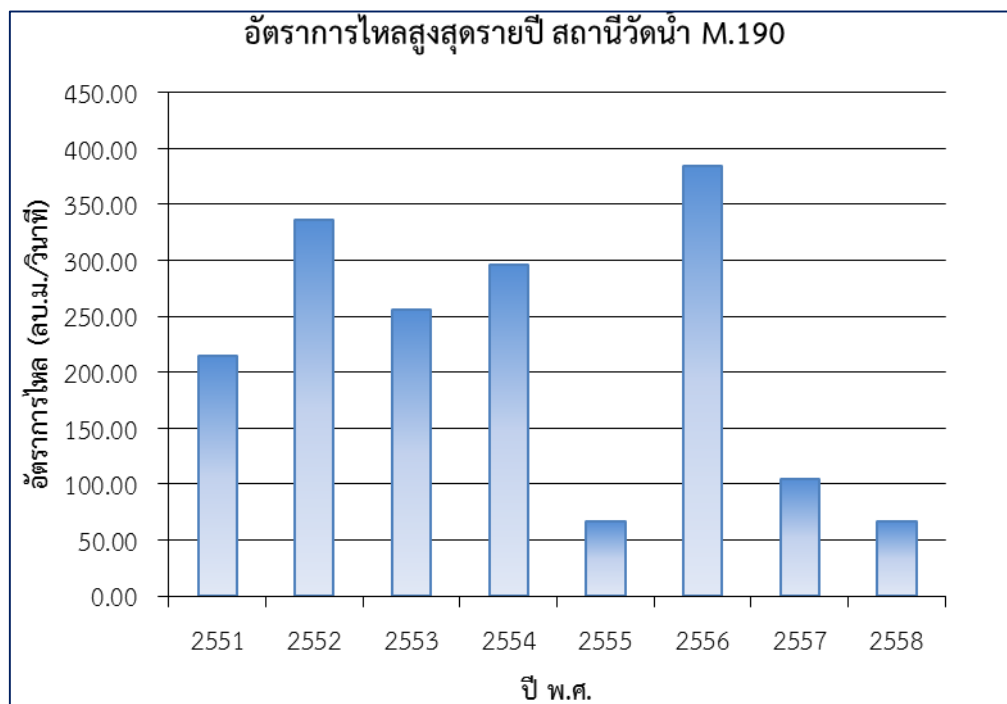
และเมื่อนำข้อมูลของสถานีวัดน้ำ M.9 ตามตารางมาโปรดเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับอัตราการไหลของน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำ M.9 ซึ่งแยกกราฟออกเป็นสองส่วนคือ กราฟอัตราการไหลสูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และกราฟระดับน้ำสูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 3.8 หรือบางครั้งอาจจะทำมาในกราฟเดียวกันเลยก็ได้ โดยข้อมูลเป็นข้อมูลน้ำท่ารายวันและรายเดือนของ พ.ศ. 2545 - 2559 และของสถานีวัดน้ำ M.190 ดังแสดงในภาพที่ 3.9 และภาพที่ 3.10



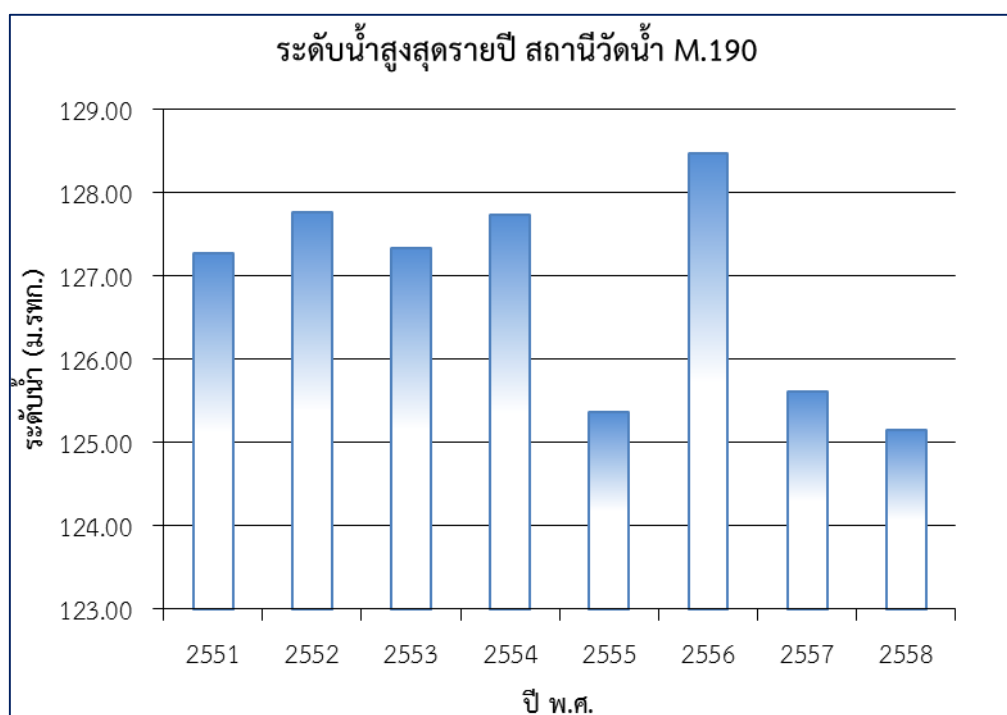
ภาพที่ 3.7 อัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.9



ภาพที่ 3.8 ระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.9



ภาพที่ 3.9 อัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.190



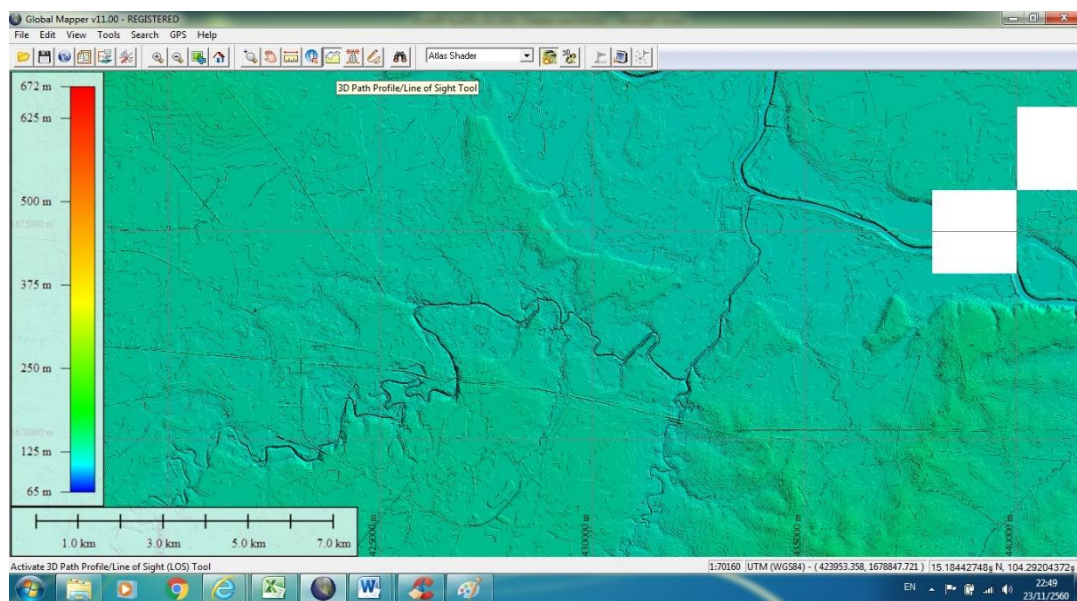
ภาพที่ 3.10 ระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.190

3.3 การหาเส้นหน้าตัดลำน้ำ

โดยการใช้โปรแกรม Global Mapper เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลทางกายภาพเพื่อหาหน้าตัดลำน้ำ ขั้นตอนการหาพื้นที่หน้าตัดลำน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Global Mapper 11

3.3.1 เปิดใช้งานโปรแกรม Global Mapper 11 เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ใช้งานจะต้องมีการติดตั้งโปรแกรม Global Mapper 11 ไว้แล้ว ซึ่งในปัจจุบันสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีตามเว็บไซต์ต่าง ๆ

การหาหน้าตัดลำน้ำจากการประยุกต์ใช้โปรแกรม Global Mapper เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลลำน้ำนำเข้าโปรแกรม HEC RAS 5.0 ต่อไป



ภาพที่ 3.11 การขยายภาพ DEM จุดที่ต้องการ

3.3.2 นำเข้าแผนที่ 1:50,000 ระวังที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา คือพื้นที่อำเภอเมืองศรีสะเกษ และอำเภออุทุมพรพิสัย พิกัดตามแผนที่ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร กับข้อมูล DEM จังหวัดศรีสะเกษ โดยการคลิกที่ภาพ จากนั้นทำการเลือกระวางแผนที่ จะปรากฏผลตามภาพที่ 3.11

3.3.3 เลือกไอคอน 3D Path Profile/Line Of Sign Tool แล้วคลิกซ้ายตรงจุดที่ต้องการสร้างขอบเขตหน้าตัดลำน้ำ (อาจตั้งเป็นตลิ่งซ้าย หรือ LB) ลากผ่านเส้นลำน้ำที่ต้องการ แล้วเลือกจุดสิ้นสุดขอบเขตหน้าตัดลำน้ำ (ตั้งเป็นตลิ่งขวา หรือ RB) จะมีกล่องโปรไฟล์หน้าตัดลำน้ำขึ้นมา แล้วให้ทำการเลือกเมนู File เลือกเมนู Save CSV File กด OK แล้วทำการตั้งชื่อหน้าตัดตามต้องการ

3.3.4 ทำตามขั้นตอนในข้อ 3.3.3 โดยเลื่อนตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำตามระยะที่ได้ทำการตั้งค่าพิกัดไว้จนครบ 72 หน้าตัดลำน้ำที่ต้องการ เป็นอันเสร็จสิ้นการสร้างหน้าตัดลำน้ำเพื่อใช้ในการนำเข้าโปรแกรม HEC RAS 5.0 ต่อไป

3.3.5 การนำเข้าข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข หรือ Digital Elevation Model (DEM) ซึ่งทำการจัดสร้างขึ้นจากข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วยค่าพิกัด X, Y และ Z ของพื้นที่ศึกษาแล้วสามารถสร้างเส้นชั้นความสูงเพื่อใช้ในการสร้างแผนที่ระดับน้ำได้

3.3.6 ทำการสร้างเส้นชั้นความสูง Generate Contours โดยการคลิกที่เมนู Terrain Analysis และคลิกต่อที่ Generate Contour ดังภาพและผลลัพธ์ที่จะแสดงในภาคผนวก ตามลำดับต่อไป

สรุปได้ว่าการหาพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ มีความสะดวก รวดเร็ว ผลถูกต้องแม่นยำมาก ทั้งยังสามารถนำออกไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้หลายรูปแบบ เช่น ในรูปแบบของ pdf ไฟล์ ในรูปแบบของเวกเตอร์ รูปภาพ หรือไฟล์งาน KML/KMZ เพื่อแสดงผลใน Google Earth ได้

3.4 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในงานอุทกวิทยา (Probability in hydrology)

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นหรือการวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ในงานอุทกวิทยา ซึ่งเราจะใช้เพื่อหาปริมาณอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุด ทำให้ทราบถึงปริมาณและโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานออกแบบ งานควบคุม หรืองานวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมแหล่งน้ำได้ ซึ่งในข้อนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) ดังนี้

การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) การวิเคราะห์ความถี่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์หรือค่าสูงสุด เพื่อรอบปีการเกิดซ้ำ (Return period) และความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หรือค่าต่าง ๆ (Probability) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ในครั้งนี้จะกล่าวถึง 3 วิธี ที่นิยมใช้งานกันคือ ดังนี้

3.4.1 วิธีการลงจุดของความน่าจะเป็นไปได้ (probability plotting position)

วิธีการลงจุดของความน่าจะเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ x ที่มากกว่าหรือเท่ากับ x_0 มักจะแสดงออกในเทอมของรอบปีการเกิดซ้ำ (Return period หรือ Recurrence interval, T) โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำเป็นปฏิภาคผกผันกับความน่าจะเป็นไปได้ หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ ดังสมการ

เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำ

และ P คือ ความน่าจะเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์

ในการวางแผนการจัดการ และการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ต่าง ๆ จะมีการกำหนดเกณฑ์ตามความจำเป็น ลักษณะงาน และความเสี่ยงที่มีผลต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งจะกำหนดเป็นรอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัดประเมิน (Estimated Limiting Value, ELV) โดยค่าขีดจำกัดประเมินหมายถึงค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีขนาดการออกแบบทางอุทกวิทยา (Hydrologic design) ของโครงสร้างขนาดใหญ่ (Major structure) โครงสร้างขนาดกลาง (Intermediate structure) โครงสร้างขนาดเล็ก (Minor structure) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ค่าขีดจำกัดประเมินมักจะนำมาใช้กับการหาค่าปริมาณฝนสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation, PMP) และการหาค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Probable Maximum Flood, PMF) โดยโครงสร้างประเภทประเภทต่าง ๆ มีเกณฑ์ในการกำหนด

รอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัดประเมิณดังตารางที่ 2.2 เกณฑ์การกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัด ประเมิณตามประเภทของโครงสร้างตามประเภทของโครงสร้างงานตามการระบายน้ำ ในเมือง ซึ่งรอบปีการเกิดซ้ำอยู่ระหว่าง 2 – 50 ปี และค่าขีดจำกัดประเมิณ คือ ไม่ต้องนำไปคิด กับข้อที่ทำนบกั้นน้ำ (รอบ ๆ เมือง) ซึ่งค่ารอบปีการเกิดซ้ำอยู่ระหว่าง 50 – 200 ปี และค่าขีดจำกัด ประเมิณ คือ ไม่ต้องนำไปคิด

สำหรับความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ p มีสมการทั่วไปคือ

โดย m คือ ลำดับที่ของเหตุการณ์ (Order number of event)

N คือ จำนวนข้อมูลหรือเหตุการณ์ทั้งหมด (Total number of event in data)

a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการต่าง ๆ ที่เลือกใช้ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P

วิธี	พ.ศ.	a	b	P		
				สูตรคำนวณ	M.9	M.190
Hazen	2457	0.5	0	$\frac{m - 0.5}{N}$	0.89%	6.25%
California	2466	0	0	$\frac{m}{N}$	1.79%	12.50%
Weibull	2482	0	1.0	$\frac{m}{N + 1}$	1.75%	11.11%
Beard	2486	0.31	0.38	$\frac{m - 0.31}{N + 0.38}$	1.22%	8.23%
Chegodayev	2498	0.30	0.40	$\frac{m - 0.30}{N + 0.40}$	1.24%	8.33%
Blom	2501	0.375	0.25	$\frac{m - 0.375}{N + 0.25}$	1.11%	7.58%
Gringorten	2506	0.44	0.12	$\frac{m - 0.44}{N + 0.12}$	1.00%	6.90%
Cunnanc	2521	0.40	0.20	$\frac{m - 0.40}{N + 0.20}$	1.07%	7.32%
Adamowski	2524	0.25	0.50	$\frac{m - 0.25}{N + 0.50}$	1.33%	8.82%

โดยทั่วไปมักจะใช้สมการของ Weibull ในการหาค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P

3.4.1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) เตรียมข้อมูลน้ำท่าสูงสุดรายปี ของสถานีวัดน้ำท่า
- 2) กำหนดให้ผลการวัดข้อมูลน้ำท่าสูงสุด ที่สถานีวัดน้ำท่า M.9 พ.ศ. 2497 ถึง พ.ศ. 2558 และที่สถานีวัดน้ำท่า M.190 พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2558 ที่ตรวจวัดโดย กรมอุตุวิทยามีข้อมูลดังตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำรางตอนล่าง บ้านห้วยป่าปล้อง ตำบลห้วยป่าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม. [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณน้ำท่า ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำเฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2497	118.46	314.00	1 ต.ค.	12.00	682.99	21.60
2498	112.60	15.00	1 ต.ค.	06.00	38.13	1.20
2499	114.51	54.00	20 ก.ย.	12.00	206.11	65.40
2500	117.59	215.00	18 ต.ค.	12.00	419.79	13.30
2501	118.56	328.00	9 ต.ค.	18.00	1,084.15	34.20
2502	119.28	426.00	24 ก.ย.	18.00	1,196.90	37.80
2503	119.75	494.00	26 ต.ค.	06.00	1,218.39	38.60
2504	119.25	421.00	25 ก.ย.	18.00	975.29	30.93
2505	121.10	740.00	18 ก.ย.	15.00	2,446.30	77.60
2506	116.41	126.00	29 ก.ย.	06.00	432.51	13.71
2507	117.98	255.00	8 ต.ค.	18.00	849.28	26.92
2508	112.80	18.00	3 ต.ค.	06.00	50.87	1.61
2509	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2510	117.60	216.00	21 ก.ย.	01.00	554.78	17.50
2511	117.70	226.00	10 ต.ค.	12.00	482.83	15.30
2512	117.95	252.00	28 ก.ย.	12.00	405.25	12.80
2513	119.51	459.00	21 ส.ค.	18.00	501.93	15.90
2514	116.42	127.00	9 ก.ย.	12.00	624.69	19.70
2515	120.33	339.00	24 ก.ย.	06.00	1,067.56	33.70
2516	112.41	27.00	14 ต.ค.	18.00	76.89	2.44
2517	116.28	137.00	19 ต.ค.	12.00	358.55	11.40

ตารางที่ 3.3 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราษฎรตอนล่าง บ.ห้วยป่าปล้อง
ตำบลห้วยป่าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม. (ต่อ) [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณน้ำทำ ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2518	118.35	164.00	14 ต.ค.	16.00	594.04	18.80
2519	121.19	488.00	1 พ.ย.	12.00	1,552.87	49.20
2520	117.82	108.00	1 ต.ค.	01.00	314.84	9.98
2521	121.79	849.70	2 ต.ค.	04.00	1,132.68	35.92
2522	117.71	168.50	9 ต.ค.	06.00	496.08	15.69
2523	119.79	213.75	10 ต.ค.	24.00	873.45	27.70
2524	116.21	107.88	31 มิ.ย.	01.00	400.67	12.71
2525	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2526	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2527	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2528	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2529	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2530	117.74	219.00	25 ก.ย.	12.00	361.04	11.42
2531	115.66	100.82	22 มิ.ย.	12.00	379.92	12.05
2532	114.56	86.48	29 ส.ค.	24.00	298.97	9.48
2533	117.83	118.63	29 ต.ค.	09.00	1,061.53	33.66
2534	120.12	326.80	11 ต.ค.	15.00	1,003.65	31.82
2535	116.55	133.50	8 ก.ย.	18.00	378.36	12.00
2536	115.11	132.52	10 ส.ค.	06.00	435.68	13.82
2537	115.70	154.00	26 ก.ย.	06.00	402.62	12.77
2538	118.57	189.21	16 ต.ค.	15.00	741.43	23.40
2539	121.53	440.20	9 ต.ค.	17.00	1,197.33	37.97
2540	117.67	173.80	12 ต.ค.	12.00	494.39	15.70
2541	112.36	35.00	19 ต.ค.	07.00	73.24	2.32
2542	114.27	58.88	10 ต.ค.	06.00	241.58	7.66

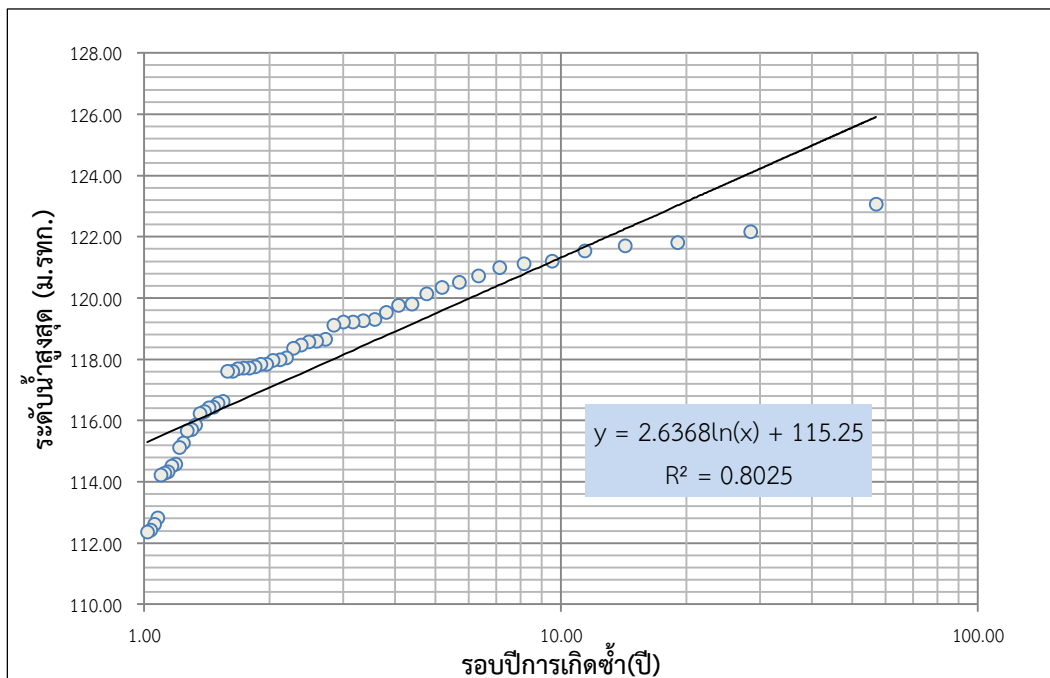
ตารางที่ 3.3 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำธารญตอนล่าง บ.ห้วยปล้อง
ตำบลห้วยปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม. (ต่อ) [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณน้ำทำ ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2543	123.06	1,064.00	26 ส.ค.	06.00	1,982.62	62.90
2544	119.11	265.60	20 ส.ค.	09.00	960.20	30.45
2545	121.70	660.00	24 ก.ย.	06.00	1,403.73	44.51
2546	116.61	174.90	18 ก.ย.	18.00	355.04	11.20
2547	118.04	155.40	21 ส.ค.	18.00	511.16	16.21
2548	115.84	123.80	20 ก.ย.	18.00	292.50	9.28
2549	120.50	345.00	11 ต.ค.	24.00	809.56	25.67
2547	118.04	155.40	21 ส.ค.	18.00	511.16	16.21
2548	115.84	123.80	20 ก.ย.	18.00	292.50	9.28
2549	120.50	345.00	11 ต.ค.	24.00	809.56	25.67
2550	119.20	253.00	15 ต.ค.	18.00	876.22	27.71
2551	119.20	252.70	30 ก.ย.	18.00	748.16	23.72
2552	120.71	408.25	18 ก.ย.	16.00	1,283.79	40.71
2553	118.64	235.08	27 ต.ค.	21.00	539.08	17.09
2554	120.99	334.60	26 ต.ค.	18.00	1,168.66	37.06
2555	114.22	92.20	16 ต.ค.	09.00	202.99	6.42
2556	122.16	652.80	24 ก.ย.	15.00	1,168.71	37.06
2557	115.25	115.20	6 พ.ย.	02.00	573.00	18.17
2558	114.31	84.15	12 ต.ค.	15.00	256.40	8.11
สูงสุด	123.06	1,064.00			2,446.30	77.60
เฉลี่ย	115.39	262.97			700.49	23.37
ต่ำสุด	-	15.00			38.13	1.20

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างการคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

พ.ศ.	ระดับน้ำ สูงสุด (ม.รทก.)	เรียงระดับน้ำ สูงสุด (ม.รทก.)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
ช่องที่ 1 พ.ศ. ที่มีข้อมูล	ช่องที่ 2 ระดับน้ำ สูงสุดในปี ต่าง ๆ	ช่องที่ 3 เรียงข้อมูลระดับน้ำ สูงสุดจากค่ามาก ที่สุดไปหาค่าน้อย ที่สุด	ช่องที่ 4 ลำดับที่ m	ช่องที่ 5 รอบปีการเกิด ซ้ำ T	ช่องที่ 6 โอกาสที่จะเกิด ระดับน้ำสูงสุด มีหน่วยเป็น % = ช่องที่ 5 x 100

ดังนั้น จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุด (ช่องที่ 3) รอบปีการเกิดซ้ำ (ช่องที่ 5) และโอกาสที่ระดับน้ำสูงสุด (ช่องที่ 6) มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำได้ดังภาพที่ 3.12 จากกราฟสามารถนำค่าสมการ $y = 2.6368\ln(x) + 115.25$ มาสร้างระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 3.5



ภาพที่ 3.12 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

การหาค่าระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยการแทนค่าจากสมการที่ได้จากการจัดลำดับในตารางการคำนวณที่พรอตลงในกราฟจะได้สมการ

$$y = 2.6368 \ln(x) + 115.25$$

แทนค่า x (ปี) จะได้ค่าระดับน้ำ y (ม.รทก.)

$$\begin{aligned} 2.6368 \ln(2) + 115.25 &= 117.08 \\ 2.6368 \ln(5) + 115.25 &= 119.49 \\ 2.6368 \ln(10) + 115.25 &= 121.32 \\ 2.6368 \ln(15) + 115.25 &= 122.39 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.5 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)
2	117.08
5	119.49
10	121.32
15	122.39
20	123.15
25	123.74
50	125.57
75	126.63
100	127.39
200	129.22
500	131.64

3.4.2 วิธีการกระจายแบบ Gumbel

Gumbel การกระจายค่าสุดขีด (Extreme value distribution) ซึ่งจะประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการกระจายโอกาสที่จะเกิดค่าสุดขีดในงานอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาหลายลักษณะงาน การคาดการณ์การเกิดระดับน้ำสูงสุด ปริมาณน้ำสูงสุด

3.4.2.1 ขั้นตอนการกระจายแบบ Gumbel

1) สร้างตารางจัดเรียงระดับน้ำสูงสุดจากมากที่สุดไปน้อยสุด และคำนวณรอบปีการเกิดซ้ำ (T) และ $(H-H)^2$ ตามตารางที่ 3.6 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

ตารางที่ 3.6 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด H (msl)	เรียงลำดับข้อมูล มากไปน้อย (msl)	ลำดับ m	รอบปีการเกิดซ้ำ T (yr)	(H - H) ² (msl)
2551	127.27	128.47	1	9.00	2.67
2552	127.76	127.76	2	4.50	0.85
2553	127.34	127.73	3	3.00	0.80
2554	127.73	127.34	4	2.25	0.25
2555	125.37	127.27	5	1.80	0.19
2556	128.47	125.61	6	1.50	1.51
2557	125.61	125.37	7	1.29	2.15
2558	125.15	125.15	8	1.13	2.86

ช่องที่ 1 ปีน้ำที่ พ.ศ.

ช่องที่ 2 ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายปี หรือ อัตราการไหลสูงสุดรายปี

ช่องที่ 3 เรียงลำดับข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายปี หรือ อัตราการไหลสูงสุดรายปี จากมากไป
หาน้อย

ช่องที่ 4 ลำดับที่ข้อมูล m

ช่องที่ 5 รอบปีการเกิดซ้ำ $T = (N+1)/m$ โดยที่ $N = 8$

ดังนั้น $T = (8+1)/m$ หรือ $(8+1)/\text{ช่องที่ 4}$

ช่องที่ 6 $(H-H)^2$ โดยที่ $H = \sum H/N = 1014.695/8 = 126.836875$ msl

เมื่อนำระดับน้ำสูงสุดจากช่อง 3 และรอบปีการเกิดซ้ำจากช่องที่ 5 ของตารางที่ 3.6
นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์สามารถใช้วิธีลงจุด (Plotting position) ด้วยสัญลักษณ์วงกลม ดังใน
ภาพที่ 3.13 โดยใช้สมการของ Gumbel คำนวณ

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (H-H)^2}{N-1}} = 1.269254386$$

เมื่อ $N = 8$ จากตารางที่ 2.8 ในบทที่ 2 ไม่มีค่า $N = 8$ จึงเลือกใช้ข้อมูลต่ำสุดในตาราง
ที่ค่า $N = 10$ จะได้ค่า

$\bar{y}_n = 0.4952$ และจากตารางที่ 2.9 ในบทที่ 2 ไม่มีค่า $N = 8$ จึงเลือกใช้ข้อมูลต่ำสุด
ในตารางที่ค่า $N = 10$ จะได้ค่า $S_n = 0.9496$

ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

$$y_T = -\left[\ln^* \ln \frac{T}{T-1} \right] = -\left[\ln^* \ln \frac{10}{10-1} \right] = 2.25037$$

แฟคเตอร์ความถี่

$$K = \frac{y_T - \bar{y}_n}{S_n}$$

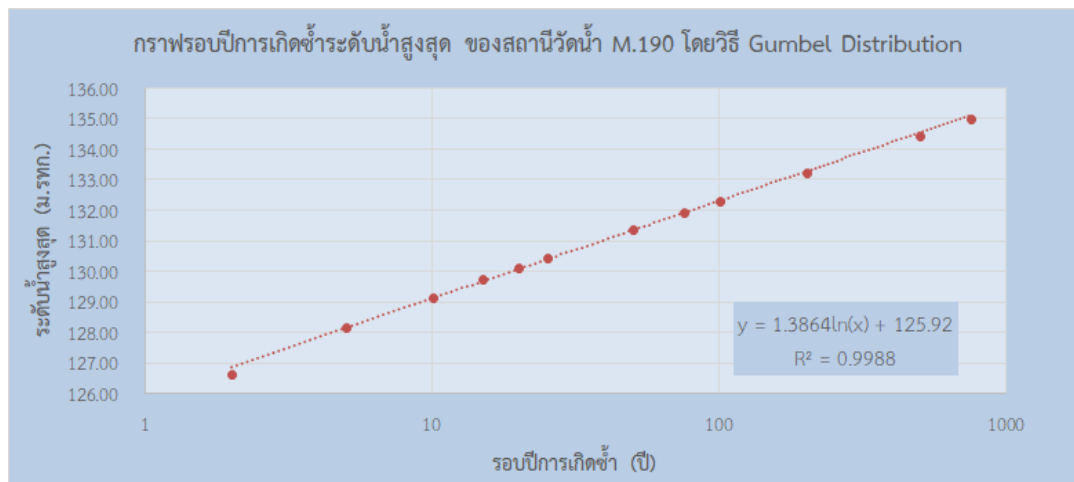
$$K = \frac{2.25037 - 0.4952}{0.9496} = 1.84832$$

$$H_T = H + K\sigma = 126.836875 + (1.84832)(1.269254386) = 129.18 \text{ msl}$$

โดยทำการคำนวณในรูปของตารางในโปรแกรม EXCEL แล้วนำค่าที่มาแสดงไว้ในตารางที่ 3.7 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 และวิธีการลงจุดแล้วลากเส้นในกราฟรอบปีการเกิดซ้ำ ในภาพที่ 3.13

ตารางที่ 3.7 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Gumbel

T	Y_T	K	H_T
2	0.36651	(0.13552)	126.66
5	1.49994	1.05807	128.18
10	2.25037	1.84832	129.18
15	2.67375	2.29418	129.75
20	2.97020	2.60636	130.15
25	3.19853	2.84681	130.45
50	3.90194	3.58755	131.39
75	4.31078	4.01810	131.94
100	4.60015	4.32282	132.32
200	5.29581	5.05540	133.25
500	6.21361	6.02191	134.48
750	6.61941	6.44925	135.02
1000	6.90726	6.75237	135.41



ภาพที่ 3.13 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

3.4.3 วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III

วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III แปลงข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในเทอมของ log เช่น $y = \log_{10} x$ โดยที่ x คือ อัตราการไหลสูงสุดในแต่ละปี หรือระดับน้ำสูงสุดในแต่ละปี จะนำมาวิเคราะห์ เป็นต้น

ค่า y_T ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T มีสมการตามทฤษฎีในบทที่ 2 โดยการใช้การคำนวณในโปรแกรม EXCEL แล้วใช้ค่าที่คำนวณได้ในรูปแบบตารางที่ 3.8 การคำนวณระดับน้ำ สูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions และตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2497	118.46	2.07	0.0025	0.00000650	0.00000002
2498	112.60	2.05	-0.0195	0.00037961	-0.00000740
2499	114.51	2.06	-0.0122	0.00014832	-0.00000181
2500	117.59	2.07	-0.0007	0.00000042	0.00000000
2501	118.56	2.07	0.0029	0.00000850	0.00000002
2502	119.28	2.08	0.0055	0.00003075	0.00000017
2503	119.75	2.08	0.0073	0.00005261	0.00000038
2504	119.25	2.08	0.0054	0.00002955	0.00000016

ตารางที่ 3.8 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2505	121.10	2.08	0.0121	0.00014695	0.00000178
2506	116.41	2.07	-0.0050	0.00002532	-0.00000013
2507	117.98	2.07	0.0008	0.00000062	0.00000000
2508	112.80	2.05	-0.0187	0.00035017	-0.00000655
2510	117.60	2.07	-0.0006	0.00000038	0.00000000
2511	117.70	2.07	-0.0002	0.00000006	0.00000000
2512	117.95	2.07	0.0007	0.00000046	0.00000000
2513	119.51	2.08	0.0064	0.00004073	0.00000026
2514	116.42	2.07	-0.0050	0.00002494	-0.00000012
2515	120.33	2.08	0.0094	0.00008746	0.00000082
2516	112.41	2.05	-0.0202	0.00040873	-0.00000826
2517	116.28	2.07	-0.0055	0.00003044	-0.00000017
2518	118.35	2.07	0.0021	0.00000461	0.00000001
2519	121.19	2.08	0.0124	0.00015487	0.00000193
2520	117.82	2.07	0.0002	0.00000004	0.00000000
2521	121.79	2.09	0.0146	0.00021286	0.00000311
2522	117.71	2.07	-0.0002	0.00000004	0.00000000
2523	119.79	2.08	0.0074	0.00005474	0.00000040
2524	116.21	2.07	-0.0058	0.00003339	-0.00000019
2530	117.74	2.07	-0.0001	0.00000001	0.00000000
2531	115.66	2.06	-0.0078	0.00006145	-0.00000048
2532	114.56	2.06	-0.0120	0.00014374	-0.00000172
2533	117.83	2.07	0.0002	0.00000005	0.00000000
2534	120.12	2.08	0.0086	0.00007384	0.00000063
2535	116.55	2.07	-0.0045	0.00002034	-0.00000009
2536	115.11	2.06	-0.0099	0.00009819	-0.00000097
2537	115.70	2.06	-0.0077	0.00005912	-0.00000045
2538	118.57	2.07	0.0030	0.00000872	0.00000003
2539	121.53	2.08	0.0137	0.00018664	0.00000255
2540	117.67	2.07	-0.0004	0.00000013	0.00000000

ตารางที่ 3.8 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i)$ = y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2541	112.36	2.05	-0.0204	0.00041658	-0.00000850
2542	114.27	2.06	-0.0131	0.00017134	-0.00000224
2543	123.06	2.09	0.0191	0.00036461	0.00000696
2544	119.11	2.08	0.0049	0.00002427	0.00000012
2545	121.70	2.09	0.0143	0.00020359	0.00000290
2546	116.61	2.07	-0.0043	0.00001837	-0.00000008
2547	118.04	2.07	0.0010	0.00000101	0.00000000
2548	115.84	2.06	-0.0072	0.00005132	-0.00000037
2549	120.50	2.08	0.0100	0.00009930	0.00000099
2550	119.20	2.08	0.0053	0.00002761	0.00000015
2551	119.20	2.08	0.0053	0.00002761	0.00000015
2552	120.71	2.08	0.0107	0.00011494	0.00000123
2553	118.64	2.07	0.0032	0.00001030	0.00000003
2554	120.99	2.08	0.0117	0.00013753	0.00000161
2555	114.22	2.06	-0.0133	0.00017635	-0.00000234
2556	122.16	2.09	0.0159	0.00025303	0.00000402
2557	115.25	2.06	-0.0094	0.00008800	-0.00000083
2558	114.31	2.06	-0.0129	0.00016739	-0.00000217
ผลรวม		115.98		0.00523847	-0.00001444
ค่าเฉลี่ย	$\log(X)$	2.071		0.000	0.000
ค่าเบี่ยงเบน	$S_{\log(X)}$	15.359		0.0098	-0.2928781
สปส.การเฉ G	$G_{\log(X)}$	7.691		สปส.การเฉ G	-0.2928781
56	117.80				

ตารางที่ 3.9 การคำนวณโดยใช้สมการวิธี Log-Pearson Type III หากระดับน้ำสูงสุดที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9

T	K	Ks	Y_T	X_T
2	0.0500	0.0005	2.0715	117.90
5				
10	1.2450	0.0122	2.0832	121.11
15				
20				
25	1.6430	0.0160	2.0871	122.20
50	1.8900	0.0184	2.0895	122.88
75				
100	2.1040	0.0205	2.0916	123.47

ช่องที่ 1 รอบปีการเกิดซ้ำ T

ช่องที่ 2 แฟคเตอร์ความถี่ K หาได้จากตารางที่ 2.10 ในบทที่ 2 เมื่อได้ค่า $g = 0.292$

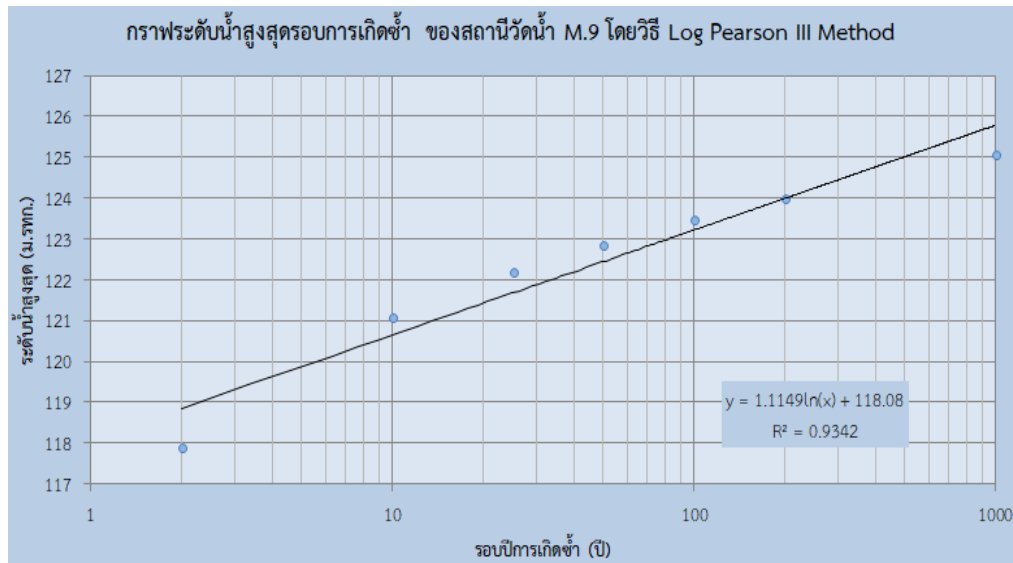
ช่องที่ 3 $K\sigma = (\text{ช่องที่ 2})(0.0098)$

ช่องที่ 4 $y_T = y + K\sigma = 2.071 + \text{ช่องที่ 3}$

ช่องที่ 5 ระดับน้ำสูงสุด $X_T = 10^{y_T} = 10^{(\text{ช่องที่ 4})}$

ตารางที่ 3.10 ระดับน้ำตามรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson
Type III distributions

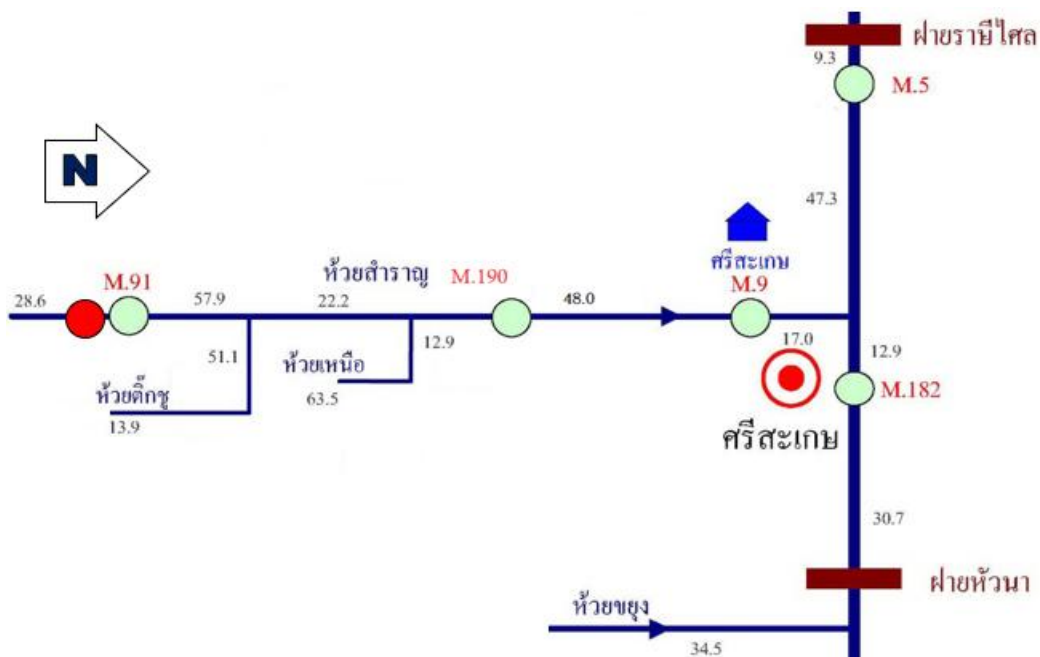
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)
2	117.90
5	
10	121.11
15	
20	
25	122.20
50	122.88
75	
100	123.47



ภาพที่ 3.14 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III

3.5 การจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0

จำลองโครงข่ายลำน้ำตามลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษาลำน้ำของจริง การศึกษาแบบจำลองทำให้ได้ข้อมูลที่เห็นจริงและวัดค่าได้จริงมองเห็นพฤติกรรมของน้ำ สามารถแปลความหมายได้ตามหลักวิชาชลศาสตร์



ภาพที่ 3.15 แผนผังลำน้ำเขตพื้นที่การศึกษาจากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงสถานีวัดน้ำ M.9

นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำที่ศึกษาได้ ปัญหาสำคัญคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ โดยปกติความผันแปรของค่าความขรุขระในแบบจำลองจะมากกว่าของจริง ประสิทธิภาพของแบบจำลองจะน้อยกว่าประสิทธิภาพของจริง (Prototype) โดยนำเข้าตามระเบียบวิธีของการใช้งานแบบจำลองแสดงในขั้นตอนในการทำงานแยกเป็นสองส่วนสำคัญคือ 1) การสร้างข้อมูลภูมิศาสตร์ในแบบจำลอง และ 2) การใช้ข้อมูลอุทกวิทยาเพื่อนำไปใช้ประมวลผลข้อมูลเพื่อการพยากรณ์

นำเข้าข้อมูลอุทกวิทยา คือ ข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลระดับน้ำท่า ซึ่งใช้ข้อมูลเป็นรายวันในช่วง พ.ศ. 2554 - 2557 มาใช้

3.5.1 การสร้างข้อมูลภูมิศาสตร์ในแบบจำลอง

3.5.1.1 การเริ่มดำเนินการใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0 เปิดโปรแกรมตามรูปไอคอนเพื่อเริ่มการใช้โปรแกรม เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะได้หน้าจอหลัก แล้วทำการตั้งค่าหน่วยวัดที่ใช้งาน Unit System จากเมนู Options โดยเลือก System International ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร (Metric System) และจากนั้นไปที่เมนู Edit เลือก Geometric Data

3.5.1.2 การเขียนภาพโครงข่ายลำน้ำได้จากการแทรกภาพที่มีพิกัดอ้างอิงมาเป็นพื้นหลัง จากนั้นก็ดึงเส้นลำน้ำจากต้นน้ำไปยังท้ายน้ำ แล้วค่อยทำการปรับแก้ลำน้ำให้ทับแนวเส้นลำน้ำจากภาพจนได้ความคล้ายคลึงมากที่สุด เมื่อได้ลำน้ำแล้วก็จะทำการสร้างแนวหน้าตัดลำน้ำจากข้อมูลหน้าที่มีและจากข้อมูล DEM ทุกระยะ 1,000 ม. (1+000 กม.) ดังจะแสดงภาพประกอบในภาคผนวก ภายหลังส่วนประกอบของลำน้ำห้วยสำราญจากสถานีวัดน้ำ M.190 จนบรรจบกับลำน้ำมูลที่ตำบลโพธิ์อำเภอมือศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ โดยไหลผ่านสถานีวัดน้ำ M.9 ช่วงกลางเมืองศรีสะเกษ ดังแสดงใน จนลื่นสุดขอบเขตลำน้ำจะได้แผนผังลำน้ำ

3.5.1.3 การเขียนภาพโครงข่ายลำน้ำ เมื่อได้ค่าอ้างอิงจาก RAS Mapper แล้วให้เลือกเมนู Geometric Data ขึ้นจะมีหน้าต่าง Geometric Data ขึ้นมาแล้วเลือกเมนู File เลือก New เพื่อตั้งชื่องาน หลังจากนั้นเลือกไอคอน Reach Length เพื่อสร้างลำน้ำ ให้ลากจากจุดท้ายน้ำไปจนถึงจุดต้นน้ำที่แสดงในภาพที่แทรกมาพร้อมพิกัด เสร็จแล้วดับเบิลคลิกจะแสดงกล่องโต้ตอบ ให้พิมพ์ชื่อส่วนของโครงข่ายลำน้ำที่ตั้งไว้ เป็นอันเสร็จขั้นตอนการเขียนโครงข่ายลำน้ำ

3.5.1.4 เมื่อได้โครงข่ายลำน้ำแล้ว จะทำการนำเข้าข้อมูลลำน้ำใน Cross Section Data เลือกเมนู Options เลือก Add a new Cross Section เพิ่มข้อมูลหน้าตัดลำน้ำโดยการเปิดข้อมูลไฟล์จากโปรแกรม Microsoft Excel *.csv ที่บันทึกไว้จากโปรแกรม Global Mapper 11 จนครบทุกหน้าตัดแล้วจึงทำการบันทึกข้อมูล เพิ่มเติมข้อมูล LOB, Channel, ROB, Manning's n, Left Bank, Right Bank ให้ครบทุกช่อง

เมื่อได้แผนผังลำน้ำและหน้าตัดลำน้ำที่ต้องการ จากนั้นก็นำไปสู่การทำการปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการสร้างแผนผังลำน้ำห้วยสำราญได้แสดงขั้นตอนไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งจะดำเนินการต่อไปคือการปรับเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ในแบบจำลอง ดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.5.2 การปรับเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

3.5.2 การปรับเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

การทดสอบปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าสถานีวัดน้ำ M.9 และ สถานีวัดน้ำ M.190 พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นปีที่มีการเกิดน้ำท่วมและปีที่ไม่ท่วมมาทดสอบปรับเทียบค่าระดับน้ำแบบสุ่ม แบ่งเป็นชุดข้อมูล 3 ชุดข้อมูล แต่ละชุดข้อมูลมีการทดสอบ 9 กรณี ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.11 ถึง 3.13

3.5.2.1 ขั้นตอนวิธีการใส่ข้อมูล มีดังนี้

1) เมื่อทำการสร้างแบบจำลองภูมิศาสตร์ได้แล้ว เข้าไปที่เมนู Edit เลือก Steady Flow Data. ทำการใส่ข้อมูลเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง (โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2558 ซึ่งเลือกใช้ข้อมูลดังกล่าว เนื่องจากใช้ข้อมูลของต้นน้ำที่สถานีวัดน้ำ M.190 ซึ่งเริ่มมีการจัดเก็บบันทึกข้อมูล ตั้งแต่ พ.ศ. 2551 เป็นต้นมา ซึ่งน่าจะมีความเพียงพอที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง)

2) เข้าไปที่เมนู File เลือก New Flow Data. เพื่อทำการสร้างข้อมูลเพื่อปรับเทียบแบบจำลองตั้งชื่อไฟล์ Calibate_001 ซึ่งตั้งชื่อตามการนำเข้าข้อมูล โดยใช้ข้อมูลน้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 เป็นข้อมูลต้นน้ำหรือ Upstream และข้อมูลท้ายน้ำใส่ค่า Downstream เป็น Normal Depth = 0.0015 ซึ่งได้จากการหาระยะลาดเอียงของพื้นที่ท้องน้ำ โดยการเฉลี่ยตามระยะเป็นช่วง ๆ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยกลางอีกครั้ง การใส่ข้อมูลจะแสดงภาพประกอบภาคผนวก การดำเนินการสร้างข้อมูลการไหลในการวิเคราะห์ของลำน้ำแบบสม่ำเสมอ นำเข้าข้อมูลน้ำ Upstream และ Downstream

2.1) กลับไปที่หน้าต่างเริ่มต้นไปที่ Edit เลือก Steady Flow Data... จะปรากฏหน้าต่างไปที่ File เลือก New Steady Flow Data แล้วสร้าง New Steady Data

2.2) เลือกรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลหลักๆ ซึ่งมีดังนี้

2.2.1) Known W.S. การวิเคราะห์โดยรู้ระดับน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ

2.2.2) Critical Depth. การวิเคราะห์โดยข้อมูล

2.2.3) Normal Depth. การวิเคราะห์โดยข้อมูลใช้ลาดท้องน้ำ

2.2.4) Rating Curve. การวิเคราะห์โดยใช้โค้งระดับน้ำ และอัตรา

การไหล

3) เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลน้ำแล้ว ทำการใส่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n พื้นฐานโดยใช้ค่าเปรียบเทียบในตารางที่ 2.11 จากบทที่ 2 มาเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศและการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาจริง เป็นค่า Manning's n ที่ใช้ทดลองปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแสดงในตารางที่ 3.11, 3.12 และ 3.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากันหรือแตกต่างกันในแต่ละกรณี โดยวิเคราะห์ตามค่า RMSE

ตารางที่ 3.11 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9
กำหนดให้ค่าเท่ากัน

กรณีที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง		
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา
1	0.045	0.045	0.045
2	0.055	0.055	0.055
3	0.065	0.065	0.065
4	0.075	0.075	0.075
5	0.085	0.085	0.085
6	0.100	0.100	0.100
7	0.110	0.110	0.110
8	0.130	0.130	0.130
9	0.160	0.160	0.160

ตารางที่ 3.12 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9
กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065

กรณีที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง		
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา
1	0.065	0.045	0.065
2	0.065	0.055	0.065
3	0.065	0.065	0.065
4	0.065	0.075	0.065
5	0.065	0.085	0.065
6	0.065	0.100	0.065
7	0.065	0.110	0.065
8	0.065	0.130	0.065
9	0.065	0.160	0.065

ตารางที่ 3.13 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9
กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055

กรณี	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง		
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา
1	0.055	0.045	0.055
2	0.055	0.055	0.055
3	0.055	0.065	0.055
4	0.055	0.075	0.055
5	0.055	0.085	0.055
6	0.055	0.100	0.055
7	0.055	0.110	0.055
8	0.055	0.130	0.055
9	0.055	0.160	0.055

4) เมื่อทำการนำใส่ข้อมูลน้ำแล้ว ทำการใส่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ที่ใช้ทดลองปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแสดงในตารางที่ 3.14 และ 3.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากันหรือแตกต่างกันในแต่ละกรณีอีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่า n ที่มีค่า RMSE เป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของการปรับเทียบแบบจำลอง โดยทำการประมวลผลข้อมูลแบบการไหลสม่ำเสมอให้ตั้งชื่อไฟล์เพื่อให้เห็นรายละเอียดในการใช้ในแบบจำลอง

ตารางที่ 3.14 ค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่ง
ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055

ชุดที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง		
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา
1	0.055	0.041	0.055
2	0.055	0.042	0.055
3	0.055	0.043	0.055
4	0.055	0.044	0.055
5	0.055	0.045	0.055
6	0.055	0.046	0.055
7	0.055	0.047	0.055
8	0.055	0.048	0.055
9	0.055	0.049	0.055

ตารางที่ 3.15 ค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่ง
ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065

ชุดที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง		
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา
1	0.065	0.041	0.065
2	0.065	0.042	0.065
3	0.065	0.043	0.065
4	0.065	0.044	0.065
5	0.065	0.045	0.065
6	0.065	0.046	0.065
7	0.065	0.047	0.065
8	0.055	0.048	0.055
9	0.055	0.049	0.055

5) จากข้อ 3) และข้อ 4) จะเลือกค่า n ที่ได้มา 1 ชุดข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการสอบเทียบความสมบูรณ์ของแบบจำลองต่อไป

3.5.3 การสอบเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Model) ใช้ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดใน พ.ศ. 2551 ถึง 2558 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดน้ำท่วมใหญ่ในอดีตและปัญหาน้ำแล้งในการสร้างแบบจำลองและนำแบบจำลองที่ได้ไปสอบเทียบแบบจำลอง (Validation Model) กับข้อมูลระดับน้ำรายวันของปี พ.ศ. 2555, 2556 และ 2557 (ช่วงเดือนกันยายน – ธันวาคม) ซึ่งมีสถานการณ์น้ำน้อย น้ำปกติ และน้ำท่วมเขตด้านเหนือ (Upstream Boundary) ที่ กม. 72+000 บ้านขาว ตำบลทุ่งไชย อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดศรีสะเกษ ใช้ข้อมูลอัตราการไหลที่ประเมินที่จุดเริ่มต้น (Initial Flow) เท่ากับอัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็น ลบ.ม./วินาที โดยกำหนดให้บริเวณปากลำห้วยสำราญ (กม. 0+000) เป็นขอบเขตข้อมูลด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) ควบคุมการไหลด้านท้ายน้ำโดยความลึกปกติ (Normal Depth)

3.5.3.1 ลำดับการสอบเทียบ มีดังต่อไปนี้

1) นำค่าแมนนิง n จากการปรับเทียบโดยใช้ค่าที่ได้ค่า RMSE ที่ดีที่สุดมาใช้ในการสอบเทียบ โดยใช้ชุดข้อมูลแมนนิง n ตลิ่ง และ n ลำน้ำ ที่ได้จากการหาค่าในข้อ 3.5.2

2) ใส่ข้อมูลน้ำสูงสุดรายวัน พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 ช่วงวันที่ 1 กันยายน ถึง 10 ธันวาคม มาใช้ในการนำเข้าข้อมูลเพื่อประมวลผลสอบเทียบ โดยเขตด้านเหนือ (Upstream Boundary) ใช้ของสถานีวัดน้ำ M.190 และใช้ข้อมูลเขตข้อมูลด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) ควบคุมการไหลด้านท้ายน้ำโดยความลึกปกติ (Normal Depth) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าวัดจริงที่สถานีวัดน้ำ M.9

3) นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าจากการประมวลผลกับค่าวัดจริงที่มีการบันทึกไว้

3.6 กรณีศึกษาการขุดลอกลำน้ำ

เพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัย โดยแบ่งการแสดงผลในรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี เป็นรายกรณีตามกรณีศึกษาต่าง ๆ

3.6.1 วิธีดำเนินการ มีดังต่อไปนี้

3.6.1.1 ใช้ค่าข้อมูลน้ำท่วมรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี

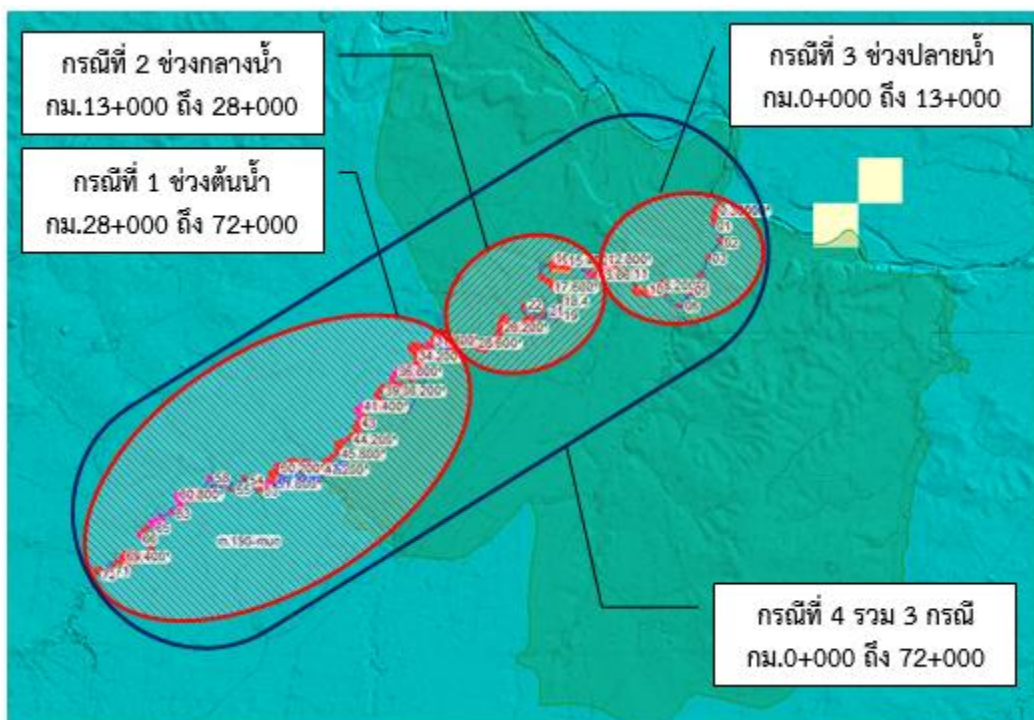
3.6.1.2 แบ่งการกรณีศึกษาการปรับปรุงลำน้ำไว้ 3 ช่วง 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปรับปรุงช่วงต้นน้ำ กรณีที่ 2 ปรับปรุงช่วงกลางน้ำ กรณีที่ 3 ปรับปรุงช่วงปลายน้ำ กรณีที่ 4 ปรับปรุงทั้ง 3 ช่วงตลอดลำน้ำการศึกษาในภาพที่ 3.22 บริเวณที่ทำการปรับปรุงลำห้วยสำราญตามกรณีศึกษาการขุดลอกลำน้ำ

3.6.1.3 ใช้ข้อมูลค่าระดับน้ำรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปีของ Gumbel ซึ่งดูได้จากภาพที่ 4.3 และข้อมูลในตารางที่ 4.3 ของบทที่ 4

3.6.1.4 ทำการประมวลผลในโปรแกรม HEC-RAS 5.0 เพื่อดูค่าระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำ M.9 (หน้าตัดลำน้ำที่ 18) เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการสร้างข้อมูลภูมิศาสตร์ โปรแกรม Arc View

3.6.1.5 นำค่าระดับน้ำที่ได้ไปสร้างแผนที่ระดับน้ำท่วม ทั้ง 4 กรณี

3.6.1.6 คำนวณพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการซ้อนทับข้อมูลในโปรแกรม Arc View เปรียบเทียบแผนที่แสดงการปกครองเขตจังหวัดศรีสะเกษ และเขตพื้นที่น้ำท่วม



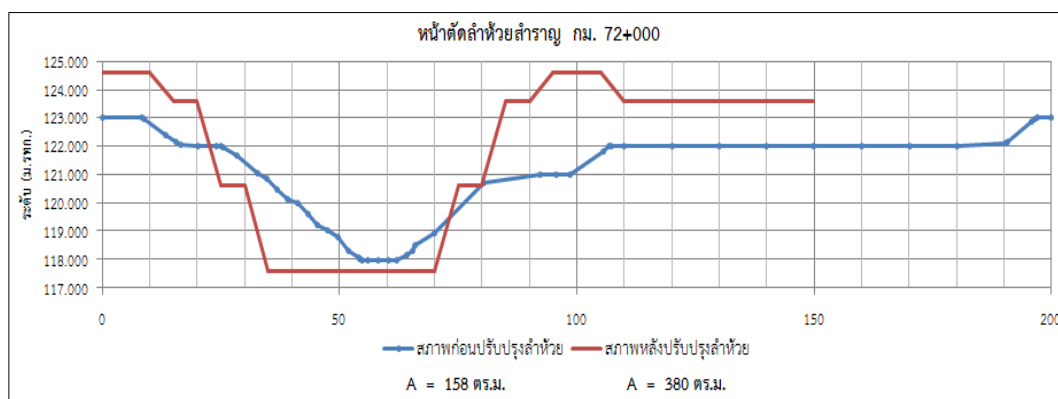
ภาพที่ 3.16 บริเวณที่ทำการปรับปรุงลำห้วยสำราญตามกรณีศึกษาการขุดลอกลำน้ำ

3.6.2 แบ่งการแสดงผลที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี เป็นรายกรณีตามกรณีศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

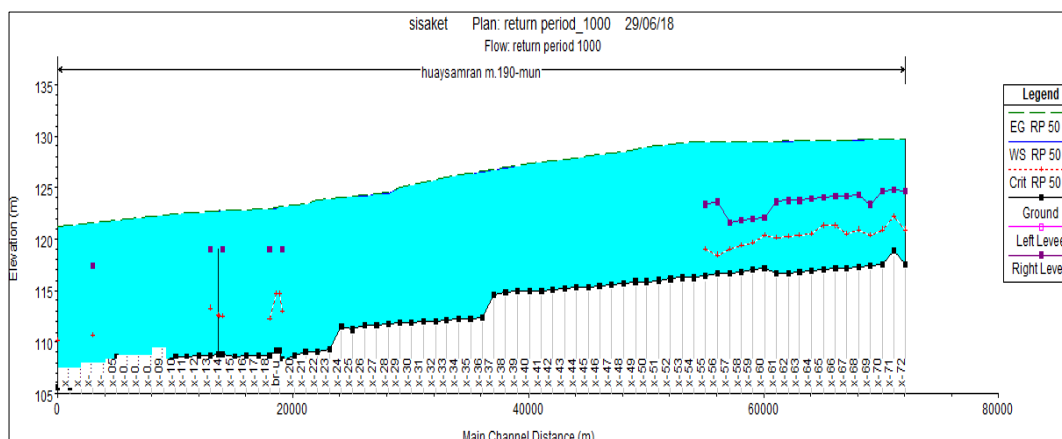
3.6.2.1 กรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)

แนวทางในการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่จะใช้ในการทดสอบออกแบบปรับปรุงลำห้วยสำราญโดยใช้มาตรฐานการออกแบบของกรมชลประทานและทฤษฎีการเผื่อระยะพ้นน้ำ (Free broad) ของรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี จะนำเสนอตัวอย่างการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่กม. 72+000 ถึง กม. 28+000 จำนวน 45 หน้าตัด โดยภาพที่ 3.17 คือภาพหน้าตัดลำน้ำที่กม. 72+000 ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงตามวิธีของกรมชลประทาน ซึ่งภาพหน้าตัดลำน้ำอยู่ในภาคผนวก ก. และภาคผนวก ข.

วิธีการคำนวณราคาการขุดลอกจากคู่มือหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างชลประทานของกรมบัญชีกลาง ซึ่งมีวิธีคิดตามหลักทางวิศวกรรมและเป็นแนวทางในการใช้ในการเสนอราคากลางตามรูปแบบราชการ



ภาพที่ 3.17 การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 72+000

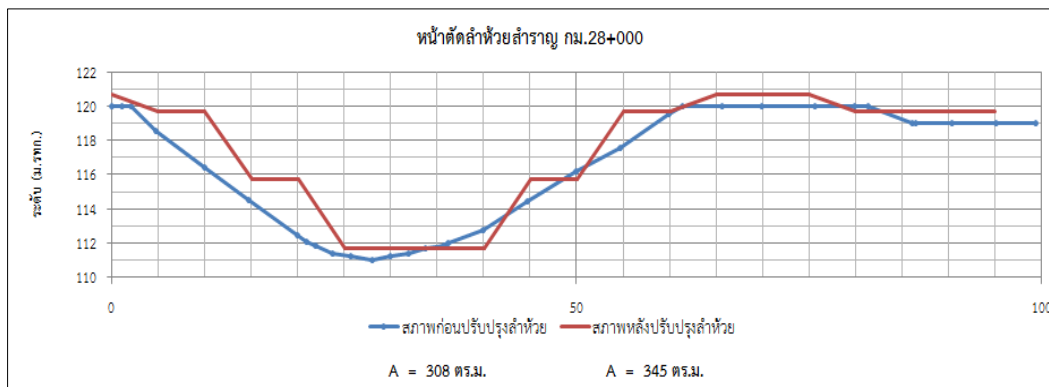


ภาพที่ 3.18 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 1

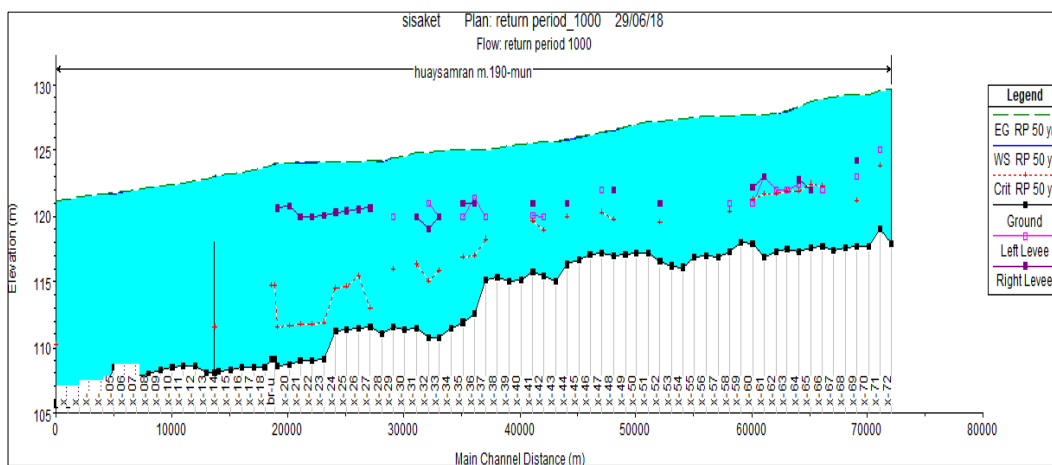
3.6.2.2 กรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ

(จากเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์อำเภอเมืองศรีสะเกษ)

แนวทางในการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่จะใช้ในการทดสอบออกแบบ ปรับปรุงลำห้วยสำราญโดยใช้มาตรฐานการออกแบบของกรมชลประทาน และทฤษฎีการเผื่อระยะพ้นน้ำ (Free broad) ของรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี จะนำเสนอตัวอย่างการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่กม. 28+000 ถึง กม. 13+000 จำนวน 16 หน้าตัด โดยภาพที่ 3.19 คือภาพหน้าตัดลำน้ำที่กม. 28+000 ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงตามวิธีของกรมชลประทาน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ที่ภาคผนวก ก. และภาคผนวก ข.



ภาพที่ 3.20 การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 28+000

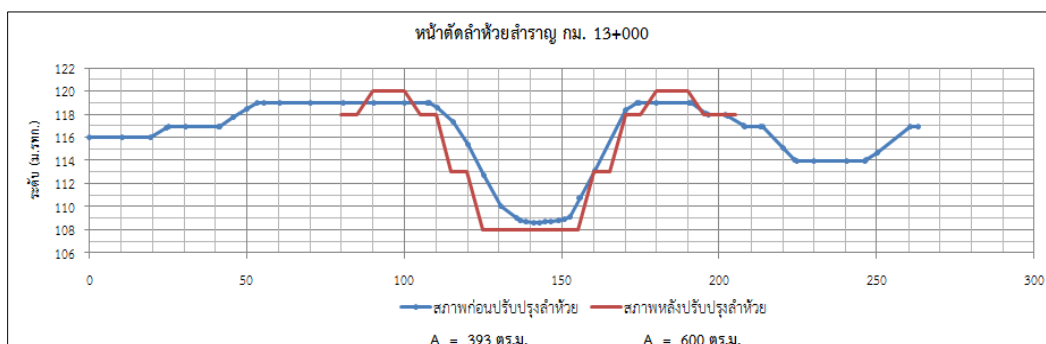


ภาพที่ 3.21 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 2

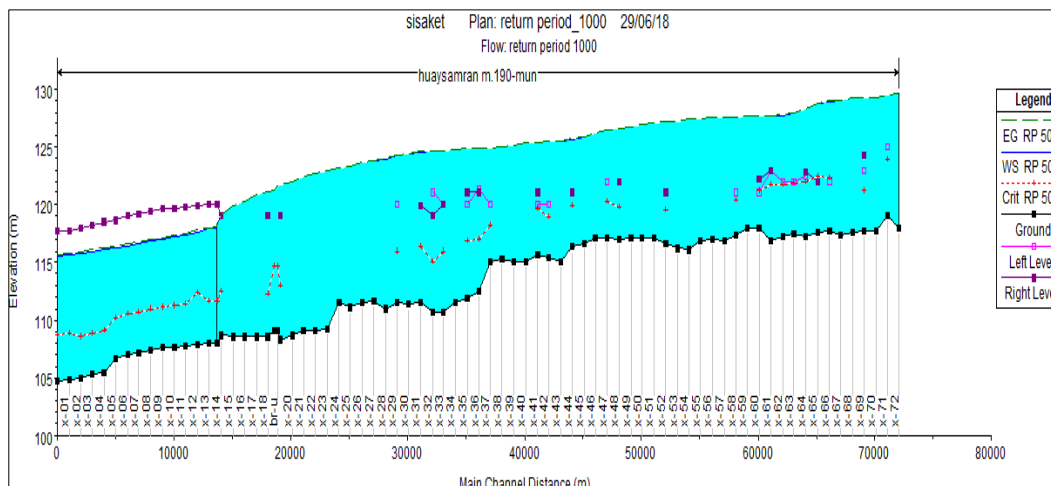
3.6.3.3 กรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ

(จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอมือเมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

แนวทางในการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่จะใช้ในการทดสอบออกแบบปรับปรุงลำห้วยสำราญ โดยใช้มาตรฐานการออกแบบของกรมชลประทานและทฤษฎีการแผ่ระยะพ้นน้ำ (Free broad) ของรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี จะนำเสนอตัวอย่างการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่กม. 13+000 ถึง กม. 0+000 จำนวน 14 หน้าตัด โดยภาพที่ 3.22 คือภาพหน้าตัดลำน้ำที่กม. 13+000 ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงตามวิธีของกรมชลประทาน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ที่ภาคผนวก ก. และภาคผนวก ข.



ภาพที่ 3.22 การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 13+000

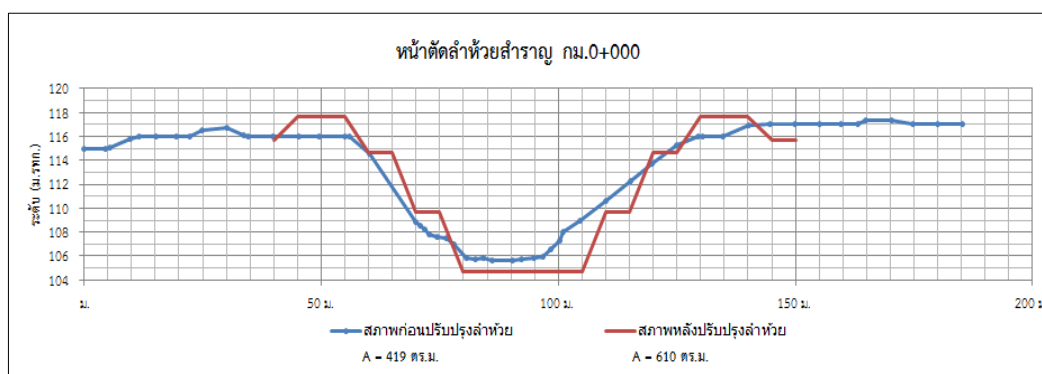


ภาพที่ 3.23 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 3

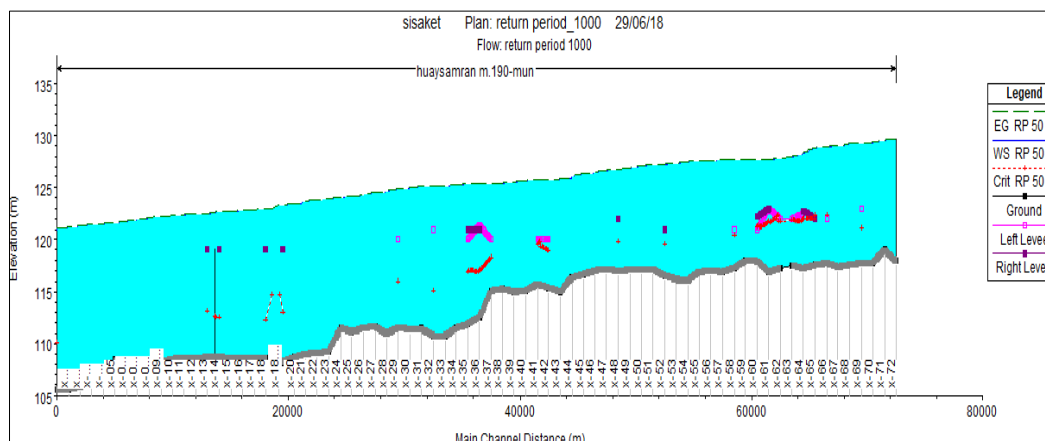
3.6.4.4 กรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญทั้ง 3 ช่วง

(จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

แนวทางในการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่จะใช้ในการทดสอบออกแบบปรับปรุงลำห้วยสำราญ โดยใช้มาตรฐานการออกแบบของกรมชลประทานและทฤษฎีการแผ่ระยะพื้นน้ำ (Free broad) ของรอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ปี จะนำเสนอตัวอย่างการปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 72+000 ถึง กม. 0+000 จำนวน 73 หน้าตัด โดยภาพที่ 3.24 คือภาพหน้าตัดลำน้ำที่ กม. 13+000 ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงตามวิธีของกรมชลประทาน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ที่ภาคผนวก ก. และภาคผนวก ข.



ภาพที่ 3.24 การปรับปรุงลำห้วยสำราญที่ กม. 0+000



ภาพที่ 3.25 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 4

3.7 การสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยแสดงผลด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

3.7.1 การสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำโดยใช้โปรแกรม Global Mapper สร้างเส้น Contour Line แล้วบันทึกข้อมูลโดยการ Export ออกมาในรูปแบบของ Shapefile (*.shp) คือ Line กับ Area ที่ระดับชั้นละ 0.10 ม. เมื่อได้ข้อมูลในรูปแบบ Shapefile แล้วจึงเปิดโปรแกรม Arc View 3.3 ขึ้นมาเพื่อการสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยที่แสดงไว้ข้างต้นแล้ว

3.7.2 ใช้ข้อมูลรอบปีการเกิดซ้ำด้วยวิธี Gumbel ของสถานีวัดน้ำ M.9 ซึ่งข้อมูลได้จากตารางที่ 3.10 การคำนวณรับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 และภาพที่ 3.13 กราฟรอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel และที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลอง HEC-RAS 5.0

3.7.3 นำข้อมูลที่ได้ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็น และผลจากการประมวลผลในแบบจำลองไปทำการสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยในโปรแกรม Arc View

3.7.4 จะได้แผนที่เสี่ยงอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำกรณีที่ยังไม่ปรับปรุงลำน้ำที่ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี ซึ่งดูได้จากภาพที่ 4.19 ถึงภาพที่ 4.24 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญ ในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และแผนที่ระดับน้ำตามกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 บทนำ

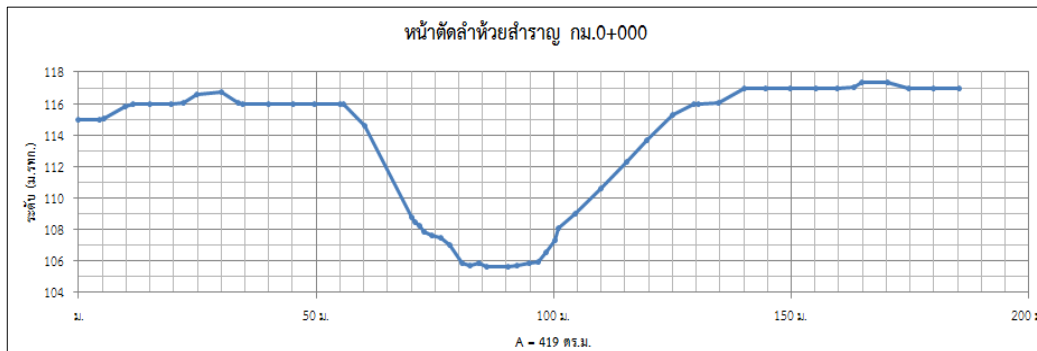
ผลการศึกษาจะประกอบด้วยผลการวิเคราะห์ตามหัวข้อการวิจัยหรือวัตถุประสงค์การวิจัย การแปลผล ทำตารางสรุปข้อมูล

4.2 ผลการหาเส้นหน้าตัดลำน้ำ

การใช้โปรแกรม Global Mapper 11 เพื่อหาหน้าตัดลำน้ำ โดยใช้ข้อมูล DEM ร่วมกับข้อมูล shapefile ในโปรแกรม ArcView ทำการซ้อนทับข้อมูลตามวิธีดำเนินการในหัวข้อที่ 3.3 ของบทที่ 3 (และขั้นตอนวิธีทำโดยละเอียดจะแสดงไว้ในภาคผนวก จ) จะได้ขอบเขตพื้นที่ศึกษา แผนที่โครงข่ายลำน้ำห้วยสำราญจนไปบรรจบกับแม่น้ำมูลด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอเมืองศรีสะเกษ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และเมื่อทำการหาหน้าตัดลำน้ำตามระยะที่ต้องการแล้วจะได้ข้อมูลในรูปแบบของตารางจากโปรแกรม Excel และทำเป็นรูปกราฟตัวอย่างหน้าตัดลำน้ำห้วยสำราญ กม. 0+000 ดังแสดงในภาพที่ 4.2 และในการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างหน้าตัดลำน้ำทุก ๆ 1 กม. ตามแนวลำน้ำ จากปลายน้ำขึ้นไปต้นน้ำ จำนวน 72 หน้าตัด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข



ภาพที่ 4.1 แผนที่ลำน้ำห้วยสำราญที่ได้จากใช้โปรแกรม Global Mapper 11



ภาพที่ 4.2 หน้าตัดลำน้ำห้วยสำราญ โดยใช้โปรแกรม EXCEL

4.3 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นทางอุทกวิทยา

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความถี่อัตราการไหลสูงสุด

การวิเคราะห์ความถี่อัตราการไหลสูงสุดในครั้งนี้เป็นการพิจารณาเฉพาะจุด ซึ่งคำนวณค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดโดยใช้สูตร แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นจากทฤษฎี วิธี Plotting Position Method วิธี Log Pearson Type III และวิธี Gumbel distribution ผลการเปรียบเทียบสำหรับข้อมูลของสถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 ดังแสดงในภาพที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ ทฤษฎีการกระจายความน่าจะเป็นแบบ Log Pearson Type III และแบบ Gumbel Distribution ได้ผลการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่ใกล้เคียง ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้ทฤษฎีการกระจายความน่าจะเป็นแบบ Gumbel distribution เนื่องจากเป็นวิธีที่ยอมรับในการวิเคราะห์ความถี่อัตราการไหลสูงสุดในพื้นที่ประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดโดยใช้ทฤษฎีการกระจายความน่าจะเป็นแบบ Gumbel distribution ใช้เป็นค่าขอบเขตเงื่อนไขสำหรับการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS 5.0

เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Manning's n ที่รอบการเกิดซ้ำที่ 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 200 และ 500 ปี ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 แสดงค่าอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำที่สถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 โดยทำเป็นกราฟนำเสนอในภาพที่ 4.3 และ 4.4

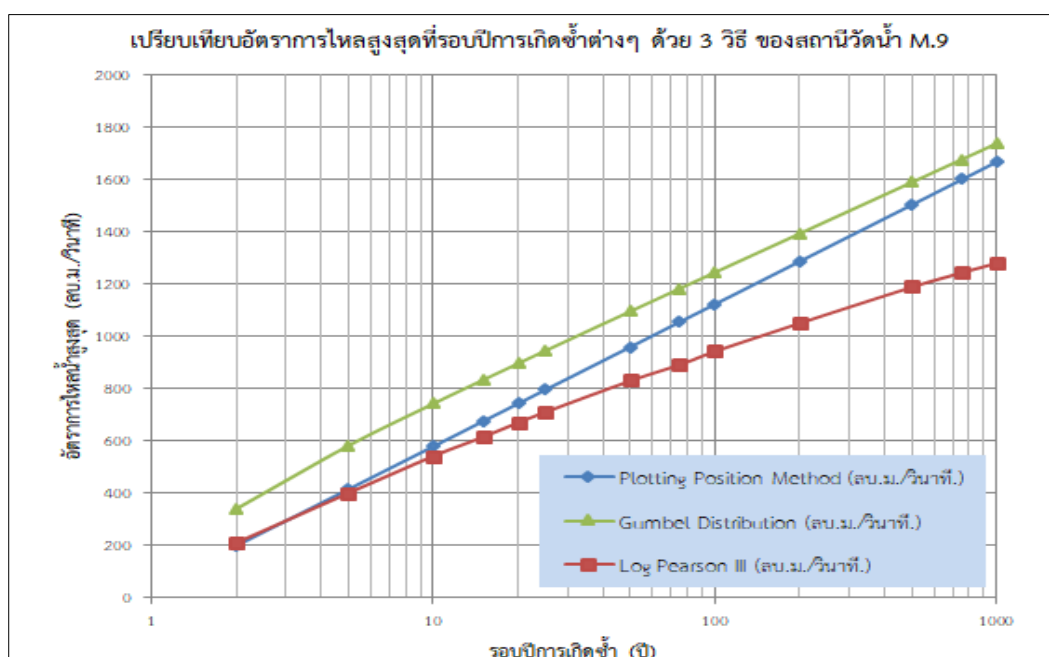
4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ความถี่อัตราการไหลที่ได้ของทั้ง 2 สถานี จะนำไปใช้ในรายละเอียด ต่อไปนี้

1) ค่าอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำ M.9 จะนำไปใช้ในการสร้างกราฟความสัมพันธ์กับสถานีวัดน้ำ M.190 ในอัตราการเปรียบเทียบตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี

2) ค่าอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำ M.190 นำไปใช้ในการใส่ค่าข้อมูล ในโปรแกรม HEC-RAS 5.0 เป็นข้อมูลด้านต้นน้ำประกอบกับค่าระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ

ตารางที่ 4.1 อัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9

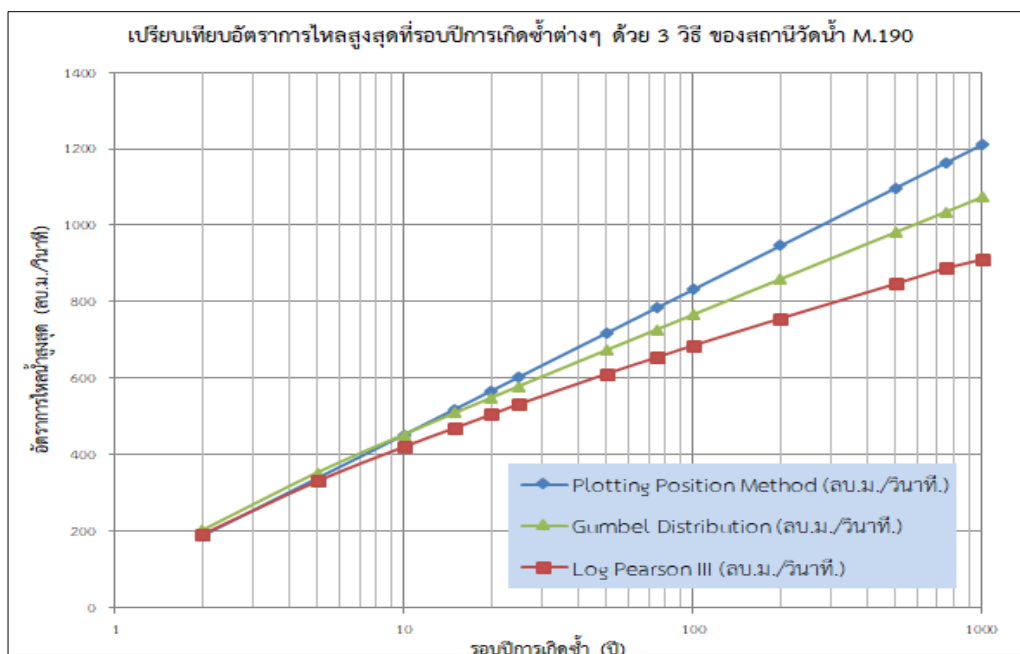
รอบ การเกิดซ้ำ (ปี)	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที.)		
	Plotting Position Method	Log Pearson Type III	Gumbel Distribution
2	197.65	209.18	228.43
5	414.43		435.16
10	578.41	541.36	572.04
15	674.34		649.26
20	742.40		703.33
25	795.19	710.45	744.98
50	959.18	830.36	873.28
75	1,055.10		947.85
100	1,123.16	943.21	1000.63
200	1,287.14	1,051.55	1168.31
500	1,503.92		1294.92



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9

ตารางที่ 4.2 อัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190

รอบ การเกิดซ้ำ (ปี)	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที.)		
	Plotting Position Method	Log Pearson Type III	Gumbel Distribution
2	126.55	126.92	126.68
5	128.02		128.22
10	129.13	128.41	129.25
15	129.78		129.83
20	130.25		130.23
25	130.60	128.89	130.55
50	131.71	129.18	131.51
75	132.37		132.07
100	132.83	129.44	132.46
200	133.94	129.66	133.41
500	135.41		134.67



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความถี่ระดับน้ำสูงสุด

การวิเคราะห์ความถี่ระดับน้ำสูงสุดในครั้งนี้เป็นการพิจารณาเฉพาะจุด ซึ่งคำนวณค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลระดับน้ำสูงสุดโดยใช้สูตร และนำมาเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นจากทฤษฎี วิธี Lognormal Distribution วิธี Log Pearson Type III Distribution และวิธี Gumbel Distribution ผลการเปรียบเทียบสำหรับข้อมูลของสถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 แสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ ทฤษฎีการกระจายความน่าจะเป็นแบบ Log Pearson Type III Distribution และแบบ Gumbel Distribution ได้ผลการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่ใกล้เคียง ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้ทฤษฎีการกระจายความน่าจะเป็นแบบ Gumbel Distribution เนื่องจากเป็นวิธีที่ยอมรับในการวิเคราะห์ความถี่ระดับน้ำสูงสุดในพื้นที่ประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดโดยใช้ทฤษฎีการกระจายความน่าจะเป็นแบบ Gumbel Distribution ใช้เป็นค่าขอบเขตเงื่อนไขสำหรับการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS 5.0 เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Manning's n ที่รอบการเกิดซ้ำที่ 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 200 และ 500 ปี ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 แสดงค่าระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำที่สถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 โดยทำเป็นกราฟนำเสนอในภาพที่ 4.5 และ 4.6

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ความถี่ระดับน้ำสูงสุดตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ได้ของทั้ง 2 สถานีจะนำไปใช้ในรายละเอียดต่อไปนี้

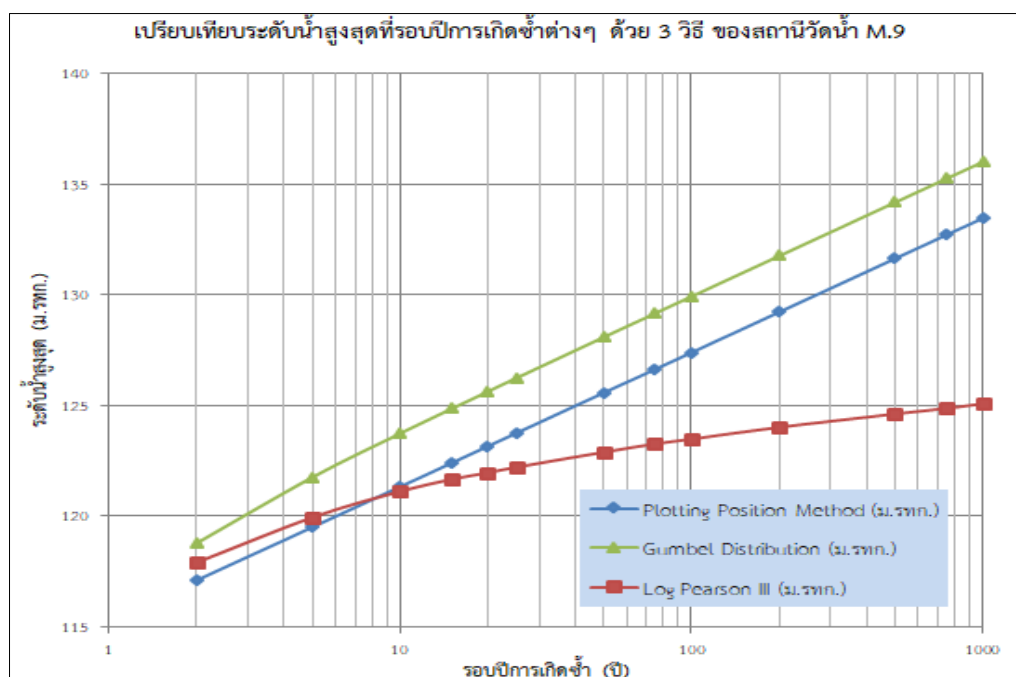
1) ค่าระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 จะนำไปใช้ในการสร้างกราฟความสัมพันธ์กับสถานีวัดน้ำ M.190 ในอัตราการเปรียบเทียบตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี และใช้เป็นค่าระดับในการตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลโปรแกรม HEC-RAS 5.0 ว่าได้ความถูกต้อง RMSE ที่ดีที่สุด

2) ค่าระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 นำไปใช้ในการใส่ค่าข้อมูลในโปรแกรม HEC-RAS 5.0 เป็นข้อมูลด้านต้นน้ำประกอบกับค่าระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และใช้ค่าระดับน้ำสร้างกราฟความสัมพันธ์ของระดับน้ำของทั้งสองสถานี

สรุปข้อมูลน้ำที่จะนำไปใช้ในแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.190 เป็นข้อมูลด้านต้นน้ำ โดยใช้ผลของการหาความน่าจะเป็นโดยวิธี Gumbel ที่สถานีวัดน้ำ M.9 ใช้ในการตรวจสอบข้อมูลความถูกต้อง และจากการหาความน่าจะเป็นรอบปีการเกิดซ้ำที่ได้จะนำค่าข้อมูลของรอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี ซึ่งได้ค่าระดับน้ำอยู่ที่ 117.38, 119.94, 121.63, 123.25, 125.36 และ 126.39 ตามลำดับปีการเกิดซ้ำ

ตารางที่ 4.3 ระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9

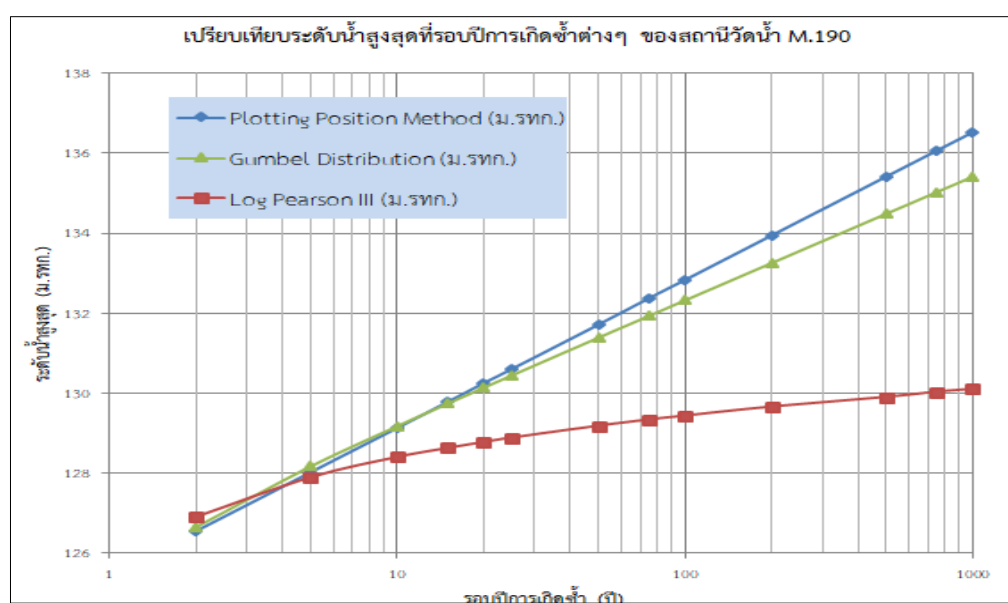
รอบปี การเกิดซ้ำ (ปี)	ระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ (ม.รทก.)		
	Plotting Position Method	Log Pearson Type III	Gumbel Distribution
2	117.08	117.90	117.38
5	119.49		119.94
10	121.32	121.11	121.63
15	122.39		122.59
20	123.15		123.25
25	123.74	122.20	123.77
50	125.57	122.88	125.36
75	126.63		126.28
100	127.39	123.47	126.93
200	129.22	124.00	129.01
500	131.64		130.57



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9

ตารางที่ 4.4 ระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ (ม.รทก.)		
	Plotting Position Method	Log Pearson Tpye III	Gumbel Distribution
2	126.55	126.92	126.68
5	128.02		128.22
10	129.13	128.41	129.25
15	129.78		129.83
20	130.25		130.23
25	130.60	128.89	130.55
50	131.71	129.18	131.51
75	132.37		132.07
100	132.83	129.44	132.46
200	133.94	129.66	133.41
500	135.41		134.67

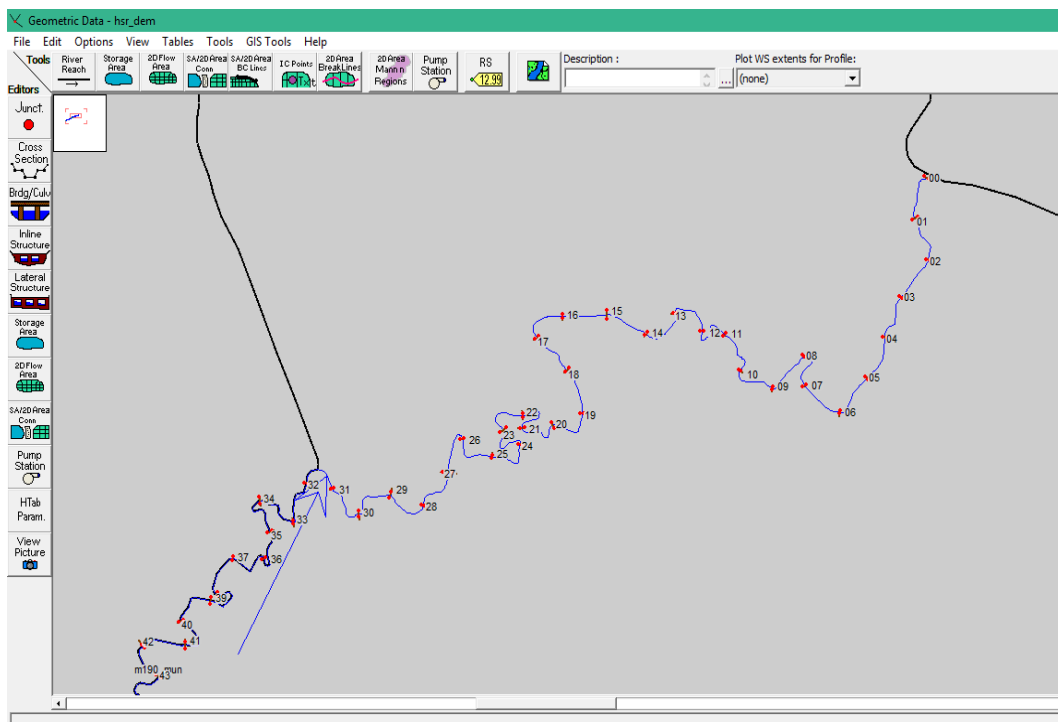


ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.190

4.4 ผลการสร้างแบบจำลอง HEC RAS 5.0

4.4.1 การใช้โปรแกรม Hec Ras 5.0 เพื่อสร้างแบบจำลอง

การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลอง HEC RAS 5.0 ในการศึกษาและเพื่อวิเคราะห์ผลของลำห้วยสำราญให้มีความถูกต้องและความแม่นยำ ดังนั้นจึงได้ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลค่าระดับคราบน้ำท่วมในบริเวณช่วงริมตลิ่งของลำห้วยสำราญ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกิดการเอ่อท่วมพื้นที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัยในปี 2554 และ 2556 โดยค่าระดับที่ใช้ในการเปรียบเทียบจะใช้ค่าระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 ซึ่งอยู่ในเขตของการเกิดอุทกภัยระยะทางทั้งสิ้น 72 กม. โดยเริ่มจากสถานีวัดน้ำ M.190 (กม. 72+000) ผ่านสถานีวัดน้ำ M.9 (กม. 18+500) จนถึงจุดบรรจบกับลำน้ำมูลที่ กม. 0+000 แสดงดังภาพที่ 4.7 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำ เพื่อที่จะได้การเปรียบเทียบค่าแม้นิ่งในโปรแกรมแบบจำลอง HEC RAS 5.0



ภาพที่ 4.7 แผนผังลำห้วยสำราญที่ได้จากแบบจำลอง HEC RAS 5.0

4.5 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

4.5.1 ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n)

ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยวิธีลองผิดลองถูก โดยใช้ค่า n เป็นตัวแปรในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ดังผลที่ได้จากกราฟ

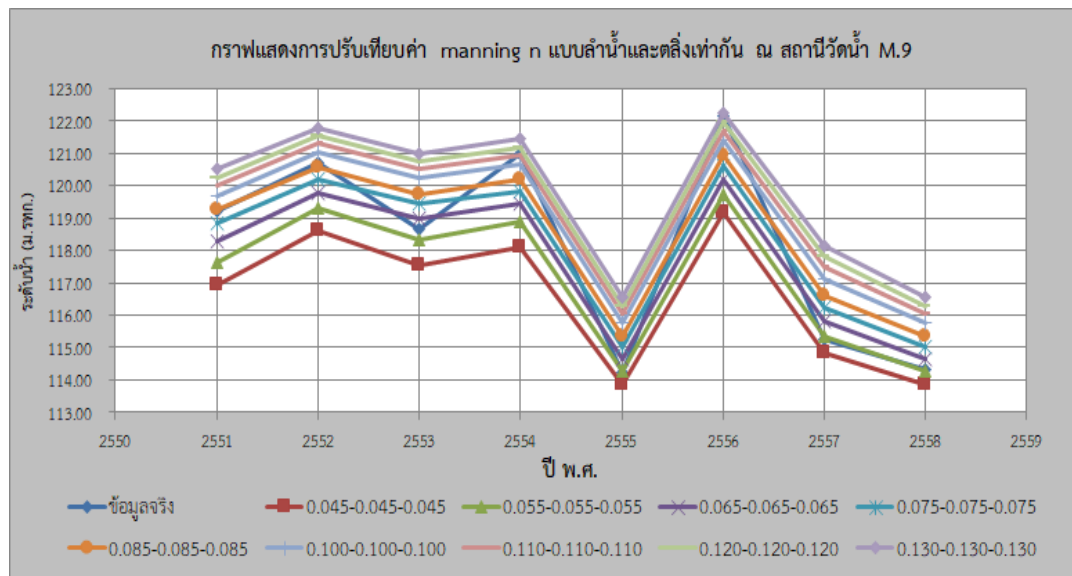
การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลอง HEC RAS 5.0 ในการศึกษาและเพื่อวิเคราะห์ผลของลำห้วยสำราญให้มีความถูกต้องและความแม่นยำ ดังนั้นจึงได้ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลค่าระดับคราบน้ำท่วมในบริเวณช่วงริมตลิ่งของลำห้วยสำราญ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกิดการเอ่อท่วม

พื้นที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัยในปี 2554 และ 2556 โดยค่าระดับที่ใช้ในการเปรียบเทียบจะใช้ค่าระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 ซึ่งอยู่ในเขตของการเกิดอุทกภัยระยะทางทั้งสิ้น 72 กม. โดยเริ่มจากสถานีวัดน้ำ M.190 (กม. 72+000) ผ่านสถานีวัดน้ำ M.9 (กม. 18+500) จนถึงจุดบรรจบกับลำน้ำมูลที่ กม. 0+000 แสดงดังภาพที่ 4.7 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำ เพื่อที่จะได้การปรับเทียบค่าแมนนิงในโปรแกรมแบบจำลอง HEC RAS 5.0

เมื่อทำการนำใส่ข้อมูลน้ำแล้ว ทำการใส่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n พื้นฐาน โดยใช้ค่าเปรียบเทียบในตารางที่ 2.11 จากบทที่ 2 มาเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศ และจากการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาจริงเป็นค่า Manning's n ที่ใช้คือ n ตลิ่ง = 0.045 n ลำน้ำ = 0.160 แล้วจึงทำการสุ่มค่าแมนนิง n ครั้งละ 0.010-0.015 เพิ่มขึ้นหรือลดลง แล้วทำการหาค่า RMSE เป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของการสอบเทียบแบบจำลอง โดยไปที่เมนู Run เลือก Steady Flow Analysis เพื่อทำการรันข้อมูลแบบการไหลสม่ำเสมอ ให้ตั้งชื่อไฟล์ เพื่อใช้เป็นรายละเอียดในการเรียกใช้ภายหลัง

ตารางที่ 4.5 ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง
ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากัน

กรณี	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง			RMSE
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา	
1	0.045	0.045	0.045	1.05
2	0.055	0.055	0.055	0.93
3	0.065	0.065	0.065	0.96
4	0.075	0.075	0.075	1.21
5	0.085	0.085	0.085	1.42
6	0.100	0.100	0.100	1.63
7	0.110	0.110	0.110	1.85
8	0.120	0.120	0.120	1.98
9	0.130	0.130	0.130	2.18

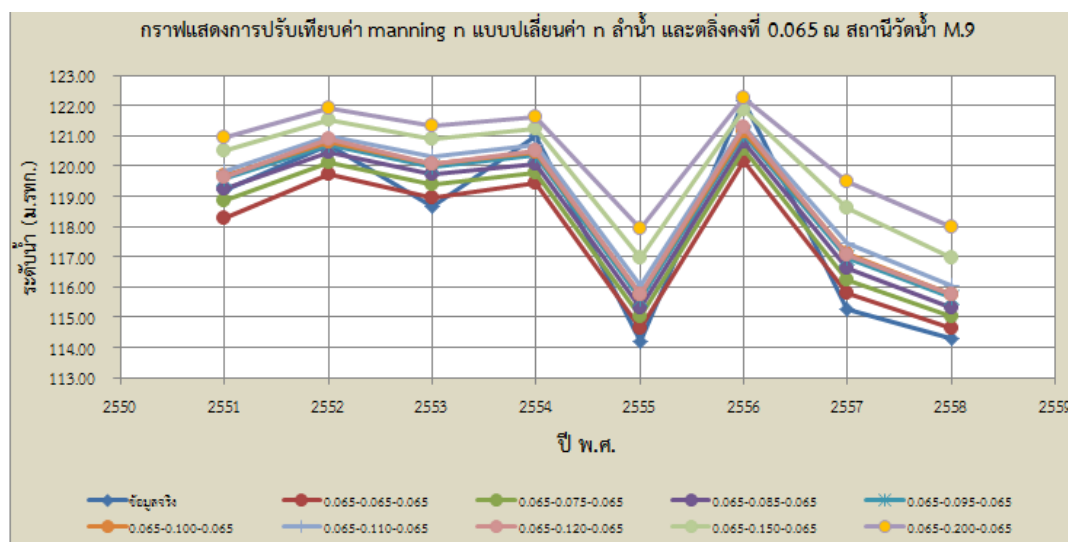


ภาพที่ 4.8 ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากัน

ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่าเท่ากันเพื่อประมวลผลในแบบจำลอง โดยตรวจสอบความถูกต้องจากค่า RMSE ซึ่งได้ค่าความถูกต้องดังตารางที่ 4.5 และสามารถเขียนลงกราฟได้ผลใกล้เคียงระดับน้ำที่ได้จากข้อมูลวัดจริง ตามที่แสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.6 ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065

กรณี	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง			RMSE
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา	
1	0.065	0.045	0.065	1.04
2	0.065	0.055	0.065	0.99
3	0.065	0.065	0.065	1.10
4	0.065	0.075	0.065	1.23
5	0.065	0.085	0.065	1.38
6	0.065	0.100	0.065	1.54
7	0.065	0.110	0.065	1.66
8	0.065	0.120	0.065	1.81
9	0.065	0.130	0.065	2.01

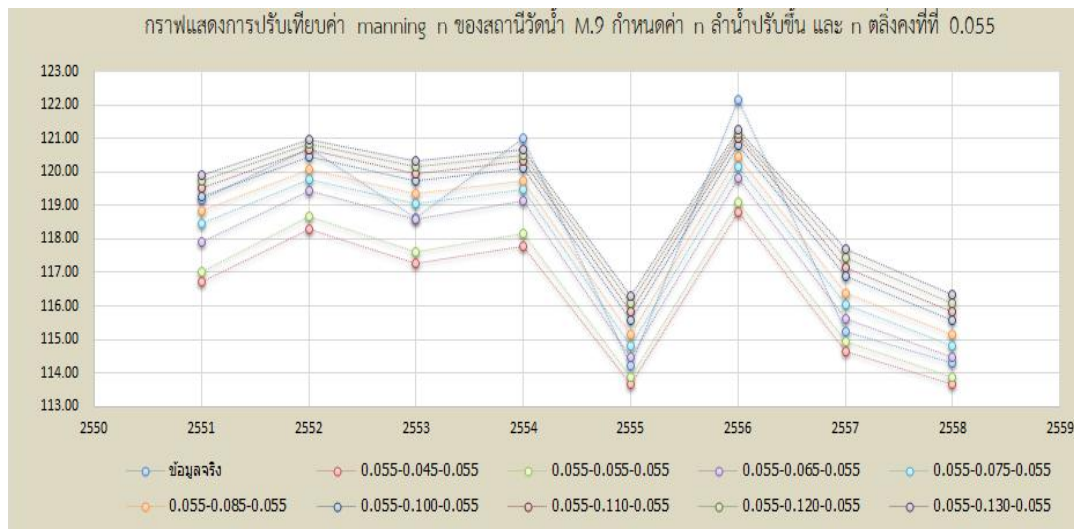


ภาพที่ 4.9 ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้นและ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065

ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้นและ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065 เพื่อประมวลผลในแบบจำลอง โดยตรวจสอบความถูกต้องจากค่า RMSE ซึ่งได้ค่าความถูกต้องดังตารางที่ 4.6 และสามารถเขียนลงกราฟ ได้ผลใกล้เคียงระดับน้ำที่ได้จากข้อมูลวัดจริงตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.9 ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.7 ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้นและ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055

กรณี	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง			RMSE
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา	
1	0.055	0.045	0.055	1.07
2	0.055	0.055	0.055	1.01
3	0.055	0.065	0.055	1.11
4	0.055	0.075	0.055	1.23
5	0.055	0.085	0.055	1.38
6	0.055	0.100	0.055	1.52
7	0.055	0.110	0.055	1.77
8	0.055	0.120	0.055	1.95
9	0.055	0.130	0.055	2.08

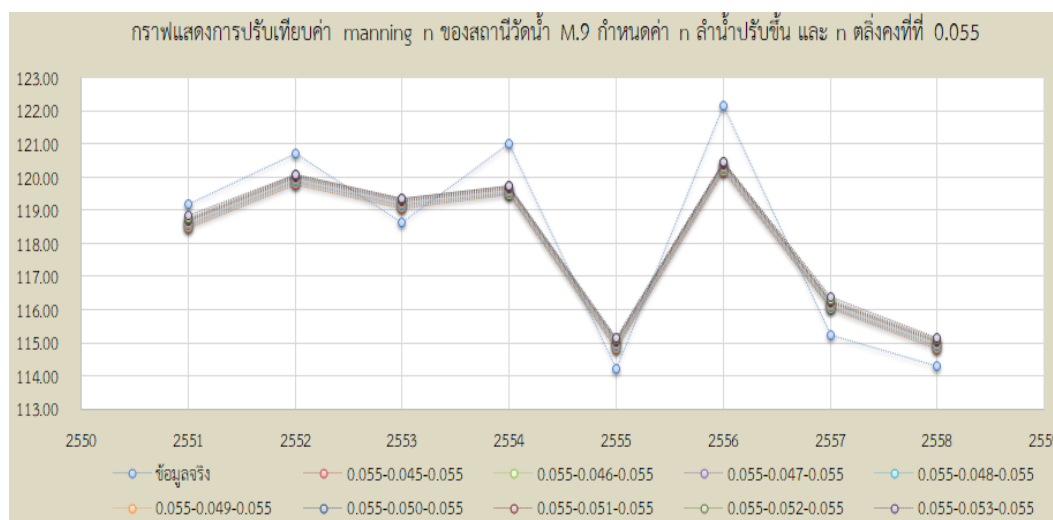


ภาพที่ 4.10 ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กรณีลำน้ำและตลิ่ง
ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้นและ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055

ผลจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระกรณีลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055 เพื่อประมวลผลในแบบจำลอง โดยตรวจสอบความถูกต้องจากค่า RMSE ซึ่งได้ค่าความถูกต้องดังตารางที่ 4.7 และสามารถเขียนลงกราฟ ได้ผลใกล้เคียงระดับน้ำที่ได้จากข้อมูลวัดจริงตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.10 ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.8 ค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่ง
ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055

ชุดที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง			RMSE
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา	
1	0.055	0.045	0.055	1.0700
2	0.055	0.046	0.055	1.0625
3	0.055	0.047	0.055	1.0550
4	0.055	0.048	0.055	1.0475
5	0.055	0.049	0.055	1.0400
6	0.055	0.050	0.055	1.0325
7	0.055	0.051	0.055	1.0250
8	0.055	0.052	0.055	1.0175
9	0.055	0.053	0.055	1.0100

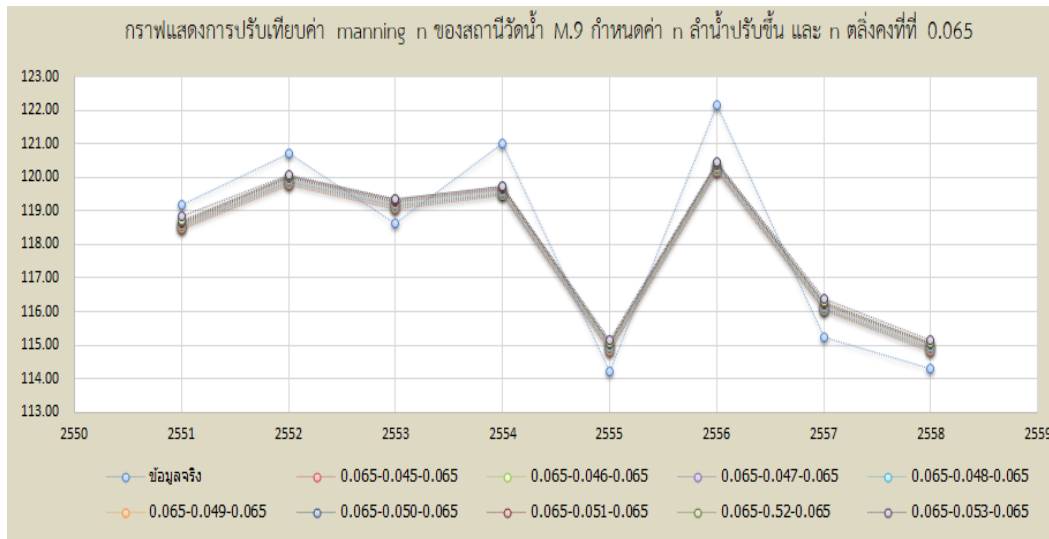


ภาพที่ 4.11 การปรับเทียบค่า Manning's n แบบลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยนตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9

ผลค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.055 เพื่อประมวลผลในแบบจำลอง โดยตรวจสอบความถูกต้องจากค่า RMSE ซึ่งได้ค่าความถูกต้องดังตารางที่ 4.8 และสามารถเขียนลงกราฟ ได้ผลใกล้เคียงระดับน้ำที่ได้จากข้อมูลวัดจริงตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.11 ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.9 ค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ตลิ่งคงที่ที่ 0.065

ชุดที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง			RMSE
	n ตลิ่งซ้าย	n ลำน้ำ	n ตลิ่งขวา	
1	0.065	0.045	0.065	1.0400
2	0.065	0.046	0.065	1.0344
3	0.065	0.047	0.065	1.0289
4	0.065	0.048	0.065	1.0233
5	0.065	0.049	0.065	1.0178
6	0.065	0.050	0.065	1.0122
7	0.065	0.051	0.065	1.0067
8	0.065	0.052	0.065	1.0011
9	0.065	0.053	0.065	0.9900



ภาพที่ 4.12 ผลการปรับเทียบค่า Manning's n แบบลำน้ำคงที่ 0.065 และปรับเปลี่ยนตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9

ผลค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่ง ณ สถานีวัดน้ำ M.9 กำหนดให้ค่า n ลำน้ำปรับขึ้น และ n ต่ลิ่งคงที่ที่ 0.065 เพื่อประมวลผลในแบบจำลอง โดยตรวจสอบความถูกต้องจากค่า RMSE ซึ่งได้ค่าความถูกต้องดังตารางที่ 4.9 และสามารถเขียนลงกราฟ ได้ผลใกล้เคียงระดับน้ำที่ได้จากข้อมูลวัดจริงตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.12 ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบจากแบบจำลอง

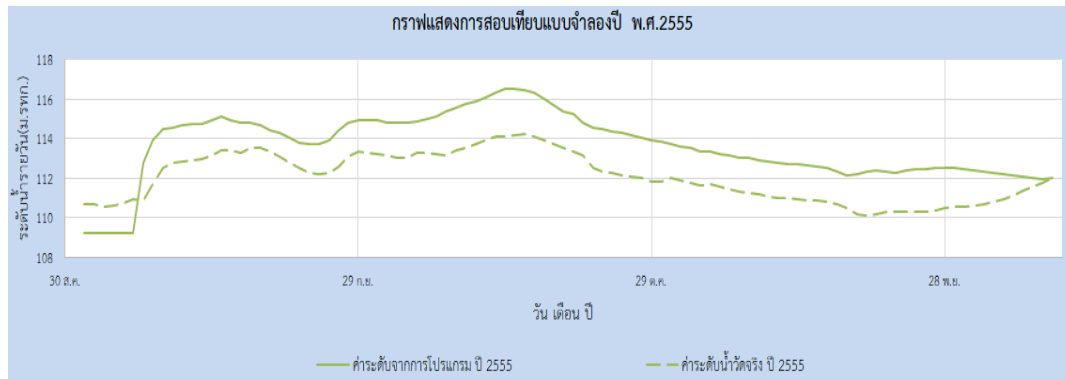
4.6 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Model) ใช้ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดใน พ.ศ. 2551 ถึง 2558 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดน้ำท่วมใหญ่ในอดีตและปัญหาน้ำแล้งในการสร้างแบบจำลอง และ นำแบบจำลองที่ได้ไปสอบเทียบแบบจำลอง (Validation Model) กับข้อมูลระดับน้ำรายวันของ พ.ศ. 2555, 2556 และ 2557 (ช่วงเดือนกันยายน – ธันวาคม) ซึ่งมีสถานการณ์น้ำน้อย น้ำปกติ และน้ำท่วมเขต ด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) ที่กม. 72+000 บ้านขาว ตำบลทุ่งไชย อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดศรีสะเกษ ใช้ข้อมูลอัตราการไหลที่ประเมินที่จุดเริ่มต้น (Initial Flow) เท่ากับอัตราการไหลสูงสุด หน่วยเป็น ลบ.ม./วินาที โดยกำหนดให้บริเวณปากลำห้วยสำราญ (กม. 0+000) เป็นขอบเขตข้อมูลด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) ควบคุมการไหลด้านท้ายน้ำ โดยความลึกปกติ (Normal Depth)

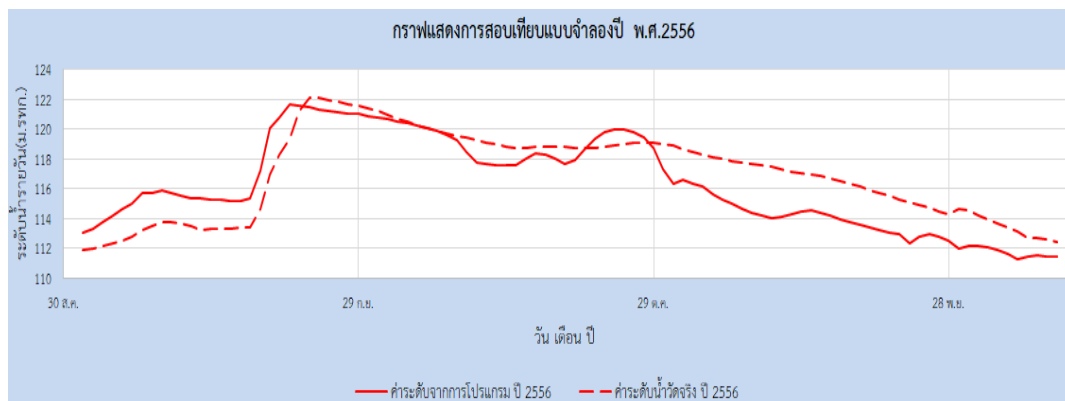
นำค่า n ที่ได้ปรับเทียบจากการประมวลผลกับค่าวัดจริงในข้อ 4.5 มาทำการสอบเทียบ ข้อมูลน้ำ 3 จุด คือ พ.ศ. 2555, พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 มาสอบเทียบเพื่อแสดงความสอดคล้อง ได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม
ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557

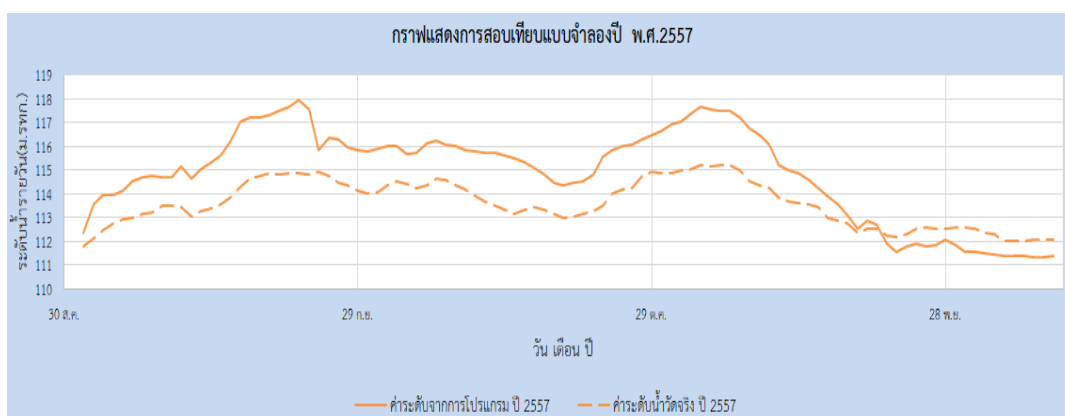
วัน เดือน	ค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ M.9 (ม.รทก.)					
	พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ
01 ก.ย.	110.69	109.23	111.83	113.03	111.75	112.35
02 ก.ย.	110.67	109.23	111.96	113.3	112.1	113.53
03 ก.ย.	110.57	109.23	112.17	113.72	112.47	113.97
04 ก.ย.	110.63	109.23	112.33	114.14	112.75	113.97
05 ก.ย.	110.73	109.23	112.51	114.6	112.9	114.09
06 ก.ย.	110.9	109.23	112.76	114.98	112.97	114.54
07 ก.ย.	110.84	112.75	113.2	115.69	113.15	114.71
08 ก.ย.	111.68	113.92	113.48	115.69	113.22	114.73
09 ก.ย.	112.48	114.51	113.7	115.84	113.49	114.71
10 ก.ย.	112.76	114.56	113.76	115.69	113.5	114.67
11 ก.ย.	112.8	114.69	113.67	115.49	113.44	115.16
12 ก.ย.	112.87	114.73	113.43	115.31	113.04	114.65
13 ก.ย.	112.94	114.73	113.23	115.31	113.27	115.04
14 ก.ย.	113.13	114.94	113.3	115.24	113.39	115.34
15 ก.ย.	113.37	115.1	113.28	115.24	113.57	115.62
16 ก.ย.	113.39	114.94	113.26	115.18	113.85	116.18
17 ก.ย.	113.28	114.82	113.35	115.18	114.3	117.03
18 ก.ย.	113.55	114.82	113.4	115.31	114.62	117.19
19 ก.ย.	113.52	114.65	114.67	117.18	114.76	117.19
20 ก.ย.	113.32	114.42	116.94	120.01	114.84	117.33
21 ก.ย.	113.06	114.28	118.23	120.76	114.78	117.51
22 ก.ย.	112.79	114.01	119.33	121.61	114.88	117.68
23 ก.ย.	112.52	113.79	121.19	121.58	114.84	117.94
24 ก.ย.	112.25	113.7	122.07	121.44	114.83	117.56
25 ก.ย.	112.17	113.75	122.09	121.3	114.93	115.85



ภาพที่ 4.13 ผลการสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.045 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูลระดับน้ำ พ.ศ. 2555 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม



ภาพที่ 4.14 ผลการสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.045 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูลระดับน้ำ พ.ศ. 2556 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม



ภาพที่ 4.15 ผลการสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.045 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูลระดับน้ำ พ.ศ.2557 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม

จากข้อมูลผลการสอบเทียบที่แสดงผลในตารางที่ 4.13 ภาพที่ 4.14 ถึงภาพที่ 4.15 ผล
การสอบเทียบค่า Manning's n ลำน้ำ 0.052 และ n ตลิ่ง 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ข้อมูล
ระดับน้ำ พ.ศ. 2555 ช่วงกันยายน ถึง ธันวาคม ได้ค่าความถูกต้อง ร้อยละ 7.23 พ.ศ. 2556 ได้ค่า
ความถูกต้อง ร้อยละ 1.59 และ พ.ศ. 2557 ได้ค่าความถูกต้อง ร้อยละ 1.05 ตามลำดับ

4.7 ผลการศึกษาตามกรณีศึกษา

จากการดำเนินการตามกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.190 ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี ที่ได้จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นโดยวิธี Gumbel เป็นค่าข้อมูลนำเข้า ด้านต้นน้ำ ซึ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n ช่วงที่ทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำ คือ n ลำน้ำเท่ากับ 0.030 และ n ตลิ่งซ้ายและขวาเท่ากับ 0.033 โดยส่วนที่ไม่ได้ปรับปรุงใช้ค่า n ที่ดีที่สุด ที่ได้จากการสอบเทียบ คือ n ลำน้ำ 0.052 และ n ตลิ่งซ้ายขวา 0.065 ซึ่งได้ผลการประมวลผล เป็นค่าระดับน้ำตั้งแต่ กม. 72+000 ถึง กม. 0+000 เป็นระยะทาง 72 กม. ตามกรณีศึกษา และ
ระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ณ สถานีวัดน้ำ M.9 ดังตารางที่ 4.11 ผลการศึกษา จาก
การประมวลผลด้วยโปรแกรม HEC-RAS 5.0

ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม HEC-RAS 5.0

กม.	ระดับน้ำ 50 ปี	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
0+000	120.23	116.95	116.51	116.36	116.51
1+000	120.33	117.06	116.61	116.46	116.61
2+000	120.43	117.14	116.70	116.56	116.70
3+000	120.52	117.23	116.78	116.64	116.78
4+000	120.63	117.35	116.87	116.73	116.87
5+000	120.71	117.43	116.97	116.83	116.97
6+000	120.84	117.56	117.12	116.96	117.12
7+000	121.00	117.73	117.27	117.10	117.27
8+000	121.17	117.91	117.43	117.24	117.43
9+000	121.31	118.06	117.57	117.38	117.57
10+000	121.42	118.13	117.72	117.53	117.72
11+000	121.59	118.33	117.88	117.67	117.88
12+000	121.73	118.49	118.07	117.84	118.07
13+000	121.84	118.59	118.29	118.02	118.29
14+000	121.93	118.67	118.42	118.14	118.39
15+000	121.99	118.75	118.50	118.22	118.43

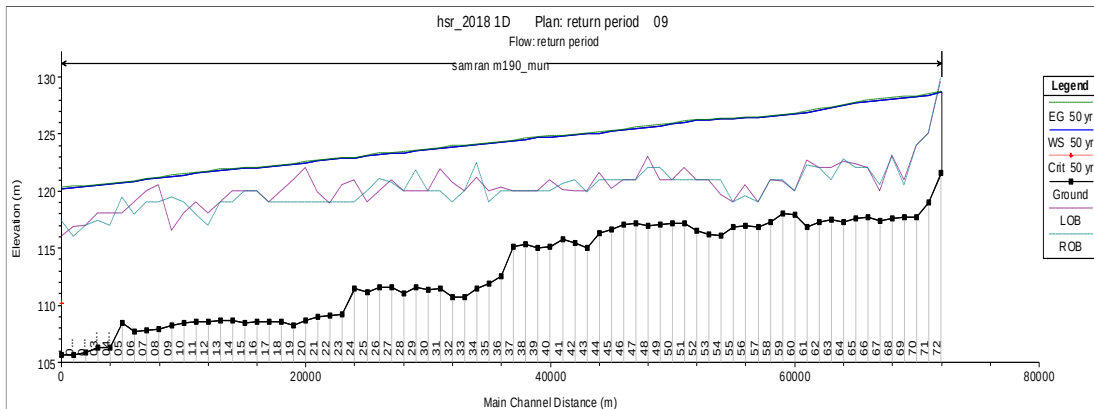
ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม HEC-RAS 5.0 (ต่อ)

กม.	ระดับน้ำ 50 ปี	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
16+000	122.02	118.76	118.55	118.25	118.46
17+000	122.15	118.89	118.73	118.39	118.56
18+000	122.24	119.00	118.90	118.50	118.65
19+000	122.34	119.09	119.02	118.61	118.74
20+000	122.51	119.26	119.24	118.79	118.83
21+000	122.63	119.41	119.44	118.94	118.91
22+000	122.75	119.53	119.67	119.06	118.98
23+000	122.84	119.65	119.84	119.16	119.04
24+000	122.90	119.71	119.97	119.23	119.14
25+000	123.05	119.88	120.28	119.40	119.36
26+000	123.25	120.08	120.56	119.61	119.63
27+000	123.34	120.23	120.66	119.71	119.74
28+000	123.35	120.18	120.68	119.72	119.73
29+000	123.52	120.49	120.89	119.90	120.05
30+000	123.61	120.64	121.04	119.99	120.16
31+000	123.75	120.77	121.25	120.14	120.28
32+000	123.90	120.90	121.39	120.30	120.38
33+000	123.98	120.99	121.48	120.39	120.44
34+000	124.08	121.08	121.59	120.48	120.51
35+000	124.16	121.16	121.69	120.58	120.58
36+000	124.25	121.24	121.79	120.67	120.65
37+000	124.39	121.34	121.95	120.81	120.74
38+000	124.54	121.51	122.13	120.97	120.92
39+000	124.67	121.66	122.28	121.10	121.08
40+000	124.76	121.79	122.38	121.19	121.20
41+000	124.86	121.92	122.51	121.30	121.34
42+000	124.94	122.01	122.62	121.38	121.46
43+000	125.01	122.12	122.68	121.45	121.56
44+000	125.07	122.16	122.75	121.51	121.60
45+000	125.23	122.33	122.95	121.68	121.76
46+000	125.35	122.42	123.10	121.80	121.86
47+000	125.52	122.56	123.30	121.97	122.02
48+000	125.62	122.67	123.42	122.08	122.13
49+000	125.73	122.74	123.54	122.19	122.19

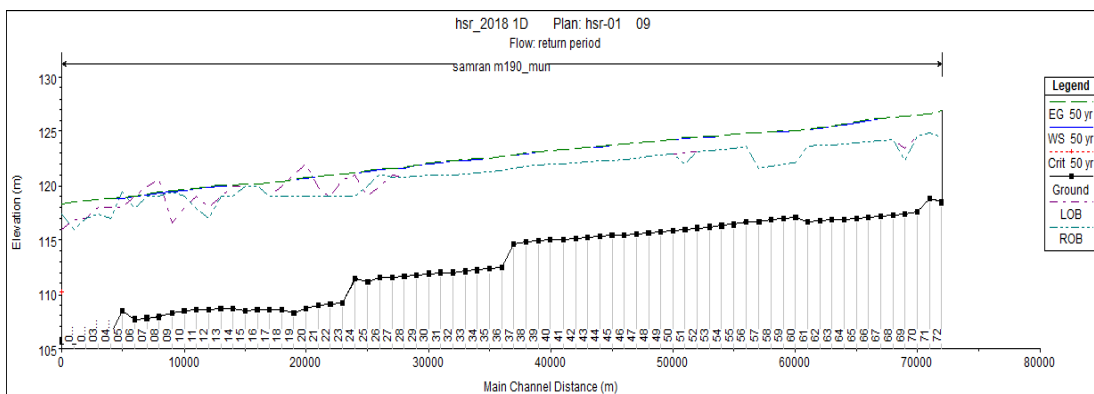
ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม HEC-RAS 5.0 (ต่อ)

กม.	ระดับน้ำ 50 ปี	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
50+000	125.86	122.85	123.70	122.33	122.31
51+000	126.05	123.00	123.91	122.52	122.45
52+000	126.17	123.11	124.02	122.64	122.55
53+000	126.23	123.15	124.08	122.70	122.60
54+000	126.31	123.22	124.13	122.78	122.66
55+000	126.36	123.30	124.18	122.84	122.73
56+000	126.41	123.40	124.22	122.88	122.82
57+000	126.47	123.45	124.27	122.95	122.87
58+000	126.53	123.50	124.32	123.01	122.92
59+000	126.61	123.56	124.41	123.09	122.99
60+000	126.72	123.63	124.52	123.20	123.07
61+000	126.91	123.73	124.72	123.39	123.20
62+000	127.14	123.89	124.97	123.62	123.41
63+000	127.30	124.04	125.13	123.79	123.60
64+000	127.47	124.18	125.30	123.96	123.77
65+000	127.71	124.36	125.51	124.20	123.98
66+000	127.89	124.62	125.67	124.38	124.27
67+000	128.01	124.81	125.77	124.49	124.46
68+000	128.11	124.91	125.86	124.60	124.57
69+000	128.22	125.03	125.95	124.71	124.67
70+000	128.27	125.10	125.99	124.76	124.74
71+000	128.42	125.23	126.18	124.91	124.88
72+000	128.70	125.43	126.70	125.19	125.12

4.7.1 กรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)



ภาพที่ 4.16 ผลการประมวลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงลำน้ำ



ภาพที่ 4.17 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 1

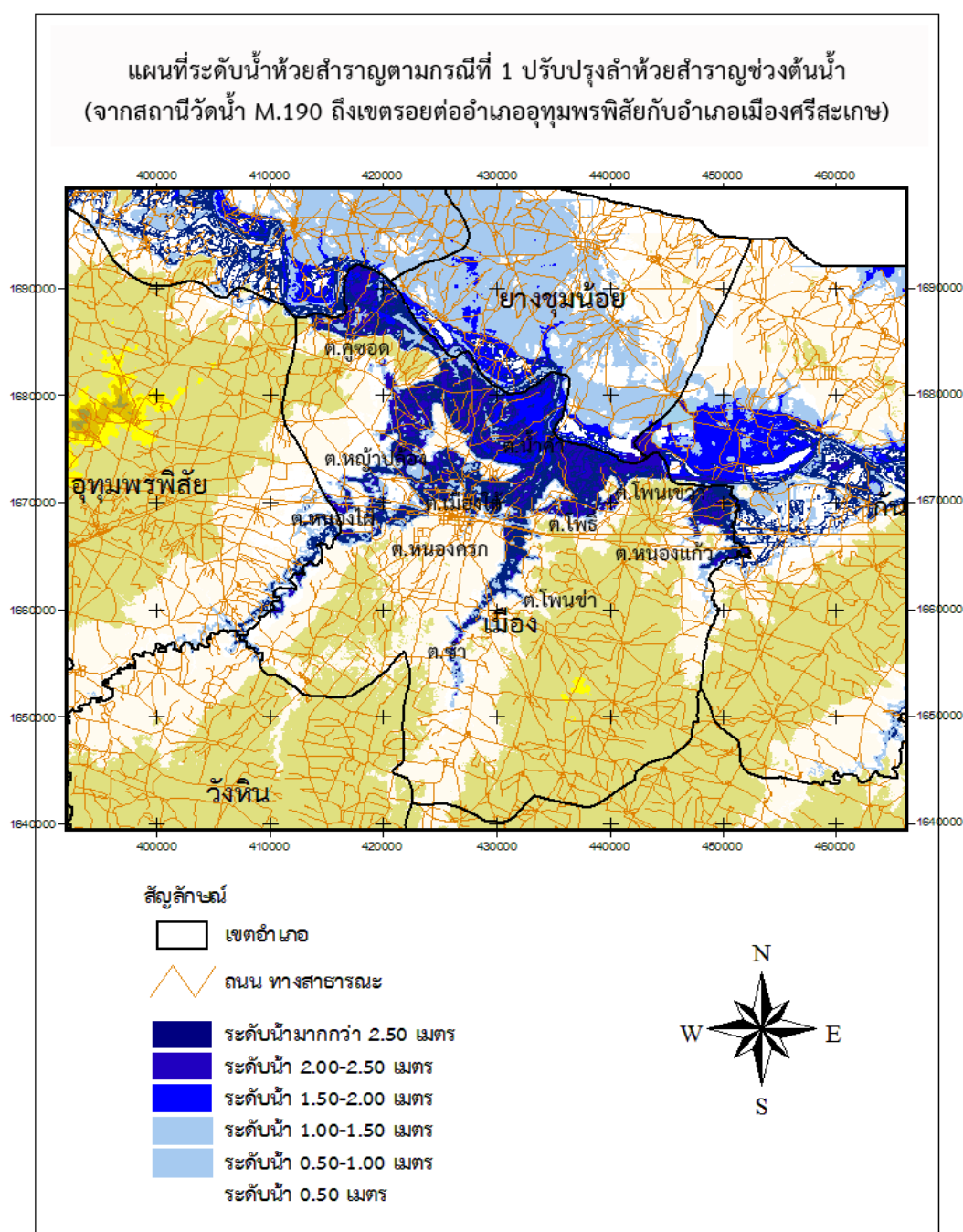
4.7.1.1 จากกรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ก่อนทำการขุดลอกปรับปรุงแสดงให้เห็นว่า

1) ช่วงที่ทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำตามกรณีที่ 1 ปรับปรุงลำห้วยช่วงต้นน้ำ มีระดับเปลี่ยนแปลงระดับน้ำลดลงไม่มากนักและยังมีจุดที่น้ำท่วมอยู่บ้าง จำนวน 22 หน้าตัด หรือประมาณ 22 กม.

2) ลำน้ำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำและท้ายน้ำยังมีน้ำท่วม ซึ่งมีระดับน้ำท่วมลดลงจากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ประมาณ 1.72 – 1.89 ม. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 4.16 และ 4.17

3) ช่วงลำน้ำเมื่อทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำแล้วมีระดับน้ำลดลงจากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี มากที่สุดที่ กม. 65+000 ซึ่งลดลงไป 1.95 ม.

4) การประมาณราคาการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญจาก กม. 28+000 ถึง กม. 72+000 ระยะทาง 45 กม. คิดเป็นงบประมาณ 90,041,000 บาท ซึ่งแสดงในภาพที่ 4.18 แสดงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยเมื่อทำการปรับปรุงลำน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี และตารางที่ 4.12 แสดงผลพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญเมื่อเทียบกับรอบการเกิดซ้ำ 50 ปี

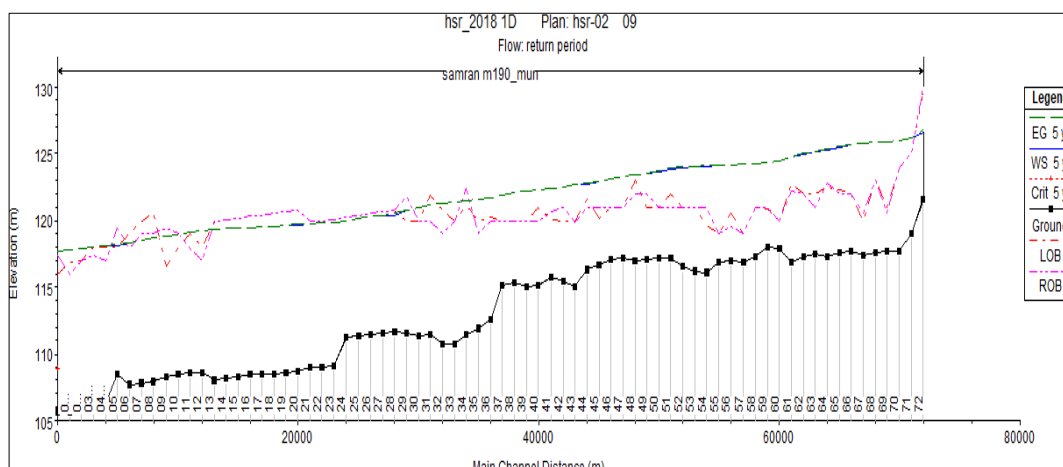


ภาพที่ 4.18 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 1

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 1
ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่อ
อำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)

ข้อมูล	ระดับน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	อาณาเขต (ตำบล)	ลดลง (ไร่)
	>2.50 ม.	1,250	ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	550
	2.50-2.00	655	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	250
	2.00-1.50	1,340	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	235
	1.50-1.00	400	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	50
	1.00-0.50	115	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	45
	<0.50	4,655	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว ตำบลชำ	35

4.7.2 กรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ (จากเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ)



ภาพที่ 4.19 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 2

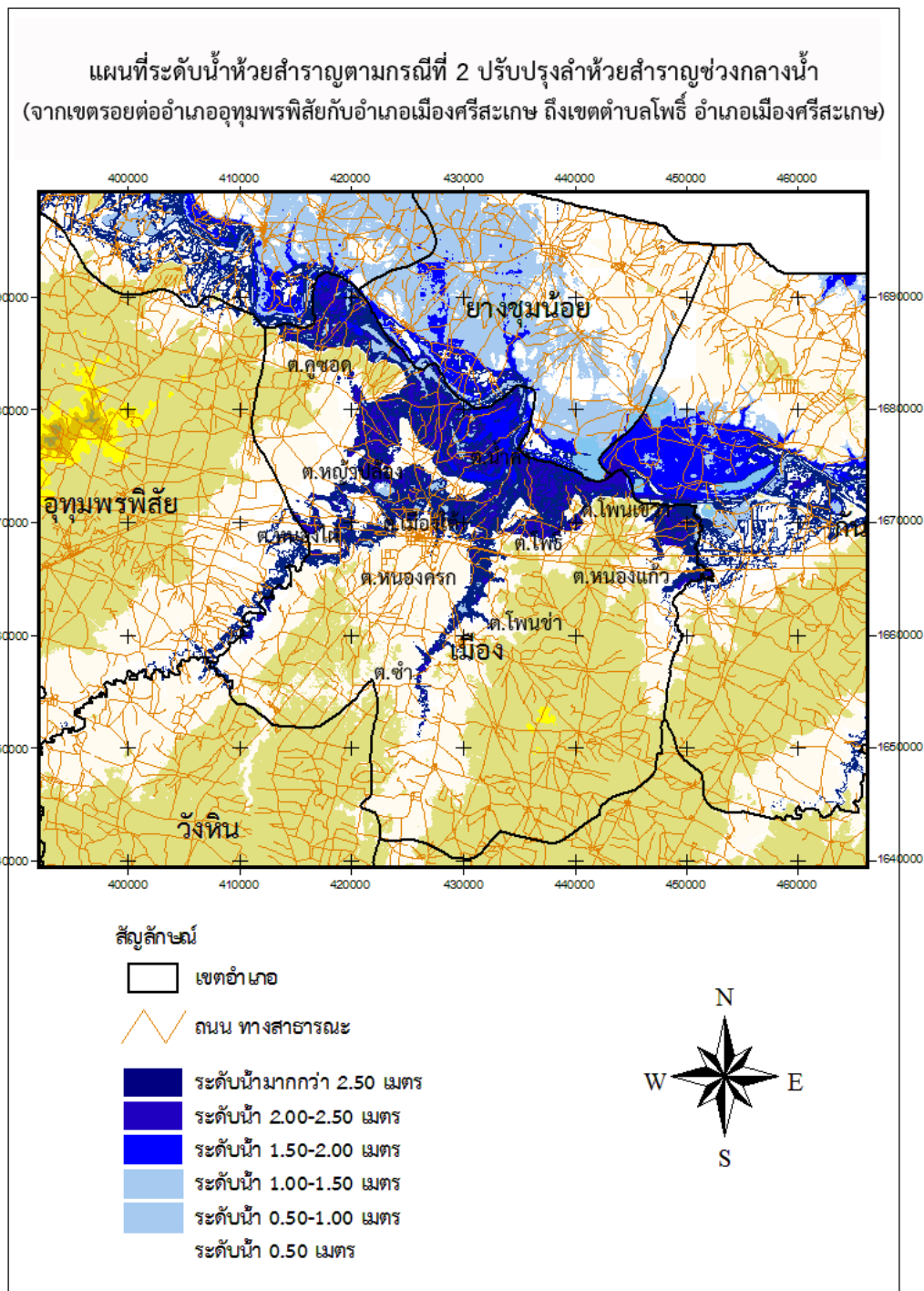
2.7.2.1 จากกรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ (จากเขตรอยต่ออำเภอ อุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ) เมื่อเปรียบเทียบกับ ระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ก่อนทำการขุดลอกปรับปรุงแสดงให้เห็นว่า

1) ช่วงที่การขุดลอกปรับปรุงลำน้ำตามกรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยช่วงกลางน้ำ มีระดับเปลี่ยนแปลงระดับน้ำลดลงไม่มากนัก และยังมีจุดที่น้ำท่วมอยู่บ้าง จำนวน 22 หน้าที่ตัด หรือประมาณ 22 กม.

2) ลำน้ำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำและท้ายน้ำยังมีน้ำท่วม ซึ่งมีระดับน้ำท่วมลดลง จากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ประมาณ 2.00 – 3.76 ม. ซึ่งแสดงการเปรียบไว้ในภาพที่ 4.19

3) ช่วงลำน้ำเมื่อทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำแล้วมีระดับน้ำลดลงจากระดับน้ำ ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี มากที่สุดที่ กม. 13+000 ซึ่งลดลงไป 3.55 ม.

4) การประมาณราคาการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญจาก กม. 13+000 ถึง กม. 28+000 ระยะทาง 16 กม. คิดเป็นงบประมาณ 33,322,000 บาท ซึ่งแสดงในภาพที่ 4.20 แสดงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยเมื่อทำการปรับปรุงลำน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี และตารางที่ 4.13 แสดงผลพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญเมื่อเทียบกับรอบการเกิดซ้ำ 50 ปี

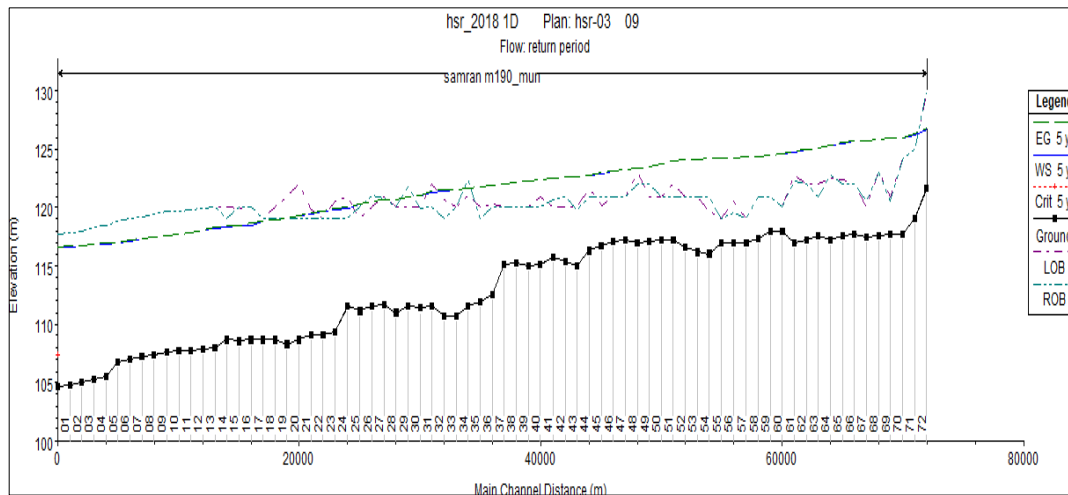


ภาพที่ 4.20 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 2

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 2
ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ (จากเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับ
อำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ)

ข้อมูล	ระดับน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	อาณาเขต (ตำบล)	ลดลง (ไร่)
	>2.50 ม.	1,200	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	600
	2.50-2.00	595	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	305
	2.00-1.50	1,150	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	435
	1.50-1.00	260	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	215
	1.00-0.50	115	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว	45
	<0.50	4,180	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว	335

4.7.3 กรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)



ภาพที่ 4.21 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 3

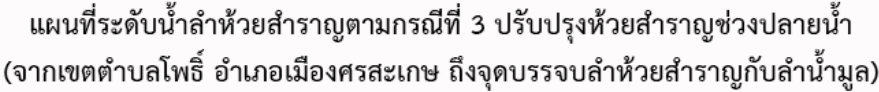
4.7.3.1 จากกรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำ ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ก่อนทำการขุดลอกปรับปรุงแสดงให้เห็นว่า

1) ช่วงที่ทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำตามกรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยช่วงปลายน้ำ มีระดับเปลี่ยนแปลงระดับน้ำลดลงพอสมควร จำนวน 13 หน้าตัดหรือประมาณ 13 กม.

2) ลำน้ำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำและกลางน้ำยังมีน้ำท่วม ซึ่งมีระดับน้ำท่วมลดลงจากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ประมาณ 3.51 – 3.78 ม. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 4.21

3) ช่วงลำน้ำเมื่อทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำแล้วมีระดับน้ำลดลงจากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี มากที่สุดที่ กม. 8+000 ซึ่งลดลงไป 3.93 ม.

4) การประมาณราคาการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญจาก กม. 0+000 ถึง กม. 13+000 ระยะทาง 13 กม. คิดเป็นงบประมาณ 8,428,000 บาท ซึ่งแสดง ในภาพที่ 4.22 แสดงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยเมื่อทำการปรับปรุงลำน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี และตารางที่ 4.14 แสดงผลพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญเมื่อเทียบกับรอบการเกิดซ้ำ 50 ปี

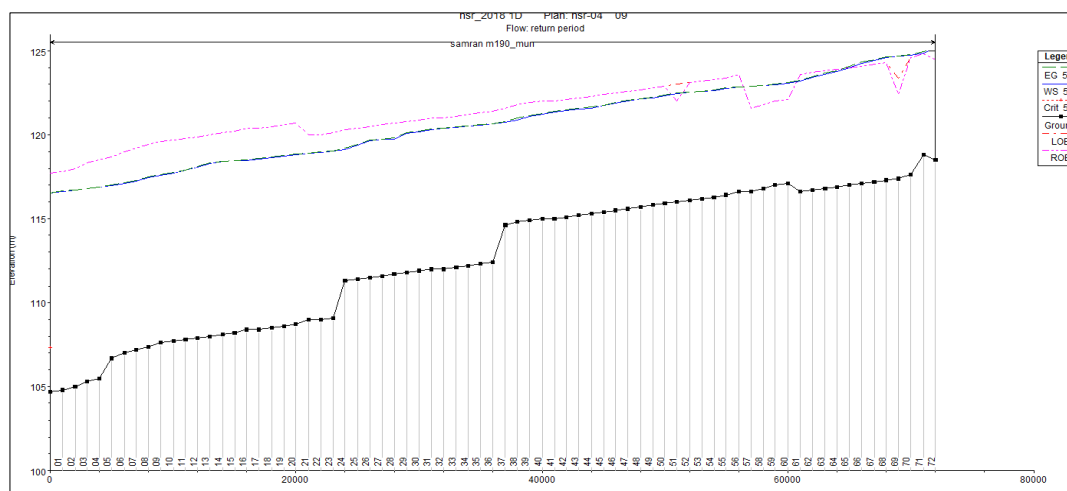


ภาพที่ 4.22 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 3

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 3
ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ
ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

ข้อมูล	ระดับน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	อาณาเขต (ตำบล)	ลดลง (ไร่)
	>2.50 ม.	1,250	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	550
	2.50-2.00	655	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	250
	2.00-1.50	1,340	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	235
	1.50-1.00	400	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	50
	1.00-0.50	115	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว	45
	<0.50	4,655	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว	35

4.7.4 กรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญทั้ง 3 ช่วง (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)



ภาพที่ 4.23 ผลการประมวลผลแบบจำลองรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี กรณีที่ 4

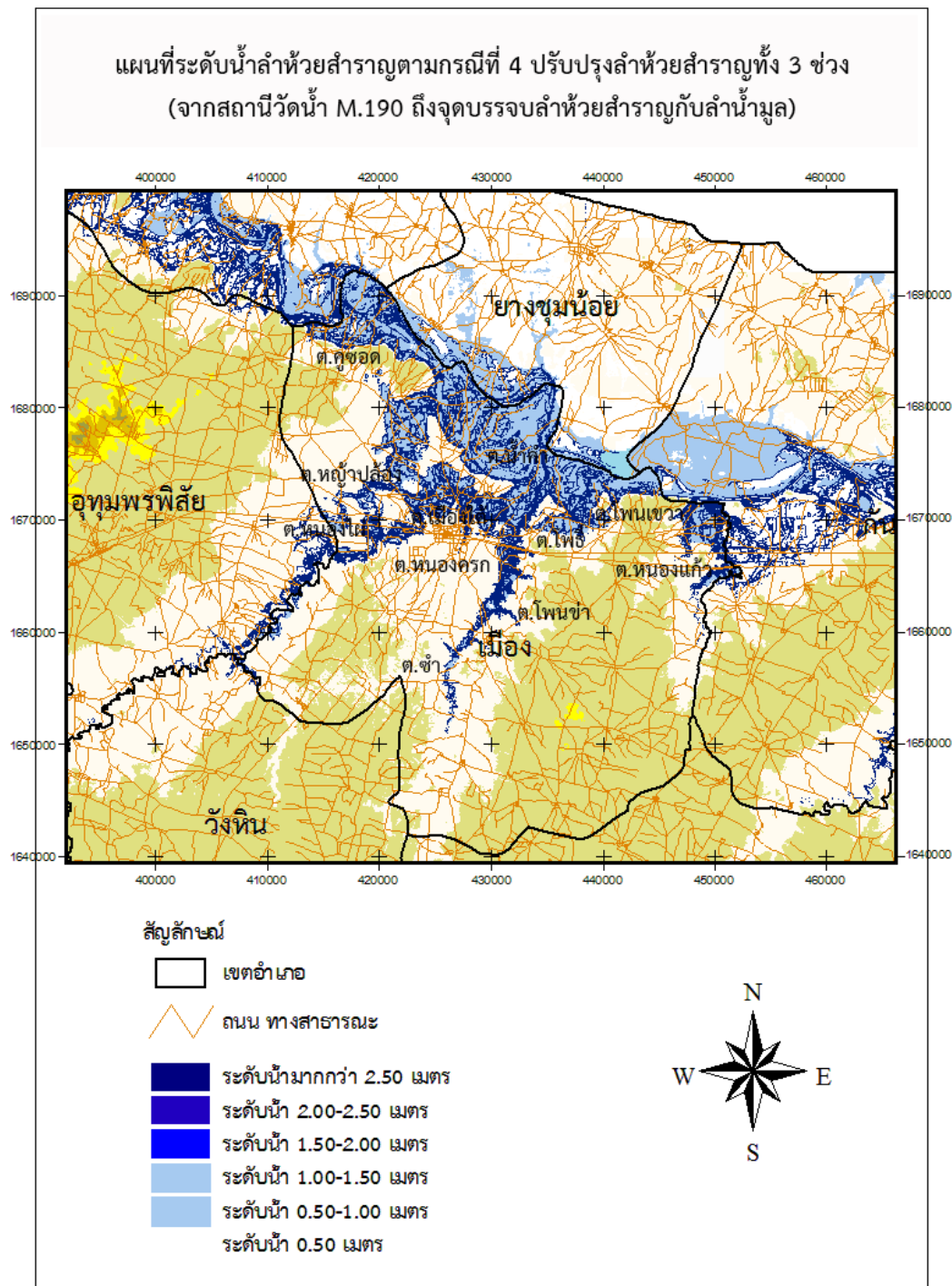
4.7.4.1 จากกรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญทั้ง 3 ช่วง (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ก่อนทำการขุดลอกปรับปรุงแสดงให้เห็นว่า

1) ช่วงที่ทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำตามกรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยช่วงกลางน้ำ มีระดับเปลี่ยนแปลงระดับน้ำลดลงไม่มากนักและยังมีจุดที่น้ำท่วมอยู่บ้าง จำนวน 22 หน้ตัด หรือ ประมาณ 22 กม.

2) ลำน้ำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำและท้ายน้ำ ยังมีน้ำท่วม ซึ่งมีระดับน้ำท่วมลดลงจากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี ประมาณ 1.72 – 1.89 ม. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 4.23

3) ช่วงลำน้ำเมื่อทำการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำแล้วมีระดับน้ำลดลงจากระดับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี มากที่สุดที่ กม. 65+000 ซึ่งลดลงไป 1.95 ม.

4) การประมาณราคาการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญจาก กม. 0+000 ถึง กม. 72+000 ระยะทาง 72 กม. คิดเป็นงบประมาณ 131,792,000 บาท ซึ่งแสดง ในภาพที่ 4.24 แสดงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยเมื่อทำการปรับปรุงลำน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี และตารางที่ 4.15 แสดงผลพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญเมื่อเทียบกับรอบการเกิดซ้ำ 50 ปี



ภาพที่ 4.24 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสาหร่ายรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสาหร่ายหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 4

ตารางที่ 4.15 รายละเอียดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุง ตามกรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญทั้ง 3 ช่วง (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

ข้อมูล	ระดับน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	อาณาเขต (ตำบล)	ลดลง (ไร่)
	>2.50 ม.	350	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	1,550
	2.50-2.00	355	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	1,050
	2.00-1.50	340	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	1,235
	1.50-1.00	750	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก	เพิ่มขึ้น 1,675
	1.00-0.50	215	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว	เพิ่มขึ้น 175
ข้อมูล	<0.50	5,125	ตำบลคูซอด ตำบลน้ำคำ ตำบลโพธิ์ ตำบลหญ้าปล้อง ตำบลหนองไผ่ ตำบลหนองครก ตำบลเมืองใต้ ตำบลโพนเขวา ตำบลหนองแก้ว	เพิ่มขึ้น 225

4.8 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำ

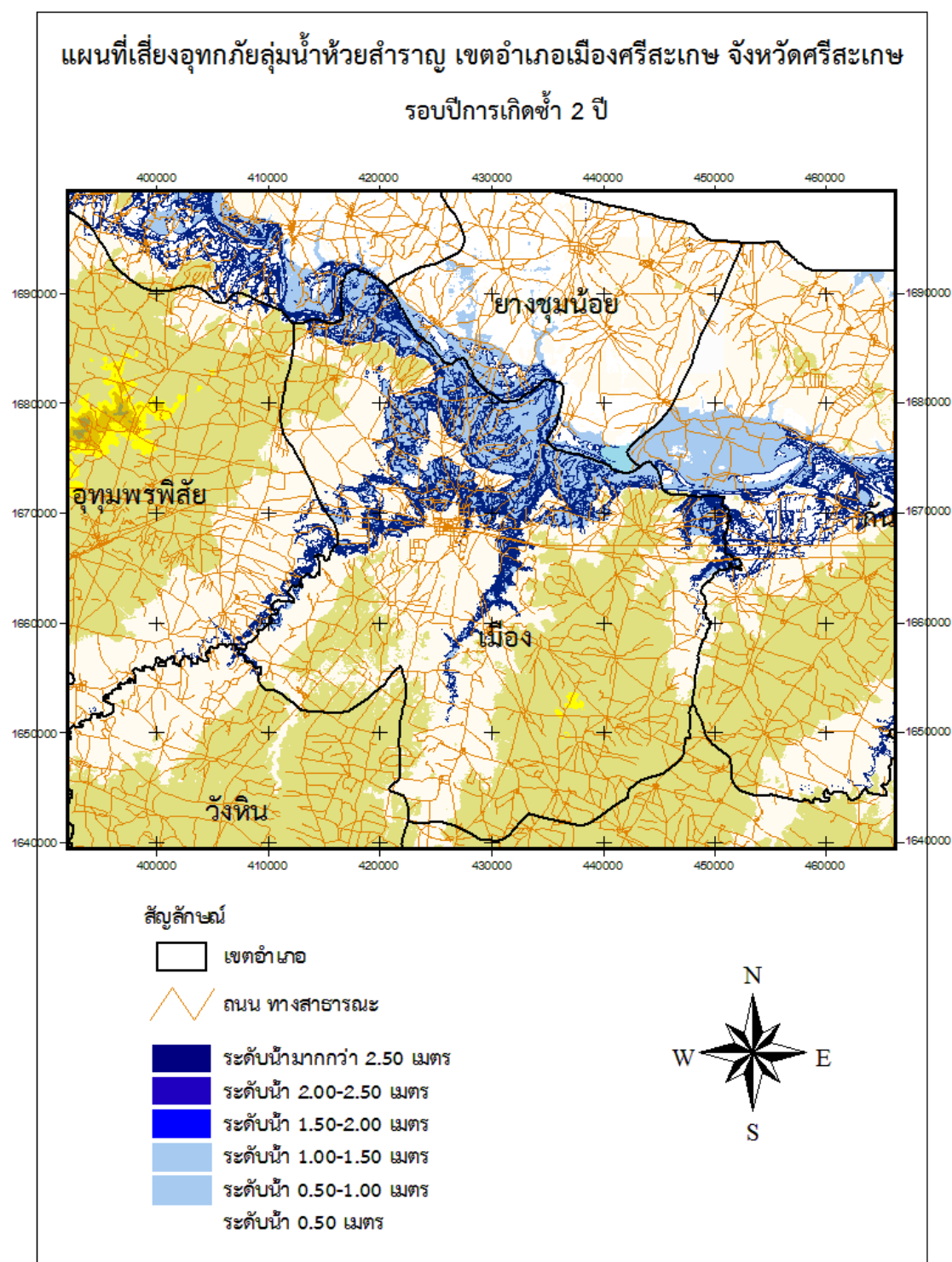
จากการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยใช้ค่าระดับน้ำสูงสุดรายปีและค่าอัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.190 พ.ศ. 2551 ถึง 2558 ได้ผลการเปรียบเทียบที่มีค่าสหสัมพันธ์ (RMSE) ที่ดีที่สุดคือการใช้ค่า Manning's n ลำน้ำที่ 0.052 และตลิ่งซ้ายขวาที่ 0.065 และสามารถนำเสนอภาพซ้อนทับกับแผนที่ได้ภาพ ณ รอบปีการเกิดซ้ำ

4.8.1 การสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำโดยใช้โปรแกรม Global Mapper สร้างเส้น Contour Line แล้วบันทึกข้อมูลโดยการ Export ออกมาในรูปของ Shapefile (*.shp) คือ Line กับ Area ที่ระดับชั้นละ 0.10 ม. เมื่อได้ข้อมูลในรูปแบบ Shapefile แล้วจึงเปิดโปรแกรม Arc View 3.3 ขึ้นมาเพื่อการสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยที่แสดงไว้ข้างต้นแล้ว

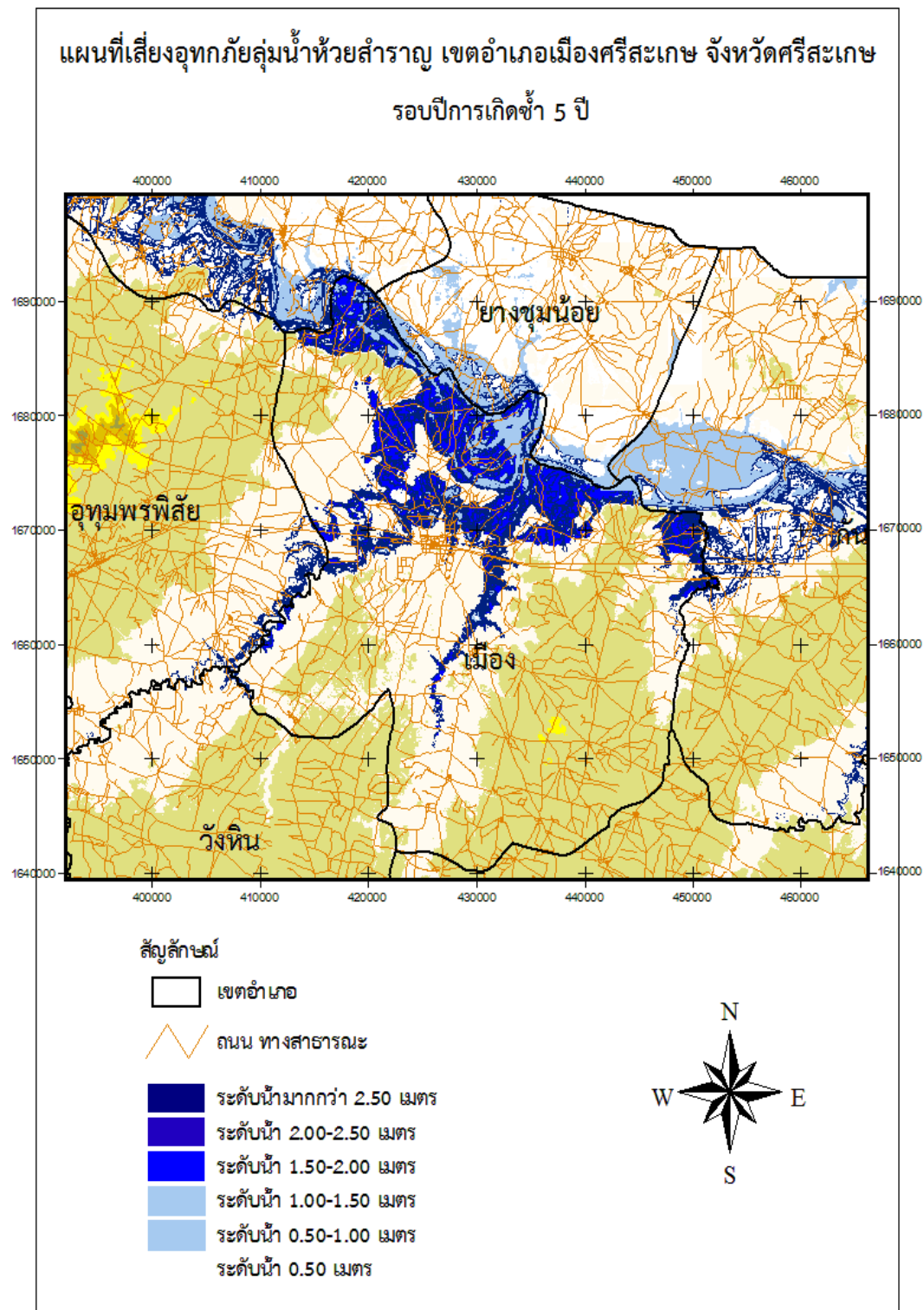
4.8.2 ใช้ข้อมูลรอบปีการเกิดซ้ำด้วยวิธี Gumbel ของสถานีวัดน้ำ M.9 แสดงข้อมูล ดัง
ในตารางที่ 3.10 การคำนวณรับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 และภาพที่ 3.13
กราฟรอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel และที่ได้จากการประมวลผล
ในแบบจำลอง HEC-RAS 5.0

4.8.3 นำข้อมูลที่ได้ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นและผลจากการประมวลผลในแบบจำลอง
ไปทำการสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยในโปรแกรม Arc View

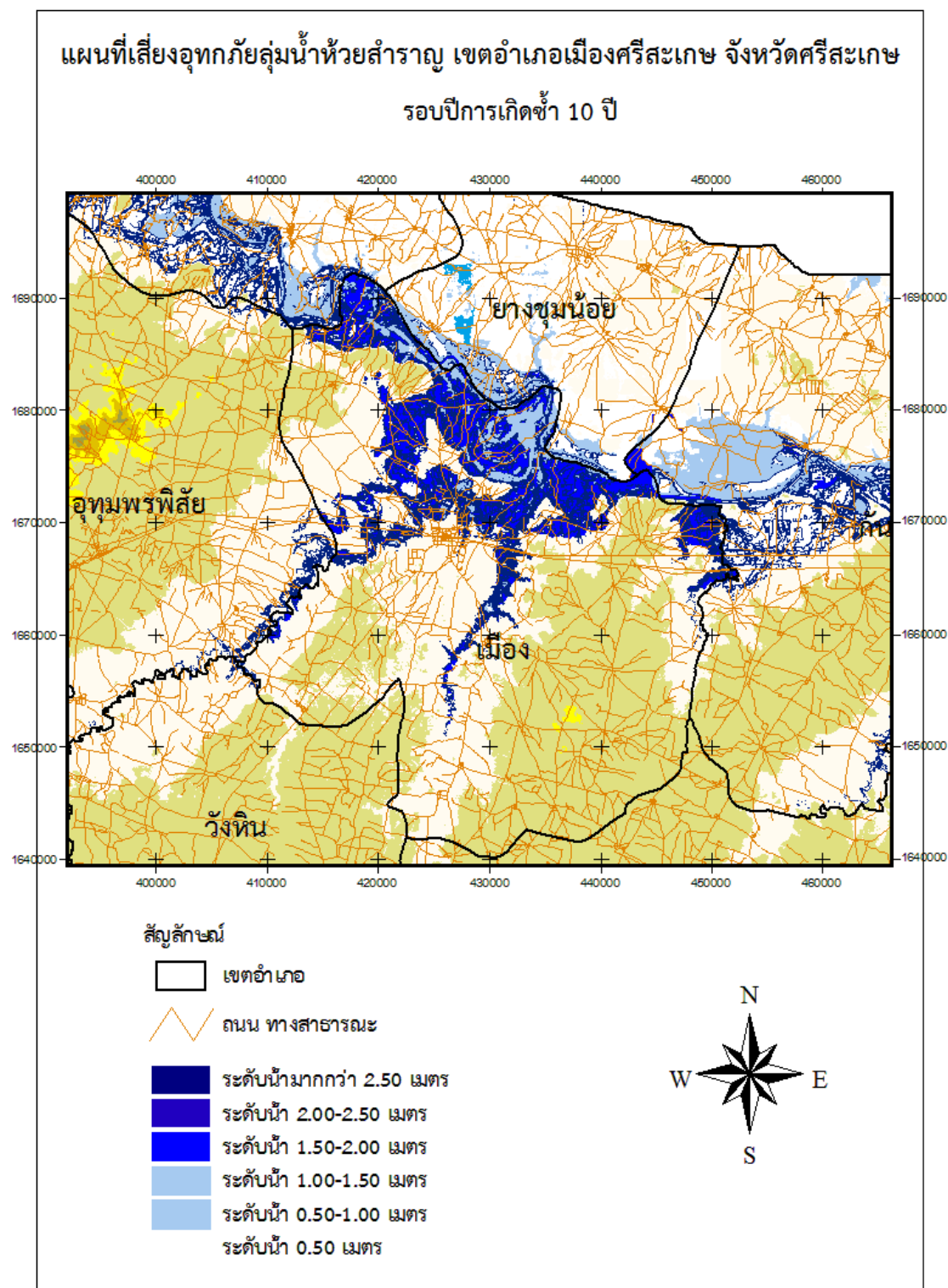
4.8.4 จะได้แผนที่เสี่ยงอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำกรณีที่ยังไม่ปรับปรุงลำน้ำที่ 2, 5, 10, 20, 50
และ 100 ปี ซึ่งดูได้จากภาพที่ 4.25 ถึงภาพที่ 4.30 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญในรอบปี
การเกิดซ้ำต่าง ๆ และแผนที่ระดับน้ำตามกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี



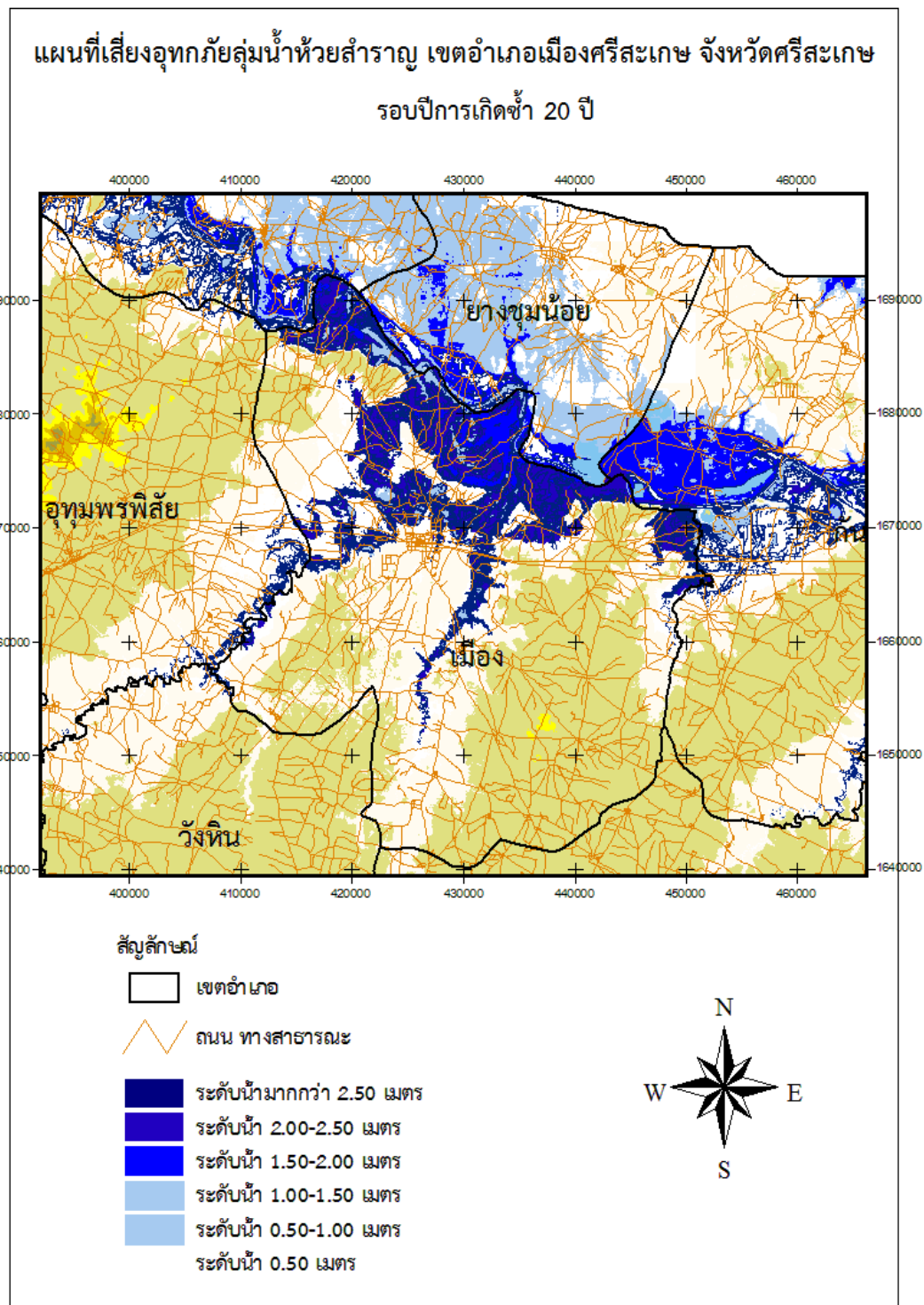
ภาพที่ 4.25 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี



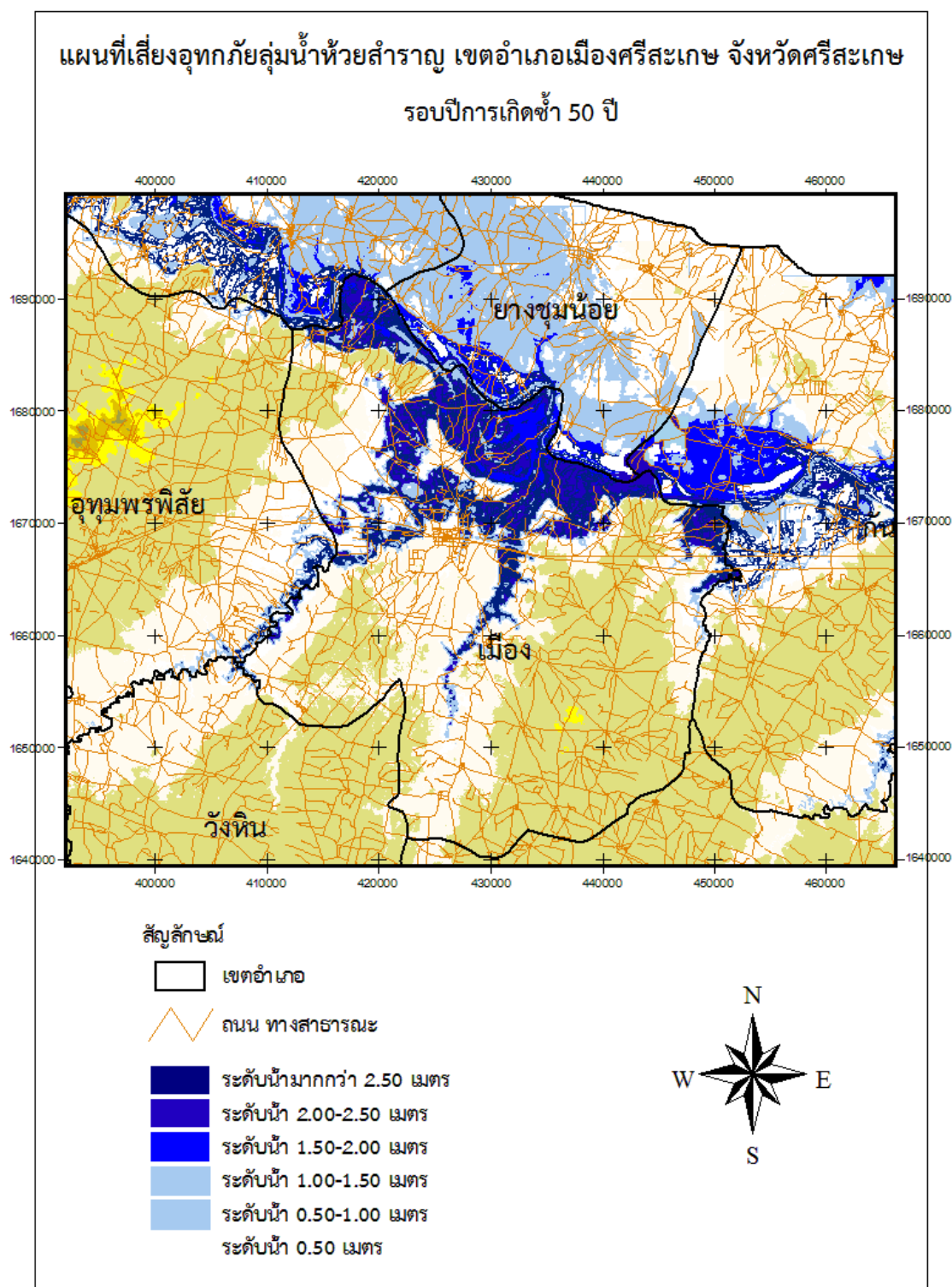
ภาพที่ 4.26 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี



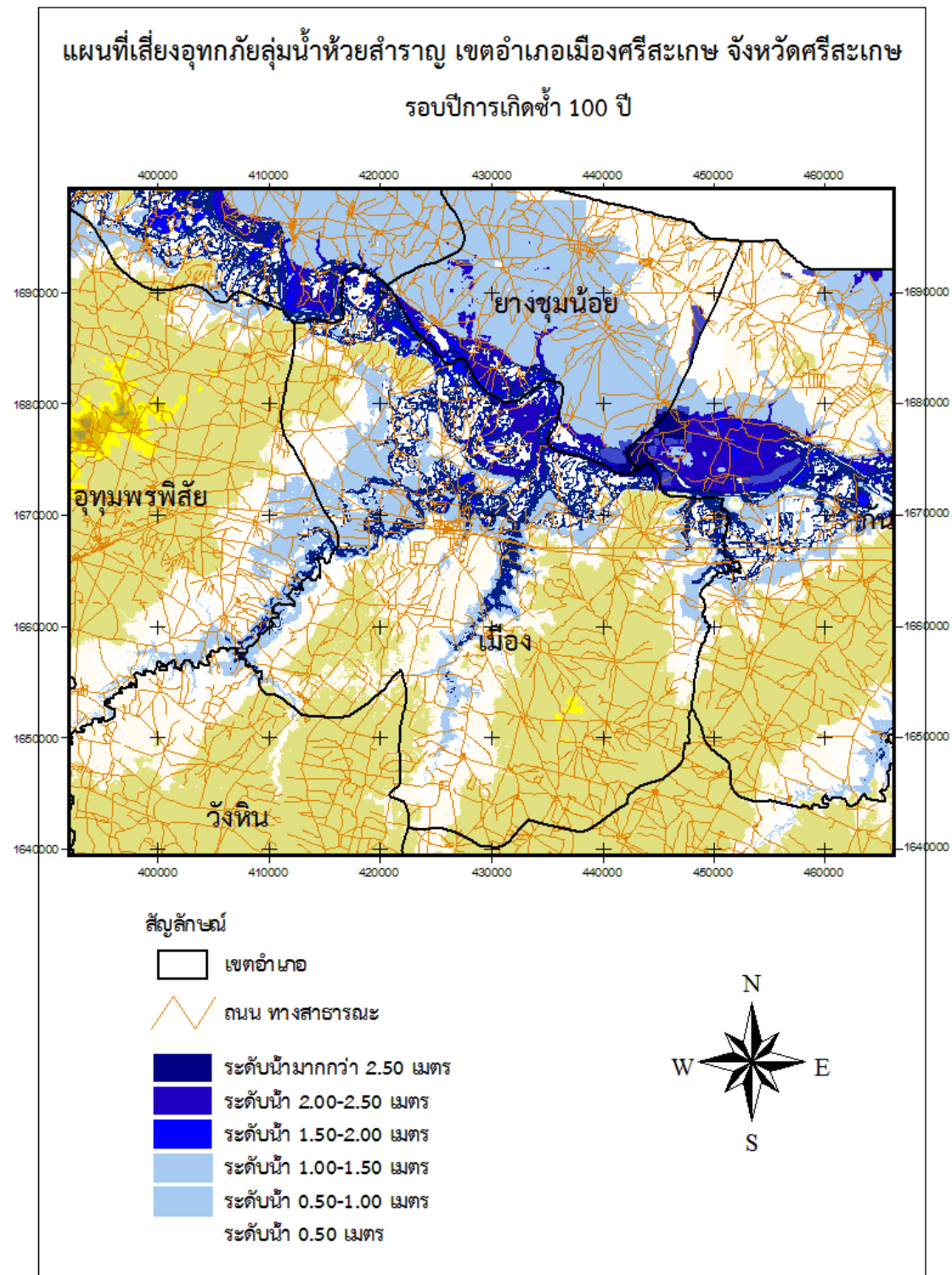
ภาพที่ 4.27 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี



ภาพที่ 4.28 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี



ภาพที่ 4.29 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี



ภาพที่ 4.30 แผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการรวบรวมข้อมูล

จากศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แนวทางการบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญ เขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS 5.0 โดยใช้ในการคำนวณระดับน้ำจากโปรแกรม HEC-RAS 5.0 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นตัวแทนการไหลของน้ำในลุ่มน้ำห้วยสำราญ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำที่ ค่า $n = 0.052 - 0.065$

จากศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การขุดลอกปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญ เขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS 5.0 โดยใช้ในการปรับปรุงลำน้ำและตลิ่ง หรือการที่สร้างทางผันน้ำเลี่ยงเมืองด้านทิศใต้ไปลงลำห้วยแฮดนั้น สามารถลดระดับน้ำท่วมขังในเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ

5.1.1 ข้อมูลกายภาพ

5.1.1.1 ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำจากการใช้ข้อมูล DEM จำนวน 72 หน้าตัด

5.1.1.2 ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำจากการสำรวจรายละเอียด จำนวน 20 หน้าตัด รวมทั้งหมด 72 หน้าตัด ระยะทาง 72 กม.

5.1.2 ข้อมูลอุทกวิทยา

จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็น 3 วิธี คือ วิธีลงจุด วิธี Gumbel Distributions และวิธี Log Pearson III ของสถานีวัดน้ำ M.9 และ M.190 โดยเลือกใช้ข้อมูลความน่าจะเป็นวิธี Gumbel distributions มาใช้ในการสร้างแผนที่เสี่ยงอุทกภัยรอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี และนำค่าข้อมูลมาใช้ในการแบบจำลอง HEC-RAS 5.0 เพื่อเปรียบเทียบระดับน้ำก่อนการปรับปรุงลำน้ำ กับหลังการปรับปรุงลำน้ำตามกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี

ซึ่งใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.190 เป็นข้อมูลต้นน้ำทั้งค่าระดับน้ำและอัตราการไหล โดยมีข้อมูลของสถานีวัดน้ำ M.9 เป็นสถานีเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

5.2 สรุปผลกรณีศึกษาการขุดลอกปรับปรุงลำน้ำ

5.2.1 แนวทางตามกรณีที่ 1 ปรับปรุงลำน้ำห้วยสำราญช่วงต้นน้ำ (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงเขตรอยต่ออำเภออุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ)

เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงลำน้ำจาก กม. 28+000 ถึง กม. 72+000 เป็นจำนวน 44 หน้าตัดหรือระยะทาง 44 กม.

พื้นที่น้ำท่วมต่ำกว่า 0.50 ม. มี 4,110 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 0.50-1.50 ม. มี 2,550 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 1.50-2.50 ม. มี 1,995 ไร่ และพื้นที่ท่วมสูงกว่า 2.50 ม. มี 1,250 ไร่

โดยมีการลดลงของพื้นที่น้ำท่วมคิดเป็น ร้อยละ 18.05, 77.46, 53.37 และ 35.73 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำท่วมสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี คิดเป็นงบประมาณ 90,041,250 บาท

5.2.2 แนวทางตามกรณีที่ 2 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงกลางน้ำ (จากเขตรอยต่ออำเภอ อุทุมพรพิสัยกับอำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ)

เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงลำน้ำจาก กม. 13+000 ถึง กม. 28+000 จำนวน 16 หน้าตัด หรือระยะทาง 16 กม. พื้นที่น้ำท่วมต่ำกว่า 0.50 ม. มี 4,655 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 0.50-1.50 ม. มี 2,440 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 1.50-2.50 ม. มี 1,745 ไร่ และพื้นที่ท่วมสูงกว่า 2.50 ม. มี 1,200 ไร่ โดยมีการลดลงของพื้นที่น้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 7.18, 79.41, 71.05 และ 38.30 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำท่วมสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี คิดเป็นงบประมาณ 33,322,875 บาท

5.2.3 แนวทางตามกรณีที่ 3 ปรับปรุงลำห้วยสำราญช่วงปลายน้ำ (จากเขตตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงลำน้ำจาก กม.0+000 ถึง กม. 13+000 เป็นจำนวน 13 หน้าตัด หรือระยะทาง 13 กม. พื้นที่น้ำท่วมต่ำกว่า 0.50 ม. มี 4,055 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 0.50-1.50 ม. มี 2,045 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 1.50-2.50 ม. มี 1,995 ไร่ และพื้นที่ท่วมสูงกว่า 2.50 ม. มี 1,335 ไร่ โดยมีการลดลงของพื้นที่น้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 19.14, 75.24, 52.84 และ 31.36 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำท่วมสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี คิดเป็นงบประมาณ 8,428,500 บาท

5.2.4 แนวทางตามกรณีที่ 4 ปรับปรุงลำห้วยสำราญทั้ง 3 ช่วง (จากสถานีวัดน้ำ M.190 ถึงจุดบรรจบลำห้วยสำราญกับลำน้ำมูล)

เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำห้วยสำราญหลังทำการปรับปรุงลำน้ำจาก กม. 72+000 ถึง กม. 0+000 เป็นจำนวน 72 หน้าตัด หรือระยะทาง 72 กม. มีพื้นที่น้ำท่วมต่ำกว่า 0.50 ม. มี 5,125 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 0.50-1.50 ม. มี 965 ไร่ พื้นที่ท่วมระหว่าง 1.50-2.50 ม. มี 695 ไร่ และพื้นที่ท่วมสูงกว่า 2.50 ม. มี 350 ไร่ โดยมีการลดลงของพื้นที่น้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 2.19, 126.01, 144.76 และ 82.01 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับระดับน้ำท่วมสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี คิดเป็นงบประมาณ 131,792,625 บาท

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษามีข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งนี้ คือ

5.3.1 การขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมกับลุ่มน้ำมูลส่วนที่ 3 ซึ่งอยู่ทางด้านทิศเหนือของเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษด้วย เนื่องจากระดับตลิ่งของลุ่มน้ำมูลส่วนที่ 3 นี้มีระดับต่ำยังผลให้ลุ่มน้ำห้วยสำราญนั้น ต้องได้รับผลกระทบจากการเพิ่มของระดับน้ำที่ไม่สัมพันธ์กัน

5.3.2 หากใช้ข้อมูลประมวลผลด้วยวิธีการไหลแบบไม่สม่ำเสมอ หรือเปลี่ยนแปลงตามเวลา เพื่อให้ได้ระดับน้ำตามลำน้ำมีการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก หรือใช้การนำเข้าแบบ 2D จะทำให้ได้ข้อมูลในรูปแบบ 2 มิติ และจะทำให้พยากรณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์ป้องกันวิกฤตน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. “ลุ่มน้ำมูล”, ข้อมูลลุ่มน้ำ.
<http://mekhala.dwr.go.th/knowledge-basin-mun.php>. 5 มิถุนายน, 2558.
- [2] ฐานข้อมูลลำน้ำและการประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำเบื้องต้น กรมทรัพยากรน้ำ.
 “ลุ่มน้ำมูล”, ฐานข้อมูลลำน้ำ. http://streff.dwr.go.th/Stream_EFF_Map/.
 1 พฤษภาคม, 2558.
- [3] GISTDA. “แผนที่อุทกภัยจังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2554”, แผนที่น้ำท่วม.
<http://flood.gistda.or.th>. 10 พฤศจิกายน, 2558.
- [4] สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ. “มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและ
 ลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย”, แผนที่. [http://www.dwr.go.th/contents/
 files/article/article_th-27012012-162728-85852.pdf](http://www.dwr.go.th/contents/files/article/article_th-27012012-162728-85852.pdf). 15 พฤษภาคม, 2558.
- [5] กรมโยธาธิการและผังเมือง. “แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ”, ขอบเขตตำบลในจังหวัดศรีสะเกษ.
http://subweb.dpt.go.th/sisaket/tambon_scope/onsub_tambon_scope.html.
 20 มิถุนายน, 2558.
- [6] Chow Ven Te. **Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill Book, 1998.
- [7] ภาณุพงศ์ เทพสมบัติ และปรัชญาพล ไททอง. การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ
 ต่อระดับน้ำ โดยการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ด้วยแบบจำลอง Info Works RS.
 โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.
- [8] กิรติ ลีจันกุล. **อุทกวิทยา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต, 2543.
- [9] สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. “ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี M.9
 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลห้วยปล้อง อำเภอมือ จังหวัดศรีสะเกษ”, ปริมาณน้ำท่า
 รายเดือน-ปี ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. <http://hydro-4.rid.go.th>.
 15 พฤษภาคม, 2558.
- [10] สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. “ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของ
 สถานี M.190 ห้วยสำราญ บ้านขาว ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย
 จังหวัดศรีสะเกษ”, ปริมาณน้ำท่ารายเดือน-ปีลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง.
<http://hydro-4.rid.go.th>. 15 พฤษภาคม, 2558.
- [11] สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. “ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุด
 สถานี M.9 ห้วยสำราญตอนล่าง ตำบลห้วยปล้อง อำเภอมือ จังหวัดศรีสะเกษ”,
 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน-ปีลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง.
<http://hydro-4.rid.go.th>. 15 พฤษภาคม, 2558.
- [12] สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. “ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุด
 ของสถานี M.190 ห้วยสำราญ บ้านขาว ตำบลทุ่งไชย อำเภออุทุมพรพิสัย
 จังหวัดศรีสะเกษ”, ปริมาณน้ำท่ารายเดือน-ปีลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง.
<http://hydro-4.rid.go.th>. 15 พฤษภาคม, 2558.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] ศักดิ์ชาย พวงจันทร์. “การสร้างแบบจำลองท่งน้ำท่วมของกลุ่มน้ำเลยด้วยโปรแกรม HEC-RAS”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 33(6): 571-577; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2557.
- [14] ดุษฎี พรพระแก้ว, อรรถนันท์ เล็กอุทัย และศรชัย จรรย์นพวงศ์. รายงานวิจัยโครงการศึกษาประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองท่าตะเภาหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภา จังหวัดชุมพร. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน, 2550.
- [15] ศุภกรณ์ สังข์สกุล. แนวทางลดระดับน้ำหลากในลำน้ำบริเวณเหนือฝายลำเซบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.
- [16] ประเสริฐ ลำภากร. การจำลองการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวังด้วยแบบจำลองอินโฟเวิร์ค อาร์ เอส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553.
- [17] เชวงศักดิ์ ฤทธิรอด. การศึกษาสภาพน้ำท่วมและมาตรการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะโง โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.
- [18] สุภารัตน์ ภิรมย์. การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.
- [19] ดุษฎี พรพระแก้ว, อรรถนันท์ เล็กอุทัย และศรชัย จรรย์นพวงศ์. รายงานวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองท่าตะเภาหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภา จังหวัดชุมพร. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน, 2550.
- [20] ณัฐวุฒิ เอี่ยมกาญจน์. น้ำหลากของแม่น้ำปิงช่วงพื้นที่เมืองเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- [21] ปิยาอร เวชชี. บูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการสร้างแบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อการวิเคราะห์และทำแผนที่น้ำหลาก: กรณีศึกษาลุ่มน้ำเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [22] จักรฤทธิ์ ตรีนาง. การพยากรณ์ระดับน้ำหลากที่สถานีวัดน้ำ M.7 โดยใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.
- [23] ฝ่ายออกแบบส่วนวิศวกรรม สขป.17 กรมชลประทาน. คู่มือออกแบบคลองชลประทาน. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน, 2560.
- [24] ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์. การวางแผนและออกแบบระบบส่งน้ำชลประทาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.
- [25] กรมชลประทาน. มาตรฐานการคำนวณออกแบบระบบส่งน้ำและระบายน้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการรัฐมนตรี, 2547.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

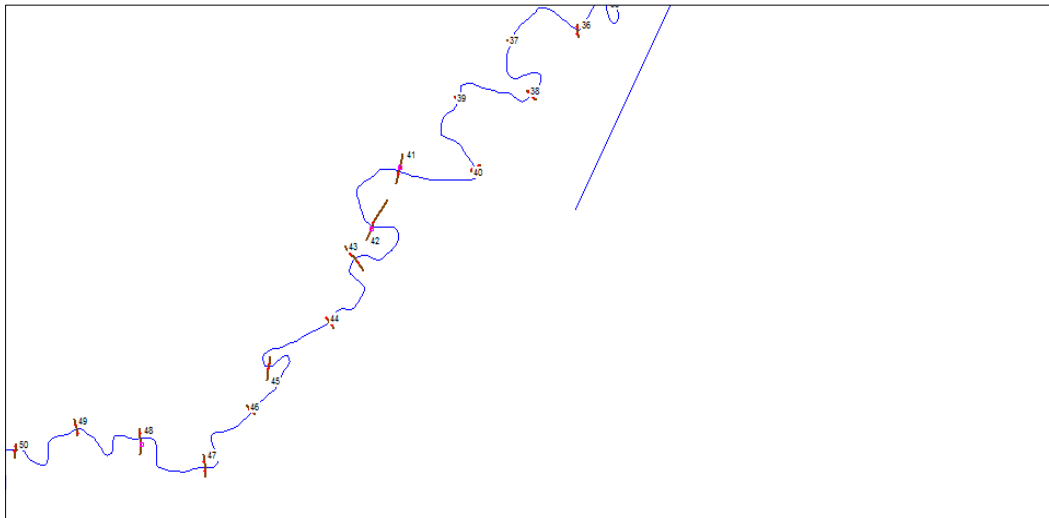
- [26] อรุณ อธิรปาไลต์. “การวางแผนและออกแบบระบบส่งน้ำชลประทาน.”, **พื้นที่ส่งน้ำคลองข่อย 1L**. <http://irre.ku.ac.th/books/pdf/8.pdf>. 2 กรกฎาคม, 2558.
- [27] สำนักบริการจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. “การใช้แบบจำลอง ANNs”, ใน **คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)**. ฝ่ายสารสนเทศและพยากรณ์น้ำ ผู้รวบรวม. น.1-48. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน, 2560.
- [28] อรุณรัตน์ จันทรเรียบ และณัฐ มาแจ้ง. **การจำลองระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS โดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วมปี 2554**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, 2556.
- [29] กฤษณ์ ศรีวิธมาศ และฤกษ์ชัย ศรีวิธมาศ. **รายงานวิจัยโครงการแบบจำลองสภาพน้ำท่วมพื้นที่ริมตลิ่งแม่น้ำมูลเพื่อทราบระดับน้ำและพื้นที่ที่ท่วมนอง บริเวณเขตเทศบาลนครอุบลราชธานีและเทศบาลเมืองวารินชำราบ**. อุบลราชธานี: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2547.
- [30] เชาวน์ หิรัญติยะกุล. **รายงานวิจัยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการเตือนภัยน้ำท่วม**. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549.
- [31] สุภารัตน์ ภูพงษ์. **การพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้าสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555.
- [32] ยุพิน ไชยสมภาร, ทวี ชัยพิมลพลิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์. “การประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคต: กรณีศึกษาเทศบาลนครเชียงใหม่”, **วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. 20: 169-178; มกราคม-ธันวาคม, 2560.
- [33] Fijko Rastislav and Zelenáková Martina. “The HEC-RAS model of regulated stream for purposes of flood risk reduction”, **Journal of Civil Engineering**. 11(1): 59-70. June, 2016.
- [34] Silva, F.V., Bonumá, N.B. and Uda, P.K. **FLOOD MAPPING IN URBAN AREA USING HEC-RAS MODEL SUPPORTED BY GIS**. Master’s Thesis: Federal University of Santa Catarina (UFSC) at Brazil, 2014.
- [35] Reza Montazami Vazifedost, Maryam Nayyeri and Gholam-Abbas Barani. “Floodplain modeling using HEC-RAS and MIKE11 Models”, **journal of River Engineering**. 2(5):1-41; May, 2014.
- [36] เลอลักษณ์ แก้วจอมแพง และศุภสิทธิ์ คนใหญ่. “คุณลักษณะการไหลของแม่น้ำมูลตอนล่างเนื่องจากเขื่อนปากมูล”, **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 16(1): 44-48; มกราคม-มิถุนายน, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

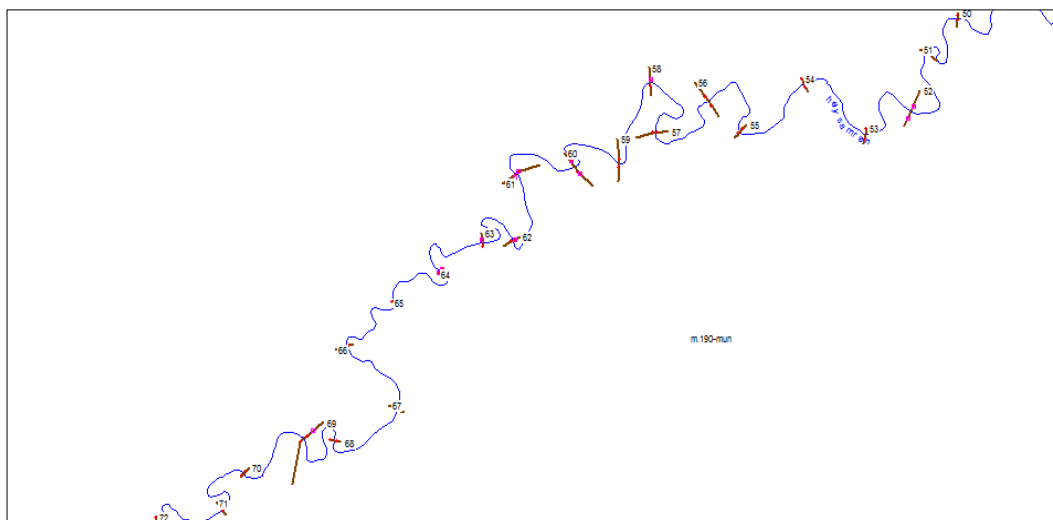
- [37] ประดิษฐ์ เจียรกุลประเสริฐ. ผลกระทบของสะพานและฝายต่อระดับน้ำท่วมในลำน้ำปิงผ่านเมืองเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [38] สมบัติ ชื่นชูกลิ่น. “แบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนการผันน้ำเพื่อลดอุทกภัย กรณีศึกษาแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์”, *Naresuan University Engineering Journal*. 1(1): 9-18; September-December, 2549.
- [39] สรรค์ใจ กลิ่นดาว. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2542.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำห้วยสำราญ

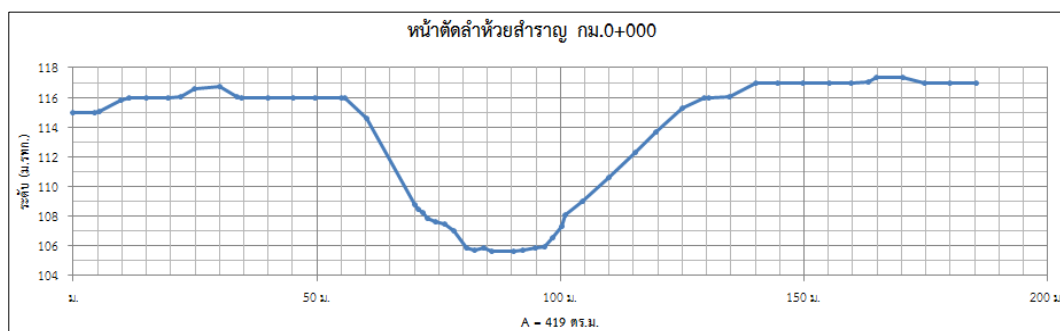


ภาพที่ ก.3 ตำแหน่งหน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 36+000 ถึง 50+000

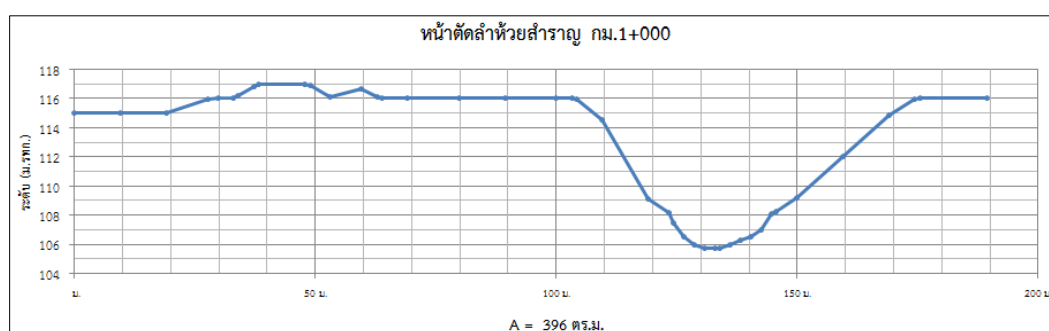


ภาพที่ ก.4 ตำแหน่งหน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 50+000 ถึง 72+000

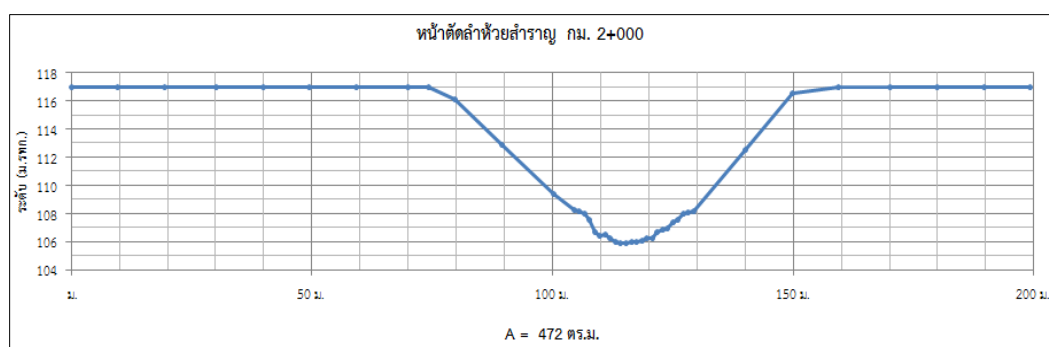
ภาคผนวก ข
หน้าตัดลำนํ้าจากข้อมูล DEM



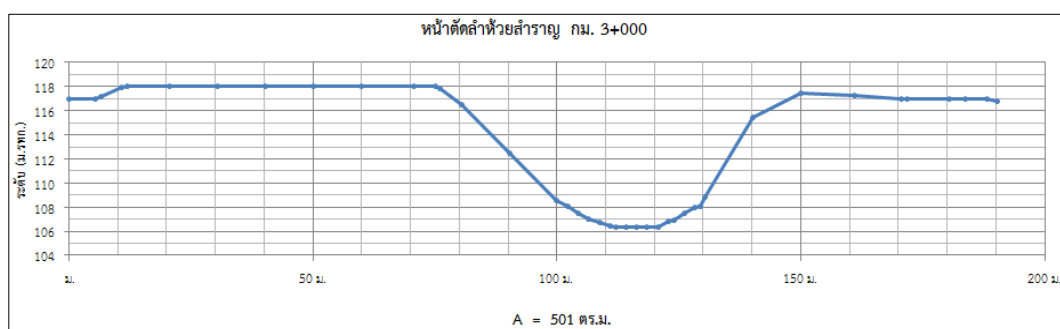
ภาพที่ ข.1 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 0+000



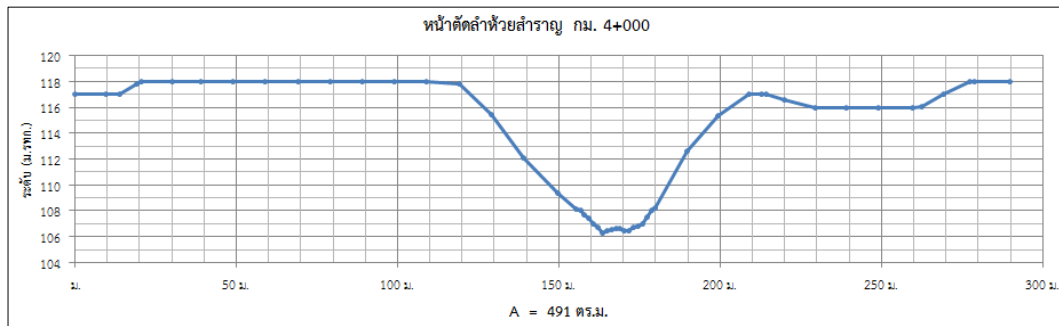
ภาพที่ ข.2 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 1+000



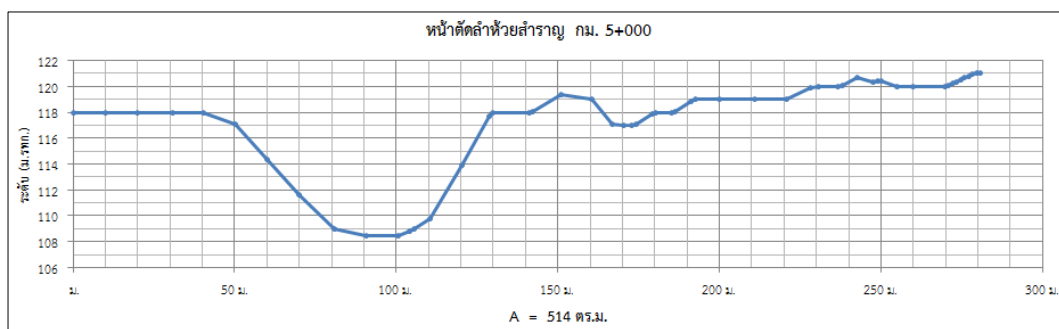
ภาพที่ ข.3 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 2+000



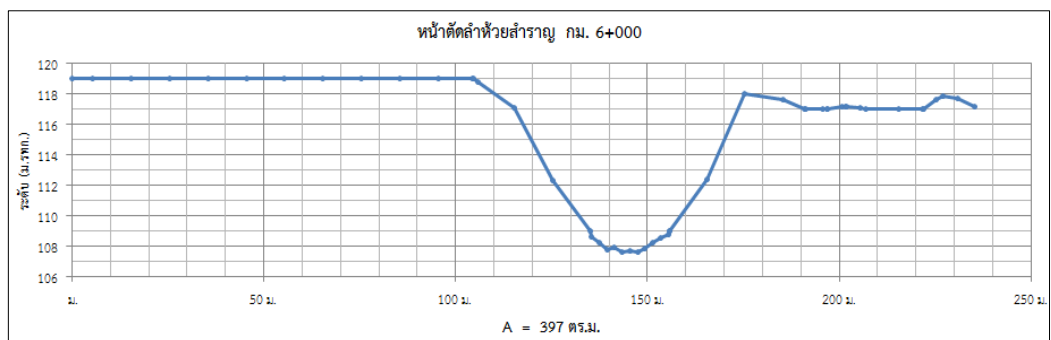
ภาพที่ ข.4 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 3+000



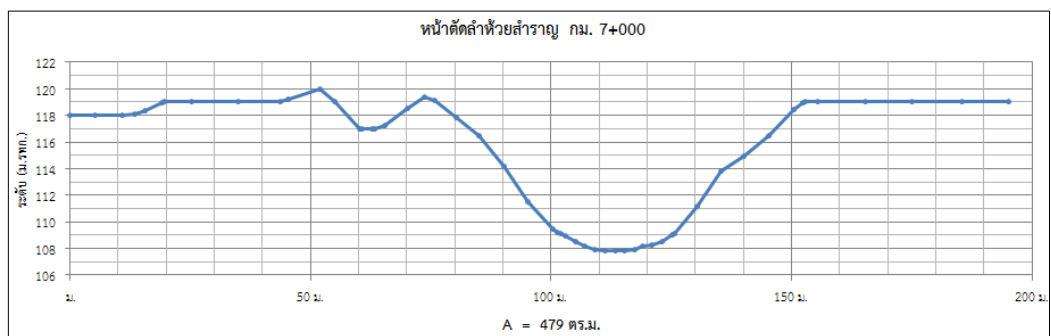
ภาพที่ ข.5 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 4+000



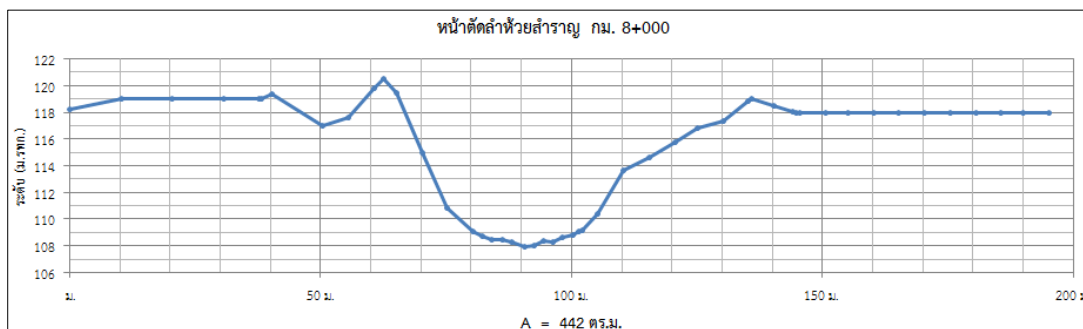
ภาพที่ ข.6 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 5+000



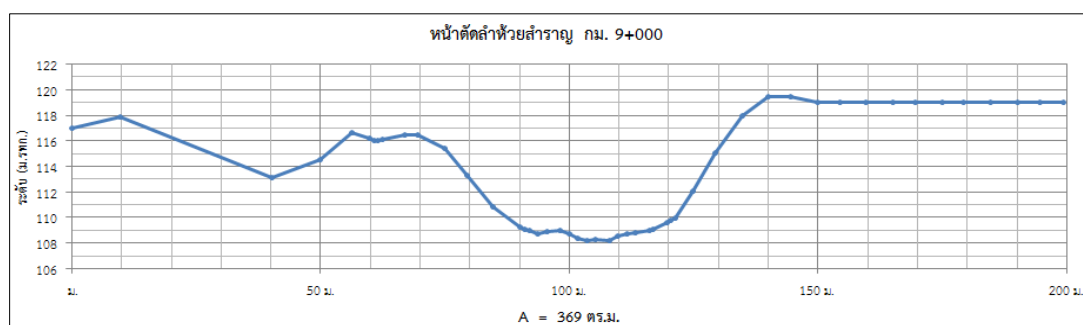
ภาพที่ ข.7 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 6+000



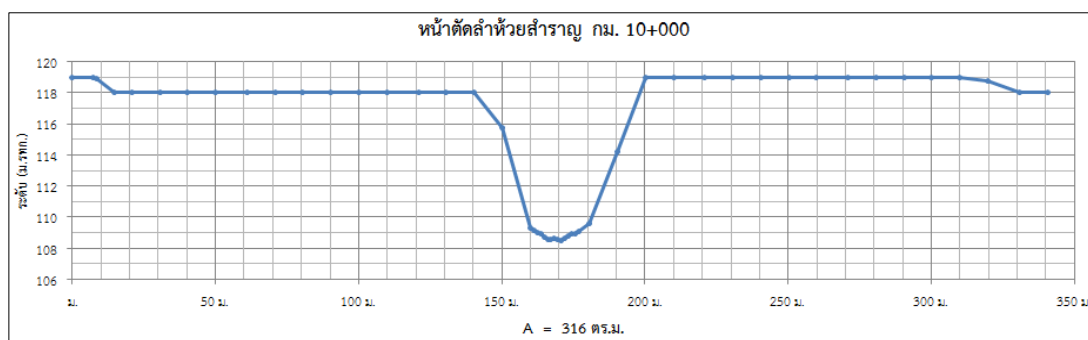
ภาพที่ ข.8 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 7+000



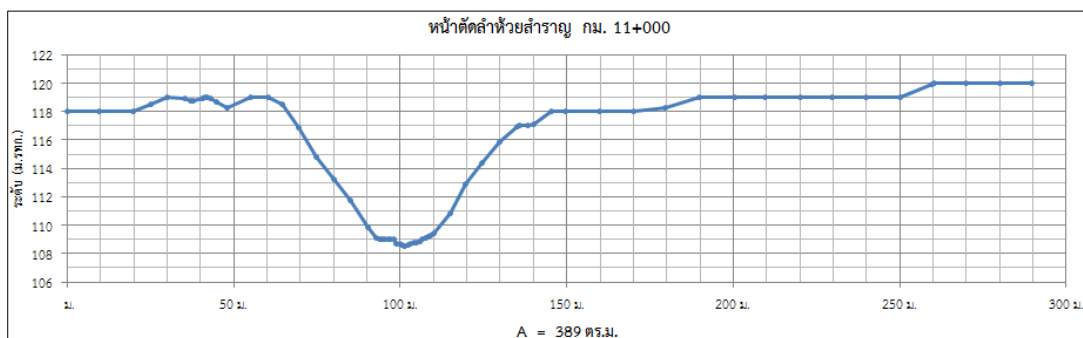
ภาพที่ ข.9 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 8+000



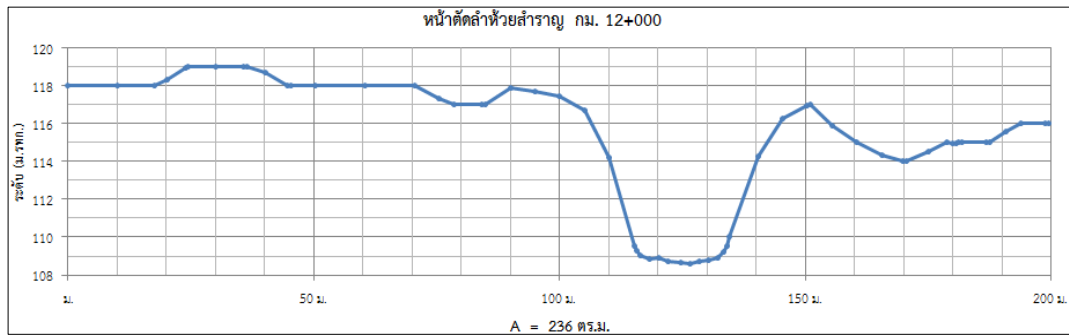
ภาพที่ ข.10 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 9+000



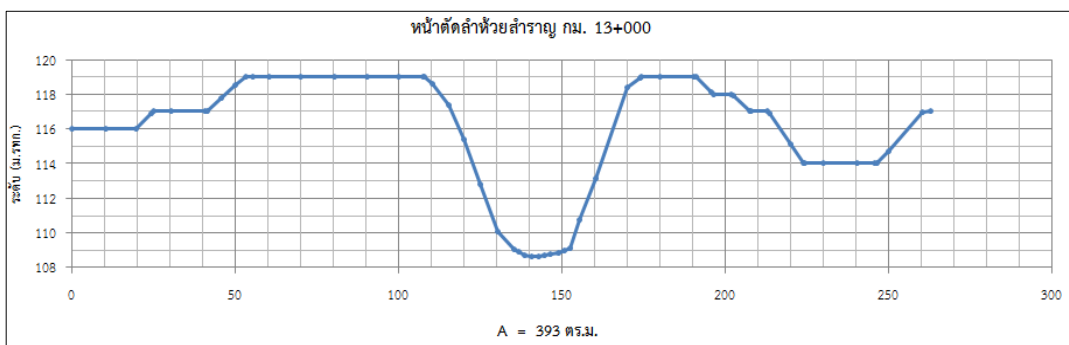
ภาพที่ ข.11 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 10+000



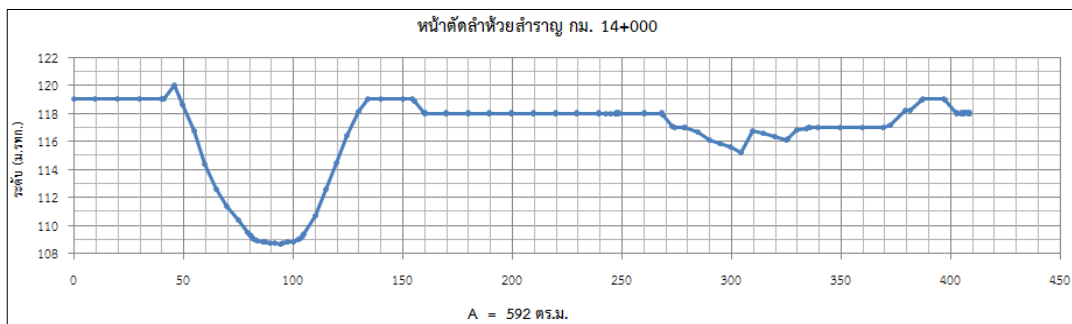
ภาพที่ ข.12 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 11+000



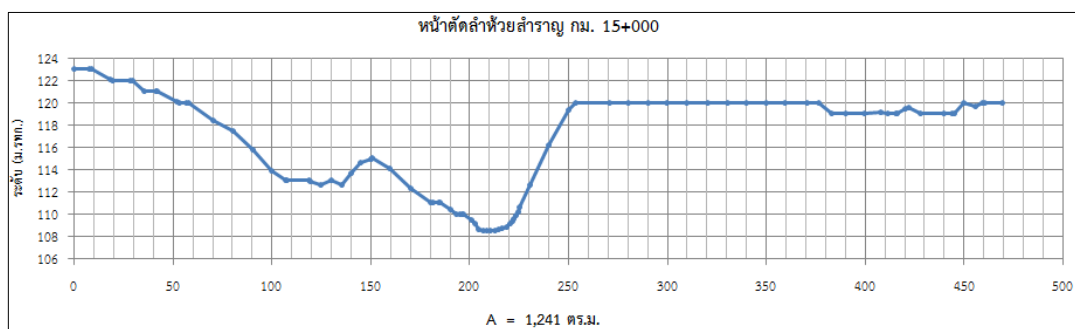
ภาพที่ ข.13 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 12+000



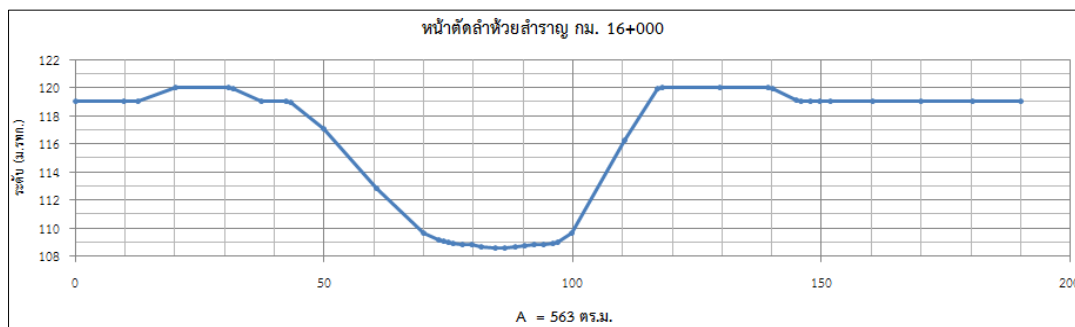
ภาพที่ ข.14 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 13+000



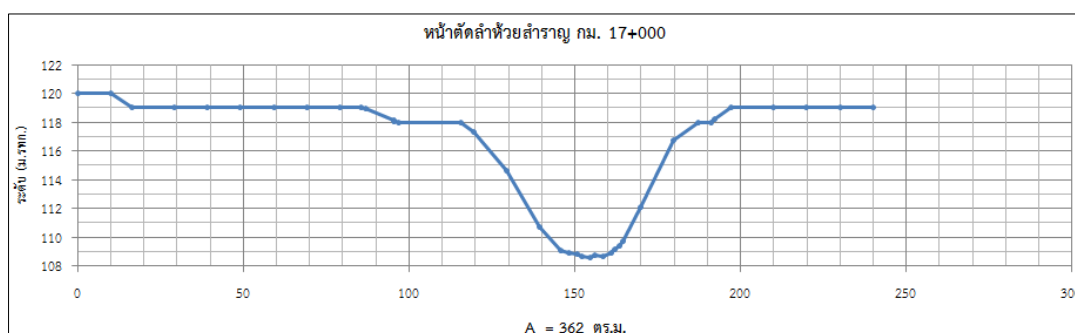
ภาพที่ ข.15 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 14+000



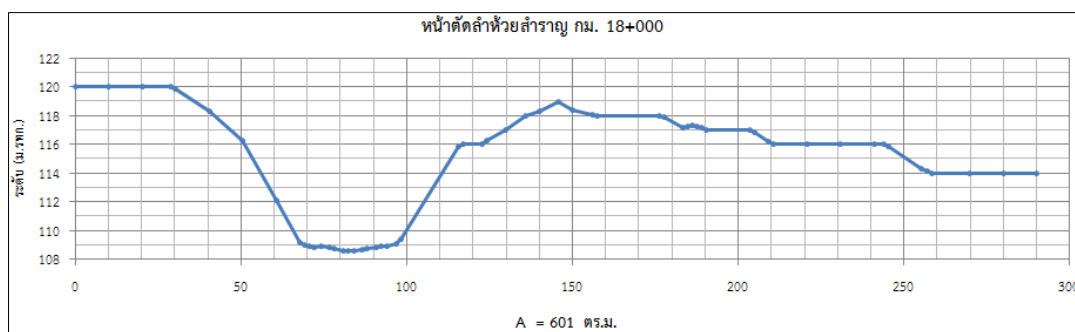
ภาพที่ ข.16 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 15+000



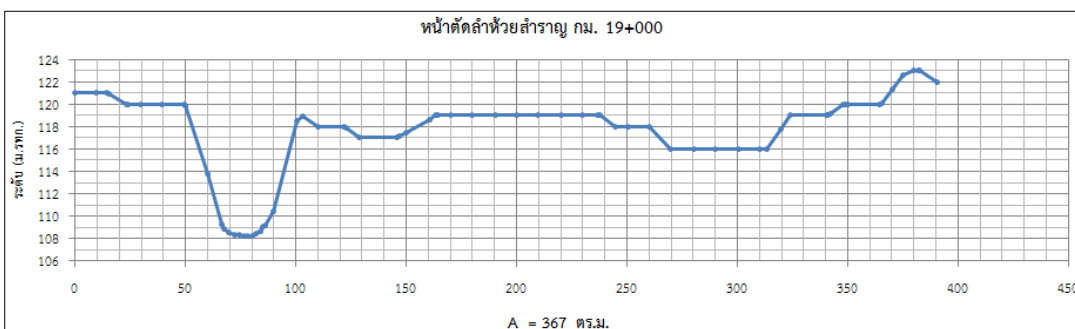
ภาพที่ ข.17 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 16+000



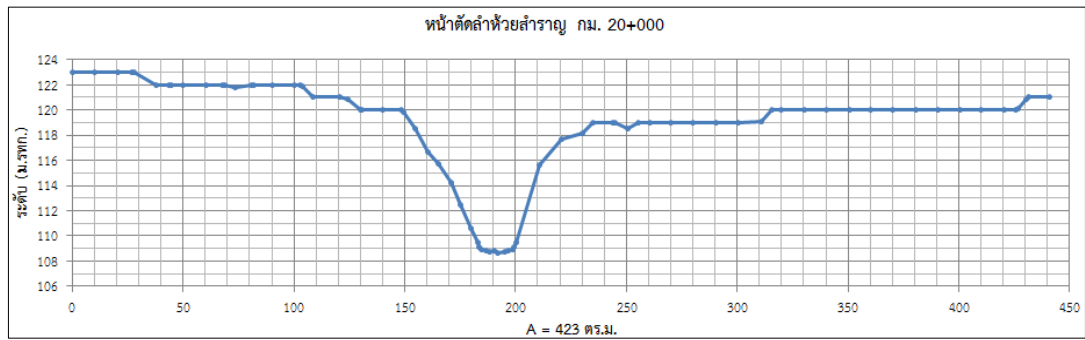
ภาพที่ ข.18 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 17+000



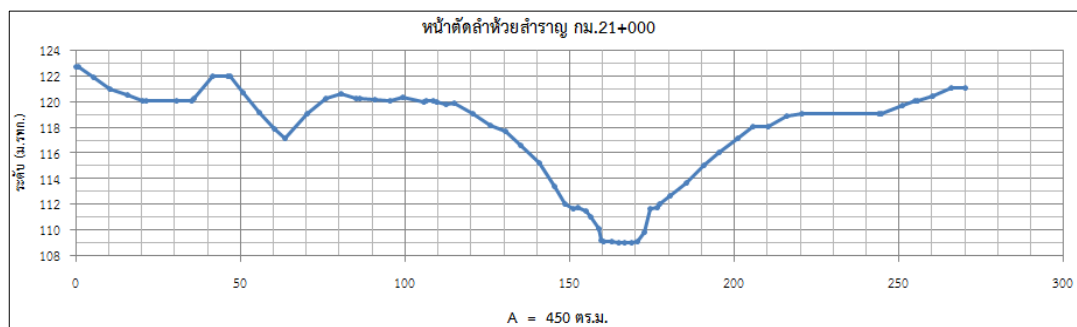
ภาพที่ ข.19 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 18+000



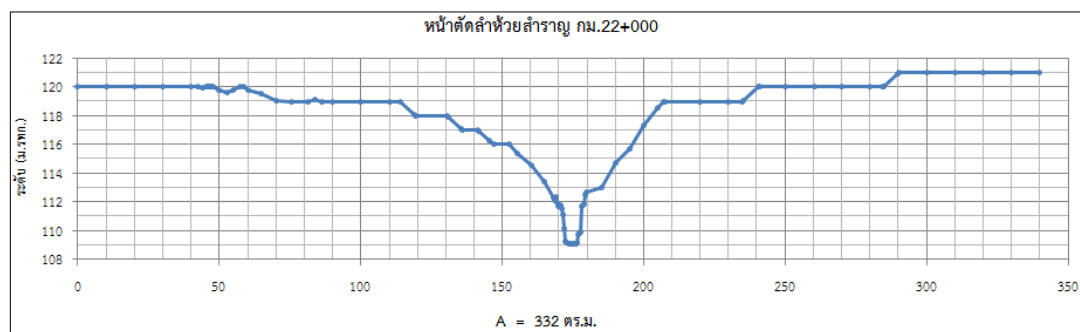
ภาพที่ ข.20 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 19+000



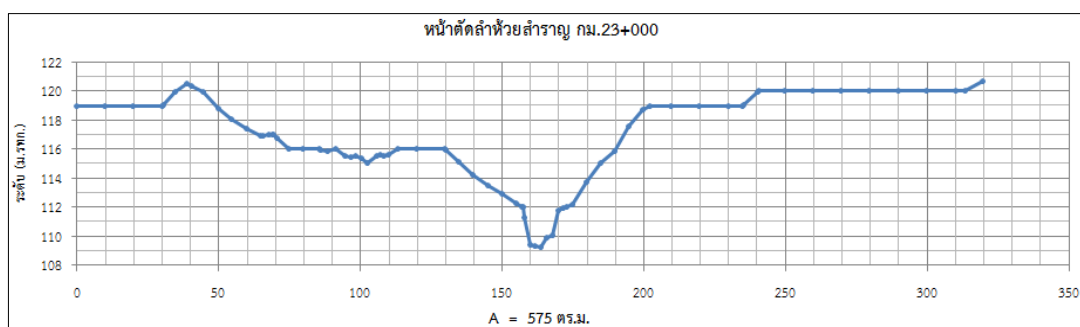
ภาพที่ ข.21 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 20+000



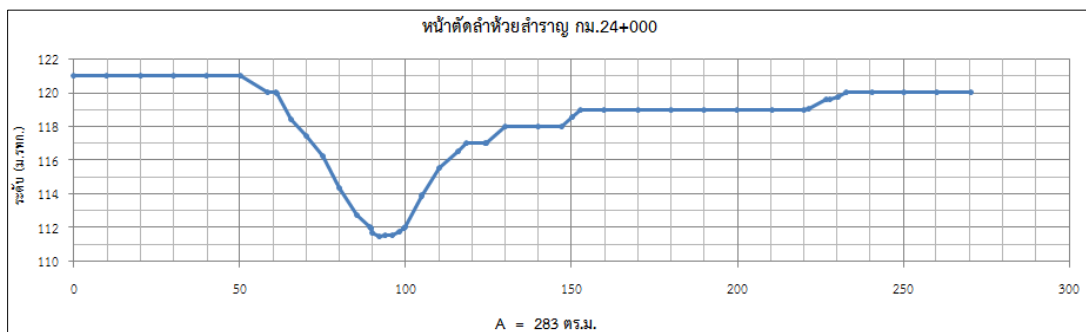
ภาพที่ ข.22 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 21+000



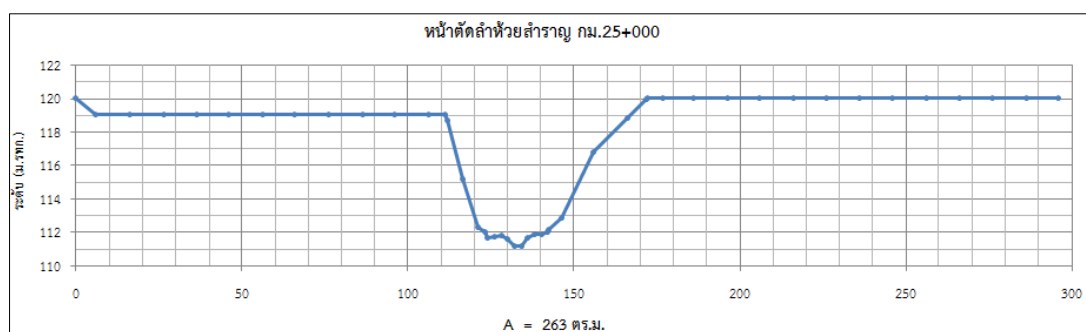
ภาพที่ ข.23 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 22+000



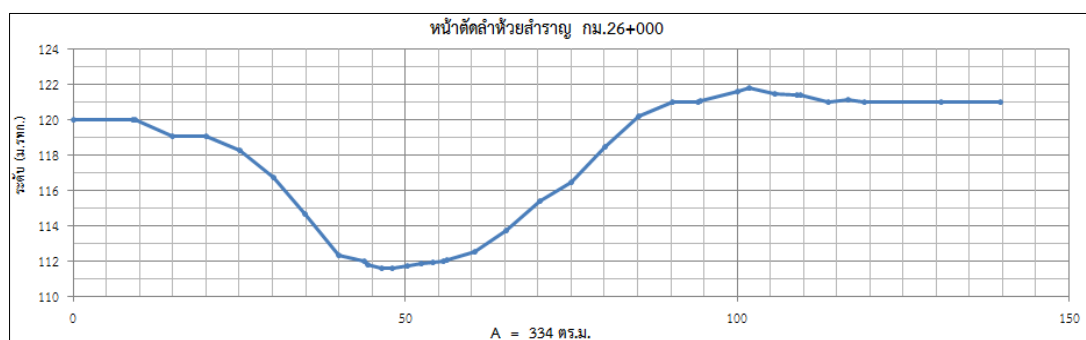
ภาพที่ ข.24 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 23+000



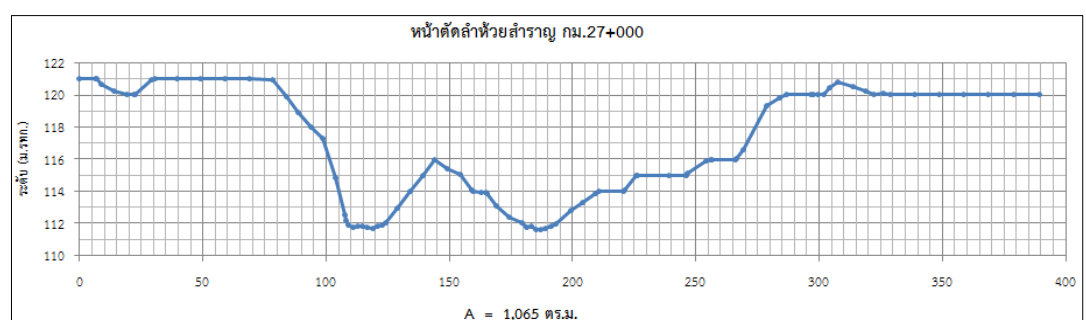
ภาพที่ ข.25 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 24+000



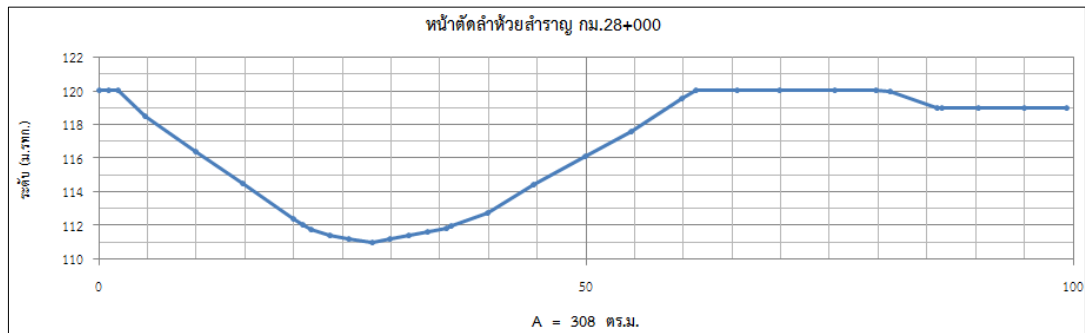
ภาพที่ ข.26 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 25+000



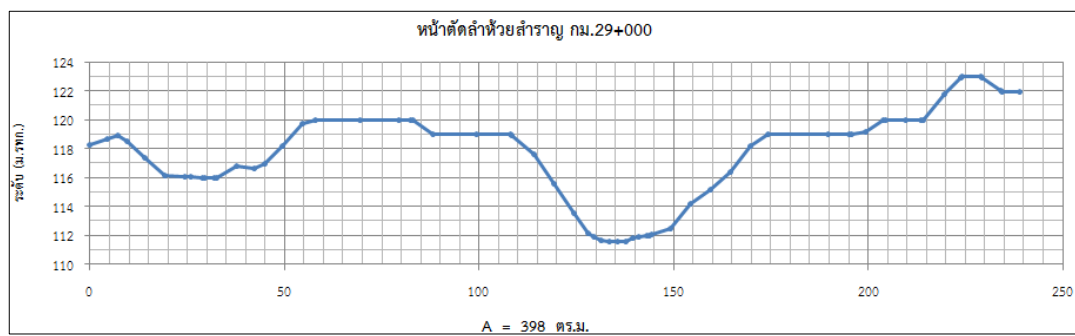
ภาพที่ ข.27 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 26+000



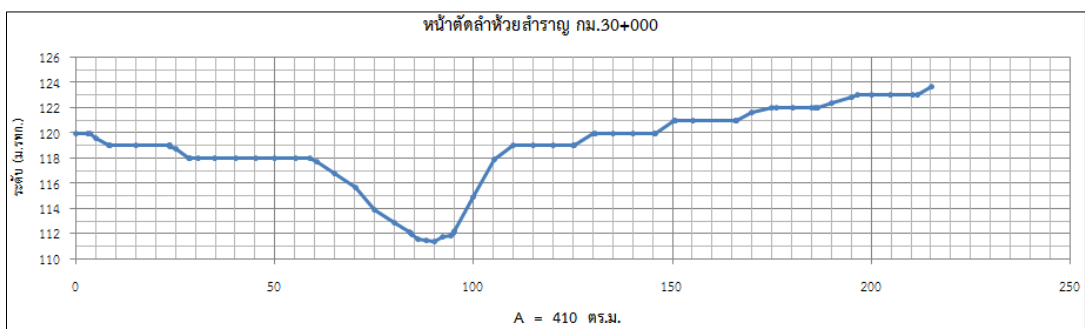
ภาพที่ ข.28 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 27+000



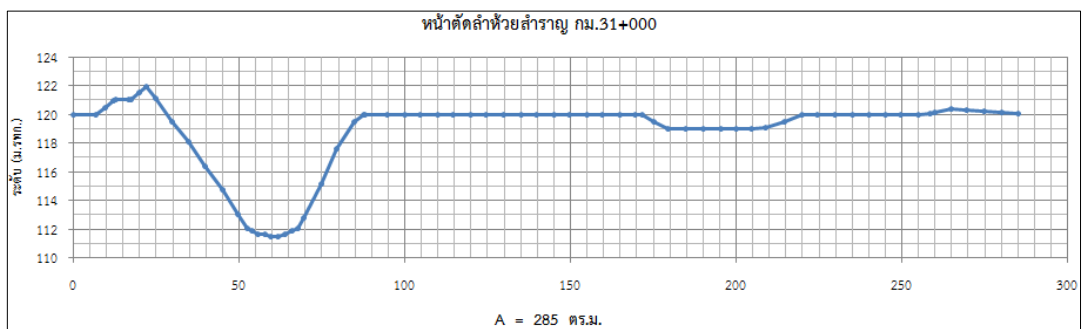
ภาพที่ ข.29 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 28+000



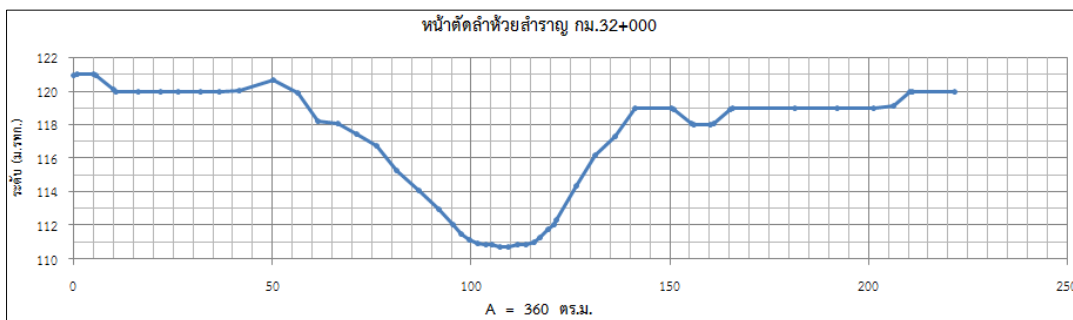
ภาพที่ ข.30 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 29+000



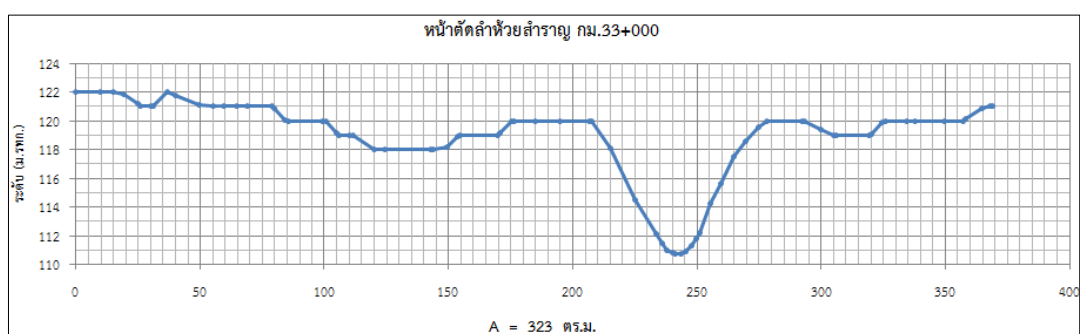
ภาพที่ ข.31 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 30+000



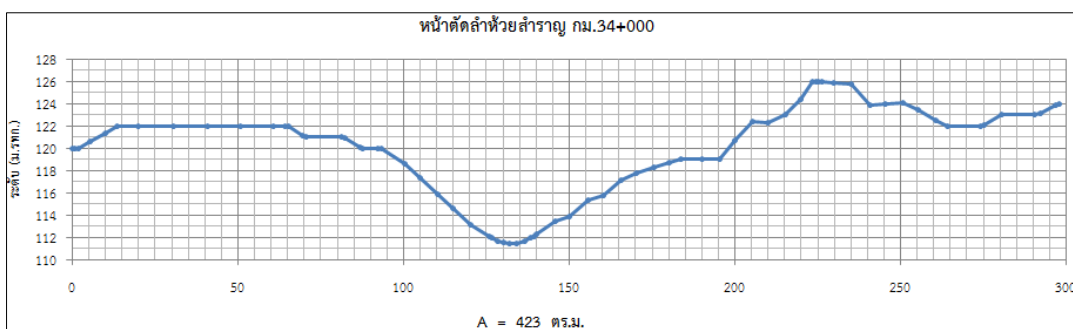
ภาพที่ ข.32 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 31+000



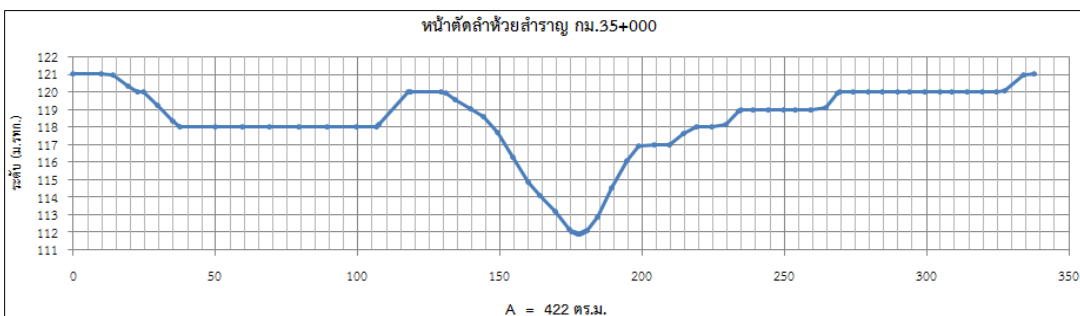
ภาพที่ ข.33 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 32+000



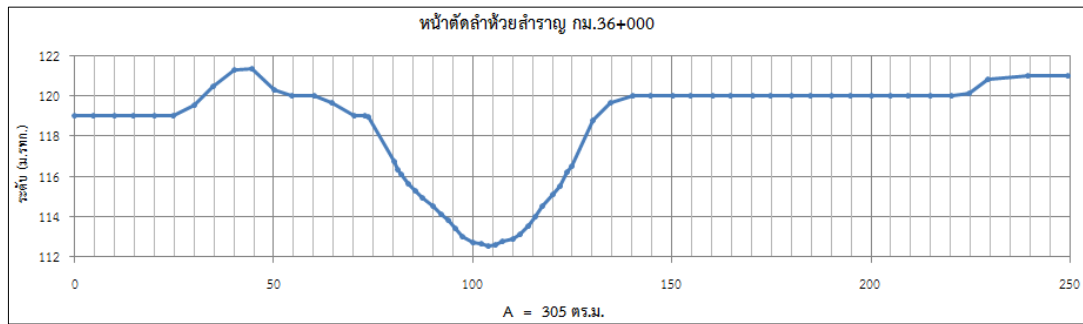
ภาพที่ ข.34 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 33+000



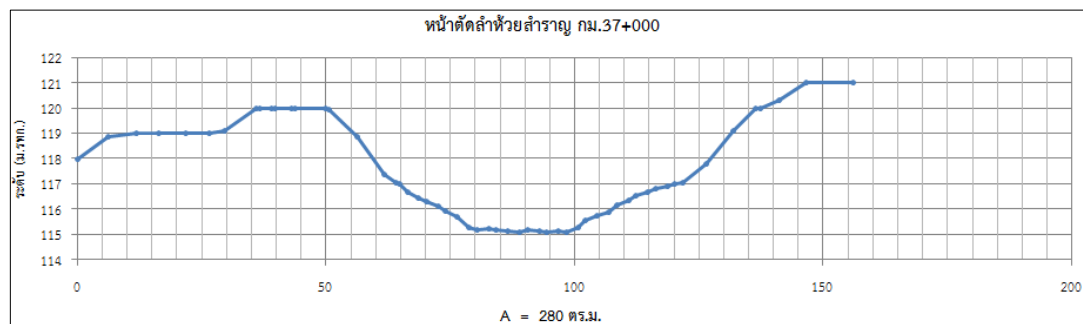
ภาพที่ ข.35 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 34+000



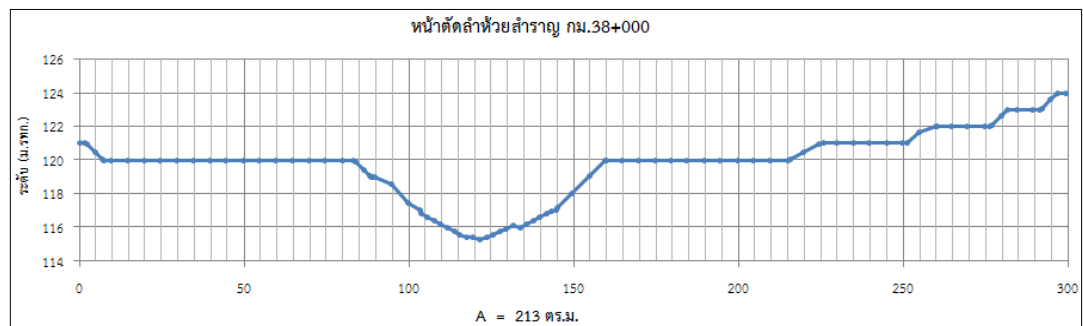
ภาพที่ ข.36 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 35+000



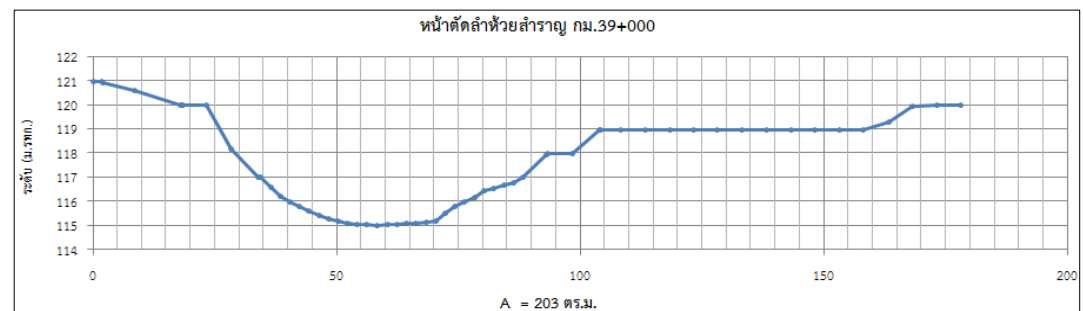
ภาพที่ ข.37 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 36+000



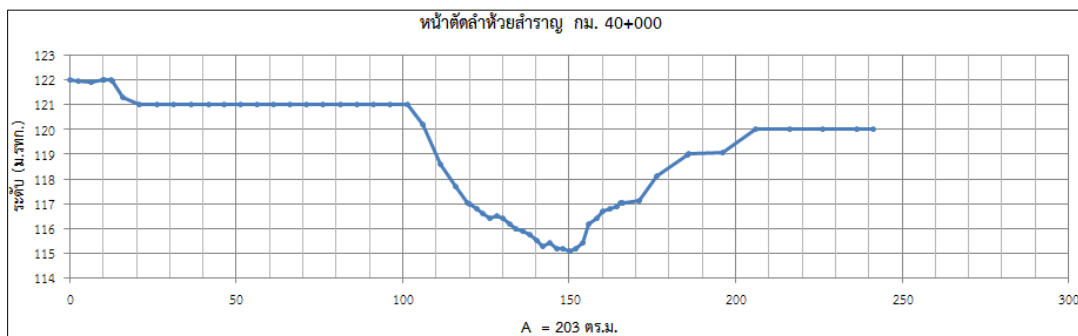
ภาพที่ ข.38 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 37+000



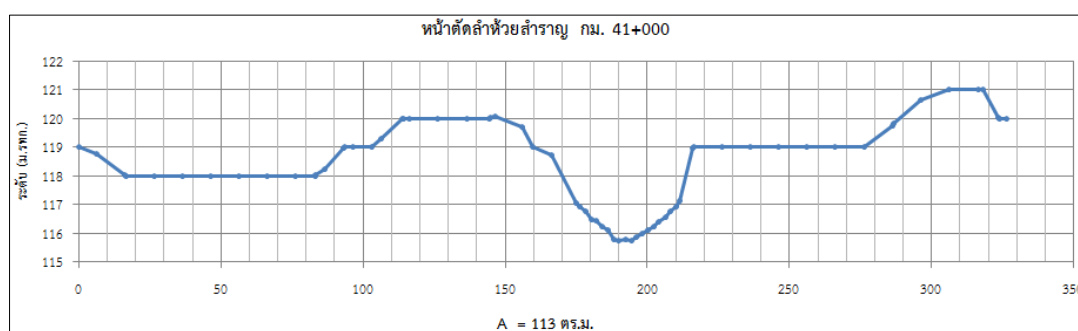
ภาพที่ ข.39 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 38+000



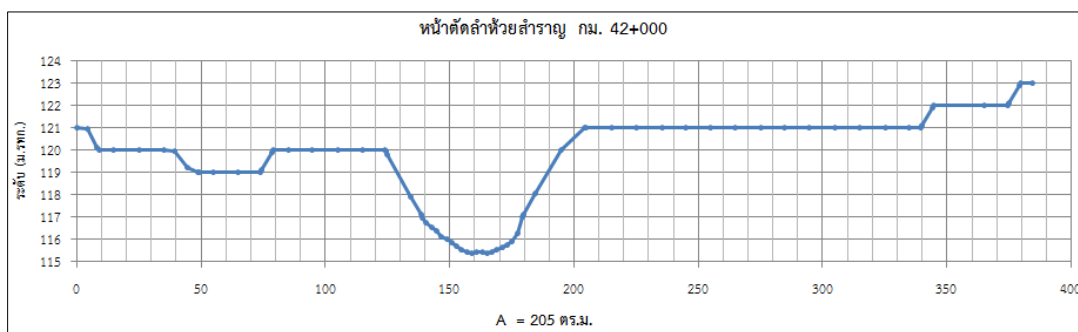
ภาพที่ ข.40 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 39+000



ภาพที่ ข.41 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 40+000



ภาพที่ ข.42 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 41+000



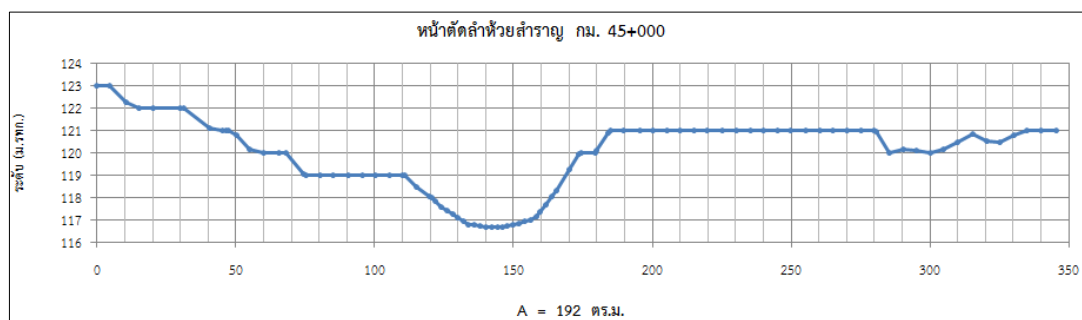
ภาพที่ ข.43 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 42+000



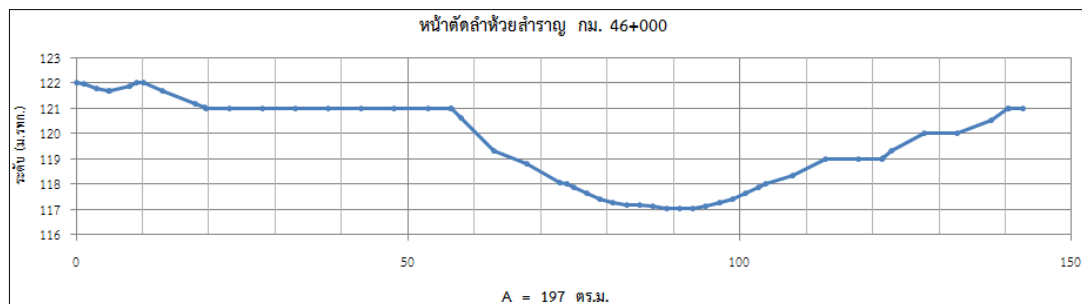
ภาพที่ ข.44 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 43+000



ภาพที่ ข.45 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 44+000



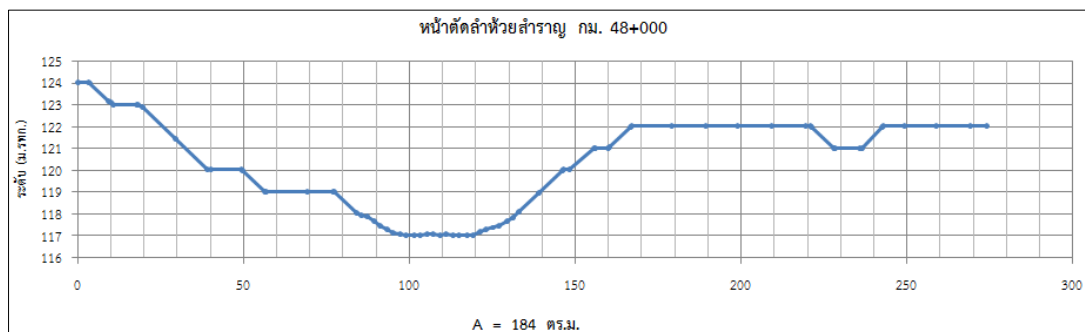
ภาพที่ ข.46 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 45+000



ภาพที่ ข.47 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 46+000



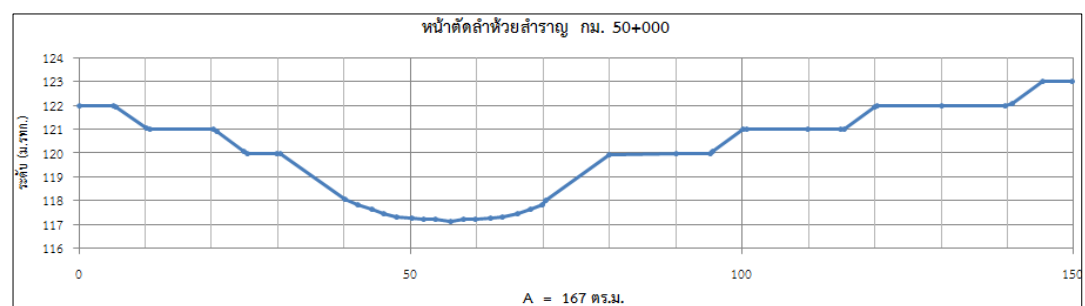
ภาพที่ ข.48 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 47+000



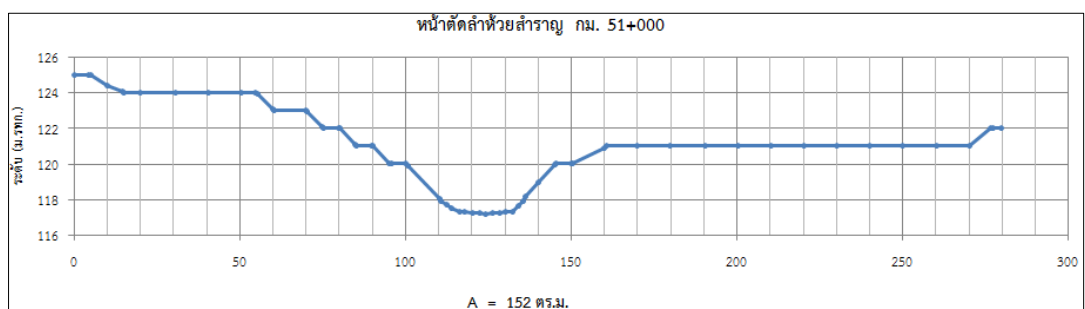
ภาพที่ ข.49 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 48+000



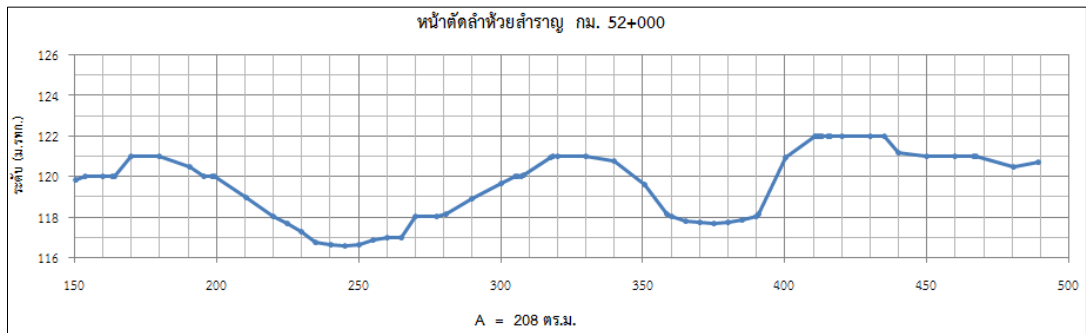
ภาพที่ ข.50 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 49+000



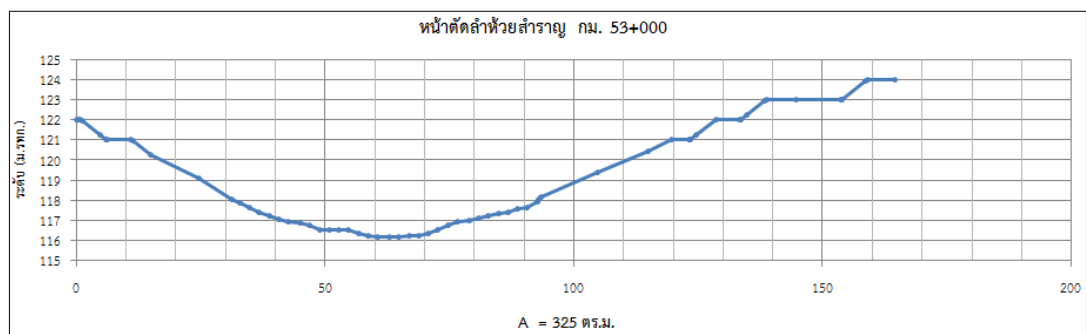
ภาพที่ ข.51 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 50+000



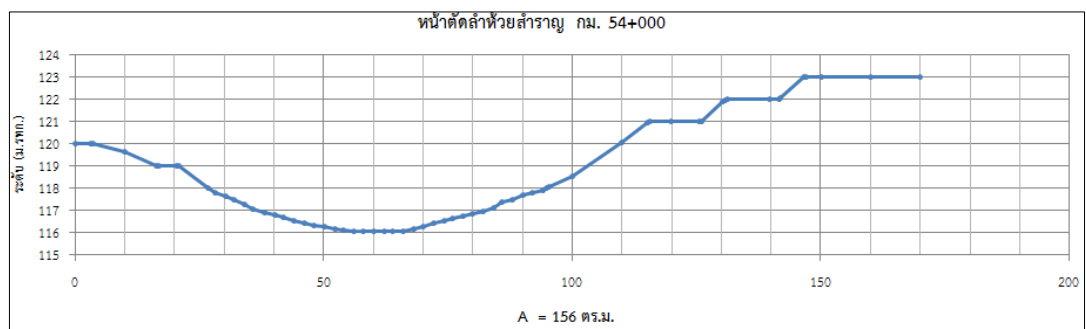
ภาพที่ ข.52 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 51+000



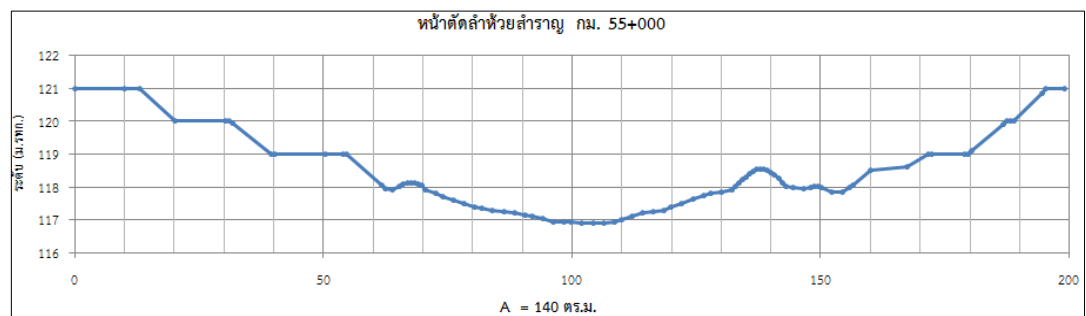
ภาพที่ ข.53 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 52+000



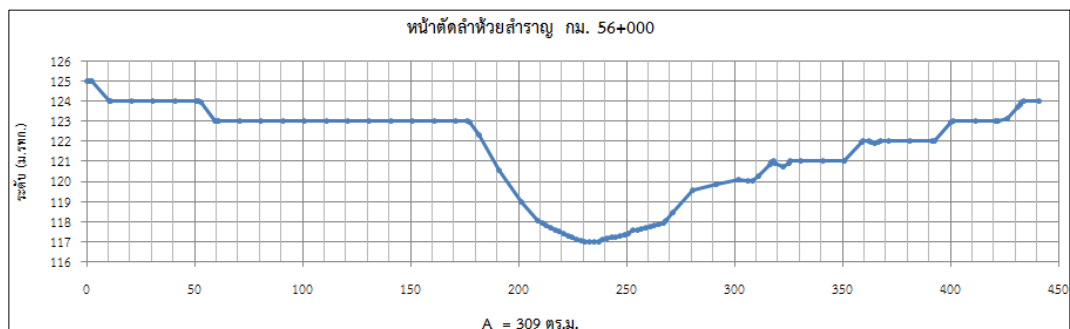
ภาพที่ ข.54 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 53+000



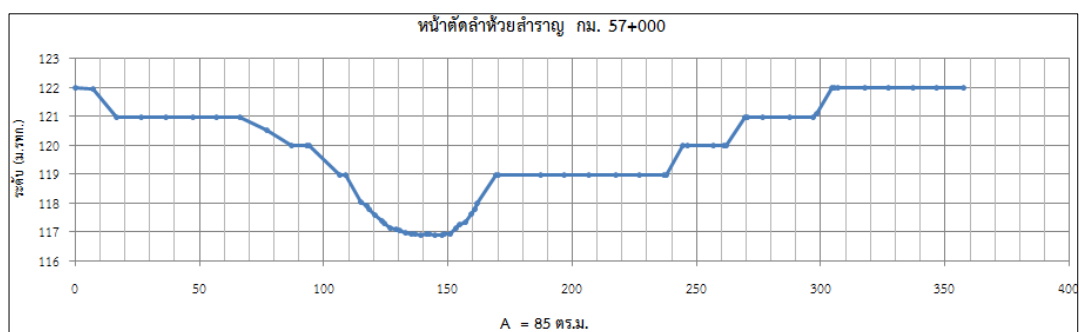
ภาพที่ ข.55 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 54+000



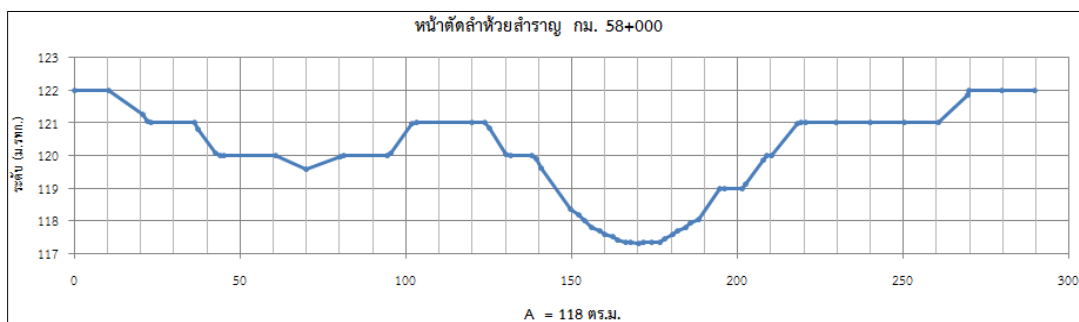
ภาพที่ ข.56 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 55+000



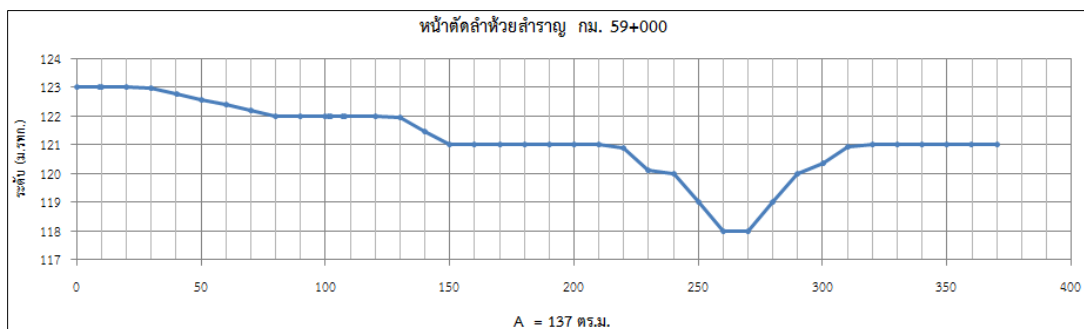
ภาพที่ ข.57 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 56+000



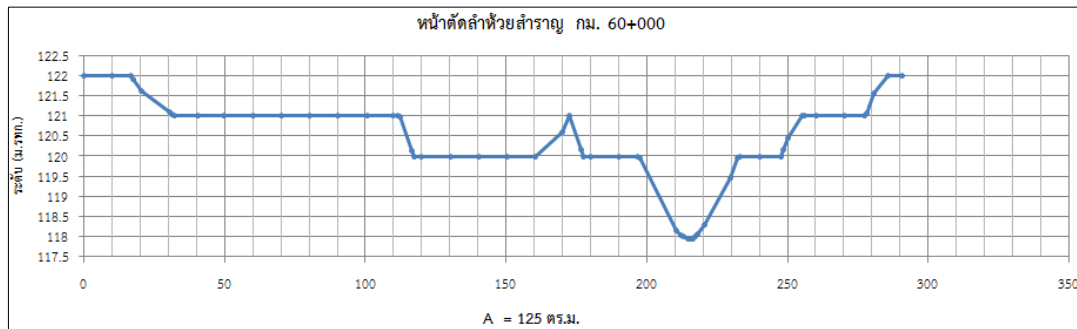
ภาพที่ ข.58 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 57+000



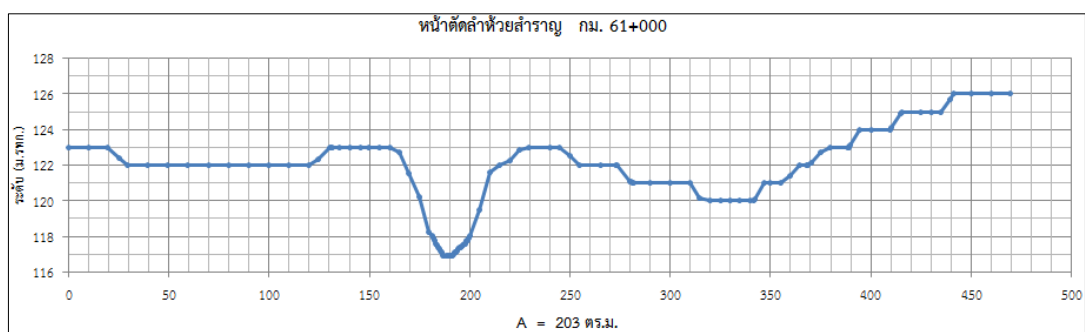
ภาพที่ ข.59 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 58+000



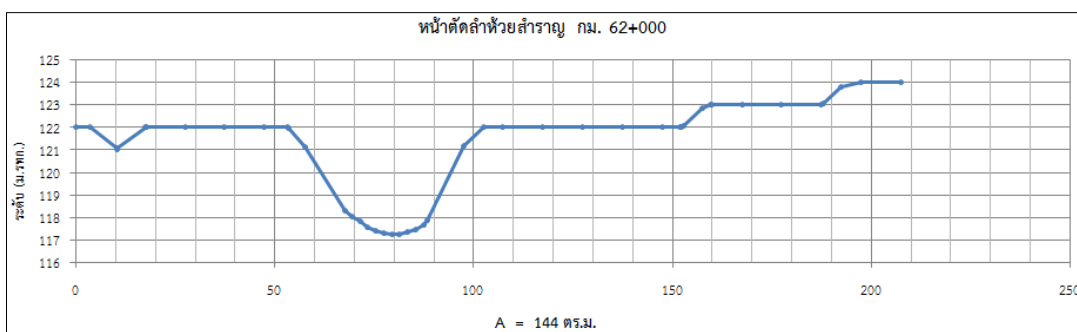
ภาพที่ ข.60 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 59+000



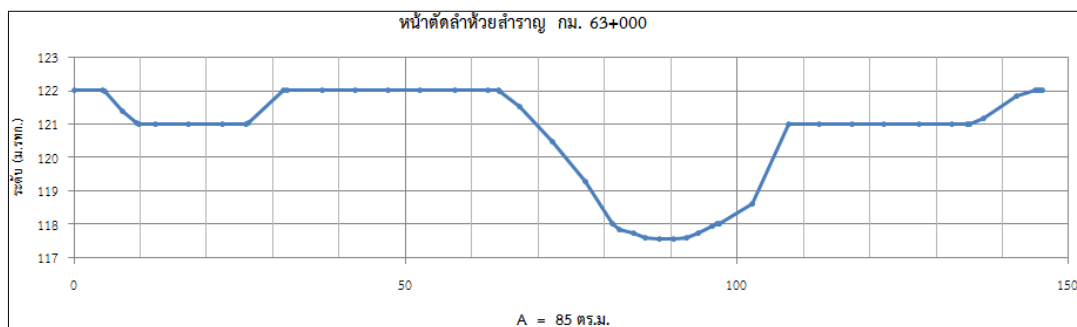
ภาพที่ ข.61 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 60+000



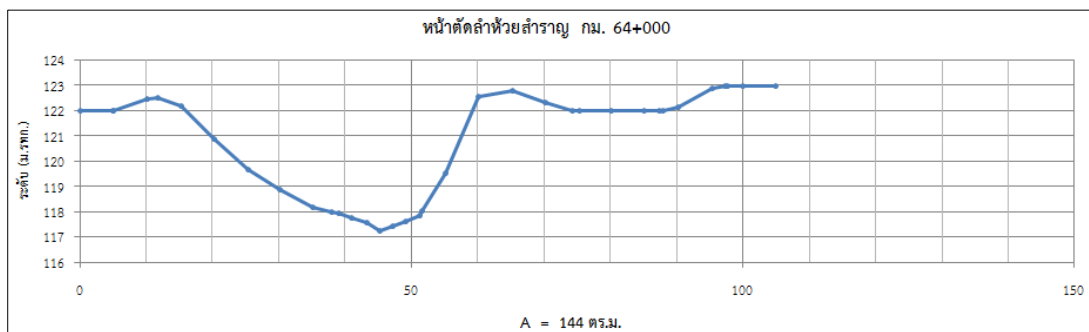
ภาพที่ ข.62 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 61+000



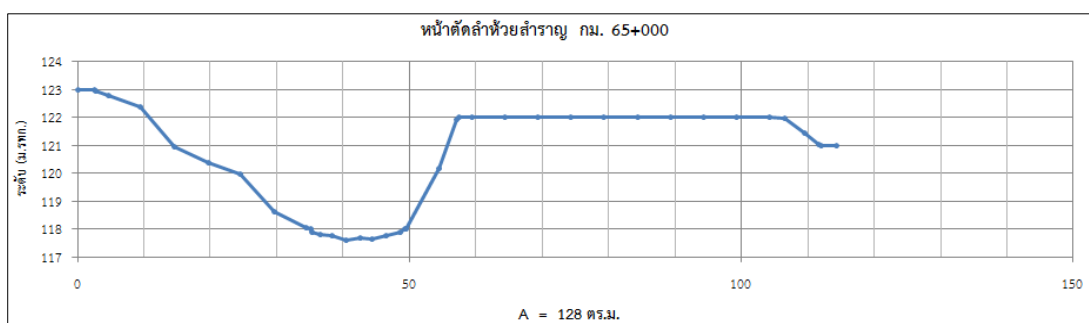
ภาพที่ ข.63 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 62+000



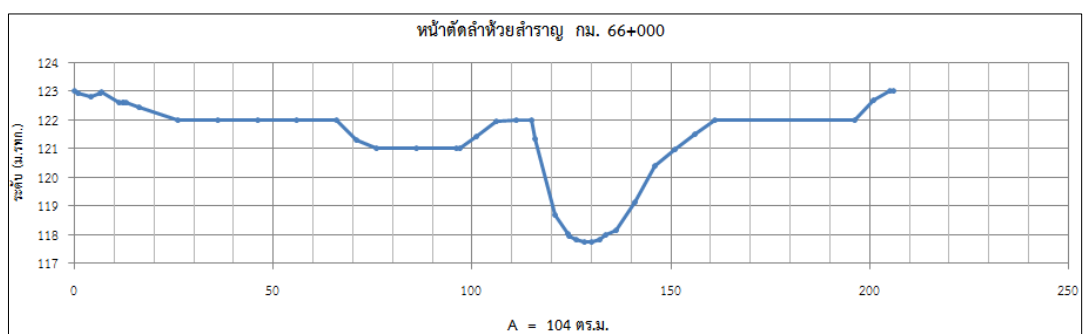
ภาพที่ ข.64 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 63+000



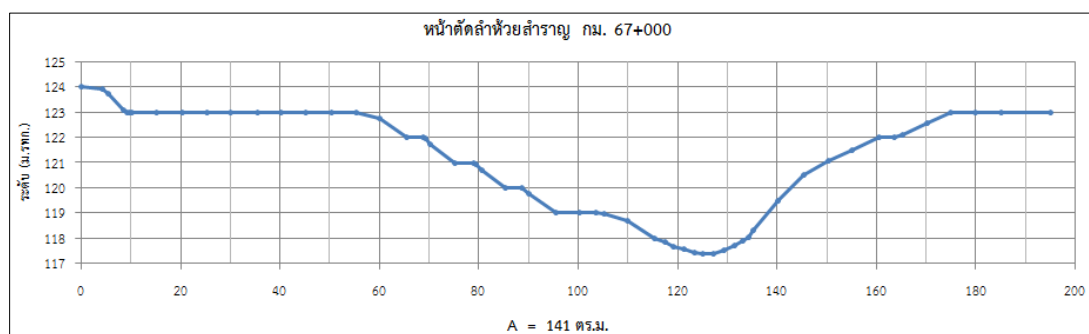
ภาพที่ ข.65 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 64+000



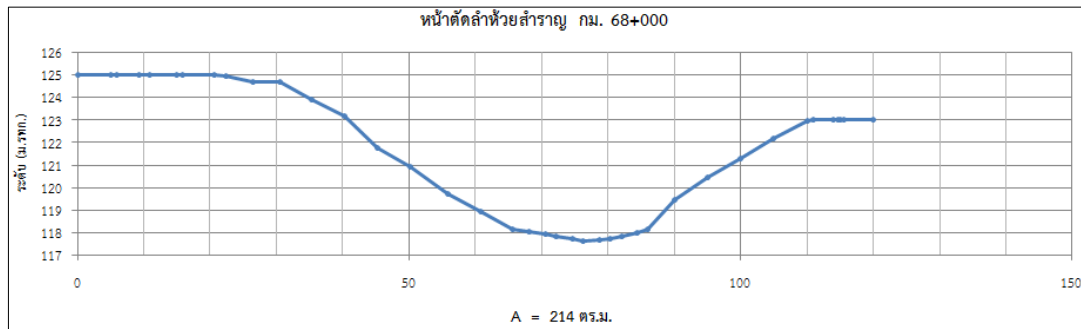
ภาพที่ ข.66 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 65+000



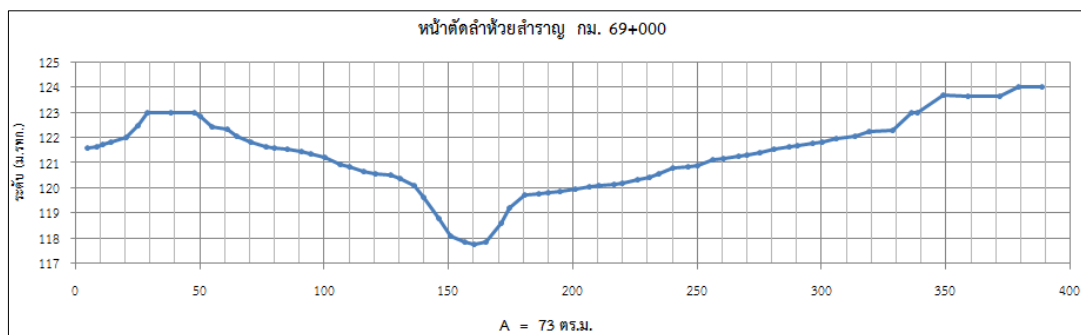
ภาพที่ ข.67 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 66+000



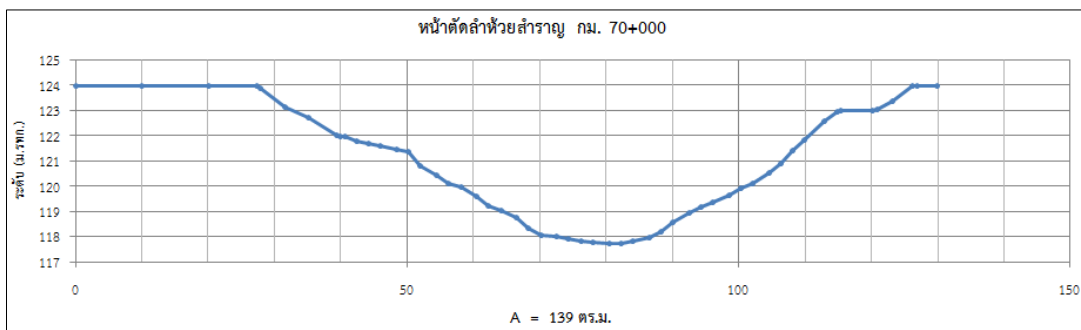
ภาพที่ ข.68 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 67+000



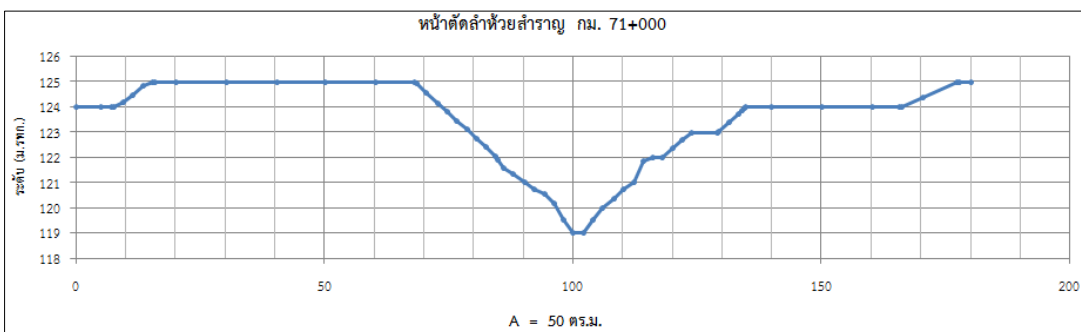
ภาพที่ ข.69 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 68+000



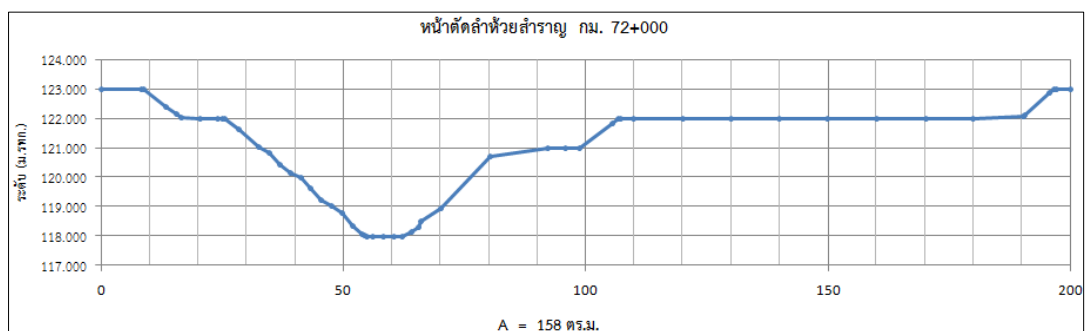
ภาพที่ ข.70 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 69+000



ภาพที่ ข.71 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 70+000

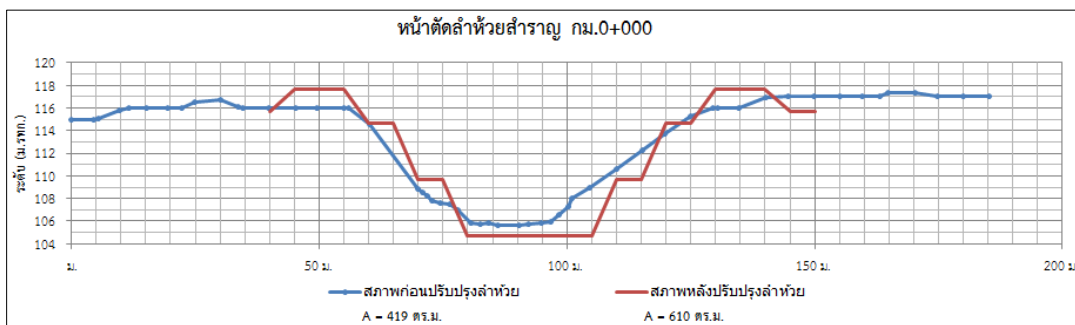


ภาพที่ ข.72 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 71+000

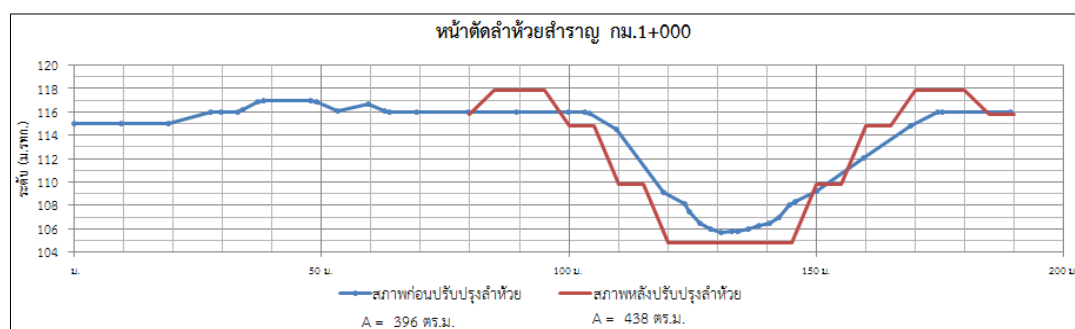


ภาพที่ ข.73 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 72+000

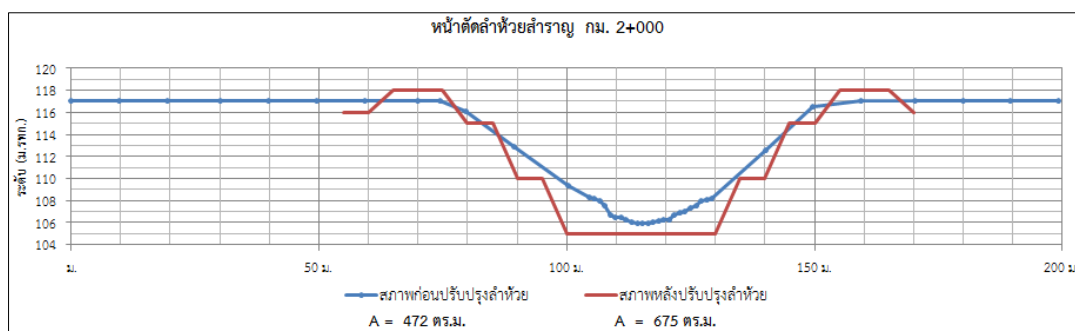
ภาคผนวก ค
หน้าตัดลำน้ำที่ทำการปรับปรุง



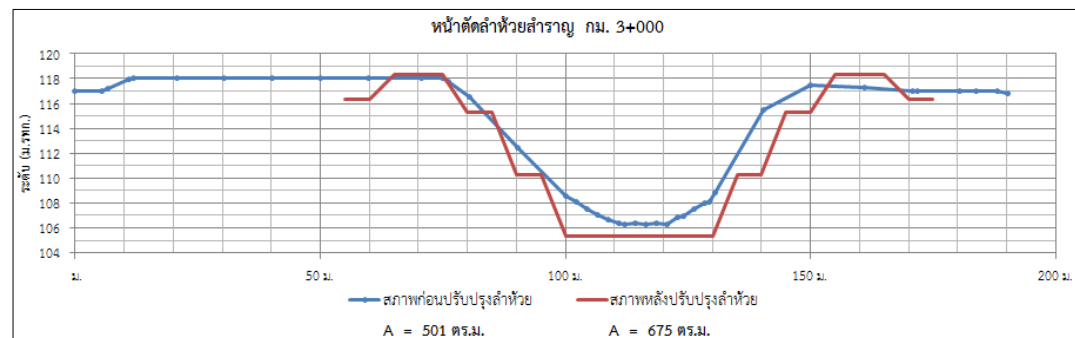
ภาพที่ ค.1 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 0+000



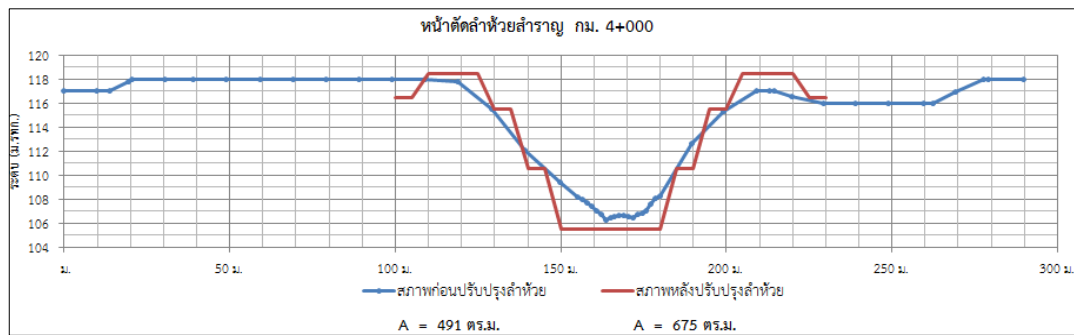
ภาพที่ ค.2 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 1+000



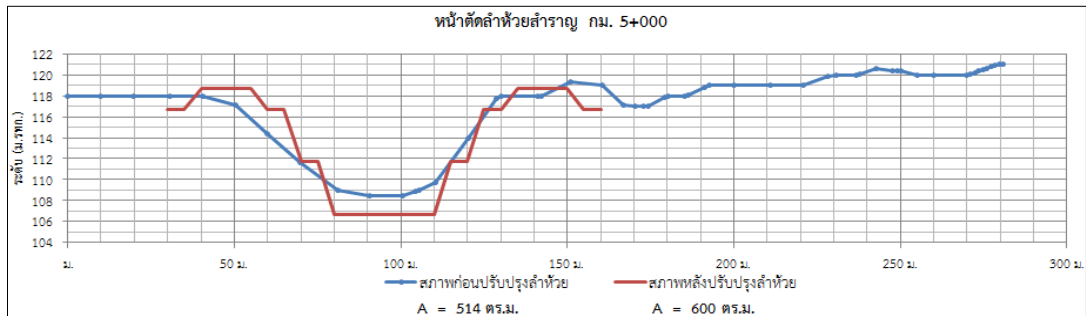
ภาพที่ ค.3 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 2+000



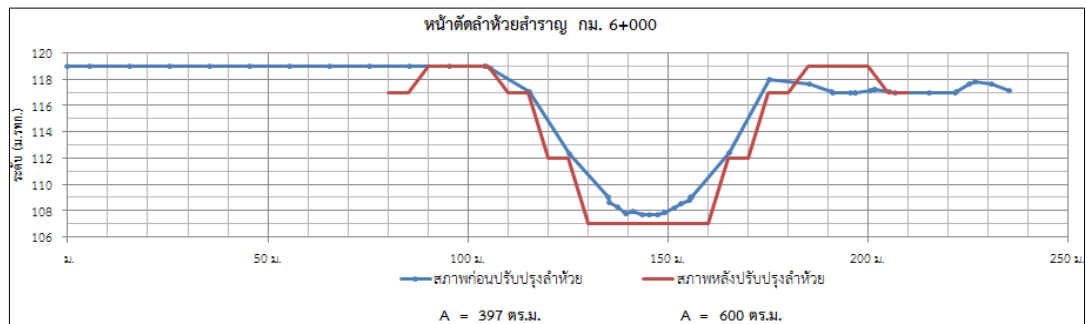
ภาพที่ ค.4 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 3+000



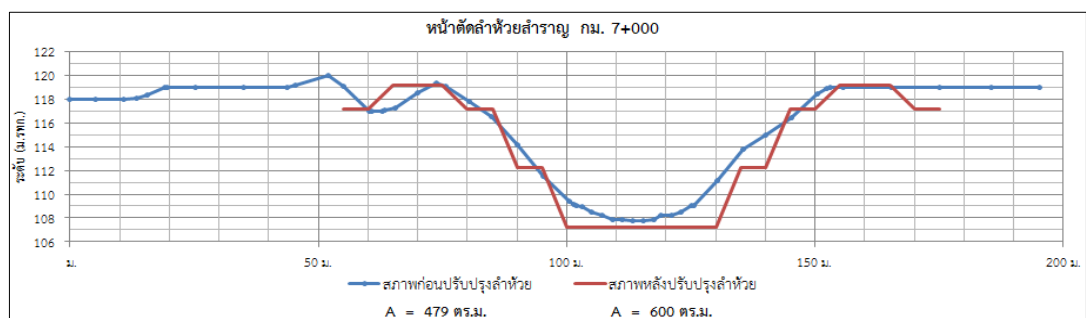
ภาพที่ ค.5 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 4+000



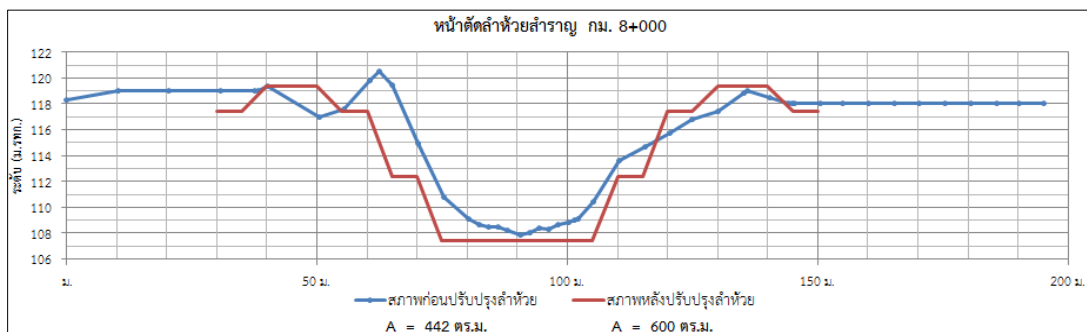
ภาพที่ ค.6 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 5+000



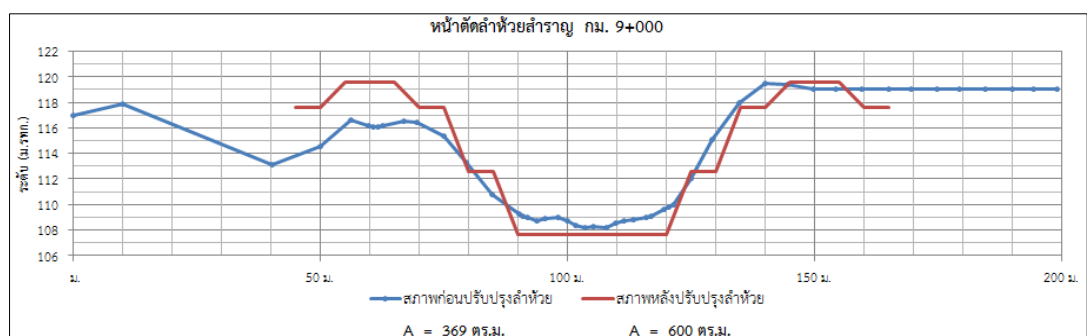
ภาพที่ ค.7 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 6+000



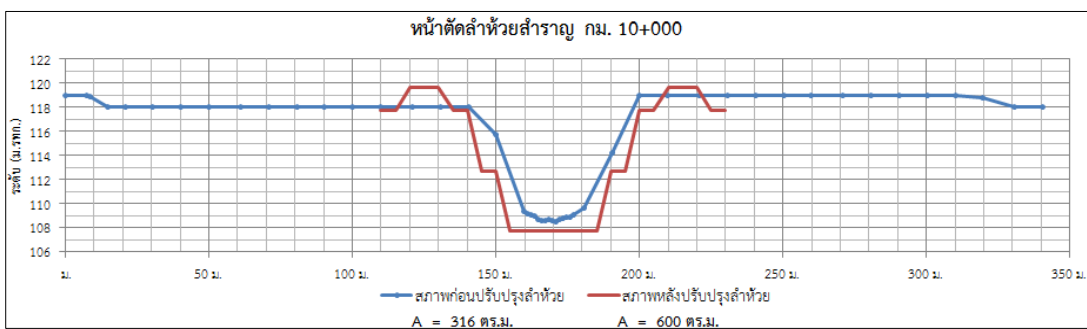
ภาพที่ ค.8 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 7+000



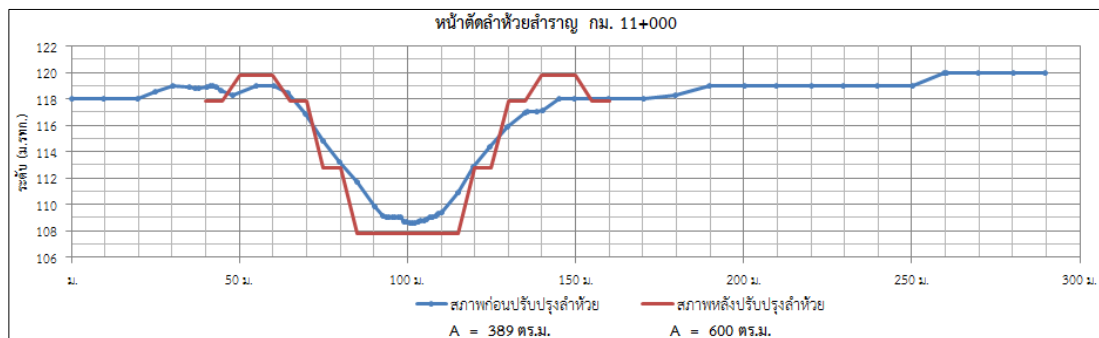
ภาพที่ ค.9 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 8+000



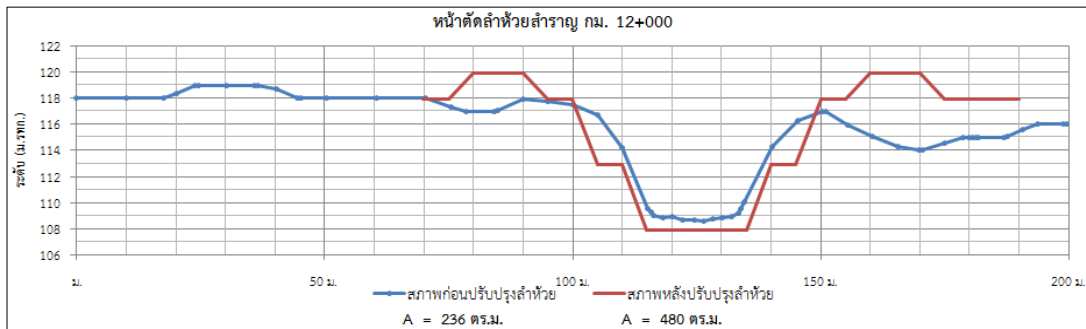
ภาพที่ ค.10 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 9+000



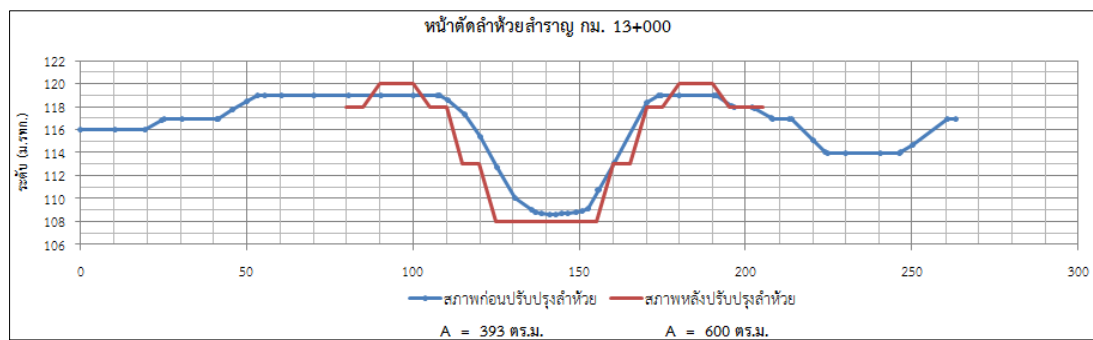
ภาพที่ ค.11 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 10+000



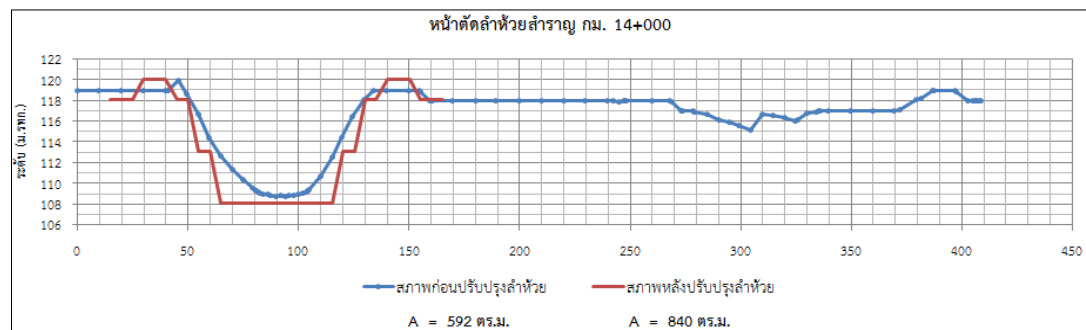
ภาพที่ ค.12 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 11+000



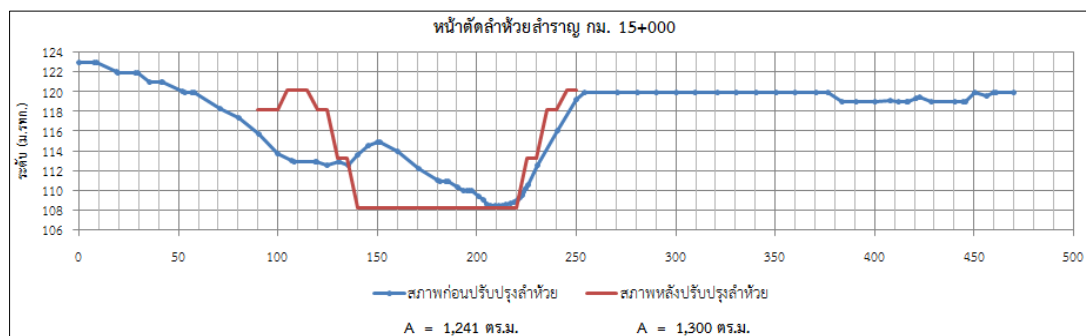
ภาพที่ ค.13 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 12+000



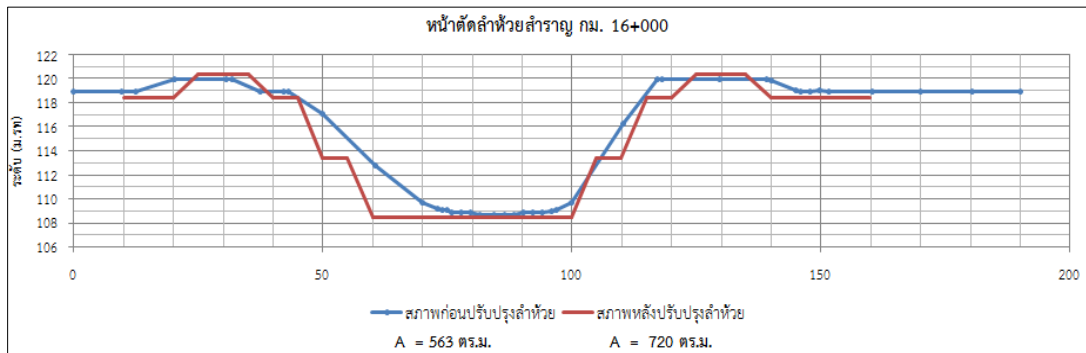
ภาพที่ ค.14 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 13+000



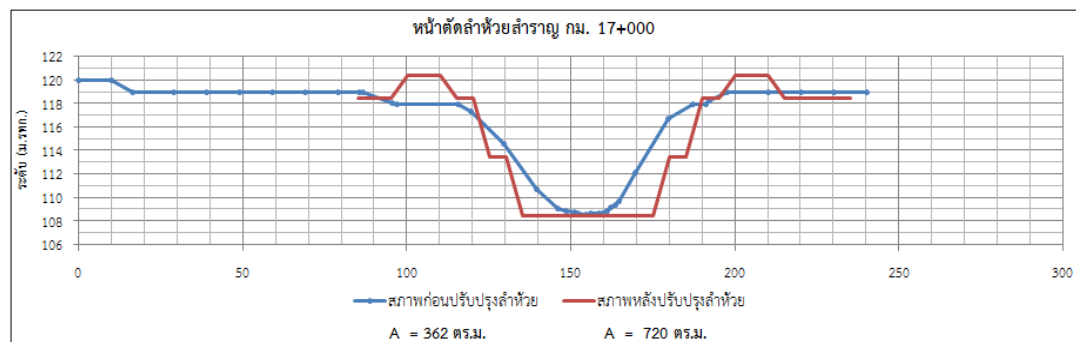
ภาพที่ ค.15 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 14+000



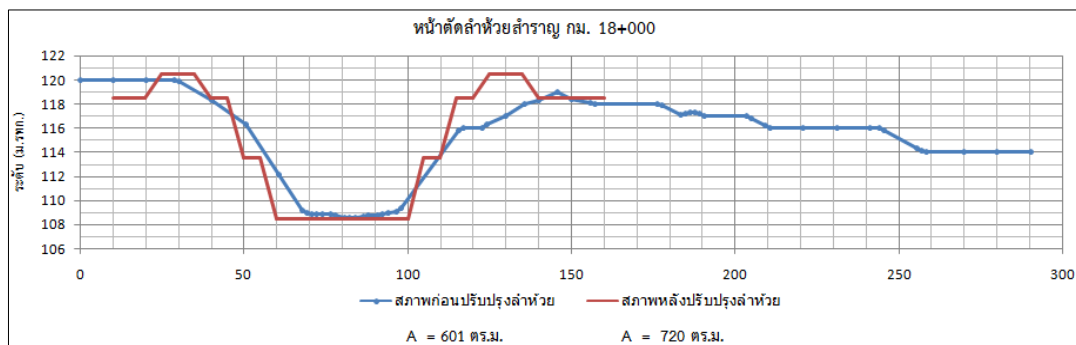
ภาพที่ ค.16 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 15+000



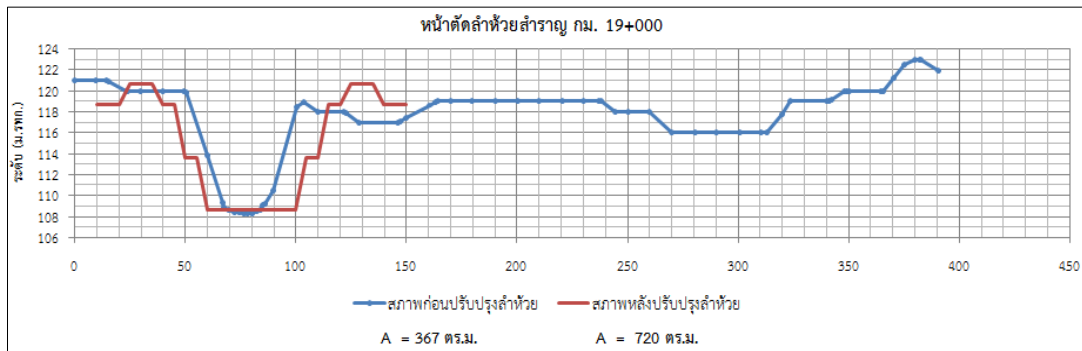
ภาพที่ ค.17 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 16+000



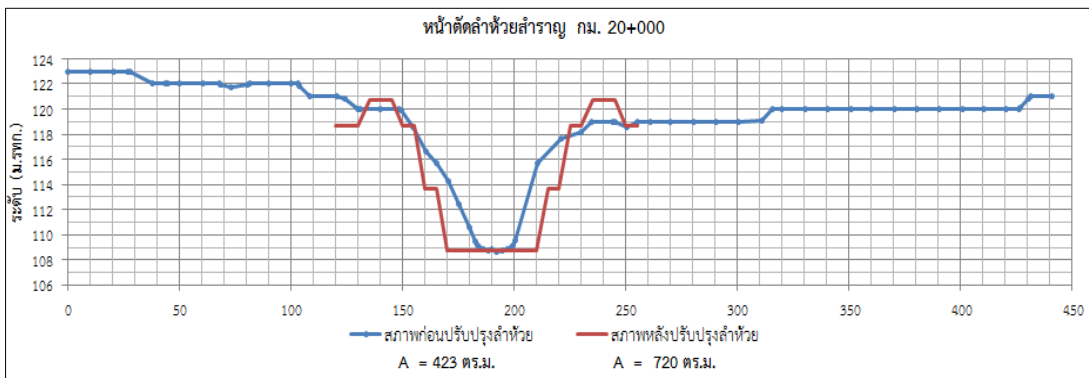
ภาพที่ ค.18 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 17+000



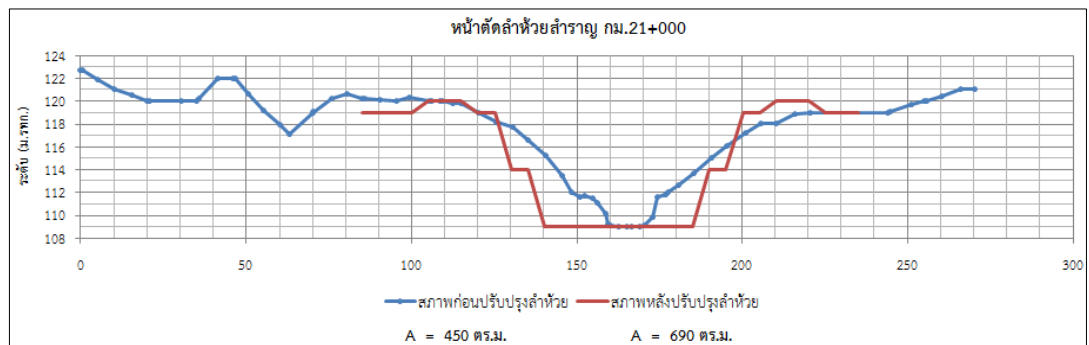
ภาพที่ ข.19 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 18+000



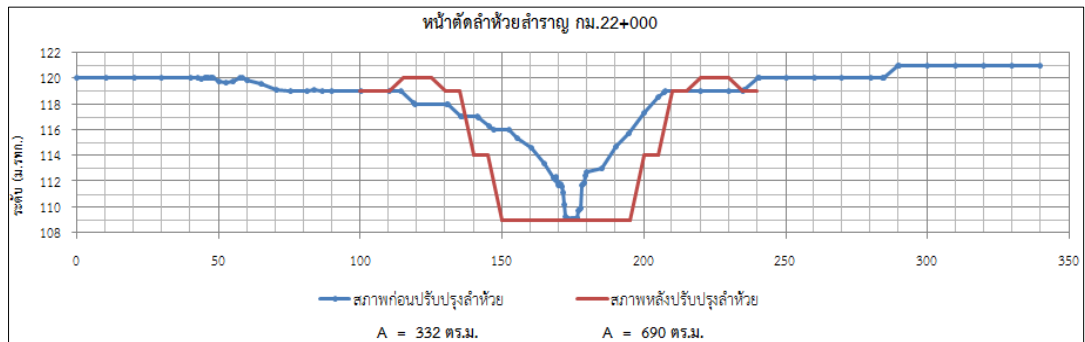
ภาพที่ ค.20 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 19+000



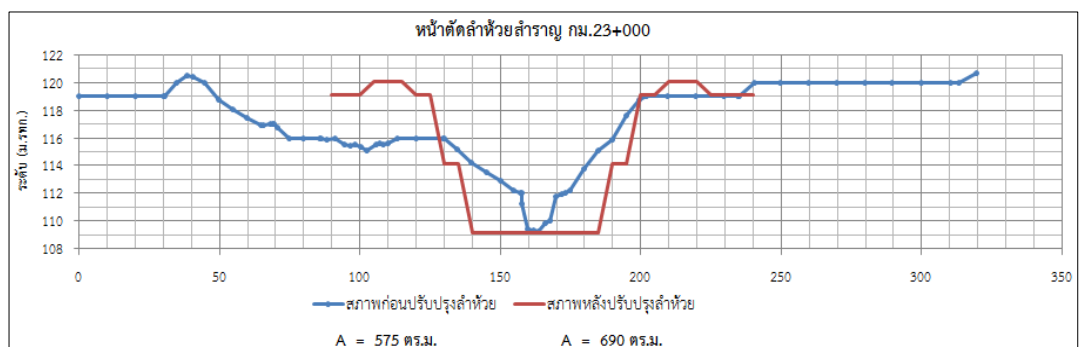
ภาพที่ ค.21 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 20+000



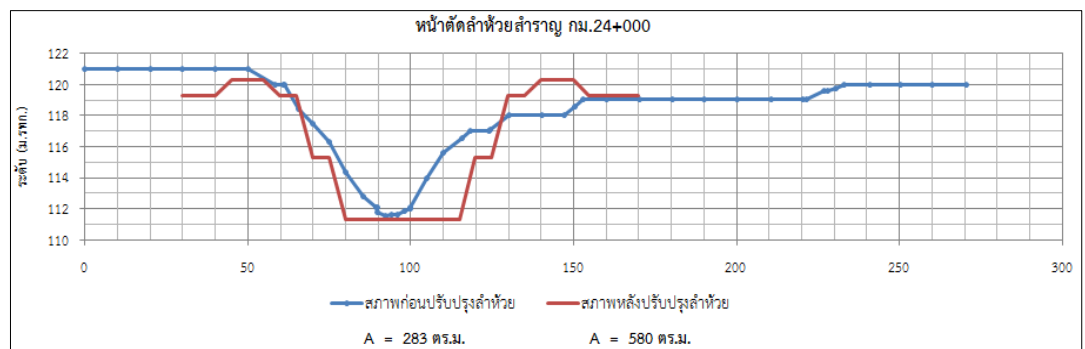
ภาพที่ ค. 22 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 21+000



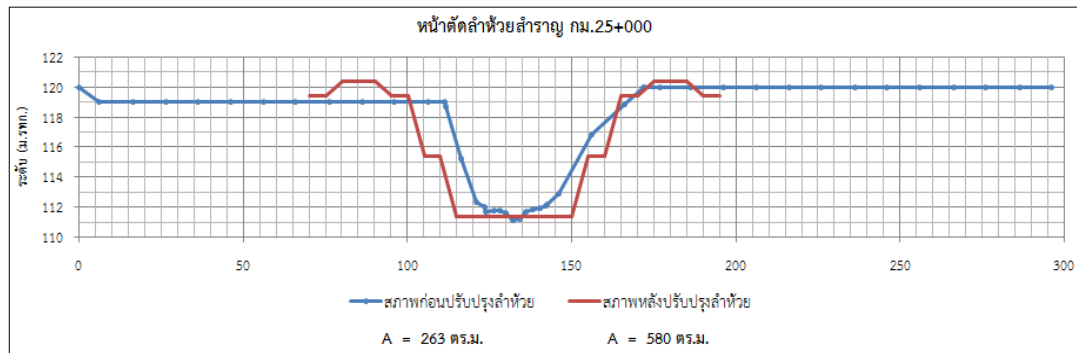
ภาพที่ ค.23 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 22+000



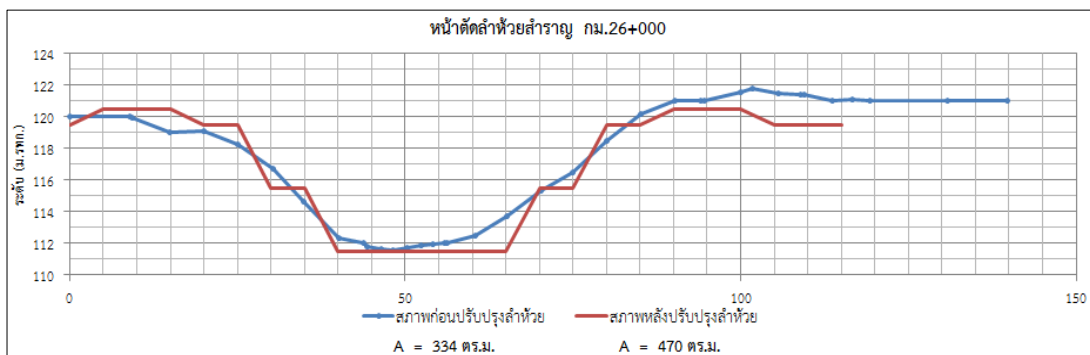
ภาพที่ ค.24 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 23+000



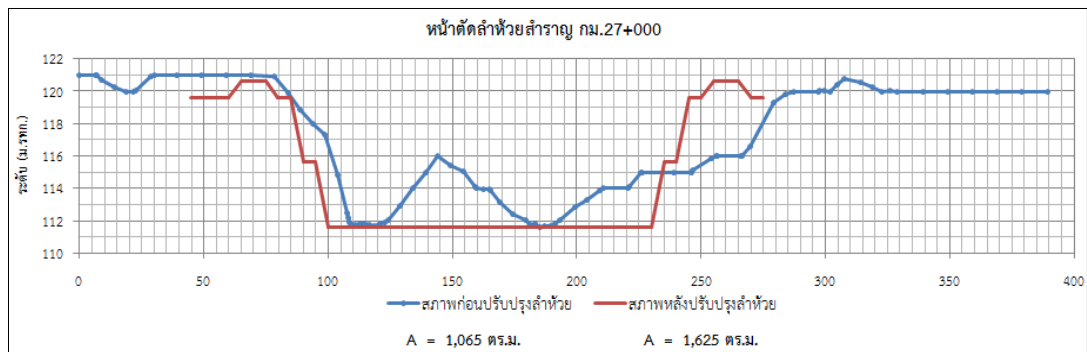
ภาพที่ ค.25 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 24+000



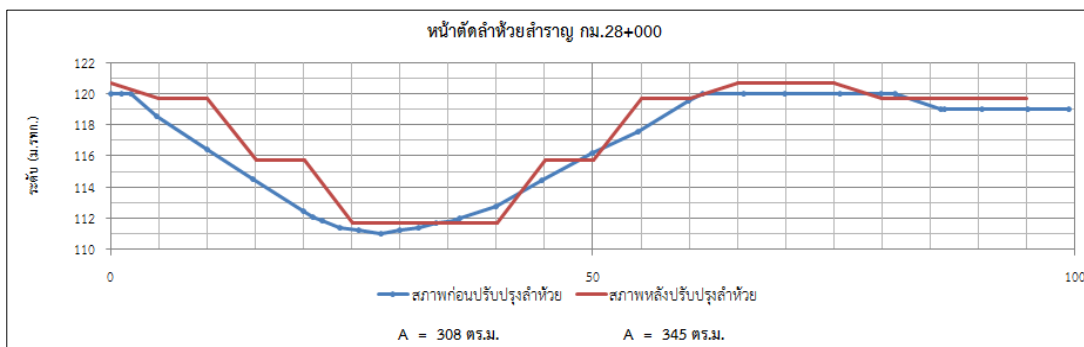
ภาพที่ ค.26 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 25+000



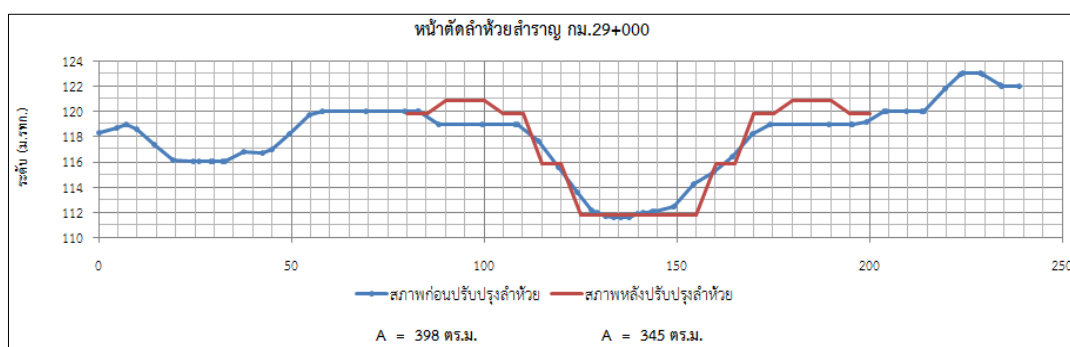
ภาพที่ ค.27 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 26+000



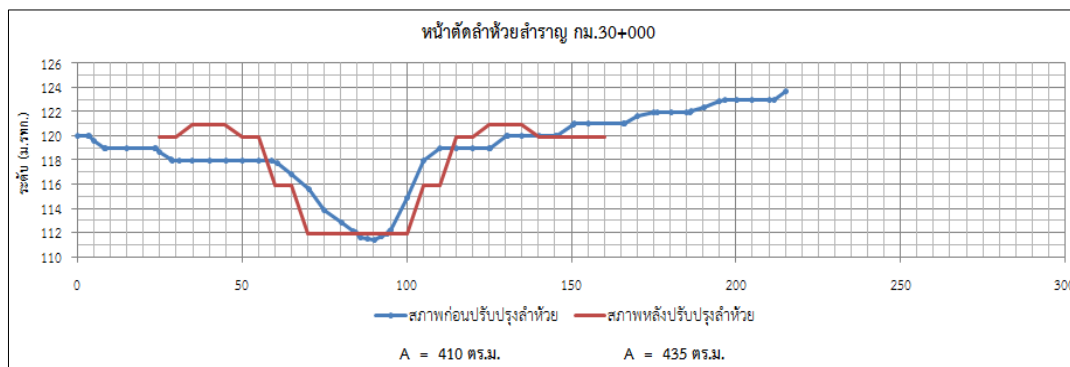
ภาพที่ ค.28 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 27+000



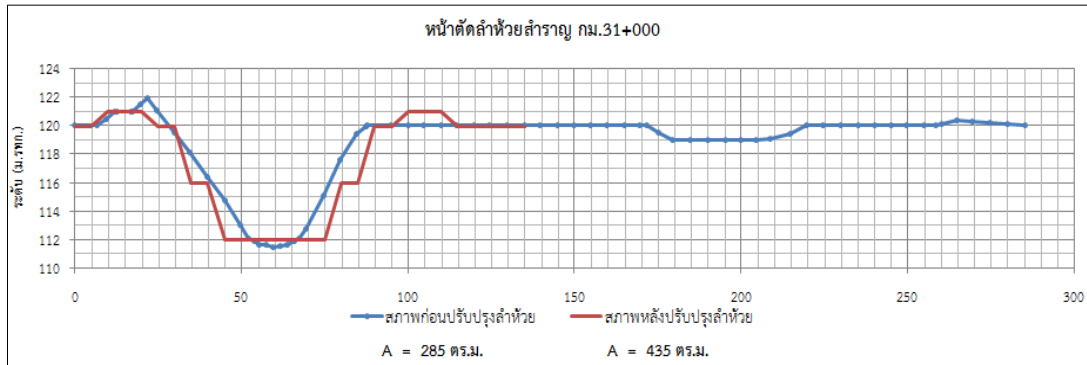
ภาพที่ ค.29 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 28+000



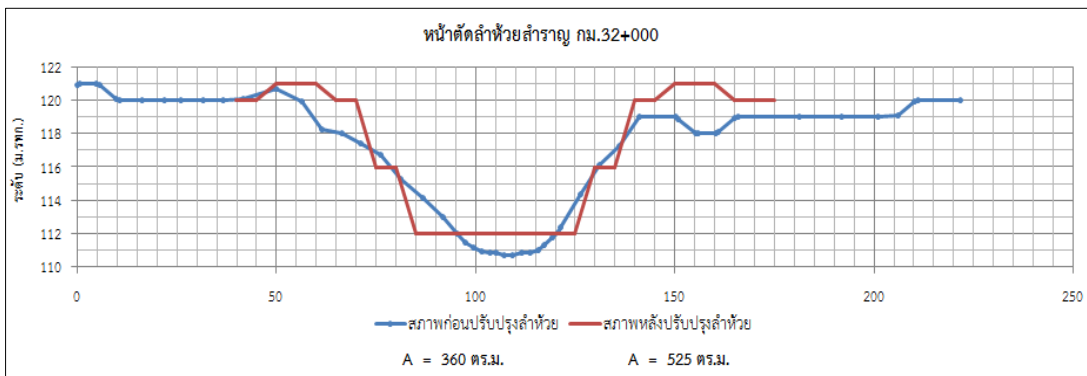
ภาพที่ ค.30 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 29+000



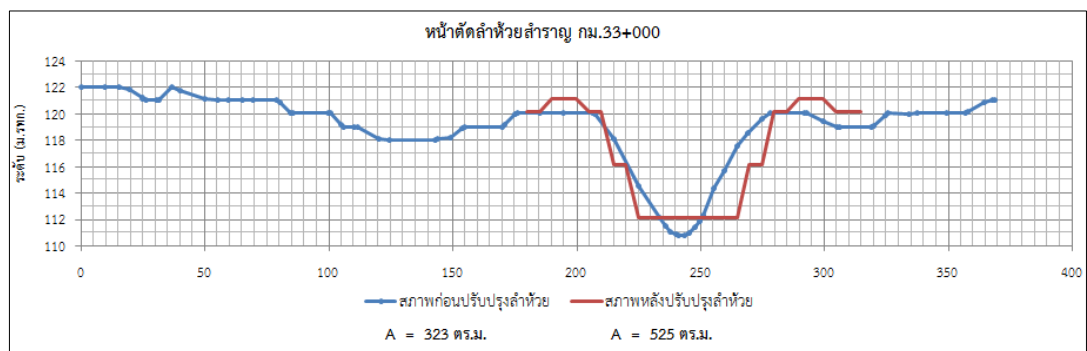
ภาพที่ ค.31 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 30+000



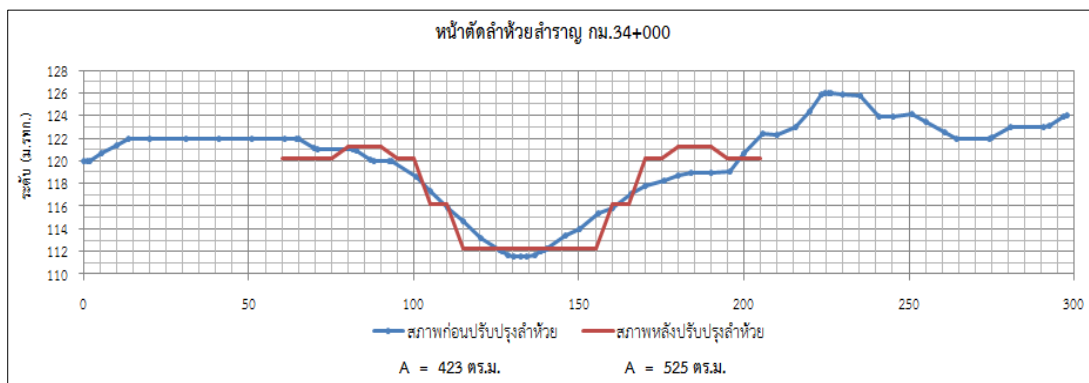
ภาพที่ ค.32 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 31+000



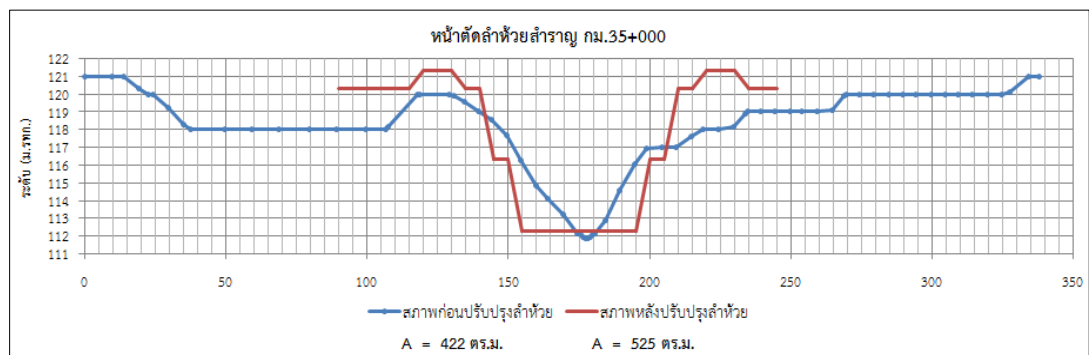
ภาพที่ ค.33 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 32+000



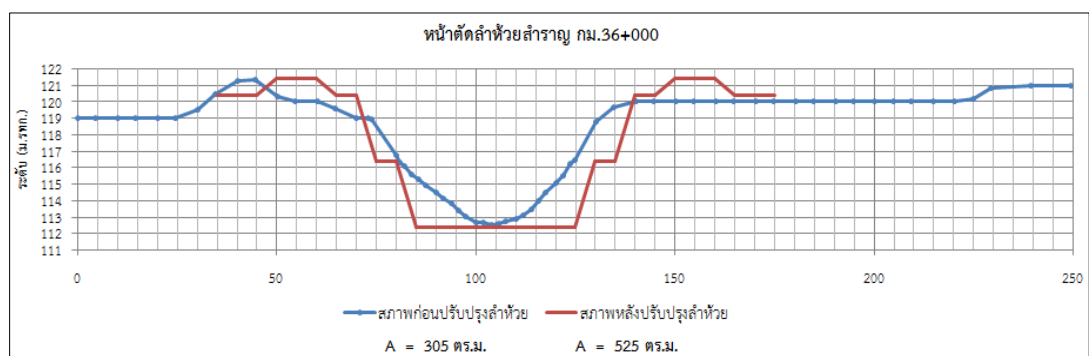
ภาพที่ ค.34 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 33+000



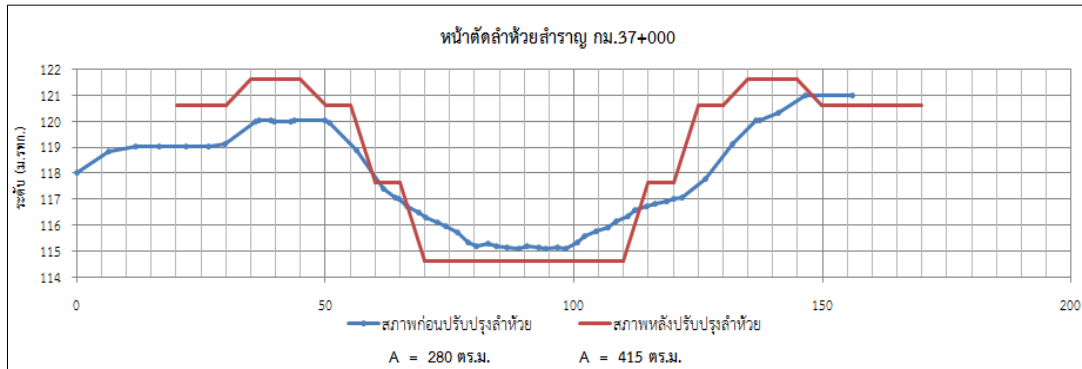
ภาพที่ ค.35 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 34+000



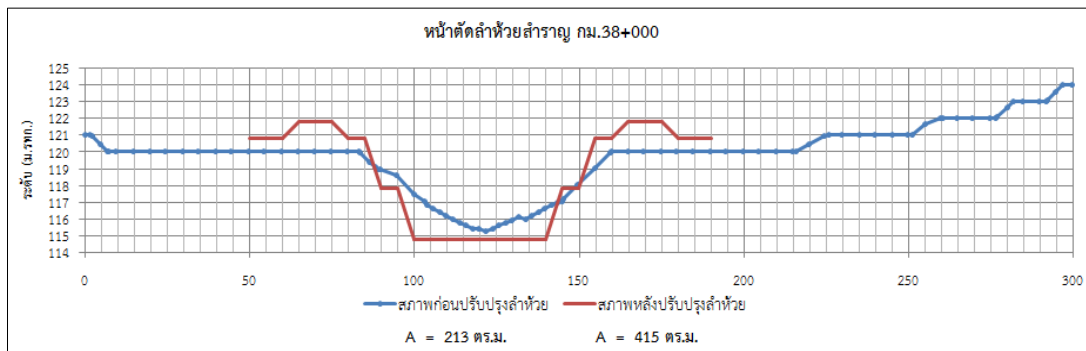
ภาพที่ ค.36 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 35+000



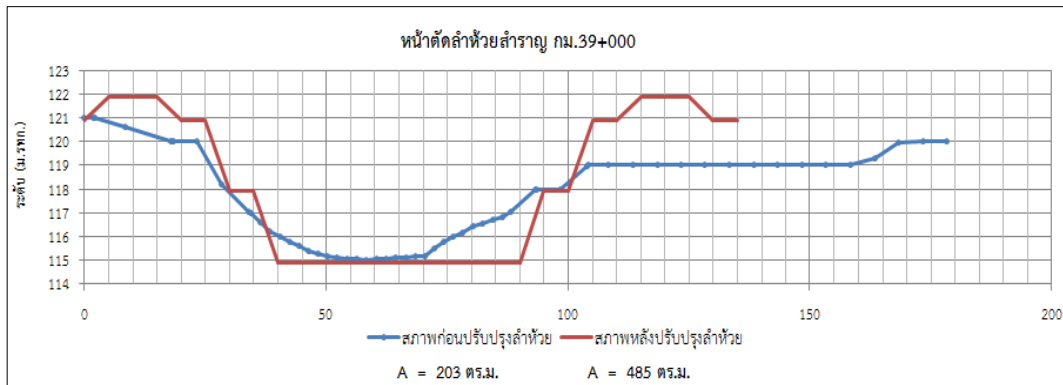
ภาพที่ ค.37 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 36+000



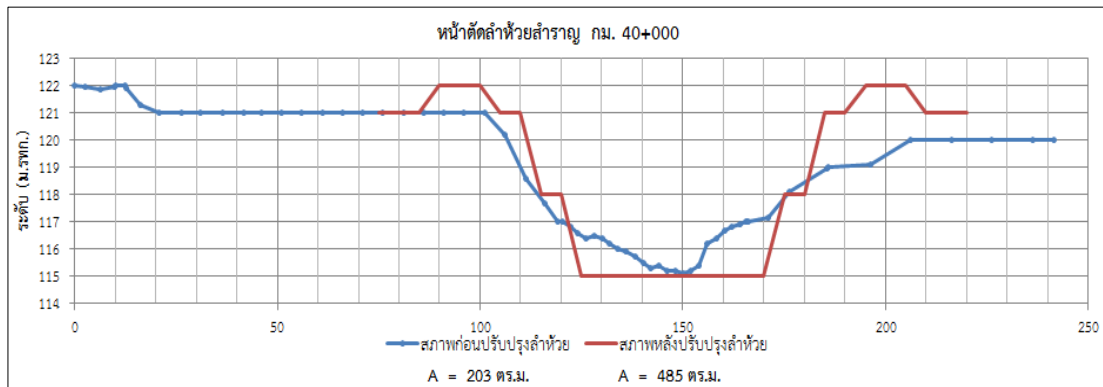
ภาพที่ ค.38 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 37+000



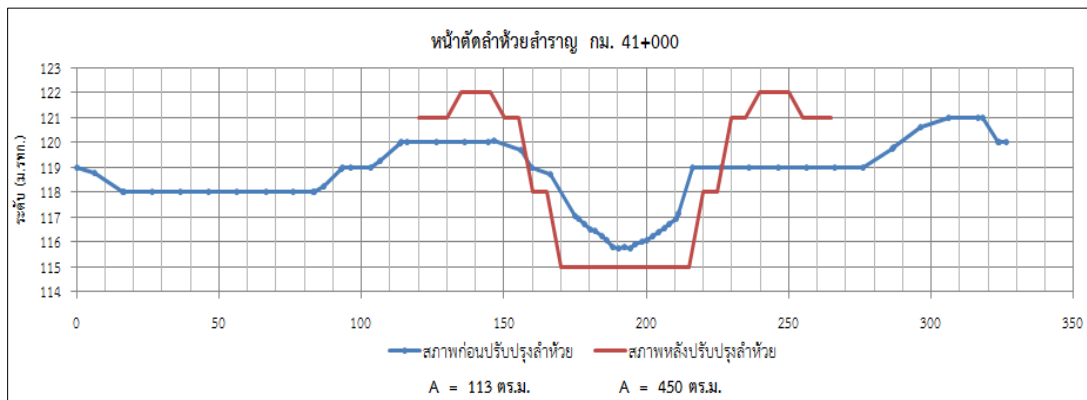
ภาพที่ ค.39 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 38+000



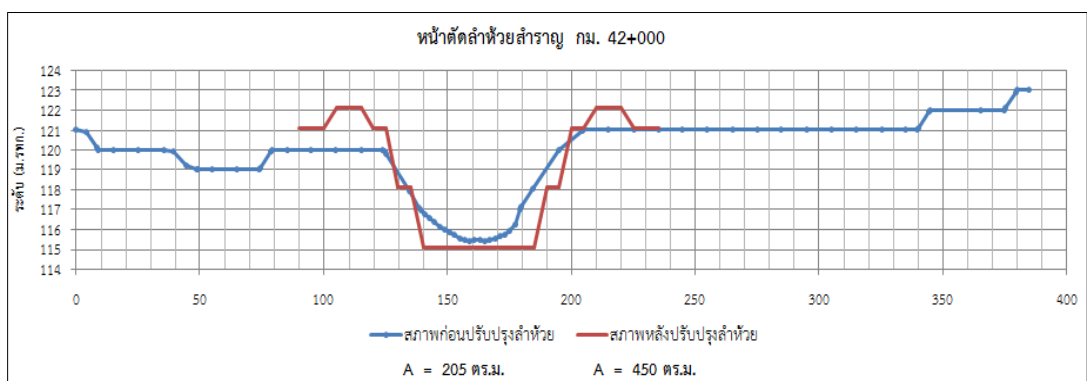
ภาพที่ ค.40 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 39+000



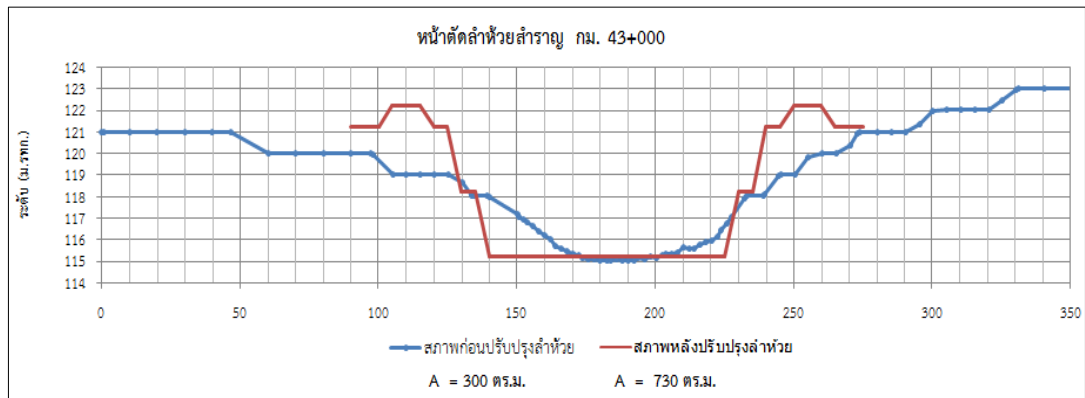
ภาพที่ ค.41 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 40+000



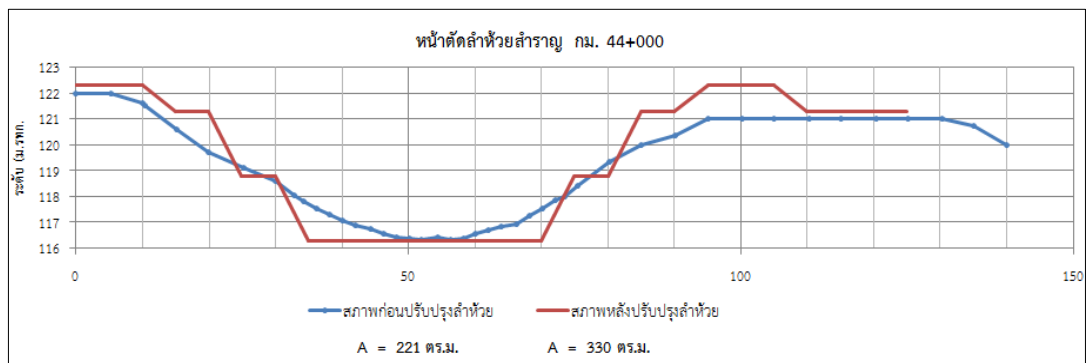
ภาพที่ ค.42 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 41+000



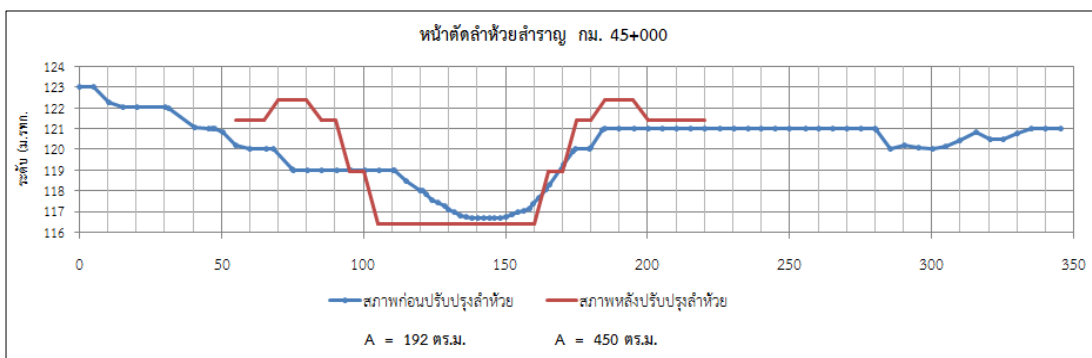
ภาพที่ ค.43 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 42+000



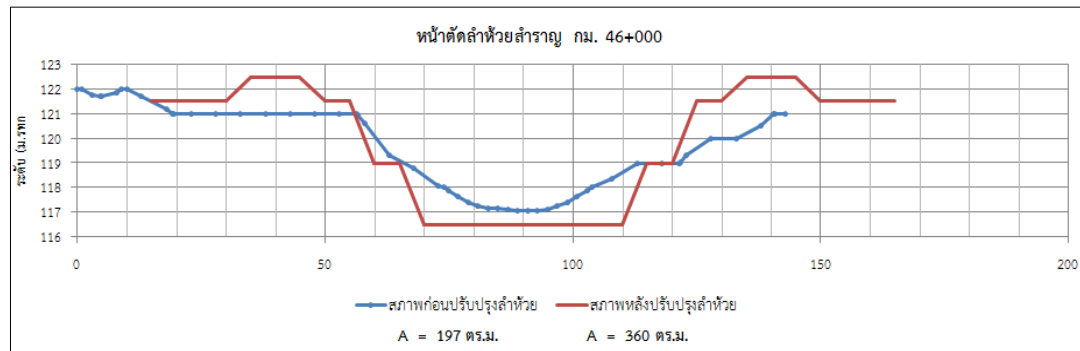
ภาพที่ ค.44 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 43+000



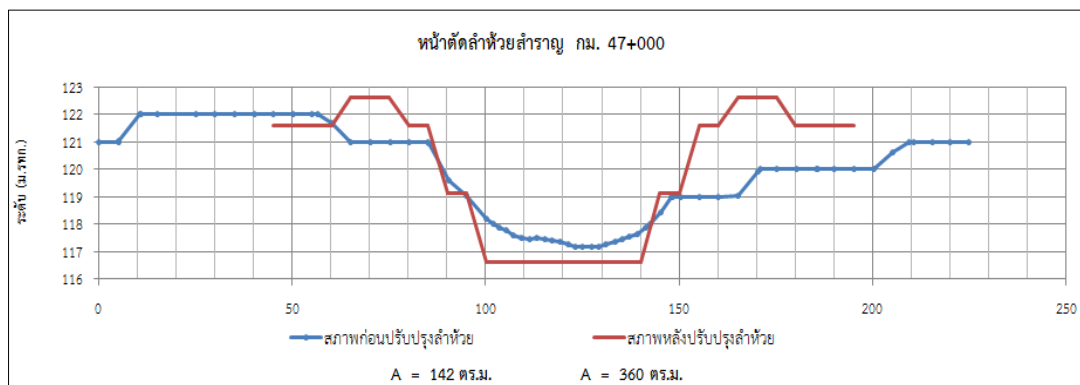
ภาพที่ ค.45 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 44+000



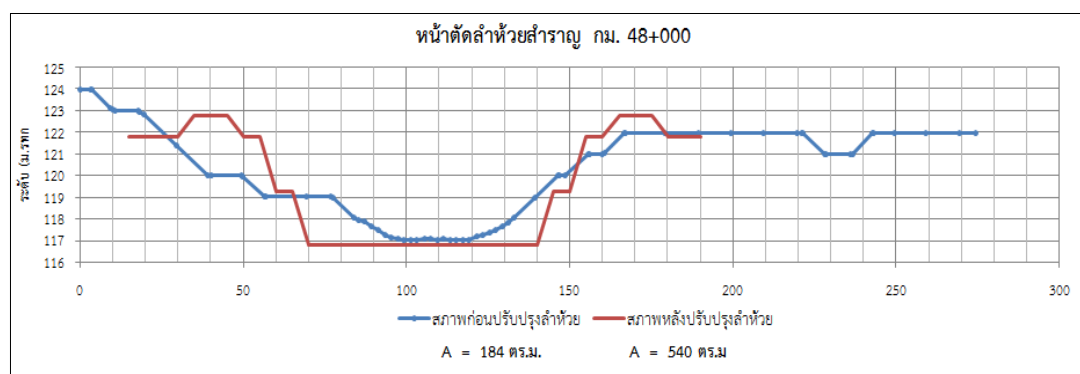
ภาพที่ ค.46 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 45+000



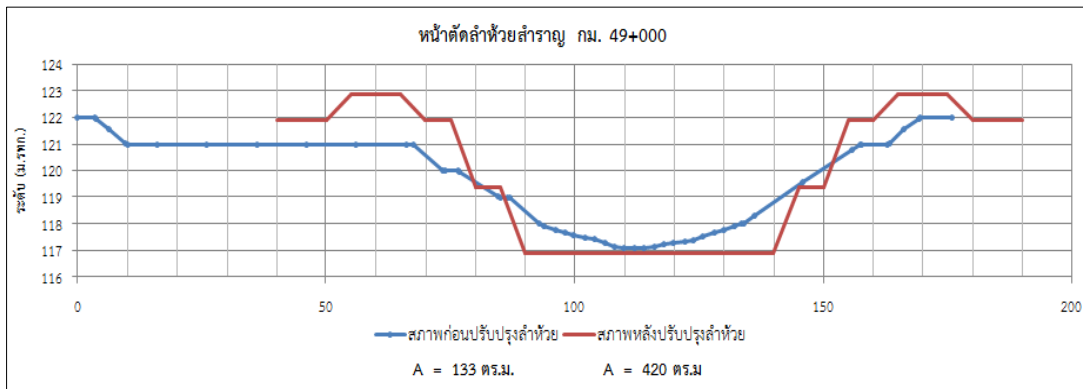
ภาพที่ ค.47 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 46+000



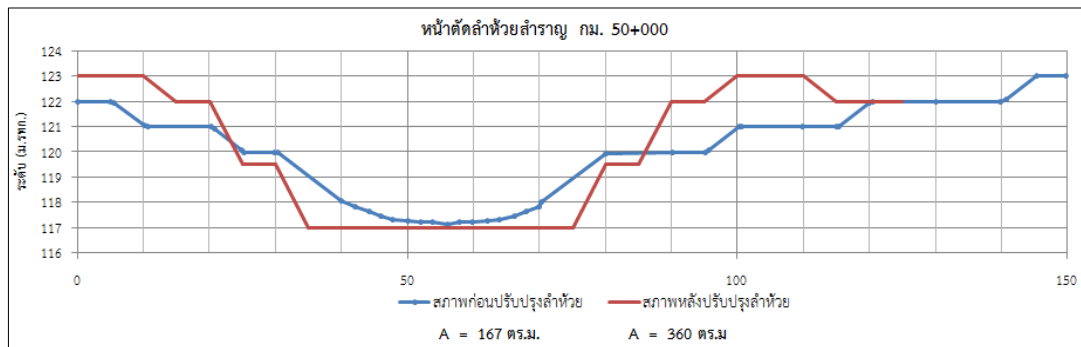
ภาพที่ ค.48 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 47+000



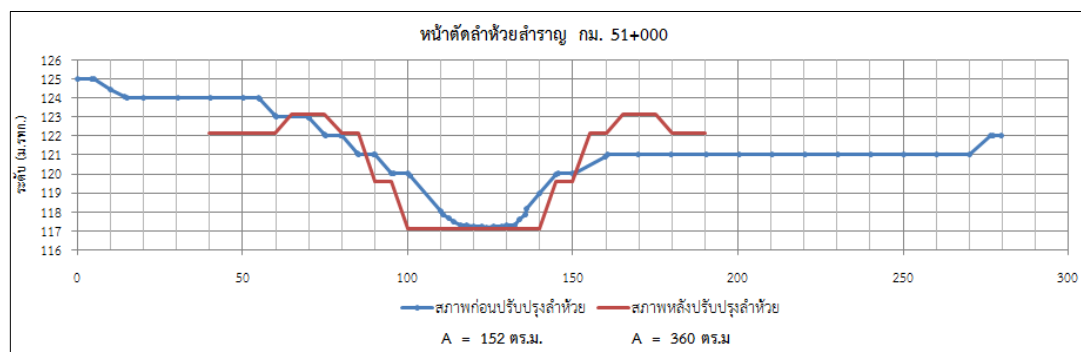
ภาพที่ ค.49 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 48+000



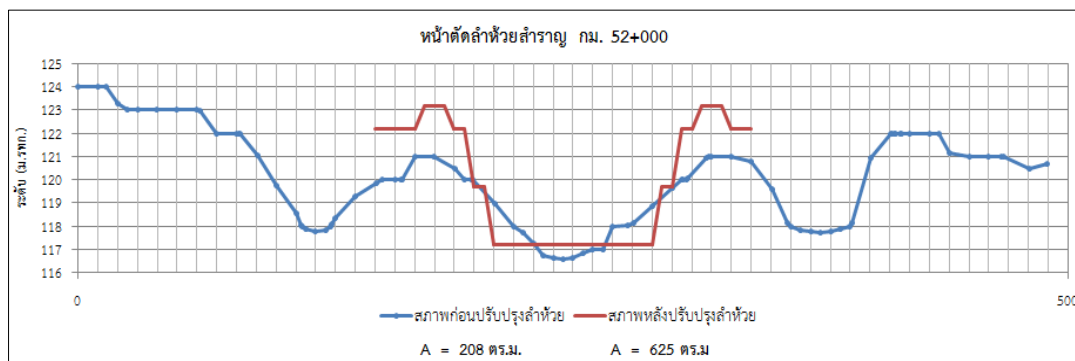
ภาพที่ ค.50 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 49+000



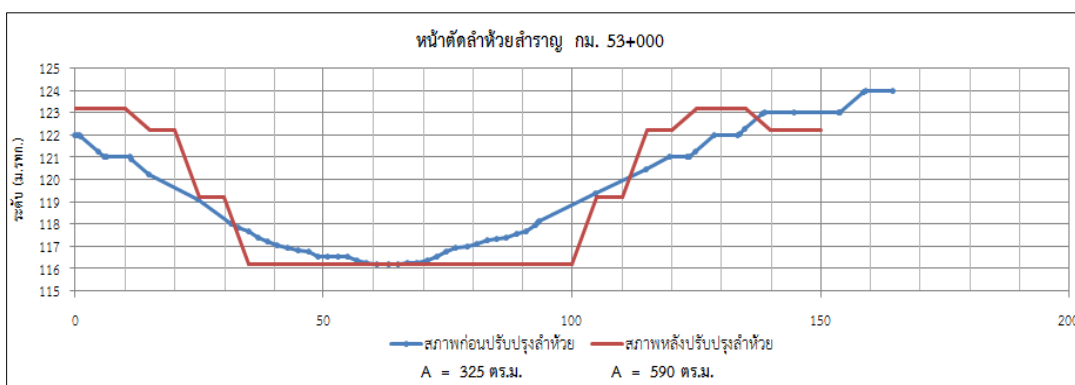
ภาพที่ ค.51 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 50+000



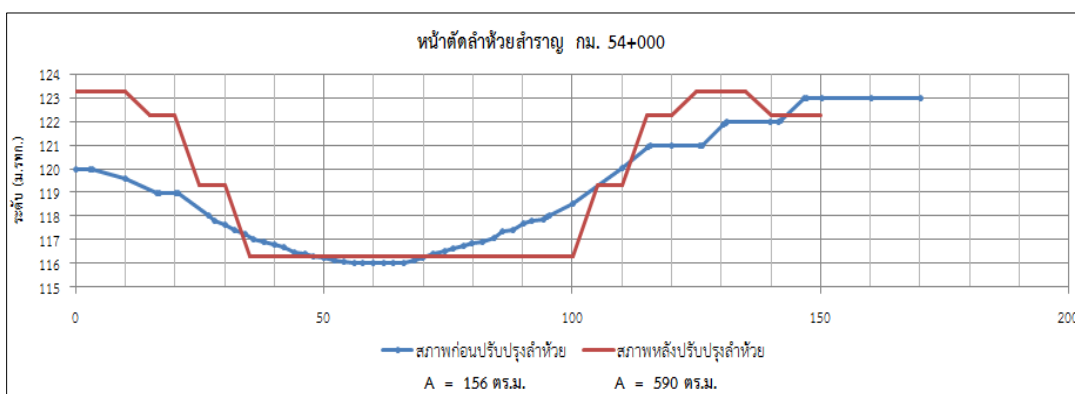
ภาพที่ ค.52 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 51+000



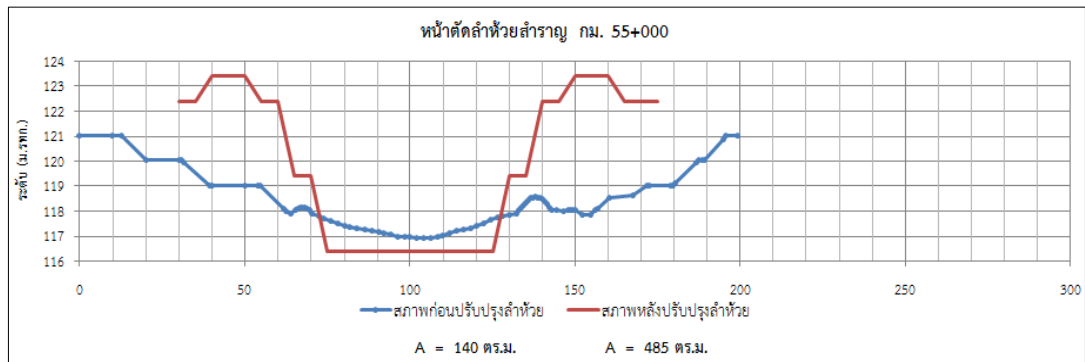
ภาพที่ ค.53 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 52+000



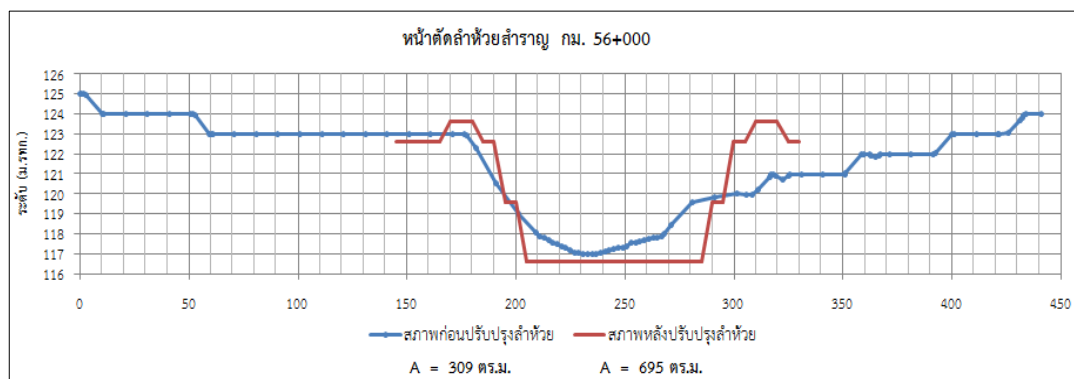
ภาพที่ ค.54 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 53+000



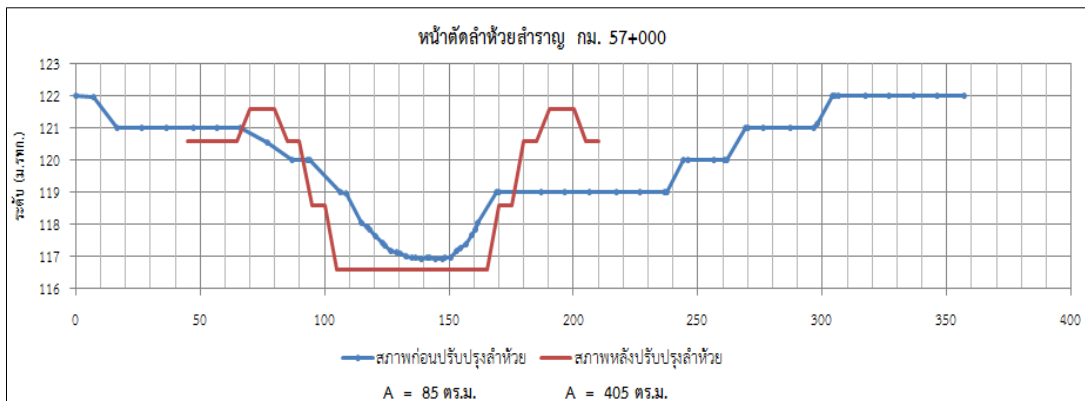
ภาพที่ ค.55 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 54+000



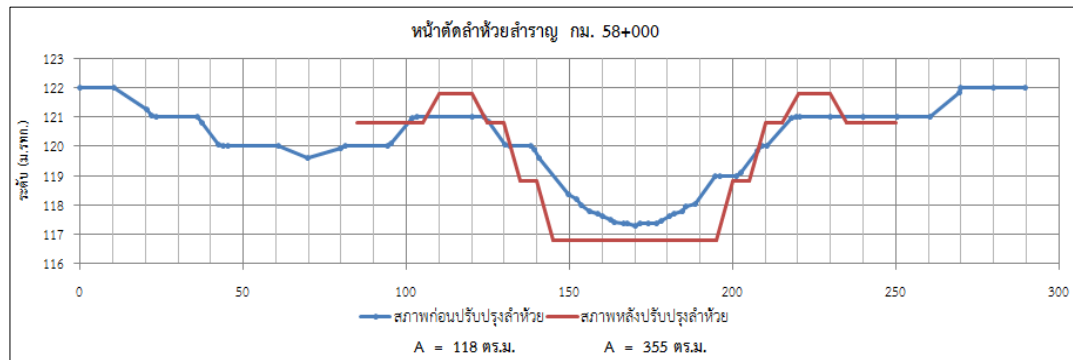
ภาพที่ ค.56 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 55+000



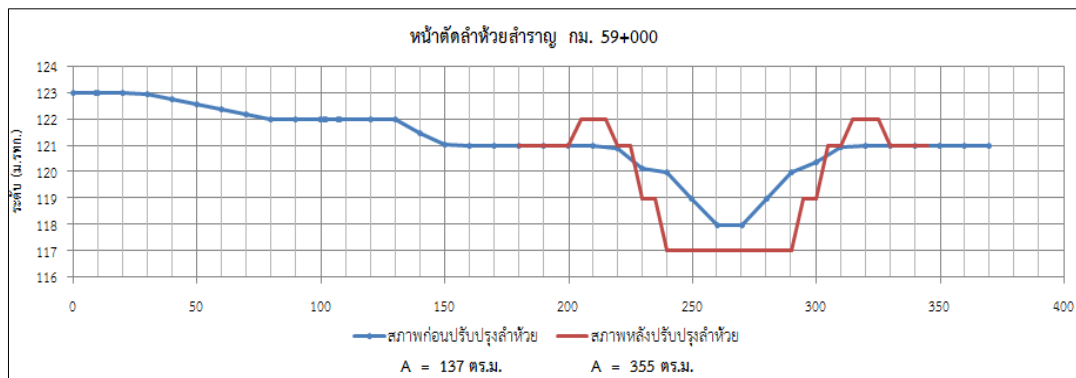
ภาพที่ ค.57 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 56+000



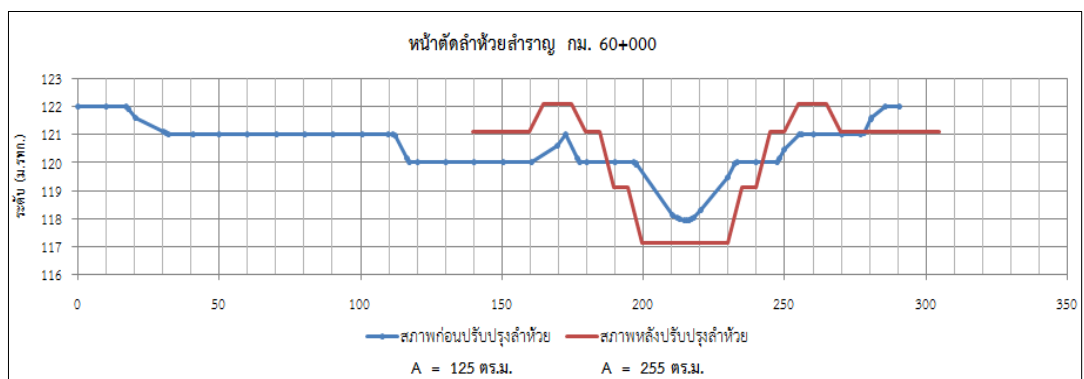
ภาพที่ ค.58 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 57+000



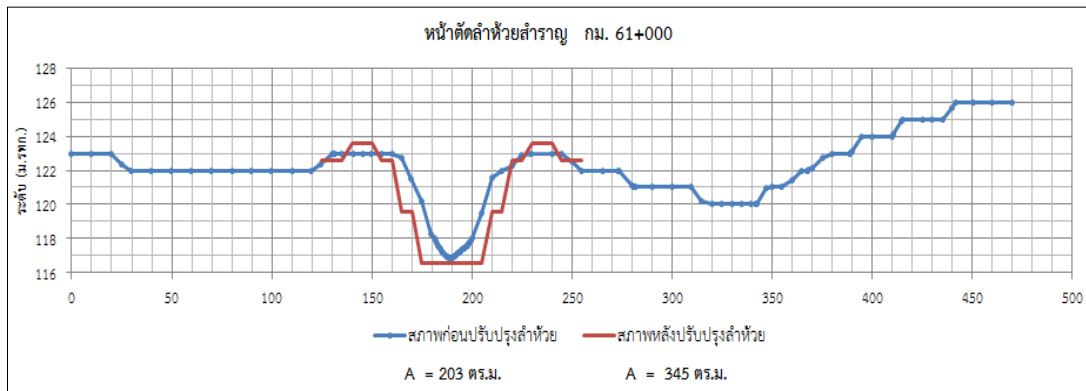
ภาพที่ ค.59 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 58+000



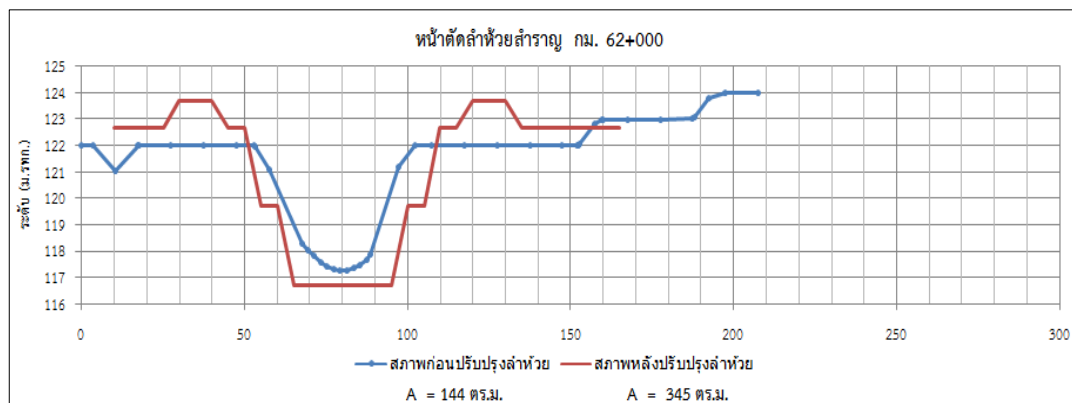
ภาพที่ ค.60 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 59+000



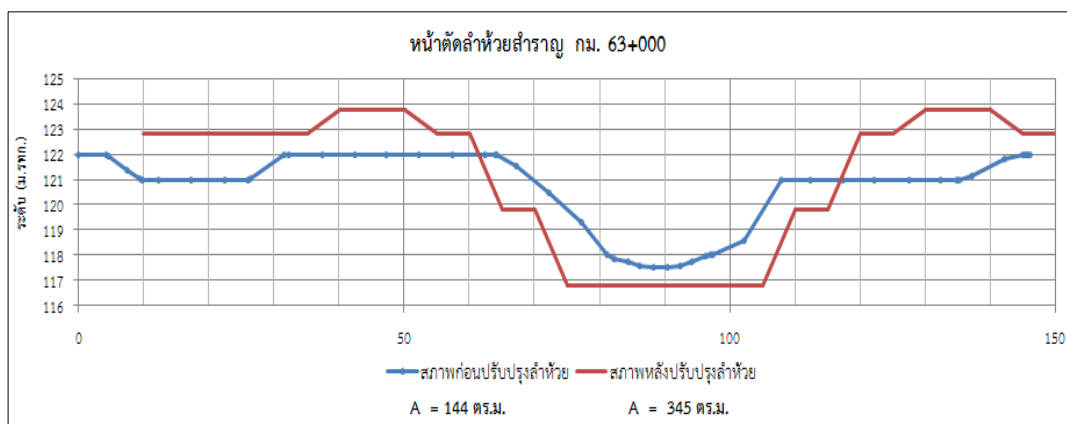
ภาพที่ ค.61 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 60+000



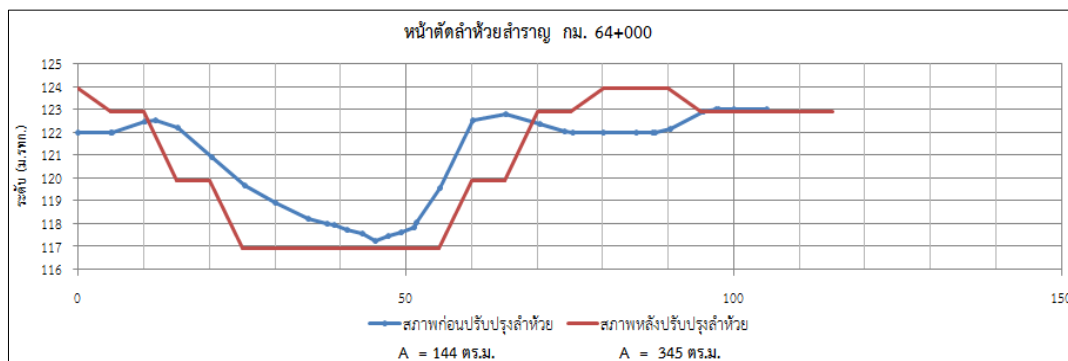
ภาพที่ ค.62 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 61+000



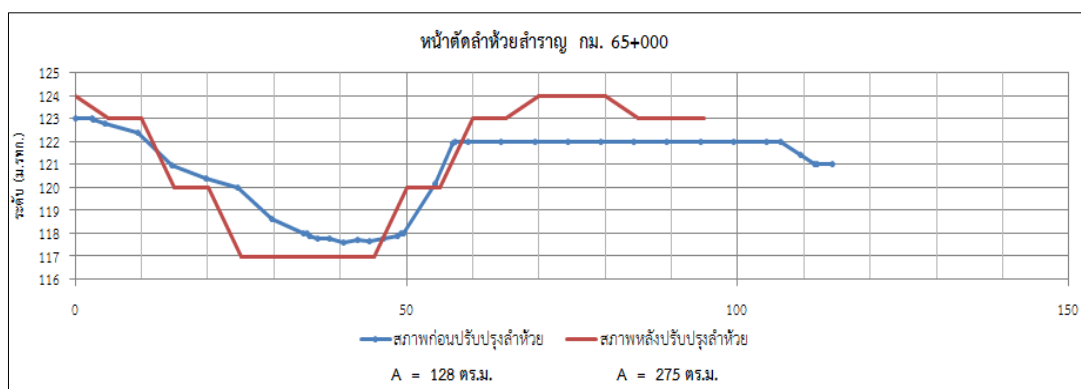
ภาพที่ ค.63 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 62+000



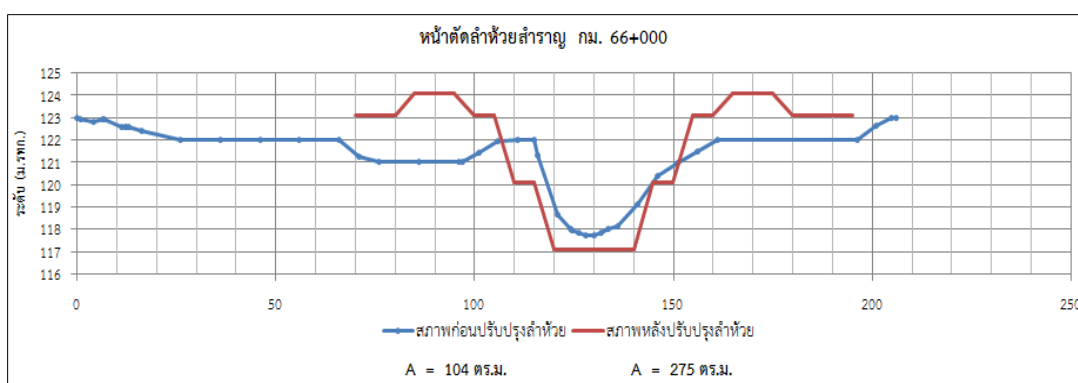
ภาพที่ ค.64 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 63+000



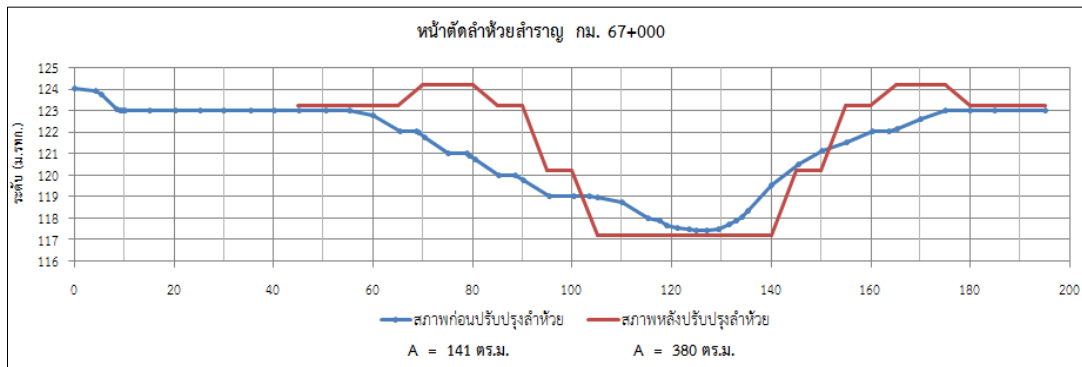
ภาพที่ ค.65 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 64+000



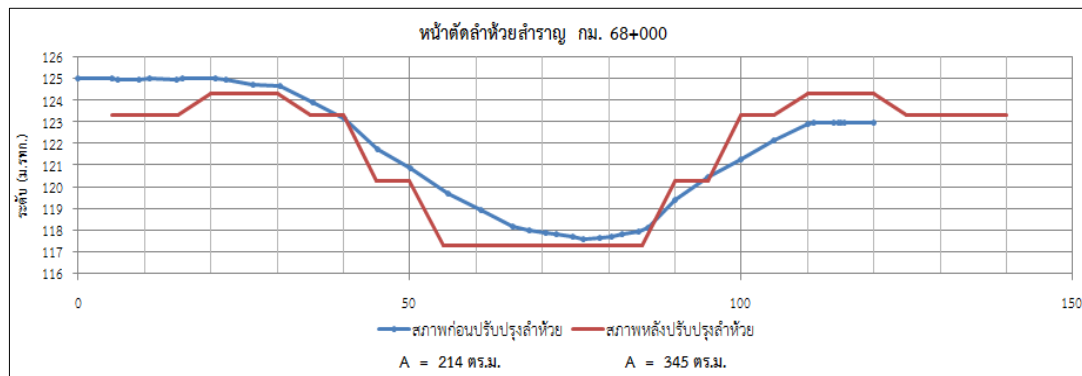
ภาพที่ ค.66 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 65+000



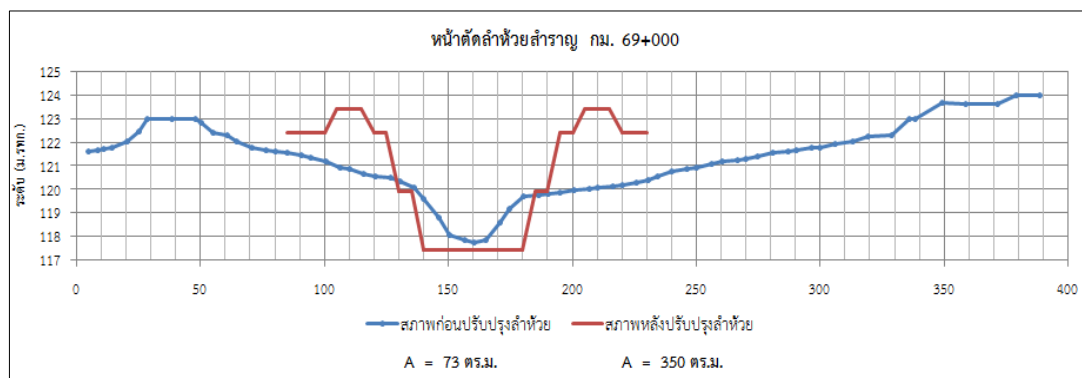
ภาพที่ ค.67 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 66+000



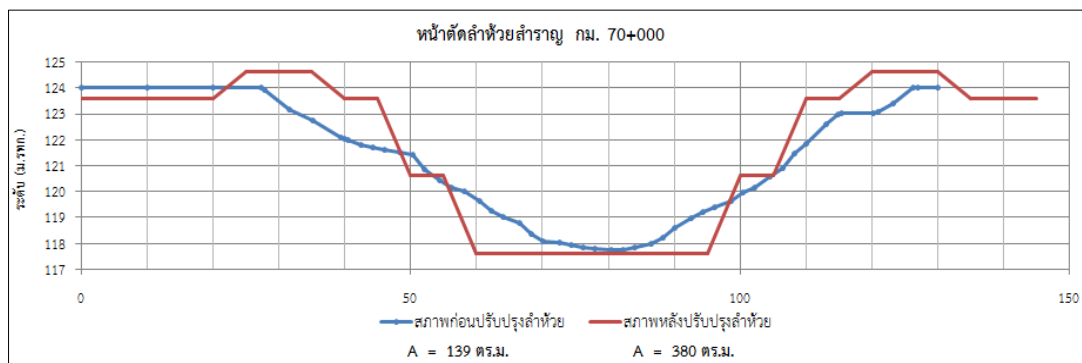
ภาพที่ ค.68 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 67+000



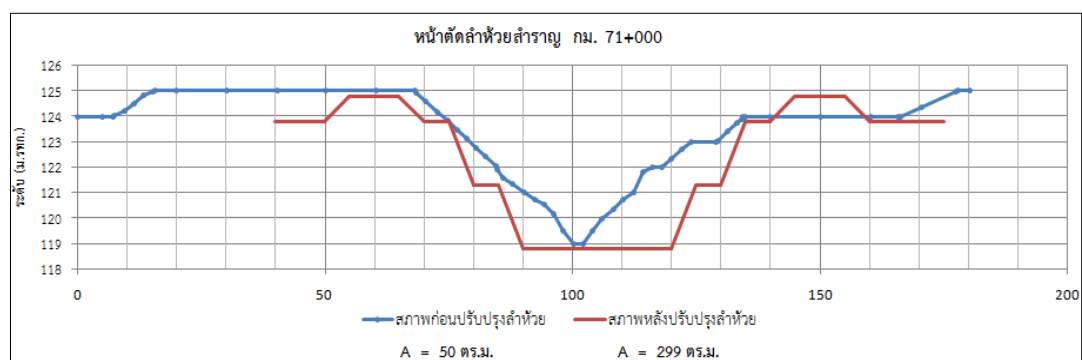
ภาพที่ ค.69 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 68+000



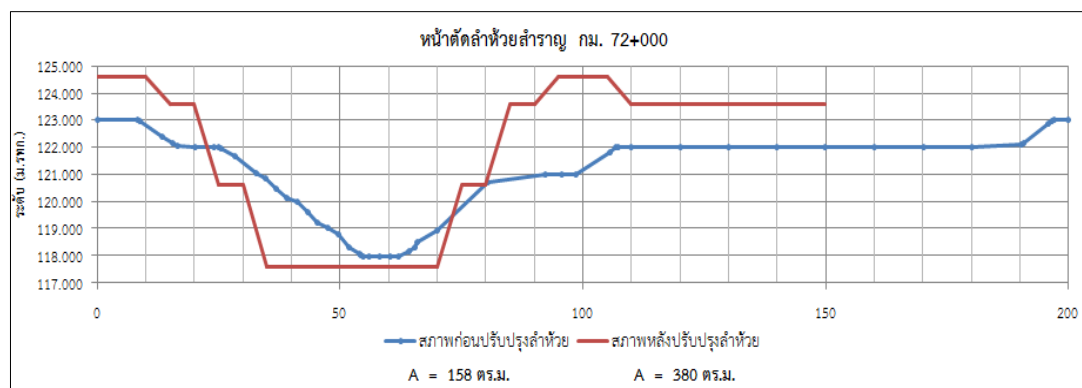
ภาพที่ ค.70 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 69+000



ภาพที่ ค.71 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 70+000



ภาพที่ ค.72 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 71+000



ภาพที่ ค.73 หน้าตัดลำห้วยสำราญ กม. 72+000

ภาคผนวก ง
ข้อมูลอุตุทกวิทยา

Station - Stream - River - River System -	Date	Water Year 2012 GAGE HEIGHT IN METER (MSL), Water Year April 1, 2012 to March 31, 2013												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve	
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual	
	1	109.66	109.55	109.86	109.92	109.54	110.69	113.22	111.86	110.60	111.96	111.24	110.61		
	2	109.62	109.57	109.78	110.25	109.55	110.67	113.14	111.72	110.70	111.89	111.22	110.38		
	3	109.55	109.83	109.72	110.28	109.57	110.57	113.03	111.65	110.82	111.86	111.19	110.23		
	4	109.55	109.71	109.65	109.96	109.56	110.63	113.04	111.68	110.95	111.85	111.15	110.15		
	5	109.63	109.58	109.86	109.65	110.48	110.73	113.25	111.57	111.12	111.82	111.10	110.13		
	6	109.85	109.66	109.60	110.37	110.21	110.90	113.27	111.42	111.39	111.78	111.05	110.10		
	7	109.71	109.70	109.83	110.40	109.83	110.84	113.24	111.32	111.54	111.76	111.02	110.11		
	8	109.64	109.85	109.67	110.58	109.74	111.68	113.17	111.24	111.72	111.75	111.01	110.17		
	9	109.62	109.68	109.79	110.60	109.76	112.48	113.40	111.15	112.03	111.75	111.01	110.19		
	10	109.57	109.65	109.71	110.56	109.73	112.76	113.54	111.05	112.20	111.74	111.00	110.21		
	11	109.55	109.65	109.86	110.97	109.57	112.80	113.70	111.01	112.21	111.71	110.99	110.24		
	12	109.55	109.65	110.37	110.42	109.55	112.87	113.90	110.97	112.24	111.70	110.98	110.26		
	13	109.55	109.88	110.43	110.13	109.55	112.94	114.12	110.92	112.26	111.68	110.98	110.29		
	14	109.55	109.77	110.37	110.03	109.54	113.13	114.11	110.88	112.29	111.66	110.98	110.29		
	15	109.54	109.64	110.23	109.95	109.54	113.37	114.15	110.84	112.31	111.64	110.98	110.22		
	16	109.54	109.85	110.14	109.95	109.59	113.39	114.21	110.78	112.32	111.62	110.98	110.18		
	17	109.54	109.75	110.07	109.92	109.61	113.28	114.09	110.67	112.33	111.59	110.98	110.14		
	18	109.54	109.65	110.13	109.80	109.66	113.55	113.89	110.45	112.30	111.57	110.97	110.12		
	19	109.58	109.62	109.96	109.76	109.61	113.52	113.70	110.15	112.17	111.53	110.92	110.12		
	20	109.58	109.65	109.90	109.72	109.56	113.32	113.50	110.09	112.13	111.49	110.86	110.12		
	21	109.57	109.62	109.82	109.64	109.59	113.06	113.36	110.17	112.10	111.47	110.82	110.13		
	22	109.55	109.59	110.05	109.57	109.57	112.79	113.16	110.28	112.10	111.44	110.76	110.12		
	23	109.55	109.62	111.26	109.55	109.59	112.52	112.54	110.32	112.07	111.42	110.72	110.12		
	24	109.55	109.60	110.31	109.56	109.56	112.25	112.34	110.30	112.05	111.39	110.66	110.12		
	25	109.55	110.03	109.82	109.58	109.60	112.17	112.24	110.30	112.05	111.35	110.63	110.12		
	26	109.55	109.90	109.80	109.55	109.66	112.24	112.15	110.30	112.04	111.34	110.62	110.11		
	27	109.54	109.75	109.69	109.54	109.98	112.60	112.09	110.38	112.03	111.29	110.59	110.11		
	28	109.55	109.83	109.66	109.56	110.02	113.08	111.99	110.47	112.08	111.27	110.57	110.10		
	29	109.55	109.70	109.64	109.57	110.38	113.31	111.81	110.52	112.05	111.26	110.10	110.10		
	30	109.55	109.62	109.65	109.55	111.07	113.26	111.81	110.52	112.01	111.25	110.10	110.10		
	31		109.66	109.53	109.53	110.84	112.02	112.02	110.52	112.01	111.25	110.10	110.10		
	Mean	109.58	109.70	109.94	109.96	109.79	112.38	113.13	110.83	111.88	111.58	110.93	110.18		
	Max	109.85	110.03	111.26	110.97	111.07	113.55	114.21	111.86	112.33	111.96	111.24	110.61		114.21
	Min	109.54	109.55	109.54	109.53	109.54	110.57	111.81	110.09	110.60	111.25	110.57	110.10		109.53
	Annual Max Momentary Gage Height	114.22 M (MSL.), AT 09:00 Hours, On OCT 16, 2012													
	Zero Gage At Bottom Elevation	109 M (MSL.), River Bed 108.76 M (MSL.)													
	Left Bank Elevation	124.216 M (MSL.)													
	Right Bank Elevation	123.845 M (MSL.), Drainage Area 2988 Square Kilometers													

ภาพที่ ง.1 ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555
ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556

Station - Stream - River - River System -	Ban Khwao,Uthumphon Phisai,Si Sa Ket,M.190												
	Huai Samran												
	Mun												
	Mun												
Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve													
GAGE HEIGHT IN METER (MSL.), Water Year April 1, 2012 to March 31, 2013													
Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1	121.39	121.63	121.83	121.98	121.98	123.23	124.88	124.59	124.35	123.50	121.96	121.22	
2	121.41	121.62	121.83	122.11	122.45	123.37	124.86	124.57	124.34	123.44	121.93	121.18	
3	121.42	121.61	121.83	122.17	122.89	123.56	124.86	124.54	124.33	123.39	121.88	121.12	
4	121.43	121.60	121.83	122.21	122.56	123.73	124.86	124.53	124.32	123.34	121.84	121.10	
5	121.44	121.69	121.84	122.25	121.48	123.87	124.87	124.51	124.31	123.28	121.81	121.05	
6	121.47	121.69	122.11	122.34	121.34	124.06	124.90	124.50	124.30	123.21	121.76	121.05	
7	121.50	121.68	122.73	122.55	121.38	124.42	124.94	124.48	124.29	123.17	121.72	121.05	
8	121.53	121.67	123.40	122.79	121.42	124.66	125.00	124.47	124.28	123.11	121.68	120.99	
9	121.53	121.67	123.91	122.93	121.45	124.79	125.06	124.45	124.29	123.06	121.65	120.96	
10	121.53	121.67	124.29	122.51	121.47	124.80	125.11	124.44	124.32	123.00	121.60	120.94	
11	121.52	121.66	124.38	121.47	121.48	124.83	125.15	124.42	124.29	122.95	121.57	120.96	
12	121.52	121.66	124.38	121.37	121.50	124.84	125.20	124.41	124.27	122.90	121.55	120.92	
13	121.52	121.67	124.37	121.34	121.51	124.84	125.30	124.41	124.25	122.84	121.51	120.97	
14	121.51	121.66	124.35	121.34	121.51	124.89	125.35	124.40	124.23	122.79	121.45	120.95	
15	121.50	121.66	124.33	121.34	121.52	124.93	125.36	124.39	124.22	122.75	121.41	120.89	
16	121.49	121.69	124.32	121.34	121.55	124.89	125.34	124.38	124.19	122.69	121.37	120.84	
17	121.51	121.69	124.29	121.33	121.65	124.86	125.30	124.34	124.17	122.63	121.34	120.89	
18	121.56	121.71	124.27	121.33	121.75	124.86	125.18	124.31	124.13	122.58	121.32	120.90	
19	121.58	121.74	124.23	121.38	121.80	124.82	125.09	124.32	124.10	122.53	121.30	120.91	
20	121.58	121.75	124.21	121.48	121.82	124.77	125.01	124.34	124.06	122.49	121.28	120.90	
21	121.57	121.75	124.19	121.55	121.83	124.74	124.96	124.35	124.02	122.45	121.28	120.92	
22	121.56	121.74	123.47	121.60	121.88	124.68	124.85	124.34	123.99	122.40	121.25	120.92	
23	121.56	121.74	121.70	121.64	122.17	124.63	124.80	124.33	123.95	122.35	121.22	120.93	
24	121.55	121.73	121.70	121.68	122.55	124.61	124.79	124.35	123.91	122.31	121.16	120.93	
25	121.53	121.78	121.77	121.71	122.72	124.62	124.76	124.36	123.87	122.26	121.15	120.93	
26	121.52	121.79	121.81	121.73	122.72	124.65	124.74	124.36	123.82	122.21	121.29	120.95	
27	121.57	121.80	121.85	121.75	122.75	124.77	124.71	124.37	123.77	122.17	121.29	120.97	
28	121.65	121.82	121.88	121.76	122.75	124.86	124.68	124.37	123.73	122.12	121.25	120.98	
29	121.64	121.82	121.90	121.80	122.81	124.88	124.65	124.37	123.67	122.08		120.98	
30	121.63	121.83	121.92	121.83	123.05	124.88	124.64	124.36	123.61	122.04		120.99	
31		121.83		121.86	123.13		124.61		123.55	121.99		120.99	
Mean	121.52	121.71	123.03	121.82	122.03	124.54	124.96	124.41	124.09	122.71	121.49	120.98	
Max	121.65	121.83	124.38	122.93	123.13	124.93	125.36	124.59	124.35	123.50	121.96	121.22	125.36
Min	121.39	121.60	121.70	121.33	121.34	123.23	124.61	124.31	123.55	121.99	121.15	120.84	120.84
Annual Max Momentary Gage Height 125.37 M (MSL.), AT 08:00 Hours, On OCT 15, 2012													
Zero Gage At Bottom Elevation 119.7 M (MSL.), River Bed 121.602 M (MSL.)													
Left Bank Elevation 129.513 M (MSL.)													
Right Bank Elevation 129.5 M (MSL.), Drainage Area 2339 Square Kilometers													

ภาพที่ ง.2 ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556

Station - Stream - River - River System -	Ban Nong Yaplong , Huai Samran Mun Mun	Mueang, Si Sa Ket,M.9	Water Year 2012												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve	
			Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2012 to March 31, 2013													
			Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1			0.43	0.38	0.53	0.56	0.37	1.28	42.80	9.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2			0.41	0.38	0.49	0.73	0.38	1.24	39.60	8.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3			0.38	0.52	0.46	0.74	0.38	1.06	35.20	7.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4			0.38	0.45	0.43	0.58	0.38	1.16	35.60	7.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5			0.41	0.39	0.43	0.53	0.93	1.45	44.00	6.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6			0.52	0.43	0.40	0.82	0.70	2.30	44.80	5.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7			0.45	0.45	0.37	0.85	0.52	2.00	43.60	5.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8			0.42	0.52	0.44	1.07	0.47	7.76	40.80	4.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9			0.41	0.44	0.50	1.10	0.48	19.60	50.00	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10			0.38	0.43	0.45	1.04	0.47	26.80	56.00	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11			0.38	0.43	0.53	0.53	0.38	28.00	64.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12			0.38	0.43	0.82	0.87	0.38	30.10	74.00	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13			0.38	0.54	0.88	0.66	0.38	32.20	86.20	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14			0.38	0.48	0.82	0.62	0.37	39.20	85.60	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15			0.37	0.42	0.72	0.58	0.37	48.80	88.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16			0.37	0.52	0.67	0.58	0.40	49.60	91.60	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17			0.37	0.48	0.63	0.56	0.41	45.20	84.40	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18			0.37	0.43	0.66	0.50	0.43	56.50	73.50	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19			0.39	0.41	0.58	0.48	0.41	55.00	64.00	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20			0.39	0.43	0.55	0.46	0.38	46.80	54.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21			0.38	0.41	0.51	0.42	0.40	36.40	48.40	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22			0.38	0.40	0.63	0.38	0.38	27.70	40.40	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23			0.38	0.41	4.82	0.38	0.40	20.40	20.80	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24			0.38	0.40	0.76	0.38	0.38	15.00	16.80	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
25			0.38	0.62	0.51	0.39	0.40	13.40	14.80	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26			0.38	0.55	0.50	0.38	0.43	14.80	13.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27			0.37	0.48	0.45	0.37	0.59	22.00	11.80	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28			0.38	0.52	0.43	0.38	0.61	37.20	9.93	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29			0.38	0.45	0.42	0.38	0.83	46.40	8.67	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
30			0.38	0.41	0.43	0.38	3.49	44.40	8.67	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
31				0.43		0.37	2.00		10.40		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total			11.76	14.04	20.82	20.33	18.90	773.75	1401.37	88.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2349.42 CMSDAY
Mean			0.39	0.45	0.69	0.66	0.61	25.79	45.21	2.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40 CMS
Max			0.52	0.62	4.82	2.79	3.49	56.50	91.60	9.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.60 CMS
Min			0.37	0.38	0.37	0.37	0.37	1.06	8.67	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 CMS
Runoff			1.02	1.21	1.80	1.76	1.63	66.85	121.08	7.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	202.99 MCM
Momentary Peak			92.20	CMS, at	114.22	M (MSL.) at				9	Hours, on	OCT 16, 2012				
Runoff Yield			2.15	Liters/Second/Square KM,	30.857	Liters/Second/Square KM										

ภาพที่ ง.3 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556

Station Stream River River System	Ban Khwao,Uthumphon Phisai,Si Sa Ket,M.190 Huai Samran Mun Mun	Water Year 2012												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve	
		Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2012 to March 31, 2013													
		Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.80	20.50	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.60	19.50	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00
3		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.60	18.00	9.20	0.00	0.00	0.00	0.00
4		4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.60	17.50	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5		5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.20	16.50	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00
6		6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	16.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7		7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.80	40.40	15.20	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00
8		8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	44.00	14.80	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00
9		9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.40	47.60	14.00	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00
10		10	0.00	0.00	7.60	0.00	0.00	32.00	50.60	13.60	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00
11		11	0.00	0.00	11.20	0.00	0.00	33.80	53.00	12.80	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00
12		12	0.00	0.00	11.20	0.00	0.00	34.40	56.00	12.40	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00
13		13	0.00	0.00	10.80	0.00	0.00	34.40	62.00	12.40	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14		14	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	37.40	65.50	12.00	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00
15		15	0.00	0.00	9.20	0.00	0.00	39.80	66.20	11.60	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00
16		16	0.00	0.00	8.80	0.00	0.00	37.40	64.80	11.20	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00
17		17	0.00	0.00	7.60	0.00	0.00	35.60	62.00	9.60	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00
18		18	0.00	0.00	6.80	0.00	0.00	35.60	54.80	8.40	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
19		19	0.00	0.00	5.20	0.00	0.00	33.20	49.40	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20		20	0.00	0.00	4.40	0.00	0.00	30.20	44.60	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21		21	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	28.40	41.60	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22		22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	35.00	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23		23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.50	32.00	9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24		24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	31.40	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25		25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.00	29.60	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26		26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.50	28.40	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27		27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.20	26.60	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28		28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.60	25.00	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29		29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.80	23.50	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30		30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.80	23.00	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31		31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	21.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total			0.00	0.00	96.40	0.00	0.00	734.30	1296.30	376.80	123.20	0.00	0.00	0.00	2627.00 CMSDAY
Mean			0.00	0.00	3.21	0.00	0.00	24.48	41.82	12.56	3.97	0.00	0.00	0.00	7.17 CMS
Max			0.00	0.00	11.20	0.00	0.00	39.80	66.20	20.50	10.00	0.00	0.00	0.00	66.20 CMS
Min			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 CMS
Runoff			0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	63.44	112.00	32.56	10.64	0.00	0.00	0.00	226.97 MCM
Momentary Peak			66.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	Hours, on	OCT 15, 2012			
Runoff Yield			3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.602	Liters/Second/Square KM				

ภาพที่ ง.4 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2556

Station - Stream - River - River System -	Ban Nong Yaplomg , Mueang, Si Sa Ket,M.9 Huai Samran Mun Mun	Water Year 2013												Royal Irrigation By Pc Thailand		
		Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2013 to March 31, 2014												Hydrology Division		
		Rating Curve HC.4 2447 Y/2013														
		Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual	
1		1	0.00	4.95	0.47	0.46	0.51	14.39	424.80	121.45	8.05	3.17	2.01	1.15		
2		2	0.00	4.15	0.46	0.46	0.58	16.08	389.20	106.20	6.71	3.15	1.92	1.12		
3		3	0.00	2.00	0.47	0.46	0.60	19.32	359.00	94.30	5.84	3.07	1.88	1.10		
4		4	0.00	0.58	0.48	0.46	0.56	21.88	330.40	81.70	5.12	3.01	1.83	1.08		
5		5	0.00	0.55	0.47	0.46	0.50	24.76	307.25	72.20	4.28	3.01	1.80	1.06		
6		6	0.00	0.53	0.49	0.46	0.50	28.76	288.20	66.00	3.25	2.97	1.79	1.05		
7		7	0.00	0.52	0.47	0.46	0.53	35.80	271.93	59.50	3.37	2.89	1.72	1.04		
8		8	0.00	0.52	0.46	0.46	0.52	40.36	261.05	54.00	3.13	2.85	1.67	1.03		
9		9	0.00	0.52	0.46	0.46	0.52	44.50	241.00	50.60	2.83	2.83	1.61	1.01		
10		10	0.00	0.51	0.46	0.47	0.52	45.64	218.25	46.55	2.59	2.79	1.56	1.00		
11		11	0.00	0.51	0.47	0.47	0.55	43.93	190.80	41.30	2.45	2.77	1.52	0.99		
12		12	0.00	0.57	0.47	0.47	0.55	39.51	169.60	37.25	2.43	2.77	1.49	0.97		
13		13	0.00	0.55	0.46	0.47	0.54	36.28	157.50	34.57	2.41	2.75	1.46	0.95		
14		14	0.00	0.52	0.46	0.46	0.54	37.40	143.20	32.15	2.69	2.71	1.41	0.92		
15		15	0.00	0.50	0.46	0.46	0.55	37.08	133.30	30.60	2.99	2.69	1.36	0.90		
16		16	0.00	0.50	0.46	0.47	0.70	36.76	134.40	28.05	2.99	2.65	1.34	0.88		
17		17	0.00	0.51	0.46	0.46	23.00	38.20	137.70	25.35	2.77	2.63	1.32	0.88		
18		18	0.00	0.50	0.46	0.46	26.04	39.00	144.30	23.35	2.89	2.59	1.30	0.86		
19		19	0.00	0.52	0.46	0.47	17.88	63.60	143.20	21.45	2.85	2.51	1.29	0.84		
20		20	0.00	0.50	0.46	0.51	12.44	124.18	139.90	19.65	2.57	2.47	1.28	0.83		
21		21	0.75	0.49	0.49	0.47	9.65	177.68	133.30	17.97	2.45	2.45	1.27	0.83		
22		22	1.95	0.48	0.52	0.48	10.75	236.95	129.05	16.29	2.43	2.43	1.25	0.82		
23		23	2.85	0.53	0.54	0.50	11.40	426.40	131.10	14.45	2.63	2.41	1.24	0.82		
24		24	1.80	0.52	0.48	0.48	10.36	628.20	139.90	13.25	2.61	2.39	1.23	0.81		
25		25	1.40	0.49	0.47	0.48	12.83	633.40	150.90	11.85	2.57	2.39	1.21	0.79		
26		26	1.95	0.48	0.53	0.47	15.30	599.60	161.90	10.65	2.77	2.39	1.19	0.78		
27		27	4.00	0.47	0.48	0.49	17.24	563.20	168.50	9.40	2.85	2.37	1.17	0.76		
28		28	4.65	0.46	0.47	0.53	17.24	522.25	170.70	8.15	2.93	2.27	1.16	0.75		
29		29	5.35	0.46	0.46	0.55	14.39	498.75	166.30	9.99	3.03	2.19		0.73		
30		30	5.25	0.48	0.46	0.46	13.61	464.00	161.90	9.93	3.09	2.15		0.71		
31		31		0.47	0.47	0.58	12.57		147.60		3.13	2.09		0.71		
Total			29.95	25.34	14.21	17.61	233.47	5537.86	6246.13	1168.15	102.70	81.81	41.28	28.17	13526.68	CMSDAY
Mean			1.00	0.82	0.47	0.57	7.53	184.60	201.49	38.94	3.31	2.64	1.47	0.91	36.98	CMS
Max			5.35	4.95	0.54	3.25	26.04	633.40	424.80	121.45	8.05	3.17	2.01	1.15	633.40	CMS
Min			0.00	0.46	0.46	0.46	0.50	14.39	129.05	8.15	2.41	2.09	1.16	0.71	0.00	CMS
Runoff			2.59	2.19	1.23	1.52	20.17	478.47	539.67	100.93	8.87	7.07	3.57	2.43	1168.71	MCM
Momentary Peak			652.80	CMS, at	122.16	M (	MSL.) at			15	Hours, on	SEP 24, 2013				
Runoff Yield			12.40	Liters/Second/Square	KM,	Momentary	Yield			218.474	Liters/Second/Square	KM				

ภาพที่ ง.5 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557

Station - Stream - River - River System -	Ban Khwao,Uthumphon Phisai,Si Sa Ket,M.190 Huai Samran Mun Mun	Water Year 2013												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2507 Y/2013		
		Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2013 to March 31, 2014												Rating Curve HC.4 2507 Y/2013		
		Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual	
1			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	261.00	66.30	8.40	3.20	0.00	0.00		
2			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	246.00	62.10	8.00	0.00	0.00	0.00		
3			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.70	232.35	58.70	7.20	2.40	0.00	0.00		
4			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.60	219.00	48.30	5.60	2.00	0.00	0.00		
5			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.50	207.25	42.00	4.00	2.00	0.00	0.00		
6			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	193.00	38.00	4.80	1.85	0.00	0.00		
7			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.60	177.80	32.50	5.20	1.85	0.00	0.00		
8			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.60	159.75	28.90	4.80	1.70	0.00	0.00		
9			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.20	139.70	26.60	4.80	1.55	0.00	0.00		
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.60	112.70	25.20	4.40	1.40	0.00	0.00		
11			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.00	93.90	25.90	4.00	1.40	0.00	0.00		
12			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.00	91.10	28.00	3.60	1.10	0.00	0.00		
13			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.00	89.00	30.70	3.60	0.40	0.00	0.00		
14			0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	42.00	89.00	31.60	3.20	0.25	0.00	0.00		
15			0.00	0.00	0.00	0.00	22.40	42.00	89.70	29.80	2.40	0.10	0.00	0.00		
16			0.00	0.00	0.00	0.00	27.30	41.00	101.60	26.60	2.40	0.00	0.00	0.00		
17			0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	41.00	111.80	23.80	2.80	0.00	0.00	0.00		
18			0.00	0.00	0.00	0.00	25.90	43.00	109.30	22.40	3.20	0.00	0.00	0.00		
19			0.00	0.00	0.00	0.00	22.40	80.75	100.90	20.40	4.00	0.00	0.00	0.00		
20			0.00	0.00	0.00	0.00	14.50	187.30	93.20	18.60	4.00	0.00	0.00	0.00		
21			0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	259.75	100.20	16.80	4.00	0.00	0.00	0.00		
22			0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	374.70	119.90	15.00	4.00	0.00	0.00	0.00		
23			0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	370.71	145.10	14.50	4.80	0.00	0.00	0.00		
24			0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	349.43	169.25	9.60	4.80	0.00	0.00	0.00		
25			0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	330.81	182.55	12.50	4.80	0.00	0.00	0.00		
26			0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	317.60	183.50	14.50	4.40	0.00	0.00	0.00		
27			0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	307.25	172.10	12.50	4.00	0.00	0.00	0.00		
28			0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	298.50	151.40	10.50	4.00	0.00	0.00	0.00		
29			0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	288.50	121.70	7.60	3.60	0.00	0.00	0.00		
30			0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	276.00	82.95	8.40	3.60	0.00	0.00	0.00		
31			0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	62.10	62.10	8.40	3.60	0.00	0.00	0.00		
Total			0.00	0.00	0.00	0.00	276.80	4134.50	4408.80	808.30	136.00	24.00	0.00	0.00	9788.40	CMSDAY
Mean			0.00	0.00	0.00	0.00	8.93	137.82	142.22	26.94	4.39	0.77	0.00	0.00	26.76	CMS
Max			0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	374.70	261.00	66.30	8.40	3.20	0.00	0.00	374.70	CMS
Min			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	62.10	7.60	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	CMS
Runoff			0.00	0.00	0.00	0.00	23.92	357.22	380.92	69.84	11.75	2.07	0.00	0.00	845.72	MCM
Momentary Peak			384.01	CMS, at	128.47	M (	MSL	) at	12	Hours, on	SEP 22, 2013					
Momentary Yield			11.47	Liters/Second/Square	KM,	Momentary	Yield		164.177	Liters/Second/Square	KM					

ภาพที่ ง.6 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557

Station - Stream - River - River System -	Water Year 2013 GAGE HEIGHT IN METER (MSL), Water Year April 1, 2013 to March 31, 2014												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2447 Y/2013	
	Ban Nong Yaplomg , Mueang, Si Sa Ket,M.9 Huai Samran Mun Mun													
	Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1	110.08	110.87	109.56	109.55	109.69	111.83	121.18	118.61	114.22	112.61	112.03	110.97		
2	110.08	110.71	109.54	109.55	109.93	111.96	120.94	118.44	113.92	112.60	111.98	110.91		
3	110.08	110.28	109.57	109.55	109.99	112.17	120.70	118.29	113.63	112.56	111.95	110.86		
4	110.07	109.93	109.61	109.55	109.86	112.33	120.46	118.11	113.39	112.53	111.92	110.81		
5	110.07	109.82	109.58	109.55	109.67	112.51	120.25	117.97	113.11	112.53	111.90	110.76		
6	110.07	109.77	109.63	109.55	109.65	112.76	120.04	117.86	112.65	112.51	111.89	110.73		
7	110.06	109.74	109.58	109.55	109.77	113.20	119.83	117.73	112.71	112.47	111.85	110.70		
8	110.05	109.73	109.55	109.55	109.74	113.48	119.68	117.62	112.59	112.45	111.81	110.67		
9	110.01	109.73	109.55	109.55	109.73	113.70	119.54	117.54	112.44	112.44	111.76	110.63		
10	109.96	109.71	109.55	109.57	109.74	113.76	119.40	117.43	112.32	112.42	111.71	110.60		
11	109.95	109.70	109.56	109.58	109.83	113.67	119.22	117.28	112.25	112.41	111.67	110.57		
12	109.94	109.91	109.58	109.58	109.82	113.43	119.06	117.15	112.24	112.41	111.64	110.52		
13	109.93	109.83	109.55	109.58	109.80	113.23	118.95	117.03	112.23	112.40	111.61	110.46		
14	109.93	109.74	109.55	109.57	109.79	113.30	118.82	116.91	112.37	112.38	111.56	110.38		
15	109.93	109.67	109.53	109.56	109.82	113.28	118.73	116.81	112.52	112.37	111.51	110.34		
16	109.93	109.66	109.53	109.56	110.02	113.26	118.74	116.64	112.52	112.35	111.47	110.29		
17	109.93	109.69	109.53	109.55	112.40	113.35	118.77	116.46	112.41	112.34	111.43	110.27		
18	109.92	109.66	109.52	109.55	112.59	113.40	118.83	116.29	112.47	112.32	111.38	110.24		
19	109.95	109.72	109.52	109.57	112.08	114.67	118.82	116.10	112.45	112.28	111.34	110.19		
20	109.95	109.66	109.53	109.70	111.68	116.94	118.79	115.90	112.31	112.26	111.32	110.16		
21	110.03	109.62	109.62	109.58	111.45	118.23	118.73	115.69	112.25	112.25	111.29	110.14		
22	110.27	109.61	109.74	109.59	111.55	119.33	118.69	115.48	112.24	112.24	111.25	110.13		
23	110.45	109.77	109.80	109.65	111.60	121.19	118.71	115.25	112.34	112.23	111.22	110.12		
24	110.24	109.74	109.59	109.60	111.52	122.07	118.79	115.10	112.33	112.22	111.19	110.09		
25	110.16	109.64	109.58	109.60	111.71	122.09	118.89	114.90	112.31	112.22	111.14	110.05		
26	110.27	109.59	109.78	109.58	111.90	121.96	118.99	114.70	112.41	112.22	111.09	110.02		
27	110.68	109.56	109.60	109.62	112.04	121.82	119.05	114.49	112.45	112.21	111.04	109.98		
28	110.81	109.54	109.56	109.77	112.04	121.65	119.07	114.24	112.49	112.16	111.02	109.94		
29	110.95	109.54	109.55	109.82	111.83	121.55	119.03	114.59	112.54	112.12	110.90	109.90		
30	110.93	109.60	109.55	110.53	111.77	121.39	118.99	114.58	112.57	112.10	109.85	109.85		
31		109.58	109.92	111.69	118.86	118.86	118.86	118.86	118.86	112.59	112.07	109.83		
Mean	110.16	109.78	109.58	109.63	110.80	115.92	119.31	116.51	112.62	112.34	111.53	110.36		
Max	110.95	110.87	109.80	110.53	112.59	122.09	121.18	118.61	114.22	112.61	112.03	110.97		122.09
Min	109.92	109.54	109.52	109.55	109.65	111.83	118.69	114.24	112.23	112.07	111.02	109.83		109.52
Annual Max Momentary Gage Height 122.16 M (MSL), AT 01:00 Hours, On SEP 24, 2013														
Zero Gage At Bottom Elevation 109 M (MSL), River Bed 109.103 M (MSL)														
Left Bank Elevation 124.219 M (MSL)														
Right Bank Elevation 123.879 M (MSL), Drainage Area 2988 Square Kilometers														

ภาพที่ ๓.๗ ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556
ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557

Station - Stream - River - River System -	Water Year 2013 GAGE HEIGHT IN METER (MSL), Water Year April 1, 2013 to March 31, 2014												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2507 Y/2013		
	Ban Khvao,Uthumphon Phisai,Si Sa Ket,M.190												Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2507 Y/2013		
	Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual	
1	121.01	121.14	121.33	121.25	121.42	124.60	127.52	125.28	124.46	124.33	123.46	122.64	122.64		
2	121.05	121.14	121.32	121.24	121.42	124.64	127.40	125.16	124.45	124.32	123.43	122.60	122.60		
3	121.05	121.13	121.32	121.23	121.43	124.71	127.29	125.09	124.43	124.31	123.40	122.56	122.56		
4	121.05	121.14	121.33	121.23	121.43	124.78	127.17	125.01	124.39	124.30	123.37	122.53	122.53		
5	121.05	121.16	121.32	121.22	121.45	124.85	127.05	124.95	124.35	124.30	123.33	122.49	122.49		
6	121.05	121.16	121.32	121.22	121.45	124.91	126.90	124.91	124.37	124.29	123.31	122.46	122.46		
7	121.05	121.15	121.32	121.21	121.46	125.02	126.74	124.85	124.38	124.29	123.28	122.45	122.45		
8	121.05	121.15	121.31	121.22	121.46	125.02	126.55	124.81	124.37	124.28	123.25	122.45	122.45		
9	121.05	121.14	121.30	121.22	121.47	125.04	126.33	124.78	124.37	124.27	123.23	122.44	122.44		
10	121.06	121.13	121.30	121.21	121.47	125.02	126.03	124.76	124.36	124.26	123.21	122.42	122.42		
11	121.06	121.13	121.29	121.21	121.49	124.99	125.77	124.77	124.35	124.26	123.19	122.39	122.39		
12	121.06	121.13	121.30	121.20	121.88	124.96	125.73	124.80	124.34	124.24	123.17	122.36	122.36		
13	121.05	121.13	121.30	121.19	123.09	124.96	125.70	124.83	124.34	124.18	123.15	122.33	122.33		
14	121.05	121.12	121.30	121.18	124.37	124.95	125.70	124.84	124.33	124.15	123.12	122.29	122.29		
15	121.04	121.12	121.29	121.17	124.72	124.95	125.71	124.82	124.31	124.12	123.10	122.26	122.26		
16	121.04	121.11	121.29	121.16	124.79	124.94	125.88	124.78	124.31	124.09	123.08	122.24	122.24		
17	121.03	121.12	121.29	121.14	124.80	124.94	126.02	124.74	124.32	124.04	123.05	122.21	122.21		
18	121.03	121.10	121.28	121.13	124.77	124.96	125.99	124.72	124.33	124.00	123.03	122.17	122.17		
19	121.03	121.09	121.27	121.13	124.72	125.55	125.87	124.69	124.35	123.96	123.00	122.14	122.14		
20	121.03	121.09	121.26	121.16	124.59	126.84	125.76	124.66	124.35	123.91	122.97	122.12	122.12		
21	121.03	121.08	121.26	121.17	124.55	127.51	125.86	124.63	124.35	123.86	122.94	122.10	122.10		
22	121.02	121.07	121.28	121.17	124.53	128.40	126.11	124.60	124.35	123.82	122.91	122.07	122.07		
23	121.02	121.10	121.28	121.19	124.52	128.37	126.39	124.59	124.37	123.78	122.87	122.04	122.04		
24	121.01	121.12	121.27	121.20	124.54	128.21	126.65	124.49	124.37	123.74	122.83	122.03	122.03		
25	121.01	121.11	121.26	121.20	124.53	128.07	126.79	124.55	124.37	123.69	122.80	122.01	122.01		
26	121.01	121.11	121.28	121.20	124.51	127.97	126.80	124.59	124.36	123.65	122.76	121.99	121.99		
27	121.13	121.10	121.28	121.20	124.54	127.89	126.68	124.55	124.35	123.62	122.72	121.98	121.98		
28	121.14	121.09	121.28	121.24	124.55	127.82	126.46	124.51	124.35	123.59	122.67	121.97	121.97		
29	121.14	121.21	121.27	121.25	124.53	127.74	126.13	124.44	124.34	123.56	122.67	121.96	121.96		
30	121.14	121.32	121.26	121.39	124.55	127.64	125.59	124.46	124.34	123.53	122.67	121.95	121.95		
31	121.33	121.41	121.41	121.41	124.58	127.64	125.16	124.46	124.34	123.49	122.67	121.94	121.94		
Mean	121.05	121.14	121.29	121.21	123.34	126.01	126.31	124.76	124.36	124.01	123.09	122.24	122.24		
Max	121.14	121.33	121.33	121.41	124.80	128.40	127.52	125.28	124.46	124.33	123.46	122.64	122.64		
Min	121.01	121.07	121.26	121.13	121.42	124.60	125.16	124.44	124.31	123.49	122.67	121.94	121.94		
Annual Max Momentary Gage Height	128.47 M (MSL), AT 01:00 Hours, On SEP 22, 2013														
Zero Gage At Bottom Elevation	119.7 M (MSL), River Bed 121.711 M (MSL.)														
Left Bank Elevation	129.614 M (MSL.)														
Right Bank Elevation	129.85 M (MSL.), Drainage Area 2339 Square Kilometers														

ภาพที่ ง.8 ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2557

Station - Stream - River - River System -	Chumchonsapankaw , Hual Samran Mun Mun	Mueang, Si Sa Ket, M.9	Water Year 2014												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2521 Y/ 2014	
			Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2014 to March 31, 2015													
			Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1			0.76	0.70	0.69	0.92	33.10	6.20	66.40	102.40	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
2			0.75	0.72	0.69	0.80	37.60	10.00	78.80	104.80	14.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
3			0.73	0.71	0.68	0.87	39.40	17.40	85.60	113.50	13.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
4			0.72	0.70	0.68	1.05	40.90	23.50	81.20	111.50	8.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
5			0.72	0.69	0.68	1.14	51.10	28.00	74.40	113.50	8.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
6			0.71	0.68	0.68	1.26	54.80	30.10	76.80	114.00	8.56	0.00	0.00	0.00	0.00	
7			0.71	0.68	0.68	1.37	66.40	35.50	90.40	103.60	8.92	0.00	0.00	0.00	0.00	
8			0.71	0.68	0.68	1.52	71.60	37.60	86.00	85.60	9.10	0.00	0.00	0.00	0.00	
9			0.71	0.68	0.69	1.67	69.20	45.70	78.40	78.00	9.46	0.00	0.00	0.00	0.00	
10			0.71	0.68	0.71	1.92	65.60	46.00	70.00	74.00	9.64	0.00	0.00	0.00	0.00	
11			0.71	0.68	0.72	2.18	57.20	44.20	59.60	57.20	9.82	0.00	0.00	0.00	0.00	
12			0.70	0.68	0.72	2.34	49.30	32.20	51.10	50.50	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13			0.69	0.68	0.71	2.76	43.60	39.10	45.70	49.00	9.82	0.00	0.00	0.00	0.00	
14			0.69	0.68	0.76	3.42	37.30	42.70	40.30	47.20	9.46	0.00	0.00	0.00	0.00	
15			0.71	0.68	0.88	3.78	31.60	48.10	36.10	43.30	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	
16			0.73	0.68	0.79	4.36	23.50	58.00	40.90	30.40	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	
17			0.72	0.68	0.76	5.00	16.20	76.00	44.50	26.50	8.92	0.00	0.00	0.00	0.00	
18			0.73	0.68	0.74	5.24	7.96	88.80	40.00	23.80	8.56	0.00	0.00	0.00	0.00	
19			0.76	0.67	0.69	4.84	4.28	94.40	36.10	15.40	8.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
20			0.74	0.67	0.70	4.44	2.32	97.60	30.70	17.80	8.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
21			0.74	0.67	0.72	4.44	1.77	95.20	31.30	18.20	8.56	0.00	0.00	0.00	0.00	
22			0.74	0.67	0.72	4.68	1.67	99.20	36.10	12.40	8.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
23			0.73	0.67	0.76	7.56	1.96	97.60	39.10	11.40	8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	
24			0.72	0.66	0.84	5.64	2.52	97.20	45.40	13.40	8.12	0.00	0.00	0.00	0.00	
25			0.72	0.66	0.84	6.52	4.36	101.20	65.20	18.80	8.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
26			0.71	0.68	0.79	7.56	6.44	93.20	72.00	19.20	8.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
27			0.70	0.70	0.75	7.08	8.12	82.80	73.60	18.40	7.96	0.00	0.00	0.00	0.00	
28			0.69	0.72	0.72	6.76	9.10	77.60	94.00	18.40	7.88	0.00	0.00	0.00	0.00	
29			0.68	0.72	0.72	6.76	7.40	69.60	101.20	19.80	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
30			0.69	0.70	1.08	10.00	6.28	65.20	97.60	19.60	7.72	0.00	0.00	0.00	0.00	
31			0.69	0.69	21.20	21.20	13.60	99.20	99.20	99.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total			21.53	21.24	22.27	139.08	866.18	1779.90	1967.70	1531.60	282.44	0.00	0.00	0.00	0.00	6631.94 CMSDAY
Mean			0.72	0.69	0.74	4.49	27.94	59.33	63.47	51.05	9.11	0.00	0.00	0.00	0.00	18.13 CMS
Max			0.76	0.72	1.08	21.20	71.60	101.20	101.20	114.00	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	114.00 CMS
Min			0.68	0.66	0.68	0.80	1.67	6.20	30.70	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 CMS
Runoff			1.86	1.84	1.92	12.02	74.84	153.78	170.01	132.33	24.40	0.00	0.00	0.00	0.00	573.00 MCM
Momentary Peak			115.50	115.50	115.50	115.25	M (MSL) at				6	Hours, on	NOV 6, 2014			
Runoff Yield			6.08	6.08	6.08	6.08	Liters/Second/Square KM, Momentary Yield				38.655	Liters/Second/Square KM				

ภาพที่ ง.9 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558

Station - Stream - River - River System -	Ban Khwao, Uthumphon Phisai Si Sa Ket, M. 190 Huai Samran Mun Mun	Water Year 2014												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2581 Y/2014	
		Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2014 to March 31, 2015													
		Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1		1	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	9.80	53.20	77.20	5.40	0.00	0.00	0.00	
2		2	0.00	0.00	0.00	0.00	19.40	19.70	54.80	85.40	5.20	0.00	0.00	0.00	
3		3	0.00	0.00	0.00	0.00	19.70	24.50	54.80	93.10	5.00	0.00	0.00	0.00	
4		4	0.00	0.00	0.00	0.00	27.50	24.50	49.20	89.80	4.80	0.00	0.00	0.00	
5		5	0.00	0.00	0.00	0.00	34.40	26.00	50.00	87.60	4.80	0.00	0.00	0.00	
6		6	0.00	0.00	0.00	0.00	43.40	31.70	58.00	87.60	4.60	0.00	0.00	0.00	
7		7	0.00	0.00	0.00	0.00	58.10	34.10	59.60	81.00	4.40	0.00	0.00	0.00	
8		8	0.00	0.00	0.00	0.00	61.10	34.40	56.40	70.55	4.40	0.00	0.00	0.00	
9		9	0.00	0.00	0.00	0.00	55.70	34.10	54.80	63.90	4.60	0.00	0.00	0.00	
10		10	0.00	0.00	0.00	0.00	43.40	33.50	52.40	56.40	4.40	0.00	0.00	0.00	
11		11	0.00	0.00	0.00	0.00	37.70	40.70	51.60	41.20	4.40	0.00	0.00	0.00	
12		12	0.00	0.00	0.00	0.00	34.10	33.20	50.00	38.00	4.00	0.00	0.00	0.00	
13		13	0.00	0.00	0.00	0.00	31.40	38.80	50.00	36.40	3.80	0.00	0.00	0.00	
14		14	0.00	0.00	0.00	0.00	29.60	43.60	48.40	32.40	3.80	0.00	0.00	0.00	
15		15	0.00	0.00	0.00	0.00	26.60	48.40	46.00	27.60	4.40	0.00	0.00	0.00	
16		16	0.00	0.00	0.00	0.00	22.70	58.80	43.60	23.60	3.60	0.00	0.00	0.00	
17		17	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70	77.20	39.60	19.60	3.40	0.00	0.00	0.00	
18		18	0.00	0.00	0.00	0.00	11.30	81.00	35.60	15.60	3.40	0.00	0.00	0.00	
19		19	0.00	0.00	0.00	0.00	8.90	81.00	30.80	11.20	3.00	0.00	0.00	0.00	
20		20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60	84.30	29.20	13.60	2.20	0.00	0.00	0.00	
21		21	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	88.70	30.80	12.40	1.00	0.00	0.00	0.00	
22		22	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	93.10	31.60	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	
23		23	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	99.70	35.60	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
24		24	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	89.80	46.80	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
25		25	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	52.40	52.40	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	
26		26	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	62.00	54.80	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
27		27	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	61.20	56.40	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
28		28	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	54.00	61.20	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29		29	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	52.40	63.90	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
30		30	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	50.80	68.65	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
31		31	0.00	0.00	0.00	13.40	4.80	74.35	74.35	1123.75	84.60	0.00	0.00	0.00	4994.55 CMSDAY
Total			0.00	0.00	0.00	20.20	658.10	1563.40	1544.50	1123.75	84.60	0.00	0.00	0.00	13.67 CMS
Mean			0.00	0.00	0.00	0.65	21.23	52.11	49.82	37.46	2.73	0.00	0.00	0.00	99.70 CMS
Max			0.00	0.00	0.00	13.40	61.10	99.70	74.35	93.10	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00 CMS
Min			0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	9.80	29.20	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 CMS
Runoff			0.00	0.00	0.00	1.75	56.86	135.08	133.44	97.09	7.31	0.00	0.00	0.00	431.53 MCM
Momentary Peak			104.20	CMS, at	125.61	M (MSL) at				16	Hours, on	SEP 23, 2014			
Runoff Yield			5.85	Liters/Second/Square KM,	Momentary Yield					44.549	Liters/Second/Square KM				

ภาพที่ ๑.10 ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190
วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558

Station - Stream - River - River System -	Date	Water Year 2014 GAGE HEIGHT IN METER (MSL), Water Year April 1, 2014 to March 31, 2015												Royal Irrigation By Pc Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2521 Y/ 2014		
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Chumchonsapankaw , Mueang, Si Sa Ket,M.9		109.82	109.75	109.74	110.02	113.07	111.75	114.06	114.96	112.54	112.03	112.08	111.39			
Huai Samran		109.81	109.78	109.74	109.88	113.22	112.10	114.37	115.02	112.34	112.07	112.04	111.34			
Mun		109.79	109.76	109.73	109.96	113.28	112.47	114.54	115.21	112.29	112.11	112.01	111.31			
Mun		109.78	109.75	109.73	110.15	113.33	112.75	114.43	115.17	112.01	112.13	112.00	111.28			
		109.77	109.74	109.73	110.24	113.67	112.90	114.26	115.21	112.01	112.15	111.99	111.25			
		109.76	109.73	109.72	110.36	113.77	112.97	114.32	115.22	112.02	112.16	111.97	111.24			
		109.76	109.73	109.72	110.47	114.06	113.15	114.66	114.99	112.04	112.12	111.95	111.23			
		109.76	109.73	109.73	110.62	114.19	113.22	114.55	114.54	112.05	112.11	111.94	111.22			
		109.76	109.73	109.74	110.77	114.13	113.49	114.36	114.35	112.07	112.10	111.93	111.20			
		109.76	109.73	109.76	110.96	114.04	113.50	114.15	114.25	112.08	112.13	111.91	111.16			
		109.76	109.73	109.77	111.09	113.83	113.44	113.89	113.83	112.09	112.16	111.92	111.13			
		109.75	109.73	109.77	111.17	113.61	113.04	113.67	113.65	112.10	112.18	111.94	111.11			
		109.74	109.73	109.76	111.26	113.42	113.27	113.49	113.60	112.09	112.17	111.91	111.10			
		109.74	109.73	109.83	111.37	113.21	113.39	113.31	113.54	112.07	112.14	111.84	111.09			
		109.76	109.72	109.98	111.43	113.02	113.57	113.17	113.41	112.06	112.13	111.74	111.09			
		109.79	109.72	109.86	111.52	112.75	113.85	113.33	112.98	112.06	112.11	111.66	111.08			
		109.78	109.72	109.82	111.60	112.41	114.30	113.45	112.85	112.04	112.09	111.59	111.05			
		109.79	109.72	109.80	111.63	111.97	114.62	113.30	112.76	112.02	112.07	111.53	111.04			
		109.82	109.71	109.74	111.58	111.51	114.76	113.17	112.37	112.01	112.05	111.51	111.03			
		109.80	109.71	109.75	111.53	111.16	114.84	112.99	112.49	112.01	112.02	111.49	111.02			
		109.80	109.71	109.77	111.53	110.87	114.78	113.01	112.51	112.02	112.00	111.50	110.99			
		109.80	109.71	109.78	111.56	110.77	114.88	113.17	112.22	112.01	111.99	111.54	110.97			
		109.79	109.71	109.83	111.92	110.98	114.84	113.27	112.17	112.00	112.00	111.52	110.96			
		109.78	109.70	109.93	111.68	111.22	114.83	113.48	112.27	111.99	112.02	111.50	110.92			
		109.77	109.70	109.92	111.79	111.52	114.93	114.03	112.54	111.98	112.05	111.48	110.89			
		109.76	109.72	109.86	111.92	111.78	114.73	114.20	112.56	111.98	112.07	111.47	110.86			
		109.75	109.75	109.81	111.86	111.99	114.47	114.24	112.52	111.97	112.10	111.48	110.84			
		109.74	109.78	109.78	111.82	112.05	114.34	114.75	112.52	111.96	112.12	111.47	110.83			
		109.73	109.77	109.77	111.82	111.90	114.14	114.93	112.59	111.95	112.14	111.47	110.81			
		109.74	109.75	110.18	112.10	111.76	114.03	114.84	112.58	111.94	112.14	111.47	110.80			
		109.74	109.74		112.66	112.28		114.88	111.98	111.98	112.12		110.79			
Mean		109.77	109.73	109.80	111.23	112.61	113.78	113.94	113.50	112.06	112.10	111.75	111.07			
Max		109.82	109.78	110.18	112.66	114.19	114.93	114.93	115.22	112.54	112.18	112.08	111.39			
Min		109.73	109.70	109.72	109.88	110.77	111.75	112.99	112.17	111.94	111.99	111.47	110.79			
Annual Max Momentary Gage Height		115.25 M (MSL), AT 06:00 Hours, On NOV 6, 2014														
Zero Gage At Bottom Elevation		109 M (MSL), River Bed 108.55 M (MSL)														
Left Bank Elevation		124.047 M (MSL)														

ภาพที่ ง.11 ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.9 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558

Station - Stream - River - River System -	Ban Khwao, Uthumphon Phisai, Si Sa Ket, M.190														Water Year 2014												Royal Irrigation By Pe Thailand Hydrology Division Rating Curve HC.4 2681 Y/2014					
	GAGE HEIGHT IN METER (MSL.), Water Year April 1, 2014 to March 31, 2015																															
Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual																			
1	121.93	121.78	121.51	121.50	122.70	122.46	125.09	125.36	124.37	123.54	122.44	121.79																				
2	121.91	121.78	121.51	121.51	122.78	122.79	125.11	125.44	124.36	123.48	122.39	121.78																				
3	121.90	121.77	121.50	121.49	122.79	122.95	125.11	125.51	124.35	123.43	122.34	121.76																				
4	121.89	121.80	121.50	121.46	123.05	122.95	125.04	125.48	124.34	123.37	122.29	121.74																				
5	121.88	121.79	121.49	121.43	123.08	123.00	125.05	125.46	124.34	123.33	122.24	121.72																				
6	121.88	121.78	121.48	121.41	123.58	123.19	125.15	125.46	124.33	123.27	122.20	121.70																				
7	121.87	121.77	121.48	121.39	124.07	123.27	125.17	125.40	124.32	123.22	122.15	121.67																				
8	121.86	121.76	121.47	121.37	124.17	123.28	125.13	125.29	124.32	123.17	122.10	121.65																				
9	121.85	121.74	121.46	121.35	123.99	123.27	125.11	125.22	124.33	123.13	122.05	121.64																				
10	121.86	121.73	121.45	121.35	123.58	123.25	125.08	125.13	124.32	123.09	121.99	121.60																				
11	121.89	121.73	121.44	121.34	123.39	123.49	125.07	124.94	124.32	123.04	121.96	121.58																				
12	121.89	121.73	121.43	121.31	123.27	124.84	125.05	124.90	124.30	122.99	121.94	121.56																				
13	121.88	121.72	121.42	121.28	123.18	124.91	125.05	124.88	124.29	122.95	121.91	121.54																				
14	121.87	121.72	121.41	121.28	123.12	124.97	125.03	124.83	124.29	122.90	121.89	121.53																				
15	121.87	121.71	121.43	121.28	123.02	125.03	125.00	124.77	124.32	122.86	121.86	121.51																				
16	121.87	121.70	121.42	121.27	122.89	125.16	124.97	124.72	124.28	122.81	121.84	121.50																				
17	121.86	121.68	121.41	121.27	122.69	125.36	124.92	124.67	124.27	122.76	121.82	121.48																				
18	121.85	121.67	121.40	121.27	122.51	125.40	124.87	124.62	124.27	122.72	121.80	121.47																				
19	121.85	121.66	121.42	121.26	122.43	125.40	124.81	124.53	124.25	122.69	121.81	121.45																				
20	121.84	121.64	121.42	121.26	122.33	125.43	124.79	124.59	124.21	122.66	121.80	121.43																				
21	121.83	121.62	121.41	121.31	122.26	125.47	124.81	124.56	124.15	122.62	121.80	121.41																				
22	121.83	121.61	121.40	121.36	122.23	125.51	124.82	124.43	124.09	122.55	121.82	121.40																				
23	121.82	121.60	121.40	121.46	122.23	125.57	124.87	124.37	124.04	122.51	121.83	121.38																				
24	121.81	121.59	121.39	121.52	122.23	125.48	125.01	124.41	123.98	122.50	121.82	121.35																				
25	121.81	121.57	121.39	121.56	122.24	125.08	125.08	124.43	123.92	122.51	121.81	121.34																				
26	121.80	121.55	121.44	121.66	122.24	125.20	125.11	124.41	123.86	122.48	121.81	121.32																				
27	121.78	121.55	121.43	121.86	122.24	125.19	125.13	124.42	123.81	122.47	121.80	121.30																				
28	121.78	121.54	121.43	121.98	122.24	125.10	125.19	124.45	123.75	122.47	121.80	121.28																				
29	121.79	121.53	121.43	122.03	122.26	125.08	125.22	124.42	123.70	122.47	121.80	121.27																				
30	121.79	121.53	121.46	122.31	122.23	125.06	125.27	124.37	123.64	122.47	121.80	121.25																				
31	121.52	121.52	121.46	122.58	122.24	125.33	125.33	124.37	123.60	122.46	121.80	121.24																				
Mean	121.85	121.67	121.44	121.51	122.82	124.44	125.05	124.85	124.15	122.87	121.98	121.50																				
Max	121.93	121.80	121.51	122.58	124.17	125.57	125.33	125.51	124.37	123.54	122.44	121.79	125.57																			
Min	121.78	121.52	121.39	121.26	122.23	122.46	124.79	124.37	123.60	122.46	121.80	121.24	121.24																			
Annual Max Momentary Gage Height														125.61 M (MSL.), AT 01600 Hours, On SEP 23, 2014																		
Zero Gage At Bottom Elevation														119.7 M (MSL.), River Bed 121.381 M (MSL.)																		
Left Bank Elevation														129.804 M (MSL.)																		

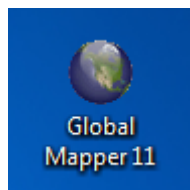
ภาพที่ ง.12 ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ณ สถานีวัดน้ำ M.190 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558

ภาคผนวก จ
การใช้โปรแกรม Global Mapper

การใช้โปรแกรม Global Mapper 11

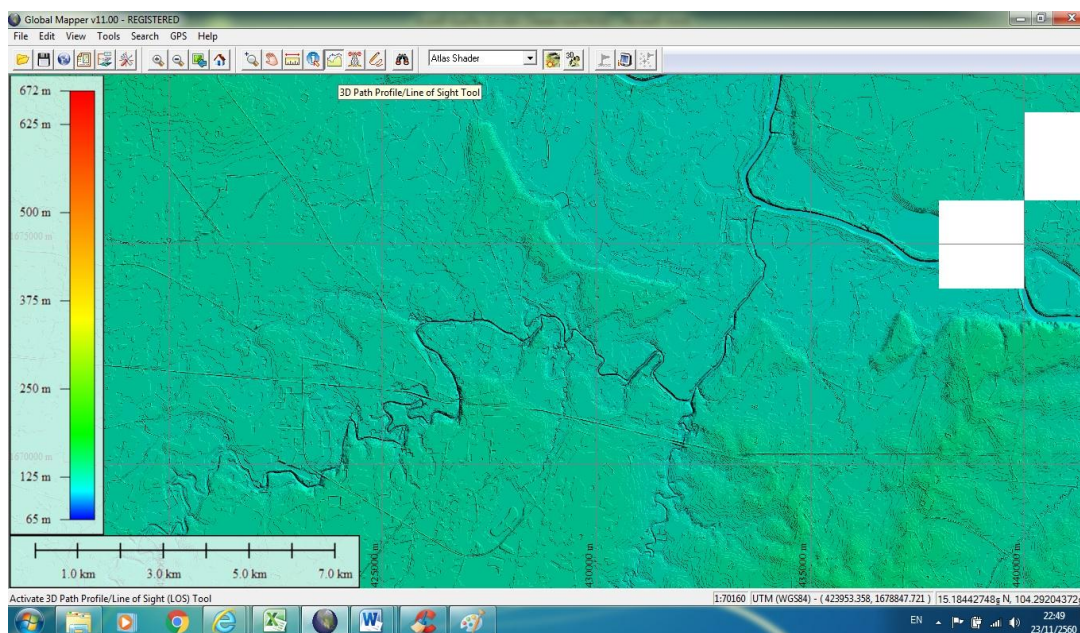
1. ขั้นตอนการหาพื้นที่หน้าตัดลำน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Global Mapper 11

1.1 เปิดใช้งานโปรแกรม Global Mapper 11 (ภาพที่ จ.1) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างข้อมูลลำน้ำก่อนนำเข้าโปรแกรม HEC RAS 5.0 โดยแสดงในภาพที่ จ.2 ถึง จ.3 แล้วทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ จ.4 ถึง จ.6 ต่อไป

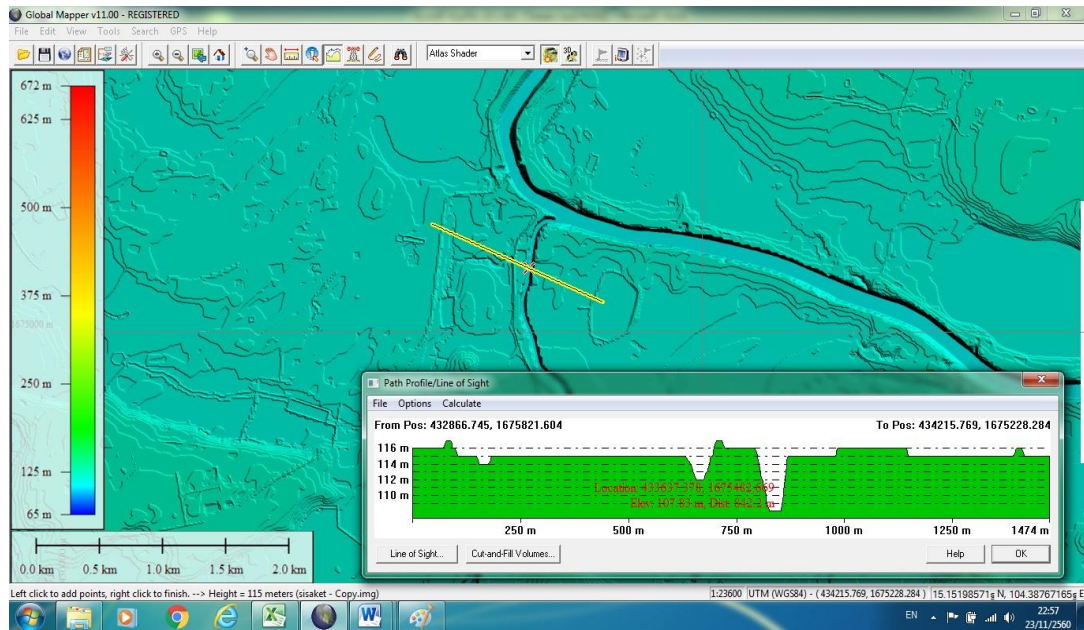


ภาพที่ จ.1 ไอคอนโปรแกรม Global Mapper

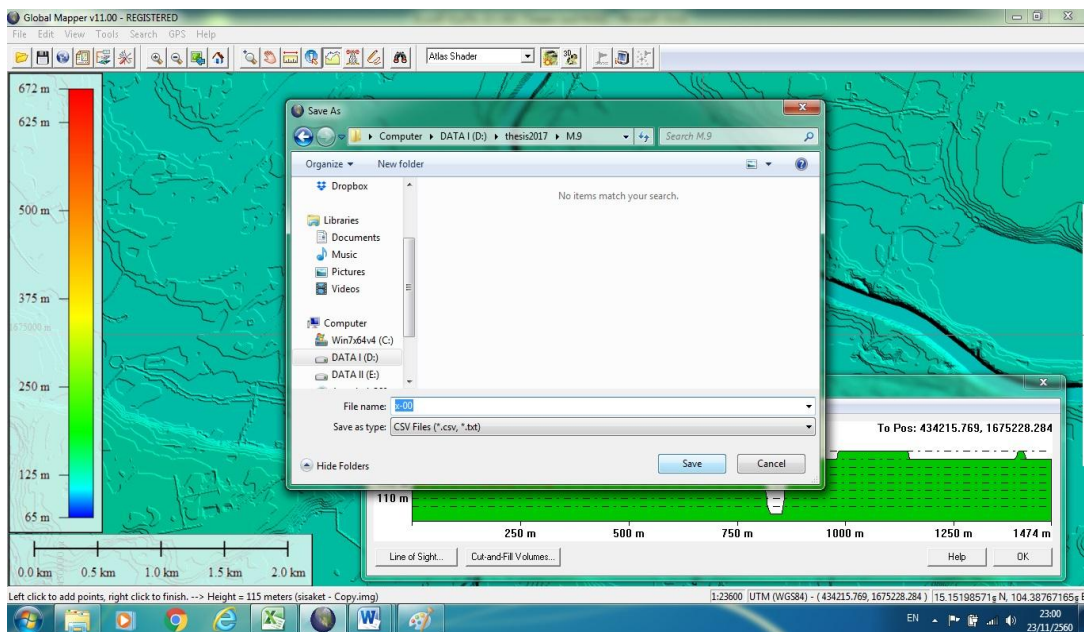
การหาหน้าตัดลำน้ำจากการประยุกต์ใช้โปรแกรม Global Mapper 11 เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลลำน้ำก่อนนำเข้าโปรแกรม HEC RAS 5.0 โดยแสดงในภาพที่ จ.2 ถึง จ.3 แล้วทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ จ.4 ถึง จ.6 ต่อไป



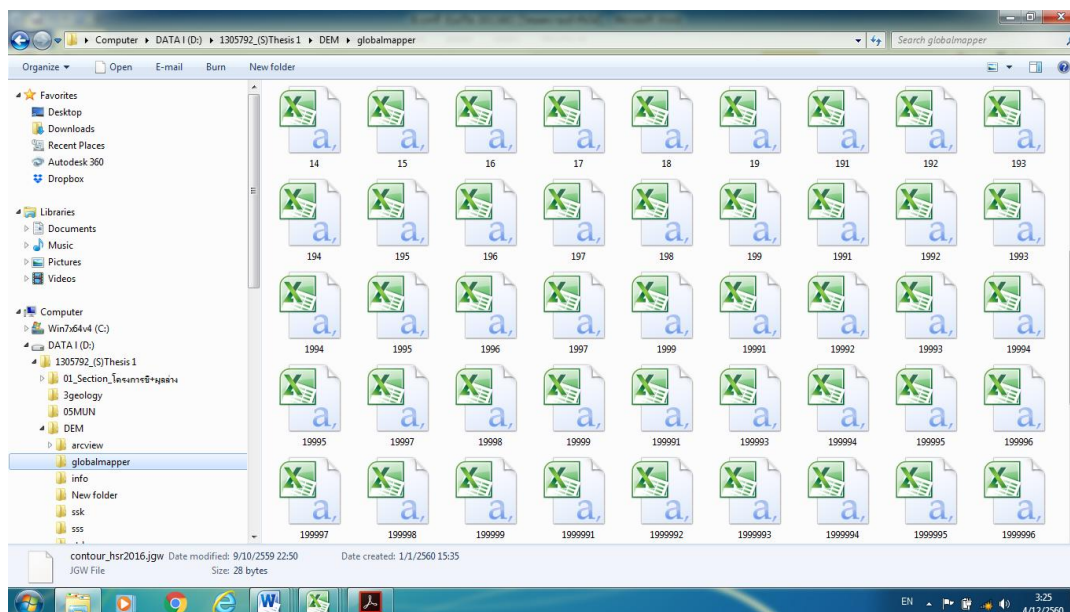
ภาพที่ จ.2 การขยายภาพ DEM จุดที่ต้องการ



ภาพที่ จ.3 การตัดภาพ DEM จุดที่ต้องการจะได้กราฟหน้าตัดตามค่าพิกัด



ภาพที่ จ.4 บันทึกข้อมูลหน้าตัดลำนน้ำเป็นไฟล์ *.CSV

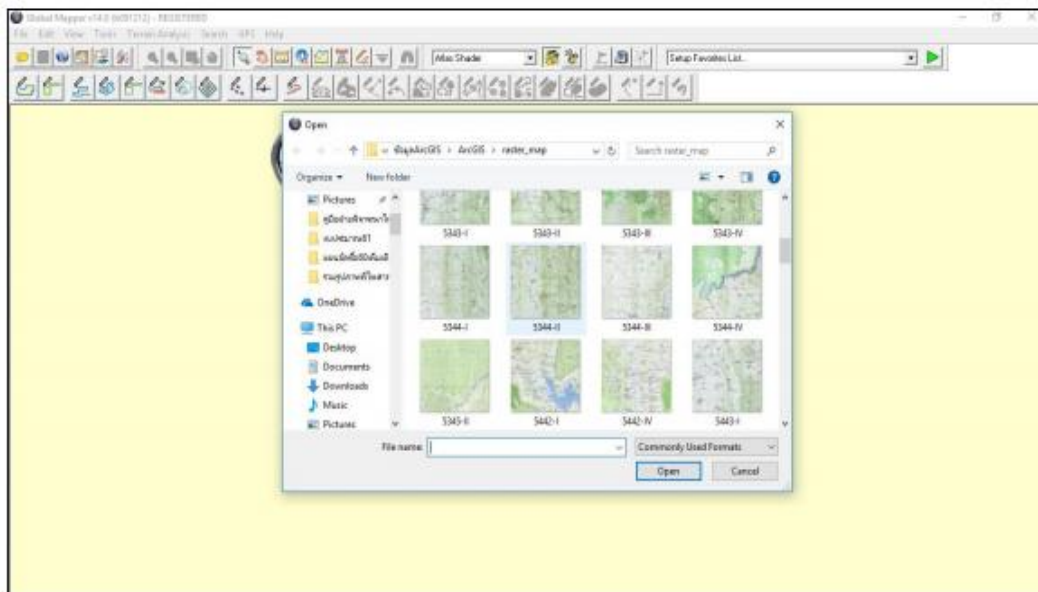


ภาพที่ จ.5 บันทึกข้อมูลหน้าตัดลำน้ำเป็นไฟล์ *.CSV

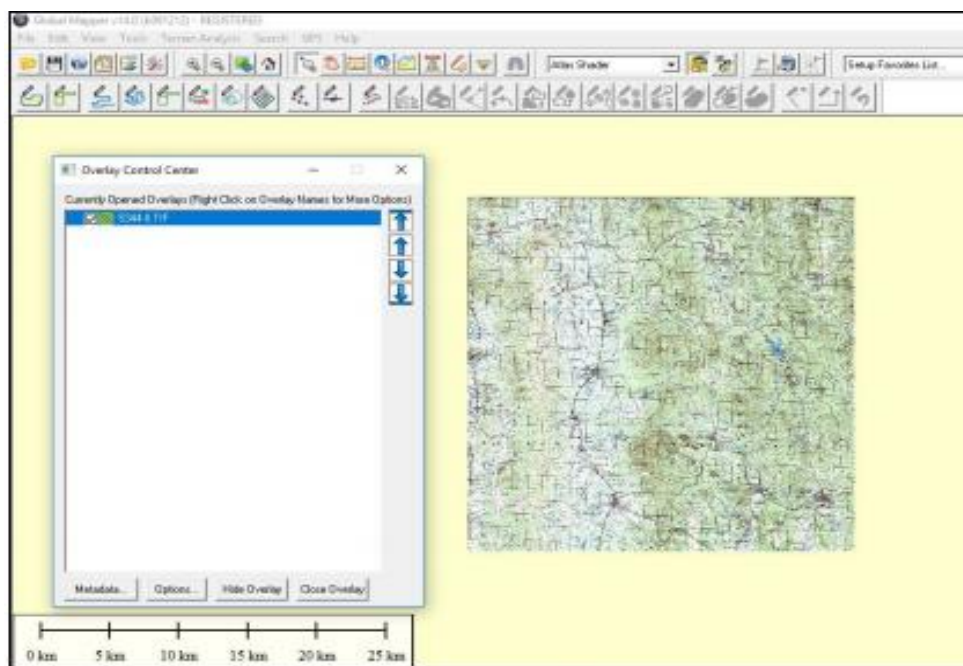
ID	X	Y	Elevation	Distance (Segment)	Distance (Total)	Elevation	Slope (Degrees)	Slope (Percent)	Segment Index
1	433356.423	1675971.944	115.215	0	0	115.215	-	-	1
2	433357.21	1675971.536	115.058	0.887	0.887	115.058	10.1	17.70%	1
3	433357.996	1675971.127	114.973	0.887	1.773	114.973	5.5	9.60%	1
4	433358.783	1675970.719	114.909	0.887	2.66	114.909	4.1	7.20%	1
5	433359.569	1675970.31	114.819	0.887	3.547	114.819	5.8	10.10%	1
6	433360.356	1675969.901	114.703	0.887	4.433	114.703	7.4	13.00%	1
7	433361.142	1675969.493	114.562	0.887	5.32	114.562	9.1	15.90%	1
8	433361.929	1675969.084	114.395	0.887	6.206	114.395	10.7	18.80%	1
9	433362.715	1675968.676	114.225	0.887	7.093	114.225	10.8	19.20%	1
10	433363.502	1675968.267	114.123	0.887	7.98	114.123	6.6	11.50%	1
11	433364.288	1675967.858	114.046	0.887	8.866	114.046	4.9	8.60%	1
12	433365.075	1675967.45	114	0.887	9.753	114	3	5.20%	1
13	433365.861	1675967.041	114	0.887	10.64	114	0	0.00%	1
14	433366.648	1675966.633	114	0.887	11.526	114	0	0.00%	1
15	433367.434	1675966.224	114	0.887	12.413	114	0	0.00%	1
16	433368.221	1675965.816	114	0.887	13.299	114	0	0.00%	1
17	433369.007	1675965.407	114	0.887	14.186	114	0	0.00%	1
18	433369.794	1675964.998	114	0.887	15.073	114	0	0.00%	1
19	433370.58	1675964.59	114	0.887	15.959	114	0	0.00%	1
20	433371.367	1675964.181	114	0.887	16.846	114	0	0.00%	1
21	433372.153	1675963.773	114	0.887	17.733	114	0	0.00%	1
22	433372.94	1675963.364	114	0.887	18.619	114	0	0.00%	1
23	433373.727	1675962.955	114	0.887	19.506	114	0	0.00%	1
24	433374.513	1675962.547	114	0.887	20.392	114	0	0.00%	1
25	433375.3	1675962.138	114	0.887	21.279	114	0	0.00%	1

ภาพที่ จ.6 บันทึกข้อมูลหน้าตัดลำน้ำเป็นไฟล์ *.CSV

1.2 นำเข้าแผนที่ 1:50,000 ระวังที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา คือพื้นที่อำเภอเมืองศรีสะเกษ และ อำเภออุทุมพรพิสัย พิกัดตามแผนที่ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารกับข้อมูล DEM จังหวัดศรีสะเกษ โดยการคลิกที่ภาพ จากนั้นทำการเลือกระวางแผนที่ จะปรากฏผลตามภาพที่ จ.7 และ ภาพที่ จ.8 ตามลำดับ



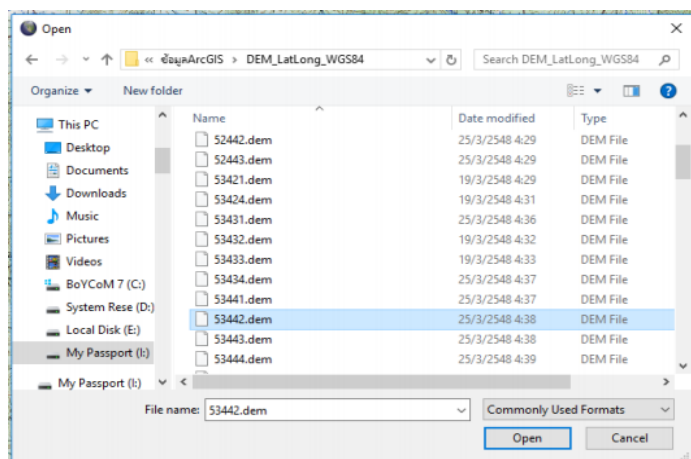
ภาพที่ จ.7 การนำเข้าแผนที่ 1:50,000 ในโปรแกรม Global Mapper 11



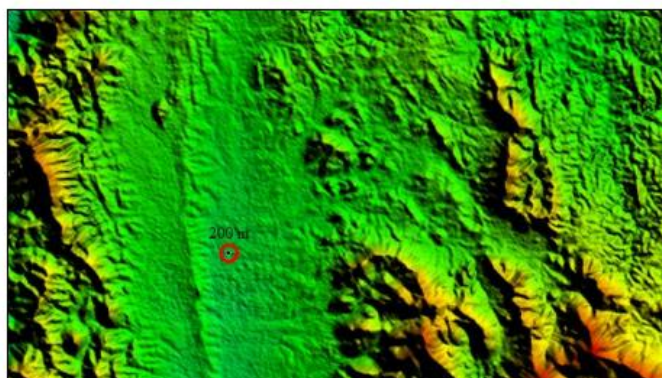
ภาพที่ จ.8 ผลหลังจากการนำเข้าแผนที่ 1:50,000

1.3 นำเข้าข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลขหรือ Digital Elevation Model (DEM) ซึ่งทำการจัดสร้างขึ้นจากข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วยค่าพิกัด X, Y และ Z ของพื้นที่ศึกษา

1.4 โดยการเปิดเรียกใช้ไฟล์งาน DEM ของระวางที่ตั้งโครงการ ดังภาพที่ จ.9 และปรากฏผลลัพธ์ดังภาพที่ จ.10

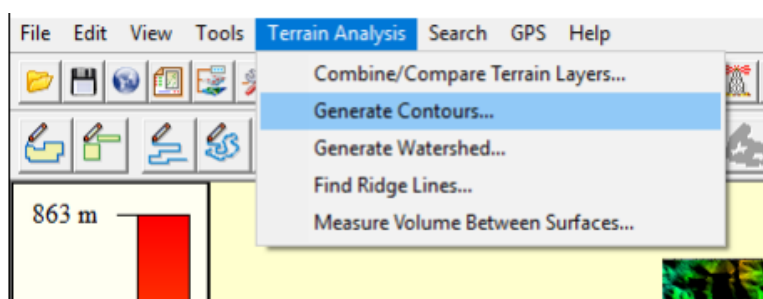


ภาพที่ จ.9 การเปิดใช้งานไฟล์ Digital Elevation Model (DEM)



ภาพที่ จ.10 ผลจากการใช้คำสั่ง Create Range Rings กำหนดจุดที่ตั้ง

1.4 สร้างเส้นชั้นความสูง Generate Contour โดยการคลิกที่เมนู Terrain Analysis และคลิกต่อที่ Generate Contour ดังภาพที่ จ.11 และผลลัพธ์ดังภาพที่ จ.12 ตามลำดับ

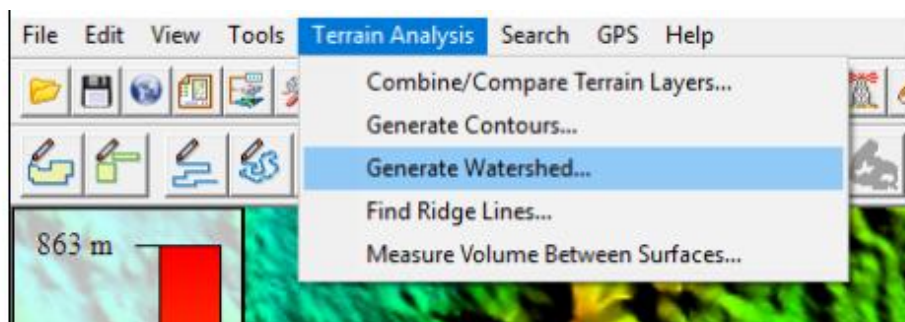


ภาพที่ จ.11 การใช้คำสั่ง Generated Contour

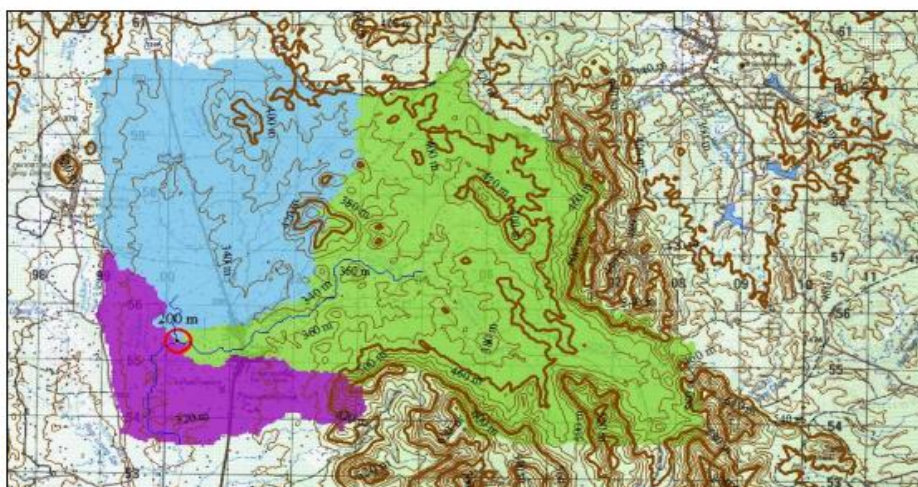


ภาพที่ จ.12 ผลจากการใช้คำสั่ง Generated Contour

1.5 ทำการสร้างพื้นที่รับน้ำฝนย่อยในขอบเขตโครงการที่ศึกษา โดยคลิกที่เมนู Terrain Analysis และคลิกต่อที่ Generate Watershed โดยการลาก Draw a Box ให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ตั้งโครงการและขอบเขตที่คาดว่าจะครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการ โดยสามารถลากกรอบเพื่อให้มากกว่าไว้ได้ ดังรูปภาพที่ จ.13 และผลลัพธ์ดังรูปภาพที่ จ.14 ตามลำดับ



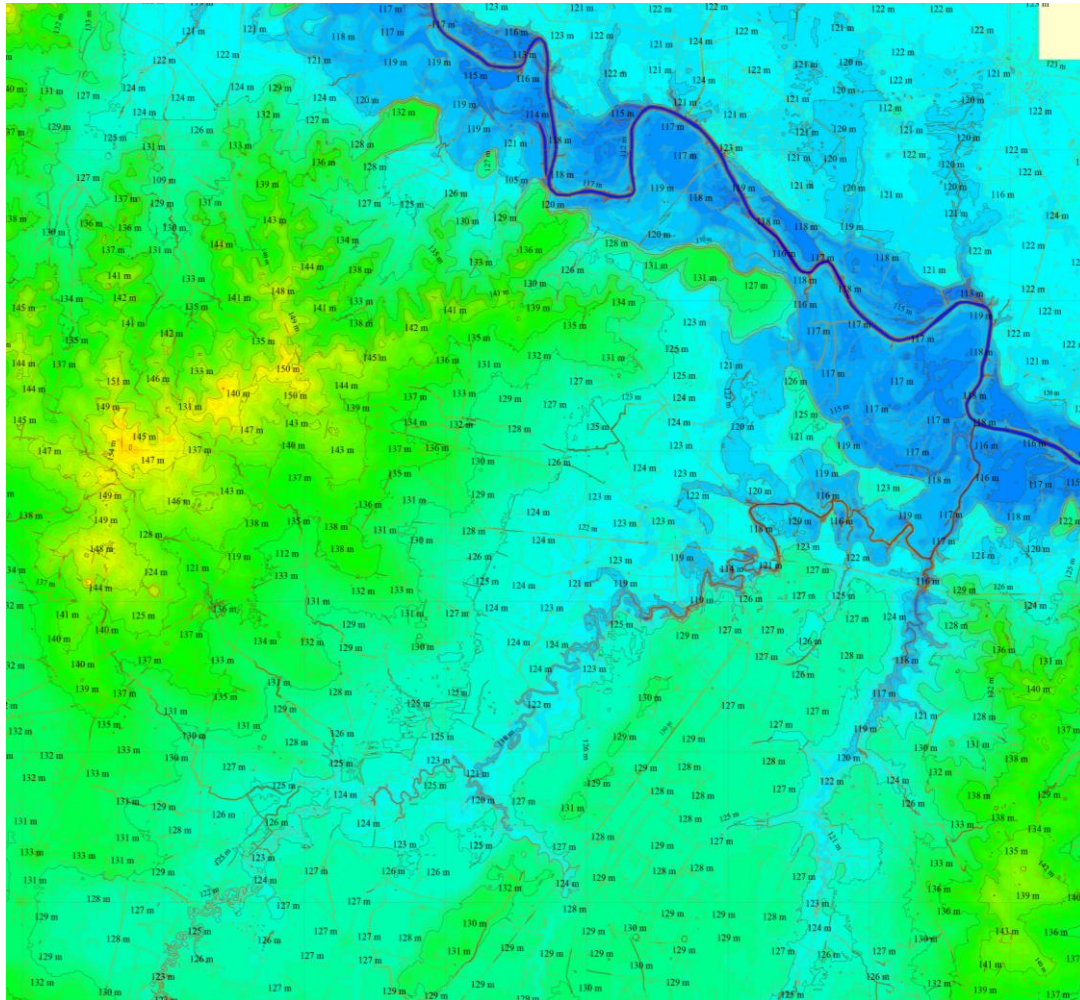
ภาพที่ จ.13 การใช้คำสั่ง Generated Watershed



ภาพที่ จ.14 ผลจากการใช้คำสั่ง Generated Watershed

จากผลลัพธ์ของการใช้คำสั่ง Generated Watershed จะเห็นได้ว่าที่ตั้งโครงการศึกษา มีพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการเป็นเขตสีเขียวอยู่ทางขวามือ เนื่องจากเมื่อฝนตกลงในพื้นที่นั้นก็จะไหลลงมารวมกันตามลำน้ำและไหลผ่านที่ตั้ง ที่วงกลมสีแดงแสดงไว้ในขั้นตอนที่ 1.2

สรุปได้ว่าการหาพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ มีความสะดวก รวดเร็ว ได้ผลถูกต้องแม่นยำมาก ทั้งยังสามารถนำออกไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้มากมาย และสามารถนำออกในรูปแบบต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น ในรูปแบบของ pdf ไฟล์ ในรูปแบบของเวกเตอร์รูปภาพ หรือไฟล์งาน KML/KMZ เพื่อแสดงผลใน Google Earth ได้



ภาพที่ จ.15 เส้น Contour Line จากการ Generate Contour Line 0.10 ม.
โดยใช้โปรแกรม Global Mapper

ภาคผนวก ฉ

วิธีการลงจุดของความเป็นไปได้ (Probability plotting position)

1. การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในงานอุทกภัยวิทยา (Probability in hydrology)

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นหรือการวิเคราะห์โอกาสที่เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ในงานอุทกวิทยา ซึ่งเราจะใช้เพื่อหาปริมาณอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำสูงสุด ทำให้ทราบถึงปริมาณและโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานออกแบบงานควบคุม หรืองานวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมแหล่งน้ำได้ ซึ่งในข้อนี้จะได้นำกล่าวถึงแนวทางในการเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) การวิเคราะห์ความถี่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ หรือค่าสูงสุดเพื่อรอบปีการเกิดซ้ำ (Return period) และโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หรือค่าต่าง ๆ (Probability) หรือความน่าจะเป็น ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ครั้งนี้จะกล่าวถึง 3 วิธี ที่นิยมใช้งานกันคือเริ่มจากวิธีการลงจุดของความเป็นไปได้ (Probability plotting position) ดังนี้

1.1.1 วิธีการลงจุดของความเป็นไปได้ (Probability plotting position)

วิธีการลงจุดของความเป็นไปได้ หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ x ที่มากกว่าหรือเท่ากับ x_0 มักจะแสดงออกในเทอมของรอบปีการเกิดซ้ำ (Return period หรือ recurrence interval, T) โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำเป็นปฏิภาคผกผันกับความเป็นไปได้ หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ ดังสมการ

เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำ

และ P คือ ความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์

ในการวางแผนการจัดการ และการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ต่าง ๆ จะมีการกำหนดเกณฑ์ตามความจำเป็น ลักษณะงาน และความเสี่ยงที่มีผลต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งจะกำหนดเป็นรอบปีการเกิดซ้ำและค่าขีดจำกัดประเมิน (Estimated limiting value, ELV) โดยค่าขีดจำกัดประเมินหมายถึงค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีขนาดการออกแบบทางอุทกวิทยา (Hydrologic design) ของโครงสร้างขนาดใหญ่ (Major structure) โครงสร้างขนาดกลาง (Intermediate structure) โครงสร้างขนาดเล็ก (Minor structure) ดังตารางที่ 2.1

ค่าขีดจำกัดประเมินมักจะนำมาใช้กับการหาค่าปริมาณฝนสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Probable Maximum Precipitation, PMP) และการหาค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Probable Maximum Flood, PMF) โดยโครงสร้างประเภทประเภทต่าง ๆ มีเกณฑ์ในการกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัดประเมินดังตารางที่ 2.1 เกณฑ์การกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ และค่าขีดจำกัดประเมินตามประเภทของโครงสร้างงาน ตามข้อที่ 4 การระบายน้ำในเมือง ซึ่งรอบปีการเกิดซ้ำอยู่ระหว่าง 2 – 50 ปี และค่าขีดจำกัดประเมิน คือ ไม่ต้องนำไปคิดกับข้อที่ ทำนบกั้นน้ำ (รอบ ๆ เมือง) ซึ่งค่ารอบปีการเกิดซ้ำอยู่ระหว่าง 50 – 200 ปี และค่าขีดจำกัดประเมินคือไม่ต้องนำไปคิด

สำหรับความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ p มีสมการทั่วไป คือ

โดย m คือ ลำดับที่ของเหตุการณ์ (Order number of event)

N คือ จำนวนข้อมูลหรือเหตุการณ์ทั้งหมด (Total number of event in data)

a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการต่าง ๆ ที่เลือกใช้ตารางที่ 3.2

ตารางที่ ๓.1 สมการการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P

วิธี	พ.ศ.	a	b	P		
				สูตรคำนวณ	M.9	M.190
Hazen	2457	0.5	0	$\frac{m - 0.5}{N}$	0.89%	6.25%
California	2466	0	0	$\frac{m}{N}$	1.79%	12.50%
Weibull	2482	0	1.0	$\frac{m}{N + 1}$	1.75%	11.11%
Beard	2486	0.31	0.38	$\frac{m - 0.31}{N + 0.38}$	1.22%	8.23%
Chegodayev	2498	0.30	0.40	$\frac{m - 0.30}{N + 0.40}$	1.24%	8.33%
Blom	2501	0.375	0.25	$\frac{m - 0.375}{N + 0.25}$	1.11%	7.58%
Gringorten	2506	0.44	0.12	$\frac{m - 0.44}{N + 0.12}$	1.00%	6.90%
Cunnanc	2521	0.40	0.20	$\frac{m - 0.40}{N + 0.20}$	1.07%	7.32%
Adamowski	2524	0.25	0.50	$\frac{m - 0.25}{N + 0.50}$	1.33%	8.82%

โดยทั่วไปมักจะใช้สมการของ Weibull ในการหาค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ P

1.1.1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) เตรียมข้อมูลน้ำท่าสูงสุดรายปี ของสถานีวัดน้ำท่า
- 2) กำหนดให้ผลการวัดข้อมูลน้ำท่าสูงสุดที่สถานีวัดน้ำท่า M.9 พ.ศ. 2497 ถึง พ.ศ. 2558 และที่สถานีวัดน้ำท่า M.190 พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2558 ที่ตรวจวัดโดยกรมอุตุวิทยามีข้อมูลดังตารางที่ ๓.2 และตารางที่ ๓.3

ตารางที่ ฉ.2 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราษฎร์นอกลาง บ้านห้วยปล้อง
ตำบลห้วยปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม. [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณน้ำท่า ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2497	118.46	314.00	1 ต.ค.	12.00	682.99	21.60
2498	112.60	15.00	1 ต.ค.	06.00	38.13	1.20
2499	114.51	54.00	20 ก.ย.	12.00	206.11	65.40
2500	117.59	215.00	18 ต.ค.	12.00	419.79	13.30
2501	118.56	328.00	9 ต.ค.	18.00	1,084.15	34.20
2502	119.28	426.00	24 ก.ย.	18.00	1,196.90	37.80
2503	119.75	494.00	26 ต.ค.	06.00	1,218.39	38.60
2504	119.25	421.00	25 ก.ย.	18.00	975.29	30.93
2505	121.10	740.00	18 ก.ย.	15.00	2,446.30	77.60
2506	116.41	126.00	29 ก.ย.	06.00	432.51	13.71
2507	117.98	255.00	8 ต.ค.	18.00	849.28	26.92
2508	112.80	18.00	3 ต.ค.	06.00	50.87	1.61
2509	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2510	117.60	216.00	21 ก.ย.	01.00	554.78	17.50
2511	117.70	226.00	10 ต.ค.	12.00	482.83	15.30
2512	117.95	252.00	28 ก.ย.	12.00	405.25	12.80
2513	119.51	459.00	21 ส.ค.	18.00	501.93	15.90
2514	116.42	127.00	9 ก.ย.	12.00	624.69	19.70
2515	120.33	339.00	24 ก.ย.	06.00	1,067.56	33.70
2516	112.41	27.00	14 ต.ค.	18.00	76.89	2.44
2517	116.28	137.00	19 ต.ค.	12.00	358.55	11.40
2518	118.35	164.00	14 ต.ค.	16.00	594.04	18.80
2519	121.19	488.00	1 พ.ย.	12.00	1,552.87	49.20
2520	117.82	108.00	1 ต.ค.	01.00	314.84	9.98
2521	121.79	849.70	2 ต.ค.	04.00	1,132.68	35.92
2522	117.71	168.50	9 ต.ค.	06.00	496.08	15.69

ตารางที่ ฉ.2 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราษฎรตอนล่าง บ้านห้วยป่าปล้อง
ตำบลห้วยป่าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม. (ต่อ) [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณน้ำท่า ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2523	119.79	213.75	10 ต.ค.	24.00	873.45	27.70
2524	116.21	107.88	31 มิ.ย.	01.00	400.67	12.71
2525	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2526	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2527	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2528	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2529	-	-	-		ไม่พบข้อมูล	-
2530	117.74	219.00	25 ก.ย.	12.00	361.04	11.42
2531	115.66	100.82	22 มิ.ย.	12.00	379.92	12.05
2532	114.56	86.48	29 ส.ค.	24.00	298.97	9.48
2533	117.83	118.63	29 ต.ค.	09.00	1,061.53	33.66
2534	120.12	326.80	11 ต.ค.	15.00	1,003.65	31.82
2535	116.55	133.50	8 ก.ย.	18.00	378.36	12.00
2536	115.11	132.52	10 ส.ค.	06.00	435.68	13.82
2537	115.70	154.00	26 ก.ย.	06.00	402.62	12.77
2538	118.57	189.21	16 ต.ค.	15.00	741.43	23.40
2539	121.53	440.20	9 ต.ค.	17.00	1,197.33	37.97
2540	117.67	173.80	12 ต.ค.	12.00	494.39	15.70
2541	112.36	35.00	19 ต.ค.	07.00	73.24	2.32
2542	114.27	58.88	10 ต.ค.	06.00	241.58	7.66
2543	123.06	1,064.00	26 ส.ค.	06.00	1,982.62	62.90
2544	119.11	265.60	20 ส.ค.	09.00	960.20	30.45
2545	121.70	660.00	24 ก.ย.	06.00	1,403.73	44.51
2546	116.61	174.90	18 ก.ย.	18.00	355.04	11.20
2547	118.04	155.40	21 ส.ค.	18.00	511.16	16.21

ตารางที่ ฉ.2 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดสถานี M.9 ห้วยลำราษฎร์ตอนล่าง บ้านห้วยป่าปล้อง
ตำบลห้วยป่าปล้อง อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ พื้นที่รับน้ำ 2,988 ตร.กม. (ต่อ) [11]

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณ น้ำท่า ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2548	115.84	123.80	20 ก.ย.	18.00	292.50	9.28
2549	120.50	345.00	11 ต.ค.	24.00	809.56	25.67
2550	119.20	253.00	15 ต.ค.	18.00	876.22	27.71
2547	118.04	155.40	21 ส.ค.	18.00	511.16	16.21
2548	115.84	123.80	20 ก.ย.	18.00	292.50	9.28
2549	120.50	345.00	11 ต.ค.	24.00	809.56	25.67
2550	119.20	253.00	15 ต.ค.	18.00	876.22	27.71
2551	119.20	252.70	30 ก.ย.	18.00	748.16	23.72
2552	120.71	408.25	18 ก.ย.	16.00	1,283.79	40.71
2553	118.64	235.08	27 ต.ค.	21.00	539.08	17.09
2554	120.99	334.60	26 ต.ค.	18.00	1,168.66	37.06
2555	114.22	92.20	16 ต.ค.	09.00	202.99	6.42
2556	122.16	652.80	24 ก.ย.	15.00	1,168.71	37.06
2557	115.25	115.20	6 พ.ย.	02.00	573.00	18.17
2558	114.31	84.15	12 ต.ค.	15.00	256.40	8.11
สูงสุด	123.06	1,064.00			2,446.30	77.60
เฉลี่ย	115.39	262.97			700.49	23.37
ต่ำสุด	-	15.00			38.13	1.20

ตารางที่ ฉ.3 ระดับน้ำและปริมาณน้ำสูงสุดของสถานี M.190 ห้วยลำราญ บ้านขาว
ตำบลทุ่งไผ่ อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดศรีสะเกษ
พื้นที่รับน้ำ 2,339 ตร.กม.

ปีน้ำ	สูงสุด				ปริมาณน้ำท่า ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำ เฉลี่ย ลบ.ม./วินาที
	ระดับ (ม.รทก.)	ปริมาณ ลบ.ม./วินาที	วัน-เดือน	เวลา (ชม.)		
2551	127.27	215.15	26 ก.ย.	06.00	551.99	17.50
2552	127.76	335.80	13 ก.ย.	14.00	958.70	30.40
2553	127.34	255.60	24 ต.ค.	22.00	484.76	15.37
2554	127.73	296.50	24 ต.ค.	04.00	845.19	26.80
2555	125.37	66.90	15 ต.ค.	01.00	226.97	7.18
2556	128.47	384.01	22 ก.ย.	12.00	845.72	26.82
2557	125.61	104.20	23 ก.ย.	16.00	431.53	13.68
2558	125.15	67.00	11 ต.ค.	20.00	175.05	5.54
สูงสุด	128.47	384.01			958.70	30.40
เฉลี่ย	126.84	215.65			564.99	17.91
ต่ำสุด	125.15	66.90			175.05	5.54

ตารางที่ ฉ.4 การคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ
และโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	เรียงระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ลำดับ m	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
2497	118.46	123.06	1	57.00	1.75%
2498	112.60	122.16	2	28.50	3.51%
2499	114.51	121.79	3	19.00	5.26%
2500	117.59	121.70	4	14.25	7.02%
2501	118.56	121.53	5	11.40	8.77%
2502	119.28	121.19	6	9.50	10.53%
2503	119.75	121.10	7	8.14	12.28%
2504	119.25	120.99	8	7.13	14.04%
2505	121.10	120.71	9	6.33	15.79%
2506	116.41	120.50	10	5.70	17.54%
2507	117.98	120.33	11	5.18	19.30%

ตารางที่ ฉ.4 การคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำ
และโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุด ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	เรียงระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ลำดับ m	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
2508	112.80	120.12	12	4.75	21.05%
2510	117.60	119.79	13	4.38	22.81%
2511	117.70	119.75	14	4.07	24.56%
2512	117.95	119.51	15	3.80	26.32%
2513	119.51	119.28	16	3.56	28.07%
2514	116.42	119.25	17	3.35	29.82%
2515	120.33	119.20	18	3.17	31.58%
2516	112.41	119.20	19	3.00	33.33%
2517	116.28	119.11	20	2.85	35.09%
2518	118.35	118.64	21	2.71	36.84%
2519	121.19	118.57	22	2.59	38.60%
2520	117.82	118.56	23	2.48	40.35%
2521	121.79	118.46	24	2.38	42.11%
2522	117.71	118.35	25	2.28	43.86%
2523	119.79	118.04	26	2.19	45.61%
2524	116.21	117.98	27	2.11	47.37%
2530	117.74	117.95	28	2.04	49.12%
2531	115.66	117.83	29	1.97	50.88%
2532	114.56	117.82	30	1.90	52.63%
2533	117.83	117.74	31	1.84	54.39%
2534	120.12	117.71	32	1.78	56.14%
2535	116.55	117.70	33	1.73	57.89%
2536	115.11	117.67	34	1.68	59.65%
2537	115.70	117.60	35	1.63	61.40%
2538	118.57	117.59	36	1.58	63.16%
2539	121.53	116.61	37	1.54	64.91%
2540	117.67	116.55	38	1.50	66.67%
2541	112.36	116.42	39	1.46	68.42%
2542	114.27	116.41	40	1.43	70.18%
2543	123.06	116.28	41	1.39	71.93%

ตารางที่ ฉ.4 การคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิด
ระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	เรียงระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ลำดับ m	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
2544	119.11	116.21	42	1.36	73.68%
2545	121.70	115.84	43	1.33	75.44%
2546	116.61	115.70	44	1.30	77.19%
2547	118.04	115.66	45	1.27	78.95%
2548	115.84	115.25	46	1.24	80.70%
2549	120.50	115.11	47	1.21	82.46%
2550	119.20	114.56	48	1.19	84.21%
2551	119.20	114.51	49	1.16	85.96%
2552	120.71	114.31	50	1.14	87.72%
2553	118.64	114.27	51	1.12	89.47%
2554	120.99	114.22	52	1.10	91.23%
2555	114.22	112.80	53	1.08	92.98%
2556	122.16	112.60	54	1.06	94.74%
2557	115.25	112.41	55	1.04	96.49%
2558	114.31	112.36	56	1.02	98.25%

ตารางที่ ฉ.5 การคำนวณความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาส
ที่จะเกิดอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

ปี พ.ศ.	อัตราการไหล สูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เรียงลำดับข้อมูล (ลบ.ม./วินาที)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (ปี)	ความ น่าจะเป็น (%)
2497	314.00	1,064.00	1	57.00	1.75%
2498	15.00	849.70	2	28.50	3.51%
2499	54.00	740.00	3	19.00	5.26%
2500	215.00	660.00	4	14.25	7.02%
2501	328.00	652.80	5	11.40	8.77%
2502	426.00	494.00	6	9.50	10.53%
2503	494.00	488.00	7	8.14	12.28%
2504	421.00	459.00	8	7.13	14.04%
2505	740.00	440.20	9	6.33	15.79%

ตารางที่ ฉ.5 การคำนวณความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด (ต่อ)

ปี พ.ศ.	อัตราการไหล สูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เรียงลำดับข้อมูล (ลบ.ม./วินาที)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (ปี)	ความ น่าจะเป็น (%)
2506	126.00	426.00	10	5.70	17.54%
2507	255.00	421.00	11	5.18	19.30%
2508	18.00	408.25	12	4.75	21.05%
2510	216.00	345.00	13	4.38	22.81%
2511	226.00	339.00	14	4.07	24.56%
2512	252.00	334.60	15	3.80	26.32%
2513	459.00	328.00	16	3.56	28.07%
2514	127.00	326.80	17	3.35	29.82%
2515	339.00	314.00	18	3.17	31.58%
2516	27.00	265.60	19	3.00	33.33%
2517	137.00	255.00	20	2.85	35.09%
2518	164.00	253.00	21	2.71	36.84%
2519	488.00	252.70	22	2.59	38.60%
2520	108.00	252.00	23	2.48	40.35%
2521	849.70	235.08	24	2.38	42.11%
2522	168.50	226.00	25	2.28	43.86%
2523	213.75	219.00	26	2.19	45.61%
2524	107.88	216.00	27	2.11	47.37%
2530	219.00	215.00	28	2.04	49.12%
2531	100.82	213.75	29	1.97	50.88%
2532	86.48	189.21	30	1.90	52.63%
2533	118.63	174.90	31	1.84	54.39%
2534	326.80	173.80	32	1.78	56.14%
2535	133.50	168.50	33	1.73	57.89%
2536	132.52	164.00	34	1.68	59.65%
2537	154.00	155.40	35	1.63	61.40%
2538	189.21	154.00	36	1.58	63.16%
2539	440.20	137.00	37	1.54	64.91%
2540	173.80	133.50	38	1.50	66.67%

ตารางที่ ฉ.5 การคำนวณความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด (ต่อ)

พ.ศ.	อัตราการไหล สูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เรียงลำดับข้อมูล (ลบ.ม./วินาที)	ลำดับ m	รอบปีการเกิด ซ้ำ (ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
2541	35.00	132.52	39	1.46	68.42%
2542	58.88	127.00	40	1.43	70.18%
2543	1,064.00	126.00	41	1.39	71.93%
2544	265.60	123.80	42	1.36	73.68%
2545	660.00	118.63	43	1.33	75.44%
2546	174.90	115.20	44	1.30	77.19%
2547	155.40	108.00	45	1.27	78.95%
2548	123.80	107.88	46	1.24	80.70%
2549	345.00	100.82	47	1.21	82.46%
2550	253.00	92.20	48	1.19	84.21%
2551	252.70	86.48	49	1.16	85.96%
2552	408.25	84.15	50	1.14	87.72%
2553	235.08	58.88	51	1.12	89.47%
2554	334.60	54.00	52	1.10	91.23%
2555	92.20	35.00	53	1.08	92.98%
2556	652.80	27.00	54	1.06	94.74%
2557	115.20	18.00	55	1.04	96.49%
2558	84.15	15.00	56	1.02	98.25%

ตารางที่ ฉ.6 การคำนวณความสัมพันธ์ของระดับน้ำสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	เรียงระดับน้ำ สูงสุด(ม.รทก.)	ลำดับ m	รอบปีการเกิด ซ้ำ(ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
2551	127.27	128.47	1	9.00	11.11%
2552	127.76	127.76	2	4.50	22.22%
2553	127.34	127.73	3	3.00	33.33%
2554	127.73	127.34	4	2.25	44.44%
2555	125.37	127.27	5	1.80	55.56%
2556	128.47	125.61	6	1.50	66.67%
2557	125.61	125.37	7	1.29	77.78%
2558	125.15	125.15	8	1.13	88.89%

ตารางที่ ฉ.7 การคำนวณความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดรอบปีการเกิดซ้ำและโอกาสที่จะเกิดอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด

พ.ศ.	อัตราการไหล สูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เรียงลำดับข้อมูล (ลบ.ม./วินาที)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (ปี)	ความน่าจะเป็น (%)
2551	215.15	384.01	1	9.00	11.11%
2552	335.80	335.80	2	4.50	22.22%
2553	255.60	296.50	3	3.00	33.33%
2554	296.50	255.60	4	2.25	44.44%
2555	66.90	215.15	5	1.80	55.56%
2556	384.01	104.20	6	1.50	66.67%
2557	104.20	67.00	7	1.29	77.78%
2558	67.00	66.90	8	1.13	88.89%

ช่องที่ 1 พ.ศ. ที่มีข้อมูล

ช่องที่ 2 ระดับน้ำสูงสุดในปีต่าง ๆ

ช่องที่ 3 เรียงข้อมูลระดับน้ำสูงสุดจากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด

ช่องที่ 4 ลำดับที่ m

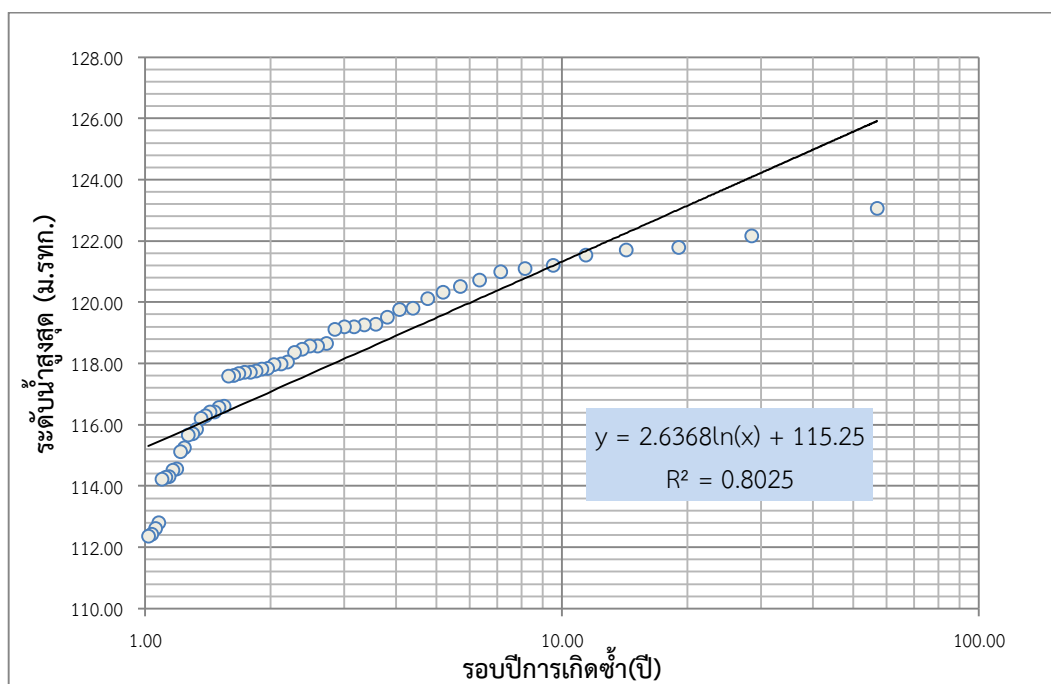
ช่องที่ 5 รอบปีการเกิดซ้ำ T

ช่องที่ 6 โอกาสที่จะเกิดระดับน้ำสูงสุดมีหน่วยเป็น % = ช่องที่ 5 x 100

ดังนั้น จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุด (ช่องที่ 3) รอบปีการเกิดซ้ำ (ช่องที่ 5) และ โอกาสที่ระดับน้ำสูงสุด (ช่องที่ 6) มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำได้ดังรูป จากกราฟสามารถระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ ฉ.6

ตารางที่ ฉ.8 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

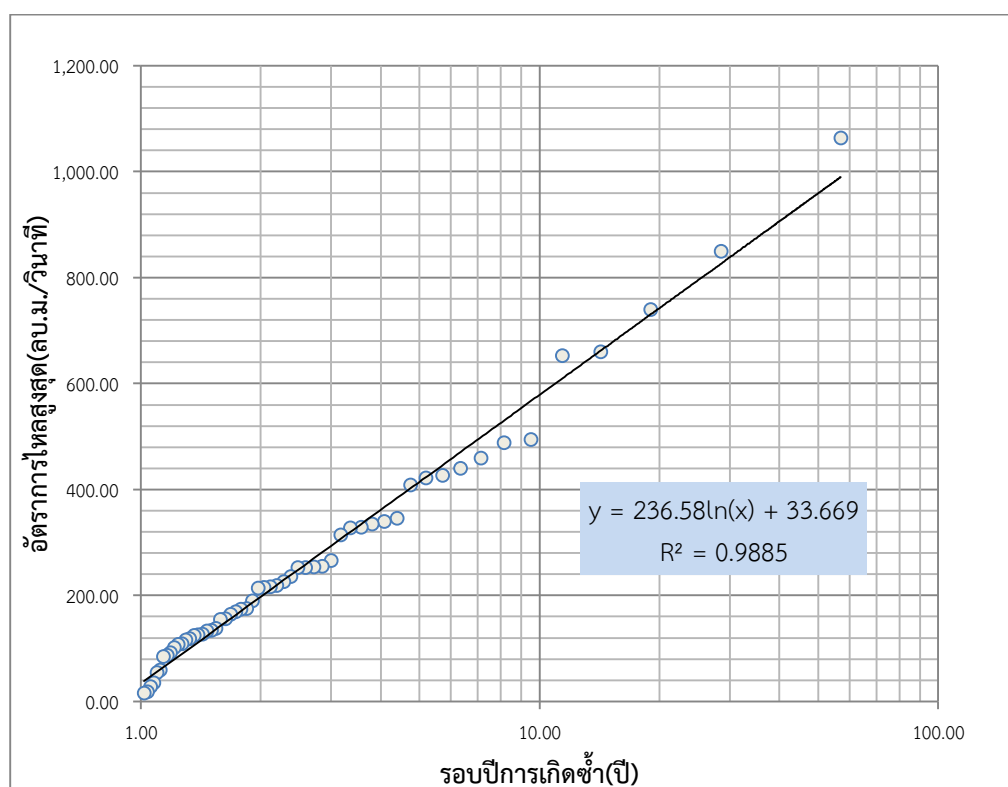
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)
2	117.08
5	119.49
10	121.32
15	122.39
20	123.15
25	123.74
50	125.57
75	126.63
100	127.39
200	129.22
500	131.64



ภาพที่ ฉ.1 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

ตารางที่ ฉ.9 อัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

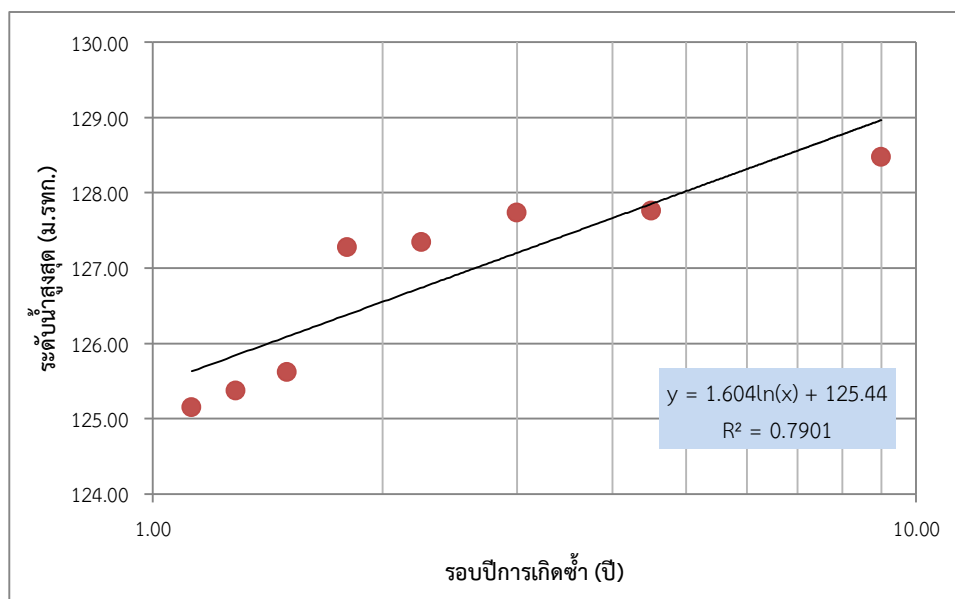
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำสูงสุด (ม.รทก.)
2	197.65
5	414.43
10	578.41
15	674.34
20	742.40
25	795.19
50	959.18
75	1,055.10
100	1,123.16
200	1,287.14
500	1,503.92



รูปภาพที่ ฉ.2 รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธีลงจุด

ตารางที่ ฉ.10 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด

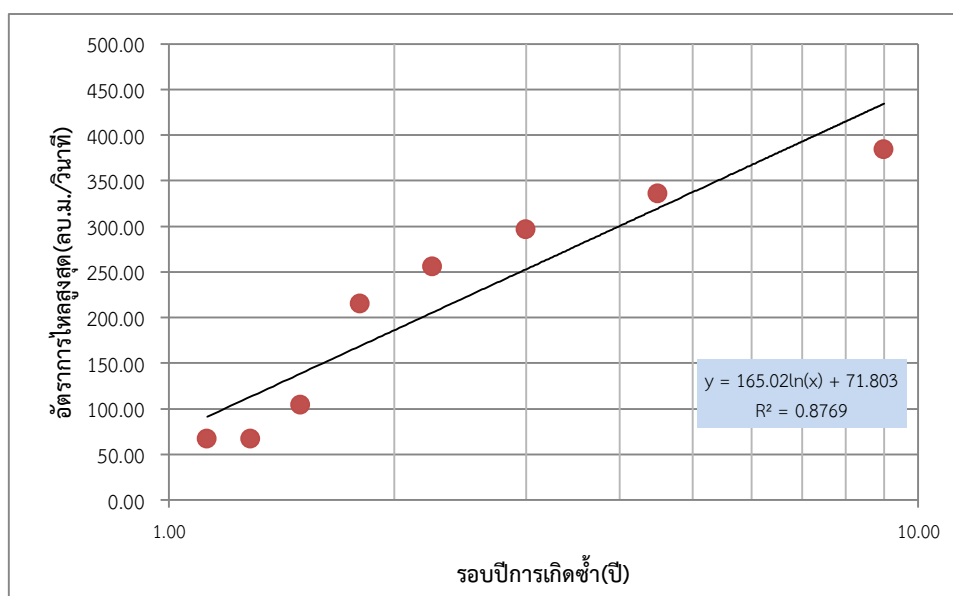
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	Plotting PM (ม.รทก.)
2	126.55
5	128.02
10	129.13
15	129.78
20	130.25
25	130.60
50	131.71
75	132.37
100	132.83
200	133.94
500	135.41



ภาพที่ ฉ.3 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด

ตารางที่ ฉ.11 อัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	อัตราการไหลสูงสุด (cms.)
2	186.19
5	337.39
10	451.78
15	518.69
20	566.16
25	602.98
50	717.37
75	784.27
100	831.75
200	946.13
500	1,097.34



ภาพที่ ฉ.4 รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธีลงจุด

ภาคผนวก ข
วิธีการกระจายแบบ Gumbel distribution

1.1 ขั้นตอนการกระจายแบบ Gumbel

1.1.1 สร้างตารางจัดเรียงระดับน้ำสูงสุดจากมากที่สุดไปน้อยสุด และคำนวณรอบปีการเกิดซ้ำ (T) และ $(H-H)^2$

ตารางที่ ข.3 คำนวณระดับน้ำรอบปีเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (msl)	เรียงลำดับ ข้อมูล (msl)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (yr)	$(H - H)^2$ (msl)
2497	118.46	123.06	1	57.00	27.71
2498	112.60	122.16	2	28.50	19.05
2499	114.51	121.79	3	19.00	15.95
2500	117.59	121.70	4	14.25	15.24
2501	118.56	121.53	5	11.40	13.94
2502	119.28	121.19	6	9.50	11.52
2503	119.75	121.10	7	8.14	10.92
2504	119.25	120.99	8	7.13	10.20
2505	121.10	120.71	9	6.33	8.49
2506	116.41	120.50	10	5.70	7.31
2507	117.98	120.33	11	5.18	6.42
2508	112.80	120.12	12	4.75	5.40
2510	117.60	119.79	13	4.38	3.98
2511	117.70	119.75	14	4.07	3.82
2512	117.95	119.51	15	3.80	2.94
2513	119.51	119.28	16	3.56	2.20
2514	116.42	119.25	17	3.35	2.11
2515	120.33	119.20	18	3.17	1.97
2516	112.41	119.20	19	3.00	1.97
2517	116.28	119.11	20	2.85	1.73
2518	118.35	118.64	21	2.71	0.71
2519	121.19	118.57	22	2.59	0.60
2520	117.82	118.56	23	2.48	0.58
2521	121.79	118.46	24	2.38	0.44
2522	117.71	118.35	25	2.28	0.31
2523	119.79	118.04	26	2.19	0.06

ตารางที่ ข.3 คำนวณระดับน้ำรอบปีเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (msl)	เรียงลำดับ ข้อมูล (msl)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (yr)	$(H - H)^2$ (msl)
2524	116.21	117.98	27	2.11	0.03
2530	117.74	117.95	28	2.04	0.02
2531	115.66	117.83	29	1.97	0.00
2532	114.56	117.82	30	1.90	0.00
2533	117.83	117.74	31	1.84	0.00
2534	120.12	117.71	32	1.78	0.01
2535	116.55	117.70	33	1.73	0.01
2536	115.11	117.67	34	1.68	0.02
2537	115.70	117.60	35	1.63	0.04
2538	118.57	117.59	36	1.58	0.04
2539	121.53	116.61	37	1.54	1.41
2540	117.67	116.55	38	1.50	1.55
2541	112.36	116.42	39	1.46	1.89
2542	114.27	116.41	40	1.43	1.92
2543	123.06	116.28	41	1.39	2.30
2544	119.11	116.21	42	1.36	2.51
2545	121.70	115.84	43	1.33	3.82
2546	116.61	115.70	44	1.30	4.39
2547	118.04	115.66	45	1.27	4.56
2548	115.84	115.25	46	1.24	6.48
2549	120.50	115.11	47	1.21	7.21
2550	119.20	114.56	48	1.19	10.47
2551	119.20	114.51	49	1.16	10.80
2552	120.71	114.31	50	1.14	12.15
2553	118.64	114.27	51	1.12	12.43
2554	120.99	114.22	52	1.10	12.79
2555	114.22	112.80	53	1.08	24.96
2556	122.16	112.60	54	1.06	27.00
2557	115.25	112.41	55	1.04	29.01

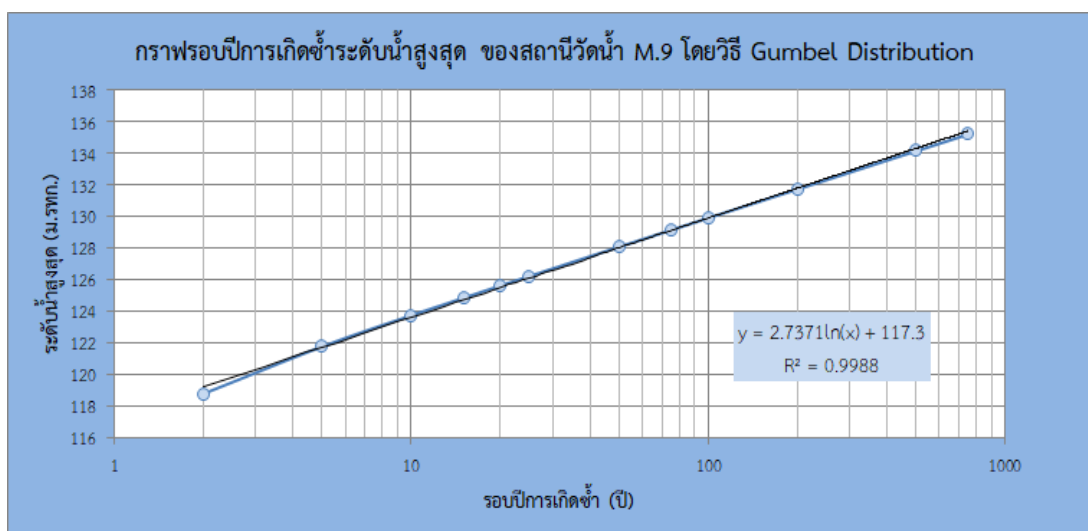
ตารางที่ ข.3 คำนวณระดับน้ำรอบปีเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (msl)	เรียงลำดับ ข้อมูล (msl)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ (yr)	$(H - H)^2$ (msl)
2558	114.31	112.36	56	1.02	29.55
รวม		6,596.56	56		382.97

เมื่อนำระดับน้ำสูงสุดจากช่อง 3 และรอบปีการเกิดซ้ำจากช่องที่ 5 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์สามารถใช้วิธีลงจุด (Plotting position) ด้วยสัญลักษณ์วงกลม ดังภาพที่ ข.1

ตารางที่ ข.4 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel

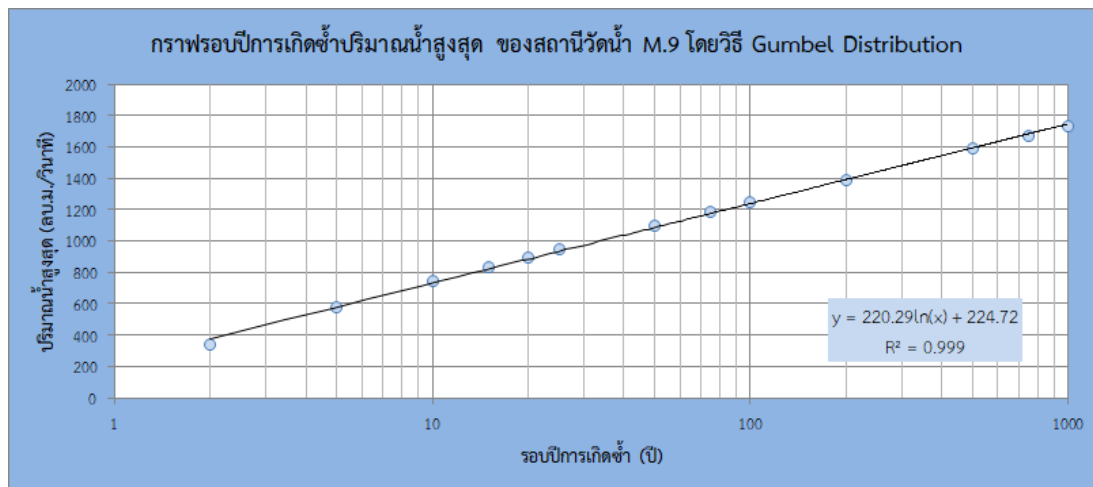
รอบปีการเกิดซ้ำ	ระดับน้ำสูงสุด
(ปี)	(ม.รทก.)
2	118.76
5	121.75
10	123.73
15	124.85
20	125.63
25	126.24
50	128.09
75	129.17
100	129.93
200	131.77
500	134.19
750	135.26
1000	136.02



ภาพที่ ข.1 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel

ตารางที่ ข.5 ปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำสูงสุด (cms.)
2	340.23
5	582.01
10	742.09
15	832.41
20	895.65
25	944.36
50	1,094.41
75	1,181.63
100	1,243.35
200	1,391.75
500	1,587.54
750	1,674.11
1000	1,735.51



ภาพที่ ข.2 รอบปีการเกิดซ้ำปริมาณน้ำของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Gumbel

ตารางที่ ข.6 ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด H (msl)	เรียงลำดับ ข้อมูล (msl)	ลำดับ m	รอบปี การเกิดซ้ำ T (yr)	$(H - \bar{H})^2$ (msl)
2551	127.27	128.47	1	9.00	2.67
2552	127.76	127.76	2	4.50	0.85
2553	127.34	127.73	3	3.00	0.80
2554	127.73	127.34	4	2.25	0.25
2555	125.37	127.27	5	1.80	0.19
2556	128.47	125.61	6	1.50	1.51
2557	125.61	125.37	7	1.29	2.15
2558	125.15	125.15	8	1.13	2.86

$$\bar{H} = \Sigma H / N = 1014.695 / 8 = 126.836875 \text{ cms}$$

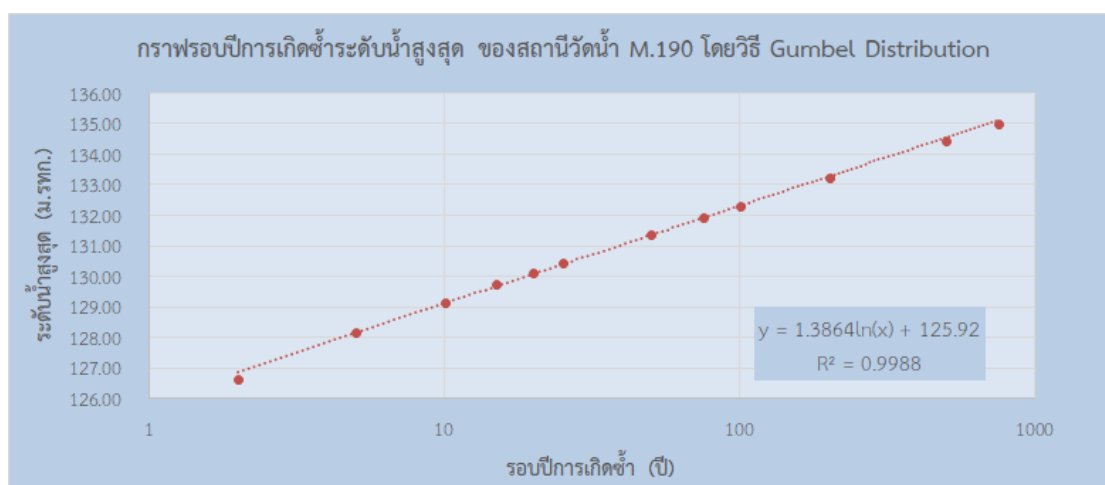
$$\sigma = 1.269254386$$

$$Y_n = 0.4952$$

$$S_n = 0.9496$$

ตารางที่ ข.7 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

T	Y_T	K	H_T
2	0.36651	(0.13552)	126.66
5	1.49994	1.05807	128.18
10	2.25037	1.84832	129.18
15	2.67375	2.29418	129.75
20	2.97020	2.60636	130.15
25	3.19853	2.84681	130.45
50	3.90194	3.58755	131.39
75	4.31078	4.01810	131.94
100	4.60015	4.32282	132.32
200	5.29581	5.05540	133.25
500	6.21361	6.02191	134.48
750	6.61941	6.44925	135.02
1000	6.90726	6.75237	135.41



ภาพที่ ข.3 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

ตารางที่ ข.8 ปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Gumbel

พ.ศ.	ปริมาณน้ำสูงสุด Q (cms)	เรียงลำดับข้อมูล (cms)	ลำดับ m	รอบปีการเกิดซ้ำ T (yr)	$(Q-Q)^2$ (cms ²)
2551	215.15	384.01	1	9.00	28346.77
2552	335.80	335.80	2	4.50	14437.22
2553	255.60	296.50	3	3.00	6537.53
2554	296.50	255.60	4	2.25	1596.40
2555	66.90	215.15	5	1.80	0.25
2556	384.01	104.20	6	1.50	12419.99
2557	104.20	67.00	7	1.29	22095.34
2558	67.00	66.90	8	1.13	22125.08
8	215.645	1725.16	8		107558.57

$$Q = \Sigma Q/N = 1725.16/8 = 215.645$$

$$\sigma = 123.9576969$$

$$Y_n = 0.4952$$

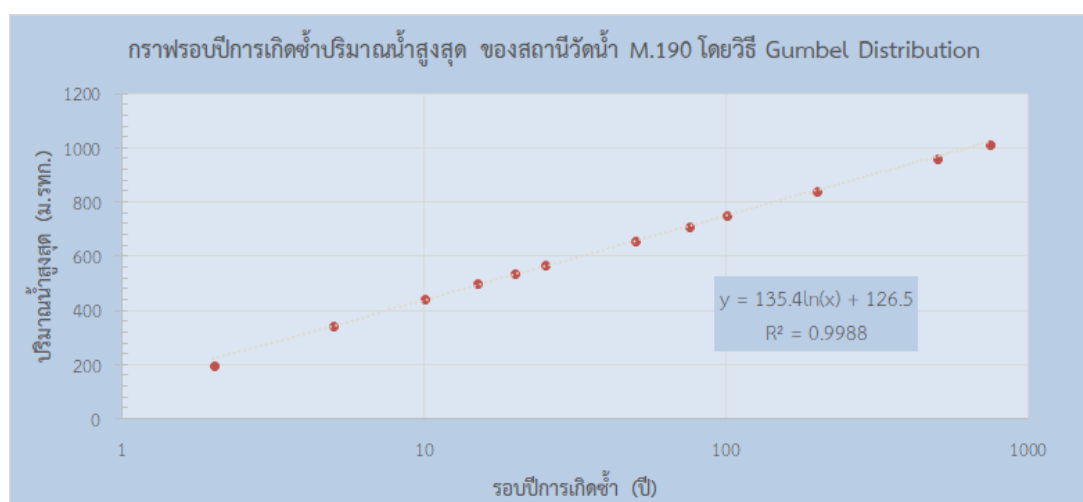
$$S_n = 0.9496$$

ตารางที่ ข.9 การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Gumbel

T	Y_T	K	Q_T
2	0.36651	- 0.13552	198.85
5	1.49994	1.05807	346.80
10	2.25037	1.84832	444.76
15	2.67375	2.29418	500.03
20	2.97020	2.60636	538.72
25	3.19853	2.84681	568.53
50	3.90194	3.58755	660.35
75	4.31078	4.01810	713.72
100	4.60015	4.32282	751.49
200	5.29581	5.05540	842.30

ตารางที่ ข.9 การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel (ต่อ)

T	Y_T	K	Q_T
500	6.21361	6.02191	962.11
750	6.61941	6.44925	1,015.08
1000	6.90726	6.75237	1,052.65



ภาพที่ ข.4 รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Gumbel

ภาคผนวก ซ
วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III

1. วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III

วิธีการกระจายแบบ Log Pearson Type III แปลงข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในเทอมของ log เช่น $y = \log_{10} x$ โดยที่ x คือ อัตราการไหลสูงสุดในแต่ละปี หรือระดับน้ำสูงสุดในแต่ละปี จะนำมาวิเคราะห์ เป็นต้น ค่า y_T ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T มีสมการตามทฤษฎีในบทที่ 2 โดยใช้การคำนวณในโปรแกรม EXCEL แล้วใช้ค่าที่คำนวณได้ในรูปแบบตาราง

ตารางที่ ข.1 k values for the Pearson type III and Log-Pearson Type III distributions

Skew	Recurrence interval (years)							
Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
G	Exceedance frequency (%)							
	99	50	20	10	4	2	1	0.5
3.0	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.8	-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.2	-0.905	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.0	-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.326	2.163	2.780	3.388	3.990
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.0	-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.8	-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.6	-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.2	-2.178	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.0	-2.326	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.2	-2.472	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-1.0	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.194	1.270	1.318	1.315
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-2.0	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995

ตารางที่ ข.1 k values for the Pearson type III and Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

Skew	Recurrence interval (years)							
Coefficient	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
G	Exceedance frequency (%)							
	99	50	20	10	4	2	1	0.5
-2.2	-3.705	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.4	-3.800	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.6	-0.389	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.8	-0.973	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-3.0	-4.051	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

ตารางที่ ข.2 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2497	118.46	2.07	0.0025	0.00000650	0.00000002
2498	112.60	2.05	-0.0195	0.00037961	-0.00000740
2499	114.51	2.06	-0.0122	0.00014832	-0.00000181
2500	117.59	2.07	-0.0007	0.00000042	0.00000000
2501	118.56	2.07	0.0029	0.00000850	0.00000002
2502	119.28	2.08	0.0055	0.00003075	0.00000017
2503	119.75	2.08	0.0073	0.00005261	0.00000038
2504	119.25	2.08	0.0054	0.00002955	0.00000016
2505	121.10	2.08	0.0121	0.00014695	0.00000178
2506	116.41	2.07	-0.0050	0.00002532	-0.00000013
2507	117.98	2.07	0.0008	0.00000062	0.00000000
2508	112.80	2.05	-0.0187	0.00035017	-0.00000655
2510	117.60	2.07	-0.0006	0.00000038	0.00000000
2511	117.70	2.07	-0.0002	0.00000006	0.00000000
2512	117.95	2.07	0.0007	0.00000046	0.00000000
2513	119.51	2.08	0.0064	0.00004073	0.00000026
2514	116.42	2.07	-0.0050	0.00002494	-0.00000012
2515	120.33	2.08	0.0094	0.00008746	0.00000082

ตารางที่ ข.2 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

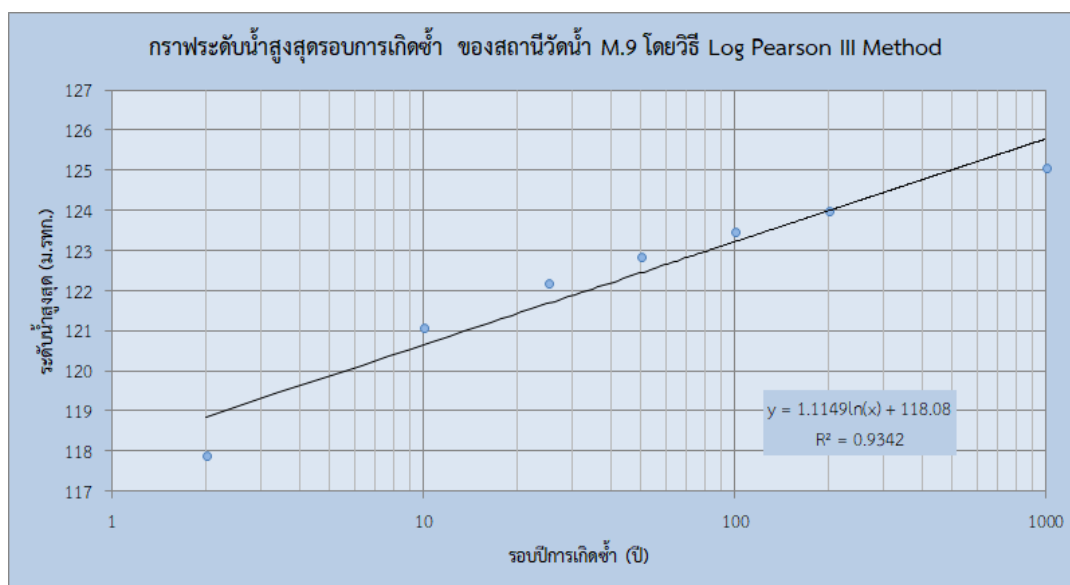
พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2516	112.41	2.05	-0.0202	0.00040873	-0.00000826
2517	116.28	2.07	-0.0055	0.00003044	-0.00000017
2518	118.35	2.07	0.0021	0.00000461	0.00000001
2519	121.19	2.08	0.0124	0.00015487	0.00000193
2520	117.82	2.07	0.0002	0.00000004	0.00000000
2521	121.79	2.09	0.0146	0.00021286	0.00000311
2522	117.71	2.07	-0.0002	0.00000004	0.00000000
2523	119.79	2.08	0.0074	0.00005474	0.00000040
2524	116.21	2.07	-0.0058	0.00003339	-0.00000019
2530	117.74	2.07	-0.0001	0.00000001	0.00000000
2531	115.66	2.06	-0.0078	0.00006145	-0.00000048
2532	114.56	2.06	-0.0120	0.00014374	-0.00000172
2533	117.83	2.07	0.0002	0.00000005	0.00000000
2534	120.12	2.08	0.0086	0.00007384	0.00000063
2535	116.55	2.07	-0.0045	0.00002034	-0.00000009
2536	115.11	2.06	-0.0099	0.00009819	-0.00000097
2537	115.70	2.06	-0.0077	0.00005912	-0.00000045
2538	118.57	2.07	0.0030	0.00000872	0.00000003
2539	121.53	2.08	0.0137	0.00018664	0.00000255
2540	117.67	2.07	-0.0004	0.00000013	0.00000000
2541	112.36	2.05	-0.0204	0.00041658	-0.00000850
2542	114.27	2.06	-0.0131	0.00017134	-0.00000224
2543	123.06	2.09	0.0191	0.00036461	0.00000696
2544	119.11	2.08	0.0049	0.00002427	0.00000012
2545	121.70	2.09	0.0143	0.00020359	0.00000290
2546	116.61	2.07	-0.0043	0.00001837	-0.00000008
2547	118.04	2.07	0.0010	0.00000101	0.00000000
2548	115.84	2.06	-0.0072	0.00005132	-0.00000037
2549	120.50	2.08	0.0100	0.00009930	0.00000099

ตารางที่ ข.2 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2550	119.20	2.08	0.0053	0.00002761	0.00000015
2551	119.20	2.08	0.0053	0.00002761	0.00000015
2552	120.71	2.08	0.0107	0.00011494	0.00000123
2553	118.64	2.07	0.0032	0.00001030	0.00000003
2554	120.99	2.08	0.0117	0.00013753	0.00000161
2555	114.22	2.06	-0.0133	0.00017635	-0.00000234
2556	122.16	2.09	0.0159	0.00025303	0.00000402
2557	115.25	2.06	-0.0094	0.00008800	-0.00000083
2558	114.31	2.06	-0.0129	0.00016739	-0.00000217
ผลรวม		115.98		0.00523847	-0.00001444
ค่าเฉลี่ย	$\log(X)$	2.071		0.000	0.000
ค่าเบี่ยงเบน	$S_{\log(X)}$	15.359		0.0098	-0.2928781
สปส.การเฉ G	$G_{\log(X)}$	7.691		สปส.การเฉ G	-0.2928781
56	117.80				

ตารางที่ ข.3 การแทนค่าแปรของระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9
โดยวิธี Log-Pearson Type III

T	K	Ks	Y_T	X_T
2	0.0500	0.0005	2.0715	117.90
5				
10	1.2450	0.0122	2.0832	121.11
15				
20				
25	1.6430	0.0160	2.0871	122.20
50	1.8900	0.0184	2.0895	122.88
75				
100	2.1040	0.0205	2.0916	123.47
200	2.2940	0.0224	2.0934	124.00
500				
750				
1000	2.6750	0.0261	2.0971	125.06



ภาพที่ ซ.1 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III

ตารางที่ ซ.4 การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

พ.ศ.	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2497	314.00	2.50	0.22	0.0490	0.0108
2498	15.00	1.18	-1.10	1.2090	-1.3293
2499	54.00	1.73	-0.54	0.2951	-0.1603
2500	215.00	2.33	0.06	0.0032	0.0002
2501	328.00	2.52	0.24	0.0577	0.0139
2502	426.00	2.63	0.35	0.1252	0.0443
2503	494.00	2.69	0.42	0.1748	0.0731
2504	421.00	2.62	0.35	0.1216	0.0424
2505	740.00	2.87	0.59	0.3524	0.2092
2506	126.00	2.10	-0.18	0.0307	-0.0054
2507	255.00	2.41	0.13	0.0171	0.0022
2508	18.00	1.26	-1.02	1.0411	-1.0623
2510	216.00	2.33	0.06	0.0035	0.0002
2511	226.00	2.35	0.08	0.0062	0.0005
2512	252.00	2.40	0.13	0.0158	0.0020

ตารางที่ ข.4 การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

พ.ศ.	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2513	459.00	2.66	0.39	0.1491	0.0576
2514	127.00	2.10	-0.17	0.0295	-0.0051
2515	339.00	2.53	0.25	0.0648	0.0165
2516	27.00	1.43	-0.84	0.7128	-0.6018
2517	137.00	2.14	-0.14	0.0193	-0.0027
2518	164.00	2.21	-0.06	0.0037	-0.0002
2519	488.00	2.69	0.41	0.1704	0.0703
2520	108.00	2.03	-0.24	0.0587	-0.0142
2521	849.70	2.93	0.65	0.4272	0.2793
2522	168.50	2.23	-0.05	0.0024	-0.0001
2523	213.75	2.33	0.05	0.0029	0.0002
2524	107.88	2.03	-0.24	0.0589	-0.0143
2530	219.00	2.34	0.06	0.0042	0.0003
2531	100.82	2.00	-0.27	0.0740	-0.0201
2532	86.48	1.94	-0.34	0.1147	-0.0389
2533	118.63	2.07	-0.20	0.0406	-0.0082
2534	326.80	2.51	0.24	0.0570	0.0136
2535	133.50	2.13	-0.15	0.0225	-0.0034
2536	132.52	2.12	-0.15	0.0235	-0.0036
2537	154.00	2.19	-0.09	0.0078	-0.0007
2538	189.21	2.28	0.00	0.0000	0.0000
2539	440.20	2.64	0.37	0.1354	0.0498
2540	173.80	2.24	-0.04	0.0013	0.0000
2541	35.00	1.54	-0.73	0.5352	-0.3915
2542	58.88	1.77	-0.51	0.2557	-0.1293
2543	1,064.00	3.03	0.75	0.5645	0.4241
2544	265.60	2.42	0.15	0.0221	0.0033
2545	660.00	2.82	0.54	0.2958	0.1609
2546	174.90	2.24	-0.03	0.0011	0.0000
2547	155.40	2.19	-0.08	0.0071	-0.0006

ตารางที่ ข.4 การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.9
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions (ต่อ)

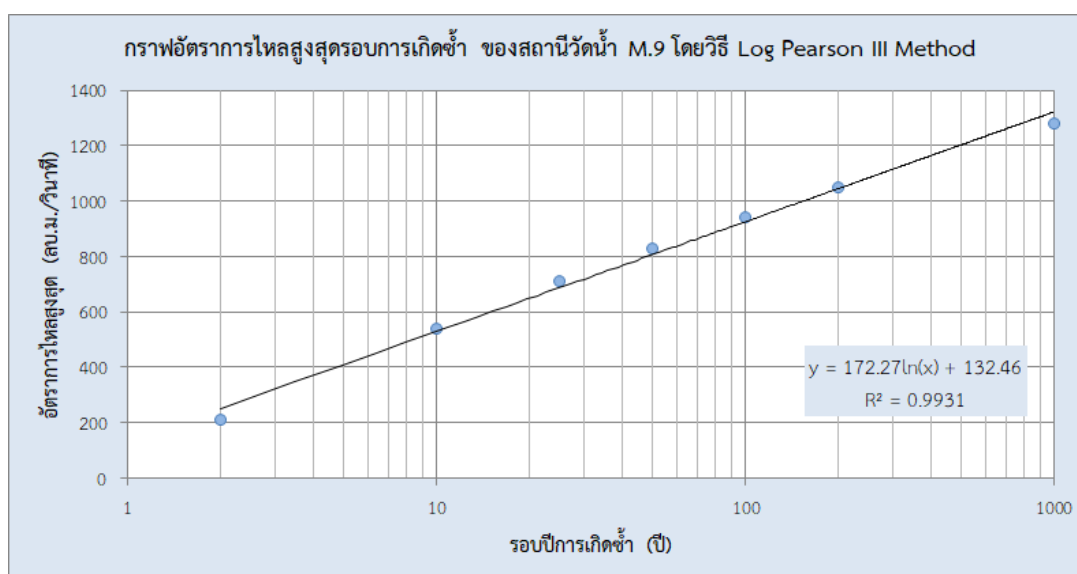
พ.ศ.	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2548	123.80	2.09	-0.18	0.0335	-0.0061
2549	345.00	2.54	0.26	0.0687	0.0180
2550	253.00	2.40	0.13	0.0163	0.0021
2551	252.70	2.40	0.13	0.0161	0.0020
2552	408.25	2.61	0.34	0.1124	0.0377
2553	235.08	2.37	0.10	0.0091	0.0009
2554	334.60	2.52	0.25	0.0620	0.0154
2555	92.20	1.96	-0.31	0.0967	-0.0300
2556	652.80	2.81	0.54	0.2907	0.1567
2557	115.20	2.06	-0.21	0.0459	-0.0098
2558	84.15	1.93	-0.35	0.1229	-0.0431
ผลรวม		127.44		8.2388	-2.1736
ค่าเฉลี่ย	$\log(X)$	2.276		0.147	-0.039
ค่าเบี่ยงเบน	$S_{\log(X)}$	16.876		0.3870	-0.7069225
สปส.การเฉ G	$G_{\log(X)}$	7.691			-0.7069225
56	262.04				

ตารางที่ ข.5 การแทนค่าตัวแปรของอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ
ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III

T	K	Ks	Y_T	X_T
2	0.1160	0.0449	2.3205	209.18
5				
10	1.1830	0.4579	2.7335	541.36
15				
20				
25	1.4880	0.5759	2.8515	710.45
50	1.6630	0.6436	2.9193	830.36
75				
100	1.8060	0.6990	2.9746	943.21
200	1.9280	0.7462	3.0218	1,051.55

ตารางที่ ข.5 การแทนค่าตัวแปรของอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ
ของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III (ต่อ)

T	K	Ks	Y _T	X _T
500				
750				
1000	2.1500	0.8321	3.1078	1,281.59



ภาพที่ ข.2 รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำ M.9 โดยวิธี Log-Pearson Type III

ตารางที่ ข.6 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

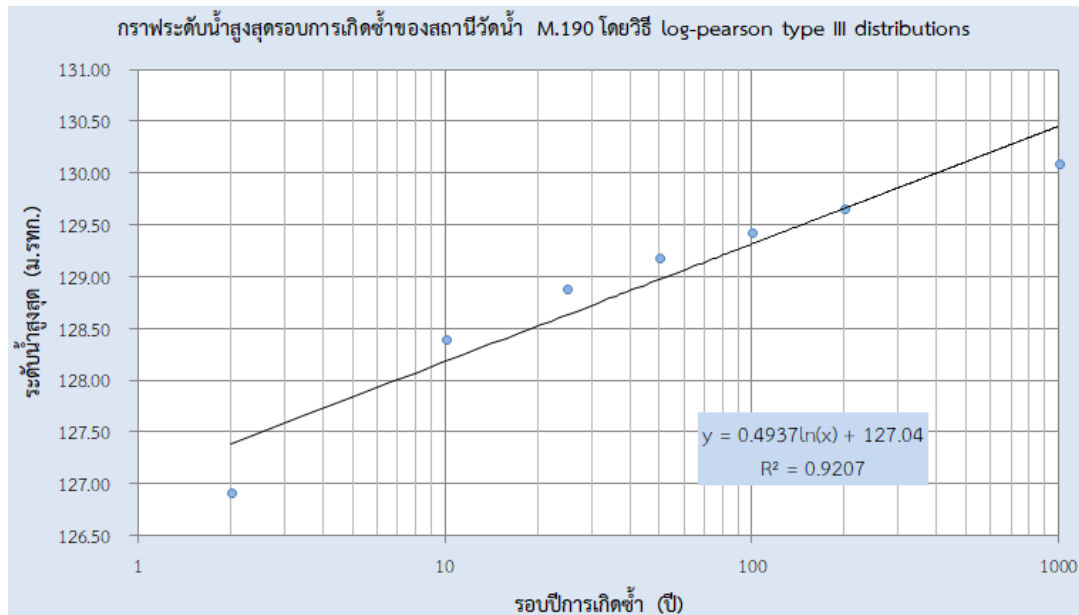
พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2551	127.27	2.10	0.00150	0.00000225	0.00000000
2552	127.76	2.11	0.00317	0.00001004	0.00000003
2553	127.34	2.10	0.00174	0.00000302	0.00000001
2554	127.73	2.11	0.00307	0.00000940	0.00000003
2555	125.37	2.10	-0.00503	0.00002533	-0.00000013
2556	128.47	2.11	0.00558	0.00003108	0.00000017
2557	125.61	2.10	-0.00420	0.00001766	-0.00000007
2558	125.15	2.10	-0.00581	0.00003379	-0.00000020

ตารางที่ ข.6 การคำนวณระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

พ.ศ.	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
ผลรวม		16.83		0.00013258	-0.00000016
ค่าเฉลี่ย	$\log(X)$	2.103		0.000	0.000
ค่าเบี่ยงเบน	$S_{\log(X)}$	5.565		0.0044	-0.3594615
สปส.การณ G	$G_{\log(X)}$	3.528			-0.3594615
8	126.84				

ตารางที่ ข.7 การแทนค่าตัวแปรของระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานี
วัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

T	K	Ks	Y_T	X_T
2	0.0660	0.0003	2.1035	126.92
5				
10	1.2310	0.0054	2.1086	128.41
15				
20				
25	1.6060	0.0070	2.1102	128.89
50	1.8340	0.0080	2.1112	129.18
75				
100	2.0290	0.0088	2.1121	129.44
200	2.2010	0.0096	2.1128	129.66
500				
750				
1000	2.5400	0.0111	2.1143	130.10



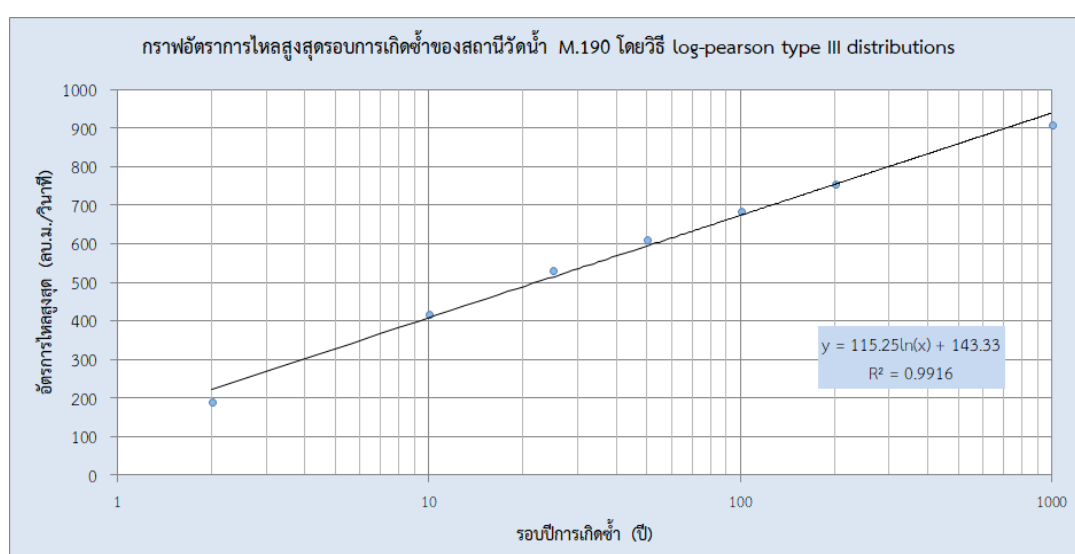
ภาพที่ ข.3 รอบปีการเกิดซ้ำระดับน้ำสูงสุดของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Log Pearson Type III distributions

ตารางที่ ข.8 การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำ M.190
โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

พ.ศ.	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	$\log(X_i) = y$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$
2551	215.15	2.33	0.08	0.0070	0.0006
2552	335.80	2.53	0.28	0.0768	0.0213
2553	255.60	2.41	0.16	0.0251	0.0040
2554	296.50	2.47	0.22	0.0497	0.0111
2555	66.90	1.83	-0.42	0.1794	-0.0760
2556	384.01	2.58	0.34	0.1124	0.0377
2557	104.20	2.02	-0.23	0.0534	-0.0123
2558	67.00	1.83	-0.42	0.1789	-0.0757
ผลรวม		17.99		0.6828	-0.0894
ค่าเฉลี่ย	$\log(X)$	2.249		0.085	-0.011
ค่าเบี่ยงเบน	$S_{\log(X)}$	5.950		0.3123	-0.558746
สปส.การณ G	$G_{\log(X)}$	3.528			-0.558746
8	215.65				

ตารางที่ ข.9 การแทนค่าตัวแปรของอัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ
ของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

T	K	Ks	Y_T	X_T
2	0.0990	0.0309	2.2799	190.52
5				
10	1.2000	0.3748	2.6238	420.54
20				
25	1.5280	0.4772	2.7262	532.41
50	1.7200	0.5372	2.7862	611.24
75				
100	1.8800	0.5872	2.8362	685.78
200	2.0160	0.6296	2.8787	756.24
500				



ภาพที่ ข.4 รอบปีการเกิดซ้ำอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำ M.190 โดยวิธี Log-Pearson Type III distributions

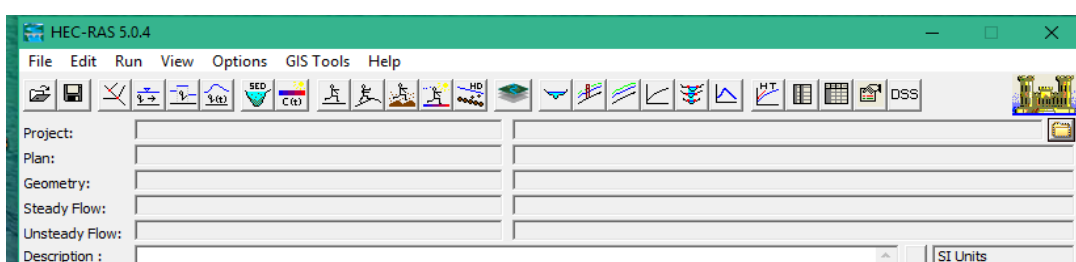
ภาคผนวก ณ
การใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0

1. การใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0

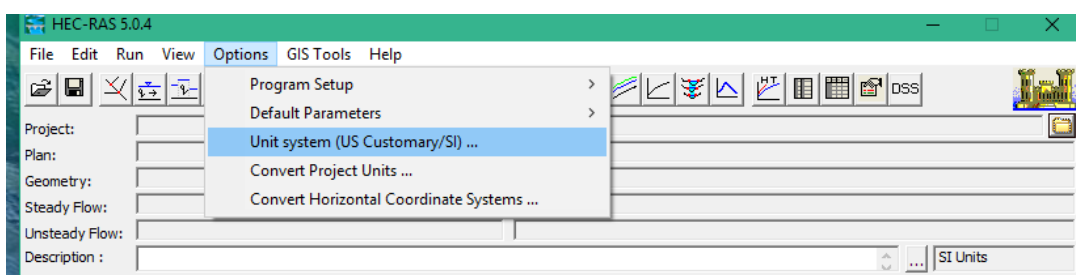
จำลองโครงข่ายลำน้ำตามลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษาลำน้ำของจริง การศึกษาแบบจำลอง ทำให้ได้ข้อมูลที่เห็นจริงและวัดค่าได้จริงมองเห็นพฤติกรรมของน้ำสามารถแปลความหมายได้ตามหลักวิทยาศาสตร์

การเริ่มดำเนินการใช้โปรแกรม HEC RAS 5.0 เปิดโปรแกรมตามรูปไอคอน เพื่อเริ่มการใช้โปรแกรม เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะได้หน้าจอหลัก ดังภาพที่ 3.40 แล้วทำการตั้งค่าหน่วยวัดที่ใช้งาน Unit System จากเมนู Options โดยเลือก System International ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร (Metric System) ตามภาพที่ ฅ.2 (ก) และ (ข) จากนั้นไปที่เมนู Edit เลือก Geometric Data ดังภาพที่ ฅ.3

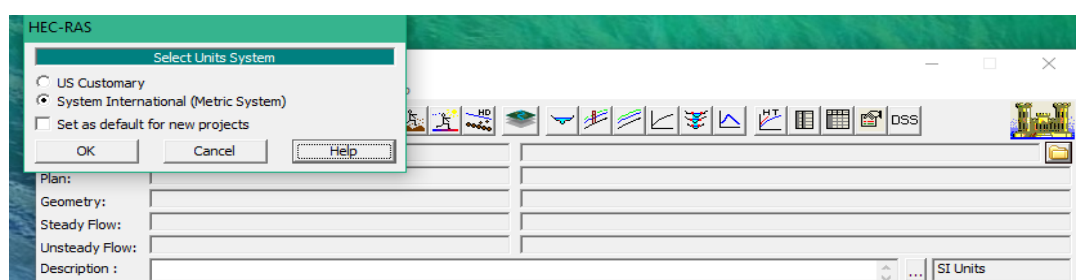
ส่วนประกอบของลำน้ำห้วยสำราญจากสถานีวัดน้ำ M.190 จนบรรจบกับลำน้ำมูลที่ตำบลโพธิ์อำเภอมือศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ โดยไหลผ่านสถานีวัดน้ำ M.9 ช่วงกลางเมืองศรีสะเกษ ดังแสดงในภาพที่ ฅ.4 จนสิ้นสุดขอบเขตลำน้ำจะได้แผนผังลำน้ำดังภาพที่ ฅ.5



ภาพที่ ฅ.1 หน้าจอหลักโปรแกรม HEC-RAS 5.0

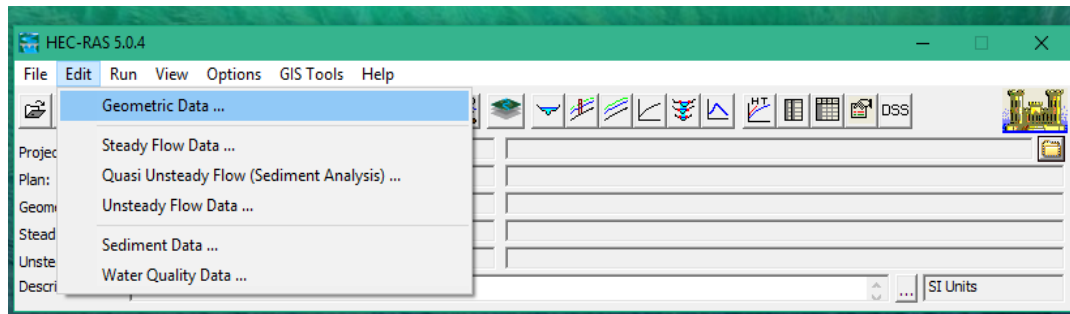


(ก)

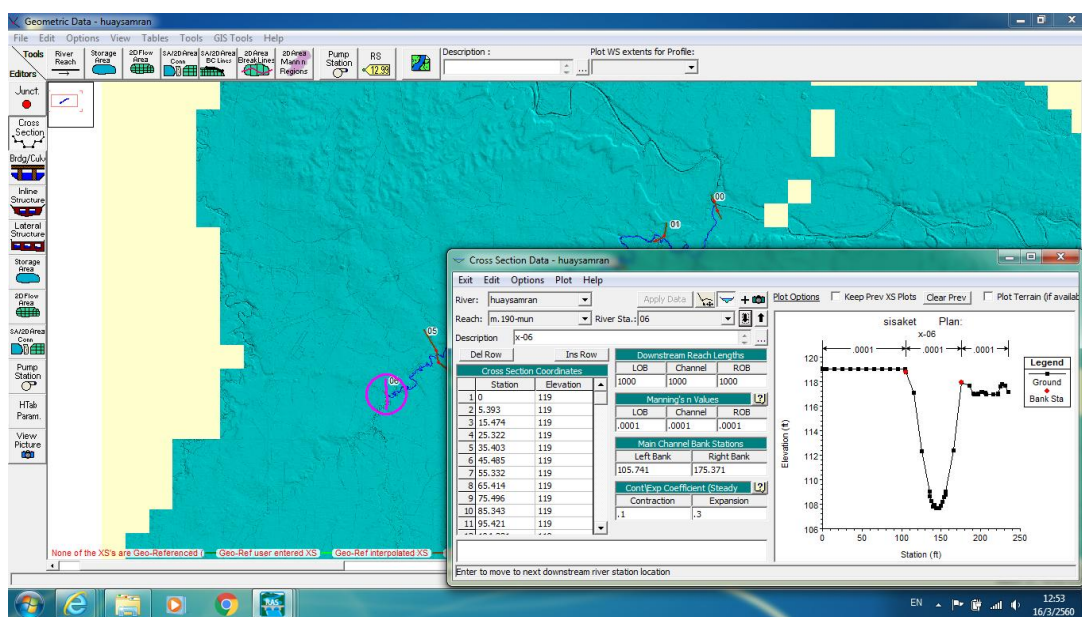


(ข)

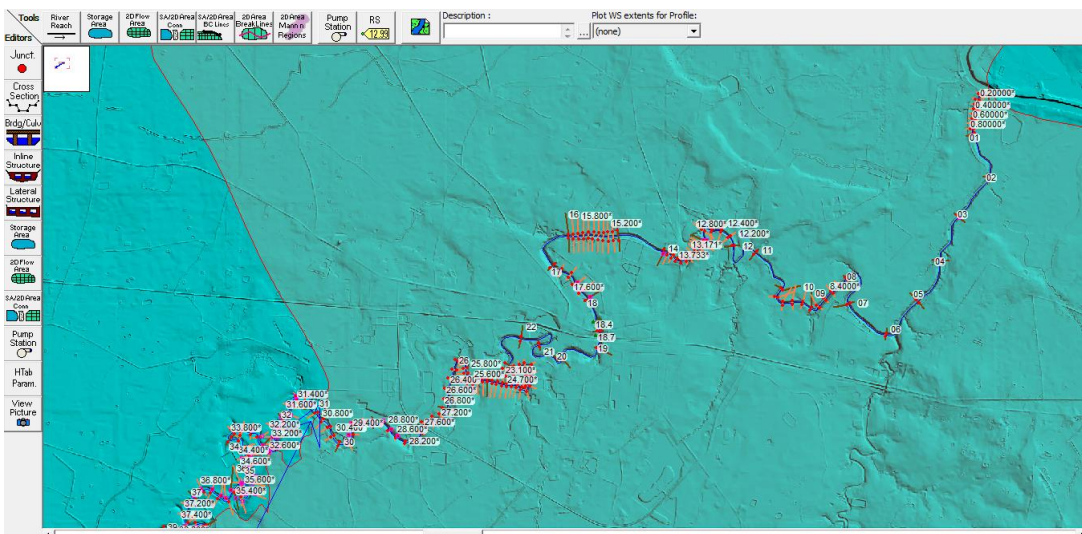
ภาพที่ ฅ.2 ตั้งหน่วยวัดใช้งาน แบบ Unit System



ภาพที่ ฅ.3 เป็ด Geometric Data เพื่อทำการนำเข้าข้อมูลลำน้ำ



ภาพที่ ฅ.4 เมื่อนำเข้าข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ Cross Section Data



ภาพที่ ฅ.5 เมื่อนำเข้าข้อมูลลำน้ำ และหน้าตัดลำน้ำ

เมื่อได้แผนผังลำน้ำและหน้าตัดลำน้ำที่ต้องการ จากนั้นนำไปสู่การทำการปรับเทียบแบบจำลอง ดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อต่อไปคือ การปรับเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

2. การปรับเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

การทดสอบปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าสถานีต่าง ๆ พ.ศ. 2551 - 2558 ซึ่งเป็นปีที่เกิดน้ำท่วมและปีที่ไม่เกิดน้ำท่วมมาลองปรับเทียบค่าระดับน้ำแบบสุ่ม

2.1 เมื่อทำการสร้างแบบจำลองภูมิศาสตร์ได้แล้ว เข้าไปที่เมนู Edit เลือก Steady Flow Data ทำการใส่ข้อมูลเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง (โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายปีของ พ.ศ. 2551 - 2558 ซึ่งเลือกใช้ข้อมูลน้ำกล่าวเนื่องจากใช้ข้อมูลของต้นน้ำ คือ สถานีวัดน้ำ M.190 ซึ่งเริ่มมีการจัดเก็บบันทึกข้อมูลตั้งแต่ พ.ศ. 2551 เป็นต้นมา ซึ่งน่าจะมีความเพียงพอที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง)

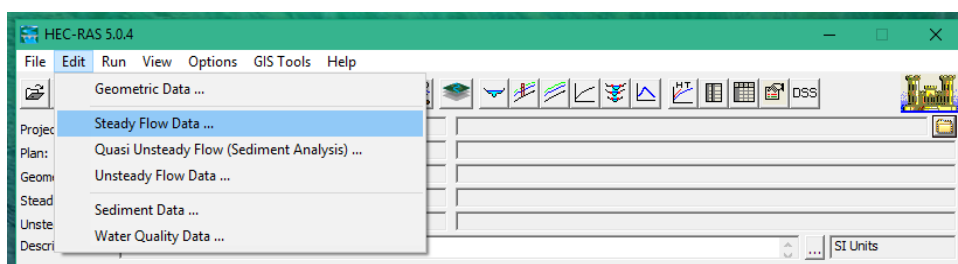
2.2 เข้าไปที่เมนู File เลือก New Flow Data. เพื่อทำการสร้างข้อมูลเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง ตั้งชื่อไฟล์ Calibate_001 ซึ่งตั้งชื่อตามการนำเข้าข้อมูล โดยใช้ข้อมูลน้ำของสถานีวัดน้ำ M.190 เป็นข้อมูลต้นน้ำหรือ Upstream และข้อมูลท้ายน้ำใส่ค่า Downstream เป็น Normal Depth = 0.0015 ซึ่งได้จากการหาระยะลาดเอียงของพื้นที่ท้องน้ำโดยการเฉลี่ยตามระยะเป็นช่วง ๆ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยกลางอีกครั้ง การใส่ข้อมูลจากภาพประกอบภาพที่ 3.45 ถึง 3.46 และภาพที่ 3.47

2.2.1 การดำเนินการสร้างข้อมูลการไหลในการวิเคราะห์ของลำน้ำแบบสม่ำเสมอ

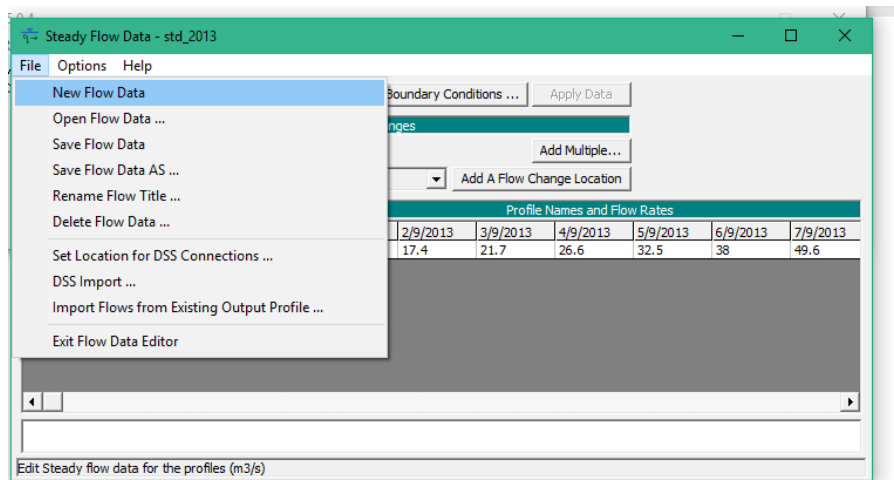
2.2.1.1) กลับไปที่หน้าต่างเริ่มต้นไปที่ Edit เลือก Steady Flow Data... จะปรากฏหน้าต่างไปที่ File เลือก New Steady Flow Data แล้วสร้าง New Steady Data

2.2.1.2) เลือกรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลหลักๆ ซึ่งมีดังนี้

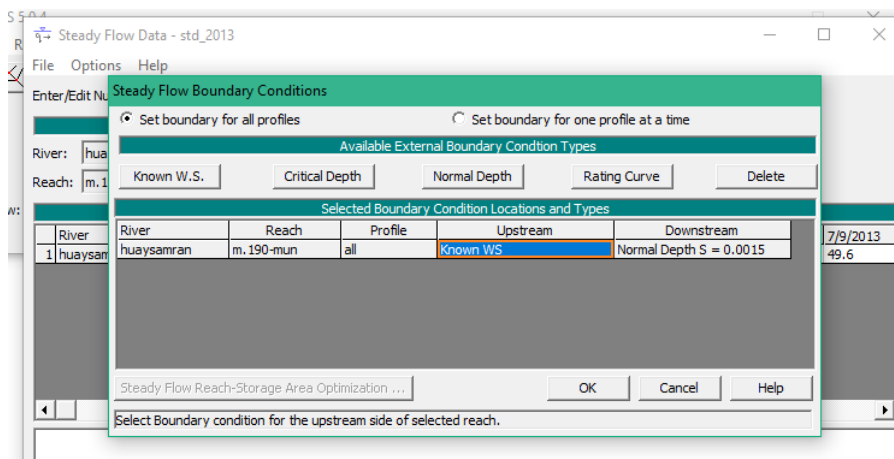
- 1) Known W.S. การวิเคราะห์โดยรู้ระดับน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ
- 2) Critical Depth. การวิเคราะห์โดยข้อมูล
- 3) Normal Depth. การวิเคราะห์โดยข้อมูลใช้ลาดท้องน้ำ
- 4) Rating Curve. การวิเคราะห์โดยใช้โค้งระดับน้ำ และอัตราการไหล



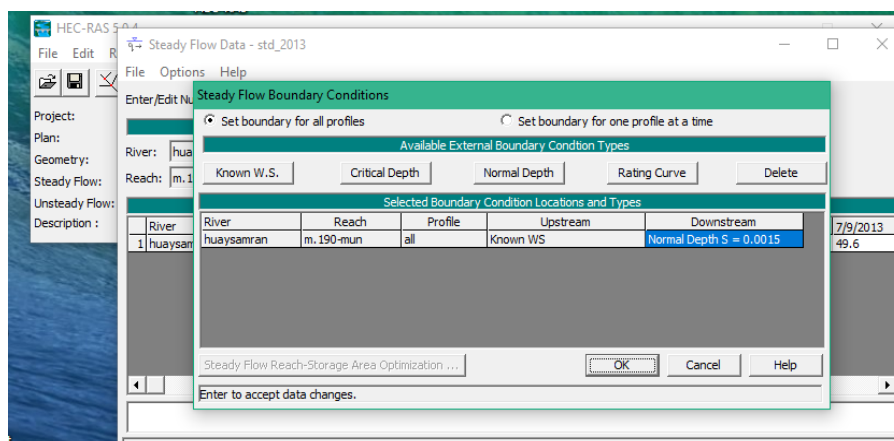
ภาพที่ ฅ.6 เลือก Steady Flow Data จากเมนู Edit



ภาพที่ ๗.7 เลือก New Flow Data จากเมนู File



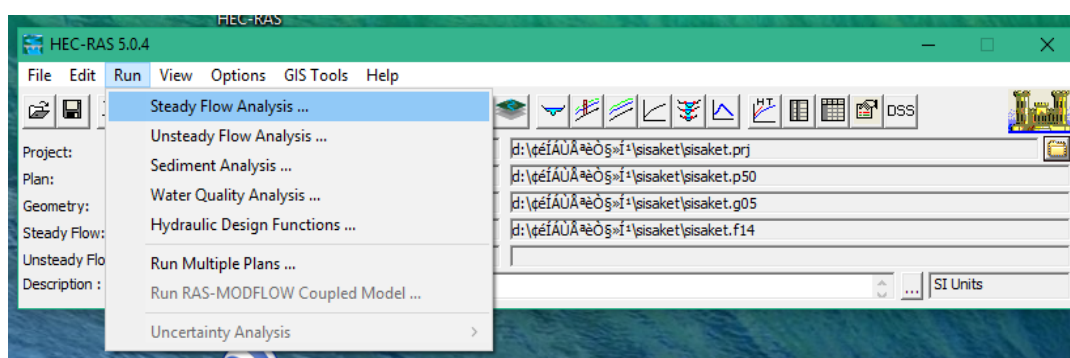
(ก)



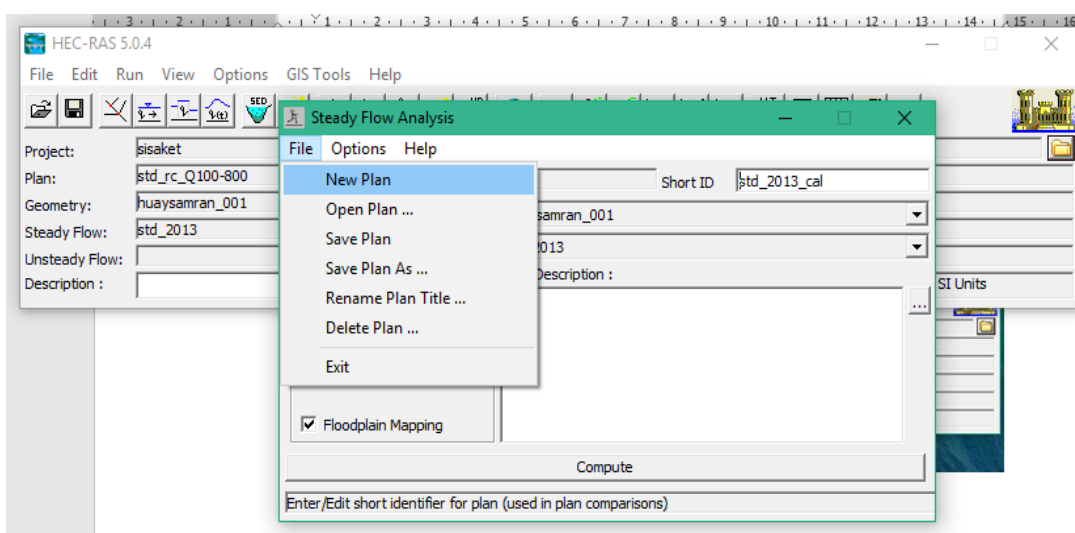
(ข)

ภาพที่ ๗.8 นำเข้าข้อมูลน้ำ Upstream และ Downstream

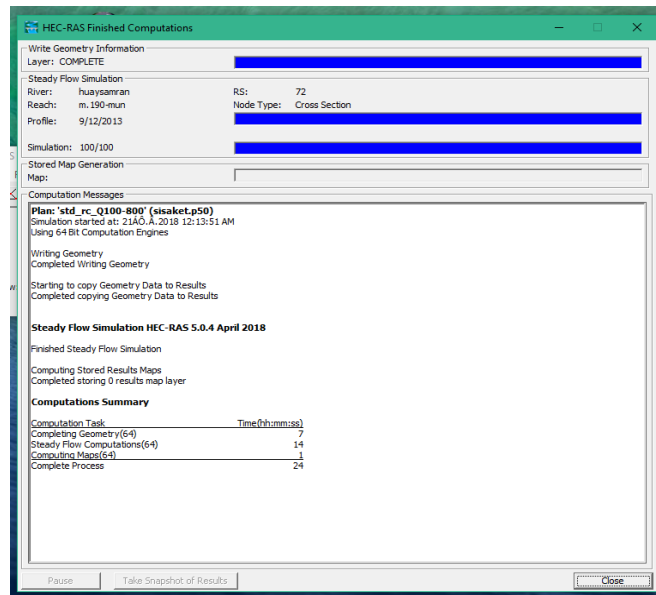
2.3 เมื่อทำการนำใส่ข้อมูลน้ำแล้ว ทำการใส่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning's n พื้นฐาน โดยใช้ค่าเปรียบเทียบในตารางที่ 2.1 จากบทที่ 2 มาเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศ และจากการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาจริงเป็นค่า Manning's n ที่ใช้คือ n ตลิ่ง = 0.030 n ลำน้ำ = 0.065 แล้วจึงทำการสุ่มค่าแมนนิ่ง n ครั้งละ 0.005 เพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วทำการหาค่า RMSE เป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของการสอบเทียบแบบจำลอง โดยไปที่เมนู Run เลือก Steady Flow Analysis เพื่อทำการรันข้อมูลแบบการไหลสม่ำเสมอจากภาพที่ ฅ.9 และภาพที่ ฅ.10 ตั้งชื่อไฟล์เพื่อให้เห็นรายละเอียดในการเรียกใช้ภายหลัง จากนั้นกดปุ่ม Compute เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลตามภาพ ที่ ฅ.11



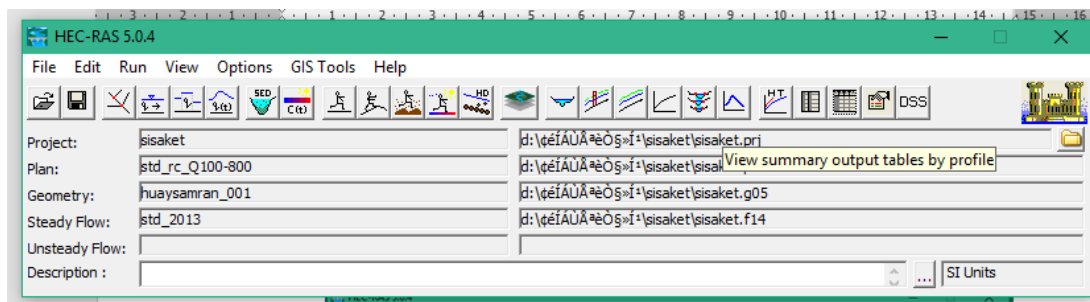
ภาพที่ ฅ.9 เลือก Steady Flow Analysis เพื่อทำการรันโปรแกรม



ภาพที่ ฅ.10 ตั้งไฟล์จาก New Plan จากเมนู File



ภาพที่ ฅ.11 กดปุ่ม Compute เพื่อทำการรัน



ภาพที่ ฅ.12 กลับสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม แล้วเลือกไอคอน View summary output by profile

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: std_rc_Q100- River: huaysamran Reach: m.190-mun

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
m.190-mun	72	1/9/2013	15.00	117.97	122.01		122.01	0.000058	0.09	163.83	162.53	0.02
m.190-mun	72	2/9/2013	17.40	117.97	122.21		122.21	0.000052	0.09	197.44	176.13	0.02
m.190-mun	72	3/9/2013	21.70	117.97	122.49		122.49	0.000045	0.09	247.65	180.34	0.02
m.190-mun	72	4/9/2013	26.60	117.97	122.76		122.76	0.000039	0.09	296.44	184.33	0.02
m.190-mun	72	5/9/2013	32.50	117.97	123.02		123.02	0.000037	0.10	344.77	200.00	0.02
m.190-mun	72	6/9/2013	38.00	117.97	123.23		123.23	0.000035	0.10	387.29	200.00	0.02
m.190-mun	72	7/9/2013	49.60	117.97	123.60		123.60	0.000034	0.10	461.33	200.00	0.02
m.190-mun	72	8/9/2013	49.60	117.97	123.60		123.60	0.000034	0.10	461.33	200.00	0.02
m.190-mun	72	9/9/2013	52.20	117.97	123.67		123.67	0.000034	0.11	475.96	200.00	0.02
m.190-mun	72	10/9/2013	49.60	117.97	123.60		123.60	0.000034	0.10	461.33	200.00	0.02
m.190-mun	72	11/9/2013	46.00	117.97	123.50		123.50	0.000034	0.10	441.36	200.00	0.02
m.190-mun	72	12/9/2013	43.00	117.97	123.40		123.40	0.000034	0.10	421.38	200.00	0.02
m.190-mun	72	13/9/2013	43.00	117.97	123.40		123.40	0.000034	0.10	421.38	200.00	0.02
m.190-mun	72	14/9/2013	42.00	117.97	123.37		123.37	0.000034	0.10	414.85	200.00	0.02
m.190-mun	72	15/9/2013	42.00	117.97	123.37		123.37	0.000034	0.10	414.85	200.00	0.02
m.190-mun	72	16/9/2013	41.00	117.97	123.33		123.33	0.000035	0.10	408.23	200.00	0.02
m.190-mun	72	17/9/2013	41.00	117.97	123.33		123.33	0.000035	0.10	408.23	200.00	0.02
m.190-mun	72	18/9/2013	43.00	117.97	123.40		123.40	0.000034	0.10	421.38	200.00	0.02
m.190-mun	72	19/9/2013	80.75	117.97	124.35		124.35	0.000034	0.12	610.89	200.00	0.02
m.190-mun	72	20/9/2013	187.30	117.97	125.83		125.84	0.000047	0.17	908.30	200.00	0.02
m.190-mun	72	21/9/2013	259.75	117.97	126.57		126.58	0.000055	0.20	1056.48	200.00	0.02
m.190-mun	72	22/9/2013	374.70	117.97	127.58		127.58	0.000063	0.23	1256.88	200.00	0.03
m.190-mun	72	23/9/2013	370.71	117.97	127.54		127.55	0.000063	0.23	1250.44	200.00	0.03
m.190-mun	72	24/9/2013	349.43	117.97	127.37		127.38	0.000061	0.23	1215.55	200.00	0.03
m.190-mun	72	25/9/2013	330.81	117.97	127.21		127.22	0.000060	0.22	1184.21	200.00	0.03
m.190-mun	72	26/9/2013	317.60	117.97	127.10		127.10	0.000059	0.22	1161.34	200.00	0.03
m.190-mun	72	27/9/2013	307.25	117.97	127.01		127.01	0.000058	0.21	1143.28	200.00	0.03
m.190-mun	72	28/9/2013	298.50	117.97	126.93		126.94	0.000058	0.21	1127.79	200.00	0.03
m.190-mun	72	29/9/2013	288.50	117.97	126.84		126.85	0.000057	0.21	1110.14	200.00	0.03
m.190-mun	72	30/9/2013	276.00	117.97	126.73		126.73	0.000056	0.20	1087.08	200.00	0.03
m.190-mun	72	1/10/2013	261.00	117.97	126.59		126.59	0.000055	0.20	1058.86	200.00	0.02
m.190-mun	72	2/10/2013	246.00	117.97	126.44		126.45	0.000053	0.19	1030.04	200.00	0.02
m.190-mun	72	3/10/2013	232.35	117.97	126.31		126.31	0.000052	0.19	1003.15	200.00	0.02
m.190-mun	72	4/10/2013	219.00	117.97	126.17		126.18	0.000051	0.18	975.98	200.00	0.02

Total flow in cross section.

ภาพที่ ฌ.13 View summary output by profile จะแสดงผลเป็นตาราง

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

RAS Plan: std_rc_Q100- River: huaysamran Reach: m.190-mun

Copy to Clipboard (Data and Headings)
Copy to Clipboard (Data Only)
Print ...
Write to Text File ...
Export HEC5Q3 Records ...
Exit

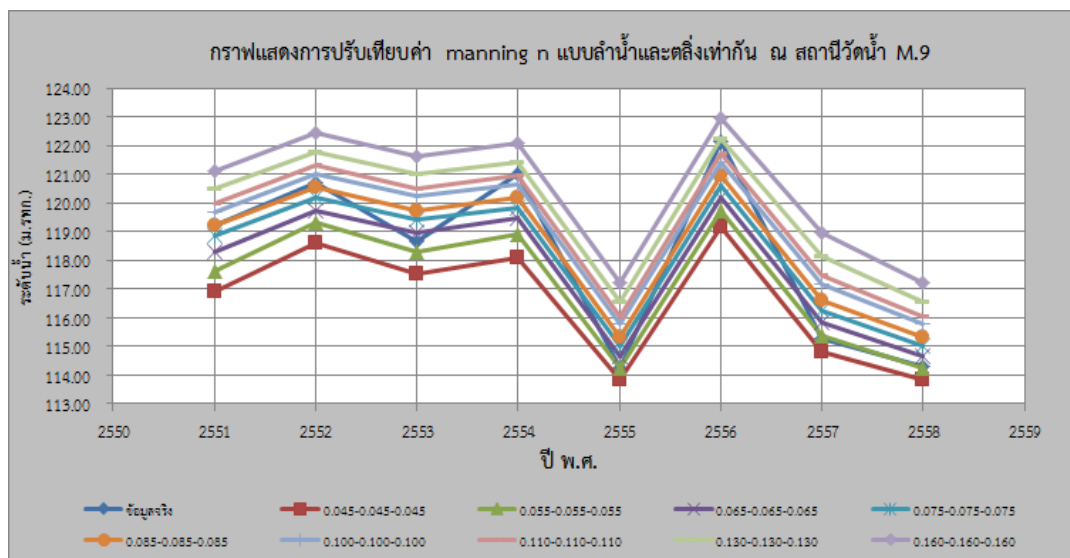
W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
122.01		122.01	0.000058	0.09	163.83	162.53	0.02
122.21		122.21	0.000052	0.09	197.44	176.13	0.02
122.49		122.49	0.000045	0.09	247.65	180.34	0.02
122.76		122.76	0.000039	0.09	296.44	184.33	0.02
123.02		123.02	0.000037	0.10	344.77	200.00	0.02
123.23		123.23	0.000035	0.10	387.29	200.00	0.02
123.60		123.60	0.000034	0.10	461.33	200.00	0.02
123.60		123.60	0.000034	0.10	461.33	200.00	0.02
123.67		123.67	0.000034	0.11	475.96	200.00	0.02
123.60		123.60	0.000034	0.10	461.33	200.00	0.02
123.50		123.50	0.000034	0.10	441.36	200.00	0.02
123.40		123.40	0.000034	0.10	421.38	200.00	0.02
123.40		123.40	0.000034	0.10	421.38	200.00	0.02
123.37		123.37	0.000034	0.10	414.85	200.00	0.02
123.37		123.37	0.000034	0.10	414.85	200.00	0.02
123.33		123.33	0.000035	0.10	408.23	200.00	0.02
123.33		123.33	0.000035	0.10	408.23	200.00	0.02
123.40		123.40	0.000034	0.10	421.38	200.00	0.02
124.35		124.35	0.000034	0.12	610.89	200.00	0.02
125.84		125.84	0.000047	0.17	908.30	200.00	0.02
126.58		126.58	0.000055	0.20	1056.48	200.00	0.02
127.58		127.58	0.000063	0.23	1256.88	200.00	0.03
127.55		127.55	0.000063	0.23	1250.44	200.00	0.03
127.38		127.38	0.000061	0.23	1215.55	200.00	0.03
127.22		127.22	0.000060	0.22	1184.21	200.00	0.03
127.10		127.10	0.000059	0.22	1161.34	200.00	0.03
127.01		127.01	0.000058	0.21	1143.28	200.00	0.03
126.94		126.94	0.000058	0.21	1127.79	200.00	0.03
126.85		126.85	0.000057	0.21	1110.14	200.00	0.03
126.73		126.73	0.000056	0.20	1087.08	200.00	0.03
126.59		126.59	0.000055	0.20	1058.86	200.00	0.02
126.45		126.45	0.000053	0.19	1030.04	200.00	0.02
126.31		126.31	0.000052	0.19	1003.15	200.00	0.02
126.18		126.18	0.000051	0.18	975.98	200.00	0.02

Total flow in cross section.

ภาพที่ ฌ.14 ผลที่ได้เป็นตารางแล้วคัดลอกไฟล์โดย Copy to Clipboard (Data and Heading) นำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบในโปรแกรม Excel ต่อไป

ตารางที่ ฅ.1 ค่ำระดับน้ำสูงสุดจากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบลำน้ำและตลิ่งเท่ากัน ฅ สถานีวัดน้ำ M.9

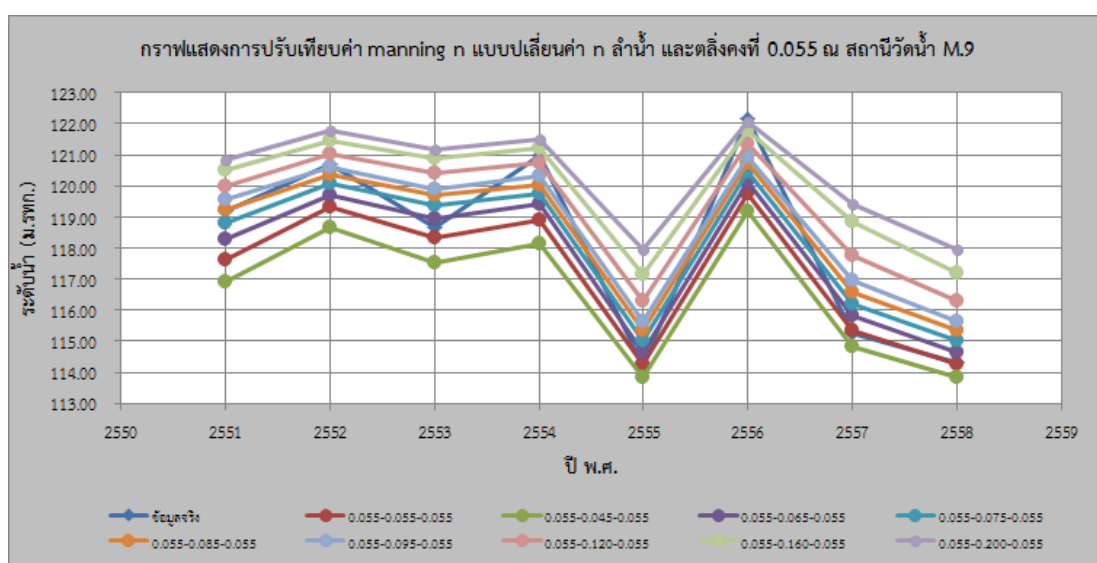
ปี	ระดับ วัด จริง	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง								
		0.045- 0.045- 0.045	0.055- 0.055- 0.055	0.065- 0.065- 0.065	0.075- 0.075- 0.075	0.085- 0.085- 0.085	0.100- 0.100- 0.100	0.110- 0.110- 0.110	0.130- 0.130- 0.130	0.160- 0.160- 0.160
2551	119.20	116.92	117.62	118.28	118.85	119.24	119.70	119.99	120.50	121.09
2552	120.71	118.62	119.30	119.75	120.19	120.56	121.02	121.31	121.79	122.46
2553	118.64	117.53	118.31	118.97	119.43	119.73	120.23	120.51	120.99	121.60
2554	120.99	118.10	118.91	119.46	119.81	120.19	120.67	120.94	121.43	122.06
2555	114.22	113.84	114.26	114.65	115.00	115.33	115.77	116.04	116.55	117.23
2556	122.16	119.17	119.73	120.17	120.59	120.95	121.42	121.70	122.22	122.93
2557	115.25	114.83	115.35	115.81	116.22	116.61	117.14	117.49	118.13	118.97
2558	114.31	113.84	114.27	114.65	115.00	115.33	115.77	116.04	116.56	117.24



ภาพที่ ฅ.15 ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบลำน้ำและตลิ่งคงที่ ฅ สถานีวัดน้ำ M.9

ตารางที่ ฅ.2 ค่าระดับน้ำสูงสุดจากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบปรับ n
ลำน้ำและตลิ่งคงที่ 0.055 ณ สถานีวัดน้ำ M.9

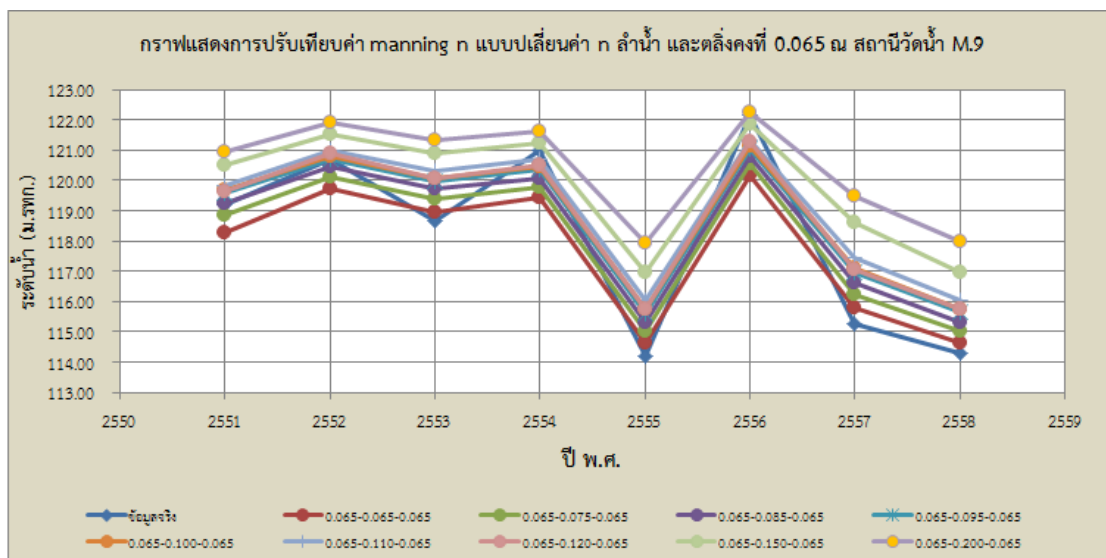
ปี	ระดับ วัด จริง	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง								
		0.055- 0.055- 0.055	0.055- 0.045- 0.055	0.055- 0.065- 0.055	0.055- 0.075- 0.055	0.055- 0.085- 0.055	0.055- 0.095- 0.055	0.055- 0.120- 0.055	0.055- 0.160- 0.055	0.055- 0.200- 0.055
2551	119.20	117.62	116.92	118.26	118.82	119.22	119.56	119.98	120.52	120.83
2552	120.71	119.30	118.64	119.71	120.08	120.38	120.62	121.03	121.47	121.76
2553	118.64	118.31	117.54	118.95	119.36	119.68	119.90	120.40	120.87	121.19
2554	120.99	118.91	118.12	119.42	119.73	120.04	120.30	120.75	121.20	121.49
2555	114.22	114.26	113.84	114.65	115.00	115.33	115.62	116.29	117.17	117.93
2556	122.16	119.73	119.19	120.11	120.46	120.73	120.94	121.35	121.78	122.08
2557	115.25	115.35	114.83	115.81	116.22	116.60	116.95	117.75	118.83	119.41
2558	114.31	114.27	113.84	114.65	115.00	115.33	115.63	116.30	117.18	117.93



ภาพที่ ฅ.16 ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบปรับเปลี่ยนค่า n ลำน้ำ
และตลิ่งคงที่ 0.055 ณ สถานีวัดน้ำ M.9

ตารางที่ ฅ.3 ค่าระดับน้ำสูงสุดจากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบปรับ n ลำน้ำ และตลิ่งคงที่ 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9

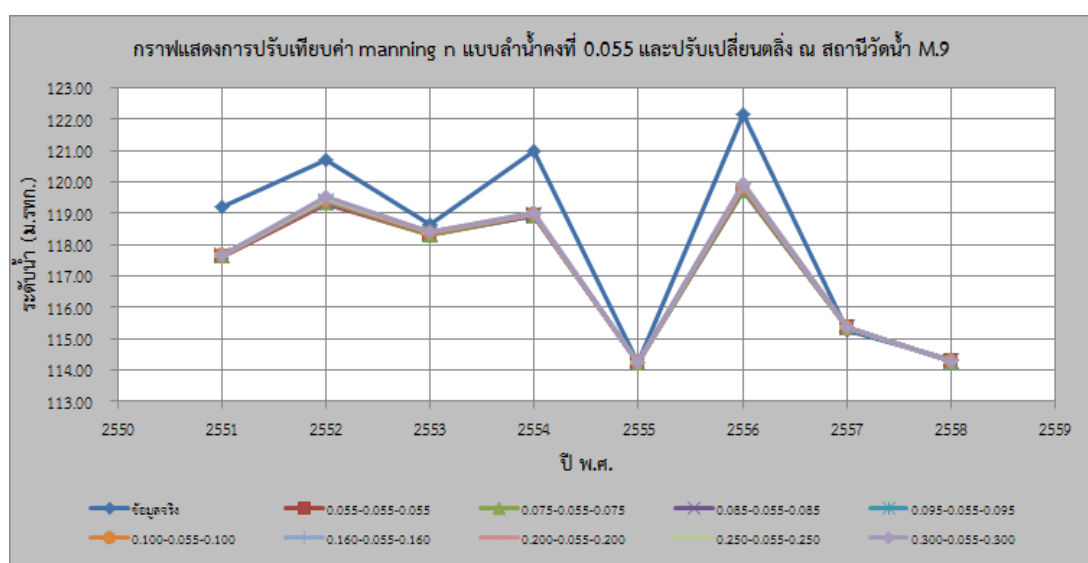
ปี	ระดับ วัด จริง	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง								
		0.065- 0.065- 0.065	0.065- 0.075- 0.065	0.065- 0.085- 0.065	0.065- 0.095- 0.065	0.065- 0.100- 0.065	0.065- 0.110- 0.065	0.065- 0.120- 0.065	0.065- 0.150- 0.065	0.065- 0.200- 0.065
2551	119.20	118.28	118.84	119.25	119.58	119.66	119.83	119.61	120.49	120.94
2552	120.71	119.75	120.14	120.45	120.70	120.80	120.98	120.88	121.51	121.93
2553	118.64	118.97	119.4	119.72	119.95	120.07	120.30	120.08	120.88	121.31
2554	120.99	119.46	119.77	120.09	120.36	120.48	120.68	120.51	121.22	121.64
2555	114.22	114.65	115.00	115.33	115.62	115.76	116.03	115.73	116.98	117.95
2556	122.16	120.17	120.53	120.81	121.04	121.15	121.32	121.27	121.84	122.27
2557	115.25	115.81	116.22	116.61	116.96	117.12	117.46	117.04	118.62	119.47
2558	114.31	114.65	115.00	115.33	115.63	115.77	116.04	115.73	116.98	117.96



ภาพที่ ฅ.17 ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบปรับเปลี่ยนค่า n ลำน้ำ และตลิ่งคงที่ 0.065 ณ สถานีวัดน้ำ M.9

ตารางที่ ฅ.4 ค่าระดับน้ำสูงสุดจากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแบบ n
ลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยน n ตลอด ฅ สถานีวัดน้ำ M.9

ปี	ระดับ วัด จริง	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำและตลิ่ง								
		0.055- 0.055- 0.055	0.075- 0.055- 0.075	0.085- 0.055- 0.085	0.095- 0.055- 0.095	0.100- 0.055- 0.100	0.160- 0.055- 0.160	0.200- 0.055- 0.200	0.250- 0.055- 0.250	0.300- 0.055- 0.300
2551	119.20	117.62	117.64	117.64	117.65	117.65	117.66	117.67	117.67	117.67
2552	120.71	119.30	119.35	119.37	119.38	119.39	119.45	119.48	119.51	119.52
2553	118.64	118.31	118.33	118.34	118.34	118.35	118.40	118.41	118.41	118.41
2554	120.99	118.91	118.93	118.94	118.95	118.95	118.98	118.99	119.00	119.01
2555	114.22	114.26	114.26	114.26	114.26	114.26	114.26	114.26	114.26	114.26
2556	122.16	119.73	119.73	119.76	119.78	119.80	119.89	119.92	119.96	119.98
2557	115.25	115.35	115.35	115.35	115.35	115.35	115.35	115.35	115.35	115.35
2558	114.31	114.27	114.27	114.27	114.27	114.27	114.27	114.27	114.27	114.27



ภาพที่ ฅ.18 ผลการเปรียบเทียบค่า Manning's n แบบลำน้ำคงที่ 0.055 และปรับเปลี่ยนตลอด ฅ สถานีวัดน้ำ M.9

ตารางที่ ฅ.5 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 8 ธันวาคม
พ.ศ. 2555

วัน/เดือน/ปี	ระดับน้ำ วัดจริง	n ตั้งคั้งที่ 0.065					
		n	n	n	n	n	n
		0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060
01/09/12	110.69	109.16	109.16	109.170	109.17	109.17	109.17
02/09/12	110.67	109.16	109.16	109.170	109.17	109.17	109.17
03/09/12	110.57	109.16	109.16	109.170	109.17	109.17	109.17
04/09/12	110.63	109.16	109.16	109.170	109.17	109.17	109.17
05/09/12	110.73	109.16	109.16	109.170	109.17	109.17	109.17
06/09/12	110.90	109.16	109.16	109.170	109.17	109.17	109.17
07/09/12	110.84	110.93	111.06	111.170	111.29	111.39	111.49
08/09/12	111.68	111.60	111.77	111.940	112.08	112.22	112.35
09/09/12	112.48	111.96	112.15	112.320	112.48	112.63	112.78
10/09/12	112.76	111.99	112.17	112.350	112.51	112.66	112.81
11/09/12	112.80	112.06	112.25	112.430	112.60	112.76	112.91
12/09/12	112.87	112.09	112.28	112.460	112.62	112.79	112.94
13/09/12	112.94	112.09	112.28	112.460	112.62	112.79	112.94
14/09/12	113.13	112.21	112.40	112.590	112.77	112.94	113.1
15/09/12	113.37	112.30	112.50	112.690	112.88	113.05	113.22
16/09/12	113.39	112.21	112.40	112.590	112.77	112.94	113.1
17/09/12	113.28	112.14	112.33	112.510	112.68	112.85	113.01
18/09/12	113.55	112.14	112.33	112.510	112.68	112.85	113.01
19/09/12	113.52	112.04	112.23	112.400	112.57	112.73	112.88
20/09/12	113.32	111.91	112.09	112.260	112.42	112.57	112.71
21/09/12	113.06	111.82	112.01	112.170	112.33	112.47	112.61
22/09/12	112.79	111.65	111.83	112.000	112.14	112.28	112.41
23/09/12	112.52	111.52	111.68	111.850	112.00	112.13	112.25
24/09/12	112.25	111.47	111.63	111.780	111.93	112.06	112.19
25/09/12	112.17	111.49	111.65	111.820	111.97	112.1	112.22
26/09/12	112.24	111.57	111.74	111.910	112.06	112.19	112.31
27/09/12	112.60	111.91	112.09	112.260	112.42	112.57	112.71
28/09/12	113.08	112.14	112.33	112.510	112.68	112.85	113.01

ตารางที่ ฅ.5 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 8 ธันวาคม
พ.ศ. 2555 (ต่อ)

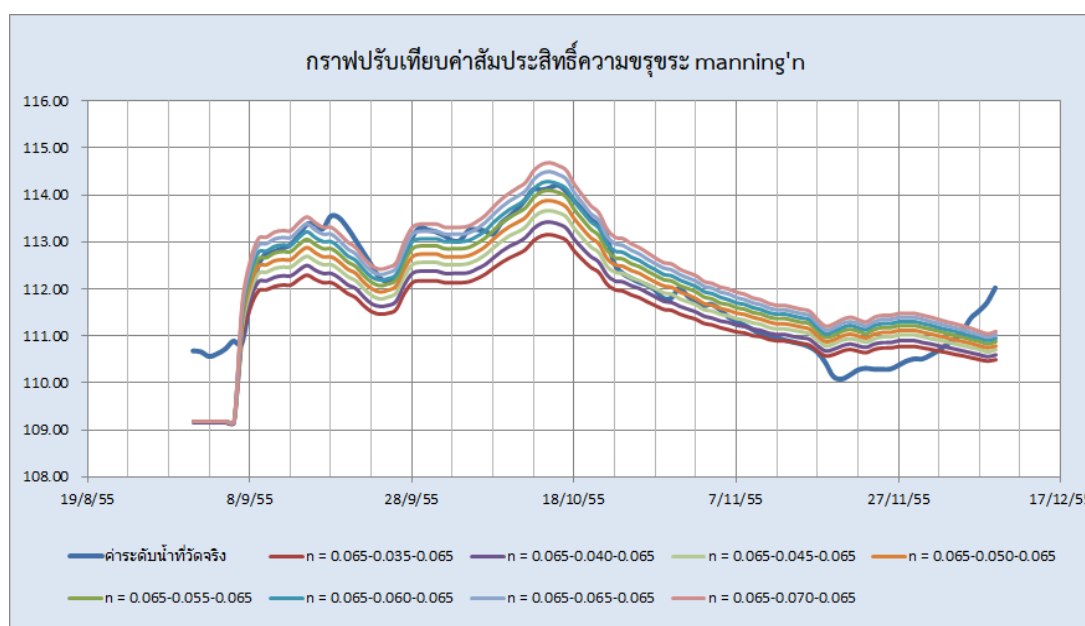
วัน/เดือน/ปี	ระดับน้ำ วัดจริง	n ตั้งคั้งที่ 0.065					
		n	n	n	n	n	n
		0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060
29/09/12	113.31	112.18	112.38	112.560	112.74	112.91	113.07
30/09/12	113.26	112.18	112.38	112.560	112.74	112.91	113.07
01/10/12	113.22	112.18	112.38	112.560	112.74	112.91	113.07
02/10/12	113.14	112.14	112.33	112.510	112.68	112.85	113.01
03/10/12	113.03	112.14	112.33	112.510	112.68	112.85	113.01
04/10/12	113.04	112.14	112.33	112.510	112.68	112.85	113.01
05/10/12	113.25	112.16	112.35	112.540	112.71	112.88	113.04
06/10/12	113.27	112.23	112.43	112.610	112.79	112.97	113.13
07/10/12	113.24	112.32	112.52	112.720	112.90	113.08	113.24
08/10/12	113.17	112.45	112.66	112.870	113.06	113.24	113.42
09/10/12	113.40	112.57	112.80	113.010	113.21	113.4	113.57
10/10/12	113.54	112.67	112.91	113.130	113.33	113.52	113.7
11/10/12	113.70	112.75	112.99	113.210	113.42	113.62	113.8
12/10/12	113.90	112.85	113.10	113.320	113.53	113.73	113.92
13/10/12	114.12	113.04	113.29	113.530	113.74	113.95	114.14
14/10/12	114.11	113.14	113.40	113.640	113.86	114.07	114.27
15/10/12	114.15	113.16	113.42	113.660	113.88	114.09	114.29
16/10/12	114.21	113.12	113.38	113.620	113.84	114.05	114.24
17/10/12	114.09	113.04	113.29	113.530	113.74	113.95	114.14
18/10/12	113.89	112.81	113.05	113.280	113.49	113.68	113.87
19/10/12	113.70	112.63	112.86	113.080	113.28	113.47	113.65
20/10/12	113.50	112.47	112.69	112.890	113.09	113.27	113.44
21/10/12	113.36	112.36	112.57	112.770	112.96	113.13	113.3
22/10/12	113.16	112.11	112.30	112.480	112.65	112.82	112.97
23/10/12	112.54	111.99	112.17	112.350	112.51	112.66	112.81
24/10/12	112.34	111.96	112.15	112.320	112.48	112.63	112.78
25/10/12	112.24	111.88	112.07	112.230	112.39	112.53	112.68
26/10/12	112.15	111.82	112.01	112.170	112.33	112.47	112.61
27/10/12	112.09	111.73	111.92	112.080	112.23	112.37	112.5

ตารางที่ ฅ.5 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 8 ธันวาคม
พ.ศ. 2555 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ระดับน้ำ วัดจริง	n คลึงคงที่ 0.065					
		n	n	n	n	n	n
		0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060
28/10/12	111.99	111.65	111.83	112.000	112.14	112.28	112.41
29/10/12	111.81	111.57	111.74	111.910	112.06	112.19	112.31
30/10/12	111.81	111.55	111.71	111.880	112.03	112.16	112.28
31/10/12	112.02	111.47	111.63	111.780	111.93	112.06	112.19
01/11/12	111.86	111.41	111.57	111.720	111.87	112	112.12
02/11/12	111.72	111.36	111.51	111.650	111.79	111.93	112.05
03/11/12	111.65	111.27	111.42	111.550	111.68	111.82	111.94
04/11/12	111.68	111.24	111.38	111.520	111.65	111.78	111.9
05/11/12	111.57	111.18	111.32	111.450	111.58	111.69	111.82
06/11/12	111.42	111.14	111.29	111.420	111.54	111.66	111.77
07/11/12	111.32	111.09	111.23	111.360	111.48	111.59	111.7
08/11/12	111.24	111.07	111.20	111.330	111.45	111.56	111.67
09/11/12	111.15	111.01	111.15	111.270	111.39	111.49	111.6
10/11/12	111.05	110.99	111.12	111.240	111.35	111.46	111.56
11/11/12	111.01	110.93	111.06	111.170	111.29	111.39	111.49
12/11/12	110.97	110.90	111.03	111.140	111.25	111.36	111.46
13/11/12	110.92	110.90	111.03	111.140	111.25	111.36	111.46
14/11/12	110.88	110.87	110.99	111.110	111.22	111.32	111.42
15/11/12	110.84	110.84	110.96	111.080	111.18	111.28	111.38
16/11/12	110.78	110.81	110.93	111.040	111.14	111.25	111.34
17/11/12	110.67	110.68	110.79	110.900	110.99	111.09	111.17
18/11/12	110.45	110.58	110.68	110.780	110.87	110.96	111.04
19/11/12	110.15	110.61	110.72	110.820	110.91	111	111.09
20/11/12	110.09	110.68	110.79	110.900	110.99	111.09	111.17
21/11/12	110.17	110.72	110.83	110.930	111.03	111.13	111.22
22/11/12	110.28	110.68	110.79	110.900	110.99	111.09	111.17
23/11/12	110.32	110.65	110.76	110.860	110.95	111.04	111.13
24/11/12	110.30	110.72	110.83	110.930	111.03	111.13	111.22

ตารางที่ ฅ.5 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 8 ธันวาคม
พ.ศ. 2555 (ต่อ)

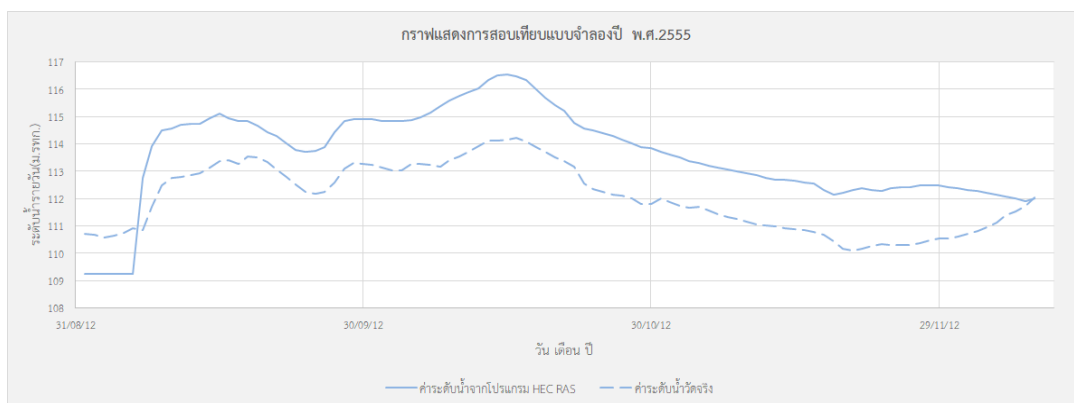
วัน/เดือน/ปี	ระดับน้ำ วัดจริง	n ตั้งคั้งที่ 0.065					
		n	n	n	n	n	n
		0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060
25/11/12	110.30	110.75	110.86	110.970	111.07	111.17	111.26
26/11/12	110.30	110.75	110.86	110.970	111.07	111.17	111.26
27/11/12	110.38	110.78	110.90	111.010	111.11	111.21	111.3
28/11/12	110.47	110.78	110.90	111.010	111.11	111.21	111.3
29/11/12	110.52	110.78	110.90	111.010	111.11	111.21	111.3
30/11/12	110.52	110.75	110.86	110.970	111.07	111.17	111.26
01/12/12	110.60	110.72	110.83	110.930	111.03	111.13	111.22
02/12/12	110.70	110.68	110.79	110.900	110.99	111.09	111.17
03/12/12	110.82	110.65	110.76	110.860	110.95	111.04	111.13
04/12/12	110.95	110.61	110.72	110.820	110.91	111	111.09
05/12/12	111.12	110.58	110.68	110.780	110.87	110.96	111.04
06/12/12	111.39	110.54	110.64	110.740	110.83	110.91	110.99
07/12/12	111.54	110.50	110.60	110.700	110.78	110.87	110.95
08/12/12	111.72	110.47	110.56	110.650	110.74	110.82	110.9



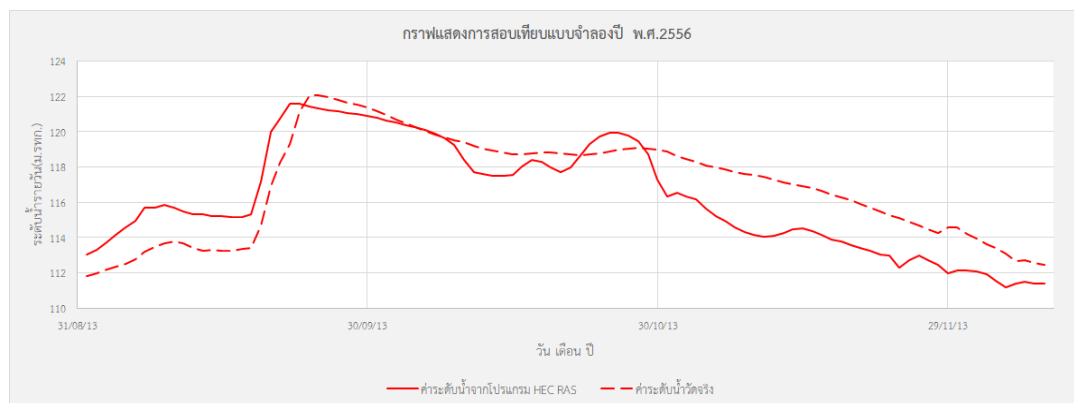
ภาพที่ ฅ.19 ผลที่ได้เป็นตารางมาสร้างกราฟเปรียบเทียบในโปรแกรม Excel

3. การสอบเทียบแบบจำลอง HEC RAS 5.0

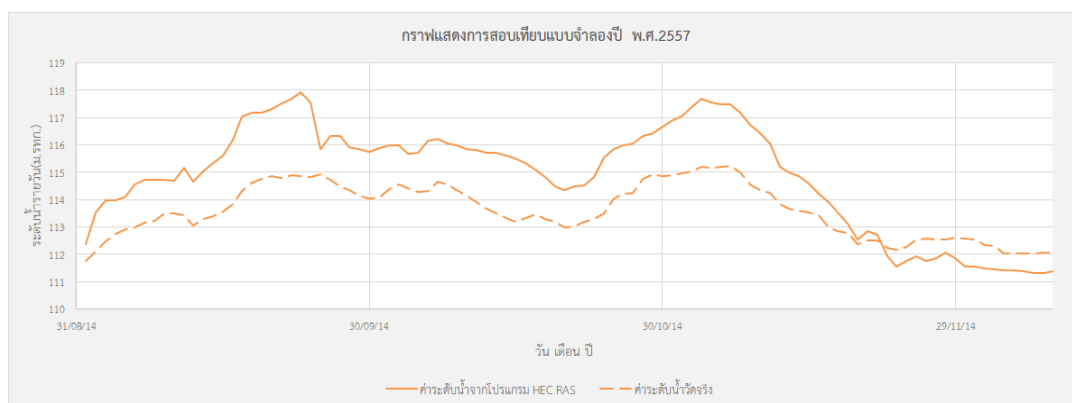
จากการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Model) ใช้ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดใน พ.ศ. 2551 ถึง 2558 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดน้ำท่วมใหญ่ในอดีตและปัญหาน้ำแล้งในการสร้างแบบจำลอง และนำแบบจำลองที่ได้ไปสอบเทียบแบบจำลอง (Validation Model) กับข้อมูลระดับน้ำรายวันของ พ.ศ. 2555, 2556 และ 2557 (ช่วงเดือนกันยายน – ธันวาคม) ซึ่งมีสถานการณ์น้ำน้อย น้ำปกติ และน้ำท่วมเขตด้านเหนือ (Upstream Boundary) ที่กม. 72+000 บ้านขวาว ตำบลทุ่งไชย อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดศรีสะเกษ ใช้ข้อมูลอัตราการไหลที่ประเมินที่จุดเริ่มต้น (Initial Flow) เท่ากับอัตราการไหลสูงสุดหน่วยเป็น ลบ.ม./วินาที โดยกำหนดให้บริเวณปากลำห้วยสำราญ (กม. 0+000) เป็นขอบเขตข้อมูลด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) ควบคุมการไหลด้านท้ายน้ำโดยความลึกปกติ (Normal Depth)



ภาพที่ ฌ.20 ผลเปรียบเทียบการสอบเทียบแบบจำลอง พ.ศ. 2555



ภาพที่ ฌ.21 ผลเปรียบเทียบการสอบเทียบแบบจำลอง พ.ศ. 2556



ภาพที่ ณ.22 ผลเปรียบเทียบการสอบเทียบแบบจำลอง พ.ศ. 2557

ตารางที่ ณ.6 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม
ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557

วัน เดือน	ค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ M.9 (ม.รทก.)					
	พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ
01 ก.ย.	110.69	109.23	111.83	113.03	111.75	112.35
02 ก.ย.	110.67	109.23	111.96	113.3	112.1	113.53
03 ก.ย.	110.57	109.23	112.17	113.72	112.47	113.97
04 ก.ย.	110.63	109.23	112.33	114.14	112.75	113.97
05 ก.ย.	110.73	109.23	112.51	114.6	112.9	114.09
06 ก.ย.	110.9	109.23	112.76	114.98	112.97	114.54
07 ก.ย.	110.84	112.75	113.2	115.69	113.15	114.71
08 ก.ย.	111.68	113.92	113.48	115.69	113.22	114.73
09 ก.ย.	112.48	114.51	113.7	115.84	113.49	114.71
10 ก.ย.	112.76	114.56	113.76	115.69	113.5	114.67
11 ก.ย.	112.8	114.69	113.67	115.49	113.44	115.16
12 ก.ย.	112.87	114.73	113.43	115.31	113.04	114.65
13 ก.ย.	112.94	114.73	113.23	115.31	113.27	115.04
14 ก.ย.	113.13	114.94	113.3	115.24	113.39	115.34
15 ก.ย.	113.37	115.1	113.28	115.24	113.57	115.62
16 ก.ย.	113.39	114.94	113.26	115.18	113.85	116.18
17 ก.ย.	113.28	114.82	113.35	115.18	114.3	117.03
18 ก.ย.	113.55	114.82	113.4	115.31	114.62	117.19
19 ก.ย.	113.52	114.65	114.67	117.18	114.76	117.19

ตารางที่ ฅ.6 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม
ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 (ต่อ)

วัน เดือน	ค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ M.9 (ม.รทก.)					
	พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ
20 ก.ย.	113.32	114.42	116.94	120.01	114.84	117.33
21 ก.ย.	113.06	114.28	118.23	120.76	114.78	117.51
22 ก.ย.	112.79	114.01	119.33	121.61	114.88	117.68
23 ก.ย.	112.52	113.79	121.19	121.58	114.84	117.94
24 ก.ย.	112.25	113.7	122.07	121.44	114.83	117.56
25 ก.ย.	112.17	113.75	122.09	121.3	114.93	115.85
26 ก.ย.	112.24	113.88	121.96	121.21	114.73	116.34
27 ก.ย.	112.6	114.42	121.82	121.14	114.47	116.31
28 ก.ย.	113.08	114.82	121.65	121.07	114.34	115.93
29 ก.ย.	113.31	114.9	121.55	120.99	114.14	115.85
30 ก.ย.	113.26	114.9	121.39	120.89	114.03	115.76
01 ต.ค.	113.22	114.9	121.18	120.77	114.06	115.89
02 ต.ค.	113.14	114.82	120.94	120.64	114.37	115.98
03 ต.ค.	113.03	114.82	120.7	120.51	114.54	115.98
04 ต.ค.	113.04	114.82	120.46	120.37	114.43	115.67
05 ต.ค.	113.25	114.86	120.25	120.25	114.26	115.71
06 ต.ค.	113.27	114.98	120.04	120.08	114.32	116.14
07 ต.ค.	113.24	115.14	119.83	119.88	114.66	116.22
08 ต.ค.	113.17	115.37	119.68	119.61	114.55	116.06
09 ต.ค.	113.4	115.58	119.54	119.25	114.36	115.98
10 ต.ค.	113.54	115.75	119.4	118.42	114.15	115.85
11 ต.ค.	113.7	115.88	119.22	117.72	113.89	115.8
12 ต.ค.	113.9	116.04	119.06	117.61	113.67	115.71
13 ต.ค.	114.12	116.34	118.95	117.52	113.49	115.71
14 ต.ค.	114.11	116.51	118.82	117.52	113.31	115.62
15 ต.ค.	114.15	116.54	118.73	117.55	113.17	115.49
16 ต.ค.	114.21	116.48	118.74	118.02	113.33	115.34
17 ต.ค.	114.09	116.34	118.77	118.39	113.45	115.09
18 ต.ค.	113.89	115.98	118.83	118.3	113.3	114.82
19 ต.ค.	113.7	115.68	118.82	117.99	113.17	114.47

ตารางที่ ฅ.6 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม
ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 (ต่อ)

วัน เดือน	ค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ M.9 (ม.รทก.)					
	พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ
20 ต.ค.	113.5	115.4	118.79	117.69	112.99	114.35
21 ต.ค.	113.36	115.22	118.73	117.96	113.01	114.47
22 ต.ค.	113.16	114.77	118.69	118.65	113.17	114.53
23 ต.ค.	112.54	114.56	118.71	119.31	113.27	114.82
24 ต.ค.	112.34	114.51	118.79	119.75	113.48	115.53
25 ต.ค.	112.24	114.38	118.89	119.94	114.03	115.85
26 ต.ค.	112.15	114.28	118.99	119.96	114.2	115.98
27 ต.ค.	112.09	114.14	119.05	119.8	114.24	116.06
28 ต.ค.	111.99	114.01	119.07	119.45	114.75	116.31
29 ต.ค.	111.81	113.88	119.03	118.71	114.93	116.44
30 ต.ค.	111.81	113.84	118.99	117.27	114.84	116.66
31 ต.ค.	112.02	113.7	118.86	116.35	114.88	116.91
01 พ.ย.	111.86	113.61	118.61	116.55	114.96	117.03
02 พ.ย.	111.72	113.51	118.44	116.35	115.02	117.37
03 พ.ย.	111.65	113.36	118.29	116.18	115.21	117.68
04 พ.ย.	111.68	113.31	118.11	115.62	115.17	117.56
05 พ.ย.	111.57	113.2	117.97	115.24	115.21	117.47
06 พ.ย.	111.42	113.14	117.86	114.98	115.22	117.47
07 พ.ย.	111.32	113.05	117.73	114.6	114.99	117.19
08 พ.ย.	111.24	113	117.62	114.32	114.54	116.74
09 พ.ย.	111.15	112.91	117.54	114.14	114.35	116.44
10 พ.ย.	111.05	112.86	117.43	114.03	114.25	116.06
11 พ.ย.	111.01	112.75	117.28	114.08	113.83	115.19
12 พ.ย.	110.97	112.7	117.15	114.25	113.65	114.98
13 พ.ย.	110.92	112.7	117.03	114.46	113.6	114.87
14 พ.ย.	110.88	112.65	116.91	114.53	113.54	114.59
15 พ.ย.	110.84	112.6	116.81	114.39	113.41	114.22
16 พ.ย.	110.78	112.54	116.64	114.14	112.98	113.89
17 พ.ย.	110.67	112.32	116.46	113.91	112.85	113.52
18 พ.ย.	110.45	112.14	116.29	113.78	112.76	113.1

ตารางที่ ฅ.6 การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล วันที่ 1 กันยายน ถึง 9 ธันวาคม
ของ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 (ต่อ)

วัน เดือน	ค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดน้ำ M.9 (ม.รทก.)					
	พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ	ค่าวัดจริง	คำนวณ
19 พ.ย.	110.15	112.2	116.1	113.6	112.37	112.54
20 พ.ย.	110.09	112.32	115.9	113.42	112.49	112.86
21 พ.ย.	110.17	112.38	115.69	113.23	112.51	112.7
22 พ.ย.	110.28	112.32	115.48	113.03	112.22	111.91
23 พ.ย.	110.32	112.26	115.25	112.97	112.17	111.53
24 พ.ย.	110.3	112.38	115.1	112.32	112.27	111.75
25 พ.ย.	110.3	112.43	114.9	112.72	112.54	111.91
26 พ.ย.	110.3	112.43	114.7	112.97	112.56	111.75
27 พ.ย.	110.38	112.49	114.49	112.72	112.52	111.84
28 พ.ย.	110.47	112.49	114.24	112.45	112.52	112.07
29 พ.ย.	110.52	112.49	114.59	111.99	112.59	111.84
30 พ.ย.	110.52	112.43	114.58	112.14	112.58	111.53
01 ธ.ค.	110.6	112.38	114.22	112.14	112.54	111.53
02 ธ.ค.	110.7	112.32	113.92	112.07	112.34	111.49
03 ธ.ค.	110.82	112.26	113.63	111.91	112.29	111.45
04 ธ.ค.	110.95	112.2	113.39	111.58	112.01	111.4
05 ธ.ค.	111.12	112.14	113.11	111.21	112.01	111.4
06 ธ.ค.	111.39	112.07	112.65	111.4	112.02	111.36
07 ธ.ค.	111.54	111.99	112.71	111.49	112.04	111.31
08 ธ.ค.	111.72	111.91	112.59	111.4	112.05	111.31
09 ธ.ค.	112.03	111.99	112.44	111.4	112.07	111.36

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายนวกกร ไชยวัฒนนันท์
วัน เดือน ปีเกิด	16 มกราคม พ.ศ. 2521
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2536-2539 วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างก่อสร้าง พ.ศ. 2539-2541 โรงเรียนเทคโนโลยีช่างกล-พัฒนการนครราชสีมา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างโยธา พ.ศ. 2551-2554 มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2546-2547 พนักงานช่างผังเมือง โยธาธิการและผังเมืองจังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2547-2548 นายช่างโยธา องค์การบริหารส่วนตำบลหูล่งตะเคียน อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2548-2558 นายช่างโยธา องค์การบริหารส่วนตำบลหญ้าปล้อง อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2558-2559 หัวหน้าส่วนโยธา องค์การบริหารส่วนตำบลเสื่องข้าว อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2559 ผู้อำนวยการกองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลเสื่องข้าว อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2559-ปัจจุบัน ผู้อำนวยการกองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลพยุห์ อำเภอพยุห์ จังหวัดศรีสะเกษ ผู้อำนวยการกองช่าง (นักบริหารงานช่าง ระดับต้น) องค์การบริหารส่วนตำบลพยุห์ อำเภอพยุห์ จังหวัดศรีสะเกษ โทรศัพท์ 0-4560-7067
ตำแหน่ง	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	