

รูปที่ 6.3-2 ตำแหน่งหมุดอ้างอิงในการสำรวจข้อมูลสภาพภูมิประเทศ



รูปที่ 6.3-3 ตัวอย่างการสำรวจข้อมูลภาคสนามในพื้นที่โครงการ



6.3.2. ผลการสำรวจข้อมูล

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนามที่ปรึกษาได้ทำการสำรวจตำแหน่ง ขนาด และค่าระดับของอาคารระบายน้ำบนทางหลวง ตลอดจนค่าระดับของผิวจราจร ในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ได้ทำการคัดเลือกทั้ง 11 พื้นที่ ซึ่งผลการสำรวจข้อมูลภาคสนามทั้งหมดสามารถแสดงได้ในเอกสารผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.3-1 (กรมทางหลวง) และตารางที่ 6.3-2 (หน่วยงานอื่นๆ) โดยในการสำรวจข้อมูลทั้ง 11 พื้นที่ศึกษานำร่อง มีการสำรวจข้อมูลตำแหน่งอาคารระบายน้ำตลอดถนนของกรมทางหลวงทั้งหมด 1,435 ตำแหน่ง โดยแบ่งเป็นอาคารประเภทท่อลอด ท่อเหลี่ยม (box culvert) และสะพาน จำนวน 921 254 และ 284 ตำแหน่งตามลำดับ ในขณะที่อาคารระบายน้ำของหน่วยงานอื่นๆ ได้มีการสำรวจในบริเวณใกล้เคียงถนนของกรมทางหลวงและคาดว่าจะมีอิทธิพลกับการระบายน้ำ ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 82 ตำแหน่ง สำหรับตำแหน่งของการสำรวจอาคารระบายน้ำในแต่ละพื้นที่ศึกษานำร่อง แสดงในรูปที่ 6.3-4 ถึงรูปที่ 6.3-14

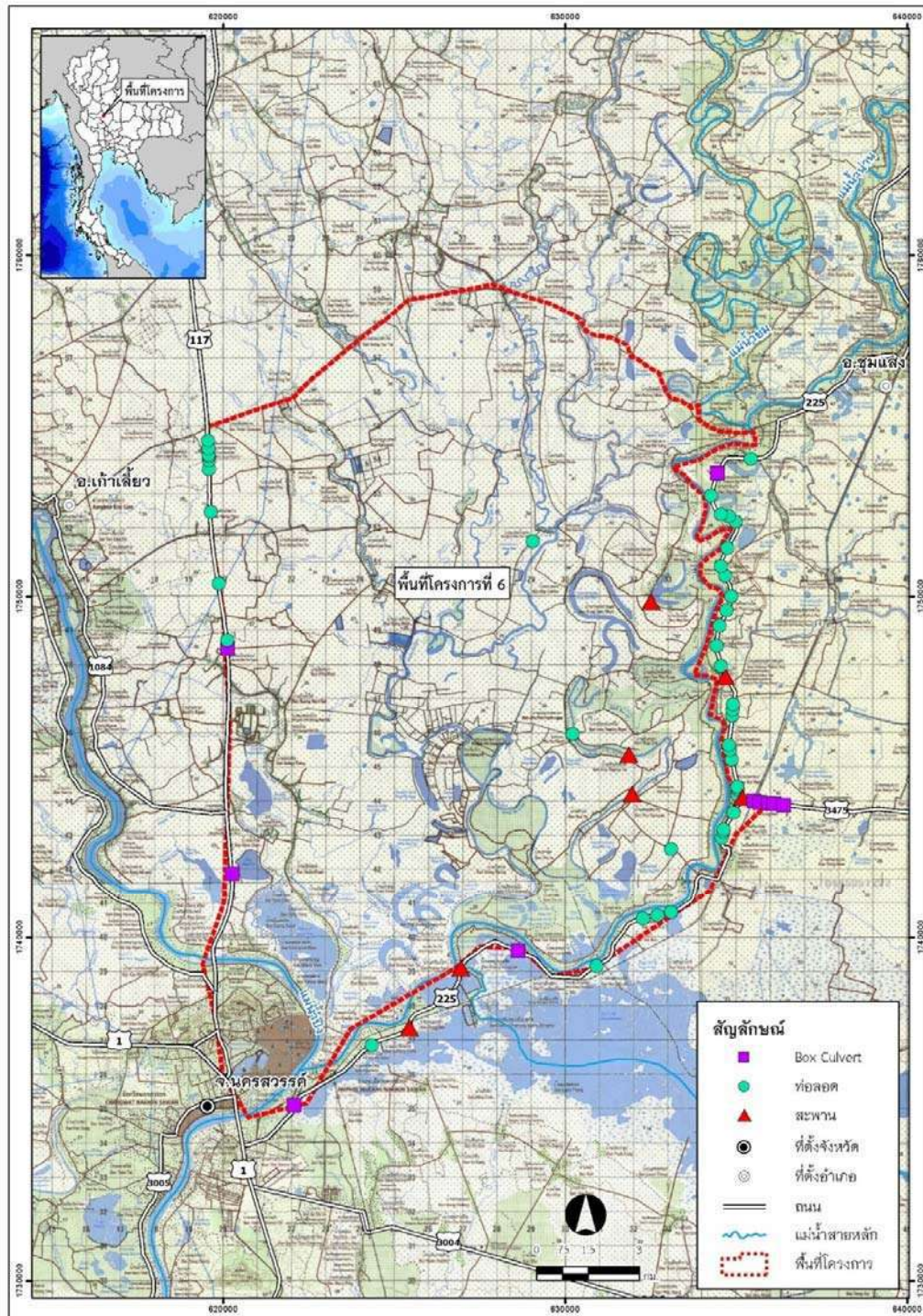
ตารางที่ 6.3-1 สรุปตำแหน่งการสำรวจข้อมูลของอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวงในพื้นที่ศึกษานำร่อง

ลำดับ	พื้นที่ศึกษานำร่อง	จำนวนตำแหน่งการสำรวจ (ตำแหน่ง)			รวม (ตำแหน่ง)
		ท่อลอด	ท่อเหลี่ยม	สะพาน	
1	พื้นที่ที่ 6	43	10	4	57
2	พื้นที่ที่ 7	212	29	24	265
3	พื้นที่ที่ 19	45	36	21	102
4	พื้นที่ที่ 20	87	33	36	156
5	พื้นที่ที่ 23	23	5	6	34
6	พื้นที่ที่ 31	120	40	39	199
7	พื้นที่ที่ 32	47	17	35	99
8	พื้นที่ที่ 33	103	31	38	172
9	พื้นที่ที่ 34	52	12	32	96
10	พื้นที่ที่ 35	61	25	7	93
11	พื้นที่ที่ 36	104	16	42	162
รวม		897	254	284	1,435

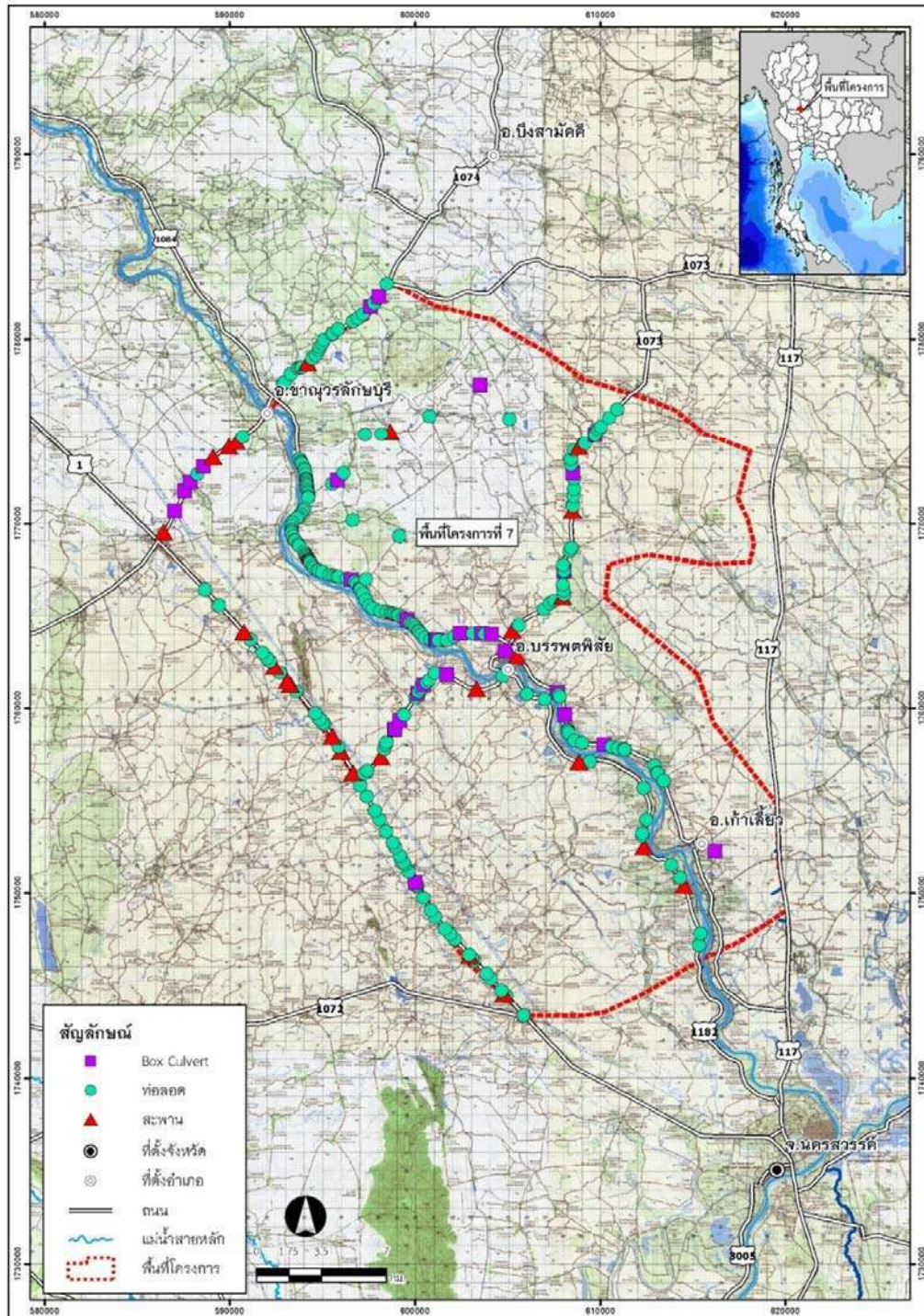


ตารางที่ 6.3-2 สรุปตำแหน่งการสำรวจข้อมูลของอาคารระบายน้ำของหน่วยงานอื่นในพื้นที่ศึกษานำร่อง

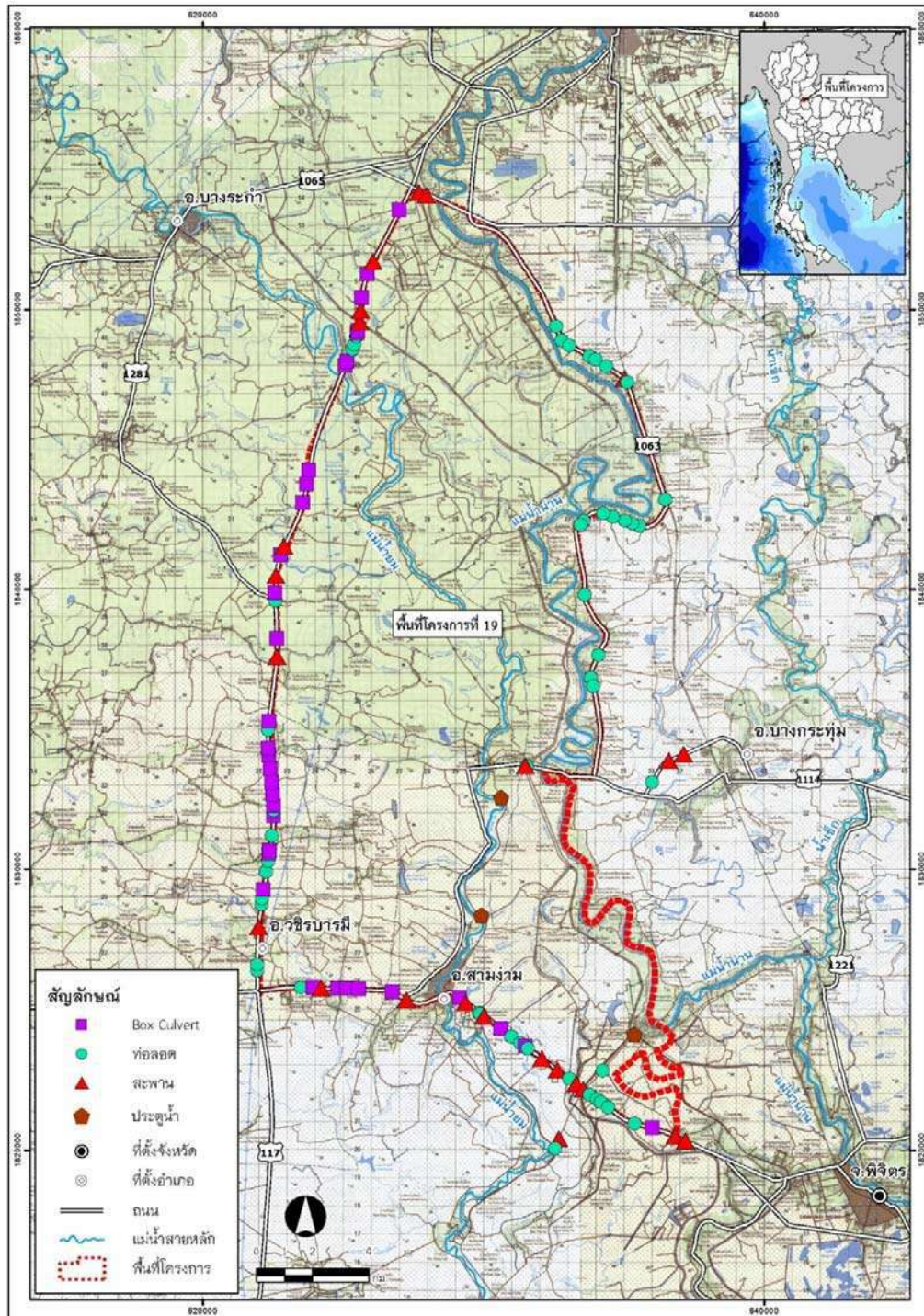
ลำดับ	พื้นที่ศึกษานำร่อง	จำนวนตำแหน่งการสำรวจ (ตำแหน่ง)			รวม (ตำแหน่ง)
		ท่อลอด	ท่อเหลี่ยม	สะพาน	
1	พื้นที่ที่ 6	3	-	3	6
2	พื้นที่ที่ 7	9	2	1	12
3	พื้นที่ที่ 19	3	1	3	7
4	พื้นที่ที่ 20	3	-	7	10
5	พื้นที่ที่ 23	5	1	3	9
6	พื้นที่ที่ 31	2	4	-	6
7	พื้นที่ที่ 32	1	-	5	6
8	พื้นที่ที่ 33	3	2	2	7
9	พื้นที่ที่ 34	3	-	1	4
10	พื้นที่ที่ 35	1	-	4	5
11	พื้นที่ที่ 36	3	1	6	10
รวม		36	11	35	82



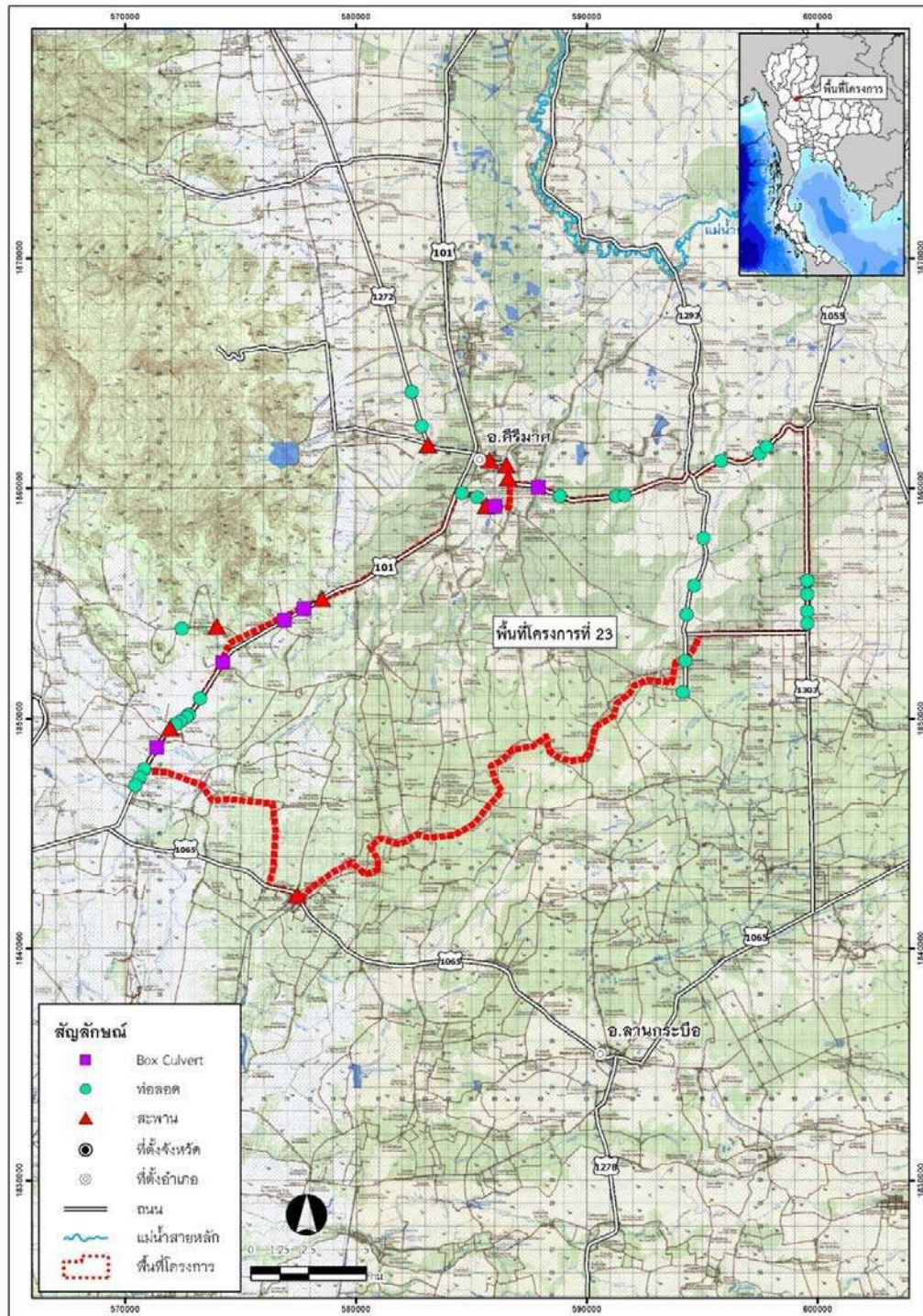
รูปที่ 6.3-4 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 6



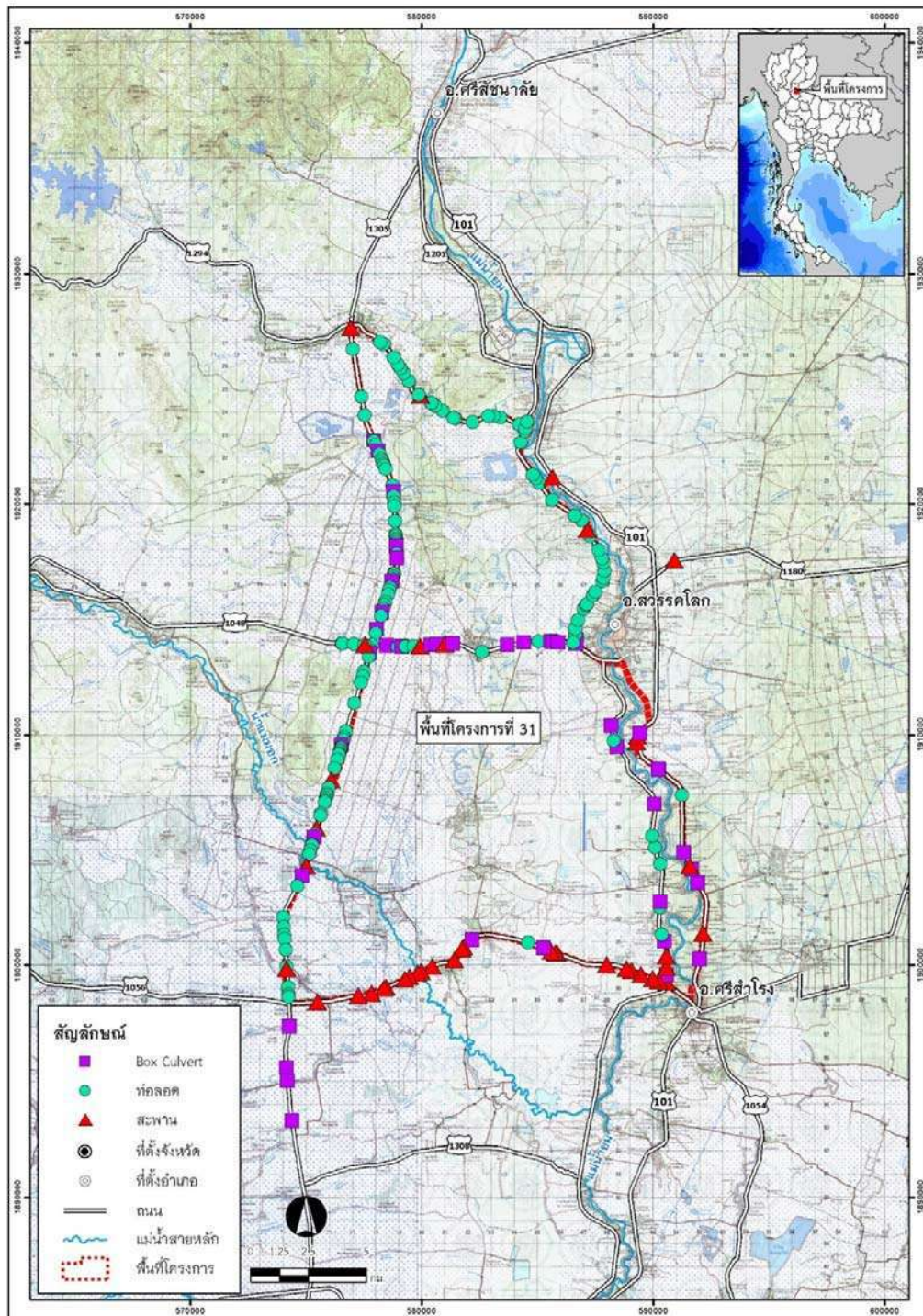
รูปที่ 6.3-5 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 7



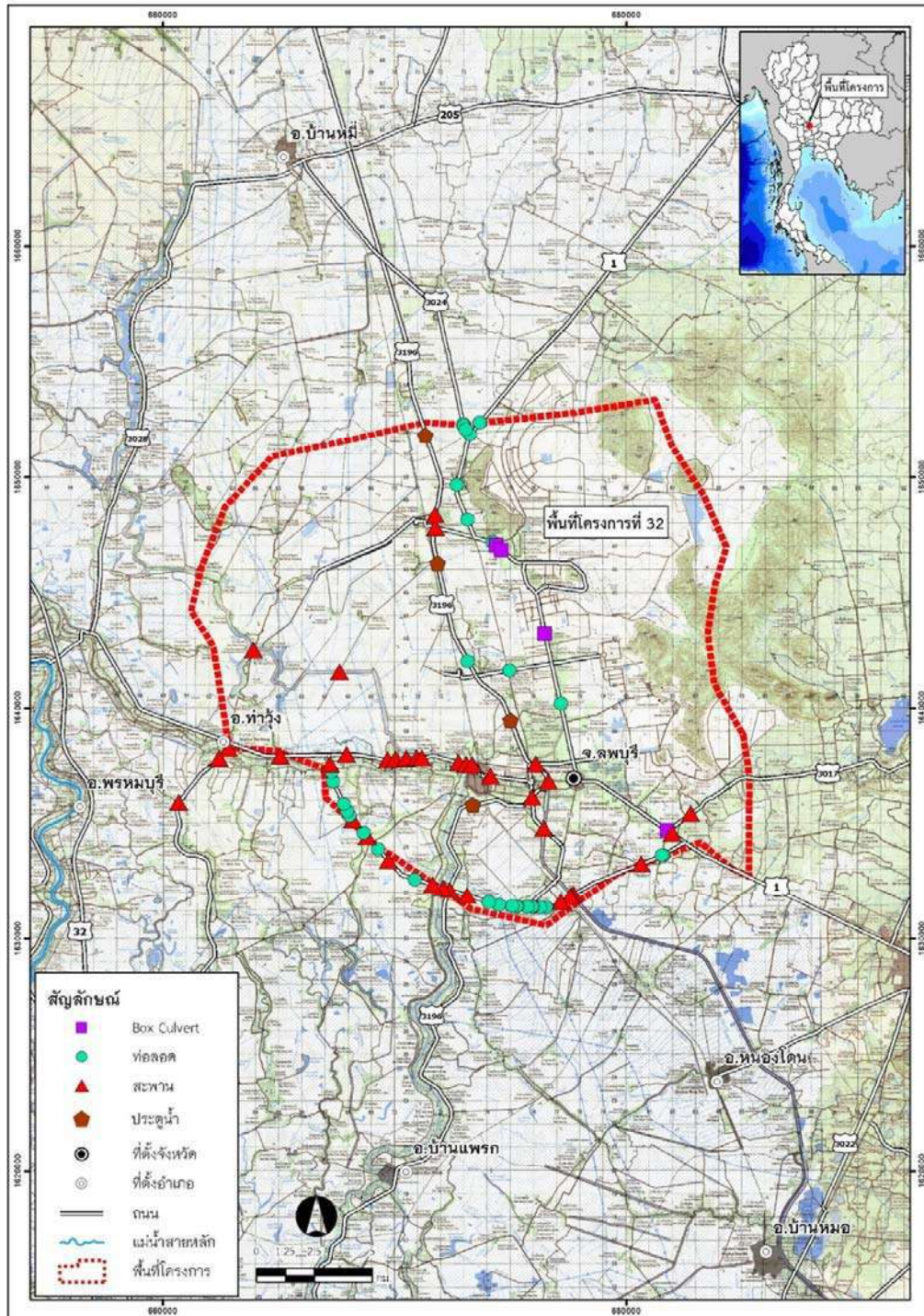
รูปที่ 6.3-6 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 19



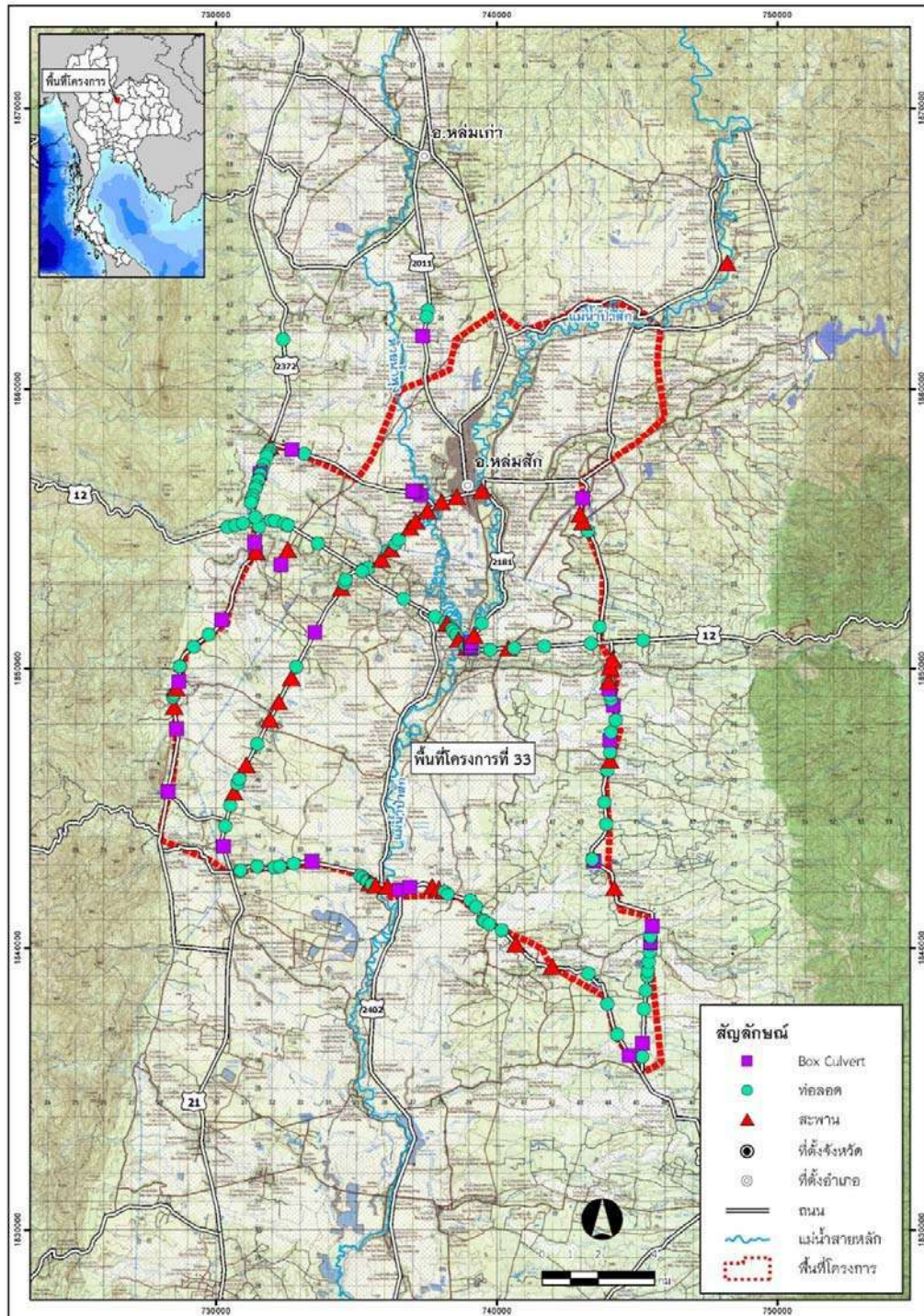
รูปที่ 6.3-8 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 23



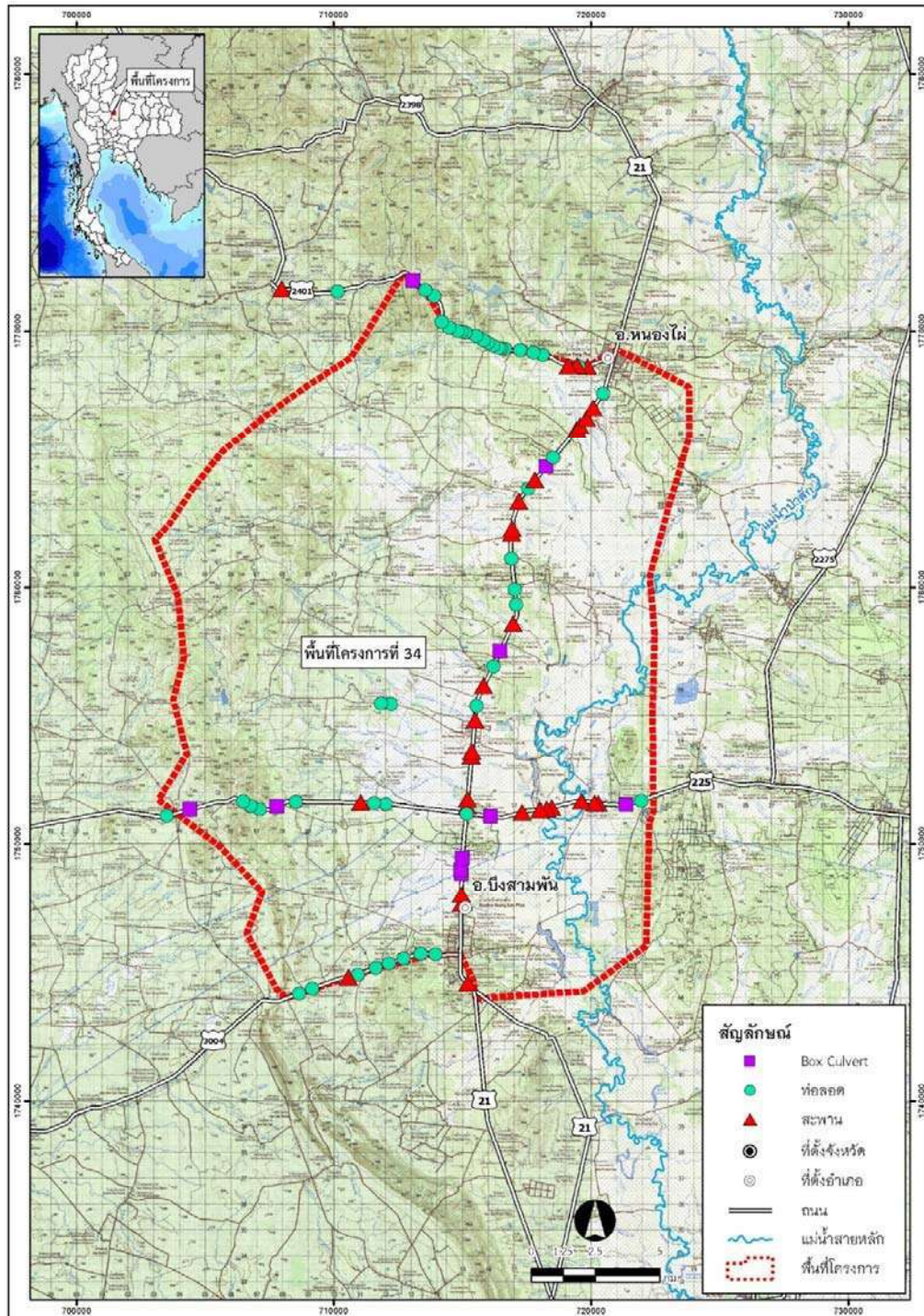
รูปที่ 6.3-9 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 31



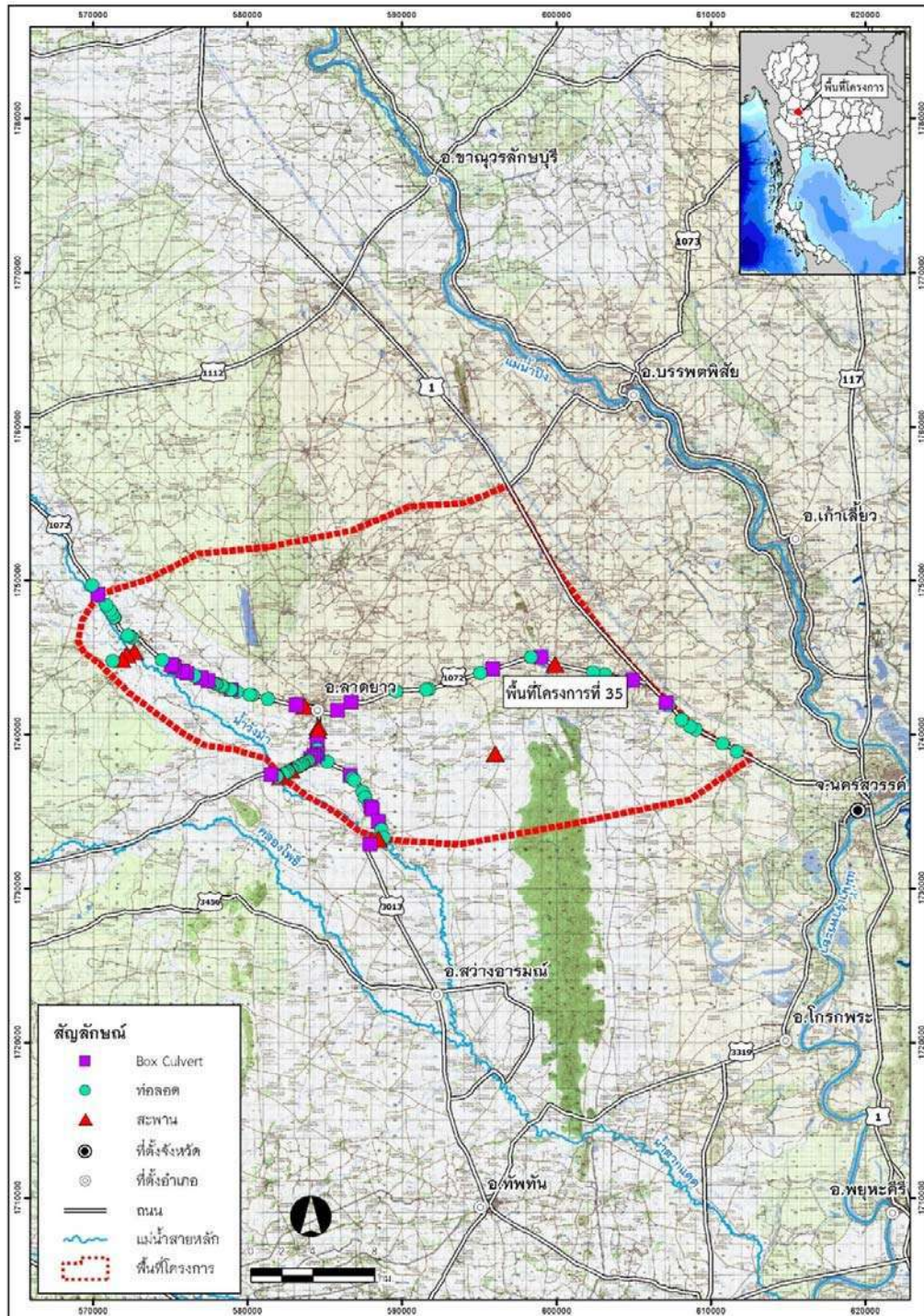
รูปที่ 6.3-10 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 32



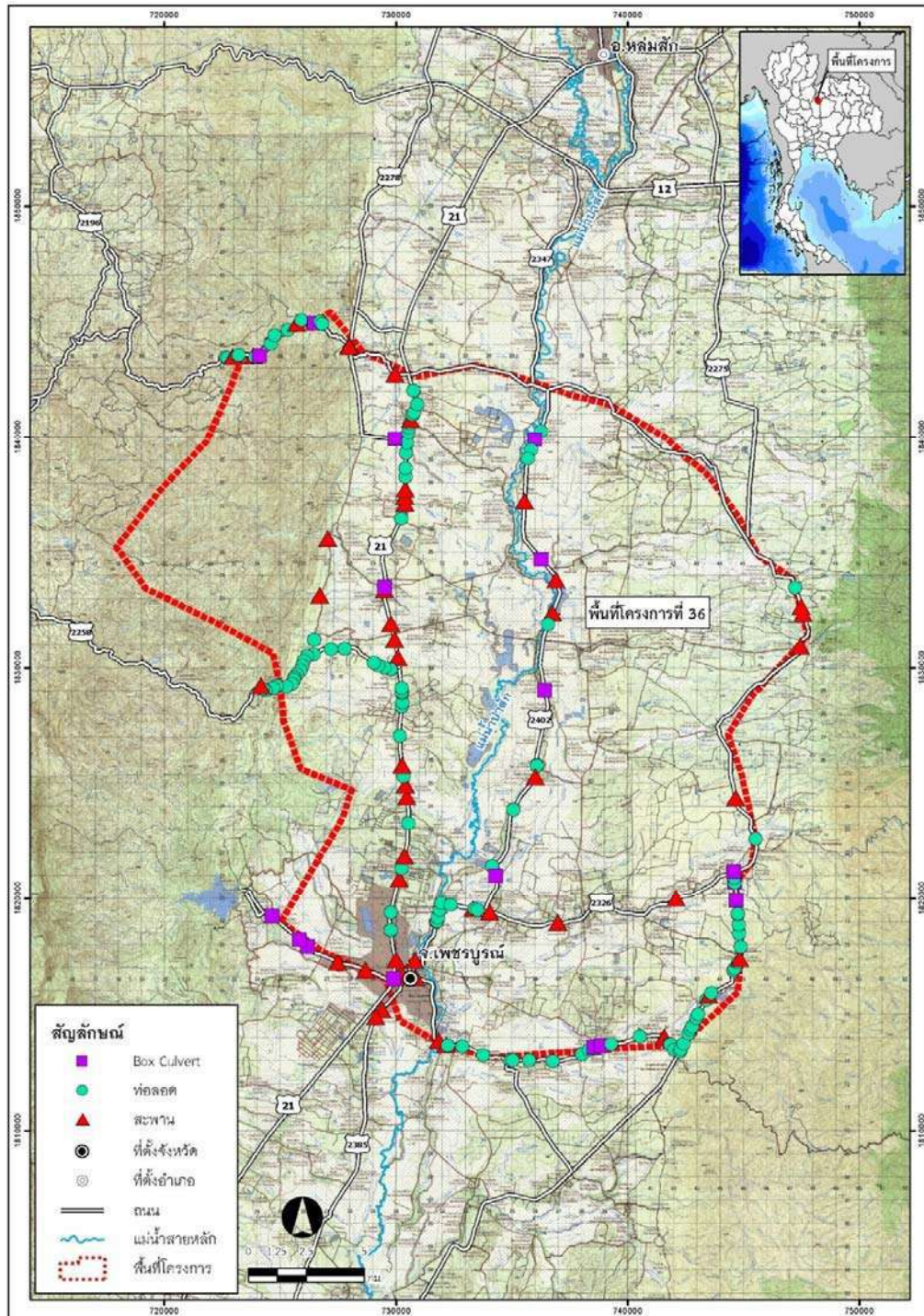
รูปที่ 6.3-11 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 33



รูปที่ 6.3-12 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่นำร่อง พื้นที่ที่ 34



รูปที่ 6.3-13 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 35



รูปที่ 6.3-14 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 36



6.4. การจัดหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การจัดการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม มีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ (Calibration and Verification) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบ ข้อมูลของพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงในอดีตจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม กับผลการคำนวณจากแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษารั้งนี้ ที่ปรึกษาจะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งรวบรวมไว้โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA โดยจะทำการคัดเลือก ให้ครอบคลุมเหตุการณ์น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 11 พื้นที่ จำนวนอย่างน้อย 2 เหตุการณ์ (สำหรับปรับเทียบแบบจำลอง 1 เหตุการณ์ และการตรวจพิสูจน์แบบจำลองอีก 1 เหตุการณ์) ซึ่งแต่ละเหตุการณ์ควรจะเป็นเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องเพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่น้ำท่วม

สำหรับผลการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียม ที่จะนำไปใช้ในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.4-1 และ ตารางที่ 6.4-2 โดยภาพถ่ายดาวเทียม (ที่ผ่านการแปลงค่าและวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์) ที่ใช้ทั้งหมดจำนวน 22 ภาพ แสดงได้ดังรูปที่ 6.1-1 ถึง รูปที่ 6.4-22

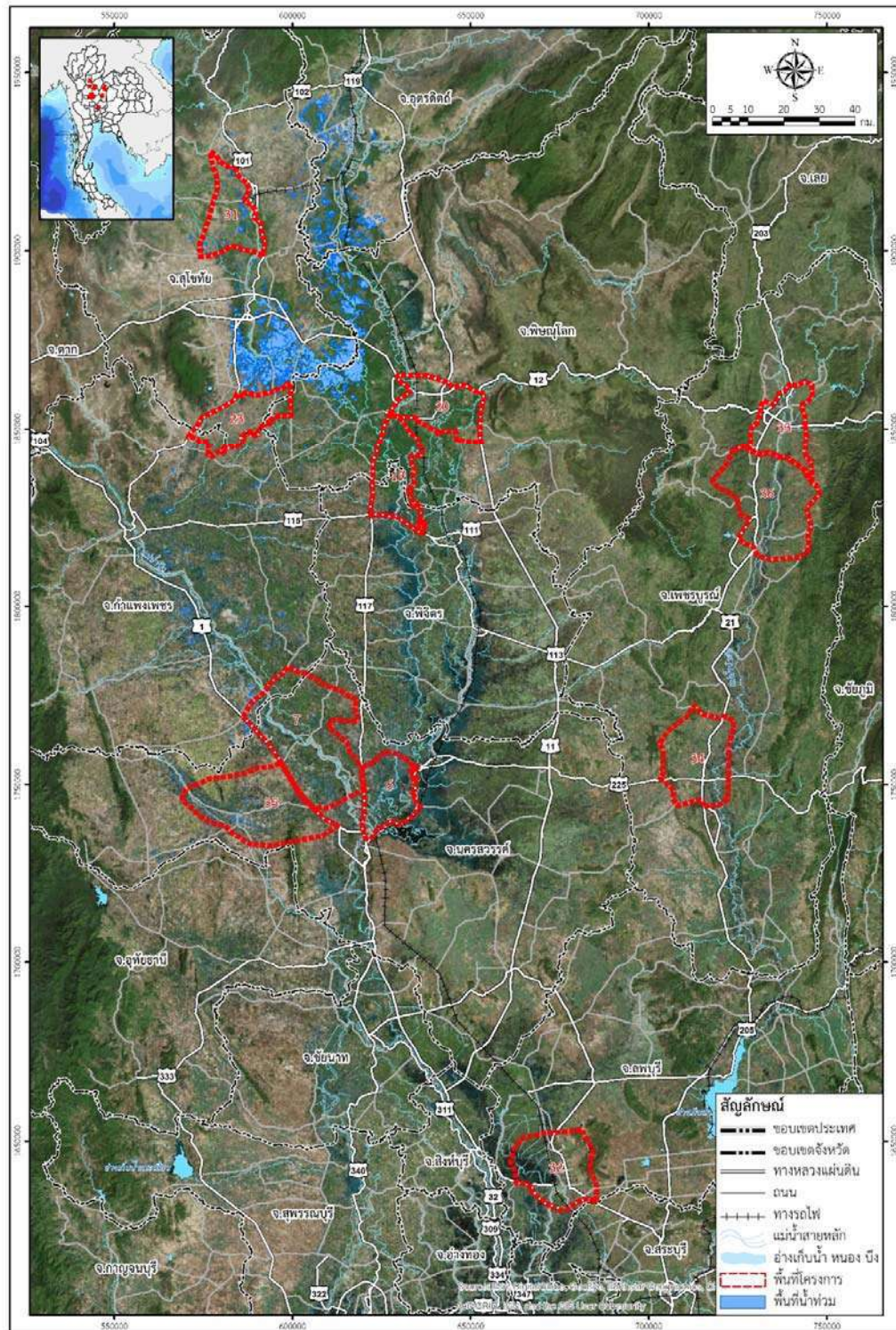
ตารางที่ 6.4-1 เหตุการณ์และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ที่นำมาใช้ในการศึกษา

เหตุการณ์น้ำท่วม	ช่วงเวลา	ภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ (วันที่ถ่ายภาพ)
เหตุการณ์ที่ 1	15/9/2012 – 28/9/2012	15/9/2012, 17/9/2012, 20/9/2012, 22/9/2012, 23/9/2012, 27/9/2012, 28/9/2012
เหตุการณ์ที่ 2	30/9/2013 – 10/10/2013	30/9/2013, 2/10/2013, 6/10/2013, 7/10/2013, 9/10/2013, 10/10/2013
เหตุการณ์ที่ 3	20/9/2016 – 10/10/2016	20/9/2016, 30/9/2016, 3/10/2016, 7/10/2016, 8/10/2016, 10/10/2016
เหตุการณ์ที่ 4	26/7/2017 – 29/7/2017	26/7/2017, 28/7/2017, 29/7/2017

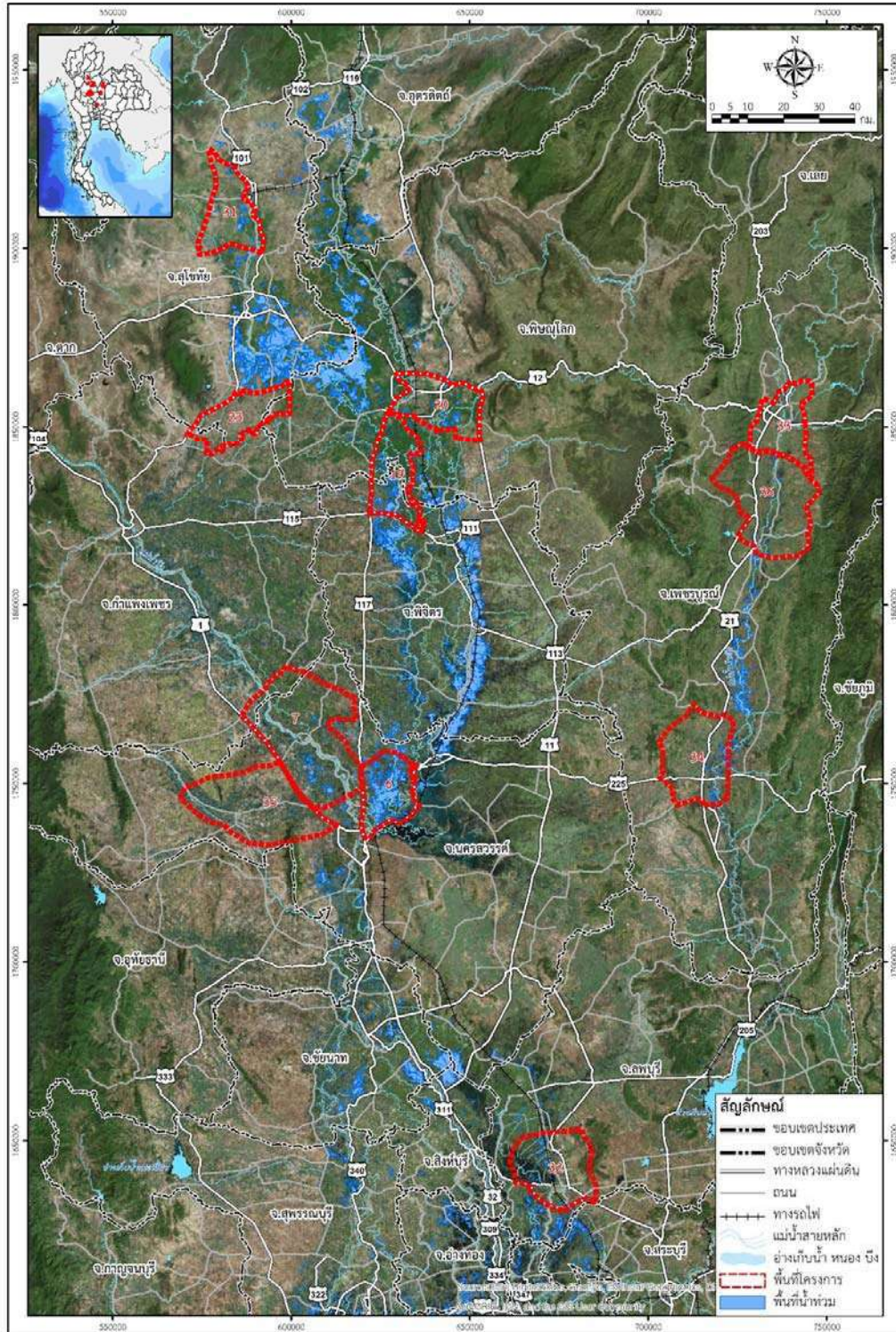


ตารางที่ 6.4-2 สรุปเหตุการณ์ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแต่ละพื้นที่
ศึกษานำร่อง

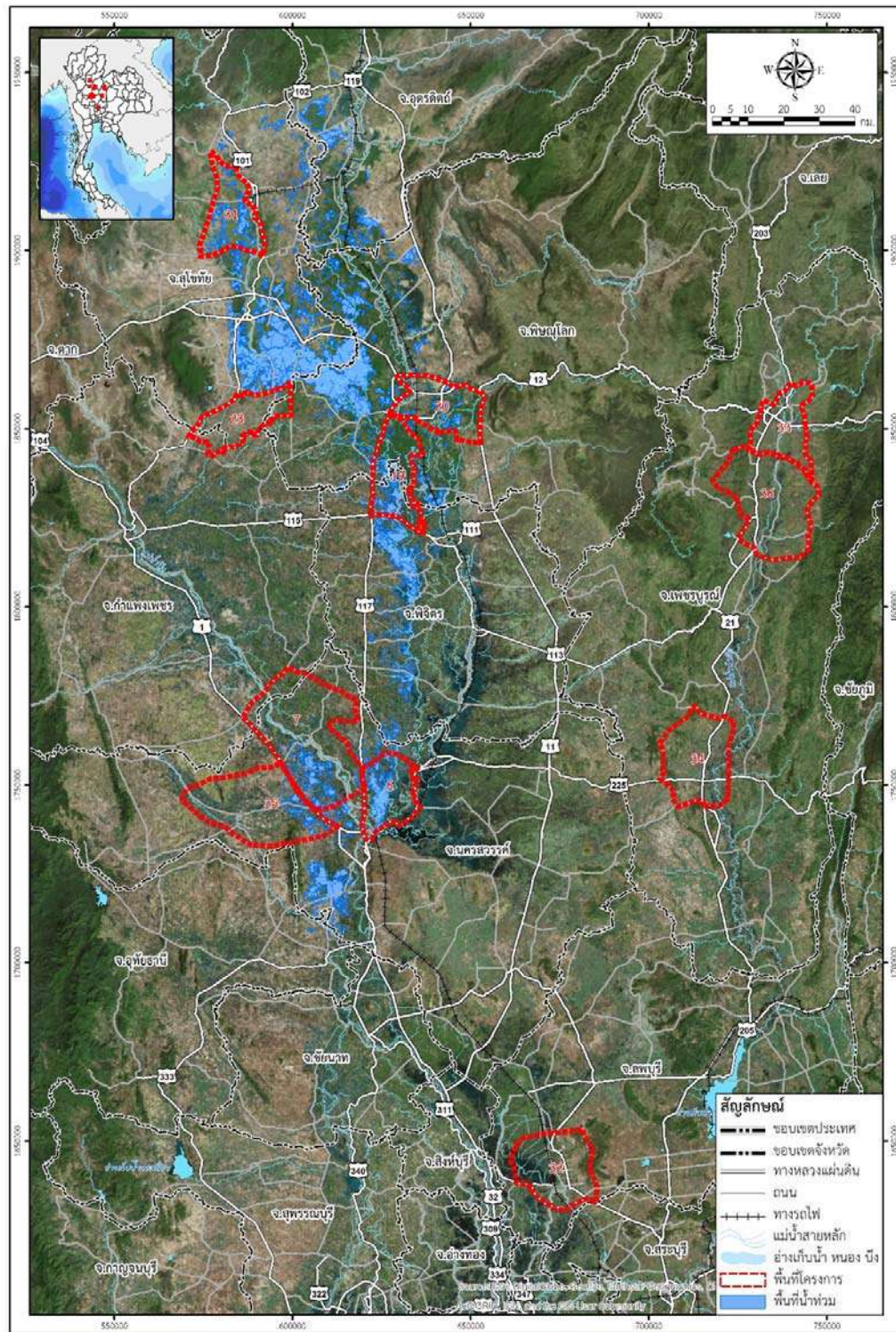
ลำดับ	พื้นที่ศึกษานำร่อง	เหตุการณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แบบจำลอง	เหตุการณ์ที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์ แบบจำลอง
1	พื้นที่ที่ 6	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
2	พื้นที่ที่ 7	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
3	พื้นที่ที่ 19	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
4	พื้นที่ที่ 20	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
5	พื้นที่ที่ 23	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
6	พื้นที่ที่ 31	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
7	พื้นที่ที่ 32	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
8	พื้นที่ที่ 33	เหตุการณ์ที่ 3	เหตุการณ์ที่ 4
9	พื้นที่ที่ 34	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 3
10	พื้นที่ที่ 35	เหตุการณ์ที่ 1	เหตุการณ์ที่ 2
11	พื้นที่ที่ 36	เหตุการณ์ที่ 3	เหตุการณ์ที่ 4



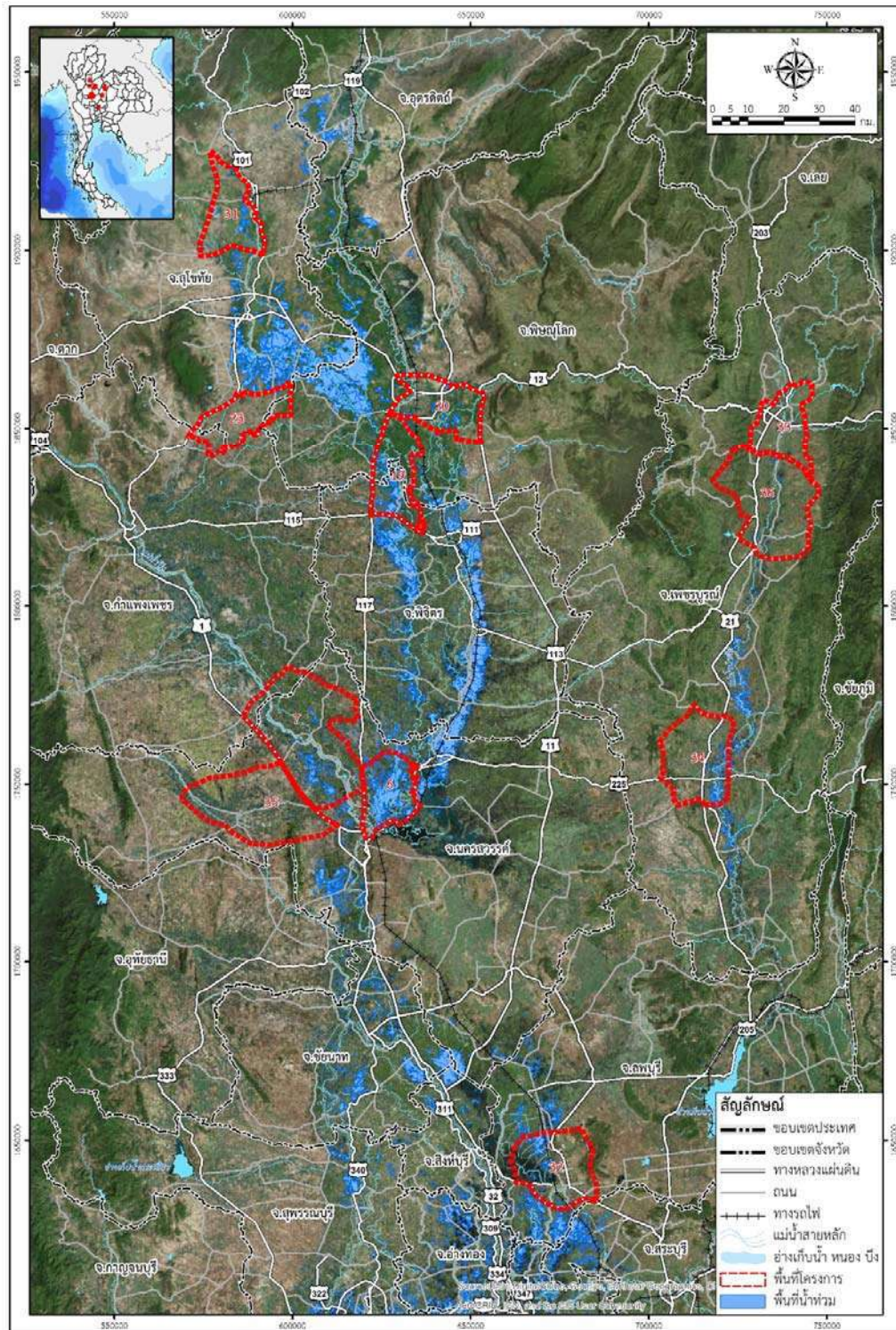
รูปที่ 6.4-1 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 15/9/2012



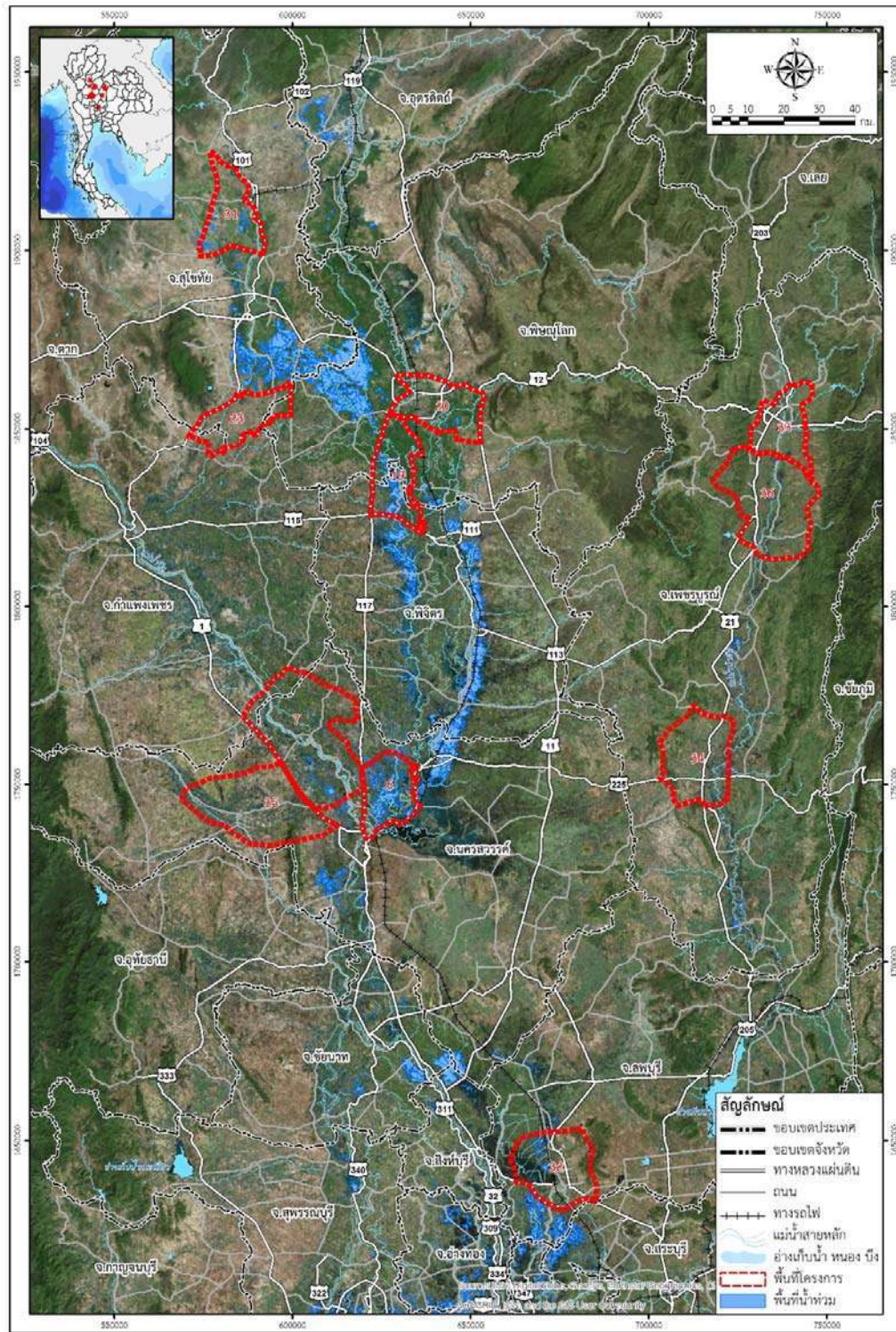
รูปที่ 6.4-2 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 17/9/2012



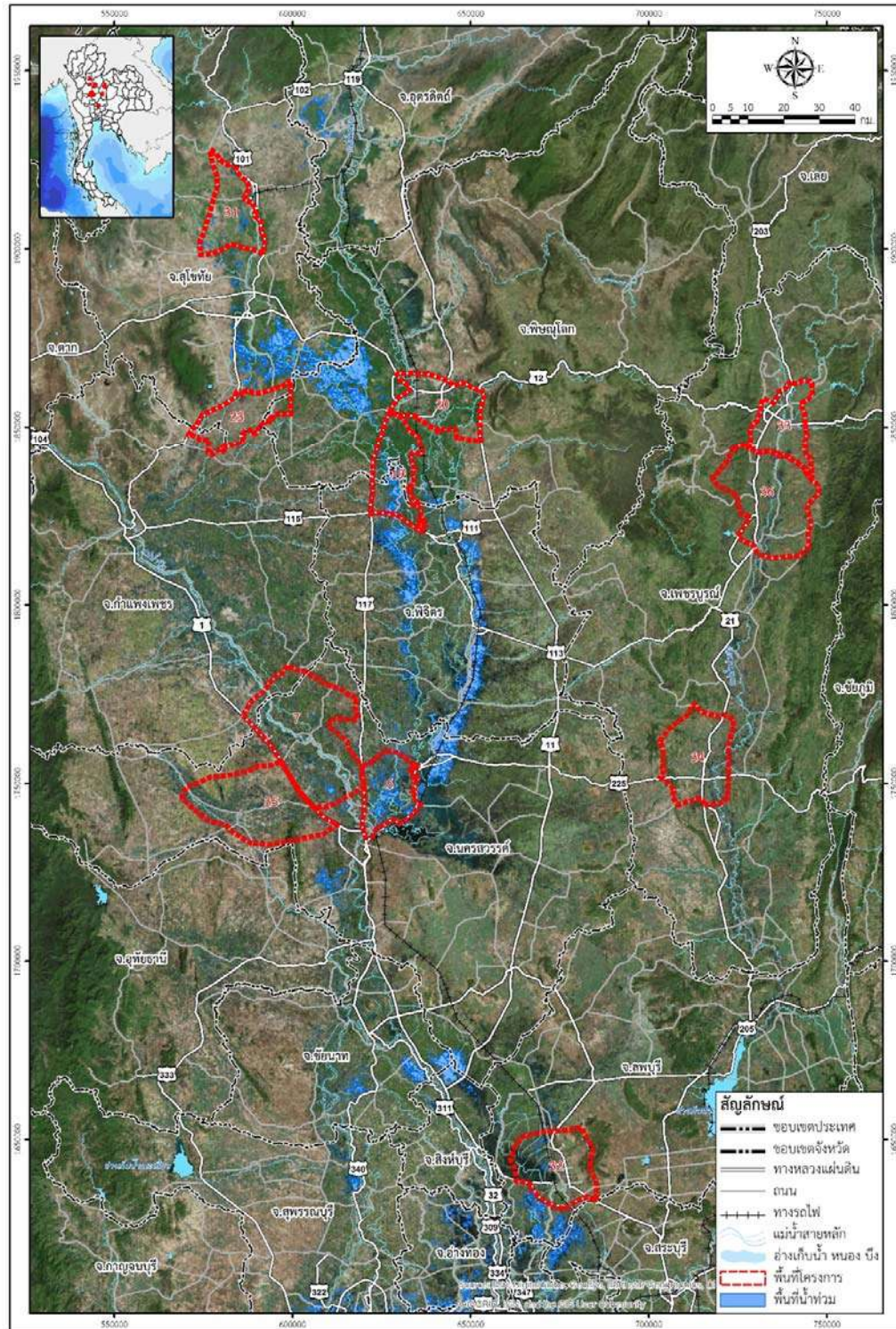
รูปที่ 6.4-3 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 20/9/2012



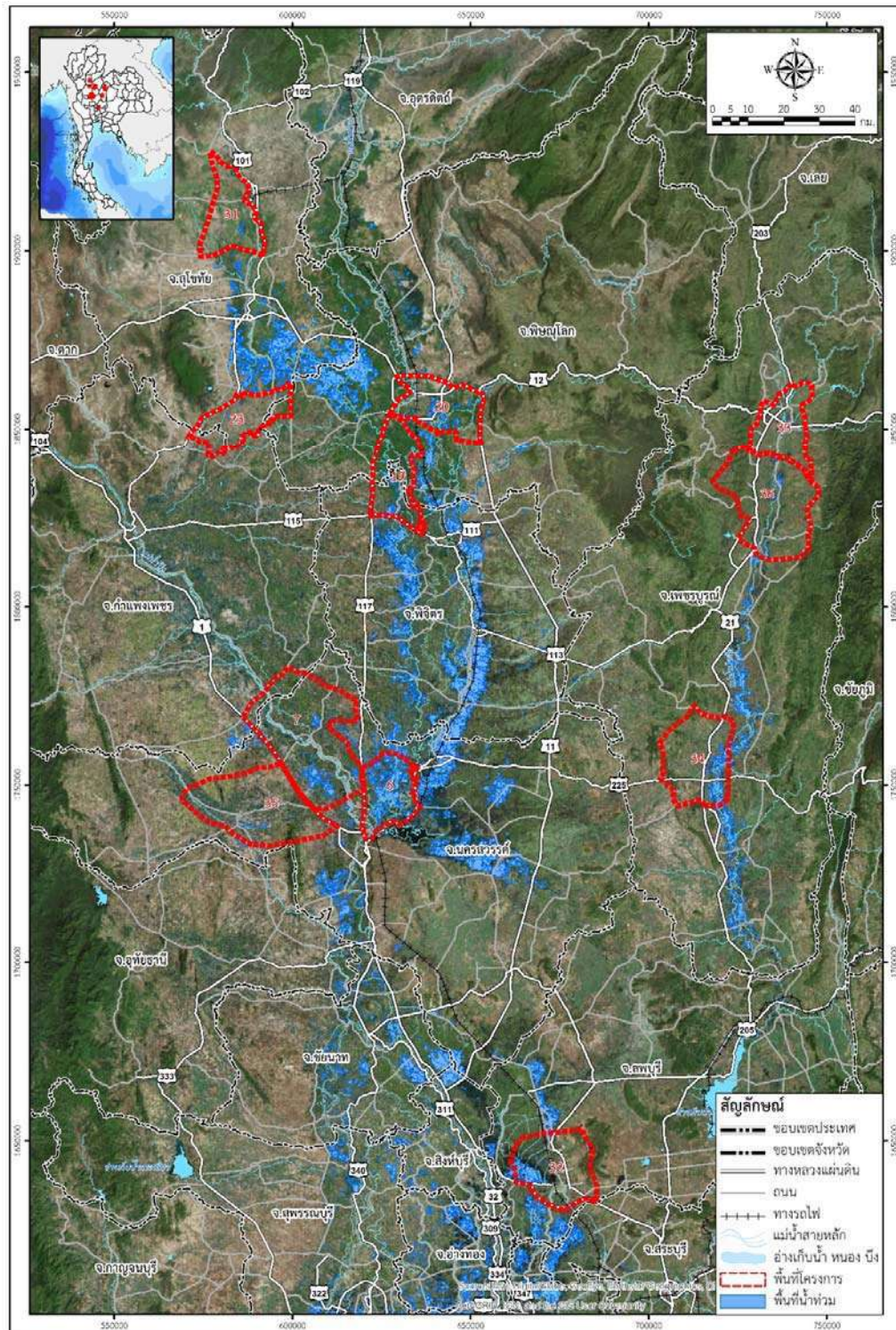
รูปที่ 6.4-4 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 22/9/2012



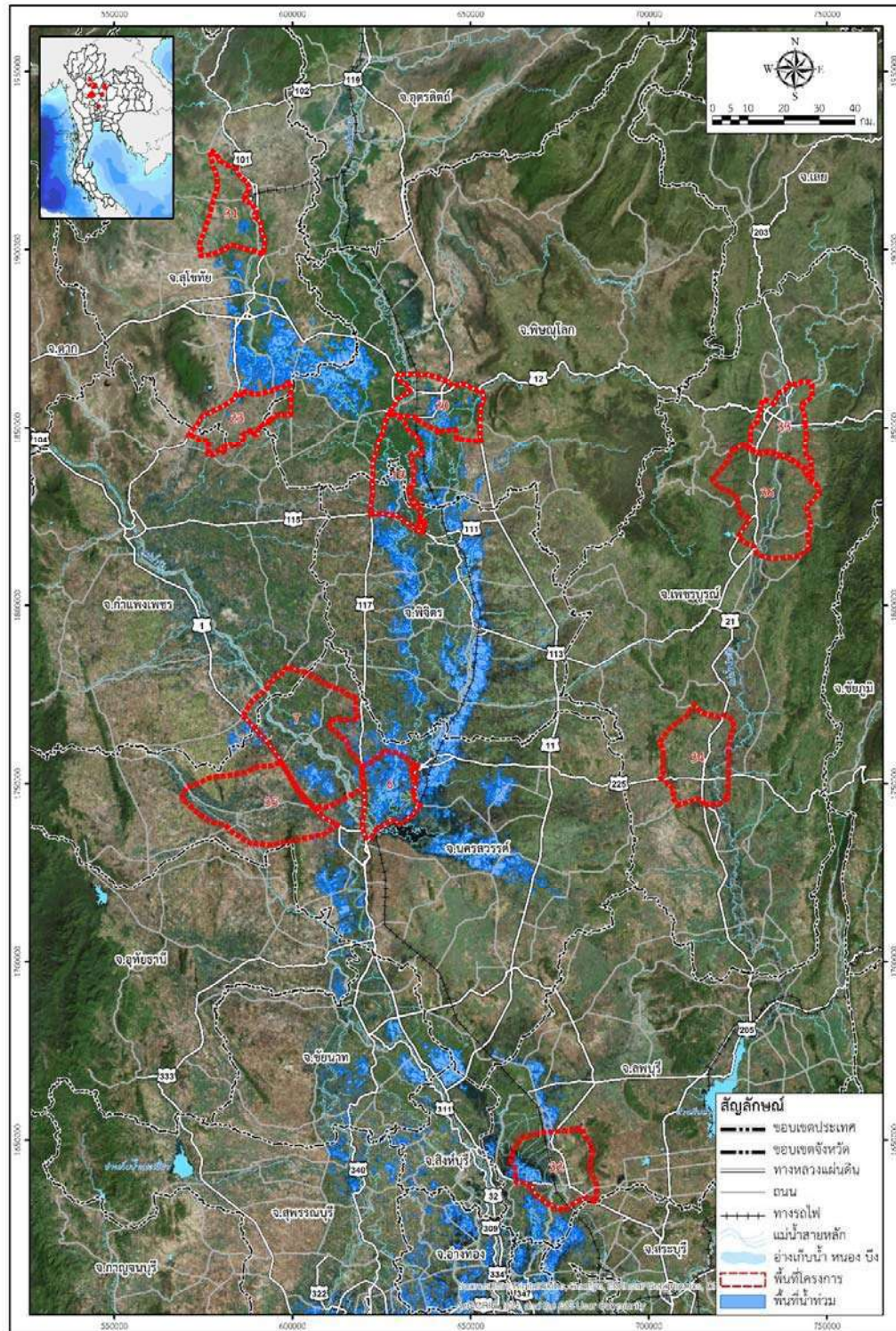
รูปที่ 6.4-6 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 27/9/2012



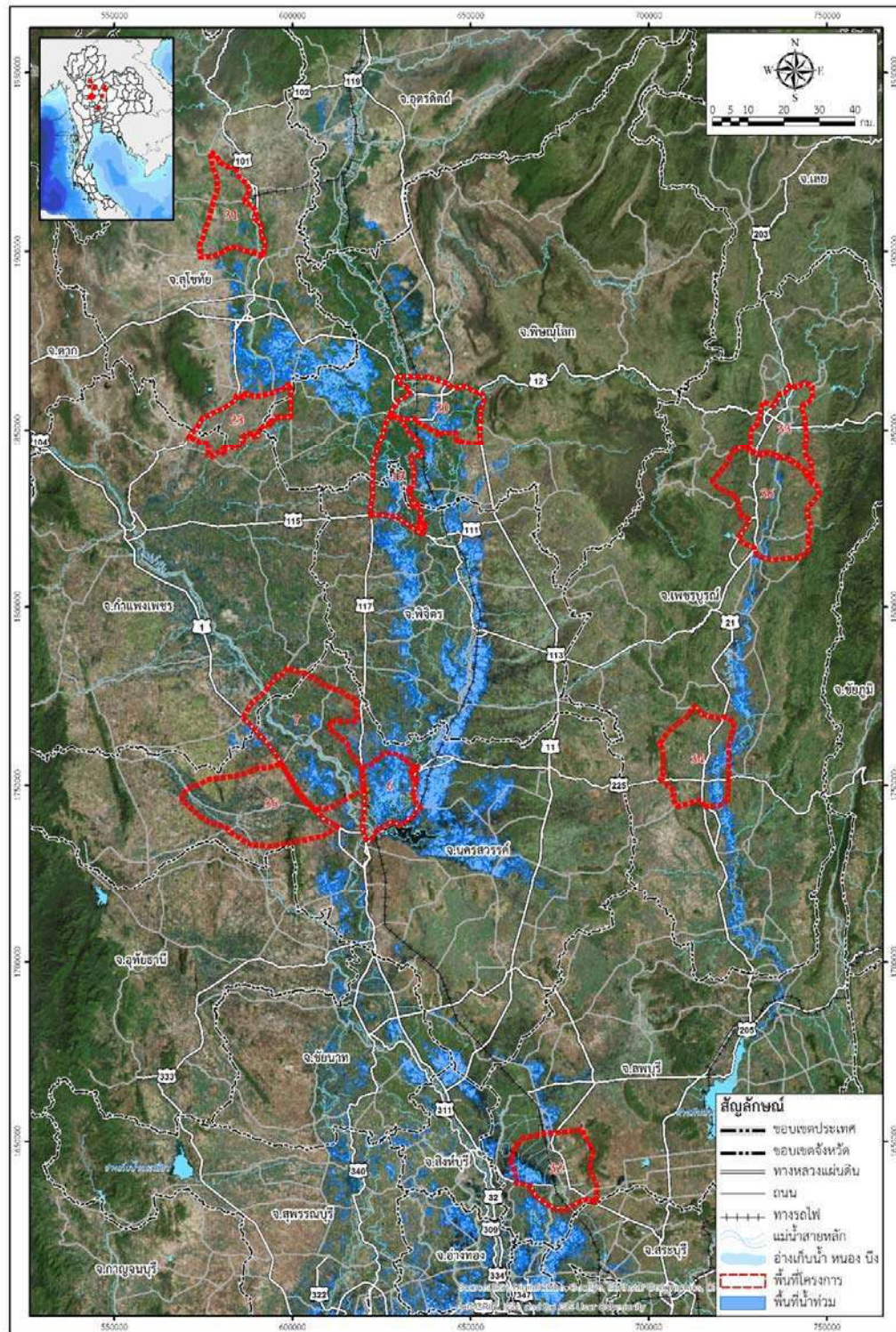
รูปที่ 6.4-7 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 28/9/2012



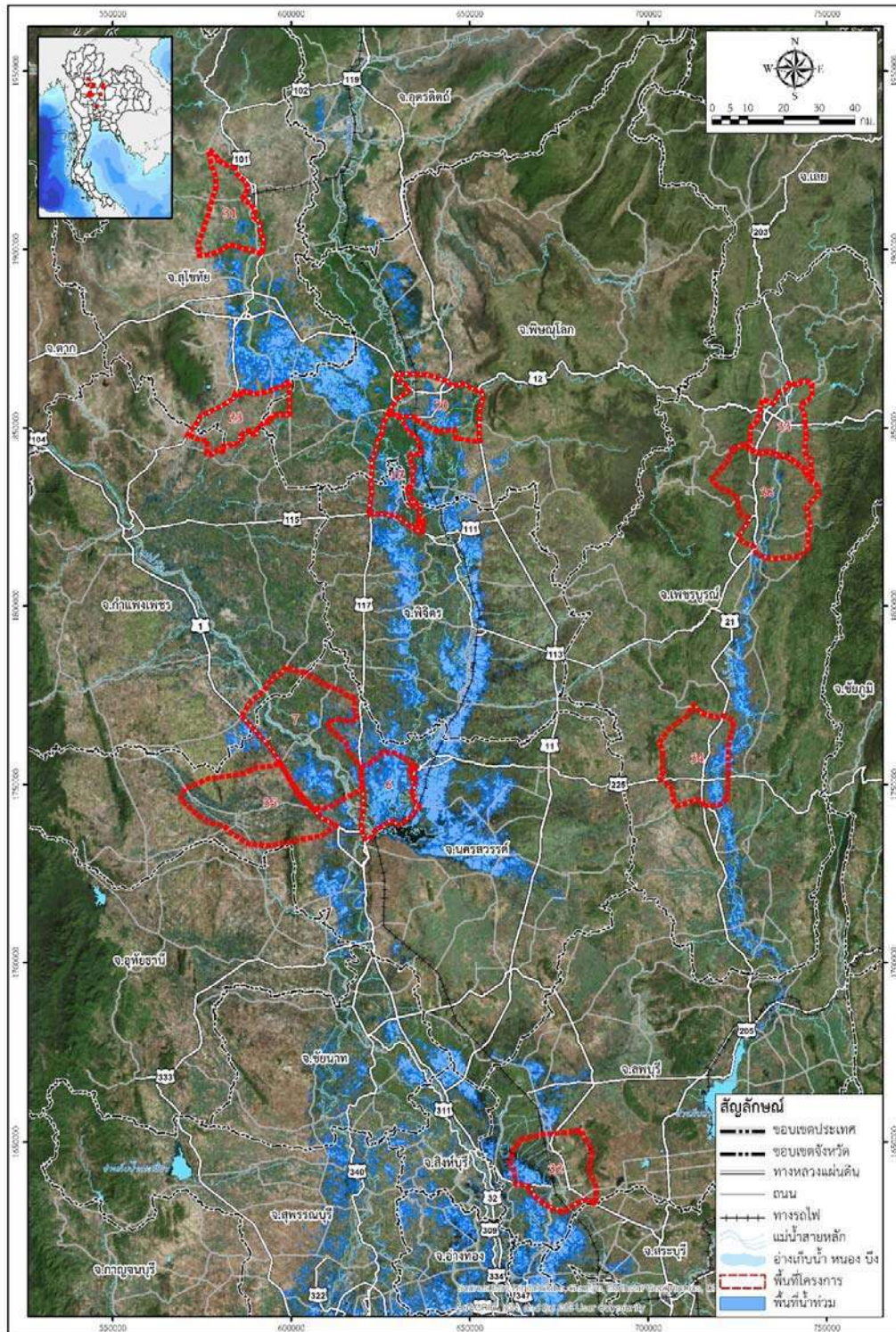
รูปที่ 6.4-8 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 30/9/2013



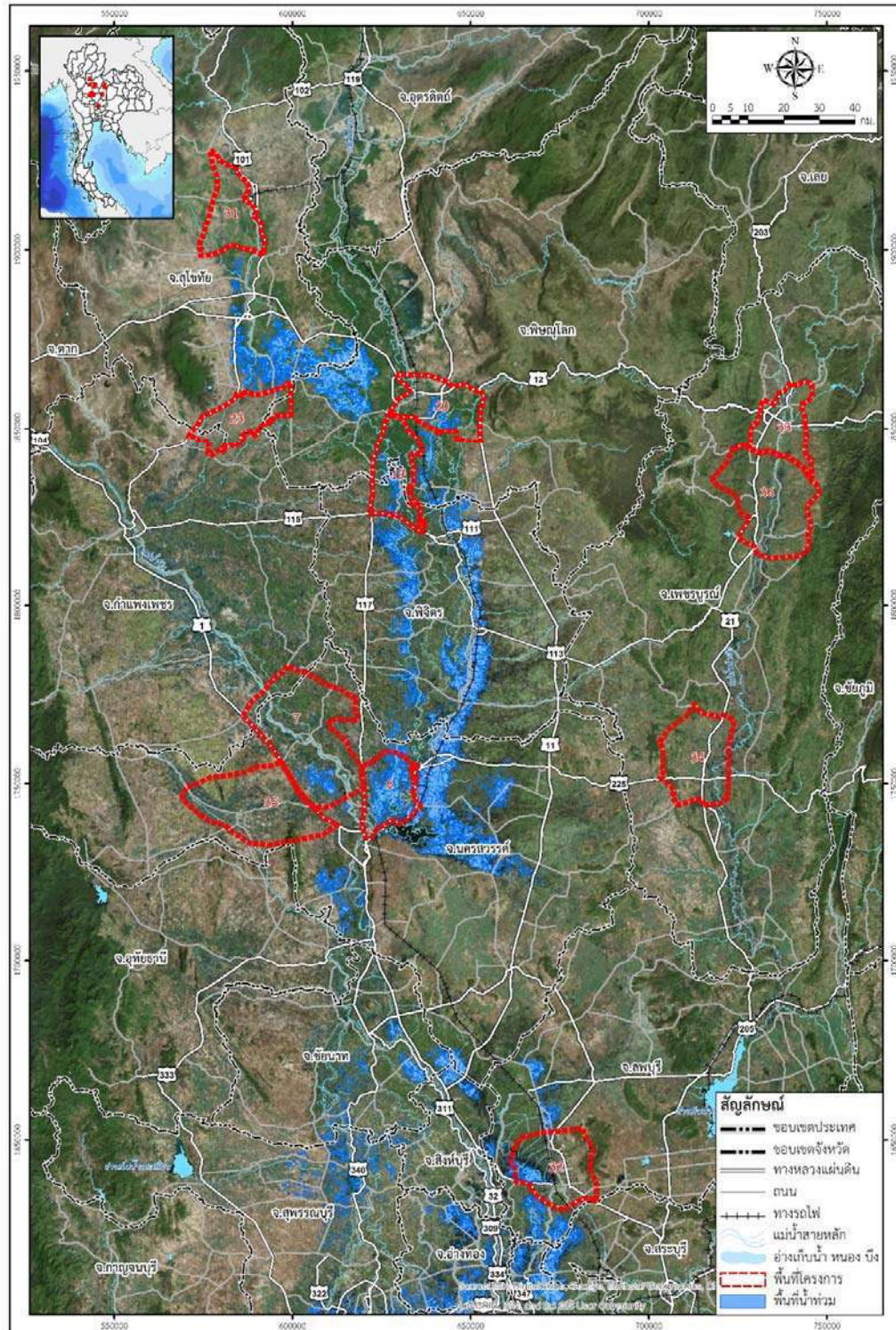
รูปที่ 6.4-9 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 2/10/2013



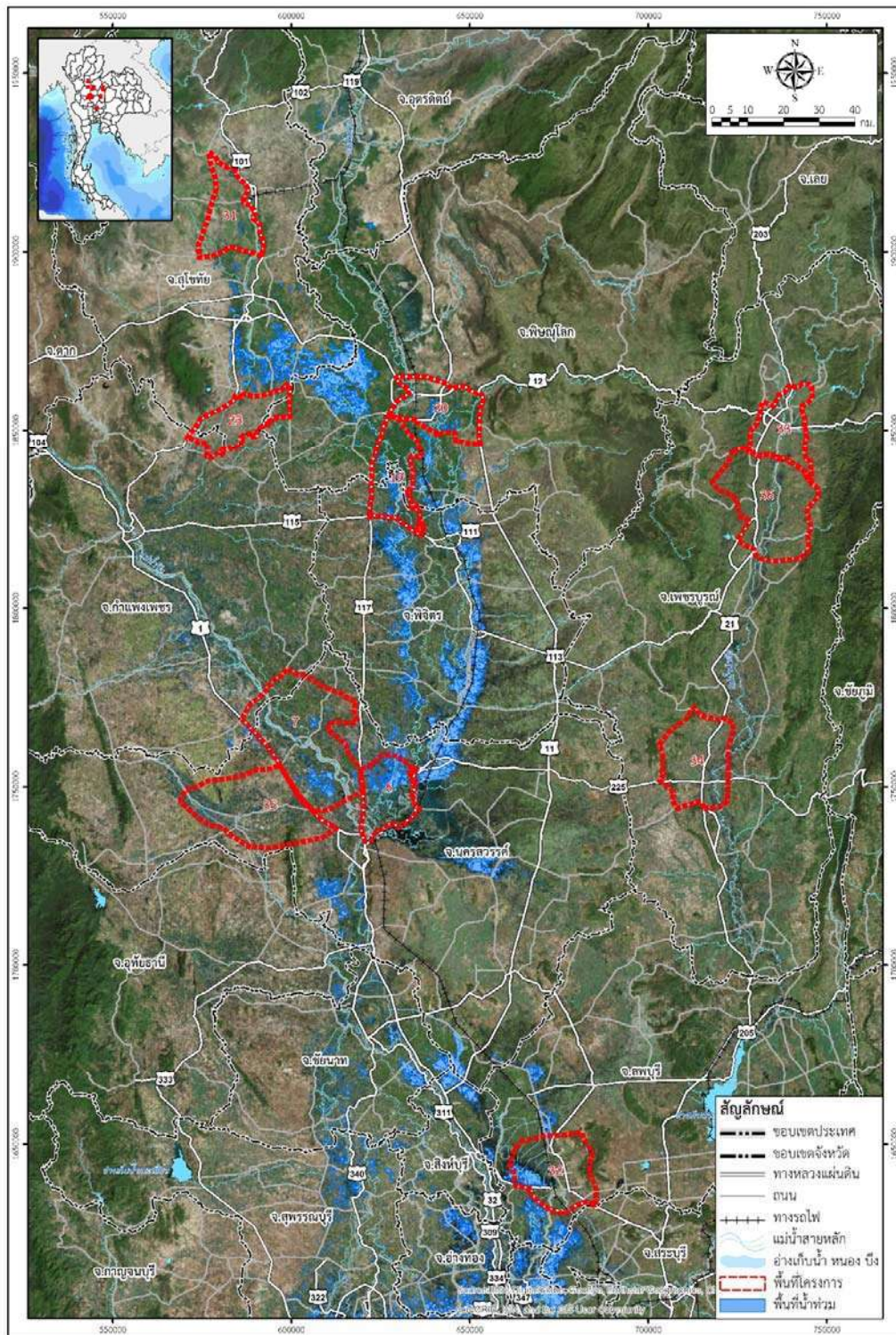
รูปที่ 6.4-10 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 6/10/2013



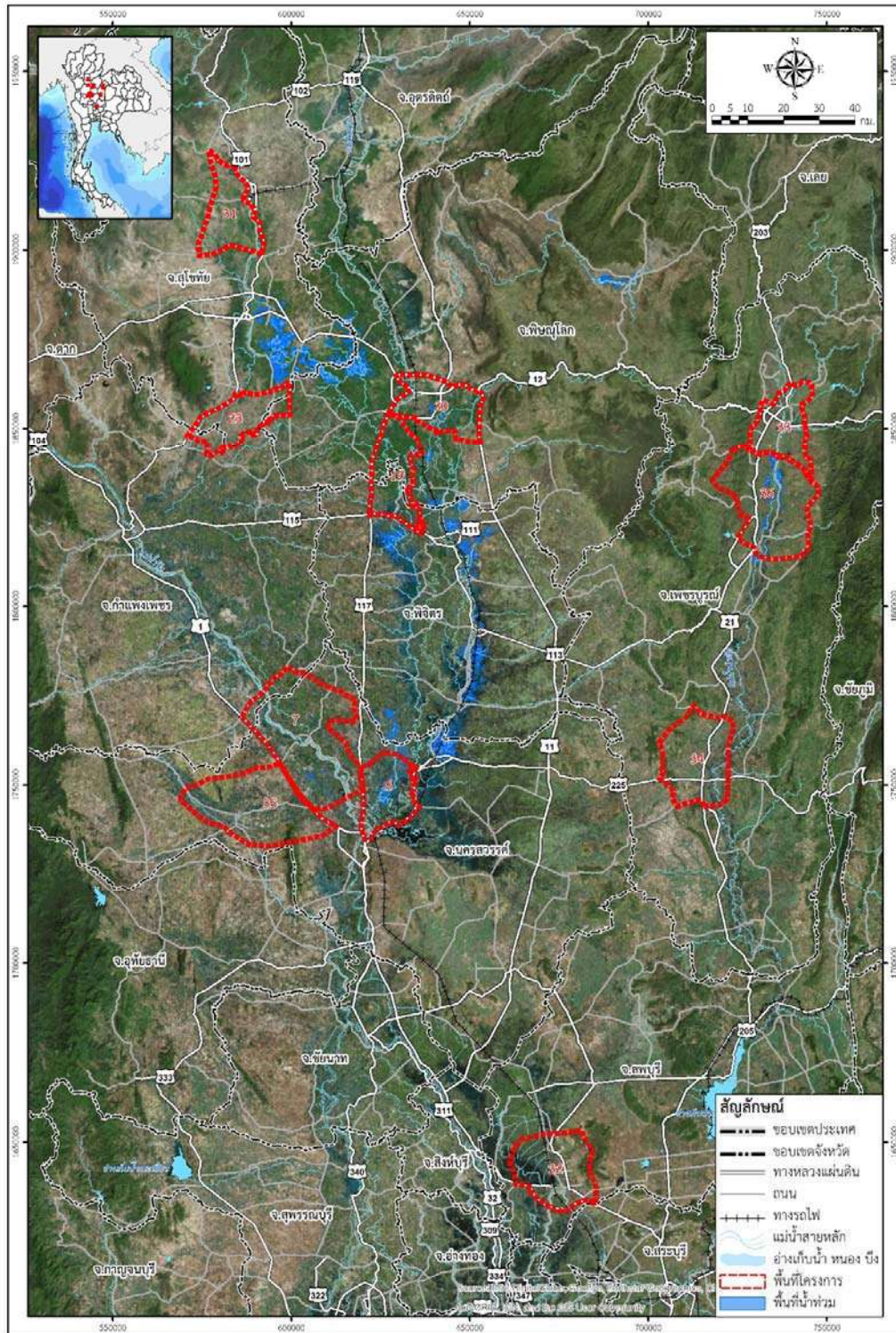
รูปที่ 6.4-11 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 7/10/2013



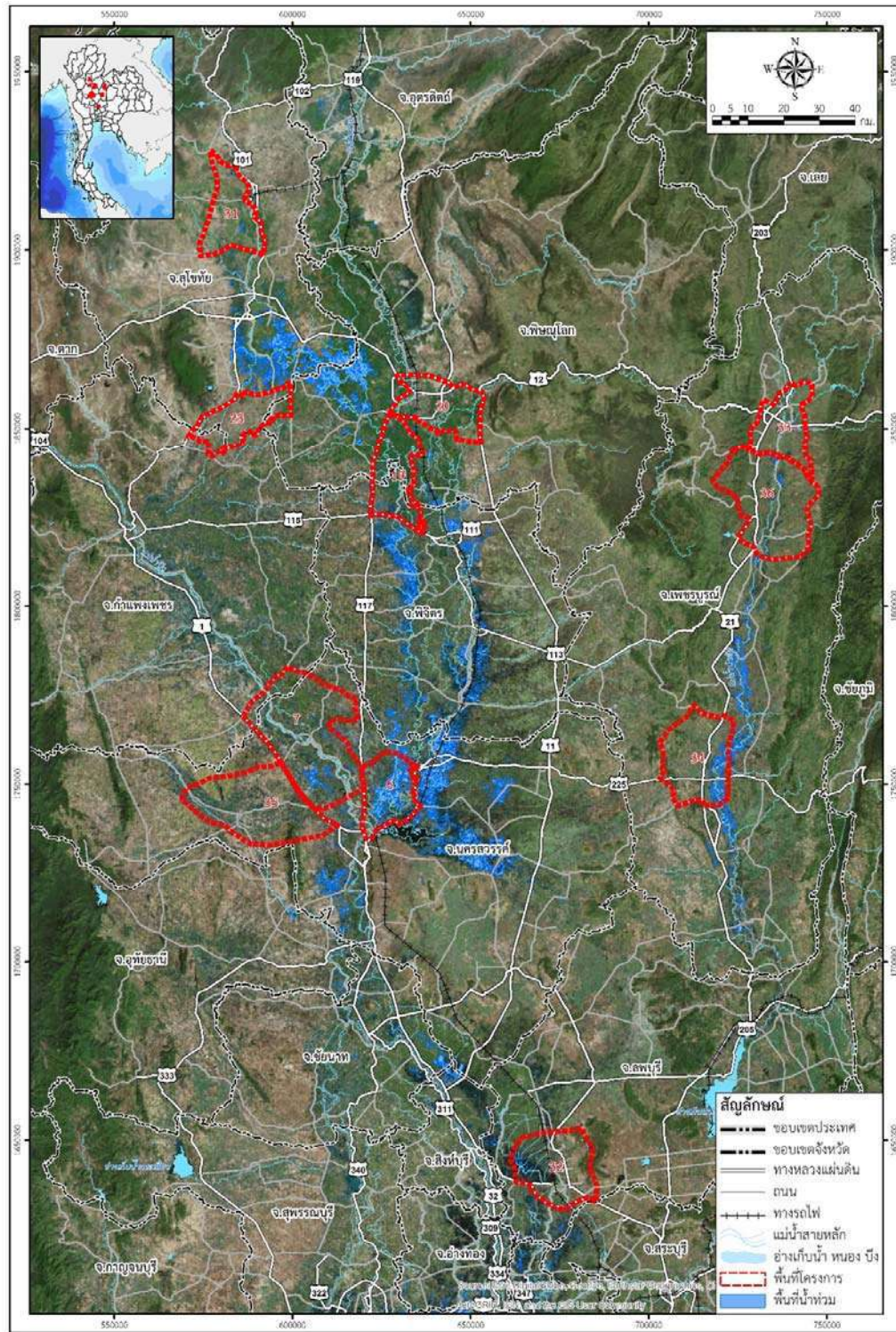
รูปที่ 6.4-12 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 9/10/2013



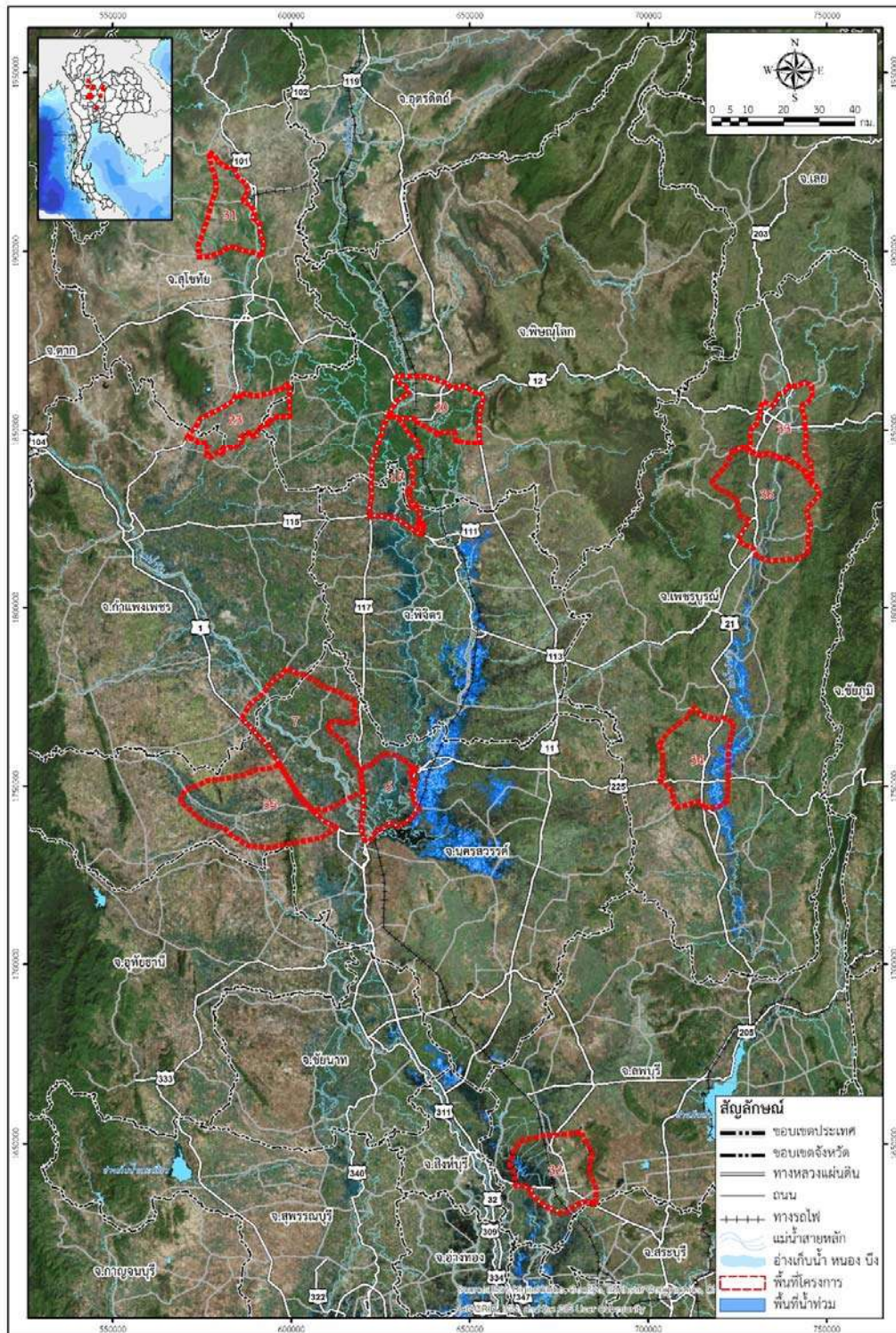
รูปที่ 6.4-13 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 10/10/2013



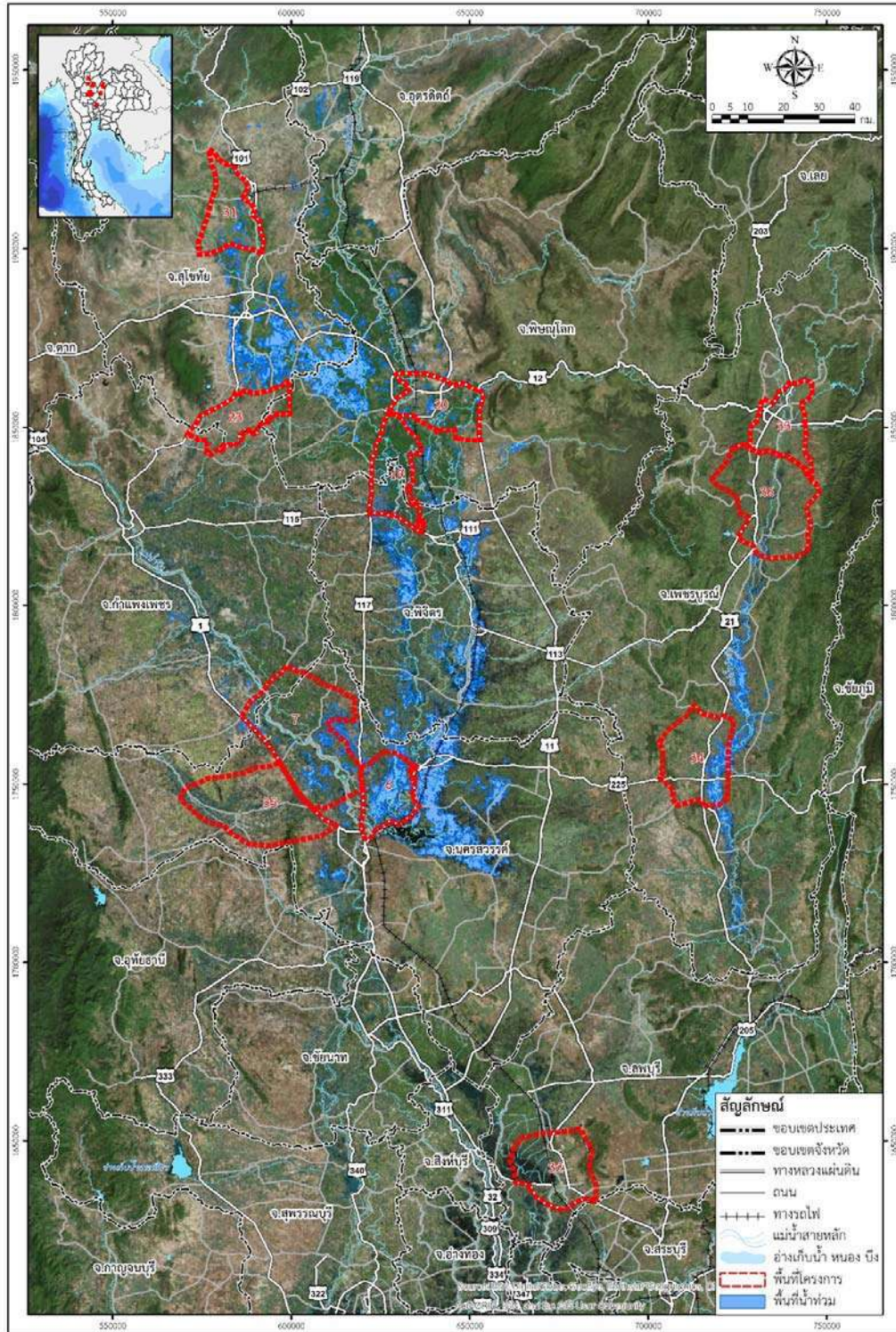
รูปที่ 6.4-14 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 20/9/2016



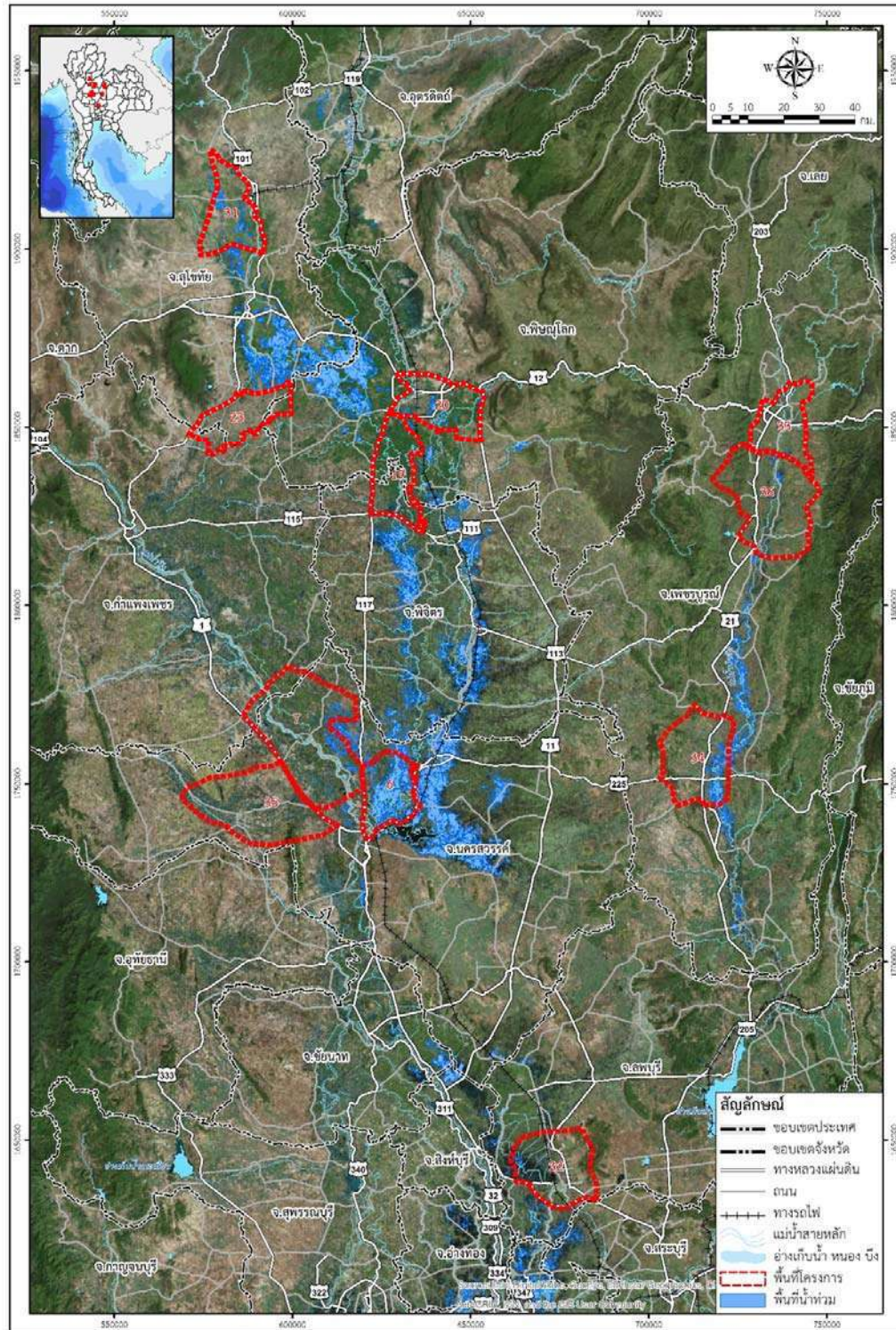
รูปที่ 6.4-15 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 30/9/2016

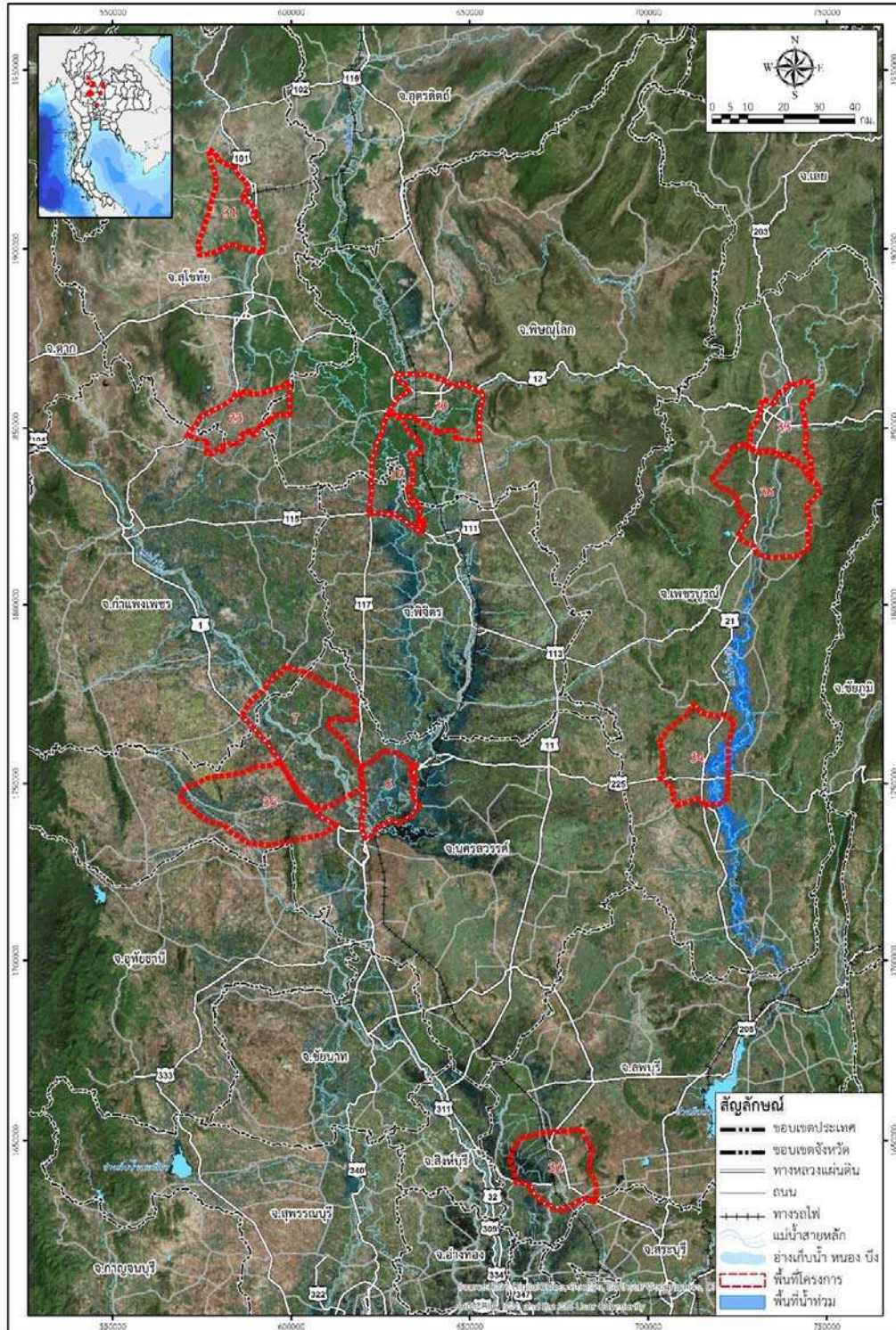


รูปที่ 6.4-16 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 3/10/2016

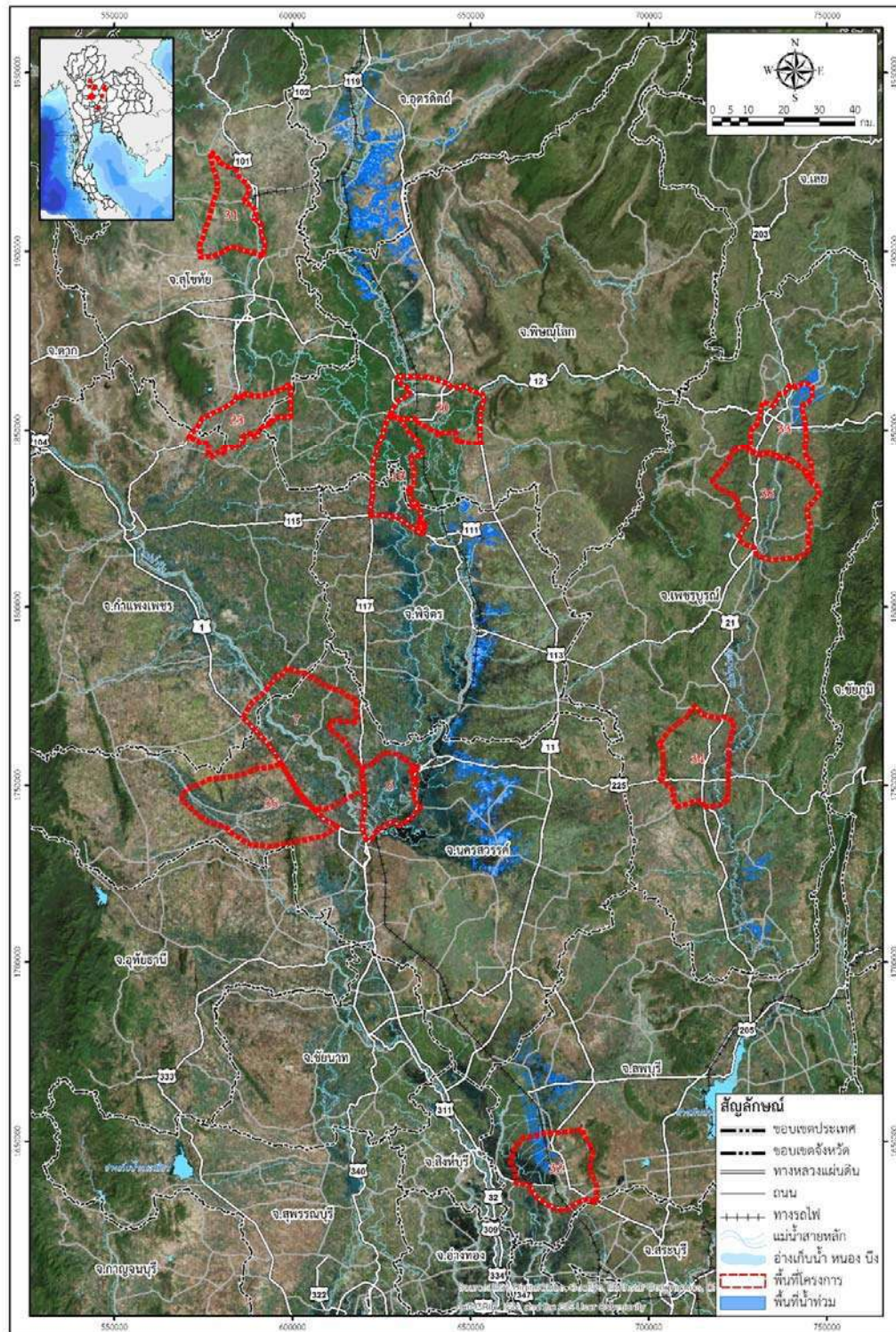


รูปที่ 6.4-17 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 7/10/2016,

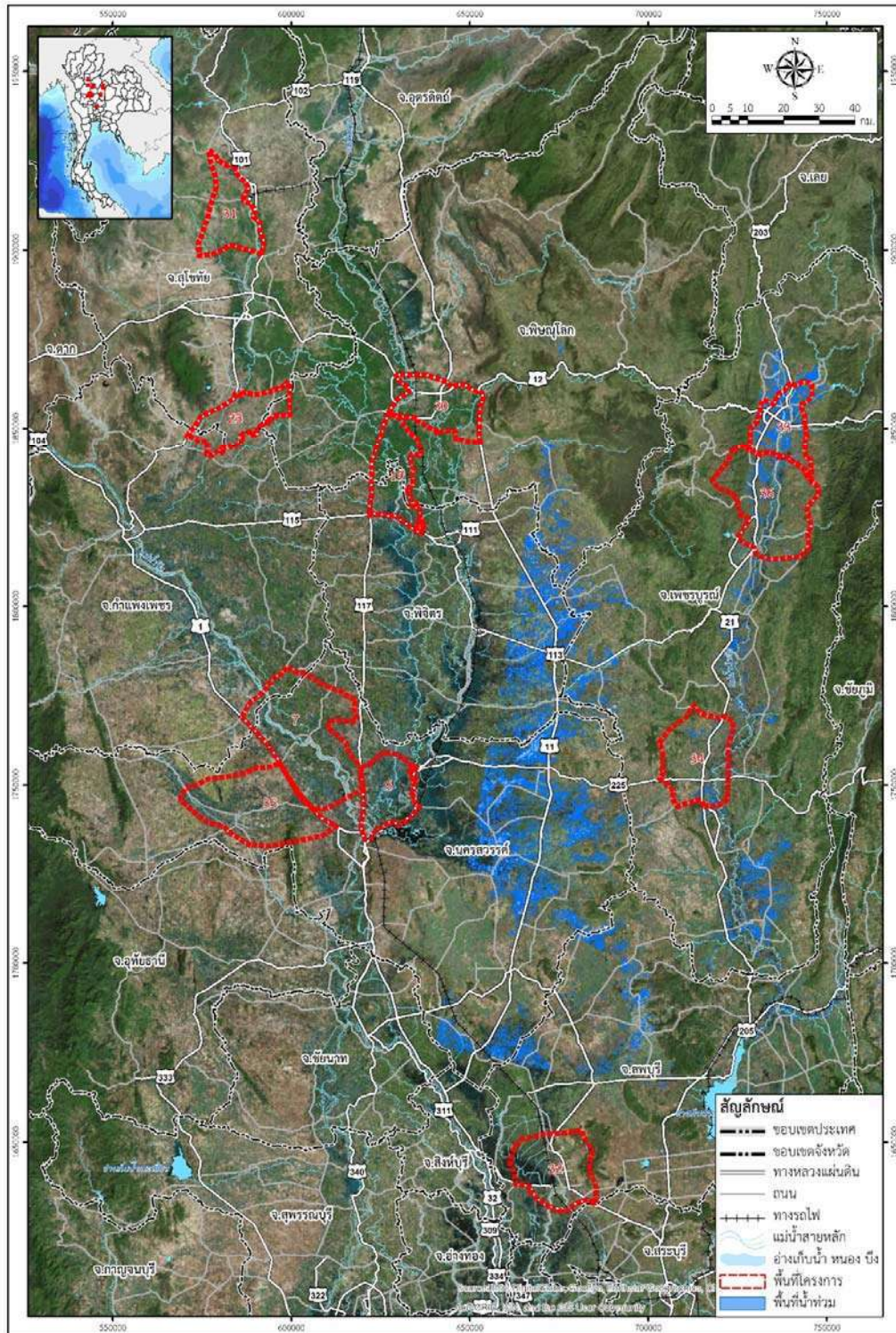




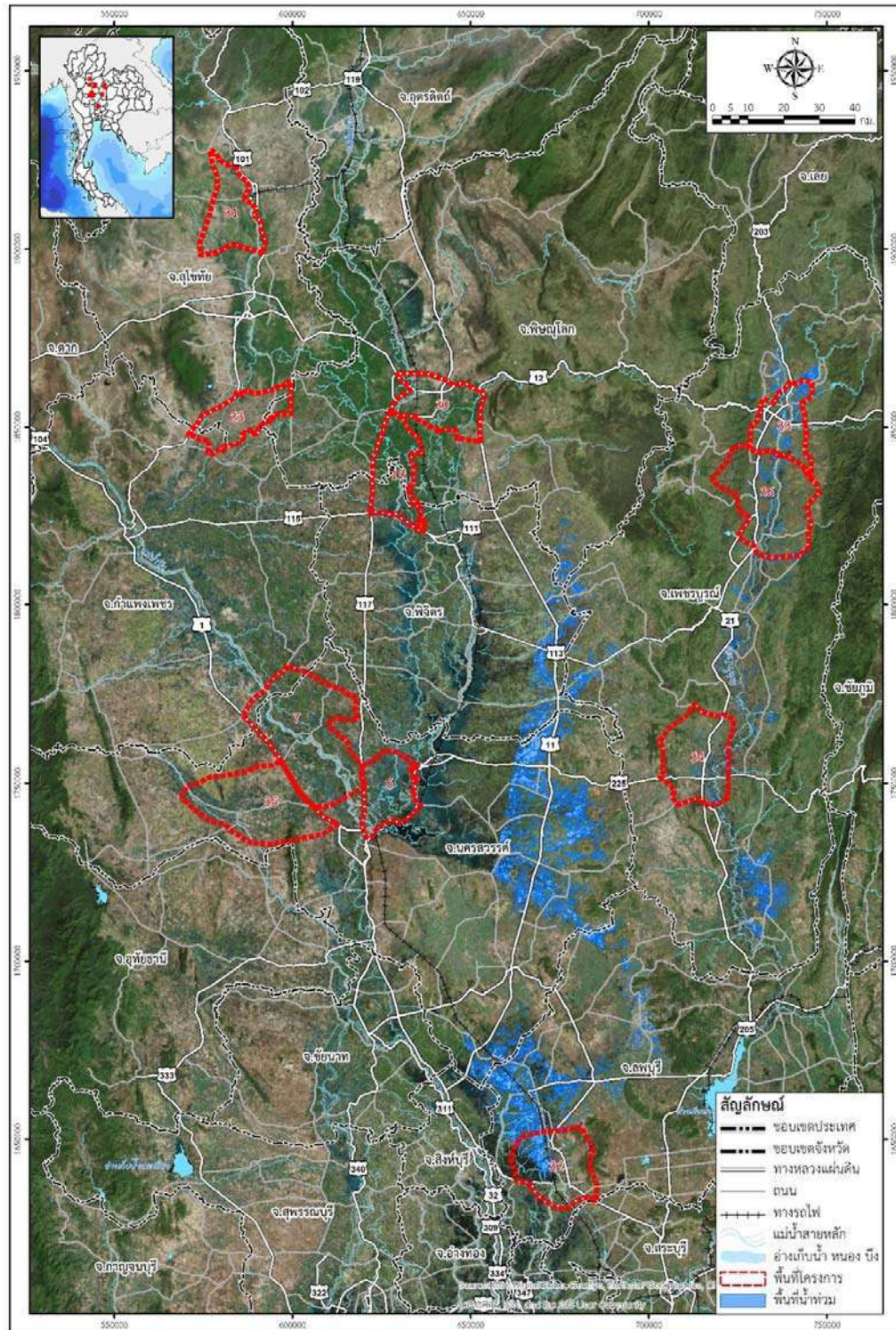
รูปที่ 6.4-19 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 10/10/2016



รูปที่ 6.4-20 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26/7/2017



รูปที่ 6.4-21 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 28/7/2017



รูปที่ 6.4-22 ภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 29/7/2017



บทที่ 7

การศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง

7. การศึกษาพฤติกรรมการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง

เนื้อหาที่นำเสนอในบทนี้เป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น ประเด็นที่นำเสนอ จึงประกอบด้วย แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษา การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง และการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองเพื่อประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากและการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity) ของแต่ละปัจจัย โดยรายละเอียดของแต่ละหัวข้อสามารถแสดงได้ดังนี้

7.1. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยในครั้งนี้ คือ แบบจำลอง Mike Flood ของ Danish Hydraulics Institute ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ด้าน Hydrodynamics ของสภาพการไหลในลำน้ำสายหลัก และในพื้นที่น้ำท่วม ประกอบด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์ทั้งแบบ 1 มิติ (1D) และ 2 มิติ (2D) และแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (NAM Model) เพื่อใช้จำลองระบบโครงข่ายลำน้ำในพื้นที่โครงการฯ และนำมาใช้เป็นส่วนการคำนวณ/ประมวลผลสภาพทางชลศาสตร์ สำหรับศึกษา/วิเคราะห์สภาพการไหลในปัจจุบันรวมถึงใช้ศึกษาทางเลือกในการแก้ปัญหาอุทกภัยที่เหมาะสมในอนาคต โปรแกรมมีระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ดี สามารถแสดงผลการคำนวณในรูปของแผนภูมิ ตาราง และแผนที่น้ำท่วมได้จาก DEM ที่สามารถ Integrate เข้าไปในแบบจำลอง และสามารถเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ (GIS)

7.1.1. ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาอุทกภัยด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลพื้นฐานทางด้านภูมิประเทศ รูปตัดลำน้ำ และข้อมูลด้านอุตุ-อุทกวิทยา ดังนี้

(1) ข้อมูลด้านภูมิประเทศและหน้าตัดลำน้ำ ประกอบด้วย

- แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร
- แผนที่มาตราส่วน 1:4000 ระยะห่างเส้นชั้น 2 เมตร
- ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำตลอดแนวโครงข่ายลำน้ำที่จัดทำ โดยข้อมูลรูปตัดลำน้ำที่ได้จากการรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ



(2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ประกอบด้วย

- ข้อมูลฝนรายวัน โดยกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ของสถานีวัดน้ำฝน ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและบริเวณใกล้เคียง
- ข้อมูลอุณหภูมิจนเฉลี่ยรายเดือนของกรมอุตุนิยมวิทยา
- ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลเฉลี่ยรายวันที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำโครงการและบริเวณใกล้เคียงของกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำ
- ผลการวิเคราะห์ความถี่ฝนสูงสุดในช่วง 1-30 วัน โดยวิธีทางสถิติจากการศึกษาทางด้านอุทกวิทยา

7.1.2. ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

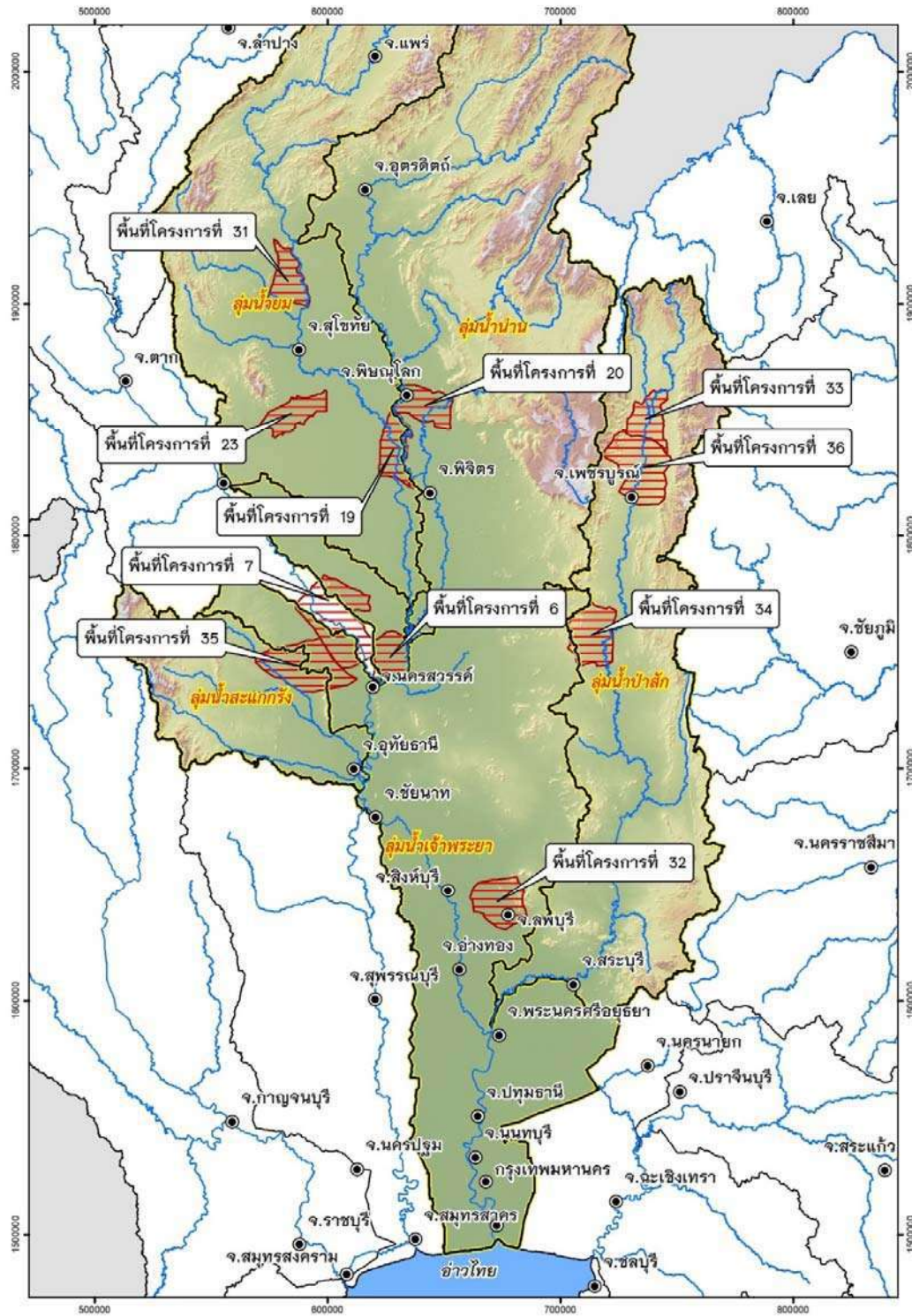
ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองฯมีรายละเอียดมาก สามารถสรุปเป็นแผนภูมิอย่างง่ายดังรูปที่ 7.1-1 ประกอบด้วย

- 1) เริ่มต้นจะเป็นการนำเข้าสู่ข้อมูลด้านกายภาพและข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของ MIKE 11 และส่วนของ MIKE 21 โดยข้อมูลด้านกายภาพที่จะนำเข้าสู่แบบจำลอง MIKE 11 ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ โครงข่ายคลองส่งน้ำ และข้อมูลอาคารทางชลศาสตร์ เป็นต้น และแบบจำลอง MIKE 21 ต้องใช้ข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ในบริเวณพื้นที่โครงการ ส่วนข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาของแบบจำลองจะป้อนเข้าผ่านทางแบบจำลอง MIKE 11 จากนั้นต้องนำลักษณะทางกายภาพโดยคร่าวๆ ของพื้นที่โครงการมาประเมินค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยอ้างอิงกับงานวิจัยหรือโครงการอื่นที่มีพื้นที่โครงการหรือลักษณะโครงการใกล้เคียงกันเพื่อจำเป็นในการจำลองเหตุการณ์ เช่น Manning Roughness Coefficient, Weir Coefficient ฯลฯ เป็นต้น เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำงานได้
- 2) ขั้นตอนต่อมาคือ การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) ซึ่งการปรับเทียบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง เช่น ค่าระดับน้ำท่วมมีความถูกต้องหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ในการปรับเทียบนี้จะเป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าที่ตรวจวัดได้ในสนามรายละเอียดของขั้นตอนนี้จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป
- 3) แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านขั้นตอนของการ Calibration และ Verify แล้วจะเป็นแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้งานต่อไปได้

ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับพัฒนาเป็นแบบจำลองได้มีการทบทวนที่ตั้งของพื้นที่น้ำร่องทั้ง 11 พื้นที่ ซึ่งพบว่าตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม น่าน ป่าสัก และเจ้าพระยา-สะแกกรัง ดังแสดงในรูปที่ 7.1-2 ซึ่งแต่ละลุ่มน้ำมีแนวทางการนำเข้าสู่ข้อมูลและผลการศึกษาดังนี้



รูปที่ 7.1-1 ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 7.1-2 พื้นที่ลุ่มน้ำหลักของพื้นที่นำร่องทั้ง 11 พื้นที่



7.1.2.1. กลุ่มน้ำยมและกลุ่มน้ำน่าน

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่าน โดยเฉพาะพื้นที่ตอนล่างของกลุ่มน้ำมีลักษณะของการเกิดน้ำท่วมที่มีความเกี่ยวเนื่องกันโดยมักจะเกิดปริมาณน้ำหลากจากลุ่มน้ำยมและน่านไหลข้ามลุ่มน้ำทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและการบริหารจัดการ ในขั้นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ในลุ่มน้ำยมและน่านซึ่งครอบคลุมการศึกษาในพื้นที่น้ำร่องที่ 31 23 19 และ 20 จึงได้รวมเอาพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านเข้าด้วยกัน มีขั้นตอนดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน ประกอบด้วย ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและ อุทกวิทยา ข้อมูลอาคารบังคับน้ำต่างๆ และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณการระเหย ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า และข้อมูลการระบายน้ำของอาคารบังคับน้ำต่างๆ สรุปได้ดังนี้

- ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในลุ่มน้ำยมและน่าน มีจำนวน 38 สถานี
- ข้อมูลปริมาณการระเหย ที่มีในบริเวณพื้นที่น้ำลุ่มน้ำยมและน่าน จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอท่าวังผา จ.น่าน สถานีอำเภอเมืองน่าน สถานีอำเภอเมืองแพร่ สถานีอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ สถานีอำเภอเมืองพิษณุโลก และสถานีอำเภอเมืองนครสวรรค์
- อัตราการไหลและระดับน้ำที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า มีจำนวน 21 สถานี
- อัตราการระบายน้ำออกจากเขื่อนสิริกิติ์ ส่วนเขื่อนนเรศวร ปตร.แม่ข่าย และปตร.บ้านยางซ้าย ประตูถูกเปิดออกสุดในช่วงฤดูน้ำหลาก

1.2) ข้อมูลกายภาพทั่วไป

ข้อมูลกายภาพ ประกอบด้วย

(1) ข้อมูลสำรวจรูปตัดลำน้ำ

ในระบบโครงข่ายลำน้ำในแบบจำลอง ประกอบด้วย แม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และแม่น้ำแควน้อย ปรับปรุงข้อมูลรูปตัดลำน้ำที่มีการสำรวจขึ้นใหม่ในแม่น้ำยมและน่าน สรุปเป็นตาราง ดังนี้



ชื่อลำน้ำ	Branch in MIKE11	ปีสำรวจ	ความยาวลำน้ำ (กม.)	ช่วงความยาวรูปตัด	จำนวนรูปตัด
น้ำแม่ยมตอนบน	YOM	2548	524.5	ประมาณ 4 – 6 กม.	113
แม่น้ำยมตอนล่าง	LOWERYOM	2537-2541	114.3	ประมาณ 7 กม.	46
แม่น้ำน่านตอนบน (เหนือเขื่อนสิริกิติ์)	NAN	2537	238.0	ประมาณ 8 กม.	49
แม่น้ำน่านตอนล่าง (ท้ายเขื่อนสิริกิติ์)	NAN2	2548	448.0	ประมาณ 5 กม.	114
ลำน้ำแควน้อย	KHAEWNOI	2548	87.1	ประมาณ 2 กม.	26
รวม			1,038.4	-	348

(2) ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network)

ลำน้ำสายหลักในกลุ่มน้ำยม-น่านที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วมคือ แม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน ดังแสดงในรูปที่ 7.1-3 ถึง 7.1-4

(3) กริดน้ำท่วม (2D Overland Flow Grid)

พื้นที่ลุ่มน้ำยม-น่าน ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงและเชิงเขาช่วงตอนบนและเป็นที่ราบช่วงตอนล่าง ดังนั้นขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ราบช่วงแคบๆ จากตลิ่งทั้งสองฝั่งในช่วงตอนบนและแม่เป็นทุ่งน้ำท่วมทางด้านล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนี้ยังมีถนนคันกั้นน้ำอยู่เป็นช่วง ระดับน้ำท่วมจึงมีค่าสูงไม่มากนักในบริเวณพื้นที่ศึกษาของโครงการ (ซึ่งอยู่ตอนล่างของกลุ่มน้ำ) สำหรับพื้นที่ที่ประสบภัยน้ำท่วมซ้ำซากของพื้นที่ศึกษานำร่อง จะถูกจำลองในแบบจำลองสภาพน้ำด้วยกริดน้ำท่วม เพื่อจำลองลักษณะการไหลแบบสองมิติด้วย 2D Engines (แบบจำลอง MIKE21) ตามลักษณะการจำลองพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละกริดแบบสองมิติ

กริดน้ำท่วมจะถูกจำลองด้วยการนำเข้าสู่ข้อมูลพื้นผิวระดับ (DEM, Digital Elevation Model) ที่ได้จัดทำ โดยการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายลำน้ำของ 1D Engines และ 2D Engines จะแบบ Lateral Links ซึ่งจะใช้ระดับคันกั้นน้ำ หรือตลิ่งซ้ายและขวาของลำน้ำมากำหนดเป็นเงื่อนไขในการไหลล้นของน้ำเข้าสู่กริดน้ำท่วม

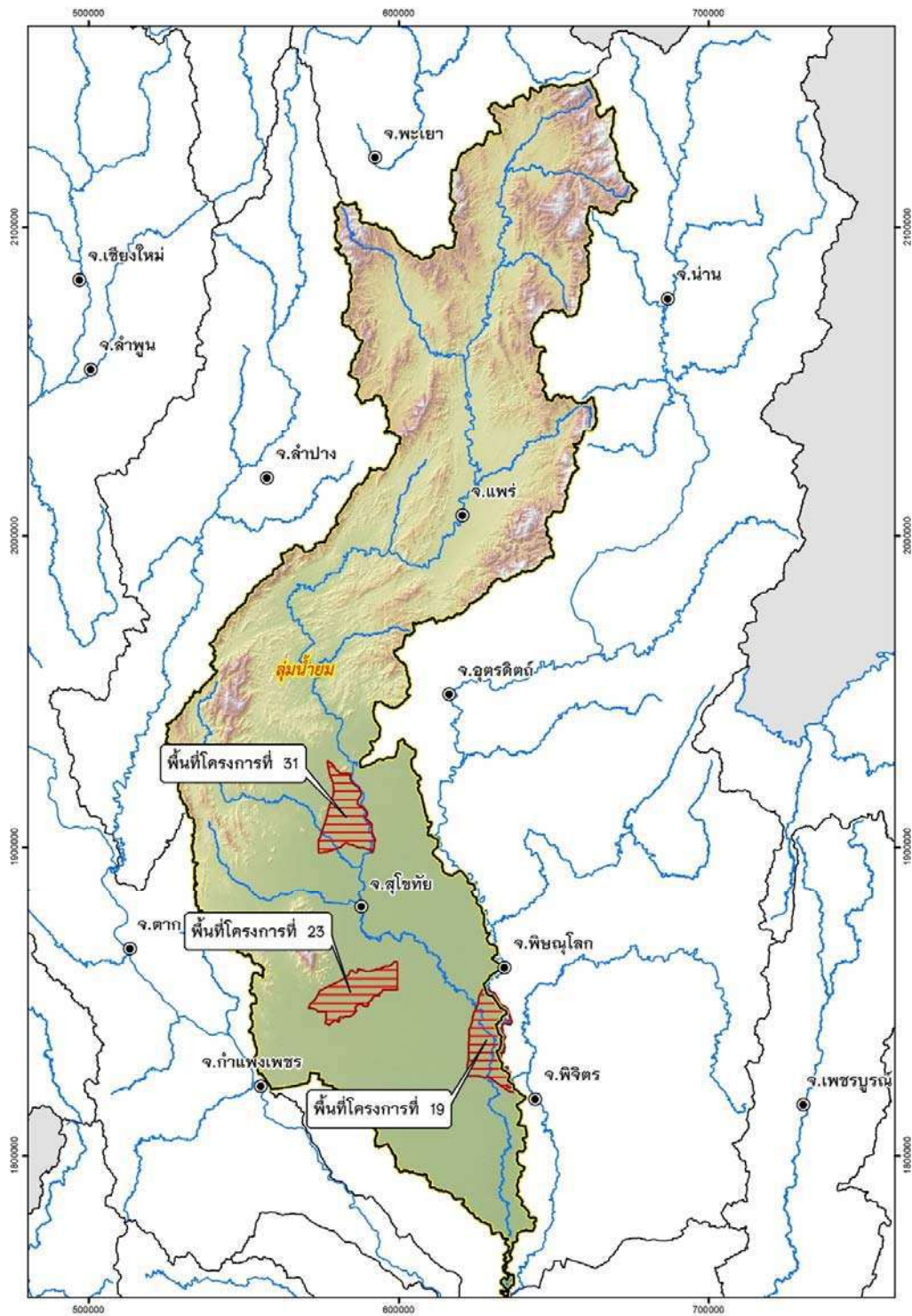
(4) ขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Condition)

ขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลองสภาพน้ำท่วมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสภาพพื้นที่ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับความเป็นจริง

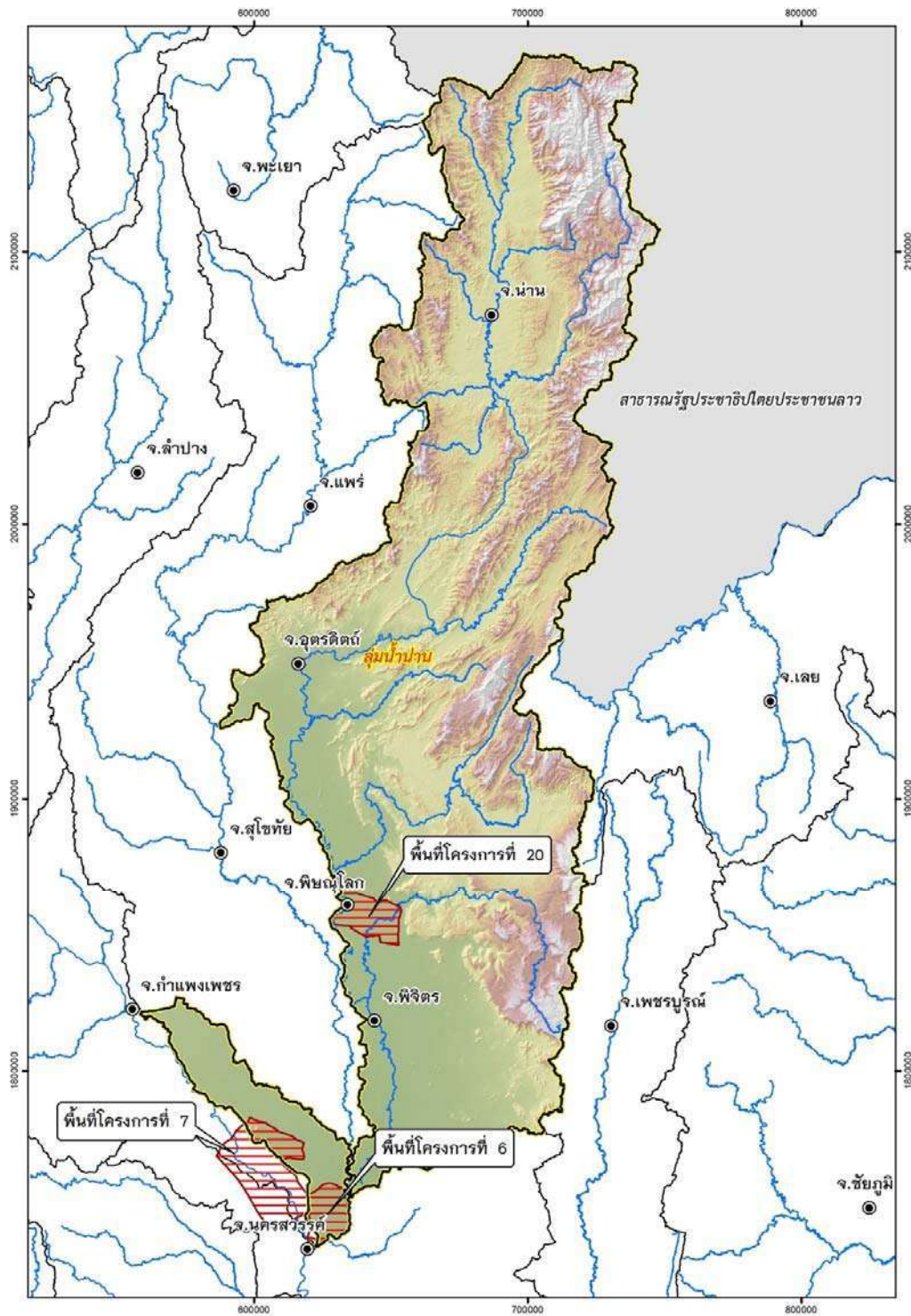


ขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลองสภาพน้ำท่วมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสภาพพื้นที่ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงได้กำหนดขอบเขตเงื่อนไขที่จะใช้สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ดังนี้

- ขอบเขตเงื่อนไขด้านเหนือน้ำ (Upstream Condition Boundary) ได้แก่ ปริมาณน้ำ (Discharge) จากการตรวจวัดที่สถานี Y.20 อ.สอง จ.แพร่ และ สถานีวัดน้ำท่า N.13A อ.เมือง จ.น่าน
- ขอบเขตเงื่อนไขด้านล่าง (Downstream Condition Boundary) คือ ระดับน้ำ (Water Level) จากการตรวจวัดที่สถานี C.2 ค่ายจิระประวัติ อ.เมือง จ.นครสวรรค์
- ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (Lateral Flow หรือ Side Flow) ของลำน้ำคำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ



รูปที่ 7.1-3 ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network) ลำน้ำสายหลักในลุ่มน้ำยม



รูปที่ 7.1-4 ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network) ลำน้ำสายหลักในลุ่มน้ำน่าน



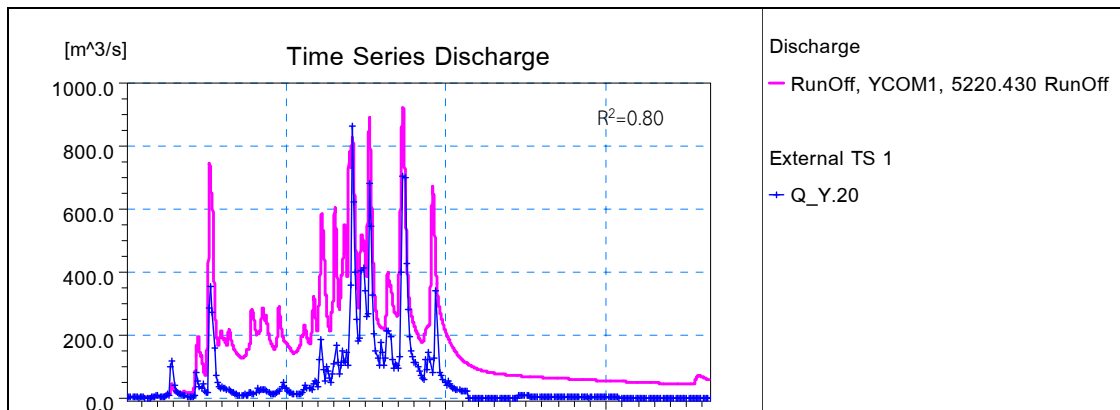
(5) การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ของยมและน่านจะแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 2 แบบจำลองย่อย คือแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (NAM Model) และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

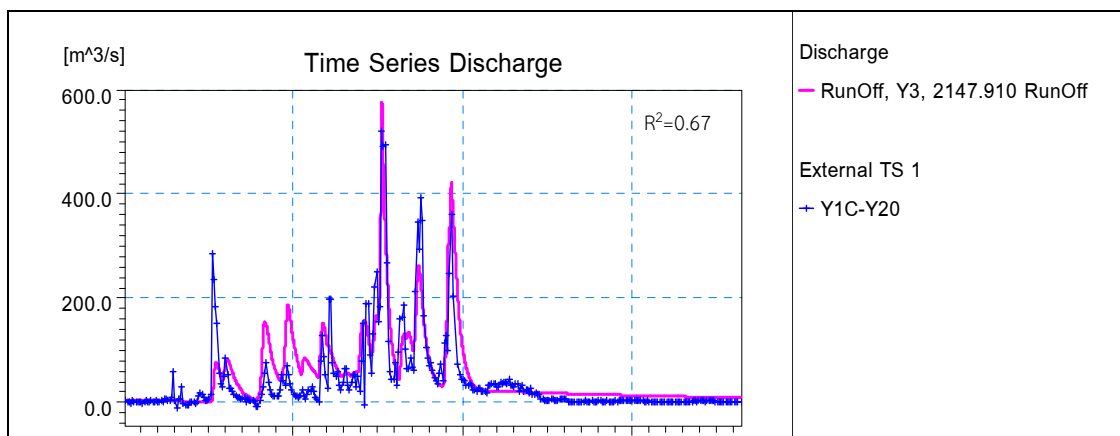
(5.1) MIKE11 NAM Model เป็นแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า

ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลจากแบบจำลองกับข้อมูลบันทึกได้ที่สถานีวัดน้ำท่าแสดงความสัมพันธ์ด้วยตัวแปรทางสถิติ Correlation Relationship (R^2) เป็นค่าดัชนีบ่งชี้ความสอดคล้องกันของข้อมูลทั้งสองชุด ซึ่งค่า $R^2=1$ แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสอดคล้องกันมาก และมีค่าลดลงเมื่อค่า R^2 ลดลง ค่า R^2 จาก NAM Model แสดงไว้ในตารางด้านล่าง และกราฟเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลอง กับข้อมูลบันทึกได้ที่สถานีวัดน้ำท่า ดังแสดงใน รูปที่ 7.1-5 ถึง รูปที่ 7.1-11 สรุปได้ว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสอดคล้องกันดี และยังคงใช้ค่าพารามิเตอร์ NAM Model ในทุกกลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลองที่มีอยู่เดิม ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 7.1-1

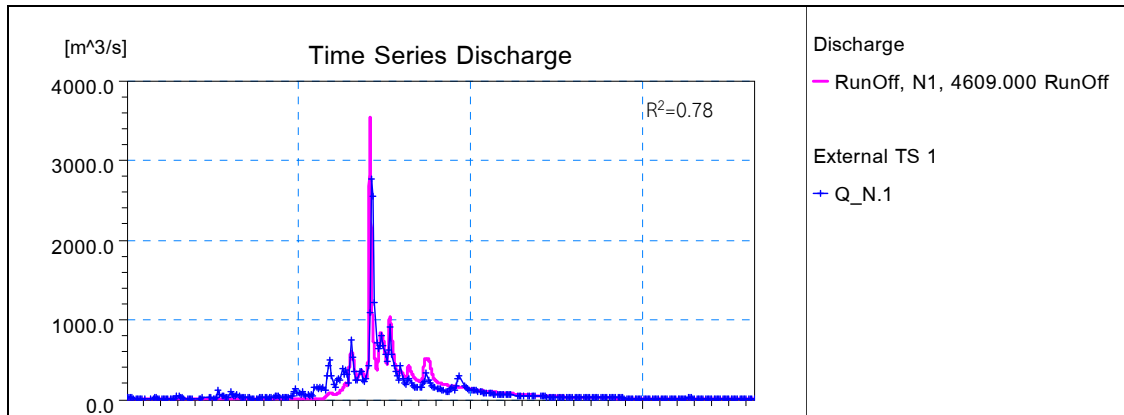
รหัสพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำท่าใช้เปรียบเทียบแบบจำลอง	Correlation Coefficient
Y1 และ Y2	Y.20	0.80
Y3	ผลต่างของปริมาณน้ำระหว่าง Y.1C กับ Y.20	0.67
Y4	ผลต่างของปริมาณน้ำระหว่าง Y.1C กับ Y.14	Y.14 ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า Y.1C จึงนำมาใช้ไม่ได้
N1	N.1	0.78
N3	N.42	ไม่มีข้อมูลอัตราการไหลบันทึกไว้
N5	ผลต่างของปริมาณน้ำระหว่าง N.12A กับ ปริมาณการระบายออกจากเขื่อนสิริกิติ์	อัตราการระบายออกจากเขื่อนสิริกิติ์ ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า N.12A
N6	ผลต่างของปริมาณน้ำระหว่าง N.12A กับ N.60	0.51
N8 และ N_KN	N.22	0.63 (เวลาเกิดคลื่นน้ำหลากไม่ตรงกัน แต่ยอดคลื่นมีความใกล้เคียงกันดี)
N9 (1,839 ตารางกิโลเมตร)	N.24	0.42



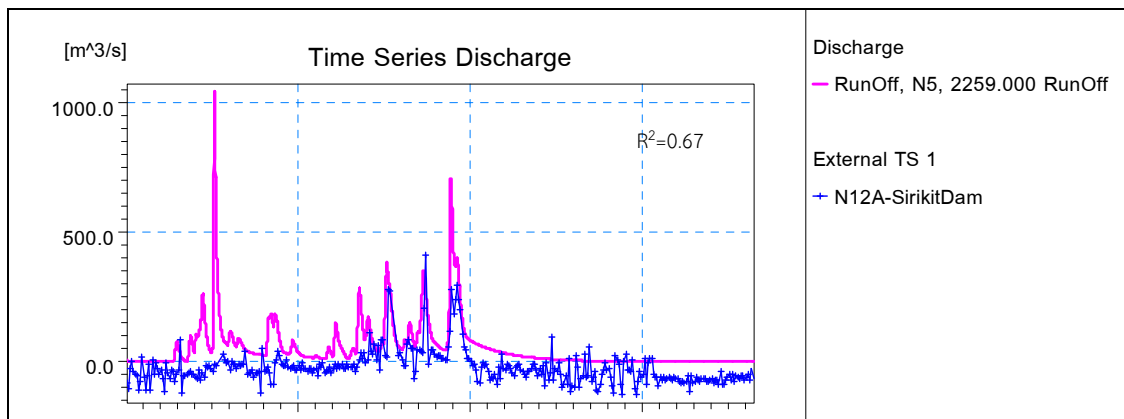
รูปที่ 7.1-5 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย Y1 และ Y2 เปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดได้ที่สถานี Y.20



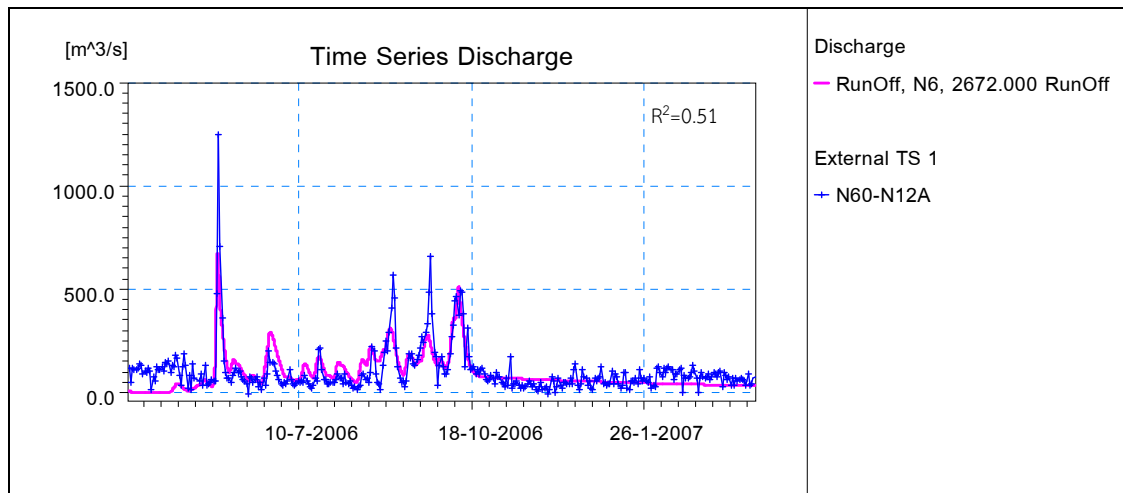
รูปที่ 7.1-6 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย Y3 เปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดได้ที่จากผลต่างของสถานี Y.20 กับ Y.1C



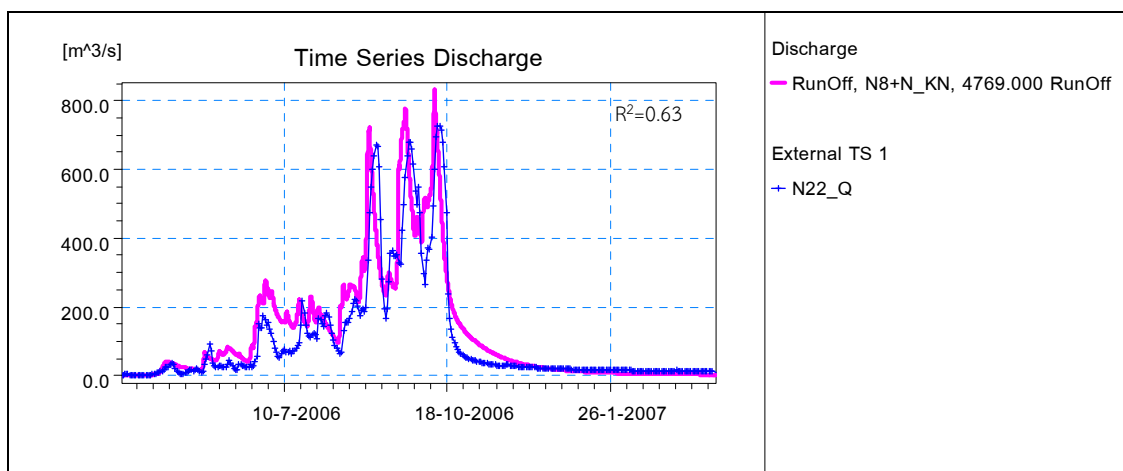
รูปที่ 7.1-7 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย N1 เปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดจากสถานี N.1



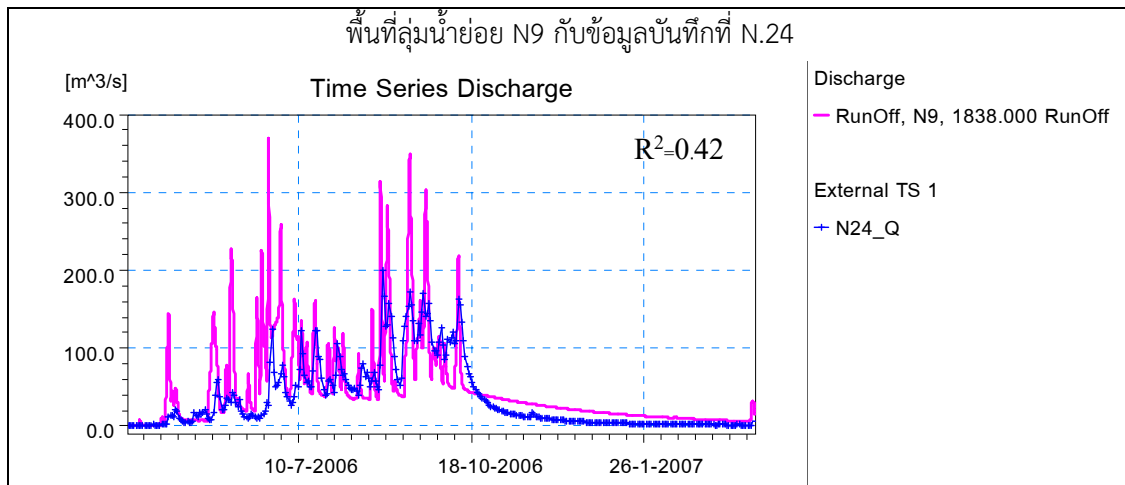
รูปที่ 7.1-8 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย N5 เปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดจากผลต่างของสถานี N.12.A กับ น้ำระบายจากเขื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 7.1-9 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย N6 เปรียบเทียบกับค่าตรวจวัด
ได้ที่จากผลต่างของสถานี N.60 กับ N.12A



รูปที่ 7.1-10 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย N8 และ N_KN เปรียบเทียบ
กับค่าตรวจวัดได้ที่จาก สถานี N.22



รูปที่ 7.1-11 ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลจาก NAM Model ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย N9 เปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดได้ที่จาก สถานี N.24



ตารางที่ 7.1-1 พารามิเตอร์ NAM Model ของลุ่มน้ำย่อยในแบบจำลองลุ่มน้ำยมและน่าน

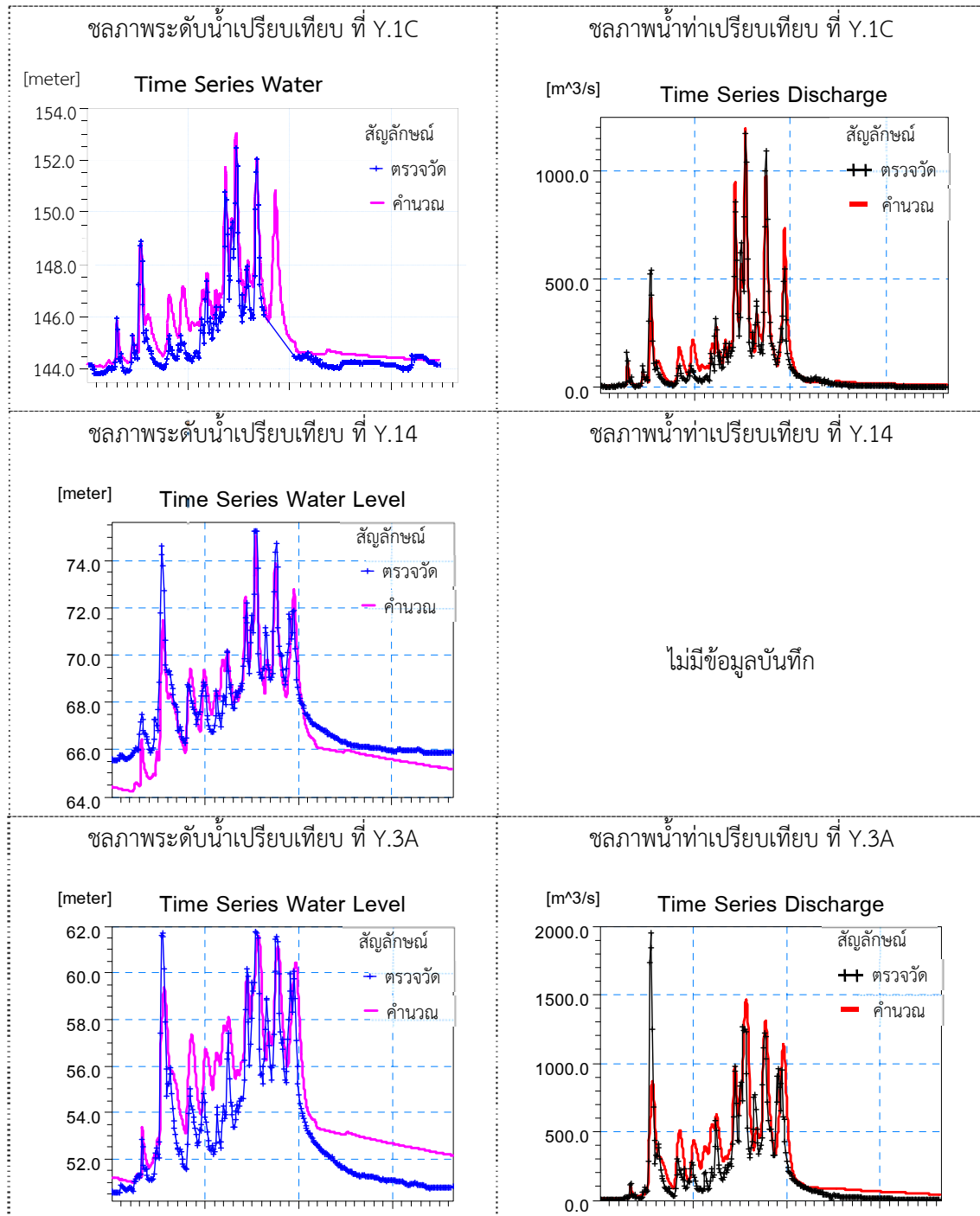
ค่าพารามิเตอร์ของ Surface-Rootzone								ค่าพารามิเตอร์ของ GroundWater	
ชื่อลุ่มน้ำย่อย	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
Y1	32.9	150	0.45	208.6	16	0.6	0.749	0.1	5500
Y2	32.9	150	0.45	208.6	16	0.6	0.749	0.1	5500
Y3	33	253	0.6	300	40	0.6	0.67	0.8	4000
Y4	33	350	0.6	300	40	0.8	0.67	0.8	4000
Y5	15	150	0.45	300	40	0.3	0.88	0.8	4000
Y6	15	150	0.45	300	40	0.3	0.88	0.8	4000
Y7	15	150	0.45	300	40	0.3	0.88	0.8	4000
Y8	5	150	0.46	1693	46	0.1	0.422	0.307	4644
N1	35	100	0.5	1892	23.6	0.65	0.984	0.0382	1030
N2	35	100	0.5	1892	23.6	0.65	0.984	0.038	1030
N3	20	380	0.95	1500	25	0.98	0.5	0.8	1600
N4	10.4	80	0.5	319.8	21.8	0.0786	0.857	0.04	1030
N5	10.4	80	0.5	319.8	21.8	0.0786	0.857	0.9	546.7
N6	5	150	0.46	1693	46	0.1	0.422	0.307	4644
N7	5	150	0.46	1693	46	0.1	0.422	0.307	4644
N8	10	100	0.5	1000	10	0	0	0	2000
N_KN	19	265	0.962	621.2	48.3	0.899	0.29	0.197	549.5
N9	10	100	0.5	1000	10	0	0	0	2000
N10	5	150	0.46	1693	46	0.1	0.422	0.307	4644
N11	5	150	0.46	1693	46	0.1	0.422	0.307	4644
N12	5	150	0.46	1693	46	0.1	0.422	0.307	4644



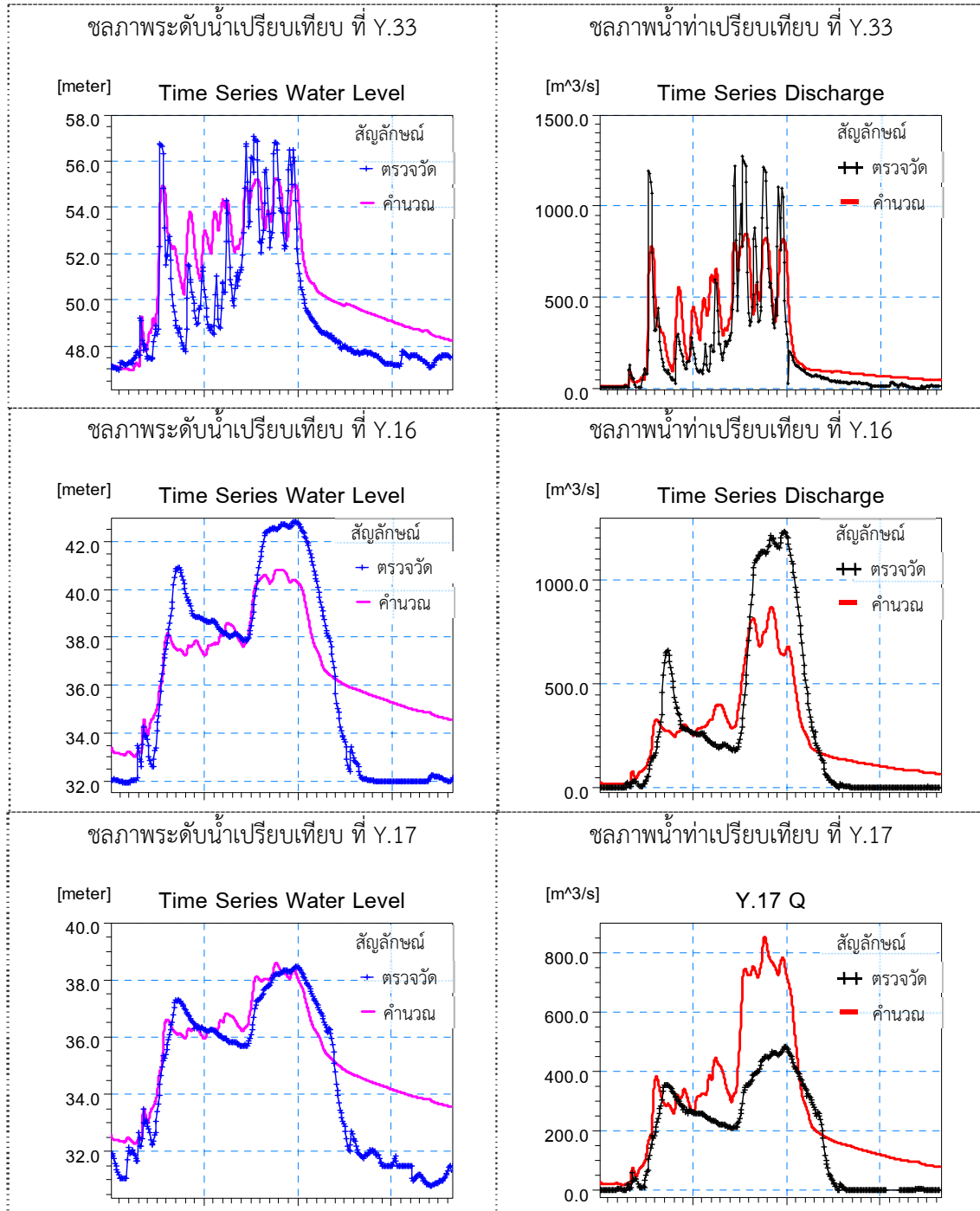
(5.2) แบบจำลอง MIKE11 Hydrodynamic Model

ผลการคำนวณจากแบบจำลอง แสดงด้วยกราฟเปรียบเทียบค่าระดับน้ำและอัตราการไหลกับชุดข้อมูลบันทึกได้ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ตามแนวแม่น้ำยมและน่าน ดังรูปที่ 7.1-12 ถึง รูปที่ 7.1-14 ความสอดคล้องของเส้นกราฟทั้งสอง แสดงด้วยค่า R^2 โดยเฉลี่ยมีค่า $R^2=0.75$ ของทั้งสองชนิดข้อมูล และเมื่อพิจารณาพร้อมกับเส้นกราฟจากรูปด้านล่าง ให้ผลการคำนวณที่สอดคล้องใกล้เคียงกับข้อมูลบันทึกที่สถานีวัดน้ำท่า จึงสรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's n) ซึ่งเป็นตัวพารามิเตอร์สำคัญของการไหลของน้ำ ยังคงใช้ค่าในแบบจำลองที่มีอยู่เดิม ในร่องน้ำหลัก มีค่าในช่วง 0.025 ถึง 0.05 ส่วนในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง มีค่า 0.05 ถึง 0.08 ดังแสดงค่า Manning's n ในแต่ละช่วงลำน้ำได้ดังนี้

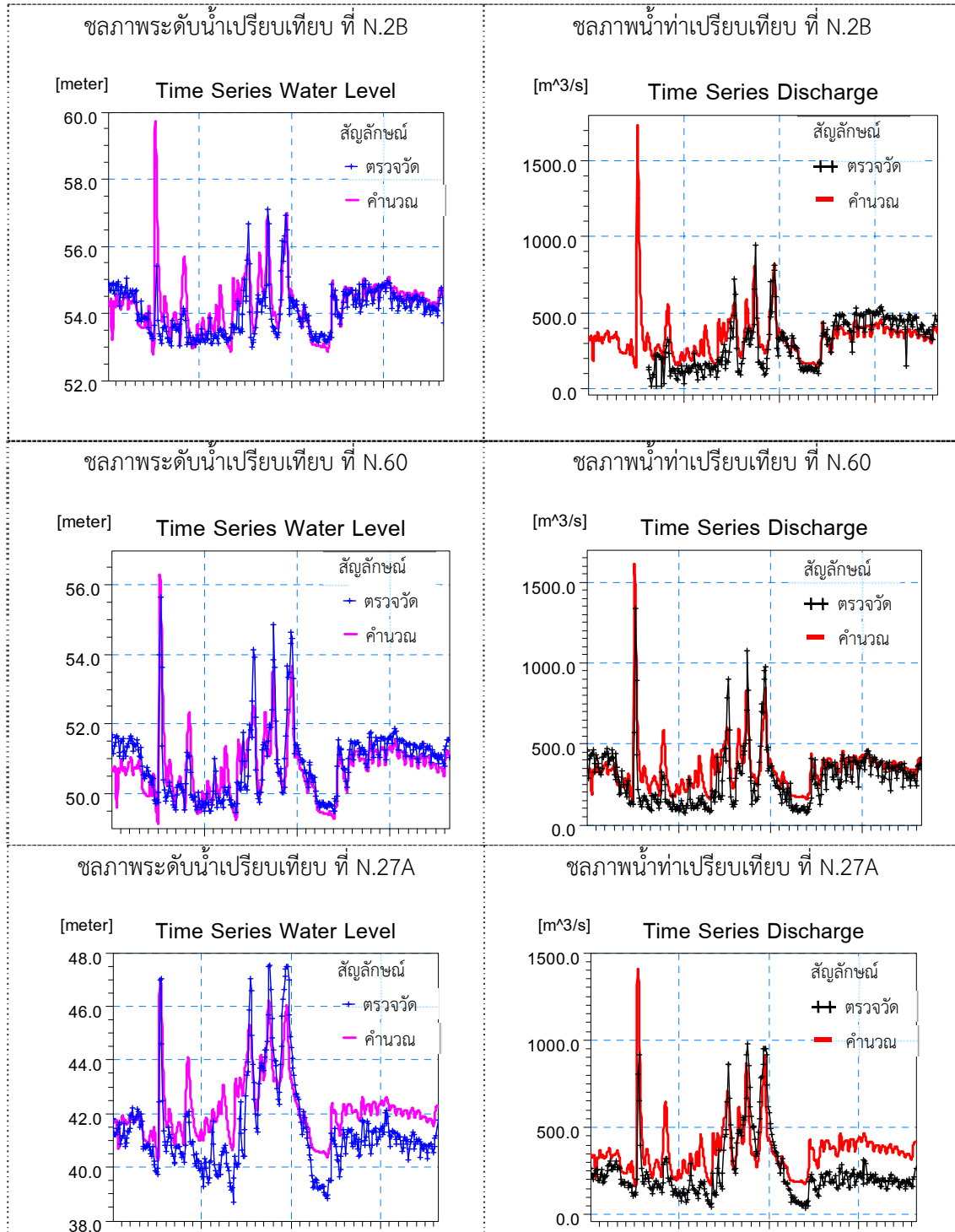
ช่วงลำน้ำตั้งแต่ (ม.)		ถึง (ม.)		ค่า Manning's n
NAN	0	NAN	65,200	0.04
Nan	71,200	NAN2	197,350	0.03
NAN2	205,950	NAN2	268,450	0.035
NAN2	277,650	NAN2	325,150	0.045
NAN2	333,100	NAN2	448,000	0.03
NY-fp	0	NY-fp	102,210	0.08
YOM	14,000	Yom	264,800	0.05
YOM	268,800	Yom	333,380	0.04
Yom	339,150	YOM	364,900	0.035
Yom	370,350	Yom	399,450	0.05
YOM	405,450	Yom	529,200	0.025
Yom-fp	0	Yom-fp	41,800	0.05
YOM-FP	44,700	YOM-FP	80,300	0.07



รูปที่ 7.1-12 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับน้ำและอัตราการไหล ระหว่างผลการคำนวณกับสถิติข้อมูลที่สถานีวัดน้ำท่า Y.1C Y.14 และ Y.3A



รูปที่ 7.1-13 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับน้ำและอัตราการไหล ระหว่างผลการคำนวณกับสถิติข้อมูลที่สถานีวัดน้ำท่า Y.33 Y.16 และ Y.17



รูปที่ 7.1-14 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับน้ำและอัตราการไหล ระหว่างผลการคำนวณกับสถิติข้อมูลที่สถานีวัดน้ำท่า N.2B N.60 และ N.27A



7.1.2.2. กลุ่มน้ำป่าสัก

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ในกลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งครอบคลุมการศึกษาในพื้นที่น้ำร่องที่ 33 -34 และ 36 มีขั้นตอนดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกลุ่มน้ำป่าสักประกอบด้วย ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาและอุทกวิทยา ข้อมูลอาคารบังคับน้ำต่างๆ และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1) ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาและอุทกวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณการระเหย ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า และข้อมูลการระบายน้ำของอาคารบังคับน้ำต่างๆ สรุปได้ดังนี้

- ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ของกรมอุตุนิยมิวิทยา ในลุ่มน้ำยมและน่าน มีจำนวน 38 สถานี
- ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมิวิทยา กรมชลประทาน และสถานีโทรมาตรของหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก และบริเวณใกล้เคียง จำนวน 14 สถานี มีช่วงสถิติข้อมูลระหว่างปี 2538 ถึงปี 2558
- ข้อมูลปริมาณการระเหย ที่มีในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอหล่มสัก สถานีเพชรบูรณ์ สถานีอำเภอวิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์ และสถานีบัวชุม จ.ลพบุรี ซึ่งข้อมูลได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยรอบ 30 ปีย้อนหลังที่สถานีที่คัดเลือก
- ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน และข้อมูลระดับน้ำ ใช้ข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำของกรมชลประทาน จำนวน 10 สถานี มีช่วงสถิติข้อมูลระหว่างปี 2549 ถึงปี 2558

1.2) ข้อมูลกายภาพทั่วไป

ข้อมูลกายภาพ ประกอบด้วย

(1) ข้อมูลสำรวจรูปตัดลำน้ำ

ในระบบโครงข่ายลำน้ำในแบบจำลอง ประกอบด้วย แม่น้ำป่าสัก (ช่วงที่ 1) และแม่น้ำป่าสัก (ช่วงที่ 2) ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ สำรวจในช่วงปี 2546 และ 2550 สรุปเป็นตารางดังนี้



ชื่อลำน้ำ	Branch Name in MIKE11	ปีสำรวจ	ความยาวลำน้ำ (กม.)	ช่วงความยาวรูปตัด	จำนวนรูปตัด
แม่น้ำป่าสัก (ช่วงที่ 1)	PASAK	2546	132.70	0.5 กม.	266
แม่น้ำป่าสัก (ช่วงที่ 2)	PASAK1	2550	106.31	0.5 กม.	213
รวม			239.01	-	479

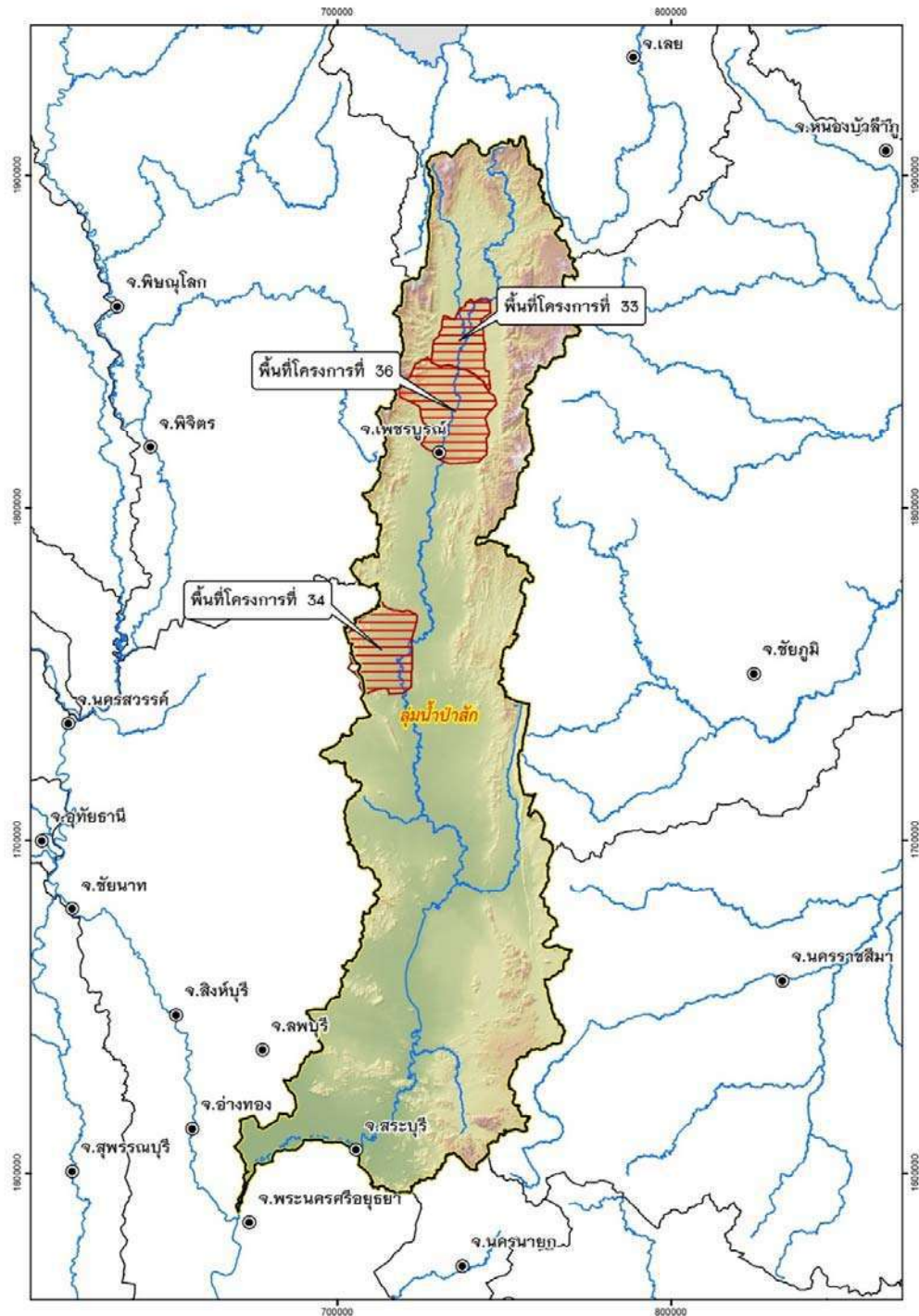
(2) ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network)

ลำน้ำสายหลักในกลุ่มน้ำป่าสักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วมมีเพียงแม่น้ำป่าสักสายเดียว ดังแสดงในรูปที่ 7.1-15

(3) กริดน้ำท่วม (2D Overland Flow Grid)

พื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงและเชิงเขา ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ราบช่วงแคบๆ จากตลิ่งทั้งสองฝั่ง นอกจากนี้ยังมีถนนคั่นกั้นน้ำอยู่เป็นช่วง ระดับน้ำท่วมจึงมีค่าสูง ดังนั้นพื้นที่ที่ประสบภัยน้ำท่วมซ้ำซาก จะถูกจำลองในแบบจำลองสภาพน้ำด้วยกริดน้ำท่วม เพื่อจำลองลักษณะการไหลแบบสองมิติด้วย 2D Engines (แบบจำลอง MIKE21) ตามลักษณะการจำลองพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละกริดแบบสองมิติ

กริดน้ำท่วมจะถูกจำลองด้วยการนำเข้าสู่ข้อมูลพื้นผิวระดับ (DEM, Digital Elevation Model) ที่ได้จัดทำ โดยการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายลำน้ำของ 1D Engines และ 2D Engines จะแบบ Lateral Links ซึ่งจะใช้ระดับคั่นกั้นน้ำ หรือตลิ่งซ้ายและขวาของลำน้ำมากำหนดเป็นเงื่อนไขในการไหลล้นของน้ำเข้าสู่กริด



รูปที่ 7.1-15 ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network) ลำน้ำสายหลักในลุ่มน้ำป่าสัก



(4) ขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Condition)

ขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลองสภาพน้ำท่วมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสภาพพื้นที่ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงได้กำหนดขอบเขตเงื่อนไขที่จะใช้สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ดังนี้

- ขอบเขตเงื่อนไขด้านเหนือน้ำ (Upstream Condition Boundary) ได้แก่ ปริมาณน้ำ (Discharge) จากการตรวจวัดที่สถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์
- ขอบเขตเงื่อนไขด้านล่าง (Downstream Condition Boundary) คือ ระดับน้ำ (Water Level) จากการตรวจวัดที่สถานี S.42 อ.วิเชียรบุรี
- ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (Lateral Flow หรือ Side Flow) ของลำน้ำคำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ

(5) การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ของยมและน่านจะแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 2 แบบจำลองย่อย คือแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (NAM Model) และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

(5.1) MIKE11 NAM Model เป็นแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า

ในการดำเนินการเปรียบเทียบแบบจำลอง เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่เหมาะสม ได้ทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับแบบจำลองชลศาสตร์ของลุ่มน้ำป่าสักประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 6 ลุ่มน้ำ มีรหัสเรียก PS02 ถึง PS07 ขนาดพื้นที่รวม 10,812.90 ตารางกิโลเมตร

เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลปริมาณฝนรายวันของ 14 สถานี ประกอบด้วย สถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 13 สถานีและสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 1 สถานี เพื่อทำการแปลงปริมาณฝนที่ตรวจวัดที่สถานีให้เป็นปริมาณฝนลุ่มน้ำเฉลี่ยด้วยวิธีเฉลี่ยรูปทึบ (Theissen Polygon Method) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลอง 15 ตัวแปร จนกระทั่งได้กราฟน้ำท่าที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด ผลจากการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 7.1-2 และจะเป็นข้อมูลที่ใช้ต่อเนื่องในแบบจำลองชลศาสตร์ MIKE11 Hydrodynamic Model ที่จะจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำป่าสักต่อไป



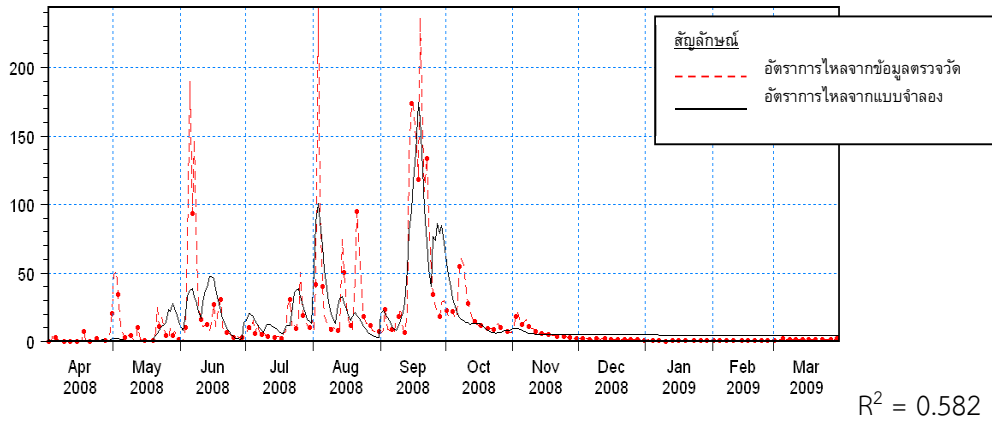
ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลจากแบบจำลอง MIKE 11 NAM กับข้อมูลบันทึกได้ที่สถานีวัดน้ำท่า แสดงความสัมพันธ์ด้วยตัวแปรทางสถิติ Correlation Relationship (R2) เป็นค่าดัชนีบ่งชี้ความสอดคล้องกันของข้อมูลทั้งสองชุด ซึ่งค่า $R^2=1$ แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสอดคล้องกันมาก และมีค่าลดลงเมื่อค่า R^2 ลดลง ค่า R^2 จาก MIKE 11 NAM Model แสดงไว้ในกราฟเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลอง กับข้อมูลบันทึกได้ที่สถานีวัดน้ำท่าในปี 2551-2552 ดังแสดงใน รูปที่ 7.1-16 จะเห็นได้ว่าผลการคำนวณได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดพอสมควร

ตารางที่ 7.1-2 ค่าพารามิเตอร์แบบจำลอง MIKE 11 NAM ของลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก

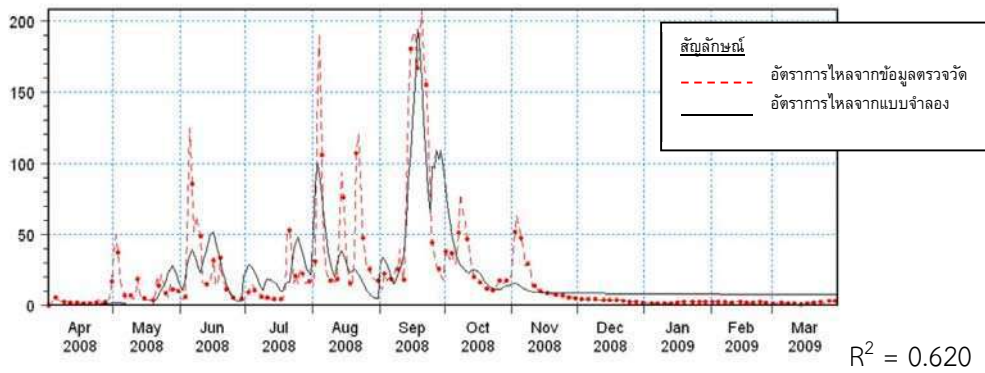
รายการ	หน่วย	PS02	PS03	PS04	PS05	PS06	PS07
Surface- Root Zone							
Umax	มม.	18.20	15.90	20.00	17.50	17.50	10.90
Lmax	มม.	199.00	289.00	156.00	252.00	252.00	106.00
CQOF	-	0.33	0.22	0.66	0.16	0.16	0.98
CKIF	ชม.	920.30	664.60	610.00	326.70	326.70	950.00
CK1,2	ชม.	41.40	48.20	46.10	47.90	47.90	45.00
TOF	-	0.07	0.12	0.89	0.28	0.28	0.03
TIF	-	0.40	0.25	0.08	0.08	0.08	0.90
Ground Water							
TG	-	0.67	0.77	0.32	0.72	0.72	0.86
CKBF	ชม.	2,761.00	1,425.00	1,093.00	1,973.00	1,973.00	1,176.00
Initial Condition							
U/Umax	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L/Lmax	-	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
QOF	ลูกบาศก์ เมตร/วินาที	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QF	ลูกบาศก์ เมตร/วินาที	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BF	ลูกบาศก์ เมตร/วินาที	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พื้นที่ลุ่มน้ำ	ตาราง กิโลเมตร	1,522.53	690.27	2,551.45	4,212.05	491.70	1,344.90



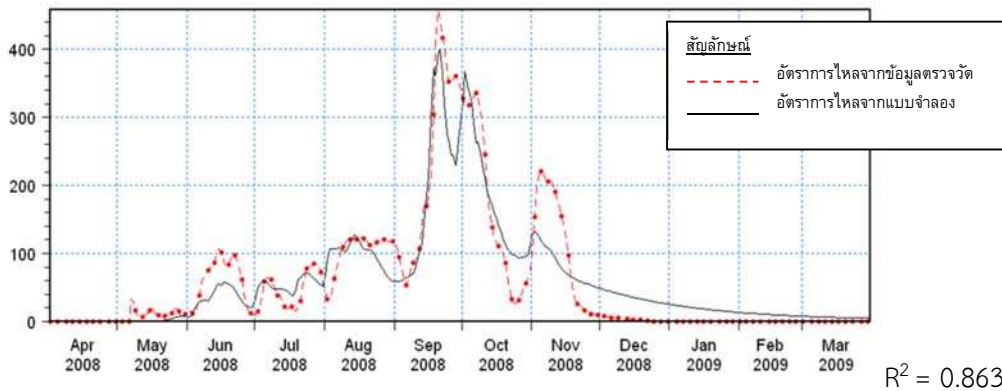
ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อย PS02 (1,522.53 ตารางกิโลเมตร)
เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สถานีตรวจวัด S.3



ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อย PS03 (690.27 ตารางกิโลเมตร)
เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สถานีตรวจวัด S.36



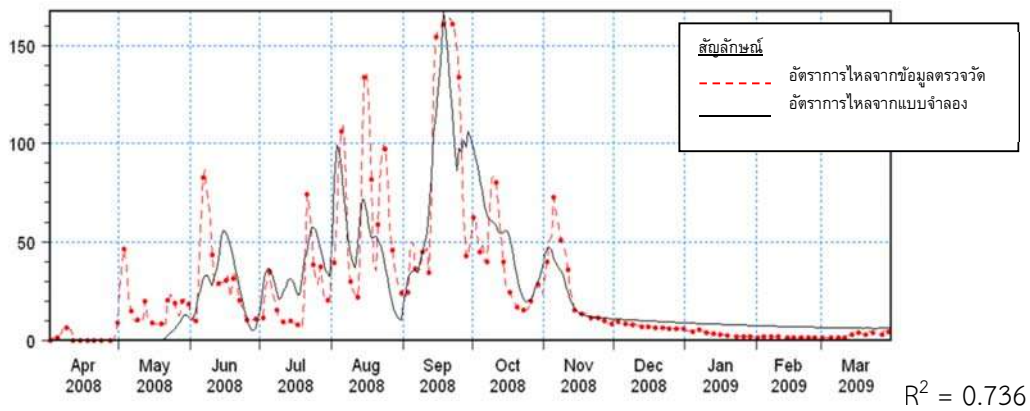
ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อย PS04 (2,551.45 ตารางกิโลเมตร)
เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สถานีตรวจวัด S.4B



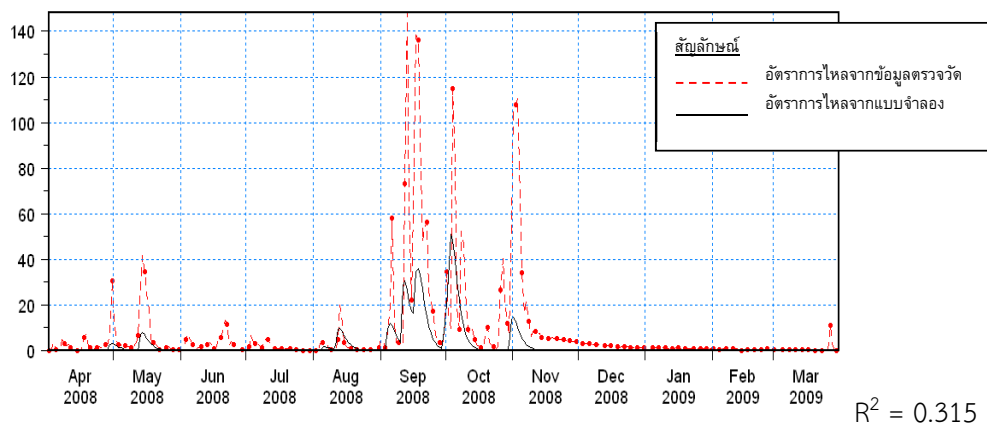
รูปที่ 7.1-16 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE 11 NAM ที่สถานีตรวจวัดต่างๆ ในปี 2551-2552 ใน
ลุ่มน้ำป่าสัก



ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อย PS05 (4,212.05 ตารางกิโลเมตร)
เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สถานีตรวจวัด S.42



ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อย PS07 (1,344.90 ตารางกิโลเมตร)
เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สถานีตรวจวัด S.14

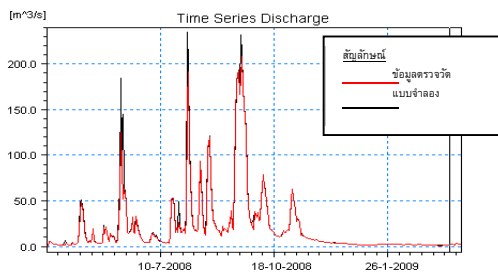


รูปที่ 7.1-16 (ต่อ) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE 11 NAM ที่สถานีตรวจวัดต่างๆ
ในปี 2551-2552 ในลุ่มน้ำป่าสัก

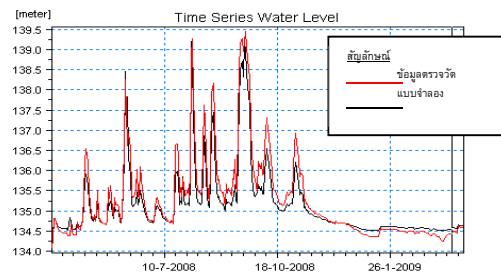
(5.2) แบบจำลอง MIKE11 Hydrodynamic Model

การเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบระดับน้ำและอัตราการไหลจากผลการคำนวณ กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำต่างๆ อันได้แก่สถานี S.36 และ S.4B ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองแสดงไว้ในกราฟอัตราการไหลและระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.1-17 และค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7.1-3

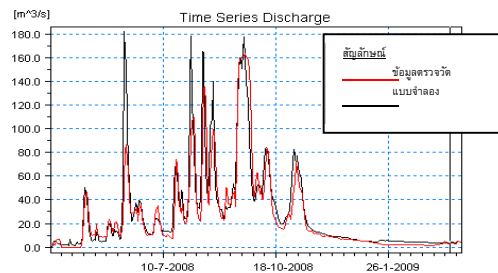
ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง HD
ที่สถานี S.36



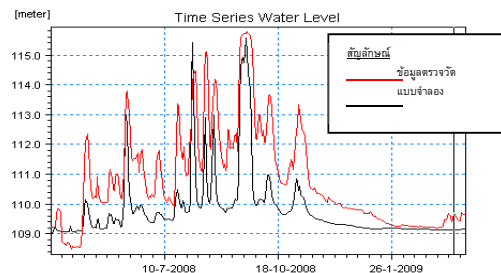
ผลการคำนวณระดับน้ำจากแบบจำลอง HD
ที่สถานี S.36



ผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลอง HD
ที่สถานี S.4B



ผลการคำนวณระดับน้ำจากแบบจำลอง HD
ที่สถานี S.4B



รูปที่ 7.1-17 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 Hydrodynamic Model ที่สถานีตรวจวัดต่างๆ
ในปี 2551-2552 ในลุ่มน้ำป่าสัก



ตารางที่ 7.1-3 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's n) ของลำน้ำ ในแบบจำลองลุ่มน้ำป่าสัก

ชื่อแม่น้ำ	ช่วงลำน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิง (n)
แม่น้ำป่าสัก (ช่วงที่ 1)	3,295.64 – 136,000	0.042
แม่น้ำป่าสัก (ช่วงที่ 2)	0 – 106,310.25	0.033



7.1.2.3. กลุ่มน้ำยมเจ้าพระยา-สะแกกรัง

การการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา-สะแกกรัง ซึ่งครอบคลุมการศึกษา
ในพื้นที่น้ำร่องที่ 6 7 32 และ 35 มีขั้นตอนดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกลุ่มน้ำเจ้าพระยา-สะแกกรัง ประกอบด้วย ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ข้อมูล
อุตุนิยมวิทยาและ อุทกวิทยา ข้อมูลอาคารบังค้ำน้ำต่างๆ และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณการระเหย ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า และข้อมูลการระบายน้ำของอาคารบังค้ำน้ำต่างๆ สรุปได้ดังนี้

- ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา กรม
ชลประทาน และสถานีโทรมาตรของหน่วยงานต่างๆ สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในแบบจำลอง
กลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และสะแกกรัง มีจำนวน 29 สถานี
- ข้อมูลปริมาณการระเหย ที่มีในบริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และสะแกกรัง
จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ สถานีอำเภอเมืองสุพรรณบุรี และ
สถานีกรุงเทพมหานคร
- อัตราการไหลและระดับน้ำที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าดัชนี มีจำนวน 25 สถานี

1.2) ข้อมูลกายภาพทั่วไป

ข้อมูลกายภาพ ประกอบด้วย

(1) ข้อมูลสำรวจรูปตัดลำน้ำ

ข้อมูลสำรวจรูปตัดลำน้ำ ในระบบโครงข่ายลำน้ำในแบบจำลอง ประกอบด้วย แม่น้ำ
เจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำป่าสักตอนล่าง คลองชัยนาท-ป่าสัก คลองบางใหญ่ คลอง
มหาสวัสดิ์ คลองภาษีเจริญ คลองสรรพสามิต และคลองในพื้นที่กลุ่มน้ำเจ้าพระยาฝั่ง
ตะวันออก สรุปเป็นตาราง ดังนี้ดังนี้



ชื่อลำน้ำ	Branch in MIKE11	ปีสำรวจ	ความยาวลำน้ำ (กม.)	ช่วงความยาวรูปตัด	จำนวนรูปตัด
เจ้าพระยา (ช่วงแรก)	CHAO-UP	2526	102.3	ประมาณ 5 กม.	43
เจ้าพระยา (ช่วงที่ 2)	CHAO	2526	129.2	ประมาณ 4 กม.	47
เจ้าพระยา (ช่วงที่ 3)	CHAOPHRAYA	2545	98.2	1 กม.	89
เจ้าพระยา (ช่วงสุดท้าย)	CHAO	2526	48.6	ประมาณ 4 กม.	14
แม่น้ำท่าจีน (ช่วงบน)	THACHIN-UP	2532	115.9	ประมาณ 4 กม.	31
แม่น้ำท่าจีน (ช่วงล่าง)	THACHIN	2532	201.0	1 กม.	200
แม่น้ำป่าสัก	PASAK	2541	110.3	ประมาณ 4 กม.	31
คลองบางใหญ่	BANGYAI		12.4		4
คลองมหาสวัสดิ์	MAHASAWAT	2526	26.7	ประมาณ 5 กม.	5
คลองภาษีเจริญ	Phasicharoen		27.5		6
คลองสรรพสามิต	SAPPASAMITH		33.4		7
คลองในพื้นที่เจ้าพระยาฝั่งตะวันออก	-	2546	901.8	1 กม.	950
คลองชัยนาท-ป่าสัก	CHAINAT-PASAK	สมมติ	132.7		29
รวม			1,940	-	1,456

(2) ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network)

ลำน้ำสายหลักในกลุ่มน้ำลำน้ำเจ้าพระยา และสะแกกรัง ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วม ดังแสดงในรูปที่ 7.1-18

(3) กริดน้ำท่วม (2D Overland Flow Grid)

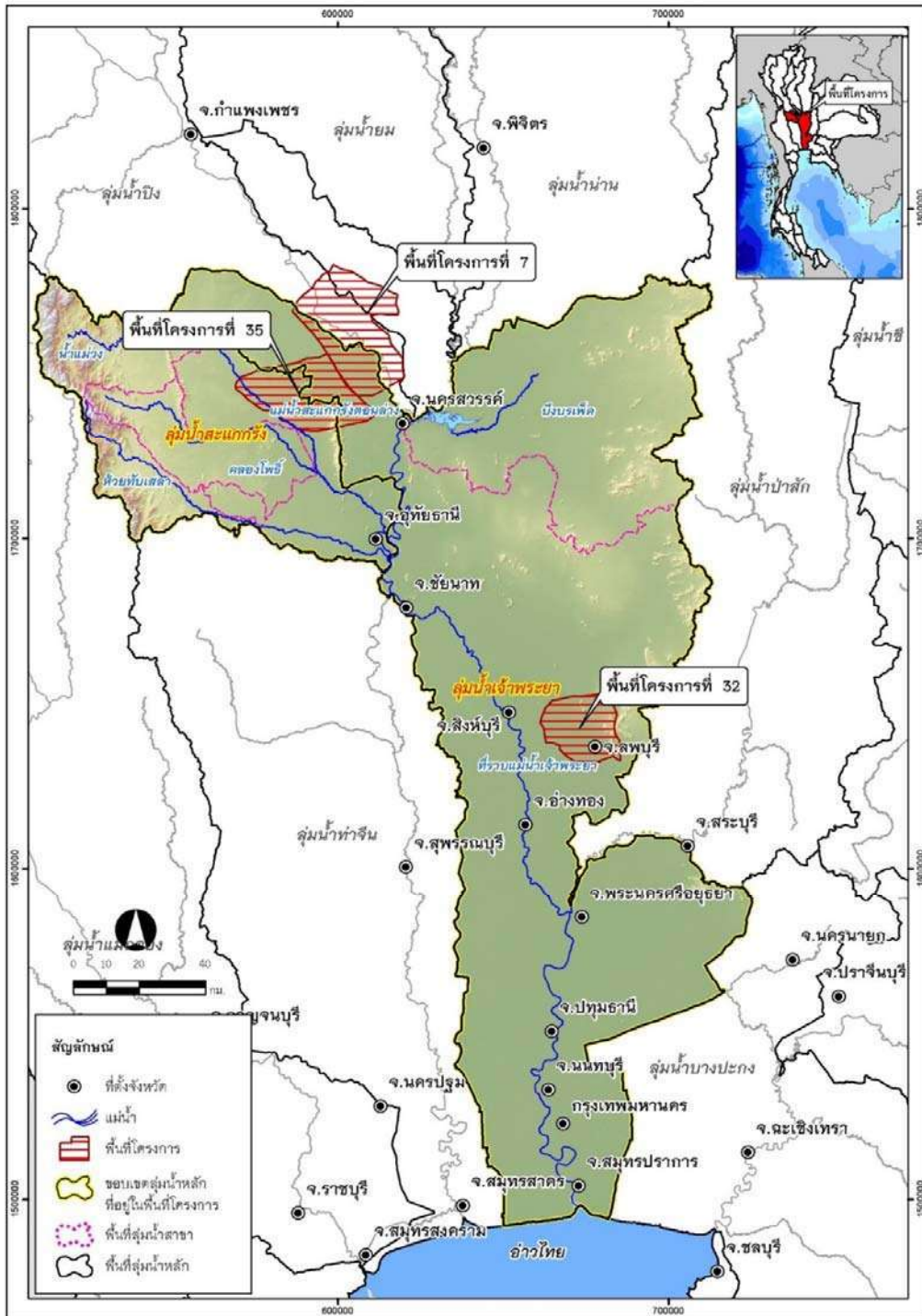
พื้นที่กลุ่มน้ำเจ้าพระยา-สะแกกรัง ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่กว้าง จากตลิ่งทั้งสองฝั่ง ของแม่น้ำสายหลัก นอกจากนี้ยังมีถนนคันกั้นน้ำ อยู่เป็นช่วง ระดับน้ำท่วมจึงมีค่าไม่สูงมากนัก ยกเว้นในบางพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำมาก ดังนั้นพื้นที่ที่ประสบภัยน้ำท่วมซ้ำซาก จะถูกจำลองในแบบจำลองสภาพน้ำด้วยกริดน้ำท่วม เพื่อจำลองลักษณะการไหลแบบสองมิติด้วย 2D Engines (แบบจำลอง MIKE21) ตามลักษณะการจำลองพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละกริดแบบสองมิติ กริดน้ำท่วมจะถูกจำลองด้วยการนำเข้าสู่ข้อมูลพื้นผิวระดับ (DEM, Digital Elevation Model) ที่ได้จัดทำ โดยการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายลำน้ำของ 1D Engines และ 2D Engines จะแบบ Lateral Links ซึ่งจะใช้ระดับคันกั้นน้ำ หรือตลิ่งซ้ายและขวาของลำน้ำมากำหนดเป็นเงื่อนไขในการไหลล้นของน้ำเข้าสู่กริดน้ำท่วม



(4) ขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Condition)

ขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลองสภาพน้ำท่วมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสภาพพื้นที่ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงได้กำหนดขอบเขตเงื่อนไขที่จะใช้ในการศึกษานี้กำหนดให้มีเงื่อนไขขอบเขตดังนี้

- เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition) คือ กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองเจ้าพระยาตอนบนของปริมาณการไหลของสถานีวัดน้ำค่าายจระประวัติ (C.2) อำเภอเมืองนครสวรรค์
- เงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition) คือ ข้อมูลระดับน้ำขึ้น-ลง ที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (PA.02) อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
- ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (Lateral Flow หรือ Side Flow) ของลำน้ำ คำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ



รูปที่ 7.1-18 ระบบโครงข่ายลำน้ำ (Network) ลำน้ำสายหลักในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา และสะแกกรัง



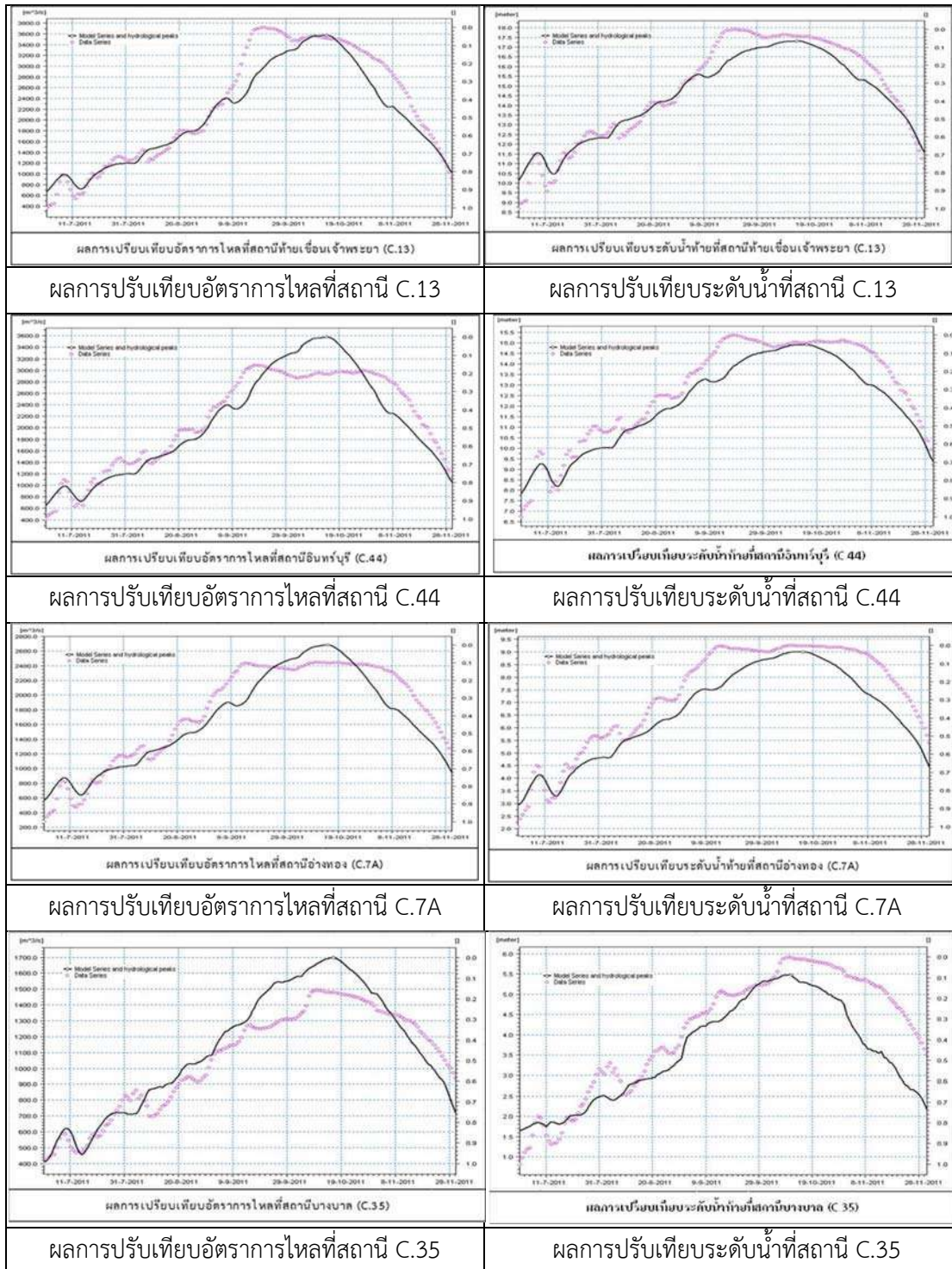
(5) การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา จะทำการปรับเฉพาะแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เท่านั้น เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ เป็นการไหลแบบที่มีการควบคุมหรือ Regulated Flow ทำให้หากปรับเทียบด้วยแบบจำลอง NAM ซึ่งวิเคราะห์การไหลในลักษณะการไหลแบบธรรมชาติ (Natural Flow) จะทำให้ผลการคำนวณผิดพลาดได้

สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ (Model Calibration) จะทำการเปรียบเทียบระดับน้ำและอัตราการไหลจากผลการคำนวณกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำต่างๆ ให้ครอบคลุมแม่น้ำที่พิจารณา ผลการหาค่าพารามิเตอร์ต่างในแบบจำลอง MIKE 11 HD คือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิง (Manning's n Roughness Coefficient) ที่ได้จากการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง แสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 7.1-4 และผลการปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อเปรียบเทียบระดับน้ำและอัตราการไหลในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างที่สถานีอุทกวิทยา C.7A C.13 C.35 และ C.44 ดังแสดงในรูปที่ 7.1-19 สำหรับระยะเวลาที่น้ำท่วมโดยพิจารณาที่ระดับน้ำสูงกว่าระดับตลิ่งโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 36-54 วัน และมีระดับน้ำท่วมโดยเฉลี่ยประมาณ 1.62-1.76 ม.

ตารางที่ 7.1-4 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิง (Manning's n Roughness Coefficient) ของแต่ละช่วงลำน้ำ

ชื่อแม่น้ำ/ลำน้ำ	ตำแหน่ง (กม.)	ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิง (n)
แม่น้ำเจ้าพระยา	กม.0.000 -6.000	0.038
	กม.6.000 - 282.500	0.025
	กม.282.500 - 317.000	0.024
	กม.317.000 - 369.050	0.023



รูปที่ 7.1-19 ผลการสอบเทียบแบบจำลองลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

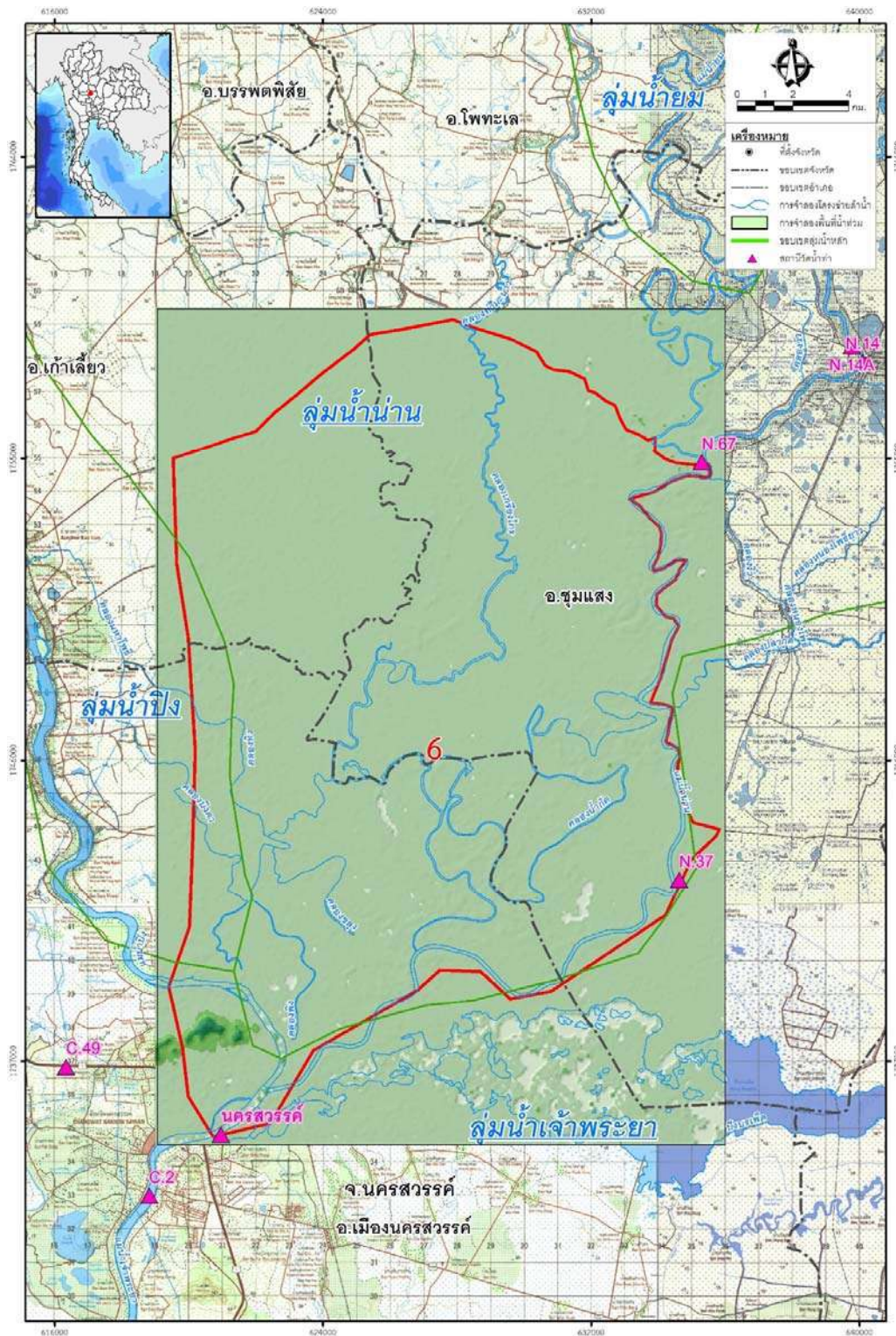


7.2. การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ศึกษานำร่อง

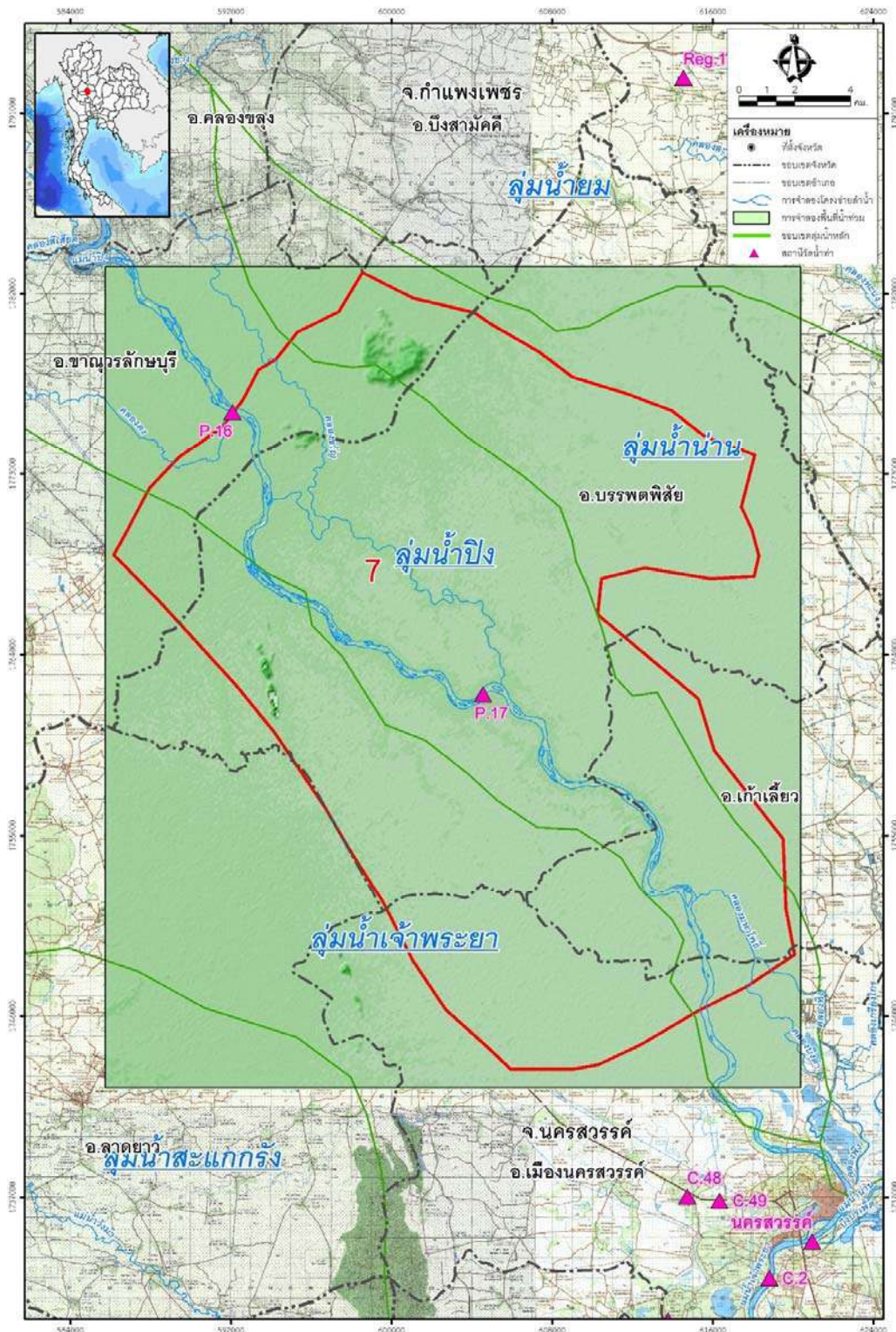
การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่โครงการ สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการสร้างไฟล์ข้อมูลสำหรับแต่ละแบบจำลองย่อย อาทิเช่น ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำที่จุดพิจารณาต่างๆ ข้อมูลรูปตัดขวางของลำน้ำ ข้อมูลอาคารบังคับน้ำต่างๆ รวมทั้งข้อมูลระดับน้ำขึ้น-น้ำลง เป็นต้น จากนั้นจึงวิเคราะห์แผนผังระบบจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำและคลองสายหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำ แล้วจึงนำข้อมูลที่จัดเตรียมไว้มาประกอบกันในการสร้างไฟล์ข้อมูลสำหรับแบบจำลอง โดยต้องผ่านขั้นตอนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง เพื่อให้ได้พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง (Control Parameters) ที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขต่างๆ ต่อไป

สำหรับการศึกษาได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตของแบบจำลอง และองค์ประกอบของแบบจำลอง (River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 11 แห่ง ดังแสดงในรูปที่ 7.2-1 ถึง 7.2-11 จากนั้นทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองด้วยวิธี trial and error จนผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองคือขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมใกล้เคียงกับผลจากการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายดาวเทียมมากที่สุด ซึ่งผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE Flood ของพื้นที่ศึกษา สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.2-12 ถึงรูปที่ 7.2-22 รวมทั้งตารางสรุปความสอดคล้องของตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างผลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ณ ตำแหน่งเดียวกัน (พิจารณาจากการกำหนดกริดขนาด 200 x 200 เมตร บนพื้นที่ศึกษา) สามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 7.2-1

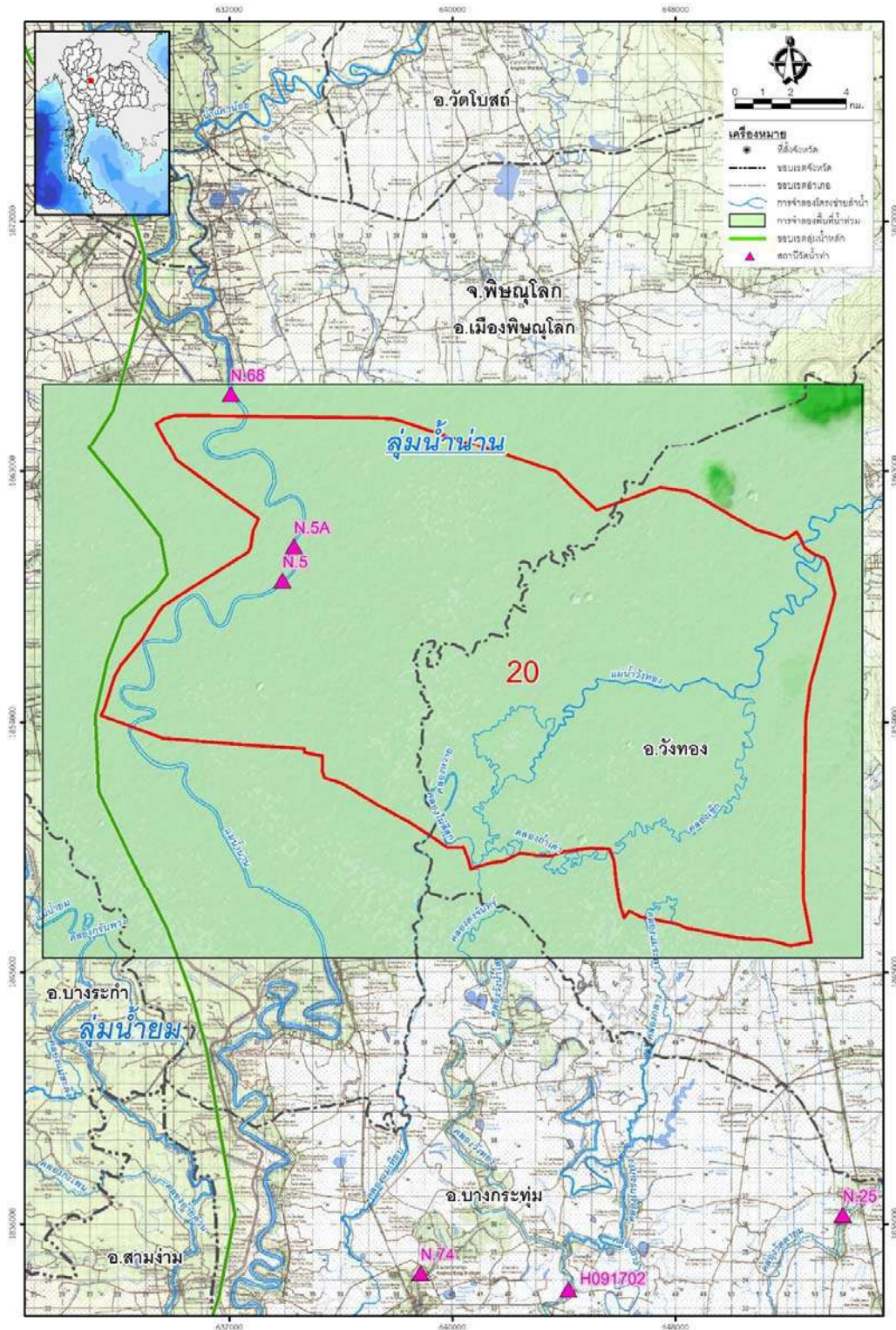
จากผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่า พื้นที่ศึกษาโดยส่วนใหญ่โดยส่วนมีขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองใกล้เคียงกับ ผลการตรวจวัดจากภาพถ่ายดาวเทียม (มากกว่าร้อยละ 50) อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ ให้ค่าความถูกต้องหรือความสอดคล้องที่น้อย ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมจะรวมพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มต่ำที่รองรับน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นที่นั้นๆ โดยตรงซึ่งไม่ได้เกิดจากปริมาณน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำไหลบ่าเข้าไปท่วม



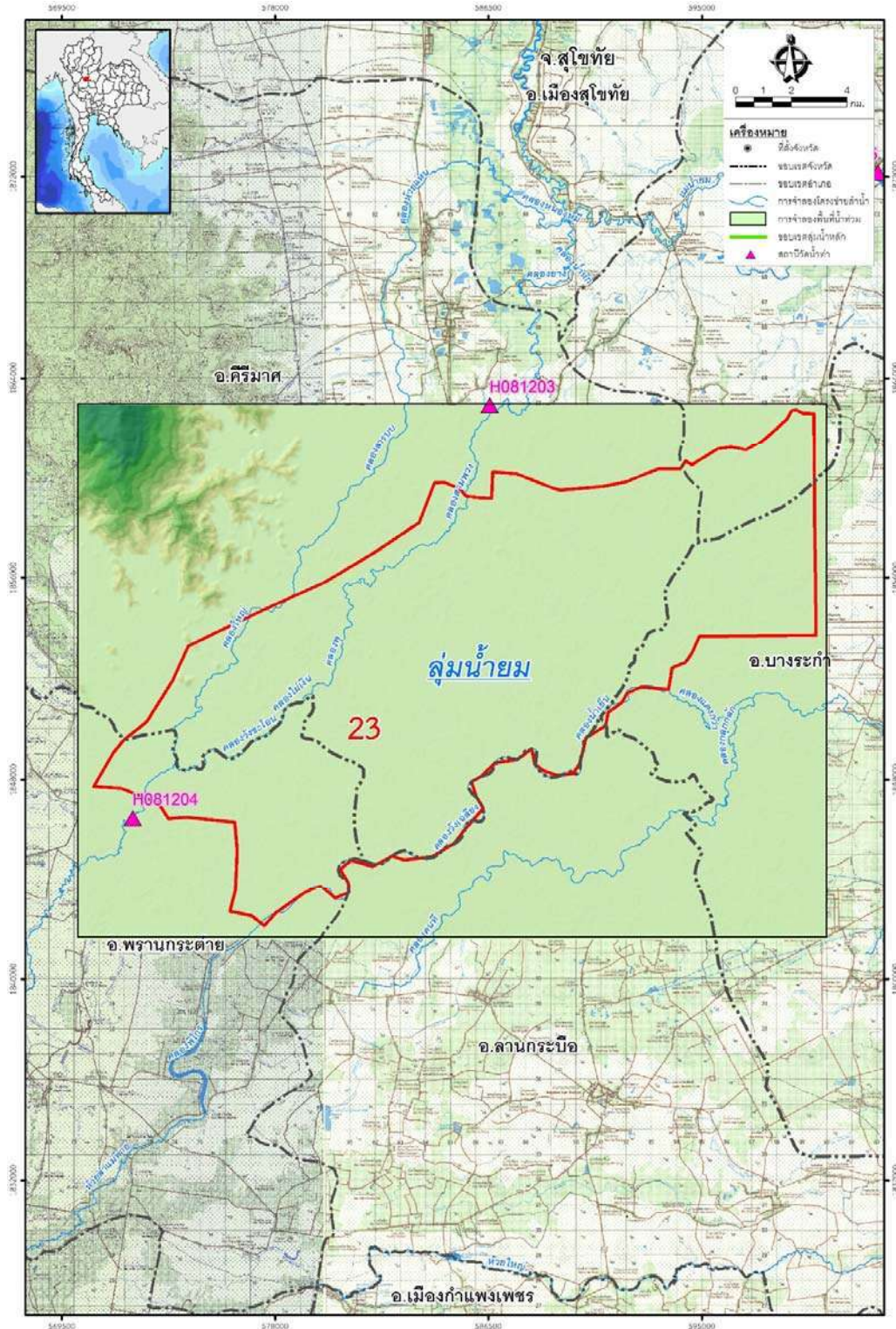
รูปที่ 7.2-1 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



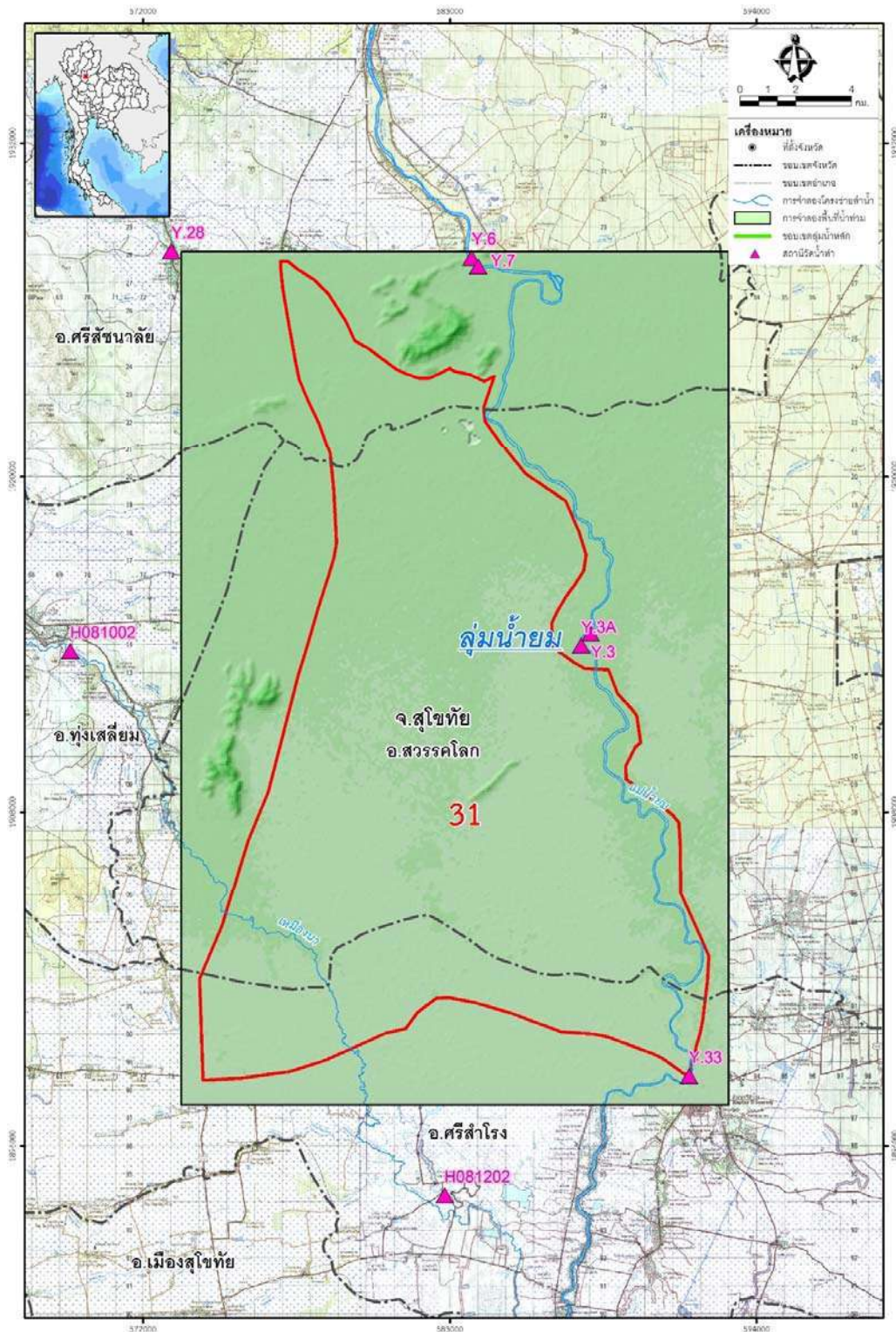
รูปที่ 7.2-2 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7



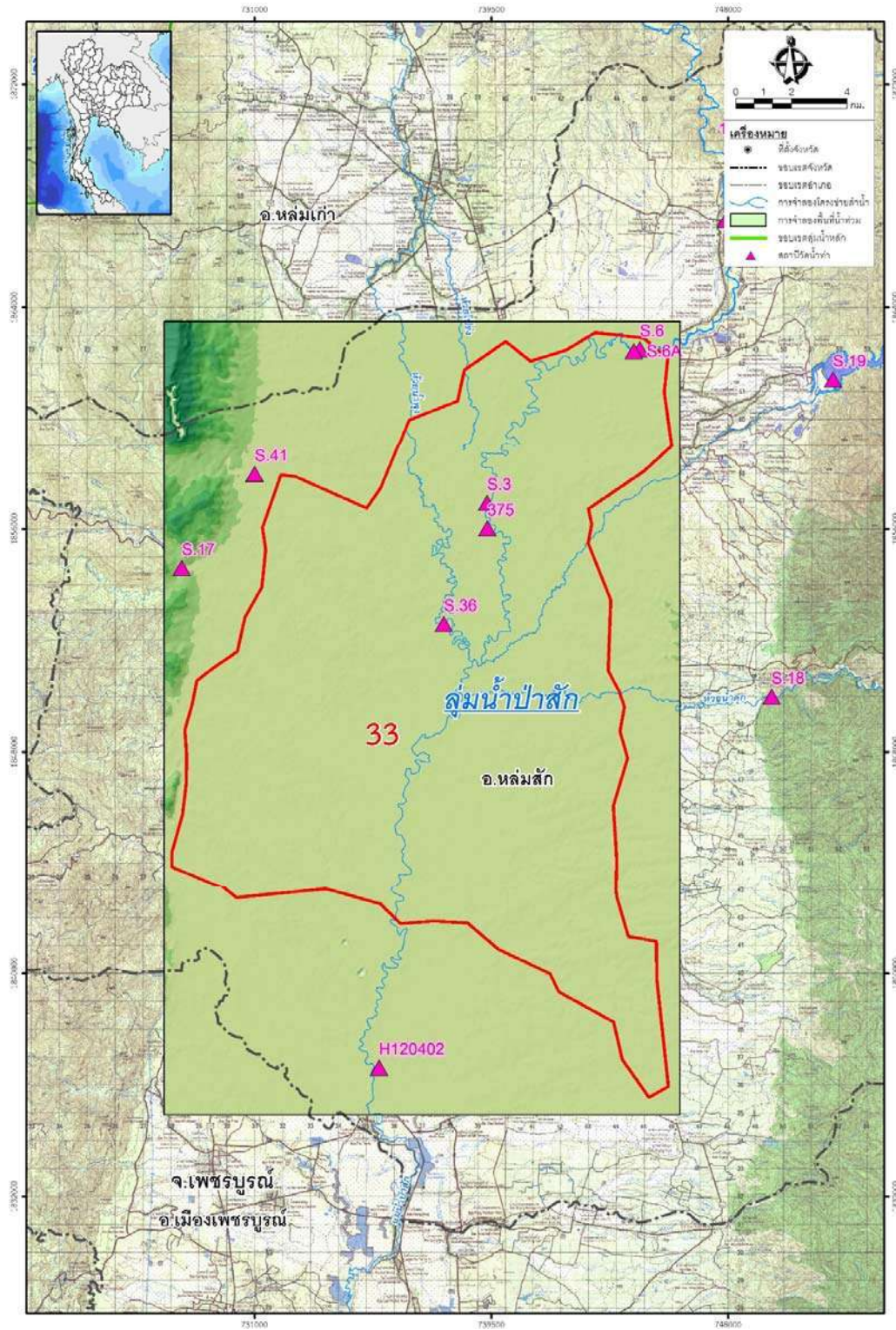
รูปที่ -7.2-4 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20



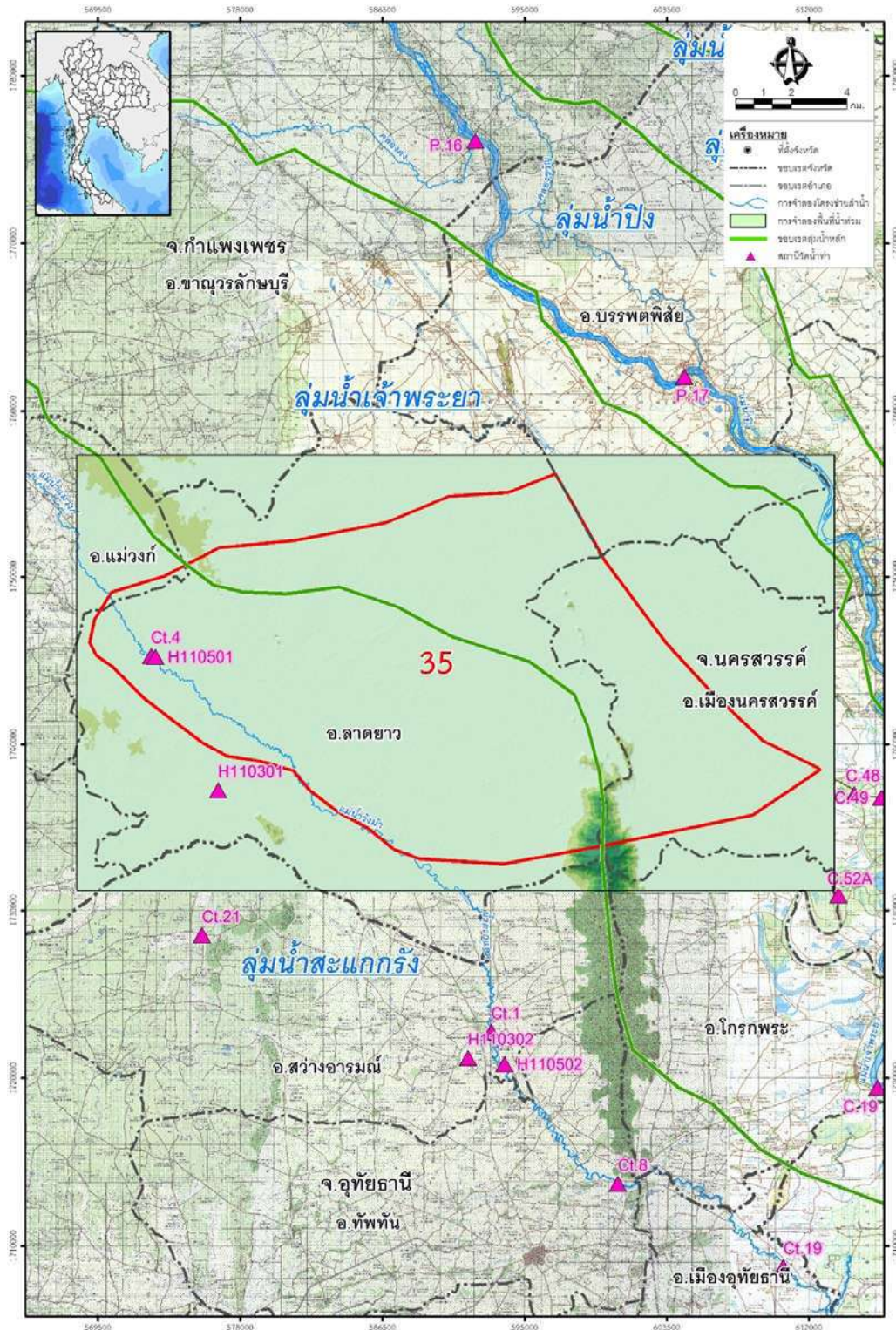
รูปที่ 7.2-5 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23



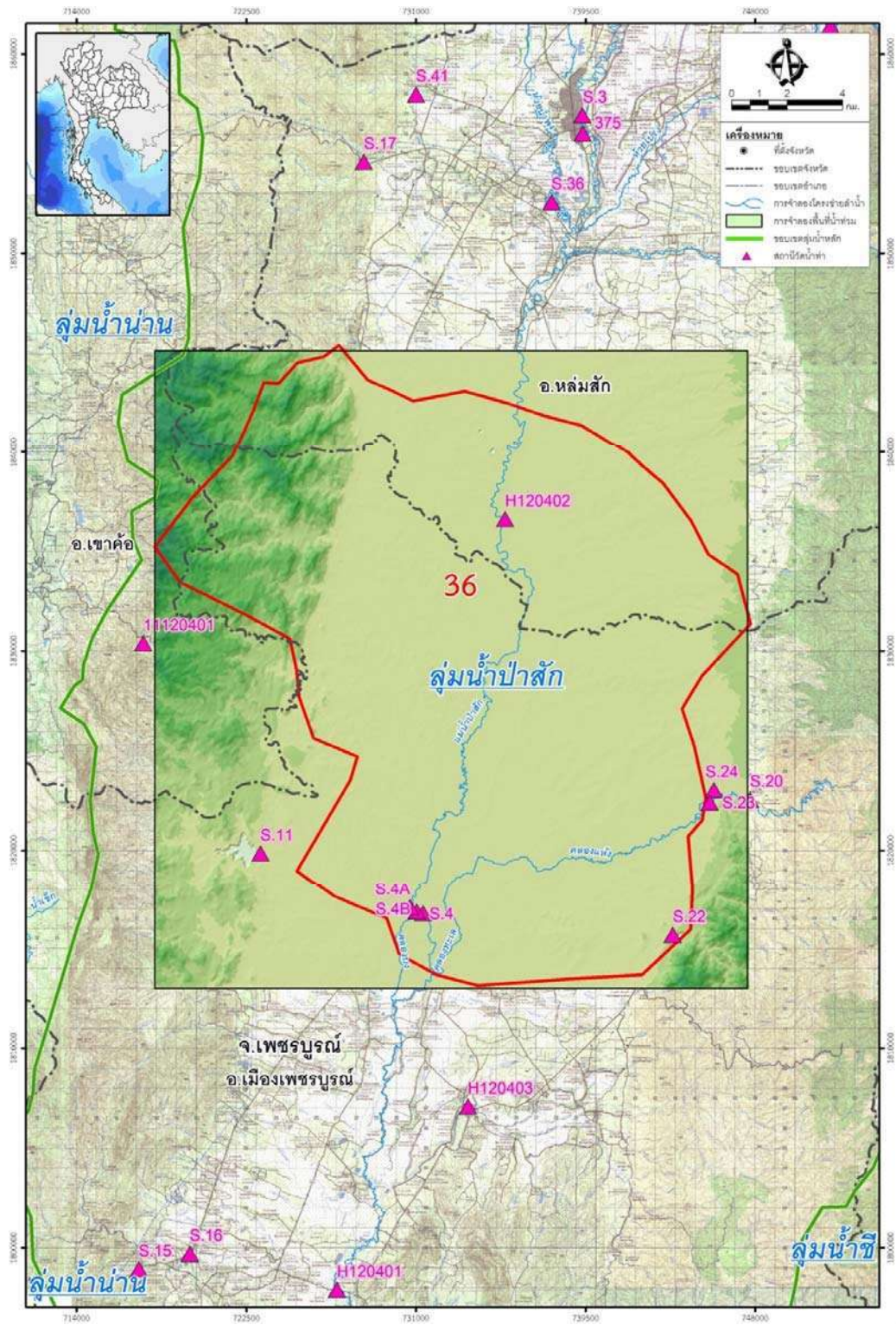
รูปที่ 7.2-6 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31



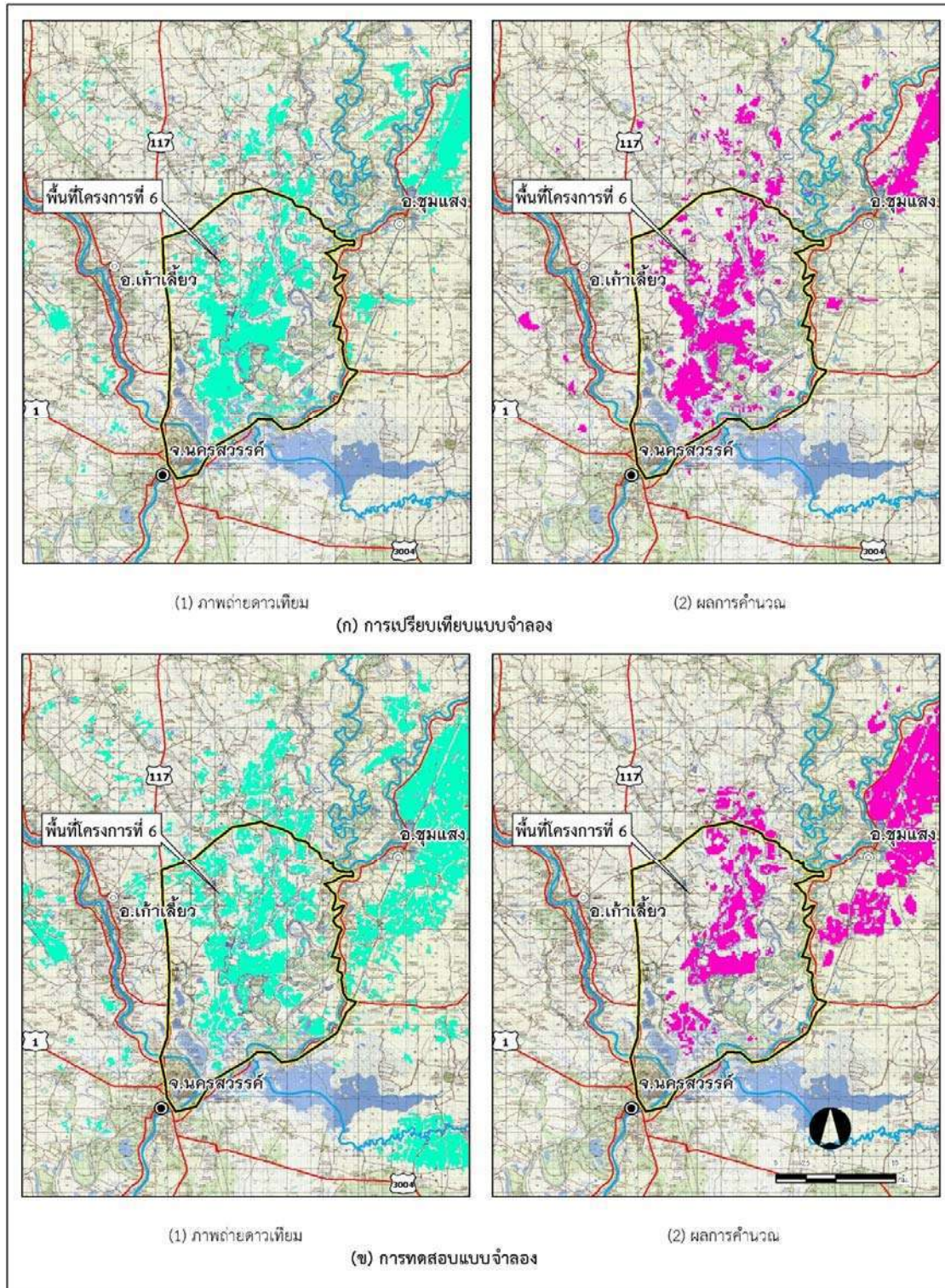
รูปที่ 7.2-8 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33



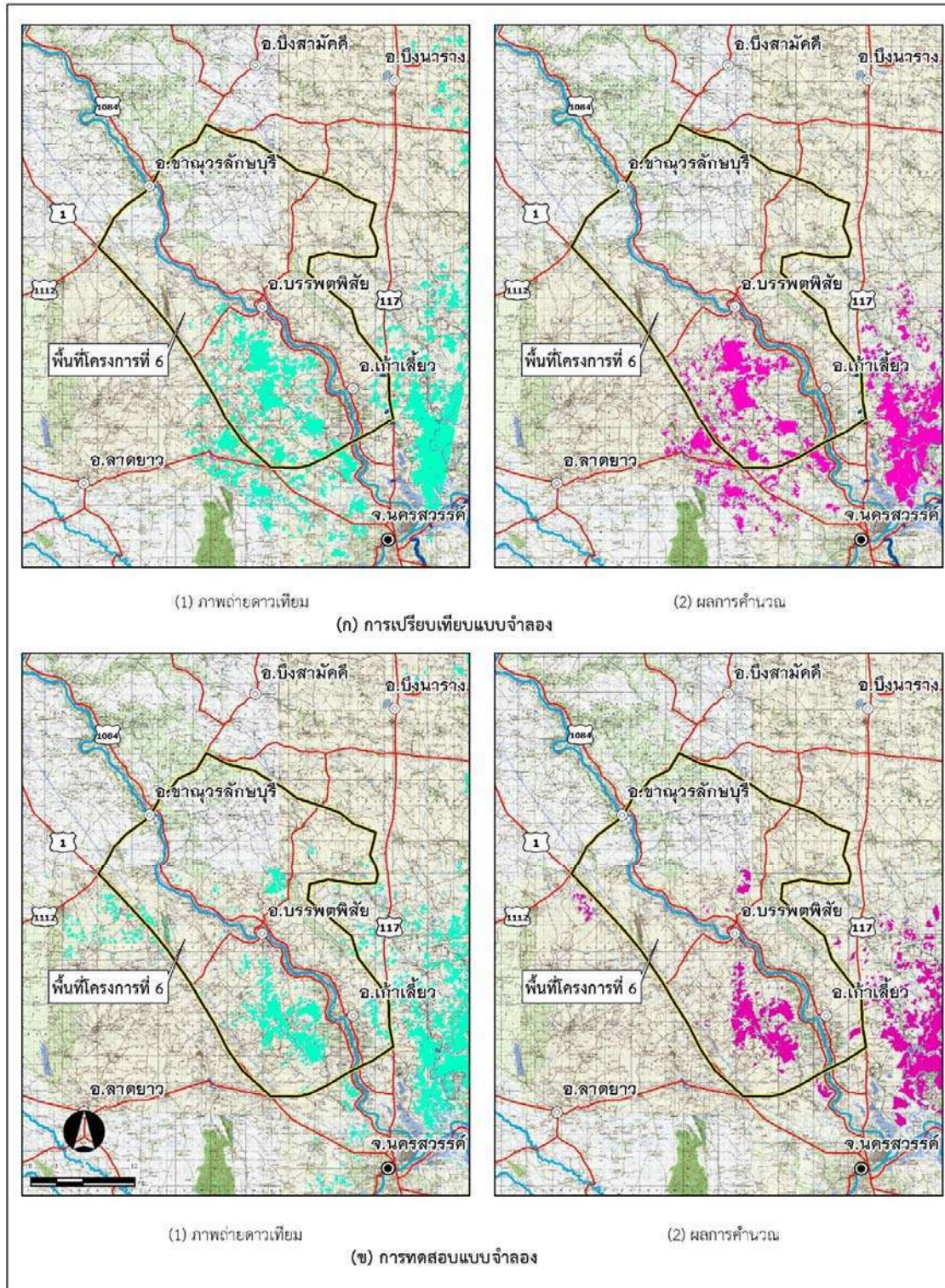
รูปที่ 7.2-10 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35



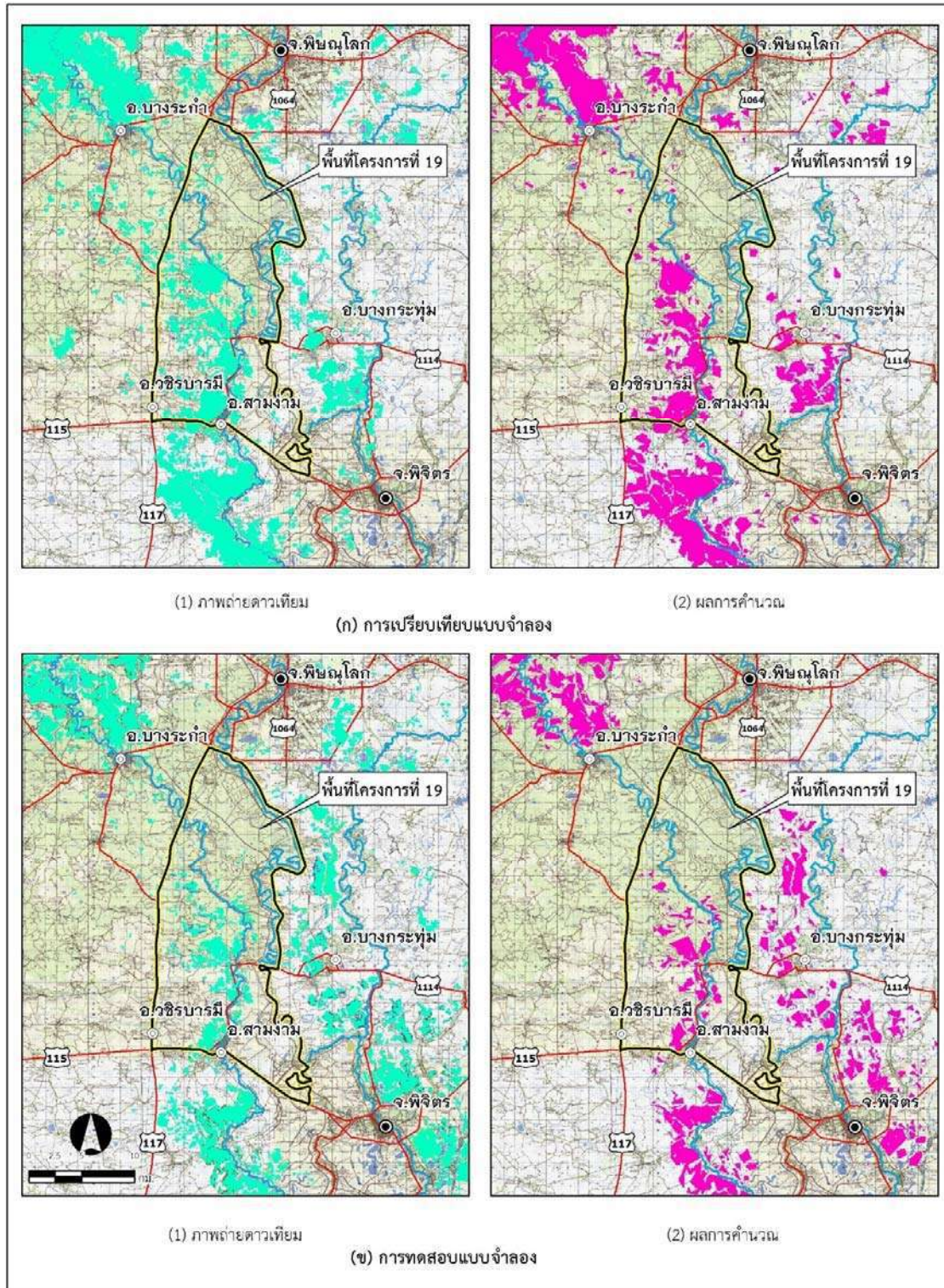
รูปที่ 7.2-11 การกำหนดขอบเขตและองค์ประกอบของแบบจำลอง(River Networks) ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36



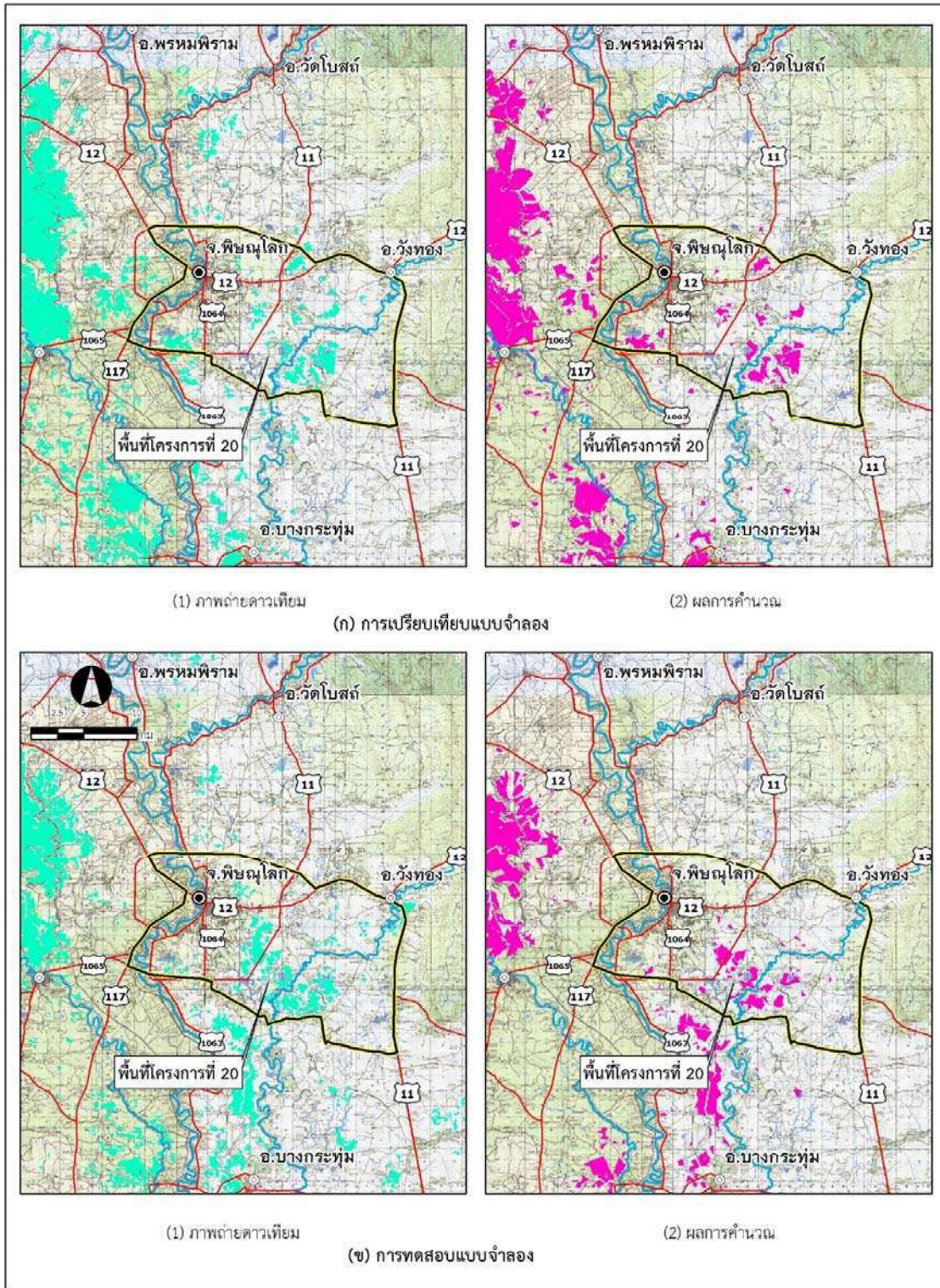
รูปที่ 7.2-12 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



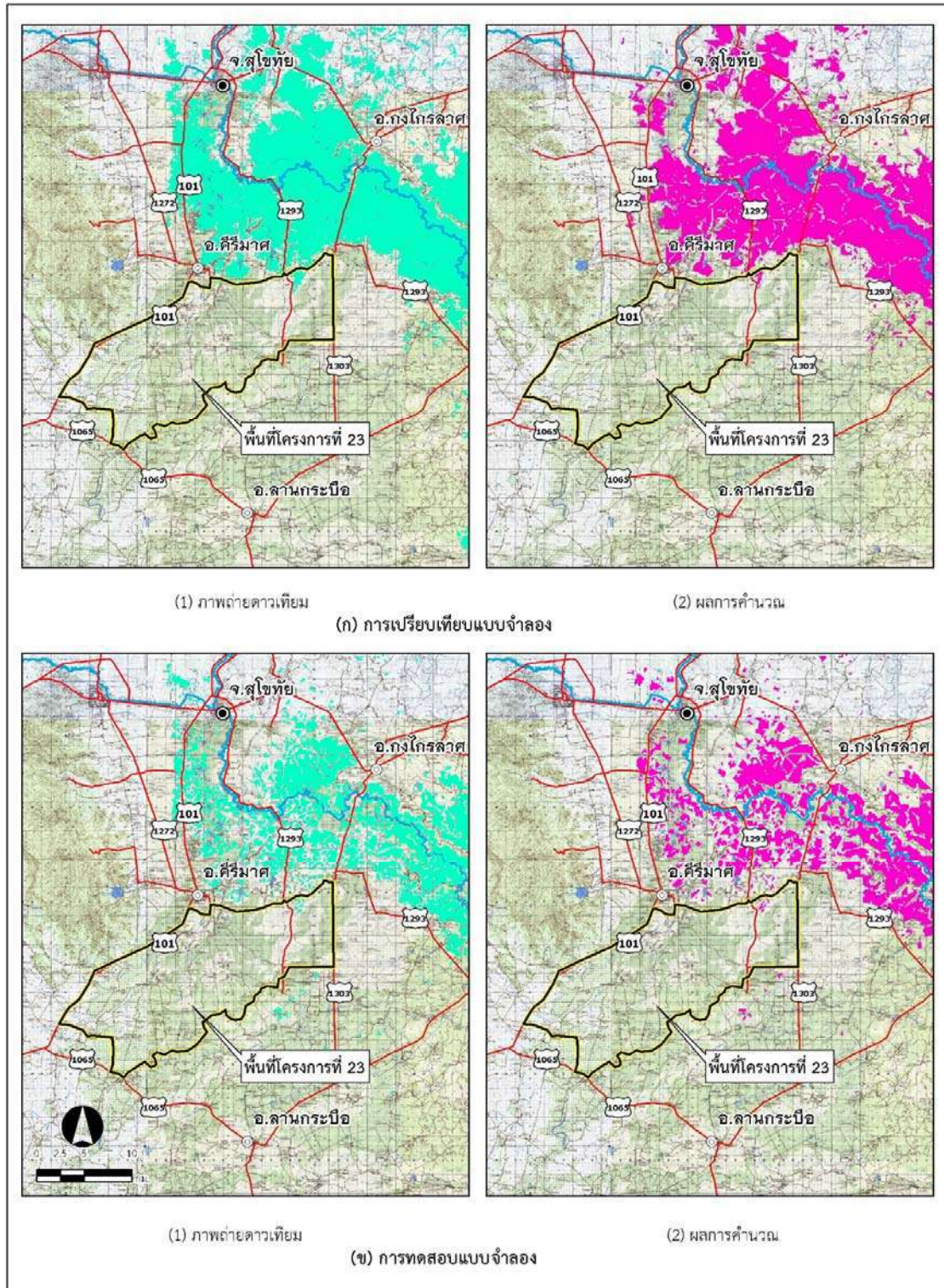
รูปที่ 7.2-13 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7



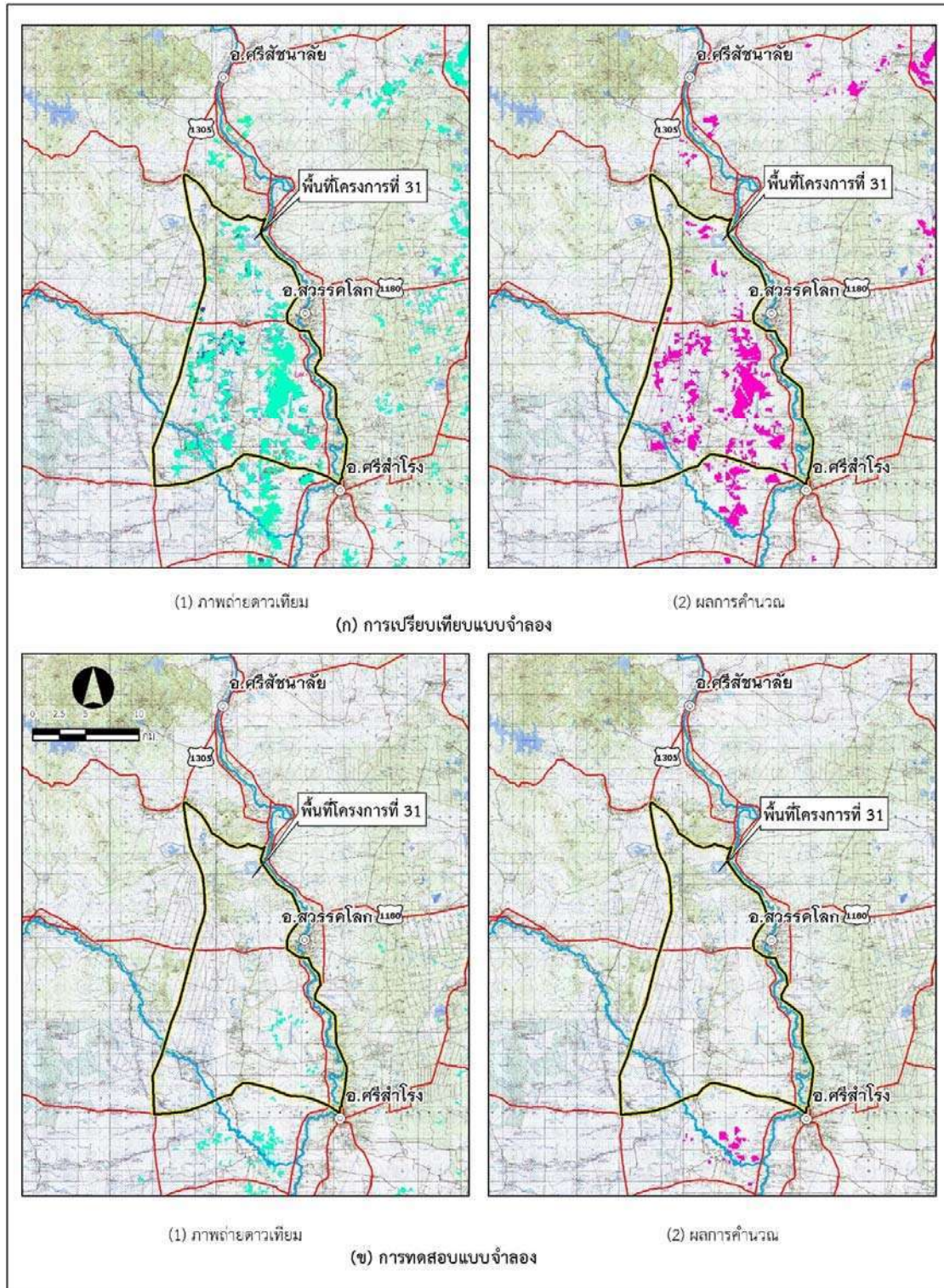
รูปที่ 7.2-14 ผลการเปรียบเทียบและตรวจสอบพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19



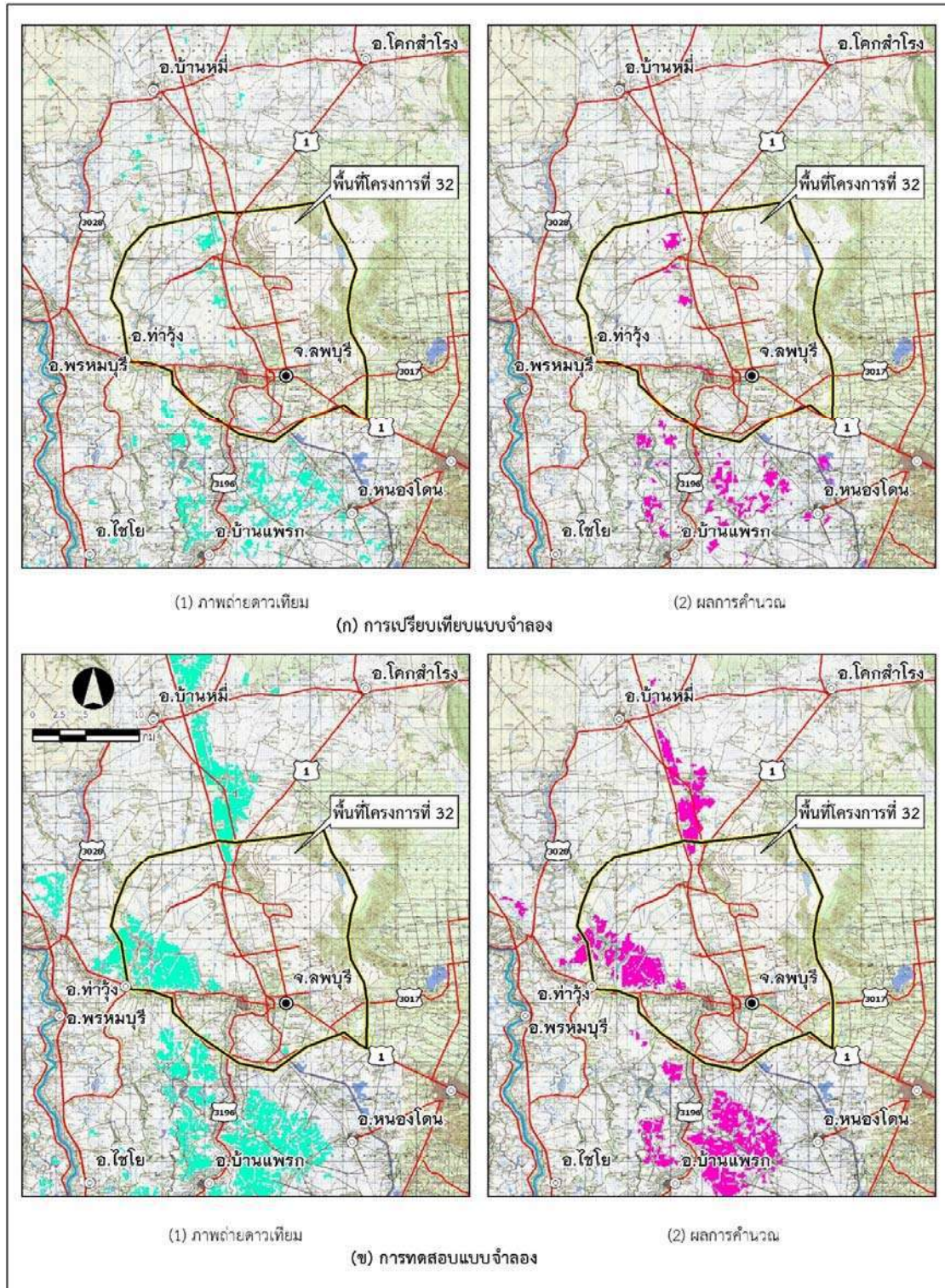
รูปที่ 7.2-15 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20



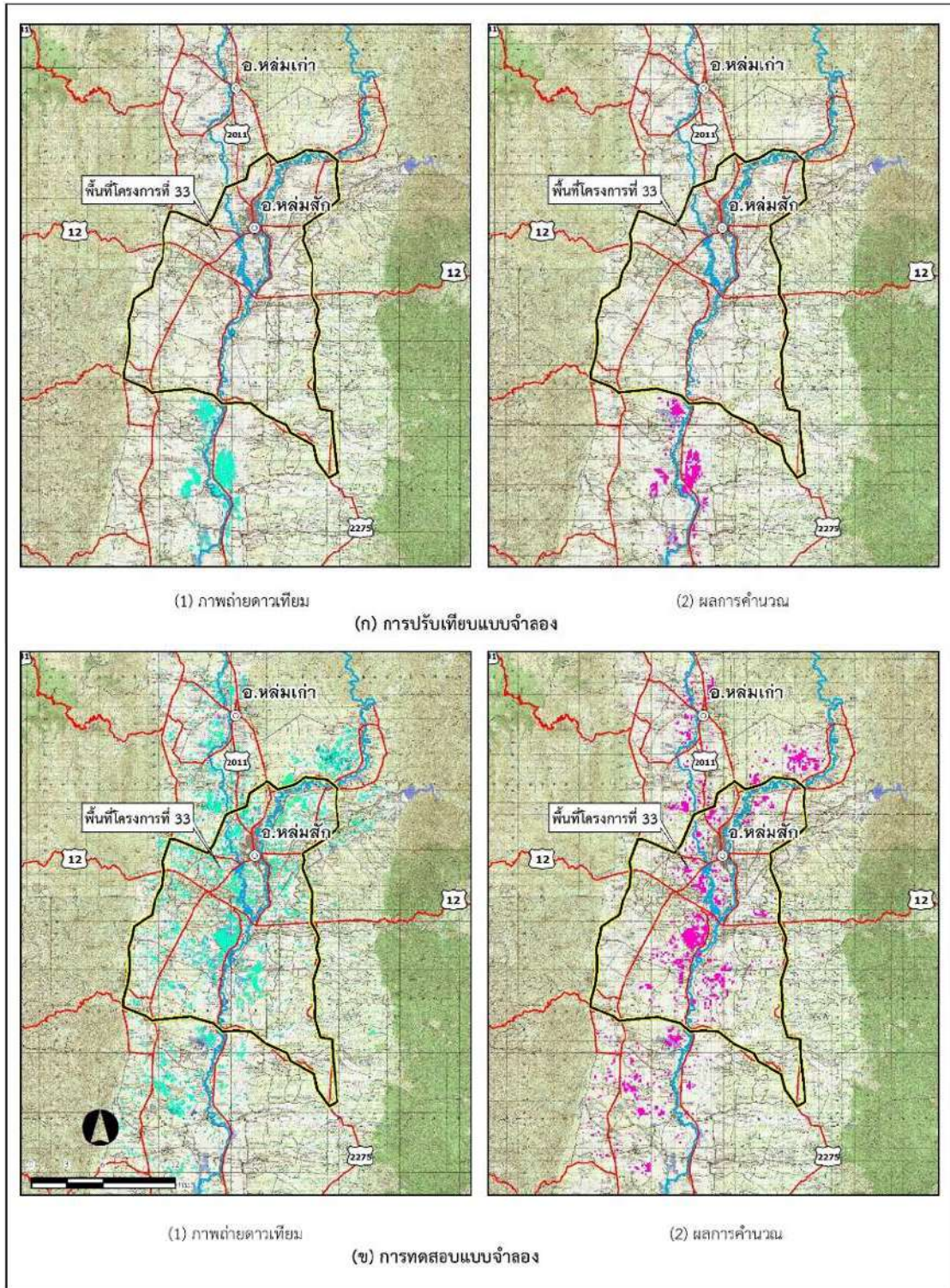
รูปที่ 7.2-16 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23



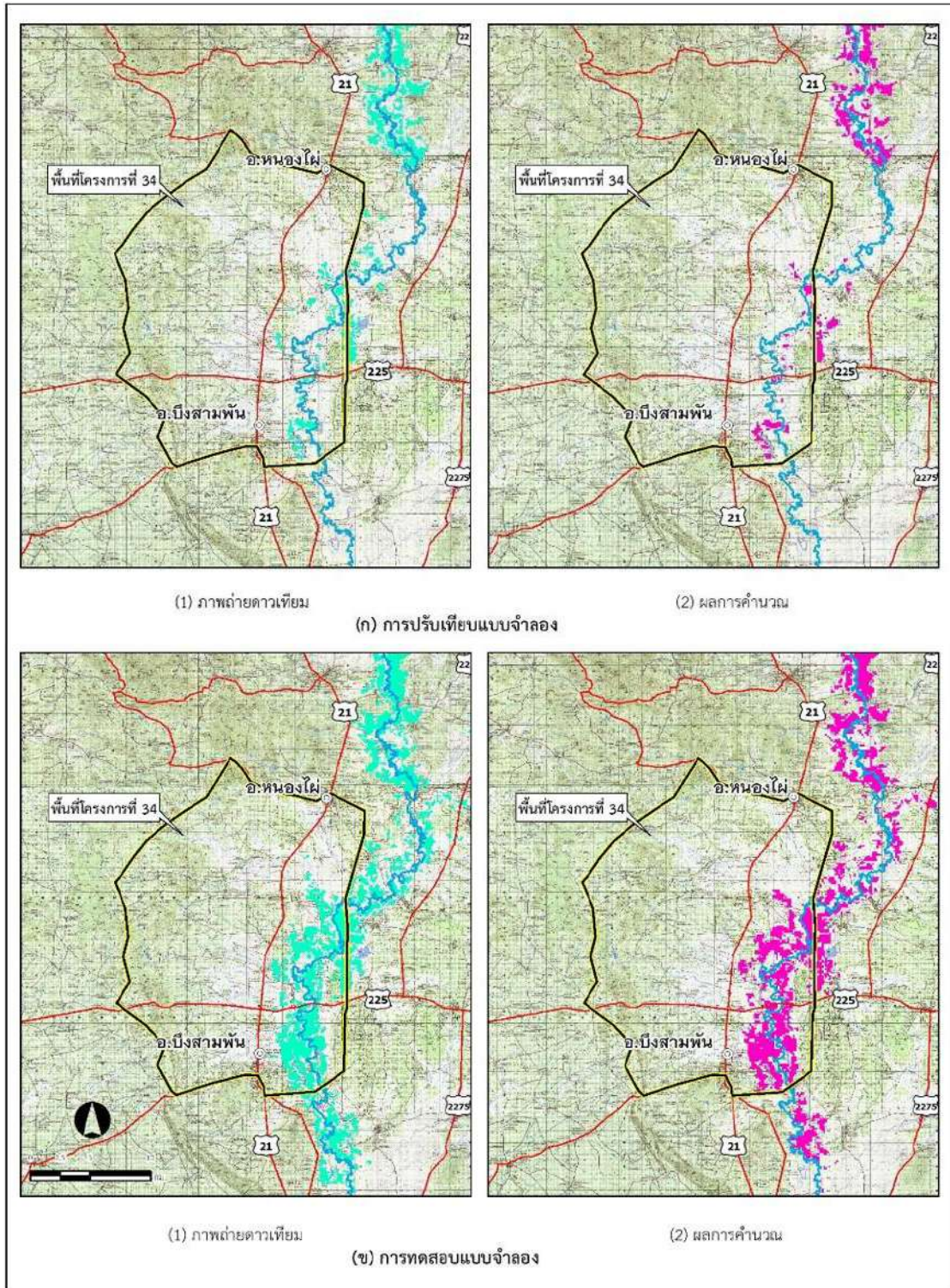
รูปที่ 7.2-17 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31



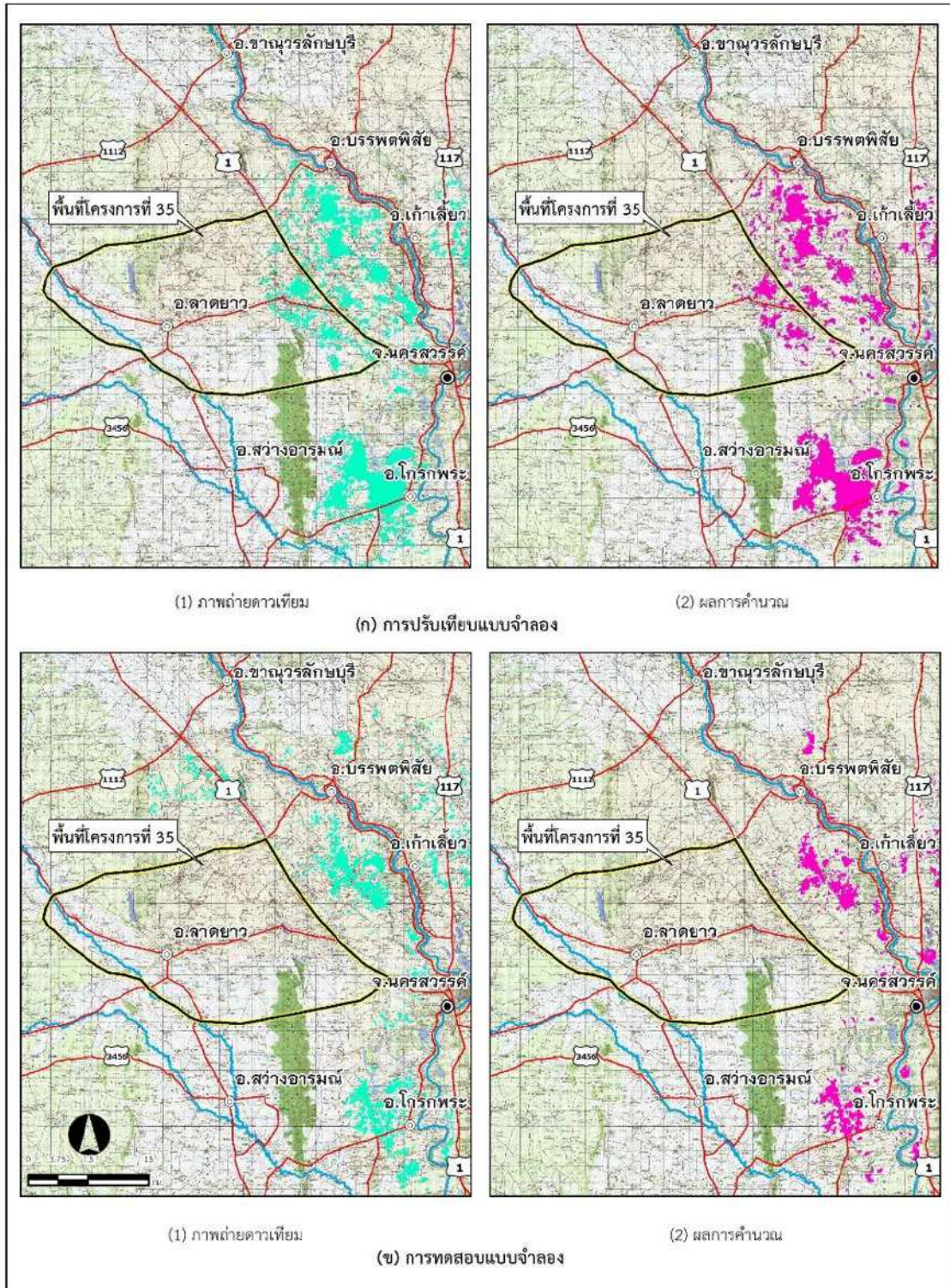
รูปที่ 7.2-18 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32



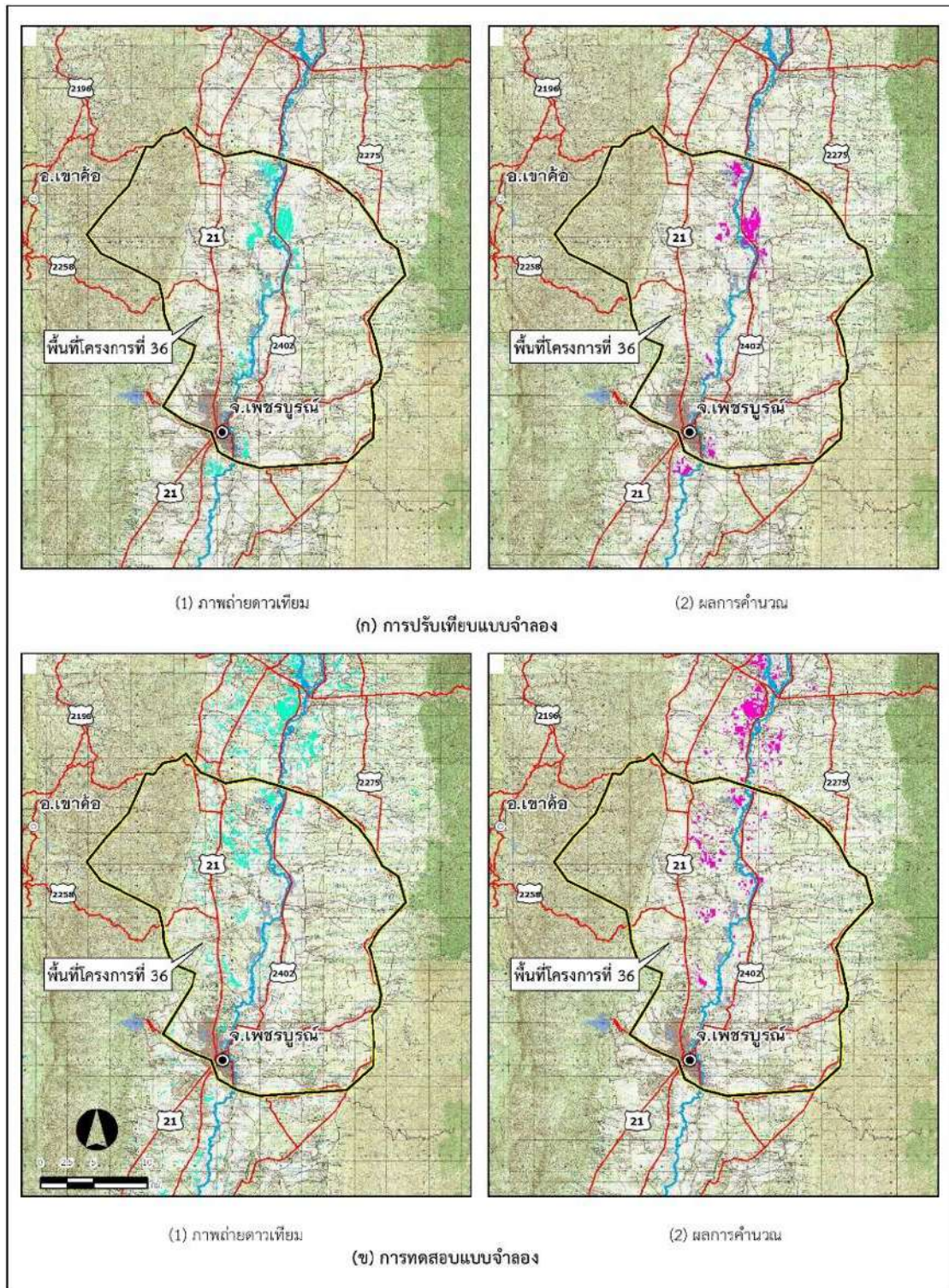
รูปที่ 7.2-19 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33



รูปที่ 7.2-20 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34



รูปที่ 7.2-21 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35



รูปที่ 7.2-22 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36



ตารางที่ 7.2-1 การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมและผลจากแบบจำลอง

พื้นที่ศึกษา	การเปรียบเทียบแบบจำลอง						การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง					
	ขนาดพื้นที่น้ำท่วมรวม (ตารางกิโลเมตร)		จำนวนกริดที่มีตำแหน่งตรงกัน (กริด)				ขนาดพื้นที่น้ำท่วมรวม (ตารางกิโลเมตร)		จำนวนกริดที่มีตำแหน่งตรงกัน (กริด)			
	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	กรณี	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	%ความ สอดคล้อง	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	กรณี	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	%ความ สอดคล้อง
6	119.01	86.26	มีน้ำท่วม	5,376	3,411	63.45%	208.70	103.88	มีน้ำท่วม	9,100	3,732	41.01%
			ไม่มีน้ำท่วม	37,037	36,614	98.76%			ไม่มีน้ำท่วม	33,349	33,250	99.70%
7	180.36	135.43	มีน้ำท่วม	8,169	2,434	29.80%	140.07	91.84	มีน้ำท่วม	6,962	3,881	55.75%
			ไม่มีน้ำท่วม	72,015	70,567	97.99%			ไม่มีน้ำท่วม	73,222	72,963	99.65%
19	270.53	206.65	มีน้ำท่วม	11,008	7,577	68.83%	211.30	135.06	มีน้ำท่วม	9,585	5,475	57.12%
			ไม่มีน้ำท่วม	42,752	42,324	99.00%			ไม่มีน้ำท่วม	44,175	44,000	99.60%
20	171.43	123.99	มีน้ำท่วม	7,289	4,945	67.84%	131.47	81.55	มีน้ำท่วม	6,135	3,206	52.26%
			ไม่มีน้ำท่วม	46,471	46,004	99.00%			ไม่มีน้ำท่วม	47,625	47,548	99.84%
23	440.86	365.35	มีน้ำท่วม	14,236	11,359	79.79%	203.84	174.64	มีน้ำท่วม	8,887	6,769	76.17%
			ไม่มีน้ำท่วม	52,220	57,879	99.35%			ไม่มีน้ำท่วม	57,567	57,179	99.33%
31	91.31	60.45	มีน้ำท่วม	4,830	2,416	50.02%	9.06	3.08	มีน้ำท่วม	637	141	22.14%
			ไม่มีน้ำท่วม	48,930	48,739	99.61%			ไม่มีน้ำท่วม	53,123	53,073	99.91%
32	37.66	20.94	มีน้ำท่วม	2,266	915	40.38%	125.56	76.99	มีน้ำท่วม	5,263	2,897	55.04%
			ไม่มีน้ำท่วม	51,494	51,363	99.75%			ไม่มีน้ำท่วม	48,497	48,450	99.90%



ตารางที่ 7.2-1(ต่อ) การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมและผลจากแบบจำลอง

พื้นที่ศึกษา	การเปรียบเทียบแบบจำลอง						การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง					
	ขนาดพื้นที่น้ำท่วมรวม (ตารางกิโลเมตร)		จำนวนกริดที่มีตำแหน่งตรงกัน (กริด)				ขนาดพื้นที่น้ำท่วมรวม (ตารางกิโลเมตร)		จำนวนกริดที่มีตำแหน่งตรงกัน (กริด)			
	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	กริดนี้	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	%ความ สอดคล้อง	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	กริดนี้	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	%ความ สอดคล้อง
33	10.04	7.02	มีน้ำท่วม	609	414	67.98%	54.38	26.46	มีน้ำท่วม	5,234	1,681	32.12%
			ไม่มีน้ำท่วม	41,840	41,810	99.93%			ไม่มีน้ำท่วม	37,215	36,999	99.42%
34	28.39	22.59	มีน้ำท่วม	1,496	1,045	69.85%	90.07	79.44	มีน้ำท่วม	4,137	3,128	75.61%
			ไม่มีน้ำท่วม	40,953	40,797	99.62%			ไม่มีน้ำท่วม	38,312	38,039	99.29%
35	181.08	150.75	มีน้ำท่วม	8,050	5,670	70.43%	104.13	62.16	มีน้ำท่วม	5,510	2,364	42.90%
			ไม่มีน้ำท่วม	87,430	86,668	99.13%			ไม่มีน้ำท่วม	89,970	89,543	99.53%
36	12.35	8.82	มีน้ำท่วม	807	456	56.51%	35.52	16.4	มีน้ำท่วม	3,611	945	26.17%
			ไม่มีน้ำท่วม	52,953	52,857	99.82%			ไม่มีน้ำท่วม	50,149	49,958	99.62%



7.3. การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

7.3.1. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก ที่ปรึกษาจะพิจารณาปัจจัยทั้งปัจจัยในเขตทาง และปัจจัยนอกเขตทาง โดยวิเคราะห์ตามพฤติกรรมการไหลของน้ำหลาก ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการไหลในทุ่งน้ำท่วมได้ 2 กรณี โดยกรณีแรกเป็นการไหลป่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) คือ การไหลที่เกิดจากน้ำท่าที่ไหลไปตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน และความขรุขระของพื้นที่ โดยไม่มีการควบคุมด้วยอาคารทางด้านชลศาสตร์ ส่วนอีกกรณีคือการไหลแบบควบคุม (Regulated Flow) ซึ่งเป็นการไหลที่ถูกควบคุมด้วยอาคารชลศาสตร์หรืออาคารบังคับน้ำต่างๆ เช่น กรณีการไหลผ่านท่อลอดถนน เป็นต้น

สำหรับในกรณีการไหลป่าตามธรรมชาติจะใช้หลักแนวคิดของแบบจำลอง NAM Model ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่ประยุกต์ใช้งานในแบบจำลอง MIKE FLOOD โดยแบบจำลองเชิงความคิด (Conceptual Model) สำหรับแบบจำลอง NAM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.3-1

จากแบบจำลองเชิงความคิด จะเห็นได้ว่าการพิจารณาการเก็บกักน้ำท่า (Storage) ออกเป็น 3 ชั้น คือ การเก็บกักชั้นผิวดิน (Surface Storage) การเก็บกักชั้นใต้ผิวดิน (Lower Zone Storage) และการเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage) ซึ่งแนวคิดในการเกิดน้ำท่าของแบบจำลองนี้ มีสมมติฐานที่ว่า เมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจะมี การซึมผ่าน (Infiltration) ลงชั้นใต้ผิวดิน จากนั้นก็จะไหลไปเก็บกักในชั้นน้ำใต้ดิน (Recharge) แต่ถ้าหากปริมาณฝนตกมีมาก อัตราการซึมผ่านก็จะสูงและมากกว่าอัตราการไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้ถูกเก็บกักในชั้นใต้ผิวดิน ซึ่งหากปริมาณการเก็บกักสูงกว่าระดับเก็บกักสูงสุดของชั้นใต้ผิวดิน (L_{max}) ก็จะเกิดเป็นปริมาณฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall) บนชั้นผิวดิน และถ้าหากปริมาณฝนส่วนเกินดังกล่าวมากกว่าระดับเก็บกักสูงสุดของชั้นผิวดิน (U_{max}) ก็จะไหลเป็นน้ำท่าหรือน้ำท่วม ซึ่งถ้าพิจารณาทฤษฎีของแบบจำลอง พบว่า มีพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดและการเคลื่อนที่ของน้ำท่า อยู่ 3 พารามิเตอร์ คือ

- CQOF หรือ สัมประสิทธิ์การไหลป่าของน้ำท่า ซึ่งจะสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และความลาดชันของพื้นที่
- L_{max} หรือ ระดับเก็บกักในชั้นใต้ผิวดิน ซึ่งจะสัมพันธ์กับความชื้นในดิน โดยความชื้นในดินดังกล่าวก็จะแปรผันกับปริมาณฝนในวันที่ตกก่อนหน้า
- CK1, CK2 คือ ค่าคงที่ของเวลาที่ใช้การคำนวณการไหลในชั้นใต้ผิวดิน ซึ่งจะสัมพันธ์กับประเภทหรือชนิดของดิน

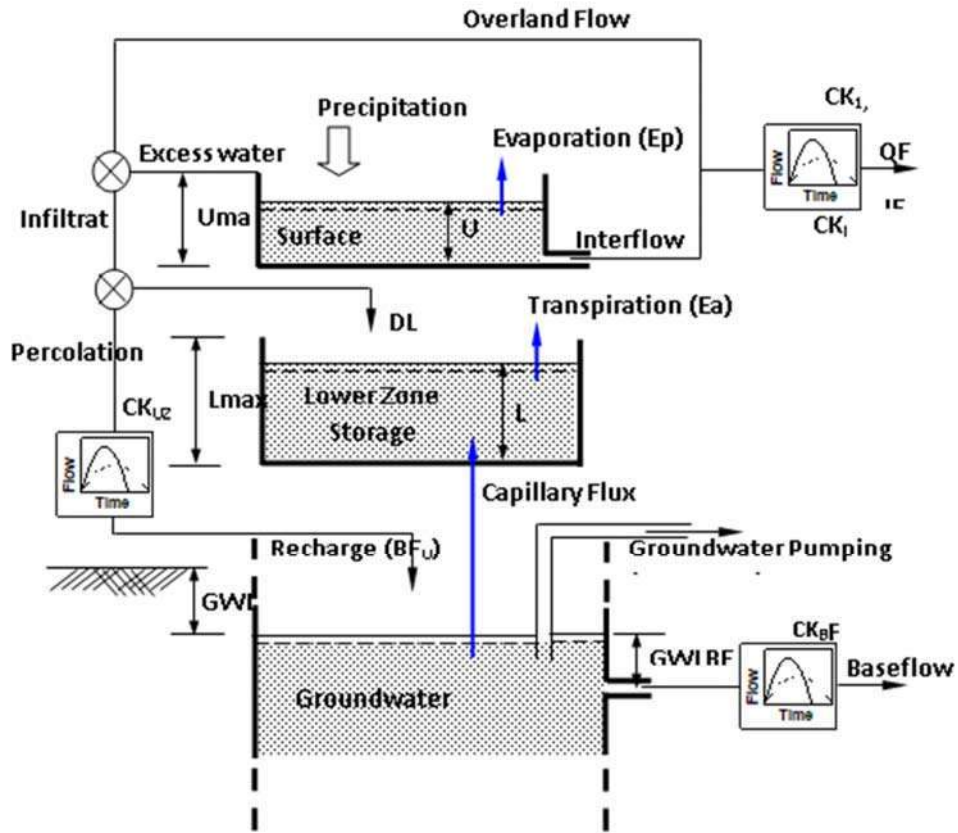


นอกจากลักษณะทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าซึ่งส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมน้ำตามทีกล่าวข้างต้นแล้ว จากหลักเกณฑ์ทางด้านอุทกวิทยาโดยทั่วไป ยังพบว่า ปริมาณฝนที่ตกและขนาดของพื้นที่รับน้ำ ยังเป็นอีก 2 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสภาพปัญหาการเกิดน้ำท่วมอีกด้วย

สำหรับในกรณีการไหลแบบควบคุม (Regulated Flow) ซึ่งเป็นการไหลที่ถูกควบคุมโดยอาคารชลศาสตร์ จะต้องพิจารณาจากทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ ซึ่งจากผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ตามที่แสดงในหัวข้อ 2.1.2 พบว่าปัจจัยทางด้านชลศาสตร์ที่มีผลต่ออัตราการไหลได้แก่ ขนาดของอาคารระบายน้ำหรืออาคารชลศาสตร์นั่นเอง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากได้ดังนี้

- การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ความลาดชันของพื้นที่
- ปริมาณฝนที่ตก
- ขนาดของพื้นที่รับน้ำ ปริมาณฝนในวันที่ตกก่อนหน้า
- ชนิดของดิน
- ขนาดของอาคารระบายน้ำ



รูปที่ 7.3-1 แผนผังแสดงแนวทางการคำนวณของแบบจำลอง NAM



$P_N = U - U_{\max}$	<p>ความหมายของสัญลักษณ์</p> <p>P_N = Excess Water (mm)</p>
$QOF = P_N \cdot CQ_{OF} \cdot \frac{L/L_{\max} - TOF}{1 - TOF}$	<p>U = Water content in surface storage (mm)</p> <p>U_{\max} = Max water content in surface storage (mm)</p> <p>QOF = Overland Flow (m³/s)</p>
$QIF = U \cdot \frac{1}{CK_{IF}} \cdot \frac{L/L_{\max} - TIF}{1 - TIF}$	<p>CQ_{OF} = Overland flow runoff coefficient (0-1)</p> <p>L = Water content in root zone storage (mm)</p> <p>L_{\max} = Max water content in root zone storage (mm)</p>
$Inf. = P_N - QOF$	<p>TOF = Root zone threshold value for overland flow (0-0.99)</p> <p>QIF = Interflow (m³/s)</p>
$G = (P_N - QOF) \cdot \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG}$	<p>CK_{IF} = Time constant for routing interflow (hour)</p> <p>TIF = Root zone threshold value for interflow (0-0.99)</p> <p>$Inf.$ = Infiltration</p>
$DL = (P_N - QOF) - G$	<p>G = Percolation (mm)</p> <p>TG = Root zone threshold value for groundwater recharge</p>
$BF = (GWLBF_0 - GWL) \cdot \frac{S_y}{CK_{BF}}$	<p>DL = Portion of infiltration increased in root zone</p> <p>BF = Baseflow (m³/s)</p> <p>CK_{BF} = Time constant for routing baseflow (hour)</p>
$Q_t = OF_t + IF_t + BF_t$	<p>S_y = Specific yield of groundwater reservoir</p> <p>$GWLBF_0$ = Threshold groundwater depth for baseflow</p> <p>GWL = Groundwater table below the ground surface</p>



7.3.2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากสามารถแบ่งออกได้ 2 กรณี โดยกรณีแรกเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง และกรณีที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยในเขตทาง ซึ่งรายละเอียดของการทดสอบทั้ง 2 กรณี แสดงได้ดังนี้

7.3.2.1. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง

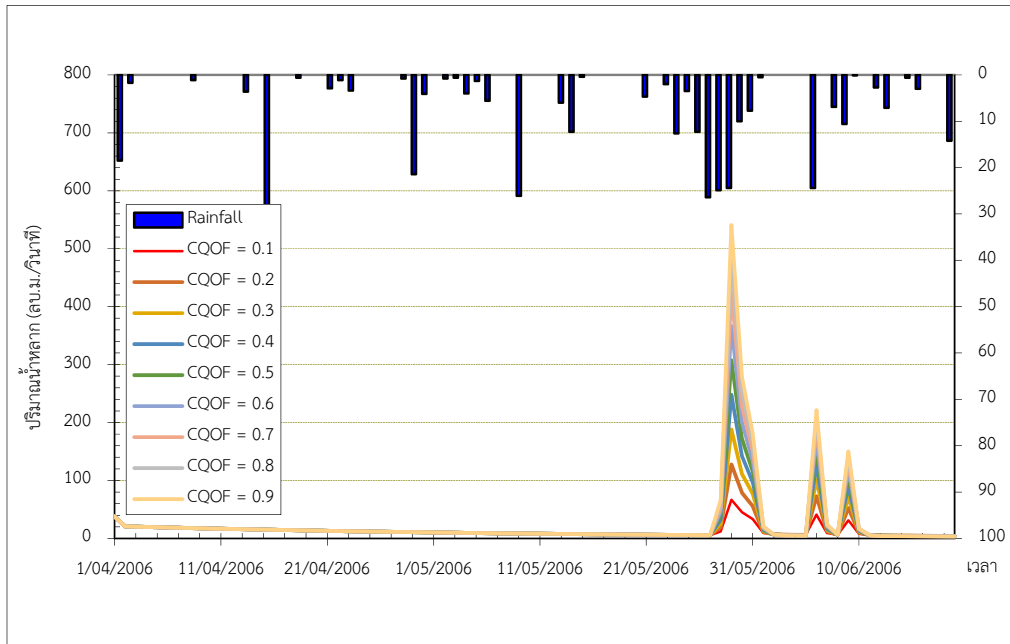
การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก สำหรับปัจจัยนอกเขตทาง จะทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากในแบบจำลอง NAM เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยตามที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยในการทดสอบการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) จะทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนค่า CQOF (Overland flow runoff coefficient) ค่า L_{max} (Max water content in root zone storage (mm)) และค่า CK1, CK2 (Time constant for routing interflow (hour)) สำหรับผลการทดสอบสามารถนำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแต่ละพื้นที่ดังตารางที่ 7.3-1 ถึง ตารางที่ 7.3-11 ส่วนผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของทุกพารามิเตอร์ในแต่ละพื้นที่แสดงได้ดัง รูปที่ 7.3-2 ถึง รูปที่ 7.3-12

จากผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลง L_{max} ให้ค่าเฉลี่ยต่อผลการเปลี่ยนแปลงเกิดน้ำท่าสูงสุดมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ค่า CQOF และ ค่า CK1, CK2 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ทุกพารามิเตอร์ที่กล่าวมา ย่อมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด ดังนั้นในขั้นตอน การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการไหลสูงสุด จะยังคงนำปัจจัยทางด้านกายภาพที่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ทั้ง 3 ประเภท ไปใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะได้นำเสนอในบทต่อไป

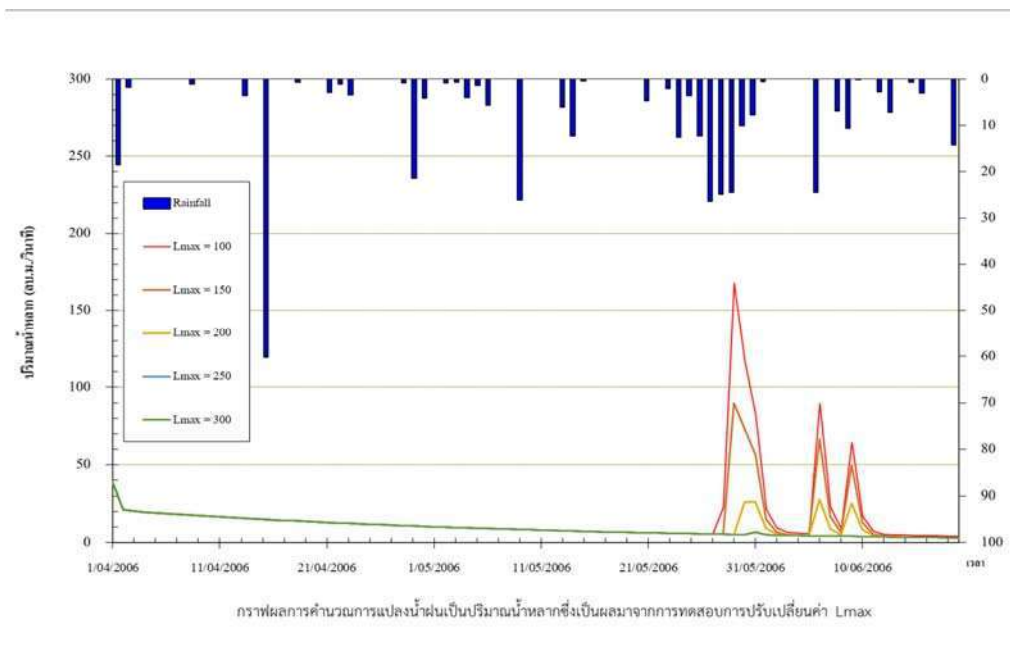


ตารางที่ 7.3-1 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	66.60	-
0.2	100	127.54	91.50
0.3	50	188.00	47.40
0.4	33.33	247.99	31.91
0.5	25	307.51	24.00
0.6	20	366.56	19.20
0.7	16.67	425.14	15.98
0.8	14.29	483.25	13.67
0.9	12.5	540.88	11.93
เฉลี่ย	33.97	-	31.95
L_{max}			
100	-	167.65	-
150	50.00	89.75	46.47
200	33.33	38.94	56.61
250	25.00	38.92	0.05
300	20.00	38.92	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	25.78
CK1,CK2			
3	-	167.65	-
9	66.67	89.75	46.47
15	40	38.94	56.61
21	28.57	38.92	0.05
27	22.22	38.92	0.00
33	18.18	167.65	330.76
39	15.38	89.75	46.47
45	6.67	38.94	56.61
เฉลี่ย	49.71	-	76.71

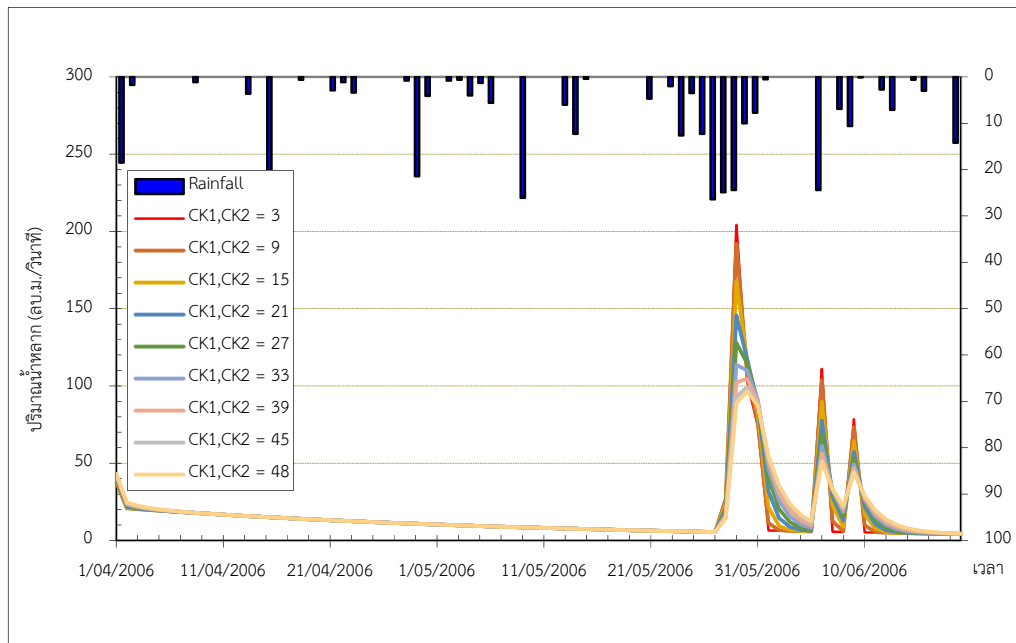


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-2 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



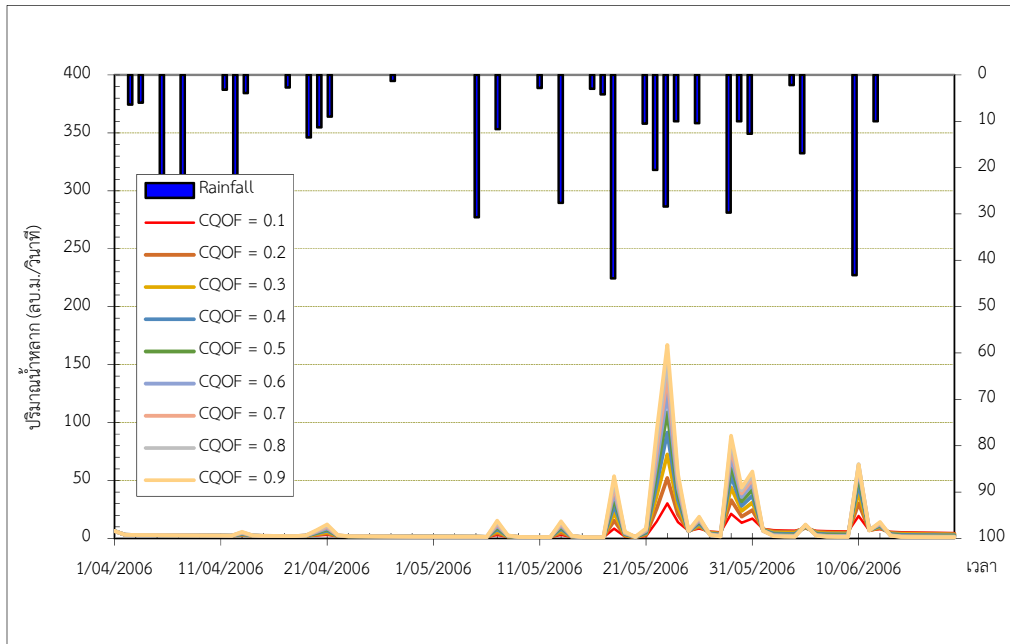
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-2(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6

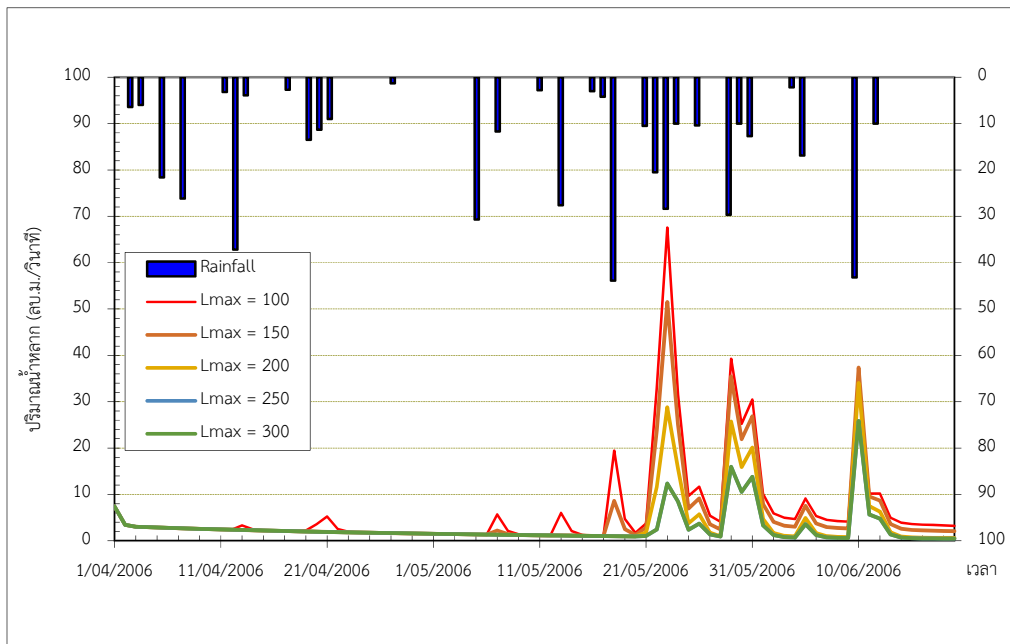


ตารางที่ 7.3-2 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	30.20	-
0.2	100	52.10	72.52
0.3	50	72.43	39.02
0.4	33.33	91.31	26.07
0.5	25	108.82	19.18
0.6	20	125.06	14.92
0.7	16.67	140.12	12.04
0.8	14.29	154.06	9.95
0.9	12.5	166.95	8.37
เฉลี่ย	33.97	-	25.26
L _{max}			
100	-	67.56	-
150	50.00	51.52	23.74
200	33.33	34.05	33.91
250	25.00	25.83	24.14
300	20.00	25.83	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	20.45
CK1,CK2			
3	-	177.17	-
9	66.67	169.50	4.33
15	40	153.46	9.46
21	28.57	137.93	10.12
27	22.22	125.06	9.33
33	18.18	114.86	8.16
39	15.38	106.83	6.99
45	6.67	100.48	5.94
เฉลี่ย	49.71	-	7.76

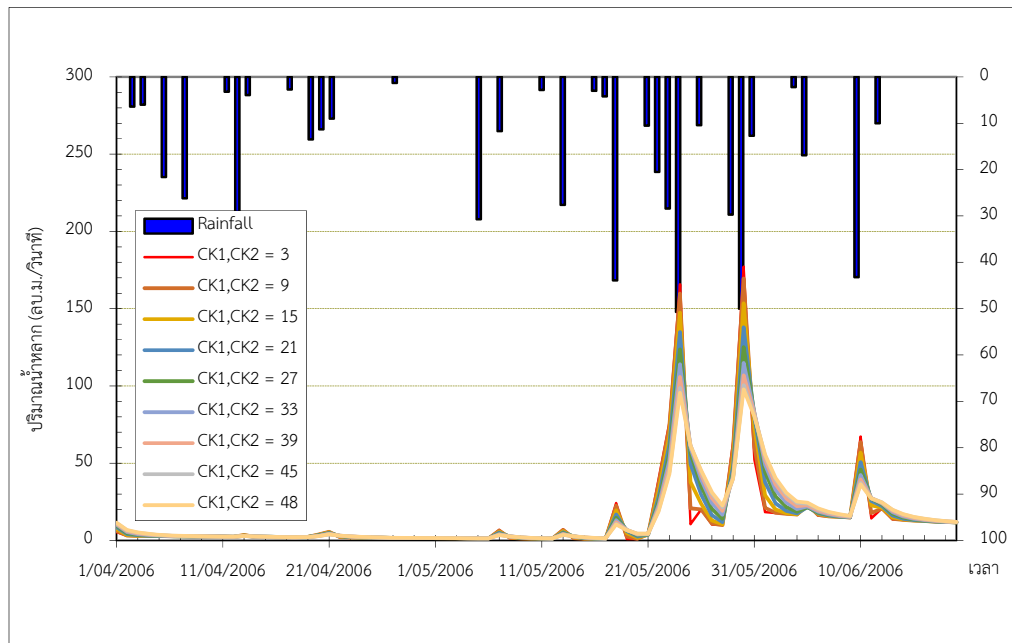


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-3 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7



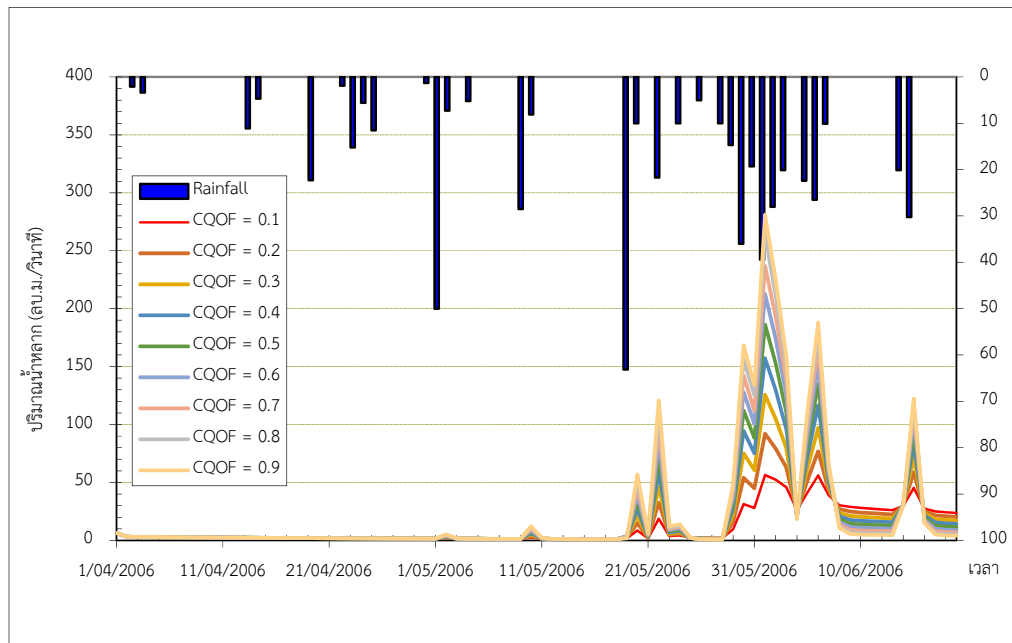
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-3(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7

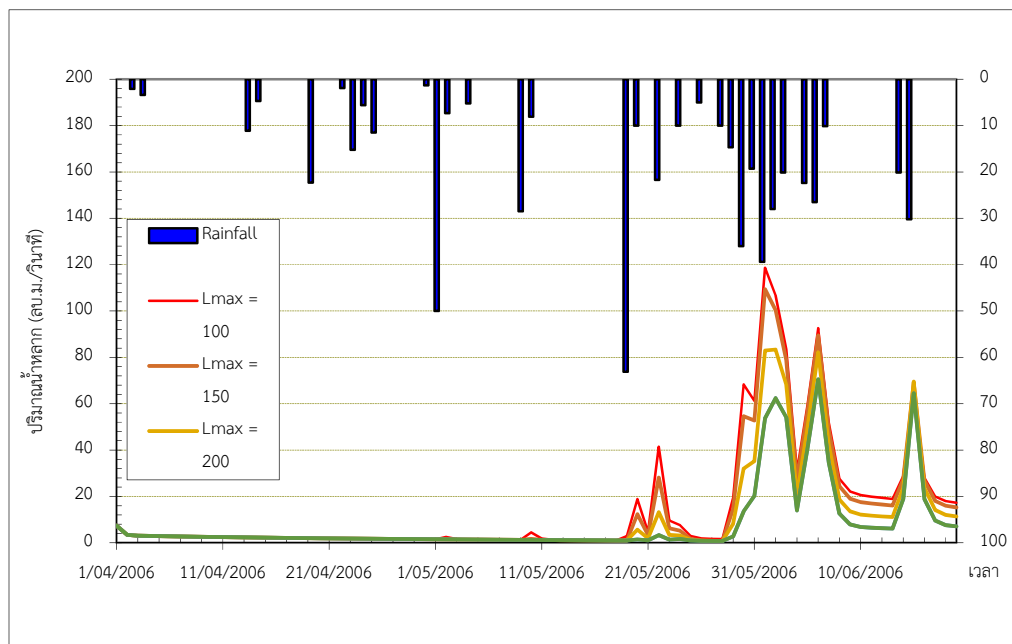


ตารางที่ 7.3-3 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	56.45	-
0.2	100	92.06	63.08
0.3	50	125.78	36.63
0.4	33.33	157.28	25.04
0.5	25	186.25	18.42
0.6	20	212.55	14.12
0.7	16.67	236.76	11.39
0.8	14.29	263.36	11.24
0.9	12.5	281.11	6.74
เฉลี่ย	33.97	-	23.33
L_{max}			
100	-	118.66	-
150	50.00	109.41	7.80
200	33.33	83.37	23.80
250	25.00	70.51	15.43
300	20.00	70.51	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	11.76
CK1,CK2			
3	-	124.10	-
9	66.67	119.83	3.44
15	40	111.83	6.68
21	28.57	104.37	6.67
27	22.22	98.72	5.41
33	18.18	96.20	2.55
39	15.38	93.30	3.01
45	6.67	90.27	3.25
เฉลี่ย	49.71	-	4.43

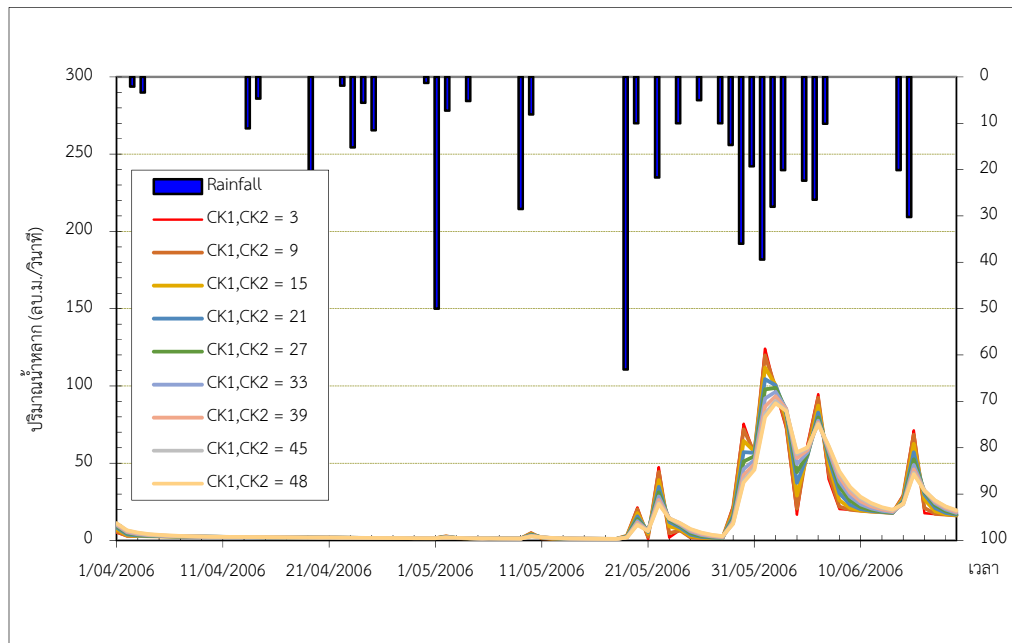


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-4 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19



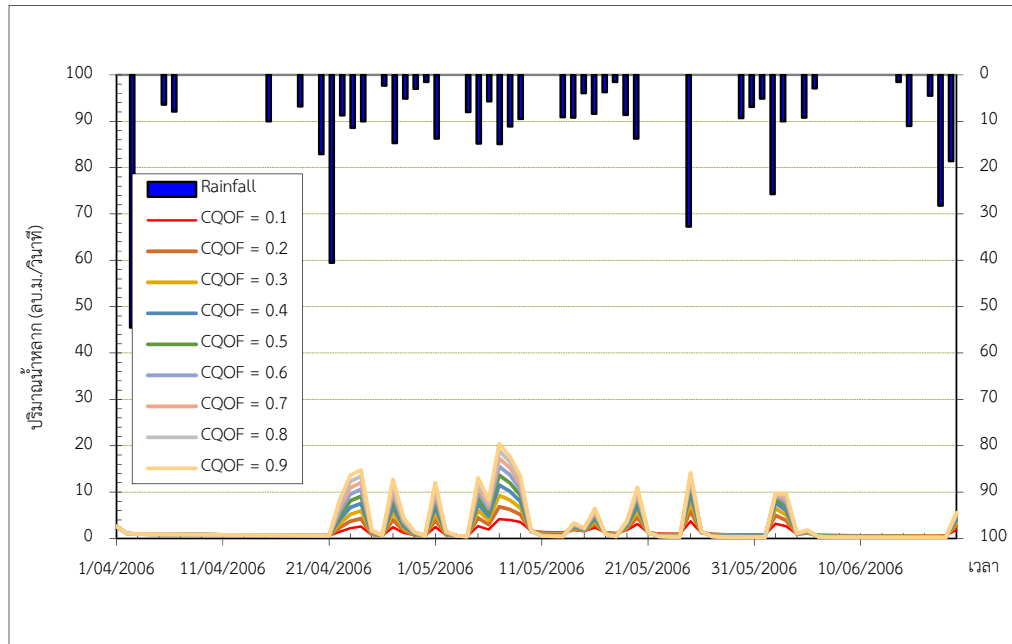
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-4(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19

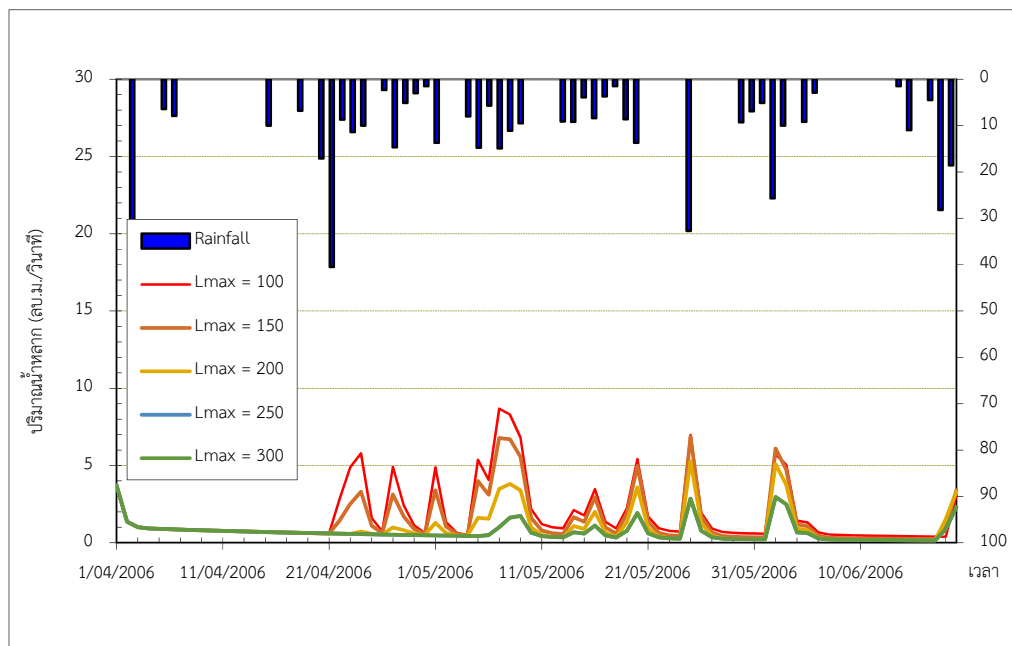


ตารางที่ 7.3-4 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	4.17	-
0.2	100	6.83	63.79
0.3	50	9.27	35.72
0.4	33.33	11.50	24.06
0.5	25	13.62	18.43
0.6	20	15.53	14.02
0.7	16.67	17.29	11.33
0.8	14.29	18.92	9.43
0.9	12.5	20.38	7.72
เฉลี่ย	33.97	-	23.06
L _{max}			
100	-	8.67	-
150	50.00	6.87	20.76
200	33.33	5.28	23.14
250	25.00	3.72	29.55
300	20.00	3.72	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	18.36
CK1,CK2			
3	-	19.86	-
9	66.67	18.98	4.43
15	40	17.12	9.80
21	28.57	15.28	10.75
27	22.22	13.71	10.27
33	18.18	12.41	9.48
39	15.38	11.34	8.62
45	6.67	10.44	7.94
เฉลี่ย	49.71	-	8.76

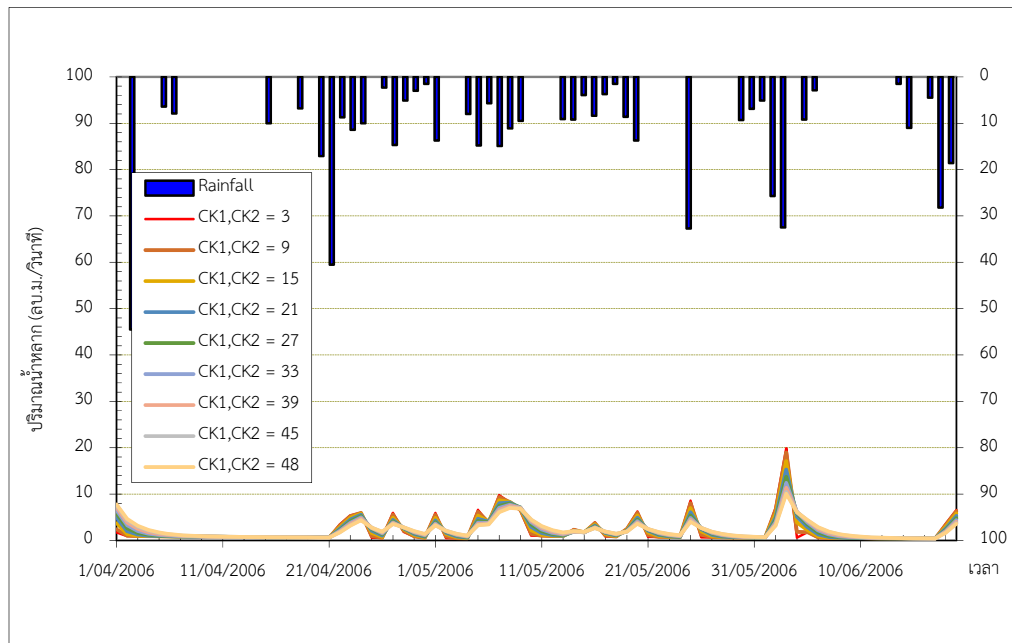


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-5 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20



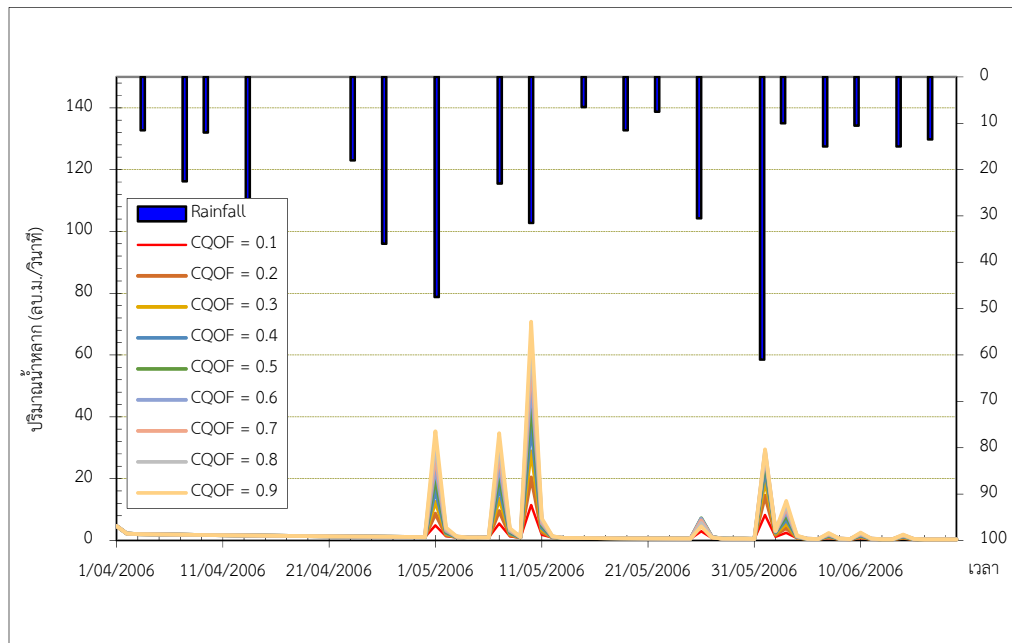
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-5(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20

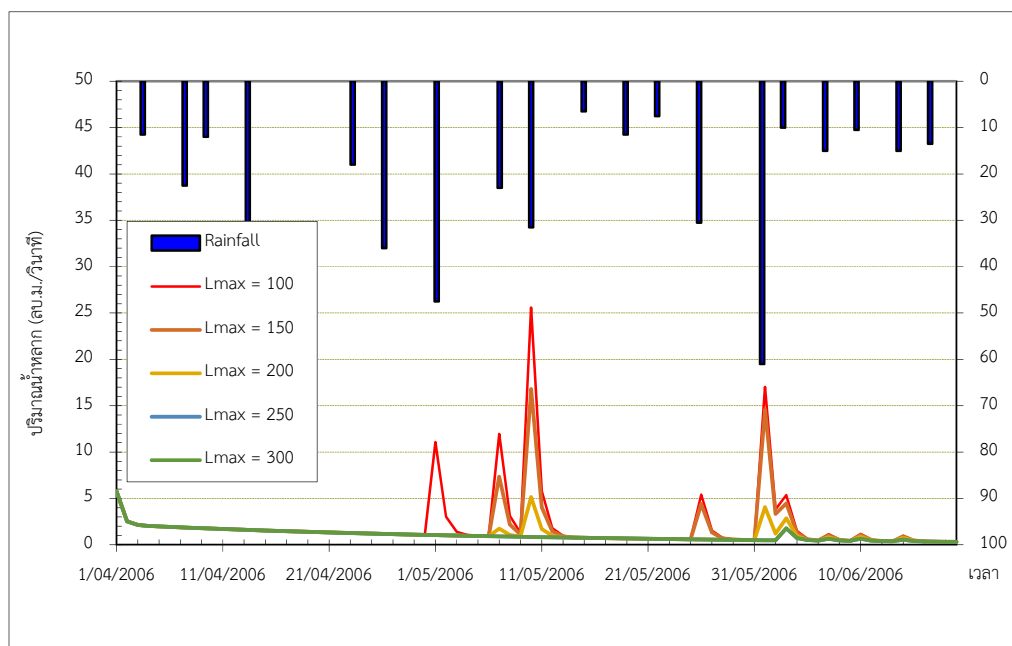


ตารางที่ 7.3-5 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	11.45	-
0.2	100	20.38	77.99
0.3	50	28.84	41.51
0.4	33.33	36.82	27.67
0.5	25	44.34	20.42
0.6	20	51.42	15.97
0.7	16.67	58.21	13.20
0.8	14.29	64.69	11.13
0.9	12.5	70.79	9.43
เฉลี่ย	33.97	-	27.17
L _{max}			
100	-	25.58	-
150	50.00	16.80	34.32
200	33.33	5.77	65.65
250	25.00	5.77	0.00
300	20.00	5.77	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	24.99
CK1,CK2			
3	-	364.44	-
9	66.67	341.59	6.27
15	40	297.09	13.03
21	28.57	257.09	13.46
27	22.22	225.10	12.44
33	18.18	199.77	11.25
39	15.38	179.44	10.18
45	6.67	162.84	9.25
เฉลี่ย	49.71	-	10.84

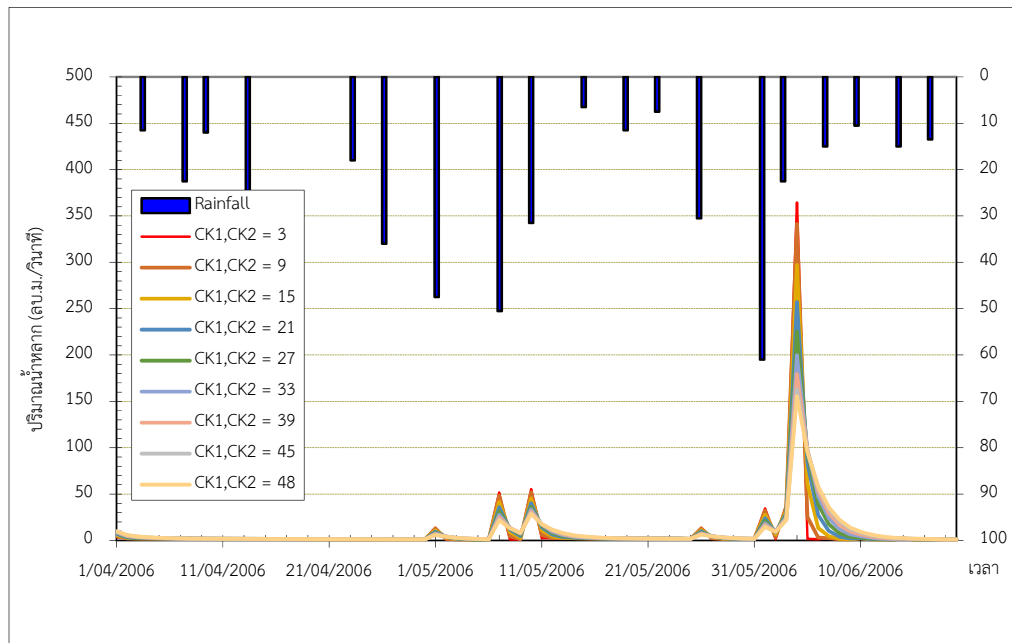


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-6 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23



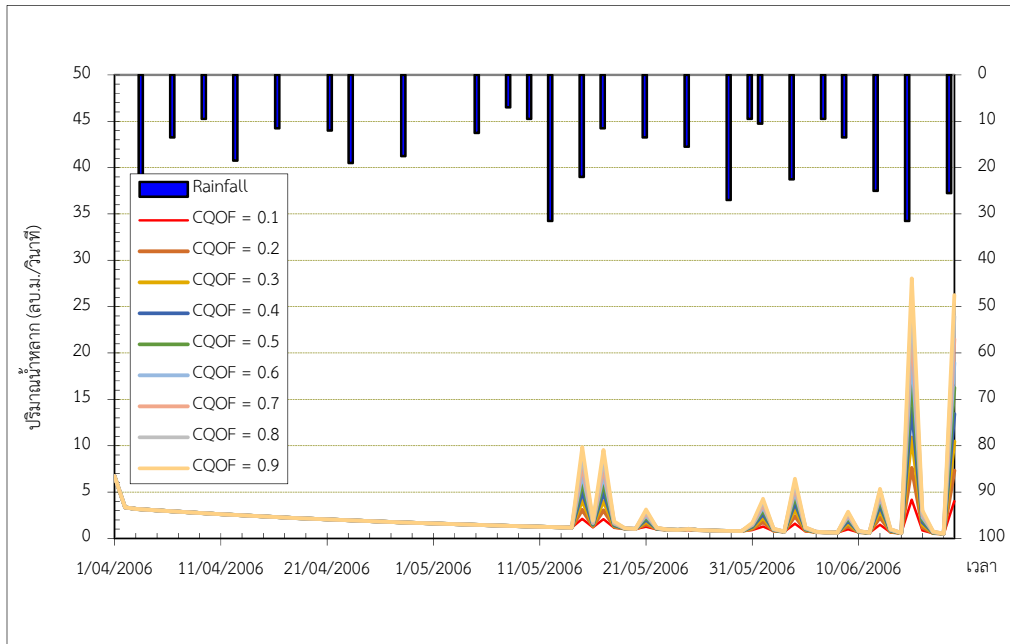
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-6(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23

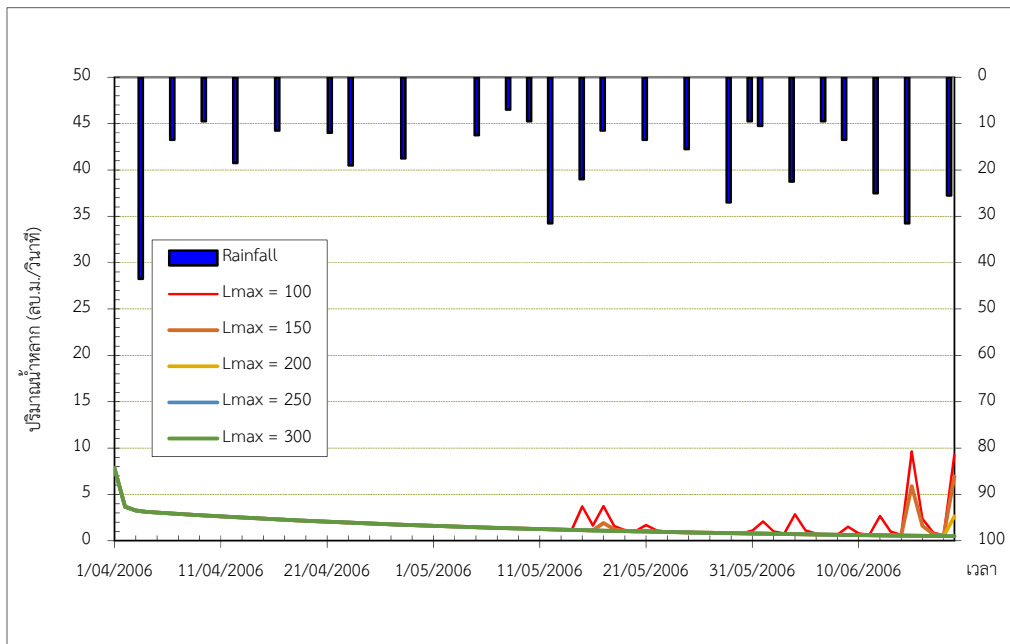


ตารางที่ 7.3-6 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	6.71	-
0.2	100	7.61	13.41
0.3	50	10.89	43.10
0.4	33.33	14.02	28.74
0.5	25	17.02	21.40
0.6	20	19.91	16.98
0.7	16.67	22.71	14.06
0.8	14.29	25.41	11.89
0.9	12.5	28.04	10.35
เฉลี่ย	33.97	-	19.99
L _{max}			
100	-	9.64	-
150	50.00	7.82	18.88
200	33.33	7.81	0.13
250	25.00	7.81	0.00
300	20.00	7.81	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	4.75
CK1,CK2			
3	200	11.91	-
9	66.67	11.13	6.55
15	40	9.64	13.39
21	28.57	9.00	6.64
27	22.22	9.92	10.22
33	18.18	10.64	7.26
39	15.38	11.21	5.36
45	6.67	11.67	4.10
เฉลี่ย	49.71	-	7.65

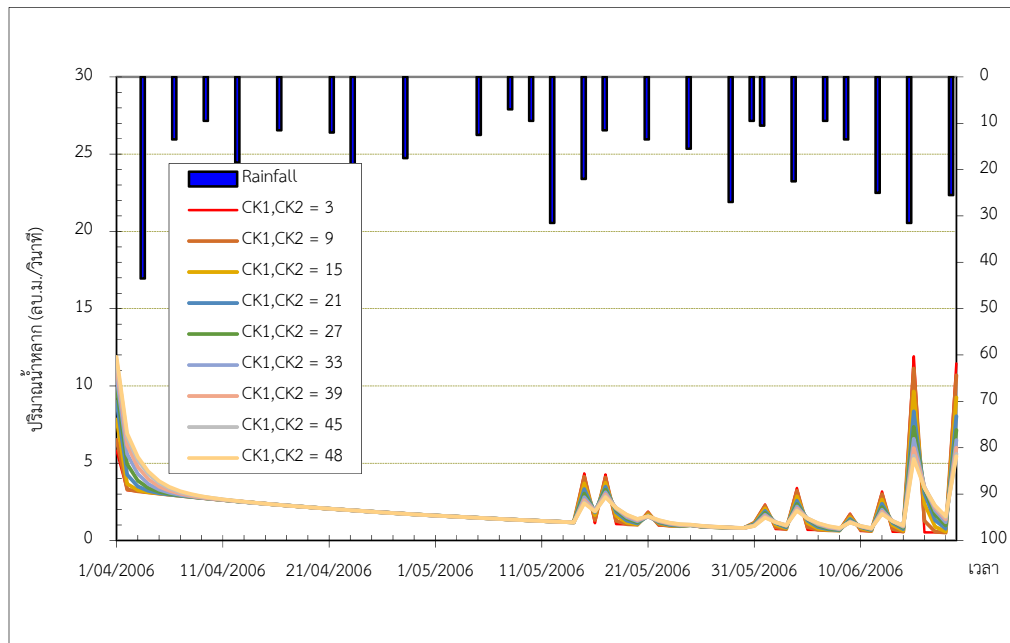


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-7 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31



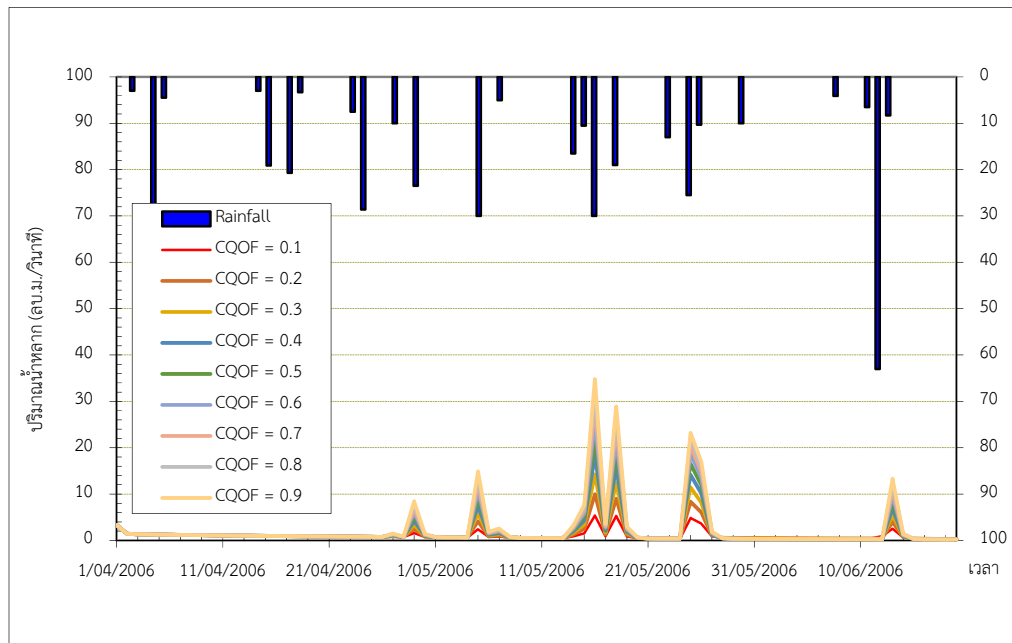
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-7(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31

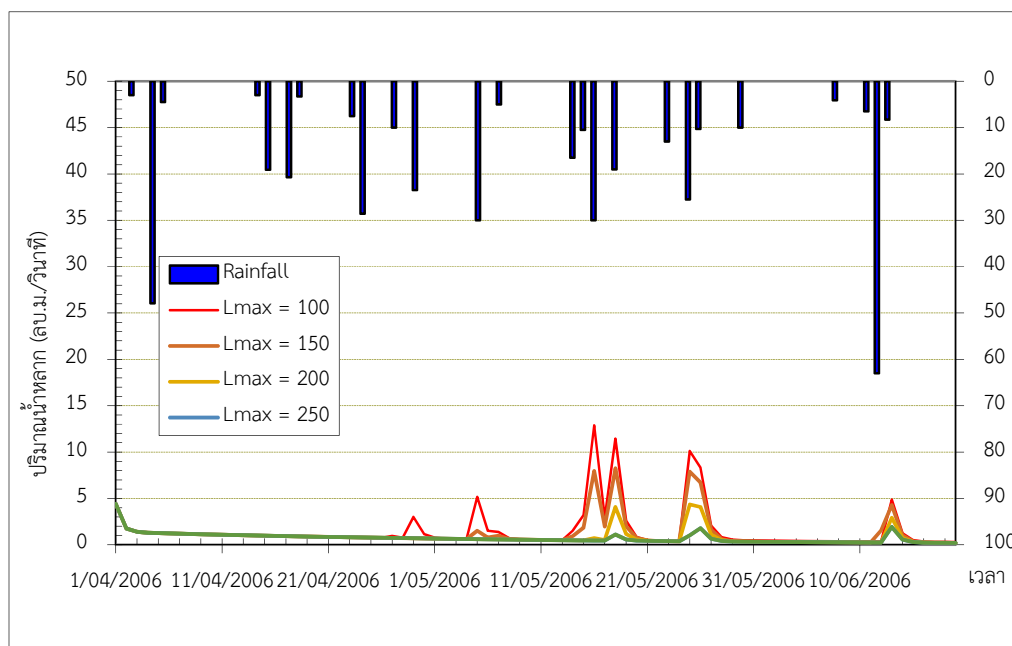


ตารางที่ 7.3-7 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	5.36	-
0.2	100	9.95	85.63
0.3	50	14.25	43.22
0.4	33.33	18.27	28.21
0.5	25	22.03	20.58
0.6	20	25.55	15.98
0.7	16.67	28.85	12.92
0.8	14.29	31.92	10.64
0.9	12.5	34.79	8.99
เฉลี่ย	33.97	-	28.27
L _{max}			
100	-	12.88	-
150	50.00	8.25	35.95
200	33.33	4.41	46.55
250	25.00	4.41	0.00
300	20.00	4.41	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	20.62
CK1,CK2			
3	-	15.33	-
9	66.67	14.51	5.35
15	40	12.88	11.23
21	28.57	11.36	11.80
27	22.22	10.11	11.00
33	18.18	9.43	6.73
39	15.38	8.97	4.88
45	6.67	8.56	4.57
เฉลี่ย	49.71	-	7.94

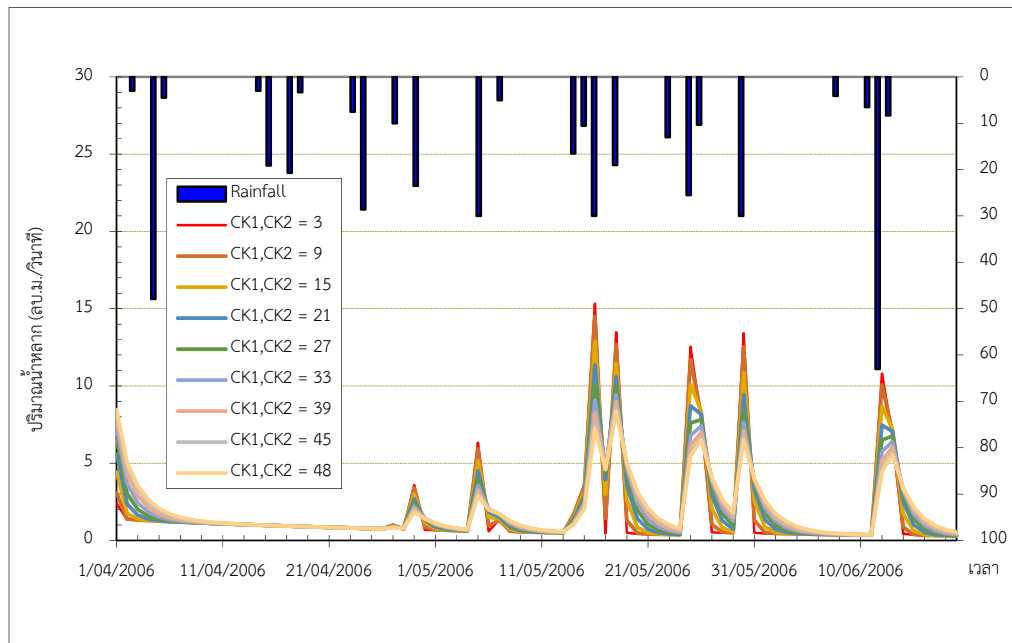


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-8 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32



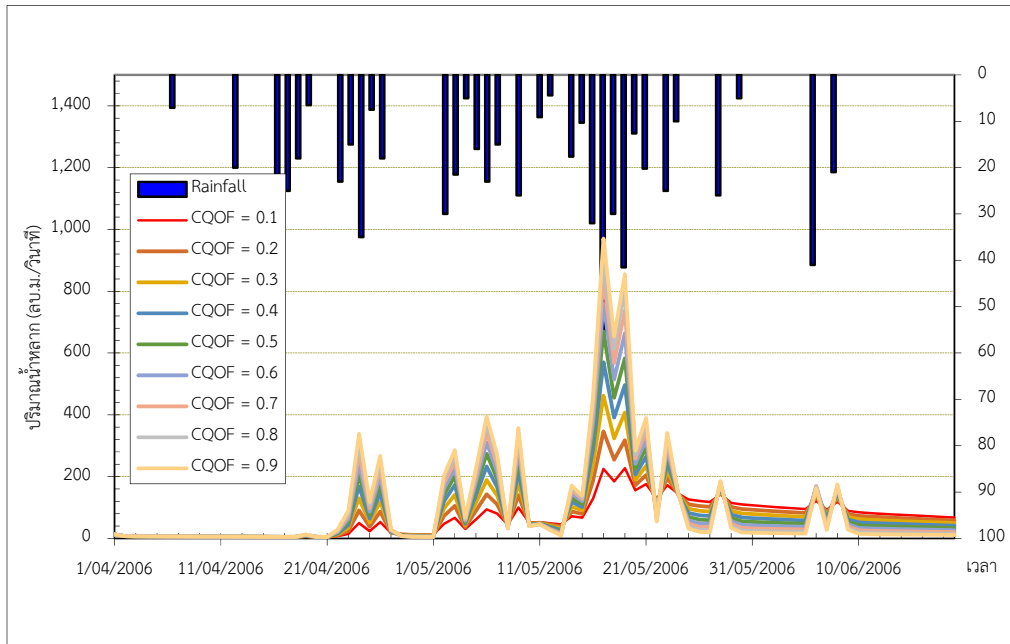
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-8(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32

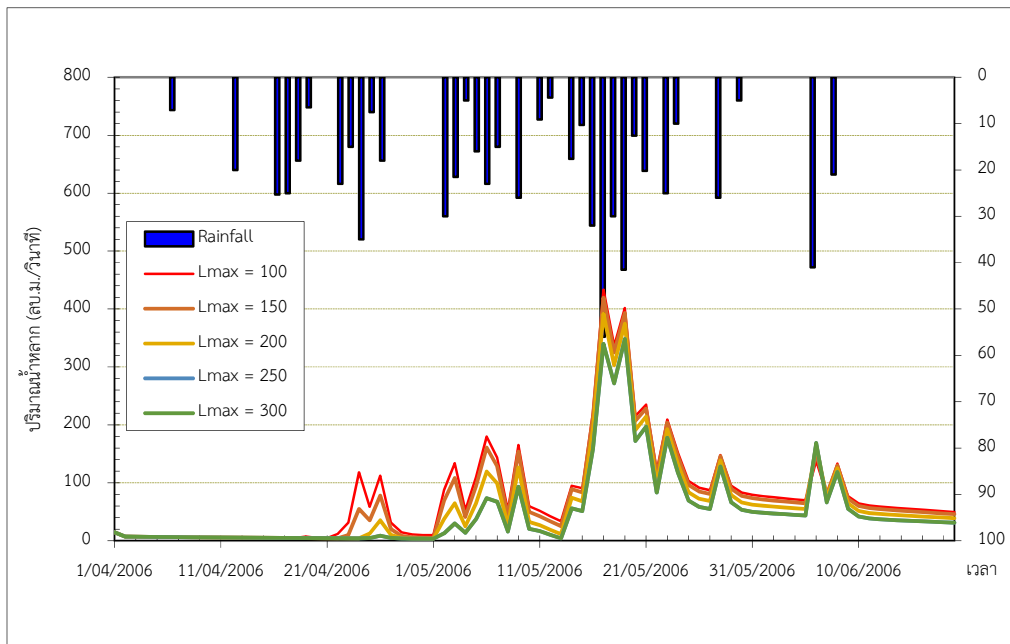


ตารางที่ 7.3-8 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	227.24	-
0.2	100	346.26	52.38
0.3	50	461.76	33.36
0.4	33.33	570.10	23.46
0.5	25	669.73	17.48
0.6	20	759.38	13.39
0.7	16.67	837.92	10.34
0.8	14.29	905.13	8.02
0.9	12.5	970.17	7.19
เฉลี่ย	33.97	-	20.70
L _{max}			
100	-	433.38	-
150	50.00	419.61	3.18
200	33.33	391.66	6.66
250	25.00	348.17	11.10
300	20.00	348.17	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	5.24
CK1,CK2			
3	-	490.83	-
9	66.67	475.69	3.08
15	40	442.58	6.96
21	28.57	408.63	7.67
27	22.22	396.20	3.04
33	18.18	388.41	1.97
39	15.38	379.67	2.25
45	6.67	370.48	2.42
เฉลี่ย	49.71	-	3.91

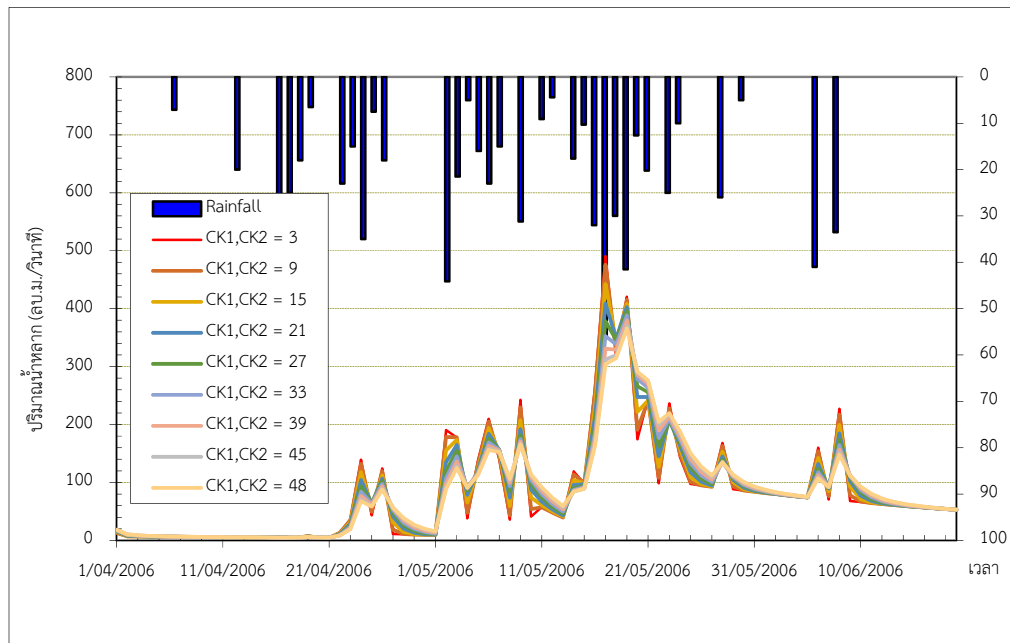


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-9 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33



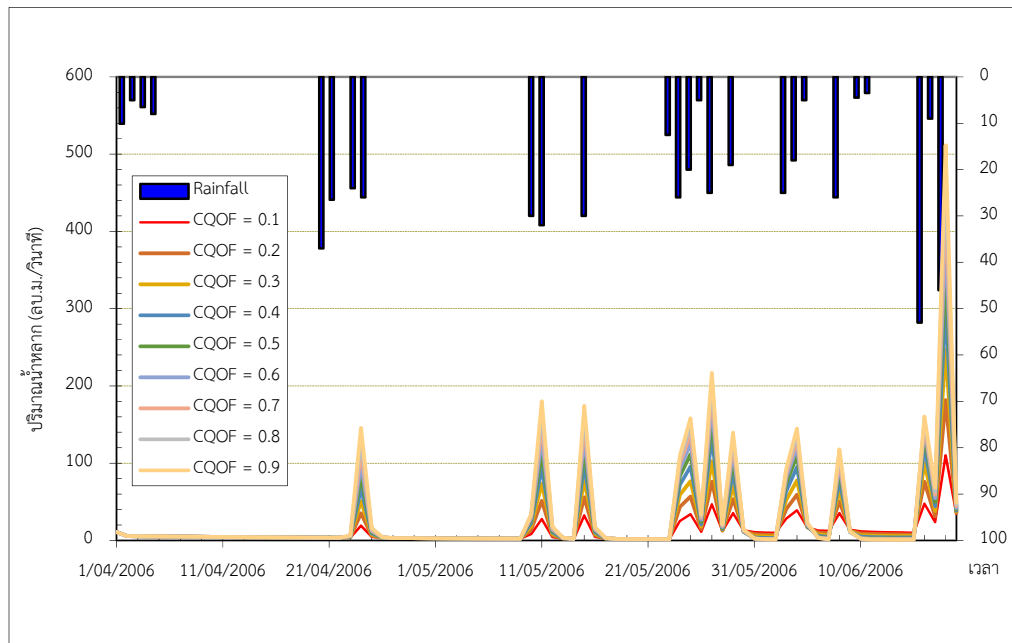
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-9(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33

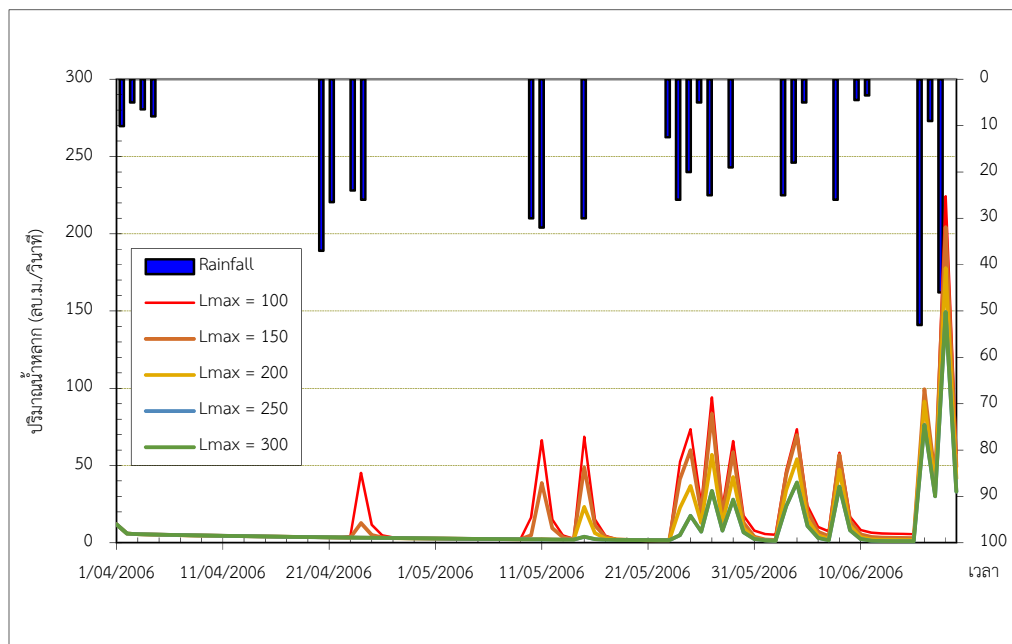


ตารางที่ 7.3-9 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	110.14	-
0.2	100	181.67	64.94
0.3	50	247.29	36.12
0.4	33.33	302.55	22.35
0.5	25	351.36	16.13
0.6	20	394.06	12.15
0.7	16.67	433.13	9.91
0.8	14.29	472.49	9.09
0.9	12.5	511.54	8.26
เฉลี่ย	33.97	-	22.37
L _{max}			
100	-	224.26	-
150	50.00	204.24	8.93
200	33.33	177.77	12.96
250	25.00	149.22	16.06
300	20.00	149.22	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	9.49
CK1,CK2			
3	-	266.90	-
9	66.67	251.80	5.66
15	40	224.26	10.94
21	28.57	200.43	10.63
27	22.22	181.31	9.54
33	18.18	165.81	8.55
39	15.38	153.02	7.71
45	6.67	142.31	7.00
เฉลี่ย	49.71	-	8.57

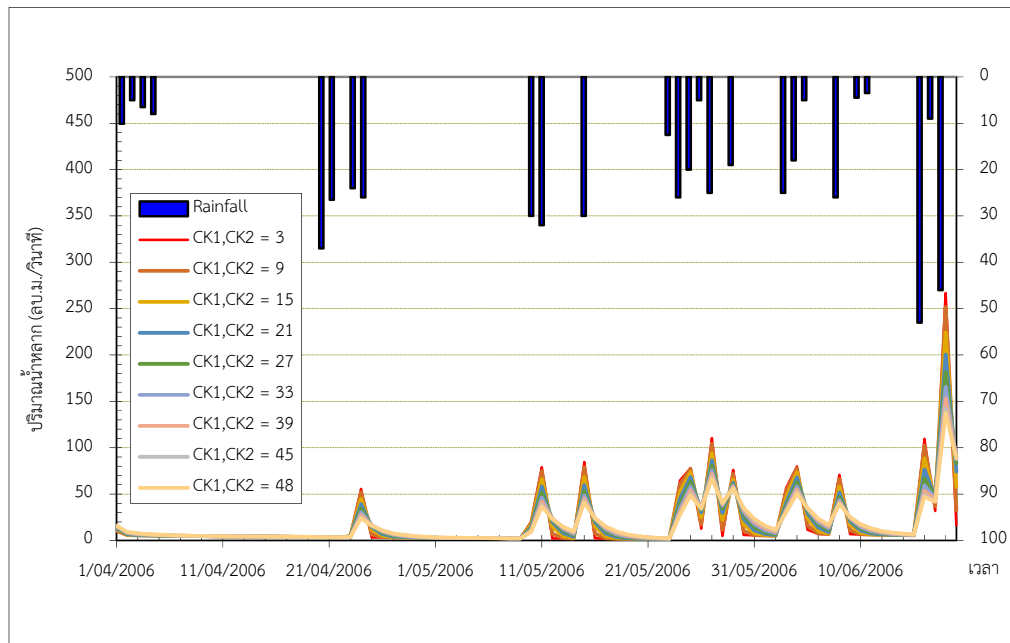


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-10 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34



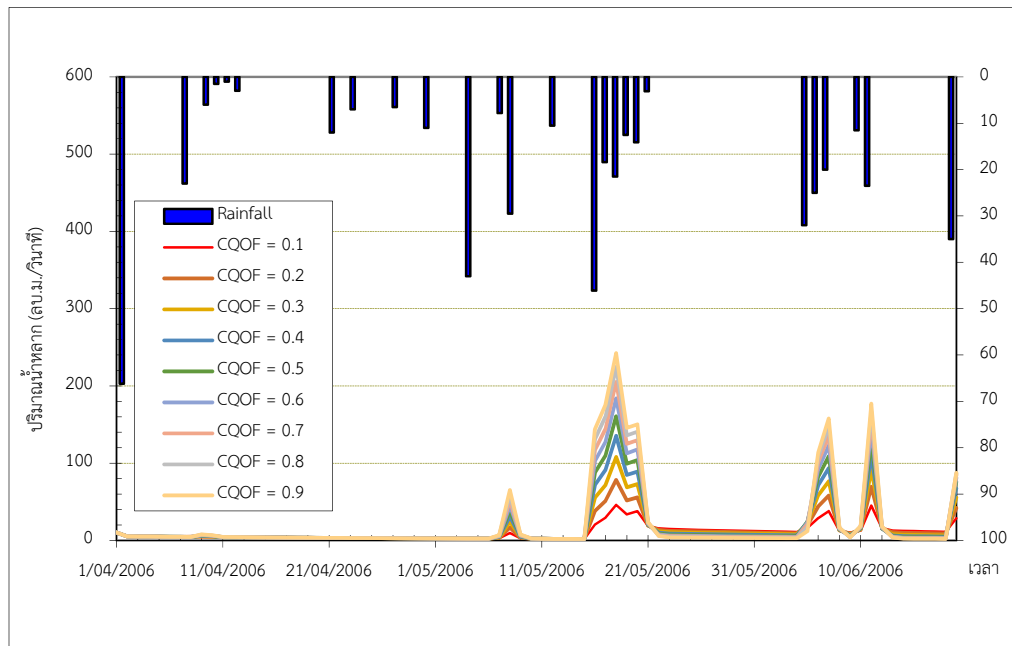
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-10(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34

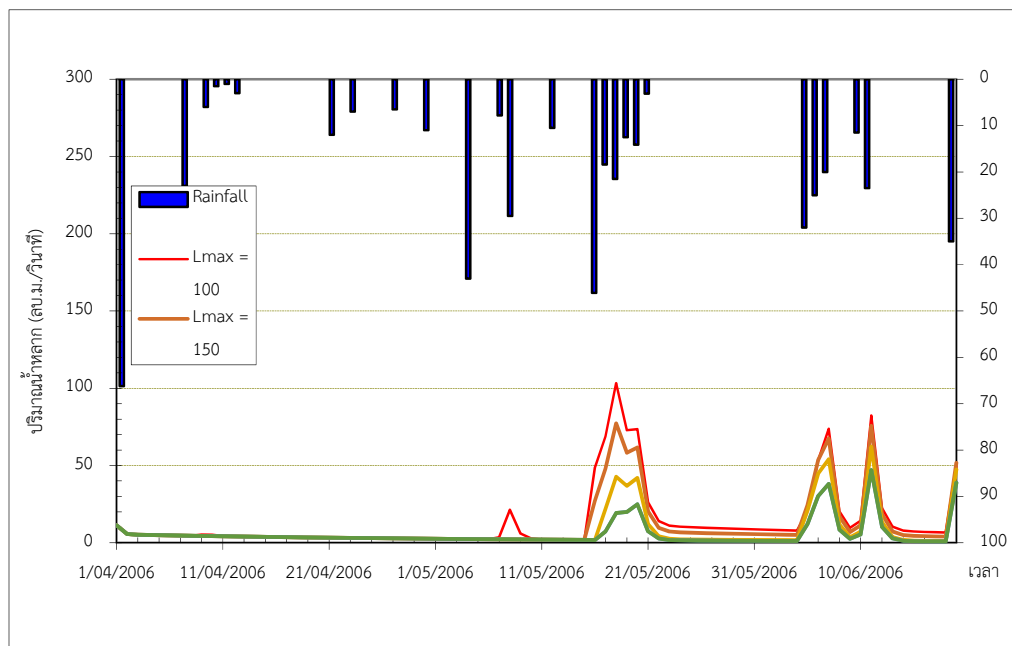


ตารางที่ 7.3-10 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	45.99	-
0.2	100	78.22	70.08
0.3	50	108.00	38.07
0.4	33.33	135.44	25.41
0.5	25	160.71	18.66
0.6	20	183.91	14.44
0.7	16.67	205.18	11.57
0.8	14.29	224.64	9.48
0.9	12.5	242.41	7.91
เฉลี่ย	33.97	-	24.45
L_{max}			
100	-	103.28	-
150	50.00	77.26	25.19
200	33.33	62.22	19.47
250	25.00	47.03	24.41
300	20.00	47.03	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	17.27
CK1,CK2			
3	-	120.58	-
9	66.67	116.64	3.27
15	40	107.94	7.46
21	28.57	98.86	8.41
27	22.22	91.00	7.95
33	18.18	85.28	6.29
39	15.38	80.06	6.12
45	6.67	75.36	5.87
เฉลี่ย	49.71	-	6.48

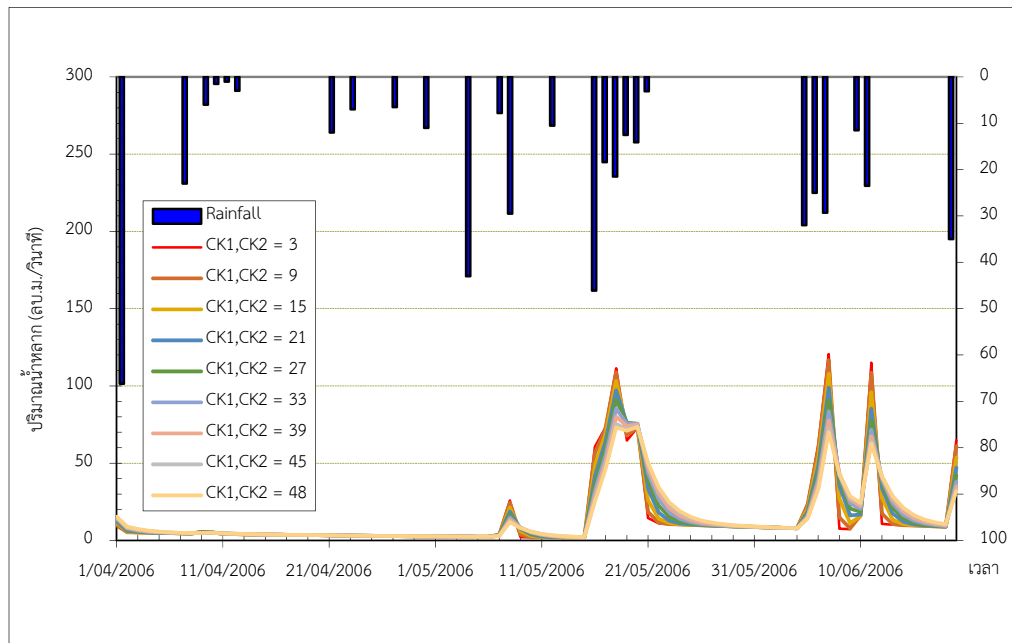


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-11 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35



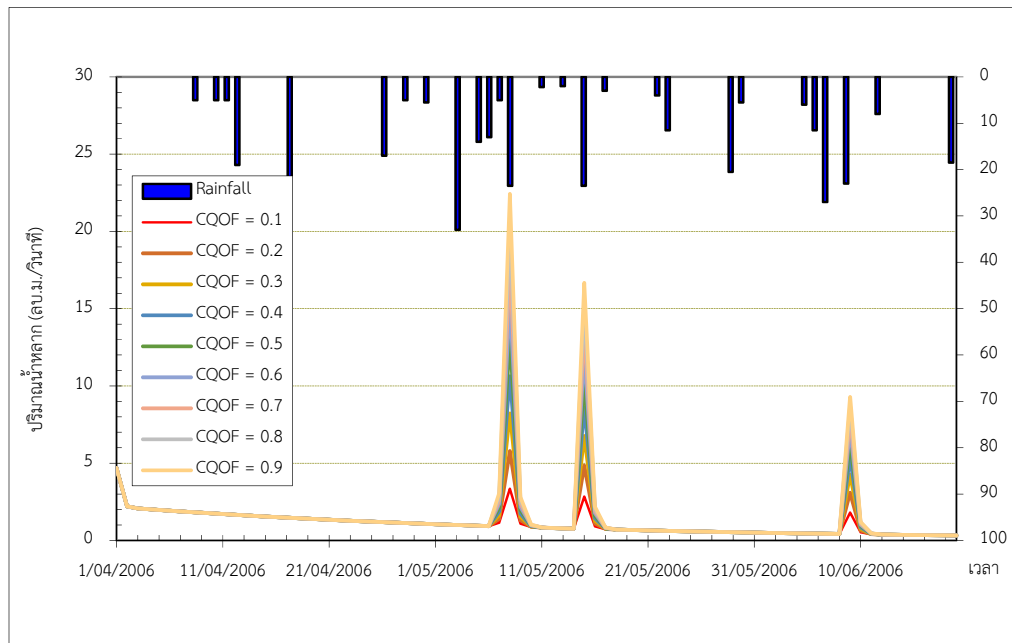
(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-11(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35

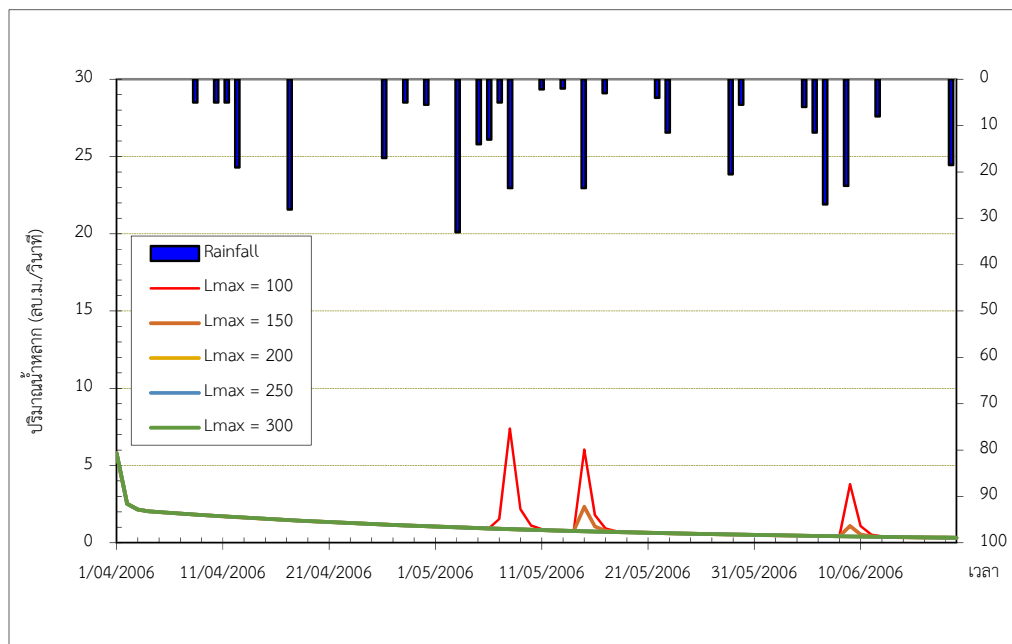


ตารางที่ 7.3-11 การทดสอบความอ่อนไหวของปัจจัยนอกเขตทาง พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36

ค่าพารามิเตอร์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด
CQOF			
0.1	-	4.69	-
0.2	100	5.79	23.45
0.3	50	8.22	41.97
0.4	33.33	10.63	29.32
0.5	25	13.02	22.48
0.6	20	15.40	18.28
0.7	16.67	17.76	15.32
0.8	14.29	20.10	13.18
0.9	12.5	22.43	11.59
เฉลี่ย	33.97	-	21.95
L _{max}			
100	-	7.39	-
150	50.00	5.80	21.52
200	33.33	5.79	0.17
250	25.00	5.79	0.00
300	20.00	5.79	0.00
เฉลี่ย	32.08	-	5.42
CK1,CK2			
3	-	8.87	-
9	66.67	8.37	5.64
15	40	7.39	11.71
21	28.57	6.97	5.68
27	22.22	7.89	13.20
33	18.18	8.61	9.13
39	15.38	9.19	6.74
45	6.67	9.65	5.01
เฉลี่ย	49.71	-	8.16

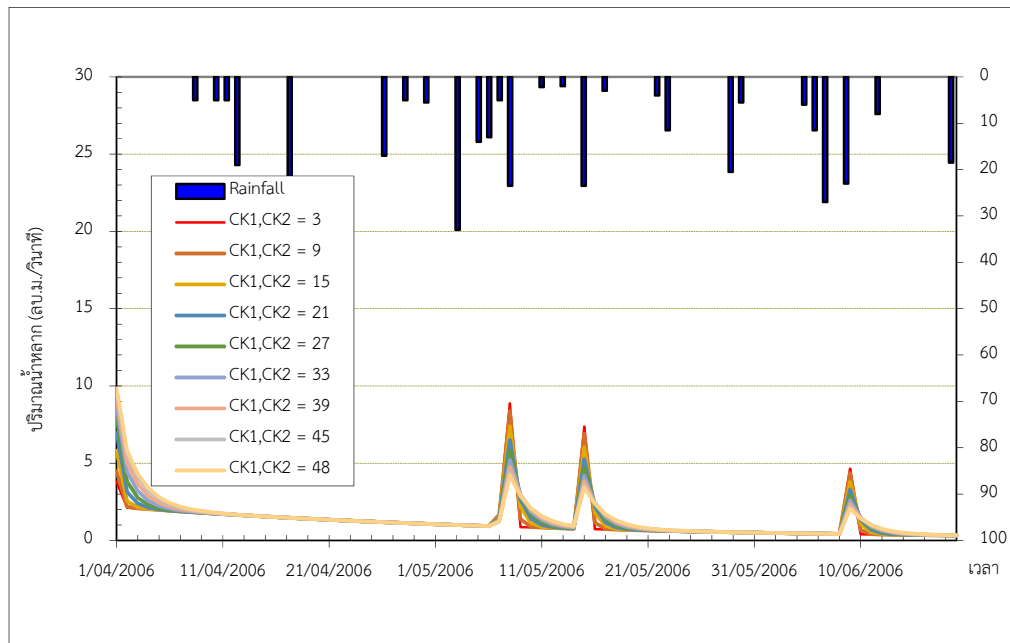


(ก) CQOF



(ข) Lmax

รูปที่ 7.3-12 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยน
ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36



(ค) CK1,CK2

รูปที่ 7.3-12(ต่อ) กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบการ
ปรับเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36



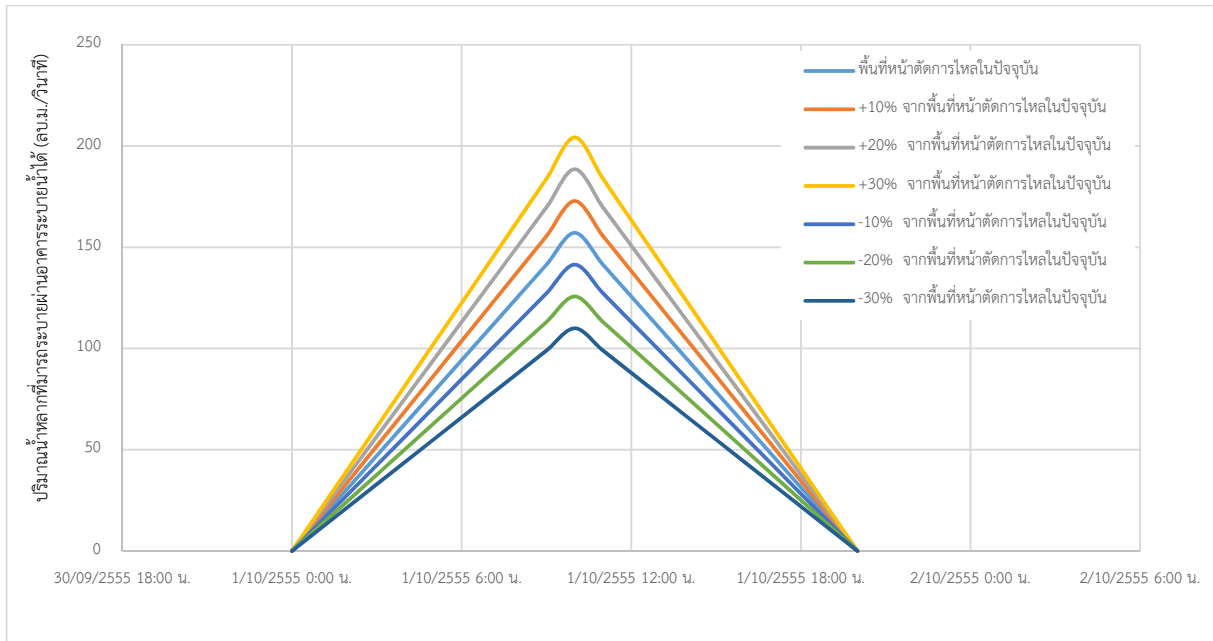
7.3.2.2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยในเขตทาง

ตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยในเขตทางที่มีผลต่ออัตราการไหลหรือปัญหาน้ำท่วม ได้แก่ ขนาดของอาคารระบายน้ำ ดังนั้นการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก สำหรับปัจจัยในเขตทางจะมีหลักการที่แตกต่างจากวิเคราะห์ปัจจัยนอกเขตทางเนื่องจากมีพฤติกรรมการไหลที่ต่างกันตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการทดลองปรับขนาดของอาคารระบายน้ำทุกตำแหน่ง ในพื้นที่ศึกษาแต่ละพื้นที่ตามสัดส่วนเทียบขนาดของอาคารระบายน้ำปัจจุบัน แล้วนำอัตราการไหลที่ผ่านอาคารระบายน้ำแต่ละแห่งในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละพื้นที่มารวมกันเพื่อสร้างเป็นกราฟน้ำท่าของอัตราการไหลรวมผ่านอาคารระบายน้ำของแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 7.3-13 ถึง รูปที่ 7.3-23 จากกราฟน้ำท่าดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลรวมสูงสุดที่ผ่านอาคารระบายน้ำได้ ดังแสดงในตารางที่ 7.3-12

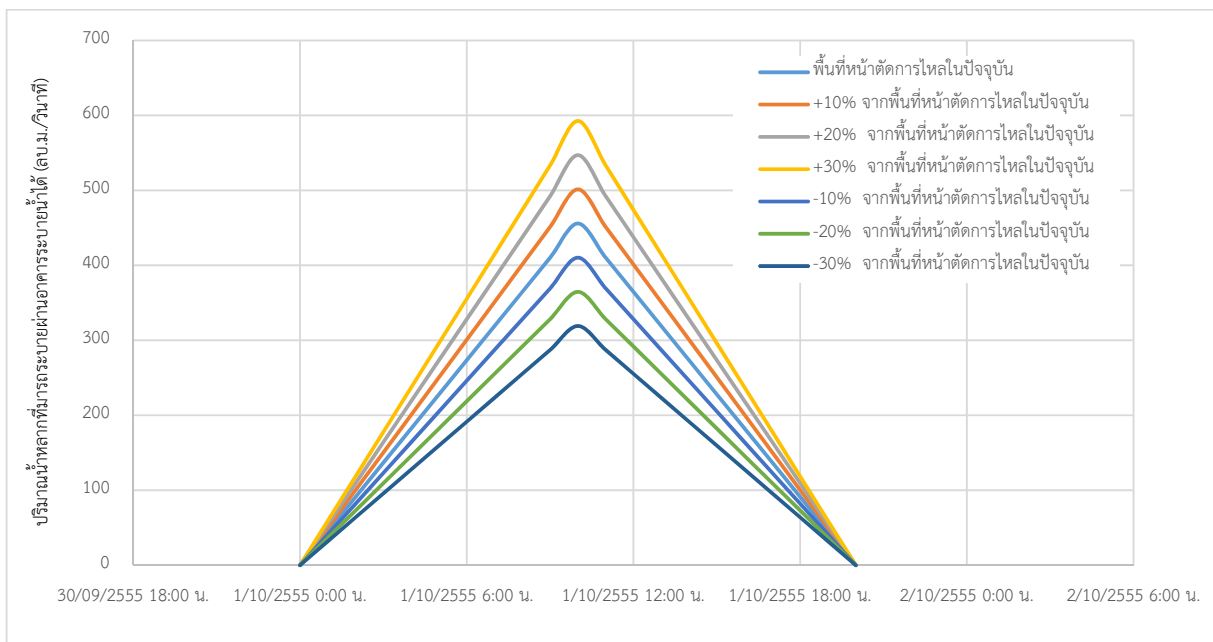
จากตารางที่ 7.3-12 จะเห็นได้ว่า หากมีการเปลี่ยนแปลง ขนาดอาคารระบายน้ำ ตั้งแต่ ร้อยละ -30 ถึง ร้อยละ +30 จะทำให้อัตราการไหลรวมสูงสุดในทุกพื้นที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ -32.1 ถึง ร้อยละ +32.7 โดยที่ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดของทุกพื้นที่ เมื่อมีการปรับขนาดของหน้าตัดอาคารระบายน้ำ เป็นร้อยละ +10 +20 +30 -10 -20 และ -30 เท่ากับร้อยละ 9.8 18.8 27.8 -9.2 -17.5 และ -29.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 7.3-12 การทดสอบความอ่อนไหวของการปรับเปลี่ยนขนาดหน้าตัดอาคารระบายน้ำ

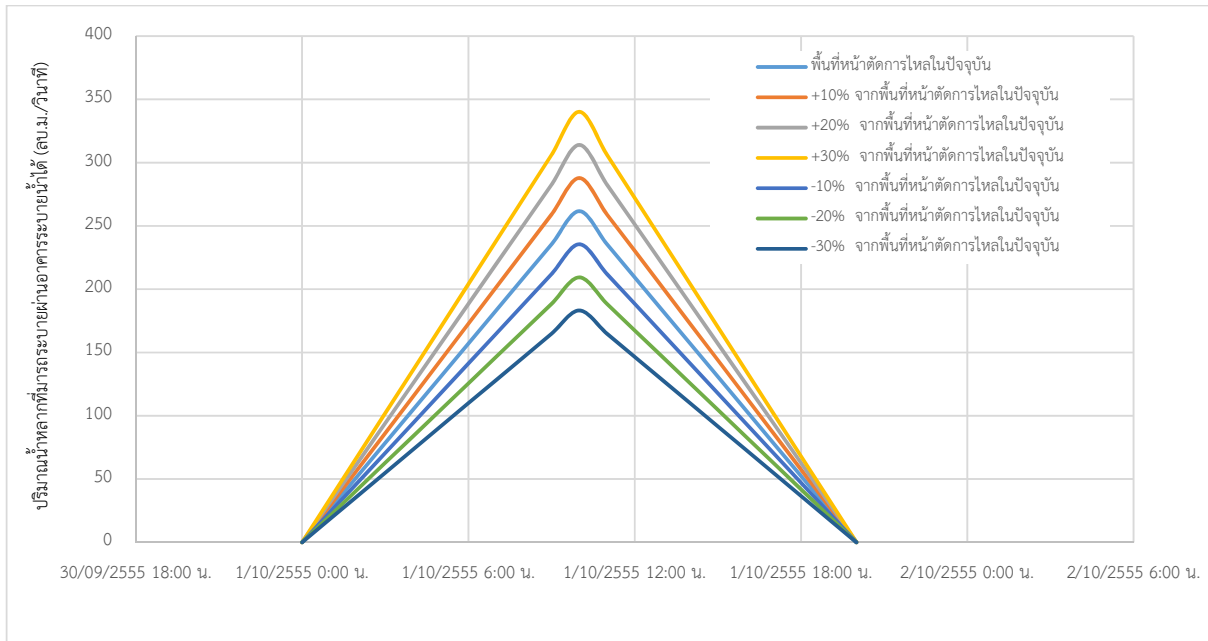
พื้นที่ศึกษา	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงผลรวมอัตราการไหลสูงสุดแต่ละพื้นที่ตามการปรับขนาดอาคารระบายน้ำ					
	+10%	+20%	+30%	-10%	-20%	-30%
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6	11.0	19.6	28.2	-9.4	-17.6	-28.8
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7	10.8	21.6	25.5	-7.9	-21.6	-28.5
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19	9.6	22.0	30.0	-9.9	-17.2	-30.0
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20	8.6	16.2	30.3	-11.0	-17.4	-28.5
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23	9.6	21.0	30.3	-8.4	-15.0	-28.2
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31	10.7	15.2	30.9	-9.7	-17.2	-30.9
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32	9.5	16.6	24.9	-7.6	-15.2	-28.2
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33	9.8	20.0	22.5	-9.3	-17.4	-25.8
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34	8.1	15.2	25.2	-10.4	-18.8	-29.4
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35	9.9	21.8	32.7	-9.0	-17.2	-32.1
พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36	10.6	17.4	25.2	-8.3	-17.6	-30.6
ค่าเฉลี่ย	9.8	18.8	27.8	-9.2	-17.5	-29.2



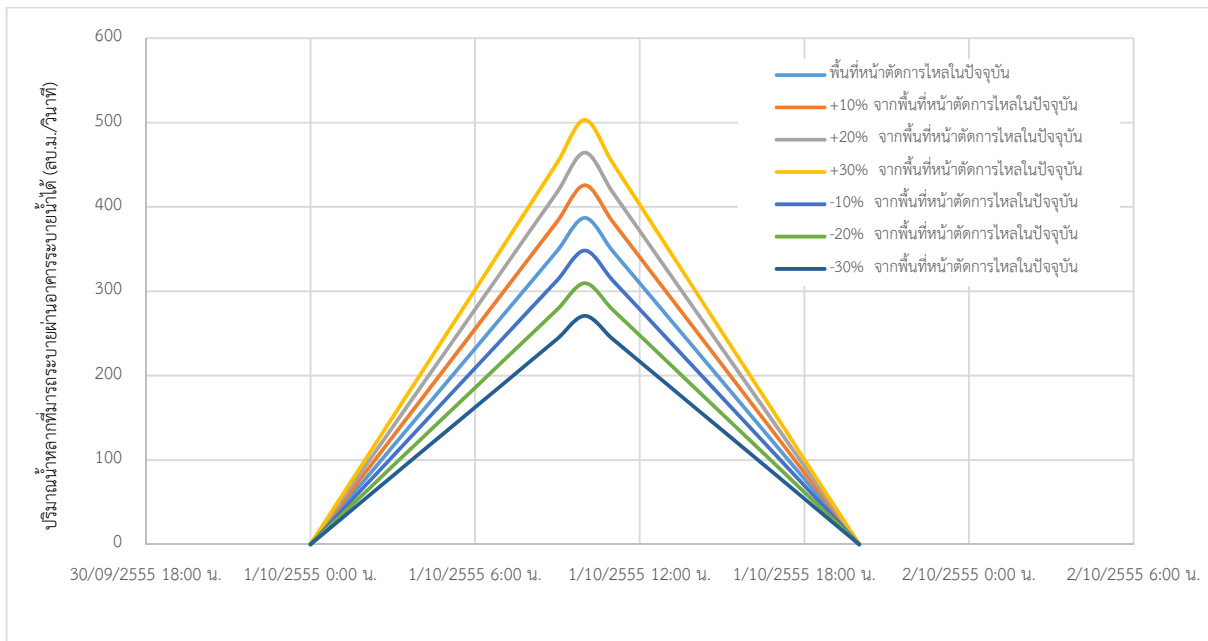
รูปที่ 7.3-13 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 6



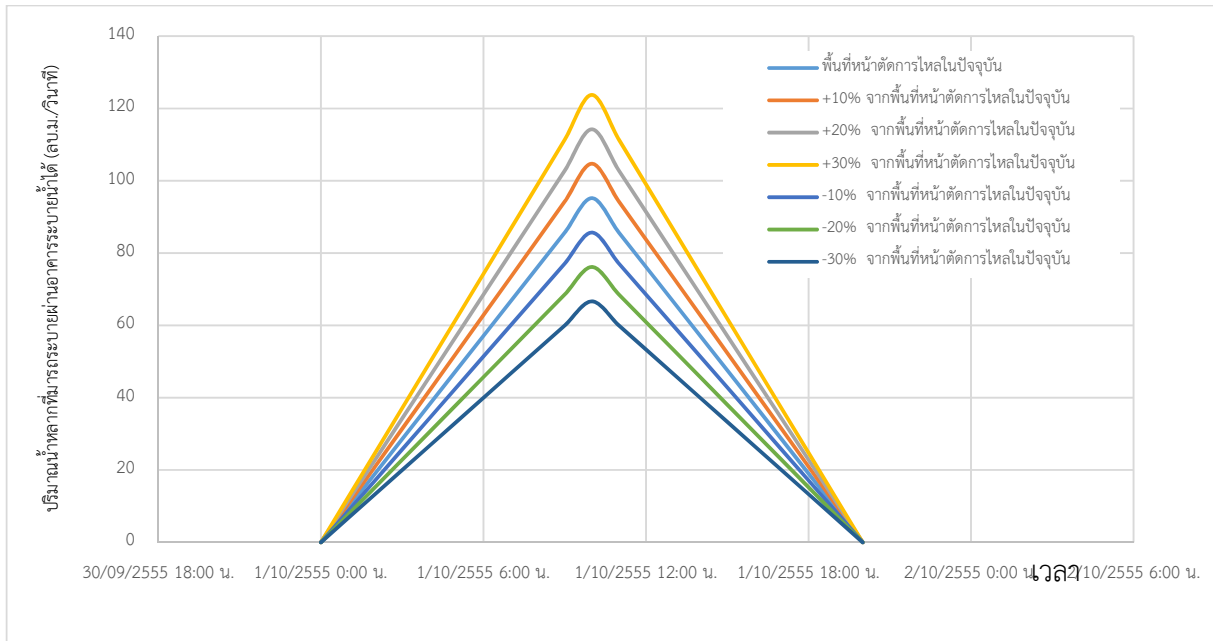
รูปที่ 7.3-14 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 7



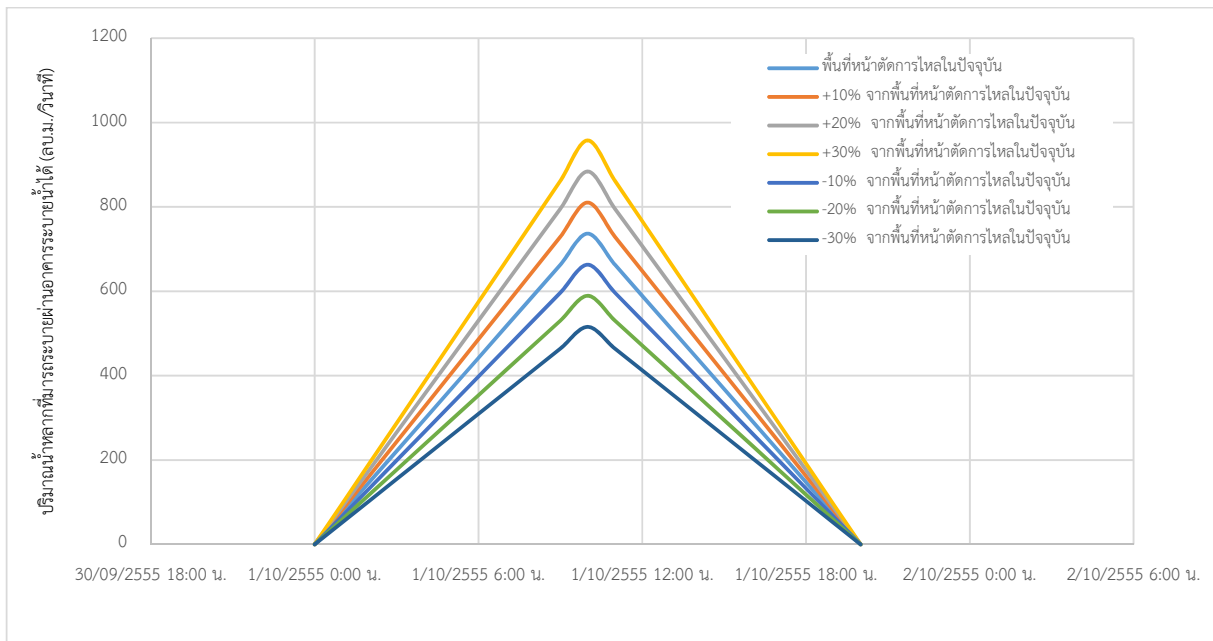
รูปที่ 7.3-15 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 19



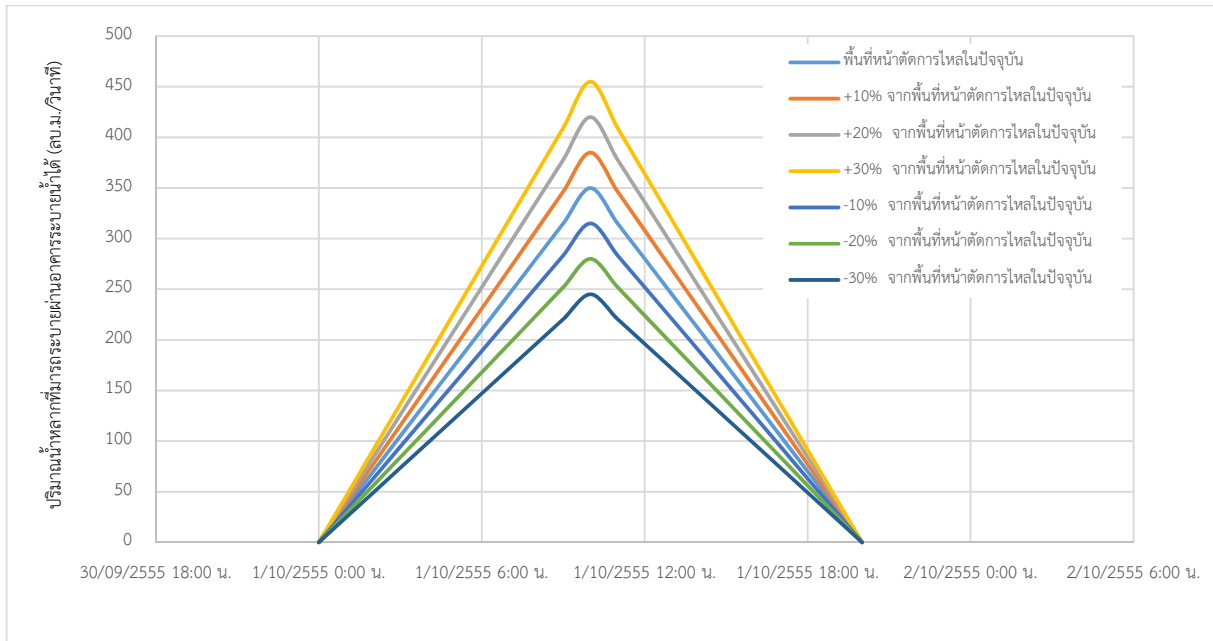
รูปที่ 7.3-16 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 20



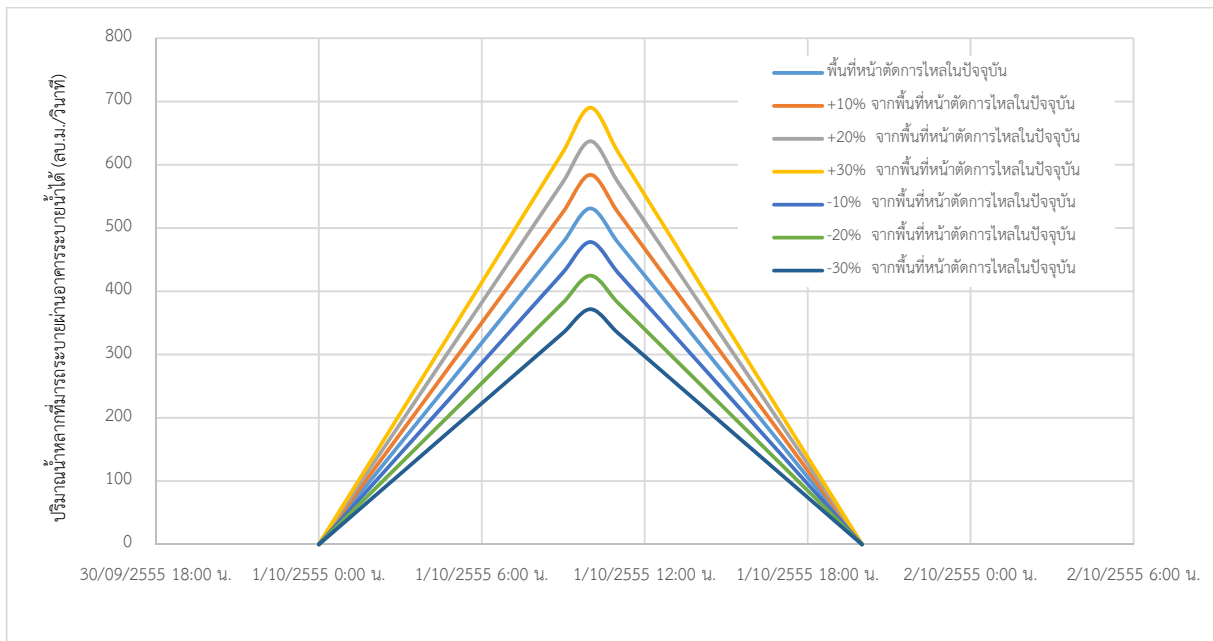
รูปที่ 7.3-17 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 23



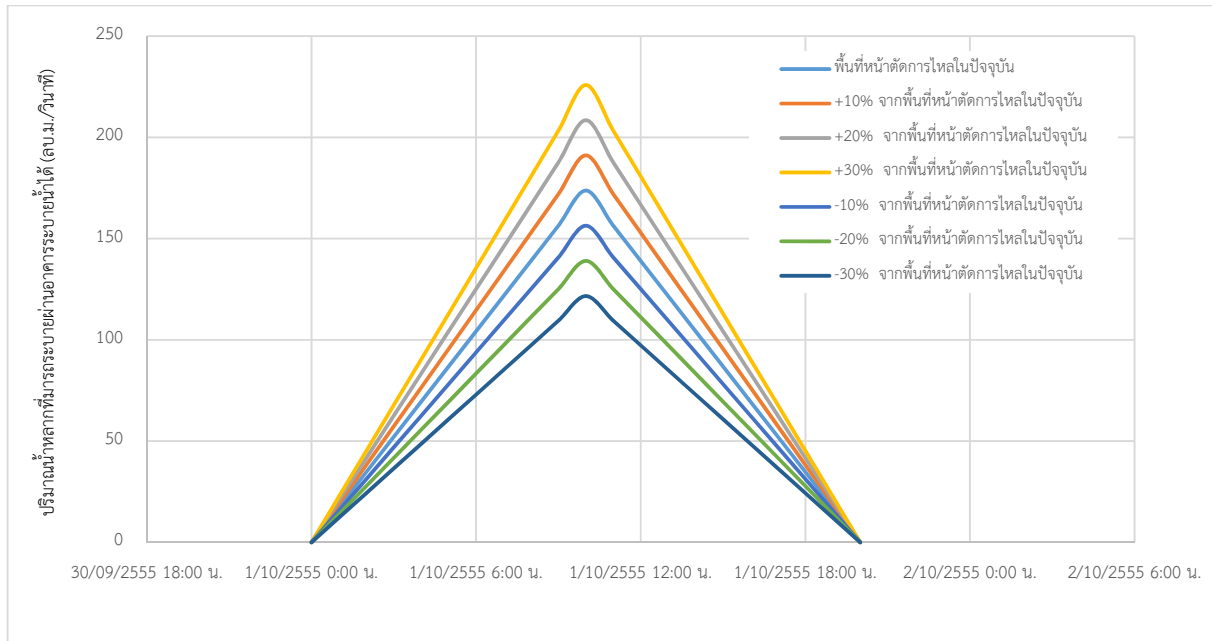
รูปที่ 7.3-18 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 31



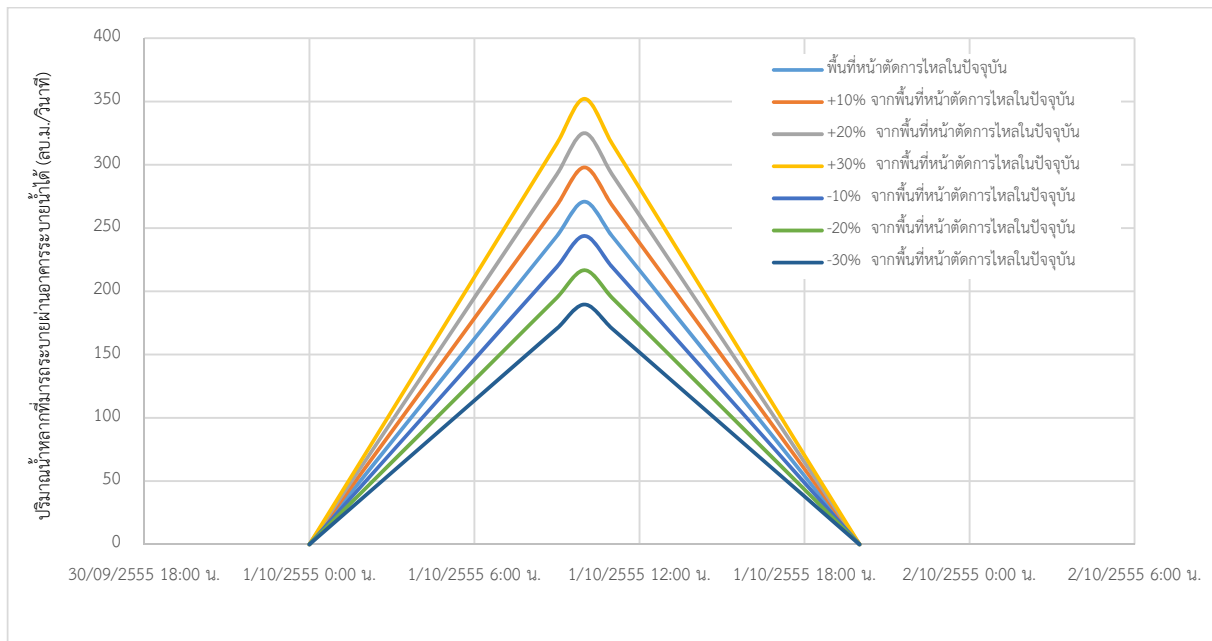
รูปที่ 7.3-19 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 32



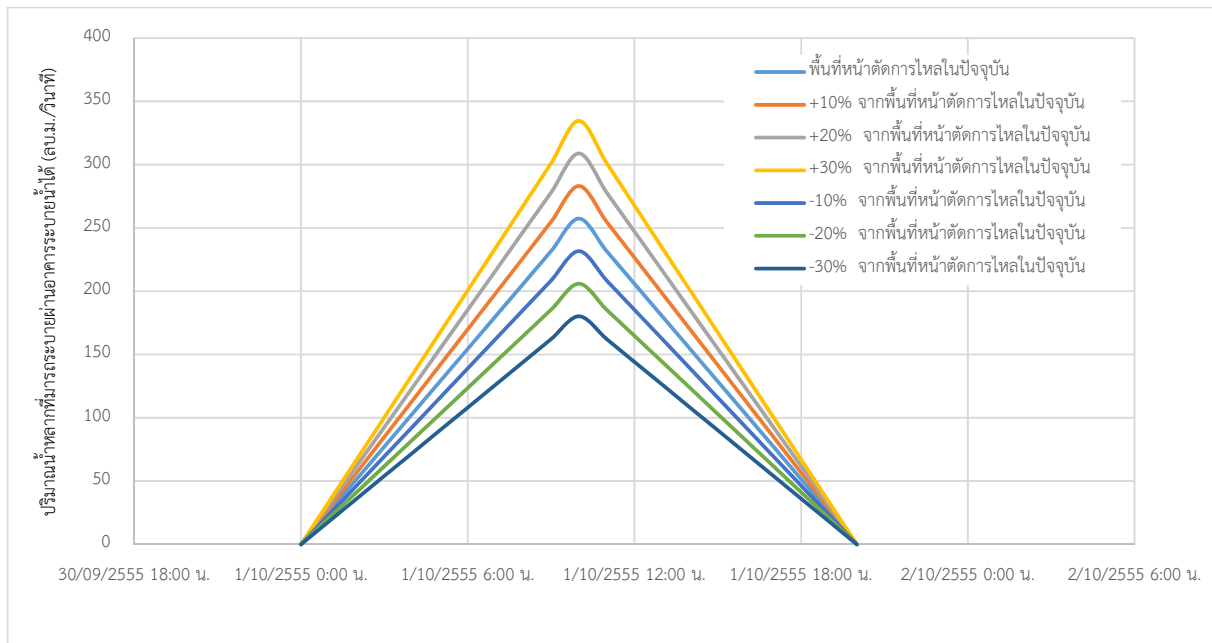
รูปที่ 7.3-20 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 33



รูปที่ 7.3-21 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 34



รูปที่ 7.3-22 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 35



รูปที่ 7.3-23 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 36



บทที่ 8

การเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ

8. การเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ

การศึกษาเพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ ที่นำเสนอในบทนี้ จะอธิบายตั้งแต่ การปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด จากนั้นจะเป็นการนำเสนอสมการที่ได้ปรับปรุงขึ้นมาทำการเปรียบเทียบสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในปัจจุบัน จากนั้นจะเป็นการอธิบายถึงแบบแนะนำการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ เพื่อปรับปรุงการไหลผ่านอาคารระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และในที่สุดท้ายจะนำ แบบการก่อสร้างที่ได้มีการแนะนำมาทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบรรเทาปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก กับกรณีของสถานการณ์ปัจจุบัน รวมทั้งเสนอแนะตำแหน่งและแนวทางการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ในพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 11 พื้นที่ ซึ่งรายละเอียดของผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนตามที่กล่าวข้างต้น แสดงได้ดังนี้



8.1. การปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด

ในการปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจะใช้หลักการการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) ซึ่งหลักการในการพิจารณาดังนี้

8.1.1. การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นกระบวนการทางสถิติเพื่อให้ได้สมการถดถอยสำหรับทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สิ่งที่ถูกทำนายเรียกว่าตัวแปรเกณฑ์หรือตัวแปรตาม ตัวแปรทำนายคือ ตัวแปรอิสระ ในกระบวนการนี้ตัวแปรตามหรือตัวแปรเกณฑ์จะมีเพียงตัวเดียว ส่วนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายจะมีกี่ตัวก็ได้ ถ้าหากมีตัวเดียว จะเรียกว่าการถดถอยอย่างง่าย (Simple regression) หากมีตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป จะเรียกว่า การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่ทำหน้าที่พยากรณ์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป กับตัวแปรตาม 1 ตัว เช่น ต้องการพยากรณ์ผลการเรียนของนักศึกษาแผนกคอมพิวเตอร์ (y) โดยใช้ตัวพยากรณ์ 3 ตัว ประกอบด้วย ความสนใจของผู้เรียน (x_1) ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน (x_2) และคุณภาพการสอนของผู้สอน (x_3) เป็นต้น ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณนั้นจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple correlation coefficient) เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นจำนวนทั้ง 3 ตัว กับตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์กันเช่นใด สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจะต้องหาสมการถดถอยเพื่อใช้ในการพยากรณ์ของตัวแปรตาม (y) และหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานรวมทั้งหาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple correlation) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่เป็นไปได้สูงสุดระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม



รูปแบบการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)

ถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัว (X_1, X_2, \dots, X_k) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y โดยที่ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น จะได้สมการถดถอยเชิงพหุคูณ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X_1, X_2, \dots, X_k ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ Y_i	คือ	ตัวแปรตาม
$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$	คือ	ตัวแปรอิสระ
$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$	คือ	สัมประสิทธิ์การถดถอย
ε_i	คือ	ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกต i

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงส่วน (Partial regression coefficient) โดยที่ β_i เป็นค่าที่แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_i เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย โดยที่ตัวแปรอิสระ X ตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่ เช่น ถ้า X_1 เปลี่ยนไป 1 หน่วย ค่า Y จะเปลี่ยนไป β_1 หน่วย โดยที่ X_2, X_3, \dots, X_k มีค่าคงที่

การตรวจสอบและเงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

- 1) ความคลาดเคลื่อน e เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงปกติ
- 2) ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ นั่นคือ $E(e) = 0$
- 3) ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า $V(e) = \sigma^2$
- 4) e_i และ e_j เป็นอิสระต่อกัน ; $i \neq j$ นั่นคือ Covariance $(e_i, e_j) = 0$
- 5) ตัวแปรอิสระ X_i และ X_j ต้องเป็นอิสระกัน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการถดถอยพหุคูณ

จะประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของสมการถดถอย โดยใช้ข้อมูลของตัวอย่าง ดังนี้

ให้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของตัวอย่าง (หรือที่ประมาณ) ที่มีตัวแปรอิสระ k ตัว คือ

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k$$



เมื่อ \hat{Y} คือ ค่าประมาณเฉลี่ยของ Y ซึ่งกำหนด X_1, X_2, \dots, X_k มาให้ หรือ \hat{Y} คือ ค่าประมาณของค่าของ $\mu_Y(X_1, X_2, \dots, X_k)$

b_0 คือค่าประมาณของ β_0

b_j คือค่าประมาณของ β_j

ความคลาดเคลื่อนของตัวอย่าง เขียนแทนด้วย e_i กำหนดโดย

$$e_i = Y_i - [b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \dots + b_kX_{ik}], \quad i = 1, 2, \dots, n$$

เรียก e_i ว่า ส่วนเหลือ (residual)

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน อาจเรียกแบบสั้น ๆ ว่า “Standard error” หรือตัวย่อ SE หรือชื่อเต็มว่า Standard error of sample mean (SEM) ซึ่งชื่อเต็มก็คือ Standard deviation of (many) sample means หมายถึง ค่าที่แสดงว่าโดยเฉลี่ยแล้วค่าเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละตัวแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของประชากรมากน้อยเพียงใด โดยคำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหารด้วยรากที่สองของขนาดตัวอย่าง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีหลักการมาจากการสุ่มตัวอย่างจากประชากรหนึ่งประชากรที่มีขนาดกลุ่มประชากรเท่ากับ N แล้วสุ่มตัวอย่างมาจำนวน k ตัวอย่าง เรียกว่า “Repeated sampling” นำแต่ละตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เรียกว่า “ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง” (Mean of the sampling means) แล้วนำค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มตัวอย่างมาสร้างกราฟ Sampling distribution เพื่อศึกษาความกว้างแคบของฐานกราฟหรือคุณสมบัติการกระจาย ซึ่งการกระจายนี้เรียกว่า Distribution of sample means ค่าการกระจายของมันเรียกว่า Standard error (SE) นั่นเอง คุณสมบัติของการกระจายนี้นำไปใช้ประโยชน์ในวิธีการของสถิติอ้างอิงทั้งกรณีการประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน (ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ค่าคลาดเคลื่อนก็มีค่าสูง ในทางตรงกันข้าม ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ค่าคลาดเคลื่อนก็มีค่าต่ำ)

การหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ ประกอบด้วย

- 1) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (Standard error of estimate) เขียนแทนด้วยตัวย่อ SE_{est} เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนที่เหลือของ (b_j) การที่คะแนนสอบจริง (Y) คะแนนพยากรณ์ (Y') ไม่เท่ากันแสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันมาก ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (SE_{est}) ก็จะมีค่ามากถ้าใกล้เคียงกันก็มีค่าน้อย
- 2) การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย (Standard error of bcoefficients) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย เขียนแทนด้วยตัวย่อ SE_{b_j} เป็นค่าที่สามารถคำนวณได้หลายวิธี



การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์การถดถอย

การทดสอบสัมประสิทธิ์ β_j ของตัวแปรอิสระ x_j เป็นการทดสอบที่ช่วยตรวจสอบคุณค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่อยู่ในรูปแบบการถดถอย โดยการทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม y

1) .การทดสอบ $\beta_0 = 0$

เป็นการทดสอบว่าระยะการตัดแกน y แตกต่างจากศูนย์หรือไม่ โดยตั้งสมมติฐาน

$$H_0 : \beta_0 = 0$$

$$H_0 : \beta_0 \neq 0$$

สถิติสำหรับการทดสอบ คือ

$$t = \frac{b_0}{s_{b_0}} = \frac{b_0}{\sqrt{S^2_{y|2...k} \cdot C_{00}}}$$

การแจกแจง t มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $n-k-1$ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $|t| > t_{\alpha/2, n-k-1}$ ถ้าปฏิเสธ H_0 การแสดงว่าระยะตัดแกน y ไม่เท่ากับศูนย์

2) การทดสอบ $\beta_j = 0$

การทดสอบ $\beta_j, j = 1, 2, \dots, k$ เป็นการทดสอบว่าตัวแปรอิสระ x_j แต่ละตัวมีความสัมพันธ์กับ y หรือไม่โดยกำหนดตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่เหลือมีค่าคงที่ หรือเป็นการยืนยันว่าการเพิ่มตัวแปรอิสระ x_j จะทำให้เพิ่มอำนาจให้กับสมการถดถอยหรือไม่ ขณะที่ตัวแปรอิสระอื่นๆ อยู่ในสมการถดถอยแล้ว โดยตั้งสมมติฐาน

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_0 : \beta_j \neq 0$$

สถิติสำหรับการทดสอบ คือ

$$t = \frac{b_j}{s_{b_j}} = \frac{b_j}{\sqrt{S^2_{y|2...k} \cdot C_{jj}}}$$

จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $|t| > t_{\alpha/2, n-k-1}$ ถ้าจะปฏิเสธ H_0 แสดงว่า x_j มีกับ y หรือการเปลี่ยนแปลงของ x_j มีอิทธิพลต่อค่า Y สมควรที่ x_j จะอยู่ในสมการถดถอย



สัมประสิทธิ์การตัดสินใจของคุณ (Coefficient of multiple determination)

การแบ่งส่วนผลบวกกำลังสองในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เหมือนกันกับการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย กล่าวคือ ผลบวกทั้งหมดของเบี่ยงเบนกำลังสองของตัวแปร Y จากค่าเฉลี่ย \bar{Y} หรือ Total sum of squared deviation เขียนแทนด้วย SST ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Sum of squared due fo regression เขียนแทนด้วย SSR และ Sum of squared fo regression หรือ Deviation due fo error เขียนแทนด้วย SSE นั่นคือ

$$\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$SST = SSR + SSE$$

SST มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $n-1$ SSR มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ k

SSE มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $n-k-1$ และส่วนแบ่งขององศาแห่งความเป็นอิสระ ดังนี้

$$(n-1) = (k) + (n-k-1)$$

เช่นเดียวกับกรณีการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการถดถอยพหุคูณ เท่ากับ อัตราส่วนระหว่าง SSR และ SST นั่นคือ

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

การคำนวณหาค่า R^2

จากการแบ่งส่วนผลบวกกำลังสอง

$$SST = SSR + SSE$$

หรือ
$$\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum (\bar{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} = Y'Y - \frac{(\sum Y)^2}{n} = SST$$

จาก
$$SSE = Y'Y - b'X'Y$$

$$\begin{aligned} SSR &= \sum (Y_i - \bar{Y})^2 + \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \\ &= Y'Y - \frac{\sum Y^2}{n} - [Y'Y - b'X'Y] \\ &= b'X'Y - \frac{(\sum Y)^2}{n} \end{aligned}$$



$$R^2 = \frac{b'X'Y - \frac{(\sum Y)^2}{n}}{Y'Y - \frac{(\sum Y)^2}{n}}$$

เมื่อ $b'X'Y = b_0 \sum Y + b_1 \sum X_1Y + b_2 \sum X_2Y + \dots + b_k \sum X_kY$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ R^2 คือสัดส่วนความแปรผันทั้งหมด ของ Y ที่อธิบายโดยความแปรผันในตัวแปรอิสระ X_1, X_2, \dots, X_k หรือสัดส่วนของความแปรผันทั้งหมดของ Y ที่อธิบายโดยความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X_1, X_2, \dots, X_k ความหมาย R^2 ในการถดถอยอย่างง่ายจะสมมูลกับ R^2 การถดถอยพหุคูณ ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0 และ 1 ถ้าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตาม Y และตัวแปรอิสระที่ใช้ในสมการถดถอยแล้ว $R^2 = 0$ ถ้าสมการถดถอยที่ประมาณได้เหมาะสมกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์ และสามารถใช้ประมาณหรือพยากรณ์ค่า Y ได้ถูกต้องโดยแท้

โดยทั่วไปค่า R^2 จะสูงขึ้น เมื่อมีตัวแปรอิสระเพิ่มเข้ามาในสมการถดถอยพหุคูณ เหตุผลคือเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระในสมการถดถอย ค่า SST ไม่เปลี่ยนแปลง แต่โดยทั่วไป SSR จะสูง และ SSE จะต่ำลง ดังนั้น R^2 จึงมีค่าสูงขึ้น การเพิ่มตัวแปรอิสระอาจไม่ช่วยให้มีนัยสำคัญ ที่จะอธิบายตัวแปรตาม Y การเพิ่มตัวแปรอิสระในสมการถดถอยสำหรับจุดประสงค์เพื่อให้ R^2 มีค่าสูงขึ้น มักมีผลทำให้ตัวแปรอิสระจำนวนมากเกินไปในสมการการถดถอย และอาจจะทำให้สมการถดถอยมีรูปแบบเลวลงแทนที่จะดีขึ้น จึงอาจพบว่าการเลือกรูปแบบที่มีค่า R^2 ต่ำกว่าเล็กน้อยอาจได้รูปแบบที่ดีกว่า

เพื่อป้องกันปัญหานี้ เราสามารถใช้ *Adjusted R^2* เป็นค่าวัดรูปแบบเหมาะสมกับข้อมูลอย่างไร โดยการนำองศาแห่งความเป็นอิสระมาพิจารณาด้วย คำนวณจากสูตร

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - \frac{(SSE) / (n-k-1)}{(SST) / (n-1)}$$

เมื่อ n ใหญ่ ค่า R^2 จะใกล้เคียงกับค่า *Adjusted R^2* ค่า *Adjusted R^2* อาจลดลงเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระในสมการถดถอย ทั้งนี้เพราะแม้ว่า SSE จะลดลงเสมอ แต่การลดลงอาจชดเชยด้วยองศาแห่งความเป็นอิสระ $(n-k-1)$