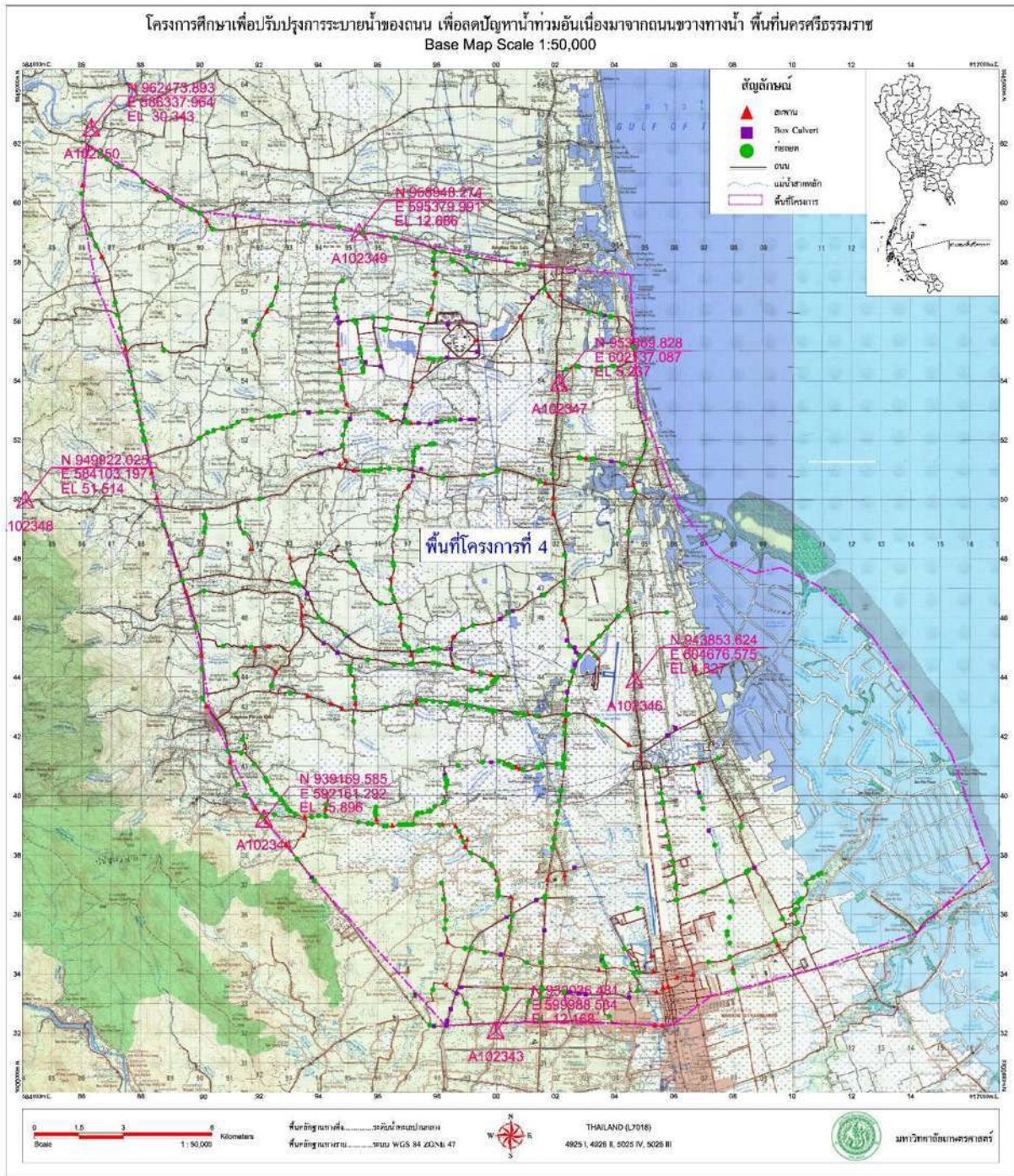
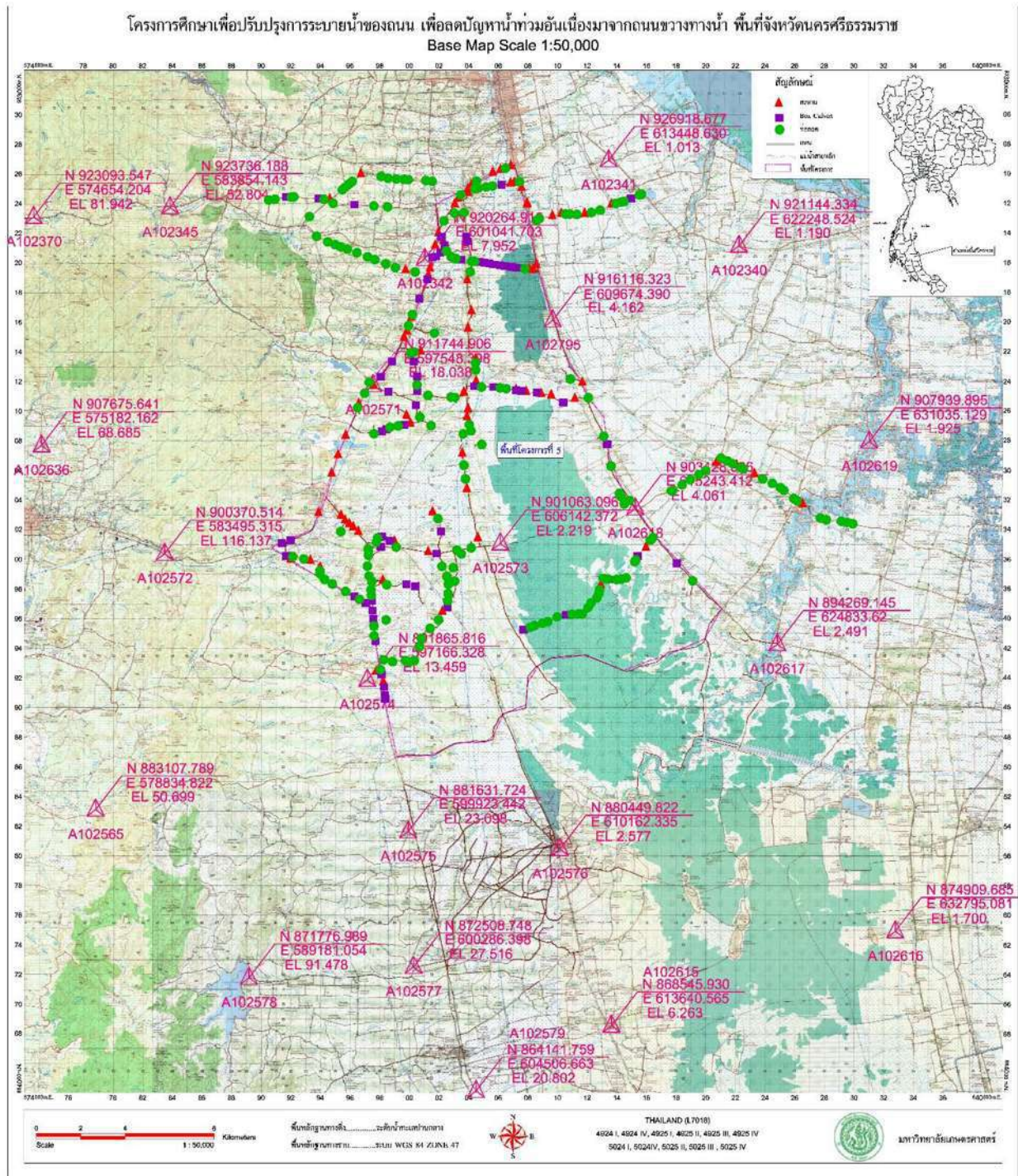


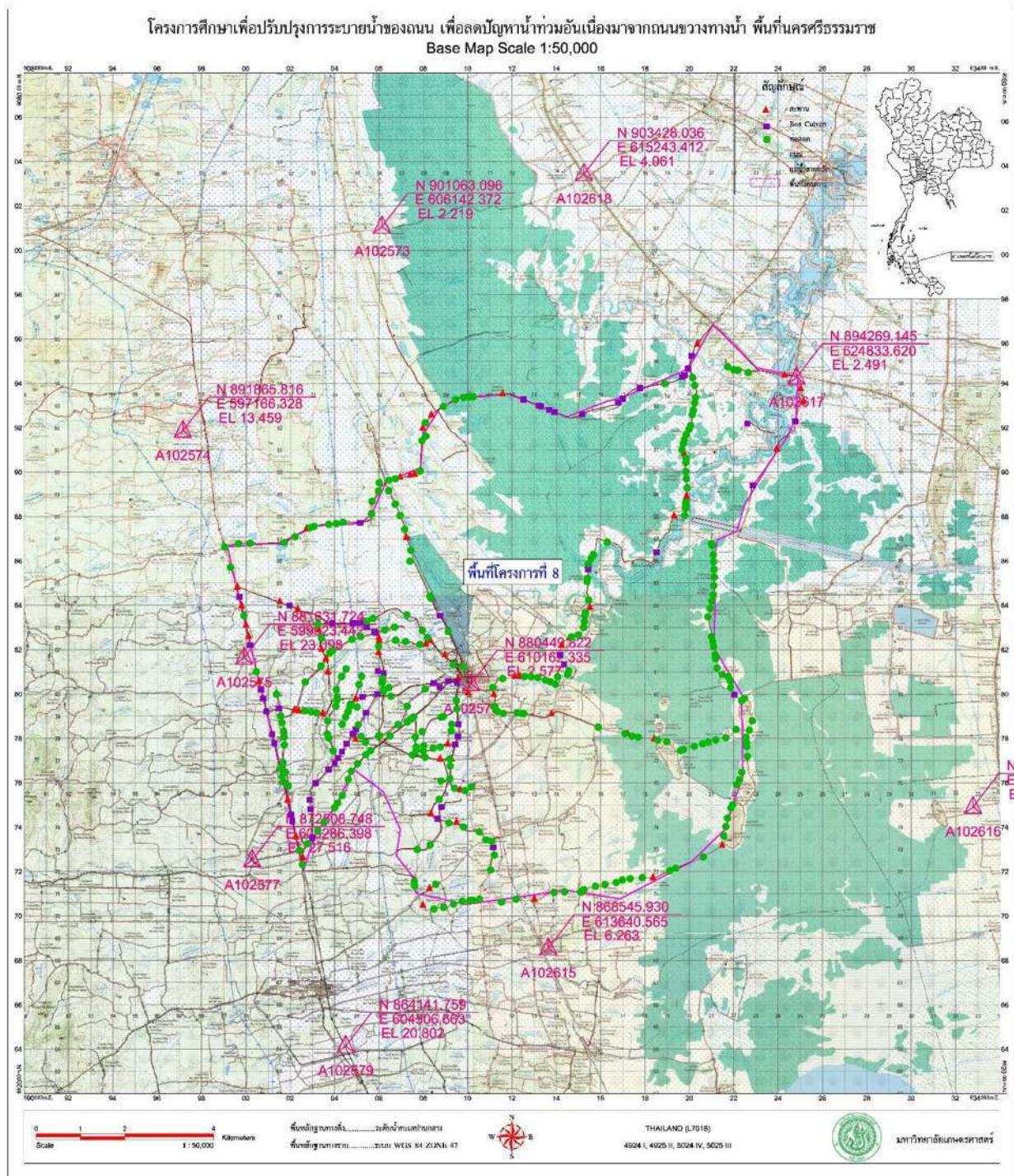
รูปที่ 6.4-5 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 3



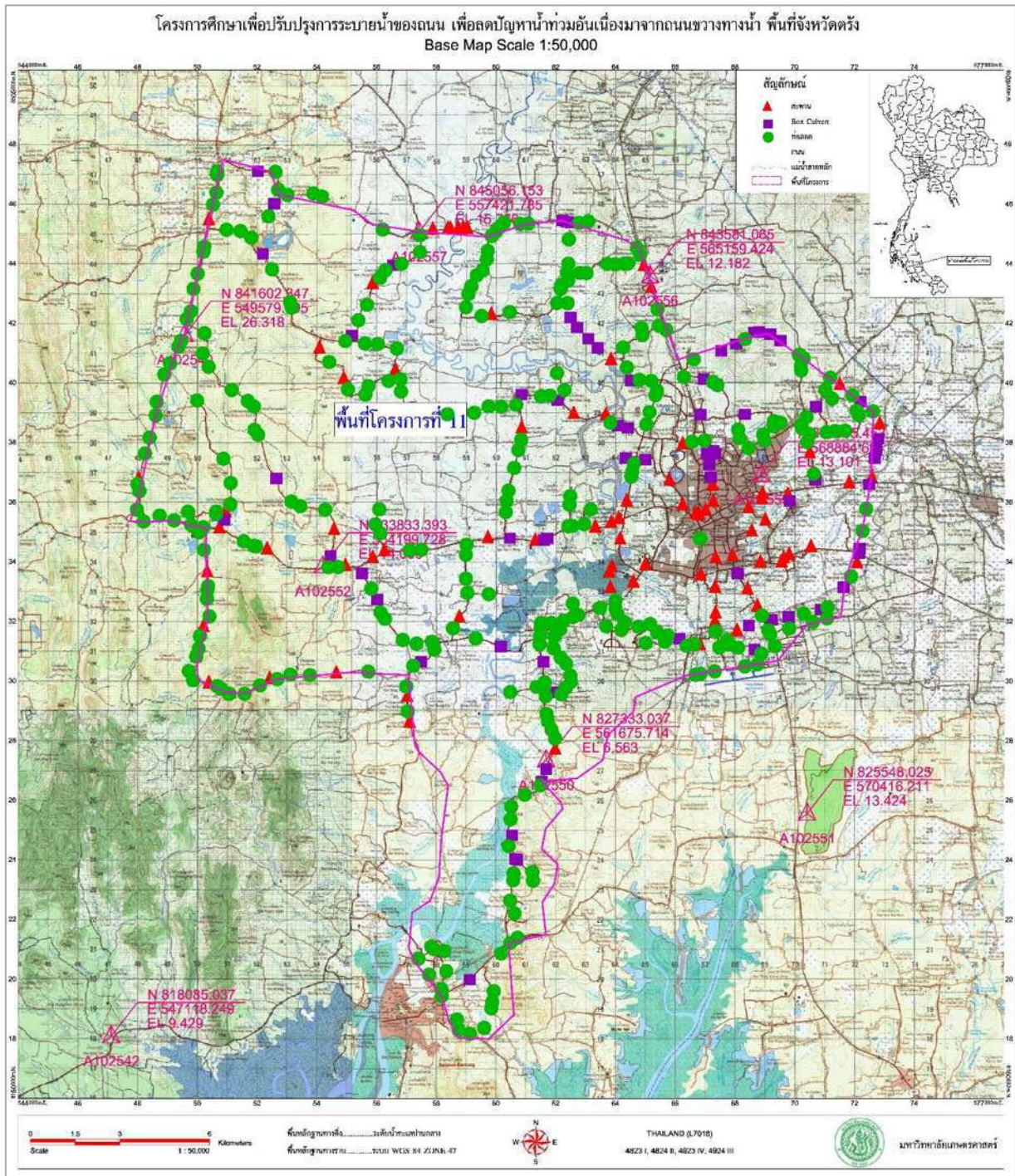
รูปที่ 6.4-6 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 4



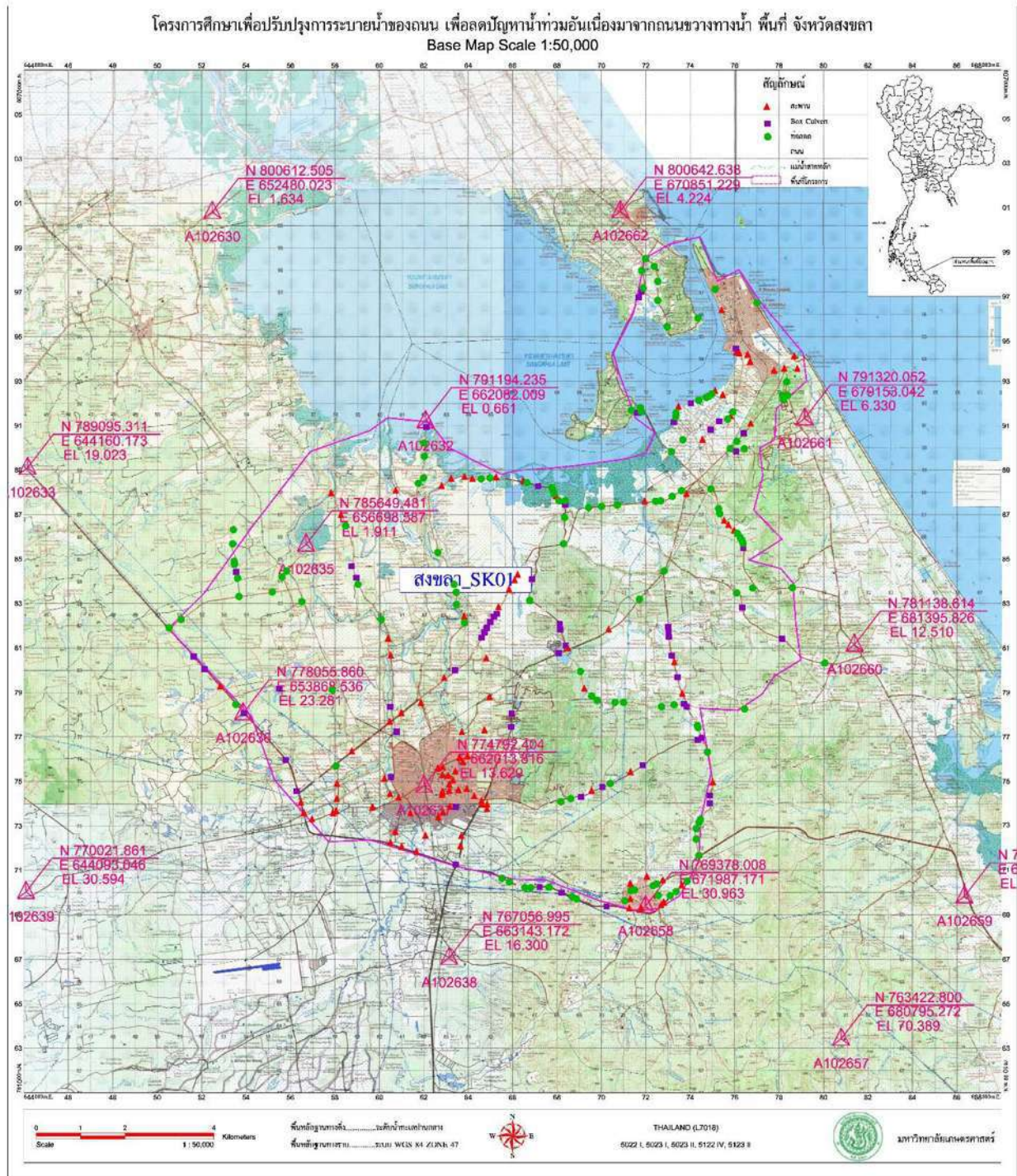
รูปที่ 6.4-7 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 5



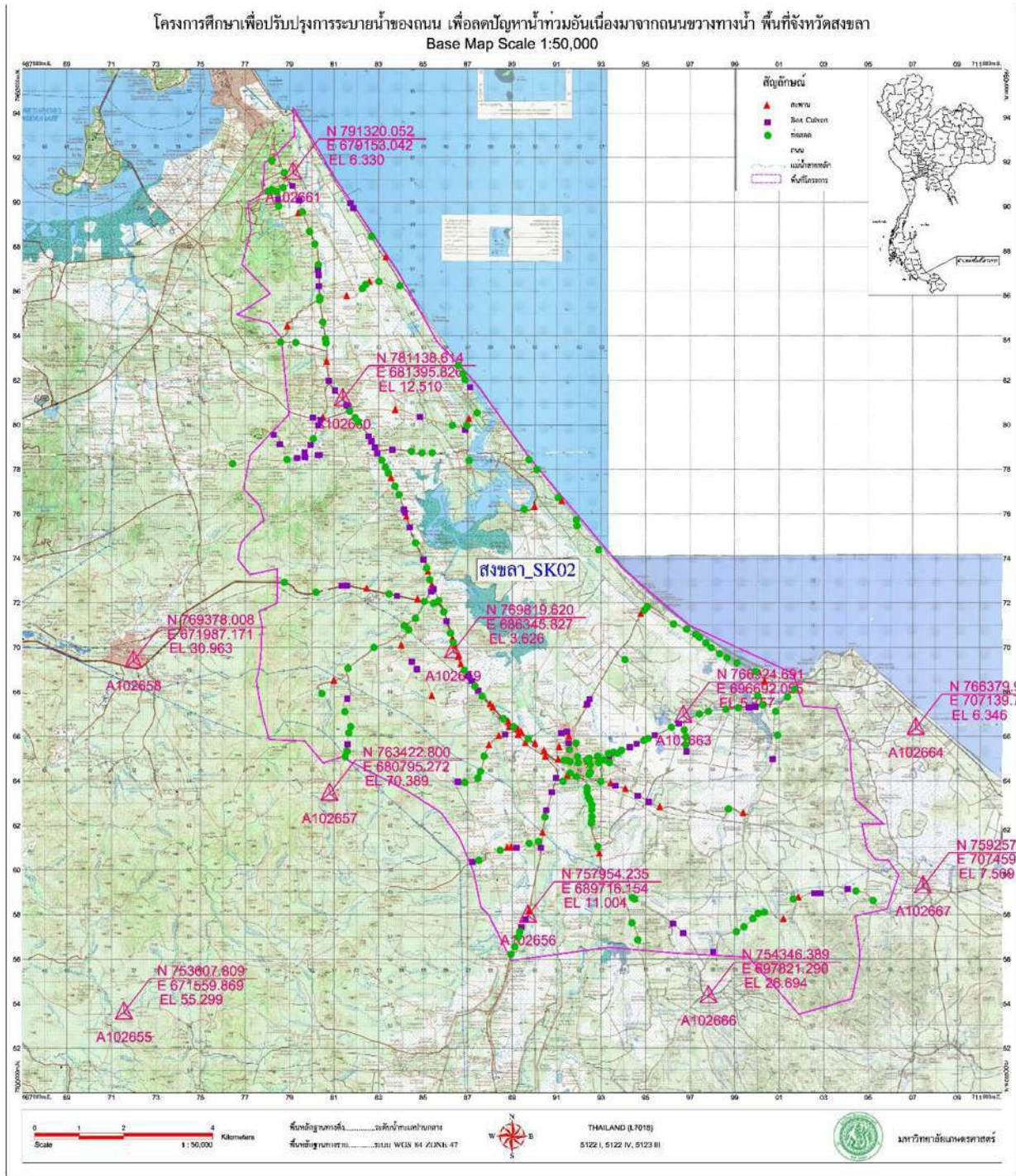
รูปที่ 6.4-8 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 8



รูปที่ 6.4-11 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่น้ำร่อง พื้นที่ที่ 11



รูปที่ 6.4-12 ตำแหน่งการสำรวจจากระบายน้ำในพื้นที่นาร่อง พื้นที่ที่ 12



รูปที่ 6.4-13 ตำแหน่งการสำรวจอาคารระบายน้ำในพื้นที่นาร่อง พื้นที่ที่ 13



บทที่ 7

การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์

7. การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์

7.1. การจัดหาแบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ แบบจำลอง MIKE Flood ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยสถาบันชลศาสตร์แห่งประเทศเดนมาร์ก (Danish Hydraulic Institute) ซึ่งเป็นระบบที่ทำงานบน Windows เชื่อมโยงระบบภาพ (Graphical User Interface, GUI) ให้สามารถตอบโต้กับผู้ใช้ได้ ซึ่งมีชุดแบบจำลองที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาสภาพน้ำที่หลากหลาย และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงรุ่นล่าสุดนี้ได้ถูกจัดนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลอง MIKE Flood เป็นแบบจำลองทางชลศาสตร์สำหรับแม่น้ำ ลำน้ำ และอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นที่ยอมรับและพิสูจน์แล้วว่าเป็นแบบจำลองมาตรฐานและปฏิบัติงานได้จริงทั้งการคำนวณการไหลของน้ำ คุณภาพน้ำ และการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ แม่น้ำ คลองชลประทาน และน้ำผิวดินอื่น ๆ ในหลายพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะการใช้งานในการนำเข้าสู่ข้อมูลและแปรผลการคำนวณ ไม่ยุ่งยาก เข้าใจง่าย โดยมีความสามารถในการทำงานที่ครอบคลุมขอบข่ายพื้นที่ศึกษาทั้งหมด แบบจำลองมีเครื่องมือช่วยในการปรับเทียบ ทำให้มั่นใจได้ว่าการทำแบบจำลองจะมีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty)

การประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง MIKE Flood มีหลายรูปแบบ ตั้งแต่ใช้เพื่อการออกทั่วไปจนถึงการทำนายสภาพน้ำล้นหน้าในพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่มีอาคารบังคับน้ำที่ซับซ้อน ในลำดับขั้นการคำนวณของแบบจำลองจะมีการวิเคราะห์แม่น้ำและพื้นที่น้ำท่วมรวมถึงกระบวนการต่าง ๆ ในลุ่มน้ำ จำลองรายละเอียดพื้นที่น้ำท่วม ระบบน้ำเสีย และกระบวนการทางชายฝั่ง จึงมีการนำไปใช้ในงานศึกษาด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย เช่น วิเคราะห์การเกิดอุทกภัยและออกแบบการบรรเทาอุทกภัย วิเคราะห์การพังทลายของเขื่อน ประเมินประสิทธิภาพการบริหารการควบคุมทางชลศาสตร์ เช่น อ่างเก็บน้ำ และประตูน้ำ การประเมินคุณภาพน้ำ ระบบนิเวศน์ในแม่น้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ การทำนายการเกิดน้ำท่วมแบบปัจจุบันกาล รวมทั้ง การทำนายคุณภาพน้ำแบบปัจจุบันกาลและการติดตามตรวจสอบมลภาวะ

ในประเทศไทยได้มีการประยุกต์ใช้งาน แบบจำลอง MIKE Flood มานานนับสิบปี ในลักษณะการศึกษาที่หลากหลาย ทั้งโดยหน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษา และองค์กรเอกชนต่าง ๆ แบบจำลองย่อยต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ RR, HD-MIKE11 และ HD-MIKE21 ดังสรุปลักษณะการใช้งานและผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองย่อยนั้น ๆ ไว้ในตารางที่ 7.1-1



ตารางที่ 7.1-1 การใช้งานแบบจำลองย่อย MIKE Flood

แบบจำลองย่อย	การใช้งาน	ผลลัพธ์ที่ได้
MIKE11 RR (Rainfall-Runoff Module)	จำลองสภาพการเกิดน้ำท่าจากน้ำฝน	- กราฟปริมาณการไหลของน้ำผิวดินของพื้นที่ ลุ่มน้ำย่อยตามเวลา - ค่าการไหลของน้ำใต้ดินต่าง ๆ ตามเวลา
MIKE11 HD	จำลองสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำ	- ระดับน้ำ และอัตราการไหลที่จุดต่าง ๆ ตามลำน้ำ
MIKE21 HD	จำลองสภาพการไหลของน้ำในที่ราบลุ่มริมตลิ่ง และพื้นที่น้ำท่วม	- แผนที่ความลึกน้ำท่วม



7.2. หลักการและทฤษฎีของแบบจำลองคณิตศาสตร์

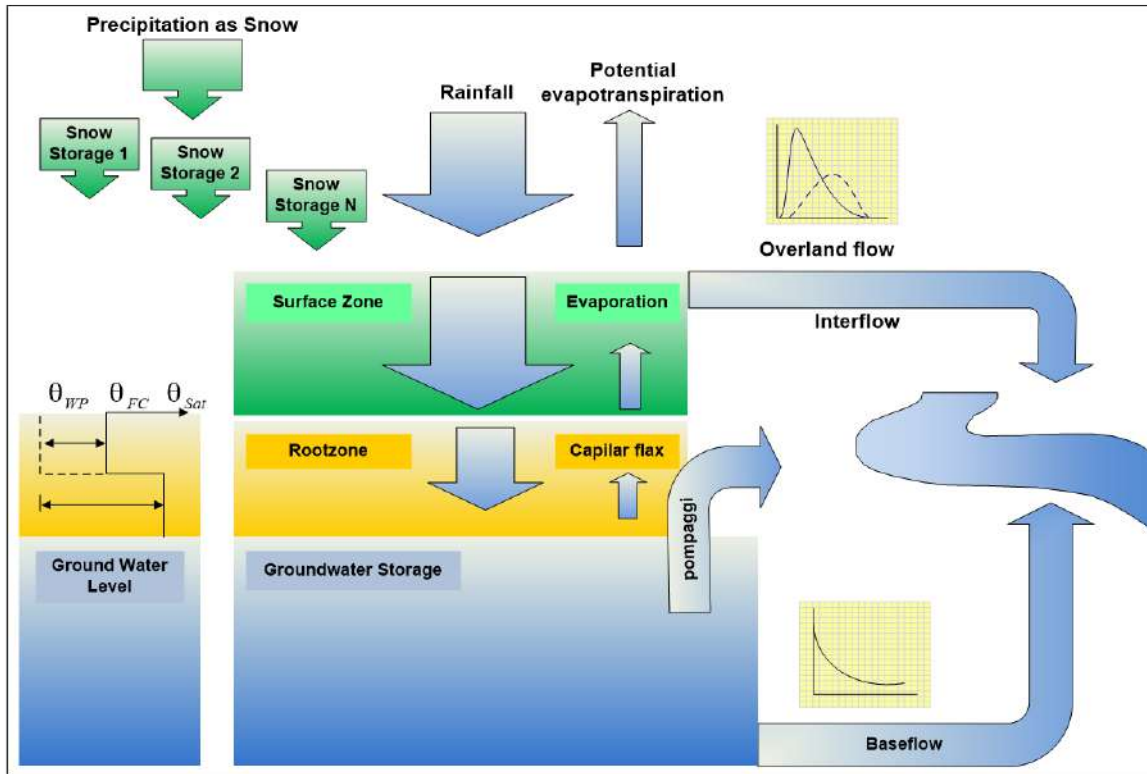
7.2.1. แบบจำลองย่อย MIKE11 RR (Rainfall-Runoff Module)

การจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของกลุ่มน้ำ เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการสร้างแบบจำลองการไหลของโครงข่ายลำน้ำ แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Flood ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ทฤษฎีและหลักการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษานั้นๆ ดังมีแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่สามารถเลือกใช้ได้ดังนี้

- 1) แบบจำลอง NAM: ใช้หลักการแบบ Deterministic Lump Conceptual Model
- 2) แบบจำลอง UHM: ใช้หลักการกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph)
- 3) แบบจำลอง SMAP: ใช้หลักการคำนวณที่คำนึงความชื้นในดินรายเดือน
- 4) แบบจำลอง Urban: ใช้หลักการคำนวณสองแบบ ได้แก่ Time/area Method และ Non-linear Reservoir (kinematics wave) Method
- 5) แบบจำลอง FEH: ใช้หลักการประเมินตามหนังสือ Flood Estimation Handbook ของประเทศอังกฤษ
- 6) แบบจำลอง DRIFt (Discharge River Forecast): ใช้หลักการแบบ Semi-distributed event model
- 7) แบบจำลอง Combined: ใช้หลักการรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เข้าเป็นชุดข้อมูลปริมาณน้ำท่าเดียว

ทั้งนี้ แบบจำลองในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยนั้น ได้แก่ แบบจำลอง NAM แบบจำลอง UHM และแบบจำลอง Urban โดยแบบจำลอง NAM เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้ที่ดินที่หลากหลาย ขณะที่แบบจำลอง UHM และแบบจำลอง Urban ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่ตัวเมือง/นิคมอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาสภาพการใช้ที่ดินของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาแล้วพบว่า การใช้ที่ดินมีความหลากหลาย ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรม และย่านชุมชน ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบจำลอง NAM ในการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

แบบจำลอง NAM ถูกพัฒนาเพื่อให้ครอบคลุมสภาพการไหลของน้ำบนพื้นที่ที่มีการตอบสนองช้า โดยเฉพาะกับพื้นที่ที่มีการซึมมากโดยจำลองพฤติกรรมเกิดการเกิดปริมาณน้ำท่าในลักษณะของ Deterministic Lump Conceptual Model ที่คำนวณการเกิดน้ำท่าด้วยสมการทางอุทกวิทยาแบบ Semi Empirical formula ข้อมูลของแบบจำลองประกอบด้วย ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลการระเหย และคุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยแบ่งชั้นการไหลของน้ำในแนวตั้งเป็น 4 ชั้นความจุ ตามความชื้น (Moisture Content) เพื่อแทนลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ชั้นหิมะ ชั้นน้ำผิวดิน ชั้นน้ำรากพืช และชั้นน้ำใต้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 7.2-1



รูปที่ 7.2-1 ลักษณะการจำลองการเกิดน้ำท่าจากน้ำฝนของแบบจำลอง NAM

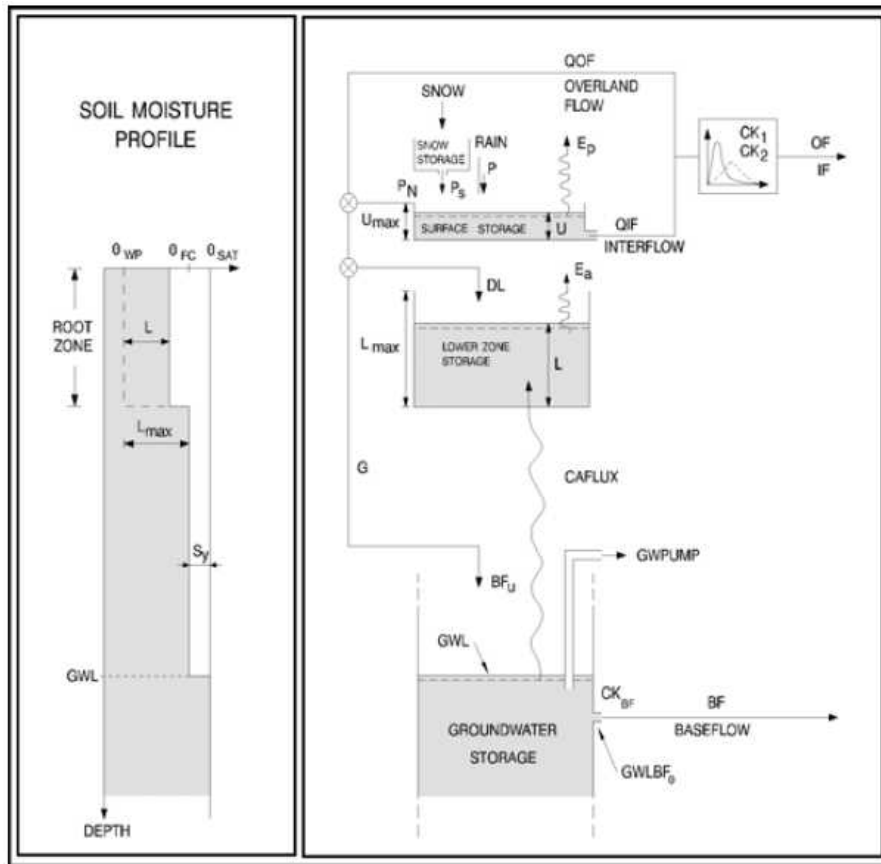


ในการประเมินปริมาณน้ำท่า แบบจำลอง NAM จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่รับน้ำย่อยโดยใช้สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ เป็นจุดออกของน้ำ (River Outlet) และใช้แนวเขา คลอง ถนน และทางรถไฟ เป็นเกณฑ์กำหนดแบ่งทิศทางการไหลของน้ำฝนไปยังพื้นที่รับน้ำย่อยนั้นๆ ในแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยจะมีการคำนวณปริมาณน้ำท่าตามเวลา โดยแบบจำลองจะคำนวณน้ำท่าตามเวลาจากข้อมูลน้ำฝนและการระเหย ซึ่งแบบจำลองสามารถอธิบายความต่อเนื่องของพารามิเตอร์ต่างๆ ตามเงื่อนไขทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ รวมถึงปริมาตรน้ำของการเก็บกักทั้ง 4 ส่วนข้างต้น การคำนวณน้ำฝน-น้ำท่าจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลเริ่มต้น เพื่อประเมินการไหลของน้ำในแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยที่จะไหลลงแม่น้ำสายหลักและลำน้ำสาขา โดยจำลองสภาพน้ำท่าอย่างต่อเนื่องเริ่มจากพื้นที่ที่แหล่งฝนกระหน่ำปริมาณน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำท่า (Direct Effective Rainfall) รวมถึงการพิจารณาการระเหยในพื้นที่ การไหลซึมลงใต้ดิน และการไหลระหว่างชั้นดิน ทั้งนี้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าเป็นแบบจำลองที่สามารถใช้ได้อย่างอัตโนมัติกับแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model) ของโปรแกรม MIKE Flood

แบบจำลอง NAM จะกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยเป็นหนึ่งหน่วย ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้จะเป็นค่าเฉลี่ยตัวแทนของกลุ่มน้ำพารามิเตอร์ บางตัวสามารถประมาณจากลักษณะทั่วไปของกลุ่มน้ำ เช่น ความลาดชันของกลุ่มน้ำ ความลาดชันของแม่น้ำ ความหนาแน่นของแม่น้ำในลุ่มน้ำ ลักษณะดิน ลักษณะชั้นดินและชนิดของพืชที่ปลูก แต่ในที่สุดค่าพารามิเตอร์จะประมาณได้จากการเทียบมาตรฐานของข้อมูลที่สอดคล้องกัน

ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวันและปริมาณการระเหยจากอากาศรายวัน (Potential Evaporation) ผลที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นปริมาณน้ำท่ารายวันซึ่งแสดงถึงลักษณะการเกิดของน้ำท่าจากผลของอุทกวิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินและการไหลของน้ำใต้ดิน

โครงสร้างแบบจำลองแสดงในรูปที่ 7.2-2 เป็นการเลียนแบบวัฏจักรทางอุทกวิทยาบนผิวดินโดยน้ำจะถูกเก็บกักในแหล่งต่างๆ เริ่มตั้งแต่ฝนที่ตกลงมาจะถูกดักโดยพืชและซังตามที่ลุ่มในบริเวณชั้นผิวดินอยู่ในรูปของ surface storage โดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ U_{max} ซึ่งปริมาณน้ำใน surface storage (U) จะลดลงอย่างต่อเนื่องโดยการระเหย การให้น้ำของพืช และการไหลในแนวราบ (interflow) ปริมาณน้ำในชั้นนี้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณฝนแต่เมื่อปริมาณน้ำขึ้นถึงระดับ U_{max} น้ำส่วนเกิน P_n จะไหลออกในลักษณะ Overland flow และมีบางส่วนไหลซึมลงสู่ Lower storage และ Groundwater storage



รูปที่ 7.2-2 โครงสร้างของแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า NAM

Q_{OF} จะเป็นส่วนของ P_n ที่แปรสภาพเป็น overland flow โดยจะเป็นสัดส่วนกับ P_n และแปรผันโดยตรงกับค่าความจุความชื้นสัมพัทธ์ในดิน (L/L_{max}) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{OF} = \begin{cases} CQ_{OF} \frac{L/L_{max} - TOF}{1 - TOF} P_n & \text{for } L/L_{max} > TOF \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TOF \end{cases} \quad (1)$$

CQ_{OF} = overland flow runoff coefficient

TOF = ค่าคงที่ที่น้ำเริ่มแปรสภาพเป็น overland flow

ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็น interflow จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำเก็บกักชั้นบน (U) และขึ้นกับปริมาณความชื้นในชั้น Lower zone storage (L/L_{max}) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่าง



$$Q_{IF} = \begin{cases} CK_{IF} \frac{L/L_{max} - TIF}{1 - TIF} U & \text{for } L/L_{max} > TIF \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TIF \end{cases} \quad (2)$$

CK_{IF} = time constant for interflow โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 500-1000 ซม.

TIF = ค่าคงที่สำหรับ root zone ที่น้ำเริ่มแปรสภาพเป็น interflow

ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน P_N (excess rainfall) ส่วนที่ไม่กลายเป็น overland flow จะไหลซึมลงสู่ชั้น Lower zone storage ในปริมาณเท่ากับ $(P_n - Q_{OF})$ ซึ่งน้ำส่วนนี้จะแยกลงสู่ชั้นใต้ดินที่ลึกกว่าคือ groundwater storage ในปริมาณเท่ากับ G จะเหลือส่วนที่อยู่ใน Lower zone storage เท่ากับ DL

$$\text{โดยที่ } DL = (P_n - Q_{OF}) - G \quad (3)$$

$$\text{และ } G = \begin{cases} (P_n - Q_{OF}) \frac{L/L_{max} - TG}{1 - TG} & \text{for } L/L_{max} > TG \\ 0 & \text{for } L/L_{max} \leq TG \end{cases} \quad (4)$$

TG = ค่าคงที่สำหรับ root zone ที่น้ำจะเริ่มไหลซึมลงสู่ groundwater storage
($0 \leq TG \leq 1$)

ปริมาณการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration) จะเป็นข้อมูลตัวแรกที่ต้องทราบค่าเพื่อใช้ในการคำนวณในส่วนของ surface storage ถ้าปริมาณน้ำ U น้อยกว่าปริมาณการคายระเหยนี้ พืชจะใช้น้ำจาก Lower zone storage ในอัตรา E_a โดยจะเป็นสัดส่วนกับ E_p (Potential Evapo-transpiration) ดังนี้

$$E_a = E_p * L/L_{max} \quad (5)$$

Capillary Flux ของน้ำจาก groundwater table มายัง Lower zone storage จะกำหนดให้ขึ้นกับความลึกของ groundwater table จากระดับผิวดิน (GWL) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower zone storage (L/L_{max}) โดยคำนวณจาก

$$CAFLUX = (1 - L/L_{max})^{1/2} \left(\frac{GWL}{GWLFL_1} \right)^{-\alpha} = 1 \text{ mm/day} \quad (6)$$

$$\text{เมื่อ } \alpha = 1.5 + 0.45 \text{ GWLFL}_1$$

$GWLFL_1$ คือค่าความลึกของ groundwater table ของดินซึ่งทำให้ capillary flux มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วัน ในสภาพที่ Lower zone storage แห่งสนิท ($L = 0$)



ระดับน้ำใต้ดินจะคำนวณจากปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้ามา คือ G และ capillary flux (CAFLUX) และ baseflow (BF) ซึ่ง baseflow จะคำนวณเป็นการไหลออกจาก linear reservoir โดย time constant CK_{BF}

$$BF = \begin{cases} (GWLBF_o - GWL)s_y (CK_{BF})^{-1} & \text{for } GWL \leq GWLBF_o \\ 0 & \text{for } GWL > GWLBF_o \end{cases} \quad (7)$$

- เมื่อ GWL = ความลึกของ groundwater table จากระดับผิวดิน
 $GWLBF_o$ = ความลึกน้ำใต้ดินมากที่สุดที่ทำให้เกิด baseflow
 S_y = Specific yield ของ groundwater reservoir

การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำในส่วน interflow และ overland flow จะถูก routing ในลักษณะของอ่างเชิงเส้น 2 ครั้ง ด้วยค่าคงที่ของเวลา CK_1 และ CK_2

$$CK = \begin{cases} CK_{par} & OF \leq OF_{min} \\ CK_{par} \left(\frac{OF}{OF_{min}} \right)^{-\beta} & OF > OF_{min} \end{cases} \quad (8)$$

- เมื่อ OF = อัตราการไหลของ overland flow (มม./ชม.)
 CK_{par} = ค่าพารามิเตอร์ CK_1 หรือ CK_2 (ชม.)
 OF_{min} = ชีตจำกัดต่ำสุดสำหรับ non-linear routing dynamics 0.4 (มม./ชม.)
 β = ค่าสัมประสิทธิ์ตามพลศาสตร์การไหลของ Chezy = 0.33

นอกจากนี้ ได้แสดงผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ไว้ในตารางที่ 7.2-1



ตารางที่ 7.2-1 ผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM

พารามิเตอร์	ผลที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์	ความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น
1. U_{max} : ค่าความจุผิวดินสูงสุด	<ul style="list-style-type: none">- การไหลบนผิวดิน- การคายน้ำของพืช- การซึมลงในชั้นดิน- การไหลในชั้นดิน	<ul style="list-style-type: none">- การไหลบนดินลดลง (โดยเฉพาะในช่วงเริ่มฤดูฝน)- การคายน้ำของพืชสูงขึ้น- การซึมลงในดินลดลง- การไหลในชั้นดินเพิ่มมากขึ้น
2. L_{max} : ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (ชั้นรากพืช)	<ul style="list-style-type: none">- การไหลบนผิวดิน- การคายน้ำของพืช- การไหลในชั้นดิน- base flow	<ul style="list-style-type: none">- การไหลบนผิวดินลดลง- การคายน้ำของพืชสูงขึ้น- การซึมลงในชั้นดินเพิ่มขึ้น- base flow ลดลง
3. CQ_{OF} : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน	<ul style="list-style-type: none">- ปริมาณการไหลบนผิวดิน- การซึมลงในชั้นดิน	<ul style="list-style-type: none">- การไหลบนผิวดินเพิ่มขึ้นตามค่า- สัมประสิทธิ์การซึมลงในดินลดลง
4. CK_{IF} : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในชั้นดิน	<ul style="list-style-type: none">- ปริมาณการไหลในชั้นดิน- การไหลบนผิวดิน	<ul style="list-style-type: none">- การไหลในชั้นดินเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์- การไหลบนผิวดินลดลง
5. T_{OF} : ค่าเริ่มต้นการไหลบนผิวดิน	<ul style="list-style-type: none">- การไหลบนผิวดิน- การซึมลงในชั้นดิน	<ul style="list-style-type: none">- ระยะเวลาในการเริ่มต้นการไหลหลังจากเริ่มฤดูฝนนานขึ้น- การซึมลงในชั้นดินเพิ่มขึ้น
6. T_{IF} : ค่าเริ่มต้นการไหลในชั้นดิน	<ul style="list-style-type: none">- การไหลในชั้นดิน- การไหลบนผิวดิน- การซึมลงในชั้นดิน	<ul style="list-style-type: none">- ระยะเวลาในการเริ่มต้นการไหลในชั้นดิน- หลังจากเริ่มฤดูฝนนานขึ้น- การไหลบนผิวดินเพิ่มสูงขึ้น- การซึมลงในชั้นดินเพิ่มขึ้น
7. T_G : ค่าเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดิน	<ul style="list-style-type: none">- การไหลของน้ำใต้ดิน- การซึมลงในชั้นดิน- การคายน้ำของพืช	<ul style="list-style-type: none">- ระยะเวลาในการเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดิน- ดิน- หลังจากเริ่มฤดูฝนนานขึ้น- ความจุในชั้นดินเพิ่มขึ้นเร็ว- การคายน้ำของพืชสูงขึ้น

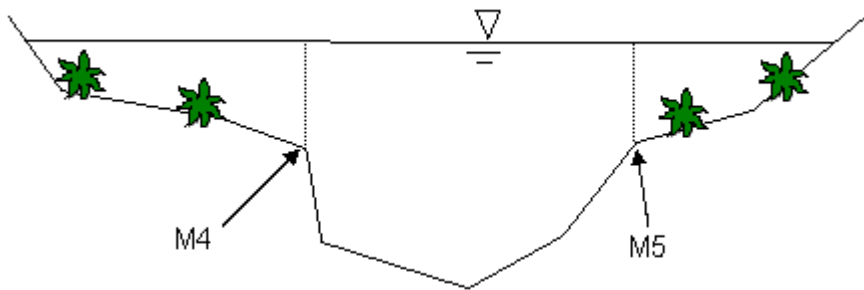


ตารางที่ 7.2-1(ต่อ) ผลกระทบและความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM

พารามิเตอร์	ผลที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์	ความเกี่ยวข้องเนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น
8. CK_1 : พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของคาร์ไหลของ น้ำชั้นผิวดินและในชั้นดิน	- ลักษณะรูปร่างของคาร์ไหลในลำน้ำ	- ช่วงเวลาการไหลนานและค่าอัตราการไหลสูงสุด ของไฮโดรกราฟต่ำ
9. CK_2 : พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ	- ลักษณะรูปร่างของคาร์ไหลเช่นเดียวกับค่า CK_1 แต่สำหรับ CKL นั้นใช้สำหรับจำลองความจุของแหล่งเก็บกักประเภทอ่างเก็บหรือลำน้ำ	
10. CK_{BF} : พารามิเตอร์ของการเคลื่อน ตัวของ base flow จากชั้นเก็บกักน้ำใต้ดิน	- ลักษณะรูปร่างคาร์ไหลของ base flow	- ช่วงเวลาการไหลนานและค่าสูงสุดของ base flow ต่ำ

7.2.2. แบบจำลองสภาพการไหล MIKE11 HD

แบบจำลอง MIKE11 HD เป็นแบบจำลองประเภท implicit, finite difference model ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow) ในแม่น้ำตลอดจนการไหลจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเล MIKE11 สามารถใช้ในการวิเคราะห์การไหลทั้งแบบใต้วิกฤต (subcritical flow) และการไหลแบบเหนือวิกฤต (supercritical flow) MIKE11 สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาการไหลเข้ามาอาคารทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ตลอดจนโครงข่าย (looped network) และการจำลองการไหลแบบ Quasi two-dimensional ในบริเวณทุ่งน้ำท่วม (flood plains) ดังแสดงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างลำน้ำหลักและที่ราบน้ำท่วมในรูปที่ 7.2-3



รูปที่ 7.2-3 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างที่ราบน้ำท่วมถึงกับลำน้ำหลักในแบบจำลอง

การคำนวณในแบบจำลอง MIKE11 HD เป็นแบบ Gradually varied unsteady flow ในทางน้ำเปิดโดยใช้สมการ Saint Venant Equation ซึ่งประกอบด้วยสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม การแก้สมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมจะใช้วิธีการเรียกว่า Implicit Finite Difference Scheme ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Abbot and Ionescu (1967) โครงสร้างของวิธีการแก้ปัญหายูบนพื้นฐานที่เป็นอิสระจากลักษณะของคลื่น (wave description) ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (10)$$



เมื่อรวมค่า hydraulic resistance จากทฤษฎีของ Chezy และ Lateral inflow เข้าไปในสมการ (9) และ (10) จะได้สมการพื้นฐานคือ

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (11)$$

และ

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (12)$$

- เมื่อ
- Q = อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)
 - A = พื้นที่ของการไหล (ตร.กม.)
 - R = ความต้านทานชลศาสตร์หรือ hydraulic resistance (ม.)
 - h = ความลึกน้ำเหนือระดับอ้างอิง (ม.)
 - q = การไหลเข้าด้านข้าง (ตร.ม./วินาที)
 - C = ค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy ซึ่งแปรตามความลึก

ค่า R คำนวณจากค่า resistance radius หรือ hydraulic radius

ค่า Resistance Radius; R^* (Engelund, 1966) ในแบบจำลอง MIKE11 HD นั้นอ้างอิงจากสมการดังนี้

$$\sqrt{R^*} = \frac{1}{A} \int_0^B Y^{3/2} db \quad (13)$$

- เมื่อ
- Y = ความลึกของ local water
 - B = ความกว้างของผิวน้ำที่ระดับเดียวกัน

จากสมการ (13) ทำให้แน่ใจว่าการไหลในหน้าตัดประกอบนั้น ค่า manning number แทบจะไม่ขึ้นกับความลึกน้ำเลย

สำหรับ Hydraulic Radius ; R_h ของทางน้ำที่มีหน้าตัดการไหลสม่ำเสมอ จะอธิบายได้โดยใช้ Manning's n

$$\frac{AR_h^{2/3}}{n} = \sum_{i=1}^N \frac{AR_h^{2/3}}{r_i n} \quad (14)$$

โดย A = พื้นที่การไหลประสิทธิผลของหน้าตัด



$$= \sum_{i=1}^{N_s} \left(\frac{A_i}{r_{ri}} \right) \text{ หรือเท่ากับพื้นที่การไหลรวม} \quad (15)$$

N_s = จำนวนของหน้าตัดย่อยซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนคู่อัดขีบ x-z ลบ 1

สมการทั่วไปของ Hydraulic Radius

$$R_h = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i^{5/3}}{r_{ri} P_i^{2/3}} \right) \right] \quad \text{โดย} \quad R_h = \frac{A_i}{P_i} \quad (16)$$

เมื่อ P_i = เส้นขอบเปียกของทางน้ำขนาน ไม่รวมผิวสัมผัสระหว่างทางน้ำที่ขนานกัน
ถ้า relative resistance มีค่าคงที่ สมการ (16) จะลดรูปเป็น

$$R_h = \frac{A}{P} \quad (17)$$

กรณีที่ค่า relative resistance มีค่าคงที่เท่ากับ 1.0 ตลอดหน้าตัด ค่า conveyance ; K จะมีค่าเท่ากับ $AR^{2/3}$

จากสมการ (12) ถ้าไม่รวมเทอมของโมเมนต์ได้สมการสำหรับ diffusive wave ดังนี้

$$gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (18)$$

โดยเทอม $\frac{\Delta h}{\Delta x}$ จะแสดงถึงสภาพการเกิด backwater effect ส่วน kinematic wave ค่าความเสียดทานมีค่าสมดุกับแรงโน้มถ่วงของโลก จึงเหมาะสำหรับแม่น้ำลึกลับที่ไม่ได้รับผลจาก backwater effect ดังนั้นจะไม่มีเทอมของ $\frac{\Delta h}{\Delta x}$ ซึ่งสมการจะลดรูปลงได้ดังนี้

$$\frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (19)$$

สมการสำหรับการจำลองแบบของทางไหลท่วม flood plain จะมีการนำรูปแบบการไหล quasi two-dimensional flow มาใช้อธิบาย flood cell ระหว่างแม่น้ำ 2 สาขาและการไหลแบบ submerged ที่เป็นผลของ backwater effect จากระดับน้ำท้ายน้ำทั้งที่เกิดขึ้นกับ culvert และลำน้ำธรรมชาติ รูปแบบสมการแสดงดังนี้



$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} - \zeta \left(\frac{Q_s}{A_s} \right)^2 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (20)$$

ตัวห้อย 1 และ 2 หมายถึงเงื่อนไขด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำตามลำดับ

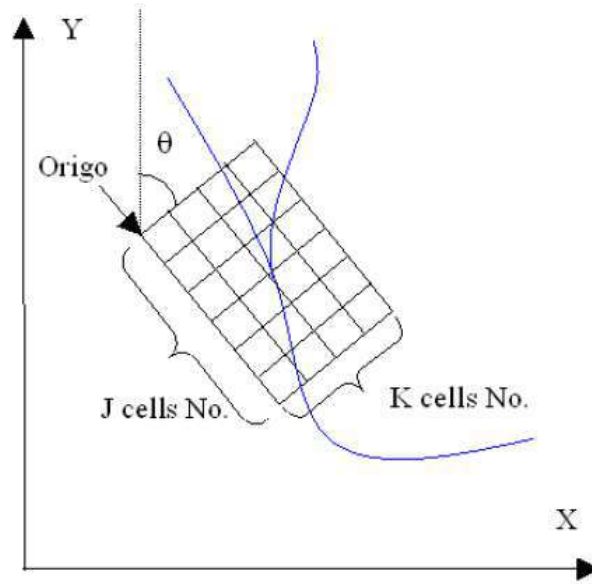
แบบจำลอง MIKE11 นี้สามารถคำนวณการไหลแบบ Gradually varied unsteady flow ในทางน้ำเปิดซึ่งมีลักษณะต่างๆ ได้ดังนี้

- การไหลทั้งแบบ Subcritical และ Supercritical โดยใช้เงื่อนไขการไหลเข้าด้านข้างตามเวลาและระยะทาง
- การไหลในทางน้ำเปิด ซึ่งมีลักษณะเป็นโค้งขาคู่หรือ Loop
- การไหลแบบ Quasi two dimensional flow บน flood plains
- การไหลผ่านโครงสร้างทางชลศาสตร์ เช่น ฝาย และ Culvert เป็นต้น
- การไหลที่มีการแพร่กระจายจากแม่น้ำลึกลงไปสู่ปากน้ำซึ่งได้รับอิทธิพลน้ำขึ้น-น้ำลงของน้ำทะเล

แบบจำลอง MIKE11 HD ได้รับการพัฒนาให้สามารถประมวลผลแผนที่สองมิติจากผลการคำนวณหนึ่งมิติของแบบจำลองสภาพการไหลของน้ำ โดยแผนที่สองมิติจะถูกสร้างขึ้นโดยการแทรกค่าผลการคำนวณสำหรับพื้นที่ระหว่างกริดต่างๆ แผนที่ที่จัดทำขึ้นจึงสามารถแสดงผลการคำนวณหนึ่งมิติจากแบบจำลอง MIKE11 HD ในเชิงสองมิติได้ ผลการคำนวณที่สามารถจัดทำเป็นแผนที่ดังกล่าวได้ ประกอบด้วย

- ระดับน้ำ
- ความลึกน้ำ
- ความเร็ว
- ความเร็ว x ความลึก

แผนที่สามารถเลือกให้ถูกวิเคราะห์ได้ใน 3 ลักษณะ ได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และ ที่เวลาต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์แผนที่ที่เวลาต่างๆ ต้องกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการจัดทำแผนที่ รวมทั้งต้องกำหนดพื้นที่จัดทำแผนที่เพื่อนำเสนอผลการคำนวณสองมิตินั้น ดังแสดงลักษณะการกำหนดพื้นที่เพื่อจัดทำแผนที่ในแบบจำลอง MIKE11 HD ในรูปที่ 7.2-4

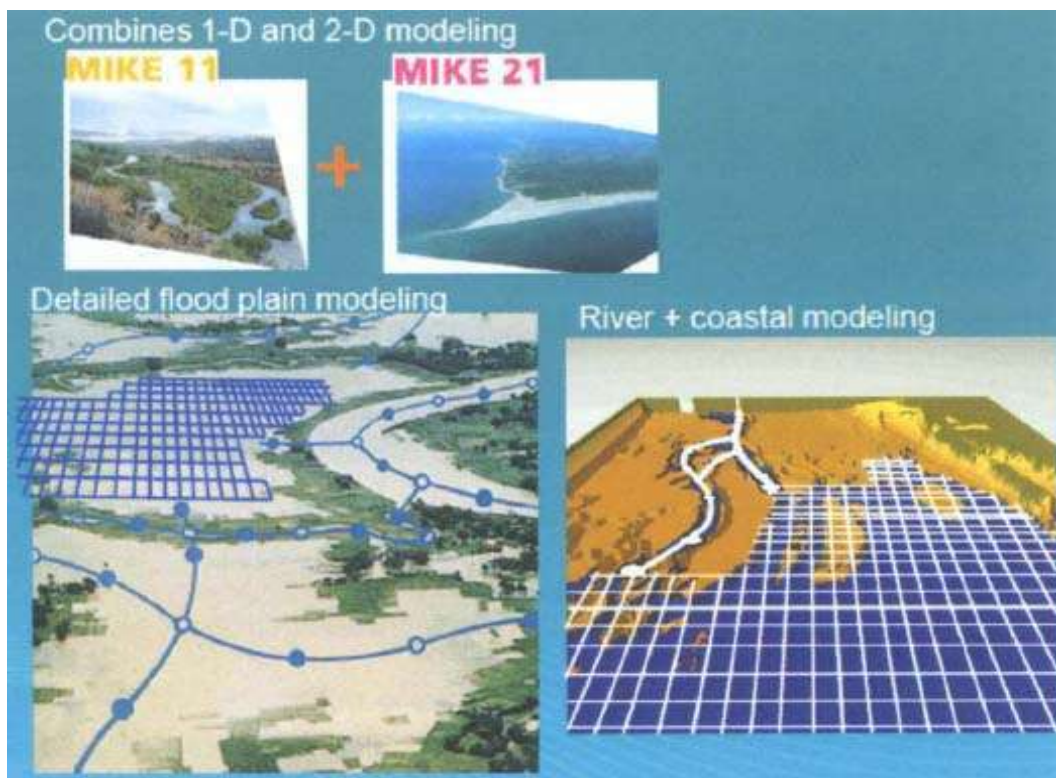


รูปที่ 7.2-4 ลักษณะการกำหนดกริดสำหรับจัดทำแผนที่สองมิติ

7.2.3. แบบจำลองสภาพการไหล MIKE21-FM และ MIKE FLOOD

แบบจำลอง MIKE FLOOD เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมที่เชื่อมโยงการคำนวณแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ เข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้สามารถจำลองลักษณะการเกิดน้ำท่วมได้อย่างเสมือนจริง ทั้งกรณีการไหลในลำน้ำ ท่วมน้ำท่วม น้ำท่วมขังบนถนน โครงข่ายการระบายน้ำ และบริเวณชายฝั่ง รวมทั้งสภาพการพังทลายของเขื่อนหรือคันกั้นน้ำ แบบจำลอง MIKE FLOOD แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1D Engines และ 2D Engines ดังแสดงลักษณะการเชื่อมต่อของการทำงานทั้งสองส่วนในรูปที่ 7.2-5 โดยการเชื่อมกริด 2 มิติ กับลำน้ำ 1 มิติ ใน MIKE FLOOD สามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ

- Standard Links ใช้สำหรับเชื่อมต่อกริด 2D กับปลายลำน้ำ 1D เพื่อให้ น้ำไหลเข้า/ออกระหว่างลำน้ำและกริด
- Lateral Links ใช้สำหรับเชื่อมต่อกริด 2D ด้านข้างตามแนวช่วงลำน้ำ เพื่อให้ น้ำไหลล้นเข้า/ออก ระหว่างลำน้ำและกริด



รูปที่ 7.2-5 ลักษณะการเชื่อมต่อของการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ในแบบจำลอง MIKE FLOOD



ลักษณะการเชื่อมต่อการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ทั้งสองแบบแสดงในรูปที่ 7.2.3-2 และสรุปรายละเอียดการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ได้ดังนี้

(1) การทำงานส่วน 1D Engines

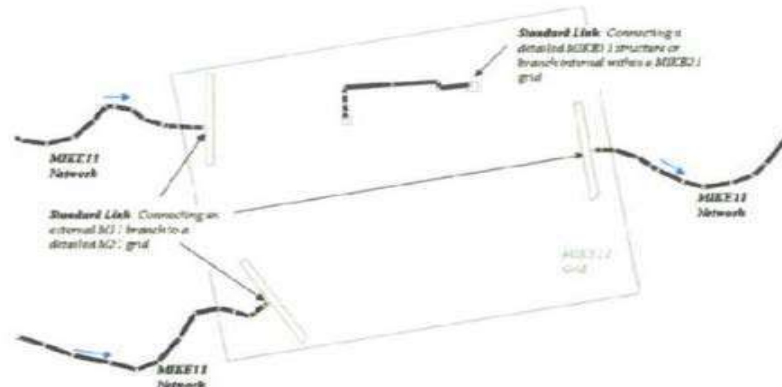
การทำงานส่วน 1D Engines ของแบบจำลอง MIKE FLOOD ซึ่งเป็น “แบบจำลอง MIKE HYDRO RIVER” คือ แบบจำลองทางชลศาสตร์สำหรับแม่น้ำ ลำน้ำ และอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นที่ยอมรับและพิสูจน์แล้วว่าเป็นแบบจำลองมาตรฐานและปฏิบัติงานได้จริงทั้งการคำนวณการไหลของน้ำ คุณภาพน้ำ และการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ คลองชลประทาน และน้ำผิวดินอื่นๆ ในหลายพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะการใช้งานในการนำเข้าสู่ข้อมูลและแปรผลการคำนวณไม่ยุ่งยาก เข้าใจง่าย โดยมีความสามารถในการทำงานที่ครอบคลุมขอบข่ายพื้นที่ศึกษาทั้งหมด แบบจำลองมีเครื่องมือที่ช่วยในการเปรียบเทียบ ทำให้มั่นใจได้ว่าการทำแบบจำลองจะมีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty)

(2) การทำงานส่วน 2D Engines

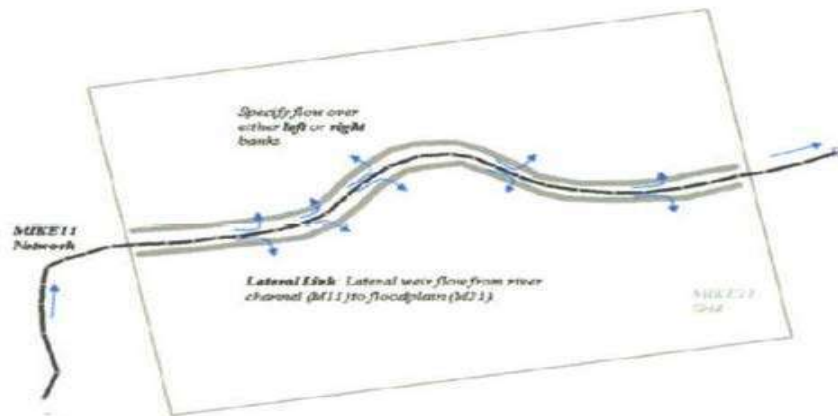
การทำงานส่วน 2D Engines ของแบบจำลอง MIKE FLOOD ซึ่งเป็น “แบบจำลอง MIKE21” คือ แบบจำลองลักษณะ 2 มิติ แบบจำลองย่อยของ MIKE 21 ที่ใช้ คือ MIKE 21 HD หรือ Hydrodynamic ที่ใช้สำหรับการคำนวณค่าระดับ และอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งมีข้อมูลนำเข้าหลัก คือ ค่าระดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ และแรงกระทำอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดการไหล ทั้งนี้แบบจำลองสามารถคำนวณโดยครอบคลุมสิ่งต่างๆ เหล่านี้

- ความเสียดทานท้องน้ำ
- แรงกระทำเนื่องจากลม
- แรงกระทำเนื่องจากความกดอากาศ
- แรงกระทำจากการหมุนรอบตัวเองของโลก
- บังคับการเพิ่ม หรือลด ปริมาณน้ำ ณ ตำแหน่งที่กำหนด
- การระเหยของน้ำ
- การเปลี่ยนแปลงสภาพระหว่างเซลล์แห้งและเซลล์เปียก
- แรงกระทำจากคลื่น

การจำลองลักษณะการไหลแบบสองมิติด้วยแบบจำลอง MIKE 21 ดังแสดงในรูปที่ 7.2-6 และรูปที่ 7.2-7

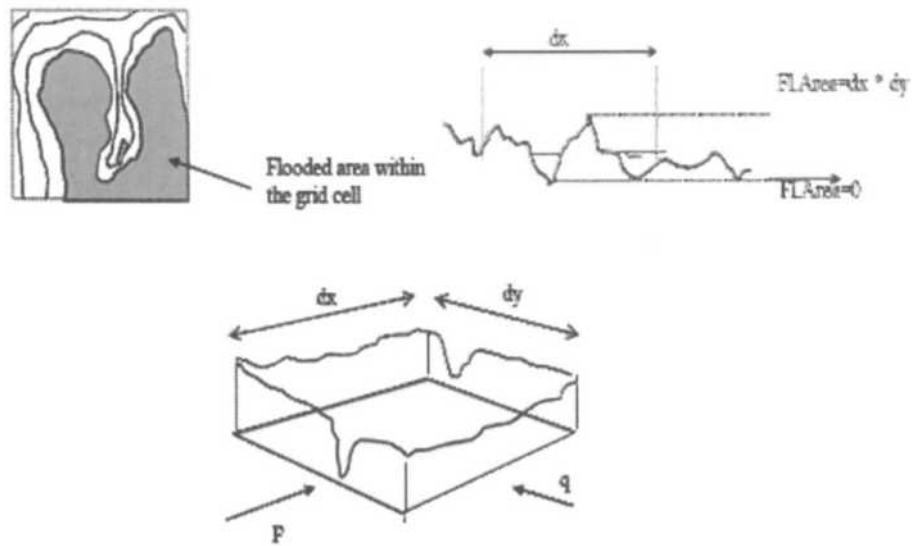


(ก) การเชื่อมต่อแบบ Standard Links



(ข) การเชื่อมต่อแบบ Lateral Links

รูปที่ 7.2-6 ลักษณะการเชื่อมต่อการทำงานของ 1D Engines และ 2D Engines ในแบบจำลอง MIKE FLOOD



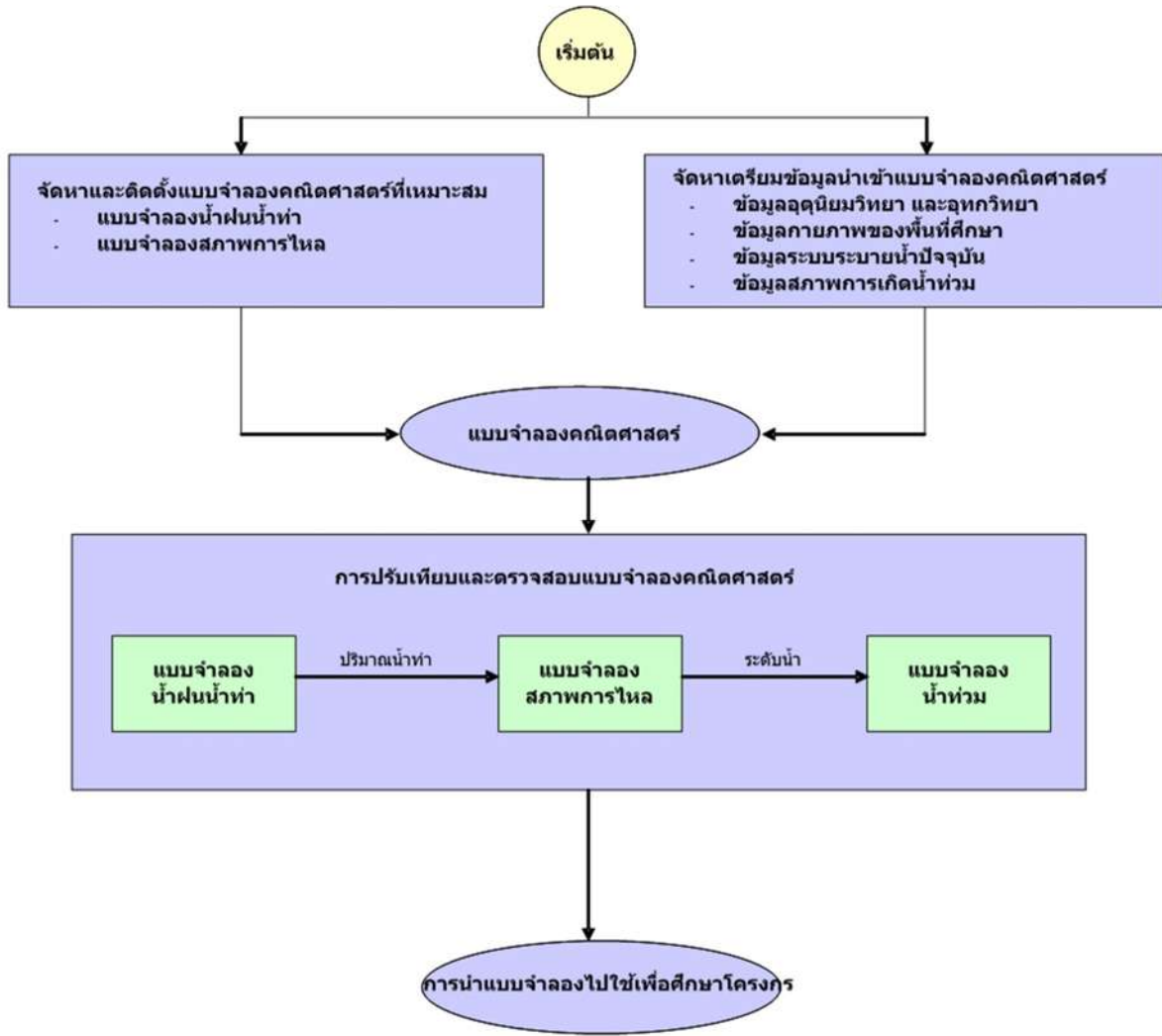
รูปที่ 7.2-7 ลักษณะการจำลองพื้นที่น้ำท่วมของกริดในแบบจำลอง MIKE21



7.3. ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ สำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาระบบพยากรณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของโครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อการพยากรณ์น้ำและเตือนภัยลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.3-1 ซึ่งประกอบด้วย การจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ และการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ สรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

- 1) การพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ทำการจัดทำแบบจำลองสภาพการเกิดน้ำท่าในพื้นที่รับน้ำฝนของสถานีวัดน้ำท่า แล้วดำเนินการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองด้วยการนำผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำท่าที่มีการบันทึกไว้ จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบและตรวจสอบไปพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ
- 2) การพัฒนาแบบจำลองสภาพการไหล ทำการจัดทำโครงข่ายลำน้ำในแบบจำลองตามสภาพการไหล แล้วดำเนินการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองด้วยการนำผลการคำนวณระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติระดับน้ำที่มีการบันทึกไว้ รวมทั้งเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากการคำนวณกับภาพถ่ายดาวเทียมในเหตุการณ์น้ำท่วมอื่นๆ จากนั้นนำแบบจำลองที่ค่าพารามิเตอร์ได้ปรับเทียบและตรวจสอบแล้วไปใช้งาน ต่อไป



รูปที่ 7.3-1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์



7.4. การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การไหลผ่านอาคารระบายน้ำ

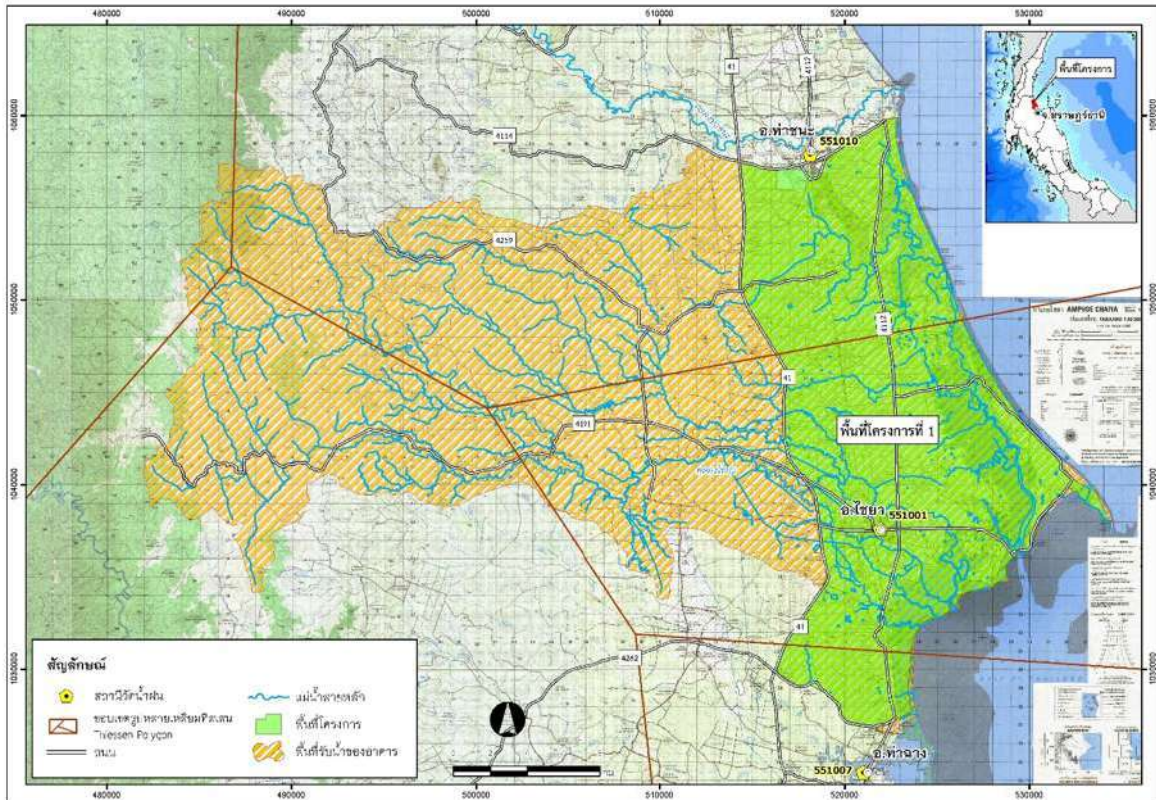
การศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำเสนอในรายงานฉบับนี้ เป็นการพัฒนาในส่วนของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยใช้ NAM Module เพื่อจำลองพฤติกรรมการเกิดปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนที่เกิดจากพายุฝนที่ตกภายในพื้นที่รับน้ำ และแบบจำลองทางชลศาสตร์ HD Module เพื่อจำลองการไหลของน้ำในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม ซึ่งรายละเอียดของการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 ประเภท แสดงได้ดังนี้

7.4.1. การสร้างแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

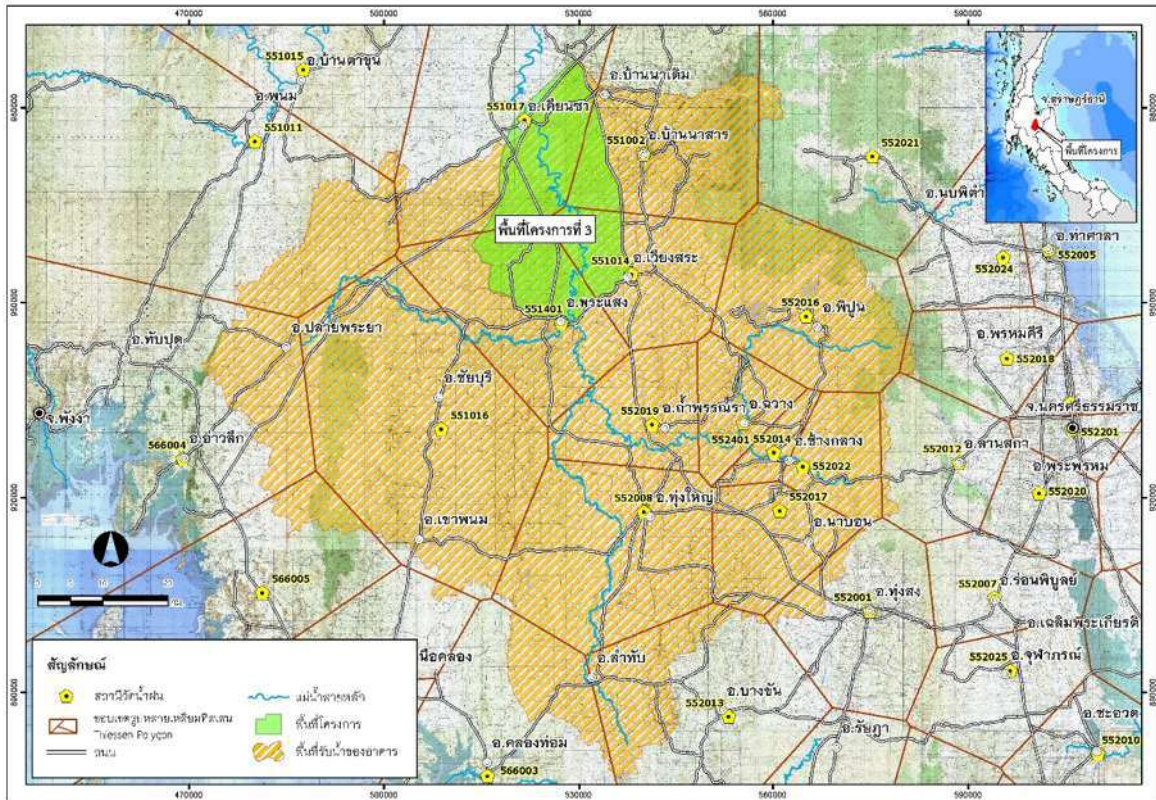
ในขั้นตอนแรกของการพัฒนาแบบจำลอง NAM Module คือการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมมีเซน (Thiessen Polygon) ของพื้นที่ศึกษาโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 7.4-1 ถึง รูปที่ 7.4-8 จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับเทียบ (Calibration) และตรวจพิสูจน์ (Verification) แบบจำลองของพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่

การดำเนินการสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าสามารถทำได้โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณน้ำท่ากับข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าตามที่กล่าวข้างต้น เพื่อทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าให้เหมาะสม โดยพิจารณาปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละกลุ่มน้ำย่อยทีละลำดับ โดยเรียงลำดับจากด้านเหนือน้ำลงมายังด้านท้ายน้ำสุด จนกระทั่งค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองสอดคล้องหรือใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุด ทั้งในด้านของปริมาณน้ำท่าสูงสุด เวลาเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด และปริมาณน้ำท่าสะสมรวม ซึ่งหลักการของการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลอง NAM Module สามารถสรุป ได้ดังนี้

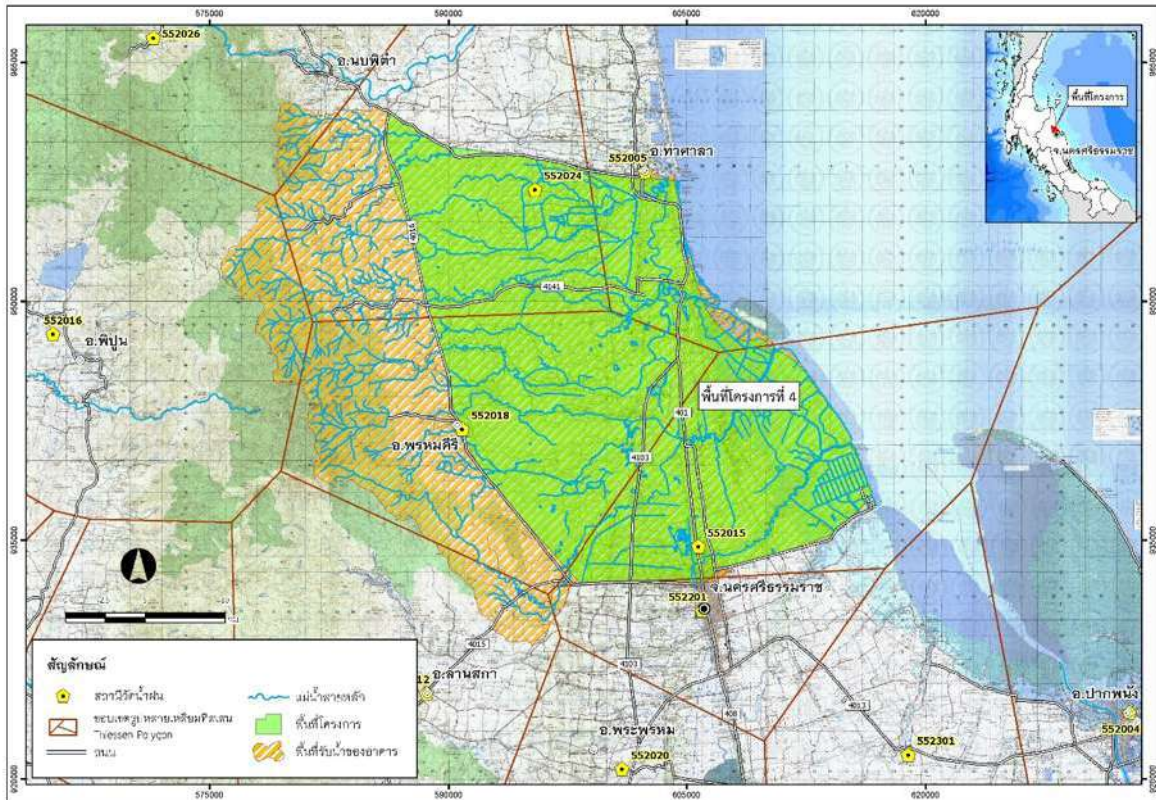
- ปรับค่า L_{max} , U_{max} กรณีปริมาณน้ำท่าสะสมมีค่าต่างจากข้อมูลตรวจวัด
- ปรับค่า CQOF, TOF, CK1, และ CK2 กรณีปริมาณการไหลในช่วงน้ำหลากต่างจากข้อมูลตรวจวัด
- ปรับค่า CQOF, TG และ CKBF กรณีปริมาณการไหลในช่วงน้ำแล้งต่างจากข้อมูลตรวจวัด



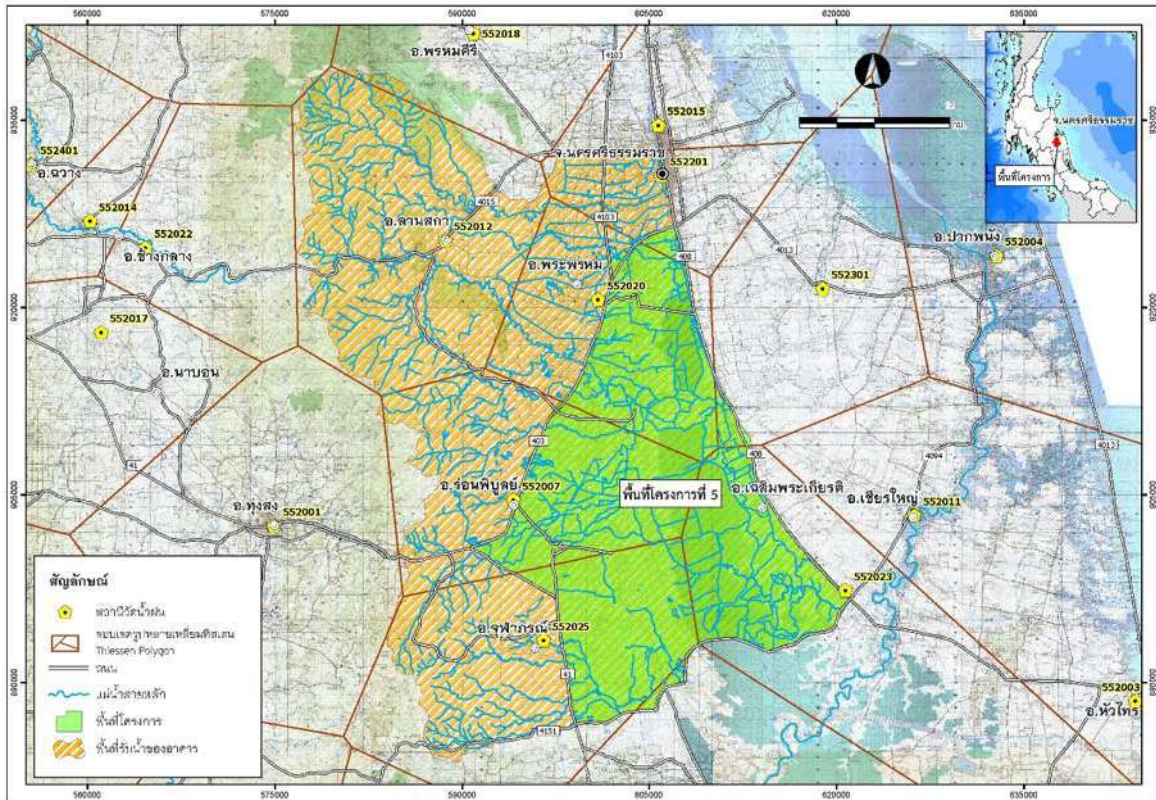
รูปที่ 7.4-1 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมอิสระของพื้นที่
ศึกษานำร่องที่ 1



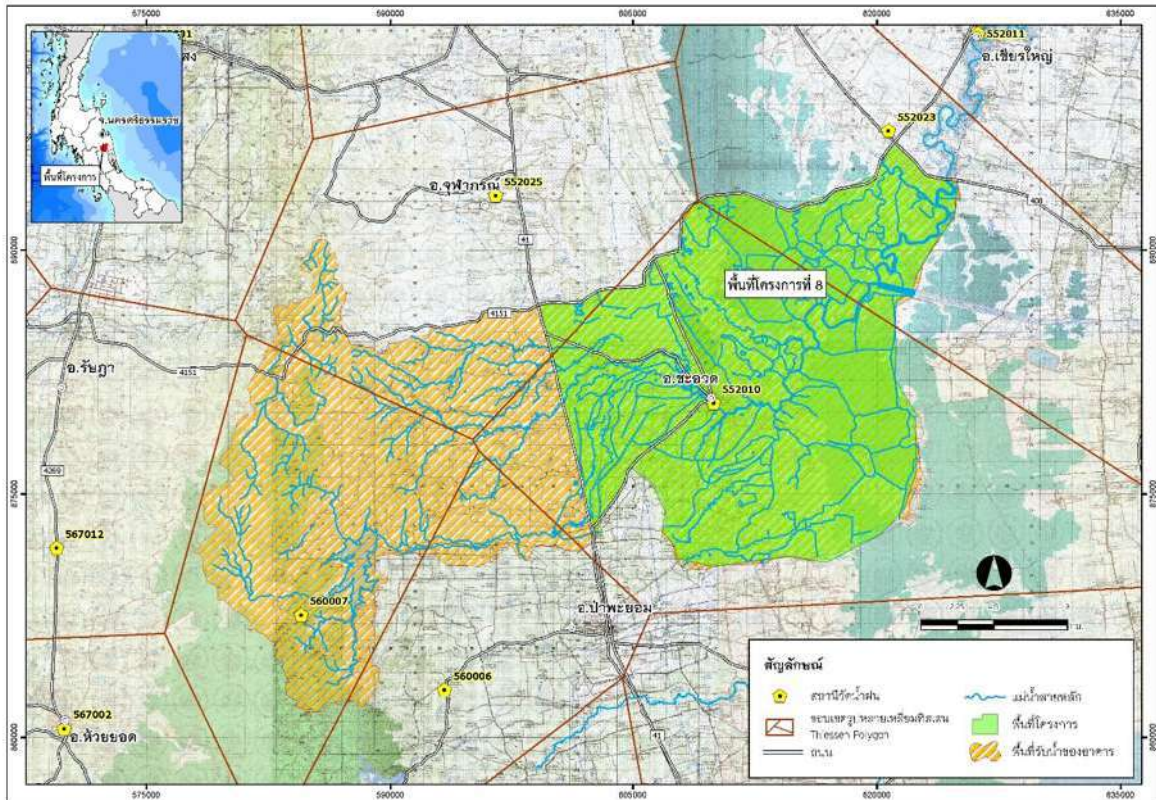
รูปที่ 7.4-2 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมคี่เสณของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3



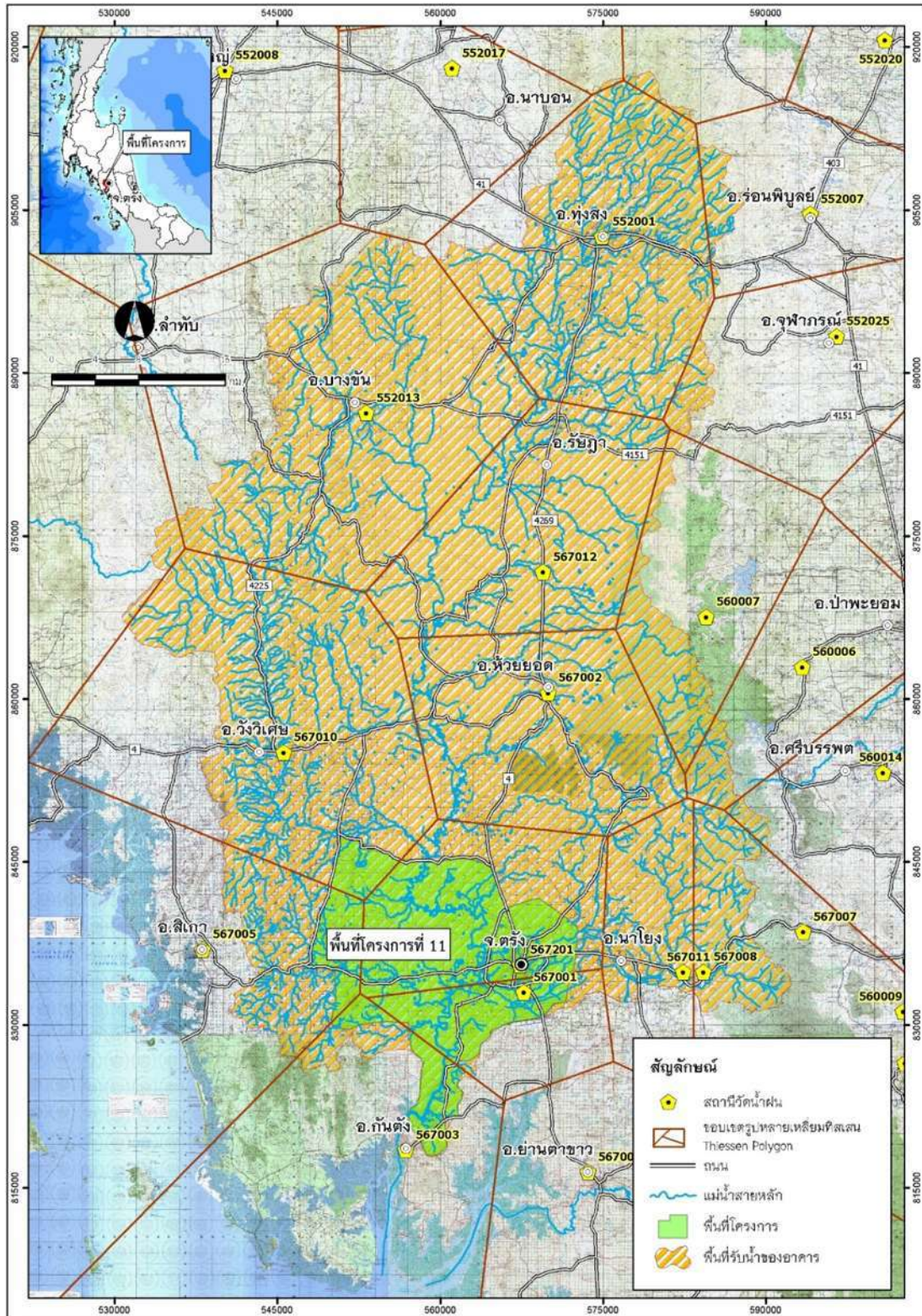
รูปที่ 7.4-3 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมคี่เสณของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4



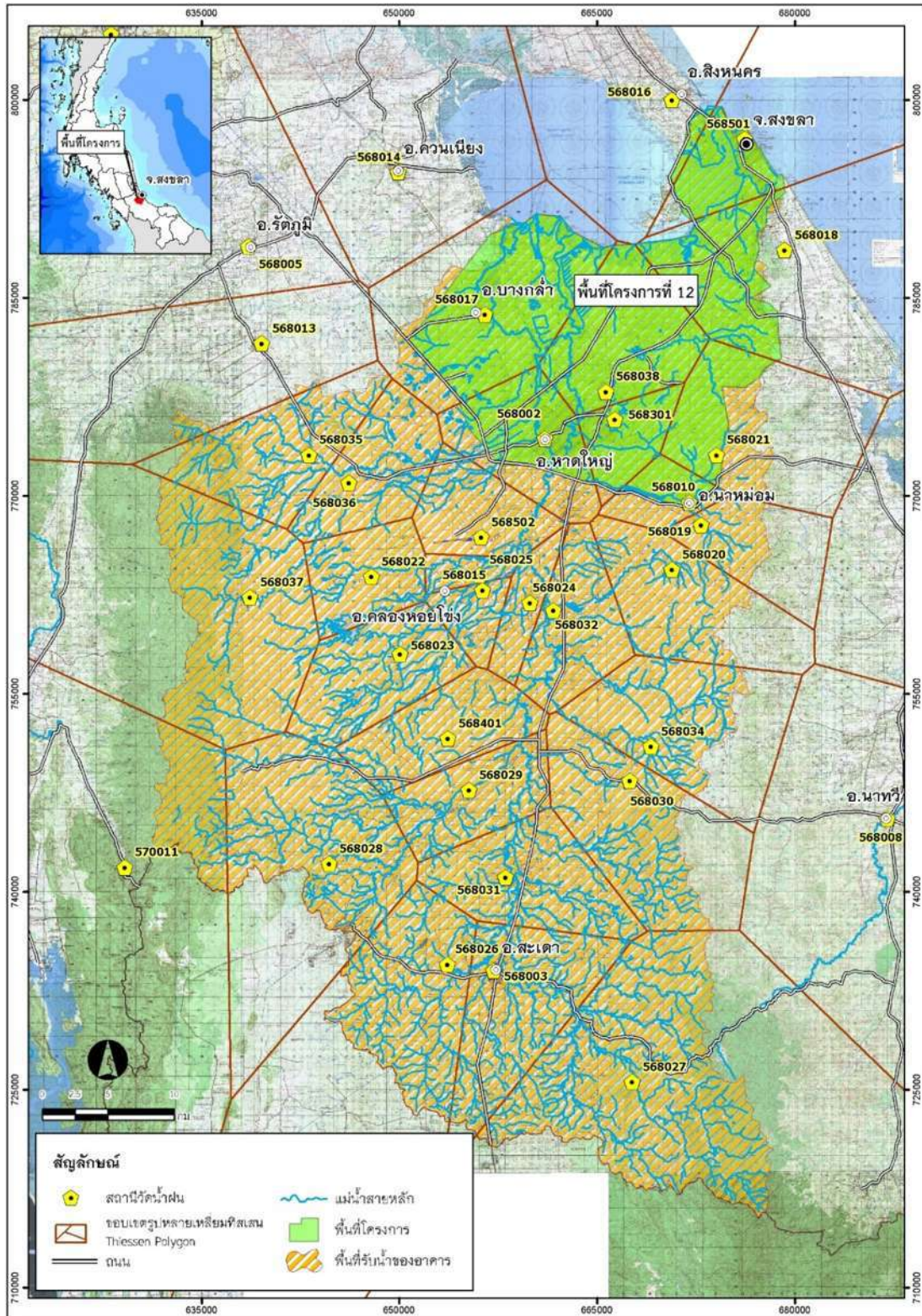
รูปที่ 7.4-4 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมคี่เสณของพื้นที่
ศึกษานำร่องที่ 5



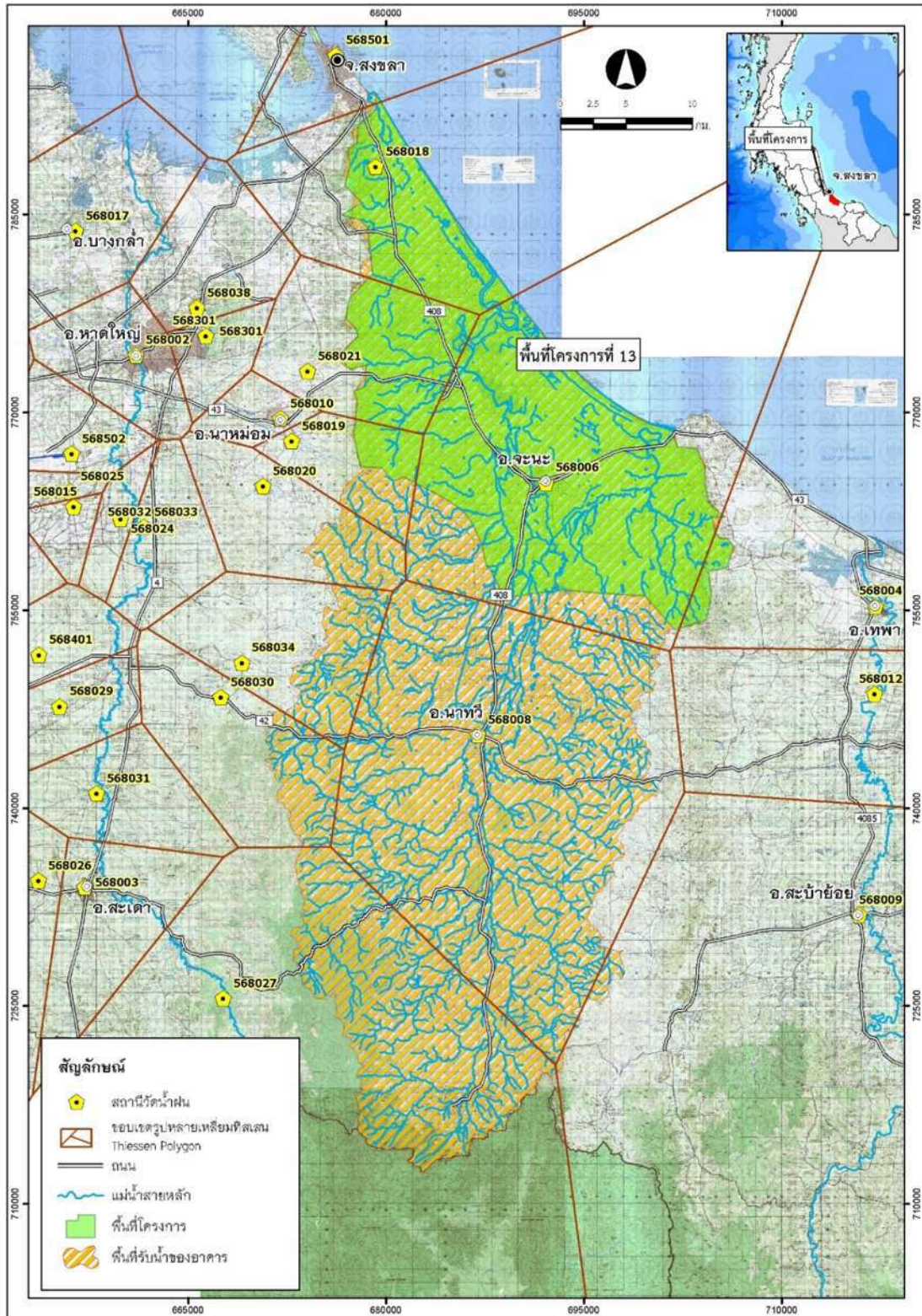
รูปที่ 7.4-5 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมคี่เสณของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8



รูปที่ 7.4-6 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมทิสเซนของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11



รูปที่ 7.4-7 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมอิสระของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12



รูปที่ 7.4-8 ผลการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนและวิเคราะห์หาค่าฝนเฉลี่ยกลุ่มน้ำโดยใช้วิธีรูปเหลี่ยมทิสเซนของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13



พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1 เมื่อทำการนำเข้าสู่ข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ย แล้วจะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.75 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากหลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-9 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.4-1

ตารางที่ 7.4-1 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.75	289	112	185	0.626	22.08	35.9	0.941	0.39	0.606	2931

พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3 เมื่อทำการนำเข้าสู่ข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ย แล้วจะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.37 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากหลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-10 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.4-2

ตารางที่ 7.4-2 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.37	5200	22.5	18.4	1	6673	107	0.99	0.919	0.000355	9818



พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4 เมื่อทำการนำเข้าสู่ข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ยแล้ว จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.149 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากหลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-11 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.4-3

ตารางที่ 7.4-3 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.149	469	119	27	0.822	7213	68.4	0.59	0.376	0.943	7897

พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5 เมื่อทำการนำเข้าสู่ข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ยแล้ว จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.200 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากหลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-12 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.4-2

ตารางที่ 7.4-4 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.200	105	98	53.7	0.56	4230	34.7	0.89	0.244	0.000008	38.21



พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8 เมื่อทำการนำเข้าสู่ข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ยแล้ว จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.105 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากหลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบแบบจำลองได้ดังในรูปที่ 7.4-13 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.4-5

ตารางที่ 7.4-5 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.105	269	150	36.6	0.809	9978	34.9	0.99	0.275	0.000593	5.038

พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11 เมื่อทำการนำเข้าสู่ข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ยแล้ว จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.56 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากหลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-14 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.4-6

ตารางที่ 7.4-6 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.56	1801	125	68	0.993	5633	62.2	0.546	0.61	0.724	6687



พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12 เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ย แล้ว จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่ง ในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.90 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จาก หลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบ แบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-15 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12 สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 7.4-7

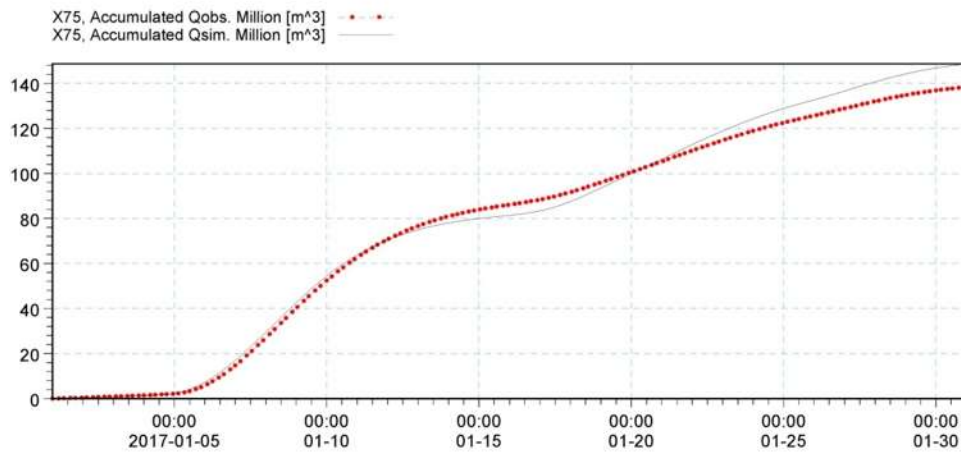
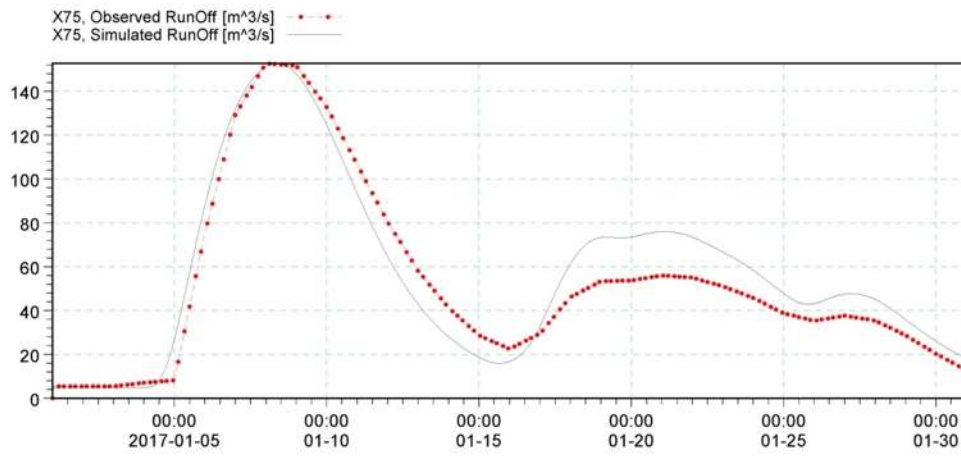
ตารางที่ 7.4-7 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12

ลุ่มน้ำ ย่อย	พื้นที่ (ตร. กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U_{max}	L_{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.90	1562	15	143	0.885	743.2	49.7	0.202	0.693	0.0941	2130

พื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13 เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำ อัตราการระเหย และข้อมูลฝนเฉลี่ย แล้ว จะทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับปริมาณน้ำท่าที่ได้มีการตรวจวัด ซึ่ง ในที่นี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี X.42 เป็นสถานีในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จาก หลักการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM Module ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถแสดงผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่ากรณีการเปรียบเทียบ แบบจำลอง ได้ดังในรูปที่ 7.4-16 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้สอบเทียบแล้ว สำหรับพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13 สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 7.4-8

ตารางที่ 7.4-8 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM Module ที่ได้จากการปรับเทียบของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

ลุ่มน้ำ ย่อย	พื้นที่ (ตร. กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Rootzone							Groundwater	
		U_{max}	L_{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
X.42	443	95	111	0.663	200	50	0.99	0.0149	0.978	1002

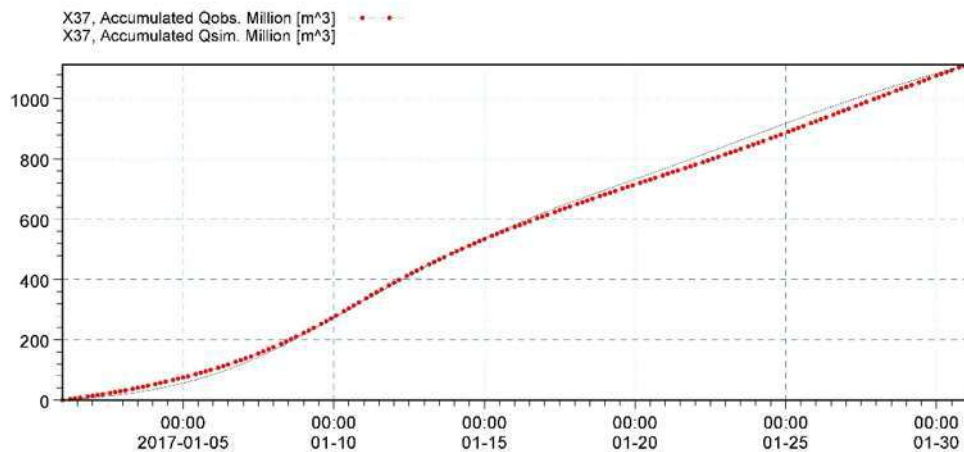
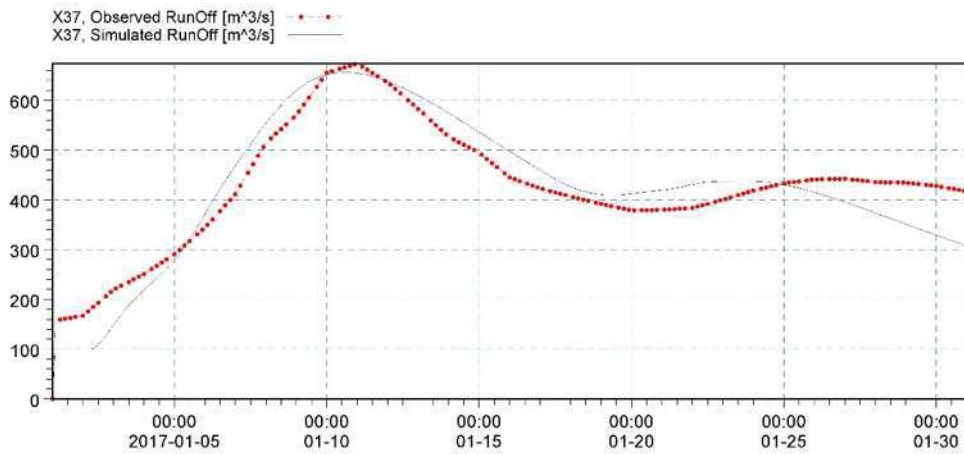


C:\Documents and Settings\Manich_c\Desktop\HighWay2\Project\RRcalibration\X75.dwg

C:\Documents and Settings\Manich_c\Desktop\HighWay2\Project\RRcalibration\X75.dwg

		Client: NAM autocalibration	MIKEZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 21/ 8/2018 22: 8	R2=0.916, WBL= -7.5% (obs=5827mm/y, sim=6264mm/y)	Drawing no.
	Init:		

รูปที่ 7.4- 9 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.75

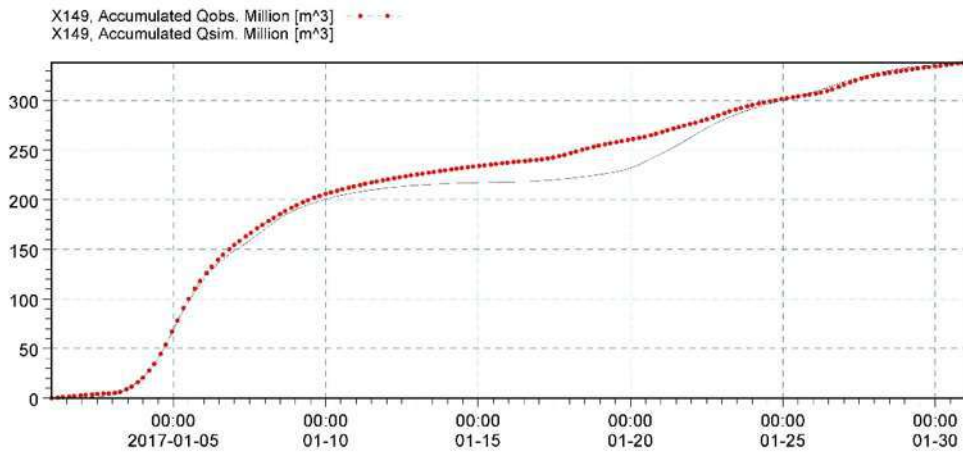
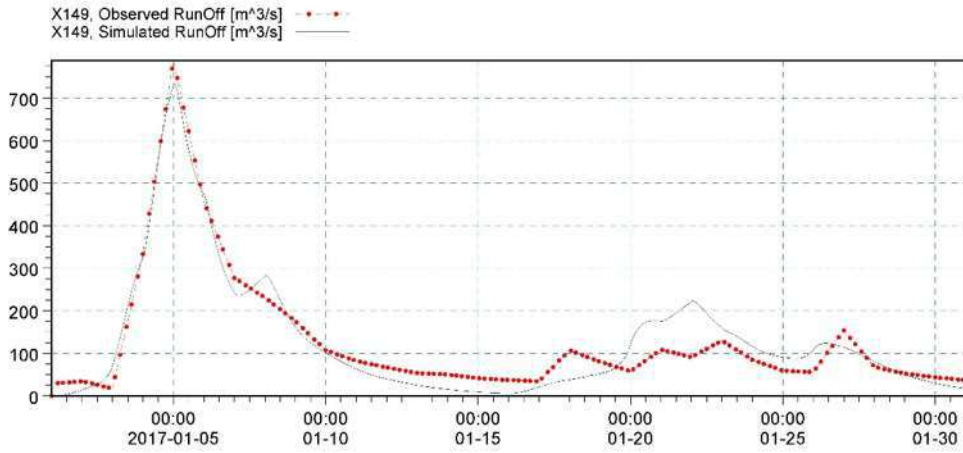


C:\Documents and Settings\Wanch_c\Desktop\HighWay2\Project3\RRcalibration\X37.d#0

C:\Documents and Settings\Wanch_c\Desktop\HighWay2\Project3\RRcalibration\X37.d#0

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 21/ 8/2018 21:30	R2=0.848, WBL= 0.1% (obs=2605mm/y, sim=2601mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-10 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.37

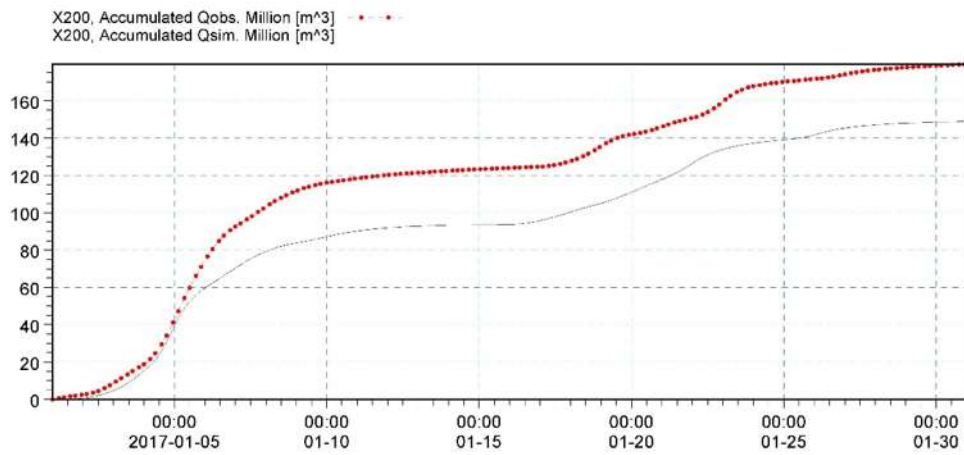
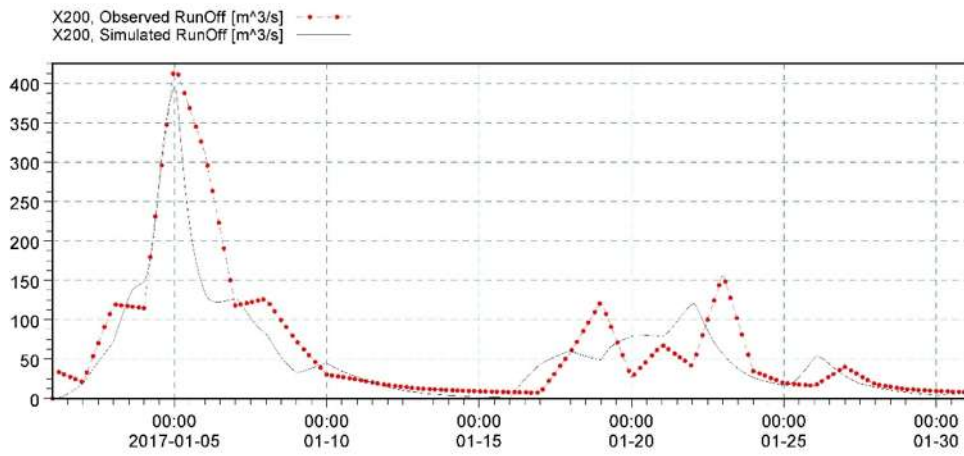


C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project4\RR\calibration\X149.dfd0

C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project4\RR\calibration\X149.dfd0

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 22/ 8/2018 11:30	R2=0.928, WBL= -0.0% (obs=8780mm/y, sim=8780mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-11 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.149

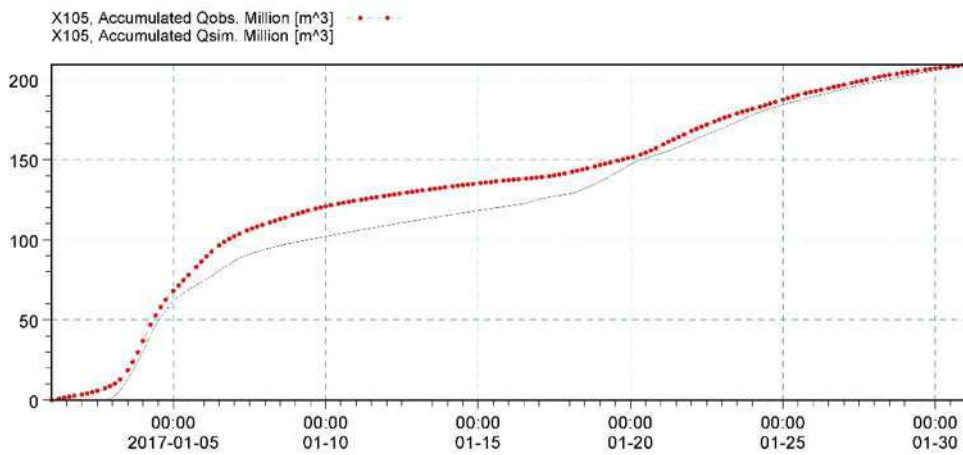
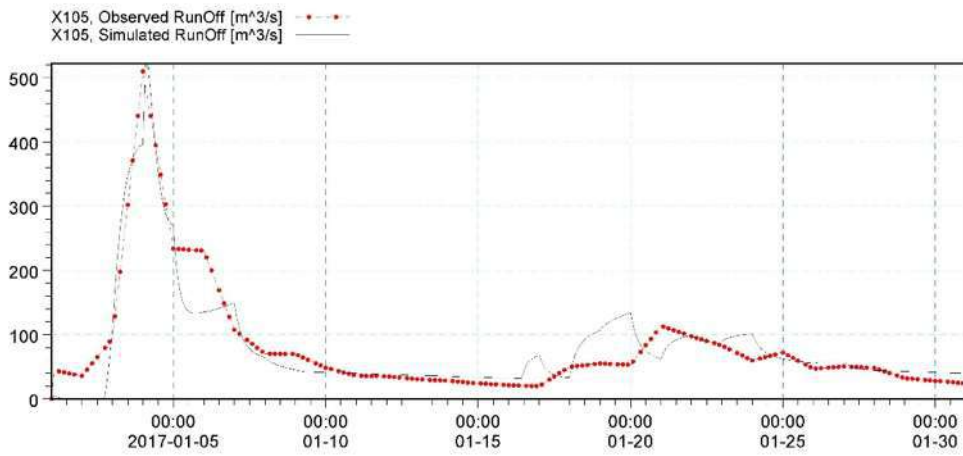


C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project\BIR\Calibration\X200.dfd

C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project\BIR\Calibration\X200.dfd

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 22/ 8/2018 11: 7	R2=0.767, WBL= 17.0% (obs=20819mm/y, sim=17280mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-12 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.200

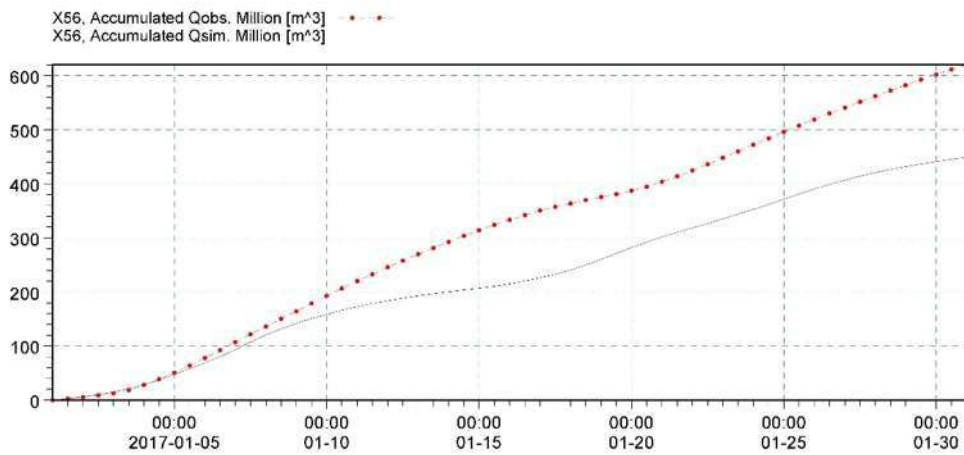
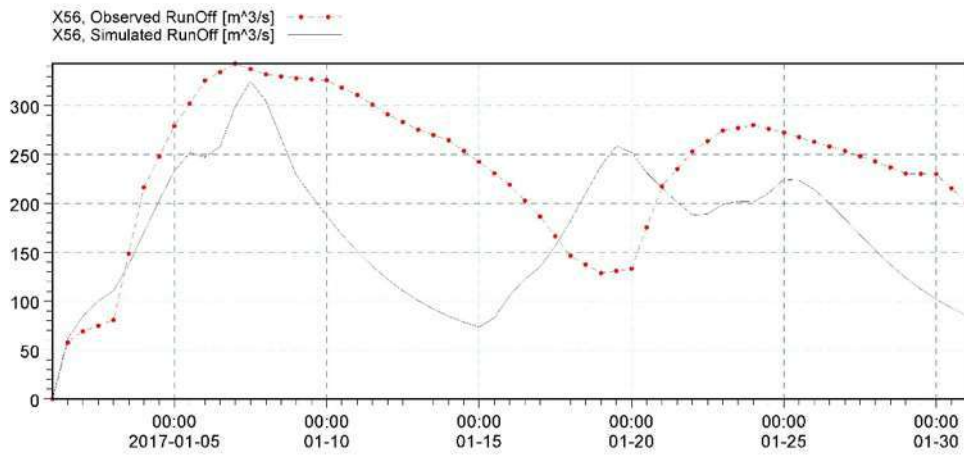


C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project\RR\Calibration\X105.dfd0

C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project\RR\Calibration\X105.dfd0

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 22/ 8/2018 12:18	R2=0.864, WBL= 0.0% (obs=9465mm/y, sim=9465mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-13 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.105

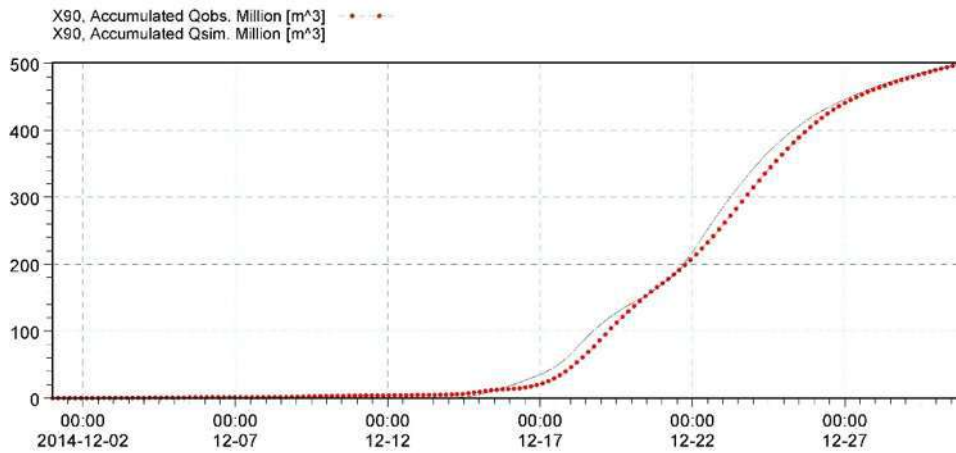
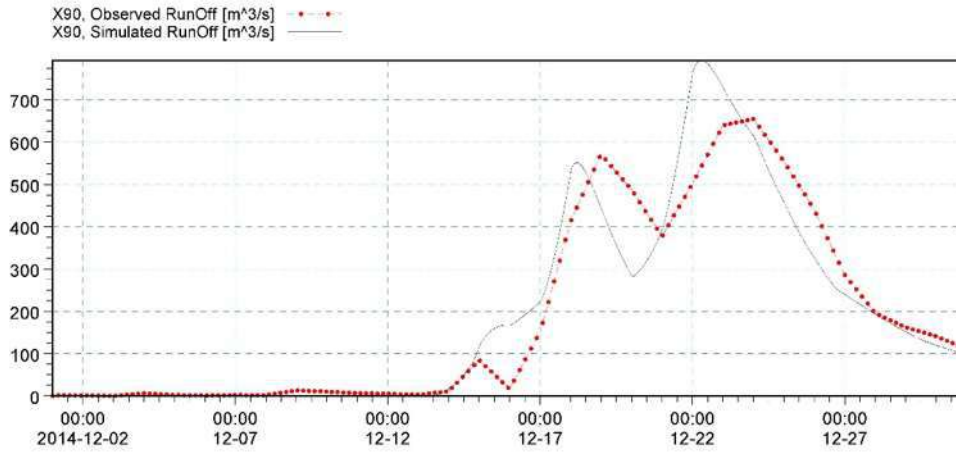


C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project1\RRcalibration\X56.dfd

C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project1\RRcalibration\X56.dfd

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 21/ 8/2018 8:31	R2=-0.909, WBL= 27.6% (obs=4193mm/y, sim=3034mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-14 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.56

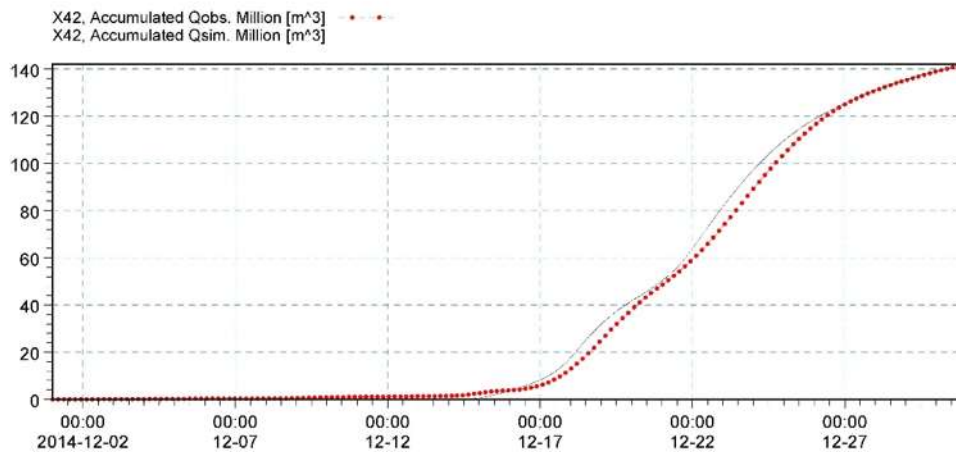
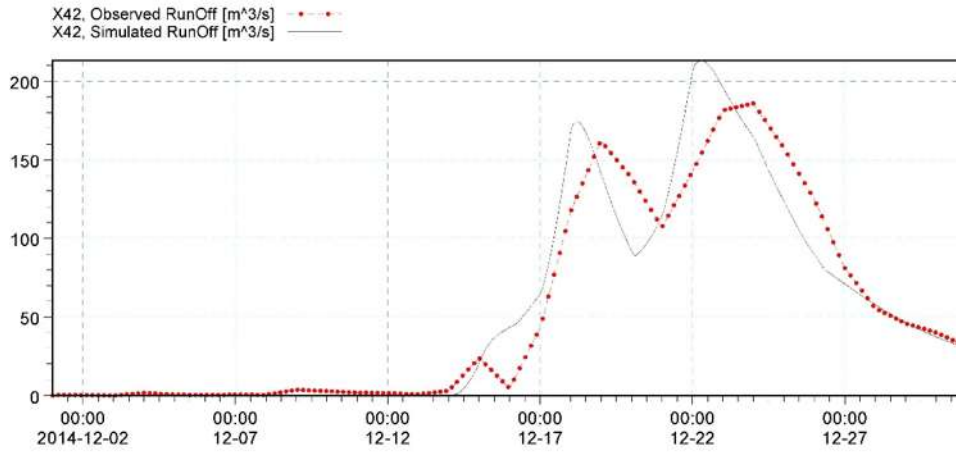


C:\Documents and Settings\Wanch_c\Desktop\HighWay2\Project\2018\Calibration\X90.dfd

C:\Documents and Settings\Wanch_c\Desktop\HighWay2\Project\2018\Calibration\X90.dfd

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile rr.rr11	Date: 21/ 8/2018 10:27	R2=0.886, WBL= 0.1% (obs=3904mm/y, sim=3900mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-15 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.90



C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project\3\RR\calibration\X42.d60

C:\Documents and Settings\Wanchai\Desktop\HighWay2\Project\3\RR\calibration\X42.d60

		Client: NAM autocalibration	MIKZero
		Project: Results	
Parameterfile: rr.rr11	Date: 21/ 8/2018 10: 8	R2=0.900, WBL= 0.0% (obs=3904mm/y, sim=3904mm/y)	Drawing no.
Init:			

รูปที่ 7.4-16 ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดสถานี X.42

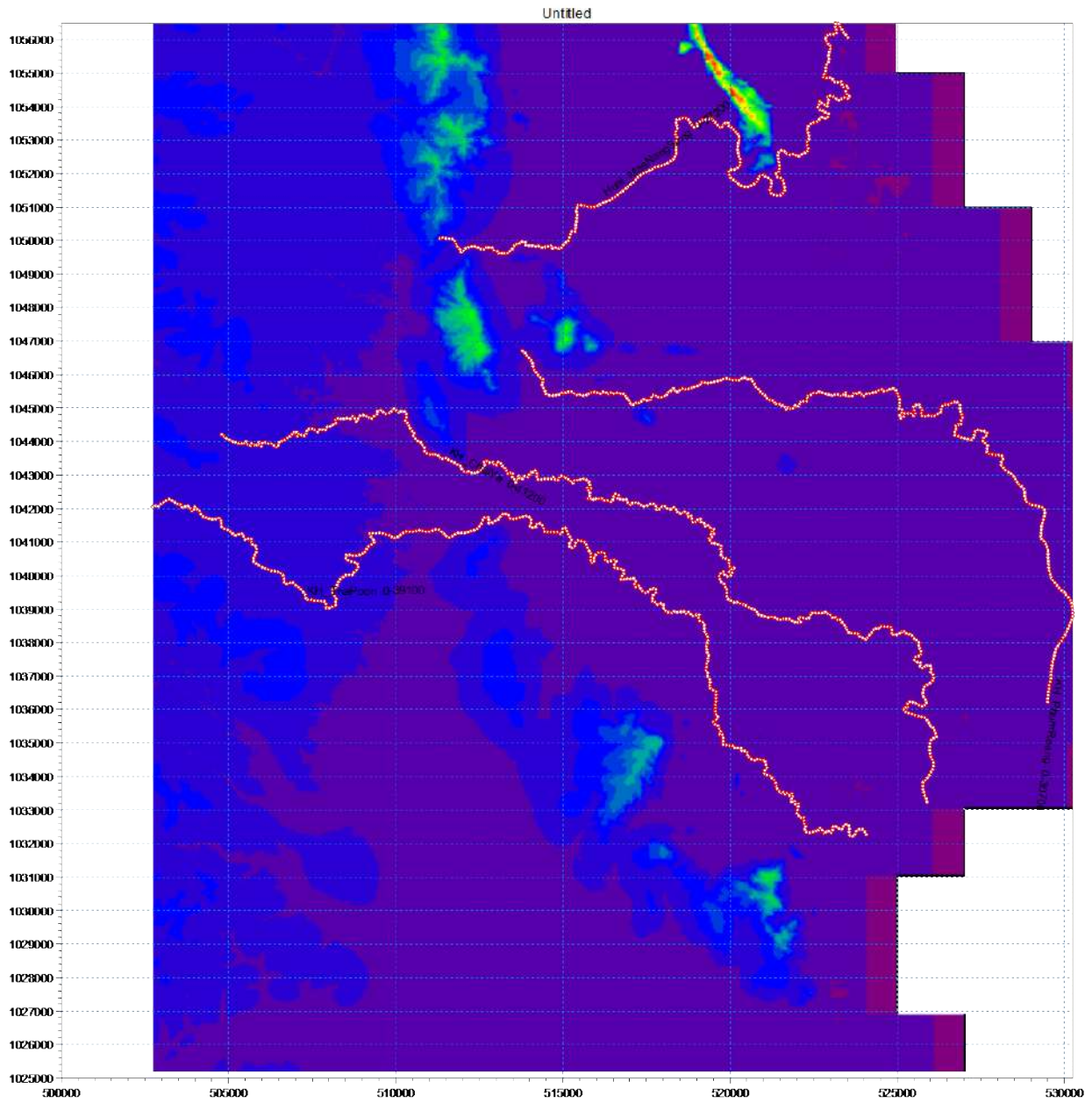


7.4.2. แบบจำลองชลศาสตร์

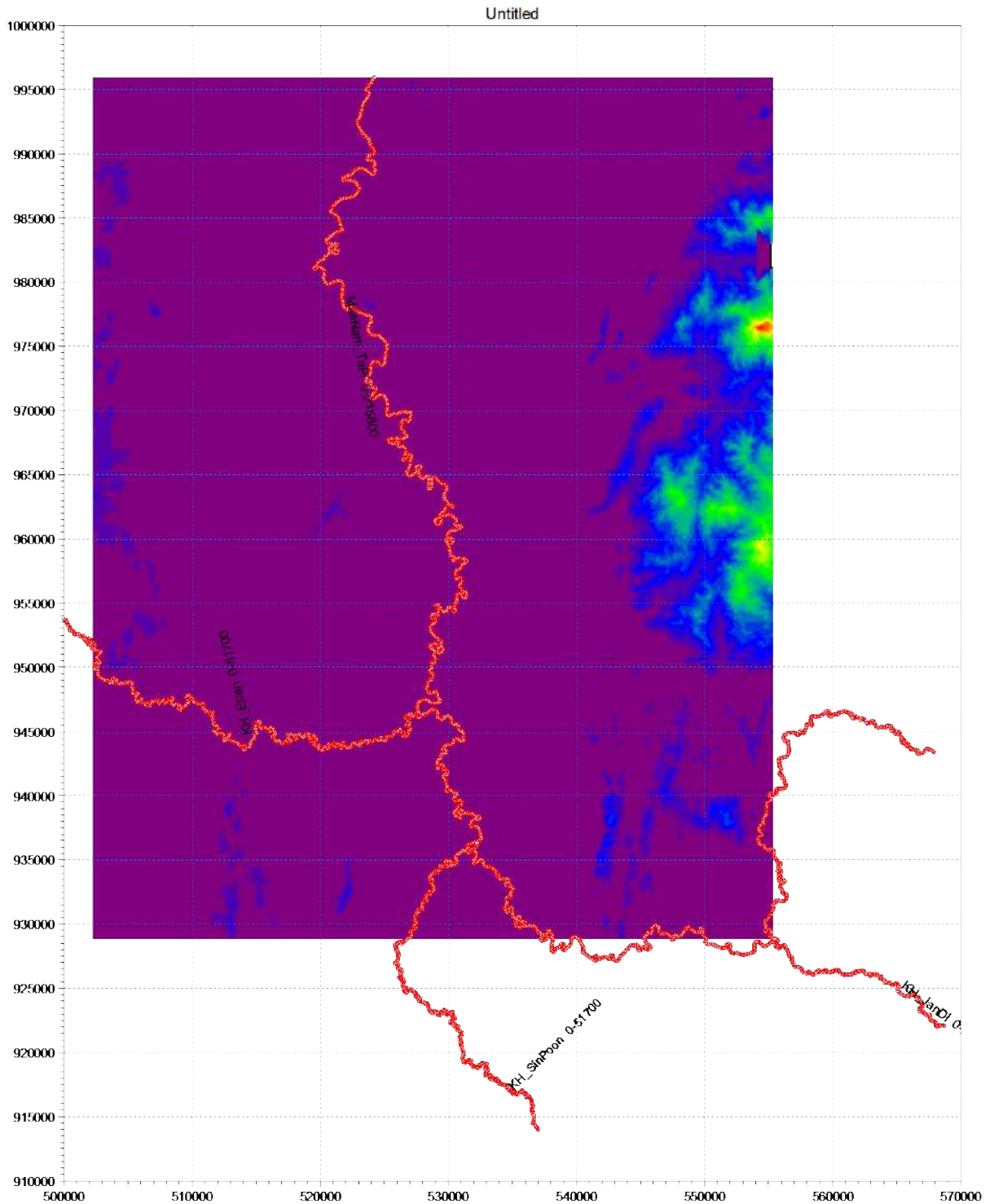
การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ ได้นำเข้าข้อมูลต่างๆ เข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ ข้อมูลอาคารระบายน้ำ และข้อมูลภูมิประเทศของทุ่งน้ำท่วม ดังแสดงในรูปที่ 7.4-17 ถึง รูปที่ 7.4-24

สำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง ดำเนินการโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองด้วยวิธี trial and error จนผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองคือ ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมใกล้เคียงกับผลจากการตรวจวัดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมมากที่สุด ซึ่งผลการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE Flood ของพื้นที่ศึกษา สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.4-25 ถึง รูปที่ 7.4-32 รวมทั้งสามารถนำมาสรุปเป็นตารางความสอดคล้องของตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างผลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ณ ตำแหน่งเดียวกัน (พิจารณาจากการกำหนดกริดขนาด 200 x 200 เมตร บนพื้นที่ศึกษา) ดังแสดงในตารางที่ 7.4-9

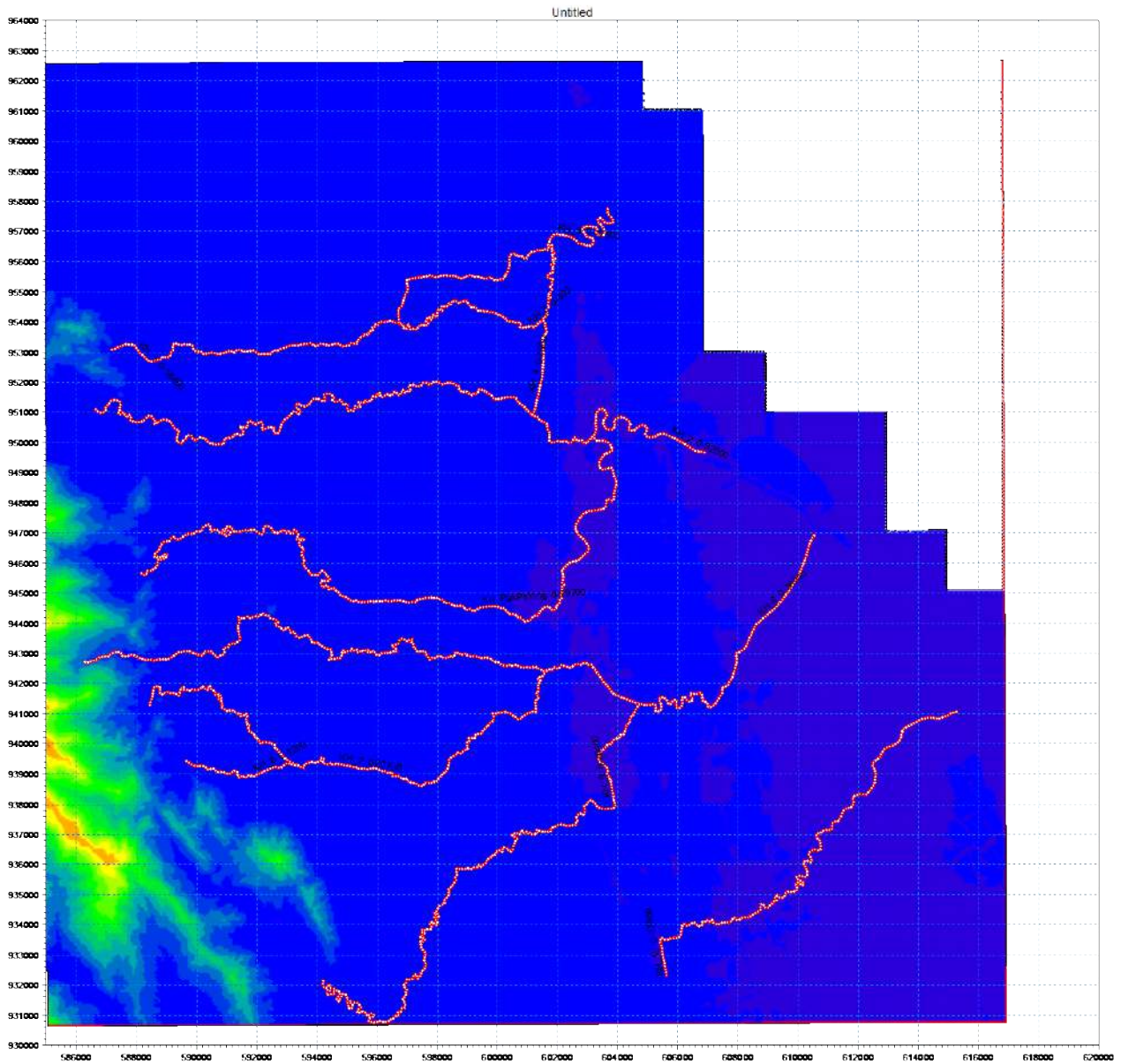
จากผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่า พื้นที่ศึกษาโดยส่วนใหญ่โดยส่วนมีขนาดและตำแหน่งของพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองใกล้เคียงกับ ผลการตรวจวัดจากภาพถ่ายดาวเทียม (มากกว่าร้อยละ 50) อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ ให้ค่าความถูกต้องหรือความสอดคล้องที่น้อย ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมจะรวมพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มต่ำที่รองรับน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นที่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



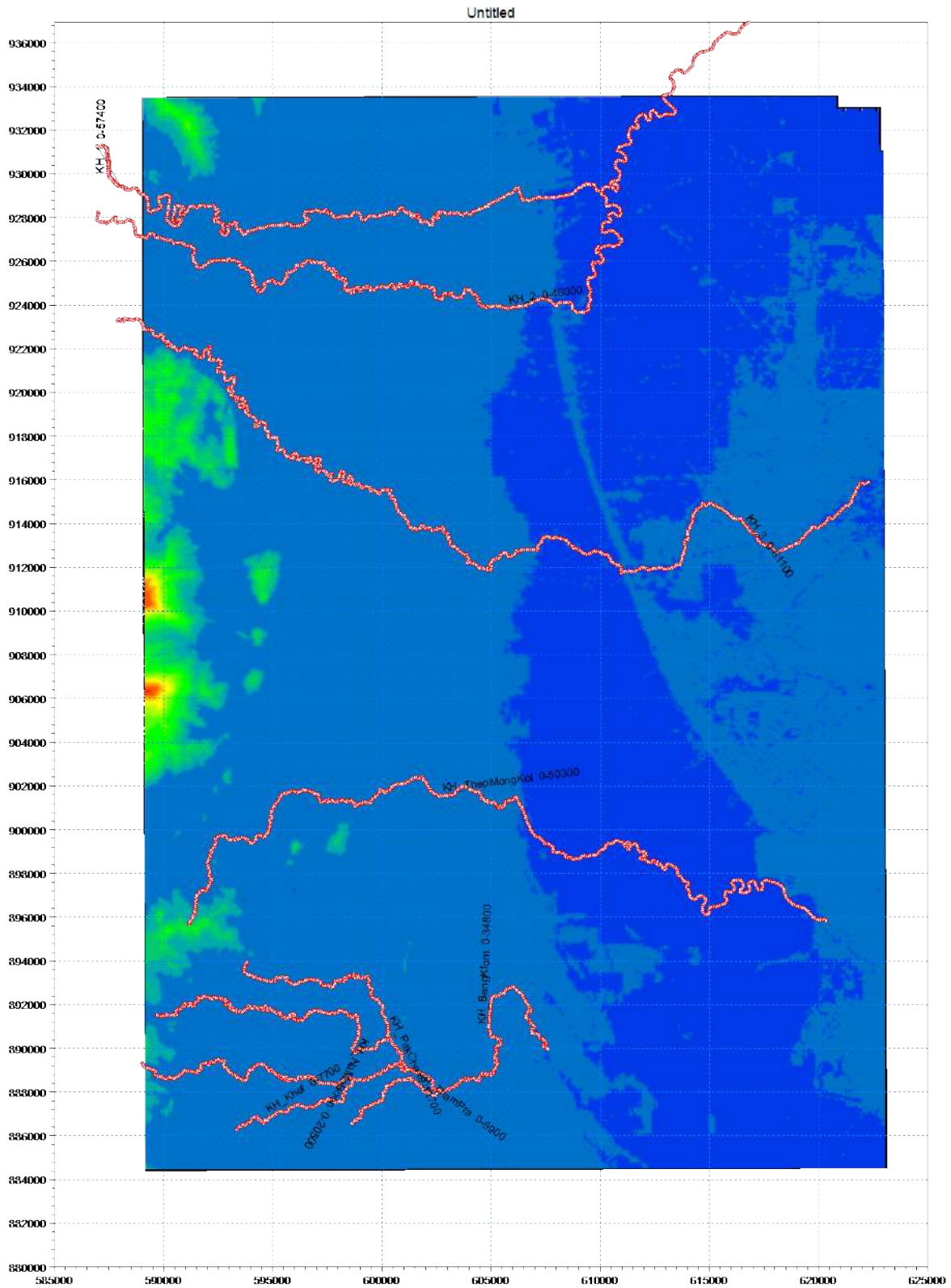
รูปที่ 7.4-17 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1



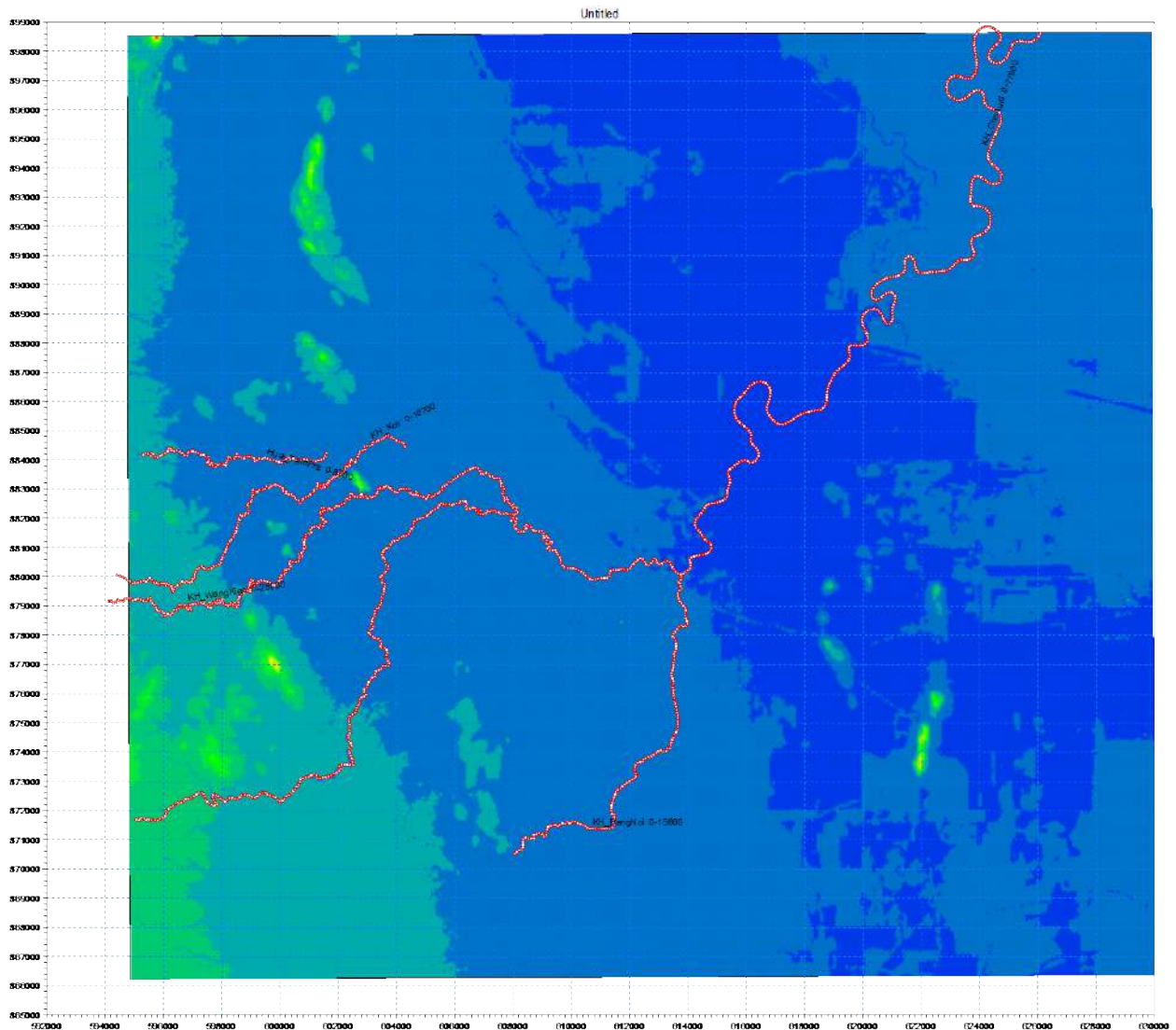
รูปที่ 7.4-18 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3



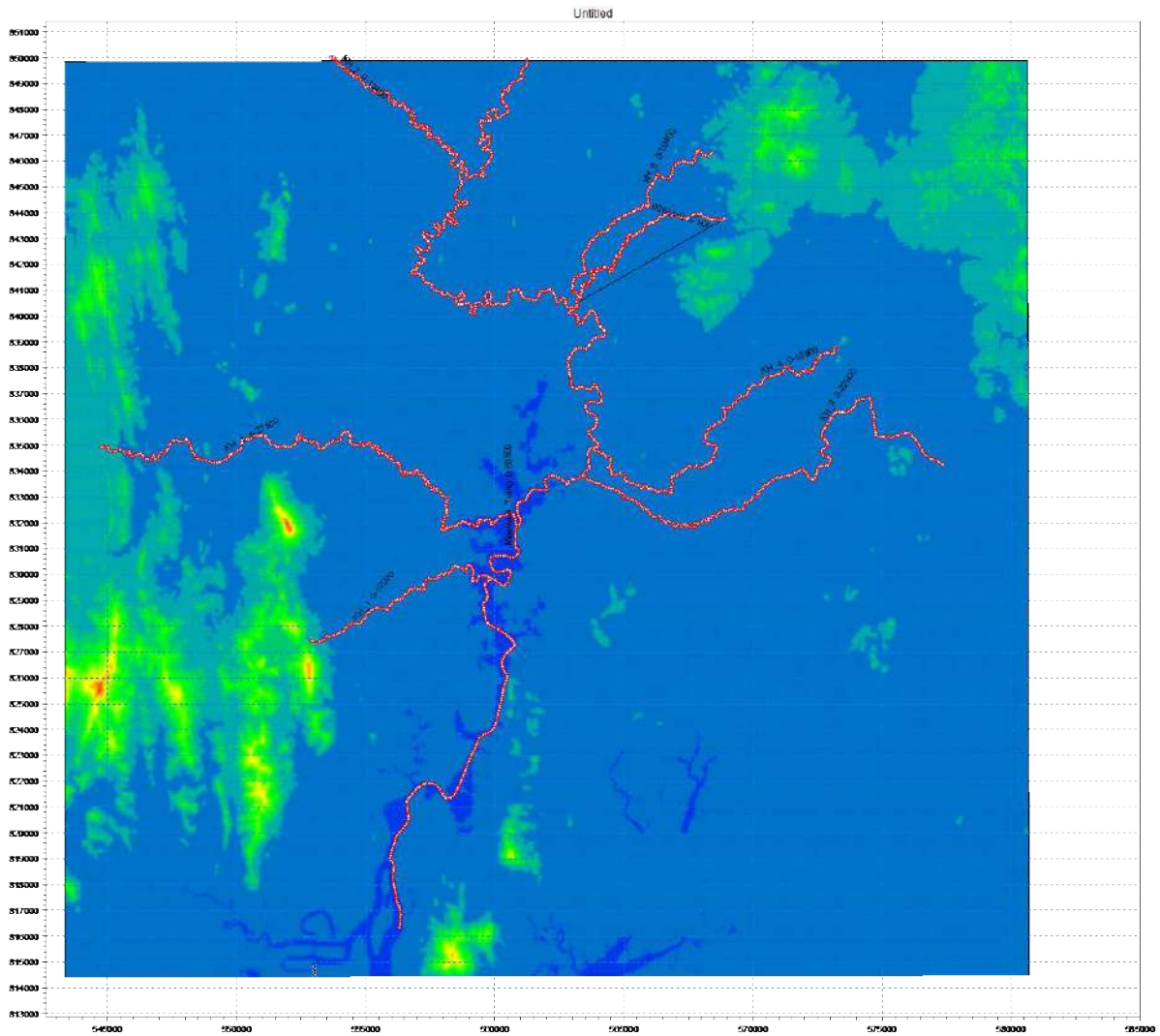
รูปที่ 7.4-19 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4



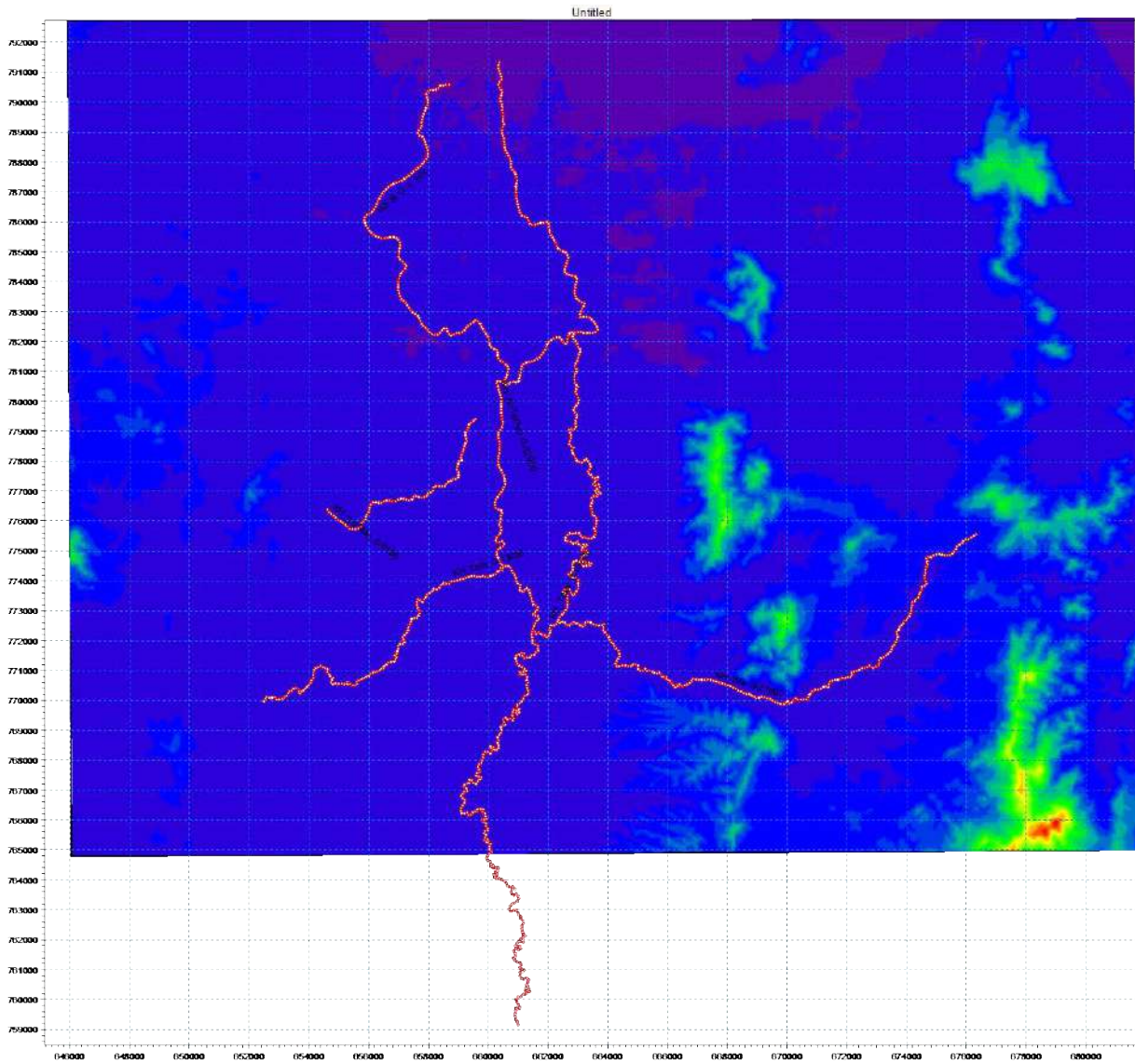
รูปที่ 7.4-20 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5



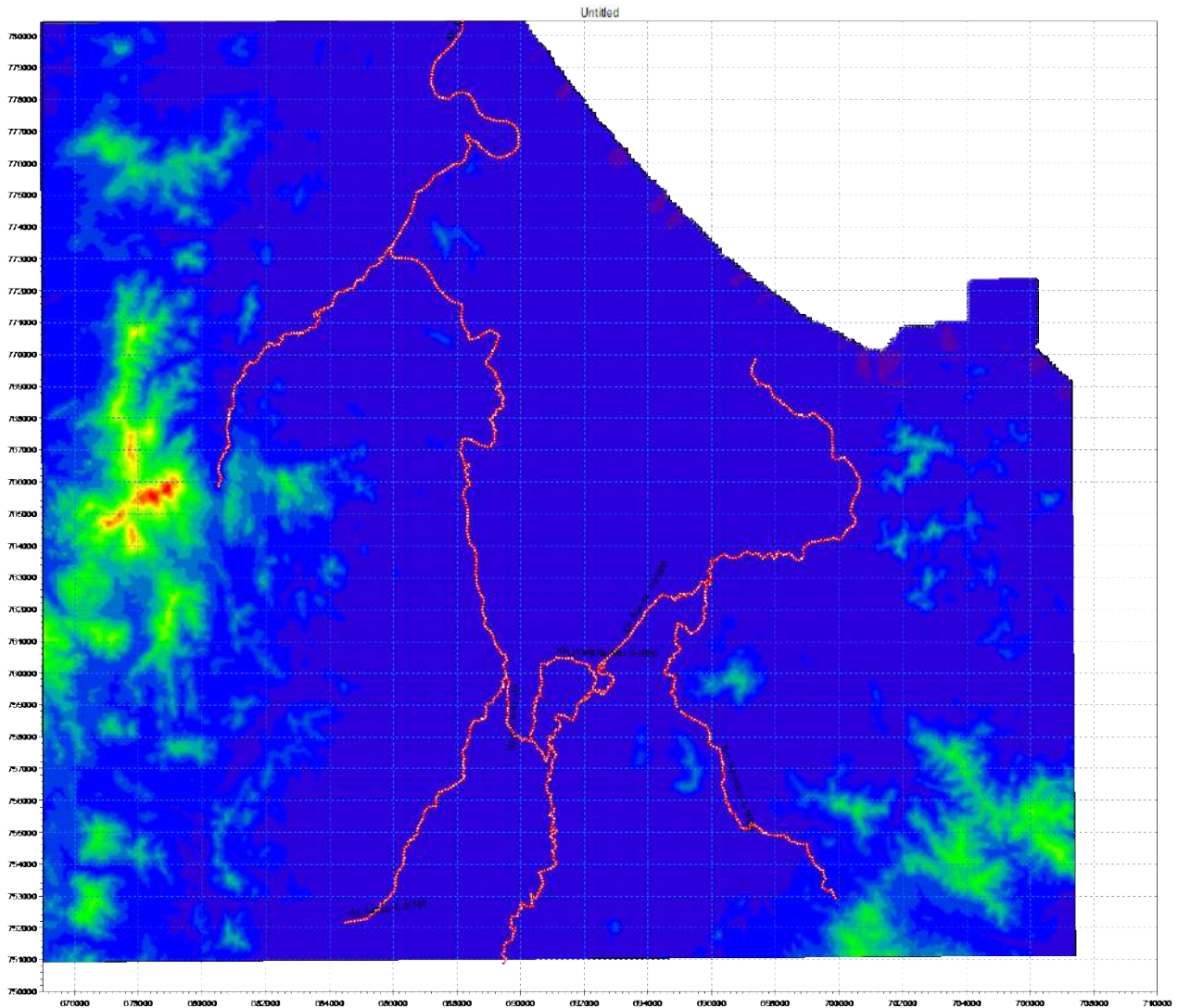
รูปที่ 7.4-21 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8



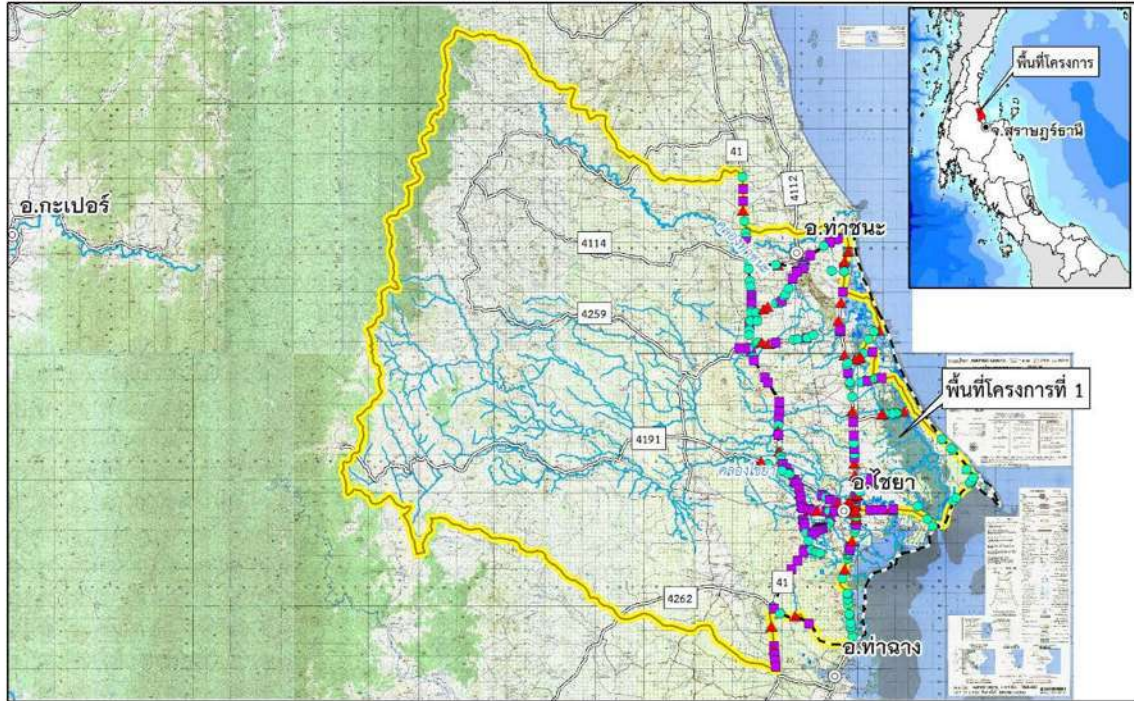
รูปที่ 7.4-22 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11



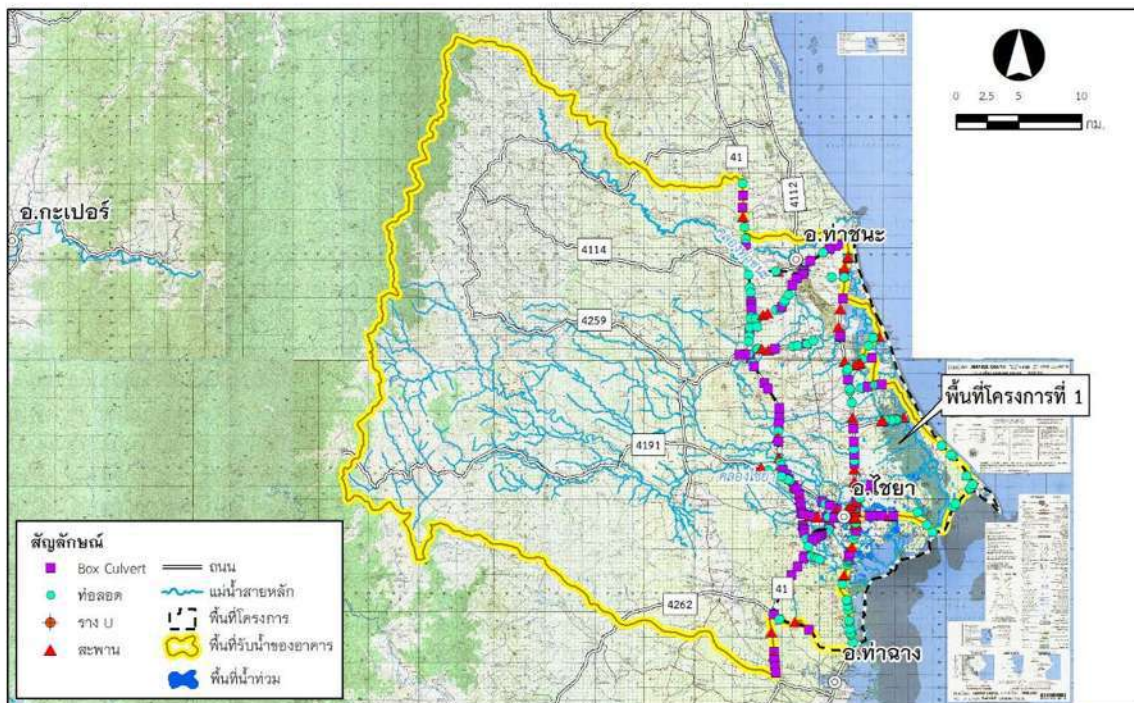
รูปที่ 7.4-23 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12



รูปที่ 7.4 -24 การพัฒนาแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

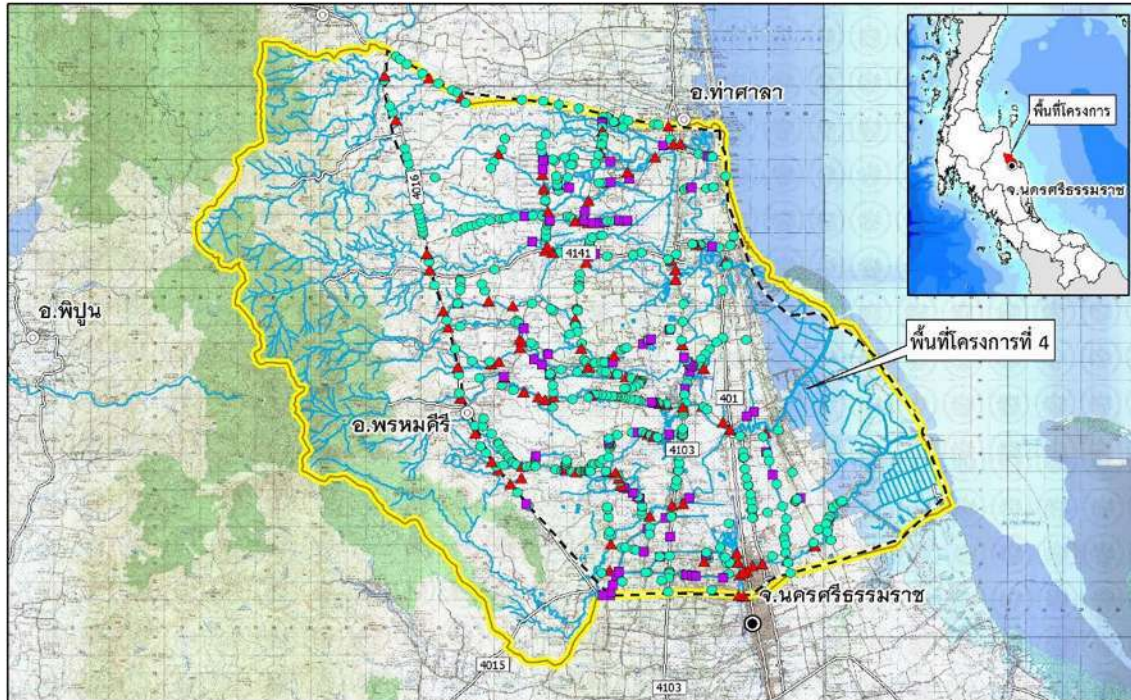


(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 11 มกราคม 2560

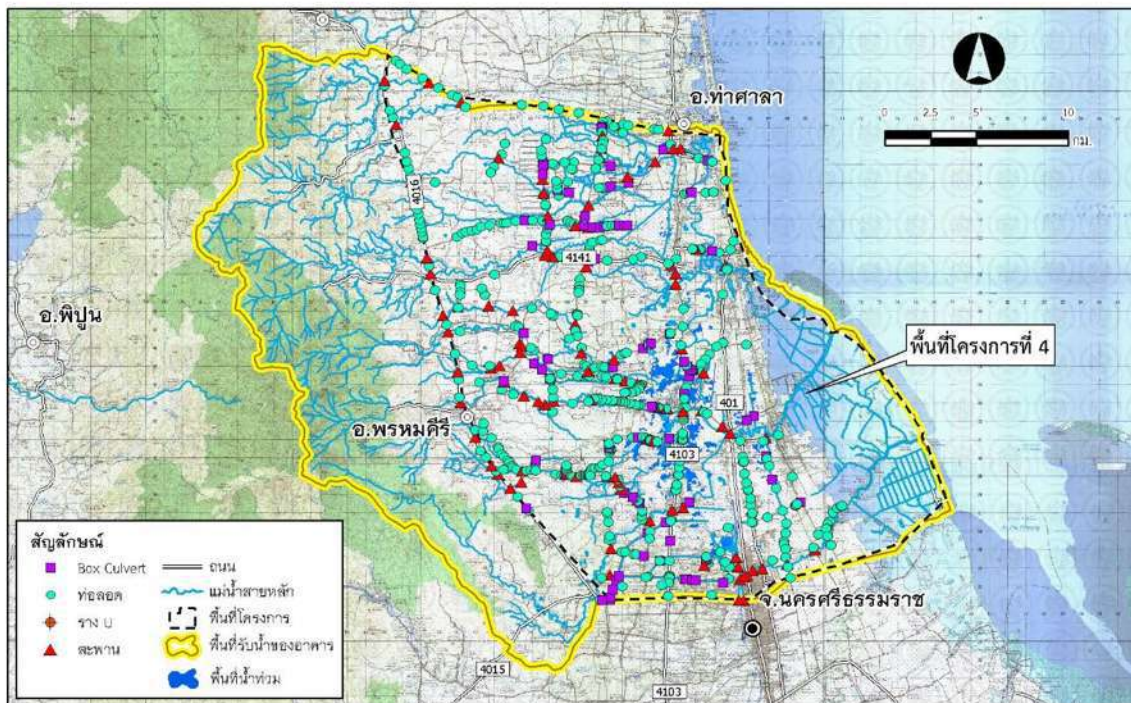


(ข) ผลการคำนวณ 11 มกราคม 2560

รูปที่ 7.4 -25 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1

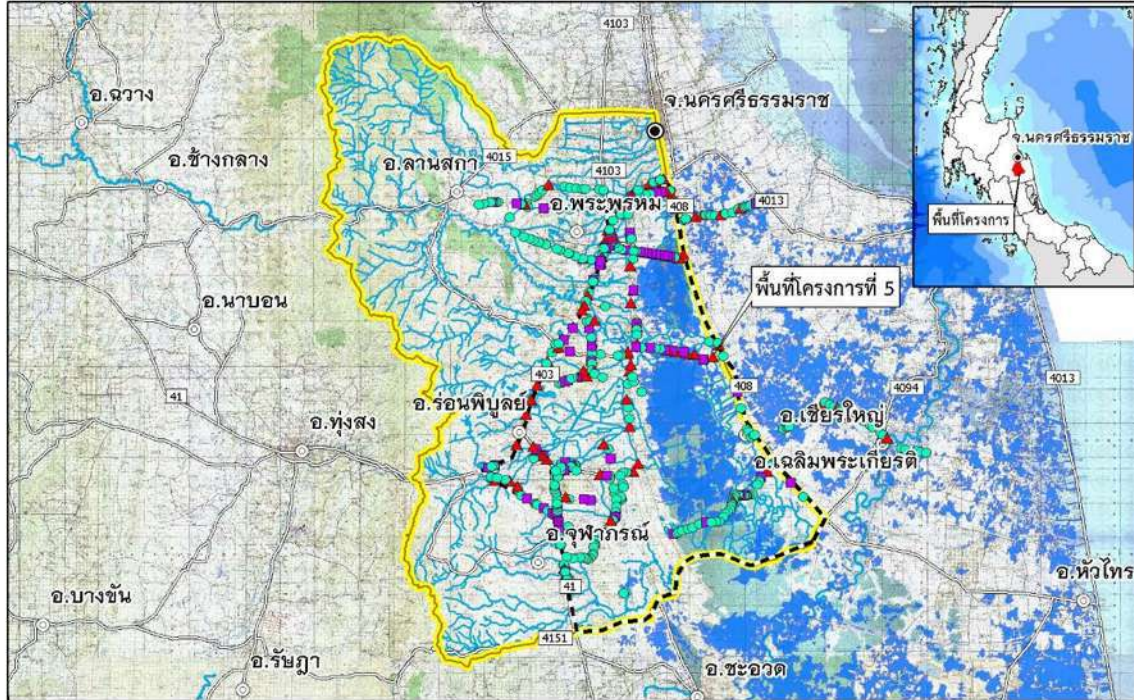


(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 9 ธันวาคม 2559

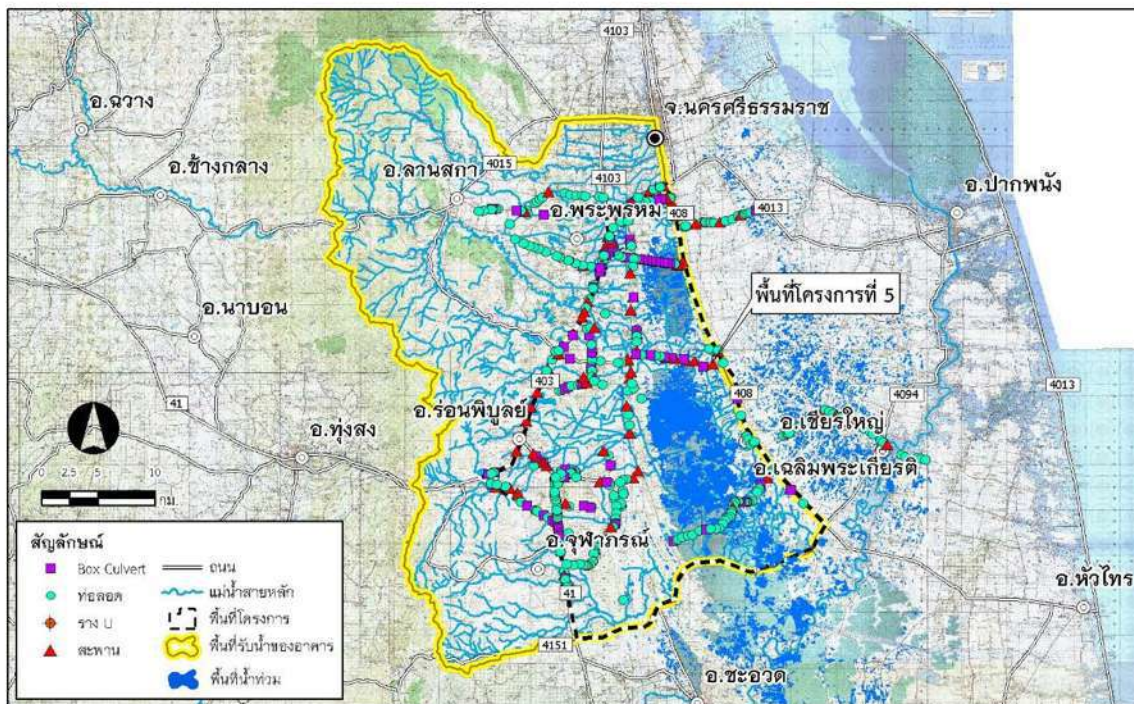


(ข) ผลการคำนวณ 9 ธันวาคม 2559

รูปที่ 7.4 -27 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4

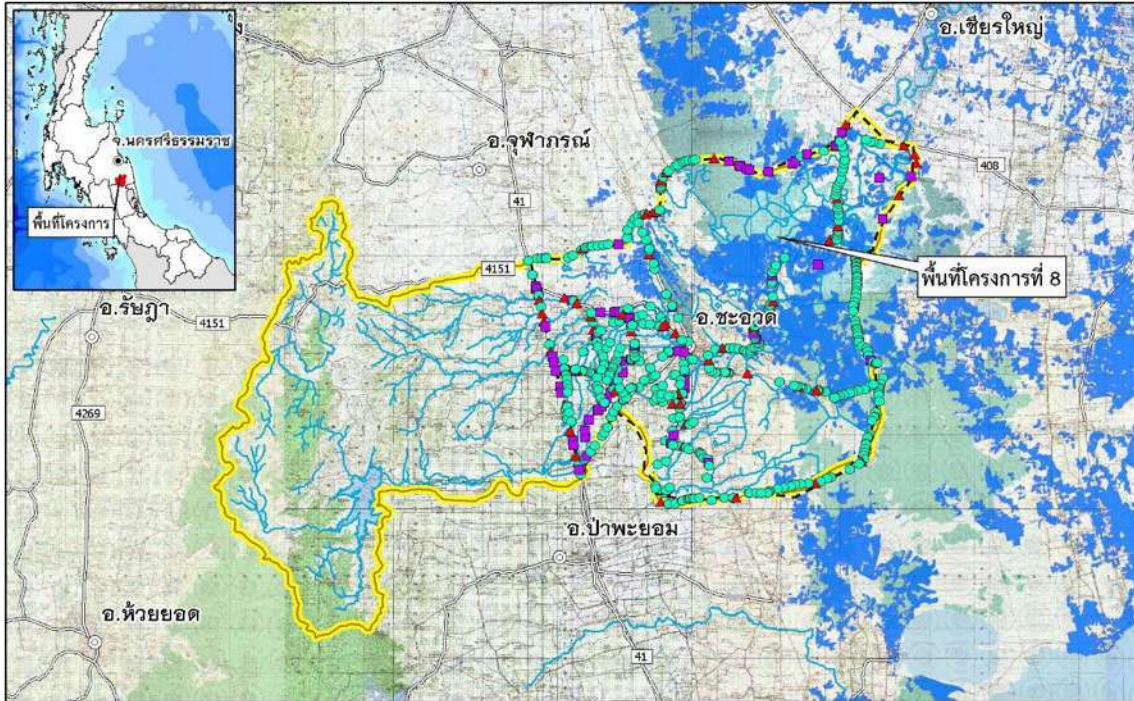


(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 9 ธันวาคม 2559

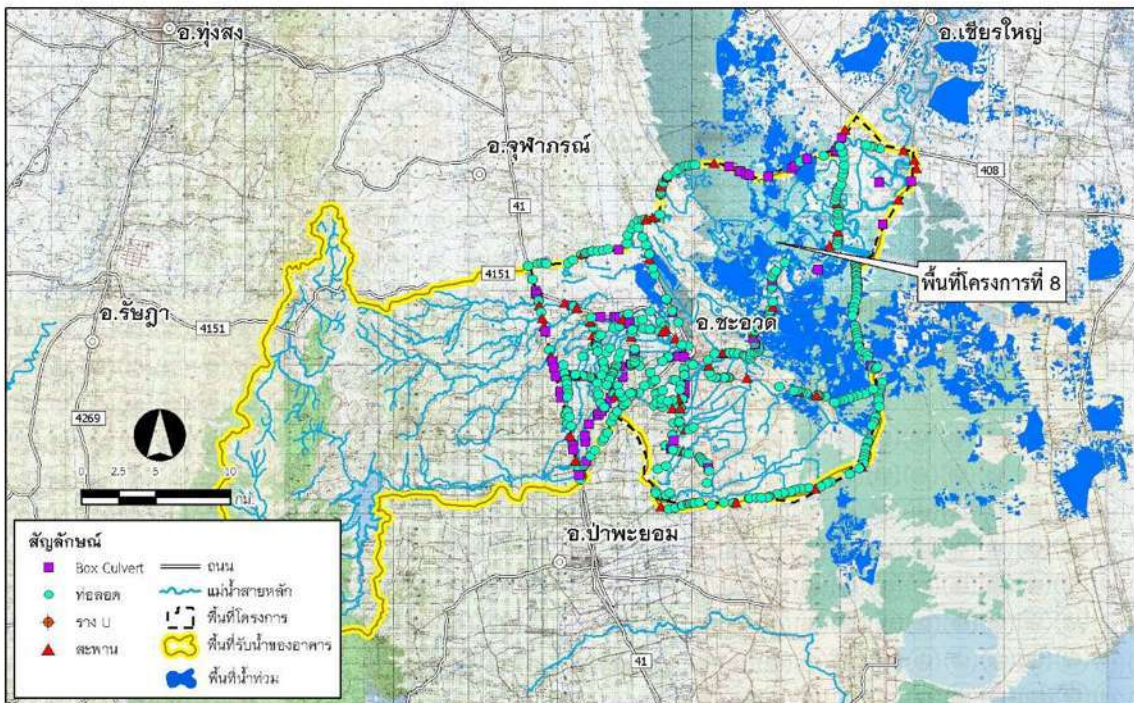


(ข) ผลการคำนวณ 9 ธันวาคม 2559

รูปที่ 7.4 -28 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5

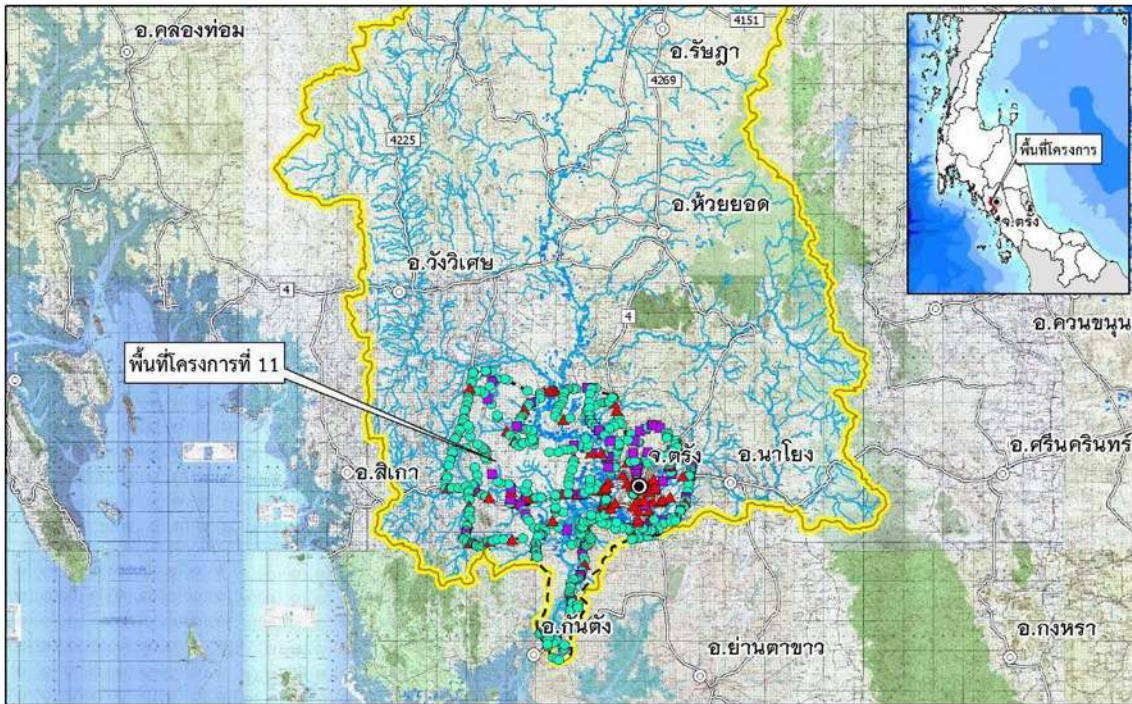


(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 9 ธันวาคม 2559

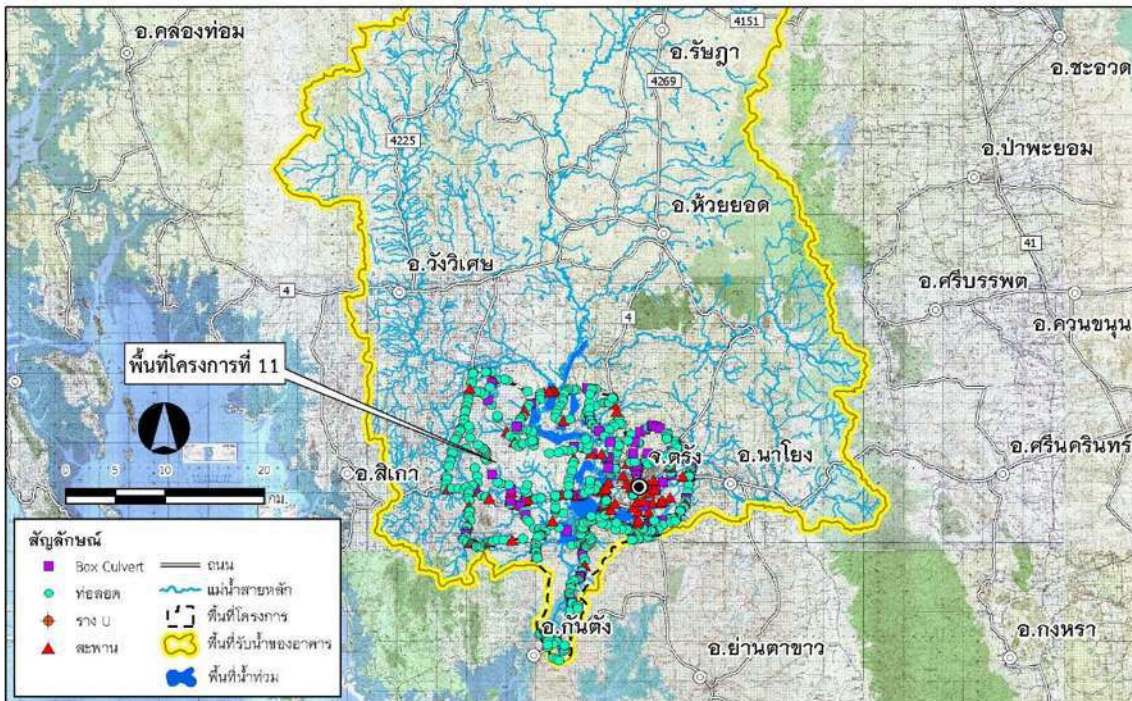


(ข) ผลการคำนวณ 9 ธันวาคม 2559

รูปที่ 7.4 -29 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8

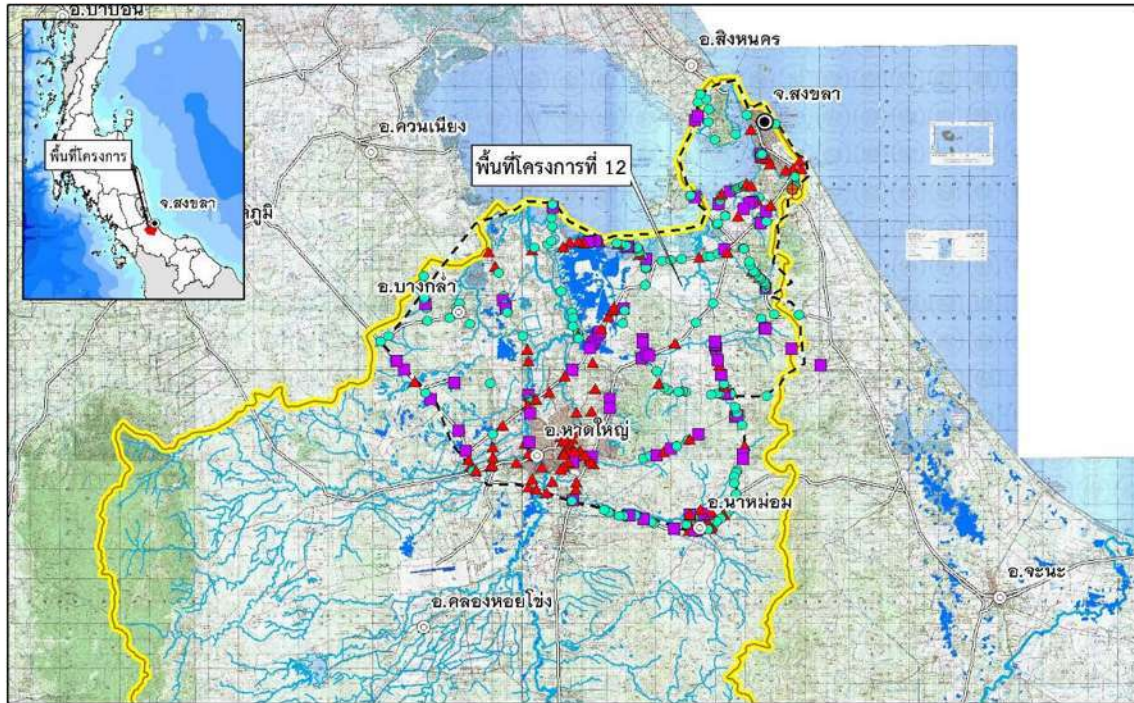


(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 7 ธันวาคม 2559

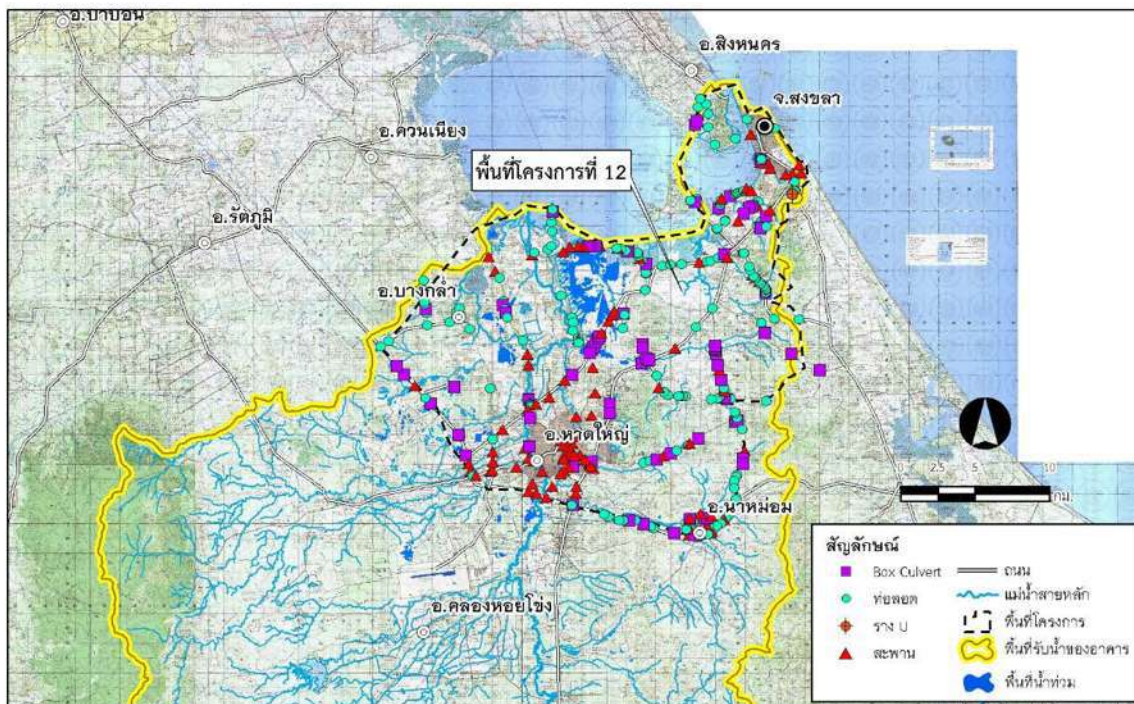


(ข) ผลการคำนวณ 7 ธันวาคม 2559

รูปที่ 7.4 -30 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11



(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 19 ธันวาคม 2557

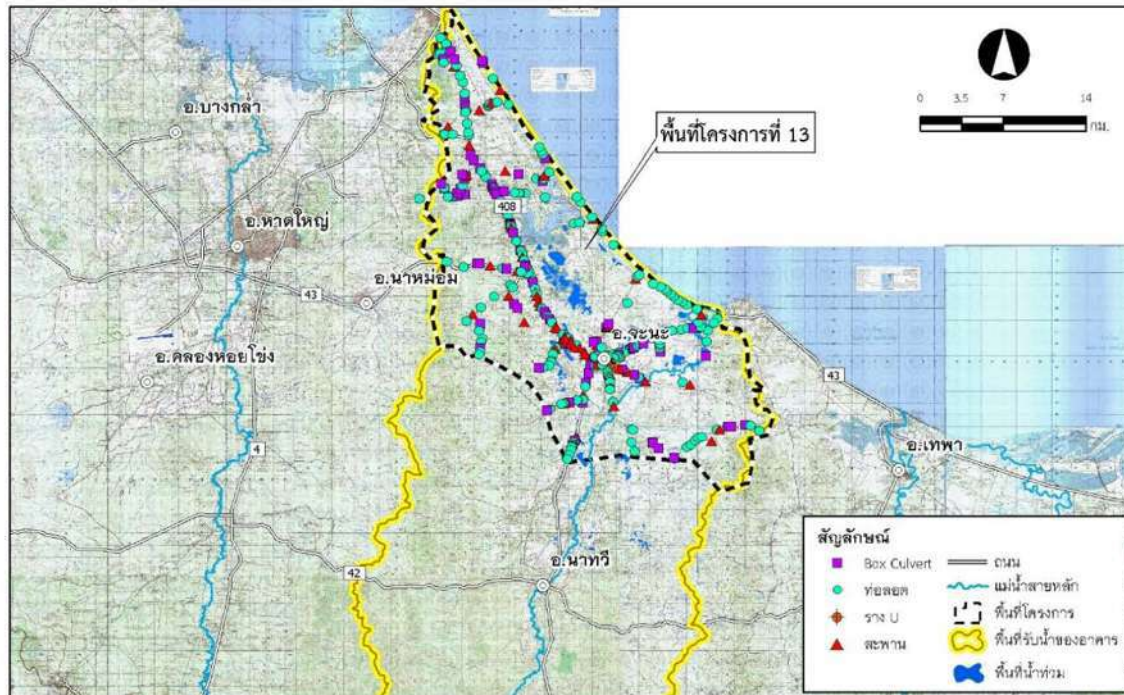


(ข) ผลการคำนวณ 19 ธันวาคม 2557

รูปที่ 7.4 -31 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12



(ก) พื้นที่น้ำท่วมจริง 19 ธันวาคม 2557



(ข) ผลการคำนวณ 19 ธันวาคม 2557

รูปที่ 7.4 -32 ผลการคำนวณแผนที่น้ำท่วมเบื้องต้นโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

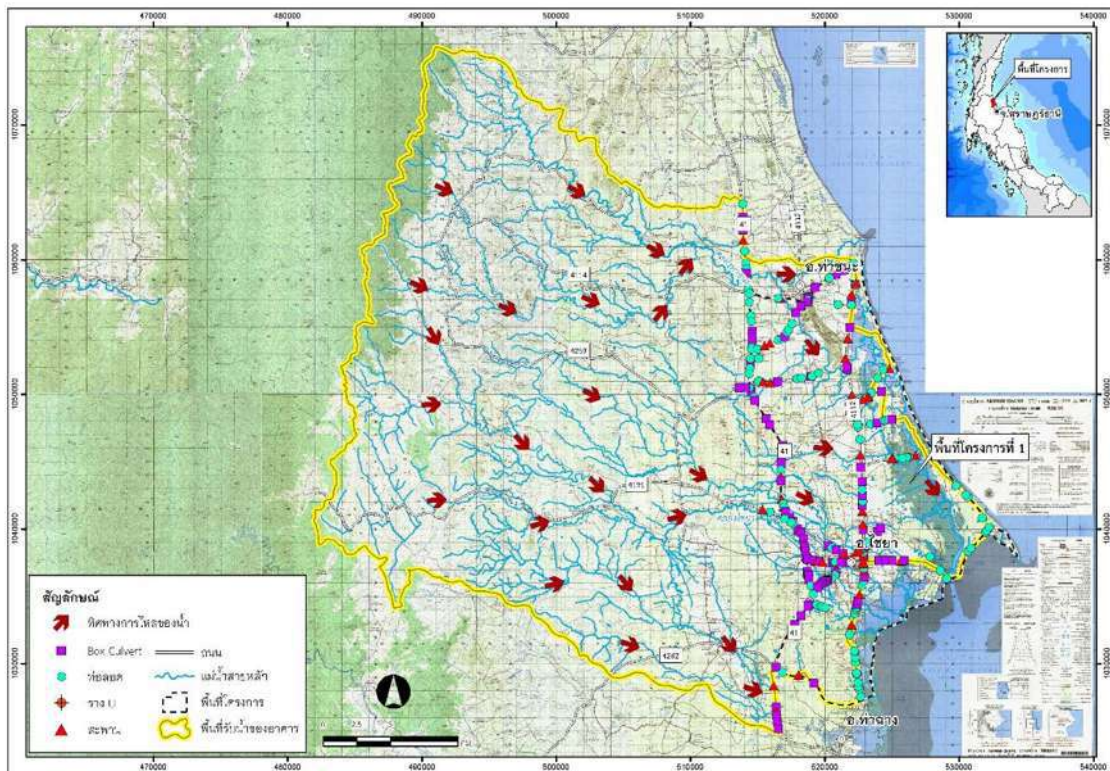


ตารางที่ 7.4-9 การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมและผล
จากแบบจำลอง

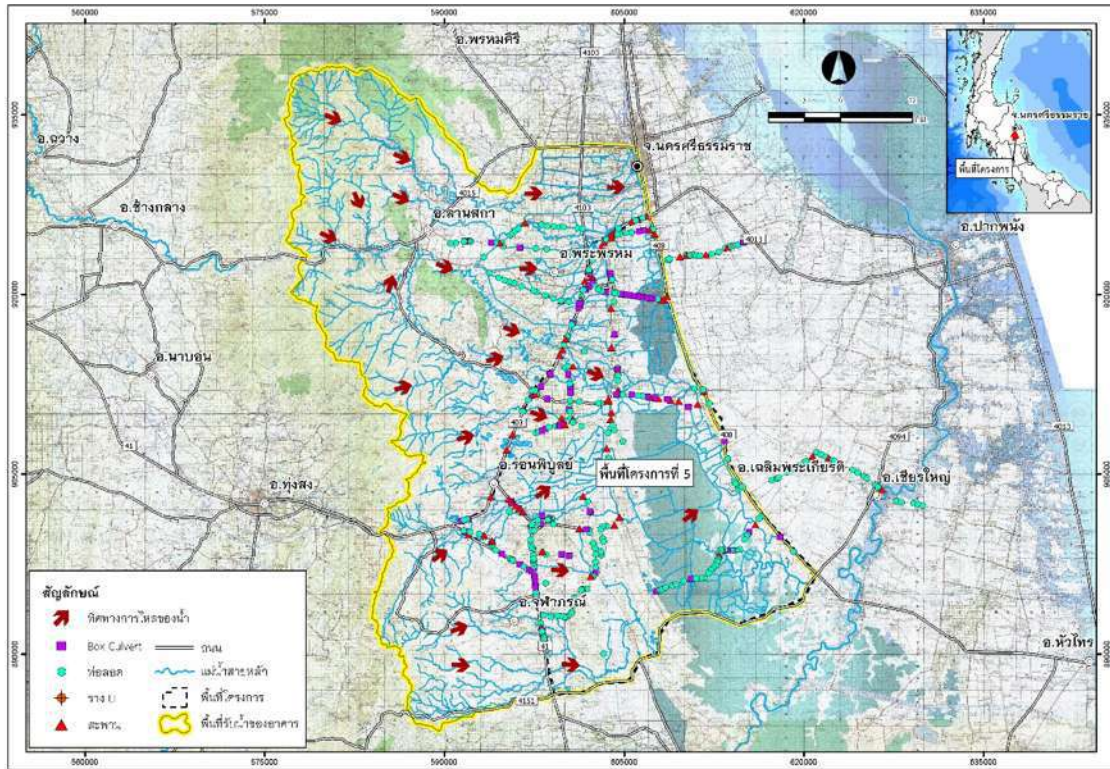
พื้นที่ศึกษา	การเปรียบเทียบแบบจำลอง					
	ขนาดพื้นที่น้ำท่วมรวม (ตร.กม.)		จำนวนกริดที่มีตำแหน่งตรงกัน (กริด)			
	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	กรณี	ภาพถ่าย	แบบจำลอง	%ความ สอดคล้อง
1	2.90	2.58	มีน้ำท่วม	333	124	37.24%
			ไม่มีน้ำท่วม	27,635	27,470	99.40%
3	42.24	38.43	มีน้ำท่วม	2358	1722	73.03%
			ไม่มีน้ำท่วม	93,122	91,930	98.72%
4	9.86	8.86	มีน้ำท่วม	710	690	97.18%
			ไม่มีน้ำท่วม	23,090	23,004	99.63%
5	380.24	352.14	มีน้ำท่วม	14,367	13,941	97.03%
			ไม่มีน้ำท่วม	52,089	51,281	98.45%
8	420.42	262.75	มีน้ำท่วม	10,340	6,689	64.69%
			ไม่มีน้ำท่วม	32,109	31,875	99.27%
11	13.03	12.22	มีน้ำท่วม	1500	1398	93.20%
			ไม่มีน้ำท่วม	93,980	92,335	98.25%
12	16.02	15.43	มีน้ำท่วม	1,077	1,044	96.94%
			ไม่มีน้ำท่วม	41,372	41,189	99.56%
13	17.40	16.39	มีน้ำท่วม	1,598	1,507	94.31%
			ไม่มีน้ำท่วม	52,162	50,951	97.68%

7.5. การจัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษา

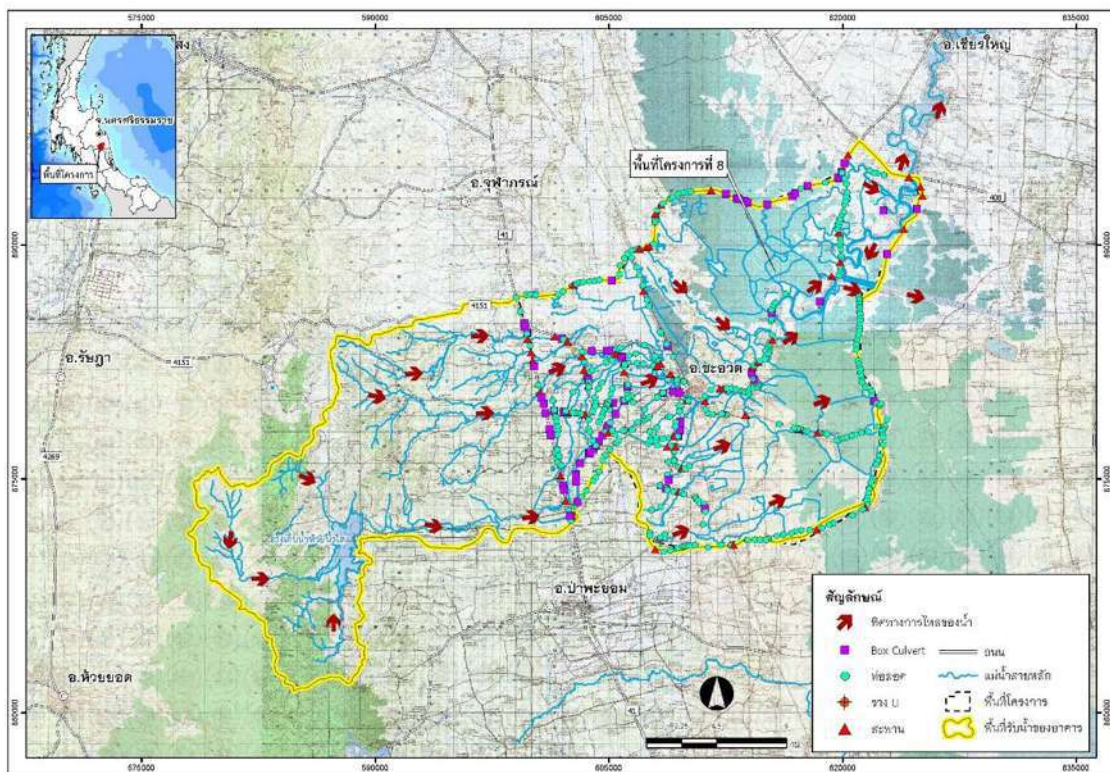
การจัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษาได้ใช้เทคนิคด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลความสูงต่ำของภูมิประเทศจากข้อมูลภูมิประเทศเชิงเลข (DEM) มาตรฐาน 1:4,000 เพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบที่ 7.5-1 ถึง รูปที่ 7.5-8



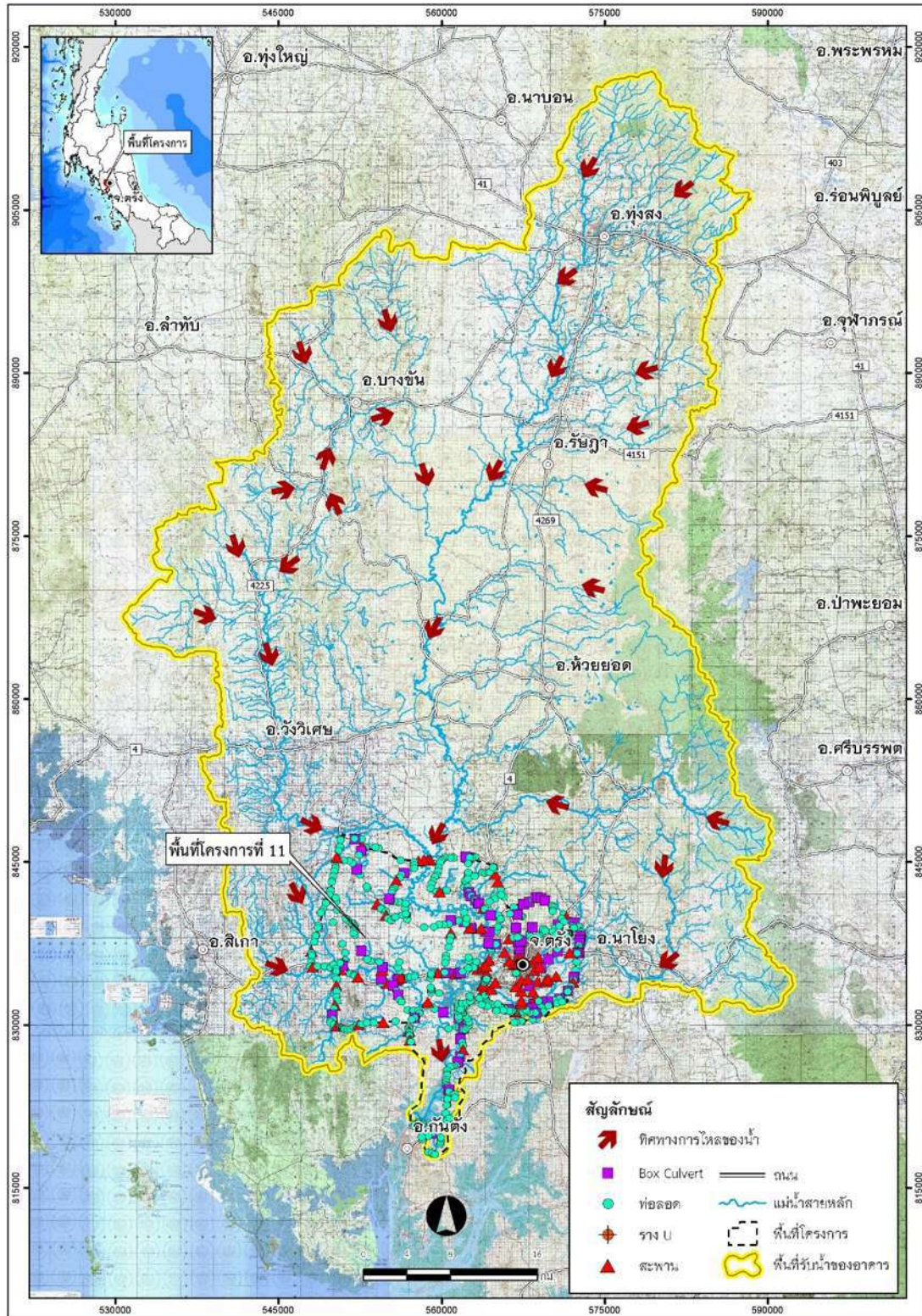
รูปที่ 7.5-1 ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องพื้นที่ 1



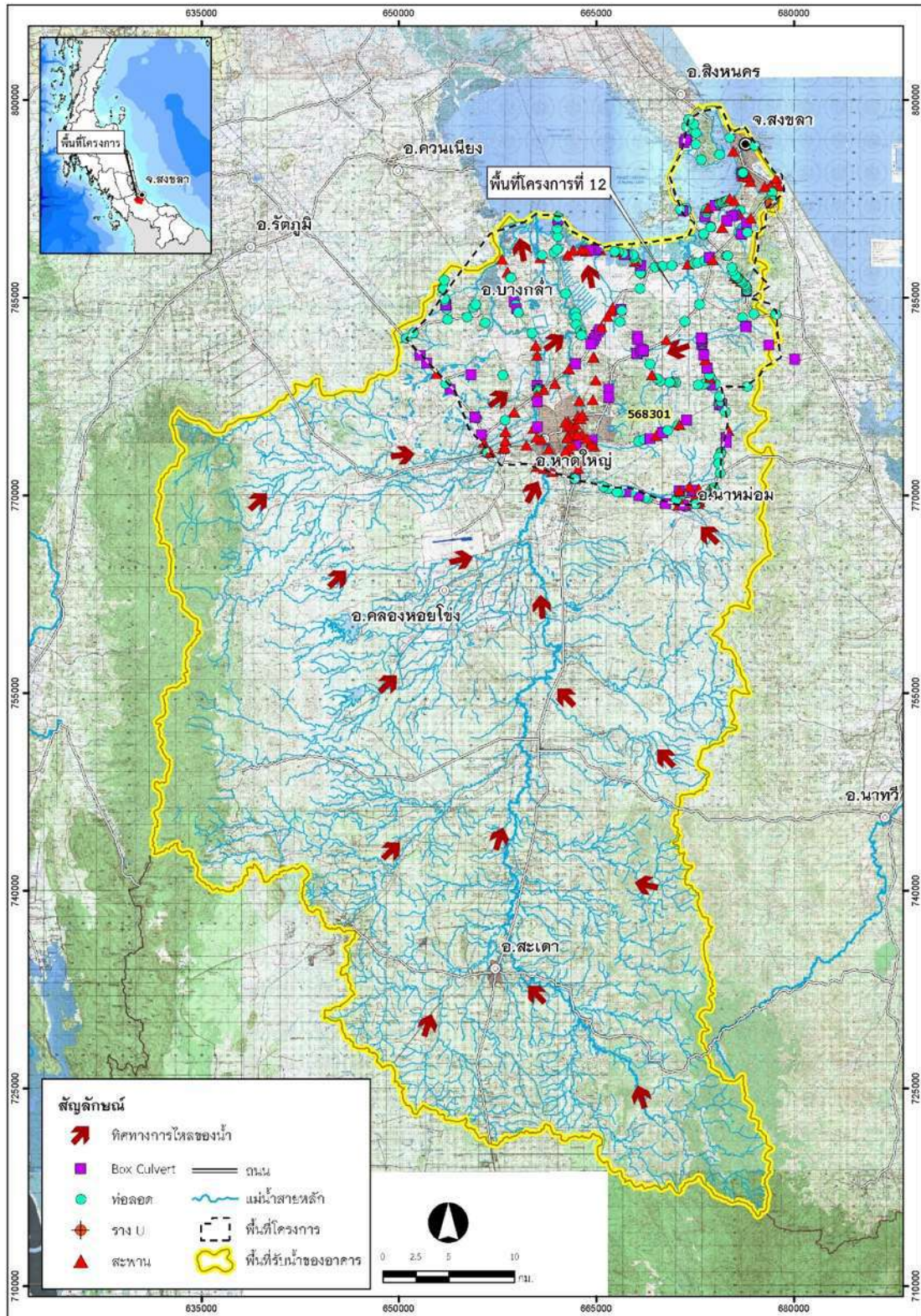
รูปที่ 7.5-4 ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องพื้นที่ 5



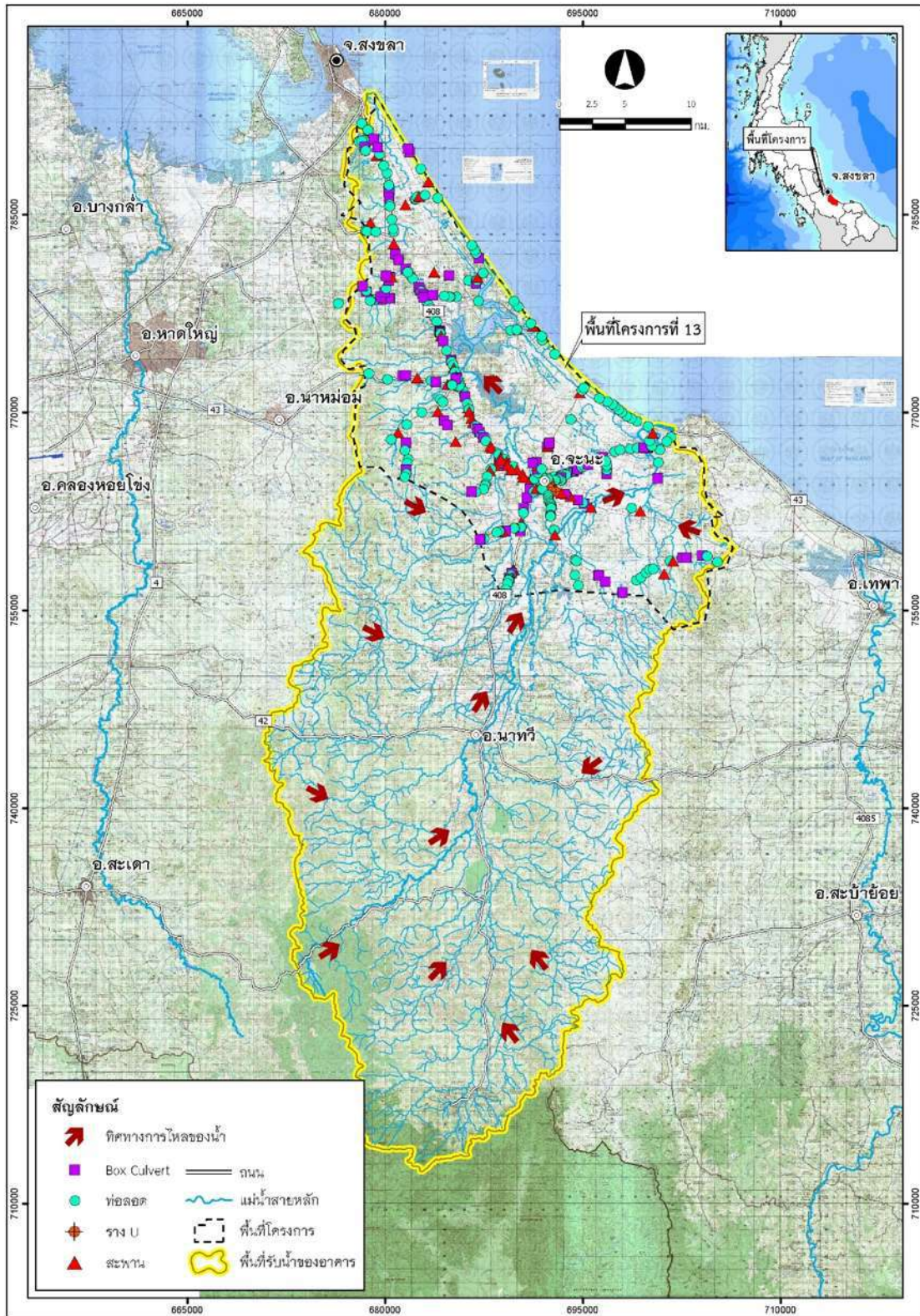
รูปที่ 7.5-5 ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องพื้นที่ 8



รูปที่ 7.5-6 ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องพื้นที่ 11



รูปที่ 7.5-7 ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องพื้นที่ 12



รูปที่ 7.5-8 ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่โครงการของพื้นที่ศึกษานำร่องพื้นที่ 13



7.6. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในแต่ละพื้นที่

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำซึ่งส่งผลต่อปัญหาน้ำท่วม 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 7.6-1

จากแบบจำลองเชิงความคิด จะเห็นได้ว่าการพิจารณาการเก็บกักน้ำท่า (Storage) ออกเป็น 3 ชั้น คือ การเก็บกักชั้นผิวดิน (Surface Storage) การเก็บกักชั้นใต้ผิวดิน (Lower Zone Storage) และการเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage) ซึ่งแนวคิดในการเกิดน้ำท่าของแบบจำลองนี้ มีสมมติฐานที่ว่า เมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจะมีการซึมผ่าน (Infiltration) ลงชั้นใต้ผิวดิน จากนั้นก็จะไหลไปเก็บกักในชั้นน้ำใต้ดิน (Recharge) แต่ถ้าหากปริมาณฝนตกมีมาก อัตราการซึมผ่านก็จะสูงและมากกว่าอัตราการไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้ถูกเก็บกักในชั้นใต้ผิวดิน ซึ่งหากปริมาณการเก็บกักสูงกว่าระดับเก็บกักสูงสุดของชั้นใต้ผิวดิน (L_{max}) ก็จะทำให้เกิดเป็นปริมาณฝนส่วนเกิน (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

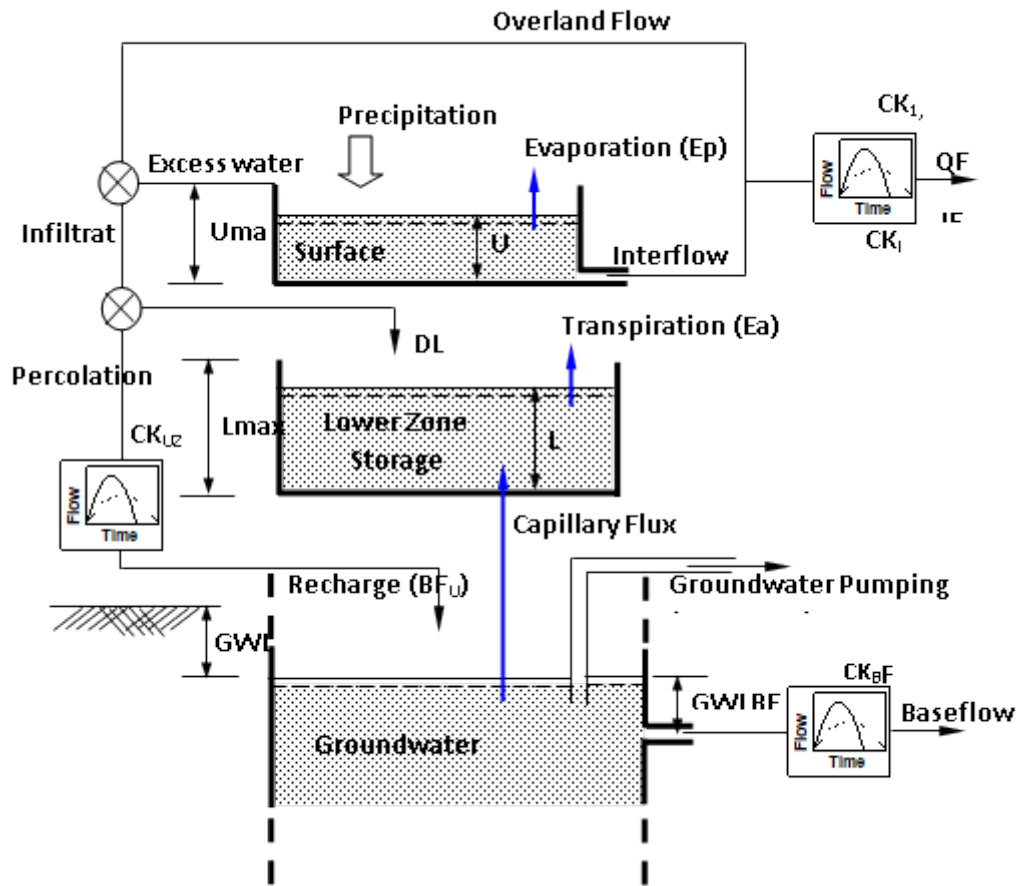


นอกจากลักษณะทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าซึ่งส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมน้ำตามทีกล่าวข้างต้นแล้ว จากหลักเกณฑ์ทางด้านอุทกวิทยาโดยทั่วไป ยังพบว่า ปริมาณฝนที่ตกและขนาดของพื้นที่รับน้ำ ยังเป็นอีก 2 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสภาพปัญหาการเกิดน้ำท่วมอีกด้วย

สำหรับในกรณีการไหลแบบควบคุม (Regulated Flow) ซึ่งเป็นการไหลที่ถูกควบคุมโดยอาคารชลศาสตร์ จะต้องพิจารณาจากทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ ซึ่งจากผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ตามที่แสดงใน หัวข้อ 4.1 พบว่าปัจจัยทางด้านชลศาสตร์ที่มีผลต่ออัตราการไหลได้แก่ ขนาดของอาคารระบายน้ำหรืออาคารชลศาสตร์ นั้นเอง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากได้ดังนี้

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



รูปที่ 7.6-1 แผนผังแสดงแนวทางการคำนวณของแบบจำลอง NAM



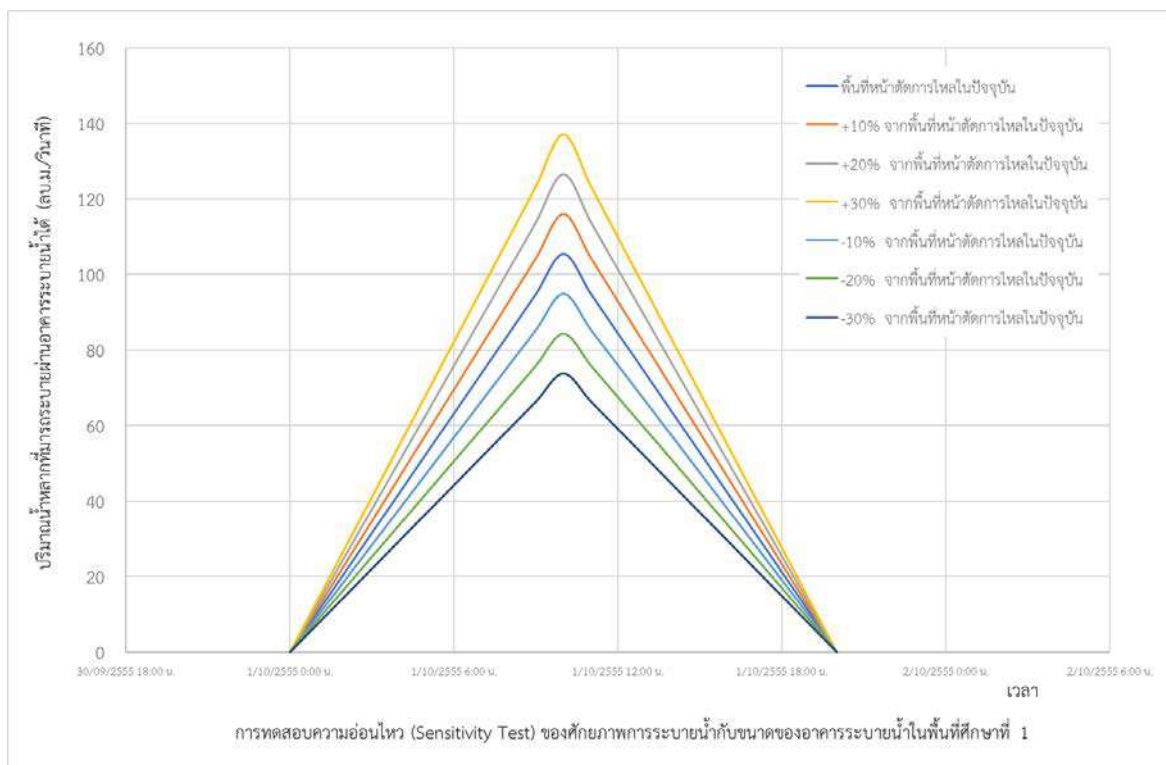
$P_N = U - U_{\max}$	<p>ความหมายของสัญลักษณ์</p> <p>P_N = Excess Water (mm)</p> <p>U = Water content in surface storage (mm)</p> <p>U_{\max} = Max water content in surface storage (mm)</p> <p>QOF = Overland Flow (m^3/s)</p> <p>CQ_{OF} = Overland flow runoff coefficient (0–1)</p> <p>L = Water content in root zone storage (mm)</p> <p>L_{\max} = Max water content in root zone storage (mm)</p> <p>TOF = Root zone threshold value for overland flow (0–0.99)</p> <p>QIF = Interflow (m^3/s)</p> <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> <p>G = Percolation (mm)</p> <p>TG = Root zone threshold value for groundwater recharge</p> <p>DL = Portion of infiltration increased in root zone</p> <p>BF = Baseflow (m^3/s)</p> <p>CK_{BF} = Time constant for routing baseflow (hour)</p> <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>
$QOF = P_N \cdot CQ_{OF} \cdot \frac{L/L_{\max} - TOF}{1 - TOF}$	
$QIF = U \cdot \frac{1}{CK_{IF}} \cdot \frac{L/L_{\max} - TIF}{1 - TIF}$	
$Inf. = P_N - QOF$	
$G = (P_N - QOF) \cdot \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG}$	
$DL = (P_N - QOF) - G$	
$BF = (GWLBF_0 - GWL) \cdot \frac{S_y}{CK_{BF}}$	
$Q_t = OF_t + IF_t + BF_t$	

7.7. การวิเคราะห์สภาพและสาเหตุปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก

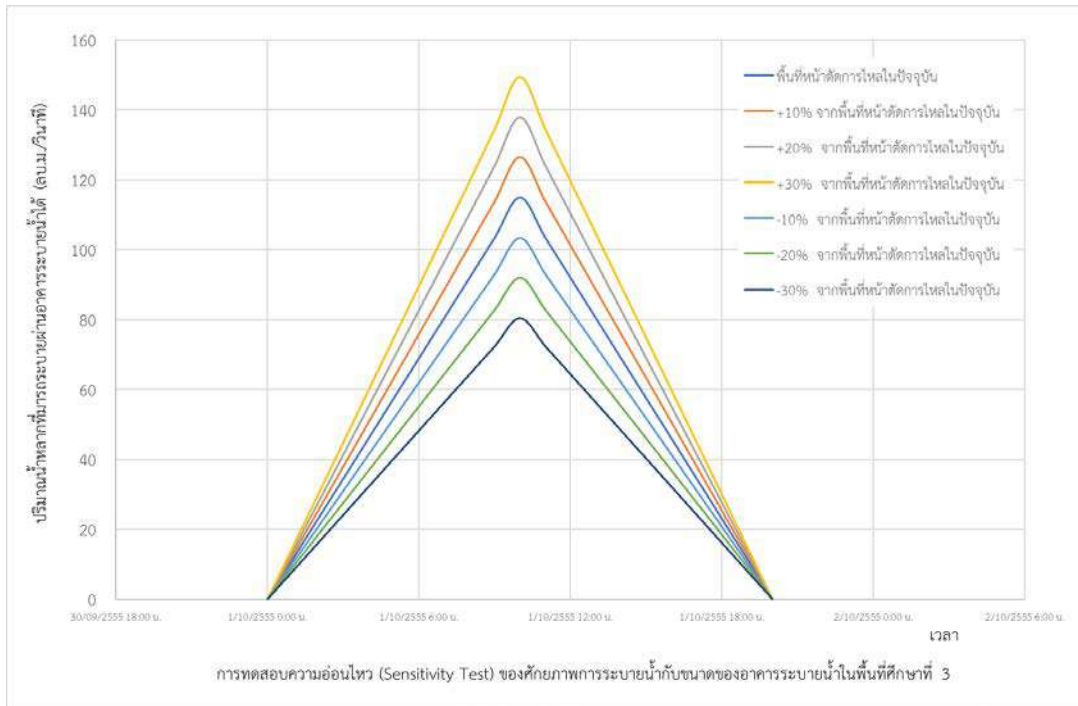
การวิเคราะห์สภาพปัญหาและสาเหตุการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก จะเป็นการทดสอบสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการไหลรวมถึงอัตราการไหลผ่านอาคารระบายน้ำ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ซึ่งจะพิจารณาปัจจัยในเขตทางและปัจจัยนอกเขตทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.7.1. การวิเคราะห์ปัญหาน้ำท่วมจากปัจจัยในเขตทาง

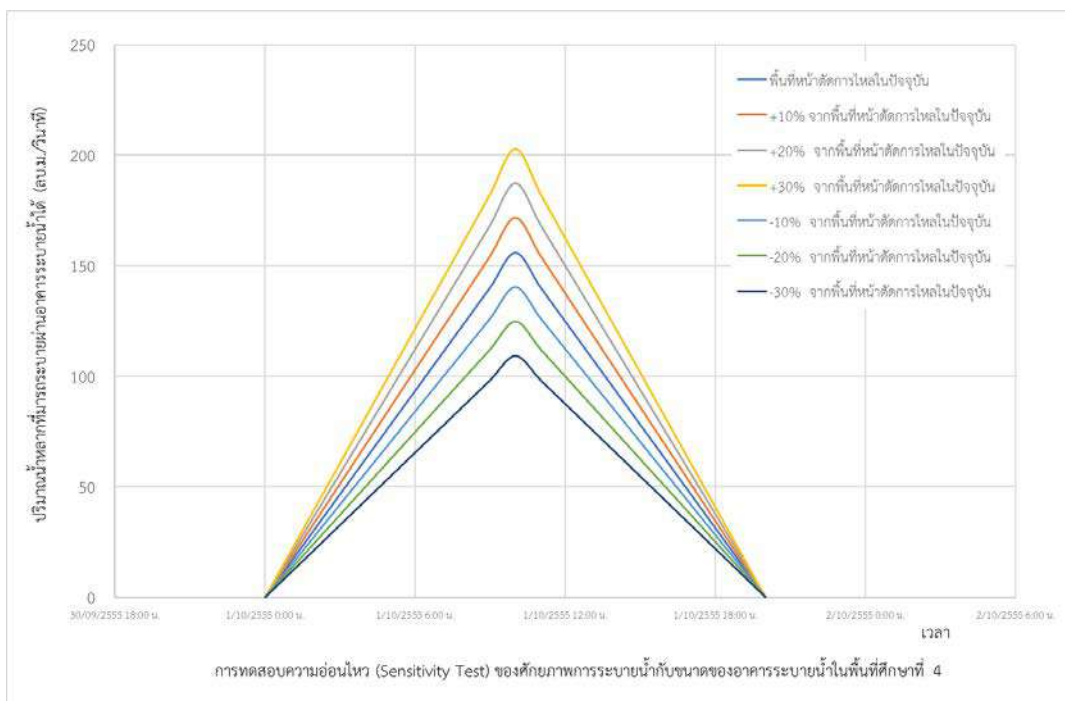
ตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยในเขตทางที่มีผลต่ออัตราการไหลหรือปัญหาน้ำท่วม ได้แก่ ขนาดของอาคารระบายน้ำ ดังนั้นการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก สำหรับปัจจัยในเขตทางจะมีหลักการที่แตกต่างจากวิเคราะห์ปัจจัยนอกเขตทางเนื่องจากมีพฤติกรรมการไหลที่ต่างกันตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการทดลองปรับขนาดของอาคารระบายน้ำทุกตำแหน่ง ในพื้นที่ศึกษาแต่ละพื้นที่ตามสัดส่วนเทียบขนาดของอาคารระบายน้ำปัจจุบัน แล้วนำอัตราการไหลที่ผ่านอาคารระบายน้ำแต่ละแห่งในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละพื้นที่มารวมกันเพื่อสร้างเป็นกราฟน้ำท่าของอัตราการไหลรวมผ่านอาคารระบายน้ำของแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 7.7-1 ถึง รูปที่ 7.7-8



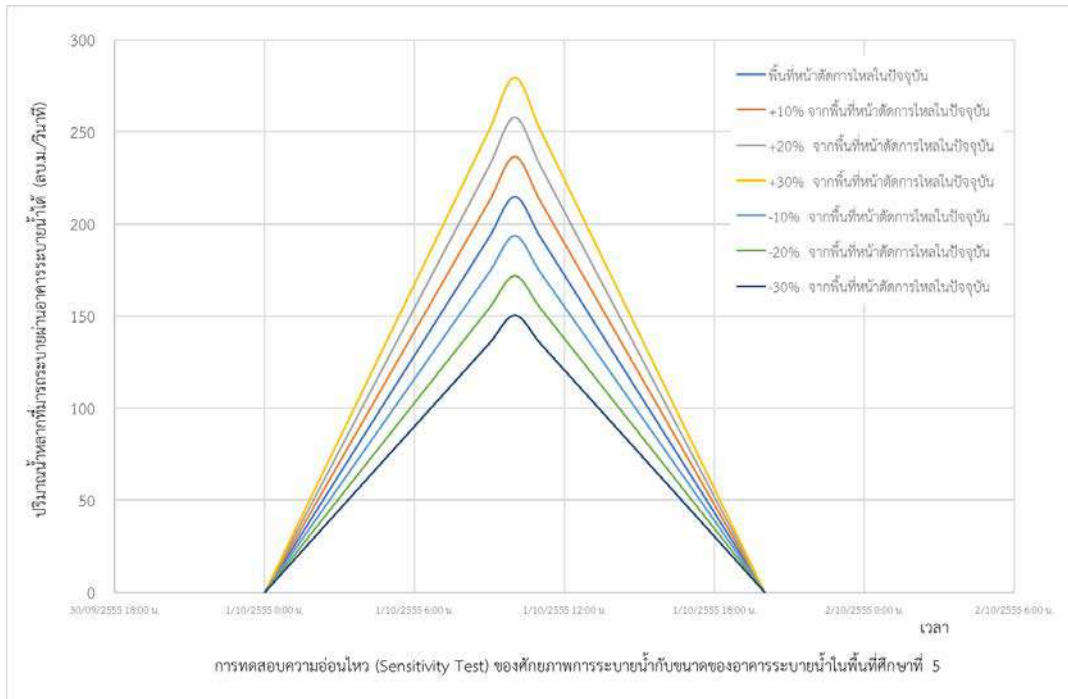
รูปที่ 7.7-1 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1



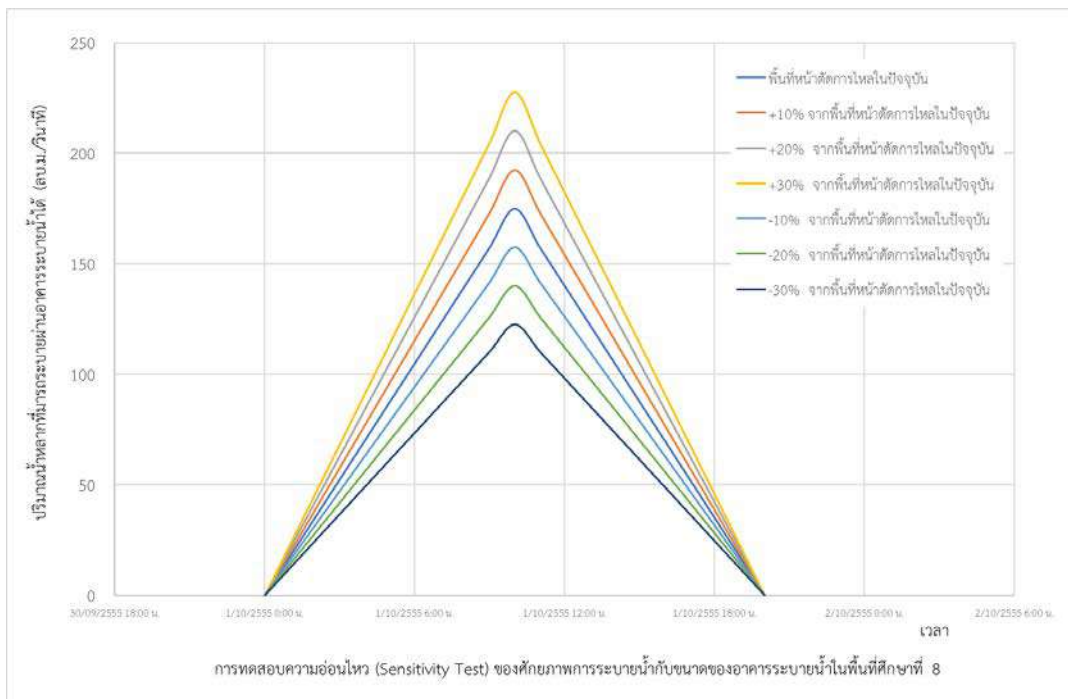
รูปที่ 7.7-2 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3



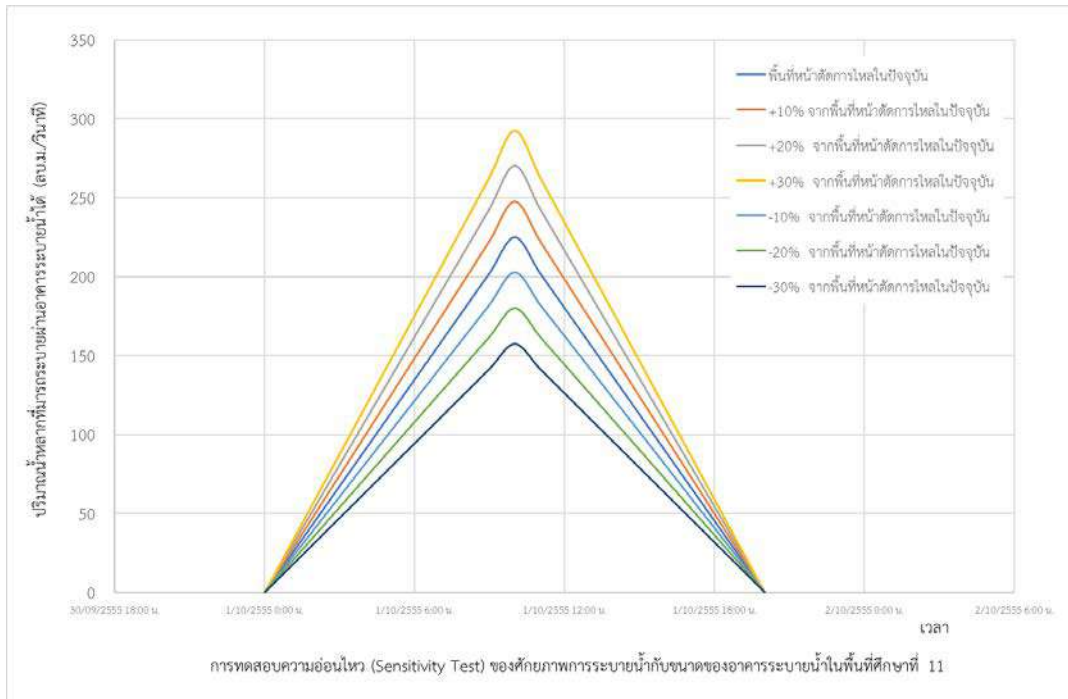
รูปที่ 7.7-3 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4



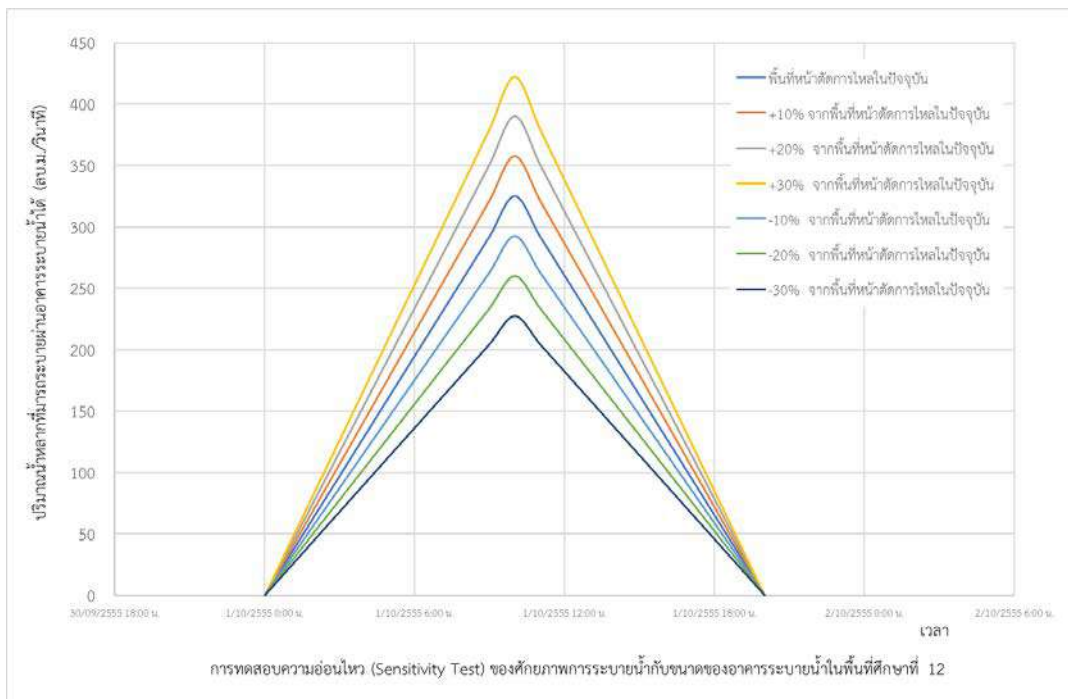
รูปที่ 7.7-4 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5



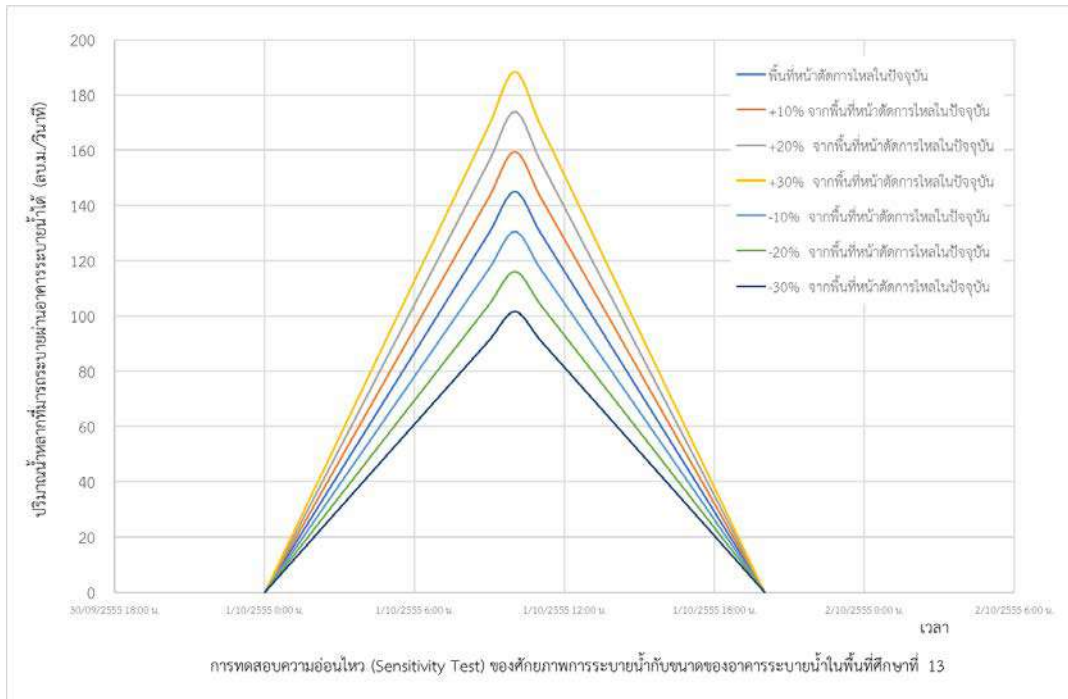
รูปที่ 7.7-5 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8



รูปที่ 7.7-6 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11



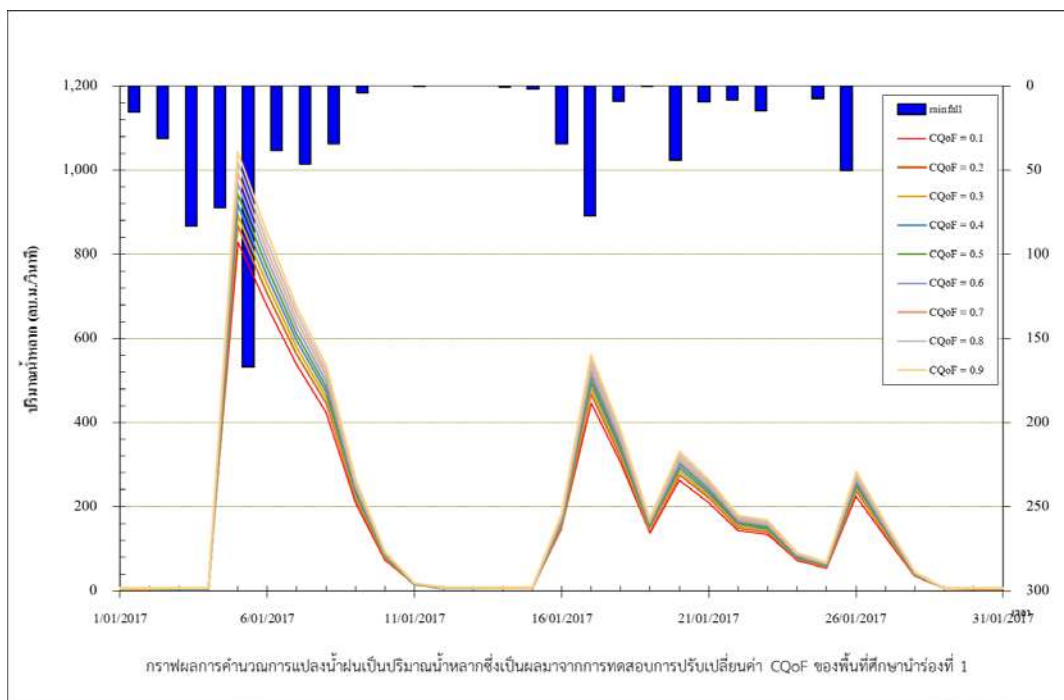
รูปที่ 7.7-7 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12



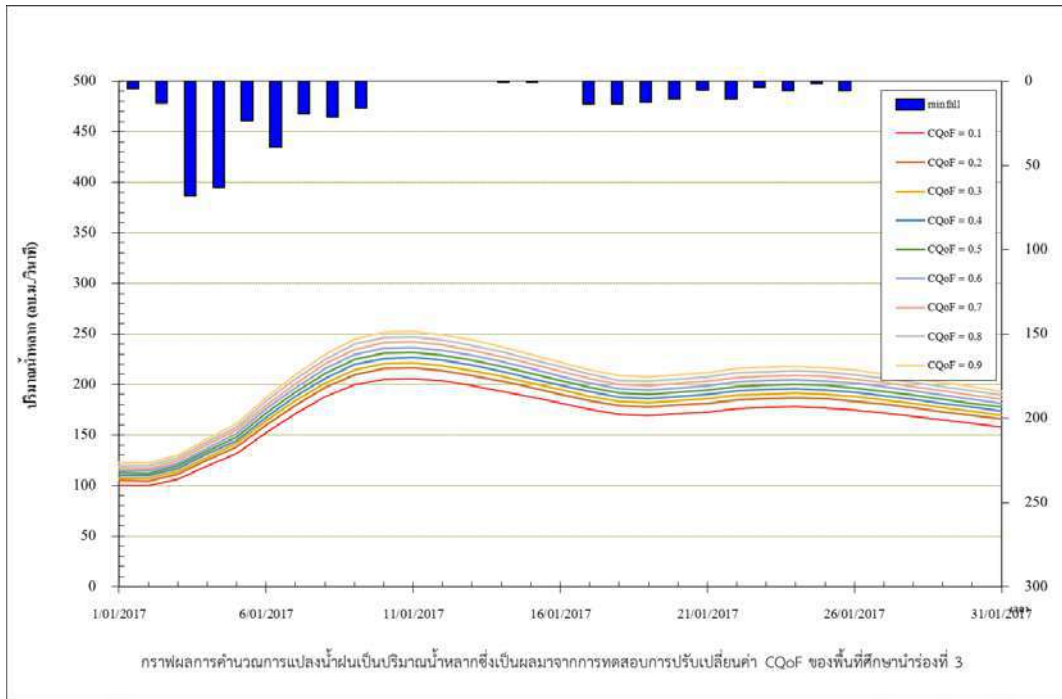
รูปที่ 7.7-8 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าของการไหลผ่านอาคารระบายน้ำเฉลี่ย กรณีปรับขนาดอาคารระบายน้ำในพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

7.7.2. การวิเคราะห์ปัญหาน้ำท่วมจากปัญจัยนอกเขตทาง

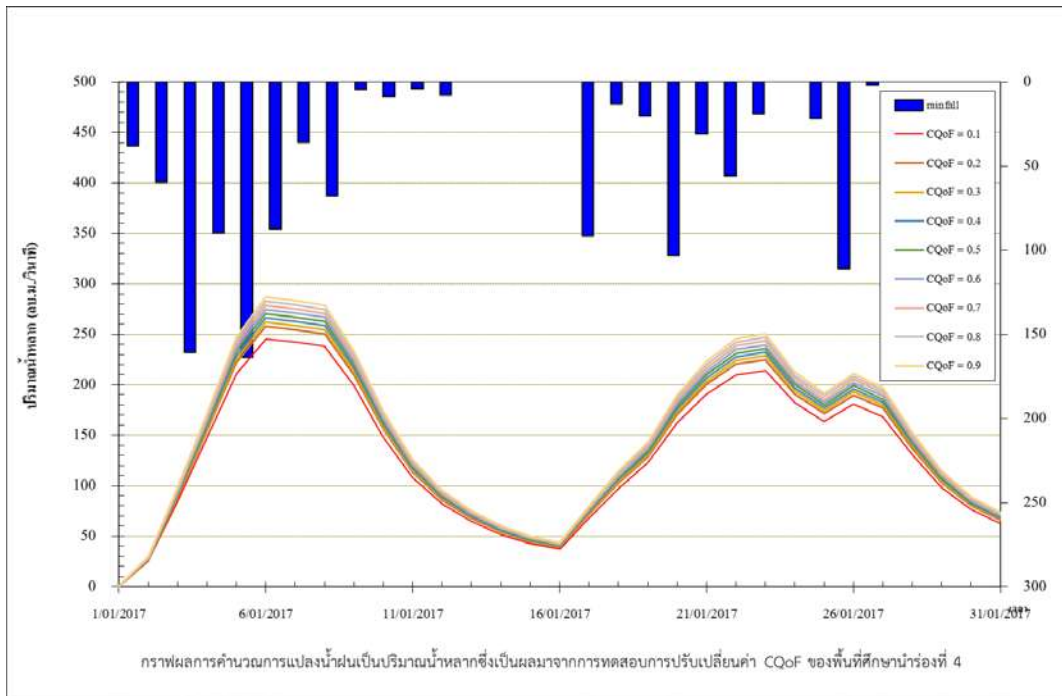
การวิเคราะห์ปัญหาน้ำท่วมปจัยนอกเขตทาง โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของการเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก จะทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากในแบบจำลอง NAM เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ตามผลการวิเคราะห์ปจัยตามที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยในการทดสอบการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) จะทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนค่า CQoF (Overland flow runoff coefficient) ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ CQoF ในแต่ละพื้นที่แสดงได้ดัง รูปที่ 7.7-9 ถึง รูปที่ 7.7-16



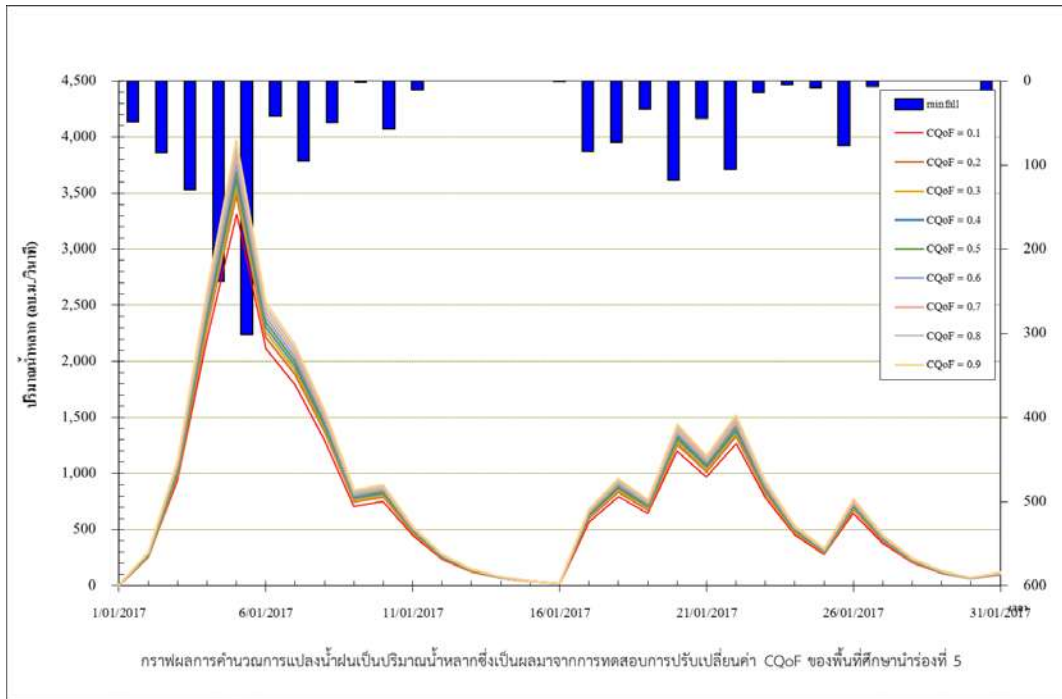
รูปที่ 7.7-9 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1



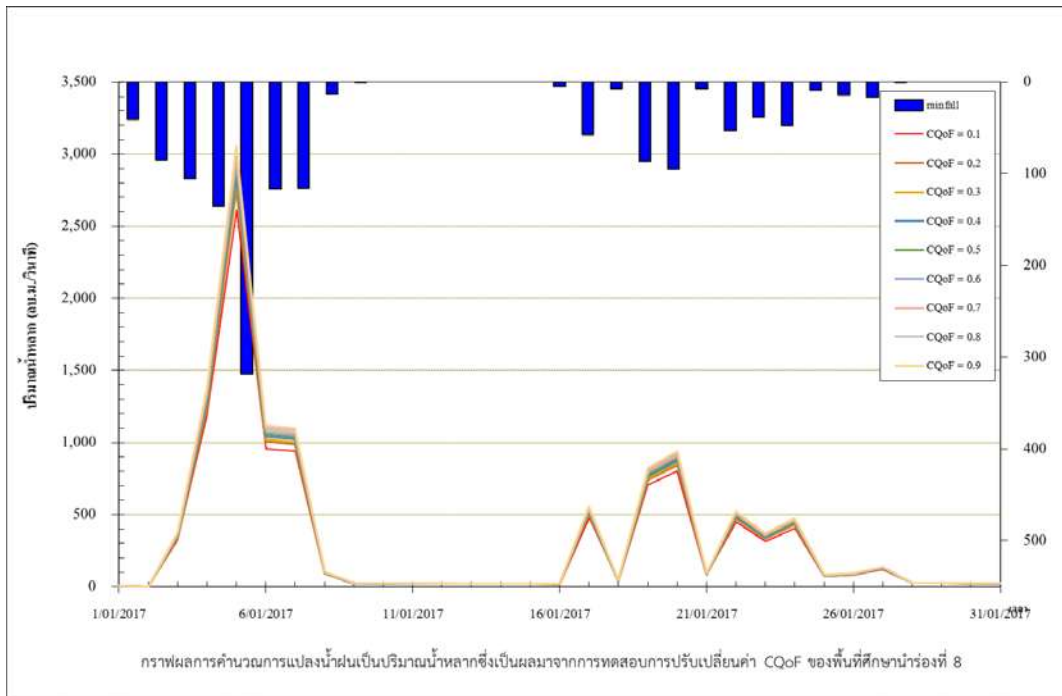
รูปที่ 7.7-10 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3



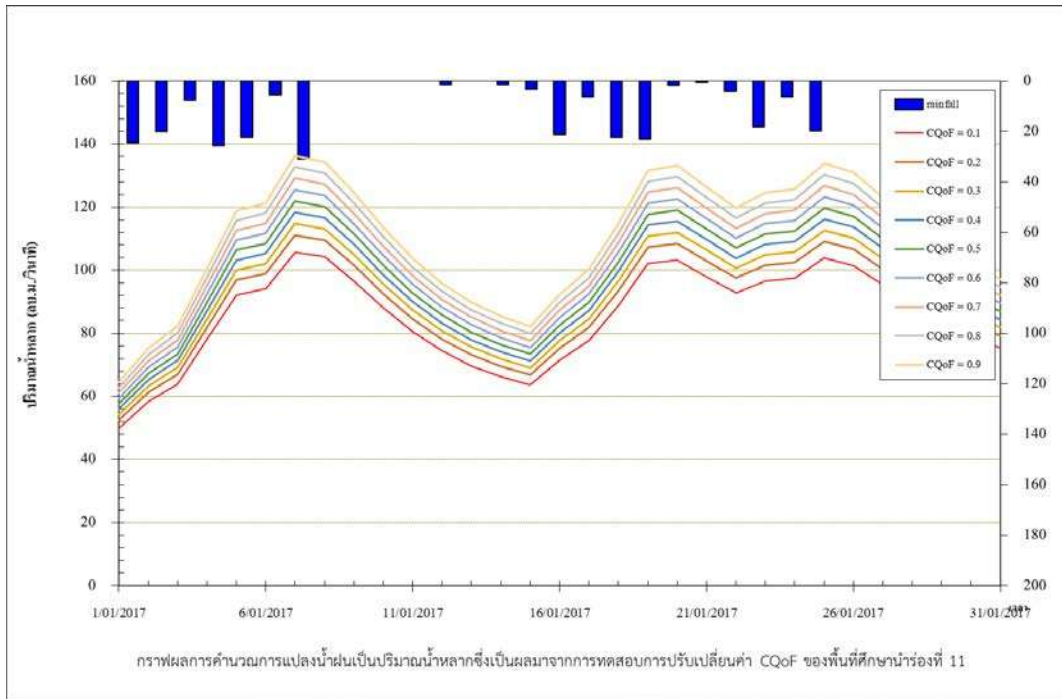
รูปที่ 7.7-11 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4



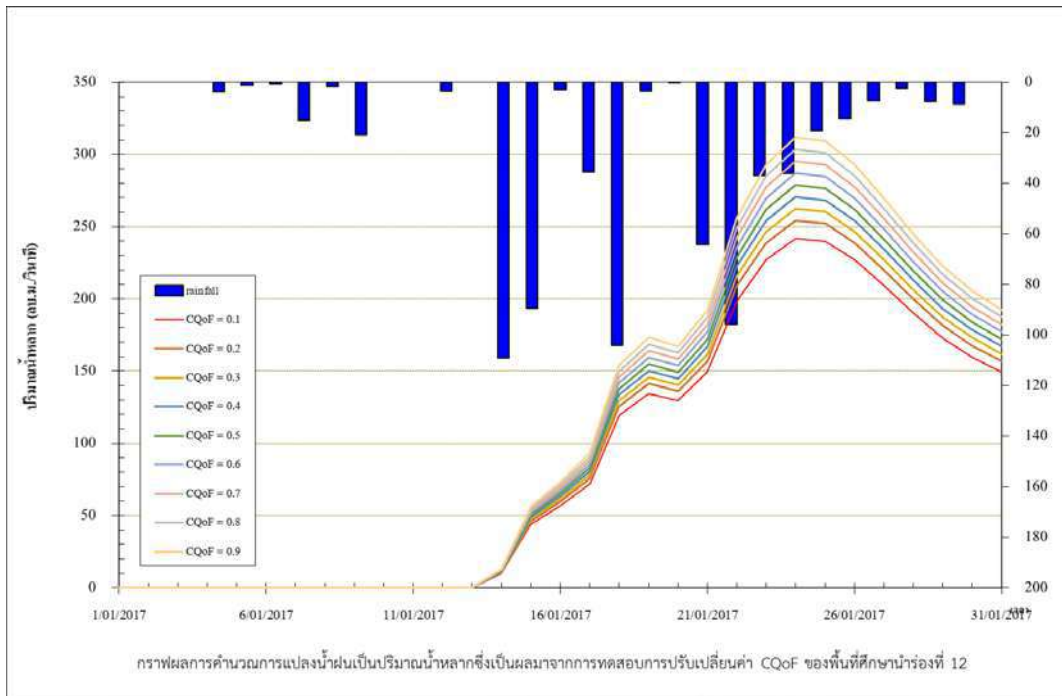
รูปที่ 7.7-12 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5



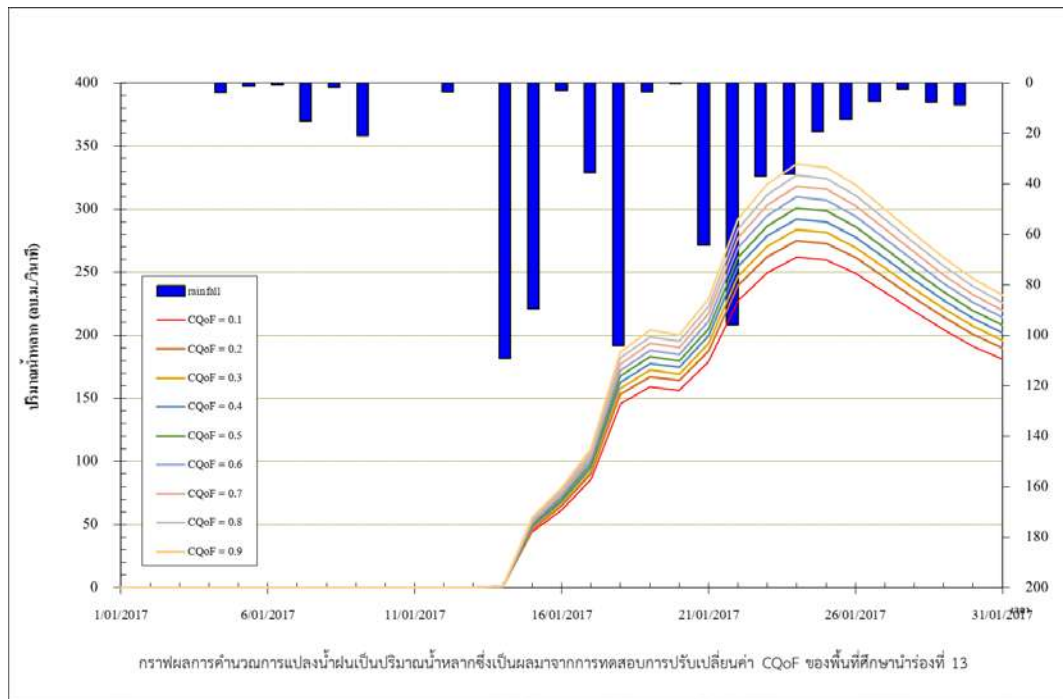
รูปที่ 7.7-13 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8



รูปที่ 7.7-14 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11



รูปที่ 7.7-15 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12



รูปที่ 7.7-16 กราฟผลการคำนวณการแปลงน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำหลากจากการทดสอบค่า CQoF ของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13



บทที่ 8

การเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ

8. การเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำ

8.1. การปรับปรุงสมการคำนวณการคำนวณอัตราการไหล

8.1.1. แนวทางการวิเคราะห์สมการการคำนวณการไหล

ในการปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหลจะใช้หลักการการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) ซึ่งเป็นกระบวนการทางสถิติเพื่อให้ได้สมการถดถอยสำหรับทำนายปรากฏการณ์ต่าง 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 ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณนั้น จะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (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_j เป็นค่าที่แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_j 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 โดยคำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหารด้วย รากที่สองของขนาดตัวอย่าง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีหลักการมาจากการสุ่มตัวอย่างจากประชากรหนึ่งประชากรที่มีขนาดกลุ่มประชากรเท่ากับ N แล้วสุ่มตัวอย่างมาจำนวน k ตัวอย่าง เรียกว่า “Repeated sampling” นำแต่ละตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) เรียกว่า “ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง” (Mean of the sampling means) แล้วนำค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มตัวอย่าง มาสร้างกราฟ 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 $S.E._{est}$ เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนที่เหลือของ (b_j) การที่คะแนนสอบจริง (y) คะแนนพยากรณ์ (y') ไม่เท่ากันแสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันมาก ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ ($S.E._{est}$) ก็จะมีค่ามากถ้าใกล้เคียงกันก็มีค่าน้อย
- 2) การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย (Standard error of b coefficients) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย เขียนแทนด้วยตัวย่อ $S.E._{b_j}$ 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

$$t = \frac{b_0}{S_{b_0}} = \frac{b_0}{\sqrt{S^2_{y|12\dots k} \cdot C_{00}}}$$

การแจกแจง t มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $n-k-1$ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า 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

$$t = \frac{b_j}{S_{b_j}} = \frac{b_j}{\sqrt{S^2_{y|12\dots k} \cdot C_{jj}}}$$

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



สัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (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

$$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$SST = SSR + SSE$$

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

$$SST = SSR + SSE \quad ?$$

หรือ

$$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

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

จาก

$$SSE = y'y - b'x'y$$

$$SSR = \sum (y_i - \bar{y})^2 + \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$= y'y - \frac{\sum y^2}{n} - [y'y - b'x'y]$$

$$= b'x'y - \frac{(\sum y)^2}{n}$$



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

เมื่อ $b'X'Y = b_0 \sum Y + b_1 \sum x_1 Y + b_2 \sum x_2 Y + \dots + b_k \sum x_k Y$

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 $(n - k - 1)$



สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Coefficient of multiple correlation)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ เขียนแทนด้วย R คือ ค่าวัดระดับความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรตาม Y และตัวแปรอิสระทั้งหมดรวมกัน มีค่าเท่ากับรากที่สองของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ

$$R = \sqrt{R^2} \quad ?$$

R มีค่าเป็นบวกเสมอ คือ $0 \leq R \leq 1$ ถ้า $R = 1$ หมายถึงมีความสัมพันธ์อย่างสมบูรณ์ และ 0 หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทั้งหมด

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน (Partial correlation coefficient)

รากที่สองของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจบางส่วน เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน กำหนดเครื่องหมายบวกหรือลบตามสัมประสิทธิ์การถดถอยที่สอดคล้องกัน ในสมการที่ประมาณ

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน เป็นค่าวัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตาม Y และตัวแปรอิสระ X หนึ่งตัว โดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระอื่นๆ คงที่

ในกรณีมีตัวแปรตาม Y ตัวแปรอิสระ X_1, X_2, \dots, X_k เขียนสัญลักษณ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนได้ดังนี้

$r_{Y2.1}$ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง Y กับ X_2 กำหนดให้ X_1 คงที่

r_{Y123} = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง Y กับ X_1 กำหนดให้ X_2 และ X_3 คงที่

$r_{Y2.134}$ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง Y กับ X_2 กำหนดให้ X_3, X_4 และ X_1 คงที่

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบ F

การทดสอบ F (F - test) จำเป็นต้องสร้างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA table) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดสอบ $H_0: \beta_1 = 0$ สำหรับค่าสถิติ SST, SSR และ SSE คำนวณได้จากสูตร

$$SST = \sum Y^2 - \frac{\sum Y^2}{n}$$

$$SSR = b'X'Y - \frac{\sum Y^2}{n}$$

$$SSE = Y'Y - b'X'Y \quad \text{หรือ} \quad SSE = SST - SSR$$

สร้างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้



ตารางที่ 8.1-1 ANOVA สำหรับการถดถอย

แหล่งของความแปรผัน (Source of variation)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of square)	องศาแห่งความเป็นอิสระ DF	กำลังสองเฉลี่ย (Mean square) MS	F
การถดถอย (Regression)	SSR	K	$MSR = \frac{SSR}{k}$	$F = \frac{MSR}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน (error)	SSE	n - k - 1	$MSR = \frac{SSE}{n - k - 1}$	
รวม (total)	SST	n - 1		

ข้อสังเกต การทดสอบ F ในสมการถดถอยพหุคูณ ผลสรุปอาจไม่สอดคล้องการทดสอบ t เหมือนสมการถดถอยอย่างง่าย ทั้งนี้เพราะการทดสอบ t สำหรับ $\beta_j, j=1,2,\dots$ ต้องการดูความมีนัยสำคัญของตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับ Y โดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่เหลือมีค่าคงที่ ส่วนการทดสอบ F หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแปรอิสระทุกตัวรวมกัน มีความสัมพันธ์กับ Y หรือไม่ จึงให้ผลอาจจะแตกต่างกัน

วิธีเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย

วิธีการคัดเลือกตัวแปรเข้าสมการเพื่อให้สมการสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้สูงสุด มีวิธีการคัดเลือกตัวแปรหลายวิธี ในที่นี้จะได้นำเสนอ 4 วิธี ดังนี้

- 1) วิธีการเลือกแบบคัดเลือกเข้า (Enter selection) วิธีการนี้จะเป็นการเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้าสมการด้วยการวิเคราะห์เพียงขั้นตอนเดียว ซึ่งเป็นการคัดเลือกโดยใช้วิจารณ์ญาณของผู้วิจัยเองว่าจะคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ใดบ้างเข้าสมการ เริ่มตั้งแต่การคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์มาศึกษา เมื่อคัดเลือกและเก็บข้อมูลแล้วทำการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ก่อนและใช้สถิติพื้นฐานโดยเฉพาะค่าความแปรปรวนหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรพยากรณ์และระหว่างตัวแปรพยากรณ์ด้วยกันในการคัดเลือกควรคัดเลือกตัวแปรที่มีความแปรปรวนมากๆ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรพยากรณ์มีค่าสูง ๆ และมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระหว่างตัวแปรพยากรณ์ด้วยกันมีค่าน้อยและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อคัดเลือกแล้วจะใช้ตัวแปรพยากรณ์ทุกตัวที่เลือกวิเคราะห์พร้อมๆกัน ทุกตัวแปรเข้าสมการหมด



- 2) วิธีการเลือกแบบก้าวหน้า (Forward selection) วิธีการนี้จะเป็นการเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อน ส่วนตัวแปรที่เหลือจะมีการคำนวณหาสหสัมพันธ์แบบแยกส่วน (Partial correlation) โดยเป็นความสัมพันธ์เฉพาะตัวแปรที่เหลือตัวนั้นกับตัวแปรตาม โดยขจัดอิทธิพลของตัวแปรอื่น ๆ ออก ถ้าตัวแปรใดมีความสัมพันธ์กันสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็จะนำเข้าสมการต่อไป จะทำแบบนี้จนกระทั่งสหสัมพันธ์แบบแยกส่วนระหว่างตัวแปรอิสระที่ไม่ได้นำเข้าสมการแต่ละตัวกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะหยุดการคัดเลือกและได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงสุด
- 3) วิธีการเลือกแบบถอยหลัง (Backward selection) วิธีการนี้เป็นการนำตัวแปรพยากรณ์ทั้งหมดเข้าสมการจากนั้นก็ค่อย ๆ ขจัดตัวแปรพยากรณ์ออกทีละตัว โดยจะหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพยากรณ์ที่อยู่ในสมการแต่ละตัวกับตัวแปรตาม เมื่อขจัดตัวแปรพยากรณ์อื่น ๆ ออกแล้ว หากทดสอบค่าสหสัมพันธ์แล้วพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะขจัดออกจากสมการแล้วดำเนินการทดสอบตัวแปรที่เหลืออยู่ในสมการต่อไปจนกระทั่งสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพยากรณ์ แต่ละตัวกับตัวแปรตามเมื่อขจัดตัวแปรอิสระอื่น ๆ ออกแล้วพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะหยุดการคัดเลือก และได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงสุด
- 4) วิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise selection) การคัดเลือกแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ทั้งแบบก้าวหน้าและแบบถอยหลังเข้าด้วยกัน ในขั้นแรกจะเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อนจากนั้นก็ทดสอบตัวแปรที่ไม่ได้อยู่ในสมการว่ามีตัวแปรใดบ้างมีสิทธิ์เข้ามาอยู่ในสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบก้าวหน้า (Forward selection) และขณะเดียวกันก็จะทดสอบตัวแปรที่อยู่ในสมการด้วยว่า ตัวแปรพยากรณ์ที่อยู่ในสมการตัวใดมีโอกาที่จะถูกขจัดออกจากสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบถอยหลัง (Backward selection) โดยจะกระทำการคัดเลือกผสมทั้งสองวิธีนี้ในทุกขั้นตอนจนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดที่ถูกขจัดออกจากสมการและไม่มีตัวแปรใดที่จะถูกนำเข้าสมการกระบวนการก็จะยุติ และได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงสุด



8.1.2. ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหล

ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการคำนวณอัตราการไหล จะใช้หลักการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 8.1.1 มาทำการวิเคราะห์ โดยที่ตัวแปรตาม คือ อัตราการไหลสูงสุด ในขณะที่ตัวแปรอิสระ คือ ลักษณะทางกายภาพตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วม ซึ่งประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชัน ขนาดพื้นที่เกษตร ขนาดพื้นที่ป่า ขนาดพื้นที่ลุ่ม ขนาดพื้นที่อยู่อาศัย ขนาดพื้นที่แหล่งน้ำ ขนาดพื้นที่กลุ่มดินที่ลุ่ม และขนาดพื้นที่กลุ่มดินที่ดอน

สำหรับในการประเมินอัตราการไหลสูงสุด เพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติจะใช้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ณ ตำแหน่งอาคารระบายน้ำแต่ละแห่งของพื้นที่ศึกษานำร่องจากผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง MIKE FLODD โดยใช้เหตุการณ์ในช่วงของการปรับเทียบแบบจำลองเป็นกรณีศึกษา ในขณะที่ปัจจัยทางด้านกายภาพ ของอาคารระบายน้ำ จะประเมินโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการแบ่งขนาดพื้นที่รับน้ำของอาคารแต่ละแห่ง แล้วจึงวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ต่างๆ ตามปัจจัยทางกายภาพที่กำหนด สำหรับอาคารระบายน้ำนั้น โดยตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่จะนำมาวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8.2-1

ตารางที่ 8.1-1 สรุปตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสมการการไหลสูงสุด

ตัวแปรอิสระ		ตัวแปรตาม	
ชนิดตัวแปร	หน่วย	ชนิดตัวแปร	หน่วย
1. อัตราการไหลสูงสุด	ลบ.ม./วินาที	1. ขนาดพื้นที่รับน้ำ (Catchment Area)	ตร.กม.
		2. ความลาดชัน	ม./ม.
		2. พื้นที่เกษตร	ตร.กม.
		3. พื้นที่ป่า	ตร.กม.
		4. พื้นที่ลุ่ม	ตร.กม.
		5. พื้นที่อยู่อาศัย	ตร.กม.
		6. พื้นที่แหล่งน้ำ	ตร.กม.
		7. พื้นที่ชนิดดินที่ลุ่ม	ตร.กม.
		8. พื้นที่ชนิดดินดอน	ตร.กม.

สำหรับในรายงานฉบับนี้ขอเสนอผลการวิเคราะห์สมการ การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของพื้นที่ศึกษาใน 2 ลุ่มน้ำ ซึ่งได้แก่ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยมีผลการศึกษาที่สำคัญของแต่ละลุ่มน้ำสรุปได้ดังนี้



8.1.2.1. กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาสามารถแสดงรายละเอียดที่สำคัญได้ดังนี้

- 1) การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของระหว่างตัวแปรทั้งหมดโดยใช้ค่า Person Correlation ดังตารางที่ 8.1-1 พบว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวต่างมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้จะทำให้เกิดปัญหา multicollinearity ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์การถดถอย

ตารางที่ 8.1-1 ค่า Person Correlation ของตัวแปร พื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

		Correlations									
		Q	พื้นที่ลุ่มน้ำ	ความลาดชัน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ป่า	พื้นที่ลุ่ม	พื้นที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ	กลุ่มดินที่ลุ่ม	กลุ่มดินที่ดอน
Q	Pearson Correlation	1	.999**	.054	.928**	.408**	.653**	.421**	.584**	.553**	.829**
	Sig. (2-tailed)		.000	.631	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
พื้นที่ลุ่มน้ำ	Pearson Correlation	.999**	1	.050	.929**	.415**	.659**	.412**	.586**	.554**	.828**
	Sig. (2-tailed)	.000		.652	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
ความลาดชัน	Pearson Correlation	.054	.050	1	-.032	-.074	-.030	.350**	.220*	.114	-.017
	Sig. (2-tailed)	.631	.652		.771	.504	.789	.001	.045	.304	.880
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
พื้นที่เกษตร	Pearson Correlation	.928**	.929**	-.032	1	.278*	.484**	.121	.436**	.493**	.785**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.771		.011	.000	.276	.000	.000	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
พื้นที่ป่า	Pearson Correlation	.408**	.415**	-.074	.278*	1	.217*	.053	.216*	-.007	.503**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.504	.011		.049	.633	.049	.951	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
พื้นที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.653**	.659**	-.030	.484**	.217*	1	.315**	.399**	.355**	.554**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.789	.000	.049		.004	.000	.001	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
พื้นที่อยู่อาศัย	Pearson Correlation	.421**	.412**	.350**	.121	.053	.315**	1	.524**	.400**	.225*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.001	.276	.633	.004		.000	.000	.041
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
แหล่งน้ำ	Pearson Correlation	.584**	.586**	.220*	.436**	.216*	.399**	.524**	1	.818**	.153
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.045	.000	.049	.000	.000		.000	.168
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
กลุ่มดินที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.553**	.554**	.114	.493**	-.007	.355**	.400**	.818**	1	-.007
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.304	.000	.951	.001	.000	.000		.949
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
กลุ่มดินที่ดอน	Pearson Correlation	.829**	.828**	-.017	.785**	.503**	.554**	.225*	.153	-.007	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.880	.000	.000	.000	.041	.168	.949	
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



2) การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณด้วยการคัดเลือกตัวแปรต้นโดยวิธี Stepwise พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการตัวแปรตามจำนวน 2 ตัวแปร คือ พื้นที่เกษตร และ พื้นที่อยู่อาศัย ดังตารางที่ 8.1-2

ตารางที่ 8.1-2 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ค่าสถิติ ค่า Significant ค่า Tolerance และค่า VIF ของสัมประสิทธิ์การถดถอย พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Coefficients^{a,b}

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	พื้นที่เกษตร	.557	.012	.822	47.187	.000	.716	1.397
	พื้นที่อยู่อาศัย	.611	.040	.268	15.378	.000	.716	1.397

a. Dependent Variable: Q

b. Linear Regression through the Origin

จากตารางที่ 8.1-2 สามารถเขียนสมการการถดถอยได้ดังนี้

$$Y=0.557X_1+ 0.611X_2$$

โดยที่ X_1 แทน พื้นที่เกษตรกรรม

X_2 แทน พื้นที่ที่อยู่อาศัย

และสามารถอธิบายค่าของสัมประสิทธิ์การถดถอยได้ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ พื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 0.557 นั่นคือ ถ้า พื้นที่เกษตรกรรม เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 0.557 หน่วย
- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ พื้นที่อยู่อาศัย เท่ากับ 0.611 นั่นคือ ถ้า พื้นที่อยู่อาศัย เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 0.611 หน่วย

จากค่า sig พบว่า พื้นที่เกษตร และ พื้นที่อยู่อาศัย มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Q) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และจากการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติทดสอบ F พบว่าตัวแบบดังกล่าวเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted R Square) มีค่าเท่ากับ 0.982 นั่นคือ พื้นที่เกษตร และ พื้นที่อยู่อาศัย สามารถพยากรณ์ค่าตัวแปรตาม (Q) ได้ถึง 98.2 % ดังตารางที่ 8.1-3 และ ตารางที่ 8.1-4 ตามลำดับ



ตารางที่ 8.1-3 ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ANOVA^{a,b}

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3811.664	2	1905.832	2260.362	.000 ^b
	Residual	68.295	81	.843		
	Total	3879.959 ^d	83			

- a. Dependent Variable: Q
- b. Linear Regression through the Origin
- c. Predictors: พื้นที่อยู่อาศัย, พื้นที่เกษตร
- d. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

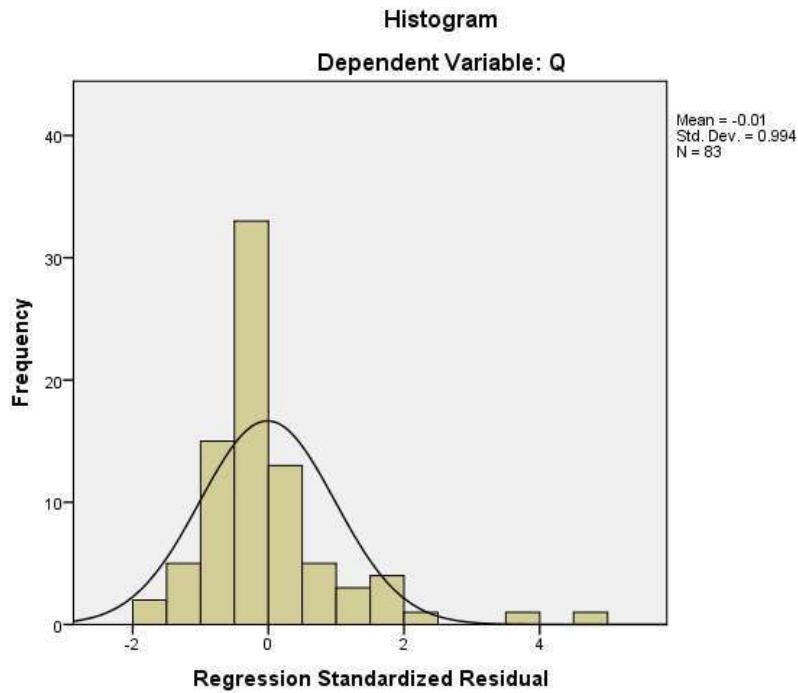
ตารางที่ 8.1-4 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Model Summary^{c,d}

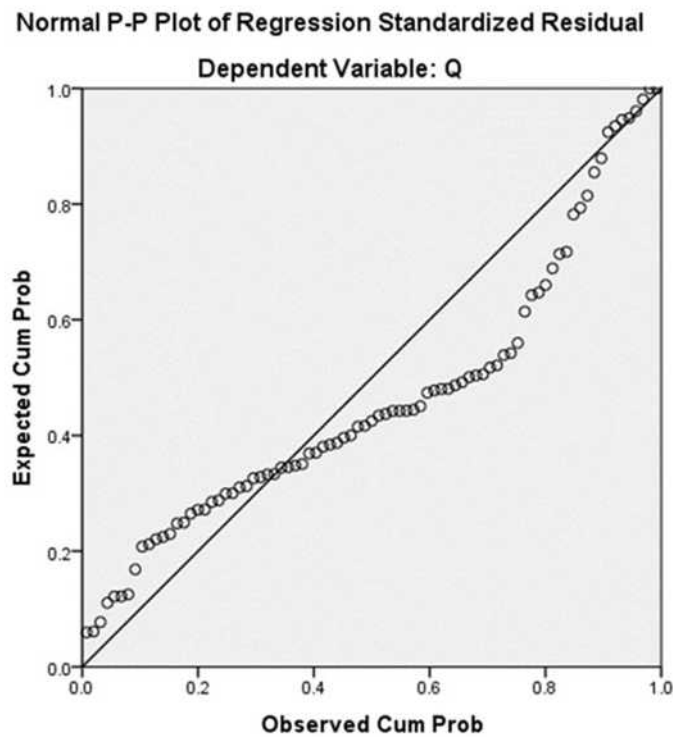
Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.991 ^a	.982	.982	.918233780	2.066

- a. Predictors: พื้นที่อยู่อาศัย, พื้นที่เกษตร
- b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.
- c. Dependent Variable: Q
- d. Linear Regression through the Origin

- 3) การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของตัวแบบการถดถอย พบปัญหาของความสัมพันธ์ของข้อมูลดังนี้
 - (1) การเกิดปัญหา multicollinearity พบว่าจากตารางที่ 8.1-2 ค่า VIF ของตัวแปรมีค่าสูงเกิน 10 นั่นคือบ่งชี้ว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้อาจแก้ปัญหาโดยการพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ในระดับสูงออกจากตัวแบบ อย่างไรก็ตามถ้าพบว่าปัญหา multicollinearity ไม่ส่งผลต่อการพยากรณ์ของตัวแบบ ก็อาจจะละทิ้งปัญหานี้ได้
 - (2) การเกิดปัญหา autocorrelation พบว่าจากตารางที่ 8.1-4 ค่า Durbin-Watson มีค่าอยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 1.5 และไม่เกิน 4 จึงยอมรับได้ว่าไม่เกิดปัญหา autocorrelation
 - (3) ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนคงที่ จากรูปที่ 8.1-1 และรูปที่ 8.1-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็น 0 และมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 8.1-1 ฮิสโตแกรมของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



รูปที่ 8.1-2 Normal plot ของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



8.1.2.2. กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลในกลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกสามารถแสดงรายละเอียดที่สำคัญได้ดังนี้

- 1) การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของระหว่างตัวแปรทั้งหมดโดยใช้ค่า Person Correlation ดังตารางที่ 8.1-5 พบว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวต่างมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้จะทำให้เกิดปัญหา multicollinearity ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์การถดถอย

ตารางที่ 8.1-5 ค่า Person Correlation ของตัวแปร พื้นที่กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

		Correlations									
		Q	พื้นที่ลุ่มน้ำ	ความลาดชัน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ป่า	พื้นที่ลุ่ม	พื้นที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ	กลุ่มดินที่ลุ่ม	กลุ่มดินที่ดอน
Q	Pearson Correlation	1	1.000**	.049	.980**	.649**	.646**	.242	.483**	.417**	.923**
	Sig. (2-tailed)		.000	.730	.000	.000	.000	.085	.000	.002	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่ลุ่มน้ำ	Pearson Correlation	1.000**	1	.049	.980**	.649**	.646**	.242	.483**	.417**	.923**
	Sig. (2-tailed)	.000		.730	.000	.000	.000	.085	.000	.002	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
ความลาดชัน	Pearson Correlation	.049	.049	1	-.017	.053	.339*	.201	.295*	.332*	-.087
	Sig. (2-tailed)	.730	.730		.905	.710	.014	.153	.034	.016	.538
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่เกษตร	Pearson Correlation	.980**	.980**	-.017	1	.553**	.541**	.130	.381**	.330**	.937**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.905		.000	.000	.357	.005	.017	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่ป่า	Pearson Correlation	.649**	.649**	.053	.553**	1	.354**	.010	.265	.214	.623**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.710	.000		.010	.943	.058	.128	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.646**	.646**	.339*	.541**	.354**	1	.388**	.923**	.672**	.425**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.014	.000	.010		.005	.000	.000	.002
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่อยู่อาศัย	Pearson Correlation	.242	.242	.201	.130	.010	.388**	1	.240	.379**	.105
	Sig. (2-tailed)	.085	.085	.153	.357	.943	.005		.087	.006	.460
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
แหล่งน้ำ	Pearson Correlation	.483**	.483**	.295*	.381**	.265	.923**	.240	1	.698**	.234
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.034	.005	.058	.000	.097		.000	.094
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
กลุ่มดินที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.417**	.417**	.332*	.330**	.214	.672**	.379**	.698**	1	.034
	Sig. (2-tailed)	.002	.002	.016	.017	.128	.000	.006	.000		.812
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
กลุ่มดินที่ดอน	Pearson Correlation	.923**	.923**	-.087	.937**	.623**	.425**	.105	.234	.034	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.538	.000	.000	.002	.460	.094	.812	
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



2) การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณด้วยการคัดเลือกตัวแปรต้นโดยวิธี Stepwise พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการตัวแปรตามจำนวน 2 ตัวแปร คือ ขนาดพื้นที่กลุ่มดินที่ลุ่ม และพื้นที่ป่า ดังตารางที่ 8.1-6

ตารางที่ 8.1-6 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ค่าสถิติ ค่า Significant ค่า Tolerance และค่า VIF ของสัมประสิทธิ์การถดถอย พื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

Coefficients^{a,b}

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	พื้นที่เกษตร	.144	.003	.933	47.824	.000	.706	1.417
	พื้นที่อยู่อาศัย	.142	.027	.104	5.353	.000	.706	1.417

a. Dependent Variable: Q

b. Linear Regression through the Origin

จากตารางที่ 8.1-6 สามารถเขียนสมการการถดถอยได้ดังนี้

$$Y = 0.144X_1 + 0.142X_2$$

โดยที่ X_1 แทน พื้นที่เกษตรกรรม

X_2 แทน พื้นที่ที่อยู่อาศัย

และสามารถอธิบายค่าของสัมประสิทธิ์การถดถอยได้ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ พื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 0.144 นั่นคือ ถ้าพื้นที่เกษตรกรรม เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 0.144 หน่วย
- ค่าสัมประสิทธิ์ ของพื้นที่ที่อยู่อาศัย เท่ากับ 0.142 นั่นคือ ถ้าพื้นที่ที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 0.142 หน่วย

จากค่า sig พบว่า พื้นที่ป่า และ กลุ่มดินที่ลุ่ม มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Q) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และจากการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติทดสอบ F พบว่าตัวแบบดังกล่าวเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted R Square) มีค่าเท่ากับ 0.986 นั่นคือ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ที่อยู่อาศัย สามารถพยากรณ์ค่า ตัวแปรตาม (Q) ได้ถึง 98.6% ดังตารางที่ 8.1-7 และ ตารางที่ 8.1-8 ตามลำดับ



ตารางที่ 8.1-7 ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ANOVA^{a,b}

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	181.279	2	90.639	1837.951	.000 ^c
	Residual	2.466	50	.049		
	Total	183.744 ^d	52			

a. Dependent Variable: Q

b. Linear Regression through the Origin

c. Predictors: พื้นที่อยู่อาศัย, พื้นที่เกษตร

d. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

ตารางที่ 8.1-8 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

Model Summary^{c,d}

Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.993 ^a	.987	.986	.222070706	2.351

a. Predictors: พื้นที่อยู่อาศัย, พื้นที่เกษตร

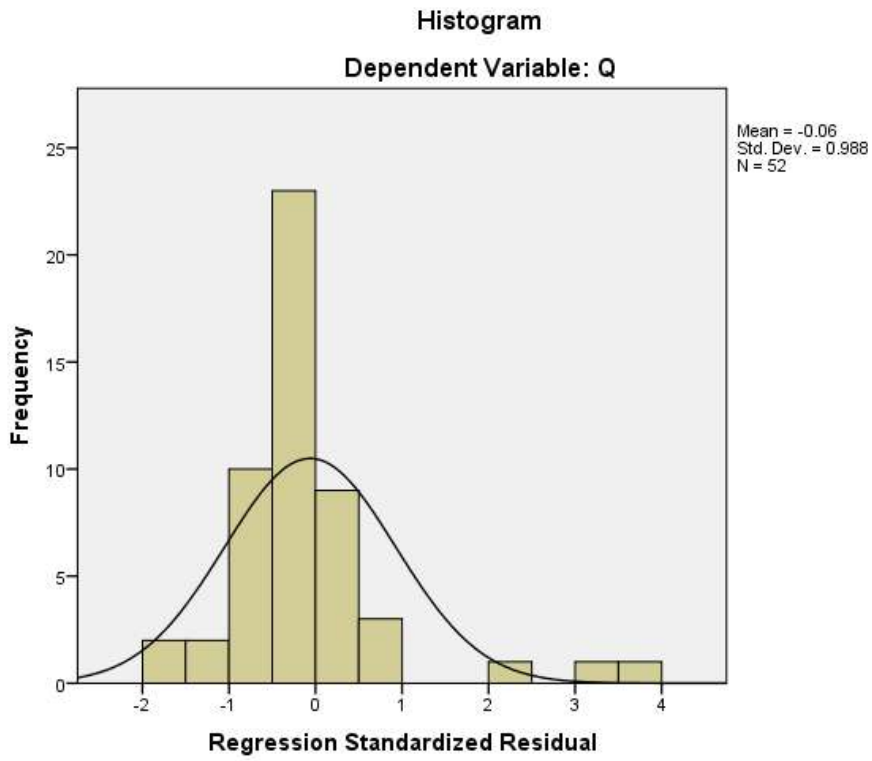
b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: Q

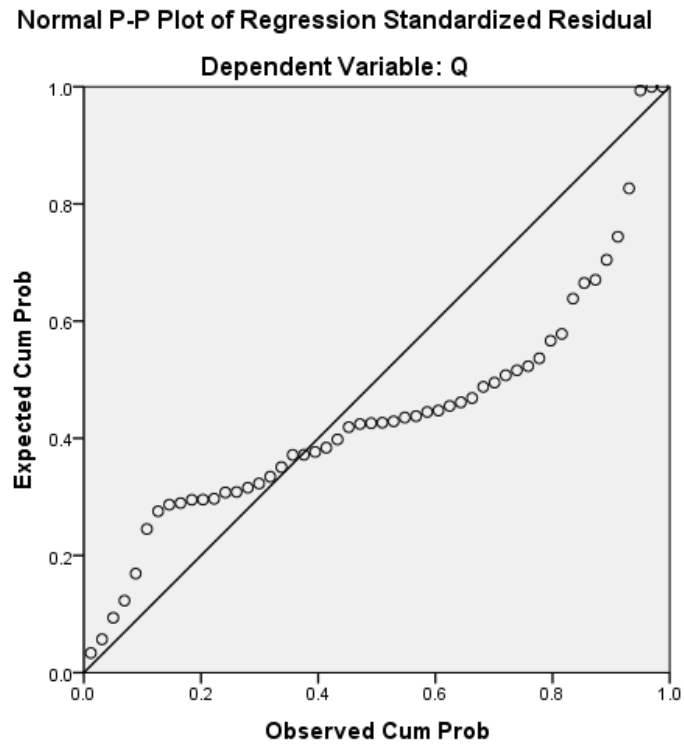
d. Linear Regression through the Origin

3) การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของตัวแบบการถดถอย พบปัญหาของความสัมพันธ์ของข้อมูลดังนี้

- (1) การเกิดปัญหา multicollinearity พบว่าจากตารางที่ 8.1-6 ค่า VIF ของตัวแปรไม่เกิน 10 นั่นคือบ่งชี้ว่าตัวแปรอิสระไม่มีปัญหา multicollinearity
- (2) การเกิดปัญหา autocorrelation พบว่าจากตารางที่ 8.1-8 ค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้เคียงกับ 2 หรืออยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 1.5 และไม่เกิน 4 จึงยอมรับได้ว่าไม่เกิดปัญหา autocorrelation
- (3) ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนคงที่ จากรูปที่ 8.1-3 และรูปที่ 8.1-4 พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็น 0 และมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 8.1-3 ฮิสโตแกรมของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก



รูปที่ 8.1-4 Normal plot ของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก



8.1.2.3. กลุ่มน้ำตาปี

ผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลในกลุ่มน้ำตาปีสามารถแสดงรายละเอียดที่สำคัญได้ดังนี้

- 1) การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของระหว่างตัวแปรทั้งหมดโดยใช้ค่า Person Correlation ดังตารางที่ 8.1-9 พบว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวต่างมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้จะทำให้เกิดปัญหา multicollinearity ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์การถดถอย

ตารางที่ 8.1-9 ค่า Person Correlation ของตัวแปร พื้นที่กลุ่มน้ำตาปี

		Correlations									
Q		Q	พื้นที่ลุ่มน้ำ	ความลาดชัน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ป่า	พื้นที่ลุ่ม	พื้นที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ	กลุ่มดินที่ลุ่ม	กลุ่มดินที่ดอน
Q	Pearson Correlation	1	1.000**	.007	.969**	.519**	.572**	.794**	.274*	.346*	.983**
	Sig. (2-tailed)		.000	.960	.000	.003	.000	.000	.049	.012	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่ลุ่มน้ำ	Pearson Correlation	.000**	1	.007	.969**	.519**	.572**	.794**	.274*	.346*	.983**
	Sig. (2-tailed)	.000		.960	.000	.003	.000	.000	.049	.012	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
ความลาดชัน	Pearson Correlation	.007	.007	1	.019	-.129	.297*	.018	.461**	.374**	-.067
	Sig. (2-tailed)	.960	.960		.895	.361	.032	.902	.001	.006	.639
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่เกษตร	Pearson Correlation	.969**	.969**	.019	1	.298*	.518**	.646**	.260	.270	.965**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.895		.032	.000	.000	.063	.053	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่ป่า	Pearson Correlation	.519**	.519**	-.129	.298*	1	.255	.789**	.027	.247	.497**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.361	.032		.068	.000	.852	.078	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.572**	.572**	.297*	.518**	.255	1	.599**	.537**	.720**	.459**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.032	.000	.063		.000	.000	.000	.001
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
พื้นที่อยู่อาศัย	Pearson Correlation	.794**	.794**	.018	.646**	.789**	.599**	1	.251	.589**	.718**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.902	.000	.003	.000		.072	.000	.000
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
แหล่งน้ำ	Pearson Correlation	.274*	.274*	.461**	.260	.027	.537**	.251	1	.525**	.184
	Sig. (2-tailed)	.049	.049	.001	.063	.852	.000	.072		.000	.191
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
กลุ่มดินที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.346*	.346*	.374**	.270	.247	.720**	.589**	.525**	1	.166
	Sig. (2-tailed)	.012	.012	.006	.053	.073	.000	.000	.000		.239
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
กลุ่มดินที่ดอน	Pearson Correlation	.983**	.983**	-.067	.965**	.497**	.459**	.718**	.184	.166	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.639	.000	.003	.001	.000	.191	.239	
	N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



2) การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณด้วยการคัดเลือกตัวแปรต้นโดยวิธี Stepwise พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการตัวแปรตามจำนวน 2 ตัวแปร คือ กลุ่มดินที่ดอนและพื้นที่แหล่งน้ำ ดังตารางที่ 8.1-10

ตารางที่ 8.1-10 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ค่าสถิติ ค่า Significant ค่า Tolerance และค่า VIF ของสัมประสิทธิ์การถดถอย พื้นที่ลุ่มน้ำตาปี

Coefficients^{a,b}

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	กลุ่มดินที่ดอน	.131	.003	.959	49.875	.000	.883	1.132
	แหล่งน้ำ	.966	.217	.085	4.441	.000	.883	1.132

a. Dependent Variable: Q

b. Linear Regression through the Origin

จากตารางที่ 8.1-10 สามารถเขียนสมการการถดถอยได้ดังนี้

$$Y = 0.131 X_1 + 0.966 X_2$$

โดยที่ X_1 แทน พื้นที่กลุ่มดินที่ดอน

X_2 แทน พื้นที่แหล่งน้ำ

และสามารถอธิบายค่าของสัมประสิทธิ์การถดถอยได้ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ พื้นที่กลุ่มดินที่ดอน เท่ากับ 0.131 นั่นคือ ถ้าพื้นที่ป่าไม้ เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 0.131 หน่วย
- ค่าสัมประสิทธิ์ ของพื้นที่แหล่งน้ำ เท่ากับ 0.966 นั่นคือ ถ้าพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 0.966 หน่วย

จากค่า sig พบว่า กลุ่มดินที่ดอน และแหล่งน้ำ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Q) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และจากการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดนใช้สถิติทดสอบ F พบว่าตัวแบบดังกล่าวเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted R Square) มีค่าเท่ากับ 0.983 นั่นคือ พื้นที่ป่าและกลุ่มดินที่ลุ่ม สามารถพยากรณ์ค่าตัวแปรตาม (Q) ได้ถึง 98.3 % ดังตารางที่ 8.1-11 และ ตารางที่ 8.1-12 ตามลำดับ



ตารางที่ 8.1-11 ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี

ANOVA^{a,b}

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	640.059	2	320.030	1505.003	.000 ^c
	Residual	10.632	50	.213		
	Total	650.691 ^d	52			

a. Dependent Variable: Q

b. Linear Regression through the Origin

c. Predictors: แหล่งน้ำ, กลุ่มดินที่ตอ

d. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

ตารางที่ 8.1-12 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี

Model Summary^{c,d}

Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.992 ^a	.984	.983	.461133093	1.963

a. Predictors: แหล่งน้ำ, กลุ่มดินที่ตอ

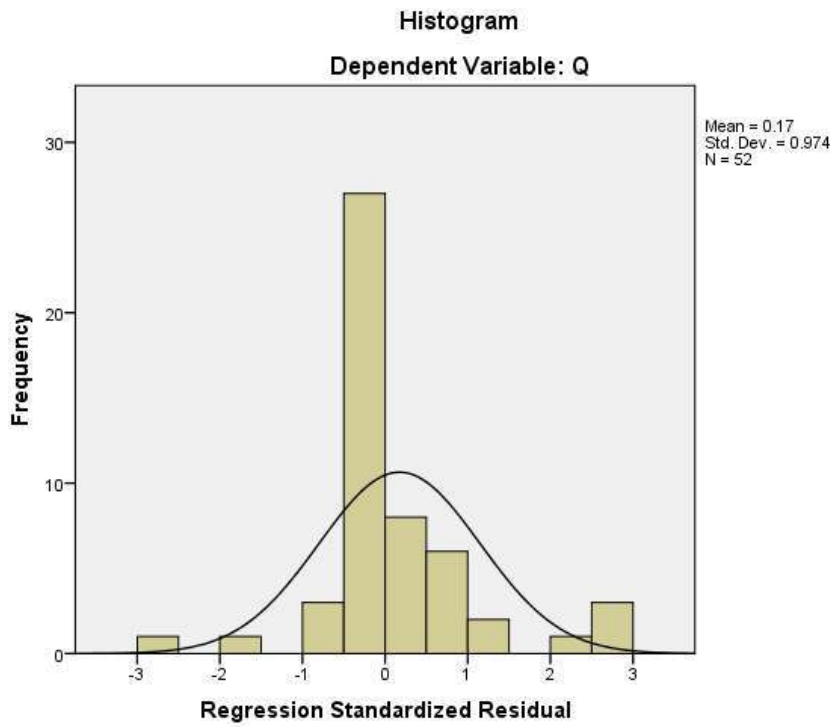
b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: Q

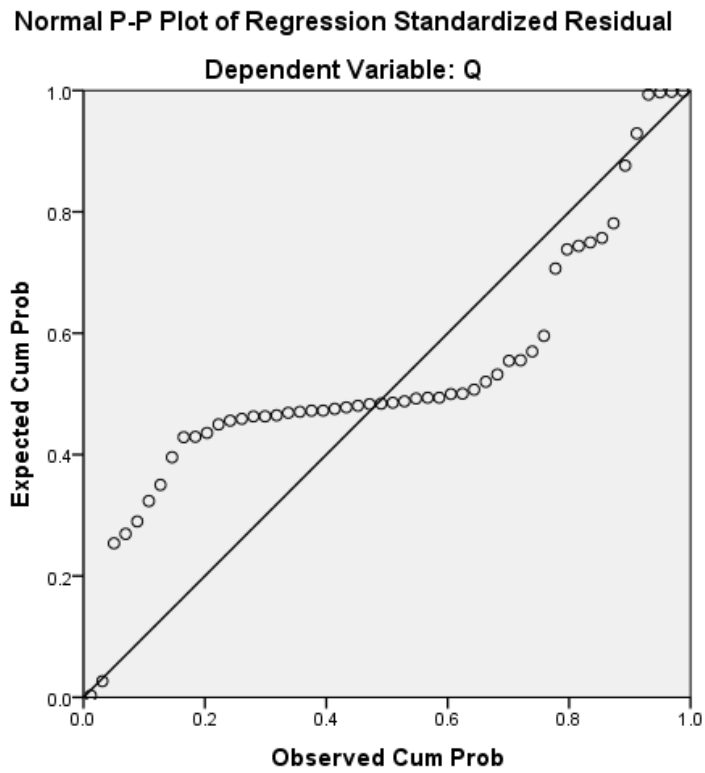
d. Linear Regression through the Origin

3) การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของตัวแบบการถดถอย พบปัญหาของความสัมพันธ์ของข้อมูลดังนี้

- (1) การเกิดปัญหา multicollinearity พบว่าจากตารางที่ 8.1-10 ค่า VIF ของตัวแปรมีค่าไม่เกิน 10 นั่นคือบ่งชี้ว่าตัวแปรอิสระไม่มีปัญหา multicollinearity
- (2) การเกิดปัญหา autocorrelation พบว่าจากตารางที่ 8.1-12 ค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้เคียงกับ 2 หรืออยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 1.5 และไม่เกิน 4 จึงยอมรับได้ว่าไม่เกิดปัญหา autocorrelation
- (3) ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนคงที่ จากรูปที่ 8.1-5 และรูปที่ 8.1-6 พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็น 0 และมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 8.1-5 ฮิสโตแกรมของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี



รูปที่ 8.1-6 Normal plot ของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี



8.1.2.4. กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลในกลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกสามารถแสดงรายละเอียดที่สำคัญได้ดังนี้

- 1) การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของระหว่างตัวแปรทั้งหมดโดยใช้ค่า Person Correlation ดังตารางที่ 8.1-13 พบว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวต่างมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้จะทำให้เกิดปัญหา multicollinearity ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์การถดถอย

ตารางที่ 8.1-13 ค่า Person Correlation ของตัวแปร พื้นที่กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

		Correlations									
Q		Q	พื้นที่ลุ่มน้ำ	ความลาดชัน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ป่า	พื้นที่ลุ่ม	พื้นที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ	กลุ่มดินที่ลุ่ม	กลุ่มดินที่ดอน
Q	Pearson Correlation	1	.587**	.054	.483**	.118	.476**	.430**	.515**	.600**	.305**
	Sig. (2-tailed)		.000	.501	.000	.138	.000	.000	.000	.000	.000
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
พื้นที่ลุ่มน้ำ	Pearson Correlation	.587**	1	.111	.931**	.510**	.585**	.307**	.499**	.659**	.807**
	Sig. (2-tailed)	.000		.162	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
ความลาดชัน	Pearson Correlation	.054	.111	1	.107	-.013	.108	.020	.126	.230**	-.033
	Sig. (2-tailed)	.501	.162		.180	.875	.177	.798	.113	.004	.677
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
พื้นที่เกษตร	Pearson Correlation	.483**	.931**	.107	1	.379**	.321**	.016	.335**	.574**	.783**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.180		.000	.000	.844	.000	.000	.000
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
พื้นที่ป่า	Pearson Correlation	.118	.510**	-.013	.379**	1	.255**	.062	.247**	.159*	.551**
	Sig. (2-tailed)	.138	.000	.875	.000		.001	.438	.002	.045	.000
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
พื้นที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.476**	.585**	.108	.321**	.255**	1	.502**	.545**	.528**	.360**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.177	.000	.001		.000	.000	.000	.000
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
พื้นที่อยู่อาศัย	Pearson Correlation	.430**	.307**	.020	.016	.062	.502**	1	.384**	.350**	.131
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.798	.844	.438	.000		.000	.000	.099
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
แหล่งน้ำ	Pearson Correlation	.515**	.499**	.126	.335**	.247**	.545**	.384**	1	.461**	.299**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.113	.000	.002	.000	.000		.000	.000
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
กลุ่มดินที่ลุ่ม	Pearson Correlation	.600**	.659**	.230**	.574**	.159*	.528**	.350**	.461**	1	.088
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.004	.000	.045	.000	.000	.000		.273
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
กลุ่มดินที่ดอน	Pearson Correlation	.305**	.807**	-.033	.783**	.551**	.360**	.131	.299**	.088	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.677	.000	.000	.000	.099	.000	.273	
	N	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



2) การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณด้วยการคัดเลือกตัวแปรต้นโดยวิธี Stepwise พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการตัวแปรตามจำนวน 2 ตัวแปร คือ กลุ่มดินที่ลุ่ม กลุ่มดินที่ดอน แหล่งน้ำและพื้นที่อยู่อาศัย ดังตารางที่ 8.1-14

ตารางที่ 8.1-14 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ค่าสถิติ ค่า Significant ค่า Tolerance และค่า VIF ของสัมประสิทธิ์การถดถอย พื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	2.563	.396		6.472	.000		
	กลุ่มดินที่ลุ่ม	.542	.083	.432	6.506	.000	.749	1.334
	กลุ่มดินที่ดอน	.184	.060	.186	3.091	.002	.907	1.103
	แหล่งน้ำ	6.776	2.474	.191	2.739	.007	.676	1.479
	พื้นที่อยู่อาศัย	.734	.258	.181	2.847	.005	.813	1.230

a. Dependent Variable: Q

จากตารางที่ 8.1-14 สามารถเขียนสมการการถดถอยได้ดังนี้

$$Y = 2.563 + 0.542 X_1 + 0.184 X_2 + 6.776 X_3 + 0.734 X_4$$

โดยที่ X_1 แทน พื้นที่กลุ่มดินที่ลุ่ม
 X_2 แทน พื้นที่กลุ่มดินที่ดอน
 X_3 แทน พื้นที่แหล่งน้ำ
 X_4 แทน พื้นที่ที่อยู่อาศัย

และสามารถอธิบายค่าของสัมประสิทธิ์การถดถอยได้ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ กลุ่มดินที่ลุ่ม เท่ากับ 0.542 นั่นคือ ถ้ากลุ่มดินที่ลุ่มเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q สูงขึ้น 0.542 หน่วย เมื่อปัจจัยอื่นๆคงที่
- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ กลุ่มดินที่ดอน เท่ากับ 0.184 นั่นคือ ถ้ากลุ่มดินที่ดอนเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q สูงขึ้น 0.184 หน่วย เมื่อปัจจัยอื่นๆคงที่
- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ แหล่งน้ำเท่ากับ 6.776 นั่นคือ ถ้าแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q เพิ่มขึ้น 6.776 หน่วย เมื่อปัจจัยอื่นๆคงที่



- ค่าสัมประสิทธิ์ ของ พื้นที่อยู่อาศัย เท่ากับ 0.734 นั่นคือ ถ้าพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ Q สูงขึ้น 0.734 หน่วย เมื่อปัจจัยอื่นๆคงที่
- จากค่า sig พบว่า กลุ่มดินที่ดอน และแหล่งน้ำมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Q) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และจากการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโคโนใช้สถิติทดสอบ F พบว่าตัวแบบดังกล่าวเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted R Square) มีค่าเท่ากับ 0.497 นั่นคือ พื้นที่ป่า และกลุ่มดินที่ลุ่ม สามารถพยากรณ์ค่าตัวแปรตาม (Q) ได้เพียง 49.7 % ดังตารางที่ 8.1-15 และ ตารางที่ 8.1-16 ตามลำดับ

ตารางที่ 8.1-15 ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1413.256	4	353.314	37.319	.000 ^b
	Residual	1457.992	154	9.467		
	Total	2871.248	158			

a. Dependent Variable: Q

b. Predictors: (Constant), พื้นที่อยู่อาศัย, กลุ่มดินที่ดอน, กลุ่มดินที่ลุ่ม, แหล่งน้ำ

ตารางที่ 8.1-16 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.702 ^a	.492	.479	3.076927512	1.120

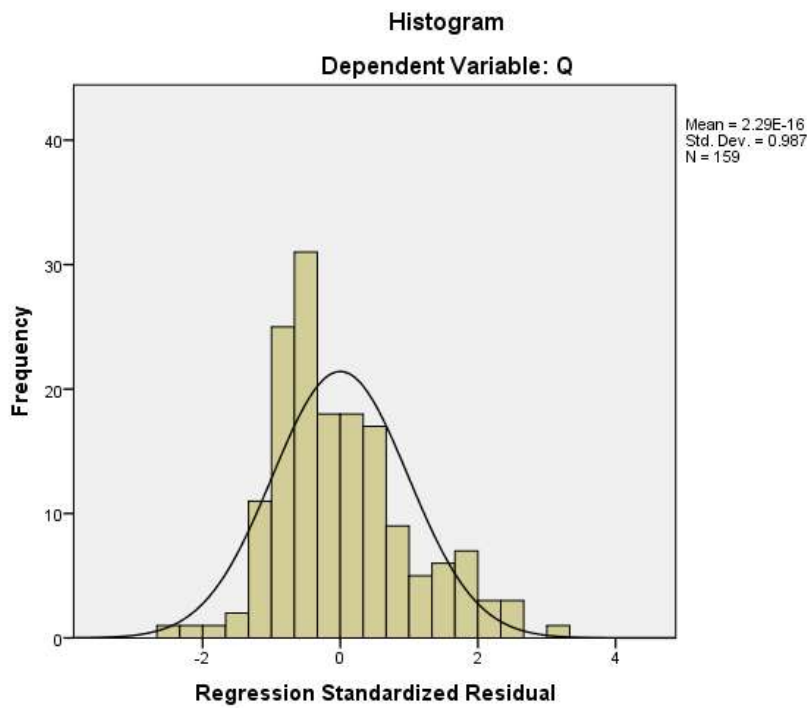
a. Predictors: (Constant), พื้นที่อยู่อาศัย, กลุ่มดินที่ดอน, กลุ่มดินที่ลุ่ม, แหล่งน้ำ

b. Dependent Variable: Q

- 3) การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของตัวแบบการถดถอย พบปัญหาของความสัมพันธ์ของข้อมูลดังนี้
 - (1) การเกิดปัญหา multicollinearity พบว่าจากตารางที่ 8.1-14 ค่า VIF ของตัวแปรไม่ค่าไม่เกิน 10 นั่นคือบ่งชี้ว่าตัวแปรอิสระไม่มีปัญหา multicollinearity
 - (2) การเกิดปัญหา autocorrelation พบว่าจากตารางที่ 8.1-16 ค่า Durbin-Watson พอยอมรับได้ว่าไม่เกิดปัญหา autocorrelation



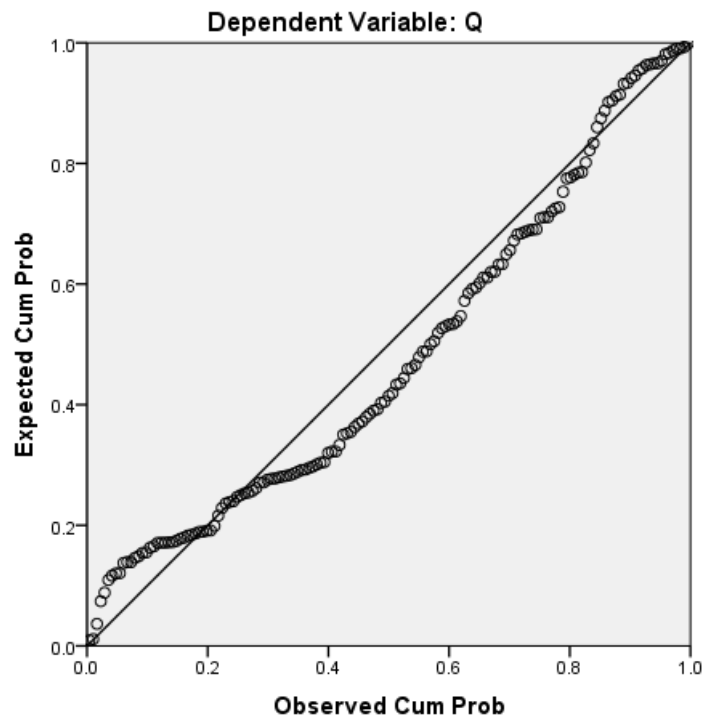
- (3) ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนคงที่ จากรูปที่ 8.1-7 และรูปที่ 8.1-8 พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็น 0 และมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 8.1-7 ฮิสโตแกรมของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก



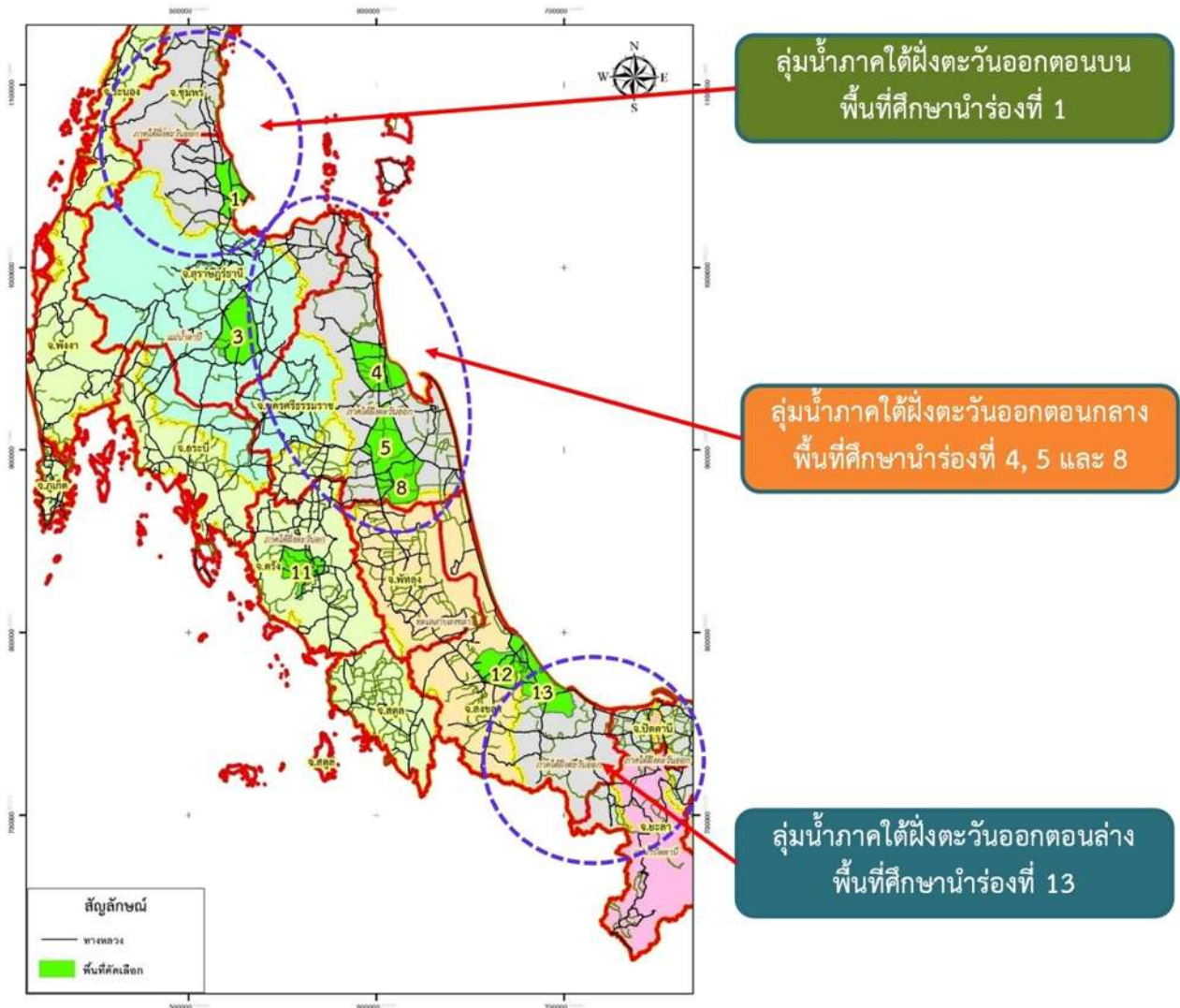
Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



รูปที่ 8.1-8 Normal plot ของความคลาดเคลื่อนพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก จะเห็นได้ว่า ผลของการประเมินความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ยังไม่มีความสัมพันธ์กันมากดังจะเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted R Square) มีค่าเท่ากับ 0.497 เท่านั้น (ถ้ามีความสัมพันธ์สูงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ต้องเข้าใกล้ 1.0) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกที่หลากหลาย เนื่องจากที่ตั้งของลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีการกระจายตัวตามชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยไม่ใช่พื้นที่ต่อเนื่อง ดังนั้นที่ปรึกษาจึงได้ทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ใหม่ โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ออกเป็น 3 พื้นที่ย่อย ดังแสดงในรูปที่ 8.1-9 ซึ่งแต่ละพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษานำร่องดังนี้

- พื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1
- พื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนกลาง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4 5 และ 8
- พื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13



รูปที่ 8.1-9 การแบ่งพื้นที่กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก เพื่อวิเคราะห์สมการอัตราการไหลสูงสุด



จากผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกซึ่งมีการแยกพิจารณาออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน ตอนกลางและตอนล่าง โดยใช้หลักการการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังตารางที่ 8.1-17 โดยจะเห็นได้ว่า เมื่อทำการแยกพื้นที่ลุ่มน้ำในการพิจารณาทั้ง 3 พื้นที่ จะให้ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดกับลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ที่ดีขึ้น กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีค่าสูงถึง 0.995 0.969 และ 0.974 ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่า ชุดของสมการที่วิเคราะห์ได้สามารถพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดได้มีความถูกต้องถึงร้อยละ 99.5 96.9 และ 97.4 ตามลำดับ ดังนั้นในการวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ที่ปรึกษาจึงเสนอแนะแนวการแยกสมการตามการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำดังที่กล่าวข้างต้นไปใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ และเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำไปใช้งานของวิศวกรกรมทางหลวง ที่ปรึกษาจึงสรุปรายชื่อจังหวัดที่สัมพันธ์กับที่ตั้งของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกในแต่ละตอนเพื่อจะนำสมการการวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดไปใช้ได้อย่างเหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 8.1-17



ตารางที่ 8.1-17 สรุปผลการวิเคราะห์สมการอัตราการไหลสูงสุดสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

พื้นที่	สมการ	R Square	Mean Square Error (MSE, m ³ /s)	จังหวัดที่เหมาะสมต่อการนำสมการไป ประยุกต์ใช้
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตอนบน	$Q = 0.559 (\text{พื้นที่เกษตร}) + 0.774 (\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.995	0.1499	ชุมพร สุราษฎร์ธานี (อ.ท่าชนะ อ.ไชยา อ.ท่าฉาง อ.กาญจนดิษฐ์ อ.ดอนสัก)
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตอนกลาง	$Q = 1.740 (\text{พื้นที่เกษตร}) + 2.417 (\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.969	2.2211	นครศรีธรรมราช
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตอนล่าง	$Q = 0.555 (\text{พื้นที่เกษตร}) + 0.755 (\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.974	0.7516	สงขลา (อ.จะนะ อ.นาทวี อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย) ปัตตานี นราธิวาส



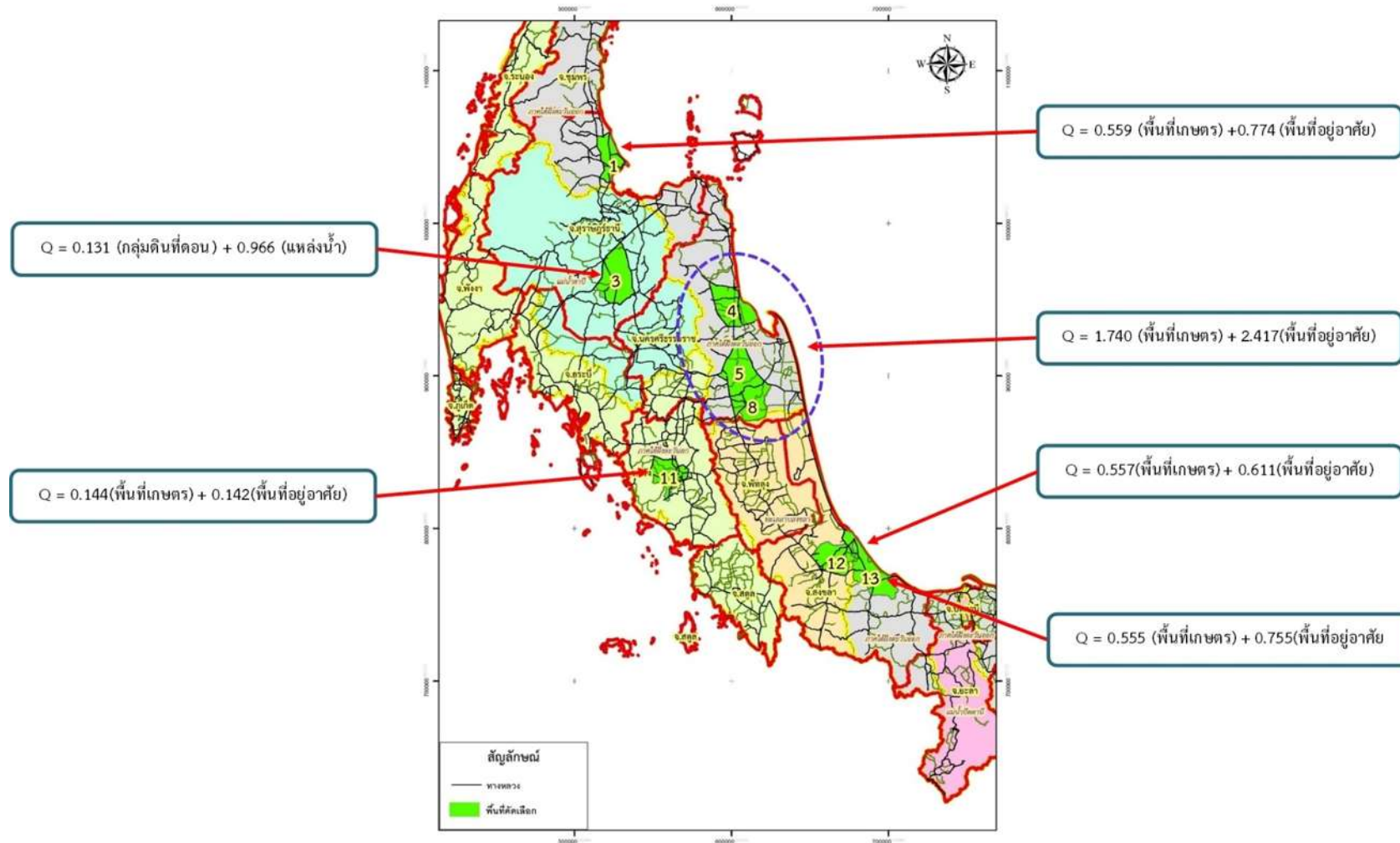
8.1.2.5. สรุปผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณการไหลในพื้นที่ภาคใต้

จากผลการวิเคราะห์สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ตามรายละเอียดที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 8.1.2.1 ถึง 8.1.2.4 ที่ปรึกษาขอสรุป สมการความสัมพันธ์ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อความสะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดังตารางที่ 8.1-18 และรูปที่ 8.1-9



ตารางที่ 8.1-18 สรุปผลการวิเคราะห์สมการอัตราการไหลสูงสุดสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคใต้ของประเทศไทย

พื้นที่	สมการ	R Square	Mean Square Error (MSE, m ³ /s)	จังหวัดที่เหมาะสมต่อการนำสมการไป ประยุกต์ใช้
ทะเลสาบสงขลา	$Q = 0.557(\text{พื้นที่เกษตร}) + 0.611(\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.982	0.8228	สงขลา (อ.เมือง อ.ระโนด อ.สิงหนคร อ.บางกล่ำ อ.หาดใหญ่ อ.ควนเนียง อ.รัตภูมิ อ.คลองหอยโข่ง อ.สะเดา) พัทลุง
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	$Q = 0.144(\text{พื้นที่เกษตร}) + 0.142(\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.986	0.2044	ระนอง พังงา กระบี่ ภูเก็ต ตรัง สตูล
ลุ่มน้ำตาปี	$Q = 0.131(\text{กลุ่มดินที่ดอน}) + 0.966(\text{แหล่งน้ำ})$	0.983	0.2044	สุราษฎร์ธานี (อ.เมือง อ.บ้านตาขุน อ.วิภาวดี อ.พนม อ.ศรีรัฐนิคม อ.พุนพิน อ.บ้านนาเดิม อ.บ้านนาสาร อ.เคียนซา อ.เวียงสระ อ.พระแสง อ.ชัยบุรี)
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตอนบน	$Q = 0.559(\text{พื้นที่เกษตร}) + 0.774(\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.995	0.1499	ชุมพร สุราษฎร์ธานี (อ.ท่าชนะ อ.ไชยา อ.ท่าฉาง อ.กาญจนดิษฐ์ อ.ดอนสัก)
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตอนกลาง	$Q = 1.740(\text{พื้นที่เกษตร}) + 2.417(\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.969	2.2211	นครศรีธรรมราช
ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตอนล่าง	$Q = 0.555(\text{พื้นที่เกษตร}) + 0.755(\text{พื้นที่อยู่อาศัย})$	0.974	0.7516	สงขลา (อ.จะนะ อ.นาทวี อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย) ปัตตานี นราธิวาส



รูปที่ 8.1-9 สรุปสมการอัตราการไหลสูงสุดสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคใต้ของประเทศไทย

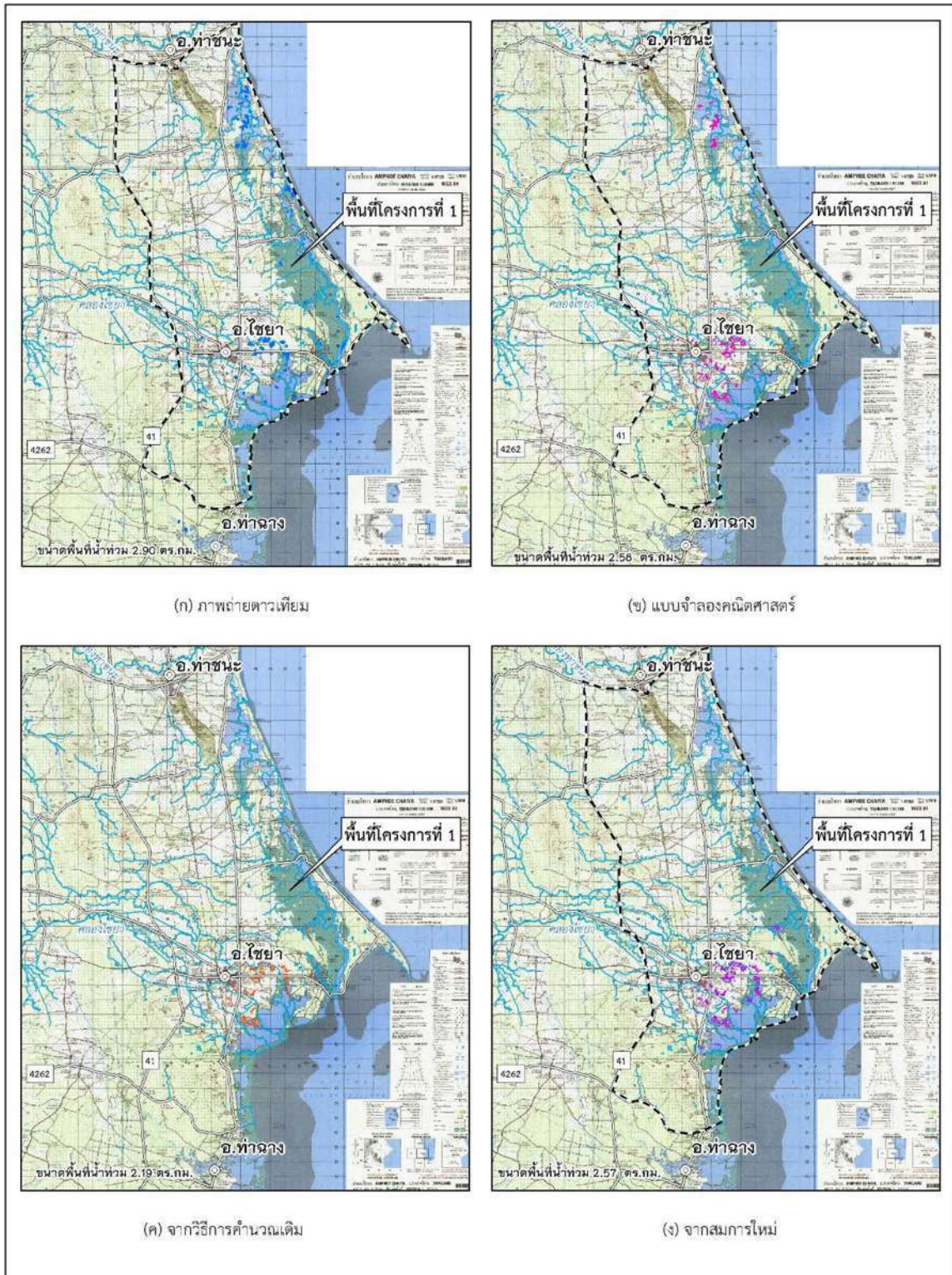


8.2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด

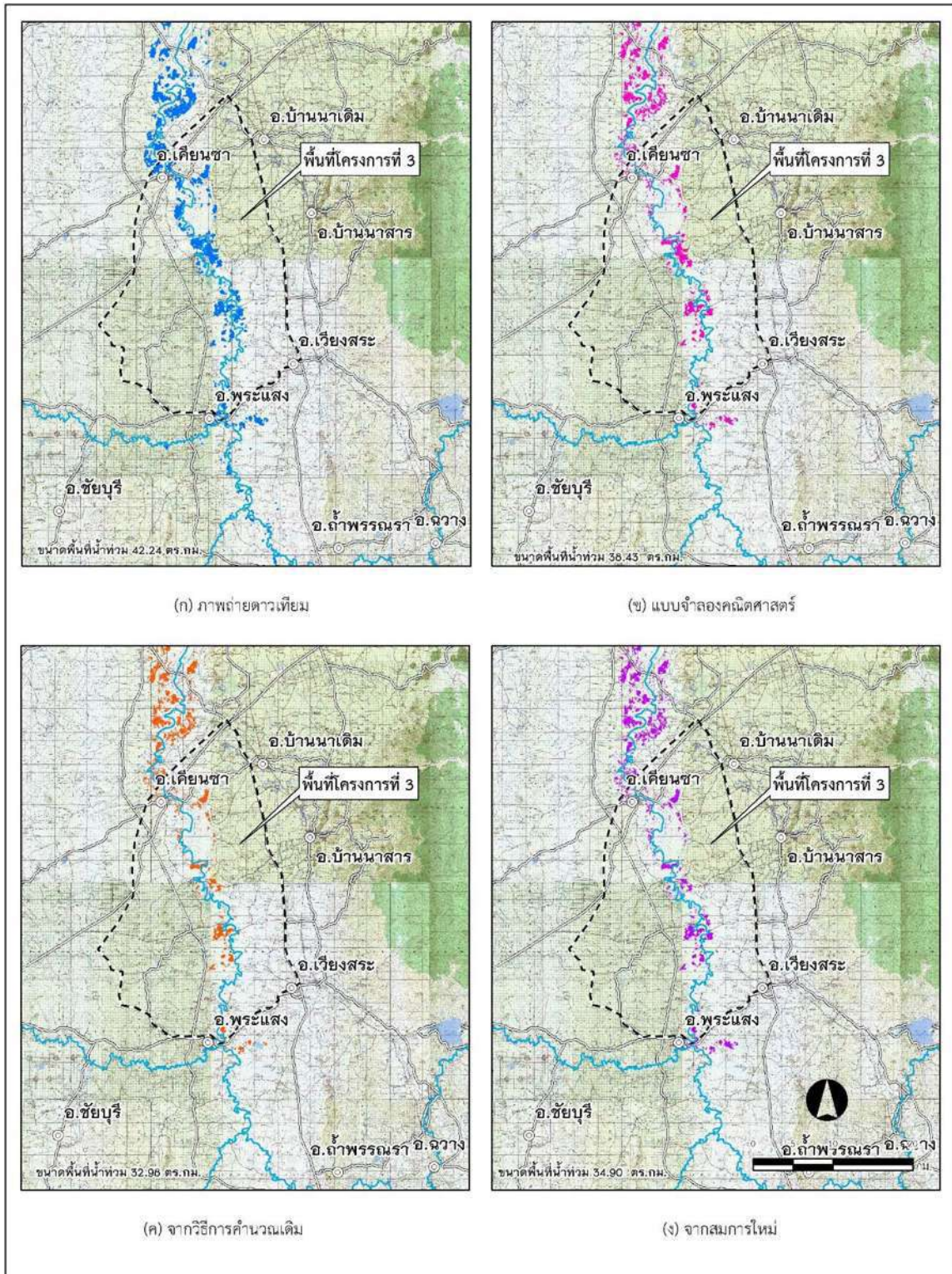
ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมการการไหลสูงสุดที่คำนวณขึ้น จะดำเนินการโดยนำอัตราการไหลสูงสุดที่ประเมินได้ตามแนวทางในข้อ 8.1 ไปหารอัตราการไหลสูงสุดจากแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมที่พิจารณา ซึ่งผลที่ได้คืออัตราส่วนของอัตราการไหลสูงสุดที่ปรับปรุงต่ออัตราการไหลสูงสุดจากแบบจำลอง จากนั้นนำอัตราส่วนดังกล่าวไปคูณกับข้อมูลกราฟน้ำท่าทุก Coordinate ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือกราฟน้ำท่าที่มีอัตราการไหลสูงสุดตามแนวทางสมการที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ จากนั้นจึงนำข้อมูลกราฟน้ำท่าที่ได้นำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่น้ำท่วม

นอกจากจะนำอัตราการไหลสูงสุด ที่คำนวณได้ตามแนวทางการปรับปรุงที่นำเสนอใหม่มาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว ที่ปรึกษายังสามารถนำผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธี Rational Method ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำในปัจจุบันมาพิจารณาด้วย โดยแนวทางการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จะใช้หลักการเดียวกับอัตราการไหลสูงสุดตามผลการคำนวณด้วยสมการที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

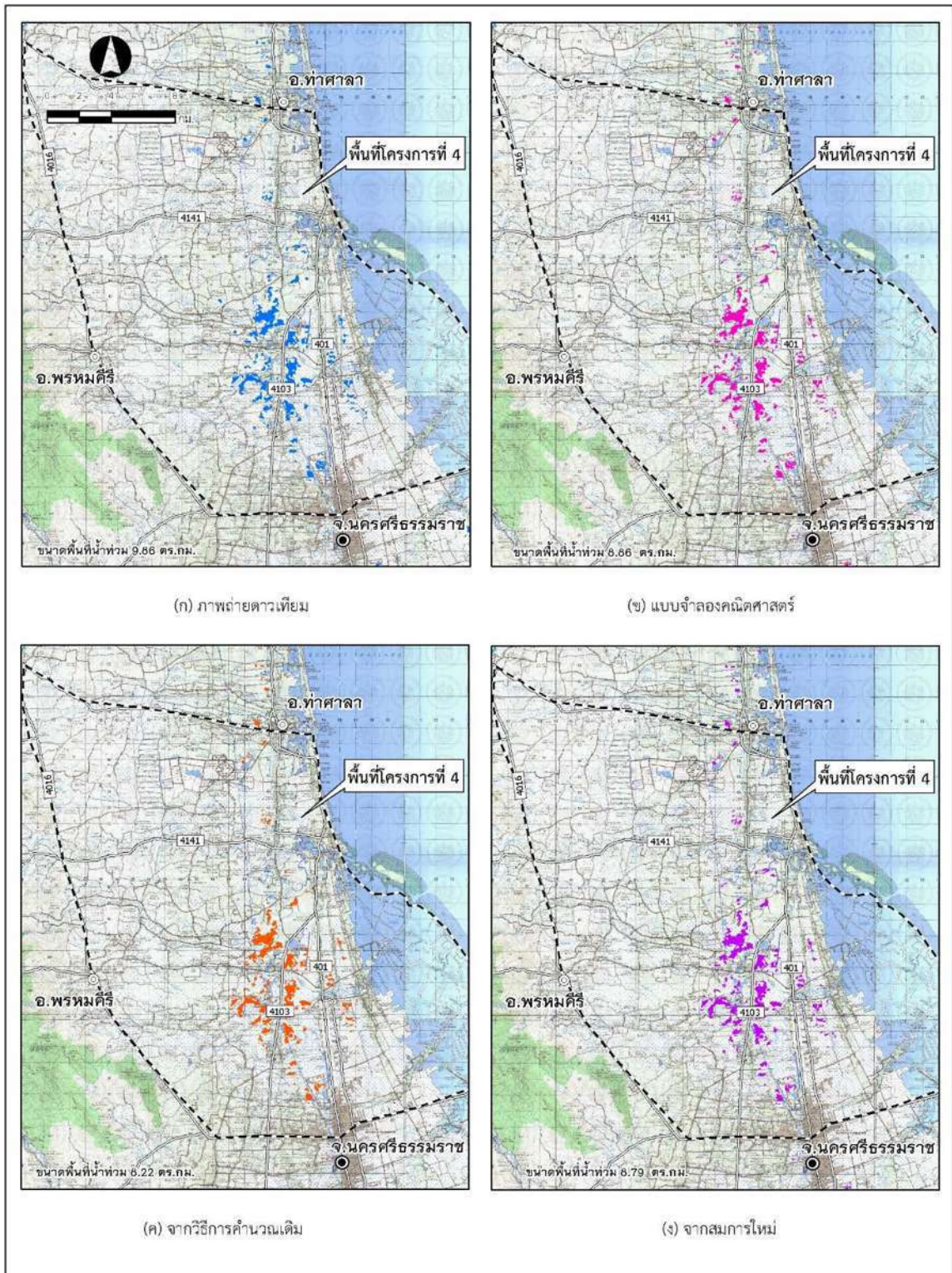
สำหรับผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดจากสมการที่ปรับปรุงใหม่ วิธี Rational Method ตลอดจนการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ สามารถดำเนินการได้ โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่น้ำท่วมกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8.2-1 ถึง 8.2-8 และตารางที่ 8.2-1 โดยจะเห็นได้ว่าขนาดพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากการคำนวณด้วยสมการที่ปรับปรุงขึ้นใหม่มีขนาดใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและผลจากการจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์มากกว่าวิธี Rational Method ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่พัฒนาขึ้น สามารถประเมินได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่าวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



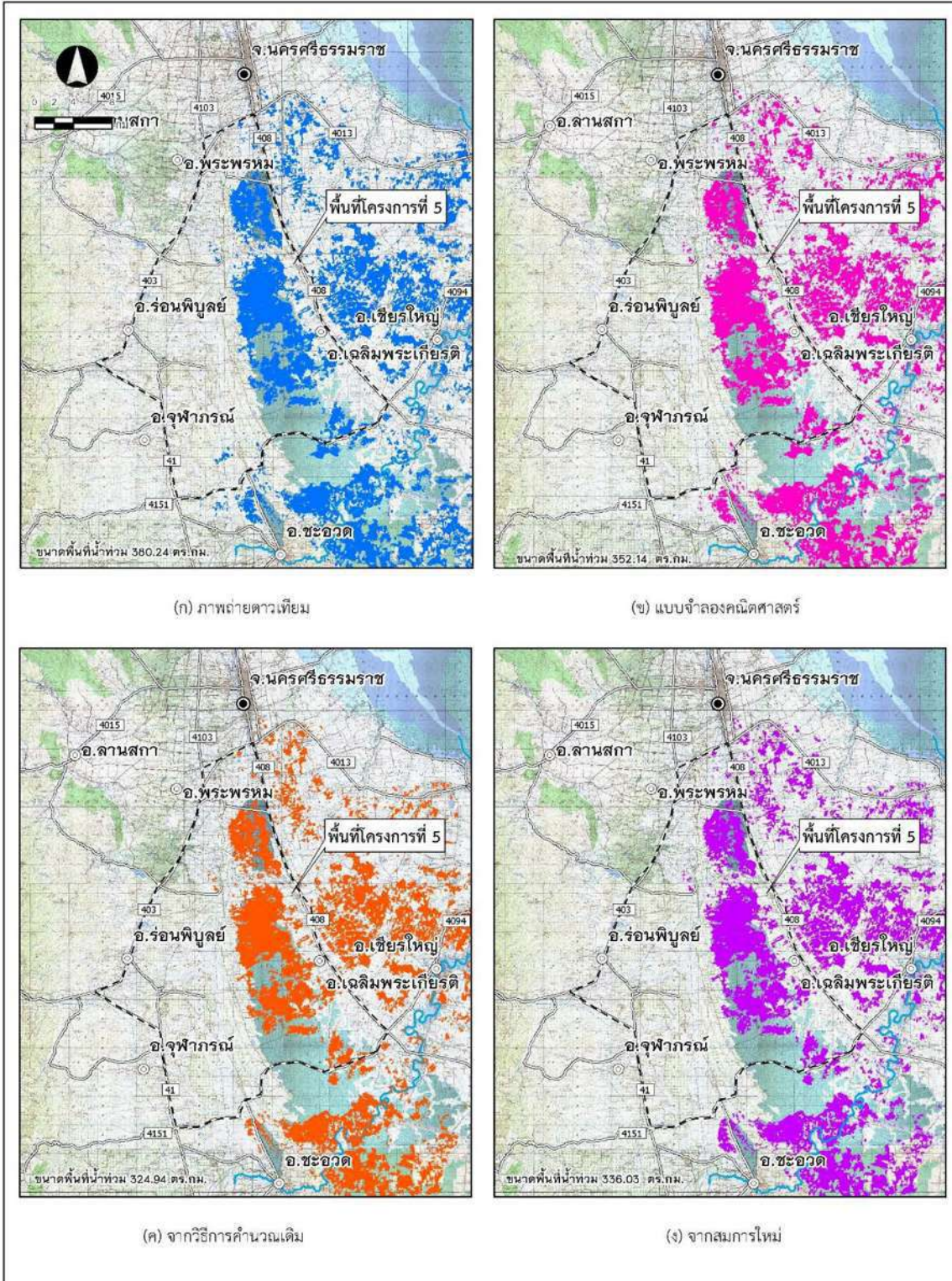
รูปที่ 8.2-1 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1



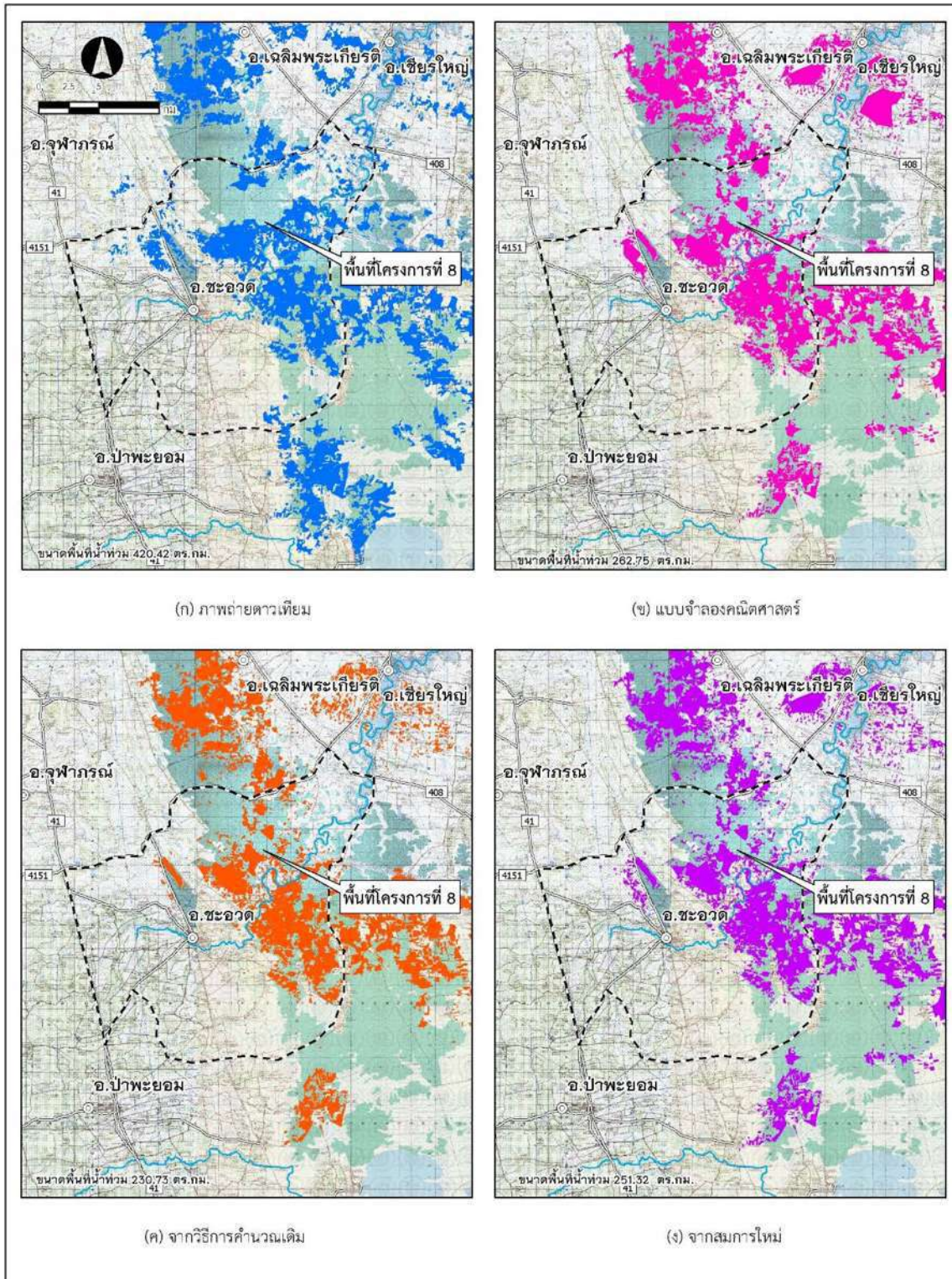
รูปที่ 8.2-2 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3



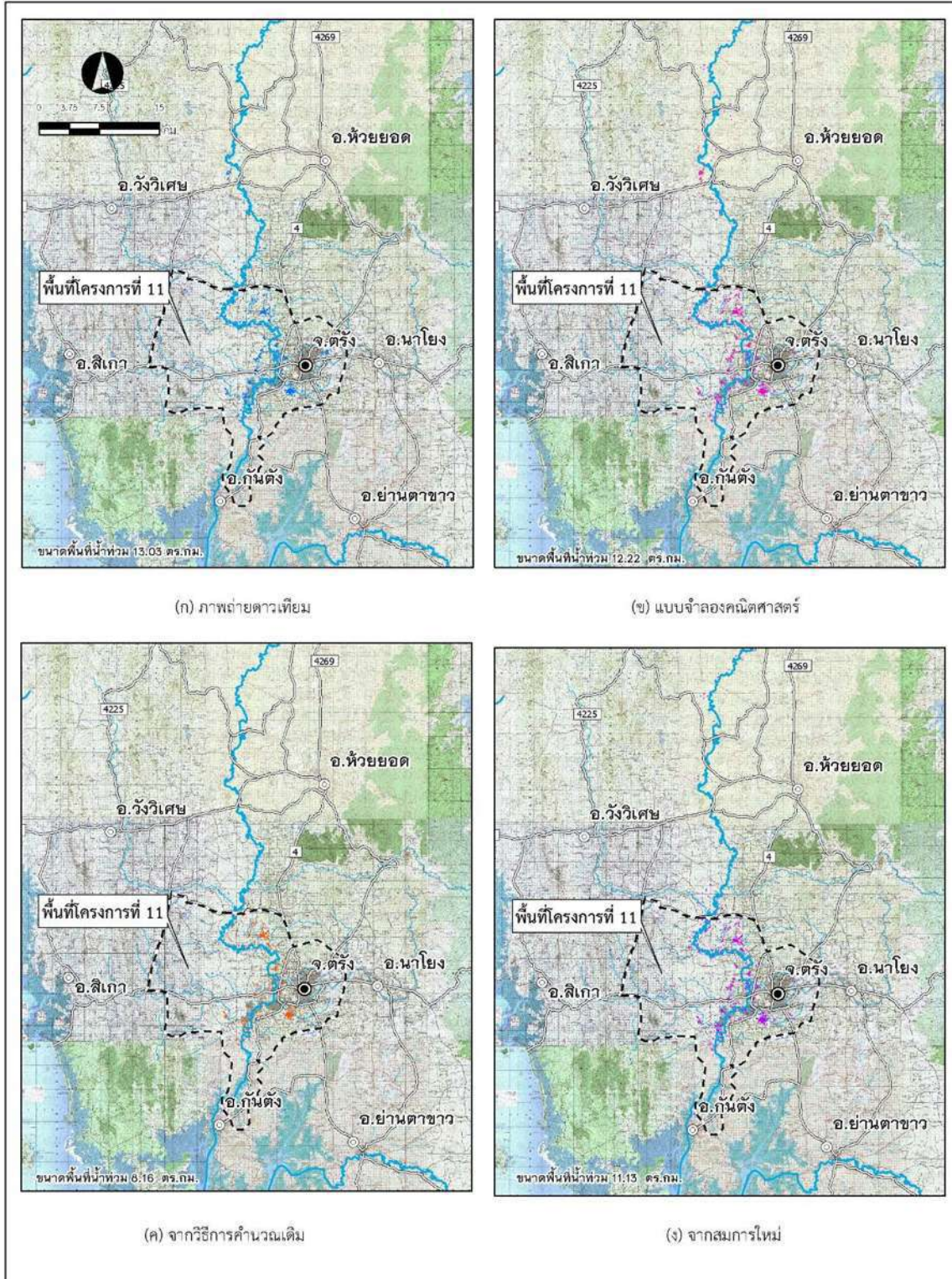
รูปที่ 8.2-3 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4



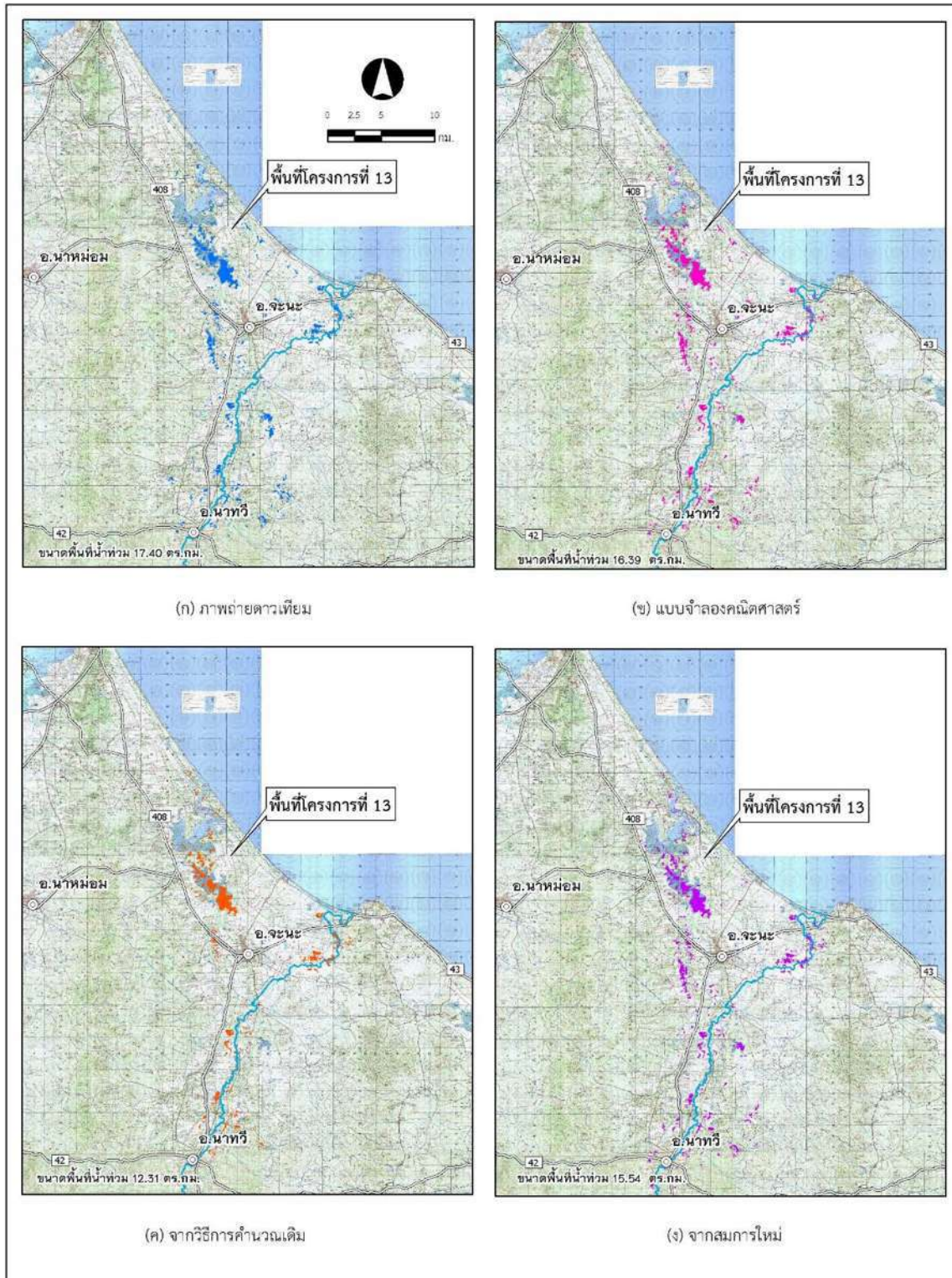
รูปที่ 8.2-4 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5



รูปที่ 8.2-5 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8



รูปที่ 8.2-6 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11



รูปที่ 8.2-8 การเปรียบเทียบผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วม 4 กรณีศึกษาของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13



ตารางที่ 8.2-1 การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม ผลจากแบบจำลอง การประเมินโดยใช้วิธี Rational Formula และ การใช้สมการที่เสนอใหม่ (กริดขนาด 200x200 ม.)

พื้นที่ศึกษา	กรณีพื้นที่	เปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียม					เปรียบเทียบกับแบบจำลองคณิตศาสตร์				
		จำนวนกริดจากภาพถ่าย	จำนวนกริดที่ตรงกันจาก Rational Formula	จำนวนกริดที่ตรงกันจากสมการที่ปรับปรุง	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยวิธี Rational Formula	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยสมการที่ปรับปรุง	จำนวนกริดจากแบบจำลอง	จำนวนกริดที่ตรงกันจาก Rational Formula	จำนวนกริดที่ตรงกันจากสมการที่ปรับปรุง	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยวิธี Rational Formula	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยสมการที่ปรับปรุง
1	น้ำท่วม	333	87	93	26.13%	27.93%	124	85	89	69.32%	72.24%
	ไม่ท่วม	27,635	27,483	27,449	99.45%	99.33%	27,470	27,374	27,341	99.65%	99.53%
3	น้ำท่วม	2,358	1,564	1,654	66.33%	70.14%	1,722	1,176	1,244	68.32%	72.24%
	ไม่ท่วม	93,122	90,942	91,585	97.66%	98.35%	91,930	89,797	90,431	97.68%	98.37%
4	น้ำท่วม	710	644	687	90.70%	96.76%	690	638	680	92.51%	98.70%
	ไม่ท่วม	23,090	22,914	22,965	99.24%	99.46%	23,004	22,898	22,948	99.54%	99.76%
5	น้ำท่วม	14,367	12,859	13,304	89.50%	92.60%	13,941	12,976	13,426	93.08%	96.30%
	ไม่ท่วม	52,089	51,062	51,224	98.03%	98.34%	51,281	50,296	50,455	98.08%	98.39%
8	น้ำท่วม	10,340	6,289	6,658	60.82%	64.39%	6,689	4,109	4,350	61.43%	65.03%
	ไม่ท่วม	32,109	31,685	31,823	98.68%	99.11%	31,875	31,470	31,607	98.73%	99.16%
11	น้ำท่วม	1,500	900	1,233	60.00%	82.20%	1,398	855	1,172	61.20%	83.84%
	ไม่ท่วม	93,980	91,997	92,053	97.89%	97.95%	92,335	90,423	90,478	97.93%	97.99%



ตารางที่ 8.2-1 (ต่อ) การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและน้ำไม่ท่วมระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม ผลจากแบบจำลอง การประเมินโดยใช้วิธี Rational Formula และ การใช้สมการที่เสนอใหม่ (กริดขนาด 200x200 ม.)

พื้นที่ศึกษา	กรณีพื้นที่	เปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียม					เปรียบเทียบกับแบบจำลองคณิตศาสตร์				
		จำนวนกริดจากภาพถ่าย	จำนวนกริดจาก Rational Formula	จำนวนกริดจากสมการที่ปรับปรุง	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยวิธี Rational Formula	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยสมการที่ปรับปรุง	จำนวนกริดจากแบบจำลอง	จำนวนกริดจาก Rational Formula	จำนวนกริดจากสมการที่ปรับปรุง	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยวิธี Rational Formula	%ตำแหน่งที่ตรงกันด้วยสมการที่ปรับปรุง
12	น้ำท่วม	1,077	792	953	73.54%	88.49%	1,044	80	970	77.22%	92.91%
	ไม่ท่วม	41,372	41,016	41,074	99.14%	99.28%	41,189	40,855	40,913	99.19%	99.33%
13	น้ำท่วม	1,598	1,093	1,432	68.40%	89.61%	1,507	1,051	1,377	69.77%	91.40%
	ไม่ท่วม	52,162	50,722	50,779	97.24%	97.35%	50,951	49,570	49,626	97.29%	97.40%



8.3. การเสนอแนะการก่อสร้างปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

8.3.1. การออกแบบขั้นต้น

จากผลการศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งพบว่าในพื้นที่ศึกษามีน้ำท่วมขังกระจายตัวอยู่ทั้งพื้นที่ ในการศึกษาขั้นต่อไปจะเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาที่ท่วมดังกล่าว โดยการคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำในบางอาคารของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องทั้ง 8 พื้นที่ โดยสมมติฐานในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ คือ การลดขนาดของพื้นที่น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี โดยมีมูลค่าการลงทุนเทียบเท่ากับผลประโยชน์ที่จะได้รับหากขนาดของพื้นที่น้ำท่วมลดลง (รายละเอียดจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 8.3.2) ซึ่งจากสมมติฐานข้างต้น สามารถนำมาวิเคราะห์และข้อมูลสำหรับการออกแบบปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่อง แต่ละพื้นที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 8.3-1 ถึง 8.3-8



ตารางที่ 8.3-1 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	4112	202	61+555	1032157	521820	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
2	4112	202	60+735	1032888	522011	สะพาน	5	8	สะพาน	6	8
3	4112	202	59+873	1033714	522214	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	2	P.0.80
4	4112	202	59+602	1033977	522273	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
5	4112	202	59+468	1034103	522318	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
6	4112	202	59+354	1034215	522337	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	2	P.100
7	4112	202	59+150	1034411	522390	ท่อเหลี่ยม	3	2.5	ท่อเหลี่ยม	4	2.5
8	4112	202	58+867	1034682	522465	ท่อเหลี่ยม	2	2.5	ท่อเหลี่ยม	3	2.5
9	4112	202	57+695	1035804	522780	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
10	4112	202	57+360	1036126	522868	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
11	4112	202	57+055	1036422	522937	ท่อเหลี่ยม	3	2	ท่อเหลี่ยม	4	2
12	4112	201	41+503	1051870	521693	ท่อเหลี่ยม	3	1.5	ท่อเหลี่ยม	4	1.5
13	4112	201	41+458	1051914	521685	ท่อเหลี่ยม	2	2.5	ท่อเหลี่ยม	3	2.5
14	4112	201	41+319	1052051	521659	ท่อเหลี่ยม	2	2.5	ท่อเหลี่ยม	3	2.5
15	4112	201	38+369	1054968	521877	ท่อเหลี่ยม	3	2.7	ท่อเหลี่ยม	4	2.7



ตารางที่ 8.3-2 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	4133	102	43+763	961575	527530	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.0.80
2	4133	102	43+812	961624	527611	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.80)	ท่อลอด	2	P.0.80
3	4133	102	43+837	961672	527728	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.80)	ท่อลอด	2	P.0.80
4	4133	102	43+899	961723	527855	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.0.80
5	4133	102	44+186	961968	529033	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.80)	ท่อลอด	2	P.0.80
6	4133	102	44+238	961999	529943	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	3	P.100
7	4133	102	44+238	961803	530432	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	3	P.100
8	4133	102	44+264	961569	530631	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
9	4133	102	44+290	961266	530794	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	3	P.100
10	4133	101	37+049	967367	525898	ท่อลอด	2	P.0.80	ท่อลอด	2	P.100
11	4133	101	37+190	967398	526303	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	2	P.0.80
12	4133	101	37+341	967324	526581	ท่อลอด	3	P.100	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.60)
13	4133	101	37+788	967125	527107	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	3	P.100
14	4133	101	37+960	966972	527226	ท่อเหลี่ยม	2	(2.10x2.30)	ท่อลอด	2	P.0.80
15	4133	101	38+586	966647	527941	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.90)	ท่อลอด	2	P.0.60
16	44	200	83+827	977358	522487	ท่อลอด	1	P.0.60	ท่อลอด	3	P.120
17	44	200	83+542	977776	521690	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	3	P.120
18	44	200	83+621	977598	521970	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	3	P.120
19	44	200	83+431	977353	521955	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	3	P.120
20	44	200	82+313	977193	521944	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	3	P.120



ตารางที่ 8.3-2(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
21	44	200	82+310	977180	521956	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	2	P.120
22	44	200	83+605	977563	521981	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	2	P.060
23	44	200	83+678	977919	521738	ท่อลอด	2	P.100	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.80)
24	44	200	84+964	977505	523893	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	2	P.100
25	44	200	85+159	977388	524259	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	3	P.120
26	44	200	85+639	977669	524656	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.120
27	44	200	86+011	977962	524892	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.0.80
28	44	200	86+486	977568	525953	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.60)	ท่อลอด	2	P.0.80
29	44	200	86+182	977983	525199	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	2	P.0.80
30	44	200	86+322	980648	522806	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	2	P.0.80
31	44	200	86+481	980948	522740	ท่อลอด	1	P.0.60	ท่อลอด	3	P.100
32	44	200	89+944	983082	525466	ท่อลอด	1	P.0.60	ท่อลอด	3	P.100
33	44	200	89+280	982810	524827	ท่อลอด	1	P.0.60	ท่อลอด	4	P.100
34	44	200	92+979	985499	527366	ท่อลอด	1	P.120	ท่อลอด	3	P.100
35	44	200	92+617	985235	527120	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	2	P.100
36	44	200	92+258	984961	526889	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	2	P.0.80
37	44	200	88+505	982337	524205	ท่อลอด	2	P.120	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.60)
38	44	200	86+171	980739	522513	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	3	P.100
39	44	200	88+564	980591	522360	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	2	P.0.80
40	44	200	88+858	980783	522310	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	2	P.0.60



ตารางที่ 8.3-2(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม.ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
41	44	200	88+566	982641	524013	ท่อเหลี่ยม	1	(1.80x1.80)	ท่อลอด	2	P.120
42	44	200	88+541	982633	523976	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	3	P.120
43	44	200	92+085	984941	526656	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	3	P.120
44	44	200	92+916	985568	527199	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	3	P.120



ตารางที่ 8.3-3 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	401	502	278+274	948902	604481	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
2	401	502	280+909	946272	604453	ท่อลอด	1	P.1.20	ท่อลอด	2	P.1.20
3	4103	101	0+451	946058	604124	ท่อลอด	2	P.1.50	ท่อลอด	3	P.1.50
4	4103	101	0+991	945653	603752	ท่อลอด	3	P.1.50	ท่อลอด	4	P.1.50
5	4103	101	1+349	945384	603505	ท่อลอด	3	P.1.50	ท่อลอด	4	P.1.50
6	4103	101	1+695	945126	603265	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
7	4103	101	1+934	944716	603349	ท่อลอด	1	P.0.60	ท่อลอด	2	P.0.60
8	401	502	279+031	948122	602315	ท่อลอด	1	P.0.80	ท่อลอด	2	P.0.80
9	4141	100	3+607	950854	601918	ท่อลอด	2	P.0.80	ท่อลอด	3	P.0.80
10	4103	101	4+469	942514	603432	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
11	401	502	284+640	942398	603611	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
12	401	503	291+581	936437	607945	ท่อลอด	3	P.0.80	ท่อลอด	4	P.0.80
13	401	503	292+093	935899	607890	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
14	401	503	292+863	935421	607810	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
15	401	503	292+863	935305	607818	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
16	401	503	292+863	935037	607893	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
17	401	503	292+863	934565	607902	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
18	401	503	292+863	934035	608028	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
19	401	503	292+863	933466	608156	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-4 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	408	101	20+136	907762	613353	ท่อเหลี่ยม	2	(2.50x2.10)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.50x2.10)
2	408	101	21+657	906282	613615	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
3	408	101	23+514	904435	614175	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
4	408	101	23+758	904213	614296	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
5	408	101	24+296	903723	614502	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
6	408	101	24+273	903889	614726	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
7	408	101	24+275	903975	614865	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
8	408	101	19+553	908302	613117	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
9	408	101	14+976	912164	610868	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
10	408	101	15+512	912037	611589	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
11	408	102	31+153	898542	619120	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
12	408	102	29+552	899719	618038	ท่อเหลี่ยม	3	(2.40x2.10)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.40x2.10)
13	408	101	4+243	922849	608587	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
14	408	101	4+237	922887	608760	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
15	408	101	4+121	922995	608772	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
16	4103	102	32+526	919507	608351	สะพาน	3	8+8+8	สะพาน	4	8+8+8
17	408	101	16+757	910901	612081	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
18	408	101	16+361	910819	611168	สะพาน	3	(10+10)	สะพาน	4	(10+10)
19	408	101	27+186	901460	616438	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
20	408	101	27+195	901279	616253	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-5 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	4151	201	10+619	893277	612523	ท่อเหลี่ยม	4	(2.10x1.80)	ท่อเหลี่ยม	5	(2.10x1.80)
2	4151	100	9+874	892999	613215	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	5	(1.80x1.80)
3	4151	100	9+763	892959	613318	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	5	(1.80x1.80)
4	4151	100	9+352	892805	613698	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	5	(1.80x1.80)
5	4151	100	9+112	892717	613920	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	5	(1.80x1.80)
6	4151	100	7+776	892608	615170	ท่อเหลี่ยม	3	(2.50x2.10)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.50x2.10)
7	4151	100	6+046	893139	616791	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)
8	4151	100	5+782	893309	616992	ท่อเหลี่ยม	3	(2.80x2.20)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.80x2.20)
9	4151	100	5+336	893611	617319	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
10	4151	100	4+828	893793	617779	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.90)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.90)
11	4151	100	3+695	893992	618889	ท่อลอด	2	P.1.20	ท่อลอด	3	P.1.20
12	4151	100	2+814	894303	619696	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)
13	4151	100	2+707	894360	619786	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)
14	4151	100	2+341	894669	619952	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	4	(1.80x1.80)
15	4151	100	1+752	895234	620116	ท่อเหลี่ยม	3	(2.40x2.10)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.40x2.10)
16	4151	100	3+506	889703	619873	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
17	4151	100	3+471	890030	619841	ท่อลอด	2	P.1.50	ท่อลอด	3	P.1.50
18	4151	100	3+467	890195	619822	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
19	4151	100	3+417	890437	619845	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
20	4151	100	3+381	890628	619845	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-5(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
21	4151	100	3+467	891005	619673	ท่อลอด	2	P.1.50	ท่อลอด	3	P.1.50
22	4151	100	3+375	891285	619727	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
23	4151	100	3+316	891485	619784	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
24	4151	100	3+291	891691	619863	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
25	4151	100	3+262	891932	619987	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
26	4151	100	3+241	892105	620053	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
27	4151	100	3+166	892595	620134	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
28	4151	100	3+132	892799	620179	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
29	4151	100	2+971	893116	620241	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
30	4151	100	2+805	893374	620283	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
31	4151	100	2+641	893912	620240	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
32	4151	100	2+592	894258	620145	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
33	4151	100	2+383	894622	619963	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
34	4165	100	9+182	881234	609789	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
35	4165	100	7+483	882822	609121	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
36	4165	100	6+702	883529	608761	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x1.80)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x1.80)



ตารางที่ 8.3-6 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	419	100	2+744	838486	564414	ท่อเหลี่ยม	2	(2.20x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.20x2.00)
2	419	100	2+751	838567	564081	ท่อเหลี่ยม	2	(2.10x2.10)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.10x2.10)
3	419	100	2+749	838661	563835	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
4	403	303	116+534	838847	562731	ท่อเหลี่ยม	2	(2.40x2.40)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.40x2.40)
5	403	303	116+401	838870	562680	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.80)
6	403	303	115+709	839414	562056	ท่อเหลี่ยม	2	(1.80x1.80)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.80x1.80)
7	403	303	115+416	839580	561805	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
8	403	303	115+206	839547	561506	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
9	403	303	114+739	839607	560851	ท่อเหลี่ยม	2	(2.10x2.40)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.10x2.40)
10	403	303	114+813	839269	560678	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
11	403	303	114+519	839201	560180	ท่อลอด	2	P.80	ท่อลอด	3	P.80
12	403	303	114+437	839212	559750	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
13	4046	101	6+444	838996	559268	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
14	4046	101	6+439	834753	559613	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
15	4046	101	6+323	834762	559728	สะพาน	3	(5+7+5)	สะพาน	4	(5+7+5)
16	4046	101	5+648	834795	560393	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
17	4046	101	5+576	834789	560464	ท่อเหลี่ยม	2	(1.50x1.70)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.50x1.70)
18	4046	101	4+781	834690	561243	ท่อเหลี่ยม	3	(2.60x2.60)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.60x2.60)
19	4046	101	4+386	834722	561609	ท่อเหลี่ยม	4	(3.00x2.50)	ท่อเหลี่ยม	5	(3.00x2.50)
20	4046	101	4+255	834785	561723	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x2.00)



ตารางที่ 8.3-6(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
21	4046	101	4+039	834893	561906	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
22	4046	101	3+311	835201	562553	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
23	4158	100	5+598	842244	559518	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
24	403	303	113+661	842376	560464	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
25	403	303	113+536	842681	562046	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
26	403	303	113+065	843153	562165	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
27	403	303	112+924	843291	562189	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
28	403	303	116+074	841316	564388	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
29	403	303	116+591	840518	564381	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
30	403	303	117+019	840112	564591	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
31	403	303	113+539	842676	562398	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
32	403	303	114+034	842201	562492	ท่อเหลี่ยม	1	(1.40x1.40)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.40x1.40)
33	403	303	114+041	842195	562494	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	3	P.120
34	403	303	114+446	841862	562711	ท่อเหลี่ยม	2	(1.40x1.40)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.40x1.40)
35	403	303	114+456	841856	562718	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	3	P.120
36	403	303	114+990	841480	563094	ท่อเหลี่ยม	2	(1.40x1.60)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.40x1.60)
37	403	303	114+998	841474	563100	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
38	403	303	115+420	841178	563398	ท่อเหลี่ยม	2	(1.40x1.40)	ท่อเหลี่ยม	3	(1.40x1.40)
39	403	303	115+433	841168	563407	ท่อเหลี่ยม	2	(3.00x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(3.00x2.00)
40	403	303	116+174	840657	563938	ท่อลอด	1	P.120	ท่อลอด	2	P.120



ตารางที่ 8.3-6(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
41	403	303	116+998	840079	564523	ท่อเหลี่ยม	3	(1.40x1.40)	ท่อเหลี่ยม	4	(1.40x1.40)
42	403	303	115+906	839305	562234	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
43	403	303	115+625	839762	562289	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
44	403	303	115+052	840329	562043	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
45	4046	101	3+520	838090	560846	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
46	4046	101	5+572	837748	560749	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
47	4046	101	5+655	837146	560610	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
48	4046	101	5+736	836382	560416	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
49	4046	101	5+758	836048	560357	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
50	4046	101	5+761	835664	560328	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
51	4046	101	5+762	834811	560281	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
52	4046	101	2+811	835755	563169	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
53	4046	101	2+921	835264	562956	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
54	4046	101	3+337	835914	562461	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
55	4046	101	3+321	836199	562485	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
56	403	304	127+228	832216	562755	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
57	403	304	127+746	831984	562299	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
58	403	304	127+827	831924	562249	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
59	403	304	128+054	831723	562145	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
60	403	304	128+343	831502	561956	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-6(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
61	403	304	129+356	830635	561590	ท่อเหลี่ยม	1	(1.00x1.00)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.00x1.00)
62	403	304	129+454	830537	561590	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
63	403	304	130+040	829955	561629	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
64	403	304	130+511	829486	561666	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
65	403	304	130+256	829645	560627	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
66	403	304	130+160	829804	561362	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
67	403	304	130+195	829798	561617	ท่อลอด	1	P.40	ท่อลอด	2	P.40
68	403	304	130+384	829625	561940	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
69	403	304	130+401	829622	561981	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
70	403	304	130+405	829618	561990	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x2.00)
71	403	304	130+458	829559	562018	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
72	403	304	130+468	829555	562185	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
73	403	304	130+291	829762	562329	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
74	403	304	130+284	829769	562328	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
75	403	304	130+119	829977	562512	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
76	403	304	129+931	830182	562486	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
77	4306	100	2+219	830763	561546	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
78	4306	100	1+664	831233	561458	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
79	4306	100	1+755	831149	560160	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x2.00)
80	4306	100	1+668	831431	559323	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-6(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
81	4046	101	8+119	831766	558561	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
82	4046	101	7+379	832956	559040	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
83	4046	101	6+449	832912	559755	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
84	4046	101	7+358	833235	559006	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
85	4046	101	7+358	833293	559002	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
86	4046	101	7+341	833433	558992	ท่อลอด	1	P.120	ท่อลอด	2	P.120
87	4046	101	7+148	834233	558994	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
88	4046	101	7+072	834571	559012	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
89	4046	101	7+059	834669	559008	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
90	4306	100	1+445	831424	561477	ท่อลอด	1	P.40	ท่อลอด	2	P.40
91	4306	100	1+339	831517	561473	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
92	4306	100	1+010	831812	561504	ท่อลอด	1	P.40	ท่อลอด	2	P.40
93	4306	100	0+991	831950	561510	ท่อลอด	1	P.40	ท่อลอด	2	P.40
94	4306	100	0+575	831952	561814	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
95	403	304	128+514	831457	561753	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
96	4306	100	0+540	831950	561855	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
97	4306	100	0+047	832024	562277	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
98	403	304	127+408	832154	562587	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
99	403	304	127+271	832519	562597	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
100	403	304	127+264	832599	562572	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60



ตารางที่ 8.3-7 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	414	102	13+099	781704	664739	ท่อเหลี่ยม	1	(1.50x1.30)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.50x1.30)
2	414	102	12+874	781903	664844	ท่อเหลี่ยม	1	(1.40x1.50)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.40x1.50)
3	414	102	12+570	782164	664999	ท่อเหลี่ยม	1	(1.50x1.50)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.50x1.50)
4	414	102	12+276	782411	665157	ท่อเหลี่ยม	1	(1.50x1.50)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.50x1.50)
5	414	102	12+177	782503	665198	ท่อลอด	2	P.120	ท่อลอด	3	P.120
6	414	102	12+076	782584	665257	ท่อเหลี่ยม	1	(1.70x2.30)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.70x2.30)
7	414	102	7+386	785685	668302	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
8	414	102	6+222	786795	668351	ท่อลอด	2	P.80	ท่อลอด	3	P.80
9	414	102	6+158	786864	668342	ท่อลอด	2	P.80	ท่อลอด	3	P.80
10	414	102	5+736	787443	668369	ท่อเหลี่ยม	1	(1.50x1.00)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.50x1.00)
11	414	102	5+736	787614	668089	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
12	414	102	5+711	787943	667867	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
13	414	102	5+686	788124	667800	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
14	414	102	5+686	788217	667759	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
15	414	102	5+711	788267	667337	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
16	414	102	5+725	788272	667158	ท่อเหลี่ยม	1	(2.30x1.00)	ท่อเหลี่ยม	2	(2.30x1.00)
17	414	102	5+728	788273	667150	ท่อเหลี่ยม	3	(2.40x1.50)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.40x1.50)
18	414	102	5+732	788277	667136	ท่อเหลี่ยม	3	(2.40x1.50)	ท่อเหลี่ยม	4	(2.40x1.50)
19	414	102	5+736	788281	667122	ท่อเหลี่ยม	1	(2.30x1.50)	ท่อเหลี่ยม	2	(2.30x1.50)
20	414	102	5+736	788333	667014	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-7(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
21	414	102	5+736	788433	666651	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
22	414	102	5+736	788496	666372	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
23	414	102	8+725	788654	665116	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
24	414	102	8+728	788650	665066	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
25	414	102	8+728	788644	664980	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x2.00)
26	414	102	8+754	788605	664591	ท่อเหลี่ยม	1	(2.80x1.70)	ท่อเหลี่ยม	2	(2.80x1.70)
27	414	102	8+754	788588	664441	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
28	414	102	8+754	788586	664421	ท่อเหลี่ยม	1	(2.40x1.60)	ท่อเหลี่ยม	2	(2.40x1.60)
29	414	102	11+058	785292	662630	ท่อลอด	1	P.60	ท่อลอด	2	P.60
30	414	102	11+945	783855	663375	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
31	414	102	12+215	783505	663462	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
32	414	102	12+662	782953	663471	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
33	414	102	12+921	782460	663764	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
34	414	102	12+974	782370	663820	สะพาน	5	(5+10+20+10+5)	สะพาน	6	(5+10+20+10+5)
35	414	102	13+199	782132	663834	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80
36	414	102	13+373	781468	664600	ท่อเหลี่ยม	1	(1.40x1.00)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.40x1.00)
37	414	102	5+191	787313	669426	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
38	414	102	4+607	787365	670006	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
39	414	102	3+894	787429	670716	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
40	414	101	2+166	787597	672436	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100



ตารางที่ 8.3-7(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม.ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
41	414	101	1+936	787616	672667	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
42	414	101	1+363	787814	673188	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
43	414	101	0+917	788058	673566	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
44	414	101	0+874	788073	673607	ท่อเหลี่ยม	1	(1.00x1.00)	ท่อเหลี่ยม	2	(1.00x1.00)
45	414	102	9+932	784097	666886	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x2.00)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x2.00)
46	414	102	10+021	783998	666902	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
47	414	102	10+837	783134	666774	ท่อลอด	1	P.80	ท่อลอด	2	P.80



ตารางที่ 8.3-8 การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
1	408	301	183+117	778979	682832	ท่อเหลี่ยม	3	2.20x2.00	ท่อเหลี่ยม	4	2.20x2.00
2	408	301	183+371	778756	682954	ท่อเหลี่ยม	3	2.50x2.00	ท่อเหลี่ยม	4	2.50x2.00
3	408	301	183+764	778409	683140	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
4	408	301	183+412	778708	682951	ท่อเหลี่ยม	1	1.50x1.50	ท่อเหลี่ยม	2	1.50x1.50
5	408	301	183+844	779975	686319	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
6	408	301	184+444	778740	685409	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
7	408	301	184+293	778741	684949	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
8	408	301	184+293	778727	684877	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
9	408	301	184+027	778805	684481	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
10	408	301	184+125	778088	683308	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
11	408	301	184+412	777831	683438	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
12	408	301	185+075	777238	683736	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
13	408	301	185+498	776858	683926	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
14	408	301	186+203	776184	684141	ท่อเหลี่ยม	2	1.50x1.50	ท่อเหลี่ยม	3	1.50x1.50
15	408	301	186+247	776142	684155	ท่อเหลี่ยม	2	2.40x2.00	ท่อเหลี่ยม	3	2.40x2.00
16	408	301	186+283	776108	684165	ท่อเหลี่ยม	2	1.50x1.50	ท่อเหลี่ยม	3	1.50x1.50
17	408	301	186+351	776043	684185	ท่อเหลี่ยม	2	1.50x1.50	ท่อเหลี่ยม	3	1.50x1.50
18	408	301	186+442	775956	684213	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
19	408	301	186+958	775462	684369	ท่อลอด	3	P.100	ท่อลอด	4	P.100
20	408	301	187+036	775388	684393	ท่อเหลี่ยม	3	2.50x2.00	ท่อเหลี่ยม	4	2.50x2.00



ตารางที่ 8.3-8(ต่อ) การคัดเลือกการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของทั้งพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

ลำดับ	เลขทางหลวง	ตอน	หลักกม. ที่	พิกัด (เหนือ)	พิกัด (ตะวันออก)	สภาพปัจจุบัน			สภาพปรับปรุง		
						ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)	ประเภทอาคาร	จำนวนช่อง	ขนาดแต่ละช่อง (ม.)
21	408	301	187+781	774695	684662	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
22	408	301	187+802	774676	684671	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
23	408	301	188+620	773931	685013	ท่อเหลี่ยม	2	2.20x2.00	ท่อเหลี่ยม	3	2.20x2.00
24	408	301	188+722	773837	685053	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
25	408	301	189+013	773564	685159	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100
26	408	301	189+552	773044	685299	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
27	408	301	185+390	778400	687069	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
28	408	301	184+293	779762	686893	ท่อเหลี่ยม	2	(2.00x1.60)	ท่อเหลี่ยม	3	(2.00x1.60)
29	408	301	184+162	779963	686974	ท่อลอด	1	P.100	ท่อลอด	2	P.100
30	408	301	183+892	780532	687432	ท่อลอด	2	P.100	ท่อลอด	3	P.100



8.3.2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุน

ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำที่ปรึกษาจะพิจารณาจากความสามารถในการลดขนาดของพื้นที่น้ำท่วมหากมีการปรับปรุงขนาดของอาคารระบายน้ำตามแบบขั้นต้นที่แนะนำ ตามที่เสนอแนะในหัวข้อที่ 8.3.1 โดยในการวิเคราะห์จะใช้เหตุการณ์น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี มาพิจารณา โดยผลการวิเคราะห์ ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของแต่ละพื้นที่ศึกษานำร่องดังแสดงในตารางที่ 8.3-9 ถึง 8.3-16

สำหรับการวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงขนาดของอาคารระบายน้ำนั้น ที่ปรึกษาจะนำขนาดของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดได้ มาคูณกับมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม โดยใช้ข้อมูลท่วมผลการประเมินจากสถิติความเสียหายของน้ำท่วมของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย มาพิจารณา ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว พบว่า มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมมีค่าเฉลี่ยประมาณประมาณ 2,020.57 บาท/ไร่ ดังนั้นหากนำมูลค่านี้มาคูณกับขนาดของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลงอันเนื่องมาจากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ก็จะได้ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของแต่ละพื้นที่ ดังแสดงตารางที่ 8.3-17



ตารางที่ 8.3-9 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 1

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	6,590.76	4,971.63	2,245.05	8.61	13,816.05	3,818.91	801.61	82.38	0.06	4,702.96
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	202.31	591.48	162.08	-	955.87	551.38	11.53	1.81	-	564.72
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	26.97	3.45	31.26	7.44	69.12	19.74	7.60	12.27	-	39.61
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	2,022.91	5,581.67	1,432.20	1.66	9,038.44	6,016.94	112.34	15.30	-	6,144.58
ป่าไม้	1,217.37	1,559.86	631.49	19.65	3,428.37	1,395.95	195.74	61.24	-	1,652.94
พื้นที่อื่นๆ	946.86	1,265.69	327.16	4.44	2,544.15	778.52	78.27	11.70	-	868.49
ที่อยู่อาศัย	484.74	306.99	115.74	7.16	914.63	206.98	41.77	18.49	-	267.23
แหล่งน้ำ	348.79	964.83	477.33	50.80	1,841.74	1,136.03	138.59	104.46	-	1,379.08
ผลรวมทั้งหมด	11,840.71	15,245.61	5,422.31	99.75	32,608.38	13,924.45	1,387.45	307.66	0.06	15,619.62



ตารางที่ 8.3-10 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 3

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	5,027.50	3,580.13	4,163.77	268.60	13,039.99	3,641.23	1,412.30	433.74	10.18	5,497.44
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	1.23	3.15	382.64	-	387.02	380.51	3.51	-	-	384.02
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	1,884.37	1,654.91	886.92	70.49	4,496.69	847.30	387.33	111.91	-	1,346.54
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	5,718.49	7,451.36	11,803.70	1,950.15	26,923.69	9,871.88	3,784.89	2,402.16	157.81	16,216.74
ป่าไม้	8.31	4.99	3.67	0.04	17.02	4.30	0.21	0.05	-	4.55
พื้นที่อื่นๆ	86.71	436.88	2,766.10	1,027.90	4,317.59	1,015.32	1,608.95	1,311.32	62.70	3,998.29
ที่อยู่อาศัย	12,726.59	13,131.42	20,006.80	3,317.17	49,181.98	15,760.55	7,197.19	4,259.17	230.69	27,447.59
แหล่งน้ำ	5,027.50	3,580.13	4,163.77	268.60	13,039.99	3,641.23	1,412.30	433.74	10.18	5,497.44
ผลรวมทั้งหมด	1.23	3.15	382.64	-	387.02	380.51	3.51	-	-	384.02



ตารางที่ 8.3-11 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 4

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	6,610.54	4,969.52	3,358.80	897.32	15,836.18	3,309.31	1,071.44	1,167.66	-	5,548.40
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	152.09	58.50	260.23	0.02	470.84	235.23	32.26	0.02	-	267.51
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	8.55	1.85	11.61	-	22.01	12.01	0.23	-	-	12.24
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	343.66	150.17	264.76	6.75	765.34	255.71	14.82	22.54	-	293.06
ป่าไม้	45.56	4.14	1.16	-	50.86	1.75	-	-	-	1.75
พื้นที่อื่นๆ	3,533.76	2,625.22	2,695.16	591.24	9,445.38	2,348.73	1,022.91	784.49	0.09	4,156.21
ที่อยู่อาศัย	2,163.39	820.72	672.54	8.28	3,664.93	442.16	341.15	17.78	-	801.10
แหล่งน้ำ	277.51	389.51	682.38	114.84	1,464.24	566.07	261.37	140.33	1.41	969.19
ผลรวมทั้งหมด	13,135.06	9,019.63	7,946.64	1,618.45	31,719.78	7,170.97	2,744.17	2,132.83	1.50	12,049.47



ตารางที่ 8.3-12 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 5

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	15,756.67	17,096.54	28,741.66	3,347.30	64,942.17	18,245.57	12,834.00	5,920.89	279.43	37,279.89
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	13.98	32.15	28.27	-	74.40	24.73	10.43	-	-	35.16
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	9.20	2.95	11.55	-	23.70	5.68	7.20	-	-	12.88
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	3,209.57	5,224.42	17,313.30	8,171.42	33,918.70	7,528.15	7,218.52	11,604.61	1,152.34	27,503.63
ป่าไม้	5,258.63	6,629.76	8,725.37	1,173.77	21,787.52	5,461.43	4,166.46	1,785.62	66.66	11,480.17
พื้นที่อื่นๆ	1,675.72	1,100.01	883.84	69.28	3,728.84	675.07	404.78	111.19	5.72	1,196.77
ที่อยู่อาศัย	218.81	378.70	1,325.35	612.97	2,535.83	574.97	805.84	522.16	163.77	2,066.74
แหล่งน้ำ	26,142.58	30,464.52	57,029.34	13,374.73	127,011.2	32,515.61	25,447.23	19,944.47	1,667.92	79,575.23
ผลรวมทั้งหมด	15,756.67	17,096.54	28,741.66	3,347.30	64,942.17	18,245.57	12,834.00	5,920.89	279.43	37,279.89



ตารางที่ 8.3-13 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 8

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	30,181.79	16,478.96	9,549.31	235.59	56,445.66	9,825.18	3,111.43	347.17	8.08	13,291.87
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	80.94	0.39	12.14	-	93.47	11.81	0.64	-	-	12.45
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	52.58	8.76	8.32	0.07	69.72	3.59	4.80	0.22	-	8.61
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	0.02	0.01	-	-	0.02	13,021.10	10,529.03	6,430.82	965.06	30,946.02
ป่าไม้	33,010.84	14,636.50	21,678.90	5,453.46	74,779.71	3,305.80	1,797.96	1,589.12	14.55	6,707.42
พื้นที่อื่นๆ	16,013.14	4,441.32	4,597.86	1,069.10	26,121.43	509.26	214.73	20.32	-	744.31
ที่อยู่อาศัย	2,685.79	1,102.35	582.08	6.41	4,376.63	1,104.33	599.63	743.29	2.96	2,450.22
แหล่งน้ำ	2,227.86	988.73	1,394.66	706.46	5,317.71	27,781.08	16,258.22	9,130.95	990.66	54,160.91
ผลรวมทั้งหมด	84,252.95	37,657.03	37,823.27	7,471.09	167,204.3	9,825.18	3,111.43	347.17	8.08	13,291.87



ตารางที่ 8.3-14 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 11

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	5,607.06	5,635.48	7,444.13	3,472.86	22,159.53	4,207.40	3,779.54	4,200.57	336.33	12,523.84
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.77	8.13	22.82	9.94	41.66	4.16	5.34	26.58	-	36.08
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	11.29	12.89	7.40	1.96	33.53	4.68	4.62	0.14	1.88	11.33
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	7.35	10.38	46.93	0.12	64.79	25.48	24.90	0.20	-	50.58
ป่าไม้	782.24	1,051.98	2,060.65	1,449.11	5,343.97	1,188.55	1,016.79	1,533.89	147.77	3,887.00
พื้นที่อื่นๆ	997.70	1,255.27	1,676.84	1,611.33	5,541.13	1,128.74	767.63	1,335.61	451.74	3,683.72
ที่อยู่อาศัย	360.69	382.40	378.08	101.46	1,222.63	314.28	158.83	147.68	40.42	661.21
แหล่งน้ำ	295.82	337.58	481.69	2,148.03	3,263.12	337.57	294.30	594.05	1,621.79	2,847.71
ผลรวมทั้งหมด	8,062.92	8,694.11	12,118.53	8,794.81	37,670.36	7,210.85	6,051.96	7,838.73	2,599.92	23,701.47



ตารางที่ 8.3-15 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 12

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	20,855.09	8,730.00	2,911.99	27.46	32,524.54	5,612.44	1,269.02	50.93	8.32	6,940.72
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	33.29	22.37	7.02	-	62.67	14.83	2.95	-	-	17.79
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	156.91	10.32	216.48	2.09	385.80	217.54	1.36	2.09	-	220.99
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	2,360.56	409.60	667.13	1.65	3,438.94	604.19	242.26	5.60	-	852.05
ป่าไม้	4,690.08	3,719.51	1,998.49	40.52	10,448.60	3,203.23	1,022.78	115.21	2.70	4,343.92
พื้นที่อื่นๆ	3,438.73	1,677.13	787.62	25.79	5,929.28	1,110.44	373.50	116.03	6.28	1,606.25
ที่อยู่อาศัย	3,563.82	410.34	184.87	1.24	4,160.28	269.08	68.12	38.15	0.09	375.44
แหล่งน้ำ	943.92	1,576.94	2,595.95	884.16	6,000.96	1,793.71	1,303.30	1,006.62	225.01	4,328.64
ผลรวมทั้งหมด	36,042.41	16,556.20	9,369.55	982.91	62,951.06	12,825.47	4,283.30	1,334.62	242.41	18,685.80



ตารางที่ 8.3-16 ผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่องที่ 13

การใช้ที่ดิน	พื้นที่น้ำท่วมก่อนปรับปรุง (ไร่)					พื้นที่น้ำท่วมหลังปรับปรุง (ไร่)				
	ระดับความลึกน้ำท่วม					ระดับความลึกน้ำท่วม				
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	8,658.80	3,471.82	4,164.44	797.24	17,092.29	3,471.82	3,070.78	1,613.70	277.19	8,433.49
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	17.65	14.31	16.05	0.39	48.39	14.31	13.69	2.75	-	30.75
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	342.25	383.66	721.55	294.41	1,741.86	383.66	332.51	678.34	5.10	1,399.61
สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	513.77	543.87	1,066.12	258.84	2,382.61	543.87	402.19	916.87	5.90	1,868.83
ป่าไม้	3,209.97	1,480.99	563.84	107.73	5,362.53	1,480.99	371.83	265.65	34.09	2,152.56
พื้นที่อื่นๆ	656.56	337.07	282.81	112.19	1,388.64	337.07	218.89	107.74	68.38	732.07
ที่อยู่อาศัย	368.43	204.99	908.94	2,494.45	3,976.82	204.99	261.03	3,128.32	14.04	3,608.38
แหล่งน้ำ	13,767.44	6,436.71	7,723.74	4,065.25	31,993.14	6,436.71	4,670.91	6,713.38	404.70	18,225.70
ผลรวมทั้งหมด	8,658.80	3,471.82	4,164.44	797.24	17,092.29	3,471.82	3,070.78	1,613.70	277.19	8,433.49

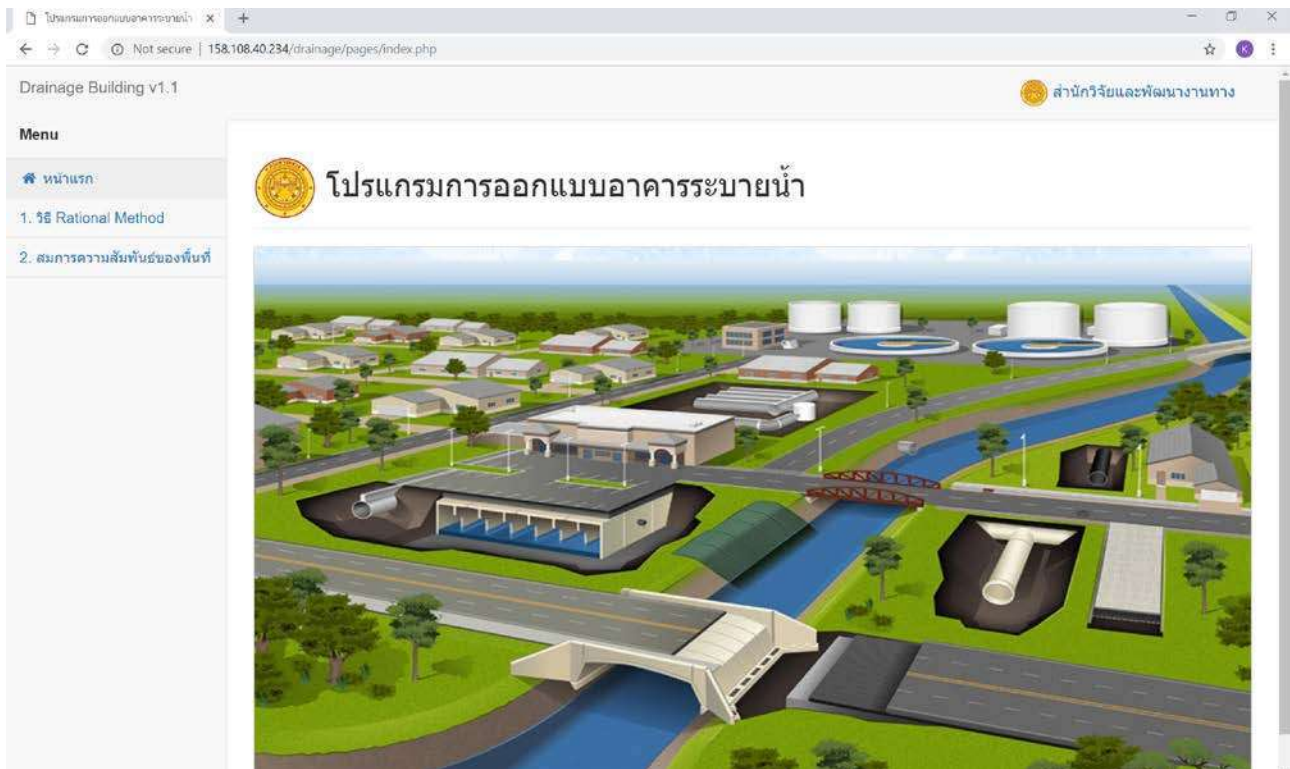


ตารางที่ 8.3-17 สรุปผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษานำร่อง

พื้นที่ศึกษา	ขนาดพื้นที่น้ำท่วมตามความลึกที่ลดลง (ไร่)					ผลประโยชน์ (ล้านบาท)
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0	รวมพื้นที่ (ไร่)	
พื้นที่ที่ 1	-2,083.74	13,858.16	5,114.65	99.69	16,988.76	34.32
พื้นที่ที่ 3	-4,681.62	14,036.29	35,225.28	6,431.39	51,011.36	103.04
พื้นที่ที่ 4	5,964.09	6,275.46	5,813.81	1,616.95	19,670.31	39.73
พื้นที่ที่ 5	-2,488.90	4,262.54	22,820.77	3,067.87	27,662.28	55.88
พื้นที่ที่ 8	74,427.77	34,545.60	37,476.10	7,463.01	153,912.43	310.90
พื้นที่ที่ 11	852.07	2,642.15	4,279.80	6,194.89	13,968.89	28.22
พื้นที่ที่ 12	23,216.94	12,272.90	8,034.93	740.50	44,265.26	89.42
พื้นที่ที่ 13	5,186.98	401.04	2,550.74	520.05	8,658.80	17.49
รวมมูลค่าผลประโยชน์						679.00

8.3.3. การจัดทำระบบช่วยตัดสินใจ (Decision Support System)

ในการจัดทำระบบช่วยตัดสินใจที่ปรึกษาได้พัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ที่ช่วยในการออกแบบอาคารระบายน้ำ ซึ่งจะช่วยให้วิศวกรของกรมทางหลวงสามารถใช้งานได้โดยง่ายและลดขั้นตอนยุ่งยากในการออกแบบ โดยโปรแกรมประยุกต์ที่จัดทำขึ้น ผู้ออกแบบสามารถเลือกวิธีการออกแบบอาคารระบายน้ำได้ 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 8.3-1 โดยวิธีแรก คือ วิธี Rational Method และวิธีที่ 2 คือ การวิเคราะห์จากสมการความสัมพันธ์ของพื้นที่ ซึ่งใช้สมการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่พัฒนาขึ้นภายในโครงการนี้เป็นแนวทางในการออกแบบ



รูปที่ 8.3-1 หน้าจอหลักของโปรแกรมการออกแบบอาคารระบายน้ำที่พัฒนาขึ้น

สำหรับการออกแบบด้วยวิธี Rational ผู้ออกต้องทำการกำหนดพื้นที่ของจังหวัดที่ต้องการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ รวมถึงขนาดพื้นที่รับน้ำ รอบปีการเกิดซ้ำที่ต้องการออกแบบ สัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า ตลอดจนจำนวนแถวของอาคารระบายน้ำ และความลาดชันของอาคารระบายน้ำที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 8.3-2 จากนั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด และขนาดของหน้าตัดอาคารระบายน้ำที่ต้องการในแต่ละแถว ดังแสดงในรูปที่ 8.3-3



Drainage Building v1.1

1. วิธี Rational Method

นำเข้าข้อมูล

ที่ตั้งอาคารระบายน้ำ (จังหวัด)
นครหรือรรราช

ขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของอาคารระบายน้ำ (ตารางกิโลเมตร)
15

รอบปีการเกิดซ้ำที่ออกแบบ (ปี)
10

สัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า
0.7

ขนาดอาคารระบายน้ำแนะนำ จำนวนแถวอาคารระบายน้ำที่ต้องการ (แถว)
2

ความลาดชันของท่อออกแบบ (1 ต่อ xxx)
800

Next Step Reset

รูปที่ 8.3-2 การกำหนดข้อมูลการออกแบบด้วยวิธี Rational Method

Drainage Building v1.1

1. วิธี Rational Method

ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณอัตราการไหลออกแบบ (ลบ.ม/วินาที)
153.8313

ขนาดพื้นที่หน้าตัด อาคารระบายน้ำที่ต้องการต่อแถว (ตร.ม.)
10.8389

Start Again

รูปที่ 8.3-3 ผลการออกแบบอาคารระบายน้ำด้วยวิธี Rational Method



สำหรับการออกแบบด้วยวิธีการวิเคราะห์จากสมการความสัมพันธ์ของพื้นที่ ผู้ออกต้องทำการกำหนดพื้นที่ของกลุ่มน้ำที่เป็นที่ตั้งของอาคารระบายน้ำที่ต้องการออกแบบ รวมถึง ขนาดการใช้ที่ดินตามผลความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละกลุ่มน้ำ ตลอดจนจำนวนแถวของอาคารระบายน้ำ และความลาดชันของอาคารระบายน้ำที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 8.3-4 จากนั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด และขนาดของหน้าตัดอาคารระบายน้ำที่ต้องการในแต่ละแถว ดังแสดงในรูปที่ 8.3-5

Drainage Building v1.1

Menu

- หน้าแรก
- 1. วิธี Rational Method
- 2. สมการความสัมพันธ์ของพื้นที่

2. สมการความสัมพันธ์ของพื้นที่

นำเข้าข้อมูล

ที่ตั้งอาคารระบายน้ำ (กลุ่มน้ำ)
ทะเลสาบสงขลา

ขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของอาคารระบายน้ำ (ตารางกิโลเมตร)
27

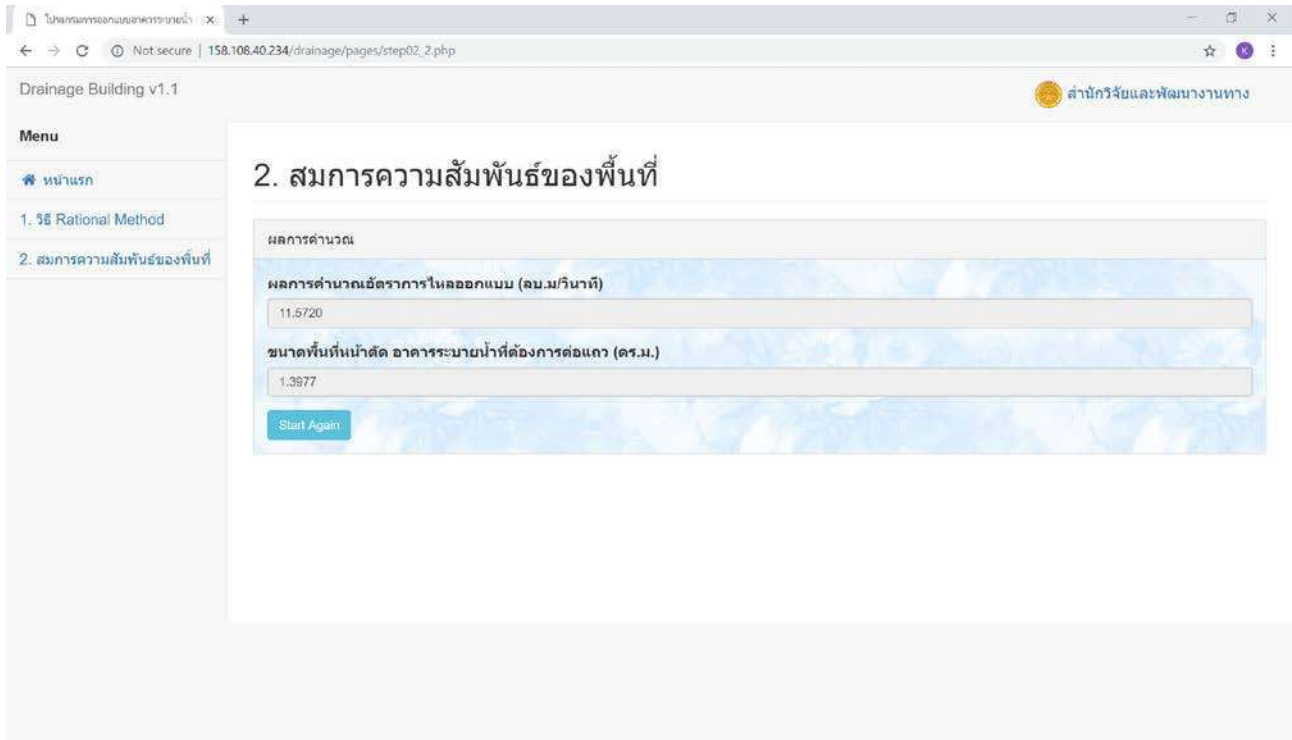
พื้นที่เกษตรกรรม (ตารางกิโลเมตร) 12 พื้นที่ที่อยู่อาศัย (ตารางกิโลเมตร) 8

ขนาดอาคารระบายน้ำแนะนำ จำนวนแถวอาคารระบายน้ำที่ต้องการ (แถว)
2

ความลาดชันของท่อออกแบบ (1 ต่อ xxx)
600

Next Step Reset

รูปที่ 8.3-4 การกำหนดข้อมูลการออกแบบด้วยวิธีสมการความสัมพันธ์ของพื้นที่



รูปที่ 8.3-5 ผลการออกแบบอาคารระบายน้ำด้วยวิธีสมการความสัมพันธ์ของพื้นที่



8.4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำ กรณีใช้แบบก่อสร้างแนะนำ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบแนะนำ มีสมมติฐานในการในการศึกษาดังนี้

- วิเคราะห์การไหลผ่านอาคารระบายน้ำตามแบบการก่อสร้างที่เสนอแนะในหัวข้อ 8.3 โดยการปรับขนาดของอาคารระบายน้ำให้สอดคล้องกับแบบแนะนำดังกล่าวในแบบจำลองคณิตศาสตร์
- แนวทางการปรับขนาดท่อระบายน้ำในบางตำแหน่ง จะตั้งเป้าหมายให้สามารถลดขนาดพื้นที่น้ำท่วมได้อย่างน้อยโดยผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการลดปัญหาน้ำท่วมจะต้องมากกว่ามูลค่าการลงทุนในการปรับขนาดอาคารระบายน้ำ
- ในการวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำท่วมจะกำหนดให้ใช้เหตุการณ์น้ำท่วมตามผลการวิเคราะห์ที่รอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) 20 ปี ซึ่งเป็นเงื่อนไขโดยทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำประเภทท่อลอด

จากแนวทางการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายน้ำกรณีใช้แบบก่อสร้างแนะนำ สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบขนาดของพื้นที่น้ำท่วมระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้ดังแสดงในรูปที่ 8.4-1 ถึงรูปที่ 8.4-8 และสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.4-1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผลของการปรับขนาดอาคารระบายน้ำจะทำให้ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องกรณีวิเคราะห์ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี ลดลงอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 37.08 ถึงร้อยละ 92.05 โดยมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลงเท่ากับร้อยละ 56.58 ทั้งนี้สามารถสรุปจำนวนอาคารระบายน้ำที่ทำการปรับปรุงในแต่ละพื้นที่ดังตารางที่ 8.4-2

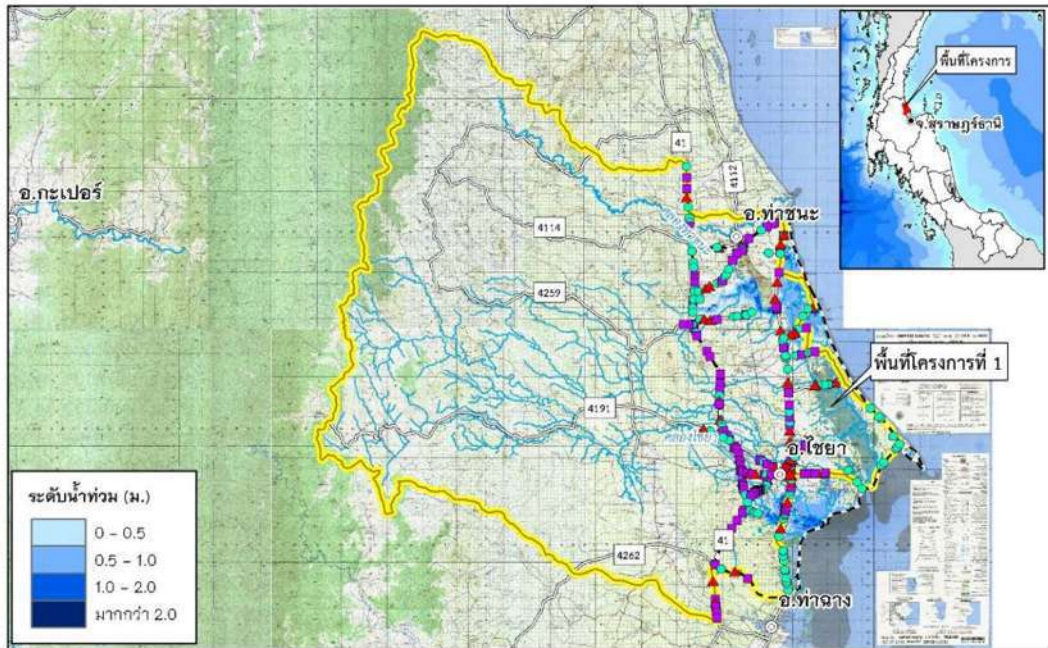
ตารางที่ 8.4-1 พื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ

พื้นที่ศึกษานำร่อง	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)		ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วมที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
พื้นที่ที่ 1	32,608.38	15,619.62	52.10
พื้นที่ที่ 3	111,403.97	60,392.61	45.79
พื้นที่ที่ 4	31,719.78	12,049.47	62.01
พื้นที่ที่ 5	64,942.17	37,279.89	42.60
พื้นที่ที่ 8	167,204.30	13,291.87	92.05
พื้นที่ที่ 11	37,670.36	23,701.47	37.08
พื้นที่ที่ 12	62,951.06	18,685.80	70.32
พื้นที่ที่ 13	17,092.29	8,433.49	50.66
ค่าเฉลี่ย			56.58



ตารางที่ 8.4-2 สรุปจำนวนและประเภทของอาคารระบายน้ำที่ปรับปรุงในพื้นที่ศึกษานำร่อง

พื้นที่ศึกษานำร่อง	ลุ่มน้ำ	รวมตำแหน่งที่ปรับปรุง
พื้นที่ที่ 1	ภาคใต้ตะวันออก	15
พื้นที่ที่ 3	ตาปี	44
พื้นที่ที่ 4	ภาคใต้ตะวันออก	19
พื้นที่ที่ 5	ภาคใต้ตะวันออก	20
พื้นที่ที่ 8	ภาคใต้ตะวันออก	36
พื้นที่ที่ 11	ภาคใต้ตะวันตก	100
พื้นที่ที่ 12	ทะเลสาบสงขลา	47
พื้นที่ที่ 13	ภาคใต้ตะวันออก	30
รวม		311

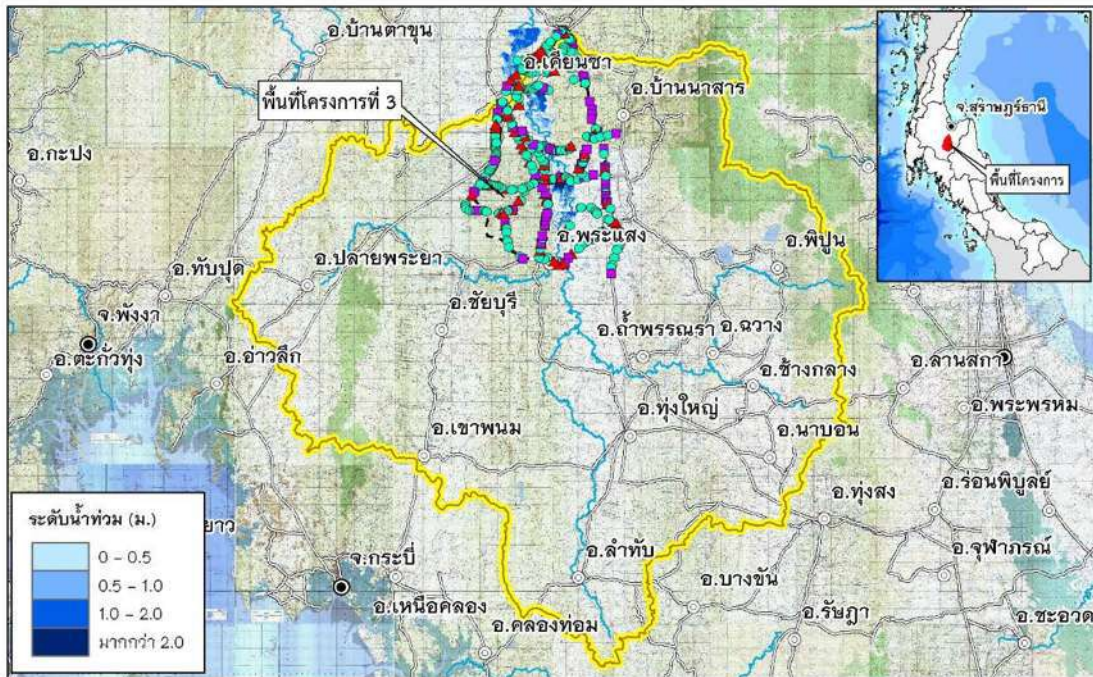


(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน

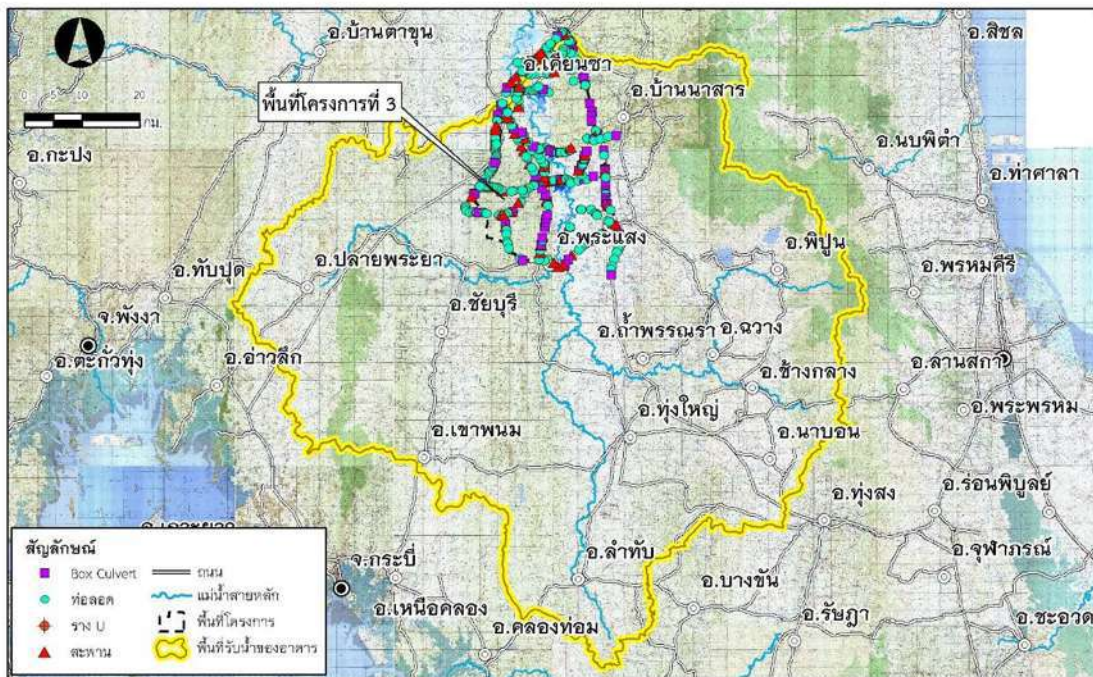


(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-1 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 1

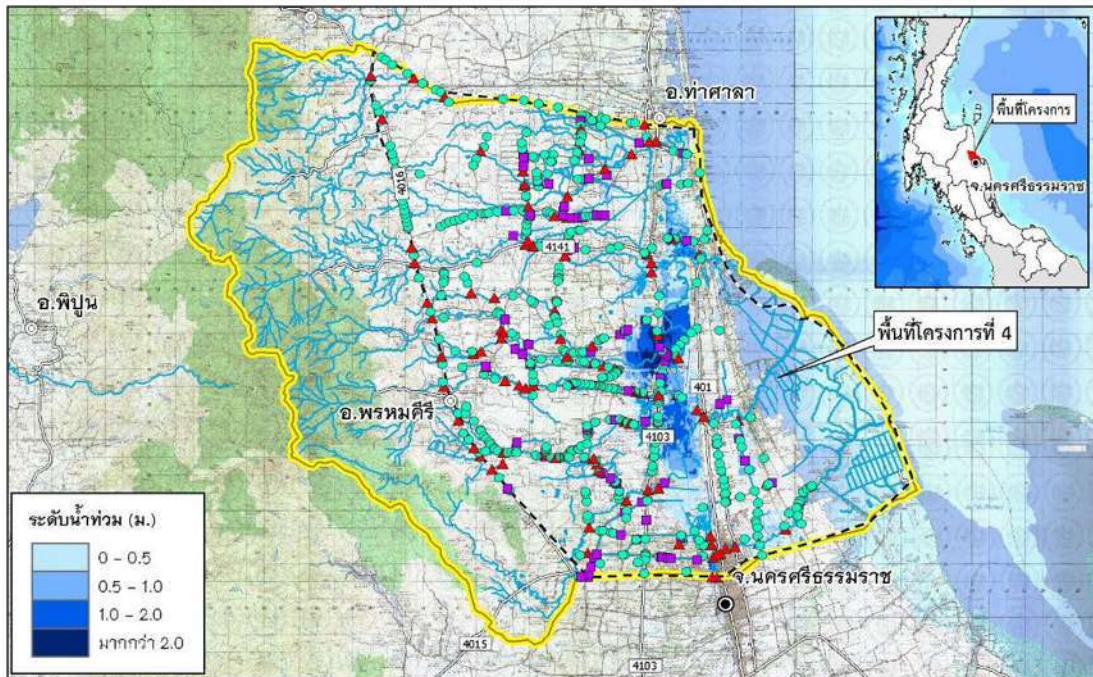


(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน

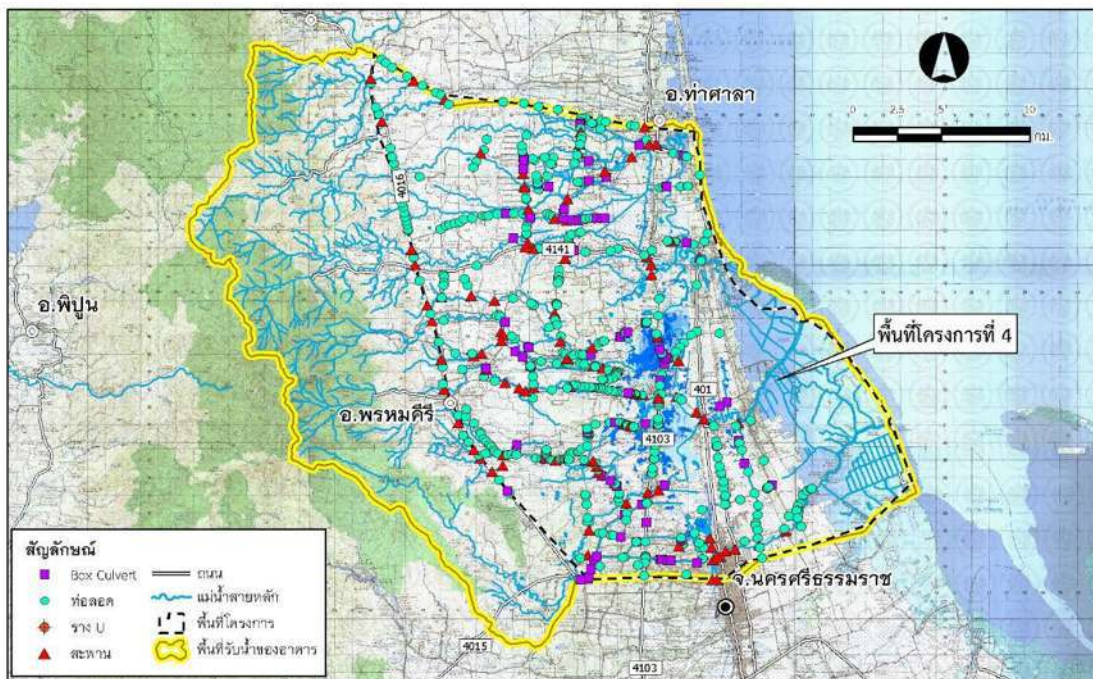


(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-2 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 3

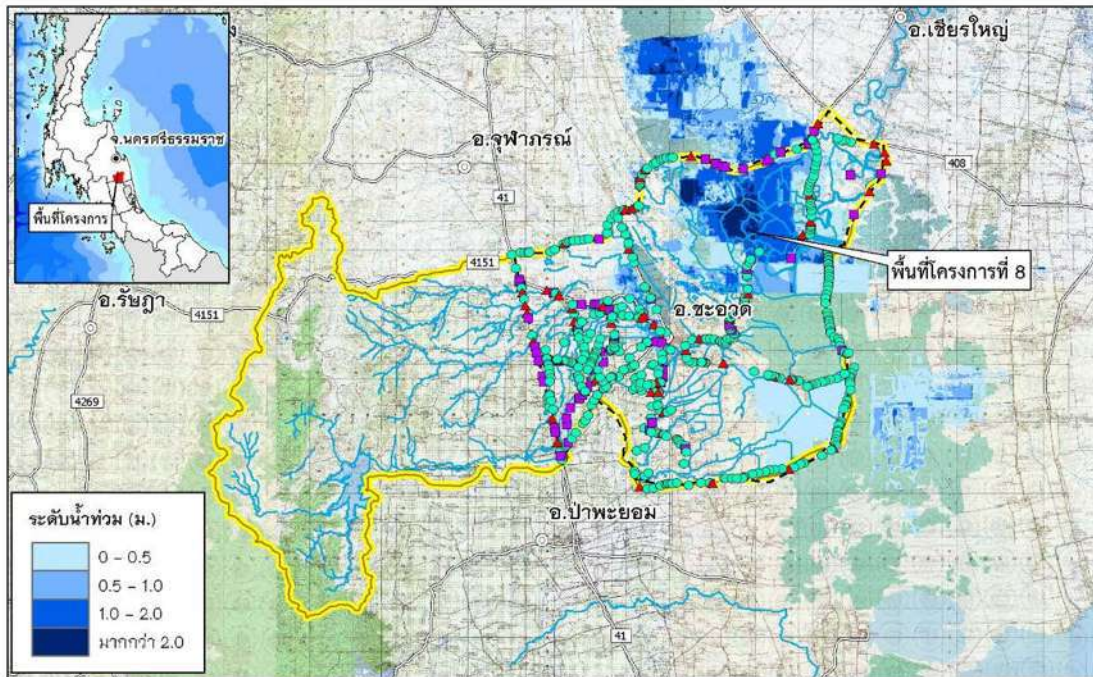


(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน

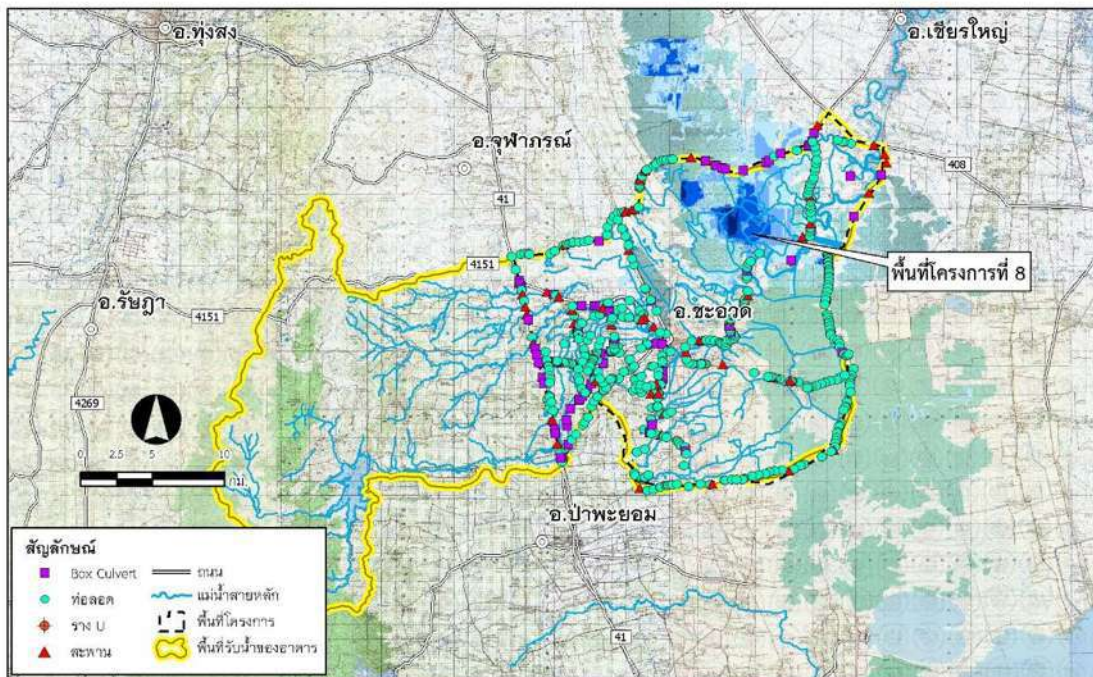


(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-3 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 4

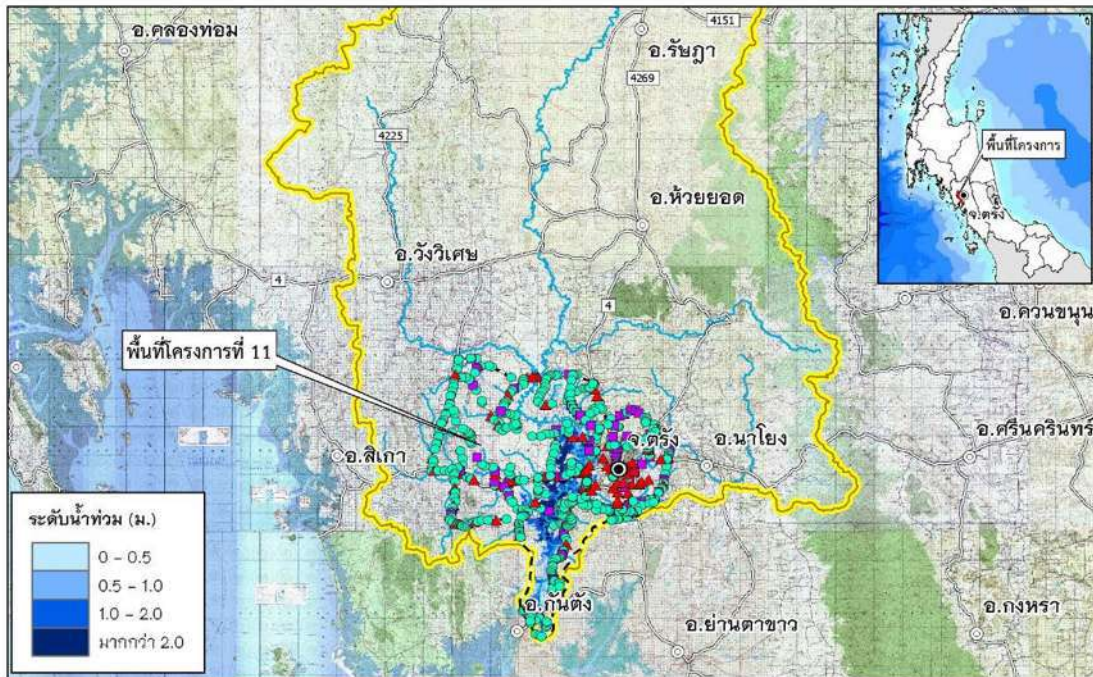


(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน

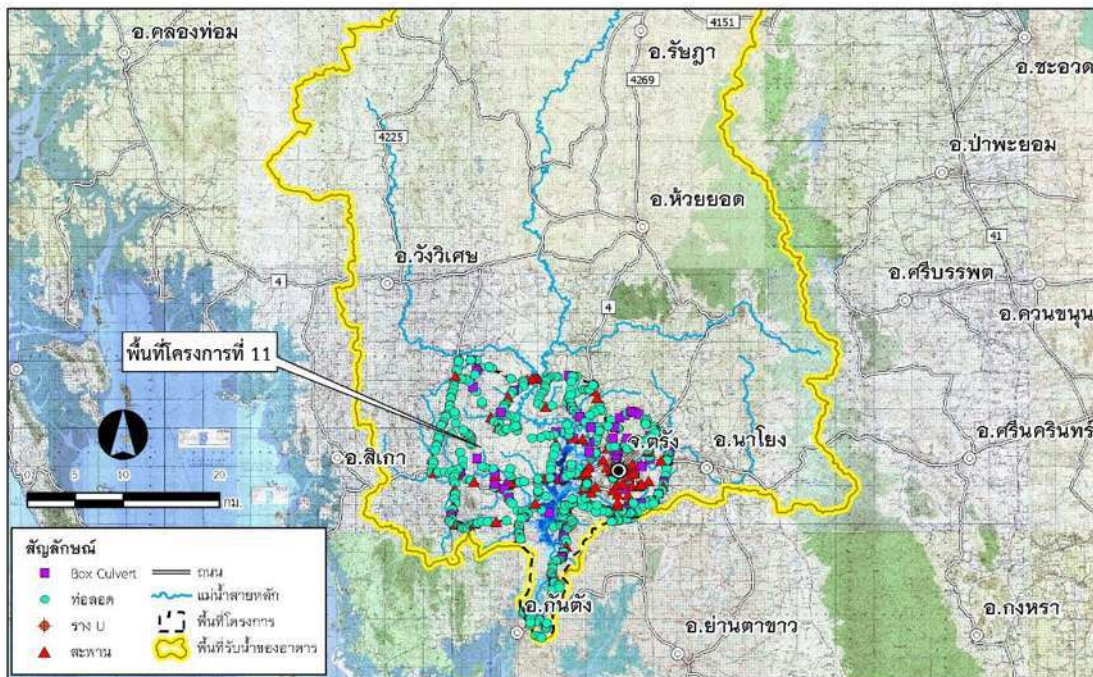


(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-5 เปรียบเทียบพื้นที่ที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 8

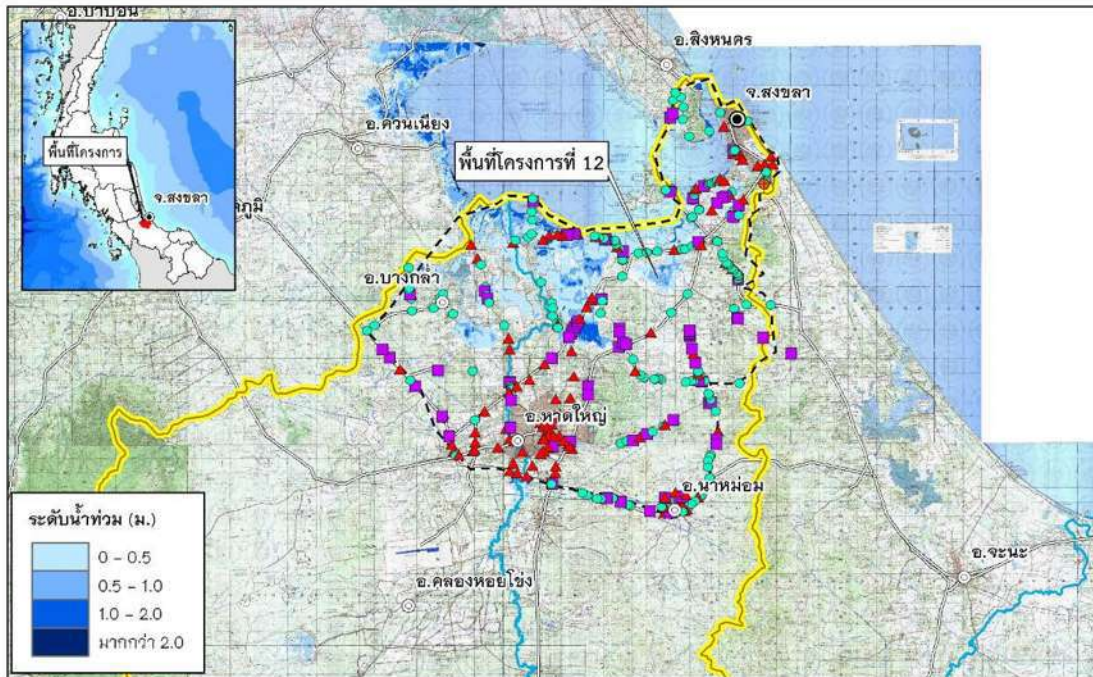


(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน

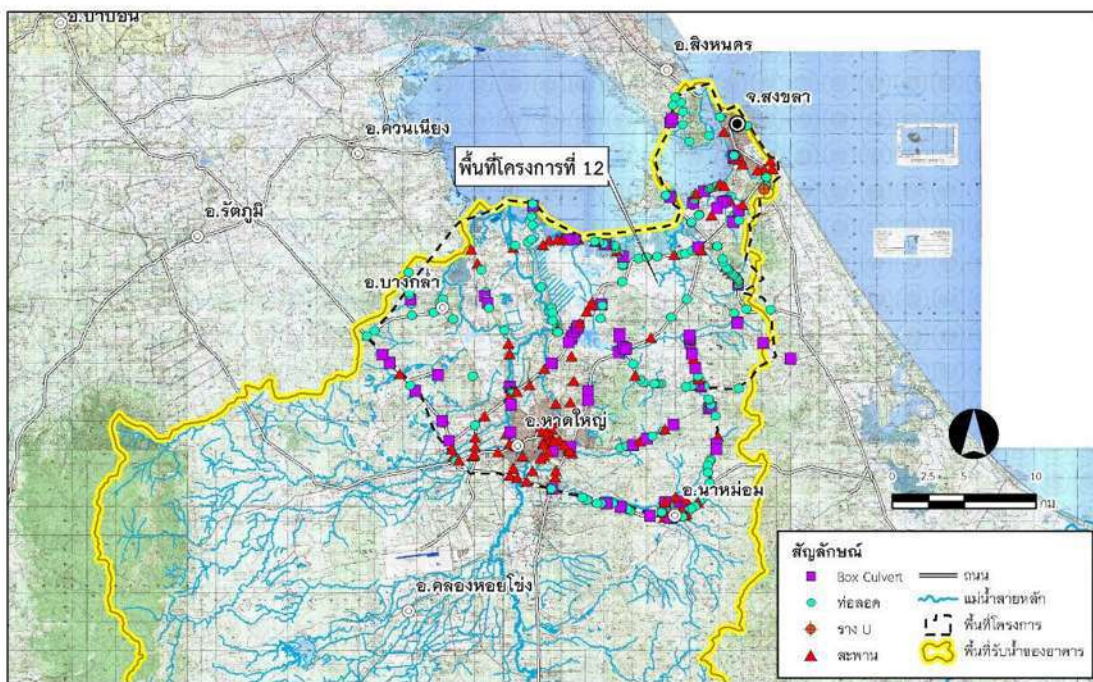


(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-6 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 11

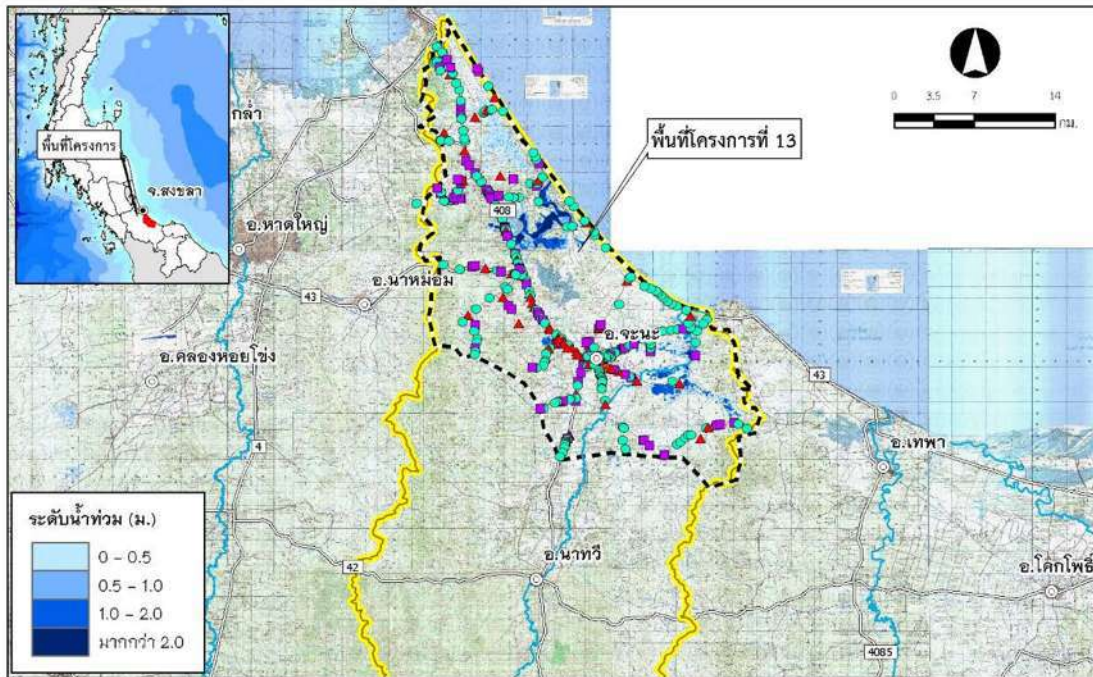


(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน

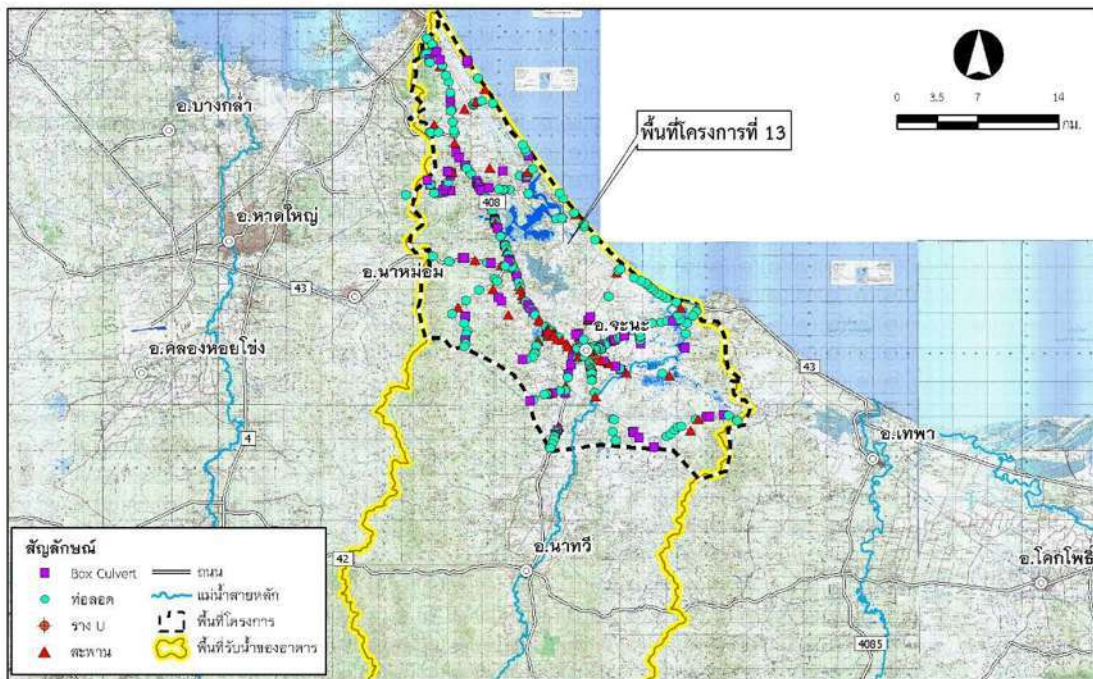


(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-7 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 12



(ก) กรณีอาคารระบายน้ำในปัจจุบัน



(ข) กรณีอาคารระบายน้ำที่เสนอแนะปรับปรุง

รูปที่ 8.4-8 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมก่อนและหลังมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาที่ 13





บทที่ 9

การจัดประชุมถ่ายทอดเทคโนโลยี

9. การจัดประชุมถ่ายทอดเทคโนโลยี

9.1. รายละเอียดการจัดประชุม

9.1.1. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อให้วิทยากรนำเสนอความเป็นมา วัตถุประสงค์ และองค์ความรู้เบื้องต้นในด้านอุทกวิทยา ชลศาสตร์ และการออกแบบอาคารระบายน้ำที่ใช้ในงานก่อสร้างถนน
- 2) เพื่อฝึกถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานเบื้องต้น สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยา และชลศาสตร์ที่จำเป็นในการออกแบบอาคารระบายน้ำ
- 3) เพื่อนำเสนอผลการศึกษา การปรับปรุงวิธีการในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ
- 4) เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นถึงแนวทางการนำผลการศึกษาไปใช้ปฏิบัติจริงเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง



9.1.2. หัวข้อการประชุม

สำหรับหัวข้อในการฝึกอบรม มีดังนี้

1	ความเป็นมา วัตถุประสงค์และแนวทางการดำเนินงานของโครงการ	- ชั่วโมง	30 นาที
2	ทฤษฎีและองค์ความรู้เบื้องต้นด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ	1 ชั่วโมง	30 นาที
3	แนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของกรมทางหลวง	- ชั่วโมง	30 นาที
4	การแนะนำการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานเบื้องต้น ในการวิเคราะห์ด้านอุทกวิทยา และชลศาสตร์	1 ชั่วโมง	30 นาที
5	การนำเสนอผลการศึกษา การปรับปรุงวิธีการในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ในการออกแบบอาคารระบายน้ำและการประยุกต์ใช้	1 ชั่วโมง	- นาที
6	รับฟังความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา	ชั่วโมง	45 นาที
	รวม	5 ชั่วโมง	45 นาที

9.1.3. กลุ่มเป้าหมาย

บุคลากรของกรมทางหลวง จำนวนไม่น้อยกว่า 50 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

- (1) สำนักงานทางหลวงที่ 16 ถึง 18 หน่วยงานละ 4 ท่าน
- (2) แขวงทางหลวงชุมพร จำนวน 2 ท่าน
- (3) แขวงทางหลวงนครศรีธรรมราชที่ 1 จำนวน 2 ท่าน
- (4) แขวงทางหลวงนครศรีธรรมราชที่ 2 (ทุ่งสง) จำนวน 2 ท่าน
- (5) แขวงทางหลวงตรัง จำนวน 2 ท่าน
- (6) แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานีที่ 1 (พุนพิน) จำนวน 2 ท่าน
- (7) แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานีที่ 2 (กาญจนดิษฐ์) จำนวน 2 ท่าน
- (8) แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานีที่ 3 (เวียงสระ) จำนวน 2 ท่าน
- (9) แขวงทางหลวงกระบี่ จำนวน 2 ท่าน
- (10) แขวงทางหลวงพังงา จำนวน 2 ท่าน
- (11) แขวงทางหลวงภูเก็ต จำนวน 2 ท่าน
- (12) แขวงทางหลวงระนอง จำนวน 2 ท่าน
- (13) แขวงทางหลวงสงขลาที่ 1 จำนวน 2 ท่าน



- (14) แขวงทางหลวงสงขลาที่ 2 (นาหม่อม) จำนวน 2 ท่าน
- (15) แขวงทางหลวงนราธิวาส จำนวน 2 ท่าน
- (16) แขวงทางหลวงปัตตานี จำนวน 2 ท่าน
- (17) แขวงทางหลวงพัทลุง จำนวน 2 ท่าน
- (18) แขวงทางหลวงยะลา จำนวน 2 ท่าน
- (19) แขวงทางหลวงสตูล จำนวน 2 ท่าน
- (20) ศูนย์สร้างทางสงขลา จำนวน 2 ท่าน
- (21) ศูนย์สร้างและบูรณะสะพานที่ 4 (นครศรีธรรมราช) จำนวน 3 ท่าน
- (22) สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง จำนวน 10 ท่าน



9.2. ผลการจัดประชุม

การจัดประชุมฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ ได้จัดขึ้นในวันพุธที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2561 ณ ห้องดอกบัว โรงแรมทวินโลตัส นครศรีธรรมราช โดยมีผู้เข้าร่วมประชุม 61 คน ซึ่งกำหนดการของการจัดประชุม สัมมนาแสดงดังรูปที่ 9.2-1 และบรรยากาศของการจัดสัมมนาแสดงดังรูปที่ 9.2-2

สำหรับในส่วนของการประชุมได้มีการจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการฝึกอบรม โดยผลจากแบบสอบถามสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9.2-1 ถึง ตารางที่ 9.2-3 นอกจากนี้ในระหว่างการประชุม ผู้เข้าร่วมประชุมยังได้นำเสนอข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ดังนี้

- สมการที่นำเสนอขึ้นสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยเพียงแทนค่าตัวแปรซึ่งได้แก่ ขนาดพื้นที่ตามประโยชน์การใช้ที่ดินแต่ละประเภทก็สามารถประเมินอัตราการไหลสูงสุดได้ อย่างไรก็ตาม ในส่วนของการประเมินขนาดพื้นที่ของการใช้ที่ดินนั้น จำเป็นต้องมีพื้นฐานด้านการใช้งานโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งในส่วนนี้วิศวกรหรือเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงโดยส่วนใหญ่ยังไม่มี ความชำนาญ ดังนั้นจึงขอเสนอแนะให้มีการจัดฝึกอบรมการใช้งานโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการใช้งานจริง ซึ่งอย่างน้อยจะควรจะต้องใช้เวลาให้มากกว่า 1 วัน
- ต้องการให้มีการพัฒนาสมการในลักษณะเช่นเดียวกับที่ที่ปรึกษานำเสนอ แต่สามารถใช้ได้ครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ
- ผลการศึกษาของโครงการ มีการนำเสนอแนวทางการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ปรับปรุงใหม่ พร้อมโปรแกรมการประยุกต์ใช้งานที่ง่าย ซึ่งสามารถช่วยให้วิศวกรออกของกรมทางหลวงนำมาใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



กำหนดการประชุมสัมมนาถ่ายทอดองค์ความรู้
โครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ
วันพุธที่ ๑๙ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๑
ณ ห้องตอกบัว ชั้น ๑ โรงแรมทวินโลตัส จังหวัดนครศรีธรรมราช

๐๘.๐๐ - ๐๘.๓๐ น.	ลงทะเบียนรับเอกสาร
๐๘.๓๐ - ๐๘.๔๕ น.	กล่าวเปิดการฝึกอบรม โดย ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง
๐๘.๔๕ - ๐๙.๔๕ น.	ความเป็นมา วัตถุประสงค์และแนวทางการดำเนินงานของโครงการ
๐๙.๔๕ - ๑๐.๐๐ น.	พักรับประทานอาหารว่าง
๑๐.๐๐ - ๑๑.๓๐ น.	ทฤษฎีพื้นฐานและองค์ความรู้เบื้องต้นทางด้านอุทกวิทยาและ ชลศาสตร์ ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ โดย ดร.กฤษณ์ สุกิตย์
๑๑.๓๐ - ๑๒.๐๐ น.	แนวทางการออกแบบอาคารระบายน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของ กรมทางหลวง โดย ดร.กฤษณ์ สุกิตย์
๑๒.๐๐ - ๑๓.๐๐ น.	รับประทานอาหารกลางวัน
๑๓.๐๐ - ๑๔.๓๐ น.	การแนะนำการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานเบื้องต้น ในการ วิเคราะห์ด้านอุทกวิทยา และชลศาสตร์ โดย นาย.สันติ ศรีทองสม
๑๔.๓๐ - ๑๔.๔๕ น.	พักรับประทานอาหารว่าง
๑๔.๔๕ - ๑๕.๔๕ น.	การนำเสนอผลการศึกษา การปรับปรุงวิธีการในการคำนวณอัตรา การไหลสูงสุด ในการออกแบบอาคารระบายน้ำและการประยุกต์ใช้ โดย ดร.กฤษณ์ สุกิตย์ และนาย.สันติ ศรีทองสม
๑๕.๔๕ - ๑๖.๓๐ น.	รับฟังความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนาเพื่อ สรุปความเป็นไปได้ใน การนำหลักการและวิธีการที่นำเสนอไปใช้ในการปรับปรุงการ ออกแบบอาคารระบายน้ำ ของกรมทางหลวง

รูปที่ 9.2-1 กำหนดการประชุมสัมมนา



รูปที่ 9.2-2 บรรยากาศการประชุมสัมมนา



ตารางที่ 9.2-1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมประชุม

ลำดับ	รายการ	ร้อยละ
1	เพศ	
	ชาย	95.35
2	หญิง	4.65
	อายุ	
	ต่ำกว่า 20	0.00
	20-30	6.98
	31-40	41.86
3	41-50	32.56
	51 ปีขึ้นไป	18.60
	ระดับการศึกษา	
	มัธยมศึกษาหรือต่ำกว่า	0.00
	ปวช./ปวส/อนุปริญญา	11.63
4	ปริญญาตรี	62.79
	ปริญญาโทหรือสูงกว่า	30.23
	อาชีพ	
5	1.ข้าราชการ	97.67
	- ประเภทอำนวยการ	2.33
	- ประเภทวิชาการ	11.63
	- ประเภททั่วไป	11.63
	2.พนักงานราชการ/ลูกจ้าง	2.33
3.อื่นๆ	0.00	
5	ประสบการณ์การเข้าร่วมประชุมสัมมนาถ่ายทอดองค์ความรู้โครงการวิจัย	
	เข้าร่วมเป็นครั้งแรก	69.77
	2 ครั้ง	6.98
	3 ครั้ง	4.65
	มากกว่า 3 ครั้ง	18.60



ตารางที่ 9.2-2 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมสัมมนา

ประเด็นความคิดเห็น	ร้อยละความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านวิทยากรและการบรรยาย					
1. การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรมีความชัดเจน	23.26	65.12	11.63	0.00	0.00
2. ความสามารถในการอธิบายเนื้อหา	25.58	65.12	9.30	0.00	0.00
3. การเชื่อมโยงเนื้อหาในการอบรม	16.28	69.77	13.95	0.00	0.00
4. ความครบถ้วนของเนื้อหาในการอบรม	18.60	67.44	13.95	0.00	0.00
5. การตอบข้อซักถามในการอบรม	20.93	58.14	20.93	0.00	0.00
6. เอกสารประกอบการอบรม	18.60	58.14	23.26	0.00	0.00
ด้านสถานที่ / ระยะเวลา / อาหาร					
1. สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	32.56	60.47	6.98	0.00	0.00
2. ความพร้อมของอุปกรณ์วัสดุที่สนับสนุน	23.26	62.79	13.95	0.00	0.00
3. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	20.93	60.47	16.28	2.33	0.00
4. อาหาร มีความเหมาะสม	23.26	67.44	9.30	0.00	0.00

ตารางที่ 9.2-3 ระดับความรู้ความเข้าใจ/การนำความรู้ไปใช้ของผู้เข้ารับการอบรม

ประเด็นความคิดเห็น	ร้อยละความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านความรู้ความเข้าใจ					
1. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ <u>ก่อน</u> การอบรม	2.33	11.63	41.86	41.86	2.33
2. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ <u>หลัง</u> การอบรม	9.30	55.81	34.88	0.00	0.00
ด้านการนำความรู้ไปใช้					
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	9.30	44.19	41.86	4.65	0.00
2. มีความมั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้	4.65	62.79	30.23	2.33	0.00
3. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดได้	2.33	41.86	51.16	4.65	0.00



บทที่ 10

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

10. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

10.1. สรุปผลการดำเนินงาน

ระบบระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง ปี พ.ศ. 2554 มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งได้แก่ วิธี Rational Method วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) วิธีกราฟความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis) และ วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph) เป็นต้น ซึ่งการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น จะมีข้อจำกัดในเรื่องการปรับปรุงข้อมูลให้มีความเป็นปัจจุบัน เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และสร้างสมการการประเมินอัตราการไหลสูงสุดในรูปแบบใหม่ที่สามารถสะท้อนอิทธิพลจากลักษณะทางด้านกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำได้มากขึ้น และสามารถนำมาใช้กับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันได้ทันที โดยในขั้นตอนของการดำเนินงานได้มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ศึกษานำร่องจำนวน 8 พื้นที่ ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบแบบจำลองดังกล่าว จะได้แบบจำลองมาทำการประเมินอัตราการไหลสูงสุดสำหรับอาคารระบายน้ำในปัจจุบันของกรมทางหลวง จากนั้น นำข้อมูลลักษณะทางด้านกายภาพซึ่งประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชันของพื้นที่ ประเภทของชุดดิน ปริมาณฝน และขนาดของพื้นที่รับน้ำ สำหรับอาคารระบายน้ำแต่ละแห่ง มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางด้านสถิติ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า อัตราการไหลสูงสุดในแต่ละลุ่มน้ำ มีความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเชิงเส้น กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ที่แตกต่างกันไป ได้แก่ พื้นที่กลุ่มดินที่ดอน พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ที่อยู่อาศัย และพื้นที่แหล่งน้ำ

จากนั้นนำสมการที่ได้ไปตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่า สมการที่ปรับปรุงให้ผลการประเมินขนาดของพื้นที่น้ำท่วมใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากภาพถ่ายดาวเทียมมากกว่า การใช้คำนวณอัตราการไหลสูงสุดด้วยวิธีการปัจจุบัน (วิธี Rational Method)



นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ยังมีการออกแบบขั้นตอนในการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ ในพื้นที่ศึกษานำร่อง ทั้ง 8 พื้นที่ ซึ่งมีทั้งหมด 311 ตำแหน่ง และหากมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำตาม ข้อเสนอแนะดังกล่าว พบว่า จะมีศักยภาพในการลดความเสียหายจากน้ำท่วมสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี ในพื้นที่นำร่อง คิดเทียบเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 679 ล้านบาท

และในขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินงานในโครงการนี้ ได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้จากโครงการผ่านทาง การประชุมฝักอบรม ในวันพุธที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2561 ณ ห้องดอกบัว โรงแรมทวินโลตัส นครศรีธรรมราช โดยมี ผู้เข้าร่วมประชุม 61 คน ซึ่งในระหว่างการประชุมผู้เข้าร่วมประชุมได้ให้ความสนใจและเห็นด้วยต่อแนวทางการศึกษา ของโครงการ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานของโครงการเป็นอย่างดี



10.2. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่สำคัญจากการดำเนินงานในโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงการระบายน้ำของถนน เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากถนนขวางทางน้ำ สามารถแสดงได้ดังนี้

- 1) ในการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งดำเนินงานในโครงการนี้ ได้ทำการปรับเทียบผลการคำนวณขนาดพื้นที่น้ำท่วมของแบบจำลองกับขนาดของพื้นที่น้ำท่วมจริง จากเหตุการณ์ในอดีตที่ได้มีการบันทึกไว้โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม RadarSat-2 ซึ่งดาวเทียมดังกล่าวจะมีวงโคจรผ่านพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยตามเวลาที่กำหนด โดยไม่ได้มีการหยุดอยู่กับที่ซึ่งถ่ายเฉพาะพื้นที่ของประเทศไทยเท่านั้น ทำให้ภาพถ่ายของพื้นที่น้ำท่วมที่ถ่ายได้ อาจไม่ตรงกับเหตุการณ์ที่เกิดพื้นที่น้ำท่วมสูงสุด หรือไม่สามารถถ่ายพื้นที่น้ำท่วมในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันได้ ดังนั้นหากในอนาคตมีการศึกษาในลักษณะเดียวกัน ที่ปรึกษาจึงขอเสนอแนะให้มีการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมดวงอื่นๆ ได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ศึกษามีทางเลือกมากขึ้นในการคัดเลือกเหตุการณ์น้ำท่วมที่ต่อเนื่องกัน สำหรับนำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 2) ในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่น้ำท่วม ต้องมีการใช้ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งอยู่ในรูปของแบบจำลองความสูงเชิงพื้นที่ (Digital Elevation Model, DEM) เป็นข้อมูลนำเข้า โดยในข้อกำหนดขอบเขตงานได้กำหนดให้นำข้อมูล DEM ที่มีความละเอียด 1:4000 มาประยุกต์ใช้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าว จะมีความละเอียดของกริดซึ่งเป็นตัวแทนของค่าความสูงของพื้นที่ขนาด 5x5 เมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อนำข้อมูลความละเอียดในระดับดังกล่าว เข้าสู่แบบจำลองและทำการจำลองขนาดพื้นที่น้ำท่วมพบว่า จะใช้เวลาในการคำนวณแต่ละครั้งที่ยาวนานเนื่องจากขีดความสามารถในการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการปรับขนาดของกริดโดยลดความละเอียดลงเป็นขนาด 50x50 เมตร ซึ่งผลที่ตามมา คือ การคำนวณขนาดของพื้นที่น้ำท่วมอาจมีความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัดไปบ้าง โดยเฉพาะลักษณะของพื้นที่น้ำท่วมซึ่งที่เป็นพื้นที่ขนาดเล็กในบริเวณที่ลุ่มต่ำต่างๆ ดังนั้นหากต้องการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในอนาคตโดยให้มีความละเอียดของผลการวิเคราะห์ที่สูงขึ้น จึงเสนอให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลสูงสุด ทั้งในส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์ (CPU) และ หน่วยความจำ (RAM) โดยในที่นี้แนะนำให้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี CPU ขนาด 3.5 GHz และหน่วยความจำ (RAM) ตั้งแต่ 32 GB ขึ้นไป



- 3) การดำเนินงานของโครงการนี้ได้ผลลัพธ์ที่สำคัญประการหนึ่งคือ สมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ปรับปรุงขึ้นใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของลักษณะทางกายภาพในพื้นที่มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง สามารถแก้ไขปัญหาที่ท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามวิศวกรผู้ที่จะนำสมการการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่เสนอแนะไปใช้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ขั้นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) หรือมีโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ไว้ใช้งาน เนื่องจากจำเป็นต้องประเมินขนาดของพื้นที่รับน้ำตลอดจนสัดส่วนของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดิน ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้สมการดังกล่าว และแม้ว่าในการฝึกอบรมจะมีการสอนและอธิบายการใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการประเมินข้อมูลต่างๆไว้แล้ว แต่ด้วยข้อจำกัดของเวลา อาจทำให้ผู้อบรมยังขาดความเข้าใจ ดังนั้นจึงเสนอแนะให้กรมทางหลวงมีการจัดหาฝึกอบรมให้แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องอย่างจริงจังในรูปแบบของการฝึกอบรมแบบปฏิบัติการ เพื่อให้บุคลากรเหล่านี้มีความรู้ความสามารถและสามารถนำผลการศึกษาของโครงการไปใช้ให้เป็นรูปธรรมต่อไป
- 4) สมการการไหลสูงสุดที่พัฒนาขึ้นมีพื้นฐานมาจากการประเมินอัตราการไหลสูงสุดและลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย และยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ลุ่มน้ำ (ขาดการศึกษาในลุ่มน้ำปัตตานี) ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในภูมิภาคอื่นๆ เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นหากต้องการจะใช้สมการลักษณะเดียวกันในพื้นที่อื่นๆ จึงจำเป็นต้องนำแนวทางการดำเนินงานในโครงการนี้ ไปทำการศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลตามลักษณะกายภาพของพื้นที่นั้นๆ ต่อไป และถ้าหากในอนาคต มีการศึกษาครอบคลุมทั่วทั้งภูมิภาคของประเทศไทย ก็สามารถที่จะนำผลการศึกษาทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกันอีกครั้ง เพื่อหาชุดสมการที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่ครอบคลุมได้ทั่วประเทศ ต่อไป
- 5) ผลการดำเนินงานของโครงการโดยเฉพาะการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ได้นำมาพัฒนาต่อยอดงานวิจัย โดยจัดทำเป็นโปรแกรมประยุกต์ช่วย ในการออกแบบอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวงได้ อย่างไรก็ตามในอนาคต อาจจะมีการพัฒนาโปรแกรมในส่วนนี้ให้สามารถประเมินราคาค่าก่อสร้าง ก็จะทำให้การออกแบบสามารถทำงานได้ครบถ้วนมากขึ้น