



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

ภาควิชา

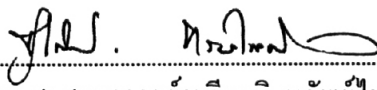
เรื่อง การศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำป่าสัก

The Study of Rainfall-Runoff Modelling for Flood Events of Pasak River Basin

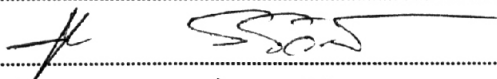
นามผู้วิจัย นางสาวศรีสุณี วุฒิวงศ์โยธิน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

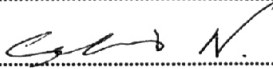
ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng.)

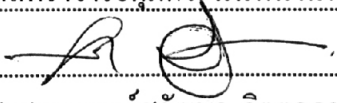
กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัช ลิปิวัฒนาการ, M.Asc.)

กรรมการ

( รองศาสตราจารย์สุภกิจ นนทนันทน์, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำป่าสัก

The Study of Rainfall-Runoff Modelling for Flood Events of Pasak River Basin

โดย

นางสาวศรีสุณี วุฒิวงศ์โยธิน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-9846-13-3

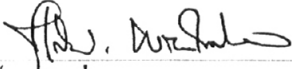
ศรีสุณี วุฒิวงศ์โยธิน 2549: การศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำป่าสัก
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
ทรัพยากรน้ำ, M.Eng. 182 หน้า
ISBN 974-9846-13-3

ลุ่มน้ำป่าสักมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 16,292 ตารางกิโลเมตร มีรูปร่างคล้ายขนนก แคบ เรียว ยาว ความกว้างลุ่มน้ำประมาณ 45 กิโลเมตร ความยาวลุ่มน้ำประมาณ 350 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศล้อมรอบด้วยภูเขาทั้งสองด้านและมีแม่น้ำป่าสักไหลอยู่ตอนกลาง การศึกษานี้ได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำป่าสักเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภท A มีความลาดชันมากกว่า 1:100 ประเภท B มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 และประเภท C มีความลาดชันน้อยกว่า 1:500 ทั้งนี้พื้นที่ประเภท A และ B ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกและตะวันออกของลุ่มน้ำป่าสัก ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยประเภท C เป็นพื้นที่ราบลุ่มตามแนวลำน้ำป่าสักในช่วงตอนกลางถึงตอนท้ายลุ่มน้ำ และเนื่องจากพื้นที่ประเภท A และ B มีความลาดชันมาก เมื่อมีปริมาณฝนตกหนักถึงหนักมาก จึงก่อให้เกิดอุทกภัยในบริเวณที่ราบลุ่มตามแนวลำน้ำภายในเวลา 24 ชั่วโมง

แบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนกระบวนการน้ำฝนให้เป็นน้ำท่า ซึ่งจะนำมาจำลองสภาพน้ำท่าที่เกิดอุทกภัย โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันมากระจายเป็นข้อมูลฝนรายชั่วโมงและใช้ข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมง มาทำการสอบเทียบมาตรฐานเพื่อหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองทั้งสองดังกล่าว จากการศึกษาพบว่าแบบจำลอง SCS มีค่า CN ระหว่าง 45.7 ถึง 99.4 T_p มีค่าระหว่าง 3.5 ถึง 18 ชั่วโมง และผลการจำลองสภาพมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าอัตราการไหลสูงสุดระหว่าง -0.93 ถึง +0.86 ค่าปริมาตรการไหลระหว่าง -21.27 ถึง +13.97 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 12.87 ถึง 77.93 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.92 ถึง 0.98 อีกทั้งพบว่าพารามิเตอร์ T_p และ CN จะมีผลต่อค่าอัตราการไหลสูงสุดและรูปกราฟน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแบบจำลอง NAM มีค่า U_{max} ระหว่าง 10 ถึง 20 L_{max} ระหว่าง 50 ถึง 130 CQOF ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 และค่า CK1 CK2 ระหว่าง 5 ถึง 30 และผลการจำลองสภาพมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าอัตราการไหลสูงสุดระหว่าง -62.24 ถึง +3.63 ค่าปริมาตรน้ำท่าระหว่าง -16.16 ถึง +46.80 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 9.74 ถึง 81.08 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.53 ถึง 0.99 นอกจากนี้ยังพบว่าค่า U_{max} L_{max} CQOF และค่า CK1 CK2 จะมีผลต่อค่าอัตราการไหลสูงสุดและรูปกราฟน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

นอกจากนี้ผลการศึกษาแบบจำลอง SCS พบว่าค่าพารามิเตอร์ดัชนีสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) และ Q_p/R มีความสัมพันธ์ตามสมการ $CN = 27.11(Q_p/R) + 74.20$ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำประเภท A ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำประเภท B จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ $CN = 40.57(Q_p/R) + 40.36$ ทั้งนี้ค่า T_p (เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด) จะมีความสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (S) ตามสมการ $T_p = 0.077S + 1.611$ และค่าอัตราการไหลสูงสุดจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่ตกตามสมการ $Q_p = 1.32R + 44.792$ และด้วยข้อจำกัดของข้อมูลในปัจจุบัน การจำลองสภาพน้ำหลากจากข้อมูลฝนด้วยแบบจำลอง SCS จะทำได้ง่ายและให้ค่าความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง NAM

น.ส. ศรีสุณี วุฒิวงศ์โยธิน
ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

29 / มี.ค. / 2549

Srisunee Wuthiwongyothin 2006: The Study of Rainfall-Runoff Modelling for Flood Events of Pasak River Basin. Master of Engineering (Water Resources Engineering),
Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering.
Thesis Advisor: Associate Professor Chukiat Sapphaisal, M.Eng. 182 pages.
ISBN 974-9846-13-3

Pasak River Basin has catchment area of 16,292 sq.km. The basin shape is narrow and long. The catchment area is about 45 km. wide and 530 km. long. Pasak river is surrounded by mountainous areas along the river. In this study, the subcatchment area was classified into 3 types of bed slope. Type A slope is steeper than 1:100. Type B slope is between 1:100 to 1:500. Type C slope is less steep 1:500. Due to the steepness of topography in type A and B, flooding always happens in low-lying area near the river within 24 hours after heavy rainfall events occurred.

The SCS and NAM models are standard rainfall-runoff models. In this study, they were used to simulate flood events. The historic daily rainfall of flood events would be distributed into hourly rainfall which would be used as an input into the models. Thereafter the computed flood hydrograph will be compared with the observed flood hydrograph. The model parameters will be adjusted until both of flood hydrographs were considerably conformed. The SCS model showed that the value of parameters CN varied between 45.7 to 99.4 and T_p varied between 3.5 to 18 hours. The Percentage different of calculated and observed flood peak varied between -0.93% to 0.86%, the flood volume varied between -21.27 % to +13.97 %, the standard deviation varied between 12.87 to 77.93 and the correlation coefficient varied between 0.92 to 0.98. It also showed that, parameters T_p and CN would significantly affect to the value of peak flood discharge and shape of flood hydrograph. On the other hand, the Nam model showed the four active parameters which significantly affect to the value of peak flood discharge and shape of flood hydrograph were U_{max} , L_{max} , CQOF, CK1 CK2. The value of U_{max} varied between 10 to 20 mm., L_{max} varied between 50 and 130 mm., CQOF varied between 0.67 to 1.00 and CK1 CK2 varied between 5 to 30 hours. The different of the calculated and observed flood peak varied between -62.24 % to +3.63 %, the flood volume varied between -16.16 % to +46.80 %, the standard deviation varied between 9.74 to 81.08 and the correlation coefficient varied between 0.53 to 0.99.

For SCS model, the study also showed that the value of parameter CN was correlated with Q_p/R by the equation $CN = 27.11(Q_p/R) + 74.20$ for type A slope and by the equation $CN = 40.57(Q_p/R) + 40.36$ for type B slope. The parameter T_p (Time to peak) also had relation with catchment slope (S) by the equation $T_p = 0.077S + 1.611$. In addition, the flood peak discharges also had relation with the amount of rainfall by the equation $Q_p = 1.32R + 44.792$. Considering, the limitation of observed data at present, the simulation of flood discharge hydrograph from the rainfall data by SCS model would be more easily applicable and the results would be more accurate than by NAM model.

Srisunee Wuthiwongyothin

Student's signature

S. Chulapatt

Thesis Advisor's signature

29 / Mar / 2006

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ในการศึกษา	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
ตรวจสอบเอกสาร	3
ลักษณะทั่วไปของกลุ่มน้ำป่าสัก	3
กระบวนการเกิดน้ำท่า	17
การศึกษาที่เกี่ยวข้อง	21
แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	26
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	64
สรุปและข้อเสนอแนะ	144
สรุป	144
ข้อเสนอแนะ	148
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	150
ภาคผนวก	153
ภาคผนวก ก	154
ภาคผนวก ข	166

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ค่าเฉลี่ยรายปี ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	7
2. ช่วงพิสัยของพื้นที่รับน้ำและค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่	10
3. การแบ่งชนิดของ AMC โดยปริมาณฝนที่ตกก่อนหน้า 5 วัน	31
4. รายละเอียดคุณลักษณะของพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำป่าสัก	46
5. รายละเอียดข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าและเหตุการณ์น้ำหลากที่นำมาใช้ศึกษา	54
6. ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนและการหาค่าถ่วงน้ำหนักโดยวิธี Thiessen ที่ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา และสถานีวัดอัตราการระเหยที่ใช้	56
7. ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS ของลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก	66
8. รายละเอียดของค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS ในลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก	67
9. ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	79
10 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	80
10 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	81
11. ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	83
12 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	84
12 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	85
13. การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SCS เพื่อการวิเคราะห์ความไว	89
14. ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp)	91
15. ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN)	93
14. รายละเอียดค่าเฉลี่ยความลาดชัน เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด ปริมาณน้ำท่าสูงสุด และปริมาณฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยป่าสัก	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
17. ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำท่าสูงสุดกับปริมาณฝน (Qp/Rv) และค่า CN	98
18. ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง NAM ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำป่าสัก	101
19. รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก	102
20. ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกันและค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	115
21 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	116
21 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์แบ่งตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	117
22. ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกันและค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	119
23 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	120
23 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยแบ่งตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	121
24. การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM เพื่อการวิเคราะห์ความไว	125
25. ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความจุบนชั้นผิวดินมากที่สุด (Umax)	127
26. ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (Lmax)	128
27. ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF)	130
28. ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1 และ CK2)	132
29. รายละเอียดเปรียบเทียบค่าทางสถิติที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง SCS และ NAM	133

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข1 รายละเอียดการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์และผลที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการสอบเทียบ	181

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	4
2. แผนที่เส้นชั้นปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	9
3. แผนที่เส้นชั้นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีต่อหน่วยพื้นที่ (ลิตร/วินาที/ตร.กม)	11
4. การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันในลุ่มน้ำป่าสัก	13
5. องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า	21
6. รูปสามเหลี่ยมกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS	31
7. โครงสร้างของแบบจำลอง NAM	35
8. แสดงขบวนการเกิด Interflow และ Overland Flow ในชั้น Surface Storage ในแบบจำลอง NAM	36
9. แสดงขบวนการเกิด DL และ G ในชั้น Lower Zone Storage ในแบบจำลอง NAM	38
10. ขบวนการเกิด Base Flow (BF) ในชั้น Groundwater Storag	39
11. ความหมายทางกายภาพของค่า $GWLBF_0$	40
12. แสดงการเคลื่อนตัวของ Interflow ในแบบจำลอง NAM	41
13. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา	45
14. กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.7	47
15. กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.12	48
16. กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.13	49
17. กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.31	50
18. กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.14	51
19. ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่า	52
20. ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าจากข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง	53
21. กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมง สถานี อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	57
22. กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมง สถานี อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23.	กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมง สถานี อ.วิเชียรบุรี จ.ลพบุรี	59
24.	กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมง สถานี อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี	60
25.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.7	68
26.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.12	71
27.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.13	73
28.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.31	75
29.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.14	77
30.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดกับความลาดชันเฉลี่ย	95
31.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	95
32.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน Q_p/R_v กับค่า CN	99
33.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.7	104
34.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.12	106
35.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.13	109
36.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.31	111
37.	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.14	113
38.	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.7	134
39.	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.12	136
40.	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.13	138
41.	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.31	140
42.	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.14	142

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 องค์ประกอบด้านการใช้งานของโปรแกรมแบบจำลอง InfoWroks RS	158
ก2 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ General Data	160
ก3 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Catchment Detail	161
ก4 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Unit Hydrograph Profile	162
ก5 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Event Data SCS	163
ก6 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph	164
ก7 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph Plot	165
ข1 แบบจำลอง MIKE 11	167
ข2 เมนูหลักของแบบจำลอง NAM	167
ข3 เมนู A NAM Parameters and Initial Conditions	168
ข4 เมนู A.5 NAM Setup Menu	168
ข5 เมนู A.5.1.1 NAM Parameters	169
ข6 เมนู A.5.2.1 Initial Conditions	170
ข7 เมนู B Model Boundaries	170
ข8 เมนู B.6 Time Series Data Base	171
ข9 เมนู B.6.5 Data Base – General View	171
ข10 เมนู B.6.5.I Time Series Type	172
ข11 เมนู B.6.5.T Reading Time Series from a Text File	172
ข12 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบเป็น Text File	173
ข13 เมนู B.5 Extraction from the Data Base	174
ข14 เมนู C Mean Areal Rainfall	174
ข15 เมนู C Rainfall Data Availability เพื่อเลือกการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่	175
ข16 การกำหนดสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนต่อสถานีวัดน้ำท่า	175
ข17 เมนู H NAM Calculations	176
ข18 เมนู J.5 Result Plot/Print	177

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข19 ตัวอย่างการแสดงผลการเปรียบเทียบกราฟปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด	177
ข20 ตัวอย่างการแสดงผลปริมาณน้ำท่าในรูปแบบอนุกรมเวลา	178

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

หน่วย

CN	=	ค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่	
Tp	=	ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด	ชั่วโมง
Umax	=	ค่าความจุผิวดินสูงสุด	มิลลิเมตร
Lmax	=	ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (ชั้นรากพืช)	มิลลิเมตร
CQOF	=	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน	
CKIF	=	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนชั้นดิน	
TOF	=	ค่าเริ่มต้นการไหลบนผิวดิน	
TIF	=	ค่าเริ่มต้นการไหลในชั้นดิน	
TG	=	ค่าเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดิน	
CK1 CK2	=	พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของน้ำในชั้นผิวดิน และในชั้นดิน พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ	ชั่วโมง
CKBF	=	พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของ base flow จากชั้นเก็บกักน้ำใต้ดิน	ชั่วโมง
Qp	=	อัตราการไหลสูงสุด หรือปริมาณการไหลสูงสุด	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
Qv	=	ปริมาตรน้ำท่า หรือปริมาณการไหลเฉลี่ย	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
Qobs	=	ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัด	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
Qcal	=	ปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณ	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
L	=	ความยาวลำน้ำ	เมตร
tc	=	เวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกหรือจุดที่พิจารณาของพื้นที่ลุ่มน้ำ	ชั่วโมง

การศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำป่าสัก

The Study of Rainfall-Runoff Modelling for Flood Events of Pasak River Basin

คำนำ

ในงานพัฒนาแหล่งน้ำ สิ่งสำคัญในการพัฒนาส่วนหนึ่งที่สำคัญยิ่ง คือ ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา เช่น ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลน้ำท่า ข้อมูลระดับน้ำ เป็นต้น โดยมีหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมชลประทาน กรมอุตุนิคมวิทยา เป็นหน่วยงานหลักในการเก็บบันทึกข้อมูล การมีข้อมูลที่ถูกต้องจึงส่งผลให้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง ก่อให้เกิดการวางแผนงานด้านต่าง ๆ ทั้งเพื่อการป้องกัน การบรรเทาน้ำท่วมและน้ำแล้งด้วยมาตรการต่าง ๆ ได้ดี แต่ในความเป็นจริงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยยังมีปัญหาในหลายพื้นที่ที่ยังไม่มีข้อมูลเหล่านี้เพียงพอ โดยมีสาเหตุต่าง ๆ มากมาย เช่น ความยากลำบากในการติดตั้งเครื่องมือ การจดบันทึกข้อมูล เป็นต้น จึงทำให้ต้องทำการประมาณค่าด้วยวิธีต่าง ๆ สำหรับการศึกษาวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลที่มีอยู่นำมาศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการคำนวณปริมาณน้ำหลากจากปริมาณฝน โดยใช้ลุ่มน้ำป่าสักเป็นพื้นที่ศึกษา การศึกษาได้พิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำ และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยที่เหมาะสมกับแต่ละลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จากนั้นจึงทำการเสนอแนะวิธีการจำลองสภาพน้ำหลากที่เกิดอุทกภัยจากข้อมูลฝนที่เหมาะสมต่อไป

การศึกษานี้ได้นำแบบจำลอง 2 ชนิด คือ แบบจำลอง SCS ซึ่งเป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรเหมารวม (Lumped) และแบบจำลอง NAM ซึ่งเป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรกระจาย (Distributed) โดยทั้งสองแบบจำลองนี้มีแนวทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนที่แตกต่างกันและมีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน ในการศึกษาจึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำป่าสักต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาลักษณะน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำป่าสัก
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์
3. เพื่อเสนอแนะวิธีการวิเคราะห์ หรือแบบจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยที่เหมาะสมของลุ่มน้ำป่าสัก

ขอบเขตการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลและทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักและบริเวณใกล้เคียง
3. รวบรวมข้อมูลและศึกษาลักษณะภูมิประเทศ จำแนกหรือแบ่งประเภทของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำป่าสักเพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยตามลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย
4. ศึกษาและคัดเลือกฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในแต่ละประเภทพื้นที่ที่ทำการจำแนก
5. จำลองฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยด้วยแบบจำลอง SCS และ NAM
6. คัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อใช้คำนวณน้ำหลากจากปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก
7. เสนอแนะวิธีการและแนวทางการจำลองน้ำหลากจากปริมาณฝนที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำป่าสัก

ตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

1.1 ที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่ศึกษา

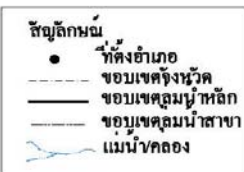
ลุ่มน้ำป่าสักเป็นลุ่มน้ำลำดับที่ 12 จากลุ่มน้ำในประเทศไทย 25 ลุ่มน้ำ ตามการแบ่งของคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 16,292 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมบางส่วนในเขตภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดเลย จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังแสดงในภาพที่ 1 ขอบเขตลุ่มน้ำอยู่ระหว่างละติจูดที่ $14^{\circ}15'$ ถึง $17^{\circ}20'$ เหนือ และลองจิจูดที่ $100^{\circ}30'$ ถึง $101^{\circ}30'$ ตะวันออก โดยมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ ติด อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย

ทิศใต้ ติด อำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอำเภอหนองแซง อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี

ทิศตะวันออก ติด อำเภอเทพารักษ์ อำเภอด่านขุนทด อำเภอสีคิ้ว อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และอำเภอกักตี่ชุมพล อำเภอเทพสถิต จังหวัดชัยภูมิ

ทิศตะวันตก ติด อำเภอโคกเจริญ อำเภอสระโบสถ์ อำเภอโคกสำโรง อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี และอำเภอชนแดน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก
ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2546)

1.2 สภาพภูมิประเทศและลำน้ำสาขา

สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำป่าสักมีลักษณะลุ่มน้ำรูปร่างคล้ายขนนก แคบ เรียวยาว มีความกว้างลุ่มน้ำประมาณ 45 กิโลเมตร และความยาวลุ่มน้ำประมาณ 350 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศโดยรวมล้อมรอบด้วยภูเขาทั้งสองด้าน และมีแม่น้ำป่าสักไหลอยู่ตอนกลาง ไหลจากทิศเหนือลงไปทิศใต้ มีลำน้ำสาขามาจากทิศตะวันออกและตะวันตกเป็นจำนวนมาก

ลุ่มน้ำป่าสักตอนบน เป็นบริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นเทือกเขาสูงล้อมบริเวณด้านเหนือ ด้านตะวันตก และด้านตะวันออกของจังหวัดเพชรบูรณ์ และมีพื้นที่ราบอยู่ตอนกลาง มีความลาดชันเฉลี่ยประมาณ 1:1,400 จากทิศเหนือลงไปทิศใต้ พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 110-115 เมตร

พื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนกลาง มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบสลับเนินเขาและภูเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 45-60 เมตร เทลาดลงมาทางทิศใต้ โดยพื้นที่ทางทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นพื้นที่ค่อนข้างราบสลับเนินเขา ส่วนพื้นที่ทางทิศตะวันออกยังคงเป็นเทือกเขาและภูเขาสลับเนินเขา ครอบคลุมบริเวณตอนล่างของจังหวัดเพชรบูรณ์ พื้นที่จังหวัดลพบุรี สระบุรี ชัยภูมิ นครราชสีมาบางส่วน

ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง บริเวณด้านตะวันออกตอนล่างและตะวันออกเฉียงใต้จะเป็นแนวเทือกเขาแดงพญาเย็น เขาสามหลัก ต่อเนื่องถึงอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 5-30 เมตร ความลาดชันเฉลี่ยตามแนวลำน้ำป่าสักประมาณ 1:7,000 ครอบคลุมบริเวณส่วนของจังหวัดสระบุรี นครราชสีมา และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

แม่น้ำป่าสักเป็นแม่น้ำสายหลักในลุ่มน้ำเพียงสายเดียวไหลจากทิศเหนือลงทิศใต้ ต้นกำเนิดของลำน้ำอยู่บริเวณเทือกเขาตอนบนในเขตจังหวัดเลย ไหลผ่านพื้นที่ของจังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรี ลงเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์และไหลผ่านจังหวัดสระบุรี คู่อื่นทอดน้ำพระราม 6 และไหลบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 700 กิโลเมตร โดยมีลำน้ำสาขาแยกไปทางตะวันตกและตะวันออก ลำน้ำสาขาส่วนใหญ่จะสั้นและพื้นที่รับน้ำมีขนาดเล็ก โดยลำน้ำสาขาที่สำคัญได้แก่ ห้วยน้ำพุ ห้วยป่าแดง ห้วยขอนแก่น ลำกง ห้วยเกาะแก้ว ลำสนธิ ห้วยมวกเหล็ก เป็นต้น

1.3 สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

1.3.1 สภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำป่าสักพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในภาคกลาง และมีพื้นที่บางส่วนทางตอนบน อยู่ในภาคเหนือของประเทศ มีสภาพภูมิอากาศอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และบางครั้งพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนจะได้รับอิทธิพลจากลมพายุจร เช่น พายุโซนร้อนและพายุดีเปรสชันเป็นครั้งคราว ซึ่งจะเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงประมาณปลายเดือนตุลาคม ส่วนในระหว่างเดือนพฤศจิกายนจนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

จากอิทธิพลลมมรสุมดังกล่าว จึงสามารถแบ่งฤดูกาลของลุ่มน้ำป่าสักได้เป็น 3 ฤดู ดังนี้

ฤดูฝน จะเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม ในระยะนี้จะมีฝนตกชุกเกือบทั่วไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยจะมีปริมาณน้ำฝนมากในเดือนกันยายน

ฤดูแล้ง จะเริ่มประมาณเดือนพฤศจิกายนจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ระยะเวลาอากาศจะแห้ง และมีอุณหภูมิต่ำสุด

ฤดูร้อน จะเริ่มประมาณปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ระยะนี้จะมีอากาศร้อน และมีฝนตกบ้างเป็นครั้งคราวในปริมาณน้อย อุณหภูมิสูงสุดประจำปีอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน

รายละเอียดลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ช่วงปี พ.ศ.2514-2543 ของสถานีตรวจอากาศต่างๆ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำและบริเวณใกล้เคียง กรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอหล่มสัก สถานีจังหวัดเพชรบูรณ์ สถานีอำเภอวิเชียรบุรี สถานีบัวชุม และสถานีจังหวัดลพบุรี ซึ่งพอสรุปช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือนและค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของทั้ง 5 สถานี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยรายปี ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

สถานีตรวจวัด	ตัวแปรภูมิอากาศ	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย
สภาพภูมิอากาศ		รายเดือน			รายปี
อำเภอหล่มสัก	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	23.5 (ธ.ค.)	ถึง	29.0 (เม.ย.)	26.7
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	63.0 (ก.พ.)	ถึง	84.0 (ก.ย.)	73.3
	ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มม.)	122.7 (ก.ย.)	ถึง	171.2 (เม.ย.)	1,660.1
	ความชื้นของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	2.8 (ธ.ค.)	ถึง	8.9 (ส.ค.)	5.6
	ความเร็วลม (น็อต)	0.8 (ก.ย.-ม.ค.)	ถึง	1.8 (มิ.ย.)	1.2
	ปริมาณฝน (มม.)	4.4 (ม.ค.)	ถึง	191.1 (ส.ค.)	1,044.3
จังหวัดเพชรบูรณ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	23.2 (ธ.ค.)	ถึง	29.8 (เม.ย.)	26.9
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	61.0 (มี.ค.)	ถึง	84.0 (ส.ค., ก.ย.)	73.0
	ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มม.)	105.2 (ก.ย.)	ถึง	184.3 (เม.ย.)	1,596.3
	ความชื้นของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	2.7 (ธ.ค.)	ถึง	8.6 (ส.ค.)	5.4
	ความเร็วลม (น็อต)	1.3 (ก.ย.)	ถึง	2.5 (เม.ย.)	2.0
	ปริมาณฝน (มม.)	5.6 (ม.ค.)	ถึง	200.8 (ก.ย.)	1,079.1
อำเภอวิเชียรบุรี	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	24.5 (ธ.ค.)	ถึง	30.5 (เม.ย.)	27.8
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	62.0 (ก.พ.,มี.ค.)	ถึง	83.0 (ก.ย.)	72.7
	ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มม.)	117.4 (ก.ย.)	ถึง	187.5 (มี.ค.)	1,720.9
	ความชื้นของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	2.6 (ม.ค.)	ถึง	8.8 (ส.ค.)	5.6
	ความเร็วลม (น็อต)	0.9 (ก.ย.)	ถึง	1.9 (เม.ย.)	1.3
	ปริมาณฝน (มม.)	4.9 (ธ.ค.)	ถึง	244.3 (ก.ย.)	1,204.2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สถานีตรวจวัด	ตัวแปรภูมิอากาศ	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย
สภาพภูมิอากาศ		รายเดือน		รายปี
บัวชุม	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	24.1 (ธ.ค.)	ถึง 30.3 (เม.ย.)	27.6
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	64.0 (ก.พ.)	ถึง 86.0 (ก.ย.)	74.7
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)	116.8 (ก.ย.)	ถึง 211.8 (มี.ค.)	1,875.0
	ความชื้นของเมฆ (0-10 ออกจาก)	2.4 (ก.พ.)	ถึง 8.8 (ส.ค.)	5.5
	ความเร็วลม (น็อต)	1.1 (ก.ย.)	ถึง 3.4 (ธ.ค.)	2.4
	ปริมาณฝน (มม.)	2.9 (ธ.ค.)	ถึง 263.1 (ก.ย.)	1,085.8
จังหวัดลพบุรี	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.6 (ธ.ค.)	ถึง 30.4 (เม.ย.)	28.1
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	59.0 (ธ.ค.)	ถึง 82.0 (ก.ย.)	70.6
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)	127.6 (ต.ค.)	ถึง 194.9 (มี.ค.)	1,905.8
	ความชื้นของเมฆ (0-10 ออกจาก)	2.6 (ม.ค.)	ถึง 8.4 (ส.ค.)	5.4
	ความเร็วลม (น็อต)	1.2 (ก.ย.)	ถึง 2.9 (ธ.ค.)	2.1
	ปริมาณฝน (มม.)	4.4 (ธ.ค.)	ถึง 263.7 (ก.ย.)	1,123.8

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำ (2546)

1.3.2 ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณฝนรายปีของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก จากค่าปริมาณฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนใน 3 จังหวัดหลัก ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรี และสระบุรี พบว่ามีค่าปริมาณฝนอยู่ระหว่าง 1,067 มม. ถึง 1,636 มม. 910 มม. ถึง 1,258 มม. และ 990 มม. ถึง 1,702 มม. ตามลำดับ โดยปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำป่าสัก จะมีปริมาณมากทางตอนล่างของกลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดสระบุรี พระนครศรีอยุธยา และมีปริมาณลดลงทางตอนเหนือขึ้นไปบริเวณจังหวัดลพบุรี และจะเพิ่มขึ้นใหม่บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ดังรายละเอียดแสดงด้วยเส้นชั้นปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักในภาพที่ 2

1.3.3 ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก จากข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำป่าสัก และลำน้ำสาขาที่มีช่วงการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 5 ปี ถึง 63 ปี สามารถสรุปช่วงพิสัยของพื้นที่รับน้ำ และค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ โดยในแม่น้ำป่าสักมีค่าเฉลี่ย 4.84 ถึง 11.67 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร และในลำน้ำสาขามีค่าเฉลี่ย 3.49 ถึง 14.88 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 2 และพบว่าความผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อพื้นที่ ตามลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ค่าดังกล่าวจะมากในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนบนและตามบริเวณขอบลุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขา และลดลงตามลำดับในพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของลุ่มน้ำ ดังรายละเอียดแสดงเส้นชั้นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีต่อหน่วยพื้นที่ (ลิตร/วินาที/ตร.กม.) ในภาพที่ 3

ตารางที่ 2 ช่วงพิสัยของพื้นที่รับน้ำและค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่

แม่น้ำ/ ลำสาขา	จำนวน สถานี	ช่วงปีที่มี สถิติข้อมูล (ปี ค.ศ.)	ช่วงพิสัยของ พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงพิสัยของปริมาณ น้ำท่ารายปีเฉลี่ย ต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)
แม่น้ำป่าสัก	20	1914-1999	333 – 14,522	4.84 – 11.67
ลำน้ำสาขา	20	1965-1999	15 – 1,247	3.49 – 14.88

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำ (2546)

1.4 สภาพการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำป่าสัก

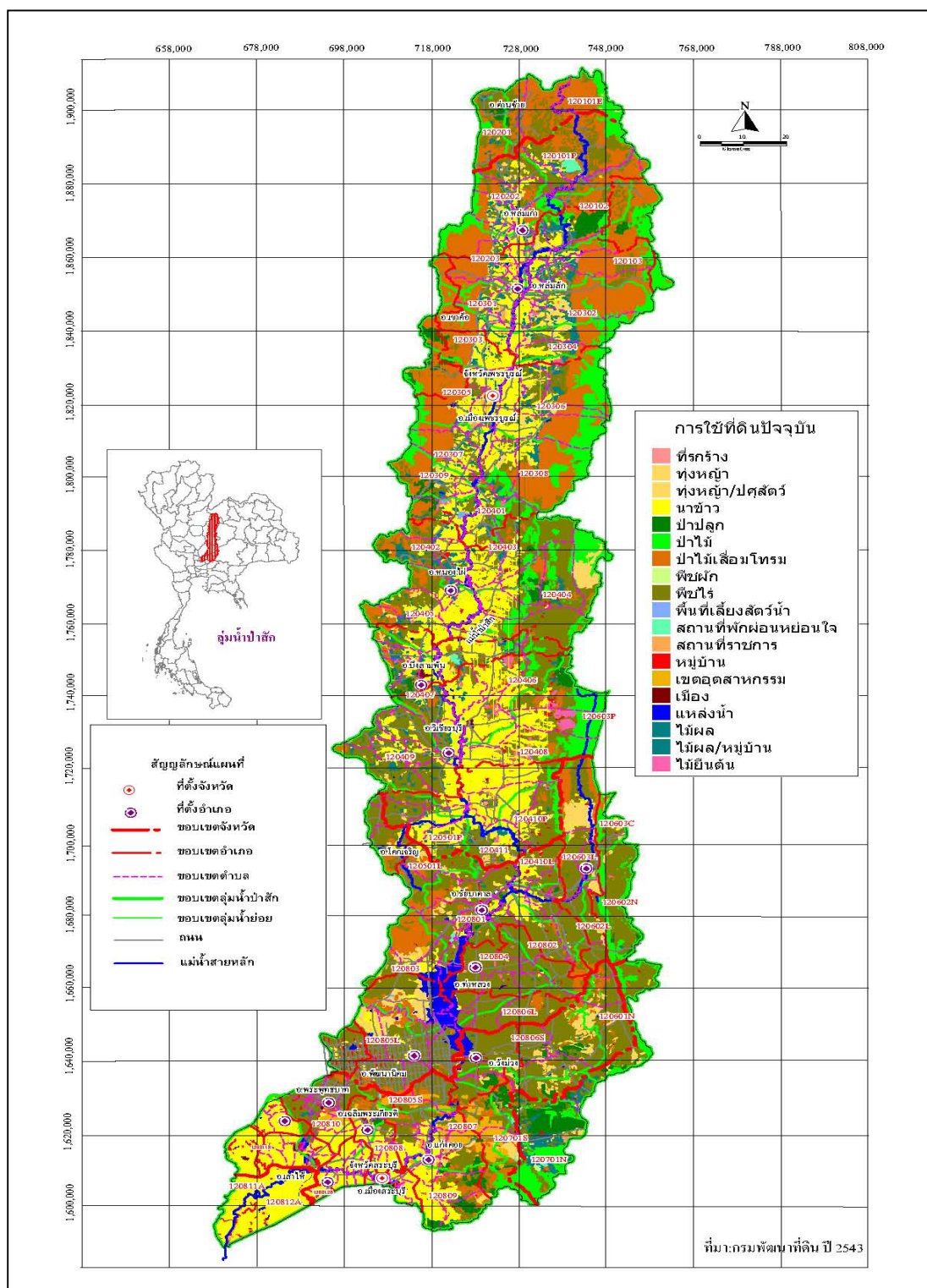
1.4.1 การใช้ที่ดินในปัจจุบัน

จากข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี 2543 และจากภาพถ่ายทางอากาศ สามารถจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักออกได้เป็น 21 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 4 จะเห็นว่าลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ พืชไร่ อันดับต่อไปคือ นาข้าว และป่าไม้เสื่อมโทรม โดยคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับพื้นที่กลุ่มน้ำทั้งหมดคือ 37.98 20.99 และ 17.81 ตามลำดับ และสามารถสรุปลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำป่าสักแยกออกเป็น 3 พื้นที่ใหญ่ ประกอบด้วยพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักตอนบนที่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดเลย พื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักตอนกลางที่อยู่ในเขตจังหวัดลพบุรี และจังหวัดชัยภูมิ พื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักตอนล่างที่อยู่ในเขตจังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

ก. การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักเขตจังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดเลย ประกอบด้วย

1) กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักตอนบน พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนเหนือของกลุ่มน้ำ พื้นที่อยู่ในเขต 2 จังหวัดได้แก่จังหวัดเลยบางส่วนและจังหวัดเพชรบูรณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากเป็นป่าไม้เสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ มีราษฎรบุกรุกเข้าทำประโยชน์โดยทำการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพดและเชิง และไม้ผล เช่น มะขามหวาน เป็นต้น พื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์มีเหลือประมาณร้อยละ 10 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ในกลุ่มน้ำนี้ได้แก่ พืชไร่ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นาข้าว ส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ไม้ผลที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ มะขามหวาน และมะม่วง

2) กลุ่มน้ำสาขาห้วยแม่พุง พื้นที่อยู่ในเขต 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเลยบางส่วนและจังหวัดเพชรบูรณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากเป็นป่าไม้เสื่อมโทรมประมาณร้อยละ 47 ป่าสมบูรณ์ประมาณร้อยละ 7 มีราษฎรเข้าทำประโยชน์โดยทำการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพดและเชิง และไม้ผล เช่น มะขามหวาน เป็นต้น พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ในกลุ่มน้ำนี้ได้แก่ พืชไร่ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ไม้ผลประมาณร้อยละ 6 ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ มะขามหวาน และมะม่วง



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันในลุ่มน้ำปากสัก

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2546)

3) กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักส่วนที่ 2 พื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากเป็นป่าไม้เสื่อมโทรมประมาณร้อยละ 18-48 มีราษฎรเข้าทำประโยชน์โดยทำการปลูกพืชไร่เช่น ข้าวโพดและเชิง และไม้ผล เช่น มะขามหวาน เป็นต้น ป่าไม้สมบูรณ์ประมาณร้อยละ 4-23 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆในกลุ่มน้ำนี้ได้แก่พืชไร่ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ไม้ผลมีพื้นที่ประมาณ ร้อยละ 8-15 ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่มะขามหวาน และมะม่วง

4) กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักส่วนที่ 3 พื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมาก ได้แก่ พืชไร่ ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ไม้ผลที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะขามหวาน ป่าเสื่อมโทรมมี ร้อยละ 2-24 ป่าไม้สมบูรณ์มี ร้อยละ 0-18

5) กลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว พื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบการใช้ประโยชน์ที่ดินเกือบทั้งหมดเป็นพื้นที่เกษตร ได้แก่ พืชไร่ ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ไม้ผลที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะขามหวาน มะม่วง และน้อยหน่า ป่าไม้เหลือน้อยมาก

6) กลุ่มน้ำสาขาลำสนธิ เฉพาะพื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบเป็นป่าไม้เกือบทั้งหมดเพราะเป็นที่สูง

ข. การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักเขตจังหวัดลพบุรีและจังหวัดชัยภูมิ ประกอบด้วย

1) เขตกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักส่วนที่ 3 มีพื้นที่บางส่วนของจังหวัดลพบุรี อยู่ในเขตกลุ่มน้ำการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากได้แก่พืชไร่ ประมาณร้อยละ 70 ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเกษตรกรจะปลูกในฤดูฝน และเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วเกษตรกรจะปลูกทานตะวัน นาข้าวประมาณร้อยละ 16 ส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ไม้ผลที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะม่วง และน้อยหน่า ป่าเสื่อมโทรมมีร้อยละ 8 ส่วนใหญ่เกษตรกรบุกรุกเข้าปลูกข้าวโพด

2) กลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว มีพื้นที่บางส่วนของจังหวัดลพบุรีอยู่ในเขตลุ่มน้ำเช่นกัน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากประมาณร้อยละ 60 ได้แก่ พืชไร่ ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเกษตรกรจะปลูกในฤดูฝน และเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วเกษตรกรจะปลูกทานตะวัน นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวจ้าว ไม้ผลที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะขามหวาน มะม่วง และน้อยหน่า นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมประมาณร้อยละ 26 ซึ่งราษฎรบุกรุกปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3) กลุ่มน้ำสาขาลำสนธิ พื้นที่อยู่ในเขต 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดลพบุรี และจังหวัดชัยภูมิ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมาก ได้แก่ พืชไร่ ส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเกษตรกรจะปลูกในฤดูฝนและอ้อย นาข้าวร้อยละ 6 ที่พบ ส่วนใหญ่เป็นข้าวจ้าว พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมประมาณร้อยละ 26

4) กลุ่มน้ำสาขแม่ น้ำป่าสักตอนล่าง มีพื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดลพบุรี การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากร้อยละ 71-95 ได้แก่ พืชไร่ พืชไร่ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และอ้อย นาข้าวมีไม่มากนักประมาณร้อยละ 5 ส่วนใหญ่เป็นข้าวจ้าว ไม้ผลมีน้อย ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะม่วง และมะพร้าว ป่าเสื่อมโทรมมีร้อยละ 8-15

ค. การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักเขตจังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประกอบด้วย

1) กลุ่มน้ำสาขาลำสนธิ พื้นที่ในเขต 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสระบุรี และจังหวัดนครราชสีมา การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากประมาณร้อยละ 61-74 ได้แก่ พืชไร่ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเกษตรกรจะปลูกในฤดูฝน และอ้อย และนาข้าวมีน้อยมาก นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวจ้าว ไม้ผลมีน้อยเช่นเดียวกันที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะม่วง ขนุน ป่าไม้สมบูรณ์มีประมาณ ร้อยละ 25

2) กลุ่มน้ำสาขาห้วยมวกเหล็ก พื้นที่อยู่ในเขต 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสระบุรี และจังหวัดนครราชสีมา การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมาก ได้แก่ พืชไร่มีประมาณร้อยละ 21-44 พืชไร่ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อย นาข้าวมีน้อยส่วนใหญ่เป็นข้าวจ้าว ไม้ผลมีปลูกค่อนข้างมากประมาณร้อยละ 2-19 ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะม่วง และน้อยหน่า บริเวณลุ่มน้ำย่อยนี้มีทั้งป่าไม้และป่าปลูกรวมแล้วประมาณร้อยละ 22-51

3) กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักตอนล่าง พื้นที่ในเขต 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด สระบุรีและจังหวัดพระนครศรีอยุธยาบางส่วน การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมาก ได้แก่ พืชไร่ ประมาณร้อยละ 15-42 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อย นาข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวจ้าว ไม้ผลที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ มะม่วง และมะพร้าว มีการปลูกป่าบางแห่ง

1.4.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

กรมทรัพยากรน้ำ (2546) ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินของปี 2535 กับปี 2543 ของกลุ่มน้ำป่าสักพบว่าพื้นที่ที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ได้แก่ ป่าไม้ ลดลงจากร้อยละ 11.38 ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 7.61 ของพื้นที่และพื้นที่พืชไร่ก็ลดลงเช่นเดียวกัน แต่ไปเพิ่มที่ป่าเสื่อมโทรมและพื้นที่ปลูกไม้ผลรวมทั้งแหล่งน้ำ พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 4,422 ไร่ ซึ่งเป็นการเพิ่มของนิคมอุตสาหกรรม

แนวโน้มของการใช้ที่ดินในอนาคตน่าจะเปลี่ยนแปลงไปจากปี 2543 ไม่มากนัก เช่น พื้นที่ป่าไม้ ทางราชการโดยกรมป่าไม้มีนโยบายที่จะรักษาอย่างเข้มงวดโดยป้องกันการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์และพร้อมกันก็มีการปลูกป่าเพิ่ม ดังนั้นพื้นที่ป่าไม้จะมีพื้นที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปทางที่น้อยลงแต่จะมีการเพิ่มบ้างแต่ไม่มากนัก พื้นที่การเกษตรซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีพื้นที่น้อยลงบ้างตามความเจริญของท้องถิ่นและการเพิ่มของประชากร ซึ่งถ้าไม่มีการวางแผนพื้นที่การเกษตรที่มีศักยภาพสูงอาจถูกนำมาใช้เป็นพื้นที่ชุมชนหรือแหล่งอุตสาหกรรมซึ่งจะต้องขยายเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ไม่มากนักแต่ก็ควรใช้จากพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรแทน

สรุปแล้วการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นการขยายตัวของชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรมเข้าไปในพื้นที่เกษตรหรือที่รกร้างว่างเปล่า

1.5 สภาพของการเกิดอุทกภัยในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสัก

จากลักษณะของสภาพกลุ่มน้ำทางตอนบนในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์-เลย มีความลาดชันสูง ฝนเฉลี่ยรายปีค่อนข้างสูง และความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ สภาพปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเกิดขึ้นฉับพลันรุนแรง ส่วนทางตอนกลางของกลุ่มน้ำช่วงจังหวัดเพชรบูรณ์ต่อกับกลุ่มน้ำในเขตจังหวัดลพบุรี บริเวณเหนือเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ สภาพพื้นที่มีความลาดชันน้อยกว่าตอนบนลำน้ำคดเคี้ยว สภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจะเป็นลักษณะเกิดการอัดเอ่อของน้ำในแม่น้ำที่มาจาก

น้ำหลากทางลุ่มน้ำป่าสักตอนบนล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ ส่วนลุ่มน้ำตอนล่างได้เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ เขต จังหวัดสระบุรี สถานะการเกิดอุทกภัยลดลงหลังจากมีเขื่อนป่าสัก

แต่เนื่องจากความสามารถในการระบายน้ำของแม่น้ำบางช่วงมีน้อย ทำให้บางครั้ง ในกรณีที่ต้องมีการระบายน้ำฉุกเฉินจากเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์มากกว่า 600 ลบ.ม./วินาที น้ำในแม่น้ำ จะเอ่อล้นเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณริมแม่น้ำ โดยเฉพาะช่วงเขตที่ติดกับแม่น้ำป่าสักใน อำเภอวังม่วง อำเภอแก่งคอย และอำเภอมวกเหล็ก

การรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในช่วงสถานการณ์เกิดน้ำท่วมหนักในเขตลุ่มน้ำป่าสัก ปี 2545 ของพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดลพบุรี ซึ่งจากการประเมิน แล้วน้ำท่วมปี พ.ศ. 2545 ของลุ่มน้ำป่าสักจะเป็นน้ำท่วมที่มีผลกระทบสูงกว่าสภาพเฉลี่ยมาก และสามารถที่จะใช้เป็นฐานในการศึกษาและทางที่จะป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในอนาคตได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ จากการรวบรวมข้อมูลของโครงการการศึกษาสำรวจจัดทำแผนข้อมูลสารสนเทศด้านทรัพยากรน้ำ จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรี ลุ่มน้ำป่าสัก ประสิทธิ์ (2544) พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วต่อปีจะมีพื้นที่น้ำท่วมพื้นที่ทำกิน 635,000 ไร่ และพื้นที่อยู่อาศัย 130,000 ไร่ ระยะเวลาที่น้ำท่วมจะนานกว่า 2 เดือน

2. กระบวนการเกิดน้ำท่า

David H. Pilgrim and Lan Cordery (1993) กล่าวว่ากระบวนการเกิดน้ำท่าเริ่มจากเมื่อฝนเริ่มตก ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก็จะไหลไปตามแหล่งพื้นที่ผิวต่าง ๆ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนใหญ่จะไหลไปตามลำน้ำ และมีการระเหยกลายเป็นไอไปสู่ชั้นบรรยากาศ บางส่วนไหลซึมสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ขบวนการเหล่านี้จะเกิดเป็นวัฏจักรหมุนเวียนกันไป

การเกิดน้ำท่ามักเกิดเมื่อมีฝนตกหนัก และมีปริมาณฝนมากกว่าความจุของชั้นดินหรือมากกว่าอัตราการซึมลงดิน จึงมีปริมาณน้ำไหลบนผิวดิน เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าหรือน้ำท่วม เรียก “direct runoff” ลักษณะของการเกิดน้ำท่วมโดยทั่วไปเกิดจากลักษณะของฝนที่ตกสองลักษณะ ได้แก่ ฝนที่ตกหนักภายในช่วงเวลาสั้น ๆ กล่าวคือ มีความเข้มฝนมาก หรือเกิดจากฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน

2.1 ส่วนประกอบของน้ำท่า

ในการวิเคราะห์น้ำท่าหรือน้ำท่วม จะต้องมีการแยกส่วนประกอบของน้ำท่า ออกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบของน้ำท่าตามลักษณะของการไหลมารวมกันได้เป็น 3 องค์ประกอบใหญ่ดังนี้

2.1.1 น้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Overland flow หรือ Direct Runoff) คือปริมาณน้ำท่าที่เหลือจากการซึมผ่านชั้นผิวดินและการระเหยไปสู่ชั้นบรรยากาศ จนมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลบนผิวดินและในลำธาร เป็นปริมาณน้ำส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดน้ำท่า

2.2.2 น้ำท่าที่ไหลภายในดิน (Interflow) คือปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ใต้ชั้นผิวดินด้วยอัตราการเคลื่อนที่ช้า ๆ

2.3.3 น้ำใต้ดิน (Ground Water หรือ Base Flow) คือปริมาณน้ำส่วนที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน เป็นปริมาณน้ำที่หล่อเลี้ยงลำธารให้มีน้ำหรือความชุ่มชื้นตลอดปี

การศึกษาเพื่อแยกองค์ประกอบของน้ำท่า มีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องคือ เวลาในการเกิดน้ำท่า หรือเวลาที่น้ำท่าใช้ในการเคลื่อนที่

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำท่า

อริวรุท (2538) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธารดังนี้

2.2.1 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ความชื้น ลักษณะการเกิดฝนตก เป็นต้น โดยที่ปริมาณการเกิดฝนตกเป็นปัจจัยหลักต่อการเกิดปริมาณน้ำท่ามากที่สุด ลักษณะการเกิดฝนตกที่ต่างกันก่อให้เกิดลักษณะของการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน

2.2.2 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่

ก. สภาพพื้นที่ เช่น ชนิดของดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวนี้มีผลต่อการระบายน้ำหรือการเคลื่อนตัวของน้ำท่า

ภายในพื้นที่นั้น ๆ กล่าวคือ มีผลต่อลักษณะการไหลของน้ำท่าที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นถ้าพื้นที่มีการเพาะปลูกหรือมีป่าไม้มากก็จะทำให้มีปริมาณน้ำไหลซึมสู่ชั้นดินมาก ก่อให้เกิดความชุ่มชื้นในชั้นดิน ทำให้เกิดอัตราการระบายน้ำหรือการไหลของน้ำท่ามีปริมาณน้อยลง เป็นต้น

ข. ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ ขนาด และรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะมีผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำท่า โดย Taylor (1997) นิพนธ์ (2525) และ Ruangpanit และ Tangtham (1982) พบว่าปริมาณน้ำท่าจะแปรผันตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่ก็จะมีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ และลักษณะของการเกิดน้ำท่าจะให้กราฟน้ำท่าที่มีลักษณะของฐานของกราฟน้ำท่ากว้างและขนาดการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Qpeak) จะไม่สูงหรือไม่ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับพื้นที่ขนาดเล็ก

ค. ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะความลาดชันของลุ่มน้ำจะมีอิทธิพลต่อการซึมผ่านของน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration) และการไหลบนผิวดิน (Surface Runoff) กล่าวคือ ถ้าความลาดชันของพื้นที่มาก จะทำให้การเกิดน้ำท่าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความลาดชันของลุ่มน้ำจะสัมพันธ์กับเวลาในการเกิดน้ำท่า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Qp) ของน้ำท่าอีกด้วย

2.3 กราฟน้ำท่า

กราฟน้ำท่า คือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและเวลา ชูเกียรติ และไตรรัตน์ (2529) กล่าวถึงกราฟน้ำท่า คือ การลงแผนระหว่างอัตราการไหล (Discharge) กับเวลา สำหรับการระบายน้ำออกของลุ่มน้ำ กราฟน้ำท่า คือ การแสดงออกถึงลักษณะของลุ่มน้ำซึ่งครอบคลุมความสัมพันธ์ระหว่างฝนตกกับผลจากฝนที่ตกซึ่งก็คือปริมาณการไหล (runoff) กราฟน้ำท่าเป็นสิ่งที่ใช้แทนผลรวมของฝนที่ตก และคุณลักษณะของลุ่มน้ำ เช่น พื้นที่ รูปร่าง รูปแบบของการระบายน้ำในพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน คุณสมบัติของพื้นดินและช่องทางน้ำ ความลาดชันของพื้นดิน และการระบายน้ำ การไหลซึมของน้ำใต้ดิน ปัจจัยเหล่านี้จะรวมและแสดงปรากฏอยู่ในกราฟน้ำท่า ดังนั้นกราฟน้ำท่าจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนพัฒนาหรือการออกแบบโครงสร้างอาคารแหล่งน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำ และจะมีผลกระทบต่อกราฟน้ำท่าหรือลักษณะของการเกิดน้ำท่าหลังจากมีการพัฒนาโครงการไปแล้ว

ประเภทของกราฟน้ำท่า (Soil Conservation Service, 1985) แบ่งกราฟน้ำท่าออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.3.1 กราฟน้ำท่าธรรมชาติ (Natural Hydrograph) คือ กราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดข้อมูลจากสถานีตรวจวัดโดยตรง

2.3.2 กราฟน้ำท่าสังเคราะห์ (Synthetic hydrograph) คือ กราฟน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ คุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ และลักษณะการเกิดพายุฝน

2.3.3 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrographs) คือ กราฟน้ำท่าธรรมชาติหรือกราฟน้ำท่าสังเคราะห์ที่ทำให้เป็นกราฟหนึ่งหน่วย การเกิดปริมาณน้ำท่าจะมีค่าคงที่ (Uniformly) บนพื้นที่ลุ่มน้ำหนึ่งช่วงเวลาหนึ่ง (Specified times)

2.3.4 กราฟน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless hydrograph) คือกราฟน้ำท่าที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าหลาย ๆ เหตุการณ์ โดยใช้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) และอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) เป็นสัดส่วนพื้นฐาน และใช้เป็นค่าอัตราส่วนสำหรับการคำนวณหากราฟน้ำท่าต่อไป บางครั้งอาจเรียกว่า Index hydrograph

ตามปกติกราฟน้ำท่าจะได้มาจากการตรวจวัดหรือบันทึกโดยสถานีวัดน้ำท่าบนลำน้ำ ถ้าไม่มีการวัดน้ำท่าที่จุดที่ต้องการบนลำน้ำ สามารถคำนวณกราฟการไหลของน้ำท่าเชิงสังเคราะห์ (Synthetic runoff hydrograph) ได้ ซึ่งการสร้างกราฟน้ำท่าเชิงสังเคราะห์จำเป็นต้องทราบเวลาซึ่งน้ำไหลจากจุดไกลที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดที่วัดน้ำท่า ระยะเวลานี้เรียกว่า เวลาของการรวมจุด หรือเรียกเวลาน้ำท่าเข้มข้น (Time of concentration) วีระพล (2533)

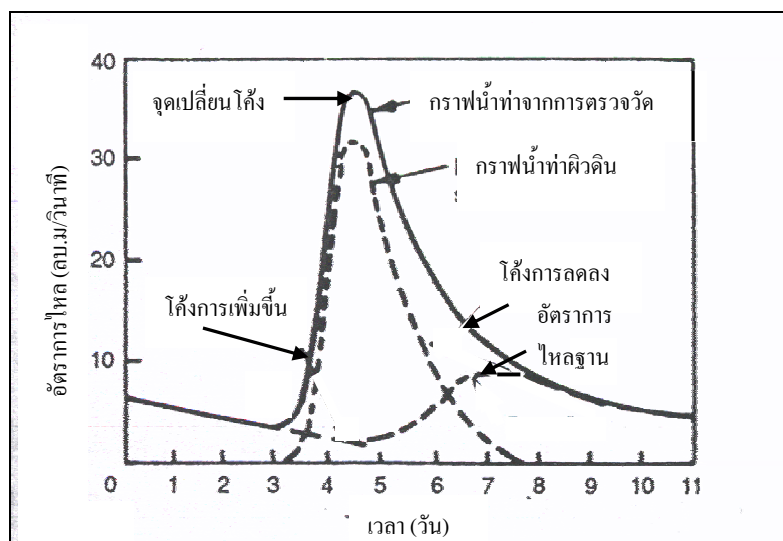
2.4 การแบ่งองค์ประกอบของกราฟน้ำท่า

วีระพล (2533) กล่าวว่า กราฟน้ำท่าประกอบด้วยส่วนโค้ง 3 ส่วน คือ โค้งการเพิ่มขึ้น (Rising limb) ส่วนยอด (Crest segment) และโค้งการลดลง (falling limb หรือ recession) ดังแสดงในภาพที่ 5

โค้งการเพิ่มขึ้น รูปร่างของโค้งการเพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการเกิดพายุฝนที่เป็นสาเหตุให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำในลำน้ำ

จุดเปลี่ยนโค้ง (point of inflection) อยู่ทางด้านโค้งการลดลงของกราฟน้ำท่า เป็นเวลาที่น้ำท่าที่ไหลบนผิวดินมาสู่ลำน้ำและหยุด

โค้งการลดลง (falling limb) ของกราฟน้ำท่า เป็นเวลาที่น้ำท่าหรือน้ำผิวดินตามแหล่งเก็บกักต่าง ๆ ของลุ่มน้ำไหลออกมาสู่ลำน้ำ โดยรูปร่างของโค้งการลดลงจะไม่ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพายุฝนที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในลำน้ำ



ภาพที่ 5 องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า

3. การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

3.1 การศึกษาภายในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

วีระชัย (2530) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า ของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 7 สถานี ภายในลุ่มน้ำป่าสัก มีพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เกิน 1,000 ตารางกิโลเมตร โดยใช้แบบจำลองถัง (TANK MODEL) พบว่าแบบจำลองถังสามารถนำมาใช้ประมาณปริมาณน้ำท่าจากสถิติน้ำฝนได้ดี ค่าข้อมูลน้ำท่าจากการวัดและปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณมีความสัมพันธ์กันอย่างมากมีนัยสำคัญความ

เชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซนต์ และให้ข้อเสนอแนะว่าปัญหาสำคัญในการทำแบบจำลองถึง คือ การกำหนดค่าคงที่ในแบบจำลองให้เหมาะสมซึ่งค่าคงที่เหล่านี้มีจำนวนมากถึง 19 ตัว

กรมอุตุนิคมวิทยา (2536) ได้ทำการศึกษาข้อมูลฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำป่าสัก ตามโครงการพระราชดำริตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำป่าสักมีการวางข่ายสถานีฝนเพิ่มเติมให้ตรงตามมาตรฐานความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนที่องค์การอุตุนิคมวิทยาโลกได้กำหนดไว้ เพื่อให้ทราบปริมาณและการกระจายตัวของฝน โดยเริ่มทำการตรวจวัดตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรและการจัดการทรัพยากรน้ำ พบว่า เมื่อมีการวางเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนเพิ่มเติมจะมีการกระจายของฝนหนาแน่น มีความถูกต้องมากขึ้นและมีการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักโดยวิธี Isohyets Method เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงโดยมีสถานีแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เป็นสถานีวัดปริมาณน้ำที่ปลายน้ำ ได้ว่าปริมาณน้ำท่ามีค่าเป็น 40-48% ของปริมาณน้ำฝน

กรมทรัพยากรน้ำ (2546) ทำการศึกษาโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก เพื่อใช้เป็นกรอบกำหนดระดับถึงแผนงานและรายละเอียดถึงวิธีการพัฒนาและแก้ไขปัญหาในแต่ละพื้นที่ โดยได้มีการศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพทรัพยากรน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อย มีการรวบรวมและวิเคราะห์ผลการศึกษา แผนงานโครงการที่ดำเนินการไว้โดยหน่วยงานต่าง ๆ มาจัดทำสรุปผลการดำเนินงานและแนวทางที่จะดำเนินการต่อไป พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ได้แก่ ด้านการพัฒนาแหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง ด้านการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก และด้านการแก้ไขปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับด้านการแก้ไขปัญหาอุทกภัยนั้นได้เสนอแนวทางทั้งในมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างโดยพิจารณาแบ่งเป็นพื้นที่ด้านเหนือของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ และพื้นที่ด้านท้ายน้ำเขื่อน แนวทางการแก้ไขโดยรวม ได้แก่

กรณีมาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง

- 1) ก่อสร้างอ่างเก็บน้ำตามภูมิประเทศที่เหมาะสม
- 2) ขุดลอกลำน้ำ และการปรับปรุงอาคารระบายน้ำ
- 3) จัดตั้งสถานีวัดน้ำฝนให้ครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำ
- 4) ติดตั้งระบบพยากรณ์ฝนและน้ำท่วมเชื่อมกับระบบโทรมาตร
- 5) ก่อสร้างคันกันน้ำตามแนวริมฝั่งแม่น้ำป่าสักพร้อมติดตั้งระบบสูบน้ำออก

จากพื้นที่

6) ปรับปรุงแม่น้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ รวมถึงการขุดลอกช่องลัดบริเวณโค้งลำน้ำ และการป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง

กรณีมาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง

- 1) พื้นฟูสภาพป่าไม้บนพื้นที่ต้นน้ำลำธาร
- 2) กำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยแบบฉับพลันและพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดิน

ถล่ม

- 3) กำหนดมาตรการปลูกพืชคลุมดินและมาตรการอนุรักษ์ดินที่เหมาะสม
- 4) เคลื่อนย้ายประชาชนและทรัพย์สินออกจากบริเวณพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย

เป็นการชั่วคราวในช่วงฤดูน้ำหลาก

- 5) รณรงค์ให้ประชาชนร่วมอนุรักษ์ดินและวางแผนทรัพยากรป่าไม้อย่าง

ต่อเนื่อง

- 6) การกำหนดและวางผังเมืองเพื่อกำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่าง

ถูกต้อง

- 7) กำหนดเขตลำนํ้าเพื่อป้องกันการรุกล้ำลำนํ้า
- 8) บริหารจัดการการปล่อยน้ำของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์อย่างเหมาะสม
- 9) ประสานงานการควบคุมการปล่อยน้ำจากเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ร่วมกับการป้องกัน

บรรเทาอุทกภัยในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่องในช่วงฤดูน้ำหลาก

3.2 การศึกษาทั่วไป

อวิรุทธ์ (2538) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGS) ในลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งมีหลักการอ้างอิงวิธีการ SCS ในการประเมินการไหลของน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน ในการศึกษาได้ทำการจำลองลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 7 สถานีภายในลุ่มน้ำบางปะกง โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดไม่เกิน 1,000 ตารางกิโลเมตร 6 สถานี และมีพื้นที่ขนาดเกิน 1,000 ตารางกิโลเมตร 1 สถานี ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณีตามเงื่อนไขความชันของพื้นที่ก่อนพายุฝนที่พิจารณา ได้แก่ กรณีความชันเริ่มแรกค่าน้อย (AMC I) กรณีความชันเริ่มแรกมีค่าปานกลาง (AMC II) และกรณีความชันเริ่มแรกมีค่าสูง (AMC III) ผลการเทียบมาตรฐานพารามิเตอร์ของแบบจำลองในแต่ละกรณีได้ค่าดังนี้

กรณีที่ 1 ความชื้นเริ่มแรกมีค่าน้อย ค่า CN_1 มีค่าระหว่าง 25 - 35 ค่า CN_2 57 - 85 ค่า Ia_1 มีค่าระหว่าง 70 - 100 และค่า Ia_2 มีค่า 8 - 31

กรณีที่ 2 ความชื้นเริ่มแรกมีค่าปานกลาง ค่า CN_1 มีค่าระหว่าง 32 - 53 ค่า CN_2 71 - 92 ค่า Ia_1 มีค่าระหว่าง 36-96 และค่า Ia_2 มีค่า 3-16

กรณีที่ 3 ความชื้นเริ่มแรกมีค่าสูง ค่า CN_1 มีค่าระหว่าง 47 - 73 ค่า CN_2 17 - 51 ค่า Ia_1 มีค่าระหว่าง 17-51 และค่า Ia_2 มีค่า 3-7

และผลจากการตรวจสอบพบว่าค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้และค่าจากการตรวจวัดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยผลการเปรียบเทียบได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอัตราการไหลมีค่าอยู่ในช่วง 0.825 ถึง 0.994 ค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่า 0.960 ถึง 0.995 และเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดมีค่า 0.868 ถึง 0.997 จึงกล่าวได้ว่าแบบจำลองนี้สามารถนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าได้อย่างเหมาะสม

ยุพิน (2542) ทำการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำในกลุ่มน้ำบางปะกง 5 สถานี ซึ่งกลุ่มน้ำบางปะกงมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 18,807 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ต้นน้ำและตอนกลางเป็นภูเขาและเป็นที่สูง ส่วนตอนล่างอยู่ภายใต้อิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลง ของน้ำทะเล ตัวเมืองสำคัญ ๆ และพื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางและตอนล่างและพื้นที่ที่อยู่ใกล้ลำน้ำ มักเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากอยู่เสมอ ผลการศึกษาเทียบมาตรฐานแบบจำลอง พบว่า ผลภาพน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและที่เกิดขึ้นจริง ณ สถานีวัดน้ำท่า KGT 13 สอดคล้องกันมากที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.76-0.97 และผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์พบว่าค่าความจุผิวดินสูงสุด (U_{max}) ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (L_{max}) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (Q_{OF}) และค่าพารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของน้ำ (CK_1 CK_2) มีผลต่อการจำลองสภาพน้ำท่าทั้งอัตราการไหลสูงสุด และปริมาณน้ำท่า โดยเฉพาะค่า CK_1 CK_2 จะมีผลต่อเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด

กานดา (2545) ใช้แบบจำลอง NAM เพื่อศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในลุ่มน้ำน่าน จำนวน 11 สถานี มีพื้นที่รับน้ำตั้งแต่ 35 ถึง 4,840 ตารางกิโลเมตร โดยลุ่มน้ำน่านมีความยาวตามลำน้ำ 770 กิโลเมตร ตอนบนเป็นเทือกเขาสูง ความลาดชันมาก และความลาดชันลดลงตามลำดับเป็นช่วง ๆ คือ ตอนบนมีความลาดชันประมาณ 1:480 ถัดลง

มาที่ อ. เมือง จ.น่าน ความลาดชันประมาณ 1:3,500 ในช่วงอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ความลาดชันประมาณ 1:5,300 และในพื้นที่ตอนล่างเขื่อนทอนันเรศวร มีความลาดชันประมาณ 1:13,600 ผลการจำลองพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้อยู่ในช่วงที่กลุ่มมือของแบบจำลองแนะนำไว้ และผลการเปรียบเทียบและตรวจสอบพบว่ากราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดมีความใกล้เคียงกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.57-0.98 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ค่ายกกำลังสองของค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง 12.76-219.67 ลบ.ม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 111.59 ลบ.ม. สาเหตุของค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าต่ำเนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนที่เป็นตัวแทนไม่เป็นตัวแทนที่ดี หรือมีจำนวนข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนไม่ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่พิจารณา และข้อมูลการระเหยที่พิจารณามีจำนวนน้อยเพียง 5 สถานี เหล่านี้เป็นองค์ประกอบให้ประเมินผิดพลาด และในการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ แต่ละค่ามีผลทำให้ห้องค์ประกอบแต่ละค่าเปลี่ยนแปลงตามและเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน นอกจากนี้พารามิเตอร์ยังมีอิทธิพลแตกต่างกันในช่วง Low flow และ High flow ด้วย

วงศ์สถิตย์ (2545) ศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของกลุ่มน้ำมูลโดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS ซึ่งกลุ่มน้ำมูลถือเป็นกลุ่มน้ำขนาดใหญ่โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 69,000 ตารางกิโลเมตร การศึกษาได้ทำการแบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อย และใช้ข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลน้ำท่ารายวัน และข้อมูลลักษณะลุ่มน้ำ ทำการจำลองการสูญเสียน้ำท่าด้วยวิธี The SCS Curve Number จำลองการไหลผิวดินโดยวิธี The SCS Unit Hydrograph Recession และทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองโดยวิธี Optimization และวิธี Trial & Error ผลการศึกษาพบว่าในแบบจำลองการสูญเสียน้ำท่า (Loss Model) ได้ค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำมูลมีค่าอยู่ในช่วง 69 ถึง 78 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 73 ค่าการสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction) มีค่าอยู่ในช่วง 15.0 ถึง 38.0 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 ค่าเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ทึบน้ำ (Imperviousness %) มีค่าอยู่ในช่วง 13% ถึง 26% ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.1% ค่าช่วงระยะเวลาการตอบสนองลุ่มน้ำ (SCS Lag) อยู่ในช่วง 4,715 ถึง 18,600 นาที ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,772 นาที ส่วนในแบบจำลองการไหลพื้นฐาน (Base Flow Model) ได้ค่าจุดเริ่มต้นการลดลง (Initial Flow) อยู่ในช่วง 0.10 ถึง 0.12 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 0.11 ลูกบาศก์เมตร ค่าอัตราส่วนการลดลง (Recession ratio) มีค่าอยู่ในช่วง 0.82 ถึง 0.88 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 0.85 ลูกบาศก์เมตร ค่าจุดเริ่มต้นการไหลพื้นฐาน (Threshold Flow) ช่วงขาลง มีค่าอยู่ในช่วง 10.0 ถึง 11.0 ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ 10.5 ลูกบาศก์เมตร และในแบบจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ โดยวิธี Muskingum พบว่าค่าช่วงระยะเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมผ่านช่วงลำน้ำที่พิจารณา (K) มีค่าในช่วง 12 ถึง 60 ค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำมูลเท่ากับ 31.72 และค่าคงที่ของ Muskingum (X) มีค่า 0.12 ถึง 0.30 ค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 0.19 ซึ่งผลพิสูจน์ของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบค่ากราฟปริมาณ

การไหลของน้ำท่า พบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย R-square อยู่ในช่วง 0.92 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบไปใช้ศึกษาลักษณะทางอุทกศาสตร์ของกลุ่มน้ำมูลต่อไปได้

ชัยวัฒน์ (2546) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในกลุ่มน้ำภาชี โดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง TOP โดยกลุ่มน้ำภาชีมีขนาดพื้นที่รับน้ำประมาณ 2,560 ตารางกิโลเมตร ประกอบไปด้วยพื้นที่ภูเขาและเทือกเขาสูงประมาณ 46.7 % พื้นที่เนินเขา 29.6% และพื้นที่ราบน้ำท่วม 23.7% โดยมีความลาดชันแม่น้ำภาชีประมาณ 0.565% จากการศึกษาพบว่าค่าความเหมาะสมของแบบจำลองได้ค่าประสิทธิภาพของ Nash และ Sutcliffe ของแบบจำลอง HEC-HMS มีค่าเท่ากับ 71.4 และ 24.9 เปอร์เซนต์ และในแบบจำลอง TOP มีค่า 83 และ 17 เปอร์เซนต์ สำหรับเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่องตามลำดับ ซึ่งผลสำหรับเหตุการณ์เดี่ยวให้ผลที่ดีกว่าการใช้งานแบบเหตุการณ์ต่อเนื่อง ดังนั้นการใช้งานแบบเหตุการณ์ต่อเนื่องควรใช้ ในกรณีที่ลุ่มน้ำมีขนาดเล็กและมีข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่แน่นอน เมื่อพิจารณากราฟน้ำท่าจากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าจริง พบว่าแบบจำลอง TOP จะได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลอง HEC-HMS ทั้งเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่อง จึงถือว่าแบบจำลอง TOP อาจเหมาะสมในการใช้งานกับลุ่มน้ำภาชีมากกว่า เนื่องจากแบบจำลอง TOP นำลักษณะทางกายภาพมาพิจารณาในการหาค่าพารามิเตอร์ด้วย นอกจากนี้ยังให้ข้อเสนอแนะในการนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ว่า ควรแบ่งลุ่มน้ำย่อยให้มีขนาดเล็กลงอีก และควรมีสถานีตรวจวัดข้อมูลในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น และควรเป็นแบบอัตโนมัติต่อไปได้ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำภาชีมีความลาดชันสูง

4. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก เพื่อหาลักษณะน้ำท่าที่เกิดขึ้น โดยทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากการเลือกใช้แบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย แบบจำลองที่ทำการเลือกใช้ศึกษา ได้แก่ แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าประเภทตัวแปรเหมารวม (Lumped) โดยเลือกใช้แบบจำลอง SCS และแบบจำลองประเภทตัวแปรกระจาย (Distributed) โดยเลือกใช้แบบจำลอง NAM

4.1 แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธี SCS

4.1.1 ลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง

แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธี SCS ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นแบบจำลองย่อยของโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks RS ซึ่งเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำในคลองต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นโดย Sir William Halcrow & Partners Ltd และ HR Wallingford Ltd ประกอบด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า (Hydrology Model) และแบบจำลองการไหลของน้ำแบบไฮโดรไดนามิก (Hydrodynamic Model)

โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ สามารถทำงานได้บนคอมพิวเตอร์ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 95 ขึ้นไป โดยแสดงผลบนจอภาพที่มีความละเอียด 800 x 600 ด้วย VGA graphic card ซึ่งมีหน่วยความจำเป็น RAM ไม่น้อยกว่า 12 MB มีเนื้อที่ว่างในฮาร์ดดิสก์ไม่น้อยกว่า 40 MB และหน่วยประมวลผลกลางต้องมี Mathematical coprocessor เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการคำนวณ

4.1.2 ส่วนประกอบของแบบจำลองภายในโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์

ส่วนประกอบในการสร้างแบบจำลองภายในโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

ก. ส่วนของการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่นั้นๆ ไปยังจุดรับน้ำ

ข. ส่วนของการสร้างแบบจำลองชลศาสตร์ เป็นส่วนที่ใช้จัดทำโครงข่ายและจำลองสภาพการไหลของน้ำแบบทรงตัวมันและแบบไม่ทรงตัวในลำน้ำหรือระบบระบายน้ำ

โดยในโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ ในส่วนของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าของแต่ละพื้นที่ระบายน้ำย่อยนั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีรายงานการศึกษา น้ำท่วมของอังกฤษ เอฟเอสอาร์ (FSR UK Flood Studies Report 1975) และวิธีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์ (SCS synthetic unit hydrograph) เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แบบจำลองในส่วนของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธี SCS ในการคำนวณจะใช้กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์ (SCS

synthetic unit hydrograph) พัฒนาโดย U.S. Soil Conservation Service โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐาน เช่น พื้นที่รับน้ำ ค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าหรือครชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ปริมาณฝน เป็นต้น กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยเชิงสังเคราะห์จะสามารถใช้คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด กราฟอัตราการไหลออกของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าได้

4.1.3 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

วิธีการของ SCS มีการพัฒนาโดยรวบรวมข้อมูลฝนและข้อมูลการไหลโดยตรงที่มีอยู่ แล้วนำข้อมูลปริมาณการไหลโดยตรงสะสมพล็อตกับปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปริมาณการไหลโดยตรงจะเริ่มมีหลังจากที่ฝนตกแล้วช่วงหนึ่ง ซึ่งปริมาณฝนที่สูญเสียก่อนที่จะมีการไหลออกมาโดยตรง เรียกว่า การสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction) และหลังจากนั้นเส้นปริมาณฝนสะสมและการไหลโดยตรงสะสมจะเริ่มกลายเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการไหลโดยตรง Q กับปริมาณฝน P ได้โดยสมการดังนี้

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad (1)$$

เมื่อ Q หมายถึง ปริมาณการไหลโดยตรงหรือความลึกน้ำท่า หน่วยเป็นนิ้ว

P หมายถึง ความลึกน้ำฝน หน่วยเป็นนิ้ว

I_a หมายถึง การสูญเสียเริ่มต้น หน่วยเป็นนิ้ว

S หมายถึง ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด

ความหมายทางกายภาพของพารามิเตอร์ในสมการข้างต้นสามารถอธิบายดังนี้

ปริมาณการไหลโดยตรง (Direct Runoff : Q) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ไหลตามผิว (Surface Runoff) รวมกับปริมาณน้ำที่ไหลออกจากดินชั้นบนที่ไม่อิ่มตัว (Interflow)

การสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction : I_a) หมายถึง ปริมาณฝนส่วนที่สูญเสียไปทั้งหมดก่อนที่จะเริ่มมีการไหลโดยตรง ซึ่งปริมาณฝนที่สูญเสียเริ่มต้นนี้จะประกอบไปด้วย การดักการซึม การเก็บสะสมตามผิว (Surface Storage) และการระเหย

ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด (Potential Maximum Retention : S) หมายถึง ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุดของพื้นที่รับน้ำ (Available Maximum Void Storage) ซึ่งสามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้ โดยค่า S นี้จะรวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วยทั้งนี้ S จะมีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ดังแสดงในสมการ

$$CN = \frac{1,000}{(S + 10)} \quad (2)$$

ค่า Curve Number (CN) เป็นค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนพารามิเตอร์ S โดยให้มีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน (Soil Type) และลักษณะของการใช้ที่ดิน (Land Use) ค่า CN จะบ่งชี้ถึงศักยภาพในการเกิดการไหลโดยตรง ถ้า CN มีค่ามากแสดงว่าศักยภาพในการเกิดการไหลโดยตรงสูง ทั้งนี้ CN จะมีค่าระหว่าง 0-100 การหาค่า CN ทำได้โดยพล็อตข้อมูลปริมาณฝนและปริมาณการไหลออกโดยตรงสะสม แล้วนำมาเปรียบเทียบกับโค้งมาตรฐาน (Standard Curve) ของวิธี SCS โดยกำหนดให้ค่า $I_a = 0.2S$ ดังนั้น

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (3)$$

สมการที่ (3) สามารถนำไปใช้คำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรงจากปริมาณฝนเนื่องจากมีตัวไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวคือ S แต่ค่า S สามารถหาได้จากค่า CN มาตรฐานที่พัฒนาขึ้นโดยวิธี SCS สำหรับกรณี $I_a = 0.2S$ และได้กำหนดความสัมพันธ์ชนิดของดินและลักษณะการใช้ที่ดิน สำหรับกรณีต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ก. คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (Hydrologic Soil Group) แบ่งออกเป็น

กลุ่ม A เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงสู่ดินสูง มีการระบายน้ำดี อัตราการซึมมากกว่า 0.30 นิ้วต่อชั่วโมง มีศักยภาพในการเกิดปริมาณการไหลโดยตรงต่ำมาก ส่วนมากประกอบด้วยทรายและกรวด

กลุ่ม B เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินปานกลาง มีการระบายน้ำดี ปานกลาง อัตราการซึม 0.15 ถึง 0.30 นิ้วต่อชั่วโมง ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อดินตั้งแต่ละเอียดปานกลาง จนถึงหยาบปานกลาง

กลุ่ม C เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำ มีการระบายน้ำต่ำ อัตราการซึม 0 ถึง 0.15 นิ้วต่อชั่วโมง ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อดินตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด

กลุ่ม D เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำมาก มีการระบายน้ำต่ำมาก มีศักยภาพในการเกิดปริมาณการไหลโดยตรงค่อนข้างสูง อัตราการซึมของน้ำ 0 ถึง 0.05 นิ้วต่อชั่วโมง เป็นประเภทดินเหนียวส่วนใหญ่โดยเฉพาะที่บริเวณใกล้ผิวหน้า ระดับน้ำใต้ดินจะสูงอยู่ตลอดเวลา

ข. สิ่งปกคลุมดิน (Cover) คือสิ่งต่าง ๆ ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วยลักษณะการใช้ที่ดิน (Land Use) และการรักษาหน้าดิน (Land Treatment) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง แบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตรง (Straight Row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวค้อยตามระดับพื้นที่ (Contour) และการทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (Terrac)

ค. สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) แบ่งออกเป็น

สภาพเลว (Poor) มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 50 %

สภาพปานกลาง (Fair) มีพืชปกคลุมระหว่าง 50-75 %

สภาพดี (Good) มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่า 75 %

ง. เงื่อนไขความชื้นเริ่มต้น (Antecedent moisture conditions : AMC) หมายถึงปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน และพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชด้วย โดยแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 3 สำหรับค่า CN มาตรฐานที่พัฒนาโดย SCS กรณี $I_a = 0.2S$ นี้จะใช้เฉพาะในกรณีของ AMC II เท่านั้น ส่วนการหาค่า CN ในกรณี AMC I และ AMC III จะคำนวณได้จากสมการ

$$CNI = \frac{CNII}{(2.281 - 0.0128 \times CNII)} \quad (4)$$

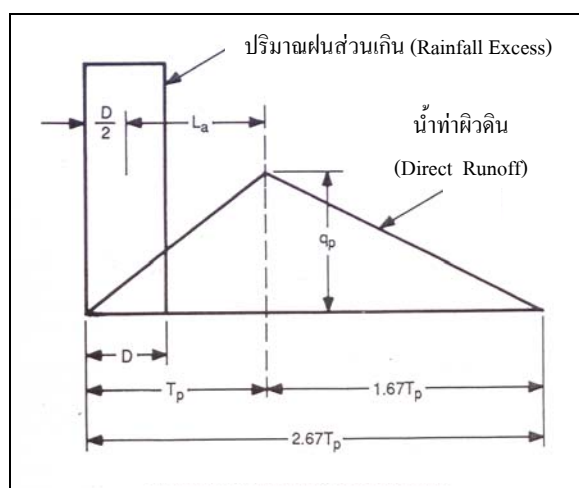
$$CNIII = \frac{CNIII}{(0.427 + 0.00573 \times CNII)} \quad (5)$$

ตารางที่ 3 การแบ่งชนิดของ AMC โดยปริมาณฝนที่ตกก่อนหน้า 5 วัน

ชนิดของ AMC	ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน			
	ฤดูที่ไม่มีการเพาะปลูก		ฤดูเพาะปลูก	
	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
AMC I (ความชื้นต่ำ)	< 0.5	< 12.7	< 1.4	< 35.6
AMC II (ความชื้นเฉลี่ย)	0.5 – 1.1	12.7 – 27.9	1.4 – 2.1	35.6 – 53.3
AMC III (ความชื้นสูง)	> 1.1	> 27.9	> 2.1	> 53.3

4.1.4 การคำนวณหากราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS

กราฟน้ำท่าหรือกราฟน้ำหลากโดยวิธีของ SCS คำนวณจากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไม่มีหน่วย (Dimensionless unit hydrograph) ที่พัฒนาขึ้นมาดังแสดงในภาพที่ 6 โดยสมมุติให้กราฟน้ำท่าดังกล่าว มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม และคำนวณกราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ที่ตกภายในช่วงระยะเวลาเท่ากับ D (หน่วยเป็นชั่วโมง)



ภาพที่ 6 รูปสามเหลี่ยมกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS

จากภาพที่ 6 L_a คือ lag time หมายถึงระยะจากศูนย์กลางของช่วงเวลาฝนส่วนเกินจนถึงจุดสูงสุดของกราฟน้ำท่า L_a มีความสัมพันธ์กับเวลาเดินทางของน้ำจากจุดไกลสุด

ของพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก (tc) โดยสมมติให้ $La = 0.6t_c$ และ T_p คือเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด
คำนวณจาก

$$T_p = 0.5D + 0.6t_c \quad \text{มีหน่วยเป็นชั่วโมง} \quad (6)$$

ปริมาณน้ำท่าเท่ากับพื้นที่ $\frac{1}{2}q_p \times T_b$ เมื่อ T_b คือความยาวของฐานกราฟ
น้ำท่า โดย

$$T_b = 2.67T_p \quad \text{มีหน่วยเป็นชั่วโมง} \quad (7)$$

Q คือ ปริมาณน้ำท่าซึ่งคำนวณได้จากปริมาณฝน เมื่อนำความสัมพันธ์เหล่านี้
มาหาความสัมพันธ์และจัดรูปสมการใหม่จะได้สมการสำหรับคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด (q_p)
ดังนี้

$$q_p = \frac{484AQ}{0.5D + 0.6t_c} \quad \text{ลบ.ฟุต / วินาที} \quad (8)$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{0.278AQ}{0.5D + 0.6t_c} \quad \text{ลบ.ม. / วินาที} \quad (9)$$

โดยที่ A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็น ตร.ไมล์ หรือ ตร.กม.

Q คือ ปริมาณน้ำท่า มีหน่วยเป็นนิ้ว หรือ มม.

D คือ ช่วงเวลาของฝนที่ตกเป็นปริมาณฝนส่วนเกิน มีหน่วยเป็น ชม.

t_c คือ time of concentration หมายถึง ระยะเวลาที่น้ำใช้ในการเคลื่อน
ตัวจากจุดไกลสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออกหรือจุดที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ชม.

จะเห็นว่าการคำนวณค่า q_p จะขึ้นอยู่กับค่า tc ดังนั้นในการคำนวณหากราฟ
น้ำท่า จึงขึ้นอยู่กับวิธีที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่า tc ซึ่งมีวิธีการคำนวณต่างๆ เช่น วิธีของ
Kirpich หรือวิธี Snyder เป็นต้น

โดยวิธีของ SCS ได้เสนอวิธีหาค่า t_c ตามลักษณะการไหลที่แบ่งเป็นประเภท
การไหลแบบต่างๆ คือการไหลผ่านที่ราบ (Sheet flow) การไหลรวมผ่านที่ตื้น (Shallow flow) การ
ไหลในทางน้ำเปิด (Open channel flow) แต่นักวิชาการบางส่วนแนะนำให้เลือกวิธีคำนวณค่า t_c ตาม

ความเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่นั้นๆ ดังนั้นการคำนวณค่า t_c จึงมีผลต่อการคำนวณหาค่าอัตราการไหลสูงสุด (q_p)

กล่าวโดยสรุปคือการคำนวณกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS จะคำนวณจากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยในการคำนวณปริมาณการไหลโดยตรง (Direct runoff) ที่เกิดจากพายุฝนจะกระทำโดยใช้ค่า Curve Number (CN) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะของดิน ชนิดดิน การใช้ที่ดิน ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่นั้นๆ นอกจากนี้ผลการคำนวณกราฟน้ำท่ายังขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหาเวลาที่น้ำใช้ในการเคลื่อนตัว (t_c) มีผลโดยตรงต่อเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดตามสมการที่ (6) ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดอัตราการไหลสูงสุดอีกด้วย เมื่อได้ค่า T_p และ q_p แล้ว ก็สามารถคำนวณหากราฟน้ำท่าได้โดยนำไปคูณกับอัตราส่วนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless unit hydrograph)

4.1.5 ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง

ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองประกอบด้วย

- 1) ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (model parameters) ได้แก่ ค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) และขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำ สภาพพื้นที่ผิว และข้อมูลการใช้พื้นที่
- 2) ข้อมูลฝน เป็นข้อมูลกระจายตัวของความลึกฝนที่เวลาต่าง ๆ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
- 3) ข้อมูลระดับน้ำ และ Rating Curve หรือข้อมูลปริมาณน้ำที่จุดออกของพื้นที่รับน้ำ

4.2 แบบจำลอง NAM (NAM MODEL)

4.2.1 ลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า NAM เป็นองค์ประกอบหนึ่งในโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering, Technical University of Denmark โดย Nielsen และ Hansen เมื่อประมาณ ค.ศ. 1973 “NAM” เป็นคำย่อมาจากภาษาเดนมาร์ก “Nedbor Afstromnings Model” ซึ่งหมายถึง Precipitation – Runoff model ใช้สำหรับคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน (DHI, 1990)

แบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่อธิบายรูปแบบเชิงปริมาณด้านอุทกวิทยาของปริมาณน้ำท่าและพฤติกรรมต่าง ๆ ของวัฏจักรอุทกวิทยาดินซึ่งมีพารามิเตอร์และตัวแปรเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยของทั้งลุ่มน้ำนั้น พารามิเตอร์เชิง Semi Empirical บางตัวสามารถกำหนดเบื้องต้นได้จากข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ที่เลือกใช้จะได้อาจมาจากการสอบเทียบแบบจำลองให้สอดคล้องระหว่างข้อมูลนำเข้าและผลที่ได้จากการคำนวณ

4.2.2 โครงสร้างของแบบจำลอง

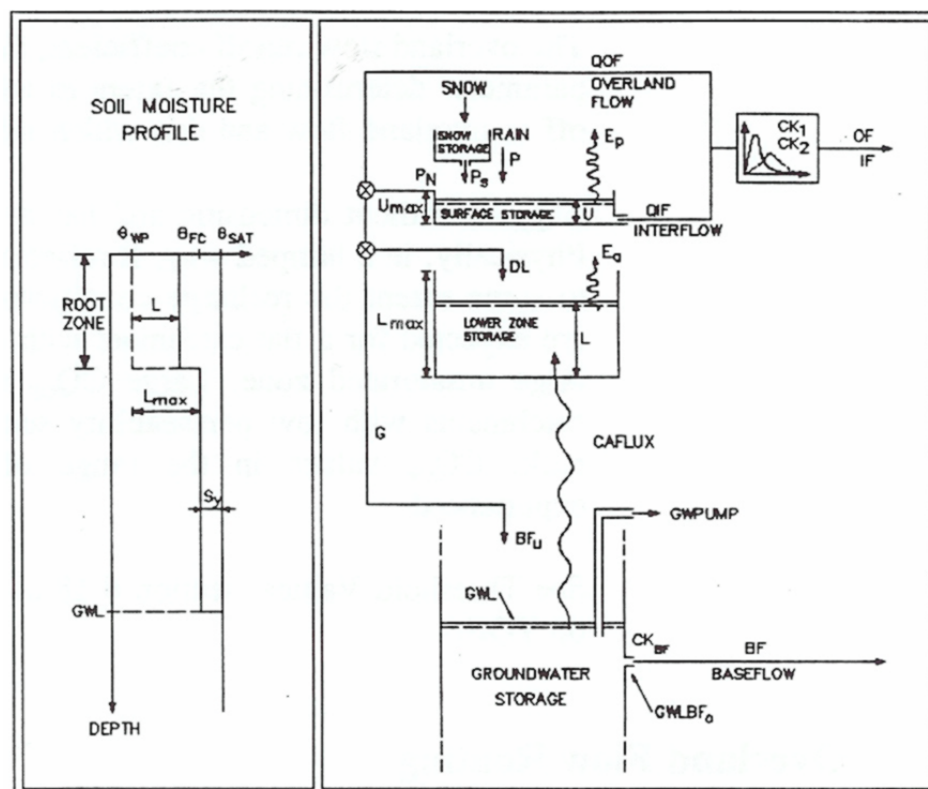
โครงสร้างของแบบจำลองเป็นการเลียนแบบวัฏจักรทางอุทกวิทยาดิน โดยน้ำจะถูกเก็บกักในแหล่งเก็บกักต่าง ๆ 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

ก. การเก็บกักของหิมะ (Snow Storage) ขึ้นอยู่กับอัตราการละลายของหิมะซึ่งจะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้กับการเก็บกักในชั้นของผิวดิน

ข. การเก็บกักบนผิวดิน (Surface Storage) คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาและถูกเก็บกักโดยพืชและซังตามทุ่งในบริเวณชั้นผิวดิน โดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ U_{max} ซึ่งปริมาณน้ำใน surface storage (U) จะลดลงอย่างต่อเนื่องโดยการระเหย การใช้น้ำและการไหลในแนวราบจาก interflow ปริมาณน้ำในชั้นนี้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณฝน แต่เมื่อปริมาณน้ำขึ้นถึงระดับ U_{max} น้ำส่วนเกิน (P_n) จะไหลออกในลักษณะ overland flow และมีบางส่วนไหลซึมลงสู่ lower zone storage และ groundwater storage

ค. การเก็บกักชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) คือ ปริมาณความชื้นของชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปจากผิวดิน โดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ L_{max}

ง. การเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage) คือ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่าน การเก็บกักบริเวณชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) มาเก็บกักในชั้นนี้

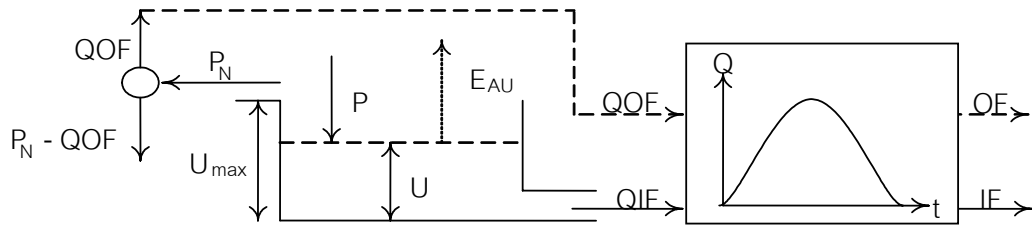


ภาพที่ 7 โครงสร้างของแบบจำลอง NAM

4.2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลอง

ก. การเก็บกักชั้นผิวดิน (Surface Storage)

เมื่อมีฝนตก (P) ลงมา ความชื้นของดินในชั้น Surface Storage (U) จะเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันน้ำบางส่วนก็จะระเหย (E_{AU}) และรั่วซึมเป็น Interflow (QIF) ไหลสู่แม่น้ำลำธาร แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงขบวนการเกิด Interflow และ Overland Flow ในชั้น Surface Storage ในแบบจำลอง NAM

ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็น Interflow จะเป็นสัดส่วนกับ Surface Storage (U) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage ($L/L_{\max}$) ดังแสดงในภาพที่ 8 และสามารถคำนวณได้จากสมการ (10) ดังนี้

$$QIF = \begin{cases} (CKIF)^{-1} \frac{L/L_{\max} - TIF}{1 - TIF} U & \text{for } L/L_{\max} > TIF \\ 0 & \text{for } L/L_{\max} \leq TIF \end{cases} \quad (10)$$

เมื่อ QIF = Interflow

$CKIF$ = Time Constant for Interflow

TIF = ค่าเริ่มต้นของ $L/L_{\max}$ ในชั้น Root Zone ที่ทำให้เกิด Interflow

L = ความชื้นของดินในชั้น Lower Zone Storage

$L_{\max}$ = ความจุของน้ำในชั้น Lower Zone Storage

U = ความชื้นของดินในชั้น Surface Storage

เมื่อความชื้นในชั้น Surface Storage เกินความจุของ Surface Storage ($U_{\max}$) น้ำส่วนเกิน (P_N) จะไหลล้นออกจากชั้น Surface Storage เป็น Overland Flow (QOF) และมีบางส่วน ($P_N - QOF$) ไหลซึมลงสู่ชั้น Lower Zone Storage และ Groundwater Zone ต่อไป

จากภาพที่ 8 ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็น Overland Flow จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (P_N) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage ($L/L_{\max}$) สามารถคำนวณได้จากสมการ (11) ดังนี้

$$QOF = \begin{cases} CQOF \frac{L/L_{\max} - TOF}{1 - TOF} P_N & \text{for } L/L_{\max} > TOF \\ 0 & \text{for } L/L_{\max} \leq TOF \end{cases} \quad (11)$$

เมื่อ QOF = Overland Flow

CQOF = Overland Flow Runoff Coefficient

TOF = ค่าเริ่มต้นของอัตราส่วน $L/L_{\max}$ ที่ทำให้เกิด Overland Flow

P_N = ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall)

โดยที่ปริมาณการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration) เป็นข้อมูลตัวแรกที่ต้องทราบค่าเพื่อใช้ในการคำนวณในส่วนของ Surface Storage ถ้าปริมาณน้ำ U น้อยกว่าปริมาณการคายระเหย (E_A) พืชจะใช้น้ำจากชั้น Lower Zone Storage โดยที่ E_A เป็นสัดส่วนกับ E_p แสดงในสมการ (12) ดังนี้

$$E_A = E_p \times L/L_{\max} \quad (12)$$

เมื่อ E_A = การคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง

E_p = Potential Evapotranspiration

$L/L_{\max}$ = ความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage ($L/L_{\max}$)

ข. การเก็บกักในชั้นดิน (Lower Zone Storage)

สำหรับปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (P_N) ส่วนที่ไม่กลายเป็น Overland Flow จะไหลซึมลงสู่ชั้น Lower Zone Storage ในปริมาณเท่ากับ ($P_N - QOF$) โดยแยกเป็นส่วนของที่ไหลซึมลงสู่ชั้น Groundwater Zone ในปริมาณเท่ากับ G คำนวณได้จากสมการ (14) และส่วนที่เหลือจะเพิ่มความชื้นของดินในชั้น Lower Zone Storage เท่ากับ DL คำนวณได้จากสมการ (13) และแสดงในภาพที่ 9

$$DL = (P_N - QOF) - G \quad (13)$$

$$G = \begin{cases} (P_N - QOF) \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG} & \text{for } L/L_{\max} > TG \\ 0 & \text{for } L/L_{\max} \leq TG \end{cases} \quad (14)$$

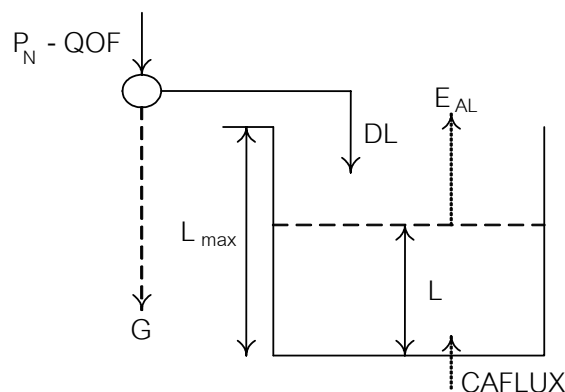
เมื่อ DL = ปริมาณน้ำที่เพิ่มความชื้นของดินในชั้น Lower Zone Storage

G = ปริมาณน้ำส่วนที่เติมให้ชั้น Groundwater Zone

P_N = ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall)

TG = ค่าเริ่มต้นของอัตราส่วนของ $L/L_{\max}$ ที่ทำให้น้ำไหลซึมลงสู่ชั้น

Groundwater Zone



ภาพที่ 9 แสดงขบวนการเกิด DL และ G ในชั้น Lower Zone Storage ในแบบจำลอง NAM

เมื่อความชื้นของดินในชั้น Lower Zone Storage มีน้อย ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งจากชั้น Groundwater Storage จะไหลซึมขึ้นมาสู่ชั้น Lower Zone Storage เรียกว่า Capillary Flux (CAFLUX) โดยกำหนดให้ CAFLUX เป็นสัดส่วนกับความลึกของ Groundwater Table จากระดับผิวดิน (GWL) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage ($L/L_{\max}$) ดังแสดงในภาพที่ 9 และคำนวณได้จากสมการ (15) ดังนี้

$$CAFLUX = (1 - L/L_{\max})^{1/2} \left(\frac{GWL}{GWLFL_1} \right)^{-\alpha} \quad (15)$$

$$\alpha = 15 + 0.45 \text{ } GWLFL_1$$

เมื่อ CAFLUX = น้ำที่ไหลซึมสู่ชั้น Lower Zone Storage

มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน

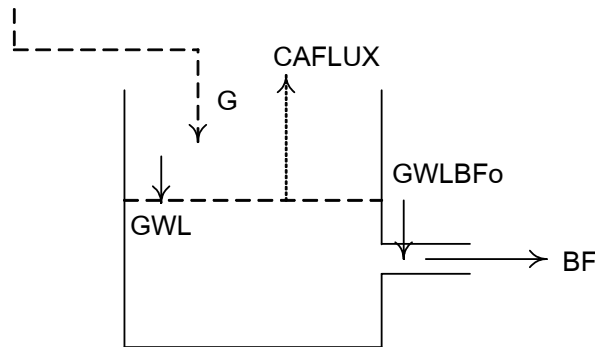
GWL = ความลึกของระดับน้ำใต้ดินจากผิวดิน

$GWLFL_1$ = ความลึกของน้ำใต้ดิน ซึ่งทำให้ $CAFLUX = 1$ มิลลิเมตรต่อวัน
ในสภาพที่ Lower Zone Storage แห่งสนิท ($L=0$)

L/L_{max} = ความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage

ค. การเก็บกักในชั้นใต้ดิน (Groundwater Storage)

ระดับน้ำใต้ดิน คำนวณจากปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้ามา คือ G และพิจารณากับความลึกของระดับน้ำใต้ดินจากผิวดิน (GWL) และความลึกน้ำใต้ดินมากที่สุดที่ทำให้เกิด Base Flow ($GWLBF_o$) ดังแสดงในสมการ (16) และภาพที่ 10 ดังนี้



ภาพที่ 10 ขบวนการเกิด Base Flow (BF) ในชั้น Groundwater Storage

$$BF = \begin{cases} (GWLBF_o - GWL) S_y (CK_{BF})^{-1} & \text{for } GWL \leq GWLBF_o \\ 0 & \text{for } GWL > GWLBF_o \end{cases} \quad (16)$$

เมื่อ BF = Base Flow

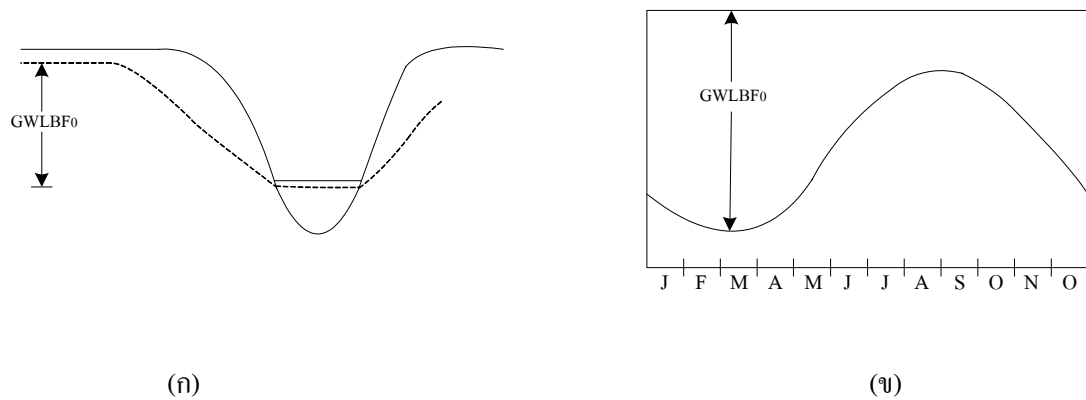
GWL = ความลึกของน้ำใต้ดินจากระดับผิวดิน

$GWLBF_o$ = ความลึกน้ำใต้ดินมากที่สุดที่ทำให้เกิด Base Flow

S_y = Specific Yield ของน้ำใต้ดิน

CK_{BF} = Time Constant สำหรับการเคลื่อนตัวของ Base Flow

และความหมายทางกายภาพของ GWLBF_0 แสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความหมายทางกายภาพของค่า GWLBF_0

ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากชั้น Groundwater Storage หรือ Base Flow (BF) คำนวณเป็นปริมาณการไหลออกโดยใช้หลักของ Linear Reservoir โดยมี Time Constant CK_{BF} ดังแสดงในสมการ (17) ดังนี้

$$\text{BF}_t = \text{BF}_{t-\Delta t} (e^{-\Delta t / \text{CK}_{\text{BF}}}) + G (1 - e^{-\Delta t / \text{CK}_{\text{BF}}}) \quad (17)$$

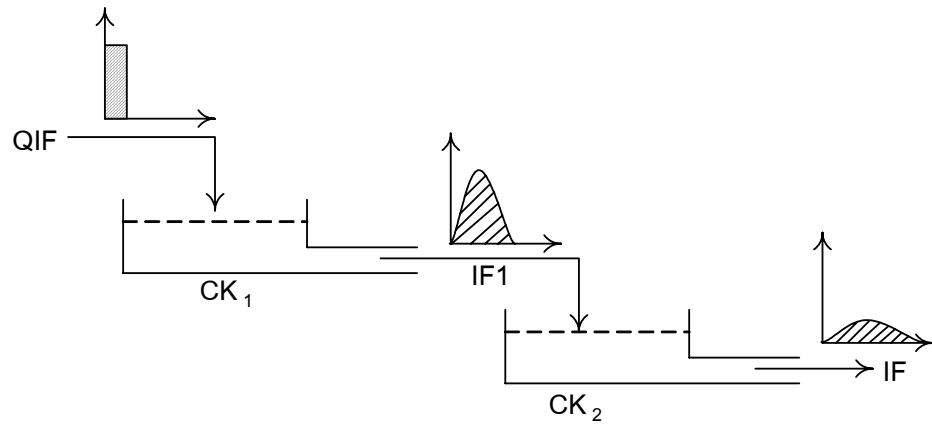
เมื่อ BF = Base Flow

G = ปริมาณน้ำส่วนที่เติมให้ชั้น Groundwater Zone

CK_{BF} = Time Constant สำหรับการเคลื่อนตัวของ Base Flow

ง. การเคลื่อนตัวของน้ำ (Routing)

การเคลื่อนตัวของ Interflow ใช้หลักของ Linear Reservoir ต่ออนุกรม 2 อ่าง โดยมี Time Constants CK_1 และ CK_2 ดังแสดงในสมการ (18) และ (19) และภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงการเคลื่อนตัวของ Interflow ในแบบจำลอง NAM

$$IF1_t = IF1_{t-\Delta t} (e^{-\Delta t / CK_1}) + QIF_{t+\Delta t} (1 - e^{-\Delta t / CK_2}) \quad (18)$$

$$IF_t = IF_{t-\Delta t} (e^{-\Delta t / CK_1}) + IF1_{t+\Delta t} (1 - e^{-\Delta t / CK_2}) \quad (19)$$

เมื่อ IF = ความลึกของ Interflow

CK₁ CK₂ = ค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของ Interflow

สำหรับการเคลื่อนตัวของ Overland Flow ก็ใช้หลัก Linear Reservoir เช่นเดียวกันกับ Interflow แต่ Time Constant กำหนดในสมการ (20) ดังนี้

ถ้า $OF < OF_{min}$: ใช้ CK₁ และ CK₂ เหมือนกับ Interflow

$$\text{ถ้า } OF > OF_{min} : CK_1^{OF} = CK_1 * (OF / OF_{min})^{-b} \quad (20)$$

$$CK_2^{OF} = CK_2 * (OF / OF_{min})^{-b}$$

เมื่อ OF = ความลึกของ Overland Flow

CK₁^{OF}, CK₂^{OF} = ค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของ Overland Flow

OF_{min} = ค่าต่ำสุดสำหรับการเคลื่อนตัวที่ไม่เป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตรต่อ ชั่วโมง

b = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของ Chezy = -0.33

4.2.4 ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง ประกอบด้วย

- 1) ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (model parameters)
- 2) ค่าเงื่อนไขเริ่มต้น (initial conditions) ได้แก่ ค่าความชื้นในดินชั้นต่าง ๆ และการไหลเริ่มต้นของแบบจำลอง
- 3) ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา (meteorological data) ได้แก่ ข้อมูลฝน และค่าปริมาณการระเหยของพืช ความละเอียดของข้อมูลน้ำฝนที่เลือกใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษาและขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. โปรแกรมแบบจำลอง NAM
3. โปรแกรมแบบจำลอง InfoworkRS พร้อม dongle
4. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
5. ข้อมูลอุตุนิคมวิทยา และอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา
6. เครื่องมือวัดความยาว (Curvimeter)
7. เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter)

วิธีการ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ในลุ่มน้ำป่าสักที่มีสถานีวัดน้ำท่าและมีการจัดเก็บข้อมูลน้ำท่าเพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาและประเมินตรวจสอบ

1.2 รวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลฝนรายวันและราย 3 ชั่วโมง ซึ่งตรวจวัดโดยกรมอุตุนิคมวิทยาและกรมชลประทาน และรวบรวมข้อมูลปริมาณการระบายจากถาดโดยใช้ข้อมูลรายวันของสถานีที่มีการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิคมวิทยา

1.3 รวบรวมข้อมูลน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายวัน ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าและระดับน้ำ (Rating Curve) ตรวจวัดโดยกรมชลประทาน

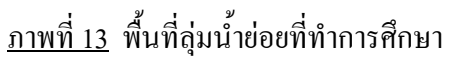
1.4 ข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) สำหรับใช้หาลักษณะของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณากำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน

1.5 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Topography) ศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อหาข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ ความลาดชัน เป็นต้น

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 คัดเลือกพื้นที่ศึกษา ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีสถานีตรวจวัดน้ำทำเพื่อสามารถนำมาตรวจสอบกับผลคำนวณจากแบบจำลอง โดยจากพื้นที่ที่คัดเลือกและนำมาทำการศึกษาหาลักษณะกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ความยาวลำน้ำ (L) ความยาวลำน้ำจากจุดไกลสุดจนถึงจุดศูนย์ถ่วง (Lc) ความลาดชันลำน้ำ (Slope) และทำการจัดแบ่งประเภทของลักษณะลุ่มน้ำออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก กลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง และกลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย (ส่วนใหญ่เป็นลำน้ำป่าสักสายหลัก) จากนั้นจะคำนวณหาเวลาการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Tp) เพื่อดูลักษณะของการเกิดกราฟน้ำท่า สำหรับรายละเอียดลักษณะกายภาพพื้นที่ของแต่ละประเภทลุ่มน้ำย่อยที่นำมาศึกษาได้แสดงไว้ในภาพที่ 13 และตารางที่ 4 โดยผลการคำนวณค่าเวลาที่น้ำท่าใช้เดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าไม่เกิน 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลน้ำท่าจากการตรวจวัดของสถานีต่าง ๆ ดังภาพที่ 14 ถึงภาพที่ 18

2.2 จัดเตรียมข้อมูลน้ำท่า จากค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดที่คำนวณได้ จะนำมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าที่จะนำมาใช้สำหรับตรวจสอบผลจากแบบจำลอง ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนใหญ่มีเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดน้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน ดังนั้นการคัดเลือกข้อมูลจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายชั่วโมงเพื่อให้สามารถตรวจสอบผลการจำลองน้ำท่าได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากไม่มีข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายชั่วโมงแต่มีข้อมูลการตรวจวัดค่าระดับน้ำรายชั่วโมงและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าและระดับน้ำ (Rating Curve) จึงเปลี่ยนค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่มีอยู่เป็นค่าอัตราการไหลน้ำท่าที่ชั่วโมงต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้รายละเอียดของสถานีวัดระดับน้ำท่า ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงเป็นอัตราการไหลน้ำท่ารายชั่วโมง และเหตุการณ์น้ำท่าสูงสุดที่คัดเลือกลำนำมาทำการศึกษาได้แสดงไว้ในภาพที่ 19 ภาพที่ 20 และตารางที่ 5



ตารางที่ 4 รายละเอียดคุณลักษณะของพื้นที่ศึกษาในกลุ่มน้ำป่าสัก

ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย สถานี	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	L (กม.)	Lc (กม.)	ความลาด ชัน (1:X)	$t_c^{1/}$ (ชม.)	ประเภท ^{2/}
1	S.7	177	26.5	16.17	1:44	3.6	A
2	S.12	471	42	26.44	1:84	6.5	A
3	S.13	359	68.5	50.76	1:156	12	B
4	S.31	381	44	17.42	1:152	8.5	B
5	S.14	1247	99.5	87.86	1:216	18.2	B

หมายเหตุ	1/	t_c คำนวณจาก	$t_c = \left[\frac{0.87L^3}{H} \right]^{0.365}$
	เมื่อ	t_c คือ	เวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกหรือจุดที่พิจารณาเป็นชั่วโมง
		L คือ	ความยาวลำน้ำเป็นเมตร
		Lc คือ	ระยะตามแนวลำน้ำหลักจากศูนย์กลางพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออกเป็นเมตร
		H คือ	ค่าความต่างระดับของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นเมตร

2/ การแบ่งประเภทความลาดชัน โดยแบ่งเป็นประเภทดังนี้

ประเภท A ความลาดชันมาก (Steep Slope)

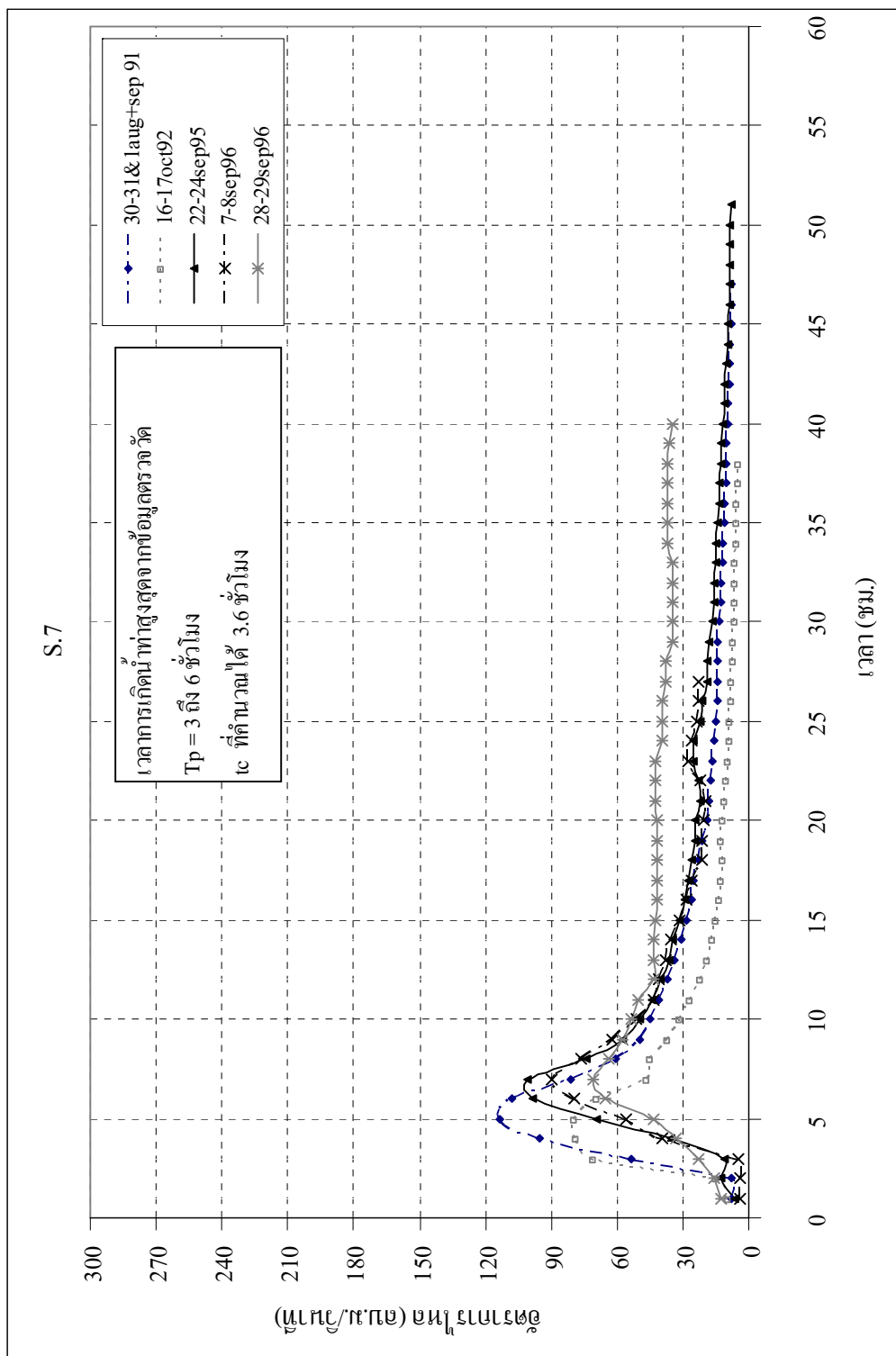
คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 1:100

ประเภท B ความลาดชันปานกลาง (Intermediate Slope)

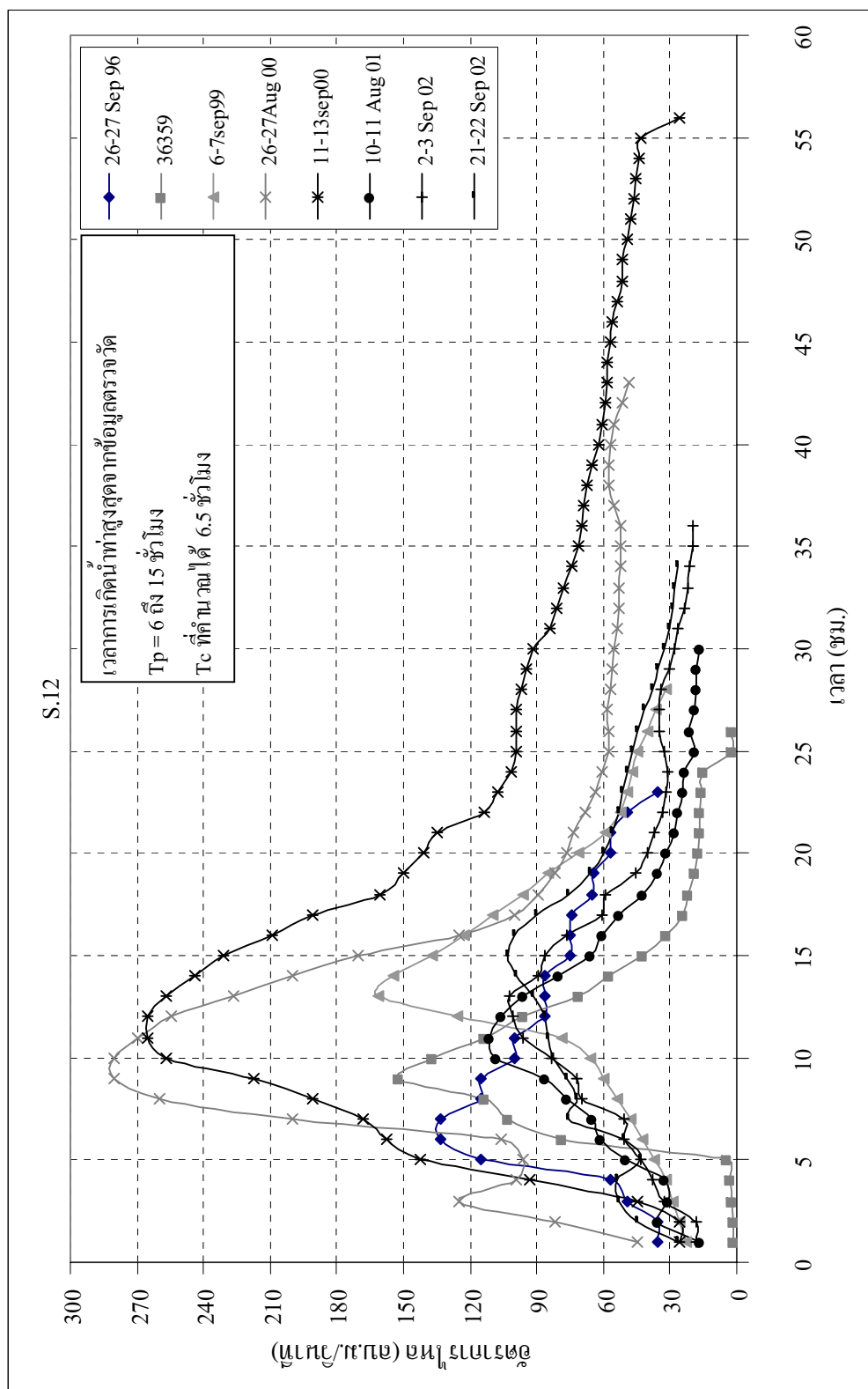
คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500

ประเภท C ความลาดชันน้อย (Mild Slope)

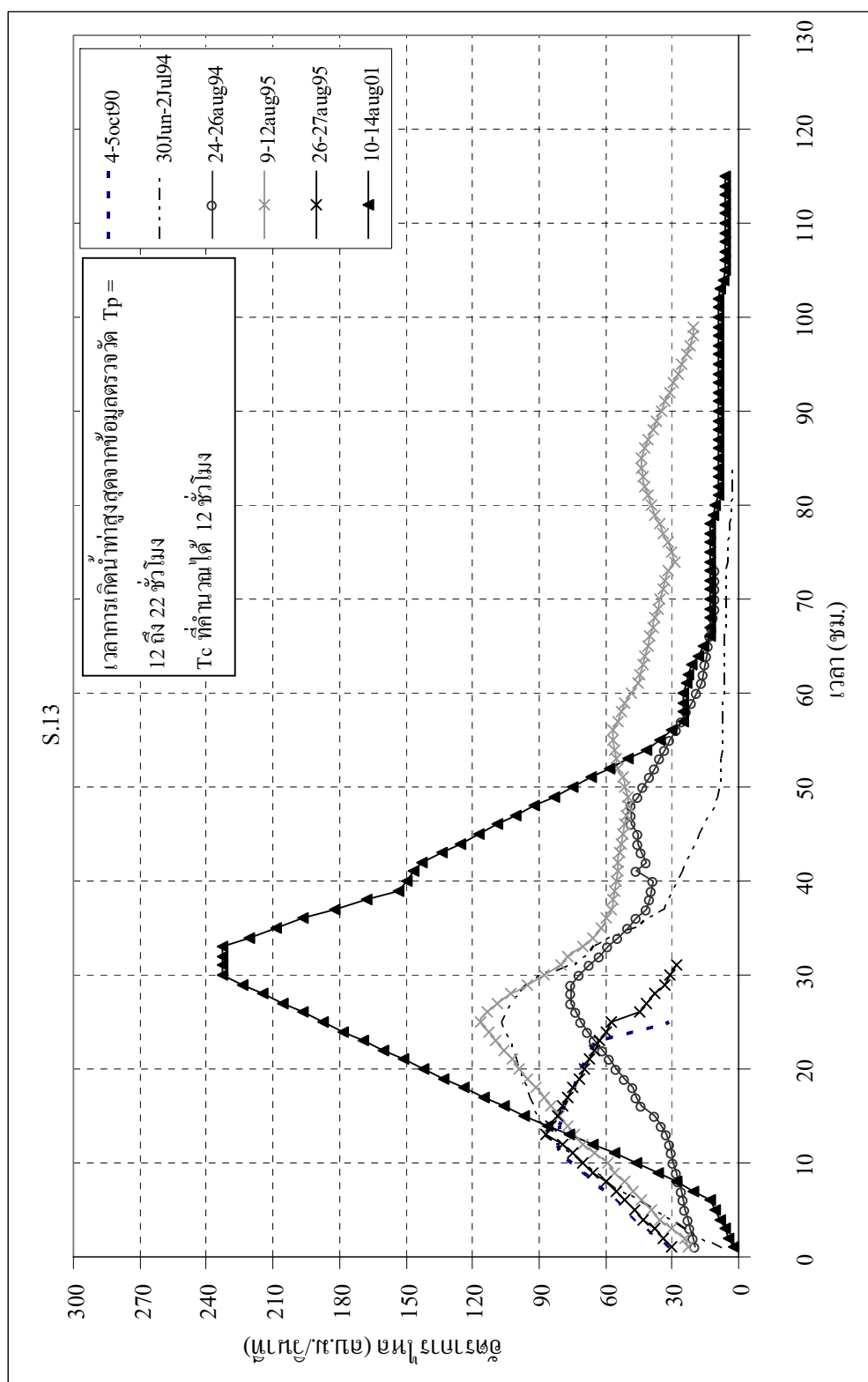
คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1:500



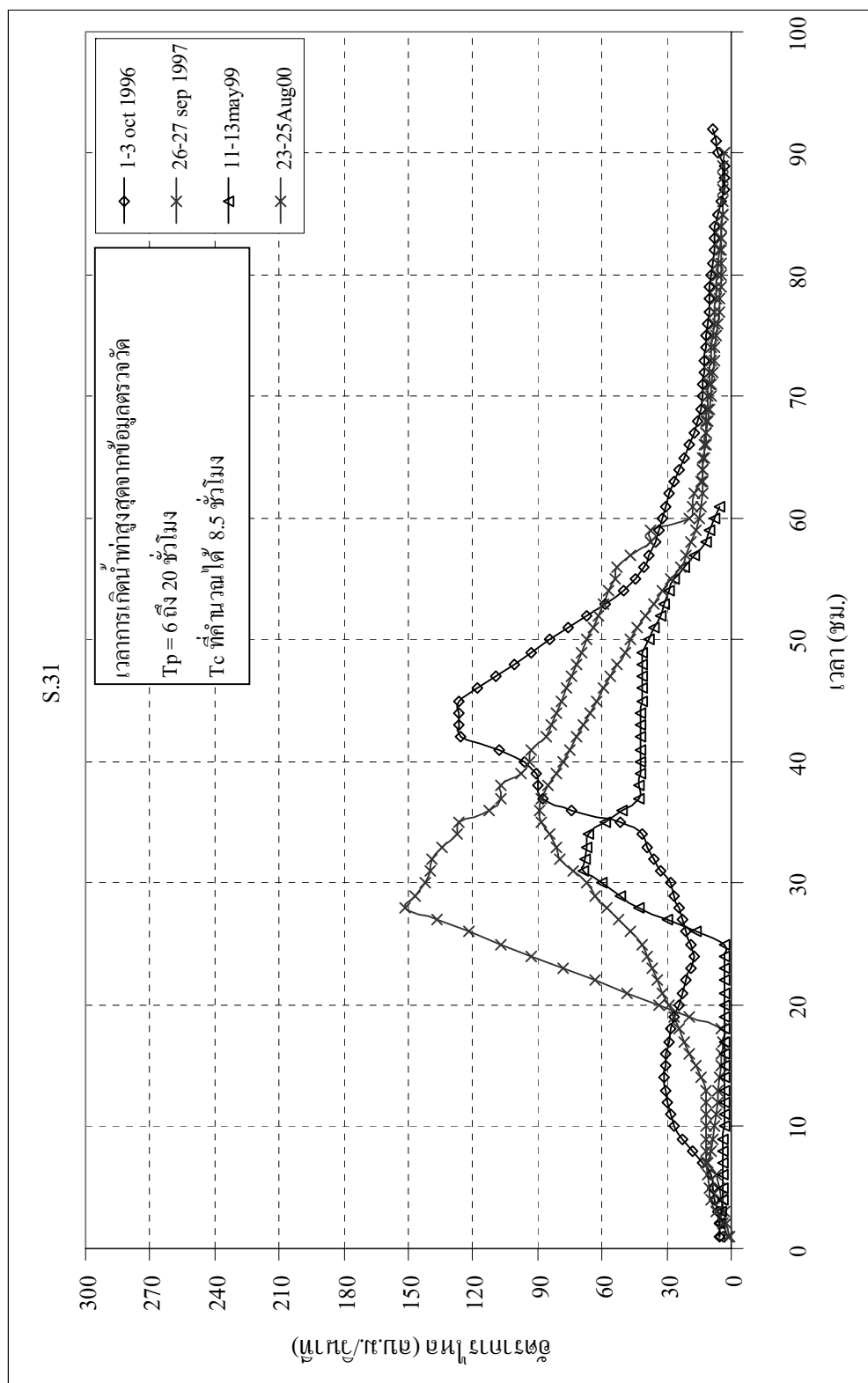
ภาพที่ 14 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.7



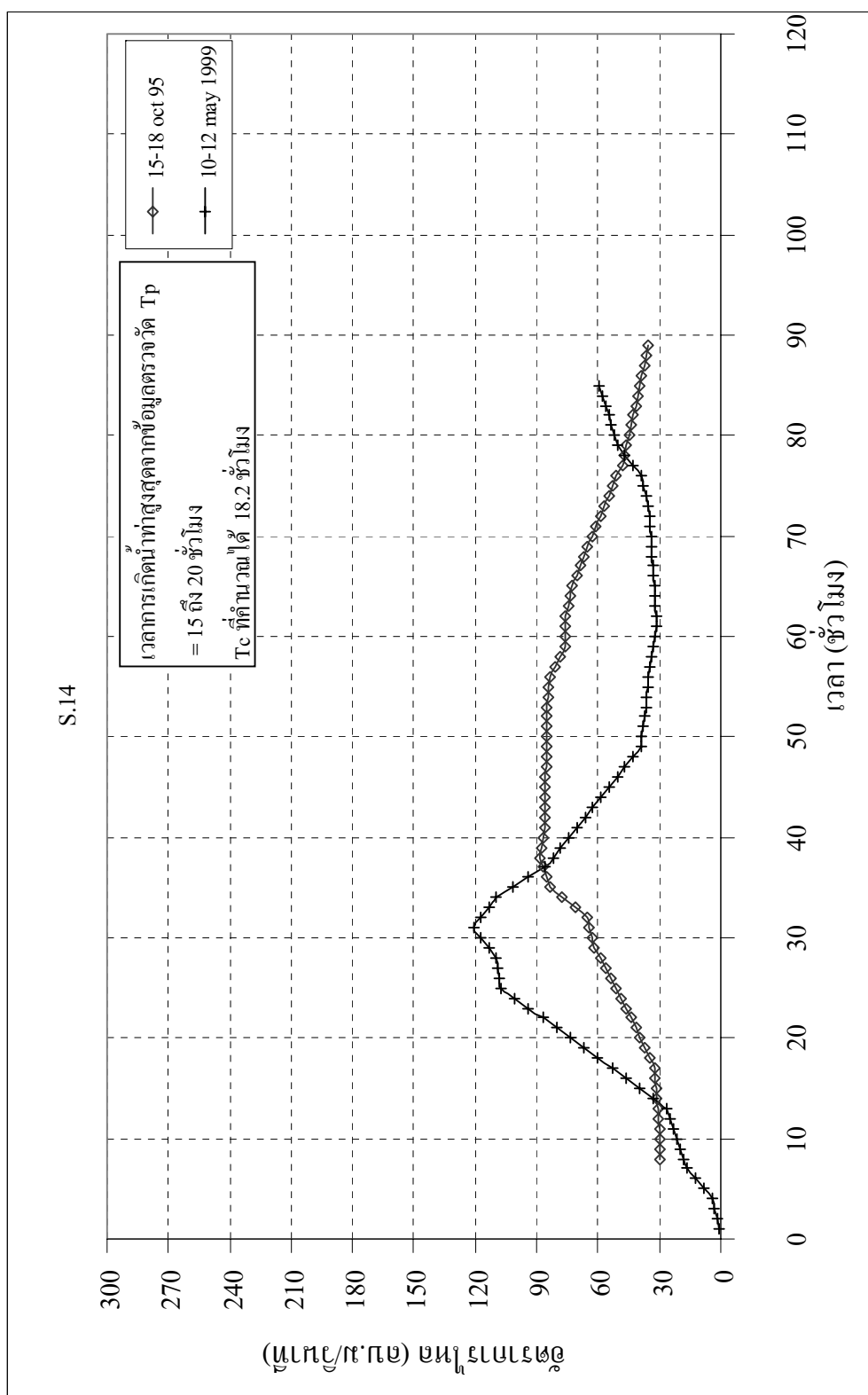
ภาพที่ 15 กราฟนำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.12



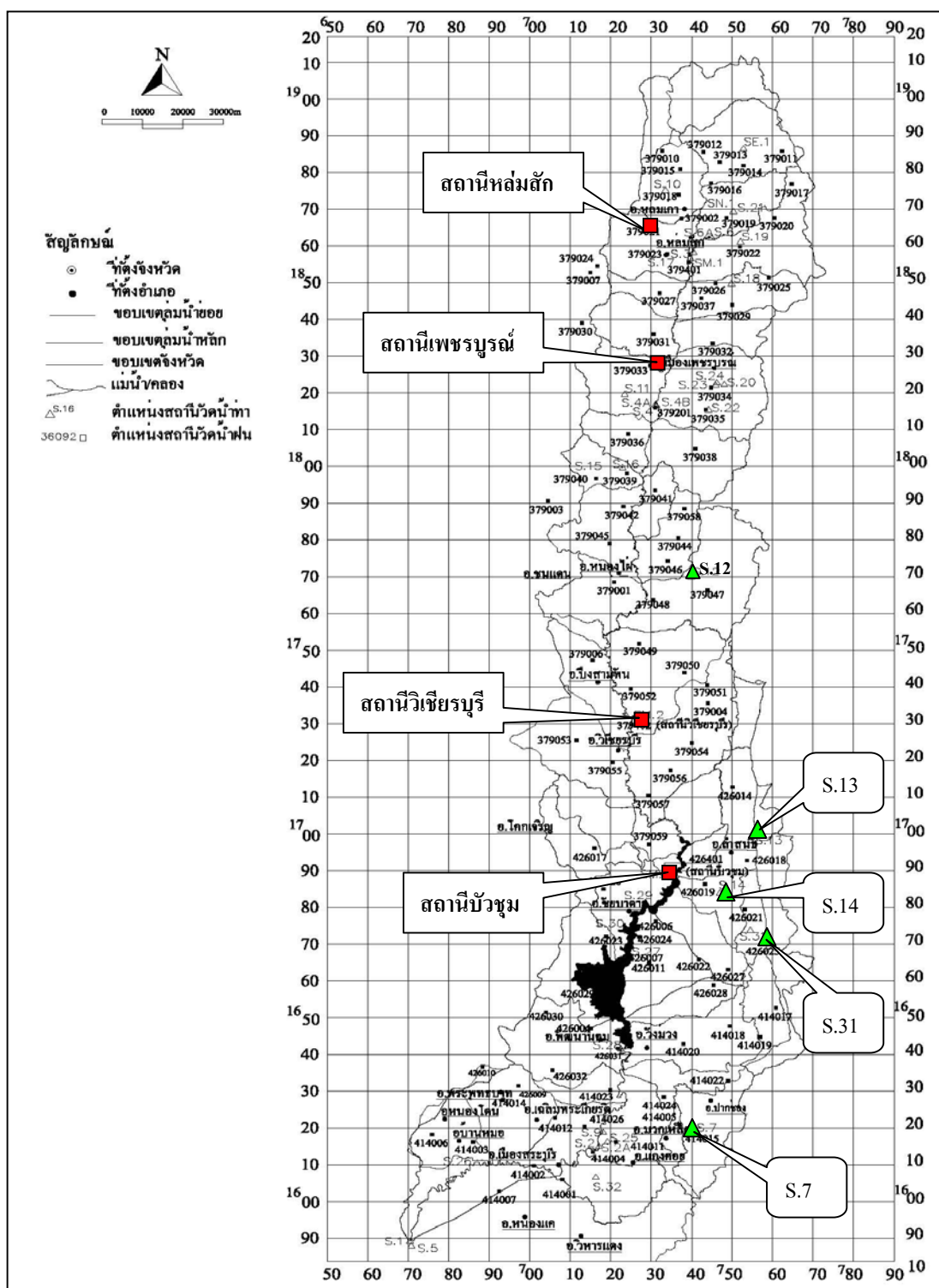
ภาพที่ 16 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.13



ภาพที่ 17 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.31

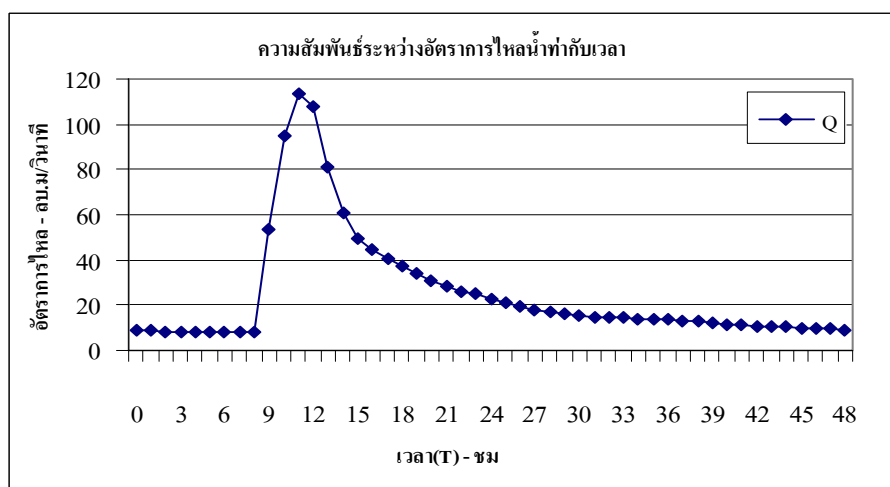
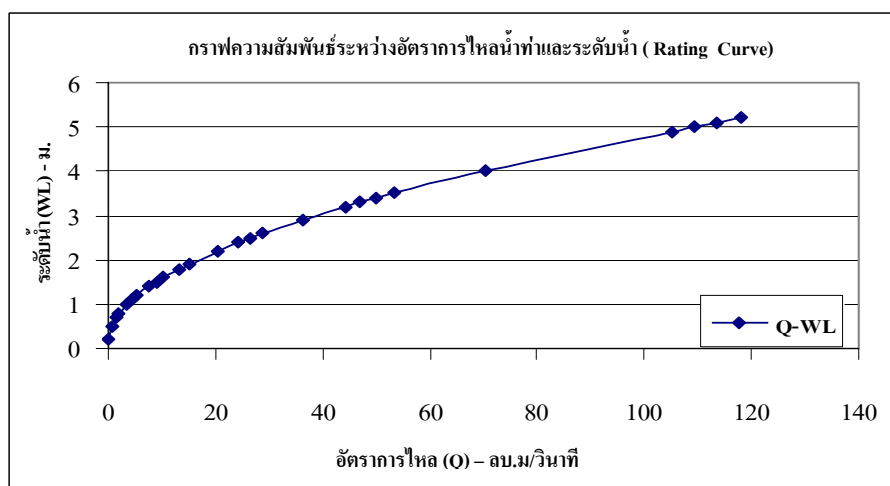
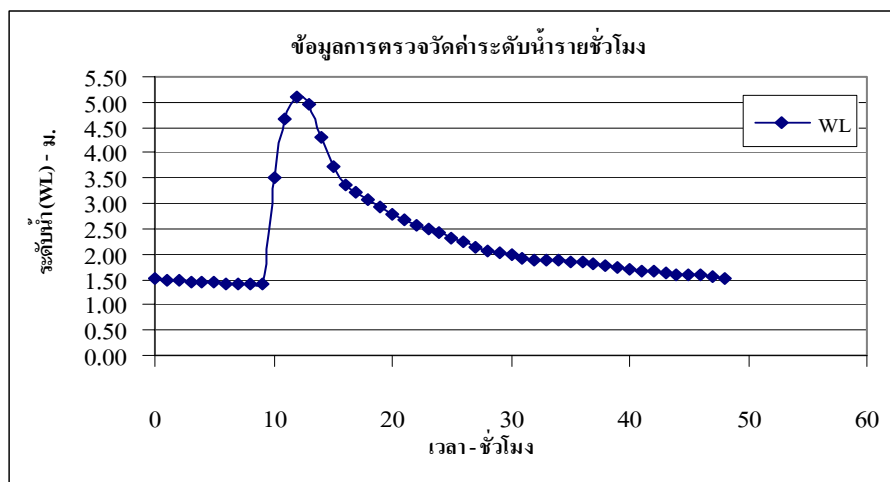


ภาพที่ 18 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี S.14



ภาพที่ 19 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่า

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2546)



ภาพที่ 20 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าจากข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง

ตารางที่ 5 รายละเอียดข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าและเหตุการณ์น้ำหลากที่นำมาใช้ศึกษา

ลำดับ	สถานี	ช่วงข้อมูล	ช่วงเหตุการณ์ ที่พิจารณา	อัตราการ ไหล สูงสุด	เวลาเหตุการณ์ น้ำท่าสูงสุด
1	S.7	1990 - 2001	30-31 ส.ค. 1991 22-23 ส.ค.1995 16 ต.ค. 1992	113.60 100.40 79.32	03:00 31 ส.ค. 1991 04:00 23 ก.ย. 1995 12:00 16 ต.ค. 1992
2	S.12	1990 - 2003	6-8 ก.ย.1999 26-27 ส.ค. 2000 10-12 ก.ย. 2000	161.50 280.40 264.80	09:00 7 ก.ย. 1999 04:00 27 ส.ค.2000 16:00 11 ก.ย. 2000
3	S.13	1989 - 2003	10-12 ส.ค. 2001 9-11 ส.ค. 1995 28-29 ส.ค. 2001 23-25 ส.ค.1993	232.67 116.50 43.06 54.17	07:00 11 ส.ค. 2001 06:00 10 ส.ค. 1995 06:00 29 ส.ค. 2001 08:00 24 ส.ค. 1993
4	S.31	1991- 2002	1-3 ต.ค. 1996 26-28 ก.ย. 1997 21-22 ส.ค.1998	126.50 151.40 52.20	19:00 2 ต.ค.1996 04:00 27 ก.ย. 1997 22:00 21 ส.ค.1998
5	S.14	1989 - 2003	10 - 12 พ.ค. 1999	120.83	12:00 11 พ.ค. 1999

2.2.3 จัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสำหรับใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง จากการรวบรวมข้อมูลที่มีในกลุ่มน้ำป่าสัก พบว่ามีสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติซึ่งตรวจวัดฝนรายชั่วโมงแต่มีการเก็บบันทึกข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมง จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานี อ.เมืองเพชรบูรณ์ สถานี อ.หล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และสถานี อ. วิเชียรบุรี สถานี อ.บัวชุม จังหวัดลพบุรี ซึ่งตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ส่วนที่เหลือเป็นสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนรายวันกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ทั้งนี้ได้แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝนและสถานีตรวจวัดน้ำท่าไว้ในภาพที่ 19

ในการศึกษาจะพิจารณาผลกระทบของฝนเฉพาะจุดบนอาณาบริเวณรอบ ๆ ซึ่งในกรณีที่ไม่มีโครงข่าย (Network) สถานีตรวจวัดน้ำฝนที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จะใช้ผลการวิเคราะห์ฝนเฉพาะจุด (point rainfall) นำไปวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลตามพื้นที่เพื่อคำนวณหา

ค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกลงบนพื้นที่นั้น หรือเรียกว่า ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่า (equivalent uniform depth) โดยการคำนวณความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของปริมาณฝนของการศึกษานี้จะใช้วิธีการหาค่าถ่วงน้ำหนักหรือเฉลี่ยด้วยวิธีรูปทึเอสเซน (Thiessen Polygon) ซึ่งวีระพล (2533) กล่าวว่าวิธีนี้จะลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนได้ ทั้งนี้ได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของสถานีในกลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษาดังแสดงในตารางที่ 6

เนื่องจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่กระจายตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำป่าสักที่คัดเลือกมาศึกษาเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดฝนรายวัน แต่ค่าเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่ามีค่าน้อยกว่า 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการกระจายข้อมูลฝนรายวันให้เป็นข้อมูลฝนรายชั่วโมง โดยได้ทำการศึกษารูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ 4 สถานี ซึ่งมีเก็บบันทึกข้อมูลราย 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงใช้รูปแบบการกระจายตัวของฝนของสถานีดังกล่าวที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษานำมาประยุกต์ใช้กับสถานีตรวจวัดฝนรายวันที่มีอยู่ในกลุ่มน้ำย่อยรวมทั้งได้นำผลการศึกษาของสุภาพรธรรม (2532) ซึ่งได้ทำการศึกษาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝนสูงสุด 1 วัน สำหรับจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรีมาพิจารณาประกอบ กราฟการกระจายตัวของปริมาณฝน 24 ชั่วโมงที่มีการบันทึกข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ 4 สถานี และผลการศึกษาการแพร่กระจายของปริมาณฝน 24 ชั่วโมงของสุภาพรธรรมได้แสดงดังภาพที่ 21 ถึงภาพที่ 24

2.2.4 คัดเลือกเหตุการณ์ที่อาจเกิดอุทกภัย ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเลือกเฉพาะเหตุการณ์ที่เกิดจากพายุฝนเหตุการณ์เดี่ยว (Single Event) เท่านั้น

2.2.5 ข้อมูลการระเหยจากถาดรายวัน เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง NAM

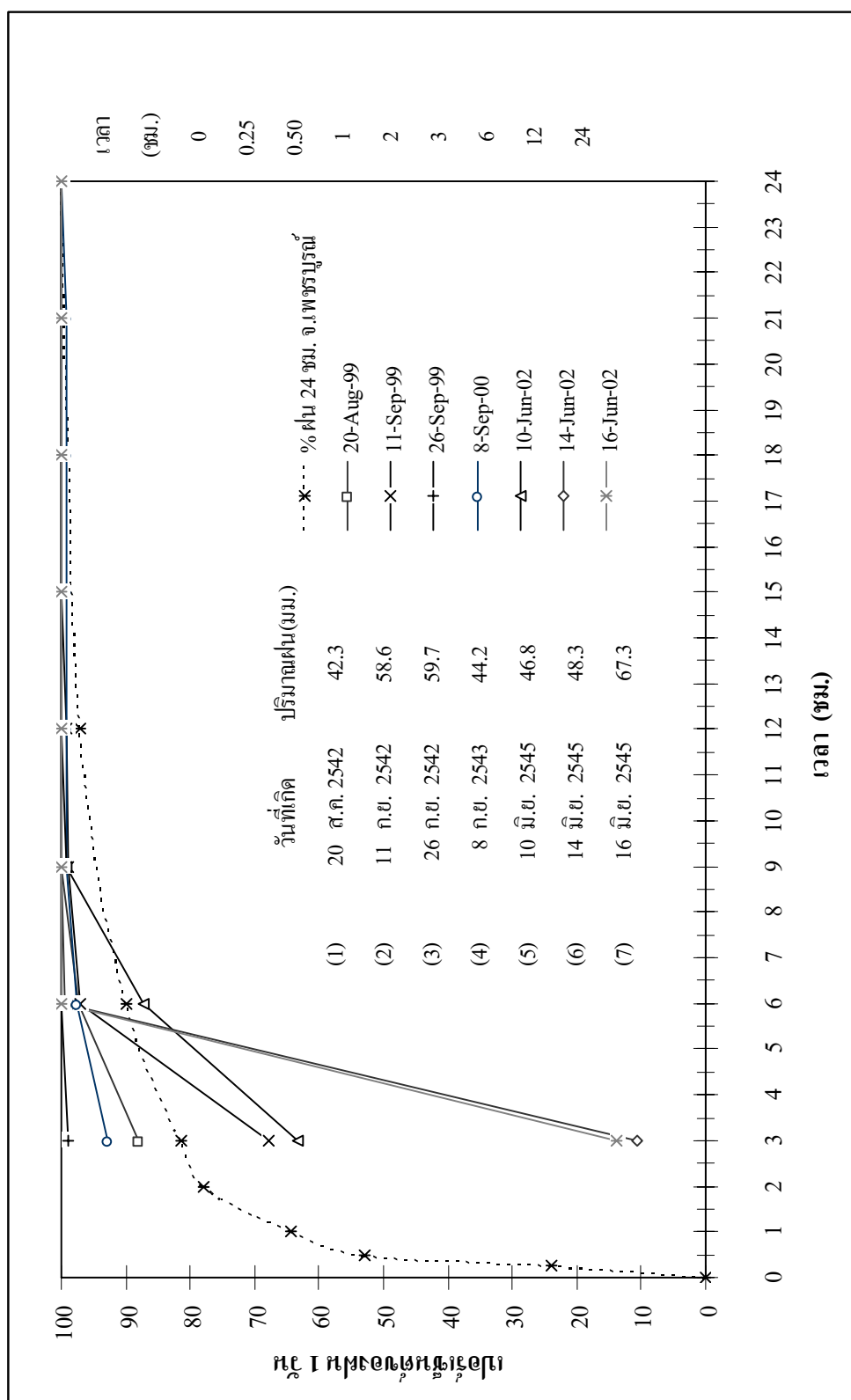
2.2.6 จากข้อมูลที่จัดเตรียมนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าสำหรับเหตุการณ์อุทกภัย และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแต่ละประเภทโดยใช้แบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM

2.2.7 หาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ แบบจำลอง NAM

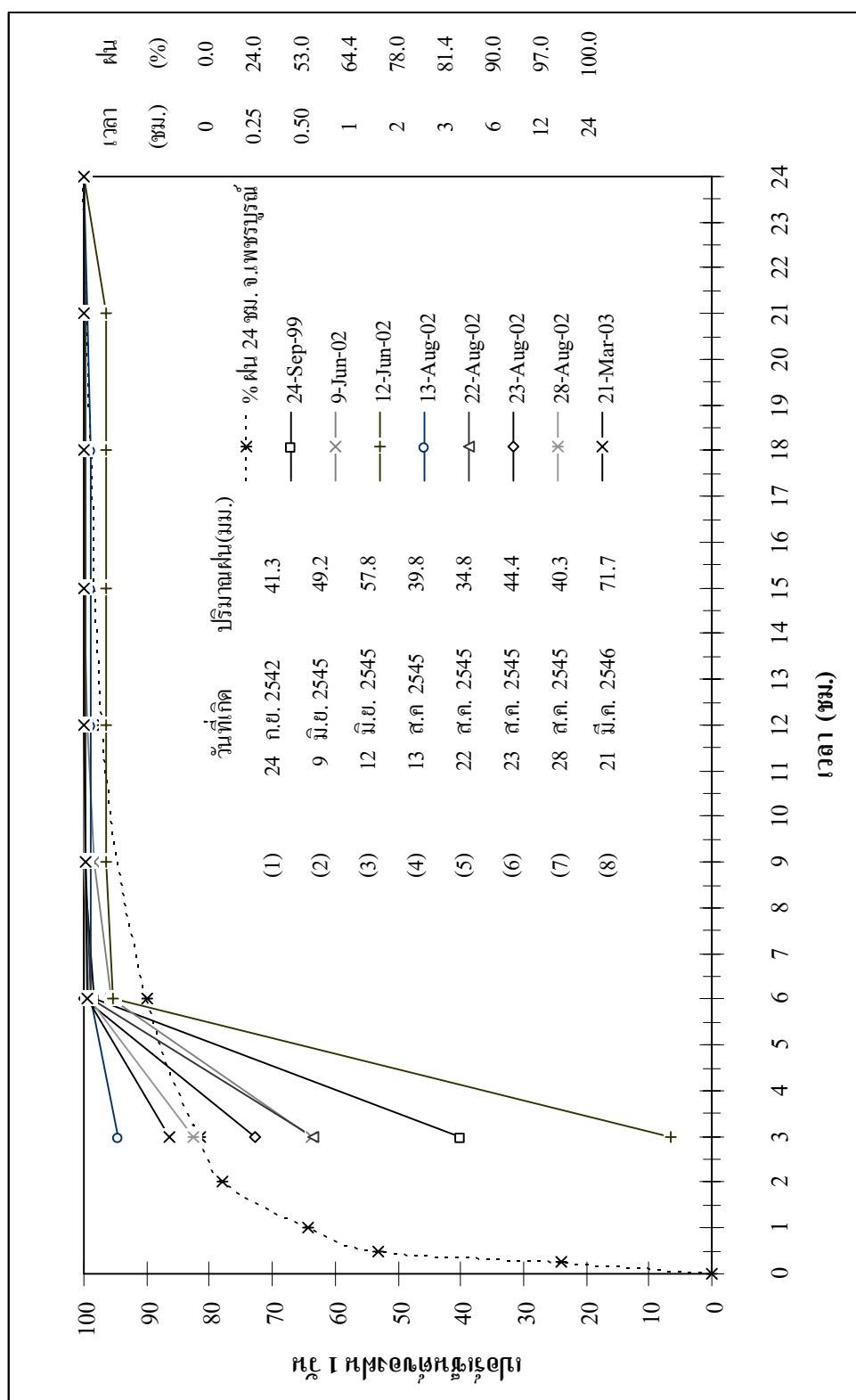
ตารางที่ 6 ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนและการหาค่าถ่วงน้ำหนักโดยวิธี Thiessen ที่ใช้ในพื้นที่
ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา และสถานีวัดอัตราการระเหยที่ใช้

ลุ่มน้ำย่อย / สถานี	สถานีวัดน้ำฝน ตัวแทน	ช่วงปีข้อมูล ที่มี	ค่าถ่วงน้ำหนัก วิธี Thiessen	สถานีวัดอัตราการ ระเหย
S.7	414015	1975 - 2003	1	426401
				สถานีบัวชุม
S.12	379047	1996 - 2003	1	379402
				สถานีวิเชียรบุรี
S.13	426014	1996 - 2003	0.66	426401
	426016	1996 - 2003	0.24	สถานีบัวชุม
	19351	1978 - 2001	0.10	
S.31	414019	1996 - 2003	0.32	426401
	414017	1996 - 2003	0.41	สถานีบัวชุม
	426025	1996 - 2003	0.27	
S.14	426014	1996 - 2003	0.19	426401
	426016	1996 - 2003	0.07	สถานีบัวชุม
	19351	1978 - 2001	0.08	
	426018	1996 - 2003	0.11	
	19361	1981 - 1993	0.04	
	426021	1996 - 2003	0.12	
	426025	1996 - 2003	0.16	
	414017	1996 - 2003	0.13	
	414019	1996 - 2003	0.10	

หมายเหตุ ข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนเหล่านี้เป็นข้อมูลฝนรายวัน

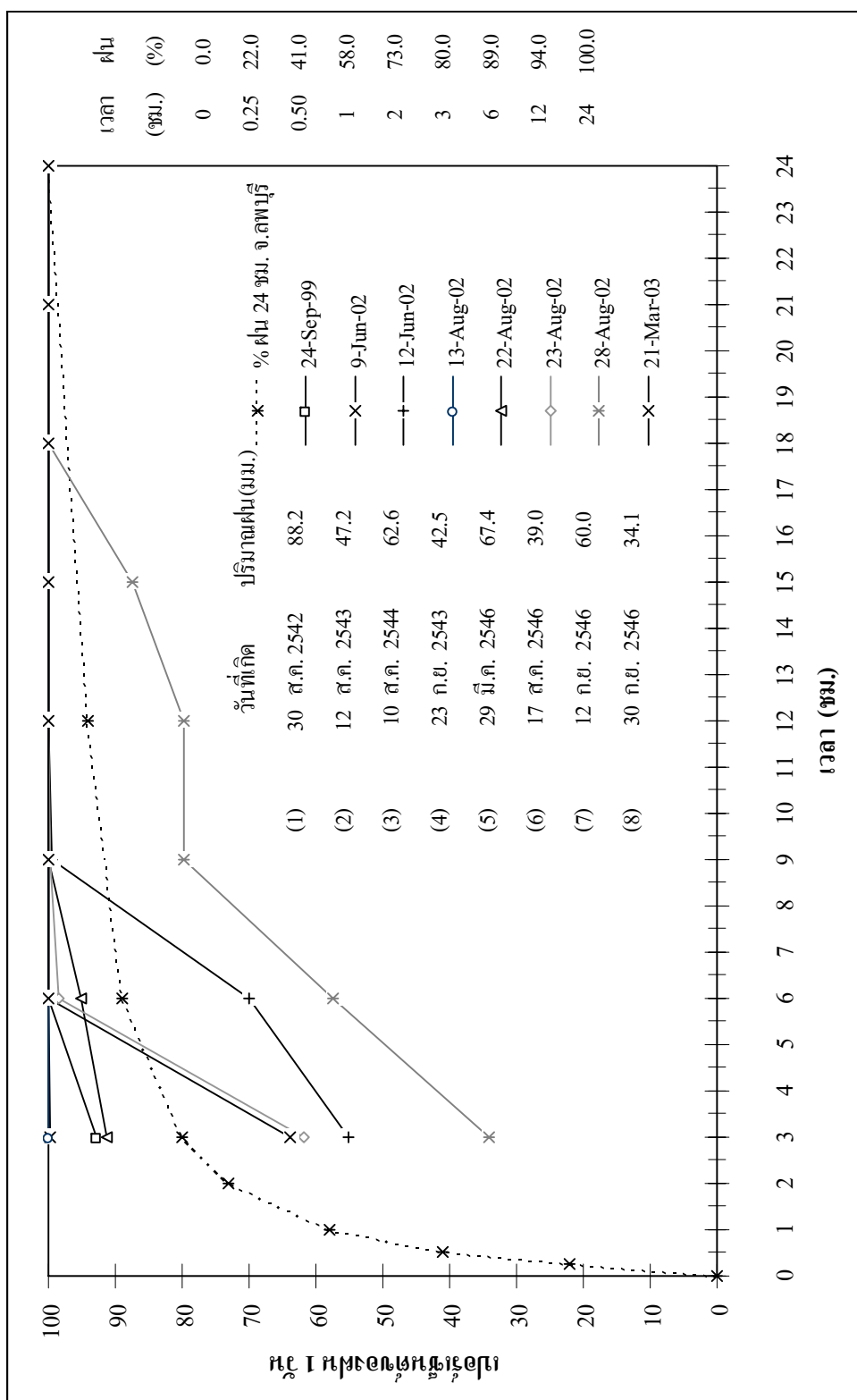


ภาพที่ 21 กราฟการกระจายตัวของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝน 24 ชั่วโมง
สถานี อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



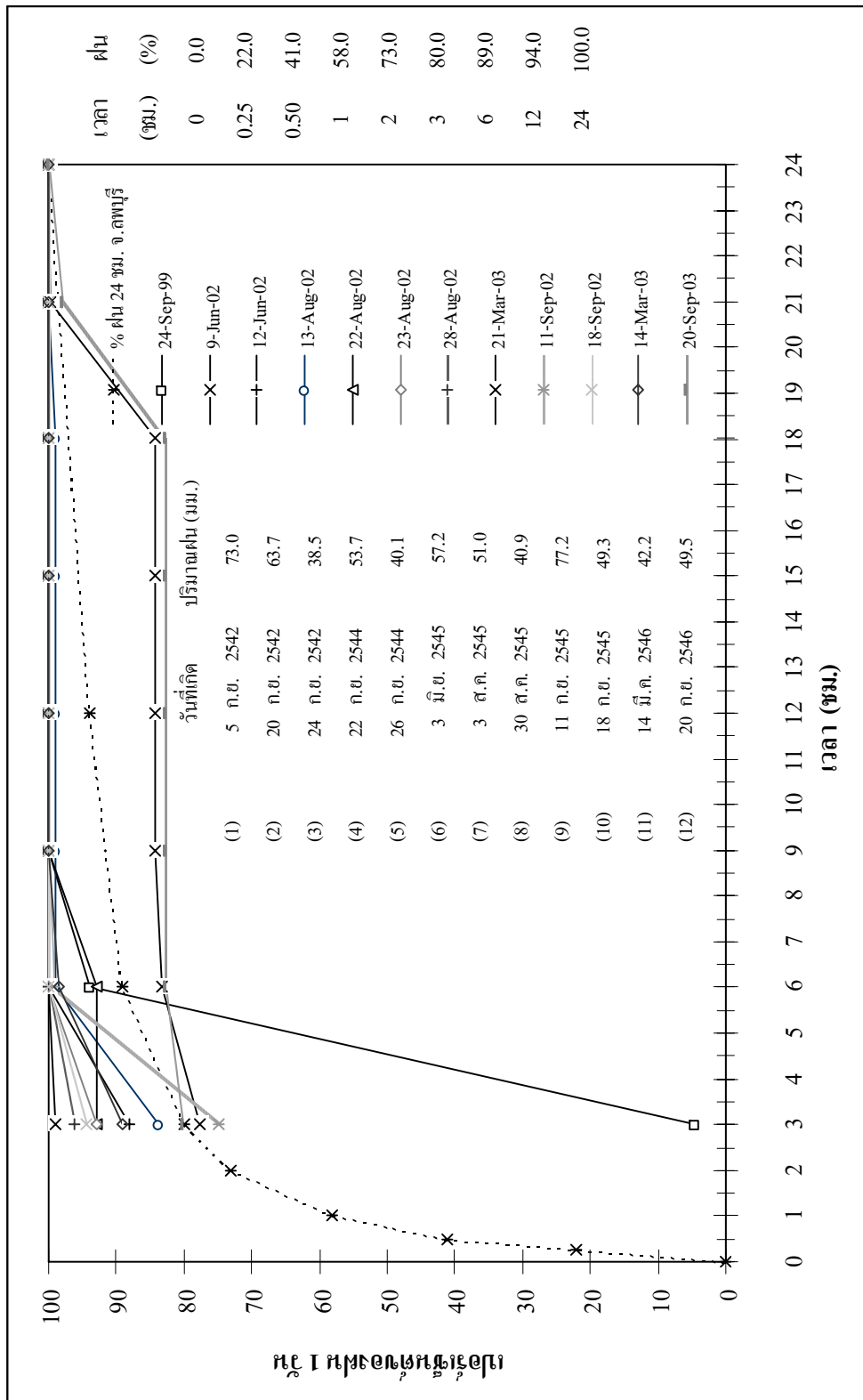
ภาพที่ 22 กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และโปรยเส้นการแพร่กระจายของฝน 24 ชั่วโมง

สถานี อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์



ภาพที่ 23 กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมง

สถานี อ.วิเชียรบุรี จ.ลพบุรี



ภาพที่ 24 กราฟการกระจายของดินจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายตัวของดิน 24 ชั่วโมง
สถานี อ.บัวชุม จ.ลพบุรี

2.3 การสอบเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ (Model Calibration)

ในการสอบเทียบแบบจำลองจะต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้มีความสัมพันธ์หรือเข้ากันได้มากที่สุดกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลของสถานีตรวจวัด โดยในการปรับแบบจำลองจะทำการใช้วิธีสมมุติคำตอบ (Trial and error) ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับกราฟน้ำท่าที่มีการตรวจวัดเอาไว้มากที่สุด และจะใช้เกณฑ์ทางสถิติในการตัดสินใจคัดเลือกผลการสอบเทียบ

2.4 เกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการปรับเทียบข้อมูล (Fitting Criteria)

การศึกษาค้างนี้จะเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา โดยใช้วิธีการพิจารณาค่าทางสถิติเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการปรับเทียบข้อมูล ยุพิน (2542) ได้แก่

2.4.1 ค่าความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณและข้อมูล
ที่ตรวจวัด

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \bar{Q}_o &= \frac{\sum_{i=1}^n Q_{oi}}{n} \\ \text{และ} \quad \bar{Q}_c &= \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ci}}{n} \end{aligned}$$

โดยที่ $\bar{Q}_o$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่า
 $\bar{Q}_c$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยที่คำนวณได้
 Q_{oi} คือ อัตราการไหลที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่า
 Q_{ci} คือ อัตราการไหลที่คำนวณ
 n คือ จำนวนชั่วโมงในเหตุการณ์ที่พิจารณา

โดยจะพิจารณาเปอร์เซ็นต์แตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณด้วยสมการที่ (21) ดังนี้

$$\% \text{ แตกต่าง} = \frac{(\bar{Q}_o - \bar{Q}_c)}{\bar{Q}_o} \times 100 \quad (21)$$

นอกจากนี้ยังจะทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แตกต่างของค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าจากข้อมูลตรวจวัด โดยใช้สมการที่ (21) ในการคำนวณอีกด้วย

2.4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการไหลของน้ำท่าที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad STDQ_0 &= \left[\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (Q_{0i} - Q_0)^2 \right]^{0.5} \\ \text{และ} \quad STDQ_c &= \left[\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (Q_{ci} - Q_c)^2 \right]^{0.5} \end{aligned}$$

2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างอัตราการไหลที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณ

$$\text{จาก} \quad r = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{0i} - \bar{Q}_o) \times (Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\left[\sum_{i=1}^n (Q_{0i} - \bar{Q}_o)^2 \times \sum_{i=1}^n (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 \right]^{0.5}} \quad (22)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จะมีค่าอยู่ระหว่าง $-1 < r < 1$ ซึ่งหากค่า r มีค่าเข้าใกล้กับ 1 แสดงว่า ค่าอัตราการไหลที่วัดจากสถานีน้ำท่า และจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง มีความสัมพันธ์กันแบบปฏิกิริยาตรง แต่หากค่า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันแบบปฏิกิริยาผกผัน

2.5 การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ (Model Verification)

การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (Model Verification) ว่าเหมาะสมเพียงใดนั้น ใช้วิธีเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลอง โดยจะทำการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกันและเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของกลุ่มน้ำ จากนั้นจะนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่ได้มาจำลองข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลฝนของเหตุการณ์อุทกภัยในกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับชุดข้อมูลน้ำท่าของสถานีวัดน้ำที่มีการตรวจวัดไว้ และตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้

2.6 การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ (Sensitivity Analysis)

การศึกษาความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์ว่ามีผลต่อการคำนวณน้ำท่าอย่างไร ทำได้โดยใช้วิธีการเพิ่มค่าและลดค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบที่ละตัวขณะที่พารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ คงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลต่างของปริมาตรและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่คำนวณได้จากการสอบเทียบกับที่คำนวณได้จากการเพิ่มและลดค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวดังกล่าว

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาคุณลักษณะการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำป่าสัก

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักที่โดยรวมล้อมรอบด้วยภูเขาทั้งสองด้าน สามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามสภาพความลาดชันได้เป็นสามประเภท ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 1:100 (พื้นที่ประเภท A) พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 (พื้นที่ประเภท B) ซึ่งส่วนใหญ่คือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสองฝั่งแม่น้ำป่าสัก และพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1:500 (พื้นที่ประเภท C) ส่วนใหญ่คือพื้นที่บริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำตามแนวแม่น้ำป่าสัก ในการศึกษาจะทำการศึกษาเฉพาะบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยซึ่งคือ พื้นที่ประเภท A มีความลาดชันมาก และพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางคือพื้นที่ประเภท B

จากสภาพความลาดชันธรรมชาติของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักดังกล่าว จึงส่งผลให้เมื่อมีปริมาณฝนตกหนักในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จะทำให้เกิดน้ำท่าสูงสุดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้จากการตรวจสอบโดยการคำนวณค่าเวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกของลุ่มน้ำ(t_c) และสมมติว่า t_c เท่ากับเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสถานี S.7 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 3.6 ชั่วโมง สถานี S.12 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 6.5 ชั่วโมง สถานี S.13 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 12 ชั่วโมง สถานี S.31 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 8.5 ชั่วโมง และสถานี S.14 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 18.2 ชั่วโมง และนอกจากนี้ยังพบว่าสาเหตุหลักในการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำป่าสักจะเกิดจากปริมาณและลักษณะของฝนที่ตก หากเกิดฝนตกหนักหรือหนักมากในช่วงระยะเวลาสั้นหรือฝนตกหนักต่อเนื่องมีปริมาณตั้งแต่ 80 มิลลิเมตรขึ้นไปในเวลา 3 ถึง 6 ชั่วโมงจะก่อให้เกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำป่าสักได้ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของกรมอุตุนิยมวิทยา (2532)

1. ผลการศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS

1.1 ผลการสอบเทียบการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS

การสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง SCS ในการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำป่าสัก ได้ผลการศึกษาจากการปรับเทียบผลการจำลองน้ำท่า-น้ำหลากกับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก ดังแสดงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ทั้งนี้ค่าที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ ค่าอัตราการไหลสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการคำนวณกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ที่สถานีต่าง ๆ ผลการศึกษารูปได้ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของพื้นที่ประเภท A ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย 6.03 ชั่วโมง และค่าครรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่เฉลี่ย (CN) มีค่า 62.88 และสำหรับพื้นที่ประเภท B ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย 13.25 ชั่วโมง และมีค่า CN เฉลี่ย 85.08 โดยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าอัตราการไหลสูงสุดระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ตรวจวัดจะอยู่ในช่วง -0.93 ถึง +0.14 เปอร์เซ็นต์ และ -0.55 ถึง +0.86 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าปริมาตรน้ำท่าจะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -10.87 ถึง +4.82 เปอร์เซ็นต์ และ -21.27 ถึง +13.97 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ระหว่าง 23.69 ถึง 77.11 และ 12.87 ถึง 77.93 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.93 ถึง 0.98 และ 0.92 ถึง 0.98 สำหรับพื้นที่ประเภท A และพื้นที่ประเภท B ตามลำดับ

ผลการศึกษาค่าทางสถิติของการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง SCS ของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ที่เลือกศึกษา นำมาสรุปโดยแยกอธิบายตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ดังนี้

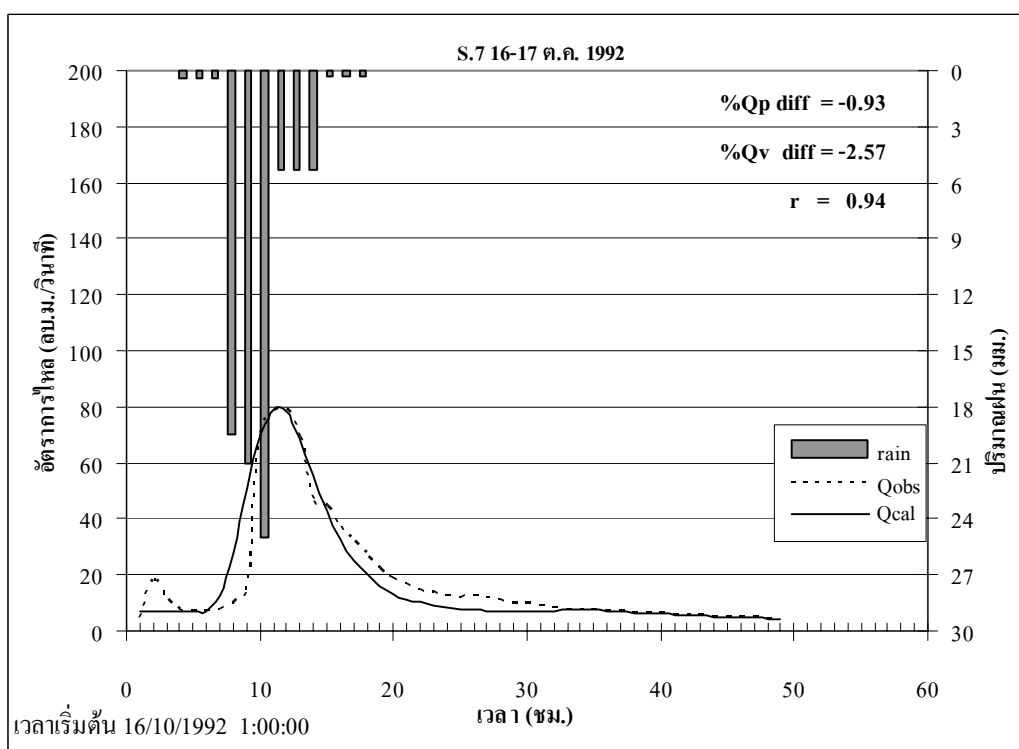
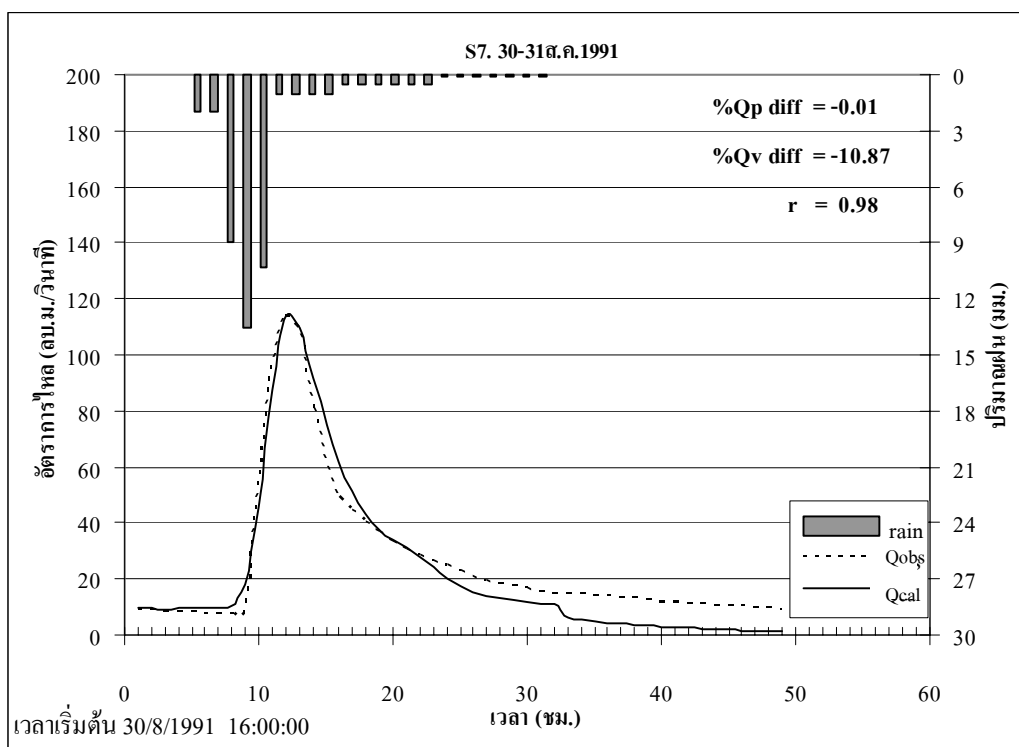
1.1.1 สถานี S.7 : ผลการปรับเทียบแบบจำลองของสถานี S.7 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ระหว่าง 3.5 ถึง 4.0 ชั่วโมง และค่าครรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่าในช่วง 58.70 ถึง 84.30 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.93 ถึง +0.14 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.11 ถึง -10.87 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 23.69 ถึง 31.68 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.98 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 25

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS ของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก

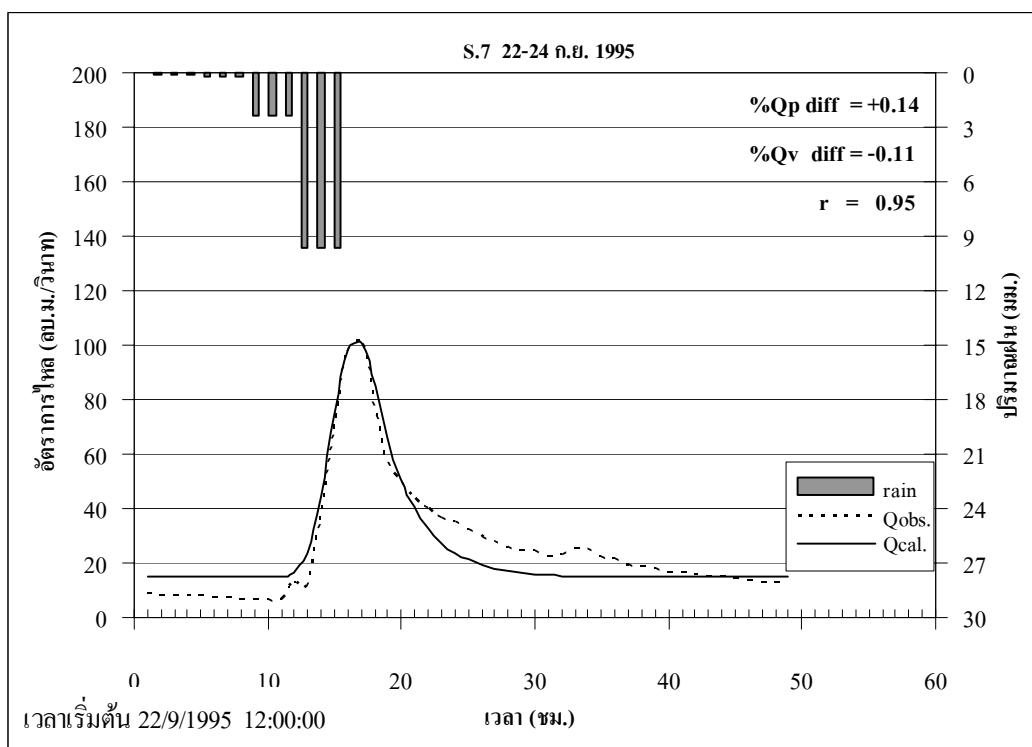
ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์		ความลึกของพายุฝน ที่พิจารณา (มม.)	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม/วินาที)		Tp (ชม.)	CN
			วัน	เวลาที่น้ำทำสูงสุด		จากข้อมูลตรวจวัด	จากการคำนวณ		
A	S.7	177	30-31 ส.ค. 1991	03:00 31 ส.ค. 1991	44.54	113.60	113.59	3.50	84.30
			16 ต.ค. 1992	12:00 16 ต.ค. 1992	83.80	79.32	78.58	4.00	58.70
			22-23 ส.ค. 1995	04:00 23 ก.ย. 1995	37.29	100.40	100.54	4.00	84.20
A	S.12	471	6-8 ก.ย. 1999	09:00 7 ก.ย. 1999	93.23	161.50	161.14	5.20	55.70
			26-27 ส.ค. 2000	04:00 27 ส.ค. 2000	144.90	280.40	280.68	6.50	45.70
			10-12 ก.ย. 2000	16:00 11 ก.ย. 2000	173.66	264.80	264.21	13.00	48.70
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท A									
B	S.13	359	23-25 ส.ค. 1993	08:00 24 ส.ค. 1993	43.28	54.17	54.43	10.00	77.50
			9-11 ส.ค. 1995	06:00 10 ส.ค. 1995	23.20	116.5	115.97	18.00	99.40
			28-29 ส.ค. 1999	06:00 29 ส.ค. 1999	20.18	43.06	43.40	15.00	94.00
B	S.31	381	10-12 ส.ค. 2001	07:00 11 ส.ค. 2001	75.62	232.67	232.01	18.00	95.60
			1-3 ต.ค. 1996	19:00 2 ต.ค. 1996	41.21	126.5	126.38	12.00	88.80
			26-28 ก.ย. 1997	04:00 27 ก.ย. 1997	111.78	151.4	152.70	9.00	58.70
B	S.14	1247	21-22 ส.ค. 1998	22:00 21 ส.ค. 1998	29.24	52.20	52.24	8.00	84.30
			10 - 12 พ.ค. 1999	12:00 11 พ.ค. 1999	31.79	120.83	120.17	16.00	82.30
			ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท B						

ตารางที่ 8 รายละเอียดของค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำปากสัก

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการใช้สูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการใช้		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
A	S.7	177	03:00 31 ต.ค. 1991	113.60	-0.01	1.25	-10.87	30.15	31.68	0.98
			12:00 16 ต.ค. 1992	79.32	-0.93	0.85	-2.57	24.14	24.48	0.94
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	+0.14	1.25	-0.11	22.46	23.69	0.95
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	-0.22	2.46	+4.82	37.50	44.70	0.96
			04:00 27 ต.ค. 2000	280.40	+0.10	4.61	-5.61	73.36	77.11	0.93
			16:00 11 ก.ย. 2000	264.80	-0.22	6.46	-0.10	69.47	76.30	0.98
B	S.13	359	08:00 24 ต.ค. 1993	54.17	+0.48	1.24	-6.34	16.50	15.76	0.94
			06:00 10 ต.ค. 1995	116.5	-0.45	3.40	+1.42	25.20	29.40	0.92
			06:00 29 ต.ค. 1999	43.06	+0.79	0.95	+13.97	12.52	12.87	0.94
B	S.31	381	07:00 11 ต.ค. 2001	232.67	-0.28	6.78	-2.61	75.37	77.93	0.92
			19:00 2 ต.ค. 1996	126.5	-0.09	2.89	+5.11	36.64	35.39	0.98
			04:00 27 ก.ย. 1997	151.4	+0.86	3.97	-15.93	46.64	44.26	0.94
B	S.14	1247	22:00 21 ต.ค. 1998	52.20	+0.08	0.80	+0.85	12.99	15.74	0.95
			12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	-0.55	3.09	-21.27	32.36	29.00	0.97



ภาพที่ 25 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.7



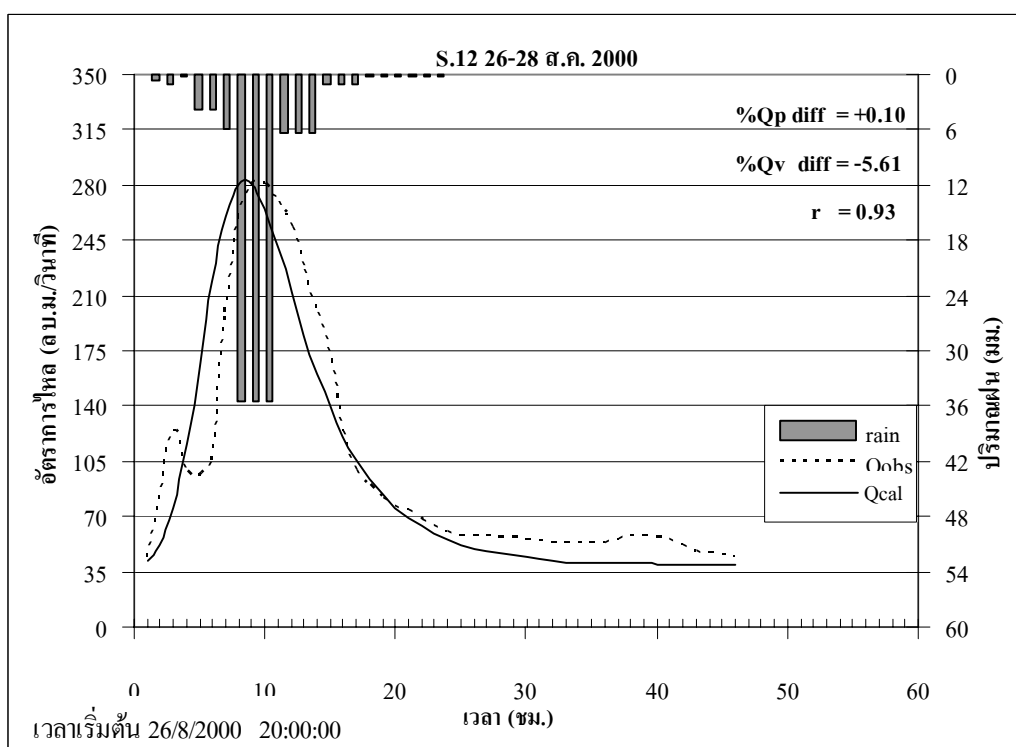
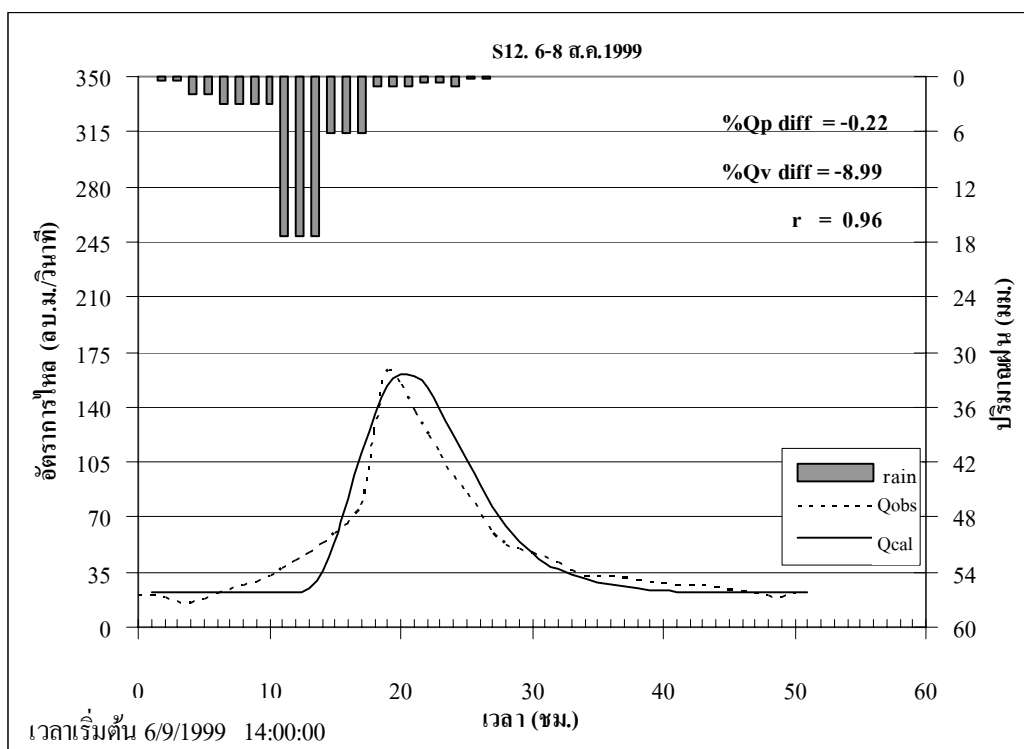
ภาพที่ 25 (ต่อ)

1.1.2 สถานี S.12 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.12 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ระหว่าง 5.2 ถึง 13.0 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 45.7 ถึง 55.7 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.22 ถึง +0.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -5.61 ถึง +4.82 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 44.70 ถึง 77.11 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.93 ถึง 0.98 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 26

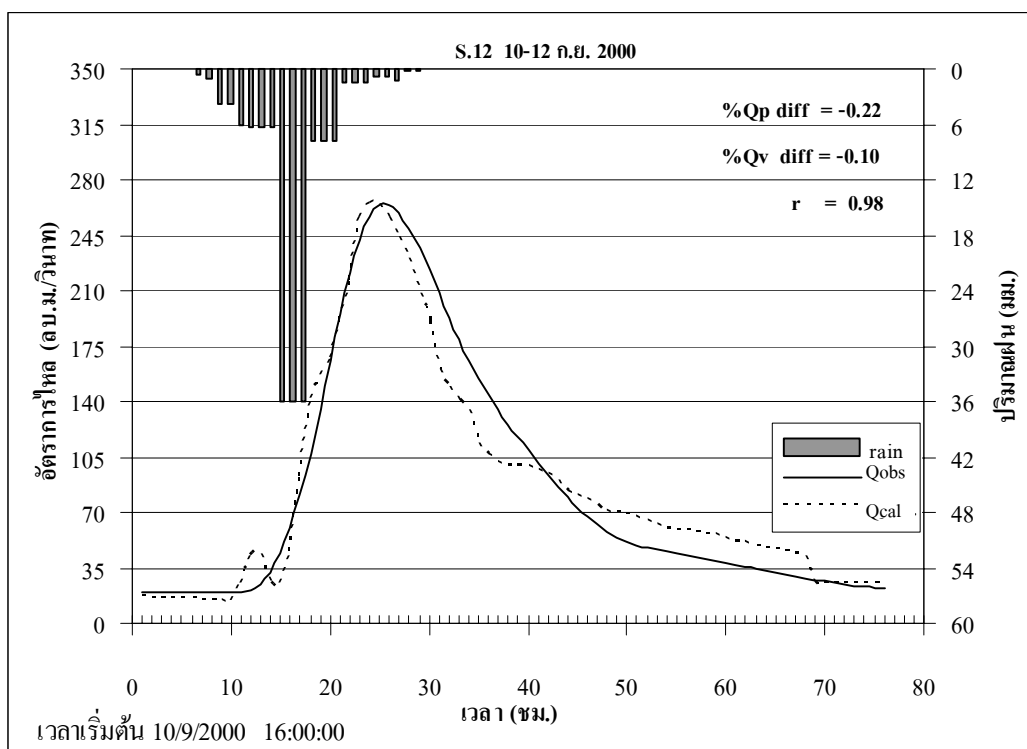
1.1.3 สถานี S.13 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.13 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) อยู่ระหว่าง 10 ถึง 18 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 77.5 ถึง 99.4 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.45 ถึง +0.79 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -6.34 ถึง +13.97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 12.87 ถึง 77.93 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.92 ถึง 0.94 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 27

1.1.4 สถานี S.31 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.31 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) อยู่ระหว่าง 8 ถึง 12 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 58.7 ถึง 88.8 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.09 ถึง +0.86 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -15.93 ถึง +5.11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 15.74 ถึง 44.26 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.98 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 28

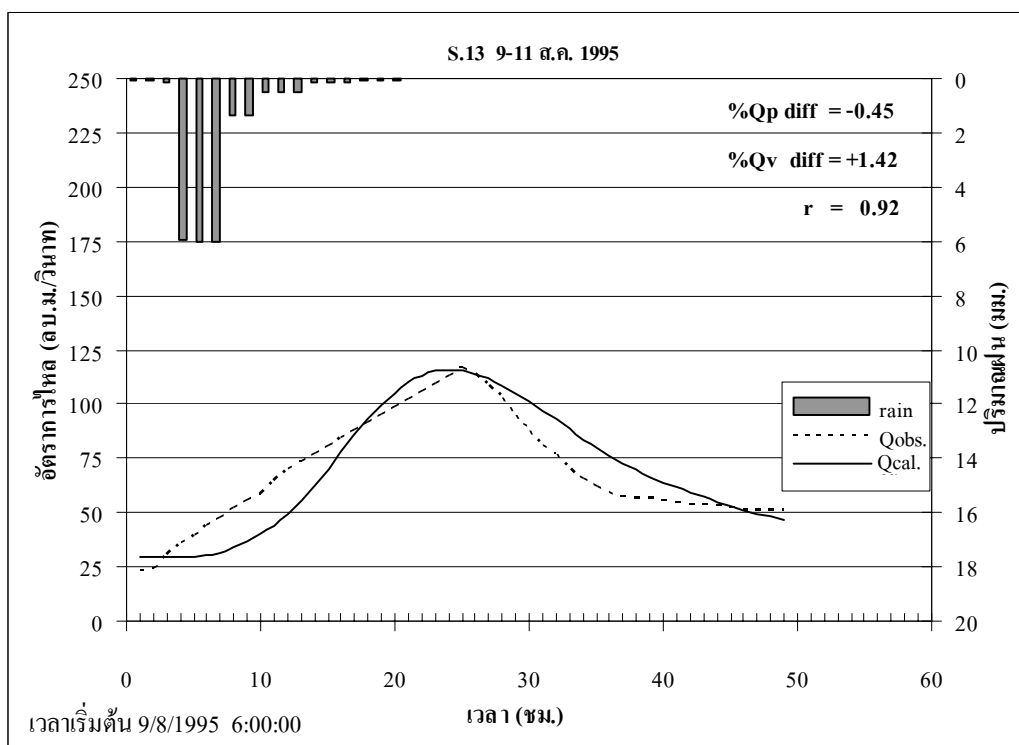
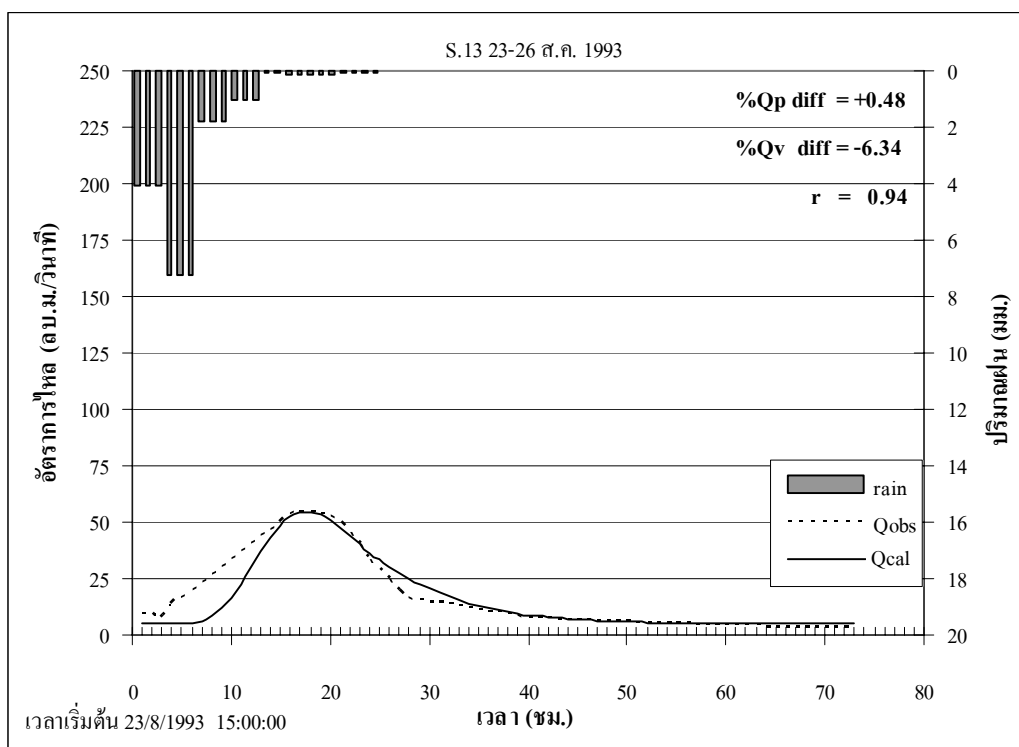
1.1.5 สถานี S.14 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.14 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) 16 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 82.3 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Qp) แตกต่างกัน -0.55 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกัน -21.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 29.00 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.97 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 29



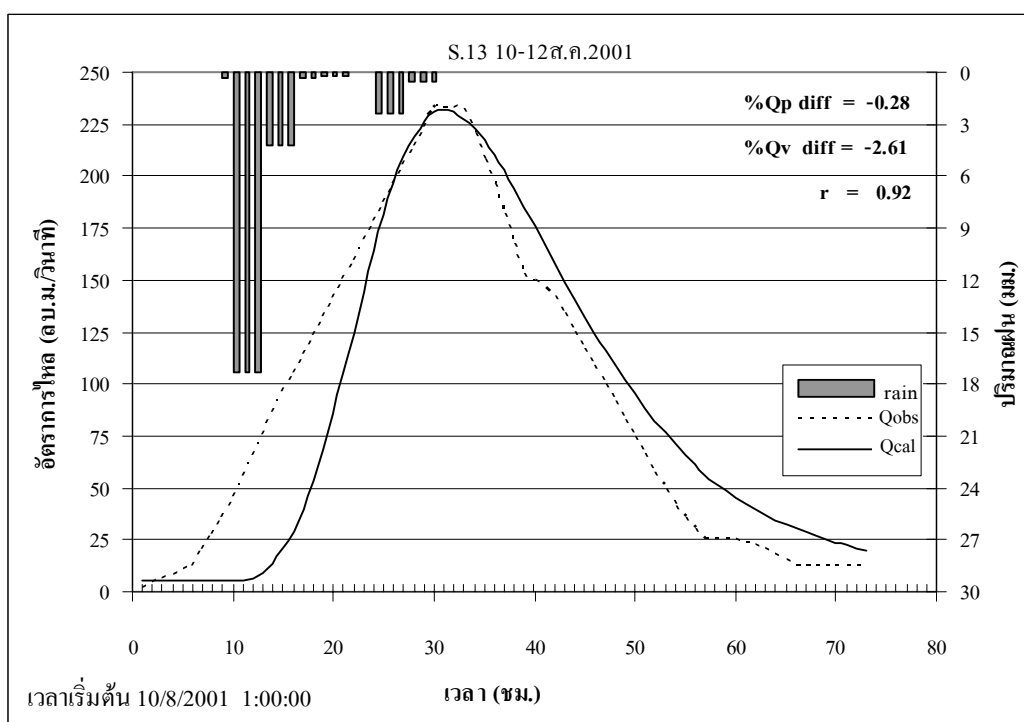
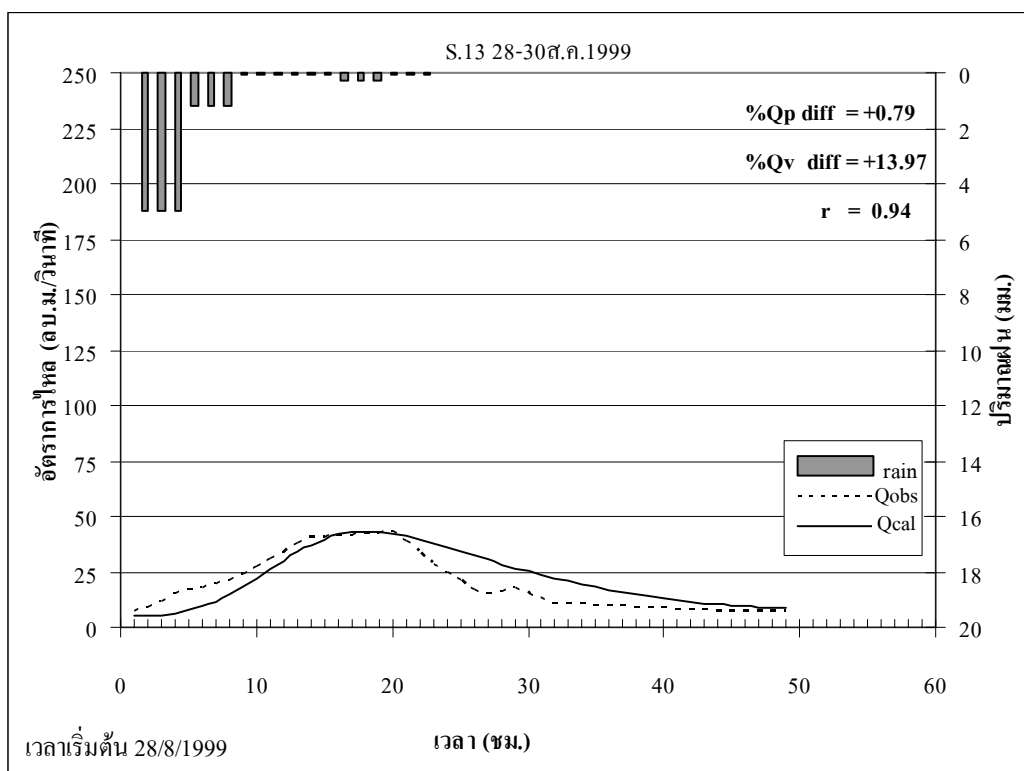
ภาพที่ 26 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.12



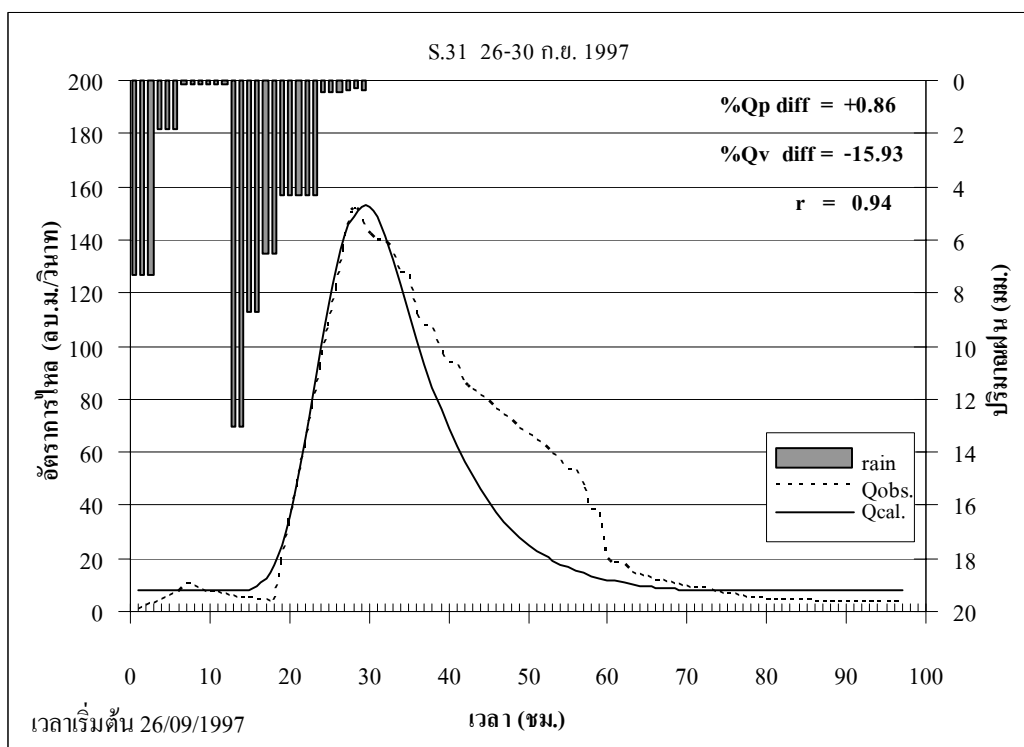
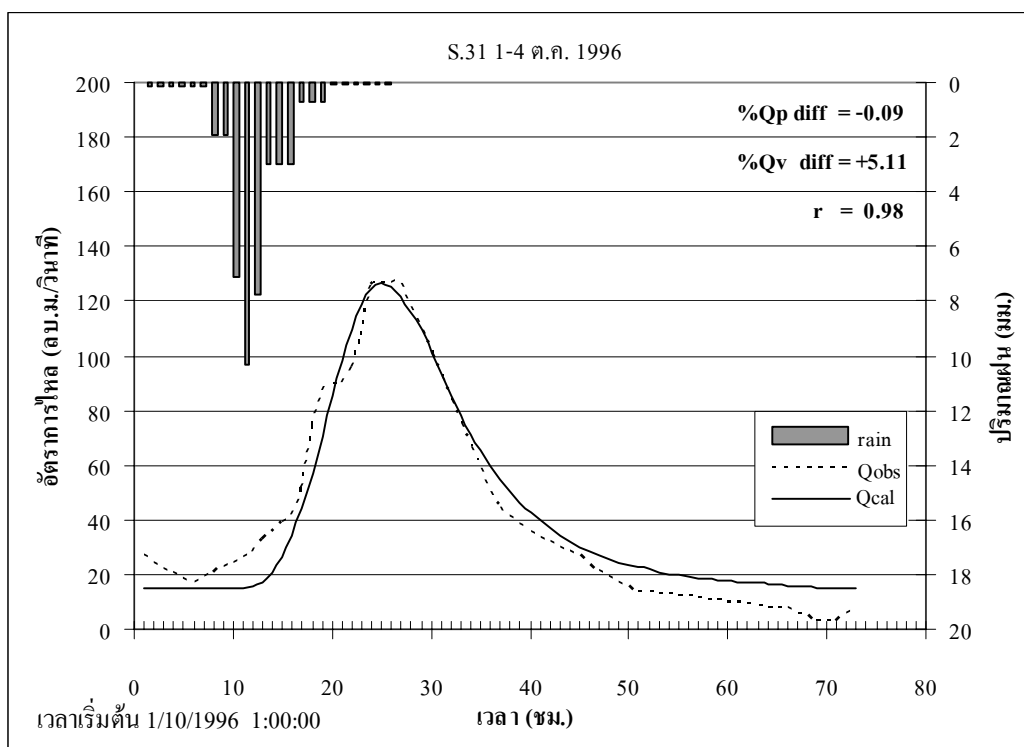
ภาพที่ 26 (ต่อ)



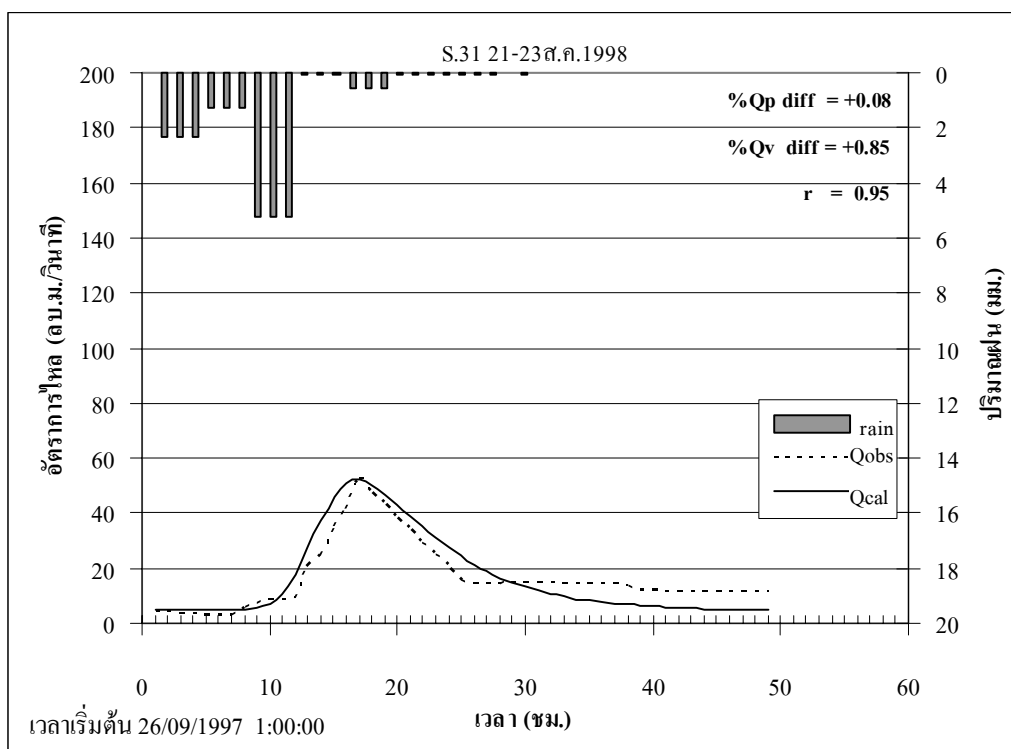
ภาพที่ 27 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.13



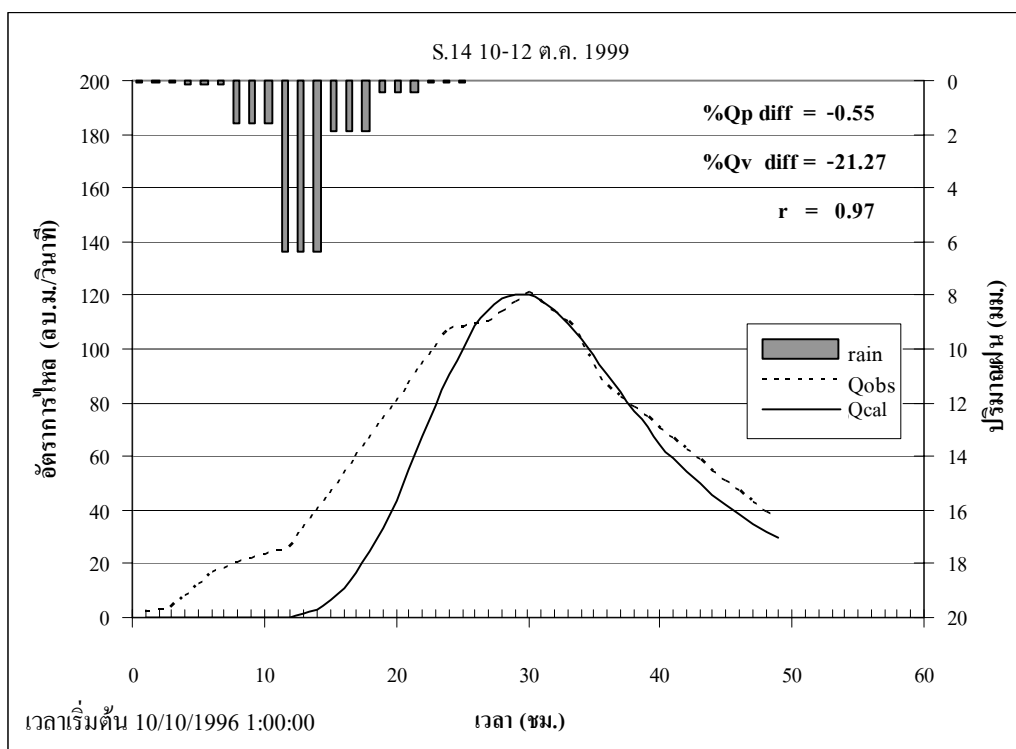
ภาพที่ 27 (ต่อ)



ภาพที่ 28 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.31



ภาพที่ 28 (ต่อ)



ภาพที่ 29 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.14

จากการพิจารณาค่าทางสถิติของแบบจำลอง SCS ที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ข้างต้นจะพบว่า โดยส่วนใหญ่ค่าอัตราการไหลของกราฟน้ำท่ามีความสอดคล้องกันกับข้อมูลตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_p มีความแตกต่างกันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_v ส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างกันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่ามากกว่า 0.90 ขึ้นไป จึงถือได้ว่าผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง SCS มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นสาเหตุจากข้อจำกัดด้านข้อมูลฝน รูปแบบการกระจายตัวของฝน และข้อมูลน้ำท่า รูปแบบการกระจายตัวของน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา

1.2 การตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ย

เมื่อตรวจสอบผลการจำลองน้ำหลากของแบบจำลอง SCS โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของทุกเหตุการณ์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองมาเฉลี่ย แบ่งเป็นการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำได้แก่พื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (A) และพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง (B) ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 มาใช้คำนวณในเหตุการณ์พายุฝนเดียวกันกับที่ทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเคราะห์จากแบบจำลอง SCS กับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -60.77 ถึง +190.06 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -38.86 ถึง +124.27 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 5.31 ถึง 109.63 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.63 ถึง 0.96 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -87.35 ถึง +257.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -55.69 ถึง +111.94 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 0.59 ถึง +232.38 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.30 ถึง 0.97 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 10(ก) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของทุกเหตุการณ์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และตารางที่ 10(ข) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ ๑ ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในแต่ละกลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	วัน	เหตุการณ์	ความลึกของพายุฝน ที่พิจารณา (มม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด จากข้อมูลตรวจวัด	อัตราการคำนวณ (ชั่วโมง)	CN
A	S.7	177	30-31 ส.ค. 1991	03:00 31 ส.ค. 1991	44.54	113.60	113.59	3.50
			16 ต.ค. 1992	12:00 16 ต.ค. 1992	83.80	79.32	78.58	4.00
			22-23 ส.ค. 1995	04:00 23 ก.ย. 1995	37.29	100.40	100.54	4.00
			ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.7					3.83
A	S.12	471	6-8 ก.ย. 1999	09:00 7 ก.ย. 1999	93.23	161.50	161.14	5.20
			26-27 ส.ค. 2000	04:00 27 ส.ค. 2000	144.90	280.40	280.68	6.50
			10-12 ก.ย. 2000	16:00 11 ก.ย. 2000	173.66	264.80	264.21	13.00
			ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.12					8.23
B	S.13	359	23-25 ส.ค. 1993	08:00 24 ส.ค. 1993	43.28	54.17	54.43	10.00
			9-11 ส.ค. 1995	06:00 10 ส.ค. 1995	23.20	116.5	115.97	18.00
			28-29 ส.ค. 1999	06:00 29 ส.ค. 1999	20.18	43.06	43.40	15.00
			10-12 ส.ค. 2001	07:00 11 ส.ค. 2001	75.62	232.67	232.01	18.00
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.13					15.25	91.63		
B	S.31	381	1-3 ต.ค. 1996	19:00 2 ต.ค. 1996	41.21	126.5	126.38	12.00
			26-28 ก.ย. 1997	04:00 27 ก.ย. 1997	111.78	151.4	152.70	9.00
			21-22 ส.ค. 1998	22:00 21 ส.ค. 1998	29.24	52.20	52.24	8.00
			ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.31					9.67
B	S.14	1247	10 - 12 พ.ค. 1999	12:00 11 พ.ค. 1999	31.79	120.83	120.17	16.00
			ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท B					13.25

ตารางที่ 10 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์
ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม / วินาที)		ปริมาณน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
				จากข้อมูล	แตกต่าง	จากข้อมูล	แตกต่าง	จากข้อมูล	แตกต่าง			
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	113.60	53.03	-53.32	1.25	0.85	-31.90	30.15	12.03	0.93
			12:00 16 ต.ค. 1992	79.32	230.07	+ 190.06	0.85	1.85	+ 116.44	24.14	62.77	0.86
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	53.44	-46.77	1.25	0.95	-23.81	22.46	9.70	0.95
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	81.82	-49.34	2.46	1.92	-21.78	37.50	19.84	0.79
			04:00 27 ส.ค.2000	280.40	310.98	+ 10.90	4.61	5.57	+ 20.82	73.36	88.79	0.96
			16:00 11 ก.ย. 2000	264.80	420.86	+ 58.94	6.46	6.94	+ 7.52	69.47	109.63	0.82
B	S.13	359	08:00 24 ส.ค. 1993	54.17	112.44	+ 107.57	1.24	2.79	+ 124.27	16.50	35.58	0.73
			06:00 10 ส.ค. 1995	116.5	67.73	-41.86	3.40	2.26	-33.55	25.20	12.74	0.96
			06:00 29 ส.ค. 1999	43.06	31.87	-25.99	0.95	0.84	-11.89	12.52	8.99	0.63
B	S.31	381	07:00 11 ส.ค. 2001	232.67	221.50	-4.80	6.78	5.72	-15.65	75.37	73.83	0.95
			19:00 2 ต.ค.1996	126.5	65.352	-48.34	2.89	1.83	-36.72	36.64	15.43	0.96
			04:00 27 ก.ย. 1997	151.4	331.70	+ 119.09	3.97	6.57	+ 65.74	46.64	97.69	0.88
B	S.14	1247	22:00 21 ส.ค. 1998	52.20	20.48	-60.77	0.80	0.49	-38.86	12.99	5.31	0.77
			12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	-	-	3.09	-	-	32.36	-	-

ตารางที่ 10 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกเหตุการณ์
แบ่งตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
				จากข้อมูล	จากปริมาณ	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากปริมาณ	%แตกต่าง		จากข้อมูล	จากปริมาณ
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	113.60	14.37	-87.35	1.25	0.55	-55.69	30.15	1.62	0.38
			12:00 16 ต.ค. 1992	79.32	83.71	+ 5.53	0.85	1.04	+ 21.51	24.14	23.41	0.90
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	17.03	-83.04	1.25	0.74	-40.82	22.46	0.59	0.75
	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	240.35	+ 48.82	2.83	3.61	+ 27.78	37.50	71.58	0.97
			04:00 27 ส.ค.2000	280.40	724.16	+ 158.26	4.61	8.74	+ 89.52	73.36	216.96	0.84
			16:00 11 ก.ย. 2000	264.80	946.47	+ 257.43	6.46	10.97	+ 69.93	69.47	232.38	0.50
B	S.13	359	08:00 24 ส.ค. 1993	54.17	79.35	+ 46.48	1.24	1.86	+ 49.76	16.50	24.39	0.82
			06:00 10 ส.ค. 1995	116.5	47.80	-58.97	3.40	1.81	-46.71	25.20	6.04	0.94
			06:00 29 ส.ค. 1999	43.06	15.63	-63.70	0.95	0.47	-50.91	12.52	3.63	0.72
			07:00 11 ส.ค. 2001	232.67	181.80	-21.86	6.78	4.40	-35.06	75.37	60.04	0.95
	S.31	381	19:00 2 ต.ค.1996	126.5	91.4	-27.75	2.89	2.55	-11.69	36.64	24.75	0.94
			04:00 27 ก.ย. 1997	151.4	349.82	+ 131.06	3.97	8.40	+ 111.94	46.64	108.68	0.97
			22:00 21 ส.ค. 1998	52.20	39.37	-24.58	0.80	0.90	+ 12.39	12.99	11.86	0.54
S.14		1247	12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	174.8	+ 44.66	3.09	2.83	-8.45	32.36	69.48	0.30

จากผลการตรวจสอบที่ได้พบว่าค่าของผลการคำนวณและข้อมูลจากการตรวจวัดมีค่าแตกต่างกันมาก จึงทำการตรวจสอบใหม่โดยการคัดเลือกเหตุการณ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีขนาดของปริมาณฝนต่อขนาดของอัตราการไหลสูงสุดไม่แตกต่างกันมากนัก มาทำการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ใหม่ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 11 และนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยดังกล่าวมาตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS อีกครั้ง ได้ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -36.52 ถึง +12.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -21.63 ถึง +37.18 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 9.65 ถึง 80.23 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.79 ถึง 0.97 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -89.12 ถึง +85.42 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -63.92 ถึง +70.86 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 0.57 ถึง 89.97 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.30 ถึง 0.95 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 12 (ก) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และตารางที่ 12 (ข) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถสรุปผลแยกตามสถานีวัดน้ำได้ดังนี้

1.2.1 สถานี S.7 : ผลการตรวจสอบสถานี S.7 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 3.75 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 84.25 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -4.88 ถึง +6.40 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +0.38 ถึง +1.83 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 23.15 ถึง 26.57 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.97 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท A) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 4.80 ชั่วโมงและค่า CN เท่ากับ 67.55 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -84.08 ถึง -89.12 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -42.18 ถึง -63.92 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 0.57 ถึง 1.79 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.37 ถึง 0.75

ตารางที่ 11 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละกลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	วันที่	เหตุการณ์	เวลาเกิดน้ำท่าสูงสุด	ความลึกของพายุฝนที่พิจารณา (มม.)	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) จากข้อมูลตรวจวัด	Tp (ชั่วโมง)	CN	หมายเหตุ	
A	S.7	177	30-31 ส.ค. 1991		03:00 31 ส.ค. 1991	44.54	113.60	113.59	3.50	84.30	
			16 ต.ค. 1992		12:00 16 ต.ค. 1992	83.80	79.32	78.58	4.00	58.70	1/
			22-23 ส.ค. 1995		04:00 23 ก.ย. 1995	37.29	100.40	100.54	4.00	84.20	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.7											
A	S.12	471	6-8 ก.ย. 1999		09:00 7 ก.ย. 1999	93.23	161.50	161.14	5.20	56.00	
			26-27 ส.ค. 2000		04:00 27 ส.ค. 2000	144.90	280.40	280.68	6.50	45.70	
			10-12 ก.ย. 2000		16:00 11 ก.ย. 2000	173.66	264.80	264.21	13.00	48.70	1/
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.12											
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท A											
B	S.13	359	23-25 ส.ค. 1993		08:00 24 ส.ค. 1993	43.28	54.17	54.43	10.00	77.50	1/
			9-11 ส.ค. 1995		06:00 10 ส.ค. 1995	23.20	116.5	115.97	18.00	99.40	
			28-29 ส.ค. 1999		06:00 29 ส.ค. 1999	20.18	43.06	43.40	15.00	94.00	1/
			10-12 ส.ค. 2001		07:00 11 ส.ค. 2001	75.62	232.67	232.01	18.00	95.60	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.13											
B	S.31	381	1-3 ต.ค. 1996		19:00 2 ต.ค. 1996	41.21	126.5	126.38	12.00	88.80	
			26-28 ก.ย. 1997		04:00 27 ก.ย. 1997	111.78	151.4	152.70	9.00	58.70	1/
			21-22 ส.ค. 1998		22:00 21 ส.ค. 1998	29.24	52.20	52.24	8.00	84.30	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.31											
B	S.14	1247	10 - 12 พ.ค. 1999		12:00 11 พ.ค. 1999	31.79	120.83	120.17	16.00	82.30	
			ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท B							14.67	88.78

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง เหตุการณ์ที่ไม่นำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ เนื่องจากสัดส่วนของการเกิดเหตุการณ์พายุฝนและอัตราการไหลสูงสุดมีค่าแตกต่างจากเหตุการณ์อื่นในกลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน

ตารางที่ 12 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม / วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	%แตกต่าง	จากข้อมูล	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
A	S.7	177	03:00 31 ต.ค. 1991	113.60	-4.88	1.25	1.27	30.15	26.57	0.97
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	+ 6.40	1.25	1.25	22.46	23.15	0.94
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	-36.52	2.46	1.92	37.50	19.84	0.83
			04:00 27 ต.ค. 2000	280.40	+ 6.80	4.61	5.32	73.36	80.23	0.90
B	S.13	360	06:00 10 ต.ค. 1995	116.5	-10.47	3.40	3.14	25.20	24.32	0.94
			07:00 11 ต.ค. 2001	232.67	+ 12.50	6.78	6.35	75.37	73.83	0.95
B	S.31	381	19:00 2 ต.ค. 1996	126.5	-11.52	2.89	2.78	36.64	35.47	0.95
			22:00 21 ต.ค. 1998	52.20	+ 9.31	0.80	1.10	12.99	9.65	0.79
B	S.14	1247	12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	-	3.09	-	32.36	-	-

ตารางที่ 12 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาณน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	113.60	12.36	-89.12	1.25	0.45	-63.92	30.15	1.79	0.37
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	15.98	-84.08	1.25	0.72	-42.18	22.46	0.57	0.75
	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	299.46	+ 85.42	2.46	3.94	+ 60.47	37.50	71.58	0.79
			04:00 27 ส.ค.2000	280.40	437.89	+ 56.17	4.61	7.21	+ 56.30	73.36	89.97	0.81
B	S.13	359	06:00 10 ส.ค. 1995	116.5	59.03	-49.33	3.40	1.93	-43.25	25.20	6.04	0.94
			07:00 11 ส.ค. 2001	232.67	210.00	-9.74	6.78	5.31	-21.69	75.37	60.04	0.95
	S.31	381	19:00 2 ต.ค.1996	126.5	232.43	+ 83.74	2.89	2.90	+ 0.25	36.64	24.75	0.94
			22:00 21 ส.ค. 1998	52.20	36.39	-30.29	0.80	1.37	+ 70.86	12.99	11.86	0.54
	S.14	1247	12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	201.09	+ 66.42	3.09	3.01	-2.59	32.36	69.48	0.30

1.2.2 สถานี S.12 : ผลการตรวจสอบสถานี S.12 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 5.85 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 50.85 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -36.52 ถึง +6.80 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -21.63 ถึง +15.33 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 19.84 ถึง 80.23 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.83 ถึง 0.90 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท A) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 4.80 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 67.55 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +56.17 ถึง +85.42 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +56.30 ถึง +60.47 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 71.58 ถึง 89.97 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.79 ถึง 0.81

1.2.3 สถานี S.13 : ผลการตรวจสอบสถานี S.13 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 18.00 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 97.50 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -10.47 ถึง +12.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -6.36 ถึง -7.67 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 24.32 ถึง 73.83 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.95 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 14.67 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 88.78 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) จะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -9.74 ถึง -49.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -21.69 ถึง -43.25 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 6.04 ถึง 60.04 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.95

1.2.4 สถานี S.31 : ผลการตรวจสอบสถานี S.31 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 10.00 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 86.55 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) จะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -11.52 ถึง +9.31 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -3.89 ถึง +37.18 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 9.65 ถึง 35.47 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.79 ถึง 0.95 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 14.67 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 88.78 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -30.29 ถึง +83.74 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +0.25 ถึง +70.86

เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 11.86 ถึง 24.75 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.54 ถึง 0.94

1.2.5 สถานี S.14 : ผลการตรวจสอบสถานี S.14 เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีเพียงเหตุการณ์ที่ใช้จำลองเพียงเหตุการณ์เดียว ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบเฉพาะการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 14.67 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 88.78 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกัน +66.42 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกัน -2.59 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 69.48 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.30

จากผลการพิจารณาค่าทางสถิติพบว่ากรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันให้ผลการคำนวณที่ดีกว่ากรณีการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีสภาพภูมิประเทศคงที่ เช่น ความลาดชัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินคงที่ ขณะที่การเฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำจะให้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่แตกต่างมากกว่าเนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน สังเกตได้จากพื้นที่ประเภท A ซึ่งมีความลาดชันมากประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.7 และ S.12 โดย S.7 มีค่า T_p เท่ากับ 3.75 ชั่วโมง และ S.12 มีค่า T_p เท่ากับ 5.85 ชั่วโมง และค่า T_p เฉลี่ยของพื้นที่ประเภท A เท่ากับ 4.80 ซึ่งแตกต่างกันไม่มากนัก ขณะที่ค่า CN ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.7 มีค่าเท่ากับ 84.25 และ S.12 มีค่าเท่ากับ 50.85 และมีค่า CN เฉลี่ยของพื้นที่ประเภท A เท่ากับ 67.55 ซึ่งค่อนข้างแตกต่างกันพอสมควร หมายถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน สำหรับพื้นที่ประเภท B มีความลาดชันปานกลาง ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อย S.13 S.31 และ S.14 มีค่า CN อยู่ในช่วง 82.30 ถึง 97.50 ค่า CN เฉลี่ยเท่ากับ 88.78 ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก ขณะที่ค่า T_p อยู่ในช่วง 10 ถึง 18 ชั่วโมง ค่า T_p เฉลี่ยเท่ากับ 14.67 ชั่วโมง ซึ่งค่า T_p หมายถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดมีค่าผันแปรพอสมควรโดยค่า T_p มีความสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ในการศึกษาซึ่งทำการแบ่งประเภทพื้นที่โดยพิจารณาจากความลาดชันเป็นหลัก คือ พื้นที่ประเภท A ความลาดชันมาก มีค่าความลาดชันน้อยกว่า 1: 100 และพื้นที่ประเภท B ความลาดชันปานกลาง มีค่าความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 สำหรับพื้นที่ประเภท A มีค่า CN ที่แตกต่างกันเนื่องจากมีสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน และพื้นที่ประเภท B มีค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ที่แตกต่างกันทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแบ่งช่วงของค่าความลาดชันที่ใช้ในการศึกษามีค่ากว้างไป รวมถึงจำนวนข้อมูลของเหตุการณ์ที่คัดเลือกนำมาศึกษายังมีไม่มากนัก

1.3 การศึกษาการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Study) พารามิเตอร์เฉพาะถิ่นของแบบจำลอง SCS

จากการการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง SCS พบว่าค่าพารามิเตอร์เฉพาะถิ่นที่มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด ได้แก่ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) โดยค่า T_p มีผลต่อเวลาในการเกิดน้ำท่าและปริมาณน้ำท่าสูงสุด และค่า CN มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจึงมีผลกระทบต่อรูปร่างกราฟน้ำท่า

พารามิเตอร์ T_p เป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับคุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับความยาวลำน้ำ ความลาดชันของลำน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่างหรือขนาดของพื้นที่ ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อเวลาการไหลของน้ำท่าที่ทำให้เกิดน้ำหลากหรืออุทกภัย ส่วนค่าพารามิเตอร์แสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ขึ้นกับลักษณะดินและการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่นพื้นที่ที่เป็นเกษตรกรรมเมื่อมีฝนตกจะเกิดปริมาณน้ำท่าน้อยกว่าพื้นที่ที่เป็นผิวน้ำ เช่นผิวน้ำคอนกรีต ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนไหลซึมลงไปในดิน เป็นต้น ในการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ T_p ได้ทำการแปรเปลี่ยนจากค่าที่ตรวจสอบแล้วโดยลดลง 0.8 เท่า (หรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์) และเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า (เพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากค่า T_p เมื่อทำการเพิ่มหรือลดลงทีละ 10 เปอร์เซ็นต์ มีความไวในการเปลี่ยนค่าน้อย จึงเลือกศึกษาแปรเปลี่ยนค่าโดยเพิ่มหรือลดทีละ 0.2 เท่า ส่วนค่า CN ได้ทำการศึกษาโดยเพิ่มค่าขึ้น 1.1 เท่า หรือลดลง 0.9 เท่า (เพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละ 10 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากค่า CN มีความไวในการเปลี่ยนแปลงมากกว่าและถ้าเพิ่มจำนวนเท่าที่มากกว่า 1.1 จะทำให้ค่า CN อยู่นอกช่วงค่าที่มีกำหนดไว้ เช่น ค่า CN จะมีค่าไม่เกิน 100 ซึ่งเป็นค่าที่เกินเกณฑ์ที่ใช้ในแบบจำลอง SCS รายละเอียดการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จากแบบจำลอง SCS โดยการเปลี่ยนค่า T_p และ CN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 และผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จากแบบจำลอง SCS สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SCS เพื่อการวิเคราะห์ความไว

ประเภท พื้นที่	ผู้นำ้อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์ วัน	Tp	CN	การแปรเปลี่ยนค่า		
						การแปรเปลี่ยนค่า Tp (จำนวนเท่า)	การแปรเปลี่ยนค่า CN (จำนวนเท่า)	การแปรเปลี่ยนค่า CN (จำนวนเท่า)
						0.8	1.2	1.1
A	S.7	177	30-31 ส.ค. 1991	3.50	84.30	2.80	4.20	75.87
			16 ต.ค. 1992	4.00	58.70	3.20	4.80	52.83
			22-23 ส.ค. 1995	4.00	84.20	3.20	4.80	75.78
A	S.12	471	6-8 ก.ย. 1999	5.20	55.70	4.16	6.24	50.13
			26-27 ส.ค. 2000	6.50	45.70	5.20	7.80	41.13
			10-12 ก.ย. 2000	13.00	48.70	10.40	15.60	43.83
B	S.13	359	23-25 ส.ค. 1993	10.00	77.50	8.00	12.00	69.75
			9-11 ส.ค. 1995	18.00	99.40	14.40	21.60	89.46
			28-29 ส.ค. 1999	15.00	94.00	12.00	18.00	84.60
			10-12 ส.ค. 2001	18.00	95.60	14.40	21.60	86.04
B	S.31	381	1-3 ต.ค. 1996	12.00	88.80	9.60	14.40	79.92
			26-28 ก.ย. 1997	9.00	58.70	7.20	10.80	52.83
			21-22 ส.ค. 1998	8.00	84.30	6.40	9.60	75.06
B	S.14	1247	10 - 12 พ.ค. 1999	16.00	82.30	12.80	19.20	74.07
								90.53

1.3.1 กรณีลดค่า T_p เป็น 0.8 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นระหว่าง +9.57 ถึง +19.16 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณการไหล (Q_v) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -10.43 ถึง +27.85 กล่าวคือจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงเนื่องจากการลดค่า T_p ทั้งนี้เพราะจะทำให้เวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้น ส่งผลให้กราฟน้ำท่ามีลักษณะฐานแคบลงและยอดกราฟสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดและปริมาณน้ำท่าโดยรวมส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น ยกเว้นมีบางเหตุการณ์ที่ปริมาณโดยรวมลดลงเนื่องจากลักษณะของกราฟน้ำท่าที่แคบมากกว่าเดิมจนทำให้ปริมาณโดยรวมของกราฟน้ำท่าลดลง และเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -5 ถึง +1 ชั่วโมง ซึ่งเวลาดังกล่าวดังกล่าวหมายถึงเวลาในการเกิดน้ำท่าเร็วขึ้น ส่วนกรณีเพิ่มค่า T_p เป็น 1.2 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) จะเปลี่ยนแปลงลดลงระหว่าง -8.14 ถึง -13.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณการไหล (Q_v) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -6.65 ถึง +15.71 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +5 ชั่วโมง เวลาบวกลบหมายถึงเวลาในการเกิดน้ำท่าช้าลง ทั้งนี้เพราะการเพิ่มค่า T_p จะทำให้เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดช้าลงเป็นผลให้น้ำมีการเคลื่อนตัวช้าและเกิดอัตราการไหลสูงสุดลดต่ำลง ปริมาณน้ำท่าส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำมีการเคลื่อนตัวช้า ทำให้ปริมาณน้ำท่ามีการสะสมเพิ่มขึ้นตามเวลา ผลการศึกษากการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ T_p ได้แสดงไว้ในตารางที่ 14 สรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) จะทำให้ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ลดลงและปริมาณน้ำท่าโดยรวมเพิ่มขึ้น ขณะที่การลดเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดคือการทำให้เวลาการเคลื่อนตัวของน้ำเร็วขึ้นจะมีผลต่อรูปร่างกราฟน้ำท่าโดยทำให้กราฟน้ำท่ามีอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) หรือยอดกราฟมีค่าเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp)

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv(ลบ.ม x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 Tp	0.8 Tp	1.2 Tp	0.8 Tp	1.2 Tp	1.0 Tp	0.8 Tp	1.2 Tp	0.8 Tp	1.2 Tp	0.8 Tp	1.2 Tp	0.8 Tp	1.2 Tp	
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	113.59	131.89	100.97	+ 16.11	-11.11	1.11	1.10	1.16	-0.63	+4.65	+1	+2			
		16 ต.ค.1992	78.58	88.11	71.73	+ 12.13	-8.72	0.83	0.83	0.83	-0.46	-0.25	-1	0			
		22-23 ส.ค.1995	100.54	119.73	88.07	+ 19.09	-12.40	1.24	1.20	1.24	-3.68	-0.02	-1	0			
2	S.12	6-8 ก.ย.1999	161.14	176.56	148.02	+ 9.57	-8.14	2.57	2.40	2.57	-6.77	-0.02	-1	+1			
		23-25 ส.ค.1993	54.43	62.84	47.76	+ 15.45	-12.25	1.16	1.12	1.16	-3.87	-0.01	-2	+2			
	S.13	9-11 ส.ค. 1995	115.97	135.81	102.28	+ 17.11	-11.80	3.45	3.46	3.29	+ 0.38	-4.51	-3	+4			
		28-29 ส.ค. 1999	43.40	51.63	37.77	+ 18.97	-12.97	1.09	1.11	1.04	+ 1.78	-4.24	-1	+5			
		10-12 ส.ค. 2001	232.01	276.46	200.19	+ 19.16	-13.71	6.60	6.72	6.40	+ 1.82	-3.04	-5	+4			
4	S.31	1-3 ต.ค. 1996	126.38	149.33	109.58	+ 18.16	-13.29	3.04	2.94	3.05	-3.37	+0.29	-2	+3			
		26-28 ก.ย. 1997	152.7	172.07	136.58	+ 12.69	-10.56	3.33	2.99	3.11	-10.43	-6.65	-2	+1			
	S.14	21-22 ส.ค. 1998	52.24	61.76	45.81	+ 18.22	-12.31	0.81	0.87	0.87	+ 7.92	+ 7.34	-1	+3			
		10-12 พ.ค. 1999	120.17	141.21	107.41	+ 17.51	-10.62	2.43	3.11	2.81	+ 27.85	+ 15.71	-4	+3			

หมายเหตุ + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น

- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

1.3.2 กรณีลดค่า CN เป็น 0.9 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) มีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง -31.15 ถึง -69.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -59.11 ถึง +6.80 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +2 ชั่วโมง เนื่องจากการลดค่า CN หมายถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจะมีการซึมลงสู่ชั้นดินได้มากขึ้นจึงทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินลดลง และส่งผลให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) ลดลง รวมถึงปริมาตรการไหลที่ลดลงเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อปริมาณน้ำท่าเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงจะทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดช้าขึ้นด้วย ส่วนกรณีเพิ่มค่า CN เป็น 1.1 เท่า พบว่าค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง +34.50 ถึง +109.42 เปอร์เซ็นต์ และปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +23.43 ถึง +164.01 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 0 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า CN หมายถึงสภาพพื้นผิวดินนั้นน้ำสามารถซึมผ่านสู่ชั้นผิวดินได้น้อย ทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินเร็วขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มค่า CN ค่าปริมาณการไหลสูงสุดจึงเพิ่มขึ้นและมีปริมาตรการไหลเพิ่มขึ้น ส่วนเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเมื่อสภาพพื้นดินสามารถเกิดน้ำท่าผิวดินได้เร็วขึ้นจึงทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำเร็วขึ้น ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 15 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า CN จะทำให้ค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) ลดลงรวมถึงปริมาตรการไหล (Q_v) ที่ลดลง และเวลาในการเกิดน้ำท่าจะช้าลงด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนการเพิ่มค่า CN จะทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) และปริมาตรน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น รวมถึงมีผลทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN)

ลำดับ	กลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv (ลบ.ม x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)	
			1.0 CN	0.9 CN	1.1 CN	0.9 CN	1.1 CN	1.0 CN	0.9 CN	1.1 CN	0.9 CN	1.1 CN	0.9 CN	1.1 CN	0.9 CN	1.1 CN
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	113.59	56.30	212.95	-50.44	+ 87.47	1.11	0.71	1.69	-36.25	+ 52.03	+ 1	0		
		16 ต.ค. 1992	78.58	47.27	121.68	-39.84	+ 54.85	0.83	0.60	1.12	-27.79	+ 35.16	+ 0	-1		
		22-23 ส.ค. 1995	100.54	53.02	183.57	-47.26	+ 82.58	1.24	0.95	1.79	-23.52	+ 43.59	+ 0	-1		
2	S.12	6-8 ก.ย. 1999	161.14	102.33	234.69	-36.50	+ 45.64	2.57	1.94	3.36	-24.75	+ 30.59	+ 1	0		
3	S.13	23-25 ส.ค. 1993	54.43	26.13	100.91	-51.99	+ 85.39	1.16	0.71	1.89	-38.91	+ 62.89	+ 1	-1		
		9-11 ส.ค. 1995	115.97	54.91	x	-52.65	x	3.45	2.05	x	-40.62	x	+ 1	x		
		28-29 ส.ค. 1999	43.40	13.82	x	-68.16	x	1.09	0.44	x	-59.11	x	+ 2	x		
		10-12 ส.ค. 2001	232.01	150.50	x	-35.13	x	6.60	4.48	x	-32.24	x	+ 1	x		
4	S.31	1-3 ต.ค. 1996	126.38	68.69	229.10	-45.65	+ 81.28	3.04	2.04	4.83	-33.06	+ 58.90	+ 1	-1		
		26-28 ก.ย. 1997	152.7	105.14	205.38	-31.15	+ 34.50	3.33	2.35	4.11	-29.40	+ 23.42	+ 0	0		
		21-22 ส.ค. 1998	52.24	16.19	109.40	-69.01	+ 109.42	0.81	0.42	1.66	-48.52	+ 105.96	+ 2	0		
5	S.14	10 - 12 พ.ค. 1999	120.17	61.65	236.13	-48.70	+ 96.50	2.43	2.60	6.42	+ 6.80	+ 164.01	+ 1	-1		

หมายเหตุ + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น

- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

x หมายถึง "ไม่ทำการศึกษาเพราะอยู่นอกช่วงที่กำหนด"

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นตัวแทนของคุณลักษณะหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนหนึ่ง พบว่ามีความสัมพันธ์ดังแสดงได้ด้วยสมการที่ (23) และภาพที่ 30 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.915

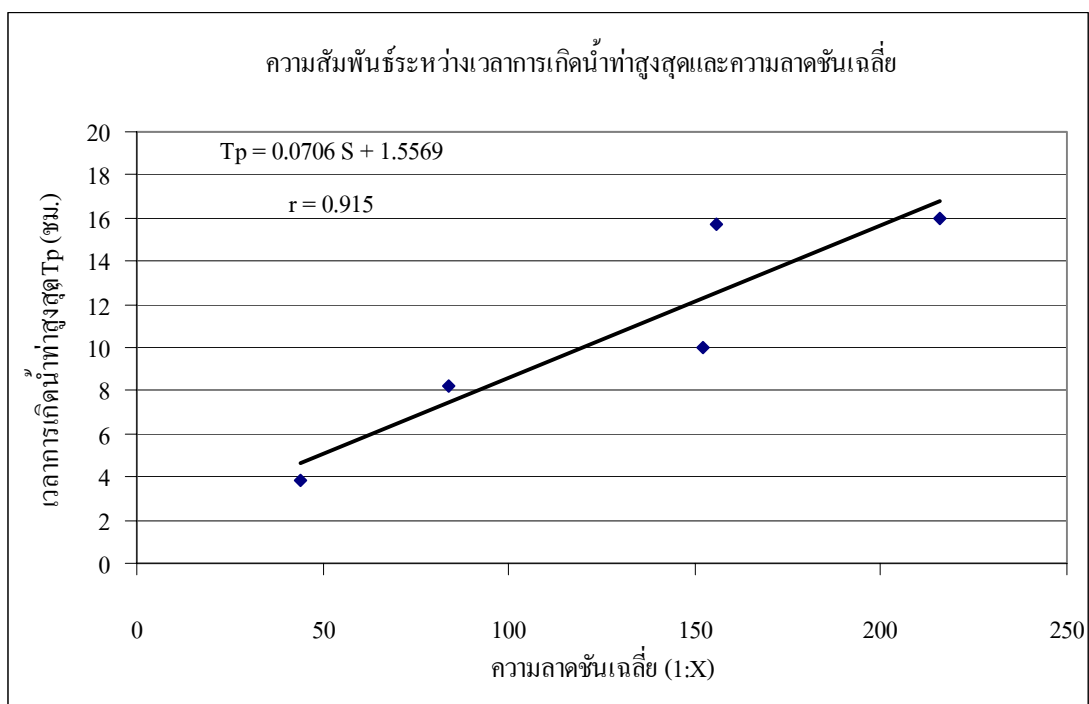
$$T_p = 0.0766 S + 1.6107 \quad (23)$$

โดยที่ T_p คือ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด เป็นชั่วโมง
 S คือ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

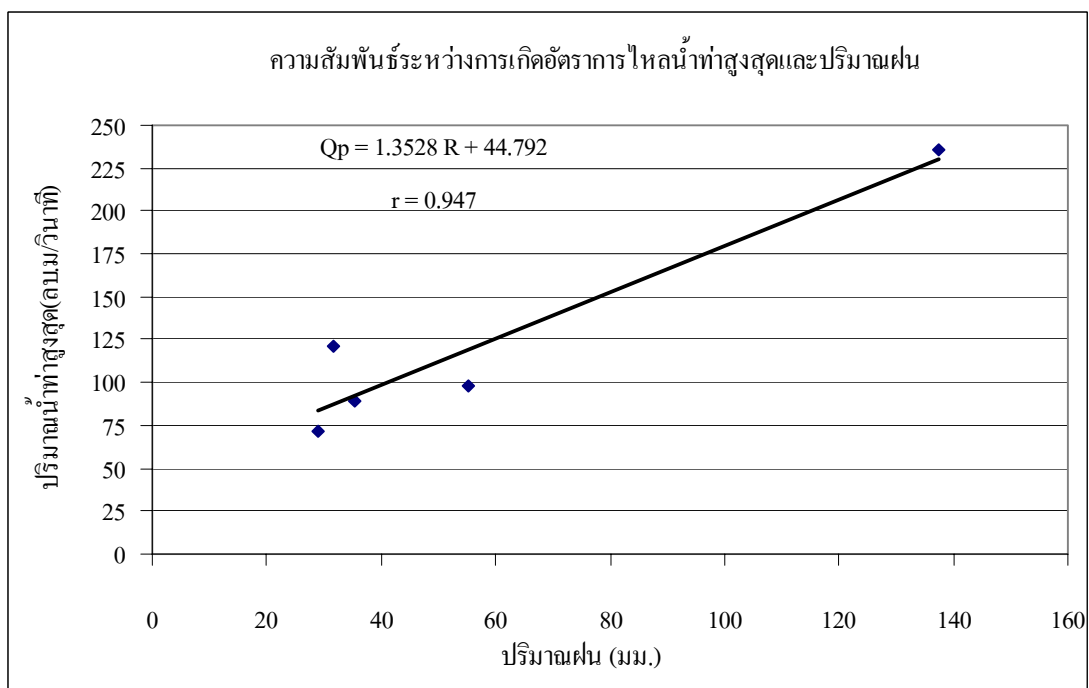
จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถสรุปได้ว่าเมื่อสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันมากจะส่งผลให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในเวลารวดเร็วหรือสั้น และในทางกลับกันถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันน้อยจะให้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดยาวนานขึ้น จะเห็นได้จากพื้นที่ประเภท A ซึ่งมีความลาดชันมาก และพื้นที่ประเภท B ซึ่งมีความลาดชันปานกลาง มีความสัมพันธ์กับเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดไปในทิศทางเดียวกัน และสอดคล้องกับข้อมูลการเกิดน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ดังนั้นสมการที่ (23) จึงสามารถใช้เป็นตัวแทนสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักได้ โดยถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยมีค่าความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:80 ถึง 1:180 เมื่อแทนค่าลงในสมการดังกล่าว จะให้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดโดยมีค่าความเชื่อมั่นถึงได้ 90 เปอร์เซนต์ และหากค่าความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยอยู่นอกค่าดังกล่าว ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดที่คำนวณได้จะมีค่าความเชื่อมั่นลดลง

1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุด และปริมาณฝนที่ตก(ค่าเฉลี่ย)ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 16 เมื่อนำมาพล็อตหาความสัมพันธ์พบว่าปริมาณการเกิดน้ำท่าสูงสุดทั้งพื้นที่ประเภท A และประเภท B มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับค่าปริมาณน้ำฝน กล่าวคือเมื่อมีปริมาณฝนตกมากขึ้นจะก่อให้เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดมากขึ้นเช่นกัน ดังสมการที่ (24) และภาพที่ 31 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.947



ภาพที่ 30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันเฉลี่ย



ภาพที่ 31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

ตารางที่ 16 รายละเอียดค่าเฉลี่ยความลาดชัน เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด ปริมาณน้ำท่าสูงสุด และปริมาณฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยป่าสัก

สถานี	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม)	ความลาดชันเฉลี่ย (1:X)	เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย Tp (ชม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย Qp (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณฝนเฉลี่ย R (มม.)
S.7	177	1:44	3.83	97.53	55.21
S.12	471	1:84	8.23	235.14	137.29
S.13	359	1:156	15.75	71.24	28.89
S.31	381	1:152	9.67	89.37	35.24
S.14	1247	1:216	16.00	120.83	31.79

$$Q_p = 1.3528R + 44.792 \quad (24)$$

เมื่อ Q_p คือ ปริมาณน้ำท่าสูงสุด เป็น ลบ.ม/วินาที
 R คือ ปริมาณน้ำฝน เป็น มม.

จากสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อนำไปประยุกต์ในพื้นที่ซึ่งข้อมูลฝนที่มีค่าอยู่ระหว่าง 24 ถึง 91 มม. จะให้ค่าปริมาณการไหลสูงสุดโดยมีความเชื่อมั่นถึง 90 เปอร์เซนต์

1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนของปริมาณการไหลสูงสุดกับค่าปริมาณฝน (Q_p/R_v) และค่าดัชนีแสดงสภาพพื้นที่ (CN)

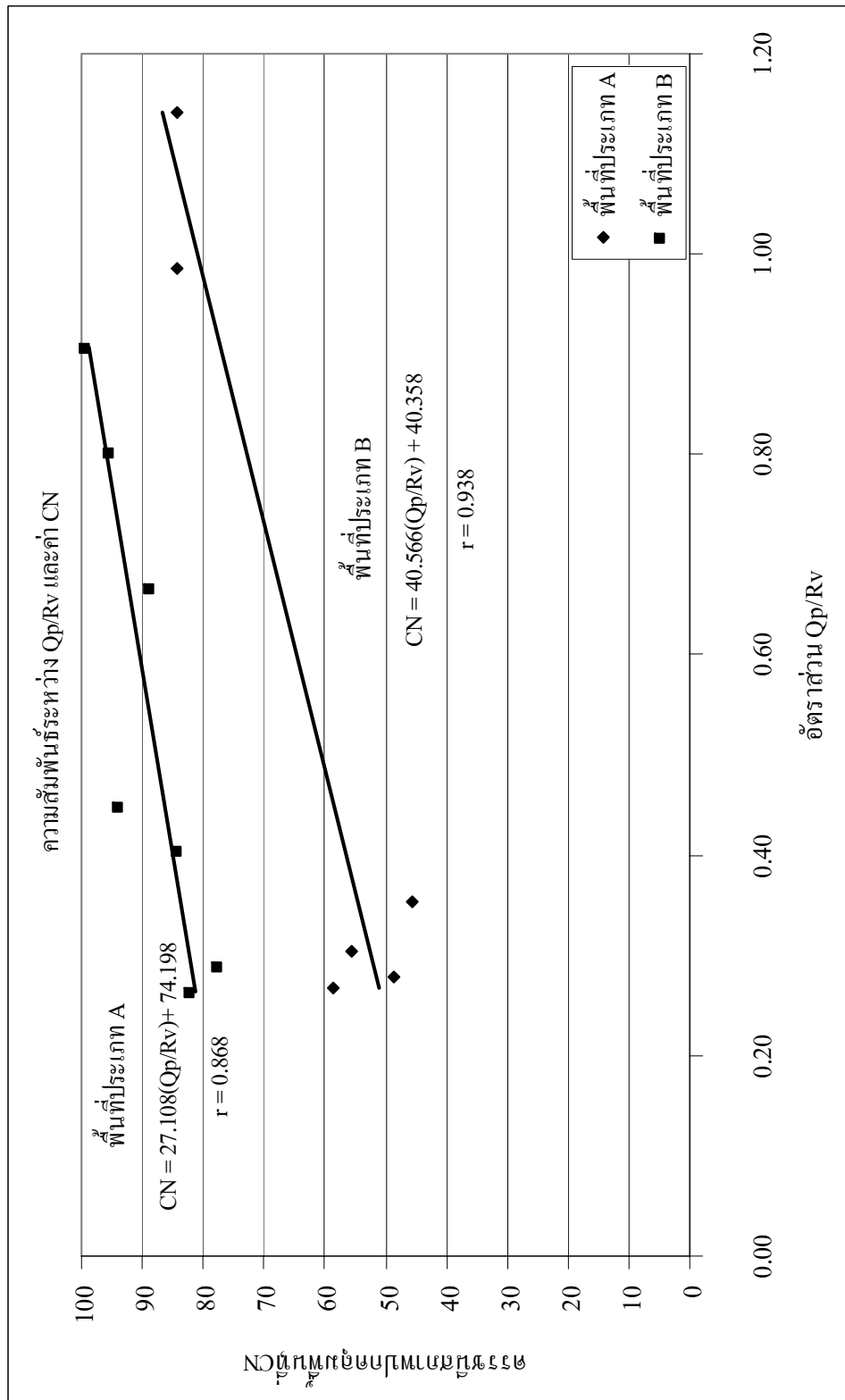
เมื่อทำการเปลี่ยนค่าปริมาณฝนโดยนำค่าความลึกน้ำฝนไปคูณกับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วหารด้วยช่วงเวลาของฝนที่ตกจะได้ปริมาณฝนในหน่วยของลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (R_v) และหาอัตราส่วนของค่าอัตราการเกิดน้ำท่าสูงสุดที่เกิดขึ้นกับความลึกของเหตุการณ์พายุฝนที่เปลี่ยนหน่วย ซึ่งเป็นการหาค่าสัดส่วนการเกิดน้ำท่าสูงสุดที่เกิดขึ้นต่อปริมาณฝนที่ตกลงมา (Q_p/R_v) ดังแสดงในตารางที่ 17 จากนั้นจึงนำมาพล็อตกับค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ดังแสดงในภาพที่ 32 พบว่าจะให้ความสัมพันธ์เป็นสองสมการตามประเภทของพื้นที่ โดยพื้นที่ประเภท A (ความลาดชันมาก) ค่าอัตราส่วน Q_p/R มีความสัมพันธ์กับค่า CN ดังสมการ (25) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.868 หรือกล่าวได้ว่าค่า CN ที่คำนวณได้สำหรับพื้นที่ประเภท A สำหรับอัตราส่วน Q_p/R ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.82 จะให้ค่าความเชื่อมั่นได้ถึง 90 เปอร์เซนต์ และพื้นที่ประเภท B (ความลาดชันปานกลาง) ค่าอัตราส่วน Q_p/R มีความสัมพันธ์กับค่า CN ดังสมการ (26) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.938 หรือกล่าวได้ว่าค่า CN ที่คำนวณได้สำหรับพื้นที่ประเภท B สำหรับค่าอัตราส่วน Q_p/R ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.66 จะให้ค่าความเชื่อมั่นได้ถึง 90 เปอร์เซนต์

$$\text{พื้นที่ประเภท A} \quad CN = 27.108 (Q_p/R_v) + 74.198 \quad (25)$$

$$\text{พื้นที่ประเภท B} \quad CN = 40.566(Q_p/R_v) + 40.358 \quad (26)$$

ตารางที่ 17 ค่าอัตราส่วนปริมาณน้ำท่าสูงสุดกับปริมาณฝน (Qp/Rv) และค่า CN

สถานี	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม)	ปริมาณฝน มม.	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) ลบ.ม./วินาที	ช่วงเวลาฝนตก R, (ชม.)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำฝน (Rv) ลบ.ม./วินาที	Qp/Rv	CN
<u>พื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (A)</u>								
S.7	177	44.54	113.60	22	7,883,580	99.54	1.14	84.30
		83.80	79.32	14	14,832,600	294.30	0.27	58.70
		37.29	100.40	18	6,600,330	101.86	0.99	84.20
S.12	471	93.23	161.45	23	43,911,330	530.33	0.30	55.70
		144.87	280.40	24	68,233,770	789.74	0.35	45.70
		173.76	264.09	24	81,840,960	947.23	0.28	48.70
<u>พื้นที่ที่มีความลาดปานกลาง (B)</u>								
S.13	359	43.28	54.17	23	15,537,520	187.65	0.29	77.50
		23.20	116.50	18	8,328,800	128.53	0.91	99.40
		20.18	43.06	21	7,244,620	95.83	0.45	94.00
		75.63	232.67	26	27,151,170	290.08	0.80	95.60
S.31	381	41.23	126.50	23	15,708,630	189.72	0.67	88.80
		111.78	151.40	32	42,588,180	369.69	0.40	58.70
		29.24	52.20	24	11,140,440	128.94	0.41	84.30
S.14	1,247	31.79	120.83	24	39,642,130	458.82	0.26	82.30



ภาพที่ 32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน Qp/Rv กับค่า CN

จากความสัมพันธ์ของเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เมื่อทราบค่าความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา ก็จะสามารรถคำนวณหาเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดได้จากสมการ $T_p = 0.0766 S + 1.6107$ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของ T_p ที่ 90 เปอร์เซนต์ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:80 ถึง 1:180 และเมื่อได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดแล้วก็ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดน้ำหลากหรือน้ำท่วมสูงสุดที่เวลาใด อีกทั้งเมื่อทราบค่าปริมาณฝนตกเมื่อนำไปแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของปริมาณการเกิดน้ำท่าสูงสุดกับปริมาณฝน $Q_p = 1.3528R + 44.792$ ก็จะหาค่าอัตราการไหลน้ำหลากสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ โดยมีค่าความเชื่อมั่น 90 ของ Q_p ที่ 90 เปอร์เซนต์ เมื่อปริมาณฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 24.08 ถึง 98.28 มม. และถ้าต้องการรูปร่างของกราฟน้ำหลากให้นำค่าปริมาณการเกิดน้ำท่าสูงสุดมาหาสัดส่วนกับค่าปริมาณฝนที่ทำการเปลี่ยนหน่วยแล้วให้เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นำไปแทนในสมการความสัมพันธ์ตามประเภทพื้นที่ (สมการที่(25) และ (26)) ก็ได้ค่า CN โดยประมาณ และเมื่อค่า CN ที่ได้ไปใช้คำนวณหากราฟน้ำหลากตามวิธี SCS ก็จะหากราฟน้ำหลากที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

2. ผลการศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง NAM

2.1 ผลการสอบเทียบการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง NAM

การสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง NAM ในการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำป่าสัก ได้ผลการศึกษาจากการปรับเทียบผลการจำลองน้ำท่า-น้ำหลากกับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสัก ดังแสดงในตารางที่ 18 และตารางที่ 19 ทั้งนี้ค่าที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ ค่าอัตราการไหลสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการคำนวณกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ที่สถานีต่างๆ ผลการศึกษารูปได้ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของพื้นที่ประเภท A ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ได้ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด(U_{max}) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 20 มิลลิเมตร ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด(L_{max}) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 130 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน(CQOF) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 ถึง 1.0 และค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน(CK1 CK2) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 16.5 ชั่วโมง และสำหรับพื้นที่ประเภท B ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางได้ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด(U_{max}) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 11 มิลลิเมตร ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดิน(L_{max}) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 70 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน(CQOF) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.67 ถึง 1.0 และค่าเวลาการเคลื่อนที่

ตารางที่ 18 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำป่าสัก

ลำดับ	Parameter	S.7			S.12			S.13			S.31			S.14	
		30-31	16-17	22-24	6-8	26-27	10-12	23-26	9-11	28-30	10-12	1-3	26-30	21-22	10-12
		ส.ค.1991 ค.ค.1992 ค.ค.1995 ส.ค.1999 ส.ค.2000 ค.ค.2000 ค.ค.1993 ส.ค.1995 ส.ค.1999 ส.ค.2001 ค.ค.1996 ค.ค.1997 ส.ค.1998 ค.ค.1999													
1	Area (sq.km)	177	177	177	471	471	471	359	359	359	359	381	381	381	1247
2	UMAX (mm.)	10	20	10	12	12.8	13	11	10	10	10	10	10	10	10
3	LMAX (mm.)	50	120	50	120	130	130	70	50	50	50	50	50	54	50
4	COOF	1	0.7	1	0.9	0.7	0.7	1	1	1	1	1	0.67	0.9	1
5	CKIF (hr.)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	TOF (hr.)	0.15	0.17	0.2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.1	0	0	0	0	0.2	0.2
7	TIF (hr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	CSMELT (mm./c./day)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	CK1	6	5	7	9.1	13	16.5	10	30	9.5	22	12	18	9	15
10	CK2	6	5	7	9.1	13	16.5	10	30	9.5	22	12	18	9	15
11	CAREA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	TG	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.36	0.9	0	0	0	0	0	0.2	0
13	SY	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14	CKBF (hr.)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15	GWLMIN (m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	GWLBO(m.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
17	GWFL1 (m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
initial condition															
1	WATER CONTENT IN SURFACE STORAGE (mm.)	10	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	8	5	10
2	WATER CONTENT IN ROOT ZONE (mm.)	20	20	30	40	40	40	20	50	25	50	20	20	30	50
3	OVERLAND FLOW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.05	0
4	INTERFLOW (mm./hr)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0
5	GROUND WATER DEPTH (metre below surface,metre)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

ตารางที่ 19 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ในลุ่มน้ำปากสัก

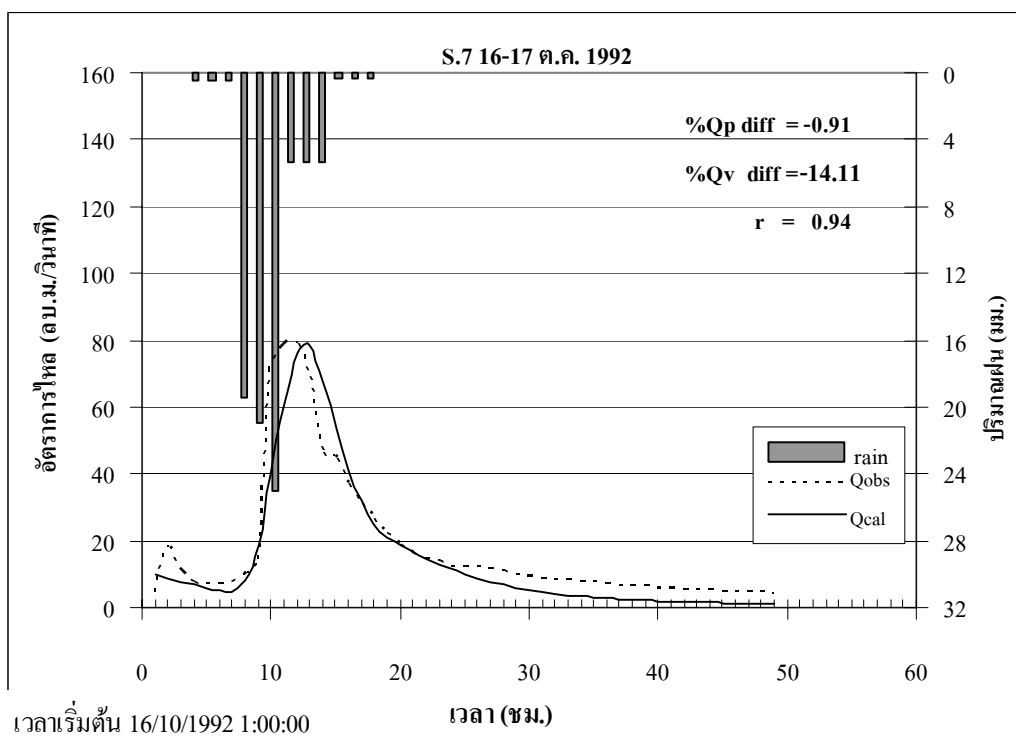
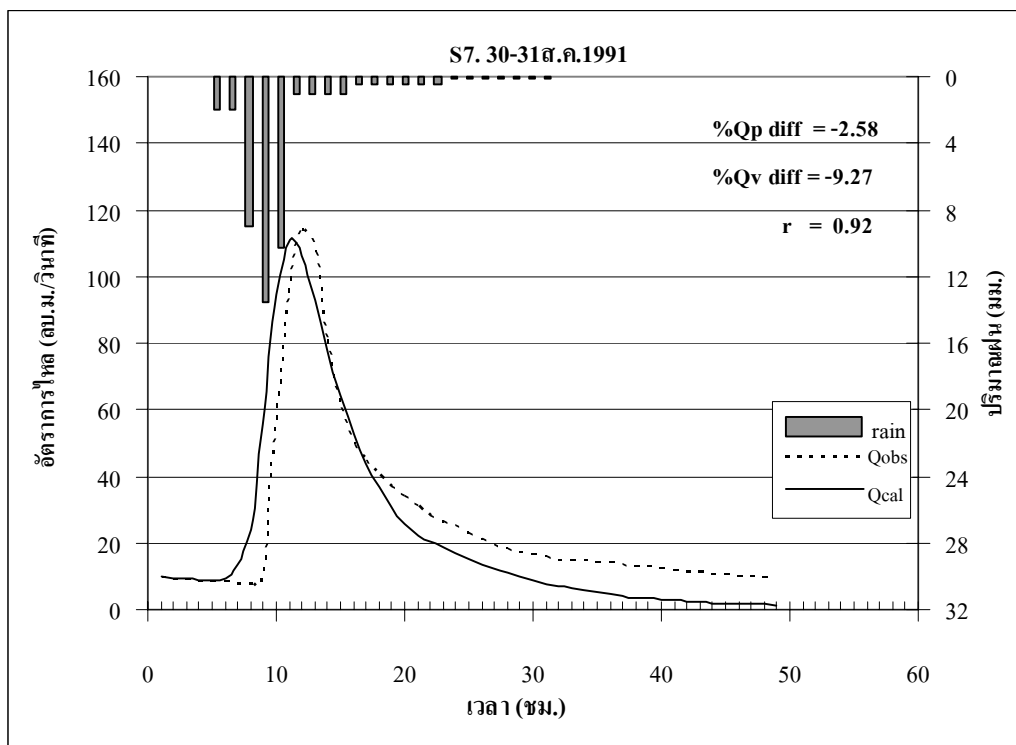
ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม. / วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (ลบ.ม x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	(r)
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	113.60	-2.58	1.25	-9.27	25.91	29.36	0.92
			12:00 16 ต.ค. 1992	79.32	-0.91	0.85	-14.11	19.84	20.32	0.94
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	+ 3.63	1.25	-16.16	21.98	26.94	0.87
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	+1.43	2.46	+ 13.70	37.50	43.48	0.93
			04:00 27 ส.ค.2000	280.40	+ 1.41	4.61	-4.72	73.36	81.08	0.92
			16:00 11 ก.ย. 2000	264.80	-0.36	6.46	-1.48	66.89	73.12	0.93
B	S.13	359	08:00 24 ส.ค. 1993	54.17	+1.36	1.24	+ 16.01	16.40	16.91	0.96
			06:00 10 ส.ค. 1995	116.5	-55.83	3.40	+ 19.32	24.83	9.74	0.53
			06:00 29 ส.ค. 1999	43.06	-4.51	0.95	+ 8.77	12.53	13.13	0.84
			07:00 11 ส.ค. 2001	232.67	+ 0.35	6.78	+ 2.98	75.54	76.15	0.998
B	S.31	381	19:00 2 ต.ค.1996	126.5	+ 2.09	2.89	+ 7.80	36.72	35.71	0.77
			04:00 27 ก.ย. 1997	151.4	+0.18	3.40	+ 19.32	46.64	42.92	0.91
			22:00 21 ส.ค. 1998	52.20	-5.39	0.80	+ 46.80	12.99	15.08	0.80
B	S.14	1247	12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	-62.24	3.09	+ 27.32	32.36	11.70	0.56

ของน้ำขึ้นได้ผิวดินและชั้นผิวดิน(CK1 CK2) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 9 ถึง 30 ชั่วโมง โดยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าอัตราการไหลสูงสุดระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณ และค่าที่ตรวจวัดจะอยู่ในช่วง -2.58 ถึง +3.63 เปอร์เซ็นต์ และ -62.24 ถึง +2.09 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าปริมาตรน้ำท่าจะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -16.16 ถึง +13.70 เปอร์เซ็นต์ และ +2.98 ถึง +46.80 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 20.32 ถึง 81.08 และ 9.74 ถึง 76.15 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.87 ถึง 0.94 และ 0.53 ถึง 0.998 สำหรับพื้นที่ประเภท A และพื้นที่ประเภท B ตามลำดับ

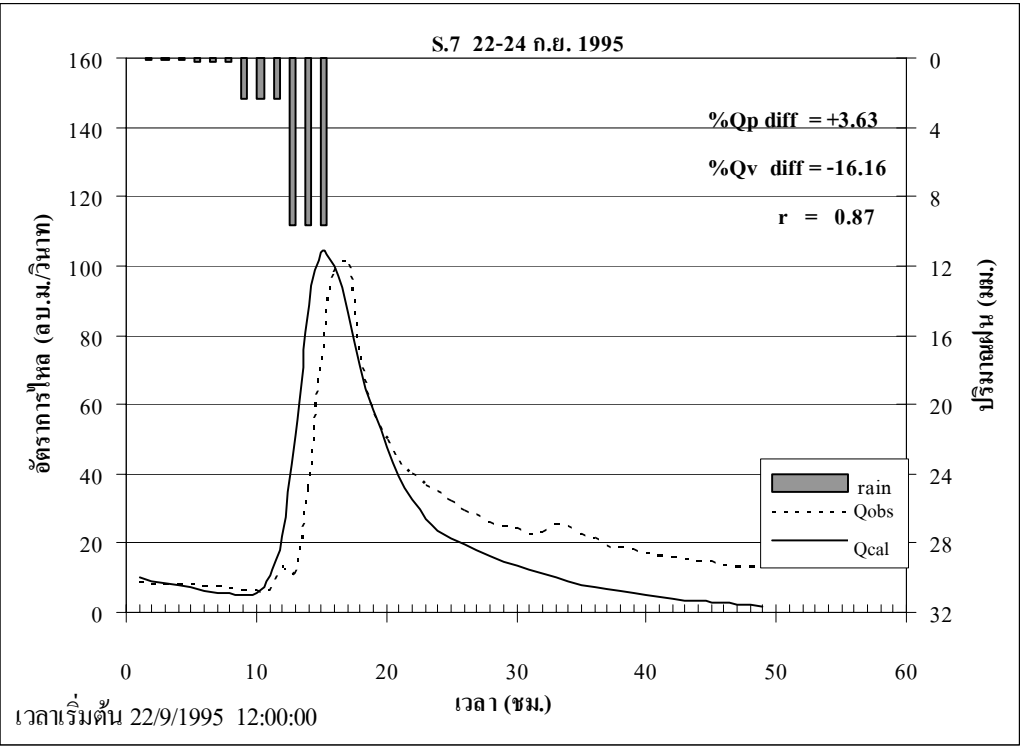
ผลการศึกษาเทียบค่าทางสถิติของการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง NAM ของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ที่เลือกศึกษา นำมาสรุปโดยแยกอธิบายตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ดังนี้

2.1.1 สถานี S.7 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.7 ได้ค่า U_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 20 มม. ค่า L_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 120 มม. ค่า CQOF มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 ถึง 1.0 และค่า CK1 CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 7 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -2.58 ถึง +3.63 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -9.27 ถึง -16.16 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 20.32 ถึง 29.36 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.87 ถึง 0.94 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 33

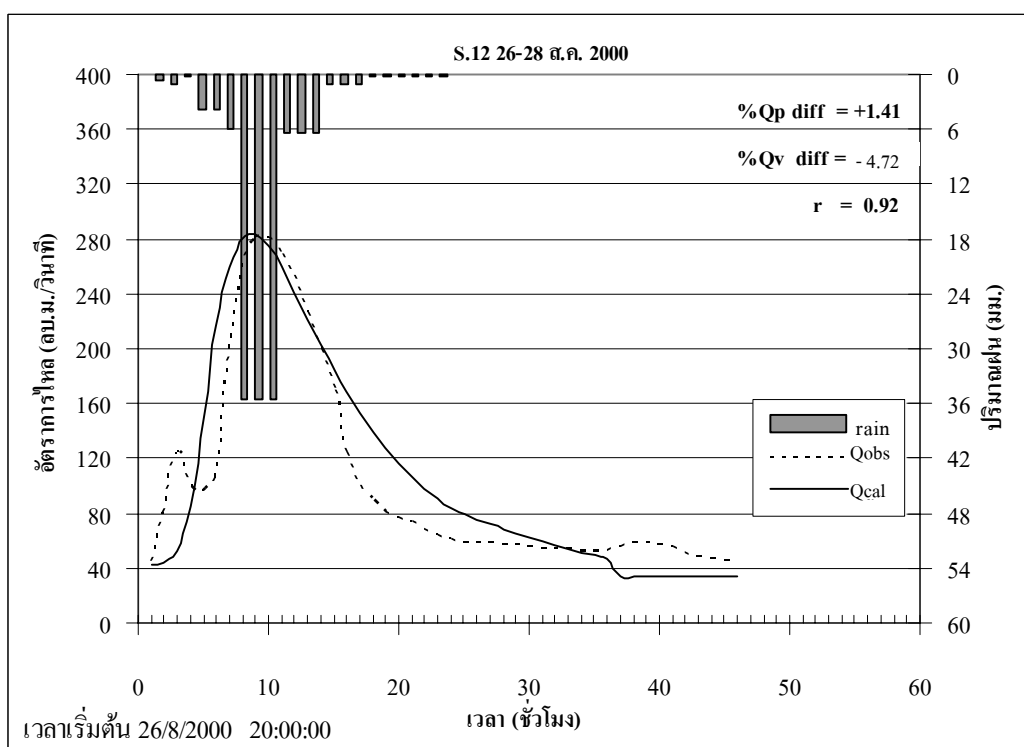
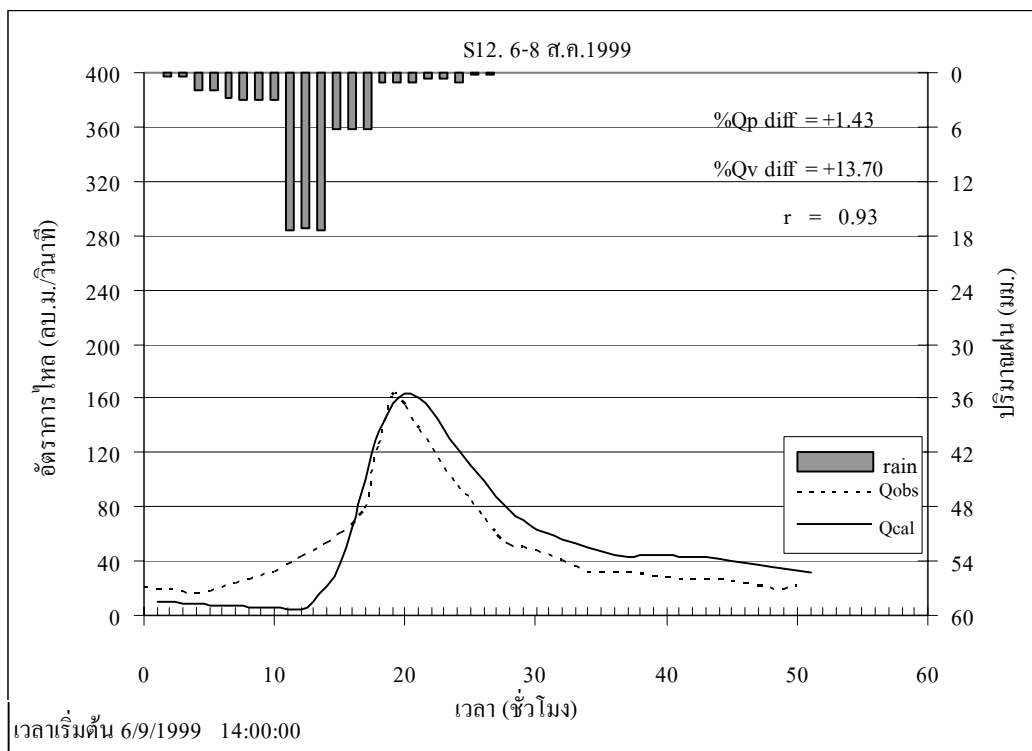
2.1.2 สถานี S.12 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.12 ได้ค่า U_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 12 ถึง 13 มม. ค่า L_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 120 ถึง 130 มม. ค่า CQOF มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 ถึง 0.9 และค่า CK1 CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 9.1 ถึง 16.5 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -0.36 ถึง +1.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -4.72 ถึง +13.70 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 43.48 ถึง 81.08 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.92 ถึง 0.93 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 34



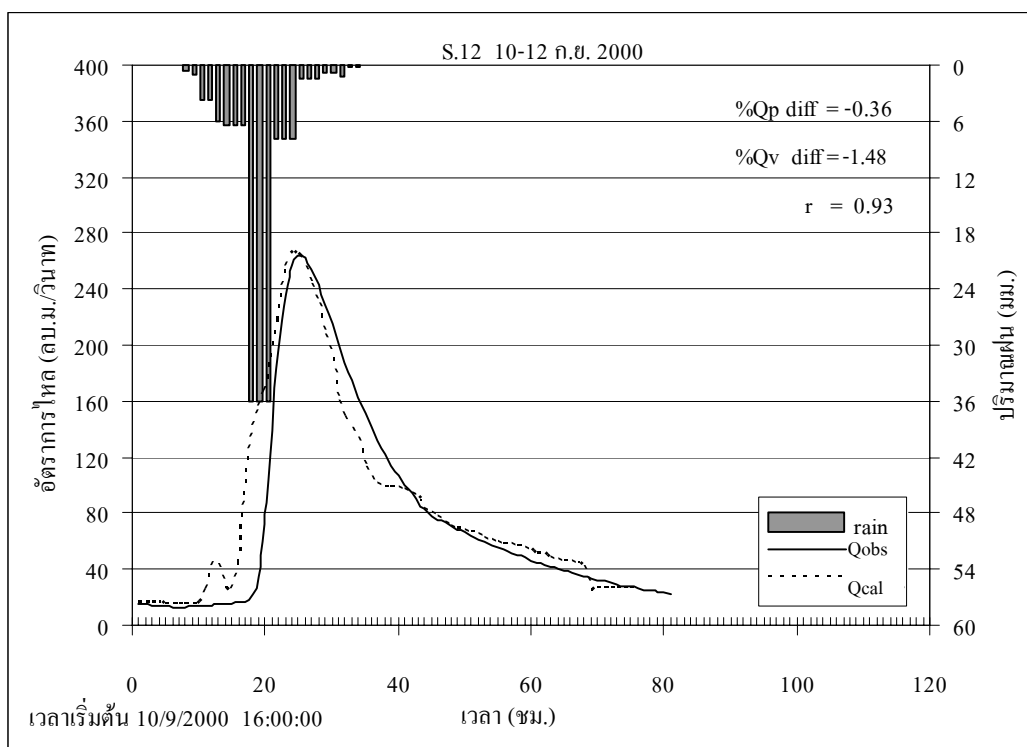
ภาพที่ 33 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.7



ภาพที่ 33 (ต่อ)



ภาพที่ 34 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.12

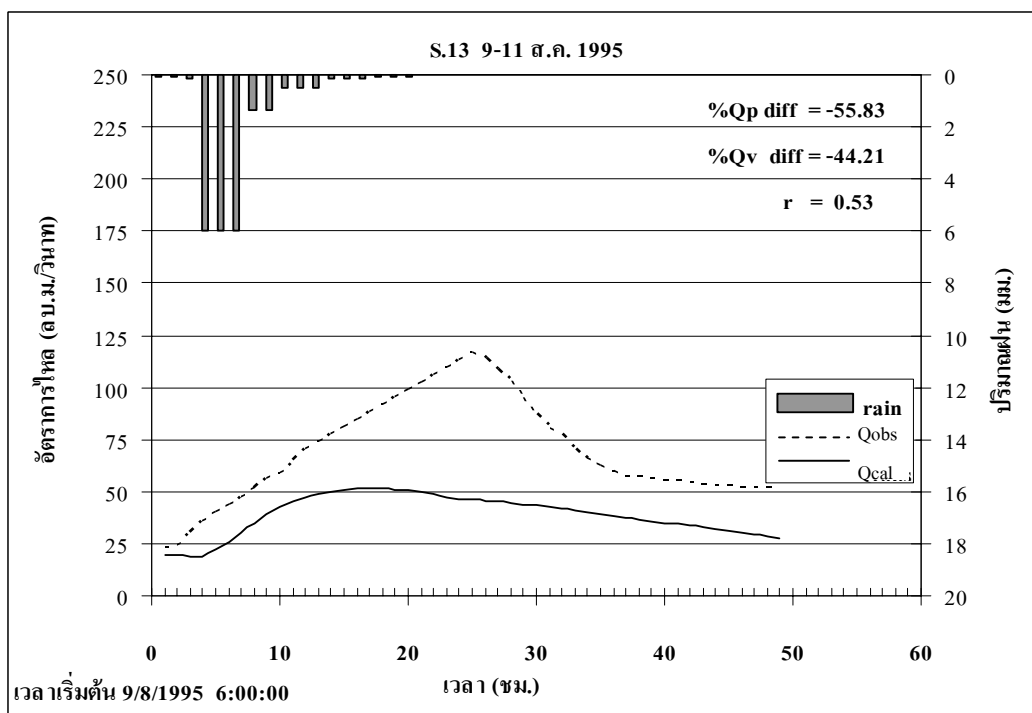
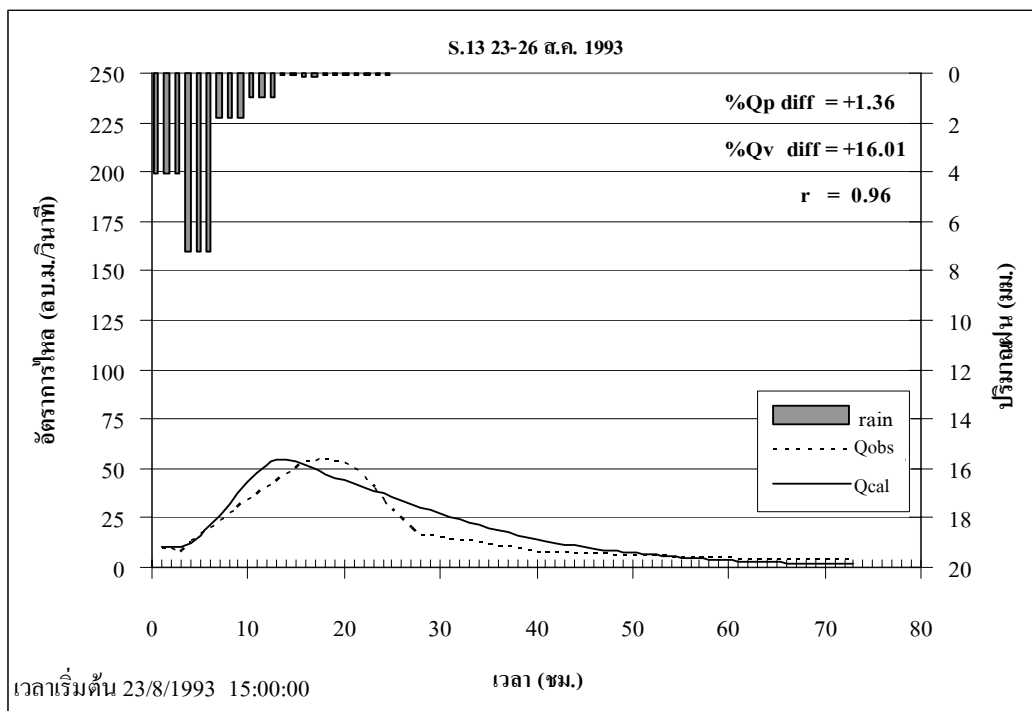


ภาพที่ 34 (ต่อ)

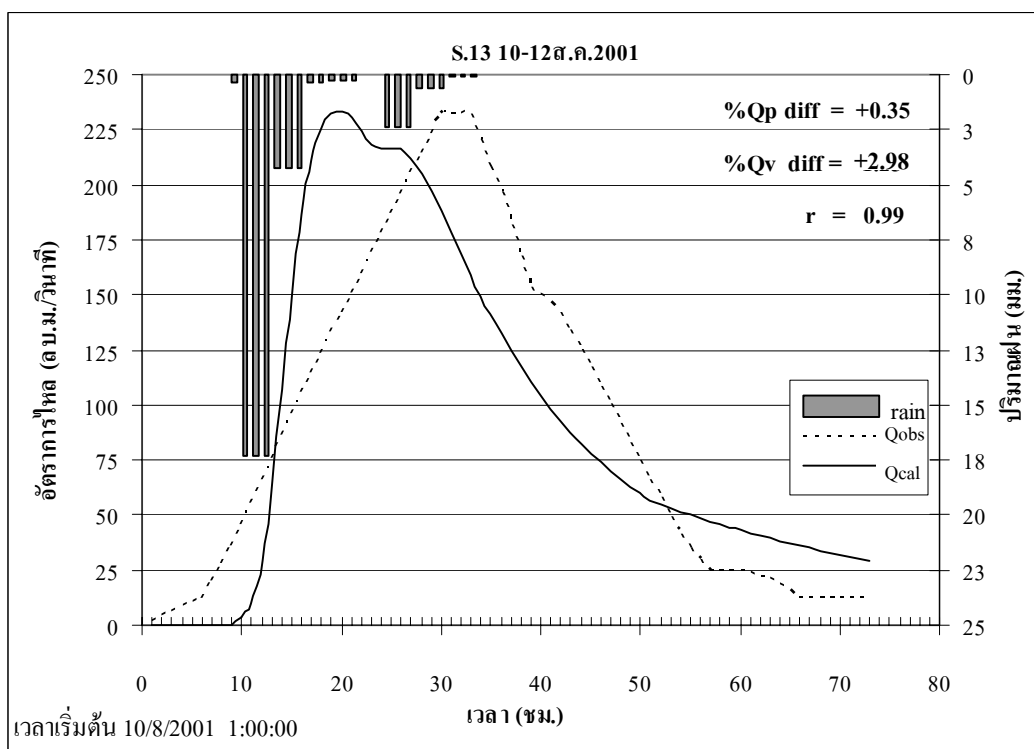
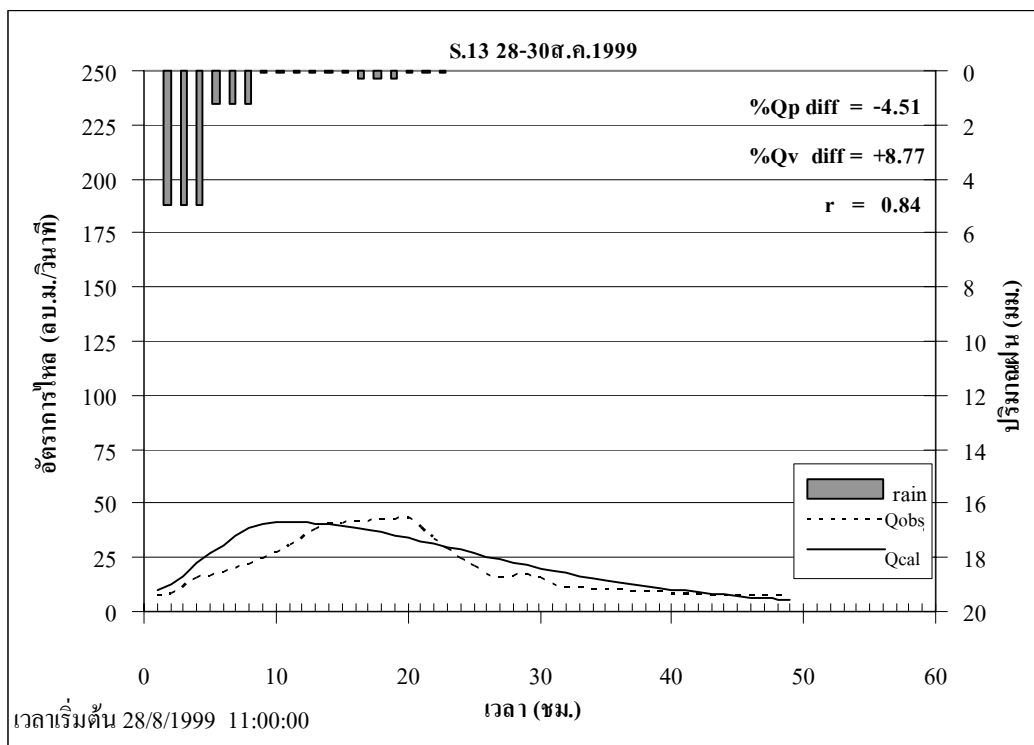
2.1.3 สถานี S.13 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.13 ได้ค่า U_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 11 มม. ค่า L_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 70 มม. ค่า CQOF มีค่า 1.0 และค่า CK1 CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 9.5 ถึง 30 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -55.83 ถึง +1.36 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +2.98 ถึง +19.32 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 9.74 ถึง 76.15 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.53 ถึง 0.99 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 35

2.1.4 สถานี S.31 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.31 ได้ค่า U_{max} มีค่า 10 มม. ค่า L_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 54 มม. ค่า CQOF มีค่า อยู่ในช่วงระหว่าง 0.67 ถึง 1.0 และค่า CK1 CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 9 ถึง 18 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -5.39 ถึง +2.09 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +7.80 ถึง +46.80 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 15.08 ถึง 42.92 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.77 ถึง 0.91 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 36

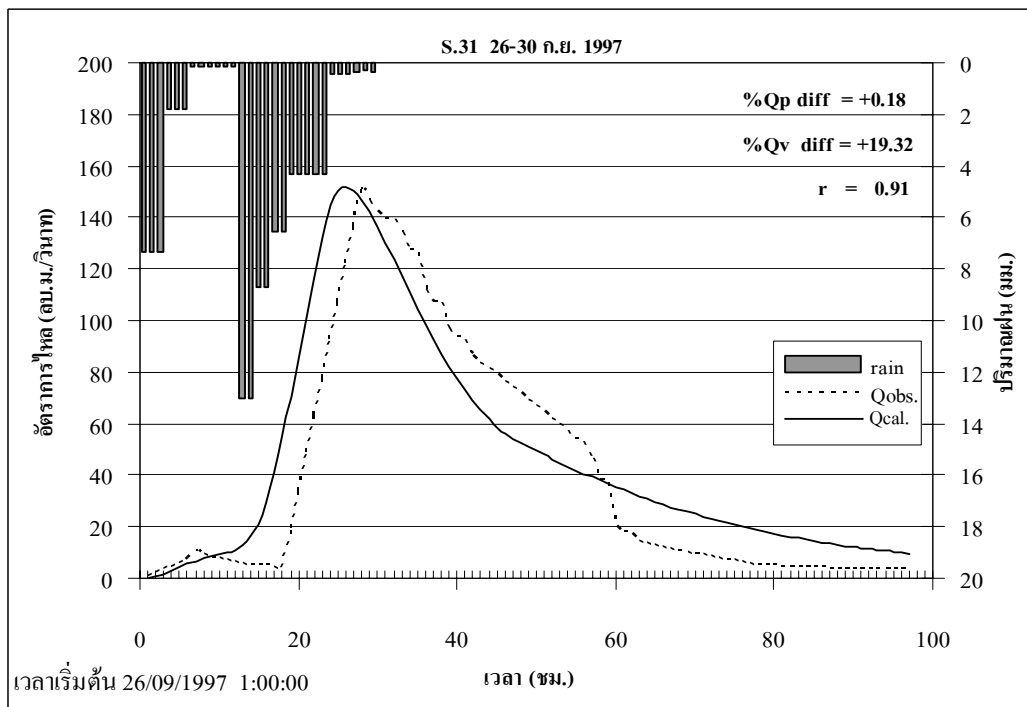
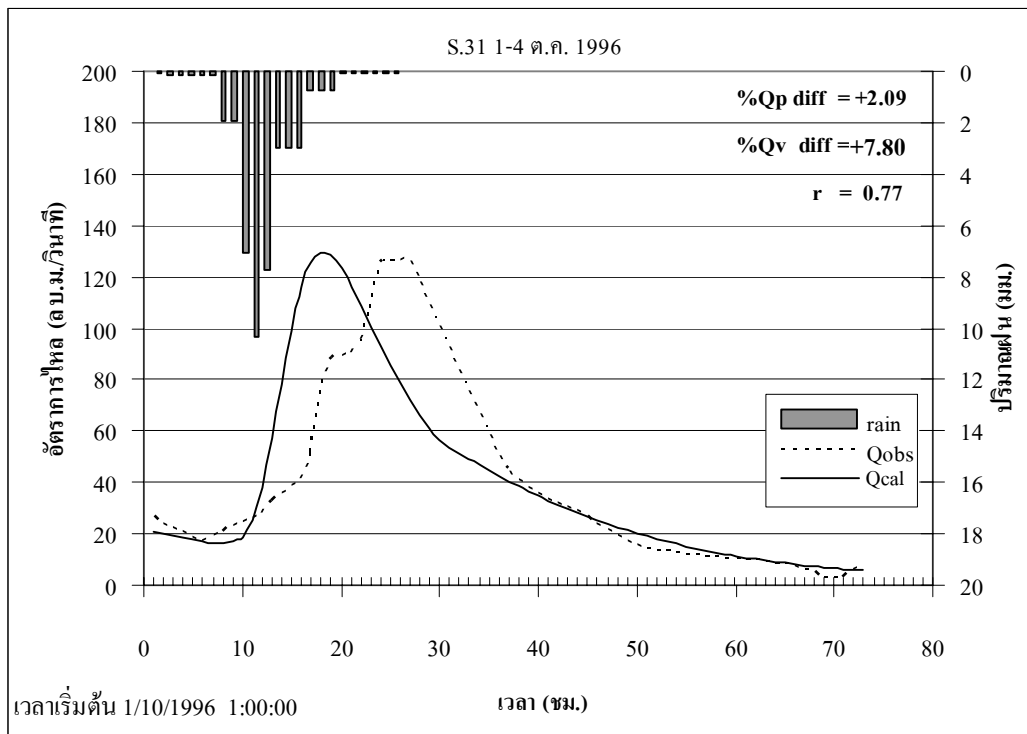
2.1.5 สถานี S.14 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี S.14 ได้ค่า U_{max} มีค่า 10 มม. ค่า L_{max} มีค่า 50 มม. ค่า CQOF มีค่า 1.0 และค่า CK1 CK2 มีค่า 15 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) แตกต่างกัน -62.24 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกัน +27.32 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 11.70 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.56 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 37



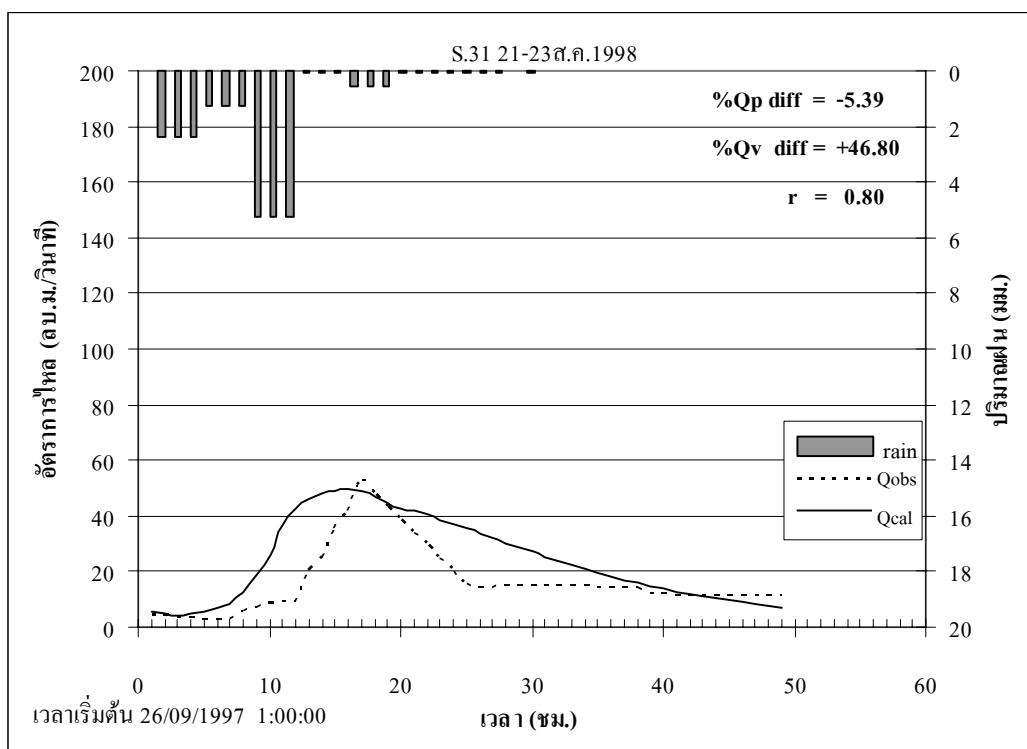
ภาพที่ 35 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.13



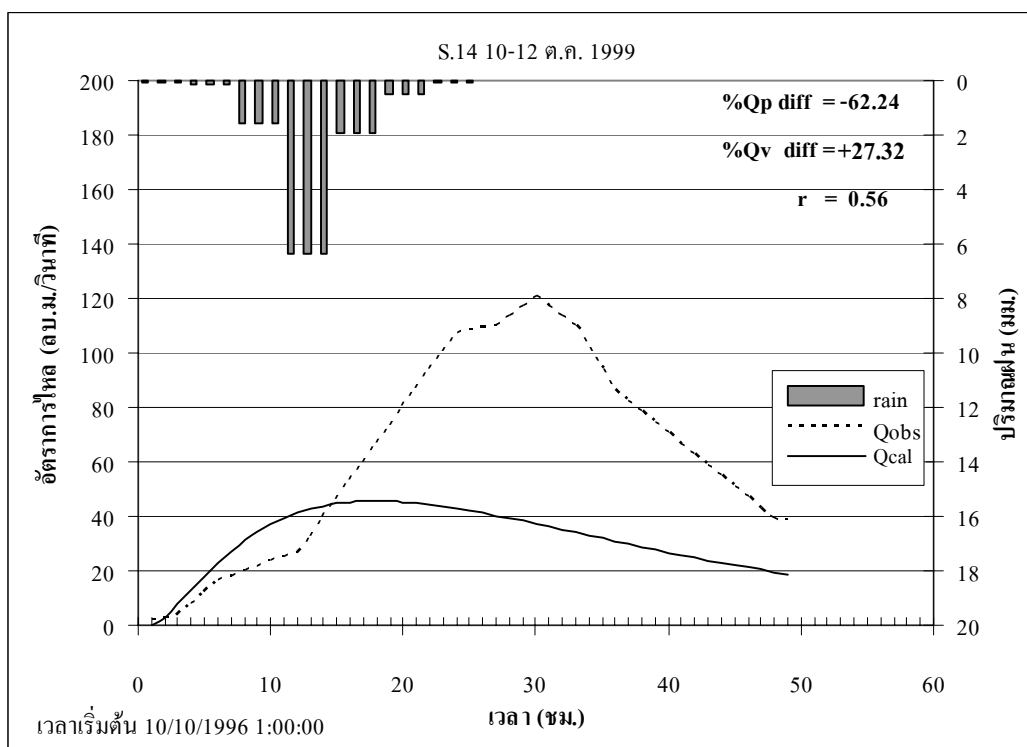
ภาพที่ 35 (ต่อ)



ภาพที่ 36 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.31



ภาพที่ 36 (ต่อ)



ภาพที่ 37 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี S.14

จากการพิจารณาค่าทางสถิติของแบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ข้างต้นจะพบว่า โดยส่วนใหญ่ค่าอัตราการไหลของกราฟน้ำท่ามีความสอดคล้องกันกับข้อมูลตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_p มีความแตกต่างกันไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_v ส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างกันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่ามากกว่า 0.80 ขึ้นไป จึงถือได้ว่าผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง NAM มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นสาเหตุจากข้อจำกัดด้านข้อมูลฝน รูปแบบการกระจายตัวของฝน ข้อมูลน้ำท่า รูปแบบการกระจายตัวของน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา และข้อจำกัดของข้อมูลที่รองรับการใส่ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง

2.2 การตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ย

เมื่อตรวจสอบผลการจำลองน้ำหลากของแบบจำลอง NAM โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของทุกเหตุการณ์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองมาเฉลี่ย แบ่งเป็นการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (A) และพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง (B) ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 20 มาใช้คำนวณในเหตุการณ์พายุฝนเดียวกันกับที่ทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเคราะห์จากแบบจำลอง NAM กับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -83.57 ถึง +209.73 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -52.38 ถึง +99.62 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 0.96 ถึง 120.96 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.34 ถึง 0.99 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -87.15 ถึง +355.21 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -68.97 ถึง +56.52 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 3.17 ถึง +243.26 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.41 ถึง 0.99 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 21(ก) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของทุกเหตุการณ์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และตารางที่ 21(ข) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 20 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในแต่ละจุดน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลำดับ	Parameter	S.7				S.12				ค่าเฉลี่ย				S.13				S.31				ค่าเฉลี่ย			
		30-31	16-17	22-24	ค่าเฉลี่ย	6-8	26-27	10-12	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่	ค่าเฉลี่ย ^v	23-26	9-11	28-30	10-12	ค่าเฉลี่ย	1-3	26-30	21-22	ค่าเฉลี่ย	S.14	พื้นที่	
		ส.ค.1991 ด.ค.1992 ก.ย.1995				ส.ค.1999 ส.ค.2000 ก.ย.2000				พฤษภาคม A				กุมภาพันธ์ A				ค.ค.1996 ก.ย.1997 ส.ค.1998				ค.ค.1999		ประมาณ B	
1	Area (sq.km)	177	177	177	177	471	471	471	471	471	177-471	177-471	359	359	359	359	359	359	381	381	381	1247	359-1247		
2	UMAX (mm.)	10	20	10	13	12	12.8	13	13	13	13	13	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
3	LMAX (mm.)	50	120	50	73	120	130	130	127	100	100	127	70	50	50	50	57	50	50	54	51	50	54		
4	COOF	1	0.7	1	0.9	0.9	0.7	0.7	0.8	0.8	1	1	1	1	1	1	1.0	1	0.67	0.9	0.9	1.0	0.9		
5	CKIF (hr.)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
6	TOF (hr.)	0.15	0.17	0.2	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.2	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2	0.1		
7	TIF (hr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	CSMELT (mm./c./day)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	CK1	6	5	7	6	9.1	13	16.5	13	9.4	10	30	9.5	22	13.8	12	18	9	13	15	13.4	13.4			
10	CK2	6	5	7	6	9.1	13	16.5	13	9.4	10	30	9.5	22	13.8	12	18	9	13	15	13.4	13.4			
11	CAREA	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0	1	1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
12	TG	0.2	0.2	0.5	0.3	0.5	0.5	0.36	0.5	0.4	0.9	0	0	0	0	0.3	0	0	0.2	0.1	0	0.2	0.2		
13	SY	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
14	CKBF (hr.)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
15	GW/LMIN (m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	GW/LBO(m.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
17	GW/LFL1 (m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
initial condition																									
1	WATER CONTENT IN	10	10	5	8	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	8	5	8	10	9	9		
SURFACE STORAGE (mm.)																									
2	WATER CONTENT IN	20	20	30	23	40	40	40	40	40	32	20	50	25	50	32	20	20	30	23	50	28	28		
ROOT ZONE (mm.)																									
3	OVERLAND FLOW	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.25	0.1	0	0.13	0	0.13	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0.05	0.05	0	0		
4	INTERFLOW (mm./hr)	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.25	0.1	0	0.13	0	0.13	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	0.03	0	0		
5	GROUND WATER DEPTH	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
(metre below surface,metre)																									

หมายเหตุ : 1/ เหตุการณ์ของสถานี S.13 ปี 1995 และของ S.14 ปี1999 ไม่นำมาเฉลี่ยเนื่องจากผลการเปรียบเทียบมีค่าแตกต่างจากข้อมูลตรวจวัดมาก

ตารางที่ 21 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์
ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม. x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	113.60	-56.60	1.25	-44.44	30.15	14.29	0.93
			12:00 16 ต.ค. 1992	79.32	+ 209.73	0.85	+ 99.62	24.14	0.96	0.96
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	-53.98	1.25	-52.38	22.46	12.42	0.99
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	-83.57	2.83	-48.84	37.50	5.67	0.34
			04:00 27 ส.ค. 2000	280.40	-59.43	4.61	-38.35	73.36	28.91	0.92
			16:00 11 ก.ย. 2000	264.80	+ 82.75	6.46	+ 10.41	69.47	120.96	0.94
B	S.13	359	08:00 24 ส.ค. 1993	54.17	+ 8.05	1.24	+ 53.62	16.50	17.01	0.91
			06:00 10 ส.ค. 1995	116.5	-41.07	3.40	-42.84	25.20	17.13	0.58
			06:00 29 ส.ค. 1999	43.06	-31.98	0.95	+ 5.67	12.52	6.61	0.89
			07:00 11 ส.ค. 2001	232.67	+ 71.70	6.78	-4.97	75.37	108.15	0.52
B	S.31	381	19:00 2 ต.ค. 1996	126.5	-33.79	2.89	-16.62	36.64	37.67	0.96
			04:00 27 ก.ย. 1997	151.4	+ 111.02	3.97	+ 51.61	46.64	85.46	0.87
			22:00 21 ส.ค. 1998	52.20	-32.66	0.80	+ 39.18	12.99	9.98	0.83
B	S.14	1247	12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	-	3.09	-	32.36	-	-

ตารางที่ 21(ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกเหตุการณ์
แบ่งตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม. x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
				จากข้อมูล	จากค่าการคำนวณ	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากค่าการคำนวณ	%แตกต่าง		จากข้อมูล	จากค่าการคำนวณ
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	113.60	16.43	-85.54	1.25	0.48	-61.53	30.15	4.32	0.62
			12:00 16 ต.ค. 1992	79.32	87.68	+ 10.54	0.85	1.24	+ 45.75	24.14	24.19	0.76
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	12.90	-87.15	1.25	0.39	-68.97	22.46	3.17	0.78
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	184.53	+ 14.26	2.83	3.53	+ 24.72	37.50	49.11	0.93
			04:00 27 ส.ค. 2000	280.40	394.86	+ 40.82	4.61	4.75	+ 3.01	73.36	108.18	0.93
			16:00 11 ก.ย. 2000	264.80	1205.40	+ 355.21	6.46	9.36	+ 44.98	69.47	243.26	0.76
B	S.13	359	08:00 24 ส.ค. 1993	54.17	58.54	+ 8.07	1.24	1.94	+ 56.52	16.50	17.03	0.91
			06:00 10 ส.ค. 1995	116.5	67.03	-42.46	3.40	1.87	-44.96	25.20	16.83	0.57
			06:00 29 ส.ค. 1999	43.06	28.60	-33.58	0.95	0.97	+ 1.90	12.52	6.58	0.90
			07:00 11 ส.ค. 2001	232.67	387.16	+ 66.40	6.78	6.19	-8.69	75.37	103.99	0.51
B	S.31	381	19:00 2 ต.ค. 1996	126.5	68.46	-45.88	2.89	2.20	-24.08	36.64	49.63	0.94
			04:00 27 ก.ย. 1997	151.4	313.30	+ 106.94	3.97	5.98	+ 50.70	46.64	83.53	0.99
			22:00 21 ส.ค. 1998	52.20	35.3	-32.38	0.80	1.12	+ 39.18	12.99	10.01	0.99
B	S.14	1247	12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	42.5	-64.83	3.09	1.37	-55.73	32.36	11.25	0.41

จากผลการตรวจสอบที่ได้พบว่าค่าของผลการคำนวณและข้อมูลจากการตรวจวัดมีค่าแตกต่างกันมาก จึงทำการตรวจสอบใหม่โดยการคัดเลือกเหตุการณ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีขนาดของปริมาณฝนต่อขนาดของอัตราการไหลสูงสุดไม่แตกต่างกันมากนัก มาทำการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ใหม่ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 22 และนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยดังกล่าวมาตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM อีกครั้ง ได้ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -19.79 ถึง +29.31 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -12.80 ถึง +33.32 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 13.14 ถึง 76.85 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.81 ถึง 0.99 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -88.66 ถึง +209.78 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -73.50 ถึง +100.96 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 2.97 ถึง 153.21 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 0.99 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 23 (ก) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และตารางที่ 23 (ข) ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถสรุปผลแยกตามสถานีวัดน้ำได้ดังนี้

2.2.1 สถานี S.7 : ผลการตรวจสอบสถานี S.7 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 50 CQOF เท่ากับ 1 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 6.50 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +13.19 ถึง +16.48 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.42 ถึง -12.80 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 22.11 ถึง 29.96 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.93 ถึง 0.95 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท A) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 11.2 L_{max} เท่ากับ 87.5 CQOF เท่ากับ 0.9 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 8.78 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -88.20 ถึง -88.66 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -65.60 ถึง -73.50 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 2.97 ถึง 3.12 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.61 ถึง 0.73

ตารางที่ 22 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลำดับ	Parameter	S.7		S.12		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	S.13	ค่าเฉลี่ย	S.31		ค่าเฉลี่ย	
		30-31	22-24	สถานี S.7	6-8	26-27	สถานี S.12	พื้นที่ประเภท	10-12	สถานี S.13	1-3	21-22	สถานี S.31
		ส.ค.1991	ค.ค.1995	ส.ค.1999	ส.ค.2000	A	ส.ค.2001	ค.ค.1996	ส.ค.1998	B			
1	Area (sq.km)	177	177	177	471	471	471	177-471	359	359	381	381	359-1247
2	UMAX (mm.)	10	10	10	12	12.8	12.4	11.2	10	10	10	10	10
3	LMAX (mm.)	50	50	50	120	130	125	87.5	50	50	54	52	51
4	CQOF	1	1	1	0.9	0.7	0.8	0.9	1	1	0.9	0.95	0.98
5	CKIF (hr.)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	TOF (hr.)	0.15	0.2	0.18	0.5	0.5	0.5	0.34	0	0	0.2	0.1	0.05
7	TIF (hr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	CSMELT (mm./c./day)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	CK1	6	7	6.50	9.1	13	11.05	8.78	22	22	12	9	10.5
10	CK2	6	7	6.50	9.1	13	11.05	8.78	22	22	12	9	10.5
11	CAREA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	TG	0.2	0.5	0.35	0.5	0.5	0.5	0.43	0	0	0.2	0.1	0.05
13	SY	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14	CKBF (hr.)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15	GWLMIN (m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	GWLBO(m.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
17	GWFL1 (m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Initial condition													
1	WATER CONTENT IN SURFACE STORAGE (mm.)	10	5	7.5	10	10	10	8.8	10	10	5	7.5	8.8
2	WATER CONTENT IN ROOT ZONE (mm.)	20	30	25	40	40	40	32.5	50	50	20	30	37.5
3	OVERLAND FLOW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.18	0.14	0	0	0.1	0.05	0.04
4	INTERFLOW (mm./hr)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.18	0.14	0	0	0.1	0	0.03
5	GROUND WATER DEPTH (metre below surface,metre)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

หมายเหตุ : 1/ เหตุการณ์ของสถานี S.13 ปี 1995 และของ S.14 ปี 1999 ไม่นำมาเฉลี่ยเนื่องจากผลการเปรียบเทียบมีค่าแตกต่างจากข้อมูลตรวจวัดมาก

ตารางที่ 23 (ก) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)		ปริมาณน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม. x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	%แตกต่าง	จากข้อมูล	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
A	S.7	177	03:00 31 ต.ค. 1991	113.60	+ 13.19	1.25	1.09	30.15	29.96	0.93
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	+ 16.48	1.25	1.24	22.46	22.11	0.95
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	-19.79	2.46	2.42	37.50	31.33	0.92
			04:00 27 ต.ค. 2000	280.40	+ 29.31	4.61	6.15	73.36	76.85	0.81
B	S.13	359	07:00 11 ต.ค. 2001	232.67	+ 0.35	6.78	6.98	75.54	76.15	0.99
B	S.31	381	19:00 2 ต.ค. 1996	126.5	+ 20.56	2.89	2.70	36.64	36.69	0.97
			22:00 21 ต.ค. 1998	52.20	+ 9.17	0.80	0.98	12.99	13.14	0.90

ตารางที่ 23 (ข) รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)		ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม x 10 ³)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
				จากข้อมูล	จากค่าการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากค่าการคำนวณ	% แตกต่าง		จากข้อมูล	จากค่าการคำนวณ
A	S.7	177	03:00 31 ต.ค. 1991	113.60	13.41	-88.20	1.25	0.43	-65.60	30.15	3.12	0.61
			04:00 23 ก.ย. 1995	100.40	11.39	-88.66	1.25	0.33	-73.50	22.46	2.97	0.73
	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	161.50	323.01	+ 100.01	2.46	3.78	+ 53.96	37.50	59.67	0.74
			04:00 27 ต.ค.2000	280.40	868.62	+ 209.78	4.61	9.27	+ 100.96	73.36	135.87	0.61
B	S.13	359	07:00 11 ต.ค. 2001	232.67	462.61	+ 98.83	6.78	7.16	+ 5.59	75.37	153.21	0.50
			19:00 2 ต.ค.1996	126.5	84.717	-33.03	2.89	2.52	-12.88	36.64	49.63	0.94
	S.14	1247	22:00 21 ต.ค. 1998	52.20	27.059	-48.16	0.80	1.21	+ 50.90	12.99	10.01	0.99
			12:00 11 พ.ค. 1999	120.83	110.36	-8.67	3.09	2.87	-7.12	32.36	43.12	0.51

2.2.2 สถานี S.12 : ผลการตรวจสอบสถานี S.12 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 12.4 L_{max} เท่ากับ 125 CQOF เท่ากับ 0.8 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 11.05 พบว่าเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -19.79 ถึง +29.31 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -1.44 ถึง +33.32 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 31.33 ถึง 76.85 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.81 ถึง 0.92 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท A) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 11.2 L_{max} เท่ากับ 87.5 CQOF เท่ากับ 0.9 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 8.78 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง +100.01 ถึง +209.78 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง +53.96 ถึง +100.96 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 59.67 ถึง 135.87 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.61 ถึง 0.74

2.2.3 สถานี S.13 : ผลการตรวจสอบสถานี S.13 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 50 CQOF เท่ากับ 1 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 22 พบว่าเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) มีค่าแตกต่าง +0.35 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) มีค่าแตกต่าง +2.98 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 76.15 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.99 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 51 CQOF เท่ากับ 0.98 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 16.25 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) มีค่าแตกต่าง +98.83 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) มีค่าแตกต่าง +5.59 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 153.21 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.50

2.2.4 สถานี S.31 : ผลการตรวจสอบสถานี S.31 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 52 CQOF เท่ากับ 0.95 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 10.5 พบว่าเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) จะแตกต่างกันอยู่ในช่วง +9.17 ถึง +20.56 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -6.66 ถึง +22.22 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 13.14 ถึง 36.69 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.90 ถึง 0.97 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 51 CQOF เท่ากับ 0.98 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 16.25 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่า

สูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -33.03 ถึง -48.16 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -12.88 ถึง +50.90 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 10.01 ถึง 49.63 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.99

2.2.5 สถานี S.14 : ผลการตรวจสอบสถานี S.14 เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีเพียงเหตุการณ์ที่ใช้จำลองเพียงเหตุการณ์เดียว ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบเฉพาะการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 51 CQOF เท่ากับ 0.98 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 16.25 พบว่าเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำประเภทเดียวกันค่าปริมาตรน้ำท่าสูงสุด (Q_p) จะแตกต่างกัน -8.67 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกัน -7.12 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 43.12 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.51

จากผลการพิจารณาค่าทางสถิติพบว่ากรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันให้ผลการคำนวณที่ดีกว่ากรณีการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีสภาพภูมิประเทศคงที่ เช่น ความลาดชัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินคงที่ ขณะที่การเฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำจะทำให้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่แตกต่างกันมากกว่าเนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน อีกทั้งแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองที่มีพารามิเตอร์จำนวนมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ใด ๆ จะส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะค่าพารามิเตอร์หลักจะมีผลต่อกราฟน้ำท่าอย่างชัดเจน สำหรับพื้นที่ประเภท A ซึ่งมีความลาดชันมาก ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.7 และ S.12 มีค่า U_{max} เท่ากับ 10 และ 12.4 ค่า L_{max} เท่ากับ 50 และ 125 ค่า CQOF เท่ากับ 1 และ 0.8 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 6.50 และ 11.05 ตามลำดับ ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่าพื้นที่ประเภท A มีค่า L_{max} ซึ่งคือ ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมีความแตกต่างกัน และค่า CK1 CK2 คือ เวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดิน และชั้นผิวดิน ที่แตกต่างกัน และพื้นที่ประเภท B ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย S.13 และ S.31 ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ พบว่ามีค่า U_{max} เท่ากันซึ่งเท่ากับ 10 ค่า L_{max} เท่ากับ 50 และ 52 ค่า CQOF เท่ากับ 1 และ 0.95 และค่า CK1 CK2 เท่ากับ 10.5 และ 22 ตามลำดับ เห็นได้ว่าสำหรับพื้นที่ประเภท B จะมีค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดิน และชั้นผิวดินที่แตกต่างกัน ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพภูมิประเทศ เช่น ความลาดชัน ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ ในการศึกษาได้ทำการศึกษาโดยพิจารณาการแบ่งประเภทพื้นที่ตามสภาพความ

ลาดชันเป็นหลัก ดังนั้นผลการคำนวณที่ได้จากการตรวจสอบซึ่งมีความแตกต่างมากกว่ากรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน เนื่องมาจากสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยประเภทเดียวกัน

2.3 การศึกษาการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Study) พารามิเตอร์เฉพาะถิ่นของแบบจำลอง NAM

จากการเปรียบเทียบมาตรฐานค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM พบว่าค่าพารามิเตอร์เฉพาะถิ่นที่มีผลต่อการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ได้แก่ ค่าความจุบนชั้นผิวดินมากที่สุด (U_{max}) ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (L_{max}) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF) และค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1 CK2) รายละเอียดการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะมีผลต่อกราฟน้ำท่าโดยเฉพาะค่าอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) ปริมาณน้ำท่าและเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (T_p) ซึ่งมีผลต่อรูปร่างกราฟน้ำท่าด้วยเช่นเดียวกัน

พารามิเตอร์ U_{max} L_{max} CQOF CK1 และ CK2 เหล่านี้ โดยเฉพาะ U_{max} L_{max} และ CQOF เป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับคุณลักษณะของพื้นที่รับน้ำ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ชนิดของดิน และลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาความเร็วแปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ดังกล่าว จะทำการแปรเปลี่ยนจากค่าที่ตรวจสอบแล้วโดยเพิ่มขึ้น 1.5 เท่า และลดค่าลงเป็น 0.5 เท่า เนื่องจากหากเพิ่มหรือลดลงเกินกว่านี้ ค่าที่ได้จะอยู่นอกช่วงที่กำหนดไว้โดยคู่มือของแบบจำลอง รายละเอียดของพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาความเร็วแปรเปลี่ยนในแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำป่าสักแสดงในตารางที่ 24 ผลการศึกษาความเร็วแปรเปลี่ยนสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM เพื่อการวิเคราะห์ความไว

ลำดับ	ผู้มนำย่อย	เหตุการณ์	UMAX (mm.)			LMAX (mm.)			CQOF			CK1 และ CK2		
			1	0.5	1.5	1	0.5	1.5	1	0.5	1.5	1	0.5	1.5
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	6	3	9
		16 ต.ค. 1992	20	10	30	120	60	180	0.7	0.35	1	5	2.5	7.5
		22-23 ส.ค. 1995	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	7	3.5	10.5
2	S.12	6-8 ก.ย. 1999	12	6	18	120	60	180	0.9	0.5	x	9.1	4.6	14
		26-27 ส.ค. 2000	12.8	6.4	19.2	130	65	195	0.70	0.35	1.0	13.0	6.5	19.5
		10-12 ก.ย. 2000	13	6.5	19.5	130	65	195	0.7	0.35	1	16.5	8.3	24.8
3	S.13	23-25 ส.ค. 1993	11	5.5	16.5	70	35	105	1	0.5	x	10	5.0	15.0
		9-11 ส.ค. 1995	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	20	10	30
		28-29 ส.ค. 1999	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	9.5	4.8	14.3
4	S.31	10-12 ส.ค. 2001	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	22	11	33
		1-3 ต.ค. 1996	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	13	6.5	19.5
		26-28 ก.ย. 1997	10	5	15	50	25	75	0.67	0.34	1	18	9	27
5	S.14	21-22 ส.ค. 1998	10	5	15	54	27	81	0.9	0.45	x	9	4.5	13.5
		10 - 12 พ.ค. 1999	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	15	7.5	22.5

"หมายเหตุ : x หมายถึง ไม่ทำการศึกษาเพราะค่าอยู่นอกช่วงที่กำหนดจากแบบจำลอง

2.3.1 กรณีลดค่า U_{max} เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่าง +8.90 ถึง +92.24 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +6.15 ถึง +93.02 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -3 ถึง +1 ชั่วโมง เนื่องจากการลดค่า U_{max} หมายถึงค่าความจุของชั้นผิวดิน เมื่อลดค่าความจุของชั้นผิวดินจึงทำให้ปริมาณฝนที่ตกลงมาเต็มชั้นความจุผิวดินเร็วและมีปริมาณน้ำไหลล้นกลายน้ำท่าผิวดินได้มากขึ้น รวมถึงปริมาตรการไหลที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า U_{max} เป็น 1.5 เท่า ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วง -8.90 ถึง -90.27 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -1.76 ถึง -90.70 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง +5 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า U_{max} หมายถึงการเพิ่มความจุของชั้นผิวดิน จึงทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ในชั้นผิวดินได้มากขึ้นจึงทำให้มีปริมาณฝนตกลงมาจะเกิดน้ำท่าไหลล้นอยู่บนผิวดินได้ช้าลง ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำท่ารวมถึงปริมาตรน้ำท่าลดลง ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า U_{max} ได้แสดงไว้ในตารางที่ 25 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า U_{max} จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เพิ่มขึ้นรวมถึงปริมาตรน้ำท่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนการเพิ่มค่า U_{max} จะทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และปริมาตรน้ำท่า (Q_v) ลดลงเช่นกัน

2.3.2 กรณีลดค่า L_{max} เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่าง +5.48 ถึง +317.07 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +6.64 ถึง +172.72 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -3 ถึง 0 ชั่วโมง เนื่องจากการลดค่า L_{max} หมายถึงค่าความจุของชั้นใต้ผิวดิน เมื่อลดค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินจึงทำให้ปริมาณฝนที่ตกลงมาเต็มชั้นความจุใต้ผิวดินเร็วและมีปริมาณน้ำไหลล้นกลายน้ำท่าผิวดินได้มากขึ้น รวมถึงปริมาตรการไหลที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า L_{max} เป็น 1.5 เท่า ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วง -11.40 ถึง -84.18 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -4.37 ถึง -64.04 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 6 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า L_{max} หมายถึงการเพิ่มความจุของชั้นใต้ผิวดิน ทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ในชั้นใต้ผิวดินได้มากขึ้นและเมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจะทำให้เกิดน้ำท่าไหลล้นอยู่บนผิวดินได้น้อยลง ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำท่า รวมถึงปริมาตรน้ำท่าลดลง ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า L_{max} ได้แสดงไว้ในตารางที่ 26 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า L_{max} จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่า

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความจุบนชั้นผิวดินมากที่สุด (Umax)

ลำดับ	กลุ่มน้ำย่อย	เหตุการณ์	อัตราการไหลที่สูงสุด, Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			ปริมาณน้ำท่า, QV (ลบ.ม x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 Umax	0.5Umax	1.5Umax	0.5Umax	1.5Umax	1.5Umax	1.0 Umax	0.5Umax	1.5Umax	0.5Umax	1.5Umax	1.5Umax	0.5Umax	1.5Umax	1.5Umax
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	110.67	134.65	86.54	+21.67	-21.80		1.10	1.25	0.96	+13.11	-12.83		0	+1	
		16 ต.ค. 1992	78.596	110.06	53.515	+40.03	-31.91		0.73	0.90	0.59	+22.05	-20.17		-2	-1	
		22-23 ส.ค. 1995	104.02	133.43	75.806	+28.27	-27.12		1.04	1.22	0.88	+16.60	-15.87		-3	0	
2	S.12	6-8 ก.ย. 1999	163.81	205.63	126.37	+25.53	-22.86		3.20	3.60	2.84	+12.36	-11.24		-1	0	
		26-27 ส.ค. 2000	284.34	324.33	246.85	+14.06	-13.18		4.97	5.36	4.57	+7.97	-7.97		0	0	
		10-12 ก.ย. 2000	263.84	294.9	233.77	+11.77	-11.40		6.19	6.62	5.80	+6.98	-6.40		0	+1	
3	S.13	23-25 ส.ค. 1993	54.905	75.29	38.393	+37.13	-30.07		1.44	1.72	1.17	+19.29	-18.69		0	+2	
		9-11 ส.ค. 1995	51.46	69.46	38.36	+34.98	-25.46		1.90	2.33	1.52	+22.58	-19.73		-2	+4	
		28-29 ส.ค. 1999	41.12	60.91	30.3	+48.13	-26.31		1.13	1.40	0.86	+24.60	-23.64		0	+3	
4	S.31	10-12 ส.ค. 2001	233.48	262.15	204.15	+12.28	-12.56		6.70	7.16	6.19	+6.99	-7.53		0	+0	
		1-3 ต.ค. 1996	129.14	152.6	104.59	+18.17	-19.01		2.89	3.23	2.56	+11.78	-11.62		0	+1	
		26-28 ก.ย. 1997	151.67	165.17	138.17	+8.90	-8.90		4.52	4.80	4.24	+6.15	-6.07		0	0	
5	S.14	21-22 ส.ค. 1998	52.907	68.464	35.221	+29.40	-33.43		0.93	1.46	0.91	+57.27	-1.76		+1	+5	
		10 - 12 พ.ค. 1999	45.63	87.72	4.44	+92.24	-90.27		1.55	2.99	0.14	+93.02	-90.70		-2	0	

หมายเหตุ: + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพารามิเตอร์ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (Lmax)

ลำดับ	กลุ่มน้ำย่อย	เหตุการณ์	อัตราการไหลเข้าสูงสุด, Qp (ลบ.ม.วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			ปริมาตรน้ำท่า, QV (ลบ.ม x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)	
			1.0 Umax	0.5Umax	1.5Umax	0.5Lmax	1.5Lmax	1.0 Lmax	0.5Lmax	1.5Lmax	0.5Lmax	1.5Lmax	0.5Lmax	1.5Lmax	0.5Lmax	1.5Lmax
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	110.67	269.72	57.175	+ 143.72	-48.34	1.10	1.88	0.76	+ 70.93	-31.16	-1	+ 1		
		16 ต.ค.1992	104.02	205.35	31.721	+ 97.41	-69.50	1.04	1.38	0.44	+ 31.99	-58.35	-1	0		
		22-23 ส.ค.1995	78.596	278.33	51.267	+ 254.13	-34.77	0.73	1.92	0.70	+ 161.35	-4.37	-3	-1		
2	S.12	6-8 ก.ย.1999	163.81	683.21	25.91	+ 317.07	-84.18	3.20	7.42	1.15	+ 131.46	-64.04	-2	+ 5		
		26-27 ส.ค. 2000	284.34	827.65	246.85	+ 191.08	-13.18	4.97	9.43	2.48	+ 89.86	-50.00	-2	+ 2		
		10-12 ก.ย. 2000	263.84	716.27	233.77	+ 171.48	-11.40	6.19	11.48	3.20	+ 85.47	-48.26	-2	+ 3		
3	S.13	23-25 ส.ค.1993	54.905	163.56	26.871	+ 197.90	-51.06	1.44	2.81	0.83	+ 94.81	-42.47	-3	+ 2		
		9-11 ส.ค. 1995	51.46	54.28	34.91	+ 5.48	-32.16	1.90	2.02	1.39	+ 6.64	-26.57	0	+ 3		
		28-29 ส.ค. 1999	41.12	104.02	30.66	+ 152.97	-25.44	1.13	1.93	0.85	+ 71.25	-24.60	0	+ 2		
4	S.31	10-12 ส.ค. 2001	233.48	385.15	166.48	+ 64.96	-28.70	6.70	9.18	4.64	+ 37.10	-30.65	-2	+ 6		
		1-3 ต.ค. 1996	129.14	300.72	82	+ 132.86	-36.50	2.88	4.67	2.24	+ 62.25	-22.26	-1	+ 1		
		26-28 ก.ย. 1997	151.67	248.52	105.73	+ 63.86	-30.29	4.52	6.27	3.59	+ 38.88	-20.62	0	-1		
5	S.14	21-22 ส.ค. 1998	52.907	175.05	27.029	+ 230.86	-48.91	0.93	2.53	0.71	+ 172.72	-22.88	-1	+ 5		
		10 - 12 พ.ค. 1999	45.63	73.18	27.6	+ 60.38	-39.51	1.55	2.59	0.94	+ 67.44	-39.53	-2	-1		

หมายเหตุ : + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

สูงสุด(Q_p) เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เร็วขึ้น ส่วนการเพิ่มค่า L_{max} จะทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และปริมาณน้ำท่า (Q_v) ลดลง รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ช้าลงด้วยเช่นกัน

2.3.3 กรณีลดค่า CQOF เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงในช่วงระหว่าง -39.40 ถึง -63.54 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง -27.48 ถึง -50.54 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง -1 ถึง +8 ชั่วโมง เนื่องจากค่า CQOF หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 CQOF มีค่าน้อยแสดงถึงชั้นดินมีความสามารถในการซึมผ่านน้ำได้ดี ดังนั้นการลดค่า CQOF ทำให้เมื่อมีปริมาณฝนตกลงในพื้นที่น้ำสามารถซึมผ่านสู่ชั้นดินได้ดี และเกิดเป็นปริมาณน้ำท่าลดลง ส่งผลให้การเกิดอัตราการไหลสูงสุดลดลงและปริมาณการไหลลดลงด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า CQOF เป็น 1.5 เท่า ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงในช่วง +54.28 ถึง +64.87 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงในช่วง +28.99 ถึง +36.65 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลง -1 ถึง 1 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า CQOF หมายถึงความสามารถในการซึมผ่านน้ำลงสู่ชั้นดินลดลงหรือซึมผ่านได้น้อย เมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจึงก่อให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าไหลบนผิวดินได้เร็วขึ้น ดังนั้นการเพิ่มค่า CQOF จึงเป็นผลให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและค่าปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CQOF ได้แสดงไว้ในตารางที่ 27 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า CQOF จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด(Q_p) ลดลงและปริมาณน้ำท่า (Q_v) ลดลงด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนการเพิ่มค่า CQOF จะทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และปริมาณน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น

2.3.4 กรณีลดค่า CK1 CK2 เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่าง +67.51 ถึง +189.06 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง -5.84 ถึง +31.52 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง -1 ถึง -8 ชั่วโมง เนื่องจากค่า CK1 CK2 หมายถึงค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน การลดค่า CK1 CK2 จึงหมายถึงการลดเวลาที่น้ำใช้เวลาในการเคลื่อนที่ทำให้น้ำใช้เวลาในการเดินทางได้เร็วขึ้นก่อให้เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าไหลมาสู่ผิวดินได้เร็ว ดังนั้นค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดจึงเพิ่มขึ้น และค่าปริมาณการไหลสูงสุดมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF)

ลำดับ	กลุ่มน้ำ	เหตุการณ์	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด, Qp (ลบ.ม./วินาที)			ปริมาตรน้ำท่า, QV (ลบ.ม. x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)			
			1.0 CQOF	0.5CQOF	1.5CQOF	1.0 CQOF	0.5CQOF	1.5CQOF	0.5CQOF	1.5CQOF	0.5CQOF	1.5CQOF	0.5CQOF	1.5CQOF	
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	110.67	44.51	x	x	-59.78	x	1.10	0.67	x	-39.45	x	+1	x
		16 ต.ค. 1992	78.596	30.85	124.45		-60.76	+58.34	0.73	0.45	0.96	-39.16	+30.70	0	-1
		22-23 ส.ค. 1995	104.02	39.68	x	x	-61.86	x	1.04	0.63	x	-40.11	x	-1	x
2	S.12	6-8 ก.ย. 1999	163.18	72.69	x	x	-55.45	x	3.20	2.12	x	-33.66	x	+1	x
		26-27 ส.ค. 2000	284.34	121.44	438.68		-57.29	+54.28	4.97	3.10	6.41	-37.68	+28.99	+2	+1
		10-12 ก.ย. 2000	263.84	101.57	420.15		-61.50	+59.24	6.19	3.78	7.99	-38.95	+29.07	+3	-1
3	S.13	23-25 ส.ค. 1993	54.905	29.14	x	x	-46.93	x	1.44	0.90	x	-37.62	x	+1	x
		9-11 ส.ค. 1995	51.46	30.44	x	x	-40.85	x	1.90	1.23	x	-35.10	x	+2	x
		28-29 ส.ค. 1999	41.12	24.92	x	x	-39.40	x	1.13	0.70	x	-37.70	x	+2	x
4	S.31	10-12 ส.ค. 2001	233.48	85.13	x	x	-63.54	x	6.70	3.31	x	-50.54	x	+8	x
		1-3 ต.ค. 1996	129.14	51.95	x	x	-59.77	x	2.88	1.80	x	-37.63	x	+2	x
		26-28 ก.ย. 1997	151.67	58.27	250.06		-61.58	+64.87	4.52	2.56	6.17	-43.25	+36.65	+3	-1
5	S.14	21-22 ส.ค. 1998	52.907	24.93	x	x	-52.89	x	0.93	0.67	x	-27.48	x	+5	x
		10 - 12 พ.ค. 1999	45.63	24.27	x	x	-46.81	x	1.55	0.86	x	-44.19	x	0	x

หมายเหตุ: x หมายถึง ไม่ทำการศึกษาเพราะค่าอยู่นอกช่วงที่กำหนดจากแบบจำลอง
+ หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของคลื่นตัวของน้ำท่าหรือเรียกว่ากราฟน้ำท่า รวมถึงเวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า CK1 CK2 เป็น 1.5 เท่า ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงในช่วง -11.40 ถึง -66.35 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรการไหล (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -23.26 ถึง +11.99 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +11 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า CK1 CK2 คือการเพิ่มเวลาการเดินทางของน้ำทำให้น้ำใช้เวลาในการเคลื่อนตัวนานขึ้น การเพิ่มค่า CK1 CK2 จึงเป็นผลให้เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าไหลบนผิวดินได้ช้าลง ทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดบนผิวดินลดลง ส่วนค่าปริมาตรการไหลมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของน้ำท่าหรือกราฟน้ำท่าเปลี่ยนแปลงไป ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CK1 CK2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 28 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า CK1 CK2 จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เพิ่มขึ้น และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเร็วขึ้นเช่นกัน และการเพิ่มค่า CK1 CK2 จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ลดลงและเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดช้าขึ้น ส่วนปริมาตรน้ำท่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงขึ้นกับลักษณะรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไป

3. การศึกษาเปรียบเทียบการจำลองน้ำฝน-น้ำหลาก ระหว่างแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM

3.1 ผลการศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลจากการตรวจวัด พบว่าค่าความแตกต่างของการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ของแบบจำลอง SCS จะอยู่ในช่วงระหว่าง -0.93 ถึง +0.86 เปอร์เซ็นต์ และแบบจำลอง NAM จะมีค่าแตกต่างในช่วงระหว่าง -62.24 ถึง +3.63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่าจากแบบจำลอง SCS จะอยู่ในช่วงระหว่าง -21.27 ถึง +13.97 เปอร์เซ็นต์ และแบบจำลอง NAM จะมีค่าแตกต่าง -16.16 ถึง +46.80 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากแบบจำลอง SCS มีค่าอยู่ในช่วง 12.87 ถึง 77.93 และจากแบบจำลอง NAM มีค่าอยู่ในช่วง 9.74 ถึง 81.08 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากแบบจำลอง SCS 0.92 ถึง 0.98 และแบบจำลอง NAM 0.53 ถึง 0.99 ทั้งนี้ได้แสดงผลการเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 29 และภาพที่ 38 ถึง ภาพที่ 42

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1 และ CK2)

ลำดับ	คูน้ำ	เหตุการณ์	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด, Qp (ลบ.ม.วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			ปริมาตรน้ำท่า, Qv (ลบ.ม x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 CK1,2	0.5 CK1,2	1.5 CK1,2	0.5 CK1,2	1.5 CK1,2	1.5 CK1,2	1.0 CK1,2	0.5 CK1,2	1.5 CK1,2	0.5 CK1,2	1.5 CK1,2	1.5 CK1,2	0.5 CK1,2	1.5 CK1,2	1.5 CK1,2
1	S.7	30-31 ส.ค. 1991	110.67	205.54	66.607	+85.72	-39.81		1.10	1.06	1.11	-3.51	+1.10		-1	+2	
		16 ต.ค.1992	78.596	131.66	48.327	+67.51	-38.51		0.73	0.70	0.76	-4.53	+3.05		-2	+1	
		22-23 ส.ค.1995	104.02	224.06	56.699	+115.40	-45.49		1.04	1.01	1.03	-3.63	-1.53		-3	+0	
2	S.12	6-8 ก.ย.1999	163.81	358.22	55.13	+118.68	-66.35		3.202	3.204	2.70	0.07	-15.67		-2	+7	
		26-27 ส.ค. 2000	284.34	711.00	246.85	+150.05	-13.18		4.97	5.04	4.50	1.45	-9.42		-3	+3	
		10-12 ก.ย. 2000	263.84	761.12	233.77	+188.48	-11.40		6.19	6.23	5.69	0.58	-8.14		-3	+5	
3	S.13	23-25 ส.ค.1993	54.91	113.35	35.672	+106.45	-35.03		1.44	1.36	1.46	-5.84	+1.62		-4	+6	
		9-11 ส.ค. 1995	51.46	132.73	35.95	+157.93	-30.14		1.90	2.27	1.53	+19.73	-19.35		-7	+11	
		28-29 ส.ค. 1999	41.12	95.52	30.77	+132.30	-25.17		1.13	1.09	1.08	-3.51	-4.15		-3	+8	
4	S.31	10-12 ส.ค. 2001	233.48	674.9	137.23	+189.06	-41.22		6.70	7.42	5.36	+10.75	-19.89		-5	+9	
		1-3 ต.ค. 1996	129.14	294.86	73.77	+128.33	-42.88		2.89	2.74	2.82	-5.31	-2.43		-3	+4	
		26-28 ก.ย. 1997	151.67	290.52	82.576	+91.55	-45.56		4.52	4.68	3.99	+3.50	-11.64		-6	+6	
5	S.14	21-22 ส.ค. 1998	52.907	127.35	32.213	+140.71	-39.11		0.93	1.22	1.04	+31.52	+11.99		-2	+9	
		10 - 12 พ.ค. 1999	45.63	88.11	30.77	+93.10	-32.57		1.55	1.91	1.19	+23.26	-23.26		-8	+8	

หมายเหตุ : + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

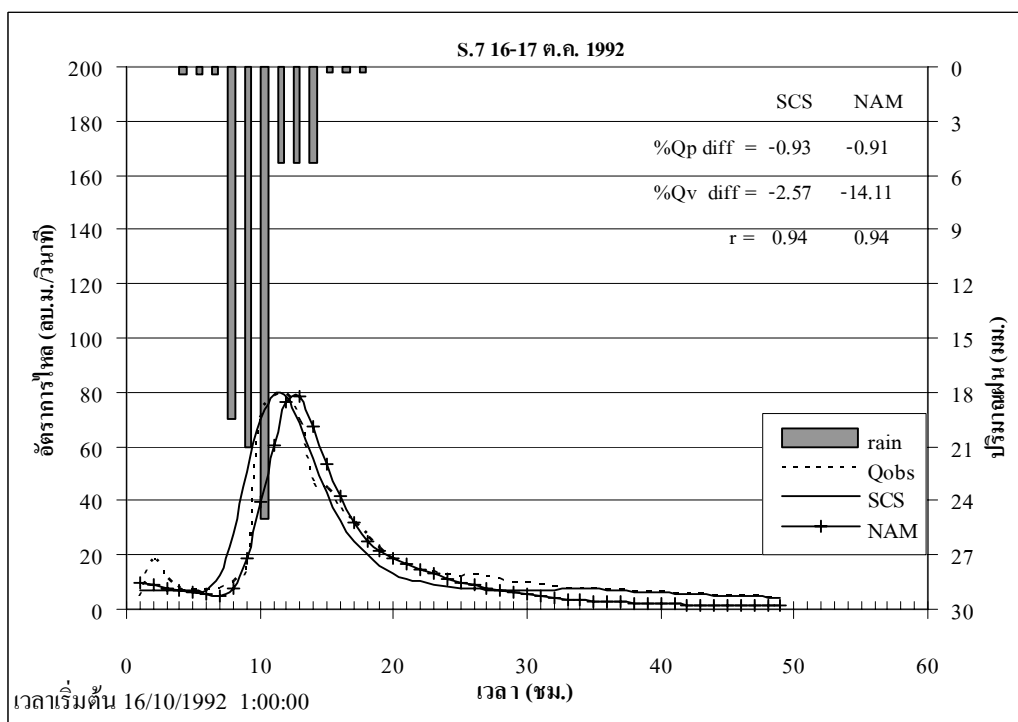
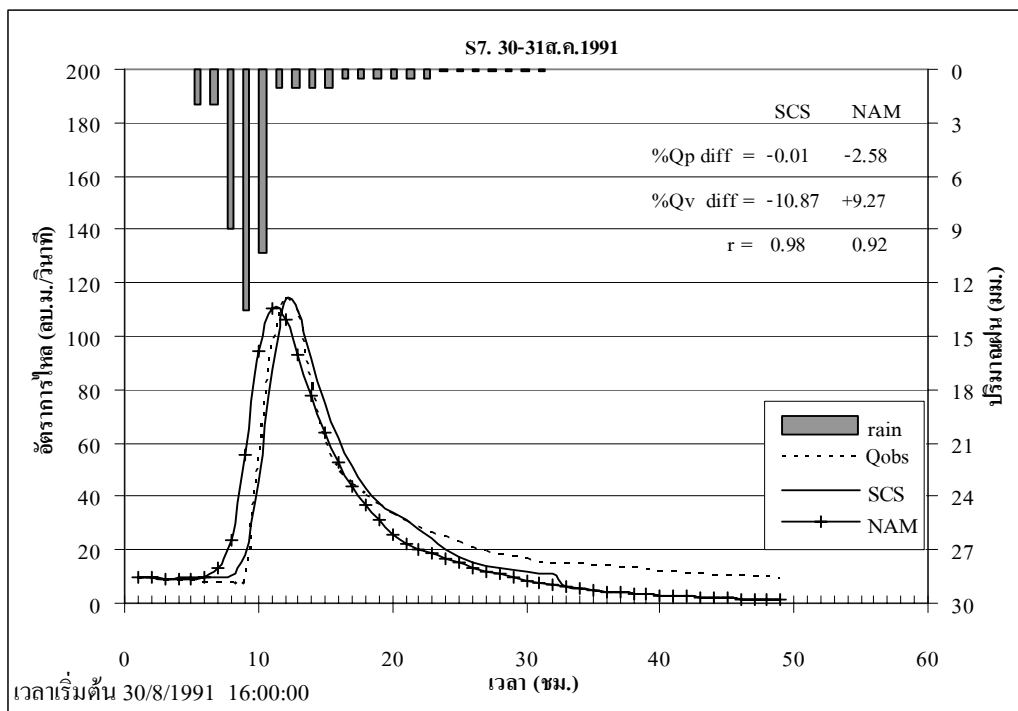
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

ตารางที่ 29 รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS และ NAM

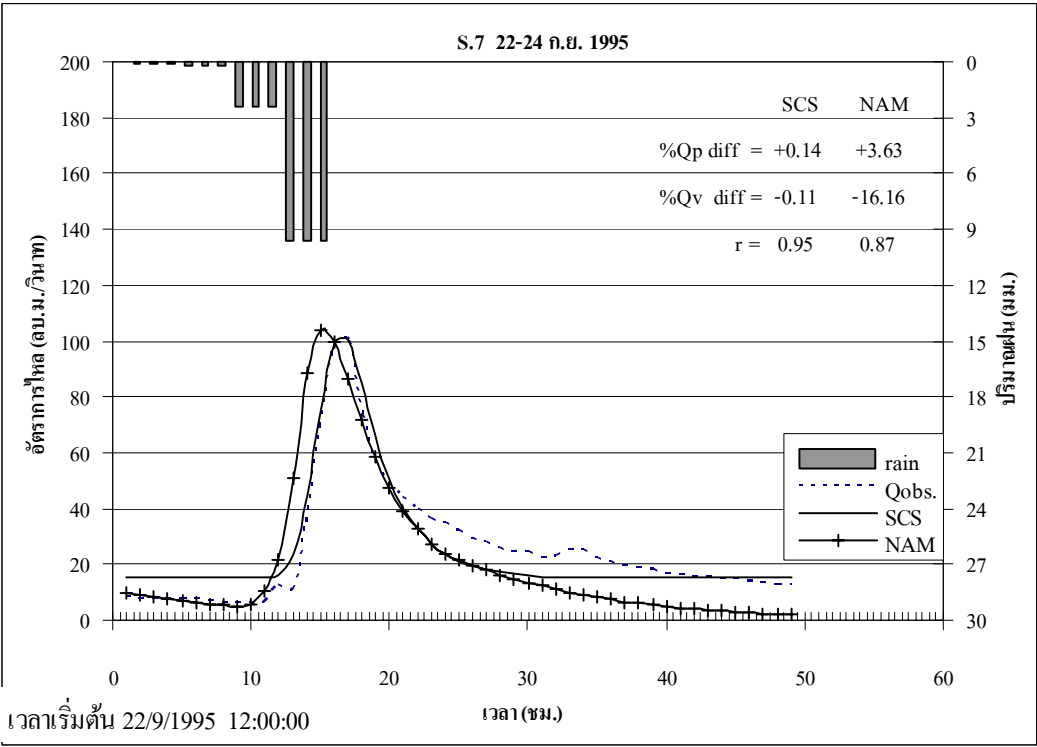
ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	%แตกต่างอัตราการไหลสูงสุด		%แตกต่างปริมาณน้ำท่า		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	
				Qp (ลบ.ม / วินาที)	SCS	NAM	SCS	Qv (ลบ.ม)	NAM	SCS	NAM
A	S.7	177	03:00 31 ส.ค. 1991	-0.01	-2.58	-10.87	-9.27	31.68	29.36	0.98	0.92
			12:00 16 ต.ค. 1992	-0.93	-0.91	-2.57	-14.11	24.48	20.32	0.94	0.94
			04:00 23 ก.ย. 1995	+0.14	+3.63	-0.11	-16.16	23.69	26.94	0.95	0.87
A	S.12	471	09:00 7 ก.ย. 1999	-0.22	+1.43	-8.99	+13.70	44.70	43.48	0.96	0.93
			04:00 27 ส.ค. 2000	+0.10	+1.41	-5.61	-4.72	77.11	81.08	0.93	0.92
			16:00 11 ก.ย. 2000	-0.22	-0.36	-0.10	-1.48	76.30	73.12	0.98	0.93
B	S.13	359	08:00 24 ส.ค. 1993	+0.48	+1.36	-6.34	+16.01	15.76	16.91	0.94	0.96
			06:00 10 ส.ค. 1995	-0.45	-55.83	+1.42	+19.32	29.40	9.74	0.92	0.53
			06:00 29 ส.ค. 1999	+0.79	-4.51	+13.97	+8.77	12.87	13.13	0.94	0.84
			07:00 11 ส.ค. 2001	-0.28	+0.35	-2.61	+2.98	77.93	76.15	0.92	0.99
B	S.31	381	19:00 2 ต.ค. 1996	-0.09	+2.09	+5.11	+7.80	35.39	35.71	0.98	0.77
			04:00 27 ก.ย. 1997	+0.86	+0.18	-15.93	+19.32	44.26	42.92	0.94	0.91
			22:00 21 ส.ค. 1998	+0.08	-5.39	+0.85	+46.80	15.74	15.08	0.95	0.80
B	S.14	1247	12:00 11 พ.ค. 1999	-0.55	-62.24	-21.27	+27.32	29.00	11.70	0.97	0.56

หมายเหตุ : + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

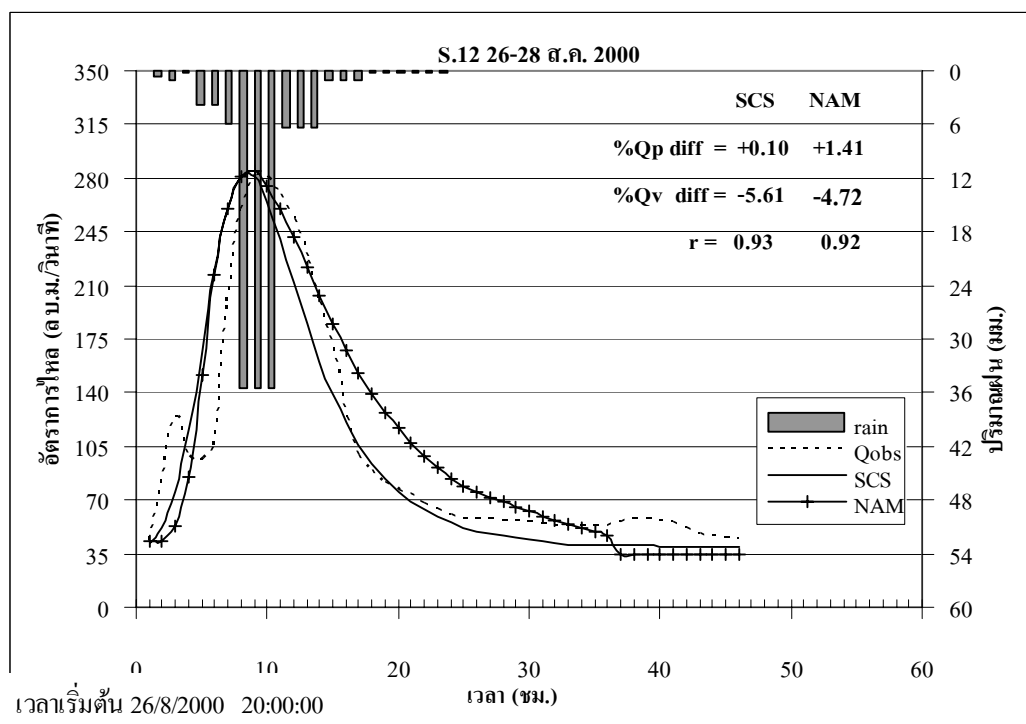
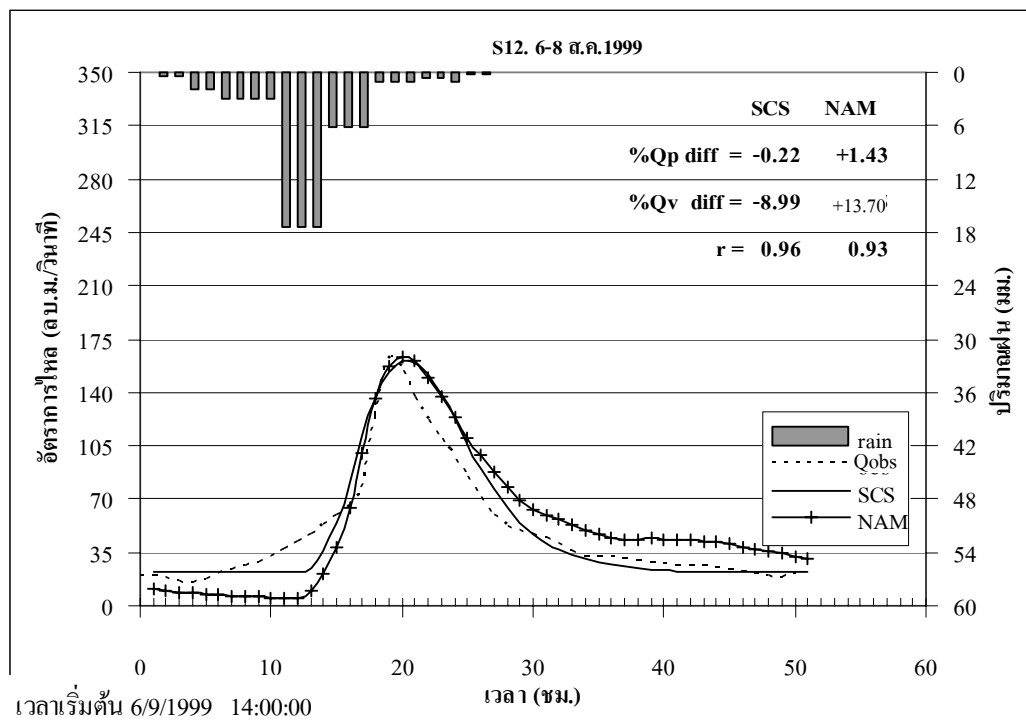
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง



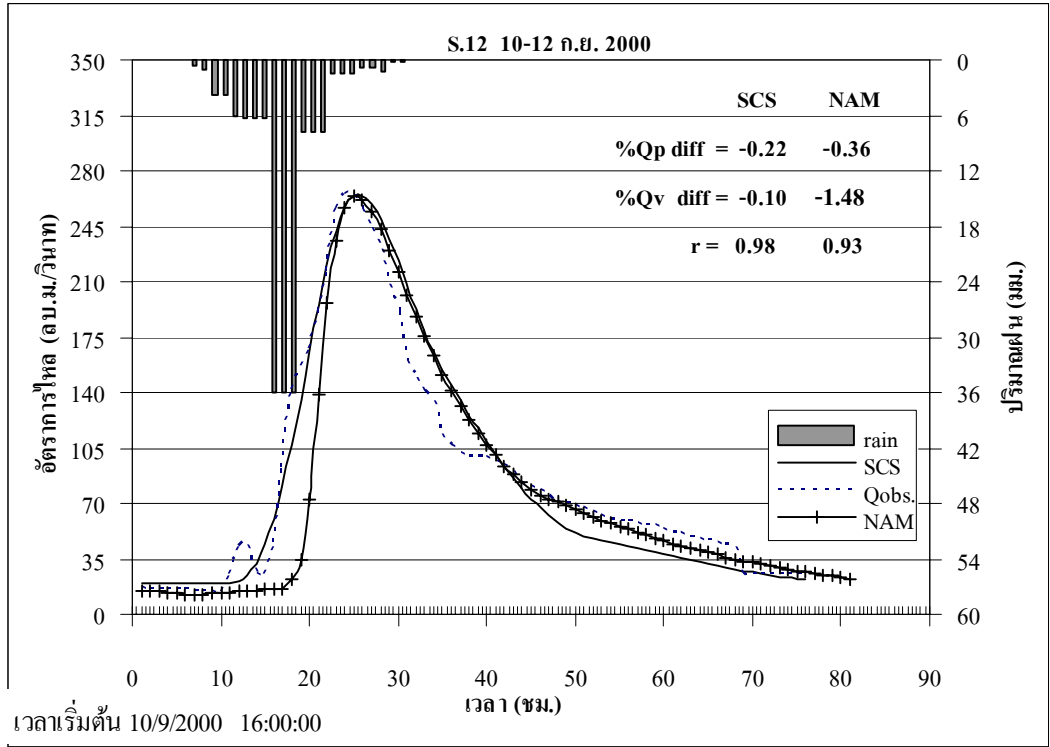
ภาพที่ 38 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.7



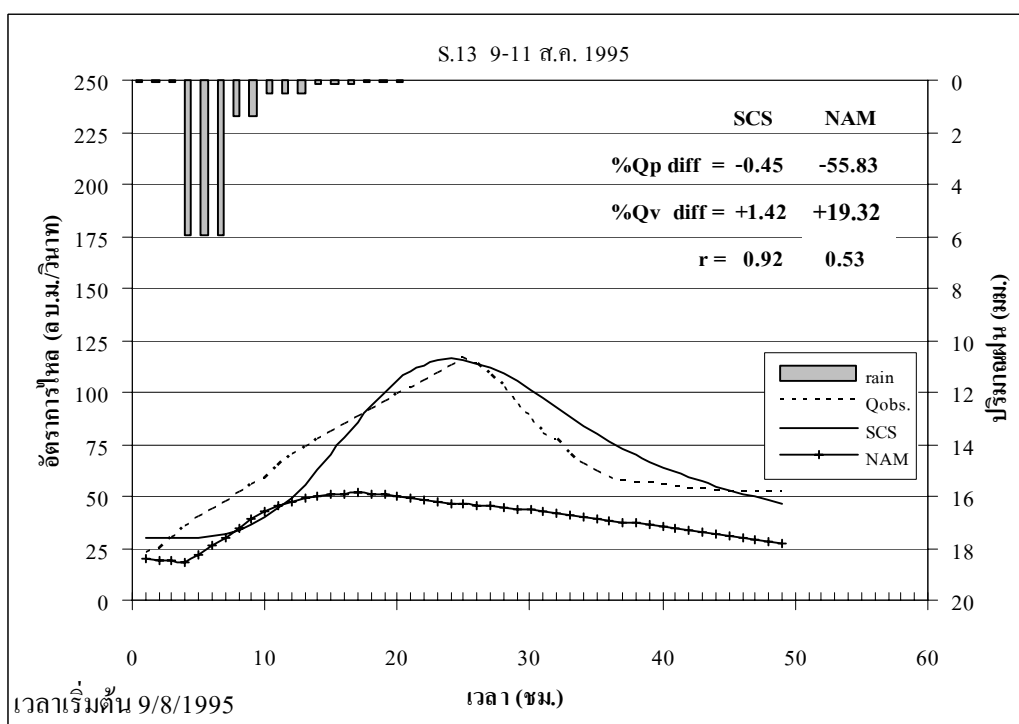
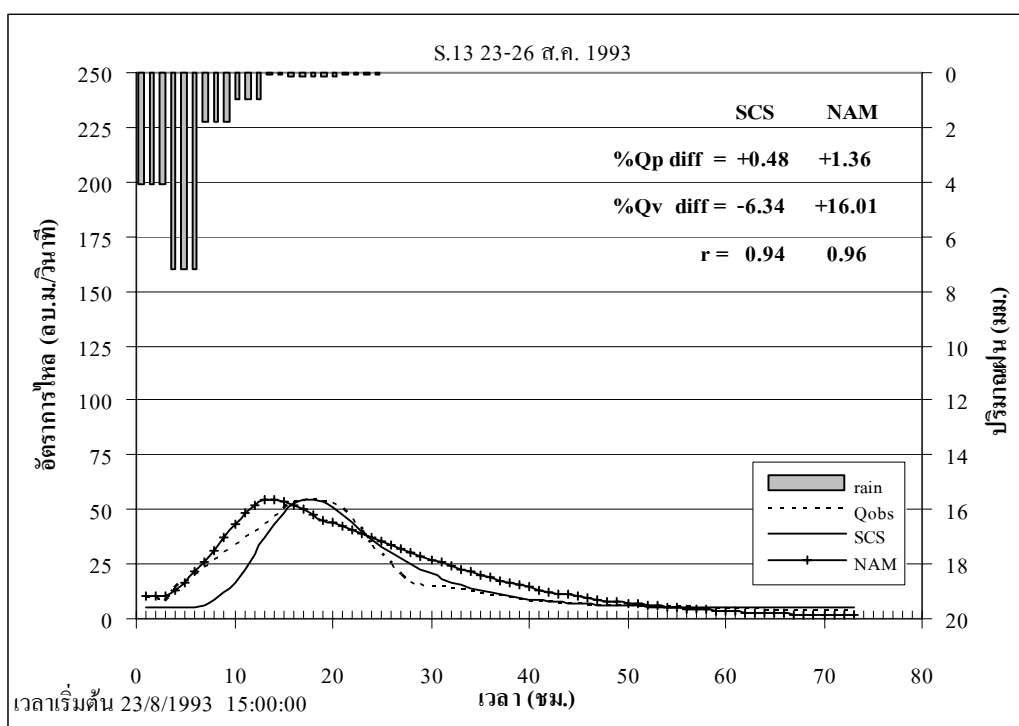
ภาพที่ 38 (ต่อ)



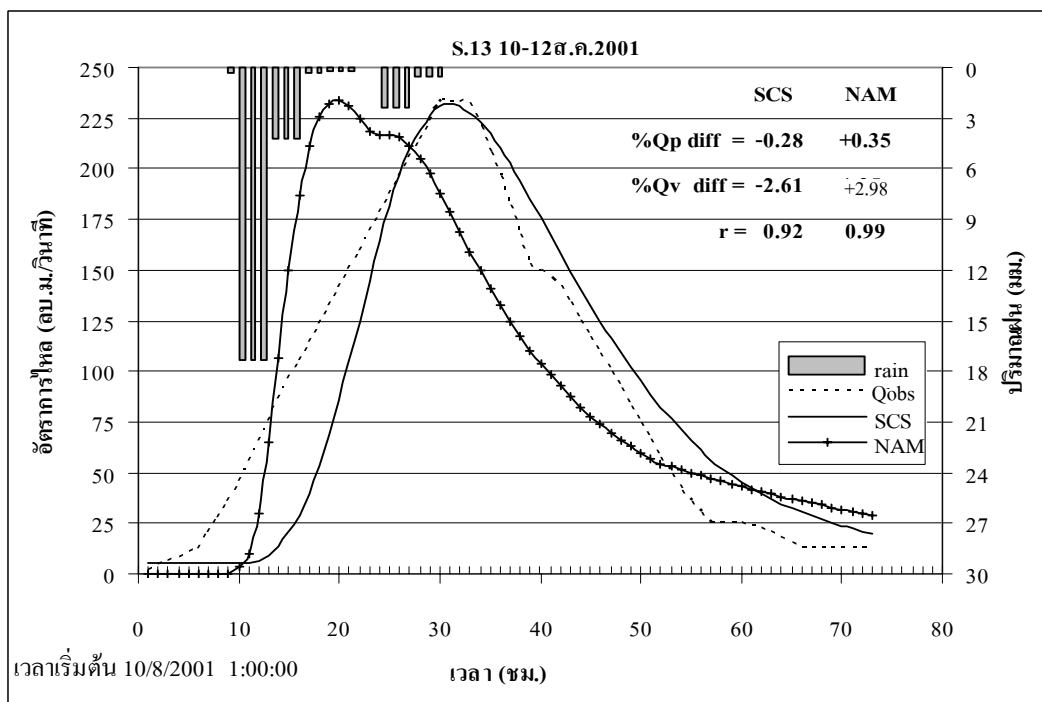
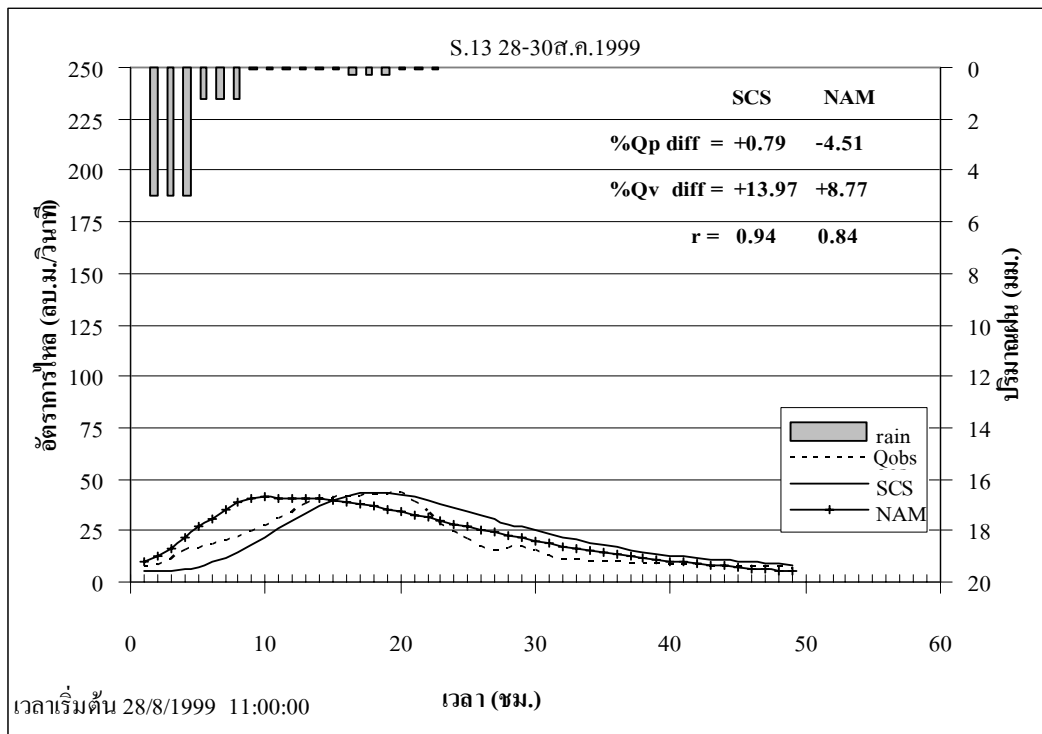
ภาพที่ 39 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.12

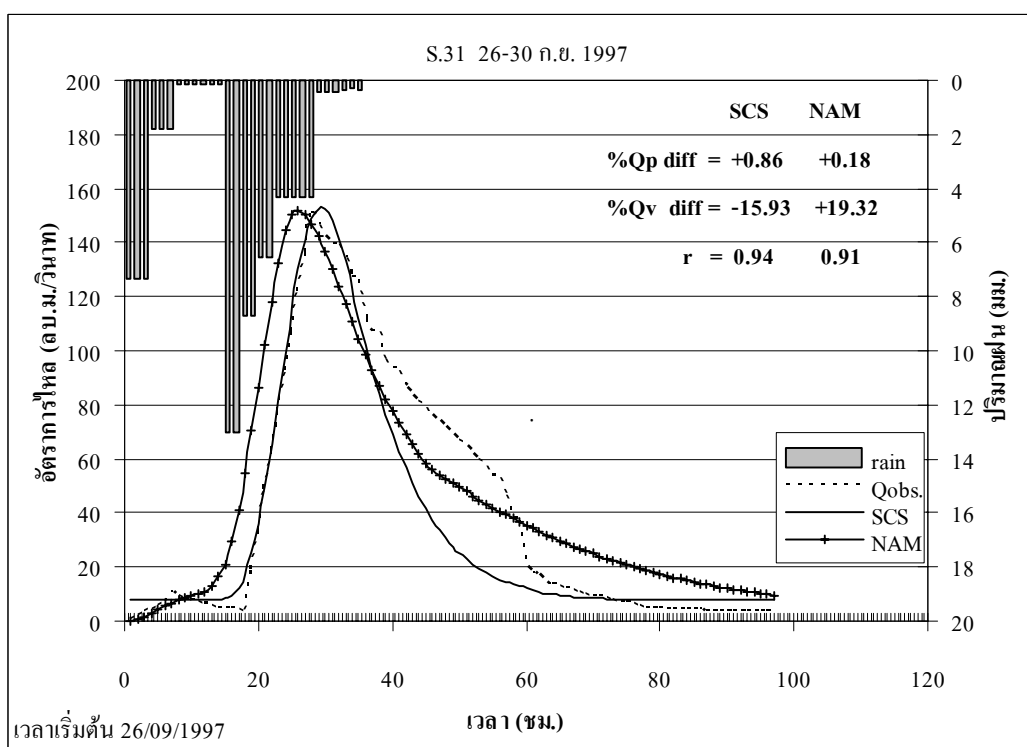
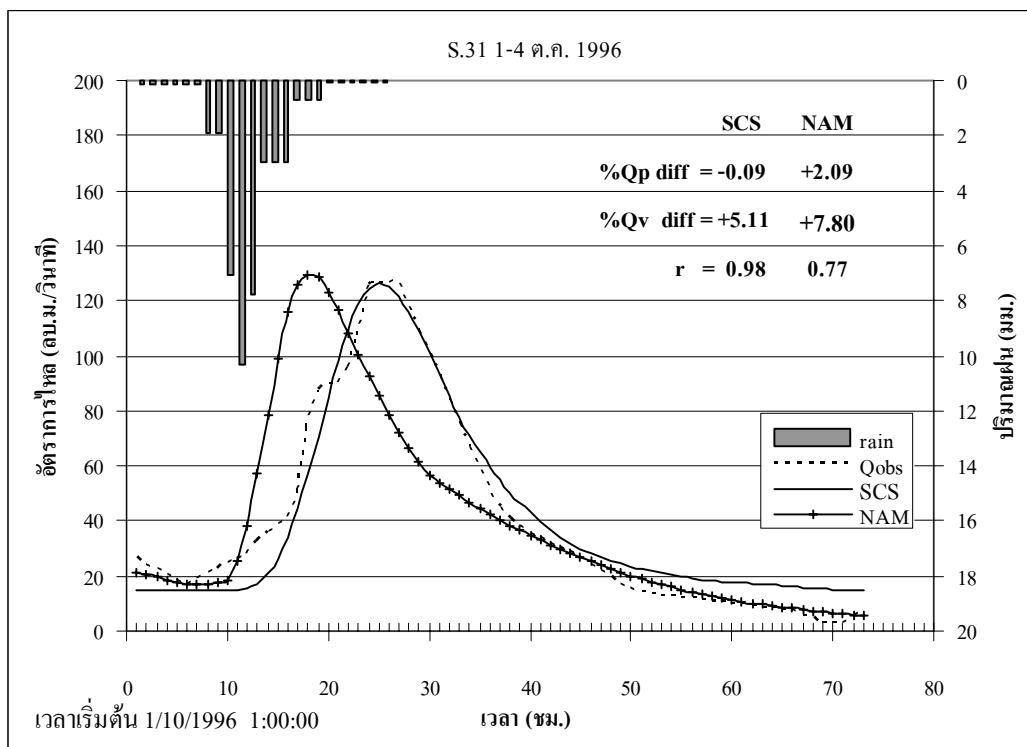


ภาพที่ 39 (ต่อ)

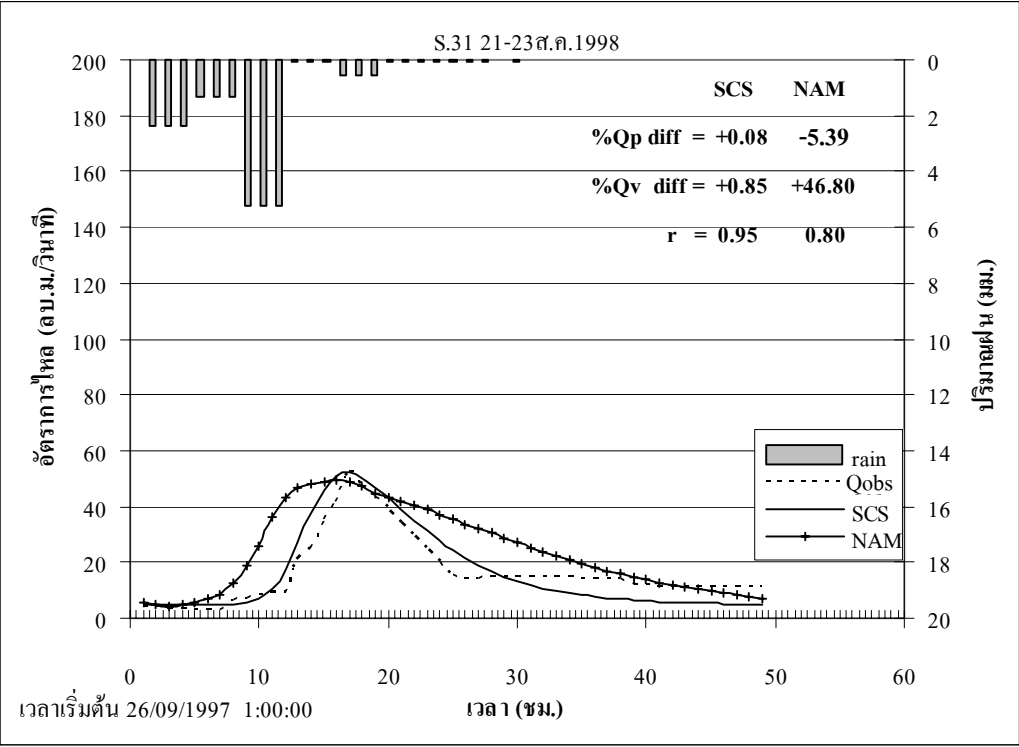


ภาพที่ 40 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.13

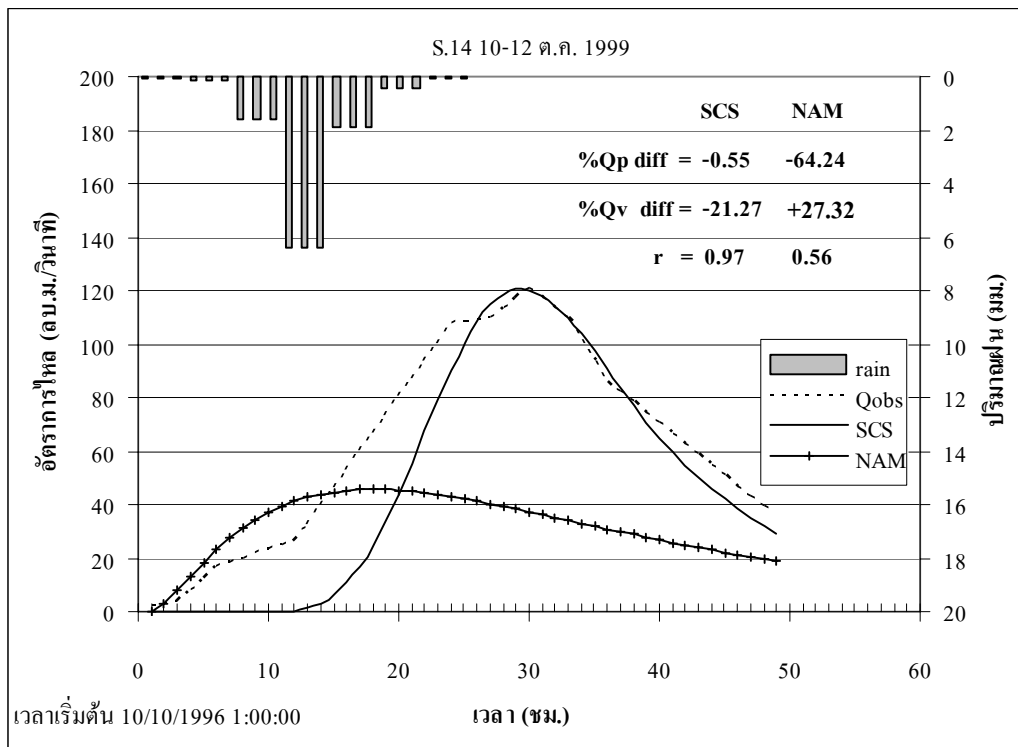




ภาพที่ 41 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.31



ภาพที่ 41 (ต่อ)



ภาพที่ 42 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี S.14

3.2 เนื่องจากแบบจำลอง SCS จัดเป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรเหมารวม (Lumped) ซึ่งคำนวณโดยพิจารณาค่าโดยรวม คือ คำนวณบนพื้นฐานของการเฉลี่ยตามพื้นที่ และการเฉลี่ยแบบทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ การคำนวณปริมาณน้ำหลากจะคำนวณโดยเป็นฟังก์ชันของเวลาเพียงอย่างเดียว ส่วนแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรกระจาย (Distributed) ซึ่งคำนวณโดยทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ และจะคำนวณน้ำหลากโดยพิจารณาเป็นฟังก์ชันของทั้งพื้นที่และเวลา ตามหลักการจึงถือได้ว่าแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองที่มีความละเอียดในการคำนวณมากกว่าแบบจำลอง SCS แต่จากผลการเปรียบเทียบค่าทางสถิติ และรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลองทั้งสองกลับพบว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS จะให้ผลที่ดีกว่าแบบจำลอง NAM ทั้งนี้เพราะว่าแบบจำลอง SCS มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สามารถคำนวณหาได้จากแผนที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาโดยตรง ดังนั้นจึงเหลือเพียงพารามิเตอร์ CN เพียงค่าเดียวที่ต้องทำการสอบเทียบ เป็นผลให้การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบขนาดและรูปร่างของกราฟน้ำหลากสามารถทำได้ใกล้เคียงกับการตรวจวัดและง่ายกว่า ขณะที่แบบจำลอง NAM จะมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 17 ค่า และยังมีค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นอีกจึงเป็นอุปสรรคในการปรับเทียบในกรณีที่มีข้อมูลจำกัด และแม้ว่าพารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งมีความไวต่อผลการคำนวณขนาดและรูปร่างของกราฟน้ำหลากจะมีเพียง 4 ค่า ได้แก่ ค่าความจุชั้นผิวดิน (Umax) ค่าความจุชั้นใต้ผิวดิน (Lmax) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF) และค่าเวลาการเคลื่อนตัวของน้ำในชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1 CK2) แต่พารามิเตอร์เหล่านี้จะต้องประมาณค่าเบื้องต้นจากสภาพกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ดังนั้นหากข้อมูลสภาพภูมิประเทศและข้อมูลกายภาพต่าง ๆ มีรายละเอียดไม่เพียงพอค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากการปรับเทียบจึงเป็นค่าโดยประมาณ เพื่อให้ได้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดเท่านั้น ด้วยเหตุที่ข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักมีข้อจำกัดหลายประการทั้งข้อมูลฝน ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่นำมาศึกษา จึงเป็นผลให้ผลการคำนวณโดยแบบจำลอง NAM มีความสอดคล้องกับผลการตรวจวัดน้อยกว่าผลการคำนวณโดยแบบจำลอง SCS

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยเพื่อศึกษาคุณลักษณะของน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำป่าสัก โดยแบ่งประเภทพื้นที่ลุ่มน้ำตามความลาดชัน ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากคือมีความลาดชันมากกว่า 1:100 และพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางคือความลาดชันระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 และทำการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยที่เคยเกิดขึ้นในอดีต รวมทั้งได้ศึกษาแนวทางการจำลองสภาพฝนและน้ำหลากด้วยแบบจำลองSCS และแบบจำลอง NAM ผลการศึกษาเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการวิเคราะห์จำลองสภาพน้ำท่าที่ทำให้เกิดอุทกภัยจากข้อมูลฝนของกลุ่มน้ำป่าสักเพื่อเสนอแนะผลการศึกษาได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำป่าสักจะเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนักถึงหนักมาก โดยจะเกิดค่าน้ำท่าสูงสุดไหลออกมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ภายในเวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำป่าสักมีความลาดชันมากและความลาดชันปานกลางเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการศึกษาเพื่อจำลองสภาพน้ำท่าที่ทำให้เกิดอุทกภัยจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลน้ำท่ารายชั่วโมงเพื่อให้ทราบถึงขนาดและรูปร่างของกราฟน้ำหลากที่ก่อให้เกิดอุทกภัยได้อย่างถูกต้อง

2. ข้อมูลฝนที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวันนำมากระจายตัวเป็นฝนรายชั่วโมง โดยใช้รูปแบบการกระจายตัวจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนอัตโนมัติของจังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดลพบุรี ซึ่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักและรูปแบบการกระจายตัวของฝนรายชั่วโมงตามการศึกษาของ สุภาพรรณ (2532) นำมาประกอบกันเพื่อกำหนดเป็นการกระจายฝนตัวแทน จากนั้นจึงนำฝนรายวันเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษามากระจายตัวเป็นฝนรายชั่วโมง และใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองน้ำท่า-น้ำหลาก SCS และ NAM ดังนั้นเมื่อนำผลการคำนวณน้ำหลากจากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำหลากที่ได้จากการตรวจวัดจึงอาจเกิดความแตกต่างกันทั้งขนาดอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างของกราฟน้ำหลากได้ อย่างไรก็ตามผลการสอบเทียบก็ให้ผลแตกต่างกันไม่มากนักและอยู่ในเกณฑ์ที่น่าไปใช้งานด้านการออกแบบอาคารชลศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหา น้ำหลากได้

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักพบว่าสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันมากควรใช้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) อยู่ในช่วง 3.75 ถึง 5.85 ชั่วโมง และค่า CN ระหว่าง 50.85 ถึง 84.25 ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางควรใช้ค่า T_p อยู่ในช่วง 10 ถึง 18 ชั่วโมง และค่า CN ระหว่าง 82.30 ถึง 97.50 และสำหรับแบบจำลอง NAM พื้นที่ที่มีความลาดชันมากควรใช้ค่า U_{max} ระหว่าง 10 ถึง 12.4 L_{max} ระหว่าง 50 ถึง 125 CQOF ระหว่าง 0.8 ถึง 1 และค่า CK1 CK2 มีค่าระหว่าง 6.50 ถึง 11.05 ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางควรใช้ค่า U_{max} ระหว่าง 10 L_{max} ระหว่าง 50 ถึง 52 CQOF ระหว่าง 0.95 ถึง 1 และค่า CK1 CK2 ใช้ค่าระหว่าง 10.50 ถึง 22 ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยสำหรับแต่ละประเภทของพื้นที่ที่เลือกมาเป็นตัวแทนในลุ่มน้ำป่าสักสรุปได้ดังนี้

พื้นที่ลุ่มน้ำ	SCS		NAM			
	T_p	CN	U_{max}	L_{max}	CQOF	CK1 CK2
ประเภท A : (ความลาดชันมาก)	3.75 - 5.85	50.85 - 84.25	10-12.4	50-125	0.8-1	6.50-11.05
ประเภท B : (ความลาดชันปานกลาง)	10-18	82.30-97.50	10	50-52	0.95-1	10.55-22

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS และ NAM พบว่าให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับผลจากการตรวจวัด โดยแบบจำลอง SCS จะเกิดความแตกต่างของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) -0.93 ถึง +0.86 เปอร์เซ็นต์ และความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างในช่วง -21.27 ถึง +13.97 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 12.87 ถึง 77.93 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่คำนวณได้กับข้อมูลตรวจวัดมีค่ามากกว่า 0.90 ขึ้นไป ส่วนแบบจำลอง NAM จะเกิดความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) -62.24 ถึง +3.63 เปอร์เซ็นต์ และเกิดความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างในช่วง -16.16 ถึง +46.80 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 9.74 ถึง 81.08 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่คำนวณได้กับข้อมูลตรวจวัดพบว่ามีค่าระหว่าง 0.53 ถึง 0.99

5. ผลการคำนวณขนาดอัตราการไหลสูงสุด เวลาการเกิดน้ำหลากสูงสุดและรูปกราฟน้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS จะให้ผลที่ดีกว่าแบบจำลอง NAM ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง SCS มีพารามิเตอร์ที่สามารถคำนวณหาได้โดยตรงจากแผนที่ภูมิประเทศ ได้แก่ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด

(Tp) ส่วนค่า CN หรือค่าดัชนีแสดงสภาพพื้นที่ที่สามารถประมาณค่าเฉลี่ยได้จากข้อมูลสภาพดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ขณะที่แบบจำลอง NAM มีพารามิเตอร์จำนวนมากที่ต้องทำการปรับเทียบ และเป็นค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ อีกทั้งแบบจำลอง NAM ยังประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์เงื่อนไขเริ่มต้นที่ต้องใส่ค่าสภาพความชื้นของชั้นดินเริ่มต้น แต่ด้วยเงื่อนไขข้อมูลกายภาพของกลุ่มน้ำป่าสักในสภาพปัจจุบันมีจำกัด รวมถึงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำต่าง ๆ ในประเทศไทยยังไม่มีผลการศึกษารองรับ ดังนั้นการคำนวณด้วยแบบจำลอง NAM จึงมีความยุ่งยากและให้ผลที่ด้อยกว่าแบบจำลอง SCS

6. การเลือกใช้แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากสำหรับลุ่มน้ำป่าสักที่เหมาะสม ณ เวลานี้ จึงควรเลือกใช้แบบจำลอง SCS ซึ่งจะทำได้ง่ายกว่าและให้ผลการคำนวณที่ดีกว่าแบบจำลอง NAM แต่ถ้าในอนาคตเมื่อมีการเก็บรวบรวมข้อมูลกายภาพที่ต่อเนื่องหรือมีการศึกษาที่รองรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำป่าสัก การเลือกใช้แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากด้วยแบบจำลอง NAM อาจให้ผลการคำนวณที่ดีกว่าเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พิจารณละเอียดกว่าแบบจำลอง SCS

7. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำป่าสักและเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดของแบบจำลอง SCS พบว่ามีความสัมพันธ์ตามสมการ $Tp = 0.0766 S + 1.6107$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของสมการเท่ากับ 0.915 ซึ่งสามารถนำสมการนี้ไปประยุกต์หาค่า Tp โดยประมาณได้เมื่อทราบลักษณะความลาดชันของพื้นที่ใด ๆ โดยช่วงความเชื่อมั่นของค่า Tp ที่คำนวณได้จะมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์เมื่อค่าความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:80 ถึง 1:180

8. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการเกิดน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝนที่ตกในเหตุการณ์นั้นของแบบจำลอง SCS พบว่าให้ความสัมพันธ์คือ $Qp = 1.352 R + 44.792$ เมื่อ R คือปริมาณฝนตก (มม.) และ Qp คือปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม/วินาที) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของสมการเท่ากับ 0.947 และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซ็นต์เมื่อค่าปริมาณฝนตกมีค่าอยู่ระหว่าง 24.08 ถึง 91.28 มม.

9. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนปริมาณการไหลสูงสุดกับค่าปริมาณฝนตกเมื่อทำการเปลี่ยนหน่วยให้เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที กับค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ของแบบจำลอง SCS แบ่งตามประเภทพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ประเภท A (มีความลาดชันมาก) จะได้

$CN = 27.108 (Qp/Rv) + 74.198$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสองเท่ากับ 0.867 และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่า CN ที่ 90 เปอร์เซนต์ เมื่อ Qp/Rv มีค่าอยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.82 สำหรับพื้นที่ประเภท B (มีความลาดชันปานกลาง) จะได้ $CN = 40.566(Qp/Rv) + 40.358$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.938 และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่า CN ที่ 90 เปอร์เซนต์ เมื่อค่า Qp/Rv มีค่าระหว่าง 0.38 ถึง 0.66

10. ผลการศึกษาความไวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SCS พบว่า Tp และ CN จะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลากอย่างเห็นได้ชัด ส่วนแบบจำลอง NAM พบว่าค่าพารามิเตอร์ U_{max} L_{max} $CQOF$ และ $CK1$ $CK2$ จะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลากอย่างเห็นได้ชัดเช่นเดียวกัน

11. เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำป่าสักมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ตัวแทนทั้งในแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM ควรกำหนดแยกตามขนาดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้ข้อมูลหลักที่ใช้ในการจำลองน้ำทำได้แก่ ข้อมูลฝน ซึ่งข้อมูลที่มีการตรวจวัดในปัจจุบันเป็นข้อมูลฝนรายวัน ในการศึกษาจึงต้องทำการกระจายฝนให้เป็นฝนที่ตกใน 24 ชั่วโมง ดังนั้นผลการจำลองที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ทั้งนี้เพราะไม่มีข้อมูลตรวจวัดฝนรายชั่วโมงของเหตุการณ์ที่เกิดอุทกภัยจริง จึงเสนอให้มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนรายชั่วโมงกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพื่อเป็นใช้สถานีตัวแทนของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเพิ่มขึ้น
2. ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาได้จากข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงนำมาเปลี่ยนเป็นค่าอัตราการไหลโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับน้ำ (Rating Curve) ซึ่งในกรณีที่เกิดอุทกภัยเมื่อเกิดน้ำล้นตลิ่งหน้าตัดที่ทำการตรวจวัด จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าระดับน้ำและอัตราการไหลได้ ดังนั้นจึงเมื่อนำข้อมูลน้ำท่ามาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองอาจให้ผลการเปรียบเทียบที่คลาดเคลื่อนได้ จึงเสนอให้มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าอัตโนมัติที่จุดไหลออกของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย
3. การศึกษานี้ยังมีข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดอุทกภัยที่ใช้ในการศึกษาน้อย ดังนั้นผลที่ได้จากการจำลองอาจให้ผลที่ยังไม่ครอบคลุมเพียงพอ อีกทั้งขนาดของเหตุการณ์ที่คัดเลือกมาศึกษาในบางลุ่มน้ำย่อยมีขนาดของเหตุการณ์ที่แตกต่างกันมากเนื่องจากมีข้อมูลจำกัด จึงเสนอแนะให้มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่าแบบอัตโนมัติ ณ จุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเพิ่มมากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อไปในอนาคต
4. ในอนาคตถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสภาพดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าในพื้นที่นั้น ๆ ดังนั้นจึงควรติดตามถึงผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยดังกล่าวด้วย
5. ในอนาคตถ้ามีการศึกษาการจำลองน้ำฝนเป็นน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยป่าสักควรทำการแบ่งประเภทพื้นที่ตามความลาดชันให้มีช่วงความลาดชันที่เหมาะสม และควรพิจารณาถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในพื้นที่ประเภทเดียวกัน อีกทั้งควรจัดหาข้อมูลที่ใช้ศึกษาให้มีจำนวนมากพอ และควรมีการศึกษาเพื่อหาค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ตัวแทนของขนาดและประเภท

ความลาดชันของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักให้ได้ผล
สมบูรณ์และประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นที่มีลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2546. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก. กรมทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม. 2532. เอกสารวิชาการ กองภูมิอากาศและกองอุตุนิยมวิทยา-อุทก. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ

กานดา คงธรรม. 2545. การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Nam สำหรับลุ่มน้ำน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2539. การป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำของมหานคร. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยวัฒน์ ภูวกรกุลชัย. 2546. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำลำภาชีโดยแบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์. 2545. การจำลองสถานะน้ำท่วม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ประสิทธิ์ ประครองศรี. 2544. โครงการศึกษาสำรวจจัดทำข้อมูลสารสนเทศด้านทรัพยากรน้ำ จังหวัด เพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรี ลุ่มน้ำป่าสัก. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

ยุพิน จันดา. 2542. การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วงศ์สถิตย์ บุญชัยกรณ์. 2545. การศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของลุ่มน้ำมูลโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- วีระชัย ชูพิศาลโรจน์. 2530. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสักโดยใช้แบบจำลองถั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วีระพล เต็มสมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. ห้างหุ้นส่วน ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. 317 น.
- สุภาพรรณ สุคนธราช. 2532. การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสูงสุด 1 วัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานรัฐมนตรี. 2537. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำป่าสัก, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2542. การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติ. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ. 2538. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า ในลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGS). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Danish Hydraulic Institute. 1992. **MIKE 11 Reference Manual** H Φ rsholm 469 p.
- _____. 1992. **MIKE 11 User Manual** H Φ rsholm 385 p.
- _____. 1992. **NAM DOCUMENTATION AND USER'S GUIDE** 70 p.
- David H. Pilgrim and Ian Cordery. 1993. **Flood Runoff**, pp. 9.1-9.42. David R. Maidment, **Handbook of Hydrology**. McGraw-Hill

HR Wallingford Co;Ltd 2004 Infoworks Version 5.5, **User Manual**

Ruangpanit, N. and M. Tangtham. 1982. **Khao Yai Ecosystem Project (Final Report)Vol.I:**
Surface Water Hydrology. Kasetsart university, Bangkok. 344p.

Tanaka, S. and T. Kawatani. 1975. Field Study on precipitation discharge relation in a
small basin on the southern slope of Met. Rokko, pp. 162-134. **In Hydrological
characteristics of River Basins.** Proc. Of the Tokyo Symposium IAHS-ASH
Pub. 17, Tokyo.

Taylor, C.H. 1967. Relations **Between Geomorphology and Streamflow in Selected
Newzealand River Catchment.** J. Hydrol. (N.Z.). 6(2): 106-112.

U.S. Soil Conservation Service, 1985. **National Engineering Handbook**, Section 4,
Hydrology. Water Resources Publication, Colorado. 614 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง InfoWorks RS

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง InfoWorks RS

1. บทนำ

โปรแกรม InfoWorks RS เป็นการพัฒนาโปรแกรมโดยการรวมคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของการรวมปฏิบัติการจำลองการไหลจากโปรแกรม ISIS, การทำงานของระบบภูมิประเทศ GIS และระบบของฐานข้อมูล จึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ของระบบแม่น้ำได้อย่างรวดเร็ว และกำหนดส่วนประกอบและรายละเอียดต่าง ๆ ของระบบแม่น้ำและทางน้ำไหลได้อย่างแน่นอน เพื่อนำไปสู่การวางแผน จัดรูปแบบการจัดการน้ำ การตรวจสอบ ติดตาม และดูแลรักษากระบวนการทำงานของแบบจำลองตั้งแต่ข้อมูลตั้งต้นไปจนถึงผลลัพธ์สุดท้าย การแสดงผลลัพธ์ของระบบแสดงได้ทั้งรูปแบบของแผนที่ภูมิศาสตร์ หน้าตัดตามยาว หน้าตัดตามขวาง พื้นที่น้ำท่วมถึง รวมทั้งจัดทำรายงาน ตารางและกราฟของผลการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์

2. คุณสมบัติของโปรแกรม InfoWorks RS โดยสรุปมีดังต่อไปนี้

2.1 ขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary) : แบบจำลอง InfoWorks RS สามารถกำหนดรูปแบบของขอบเขต ทั้งขอบเขตด้านบนและด้านล่าง (Upper and Lower Boundary) ได้หลายรูปแบบตามความเหมาะสม ดังนี้

- 1) การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า ในแบบจำลอง InfoWorks RS จะประกอบด้วยกระบวนการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าหลายวิธี เช่น FSSR16, SCS, FEH และ PDM
- 2) การคำนวณการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลจะใช้วิธี Harmonic Function
- 3) ข้อมูลอนุกรมเวลาของระดับน้ำและปริมาณการไหล
- 4) ความสัมพันธ์ของระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating Curve)

การศึกษานี้ใช้เฉพาะในส่วนของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า โดยเลือกกระบวนการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าแบบวิธี SCS

2.2 การคำนวณทางชลศาสตร์ : แบบจำลอง InfoWorks RS จะใช้สมการ St. Venant (สมการโมเมนตัม และสมการความต่อเนื่อง) ในการคำนวณการไหลในทางน้ำและพื้นที่น้ำท่วม ทั้งในระบบทางน้ำเดียวและระบบโครงข่ายทางน้ำ ส่วนการคำนวณการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ต่าง ๆ จะใช้สมการเฉพาะแยกในแต่ละชนิดของอาคารชลศาสตร์ โดยชนิดของอาคารชลศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มของท่อลอด (Conduit/Culvert)

กลุ่มของการไหลล้น (Spill) และการพังทลายของคันกั้นน้ำ/เขื่อน (breach)

กลุ่มของสะพาน (Bridge)

กลุ่มของการไหล Orifice

กลุ่มของเครื่องสูบน้ำ (Pump)

กลุ่มของฝาย (weir)

กลุ่มของประตูน้ำ (Sluice gate)

กลุ่มของบึงพักน้ำ / พื้นที่น้ำท่วม หรือพื้นที่เก็บน้ำ (Storage/pond)

1.3 การควบคุมอาคารชลศาสตร์ : แบบจำลอง InfoWorks RS มีความยืดหยุ่นในการควบคุมการทำงานของอาคารชลศาสตร์ (ประตูระบายน้ำ และสถานีสูบน้ำ เป็นต้น) ซึ่งสามารถดำเนินการควบคุมตามเวลาที่กำหนดหรือควบคุมตามสภาพระดับน้ำหรือปริมาณน้ำได้ตามต้องการ โดยการกำหนดเงื่อนไขทางตรรกวิทยา

1.4 การจัดการฐานข้อมูล : แบบจำลอง InfoWorks RS จะจัดการฐานข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรม Microsoft JET, SQL หรือ MSDE โดยแบ่งฐานข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ฐานข้อมูลหลัก (Master Database) ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการจัดการโปรแกรมและแบบจำลองที่เกี่ยวข้อง

2) ฐานข้อมูลเฉพาะที่ (Local Root Directory) เป็นส่วนเก็บข้อมูลสำเนาการทำงานที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ผลการจำลองและเพิ่มข้อมูลชั่วคราวต่าง ๆ

1.5 ด้านการแสดงผล การแสดงผลสามารถแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์ โดยผลคำนวณที่ได้จะอยู่ในรูปของกราฟ หรือตารางสรุป ทั้งนี้เมื่อใช้ร่วมกับระบบ GIS จะสามารถ

แสดงพื้นที่น้ำท่วม (Flood map) หน้าตัดของพื้นที่น้ำท่วม (Floodplain section) ที่เกิดขึ้นตามสถานที่และเวลาต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งจัดทำรายงานสรุปเหตุการณ์น้ำท่วมตามตำแหน่งสำคัญต่าง ๆ ที่กำหนด โดยระบบ GIS ของโปรแกรม InfoWorks RS จะสามารถรองรับเพิ่มข้อมูลลักษณะภูมิประเทศจากโปรแกรม Arc Info, Arc View, MapInfo หรือ AutoCAD ได้

นอกจากนี้โปรแกรม InfoWorks RS ยังมีการรองรับการนำเข้าและการส่งผ่านข้อมูลออกของระบบ โดยสามารถนำเข้าข้อมูลได้จากโปรแกรม ISIS เชื่อมต่อข้อมูลกับ MapInfo Professional หรือ ArcView GIS นำเข้าข้อมูลจากไฟล์ .CSV และ ASCII และนำเข้าข้อมูล DTM ในรูปแบบที่สนับสนุนจาก TIN โดยข้อมูลสามารถส่งออกสู่ไฟล์ข้อมูลด้านเข้าของ ISIS หรือ FloodWorks, MapInfo Professional หรือ ArcView GIS และ ไฟล์ .CSV

3. โครงสร้างและส่วนประกอบในการใช้งานโปรแกรม InfoWorks RS

การทำงานของโปรแกรม InfoWorks RS จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงโครงสร้างของโปรแกรม ซึ่งโครงสร้างของโปรแกรม InfoWorks RS จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

โครงสร้างในด้านการใช้งาน

โครงสร้างในด้านการจัดการข้อมูล

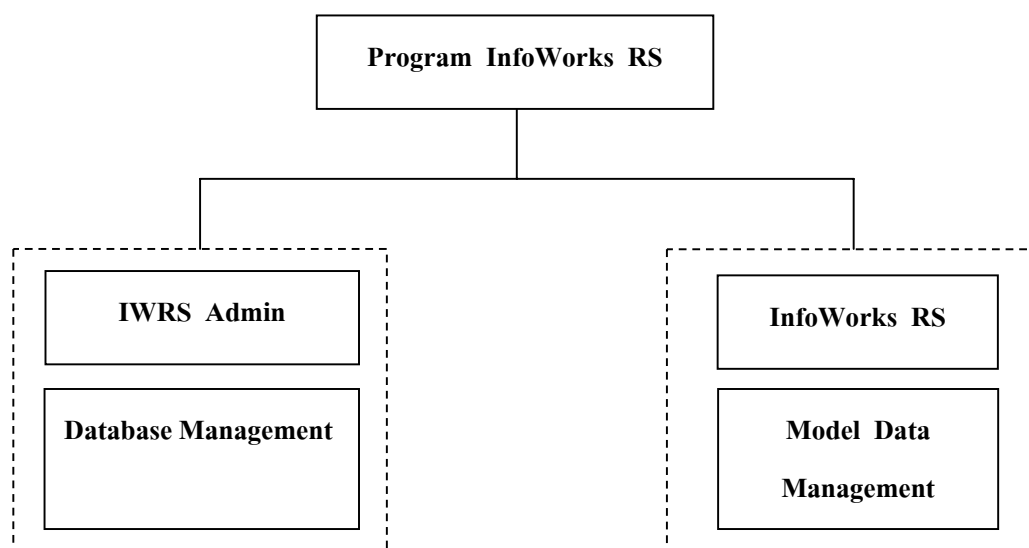
โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 โครงสร้างด้านการใช้งาน

การใช้งานโปรแกรม InfoWorks RS จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในภาพผนวก ก1 เพื่อความสะดวกและเพื่อประสิทธิภาพของการใช้งาน ประกอบด้วย

InfoWorks RS Administration (IW RS Admin) : ใช้ในการจัดสร้างฐานข้อมูลและจัดการระบบฐานข้อมูลสำหรับการใช้งานของโปรแกรม รวมไปถึงการจัดการ/ดำเนินการต่าง ๆ ของเพิ่มข้อมูล (File) ของระบบแบบจำลอง

InfoWorks RS : ใช้สำหรับจัดการสร้างแบบจำลองและองค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงข่ายทางน้ำ รวมไปถึงการใช้ประโยชน์ในการจำลองเหตุการณ์ทางชลศาสตร์ที่เกิดจากเงื่อนไขต่าง ๆ



ภาพผนวกที่ ก1 องค์ประกอบด้านการใช้งานของโปรแกรม InfoWorks RS

3.2 โครงสร้างในด้านการจัดการข้อมูล

โปรแกรม InfoWorks RS ใช้ระบบของฐานข้อมูล (JET, SQL, MSDE หรือ Oracle) ในการจัดการข้อมูลโดยระบบฐานข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

Master Database และ

Local Root Directory

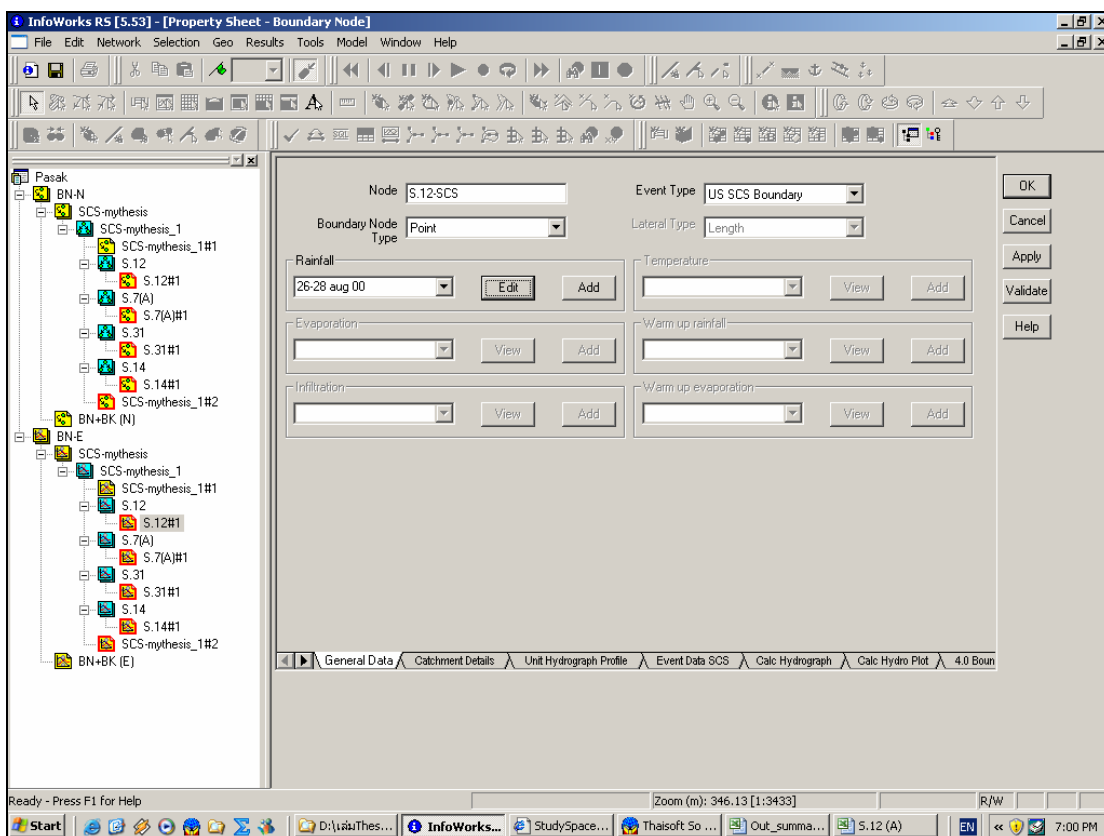
โดยเก็บข้อมูลแบบจำลองหลักไว้ในฐานข้อมูลหลัก (Master Database) ส่วนในด้านของสำเนาข้อมูลเฉพาะที่ผู้ใช้งานต้องการศึกษา หรือเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะสามารถเก็บไว้ได้ใน Local Root Directory ของผู้ใช้งานแต่ละแห่งที่ต่างกันออกไป โดยจะมีการทำงานประกอบไปด้วยกันระหว่าง Master Database และ Local Root Directory จากระบบการจัดการข้อมูลดังกล่าวจะส่งผลให้โปรแกรมสามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว และแบ่งเบาภาระการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดของระบบไม่ให้เนื้อที่ในการทำงานของระบบแน่นจนเกินไปในการปฏิบัติงาน จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเพิ่มขึ้น

4. ความรู้ทั่วไปในการใช้งานโปรแกรม InfoWorks RS

การใช้งาน Program InfoWorks RS จะเริ่มต้นจากการสร้าง Master Database และ Local Root Directory ในขั้นแรกก่อนเพื่อจัดสร้างระบบของการเก็บรักษาและจัดการข้อมูล โดยในการจัดสร้างฐานข้อมูลหลักจะใช้โปรแกรมย่อย InfoWorks RS Administration ในการดำเนินการ ส่วนการจัดสร้างโครงข่ายลักษณะและข้อมูลต่าง ๆ จะใช้โปรแกรมย่อย InfoWorks RS ในการดำเนินการ ส่วนรายละเอียดการใช้งานโปรแกรม InfoWorks RS สามารถอ่านได้จากเมนู Help ของโปรแกรม

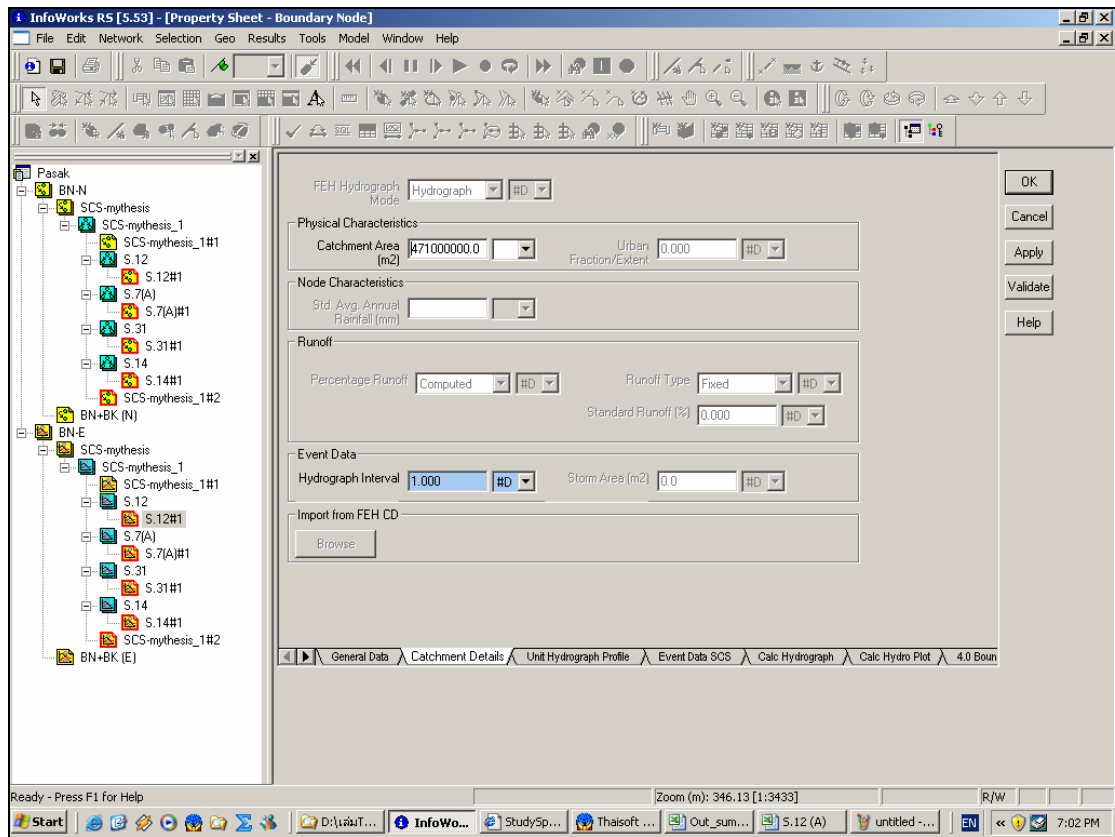
ในส่วนของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธี SCS นี้จะเป็นส่วนของขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary) ที่เป็นข้อมูลนำเข้าการคำนวณทางด้านชลศาสตร์ เช่นการคำนวณหาค่าระดับน้ำในลำน้ำ เป็นต้น โดยเมื่อเปิดหน้าจอของโปรแกรมขึ้นมาจะประกอบด้วยแถบให้ใส่รายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ แถบ General Data แถบ Catchment Detail แถบ Unit Hydrograph Profile แถบ Event Data SCS แถบ Cal Hydrograph และ แถบ Cal Hydrograph Plot ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม InfoWorks RS ในส่วนของแบบจำลอง SCS แสดงไว้ดังภาพผนวกที่ ก2 ถึง ภาพผนวกที่ ก7

4.1 แถบ General Data เป็นแถบแรกสำหรับใส่ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ชื่อ Node ในช่อง Event Type จะประกอบด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าวิธีต่าง ๆ ในที่นี้เลือกแบบจำลองแบบวิธีของ SCS โดยเลือก US SCS Boundary ในช่องของ Rainfall สำหรับใส่ค่าเหตุการณ์ฝน โดยตั้งชื่อเหตุการณ์และกดปุ่ม Edit สำหรับใส่ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ฝน



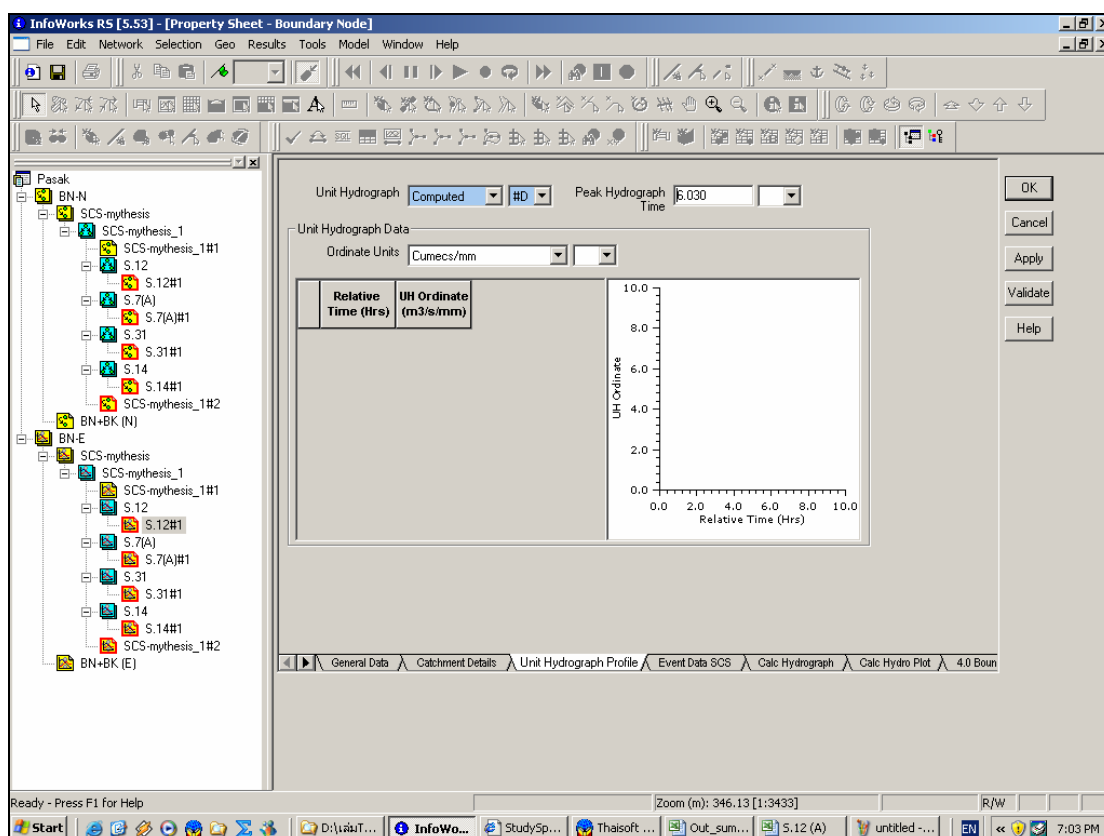
ภาพผนวกที่ ก2 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ General Data

4.2 แถบ Catchment Detail เป็นแถบสำหรับใส่ข้อมูลขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ช่วงเวลาของกราฟน้ำท่า (Hydrograph Interval)



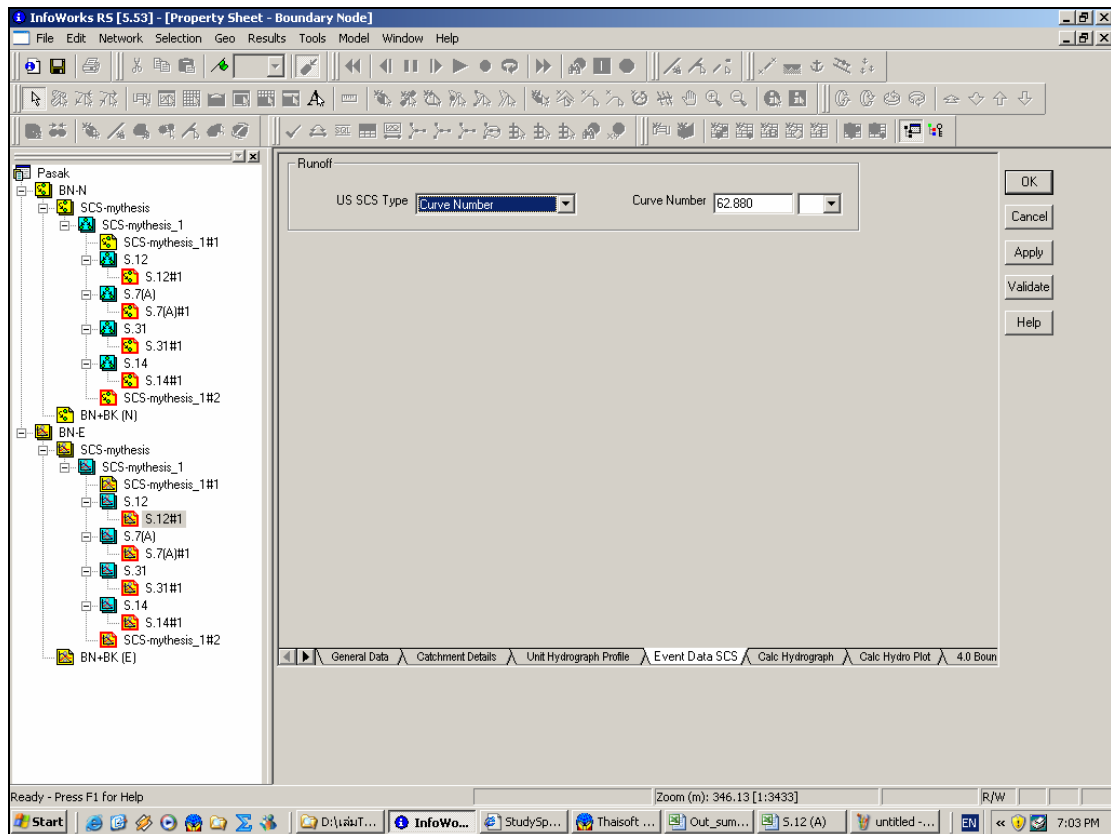
ภาพผนวกที่ ก3 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Catchment Detail

4.3 แถบ Unit Hydrograph Profile เป็นแถบสำหรับใส่ข้อมูลกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า สามารถใส่ข้อมูลกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเองได้โดยเลือก Observe ในช่อง Unit Hydrograph หรือสามารถเลือกใช้กราฟน้ำหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากวิธีของ SCS ได้ด้วยเช่นกันโดยเลือกแบบ Computed และใส่ข้อมูลเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ในช่อง Peak Hydrograph Time



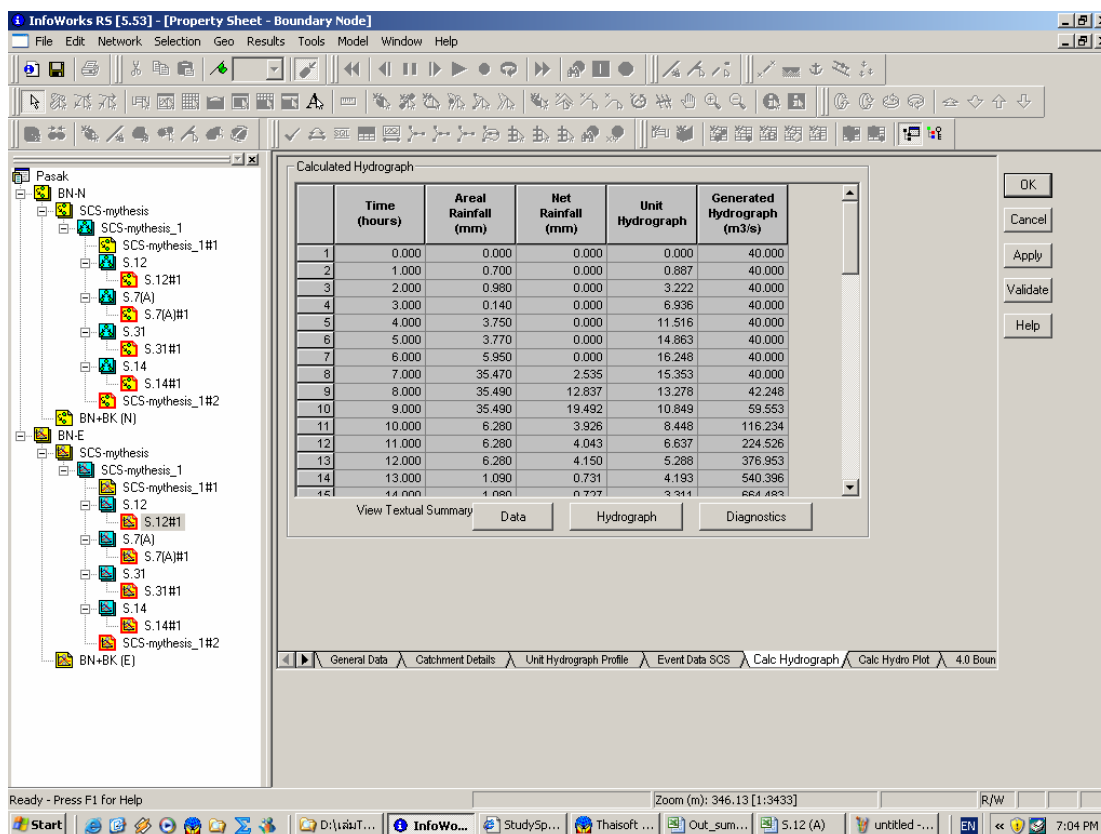
ภาพผนวกที่ ก4 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Unit Hydrograph Profile

4.4 แถบ Event Data SCS เป็นแถบสำหรับใส่ค่าครรชนี่แสดงสภาพพื้นที่ (CN) โดยในช่อง US SCS Type ให้เลือก Curve Number และใส่ค่า CN ในช่อง Curve Number



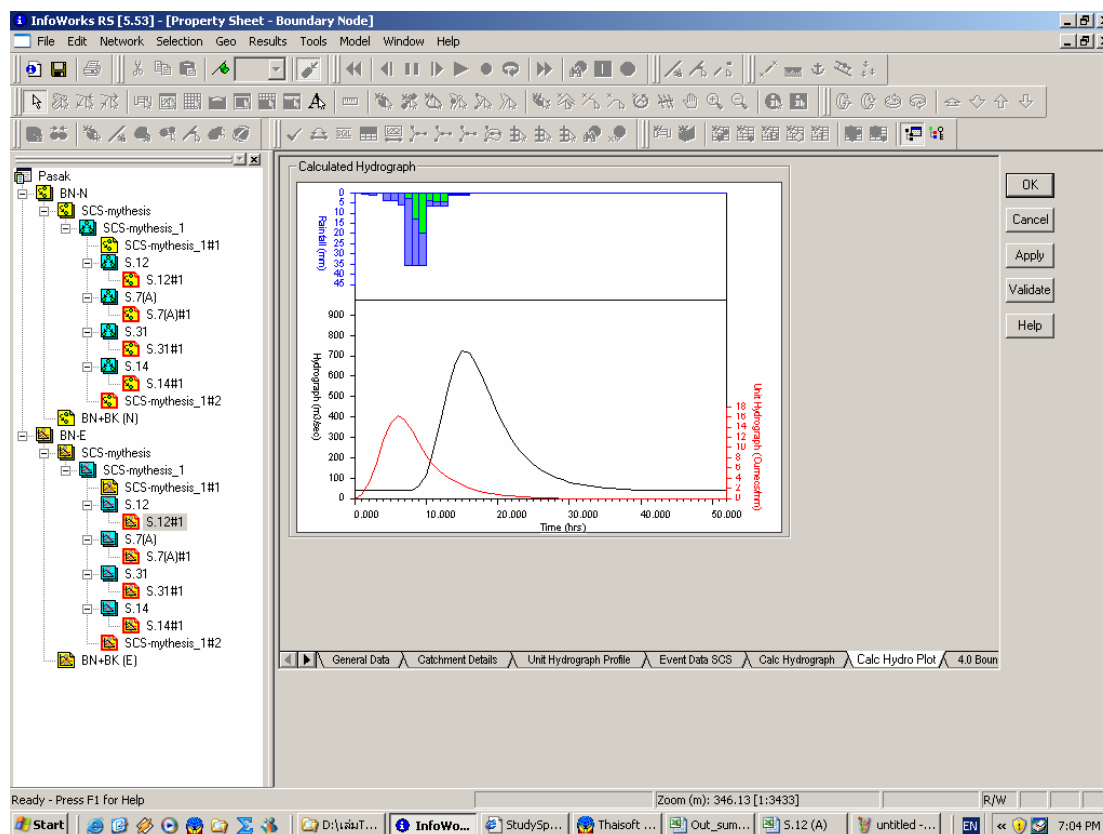
ภาพผนวกที่ ๑๕ หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Event Data SCS

4.5 แถบ Cal Hydrograph เป็นแถบผลการคำนวณกราฟน้ำท่าที่ได้โดยแสดงค่าข้อมูลฝนของเหตุการณ์ในแต่ละชั่วโมง (Areal Rainfall) ค่าฝนส่วนเกินที่จะกลายเป็น้ำท่าผิวดิน (Net Rainfall) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ได้ (Unit Hydrograph) และผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าในแต่ละชั่วโมงแสดงในช่อง General Hydrograph



ภาพผนวกที่ 66 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph

4.6 แถบ Cal Hydrograph Plot เป็นแถบแสดงผลการคำนวณกราฟน้ำท่าที่ได้โดยแสดงเป็นรูปกราฟน้ำท่าโดยแสดงทั้งกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและกราฟน้ำท่าที่คำนวณได้



ภาพผนวกที่ ก7 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph Plot

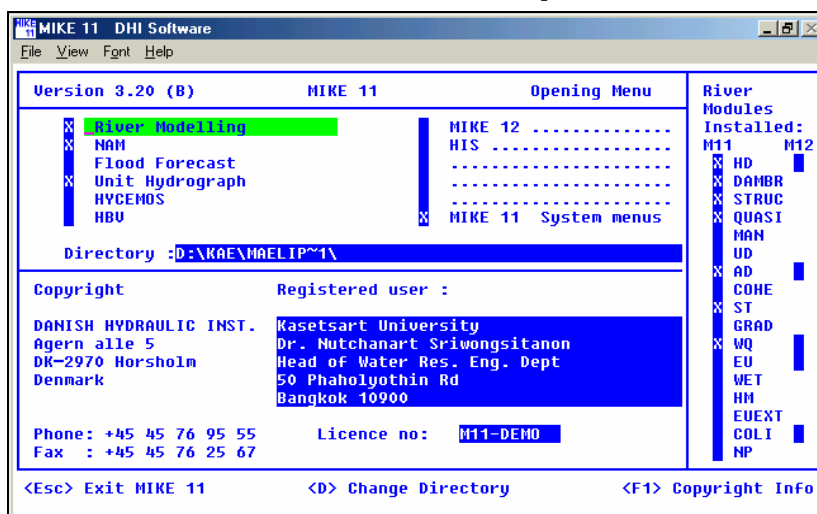
ภาคผนวก ข

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง NAM

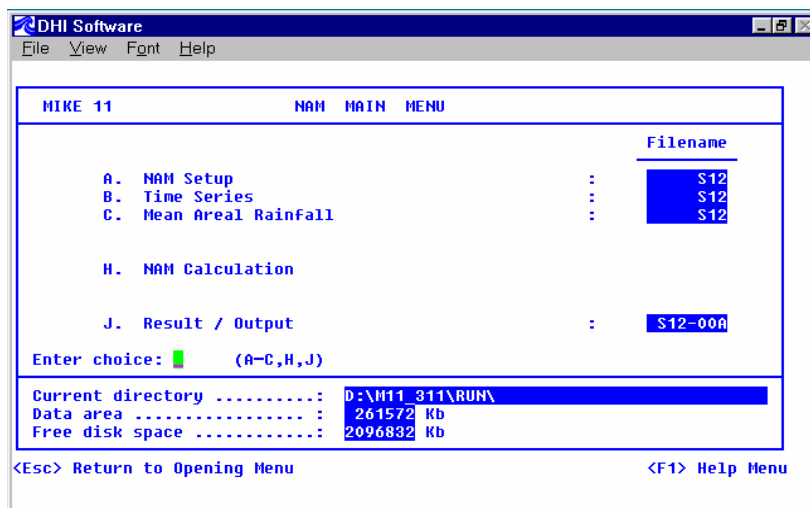
รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง NAM

1. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ใช้งานแบบจำลอง NAM

1.1 เข้าสู่แบบจำลอง MIKE 11 จะปรากฏหน้าต่างดังแสดงในภาพผนวกที่ ข1 จากนั้นเลือก NAM เพื่อเข้าสู่เมนูหลัก ซึ่งมีเมนูหลัก 5 รายการประกอบด้วย A. NAM Setup, B. Time Series, C. Mean Areal Rainfall, H. NAM Calculation และ J. Result/Output ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข2

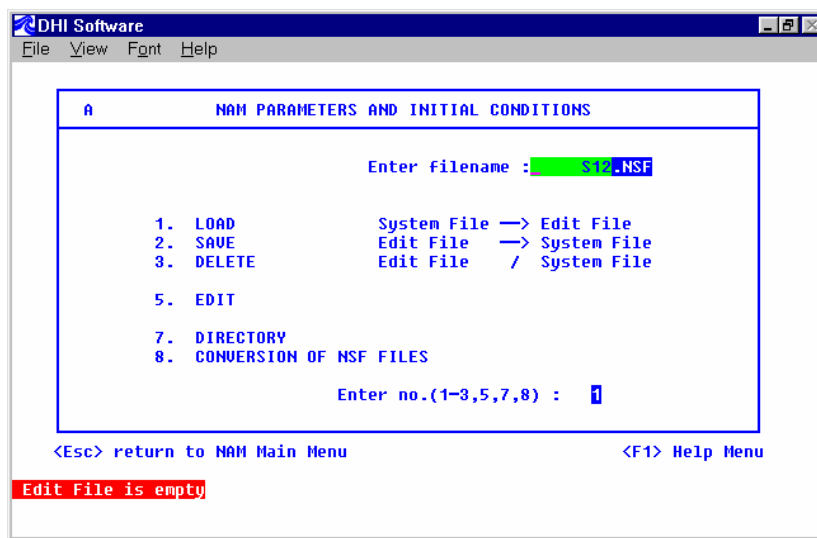


ภาพผนวกที่ ข1 แบบจำลอง MIKE 11

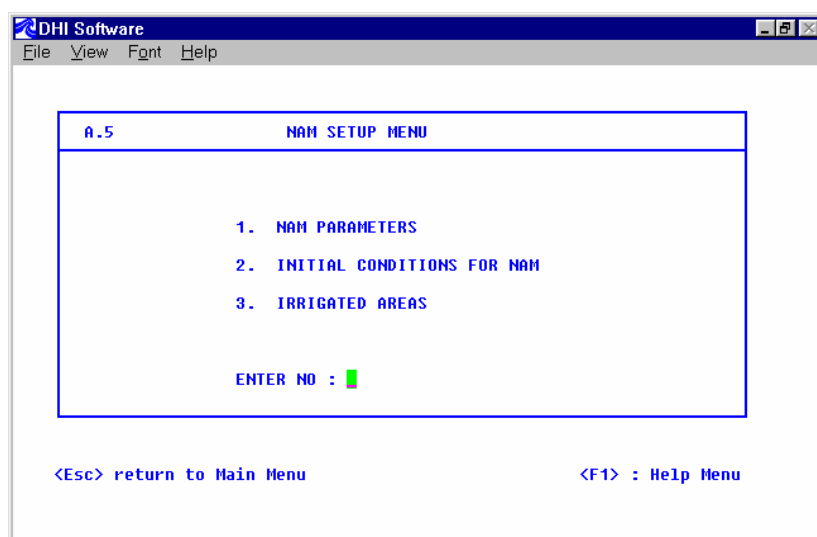


ภาพผนวกที่ ข2 เมนูหลักของแบบจำลอง NAM

1.2 เลือก A. NAM Setup จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขเริ่มต้น ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง NAM Parameters and Initial Conditions ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข3 จากนั้นเลือก 5. Edit เข้าสู่รายการ A.5 NAM Setup Menu จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข4 แล้วเลือก 1. NAM Parameters เข้าสู่รายการ A.5.1.1 NAM Parameters เพื่อกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง ซึ่งพารามิเตอร์ของแบบจำลองแสดงในภาพผนวกที่ ข5



ภาพผนวกที่ ข3 เมนู A NAM Parameters and Initial Conditions



ภาพผนวกที่ ข4 เมนู A.5 NAM Setup Menu

A.5.1.1 NAM PARAMETERS		Subcatchment : S12
Area of subcatchment	471.0 km2	
Maximum water content in surface storage	12.8 mm	
Maximum water content in root zone storage	130.0 mm	
Overland flow runoff coefficient (0-1)	0.53	
Time constant for interflow	1000 hours	
Root zone threshold value for overland flow (relative)	0.50	
Root zone threshold value for interflow (relative)	0.00	
Degree day coefficient (mm/centigrade/day)	0.0	
Time constants for routing inter- and overland flow	13.8 hours 13.8 hours	

<Esc> : Continue to next NAM parameters menu. <F1> : Help Menu

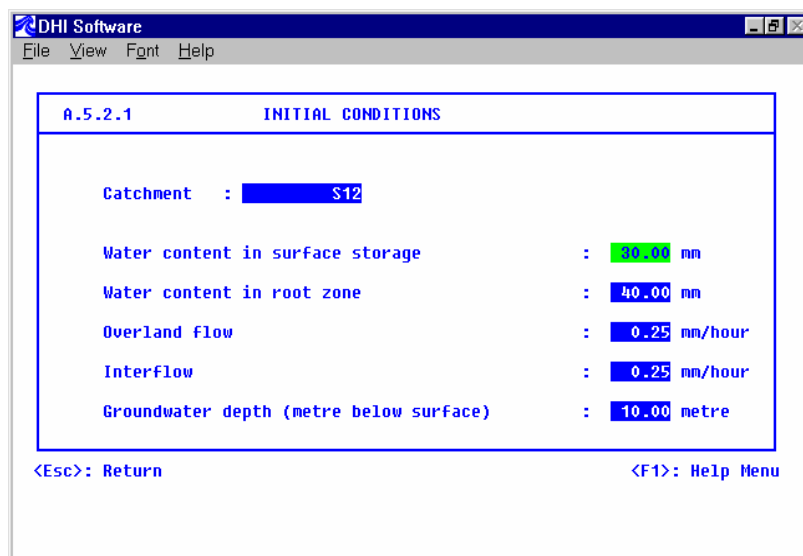
ภาพผนวกที่ ข5 เมนู A.5.1.1 NAM Parameters

A.5.1.2 NAM PARAMETERS		Subcatchment : S12
GROUND WATER :		
Ratio of groundwater catchment area to topographical catchm. :	1.00	
Root zone threshold value for groundwater recharge (relative) :	0.50	
Specific yield of groundwater reservoir :	0.100	
Time constant for routing baseflow :	1000 hours	
Minimum groundwater depth :	0.00 metre	
Maximum groundwater depth causing baseflow :	10.00 metre	
Seasonal variation of this depth ? (Y/N) :	N	
Groundwater depth for unit capillary flux :	0.00 metre	
Change ground water abstraction data ? (Y/N) :	N	

<Esc>: Return <F1>: Help Menu

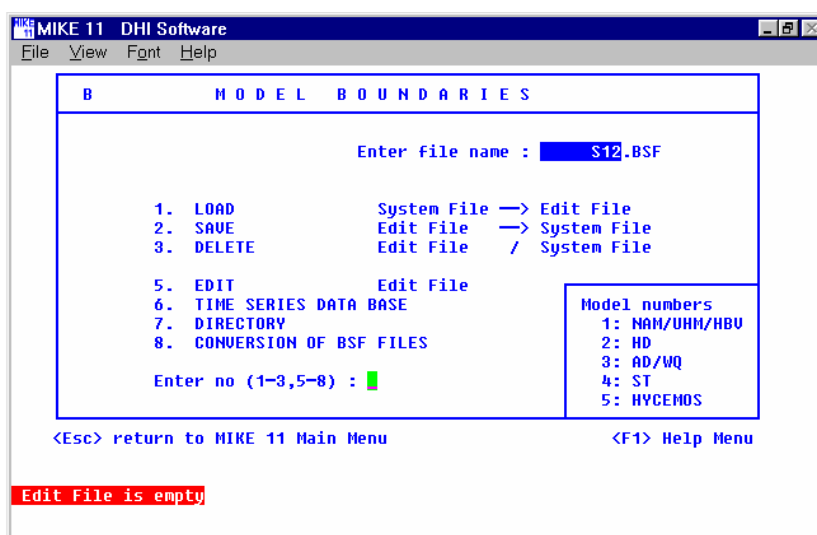
ภาพผนวกที่ ข5 (ต่อ) เมนู A.5.1.1 NAM Parameters

1.3 เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลองแล้ว ต้องกำหนดค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลองโดยเลือก 2. Initial Conditions for NAM ในเมนู A.5 NAM Setup Menu ในภาพผนวกที่ ข 4 เข้าสู่รายการ A.5.2.1 Initial Conditions จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข6 จากนั้นทำการ Save ข้อมูลพารามิเตอร์และเงื่อนไขเริ่มต้น โดยเลือก 2. Save ในเมนู A. NAM Parameters and Initial Conditions ตามภาพผนวกที่ ข3 ซึ่งนามสกุลของแฟ้มข้อมูลคือ .NSF

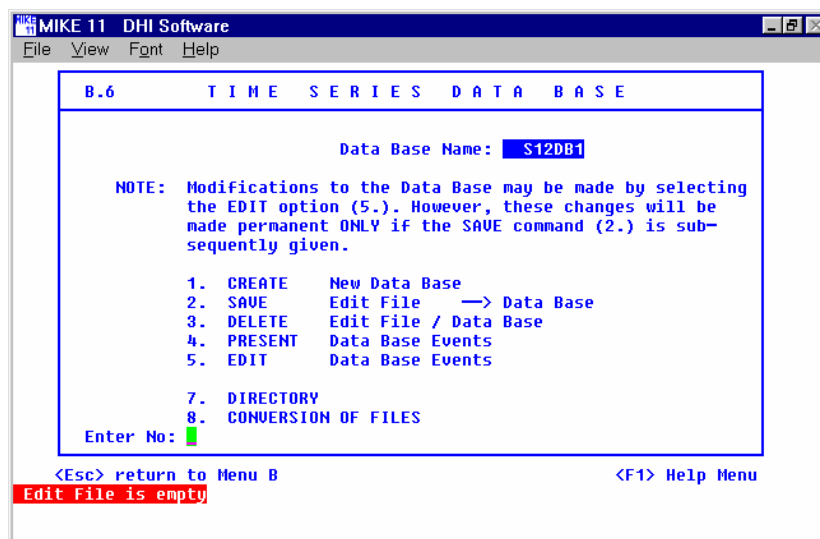


ภาพผนวกที่ ข6 เมนู A.5.2.1 Initial Conditions

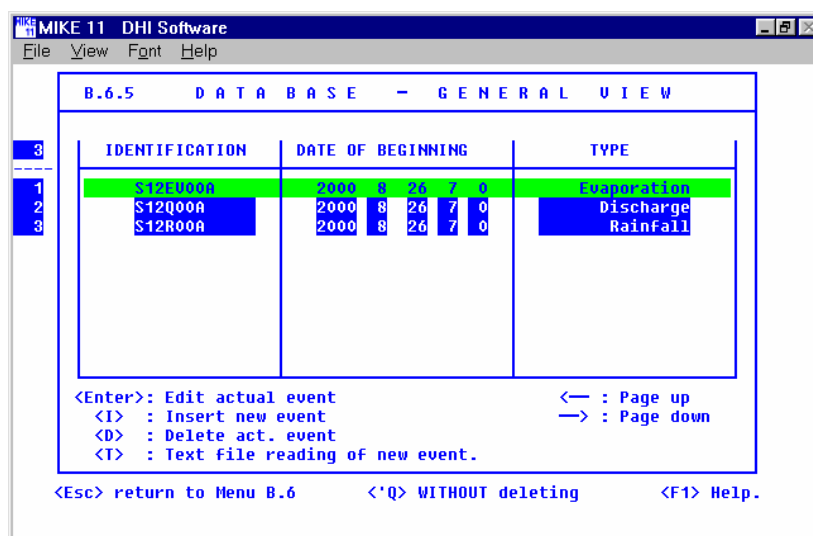
1.4 เลือก B. Time Series จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อกำหนดข้อมูลด้านเข้าที่เป็นอนุกรมเวลา ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง Model Boundaries ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข7 จากนั้นเลือก 6. Time Series Data Base จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข8 แล้วเลือก 5. Edit (Data Base Events) เข้าสู่รายการ B.6.5 Data Base – General View เพื่อนำเข้าข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข9



ภาพผนวกที่ ข7 เมนู B Model Boundaries



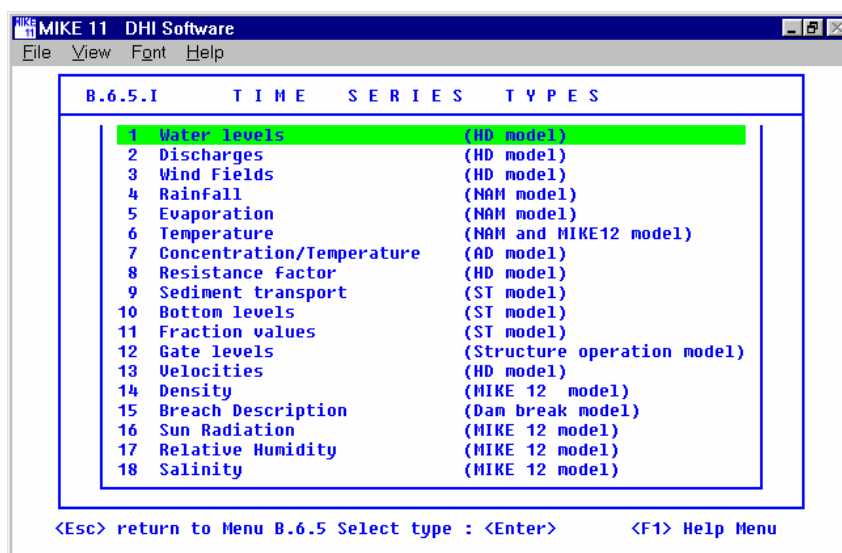
ภาพผนวกที่ ข8 เมนู B.6 Time Series Data Base



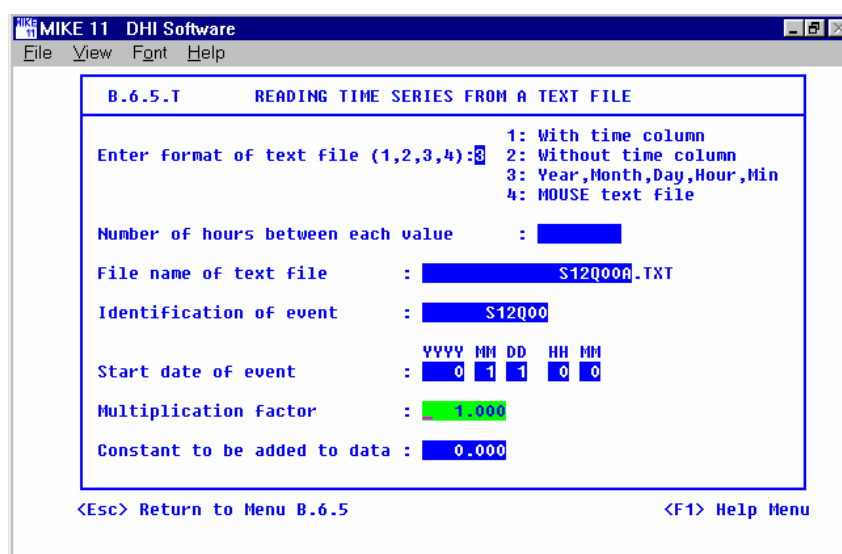
ภาพผนวกที่ ข9 เมนู B.6.5 Data Base – General View

1.5 จากเมนู B.6.5 Data Base – General View ในภาพผนวกที่ ข9 การนำเข้าข้อมูลสามารถทำได้ 2 วิธีคือ <I> : Insert New Event เป็นการใส่ข้อมูลที่ละค่า และ <T> : Text File Reading of New Event เป็นการนำเข้าข้อมูลที่เป็น Text File เหมาะสำหรับอนุกรมเวลาของข้อมูลที่มีจำนวนมาก เมื่อเลือก <T> จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข10 Time Series Type เป็นประเภทของข้อมูลด้านเข้า

โดยในแบบจำลอง NAM ข้อมูลด้านเข้าประกอบด้วย อัตราการไหล (Discharge) ปริมาณฝน (Rainfall) และปริมาณการระเหย (Evaporation) ซึ่งเมื่อเลือกประเภทของข้อมูลด้านเข้าแล้วจะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข11 Reading Time Series from a Text File

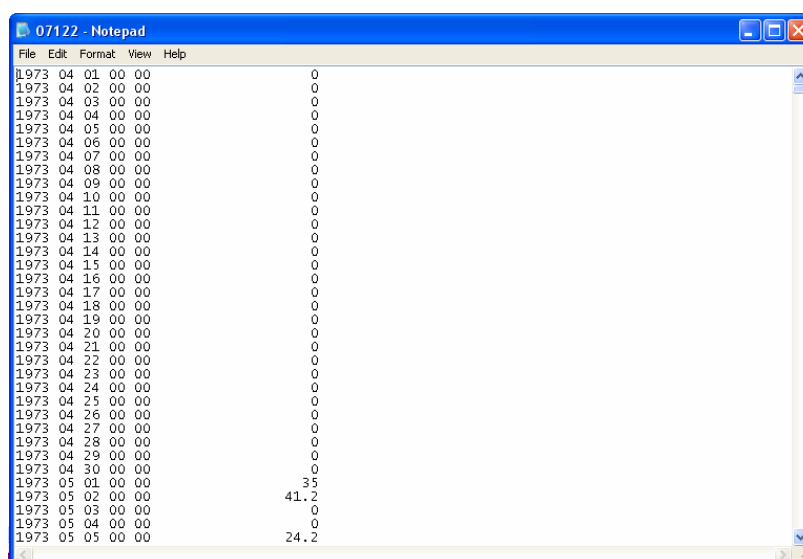


ภาพผนวกที่ ข10 เมนู B.6.5.I Time Series Type



ภาพผนวกที่ ข11 เมนู B.6.5.T Reading Time Series from a Text File

1.6 จากเมนู B.6.5.T Reading Time Series from a Text File เลือกรูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลา โดยเลือกรูปแบบที่ 3: Year, Month, Day, Hour, Min ซึ่งจะต้องมีการเตรียมข้อมูลอนุกรมเวลาในรูปแบบนี้ไว้ก่อนแล้วในรูป Text File โดยข้อมูลอนุกรมเวลาที่เป็น Text File และมีรูปแบบที่ 3 ได้แสดงตัวอย่างไว้ในภาพผนวกที่ ข12



ภาพผนวกที่ ข12 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบเป็น Text File

1.7 เมื่อนำเข้าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งอัตราการไหล ปริมาณฝน และปริมาณการระเหยแล้ว ทำการเลือกเมนู 5. Edit ในเมนู B Model Boundaries ในภาพผนวกที่ ข7 เข้าสู่รายการ B.5 Extraction from the Data Base ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข13 เพื่อกำหนดขอบเขตของข้อมูลปริมาณฝนและปริมาณการระเหยที่ใช้ในการคำนวณ แต่ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณฝนจะต้องเป็นปริมาณฝนตามพื้นที่ (Areal Rainfall) ที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งวิธีการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่จะได้แสดงในลำดับถัดไป จากนั้นทำการ Save ขอบเขตของข้อมูลอนุกรมเวลา โดยเลือก 2. Save ในเมนู B. Model Boundaries ตามภาพผนวกที่ ข7 ซึ่งนามสกุลของแฟ้มข้อมูลคือ .BSF

B.5 EXTRACTION FROM THE DATA BASE

EXTRACTION NO.: 1 Boundary type.. 1 : 1: RAINFALL
 CATCHMENT NAME: S12 2: EVAPORATION
 3: TEMPERATURE

Name of Data base	Name of Event	Start time	Finish time
S12DB1	S12R00A	2000 8 26 7 0	2000 8 28 7 0

Right (y/n) :

Enter: (E/I/D/ESC) Edit Insert Delete <esc>=return

ภาพผนวกที่ ข13 เมนู B.5 Extraction from the Data Base

1.8 การคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่ทำได้โดยการเข้าสู่เมนู C. Mean Area Rainfall ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข14 เลือก 5. Edit จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข15 เพื่อเลือกการคำนวณจากประเภทของข้อมูลปริมาณฝนที่มี ซึ่งกรณีแรกคือมีข้อมูลฝนเพียงประเภทเดียวโดยเป็นปริมาณฝนรายวันหรือปริมาณฝนรายชั่วโมง ส่วนกรณีที่ 2 มีข้อมูลฝนทั้งสองประเภทคือทั้งปริมาณฝนรายวันและรายชั่วโมง

C MEAN AREAL RAINFALL

Enter filename : S12.MSF

1. LOAD System File -> Edit File
 2. SAVE Edit File -> System File
 3. DELETE Edit File / System File

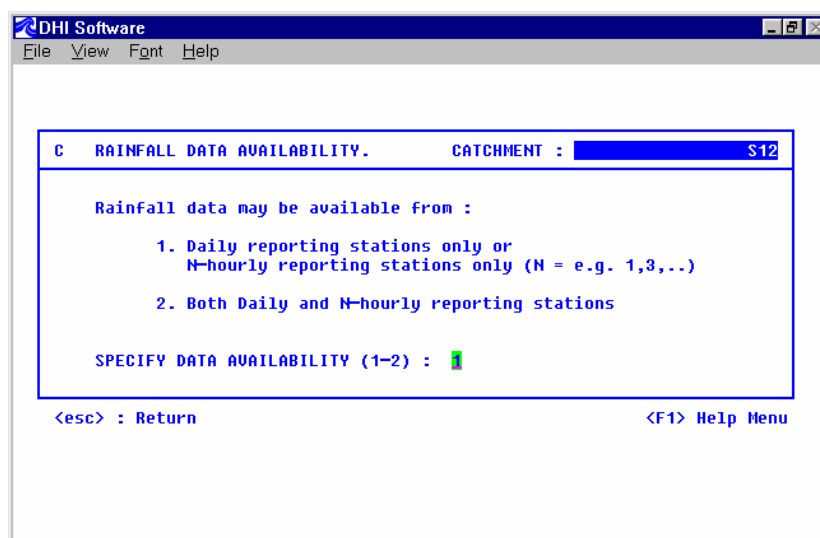
5. EDIT
 6. CALCULATE
 7. DIRECTORY

Enter no. (1-3,5-7) :

<Esc> return to Main Menu <F1> Help Menu

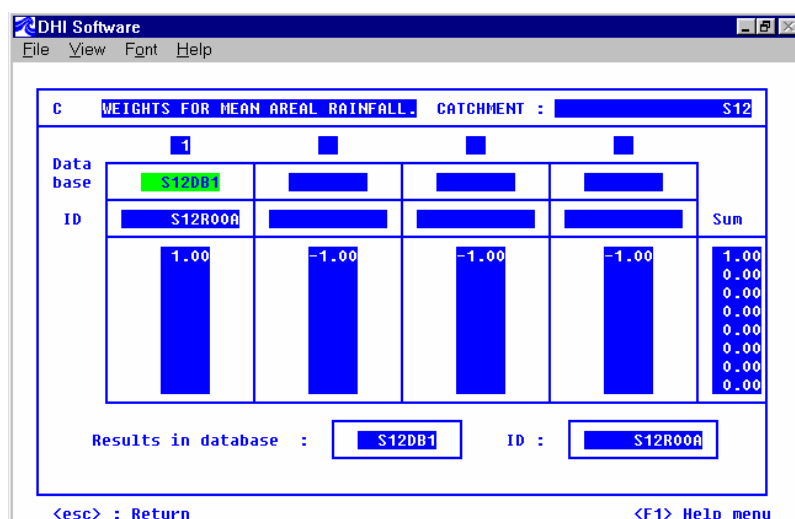
Edit File is empty

ภาพผนวกที่ ข14 เมนู C Mean Areal Rainfall



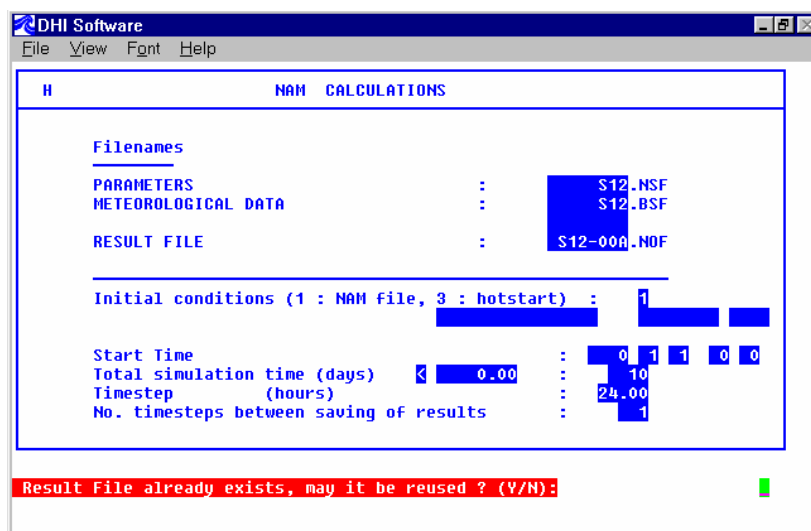
ภาพผนวกที่ ข15 เมนู C Rainfall Data Availability เพื่อเลือกการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่

1.9 เมื่อเลือกการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่แล้วจะเข้าสู่หน้าต่างในภาพผนวกที่ ข16 เพื่อกำหนดสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานีที่มีอิทธิพลต่อสถานีวัดน้ำท่าที่พิจารณา ซึ่งเมื่อกำหนดแล้วจะย้อนกลับไปคำนวณโดยเลือก 6. Calculate ในเมนู C ตามภาพผนวกที่ ข14 จากนั้นทำการ Save ปริมาณฝนตามพื้นที่ที่ได้จากการคำนวณ โดยเลือก 2. Save ในเมนู C. Mean Areal Rainfall ตามภาพผนวกที่ ข14 ซึ่งนามสกุลของแฟ้มข้อมูลคือ .MSF



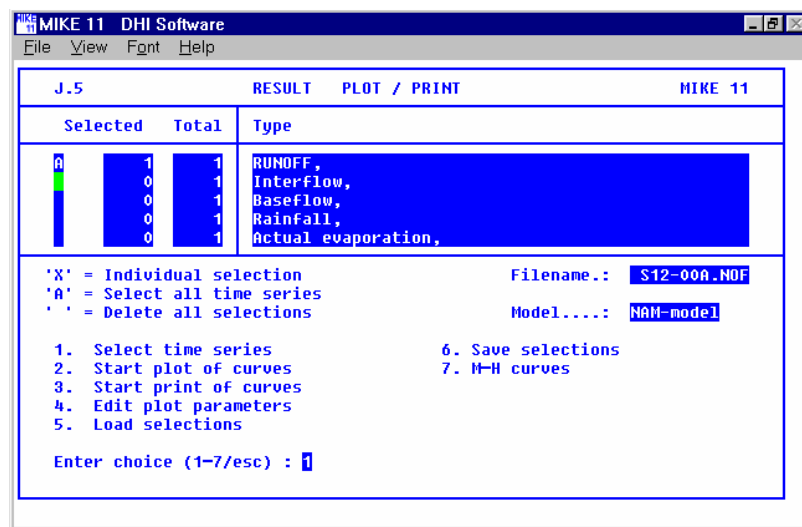
ภาพผนวกที่ ข16 การกำหนดสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนต่อสถานีวัดน้ำท่า

1.11 เลือก H. NAM Calculation จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อคำนวณอัตราการไหล น้ำท่า ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง NAM Calculations ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข17 โดยเลือกเพิ่มข้อมูล พารามิเตอร์และขอบเขตของข้อมูล และกำหนดชื่อของผลการคำนวณ ซึ่งสามารถกำหนดได้ในเมนูหลักของแบบจำลองในภาพผนวกที่ ข2 นามสกุลของผลการคำนวณคือ .NOF

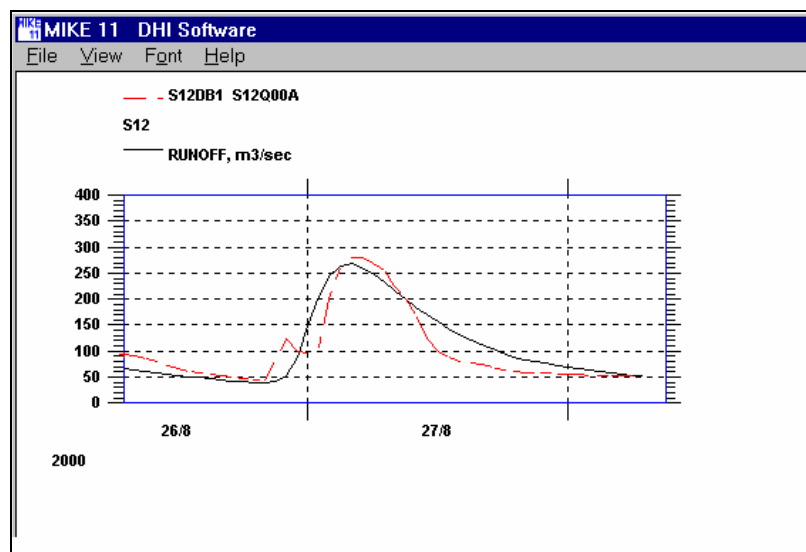


ภาพผนวกที่ ข17 เมนู H NAM Calculations

1.12 เลือก J. Result/Output จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อแสดงผลการคำนวณ จากนั้น เลือก 5. Time Series เพื่อเข้าสู่เมนู J.5 Result Plot/Print ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข18 ซึ่งสามารถเลือกการแสดงผลได้ทั้งรูปแบบของกราฟและอนุกรมเวลา โดยเลือก 2. Start Plot of Curves เพื่อแสดงผลในรูปแบบกราฟ ดังตัวอย่างการแสดงผลในภาพผนวกที่ ข19 หรือเลือก 3. Start Print of Curves เพื่อแสดงผลในรูปแบบอนุกรมเวลา ดังแสดงผลในภาพผนวกที่ ข20



ภาพผนวกที่ ข18 เมนู J.5 Result Plot/Print



ภาพผนวกที่ ข19 ตัวอย่างการแสดงผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

DHI Software TextBrowser

File Font

+-----+-----+-----+-----+			
DATA FILE	:	S12.NSF	BOUNDARY FILE: S12.BSF
PARAMETER	:	S12.NOF	CALCULATED : 3-OCT-2005, 20:35
+-----+-----+-----+-----+			
		S12	
+-----+-----+-----+-----+			
HOURS:MIN			
+-----+-----+-----+-----+			
2000		RUNOFF, m3/sec	
8-26			
7:	0	65.417	
8:	0	62.977	
9:	0	60.565	
10:	0	58.186	
11:	0	55.847	
12:	0	53.555	
13:	0	51.314	
14:	0	49.128	
15:	0	47.000	
16:	0	44.934	
17:	0	42.931	
18:	0	40.994	
19:	0	39.255	
20:	0	37.922	
21:	0	41.836	
22:	0	52.718	
23:	0	87.121	
8-27			
0:	0	149.20	
1:	0	206.26	
2:	0	244.00	
3:	0	263.17	

ภาพผนวกที่ ข20 ตัวอย่างการแสดงผลปริมาณน้ำทำในรูปแบบอนุกรมเวลา

2. การสอบเทียบแบบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM MODEL (Calibration of NAM parameters)

แบบจำลอง NAM ประกอบด้วยพารามิเตอร์ทั้งหมด 17 พารามิเตอร์ โดยมี 7 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้มีค่าคงที่ และอีก 10 พารามิเตอร์ที่จะต้องทำการสอบเทียบ ซึ่งพารามิเตอร์ที่จะต้องทำการสอบเทียบมีพารามิเตอร์หลัก 3 ตัวที่มีความสำคัญมากที่สุด คือมีผลต่อการปรับค่าสมมูลย์น้ำของน้ำท่า (runoff volumes) และที่เหลืออีก 7 พารามิเตอร์ถือเป็นพารามิเตอร์รองที่จะต้องทำการปรับแก้ค่าต่าง ๆ เช่น ค่าการเคลื่อนตัวของน้ำท่า เป็นต้น การสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองจะต้องทำการสอบเทียบค่าต่าง ๆ โดยอาศัยความเข้าใจพื้นฐานของโครงสร้างของแบบจำลองและสอบเทียบจากข้อมูลสภาพพื้นที่ที่ทำการจำลอง

พารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM 15 พารามิเตอร์ ได้แก่

1. Area
2. Umax
3. Lmax
4. CQOF
5. CKIF
6. TOF

7. TIF
8. CSMELT
9. CK1
10. CK2
11. Sy
12. TG
13. GWLmin
14. CKBF
15. CAREA
16. GWLBF0
17. GWLF1

2.1 หลักในการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ๆ ดังนี้

2.1.1 การสอบเทียบค่าสมดุลน้ำ (Fit of water balance / runoff volume)

ทำการสอบเทียบค่าสมดุลน้ำให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัด โดยการปรับค่าการคายระเหยของพืช (evapotranspiration) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องทำการปรับแก้ได้แก่ การปรับแก้ค่า L_{max}/U_{max}

2.2.2 การสอบเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุด (Fit of flood peaks)

เมื่อทำการสอบเทียบค่าสมดุลน้ำได้ใกล้เคียงแล้วจึงทำการปรับเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุดให้ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ โดยการปรับแก้ค่าอัตราการไหลบนผิวดิน (overland flow) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องทำการปรับแก้ได้แก่

CQOF	เพื่อปรับแก้ค่าอัตราการไหล และอัตราการไหลสูงสุด
TOF	เพื่อปรับแก้เวลาการไหล

CK1 CK2 เพื่อปรับแก้รูปร่างของกราฟน้ำท่า เช่น มีการเคลื่อนตัวของน้ำท่าเร็วหรือช้า

2.2.3 การสอบเทียบค่าอัตราการไหลต่ำ ๆ (Fit of low flows)

หลังจากสอบเทียบกราฟน้ำท่าให้ได้อัตราการไหลและค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ใกล้เคียงแล้วจึงทำการสอบเทียบค่าอัตราการไหลฐาน (base flow) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องทำการสอบเทียบได้แก่

CQOF	เพื่อปรับแก้อัตราการไหล เช่น การซึมลงดิน หรือ ไหลของน้ำผิวดิน (infiltration / recharge)
TG	ปรับแก้เวลาในการไหล
CKBF	ปรับแก้รูปร่างการไหล

2.2.4 ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่สอบเทียบได้ (Verify calibration on different data)

เมื่อสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ให้ผลใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดแล้ว ให้ทำการตรวจสอบหรือทดสอบพารามิเตอร์ชุดดังกล่าว โดยนำมาใช้กับข้อมูลเหตุการณ์อื่น ๆ

ผลกระทบต่อการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์

จากพารามิเตอร์ทั้งหมด 17 พารามิเตอร์ สามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

- 1) กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมาก (Active Sensitivity) ประกอบด้วย U_{max} , L_{max} , CQOF, CK1 และ CK2
- 2) กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้อย (Innert Sensitivity) ประกอบด้วย CKIF, TOF, TIF, TG และ CKBF
- 3) กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีกำหนดให้มีค่าคงที่ ประกอบด้วย S_y , $GWLBF_0$, GWL_{min} , $GWLFL_1$ และ CAREA

รายละเอียดการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์และผลที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการสอบเทียบ
แสดงดังตารางผนวกที่ ข1

ตารางผนวกที่ ข1 รายละเอียดการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์และผลที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการสอบเทียบ

พารามิเตอร์	คำแนะนำ	ผลการสอบเทียบจากการเพิ่มค่า
กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมาก		
1 Lmax : ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (ชั้นรากพืช)	100-250 มม.	- อัตราการไหลลดลง ทั้งการไหลบนผิวดิน การไหลในชั้นดินและการไหลฐาน (baseflow) - การซึมลงดินเพิ่มขึ้น - การคายระเหยของพืชสูงขึ้น - สรุปมีผลต่อกราฟน้ำท่า คือ อัตราการไหลและค่าอัตราการไหลสูงสุดลดลง
2 Umax : ค่าความจุผิวดินสูงสุด	10-20 มม. หรือ 10%Lmax	- อัตราการไหลบนดินลดลง โดยเฉพาะช่วงเริ่มฤดูฝน - การคายระเหยของพืชสูงขึ้น - การซึมลงดินลดลง - การไหลในชั้นดินเพิ่มขึ้น - สรุปมีผลต่อกราฟน้ำท่า คือ อัตราการไหลและค่าอัตราการไหลสูงสุดลดลง
3 CQOF : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน	0.0-1.0	- อัตราการไหลบนดินเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์ - การซึมลงในดินลดลง - โดยสรุปมีผลต่อกราฟน้ำท่า คือ อัตราการไหลและค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น
4 CK1 และ CK2	-	- มีผลต่อช่วงเวลาการไหลของน้ำท่ามากขึ้นทำให้มีผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่า - มีผลต่อค่าอัตราการไหลสูงสุดต่ำลง - ในกรณีที่ช่วงเวลาการไหลนานมาก ค่า CK1,CK2 จะมีผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าเท่านั้น ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า
กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้อย		
1 CKIF : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในชั้นดิน	500-1,000 ชม.	- อัตราการไหลในชั้นดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์ - การซึมลงในชั้นดินลดลง - การไหลบนผิวดินลดลง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	คำแนะนำ	ผลการสอบเทียบจากการเพิ่มค่า
2 TOF : ค่าเริ่มต้นของการไหลบน ผิวดิน	-	- ระยะเวลาเริ่มต้นการไหลนานขึ้นหลังจากเริ่มฤดูฝน - การซึมลงในดินสูงขึ้นหลังจากเริ่มฤดูฝน
3 TIF : ค่าเริ่มต้นของการไหลใน ชั้นดิน	-	- ระยะเวลาเริ่มต้นการไหลในชั้นดินหลังเริ่มฤดูฝนนานขึ้น - การซึมลงในชั้นดินเพิ่มสูงขึ้น - การไหลบนผิวดินเพิ่มขึ้น
4 TG : ค่าเริ่มต้นการไหลของน้ำ ใต้ดิน	-	- ระยะเวลาเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดินหลังเริ่มฤดูฝนนานขึ้น - ความจุในชั้นดินเพิ่มขึ้นเร็ว
5 CKBF : ค่าการเคลื่อนตัวของ base Flow จากชั้นเก็บกักน้ำใต้ ดิน	-	- มีผลต่อรูปร่างการไหลของ baseflow กล่าวคือ ช่วงเวลา การไหลนานขึ้น - ค่าปริมาณสูงสุดของ baseflow ต่ำลง
กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้อย		
1 Sy :		} มักกำหนดให้ใช้ค่าคงที่ตามที่แนะนำ
ค่าผลผลิตจำเพาะ	0.1	
2 GWLBF ₀	10 ม.	
3 GWLmin	0 ม.	
4 GWLFL ₁	0 ม.	
5 CAREA	1.0	