



วิทยานิพนธ์

การศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

THE STUDY OF RAINFALL-RUNOFF FOR MAJOR FLOOD
EVENTS OF PHETCHABURI RIVER BASIN

นางสาวจารุวรรณ ฐาครมณีรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

The Study of Rainfall-Runoff for Major Flood Events of Phetchaburi River Basin

นามผู้วิจัย นางสาวจรรวรรณ สาครมณีรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์เกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ, M.Asc.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ฉัตรคนัย จิระเดชะ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

The Study of Rainfall-Runoff for Major Flood Events of Phetchaburi River Basin

โดย

นางสาวจารุวรรณ สารกมลรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2550

จากรูรณ ศาครณิรัตน์ 2550: การศึกษาการจำลองน้ำฝน – น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา:
รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng. 181 หน้า

กลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 5,603 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรี ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยประมาณ มีขนาดความกว้างประมาณ 65 กิโลเมตร และความยาวประมาณ 85 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศลาดเทจากทิศตะวันตกซึ่งเป็นเทือกเขาและที่ราบสูงลงมาทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ราบ และมีแม่น้ำเพชรบุรีไหลอยู่ตอนกลาง การศึกษานี้ได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภท A มีความลาดชันมากกว่า 1:100 ประเภท B มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 และประเภท C มีความลาดชันน้อยกว่า 1:500 ทั้งนี้พื้นที่ประเภท A ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำเพชรบุรี พื้นที่ประเภท B ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ-ใต้ของกลุ่มน้ำเพชรบุรี ส่วนพื้นที่ประเภท C เป็นพื้นที่ราบลุ่มส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนกลางจนถึงทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

แบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนกระบวนการน้ำฝนให้เป็นน้ำท่า ซึ่งได้นำมาจำลองสภาพน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยโดยใช้ข้อมูลฝนรายวันมากระจายเป็นฝนรายชั่วโมง และใช้ข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงมาทำการสอบเทียบมาตรฐานเพื่อหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองทั้งสองดังกล่าว จากการศึกษาพบว่าแบบจำลอง SCS มีค่า CN ระหว่าง 48.3 ถึง 99.6 และผลการจำลองสภาพมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าอัตราการไหลสูงสุดระหว่าง 0.003 ถึง 3.87 ค่าปริมาตรน้ำท่าระหว่าง 0.21 ถึง 33.90 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.08 ถึง 21.00 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.90 ถึง 0.99 อีกทั้งยังพบว่าพารามิเตอร์ Tp และ CN จะมีผลต่อค่าอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแบบจำลอง NAM มีค่า Umax ระหว่าง 10 ถึง 20 Lmax ระหว่าง 50 ถึง 200 CQOF ระหว่าง 0.6 ถึง 1.0 CK1 CK2 ระหว่าง 9 ถึง 42 และผลการจำลองสภาพมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าอัตราการไหลสูงสุดระหว่าง 0.00 ถึง 25.09 ค่าปริมาตรน้ำท่าระหว่าง 1.52 ถึง 39.83 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.13 ถึง 49.14 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.65 ถึง 0.95 นอกจากนี้ยังพบว่าค่า Umax Lmax CQOF และค่า CK1 CK2 จะมีผลต่อค่าอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

นอกจากนี้ผลการศึกษาแบบจำลอง SCS พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) และ Qp/R มีความสัมพันธ์ตามสมการ $CN = 18.081 (Qp/R) + 62.788$ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำประเภท B ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำประเภท C จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ $CN = 14.952 (Qp/R) + 76.431$ และด้วยข้อจำกัดของข้อมูลในปัจจุบัน การจำลองสภาพน้ำหลากจากข้อมูลฝนด้วยแบบจำลอง SCS จะทำได้ง่ายและให้ค่าความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง NAM

Charuwan Sakornmaneerat 2007: The Study of Rainfall-Runoff for Major Flood Events of Phetchaburi 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. 181 pages.

Phetchaburi River Basin has catchment area of 5,603 sq.km. The basin shape is rectangular. The catchment area is about 65 km.wide and 85 km.long. Phetchaburi River Basin has slope from west to east. The west area is mountain and east area is plain. 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 than 1:500. Type A slope area is on the west side of Phetchaburi River Basin. Type B slope area is on north and south of River Basin and type C slope area is on the middle to east side of River Basin.

The SCS and NAM models are standard rainfall-runoff models. In this study, they were used to demonstrate flood events. The historic daily rainfall of flood events would be distributed into hourly rainfall which would 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 parameter CN varied between 48.3 to 99.6. The percentage different of calculated and observed flood peak varied between 0.003% to 3.87%, the flood volume varied between 0.21% to 33.90%, the standard deviation varied between 0.08% to 21.00% and the correlation coefficient varied between 0.90 to 0.99. It also showed that, parameters Tp 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 that four active parameters which significantly affect to the value of peak flood discharge and shape of flood hydrograph were Umax, Lmax, CQOF, CK1 CK2. the value of Umax varied between 10 to 20 mm., Lmax varied between 50 to 200 mm., CQOF varied between 0.6 to 1.0 and CK1 CK2 varied between 9 to 42 hours. The different of the calculated and observed flood peak varied between 0.00% to 25.09%, the flood volume varied between 1.52% to 39.83%, the standard deviation varied between 0.13% to 49.14% and the correlation coefficient varied between 0.65 to 0.95.

For SCS model, the study also showed that the value of parameter CN was correlated with Qp/R by the equation $CN = 18.081 (Qp/R) + 62.788$ for type B slope and by the equation $CN = 14.952 (Qp/R) + 76.431$ for type C slope. Considering the limitation of the 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.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ที่กรุณาช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรดนัย จิระเดชะ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา นิยม ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการทำเล่มวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตวิศวกรรมทรัพยากรน้ำที่ให้กำลังใจ คอยชี้แนะตักเตือน และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ คุณแม่ คุณยาย และพี่สาวที่น่ารัก รวมไปถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า และเพื่อนๆทั้งหลายที่ได้ให้กำลังใจกับข้าพเจ้ามาโดยตลอดจนสามารถสำเร็จการศึกษาเป็นมหาบัณฑิตได้

จารุวรรณ สาครมนิรัตน์

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการศึกษา	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	45
อุปกรณ์	45
วิธีการ	45
ผลและวิจารณ์	64
สรุปและข้อเสนอแนะ	143
สรุป	143
ข้อเสนอแนะ	146
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	148
ภาคผนวก	151
ภาคผนวก ก	152
ภาคผนวก ข	164
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	181

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การผันแปรของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	7
2 รายชื่อและสถิติปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง	9
3 การผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรี	12
4 รายชื่อและที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำท่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	13
5 การผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรี	13
6 การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในลุ่มน้ำเพชรบุรี	17
7 การแบ่งชนิดของ AMC โดยปริมาณฝนที่ตกก่อนหน้า 5 วัน	33
8 รายละเอียดคุณลักษณะของพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำเพชรบุรี	48
9 รายละเอียดข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าและเหตุการณ์น้ำหลากที่นำมาใช้ศึกษา	55
10 ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนและการหาค่าถ่วงน้ำหนักโดยวิธี Thiessen ที่ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา และสถานีวัดอัตราการระเหยที่ใช้	57
11 ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS ของลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี	66
12 รายละเอียดของค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี	67
13 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	79
14 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	80
15 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	81
16 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	84
18	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	85
19	การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SCS เพื่อการวิเคราะห์ความไว	89
20	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp)	91
21	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ดรชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN)	93
22	รายละเอียดค่าเฉลี่ยความลาดชัน เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด และปริมาณฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	96
23	ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำท่าสูงสุดกับปริมาณฝน (Qp/Rv) และค่า CN	98
24	ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง NAM ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเพชรบุรี	101
25	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี	102
26	ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	115
27	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	116
28	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	117
29	ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ	119
30	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
31	รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ
32	การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM เพื่อการวิเคราะห์ความไว
33	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความจุบนชั้นผิวดินมากที่สุด
34	(Umax)ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (Lmax)
35	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF)
36	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดิน และชั้นผิวดิน (CK1 และ CK2)
37	รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS และ NAM
ตารางผนวกที่	
ข1	รายละเอียดการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์และผลที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการสอบเทียบ

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	4
2	ระบบลุ่มน้ำ ลำน้ำของลุ่มน้ำเพชรบุรี	6
3	แสดงตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำเพชรบุรี	10
4	แผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	11
5	แผนที่แสดงการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเพชรบุรี	14
6	แสดงการแบ่งกลุ่มดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	16
7	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	18
8	องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า	23
9	รูปสามเหลี่ยมกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS	33
10	โครงสร้างของแบบจำลอง NAM	37
11	แสดงขบวนการเกิด Interflow และ Overland Flow ในชั้น Surface Storage ในแบบจำลอง NAM	38
12	แสดงขบวนการเกิด DL และ G ในชั้น Lower Zone Storage ในแบบจำลอง NAM	40
13	ขบวนการเกิด Base Flow (BF) ในชั้น Groundwater Storage	41
14	ความหมายทางกายภาพของค่า $GWLBF_0$	42
15	แสดงการเคลื่อนตัวของ Interflow ในแบบจำลอง NAM	43
16	พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา	47
17	กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B8	49
18	กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B11	50
19	กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B7	51
20	กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B6	52
21	ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่า	53
22	ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าจากข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง	54
23	รูปสี่เหลี่ยม (Thiessen Polygon) สถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝน 24 ชั่วโมง จ.เพชรบุรี กรณีฝนหนัก 35.1-90 มม.	59
25	กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝน 24 ชั่วโมง จ.เพชรบุรี กรณีฝนหนักมาก 90 มม.ขึ้นไป	60
26	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B8	68
27	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B11	72
28	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B6	74
29	ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B7	76
30	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันเฉลี่ย	95
31	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี	95
32	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน Q_p/R_v กับค่า CN	99
33	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B8	104
34	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B11	107
35	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B6	110
36	ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B7	112
37	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B8	134
38	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B11	137
39	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B6	139
40	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B7	141

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 องค์ประกอบด้านการใช้งานของโปรแกรมแบบจำลอง InfoWorks RS	156
ก2 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ General Data	158
ก3 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Catchment Detail	159
ก4 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Unit Hydrograph Profile	160
ก5 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Event Data SCS	161
ก6 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph	162
ก7 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph Plot	163
ข1 แบบจำลอง MIKE 11	165
ข2 เมนูหลักของแบบจำลอง NAM	165
ข3 เมนู A NAM Parameters and Initial Conditions	166
ข4 เมนู A.5 NAM Setup Menu	166
ข5 เมนู A5.1.1 NAM Parameters	167
ข6 เมนู A5.2.1 Initial Conditions	168
ข7 เมนู B Model Boundaries	168
ข8 เมนู B.6 Time Series Data Base	169
ข9 เมนู B.6.5 Data Base-General View	169
ข10 เมนู B6.5.I Time Series Type	170
ข11 เมนู B.6.5.T Reading Time Series from a Text File	170
ข12 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบเป็น Text File	171
ข13 เมนู B.5 Extraction from the Data Base	172
ข14 เมนู C Mean Areal Rainfall	172
ข15 เมนู C Rainfall Data Availability เพื่อเลือกการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่	173
ข16 การกำหนดสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนต่อสถานีวัดน้ำท่า	173
ข17 เมนู H NAM Calculations	174
ข18 เมนู J.5 Result Plot/Print	175

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข19 ตัวอย่างการแสดงผลการเปรียบเทียบกราฟปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด	175
ข20 ตัวอย่างการแสดงผลปริมาณน้ำท่าในรูปแบบอนุกรมเวลา	176

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AMC	=	เงื่อนไขความชื้นเริ่มต้น
CK1, CK2	=	พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของการไหลของน้ำชั้นผิวดินและในชั้นดิน พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ
CKBF	=	พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของ base flow จากชั้นเก็บกักน้ำใต้ดิน
CKIF	=	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนชั้นดิน
CN	=	ค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่
CQOF	=	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน
Ia	=	การสูญเสียเริ่มต้น
L	=	ความยาวลำน้ำ
Lc	=	ระยะตามแนวลำน้ำหลักจากศูนย์กลางพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก
Lmax	=	ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (ชั้นรากพืช)
P	=	ความลึกน้ำฝน
Qcal	=	ปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณ
Qobs	=	ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัด
Qp	=	อัตราการไหลสูงสุด หรือปริมาณการไหลสูงสุด
Qv	=	ปริมาตรน้ำท่า หรือปริมาณการไหลเฉลี่ย
S	=	ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด
Tc	=	เวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกหรือจุดที่พิจารณาของพื้นที่ลุ่มน้ำ
TG	=	ค่าเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดิน
TIF	=	ค่าเริ่มต้นการไหลในชั้นดิน
TOF	=	ค่าเริ่มต้นการไหลบนผิวดิน
Tp	=	ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด
Umax	=	ค่าความจุผิวดินสูงสุด

การศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

The Study of Rainfall-Runoff for Major Flood Events of Phetchaburi River Basin

คำนำ

การประเมินปริมาณน้ำท่าให้ถูกต้องแม่นยำนับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำท่ามีความสำคัญมากในการวางแผนและการจัดการทรัพยากรน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย ปัญหาภัยแล้ง ตลอดจนการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำ ในการประเมินปริมาณน้ำท่าให้ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา เช่น ข้อมูลน้ำฝนนามาคำนวณเป็นน้ำท่า หรือข้อมูลน้ำท่าที่มีการจดบันทึกไว้ที่มีความละเอียดทั้งในด้านเวลาและพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการติดตั้งสถานีน้ำฝนและน้ำท่าในปริมาณมาก และค่าใช้จ่ายในการจดบันทึกซึ่งต้องทำอย่างต่อเนื่องและถูกต้อง ทั้งนี้ประเทศไทยในหลายพื้นที่ยังมีปัญหาในการประมาณค่าน้ำท่าและน้ำหลาก กล่าวคือมีข้อมูลเหล่านี้น้อยไม่เพียงพอ หรือบางพื้นที่ก็มีเพียงข้อมูลฝนเท่านั้น โดยมีสาเหตุต่าง ๆ มากมาย เช่น ขาดแคลนงบประมาณ ความยากลำบากในการติดตั้งเครื่องมือ และการจดบันทึกข้อมูล เป็นต้น ดังนั้นการหาวิธีการประมาณค่าน้ำท่าและน้ำหลาก (Flood Hydrograph) จากข้อมูลฝนที่มีการจดบันทึกไว้ด้วยวิธีต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งจำเป็น

การศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยการใช้ข้อมูลที่มีอยู่นำมาศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าช่วงที่เกิดอุทกภัยในพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรี เพื่อหาแนวทางการประเมินปริมาณน้ำหลาก (Flood Runoff) จากข้อมูลฝนที่มีการจดบันทึกไว้ โดยจะพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าช่วงที่เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำ และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลาก เพื่อศึกษาหาแนวทางการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยด้วยข้อมูลฝนที่เหมาะสมกับพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรี จากนั้นจะเสนอแนะวิธีการจำลองสภาพน้ำหลากที่เกิดอุทกภัยจากข้อมูลฝนที่เหมาะสมของกลุ่มน้ำเพชรบุรีต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ และสภาพการเกิดฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำเพชรบุรี
2. เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำเพชรบุรี ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน
3. เพื่อเสนอแนะวิธีการวิเคราะห์ และการจำลองน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยจากข้อมูลฝนที่เหมาะสมของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

ขอบเขตการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลและทบทวนผลการศึกษา และรายงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรีและลุ่มน้ำอื่น ๆ
2. รวบรวมข้อมูลและศึกษาเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ เพื่อนำมาจำแนกแบ่งประเภทของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำเพชรบุรี และรวบรวมข้อมูลฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยนำมาใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัย ตามลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยขนาดต่าง ๆ ที่กำหนด
3. รวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา-อุทกวิทยาของพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรี ช่วงที่เกิดน้ำหลากขนาดใหญ่โดยเฉพาะปีที่เกิดอุทกภัย
4. ศึกษาฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในแต่ละประเภทพื้นที่ที่ทำการจำแนกในช่วงที่เกิดน้ำหลากขนาดใหญ่โดยเฉพาะปีที่เกิดอุทกภัย
5. สร้างและทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ของฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัย สำหรับแต่ละประเภทพื้นที่ที่ทำการจำแนกในกลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยจะคัดเลือกแบบจำลองฝนและน้ำท่าที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ แบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM
6. คัดเลือกแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่ทำให้เกิดอุทกภัยที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นตัวแทนการจำลองน้ำหลากจากข้อมูลฝนของแต่ละประเภทพื้นที่ในกลุ่มน้ำเพชรบุรี
7. เสนอแนะวิธีการและแบบจำลองฝนและน้ำท่าที่ทำให้เกิดอุทกภัย ที่เหมาะสมกับประเภทพื้นที่ต่าง ๆ ในกลุ่มน้ำเพชรบุรี และกับข้อมูลฝนที่มีการจดบันทึกอยู่ในปัจจุบัน

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

1.1 ที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่ศึกษา

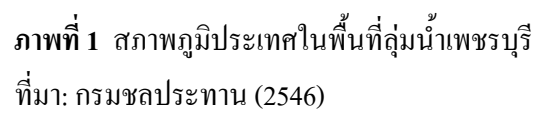
ลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นลุ่มน้ำลำดับที่ 19 จากลุ่มน้ำในประเทศไทย 25 ลุ่มน้ำ ตามการแบ่งของคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 5,603 ตารางกิโลเมตร หรือ 3.9 ล้านไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดราชบุรี ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยประมาณ มีขนาดความกว้างตามแนวเหนือ-ใต้ ประมาณ 65 กิโลเมตร และความยาวตามแนวตะวันตก-ออก ประมาณ 85 กิโลเมตร อยู่ระหว่างละติจูดที่ $12^{\circ} 24' 15''$ เหนือ ถึง $13^{\circ} 28' 45''$ เหนือ หรือประมาณเส้นกริดนอนที่ 1365000 เหนือ ถึง 1495000 เหนือ ตามแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร และลองจิจูดที่ $99^{\circ} 6' 8''$ ตะวันออก ถึง $100^{\circ} 6' 37''$ ตะวันออก หรือประมาณเส้นกริดตั้งที่ 506000 ตะวันออก ถึง 626000 ตะวันออก โดยมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ	ติดกับ	ลุ่มน้ำแม่กลอง
ทิศใต้	ติดกับ	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก
ทิศตะวันตก	ติดกับ	ประเทศเมียนมาร์
ทิศตะวันออก	ติดกับ	อ่าวไทย

1.2 สภาพภูมิประเทศและลำน้ำสาขา

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี มีลักษณะภูมิประเทศลาดเทจากทิศตะวันตกซึ่งเป็นเทือกเขาและที่ราบสูง ลงมาทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ราบลงสู่อ่าวไทย ดังแสดงในภาพที่ 1 จากสภาพพื้นที่ของลุ่มน้ำสามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศได้เป็น 3 เขต (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2537) ดังนี้

1. เขตภูเขาและที่ราบสูงทางตะวันตก เป็นภูเขาที่สูงชันของเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งเป็นแนวพรมแดนธรรมชาติแบ่งเขตแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศเมียนมาร์ เป็นต้นน้ำของ



ภาพที่ 1 สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

แม่น้ำเพชรบุรีและลำน้ำสำคัญหลายสายของกลุ่มน้ำเพชรบุรี จากพื้นที่สูงชันทิศตะวันตกจะค่อย ๆ ลาดมาทางทิศตะวันออก ในเขตนี้เป็นเขตที่มีประชากรอาศัยอยู่น้อยที่สุด

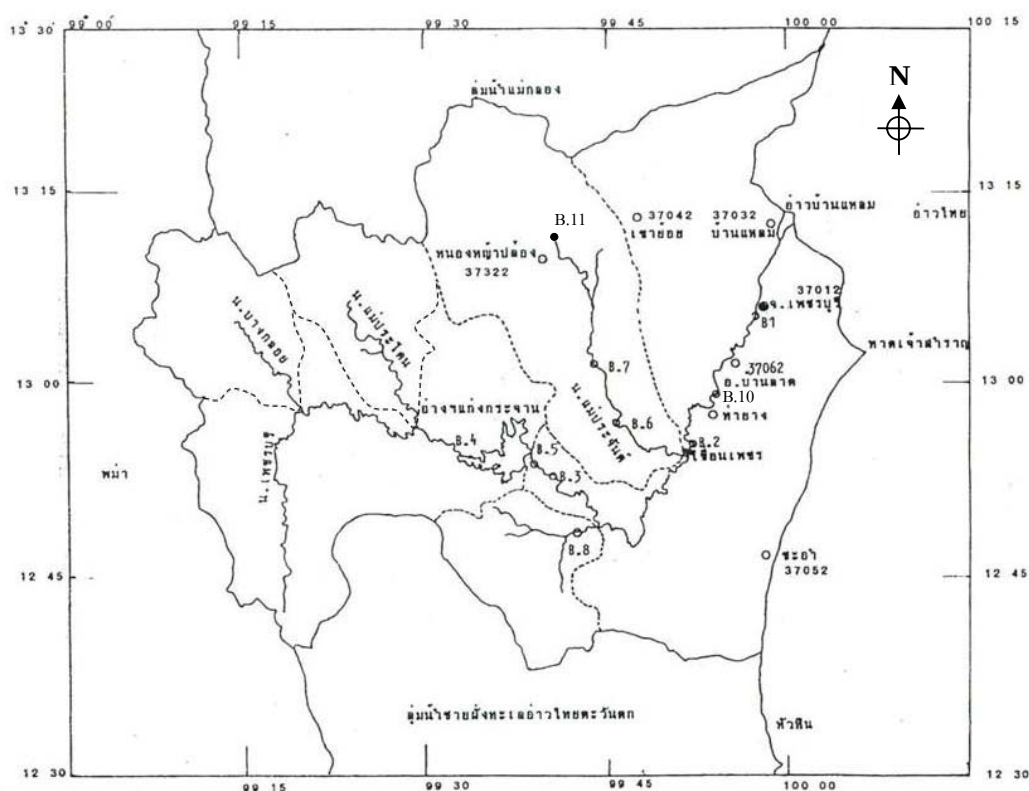
2. เขตที่ราบลุ่มแม่น้ำ เป็นเขตที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดของกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น เป็นเขตเกษตรกรรม และเป็นที่ตั้งของตัวจังหวัดเพชรบุรี มีลำน้ำเพชรบุรีจากต้นกำเนิดทางทิศตะวันตกไหลมาทางทิศตะวันออก แล้ววกกลับไปทางเหนือไหลออกทะเลสู่อ่าวไทยที่อำเภอบ้านแหลม

3. เขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลอยู่ทางตะวันออกของกลุ่มน้ำติดกับอ่าวไทย ที่ราบชายฝั่งตอนบนจะเป็นบริเวณที่เกิดการทับถมของตะกอนจากแม่น้ำเพชรบุรีและลุ่มน้ำแม่กลอง ทำให้แผ่นดินงอกออกตลอดเวลาดั้งแต่ปากอ่าวบางตะบูนจนถึงแหลมผักเบี้ย ที่ราบบริเวณนี้ถือว่าเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมกับการใช้ทำนาเกลือและนากุ้ง ส่วนบริเวณจากตอนกลางและตอนล่างของชายฝั่งทะเลของกลุ่มน้ำเป็นหาดทรายตลอดแนว เป็นพื้นที่เหมาะสมในการท่องเที่ยวที่มีความสวยงามตามธรรมชาติ จึงมีโรงแรมและบังกะโลอยู่จำนวนมาก

แม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักที่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรีตลอดทั้งสาย มีต้นกำเนิดจากแม่น้ำที่เทือกเขาตะนาวศรีทางทิศตะวันตก แม่น้ำเพชรบุรีและลำน้ำสาขาต่าง ๆ ไหลผ่านอำเภอแก่งกระจาน อำเภอท่ายาง อำเภอบ้านลาด อำเภอเมืองเพชรบุรี และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบ้านแหลม มีความยาวทั้งสิ้น 227 กิโลเมตร ความลาดชันของลำน้ำทั้งหมด (gross slope) ซึ่งพิจารณาจากความต่างระดับสูงสุดและต่ำสุดของลำน้ำมีค่าประมาณ 1:350 และความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (average slope) ประมาณ 1:1,400 ลำน้ำจะมีความลาดชันมากในตอนบน ส่วนตอนล่างค่อนข้างราบ

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ 4 สาขา คือ แม่น้ำบางกลอย ห้วยแม่ประโดน ห้วยแม่ประจันต์ และห้วยผาก แม่น้ำบางกลอยมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรีทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของกลุ่มน้ำ และไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือลงมาทิศตะวันออกเฉียงใต้ มาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีที่บริเวณใกล้บ้านห้วยครก ตำบลสองพี่น้อง อำเภอแก่งกระจาน (จุดบรรจบอยู่ห่างจากบ้านห้วยครกไปทางเหนือตามลำน้ำเพชรบุรีประมาณ 5 กิโลเมตร) ความยาวของลำน้ำทั้งสิ้นประมาณ 60 กิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำประมาณ 1:40 มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 438 ตารางกิโลเมตร ห้วยแม่ประโดนมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสูงทางด้านเหนือของกลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นเขตติดต่อระหว่างอำเภอปากท่อ จ.ราชบุรี กับอำเภอหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีที่

บ้านประตู่ฝึ ตำบลแก่งกระจาน อำเภอแก่งกระจาน (เหนือเขื่อนแก่งกระจานไปทางเหนือตามลำน้ำเพชรบุรีประมาณ 20 กิโลเมตร) มีความยาวลำน้ำประมาณ 55 กิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำประมาณ 1:150 มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 527 ตารางกิโลเมตร ห้วยแม่ประจันต์มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาในเขตจังหวัดราชบุรีทางทิศเหนือของกลุ่มน้ำ และไหลจากเหนือลงมาได้ผ่านอำเภอหนองห้วยปล่องมารวมกับแม่น้ำเพชรบุรีที่บริเวณบ้านท่าซึก อำเภอท่ายางเหนือเขื่อนเพชรประมาณ 200 เมตร มีความยาวของลำน้ำประมาณ 79 กิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำประมาณ 1:700 มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 1,085 ตารางกิโลเมตร และห้วยผากมีต้นกำเนิดจากภูอ่างแก้วและภูน้ำหยดทางตอนใต้ของกลุ่มน้ำ และไหลในแนวทิศใต้-เหนือโดยประมาณ มาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีบริเวณใกล้บ้านวังมะละกอ ตำบลกลัดหลวง มีความยาวประมาณ 32 กิโลเมตร มีความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำประมาณ 1:600 และมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 313 ตารางกิโลเมตร และระบบกลุ่มน้ำ ลำน้ำของกลุ่มน้ำเพชรบุรี แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบกลุ่มน้ำ ลำน้ำของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2537)

1.3 สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

1.3.1 สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี จัดอยู่ในลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical monsoon climate) ซึ่งแบ่งได้ 3 ฤดู (กรมชลประทาน, 2546) คือ ฤดูฝนจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดผ่านทะเลและมหาสมุทร ทำให้มีอากาศชุ่มชื้นและฝนตกชุก โดยเฉพาะเดือนตุลาคมจะเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบปี ส่วนฤดูหนาวจะเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะพัดพาเอาความหนาวเย็นและความแห้งแล้งมา โดยเฉพาะเดือนธันวาคมจะมีอากาศหนาวเย็นมากที่สุด สำหรับฤดูร้อนจะเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ซึ่งจะมีอากาศร้อนและอบอ้าว โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะมีอากาศร้อนที่สุดในรอบปี

สภาพภูมิอากาศของกลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้ศึกษาจากข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำและข้างเคียงจำนวน 2 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศเพชรบุรี และสถานีตรวจอากาศหัวหิน และสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เมฆปกคลุม ความเร็วลม และปริมาณการระเหยจากผิวดิน รวมถึงปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากวิธี Modified Penman สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การผันแปรของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.6-27.8	27.7
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	74.0-76.5	75.3
ความเร็วลม	น็อต	2.6-3.0	2.8
เมฆปกคลุม	0-10 อ็อกต้า	5.8-6.0	5.9
ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	มิลลิเมตร	1,573.4-1,725.6	1,649.5
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,835.1-1,880.2	1,857.6

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

1.3.2 ปริมาณฝน

กลุ่มน้ำเพชรบุรีอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical Monsoon) ดังนั้นฝนที่ตกในกลุ่มน้ำส่วนใหญ่จึงเป็นผลจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่เกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ที่หอบเอาความชื้นขึ้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่พื้นทวีป นอกจากนี้ยังมีฝนที่เกิดจากอิทธิพลของพายุหมุนไซโคลนเขตร้อน (Tropical Cyclonic Storm) ที่เกิดขึ้นเป็นฤดูกาลในช่วงปลายของเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นผลให้มีฝนตกหนักในเดือนดังกล่าวและเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมบ่อยครั้ง

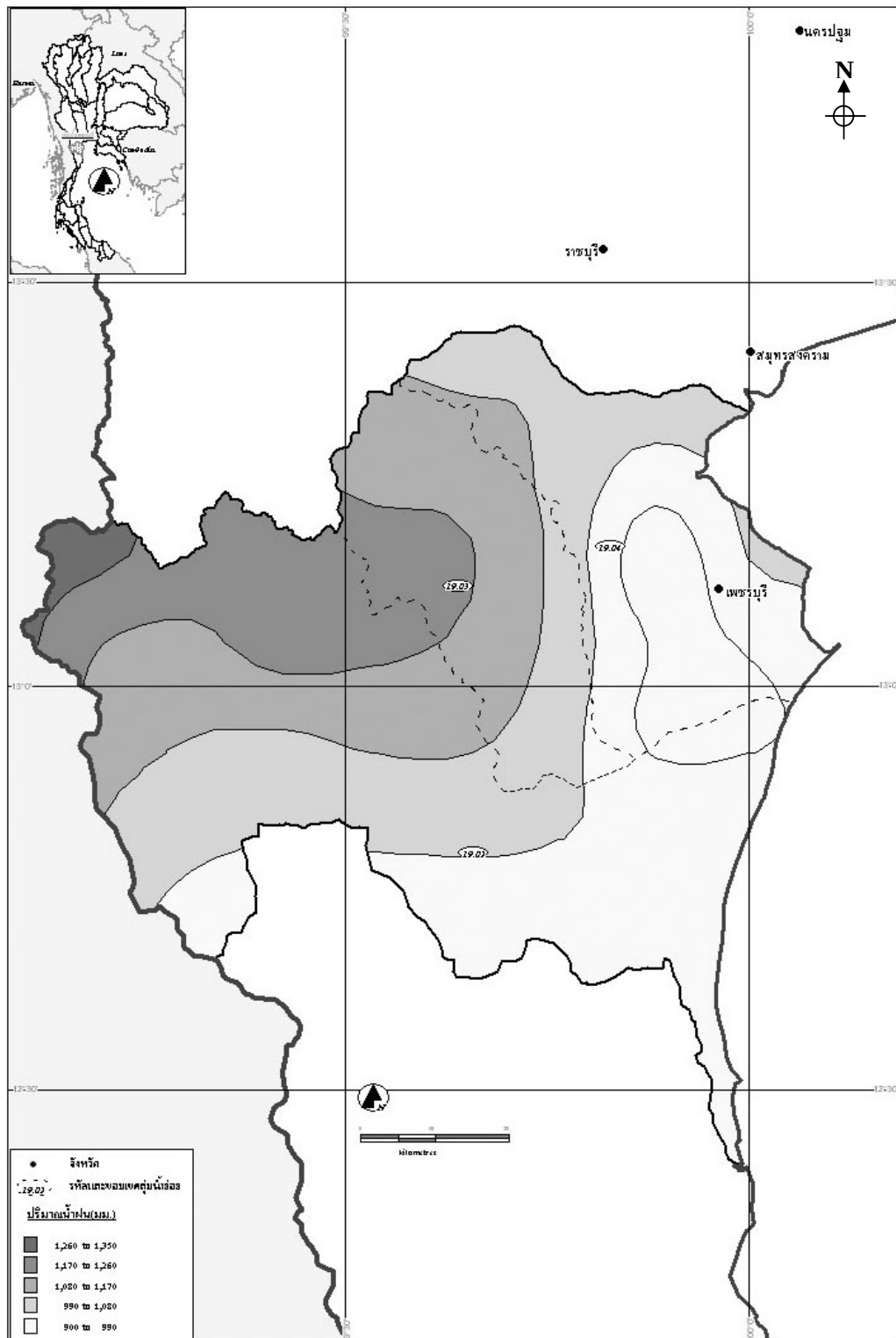
สภาพฝนในกลุ่มน้ำเพชรบุรีมีความผันแปรตามพื้นที่ค่อนข้างมาก สำหรับฝนช่วงยาว(รายเดือน รายปี) ฝนจะมีปริมาณมากทางด้านตะวันตกของกลุ่มน้ำ และค่อย ๆ ลดลงไปทางด้านตะวันออก นั่นคือปริมาณฝนในกลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบนจะสูงกว่าปริมาณฝนของกลุ่มน้ำตอนกลางและตอนล่าง ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้ปริมาณฝนทางทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำมากกว่าด้านทิศตะวันออก อาจเป็นเพราะด้านทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำเป็นด้านรับลมมรสุมและพายุหมุนเขตร้อน แต่ในทางกลับกัน ฝนช่วงสั้น (รายชั่วโมง รายวัน) พื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่างจะมีความเข้มของฝนสูงกว่ากลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนกลางและตอนบน ตามลำดับ

ปริมาณฝนในกลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้ศึกษาจากข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรีและพื้นที่ข้างเคียง รายชื่อสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและสถิติได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าแสดงไว้ในภาพที่ 3 จากข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่สถานีเหล่านี้ นำมาสร้างแผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยได้ดังภาพที่ 4 ซึ่งสรุปได้ว่าพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรีมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มม. จนถึงประมาณ 1,400 มม. โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่กลุ่มน้ำเท่ากับ 1,063.8 มม. เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 880.0 มม. หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 82.72 ของปริมาณฝนทั้งปี และสรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งกลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 รายชื่อและสถิติปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง

รหัส สถานี	ชื่อสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.-พ.ศ.)	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)												รายปีเฉลี่ย (มม.)	ฤดูแห้ง (มม.)	
			ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.			
37012	จ.เพชรบุรี อ.เมือง	2515-2544	37.5	116.7	89.6	110.5	116.0	179.7	213.8	116.5	7.5	7.2	7.3	25.1	1,027.23	942.72	84.51
37022		2515-2544	33.5	101.5	80.8	131.0	121.6	179.8	250.4	87.4	5.9	9.6	8.2	29.1	1,038.71	952.38	86.33
37032		2515-2543	32.6	98.9	80.5	89.4	96.0	187.1	203.8	124.2	5.3	6.4	3.8	19.6	947.53	879.93	67.60
37042		2515-2544	23.7	98.8	76.3	81.5	83.5	140.0	182.2	89.2	1.1	7.2	3.3	8.0	794.61	751.41	43.20
37052		2515-2544	25.4	96.0	68.5	77.7	74.1	130.0	221.0	111.2	9.6	4.5	9.1	42.0	869.10	778.46	90.64
37062		2515-2544	21.1	75.1	69.2	82.5	84.6	141.0	195.6	76.6	5.5	4.4	4.4	19.4	779.26	724.52	54.74
37082		2515-2544	36.3	97.2	84.7	83.6	86.1	149.2	230.1	157.7	6.3	4.0	11.7	30.4	977.31	888.56	88.75
37090		2515-2543	29.3	92.3	73.9	92.8	87.8	140.4	212.2	119.9	6.1	7.2	2.1	14.3	878.22	819.25	58.97
37101		2515-2544	79.4	161.5	80.0	93.1	97.9	170.6	222.8	85.4	8.9	4.2	15.7	40.1	1,059.42	911.29	148.13
37141		2510-2538	45.8	152.1	92.3	132.1	118.7	190.6	212.2	98.8	10.7	4.8	7.8	27.3	1,093.30	996.90	96.40
37181	อ.ท่าช้าง	2516-2544	70.5	133.5	85.2	113.4	101.3	174.7	219.2	82.6	6.0	4.2	8.0	30.1	1,028.62	909.93	118.69
37200		2515-2543	24.0	113.9	71.5	77.6	101.4	148.9	214.8	105.9	9.8	2.7	5.7	18.9	894.87	833.88	60.99
37210	อ.ท่าช้าง	2515-2543	19.7	96.1	75.9	71.2	93.3	125.7	180.1	113.3	1.9	6.6	0.6	16.8	801.15	755.46	45.69
37230		2515-2543	20.4	73.9	68.9	69.4	93.0	151.9	212.7	108.1	2.2	7.4	2.3	15.0	825.05	777.74	47.31
37280		2515-2543	21.3	99.1	87.1	84.5	93.6	146.1	199.2	139.3	0.9	3.3	2.4	10.3	887.21	848.91	38.30
37293		2520-2544	29.9	90.6	87.9	82.7	95.6	156.1	258.4	104.9	11.3	9.0	7.6	32.1	966.06	876.21	89.85
37322		2522-2544	97.8	165.3	120.6	141.8	130.0	227.7	251.1	104.0	3.9	6.7	8.9	44.1	1,301.99	1,140.53	161.46
45043	อ.หัวหิน	2515-2544	41.0	103.0	79.7	102.6	82.2	122.1	225.6	148.5	11.8	10.0	19.2	43.9	989.51	863.62	125.89
		2517-2524, 2529-2544	55.4	140.9	86.7	94.5	99.8	162.2	224.2	91.5	3.9	7.3	16.5	46.9	1,029.66	899.77	129.89
47072	จ.ราชบุรี	2515-2544	37.2	137.9	112.5	113.3	121.0	198.2	260.5	88.9	4.8	2.8	2.3	15.9	1,095.05	1,032.14	62.91
53012	อ.สมุทรสงคราม อ.เมือง	2515-2541	23.8	113.5	114.5	131.4	143.7	240.1	247.5	91.0	4.8	4.2	4.7	20.4	1,139.42	1,081.54	57.88
		2515-2544	17.8	107.6	116.7	129.4	116.2	218.4	255.1	73.9	6.6	4.2	5.6	13.1	1,064.68	1,017.33	47.35
53022	อ.อัมพวา	2515-2544	37.4	112.1	86.5	99.4	101.7	167.3	222.4	105.4	6.1	5.8	7.1	25.6	976.73	894.66	82.07
ค่าเฉลี่ย			3.72	11.40	8.84	10.10	10.41	17.07	22.91	11.01	0.63	0.60	0.72	2.59	100.00	91.74	8.26
เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย																	

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

ตารางที่ 3 การผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรี

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
31.8	126.2	94.7	115.7	117.1	177.9	248.5	114.3	7.9	6.4	7.4	16.1	880.0	183.8	1,063.8

หน่วย มิลลิเมตร

ที่มา : กรมชลประทาน (2546)

1.3.3 ปริมาณน้ำท่า

รายชื่อและที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำท่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี แสดงไว้ใน ตารางที่ 4 พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 5,603 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,384.7 ล้านลบ.ม. โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 976.0 ล้านลบ.ม. (ร้อยละ 70.48 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 408.7 ล้านลบ.ม. (ร้อยละ 29.52 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 7.84 ลิตร/วินาที/ตร.กม. สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ดังตารางที่ 5 และการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเพชรบุรีแสดงดังภาพที่ 5

ตารางที่ 4 รายชื่อและที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำท่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	แม่น้ำ	แม่น้ำสาขา	ที่ตั้ง				พิกัด		พื้นที่ รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติ ข้อมูล (พ.ศ.-พ.ศ.)
				สถานที่ตั้ง	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด		
1	B1	เพชรบุรี	-	บ้านไร่พะเนียด	บ้านหมือ	เมือง	เพชรบุรี	13-04-28	99-56-37	4,188	2464-2485, 2488-2493
2	B1A	เพชรบุรี	-	บ้านไร่พะเนียด	บ้านหมือ	เมือง	เพชรบุรี	13-04-22	99-56-37	4,188	2504-2531, 2533-2546
3	B2	เพชรบุรี	-	-	-	ท่ายาง	เพชรบุรี	12-54-44	99-51-31	4,060	2474-2491
4	B2A	เพชรบุรี	-	ท้ายเขื่อนเพชรบุรี	ท่าคอย	ท่ายาง	เพชรบุรี	12-44-44	99-51-31	4,060	2504-2526
5	B3	เพชรบุรี	-	บ้านสองพี่น้อง	สองพี่น้อง	แก่งกระจาน	เพชรบุรี	12-52-04	99-40-40	2,244	2497-2546
6	B4	เพชรบุรี	-	แก่งกระจาน	-	แก่งกระจาน	เพชรบุรี	12-54-44	99-38-10	2,203	2503-2504
7	B5	เพชรบุรี	-	บ้านตะเคียนค้ำบาท	แก่งกระจาน	แก่งกระจาน	เพชรบุรี	12-54-40	99-38-38	2,207	2506-2531
8	B6	เพชรบุรี	ห้วยแม่ประจันต์	บ้านสระขายนนท์	วังจันทร์	แก่งกระจาน	เพชรบุรี	12-55-56	99-47-05	1,015	2504-2505, 2507-2521, 2523-2540, 2542-2546
9	B7	เพชรบุรี	ห้วยแม่ประจันต์	บ้านหนองบัว	วังไกร	แก่งกระจาน	เพชรบุรี	13-01-45	99-44-00	846	2521-2532
10	B8	เพชรบุรี	ห้วยผาก	บ้านกระเหรี่ยง	กลัดหลวง	ท่ายาง	เพชรบุรี	12-48-49	99-41-32	264	2521-2546
11	B10	เพชรบุรี	-	บ้านท่ายาง	บางห้อย	ท่ายาง	เพชรบุรี	12-58-24	99-53-10	4,111	2528-2546
12	B11	เพชรบุรี	ห้วยแม่ประจันต์	สะพานรถยนต์	หนองห้วยป่าล้อม	หนองห้วยป่าล้อม	เพชรบุรี	13-10-40	99-40-30	460	2542-2546

หมายเหตุ: อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานเริ่มเก็บกักน้ำเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2509 และโรงไฟฟ้าเปิดดำเนินการเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2517

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

ตารางที่ 5 การผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรี

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
45.2	67.9	107.3	142.3	184.4	204.9	269.3	201.5	55.7	27.1	35.6	43.7	976.0	408.7	1,384.7

หน่วย ล้าน ลบ.ม.

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

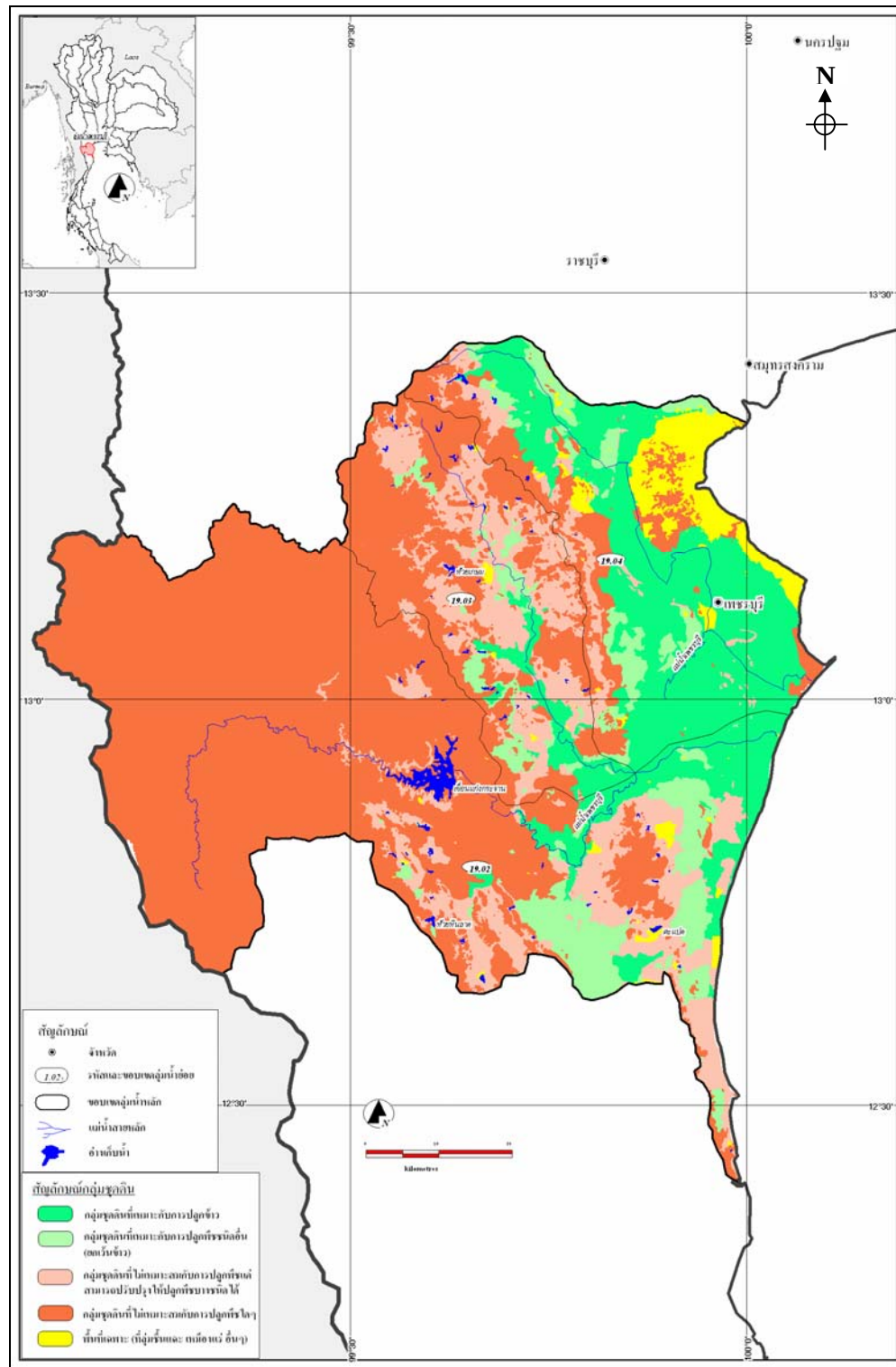
1.4 ทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.4.1 ทรัพยากรดิน

กรมชลประทาน (2546) การศึกษาด้านดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี เป็นการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของดินในระดับที่จำแนกเป็นประเภทของกลุ่มดิน (Phase of Great Groups) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้จำแนกออกเป็น 62 กลุ่มและศึกษาการแพร่กระจายของกลุ่มดินแต่ละกลุ่มในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งคุณสมบัติของดินแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะและคุณสมบัติบางประการที่แตกต่างกันไป โดยในการศึกษาจะเน้นคุณสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชเป็นหลัก และได้จำแนกกลุ่มดินทั้ง 62 กลุ่ม ตามคุณสมบัติที่ใช้ในการปลูกพืชเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว (รวมถึงดินที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดอื่นด้วย)
2. ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ พืชผัก และไม้ผล ไม้ยืนต้น (ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว)
3. ดินที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป แต่เมื่อมีการปรับปรุงอาจปลูกพืชได้เป็นบางชนิด
4. ดินที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชชนิดใด ๆ เลย

การแบ่งกลุ่มดินในลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยแยกออกเป็น 4 ประเภท ดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาพที่ 6 พบว่าชนิดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีซึ่งจำแนกเป็น 4 ประเภท ตามความเหมาะสมของการปลูกพืช มีสัดส่วนของพื้นที่ในแต่ละประเภทไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีสัดส่วนพื้นที่ของกลุ่มดินประเภทที่ 4 มากที่สุดคือร้อยละ 49.35 รองลงมาคือกลุ่มดินประเภทที่ 1 ร้อยละ 20.35 และกลุ่มดินประเภทที่ 3 และประเภทที่ 2 เท่ากับร้อยละ 16.76 และ 9.20 ตามลำดับ โดยกลุ่มดินประเภทที่ 1 ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับปลูกข้าว (และพืชอื่น ๆ) ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณที่ราบทางฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ



ภาพที่ 6 การแบ่งกลุ่มดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

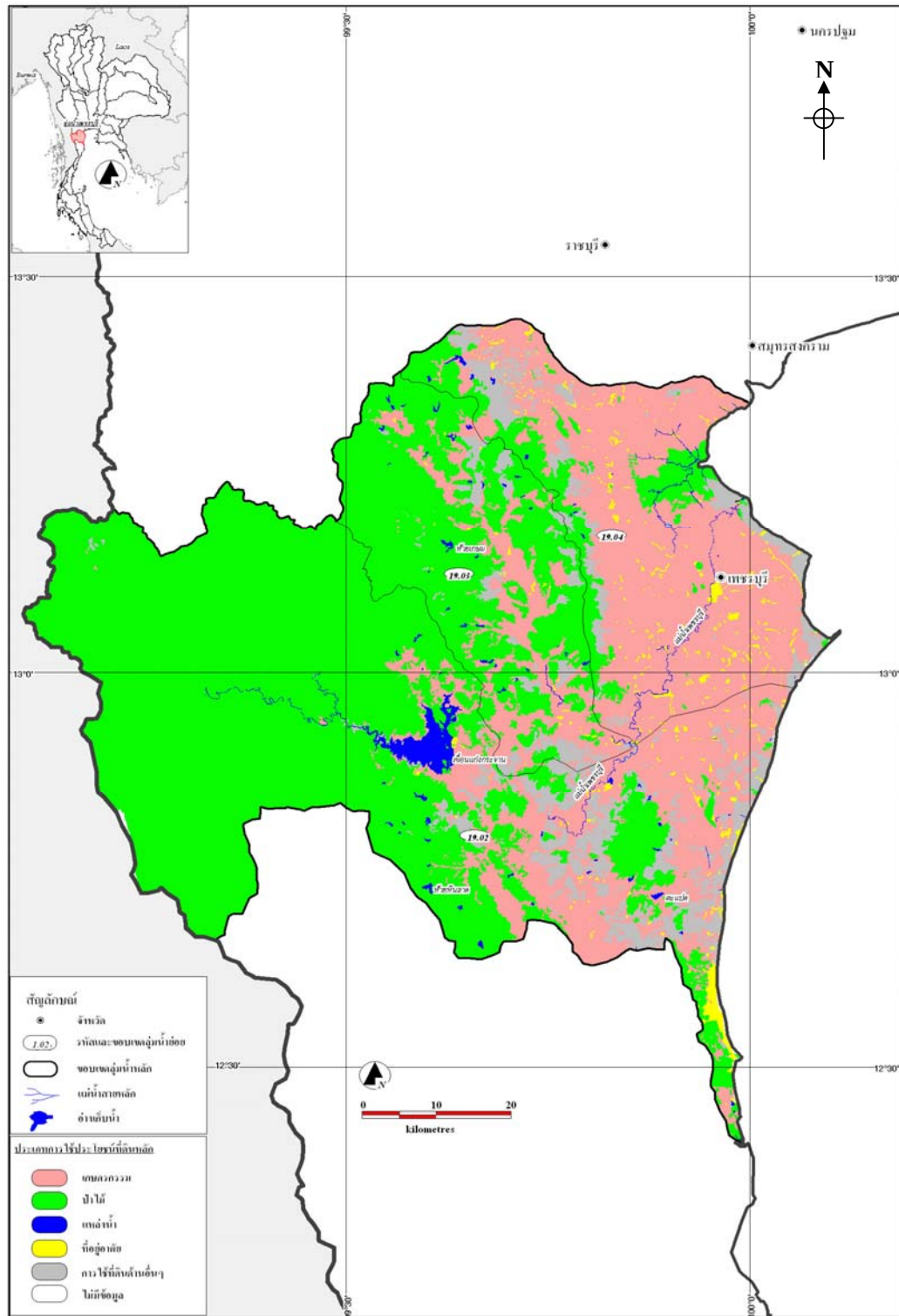
1.4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นการศึกษาเกี่ยวกับประเภทของการใช้ที่ดิน และการแพร่กระจายของการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินจากดาวเทียม LANDSAT ปี 2543 และได้จัดกลุ่มประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 5 ลักษณะ (กรมชลประทาน, 2546) คือ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่อื่น ๆ จากนั้นจึงนำขอบเขตประเภทการใช้ที่ดินที่จัดกลุ่มแล้วมาซ้อนทับกับขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ สรุปการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ดังตารางที่ 6 และแสดงการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในลุ่มน้ำเพชรบุรีในภาพที่ 7

ตารางที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในลุ่มน้ำเพชรบุรี

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)					รวม (ตร.กม.)
เกษตร	ป่าไม้	แหล่งน้ำ	ที่อยู่อาศัย	อื่น ๆ	
2,079.74	2,926.95	45.00	84.38	466.93	5,603.00

จากภาพที่ 7 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี เป็นพื้นที่ป่าไม้ และการเกษตรใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 52.24 และ 37.12 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ และพื้นที่การเกษตรซึ่งส่วนใหญ่อยู่บริเวณที่ราบสองฝั่งลำน้ำ พื้นที่อื่น ๆ มีสัดส่วนร้อยละ 8.33 พื้นที่อยู่อาศัยและแหล่งน้ำ มีสัดส่วนร้อยละ 1.51 และ 0.80 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

2. กระบวนการเกิดน้ำท่า

Pilgrim and Cordery (1993) กล่าวว่ากระบวนการเกิดน้ำท่าเริ่มจากเมื่อฝนเริ่มตก ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก็จะไหลไปตามแหล่งพื้นที่ผิวต่าง ๆ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนใหญ่จะไหลไปตามลำน้ำ และมีการระเหยกลายเป็นไอไปสู่ชั้นบรรยากาศ บางส่วนไหลซึมสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ขบวนการเหล่านี้จะเกิดเป็นวัฏจักรหมุนเวียนกันไป

การเกิดน้ำท่ามักเกิดเมื่อมีฝนตกหนัก และมีปริมาณฝนมากกว่าความจุของชั้นดินหรือมากกว่าอัตราการซึมลงดิน จึงมีปริมาณน้ำไหลบนผิวดิน เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าหรือน้ำท่าวม เรียก “direct runoff” ลักษณะของการเกิดน้ำท่าวมโดยทั่วไปเกิดจากลักษณะของฝนที่ตกสองลักษณะ ได้แก่ ฝนที่ตกหนักภายในช่วงเวลาสั้น ๆ กล่าวคือ มีความเข้มฝนมาก หรือเกิดจากฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน

2.1 ส่วนประกอบของน้ำท่า

ในการวิเคราะห์น้ำท่าหรือน้ำท่าวม จะต้องมีการแยกส่วนประกอบของน้ำท่าออกเป็น ส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบของน้ำท่าตามลักษณะของการไหลมารวมกันได้ เป็น 3 องค์ประกอบใหญ่ ดังนี้

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

2.1.2 น้ำท่าที่ไหลภายในดิน (Interflow) คือปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ใต้ชั้นผิวดินด้วยอัตราการเคลื่อนที่ช้า ๆ

2.1.3 น้ำใต้ดิน (Ground Water หรือ Base Flow) คือปริมาณน้ำส่วนที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน เป็นปริมาณน้ำที่หล่อเลี้ยงลำธารให้มีน้ำหรือความชุ่มชื้นตลอดปี

การศึกษาเพื่อแยกองค์ประกอบของน้ำท่ามีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องคือ เวลาในการเกิดน้ำท่า หรือเวลาที่น้ำท่าใช้ในการเคลื่อนที่

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำท่า

อวิรุทธ์ (2538) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธารดังนี้

2.2.1 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ความชื้น ลักษณะการเกิดฝนตก เป็นต้น โดยที่ปริมาณการเกิดฝนตกเป็นปัจจัยหลักต่อการเกิดปริมาณน้ำท่ามากที่สุด ลักษณะการเกิดฝนตกที่ต่างกัน ก่อให้เกิดลักษณะของการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน

2.2.2 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่

ก. สภาพพื้นที่ เช่น ชนิดของดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวนี้มีผลต่อการระบายน้ำหรือการเคลื่อนตัวของน้ำท่าภายในพื้นที่นั้น ๆ กล่าวคือ มีผลต่อลักษณะการไหลของน้ำท่าที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าพื้นที่มีการเพาะปลูกหรือมีป่าไม้มากก็จะทำให้มีปริมาณน้ำไหลซึมสู่ชั้นดินมาก ก่อให้เกิดความชุ่มชื้นในชั้นดิน ทำให้เกิดอัตราการระบายน้ำหรือการไหลของน้ำท่ามีปริมาณน้อยลง เป็นต้น

ข. ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ ขนาด และรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะมีผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำท่า โดย Taylor (1967); Ruangpanit and Tangtham (1982) พบว่าปริมาณน้ำท่าจะแปรผันตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่ก็จะมีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ และลักษณะของการเกิดน้ำท่าจะให้กราฟน้ำท่าที่มีลักษณะของฐานของกราฟน้ำท่ากว้าง และขนาดการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Q_{peak}) จะไม่สูงหรือไม่ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับพื้นที่ขนาดเล็ก

ค. ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีอิทธิพลต่อการซึมผ่านของน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration) และการไหลบนผิวดิน (Surface Runoff) กล่าวคือ ถ้าความลาดชันของพื้นที่มาก จะทำให้การเกิดน้ำท่าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำจะสัมพันธ์กับเวลาในการเกิดน้ำท่า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) ของน้ำท่าอีกด้วย

2.3 กราฟน้ำท่า

กราฟน้ำท่า คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและเวลา ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529) กล่าวถึง กราฟน้ำท่า คือ การลงแผนระหว่างอัตราการไหล (Discharge) กับเวลา สำหรับการระบายน้ำออกของกลุ่มน้ำ กราฟน้ำท่า คือ การแสดงออกถึงลักษณะของกลุ่มน้ำซึ่งครอบคลุมความสัมพันธ์ระหว่างฝนตกกับผลจากฝนที่ตก ซึ่งก็คือปริมาณการไหล (runoff) กราฟน้ำท่าเป็นสิ่งที่ใช้แทนผลรวมของฝนที่ตก และคุณลักษณะของกลุ่มน้ำ เช่น พื้นที่ รูปร่าง รูปแบบของการระบายน้ำในพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน คุณสมบัติของพื้นดินและช่องทางน้ำ ความลาดชันของพื้นดิน การระบายน้ำ และการไหลซึมของน้ำใต้ดิน ปัจจัยเหล่านี้จะรวมและแสดงปรากฏอยู่ในกราฟน้ำท่า ดังนั้นกราฟน้ำท่าจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนพัฒนาหรือการออกแบบโครงสร้างอาคารแหล่งน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำ และจะมีผลกระทบต่อกราฟน้ำท่าหรือลักษณะของการเกิดน้ำท่าหลังจากมีการพัฒนาโครงการไปแล้ว

ประเภทของกราฟน้ำท่า U.S. 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) บนพื้นที่ลุ่มน้ำหนึ่งที่เวลาหนึ่ง (Specified times)

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

วีระพล (2531) กล่าวว่า ตามปกติกราฟน้ำท่าจะได้มาจากการตรวจวัด หรือบันทึกโดยสถานีวัดน้ำท่าบนลำน้ำ ถ้าไม่มีการวัดน้ำท่าที่จุดที่ต้องการบนลำน้ำ สามารถคำนวณกราฟการไหลของน้ำท่าเชิงสังเคราะห์ (Synthetic runoff hydrograph) ได้ ซึ่งการสร้างกราฟน้ำท่าเชิงสังเคราะห์จำเป็นต้องทราบเวลาซึ่งน้ำไหลจากจุดไกลที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำถึงจุดที่วัดน้ำท่า ระยะเวลานี้เรียกว่าเวลาของการรวมจุดหรือเรียกเวลาน้ำท่าเข้มข้น (Time of concentration)

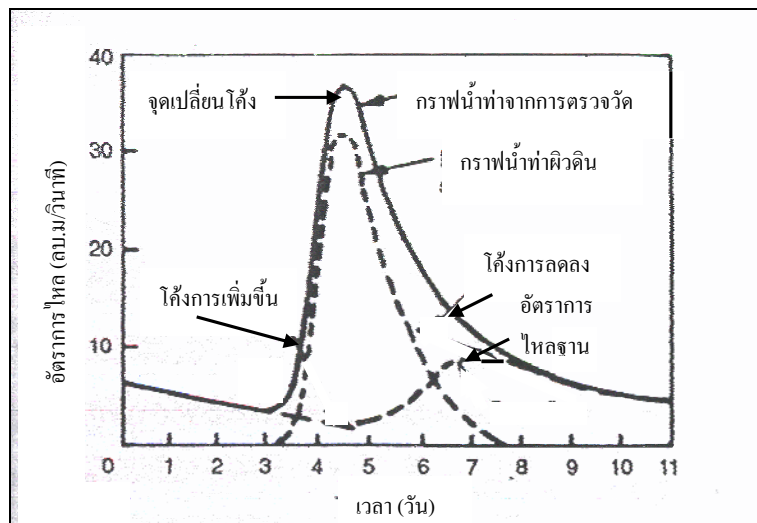
2.4 การแบ่งองค์ประกอบของกราฟน้ำท่า

วีระพล (2531) กล่าวว่า กราฟน้ำท่าประกอบด้วยส่วนโค้ง 3 ส่วน คือ โค้งการเพิ่มขึ้น (Rising limb) ส่วนยอด (Crest segment) และโค้งการลดลง (falling limb หรือ recession) ดังแสดงในภาพที่ 8

โค้งการเพิ่มขึ้น รูปร่างของโค้งการเพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการเกิดพายุฝนที่เป็นสาเหตุให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำในลำน้ำ

จุดเปลี่ยนโค้ง (point of inflection) อยู่ทางด้านโค้งการลดลงของกราฟน้ำท่า เป็นเวลาที่น้ำท่าที่ไหลบนผิวดินมาสู่ลำน้ำและหยุด

โค้งการลดลง (falling limb) ของกราฟน้ำท่า เป็นเวลาที่น้ำท่าหรือน้ำผิวดินตามแหล่งเก็บกักต่าง ๆ ของลุ่มน้ำไหลออกมาสู่ลำน้ำ โดยรูปร่างของโค้งการลดลงจะไม่ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพายุฝนที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในลำน้ำ



ภาพที่ 8 องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า

3. การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

3.1 การศึกษาภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (2536) ได้จัดทำรายงานการพยากรณ์น้ำหลากในลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยวิธี Kalman Filter Algorithm ซึ่งประกอบด้วยสมการหลักสองสมการ คือ System และ Measurement equation ค่าปริมาณน้ำที่คำนวณได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณน้ำที่ได้จากการสำรวจจริง เมื่อพบว่ามีความผิดพลาดอยู่ก็จะนำค่าความผิดพลาดดังกล่าวมาทำการปรับปรุงค่าตัวแปรใน System equation ผลการศึกษายืนยันความเป็นไปได้ในการนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการพยากรณ์น้ำหลากตามลุ่มน้ำต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยที่มีความละเอียดถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

กรมชลประทาน (2547) ได้ศึกษาและจัดทำรายงานแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในเขตจังหวัดเพชรบุรีอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เสนอแผนการดำเนินการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยระยะสั้น ด้วยการระบายปริมาณน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีผ่านระบบคลองส่งน้ำชลประทาน และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี สำหรับแผนการดำเนินการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยระยะยาวประกอบด้วย การขุดคลองผันน้ำเหนือเขื่อนเพชร อัตราการผันน้ำรวม

ประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และการขุดคลองผันน้ำทางด้านท้ายเขื่อนเพชร อัตราการระบายน้ำรวมประมาณ 425 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

กรมชลประทาน (2547) ได้ศึกษาความเหมาะสมโครงการปรับปรุงโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี การศึกษาครอบคลุมถึงการศึกษาแนวทางแก้ไขและบรรเทาอุทกภัยในเขตจังหวัดเพชรบุรีด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISIS ผลการศึกษาเสนอแนะไว้ดังนี้ 1) ดำเนินการขุดคลองผันน้ำเพื่อระบายน้ำออกจากแม่น้ำเพชรบุรี 2) เร่งรัดการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ และอ่างเก็บน้ำห้วยผาก เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากและลดอัตราการไหลสูงสุดที่จะระบายมายังเขื่อนเพชรและพื้นที่ท้ายน้ำ 3) ก่อสร้างสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าเพิ่มเติม

3.2 การศึกษาทั่วไป

อวิรุทธ์ (2538) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGS) ในลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งมีหลักการอ้างอิงวิธีการ SCS ในการประเมินการไหลของน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน ในการศึกษาได้ทำการจำลองลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 7 สถานี ภายในลุ่มน้ำบางปะกง 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 ความชันเริ่มแรกมีค่าน้อย 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 ความชันเริ่มแรกมีค่าปานกลาง 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 ความชันเริ่มแรกมีค่าปานกลาง ค่า CN_1 มีค่าระหว่าง 47-73 ค่า CN_2 17-51 ค่า Ia_1 มีค่าระหว่าง 17-51 และค่า Ia_2 มีค่า 3-7

และผลจากการตรวจสอบพบว่า ค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้และค่าจากการตรวจวัดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยผลการเปรียบเทียบได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอัตราการไหลมีค่าอยู่ในช่วง 0.825 ถึง 0.994 ค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่า 0.960 ถึง 0.995 และเวลาที่เกิดอัตราการไหล

สูงสุดมีค่า 0.868 ถึง 0.997 จึงกล่าวได้ว่าแบบจำลองนี้สามารถนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าได้อย่างเหมาะสม

ยุพิน (2542) ทำการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำบางปะกง 5 สถานี ซึ่งลุ่มน้ำบางปะกงมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 18,807 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ต้นน้ำและตอนกลางเป็นภูเขาและเป็นที่สูง ส่วนตอนล่างอยู่ภายใต้อิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลงของน้ำทะเล ตัวเมืองสำคัญ ๆ และพื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางและตอนล่างและพื้นที่ที่อยู่ใกล้ลำนํ้ามักเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากอยู่เสมอ ผลการศึกษาเทียบมาตรฐานแบบจำลอง พบว่า สภาพน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและที่เกิดขึ้นจริง ณ สถานีวัดน้ำท่า KGT 13 สอดคล้องกันมากที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.76-0.97 และผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์พบว่าค่าความจุผิวดินสูงสุด (U_{max}) ค่าความจุในชั้นดินสูงสุด (L_{max}) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF) และค่าพารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของน้ำ (CK_1 CK_2) มีผลต่อการจำลองสภาพน้ำท่าทั้งอัตราการไหลสูงสุด และปริมาณน้ำท่า โดยเฉพาะค่า CK_1 CK_2 จะมีผลต่อเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด

กรมชลประทาน (2545) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS ซึ่งเป็นแบบจำลองย่อยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks RS มาใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่ระบายลงสู่คลองอุต๊ะเขา มีการแบ่งลุ่มน้ำย่อยในการจำลองออกเป็นทั้งหมด 64 พื้นที่ระบายน้ำย่อย โดยใช้เหตุการณ์พายุฝนระหว่างวันที่ 20-23 พฤศจิกายน พ.ศ.2543 เป็นช่วงของเหตุการณ์ฝนในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ผลที่ได้จากการจำลองสภาพน้ำท่วมคือ ระยะเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำหลากตามแนวคลองอุต๊ะเขาจะผันแปรตามปริมาณฝน และสภาพของฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยน้ำหลากจะเคลื่อนตัวจากพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน (X.173) มายังเทศบาลนครหาดใหญ่ (X.44) ภายในระยะเวลา 30 ชั่วโมง และเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำ X.173 กับระยะเวลาในการเคลื่อนตัวมายังสถานี X.90 X.44 และ X.181 จะแสดงให้เห็นชัดว่ายิ่งระดับน้ำที่สถานี X.173 สูงมากขึ้น (ปริมาณน้ำมากขึ้น) ก็จะมีระยะเวลาในการเดินทางสั้นลง และปริมาณการไหลสูงสุดในลำน้ำ (ทางน้ำหลาก) จะเกิดที่บริเวณสถานี X.90 มีปริมาณการไหล 1,749 ลบ.ม./วินาที

กานดา (2545) ใช้แบบจำลอง NAM เพื่อศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในลุ่มน้ำน่าน จำนวน 11 สถานี มีพื้นที่รับน้ำตั้งแต่ 35 ถึง 4,840 ตารางกิโลเมตร

โดยลุ่มน้ำนั้นมีความยาวตามลำน้ำ 770 กิโลเมตร ตอนบนเป็นเทือกเขาสูง ความลาดชันมาก และความลาดชันลดลงตามลำดับเป็นช่วง ๆ คือ ตอนบนมีความลาดชันประมาณ 1:480 ถัดลงมาที่ อ. เมือง จ.น่าน ความลาดชันประมาณ 1:3,500 ในช่วงอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ความลาดชันประมาณ 1:5,300 และในพื้นที่ตอนล่างเขื่อนทดน้ำนเรศวร มีความลาดชันประมาณ 1:13,600 ผลการจำลอง พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้อยู่ในช่วงที่คู่มือแนะนำไว้ และผลการเปรียบเทียบและตรวจสอบพบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดมีความใกล้เคียงกัน มีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.57-0.98 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ค่ายกกำลังสองของค่าความแตกต่างอยู่ ระหว่าง 12.76-219.67 ลบ.ม. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 111.59 ลบ.ม. สาเหตุของค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ที่มีค่าต่ำเนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนที่เป็นตัวแทนไม่เป็นตัวแทนที่ดี หรือมีจำนวนข้อมูล สถานีวัดน้ำฝนไม่ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่พิจารณา และข้อมูลการระเหยที่พิจารณามีจำนวนน้อย เพียง 5 สถานี เหล่านี้เป็นองค์ประกอบให้ประเมินผิดพลาด และในการศึกษาความอ่อนไหวของ พารามิเตอร์ต่าง ๆ แต่ละค่า มีผลทำให้องค์ประกอบแต่ละค่าเปลี่ยนแปลงตามและเปลี่ยนแปลงไม่ เท่ากัน นอกจากนี้พารามิเตอร์ยังมีอิทธิพลแตกต่างกันในช่วง Low flow และ High flow ด้วย

วงศ์สถิตย์ (2545) ศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของลุ่มน้ำมูลโดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS ซึ่งลุ่มน้ำมูลถือเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 69,000 ตารางกิโลเมตร การศึกษา ได้ทำการแบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อย และใช้ข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลน้ำท่ารายวัน และข้อมูลลักษณะลุ่มน้ำ ทำการจำลองการสูญเสียน้ำท่าด้วยวิธี SCS Curve Number จำลองการไหลผิวดินโดยวิธี SCS Unit Hydrograph Recession และทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองโดยวิธี Optimization และวิธี Trial & Error ผลการศึกษาพบว่าในแบบจำลองการสูญเสียน้ำท่า (Loss Model) ได้ค่า หมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำมูลมีค่าอยู่ในช่วง 69 ถึง 78 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 73 ค่าการสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction) มีค่าอยู่ในช่วง 15.0 ถึง 38.0 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 ค่า เปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ทึบน้ำ (Imperviousness %) มีค่าอยู่ในช่วง 13% ถึง 26% ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.1% ค่า ช่วงระยะเวลาการตอบสนองลุ่มน้ำ (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 มีค่าเฉลี่ยทั้งลุ่ม น้ำเท่ากับ 0.85 ลูกบาศก์เมตร ค่าจุดเริ่มต้นการไหลพื้นฐาน (Threshold Flow) ช่วงขาลงมีค่าอยู่ ในช่วง 10.0 ถึง 11.0 ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ 10.5 ลูกบาศก์เมตร และในแบบจำลองการ เคลื่อนตัวในลำน้ำ โดยวิธี Muskingum พบว่าค่าช่วงเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมผ่านช่วงลำ

น้ำที่พิจารณา (K) มีค่าในช่วง 12 ถึง 60 ค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 31.72 และค่าคงที่ของ Muskingum (X) มีค่า 0.12 ถึง 0.30 ค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 0.19 ซึ่งผลพิสูจน์ของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบค่ากราฟปริมาณการไหลของน้ำท่า พบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย R-square อยู่ในช่วง 0.92 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบไปใช้ศึกษาลักษณะทางอุทกศาสตร์ของลุ่มน้ำมูลต่อไปได้

ชัยวัฒน์ (2546) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำภาชี โดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง TOP โดยลุ่มน้ำภาชีมีขนาดพื้นที่รับน้ำประมาณ 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 เปอร์เซ็นต์ และในแบบจำลอง TOP มีค่า 83 และ 17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณากราฟน้ำท่าจากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าจริง พบว่าแบบจำลอง TOP จะได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลอง HEC-HMS ทั้งเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่อง จึงถือว่าแบบจำลอง TOP อาจเหมาะสมในการใช้งานกับลุ่มน้ำลำภาชีมากกว่า เนื่องจากแบบจำลอง TOP นำลักษณะทางกายภาพมาพิจารณาในการหาค่าพารามิเตอร์ด้วย นอกจากนี้ยังให้ข้อเสนอแนะในการนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ว่าควรแบ่งลุ่มน้ำย่อยให้มีขนาดเล็กลงอีก ควรมีสถานีตรวจวัดข้อมูลในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น และควรเป็นแบบอัตโนมัติถ้าเป็นไปได้ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำลำภาชีมีความลาดชันสูง

วิษุวัฒน์ (2546) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา 2 แบบจำลองได้แก่แบบจำลอง NAM และแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองซึ่งพัฒนาโดย วีระพล (2545) ซึ่งใช้วิธีคำนวณจากพายุฝนด้วยเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองทั้งสองในการคาดคะเนปริมาณน้ำนองสูงสุด ที่เกิดจากพายุฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา และลุ่มน้ำคลองชุมพรซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 2,227 และ 521 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ พบว่าทั้งแบบจำลอง NAM และแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนอง สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำทั้งสองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุดได้ดี แต่แบบจำลอง NAM จะให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำนองสูงสุดได้ดีกว่าแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองเป็นส่วนใหญ่

ศิริกัญญา (2547) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำปิงตอนบน จำนวน 13 สถานี ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝนระหว่าง 45 ถึง 3,853 ตารางกิโลเมตร โดยมีค่าเฉลี่ย 1,232 ตารางกิโลเมตร ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่า พารามิเตอร์ซึ่งประกอบด้วย U_{max} , L_{max} , CQOF, CKIF, TOF, TIF, TG, CK1, CK2, CKBF, Sy, GWL_{min} , $GWLBF_0$, $GWLFL_1$ และ CAREA โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลองในการตรวจสอบประสิทธิภาพการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของแบบจำลองทั้งสอง ได้พิจารณาเงื่อนไขความเข้ากันได้ดีของกราฟน้ำท่า โดยความเข้ากันได้ดีระหว่างปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดนั้น พิจารณาจากตัวแปรทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการประเมินน้ำท่ารายวันที่ถูกต้องกว่าแบบจำลอง NAM ในด้านของสมมูลน้ำ กราฟน้ำท่าโดยรวม และปริมาณการไหลสูง ๆ ในทางตรงกันข้ามสำหรับปริมาณการไหลต่ำ ๆ แบบจำลอง NAM ให้ผลที่ดีกว่า ขณะที่ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าของแบบจำลองทั้งสองให้ผลไม่ดี สำหรับสถานีวัดน้ำท่าซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีพื้นที่ชลประทานมากหรือมีฝายทดน้ำขวางกั้นลำน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำท่าถูกควบคุม เป็นผลให้ไม่เกิดความสอดคล้องกันระหว่างปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่ารายวัน

4. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาแนวทางการจำลองน้ำท่าในกลุ่มน้ำเพชรบุรี เพื่อหาคุณลักษณะน้ำท่าที่เกิดขึ้น โดยทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากการเลือกใช้แบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย แบบจำลองที่จะทำการเลือกใช้ศึกษา 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

ส่วนประกอบในการสร้างแบบจำลองภายในโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

ก. ส่วนของการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่นั้น ๆ ไปยังจุดรับน้ำ

ข. ส่วนของการสร้างแบบจำลองชลศาสตร์ เป็นส่วนที่ใช้จัดทำโครงข่ายและจำลองสภาพการไหลของน้ำแบบทรงตัวมันและแบบไม่ทรงตัวในลำน้ำหรือระบบระบายน้ำ

โดยในโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ ในส่วนของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าของแต่ละพื้นที่ระบายน้ำย่อยนั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีรายงานการศึกษาน้ำท่วมของอังกฤษ 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 โดยอาศัยข้อมูล

พื้นฐาน เช่น พื้นที่รับน้ำ ค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าหรือดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (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 หน่วยเป็นนิ้ว

ความหมายทางกายภาพของพารามิเตอร์ในสมการข้างต้นสามารถอธิบายดังนี้

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

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

ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด (Potential Maximum Retention : S) หมายถึง ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุดของพื้นที่รับน้ำ (Available Maximum Void Storage) ซึ่งสามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้ โดยค่า S นี้จะรวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วย ทั้งนี้ 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) สามารถนำไปใช้คำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรงจากปริมาณฝน เนื่องจากมีตัวไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวคือ S แต่ค่า S สามารถหาได้จากค่า CN มาตรฐานที่พัฒนาขึ้นโดยวิธี SCS สำหรับกรณี $I_a = 0.2S$ และได้กำหนดความสัมพันธ์ของชนิดของดินและลักษณะการใช้ที่ดิน 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 ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อดินตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง

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) คือ สิ่งต่าง ๆ ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วยลักษณะการใช้ที่ดิน (Land Use) และการรักษาหน้าดิน (Land Treatment) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง แบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตรง (Straight Row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวค้อยตามระดับพื้นที่ (Contour) และการทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (Terrace)

ค. สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) แบ่งออกเป็น

สภาพเลว (Poor) มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 50%

สภาพปานกลาง (Fair) มีพืชปกคลุมระหว่าง 50-75%

สภาพดี (Good) มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่า 75%

ง. เงื่อนไขความชื้นเริ่มต้น (Antecedent Moisture Conditions: AMC) หมายถึง ปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน และพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชด้วย โดยแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 7 สำหรับค่า CN มาตรฐานที่พัฒนาโดย SCS กรณี $I_a = 0.2S$ นี้จะใช้เฉพาะในกรณีของ AMC II เท่านั้น ส่วนการหาค่า CN ในกรณี AMC I และ AMC III จะคำนวณได้จากสมการ

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

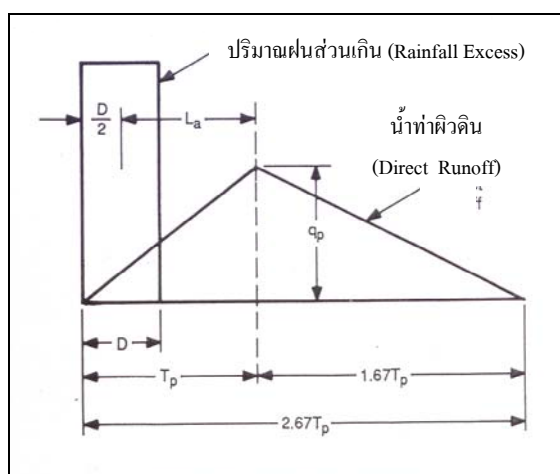
$$CNIII = \frac{CNII}{(0.427 + 0.00573 \times CNII)} \quad (5)$$

ตารางที่ 7 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 9 โดยสมมุติให้กราฟน้ำท่าดังกล่าว มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม และคำนวณกราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ที่ตกภายในช่วงระยะเวลาเท่ากับ D (หน่วยเป็นชั่วโมง)



ภาพที่ 9 รูปสามเหลี่ยมกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS

จากภาพที่ 9 La คือ lag time หมายถึง ระยะจากศูนย์กลางของช่วงเวลาฝน ส่วนเกินจนถึงจุดสูงสุดของกราฟน้ำท่า La มีความสัมพันธ์กับเวลาเดินทางของน้ำจากจุดไกลสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก (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 คือความยาวของฐานกราฟน้ำท่า โดย

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

Q คือ ปริมาณน้ำท่าซึ่งคำนวณได้จากปริมาณฝน เมื่อนำความสัมพันธ์เหล่านี้มาหาความสัมพันธ์และจัดรูปสมการใหม่ จะได้สมการสำหรับคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด (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 มีหน่วยเป็น นิ้ว หรือ มม.

D คือ ช่วงเวลาของฝนที่ตกเป็นปริมาณฝนส่วนเกิน มีหน่วยเป็น ชม.

t_c คือ time of concentration หมายถึง ระยะเวลาที่น้ำใช้ในการเคลื่อนตัวจากจุดไกลสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออกหรือจุดที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ชม.

จะเห็นว่าการคำนวณค่า q_p จะขึ้นอยู่กับค่า t_c ดังนั้นในการคำนวณหากราฟน้ำท่า จึงขึ้นอยู่กับวิธีที่จะนำมาใช้ในการคำนวณค่า t_c ซึ่งมีวิธีการคำนวณต่าง ๆ เช่น วิธีของ Kirpich หรือวิธี Snyder เป็นต้น

โดยวิธีของ SCS ได้เสนอวิธีหาค่า t_c ตามลักษณะการไหลที่แบ่งเป็นประเภทการไหลแบบต่าง ๆ คือการไหลผ่านที่ราบ (Sheet flow) การไหลรวมผ่านที่ตื้น (Shallow flow) การไหลในทางน้ำเปิด (Open channel flow) แต่นักวิชาการบางส่วนแนะนำให้เลือกวิธีคำนวณค่า t_c ตามความเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่นั้น ๆ ดังนั้นการคำนวณค่า t_c จึงมีผลต่อการคำนวณหาค่าอัตราการไหลสูงสุด (q_p)

กล่าวโดยสรุปคือ การคำนวณกราฟน้ำท่าโดยวิธี SCS จะคำนวณจากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยในการคำนวณปริมาณการไหลโดยตรง (Direct runoff) ที่เกิดจากพายุฝนจะกระทำโดยใช้ค่า Curve Number (CN) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะของดิน ชนิดดิน การใช้ที่ดิน และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่นั้น ๆ นอกจากนี้ผลการคำนวณกราฟน้ำท่ายังขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหาเวลาที่น้ำใช้ในการเคลื่อนตัว (t_c) มีผลโดยตรงต่อเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดตามสมการที่ (6) ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดอัตราการไหลสูงสุดอีกด้วย เมื่อได้ค่า T_p และ q_p แล้วก็สามารถคำนวณหากราฟน้ำท่าได้ โดยนำไปคูณกับอัตราส่วนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless unit hydrograph)

4.1.5 ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง

ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองประกอบด้วย

- 1) ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (model parameters) ได้แก่ ค่าตรรกะนิแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) และขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำ สภาพพื้นที่ผิว และข้อมูลการใช้พื้นที่
- 2) ข้อมูลฝน เป็นข้อมูลกระจายตัวของความลึกฝนที่เวลาต่าง ๆ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
- 3) ข้อมูลระดับน้ำและ 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 เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่อธิบายรูปแบบเชิงปริมาณด้านอุทกวิทยาของปริมาณน้ำท่า และพฤติกรรมต่าง ๆ ของวัฏจักรอุทกวิทยานบนผิวดิน ซึ่งมีพารามิเตอร์และตัวแปรเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยของทั้งลุ่มน้ำนั้น พารามิเตอร์เชิง Semi Empirical บางตัวสามารถกำหนดเบื้องต้นได้จากข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ที่เลือกใช้จะได้มาจากการสอบเทียบแบบจำลองให้สอดคล้องระหว่างข้อมูลนำเข้า และผลที่ได้จากการคำนวณ

4.2.2 โครงสร้างของแบบจำลอง

โครงสร้างของแบบจำลองเป็นการเลียนแบบวัฏจักรทางอุทกวิทยานบนผิวดิน โดยน้ำจะถูกเก็บกักในแหล่งเก็บกักต่าง ๆ 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

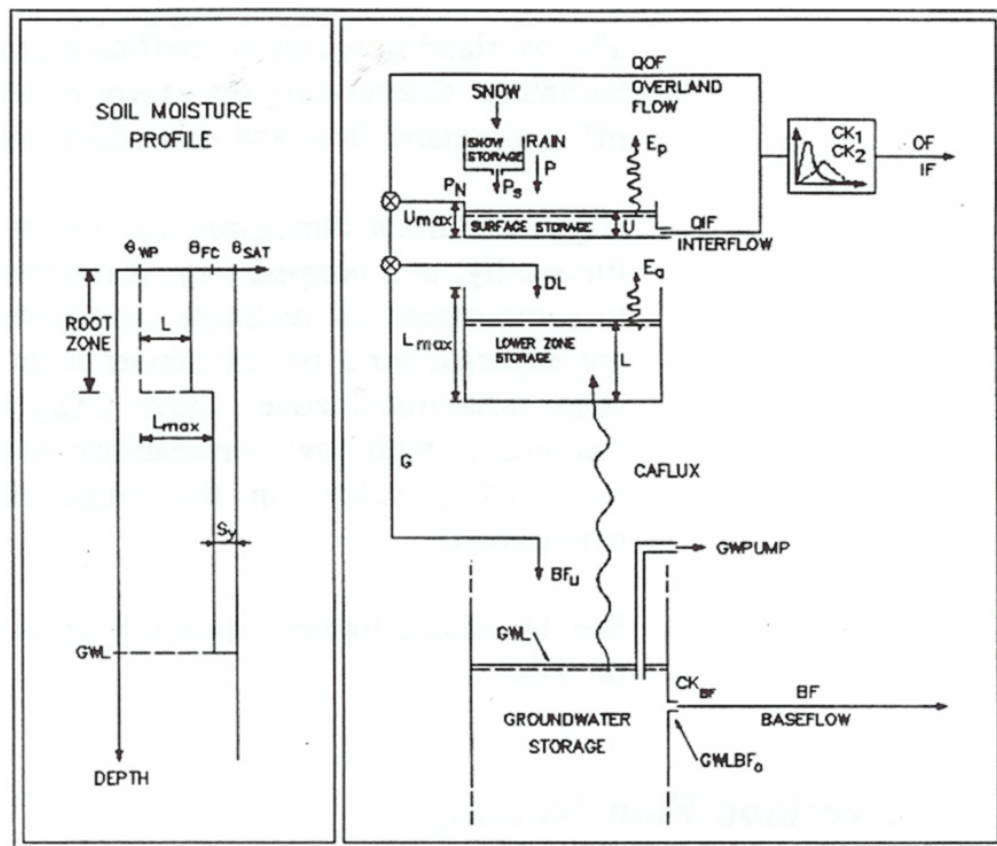
ก. การเก็บกักของหิมะ (Snow Storage) ขึ้นอยู่กับอัตราการละลายของหิมะ ซึ่งจะเพิ่มปริมาณน้ำให้กับการเก็บกักในชั้นของผิวดิน

ข. การเก็บกักบนผิวดิน (Surface Storage) คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาและถูกเก็บกักโดยพืชและซังตามทีลุ่มในบริเวณชั้นผิวดิน 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 ปริมาณความชื้นของชั้นดินที่อยู่ลึกกลงไปจากผิวดิน โดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ L_{max}

ง. การเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage) คือ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านการเก็บกักบริเวณชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) มาเก็บกักในชั้นนี้

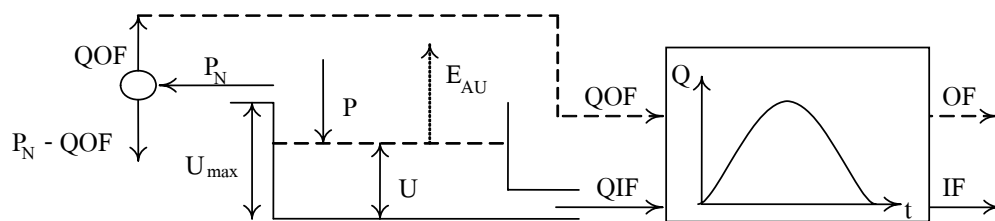


ภาพที่ 10 โครงสร้างของแบบจำลอง NAM

4.2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลอง

ก. การเก็บกักชั้นผิวดิน (Surface Storage)

เมื่อมีฝนตก (P) ลงมา ความชื้นของดินในชั้น Surface Storage (U) จะเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันน้ำบางส่วนก็จะระเหย (E_{AU}) และรั่วซึมเป็น Interflow (QIF) ไหลสู่แม่น้ำลำธาร แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงขบวนการเกิด Interflow และ Overland Flow ในชั้น Surface Storage ในแบบจำลอง NAM

ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็น Interflow จะเป็นสัดส่วนกับ Surface Storage (U) และความจุความชื้นสัมพัทธ์ในชั้น Lower Zone Storage ($L/L_{\max}$) ดังแสดงในภาพที่ 11 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 11 ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็น Overland Flow จะเป็นสัดส่วนกับ ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (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 ($P_N - QOF$) โดยแยกเป็นส่วนของน้ำที่ไหลซึมลงสู่ชั้น Groundwater Zone ในปริมาณเท่ากับ G คำนวณได้จากสมการ (14) และส่วนที่เหลือจะเพิ่มความชื้นของดินในชั้น Lower Zone Storage เท่ากับ DL คำนวณได้จากสมการ (13) และแสดงในภาพที่ 12

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

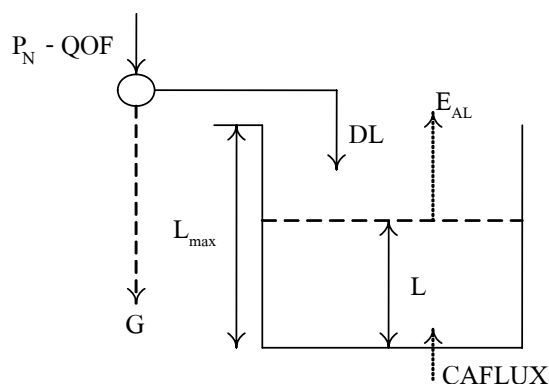
$$G = \begin{cases} (P_N - QOF) \frac{L/L_{\max} - TG}{1 - TG} & \text{for } L/L_{\max} > TG \\ 0 & \text{for } L/L_{\max} \leq TG \end{cases} \quad (14)$$

เมื่อ DL = ปริมาณน้ำที่เพิ่มความชื้นของดินในชั้น Lower Zone Storage

G = ปริมาณน้ำส่วนที่เติมให้ชั้น Groundwater Zone

P_N = ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall)

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



ภาพที่ 12 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 11 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

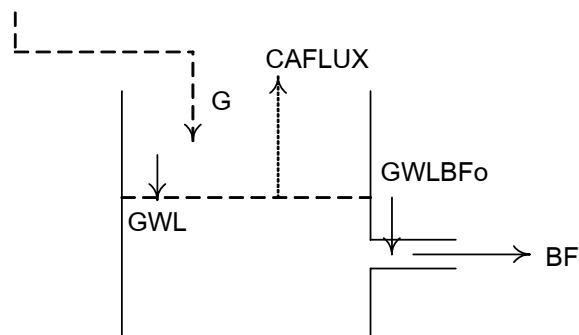
GWL = ความลึกของระดับน้ำใต้ดินจากผิวดิน

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

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

ค. การเก็บกักในชั้นใต้ดิน (Groundwater Storage)

ระดับน้ำใต้ดิน คำนวณจากปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้ามาคือ G พิจารณากับความลึกของระดับน้ำใต้ดินจากผิวดิน (GWL) และความลึกน้ำใต้ดินมากที่สุดที่ทำให้เกิด Base Flow ($GWLBF_0$) ดังแสดงในสมการ (16) และภาพที่ 13 ดังนี้

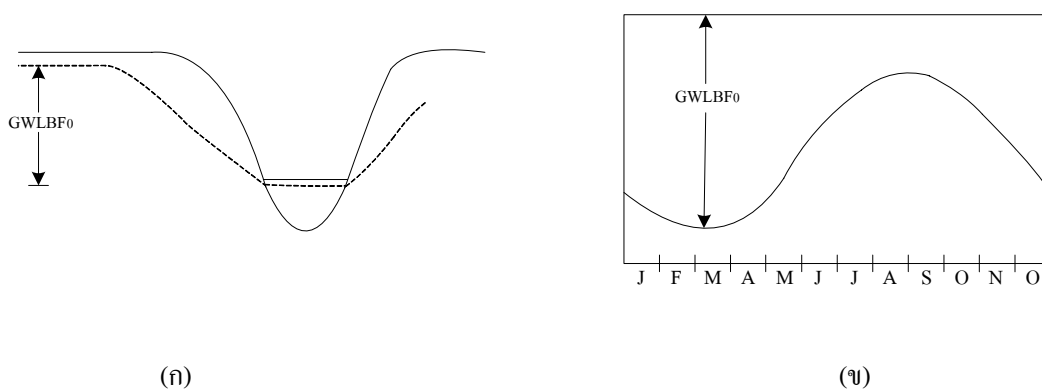


ภาพที่ 13 ขบวนการเกิด Base Flow (BF) ในชั้น Groundwater Storage

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

- 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_o แสดงในภาพที่ 14 ดังนี้



ภาพที่ 14 ความหมายทางกายภาพของค่า GWLBF_o

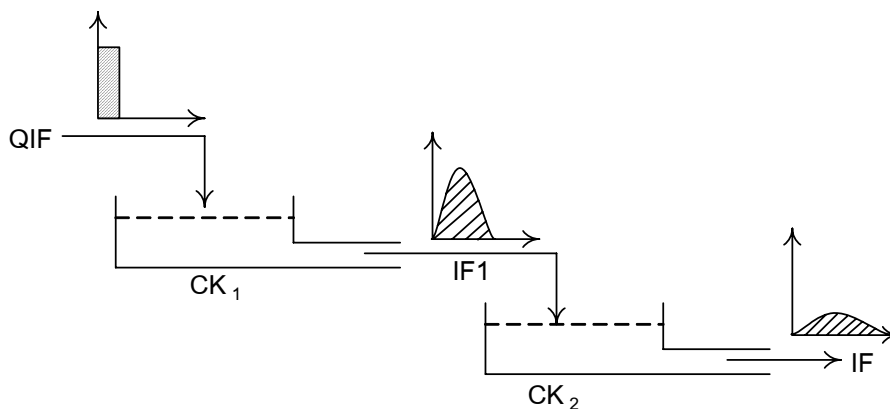
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากชั้น Groundwater Storage หรือ Base Flow (BF) คำนวณเป็นปริมาณการไหลออกโดยใช้หลักของ Linear Reservoir โดยมี Time Constant CK_{BF} ดังแสดงในสมการ (17) ดังนี้

$$BF_t = BF_{t-t_1} (e^{-\Delta t / CK_{BF}}) + G (1 - e^{-\Delta t / CK_{BF}}) \quad (17)$$

- 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 อย่าง โดยมี Time Constants CK_1 และ CK_2 ดังแสดงในสมการ (18) และ (19) และภาพที่ 15 ดังนี้



ภาพที่ 15 แสดงการเคลื่อนตัวของ Interflow ในแบบจำลอง NAM

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

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

เมื่อ IF = ความลึกของ Interflow
 CK_1 CK_2 = ค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของ Interflow

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

ถ้า $OF < OF_{min}$: ใช้ CK_1 และ CK_2 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

CK_1^{OF}, CK_2^{OF} = ค่าคงที่ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของ Overland Flow

OF_{min} = ค่าต่ำสุดสำหรับการเคลื่อนตัวที่ไม่เป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

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 Infoworks RS พร้อม dongle
4. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
5. ข้อมูลอุตุณิยวิทยา และอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา
6. เครื่องมือวัดความยาว (Curvimeter)
7. เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter)

วิธีการ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ที่มีสถานีวัดน้ำท่าและมีการจัดเก็บข้อมูลน้ำท่า เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาและประเมินตรวจสอบ

1.2 รวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลฝนรายวัน และราย 3 ชั่วโมง ซึ่งตรวจวัดโดยกรมชลประทานและกรมอุตุณิยวิทยา และรวบรวมข้อมูลปริมาณการระเหยจากภาค โดยใช้ข้อมูลรายวันของสถานีที่มีการตรวจวัดโดยกรมอุตุณิยวิทยา

1.3 รวบรวมข้อมูลน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายวัน ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าและระดับน้ำ (Rating Curve) ซึ่งตรวจวัดโดยกรมชลประทาน

1.4 ข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) สำหรับใช้หาลักษณะของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาคำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน

1.5 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Topography) ศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อหาลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ และความลาดชันลำน้ำ เป็นต้น

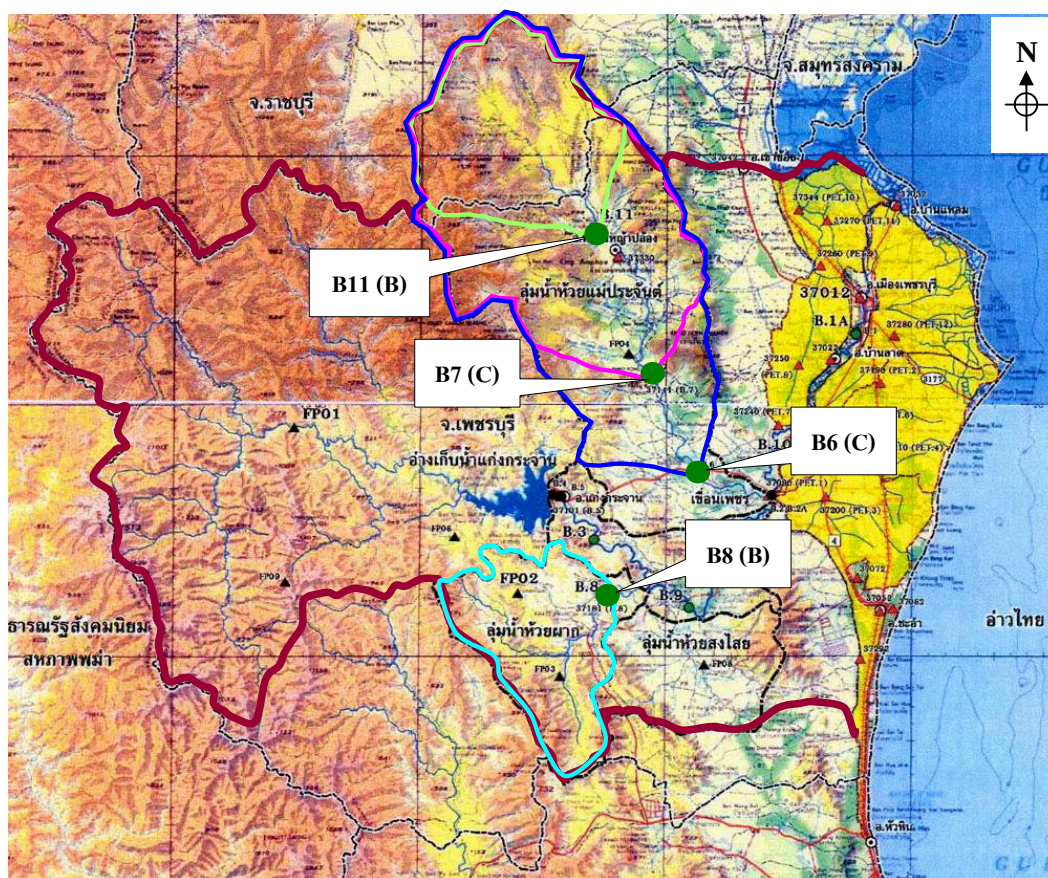
2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 การจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง

2.1.1 คัดเลือกพื้นที่ศึกษา ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีสถานีตรวจวัดน้ำท่าเพื่อนำมาตรวจสอบกับผลการคำนวณจากแบบจำลอง โดยพื้นที่ที่คัดเลือกนำมาทำการศึกษาหาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ความยาวลำน้ำ (L) ความยาวลำน้ำจากศูนย์กลางพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก (Lc) ความลาดชันลำน้ำ (Slope) และทำการจัดแบ่งประเภทของลักษณะลุ่มน้ำออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก กลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง และกลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย สำหรับกลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันมากไม่ได้ทำการศึกษาเนื่องจากไม่มีข้อมูลน้ำท่าที่จดบันทึก ในการศึกษาจึงศึกษาเฉพาะกลุ่มพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางและความลาดชันน้อย จากนั้นจะคำนวณหาเวลาการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (T_p) เพื่อดูลักษณะของการเกิดกราฟน้ำท่า สำหรับรายละเอียดลักษณะกายภาพพื้นที่ของแต่ละประเภทลุ่มน้ำย่อยที่นำมาศึกษาได้แสดงไว้ในภาพที่ 16 และตารางที่ 8 โดยผลการคำนวณค่าเวลาที่น้ำท่าใช้เดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าไม่เกิน 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลน้ำท่าจากการตรวจวัดของสถานีต่าง ๆ ดังภาพที่ 17 ถึงภาพที่ 20

2.1.2 จัดเตรียมข้อมูลน้ำท่า จากค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดที่คำนวณได้ จะนำมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่า ที่จะนำมาใช้สำหรับตรวจสอบผลจากแบบจำลอง ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนใหญ่มีเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดน้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน ดังนั้นการคัดเลือกข้อมูลจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายชั่วโมงเพื่อให้สามารถตรวจสอบผลการจำลองน้ำท่าได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากไม่มีข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายชั่วโมง แต่มีข้อมูลการตรวจวัดค่าระดับน้ำรายชั่วโมงและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล

น้ำท่าและระดับน้ำ (Rating Curve) จึงทำการเปลี่ยนค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่มีอยู่เป็นค่าอัตราการไหลน้ำท่าที่ชั่วโมงต่าง ๆ ทั้งนี้รายละเอียดของสถานีวัดระดับน้ำท่า ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงเป็นอัตราการไหลน้ำท่ารายชั่วโมง และเหตุการณ์น้ำท่าสูงสุดที่คัดเลือกนำมาทำการศึกษาได้แสดงไว้ในภาพที่ 21 ภาพที่ 22 และตารางที่ 9 ตามลำดับ



ภาพที่ 16 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 8 รายละเอียดคุณลักษณะของพื้นที่ศึกษาในกลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย สถานี	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	L (กม.)	Lc (กม.)	ความลาดชัน (1:X)	Tc ^{1/} (ชม.)	ประเภท ^{2/}
1	B8	264	25.6	10.6	1:141	5.4	B
2	B11	460	26.2	15.6	1:124	5.3	B
3	B7	846	50.5	29.1	1:616	16.1	C
4	B6	1,015	67.6	41.1	1:1650	29.5	C

หมายเหตุ: พื้นที่ประเภท A ความลาดชันมาก ไม่มีข้อมูลสำหรับที่จะนำมาใช้ศึกษา

$$1/ \quad T_c \quad \text{คำนวณจาก} \quad T_c = \left[\frac{0.87L^3}{H} \right]^{0.385}$$

เมื่อ T_c คือ เวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกหรือจุดที่พิจารณา, ชั่วโมง

L คือ ความยาวลำน้ำ, กิโลเมตร

L_c คือ ระยะตามแนวลำน้ำหลักจากศูนย์กลางพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก, กิโลเมตร

H คือ ค่าความต่างระดับของพื้นที่ลุ่มน้ำ, เมตร

2/ การแบ่งประเภทความลาดชัน โดยแบ่งเป็นประเภทดังนี้

ประเภท A ความลาดชันมาก (Steep Slope)

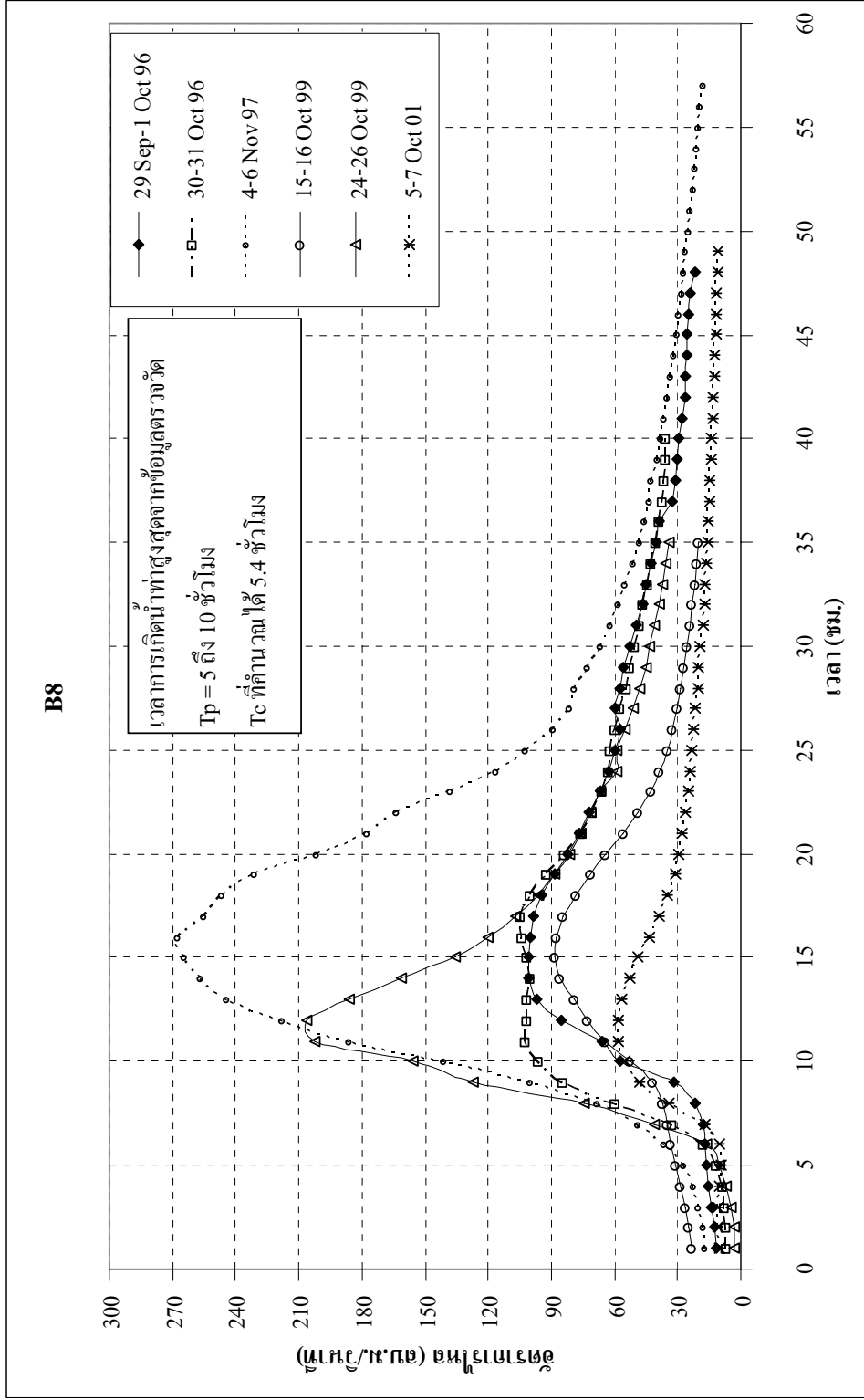
คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 1:100

ประเภท B ความลาดชันปานกลาง (Intermediate Slope)

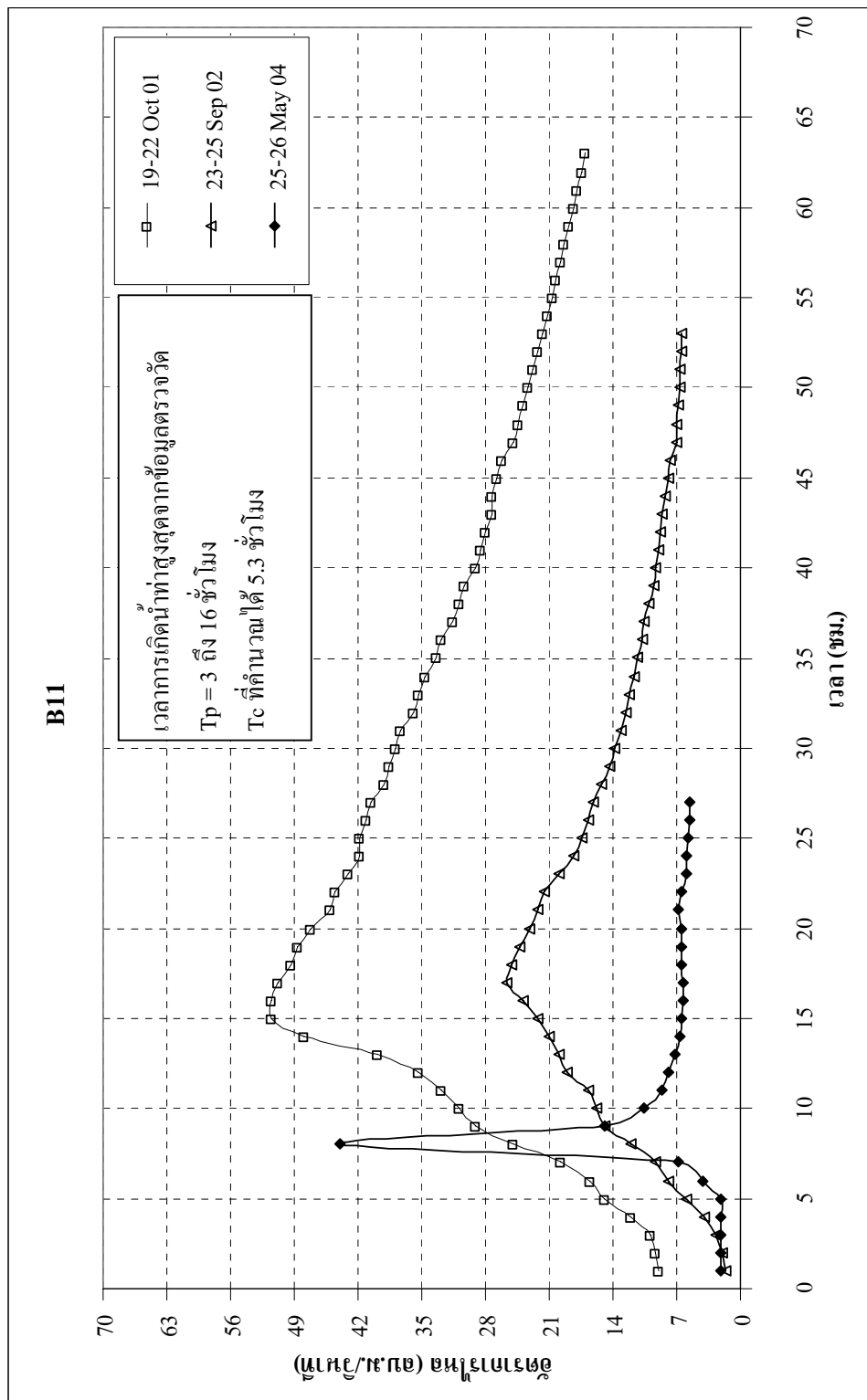
คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500

ประเภท C ความลาดชันน้อย (Mild Slope)

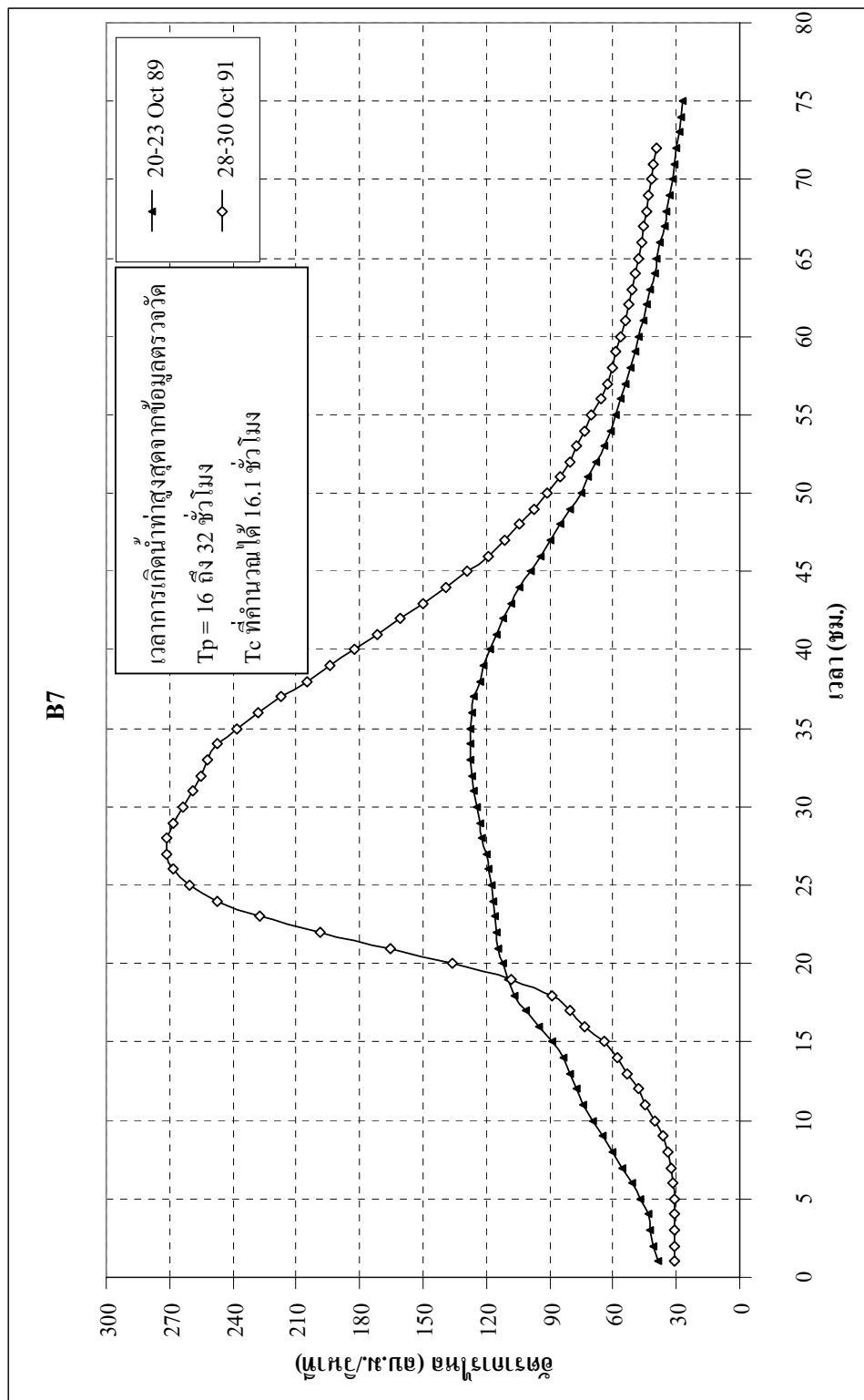
คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1:500



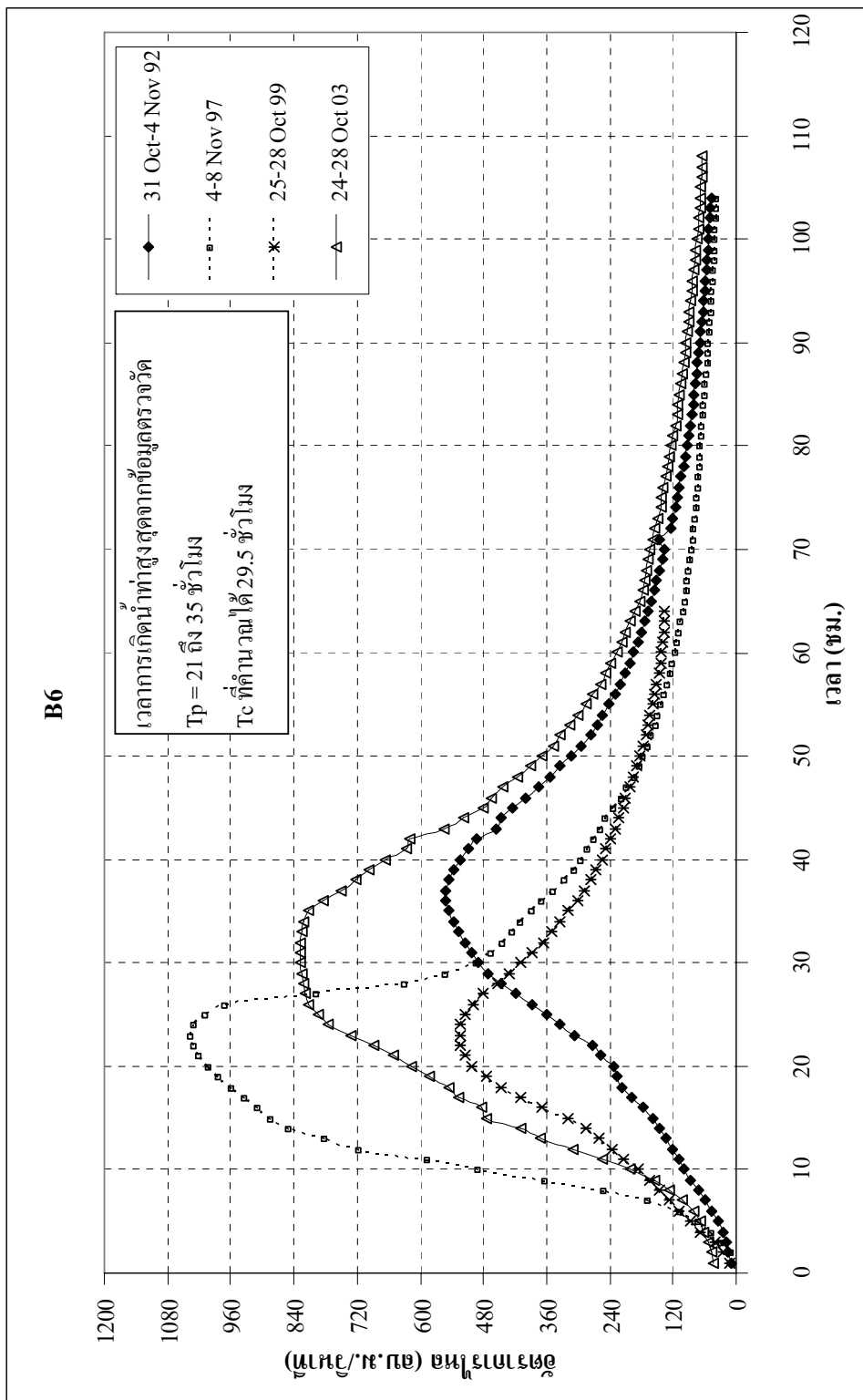
ภาพที่ 17 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B8



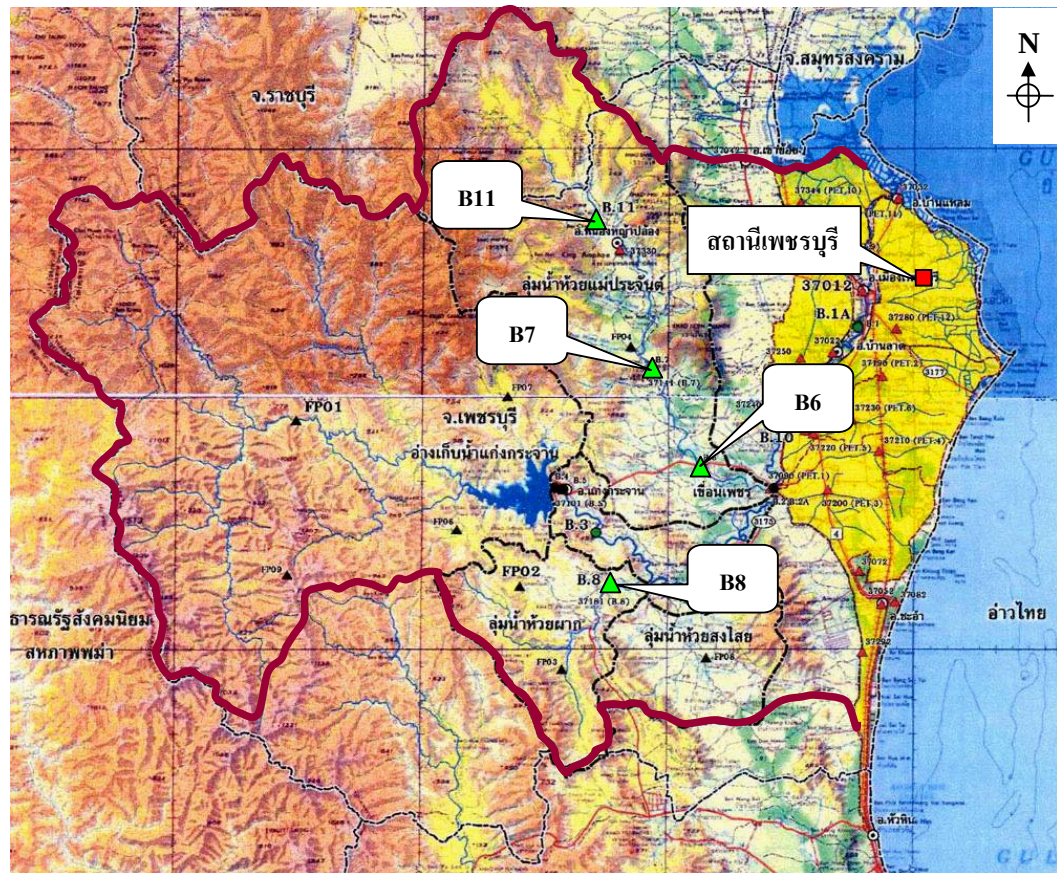
ภาพที่ 18 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B11



ภาพที่ 19 กราฟน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B7

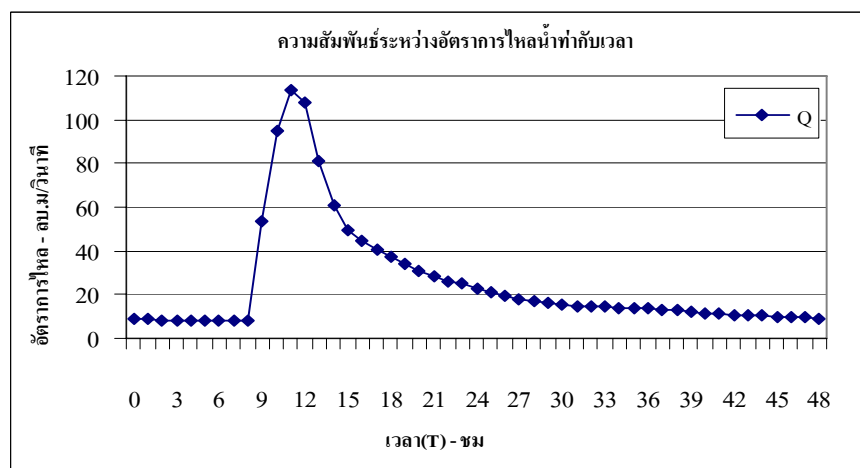
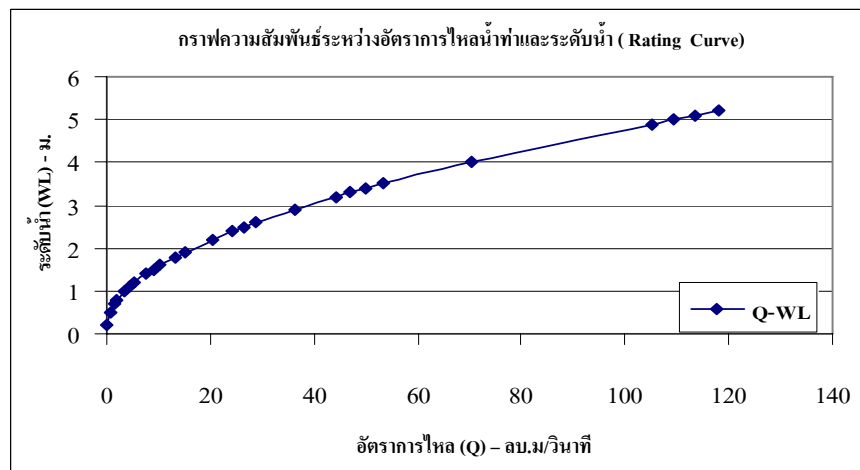
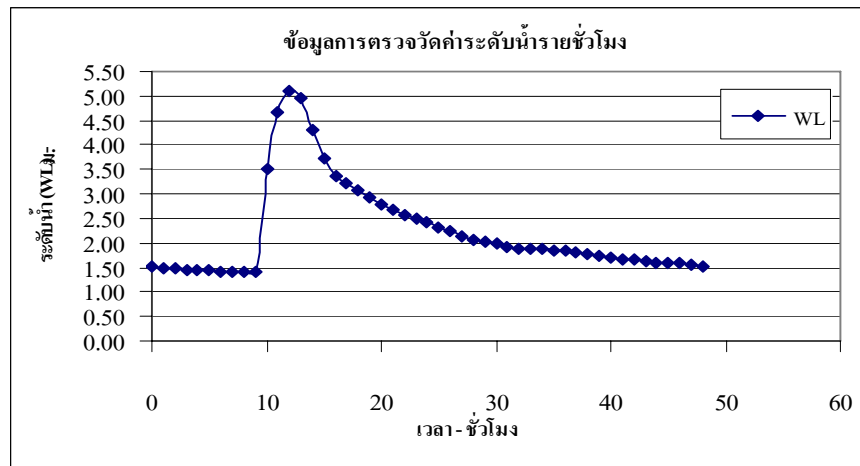


ภาพที่ 20 กราฟน้ำท่วมจากข้อมูลตรวจวัดของสถานี B6



- สถานีน้ำฝน
- ▲ สถานีน้ำท่า

ภาพที่ 21 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่า



ภาพที่ 22 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าสังเคราะห์จากข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง
ของสถานี B8

ตารางที่ 9 รายละเอียดข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าและเหตุการณ์น้ำหลากที่นำมาใช้ศึกษา

ลำดับ	สถานี	ช่วงเหตุการณ์ ที่พิจารณา	อัตราการไหล สูงสุด (m ³ /s)	เวลาเหตุการณ์ น้ำท่าสูงสุด
1	B6	31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	551.98	01:00 2 พ.ย. 1992
		4-8 พ.ย. 1997	1035.74	15:00 5 พ.ย. 1997
		25-28 ต.ค. 1999	525.23	12:00 26 ต.ค. 1999
		24-28 ต.ค. 2003	829.20	19:00 25 ต.ค. 2003
2	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	100.70	10:00 30 ก.ย. 1996
		30-31 ต.ค. 1996	104.28	21:00 30 ต.ค. 1996
		4-6 พ.ย. 1997	267.26	07:00 5 พ.ย. 1997
		15-16 ต.ค. 1999	88.70	15:00 15 ต.ค. 1999
		24-26 ต.ค. 1999	206.00	17:00 25 ต.ค. 1999
		15-17 ต.ค. 2003	1022.74	01:00 16 ต.ค. 2003
3	B11	29-31 ต.ค. 2000	57.87	03:00 30 ต.ค. 2000
		23-25 ก.ย. 2002	25.66	05:00 24 ก.ย. 2002
		24-27 ต.ค. 2003	237.20	11:00 25 ต.ค. 2003
4	B7	20-23 ต.ค. 1989	127.60	06:00 22 ต.ค. 1989

2.1.3 จัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสำหรับใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง จากการรวบรวมข้อมูลที่มีในกลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่ามีสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติซึ่งตรวจวัดฝนรายชั่วโมงแต่มีการเก็บบันทึกข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมง จำนวน 1 สถานี ได้แก่ สถานี อ.เมือง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ส่วนที่เหลือเป็นสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนรายวันกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งตรวจวัดโดยกรมชลประทาน ทั้งนี้ได้แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝนและสถานีตรวจวัดน้ำท่าไว้ในภาพที่ 21

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

คำนวณค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกลงบนพื้นที่นั้น หรือเรียกว่า ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่า (equivalent uniform depth) โดยการคำนวณความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของปริมาณฝนของการศึกษานี้ จะใช้วิธีการหาค่าถ่วงน้ำหนักหรือเฉลี่ยด้วยวิธีรูปทียีสเซน (Thiessen Polygon) ซึ่งวิระพล (2531) กล่าวว่าวิธีนี้จะลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนได้ ทั้งนี้ได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของสถานีในกลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษาดังแสดงในตารางที่ 10 และรูปทียีสเซน (Thiessen Polygon) สถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา แสดงดังภาพที่ 23

เนื่องจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่กระจายตามพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำเพชรบุรีที่คัดเลือกมาศึกษาเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดฝนรายวัน แต่ค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่ามีน้อยกว่า 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการกระจายข้อมูลฝนรายวันให้เป็นข้อมูลฝนรายชั่วโมง โดยได้ทำการศึกษารูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ ซึ่งมีเก็บบันทึกข้อมูลราย 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงใช้รูปแบบการกระจายตัวของฝนของสถานีดังกล่าวที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา นำมาประยุกต์ใช้กับสถานีตรวจวัดฝนรายวันที่มีอยู่ในกลุ่มน้ำย่อย รวมทั้งได้นำผลการศึกษาของสุภาพรรณ (2532) ซึ่งได้ทำการศึกษาวเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝนสูงสุด 1 วัน กรณีฝนหนัก (ปริมาณฝนตั้งแต่ 35.1-90.0 มม.) และกรณีฝนหนักมาก (ปริมาณฝนตั้งแต่ 90.1 มม.ขึ้นไป) สำหรับจังหวัดเพชรบุรีมาพิจารณาประกอบ กราฟการกระจายตัวของปริมาณฝน 24 ชั่วโมง ที่มีการบันทึกข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ และผลการศึกษาการแพร่กระจายของปริมาณฝน 24 ชั่วโมง ของสุภาพรรณ กรณีฝนหนักและฝนหนักมาก ได้แสดงดังภาพที่ 24 และภาพที่ 25

2.1.4 คัดเลือกเหตุการณ์ที่อาจเกิดอุทกภัย ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเลือกเฉพาะเหตุการณ์ที่เกิดจากพายุฝนเหตุการณ์เดี่ยว (Single Event) เท่านั้น

2.1.5 จัดเตรียมข้อมูลการระเหยจากถาดรายวัน เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง NAM

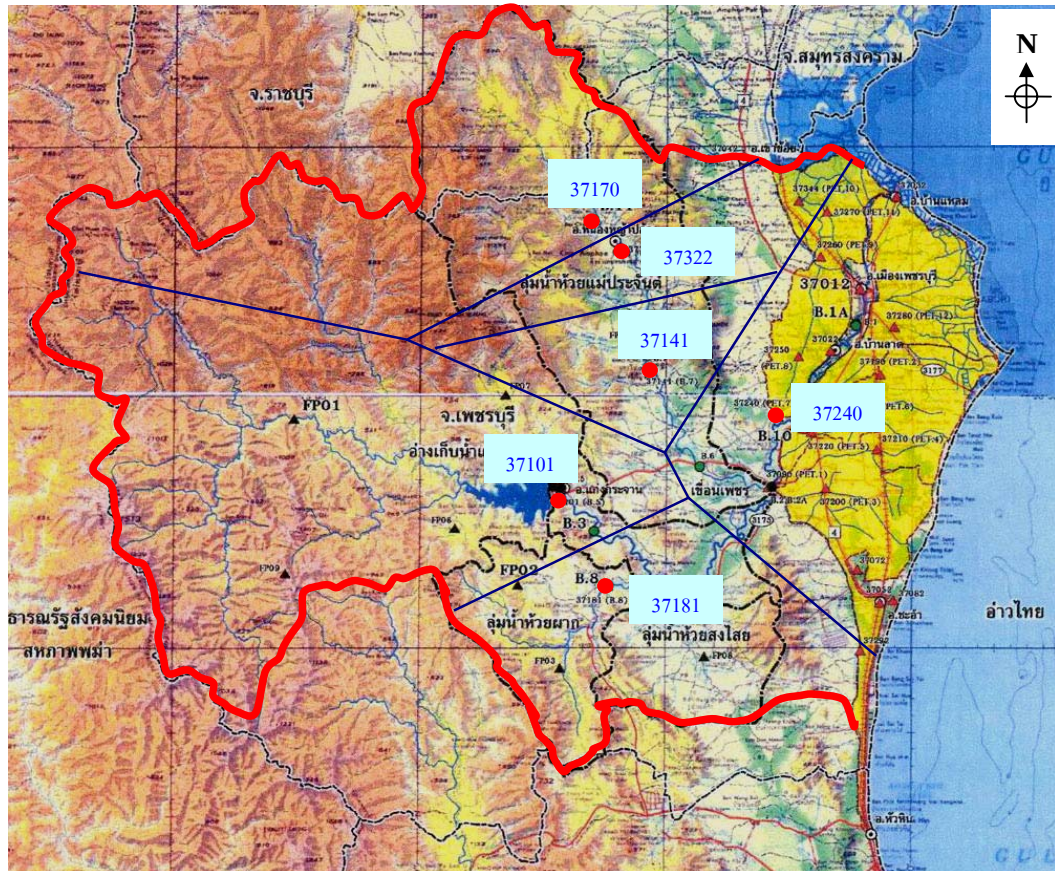
2.1.6 จากข้อมูลที่จัดเตรียมนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า สำหรับเหตุการณ์อุทกภัย และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยแต่ละประเภทโดยใช้แบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM

2.1.7 หาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM

ตารางที่ 10 ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนและการหาค่าถ่วงน้ำหนักโดยวิธี Thiessen ที่ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา และสถานีวัดอัตราการระเหยที่ใช้

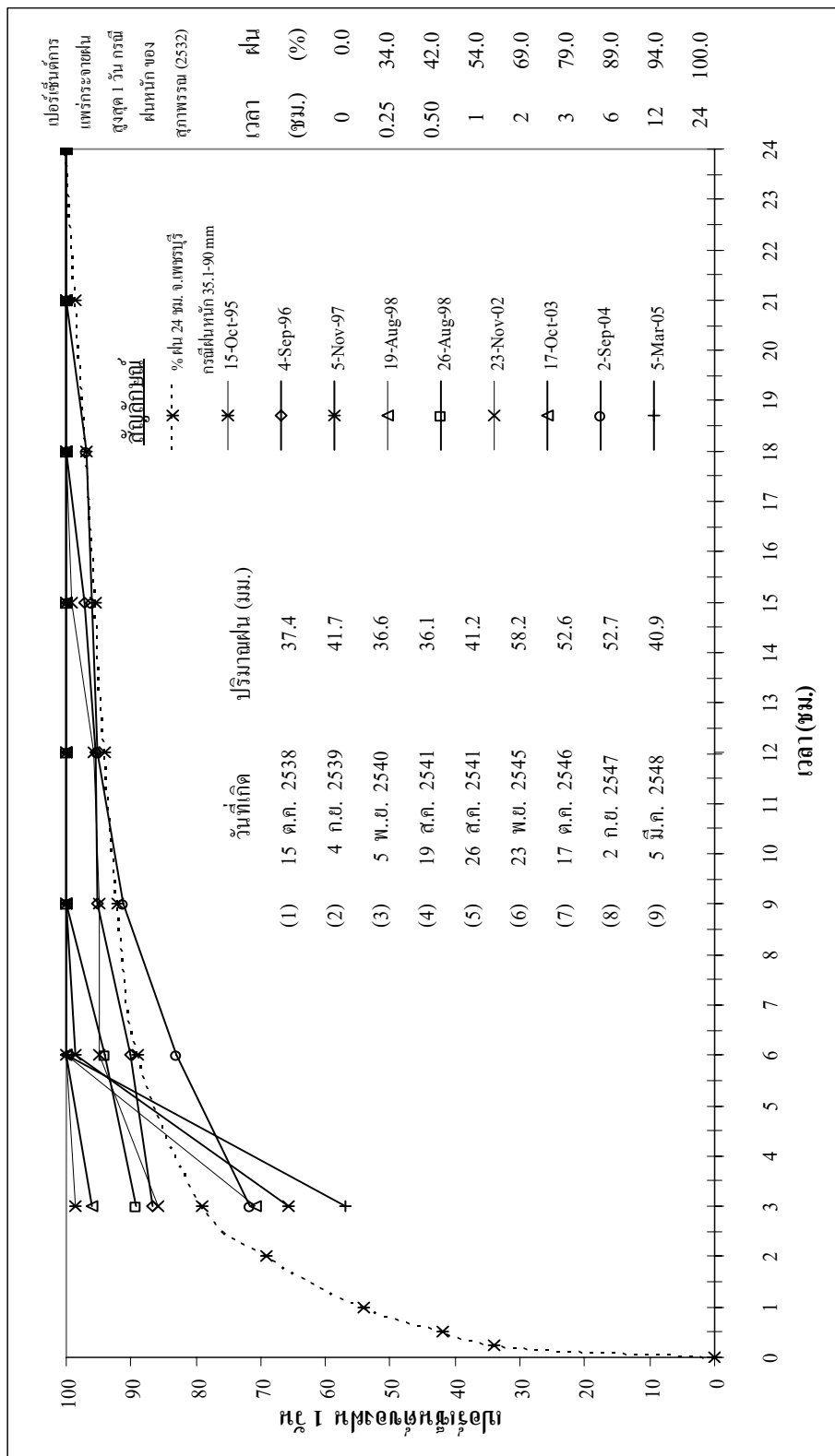
ลุ่มน้ำย่อย/ สถานี	สถานีวัดน้ำฝน ตัวแทน	ช่วงปีข้อมูล ที่มี	ค่าถ่วงน้ำหนัก วิธี Thiessen	สถานีวัดอัตราการ ระเหย
B6	37170	1999 - 2003	0.54	465201
	37322	1974 – 2003	0.24	สถานีเพชรบุรี
	37101	1974 – 2003	0.14	
	37240	1974 – 2003	0.08	
B8	37181	1974 – 2003	0.89	465201
	37101	1974 – 2003	0.11	สถานีเพชรบุรี
B11	37170	1999 - 2003	1.00	465201
				สถานีเพชรบุรี
B7	37322	1974 – 2003	0.88	465201
	37141	1974 – 1995	0.12	สถานีเพชรบุรี

หมายเหตุ ข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนเหล่านี้เป็นข้อมูลฝนรายวัน

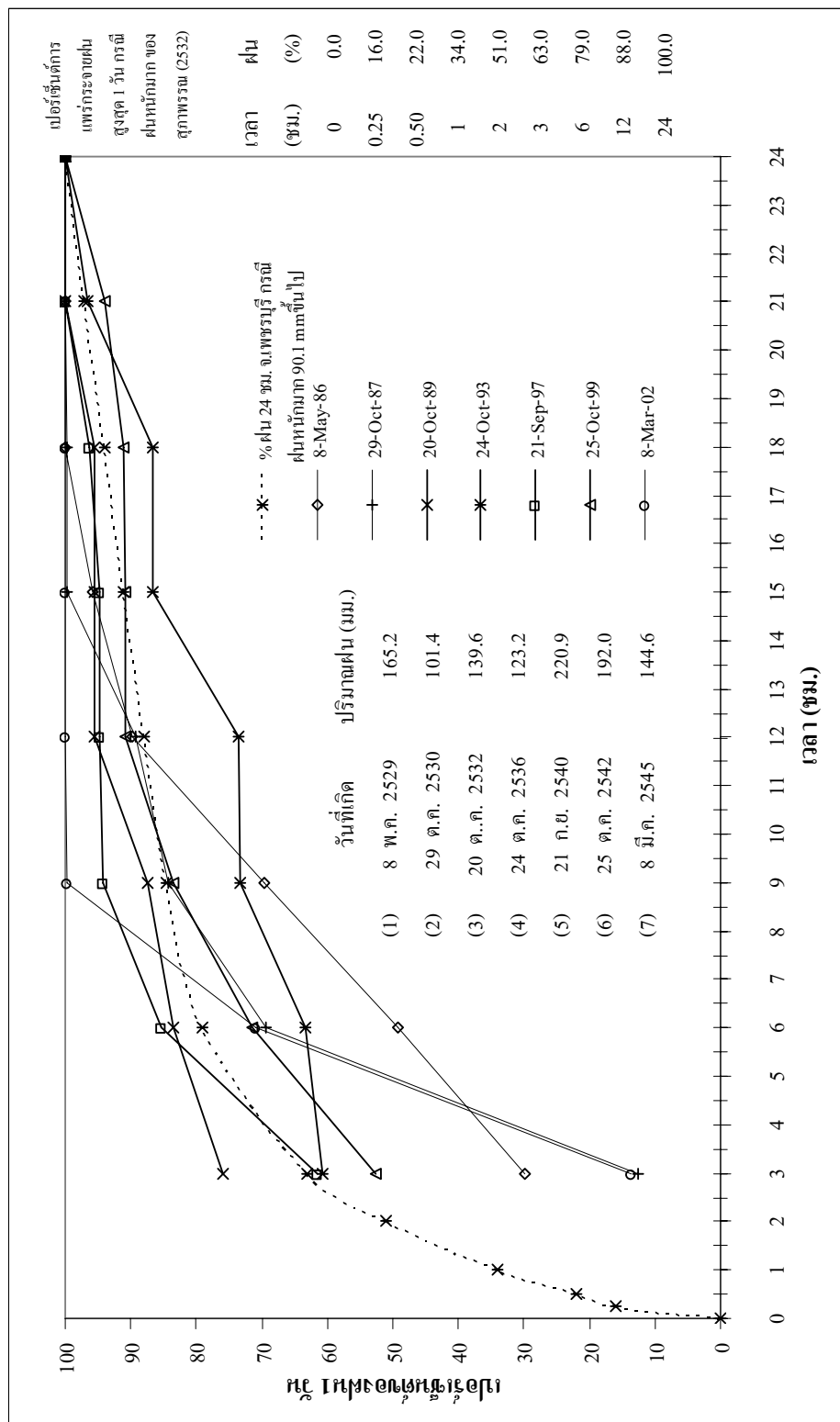


● สถานีวัดปริมาณน้ำฝน

ภาพที่ 23 รูปชีเอสเซน (Thiessen Polygon) สถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 24 กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝน 24 ชั่วโมง จ.เพชรบุรี
กรณีสวนหลัก 35.1-90 มม.



ภาพที่ 25 กราฟการกระจายของฝนจากข้อมูลตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของฝน 24 ชั่วโมง จ.เพชรบุรี
กรณีฝนหนักมาก 90 มม. ขึ้นไป

2.2 การสอบเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ (Model Calibration)

ในการสอบเทียบแบบจำลอง จะต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้มีความสัมพันธ์หรือเข้ากันได้มากที่สุดกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลของสถานีตรวจวัด โดยในการปรับแบบจำลองจะทำการใช้วิธีสมมุติคำตอบ (Trial and error) ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับกราฟน้ำท่าที่มีการตรวจวัดเอาไว้มากที่สุด และจะใช้เกณฑ์ทางสถิติในการตัดสินใจคัดเลือกผลการสอบเทียบ

2.3 เกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการปรับเทียบข้อมูล (Fitting Criteria)

การศึกษาครั้งนี้จะเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา โดยใช้วิธีการพิจารณาค่าทางสถิติเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการปรับเทียบข้อมูล ยุพิน (2542) ได้แก่

2.3.1 ค่าความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ และข้อมูลที่ตรวจวัด

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

โดยที่ $\bar{Q}_o$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่า, ลบ.ม./วินาที
 $\bar{Q}_c$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยที่คำนวณได้, ลบ.ม./วินาที
 Q_{oi} คือ อัตราการไหลที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่า, ลบ.ม./วินาที
 Q_{ci} คือ อัตราการไหลที่คำนวณได้, ลบ.ม./วินาที
 n คือ จำนวนชั่วโมงในเหตุการณ์ที่พิจารณา

โดยจะพิจารณาเปอร์เซ็นต์แตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดด้วยสมการที่ (21) ดังนี้

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

นอกจากนี้ ยังจะทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แตกต่างของค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าจากข้อมูลตรวจวัด โดยใช้สมการที่ (21) ในการคำนวณอีกด้วย

2.3.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการไหลของน้ำท่าที่ได้จากการวัด และจากการคำนวณ

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

2.3.3 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 แสดงว่าค่าอัตราการไหลที่วัดจากสถานีน้ำท่าและจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันแบบปฏิกิริยาตรง แต่หากค่า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันแบบปฏิกิริยาผกผัน

2.4 การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ (Model Verification)

การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (Model Verification) ว่าเหมาะสมเพียงใดนั้น ใช้วิธีเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลอง โดยจะทำการ

เฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของลุ่มน้ำ จากนั้นจะนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่ได้มาจำลองข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลฝนของเหตุการณ์อุทกภัยในลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับชุดข้อมูลน้ำท่าของสถานีวัดน้ำที่มีการตรวจวัดไว้ และตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้

2.5 การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ (Sensitivity Analysis)

การศึกษาความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์ ว่ามีผลต่อการคำนวณน้ำท่าอย่างไร ทำได้โดยใช้วิธีการเพิ่มค่าและลดค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบทีละตัวขณะที่พารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ คงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลต่างของปริมาตรและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่คำนวณได้จากการสอบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากการเพิ่มและลดค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวดังกล่าว

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณลักษณะการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ที่ลาดเทจากทิศตะวันตกซึ่งเป็นเทือกเขาและที่ราบสูงลงมาทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นที่ราบ สามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามสภาพความลาดชันได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 1:100 (พื้นที่ประเภท A) ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำเพชรบุรี พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 (พื้นที่ประเภท B) ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ-ใต้ของลุ่มน้ำ และพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1:500 (พื้นที่ประเภท C) ส่วนใหญ่คือพื้นที่บริเวณตอนกลางจนถึงตะวันออกของลุ่มน้ำ

เนื่องจากพื้นที่ประเภท A มีความลาดชันมากอยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำซึ่งเป็นเทือกเขาและที่ราบสูงและไม่มีสถานีดตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการศึกษาเฉพาะบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำประเภท B ซึ่งมีความลาดชันปานกลาง และพื้นที่ประเภท C ซึ่งมีความลาดชันน้อยเท่านั้น จากสภาพความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีดังกล่าว เมื่อตรวจสอบกราฟน้ำหลากที่จดบันทึกไว้ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย พบว่าส่วนใหญ่จะทำให้เกิดน้ำท่าสูงสุดขึ้นภายในเวลา 24 ชั่วโมง และจากการตรวจสอบโดยการคำนวณค่าเวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกของลุ่มน้ำ (T_c) เมื่อสมมติว่า T_c เท่ากับเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสถานี B8 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 5.4 ชั่วโมง สถานี B11 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 5.3 ชั่วโมง สถานี B7 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 16.1 ชั่วโมง และสถานี B6 จะเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 29.5 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าสาเหตุหลักในการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรี จะเกิดจากปริมาณและลักษณะของฝนที่ตก หากเกิดฝนตกหนักหรือหนักมากในช่วงระยะเวลาสั้นหรือฝนตกหนักต่อเนื่องมีปริมาณตั้งแต่ 80 มิลลิเมตรขึ้นไป ในเวลา 6 ถึง 10 ชั่วโมง จะก่อให้เกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกรมอุตุฯ (2532)

1. ผลการศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS

1.1 ผลการสอบเทียบการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS

การสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง SCS ในการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้ผลการศึกษาจากการเปรียบเทียบผลการจำลองน้ำท่า-น้ำหลากกับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ดังแสดงในตารางที่ 11 และตารางที่ 12 ทั้งนี้ค่าที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการคำนวณกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ที่สถานีต่าง ๆ ผลการศึกษารูปได้ว่า พื้นที่ประเภท B ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ระหว่าง 6 ถึง 20 ชั่วโมง และได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย (Tp) 11.44 ชั่วโมง ค่าบรรณนิแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่าในช่วง 48.30 ถึง 99.60 และค่าบรรณนิแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่เฉลี่ย (CN) 79.39 สำหรับพื้นที่ประเภท C ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ระหว่าง 19 ถึง 31 ชั่วโมง และได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย 25.40 ชั่วโมง ค่า CN มีค่าในช่วง 74.90 ถึง 98.50 และมีค่า CN เฉลี่ย 87.68 โดยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ตรวจวัด จะอยู่ในช่วง -3.87 ถึง +0.18 เปอร์เซ็นต์ และ -0.15 ถึง +0.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าปริมาตรน้ำท่าจะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.21 ถึง -33.90 เปอร์เซ็นต์ และ -9.94 ถึง +4.21 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ระหว่าง 6.50 ถึง 302.57 และ 32.80 ถึง 333.06 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.90 ถึง 0.98 และ 0.90 ถึง 0.99 สำหรับพื้นที่ประเภท B และพื้นที่ประเภท C ตามลำดับ

ผลการศึกษาค่าทางสถิติของการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง SCS ของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ที่เลือกศึกษา นำมาสรุปโดยแยกอธิบายตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ดังนี้

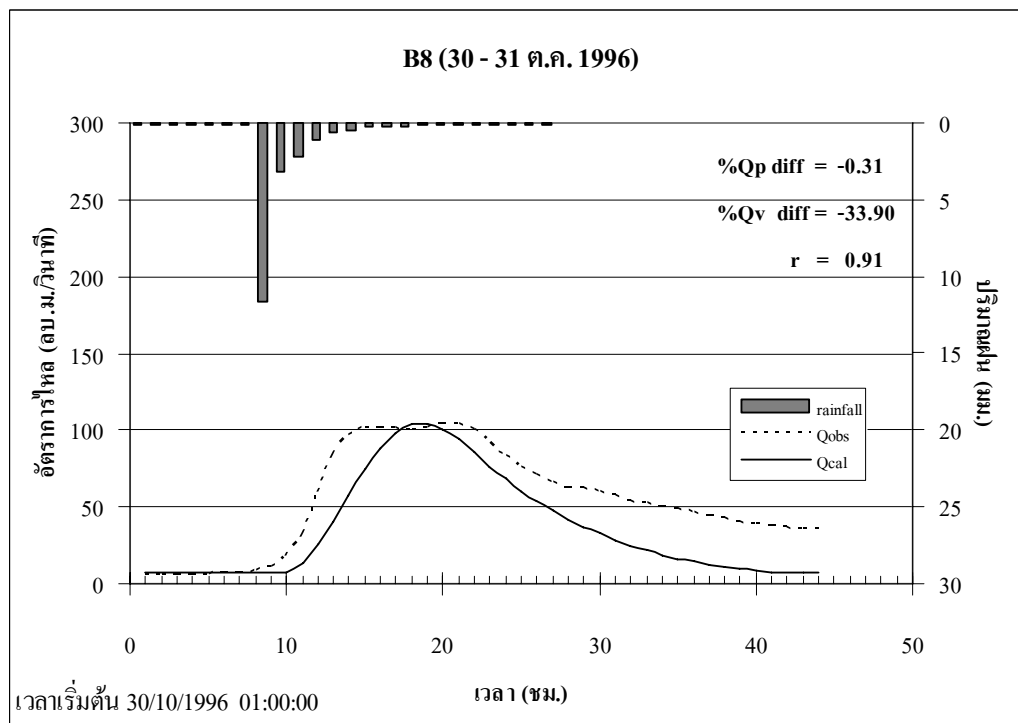
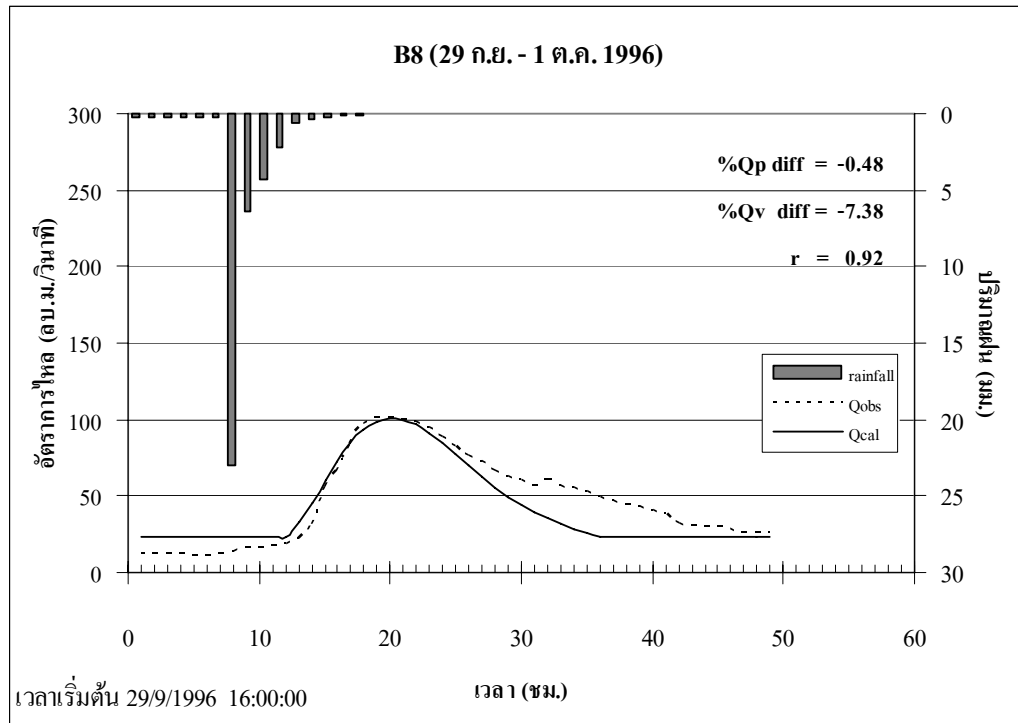
1.1.1 สถานี B8 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี B8 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ระหว่าง 6.0 ถึง 12.5 ชั่วโมง และค่าบรรณนิแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่าในช่วง 71.20 ถึง 99.60 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) แตกต่างกันในช่วง -3.87 ถึง +0.18 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันในช่วง -0.21 ถึง -33.90 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 23.05 ถึง 302.57 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.91 ถึง 0.98 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 26

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS ของคุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในคุ่มน้ำเพชรบุรี

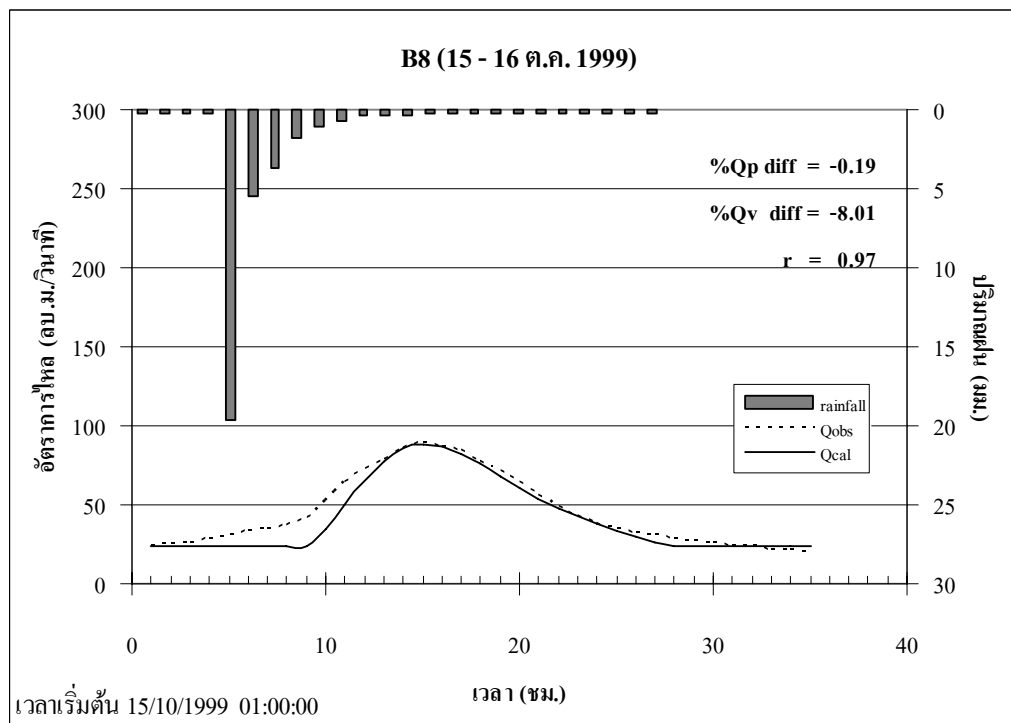
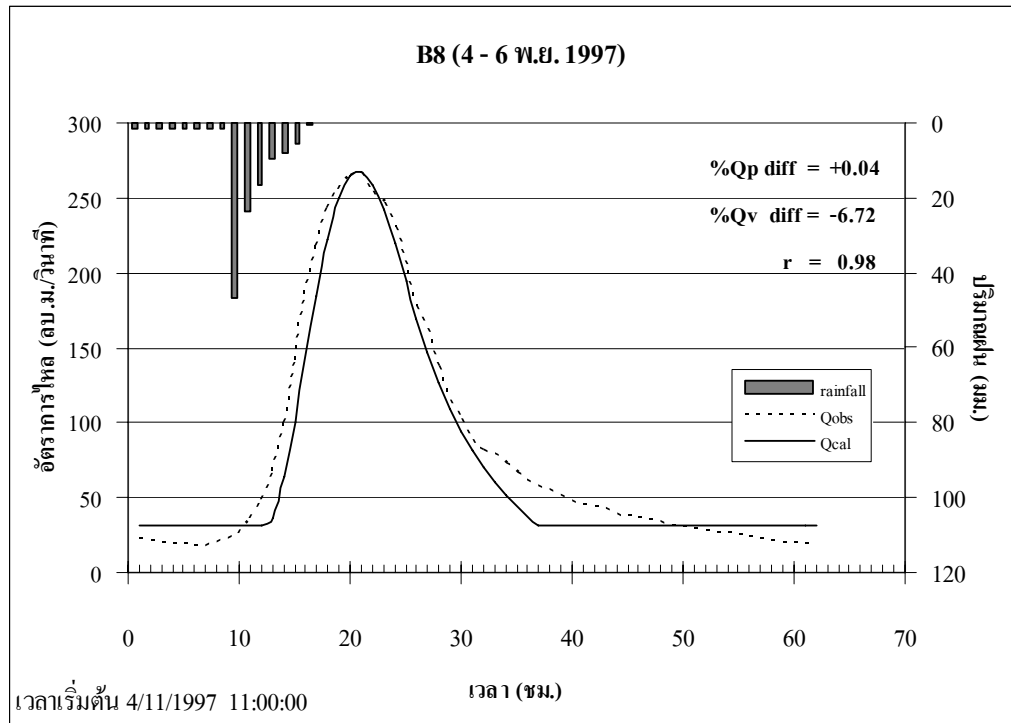
ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์		ความลึกของพายุฝน ที่พิจารณา (มม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)		Tp (ชม.)	CN	
			วัน	เวลาเกิดน้ำท่าสูงสุด		จากข้อมูลตรวจวัด	จากการคำนวณ			
B	B8	264	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	10:00 30 ก.ย. 1996	38.95	100.70	100.22	12.50	93.70	
			30-31 ต.ค. 1996	21:00 30 ต.ค. 1996	21.57	104.28	103.95	9.50	99.60	
			4-6 พ.ย. 1997	07:00 5 พ.ย. 1997	120.91	267.26	267.37	9.50	71.20	
			15-16 ต.ค. 1999	15:00 15 ต.ค. 1999	36.45	88.70	88.53	8.50	90.70	
			24-26 ต.ค. 1999	17:00 25 ต.ค. 1999	76.60	206.00	206.37	6.00	78.40	
B	B11	460	15-17 ต.ค. 2003	01:00 16 ต.ค. 2003	185.60	1022.74	983.15	7.00	99.60	
			29-31 ต.ค. 2000	03:00 30 ต.ค. 2000	59.50	57.87	57.70	18.00	78.80	
			23-25 ก.ย. 2002	05:00 24 ก.ย. 2002	72.68	25.66	25.67	12.00	54.20	
			24-27 ต.ค. 2003	11:00 25 ต.ค. 2003	202.57	237.20	237.19	20.00	48.30	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท B									11.44	79.39
C	B6	1,015	31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	01:00 2 พ.ย. 1992	112.58	551.98	551.15	31.00	89.10	
			4-8 พ.ย. 1997	15:00 5 พ.ย. 1997	137.50	1035.74	1034.22	20.50	88.00	
			25-28 ต.ค. 1999	12:00 26 ต.ค. 1999	54.65	525.23	526.47	19.00	98.50	
			24-28 ต.ค. 2003	19:00 25 ต.ค. 2003	176.75	829.20	829.12	26.00	74.90	
C	B7	846	20-23 ต.ค. 1989	06:00 22 ต.ค. 1989	48.18	127.60	127.87	30.50	87.90	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท C									25.40	87.68

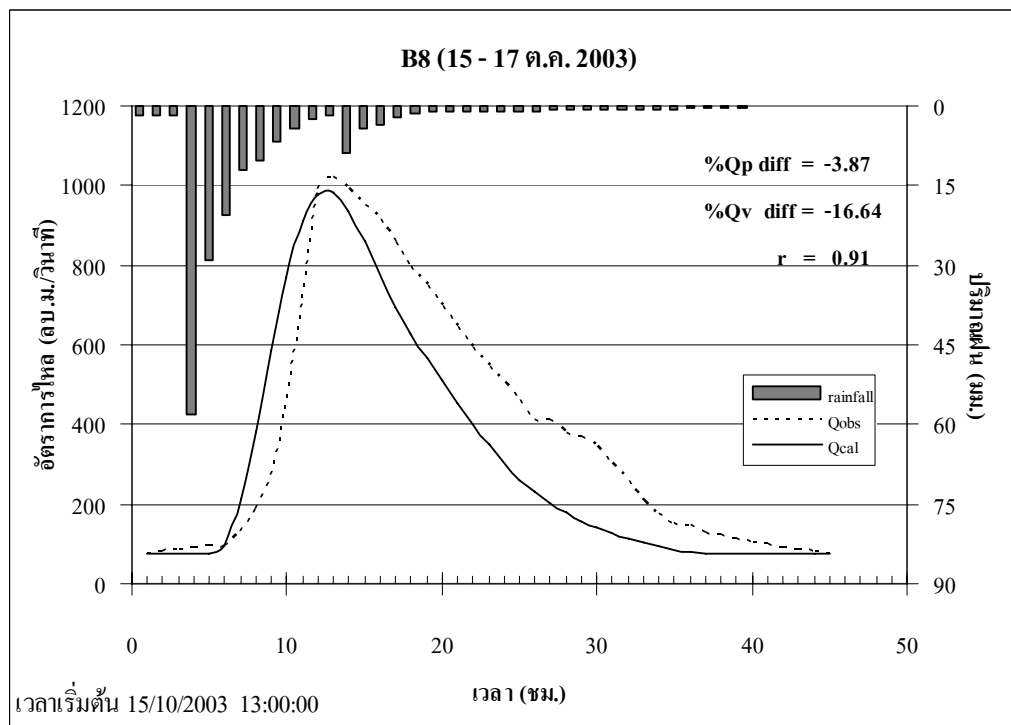
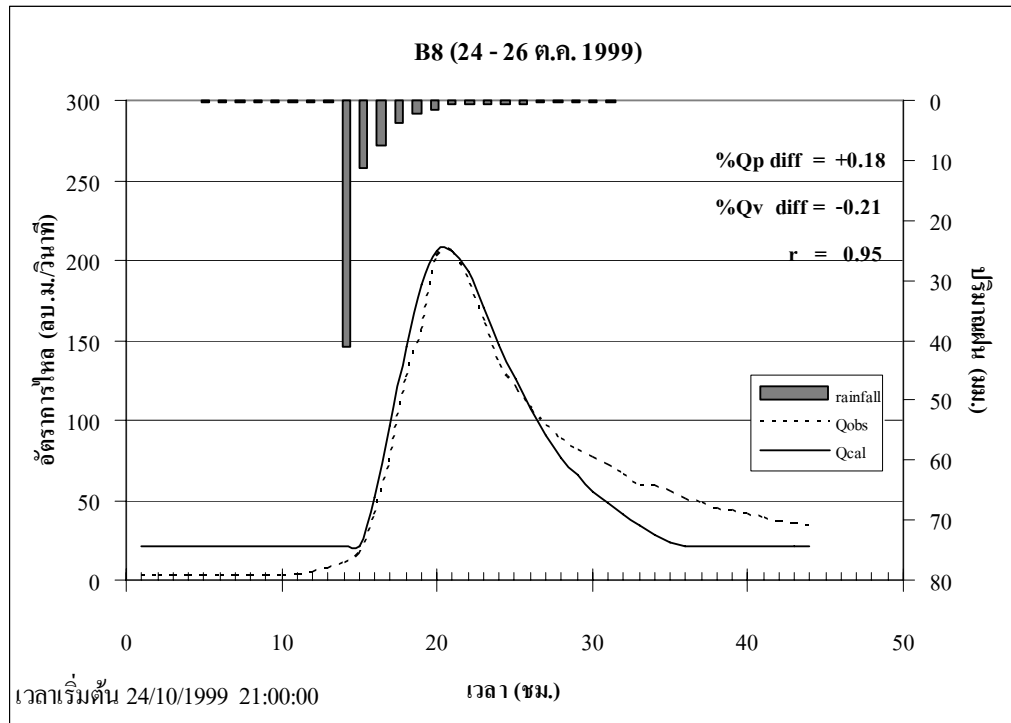
ตารางที่ 12 รายละเอียดของค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp)				ปริมาณน้ำท่า (Qv)				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่าง	(ลบ.ม./วินาที)	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่าง	(ลบ.ม. x 10 ³)	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	100.22	-0.48		2.30	2.13	-7.38		29.12	26.90	0.92
			21:00 30 ต.ค. 1996	104.28	103.95	-0.31		2.37	1.57	-33.90		33.35	33.43	0.91
			07:00 5 พ.ย. 1997	267.26	267.37	+0.04		4.99	4.65	-6.72		78.70	73.84	0.98
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	88.53	-0.19		1.59	1.46	-8.01		22.83	23.05	0.97
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	206.37	+0.18		2.61	2.60	-0.21		58.42	59.49	0.95
			01:00 16 ต.ค. 2003	1022.74	983.15	-3.87		17.08	14.24	-16.64		310.72	302.57	0.91
B	B11	460	03:00 30 ต.ค. 2000	57.87	57.70	-0.30		2.56	2.37	-7.51		15.96	17.35	0.97
			05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	25.67	+0.05		0.69	0.62	-9.09		6.70	6.50	0.90
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	237.19	-0.003		9.10	8.24	-9.46		69.99	65.58	0.95
			01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	551.15	-0.15		22.11	23.04	+4.21		166.65	182.19	0.99
C	B6	1,015	15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	1034.22	-0.15		29.04	29.48	+1.51		312.05	333.06	0.94
			12:00 26 ต.ค. 1999	525.23	526.47	+0.24		16.83	15.62	-7.22		156.56	156.69	0.95
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	829.12	-0.01		34.82	31.57	-9.31		264.84	258.13	0.97
			06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	127.87	+0.21		6.11	5.50	-9.94		34.90	32.80	0.90



ภาพที่ 26 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B8



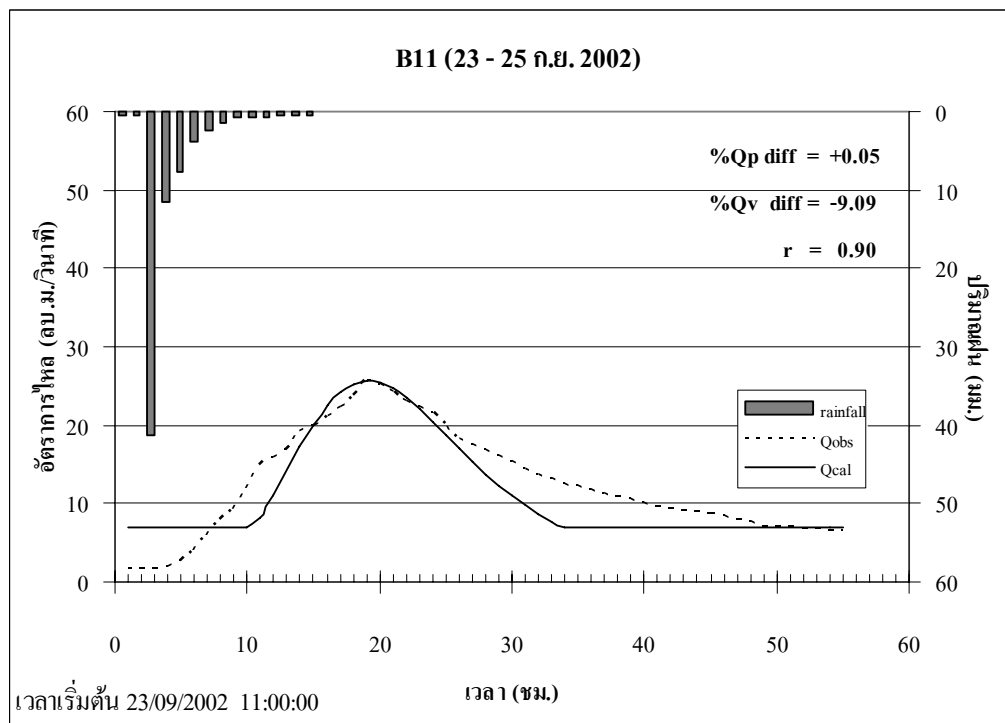
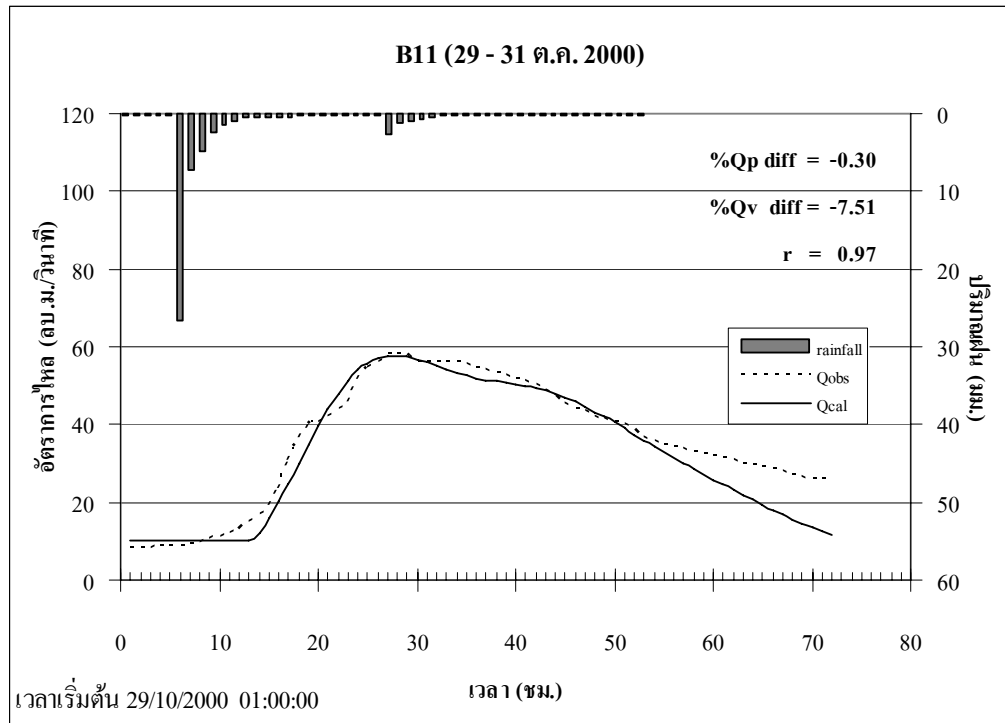


ภาพที่ 26 (ต่อ)

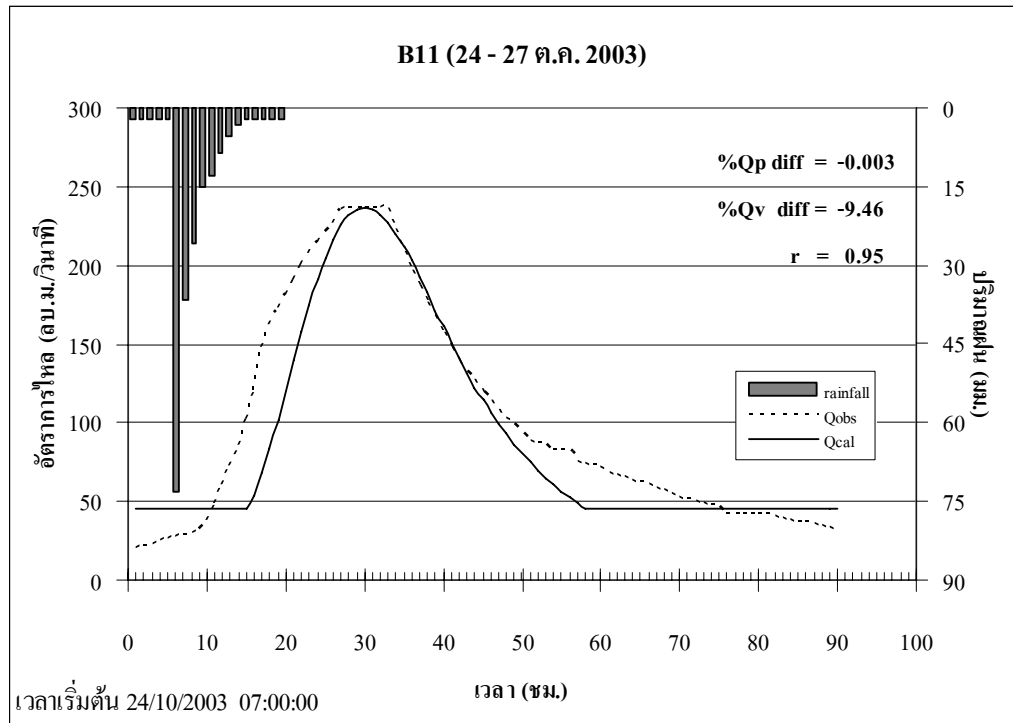
1.1.2 สถานี B11 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี B11 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ระหว่าง 12 ถึง 20 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 48.30 ถึง 78.80 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.30 ถึง +0.05 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -7.51 ถึง -9.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 6.50 ถึง 65.58 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.90 ถึง 0.97 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 27

1.1.3 สถานี B6 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี B6 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) อยู่ระหว่าง 19 ถึง 31 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 74.90 ถึง 98.50 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -0.15 ถึง +0.24 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -9.31 ถึง +4.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 156.69 ถึง 333.06 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.99 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 28

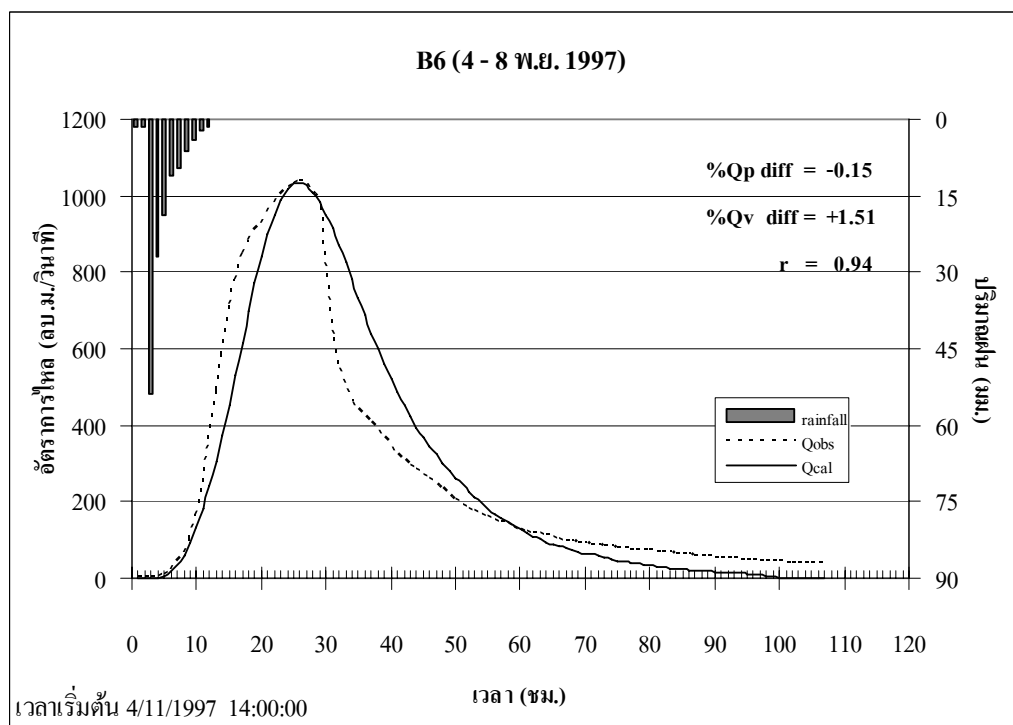
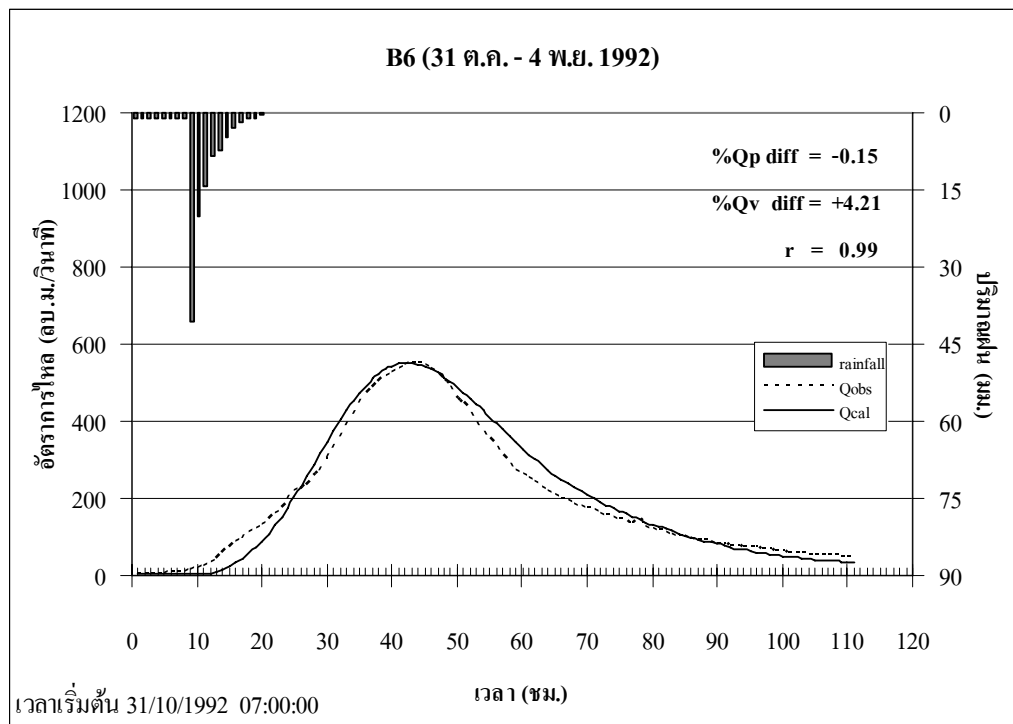
1.1.4 สถานี B7 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี B7 ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) 30.5 ชั่วโมง และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) มีค่า 87.90 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) แตกต่างกัน +0.21 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Qv) แตกต่างกัน -9.94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 32.80 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.90 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 29



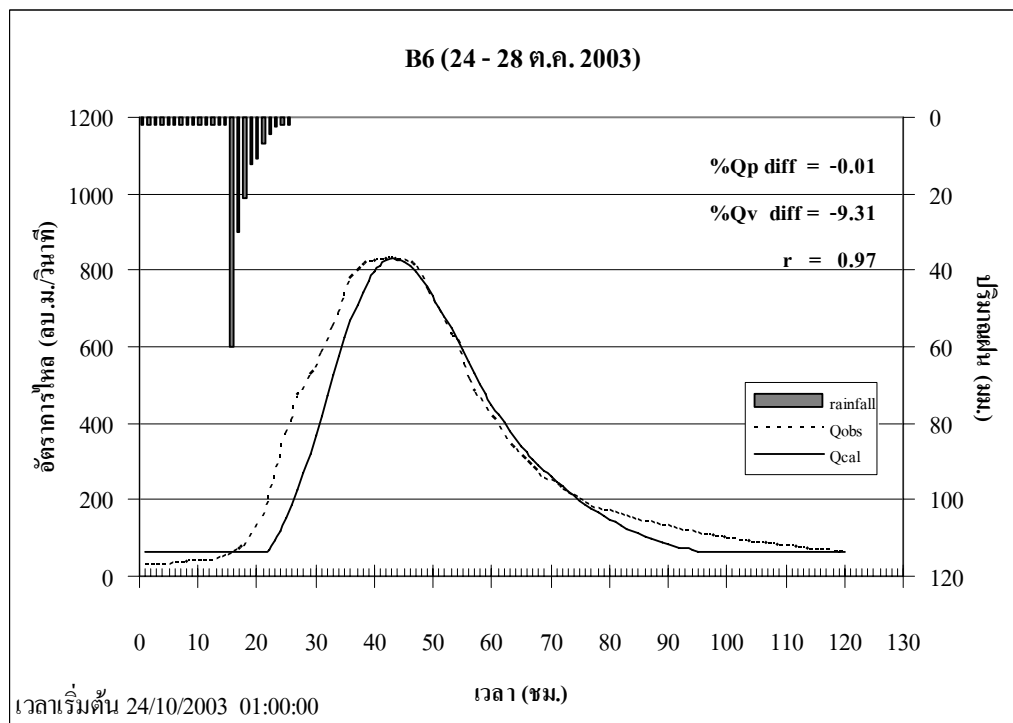
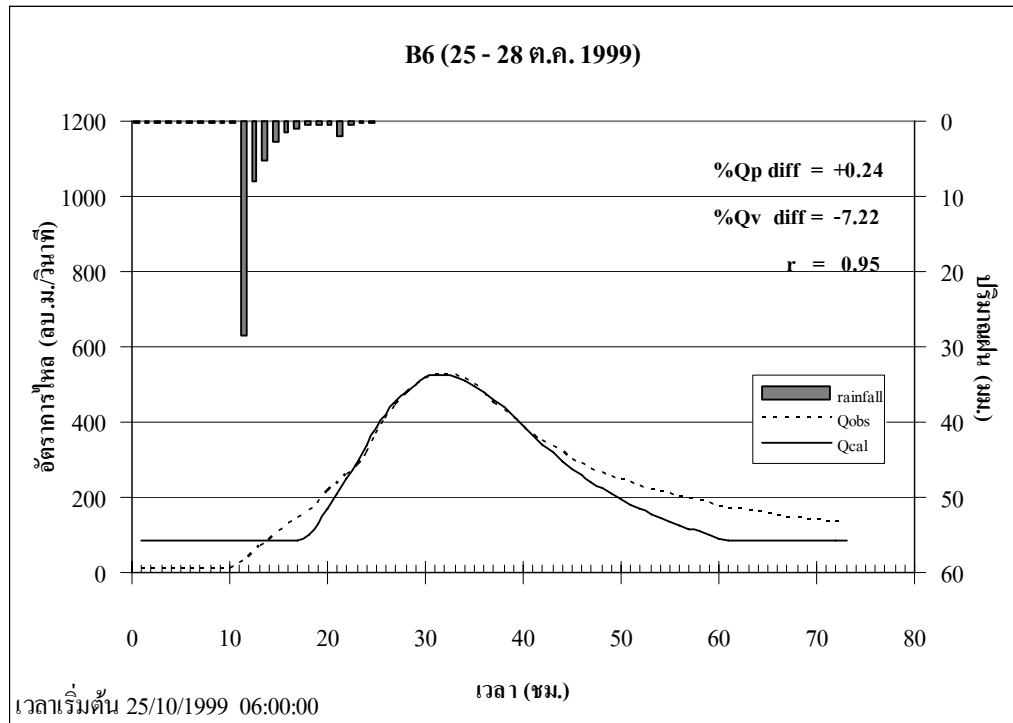
ภาพที่ 27 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B11

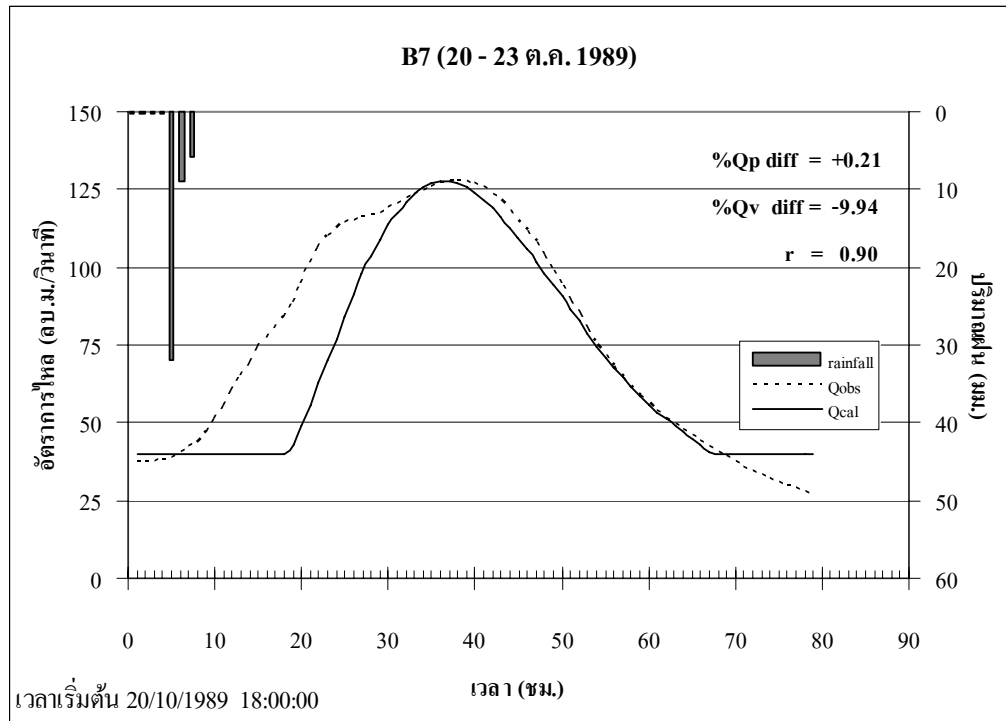


ภาพที่ 27 (ต่อ)



ภาพที่ 28 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B6





ภาพที่ 29 ผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B7

จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS ได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) มีค่าผันแปรในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ทั้งนี้ถ้าฝนตกหนักสม่ำเสมอจะเกิดเป็นปริมาณน้ำท่าไหลบ่าได้เร็วทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดมีค่าน้อย แต่ถ้าฝนตกเบาสม่ำเสมอจะเกิดเป็นปริมาณน้ำท่าได้ช้ามีผลให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดมีค่ามาก จึงทำให้ค่า T_p ที่ได้มีค่าแตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ส่วนค่าดัชนีแสดงสภาพปฏิกูลพื้นที่ (CN) ที่มีค่าแตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันนั้น นอกจากสภาพการใช้ที่ดินแล้วค่า CN ยังมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นในดินเริ่มต้น (Antecedent Moisture Conditions: AMC) ถ้าดินมีความชื้นสูงเนื่องจากมีฝนตกก่อนหน้านี้ น้ำจะซึมลงดินได้น้อย เกิดเป็นน้ำท่าไหลบ่าได้มาก ค่า CN ก็จะมีค่ามาก แต่ถ้าไม่มีฝนตกก่อนหน้านี้ดินก็จะมีความชื้นต่ำ น้ำจะซึมลงดินได้มากเกิดเป็นน้ำท่าไหลบ่าได้น้อย ค่า CN ก็มีค่าน้อย

สำหรับค่าดัชนีแสดงสภาพปฏิกูลพื้นที่ (CN) เฉลี่ยของพื้นที่ประเภท B ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ประเภท C มีลักษณะเป็นพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม จากการศึกษาศึกษาของกรมชลประทาน (2546) ค่า CN เฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 60 และ 67 ตามลำดับ แต่จากผลการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ได้ค่า CN เฉลี่ยของพื้นที่ประเภท B เท่ากับ 79.39 พื้นที่ประเภท C เท่ากับ 87.68 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า CN เฉลี่ยที่ศึกษา อาจเนื่องมาจากค่าความชื้นเริ่มต้นในดินซึ่งเกิดจากฝนตกก่อนหน้านี้พายุฝนที่พิจารณา 5 วัน ทั้งนี้พิจารณาเหตุการณ์ฝนที่ตกก่อนหน้านี้แล้วส่วนใหญ่จัดอยู่ในชนิดของ AMC III (ความชื้นสูง) จึงมีผลทำให้ค่า CN สูงขึ้น เพราะน้ำจะซึมลงดินได้น้อย และเกิดเป็นน้ำไหลบ่าได้มากขึ้น และค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) มีค่าแตกต่างในพื้นที่ประเภทเดียวกัน เนื่องจากในพื้นที่ประเภทเดียวกันมีขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแตกต่างกัน ทั้งนี้พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่จะได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) มากกว่าพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก

จากการพิจารณาค่าทางสถิติของแบบจำลอง SCS ที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ข้างต้นจะพบว่า โดยส่วนใหญ่ค่าอัตราการผลิตของกราฟน้ำท่ามีความสอดคล้องกันกับข้อมูลตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_p ส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_v ส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่ามากกว่า 0.90 ขึ้นไป จึงถือได้ว่าผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง SCS มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นสาเหตุจากข้อจำกัดด้านข้อมูลฝนที่มีอยู่อย่างจำกัด และรูปแบบการกระจายตัวของฝนซึ่งต้องใช้ข้อมูลฝนรายวันมากระจายเป็นฝนรายชั่วโมง

1.2 การตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ย

เมื่อตรวจสอบผลการจำลองน้ำหลากของแบบจำลอง SCS โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากทุกเหตุการณ์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองมาเฉลี่ย แบ่งเป็นการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง (B) และพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย (C) ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 มาใช้คำนวณในเหตุการณ์พายุฝนเดียวกันกับที่ทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลอง ทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเคราะห์จากแบบจำลอง SCS กับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -79.43 ถึง +93.98 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -84.60 ถึง +36.80 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 4.05 ถึง 386.51 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.72 ถึง 0.99 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 14 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -96.55 ถึง +728.26 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -97.18 ถึง +433.28 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 1.30 ถึง 371.32 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 0.99 จากการพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่าค่าความแตกต่างของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) และค่าปริมาตรน้ำท่า (Qv) ที่มีค่าสูงมาก (มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) เกิดจากเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ ในลุ่มน้ำย่อย B11 ที่พบว่าในการปรับเทียบแบบจำลองได้ค่า CN ค่อนข้างต่ำกว่าเหตุการณ์อื่น โดยมีค่า CN เพียง 48 และ 54 เท่านั้น ในขณะที่เหตุการณ์อื่น ๆ จะมีค่า CN อยู่ในช่วง 70 ถึง 90 เนื่องจากเหตุการณ์ทั้งสองไม่มีปริมาณฝนตกก่อนหน้านี้ จึงมีผลให้ดินมีความชื้นต่ำทำให้น้ำซึมลงดินได้มาก เกิดเป็นน้ำท่าไหลบ่าได้น้อย ค่า CN จึงมีค่าน้อย ทั้งนี้เมื่อใช้ค่า CN เฉลี่ยกับเหตุการณ์ทั้งสองจึงทำให้ได้ผลที่แตกต่างกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 15 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 13 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	วันที่	เหตุการณ์	วัน	ความลึกของพายุฝนที่พิจารณา (มม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)		Tp (ชม.)	CN
							จากข้อมูลตรวจวัด	จากการคำนวณ		
B	B8	264	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	10:00 30 ก.ย. 1996	38.95	100.70	100.22	12.50	93.70	
			30-31 ต.ค. 1996	21:00 30 ต.ค. 1996	21.57	104.28	103.95	9.50	99.60	
			4-6 พ.ย. 1997	07:00 5 พ.ย. 1997	120.91	267.26	267.37	9.50	71.20	
			15-16 ต.ค. 1999	15:00 15 ต.ค. 1999	36.45	88.70	88.53	8.50	90.70	
			24-26 ต.ค. 1999	17:00 25 ต.ค. 1999	76.60	206.00	206.37	6.00	78.40	
			15-17 ต.ค. 2003	01:00 16 ต.ค. 2003	185.60	1022.74	983.15	7.00	99.60	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B8										
B	B11	460	29-31 ต.ค. 2000	03:00 30 ต.ค. 2000	59.50	57.87	57.70	18.00	78.80	
			23-25 ก.ย. 2002	05:00 24 ก.ย. 2002	72.68	25.66	25.67	12.00	54.20	
			24-27 ต.ค. 2003	11:00 25 ต.ค. 2003	202.57	237.20	237.19	20.00	48.30	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B11										
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท B										
C	B6	1,015	31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	01:00 2 พ.ย. 1992	112.58	551.98	551.15	31.00	89.10	
			4-8 พ.ย. 1997	15:00 5 พ.ย. 1997	137.50	1035.74	1034.22	20.50	88.00	
			25-28 ต.ค. 1999	12:00 26 ต.ค. 1999	54.65	525.23	526.47	19.00	98.50	
			24-28 ต.ค. 2003	19:00 25 ต.ค. 2003	176.75	829.20	829.12	26.00	74.90	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B6										
C	B7	846	20-23 ต.ค. 1989	06:00 22 ต.ค. 1989	48.18	127.60	127.87	30.50	87.90	
			ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท C							25.40

ตารางที่ 14 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์
ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาณน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	94.39	-6.26	2.30	1.23	-46.71	29.12	30.50	0.72
			21:00 30 ต.ค. 1996	104.28	24.69	-76.32	2.37	0.36	-84.60	33.35	8.33	0.93
			07:00 5 พ.ย. 1997	267.26	513.67	+92.20	4.99	6.67	+33.75	78.70	159.51	0.99
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	72.90	-17.81	1.59	1.04	-34.45	22.83	24.42	0.92
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	258.61	+25.54	2.61	3.51	+34.79	58.42	87.47	0.91
			01:00 16 ต.ค. 2003	1022.74	658.88	-35.58	17.08	11.12	-34.92	310.72	216.11	0.98
B	B11	460	03:00 30 ต.ค. 2000	57.87	11.90	-79.43	2.56	0.43	-83.15	15.96	4.05	0.77
			05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	40.57	+58.11	0.69	0.94	+36.80	6.70	13.59	0.89
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	460.13	+93.98	9.10	11.06	+21.51	69.99	149.33	0.98
			01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	669.53	+21.30	22.11	22.39	+1.28	166.65	219.34	0.91
C	B6	1,015	15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	872.72	-15.74	29.04	29.12	+0.27	312.05	286.11	0.86
			12:00 26 ต.ค. 1999	525.23	224.19	-57.32	16.83	7.10	-57.83	156.56	77.29	0.88
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1192.42	+43.80	34.82	39.92	+14.65	264.84	386.51	0.99
			06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	-	-	6.11	-	-	34.90	-	-

ตารางที่ 15 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์
แบ่งตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาตรน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	(ลบ.ม.×10 ³)	%แตกต่าง	จากข้อมูล	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	32.21	-68.01	2.30	0.53	-77.04	29.12	10.75	0.95
			21:00 30 ต.ค. 1996	104.28	3.60	-96.55	2.37	0.07	-97.18	33.35	1.30	0.66
			07:00 5 พ.ย. 1997	267.26	304.86	+14.07	4.99	4.97	-0.45	78.70	98.88	0.95
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	23.11	-73.94	1.59	0.39	-75.28	22.83	8.20	0.50
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	130.08	-36.86	2.61	2.13	-18.31	58.42	46.78	0.67
			01:00 16 ต.ค. 2003	1022.74	434.05	-57.56	17.08	8.78	-48.61	310.72	144.13	0.80
B	B11	460	03:00 30 ต.ค. 2000	57.87	87.60	+51.37	2.56	2.47	-3.70	15.96	26.71	0.67
			05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	212.53	+728.26	0.69	3.65	+433.28	6.70	71.23	0.90
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	1051.34	+343.23	9.10	18.21	+100.10	69.99	318.45	0.76
			01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	640.24	+15.99	22.11	22.40	+1.32	166.65	210.47	0.94
C	B6	1,015	15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	833.81	-19.50	29.04	29.13	+0.29	312.05	273.86	0.81
			12:00 26 ต.ค. 1999	525.23	215.34	-59.00	16.83	7.02	-58.32	156.56	74.70	0.83
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1136.91	+37.11	34.82	39.91	+14.62	264.84	371.32	0.99
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	151.34	+18.60	6.11	5.02	-17.91	34.90	49.95	0.95

จากผลการตรวจสอบที่ได้พบว่าค่าของผลการคำนวณ และข้อมูลจากการตรวจวัดมีค่าแตกต่างกันมาก เนื่องจากแต่ละเหตุการณ์ที่พิจารณามีขนาดของฝนและอัตราการไหลแตกต่างกันมาก จึงทำการตรวจสอบใหม่โดยการคัดเลือกเหตุการณ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีขนาดของปริมาณฝนต่อขนาดของอัตราการไหลสูงสุดไม่แตกต่างกันมากนัก มาทำการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ใหม่ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 16 และนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยดังกล่าวมาตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS อีกครั้ง ได้ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมคือ กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -51.09 ถึง +41.69 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -58.95 ถึง +26.98 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 4.23 ถึง 338.96 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.75 ถึง 0.98 และเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -88.68 ถึง +463.27 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -88.95 ถึง +272.74 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 3.71 ถึง 333.51 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.29 ถึง 0.97 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 17 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และตารางที่ 18 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถสรุปผลแยกตามสถานีวัดน้ำได้ดังนี้

1.2.1 สถานี B8 : ผลการตรวจสอบสถานี B8 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 9.0 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 87.60 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -27.84 ถึง +16.06 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -51.99 ถึง +26.98 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 21.42 ถึง 81.41 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.75 ถึง 0.90 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 11.80 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 73.06 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -56.62 ถึง -88.68 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -42.68 ถึง -88.95 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 3.71 ถึง 32.47 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.29 ถึง 0.97 จากผลการตรวจสอบด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะได้ค่าความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) อยู่ในช่วงที่ติดลบ เนื่องจากค่า CN เฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าค่า CN ที่ได้จากการเปรียบเทียบของเหตุการณ์

ตารางที่ 16 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	เวลาเกิดน้ำท่าสูงสุด	ความลึกของพายุฝนที่พิจารณา (มม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)		Tp (ชม.)	CN	หมายเหตุ
						จากข้อมูลตรวจวัด	จากการคำนวณ			
B	B8	264	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	10:00 30 ก.ย. 1996	38.95	100.70	100.22	12.50	93.70	
			30-31 ต.ค. 1996	21:00 30 ต.ค. 1996	21.57	104.28	103.95	9.50	99.60	1/
			4-6 พ.ย. 1997	07:00 5 พ.ย. 1997	120.91	267.26	267.37	9.50	71.20	1/
			15-16 ต.ค. 1999	15:00 15 ต.ค. 1999	36.45	88.70	88.53	8.50	90.70	
			24-26 ต.ค. 1999	17:00 25 ต.ค. 1999	76.60	206.00	206.37	6.00	78.40	
			15-17 ต.ค. 2003	01:00 16 ต.ค. 2003	185.60	1022.74	983.15	7.00	99.60	1/
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B8										
B	B11	460	29-31 ต.ค. 2000	03:00 30 ต.ค. 2000	59.50	57.87	57.70	18.00	78.80	1/
			23-25 ก.ย. 2002	05:00 24 ก.ย. 2002	72.68	25.66	25.67	12.00	54.20	
			24-27 ต.ค. 2003	11:00 25 ต.ค. 2003	202.57	237.20	237.19	20.00	48.30	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B11										
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท B										
C	B6	1,015	31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	01:00 2 พ.ย. 1992	112.58	551.98	551.15	31.00	89.10	
			4-8 พ.ย. 1997	15:00 5 พ.ย. 1997	137.50	1035.74	1034.22	20.50	88.00	
			25-28 ต.ค. 1999	12:00 26 ต.ค. 1999	54.65	525.23	526.47	19.00	98.50	1/
			24-28 ต.ค. 2003	19:00 25 ต.ค. 2003	176.75	829.20	829.12	26.00	74.90	
ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B6										
C	B7	846	20-23 ต.ค. 1989	06:00 22 ต.ค. 1989	48.18	127.60	127.87	30.50	87.90	
			ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์แบบจำลอง SCS สำหรับพื้นที่ประเภท C							27.00

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง เหตุการณ์ที่ไม่นำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ เนื่องจากสัดส่วนของการเกิดเหตุการณ์พายุฝนและ

อัตราการไหลสูงสุดมีค่าแตกต่างจากเหตุการณ์อื่นในลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน

ตารางที่ 17 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาณน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	83.30	-17.28	2.30	1.10	-51.99	29.12	27.05	0.75
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	64.00	-27.84	1.59	0.93	-41.60	22.83	21.42	0.90
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	239.09	+16.06	2.61	3.31	+26.98	58.42	81.41	0.89
B	B11	460	05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	12.55	-51.09	0.69	0.28	-58.95	6.70	4.23	0.85
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	336.09	+41.69	9.10	7.81	-14.23	69.99	108.71	0.98
C	B6	1,015	01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	558.72	+1.22	22.11	19.87	-10.13	166.65	184.08	0.95
			15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	742.15	-28.35	29.04	26.35	-9.26	312.05	244.14	0.79
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1036.42	+24.99	34.82	36.85	+5.84	264.84	338.96	0.98
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-

ตารางที่ 18 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง SCS ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาตรน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	15.50	-84.61	2.30	0.26	-88.64	29.12	5.17	0.97
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	10.04	-88.68	1.59	0.18	-88.95	22.83	3.71	0.29
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	89.37	-56.62	2.61	1.49	-42.68	58.42	32.47	0.61
B	B11	460	05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	144.53	+463.27	0.69	2.55	+272.74	6.70	48.42	0.93
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	886.09	+273.56	9.10	15.80	+73.62	69.99	270.66	0.80
C	B6	1,015	01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	553.28	+0.24	22.11	20.47	-7.43	166.65	182.84	0.97
			15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	730.88	-29.43	29.04	27.01	-7.00	312.05	240.68	0.74
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1014.48	+22.34	34.82	37.56	+7.88	264.84	333.51	0.97
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	118.66	-7.00	6.11	4.12	-32.56	34.90	39.05	0.95

อื่นมาก มีผลให้น้ำซึมลงดินได้มากและไหลบ่าบนผิวดินได้น้อย ทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดต่ำลงและปริมาตรน้ำท่าก็ลดลงด้วย

1.2.2 สถานี B11 : ผลการตรวจสอบสถานี B11 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 16.0 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 51.25 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -51.09 ถึง +41.69 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -14.23 ถึง -58.95 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 4.23 ถึง 108.71 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.85 ถึง 0.98 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 11.80 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 73.06 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +273.56 ถึง +463.27 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +73.62 ถึง +272.74 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 48.42 ถึง 270.66 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.80 ถึง 0.93 จากผลการตรวจสอบด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะได้ค่าความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) มีค่ามากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ที่พบว่าการเปรียบเทียบแบบจำลองจะได้ค่า CN ก่อนข้างต่ำกว่าเหตุการณ์อื่น เนื่องจากเหตุการณ์ทั้งสองไม่มีปริมาณฝนตกก่อนหน้านี้ จึงมีผลให้ดินมีความชื้นต่ำทำให้น้ำซึมลงดินได้มากเกิดเป็นน้ำท่าไหลบ่าได้น้อย ค่า CN จึงมีค่าน้อย ดังนั้นเมื่อใช้ค่า CN เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีค่าสูงกับเหตุการณ์ทั้งสอง จึงมีผลให้เกิดความแตกต่างของ Q_p และ Q_v มีค่ามาก

1.2.3 สถานี B6 : ผลการตรวจสอบสถานี B6 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 25.83 ชั่วโมง ค่า CN เท่ากับ 84.00 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -28.35 ถึง +24.99 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -10.13 ถึง +5.84 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 184.08 ถึง 338.96 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.79 ถึง 0.98 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท C) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 27.00 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 84.98 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) จะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -29.43 ถึง +22.34 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -7.43 ถึง +7.88 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 182.84 ถึง 333.51 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.74 ถึง 0.97 จากผลการตรวจสอบด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และ

ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าทางสถิติที่ได้คือ ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) มีความแตกต่างไม่มากนัก ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าสูง เนื่องจากค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดในลุ่มน้ำย่อย B6 มีค่ามากกว่าลุ่มน้ำย่อยอื่น จึงทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการไหลมีค่าสูงตามไปด้วย

1.2.4 สถานี B7 : ผลการตรวจสอบสถานี B7 เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีเพียงเหตุการณ์ที่ใช้จำลองเพียงเหตุการณ์เดียว ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบเฉพาะการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท C) ซึ่งมีค่า T_p เท่ากับ 27.00 ชั่วโมง และค่า CN เท่ากับ 84.98 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกัน -7.00 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกัน -32.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 39.05 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.95

จากผลการพิจารณาค่าทางสถิติพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ให้ผลการคำนวณที่ดีกว่ากรณีการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีสภาพภูมิประเทศคงที่ เช่น ความลาดชัน ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขณะที่การเฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ จะให้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่แตกต่างกันมากกว่าเนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน สังเกตได้จากพื้นที่ประเภท B ซึ่งมีความลาดชันปานกลางประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B8 และ B11 โดยลุ่มน้ำย่อย B8 มีค่า T_p เท่ากับ 9.00 ชั่วโมง และ B11 มีค่า T_p เท่ากับ 16.00 ชั่วโมง และค่า T_p เฉลี่ยของพื้นที่ประเภท B เท่ากับ 11.80 ซึ่งค่า T_p หมายถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดมีค่าผันแปรพอสมควร ขณะที่ค่า CN ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B8 มีค่าเท่ากับ 87.60 และ B11 มีค่าเท่ากับ 51.25 และมีค่า CN เฉลี่ยของพื้นที่ประเภท B เท่ากับ 73.06 ซึ่งค่อนข้างแตกต่างกัน สำหรับพื้นที่ประเภท C มีความลาดชันน้อย ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อย B6 และ B7 มีค่า T_p อยู่ในช่วง 25.83 ถึง 30.50 ชั่วโมง ค่า T_p เฉลี่ยเท่ากับ 27.00 ชั่วโมง ค่า CN อยู่ในช่วง 84.00 ถึง 87.90 ค่า CN เฉลี่ยเท่ากับ 84.98 ดังนั้นพื้นที่ประเภท C จะมีค่า T_p และ CN ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนพื้นที่ประเภท B มีค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อมูลของเหตุการณ์ลุ่มน้ำย่อย B11 ที่นำมาศึกษามีค่า T_p ค่อนข้างสูงกว่าค่า T_c มาก อาจเกิดจากฝนตกไม่สม่ำเสมอทั่วพื้นที่คือฝนตกไกลจากจุดวัดน้ำทำให้ได้ค่า T_p ที่ยาวคือมีค่า T_p ระหว่าง 12 ถึง 20 ชั่วโมง ในขณะที่ลุ่มน้ำย่อย B8 มีค่า T_p อยู่ในช่วง 6 ถึง 12 ชั่วโมง จึงทำให้ค่า T_p ผันแปร รวมถึงลุ่มน้ำย่อย B11 มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าลุ่มน้ำย่อย B8 จึงทำให้ได้ค่า T_p

ที่สูงกว่า ส่วนค่าดัชนีแสดงสภาพปฏิกูลพื้นที่ (CN) ที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน รวมถึงค่าความชื้นในดินเริ่มต้น (Antecedent Moisture Conditions: AMC) ที่แตกต่างกัน

1.3 การศึกษาการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Study) พารามิเตอร์เฉพาะถิ่นของแบบจำลอง SCS

จากการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง SCS พบว่าค่าพารามิเตอร์เฉพาะถิ่นที่มีผลต่อการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ได้แก่ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) และค่าดัชนีแสดงสภาพปฏิกูลพื้นที่ (CN) โดยค่า T_p มีผลต่อเวลาในการเกิดน้ำท่าและปริมาณน้ำท่าสูงสุด และค่า CN มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจึงมีผลกระทบต่อรูปร่างกราฟน้ำท่า

ค่าพารามิเตอร์เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับคุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือ เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับความยาวลำน้ำ ความลาดชันของลำน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่างหรือขนาดของพื้นที่ ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อเวลาการไหลของน้ำท่าที่ทำให้เกิดน้ำหลากหรืออุทกภัย ส่วนค่าพารามิเตอร์แสดงสภาพปฏิกูลพื้นที่ (CN) ขึ้นกับลักษณะดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น พื้นที่ที่เป็นเกษตรกรรมเมื่อมีฝนตกจะเกิดปริมาณน้ำท้าน้อยกว่าพื้นที่ที่เป็นผิวน้ำ เช่น ผิวน้ำคอนกรีต ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนไหลซึมลงไปในดิน เป็นต้น และอีกปัจจัยหนึ่งคือ ค่าความชื้นเริ่มต้นในดิน เช่น ถ้ามีฝนตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา ดินก็จะมีค่าความชื้นสูง ทำให้มีการซึมลงไปในดินได้น้อย และเกิดเป็นน้ำท่าได้มากขึ้น ในการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ T_p ได้ทำการเปลี่ยนจากค่าที่ตรวจสอบแล้วโดยลดลง 0.9 เท่า (หรือลดลง 10 เปอร์เซ็นต์) และเพิ่มขึ้น 1.1 เท่า (เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์) ส่วนค่า CN ได้ทำการศึกษาโดยเพิ่มค่าขึ้น 1.1 เท่า หรือลดลง 0.9 เท่า เช่นกัน (เพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละ 10 เปอร์เซ็นต์) รายละเอียดการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จากแบบจำลอง SCS โดยการเปลี่ยนค่า T_p และ CN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 และผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จากแบบจำลอง SCS สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SCS เพื่อการวิเคราะห์ความไว

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์ วัน	Tp (ชม.)	CN	การแปรเปลี่ยนค่า Tp (จำนวนเท่า)				การแปรเปลี่ยนค่า CN (จำนวนเท่า)			
						0.9	1.1	0.9	1.1	0.9	1.1	0.9	1.1
B	B8	264	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	12.50	93.70	11.25	13.75	84.33				x	
			30-31 ต.ค. 1996	9.50	99.60	8.55	10.45	89.64				x	
			4-6 พ.ย. 1997	9.50	71.20	8.55	10.45	64.08				78.32	
			15-16 ต.ค. 1999	8.50	90.70	7.65	9.35	81.63				99.77	
			24-26 ต.ค. 1999	6.00	78.40	5.40	6.60	70.56				86.24	
			15-17 ต.ค. 2003	7.00	99.60	6.30	7.70	89.64				x	
B	B11	460	29-31 ต.ค. 2000	18.00	78.80	16.20	19.80	70.92				86.68	
			23-25 ก.ย. 2002	12.00	54.20	10.80	13.20	48.78				59.62	
			24-27 ต.ค. 2003	20.00	48.30	18.00	22.00	43.47				53.13	
C	B6	1,015	31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	31.00	89.10	27.90	34.10	80.19				98.01	
			4-8 พ.ย. 1997	20.50	88.00	18.45	22.55	79.20				96.80	
			25-28 ต.ค. 1999	19.00	98.50	17.10	20.90	88.65				x	
			24-28 ต.ค. 2003	26.00	74.90	23.40	28.60	67.41				82.39	
C	B7	846	20-23 ต.ค. 1989	30.50	87.90	27.45	33.55	79.11				96.69	

1.3.1 กรณีลดค่า T_p เป็น 0.9 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นระหว่าง +8.45 ถึง +11.03 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +0.06 ถึง +3.82 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการลดค่า T_p ทั้งนี้เพราะจะทำให้เวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้น ส่งผลให้กราฟน้ำท่ามีลักษณะฐานแคบลงและยอดกราฟสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและปริมาณน้ำท่าโดยรวมเพิ่มขึ้น และเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุด(T_p)จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง -4 ชั่วโมง ซึ่งเวลาดิคลบหมายถึงเวลาในการเกิดน้ำท่าเร็วขึ้น ส่วนกรณีเพิ่มค่า T_p เป็น 1.1 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) จะเปลี่ยนแปลงลดลงระหว่าง -6.33 ถึง -9.05 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -3.27 ถึง +0.0002 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +3 ชั่วโมง เวลาคบหมายถึงเวลาในการเกิดน้ำท่าช้าลง ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มค่า T_p จะทำให้เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดช้าลง เป็นผลให้น้ำมีการเคลื่อนตัวช้าและเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดลดต่ำลง ปริมาณน้ำท่าส่วนใหญ่จะลดลง เนื่องจาเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดช้าลง ทำให้ลักษณะของกราฟน้ำท่ามีฐานกว้างและยอดกราฟต่ำลงมากกว่าเดิม จนทำให้ปริมาณโดยรวมของกราฟน้ำท่าลดลง ผลการศึกษการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ T_p ได้แสดงไว้ในตารางที่ 20 สรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) จะทำให้อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และปริมาณน้ำท่า (Q_v) โดยรวมลดลง ขณะที่การลดเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดคือการทำให้เวลาการเคลื่อนตัวของน้ำเร็วขึ้น จะมีผลต่อรูปร่างกราฟน้ำท่าโดยทำให้กราฟน้ำท่ามีอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) หรือยอดกราฟมีค่าเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าให้เพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp)

ลำดับ	ผู้นำ้อย	เหตุการณ์ วัน	Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv (ลบ.ม.×10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 Tp	0.9 Tp	1.1 Tp	0.9 Tp	1.1 Tp	1.0 Tp	0.9 Tp	1.1 Tp	0.9 Tp	1.1 Tp	0.9 Tp	1.1 Tp	0.9 Tp	1.1 Tp	1.0 Tp
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	100.22	110.42	91.81	+10.18	-8.39	2.13	2.19	2.08	+2.82	-2.35	-2	+1			
		30-31 ต.ค. 1996	103.95	113.94	95.64	+9.61	-7.99	1.57	1.59	1.55	+1.27	-1.27	-1	+1			
		4-6 พ.ย. 1997	267.37	293.37	245.55	+9.72	-8.16	4.68	4.73	4.58	+1.07	-2.14	-1	+1			
		15-16 ต.ค. 1999	88.53	96.37	81.85	+8.86	-7.55	1.46	1.49	1.43	+2.05	-2.05	-1	+1			
		24-26 ต.ค. 1999	206.37	224.99	193.13	+9.02	-6.42	2.60	2.63	2.57	+1.15	-1.15	-1	0			
2	B11	15-17 ต.ค. 2003	983.15	1066.18	917.34	+8.45	-6.69	14.24	14.33	14.13	+0.63	-0.77	-1	0			
		29-31 ต.ค. 2000	57.70	62.66	54.05	+8.60	-6.33	2.37	2.41	2.32	+1.69	-2.11	-3	+2			
		23-25 ก.ย. 2002	25.67	27.88	23.73	+8.61	-7.56	0.62	0.64	0.61	+3.23	-1.61	-1	+1			
		24-27 ต.ค. 2003	237.19	263.05	219.01	+10.90	-7.66	8.24	8.44	8.07	+2.43	-2.06	-1	+3			
3	B6	31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	551.15	610.40	502.09	+10.75	-8.90	23.04	23.31	22.69	+1.17	-1.52	-4	+3			
		4-8 พ.ย. 1997	1034.22	1137.53	941.88	+9.99	-8.93	29.48	29.50	29.48	+0.06	+0.0002	-3	+1			
		25-28 ต.ค. 1999	526.47	578.54	482.73	+9.89	-8.31	15.62	15.97	15.28	+2.24	-2.18	-2	+2			
		24-28 ต.ค. 2003	829.12	917.90	756.31	+10.71	-8.78	31.57	32.04	31.12	+1.49	-1.43	-2	+3			
4	B7	20-23 ต.ค. 1989	127.87	141.98	116.30	+11.03	-9.05	5.50	5.71	5.32	+3.82	-3.27	-3	+3			

หมายเหตุ + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

1.3.2 กรณีลดค่า CN เป็น 0.9 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) มีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง -19.18 ถึง -75.27 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง -15.24 ถึง -67.52 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง +2 ชั่วโมง เนื่องจากการลดค่า CN หมายถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจะมีการซึมลงสู่ชั้นดินได้มากขึ้น จึงทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินลดลงและส่งผลให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ลดลง รวมถึงปริมาณน้ำท่าที่ลดลงเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อปริมาณน้ำท่าเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงจะทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดช้าขึ้นด้วย ส่วนกรณีเพิ่มค่า CN เป็น 1.1 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง +19.91 ถึง +124.20 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง +18.18 ถึง +88.36 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 0 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า CN หมายถึงสภาพพื้นผิวดินนั้นน้ำสามารถซึมผ่านสู่ชั้นผิวดินได้น้อย ทำให้เกิดน้ำท่าไหลบนผิวดินเร็วขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มค่า CN ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดจึงเพิ่มขึ้นและมีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเมื่อสภาพพื้นดินสามารถเกิดน้ำท่าผิวดินได้เร็วขึ้นจึงทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำเร็วขึ้น ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 21 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า CN จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ลดลง รวมถึงปริมาณน้ำท่า (Q_v) ที่ลดลง และเวลาในการเกิดน้ำท่าจะช้าลงด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนการเพิ่มค่า CN จะทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และปริมาณน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น รวมถึงมีผลทำให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดเร็วขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ดัชนีแสดงสภาพปลูกผสมพื้นที่ (CN)

ลำดับ	กลุ่มย่อย	เหตุการณ์ วัน	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	
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	100.22	46.77	x	-53.33	x		2.13	1.38	x	-35.21	x		0	x	
		30-31 ต.ค. 1996	103.95	25.71	x	-75.27	x		1.57	0.51	x	-67.52	x		+1	x	
		4-6 พ.ย. 1997	267.37	197.22	345.64	-26.24	+29.27		4.68	3.75	5.69	-19.87	+21.58		0	0	
		15-16 ต.ค. 1999	88.53	37.14	198.48	-58.05	+124.20		1.46	0.92	2.75	-36.99	+88.36		+1	-1	
		24-26 ต.ค. 1999	206.37	130.11	310.78	-36.95	+50.59		2.60	1.86	3.57	-28.46	+37.31		0	-1	
2	B11	15-17 ต.ค. 2003	983.15	793.78	x	-19.26	x		14.24	12.07	x	-15.24	x		0	x	
		29-31 ต.ค. 2000	57.70	29.77	102.63	-48.41	+77.87		2.37	1.41	3.74	-40.51	+57.81		+2	-1	
		23-25 ก.ย. 2002	25.67	9.30	49.43	-63.77	+92.56		0.62	0.40	1.01	-35.48	+62.90		+1	-1	
		24-27 ต.ค. 2003	237.19	183.17	297.64	-22.77	+25.49		8.24	6.85	9.75	-16.87	+18.33		+1	0	
		31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	551.15	411.65	712.44	-25.31	+29.26		23.04	17.23	29.82	-25.22	+29.43		0	-1	
3	B6	4-8 พ.ย. 1997	1034.22	805.87	1277.80	-22.08	+23.55		29.48	23.07	36.54	-21.74	+23.95		-1	-1	
		25-28 ต.ค. 1999	526.47	297.05	x	-43.58	x		15.62	10.17	x	-34.89	x		0	x	
		24-28 ต.ค. 2003	829.12	670.06	994.16	-19.18	+19.91		31.57	26.12	37.31	-17.26	+18.18		+1	0	
		20-23 ต.ค. 1989	127.87	68.06	224.89	-46.77	+75.87		5.50	3.68	8.97	-33.09	+63.09		+1	0	

หมายเหตุ + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง
x หมายถึง ไม่ทำการศึกษาเพราะอยู่นอกช่วงที่กำหนด

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นตัวแทนของคุณลักษณะหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนหนึ่ง พบว่ามีความสัมพันธ์โดยประมาณดังแสดงได้ด้วยสมการที่ (23) และภาพที่ 30 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.558

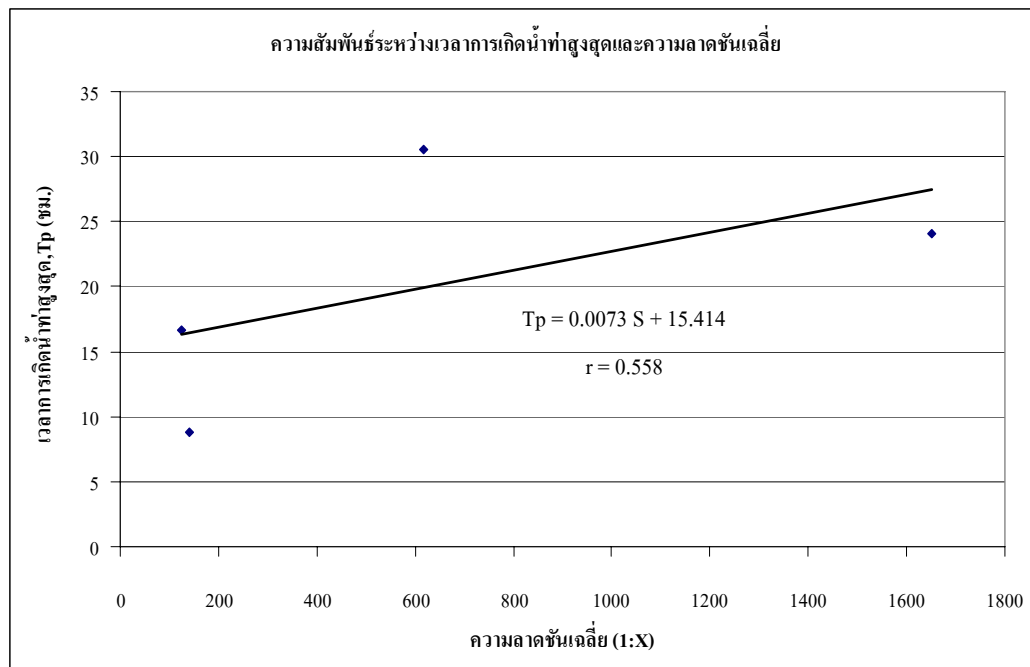
$$Tp = 0.0073 S + 15.414 \quad (23)$$

โดยที่ Tp คือ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด หน่วยเป็นชั่วโมง
 S คือ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (1:X)

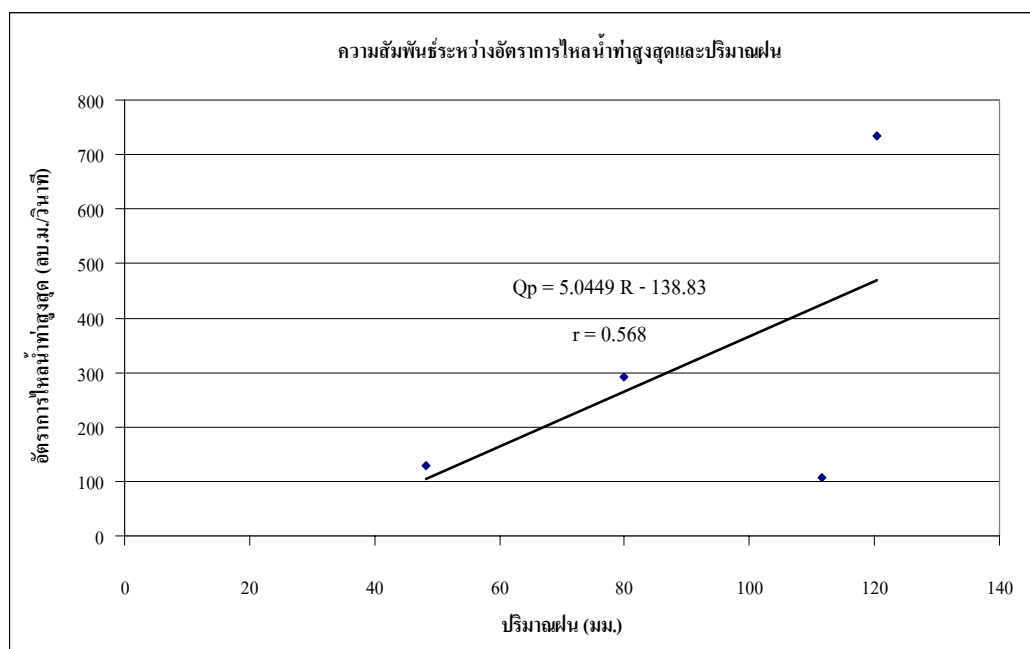
จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด และความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถสรุปได้ว่าเมื่อสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันมากจะส่งผลให้เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในเวลารวดเร็วหรือสั้น และในทางกลับกันถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีความลาดชันน้อยจะให้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดยาวนานขึ้น จะเห็นได้จากพื้นที่ประเภท B ซึ่งมีความลาดชันปานกลาง และพื้นที่ประเภท C ซึ่งมีความลาดชันน้อย มีความสัมพันธ์กับเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดไปในทิศทางเดียวกัน และสอดคล้องกับข้อมูลการเกิดน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สมการที่ (23) จึงอาจนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีค่าความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:124 ถึง 1:1650 ได้ แต่เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าค่า Tp กับค่า S ยังมีความสัมพันธ์กันน้อย เนื่องจากจำนวนข้อมูลที่ใช้สร้างเคราะห์ความสัมพันธ์มีจำกัด ดังนั้นการนำสมการที่ (23) ไปใช้จึงควรระมัดระวัง

1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด และปริมาณฝนที่ตก (ค่าเฉลี่ย) ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 22 เมื่อนำมาพล็อตหาความสัมพันธ์พบว่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดทั้งพื้นที่ประเภท B และ C มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับค่าปริมาณน้ำฝน กล่าวคือเมื่อมีปริมาณฝนตกมากขึ้นจะก่อให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดมากขึ้นเช่นกันดังสมการที่ (24) และภาพที่ 31 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.568



ภาพที่ 30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันเฉลี่ย



ภาพที่ 31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ตารางที่ 22 รายละเอียดค่าเฉลี่ยความลาดชัน เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด และปริมาณฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

สถานี	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ความลาดชันเฉลี่ย (1:X)	เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย Tp (ชม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดเฉลี่ย Qp (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณฝนเฉลี่ย R (มม.)
B8	264	1:141	8.83	291.60	80.01
B11	460	1:124	16.67	106.85	111.58
B7	846	1:616	30.50	127.87	48.18
B6	1,015	1:1650	24.13	735.24	120.37

$$Q_p = 5.0449 R - 138.83 \quad (24)$$

เมื่อ Q_p คือ อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด หน่วยเป็น ลบ.ม./วินาที
 R คือ ปริมาณน้ำฝน หน่วยเป็น มม.

อย่างไรก็ตามหากจะนำสมการที่ (24) ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ ค่าปริมาณน้ำฝนควรมีค่าอยู่ระหว่าง 48 ถึง 120 มม.

1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดกับค่าปริมาณฝน (Q_p/R_v) และค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN)

เมื่อทำการเปลี่ยนค่าปริมาณฝน โดยนำค่าความลึกน้ำฝนไปคูณกับขนาดของพื้นที่ที่ลุ่มน้ำแล้วหารด้วยช่วงเวลาของฝนที่ตก จะได้ปริมาณฝนในหน่วยของลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (R_v) และหาอัตราส่วนของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดที่เกิดขึ้น กับความลึกของเหตุการณ์พายุฝนที่เปลี่ยนหน่วย ซึ่งเป็นการหาค่าสัดส่วนการเกิดน้ำท่าสูงสุดที่เกิดขึ้นต่อปริมาณฝนที่ตกลงมา (Q_p/R_v) ดังแสดงในตารางที่ 23 จากนั้นจึงนำมาพล็อตกับค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ดังแสดงในภาพที่ 32 พบว่าจะให้ความสัมพันธ์เป็นสองสมการตามประเภทของพื้นที่ โดยพื้นที่ประเภท B (ความลาดชันปานกลาง) ค่าอัตราส่วน Q_p/R_v มีความสัมพันธ์กับค่า CN ดังสมการ (25) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.807 และพื้นที่ประเภท C (ความลาดชันน้อย) ค่าอัตราส่วน Q_p/R_v มีความสัมพันธ์กับค่า CN ดังสมการ (26) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.801

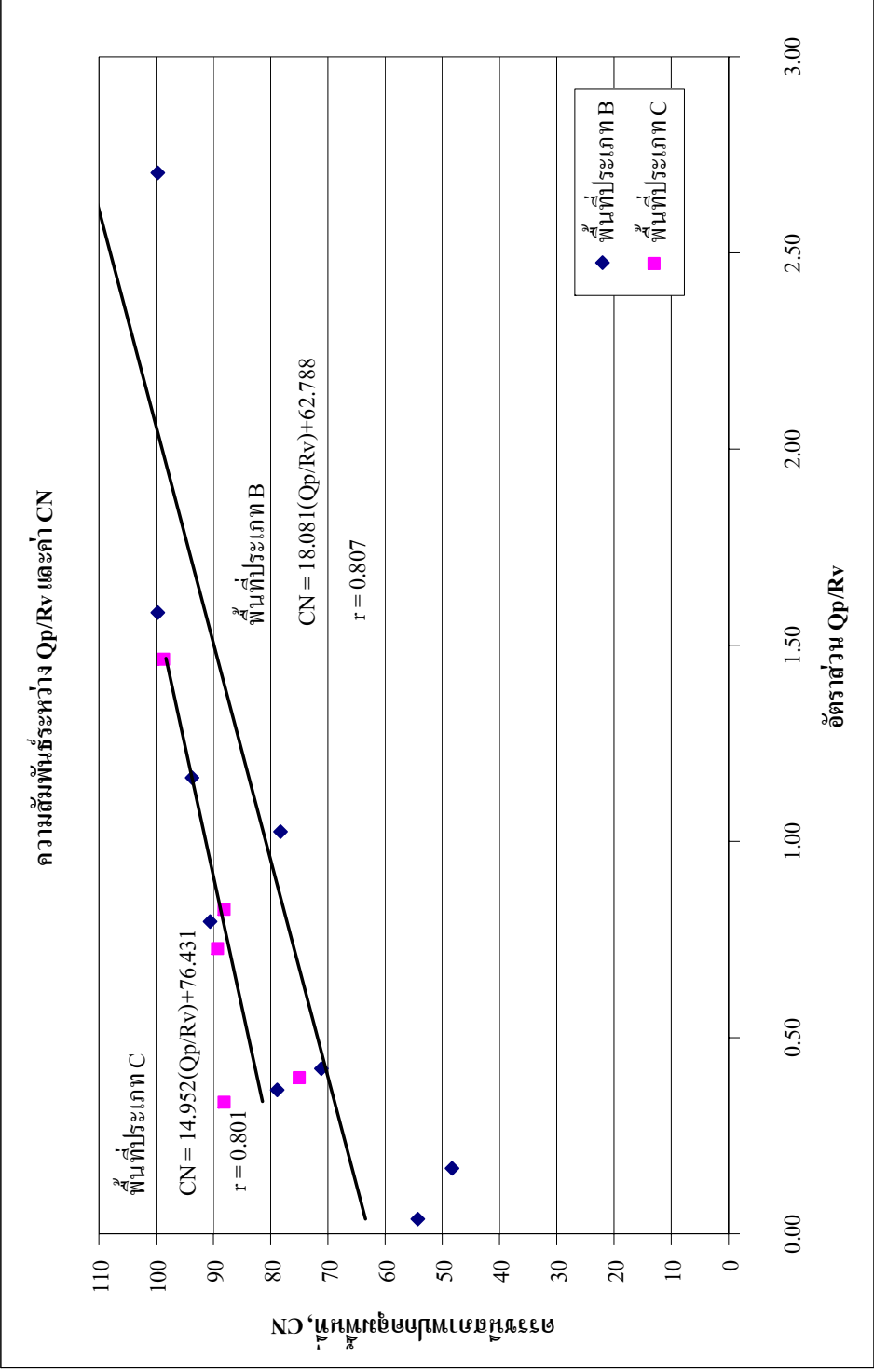
$$\text{พื้นที่ประเภท B} \quad CN = 18.081 (Q_p/R_v) + 62.788 \quad (25)$$

$$\text{พื้นที่ประเภท C} \quad CN = 14.952 (Q_p/R_v) + 76.431 \quad (26)$$

ทั้งนี้ในการประยุกต์ใช้สมการที่ (25) และ (26) ค่าอัตราส่วน Q_p/R_v ของพื้นที่ประเภท B ควรอยู่ระหว่าง 0.04 ถึง 2.71 และค่าอัตราส่วน Q_p/R_v ของพื้นที่ประเภท C ควรอยู่ระหว่าง 0.34 ถึง 1.47

ตารางที่ 23 ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำท่าสูงสุดกับปริมาณฝน (Qp/Rv) และค่า CN

สถานี	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณฝน (มม.)	อัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)	ช่วงเวลาฝนตก (ชม.)	ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำฝน (Rv) (ลบ.ม./วินาที)	Qp/Rv	CN
พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง (B)								
B8	264	38.95	100.70	33	10,282,800	86.56	1.16	93.70
		21.57	104.28	24	5,694,480	65.91	1.58	99.60
		120.91	267.26	14	31,920,240	633.34	0.42	71.20
		36.45	88.70	24	9,622,800	111.38	0.80	90.70
		76.60	206.00	28	20,222,400	200.62	1.03	78.40
		185.60	1022.74	36	48,998,400	378.07	2.71	99.60
B11	460	59.50	57.87	48	27,370,000	158.39	0.37	78.80
		72.68	25.66	14	33,432,800	663.35	0.04	54.20
		202.57	237.20	18	93,182,200	1438.00	0.16	48.30
พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย (C)								
B6	1,015	112.58	551.98	42	114,268,700	755.75	0.73	89.10
		137.50	1035.74	31	139,562,500	1250.56	0.83	88.00
		54.65	525.23	43	55,469,750	358.33	1.47	98.50
		176.75	829.20	24	179,401,250	2076.40	0.40	74.90
B7	846	48.18	127.60	30	40,760,280	377.41	0.34	87.90



ภาพที่ 32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน Qp/Rv กับค่า CN

จากความสัมพันธ์ของเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สร้าง ขึ้น เมื่อทราบค่าความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา ก็จะสามารถคำนวณหาเวลาการเกิด น้ำท่าสูงสุดได้จากสมการ $T_p = 0.0073 S + 15.414$ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1:124 ถึง 1:1650 และเมื่อได้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดแล้วก็ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิด น้ำหลากหรือน้ำท่วมสูงสุดที่เวลาใด อีกทั้งเมื่อทราบค่าปริมาณฝนตก แล้วนำไปแทนค่าในสมการ ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดกับปริมาณฝน $Q_p = 5.0449 R - 138.83$ ก็จะหาค่าอัตรา การไหลน้ำท่าสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ เมื่อปริมาณฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 48 ถึง 120 มม. และถ้า ต้องการรูปร่างของกราฟน้ำหลาก ให้นำค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดมาหาสัดส่วนกับค่าปริมาณฝน ที่ทำการเปลี่ยนหน่วยแล้วให้เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นำไปแทนในสมการความสัมพันธ์ตาม ประเภทพื้นที่ (สมการที่(25) และ (26)) ก็ได้ค่า CN โดยประมาณ และเมื่อนำค่า CN ที่ได้ไปใช้ คำนวณหากราฟน้ำหลากตามวิธี SCS ก็จะหากราฟน้ำหลากที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ โดยมีข้อจำกัด ดังที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น

2. ผลการศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง NAM

2.1 ผลการสอบเทียบการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง NAM

การสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง NAM ในการจำลองน้ำฝน-น้ำหลาก ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้ผลการศึกษาจากการปรับเทียบผลการจำลองน้ำท่า-น้ำ หลากกับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ของลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ดังแสดงในตารางที่ 24 และ 25 ทั้งนี้ค่าที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ค่าส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการคำนวณกับข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ที่ สถานีต่าง ๆ ผลการศึกษารูปได้ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของพื้นที่ประเภท B ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความ ลาดชันปานกลางได้ค่าความจุของชั้นผิวดินมากที่สุด (U_{max}) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 20 มิลลิเมตร ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (L_{max}) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 200 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.6 ถึง 1.0 และค่าเวลาการ เคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน ($CK1, CK2$) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 9 ถึง 26 ชั่วโมง สำหรับพื้นที่ประเภท C ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยได้ค่าความจุของชั้นผิวดินมากที่สุด (U_{max}) มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (L_{max}) มีค่าเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF) มีค่าอยู่ในช่วง 0.9-1.0 และค่าเวลาการเคลื่อน

ตารางที่ 24 ค่าพารามิเตอร์ที่ไดจากการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลำดับ	Parameter	B8										B11				B6				B7
		29 ธ.ค.-1		30-31	4-6	15-16		24-26	15-17		29-31	23-25		24-27	31 ธ.ค.-4		4-8	25-28	24-28	
		ธ.ค. 1996	ธ.ค. 1996	ธ.ค. 1996	พ.ค. 1997	ธ.ค. 1999	ธ.ค. 1999	ธ.ค. 1999	ธ.ค. 2003	ธ.ค. 2000	ธ.ค. 2002	ธ.ค. 2003	พ.ค. 1992	พ.ค. 1997	ธ.ค. 1999	ธ.ค. 2003	ธ.ค. 1989			
1	Area (km ³)	264	264	264	264	264	264	264	264	460	460	460	460	1,015	1,015	1,015	1,015	846		
2	Umax (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	10	10	10	10	10	10	10		
3	Lmax (mm)	50	50	54	50	54	50	66	50	60	200	65	50	50	50	50	50	50		
4	CQOF	1	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.95	0.6	0.9	1	0.95	1	1	1	0.9		
5	CKIF (hr)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
6	TOF	0	0	0	0.8	0.7	0.5	0	0.5	0	0.9	0	0.8	0	0.9	0.8	0.9	0.8		
7	TIF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	CSMELT (mm/centigrade/day)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	CK1 (hr)	18	9	19	12.5	12.5	19	18	15	26	42	30	23.5	42	24	24	24	24		
10	CK2 (hr)	18	9	19	12.5	12.5	19	18	15	26	42	30	23.5	42	24	24	24	24		
11	CAREA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
12	TG	0	0	0.6	0.9	0.8	0	0.45	0.2	0.28	0	0.85	0	0.8	0.71	0.71	0.71	0.71		
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		
14	CKBF (hr)	1000	1000	1000	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	0	0	0		
16	GWLBFO (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
17	GWFL ₁ (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Initial conditions																				
1	Water content in surface storage (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
2	Water content in root zone (mm)	50	50	40	40	40	50	30	20	30	50	40	50	40	40	40	40	40		
3	Overland flow (mm/hr)	0.1	0.05	0.15	0.15	0	0.5	0	0	0.1	0	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
4	Interflow (mm/hr)	0.1	0.05	0.15	0.15	0	0.5	0.05	0	0.1	0	0	0	0	0.05	0.05	0.05	0.1		
5	Groundwater depth (metre below surface, m.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		

ตารางที่ 25 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp) (ลบ.ม./วินาที)			ปริมาตรน้ำท่า (Qv) (ลบ.ม.×10 ³)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% ต่างต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	99.00	-1.69	2.30	2.45	+6.47	29.12	27.57	0.65
			21:00 30 ต.ค. 1996	104.28	96.43	-7.52	2.37	1.42	-39.83	33.35	28.10	0.68
			07:00 5 พ.ย. 1997	267.26	263.60	-1.37	4.99	5.32	+6.70	78.70	75.15	0.92
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	88.79	+0.10	1.59	1.73	+8.84	22.83	22.96	0.89
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	205.73	-0.13	2.61	2.87	+10.10	58.42	65.81	0.92
			01:00 16 ต.ค. 2003	1022.74	883.87	-13.58	17.08	13.64	-20.15	310.72	261.58	0.69
B	B11	460	03:00 30 ต.ค. 2000	57.87	57.51	-0.63	2.56	2.91	+13.50	15.96	14.74	0.93
			05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	25.28	-1.49	0.69	0.91	+33.25	6.70	6.97	0.95
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	237.20	0.00	9.10	9.24	+1.52	69.99	64.59	0.89
			01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	515.32	-6.64	22.11	25.97	+17.43	166.65	154.60	0.71
C	B6	1,015	15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	1041.20	+0.53	29.04	31.74	+9.28	312.05	299.36	0.80
			12:00 26 ต.ค. 1999	525.23	393.43	-25.09	16.83	12.74	-24.29	156.56	118.84	0.75
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	815.11	-1.70	34.82	37.01	+6.29	264.84	244.77	0.87
			06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	127.10	-0.39	6.11	6.60	+7.93	34.90	29.58	0.78

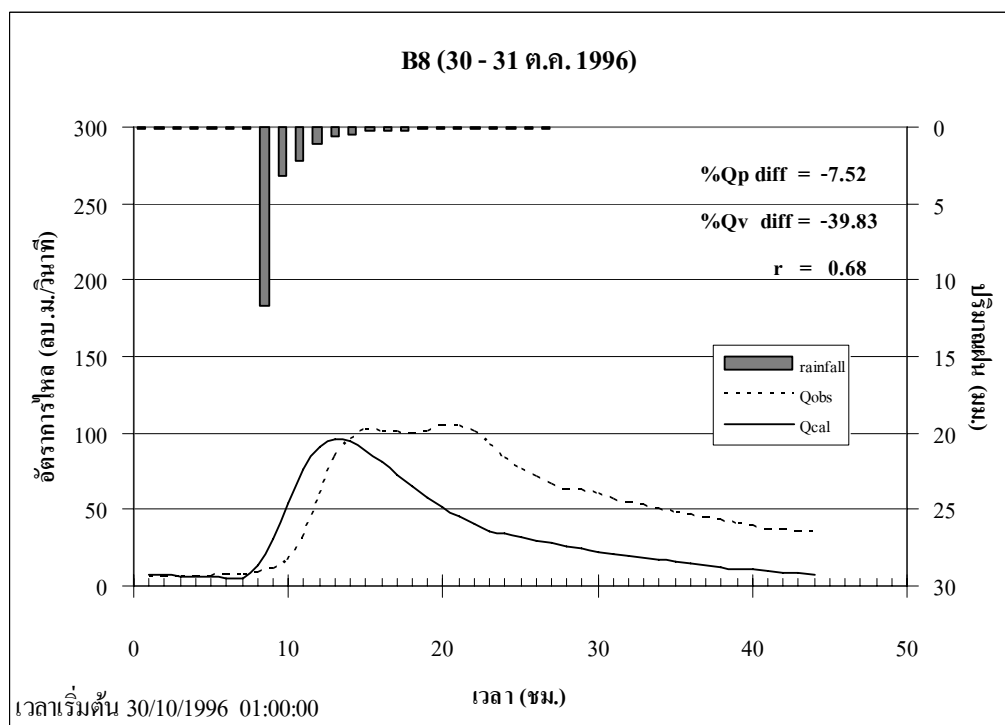
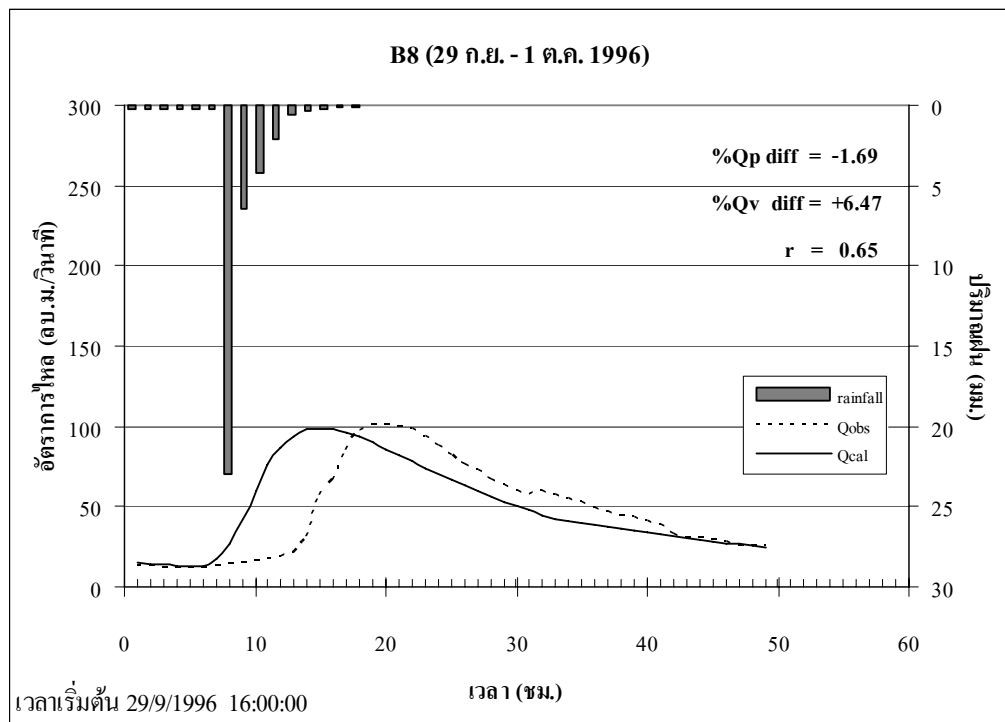
ที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1,CK2) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 23.5 ถึง 42.0 ชั่วโมง ทั้งนี้พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้อยู่ในช่วงที่แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งาน NAM model

ผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณ และค่าที่ตรวจวัดจะอยู่ในช่วง -13.58 ถึง +0.10 เปอร์เซ็นต์ และ -25.09 ถึง +0.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าปริมาตรน้ำท่าจะแตกต่างกันอยู่ในช่วง -39.83 ถึง +33.25 เปอร์เซ็นต์ และ -24.29 ถึง +17.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 6.97 ถึง 261.58 และ 29.58 ถึง 299.36 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.65 ถึง 0.95 และ 0.71 ถึง 0.87 สำหรับพื้นที่ประเภท B และพื้นที่ประเภท C ตามลำดับ

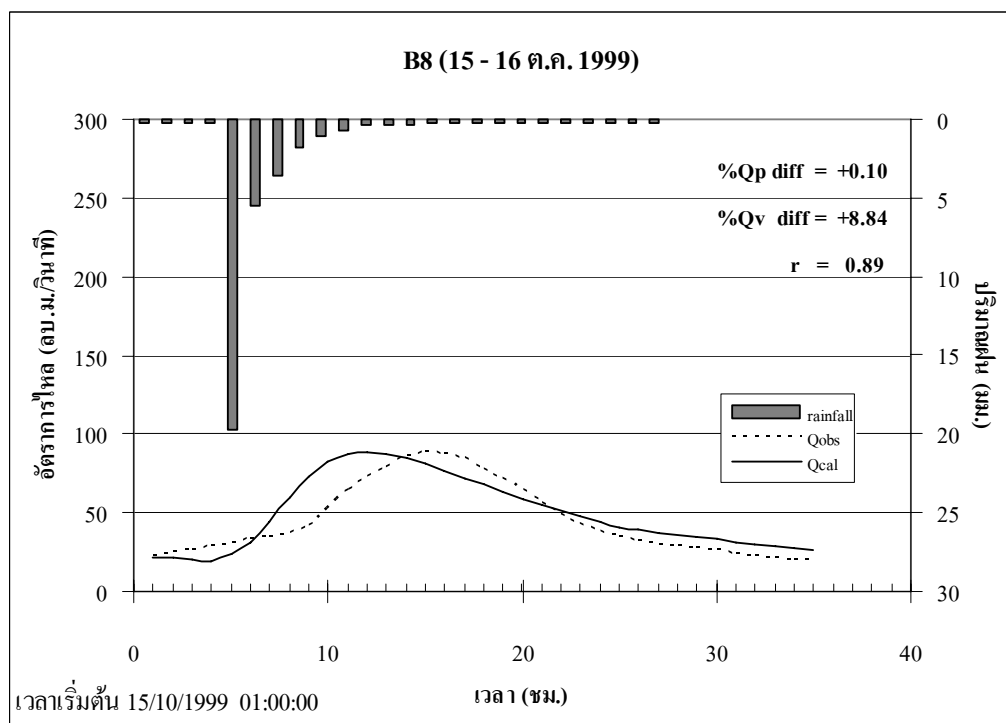
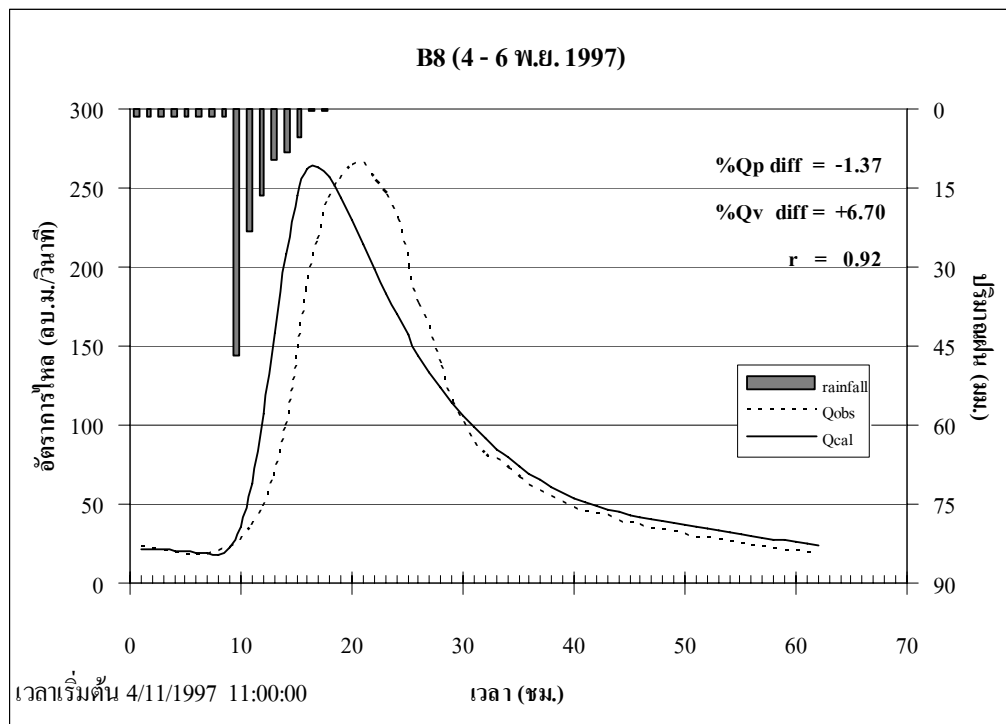
ผลการศึกษาค่าทางสถิติของการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง NAM ของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ที่เลือกศึกษา นำมาสรุปโดยแยกอธิบายตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ดังนี้

2.1.1 สถานี B8 : ผลการปรับเทียบแบบจำลองของสถานี B8 ได้ค่า U_{max} มีค่า 10 มิลลิเมตร ค่า L_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 66 มิลลิเมตร ค่า CQOF มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.9 ถึง 1.0 และค่า CK1,CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 9 ถึง 19 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -13.58 ถึง +0.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -39.83 ถึง +10.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 22.96 ถึง 261.58 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.65 ถึง 0.92 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 33

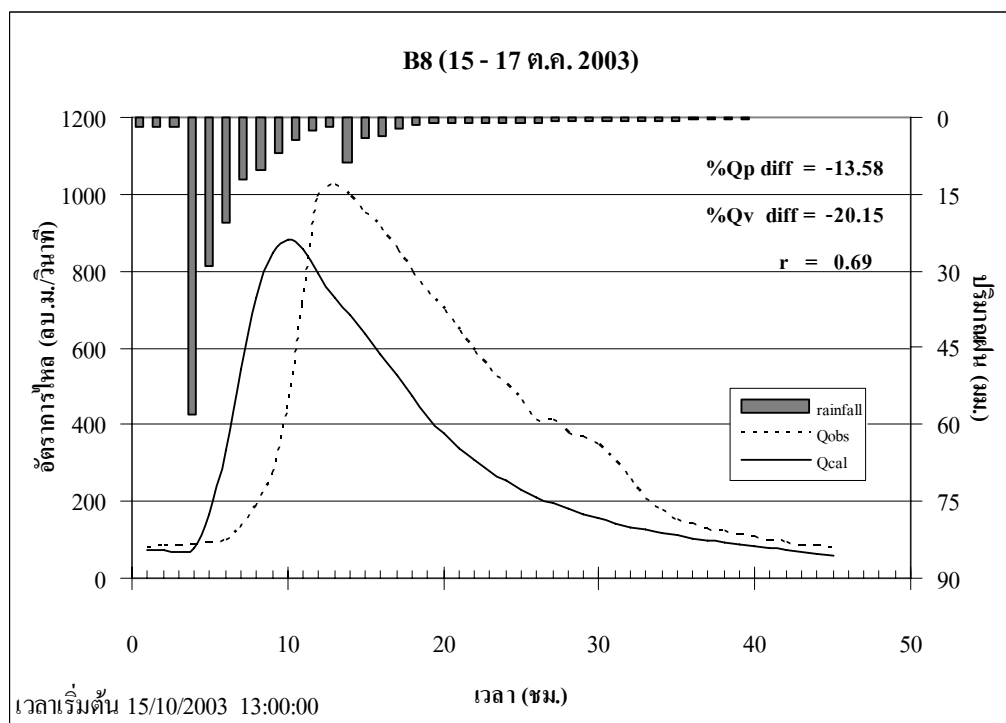
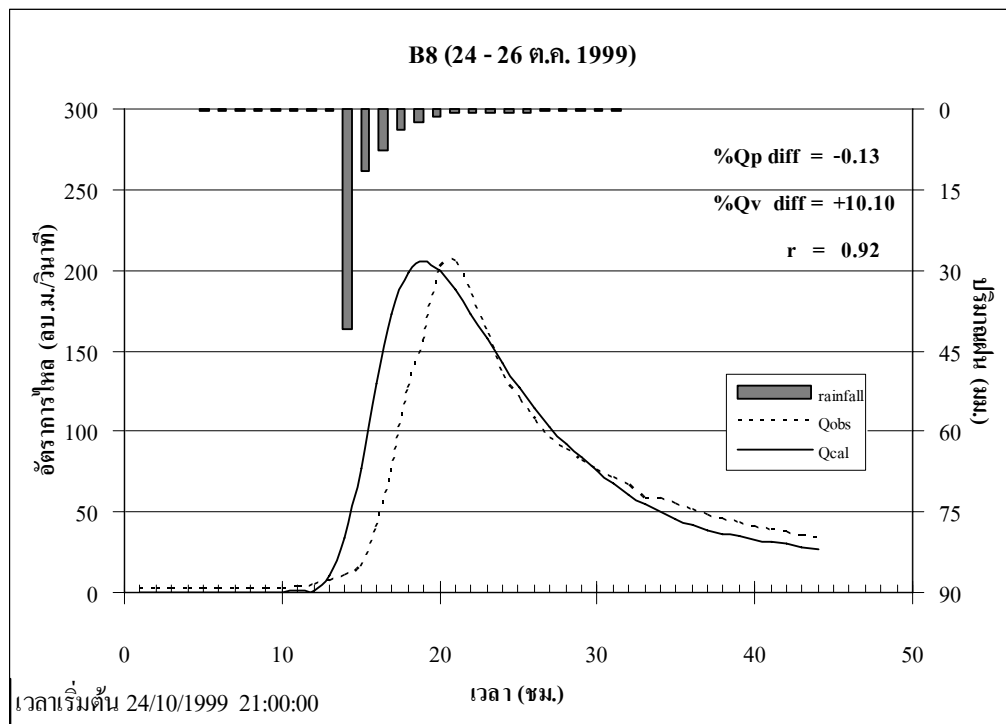
2.1.2 สถานี B11 : ผลการปรับเทียบแบบจำลองของสถานี B11 ได้ค่า U_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 20 มิลลิเมตร ค่า L_{max} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 60 ถึง 200 มิลลิเมตร ค่า CQOF มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.60 ถึง 0.95 และค่า CK1,CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 15 ถึง 26 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -1.49 ถึง +0.00 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง +1.52 ถึง +33.25 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 6.97 ถึง 64.59 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.89 ถึง 0.95 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 34



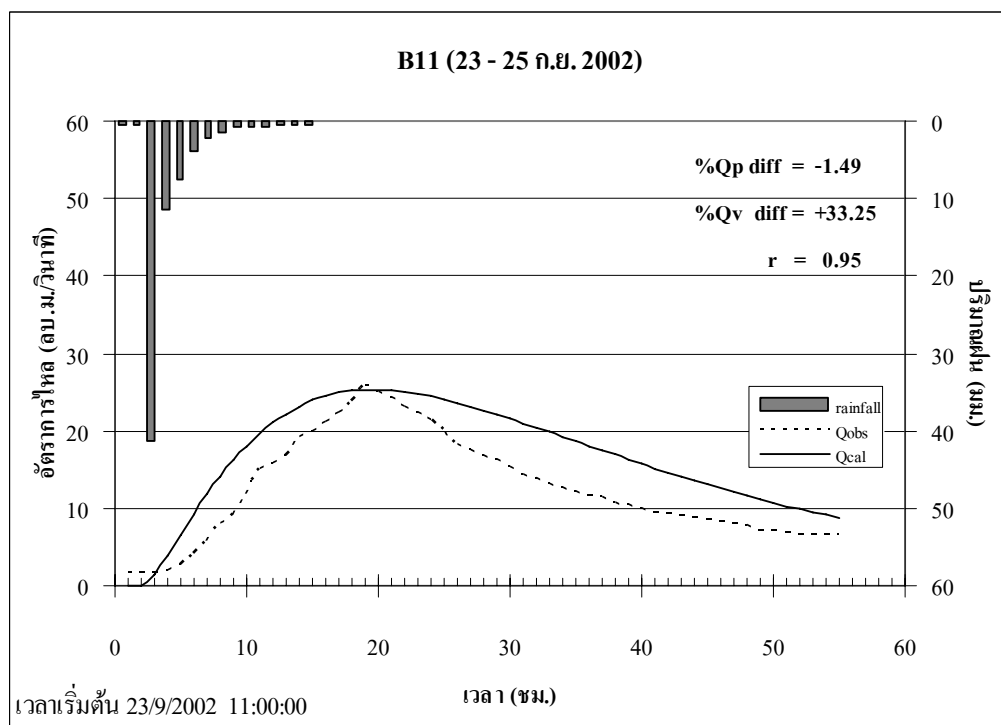
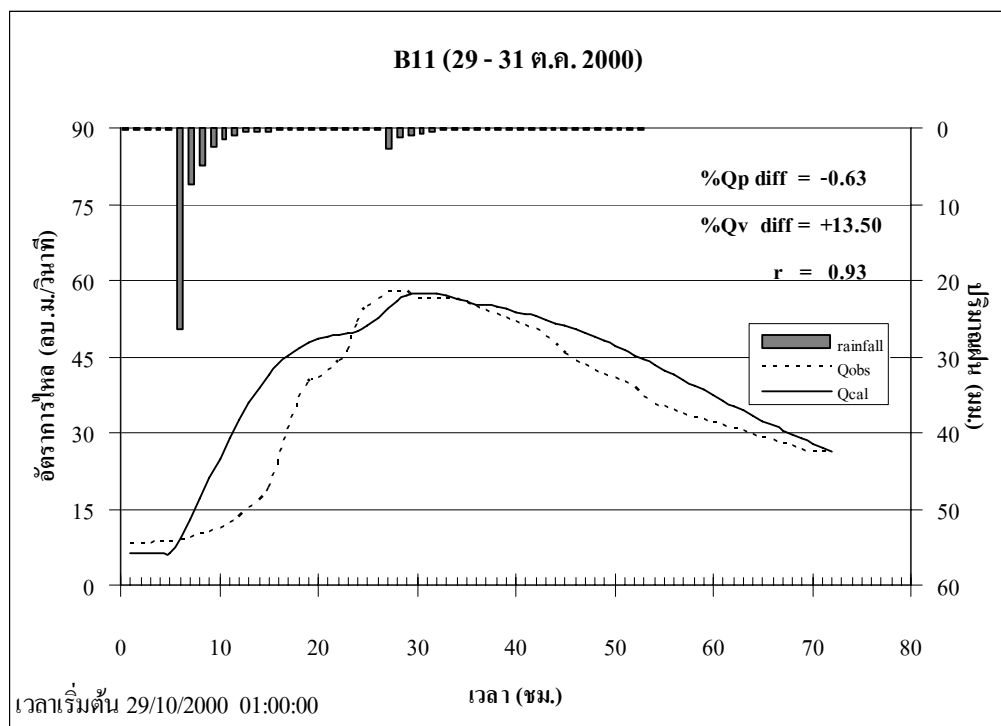
ภาพที่ 33 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B8



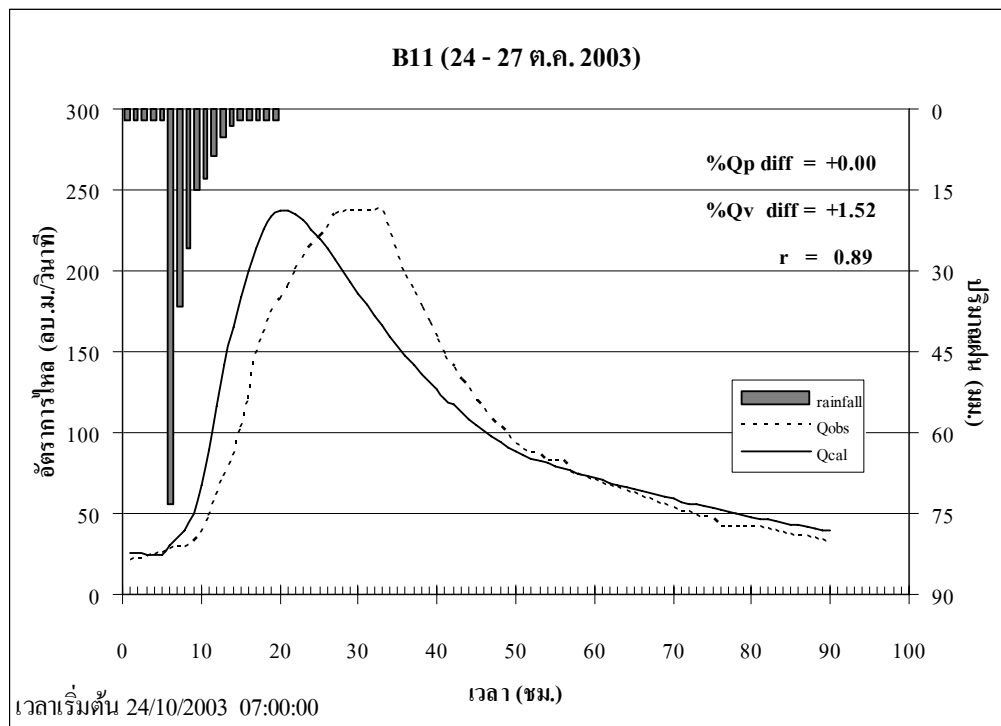
ภาพที่ 33 (ต่อ)



ภาพที่ 33 (ต่อ)



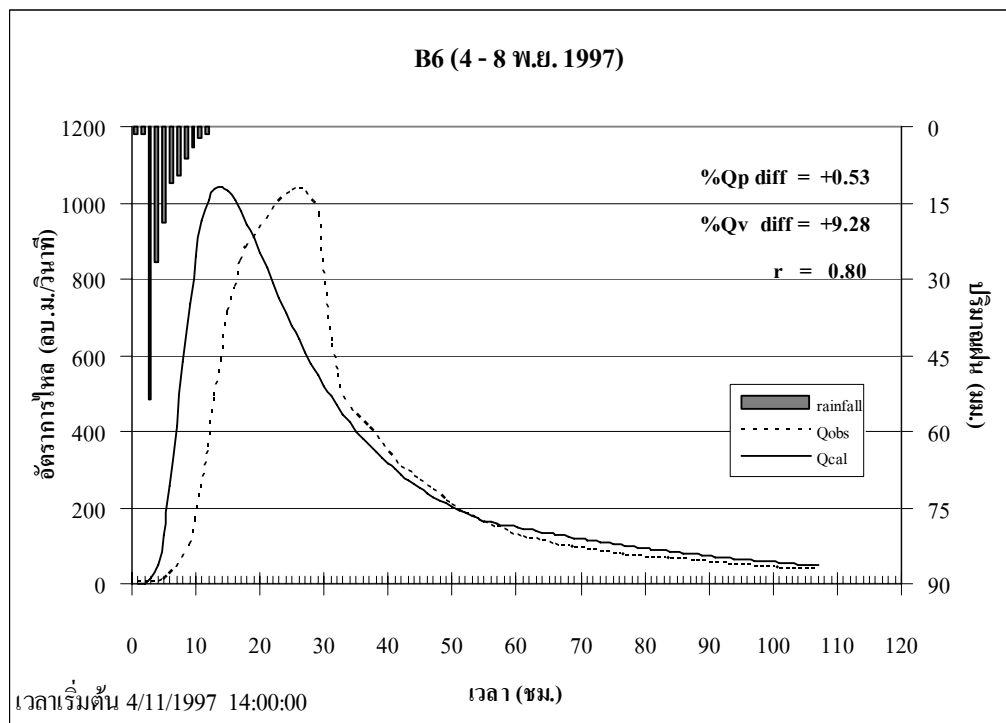
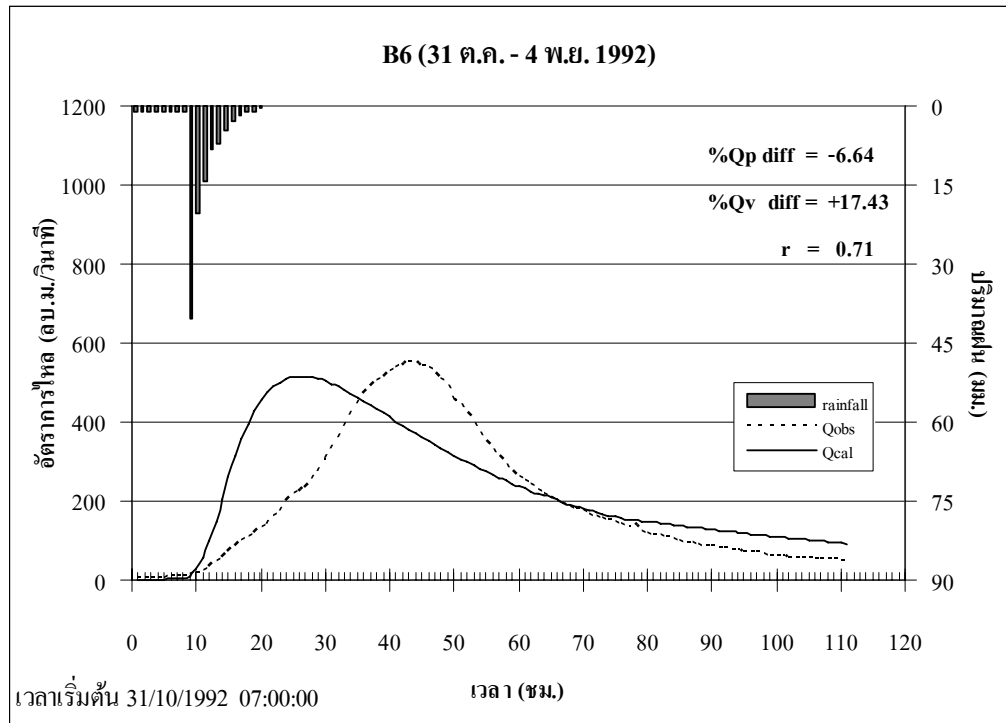
ภาพที่ 34 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B11



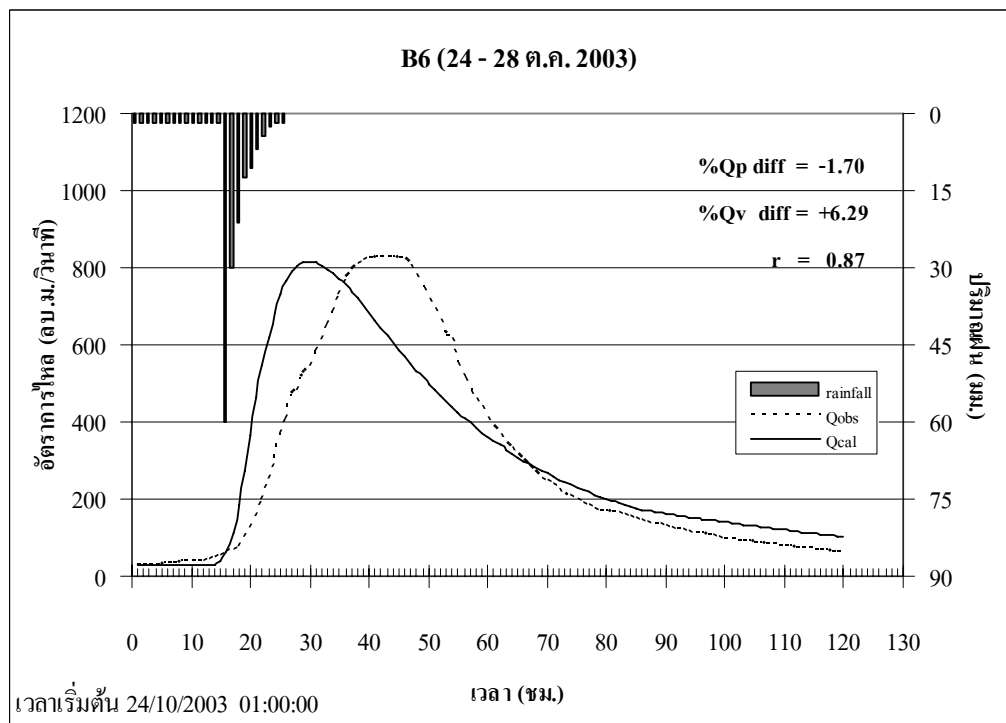
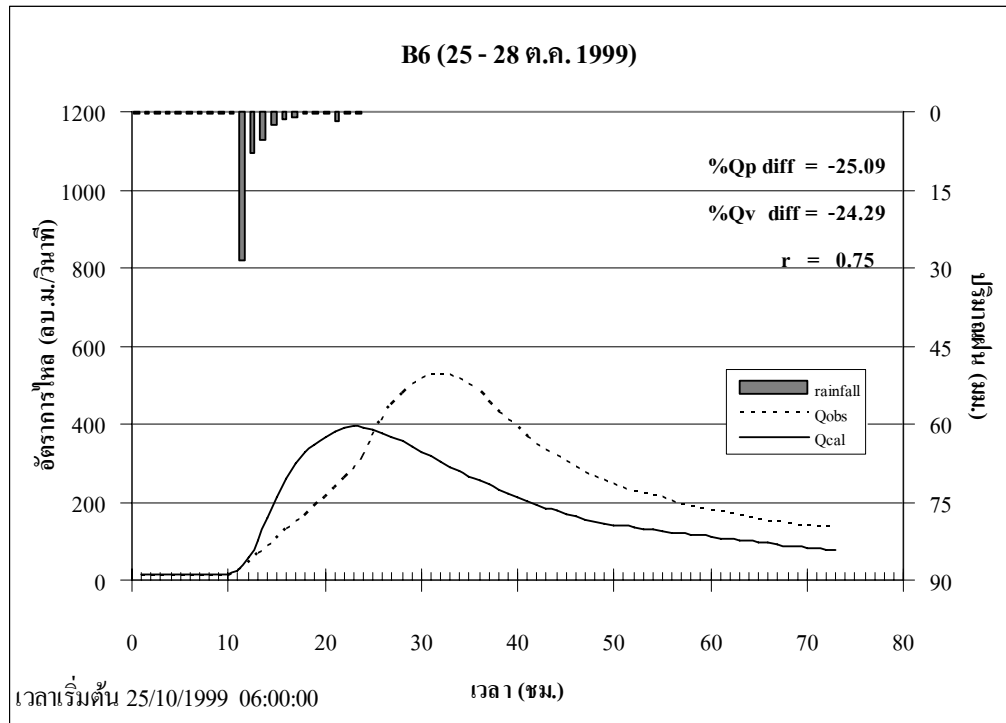
ภาพที่ 34 (ต่อ)

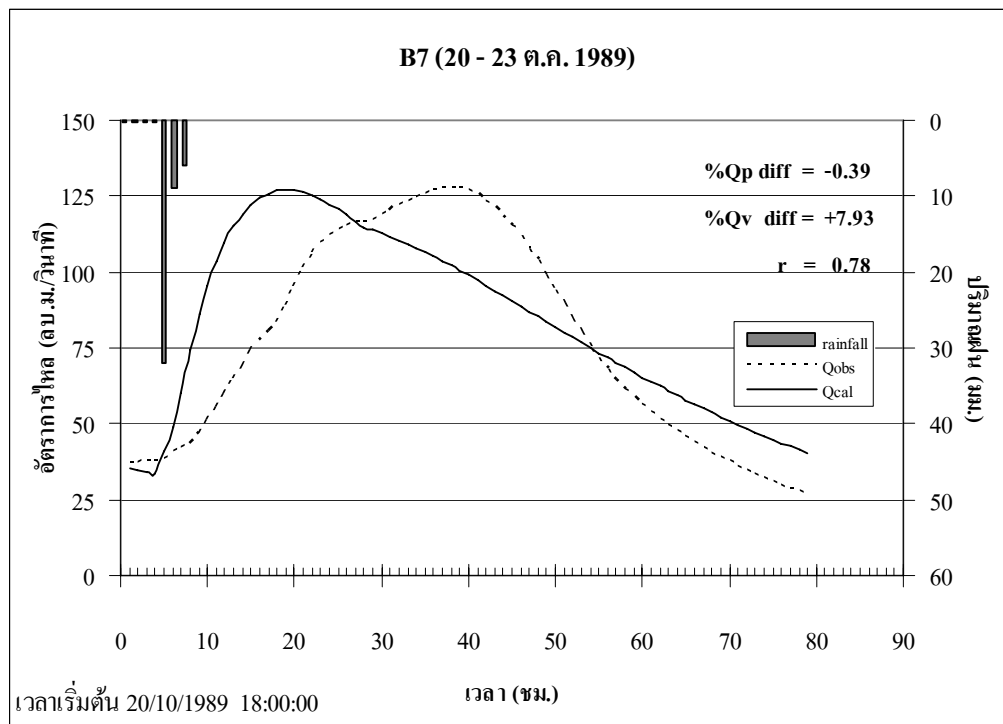
2.1.3 สถานี B6 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี B6 ได้ค่า U_{max} มีค่า 10 มิลลิเมตร ค่า L_{max} มีค่า 50 มิลลิเมตร ค่า CQOF มีค่าอยู่ในช่วง 0.95-1.00 และค่า CK1,CK2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 23.5 ถึง 42.0 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -25.09 ถึง +0.53 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -24.29 ถึง +17.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 118.84 ถึง 299.36 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.71 ถึง 0.87 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 35

2.1.4 สถานี B7 : ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานี B7 ได้ค่า U_{max} มีค่า 10 มิลลิเมตร ค่า L_{max} มีค่า 50 มิลลิเมตร ค่า CQOF มีค่า 0.9 และค่า CK1,CK2 มีค่า 24 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกัน -0.39 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกัน +7.93 เปอร์เซ็นต์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 29.58 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.78 ทั้งนี้ได้แสดงผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดไว้ในภาพที่ 36



ภาพที่ 35 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B6





ภาพที่ 36 ผลที่ได้จากแบบจำลอง NAM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สถานี B7

จากการพิจารณาค่าทางสถิติของแบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ข้างต้นจะพบว่า โดยส่วนใหญ่ค่าอัตราการไหลของกราฟน้ำท่ามีความสอดคล้องกันกับข้อมูลตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_p ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Q_v ส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.75 ขึ้นไป จึงถือได้ว่าผลการเทียบมาตรฐานแบบจำลอง NAM มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นสาเหตุจากข้อจำกัดด้านข้อมูลฝน รูปแบบการกระจายตัวของฝน และข้อจำกัดของข้อมูลที่รองรับการใส่ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ค่าพารามิเตอร์ความจุของชั้นผิวดินมากที่สุด (U_{max}) ค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (L_{max}) และค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน ($CQOF$) ที่ได้มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นดิน เนื่องจากพื้นดินมีความชื้นสูงจากปริมาณฝนที่ตกก่อนหน้านี้เหตุการณ์ที่พิจารณา ทำให้ค่าความจุของดินมีค่าน้อยมีผลให้เกิดการไหลบนผิวดินได้เร็ว และค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดก็เกิดเร็วขึ้นด้วย จึงมีผลให้ยอดของกราฟส่วนใหญ่เกิดก่อนกราฟที่ได้จากการตรวจวัด ส่วนค่าเงื่อนไขเริ่มต้นที่กำหนดขึ้นนั้นประกอบด้วยค่าความชื้นในชั้นผิวดิน ค่าความชื้นในชั้นรากพืช ค่า Overland flow และค่า Interflow ซึ่งถ้าเป็นช่วงฤดูแล้งจะกำหนดให้เท่ากับ 0 แต่ถ้าเป็นช่วงฤดูฝน การกำหนดค่าต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนตกก่อนหน้านี้เหตุการณ์ที่พิจารณา ถ้ามีปริมาณฝนสะสมที่ตกก่อนหน้านี้ในปริมาณมาก ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นแต่ละค่าก็จะมากตามไปด้วย ภายใต้เงื่อนไขคือค่าความชื้นในชั้นผิวดินจะมีค่าไม่เกินค่าความจุของชั้นผิวดินมากที่สุด (U_{max}) และค่าความชื้นในชั้นรากพืชก็จะมีค่าไม่เกินค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (L_{max}) ส่วนค่า Overland flow และ Interflow จะมีค่าน้อยขึ้นอยู่กับค่าอัตราการไหลเริ่มต้นของกราฟน้ำท่าที่พิจารณา ถ้ากราฟมีค่าอัตราการไหลเริ่มต้นเป็นศูนย์ ค่า Overland flow และ Interflow ก็จะเป็นศูนย์ แต่ถ้ากราฟมีค่าอัตราการไหลเริ่มต้นก็ต้องกำหนดค่า Overland flow และ Interflow เพิ่มขึ้นให้สัมพันธ์กับค่าอัตราการไหลเริ่มต้นของเหตุการณ์นั้น ๆ ด้วย สำหรับค่าระดับน้ำใต้ดินควรมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าความลึกของน้ำใต้ดินที่ทำให้เกิดปริมาณการไหลพื้นฐาน ($GWLBFO$) ซึ่งคู่มือแนะนำให้เท่ากับ 10 เมตร

2.2 การตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ย

เมื่อตรวจสอบผลการจำลองน้ำหลากของแบบจำลอง NAM โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของทุกเหตุการณ์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองมาเฉลี่ย แบ่งเป็นการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง (B) และพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย (C) ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 26 มาใช้คำนวณในเหตุการณ์พายุฝนเดียวกันกับที่ทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลองทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาตรน้ำท่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเคราะห์จากแบบจำลอง NAM กับข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้ ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมคือกรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -81.87 ถึง +138.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -73.43 ถึง +65.04 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 0.81 ถึง 371.62 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.36 ถึง 0.95 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -83.12 ถึง +550.74 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันอยู่ในช่วง -73.14 ถึง +553.77 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 2.44 ถึง 387.31 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.17 ถึง 0.93 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 27 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และตารางที่ 28 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 27 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์
ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาณน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				(ลบ.ม./วินาที)			(ลบ.ม. x 10 ³)			ของค่าอัตราการไหล		
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	100.63	-0.07	2.30	2.32	+0.81	29.12	26.82	0.47
			21:00 30 ต.ค. 1996	104.28	45.07	-56.78	2.37	1.39	-41.23	33.35	8.57	0.95
			07:00 5 พ.ย. 1997	267.26	636.35	+138.10	4.99	7.60	+52.34	78.70	169.21	0.61
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	88.58	-0.14	1.59	1.89	+19.12	22.83	22.20	0.90
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	278.49	+35.19	2.61	4.30	+65.04	58.42	84.79	0.90
			01:00 16 ต.ค. 2003	1022.74	856.35	-16.27	17.08	10.95	-35.87	310.72	252.16	0.58
B	B11	460	03:00 30 ต.ค. 2000	57.87	10.49	-81.87	2.56	0.68	-73.43	15.96	0.81	0.36
			05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	20.98	-18.24	0.69	0.92	+34.14	6.70	3.40	0.94
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	355.57	+49.90	9.10	9.28	+1.95	69.99	102.00	0.64
C	B6	1,015	01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	585.41	+6.06	22.11	24.98	+12.96	166.65	172.58	0.54
			15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	831.40	-19.73	29.04	31.25	+7.58	312.05	243.70	0.87
			12:00 26 ต.ค. 1999	525.23	165.99	-68.40	16.83	8.04	-52.21	156.56	51.51	0.89
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1294.10	+56.07	34.82	41.75	+19.93	264.84	371.62	0.67
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	-	-	6.11	-	-	34.90	-	-

ตารางที่ 28 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยจากทุกเหตุการณ์
แบ่งตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

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	จากการคำนวณ			
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	28.60	-71.60	2.30	1.08	-53.15	29.12	4.87	0.83
		21:00 30 ต.ค. 1996	104.28	17.60	-83.12	2.37	0.64	-73.14	33.35	2.44	0.33	
		07:00 5 พ.ย. 1997	267.26	275.55	+3.10	4.99	4.85	-2.74	78.70	77.11	0.86	
		15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	27.29	-69.24	1.59	0.82	-48.50	22.83	3.59	0.68	
		17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	94.36	-54.19	2.61	2.17	-16.91	58.42	28.87	0.93	
		01:00 16 ต.ค. 2003	1022.74	420.93	-58.84	17.08	7.53	-55.93	310.72	132.08	0.87	
B	B11	460	03:00 30 ต.ค. 2000	57.87	74.50	+28.74	2.56	3.66	+42.89	15.96	16.60	0.56
		05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	166.98	+550.74	0.69	4.48	+553.77	6.70	45.51	0.65	
		11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	1196.10	+404.26	9.10	17.10	+87.93	69.99	302.21	0.17	
		01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	613.94	+11.23	22.11	24.81	+12.22	166.65	179.46	0.49	
C	B6	1,015	15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	879.72	-15.06	29.04	31.02	+6.81	312.05	255.41	0.85
		12:00 26 ต.ค. 1999	525.23	171.37	-67.37	16.83	8.26	-50.94	156.56	50.64	0.91	
		19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1372.90	+65.57	34.82	41.48	+19.14	264.84	387.31	0.62	
		06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	123.79	-2.99	6.11	7.01	+14.72	34.90	28.75	0.80	

จากผลการตรวจสอบที่ได้พบว่า ค่าของผลการคำนวณและข้อมูลจากการตรวจวัดมีค่าแตกต่างกันมาก จึงทำการตรวจสอบใหม่โดยการคัดเลือกเหตุการณ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีขนาดของปริมาณฝนต่อขนาดของอัตราการไหลสูงสุดไม่แตกต่างกันมากนัก มาทำการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ใหม่ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 29 และนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยดังกล่าวมาตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM อีกครั้ง ได้ผลการตรวจสอบสามารถสรุปโดยรวมคือ กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -45.81 ถึง +18.61 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -23.02 ถึง +40.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 2.15 ถึง 291.77 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.55 ถึง 0.92 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -84.84 ถึง +305.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -74.55 ถึง +341.00 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 1.63 ถึง 324.66 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.90 ดังสรุปผลการตรวจสอบไว้ในตารางที่ 30 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และตารางที่ 31 ผลการตรวจสอบที่ได้สำหรับค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถสรุปผลแยกตามสถานีวัดน้ำได้ดังนี้

2.2.1 สถานี B8 : ผลการตรวจสอบสถานี B8 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 55 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.97 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 14.3 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -25.05 ถึง +17.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -21.70 ถึง +40.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 17.65 ถึง 75.82 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.56 ถึง 0.91 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 12 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 86 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.88 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 16.80 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -73.67 ถึง -84.84 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -47.28 ถึง -74.55 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 1.63 ถึง 17.42 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.66 ถึง 0.83

ตารางที่ 29 ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน และค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลำดับ	Parameter	B8		B11		B6		B7	
		ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	
		29 ก.ย.-1	15-16	24-26	ด.ค. 1999	ด.ค. 1996	ด.ค. 1999	ด.ค. 1999	ด.ค. 1989
1	Area (km ²)	264	264	264	264	460	460	264-460	1,015
2	Umax (mm)	10	10	10	10	15	15	12	10
3	Lmax (mm)	50	50	66	55	200	65	133	86
4	COOF	1	1	0.9	0.97	0.6	0.9	0.75	0.88
5	CKIF (hr)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	TOF	0	0.7	0.5	0.4	0	0.9	0.45	0.42
7	TIF	0	0	0	0	0	0	0	0
8	CSMELT (mm/centigrade/day)	0	0	0	0	0	0	0	0
9	CK1 (hr)	18	12.5	12.5	14.3	15	26	20.5	16.8
10	CK2 (hr)	18	12.5	12.5	14.3	15	26	20.5	16.8
11	CAREA	1	1	1	1	1	1	1	1
12	TG	0	0.9	0.8	0.57	0.2	0.28	0.24	0.44
13	Sy	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
15	GWLMIN (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
16	GWLBFO (m)	10	10	10	10	10	10	10	10
17	GWFL1 (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
initial conditions									
1	Water content in surface storage (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10
2	Water content in root zone (mm)	50	40	40	43	20	30	25	36
3	Overland flow (mm/hr)	0.1	0.15	0	0.08	0	0.1	0.05	0.07
4	Interflow (mm/hr)	0.1	0.15	0	0.08	0	0.1	0.05	0.07
5	Groundwater depth (metre below surface, m.)	10	10	10	10	10	10	10	10

ตารางที่ 30 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาณน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	% แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	76.90	-23.64	2.30	1.80	-21.70	29.12	21.11	0.56
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	66.48	-25.05	1.59	1.43	-9.73	22.83	17.65	0.87
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	242.48	+17.71	2.61	3.66	+40.56	58.42	75.82	0.91
B	B11	460	05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	13.90	-45.81	0.69	0.63	-7.75	6.70	2.15	0.55
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	214.91	-9.40	9.10	7.01	-23.02	69.99	60.13	0.80
C	B6	1,015	01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	427.47	-22.56	22.11	22.00	-0.51	166.65	124.30	0.69
			15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	617.17	-40.41	29.04	28.06	-3.39	312.05	179.15	0.92
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	983.53	+18.61	34.82	38.29	+9.99	264.84	291.77	0.78
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	-	-	6.11	-	-	34.90	-	-

ตารางที่ 31 รายละเอียดค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจสอบผลการจำลองของแบบจำลอง NAM ด้วยค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	อัตราการไหลสูงสุด (Qp)			ปริมาณน้ำท่า (Qv)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
				(ลบ.ม./วินาที)			(ลบ.ม.×10 ³)			ของค่าอัตราการไหล		
				จากข้อมูล	จากการคำนวณ	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	%แตกต่าง	จากข้อมูล	จากการคำนวณ	
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	100.70	15.27	-84.84	2.30	0.59	-74.55	29.12	2.43	0.83
			15:00 15 ต.ค. 1999	88.70	14.33	-83.85	1.59	0.44	-72.47	22.83	1.63	0.66
			17:00 25 ต.ค. 1999	206.00	54.24	-73.67	2.61	1.37	-47.28	58.42	17.42	0.82
B	B11	460	05:00 24 ก.ย. 2002	25.66	94.21	+267.15	0.69	3.02	+341.00	6.70	23.15	0.86
			11:00 25 ต.ค. 2003	237.20	960.89	+305.10	9.10	14.85	+63.13	69.99	247.94	0.25
C	B6	1,015	01:00 2 พ.ย. 1992	551.98	486.78	-11.81	22.11	22.69	+2.63	166.65	141.26	0.60
			15:00 5 พ.ย. 1997	1035.74	706.54	-31.78	29.04	28.74	-1.04	312.05	205.35	0.90
			19:00 25 ต.ค. 2003	829.20	1123.00	+35.43	34.82	38.92	+11.80	264.84	324.66	0.71
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	127.60	94.14	-26.23	6.11	5.98	-2.16	34.90	21.09	0.76

2.2.2 สถานี B11 : ผลการตรวจสอบสถานี B11 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 15 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 133 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.75 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 20.5 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง -9.40 ถึง -45.81 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง -7.75 ถึง -23.02 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 2.15 ถึง 60.13 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.55 ถึง 0.80 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท B) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 12 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 86 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.88 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 16.8 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกันในช่วง +267.15 ถึง +305.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) แตกต่างกันในช่วง +63.13 ถึง +341.00 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 23.15 ถึง 247.94 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.86

2.2.3 สถานี B6 : ผลการตรวจสอบสถานี B6 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 50 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.98 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 38 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) มีค่าแตกต่างกันในช่วง -40.41 ถึง +18.61 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) มีค่าแตกต่างกันในช่วง -3.39 ถึง +9.99 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 124.30 ถึง 291.77 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.69 ถึง 0.92 ส่วนเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท C) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 50 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.96 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 34.5 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) มีค่าแตกต่างกันในช่วง -31.78 ถึง +35.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) มีค่าแตกต่างกันในช่วง -1.04 ถึง +11.80 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 141.26 ถึง 324.66 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ในช่วง 0.60 ถึง 0.90

2.2.4 สถานี B7 : ผลการตรวจสอบสถานี B7 เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีเพียงเหตุการณ์ที่ใช้จำลองเพียงเหตุการณ์เดียว ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบเฉพาะการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ประเภท C) ซึ่งมีค่า U_{max} เท่ากับ 10 มิลลิเมตร L_{max} เท่ากับ 50 มิลลิเมตร CQOF เท่ากับ 0.96 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 34.5 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) แตกต่างกัน -26.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v)

แตกต่างกัน -2.16 เปอร์เซนต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 21.09 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.76

จากผลการพิจารณาค่าทางสถิติพบว่า กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ให้ผลการคำนวณที่ดีกว่ากรณีการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกันมีสภาพภูมิประเทศคงที่ เช่น ความลาดชัน ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขณะที่การเฉลี่ยตามประเภทความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำจะให้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่แตกต่างกันมากกว่าเนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน อีกทั้งแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองที่มีพารามิเตอร์จำนวนมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ใด ๆ จะส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะค่าพารามิเตอร์หลักจะมีผลต่อกราฟน้ำท่าอย่างชัดเจน สำหรับพื้นที่ประเภท B ซึ่งมีความลาดชันปานกลางประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B8 และ B11 มีค่า U_{max} เท่ากับ 10 และ 15 มิลลิเมตร ค่า L_{max} เท่ากับ 55 และ 133 มิลลิเมตร ค่า CQOF เท่ากับ 0.97 และ 0.75 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 14.3 และ 20.5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่าพื้นที่ประเภท B มีค่า L_{max} ซึ่งคือค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินมีความแตกต่างกัน และค่า CK1,CK2 คือเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดินที่แตกต่างกัน และพื้นที่ประเภท C ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย B6 และ B7 ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ พบว่ามีค่า U_{max} เท่ากันซึ่งเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ค่า L_{max} เท่ากันเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่า CQOF เท่ากับ 0.98 และ 0.90 และค่า CK1,CK2 เท่ากับ 38 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ เห็นได้ว่าสำหรับพื้นที่ประเภท C จะมีค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดินที่แตกต่างกัน ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพภูมิประเทศ เช่น ความลาดชัน ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษา โดยพิจารณาการแบ่งประเภทพื้นที่ตามสภาพความลาดชันเป็นหลัก ดังนั้นผลการคำนวณที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมีความแตกต่างกันมากกว่ากรณีใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน 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) ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะมีผลต่อกราฟน้ำท่าโดยเฉพาะค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ปริมาณน้ำท่า (Q_v) และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ซึ่งมีผลต่อรูปร่างกราฟน้ำท่าเช่นเดียวกัน

พารามิเตอร์ U_{max} L_{max} CQOF CK1 และ CK2 เหล่านี้ โดยเฉพาะ U_{max} L_{max} และ CQOF เป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับคุณลักษณะของพื้นที่รับน้ำ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ชนิดของดิน และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาความเร็วแปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ดังกล่าว จะทำการแปรเปลี่ยนจากค่าที่ตรวจสอบแล้วโดยเพิ่มขึ้น 1.5 เท่า และลดค่าลงเป็น 0.5 เท่า เนื่องจากหากเพิ่มหรือลดลงเกินกว่านี้ ค่าที่ได้จะอยู่นอกช่วงที่กำหนดไว้โดยคู่มือของแบบจำลอง รายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาความเร็วแปรเปลี่ยนในแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในลุ่มน้ำเพชรบุรี แสดงในตารางที่ 32 และผลการศึกษาความเร็วแปรเปลี่ยนสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 32 การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM เพื่อการวิเคราะห์ความไว

ลำดับ	ผู้นำ้อย	เหตุการณ์	Umax (mm)			Lmax (mm)			CQOF			CK1, CK2 (hr)		
			1	0.5	1.5	1	0.5	1.5	1	0.5	1.5	1	0.5	1.5
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	18	9	27
		30-31 ต.ค. 1996	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	9	4.5	13.5
		4-6 พ.ย. 1997	10	5	15	54	27	81	0.9	0.45	x	19	9.5	28.5
		15-16 ต.ค. 1999	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	12.5	6.3	18.8
		24-26 ต.ค. 1999	10	5	15	66	33	99	0.9	0.45	x	12.5	6.3	18.8
		15-17 ต.ค. 2003	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	19	9.5	28.5
2	B11	29-31 ต.ค. 2000	10	5	15	60	30	90	0.95	0.48	x	18	9	27
		23-25 ก.ย. 2002	20	10	30	200	100	300	0.6	0.3	0.9	15	7.5	22.5
		24-27 ต.ค. 2003	10	5	15	65	33	98	0.9	0.45	x	26	13	39
		31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	42	21	63
3	B6	4-8 พ.ย. 1997	10	5	15	50	25	75	0.95	0.48	x	30	15	45
		25-28 ต.ค. 1999	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	23.5	11.8	35.3
		24-28 ต.ค. 2003	10	5	15	50	25	75	1	0.5	x	42	21	63
		20-23 ต.ค. 1989	10	5	15	50	25	75	0.9	0.45	x	24	12	36

หมายเหตุ : x หมายถึง ไม่ทำการศึกษาเพราะค่าอยู่นอกช่วงที่กำหนดจากแบบจำลอง

2.3.1 กรณีลดค่า U_{max} เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -3.87 ถึง +36.75 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -2.01 ถึง +25.98 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 0 ชั่วโมง เนื่องจากการลดค่า U_{max} หมายถึงค่าความจุของชั้นผิวดิน เมื่อลดค่าความจุของชั้นผิวดินจึงทำให้ปริมาณฝนที่ตกลงมาเติมชั้นความจุผิวดินเร็ว และมีปริมาณน้ำไหลล้นกลายเป็นน้ำท่าผิวดินได้มากขึ้น รวมถึงปริมาตรน้ำท่าที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า U_{max} เป็น 1.5 เท่า ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงในช่วง -4.96 ถึง -39.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -2.72 ถึง -25.61 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +5 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า U_{max} หมายถึงการเพิ่มความจุของชั้นผิวดิน จึงทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ในชั้นผิวดินได้มากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณฝนตกลงมาจะเกิดน้ำท่าไหลล้นอยู่บนผิวดินได้ช้าลง ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำท่ารวมถึงปริมาตรน้ำท่าลดลง ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า U_{max} ได้แสดงไว้ในตารางที่ 33 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า U_{max} จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เพิ่มขึ้น ปริมาตรน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เกิดเร็วขึ้น ส่วนการเพิ่มค่า U_{max} จะทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดและปริมาตรน้ำท่าลดลง รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นช้าลงด้วย

2.3.2 กรณีลดค่า L_{max} เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่าง +1.70 ถึง +278.18 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +1.38 ถึง +132.31 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -16 ถึง 0 ชั่วโมง เนื่องจากการลดค่า L_{max} หมายถึงค่าความจุของชั้นใต้ผิวดิน เมื่อลดค่าความจุของชั้นใต้ผิวดินจึงทำให้ปริมาณฝนที่ตกลงมาเติมชั้นความจุใต้ผิวดินเร็วและมีปริมาณน้ำไหลล้นกลายเป็นน้ำท่าผิวดินได้มากขึ้น รวมถึงปริมาตรน้ำท่าที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า L_{max} เป็น 1.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงในช่วง -27.18 ถึง -74.22 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาตรน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -18.69 ถึง -60.01 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +12 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า L_{max} หมายถึงการเพิ่มความจุของชั้นใต้ผิวดิน ทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ในชั้นใต้ผิวดินได้มากขึ้น และเมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจะทำให้เกิดน้ำท่าไหลล้นอยู่บนผิวดินได้น้อยลงและช้าลง ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำท่ารวมถึงปริมาตรน้ำท่าลดลง ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า L_{max} ได้แสดงไว้ในตารางที่ 34 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความจุบนชั้นผิวดินมากที่สุด (Umax)

ลำดับ	กลุ่มหน่วยย่อย	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv (ลบ.ม. x 10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 Umax	0.5 Umax	1.5 Umax	0.5 Umax	1.5 Umax	1.5 Umax	1.0 Umax	0.5 Umax	1.5 Umax	0.5 Umax	1.5 Umax	1.5 Umax	0.5 Umax	1.5 Umax	1.5 Umax
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	99.00	120.98	78.31	+22.20	-20.90	2.45	2.80	2.11	-13.86	+14.30	-25.61	-1	+1		
		30-31 ต.ค. 1996	96.43	131.87	58.68	+36.75	-39.15	1.42	1.79	1.06	-25.61	+25.63	-4.18	-1	+1		
		4-6 พ.ย. 1997	263.60	287.32	245.86	+9.00	-6.73	5.32	5.62	5.10	-4.18	+5.59	-17.70	-1	+1		
		15-16 ต.ค. 1999	88.79	117.68	65.38	+32.54	-26.36	1.73	2.07	1.42	-10.44	+19.97	-2.72	0	0		
		24-26 ต.ค. 1999	205.73	237.05	174.41	+15.22	-15.22	2.87	3.18	2.57	-10.44	+10.82	-2.70	0	0		
2	B11	15-17 ต.ค. 2003	883.87	925.56	840.00	+4.72	-4.96	13.64	14.01	13.27	-2.72	+2.70	-12.24	-1	+5		
		29-31 ต.ค. 2000	57.51	67.46	48.94	+17.31	-14.89	2.91	3.29	2.55	-12.24	+13.23	-23.32	-1	0		
		23-25 ก.ย. 2002	25.28	31.93	19.33	+26.32	-23.53	0.91	1.15	0.70	-23.32	+25.98	-4.33	0	+1		
		24-27 ต.ค. 2003	240.20	257.23	219.90	+7.09	-8.45	9.24	9.68	8.84	-4.33	+4.77	-5.18	0	+1		
		31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	515.32	555.55	476.32	+7.81	-7.57	25.97	27.32	24.62	-5.18	+5.22	-4.06	0	0		
3	B6	4-8 พ.ย. 1997	1041.20	1000.90	971.36	-3.87	-6.71	31.74	31.10	30.45	-4.06	-2.01	+10.88	-1	+1		
		25-28 ต.ค. 1999	393.43	451.29	334.02	+14.71	-15.10	12.74	14.13	11.39	-10.62	+10.88	-3.21	-1	0		
		24-28 ต.ค. 2003	815.11	887.58	773.99	+8.89	-5.04	37.01	39.04	35.82	-3.21	+5.49	-11.16	-1	+1		
		20-23 ต.ค. 1989	127.10	146.63	104.20	+15.37	-18.02	6.60	7.20	5.86	-11.16	+9.15		-1			

หมายเหตุ : + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น

- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าความสูงชั้นใต้ผิวดินมากที่สุด (Lmax)

ลำดับ	กลุ่มหน่วย	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv (ลบ.ม.×10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 Lmax	0.5 Lmax	1.5 Lmax	0.5 Lmax	1.5 Lmax	1.0 Lmax	0.5 Lmax	1.5 Lmax	0.5 Lmax	1.5 Lmax	0.5 Lmax	1.5 Lmax	0.5 Lmax	1.5 Lmax	1.5 Lmax
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	99.00	223.19	56.80	+125.45	-42.63	2.45	4.26	1.72	+73.91	-29.78	-3	+1			
		30-31 ต.ค. 1996	96.43	270.63	52.52	+180.64	-45.54	1.42	3.26	0.99	+128.79	-30.52	-3	+1			
		4-6 พ.ย. 1997	263.60	529.32	131.20	+100.80	-50.23	5.32	8.14	3.50	+52.93	-34.24	-2	+1			
		15-16 ต.ค. 1999	88.79	156.65	22.89	+76.44	-74.22	1.73	2.50	0.69	+44.89	-60.01	-1	+3			
		24-26 ต.ค. 1999	205.73	401.99	75.91	+95.40	-63.10	2.87	4.49	1.43	+56.47	-50.17	-1	+3			
2	B11	15-17 ต.ค. 2003	883.87	898.91	577.41	+1.70	-34.67	13.64	13.83	10.58	+1.38	-22.44	0	+1			
		29-31 ต.ค. 2000	57.51	217.47	28.57	+278.18	-50.32	2.91	6.75	1.52	+132.31	-47.69	-16	+7			
		23-25 ก.ย. 2002	25.28	45.52	17.17	+80.08	-32.08	0.91	1.66	0.62	+81.85	-32.08	-1	0			
		24-27 ต.ค. 2003	240.20	772.61	62.21	+221.65	-74.10	9.24	18.63	4.23	+101.63	-54.22	-5	+12			
		31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	515.32	530.51	306.84	+2.95	-40.46	25.97	26.97	18.46	+3.87	-28.91	0	+4			
3	B6	4-8 พ.ย. 1997	1041.20	1250.90	613.04	+20.14	-41.12	31.74	35.84	22.98	+12.92	-27.60	-1	+2			
		25-28 ต.ค. 1999	393.43	401.98	223.02	+2.17	-43.31	12.74	13.27	8.72	+4.13	-31.57	0	+2			
		24-28 ต.ค. 2003	815.11	1,264.10	593.56	+55.08	-27.18	37.01	48.85	30.09	+32.00	-18.69	-3	+2			
		20-23 ต.ค. 1989	127.10	267.44	53.34	+110.42	-58.03	6.60	10.53	3.06	+59.63	-53.61	-3	+3			

หมายเหตุ : + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

L_{max} จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น 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) เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง -38.59 ถึง -66.73 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -31.63 ถึง -49.82 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +9 ชั่วโมง เนื่องจากค่า CQOF หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 CQOF มีค่าน้อยแสดงถึงชั้นดินมีความสามารถในการซึมผ่านน้ำได้ดี ดังนั้นการลดค่า CQOF ทำให้เมื่อมีปริมาณฝนตกลงในพื้นที่ น้ำสามารถซึมผ่านสู่ชั้นดินได้ดีและเกิดเป็นปริมาณน้ำท่าลดลง ส่งผลให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดลดลงและปริมาณน้ำท่าลดลงด้วยเช่นกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า CQOF เป็น 1.5 เท่า ซึ่งมีเพียงเหตุการณ์เดียวที่ค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น +44.39 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น +43.51 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลง -1 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า CQOF หมายถึงความสามารถในการซึมผ่านน้ำลงสู่ชั้นดินลดลงหรือซึมผ่านได้น้อย เมื่อมีปริมาณฝนตกลงมาจึงก่อให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าไหลบนผิวดินได้เร็วขึ้น ดังนั้นการเพิ่มค่า CQOF จึงเป็นผลให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด และค่าปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า CQOF ได้แสดงไว้ในตารางที่ 35 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า CQOF จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ลดลงและปริมาณน้ำท่า (Q_v) ลดลง รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ช้าลง ส่วนการเพิ่มค่า CQOF จะทำให้เกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และปริมาณน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เร็วขึ้นเช่นกัน

2.3.4 กรณีลดค่า CK1,CK2 เป็น 0.5 เท่า พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง +89.73 ถึง +210.74 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +0.43 ถึง +17.81 เปอร์เซ็นต์ และเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง -2 ถึง -18 ชั่วโมง เนื่องจากค่า CK1,CK2 หมายถึงค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน การลดค่า CK1,CK2 จึงหมายถึงการลดเวลาที่น้ำใช้เวลาในการเคลื่อนที่ ทำให้น้ำใช้เวลาในการเดินทางได้เร็วขึ้นก่อให้เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าไหลมาสู่ผิวดินได้เร็ว ดังนั้นค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) จึงเพิ่มขึ้น รวมถึงเวลา

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF)

ลำดับ	กลุ่มน้ำย่อย	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม./วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv (ลบ.ม.×10 ³)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			เวลาเปลี่ยนแปลง (ชม.)		
			1.0 CQOF	0.5 CQOF	1.5 CQOF	0.5 CQOF	1.5 CQOF	1.0 CQOF	0.5 CQOF	1.5 CQOF	0.5 CQOF	1.5 CQOF	0.5 CQOF	1.5 CQOF	0.5 CQOF	1.5 CQOF	1.5 CQOF
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	99.00	37.42	x	x	-62.20	x	2.45	1.33	x	-45.71	x	+2	x		
		30-31 ต.ค. 1996	96.43	33.35	x	x	-65.42	x	1.42	0.77	x	-45.96	x	+2	x		
		4-6 พ.ย. 1997	263.60	110.44	x	x	-58.10	x	5.32	3.24	x	-39.13	x	+1	x		
		15-16 ต.ค. 1999	88.79	41.78	x	x	-52.94	x	1.73	1.07	x	-37.99	x	+1	x		
		24-26 ต.ค. 1999	205.73	81.88	x	x	-60.20	x	2.87	1.52	x	-47.03	x	+2	x		
		15-17 ต.ค. 2003	883.87	343.66	x	x	-61.12	x	13.64	7.57	x	-44.51	x	+1	x		
2	B11	29-31 ต.ค. 2000	57.51	34.16	x	x	-40.60	x	2.91	1.83	x	-37.02	x	+3	x		
		23-25 ก.ย. 2002	25.28	13.41	36.50	x	-46.95	+44.39	0.91	0.49	1.31	-46.32	+43.51	0	-1		
		24-27 ต.ค. 2003	240.20	110.96	x	x	-53.81	x	9.24	6.12	x	-33.76	x	+3	x		
		31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	515.32	176.25	x	x	-65.80	x	25.97	13.03	x	-49.82	x	+9	x		
3	B6	4-8 พ.ย. 1997	1041.20	346.36	x	x	-66.73	x	31.74	17.12	x	-46.06	x	+4	x		
		25-28 ต.ค. 1999	393.43	135.97	x	x	-65.44	x	12.74	6.40	x	-49.78	x	+4	x		
		24-28 ต.ค. 2003	815.11	331.90	x	x	-59.28	x	37.01	21.64	x	-41.53	x	+5	x		
		20-23 ต.ค. 1989	127.10	78.05	x	x	-38.59	x	6.60	4.51	x	-31.63	x	+5	x		

หมายเหตุ : x หมายถึง ไม่ทำการศึกษาเพราะค่าอยู่นอกช่วงที่กำหนดจากแบบจำลอง

+ หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น

- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

ในการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ก็เกิดเร็วขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนกรณีเพิ่มค่า $CK1, CK2$ เป็น 1.5 พบว่าค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) เปลี่ยนแปลงลดลงในช่วง -24.77 ถึง -50.06 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -6.17 ถึง -26.56 เปอร์เซ็นต์ เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง +3 ถึง +16 ชั่วโมง เนื่องจากการเพิ่มค่า $CK1, CK2$ คือการเพิ่มเวลาการเดินทางของน้ำ ทำให้น้ำใช้เวลาในการเคลื่อนตัวนานขึ้น การเพิ่มค่า $CK1, CK2$ จึงเป็นผลให้เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าไหลบนผิวดินได้ช้าลง ทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดบนผิวดินลดลง และค่าปริมาณน้ำท่าก็ลดลงเช่นกัน ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไวของค่า $CK1, CK2$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 36 สรุปได้ว่าเมื่อทำการลดค่า $CK1, CK2$ จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) เพิ่มขึ้น รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เร็วขึ้น และการเพิ่มค่า $CK1, CK2$ จะทำให้ค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) และค่าปริมาณน้ำท่า (Q_v) ลดลง รวมถึงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) เกิดช้าลงเช่นกัน

3. การศึกษาเปรียบเทียบการจำลองน้ำฝน - น้ำหลาก ระหว่างแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM

3.1 ผลการศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลจากการตรวจวัด พบว่าความแตกต่างของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) ของแบบจำลอง SCS จะอยู่ในช่วงระหว่าง -3.87 ถึง +0.24 เปอร์เซ็นต์ และแบบจำลอง NAM จะมีค่าแตกต่างในช่วงระหว่าง -25.09 ถึง +0.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำท่า (Q_v) จากแบบจำลอง SCS จะอยู่ในช่วงระหว่าง -33.90 ถึง +4.21 เปอร์เซ็นต์ และแบบจำลอง NAM จะมีค่าแตกต่างระหว่าง -39.83 ถึง +33.25 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากแบบจำลอง SCS มีค่าอยู่ในช่วง 6.50 ถึง 333.06 และจากแบบจำลอง NAM มีค่าอยู่ในช่วง 6.97 ถึง 299.36 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จากแบบจำลอง SCS มีค่า 0.90 ถึง 0.99 และจากแบบจำลอง NAM มีค่า 0.65 ถึง 0.95 ทั้งนี้ได้แสดงผลการเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 37 และภาพที่ 37 ถึงภาพที่ 40

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ค่าเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1 และ CK2)

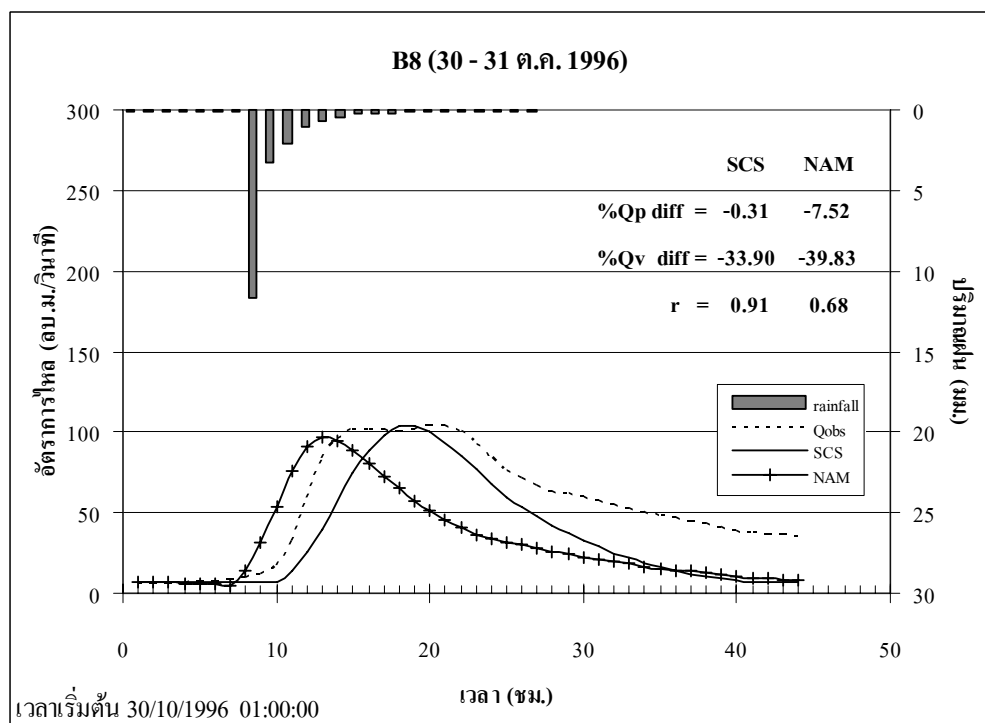
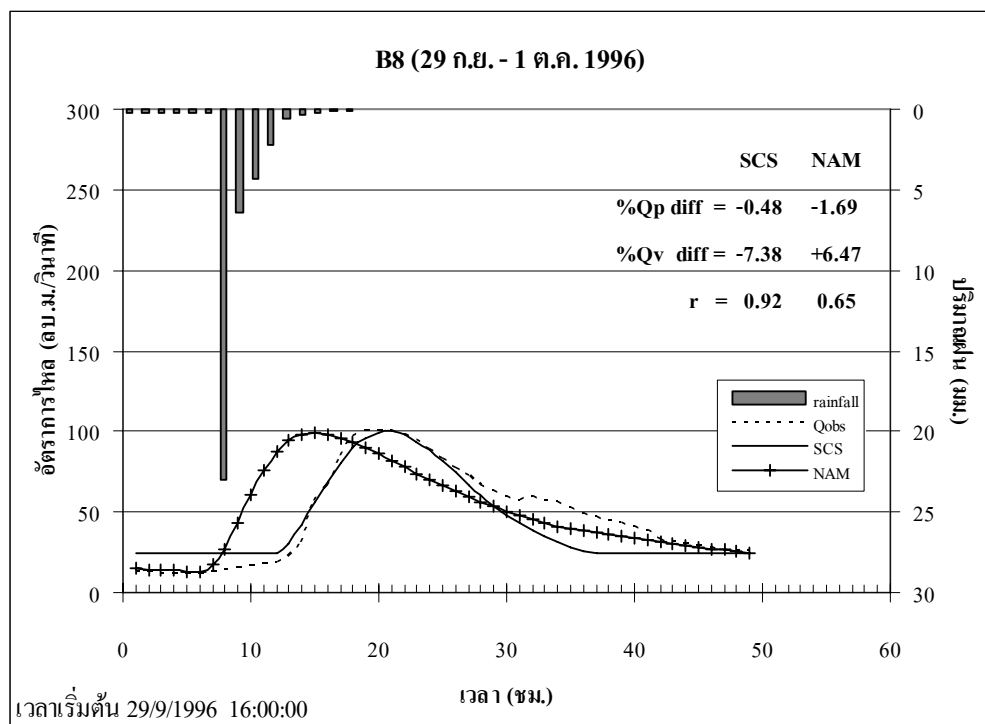
ลำดับ	กลุ่มข้อมูล	เหตุการณ์	Qp (ลบ.ม.วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qp			Qv (ลบ.ม.วินาที)			% การเปลี่ยนแปลง Qv			การเปลี่ยนแปลง (ซม.)		
			1.0 CK1,CK2	0.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	0.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	1.0 CK1,CK2	0.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	0.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	0.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2	1.5 CK1,CK2
1	B8	29 ก.ย.-1 ต.ค. 1996	99.00	282.68	54.08	+185.54	-45.37	2.45	2.78	1.90	+13.49	-22.44	-4	+6			
		30-31 ต.ค. 1996	96.43	231.66	52.34	+140.23	-45.72	1.42	1.45	1.26	+1.76	-11.57	-2	+3			
		4-6 พ.ย. 1997	263.60	658.03	141.50	+149.63	-46.32	5.32	5.49	4.68	+3.15	-12.07	-3	+4			
		15-16 ต.ค. 1999	88.79	208.21	53.37	+134.51	-39.89	1.73	1.90	1.40	+10.11	-18.86	-3	+4			
		24-26 ต.ค. 1999	205.73	493.89	109.54	+140.07	-46.76	2.87	3.24	2.26	+12.91	-21.24	-3	+4			
		15-17 ต.ค. 2003	883.87	1801.40	538.21	+103.81	-39.11	13.64	13.70	12.80	+0.43	-6.17	-3	+4			
2	B11	29-31 ต.ค. 2000	57.51	125.77	43.26	+118.71	-24.77	2.91	3.31	2.37	+13.92	-18.43	-18	+13			
		23-25 ก.ย. 2002	25.28	47.96	17.20	+89.73	-31.96	0.91	1.06	0.71	+16.12	-22.22	-9	+7			
		24-27 ต.ค. 2003	240.20	570.79	136.11	+137.63	-43.33	9.24	9.57	8.04	+3.58	-12.98	-6	+8			
		31 ต.ค.-4 พ.ย. 1992	515.32	1601.30	259.35	+210.74	-49.67	25.97	30.59	19.07	+17.81	-26.56	-9	+15			
3	B6	4-8 พ.ย. 1997	1041.20	2943.00	519.96	+182.65	-50.06	31.74	33.36	27.55	+5.11	-13.20	-5	+8			
		25-28 ต.ค. 1999	393.43	1097.50	205.59	+178.96	-47.74	12.74	14.74	9.53	+15.67	-25.21	-7	+8			
		24-28 ต.ค. 2003	815.11	2409.80	423.42	+195.64	-48.05	37.01	40.89	29.93	+10.49	-19.13	-8	+12			
		20-23 ต.ค. 1989	127.10	369.18	87.52	+190.46	-31.14	6.60	7.13	5.72	+8.09	-13.29	-8	+16			

หมายเหตุ : + หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น

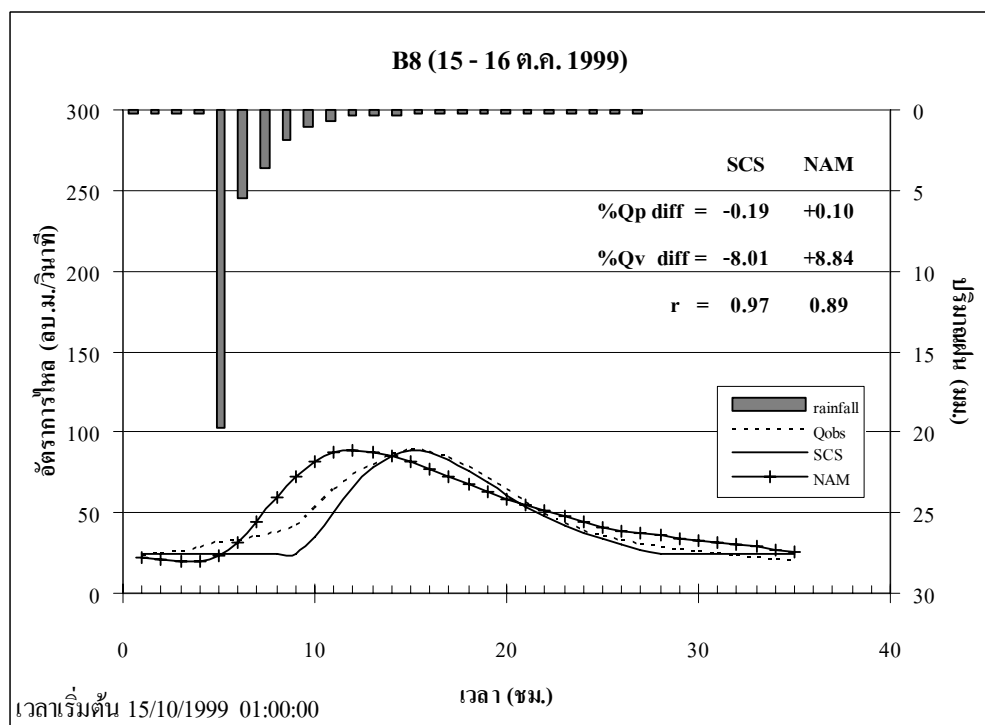
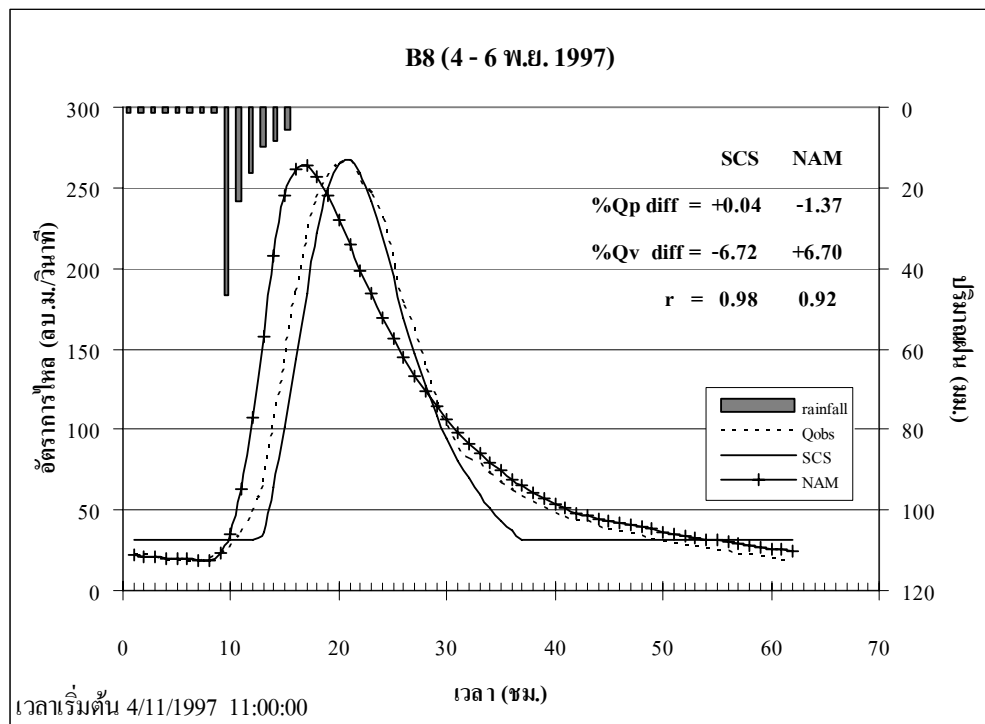
- หมายถึง ค่าเปลี่ยนแปลงลดลง

ตารางที่ 37 รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SCS และ NAM

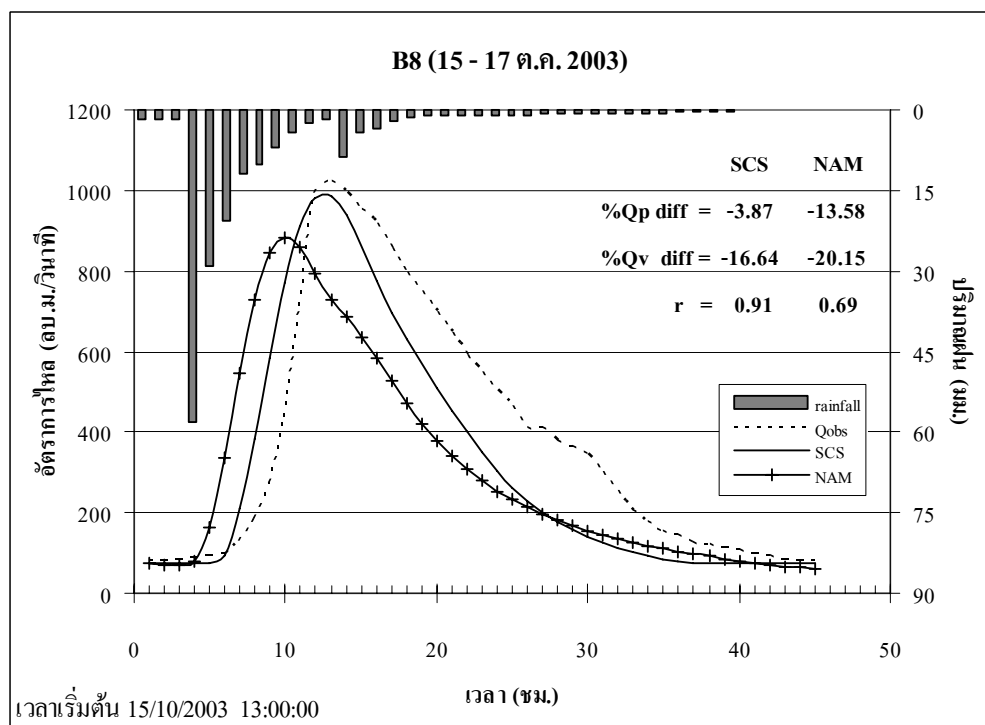
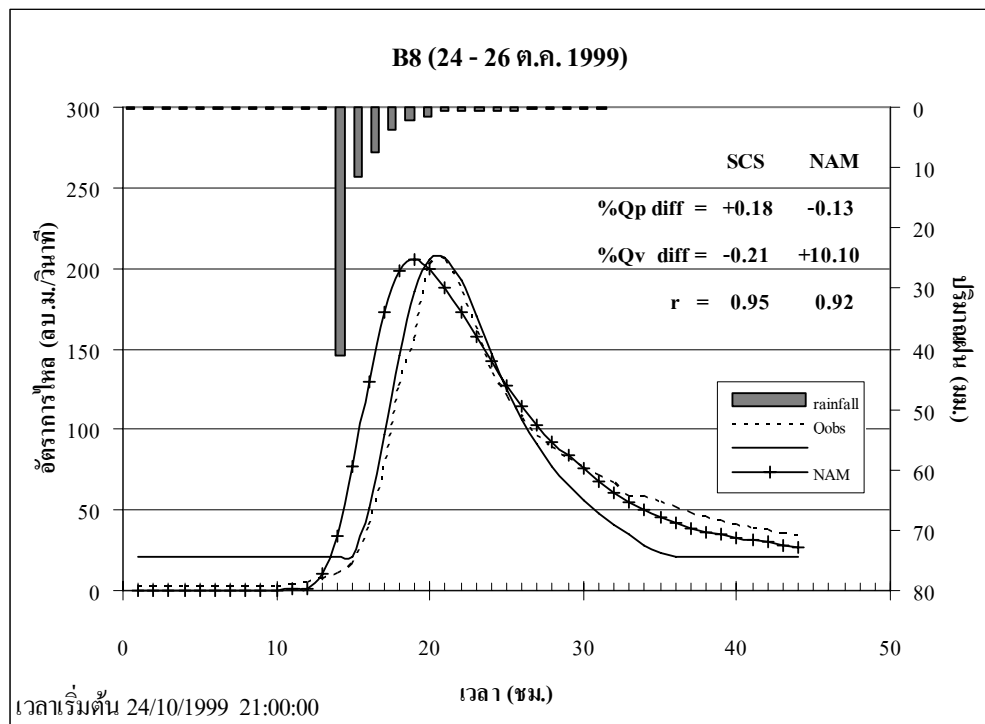
ประเภทพื้นที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เหตุการณ์	% ต่างต่างอัตราการไหลสูงสุด		% ต่างต่างปริมาตรน้ำท่า		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการไหล		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	
				Qp (ลบ.ม./วินาที)	SCS	NAM	Qv (ลบ.ม.)	SCS	NAM	SCS	NAM
B	B8	264	10:00 30 ก.ย. 1996	-0.48	-1.69	-7.38	+6.47	26.90	27.57	0.92	0.65
			21:00 30 ต.ค. 1996	-0.31	-7.52	-33.90	-39.83	33.43	28.10	0.91	0.68
			07:00 5 พ.ย. 1997	+0.04	-1.37	-6.72	+6.70	73.84	75.15	0.98	0.92
			15:00 15 ต.ค. 1999	-0.19	+0.10	-8.01	+8.84	23.05	22.96	0.97	0.89
			17:00 25 ต.ค. 1999	+0.18	-0.13	-0.21	+10.10	59.49	65.81	0.95	0.92
B	B11	460	01:00 16 ต.ค. 2003	-3.87	-13.58	-16.64	-20.15	302.57	261.58	0.91	0.69
			03:00 30 ต.ค. 2000	-0.30	-0.63	-7.51	+13.50	17.35	14.74	0.97	0.93
			05:00 24 ก.ย. 2002	+0.05	-1.49	-9.09	+33.25	6.50	6.97	0.90	0.95
			11:00 25 ต.ค. 2003	-0.003	+0.00	-9.46	+1.52	65.58	64.59	0.95	0.89
			01:00 2 พ.ย. 1992	-0.15	-6.64	+4.21	+17.43	182.19	154.60	0.99	0.71
C	B6	1,015	15:00 5 พ.ย. 1997	-0.15	+0.53	+1.51	+9.28	333.06	299.36	0.94	0.80
			12:00 26 ต.ค. 1999	+0.24	-25.09	-7.22	-24.29	156.69	118.84	0.95	0.75
			19:00 25 ต.ค. 2003	-0.01	-1.70	-9.31	+6.29	258.13	244.77	0.97	0.87
C	B7	846	06:00 22 ต.ค. 1989	+0.21	-0.39	-9.94	+7.93	32.80	29.58	0.90	0.78



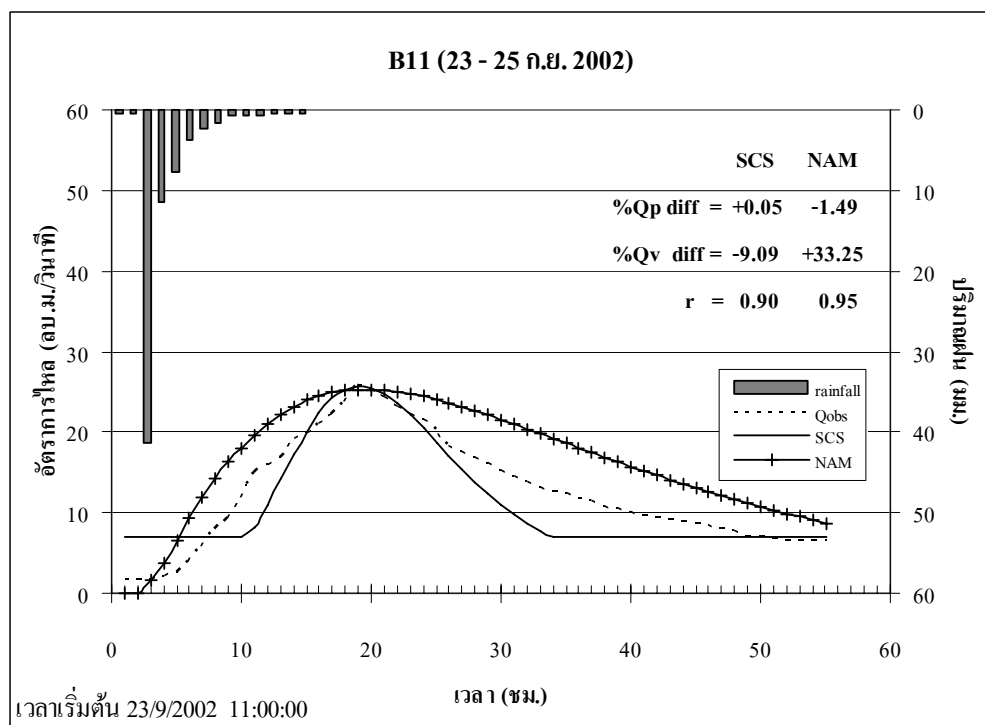
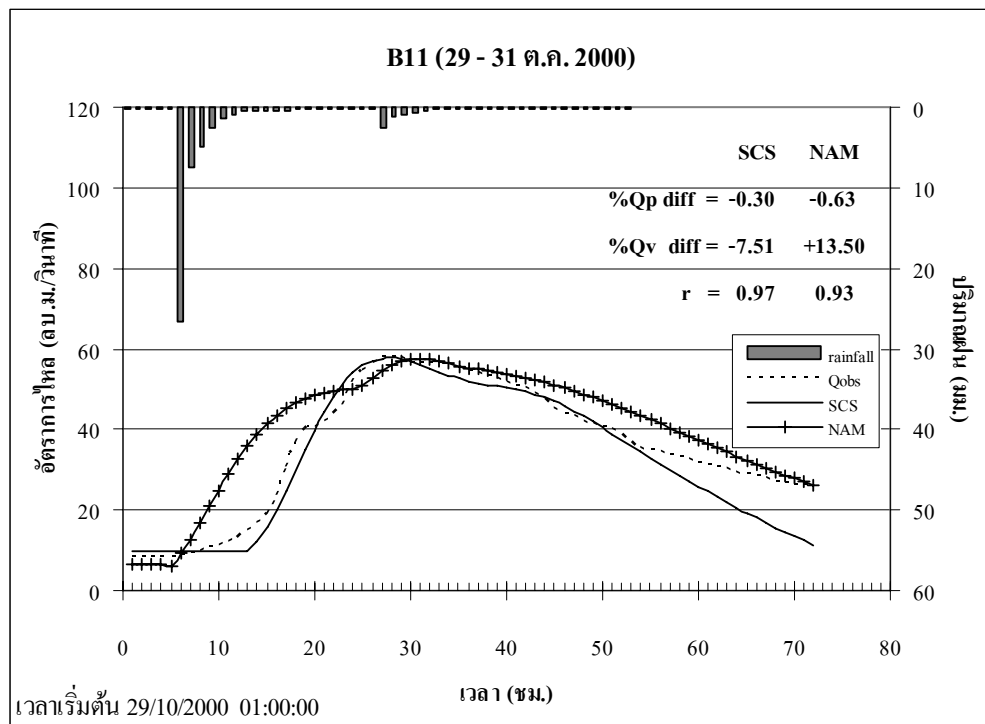
ภาพที่ 37 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B8



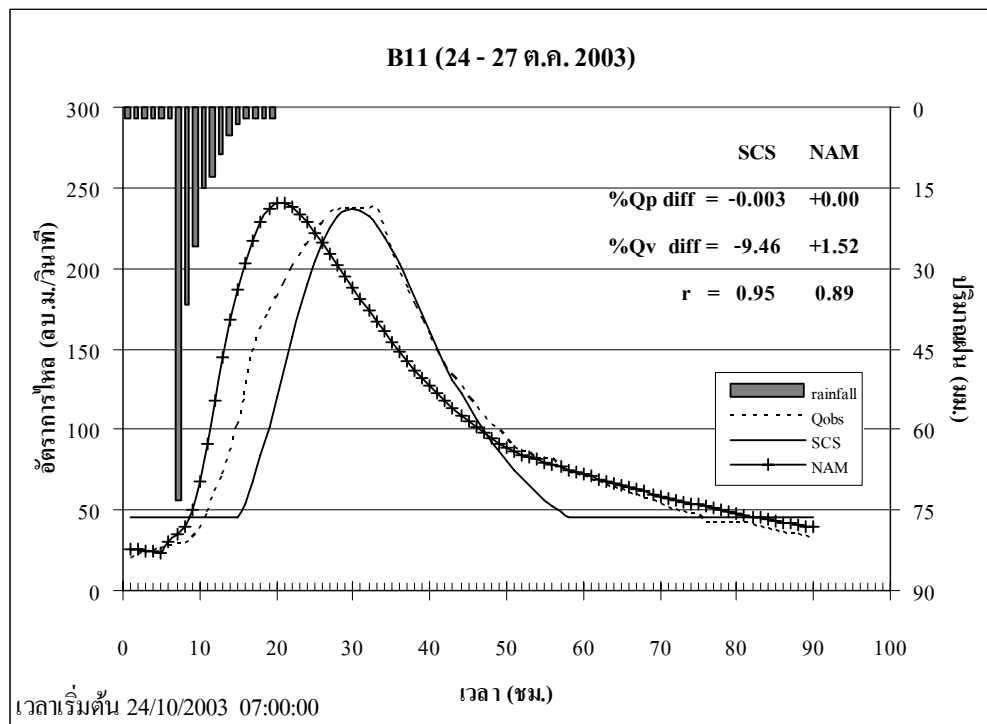
ภาพที่ 37 (ต่อ)



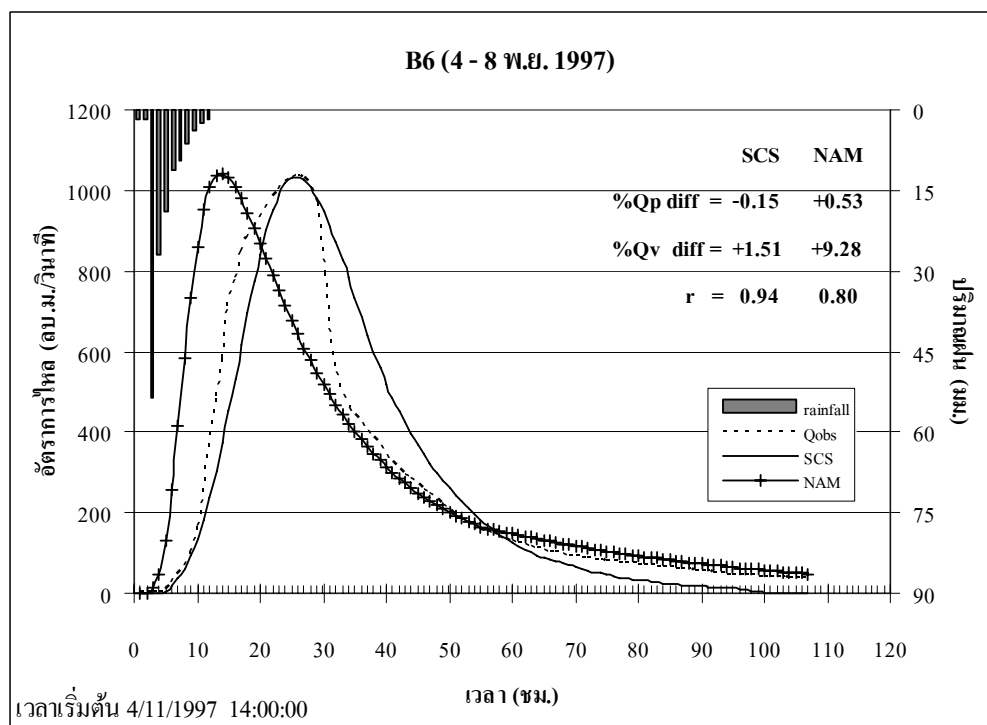
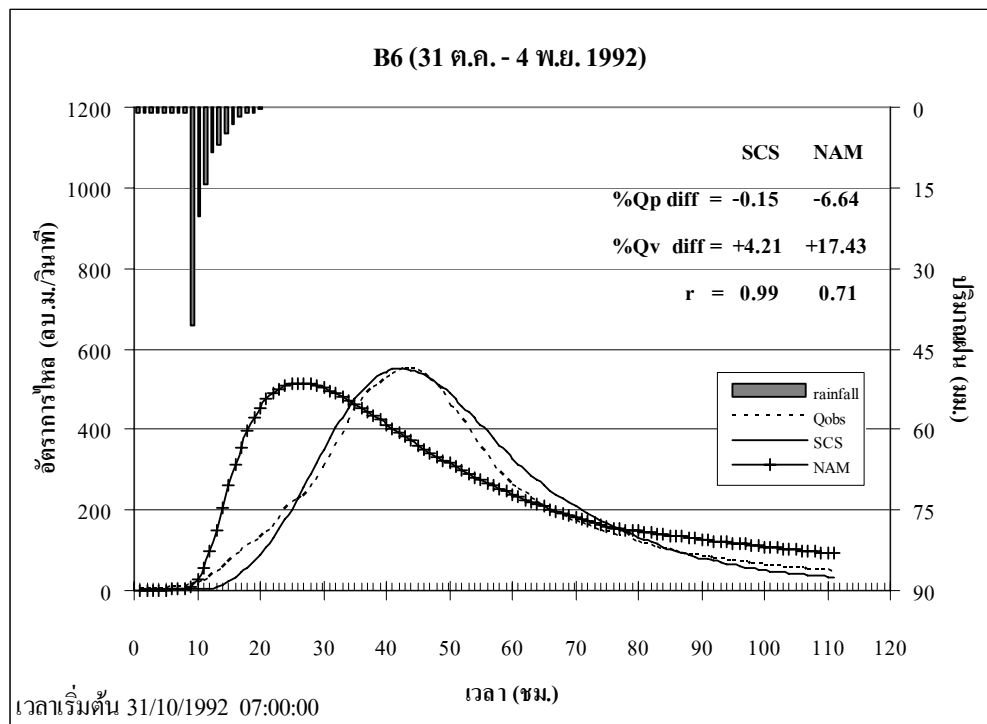
ภาพที่ 37 (ต่อ)



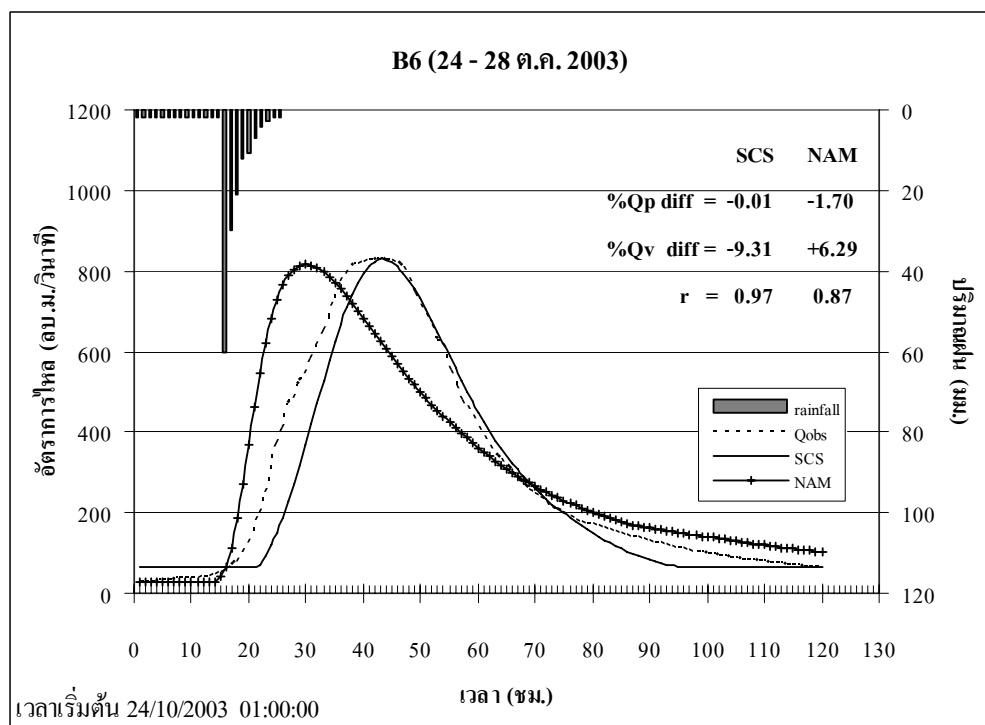
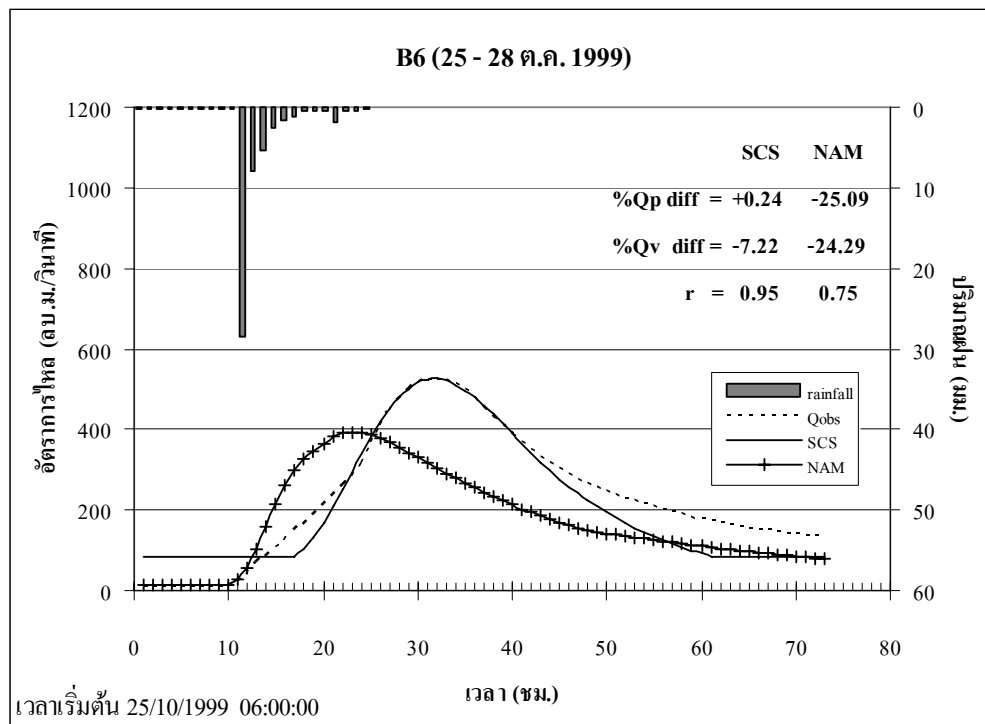
ภาพที่ 38 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B11



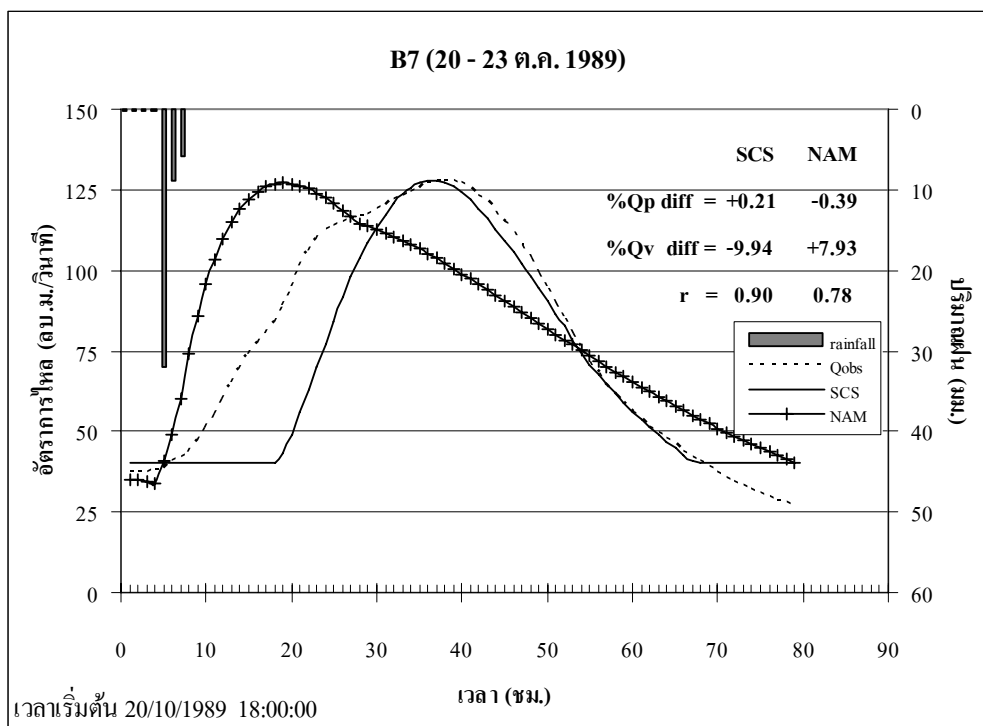
ภาพที่ 38 (ต่อ)



ภาพที่ 39 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B6



ภาพที่ 39 (ต่อ)



ภาพที่ 40 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS และ NAM ของสถานี B7

3.2 เนื่องจากแบบจำลอง SCS จัดเป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรเหมารวม (Lumped) ซึ่งคำนวณโดยพิจารณาค่าโดยรวม คือ คำนวณบนพื้นฐานของการเฉลี่ยตามพื้นที่ และการเฉลี่ยแบบทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ การคำนวณปริมาณน้ำหลากจะคำนวณโดยพิจารณาเป็นฟังก์ชันของเวลาเพียงอย่างเดียว ส่วนแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองประเภทตัวแปรกระจาย (Distributed) ซึ่งคำนวณโดยทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ และจะคำนวณน้ำหลากโดยพิจารณาเป็นฟังก์ชันของทั้งพื้นที่และเวลา ตามหลักการจึงถือได้ว่าแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองที่มีความละเอียดในการคำนวณมากกว่าแบบจำลอง SCS แต่จากผลการเปรียบเทียบค่าทางสถิติและรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลองทั้งสองกลับพบว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง SCS จะให้ผลที่ดีกว่าแบบจำลอง NAM ทั้งนี้เพราะว่าแบบจำลอง SCS มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tp) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สามารถคำนวณหาได้จากแผนที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาโดยตรง ดังนั้นจึงเหลือเพียงพารามิเตอร์ CN เพียงค่าเดียวที่ต้องทำการสอบเทียบ เป็นผลให้การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบขนาดและรูปร่างของกราฟน้ำหลาก สามารถทำได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดและง่ายกว่า ขณะที่แบบจำลอง NAM จะมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องถึง 15 ค่า และยังมีค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นอีกจึงเป็นอุปสรรคในการปรับเทียบในกรณีที่มีข้อมูลจำกัด และแม้ว่าพารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งมีความไวต่อผลการคำนวณขนาดและรูปร่างของกราฟน้ำหลากจะมีเพียง 4 ค่า ได้แก่ ค่าความจุชั้นผิวดินสูงสุด (Umax) ค่าความจุชั้นใต้ผิวดินสูงสุด (Lmax) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (CQOF) และค่าเวลาการเคลื่อนตัวของน้ำในชั้นใต้ผิวดินและชั้นผิวดิน (CK1,CK2) แต่พารามิเตอร์เหล่านี้จะต้องประมาณค่าเบื้องต้นจากสภาพกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ดังนั้นหากข้อมูลสภาพภูมิประเทศและข้อมูลทางกายภาพต่าง ๆ มีรายละเอียดไม่เพียงพอ ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากการปรับเทียบจึงเป็นค่าโดยประมาณ เพื่อให้ได้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดเท่านั้น ด้วยเหตุที่ข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีข้อจำกัดหลายประการทั้งข้อมูลฝน ข้อมูลสภาพภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่นำมาศึกษา จึงเป็นผลให้ผลการคำนวณโดยแบบจำลอง NAM มีความสอดคล้องกับผลการตรวจวัดน้อยกว่าผลการคำนวณโดยแบบจำลอง SCS

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัย เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำและสภาพการเกิดฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยแบ่งประเภทพื้นที่ลุ่มน้ำตามความลาดชัน ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากคือความลาดชันมากกว่า 1:100 พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางคือความลาดชันระหว่าง 1:100 ถึง 1:500 และพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยคือความลาดชันน้อยกว่า 1:500 แต่การศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางและความลาดชันน้อยเท่านั้น เนื่องจากขาดข้อมูลจุดบันทึกของพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก และในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยที่เคยเกิดขึ้นในอดีตได้คัดเลือกแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM ซึ่งผลการศึกษาเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการวิเคราะห์จำลองสภาพน้ำท่าที่ทำให้เกิดอุทกภัยจากข้อมูลฝนของกลุ่มน้ำเพชรบุรี ได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี เป็นเทือกเขาสูงในบริเวณพื้นที่ตอนบนและค่อย ๆ ลาดเทลงสู่พื้นราบทางตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ จากลักษณะภูมิประเทศดังกล่าวหากมีปริมาณฝนที่ตกหนักในพื้นที่ลุ่มน้ำ จะทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่างมีโอกาสเกิดอุทกภัยค่อนข้างสูง ลักษณะของน้ำท่าที่ก่อให้เกิดอุทกภัยในกลุ่มน้ำเพชรบุรีจะเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนักถึงหนักมากต่อเนื่องมีปริมาณตั้งแต่ 80 มิลลิเมตรขึ้นไป ในเวลา 6 ถึง 10 ชั่วโมง โดยจะเกิดค่าน้ำท่าสูงสุดไหลออกมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ภายในเวลา 24 ชั่วโมง

2. ผลการสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM มีความคลาดเคลื่อนของกราฟน้ำท่าทั้งขนาดอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างของกราฟน้ำท่า ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากข้อมูลฝนจุดบันทึกมีรายละเอียดไม่เพียงพอ ได้แก่ ความลึกฝน และการกระจายฝน

- ความลึกฝน เนื่องจากสถานีน้ำฝนที่นำมาใช้เป็นตัวแทนของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้นมีจำนวนสถานีน้อยไม่กระจายทั่วถึงทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ ทำให้ข้อมูลฝนที่ได้ อาจไม่เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ เช่นบางลุ่มน้ำย่อยก็มีสถานีน้ำฝนเพียงสถานีเดียว เมื่อนำค่าความลึกฝนไปคำนวณ จึงมีผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของกราฟน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณและจากการตรวจวัดได้

- การกระจายฝน เนื่องจากข้อมูลฝนที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลฝนรายวันนำมากระจายตัวเป็นฝนรายชั่วโมง โดยใช้รูปแบบการกระจายตัวจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนอัตโนมัติของจังหวัดเพชรบุรี และรูปแบบการกระจายตัวของฝนรายชั่วโมงตามการศึกษาของ สุภาพรพรณ (2532) นำมาประกอบกันเพื่อกำหนดเป็นการกระจายฝนตัวแทน จากนั้นจึงนำฝนรายวันเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษามากระจายตัวเป็นฝนรายชั่วโมง และใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำหลาก SCS และ NAM ดังนั้นเมื่อนำผลการคำนวณน้ำหลากจากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำหลากที่ได้จากการตรวจวัด จึงอาจเกิดความแตกต่างกันทั้งขนาดอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างของกราฟน้ำหลากได้

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่าสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางควรใช้ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) อยู่ในช่วง 9 ถึง 16 ชั่วโมง และค่า CN ระหว่าง 51.25 ถึง 87.60 ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยควรใช้ค่า T_p อยู่ในช่วง 25.83 ถึง 30.50 ชั่วโมง และค่า CN ระหว่าง 84.00 ถึง 87.90 และสำหรับแบบจำลอง NAM พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางควรใช้ค่า U_{max} เท่ากับ 10 ถึง 15 L_{max} ระหว่าง 55 ถึง 133 CQOF ระหว่าง 0.75 ถึง 0.97 และค่า CK1 CK2 มีค่าระหว่าง 14.3 ถึง 20.5 ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยควรใช้ค่า U_{max} เท่ากับ 10 L_{max} เท่ากับ 50 CQOF ระหว่าง 0.90 ถึง 0.98 และค่า CK1 CK2 ใช้ค่าระหว่าง 24 ถึง 38

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS พบว่าให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับผลจากการตรวจวัดมากกว่าแบบจำลอง NAM โดยแบบจำลอง SCS จะเกิดความแตกต่างของค่าอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) -3.87 ถึง +0.24 เปอร์เซ็นต์ และความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างในช่วง -33.90 ถึง +4.21 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 6.50 ถึง 333.06 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่คำนวณได้กับข้อมูลตรวจวัดมีค่ามากกว่า 0.90 ขึ้นไป ส่วนแบบจำลอง NAM จะเกิดความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Q_p) -25.09 ถึง +0.53 เปอร์เซ็นต์ และเกิดความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่า (Q_v) แตกต่างในช่วง -39.83 ถึง +33.25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 6.97 ถึง 299.36 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่คำนวณได้กับข้อมูลตรวจวัดพบว่ามีค่าระหว่าง 0.65 ถึง 0.95

5. ผลการคำนวณขนาดอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) เวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) และรูปร่างกราฟน้ำหลากด้วยแบบจำลอง SCS จะให้ผลที่ดีกว่าแบบจำลอง NAM ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง SCS มีพารามิเตอร์ที่สามารถคำนวณหาได้โดยตรงจากแผนที่ภูมิประเทศ ได้แก่ ค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด (T_p) ส่วนค่า CN หรือค่าดัชนีแสดงสภาพพื้นที่ที่สามารถประมาณค่าเฉลี่ยได้จากข้อมูลสภาพดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ขณะที่แบบจำลอง NAM มีพารามิเตอร์จำนวนมากที่ต้องทำการปรับเทียบ และเป็นค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ อีกทั้งแบบจำลอง NAM ยังประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์เงื่อนไขเริ่มต้นที่ต้องใส่ค่าสภาพความชื้นของชั้นดินเริ่มต้น แต่ด้วยเงื่อนไขข้อมูลกายภาพของกลุ่มน้ำเพชรบุรีในปัจจุบันมีจำกัด รวมถึงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM ของลุ่มน้ำต่าง ๆ ในประเทศไทยยังไม่มีผลการศึกษารองรับ ดังนั้นการคำนวณด้วยแบบจำลอง NAM จึงมีความยุ่งยากและให้ผลที่ด้อยกว่าแบบจำลอง SCS

6. การเลือกใช้แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากสำหรับลุ่มน้ำเพชรบุรีที่เหมาะสมจึงควรเลือกใช้แบบจำลอง SCS ซึ่งทำได้ง่ายกว่าเพราะจำนวนพารามิเตอร์ที่ทำการปรับเทียบมีน้อยกว่า แต่ถ้าในอนาคตเมื่อมีการเก็บรวบรวมข้อมูลกายภาพที่ต่อเนื่อง หรือมีการศึกษาที่รองรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำเพชรบุรี การเลือกใช้แบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำหลากด้วยแบบจำลอง NAM อาจให้ผลการคำนวณที่ดีกว่าเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พิจารณาละเอียดกว่าแบบจำลอง SCS

7. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนปริมาณการไหลสูงสุดกับค่าปริมาณฝนตกเมื่อทำการเปลี่ยนหน่วยให้เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที กับค่าดัชนีแสดงสภาพปกคลุมพื้นที่ (CN) ของแบบจำลอง SCS แบ่งตามประเภทพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ประเภท B (มีความลาดชันปานกลาง) จะได้ $CN = 18.081 (Q_p/R_v) + 62.788$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.807 และค่า Q_p/R_v มีค่าอยู่ระหว่าง 0.04 ถึง 2.71 สำหรับพื้นที่ประเภท C (มีความลาดชันน้อย) จะได้ $CN = 14.952(Q_p/R_v) + 76.431$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.801 และค่า Q_p/R_v มีค่าระหว่าง 0.34 ถึง 1.47

8. ผลการศึกษาความไวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SCS พบว่า T_p และ CN จะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลาก ซึ่งค่า CN จะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดอย่างเห็นได้ชัด และค่า T_p จะมีผลต่อทั้งรูปร่างกราฟน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุดอย่างเห็นได้ชัด ส่วน

แบบจำลอง NAM พบว่าค่าพารามิเตอร์ U_{max} L_{max} CQOF และ CK1 CK2 จะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลาก ซึ่งค่า U_{max} L_{max} CQOF จะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดอย่างเห็นได้ชัด ส่วนค่า CK1 CK2 จะมีผลต่อทั้งอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลากอย่างเห็นได้ชัดเช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้ข้อมูลหลักที่ใช้ในการจำลองน้ำท่าได้แก่ ข้อมูลฝน ซึ่งข้อมูลที่มีการตรวจวัดในปัจจุบันเป็นข้อมูลฝนรายวัน ในการศึกษาจึงต้องทำการกระจายฝนให้เป็นฝนที่ตกใน 24 ชั่วโมง ดังนั้นผลการจำลองที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อน ทั้งนี้เพราะไม่มีข้อมูลตรวจวัดฝนรายชั่วโมงของเหตุการณ์ที่เกิดอุทกภัยจริง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ฝนที่เป็นตัวแทนที่แท้จริงของกลุ่มน้ำ จึงเสนอให้มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติรายชั่วโมงกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ ในลุ่มน้ำทุก 100 ตารางกิโลเมตร เพื่อใช้เป็นสถานีตัวแทนของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

2. ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาได้จากข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงนำมาเปลี่ยนเป็นค่าอัตราการไหลโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับน้ำ (Rating Curve) ซึ่งในกรณีที่เกิดอุทกภัยเมื่อเกิดน้ำล้นตลิ่งหน้าตัดที่ทำการตรวจวัด จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าระดับน้ำและอัตราการไหลได้ ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลน้ำท่ามาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองอาจให้ผลการเปรียบเทียบที่คลาดเคลื่อนได้ จึงเสนอให้มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าอัตโนมัติที่จุดไหลออกของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

3. จากการศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อทั้งรูปร่างกราฟน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุดในแบบจำลอง NAM ได้แก่ U_{max} L_{max} CQOF CK1 CK2 นอกจากนี้แล้วยังพบว่าค่าเริ่มต้นของการไหลบนผิวดิน (TOF) และค่าเริ่มต้นการไหลของน้ำใต้ดิน (TG) ก็มีผลต่อการเกิดอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างกราฟน้ำหลากเช่นกัน จึงเสนอแนะให้มีการศึกษาพารามิเตอร์สองตัวนี้เพิ่มเติมในการศึกษาต่อไปด้วย

4. เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำเพชรบุรีมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ตัวแทนทั้งในแบบจำลอง SCS และแบบจำลอง NAM ควรกำหนดแยกตามขนาดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

5. ในอนาคตถ้ามีการศึกษาการจำลองน้ำฝนเป็นน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ควรทำการแบ่งประเภทพื้นที่ตามความลาดชันให้มีช่วงความลาดชันที่เหมาะสม และควรพิจารณาถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในพื้นที่ประเภทเดียวกัน อีกทั้งควรจัดหาข้อมูลที่ใช้ศึกษาให้มีจำนวนมากพอ และควรมีการศึกษาเพื่อหาค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ตัวแทนของขนาดและประเภทความลาดชันของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีให้ได้ผลสมบูรณ์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2536. รายงานการพยากรณ์น้ำหลากในลุ่มน้ำเพชรบุรี. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2545. การศึกษาวิเคราะห์จัดทำแผนหลักการบริหารจัดการน้ำท่วมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2546. โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการชลประทานสำหรับแผนฯ 9 รายงานสถานภาพลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำเพชรบุรี. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2547. รายงานแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในเขตจังหวัดเพชรบุรี อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2532. เอกสารวิชาการ กองภูมิอากาศและกองอุตุนิยมวิทยา-อุทก. กรมอุตุนิยมวิทยา, กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ.
- กานดา คงธรรม. 2545. การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2529. การป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำของมหานคร. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยวัฒน์ ภูวกรกุลชัย. 2546. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำลำภาชีโดยแบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ยุพิน จันดา. 2542. การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วงศ์สถิตย์ บุญชัยกรณ์. 2545. การศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของลุ่มน้ำมูลโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิษุวัตก์ แต่สมบัติ. 2546. การศึกษาวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุดของลุ่มน้ำคลองท่าตะเภาและลุ่มน้ำคลองชุมพร โดยแบบจำลองทางอุทกวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. ห้างหุ้นส่วน ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. 317 น.
- ศิริกัญญา แสงสว่าง. 2547. การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองอุทกวิทยาในการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุภาพรณ สุคนธราช. 2532. การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสูงสุด 1 วัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎามนตรี. 2537. การศึกษาศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำเพชรบุรี. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ. 2538. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า ในลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGS). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Danish Hydraulic Institute. 1992. **MIKE 11 Reference Manual** HØrsholm 469 p.

_____. 1992. **MIKE 11 User Manual** HØrsholm 385 p.

_____. 1992. **NAM DOCUMENTATION AND USER'S GUIDE** 70 p.

David H. Pilgrim and Lan 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.

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
ส่วนของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธี SCS**

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง InfoWorks RS

1. บทนำ

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

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

2.2การคำนวณทางชลศาสตร์ : แบบจำลอง InfoWorks RS จะใช้สมการ St. Venant (สมการโมเมนตัม และสมการความต่อเนื่อง) ในการคำนวณการไหลในทางน้ำและพื้นที่น้ำท่วม ทั้งในระบบทางน้ำเดียวและระบบโครงข่ายทางน้ำ ส่วนการคำนวณการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ต่างๆ 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)

2.3การควบคุมอาคารชลศาสตร์ : แบบจำลอง InfoWorks RS มีความยืดหยุ่นในการควบคุมการทำงานของอาคารชลศาสตร์ (ประตูระบายน้ำ และสถานีสูบน้ำ เป็นต้น) ซึ่งสามารถดำเนินการควบคุมตามเวลาที่กำหนด หรือควบคุมตามสภาพระดับน้ำหรือปริมาณน้ำได้ตามต้องการ โดยการกำหนดเงื่อนไขทางตรรกวิทยา

2.4การจัดการฐานข้อมูล : แบบจำลอง InfoWorks RS จะจัดการฐานข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรม Microsoft JET, SQL หรือ MSDE โดยแบ่งฐานข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) ฐานข้อมูลหลัก (Master Database) ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการจัดการโปรแกรม และแบบจำลองที่เกี่ยวข้อง
- 2) ฐานข้อมูลเฉพาะที่ (Local Root Directory) เป็นส่วนเก็บข้อมูลสำเนาการทำงานที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ผลการจำลองและเพิ่มข้อมูลชั่วคราวต่างๆ

2.5ด้านการแสดงผล 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

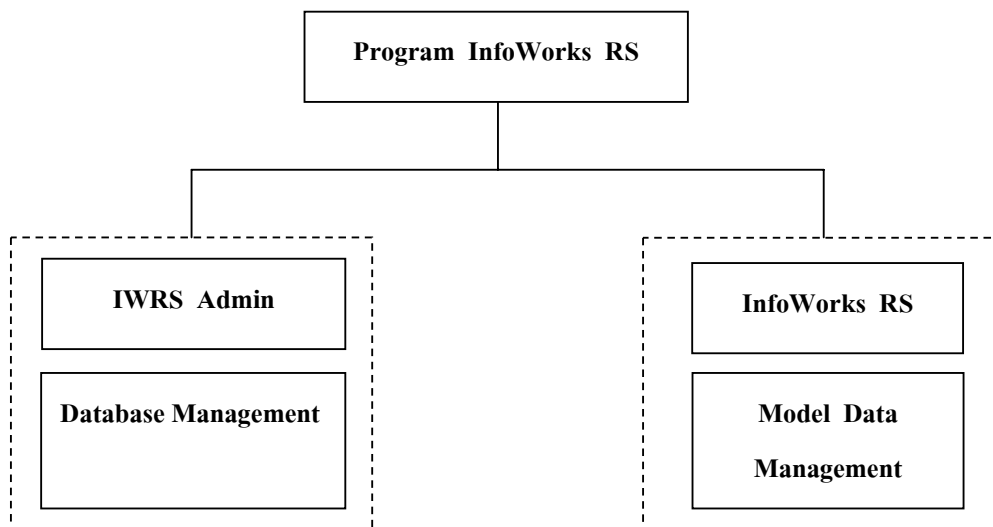
โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 โครงสร้างด้านการใช้งาน

การใช้งานโปรแกรม InfoWorks RS จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในภาพผนวก ก1 เพื่อความสะดวกและเพื่อประสิทธิภาพของการใช้งาน ประกอบด้วย

InfoWorks RS Administration (IW RS Admin) : ใช้ในการจัดสร้างฐานข้อมูลและจัดหาระบบฐานข้อมูลสำหรับการใช้งานของโปรแกรม 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

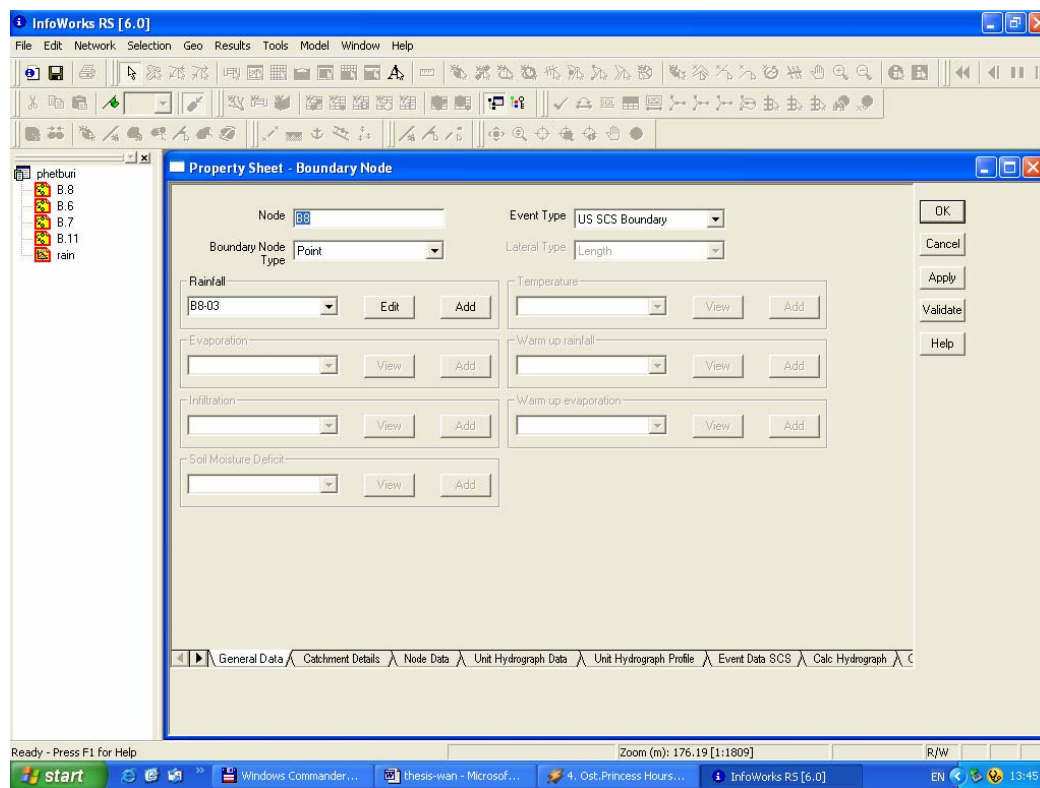
โดยเก็บข้อมูลแบบจำลองหลักไว้ในฐานข้อมูลหลัก (Master Database) ส่วนในด้านของสำเนาข้อมูลเฉพาะที่ผู้ใช้งานต้องการศึกษา หรือเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะสามารถเก็บไว้ได้ใน Local Root Directory ของผู้ใช้งานแต่ละแห่งที่ต่างกันออกไป โดยจะมีการทำงานประกอบไปด้วยกันระหว่าง Master Database และ Local Root Directory จากระบบการจัดการข้อมูลดังกล่าวจะส่งผลให้โปรแกรมสามารถปฏิบัติงานได้อย่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

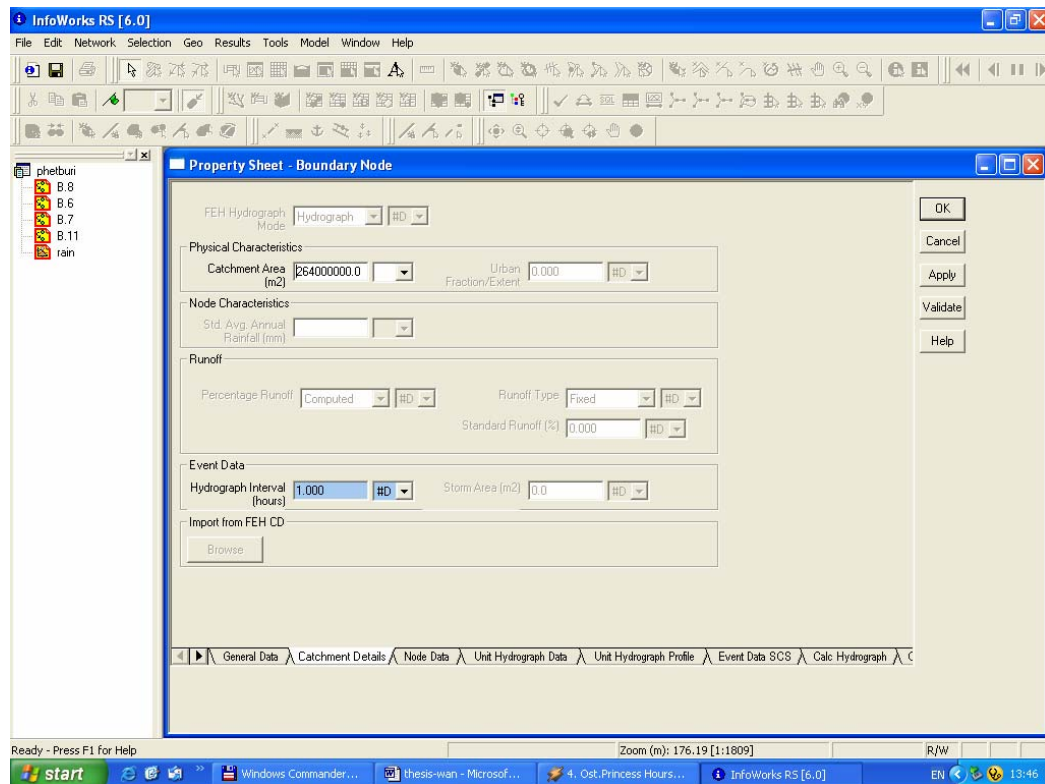
ในส่วนของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธี SCS นี้จะเป็นส่วนของขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary) ที่เป็นข้อมูลนำเข้าการคำนวณทางด้านชลศาสตร์ เช่นการคำนวณหาค่าระดับน้ำในลำน้ำ เป็นต้น โดยเมื่อเปิดหน้าจอของโปรแกรมขึ้นมาจะประกอบด้วยแถบให้ใส่รายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ แถบ General Data แถบ Catchment Detail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



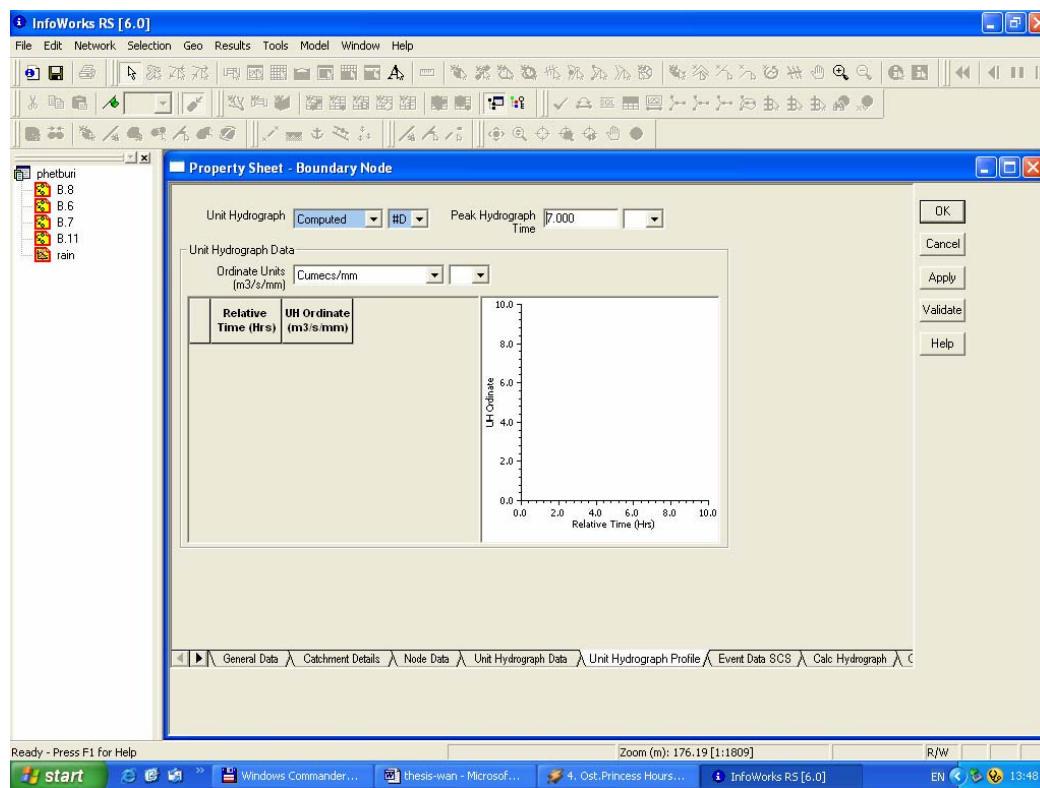
ภาพผนวกที่ ก2 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ General Data

4.2 แถบ Catchment Detail เป็นแถบสำหรับใส่ข้อมูลขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ช่วงเวลาของกราฟน้ำท่า (Hydrograph Interval)



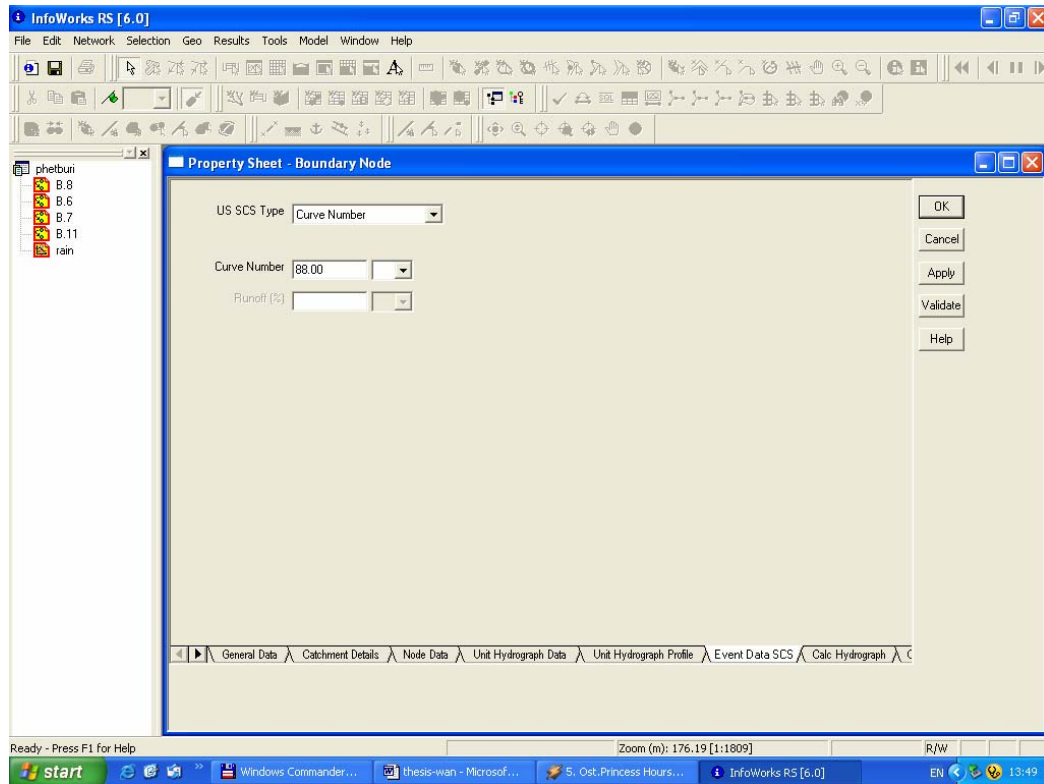
ภาพผนวกที่ 3 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Catchment Detail

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



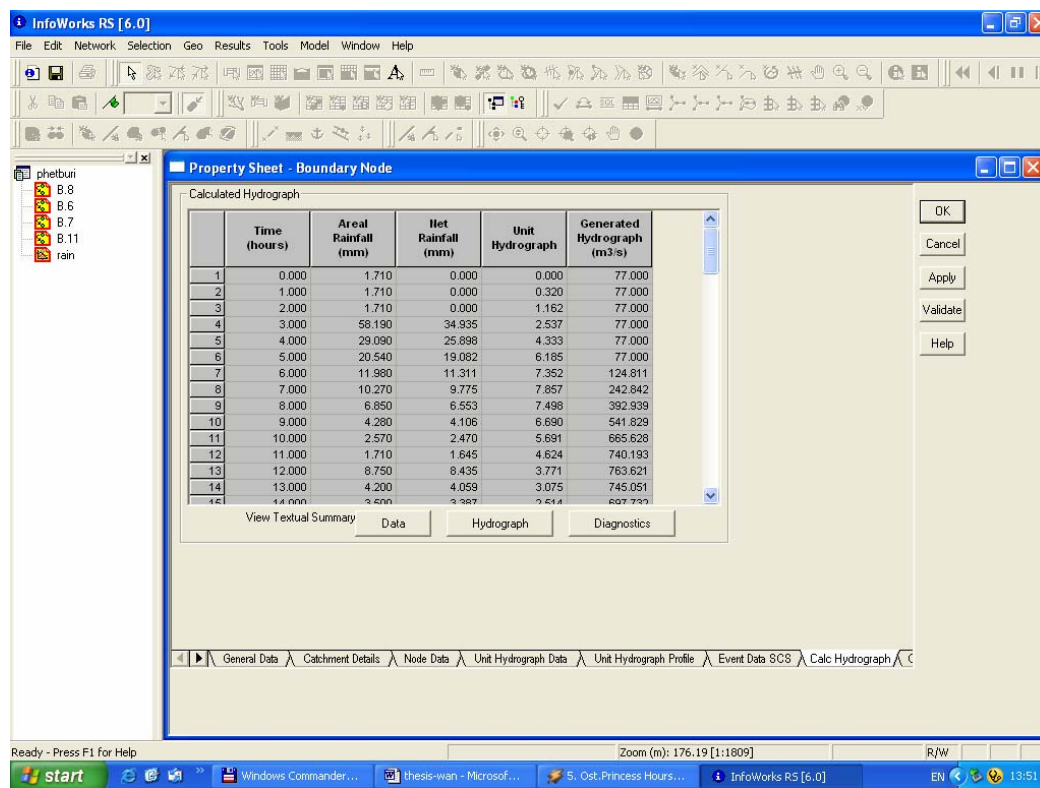
ภาพผนวกที่ ก4 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Unit Hydrograph Profile

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



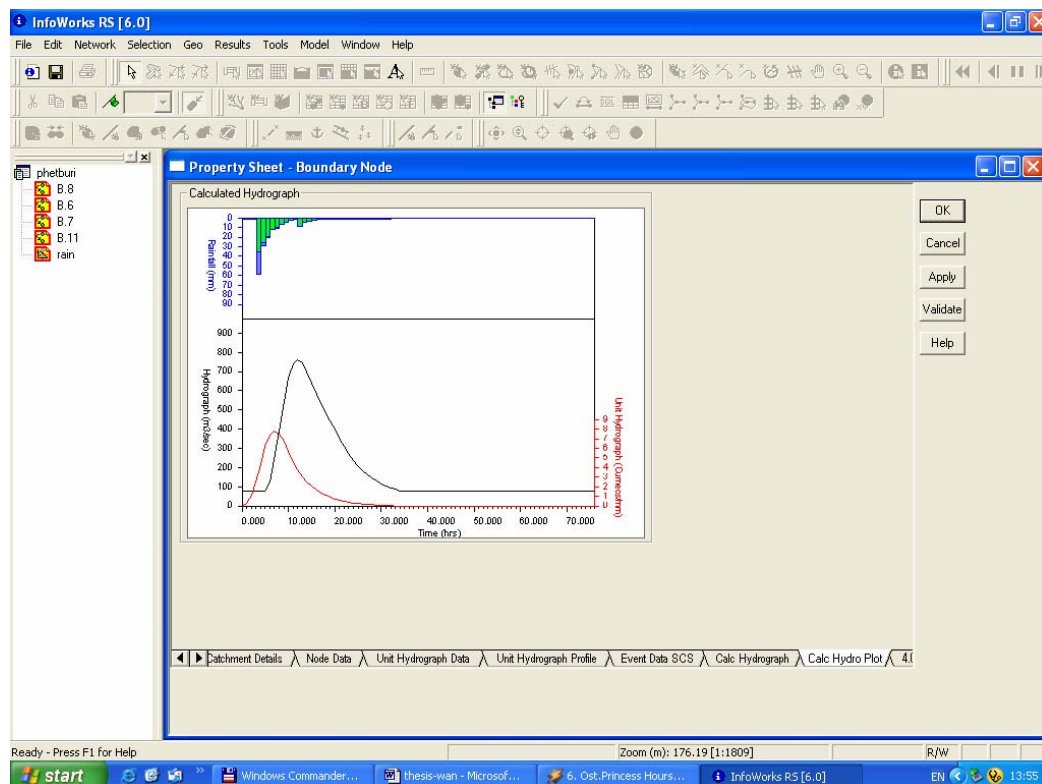
ภาพผนวกที่ ก5 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Event Data SCS

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



ภาพผนวกที่ 6 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph

4.6 แถบ Cal Hydrograph Plot เป็นแถบแสดงผลการคำนวณกราฟน้ำท่าที่ได้โดยแสดงเป็นรูปกราฟน้ำท่าโดยแสดงทั้งกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและกราฟน้ำท่าที่คำนวณได้



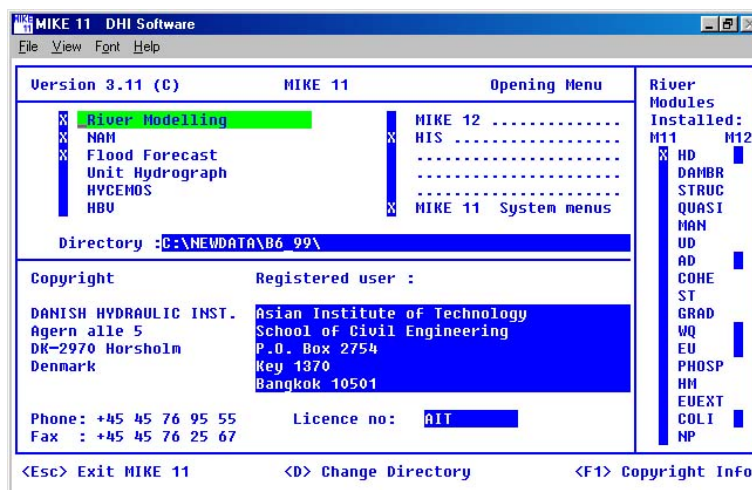
ภาพผนวกที่ ก7 หน้าจอแบบจำลอง SCS ในส่วนแถบของ Cal Hydrograph Plot

ภาคผนวก ข
รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง NAM

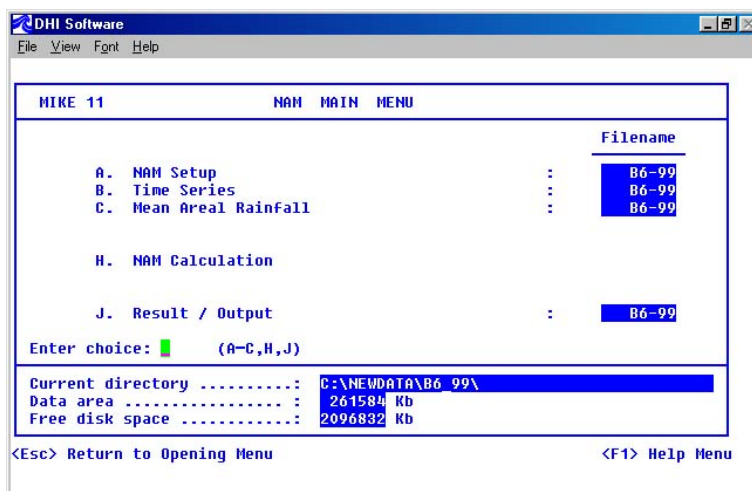
รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง NAM

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

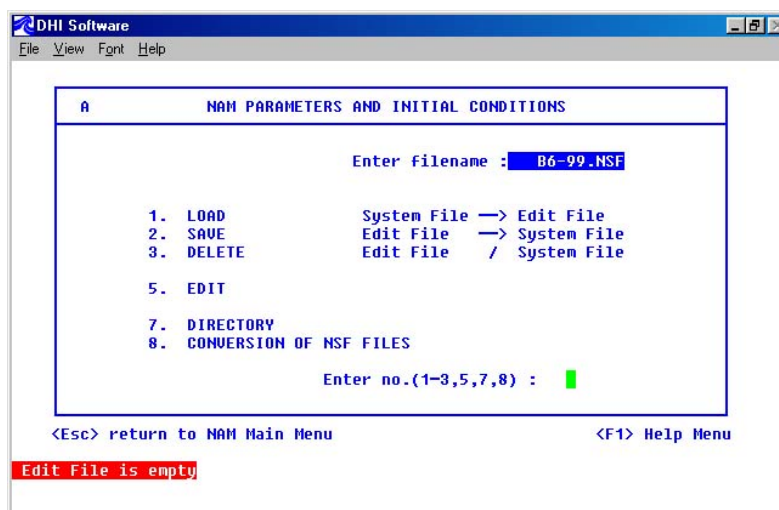


ภาพผนวกที่ ข1 แบบจำลอง MIKE 11

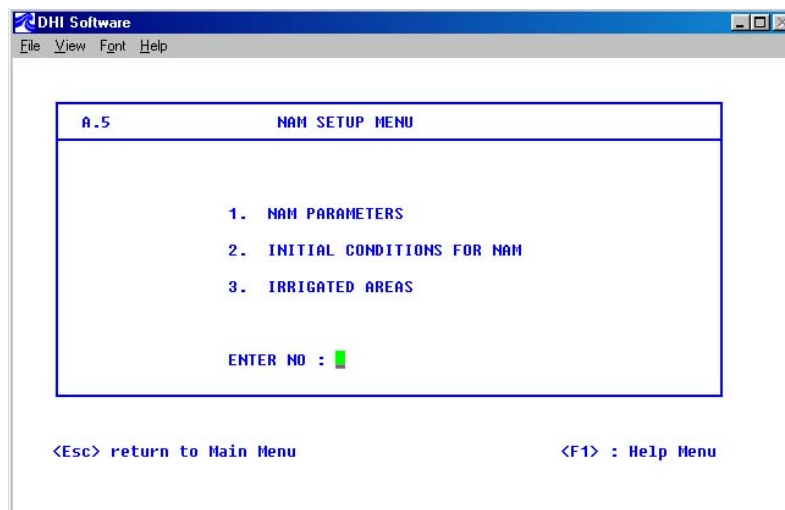


ภาพผนวกที่ ข2 เมนูหลักของแบบจำลอง NAM

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 : 86-99
Area of subcatchment		1015.0 km2
Maximum water content in surface storage		10.0 mm
Maximum water content in root zone storage		50.0 mm
Overland flow runoff coefficient (0-1)		1.00
Time constant for interflow		1000 hours
Root zone threshold value for overland flow (relative)		0.00
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		23.5 hours
		23.5 hours

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

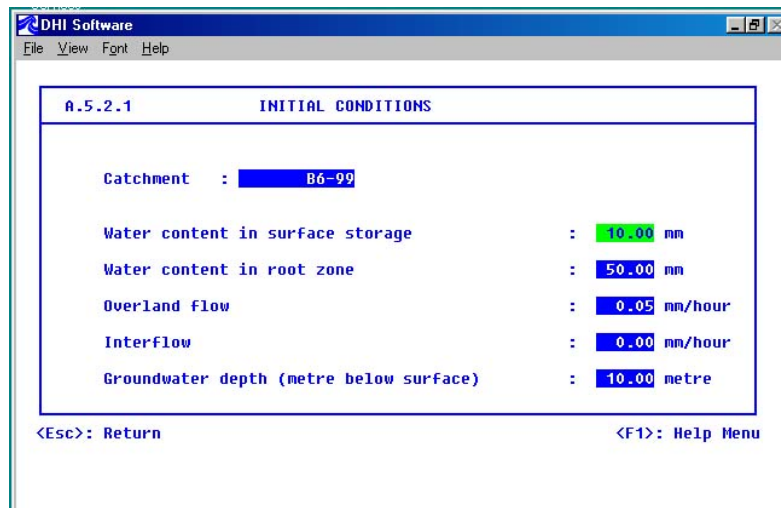
ภาพผนวกที่ ข5 เมนู A.5.1.1 NAM Parameters

A.5.1.2 NAM PARAMETERS		Subcatchment : 86-99
GROUND WATER :		
Ratio of groundwater catchment area to topographical catchm. :		1.00
Root zone threshold value for groundwater recharge (relative) :		0.00
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

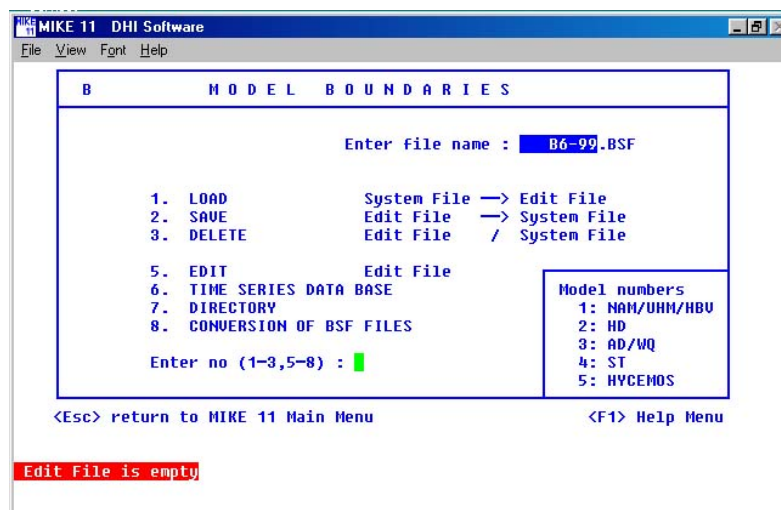
ภาพผนวกที่ ข5 (ต่อ) เมนู A.5.1.2 NAM Parameters

1.3 เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลองแล้ว ต้องกำหนดค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลองโดยเลือก 2. Initial Conditions for NAM ในเมนู A.5 NAM Setup Menu ในภาพผนวกที่ ข4 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

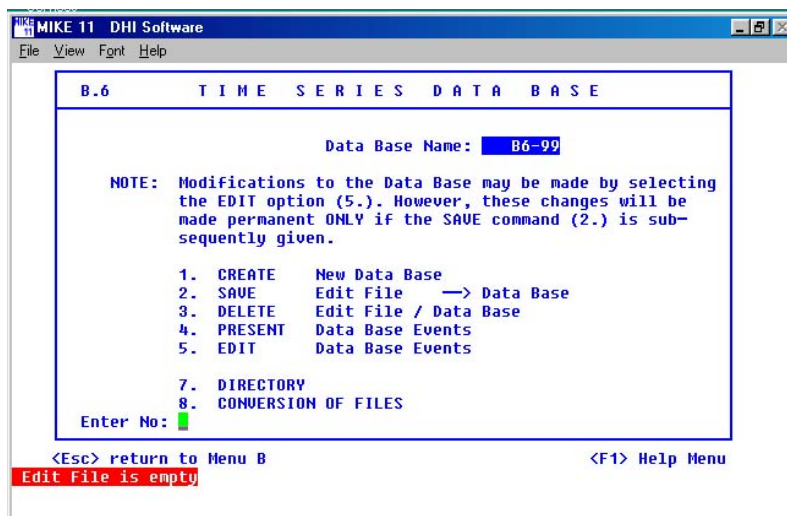


ภาพผนวกที่ ข6 เมนู A.5.2.1 Initial Conditions

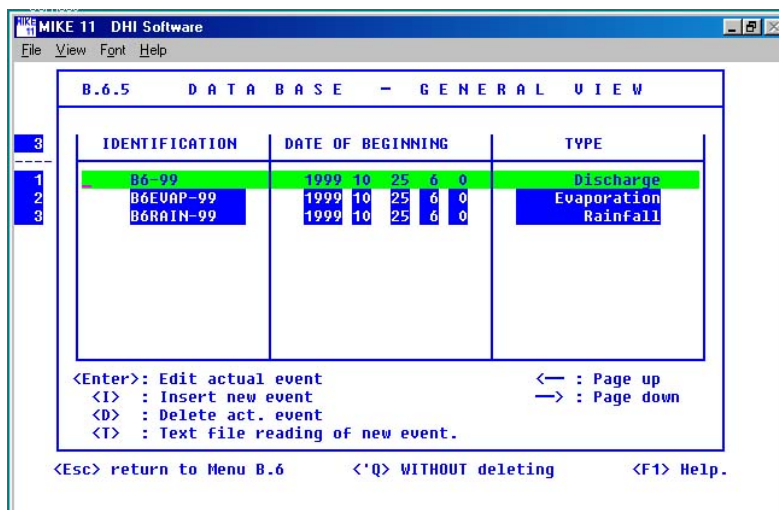
1.4 เลือก B. Time Series จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อกำหนดข้อมูลด้านเข้าที่เป็นอนุกรมเวลา ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง Model Boundaries ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข7 จากนั้นเลือก 6. Time Series Data Base จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข8 แล้วเลือก 5. Edit (Data Base Events) เข้าสู่รายการ B.6.5 Data Base – General View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



ภาพผนวกที่ ข7 เมนู B Model Boundaries



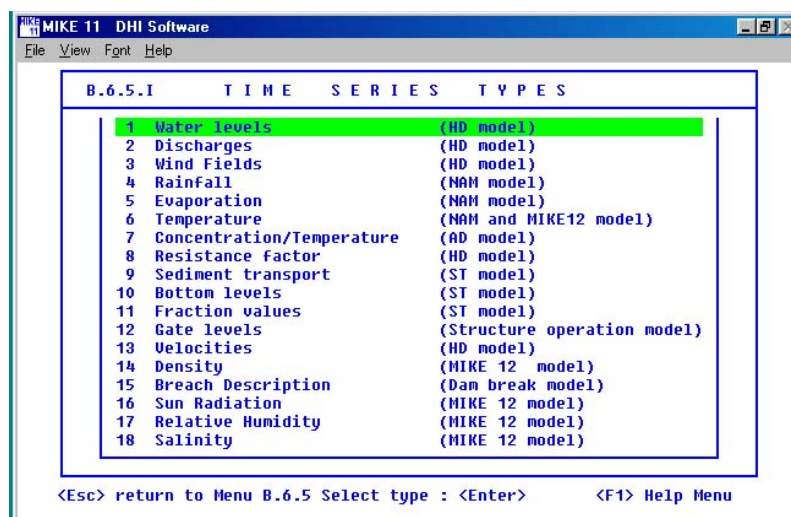
ภาพผนวกที่ ข8 เมนู B.6 Time Series Data Base



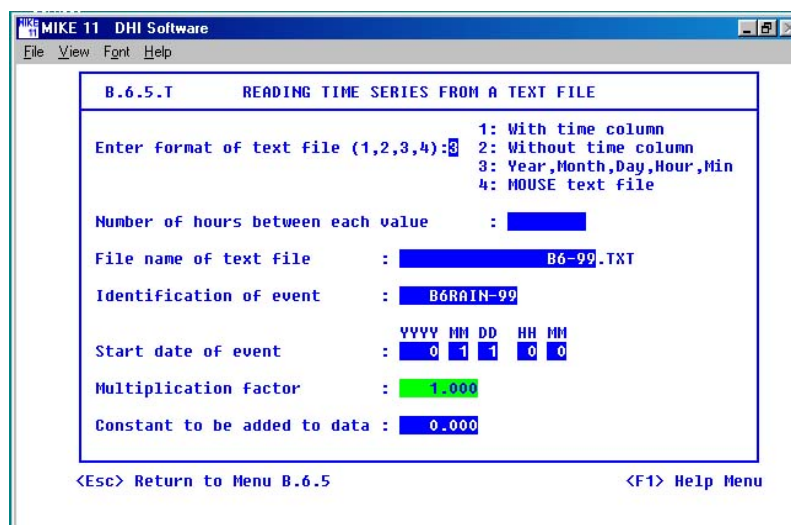
ภาพผนวกที่ ข9 เมนู B.6.5 Data Base – General View

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 เป็นประเภท

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

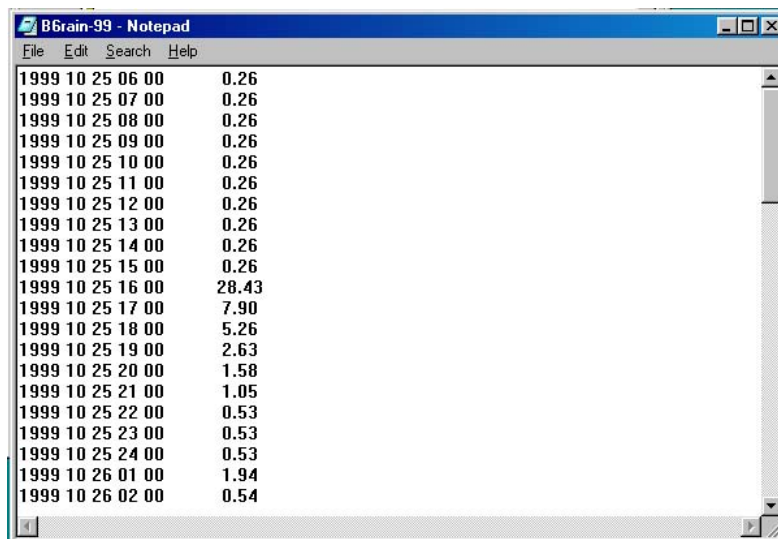


ภาพผนวกที่ ข10 เมนู B.6.5.I Time Series Type



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



1999 10 25 06 00	0.26
1999 10 25 07 00	0.26
1999 10 25 08 00	0.26
1999 10 25 09 00	0.26
1999 10 25 10 00	0.26
1999 10 25 11 00	0.26
1999 10 25 12 00	0.26
1999 10 25 13 00	0.26
1999 10 25 14 00	0.26
1999 10 25 15 00	0.26
1999 10 25 16 00	28.43
1999 10 25 17 00	7.90
1999 10 25 18 00	5.26
1999 10 25 19 00	2.63
1999 10 25 20 00	1.58
1999 10 25 21 00	1.05
1999 10 25 22 00	0.53
1999 10 25 23 00	0.53
1999 10 25 24 00	0.53
1999 10 26 01 00	1.94
1999 10 26 02 00	0.54

ภาพผนวกที่ ข12 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบเป็น Text File

1.7 เมื่อนำเข้าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งอัตราการไหล ปริมาณฝน และปริมาณการระเหยแล้วทำการเลือกเมนู 5. Edit ในเมนู B Model Boundaries ในภาพผนวกที่ ข7 เข้าสู่รายการ B.5 Extraction from the Data Base ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ ข13 เพื่อกำหนดขอบเขตของข้อมูลปริมาณฝนและปริมาณการระเหยที่ใช้ในการคำนวณ แต่ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณฝนจะต้องเป็นปริมาณฝนตามพื้นที่ (Areal Rainfall) ที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งวิธีการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่จะแสดงในลำดับถัดไป 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: B6-99 2: EVAPORATION
 3: TEMPERATURE

Name of Data base	Name of Event	Start time	Finish time
B6-99	B6RAIN-99	1999 10 25 6 0	1999 10 28 6 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 : B6-99.MSF

1. LOAD System File → Edit File
 2. SAVE Edit File → System File
 3. DELETE Edit File / System File

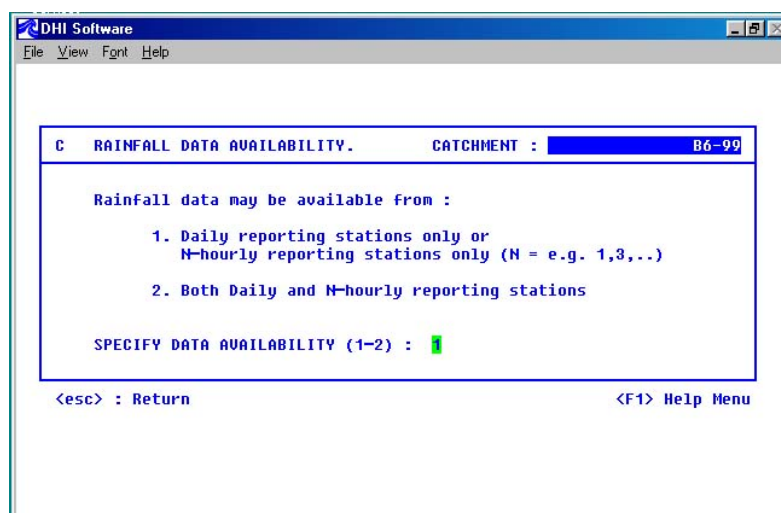
5. EDIT
 6. CALCULATE
 7. DIRECTORY

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

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

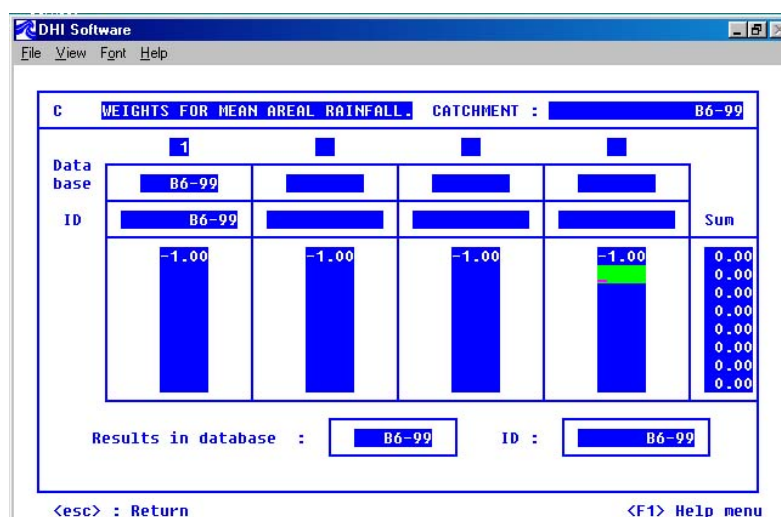
Edit File is empty

ภาพผนวกที่ ข14 เมนู C Mean Areal Rainfall



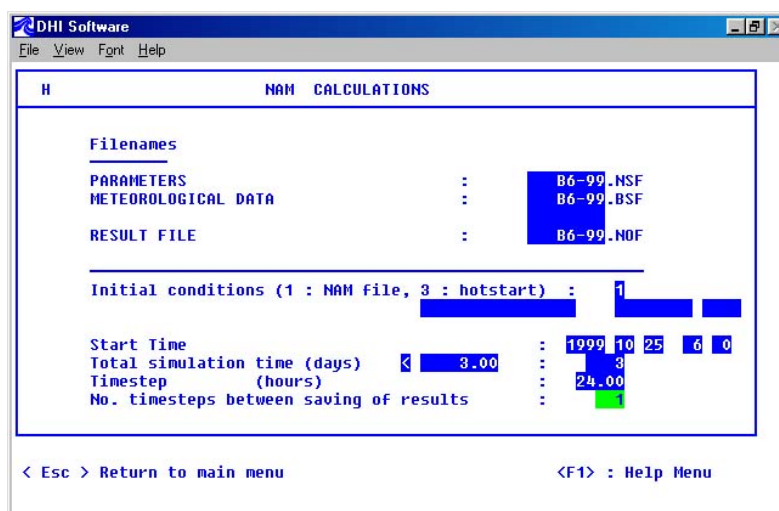
ภาพผนวกที่ ข15 เมนู C Rainfall Data Availability เพื่อเลือกการคำนวณปริมาณฝนตามพื้นที่

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



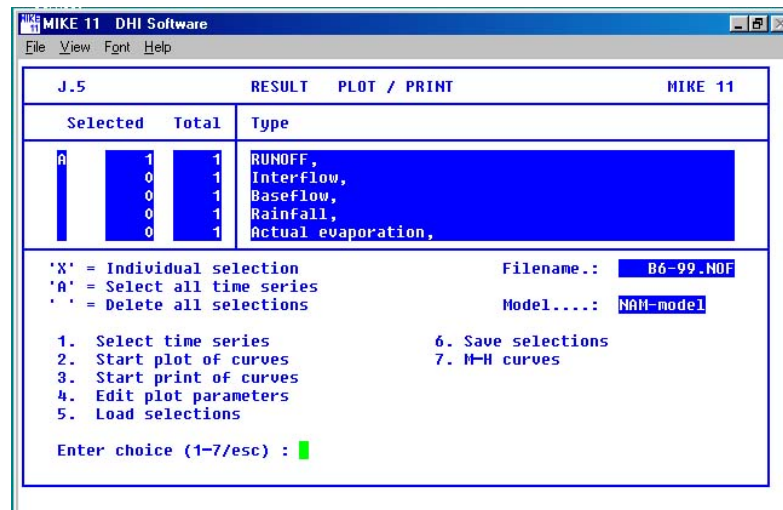
ภาพผนวกที่ ข16 การกำหนดสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนต่อสถานีวัดน้ำท่า

1.10 เลือก H. NAM Calculation จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อคำนวณอัตราการไหลน้ำท่า ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง NAM Calculations ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข17 โดยเลือกเพิ่มข้อมูลพารามิเตอร์และขอบเขตของข้อมูล และกำหนดชื่อของผลการคำนวณ ซึ่งสามารถกำหนดได้ในเมนูหลักของแบบจำลองในภาพผนวกที่ ข2 นามสกุลของผลการคำนวณคือ .NOF

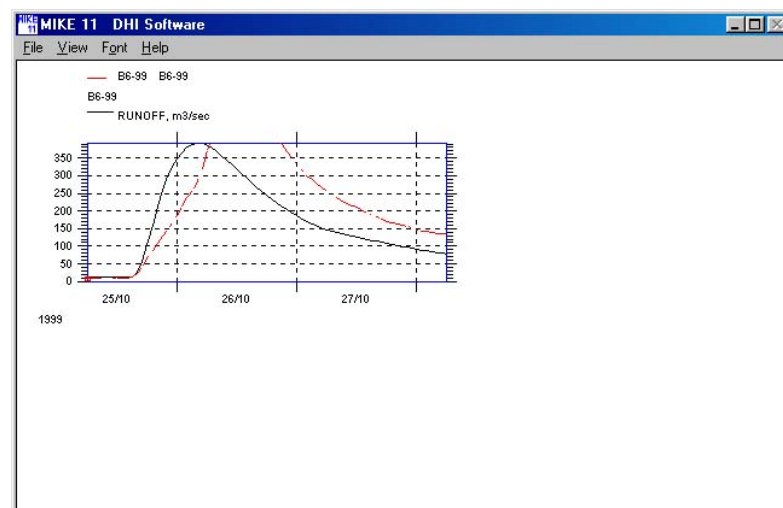


ภาพผนวกที่ ข17 เมนู H NAM Calculations

1.11 เลือก J. Result/Output จากเมนูหลักในภาพผนวกที่ ข2 เพื่อแสดงผลการคำนวณ จากนั้นเลือก 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	
DATA FILE :	B6-99.NSF
BOUNDARY FILE:	B6-99.BSF
HOURS :	B6-99.NOF
CALCULATED : 24-MAR-2007, 15:04	
B6-99	
HOURS:MINI	
1999	RUNOFF, m3/sec
10-25	
6: 0	14.097
7: 0	13.588
8: 0	13.176
9: 0	12.852
10: 0	12.611
11: 0	12.446
12: 0	12.351
13: 0	12.320
14: 0	12.349
15: 0	12.432
16: 0	26.350
17: 0	56.688
18: 0	103.14
19: 0	158.62
20: 0	212.89
21: 0	260.29
22: 0	298.44

ภาพผนวกที่ ข20 ตัวอย่างการแสดงผลปริมาณน้ำท่าในรูปแบบอนุกรมเวลา

2. การสอบเทียบแบบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM MODEL (Calibration of NAM parameters)

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

พารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM 17 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}

2.1.2 การสอบเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุด (Fit of flood peaks)

เมื่อทำการสอบเทียบค่าสมดุลน้ำได้ใกล้เคียงแล้ว จึงทำการปรับเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุดให้ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ โดยการปรับแก้ค่าอัตราการไหลบนผิวดิน (overland flow) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องทำการปรับแก้ได้แก่

CQOF	เพื่อปรับแก้ค่าอัตราการไหล และอัตราการไหลสูงสุด
TOF	เพื่อปรับแก้เวลาการไหล

CK1 CK2 เพื่อปรับแก้รูปร่างของกราฟน้ำท่า เช่น มีการเคลื่อนตัวของน้ำท่าเร็วหรือช้า

2.1.3 การสอบเทียบค่าอัตราการไหลต่ำ ๆ (Fit of low flows)

หลังจากสอบเทียบกราฟน้ำท่าให้ได้อัตราการไหลและค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ใกล้เคียงแล้วจึงทำการสอบเทียบค่าอัตราการไหลฐาน (base flow) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องทำการสอบเทียบได้แก่

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

2.1.4 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 , $GWLB_{F_0}$, GWL_{min} , $GWFL_1$ และ CAREA

รายละเอียดการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ และผลที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการสอบเทียบ
แสดงดังตารางผนวกที่ ข1

ตารางผนวกที่ ข1 รายละเอียดการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์และผลที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการสอบเทียบ

พารามิเตอร์	ค่าแนะนำ	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 - มีผลต่อค่าอัตราการไหลสูงสุดลดต่ำลง - ในกรณีที่ช่วงเวลาการไหลนานมาก ค่า CK1,CK2 จะมีผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าเท่านั้น ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า
กลุ่มพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้อย		
1 CKIF : ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในชั้นดิน	500-1,000 ชม.	- อัตราการไหลในชั้นดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์ - การซึมลงในชั้นดินลดลง - การไหลบนผิวดินลดลง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่าแนะนำ	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	

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจรรวณ สารมณีนันท์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 24 มีนาคม 2516
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2539)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-