

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
เล่มที่ 2 ภาคผนวก

โครงการ การทำนาย Probable Maximum Flood (PMF)
โดยใช้เงื่อนไขภูมิพลเป็นต้นแบบ

ผศ.ดร.ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร
อ.เชาวน์ หิรัญตียะกุล
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สนับสนุนโดย
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
เล่มที่ 2 ภาคผนวก

โครงการ การทำนาย Probable Maximum Flood (PMF)
โดยใช้เงื่อนไขภูมิพลเป็นต้นแบบ

ผศ.ดร.จักรชัย โชติขจรยางกูร
อ.เชาวน์ หิรัญதியะกุล
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สนับสนุนโดย
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การตรวจรับโครงการวิจัย
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Job No. 565

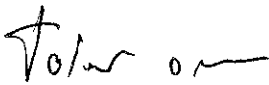
โครงการ

การทำนาย Probable Maximum Flood (PMF) โดยใช้เขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ

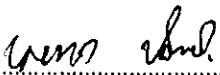
ตามที่ คณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัยได้รับการแต่งตั้งจากประธานคณะกรรมการบริหารงานวิจัยและพัฒนา กฟผ. (คบวพ.กฟผ.) ให้ทำหน้าที่ตรวจรับโครงการวิจัยนี้ มาตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งคณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัยได้รับทราบ และเห็นชอบผลการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ ของโครงการวิจัยมาโดยตลอด

บัดนี้ โครงการวิจัยดังกล่าวได้เสร็จสมบูรณ์และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ และคณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัยได้ให้ความเห็นชอบผลการดำเนินงานในรายงานฉบับสมบูรณ์นี้แล้ว

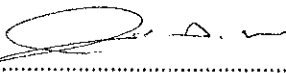
ให้ไว้ ณ วันที่ 16 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2552

(ลงนาม).....

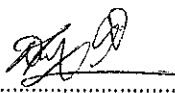
นายชัยโรจน์ จักรไพศาล
ประธานคณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัย

(ลงนาม).....

นายบุญทรง ปีตานนท์ชัย
กรรมการตรวจรับโครงการวิจัย

(ลงนาม).....

นายนริศ สีนธนนพคุณ
กรรมการตรวจรับโครงการวิจัย

(ลงนาม).....

นายสุรเชษฐ์ จิงเกษมโชคชัย
กรรมการและเลขานุการตรวจรับโครงการวิจัย

สารบัญ

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	การศึกษาการออกแบบเขื่อนภูมิพล และเขื่อนขนาดใหญ่อื่น ๆ อีก 7 แห่ง	
ก.1	เขื่อนภูมิพล.....	ก.1-1
ก.2	เขื่อนสิริกิติ์	
ก.2.1	(I).....	ก.2.1-1
ก.2.2	(II).....	ก.2.2-1
ก.3	เขื่อนศรีนครินทร์	
ก.3.1	(I).....	ก.3.1-1
ก.3.2	(II).....	ก.3.2-1
ก.4	เขื่อนเขาแหลม.....	ก.4-1
ก.5	เขื่อนอุบลรัตน์	
ก.5.1	(I).....	ก.5.1-1
ก.5.2	(II).....	ก.5.2-1
ก.5.3	(III).....	ก.5.3-1
ก.6	เขื่อนรัชชประภา.....	ก.6-1
ก.7	เขื่อนบางลาง	
ก.7.1	(I).....	ก.7.1-1
ก.7.2	(II).....	ก.7.2-1
ก.8	เขื่อนแก่งเสือเต้น.....	ก.8-1
ภาคผนวก ข	รายการข้อมูลที่รวบรวมได้.....	ข-1
ภาคผนวก ค	รายการข้อมูลจากการวิเคราะห์.....	ค-1
ภาคผนวก ง	การประมาณค่า PMP 3 วิธี สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน	
ง.1	วิธี Statistical Estimates.....	ง.1-1
ง.2	วิธี Generalized Estimates สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง.....	ง.2-1

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ง.3	วิธี Generalized Estimates โดยใช้ข้อมูลพายุฝน ในประเทศไทย	ง.3-1
ภาคผนวก จ	การวิเคราะห์การกระจายความลึกของชุดดิน	จ-1
ภาคผนวก ฉ	การสำรวจภาคสนาม.....	ฉ-1
ภาคผนวก ช	การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ Manning.....	ช-1
ภาคผนวก ซ	ข้อมูลลักษณะทางกายภาพการใช้พื้นที่ของกลุ่มน้ำย่อย	ซ-1
ภาคผนวก ฅ	การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) แปลความหมายการใช้ที่ดิน	ฅ-1
ภาคผนวก ฎ	ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	ฎ-1
ภาคผนวก ฏ	บทความตีพิมพ์	ฏ-1
ภาคผนวก ฐ	การอบรมการใช้โปรแกรม Extreme Flood Model.....	ฐ-1

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ก.1-1	สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า..... ก.1-5
ก.2.1-1	World's Greatest Observed Point Rainfalls..... ก.2.1-14
ก.2.1-2	Major Typhoon Rainfall, Viet Nam, 1911-1939 ก.2.1-15
ก.2.1-3	Nan River Basin Storm of September 1942 (in millimeters) ก.2.1-16
ก.2.1-4	Nan River Basin Storm of August 1957 (in millimeters)..... ก.2.1-17
ก.2.1-5	Nan River Basin Storm of September 1959 (in millimeters) ก.2.1-18
ก.2.1-6	Nan River Basin Storm of September 1961 (in millimeters) ก.2.1-19
ก.2.2-1	ตัวแปรอื่นสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยเมื่อนำไปสร้างเอกชลภาพ..... ก.2.2-10
ก.2.2-2	ตัวเลขสำคัญ เช่น ฝนส่วนเกิน เอกชลภาพ ค่าคงที่การหลาก และอัตราการไหล ก.2.2-11
ก.2.2-3	ข้อมูลน้ำท่วมสูงสุด 30 ปี ลำดับที่ ตำแหน่งการพล็อต ก.2.2-12
ก.3.1-1	Storms used in driving probable maximum precipitation..... ก.3.1-6
ก.3.1-2	Monthly mean 12 hour persisting temperature in centigrade at Kanchanaburi..... ก.3.1-7
ก.3.1-3	Hydrograph of historical flood flow at Kang Rieng (C.A. = 10,802 sq.km)..... ก.3.1-8
ก.3.2-1	Recorded Storm and Probable Maximum Precipitation ก.3.2-4
ก.4-1	รายละเอียดน้ำท่วมทั้ง 5 ครั้ง ที่สังเคราะห์โดย CFR Model..... ก.4-8
ก.4-2	Flood and Rainfall Records used for CFR Model Calibration ก.4-9
ก.4-3	ผลการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมโดย CFR Model ก.4-10
ก.4-4	Estimate of Probable Maximum Inflow Flood Using CFR Model..... ก.4-10
ก.4-5	Estimate of Probable Maximum Inflow Flood by Various Methods ก.4-11
ก.5.1-1	ฝนออกแบบสำหรับคาบการเกิดซ้ำต่างๆ รวมทั้ง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลออก ฝนส่วนเกิน..... ก.5.1-3
ก.5.1-2	การเปลี่ยน effective rainfall ที่คาบการเกิดซ้ำเวลาต่าง ๆ เป็นอัตราการไหลสูงสุด..... ก.5.1-4

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.5.2-1	Rainfall sections in the catchment upstream of Ubol Ratana Dam used for maximum annual 1-day, 2-day and 3-day basin rainfall series 1954 to 1995, stations by EGAT ก.5.2-5
ก.5.2-2	EGAT’s revised series of maximum annual areal rainfall on catchment upstream of Ubol Ratana Dam; based on stations listed in Table ก.5.2-1 ก.5.1-5
ก.5.2-3	Estimation of statistical 24-hour-PMP for Nam Pong Basin according to Hershfield..... ก.5.1-6
ก.5.3-1	น้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเดือนสิงหาคม – ตุลาคม จาก 11 สถานีวัดน้ำฝน..... ก.5.3-3
ก.5.3-2	ความเข้มฝนแต่ละสถานีที่มีค่าความเข้มฝนมาก ก.5.3-4
ก.8-1	Rainfall Frequency Statistics ก.8-9
ก.8-2	PMP Design Storm Profile ก.8-10
ก.8-3	Outflow Performance of Spillways ก.8-11
ข-1	รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน ข-2
ข-2	รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน ข-6
ข-3	รายชื่อสถานีวัดการระเหยในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน ข-10
ข-4.1	รายชื่อสถานีที่มีข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน ข-11
ข-4.2	รายชื่อสถานีที่มีข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน (ข้อมูลจาก กฟผ.)..... ข-13
ข-5	รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลระดับ-ปริมาณน้ำ (rating curve) ข-14
ข-6	รายชื่อสถานีวัดอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา) ข-17
ค-1	สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำฝน ค-2
ค-2	สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำท่า..... ค-5
ค-3	รายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ที่มีข้อมูลรูปตัดลำน้ำ และ Rating curve..... ค-8
ค-4	สรุปชนิด ความลึกและจำนวนหลุมเจาะของดินชั้นบนจากข้อมูลหลุมเจาะน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล..... ค-11
ค-5	การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝน ค-12

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.1-1	รายชื่อและข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนที่นำมาวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปี ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน จ.1-2
จ.1-2	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (Annual Maximum Areal Rainfall) ของกลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของสถานีที่ 1 – 8 จากตารางที่ จ.1-1 จ.1-3
จ.1-3	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (Annual Maximum Areal Rainfall) ของกลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของสถานีที่ 2, 4, 5 และ 8 จากตารางที่ จ.1-1 จ.1-4
จ.1-4	การประมาณค่า PMP สำหรับเขื่อนภูมิพลตามแบบของ Hershfield..... จ.1-5
จ.2-1	Isotyetal areas จ.2-5
จ.2-2	Sequences of typhoon rainfalls..... จ.2-5
จ.3-1	พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยขณะที่มีกำลังแรงเป็นพายุโซนร้อนหรือพายุไต้ฝุ่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2490 – 2540 (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา) จ.3-4
จ.3-2	พายุฝนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยและมีรายงานความเสียหาย จ.3-5
จ.3-3	พายุหมุนโซนร้อนที่อ่อนกำลังลงเป็นพายุดีเปรสชัน แต่ยังทำให้เกิดฝนตกหนักเมื่อเคลื่อนผ่านประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2545 จ.3-8
จ.3-5	การประมาณค่า PMP ของลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ 13,130 km ² โดยใช้ข้อมูล Depth-area- duration พายุไต้ฝุ่น Tilda และ Vae จากตารางที่ จ.3-7 ของ PMP, Mehong River Basin จ.3-9
จ.3-5	การประมาณค่า PMP ของลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน พื้นที่ 26,386 km ² โดยใช้ข้อมูล Depth-area-duration พายุไต้ฝุ่น Tilda และ Vae จากตารางที่ จ.3-7 ของ PMP, Mehong River Basin จ.3-9
จ.3-6	ขั้นตอนการประมาณค่า PMP ตามวิธีการศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน โดย Engineering Consultants, INC (1969) จ.3-10
จ.3-7	Enveloping rain depths from typhoon Tilda (Sept. 21-25, 1964) and typhoon Vae (Oct. 21-22, 1952) จ.3-12
จ-1	ชื่อและสัญลักษณ์ของชุดดินที่ทำการศึกษา..... จ-2
ฉ-1	รายชื่อและข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่า ที่ทำการสำรวจ ฉ-3

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ฉ-2	บันทึกการเดินทางสำรวจครั้งที่ 1 (4 – 9 ธันวาคม 2551).....	ฉ-6
ฉ-3	บันทึกการเดินทางสำรวจครั้งที่ 2 (16 – 19 มกราคม 2552).....	ฉ-8
ฉ-4	พิกัดสถานีวัดน้ำท่าใหม่หลังจากทำการสำรวจด้วย GPS	ฉ-10
ช-1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหาค่า n ตามสมการ	ช-2
ช-2	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-3
ช-1	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-3
ช-2	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-8
ช-3	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-10
ช-4	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-12
ช-5	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-16
ช-6	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง.....	ช-18
ฉ-1	สัดส่วนการใช้ที่ดินในของ 220 ลุ่มน้ำย่อยในเขตศึกษาลุ่มน้ำปึงตอนบน	ฉ-5

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
ก.1-1	ชลภาพของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์เดือนกันยายน พ.ศ. 2496	ก.1-6
ก.1-2	ชลภาพของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2485	ก.1-7
ก.1-3	ชลภาพของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 เดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2485	ก.1-8
ก.1-4	ชลภาพของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์เดือนกันยายน พ.ศ. 2494	ก.1-9
ก.1-5	ชลภาพน้ำท่วมไหลเข้าจากการออกแบบของเขื่อนภูมิพล	ก.1-10
ก.2.1-1	Daily rainfall and storm track September 22, 1964	ก.2.1-20
ก.2.1-2	Daily rainfall and storm track September 23, 1964	ก.2.1-21
ก.2.1-3	72 Hour Isohyets "Typhoon TilDa"	ก.2.1-22
ก.2.1-4	Isohyetal Pattern Storm of September 22-25, 1964	ก.2.1-23
ก.2.1-5	Isohyetal Pattern Storm of June 16-18, 1962	ก.2.1-24
ก.2.1-6	Transposed Storm, September 22-25, 1964	ก.2.1-25
ก.2.1-7	Transposed Storm, June 16-18, 1962	ก.2.1-26
ก.2.1-8	Depths of Precipitable Water in a Column of Air	ก.2.1-27
ก.2.1-9	Depth-Duration Envelope	ก.2.1-28
ก.2.1-10	World Rainfall Envelope	ก.2.1-29
ก.2.1-11	Typhoon Tracks-October, 1952	ก.2.1-30
ก.2.1-12	Dew-Point Variation	ก.2.1-31
ก.2.2-1	ลุ่มน้ำน่านแบ่งออกเป็น 5 ลุ่มน้ำย่อย	ก.2.2-13
ก.2.2-2	เอกชลภาพที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละลุ่ม	ก.2.2-14
ก.2.2-3	Flood routing diagram	ก.2.2-15
ก.2.2-4	ชลภาพจากการบันทึกและการสร้างขึ้นที่ท่าปลา	ก.2.2-16
ก.2.2-5	ชลภาพของน้ำท่วมออกแบบ	ก.2.2-17
ก.2.2-7	Envelop curve	ก.2.2-19

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.2.2-8 การ fit curve ข้อมูลน้ำท่วมพล็อตในกระดาษ Gumbel extreme-value paper.....	ก.2.2-20
ก.3.1-1 Catchment area of each proposed site	ก.3.1-9
ก.3.1-2 Peak flood flow frequency at Kang Rieng gaging station on Quae Yai river.....	ก.3.1-10
ก.3.1-3 Surface flow frequency at Kang Rieng gaging station on Quae Yai river	ก.3.1-10
ก.3.1-4 Applied area of observatory divided by Thiessen method	ก.3.1-11
ก.3.1-5 Correlation between total rainfall and surface flow during storm.....	ก.3.1-12
ก.3.1-6 Diagram of precipitable water	ก.3.1-13
ก.3.1-7 Upper wind speed distribution during storm above Bangkok	ก.3.1-14
ก.3.1-8 Seasonal variation of several factors of probable maximum precipitation.....	ก.3.1-15
ก.3.1-9 Flood flow hydrograph at Dang Rieng on Quae Yai river	ก.3.1-16
ก.3.1-10 Hydrograph of maximum probable flood at Quae Yai No.1 site on Quae Yai river	ก.3.1-16
ก.3.2-1 Seasonal Variation of Moisture Inflow Index in Quae Yai Basin.....	ก.3.2-5
ก.3.2-2 Effective Rainfall Pattern	ก.3.2-6
ก.3.2-3 Adopted Flood Hydrograph.....	ก.3.2-7
ก.3.2-4 Unit Hydrograph by Snyder Method.....	ก.3.2-8
ก.3.2-5 Dimensionless Hydrograph	ก.3.2-9
ก.3.2-6 Adopted Unit Hydrograph	ก.3.2-10
ก.4-1 Flood hydrograph synthesis (plate 4)	ก.4-12
ก.4-2 Flood hydrograph synthesis (plate 5)	ก.4-13
ก.4-3 Flood hydrograph synthesis (plate 6)	ก.4-14
ก.4-4 Flood hydrograph synthesis (plate 7)	ก.4-15
ก.4-5 Flood hydrograph synthesis (plate 8)	ก.4-16
ก.4-6 ลุ่มน้ำที่ Wang Pho ถูกแบ่งเป็น 12 ลุ่มน้ำย่อย	ก.4-17
ก.4-7 ชลภาพที่ประมาณจากภาพถ่ายทางอากาศระหว่าง 8-17 กรกฎาคม 2515	ก.4-18

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก.4-8	กราฟ envelope curve แสดงปริมาณน้ำท่าสูงสุดต่อตารางกิโลเมตร เทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับ 44 ลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่าที่มีข้อมูล	ก.4-19
ก.5.1-1	Depth-Duration-Frequency Curves โดยวิธี Gumbel distribution	ก.5.1-5
ก.5.1-2	เอกชลภาพใหม่จากข้อมูลสภาพของปี พ.ศ. 2521	ก.5.1-6
ก.5.1-3	การเปลี่ยน effective rainfall ที่คาบการเกิดซ้ำเวลาต่างๆ เป็นอัตราการไหลสูงสุด	ก.5.1-7
ก.5.1-4	เอกชลภาพที่วิเคราะห์จากสภาพน้ำฝนส่วนเกินปีต่าง ๆ	ก.5.1-8
ก.5.1-5	แสดงเอกชลภาพใหม่ ทบทวนจากข้อมูลสภาพปี พ.ศ. 2521 โดย กฟผ.	ก.5.1-9
ก.5.2-1	Ubol Ratana Dam Safety Review	ก.5.2-6
ก.5.3-1	ชลภาพน้ำท่ารายวันจากสถานีพองหนีบ	ก.5.3-5
ก.5.3-2	Hydrograph Pong Neeb and daily rainfall	ก.5.3-13
ก.8-1	The Probable Maximum Flood.....	ก.8-12
ก.8-2	The 100-year Flood.....	ก.8-13
ก.8-3	The 1000-year Flood.....	ก.8-14
ก.8-4	The 10000-year Flood.....	ก.8-15
ค-1	แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่เลือก	ค-4
ค-2	แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่เลือก	ค-7
ค-3	แสดงการแบ่ง Thiessen Polygon พื้นที่รับน้ำฝน.....	ค-14
ง.1-1	K_m as a function of rainfall duration and mean of annual series Hershfield (1965).....	ง.1-5
ง.1-2	Adjustment of mean and standard deviation of annual series for length of record (Hershfield,1961b).....	ง.1-6
ง.2-1	24-hr 5000-km ² PMP (mm).....	ง.2-6
ง.2-2	Isohyetal pattern for distribution of heaviest 1-day typhoon rain	ง.2-7
ง.2-3	นำ isohyetal pattern ในรูปที่ ง.2-2 ซ้อนทับบนรูปลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน	ง.2-8
ง.2-4	Nomogram for isohyet values, 1st (highest) 6-hr PMP increment	ง.2-9

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.2-5	Depth-duration-area values of PMP in percent of 24-hr 5,000 km ² PMP (mm) จ.2-11
จ.2-6	แผนที่แสดงตำแหน่งลุ่มแม่น้ำโขง จ.2-12
จ.3-1	แผนที่เส้นชั้นน้ำฝน 72 ชั่วโมง สำหรับพายุไต้ฝุ่น “Tilda” จ.3-13
จ.3-2	Isohyetal Pattern Storm of September 22-25,1964..... จ.3-14
จ.3-3	Depth-Duration Envelope..... จ.3-15
จ.3-4	ย้ายเส้นชั้นน้ำฝนของพายุไต้ฝุ่น Tilda ซึ่งมีศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด มายังลุ่มน้ำโขงตอนบน จ.3-16
จ-1	การกระจายของดิน..... จ-3
ฉ-1	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสำรวจ ฉ-5
ฉ-2	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสำรวจ ฉ-11
ช-1	ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n..... ช-6
ช-1	การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุ ลของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยที่ 12 และ สถานีวัดน้ำท่า 061501 (a) การแปรได้ ของการให้น้ำท่ารายปี (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล..... ช-20
ช-2	การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุ ลของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยที่ 38 และ สถานีวัดน้ำท่า PE.2 (a) การแปรได้ ของการให้น้ำท่ารายปี (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล..... ช-21
ช-3	เปรียบเทียบข้อมูลตามเวลาจากการวัดและการคำนวณจากแบบจำลองสมดุ ลของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยที่ 38 สถานีวัดน้ำท่า PE.2 (a) ช่วงเวลา 24 ปี (b) ช่วงเวลาปี ค.ศ.1996 (c) ช่วงเวลาปี ค.ศ.2003-2005 (d) ข้อมูลน้ำท่ารายวัน 24 ปี ช-22
ช-4	การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุ ลของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยที่ 46 และ สถานีวัดน้ำท่า P.14 (a) การแปรได้ ของการให้น้ำท่ารายปี (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล..... ช-24

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ซ-26	การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูล ของน้ำรายวัน กลุ่มน้ำย่อยที่ 201 และ สถานีวัดน้ำท่า 060201 (a) การแปรได้ ของการให้น้ำท่ารายปี (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล.....	ซ-46
ซ-27	การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูล ของน้ำรายวัน กลุ่มน้ำย่อยที่ 203 และ สถานีวัดน้ำท่า P.20 (a) การแปรได้ ของการให้น้ำท่ารายปี (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล.....	ซ-47
ซ-28	การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูล ของน้ำรายวัน กลุ่มน้ำย่อยที่ 204 และ สถานีวัดน้ำท่า 060202 (a) การแปรได้ ของการให้น้ำท่ารายปี (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล.....	ซ-48
ฉ-1	แสดงภาพจากดาวเทียมแลนด์แซทบริเวณพื้นที่ศึกษา (ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส แบบค 4,5,3).....	ฉ-1
ฉ-2	แสดงภาพโมเสคบริเวณพื้นที่ศึกษา (ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสดาวเทียมแลนด์แซท แบบค 4,5,3).....	ฉ-2
ฉ-3	แสดงรูปแบบการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (แปลภาพแบบวิธีไม่กำกับดูแล).....	ฉ-2
ฉ-4	แสดงจุดตำแหน่งที่ทำการสำรวจเก็บข้อมูลภาพสนาม.....	ฉ-3
ฉ-5	แสดงรูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา.....	ฉ-4
ฉ-6	แสดงพื้นที่การใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำย่อย.....	ฉ-4

ภาคผนวก ก
การศึกษาการออกแบบเขื่อนภูมิพล และ
เขื่อนขนาดใหญ่อื่น ๆ อีก 7 แห่ง

ก.1 เชื้อนภูมิพล

เขื่อนภูมิพล

(ที่มา : United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Report on Yanhee Project, Thailand, for Power, Irrigation, Food Control & Navigation Volume II, Appendix I : Inflow design flood, December 1955.)

1. การออกแบบพายุฝน (Design Storm)

1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน

จากข้อมูลน้ำฝนเท่าที่มีการบันทึกภายในลุ่มน้ำแม่ปิงและข้อมูลน้ำท่าที่จังหวัดตาก แสดงให้เห็นว่าพายุฝนที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 14 สิงหาคม ถึง 25 กันยายน พ.ศ. 2485 และในช่วงวันที่ 1-10 กันยายน พ.ศ. 2494 จากแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน (isohyetal map) ของพายุฝนในช่วงปี พ.ศ. 2485 และ 2494 พบว่า ในปี พ.ศ. 2485 ศูนย์กลางฝนตกหนัก เกิดขึ้นบริเวณลุ่มน้ำวัง ซึ่งไม่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2494 ดังนั้นน้ำท่าวมใหญ่ที่เกิดขึ้นที่จังหวัดตากในปี พ.ศ. 2485 สัดส่วนของน้ำท่าวมส่วนใหญ่มาจากลุ่มน้ำวังมากกว่ากรณีน้ำท่าวมในปี 2494

การวิเคราะห์ความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า พายุฝนในปี 2494 มีฝนตกหนักในลุ่มน้ำปิงเหนือเขื่อนภูมิพลมากกว่าในปี 2485 ดังนั้นจึงใช้พายุฝน พ.ศ. 2494 เป็นข้อมูลการพัฒนาการออกแบบพายุฝน

1.2 การพัฒนาการออกแบบพายุฝน

เงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อน (antecedent condition) ในสภาพที่ลุ่มน้ำเปียกชุ่มน้ำไว้มาก เป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณาว่าพายุฝนที่เกิดขึ้นตามมาจะทำให้เกิดน้ำท่าวมในขั้นวิกฤต สำหรับลุ่มน้ำปิง น้ำท่าวมในปี พ.ศ. 2485 มีหลักฐานว่ามีเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อน จากฝนตกหนักเนื่องจากมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และมีพายุฝนตกหนักติดต่อกันหลายครั้งจากพายุใต้ฝุ่น

ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้น้ำเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อน ณ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2485 ก่อนรับพายุฝนออกแบบเหนือลุ่มน้ำปิง การตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนที่บันทึกได้ พบว่า วันที่ 15 สิงหาคม เป็นวันสุดท้ายหลังจากเกิดพายุฝนที่มีความเข้มข้นขนาดเดียวกับพายุฝนออกแบบ มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้

พายุฝนออกแบบใช้ขนาดพายุฝนของวันที่ 1-10 กันยายน พ.ศ. 2494 เกิดขึ้น 10 วันแรกตามด้วยช่วงฝนหยุดตก 3 วัน ก่อนเริ่มพายุฝนในช่วงที่ 2 อีก 10 วัน ในช่วงที่สองเพิ่มขนาดกว่าช่วงแรกด้วยแฟกเตอร์ 1.25 เท่า ซึ่งดูเหมือนเป็นการสุ่มเลือกตัวเลขขึ้นมา แต่เป็นการประมาณการที่ไม่มากเกินไป ซึ่งได้รวมปัจจัยที่เพิ่มขึ้นที่เป็นพลวัต เช่น ความเร็วของลมที่พัดเข้าพื้นที่ Convergence เป็นต้น การปรับปริมาณน้ำฝนออกแบบเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณความชื้นที่มีไม่ได้

นำมาคิด เพราะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 พายุฝนเกิดขึ้น ณ อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง 79°F ซึ่งใกล้เคียงกับค่าสูงสุดที่เคยวัดได้ในช่วงเวลามากกว่า 1 วัน การปรับเพิ่มด้วยตัวเลข 1.25 เท่า เป็นการรวมความเป็นไปได้ที่จะเกิดพายุฝน ไซร่อน (Tropical storm) ครั้งที่สาม ซึ่งเคยเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2494 สองครั้งติดต่อกัน ดังนั้นพายุฝนออกแบบเกิดขึ้น 2 ช่วง ช่วงแรก 10 วัน ปริมาณน้ำฝนรวม 169 ม.ม. ช่วงที่สองปริมาณน้ำฝนรวม 211 ม.ม. รวมทั้ง 2 ช่วงเวลารวมกัน 23 วัน ปริมาณน้ำฝนรวม 380 ม.ม.

2. การออกแบบน้ำท่วมไหลเข้า (Inflow design flood)

เวลาเหลือม (Lag time) จากการเริ่มต้นของฝนส่วนเกิน (Excess rainfall) ถึงเวลาที่เกิดการไหลออกเป็น 1.5 เท่า ของปริมาตรการไหลออกทั้งหมด สำหรับการออกแบบเอกชลภาพ จากผลการศึกษาของกรมชลประทาน พบว่า มีค่า 2.85 วัน ซึ่งเป็นน้ำท่วมจากการไหลออกที่เกิดจากส่วนล่างของกลุ่มน้ำปึงเท่านั้น เพื่อพิจารณาให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งกลุ่มน้ำปึงจึงสุ่มเลือกเวลาเหลือมเป็น 4 วัน

การวิเคราะห์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2496 (ค.ศ. 1953)

จากข้อมูลน้ำท่าที่บันทึก ณ สถานีวังกระเจ้า ระหว่างวันที่ 15 กันยายน - 3 ตุลาคม สร้างชลภาพโดยใช้เอกชลภาพที่มีเวลาเหลือม 4 วัน ชลภาพที่ได้แสดงในรูปที่ ก.1-1 ประมาณชลภาพส่วนลด (recession) จากวันที่ 27 กันยายน - 4 ตุลาคม และการไหลพื้นฐาน (base flow) $390\text{ m}^3/\text{s}$ มีปริมาตรน้ำ 9,944 cms-days ชลภาพที่ได้มีการไหลสูงสุดเกิดขึ้น 2 ครั้ง จากข้อมูลน้ำฝนบ่งบอกได้ว่า การเกิดการไหลสูงสุดครั้งแรก เกิดจากฝนที่ตกหนักซึ่งมีศูนย์กลางบริเวณจังหวัดลำพูน (ตอนบนของกลุ่มน้ำ) การเกิดการไหลสูงสุดครั้งที่สองเกิดจากฝนที่มีศูนย์กลางบริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำ บันทึกได้ที่สถานีบ้านตากและอำเภอฮอด

การวิเคราะห์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2485 (ค.ศ. 1942)

ค่าอัตราการไหลสูงสุดวัดได้ $4,770\text{ m}^3/\text{s}$ เกิดขึ้นวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2485 สถานีตาก รูปที่ ก.1-2 ใช้การไหลพื้นฐานคงที่ $1,110\text{ m}^3/\text{s}$ ปริมาตรน้ำ 32,445 cms-days ข้อมูลน้ำฝนทั้งพื้นที่กลุ่มน้ำเหนือสถานีตาก พื้นที่ $36,028\text{ km}^2$ ใช้ค่าคงที่การซึม (Loss rate) 10.8 mm/วัน ทำให้มีฝนส่วนเกินทั้งหมด 77.4 mm ชลภาพที่คำนวณจากเอกชลภาพมีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับชลภาพจากการวัด แต่ชลภาพจากการคำนวณมีการไหลสูงสุดเกิดขึ้นก่อน 2 วัน

การวิเคราะห์เส้นชั้นน้ำฝน พบว่ามีปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 207 ม.ม.

การสร้างชลภาพที่สถานีตากจากข้อมูลน้ำฝนมี 2 วิธี

1. ใช้สัดส่วนของพื้นที่กลุ่มน้ำปึง 65% ของพื้นที่ทั้งหมด อัตราการซึม 11.8 mm/d สำหรับ 8 วันแรก และ 8.7 mm/d สำหรับ 4 วันสุดท้ายของพายุฝน เฉลี่ยอยู่ที่

10.8 mm/d จากฝนส่วนเกินที่คำนวณชลภาพโดยใช้เอกชลภาพที่มีเวลาเหลือม 4 วัน ชลภาพที่คำนวณได้แสดงในรูปที่ ก.1-2

2. ใช้ชลภาพของกลุ่มน้ำปึงเหนือเขื่อนภูมิพล และชลภาพของกลุ่มน้ำวังที่รวมพื้นที่ระหว่างที่ตั้งเขื่อนและสถานีตาก โดยคำนวณแยกกันก่อนแล้วจึงนำมารวมกันโดยตรง กลุ่มน้ำปึงมีพื้นที่ 23,500 km² และกลุ่มน้ำวังมีพื้นที่ 12,528 km² เป็น 65% และ 35% สมมติให้ปริมาณน้ำฝนเป็นสัดส่วนเดียวกับพื้นที่แต่อัตราการซึมเหมือนกัน

การวิเคราะห์ฝนพบว่าปริมาณน้ำฝนมากเหนือกลุ่มน้ำวังมากกว่ากลุ่มน้ำปึง ดังนั้นการไหลออกรวมจึงประมาณจากสัดส่วนของปริมาตรน้ำท่าแต่ละกลุ่มน้ำแทน

อัตราการซึมของกลุ่มน้ำปึง 9.5 mm/d สำหรับ 8 วัน และ 7 mm/d สำหรับ 4 วันหลัง สำหรับกลุ่มน้ำวังอัตราการซึม 17 และ 13 mm/d ชลภาพที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับชลภาพจากการวัดปี พ.ศ. 2485 แสดงดังรูปที่ ก.1-3

ทั้ง 2 วิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนและการไหลออก ยอมรับได้ทั้ง 2 วิธี

การวิเคราะห์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2494 (ค.ศ. 1951)

พายุฝนในช่วงวันที่ 1-10 กันยายน พ.ศ. 2494 ทำให้เกิดน้ำท่วมสูงสุดขนาด 4,210 m³/s ที่สถานีตาก แสดงในรูปที่ ก.1-4 68% ของปริมาตรน้ำที่วัดได้มาจากกลุ่มน้ำปึง หรือเท่ากับ 4,044 ล้านลูกบาศก์เมตร ช่วงเวลาที่ฝนตกสั้นกว่าในปี พ.ศ. 2485 การวิเคราะห์พบว่าอัตราการซึมมีค่า 14.0 mm/d สำหรับกลุ่มน้ำปึงเหนือเขื่อนภูมิพล และ 17.4 mm/d สำหรับกลุ่มน้ำวัง ชลภาพที่คำนวณได้จากเอกชลภาพที่มีเวลาเหลือม 4 วัน พบว่าชลภาพที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับชลภาพจากการวัด ถ้าชลภาพของกลุ่มน้ำปึงมีเวลาเหลือม 1 วัน เมื่อรวมกับชลภาพที่คำนวณจากกลุ่มน้ำวัง แสดงในรูปที่ ก.1-4

พายุฝนในปี พ.ศ. 2494 ในกลุ่มน้ำปึงตกหนักกว่า พายุฝนในปี พ.ศ. 2485 ปริมาตรโดยประมาณใกล้เคียงกัน แต่ช่วงเวลาของฝนปี 2494 ตก 7 วัน ขณะที่ พ.ศ. 2485 ตก 12 วัน การไหลออกมีความแตกต่างกันไม่มากนัก คือ 1,509.9 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2494 น้อยกว่าในปี พ.ศ. 2485 คือ 1,621. 5 ล้านลูกบาศก์เมตร สถานการณ์ที่ฝนตกหนักกว่าแต่มีการไหลออกน้อยกว่าเช่นนี้ เกิดจากเงื่อนไขการเกิดขึ้นก่อน (antecedent condition) ซึ่งสะท้อนจากข้อมูลการไหลพื้นฐานของปี พ.ศ. 2485 มีขนาด 1,110 m³/s ขณะที่ของปี พ.ศ. 2494 มีขนาด 590 m³/s จึงทำให้เกิดการไหลออกในปี พ.ศ. 2485 มากกว่าในปี พ.ศ. 2494 พายุฝนปี พ.ศ. 2494 มีความเข้มฝนมากบริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำปึง (อ.จอมทอง ถึงเชียงใหม่) แต่พายุฝนปี พ.ศ. 2485 มีความเข้มฝนมากกว่าทั้งบริเวณตอนกลางและตอนล่างของกลุ่มน้ำใกล้เคียงที่ตั้งเขื่อนภูมิพล ความคลาดเคลื่อนระหว่างชลภาพที่คำนวณและชลภาพที่วัดของปี พ.ศ. 2494 อาจเกิดจากความแตกต่างของความเข้มฝน

สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า เพื่อกำหนดวิธีการคำนวณการ
ออกเบบน้ำไหลเข้าที่เขื่อนภูมิพล ความสอดคล้องกันระหว่างชลภาพที่ได้จากการคำนวณและจาก
การวัด แสดงว่าการใช้เอกชลภาพ (distribution graph of runoff) มีเวลาเหลือ 4 วัน เพื่อรับพายุฝน
ออกเบบ มีความเหมาะสมโดยใช้อัตราการซึมของปี พ.ศ. 2485 ตารางที่ ก.1-1 แสดงสรุปผลการ
วิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า

การออกเบบน้ำท่วมไหลเข้าเขื่อนภูมิพล

การออกเบบมีขั้นตอนดังนี้

- A. ฝนส่วนเกินคำนวณจากฝนรายวันที่มีอัตราการซึม (loss rate) 10 mm/d
สำหรับพายุฝน 9 วันแรก มีอัตราการซึม 8 mm/d สำหรับพายุฝน 9 วันถัดไป
อัตรานี้สุ่มเลือกโดยมีสมมติฐานว่าใช้อัตราการออกเบบที่ใกล้เคียงกับอัตรา
การซึมของฝนปี พ.ศ. 2485
- B. ฝนส่วนเกินรายวันมีหน่วยเป็น mm เปลี่ยนเป็น cms-days และการไหลออก
รายวันโดยใช้เอกชลภาพที่มีเวลาเหลือ 4 วัน
- C. การไหลพื้นฐานคงที่ 700 m³/s มาจากการวิเคราะห์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2485 เป็น
การไหลพื้นฐานสำหรับลุ่มน้ำปิง

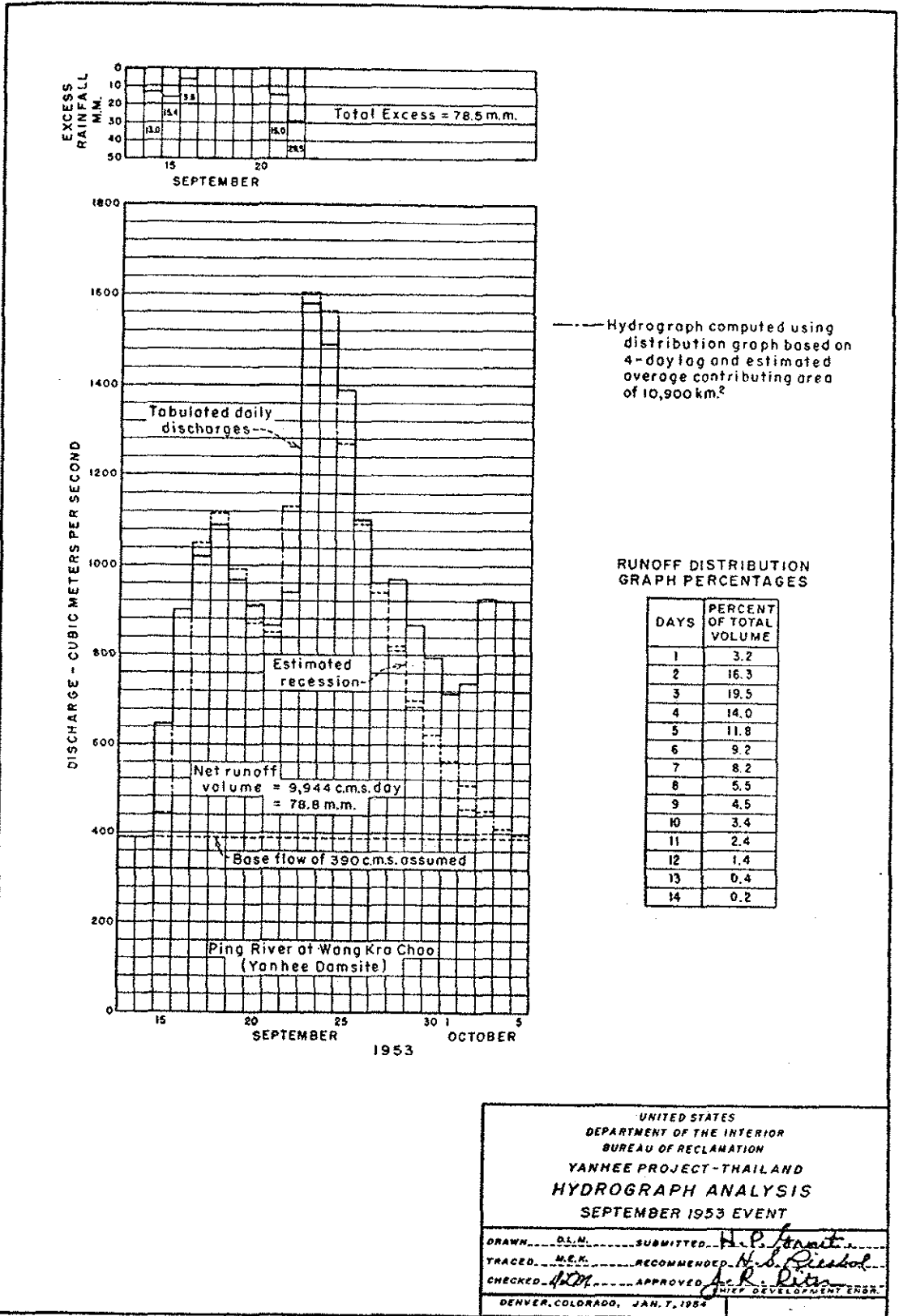
ชลภาพที่คำนวณได้แสดงในรูปที่ ก.1-5 มีอัตราการไหลสูงสุด 6,000 m³/s ในช่วง
36 วัน ปริมาตร 7,670 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งรวมปริมาตรสูงสุด 20 วันแรก เท่ากับ 5,939
ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นน้ำท่วมออกเบบสำหรับการศึกษาความเหมาะสมของเขื่อนภูมิพล
ต่อไป

ตารางที่ ก.1-1 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า

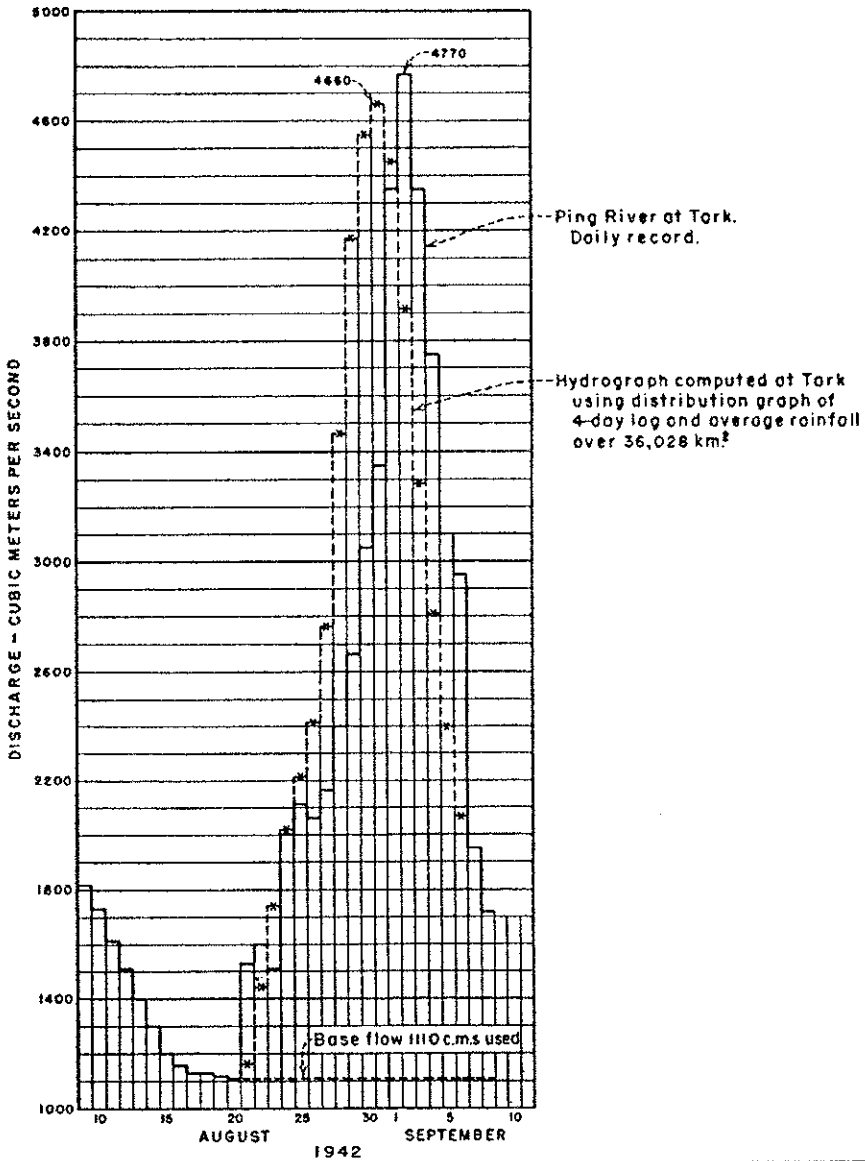
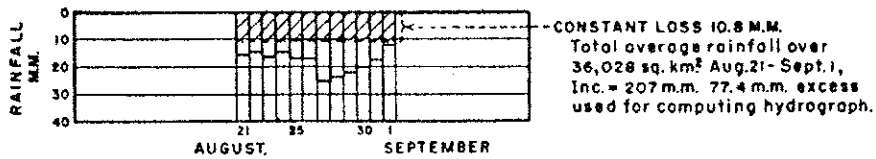
YANHEE PROJECT--THAILAND
Table 1
SUMMARY OF RAINFALL RUN-OFF ANALYSES

Event	Recorded at	Peak	Base	Net run-off volume			Contributing area			Average rainfall			Loss rates			Remarks	
		discharge	deducted	cms-days	Above	er Above	Wang	Above	er above	including	Above	er above	Wang	Above	er above		Wang
		cms	cms	cms	Tark	Yanhee	River	Tark	Yanhee	area to Tark	Tark	Yanhee	River	Tark	Yanhee	River	
1952	Wang Kra Chao	a/1,426	317	to:	c/4,075			d/7,700			e/56.6				e/10.9		Run-off distribution graph
Oct 22--Nov 1	(Yanhee Dam	b/1,395	300														derived from this event
See Plate 2	site)																
1953	Wang Kra Chao	b/1,580	390		9,944			d/10,900			Not			Not			Observed hydrograph
Sept 15--Oct 5	(Yanhee Dam										determined			determined			reproduced
See Plate 4	site)																
8/1942	Tark gage	b/4,770	1,110	32,445	m/18,818	m/13,627	36,628	23,500	12,528	207	173	f/235	10.8	8.7	15.7		Observed hydrograph
Aug 21--Sept 6													constant	constant	constant		reproduced
See Plates 5, 6													11.8 for	9.5 for	17 for		
													8 days	8 days	8 days		
													8.7 for	7.0 for	13 for		
													4 days	4 days	4 days		
8/1951	Tark gage	b/4,210	590	25,806	m/17,548	m/8,258	38,462	26,962	11,500	k/153	h/150	e/165	14.7	14.0	17.4		Observed hydrograph
Sept 1-20													Constant	constant	constant		reproduced
See Plate 7																	

- a/ From recorder chart reading converted to discharge.
- b/ From mean daily flow record furnished by Royal Irrigation Department.
- c/ Royal Irrigation Department study.
- d/ Rough estimate.
- e/ Based on average of selected precipitation stations.
- f/ Excludes daily rainfall amounts of 13 millimeters or less.
- g/ Contributing area and rainfall amounts based on detailed storm analysis.
- h/ Excludes daily rainfall amounts less than 12 millimeters.
- i/ Excludes daily rainfall amounts less than 16 millimeters.
- k/ Excludes daily rainfall amounts less than 10 millimeters.
- m/ Estimated from rainfall data--see text.



รูปที่ ก.1-1 ซลภาพของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์เดือนกันยายน พ.ศ. 2496

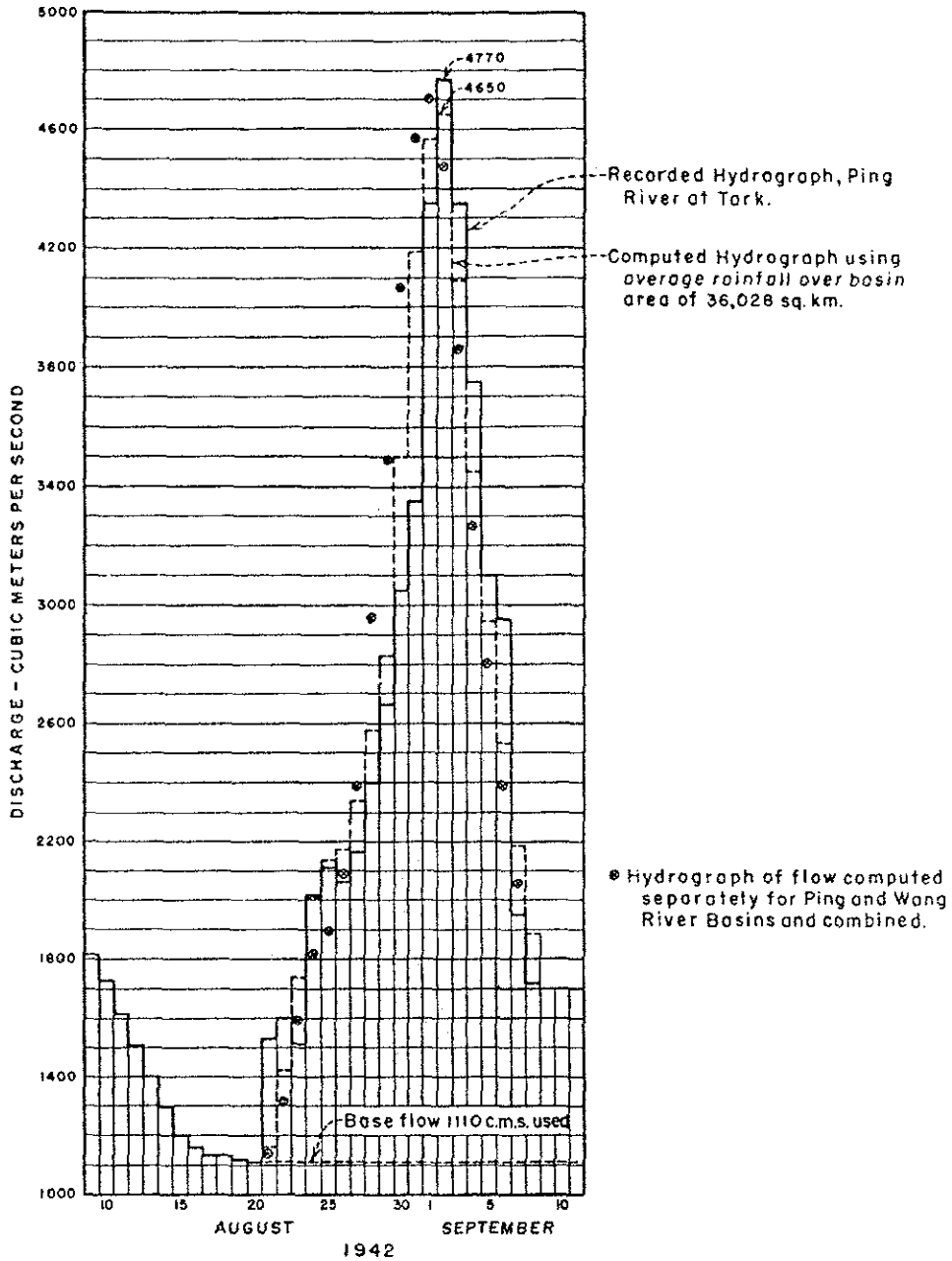


UNITED STATES
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION
YANHEE PROJECT-THAILAND
HYDROGRAPH ANALYSIS
AUGUST-SEPTEMBER 1942 EVENT
FIRST ASSUMPTION

DRAWN... S.L.M. SUBMITTED... H. P. Smith
TRACED... M.E.F. RECOMMENDED... H. P. Smith
CHECKED... H.M. APPROVED... J. R. Pitzer
CHIEF DEVELOPMENT ENGR.

DENVER, COLORADO, JAN. 8, 1954

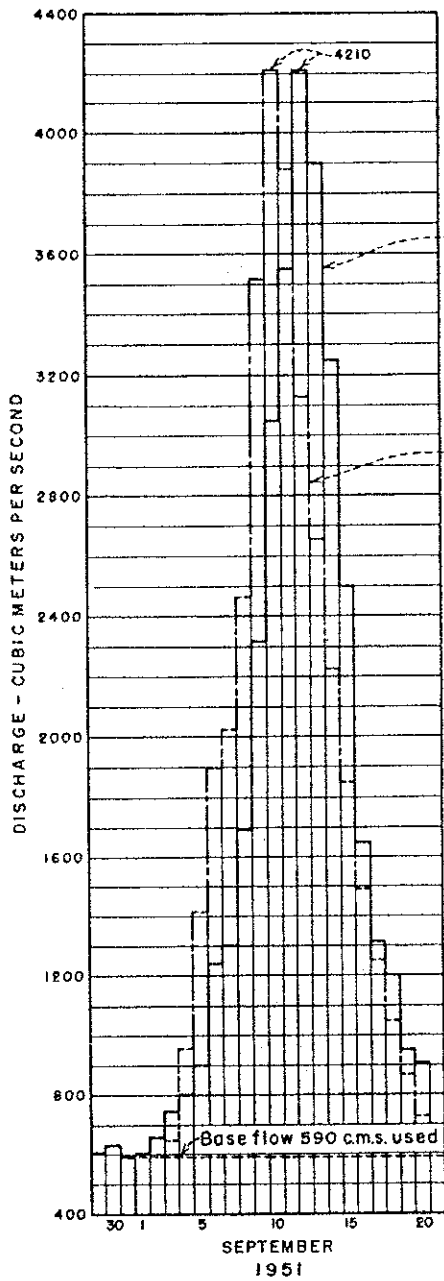
รูปที่ ก.1-2 ซลภาพของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2485



UNITED STATES
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION
YANHEE PROJECT - THAILAND
HYDROGRAPH ANALYSIS
AUGUST-SEPTEMBER 1942 EVENT
SECOND ASSUMPTION

DRAWN... D.L.M. ... SUBMITTED... H.P. Smith
TRACED... M.E.M. ... RECOMMENDED... Hyd. P. Smith
CHECKED... ACM ... APPROVED... H.P. Smith
DENVER, COLORADO, JAN. 9, 1944

รูปที่ ก.1-3 ภาพถ่ายของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 เดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2485



Hydrograph of mean daily flow at Tark gage.

Hydrograph of mean daily flow at Tark obtained by computing runoff from Ping and Wang Rivers, separately, using a distribution graph based on a 4-day lag time. Ping River flows lagged 1 day in combining with Wang River flow.

Ping River at Tark

UNITED STATES
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION
YANHEE PROJECT-THAILAND
HYDROGRAPH ANALYSES
SEPTEMBER 1951 EVENT

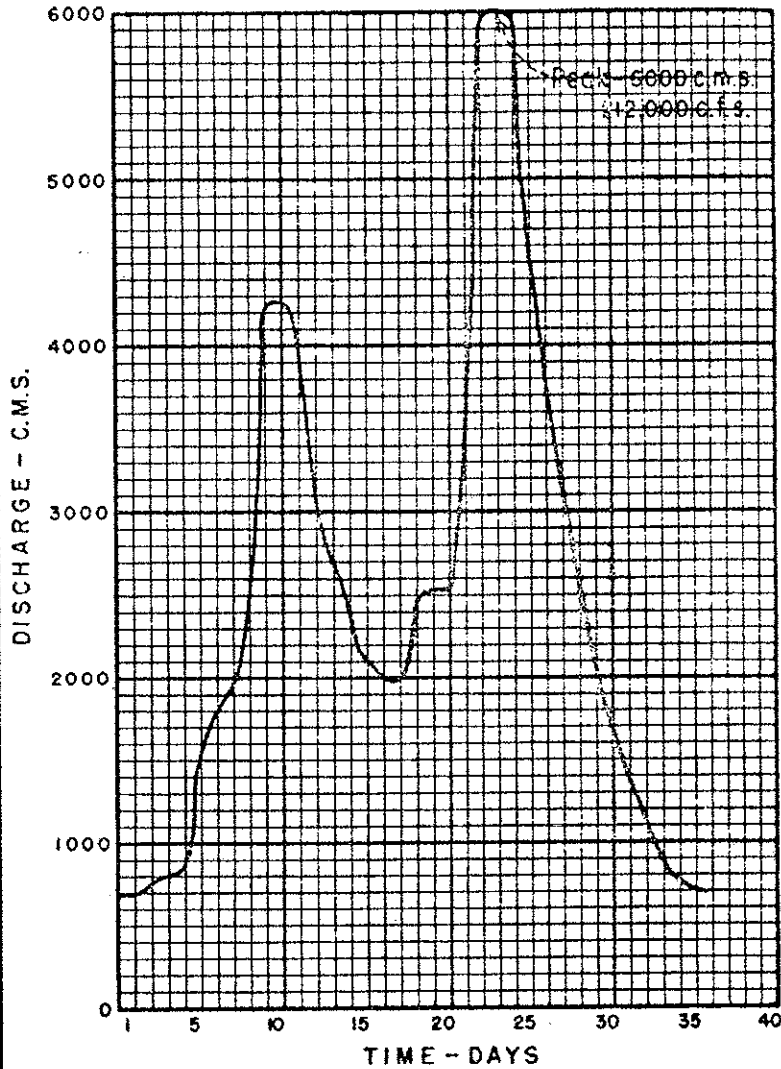
DRAWN.....	D.L.M.	SUBMITTED.....	H.P. Grant
TRACED.....	M.E.K.	RECOMMENDED.....	H.P. Grant
CHECKED.....	AKM	APPROVED.....	J.R. P... CHIEF DEVELOPMENT ENGR.

DENVER, COLORADO, JAN. 11, 1954

รูปที่ ก.1-4 ภาพถ่ายของเขื่อนภูมิพลจากการวิเคราะห์เดือนกันยายน พ.ศ. 2494

VOLUME - 36 DAY
 88,770 c.m.s.-day
 7,670 mil. cu. m.
 6,218,000 acre feet

MAXIMUM 20 DAYS (9 THRU 28)
 68,740 c.m.s.-day
 5,939 mil. cu. m.
 4,815,000 acre feet



MEAN DAILY DISCHARGE	
DAY	C.M.S.
1	700
2	720
3	800
4	840
5	1050
6	1710
7	1890
8	2110
9	3230
10	4260
11	4200
12	3460
13	2830
14	2600
15	2180
16	2090
17	2000
18	2110
19	2510
20	2510
21	2860
22	4500
23	5990
24	6000
25	4980
26	4130
27	3450
28	2850
29	2290
30	1880
31	1550
32	1250
33	990
34	810
35	740
36	700

DRAINAGE AREA
 26,400 Sq. Km.
 10,200 Sq. Mi.

UNITED STATES
 DEPARTMENT OF THE INTERIOR
 BUREAU OF RECLAMATION
 YANHEE PROJECT - THAILAND
YANHEE DAM SITE
INFLOW DESIGN FLOOD

DRAWN - D.L.M. SUBMITTED *[Signature]*
 TRACED - M.E.K. RECOMMENDED *[Signature]*
 CHECKED - *[Signature]* APPROVED *[Signature]*
 ASST. COMM. & CHIEF ENGINEER

DENVER, COLO., JAN. 18, 1954

OA-18-150

รูปที่ ก.1-5 สภาพน้ำท่วมไหลเข้าจากการออกแบบของเขื่อนภูมิพล

ก.2 เชื้อนสิริกิติ์

เชื่อนสิริกิติ์

(ที่มา : Engineering Consultants, INC., "Nan River Multipurpose Project : Nan River Basin
Hydrometeorological Report", September 1969.)

PMP

A. บทนำ

ในอดีตการประมาณค่า maximum flood discharges หาได้โดยวิธีวิเคราะห์ความถี่และการต่อกราฟให้ตัวอย่างโดย Fuller and Myers flood formulas วิธีการส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ทางธรณีวิทยา ภูมิภาค และลักษณะการระบายน้ำ จากกลุ่มน้ำหนึ่งถึงอีกกลุ่มน้ำหนึ่ง สมการความสัมพันธ์ช่วงแรกสมมุติให้อัตราการไหลสูงสุดเป็นฟังก์ชันกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ การวิเคราะห์ความถี่ทางสถิติที่ประยุกต์ใช้กับปัญหาทางอุทกวิทยาเช่นนี้ใช้ได้ผลดี

วิธีการในช่วงแรกใช้พื้นฐานที่ว่า การกระจายของข้อมูลเป็นแบบ Normal distribution ต่อมาพบว่า ข้อมูลทางอุทกวิทยาไม่ได้เป็นเช่นนั้น วิธีทางสถิติใหม่ๆ จึงถูกพัฒนาขึ้น แต่การใช้ประโยชน์จะมีข้อจำกัดทางจำนวนข้อมูลมีไม่มากพอ

แนวทางสมัยใหม่ในการออกแบบน้ำท่วมสำหรับ Spillway เริ่มด้วยการหาปริมาณน้ำฝนสูงสุดสำหรับลุ่มน้ำ เปลี่ยนเป็นการไหลออกโดยใช้เอกชลภาพ การหาค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดทำได้ด้วย 2 วิธี (1) Simple storm transposition หรือ (2) วิธีที่พัฒนาสำหรับหาค่า PMP วิธีแรกใช้ข้อมูลพายุนในอดีตจากพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศ อุตุนิยมวิทยาค้ายกับเคลื่อนย้ายมายังลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษา แต่ไม่ใช้กว้างขวางแล้วในปัจจุบัน วิธี PMP ได้รับการยอมรับมากขึ้นในการคำนวณน้ำท่วมออกแบบสำหรับ spillway เป็นวิธีใช้ประโยชน์ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามากที่สุด ซึ่งรวม storm transposition เข้ามาวิเคราะห์ร่วมด้วย

ด้วยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่เพียงพอ วิธี PMP ซึ่งรวม transposition maximization และ envelopment ข้อมูลพายุนที่ย้ายและหาค่าสูงสุดแล้ว จะให้ผลการประมาณค่าฝนสูงสุดที่ได้ผลดี

B. Concept ของ PMP

1. คำจำกัดความของ PMP

ยังไม่มีข้อตกลงคำจำกัดความที่ชัดเจน จึงสมมุติว่ามีข้อจำกัดทางกายภาพที่มีผลต่อความเข้มและช่วงเวลาของฝน ดังนี้

- ข้อจำกัดความเข้มข้นของความชื้นในอากาศ ที่ไหลเข้ามาเหนือลุ่มน้ำ

- b. ข้อจำกัดอัตราการเกิดฝนซึ่งสัมพันธ์พายุอากาศชื้นเข้ามาในลุ่มน้ำ
- c. ข้อจำกัดสัดส่วนของไอน้ำในอากาศเปลี่ยนเป็นน้ำฝน

สภาพภูมิประเทศไม่ได้ถูกพิจารณาแยกจากข้อจำกัดนี้ แต่ได้ถูกนำไปรวมไว้แล้ว รายงานนี้จึงให้นิยาม PMP ดังนี้ “ปริมาณน้ำฝนเหนือลุ่มน้ำน่านที่ทำให้เกิดน้ำท่วมที่ไม่เกิดความเสี่ยงที่มีปริมาณมากกว่าสภาพภูมิอากาศปัจจุบัน” คำจำกัดความนี้เป็นข้อตกลงตามความต้องการของโครงการและวัตถุประสงค์ของรายงานฉบับนี้

2. ผลของแนวโน้มภูมิอากาศ

เงื่อนไขทางภูมิอากาศหลายอย่างที่สามารถเปลี่ยนการประมาณค่า PMP ได้เช่น ความเข้มของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มายังผิวโลก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมหาสมุทรหรือกระแสน้ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง weather regimes, storm potentials เหนือลุ่มน้ำที่กำหนดได้ อย่างไรก็ตาม ประสบการณ์ในอดีตชี้ให้เห็นว่า แนวโน้มภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ อิทธิพลต่อ PMP จึงมีค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความไม่แน่นอนที่เกิดจากการประมาณค่าที่ดีที่สุดในปัจจุบัน ดังนั้น จึงไม่นำแนวโน้มภูมิอากาศเข้ามาพิจารณาในรายงานนี้

3. ผลของพายุไต้ฝุ่น (Typhoons)

ลุ่มน้ำน่านตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น และใกล้แนวไต้ฝุ่นจากทะเลจีนใต้ ยังไม่เคยมีการบันทึกว่ามีพายุไต้ฝุ่นโดยตรงเข้ามาถึงภาคเหนือหรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งพายุได้นำปริมาณความชื้นเข้ามาในลุ่มน้ำจำนวนมาก

ไต้ฝุ่น มีนิยามที่ความเร็วลมที่ต้องมากกว่า 120 กม./ชม. ขณะที่พื้นที่ของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเลมากกว่า 200 กม. ความเร็วลมที่พัดเข้าสู่ประเทศไทยจึงลดลงต่ำกว่า 120 กม./ชม. พายุนี้ได้ออบความชื้นเข้ามาในภูมิภาคนี้ คิดเป็นค่าสูงสุดสำหรับการกำหนดค่า PMP พายุมรสุม (Monsoon) อย่างเดียวจะไม่ทำให้เกิดฝนมากพอที่ทำให้เกิดน้ำท่วมสูงสุด

4. การพิจารณาปรับแก้

การหาค่า PMP ไม่ใช่เป็นกระบวนการ objective process ที่สมบูรณ์ ถึงแม้มีหลักการที่แน่นอนได้ถูกกำหนดไว้แล้ว ดังนั้นมาตรการทาง subjective judgment บนพื้นฐานของเหตุการณ์ในอดีต ต้องถูกนำมาใช้หาคำตอบสำหรับลุ่มน้ำน่าน

C. การพัฒนาการหาค่า PMP

การพัฒนาการหาค่า PMP เกี่ยวข้องกับ 3 ขั้นตอน

1. Storm transposition
2. Storm Maximization
3. Envelopment

การพัฒนา PMP อาจเริ่มจากพายุฝนที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ ข้อมูลพายุฝนในอดีตเหล่านี้มีปริมาณน้ำฝน ช่วงเวลา ความเข้ม ซึ่งเกิดในลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตาม สำหรับลุ่มน้ำนาน วิธีประมาณที่ดีกว่าสำหรับปริมาณน้ำฝนสูงสุดเป็นผลจากการ transposition พายุฝนที่มีข้อมูลการบันทึกไว้อย่างละเอียดที่เกิดขึ้นในภาคเหนือของประเทศไทย การประยุกต์นี้ต้องยอมรับหลักการทางอุตุนิยมวิทยา ของ storm transposition การกำหนดข้อจำกัดของการ transposition ประเภทของพายุฝนและการปรับความชื้นอย่างระมัดระวัง

การทำ storm transposition พายุฝนจากการบันทึกต้องทำเป็นค่าสูงสุดสำหรับความชื้นที่เกิดขึ้น การหาค่าสูงสุดทำได้โดยการเพิ่มค่า depth-area-duration rainfall โดยใช้ค่าปริมาณไอน้ำในอากาศ (ปริมาณน้ำฝน) สูงกว่าปริมาณปัจจุบันระหว่างเกิดพายุฝนในอดีต ค่าไอน้ำในอากาศที่มากขึ้นนี้อาศัยข้อมูล surface dew point มีค่าไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่มีการบันทึกในลุ่มน้ำนาน

Orographic effect จะมีอิทธิพลต่อการประมาณค่า PMP สำหรับภูมิภาคที่มีความสูง พื้นที่ที่ยาว มีสิ่งกีดขวางทางภูมิประเทศ แบบจำลองทางทฤษฎี “air flow” อาจนำมาพัฒนาใช้ทำนายได้ สิ่งกีดขวางจะมีผลจริงหากอยู่ใกล้มหาสมุทร อย่างไรก็ตาม เพราะสภาพภูมิประเทศที่ซับซ้อนของลุ่มน้ำนาน และข้อมูลที่มีอยู่น้อย การใช้แบบจำลองการไหลทางทฤษฎีจึงไม่สามารถทำได้

ผลจากภูมิประเทศที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะสิ่งกีดขวางทางทิศตะวันออก จะนำมาพิจารณาเมื่อจำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่า PMP พื้นฐานต่อไป สุดท้ายการเปรียบเทียบและตีความหรือการ envelopment ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดต้องมีการดำเนินการต่อไป ผลของขั้นตอนสุดท้ายนี้จะได้ค่า PMP ถ้า PMP มีการประมาณสำหรับลุ่มน้ำใกล้เคียง การตรวจสอบความสม่ำเสมอจะต้องทำต่อไป

D. การเลือกข้อมูลพายุฝน

1. พายุฝนในอดีตในลุ่มน้ำนาน

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เป็นพายุฝนทำให้เกิดน้ำท่วมในอดีตในลุ่มน้ำนานมีข้อจำกัด ข้อมูลฝน synoptic records ที่กรมอุตุนิยมวิทยาอยู่ในรูปแบบที่ไม่ได้ตีพิมพ์ มีข้อมูลแผนที่รายวัน แต่ไม่ได้แสดงรายละเอียดที่เพียงพอสำหรับลุ่มน้ำนาน ซึ่งเป็นแผนที่ที่ครอบคลุมทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

การบันทึกข้อมูลน้ำท่าที่เด่นชัดมีดังนี้

- a. 12 – 16 กันยายน 2506
- b. 7 – 14 กันยายน 2504
- c. 30 สิงหาคม – 6 กันยายน 2500
- d. 9 – 15 กันยายน 2495
- e. 7 – 12 กันยายน 2485

ข้อมูลน้ำฝนสำหรับพายุฝนในปี 2485, 2500, 2502 และ 2504 มีอย่างเพียงพอสำหรับทุกสถานีในกลุ่มน้ำ แสดงในตาราง IV-25 ถึง IV-28 แผนที่อากาศที่ผิวดินไม่มีสำหรับพายุฝนเหล่านี้ เพราะมีข้อจำกัดของข้อมูลพายุฝนในกลุ่มน้ำนั้น จึงต้องใช้ข้อมูลพายุฝนนอกกลุ่มน้ำนั้นที่มีการบันทึกไว้ดีกว่า

2. พายุฝนในอดีตนอกกลุ่มน้ำนั้น

พายุฝน 2 ลูก ที่เพิ่งเกิดขึ้นทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

- a. พายุฝนวันที่ 22 – 24 กันยายน 2507 ศูนย์กลางอยู่ที่ จ. ร้อยเอ็ด
- b. พายุฝนวันที่ 16 – 18 มิถุนายน 2505 ศูนย์กลางอยู่ที่ใกล้ จ. นครพนม

พายุฝนเดือนกันยายน 2507 มีจุดศูนย์กลางที่สองใกล้ จ. พิจิตร ในกลุ่มน้ำนั้นตอนล่างต่ำกว่าเขื่อนสิริกิติ์ ชื่อของพายุฝนคือ “Tilda” ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลไว้อย่างดี เส้นชั้นน้ำฝนของฝนรายวันและเส้นทางของพายุ แสดงในรูปที่ ก.2.1-1 และ 2.1-2 แผนที่เส้นชั้นน้ำฝน 72 ชั่วโมง สำหรับได้ฝุน “Tilda” โดยกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงในรูปที่ ก.2.1-3 โดยการใช้ข้อมูลน้ำฝนเพิ่มเติมจากกรมชลประทาน ค่าน้ำฝน 72 ชั่วโมง จึงถูกปรับเล็กน้อย แสดงตามรูปที่ ก.2.1-4 ค่า 12 ชั่วโมง persisting sea-level dew point มีค่า 24.2 °C สำหรับพายุฝนนี้

พายุฝนวันที่ 16 – 18 เดือนมิถุนายน 2505 ไม่ได้ถูกบันทึกไว้อย่างดี เหมือน “Tilda” เส้นชั้นน้ำฝนแสดงในรูปที่ ก.2.1-5 12 ชั่วโมง persisting dew point มีค่า 25.2 °C ถึงแม้พายุนี้จะเกิดขึ้นในช่วงต้นฤดูได้ฝุน สามารถใช้กับระยะเวลาต่อมาได้ เพราะเงื่อนไขทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพายุฝนนี้ แสดงลักษณะของทั้งฤดูกาลของการเกิดพายุได้ฝุน

ได้ฝุน “Tilda” และพายุฝนในเดือนมิถุนายน 2505 เป็นเงื่อนไขที่อาจเกิดขึ้นในกลุ่มน้ำนั้น ดังนั้นจึงเป็นต้นแบบสำหรับ PMP ในกลุ่มแม่น้ำนั้น

E. Storm Transposition

การย้ายตำแหน่งพายุฝนเป็นการปฏิบัติทั่วไปในการใช้ข้อมูลภูมิอากาศ มี 2 รูปแบบของการย้ายตำแหน่งคือ (1) การย้ายโดยตรงจากที่ซึ่งมีสถานีวัดน้ำไปประยุกต์ใช้กับที่อื่นโดยไม่ต้อง

ปรับเปลี่ยนอะไร และ (2) การย้ายมีการปรับเปลี่ยน ข้อมูลถูกปรับแต่งสำหรับค่าระดับที่ต่างกัน มี Latitude ระยะทางจากชายฝั่งทะเลที่ต่างกัน ขั้นตอนการทำงานย้ายตำแหน่งพายุฝนมีดังนี้

1. ต่อกกราฟความสัมพันธ์ของพายุฝน เพื่อหาค่าฝนสูงสุด (Extreme rainfall)
2. หาสาเหตุการเกิดพายุฝน
3. ภูมิภาคที่ได้รับอิทธิพลจากพายุฝนชนิดนั้น
4. พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากพายุฝนชนิดนั้น

พายุฝน 2 ลูก ที่ถูกเลือกได้ตามเกณฑ์ที่จำเป็นสำหรับการย้ายตำแหน่ง ผลการย้ายตำแหน่งนำเสนอในรูปแบบที่ ก.2.1-6 และ VI-H

1. การปรับแก้เนื่องจากการย้ายตำแหน่ง

จำเป็นต้องมีการปรับแก้หลายประการ ซึ่งคิดรวมถึงผลของความแตกต่างทางภูมิอากาศของ 2 พื้นที่ ดังนี้

- a. ความชื้น (Moisture)
- b. ระยะทางแนวราบผิวดิน
- c. ค่าต่างระดับ
- d. สิ่งกีดขวาง (Barrier)
- e. ความลาดชัน
- f. Latitude
- g. ฤดูกาล

2. ความชื้น

การปรับแก้สำหรับค่าความชื้นสูงสุดใช้ข้อมูล dew point ของพื้นที่โดยรอบ การเกิดพายุฝน และค่า dew point สูงสุดที่พบได้บริเวณโดยรอบ ตำแหน่งที่มีการย้ายพายุฝนมา ค่าสูงสุด dew point ที่ระดับน้ำทะเลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่า 27 °C ซึ่งจะคงที่อยู่ 12 ชั่วโมง ค่านี้จึงนำมาประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำน่าน

3. ระยะทางแนวราบผิวดิน

การปรับแก้ตามระยะทางแนวราบผิวดิน ใช้ผลการศึกษาสำหรับ Tennessee Valley ในสหรัฐอเมริกา โดย Weather Bureau, ESSA. จากการรายงาน Hydro meteorological report No. 41 มีพายุฝนเขตร้อน 60 ลูกที่ไม่ได้รับผลจาก orography ได้ถูกนำมาศึกษา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของฝนต่อระยะทางจากชายฝั่ง หลักการนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำน่าน ซึ่งเป็น non-orographic rainfall มีศักยภาพการเกิดฝนลดลง ขณะที่พายุเคลื่อนที่เข้าพื้นดิน

การประยุกต์หลักการนี้กับลุ่มน้ำน่าน ค่าสูงสุดของฝน 72 ชั่วโมง มีค่า 1,200 mm จาก 2 พายุฝน (กันยายน 2470 และตุลาคม 2477 ตาราง VI-1) บนชายฝั่งของเวียดนามเปรียบเทียบกับค่าสูงสุด 72 ชั่วโมง ฝนวัดได้ 450 mm จากไต้ฝุ่น "Tilda" สมมุติว่า "Tilda" มีขนาดความเข้มเหมือนกับพายุฝนที่ชายฝั่งเวียดนาม ฝนที่ร้อยเอ็ดมีค่าประมาณ 40% ของฝนที่ชายฝั่ง

ลุ่มน้ำน่านอยู่ไกลจากชายฝั่งทะเลกว่าร้อยเอ็ด การประมาณค่าได้ว่าการลดลง 10% สำหรับระยะทางในพื้นดิน เมื่อมีการเคลื่อนย้าย พายุฝน 2 ลูกจากร้อยเอ็ด และนครพนมมาที่ลุ่มน้ำน่านโดยประมาณ

4. ค่าระดับ

ไม่มีการปรับแก้สำหรับค่าระดับ เพราะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจุดศูนย์กลางพายุ และลุ่มน้ำน่าน

5. สิ่งกีดขวาง

สิ่งกีดขวาง หมายถึง แนวภูเขากั้นระหว่างทะเลหรือแหล่งความชื้น และ ลุ่มน้ำที่ศึกษา แหล่งความชื้นเบื้องต้นที่เข้ามาในลุ่มน้ำน่านมาจากทิศใต้ ภูเขาที่ขวางกั้นทางทิศใต้ของลุ่มน้ำน่าน กั้นขวางลมระดับต่ำประมาณ 900 m (MSL) และทำให้เกิดฝน สิ่งกีดขวางมีผลทำให้ลดศักยภาพของพายุฝนในลุ่มน้ำน่าน โดยปิดกั้นสัดส่วนของความชื้นที่ระดับต่ำนี้ ความชื้นเข้าของพายุก่อนการย้ายตำแหน่งมาจากทางใต้เช่นกัน สิ่งกีดขวางทางใต้ของจังหวัดร้อยเอ็ด และนครพนมมีค่าระดับ 500 m การปรับเนื่องจากสิ่งกีดขวางจึงใช้ความแตกต่างระหว่าง 500 และ 900 m

เทือกเขาหลวงพระบางกั้นเป็นขอบเขตด้านตะวันออกของลุ่มน้ำน่าน มีค่าระดับประมาณ 1,500 m มีอิทธิพลต่อพายุฝนขณะเคลื่อนที่ข้ามลุ่มน้ำ อาจมีผลต่อรูปแบบของเส้นชั้นน้ำฝนมากกว่าปริมาณน้ำฝน จากการหมุนเวียนของอากาศ (cyclonic circulation) รวมกับการสลายตัวของพายุไต้ฝุ่น ขณะที่เคลื่อนที่ข้ามประเทศไทย ความชื้นที่เข้ามาจะมีการแปรเปลี่ยนทิศทาง ขณะที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกข้ามลุ่มน้ำ ดังนั้นเทือกเขาหลวงพระบางจะกลายเป็นสิ่งกีดขวางการไหลของความชื้น มีผลต่อบางส่วนของพายุฝนทำให้ปริมาณฝนลดลง

ดังนั้นจึงสมมุติว่า ปริมาณน้ำฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ระหว่างฝนออกแบบ การไหลเข้าของความชื้นจะมาจากทางทิศใต้ (500 m กั้นขวาง) บางส่วนของฝนออกแบบ ความชื้นไหลเข้าจากแนวเทือกเขาหลวงพระบาง (1,500 m กั้นขวาง) ทำให้การปรับแก้ความชื้นของพายุฝนกันยายน 2507 และมีถุนายน 2505 ลดลง 14%

6. ความลาดชัน (slope)

การปรับแก้ความลาดชันจำเป็นต้องทำเมื่อความลาดชันด้านรับลมของสิ่งกีดขวางในกลุ่มน้ำ มีความแตกต่างจากความลาดชันด้านอื่นๆ ของกลุ่มน้ำที่ศึกษา กรณีนี้ไม่มีความจำเป็นต้องปรับแก้ความลาดชัน

7. Latitude

ผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาเรื่องฝนสูงสุดบ่งบอกว่า มีการลดลงของขนาดพายุฝนเหนือของ Latitude 30 °N ศักยภาพของพายุไต้ฝุ่นต้องลดลงเป็นศูนย์ที่ Latitude 5 °N จากรายงาน “Meteorological Criteria for Hydrologic Design on the Makong River” by F.K. Schwarz, Weather Bureau, ESSA. พายุไต้ฝุ่นที่มีกำลังเต็มที่พบได้ทางเหนือของ Latitude 15 °N และปริมาณฝนจะลดลง 2 – ½ % แต่ละองศาของ Latitude ระหว่าง 15° และ 10 °N ดังนั้นจึงสมมติว่าอัตราการลดลงจะมากระหว่าง Latitude 10 °N และ 5 °N

ไม่มีการปรับแก้ Latitude ในการเคลื่อนย้ายพายุทั้งที่อยู่เหนือ 15 °N

8. ฤดูกาล (Season)

การปรับแก้สุดท้ายจากฤดูกาลของปี ถึงแม้พายุลูกที่ 2 เกิดในเดือนมิถุนายน แต่มีแหล่งกำเนิดเป็น Tropical cyclone ผลการตรวจสอบข้อมูลการบันทึกทางอุตุนิยมวิทยาแสดงว่าพายุฝนขนาดนี้สามารถเกิดได้เวลาใดก็ได้ระหว่างฤดูกาลของไต้ฝุ่น ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้สำหรับฤดูกาล

F. การหาค่าสูงสุดของพายุฝน (Storm Maximization)

แหล่งกำเนิดฝน คือ น้ำ-ไอน้ำในอากาศ แสดงในรูปแบบของความลึกของปริมาณน้ำฝนในคอลัมน์ของอากาศที่กำหนด ความสูงของคอลัมน์ของอากาศแสดงเป็นความดันด้านฐานและด้านบนของคอลัมน์ หน่วยเป็น millibars (mb)

ถึงแม้ว่าไม่มีข้อมูลตัวอย่าง อากาศด้านบนระหว่างที่เกิดฝน ทำให้ไม่สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำฝนได้อย่างแน่นอน สมมุติฐานทั่วไป สมมุติว่าอากาศที่ทำให้เกิดฝนมีความชื้นอิ่มตัวตลอดความสูง มีลักษณะเป็น pseudo-adiabatic lapse rate ดังนั้นความลึกของน้ำฝนในคอลัมน์ของอากาศเหนือความดันที่ผิวดินที่จุดที่กำหนดมีค่าเดียวเป็นฟังก์ชันของ dew point ที่ผิวดิน รูปที่ ก. 2.1-8 แสดงความสัมพันธ์ความลึกของน้ำฝนระหว่างระดับความดันที่จุดใดๆ 2 จุด สามารถหาได้เมื่อทราบ dew point ที่ผิวดิน

กรณีฝนตกหนักมักเกิดในสภาพ saturated pseudo-adiabatic atmosphere เนื่องจากการแยกชั้นของความชื้น (moisture stratification) การเกิด Probable Maximum Storm เกิดขึ้นโดยมี pseudo

adiabatic lapse rate ในคอลัมน์อากาศที่อิมตัวหรือไม่ ไม่สามารถรู้ได้ แต่เป็นที่ยอมรับว่าเป็น สมมุติฐานที่มีเหตุผล

1. การหาความชื้นสูงสุด (Moisture Maximization)

การหาค่าสูงสุดของความชื้นใช้สมมุติฐานที่ว่าพายุฝนที่กำหนดสามารถทำให้เกิดฝนได้ มาก ถ้าความชื้นจำเพาะ (specific humidity) หรือน้ำฝนในอากาศมีค่าสูงมากขึ้น ปริมาณความชื้นที่ มากขึ้นอาจเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ผสมผสานกัน ทำให้ปริมาณน้ำฝนมาก ขึ้น

ขั้นแรกของการหาความชื้นสูงสุด คือ หาค่าความชื้นสูงสุดในบรรยากาศที่อาจเกิดขึ้นได้ใน กลุ่มน้ำน่าน บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน วิธีที่ใช้ได้ผลน่าพอใจมากที่สุด คือ การศึกษา ข้อมูล dew point ที่ผิวดินในระยะยาวสำหรับสถานีวัดต่างๆ ทั้งในและโดยรอบกลุ่มน้ำ นำค่ามากที่สุดของแต่ละสถานีจัดทำเป็นตารางหรือกราฟตามช่วงเวลาที่ต้องการ ค่าสูงสุดรายเดือน หรือ ระยะเวลาที่สั้นกว่า นำมาปรับเป็นค่าที่ระดับ 1,000 mb สมมุติภาวะ moist adiabatic lapse rate นำ ข้อมูลมาแสดงโดยแผนที่หรือเส้นชั้นอุณหภูมิ

ค่าที่ได้สามารถปรับเป็นดัชนีของความชื้นสูงสุด (index of maximum moisture) การปฏิบัติ ทั่วไปที่จะหลีกเลี่ยงความไม่เที่ยงตรงจากค่า dew point เพียงค่าเดียว จึงใช้ค่าสูงสุดคงอยู่ 12 hr (persisting 12-hr dew point) เพื่อขจัดค่าที่สูงเกินไป ไม่เป็นตัวแทนของค่าจากการวัด ซึ่งอาจเกิด จากเทคนิคการวัด (psychometric technique) ที่ไม่เหมาะสม

ขั้นตอนที่สอง การหาความชื้นในพายุฝนทำได้โดย พิจารณาค่า dew point จากการวัดของ พื้นที่โดยรอบพายุฝน ทั้งกรณีค่า dew point ที่ได้จากการวัดขณะเกิดพายุฝนหรือเหนือพื้นที่ที่พายุ ฝนเคลื่อนผ่าน ค่า dew point จากการวัดนี้ควรปรับลดมาที่ระดับน้ำทะเล เช่นเดียวกับค่าสูงสุดของ dew point

ขั้นตอนสุดท้าย การคำนวณปริมาณน้ำฝนในคอลัมน์ของอากาศทั้งจาก dew point ของพายุ ฝนจากการวัดและ dew point สูงสุดซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำที่ศึกษา รูปที่ ก.2.1-8 สามารถนำมาใช้ สำหรับการหาค่านี้ ค่าปรับแก้สำหรับการหาค่าความชื้นสูงสุดคือ

$$\text{อัตราส่วน} = \frac{\text{ค่าสูงสุดของน้ำฝนในอากาศ}}{\text{ค่าน้ำฝนจากการวัดของพายุฝน}}$$

ค่าปรับแก้ความชื้นมีค่า 1.13 สำหรับพายุฝนเดือนกันยายน 2507 และ 1.03 สำหรับพายุ ฝนเดือนมิถุนายน 2505 ดังที่กล่าวไว้ในเรื่องสิ่งกีดขวาง การปรับแก้นี้ใช้สำหรับฝนออกแบบสูงสุด 24

ชั่วโมง การปรับแก้ความชื้นมีค่า 0.97 สำหรับพายุฝนเดือนกันยายน 2507 และเท่ากับ 0.88 สำหรับพายุฝนเดือนมิถุนายน 2505

2. ค่าความเร็วลมสูงสุด

การปรับแก้นี้ใช้สำหรับบริเวณเทือกเขาที่มีสภาพความลาดชันของไหล่เขา โดยมีสมมุติฐานที่ว่า ลมที่พัดปะทะเทือกเขามากขึ้น ทำให้เกิดฝนมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอในกลุ่มเมฆน้ำนั่นที่จะได้ค่าปรับแก้ที่ถูกต้อง การปรับแก้ความเร็วลมจึงได้ถูกประยุกต์ให้รวมอยู่ในการปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวาง เช่น เกี่ยวข้องกับทิศทางของการไหลของอากาศชื้นเข้ามาในกลุ่มน้ำ ทำให้เกิดพายุฝน PMP

3. ค่าสูงสุดอื่นๆ

มีเกณฑ์ทางอุตุนิยมวิทยา หรือเงื่อนไขอื่นๆ อีกที่ใช้เป็นแฟกเตอร์ปรับแก้สำหรับหาฝนสูงสุด เช่น ขนาดการเกิด Convergence ความแตกต่างของ thunderstorm model และ longitude การใช้วิธีทางสถิติกับตัวแปรเหล่านี้ เพื่อหาการเกิดขึ้น แปรเปลี่ยน และการมีผลต่อกันของตัวแปรเหล่านี้ในการปรับแก้

G. การสร้างความสัมพันธ์ (Envelopment)

กระบวนการนี้เป็นการเลือกค่าที่มีความสำคัญ (Critical value) สำหรับกรณีนี้คือ ค่าปริมาณฝนที่เคลื่อนย้ายตำแหน่งและปรับเป็นค่าสูงสุด ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-ช่วงเวลาของการเคลื่อนย้าย และปรับเป็นค่าสูงสุด สำหรับกลุ่มเมฆน้ำนั่นแสดงในรูปที่ ก.2.1-9

ปัญหาที่เกิดขึ้นเสมอเนื่องจากมีข้อมูลที่จำกัดคือ ข้อมูลตัวอย่างพายุฝนในการประมาณค่า PMP ไม่เพียงพอ จึงใช้ข้อมูลพายุฝนได้เพียงจำนวนน้อย ซึ่งให้ความมั่นใจการหาค่า PMP น้อยลง กรณีการย้ายพายุฝน 2 ลูก เข้ามาในพื้นที่ศึกษา U.S Weather Bureau, ESSA ระบุว่าได้พายุ "Tilda" มีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดฝนให้ค่าสูงสุด ยกเว้นความชื้นของบรรยากาศ ตามที่แสดงในรูปที่ ก.2.1-9 พายุเดือนมิถุนายน 2505 เกิดขึ้นด้วยขนาดเดียวกัน พายุได้พายุ "Tilda" มีข้อมูลความลึก-ช่วงเวลาพื้นที่ ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดของพายุฝนอื่นๆ ที่มีระยะห่างจากชายฝั่งทะเลเหมือนกันจากสหรัฐอเมริกา ทิศตะวันออกเฉียงใต้

กราฟน้ำฝน (precipitation envelope) สามารถอธิบายได้ด้วย 2 สมการ $R = 48D^{0.46}$ สำหรับค่าสูงสุด 24 ชั่วโมง และ $R = 128D^{0.147}$ สำหรับช่วงเวลา 24 - 72 ชั่วโมง ความลาดชัน 0.46 สำหรับช่วงเวลา 24 ชั่วโมงเป็นความลาดชันของกลุ่มเส้นกราฟน้ำฝน แสดงในรูปที่ ก.2.1-10 (ดูตารางที่ ก.2.1-1)

H. สภาพเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อนและที่เกิดขึ้นตามมา (Antecedent and Subsequence Conditions)

การเกิดน้ำท่วมจากพายุฝน 3 วัน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย สภาพเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อนและฝนที่เกิดตามมาอาจมีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ และ spillway น้ำท่วมขนาดใหญ่มักเกิดขึ้นในกลุ่มน้ำ ซึ่งมีระยะห่างช่วงเวลานั้นๆ ระหว่างพายุขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาเกณฑ์ของน้ำฝนที่สามารถเกิดขึ้นก่อน และเกิดตามมาเป็น PMP มี 2 วิธีในการศึกษาเพื่อประมาณสภาพเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อนและพายุฝนที่เกิดตามมา (1) การประมาณปริมาณน้ำฝนทางสถิติสำหรับช่วงเวลาต่างๆ และ (2) ข้อมูลต่างๆ จากการบินที่กระยะเวลานานสำหรับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ วิธีที่สองดีกว่าสำหรับการหาระยะเวลาระหว่างพายุฝน

1. ระยะห่างการเกิดพายุฝน (Storm intervals)

ข้อมูลน้ำฝนที่บันทึกในประเทศไทย ไม่ได้แสดงให้เห็นว่าเคยมีฝนตกหนักนานๆ เหมือนที่เกิดขึ้นที่เวียตนาม พายุฝนในประเทศไทยเกิดขึ้นชัดเจน มีการเว้นระยะของพายุฝนแต่ละลูก มักเกิดขึ้นหากฝนเกิดขึ้นมากกว่า 25 mm การไหลเข้าของความชื้นในกลุ่มน้ำนำมาจากทิศใต้ มักจะเกิดขึ้นหลังจากเกิด tropical storm รูปแบบของพายุฝนวิฤตมักจะขึ้นกับช่วงเวลาที่น้อยที่สุด (minimum recurrence interval) ระหว่างพายุได้ฝุ่น

ในกรณีของได้ฝุ่น “Tilda” สถานี E33 ของกรมชลประทาน ตั้งอยู่ที่ศตวันออกเฉียงเหนือของ จ.ร้อยเอ็ด บันทึกน้ำฝนได้ 157.0 และ 46.5 mm ของฝน วันที่ 15 และ 16 เดือนกันยายน ตามลำดับ ตามด้วยฝน 5 วัน มีความเข้ม 0 ถึง 3.8 mm ต่อวัน ที่สถานีนี้บันทึกได้ 137.6 mm ในวันที่ 22 กันยายน และ 15.3 mm ในวันที่ 23 กันยายน มีช่วงเวลา 2.5 วัน ซึ่งไม่มีฝนและตามด้วยฝน 10.2 และ 22.6 mm ใน 2 วันถัดไป

ในเดือนตุลาคม 2495 มีพายุได้ฝุ่นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในช่วง 10 วัน แสดงในรูปที่ ก.2.1-11 การเกิดขึ้นของพายุในสหรัฐอเมริกาในพื้นที่แนะนำว่าช่วงเวลาระหว่างพายุฝนที่เป็นจริงคือ 3 วัน Hydro meteorological Branch, Office of Hydrology, U.S. Weather Bureau, ESSA จากการศึกษา PMP ของกลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ว่าพายุได้ฝุ่น 2 ลูกต่อเนื่องกัน มีช่วงเวลาห่างกัน 3 วัน การศึกษานี้ระบุว่าฝนในพายุได้ฝุ่นลูกที่สองมีขนาด 50% ของ PMP

The United States Corps of Engineers รายงานเรื่อง “Probable Maximum Floods for Mekong River Project” ได้ให้นิยามพายุฝนที่เกิดขึ้นก่อนช่วงเวลา 3 วัน มีขนาด 50 ถึง 65% ของ PMP ตามด้วย มีวัน ไม่มีฝนตกหนึ่งวันก่อนเกิด PMP 3 วัน

พายุ PMP สำหรับลุ่มน้ำน่านมีขนาด 86% ของปริมาณฝนทั้งหมดในช่วงเวลาเดียว 24 ชั่วโมง The Corps of Engineers กำหนดเพียง 48% ของปริมาณฝนทั้งหมดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ขณะที่ The U.S. Weather Bureau กำหนด 67% ดังนั้นจึงตัดสินใจได้ว่า ช่วงเวลา 3 วัน ไม่สามารถทำให้เกิดการไหลออกได้ทั้งหมด แต่เป็นช่วงเวลาระยะห่างที่น้อยที่สุดของการเกิดพายุได้ฝุ่น 2 ลูก ติดกัน ช่วงเวลานี้มีหนึ่งวันที่ไม่มีฝนระหว่างพายุฝน PMP และพายุฝนที่เกิดขึ้นก่อน (antecedent or subsequent storms) ช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาน้อยที่สุดขณะที่อากาศร้อนขึ้นจากทะเลเคลื่อนที่เข้ามา ลุ่มน้ำน่านจากทิศตะวันตกเฉียงใต้หลังจากพายุลูกแรกเคลื่อนออกไปแล้ว

2. พายุฝนที่เกิดตามมา (Subsequent Storm)

การศึกษาการไหลในอ่างเก็บน้ำ ยืนยันได้ว่าพายุฝนที่เกิดตามมาทำให้เกิดภาวะวิกฤตมากกว่าผลจากพายุ PMP พายุฝนที่เกิดตามมาสำหรับลุ่มน้ำน่าน ขนาด 50% ของขนาดของ PMP ซึ่งมีความเป็นไปได้จากเงื่อนไขทางอุทกนิยมนวิทยา ทั้งนี้ไม่เกี่ยวข้องกับฤดูกาล ถึงแม้พายุได้ฝุ่นที่บันทึกได้หลังเดือนตุลาคม จะลดน้อยลงมาก

3. เงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อน (Antecedent Conditions)

เงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อนของฝนสมมุติให้มีผลยืระยะเวลาของฝนตกหนักออกไป ทำให้ลุ่มน้ำเกิดการอิ่มตัวด้วยน้ำ มี initial loss และ infiltration losses น้อยที่สุด

มี 2 วิธีสำหรับกำหนดเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อน (1) ประยุกต์ใช้รูปแบบของฝนที่สอดคล้องกับลักษณะทางอุทกวิทยา หรือ (2) สมมุติเงื่อนไขการไหลจากสภาพที่เกิดขึ้นจริง พายุฝนที่เกิดตามมามีความวิกฤตมากกว่าสำหรับ PMP แต่ไม่มีความเป็นไปได้ทางอุทกนิยมนวิทยาที่จะเกิดพายุได้ฝุ่น 3 ลูก ในช่วงเวลา 10 วัน ในลุ่มน้ำน่าน การไหลพื้นฐานใช้ค่า 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ยการไหลของเดือนกันยายน และเป็นตัวแทนของเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อนที่อยู่ในสภาวะลุ่มน้ำอิ่มตัวด้วยน้ำ

I. Probable Maximum Precipitation

ฝน 240 mm ช่วงเวลา 72 ชั่วโมง แบบ non-orographic เป็นค่า PMP สำหรับการออกแบบ spillway สมมุติให้ฝนตกสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นไปตามเหตุผลประกอบดังนี้

1. ค่าที่กำหนดขึ้นนี้สอดคล้องกับข้อมูลสูงสุดจากการวัดทั่วโลกที่เป็นค่า non-orographic ในภูมิภาคเขตร้อนชื้น พิจารณาจากตำแหน่งของลุ่มน้ำและข้อจำกัดของความชื้นที่มี
2. ค่าที่กำหนดเป็นค่าสูงสุดจากการวัดและเคลื่อนย้ายในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

3. ค่าที่กำหนดใกล้เคียงกับค่าฝนสูงสุดจากวิธี maximum moisture charge พายุฝน PMP ทุกช่วงเวลา 6 ชั่วโมง ดังนี้ (สมมุติพายุฝนเกิดในเดือนกันยายน หรือปลายเดือนในฤดูมรสุม)

ช่วงเวลา (hours)	Cumulative PMP Rainfall	6-hour Incremental PMP
6	109	109
12	150	41
18	180	30
24	206	26
30	212	6
36	218	6
42	222	4
48	226	4
54	230	4
60	234	4
66	238	4
72	240	2

1. Incremental Arrangement

ข้อมูลการบันทึกพายุฝนในประเทศไทยแสดงว่าค่าฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง เกิดในช่วงกลางของพายุ พายุฝน 72 ชั่วโมงใช้ค่า 20, 206 และ 14 มม. ในแต่ละช่วงเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับลำดับทุก 6 ชั่วโมง ค่าสูงสุดเป็นอันดับสองควรวางอยู่หลังค่าสูงสุด อันดับสามเกิดขึ้นก่อน PMP ที่แนะนำสำหรับทุกเวลาที่เพิ่มขึ้นทุก 6 ชั่วโมง จัดได้ตามลำดับดังนี้

ช่วงเวลา (hours)	ปริมาณฝน PMP (มม.)
	4
12	4
18	6
24	6
30	30
36	109
42	41
48	26
54	4
60	4
66	4
72	2
รวม	240

2. Total Precipitation Values

เพื่อใช้ค่า PMP สำหรับทำการหลากน้ำท่วมและออกแบบ spillway จึงต้องนำเงื่อนไขทางอุทกวิทยาที่เกิดก่อนและหลังเหตุการณ์หลักมาพิจารณาด้วย การศึกษาการหลากของน้ำท่วมพบว่า เหตุการณ์ที่เกิดตามมามีค่าวิกฤตกว่าเหตุการณ์แรก ดังนั้นน้ำท่วมออกแบบสำหรับ spillway ควรประกอบด้วยพายุ PMP เดือนกันยายน ตามวันฝนหยุด 1 วัน และตามด้วยพายุฝนลูกที่ 2 มีขนาด 50% ของลูกแรก ผลรวมของปริมาณน้ำฝนแต่ละวันมีดังนี้

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
1	20
2	206
3	14
4	0
5	10
6	103
7	7
รวม	360

J. Rule Curve Design Storms

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ต้องกำหนด rule curve สำหรับการควบคุมน้ำท่วมโดยใช้ความจุของอ่างเก็บน้ำ ระบายน้ำส่วนเกิน ช่วงเวลาที่วิกฤตคือ เดือนตุลาคม เมื่อการไหลเริ่มลดต่ำลงหลังจากได้รับพายุรุมตะวันตกเฉียงเหนือและปริมาณความชื้นในอากาศเริ่มลดลง ถึงแม้เดือนตุลาคมเกิดพายุฝนมากเป็นอันดับสอง แต่ 80% จะเคลื่อนที่เข้าไปในแผ่นดินต่ำกว่า latitude 20 °N ทิศทางการไหลของความชื้นในลุ่มน้ำนานโดยทั่วไปจะเปลี่ยนทิศไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือช่วงปลายเดือนกันยายน มีความสูงของสิ่งกีดขวาง 1,500 m ทำให้ปริมาณน้ำฝนสูงสุดลดลง 15% ค่า dew point สูงสุดลดลงด้วยเมื่อสิ้นเดือนกันยายน และลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของ dew points แสดงในรูปที่ ก. 2.1-12

การเปลี่ยนอุณหภูมิ 1° dew point มีค่าตัดเทียบกับการลดลง 9 – 10% ของปริมาณฝนจากรูปที่ ก.2.1-12 ปรับลดลงของพายุฝนออกแบบใน 3 ช่วง (A) 22 กันยายน – 7 ตุลาคม (B) 8 – 21 ตุลาคม และ (C) 22 – 31 ตุลาคม โดยลดอุณหภูมิ dew point ลง 0.5 °C แต่ละช่วงปริมาณน้ำฝนที่ลดลงเป็นดังนี้

วันที่	PMP	A	B	C
1	20	19	19	17
2	206	197	187	179
3	14	13	12	12
4	0	0	0	0
5	10	10	9	9
6	103	98	94	89
7	7	7	6	6

ตารางที่ ก.2.1-1 World's Greatest Observed Point Rainfalls

NAN RIVER BASIN
WORLD'S GREATEST OBSERVED POINT RAINFALLS

Duration	Depth (mm)	Location	Date
1 min.	31.2	Unionville, Md.	July 4, 1956
8 min.	126.0	Fussen, Bavaria	May 25, 1920
15 min.	198.1	Plumb Point, Jamaica	May 12, 1916
20 min.	205.7	Curtea-de-Arges, Reumania	July 7, 1880
42 min.	304.8	Holt, Mo.	June 22, 1947
2 hr. 10 min.	482.6	Rockport, W. Va.	July 18, 1889
2 hr. 45 min.	558.8	D'Hamis, Texas (17 mi. NW)	May 31, 1935
4 hr. 30 min.	782.3	Smethport, Pa.	July 18, 1889
9 hr.	1,086.9	Belouve, La Reunion	Feb. 28, 1964
12 hr.	1,340.1	Belouve, La Reunion	Feb. 28-29, 1964
18 hr. 30 min.	1,688.9	Belouve, La Reunion	Feb. 28-29, 1964
24 hr.	1,870.0	Cilaos, La Reunion	Mar. 15-16, 1952
2 days	2,499.9	Cilaos, La Reunion	Mar. 15-17, 1952
3 days	3,240.0	Cilaos, La Reunion	Mar. 15-18, 1952
4 days	3,503.9	Cilaos, La Reunion	Mar. 14-18, 1952
5 days	3,854.0	Cilaos, La Reunion	Mar. 13-18, 1952
6 days	4,055.1	Cilaos, La Reunion	Mar. 13-19, 1952
7 days	4,110.0	Cilaos, La Reunion	Mar. 12-19, 1952
8 days	4,129.8	Cilaos, La Reunion	Mar. 11-19, 1952
15 days	4,796.0	Cherrapunji, India	June 24-July 8, 1931
31 days	9,300.0	Cherrapunji, India	July 1861
2 mo.	12,766.9	Cherrapunji, India	June-July 1861
3 mo.	16,368.8	Cherrapunji, India	May-July 1861
4 mo.	18,737.7	Cherrapunji, India	April-July 1861
5 mo.	20,412.0	Cherrapunji, India	April-Aug. 1861
6 mo.	22,454.5	Cherrapunji, India	April-Sep. 1861
11 mo.	22,990.1	Cherrapunji, India	Jan.-Nov. 1861
1 yr.	26,461.3	Cherrapunji, India	Aug. 1860-July 1861
2 yr.	40,768.4	Cherrapunji, India	1860-1861

ตารางที่ ก.2.1-2 Major Typhoon Rainfall, Viet Nam, 1911-1939

NAN RIVER BASIN
MAJOR TYPHOON RAINFALL, VIET NAM, 1911-1939
(Millimeters)

1.	October 1926	18	19	20	21		
	Ngou-Giap	174.1	648.9	94.8	96.5		
	Quang-Ngai	121.2	490.3	78.1	30.0		
2.	September 1927	20	21	22	23	24	25
	Campa	43.3	360.8	429.5	241.2	207.1	97.5
	Port Wallat	0	39.0	342.0	379.0	162.0	60.5
	Ke-bao	1.5	136.8	630.0	371.6	198.2	59.8
	Hon-gay	0	368.7	394.9	209.6	225.9	171.6
3.	September 1930	23	24	25	26	27	
	La-Trong	134.3	270.0	429.5	204.5	162.1	
4.	September 1931	16	17	18			
	Vinh	141	484	177			
	Ben-Thuy	130	581	191			
5.	May 1932	3	4	5			
	Arbre-Broye	1.0	536.0	0.0			
6.	October 1934*	24	25	26			
	Ha-Tinh	127	570	49			
	Tu-dung	349	643	232			
	Ky-anh	136	422	155			

*Storm was preceded on 19 and 20 October with a smaller storm with practically no rain on the 21st, 22nd and 23rd.

ตารางที่ ก.2.1-3 Nan River Basin Storm of September 1942 (in millimeters)

Rainfall Station	Date						Total Rainfall
	5	6	7	8	9	10	
Lae	-	-	-	23.0	43.5	-	66.5
Pua	-	30.0	30.0	33.0	-	-	93.0
Nan	-	51.5	8.2	11.6	-	-	71.3
Sa	-	-	25.0	15.0	13.5	10.0	63.5
Na Noi	64.0	31.2	-	3.5	5.6	-	104.3
Tha Pla	-	17.0	17.5	34.7	-	13.3	82.5
Nampat	35.0	37.0	117.0	82.0	77.0	40.0	388.0
Uttaradit	167.5	52.3	286.9	-	-	-	506.7
Therng			No Record				
Chiengkum	10.0	-	-	18.0	20.0	16.0	64.0
Pong	-	-	46.0	11.5	-	33.3	90.8
Ngao	-	-	-	-	-	-	-
Song	-	2.5	-	20.0	3.5	-	26.0
Rong-Quang	-	-	-	-	-	20.0	20.0
Phrae	39.5	-	28.3	-	48.9	-	116.7
Soong-Men	-	32.0	72.5	44.5	4.0	-	153.0
Lub-Lae			No Record				
Tron	30.0	40.0	57.5	62.0	1.5	3.0	194.0
Pichai	30.0	58.8	67.2	-	-	-	156.0

ตารางที่ ก.2.1-4 Nan River Basin Storm of August 1957 (in millimeters)

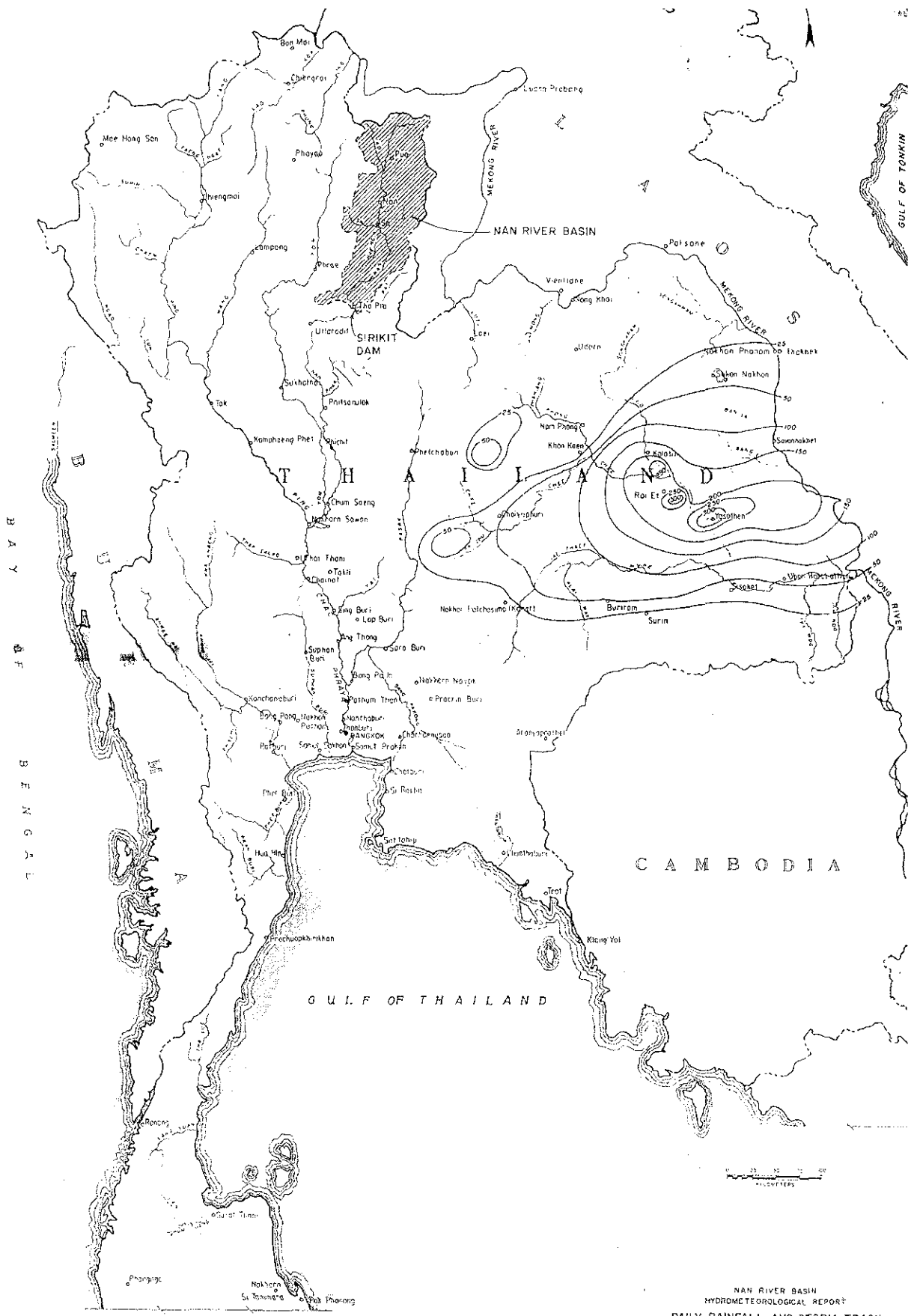
Rainfall Station	Date									Total Rainfall
	27	28	29	30	31	1	2	3	4	
Lae	31.9	46.5	6.0	43.1	50.1	70.2	27.4	43.4	-	318.6
Pua	25.7	38.5	-	105.6	154.3	-	38.2	-	-	362.3
Nan	16.2	55.6	11.2	73.5	60.5	33.2	2.6	8.8	0.2	261.8
Sa	14.9	-	55.8	43.1	68.5	12.5	-	-	-	194.8
Na Noi	22.5	16.5	7.6	33.5	28.1	10.4	10.0	10.9	13.5	153.0
Tha Pla	1.2	8.4	3.4	62.6	55.2	19.4	26.8	3.2	4.6	184.8
Nampat	-	12.1	2.5	41.5	47.5	4.1	5.7	5.2	3.1	121.7
Uttaradit	1.5	1.0	0.3	3.1	35.4	39.7	17.0	34.7	76.6	209.3
Therng	9.8	134.5	2.6	167.4	97.0	27.8	20.2	18.5	5.0	482.8
Chiengkum	24.9	85.4	-	40.1	50.2	22.7	4.6	7.9	-	235.8
Pong	55.3	-	32.0	106.5	90.3	107.3	-	27.0	28.0	446.4
Ngao	15.3	5.8	7.1	37.1	44.8	19.3	7.3	5.1	3.4	145.2
Song	1.5	18.1	9.5	65.8	45.9	42.7	-	19.3	10.2	213.0
Rong-Quang	-	26.2	-	74.3	65.7	24.8	22.3	48.5	25.2	287.0
Phrae	-	-	-	14.7	38.8	40.2	12.1	39.2	10.5	155.5
Soong-Men	3.2	-	-	-	15.6	40.0	25.1	4.5	40.0	128.4
Lub-Lae	1.6	1.8	1.2	8.3	47.5	25.3	28.5	36.3	2.7	153.2
Tron	2.7	2.8	-	3.4	39.7	23.4	17.1	43.7	12.3	145.1
Pichai	20.5	-	-	13.8	14.0	14.0	12.5	17.7	39.5	132.0

ตารางที่ ก.2.1-5 Nan River Basin Storm of September 1959 (in millimeters)

Rainfall Station	Date											Total Rainfall
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Lae	36.3	10.4	-	76.0	174.0	-	-	81.4	-	-	66.5	444.6
Pua	18.0	-	-	41.5	35.4	-	-	-	40.1	53.2	2.1	190.3
Nan	31.1	4.7	13.8	17.5	16.4	-	6.4	15.6	11.5	24.4	48.7	190.1
Sa	4.3	-	11.0	46.0	4.5	7.6	-	2.6	25.8	7.0	34.0	142.8
Na Noi	49.5	-	11.4	14.1	6.0	16.0	-	-	-	14.5	29.5	141.0
Tha Pla	83.9	29.8	25.2	14.3	5.5	2.6	9.2	18.9	3.6	16.1	13.6	222.7
Nampat	69.7	-	-	25.8	-	31.8	49.7	35.6	35.9	31.4	18.4	298.3
Uttaradit	15.7	7.3	1.9	21.0	21.0	-	-	55.0	10.7	17.4	5.3	155.3
Therng	50.7	2.9	5.0	26.1	36.4	3.2	20.3	40.3	-	-	-	185.9
Chiengkum	20.8	-	-	40.5	35.5	-	40.5	46.8	-	-	-	184.1
Pong	11.4	8.2	-	-	-	-	-	-	-	12.4	68.2	100.2
Ngao	4.3	-	23.6	34.4	8.2	18.4	5.6	26.5	6.9	6.8	14.3	149.0
Song	42.4	14.7	13.2	55.0	21.2	5.3	2.5	7.8	64.4	13.4	11.8	251.7
Rong-Quang	46.5	-	-	168.3	8.2	6.3	4.7	12.5	30.8	48.3	54.6	380.2
Phrae	20.4	35.4	16.7	14.5	3.8	8.4	18.8	33.5	25.2	13.3	12.3	202.3
Soong-Men	-	-	22.6	-	31.4	2.5	-	50.2	30.4	-	-	137.1
Lub-Lae	19.7	4.2	-	59.0	19.2	61.4	114.8	40.5	12.4	18.1	1.7	351.0
Tron	64.1	8.4	-	-	-	23.0	13.2	26.3	-	-	-	135.1
Pichai	58.7	25.0	-	-	19.8	44.1	-	8.1	5.5	10.5	-	171.7

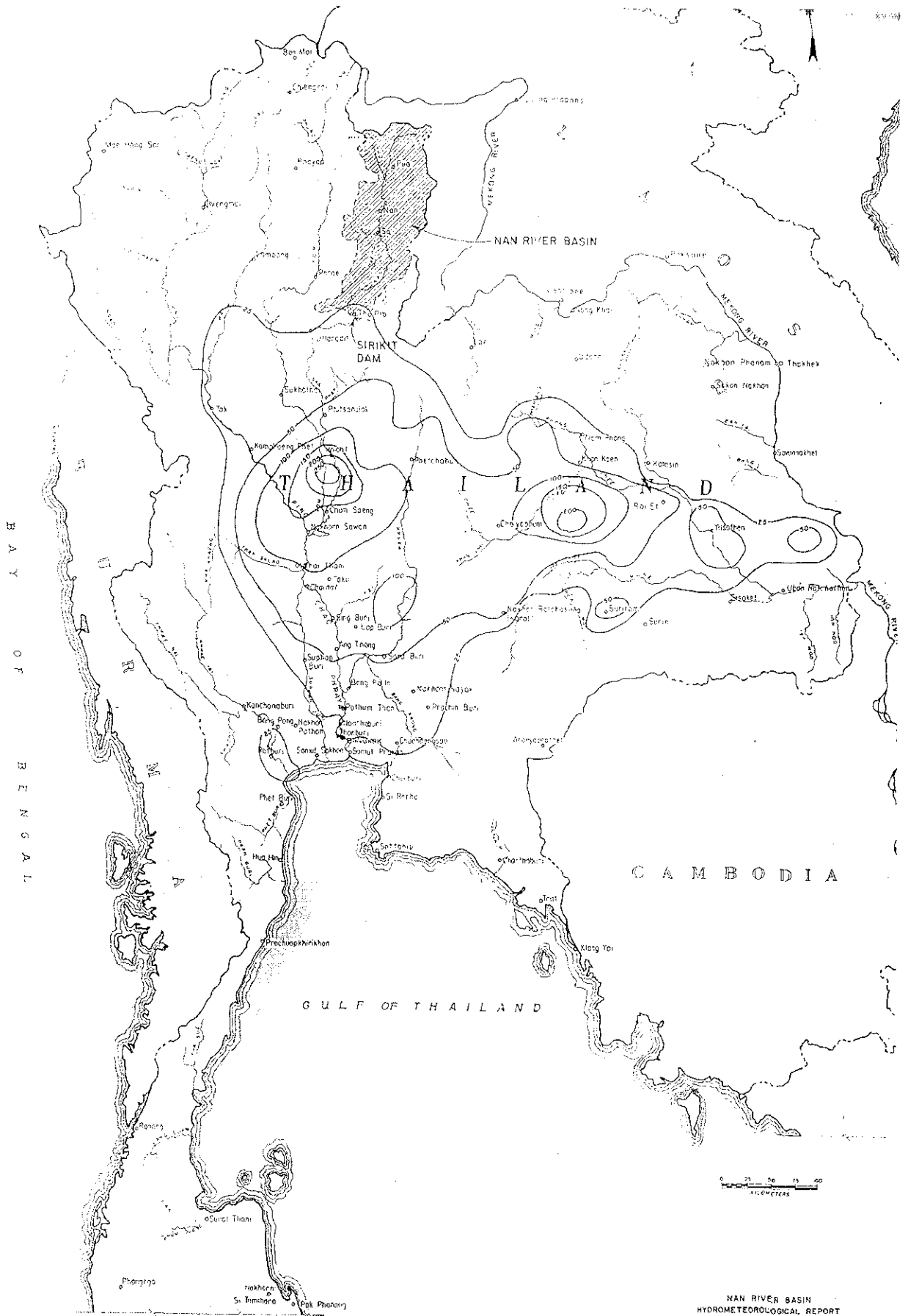
ตารางที่ ก.2.1-6 Nan River Basin Storm of September 1961 (in millimeters)

Rainfall Station	Date						Total Rainfall
	5	6	7	8	9	10	
Lae	3.7	28.6	14.9		19.0	21.9	88.1
Pua			No	Record			
Nan	24.0	30.8	73.2	50.6	21.6	61.0	261.2
Sa	2.1	44.9	67.9	33.4	17.0	15.6	180.9
Na Noi	-	-	-	-	157.8	-	157.8
Tha Pla	7.4	3.5	83.6	88.3	42.4	29.3	254.5
Nampat	4.0	14.2	28.0	65.4	64.0	51.1	226.7
Uttaradit	2.5	1.2	53.3	87.2	22.2	16.6	183.0
Therng	14.1	18.2	40.6	-	4.2	16.0	93.1
Chiengkam	6.6	29.4	24.6	8.6	22.1	-	91.3
Pong	21.4	12.3	126.5	26.8	19.4	21.3	227.7
Ngao	10.8	49.4	22.1	38.8	7.5	61.4	189.6
Song	-	-	74.9	48.2	15.4	-	138.5
Rong-Quang	35.6	82.4	58.4	18.9	32.5	40.6	268.4
Phrae	-	9.5	50.5	13.0	-	53.3	126.3
Soon-Men	10.0	3.5	37.0	25.0	11.4	10.2	97.1
Lub-Lae	3.9	0.3	59.2	94.8	24.4	24.5	207.1
Tron	-	-	153.2	138.0	-	54.7	345.9
Pichai	-	-	343.2	123.1	11.5	44.7	522.5

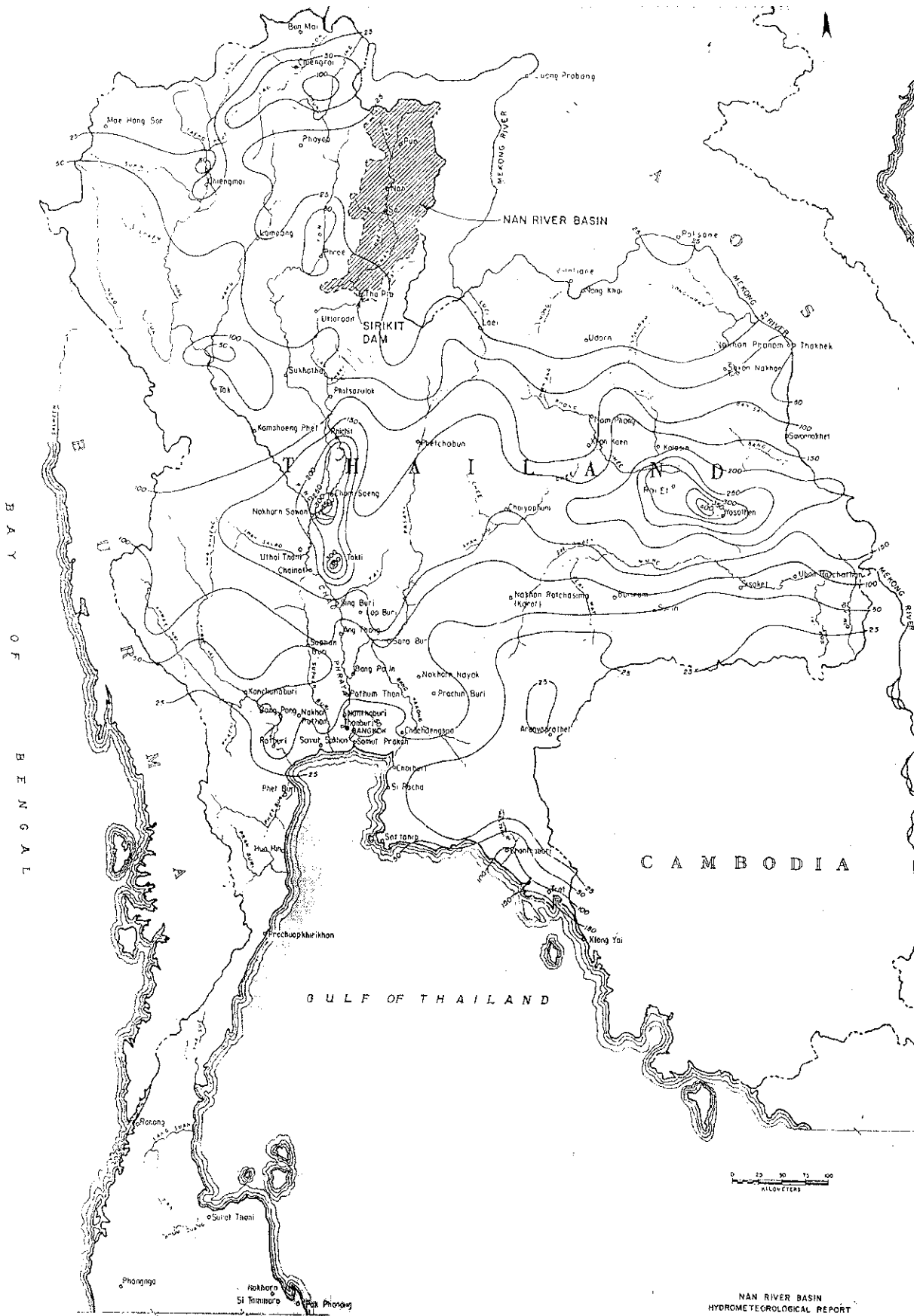


NAN RIVER BASIN
HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
DAILY RAINFALL AND STORM TRACK
SEPTEMBER 22, 1964

รูปที่ ก.2.1-1 Daily rainfall and storm track September
ก.2.1-20

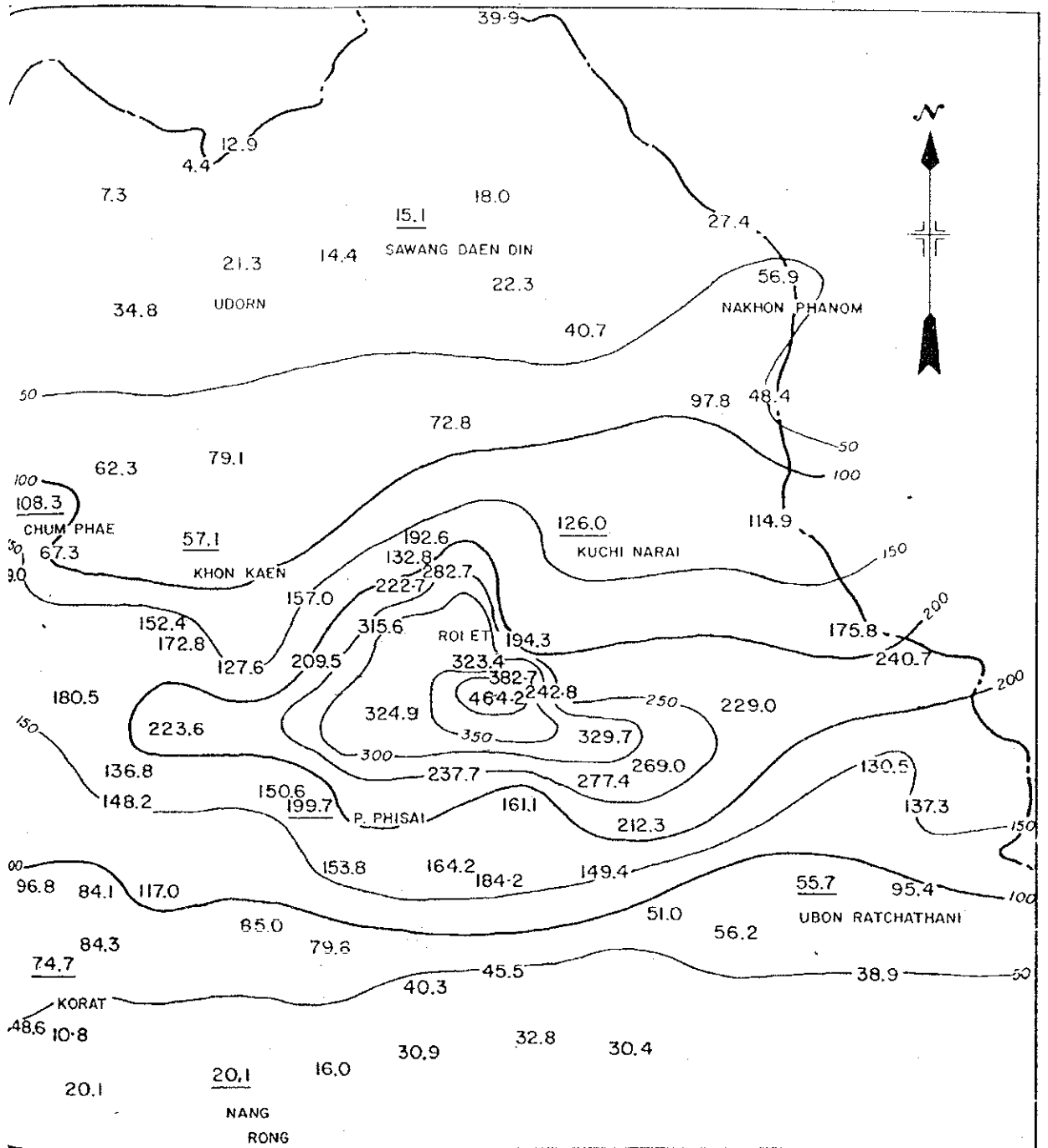


รูปที่ ก.2.1-2 Daily rainfall and storm track September 23, 1964



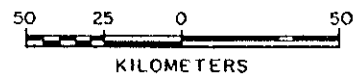
NAN RIVER BASIN
 HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
 72 HOUR ISOHYETS
 "TYPHOON TILDA"

รูปที่ ก.2.1-3 72 Hour Isohyets "Typhoon Tilda"



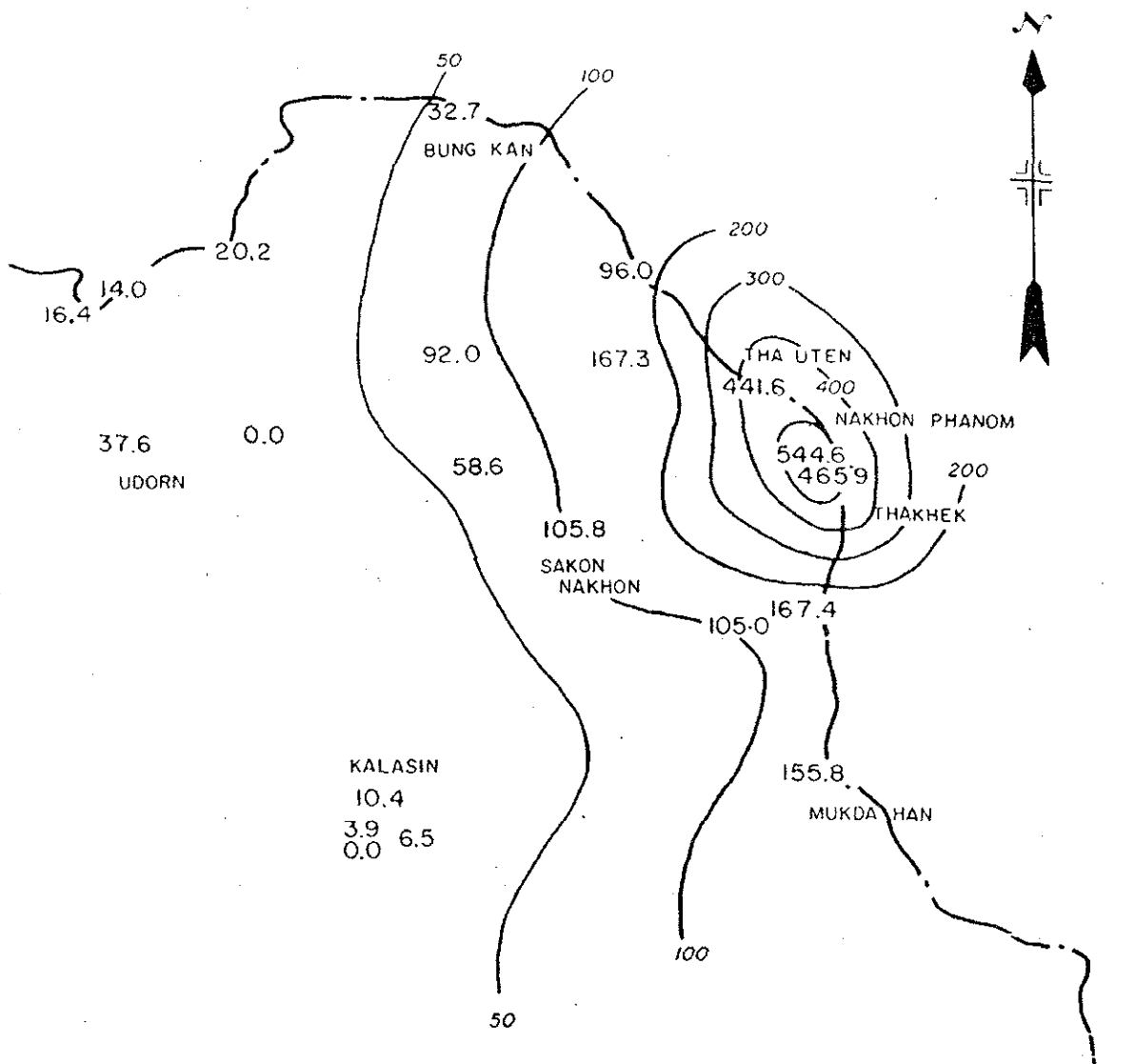
NOTES.

1. Rainfall in millimeters.
2. Recording stations are underlined.



NAN RIVER BASIN
HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
ISOHYETAL PATTERN
STORM OF SEPTEMBER 22-25, 1964
CENTERED NEAR ROI ET
TYPHOON "THI DA"

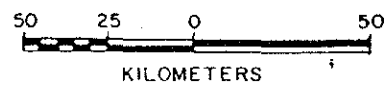
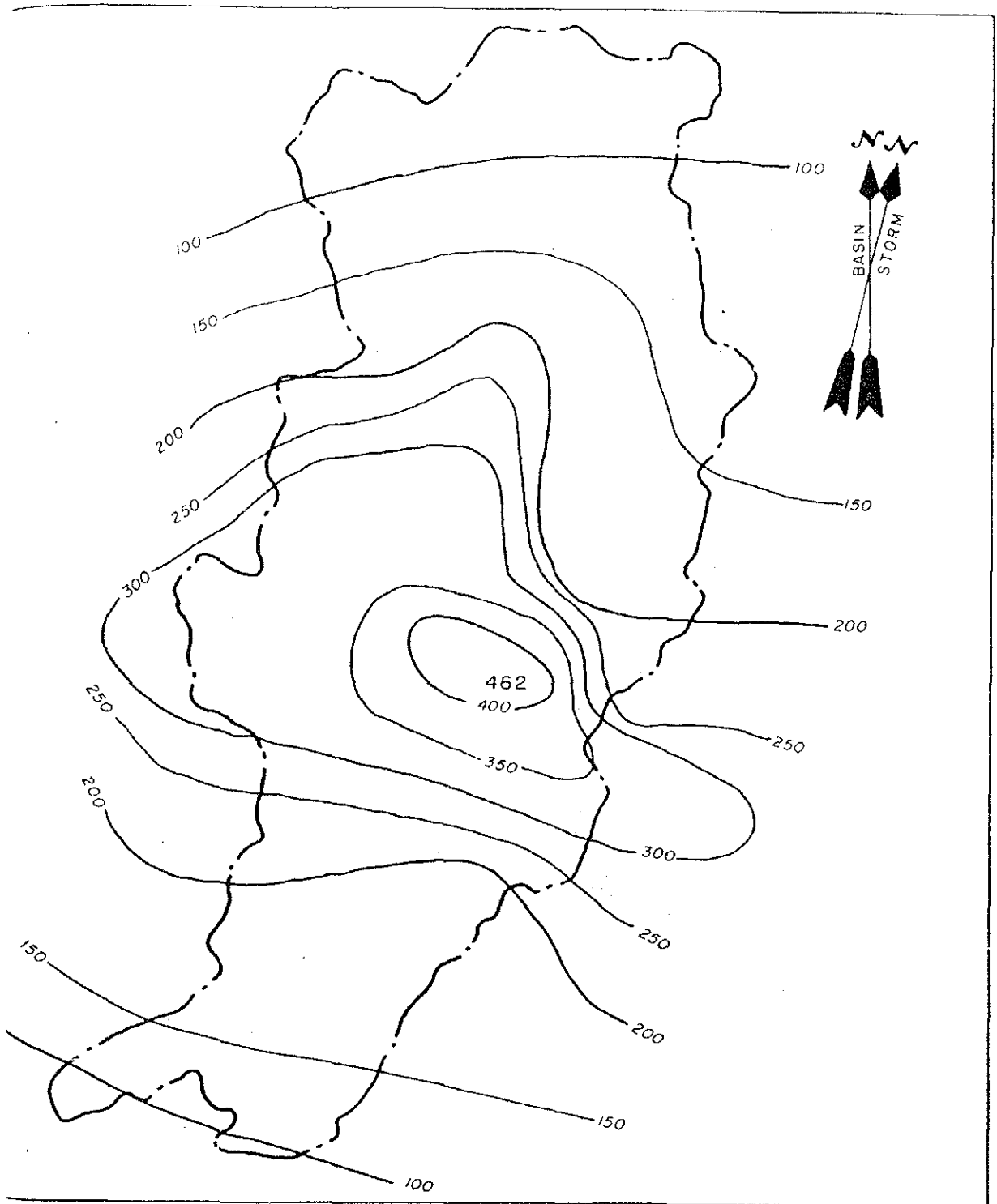
รูปที่ ก.2.1-4 Isohyetal Pattern Storm of September 22-25, 1964



NOTE
Rainfall in millimeters

NAN RIVER BASIN
 HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
ISOHYETAL PATTERN
STORM OF JUNE 16-18, 1962
 CENTERED NEAR NAKHON PHANOM

รูปที่ น.2.1-5 Isohyetal Pattern Storm of June 16-18, 1962

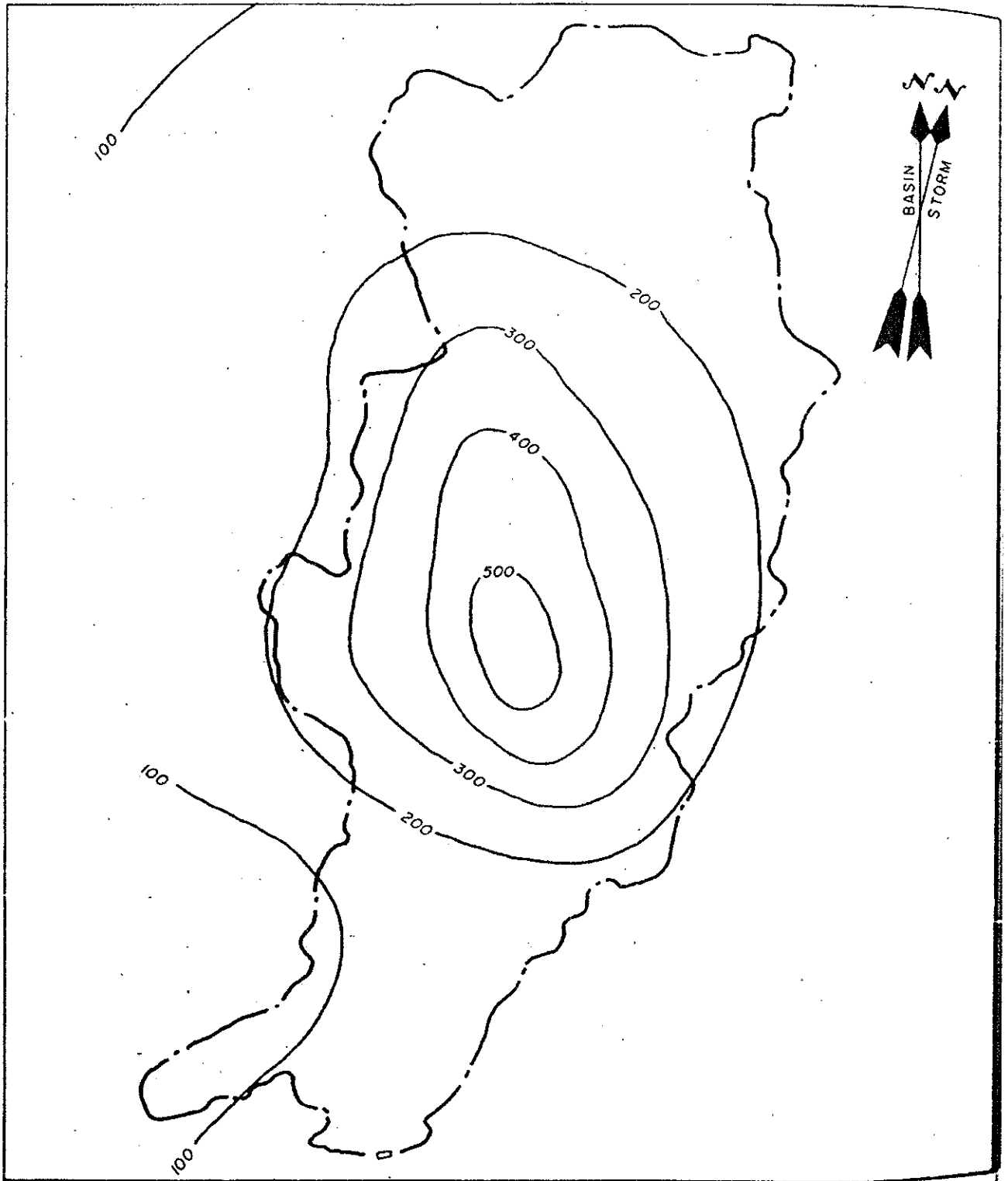


NOTE

Rainfall in millimeters

NAN RIVER BASIN
 HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
TRANSPosed STORM, SEPTEMBER 22-25, 1964
 CENTERED NFAR ROI ET

รูปที่ ก.2.1-6 Transposed Storm, September 22-25, 1964

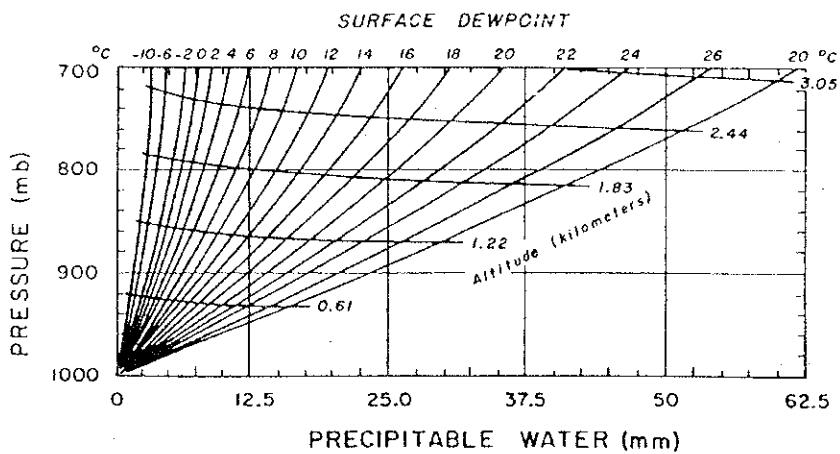
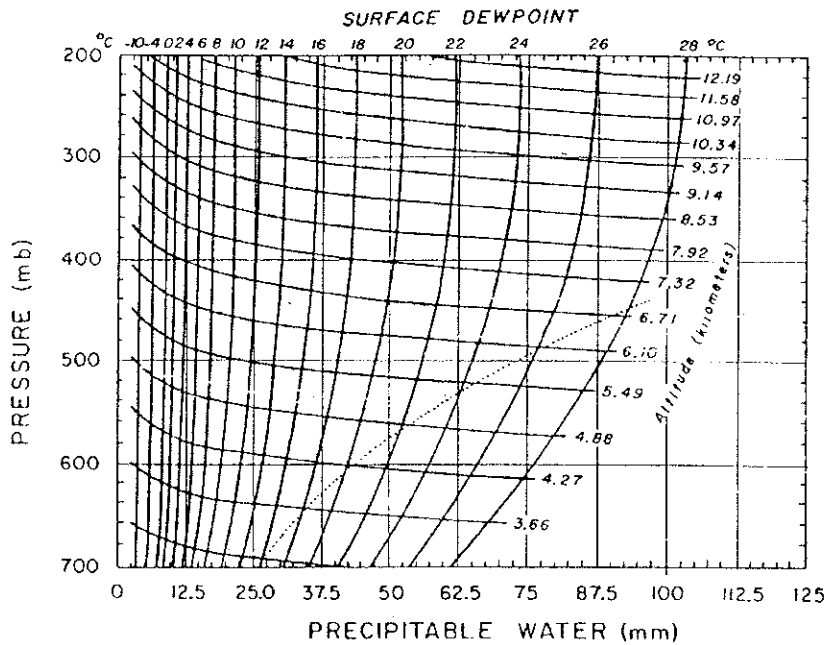


NOTE

Rainfall in millimeters

รูปที่ น.2.1-7 Transposed Storm, June 16-18, 1962

NAN RIVER BASIN
 HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
TRANSPOSED STORM, JUNE 16-18, 1962
 CENTERED NEAR NAKHON PHANOM

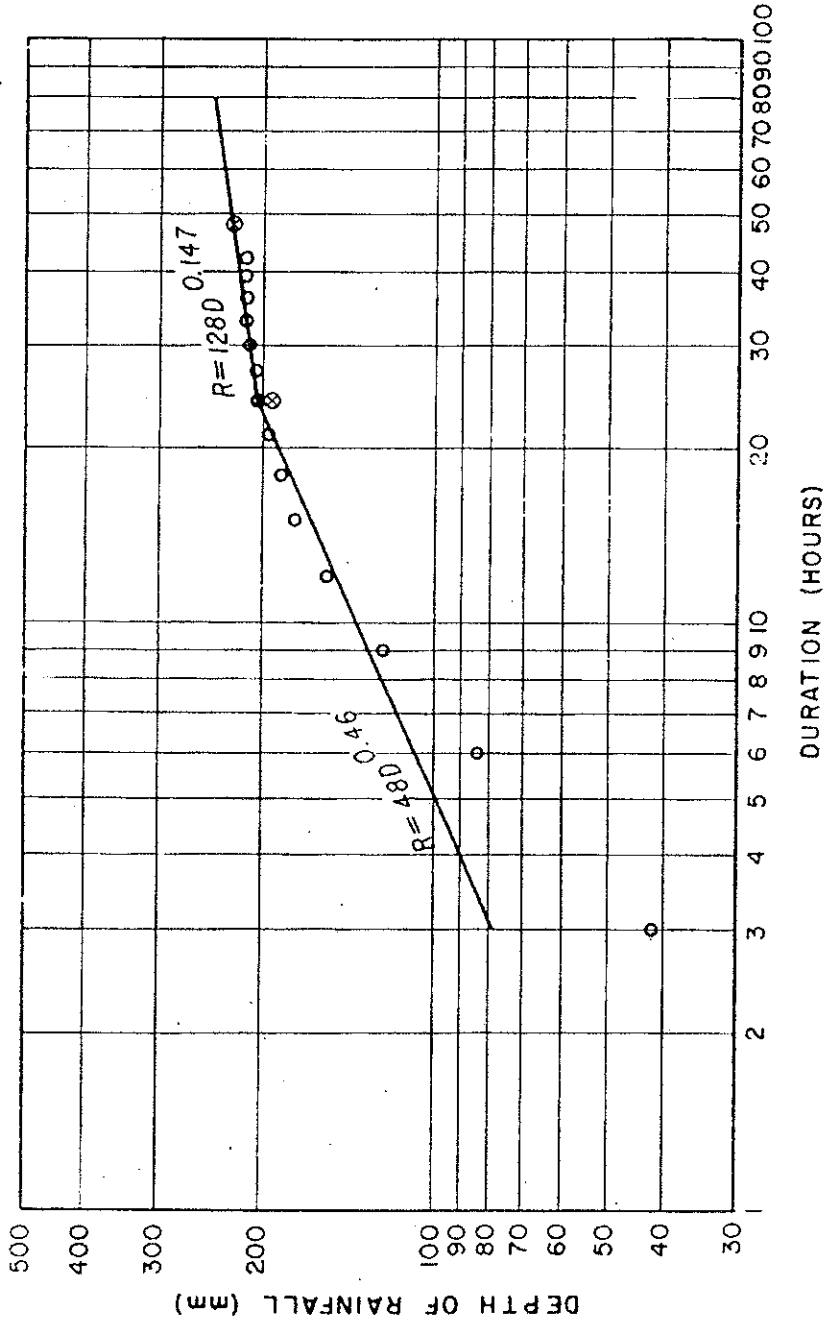


NOTES

1. Graph assumes saturation and pseudo-adiabatic lapse rate are a function of dewpoint.
2. Source: "Hydrology for Engineers" Linsley, Kohler, & Paulhus.
3. Dotted curve shows pressure at which 0 °C is obtained by lifting.

NAN RIVER BASIN
HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
**DEPTHS OF PRECIPITABLE WATER
IN A COLUMN OF AIR**

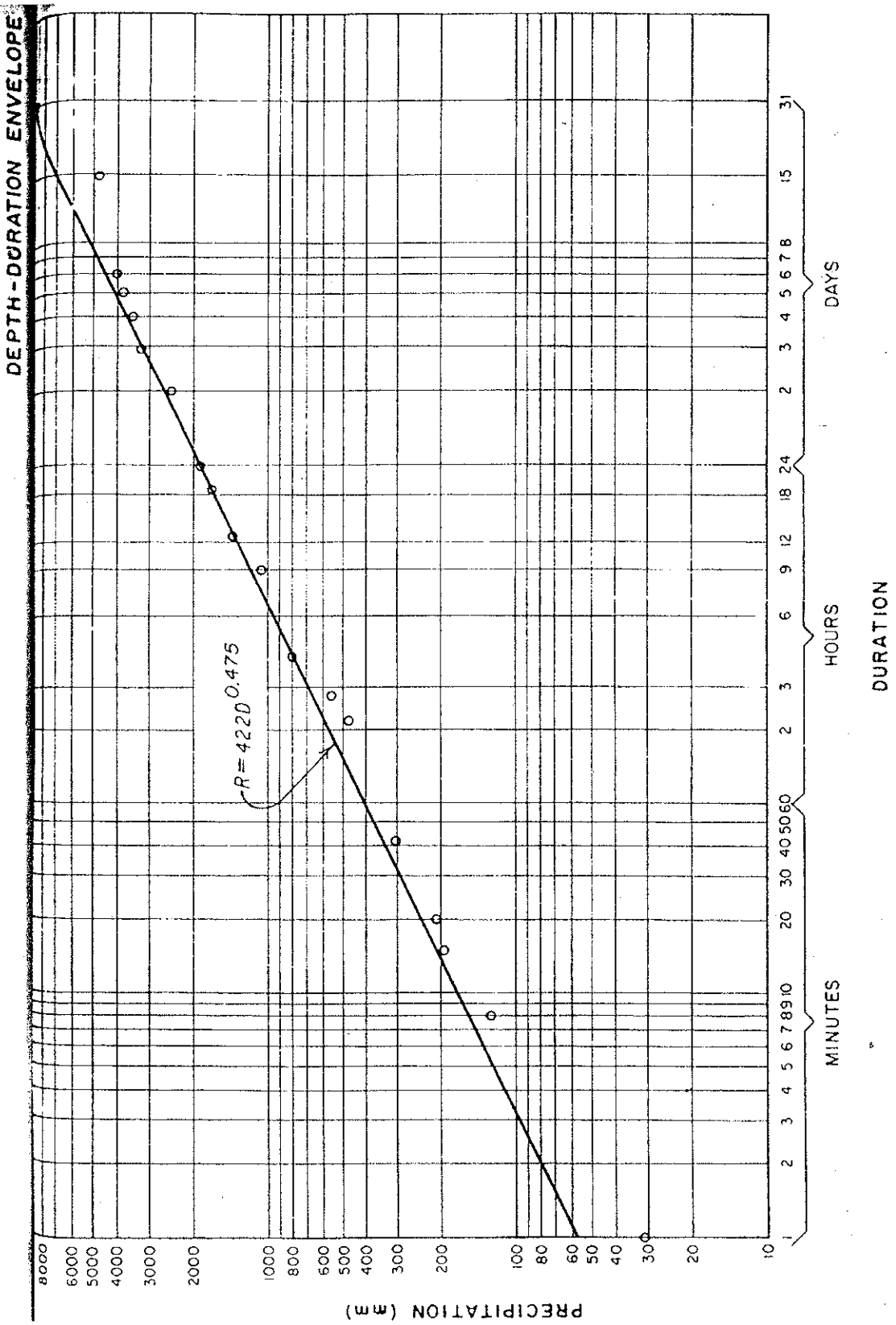
รูปที่ ๓.๒.๑-๘ Depths of Precipitable Water in a Column of Air



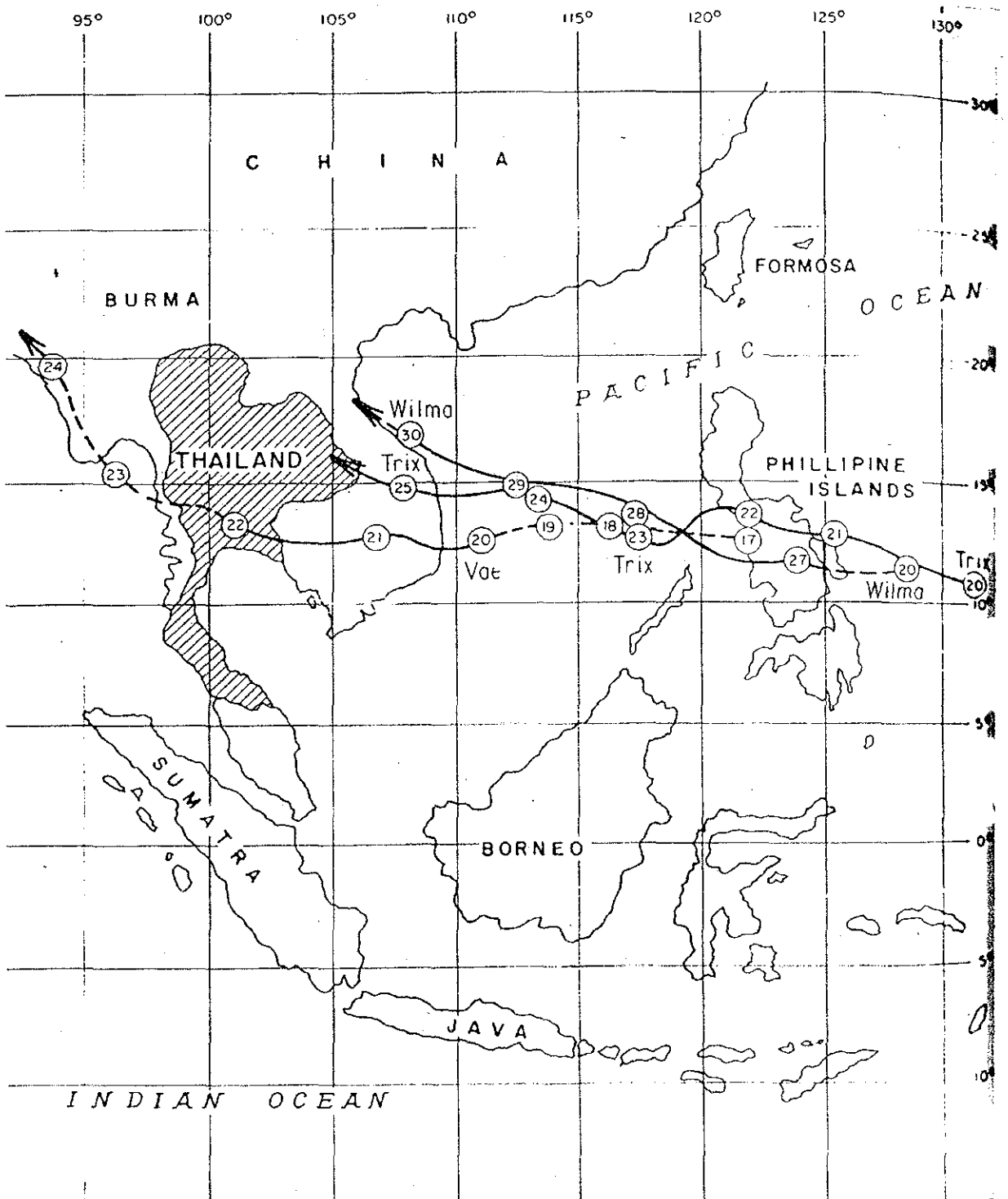
NOTES

- Transposed Storms
- Storm of Sept. 22-25, 1964
- ⊗ Storm of June 16-19, 1962

รูปที่ ก.2.1-9 Depth-Duration Envelope



รูปที่ ๒.๑-๑๐ World Rainfall Envelope

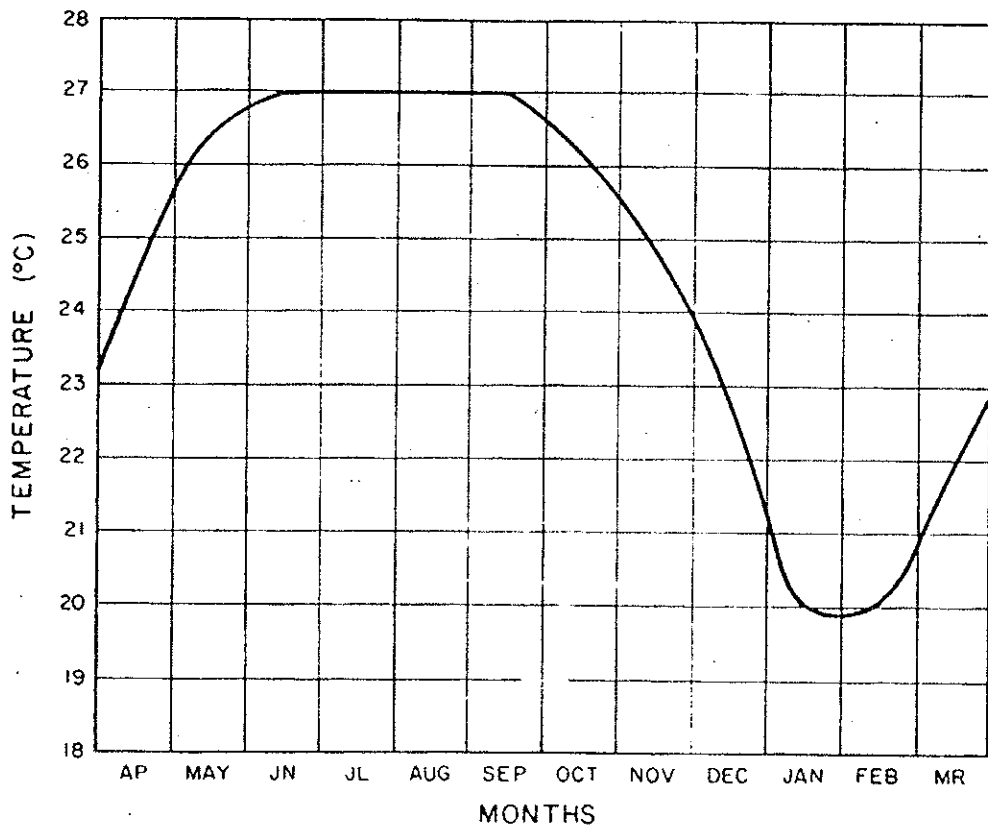


NOTE:

1. Location at 0700 Bangkok time.
2. Figures inside circle are dates.

NAN RIVER BASIN
 HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
 TYPHOON TRACKS - OCTOBER, 1952

รูปที่ ก.2.1-11 Typhoon Tracks-October, 1952



รูปที่ ก.2.1-12 Dew-Point Variation

เขื่อนสิริกิติ์

(ที่มา : ECI Engineering Consultants, INC., "Nan River Multipurpose Project :
Nan River Basin Hydrometeorological Report" prepared for
Royal Irrigation Department, September 1969.)

Probable Maximum Flood

A. เทคนิคการประมาณค่า

วิธีการในช่วงแรกในการประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดเป็นวิธีทางสถิติ ต่อกราฟของข้อมูลน้ำท่วมในอดีต ต่อมาได้มีการประยุกต์ใช้วิธีเอกชลภาพ (Unit hydrograph) พัฒนาโดย Sherman (4) ขั้นตอนพื้นฐานการพัฒนา น้ำท่วมออกแบบ ได้ถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานมากขึ้น โดยเฉพาะในหน่วยงานของรัฐในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งใช้ข้อมูลอุทกวิทยา อุทกวิทยา ทั้งหมด เพื่อประมาณค่า PMF ได้อย่างน่าเชื่อถือ

ขั้นตอนเริ่มด้วยการประมาณการสูญเสีย น้ำจากพายุฝนเพื่อให้ได้ฝนส่วนเกิน (excess rainfall) และพัฒนาเป็นเอกชลภาพซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะการไหลออกของกลุ่มน้ำ สำหรับลุ่มน้ำน่านมีพื้นที่รับน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ 13,130 ตารางกิโลเมตร จำเป็นต้องแบ่งลุ่มน้ำเป็นลุ่มน้ำย่อย เพื่อให้ได้เอกชลภาพที่น่าเชื่อถือ ฝนส่วนเกินของแต่ละลุ่มน้ำย่อยใช้ร่วมกับเอกชลภาพของแต่ละลุ่มน้ำย่อย สร้างเอกชลภาพน้ำท่วมและทำการลากไปยังอ่างเก็บน้ำ ชลภาพรวมของทั้งลุ่มน้ำได้จากการรวมการไหลของน้ำท่วมนี้

B. เอกชลภาพ (Unit hydrograph)

เอกชลภาพเป็นเครื่องมือที่ใช้ทำนายน้ำท่า หลักการพื้นฐานคือ สำหรับลุ่มน้ำใดๆ ข้อมูลการไหลออกจากพายุฝนที่ช่วงเวลาหนึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับฝนส่วนเกิน เอกชลภาพ คือ การไหลออกจากฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย คือ 1 มม.ของฝนส่วนเกิน เหนือลุ่มน้ำทั้งหมด ถ้าทราบเอกชลภาพของกลุ่มน้ำ สามารถหาค่าน้ำท่าจากฝนส่วนเกินที่ช่วงเวลาต่างๆ ได้

เอกชลภาพของกลุ่มน้ำหรือลุ่มน้ำย่อยสามารถพัฒนาได้โดยตรงจากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า หรือ โดยอ้อม โดยวิธีการวิเคราะห์ แต่วิธีโดยตรงจะดีที่สุดสำหรับลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ต้องการข้อมูลความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย แต่มีข้อมูลเพียงจุดเดียวในลุ่มน้ำน่าน จึงต้องใช้วิธีโดยอ้อม หรือวิธีการสังเคราะห์พัฒนาโดย Snyder(5) เพื่อหาเอกชลภาพของกลุ่มน้ำย่อยที่เหลือ ทั้งสองวิธีต้องการการดำเนินการทั้ง 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1. Delineation ของลุ่มน้ำย่อย
2. ฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่
3. Retention losses
4. เอกชลภาพของลุ่มน้ำย่อย
5. ลักษณะการไหลในแม่น้ำ

1. Delineation ของลุ่มน้ำย่อย

ลุ่มน้ำน่านมีขนาดใหญ่ที่ใช้การวิเคราะห์ให้ได้เอกชลภาพเพียงชุดเดียว จากความซับซ้อนของระบบระบายน้ำโครงข่ายลำน้ำขนาดใหญ่ ควรแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อย มีขนาด 2,000 -- 3,000 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งให้ลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะการระบายน้ำที่เหมือนกันเท่าที่เป็นไปได้

ลุ่มน้ำน่านแบ่งออกเป็น 5 ลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในรูปที่ ก.2.2-1

2. การหาค่าฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่

เมื่อมีสถานีวัดน้ำฝนมากกว่าหนึ่งสถานีในลุ่มน้ำ ต้องหาค่าถ่วงน้ำหนัก สำหรับคำนวณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ ทั้งนี้สถานีวัดน้ำฝนส่วนใหญ่ตั้งริมถนน ริมแม่น้ำ มากกว่าตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำย่อย

รูปที่ ก.2.2-1 มี 6 สถานีเหนือเขื่อนสิริกิติ์วางตามลำน้ำน่าน เนื่องจากสถานีอยู่ห่างกันมาก ในลุ่มน้ำ การเขียนเส้นชั้นน้ำฝนอาจไม่ได้ค่าที่ละเอียดถูกต้อง ดังนั้นจึงใช้พื้นที่ที่ครอบคลุมแต่ละสถานีตามวิธี Thiessen Polygons เป็นเส้นตั้งฉากกับเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างสถานีวัดน้ำฝน แสดงในรูปที่ ก.2.2-1 พื้นที่ครอบคลุมและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานี

ชื่อสถานี	พื้นที่ครอบคลุม (ตารางกิโลเมตร)	ค่าถ่วงน้ำหนัก
Lae	2,080	0.1586
Pua	2,740	0.2090
Nan	2,600	0.1979
Sa	1,960	0.1496
Na Noi	2,340	0.1783
Tha Pla	1,410	0.1066
รวม	13,130	1.0000

3. Retention Losses

การไหลออกผิวดินจากพายุฝนเกิดจากปริมาณน้ำฝนลบด้วย Losses ต่างๆ คือ (1) การคายระเหย (evapotranspiration) (2) การดัก (interception) และ (3) การซึม (infiltration)

การสูญเสียข้อ 1 และ 2 โดยทั่วไปมีน้อย ไม่นำมาพิจารณาระหว่างพายุฝนหนัก การสูญเสียหลักจึงมาจากการซึม การศึกษาเรื่องการสูญเสียทั้งหมดนำมารวมกันเป็นแฟกเตอร์เดียวเรียกว่า retention losses ขณะที่พายุฝนออกแบบเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน มีฝนตกหนักเป็นเวลาหลายสัปดาห์ การซึมและการดักโดยต้นไม้อุดหรือการขังที่ผิวดินจะเกิดขึ้นน้อยที่สุดแล้ว ดังนั้นด้วยเหตุผลนี้จึงไม่นำ initial losses มาพิจารณา

ความสัมพันธ์ของน้ำฝน-น้ำท่า จาก 3 เหตุการณ์ ฝนตกในอดีตในกลุ่มน้ำนำมาใช้ประมาณค่า retention losses การไหลออกทั้งหมดลบด้วยปริมาณน้ำฝนทั้งหมดได้ค่า retention loss หรือด้วยช่วงเวลาการเกิดฝนได้ค่า daily losses มีผลดังนี้

ช่วงเวลาพายุฝน	ปริมาณฝน (mm)	การไหลผิวดิน (mm)	Retention Loss (mm)	ช่วงเวลาเกิดฝน	Retention Loss (mm/d)
12 – 15 ส.ค. 1956	111.7	33.0	78.7	2	39.4
27 ส.ค. – 3 ก.ย. 1957	254.1	94.8	159.3	5	31.8
5 – 10 ก.ย. 1961	184.4	71.0	113.4	4	28.3

การหาค่า retention loss อาจไม่ย้งดังที่อธิบายมาข้างต้น เพราะน้ำฝนที่หายไปโดยการซึมลงในดินเป็นน้ำใต้ดิน อาจกลับออกมาเป็นการไหลพื้นฐานซึ่งเป็นปริมาณที่ยากที่จะประเมิน ถึงแม้จะมีข้อมูลอย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงได้ตรวจสอบกับค่าที่คำนวณได้จากลุ่มน้ำอื่นๆ

ในสหรัฐอเมริกา retention rate มีค่า 0.05 นิ้วต่อชั่วโมง (1.27 mm/hr) ถูกใช้ทั่วไปในพื้นที่ฝนตกหนักทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และพื้นที่ป่าหนาแน่นชายฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นค่าค่อนข้างต่ำได้จากการวิเคราะห์จำนวนมากแต่ใกล้เคียงกับค่า 30 mm/day USBR ใช้ค่าระหว่าง 0.1 – 0.2 นิ้ว/ชม. สำหรับพื้นที่ศึกษาเขตภูเขาทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกามีค่าสูงกว่าที่คำนวณได้

จากการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับผลการศึกษาที่ต่างๆ จึงกำหนดค่า retention พอประมาณที่ 24 mm/d สำหรับลุ่มน้ำน่าน

4. เอกชลภาพของลุ่มน้ำย่อย

ข้อมูลน้ำท่วมจากการบันทึกไม่เพียงพอสำหรับการสร้างเอกชลภาพโดยตรงสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลน้ำท่าที่มีการบันทึกไว้สำหรับลุ่มน้ำย่อยนำมาใช้สร้างเอกชลภาพสำหรับลุ่มน้ำย่อย

I เท่านั้น ต้องใช้วิธีสังเคราะห์เอกชลภาพสำหรับลุ่มน้ำย่อย II ถึง V Snyder ได้พัฒนาวิธีสร้างเอกชลภาพจากลุ่มน้ำลักษณะต่างๆ นำมาหาค่าเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด อัตราการไหลสูงสุด และช่วงเวลาของชลภาพ สมการที่พัฒนาโดย Snyder มีดังนี้

$$\text{สำหรับเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด} \quad t_p = C_t(LL_{CA})^{0.3}$$

$$\text{สำหรับอัตราการไหลสูงสุด} \quad q_p = C_p(640/t_p)$$

$$\text{สำหรับช่วงเวลาของเอกชลภาพ} \quad T = 3 + 3(t_p/24)$$

โดยที่ t_p : เวลาที่เหลื่อมจากจุดศูนย์กลางมวลของฝนส่วนเกินถึงอัตราการไหลสูงสุดของเอกชลภาพ หน่วยเป็น ชั่วโมง

T : ช่วงเวลาการไหลทั้งหมดของเอกชลภาพ หน่วยเป็น วัน

L : ความยาวของลำน้ำจากจุดที่อยู่ไกลที่สุดในลุ่มน้ำถึงทางออก หน่วยเป็น ไมล์

L_{CA} : ระยะทางตามลำน้ำหลักจากจุดที่ต้องการเอกชลภาพถึงจุด centroid ของพื้นที่ลุ่มน้ำ หน่วยเป็น ไมล์

q_p : อัตราการไหลสูงสุด หน่วย ลบ.ฟุต/วินาที/ตร. ไมล์

c_t, c_p : เป็นค่าคงที่

สมการของ Snyder ใช้หน่วยระบบอังกฤษ การศึกษานี้พารามิเตอร์ต่างๆ เริ่มคำนวณโดยใช้ระบบอังกฤษก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นหน่วยเมตริก ค่าที่มีความยากในการประมาณมากที่สุดคือสัมประสิทธิ์ c_t, c_p ซึ่งสำคัญมากในการหาค่า t_p และ q_p

น้ำเหตุการณ์น้ำท่วม 3 เหตุการณ์ในลุ่มน้ำน่าน พล็อตในกระดาษกราฟ semi-log แยกชลภาพน้ำท่วม ถึงแม้ในช่วงฝนตกทำให้เกิดน้ำท่วมโดยตรงในลุ่มน้ำแต่ยังยากที่จะหาค่าเนื่องจากเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนมีน้อย อย่างไรก็ตามยังสามารถประมาณค่าเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุดได้อย่างเพียงพอเชื่อถือได้ ผลการประมาณนี้ทำให้ได้ค่า C_t อยู่ในช่วง 1.8 – 2.2 มีค่าเฉลี่ย 2.0 คล้ายคลึงกับค่าที่ได้จาก Appalachian Mountain ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งอยู่ในช่วง 1.8 – 2.2 แต่ต่ำกว่าค่า $C_t = 8.0$ ที่ใช้ในลุ่มน้ำ Surinam River ในเขตร้อนชื้น ถึงแม้ลุ่มน้ำน่านอยู่ในป่าร้อนชื้น แต่ความลาดชันมากกว่าลุ่มน้ำ Surinam River ซึ่งความลาดชันบางที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่พบในพื้นที่ Appalachian Mountain

ข้อมูลน้ำท่วมชุดเดียวกันในลุ่มน้ำน่านนำมาวิเคราะห์หาค่า C_p พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.62 สำหรับลุ่มน้ำน่าน

ได้มีการคำนวณหาตัวแปรอื่นสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยเมื่อนำไปสร้างเอกชลภาพ แสดงในตารางที่ ก.2.2-1 มีทั้งเป็นหน่วยระบบอังกฤษ และเปลี่ยนเป็นระบบเมตริก

จากการคำนวณมิติโดยใช้ข้อมูลข้างต้นนำมาสร้างชลภาพปรับเป็นเอกชลภาพ 24 ชั่วโมง จากฝนส่วนเกิน 1 มม. สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย เอกชลภาพที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย แสดงในรูปที่ ก.2.2-2

5. การหลากน้ำท่า

สมมุติว่าเมื่อมีน้ำท่าวมไหลมาถึง ท่าปลา น้ำท่าวมนี้ไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ทันทีถึงแม้ไม่จริง ที่เดียวแต่การแปรเปลี่ยนของค่าสูงสุดของน้ำท่าวมในอ่างเก็บน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสมมุติฐาน นี้อยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่ยอมรับได้

เอกชลภาพของลุ่มน้ำย่อย I ทำการหลากถ่ายน้ำของสถานีสา น้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสา รวมกับจากพื้นที่ของ Nam Wa และ Nam Haeng ทั้งหมดหลากลงที่ท่าปลา รูปร่างของลุ่มน้ำย่อย ต่าง ๆ แสดงในรูปที่ ก.2.2-3

ขั้นตอนการหลากที่ใช้ในการศึกษานี้ปรับมาจากสมการความจุ

$$I - O = \frac{S}{t}$$

โดย I คือ ค่าเฉลี่ยน้ำท่าที่ไหลเข้า, O คือ ค่าเฉลี่ยน้ำท่าไหลออก, S คือ การเปลี่ยนแปลงความจุ และ t คือ ช่วงเวลาการทำการหลาก

สมการที่ปรับแล้วได้เป็น

$$O_2 = \left[\frac{\frac{I_1 + I_2 - O_1}{2}}{T_s + t/2} \right] t + O_1$$

โดย O_1, O_2 คือ การไหลออก ค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละช่วงเวลาการหลาก

I_1, I_2 คือ การไหลเข้า ค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละช่วงเวลาการหลาก

T_s คือ เวลาในการเดินทาง หน่วยเป็น ชม.

t คือ ช่วงเวลาการหลาก หน่วยเป็น ชม.

การหลากผ่าน 2 ช่วงของลำน้ำจาก Nan ถึง Sa และจาก Sa ถึง ท่าปลา ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ค่า T_s หาได้จากการเปรียบเทียบผลการหลากกับชลภาพที่บันทึกที่ท่าปลา

ใช้ข้อมูลพายุฝน 3 ลูก เพื่อหาค่า T_s คือ 12 – 15 สิงหาคม 2499, 27 ส.ค. – 3 ก.ย. 2500 และ 5 – 10 กันยายน 2504 ใช้ ECI's digital computer คำนวณการหลาก

ระหว่าง Nan และ Sa ใช้ 2 ช่วงของการคำนวณ ระหว่าง Sa ถึง Tha Pla ใช้ 8 ช่วง แต่ละช่วงระยะทางประมาณ 15 กม. ซึ่งยาวเพียงพอที่ไม่ต้องพิจารณาความจุเป็นลักษณะลิ่ม ระยะเวลาในการเดินทาง (T_s) ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลพายุฝน 3 ลูก ดังนี้

	ส.ค. 2499	ส.ค. – ก.ย. 2500	ก.ย. 2504
Nan to Sa	5.00 hr	5.00 hr	5.00 hr
Sa to Tha Pla	3.32 hr	3.00 hr	2.89 hr

ดังนั้นจึงใช้ค่าต่ำ 2.89 สำหรับช่วง Sa ถึง ท่าปลา

ชลภาพจากการบันทึกและการสร้างขึ้นที่ท่าปลา แสดงในรูปที่ ก.2.2-4 ของแต่ละพายุฝน แสดงความสอดคล้องกันดีของชลภาพจากทั้ง 3 พายุ

D. ชลภาพน้ำท่วมออกแบบ

สร้างได้จากการใช้ค่า PMP ลบด้วย retention losses สร้างชลภาพของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนำมาทำการหลากไปยังตำแหน่งสร้างเขื่อน โดยมีการปรับขั้นตอนการหลากดังนี้

1. การไหลพื้นฐาน

มีค่าเฉลี่ย 1,000 cms เพิ่มกับชลภาพการไหลออก เป็นค่าที่ประมาณสำหรับไหลในฤดูฝน ซึ่งเกิดขึ้นได้พร้อมกับ PMP ค่าเฉลี่ยระยะยาวของการไหลเดือนกันยายนที่ท่าปลา มีค่า 675 cms

2. การเกิดพายุฝนตามมา

มีความเป็นไปได้ที่จะพิจารณาการเกิดพายุฝนหน้าตามหลังพายุฝนออกแบบ สมมุติว่าเกิดพายุฝนมีขนาด 50% ของพายุ PMP เกิด 3 วันต่อมาดังที่ได้กล่าวไปแล้ว การไหลออกจากพายุฝนที่ตามมานี้รวมอยู่ในชลภาพน้ำท่วมออกแบบ

3. การปรับค่าระหว่างท่าปลาและที่ตั้งเขื่อน

ลุ่มน้ำน่านมีพื้นที่รับน้ำ 13,086 ตารางกิโลเมตร เหนือท่าปลาตามข้อมูลอุทกวิทยารายปีของประเทศไทย และข้อมูลน้ำรายปี 2508 แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ระหว่างท่าปลาและเขื่อนสิริกิติ์มีค่า 44 ตารางกิโลเมตร เพื่อคิดรวมพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น เอกชลภาพจึงถูกปรับค่าเพิ่มขึ้น 6%

ชลภาพของน้ำท่วมออกแบบ แสดงในรูปที่ ก.2.2-5 มีค่าการไหลสูงสุด 10,500 cms ระยะเวลา 4 วัน ปริมาตร 4,643 MCM

ตารางที่ ก.2.2-2 แสดงตัวเลขสำคัญ เช่น ฝนส่วนเกิน เอกชลภาพ ค่าคงที่การหลาก และ อัตราการไหล

E. วิธีการประมาณค่าด้วยวิธีอื่นๆ

1. Envelope Curve

โดยใช้ข้อมูลการไหลในอดีต เป็นการประมาณค่าเบื้องต้น หรือตรวจสอบความเหมาะสมของค่าที่ออกแบบ ทั้งนี้ต้องระมัดระวังการเปรียบเทียบข้อมูลในอดีตเช่นนี้ควรมาจากสภาพภูมิอากาศที่มีภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำท่วมออกแบบของกลุ่มน้ำนั้น จึงใช้ข้อมูล envelope curve จากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่างและของประเทศไทย

a. เอเชียตะวันออกเฉียงใต้

สำนักงานเลขาธิการ ECAFF ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ชุดของ envelope curve สำหรับน้ำท่วมสูงสุดสำหรับพื้นที่มรสุมในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และตะวันออกไกล กราฟถูกพัฒนาสำหรับภูมิภาคมรสุม 3 กลุ่มคือ มรสุมอินเดีย มรสุมมาลาโย และมรสุมญี่ปุ่น ภูมิภาคที่ได้รับอิทธิพลจากมรสุมญี่ปุ่นเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลจากพายุไต้ฝุ่นส่วนใหญ่ด้วย กราฟ ECAFF ในรูปที่ ก.2.2-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดต่อหน่วยและขนาดพื้นที่สำหรับประเทศไทย ลาว กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และจีนแผ่นดินใหญ่

เวียดนาม ญี่ปุ่น เกาหลี ฟิลิปปินส์ และได้หวัน ได้รับพายุไต้ฝุ่นหลายลูก ระหว่างฤดูมรสุมไม่ได้นำมารวมด้วย กัมพูชา อยู่ในเส้นทางของพายุไต้ฝุ่นด้วย ค่าการไหลสูงสุดที่บันทึกได้ในประเทศเหล่านี้จึงไม่ใช่เป็นผลจากพายุมรสุมอย่างเดียวอาจเป็นผลจากพายุไต้ฝุ่นด้วย

b. กลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง

ในปี 2509 โครงการแม่โขงได้ทำบทความเรื่อง “Indian Journal of Power and River Valley Development” เขียนโดย I.P. Kapila มีเนื้อหาแสดงชุดข้อมูล envelope curves ของกลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง ข้อมูลที่นำมาสร้างกราฟมาจาก Lower Mekong Hydrologic Year Book, 1964 สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยใช้ข้อมูลจาก 7 สถานี เป็นข้อมูล 15 ปี

กลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่างเป็นภูมิภาคที่มีลักษณะทางอุทกนิยมนิวทริกคล้ายกัน ข้อมูลระบุว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้รับฝนน้อยกว่าประเทศลาว เวียดนาม หรือกัมพูชา แต่ความเข้มฝนระหว่างพายุฝนหลักๆ มีค่าเกือบเท่ากัน ค่าการไหลสูงสุดแสดงประเทศไทยมีปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่น้อยกว่าประเทศข้างเคียง Kapila เสนอ envelope curve สำหรับกลุ่มน้ำโขงในประเทศไทย ด้วยสมการ

$$q = \frac{16}{\sqrt{A}}$$

โดยที่ q คือ หน่วย อัตราการไหล (cms) ต่อตารางกิโลเมตร

A คือ พื้นที่รับน้ำ หน่วย ตารางกิโลเมตร

สำหรับลำน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง จากประเทศต่างๆ สมการ $q = \frac{70}{\sqrt{A}}$ และ กลุ่มน้ำโขง

ทั้งหมด $q = \frac{100}{\sqrt{A}}$

น้ำท่วมออกแบบผ่าน spillway ที่เขื่อนสิริกิติ์มีค่าการไหลสูงสุด 10,500 cms จากพื้นที่ 13,130 ตารางกิโลเมตร มีค่าต่ำกว่าสมการ $q = \frac{100}{\sqrt{A}}$ แต่มากกว่าค่าที่ Kapila พัฒนาสำหรับประเทศไทย สมการเหล่านี้แสดงในรูป VII-G

c. ประเทศไทย

ลักษณะทางภูมิประเทศกำหนดให้เกิดแม่น้ำต่างๆ ในประเทศไทย กลุ่มน้ำเจ้าพระยา ทางตอนเหนือและตอนกลางของประเทศได้รับผลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้เกิดฤดูฝนยาวนาน มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ฤดูแล้ง ที่ราบสูงโคราช มีลักษณะทางภูมิอากาศ คล้ายกับทางเหนือและตอนกลางของประเทศ แม่น้ำส่วนใหญ่ในที่ราบสูงโคราชไหลลงสู่ลำน้ำโขง เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มน้ำโขงตอนล่าง

กรมชลประทานได้จัดทำ envelope curve สำหรับประเทศไทยใช้ข้อมูลล่าสุด แสดงในรูปที่ ก.2.2-7 ค่าน้ำท่วมออกแบบของเขื่อนสิริกิติ์อยู่เหนือกราฟนี้ รวมทั้งอยู่เหนือกลุ่มน้ำ

สาขาของแม่น้ำโขงเป็นไปตามสมการ $q = \frac{45}{\sqrt{A}}$ ตามวิธีของ Kapila

2. การวิเคราะห์ความถี่

เป็นวิธีสำหรับการประมาณปริมาณน้ำท่วมขั้นต้น หรือใช้ตรวจสอบโดยเฉพาะเมื่อมีข้อมูลระยะยาวของน้ำท่า ถึงแม้ไม่มีข้อมูลที่ตั้งเขื่อน ข้อมูลที่ ท่าปลา ท่าอิฐ มีความสัมพันธ์กัน มีการบันทึกปริมาณน้ำท่ารายวันถึง 30 ปี

ใช้วิธี Gumbel วิเคราะห์ความถี่ ซึ่งจะให้ค่าที่ Conservative มากกว่าวิธีอื่นๆ น้ำท่าสูงสุดรายวันของแต่ละปี นำมาจัดลำดับจากมากไปน้อย คำนวณตำแหน่งการพล็อตตามความสัมพันธ์

$$R.I = \frac{n+1}{m}$$

โดยที่ R.I. คือ recurrence interval หน่วย ปี

n คือ ลำดับการจัดอันดับ

m คือ จำนวนของเหตุการณ์

ข้อมูลน้ำท่วมสูงสุด 30 ปี ลำดับที่ ตำแหน่งการพล็อต แสดงในตารางที่ ก.2.2-3 ข้อมูลน้ำท่วมพล็อตในกระดาษ Gumbel extreme-value paper การ fit curve แสดงในรูปที่ ก.2.2-8

หากต่อกราฟ ในรูปที่ ก.2.2-8 โดยวิธีการต่อเส้นหรือวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับรอบการเกิดที่ยาวขึ้น ที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี จะได้น้ำท่วมสูงสุด 7,600 cms เปรียบเทียบกับ 10,500 cms คำนวณน้ำท่วมออกแบบของ Spillway

ถึงแม้นักอุทกวิทยาแนะนำว่าไม่ควรต่อกราฟมากกว่า 2 ถึง 3 เท่าของช่วงเวลาที่มีการบันทึกข้อมูล แต่ก็เชื่อว่าการเปรียบเทียบนี้บ่งบอกว่าคำนวณน้ำท่วมออกแบบที่ได้นี้เป็น conservative value

F. สรุป

น้ำท่วมออกแบบสำหรับทางระบายน้ำสันเขื่อนสิริกิติ์ คำนวณได้จากเอกชลภาพและเทคนิคการไหลในลำน้ำ ข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด จากลุ่มน้ำน่าน และจากที่อื่นๆ ได้ถูกนำประเมินผลเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้เปรียบเทียบกับ envelope curve จากภูมิภาคที่คล้ายกันและการวิเคราะห์ความถี่ สรุปได้ดังนี้

	PMF	ECAFF Envelope curve	Kapila's Mekong Tributary Envelope Equation	Frequency Analysis
ค่าการไหลสูงสุด (cms)	10,500	6,050	8,000	7,600
หน่วยการไหลต่อ ตร.กม. (cms)	0.80	0.46	0.61	0.58

เอกสารอ้างอิง (4)

O.E. Meinzer. "Physics of the Earth : Part IX, Hydrology", 1942.

เอกสารอ้างอิง (5)

Snyder, F.F. "Synthetic Unit Hydrographs", Trans. Am. Geophysical Union, Vol. 19, Part 1, 1938.

ตารางที่ ก.2.2-1 ตัวแปรอื่นสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยเมื่อนำไปสร้างเอกชลภาพ

TABLE VII-1
NAN RIVER BASIN
DERIVATION OF ONE-DAY UNIT HYDROGRAPH
SUMMARY OF COEFFICIENTS FOR SNYDER'S METHOD

$$C_p = 0.62$$

$$C_t = 2.0$$

English Units

Sub-basin	Area (mi ²)	L (mi)	LCA (mi)	t _{PR} (hrs)	T (days)	q _p for 1.0 inch of excess rainfall (cfs per sq mi)	Q _p for 1.0 inch of excess rainfall (cfs)
I	1780	88.0	41.4	28.91	7.0	13.73	24,453
II	734	47.8	14.9	19.74	5.0	20.10	14,526
III	871	83.9	49.1	28.91	7.0	13.73	11,766
IV	500	36.0	23.0	20.32	5.5	19.50	9,595
V	1168	86.4	42.3	28.15	7.0	14.10	16,215
	<u>5053</u>						

Metric Units

	(sq km)	(km)	(km)	(hrs)	(days)	for 1.0 mm of excess rainfall (CMS per sq km)	for 1.0 mm of excess rainfall (CMS)
I	4609	142	67	28.91	7.0	0.150	27.3
II	1902	77	24	19.74	5.0	0.220	16.20
III	2255	135	79	28.91	7.0	0.150	13.10
IV	1295	58	37	20.32	5.5	0.213	10.70
V	3025	139	68	28.15	7.0	0.154	18.07
	<u>13,086</u>						

ตารางที่ ก.2.2-2 ตัวเลขสำคัญ เช่น ฝนส่วนเกิน เอกชลภาพ ค่าคงที่การหลาก และอัตราการไหล

TABLE VII-2
NAN RIVER BASIN
DESIGN STORM HYDROGRAPH
(September 5-10, 1961 Storm Criteria)

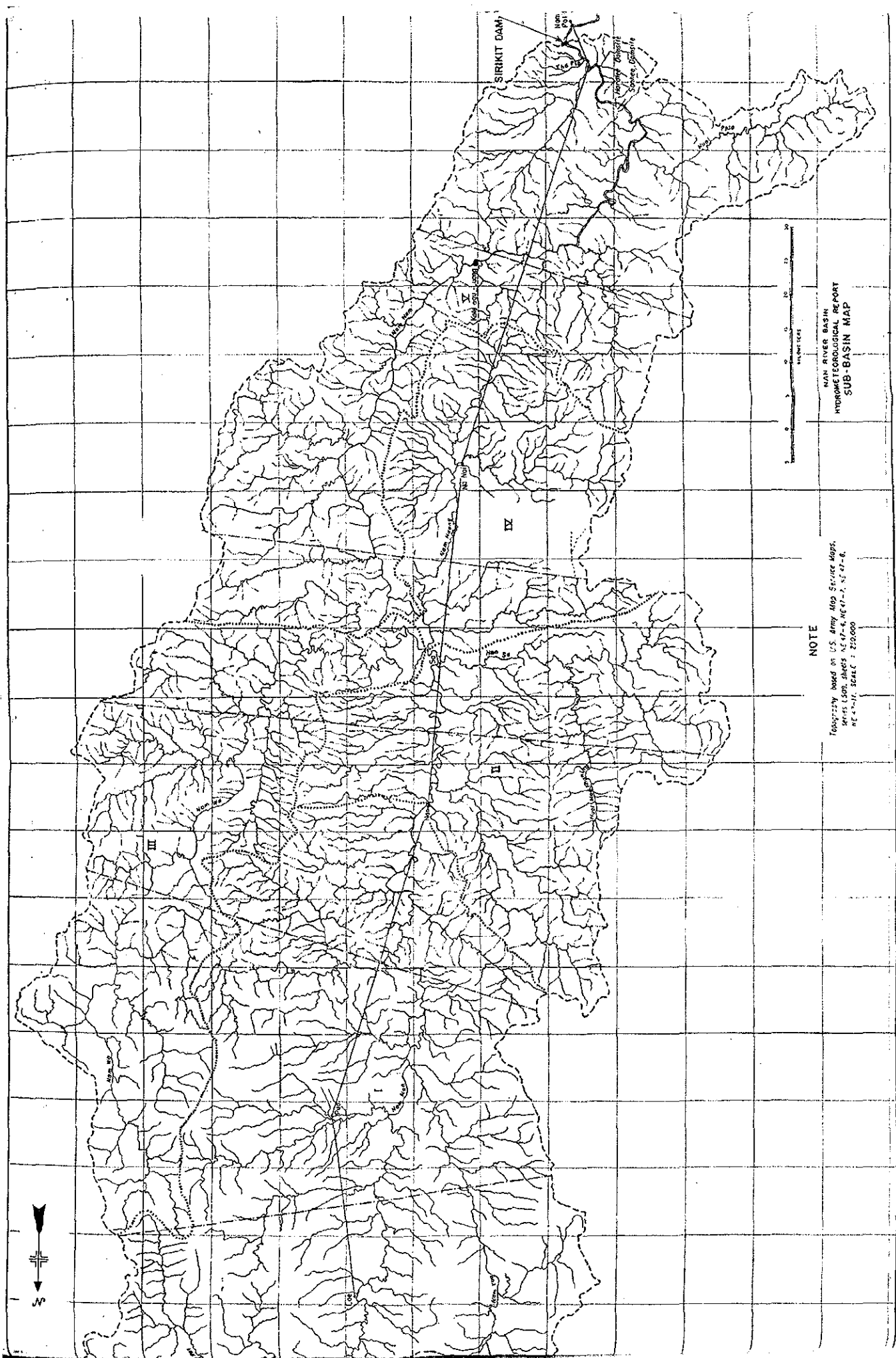
		Days													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Above Zan	Rainfall excess (mm)	0	182	0	0	0	79	0							
	Unit hydrograph	0	18.6	23.5	7.9	3.5	0								
	Runoff distribution (cms)	0	0	3385	4277	1437	637	1469	1857	624	277	0			
So Routing	Routed flow, .5 days lag (.5, .5)	0	0	2393	4429	1937	819	1199	1923	841	356	70	0		
	Rainfall excess (mm)	0	182	0	0	0	79	0							
	Unit hydrograph	0	14.0	4.6	2.1	0.9	0								
So Local Area	Runoff distribution	0	0	2548	837	382	164	1106	363	166	71	0			
	Rainfall excess (mm)	0	182	0	0	0	79	0							
	Unit hydrograph	0	11.5	8.7	3.8	1.7	0								
Nam Wa Stream Basin	Runoff distribution	0	0	2093	1583	692	309	909	687	300	134	0			
	Rainfall excess (mm)	0	182	0	0	0	79	0							
	Unit hydrograph	0	9.5	3.5	1.2	0.4	0.1	0							
Nam Hoeng Stream Basin	Runoff distribution	0	0	1729	637	218	73	769	277	95	32	8	0		
	Total surface flow	0	0	8763	7486	3229	1365	3983	3250	1402	593	78	0		
	Routed flow 1 day lag (.25, .5, .25)	0	0	2191	6253	6741	3827	2486	3145	2971	1662	667	187	20	0
Local Area	Rainfall excess (mm)	0	182	0	0	0	79	0							
	Unit hydrograph	0	20.9	10.1	3.7	1.5	0.4	0							
	Runoff distribution	0	0	3804	1838	673	273	1724	798	292	119	32	0		
At Phasom Dam Site	Total surface flow	0	0	5995	8091	7414	4100	4210	3943	3263	1781	699	187	20	0
	Base flow	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Total flow	1000	1000	6995	9091	8414	5100	5210	4943	4263	2781	1699	1187	1020	1000

ตารางที่ ก.2.2-3 ข้อมูลน้ำท่วมสูงสุด 30 ปี ลำดับที่ ตำแหน่งการพล็อต

TABLE VII-3
NAN RIVER BASIN
FLOOD FREQUENCY STUDY BY GUMBEL METHOD

Date	Annual Flood* (CMS)	Annual Floods in Descending Order (CMS)	Order No. m	Plotting Position (n + 1)/m
9/23/38	1510	4740	1	31.00
8/27/39	3390	3960	2	15.50
8/26/40	1970	3460	3	10.33
9/27/41	1780	3390	4	7.75
9/ 8/42	3290	3290	5	6.20
9/21/43	2100	3100	6	5.16
8/25/44	1330	2710	7	4.42
9/20/45	1970	2680	8	3.87
8/25/46	2130	2540	9	3.44
8/28/47	2280	2280	10	3.10
8/30/48	2220	2220	11	2.82
8/ 3/49	1380	2160	12	2.58
10/ 2/50	930	2130	13	2.38
9/ 6/51	2680	2100	14	2.21
9/11/52	4740	1970	15	2.07
8/22/53	2540	1970	16	1.94
9/20/54	1160	1813	17	1.82
9/ 2/55	2710	1780	18	1.72
8/15/56	2160	1760	19	1.63
9/ 3/57	3100	1546	20	1.55
9/ 8/58	1140	1510	21	1.48
9/16/59	1760	1395	22	1.41
9/11/60	1813	1380	23	1.35
9/10/61	3460	1330	24	1.29
7/27/62	996	1247	25	1.24
9/14/63	3960	1160	26	1.19
9/ 9/64	1247	1140	27	1.15
7/27/65	899	996	28	1.11
8/25/66	1546	930	29	1.07
9/24/67	1395	899	30	1.03

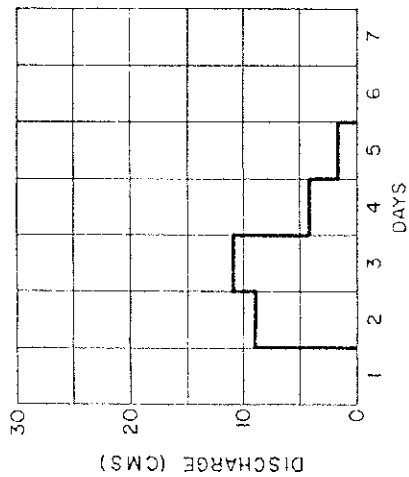
*Maximum 24-hour average, not instantaneous peak.



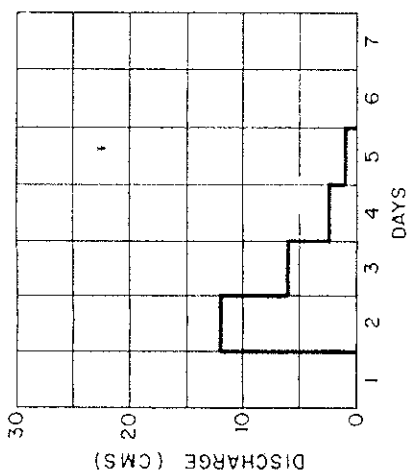
NAN RIVER BASIN
HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
SUB-BASIN MAP

NOTE
Topography based on U.S. Army Map Service Maps.
Series (Scale Sheets) 1:50,000, 1:250,000, 1:100,000, 1:50,000.
Scale: 1:250,000

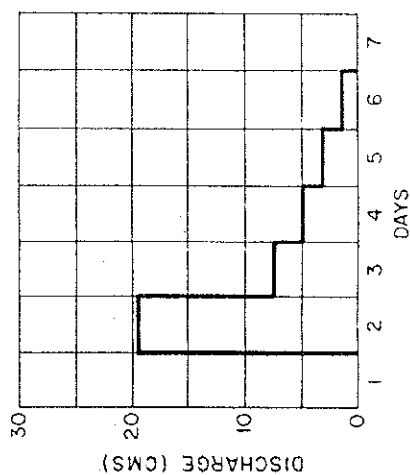
รูปที่ ก.2.2-1 ลุ่มน้ำน่านแบ่งออกเป็น 5 ลุ่มน้ำย่อย
ก.2.2-13



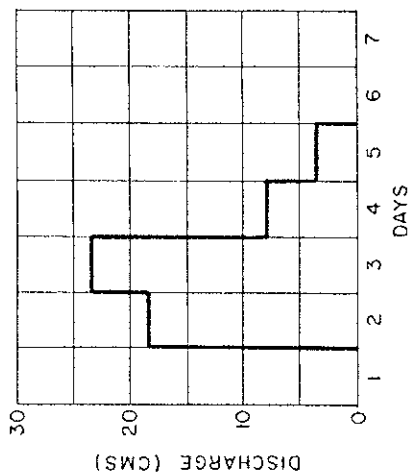
SUB-BASIN III
DRAINAGE AREA 2255 km²



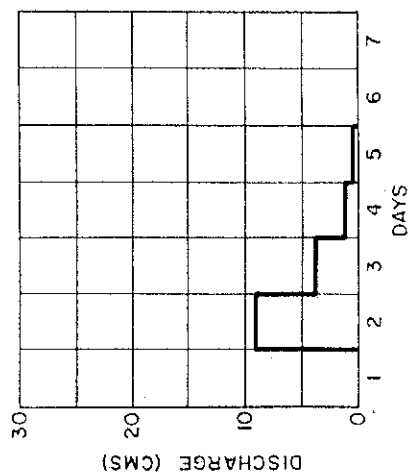
SUB-BASIN II
DRAINAGE AREA: 1902 km²



SUB-BASIN IV
DRAINAGE AREA: 3025 km²

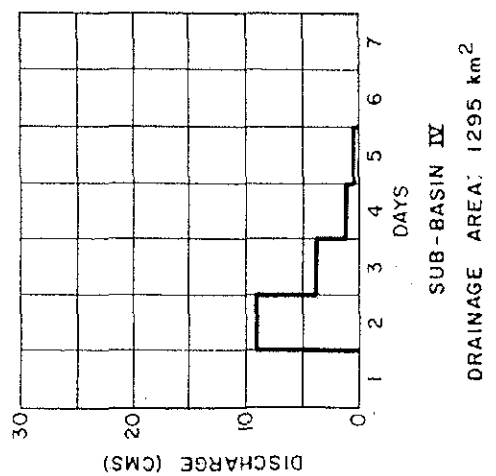
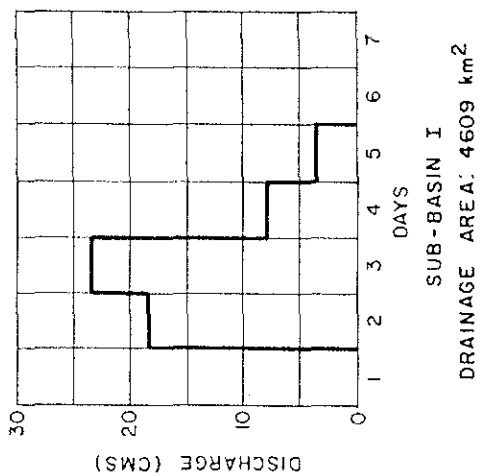
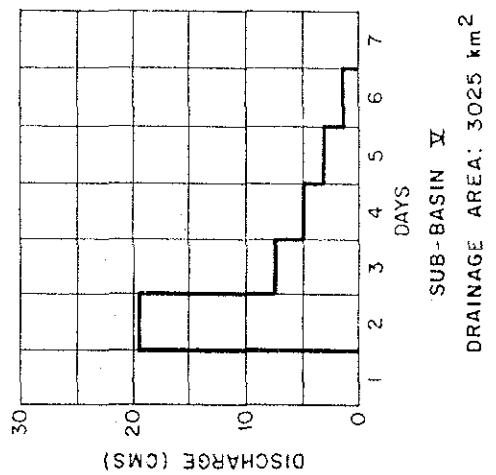
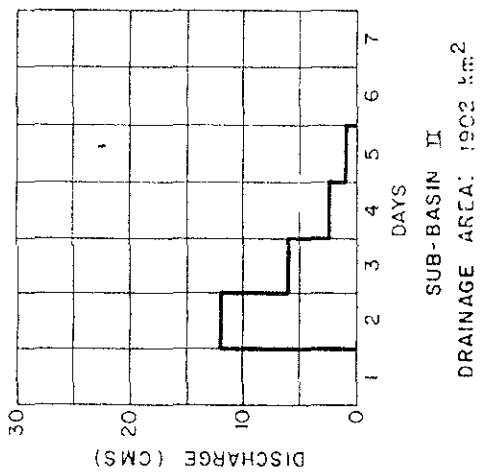
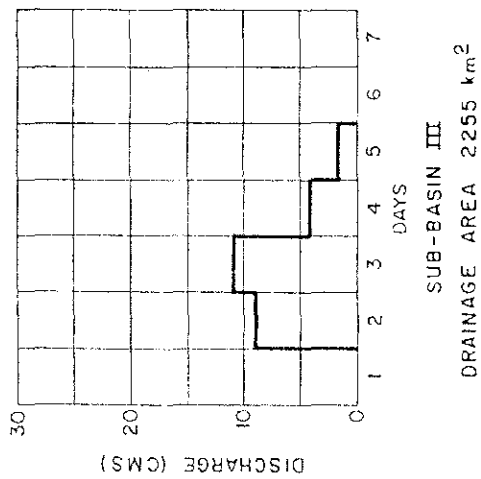


SUB-BASIN I
DRAINAGE AREA: 4609 km²

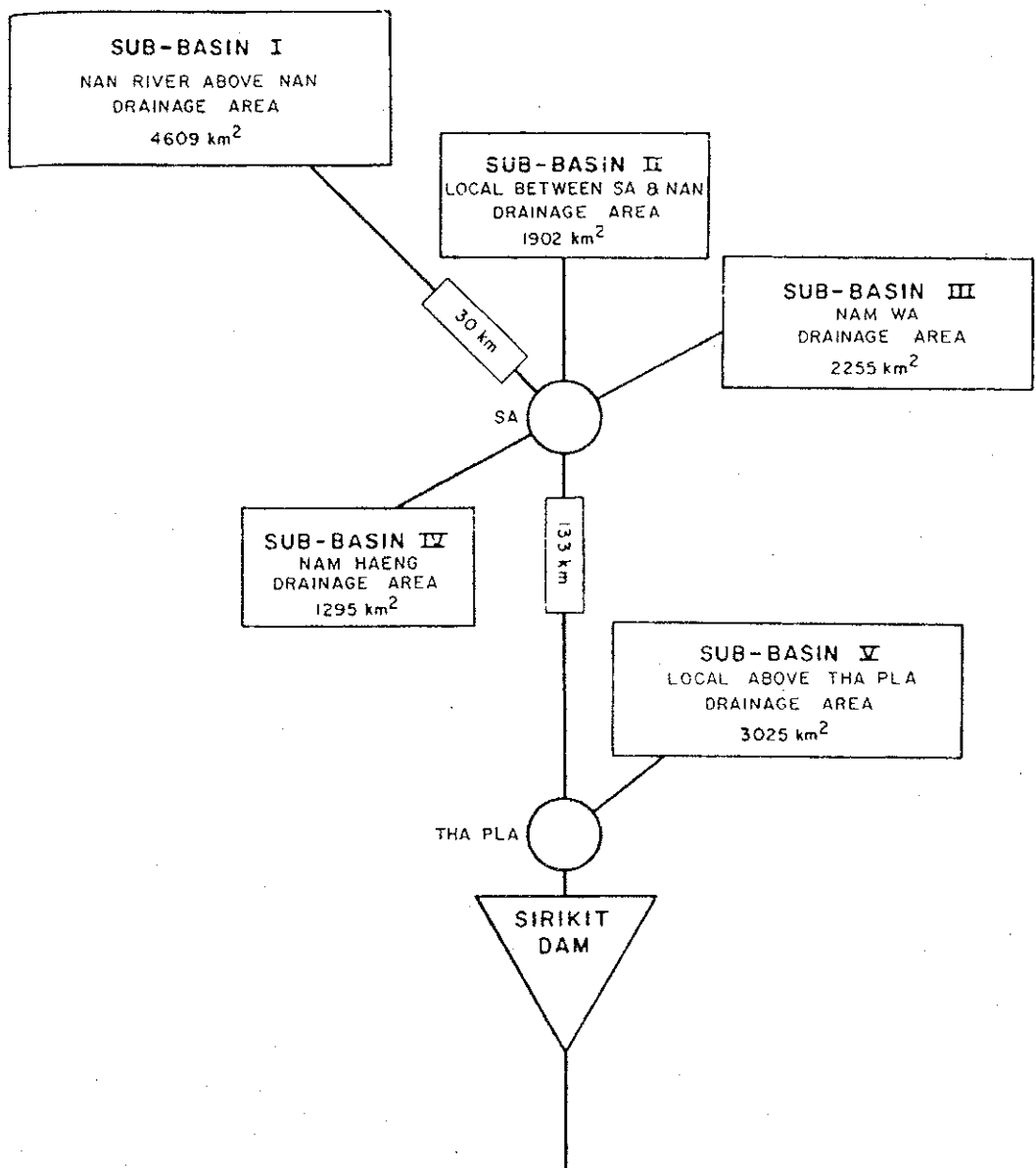


SUB-BASIN V
DRAINAGE AREA: 1295 km²

รูปที่ ก.2.2-2 เอกซกราฟที่สร้างขึ้นมาสำหรับแต่ละคู่ม

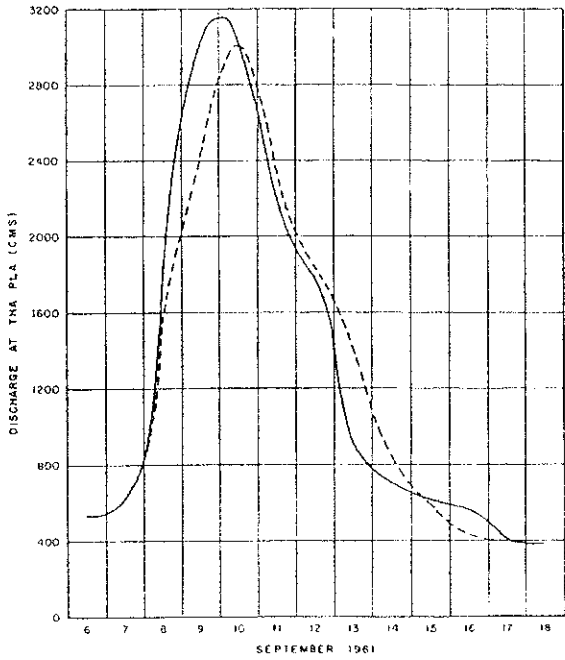
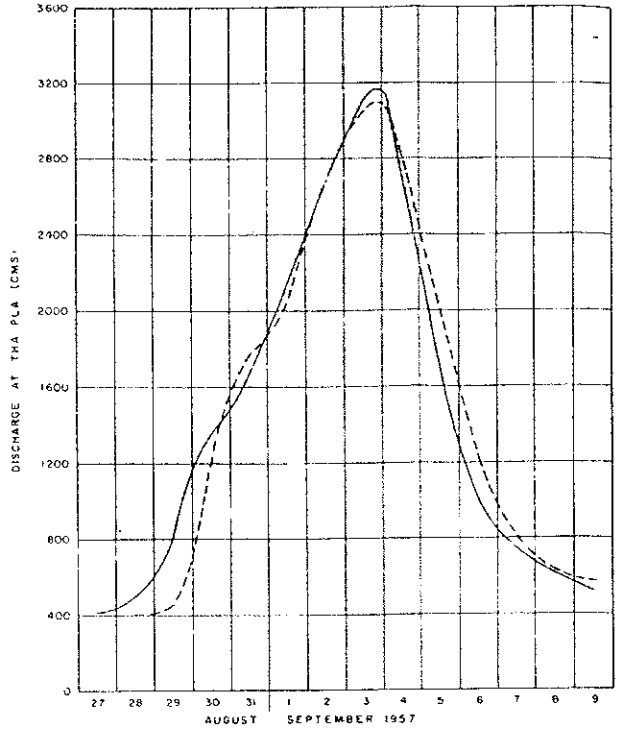
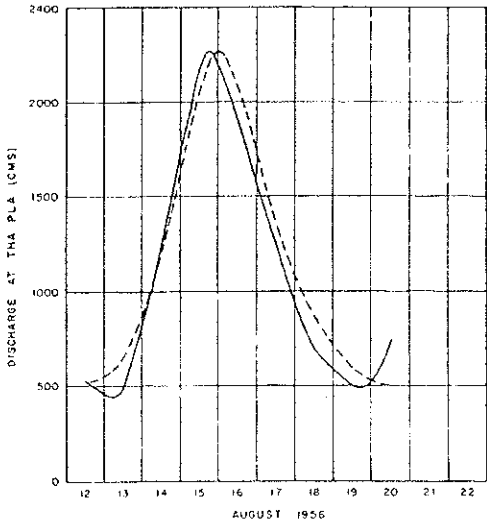


รูปที่ ก.2.2-2 เอกซพลาทที่สร้างขึ้นมาสำหรับแต่ละลุ่ม



NAN RIVER BASIN
HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
FLOOD ROUTING DIAGRAM

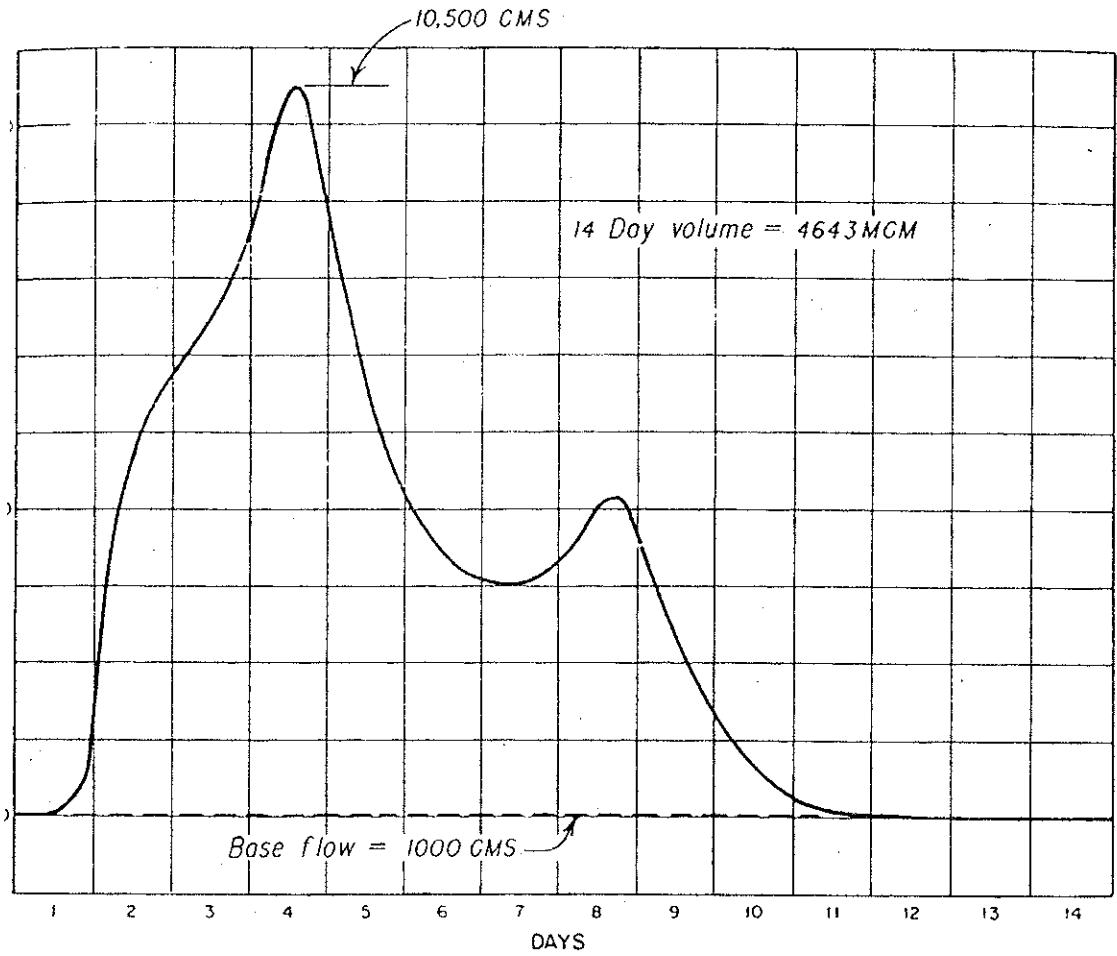
រូបភាព ៣.២.២-៣ Flood routing diagram



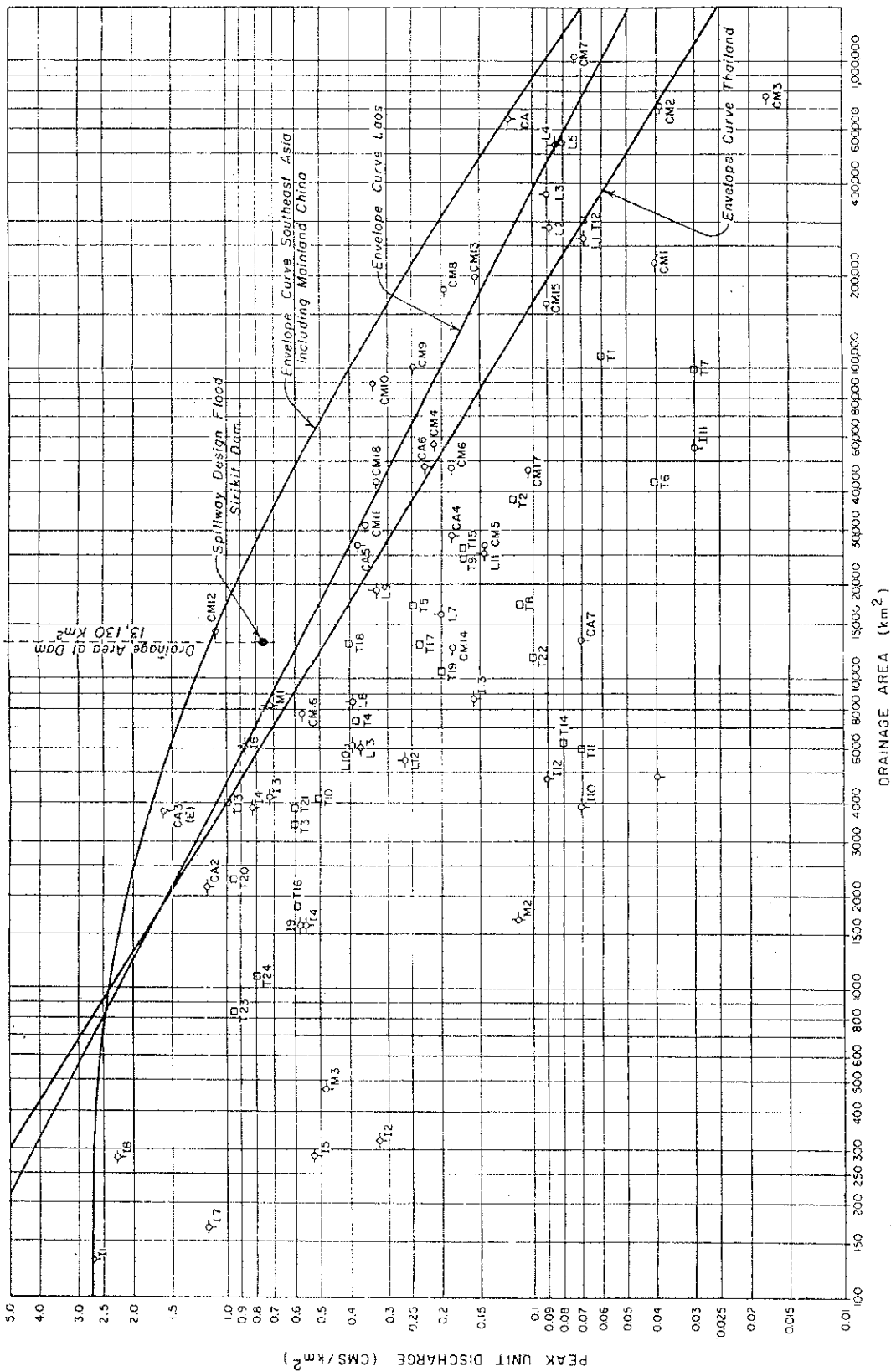
LEGEND

- Observed Flow
- - - Computed Flow

รูปที่ ก.2.2-4 ซดภาพจากการบันทึกและการสร้างขึ้นที่ท่าปลา



รูปที่ ก.2.2-5 สภาพของน้ำท่วมออกแบบ

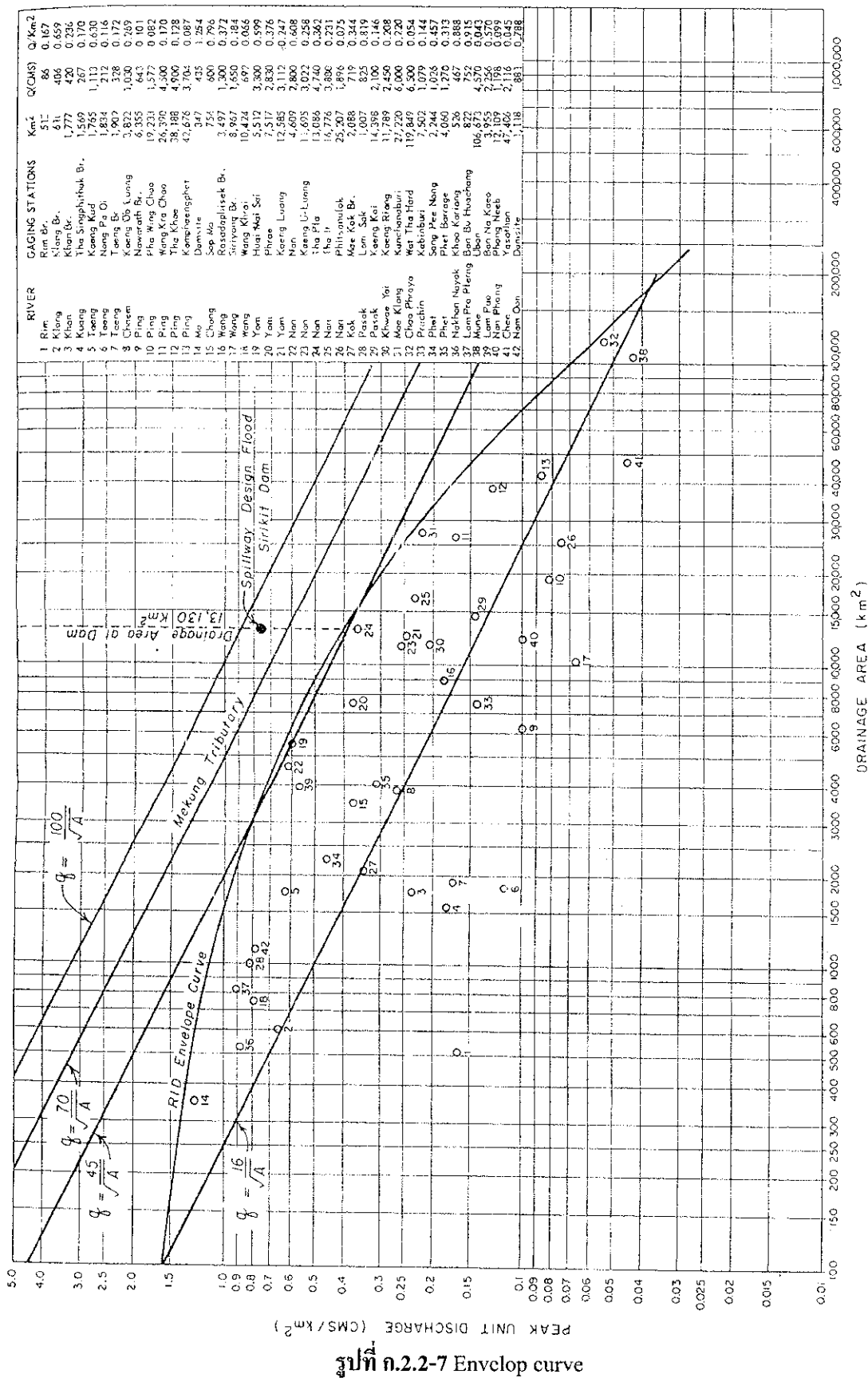


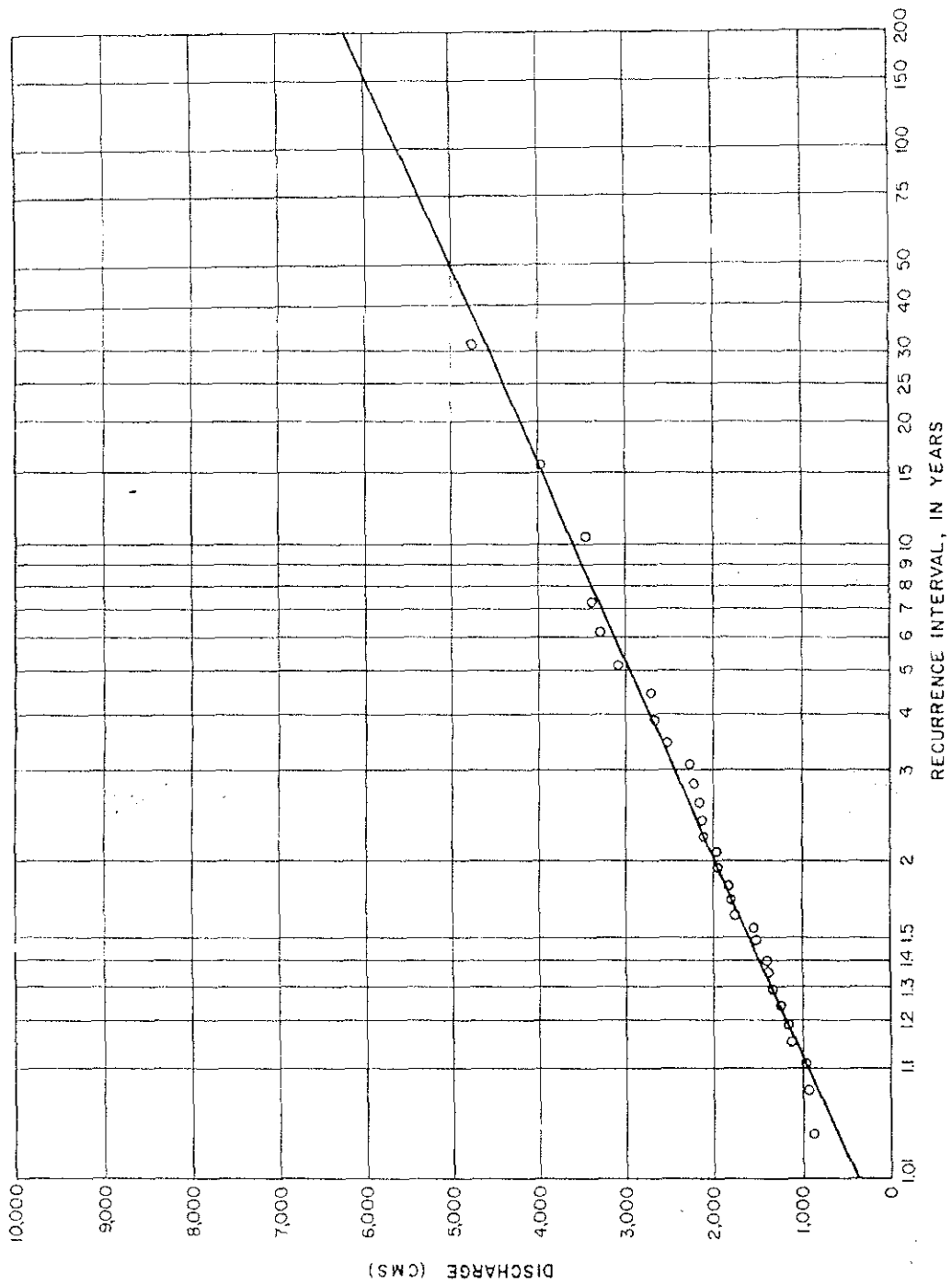
DRAINAGE AREA (km²)

- LEGEND
- ∇ CA - Cambodia
 - CM - China Mainland
 - ∇ I - Indonesia
 - ⊕ L - Laos
 - ♂ M - Malaysia

Source: United Nations Water Resource Series No. 30, 1967

รูปที่ ก.2.2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุดต่อหน่วยและขนาดพื้นที่สำหรับประเทศไทย ลาว กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และจีนแผ่นดินใหญ่





รูปที่ ก.2.2-8 การ fit curve ข้อมูลน้ำท่วมพล็อตในกระดาษ Gumbel extreme-value paper

ก.3 เชื้อนครินทร์

เขื่อนศรีนครินทร์

(ที่มา : Electric Power Development Co., Ltd. Tokyo Japan, "Feasibility Report Quae Yai No.1 Hydroelectric Project : Basic Study and Data Volume 1", March 1968.)

ที่ตั้งของเขื่อนศรีนครินทร์คือที่บ้านเจ้าแฉกร พื้นที่ลุ่มน้ำ 10,879.9 ตารางกิโลเมตร จุรูปที่ ก.

3.1-1

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าที่สถานี Kang Rieng บนแม่น้ำแควใหญ่ ห่างจากจุดที่ตั้งเขื่อนไปทางเหนือประมาณ 4 กิโลเมตร พื้นที่ลุ่มน้ำ 10,802 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2495 ตามวิธี Gumbel ผลการวิเคราะห์ความถี่ของการไหลสูงสุด แสดงในรูปที่ ก.3.1-2 และ ก.3.1-3 และในตารางดังนี้

คาบการเกิดซ้ำ (ปี)	การไหลสูงสุด (cms)	ปริมาตรน้ำท่วม (cms-วันx10 ⁶ cu.m)
20	2,700	29,000 (2,520)
50	3,300	32,700 (2,820)
100	3,700	35,800 (3,090)
200	4,100	39,000 (3,370)
1,000	5,000	46,000 (3,970)
2,000	5,400	48,900 (4,220)
5,000	5,800	52,100 (4,500)
10,000	6,300	56,000 (4,840)

การหาค่า PMP โดยวิธี Physical Method

วิธีนี้ให้ค่า PMP ที่อาจเกิดขึ้น ถ้าตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดฝนที่จุดวิกฤตพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ได้ค่า PMP

ทั่วไปนิยมใช้ dew point และ wind speed เป็นตัวแปรที่ทำให้เกิดฝน dew point คือปริมาณความชื้นที่อยู่ในแห่งอากาศแนวดิ่ง ซึ่งผลการศึกษาวิจัยพบว่า แปรผันโดยตรงกับ surface dew point (หรืออุณหภูมิกอากาศ) การประมาณปริมาณน้ำในอากาศที่มีศักยภาพกลายเป็นฝน สามารถทำได้โดยใช้ diagram ซึ่งจัดทำไว้แล้วโดย U.S. Weather Bureau การเคลื่อนที่ของลมใช้พิจารณาการเคลื่อนย้ายของอากาศที่มีความชื้นซึ่งเปลี่ยนเป็นน้ำฝน ผลของปริมาณน้ำฝนในอากาศและความเร็ว

ลมเรียกว่า “Moisture Inflow Index” ในการศึกษาการเกิดน้ำท่วมจากพายุมรสุม ค่าสูงสุด 12-hour persisting dew point และค่าสูงสุด 24 hour average wind speed จะถูกนำมาใช้ ช่วงการเกิดพายุฝน ที่ตั้งเขื่อน ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณได้ใกล้เคียงกับ 100% ดังนั้นอุณหภูมิอากาศสามารถนำมาใช้ แทน dew point ได้

สำหรับความเร็วลม ใช้ข้อมูล Upper tropospheric wind speed วัดที่กรุงเทพฯ PMP สามารถคำนวณได้ตามสูตรนี้

$$P.M.P = D.D.A. \frac{M.I.I. \text{ for P.M.P.}}{M.I.I. \text{ for H.S.}} \quad (1)$$

ซึ่ง D.D.A. = Depth Duration Area

M.I.I. for P.M.P. = Moisture Inflow Index ของ P.M.P.
 = ปริมาณน้ำฝนจากค่าสูงสุด 12-hour persisting dew point (หรือ อุณหภูมิอากาศ) x ค่าสูงสุด 24 hour average wind speed ของ P.M.P.

M.I.I. for H.S. = Moisture Inflow Index ของพายุฝนในอดีต
 = ปริมาณน้ำฝนจากค่าสูงสุด 12-hour persisting dew point (หรือ อุณหภูมิอากาศ) x ค่าสูงสุด 24 hour average wind speed ของ พายุฝนในอดีต

สำหรับแม่น้ำแควใหญ่ได้นำพายุฝนในอดีต 12 ลูก มาศึกษา ดังแสดงในตารางที่ ก.3.1-1 ช่วงเวลาพายุฝนที่ใช้คือ 30 วัน สำหรับชลภาพที่สถานี Kang Rieng ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่หาได้โดยวิธี Thiessen Method ดังแสดงในรูปที่ ก.3.1-4 ใช้ข้อมูลจากสถานีอุ้มผาง, Ban Na Suan, ศรีสวัสดิ์ และ Kang Rieng มากำหนด Depth Duration Area ในสมการที่ (1) แสดงผลในตารางที่ ก.3.1-1 คอลัมภ์ที่ (1) surface flow แสดงในคอลัมภ์ที่ (2) ของตารางที่ ก.3.1-1 เป็นการไหลต่ำสุดของชลภาพ

การเปลี่ยนฝนทั้งหมดเป็นการไหลออกใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง total rainfall และ surface flow ของการเกิดน้ำท่วมในอดีต ผลแสดงในรูปที่ ก.3.1-5 และเป็นตามสมการนี้

$$Q = 0.549R - 94.4 \quad (2)$$

ซึ่ง Q = Surface flow (mm)

$R = \text{Total rainfall (mm)}$

สมการที่ (2) แสดงให้เห็นว่าหากฝนทั้งหมดต่ำกว่า 172 mm จะไม่เกิดการไหลออกหากเกิน 172 mm จะเกิดการไหลออก มีค่าสัมประสิทธิ์การไหล 0.549 คอลัมน์ (3) ของตารางที่ ก.3.1-1 แสดง Peak flow คือ maximum daily average flow ของพายุฝนที่ Kang Rieng

เนื่องจากการอ่านค่า staff gage อ่าน 5 ครั้งต่อวัน พิสูจน์ว่าค่าที่อ่านได้แตกต่างกันไม่มาก ระหว่างค่าเฉลี่ยรายวันและค่าสูงสุด ดังนั้น peak flow จึงใช้ค่าเฉลี่ยรายวัน

ตารางที่ ก.3.1-1 คอลัมน์ (5) คือค่า 12-hour persisting temperature ระหว่างการเกิดพายุฝน เป็นข้อมูลแต่ละวันจากข้อมูลทุก 3 ชั่วโมงที่ จ.กาญจนบุรี การเปลี่ยนอุณหภูมิที่ จ.กาญจนบุรีไปที่ ระดับน้ำทะเล (1000 mb) ใช้ Saturated Adiabatic Laps rate (อุณหภูมิลดลง 0.6°C ทุก 100 m.) ดู ตารางที่ ก.3.1-2

เนื่องจากการระดับความสูงของ จ.กาญจนบุรี ประมาณ 30 เมตร การเพิ่มของอุณหภูมิจึง ประมาณ 0.2°C ดูคอลัมน์ที่ (6) ของตารางที่ ก.3.1-1

ปริมาณน้ำฝนตามศักยภาพในคอลัมน์ที่ (7) มาจากการใช้ข้อมูลอุณหภูมิเปลี่ยนเป็นฝนตาม รูปที่ ก.3.1-6 โดยสมมติความสูงกั้นขวาง (barrier height) ของพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 400 m เหนือ ระดับน้ำทะเล

ความเร็วลมบนแสดงในคอลัมน์ที่ (8) ของตารางที่ ก.3.1-1 ได้จากข้อมูล upper tropospheric wind speed บันทึกข้อมูลโดย radiosonde เหนือกรุงเทพฯ เนื่องพายุฝนที่ทำให้เกิด น้ำท่วมมีช่วงเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลความเร็วลมบน 1 สัปดาห์ ในช่วงเกิดน้ำท่วมเช่นกัน ความเร็วลมที่ผิวดินที่กรุงเทพฯ นำมาพิจารณาคือ พบว่า tropospheric wind data เป็น ค่าที่เพิ่มขึ้นจากความเร็วลมที่พื้นผิว ดูรูปที่ ก.3.1-7

คอลัมน์ (9) แสดง moisture inflow index ของพายุฝนในอดีตเป็นผลจากปริมาณน้ำฝนใน คอลัมน์ (7) คูณกับค่าเฉลี่ยความเร็วลมใน คอลัมน์ที่ (8)

คอลัมน์ (10) ค่าสูงสุดของ moisture inflow index ประมาณมีค่า 1,300 เกิดขึ้นในเดือน สิงหาคม ดังแสดงในรูปที่ ก.3.1-8

คอลัมน์ (11) maximizing factor มีค่าเท่ากับ คอลัมน์ (10) หารด้วย คอลัมน์ (9)

คอลัมน์ (12-1) ฝนทั้งหมดของ PMP เป็นผลลัพธ์จาก คอลัมน์ (1) คูณกับคอลัมน์ (11)

คอลัมน์ (12-2) การไหลผิวดินจาก PMP ได้จาก (12-1) แทนในสมการที่ (2) หรือรูปที่ ก. 3.1-5

คอลัมน์ (12-3) ปริมาตรการไหลออกสำหรับ PMF ได้จากการเพิ่มการไหลพื้นฐาน (300 cms x 30 วัน = 9,000 cms-วัน) ให้กับ คอลัมน์ (12-2) คือการไหลผิวดิน การไหลพื้นฐานสำหรับ PMF สมมติโดยการประมาณค่าการไหลพื้นฐานสูงสุดในอดีต มีค่า 290 cms แสดงในคอลัมน์ (4) ของตารางที่ ก.3.1-1

คอลัมภ์ (12-4) การไหลสูงสุด (PMF) ได้จากการคูณปริมาตรการไหลออกทั้งหมด คอลัมภ์ (12-3) ด้วย 11.6% ซึ่งเป็นอัตราส่วนการไหลสูงสุดต่อการไหลผิวดิน หาได้จากสภาพดังนี้ สภาพของการเกิดน้ำท่วมจากพายุฝน 12 ลูก แสดงในตารางที่ ก.3.1-3 รูปที่ ก.3.1-9 แสดงสภาพของการเกิดน้ำท่วม 4 ครั้ง ที่เกิดทั่วไปในอดีต เส้นกราฟที่ปรับใช้เป็น maximum probable flood flow จากผลทั้งหมดทำให้ประมาณค่า PMF และ ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดได้ดังนี้

Probable Maximum Flood 6,000 cms

Probable Maximum Flood Volume 57,000 cms-day ($4,920 \times 10^6$ cu.m)

Peak Flow และ Flood Volume ที่ return period 10,000 ปี ประมาณทางสถิติได้ 6,300 cms และ 56,000 cms-day ($4,840 \times 10^6$ cu.m) ตามลำดับ ข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีความสอดคล้องกัน

เนื่องจากขนาดลุ่มน้ำของจุดตั้งเขื่อนศรีนครินทร์ใกล้เคียงกับสถานี Kang Rieng ดังนั้นจึงใช้อัตราการไหลของน้ำท่วมเหมือนกันคือ 6,000 cms สภาพ PMF ที่ตั้งเขื่อนแสดงในรูปที่ ก.3.1-10

ตัวอย่างการคำนวณตามตารางที่ ก.3.1-1

พายุฝนลูกที่ 2 Aug.11 – Sep. 9, 1953

คอลัมภ์ (1) Total rainfall = 363 mm

คอลัมภ์ (2) Surface flow = 138 mm

$$Q = 0.549R - 94.4$$

$$Q = 0.549(363) - 94.4$$

$$= 104.89 \text{ mm}$$

คอลัมภ์ (5) 12-hour Persisting Temperature ที่ จ.กาญจนบุรี

$$T = 27.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

คอลัมภ์ (6) Sea Level Temperature

$$T = 27.9 + 0.2 = 28.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

คอลัมภ์ (7) Precipitation Water

$$P = 96 \text{ mm}$$

$$\text{จากรูปที่ ก.3.1-6 ; } T = 28.1 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ ระดับ } 0.4 \text{ km, ได้ } P = 0.475'' = 12.06$$

mm.

คอลัมภ์ (8) Average Upper Wind Speed = 8 m/sec

คอลัมภ์ (9) Moisture Inflow Index for Historical Storm

$$\text{M.I.I for H.S.} = 96 \times 13 = 1250 \text{ mm-m/sec}$$

คอลัมภ์ (10) Maximum Moisture Inflow Index = 1,300 (mm-m/sec) จากรูปที่ ก.3.1-8

คอลัมภ์ (11) Maximizing factor = $1,300/1,250 = 1.1$

คอลัมภ์ (12-1) Total Rainfall = $363 \times 1.1 = 400 \text{ mm}$

คอดีมภ์ (12-2) Excess Rainfall = $0.549(400) - 94.4 = 125.4$ mm

คอดีมภ์ (12-3) Total Runoff = $17,150 + 9,000 = 26,150$ cms/day

คอดีมภ์ (12-4) Peak Flow = $26,150 \times 11.6\% = 2,360$ cms

ตารางที่ ก.3.1-1 Storms used in driving probable maximum precipitation

Storms	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12-1) (mm)	(12-2) (mm)	(12)	(12-3) (cms/day)	(12-4) (c.m.s.)
	(mm)	(mm)	(c.m.s.)	(c.m.s.)	(°C)	(°C)	(mm)	(m/sec)	(mm·m/s)	(mm·m/s)	(12)					
1. Oct. 10 – Nov. 8, 1952	326	88	1,547	170	27.0	27.2	85	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2. Aug. 11 – Sep. 9, 1953	363	138	2,128	230	27.9	28.1	96	13	1,250	1,300	1.1	400	–	(17,150)	26,150	2,360
3. Sep. 20 – Oct. 19, 1954	269	46	824	250	27.8	28.0	94	8	750	1,300	1.8	483	–	138	30,800	2,900
4. Sep. 11 – Oct. 10, 1955	249	31	597	200	27.8	28.0	94	7	660	1,300	2.0	498	–	172	31,400	3,000
5. Sep. 26 – Oct. 25, 1956	201	23	692	240	26.6	26.8	83	–	–	–	–	–	–	179	–	–
6. Sep. 16 – Oct. 15, 1957	265	67	1,330	270	27.5	27.7	90	–	–	–	–	–	–	(–)	–	–
7. Aug. 26 – Sep. 24, 1958	269	48	804	160	28.5	28.7	100	8	800	1,300	1.7	458	–	–	–	–
8. Sep. 21 – Oct. 20, 1959	397	100	1,628	200	26.9	27.1	84	7	590	1,300	2.2	880	–	158	27,800	2,700
9. Sep. 1 – Sep. 30, 1962	319	102	2,450	200	27.6	27.8	90	8	720	1,300	1.8	580	–	385	57,000	6,000
10. Sep. 16 – Oct. 15, 1963	414	129	2,060	290	27.5	27.7	90	7	630	1,300	2.1	870	–	220	36,500	3,600
11. Sep. 16 – Oct. 15, 1964	344	93	1,387	250	27.3	27.5	88	9	790	1,300	1.7	585	–	385	57,000	6,000
12. Aug. 26 – Sep. 24, 1966	283	33	762	270	26.7	26.9	83	–	–	–	–	–	–	228	37,700	3,700

- (1) : Total Rainfall
- (2) : Surface Flow
- (3) : Peak Flow
- (4) : Base Flow
- (5) : 12-Hour Persisting Temperature at Kanchanaburi
- (6) : Sea Level Temperature
- (7) : Precipitable Water
- (8) : Average Upper Wind Speed
- (9) : Moisture Inflow Index for Historical Storm
- (10) : Maximum Moisture Inflow Index
- (11) : Maximizing Factor
- (12) : Probable Maximum
 - (12-1) : Total Rainfall
 - (12-2) : Excess Rainfall
 - (12-3) : Total Runoff
 - (12-4) : Peak Flow

* Figures in parentheses indicate runoff in c.m.s./day.

ก.3.1-6

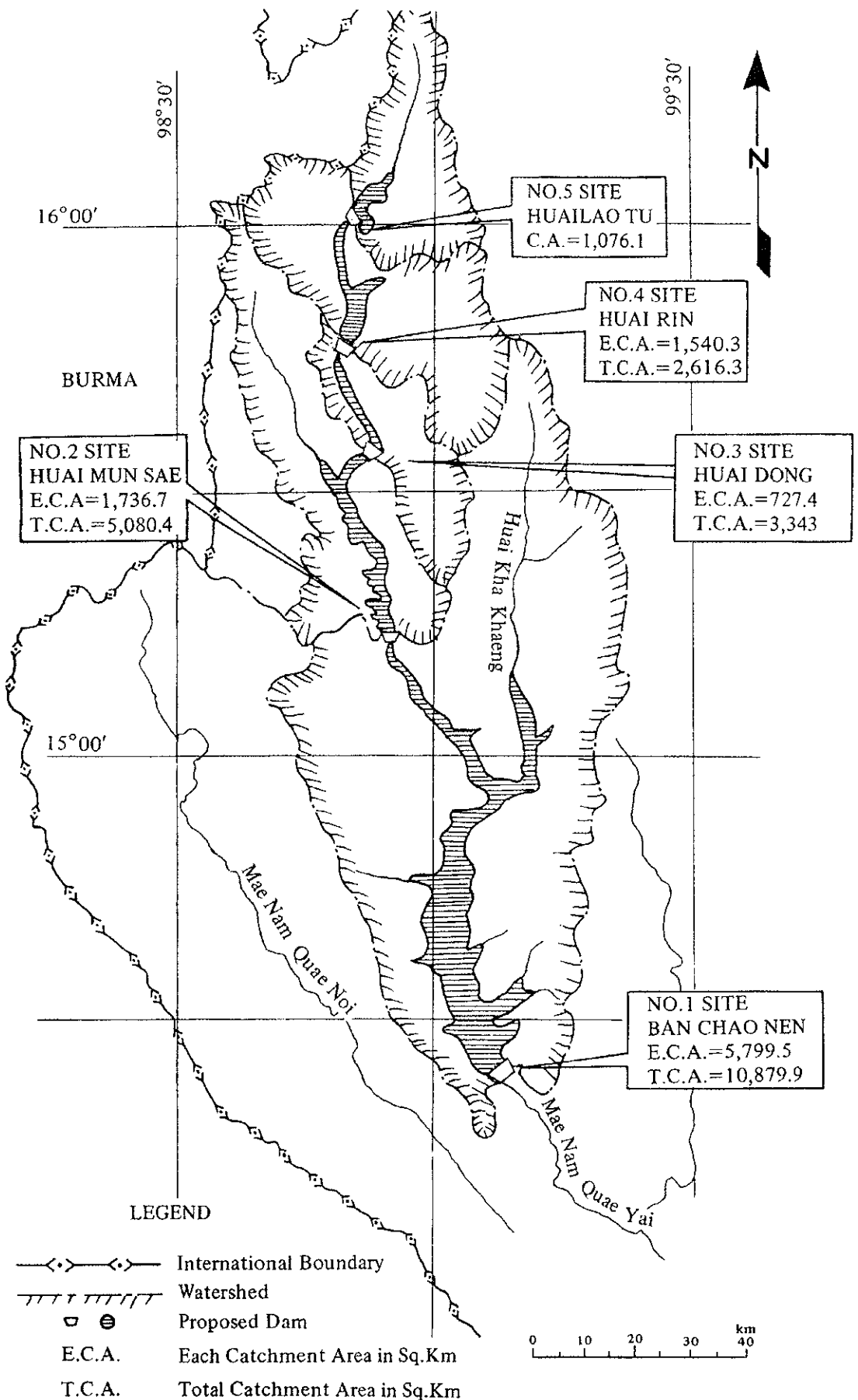
ตารางที่ ก.3.1-2 Monthly mean 12 hour persisting temperature in centigrade at Kanchanaburi

Year	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
1952	30.3	29.4	28.6	28.8	27.4	26.9
1953	25.5	28.0	27.7	27.8	28.2	26.5
1954	29.9	29.5	29.6	27.5	28.2	29.9
1955	26.7	29.4	29.0	28.6	27.6	25.7
1956	29.6	28.5	28.2	28.0	26.8	24.4
1957	29.5	28.9	28.2	28.0	27.1	27.2
1958	26.7	25.3	25.4	24.9	23.9	23.4
1959	30.0	27.3	28.2	27.9	26.6	25.6
1960	28.6	28.7	28.8	27.1	27.0	25.7
1961	28.2	27.3	27.2	27.1	27.0	26.6
1962	28.3	28.2	29.2	27.2	27.3	26.7
1963	28.3	27.4	27.6	27.6	26.7	26.6
1964	28.3	27.9	27.7	27.3	27.0	24.4
1965	27.7	28.3	27.4	27.2	27.3	26.6
1966	28.9	28.3	27.9	27.3	27.4	26.3
Maximum	30.3	29.5	29.6	28.8	28.2	29.9
Maximum at 1000 mb	30.5	29.7	29.8	29.0	28.4	30.1

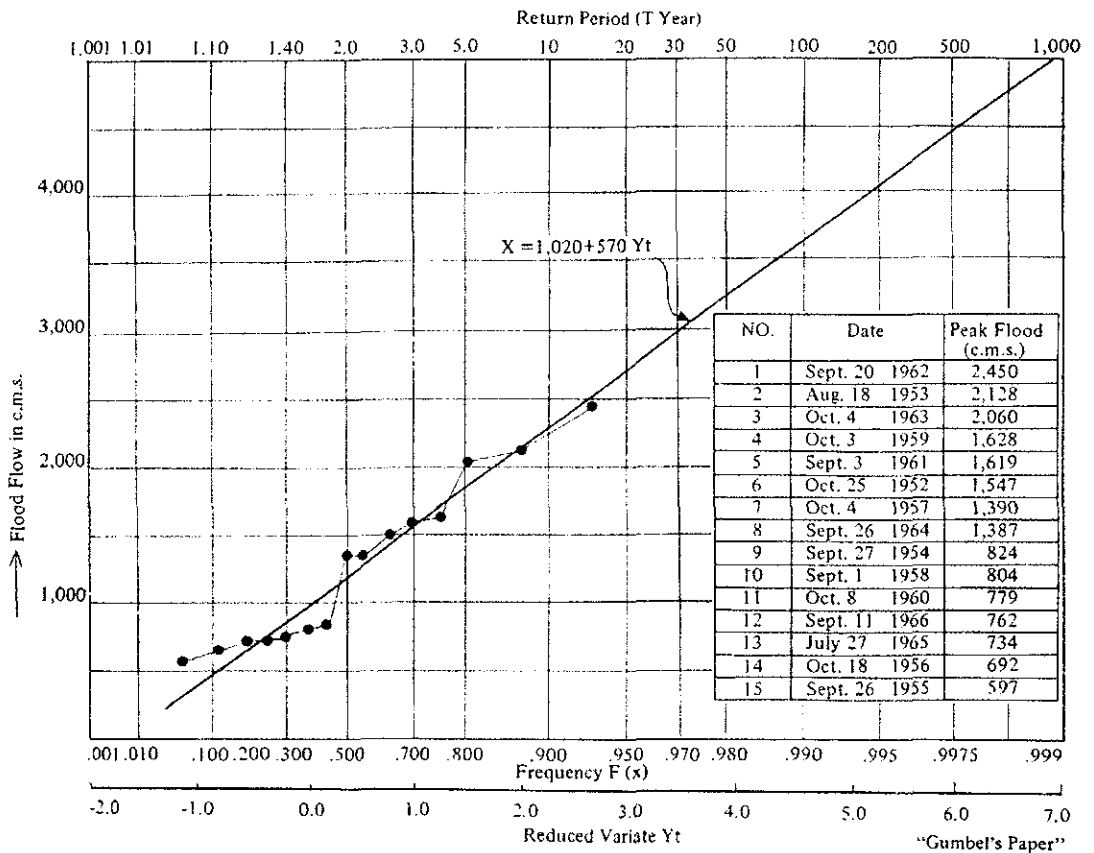
ตารางที่ ก.3.1-3 Hydrograph of historical flood flow at Kang Rieng (C.A. = 10,802 sq.km)

	Storm-1		Storm-2		Storm-3		Storm-4		Storm-5		Storm-6		Storm-7		Storm-8		Storm-9		Storm-10		Storm-11		Storm-12	
	Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff		Runoff	
	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)	(%)	(c.m.s.)
1	0.3	39	0	0	0.6	36	2.8	112	3.8	124	4.0	335	0	0	0	0	0.4	47	1.0	166	1.4	157	0.2	9
2	0.1	10	1.1	229	0	0	3.1	123	3.0	95	2.9	244	0.2	12	0	1	0.2	26	1.0	166	0.8	92	0.3	13
3	0.1	15	1.2	249	0	9	3.0	117	3.1	100	2.2	179	0.3	17	0	8	0.1	8	0.8	122	0.4	46	0	0
4	0.1	7	1.3	272	0.8	47	2.6	101	4.8	153	2.2	185	0.2	10	0	8	0	4	0.5	80	0.3	39	0.8	35
5	0	0	1.9	389	2.4	137	1.7	69	3.5	113	2.2	185	0.7	40	0.8	104	0	0	0.3	44	0.1	9	1.3	53
6	0.1	11	2.0	423	2.1	120	1.7	68	2.6	84	2.9	241	5.5	334	2.8	340	0	3	0	0	0	0	1.7	71
7	0.1	15	3.6	750	5.1	293	2.3	91	2.8	90	2.4	200	10.6	640	3.3	405	0.8	107	0.1	22	0	5	1.3	53
8	0.8	90	7.3	1,521	10.1	578	1.6	64	3.2	103	1.7	138	6.4	384	3.0	374	1.2	157	0.1	22	0.2	22	1.1	45
9	6.3	704	9.1	1,900	7.6	437	1.1	43	3.5	112	0.9	73	4.7	285	3.0	371	2.5	315	0.3	50	0.5	62	1.0	42
10	4.6	511	8.2	1,723	6.0	342	2.6	104	3.3	105	0.5	45	4.5	269	4.0	496	3.8	484	3.0	473	5.6	643	1.3	53
11	4.9	550	7.2	1,517	3.9	221	8.7	342	4.6	146	0.5	41	4.3	256	5.7	702	3.4	430	4.4	699	9.9	1,140	0.6	24
12	3.6	403	8.2	1,711	4.7	268	5.4	212	1.4	44	1.0	82	3.9	232	9.7	1,204	2.8	352	3.2	515	7.5	868	0.6	26
13	2.9	325	8.2	1,711	5.0	283	5.0	196	0.2	5	0.9	75	3.9	236	11.5	1,430	3.0	390	2.4	383	4.7	542	1.3	54
14	3.9	443	7.9	1,656	5.0	285	4.6	182	0.6	20	0.4	32	3.6	214	6.5	808	2.4	306	2.2	351	3.5	400	2.3	95
15	10.3	1,166	5.8	1,216	4.8	276	6.0	238	1.9	61	0	4	3.5	213	3.9	482	1.8	236	2.2	343	3.3	377	3.8	159
16	12.3	1,381	4.3	904	6.8	388	10.1	401	2.0	63	0	0	4.2	254	3.1	387	2.0	250	2.0	347	4.9	590	8.7	362
17	5.7	645	3.7	778	7.6	436	7.4	293	1.1	36	0.8	63	5.5	331	2.9	360	1.7	217	4.8	761	5.8	677	11.8	492
18	6.9	776	3.4	710	6.6	377	4.9	192	0.7	21	6.4	531	6.2	371	3.9	482	2.9	364	9.4	1,501	5.5	638	10.5	436
19	8.9	1,003	2.6	548	4.7	267	3.4	130	0.9	30	11.7	1,057	5.3	322	4.7	582	9.8	1,249	11.0	1,768	4.8	560	6.9	288
20	6.0	674	2.0	428	3.6	208	2.6	104	0.7	21	10.6	879	4.3	260	4.7	589	17.6	2,249	9.6	1,527	4.0	467	4.7	195
21	4.4	491	1.7	351	0.9	51	2.3	92	1.9	62	4.5	369	3.5	212	3.6	450	12.4	1,586	7.3	1,161	3.3	388	3.2	135
22	4.8	541	1.5	307	2.5	144	2.3	91	11.7	375	4.1	342	2.8	170	2.9	362	6.9	875	8.2	1,315	3.9	455	2.2	92
23	2.8	311	1.4	293	3.3	130	1.8	69	14.1	454	6.7	559	2.3	137	2.6	327	4.6	589	7.9	1,262	5.0	583	1.3	53
24	2.3	255	1.3	276	1.9	109	1.0	38	9.7	311	8.1	674	1.9	116	2.5	311	3.5	446	5.4	861	3.6	418	0.7	31
25	1.9	214	1.1	223	1.5	86	0.4	16	7.3	235	6.5	537	1.7	104	2.2	269	2.8	360	4.0	644	3.9	453	1.9	81
26	1.6	181	1.0	205	1.2	66	0	0	3.6	117	5.7	476	1.7	101	2.0	245	2.5	322	2.9	471	4.5	522	6.2	259
27	1.4	154	1.0	216	1.5	88	1.2	48	2.2	69	3.8	314	1.6	96	2.4	301	2.4	310	2.2	357	3.6	413	7.5	314
28	1.2	130	0.9	182	3.3	19	1.4	56	1.8	57	2.6	213	1.5	89	3.2	394	3.0	380	1.8	281	3.0	351	7.6	318
29	1.0	107	0.7	147	0.4	22	3.5	136	0.4	14	1.7	138	1.8	107	3.3	407	2.8	352	1.3	204	3.2	368	6.0	253
30	0.9	101	0.6	116	0.3	19	5.8	229	0	0	1.4	112	2.7	222	1.9	241	2.4	315	1.0	164	2.9	338	3.5	144
Total	100	11,253	100	20,951	100	5,742	100	3,957	100	3,220	100	8,323	100	6,034	100	12,440	100	12,759	100	16,060	100	11,603	100	4,185

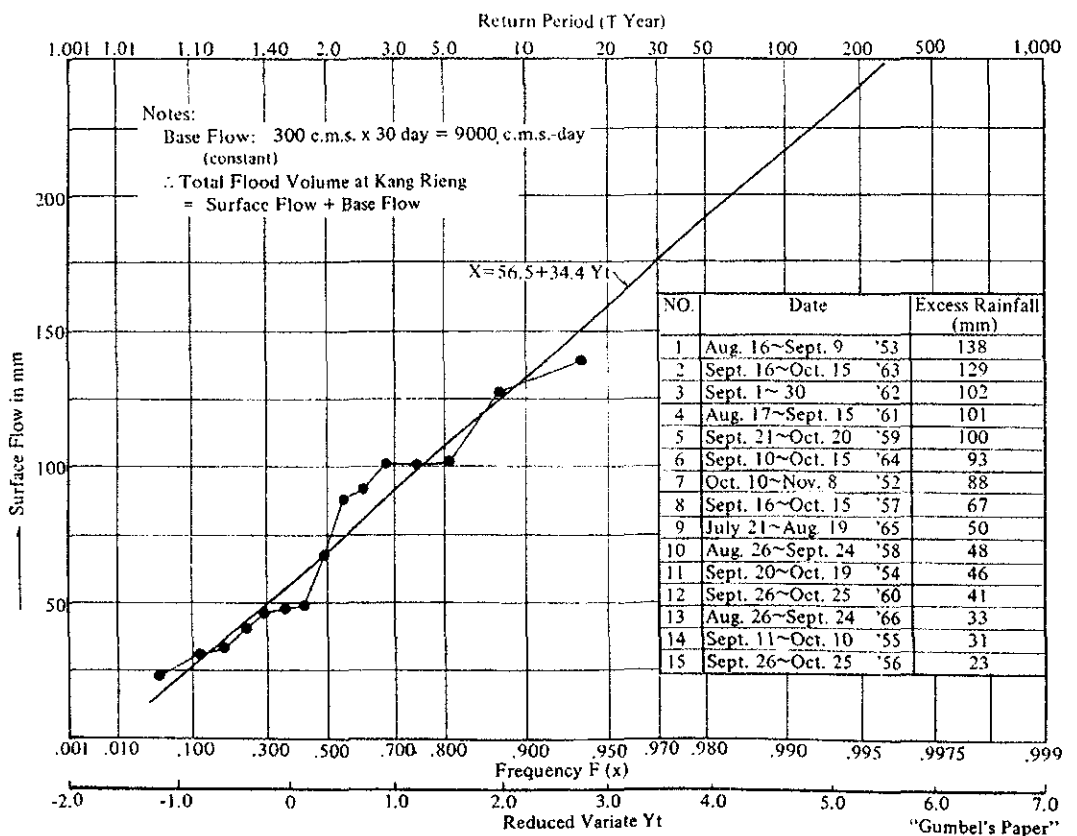
ก.3.1-8



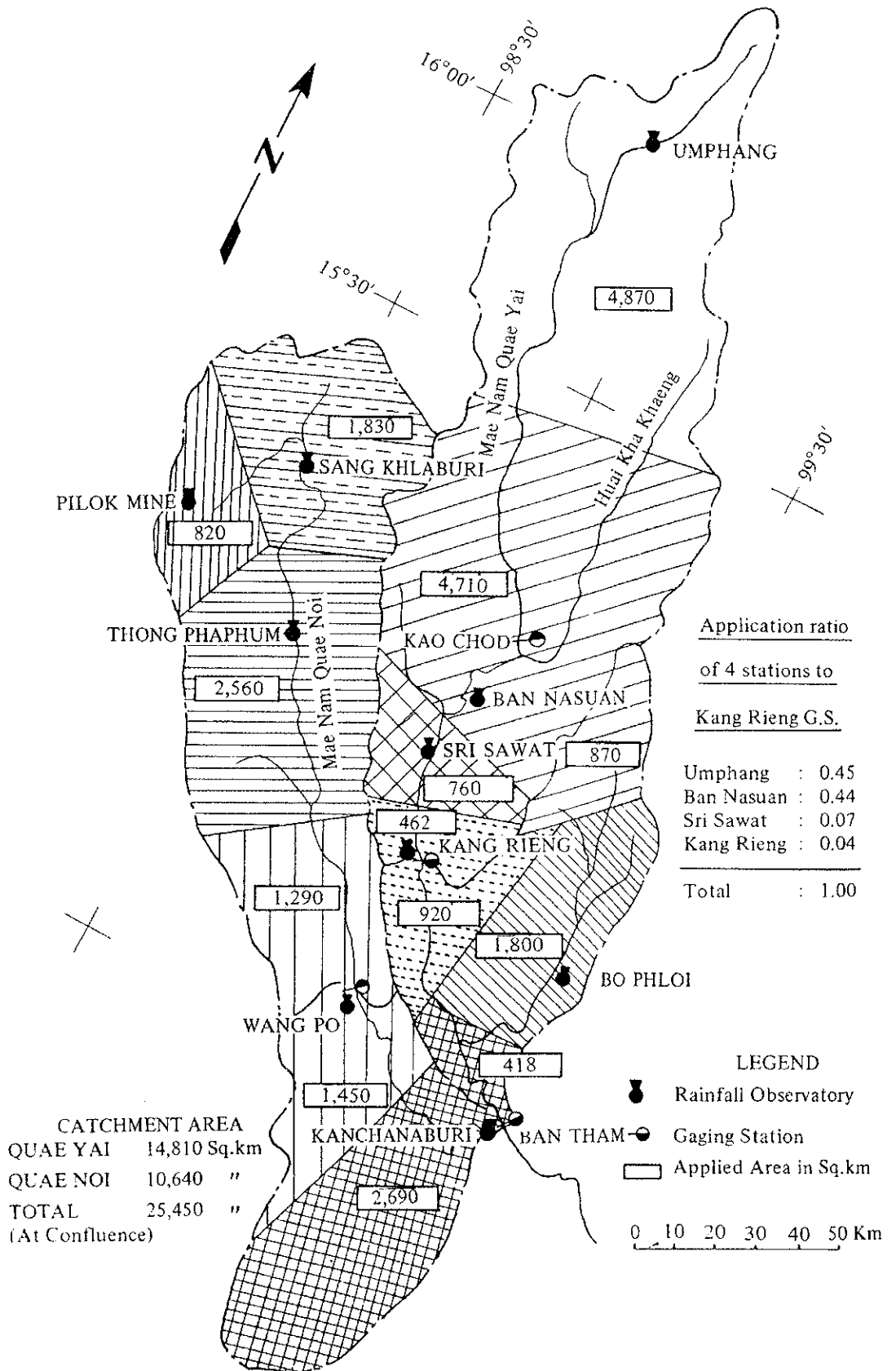
รูปที่ ๓.๓.๑-๑ Catchment area of each proposed site



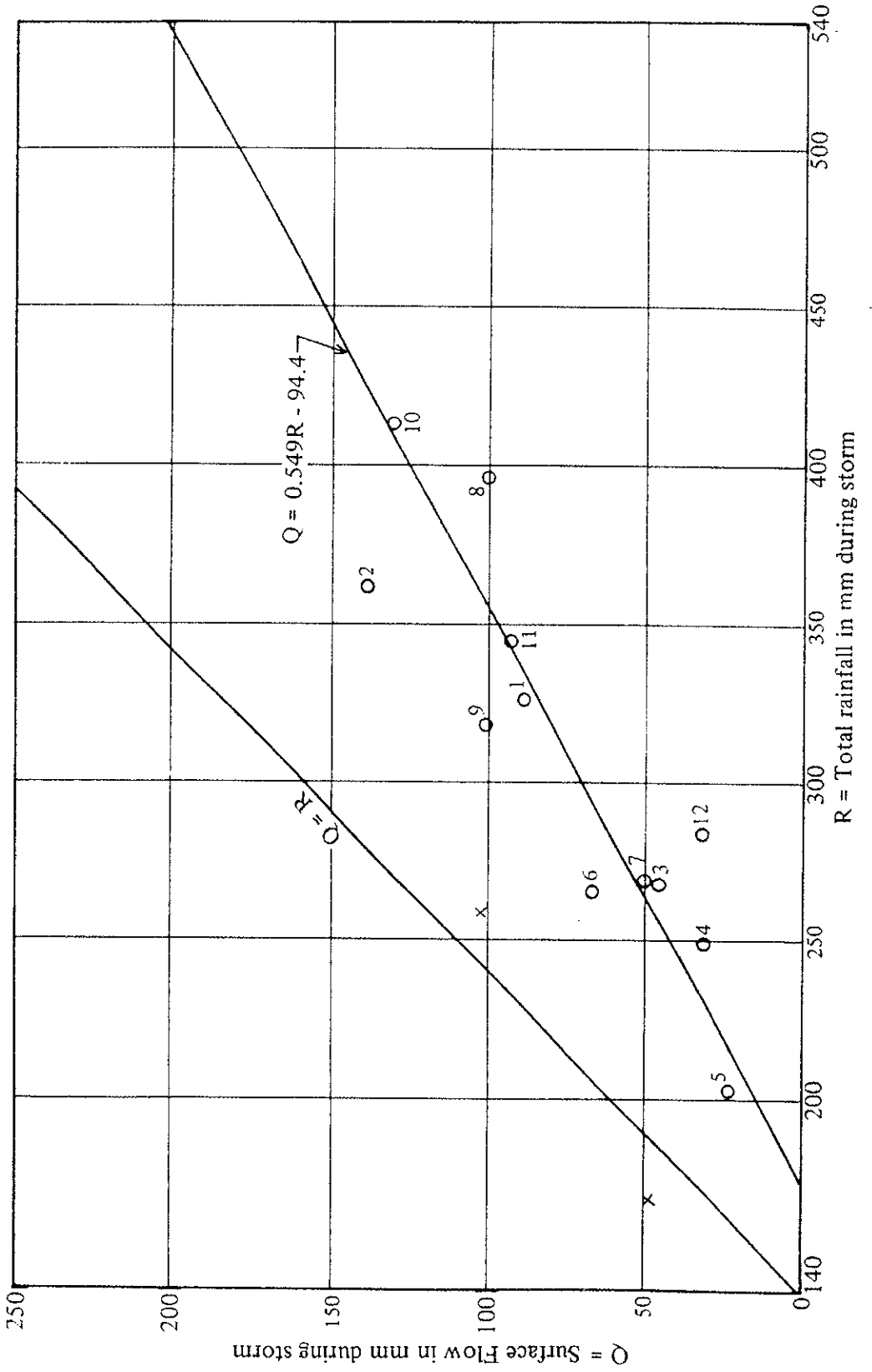
រូបភាព ៣.3.1-2 Peak flood flow frequency at Kang Rieng gaging station on Quae Yai river



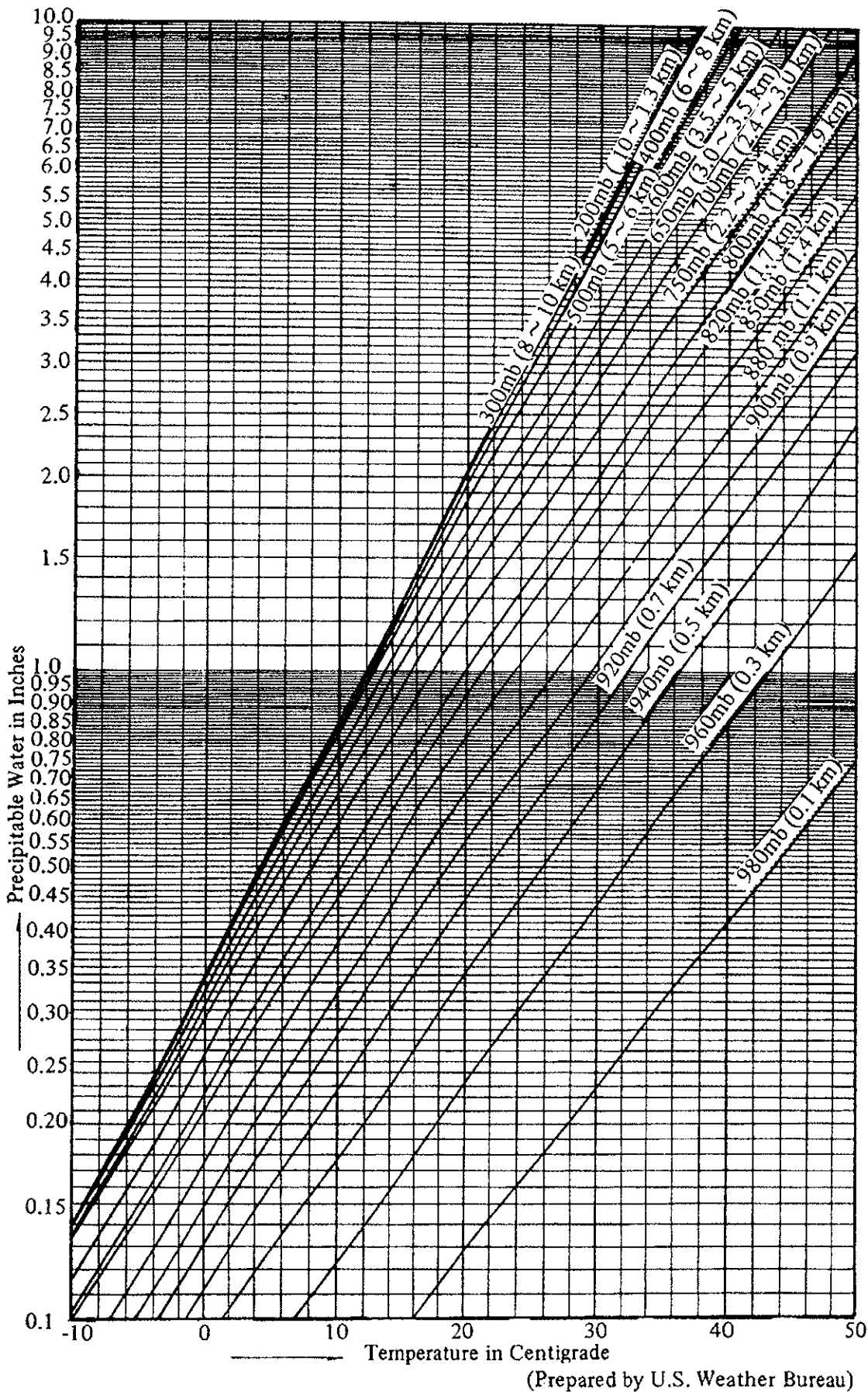
រូបភាព ៣.3.1-3 Surface flow frequency at Kang Rieng gaging station on Quae Yai river



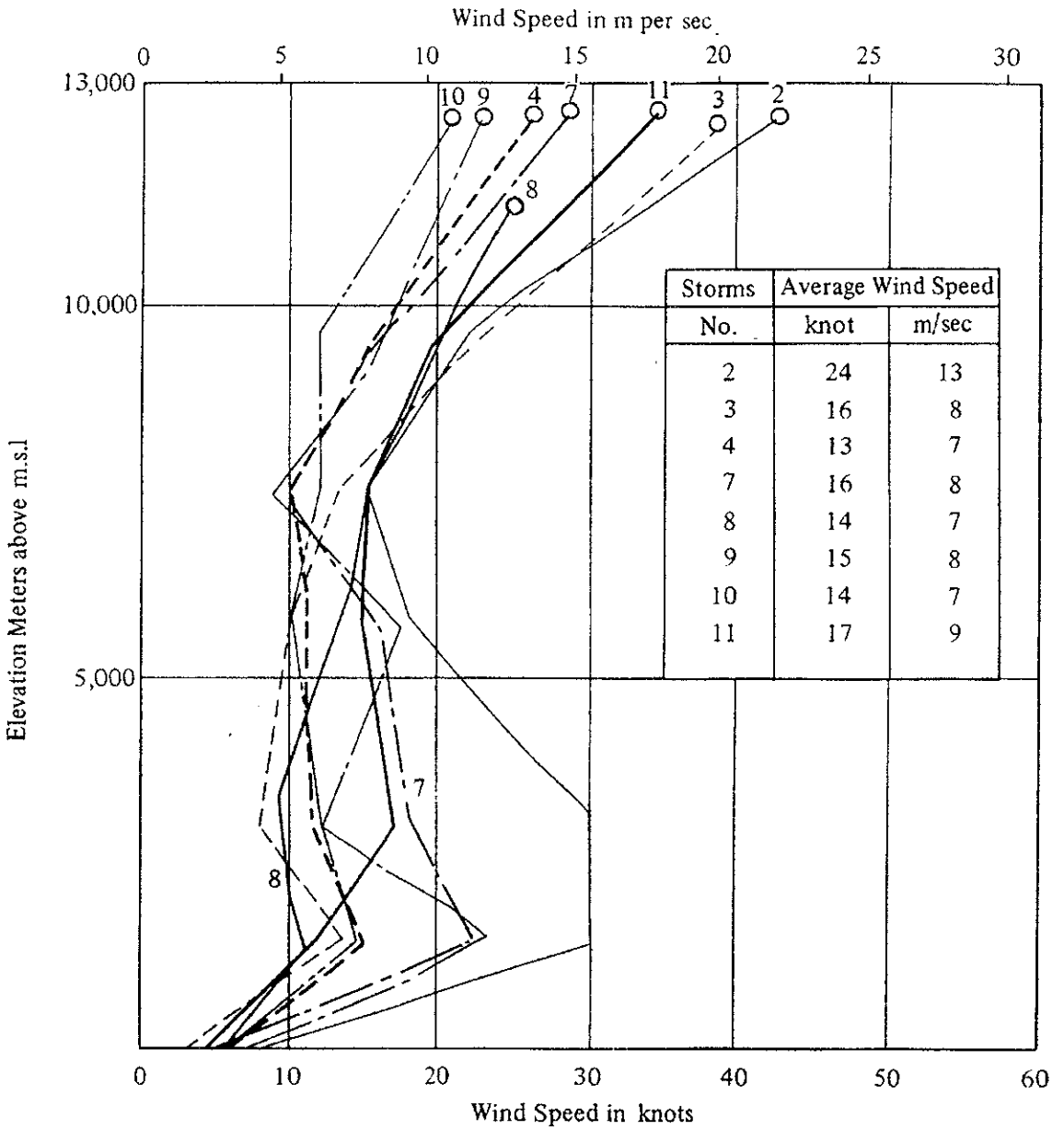
รูปที่ ๓.๓.๑-๔ Applied area of observatory divided by Thiessen method



รูปที่ ๓.๓.๑-๕ Correlation between total rainfall and surface flow during storm



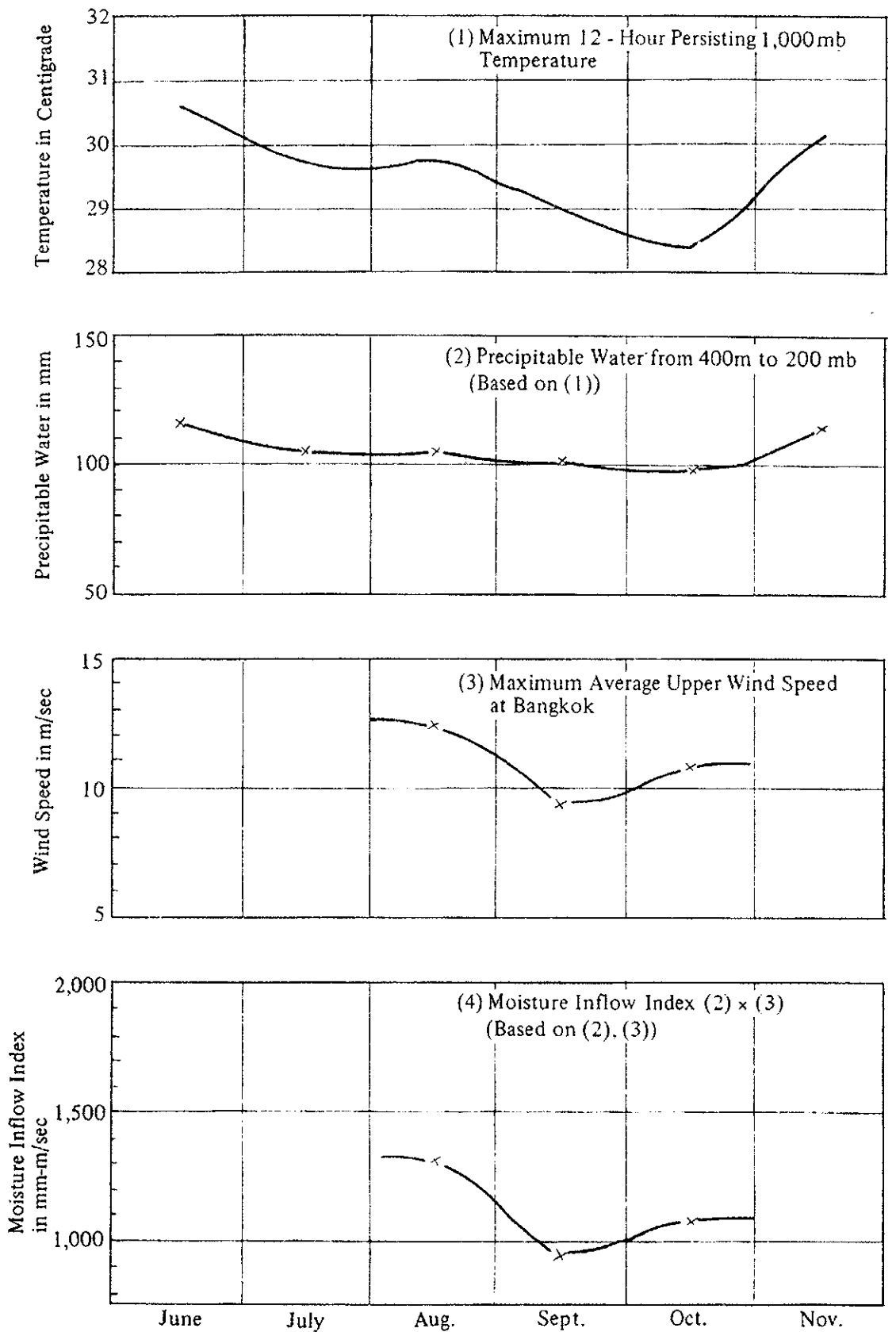
รูปที่ ๓.๓.๑-๖ Diagram of precipitable water



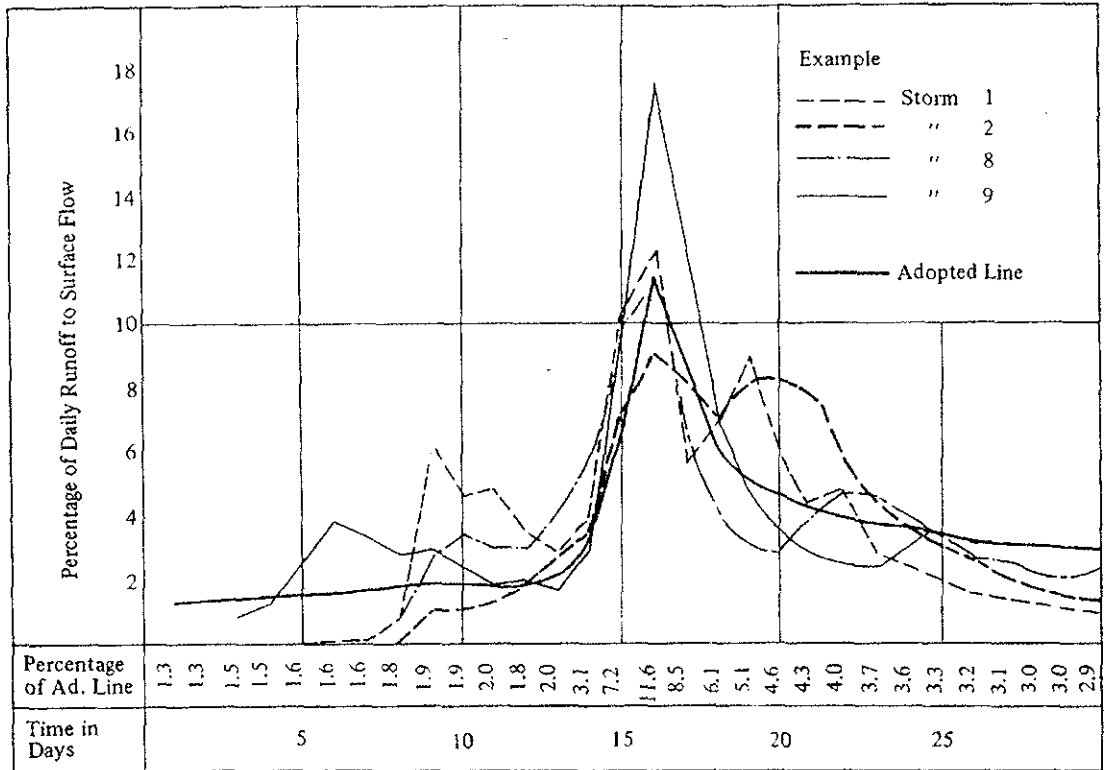
7 Day Average Wind Speed in knots

Elevation in Meters	Storm Number							
	2	3	4	7	8	9	10	11
0	08	03	06	04	06	07	06	04
1,500	30	13	15	22	11	23	14	12
3,100	30	08	11	18	09	12	12	17
5,800	18	10	11	16	13	17	10	15
7,600	15	13	10	10	15	09	12	15
9,700	22	23	15	15	20	16	12	20
12,500	42	39	26	28	27	23	21	34
Average	24	16	13	16	14	15	14	17

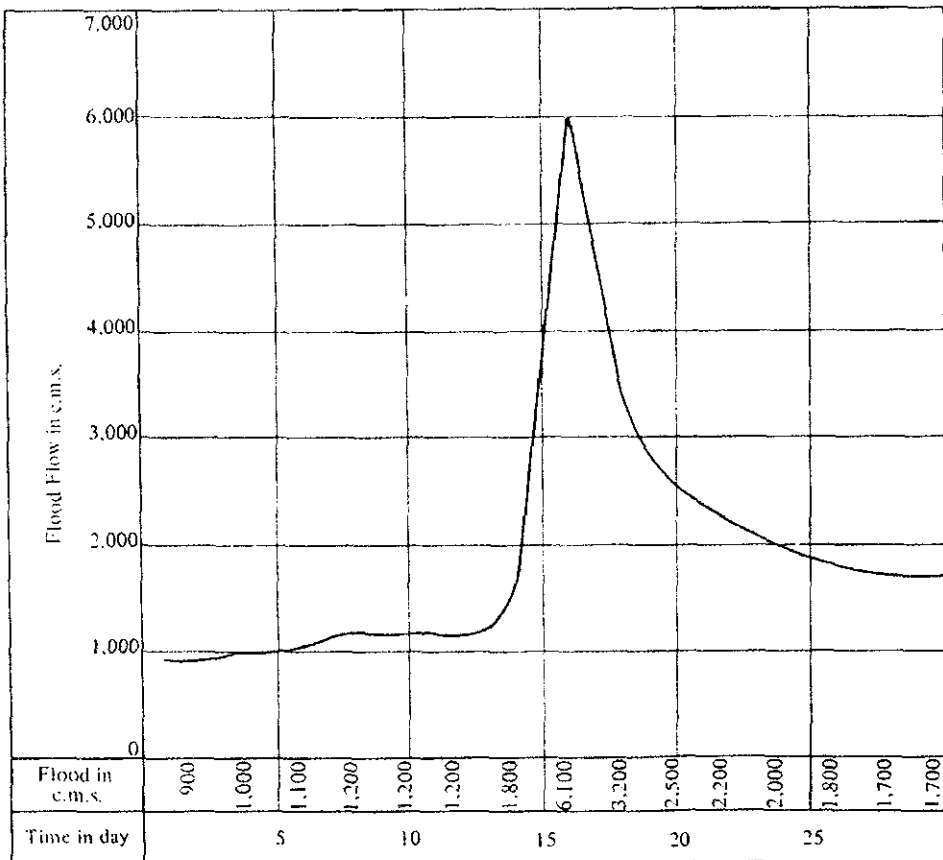
รูปที่ ก.3.1-7 Upper wind speed distribution during storm above Bangkok



รูปที่ ๓.๓.๑-๘ Seasonal variation of several factors of probable maximum precipitation



รูปที่ ๓.3.1-9 Flood flow hydrograph at Dang Rieng on Quae Yai river



รูปที่ ๓.3.1-10 Hydrograph of maximum probable flood at Quae Yai No.1 site on Quae Yai river

เขื่อนศรีนครินทร์

(ที่มา : Electric Power Development CO., LTD. "Supplementary Report for Quae Yai No.1 Project", Vol. 1, Tokyo, Japan, February 1973.)

1. Probable Maximum Flood

1.1 PMP

PMP ประมาณได้จากข้อมูลการกระจายของฝนในช่วงเวลาที่เกิดน้ำท่วมคูณด้วย Maximizing Factor (MF) ซึ่งหาได้จาก Maximum moisture inflow index และ historical moisture inflow index

ผลของการศึกษาสรุปในตารางที่ ก.3.2-1 ดังนี้

(i) Maximum Moisture Inflow Index (M.M.I.I)

ผลของปริมาณน้ำฝนในคอลัมภ์ของอากาศและความเร็วลมบนนำมากำหนด moisture inflow index ความแปรปรวนรายเดือนของอุณหภูมิ ปริมาณฝนและความเร็วลมบน ในช่วงฤดูฝน แสดงในรูปที่ ก.3.2-1 จากข้อมูลในช่วงปี 2508 - 2512 มีการบันทึกหลังจากการศึกษาความเหมาะสม

Maximum moisture inflow index ที่ได้จากการศึกษามีค่า 1,400 ซึ่งสูงกว่าผลจากการศึกษาความเหมาะสมเล็กน้อย

(ii) Historical Moisture Inflow Index (HMII)

จากข้อมูลน้ำท่วมใหญ่ 15 ครั้ง ถูกเลือกเพื่อนำมาประมาณ HMII ในช่วงเวลาเดียวกับที่เกิดพายุฝนในอดีต ผลของการคัดเลือกน้ำท่วมใหญ่ แสดงในตารางที่ ก.3.2-1

(iii) Probable Maximum Precipitation (PMP)

อัตราส่วนระหว่าง MMII และ HMII คือค่า MF PMP หาได้จากการคูณปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในช่วงเวลาที่เกิดน้ำท่วมด้วยค่า MF

ผลของ PMP สำหรับตัวอย่างน้ำท่วมที่เลือกมาแสดงในตารางที่ ก.3.2-1

1.2 Probable Maximum Flood

สภาพของการไหลออกผิวดิน ณ เวลาที่เกิด PMP ได้จากการประยุกต์ใช้เอกชลภาพ และ effective rainfall pattern แสดงในรูปที่ ก.3.2-2

การไหลออกผิวดินเนื่องจาก effective rainfall ของแต่ละวันรวมกันเป็นชลภาพ น้ำท่วมที่ใหญ่ที่สุดเกิดจากการกระจายของฝน No.10 ซึ่งมีการจัดลำดับให้ปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในวันที่ 3 ทำให้เกิดการไหลออกของน้ำผิวดิน 6,800 cms ค่าสูงสุดของ PMF ได้จากการรวมการไหลพื้นฐาน 700 cms ได้ค่า PMF ที่สมบูรณ์มีค่าสูงสุด 7,500 cms ชลภาพแสดงในรูปที่ ก.3.2-3 เปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากการศึกษาความเหมาะสม ดังนั้นน้ำท่วมที่เกิดจากพายุฝน No.10-(3) ทำให้เกิด PMF ใช้สำหรับการออกแบบความจุของ Spillway

1.3 Synthetic Unit Hydrograph

พัฒนาโดย Snyder ซึ่งมีลักษณะขึ้นกับข้อมูลของกลุ่มน้ำเช่น รูปร่าง ความลาดชัน และความยาวของแม่น้ำ เป็นต้น

ตัวแปรที่สำคัญ คือ t_p และ Q_p เพื่อนำมาสร้างเอกชลภาพสำหรับกลุ่มน้ำแควใหญ่ประมาณค่าได้ดังนี้

เหลือเวลาที่เกิดน้ำท่วมสูงสุด (Basin lag)

$$t_p = \frac{C_t(L \cdot L_c)}{\sqrt{S}} = 2.4 \text{ วัน}$$

โดย C_t = สัมประสิทธิ์กลุ่มน้ำ (0.35)

L = ความยาวของลำน้ำหลัก (200 ไมล์)

L_c = ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำถึงจุดน้ำไหลออกหรือที่ตั้งเขื่อน (100 ไมล์)

S = ความลาดชันเฉลี่ยของกลุ่มน้ำ (1/1000)

การไหลสูงสุดของเอกชลภาพสำหรับ effective rainfall = 10 mm/วัน

$$Q_p = \frac{640 \cdot C_p \cdot A}{t_p} = 35,000 \text{ cfs ต่อ 1 นิ้ว} = 400 \text{ cms ต่อ 10 mm}$$

โดย C_p = สัมประสิทธิ์กลุ่มน้ำ (0.69)

A = พื้นที่กลุ่มน้ำ (4,200 ตารางไมล์)

t_p = เวลาเหลือที่เกิดน้ำท่วมสูงสุด (58 ชั่วโมง)

อัตราการไหลสูงสุดมีค่า 400 cms/s ได้จากวิธี Snyder ใกล้เคียงกับ 410 cms/s ของค่าเฉลี่ยการไหลสูงสุดที่หาได้จากวิธี runoff distribution method เอกชลภาพสร้างจากวิธี Snyder แสดงในรูปที่ ก.3.2-4

1.4 การประยุกต์ใช้เอกชลภาพ

อัตราส่วนของ runoff distribution จากการหาจากข้อมูลน้ำท่วมหลายๆ ครั้ง ชลภาพไร้มิติสามารถหาได้เพื่อทำเป็นชลภาพทั่วไป มีการเฉลี่ยค่าการไหลสูงสุด เส้นกราฟในช่วง rising stage และ recession stage ดังรูปที่ ก.3.2-5

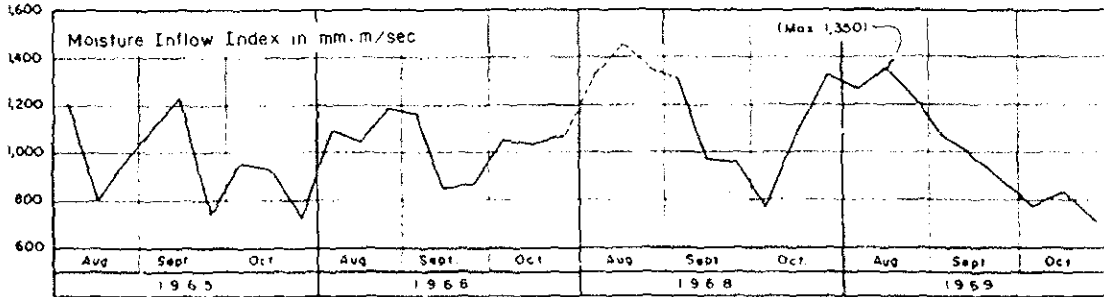
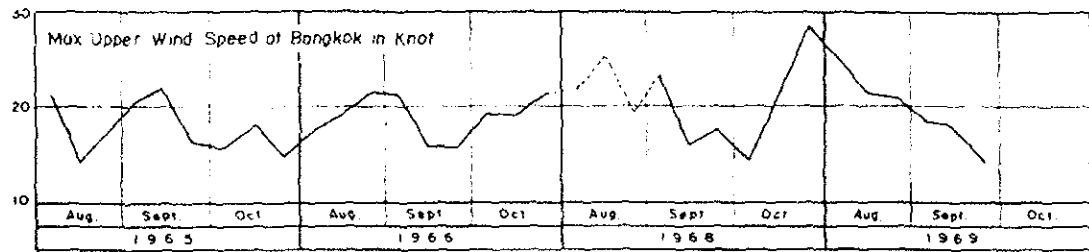
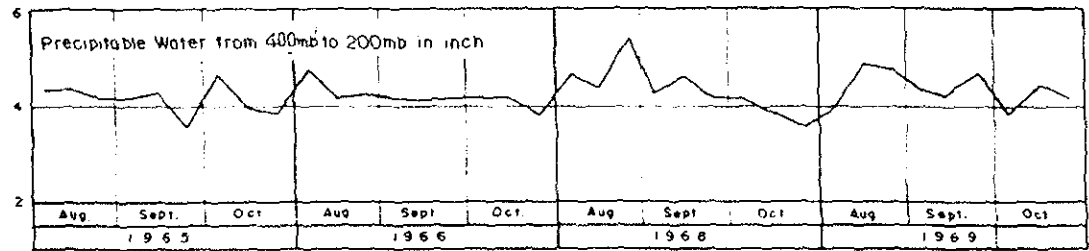
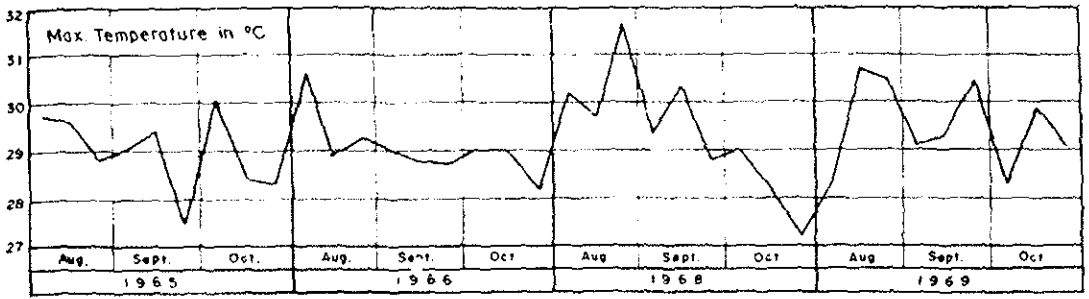
เอกชลภาพสำหรับการไหลออกที่บ้านเจ้าเพชร ของลุ่มน้ำแควใหญ่ ได้จากการปรับประยุกต์ใช้ผลข้างต้น แสดงในรูปที่ ก.3.2-6

ตารางที่ ก.3.2-1 Recorded Storm and Probable Maximum Precipitation

Storm & Flood	(1) Total Rainfall (mm)	(2) Peak Discharge (cu.m/sec)	(3) 12-hr Persist Temperature (°C)	(4) Precipit- able Water (mm)	(5) Upper Wind Speed (m/sec)	(6) HMII (mm-m/sec)	(7) MMII (mm-m/sec)	(8) MF	(9) Prob. M _p Precipi- tation (mm)
(1) Oct. 21 - Oct. 28, 1952	62.3	1,547	27.0	85	?	-	1,400	-	-
(2) Aug. 12 - Aug. 26, 1953	162.4	2,128	27.9	95	13	1,230	1,400	1.1	180
(3) Sep. 22 - Oct. 1, 1954	92.4	824	27.8	95	8	760	1,400	1.8	170
(4) Sep. 11 - Oct. 11, 1955	?	597	27.8	95	7	670	1,400	2.1	-
(5) Sep. 2 - Oct. 12, 1956	100.8	692	26.6	83	10	830	1,400	1.7	170
(6) Sep. 26 - Oct. 10, 1957	119.5	1,330	27.5	90	6	540	1,400	2.6	310
(7) Aug. 26 - Sep. 24, 1958	83.9	804	28.5	101	8	810	1,400	1.7	140
(8) Sep. 28 - Oct. 7, 1959	173.2	1,628	26.9	85	7	600	1,400	2.3	400
(9) Sep. 16 - Sep. 26, 1962	87.8	2,450	27.6	90	8	720	1,400	1.9	170
(10) Sep. 29 - Oct. 10, 1963	158.7	2,060	27.5	90	7	630	1,400	2.2	350
(11) Sep. 21 - Oct. 2, 1964	71.7	1,381	27.3	90	9	810	1,400	1.7	120
(12) Sep. 8 - Sep. 16, 1966	52.1	762	26.7	82	7	570	1,400	2.5	130
(13) Aug. 15 - Sep. 14, 1967	56.6	542	28.6	85	?	-	1,400	-	-
(14) Aug. 10 - Sep. 25, 1968	79.0	598	29.4	113	9	1,020	1,400	1.4	110
(15) Aug. 1 - Aug. 20, 1969	158.0	700	27.4	90	10	900	1,400	1.6	250

Note:

- Column (1) Basin average rainfall which produced the flood (mm)
- Column (2) Peak discharge of flood (cu.m/sec)
- Column (3) 12-hour persistent temperature at Kanchanaburi at time of flood (°C)
- Column (4) Precipitable water corresponding to the 12-hour persistent temperature in Column (3) (mm)
- Column (5) Average upper wind speed observed at Bangkok at time of flood (m/sec)
- Column (6) Historical moisture inflow index, which is the product of Col. (4) and Col. (5)
- Column (7) Maximum moisture inflow index
- Column (8) Maximizing factor which is the quotient of Col. (7) divided by Col. (6)
- Column (9) Probable maximum precipitation (mm), which is the product of Col. (1) and Col. (8).



រូបភាព ៣.៣.២-១ Seasonal Variation of Moisture Inflow Index in Quae Yai Basin

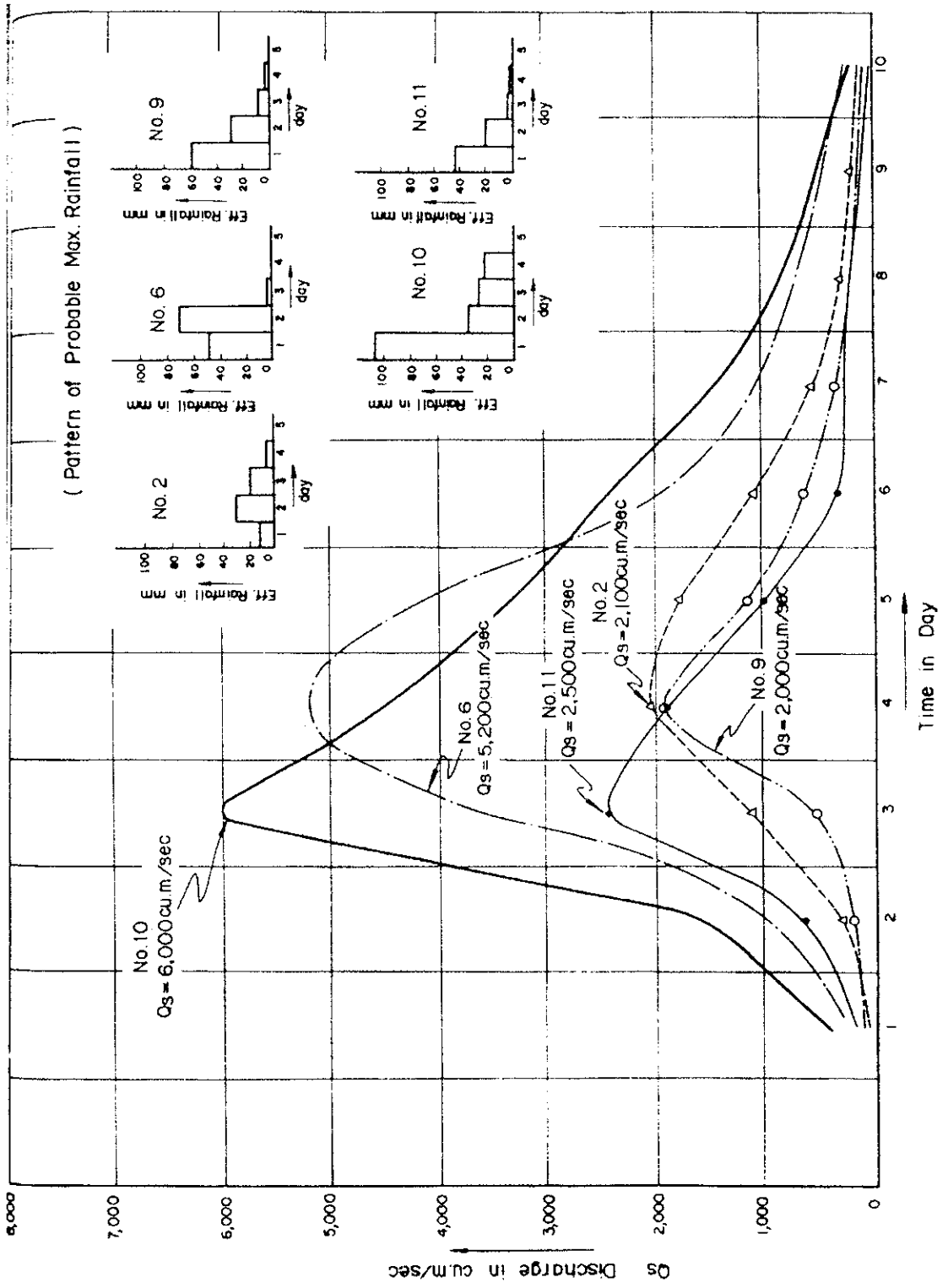
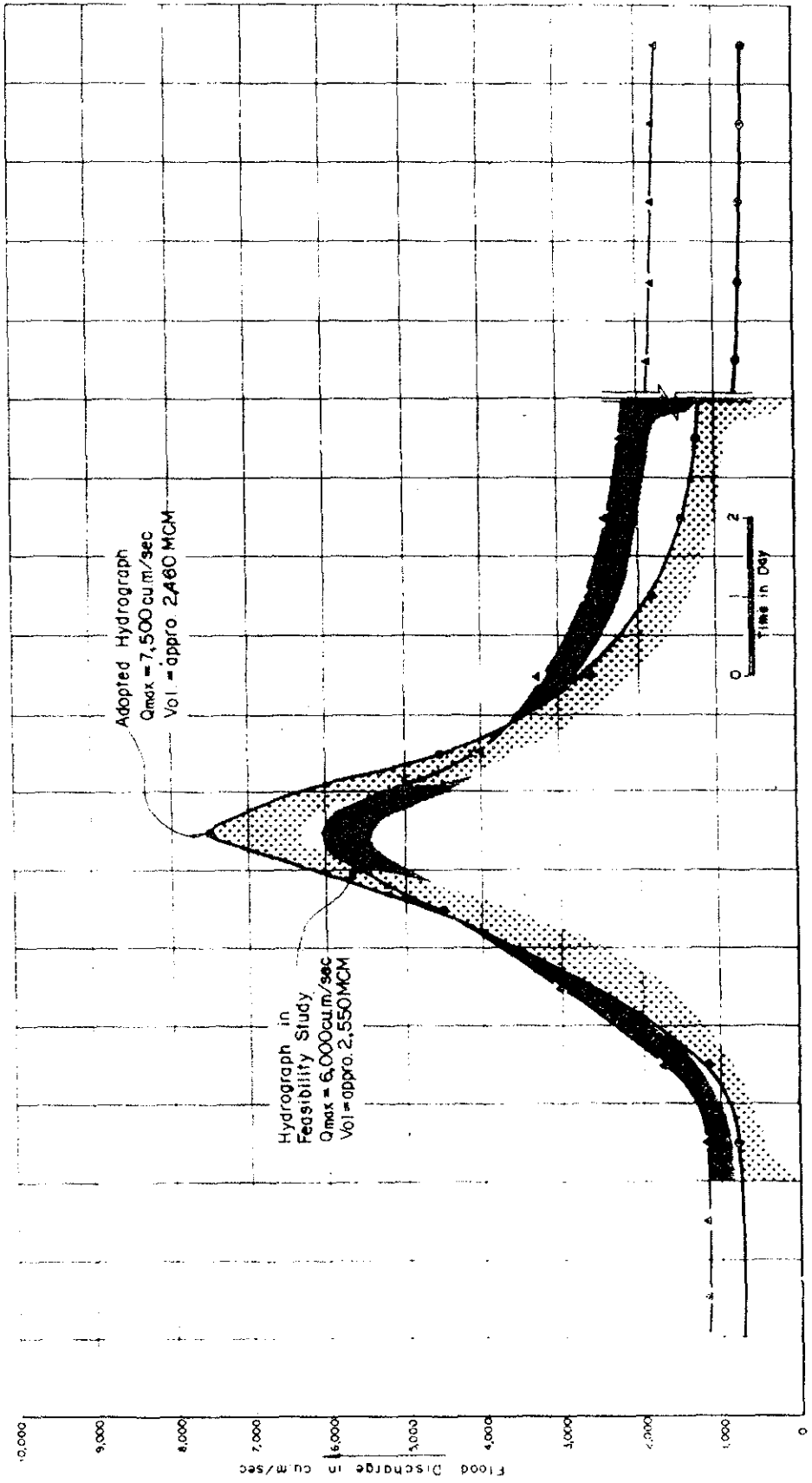


Fig. 3.2-2 Effective Rainfall Pattern

Fig. I-15 Adopted Flood Hydrograph



รูปที่ ก.3.2-3 Adopted Flood Hydrograph

Fig. I-8 Unit Hydrograph by Snyder Method

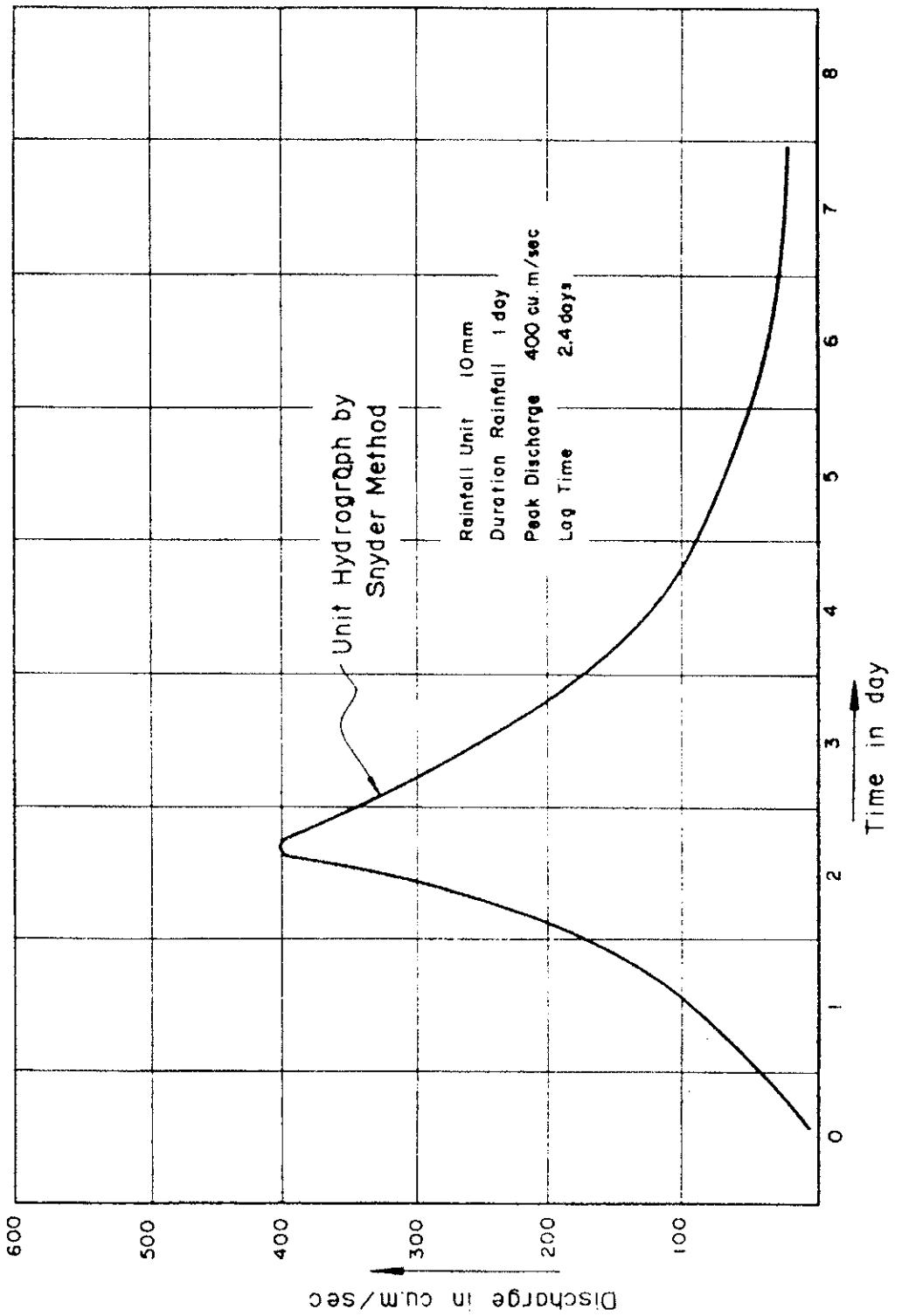
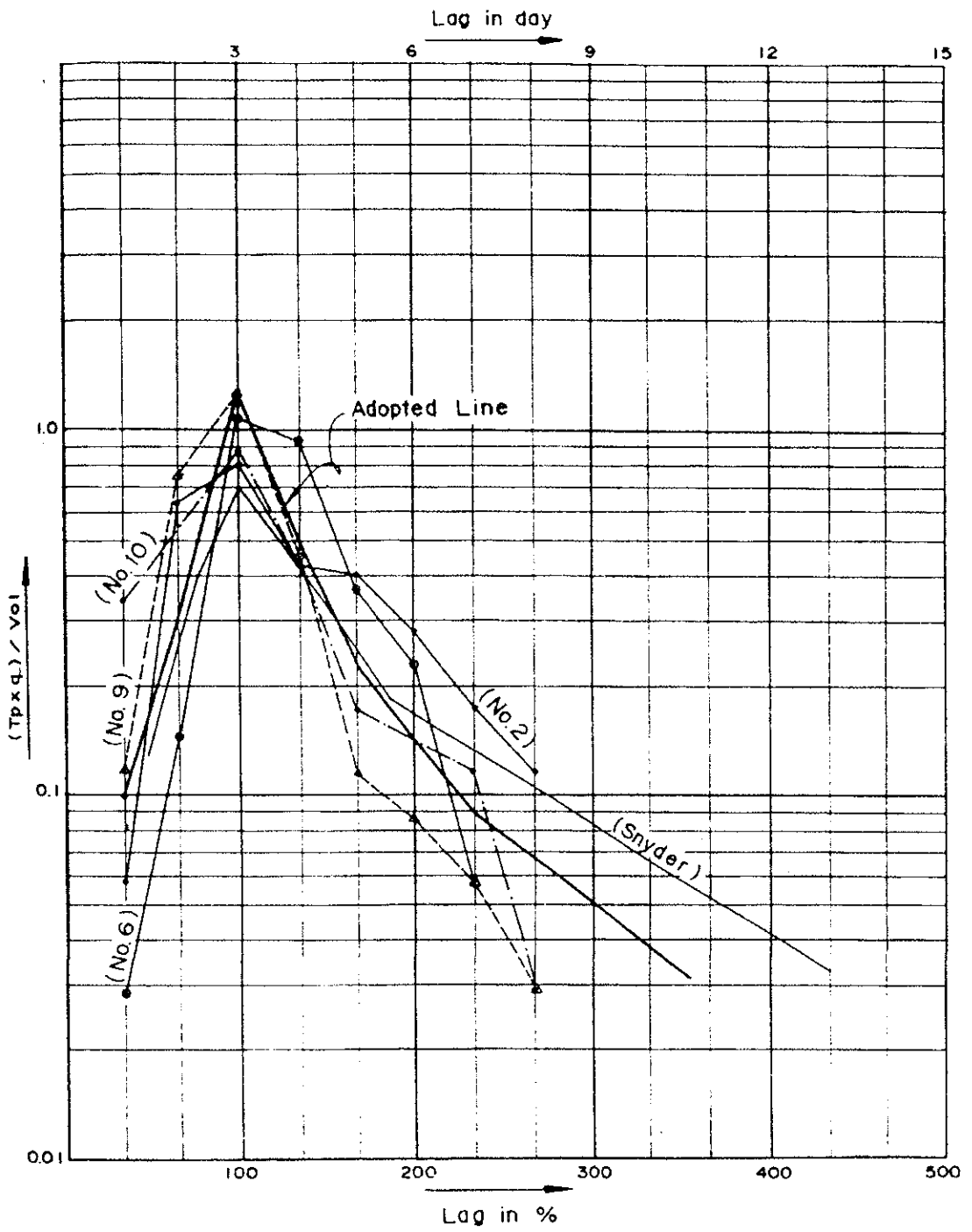


Fig. I-8 Unit Hydrograph by Snyder Method



รูปที่ ๓.๓.๒-๕ Dimensionless Hydrograph

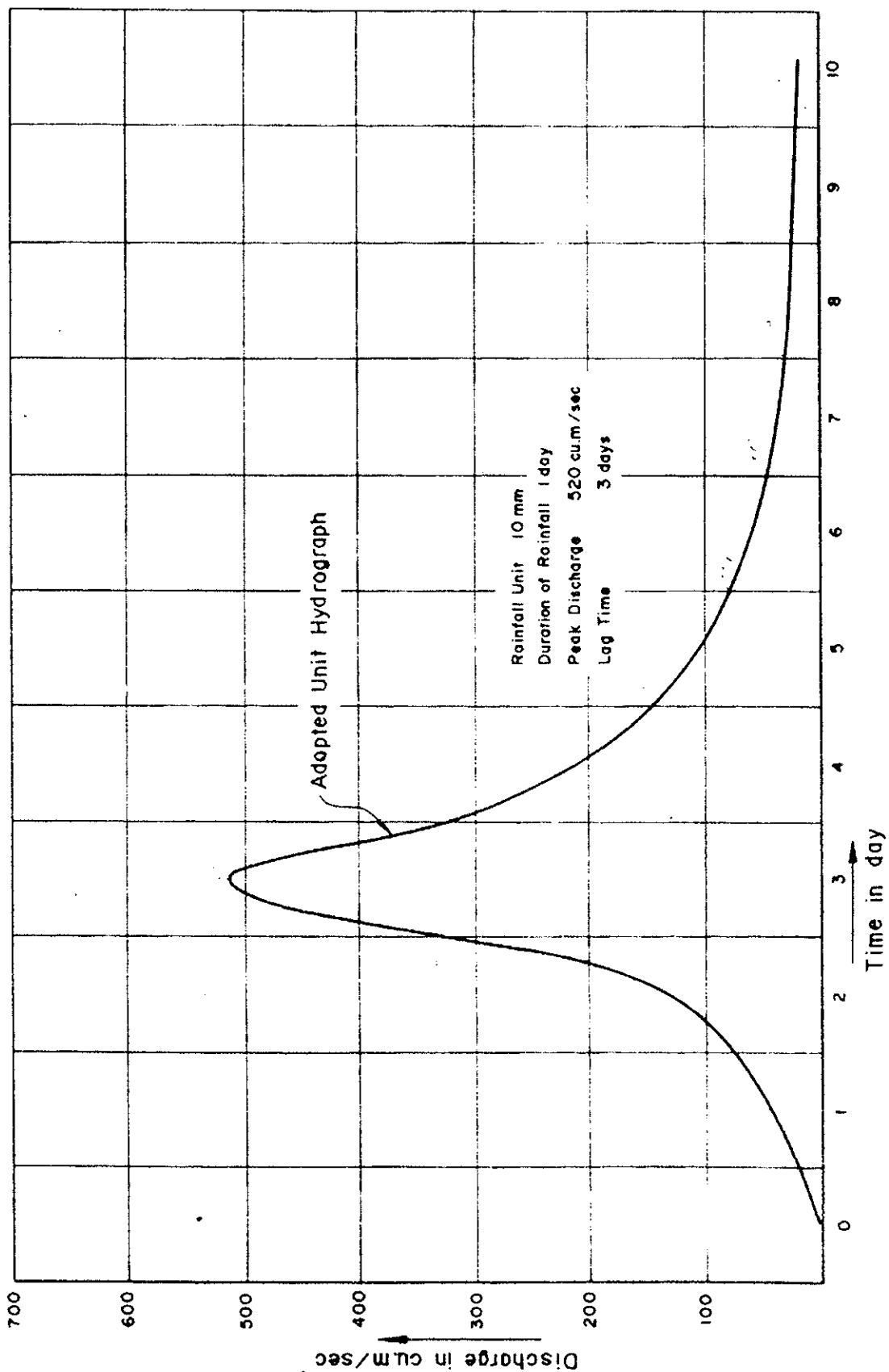


Fig. n.3.2-6 Adopted Unit Hydrograph

ก.4 เขื่อนเขาแหลม

เขื่อนเขาแหลม

(ที่มา : Snowy Mountains Engineering Corporation and Dwyer, Leslie PYT LTD,

“Khao Laem Project : Interim Feasibility Report : Flood Mitigation

Irrigation and Flood Investigations”, June 1976.)

1. Probable Maximum Inflow Flood (PMF)

การคำนวณหาค่า PMF ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ความถี่ของการเกิดน้ำท่วมในอดีตที่บันทึกไว้ของกลุ่มน้ำแควน้อยโดยการต่อกราฟ (extrapolated) ไปถึงคาบการเกิดซ้ำ 10,000 ปี
2. ประมาณค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดในกลุ่มน้ำ
3. เปรียบเทียบกับ envelop curves ของอัตราการเกิดน้ำท่วมสูงสุดสำหรับประเทศไทย
4. เปรียบเทียบกับการประมาณค่าที่เทียบเท่ากันสำหรับเขื่อนอื่น ๆ ในประเทศไทย
5. เปรียบเทียบกับการประมาณค่าโดยอิสระโดยคุณศิริ ชิดชอบ หัวหน้าฝ่ายอุทกวิทยาของ กฟผ.

1.1 การประมาณค่าน้ำฝนสูงสุด

ดำเนินการโดย Australian Bureau of Meteorology (เอกสารอ้างอิง 28) สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. นำข้อมูลพายุมรสุม 12 ครั้ง ในกลุ่มน้ำแควน้อยที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2500 และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2516 ตรวจสอบปริมาณน้ำฝนสูงสุด 5 วัน
2. เส้นชั้นน้ำฝน (isohyetal line) วาดจากรูปร่างทั่วไปของรูปแบบเส้นชั้นน้ำฝนที่พัฒนาโดย U.S. Weather Bureau (เอกสารอ้างอิง 29) ซึ่งมีผลจาก orographic spill over rainfall
3. พายุฝนจากมรสุมทั้ง 12 ครั้ง ถูกนำมาหาค่าสูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิดขึ้น ด้วยวิธีของ Houman (เอกสารอ้างอิง 30) การตรวจสอบข้อมูล dew point และ synoptic data ของสถานีตรวจอากาศที่ประเทศพม่าและประเทศไทยพบว่า ขณะเกิดพายุฝนทุกครั้ง อุณหภูมิ dew point = 23 oC ค่าสูงสุดของ dew point ประมาณได้เป็น 27 oC โดย the Bureau of Meteorology ค่าเดียวกันนี้นำมาประยุกต์ใช้กับกลุ่มน้ำน่าน (เอกสารอ้างอิง 31) ค่าแฟกเตอร์สูงสุดสำหรับกลุ่มน้ำเขื่อนเขาแหลมสำหรับพายุฝน 12 ครั้งคือ 1.54

4. รูปแบบของฝนตามเวลา สำหรับพายุฝนสูงสุด 6 ครั้ง จาก 12 ครั้ง สร้างจาก pluviograph data ทำให้คำนวณปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ คือ 6, 12, 18, 24, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง พบว่าพายุฝนสูงสุดในช่วงวันที่ 10-14 กรกฎาคม 2515 มีค่าสูงสุดสำหรับทุกช่วงเวลาฝนตก

5. ศึกษาความเป็นไปได้การอ่อนกำลังลงของพายุไต้ฝุ่นเมื่อถึงลุ่มน้ำแควน้อย การบันทึกข้อมูลพายุฝนที่ใกล้จังหวัดนครสวรรค์จากพายุไต้ฝุ่น "Tilda" ซึ่งทำให้เกิดฝนตกทั่วทั้งภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศในเดือนกันยายน พ.ศ. 2507 (เอกสารอ้างอิง 31) ถูกเคลื่อนย้ายมายังลุ่มน้ำแควน้อย โดยวิธีที่อธิบายโดย Hounam (เอกสารอ้างอิง 30) มีความเป็นไปได้ที่พายุที่มีกำลังแรงเต็มที่เข้ามาถึงลุ่มน้ำแควน้อย หลังจากผ่านพื้นที่ทางใต้ของคาบสมุทรอินโด-ไชน่า และผ่านชายฝั่งใต้กรุงเทพฯ ข้อมูลการตรวจวัดพายุฝนที่มีศูนย์กลางใกล้จังหวัดร้อยเอ็ดระหว่างพายุไต้ฝุ่น "Tilda" นำมาประมาณลักษณะการอ่อนกำลังของพายุเมื่อขึ้นฝั่ง โดยใช้วิธีที่พัฒนาโดย U.S. Weather Bureau เมื่อศึกษาฝนสูงสุดของลุ่มแม่น้ำโขง (เอกสารอ้างอิง 32) มีข้อสรุปว่า สำหรับทุกช่วงเวลา พายุฝนสูงสุดของลุ่มน้ำเขื่อนเขาแหลมเนื่องจากพายุไต้ฝุ่นจะไม่น้อยกว่าพายุที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่ เมื่อกรกฎาคม พ.ศ. 2515

6. การเกิดพายุไต้ฝุ่น เกิดร่วมกับพายุมรสุม ไม่มีความเป็นไปได้ทางอุตุนิยมวิทยา เนื่องจาก Synoptic effect ของพายุไต้ฝุ่นจะขัดกับสภาพพายุมรสุมตามปกติ คือ ทิศทางการหมุนของลมรอบพายุไต้ฝุ่นเป็น anti-clockwise ซึ่งจะตรงข้ามกับพายุมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่จะเกิดตอนเหนือของลุ่มน้ำ ถ้าพายุไต้ฝุ่นมีศูนย์กลางใกล้จุดกึ่งกลางหรือตอนใต้ของลุ่มน้ำแควน้อย

การตรวจสอบชลภาพน้ำท่วม ปริมาณน้ำฝนรายวัน สำหรับการเกิดน้ำท่วม 5 ครั้ง ที่ใช้ calibrate CFR Model เลือกช่วงเวลาของพายุฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมดังในตารางที่ ก.4-1 พายุฝนวิกฤตในเดือนกรกฎาคม 2515 ในช่วง 10 วัน 8-17 กรกฎาคม ถูกนำมาพิจารณาพร้อมกับผลการศึกษาของ The Bureau of Meteorology เลือกใช้ แพกเตอร์สูงสุดที่ 1.54 การตรวจสอบฝนช่วงเวลา 10 วัน พบว่าฝน 8-17 กรกฎาคม 2515 มีค่ามากกว่าช่วง 10 วัน อื่นๆ ที่เคยบันทึกไว้ จึงยืนยันผลที่ได้

การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดสำหรับ CFR Model ใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนตามเวลาเดิม สำหรับการ Calibration และใช้ Time increment 12 ชั่วโมง

2. Catchment Flood Routing Model (CFR Model)

2.2 ขั้นตอนการใช้แบบจำลอง

การ Calibration เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ใช้ข้อมูลพายุฝน 5 ครั้ง ที่มีข้อมูลน้ำฝนน้ำท่าที่ดี ใช้ข้อมูลน้ำฝนสร้างแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน และหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำย่อย การคำนวณของ CFR Model ใช้ time increment 12 ชั่วโมง รูปแบบตามเวลา

(Temporal pattern) สร้างจาก 4 พื้นที่ ภายในลุ่มน้ำ จากข้อมูล pluviograph data กรณีไม่มีข้อมูลใช้ การแบ่งข้อมูลน้ำฝนรายวัน คล้ายกับวิธีการของ The Bureau of Meteorology (เอกสารอ้างอิง 28)

ช่วงของค่า storage lag coefficients ของแบบจำลองใช้สำหรับน้ำท่วมแต่ละครั้ง หากค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยเปรียบเทียบชลภาพที่ประมาณได้กับชลภาพจากการวัด direct runoff โดยดูที่ค่า การไหลสูงสุด

รูปร่าง

CFR Model parameters ที่ได้จากการ calibration กับชลภาพน้ำท่วม 5 ครั้ง ที่ทองผาภูมิ นำ ค่าที่ได้มาปรับใช้สำหรับการประมาณค่า PMF ประมาณค่าฝนสูงสุดใช้กับ CFR Model ชลภาพที่ ได้ร่วมกับค่าประมาณการไหลพื้นฐาน คำนวณเป็นการประมาณค่า PMF ที่เขื่อนเขาแหลม

2.2 Calibration of Model

ชลภาพน้ำท่วมที่ Ban Hin Phoeng มีค่าสูงสุดมากกว่า $1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ ชลภาพน้ำท่วมที่ Wang Pho ไม่ได้นำมาใช้เนื่องจากคุณภาพข้อมูลไม่ดี รายละเอียดข้อมูลน้ำท่วมทั้ง 5 ครั้ง แสดงในตารางที่ ก.4-1 และตารางที่ ก.4-2 (Snowy Mountains Engineering Corporation and Dwyer, 1976) ชลภาพ จากการวัดทำเป็น direct runoff และการไหลพื้นฐาน แสดงใน รูปที่ ก.4-1 ถึง ก.4-5 (ดูตารางที่ ก.4-1) มีชลภาพ 2 ช่วง ที่ Ban Hin Phoeng มี 5 ช่วงที่ทองผาภูมิ และ 3 ช่วงที่ Ban Phu Toei

ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้สร้างเส้นชั้นน้ำฝนสะสมทั้งหมดและปริมาณน้ำฝนตามเวลาแสดงใน ตารางที่ ก.4-2 (Snowy Mountains Engineering Corporation and Dwyer, 1976) แผนที่เส้นชั้น น้ำฝนวาดจากรูปร่างทั่วไปที่พัฒนาโดย The Bureau of Meteorology (เอกสารอ้างอิง 28) แสดงใน รูปที่ ก.4-1 ถึง ก.4-5 (ดูตารางที่ ก.4-1)

ลุ่มน้ำที่ Wang Pho ถูกแบ่งเป็น 12 ลุ่มน้ำย่อย แสดงใน รูปที่ ก.4-6 เหนือจุดบ้าน Hin Phoeng, Thong Pha Phum และ Ban Phu Toei มี 5,8 และ 11 ลุ่มน้ำย่อยตามลำดับ

การแยกการไหลพื้นฐานจากชลภาพที่บันทึกได้ใช้หลักการ arbitrary basis ตามแนวทางที่ แนะนำโดย Linsley, Kohler และ Paulhus (เอกสารอ้างอิง 27) ความถูกต้องของการแยกการไหล พื้นฐานมีความสำคัญในทางปฏิบัติน้อย อย่างไรก็ตามแต่ละวิธีให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อ เปรียบเทียบกับปริมาณการไหลของน้ำท่วมทั้งหมด การใช้การไหลพื้นฐานแสดงในรูปที่ ก.4-1 ถึง ก.4-5 (ดูตารางที่ ก.4-1)

การใช้ CFR Model มีความยืดหยุ่นโดย พารามิเตอร์หลายตัวสามารถปรับได้ใน กระบวนการ Calibration แต่สำหรับลุ่มน้ำแควน้อย การประมาณปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำฝน ตามเวลาในลุ่มน้ำ ทำได้โดยการประมาณเบื้องต้น เนื่องจากการมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวนน้อย และมี ข้อมูลชลภาพน้ำท่วมขนาดเล็กน้อยเพียง 2 ครั้ง เหนือสถานีทองผาภูมิ ดังนั้นการ optimization ของ

การหาพารามิเตอร์หลายตัวยังไม่สามารถรับรองยอมรับได้ จึงต้องมีสมมติฐานสำหรับการคำนวณ การ calibration เพิ่มเติมดังนี้

1. ความจุ (storage) ของลุ่มน้ำเป็นเชิงเส้น (linear)
2. Storage routing factor, $x = 0.1$
3. Initial loss สำหรับทุกลุ่มน้ำย่อย = 20 mm.
4. Continuing loss rate เท่ากันทุกลุ่มน้ำย่อย ทำให้ฝนส่วนเกินเท่ากับ direct runoff volume จากการวัด
5. ลุ่มน้ำแควน้อยแบ่งออกเป็น 4 พื้นที่ย่อย แนะนำโดย The Bureau of Meteorology (เอกสารอ้างอิง 28) รูปแบบของฝนตามเวลาพิจารณาจาก 4 สถานีวัดน้ำฝน คือ ปีส็อก สังขละบุรี ทองผาภูมิ และห้วยแม่แก่น้อย

ผลของการ Calibration แสดงในตารางที่ ก.4-3 และโดยรูปภาพในรูปที่ ก.4-1 ถึง ก.4-5

จากตารางที่ ก.4-3 ค่าเฉลี่ย continuing loss rate เหนือลุ่มน้ำย่อย 1 ถึง 8 (เหนือทองผาภูมิ) มีค่าอยู่ในช่วง 1.11 mm/h ถึง 3.99 mm/h พายุฝนทั้ง 5 ครั้ง ทำให้เกิดฝนตกหนักในลุ่มน้ำ เดือน กรกฎาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2515 มีพายุฝนลูกที่สองตามต่อจากพายุฝนขนาดใหญ่ในเดือนกรกฎาคม ซึ่งทำให้ loss rate ต่ำลง

ค่า optimum storage lag coefficient แสดงในตารางที่ ก.4-3 อยู่ในช่วง 8.3 – 21.4 ชั่วโมง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2510 มีค่าต่ำเนื่องจากมีปริมาณน้ำท่วมน้อย กรกฎาคม พ.ศ. 2515 มีค่า storage lag coefficient 21.4 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับช่วง 13 – 14 ชั่วโมง ของอีก 3 เหตุการณ์น้ำท่วม ผลของ non-linear effect ชี้ว่า storage lag coefficient ควรลดลงตามขนาดของน้ำท่วม แต่ในตารางที่ ก.4-3 กลับตรงกันข้าม ความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากความไม่แม่นยำที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จากการสมมติ แผนที่เส้นชั้นน้ำฝนของปริมาณน้ำฝนทั้งหมดเหนือลุ่มน้ำ

2.3 การปรับค่าพารามิเตอร์สำหรับการประมาณ PMF

ค่า optimum storage lag coefficient (B) มีการกระจายกระจาย แสดงในตารางที่ ก.4-3 ควรให้น้ำหนักกับค่าฝนสูงสุดที่เกิดขึ้นจากพายุฝนที่ตกในลุ่มน้ำเมื่อ กรกฎาคม พ.ศ. 2515 อาจคาดการณได้ว่าจากผล non-linear effects ค่า B ควรลดลงเมื่อขนาดน้ำท่วมมากขึ้น จากเอกสารอ้างอิง 24 และ 25 B แปรผืนโดยตรงกับอัตราการไหล (Q) ด้วยเลขยกกำลัง -0.3 ($B \propto Q^{-0.3}$) ถ้าค่า Q เพิ่มขึ้น 2 เท่า B ควรลดลง 20% ดังนั้นจากข้อมูลในตารางที่ ก.4-3 จึงจะใช้ค่า B = 15 ชั่วโมง สำหรับลุ่มน้ำย่อย 1-8 ในการประมาณค่า PMF

สำหรับการประมาณค่า PMF ใช้สมมติฐานว่า ฝนสูงสุดเกิดขึ้นภายในเวลาไม่กี่วันหลังจากเกิดพายุฝนที่รุนแรง (คล้ายกับเหตุการณ์ฝนที่เกิดตามกันในเดือนกรกฎาคม/สิงหาคม พ.ศ. 2515)

และลุ่มน้ำอยู่ในสภาพเปียกมาก จากสภาพนี้ใช้ Continuing loss rate = 1.0 mm/h และ initial loss = 20 mm.

พารามิเตอร์อื่น ๆ ของ CFR Model (เช่น storage lag exponent, routing factor, weighting factor สำหรับฝนตามเวลา) ถูกปรับสำหรับการประมาณค่า PMF จากที่เคยใช้ในขั้นตอน calibration

การไหลพื้นฐานคงที่ $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ใช้สำหรับการประมาณค่า PMF บนพื้นฐานของการไหลพื้นฐานที่บันทึกได้ของน้ำท่วมที่สถานีทองผาภูมิ (ตารางที่ ก.4-1)

CFR Model นำมาใช้สำหรับลุ่มน้ำที่สถานีทองผาภูมิและผลของชลภาพที่ได้สมมติว่านำไปใช้ได้กับจุดที่ตั้งเขื่อนเขาแหลม

2.4 Catchment Flood Routing Model

พารามิเตอร์ของแบบจำลองสำหรับทำนาย PMF ที่จุดตั้งเขื่อนเขาแหลม แสดงไว้แล้วใน Section 10.6.4 (Snowy Mountains Engineering Corporation and Dwyer, 1976) ผลการใช้พายุฝนสูงสุดเมื่อ 8-17 กรกฎาคม 2515 กับ CFR Model สรุปได้ในตารางที่ ก.4-4 ชลภาพแสดงที่รูปที่ ก.4-7

2.5 วิธีอื่น ๆ

วิธี envelope curves สำหรับน้ำท่าสูงสุดที่บันทึกได้ในประเทศไทยและจากโครงการต่างๆ ที่เทียบเท่ากัน โดยมีสมมติฐานของ hydrologic similarity

กราฟ envelope curve แสดงปริมาณน้ำท่าสูงสุดต่อตารางกิโลเมตรเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับ 44 ลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่าที่มีข้อมูล ส่วนใหญ่ข้อมูลมาจากเอกสารอ้างอิง 33 แสดงในรูปที่ ก.4-8 สำหรับที่ตั้งเขื่อนเขาแหลมประมาณจากกราฟได้ $3,800 \text{ m}^3/\text{s}$ มีคาบการเกิดซ้ำระหว่าง 50 – 100 ปี

ค่าการออกแบบน้ำท่วมสูงสุดสำหรับเขื่อนหลักๆ ในประเทศไทย แสดงในกราฟเดียวกัน ข้อมูลส่วนใหญ่มาจากเอกสารอ้างอิงที่ 33, 34 และ 35

PMF สำหรับเขื่อนปัตตานีไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับเขื่อนเขาแหลมได้เนื่องจากเงื่อนไขทางอุคณิยวิทยาต่างกัน คือ ที่ปัตตานีมีความรุนแรงมากกว่าส่วนอื่นๆ ของประเทศ สำหรับส่วนบนของลุ่มน้ำแควน้อยมีปริมาณน้ำฝนออกแบบมากกว่าส่วนอื่นของประเทศ

กราฟที่ได้กรณีรวมและไม่รวมเขื่อนปัตตานี PMF ที่เขื่อนเขาแหลมมีค่า 6,900 และ 5,500 m^3/s ตามลำดับ

วิศวกรของ กฟผ. คุณ สิริ ชิดชอบ ได้ประมาณค่า PMF ที่เขื่อนเขาแหลมสรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความถี่การเกิดน้ำท่วม โดยใช้ Hazen frequency distribution = $5,800 \text{ m}^3/\text{s}$

2. เอกชลภาพจากชลภาพที่ทองผาภูมิ = $6,690 \text{ m}^3/\text{s}$
3. เอกชลภาพจากชลภาพที่สร้างโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (เอกสารอ้างอิง 36) = $6,600 \text{ m}^3/\text{s}$

2.6 น้ำท่วม สิงหาคม พ.ศ. 2517

ระหว่างมีการศึกษาปริมาณน้ำท่วม ได้เกิดน้ำท่วมใหญ่ในลุ่มน้ำแควน้อย เดือนสิงหาคม 2517 ที่ทองผาภูมิ ชลภาพมีค่าเพิ่มจาก $200 \text{ m}^3/\text{s}$ เป็นสูงสุด $3,066 \text{ m}^3/\text{s}$ ในวันที่ 18 สิงหาคม ก่อนลดลงเป็น $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ในวันที่ 29 สิงหาคม ปริมาตรของ direct runoff = $1,360 \times 10^6 \text{ m}^3$ น้ำท่าสูงของ สิงหาคม 2517 มีค่าสูงกว่าเดือนกรกฎาคม 2515 เล็กน้อย (ตารางที่ ก.4-1) แต่ปริมาตรของ direct runoff มากกว่า 16%

ขณะที่น้ำท่วมเดือนกรกฎาคม 2515 เป็นน้ำท่วมใหญ่ที่สุดที่เคยบันทึกในลุ่มน้ำแควน้อย แต่เหตุการณ์เดือนสิงหาคม 2517 กลับมีสภาวะวิกฤติที่มากกว่าแล้ว

ณ เวลาที่การตรวจสอบน้ำท่วมสูงสุดเสร็จสมบูรณ์ ไม่มีข้อมูลน้ำฝนสำหรับเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2517 ดังนั้นจึงไม่สามารถคำนวณ PMF โดยใช้พายุฝนสูงสุดเดือนสิงหาคม 2517 ได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะคำนวณได้การไหลสูงสุด $8,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ปริมาตรการไหล 18 วัน (รวมการไหลพื้นฐาน) มีค่า $4,000 \times 10^6 \text{ m}^3$

ดังนั้น การประมาณ PMF จากข้อมูลน้ำท่วมสูงสุดในปัจจุบันควรมีการทบทวนก่อนจะออกแบบขั้นสุดท้ายของเขื่อนเขาแหลมว่าพายุฝนของเดือนสิงหาคม 2517 มีผลต่อน้ำท่วมออกแบบสำหรับทางน้ำล้นของเขื่อนหรือไม่

2.7 การใช้ค่า PMF

การเปรียบเทียบค่า PMF จากการคำนวณวิธีต่างๆ แสดงในตารางที่ ก.4-5 ปริมาณน้ำท่วม (รวมการไหลพื้นฐาน 16 วัน) ประมาณ โดยวิธี CFR Model มีค่า $3,5000 \times 10^6 \text{ m}^3$ มีค่าใกล้เคียงกับ $3,630 \times 10^6 \text{ m}^3$ ประมาณจากการต่อกราฟ การวิเคราะห์ความถี่ ปริมาตร 10 วัน ที่รอบการเกิดซ้ำ 10,000 ปี (section 10.5.3 ของ Snowy Mountains Engineering Corporation and Dwyer, 1976)

เมื่อพิจารณาผลจากการประมาณ PMF และ ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดวิธีต่าง ๆ ชลภาพที่ได้จาก CFR Model เหมาะสมที่จะใช้เป็นชลภาพของ PMF ซึ่งเป็นชลภาพที่ประมาณจากพายุฝนสูงสุดระหว่าง 8-17 กรกฎาคม 2515 แสดงในรูปที่ ก.4-7

เอกสารอ้างอิง 24

Laurenson, E.M. "A Catchment Storage Model for Runoff Routing". Journal of Hydrology. Vol. 2. 1964. pp. 141 – 163.

เอกสารอ้างอิง 25

Laurenson, E.M. "Storage Routing Methods of Flood Estimation". Civil Engineering Transactions, The Institution of Engineers, Australia. Vol. CE7. April 1965. pp. 39 – 47.

เอกสารอ้างอิง 27

Linsley, R.K., Kohler, M.A. & Paulus, J.L.H. "Hydrology for Engineers". McGraw-Hill Book Company. 1958. pp. 156 – 160.

เอกสารอ้างอิง 28

Australia, Bureau of Meteorology. "Estimation of Extreme Precipitation : Quae Noi Basin Thailand". October 1974.

เอกสารอ้างอิง 29

U.S. Weather Bureau. "Interim Report – Probable Maximum Precipitation in California". Hydrometeorological Report No. 36. 1960.

เอกสารอ้างอิง 30

Hounam, C.E. "Estimation of Extreme Rainfall". Journal of the Institution of Engineers, Australia. Vol. 32, No.6, 1960.

เอกสารอ้างอิง 31

Engineering Consultants INC. "Nan River Hydrometeorological Report". 1969.

เอกสารอ้างอิง 32

U.S. Weather Bureau. "Probable Maximum Precipitation Over the Mekong River Basin". Hydrometeorological Report No. 46. 1970

เอกสารอ้างอิง 33

Electricity Generating Authority of Thailand. "Design Flood Study for Mae Moh Project". Report No. HD-005. September 1972.

เอกสารอ้างอิงที่ 34

Electricity Generation Authority of Thailand. " Hydrologic Studies on the Design Flood of Pattani Project." Report No. HD-005. November 1973.

เอกสารอ้างอิงที่ 35

Electricity Generating Authority of Thailand. "Additional Investigation of the Design Flood of Quae Yai No. 1 Hydro-electric Project. Report No. HD-003. April 1973.

ตารางที่ ก.4-1 รายละเอียดน้ำท่วมทั้ง 5 ครั้ง ที่สังเคราะห์โดย CFR Model

	Date of Storm				
	5 – 9 Sept. 1966	14 – 18 Aug. 1967	22 – 28 Jul. 1971	8 – 17 Jul 1972	19 Jul.– 2 Aug. 1972
<u>Ban Hin Phoeng</u>					
Peak total discharge (m ³ /s)	-	1,290	1,540	-	-
Peak direct discharge (m ³ /s)	-	820	1,060	-	-
Direct flood volume (mm)	-	79	151	-	-
Total storm rainfall (mm)	-	280	317	-	-
<u>Thong Pha Phum</u>					
Peak total discharge (m ³ /s)	2,620	1,800	1,840	2,860	1,870
Peak direct discharge (m ³ /s)	2,140	1,175	1,360	2,460	1,360
Direct flood volume (mm)	162	79	139	293	212
Total storm rainfall (mm)	342	287	308	587	447
<u>Ban Phu Toei</u>					
Peak total discharge (m ³ /s)	-	-	2,080	2,970	2,000
Peak direct discharge (m ³ /s)	-	-	1,570	2,590	1,390
Direct flood volume (mm)	-	-	103	209	168
Total storm rainfall (mm)	-	-	240	465	374
Recorded hydrograph					
Plate	4	5	6	7	8

ตารางที่ ก.4-2 Flood and Rainfall Records used for CFR Model Calibration

	Date of Storm				
	5 – 9 Sept. 1996	14 – 18 Aug. 1967	22 – 28 Jul. 1971	8 – 17 Jul 1972	19 Jul.– 2 Aug. 1972
Peak total discharge at Thong Pha Phum (m ³ /s)	2,620	1,800	1,840	2,860	1,870
Peak direct discharge at Thong Pha Phum (m ³ /s)	2,140	1,175	1,360	2,460	1,360
Direct flood volume at Thong Pha Phum (10 ⁶ m ³)	648	318	556	1,177	852
Mean total storm rainfall above Thong Pha Phum (mm)	342	287	308	587	447
Recorded storm rainfall totals (mm) at:					
Pilok	697	717	477	815	751
Sangkhlaburi	207	142	289	508	367
Thong Pha Phum	158	55	136	283	233
Huai Mae Nam Noi	169	139	141	281	322
Ban Phu Toei	-	-	72	109	61
Sai Yok	36	11	76	73	59
Pluviograph records used at:					
Songkhlaburi	No	No	Yes	No	No
Thong Pha Phum	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Ban Phu Toei	No	No	No	No	No

ตารางที่ ก.4-3 ผลการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วม โดย CFR Model

	Date of Storm				
	5 – 9 Sept. 1996	14 – 18 Aug. 1967	22 – 28 Jul. 1971	8 – 17 Jul 1972	19 Jul.– 2 Aug. 1972
Recorded peak direct discharge at Thong Pha Phum (m ³ /s)	2,140	1,175	1,360	2,460	1,360
Recorded direct flood volume	162	79	139	293	212
Continuing loss rate (mm/h) For					
Sub-areas 1 – 8	2.80	3.99	1.50	1.96	1.11
Sub-areas 9 – 11	-	-	0.91	2.22	0.99
Optimum storage lag coefficient (h) for					
Sub-areas 1 – 5	-	8.2	16.6	-	-
Sub-areas 1 – 8	13.4	8.3	14.0	21.4	13.3
Sub-areas 9 – 11	-	-	7.3	5.1	20.0
Estimated hydrograph Plate	4	5	6	7	8

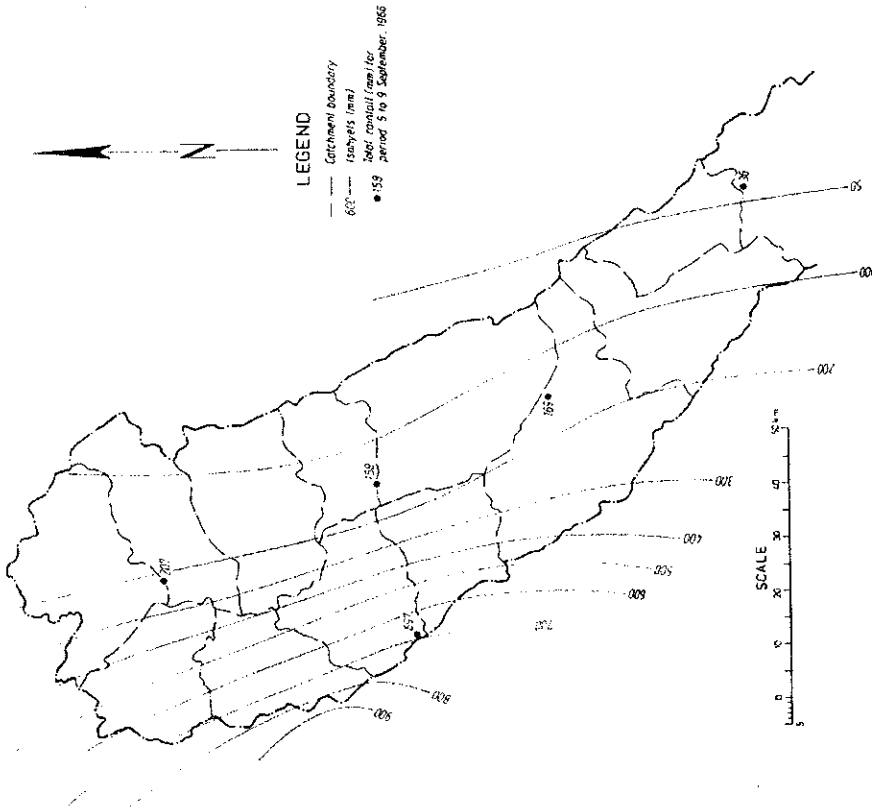
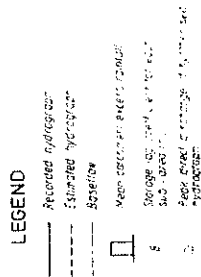
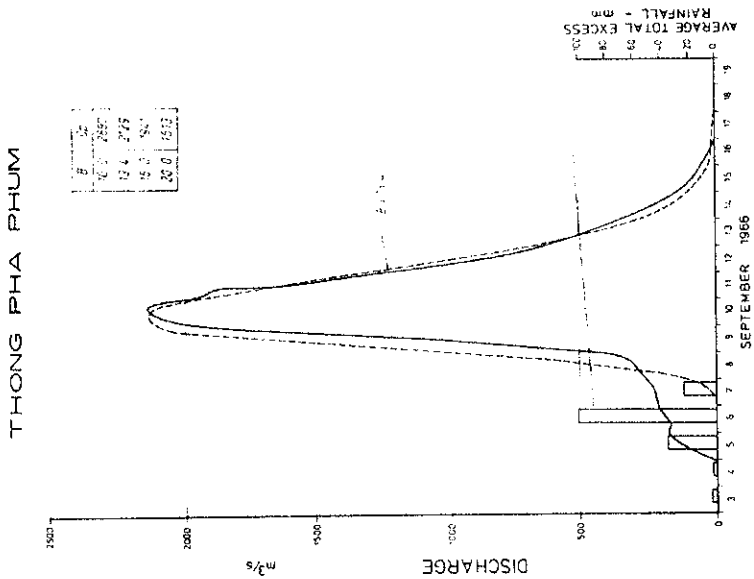
ตารางที่ ก.4-4 Estimate of Probable Maximum Inflow Flood Using CFR Model

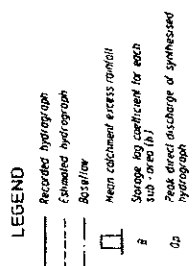
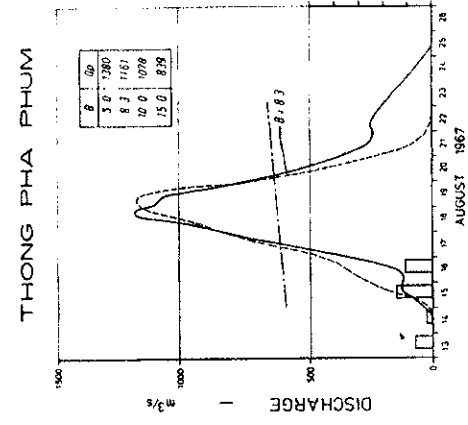
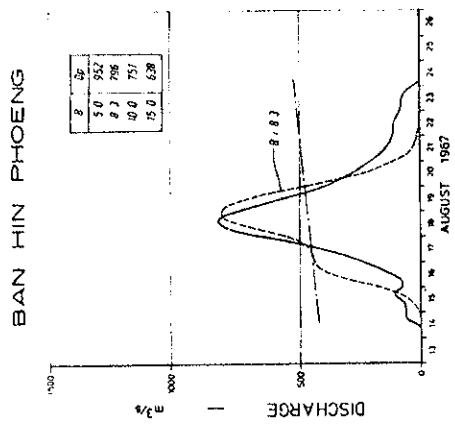
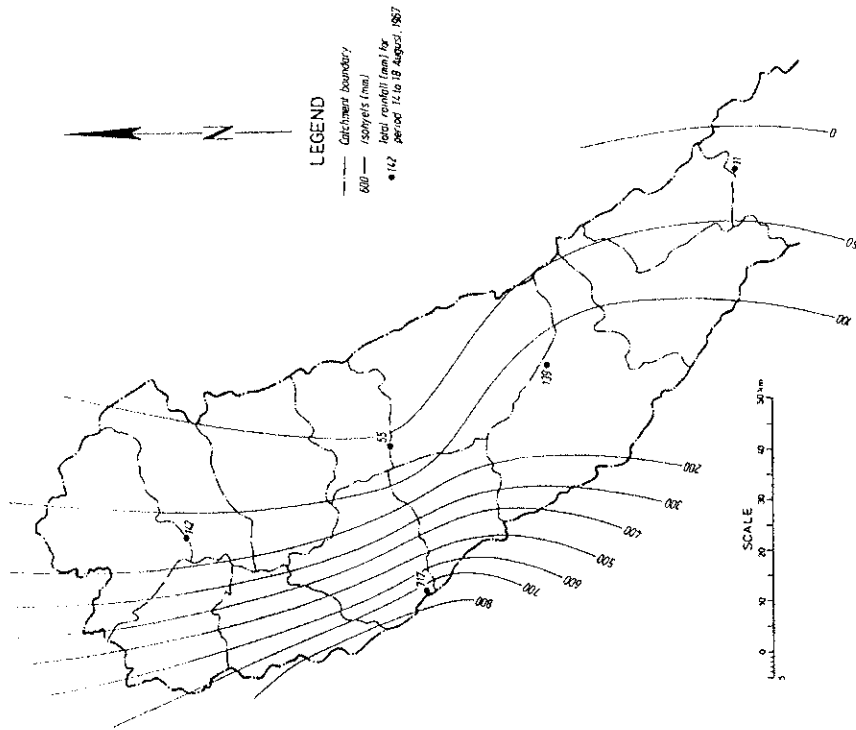
Peak discharge	7,100 m ³ /s
Base length of Hydrograph	16 days
Flood Volume, excluding baseflow	2,810 x 10 ⁶ m ³
Flood volume, including baseflow, (over 16-day period)	3,500 x 10 ⁶ m ³

ตารางที่ ๓.๔-๕ Estimate of Probable Maximum Inflow Flood by Various Methods

Method	Peak Discharge (m ³ /s)
Flood frequency analysis	7,100
Catchment flood routing model	7,100
Equivalent estimates for other projects in Thailand	5,500 to 6,900
Envelope curve of maximum recorded discharges in Thailand	3,800 (a)
Estimates by Mr S. Chitchob (EGAT)	
- flood frequency analysis	5,800
- unit hydrograph	6,600, 6,690
Note : The estimate marked (a) has a return period probably between 50 and 100 years	

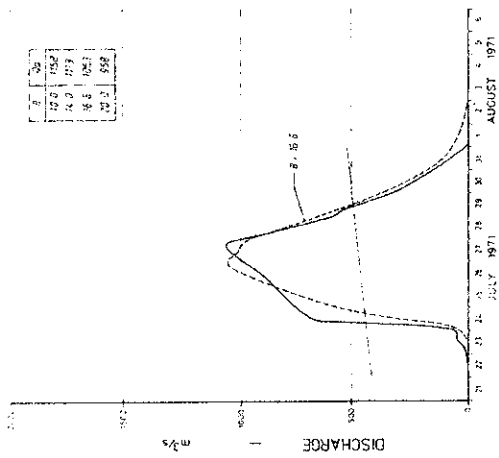
รูปที่ ๓.๔-1 Flood hydrograph synthesis (plate 4)



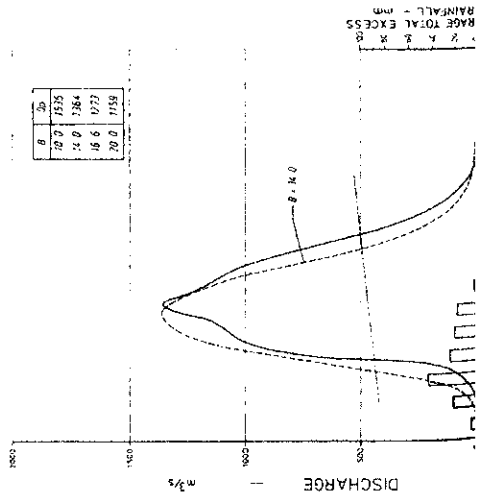


รูปที่ ๓.๔-๒ Flood hydrograph synthesis (plate 5)

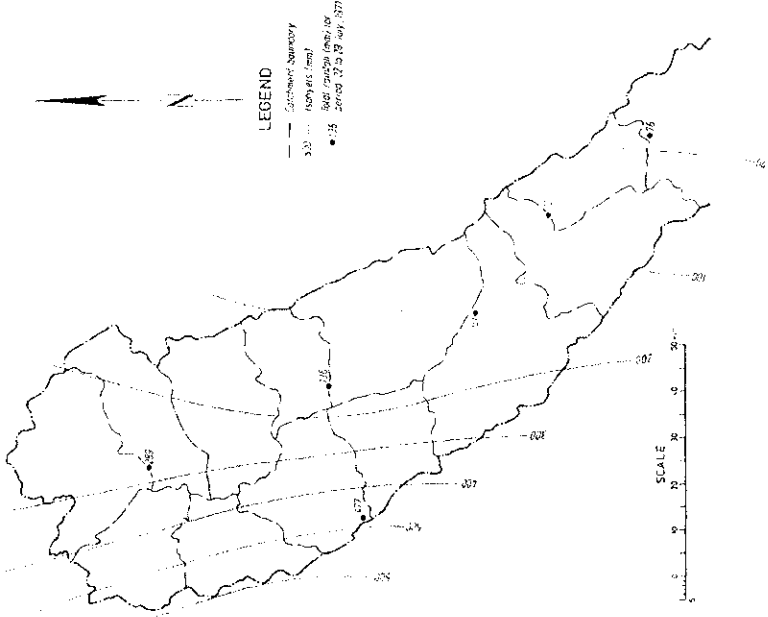
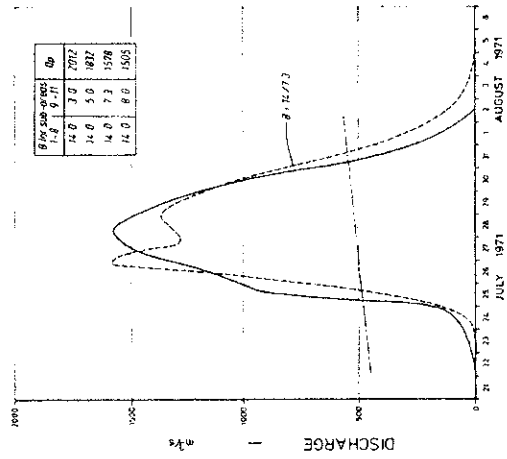
BAN HIN PHOENG



THONG PHA PHUM



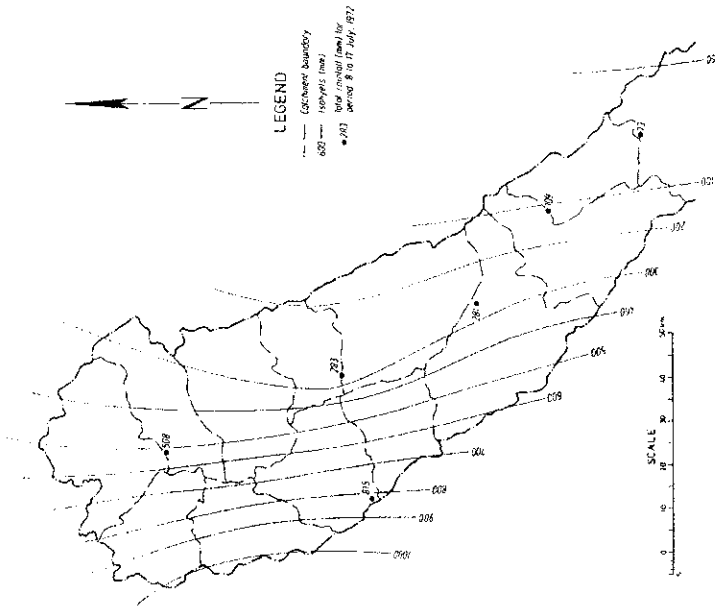
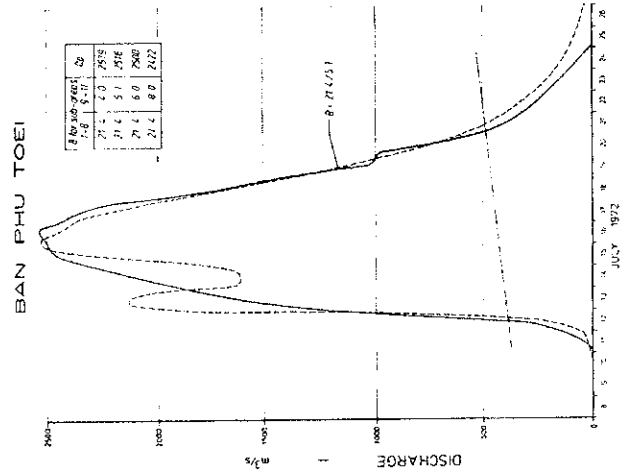
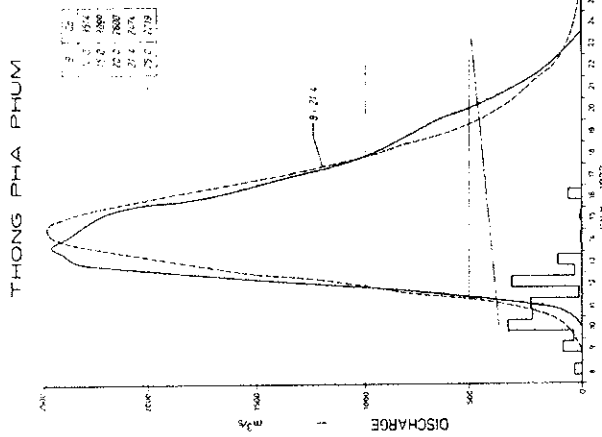
BAN PHU TOEI



LEGEND

- Actual hydrograph
- - - - - Estimated hydrograph
- Baseflow
- Mean catchment excess rainfall
- Group lag coefficient for each sub-catchment
- Base stream discharge at catchment

รูปที่ ก.4-3 Flood hydrograph synthesis (plate 6)



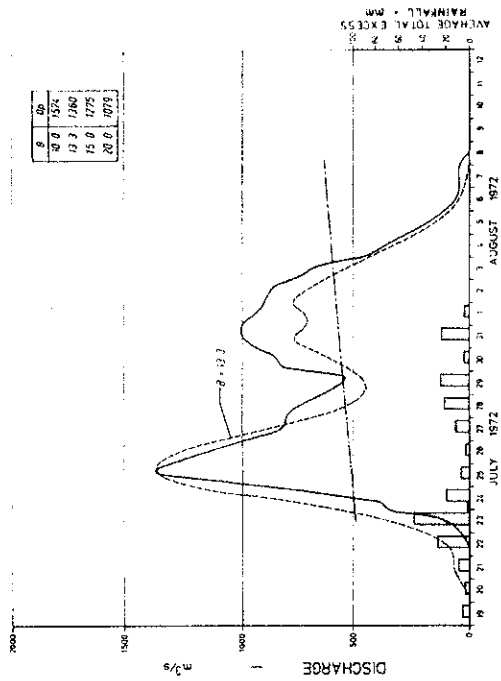
LEGEND

- Recorded hydrograph
- - - Estimated hydrograph
- ▭ Rainfall
- ▭ Mean catchment average excess
- ▭ Storage for catchment for mean sub-catchment
- ▭ Peak direct discharge of sub-catchment

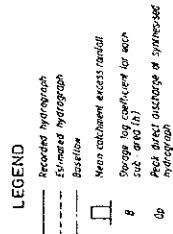
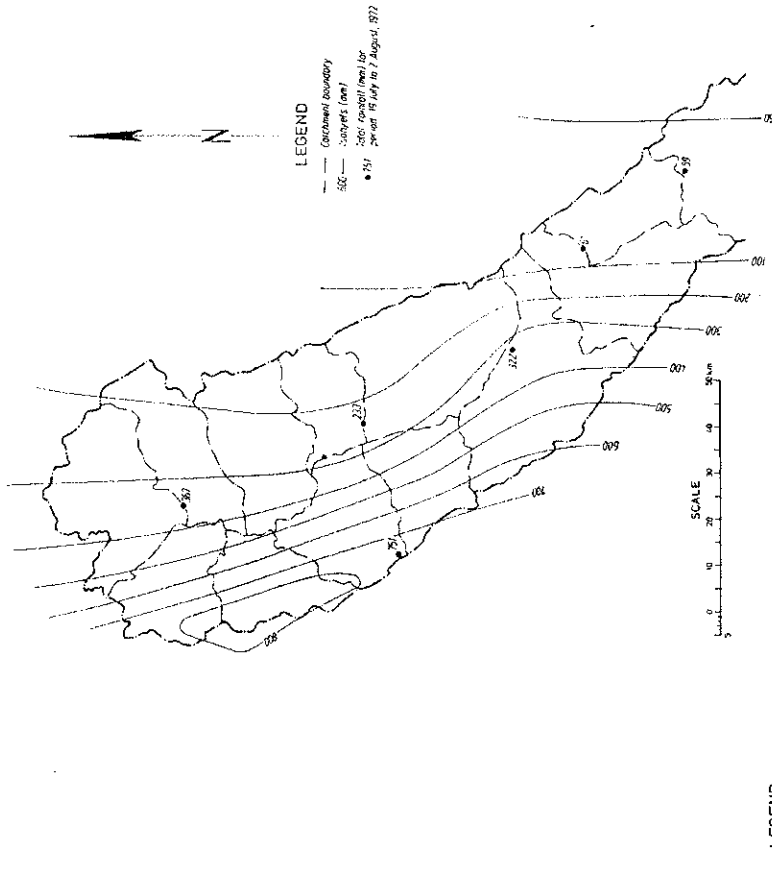
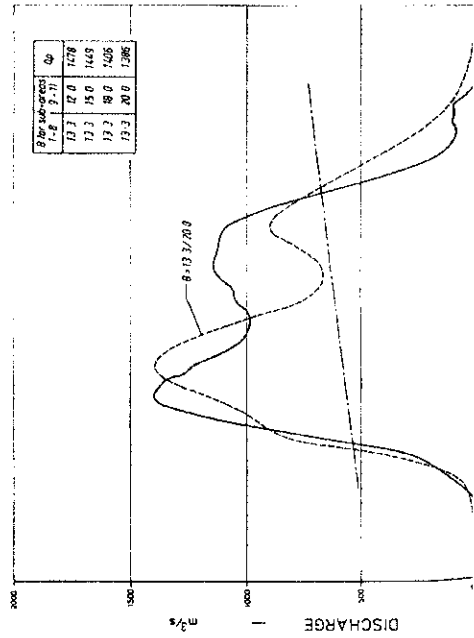
QUAI NOI BASIN
FLOOD HYDROGRAPH SYNTHESIS
JULY 1972 FLOOD

รูปที่ ๓.๔-๔ Flood hydrograph synthesis (plate 7)

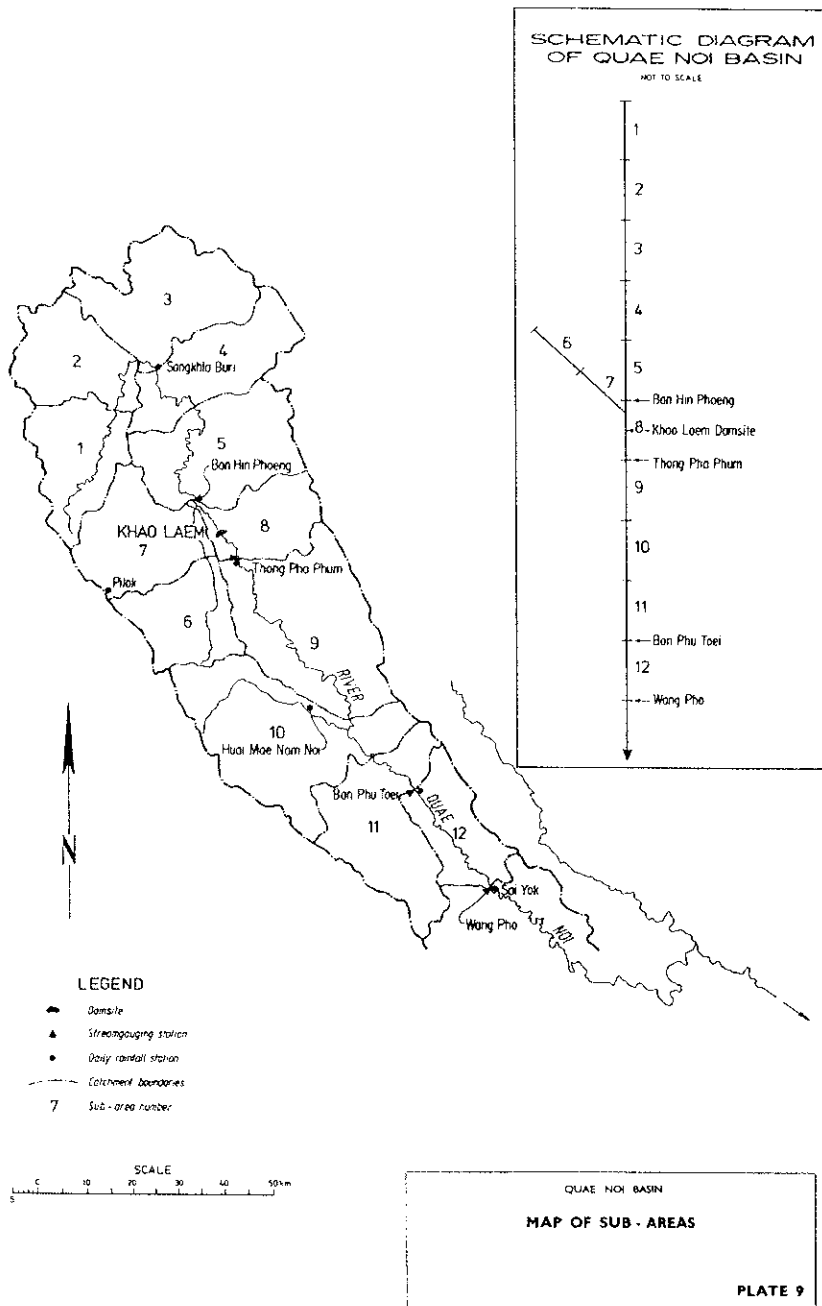
THONG PHA PHUM



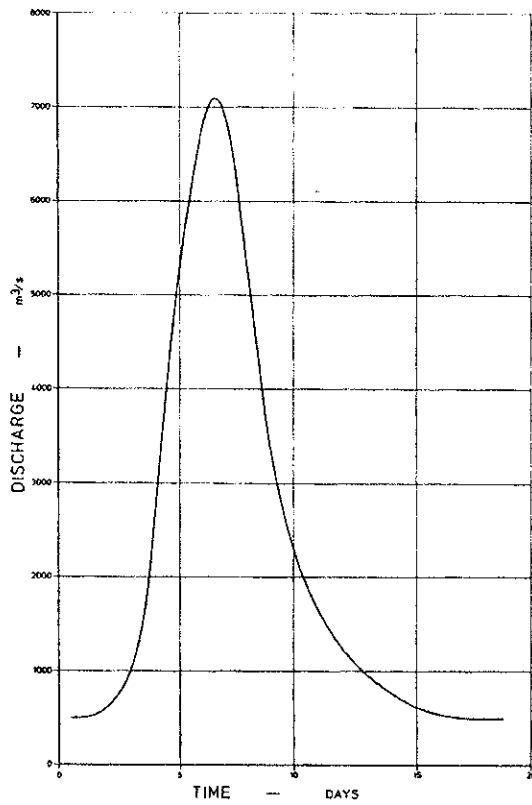
BAN PHU TOEI



รูปที่ ๓.๔-5 Flood hydrograph synthesis (plate 8)

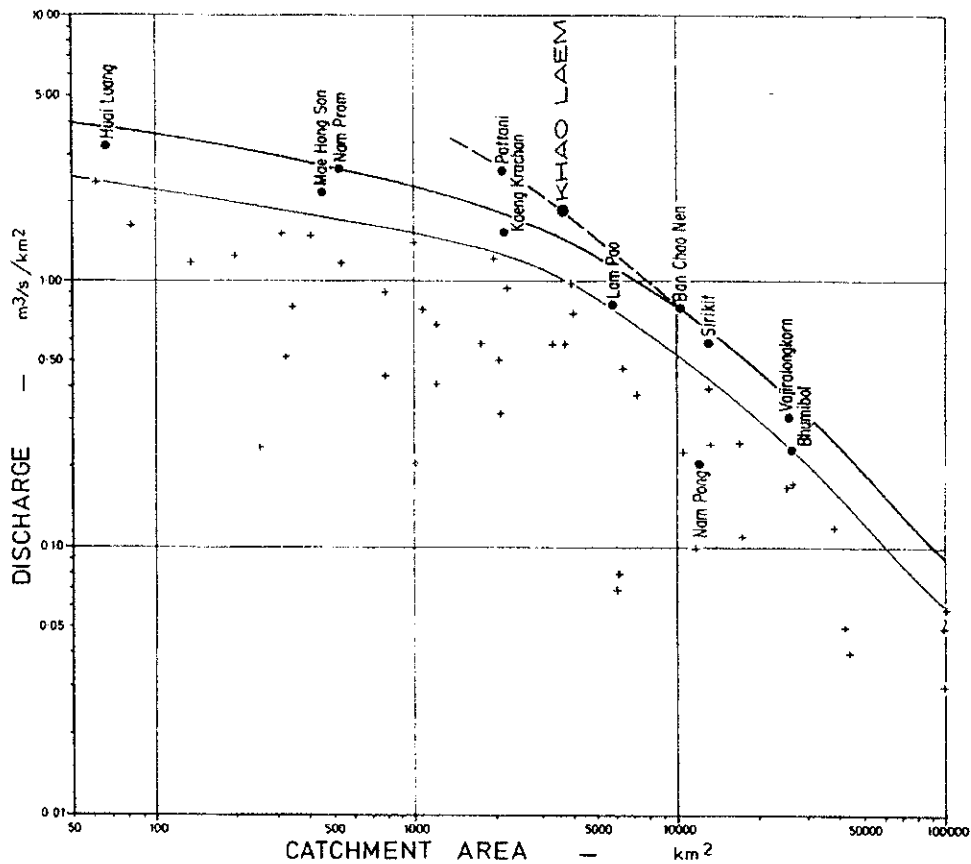


รูปที่ ก.4-6 ลุ่มน้ำที่ Wang Pho ถูกแบ่งเป็น 12 ลุ่มน้ำย่อย



QUAE NOI BASIN
**ADOPTED PROBABLE MAXIMUM
 INFLOW FLOOD HYDROGRAPH**
 PLATE 10

รูปที่ ก.4-7 ซลภาพที่ประมาณจากพายุฝนสูงสุดระหว่าง 8-17 กรกฎาคม 2515



LEGEND

- + Maximum recorded discharges for rivers in Thailand.
- Envelope curve of maximum recorded discharges.
- Estimates of PMF for other dams in Thailand
- Envelope curve of PMF estimates excluding Pattani.
- - - Envelope curve of PMF estimates including Pattani.

QUAE NOI BASIN
**COMPARATIVE FLOOD ESTIMATES
 AND MAXIMUM RECORDED DISCHARGES**
 PLATE II

รูปที่ ก.4-8 กราฟ envelope curve แสดงปริมาณน้ำท่าสูงสุดต่อตารางกิโลเมตรเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำ
 สำหรับ 44 ลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่าที่มีข้อมูล

ก.5 เชื้อนอบลรัตน์

เขื่อนอุบลรัตน์

(ที่มา : Salzgitter Consult GMBH, TEAM Consulting Engineers and Asian Institute of Technology, “Ubol Ratana Dam, Flood Protection Study: Final Report”, March 1983.)

การออกแบบ PMF ของเขื่อนอุบลรัตน์

เนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2521 มีอัตราการไหลมากกว่า design capacity ของ spillway ประมาณ 51% จึงเป็นที่มาของการทบทวนเกณฑ์การออกแบบใหม่ ซึ่งเดิมออกแบบไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 โดย Salzgitter Industrieban GMBH ปรากฏในรายงานเรื่อง “The Nam Pong Project, Part II, Hydrology, November 1965”

ในรายงานของ Salzgitter Consult GMBH et. al. (1983) ระบุว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลออกรายปี (annual runoff coefficient) ของลุ่มน้ำมีความเปลี่ยนแปลงอย่างมากตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 จนถึงปี พ.ศ. 2515 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515 เป็นต้นไปค่าสัมประสิทธิ์นี้เพิ่มขึ้นจนมีค่าถึง 40% ในปี พ.ศ. 2523 ซึ่งมีสาเหตุจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้เกินการคาดหมายของการศึกษาในปี พ.ศ. 2506

ข้อมูลน้ำฝนใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน 19 สถานี ช่วงเวลาการบันทึก 27 ปี (พ.ศ. 2497-2523) ข้อมูลน้ำท่า มีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันที่สถานี Pong Neeb (ที่ตั้งเขื่อนอุบลรัตน์) มีการบันทึกข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2500-2507 ไม่มีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2508-2512 หลังจากมีเขื่อน การไหลเข้าอ่างเก็บน้ำคำนวณจากสมดุลของน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 เป็นต้นไป ผลจากการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์การไหล การทบทวนการออกแบบ PMF จึงใช้เฉพาะข้อมูลน้ำท่าที่คำนวณไว้หลังจากการมีเขื่อนแล้วเท่านั้น

Depth Duration Frequency Curve

ใช้ข้อมูลช่วงเวลา พ.ศ. 2497-2523 ตรวจสอบปริมาณน้ำฝนตกหนัก 3 วัน คำนวณปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน โดยใช้วิธี Thissen-Polygon การจำกัดเพียง 3 วันเป็นไปตามแนวปฏิบัติของ กฟผ. รูปที่ ก.5.1-1 แสดง Depth-Duration-Frequency Curves โดย Gumbel distribution

ฝนออกแบบสำหรับคาบการเกิดซ้ำต่างๆ รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การไหลออก ฝนส่วนเกินแสดงในตารางที่ ก.5.1-1

PMP ใช้ตาม EGAT's report ส่วนเอกชลภาพ (Unit hydrograph) คำนวณจากชลภาพขณะเขื่อนเกิด น้ำท่วมหลายๆ เหตุการณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2513-2523 ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าสัมประสิทธิ์การไหลเพิ่มขึ้น เลือกมา 7 เหตุการณ์ กฟผ. ได้สร้างชลภาพใหม่จากข้อมูลชลภาพของปี พ.ศ. 2521 จากรูปที่ ก.5.1-2 เปลี่ยน effective rainfall ที่คาบการเกิดซ้ำเวลาต่างๆ เป็นอัตราการไหลสูงสุดตามตารางที่ ก.5.1-2 หรือรูปที่ ก.5.1-3

การเปรียบเทียบเอกชลภาพที่วิเคราะห์จากชลภาพ-น้ำฝนส่วนเกินปีต่างๆ จากรูปที่ ก.5.1-4 พบว่า เอกชลภาพจากปี พ.ศ. 2521 มีรูปร่างที่ต่างจากของปีอื่นๆ คือ ชันกว่า และมีค่าสูงสุดมากกว่า จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-ชลภาพ สัมประสิทธิ์การไหลออกมีค่าถึง 0.779 ซึ่งสูงมาก การตรวจสอบปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 4 วัน โดยวิธี Thiessen-Polygon และวิธี Isohyet Method ได้ผล ไม่แตกต่างกันมาก (Thiessen : 172.2 mm, Isohyet : 175 mm) จากความแม่นยำในการคำนวณน้ำท่า ไม่เกิน 5% ค่าสัมประสิทธิ์การไหลออกนี้จึงยอมรับได้ และใช้เงื่อนไขการเกิดน้ำท่วมปี พ.ศ. 2521 สำหรับการประมาณค่า PMP ต่อไป

จากรายงานของกฟผ. ใช้ PMP ของลุ่มน้ำโขงช่วงเวลาฝนตก 3 วัน ปริมาณฝน 475.6 mm Effective rainfall ของ PMP = $0.779 \times 475.6 = 370.5$ mm กระจายเป็น 3 วัน คือ 68.0, 226.0 และ 36.5 mm

การอ้อมตัวของดินในลุ่มน้ำมีค่าสูงในปีน้ำท่วม พ.ศ. 2521 (รอบการเกิดซ้ำ 500 ปี) ตารางที่ H-3.5 แสดงค่าน้ำท่วมออกแบบ คำนวณจากเอกชลภาพ 24 ชม. จากเอกชลภาพที่สร้างจากชลภาพปี พ.ศ. 2521, 2515 และ 2523 PMF มีค่า 17,631 cms สำหรับเอกชลภาพปี พ.ศ. 2521

รูปที่ ก.5.1-5 แสดงเอกชลภาพใหม่ ทบทวนจากข้อมูลชลภาพปี พ.ศ. 2521 โดย กฟผ.

ตารางที่ ก.5.1-1 ฝนออกแบบสำหรับคาบการเกิดซ้ำต่างๆ รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การไหลออกฝนส่วนเกิน

UBOL RATANA DAM FLOOD PROTECTION STUDY

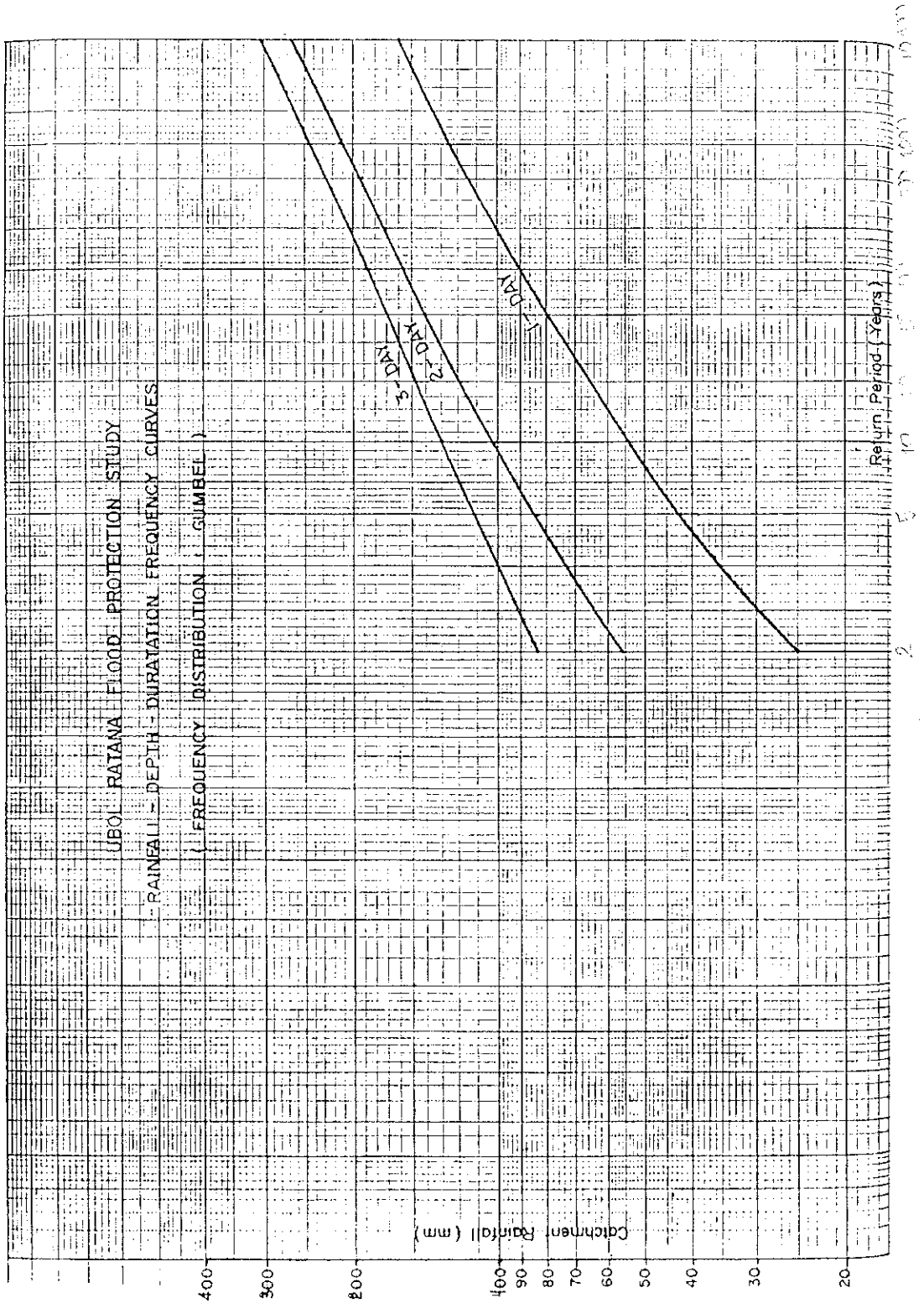
DESIGN STORMS

Return Period Years	1 Day (mm)	2 Days (mm)	3 Days (mm)	Runoff Coef.	Effective 1 Day	Rainfall 2 Days	(mm) 3 Days
2	25.2	56.8	84.3	0.40	11.0	12.6	10.0
5	42.6	83.4	112.5	0.50	20.4	21.3	14.5
10	54.1	101.1	131.1	0.55	25.8	29.8	16.5
20	65.1	118.0	149.0	0.575	30.4	37.4	17.8
50	79.4	140.0	172.2	0.60	36.4	47.6	19.3
100	90.1	156.4	189.5	0.65	43.1	58.6	21.5
500	114.8	194.4	229.6	0.675	53.7	77.5	23.8
1,000	125.5	210.7	246.9	0.70	59.6	87.8	25.3
10,000	160.7	264.9	304.1	0.75	78.1	120.5	29.4
PMF				0.779	68.0	266.0	36.5

ก.5.1-3

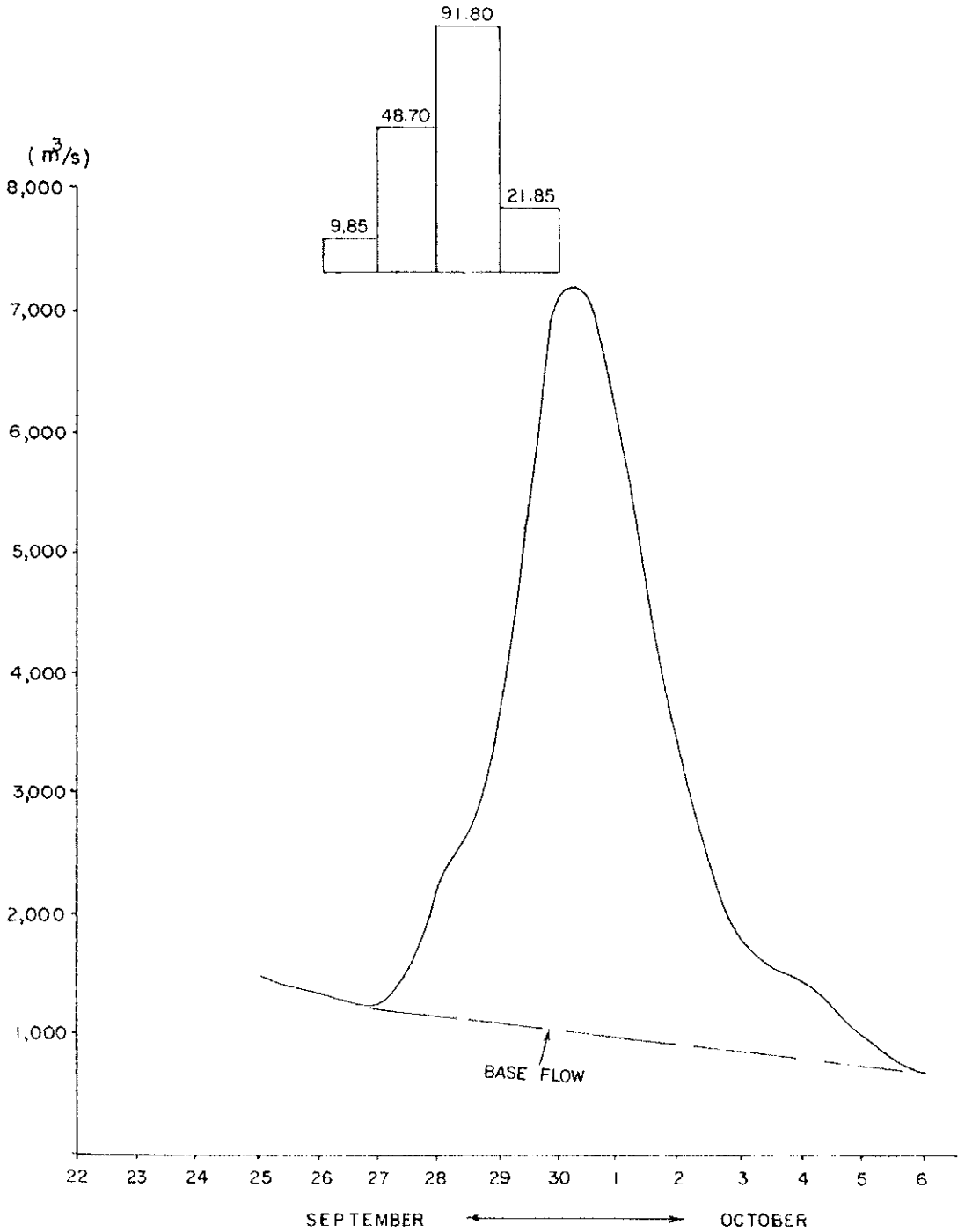
ตารางที่ ก.5.1-2 การเปลี่ยน effective rainfall ที่คาบการเกิดซ้ำเวลาต่างๆ เป็นอัตราการไหลสูงสุด

Return Interval (year)	Peak (m ³ /s)	Base Flow (m ³ /s)	Volume (MCM)
2	1,355	40	441
5	2,245	80	748
10	2,995	120	975
20	3,655	160	1,173
50	4,519	200	1,421
100	5,461	240	1,696
500	6,999	280	2,115
1,000	7,863	320	2,363
10,000	10,502	360	3,066
PMF	17,631	400	4,823



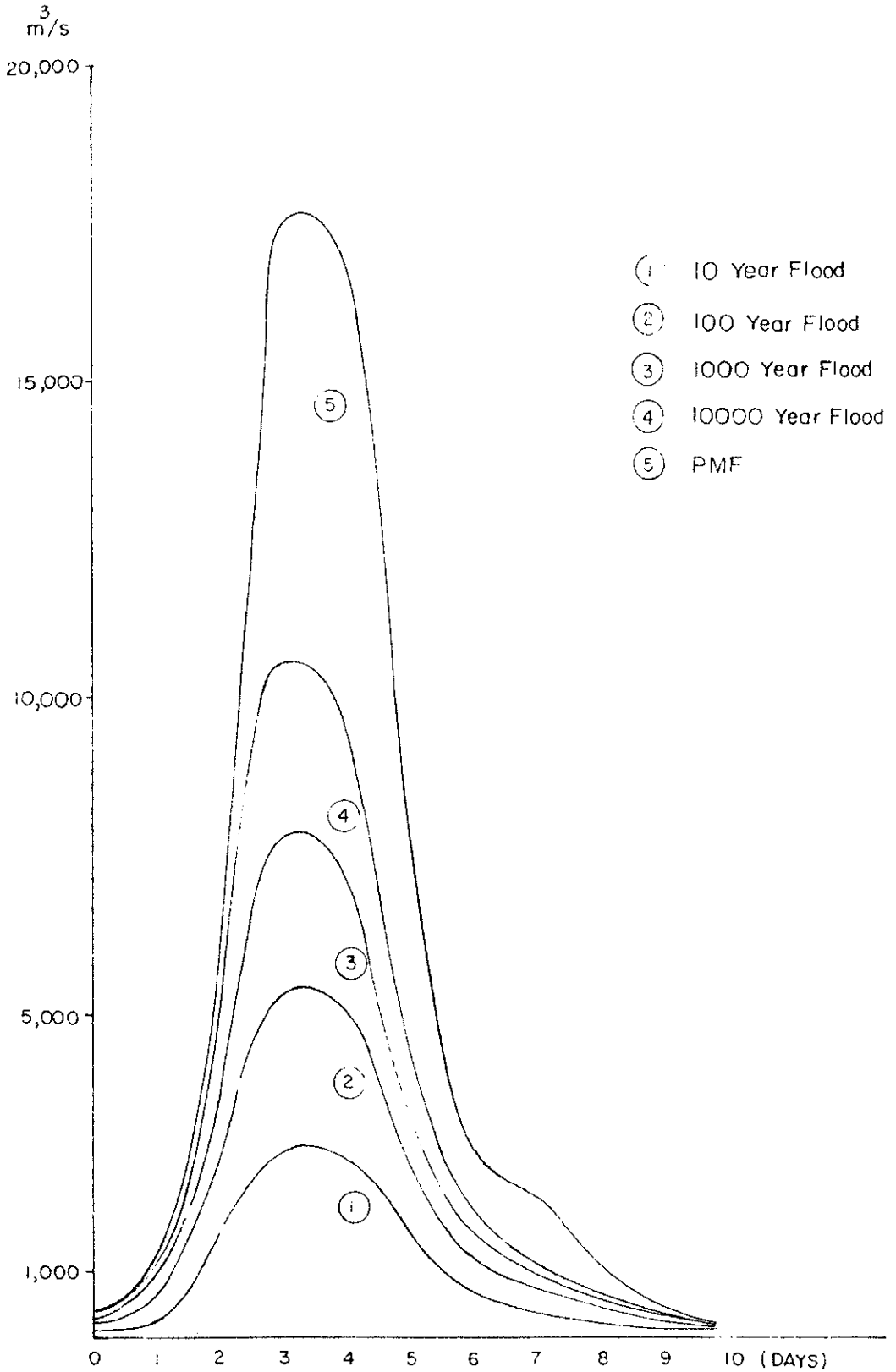
รูปที่ ก.5.1-1 Depth-Duration-Frequency Curves โดยวิธี Gumbel distribution

UBOL RATANA FLOOD PROTECTION STUDY
 1978 FLOOD HYDROGRAPH (REVISED)
 AND CORRESPONDING CATCHMENT RANFALL



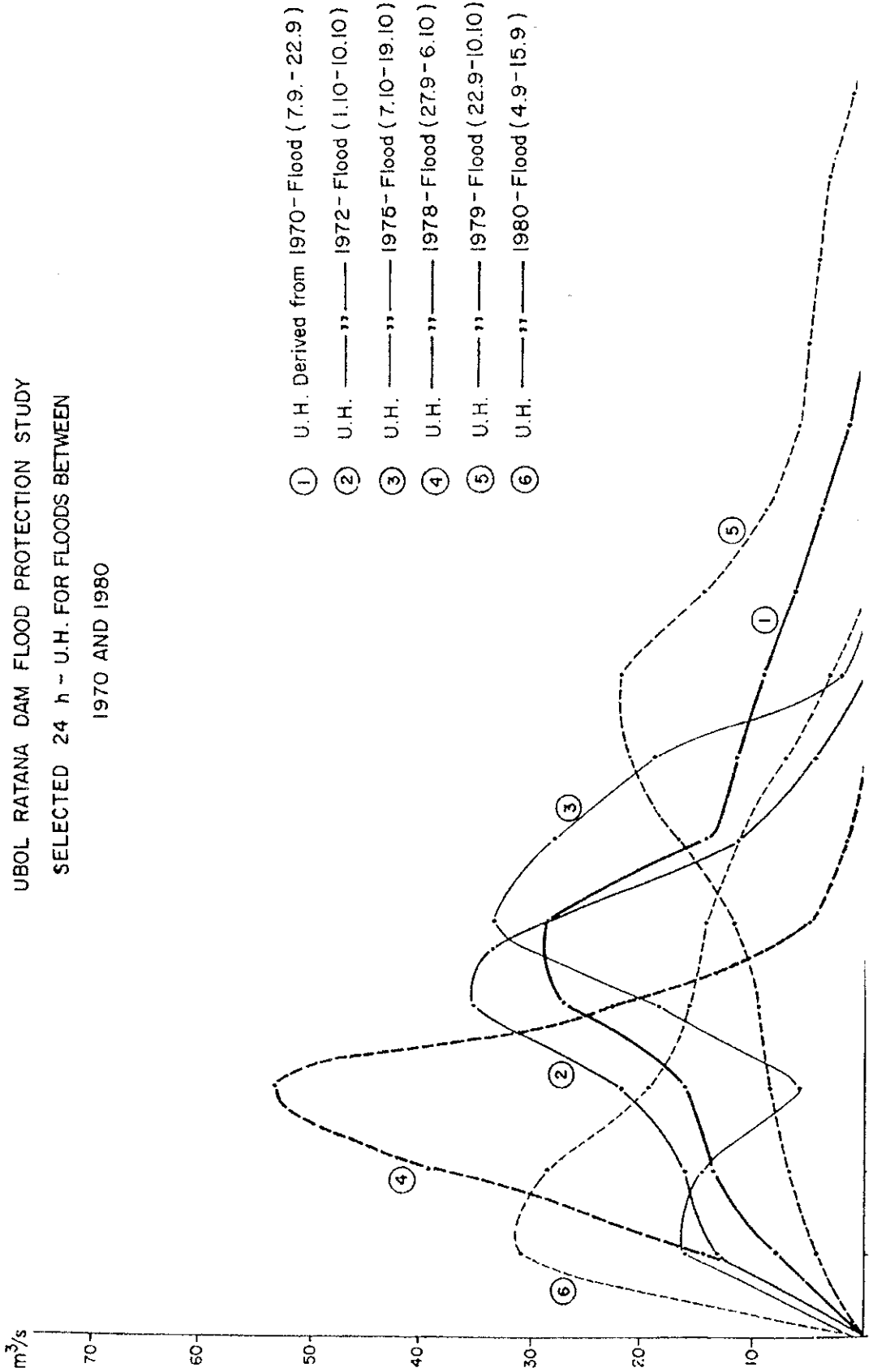
รูปที่ ก.5.1-2 เอกชลภาพใหม่จากข้อมูลสภาพของปี พ.ศ. 2521

UBOL RATANA FLOOD PROTECTION STUDY
 VARIOUS DESIGN FLOOD HYDROGRAPHS
 (REVISED)



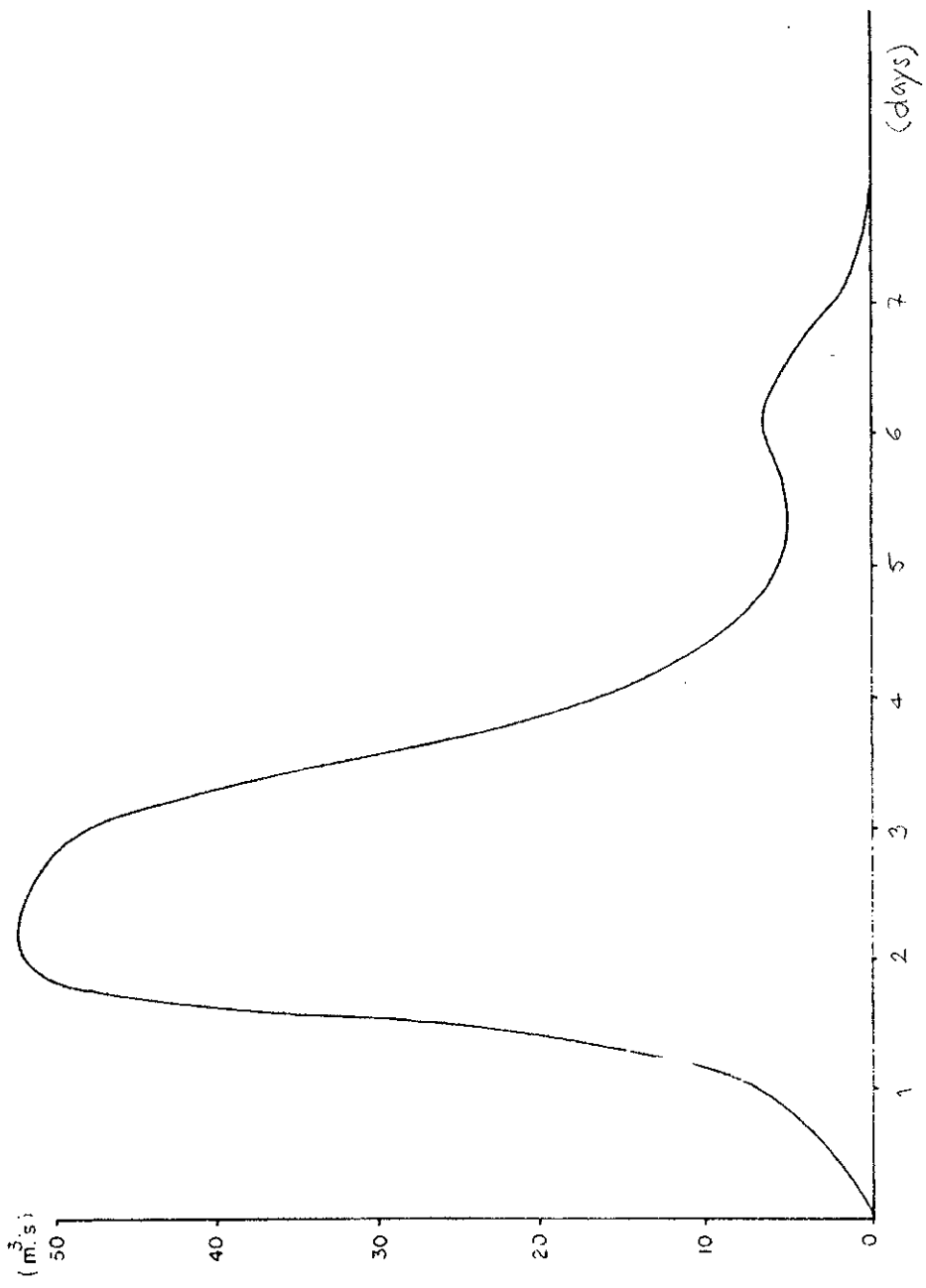
รูปที่ ก.5.1-3 การเปลี่ยน effective rainfall ที่คาบการเกิดซ้ำเวลาต่างๆ เป็นอัตราการไหลสูงสุด

UBOL RATANA DAM FLOOD PROTECTION STUDY
 SELECTED 24 h - U.H. FOR FLOODS BETWEEN
 1970 AND 1980



รูปที่ ก.5.1-4 เอกชลภาพที่วิเคราะห์จากชลภาพน้ำฝนส่วนเกินปีต่างๆ

UBOL RATANA FLOOD PROTECTION STUDY
SELECTED 1 MM.-UNIT HYDROGRAPH (REVISED)



รูปที่ ก.5.1-5 แสดงเอกชลภาพใหม่ ทบทวนจากข้อมูลชลภาพปี พ.ศ. 2521 โดย กฟผ.

เขื่อนอุบลรัตน์

(ที่มา : CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH – GERMANY,
“Flood Management and Safety Review of the Ubol Ratana Dam:
Final Report”, Bangkok, November 1997.)

1. การทบทวนการศึกษาน้ำท่วมที่เป็นไปได้และน้ำท่วมออกแบบปัจจุบัน

เขื่อนอุบลรัตน์เปิดใช้งานตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2509 ขณะนั้น Spillway มีความสามารถในการระบายน้ำได้ $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ มีระดับน้ำสูงปกติ 182 m MSL ความสูงของเขื่อน 185 m MSL การออกแบบความสามารถการระบายน้ำอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลทางอุทกวิทยาจำนวนน้อยมีเพียง 8 ปีของอัตราการไหลในช่วงการออกแบบเขื่อน

การเกิดน้ำท่วมหนัก 2 ครั้ง เกิดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2521 และกันยายน พ.ศ. 2523 นำไปสู่การทบทวนน้ำท่วมออกแบบ (SCG/TEAM, 1983) เป็นผลให้มีการเสริมความสูงของเขื่อน 3.10 m และปรับปรุง Spillway กลยุทธ์การเดินระบบป้องกันน้ำท่วม ณ เวลาปัจจุบันได้ถูกนำเสนอในรายงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524

2. การทบทวนปริมาณน้ำท่วมออกแบบที่เป็นไปได้

การปรับปรุง ทบทวน น้ำท่วมออกแบบที่เป็นไปได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 มีเหตุผลสรุปได้ดังนี้
ข้อมูลใหม่จากการวัดทางอุทกวิทยา

ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2530 มีข้อมูล 10 ปี เพิ่มขึ้นสามารถนำมาใช้คำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ควรนำข้อมูลเหล่านี้มาตรวจสอบว่าชลภาพน้ำท่วมที่รุนแรงจะเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งสามารถนำมาหาเอกลักษณ์หรือสัมประสิทธิ์การไหล

ข้อมูลน้ำฝนและพายุ

การวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลน้ำฝนสูงสุดเฉลี่ยทั้งพื้นที่รายปี ช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน อาศัยข้อมูลในช่วงเวลา พ.ศ. 2497 – 2523 ที่ปรึกษาขอให้ กฟผ. นำข้อมูลที่ทันสมัยขึ้นจนถึงปี พ.ศ. 2539 เข้ามารวมด้วยและวิเคราะห์ความถี่ใหม่ ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 – 2538 รูปที่ ก.5.2-1 แสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ พบว่า ความถี่น้ำฝนลดลงประมาณ 15% ที่รอบการเกิดซ้ำปีมากๆ เทียบกับผลการวิเคราะห์เดิม

3. แนวทางการสร้างเอกชลภาพ

การสร้างเอกชลภาพโดย กฟผ. ที่ผ่านมา ที่ปรึกษาพบว่าไม่ได้นำข้อมูลสำรวจปริมาณน้ำฝนมาใช้ ที่ปรึกษาได้ตรวจสอบความถูกต้องของเอกชลภาพจากข้อมูลน้ำท่วมปีพ.ศ. 2521 (SCG/TEAM, 1987a) ใช้ time step ทุก 6 ชั่วโมง runoff coefficient มีค่า 0.59 น้อยกว่าภาพรวม runoff coefficient 0.7

หลักการในอดีตใช้ค่า runoff coefficient คงที่ไม่ได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นฝนส่วนเกิน ที่ปรึกษาจึงได้ใช้ Loss rate concept ตรวจสอบเอกชลภาพของ กฟผ. เพื่อสร้างชลภาพน้ำท่วมปี พ.ศ. 2521

การใช้เอกชลภาพปี พ.ศ. 2521 (time step 6 ชั่วโมง) สำหรับรูปแบบของฝนทั้ง 2 แบบรูปร่างชลภาพที่คำนวณได้ต่างจากรูปร่างจากการวัดมาก แสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลน้ำฝนที่เป็นจริงมากที่สุด ค่าสูงสุดมีค่า $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ต่ำกว่าค่าน้ำท่วมสูงสุดจากการวัด $8,630 \text{ m}^3/\text{s}$

แทนค่า runoff coefficient คงที่ด้วยค่า loss rate คงที่ (Phi index) เทียบเท่ากับ runoff coefficient = 0.59 นำไปสู่อัตราการไหลสูงสุด $7,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ซึ่งยังต่ำกว่าที่จะใช้ชลภาพนี้

ดังนั้น เอกชลภาพของ กฟผ. สร้างจากน้ำท่วมปี พ.ศ. 2521 (โดยไม่พิจารณาข้อมูลน้ำฝน) และใช้ค่า runoff coefficient คงที่ ไม่สามารถสร้างชลภาพที่ถูกต้องยอมรับได้

4. PMP ปัจจุบัน

EGAT (1981) พัฒนา PMP ใช้ข้อมูลการศึกษาอย่างละเอียดของ US Agencies (US Department of Commerce and Corps of Engineers, 1970) ที่ได้ประมาณ PMP สำหรับลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง ซึ่งเป็น generalized PMP สำหรับลุ่มน้ำขนาด 5,000 ถึง 25,000 ตารางกิโลเมตร มีช่วงเวลาฝนตก 3 วัน ลุ่มน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ตั้งอยู่ในภูมิภาคนี้ ดังนั้น กฟผ. จึงสามารถใช้ generalized results สำหรับลุ่มน้ำpongได้

การศึกษาของ US Study (1970) ฝนสูงสุดจากพายุได้ฝนทั้งภายในและใกล้กับลุ่มน้ำแม่โขง ถูกตรวจสอบโดยละเอียดและเปรียบเทียบกับเงื่อนไขในประเทศสหรัฐฯ มีขั้นตอนพิเศษที่แตกต่างจากมาตรฐานการปฏิบัติทางอุทกนิยมนิวอิงแลนด์ ด้วยเหตุผลดังนี้

- ค่าความชื้นสูงสุดของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง : การหาค่า PMP ตามมาตรฐานเดิมใช้ไม่ได้ เพราะ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีแหล่งความชื้นมากมาย อิทธิพลของภูมิประเทศมีความสำคัญต่อลุ่มน้ำโขงตอนล่าง ทำให้ต้องปรับการใช้วิธีตามมาตรฐานในการหาค่าความชื้นสูงสุด ซึ่งใช้กับภูมิภาคที่ไม่มีอิทธิพลของภูมิประเทศ (non-orographic regions) ข้อมูลภูมิอากาศ และ depth-duration-area (DAD) สำหรับพายุฝนของลุ่มน้ำ

แม่โขงตอนล่างมีน้อย ณ ขณะนั้น จึงต้องนำข้อมูลจากพื้นที่อื่นๆ เข้ามารวมด้วย US approach จึงเป็นดังนี้

- สร้าง generalized non-orographic PMP ที่ชายฝั่งของประเทศเวียดนาม จากพายุฝนสำคัญที่เกิดขึ้นปี พ.ศ. 2495 และ 2507 และพายุฝนสูงสุด 8 ลูก เกิดใน USA นำมาเปรียบเทียบกับพายุฝนที่ชายฝั่งประเทศเวียดนาม ถูกนำมาหาค่าสูงสุด (moisture maximization) ปรับแก้การมีสิ่งกีดขวาง มีภูมิประเทศภายในลุ่มน้ำ

ผลที่ได้เป็น generalized basic PMP map (isohyets) สำหรับพายุฝน 24 ชั่วโมง บนพื้นที่ 5,000 ตารางกิโลเมตร สำหรับลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง ใช้ DAD curve สำหรับชายฝั่งเวียดนามหา PMP สำหรับลุ่มน้ำระหว่าง 5,000 – 25,000 ตารางกิโลเมตร แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของ PMP 24 ชั่วโมง ขนาด 5,000 ตารางกิโลเมตร

ถ้าเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำฝนสูงสุดใกล้เคียงบริเวณภูเขาของประเทศไทยและลาว อัตราส่วนของ PMP กับค่าจากการวัด มีค่า 2.5 (เฉลี่ย) สำหรับลุ่มน้ำทุกขนาด กฟผ. ใช้ข้อมูลจาก US study (1970) ดังนี้

- ความลึกของ 24 hour-5,000 ตารางกิโลเมตร PMP สำหรับลุ่มน้ำพอง นำมาจากรูปที่ 3-9 ของผลการศึกษาลำต้น PMP = 450 mm
- ค่านี้ถูกปรับสำหรับลุ่มน้ำประมาณ 12,000 ตารางกิโลเมตร สำหรับ 1 วัน (337.5 mm) 2-วัน (427.5 mm) และ 3 วัน PMP (478.1) โดยใช้รูปที่ 3-10
- การกระจายตามเวลาของ PMP 3 วัน ประกอบด้วย 1 วัน PMP และ 2 วัน PMP

เพื่อเปรียบเทียบ PMP จากการใช้วิธีทางอุตุนิยมวิทยา ที่ปรึกษาจึงได้ลองใช้วิธีทางสถิติพัฒนาโดย Hershfield อธิบายโดย WMO (1986) วิธีนี้เป็นการประมาณอย่างรวดเร็ว สำหรับลุ่มน้ำที่เล็กกว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร แต่ถูกนำมาใช้กับพื้นที่ใหญ่กว่าโดยทั่วไป

ผลที่ได้ขั้นแรกเป็น PMP เฉพาะจุด ต้องการ area reduction curve ปรับค่าจากจุดเป็นพื้นที่ขนาดต่างๆ ค่าสูงสุดรายปี n day ทั้งพื้นที่จึงหาได้สำหรับลุ่มน้ำพอง ผลทางสถิตินี้ควรใช้เป็นการประมาณเบื้องต้น เท่านั้น

สมการของ Hershfield บนพื้นฐานของการประเมินทางสถิติของฝน 24 ชั่วโมง

$$P_{\max} = [P_{\text{mean},n} F_{11} + K_{\max} S_n F_{12}] F_2 F_3$$

ซึ่ง

$$P_{\max} = \text{Maximized rainfall (PMP)}$$

$$P_{\text{mean},n} = \text{Mean of annual maxima (24 hours) of record having } n \text{ annual value}$$

S_n	=	Standard deviation of record
F_{11}	=	Adjustment of $P_{mean,n}$ for length of record
F_{12}	=	Adjustment of $P_{mean,n}$ for S_n
F_2	=	Adjustment for fixed observational time interval, recomm. As 1.13 for 24 hour
F_3	=	Adjustment for transition from point rainfall to areal rainfall, equal to 1.0 for areas of less than 25 km ²

ค่าพารามิเตอร์ข้างบน WMO (1986) อ้างอิงจากการประยุกต์ใช้สมการข้างบนกับข้อมูลน้ำฝนตามพื้นที่สูงสุดรายปี 1 วัน แสดงในตารางที่ ก.5.2-2 นำไปสู่ผลในตารางที่ ก.5.2-3

ค่าทางสถิติที่ได้ 328 mm มีค่าใกล้เคียงกันมากกับ PMP 24 ชั่วโมง สร้างโดย กฟผ. และบนพื้นฐานของ US studies 27 ปีก่อน (US Dept. of Army Corps, 1970) ค่า K_{max} มีค่า 17.2 ค่อนข้างสูงสำหรับเงื่อนไขเขตร้อนชื้นและอาจบ่งบอกถึงการมีค่ามากเกินไปสำหรับค่าทางสถิตินี้

5. PMF ในปัจจุบัน

PMF ได้จากการเปลี่ยนรูป PMP 3 วัน (478 mm) ให้กลายเป็นฝนส่วนเกิน 334.7 mm (runoff coefficient = 0.7) ขั้นที่สองเปลี่ยนเป็นชลภาพน้ำท่วมโดยใช้เอกชลภาพของ กฟผ. พัฒนาจากพายุฝนสูงสุดปี พ.ศ. 2521 ค่าสูงสุดการไหล (ทุก 6 ชั่วโมง) มีค่า 19,540 m³/s รวมการไหลพื้นฐาน 400 m³/s ปริมาตรชลภาพน้ำท่วม 4,362 MCM

ตารางที่ ก.5.2-1 Rainfall sections in the catchment upstream of Ubol Ratana Dam used for maximum annual 1-day, 2-day and 3-day basin rainfall series 1954 to 1995, stations by EGAT

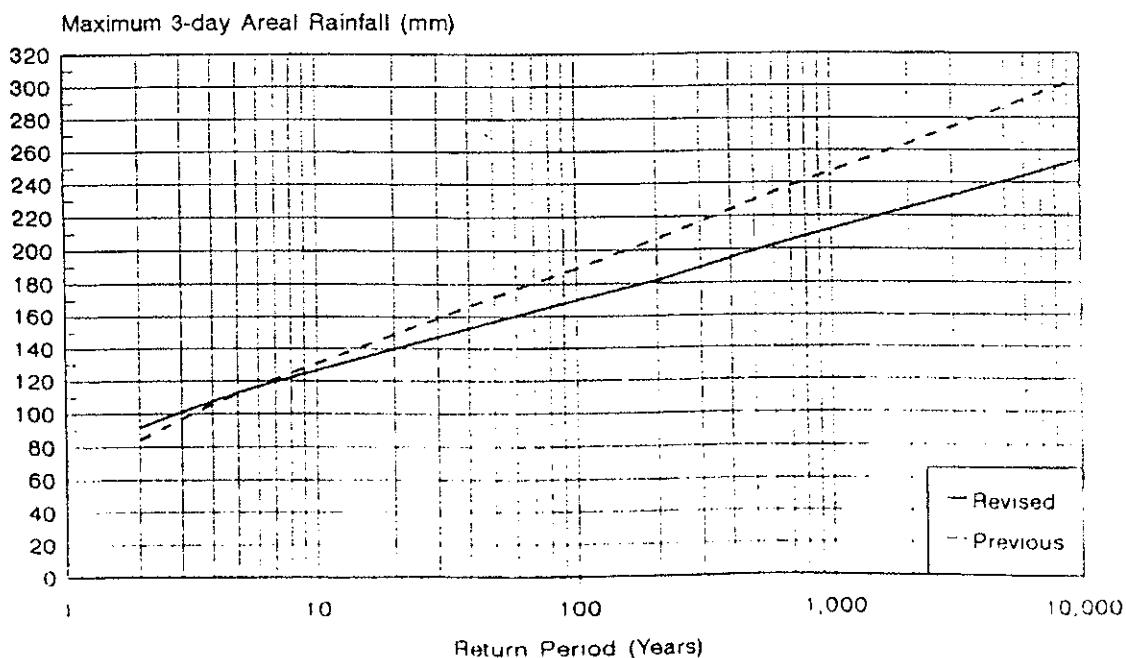
No.	Station	Station Code	Available Period	Thiessen Weight [%]	Mean Ann. Rainfall [mm]
1	A. Kaset Sombun	05052	1954-1996	5.85	766
2	A. Phu Khieo	05032	1954-1996	5.77	967
3	A Phu Wiang	14052	1954-1996	16.83	1199
4	A. Non Sang	75052	1958-1996	9.19	1028
5	Nong Bua Lamphu	75012	1954-1996	16.96	962
6	A. Phu Kradung	18073	1962-1996	23.50	1304
7	Chulabhorn Dam	05284	1969-1994	12.71	1453
8	A. Chum Phae	14073	1954-1996	9.19	1057

ตารางที่ ก.5.2-2 EGAT's revised series of maximum annual areal rainfall on catchment upstream of Ubol Ratana Dam; based on stations listed in Table ก.5.2-1

Year	Max. 1-day [mm]	Max. 2-day [mm]	Max. 3-day [mm]	Year	Max. 1-day [mm]	Max. 2-day [mm]	Max. 3-day [mm]
1954	64.5	99.6	109.0	1975	35.3	63.4	80.3
1955	66.7	83.9	111.2	1976	36.1	65.0	81.2
1956	68.0	101.1	136.5	1977	71.1	90.4	104.1
1957	48.0	82.6	103.1	1978	87.2	138.8	164.1
1958	45.8	66.8	81.6	1979	46.7	87.7	119.8
1959	39.2	71.8	95.0	1980	50.4	99.1	133.4
1960	57.0	66.3	71.9	1981	68.8	73.7	80.0
1961	47.9	73.7	89.8	1982	37.6	73.8	97.3
1962	61.6	87.8	100.3	1983	71.1	109.9	124.3
1963	54.4	79.0	92.3	1984	34.7	57.8	75.9
1964	54.1	72.7	99.7	1985	34.4	65.2	74.6
1965	57.8	73.2	83.5	1986	41.4	67.0	88.6
1966	47.9	71.2	93.1	1987	41.0	79.5	112.1
1967	42.4	73.9	94.4	1988	38.3	74.8	93.4
1968	58.2	68.5	74.3	1989	36.4	57.2	61.0
1969	54.1	71.6	104.5	1990	34.4	54.7	86.3
1970	63.9	77.3	97.0	1991	70.9	121.2	129.2
1971	53.5	86.2	109.4	1992	33.9	55.6	63.3
1972	51.8	64.6	75.7	1993	38.2	49.7	59.3
1973	52.2	80.1	113.0	1994	37.2	68.6	90.3
1974	73.8	94.2	103.7	1995	36.4	44.3	63.7
				Mean	51.1	77.2	95.7
				Stdev.	13.7	18.5	22.0

ตารางที่ ๓.๕.๒-๓ Estimation of statistical 24-hour-PMP for Nam Pong Basin according to Hershfield (see WMO, 1986)

	Statistical PMP (Hershfield) for basin upstream of Ubol Ratana Dam	Meteorological PMP (EGAT, 1981) for basin upstream of Ubol Ratana Dam
Length of series of annual maximum 24-hours rains	42	-
$P_{mean,n}$ (mm) (Table 4.4)	51.1	-
S_n (Table 4.4)	13.7	-
K_{max} (WMO-Fig. 4.1)	17.2	-
F_{11} (WMO-Fig. 4.4)	1.00	-
F_{12} (WMO-Fig. 4.4)	1.015	-
F_2 (WMO-page 100)	1.13	-
F_3 (areal adj. not needed)	1.0	-
PMP of 24 hours	328 mm	338 mm



Based on frequency analysis of max. annual 3-day areal rainfalls (1997 1954-95, 1987 1954-90) different procedures used for derivation of maximum annual areal rainfalls

รูปที่ ๓.๕.๒-๑ Ubol Ratana Dam Safety Review

(Previous and Revised Probabilistic 3-day Areal Rainfall)

เขื่อนอุบลรัตน์

(ที่มา : Salzgitter Industriebau GMBH, “Nam Pong Project : Engineering Report :

Part II Hydrology”, November 1963.)

5. น้ำท่วม

5.1 ข้อมูลพื้นฐาน

การหาปริมาณน้ำท่วมออกแบบสำหรับกำหนดความสามารถของ Spillway เริ่มจากการใช้ชลภาพน้ำท่ารายวันจากสถานีพองหนีบ (ดูรูปที่ ก.5.3-1) ดังนั้นระหว่างปีพ.ศ. 2498 – 2505 ข้อมูลน้ำท่วมจำนวนน้อยที่สรุปได้

วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2498 $Q = 1,225 \text{ m}^3/\text{s}$

วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2505 $Q = 1,070 \text{ m}^3/\text{s}$

การหาขนาดน้ำท่วมออกแบบข้อมูลเพียง 8 ปีไม่เพียงพอ ดังนั้นต้องนำข้อมูลน้ำฝนเข้ามาศึกษาร่วมด้วย ตารางข้างล่างนี้เป็นข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเดือนสิงหาคม – ตุลาคม (เป็นเดือนที่มีค่า runoff coefficient มากที่สุด) มาจาก 11 สถานีวัดน้ำฝน แสดงในตารางที่ ก.5.3-1

จากชุดข้อมูลน้ำฝน 39 ปีนี้ พบว่าเดือนกันยายน ระหว่างปี พ.ศ. 2498 และ 2505 เป็นช่วงที่มีฝนมากที่สุด ตารางเปรียบเทียบที่แสดงความเข้มฝนแต่ละสถานีมีค่าความเข้มฝนมาก แสดงในตารางที่ ก.5.3-2

5.2 วิธีการตรวจสอบ

จากรูปที่ ก.5.3-2 เปรียบเทียบชลภาพและปริมาณน้ำฝนของลำน้ำพองปี 2502, 2504 และ 2505 แสดงให้เห็นว่ามีฝนตกหนักปริมาณมากกระจายทั้งลุ่มน้ำทำให้เกิดน้ำท่วมที่สถานีพองหนีบ การหาปริมาณน้ำฝนที่ตกหนักเฉพาะพื้นที่ทำได้ยาก ซึ่งมีความสำคัญในการหาว่าอิทธิพลของฝนที่ตกหนักจากแต่ละสถานีวัดน้ำฝน จากการเปรียบเทียบในรูปที่ ก.5.3-2 แสดงให้เห็นว่าฝนและการเกิดน้ำท่วมมีการเกิดเหลื่อมเวลากันประมาณ 4 และ 5 วัน ณ ที่ตั้งเขื่อนสถานีพองหนีบ ตลอดช่วงฤดูฝน

จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ การไหลออกในลุ่มน้ำพองได้ตรวจสอบข้อมูลฝนรายเดือนจาก 11 สถานี ในภาคผนวก 13 ตลอดฤดูฝน (หาค่าสูงสุด runoff coefficient) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่และมีปริมาณข้อมูลมากกว่าในปี พ.ศ. 2502 และ 2505

ผลการตรวจสอบแสดงว่า ฝนเดือนกันยายนของปี พ.ศ. 2502 และ 2505 เกิดขึ้นทั้งลุ่มน้ำ และไม่มีช่วงเวลาใดมีปริมาณน้ำฝนมากกว่านี้

ดังนั้นน้ำท่วมสูงสุดอาจมีขนาดถึง $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ เมื่อมีน้ำฝนตกทั้งพื้นที่ปริมาณ 870 มม. ใน 5 วัน ฝนและน้ำท่าเกิดเหลื่อมกัน 5 วัน มี runoff-coefficient = 0.26 (เดือนกันยายน) น้ำฝนสูงสุดตั้งแต่ปีพ.ศ. 2463 (เริ่มต้นวัด) ณ สถานีต่างๆ มีค่าสูงสุดดังนี้

334 มม. ใน 5 วัน ตุลาคม พ.ศ. 2494 (บ้านน้ำพอง)

556 มม. ใน 17 วัน กันยายน พ.ศ. 2485 (บ้านน้ำพอง)

673.1 มม. ในหนึ่งเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2481 (มัลจาสิรี)

5.3 ผลการศึกษาและผลสรุป

การเกิดน้ำท่วมขนาด $1,225 \text{ m}^3/\text{s}$ (ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนจากการวัด $100 \text{ m}^3/\text{s}$) เกิดขึ้นในเดือนกันยายน พ.ศ. 2502 เป็นการเกิดน้ำท่วมสูงสุดในรอบ 39 ปี ที่มีการบันทึกข้อมูล

บนพื้นฐานของการเกิดน้ำท่วมนี้ คิด Safety factor 1.6 น้ำท่วมออกแบบมีขนาด $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ คิดรวมผลของการมีอ่างเก็บน้ำด้วยแล้ว

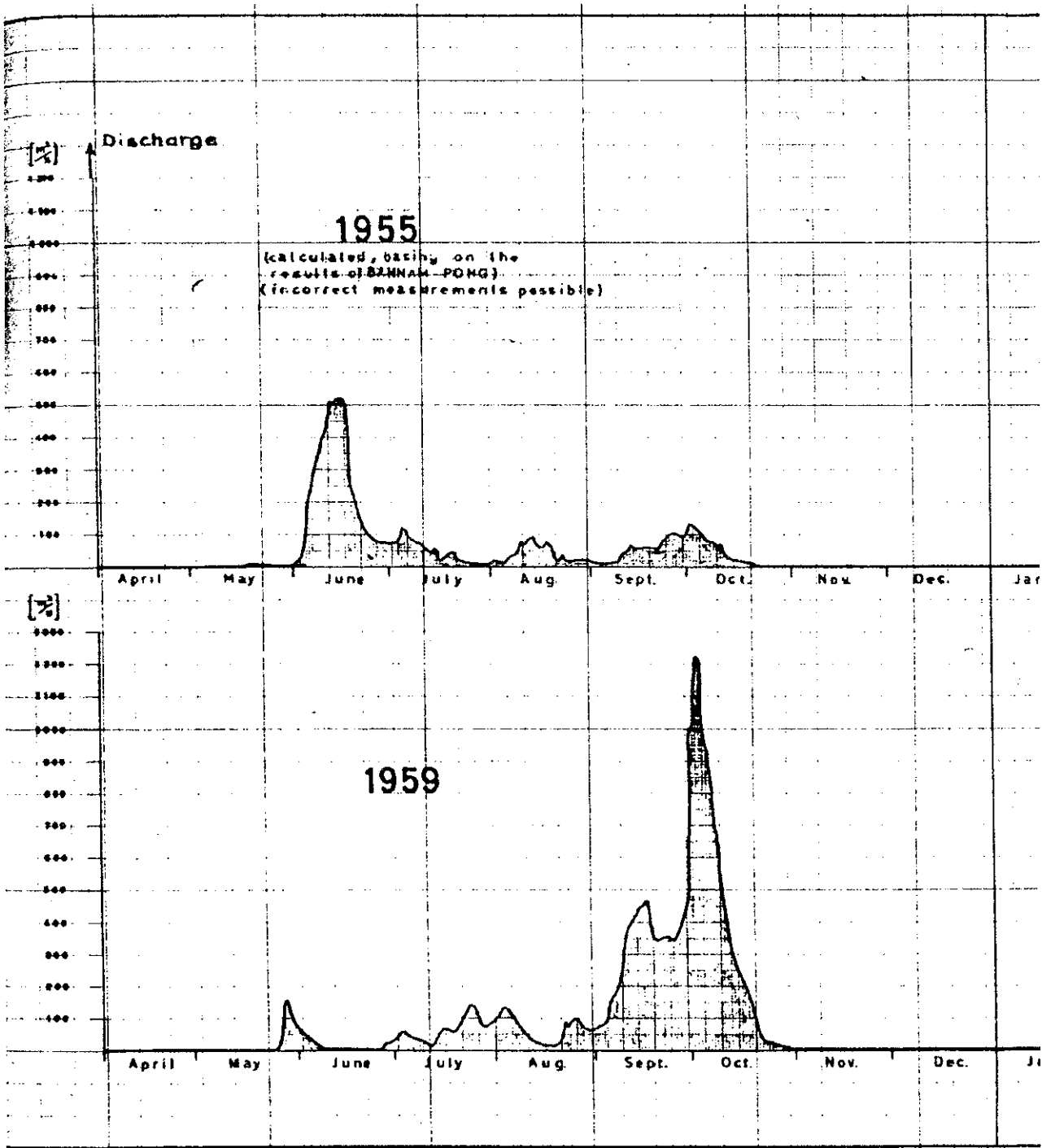
จากที่ Spillway มีประตูน้ำ radial gates 4 ชุด หากเป็นไปตาม DIN standard 19700 ความสามารถของ Spillway ต้องเพิ่มอีก 25% เป็นรวม $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ โดยระดับน้ำไม่เกินระดับน้ำปกติในอ่างเก็บน้ำ 182.0 m (MSL)

ตารางที่ ก.5.3-1 น้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเดือนสิงหาคม – ตุลาคม จาก 11 สถานีวัดน้ำฝน

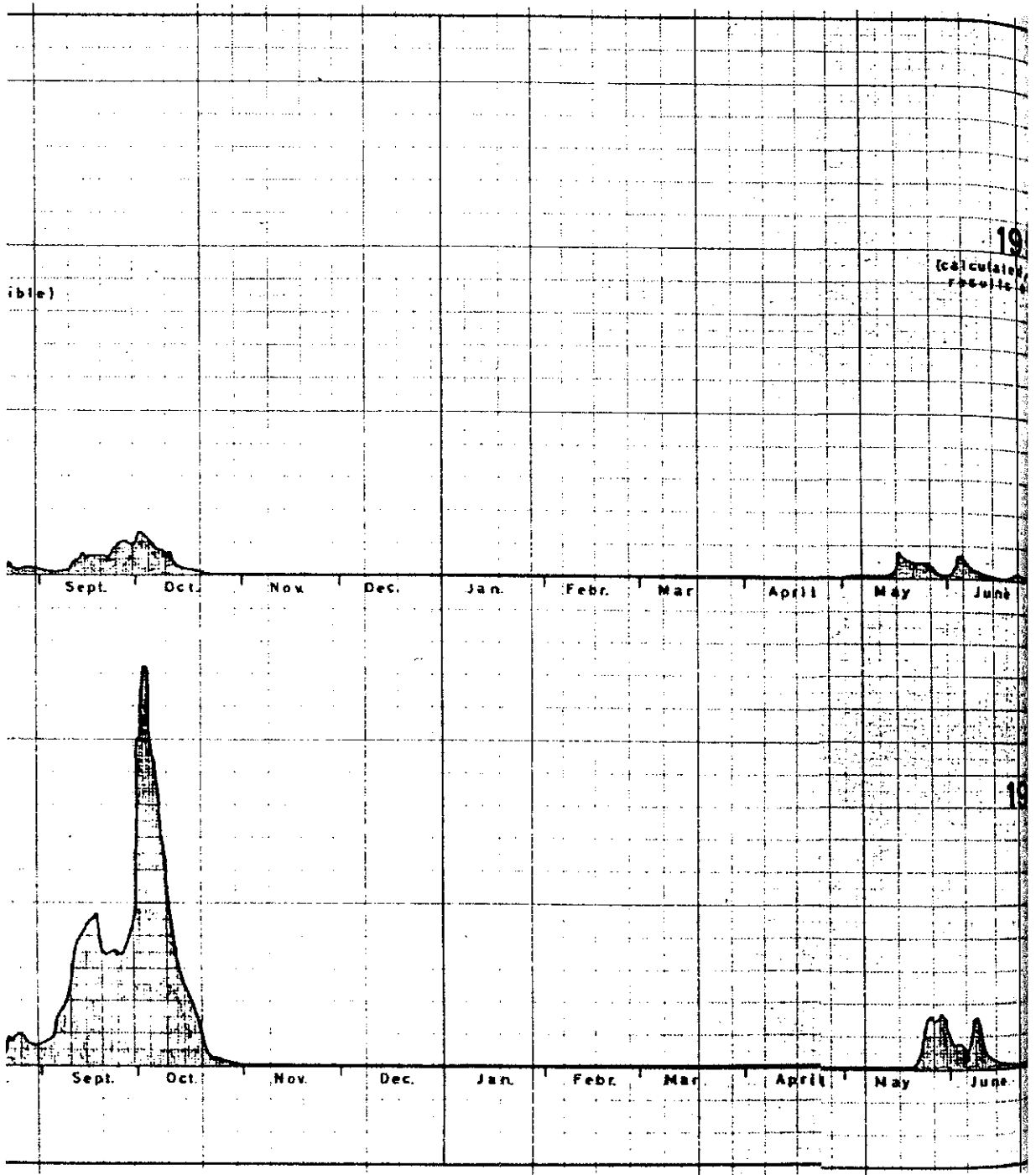
ปี	สิงหาคม (มม.)	กันยายน (มม.)	ตุลาคม (มม.)
2455	201	59	53
2456	203	251	28
2457	188	170	141
2458	86	236	230
2459	209	256	66
2460	215	317	276
2461	231	326	75
2462	146	131	49
2463	179	300	104
2464	145	332	42
2465	144	234	34
2466	150	133	99
2467	249	219	74
2468	192	242	93
2469	217	163	107
2470	103	218	146
2471	111	130	56
2472	177	109	36
2473	103	192	66
2474	139	181	123
2477	223	265	143
2478	101	279	200
2479	79	87	46
2480	174	165	52
2481	45	236	136
2482	161	240	55
2483	161	243	62
2484	128	165	101
-	-	-	-
2495	183	247	167
2496	113	235	77
2497	193	337	106
2498	151	205	27
2499	169	187	54
2500	157	313	86
2501	226	271	72
2502	134	386	19
2503	134	171	129
2504	176	240	155
2505	163	355	80

ตารางที่ ก.5.3-2 ความเข้มข้นแต่ละสถานีที่มีค่าความเข้มข้นมาก

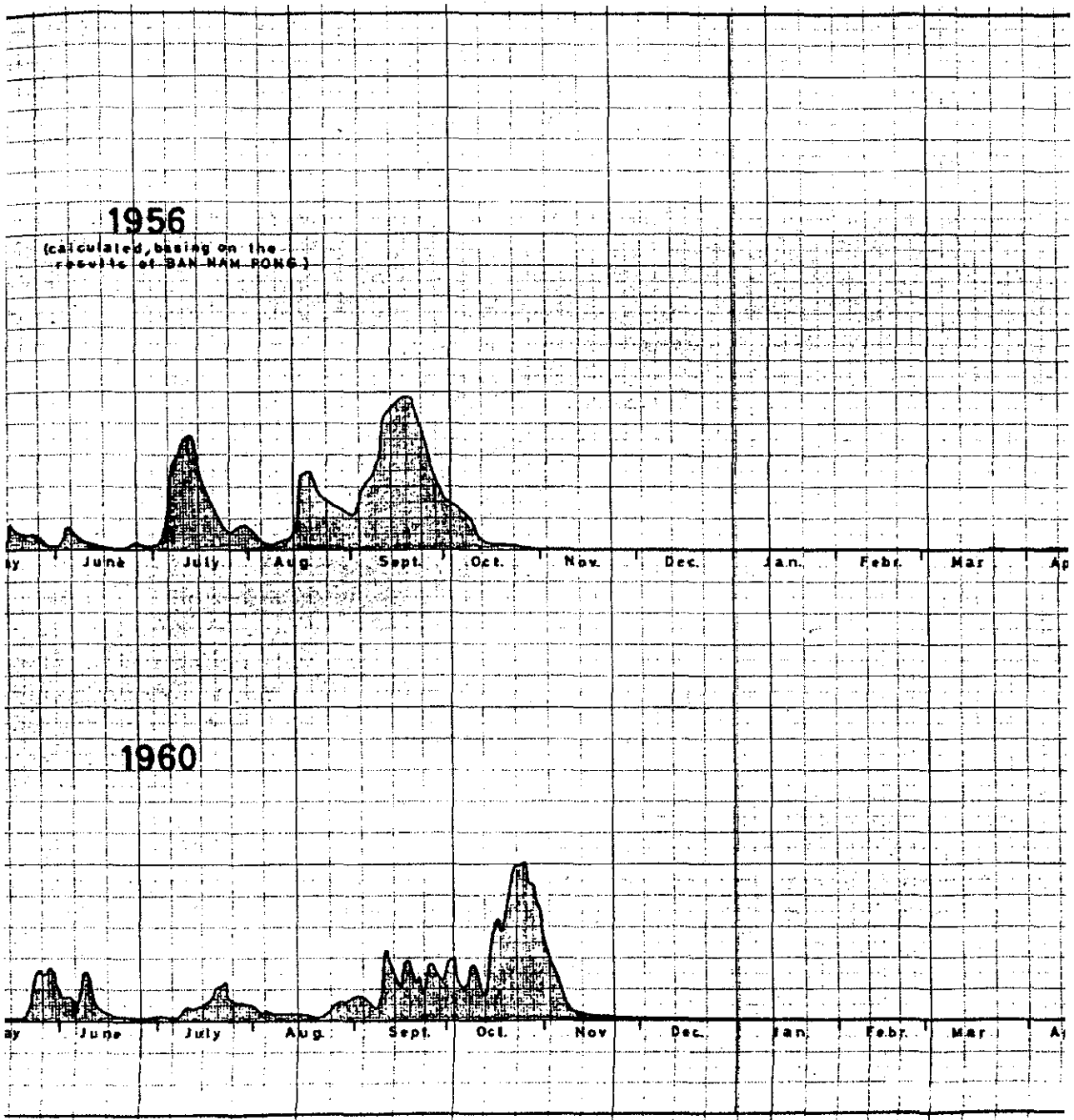
ช่วงเวลาที่ฝนตก	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	เวลา	ชื่อสถานี
30 min.	56	ส.ค. 2501	UDON THANI
60 min.	76	ก.ย. 2502	UDON THANI
1 day	200	20 ต.ค. 2494	BAN NAM PONG
2 days	260	19/20 ต.ค. 2494	BAN NAM PONG
3 days	296	19/21 ต.ค. 2494	BAN NAM PONG
4 days	316	19/22 ต.ค. 2494	BAN NAM PONG
5 days	334	19/23 ต.ค. 2494	BAN NAM PONG
6 days	347	16/21 ก.ค. 2481	KASET SOMBUN
7 days	387	15/21 ก.ค. 2481	KASET SOMBUN
8 days	394	14/21 ก.ค. 2481	KASET SOMBUN
17 days	556	3/19 ก.ย. 2486	BAN NAM PONG
1 month	673.7	มี.ย. 2481	MANCHA KHIRI



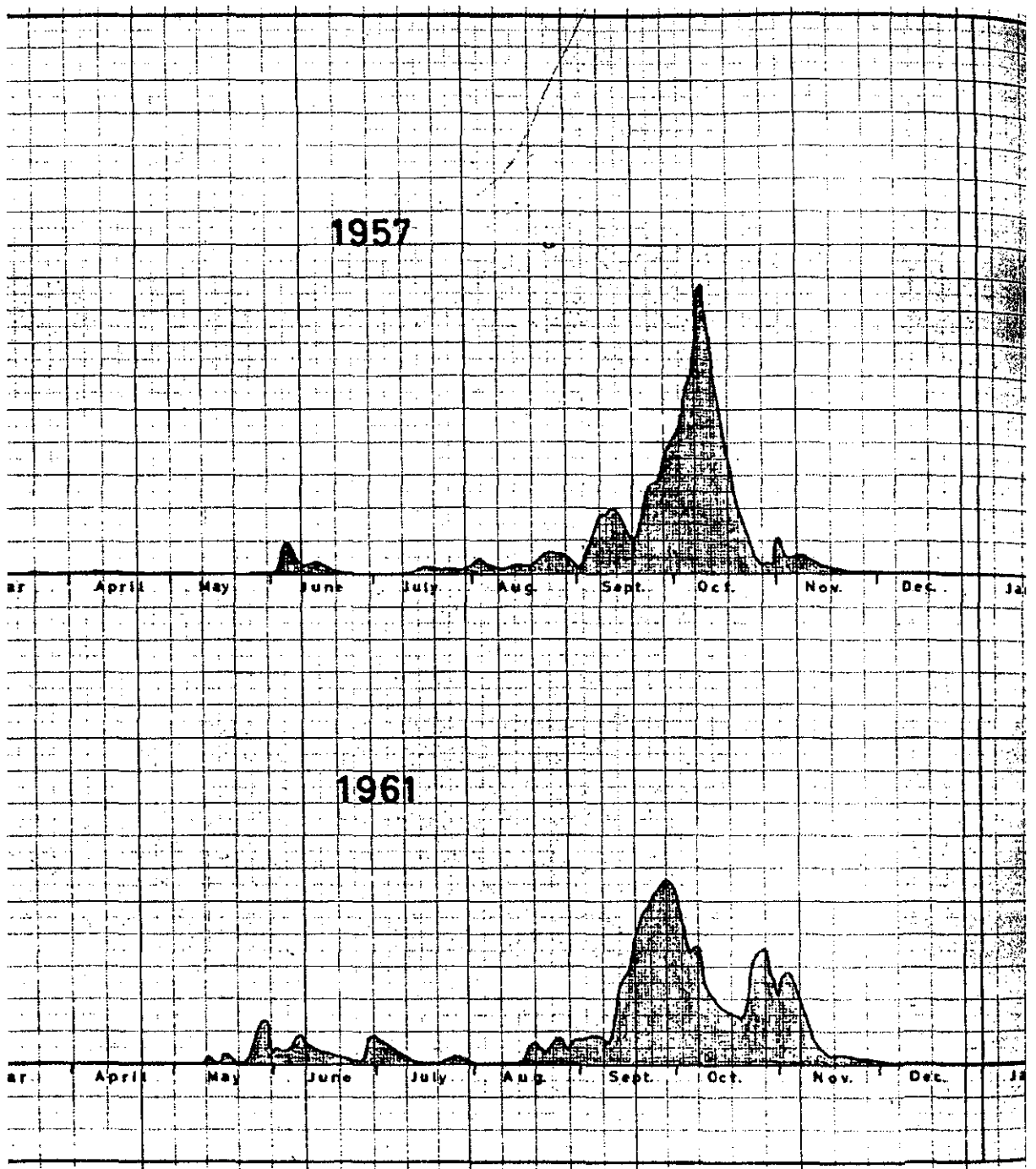
รูปที่ ก.5.3-1 ซลภาพน้ำทำรายวันจากสถานีพองหนีบ



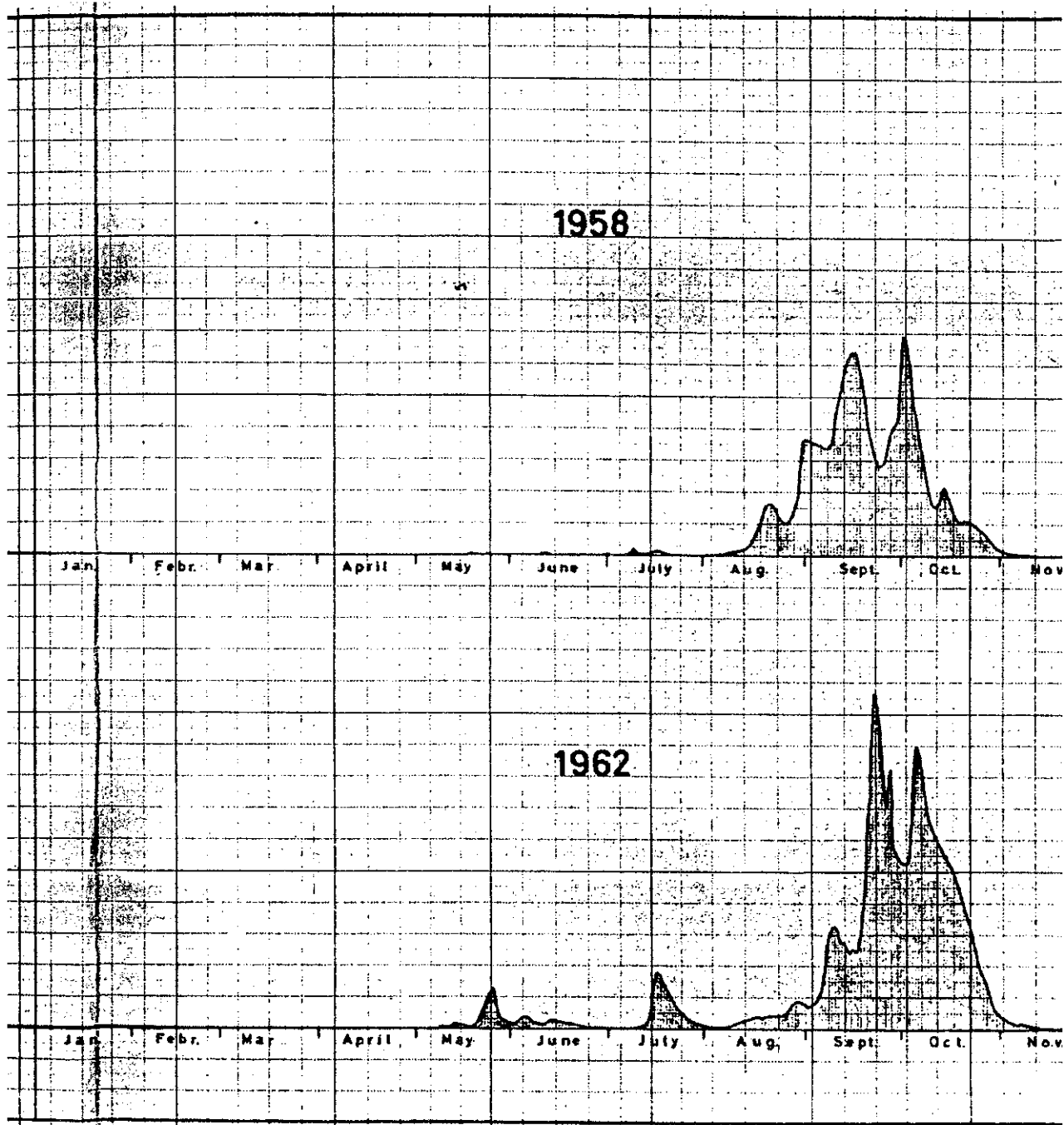
รูปที่ ก.5.3-1 ซลภาพน้ำท่ารายวันจากสถานีพองหนีบ (ต่อ)



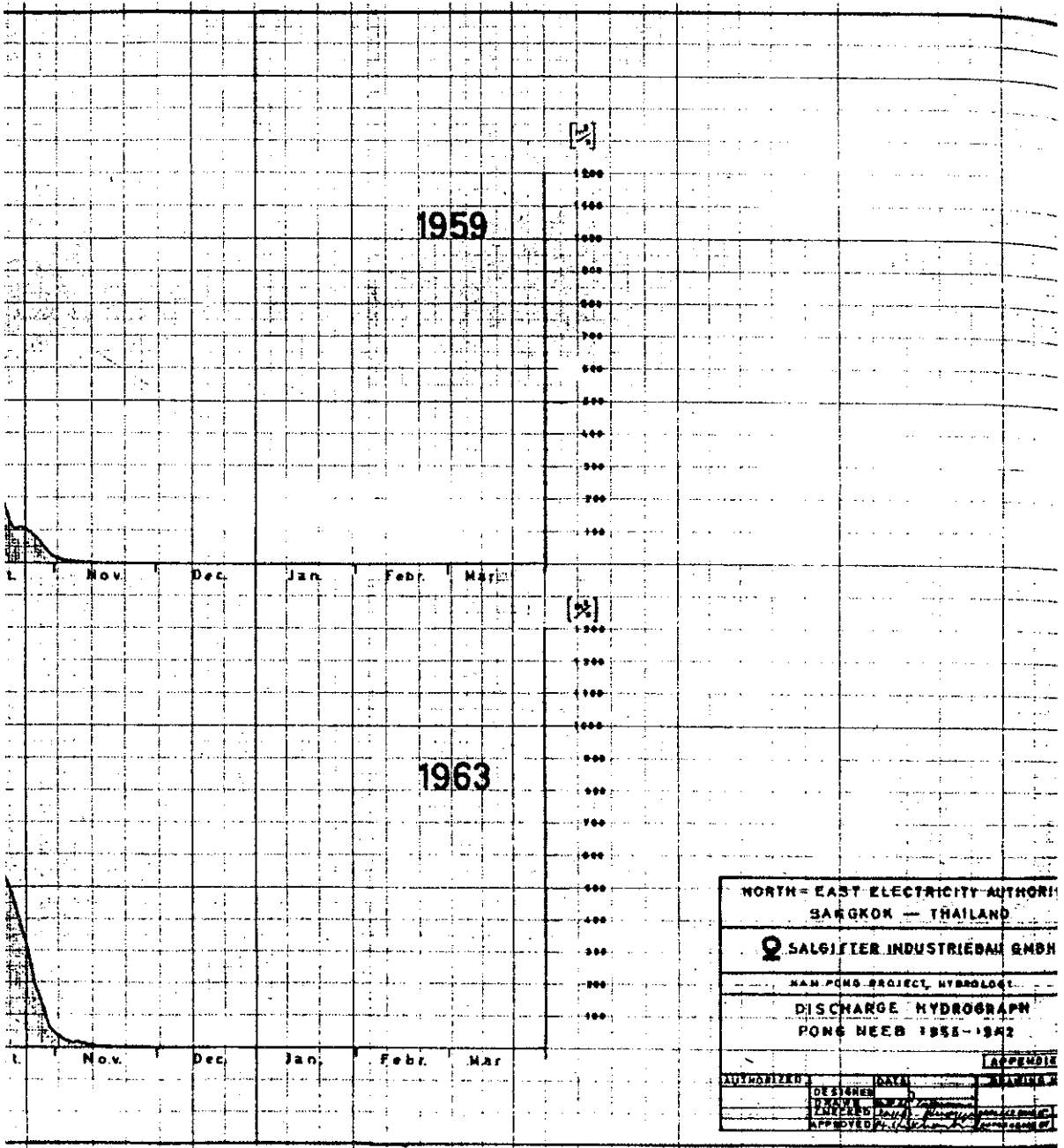
รูปที่ ก.5.3-1 ซดภาพน้ำทำรายวันจากสถานี Phong Nhiep (ต่อ)



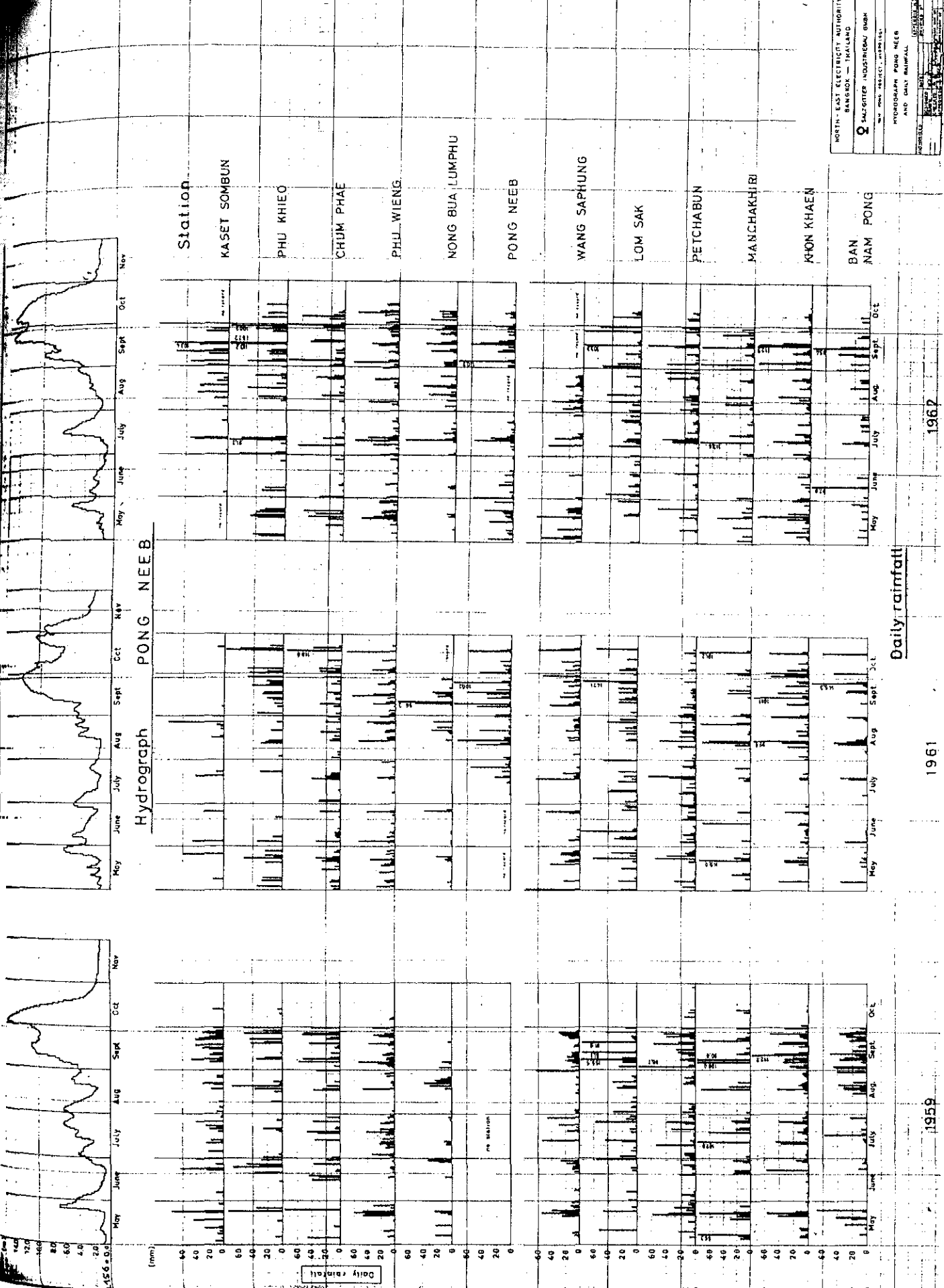
รูปที่ ก.5.3-1 ชลภาพน้ำท่ารายวันจากสถานีฟองหนีบ (ต่อ)



รูปที่ ก.5.3-1 ซลภาพน้ำท่ารายวันจากสถานีพองหนีบ (ต่อ)



รูปที่ ก.5.3-1 ซลภาพน้ำท่ารายวันจากสถานีพองหนีบ (ต่อ)



NORTH-EAST ELECTRICITY AUTHORITY
BANGKOK - THAILAND
SALVAGER INDUSTRIAL BANK
HYDROGRAPH PONG NEEB
AND DAILY RAINFALL

รูปที่ น.5.3-2 Hydrograph Pong Neeb and daily rainfall

ก.6 เขื่อนรัชชประภา

เขื่อนรัชชประภา

(ที่มา : Hydrological Investigations of Chiew Lam Project Report No. 842-2201, EGAT,
Survey Division, Planning Department, January 1979.)

การศึกษาน้ำท่วม

ฝนสูงสุดจากพายุฝนในอดีต

จากข้อมูลพายุฝนในอดีต ไม่พบว่ามีพายุไต้ฝุ่น (Typhoon) ที่รุนแรงพัดเข้าสู่ภาคใต้ตอนเหนือ รูปที่ ก.6-1 ถึง ก.6-3 แสดงเส้นทางของพายุโซนร้อน (Tropical storm) ในอดีตที่พัดเข้าสู่ภาคใต้ของประเทศไทยต่ำกว่า Latitude 10°N พายุฝนส่วนใหญ่สร้างความชื้นจากทะเล ทำให้ฝนตกเป็นบริเวณกว้างตามแนวชายฝั่งด้านตะวันออก

การประมาณ PMP ของลุ่มน้ำคลองแสง ใช้ข้อมูลพายุฝนมีศูนย์กลางใกล้กับ Kota Bharu ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย เป็นพายุโซนร้อนเกิดขึ้นระหว่างวันที่ 2-6 มกราคม 2510 เส้นชั้นน้ำฝนแสดงในรูปที่ ก.6-4 ย้ายพายุฝนนี้มายังลุ่มน้ำคลองแสง มีเส้นชั้นน้ำฝนแสดงในรูปที่ ก.6-4 หลังจากปรับแก้ข้อมูลแล้ว จึงใช้คำนวณ PMF ต่อไป

ข้อมูลน้ำฝนจากพายุฝนนี้ถูกปรับแก้ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำช่วงเวลา 5 วัน ตามรูปที่ ก.6-4 = 1,187 mm.
2. Maximizing factor (ความชื้นและความสูง) = 1.109 (ดูภาคผนวก 2)
3. ปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง = 0.85
4. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำสูงสุดช่วงเวลา 5 วัน (PMP) = $1,187 \times 1.109 \times 0.85 = 1,119$ mm.

การกระจายของปริมาณน้ำฝนตามเวลา จากข้อมูลน้ำฝนที่ Kota Bharu ระหว่างวันที่ 2-6 มกราคม พ.ศ. 2510 นำมาประยุกต์ใช้กับการกระจายของฝนสูงสุดรายวัน (PMP) บนลุ่มน้ำคลองแสงได้ดังนี้

ช่วงเวลา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	การกระจาย PMP (mm.)
1	42.3	473
2	71.1	796
3	89.5	1001
4	94.9	1062
5	100.0	1119

จากการตรวจสอบรูปแบบการกระจายของฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ บริเวณที่ตั้งเขื่อน เขียวหวาน พบว่า จะมีฝนตกหนักในวันที่ 4 ดังนั้นจึงปรับลำดับปริมาณน้ำฝนตามเวลาใหม่ดังนี้

วันที่	1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำฝน (mm.)	61	205	323	473	57

ได้เปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนสูงสุด คำนวณโดยวิธีทางสถิติ และวิธีการเกิดพายุฝนสูงสุด (storm maximization) พบว่า วิธีหลังมีค่าสูงกว่า รุนแรงกว่า จึงใช้วิธีนี้คำนวณค่า PMP

Effective Rainfall

การประมาณค่า effective rainfall สำหรับการออกแบบ Spillway ในประเทศไทยหลายโครงการใช้ total runoff factor ที่ 70% ค่าสูงสุดของ runoff factor สำหรับโครงการแควใหญ่ และปัตตานี อ้างอิงตาม IBRD มีค่า 80% หลังจากใช้ค่า initial loss 5 mm/day

ผลจากการพิจารณาข้อมูลต่างๆ ของลุ่มน้ำคลองแสงและลุ่มน้ำอื่นๆ จึงใช้ค่า runoff factor = 80% สำหรับการออกแบบ PMF สำหรับโครงการเขื่อนเขียวหวาน การคำนวณ effective rainfall มีรายละเอียดดังนี้

(1) เวลา (วัน)	(2) ปริมาณน้ำฝน (mm)	(3) (2) - 5.0 mm (mm)	Effective Rainfall (3) x 0.8 (mm)
1	61	56	44.8
2	205	200	160.0
3	323	318	254.4
4	473	468	374.4
5	57	52	41.6
รวม			875.2

การสร้างเอกชลภาพ

โดยใช้ชลภาพจากพายุฝนลูกเดียว เลือกข้อมูลชลภาพจากพายุฝนที่เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2512 และ พ.ศ. 2513 เอกชลภาพถูกสร้างจากพายุฝนทั้งสองลูกนี้ แสดงในรูปที่ ก.

6-5

เอกชลภาพไร้มิติของแต่ละพายุฝน และเอกชลภาพเฉลี่ยแสดงในรูปที่ ก.6-6 การไหลสูงสุดเฉลี่ยมีค่า 100 cms และเวลาเกิดค่าสูงสุด 32 ชั่วโมง เอกชลภาพสำหรับการออกแบบ PMF แสดงในตารางที่ ก.6-1 และรูปที่ ก.6-7

เอกชลภาพสังเคราะห์ได้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้วิธีของ Snyder โดยใช้ชลภาพของฝนช่วงเวลา 1 วัน นำมาสร้าง S-curve ซึ่งได้ผลที่สอดคล้องกับเอกชลภาพที่สร้างจากชลภาพโดยตรง แสดงในรูปที่ ก.6-6

นำเอกชลภาพใช้กับพายุฝนวันที่ 14-20 กันยายน พ.ศ.2519 สร้างชลภาพแสดงในรูปที่ ก.6-8 เอกชลภาพที่คำนวณได้สอดคล้องกับชลภาพจากการวัด

การคำนวณการออกแบบ Spillway

ใช้ค่าการไหลพื้นฐาน (Base flow) 300 cms ซึ่งได้มาจากข้อมูลน้ำท่วมที่สถานี X.39 การคำนวณ PMF แสดงในตารางที่ ก.6-2 และนำมาเขียนกราฟในรูปที่ ก.6-9 ค่าการไหลสูงสุดของ PMF ประมาณได้ 5,320 cms ปริมาตรน้ำท่วม 1,514 mcm เปรียบเทียบกับชลภาพของฝน 1,000 ปี มีค่าการไหลสูงสุด 2,880 cms แสดงในรูปที่ ก.6-10

วิธี Envelope Curve

การออกแบบปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่ตั้งเขื่อนเขี้ยวหlanan โดยใช้ envelope curves ของการไหลสูงสุดในประเทศไทย วิธีนี้มีสมมติฐานว่าลุ่มน้ำมีความคล้ายคลึงกันทางอุทกวิทยา (hydrologic similarity) เป็นการตรวจสอบที่เป็นอิสระ เปรียบเทียบกับวิธีอื่น

Envelope curve ของอัตราการไหลสูงสุดต่อพื้นที่เทียบกับขนาดลุ่มน้ำ สำหรับ 45 ลุ่มน้ำในประเทศไทย แสดงในรูปที่ ก.6-11 จากกราฟสำหรับที่ตั้งเขื่อนเขี้ยวหlanan ประมาณได้ 2,010 cms เป็นค่าการเกิดซ้ำระหว่าง 50 ถึง 100 ปี

คำนวณน้ำท่วมออกแบบจาก envelope curve กรณีรวมเขื่อนปัตตานีและไม่รวมเขื่อนปัตตานี คำน้ำท่วมสูงสุดที่ตั้งเขื่อนเขี้ยวหlanan มีค่า 6,030 cms และ 3,300 cms ตามลำดับ

การหลากของอ่างเก็บน้ำ

เพื่อออกแบบ Spillway ที่มีลักษณะเป็นทางน้ำเปิด Chute type และมีประตูน้ำควบคุม กำหนดระดับน้ำสูงปกติ +95 m (MSL) ลักษณะทั่วไปของ spillway มีดังนี้

ระดับน้ำสูงปกติ	+95.0 m. (MSL)
ระดับสัน spillway	89 – 91 m. (MSL)
ความยาวของ spillway	20 – 50 m.

อัตราการไหลออก : $Q = CLH^{1.5}$: $C = 2.10$ (metric unit)

กราฟความจุอ่างเก็บน้ำสร้างจากแผนที่ 1 : 10,000 แสดงในรูปที่ ก.6-12

เกณฑ์การหลากให้อัตราน้ำท่วมออกแบบเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยมีระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับระดับน้ำสูงปกติ เมื่อปริมาณน้ำท่วมสูงขึ้น แต่มีปริมาณน้อยกว่าความสามารถระบายน้ำของ spillway ประตูน้ำจะเปิดบางส่วน เพื่อให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำกลับมากงที่ที่ระดับน้ำสูงปกติ ทำให้อัตราการไหลออกจาก spillway เท่ากับอัตราการไหลเข้า หากปริมาณน้ำท่วมเกินความสามารถระบายน้ำของ spillway ประตูน้ำจะเปิดทั้งหมดเต็มที่ การหลากจะเกิดต่อเนื่องจนหมดน้ำท่วมออกแบบ

ใช้ช่วงเวลาการหลากทุก 6 ชม. ทดลองกับ spillway ขนาดต่างๆ เพื่อเลือกความสามารถการระบายน้ำที่ดีที่สุด ผลแสดงในตารางที่ ก.6-3 และกราฟรูปที่ ก.6-13 คำตอบที่เลือกไว้สำหรับการออกแบบ spillway แสดงในตารางที่ ก.6-4 และรูปที่ ก.6-14

ตารางที่ ก.6-1 Computation of Adopted Unit Hydrograph

$$t_p = 32 \text{ hrs} ; q_p = 100 \text{ cms.}$$

t/t_p %	q/q_p %	t hr.	q cms.
0	0	0	0
0.19	0.03	6	3
0.375	0.20	12	20
0.562	0.59	18	59
0.75	0.86	24	86
0.94	0.97	30	97
1.00	1.00	32	100
1.13	0.94	36	94
1.31	0.76	42	76
1.50	0.57	48	57
1.69	0.43	54	43
1.87	0.33	60	33
2.06	0.26	66	26
2.25	0.20	72	20
2.44	0.165	78	16
2.62	0.130	84	13
2.81	0.105	90	10
3.00	0.074	96	7
3.19	0.051	102	5
3.37	0.035	108	3
3.56	0.021	114	2
3.75	0.013	120	1
3.94	0	126	0

CHECK : Volume of Unit Hydrograph = $\frac{671 \times 6 \times 3600}{1437} \approx 10 \text{ mm. ok.}$

ตารางที่ ก.6-2 Computation of Spillway Design Flood

Time	U.H	4.48 UH	16.0 UH	25.44 UH	37.44 UH	4.16 UH	Direct Runoff	Total Runoff
0	0	0					0	300
6	3	13.4					13.4	313
12	20	89.6					89.6	390
18	59	264.3					264	564
24	86	385.3	0				385	685
30	97	434.6	48.0				483	783
36	94	421.1	320.0				741	1041
42	76	340.5	944.0				1285	1585
48	57	255.4	1376.0	0			1631	1531
54	43	192.6	1552.0	76.3			1821	2121
60	33	147.8	1504.0	508.8			2161	2461
66	26	116.5	1216.0	1501.0			2834	3134
72	20	89.6	912.0	2187.8	0		3189	3489
78	16	71.7	688.0	2467.7	112.3		3340	3640
94	13	58.2	528.0	2391.4	748.8		3726	4026
90	10	44.8	416.0	1933.4	2209.0		4603	4903
96	7	31.4	320.0	1450.1	3219.8	0	5021	5321
102	5	22.4	256.0	1093.9	3631.7	12.5	5004	5304
108	3	13.4	208.0	839.5	3519.4	83.2	4664	4964
114	2	9.0	160.0	661.4	2845.4	245.4	3921	4221
120	1	4.5	112.0	508.8	2134.1	357.8	3117	3417
126	0	0	80.0	407.0	1609.9	403.5	2500	2800
132			48.0	330.7	1235.5	391.0	2005	2305
138			32.0	254.4	973.4	316.2	1576	1876
144			16.0	178.1	748.8	237.1	1180	1480
150			0	127.2	599.0	178.9	906	1206
156				76.3	486.7	137.3	700	1000
162				50.9	374.4	108.2	534	834
168				25.4	262.1	83.2	371	671
174				0	187.2	66.6	254	554
190					112.3	54.1	166	466
186					74.9	41.6	117	417
192					37.4	29.1	66.5	367
198					0	20.8	20.8	321
204						12.5	12.5	313
210						8.3	8.3	308
216						2.2	4.2	304
222						0	0	300

Check : Volume of Direct Runoff = $58714.3 \times 6 \times 3600 = 882 \approx 875$ O.K. 58714.3 70115

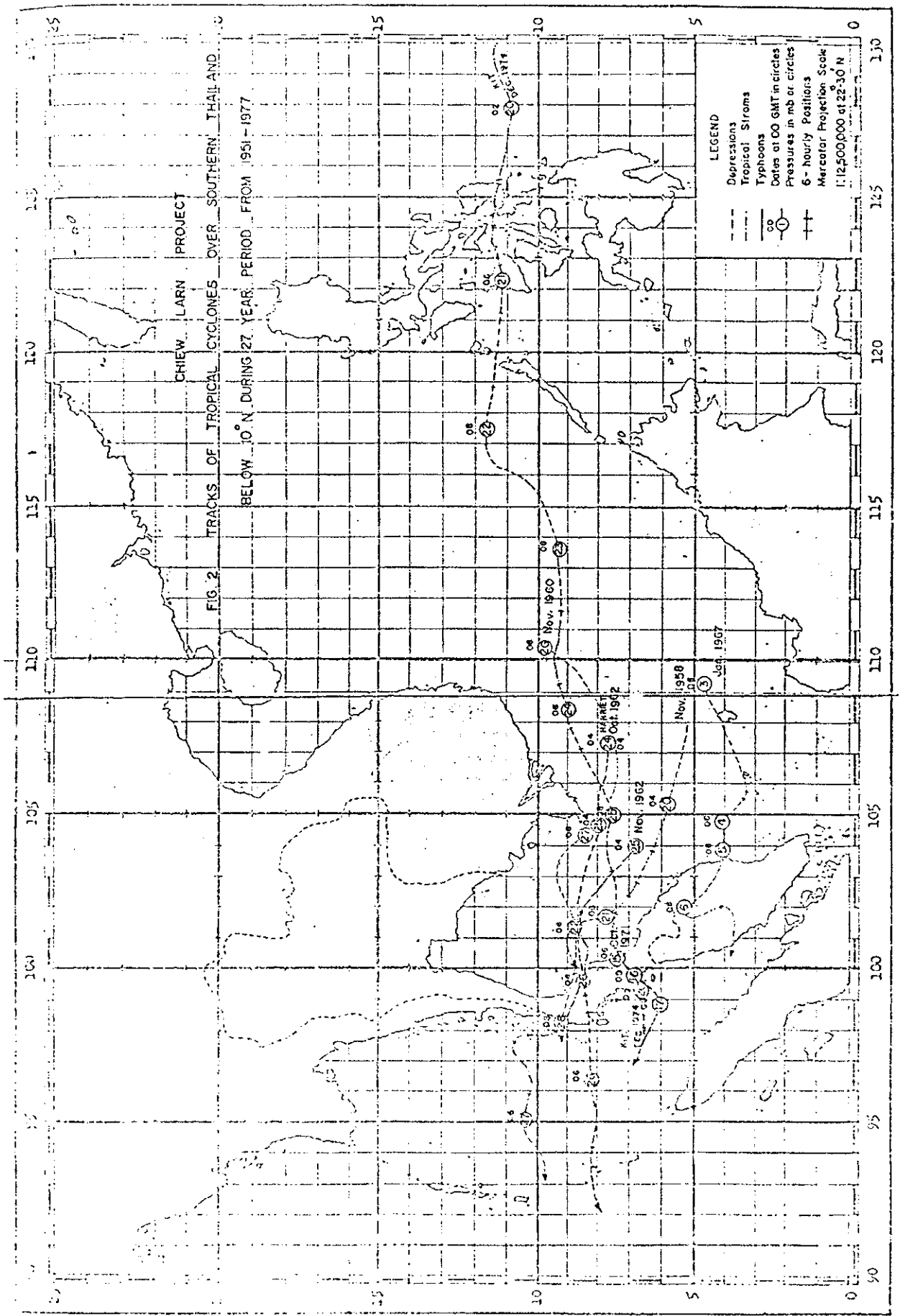
1437 x 1000

ตารางที่ ๓.6-3 Maximum Release and Reservoir Level Related to Size of Spillway (Normal High
Water Level +95.0 m. MSL)

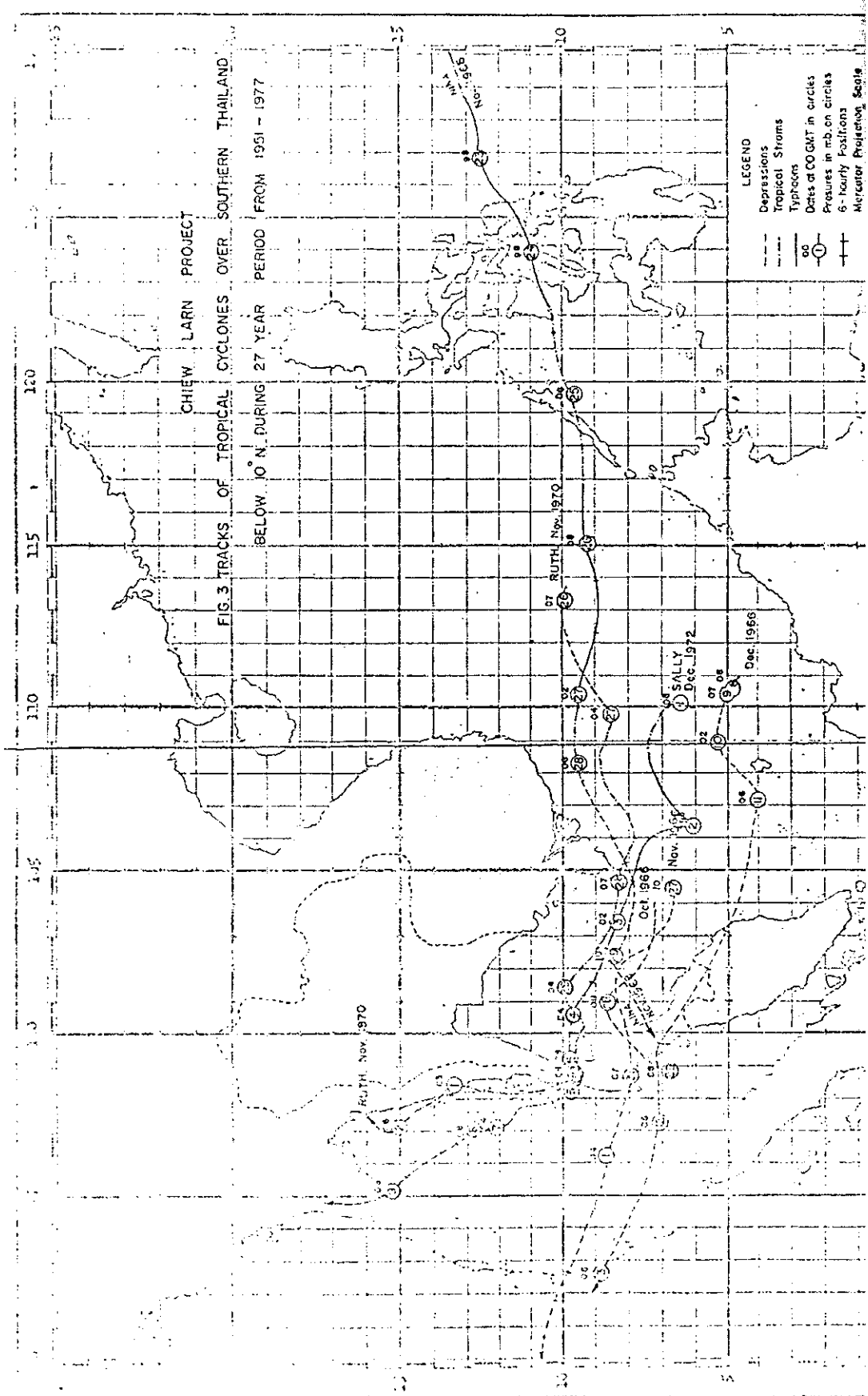
Crest Elev. (m. MSL)	Spillway width (m.)	Spillway Depth (m.)	Max. Reservoir (ELV. m.MSL)	Max. Out-Flow (cms.)
81	20	14	97.38	2784
81	25		96.66	3253
81	30	14	96.07	3685
81	35		95.63	4114
81	40	14	95.32	4551
81	45		95.09	3997
81	50	14	95.00	5321
83	20	12	98.05	2453
83	25		97.34	2851
83	30	12	96.77	3218
83	35		96.28	3559
83	40	12	95.87	3876
83	45		95.97	4211
83	50	12	95.33	4545
85	20	10	98.77	2185
85	25		98.10	2489
85	30	10	97.54	2797
85	35		97.06	3078
85	40	10	96.66	3347
85	45		96.31	3593
85	50	10	95.98	3821
87	20	8	99.51	1858
87	25		98.91	2159
87	30	8	98.40	2325
87	35		97.95	2662
87	40	8	97.55	2873
87	45		97.19	3076
87	50	8	96.89	3268
89	20	6	100.26	1586
89	25		99.74	1847
89	30	6	99.28	2078
89	35		98.90	2288
89	40	6	98.54	2476
89	45		98.22	2648
89	50	6	97.94	2804
91	20	4	101.03	1334
91	25		100.60	1561
91	30	4	100.21	1761
91	35		99.87	1943
91	40	4	99.56	2104
91	45		99.29	2257
91	50	4	99.04	2396

ตารางที่ ก.6-4 Routing of Spillway Design Flood (NHWL = 95.00 m. MSL Spillway Crest
Elev. = 85.00 m. MSL Spillway Length = 30.0 m.)

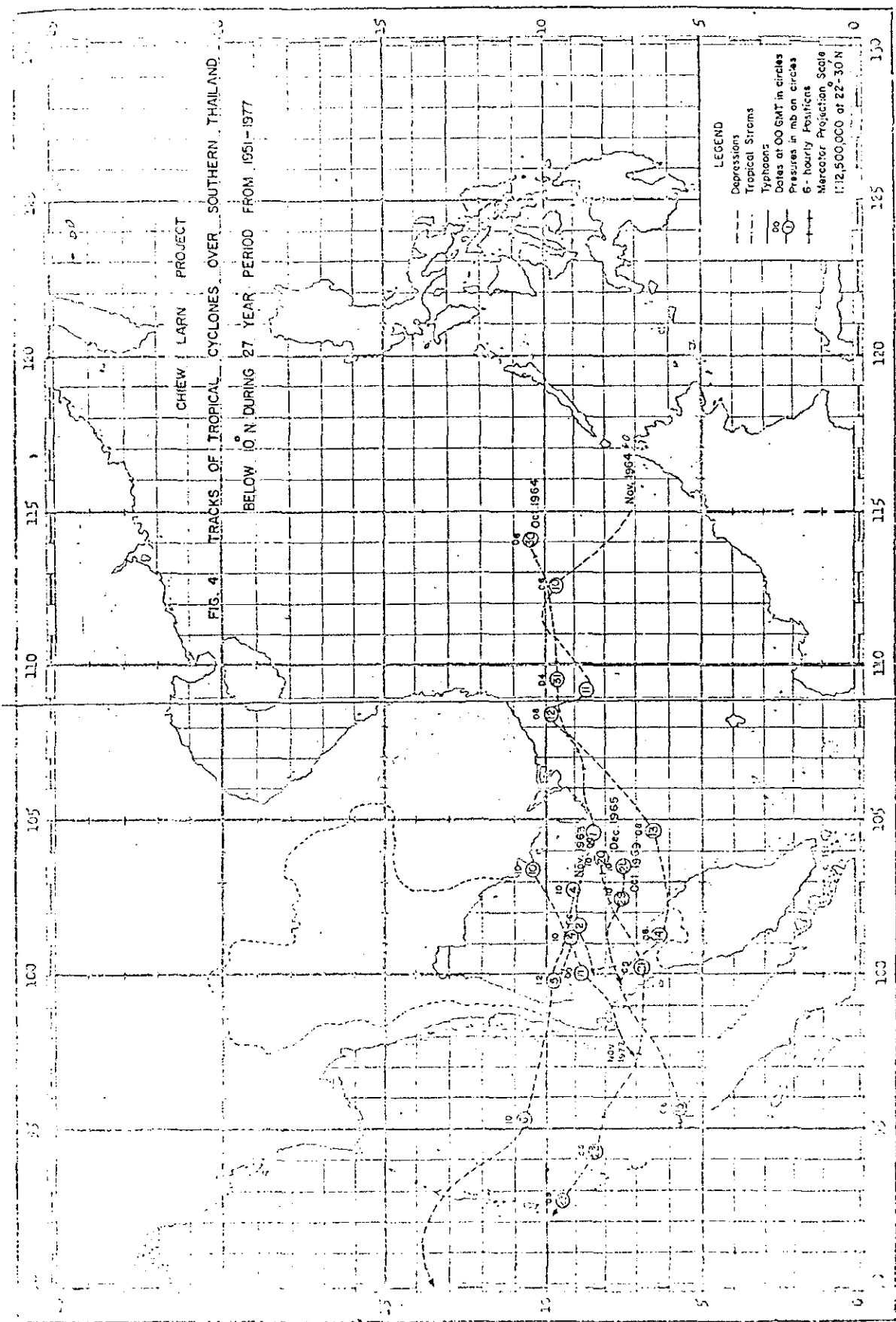
HR	Inflow (cms)	Outflow (cms)	Storage (Mcm)	Res. Elev. (m)
0	300.000	300.000	5588.250	95.000
6	313.000	313.000	5588.250	95.000
12	390.000	390.000	5588.250	95.000
18	564.000	564.000	5588.250	95.000
24	685.000	685.000	5588.250	95.000
30	783.000	783.000	5588.250	95.000
36	1041.000	1041.000	5588.250	95.000
42	1585.000	1585.000	5588.250	95.000
48	1931.000	1931.000	5588.250	95.000
54	2121.000	1994.745	5589.614	95.003
60	2461.000	2006.308	5595.888	95.047
66	3134.000	2037.297	5612.643	95.150
72	3489.000	2087.529	5639.623	95.316
78	3640.000	2146.252	5670.891	95.509
84	4026.000	2213.963	5706.594	95.729
90	4903.000	2306.370	5754.218	96.022
96	5321.000	2421.040	5813.592	96.0388
102	5304.000	2542.124	5874.740	96.764
108	4964.000	2652.288	5929.535	97.102
114	4221.000	2735.745	5970.542	97.354
120	3417.000	2782.706	5993.433	97.496
126	2800.000	2796.881	6000.317	97.533
132	2305.000	2786.246	5995.253	97.506
138	1678.000	2756.042	5980.451	97.415
144	1480.000	2709.453	5957.669	97.278
150	1206.000	2650.775	5928.787	97.097
156	1000.000	2684.818	5896.068	96.896
162	634.000	2614.355	5860.804	96.679
168	671.000	2440.613	5823.544	96.449
174	554.000	2364.869	5784.875	96.211
180	466.000	2288.799	5745.632	95.969
186	417.000	2213.860	6706.539	95.729
192	367.000	2140.755	5667.977	95.491
198	321.000	2069.448	5629.937	95.257
204	313.000	1000.665	5592.827	95.023
210	308.000	1935.089	5557.028	94.503
216	304.000	304.000	5588.250	95.000
222	300.000	300.000	5588.250	95.000



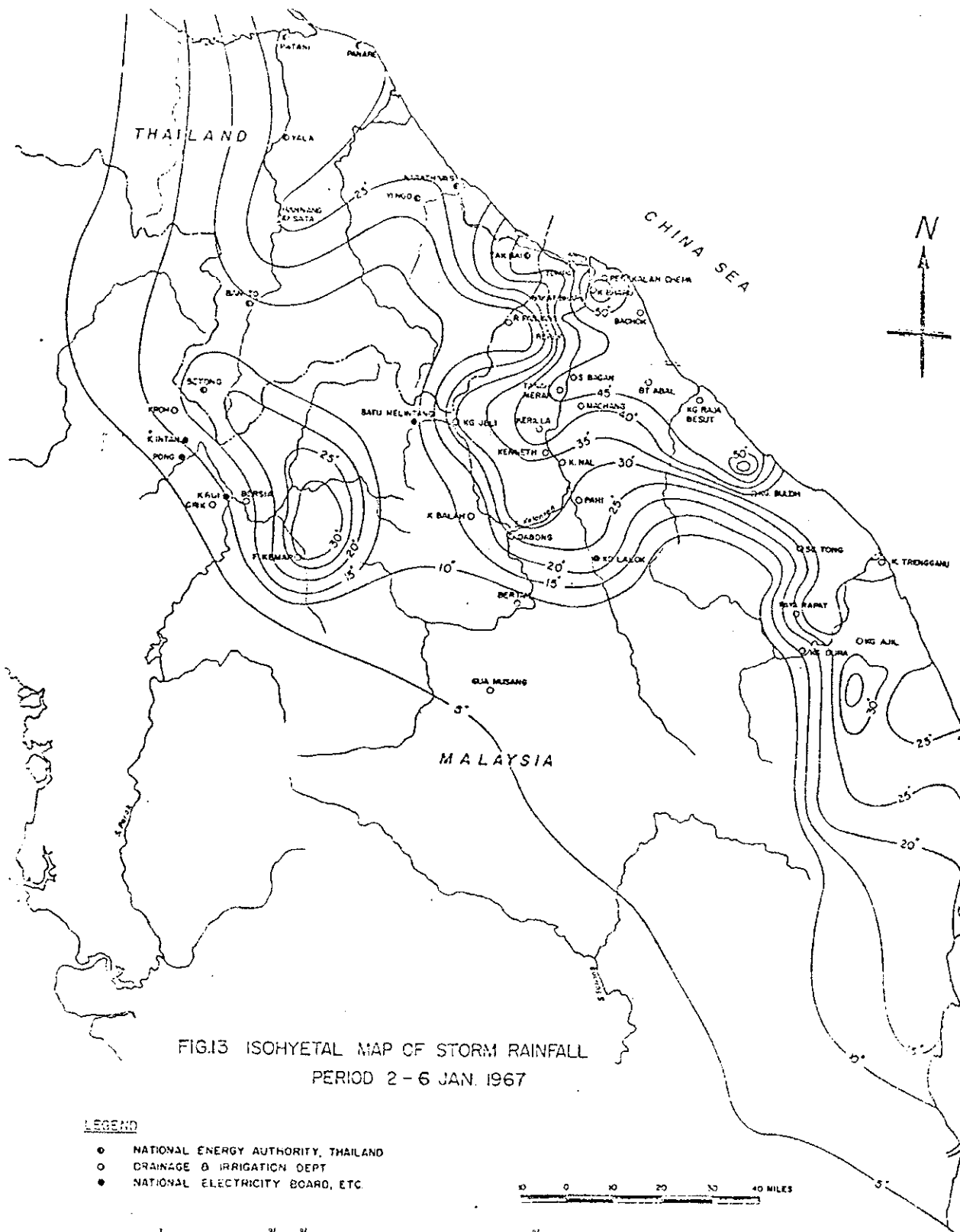
รูปที่ ก.6-1 ข้อมูลพายุฝนที่พัดเข้าสู่ภาคใต้ตอนเหนือ รูปที่ 1



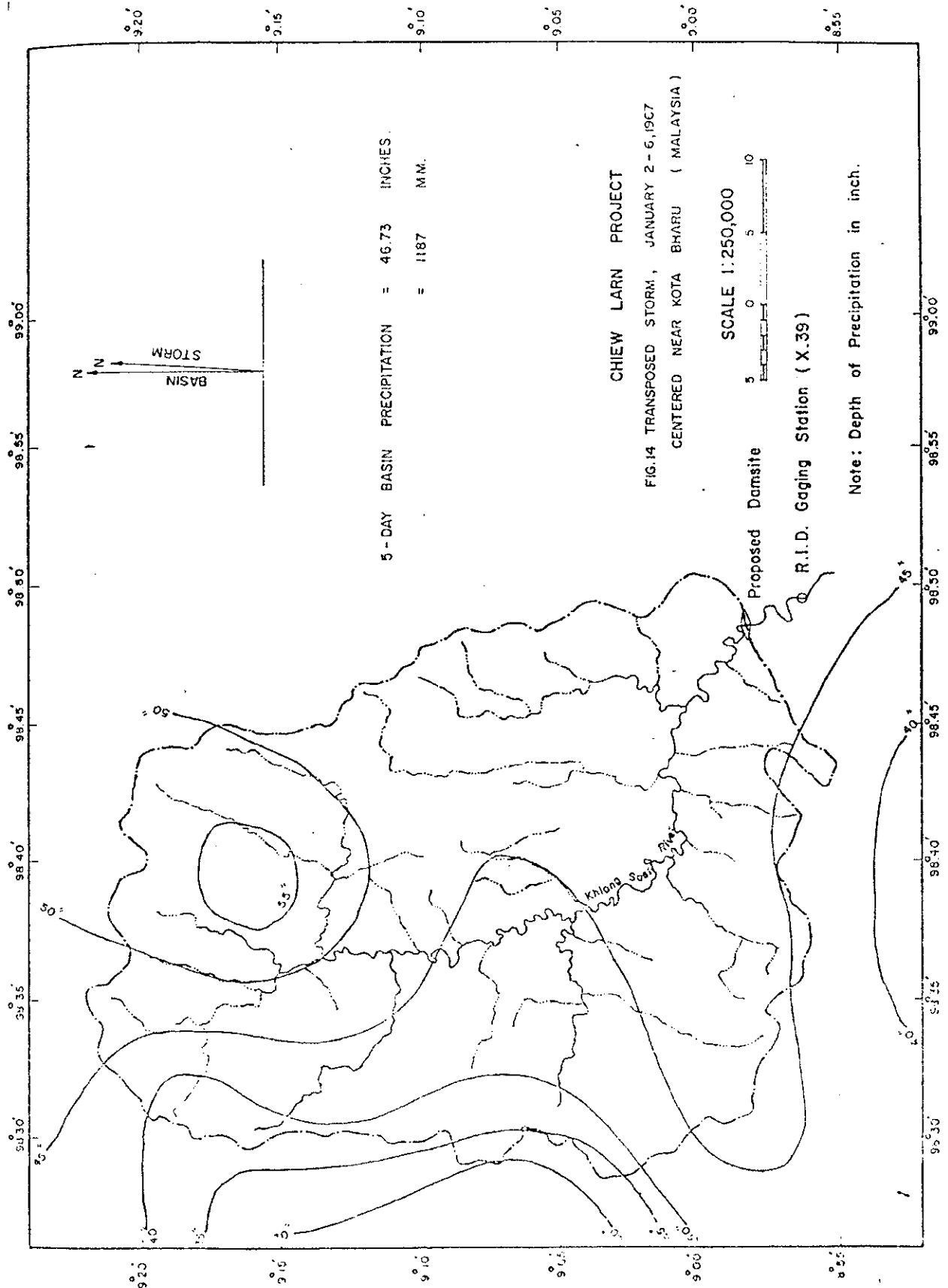
รูปที่ ก.6-2 ข้อมูลพายุฝนที่พัดเข้าสู่ภาคใต้ตอนเหนือ รูปที่ 2



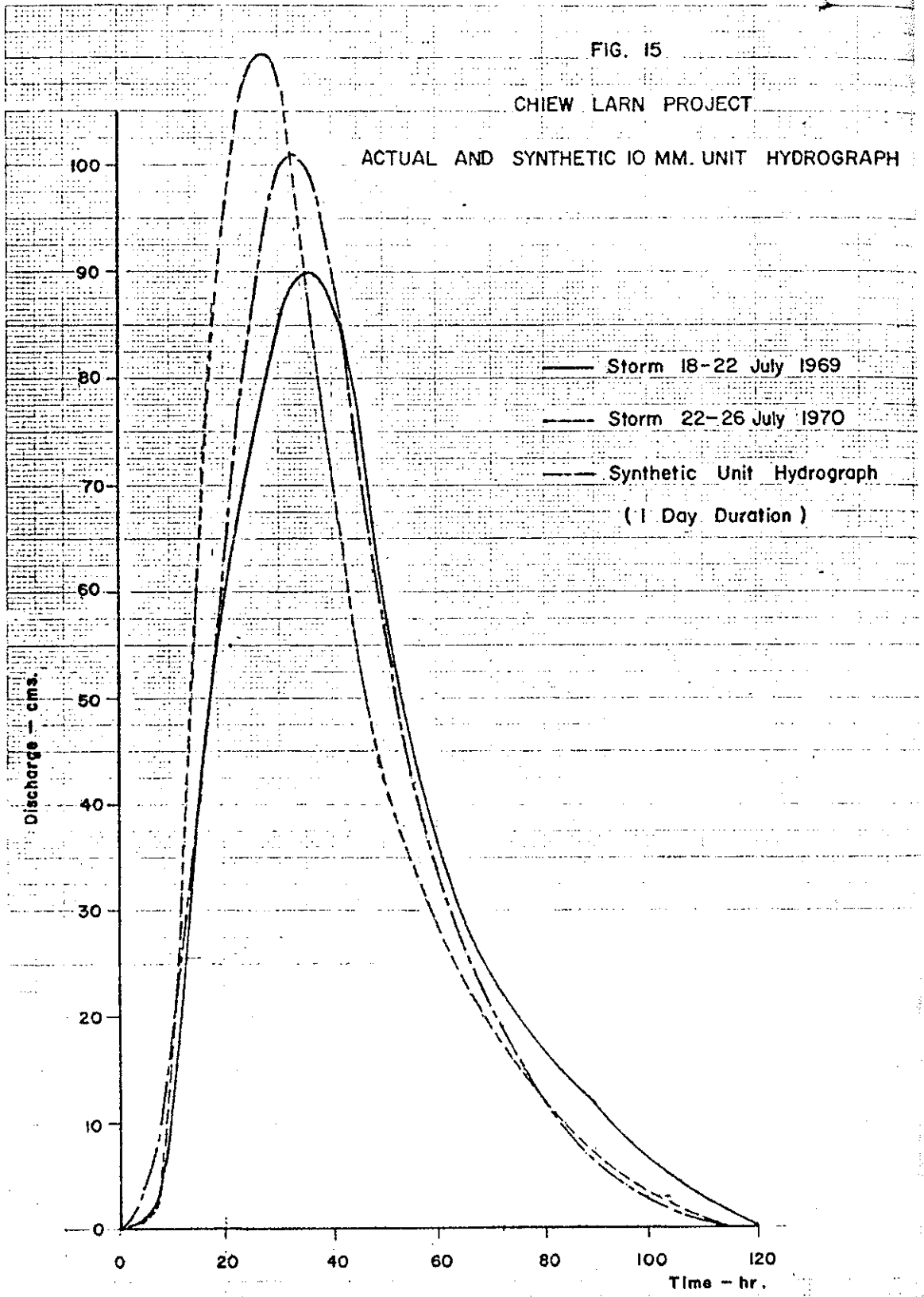
รูปที่ ก.6-3 ข้อมูลพายุฝนที่พัดเข้าสู่ภาคใต้ตอนเหนือ รูปที่ 1



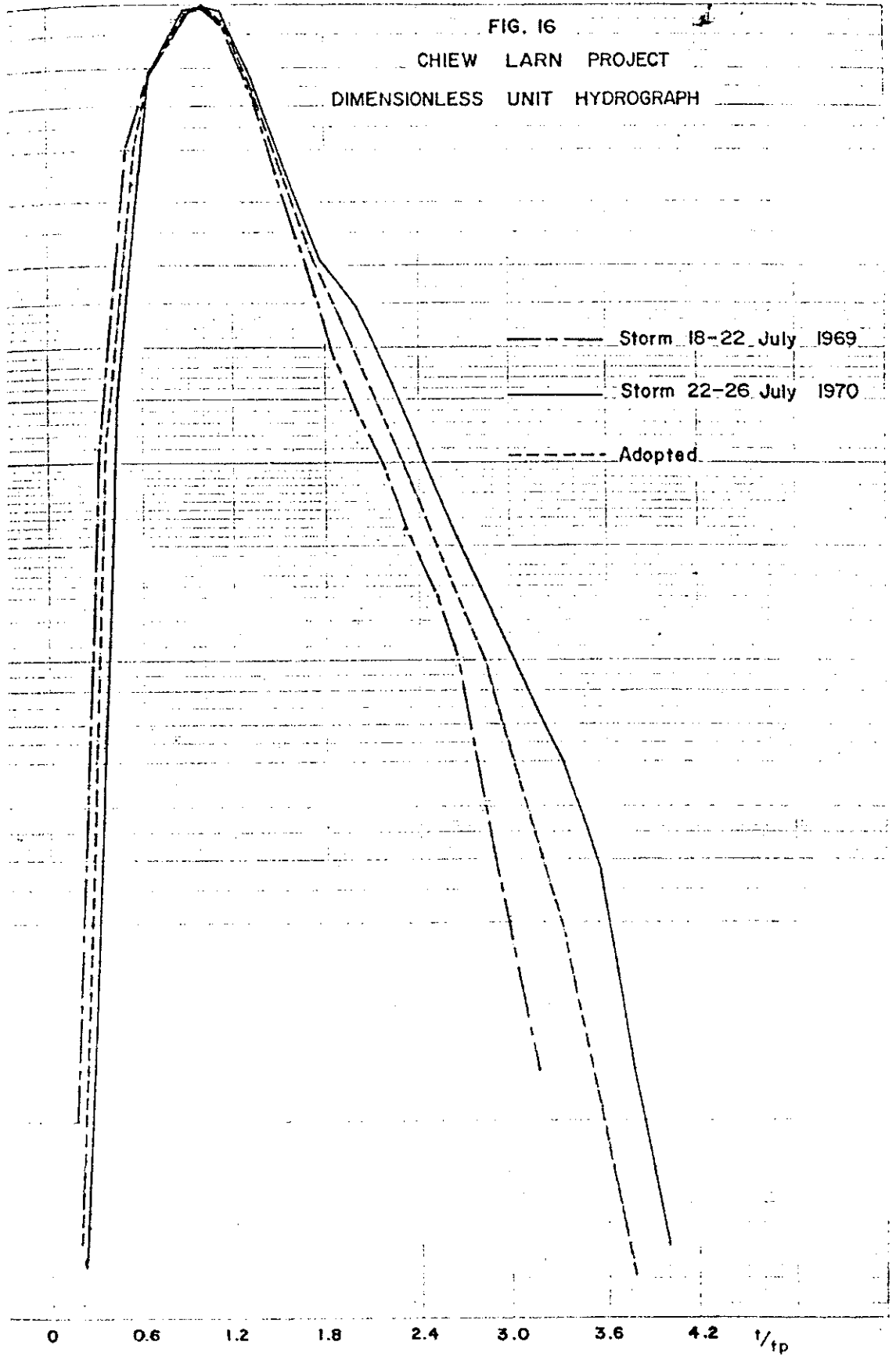
รูปที่ ก.6-4 เส้นชั้นน้ำฝนของพายุโซนร้อนเกิดขึ้นระหว่างวันที่ 2-6 มกราคม 2510



รูปที่ ก.6-4 เส้นขนานน้ำฝน ข้ายพายุฝนนมายังลุ่มน้ำคลองแสง



รูปที่ ก.6-5 เอกชลภาพฝนลูกเดียว ถูกสร้างจากชลภาพของพายุฝนที่เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2512 และ พ.ศ. 2513

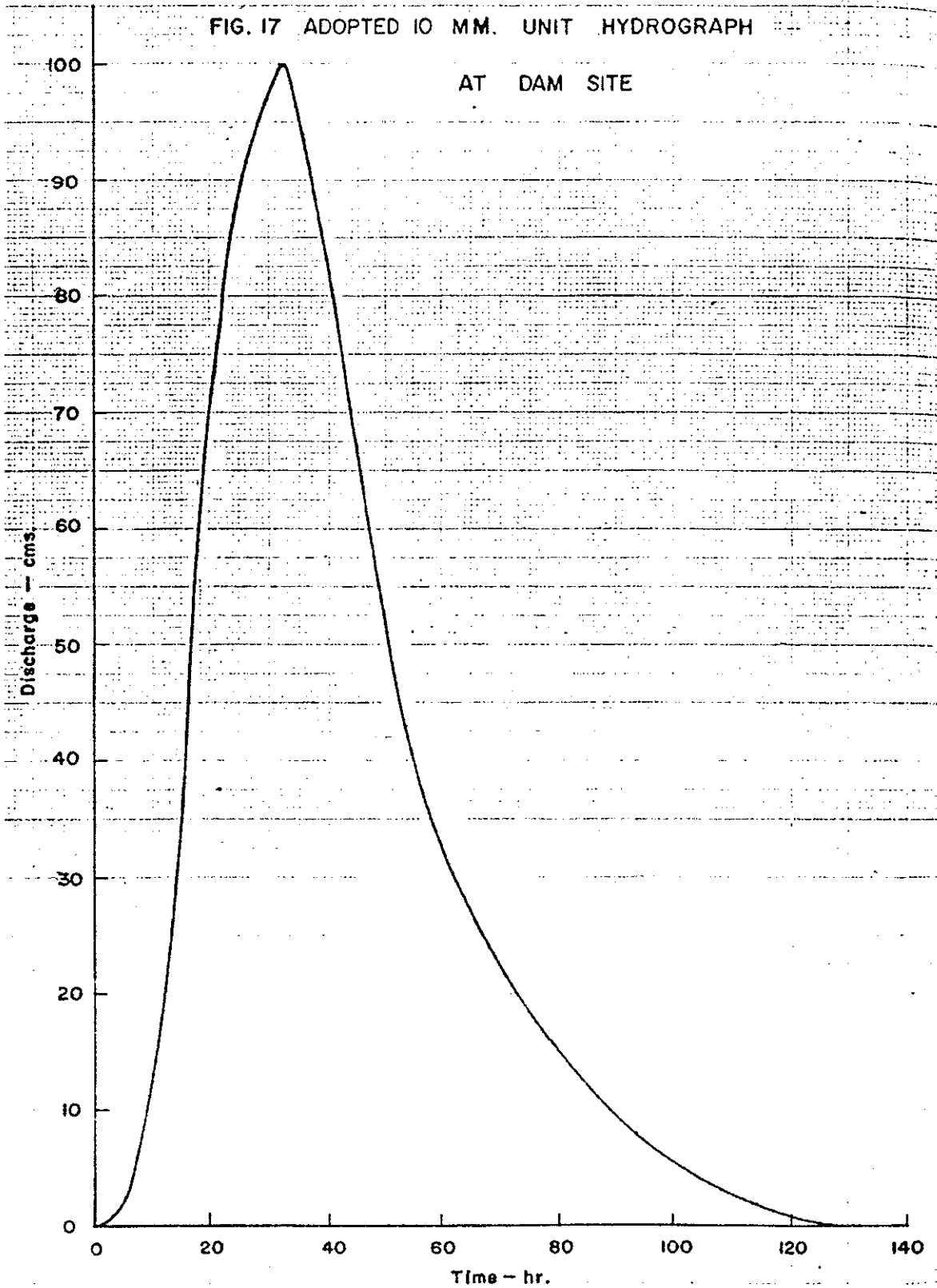


รูปที่ ก.6-6 เอกชลภาพไร้มิติของแต่ละพายุฝน และเอกชลภาพเฉลี่ย

CHIEW LARN PROJECT.

FIG. 17 ADOPTED 10 MM. UNIT HYDROGRAPH

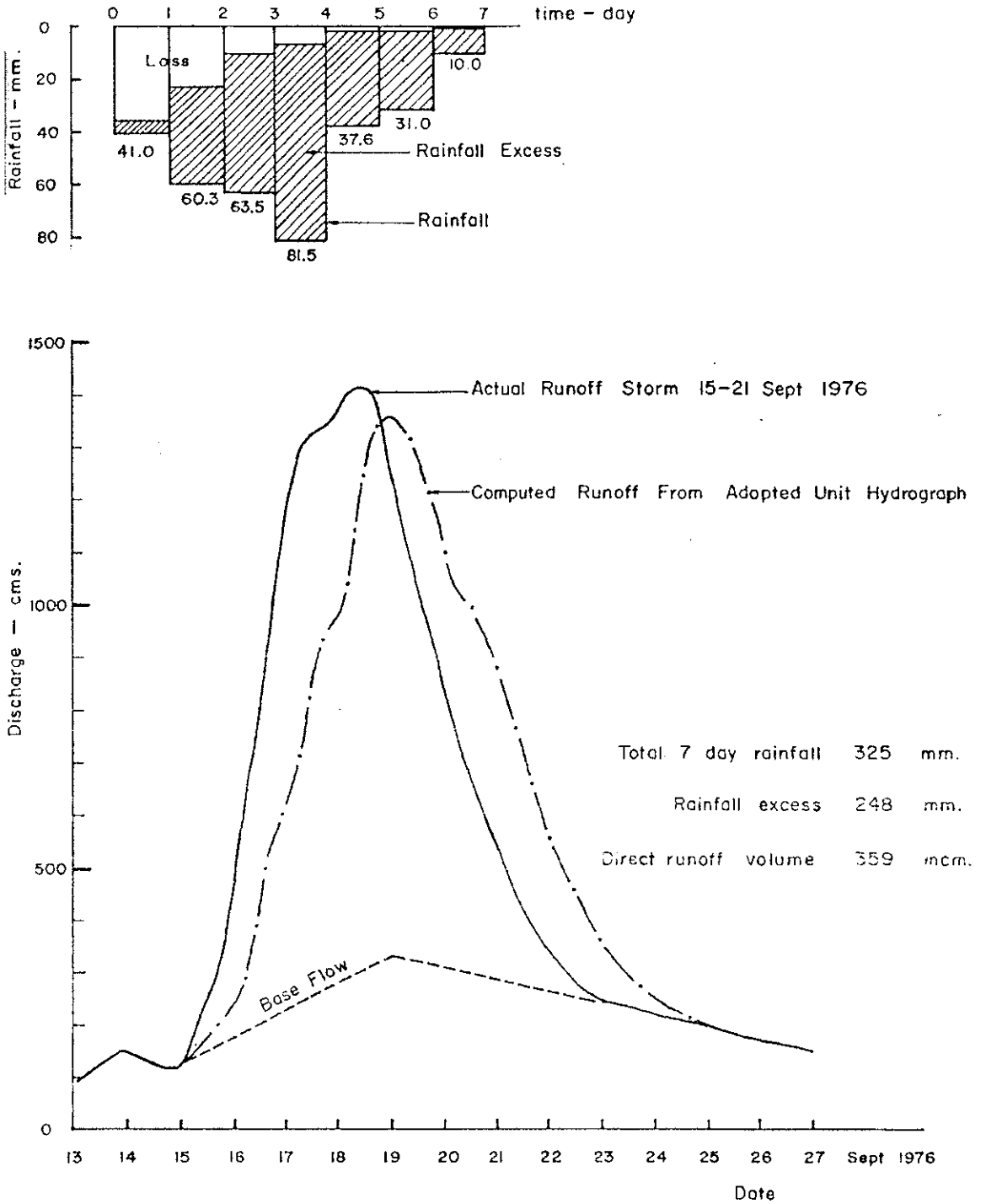
AT DAM SITE



รูปที่ ก.6-7 เอกชลภาพสำหรับการออกแบบ PMF

CHIEW LARN PROJECT

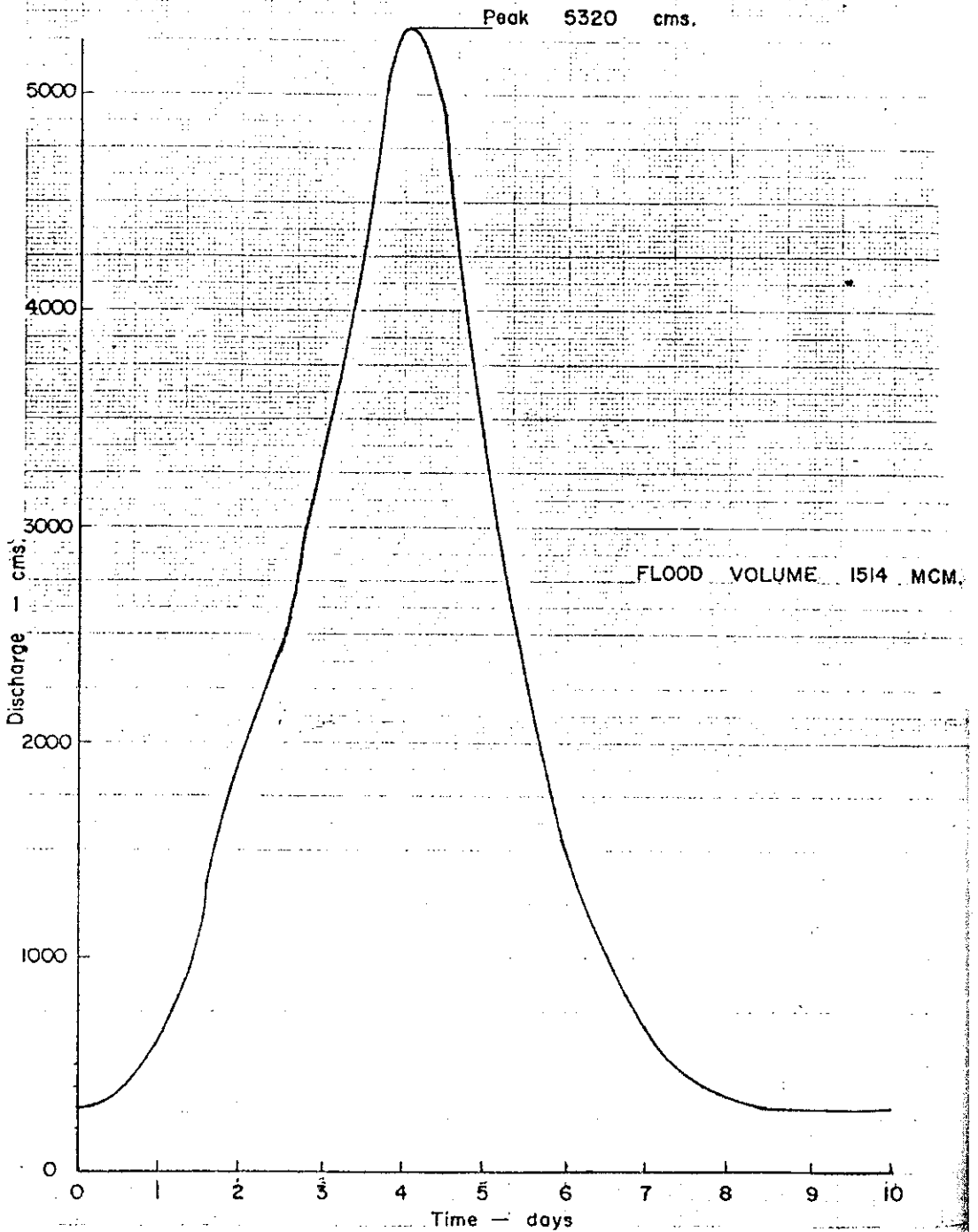
FIG.18 COMPARISON OF COMPUTED AND ACTUAL HYDROGRAPH



รูปที่ ก.6-8 เอกชลภาพใช้กับพายุฝนวันที่ 14-20 กันยายน พ.ศ.2519 สร้างชลภาพ

CHIEW LARN PROJECT

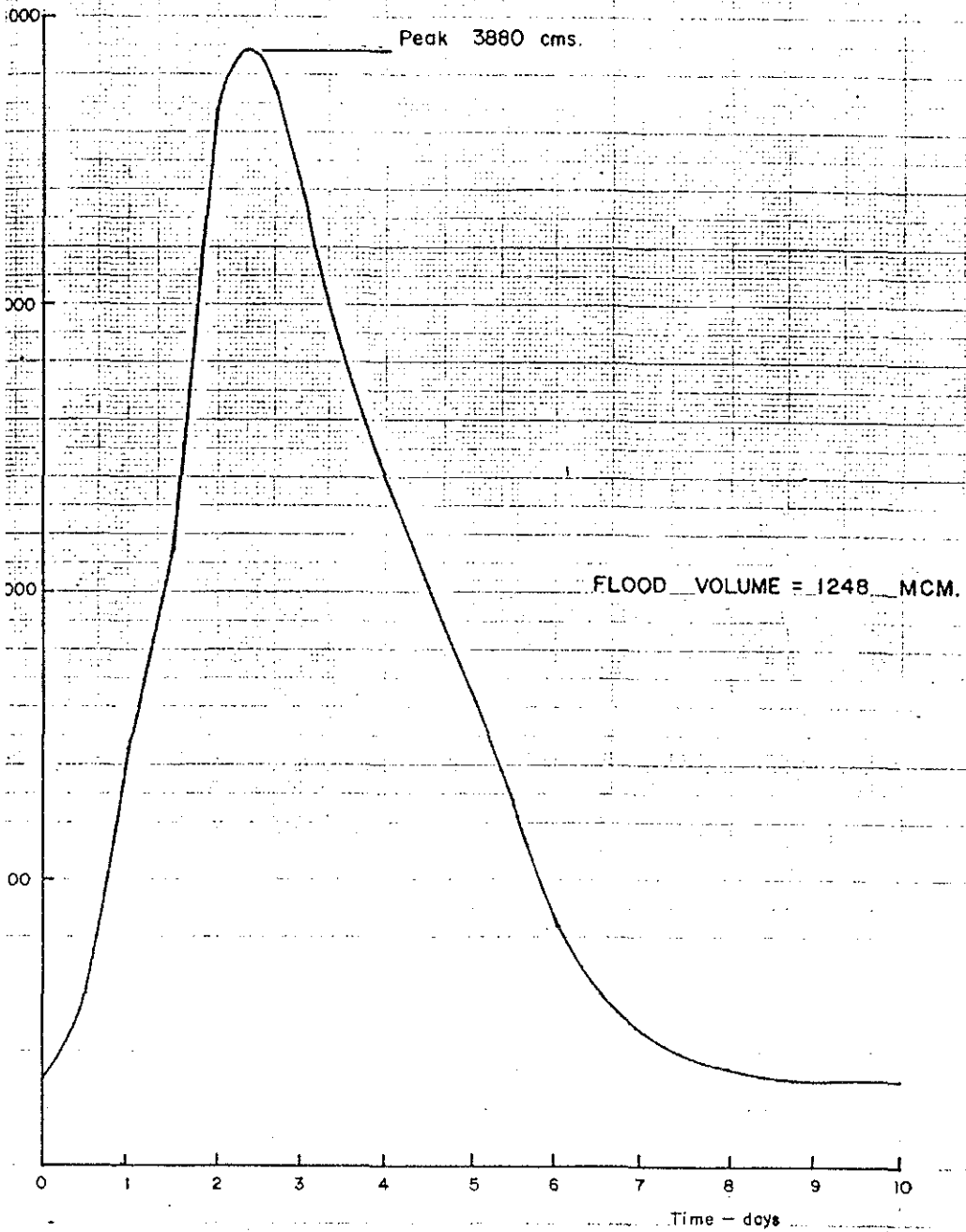
FIG. 19 SPILLWAY DESIGN FLOOD



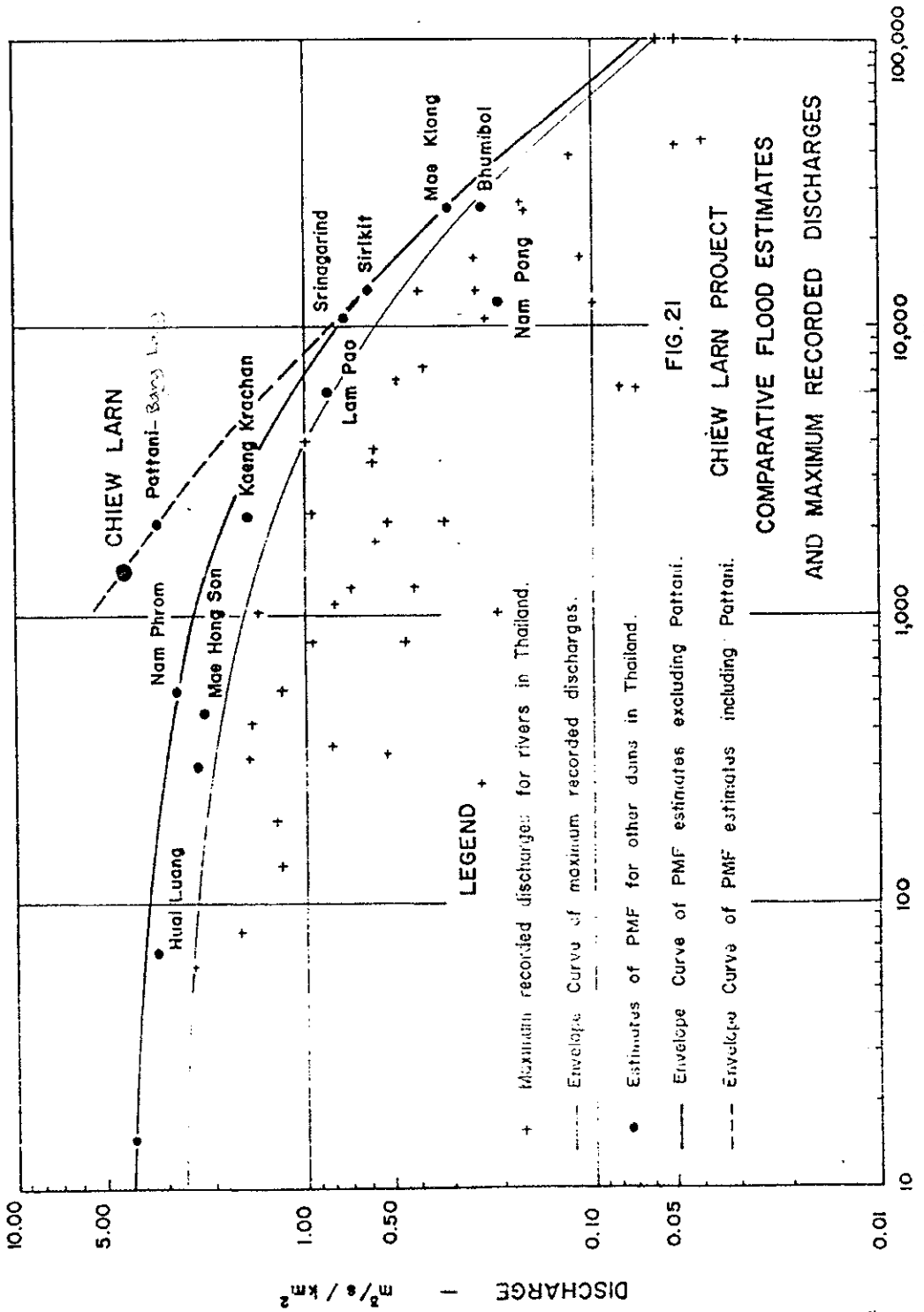
รูปที่ ก.6-9 ค่าการไหลสูงสุดของ PMF

CHIEW LARN PROJECT

FIG. 20 FLOOD HYDROGRAPH (1000 - Year rainfall)



รูปที่ ก.6-10 หลากาพของฝน 1,000 ปี



รูปที่ ก.6-11 Envelope curve ของอัตราการไหลสูงสุดต่อพื้นที่เทียบกับขนาดลุ่มน้ำ สำหรับ 45 ลุ่มน้ำในประเทศไทย

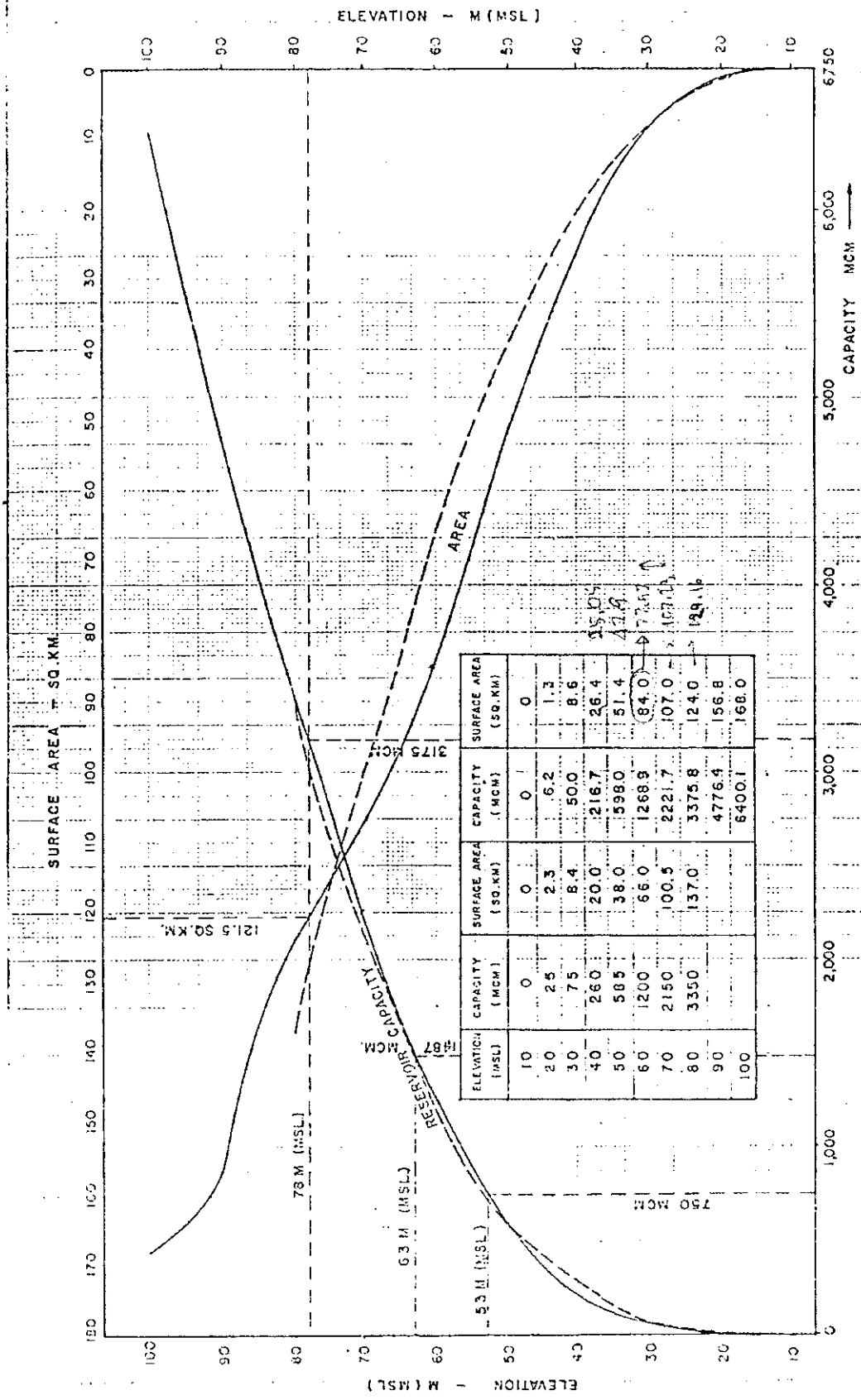
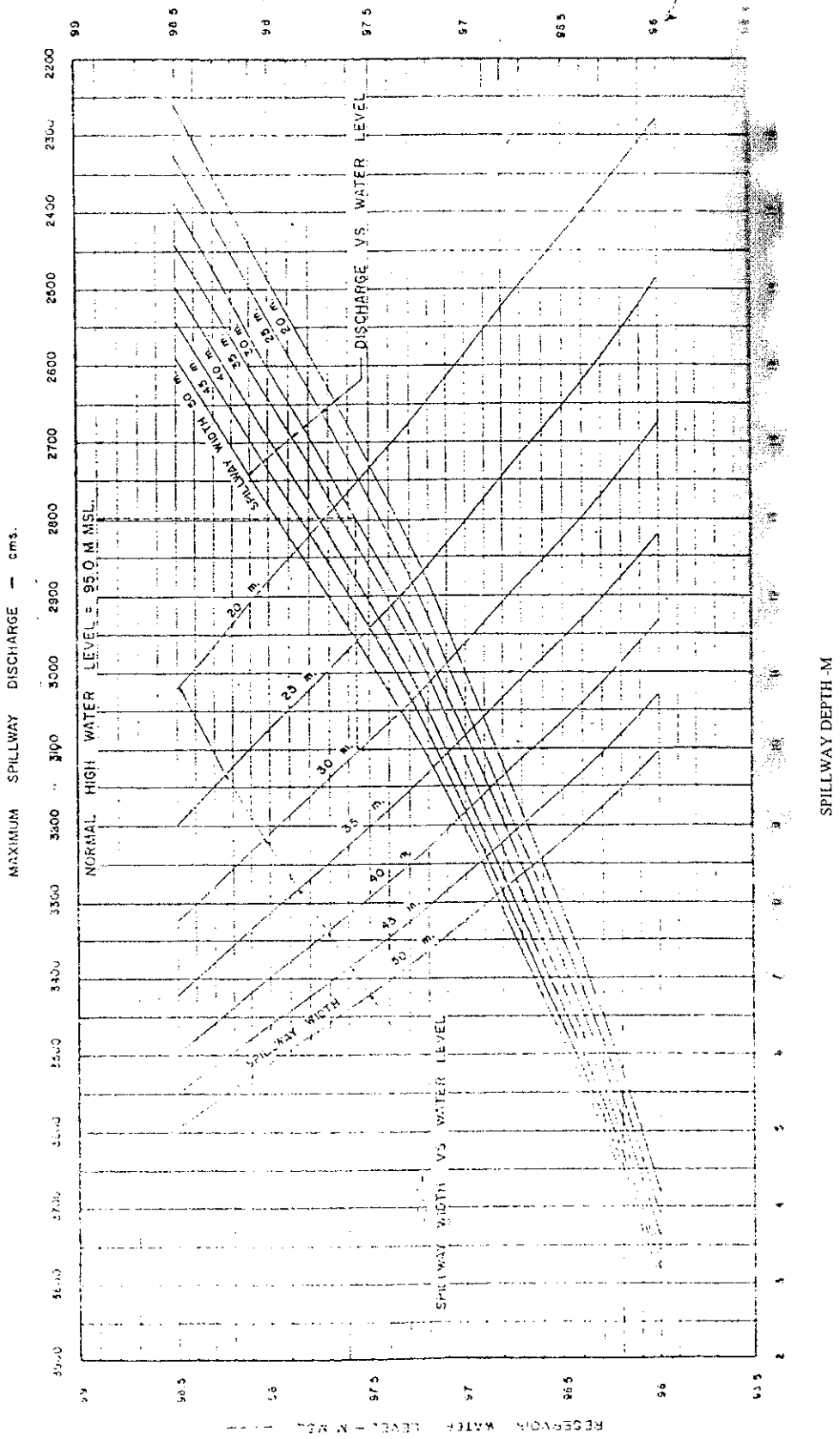


FIG. 22 AREA & VOLUME CURVE OF CHIEW LARN RESERVOIR

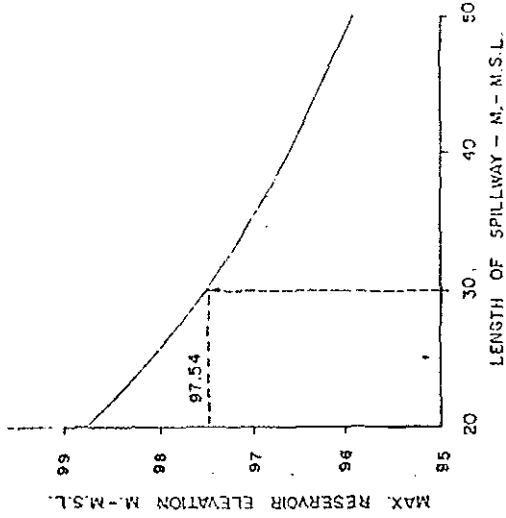
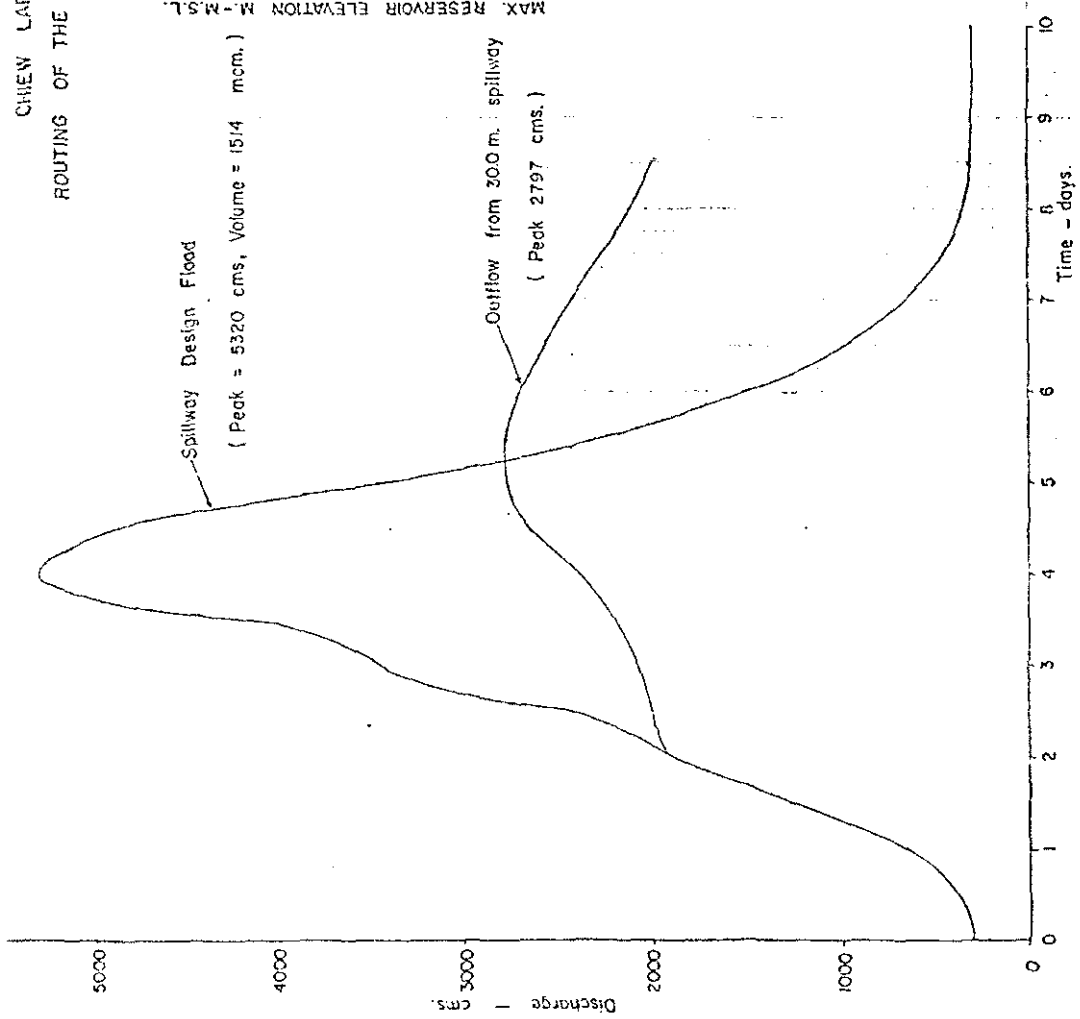
รูปที่ ก.6-12 กราฟความจุอ่างเก็บน้ำสร้างจากแผนที่ 1 : 10,000

CHIEW LARN PROJECT
 FIG 23 MAXIMUM DISCHARGE AND RESERVOIR LEVEL RELATED TO SIZE OF SPILLWAY



รูปที่ ก.6-13 กราฟที่ใช้ในการออกแบบขนาด spillway

CHIEW LARN PROJECT
 ROUTING OF THE SPILLWAY DESIGN FLOOD



NORMAL HIGH WATER LEVEL = 95.0 m.-m.s.l.
 SPILLWAY CREST ELEVATION = 85.0 m.-m.s.l.
 SPILLWAY WIDTH = 30.0 m.

รูปที่ ๓.๖-๑๔ Routing of the spillway design flood

APPENDIX 2

COMPUTATION OF PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION

Establishing the maximizing factor based on the following assumption

1. Maximum observed dew point temperature at Kata Bharu, Fig. 25 = 26.0 °C
Maximum observed dew point temperature at project area, Fig. 26 = 24.7 °C
2. 12-hr persisting dew point for the storm (1-7 Jan, 67), Fig. 26 = 22.5 °C
3. The height of the inflow barrier to the original site (m.s.l.) = 1000 mb
4. Average elevation of Khlong Saeng basin = 340 m.-m.s.l.

A. Moisture adjustment at its original site

$$= \frac{\text{Max. observed moisture}}{\text{Moisture in the storm}} = \left(\frac{W_{26}}{W_{22.5}} \right) 1000 \text{ mb}$$

B. Storm transposition

1. Moisture adjustment for difference in Maximum dew point

$$= \frac{\text{Wat tranposed site}}{\text{Wat original site}} = \left(\frac{W_{24.7}}{W_{26}} \right) 1000 \text{ mb}$$

2. Elevation adjustment

$$= \frac{\text{W above the inflow barrier at tranposed site for max dew point}}{\text{W above the inflow barrier at original site for the same dew point}}$$

$$= \left(\frac{W_{24.7}}{W_{26}} \right) \frac{340 \text{ m.}}{1000 \text{ mb}}$$

∴ Maximizing factor for the basin (ϕ_1)

$$= \left(\frac{W_{26}}{W_{22.5}} \right) 1000 \text{ mb} \times \left(\frac{W_{24.7}}{W_{26}} \right) 1000 \text{ mb} \times \left(\frac{W_{24.7}}{W_{26}} \right) \frac{340 \text{ m}}{1000 \text{ mb}}$$

$$= \left(\frac{W_{24.7}}{W_{22.5}} \right) \frac{340 \text{ m}}{1000 \text{ mb}} = \frac{(3.11 - 0.26)}{2.57}$$

$$= 1.109$$

ก.7 เชื้อนบางตา

เขื่อนบางลาง

(ที่มา : Sverdrup & Parcel and Associates, INC., "Pattani River Project :
Feasibility Report", December 1969.)

การวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่วม

การพัฒนาสร้างเอกชลภาพมีข้อมูลพายุฝนที่เหมาะสมจำนวนจำกัด เนื่องจากช่วงเวลาการบันทึกข้อมูลน้ำท่าสั้น มีข้อมูลฝนของสถานีหลักขาดหายไป จากพายุฝนที่เลือกมาวิเคราะห์ 7 ลูก มีเพียง 2 ลูกที่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ผลที่ได้เป็น 24 ชม. Unit storm ขนาด 10 mm. และเอกชลภาพคล้ายกับของพายุฝนวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2505 รายละเอียดในภาคผนวก V (อุทกวิทยา) จากเอกชลภาพที่ได้และ point rainfall-recurrence interval curves ชลภาพถูกสร้างจากพายุฝนที่รอบการเกิดซ้ำ 1000, 100, 50, 20, 10, 5 และ 2 ปี แสดงในภาคผนวก V (อุทกวิทยา) ใช้พายุฝนที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี เพื่อหาน้ำท่วมออกแบบเขื่อนเก็บน้ำ ได้ปริมาณน้ำท่าสูงสุด 5344 cms ปริมาตรรวม 9 วัน จำนวน 1240 MCM (ทั้งถูกรวมการไหลพื้นฐานแล้ว) พายุฝน 20 ปี ใช้หาขนาด storage dam diversion tunnels และ cofferdam มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด 1500 cms ปริมาตรรวม 7 วัน จำนวน 310 MCM น้ำท่วมออกแบบผ่าน spillway จากเอกชลภาพนี้มีค่าใกล้เคียงกับ envelope curves โดย RID Hydrology Report 186/65 June 1965, Fig.7, "Maximum Flows in Malaysia and Southern Part of Thailand."

ภาคผนวก V อุทกวิทยา

การออกแบบเขื่อนเก็บน้ำ พายุฝน และการวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่วมออกแบบ

วิธีที่ใช้หาขนาดของเขื่อนเก็บน้ำ ใช้วิธีเอกชลภาพ วิเคราะห์ความถี่การเกิดฝนเพื่อหาฝนออกแบบ

การออกแบบพายุฝน

ข้อมูลน้ำฝนจากทุกสถานีวัดทั้งที่อยู่ภายใน และโดยรอบลุ่มน้ำปัตตานีจากพายุฝนช่วงเวลา 1 และ 2 วัน นำมาวิเคราะห์ความถี่และพล็อตใน log-probability form (Hazen Whipple and Fuller) ใช้ Hazen or Foster Type III skew factors กราฟออกแบบของปริมาณน้ำฝนที่คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ แสดงโดย DWG V-5A (sheet 1 และ 2)

ถึงแม้พื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อนเก็บน้ำมีขนาดไม่มาก เมื่อเทียบกับขนาดของพายุฝน ผลการศึกษา ความลึก-พื้นที่ ได้อัตราส่วนแฟกเตอร์ส่วนลดของ point rainfall depth เปลี่ยนเป็น average depth เหนือพื้นที่ลุ่มน้ำ ผลการศึกษาพายุฝนที่เกิดเหนือลุ่มน้ำ ได้ค่าแฟกเตอร์สูงสุดเท่ากับ 0.85

ฝนส่วนเกิน (หรือ effective rainfall) ที่นำมาใช้กับเอกชลภาพเป็นฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (point rainfall x 0.85) ลบกับ losses อัตราการสูญหาย (loss rate) มีค่า 40 mm ต่อวัน วิเคราะห์จากพายุฝนที่เกิดในช่วงที่มีข้อมูลน้ำท่า อัตราการสูญหายรวมการระเหย การคายน้ำ การซึม และการดักที่ผิว อัตราการระเหย การคายน้ำ การซึมลึกลงใต้ดินเป็นการสูญเสียถาวร แต่ส่วนใหญ่ของการซึมระดับตื้น การดักที่ผิว น้ำจะกลับมาที่ลำน้ำเป็นการไหลพื้นฐาน แต่ไม่มีผลต่อขนาดการไหลออกมากนัก การแยกการไหลพื้นฐานทำโดยวิธีการกราฟฟิก Semi-log plot ของข้อมูลน้ำท่า

การวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่วม

เอกชลภาพ

พายุฝน 7 ลูก ที่ทำให้เกิดน้ำท่าสูงสุด ถูกเลือกสำหรับการวิเคราะห์ นำมาสร้างเอกชลภาพ จากข้อจำกัดที่มีแต่ข้อมูลน้ำฝนรายวันจึงได้เอกชลภาพ 2 ชุด วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2505 และวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2510 ซึ่งมีรูปร่างขนาดใกล้เคียงกัน (การไหลสูงสุด 130 และ 125 cms) เลือกใช้เอกชลภาพของเดือนธันวาคม พ.ศ. 2505 ดังแสดงในรูป DWG. V-6A

การสร้างชลภาพน้ำท่วม

ข้อมูลน้ำท่วมที่บันทึกได้ระหว่างวันที่ 3-4 มกราคม พ.ศ. 2510 ได้ทำลายนีวัตน์น้ำท่าที่ Ban To และ Bannang Sata จึงบันทึกได้แต่รอยระดับน้ำสูงสุด จำเป็นต้องสร้างชลภาพน้ำท่วมจากข้อมูลน้ำฝนและเอกชลภาพ โดยตรวจสอบการไหลสูงสุดจากลักษณะลำน้ำ และรอยระดับน้ำสูงสุด เอกชลภาพที่นำมาใช้สร้างชลภาพได้การไหลสูงสุด 2,500 cms รวมการไหลพื้นฐาน 100 cms แสดงในรูป DWG. V-7A การสำรวจลำน้ำหลังจากเกิดน้ำท่วมสูงสุดที่ระดับ Ele. 54.27 m คำนวณได้ค่า Manning n = 0.045 ซึ่งไม่ผิดปกติ

น้ำท่วมออกแบบไหลเข้า Spillway

ฝนที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี นำมาใช้ออกแบบน้ำท่วมไหลเข้า Spillway โดยยังมีความปลอดภัยเมื่อน้ำไหลข้าม earth-rockfill dam มีระยะ freeboard 2.3 m ที่ค่าการไหลสูงสุดมีระดับ Ele. 112.7 m ขณะที่เกิดการหลากเข้าอ่างเก็บน้ำ ชลภาพผลลัพธ์สำหรับน้ำท่วมออกแบบไหลเข้า Spillway แสดงดัง DWG V-8A กราฟน้ำฝนสมมติว่าวันที่สูงสุดเกิดหลังจากวันที่สองซึ่งเป็นกรณี

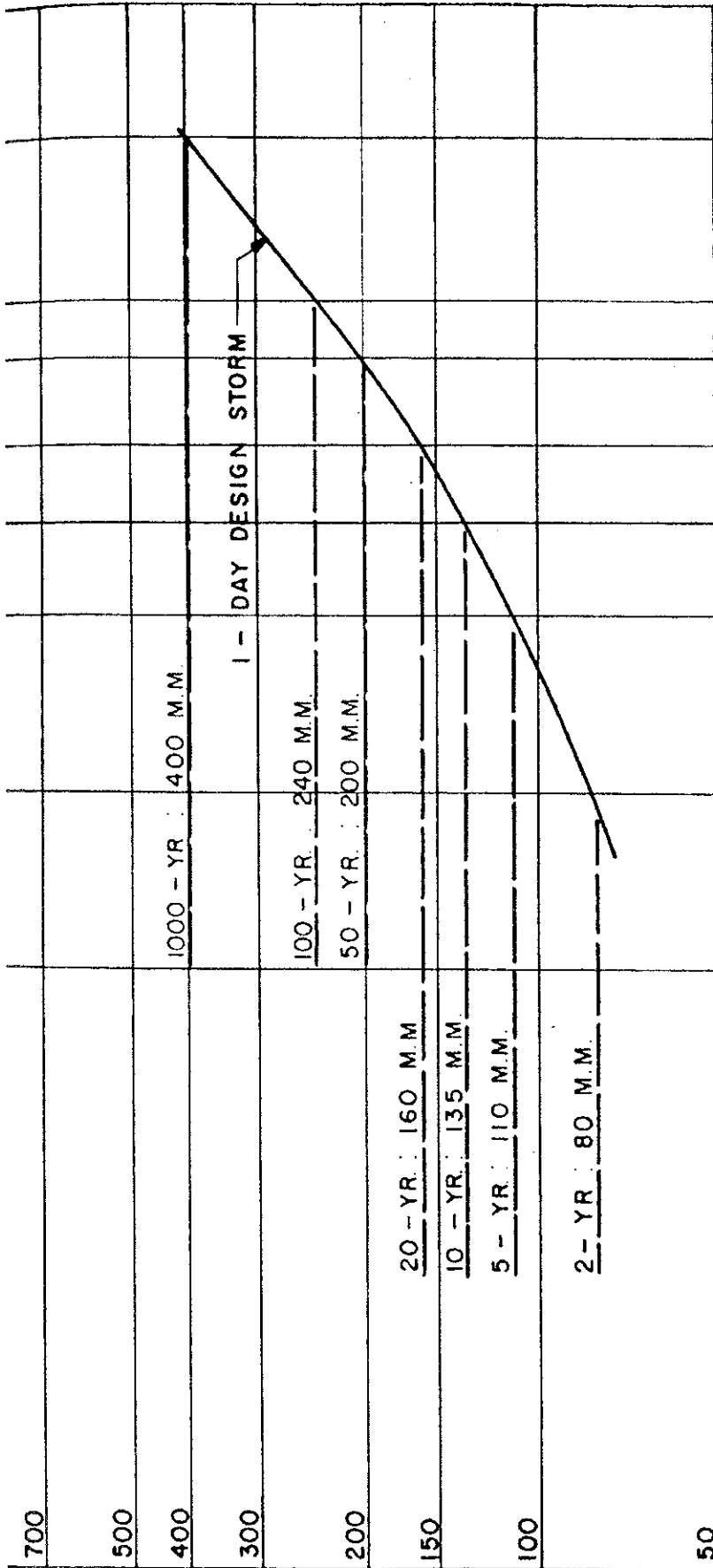
วิกฤต น้ำฝน 60 mm บวกเพิ่มกับวันแรกจนถึงหลังจากวันที่ 2 จากข้อมูลน้ำฝนที่บันทึกได้ การไหล พื้นฐาน 100 cms จากข้อมูลน้ำท่า รวมเข้ากับชลภาพ ทำให้ชลภาพน้ำไหลเข้ามีค่าสูงสุด 5344 cms ปริมาตร 9 วัน มีขนาด 1240 MCM ได้รวมการไหลพื้นฐานแล้ว

สรุป

จาก DWG No. V-5A ปริมาณน้ำฝนช่วงเวลา 2 วัน ที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี มีค่า 700 mm. โดยการต่อกราฟ นำมาสร้าง hyetograph ดู DWG. V-8A

วันที่	ความลึก (mm.)	loss (mm.)	ฝนส่วนเกิน (mm.)
1	60	40	20
2	255	40	215
3	340	40	300
4	60	40	20
รวม	715	120	555

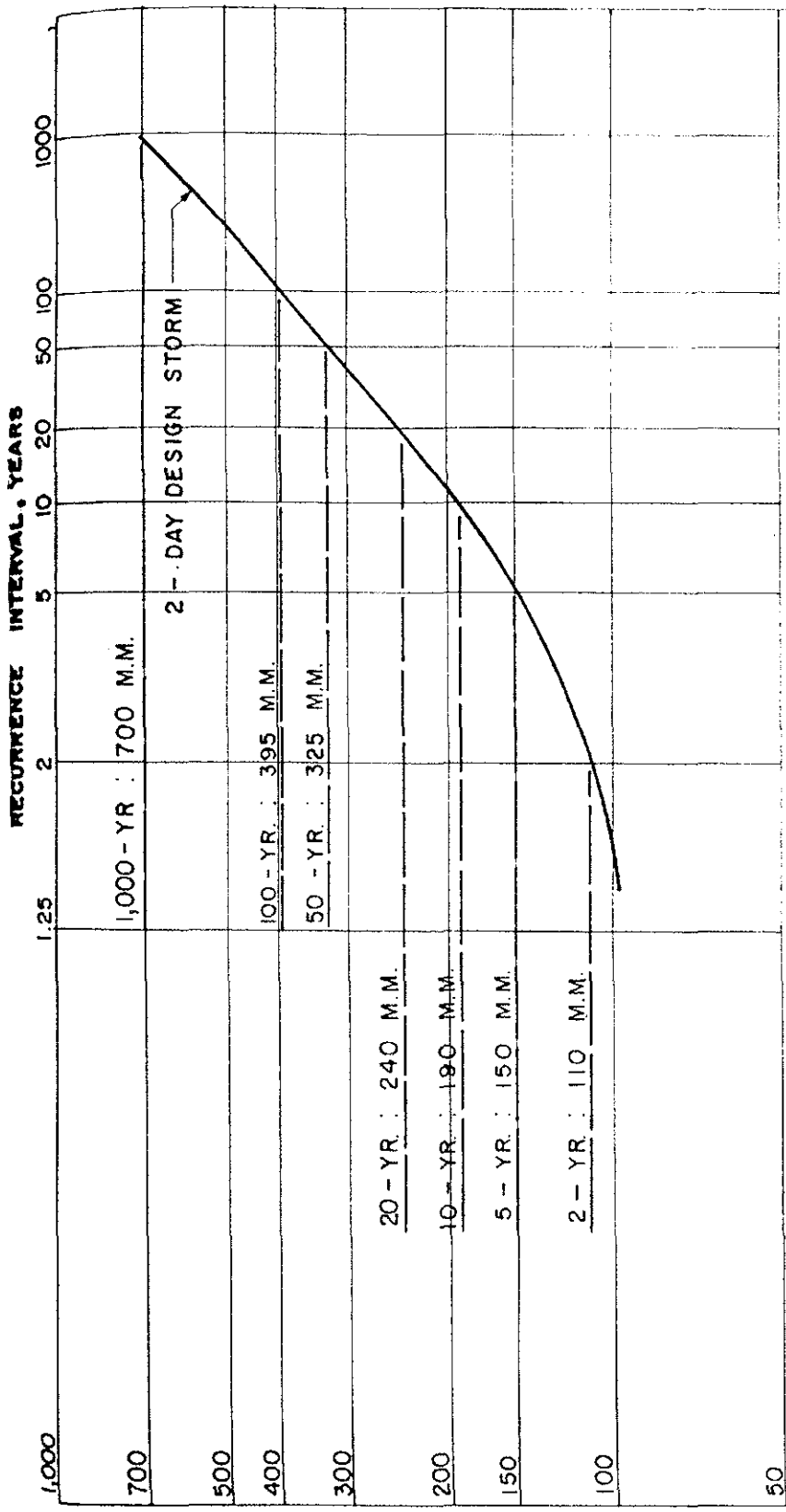
1 - DAY POINT RAINFALL, M.M.



KINGDOM OF THAILAND
 MINISTRY OF NATIONAL DEVELOPMENT
 ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT

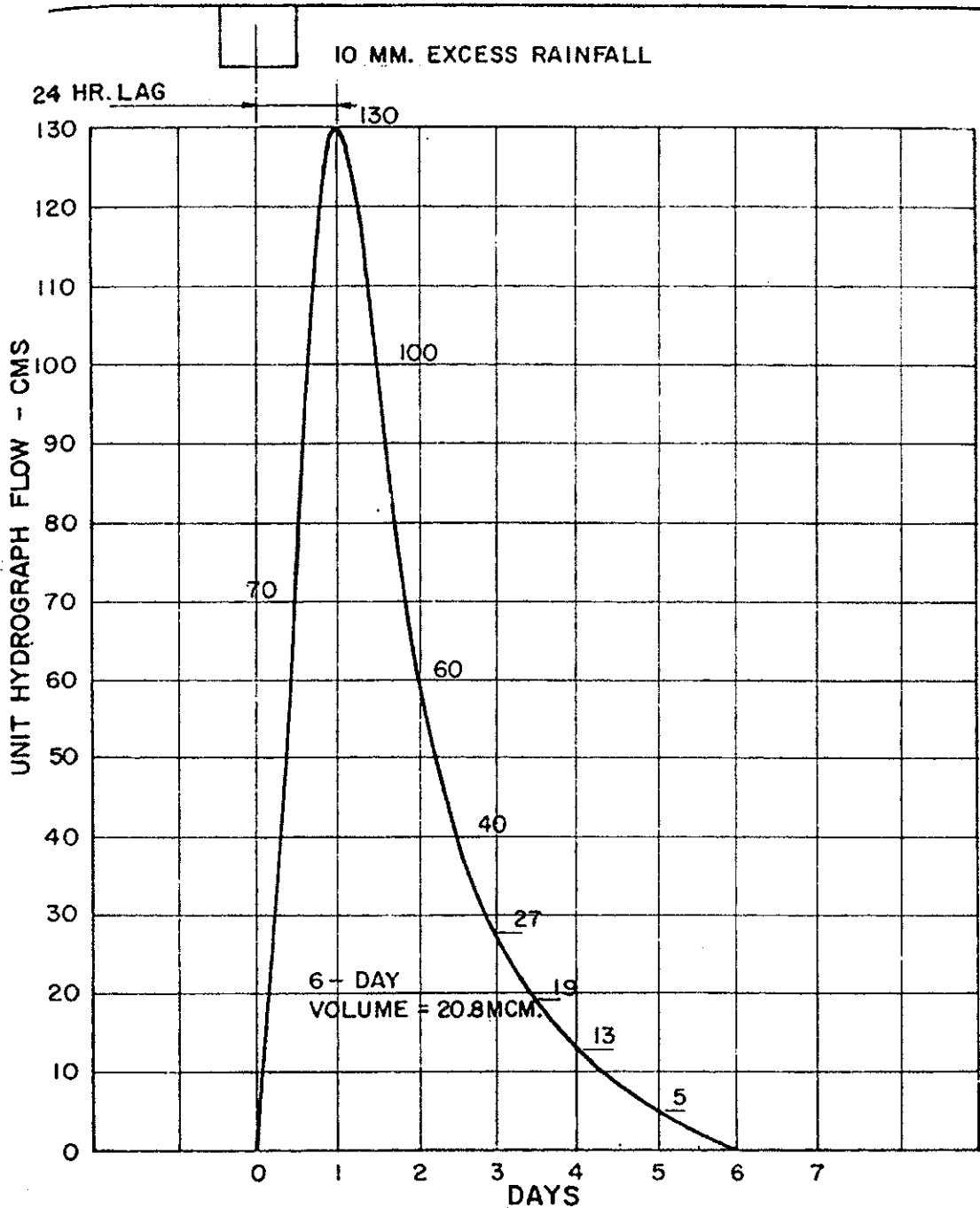
PATTANI RIVER PROJECT - FEASIBILITY REPORT
 HYDROLOGY
 POINT RAINFALL - RECURRENCE
 INTERVAL CURVES - SHEET 1

DRAWN SOMBOON	RECOMMENDED J. C. DODD
CONSULTING ENGINEERS - ARCHITECTS	CHECKED APPROVED



2 - DAY POINT RAINFALL, M.M.

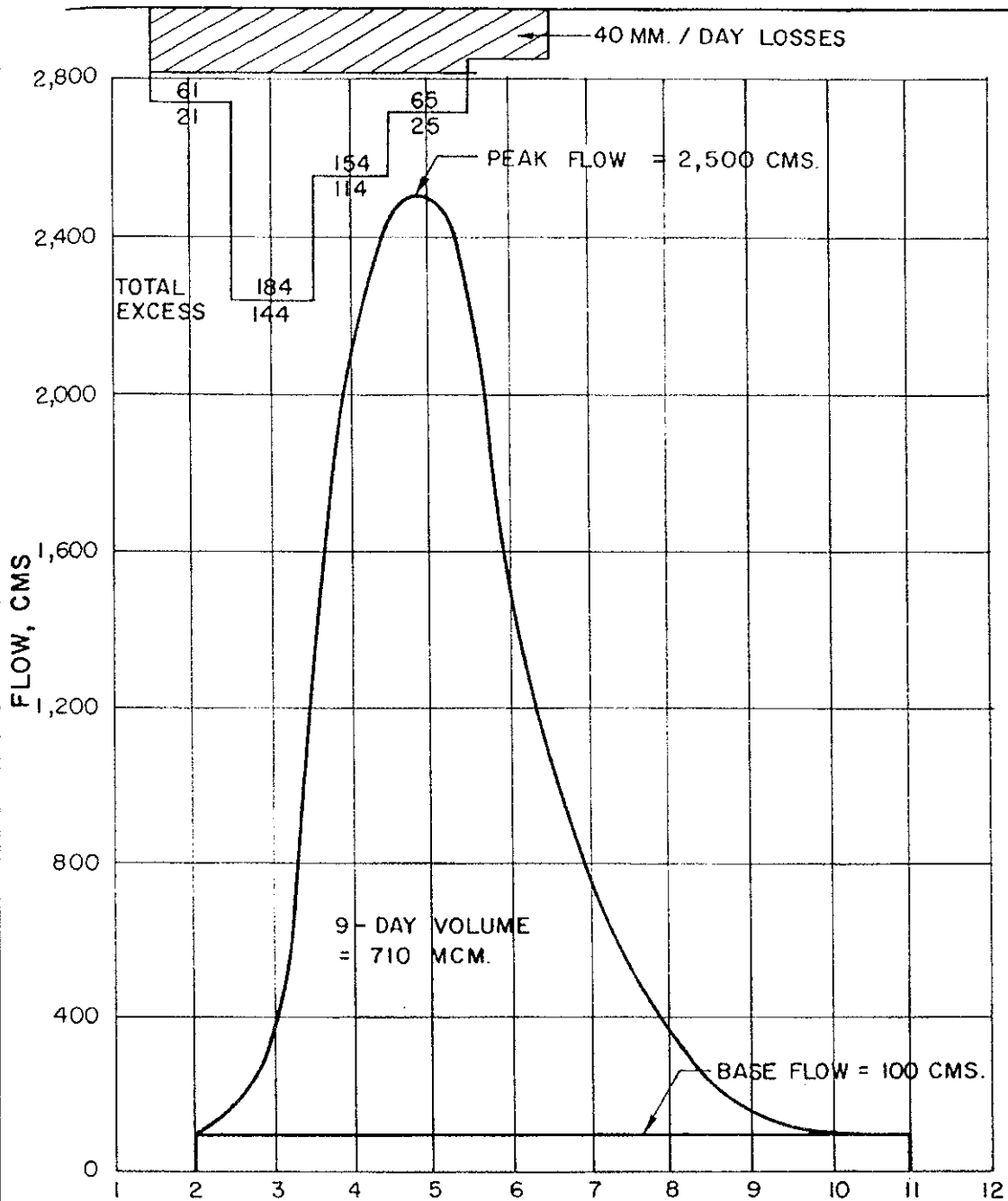
KINGDOM OF THAILAND	
MINISTRY OF NATIONAL DEVELOPMENT	
ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT	
PATTANI RIVER PROJECT - FEASIBILITY REPORT	
HYDROLOGY	
POINT RAINFALL - RECURRENCE	
INTERVAL CURVES - SHEET 2	
DRAWN	RECOMMENDED
SOMBOON	J.C. DODD
CHECKED	APPROVED
J.C. DODD	<i>J.C. Dodd</i>
DATE	DWG. NO.
DECEMBER 1969	X-5A



NOTES :

- 1 UNIT HYDROGRAPH IS FOR 24 HOUR UNIT STORM = 10MM.
- 2 STORM SELECTED FOR UNIT HYDROGRAPH SIMILAR TO DECEMBER 18, 1962 STORM.

KINGDOM OF THAILAND MINISTRY OF NATIONAL DEVELOPMENT ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT		
PATTANI RIVER PROJECT - FEASIBILITY REPORT HYDROLOGY UNIT HYDROGRAPH AT STORAGE DAM		
SVERDRUP & PARCEL AND ASSOC. INC. CONSULTING ENGINEERS - ARCHITECTS SAN FRANCISCO - BANGKOK - ST. LOUIS	DRAWN SOMBOON CHECKED J.C. DODD	RECOMMEND J.C. DO APPROVED <i>C. S. Cullen</i>
BANGKOK, THAILAND.	DATE DECEMBER 1969	DWG. NO. V



DATE, JANUARY 1967

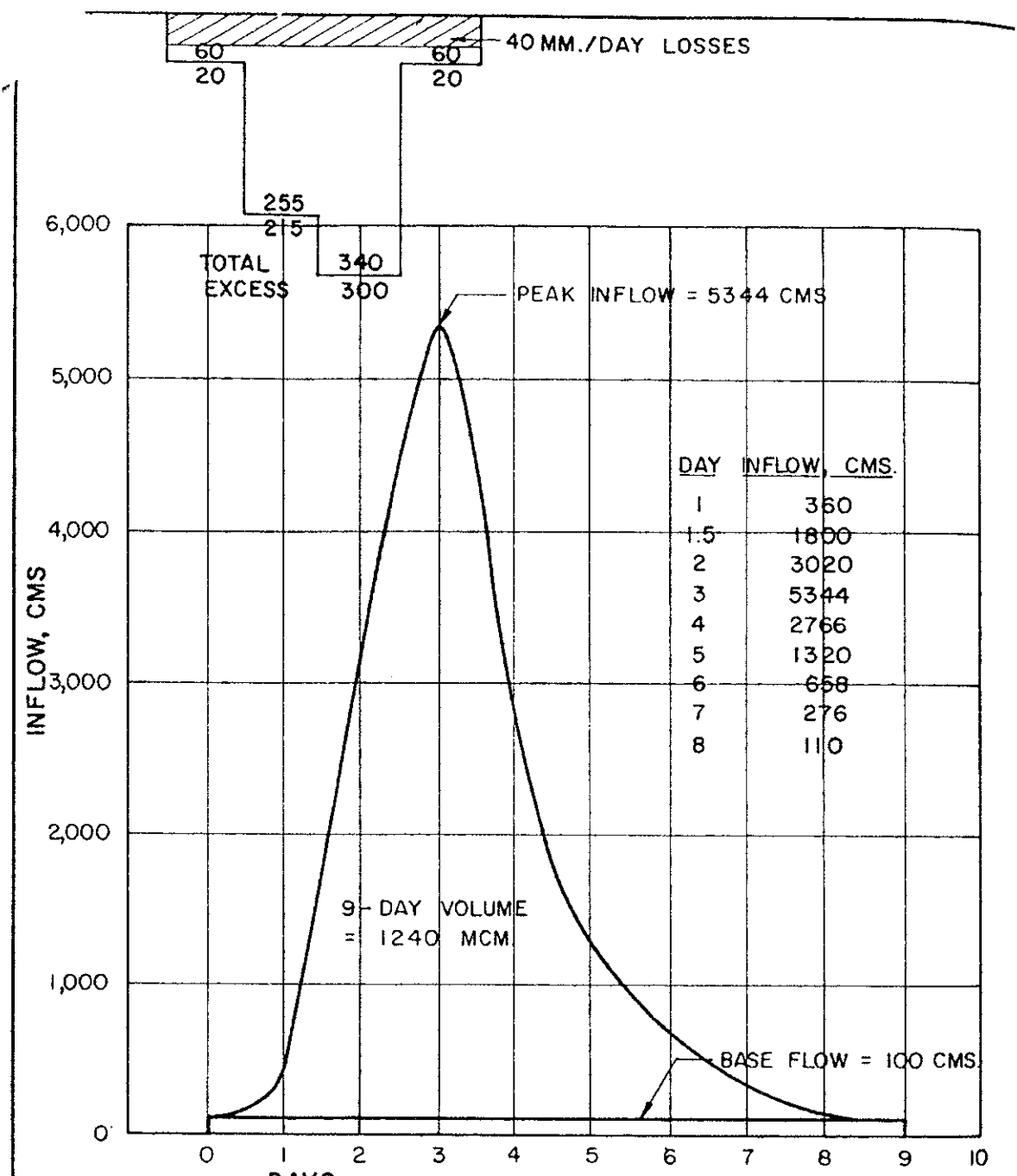
NOTES:

1. HYDROGRAPH DERIVED FROM OBSERVED RAINFALL AND UNIT HYDROGRAPH. NO STREAM GAGING OBSERVATIONS WERE POSSIBLE DURING FLOOD PEAK DUE TO GAGE WASHOUT.
2. ESTIMATED PEAK FLOW CHECKED BY HIGH WATER MARKS AND ASSUMED "n" VALUE.

KINGDOM OF THAILAND
 MINISTRY OF NATIONAL DEVELOPMENT
 ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT

PATTANI RIVER PROJECT - FEASIBILITY REPORT
 HYDROLOGY
 HYDROGRAPH OF FLOOD OF
 RECORD - JANUARY 1967

SVERDRUP & PARCEL AND ASSOC. INC. CONSULTING ENGINEERS - ARCHITECTS SAN FRANCISCO - BANGKOK - ST. LOUIS	DRAWN SOMBOON	RECOMMENDED J.C. DODD
	CHECKED J.C. DODD	APPROVED <i>C.S. Cutting</i>
BANGKOK, THAILAND.	DATE DECEMBER 1969	DWG. NO. V - 7A



NOTES :
 1. RAINFALL FROM POINT RAINFALL CURVES = 400 MM. (1-DAY) AND 700 MM. (2-DAY), DRAINAGE AREA FACTOR ASSUMED = 0.85 FROM DEPTH - AREA STUDIES.
 2. HYDROGRAPH DERIVED FROM EXCESS RAINFALL AND UNIT HYDROGRAPH.

KINGDOM OF THAILAND
 MINISTRY OF NATIONAL DEVELOPMENT
 ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT

PATTANI RIVER PROJECT - FEASIBILITY RE
 HYDROLOGY
 HYDROGRAPH OF 1000-YEAR FLO

SVERDRUP & PARCEL AND ASSOC. INC. CONSULTING ENGINEERS - ARCHITECTS SAN FRANCISCO - BANGKOK - ST. LOUIS	DRAWN	SOMBOON	RECOMM
	CHECKED	J.C. DODD	APPROV
BANGKOK, THAILAND.	DATE	DECEMBER 1969	DWG. NO

เขื่อนบางลาง

(ที่มา : Hydrologic Studies on the Design Flood of Pattani Project,
Hydrology Section EGAT, Report No. HD-005, November 1973.)

การศึกษาน้ำท่วมสำหรับโครงการปัตตานี

1. วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ

น้ำท่วมสูงสุดรายปี

ปริมาณน้ำท่าสูงสุดจากการวัด ณ ที่ตั้งเขื่อนปัตตานีในช่วงเวลา พ.ศ. 2505 - 2515 นำมาใช้ในการวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูล ความถี่การเกิดน้ำท่วมใช้ 3 distributions คือ Gumbel, Foster Type III และ Log-normal ผลแสดงในรูปที่ ก.7.2-1 และสรุปในตารางที่ ก.7.2-1

ผลที่ได้จาก 3 วิธี มีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ Log-normal distribution ให้ค่าน้ำท่วมสูงสุดมากกว่า 2 วิธี ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดรอบการเกิดซ้ำ 10,000 ปี มีค่า 6,000 – 7,000 cms

2. Probable Maximum Flood

2.1 เกณฑ์การออกแบบพื้นฐานสำหรับ PMP

ใช้พายุฤดูร้อนเกิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของมาเลเซีย ศูนย์กลางอยู่ที่ใกล้ Kota Bharu ทางชายฝั่งตะวันออกของแหลมมาลายู ที่ Lat. 6 °N บันทึกระหว่างวันที่ 2 – 6 มกราคม 2510 เส้นชั้นน้ำฝน 6 วัน เตรียมโดย Malaysia Drainage and Irrigation Division แสดงในรูปที่ ก. 7.2-2 พายุฝนนี้ถูกเคลื่อนย้ายมายังลุ่มน้ำปัตตานีที่อยู่ไกลจากชายฝั่งตะวันออกและจุดศูนย์กลางพายุประมาณ 100 กิโลเมตร พายุฝนที่ย้ายมานี้ใช้เป็น PMP เส้นชั้นน้ำฝนในลุ่มน้ำปัตตานีแสดงในรูปที่ ก.7.2-3

พายุฝนได้ถูกปรับสำหรับการคำนวณดังนี้

- 1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ (จากแผนที่เส้นชั้นน้ำฝนของมาเลเซีย) = 1,090 mm
- 2) Maximum factor (Moisture & Altitude) = 1.076 (ดูAppendix D)
- 3) การปรับแก้สำหรับระยะทางจากชายฝั่ง = 0.90
- 4) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำสูงสุด = $0.90 \times 1.076 \times 1,090 = 1,056$ mm

2.2 Daily Distribution Pattern สำหรับ PMP

ฝนรายวันที่ยะลา เปตง บันนังสตาร์ ยะหา และรามัน นำมาคำนวณ depth-duration-frequency curve ดูAppendix A

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่คำนวณจาก 5 สถานี มีกราฟตัวแทนแสดงในรูปที่ ก.7.2-4 การคำนวณแสดงในAppendix B จากกราฟในรูปที่ ก.7.2-4 เปอร์เซ็นต์ของฝน 5 วัน สำหรับฝนช่วงเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน สำหรับคาบการเกิดซ้ำต่างๆ แสดงการคำนวณในAppendix C ผลการคำนวณแสดงว่าเปอร์เซ็นต์นี้ไม่ขึ้นกับคาบการเกิดซ้ำ ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของฝน 5 วัน แสดงในตารางนี้

ช่วงเวลา (วัน)	เปอร์เซ็นต์ฝน 5 วัน
1	49
2	66
3	82
4	92
5	100

รูปแบบของฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ ที่ตั้งเขื่อนปัตตานีควรมีฝนมากที่สุดในวันที่ 4 ของพายุฝน ตามลำดับดังนี้

วันที่	1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำฝน (ม.ม.)	84.4	105.6	180.0	517.0	169.0

2.3 Effective rainfall

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า พบว่า ค่าเฉลี่ย runoff coefficient ของน้ำท่วมใหญ่มีค่า 20 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ตารางที่ ก.7.2-2 แสดงค่า runoff coefficient ในลุ่มน้ำปัตตานี

แผนกอุทกวิทยาเห็นชอบกับ SPI ว่า ควรเลือกใช้ runoff coefficient 70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการคำนวณ PMF เทียบเท่ากับการใช้ Continuing loss 5 mm/วัน มีปริมาณฝนที่เหลือ 71.5%

2.4 การสร้างเอกชลภาพ

เอกชลภาพสร้างจากข้อมูลน้ำท่าที่สถานีบางกลาง (ที่ตั้งเขื่อน) ชลภาพน้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำ นำมาจากน้ำท่วมของปี 2509, 2510 และ 2512 เอกชลภาพไร้มิติแสดงในรูปที่ ก.7.2-5

สร้างจากชลภาพ 3 ชุด เอกชลภาพที่ได้โดยแผนกอุทกวิทยามีความแตกต่างกันไม่มากจากเอกชลภาพที่ SPI ทำไว้แสดงในรูปที่ ก.7.2-6

2.5 การคำนวณ PMF

จากลำดับของฝน PMP รายวัน 84.4, 105.6, 180.8, 517.0 และ 169.0 effective rainfall ของ PMP ใช้ค่า runoff coefficient 70% การคำนวณแสดงในตารางที่ ก.7.2-4 effective rainfall ในตารางที่ ก.7.2-4 ใช้คำนวณ PMF ดังแสดงใน ตารางที่ ก.7.2-5 PMF ที่ได้แสดงในรูปที่ ก.7.2-7 PMF มีค่าสูงสุด 6,026 cms ปริมาตร 1,625 MCM

ตารางที่ ก.7.2-1 Results of Frequency Analysis of Flood Peaks

Return Period	Flood Peaks, cms.		
	Gumbel	Foster Type III	Log-normal
20	2260	1950	1870
50	2820	2550	2430
100	3280	3000	2900
200	3720	3500	3410
500	4300	4100	4150
1000	4750	4600	4750
5000	5830	5830	6400
10000	6300	6300	7100

ตารางที่ ก.7.2-2 Effective and Loss Rainfall

STORM	TOTAL RAINFALL MM.	EFFECTIVE RUNOFF, MM.	LOSS MM.	RUNOFF CO-EFF
18 Dec. 62	76	27	49	0.36
28-30 Oct. 65	102	34	68	0.33
23 Jan. 66	85	10	75	0.12
2-4 Jan. 67	490	304	186	0.62
24-26 Nov. 67	122	47	80	0.37
28-30 Nov. 69	114	54	60	0.47
13-16 Dec. 72	285	114	171	0.40

ตารางที่ ก.7.2-3 Computation of Effective Rainfall Based on 70 Percent Runoff Coefficient

(1) Time, day	(2) Total, mm.	(3) (2) - 5.0	(4) $0.715 \times \text{(3)}$	Remarks
1	84.4	79.4	56.7	Runoff coefficient of this P.P = $\frac{737}{1056} \times 100$ = 70 %
2	105.6	100.6	72.0	
3	180.0	175.0	125.0	
4	517.0	512.0	366.0	
5	169	164.0	117.3	
Total			737.0	

ตารางที่ ก.7.2-4 Computation of the Probable Maximum Flood

Time (day)	Adopted UH (cms)	5.67xUH	7.20xUH	12.5xUH	36.6xUH	11.73xUH	Direct Runoff (cms)	Total (cms)
0	0.0	0.00					0.00	100.00
1	8.9	49.84	0.00				49.84	149.84
2	133.0	754.11	64.08	0.00			818.19	918.19
3	57.5	326.02	957.60	111.25	0.00		1394.87	1494.87
4	22.8	129.28	414.00	1662.5	325.74	0.00	2531.52	2631.52
5	12.5	70.87	164.16	718.75	4867.80	104.40	5925.98	6025.98
6	5.6	31.75	90.00	285.00	2104.50	1560.09	4071.34	4171.34
7	0.0	0.00	40.32	156.25	834.48	674.47	1705.52	1805.52
8			0.00	70.00	457.50	267.44	794.94	894.94
9				0.00	204.96	146.62	351.58	451.58
10					0.00	65.69	65.69	165.69
11						0.00	0.00	100.00
Total =							17709.47	

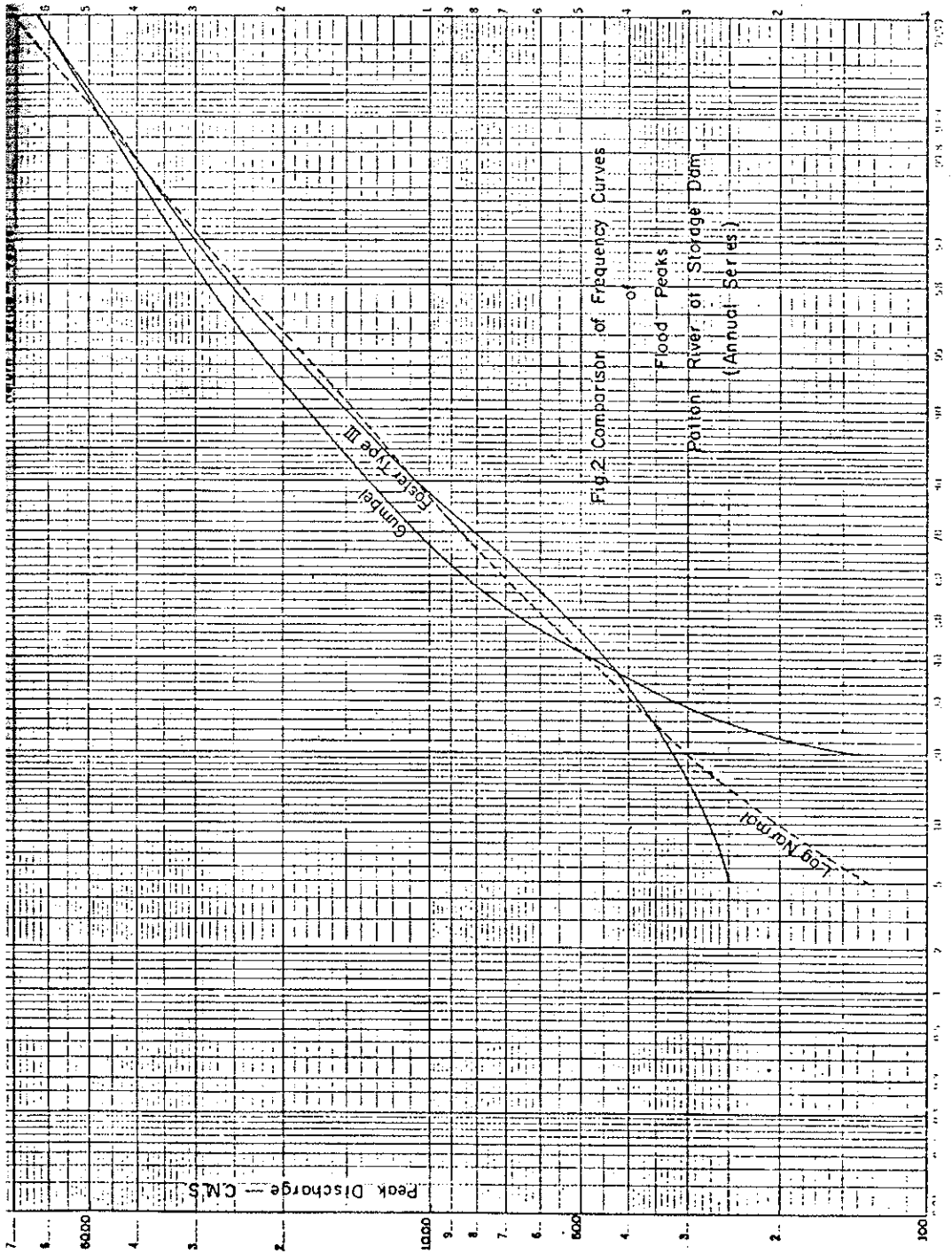
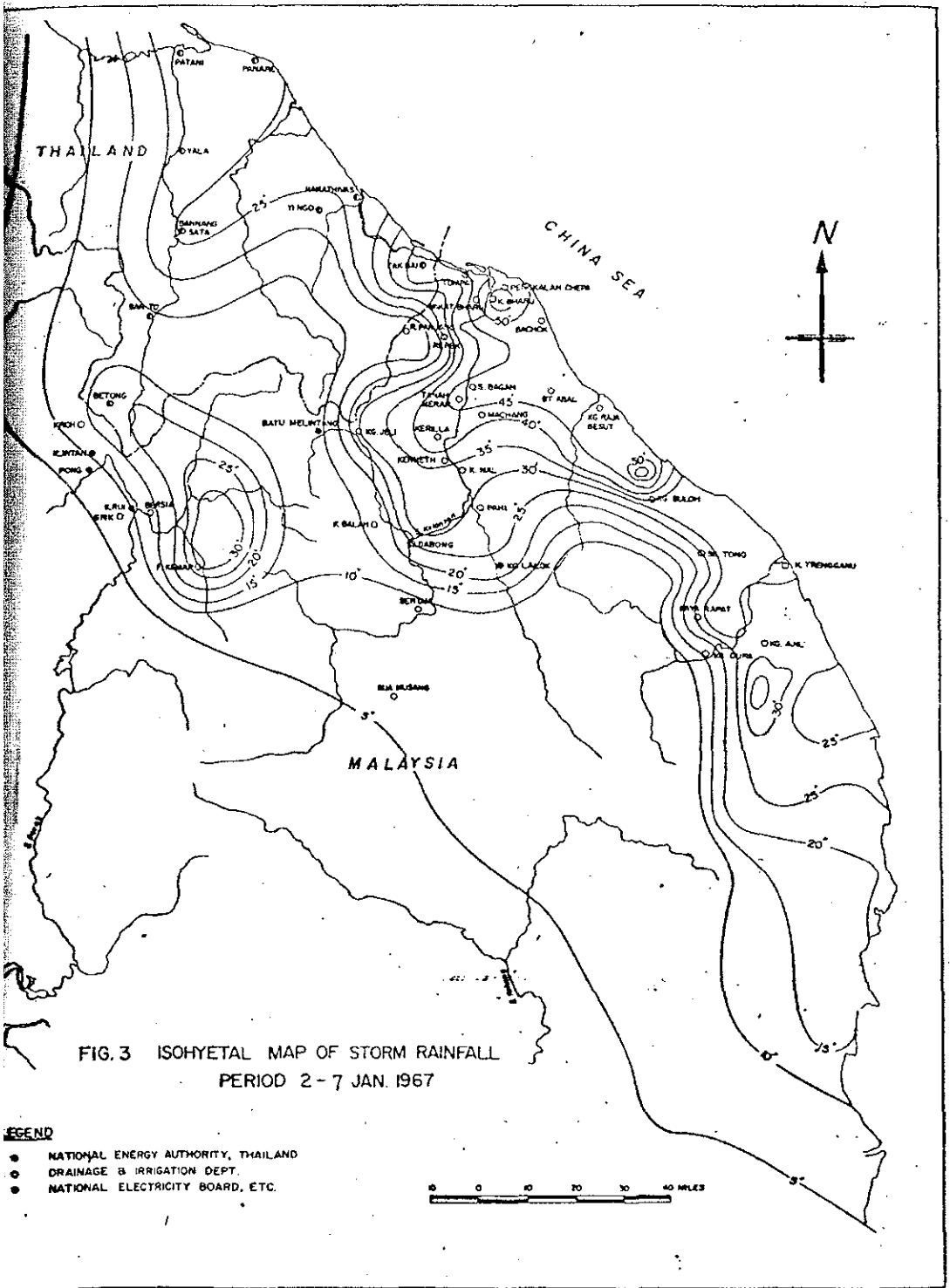


Fig. 2 Comparison of Frequency Curves
Flood Peaks
Potlatch River of Storage Dam
(Annual Series)

รูปที่ ก.7.2-1 Comparison of Frequency Curve



รูปที่ ๓.๗.๒-๒ Isohyetal Map of Storm Rainfall Period 2 – 7 Jan. 1967

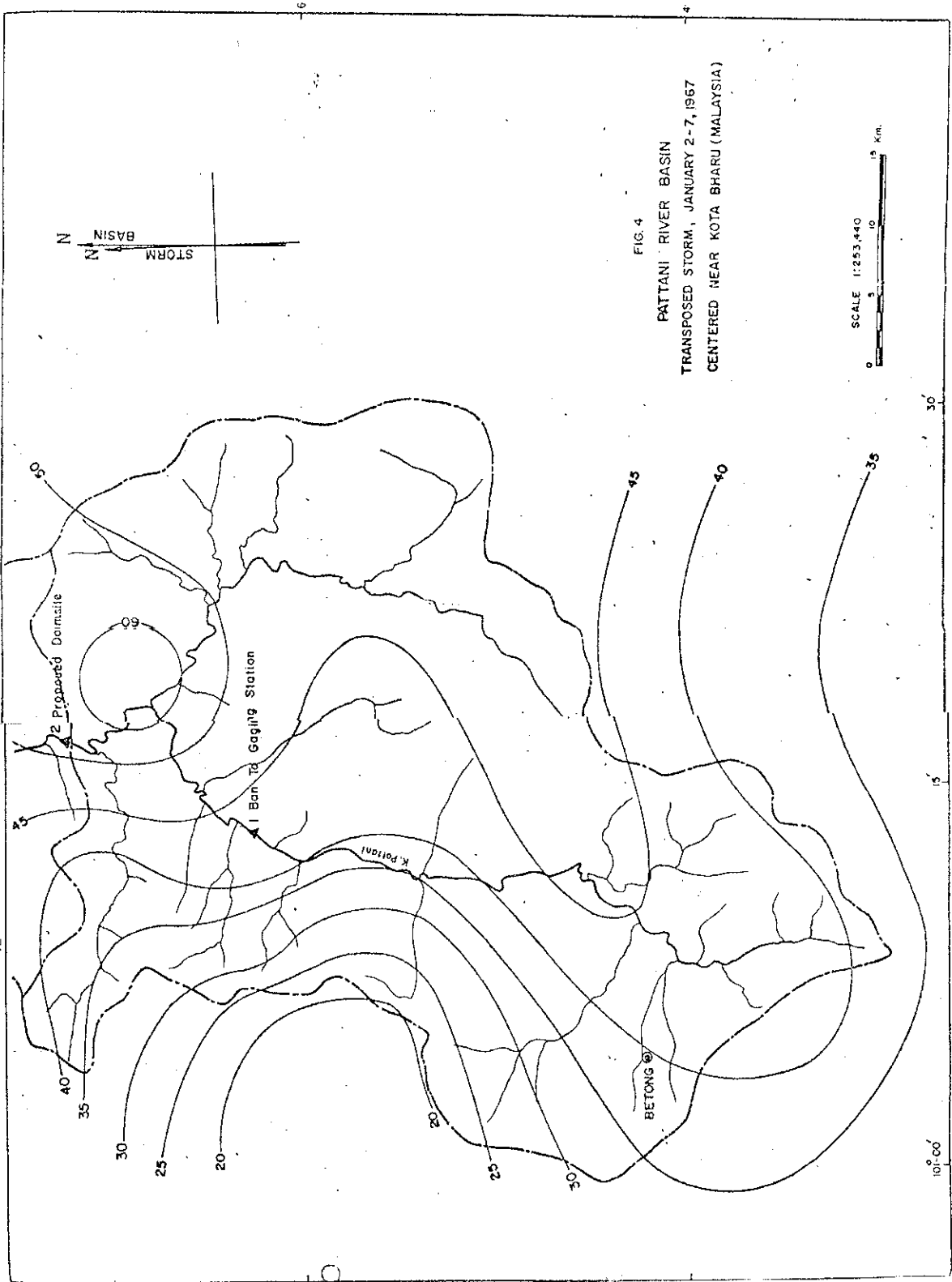
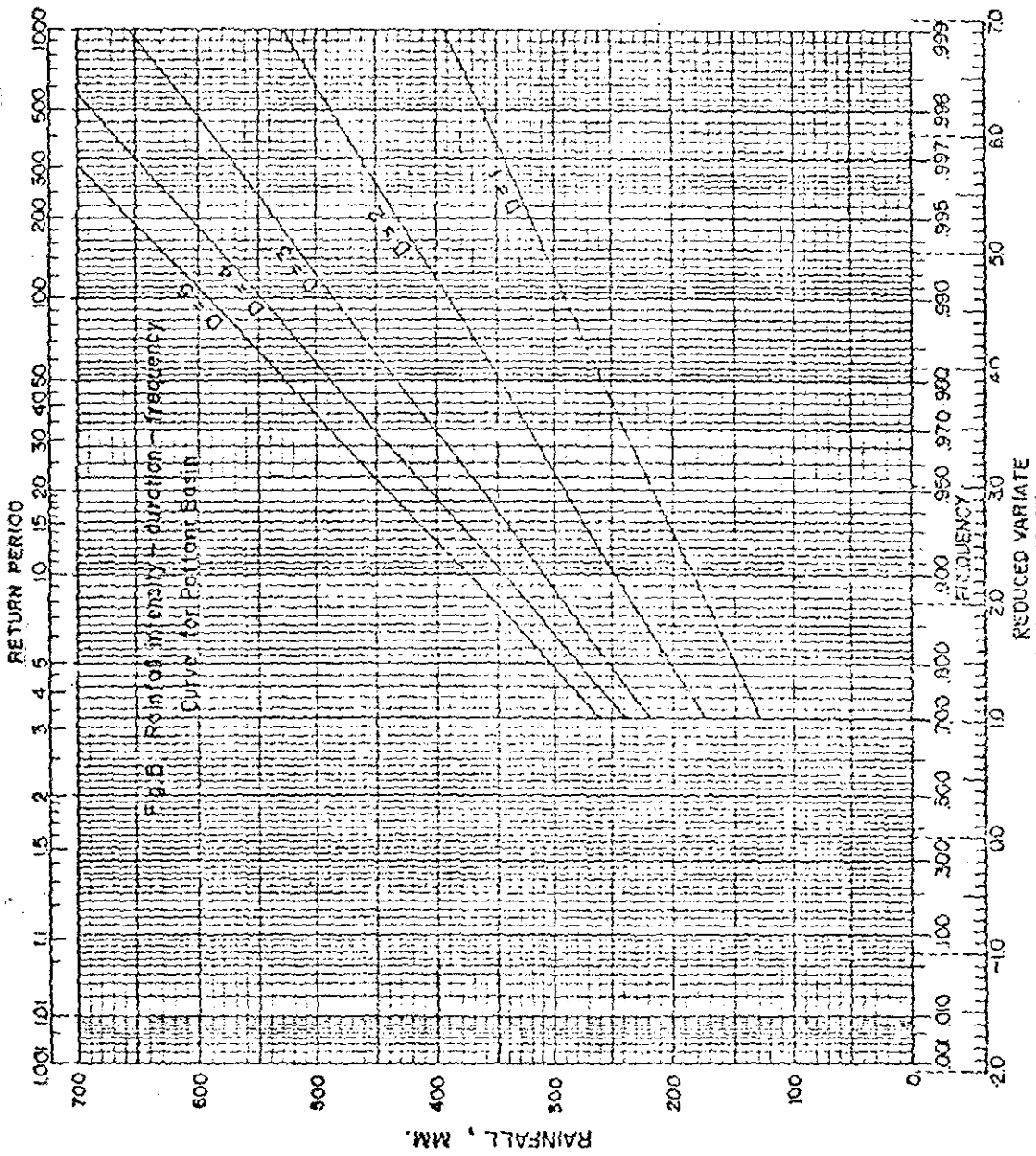


FIG. 4

PATTANI RIVER BASIN
 TRANSPPOSED STORM, JANUARY 2-7, 1967
 CENTERED NEAR KOTA BHARU (MALAYSIA)

รูปที่ ๓.๗.๒-๓ Isohyetal Map of Transposed Storm Rainfall Period 2 – 7 Jan. 1967

from Centered near Kota Bharu to Pattani River Basin



ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
 Gumbel's Extreme Value Frequency Analysis
PATTANI BASIN
 N = _____
 DRAINAGE AREA _____ SQ. KM. PERIOD OF RECORD 1922-1971

รูปที่ ๓.๗.๒-๔ Rainfall intensity - duration - frequency Curve for Pattani Basin

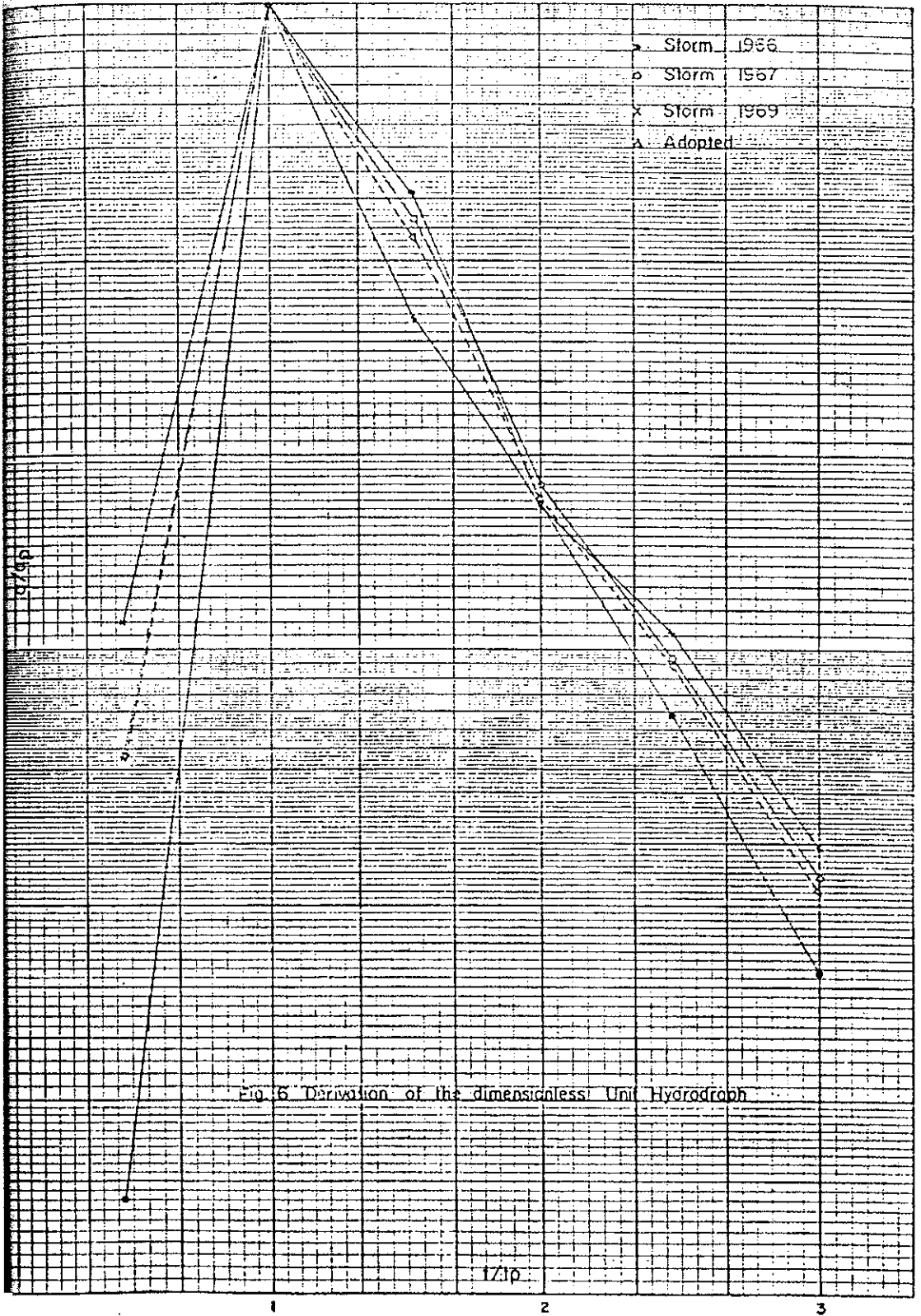
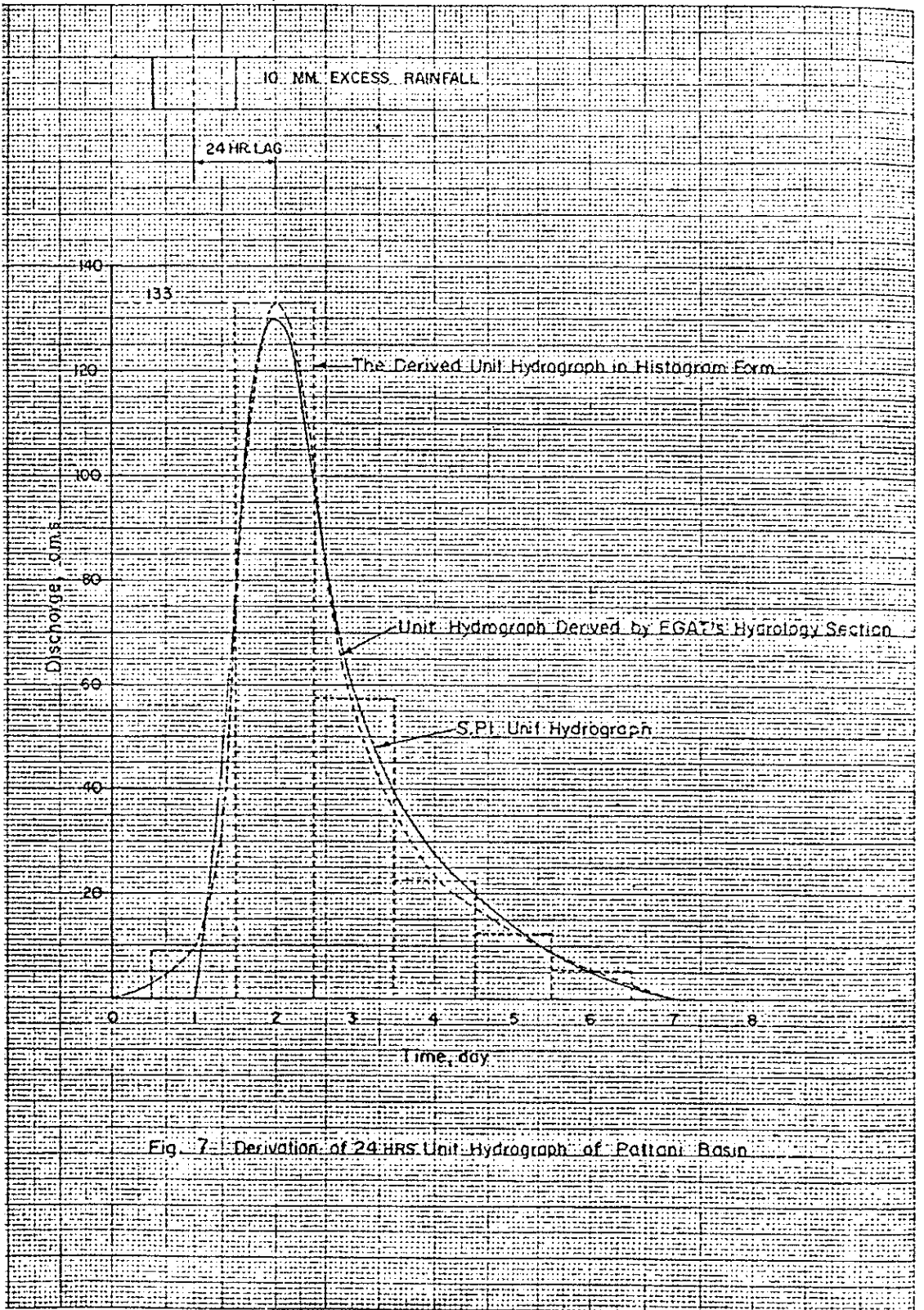
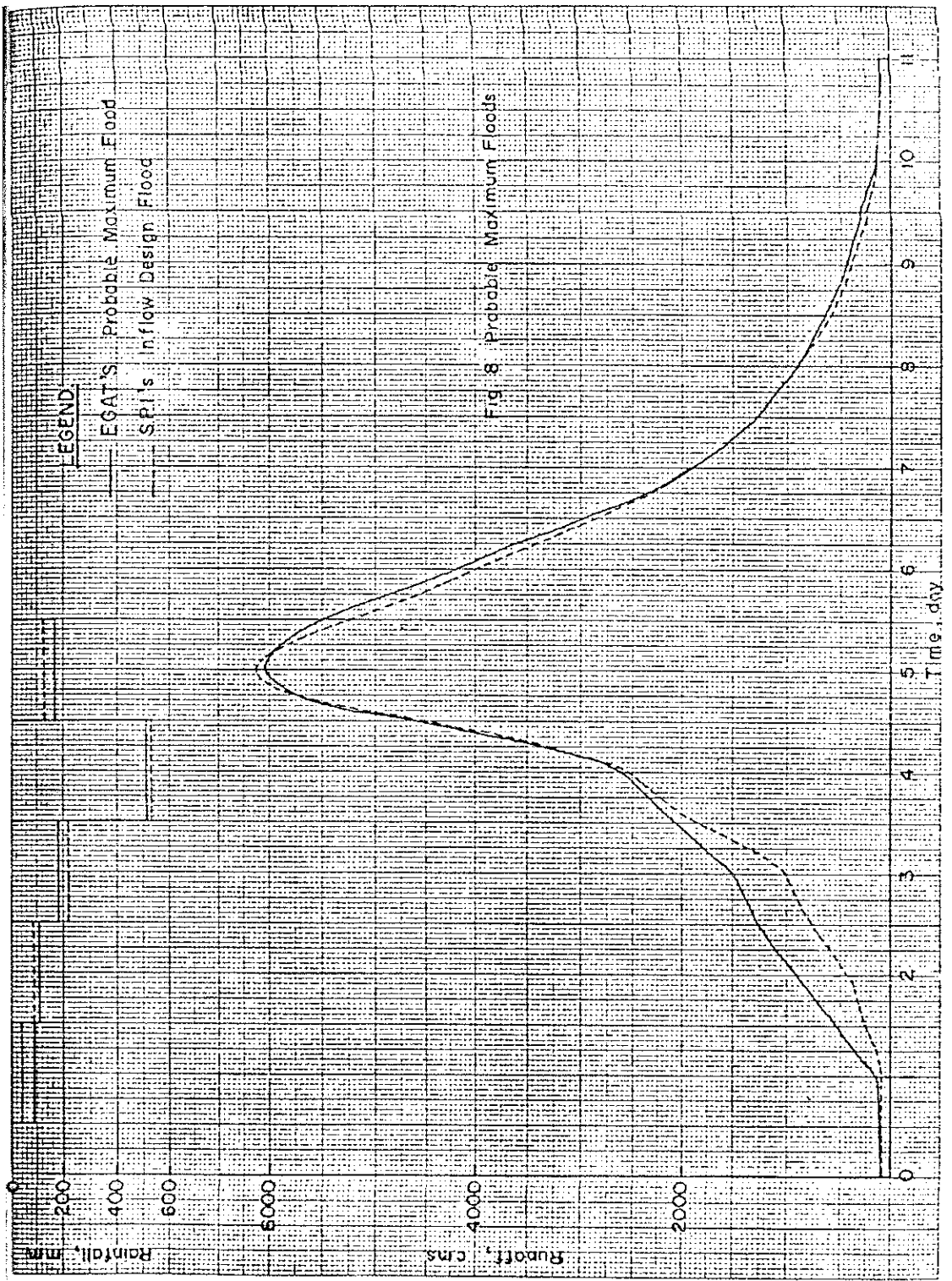


Fig. 6 Derivation of the dimensionless Unit Hydrograph

รูปที่ ๓.๗.๒-๕ Derivation of the dimensionless Unit Hydrograph

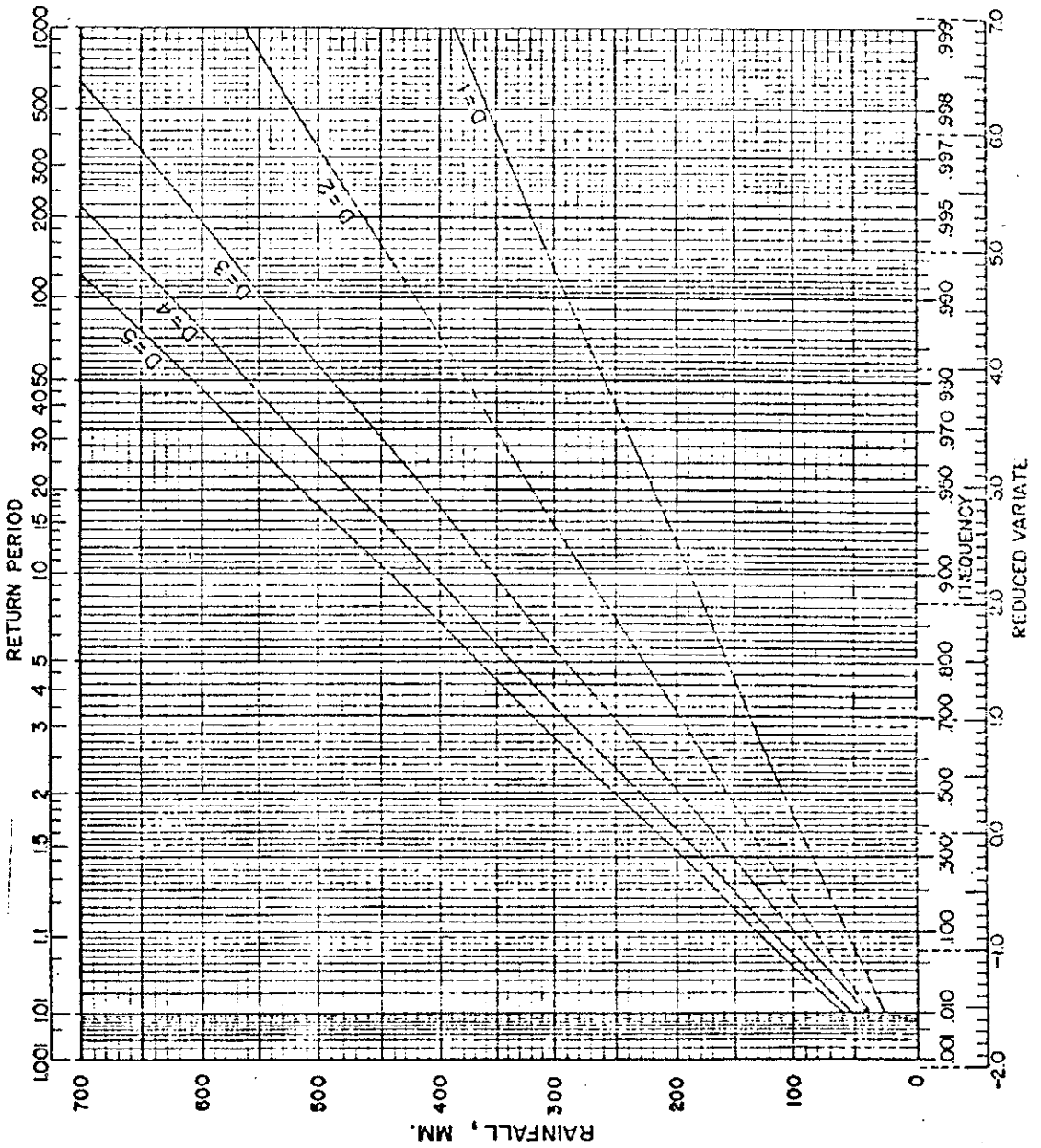


รูปที่ ๓.๗.๒-๖ Derivation of 24 HRS Unit Hydrograph of Pattani Basin

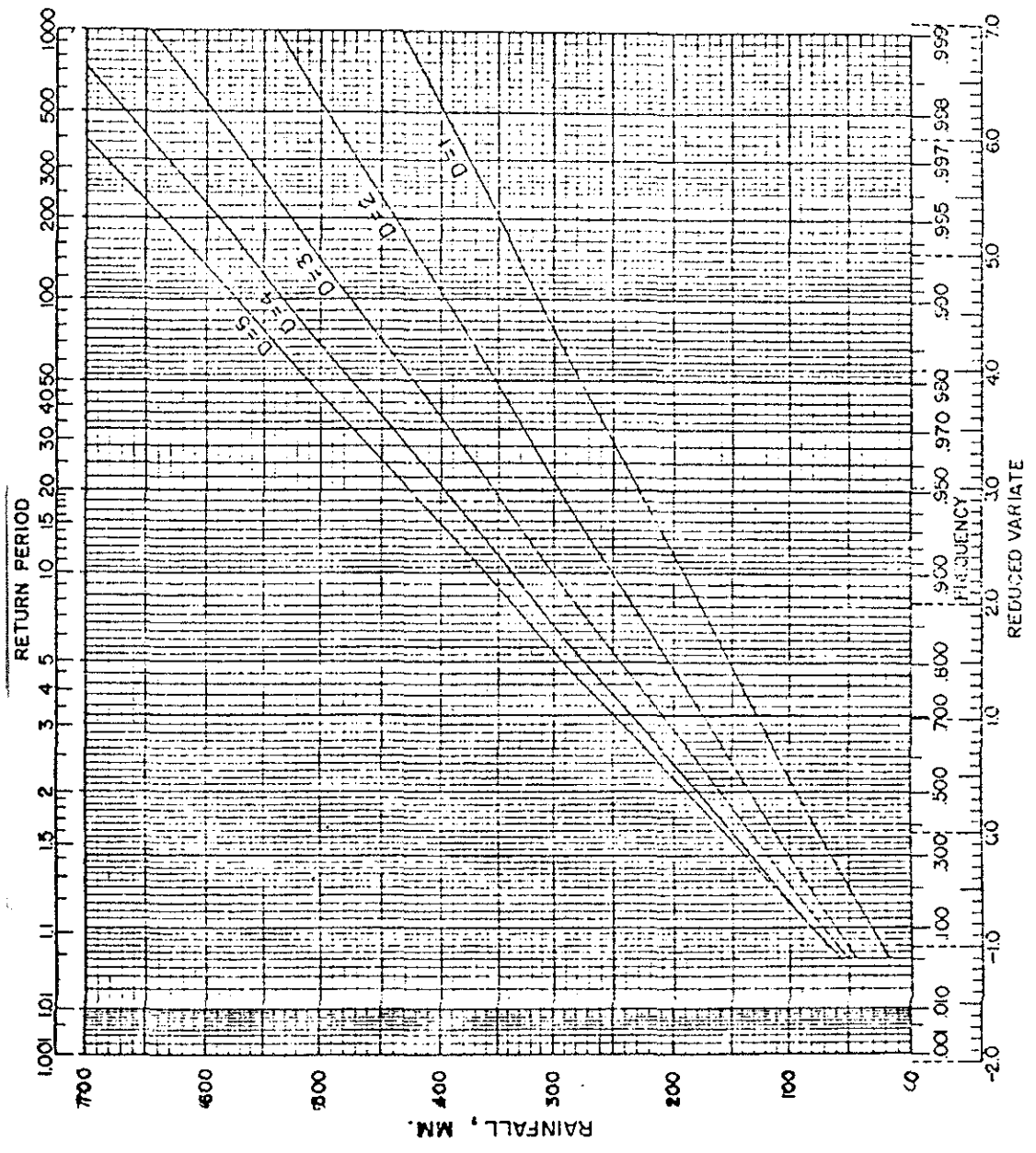


รูปที่ ก.7.2-7 Probable Maximum Flood

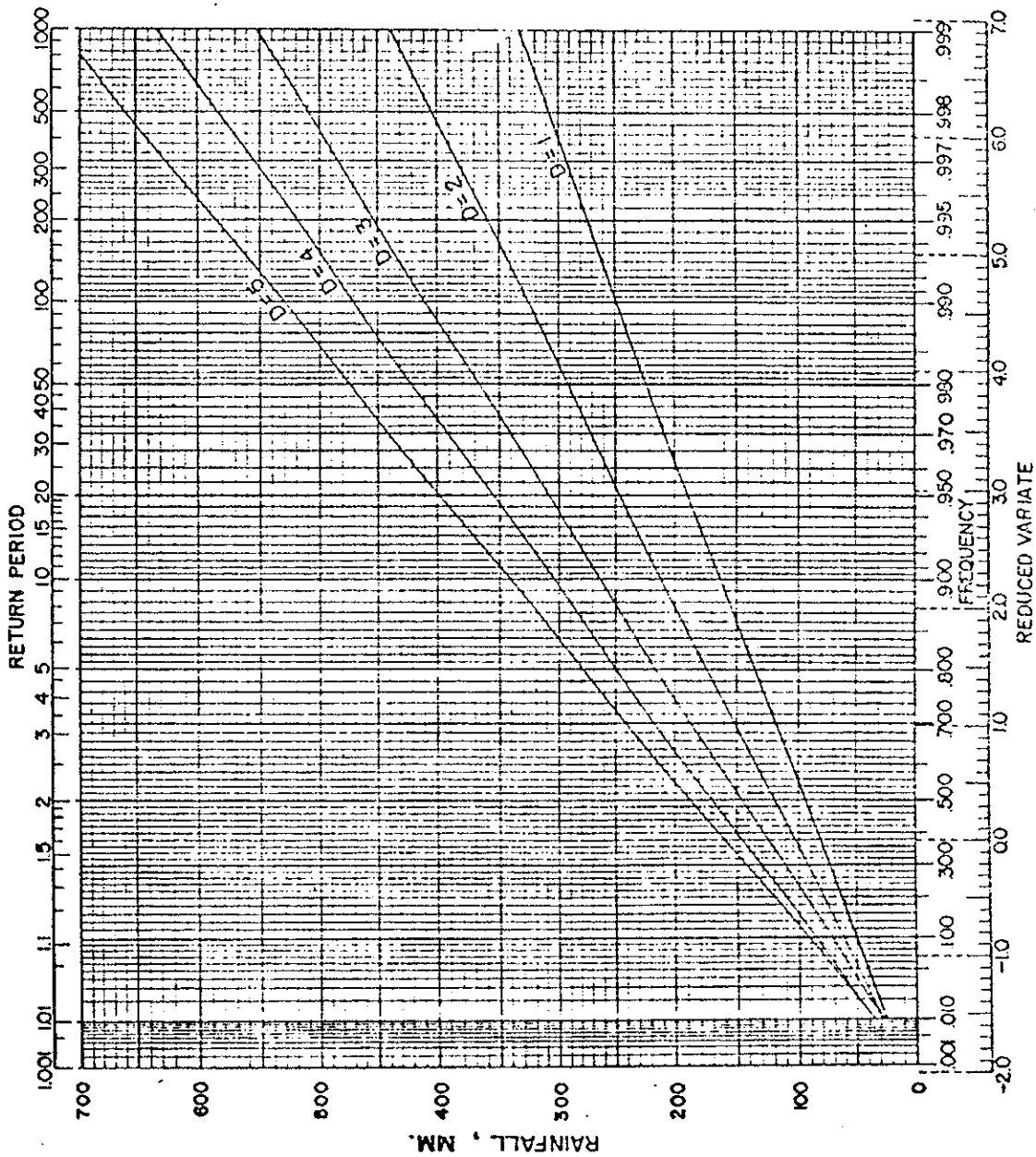
Appendix A



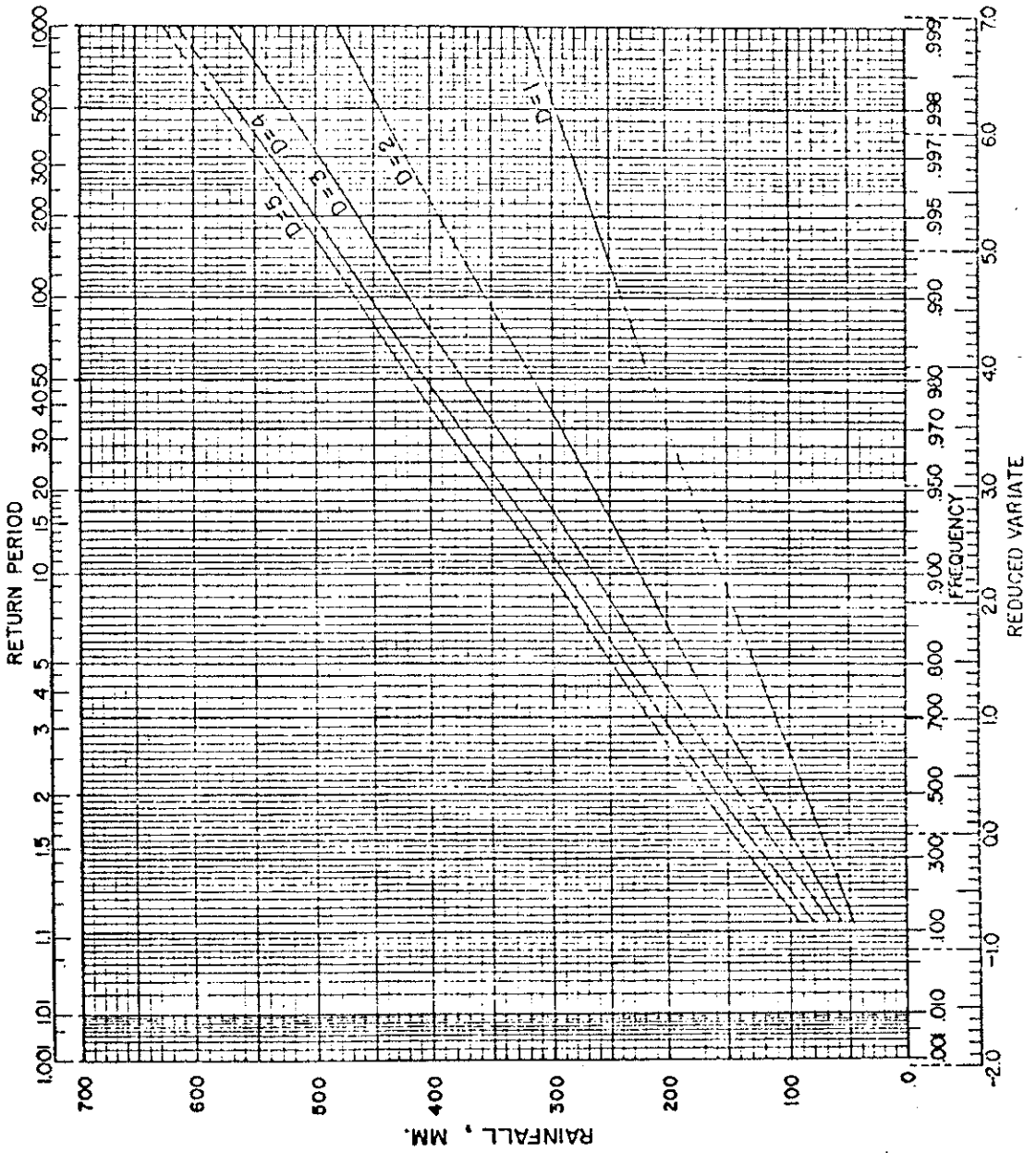
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
 Gumbel's Extreme Value Frequency Analysis
RAMAN, YALA
 N = 36
 DRAINAGE AREA _____ SQ. KM. PERIOD OF RECORD 1922-1971



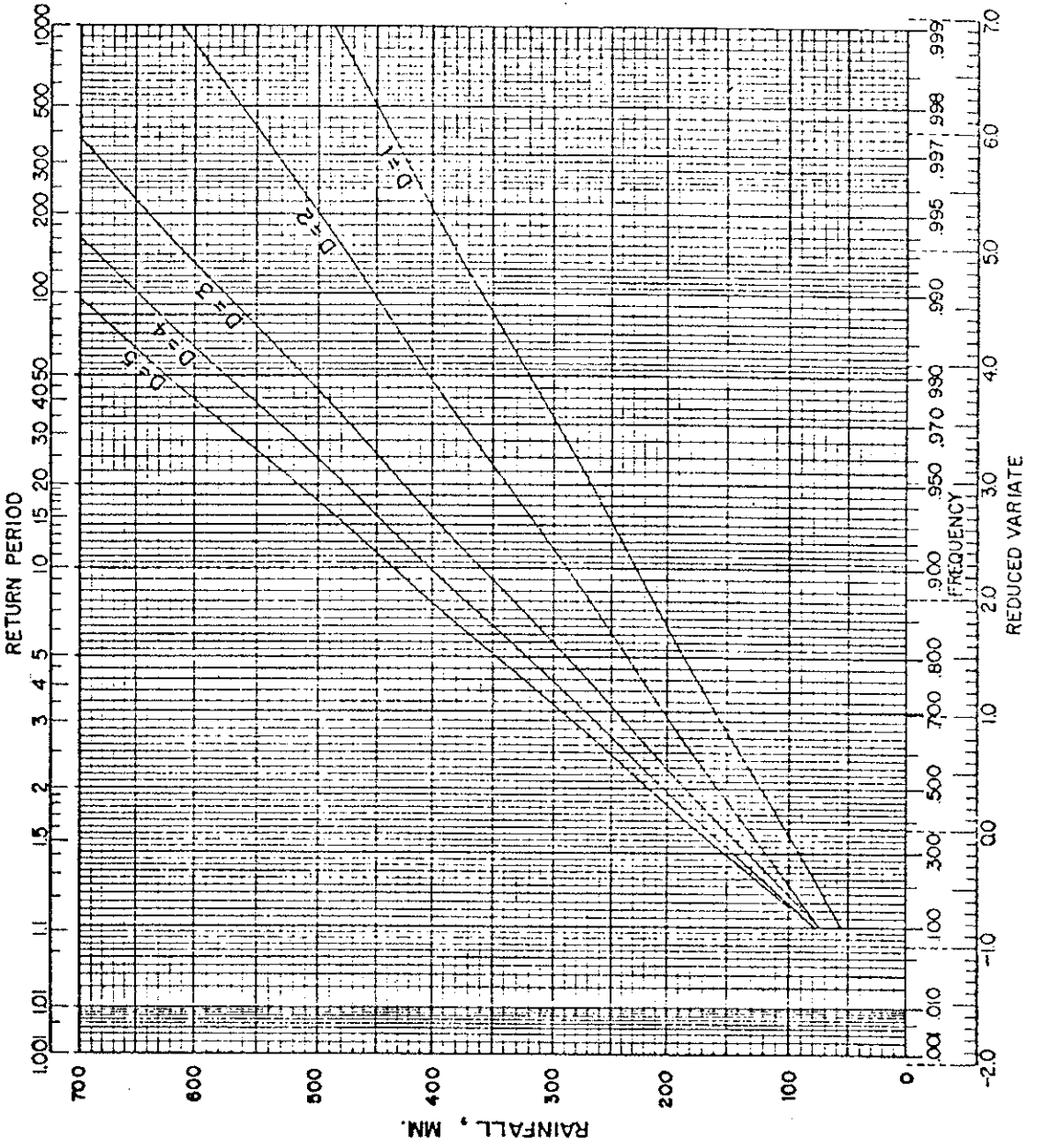
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
 Gumbel's Extreme Value Frequency Analysis
YAHA, YALA
 N = 32
 DRAINAGE AREA _____ SQ KM. PERIOD OF RECORD 1922-1971



ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
 Gumbel's Extreme Value Frequency Analysis
BANNANG SATA, YALA
N = 33
 DRAINAGE AREA _____ SQ.KM. PERIOD OF RECORD 1922-1971



ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
 Gumbel's Extreme Value Frequency Analysis
BETONG, YALA
 N = 35
 DRAINAGE AREA _____ SQ.KM. PERIOD OF RECORD 1922-1971



ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
 Gumbel's Extreme Value Frequency Analysis
MUANG, YALA
 N = 33
 DRAINAGE AREA _____ SQ. KM. PERIOD OF RECORD 1922-1971

Appendix B

DERIVATION OF UNIT HYDROGRAPH

Use storm Year 1966, 1967 and 1969

Computation of Dimensionless Unit Hydrograph

Storm, 1969				Storm, 1967			
Time, day	t/tp	q, cms.	q/q _p	Time, day	t/tp	q, cms.	q/q _p
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	16.3	0.12	1	0.5	8.8	0.06
2	1	136.0	1.00	2	1	130.0	1.0
3	1.5	44.4	0.325	3	1.5	60.4	0.45
4	2	22.8	0.167	4	2	23.5	0.18
5	2.5	14.4	0.106	5	2.5	12.6	0.09
6	3	6.7	0.049	6	3	5.8	0.04
7	3.5	0	0	7	3.5	0	0

Storm, 1966				Adopted Unit Hydrograph			
Time, day	t/tp	q, cms.	q/qp	Time, day	t/tp	q/qp	* q, cms.
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	1.9	0.14	1	0.5	0.067	8.9
2	1	134	1.0	2	1	1.0	133.0
3	1.5	67.8	0.506	3	1.5	0.432	57.5
4	2	22.3	0.166	4	2	0.171	22.8
5	2.5	10.3	0.079	5	2.5	0.094	12.5
6	3	4.2	0.031	6	3	0.042	5.6
7	3.5	0	0	7	3.5	0	0
							240.3

Check $\frac{240.3 \times 86.4}{2080} = 10 \text{ mm.} \text{ ok}$

The dimensionless unit hydrograph of storm 1966, 1967 and 1969 are plotted in Fig. 6. Then a representative hydrograph is selected.*

Appendix C

Computation of Basin Rainfall Depth-Duration-Frequency Curve

(1) D Day	(2) Tr Year	Depth of Rainfall, mm.							(9) % of 5 Da Rainfal
		(3) Betong	(4) Ban-Sata	(5) Raman	(6) Yala	(7) Yaha	(8) (3)+(4)+(5) +(6)+(7)		
1	50	214.0	223.0	260.0	320.0	279.0	1296.0	49.0	
2	50	316.0	292.0	378.0	403.0	352.0	1741.0	66.0	
3	50	372.0	367.0	490.0	510.0	421.0	2160.0	81.3	
4	50	404.0	420.0	560.0	577.0	474.0	2435.0	92.2	
5	50	416.0	472.0	606.0	625.0	510.0	2629.0	100.0	
	W								
1	100	239.2	248.0	287.7	359.3	314.1	1448.3	49.0	
2	100	353.6	327.1	419.0	450.7	396.4	1946.8	65.8	
3	100	417.7	408.9	545.1	576.7	473.7	2422.1	81.9	
4	100	453.1	468.9	626.4	650.3	532.8	2731.5	92.3	
5	100	465.2	530.5	679.4	709.8	573.8	2958.7	100.0	
	W								
1	200	263.0	273.0	319.0	397.0	350.0	1600.0	49.0	
2	200	392.0	360.0	462.0	500.0	440.0	2152.0	65.8	
3	200	462.0	452.0	601.0	640.0	525.0	2680.0	82.0	
4	200	500.0	519.0	690.0	725.0	590.0	3024.0	92.4	
5	200	512.0	585.0	750.0	786.0	638.0	3271.0	100.0	
	W								

Note The daily distribution of P.M.P. in terms of percentage of 5-day rainfall from column 9 are 49, 66, 82, 92 and 100

Appendix D

Computation of Probable Maximum Precipitation by SPI

Establishing the Maximizing factor based on the assumption that

1. Maximum observed dew point temperature at Kota Bharu = 26.0°C
2. Maximum observed dew point temperature at project area = 25.5°C
3. 12-hr persisting dew point for the storm (1-7 Jan, 67) = 22.5°C
4. The height of the inflow barrier to the original site MSL., say 1000 mb.
4. Maximizing factors at elv. of storage dam site (400 ft) and elv 3000 ft will be determined and averaged to represent the factor for the basin

A. Transposed to elv. 400'

1. Moisture adjustment at its original site

$$= \frac{\text{Max. observed moisture}}{\text{Moisture in the storm}} \left(\frac{W_{26}}{W_{22.5}} \right)^{1000\text{mb}}$$

2. Storm transposition

- a. Moisture adjustment for difference in Max. dew point

$$= \frac{W \text{ at transpose site}}{W \text{ at original site}} = \left(\frac{W_{25.5}}{W_{26}} \right)^{1000 \text{ mb}}$$

- b. Elevation adjustment

$$= \frac{W \text{ above the inflow barrier at transposed site for max dew point}}{W \text{ above the inflow barrier at original site for the same dew point}}$$

$$= \frac{(W_{25.5})^{400 \text{ ft}}}{(W_{25.5})^{1000\text{mb}}}$$

$$\beta_1 = \frac{(W_{26})}{(W_{22.5})^{1000\text{mb}}} \times \frac{(W_{22.5})^{26.5}}{(W_{26})^{1000\text{mb}}} \times \frac{(W_{25.5})^{400\text{ft}}}{(W_{25.5})^{1000\text{mb}}}$$

$$= \frac{(W_{25.5})^{400\text{ft}}}{(W_{22.5})^{1000\text{mb}}}$$

$$= (3.30 - 0.20)/2.59 = 1.196$$

B. Transposed to elev. 3000 ft

By the same method

$$\begin{aligned}\phi_2 &= \frac{(\overline{W}_{25.5})_{3000 \text{ ft}}}{(\overline{W}_{22.5})_{1000 \text{ mb}}} \\ &= (3.30 - 0.82)/2.59 = 0.957\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Average maximizing factor for the basin} &= (1.196 + 0.957)/2 \\ &= 1.076\end{aligned}$$

ก.8 เขื่อนแก่งเสือเต้น

เขื่อนแก่งเสือเต้น

(ที่มา : Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, "Kaeng Sua Ten

Agricultural Dam Project : Working Paper 5", Report No. 131/90

CP-THA 38 WP, 11 January 1991.)

Probable Maximum Precipitation (PMP)

การประมาณค่า PMP สำหรับ 3 ช่วงเวลา (1, 3 และ 5 วัน) เพื่อนำไปประมาณ Probable Maximum Flood (PMF) มีการประมาณค่า PMP 2 แนวทางดังนี้

1. Meteorological Approach ใช้ข้อมูลเหตุการณ์สูงสุดในอดีต นำมาวิเคราะห์ที่เคลื่อนย้ายและประมาณค่าสูงสุดตามเงื่อนไขทางอุตุนิยมวิทยาเหนือพื้นที่ที่สนใจ
2. Statistical Approach วิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลน้ำฝนในอดีตเพื่อสร้างชุดปริมาณน้ำฝนสูงสุด

ทั้งสองวิธีเป็นการประมาณเบื้องต้น เพราะโดยหลักการเป็นการ extrapolation ชุดของเงื่อนไขไปสู่สภาวะสูงสุดซึ่งอาจไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน วิธีแรกให้ผลเป็นที่น่าพอใจกว่า ซึ่งมีข้อมูลการกระจายของฝนตามพื้นที่ วิธีที่สองให้ผลได้อย่างเหมาะสมเพราะเป็นเทคนิคที่ทำให้เร็วกว่าง่ายกว่า (แต่เป็นเพียงวิธีเดียวในสภาพที่มีข้อมูลไม่เพียงพอ) วิธีแรกนำมาใช้กับลุ่มน้ำยมในปี พ.ศ. 2514 (เอกสารอ้าง 6) ผลจากการวิเคราะห์นี้จะนำมาวิจารณ์ต่อไป วิธีการที่สองจะถูกนำมาใช้สำหรับศึกษา

The Hershfield technique (เอกสารอ้างอิง 5) ได้สรุปวิธีการของ WMO Manual for estimation of probable maximum precipitation (เอกสารอ้างอิง 7) นำมาอธิบายรายละเอียดไว้ ส่วนสำคัญ Hershfield วิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนจำนวนมากจากสถานีวัดน้ำฝน (90% ตั้งอยู่ใน USA) สรุปเป็นภาพรวมประมาณ 15 เท่าของ Standard deviation มากกว่าค่า mean (สำหรับช่วงเวลาต่างๆ) สามารถปรับใช้ทำนาย PMP แต่ผลสรุปจากผู้ศึกษาหลายกลุ่มระบุว่า frequency factor มีข้อมูลจากสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น (tropical environment) น้อย การศึกษานี้เลือกใช้ frequency factor มีค่า 13 สำหรับกรณีเขื่อนแก่งเสือเต้น

เพื่อดำเนินการ extrapolation จำเป็นต้องประมาณค่า mean และ standard deviation ของข้อมูลที่มีการบันทึก Hershfield ได้ให้ตัวเลขสำหรับการปรับแก้เพื่อการประมาณค่า mean และ standard deviation ดังนี้

- (i) การปรับแก้ ลดการเกิดอคติที่เกิดจากค่าสูงสุดของเหตุการณ์เดียวในกลุ่มตัวอย่าง
- (ii) การปรับแก้ ลดการเกิดอคติเกี่ยวกับขนาดกลุ่มตัวอย่าง

(iii) การปรับแก้ ลดการเกิดอคติสำหรับจุดสังเกตการณ์ที่คงที่

ค่า standard deviation มีความอ่อนไหวกับกรณี (i) (สำหรับช่วงเวลา 3 และ 5 วัน)

เกณฑ์ข้างต้นนำมาใช้ประมาณค่า PMP ที่ 4 สถานี (ป่ง, งาว, เชียงคำ, ปัว) ผลการวิเคราะห์สรุปในตารางที่ ก.8-1 ค่าเฉลี่ยสำหรับ point PMP สำหรับลุ่มน้ำในช่วงเวลา 1, 3 และ 5 วัน และรวมกับ Area Reduction Factor (ARF) ทำให้ข้อมูลทางสถิติของกลุ่มน้ำเป็นดังนี้

ช่วงเวลา (วัน)	1	3	5
PMP (mm)	395	507	624

การเปรียบเทียบ PMP กับงานอื่นๆ

ความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ข้างต้นลดลงได้โดยดูจากความสอดคล้องกันระหว่าง 4 สถานี การเปรียบเทียบผลกับการศึกษาอื่นๆ การศึกษาลุ่มน้ำยมในปี พ.ศ. 2514 (เอกสารอ้างอิง 6) ได้ชุดข้อมูล depth-area-duration curve สำหรับ PMP ของลุ่มน้ำยม (รูปที่ 6.3 Volume 5, Surface Water Resources) รูปที่ 6.3 ขึ้นกับผลการวิเคราะห์ PMP (โดยเฉพาะการศึกษาความเหมาะสมในปี พ.ศ. 2526 – เอกสารอ้างอิง 2) ได้เสนอ PMP 1 วัน สำหรับลุ่มน้ำยมที่แก่งเสือเต้น (3,850 km²) มีค่า 208 mm ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งเล็กน้อยของที่เคยคำนวณไว้ก่อน point PMP 1 วัน หากจากกราฟเหล่านี้ มีขนาด 280 mm. ซึ่งต่ำกว่าที่คำนวณจาก 4 สถานีมาก สำหรับค่าเฉลี่ยและ standard deviation ของลุ่มน้ำมีค่า 100 mm และ 32 mm ตามลำดับ ค่า point PMP ที่ประมาณได้ 208 mm ต่ำกว่า 6 เท่าของ standard deviation เหนือค่า mean PMP ประมาณสำหรับช่วงเวลา 3 วัน 5 วัน ได้ออกมาต่ำกว่า แต่มีความแตกต่างกัน้อยลง

การสำรวจข้อมูลฝนสูงสุดสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้ Rainfall Statistics Package ของ RID Hydrology Division การสำรวจนี้เน้นข้อมูลจากสถานีที่มีการบันทึกเริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 สถานีที่เกิดภายหลังไม่นำมาพิจารณา รวมทั้งข้อมูลที่มีก่อนปี พ.ศ. 2495 สรุปข้อมูลฝนรายวันที่เป็นฝนสูงสุดทุกสถานี แสดงใน Appendix C ข้อมูลฝนสูงสุดจาก 3 สถานี สรุปได้ดังนี้

ชื่อสถานี (รหัส)	วันที่	ปริมาณน้ำฝน (mm)	Rarity
Tha Pla (70062)	19/6/1975	259	9.5 เท่าของ S.D. สูงกว่า mean
Mae Sae (08072)	4/8/1979	295	6.5 เท่าของ S.D. สูงกว่า mean
Sop Prap (16042)	4/5/1975	300	10 เท่าของ S.D. สูงกว่า mean

การสำรวจนี้เป็นขั้นต้น การตรวจสอบในรายละเอียดอาจให้ตัวเลขที่ต่างจากนี้ ซึ่งการศึกษาของกลุ่มน้ำยมอาจได้ตัวเลขที่มากกว่านี้ ดังนั้นจึงไม่มีเหตุผลที่กลุ่มน้ำยมมีค่าฝนสูงสุด ต่ำกว่าที่อื่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การสำรวจนี้นำไปสู่ข้อสรุป 2 ประการ คือ

- (i) ผลการศึกษาลุ่มน้ำยมที่ได้ depth-area-duration curve เป็นข้อมูลที่ยังไม่น่าเชื่อถือ สำหรับการประมาณค่า PMP
- (ii) Frequency factor ใช้ค่า 13 เป็นตัวคูณที่สมเหตุผลที่จะใช้ประมาณค่า PMP จากค่าสถิติของน้ำฝน

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการลุ่มน้ำชีในปี พ.ศ. 2513 (เอกสารอ้างอิง 8) Harza พัฒนา envelope curve สำหรับ PMP กราฟนี้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน บันทึกบริเวณตอนกลางและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ถึงแม้พื้นที่เหล่านี้อยู่ใกล้ทะเลมากกว่า (อ่อนไหวต่อผลจาก Cyclonic effect) ยังไม่ชัดเจนว่า PMP ในพื้นที่นี้มีความจำเป็นต้องมากกว่าในภาคเหนือของประเทศไทย การศึกษานี้ได้ผลความสัมพันธ์สำหรับประมาณ point PMP

$$R = 108D^{0.46}$$

ซึ่ง R คือ envelope rainfall สำหรับช่วงเวลา D ชั่วโมง

การพัฒนาต่อมา สมการข้างบนนี้ถูกปรับค่าสัมประสิทธิ์ใหม่ แปรผันตามพื้นที่ ทำให้สามารถประมาณค่าได้สำหรับขนาดลุ่มน้ำต่างๆ การพัฒนานี้สรุปในเอกสารอ้างอิงที่ 4 การประมาณ PMP ของลุ่มน้ำจากความสัมพันธ์นี้มีดังนี้

ช่วงเวลา (วัน)	1	3	5
PMP (mm)	388	643	815

ข้อมูล 1 วัน ใกล้กับผลการวิเคราะห์ของ Hershfield สำหรับแต่ละสถานี ส่วน 3 วัน และ 5 วัน มีค่าทางสถิติมากกว่าที่เคยศึกษาได้เดิม

การประยุกต์ใช้ค่าทางสถิติของ PMP และการออกแบบพายุฝน

บนพื้นฐานของการประมาณของการศึกษานี้ และเปรียบเทียบกับ การประมาณจากที่อื่นๆ จึงประยุกต์ใช้ค่า PMP ดังต่อไปนี้

ช่วงเวลา (วัน)	1	3	5
PMP (mm)	390	560	700
ค่าที่เพิ่มขึ้น (mm)	390	170	140

การหาค่าฝนออกแบบจากข้อมูลสถิตินี้ ได้ประยุกต์ใช้ symmetrical profile ของฝน สำหรับ PMP ของแต่ละช่วงเวลา ที่จุดศูนย์กลาง 12 ชั่วโมงของ profile มี PMP ที่ 12 ชั่วโมง (ประมาณที่ 67% ของ PMP รายวัน, เอกสารอ้างอิง 6) พายุฝนที่เสนอมีค่าทุก 6 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ ก.8-2 และรูปที่ ก.8-1

E. ปริมาณน้ำท่วมออกแบบ

ข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วม

การเปลี่ยนฝนออกแบบเป็นน้ำท่วมใช้เอกซลภาพ T ชั่วโมง ทำให้เกิดน้ำท่าเท่ากับ ความลึก 1 mm ของฝนโดยตรง สมมุติความเข้มฝนคงที่ตลอดช่วงเวลา T ชั่วโมง

ใช้เหตุการณ์น้ำท่วมมาก 5 ครั้ง เพื่อสร้างเอกซลภาพ ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลราย ชั่วโมงของเหตุการณ์เหล่านี้ ที่ตั้งเขื่อนแก่งเสือเต้นบนที่ก โดย กฟผ. เช่นเดียวกับข้อมูลน้ำฝน ฝนรายวันมาจาก 5 สถานี (ปง, จาว, เชียงคาน, ปัว และเชียงม่วน) ข้อมูลอุตุนิคมวิทยาจาก พะเยา ท่าวังผา ข้อมูลฝนรายวันนำมารวมกับข้อมูลจากสถานีน้ำฝนอัตโนมัติ เพื่อประมาณฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำทุก 6 ชั่วโมง สำหรับแต่ละเหตุการณ์น้ำท่วม อัตราการไหลใช้ข้อมูลทุก 3 ชั่วโมง ข้อมูลจาก 5 เหตุการณ์แสดงในAppendix D

การประเมินเอกซลภาพ

การศึกษาคความเหมาะสม (เอกสารอ้างอิง 2) เอกซลภาพถูกสร้างจากข้อมูลจำนวนน้อย ภายหลังเอกซลภาพ 6 ชั่วโมง ถูกสร้างโดยฝ่ายอุทกวิทยา กรมชลประทาน (เอกสารอ้างอิง 3) แสดงในตารางที่ 5 เอกซลภาพนี้ถูกสร้างจากการศึกษาเหตุการณ์น้ำท่วมสูงสุดครั้งเดียว เกิดขึ้นที่สถานีวัดน้ำท่า Y20 ของกรมชลประทาน โดยไม่ได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนที่เจาะจง ย้ายมายังที่ตั้งเขื่อนแก่งเสือเต้น เอกซลภาพนี้เกิดจากฝนส่วนเกิน 1 mm และมีการเหลื่อมเวลา 35 ชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับการเหลื่อมเวลาของน้ำท่วม 5 เหตุการณ์ข้างต้น มีรูปร่างเป็นจริงมากกว่าซลภาพจากการศึกษาความเหมาะสมปี 2526 ซึ่งมาจากข้อมูลที่จำกัด

การสร้างเอกซลภาพนี้แสดงรายละเอียดในAppendix D เอกซลภาพจากกรมชลประทานนี้ใช้งานได้เป็นอย่างดีใน 5 เหตุการณ์ มี 3 เหตุการณ์สร้างซลภาพจากเอกซลภาพได้ผลดี เหตุการณ์ที่ 4 จะได้ผลดี ถ้าสมมุติมีความคลาดเคลื่อน 24 ชั่วโมงของเวลาการเกิดน้ำท่วม เหตุการณ์ที่ 5 ได้ผลไม่ดี ไม่ใช่เพราะเอกซลภาพ แต่มาจากความผิดพลาดของสถานีวัดน้ำฝน 7 สถานี วัดน้ำฝน ณ จุด

ศูนย์กลางของพายุฝน ดังนั้นเอกชลภาพของกรมชลประทานถูกประเมินแล้วว่าดีเพียงพอ นำมาใช้
สร้างน้ำท่วม ณ จุดที่ตั้งเขื่อนแก่งเสือเต้น โดยไม่ต้องปรับแก้

การประมาณค่า Probable Maximum Flood

พายุฝนนอกแบบ PMP ถูกใช้นำมารวมกับเอกชลภาพของกรมชลประทาน เพื่อหาค่า PMF
ปริมาณฝนเปลี่ยนเป็นน้ำท่า 80% อัตราการซึม (Loss) ระหว่างการเกิดพายุฝนมีค่า 1 mm/ชม. ϕ
Index ประมาณ 3.5% Loss สมมุติการไหลพื้นฐาน 100 m³/s

Convolution สำหรับเหตุการณ์ PMP แสดงในรูปที่ ก.8-1 PMF มีค่าสูงสุด 10,400 m³/s
เกิดขึ้นที่เวลา 75 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 3 ของวันที่ 3) มีปริมาณน้ำท่วม 2,100 ล้านลบ.ม.

ค่า PMF นี้สูงกว่า (60%) การประมาณ PMF ครั้งก่อนที่ประมาณเมื่อปี 2526 มีค่า 6,500
m³/s (เอกสารอ้างอิง 2) เหตุที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มของ PMP 1 วัน ค่าที่ได้เทียบได้ C = 83 ใน
สมการ Greager เป็นค่าที่น้อยกว่าค่า สูงสุดบันทึกทั่วโลก สำหรับลุ่มน้ำขนาดต่างๆ (เอกสารอ้างอิง
9)

การประมาณรอบการเกิดซ้ำของน้ำท่วม

น้ำท่วม 100 ปี ถูกสร้างขึ้นด้วยวิธีข้างต้น กรณีเกิดการไหลออก 50% การไหลพื้นฐาน 50
m³/s รูปที่ ก.8-2 แสดงผลของน้ำท่วม 100 ปี มีค่าสูงสุด 2,600 m³/s ปริมาตร 409 MCM ซึ่งใกล้เคียง
การหาจากการวิเคราะห์ความถี่ของน้ำท่วม (2,500 m³/s)

รูปที่ ก.8-3 เป็นการประมาณน้ำท่วม 1,000 ปี เกิดการไหลออก 65% มีการไหลพื้นฐาน 75
m³/s การไหลสูงสุด 4,000 m³/s มีปริมาตร 610 MCM ค่าสูงสุดที่หาได้ใกล้เคียงกับที่หาได้โดยการ
วิเคราะห์ความถี่ของน้ำท่วม

การออกแบบ Spillway ของอ่างเก็บน้ำมีความจุสามารถระบายน้ำได้ครั้งหนึ่งของ PMF
หรือ น้ำท่วม 10,000 ปี อย่างใดอย่างหนึ่งที่มากกว่า ครั้งหนึ่งของ PMF คือ 5,200 m³/s การต่อกราฟ
Log Pearson Type III ไปยังรอบการเกิดซ้ำ 10,000 ปี จาก Section C ได้ค่า 5,600 m³/s ชลภาพของ
น้ำท่วม 10,000 ปี สร้างจากการเพิ่มค่าชลภาพน้ำท่วม 1,000 ปี ซึ่งมีอัตราการไหลสูงสุด 5,600 m³/s
แสดงในรูปที่ ก.8-4

การหลากของน้ำท่วมผ่านอ่างเก็บน้ำ

สำหรับการออกแบบ Spillway น้ำท่วมทุกกรณีหลากผ่านอ่างเก็บน้ำซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำ
ท่วมสูงสุดลดลง มีเขื่อน 2 ประเภท คือ (a) Concrete-faced rock fill dam (CFRD) และ (b) roller-
compacted concrete dam (RCC) แต่ละประเภทมี 2 ทางเลือกดังนี้

- ลักษณะของอ่างเก็บน้ำ ความจุ-ความลึก จากการศึกษาความเหมาะสม (เอกสารอ้างอิง 2) มีดังนี้

ความจุ (MCM) เหนือ FSL	ระดับ (mAMSL)
0	258.00
100	259.54
200	260.87
300	262.10
400	263.22
500	264.32
600	265.37
700	266.40
800	267.40
900	268.35
1000	269.17

- ลักษณะความลึก-อัตราการไหลออกที่ spillway สรุปได้ดังนี้

ระดับ (mAMSL)	Spillway discharge (m ³ /s)			
	CFRD (option a)	CFRD (option b)	CFRD (option c)	CFRD (option d)
258.00	0	0	1380	0
259.00	160	170	1960	330
260.00	540	570	2720	910
261.00	950	1030	3620	1680
262.00	1500	1580	4560	2530
263.00	2080	2220	5540	3590
264.00	3060	3200	6540	4740
265.00	2770	4300	7580	5900
266.00	4500	5820	8700	7270
267.00	5260	7500	9900	8850
268.00	6050			
269.00	7000			

อ่างเก็บน้ำสมมุติว่าน้ำเต็ม (258 m AMSL) เมื่อเริ่มเกิดน้ำท่วม รูปที่ ก.8-1, 13, 14 และ 15 แสดงผลการไหลของอ่างเก็บน้ำสำหรับ RCC (option b) อย่างเดียว สำหรับ PMF, น้ำท่วม 100 ปี, น้ำท่วม 1,000 ปี และน้ำท่วม 10,000 ปีตามลำดับ

ตารางที่ ก.8-3 สรุปผลของการไหลของอ่างเก็บน้ำสำหรับเขื่อนทั้ง 4 แบบ

Appendix D

คุณสมบัติของ RID Unit hydrograph

เอกสารอ้างอิง 2

Kaeng Sua Ten Dam Feasibility Study: Volume III Engineering. Howard Humphreys/Acres International, 1983.

เอกสารอ้างอิง 4

Chi Basin Water Use Study: Flood Studies. Gibb Team Minster, 1988.

เอกสารอ้างอิง 5

Method for Estimating Probable Maximum Predipitation. D.M.Hershfield, Jour. Am. Waterworks Assoc., Vol.57, 1965.

เอกสารอ้างอิง 6

Yom Basin Study : Volume 5 Surface Water Resources. Howard Humphreys/Macdonalds/Huntings, 1971.

เอกสารอ้างอิง 7

Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation. World meteorological Organisation, Operational Hydrology Report No.1, 1986.

เอกสารอ้างอิง 8

Nam Chi Project Feasibility Investigations: Volume I Hydrology Studies. Harza Eng. Co., 1970.

ตารางที่ ๓.8-1 Rainfall Frequency Statistics

THAILAND: KAENG SUA TEN AGRICULTURAL DAM PROJECT

Rainfall Frequency Statistics

Station: PONG	73032	Station: PUA	28042
	1-day 3-day 5-day		1-day 3-day 5-day
100 yr	194 257 296	100 yr	229 313 356
1000 y	251 332 381	1000 yr	294 404 458
PMP	526 612 661	PMP	603 845 958

Station: NGAO	16092	Station: CHIANG KHAM	73022
	1-day 3-day 5-day		1-day 3-day 5-day
100 yr	187 218 268	100 yr	187 263 342
1000 y	241 273 337	1000 yr	232 332 437
PMP	517 535 684	PMP	437 665 893

WEIGHTED POINT STATISTICS

Weightings: Pong = 0.50 Pua = 0.15
 Ngao = 0.25 Ch.Kham= 0.10

	1-day 3-day 5-day
100 yr	197 256 303
1000 yr	253 328 387
PMP	526 633 734

Areal reduction factor: 0.75 0.80 0.85

CATCHMENT STATISTICS

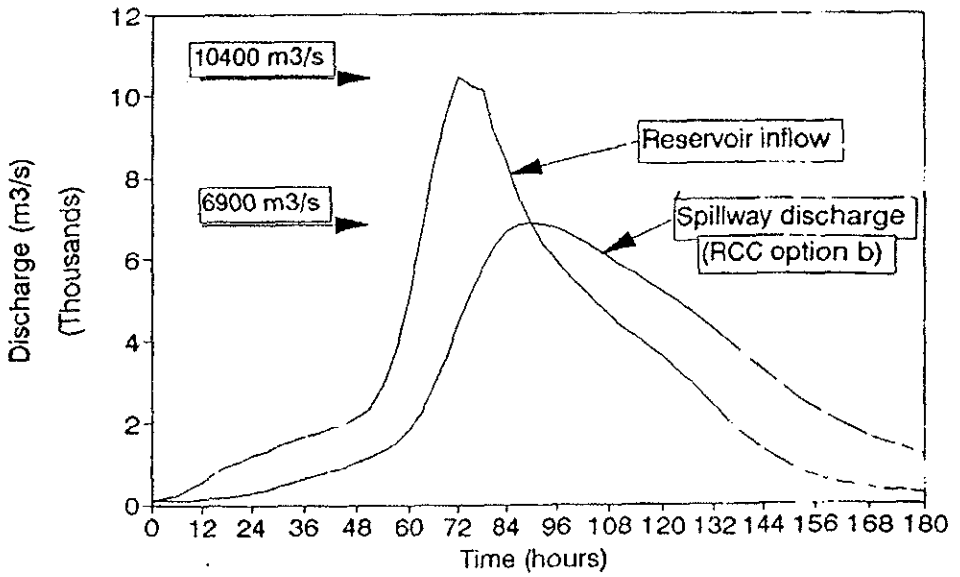
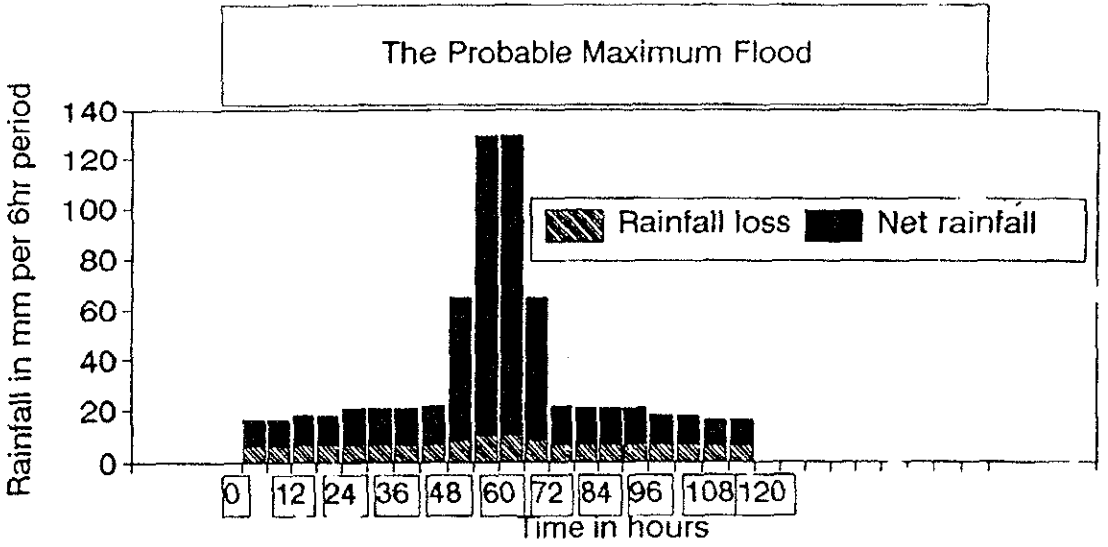
	1-day 3-day 5-day
100 yr	148 205 257
1000 yr	190 262 329
PMP	395 507 624

ตารางที่ ๓.๘-๒ PMP Design Storm Profile

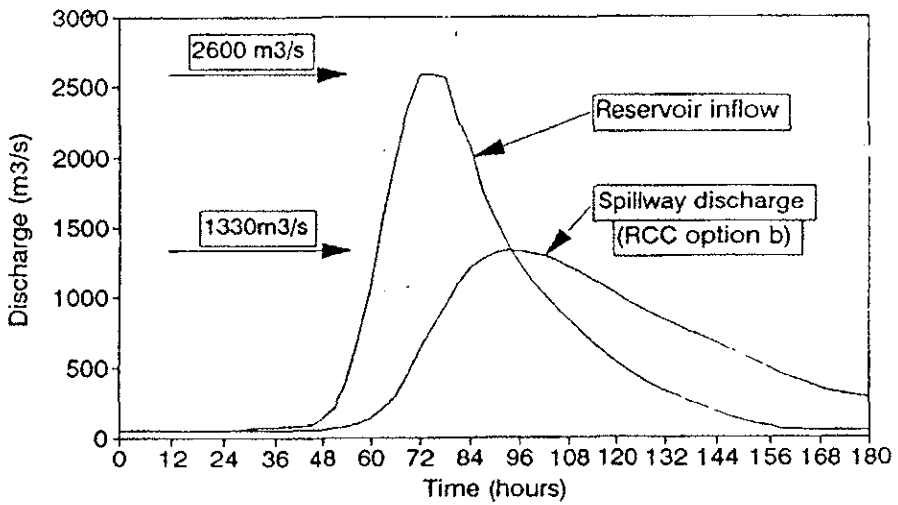
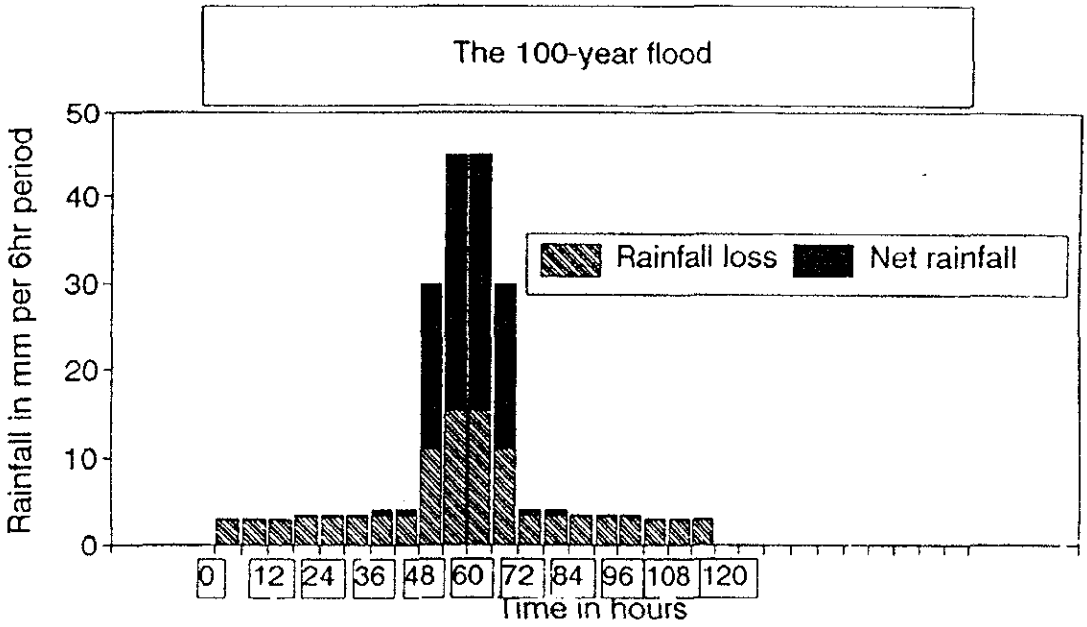
Day	Time (hrs)	Rainfall(mm)	
		Daily	6-hrly
1	0-6	70	17
	6-12		17
	12-18		18
	18-24		18
2	0-6	85	21
	6-12		21
	12-18		21
	18-24		22
3	0-6	390	65
	6-12		130
	12-18		130
	18-24		65
4	0-6	85	22
	6-12		21
	12-18		21
	18-24		21
5	0-6	70	18
	6-12		18
	12-18		17
	18-24		17

ตารางที่ ก.8-3 Outflow Performance of Spillways

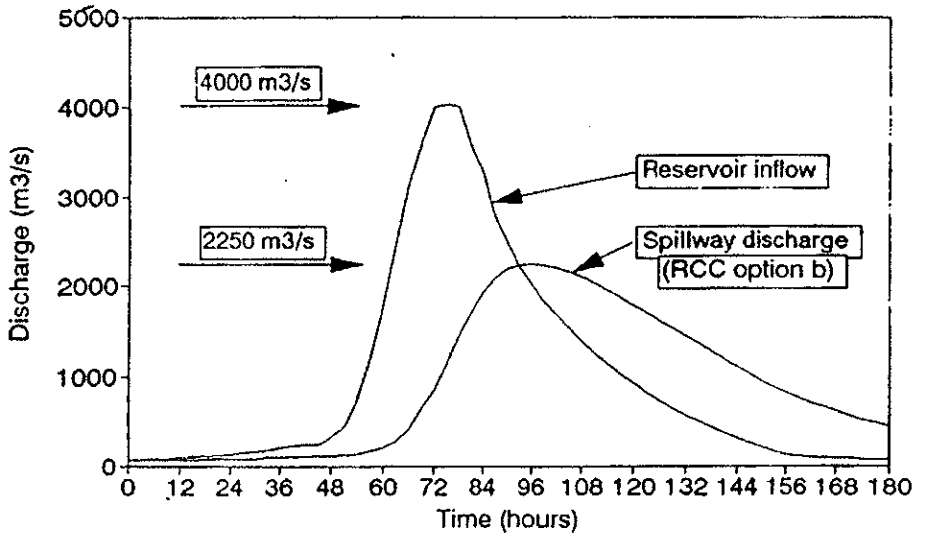
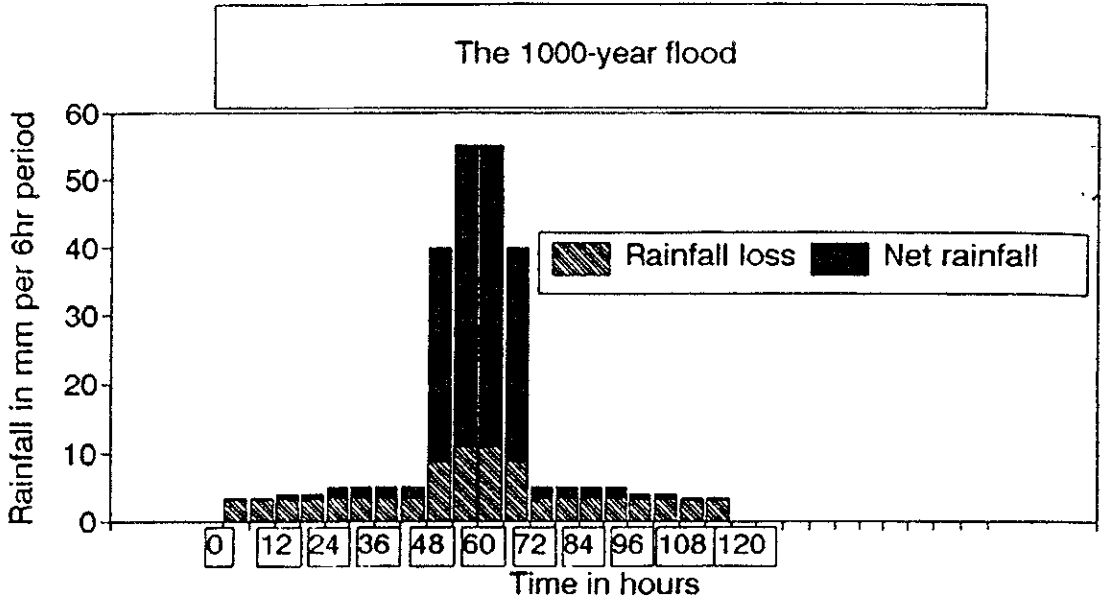
Dam	Configuration	PMF		10000-year flood		1000-year flood		100-year flood	
		Disch. (m ³ /s)	Flood rise (mAMSL)	Disch. (m ³ /s)	Flood rise (mAMSL)	Disch. (m ³ /s)	Flood rise (mAMSL)	Disch. (m ³ /s)	Flood rise (mAMSL)
RCC Option a	Partially gated	6700	264.14	3700	261.11	2680	259.95	1860	258.83
RCC Option b	Uncontrolled	6900	265.70	3300	262.71	2250	261.67	1330	260.55
CFRD Option a	Bellmouth + aux.	5700	267.52	2800	263.70	1790	262.5	1020	261.13
CFRD Option b	Side + aux.	6800	266.60	2800	263.60	1840	262.41	1060	261.05



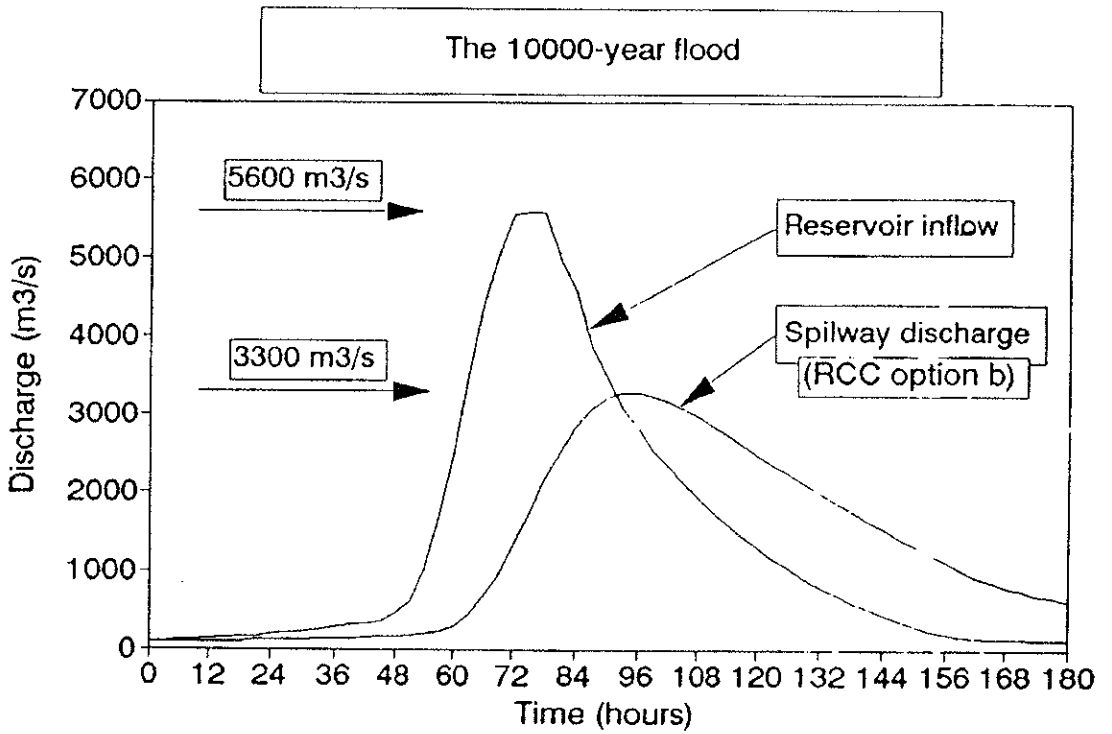
รูปที่ ๓.๘-๑ The Probable Maximum Flood



รูปที่ ๓.๘-๒ The 100-year Flood



รูปที่ ๓.๘-๓ The 1000-year Flood



รูปที่ ๓.๘-๔ The 10000-year Flood

THAILAND

KAENG SUA TEN AGRICULTURAL DAM PROJECT

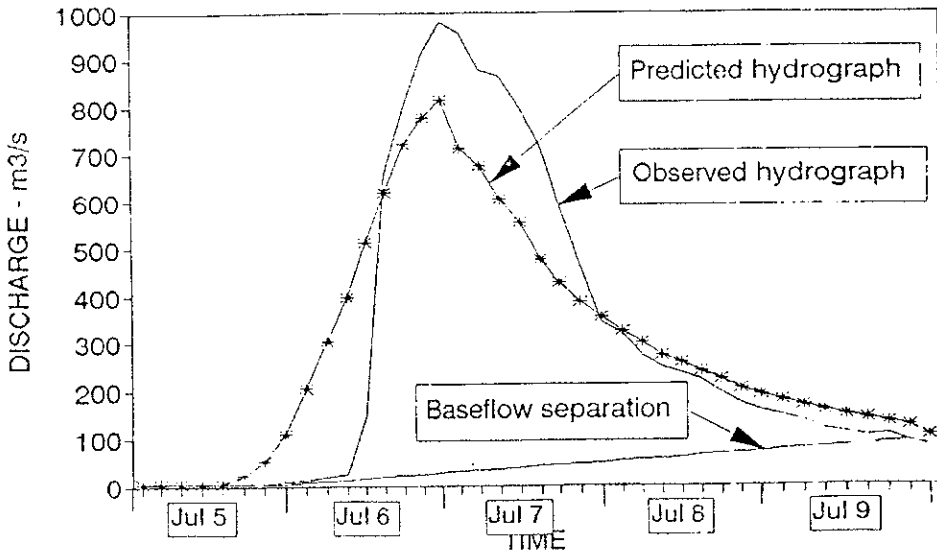
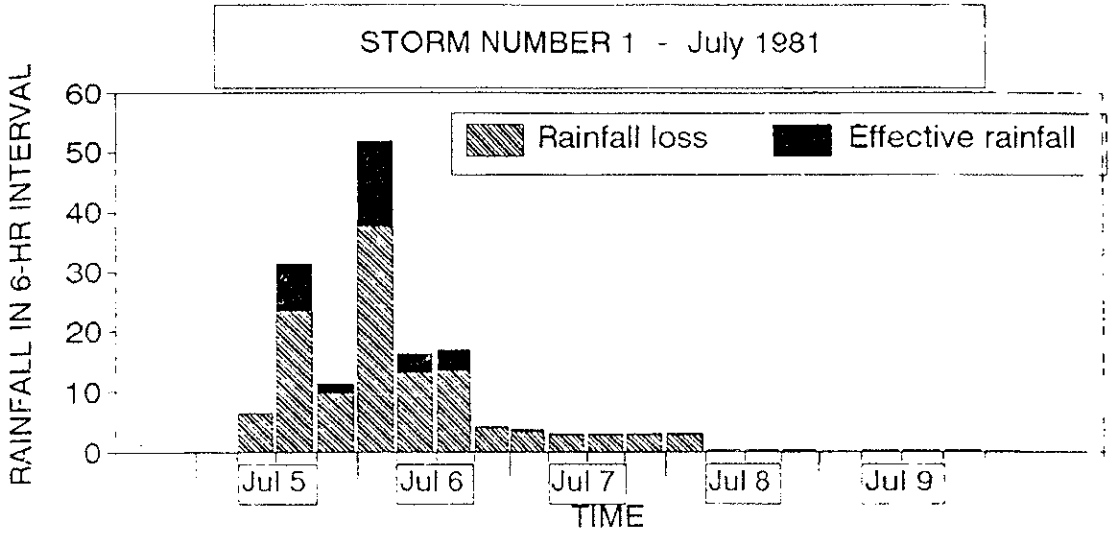
Largest 1-Day Rainfalls - Northern Thailand

Station No.	Name	Record		Largest Daily Rainfall	Date
		From	To		
28013	Nan	1952	1988	190	9 September 1980
28022	Wiang Sa	1953	1988	165	21 August 1961
28032	Na Noi	1952	1988	158	9 September 1961
28042	Pua	1952	1988	194	23 August 1987
28053	Thung Chang	1952	1988	191	16 August 1953
28062	Mae Sakhon	1952	1988	155	23 May 1986
73012	Phayao	1952	1988	130	15 May 1988
73022	Chiang Kham	1952	1988	166	25 July 1965
73032	Pong	1952	1988	157	5 July 1981
73042	Dokkham Tai	1966	1988	116	23 August 1966
07013	Chiang Mai	1952	1988	166	14 August 1968
07022	Sarapi	1952	1988	247	7 September 1979
07032	San Kamphaeng	1952	1988	128	21 July 1964
07042	San Sai	1952	1988	171	14 May 1970
07052	Doi Saket	1952	1988	129	8 October 1954
07062	Mae Rim	1952	1988	124	21 September 1975
07072	Nang Dong	1952	1988	162	14 May 1970
07082	San Pa Tong	1952	1988	126	14 October 1977

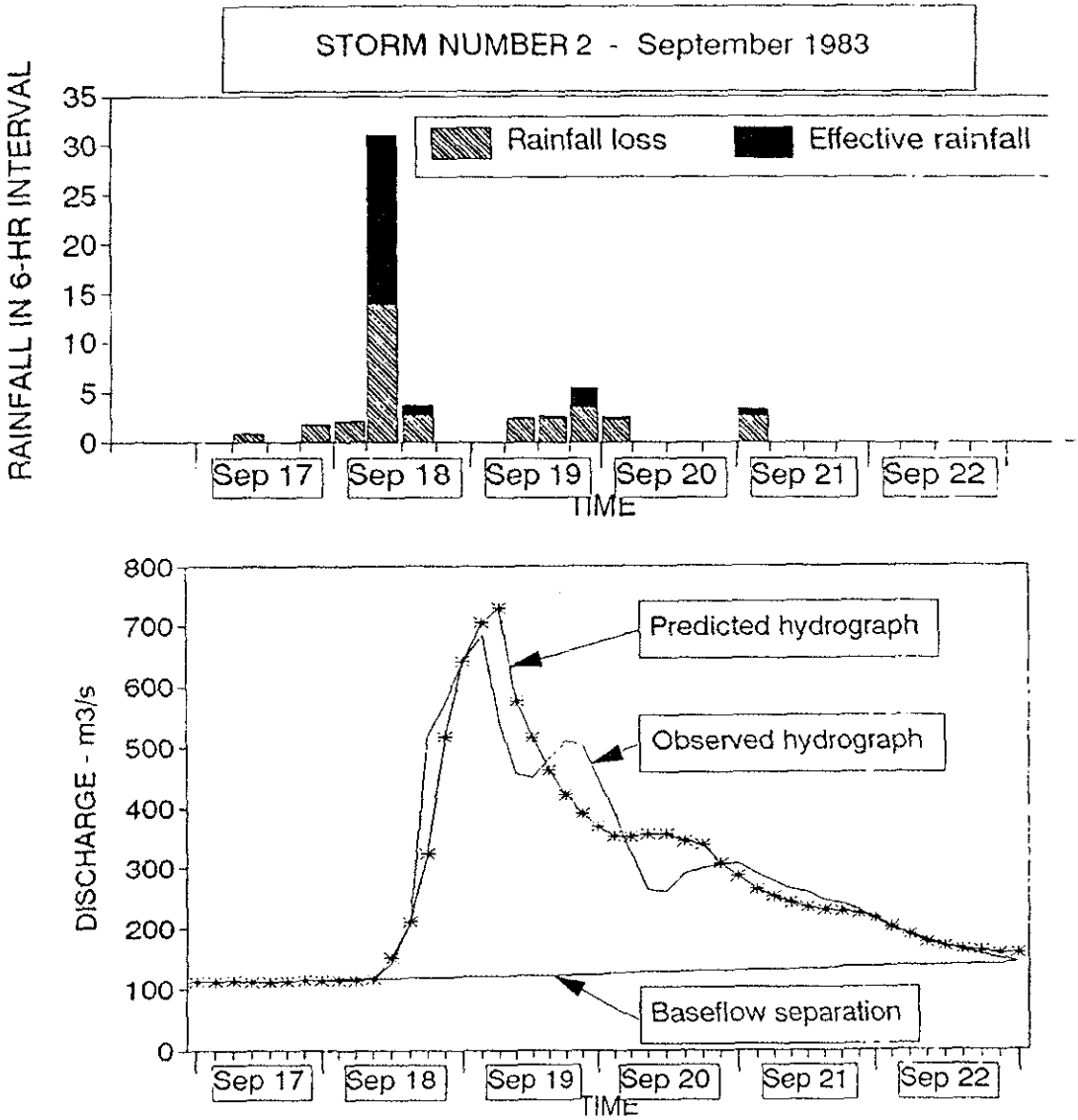
Station No.	Name	Record		Largest Daily Rainfall	Date
		From	To		
07092	Hot	1952	1988	150	17 September 1966
07102	Fang	1952	1988	132	1 June 1955
07112	Mae Jaeng	1952	1988	239	1 September 1957
07122	Phrao	1952	1988	116	17 August 1974
07132	Chiang Dao	1952	1988	139	21 May 1981
07142	Saeng	1952	1988	111	28 August 1971
07152	Mae Chaem	1952	1988	198	15 October 1960
07162	Om Koi	1952	1988	100	14 September 1965
07172	Fang	1952	1988	119	14 May 1955
07182	Chom Thong	1952	1988	162	10 September 1962
08013	Chiang Rai	1952	1988	158	
08022	Phan	1952	1988	148	20 September 1961
08042	Thoeng	1956	1988	180	29 August 1960
08062	Mae Chan	1953	1988	190	6 June 1973
08072	Mae Sai	1952	1988	295	4 August 1979
08082	Wiang Pa Pao	1952	1988	203	26 October 1963
08092	Chiang Khong	1952	1988	200	9 July 1973
08152	Doi Chang	1952	1988	230	4 August 1984
40013	Phrae	1952	1988	182	27 April 1986
40022	Sungmen	1952	1988	210	28 August 1975
40033	Rong Kwan	1952	1988	184	16 September 1954
40043	Song	1952	1988	209	22 August 1987
40052	Long	1952	1988	137	6 September 1980

Station No.	Name	Record		Largest Daily Rainfall	Date
		From	To		
16013	Lampang	1952	1988	139	29 April 1974
16022	Chae Hom	1952	1988	150	22 August 1963
16032	Ko Kha	1953	1988	180	17 December 1953
16042	Sop Prap	1953	1988	300	4 May 1975
16052	Mae Tha	1952	1988	141	30 April 1974
16062	Mang Chat	1952	1988	180	25 October 1960
16072	Thoen	1956	1988	125	29 September 1962
16082	Mae Phrik	1952	1988	131	11 May 1959
16092	Ngao	1952	1988	135	21 August 1961
17012	Lamchun	1952	1988	141	10 May 1978
17022	Li	1955	1988	143	27 August 1962
17032	Pa Sang	1955	1988	147	19 August 1960
17042	Mae Tha	1952	1988	127	3 October 1954
70013	Uttaradit	1952	1988	206	2 June 1968
70022	Nam Pat	1952	1988	170	7 May 1973
	Lap Pae	1952	1988	239	7
70042	Phichai	1952	1988	176	22 May 1981
70052	Tron	1952	1988	176	22 May 1981
70062	Tha Pla	1952	1988	259	19 June 1975
70072	Fak Tha	1952	1988	129	5 June 1955
20012	Mae Hong Son	1952	1988	130	6 September 1956
20022	Mae Sariang	1952	1988	131	23 May 1980
20032	Khon Yuen	1952	1988	188	16 November 1972

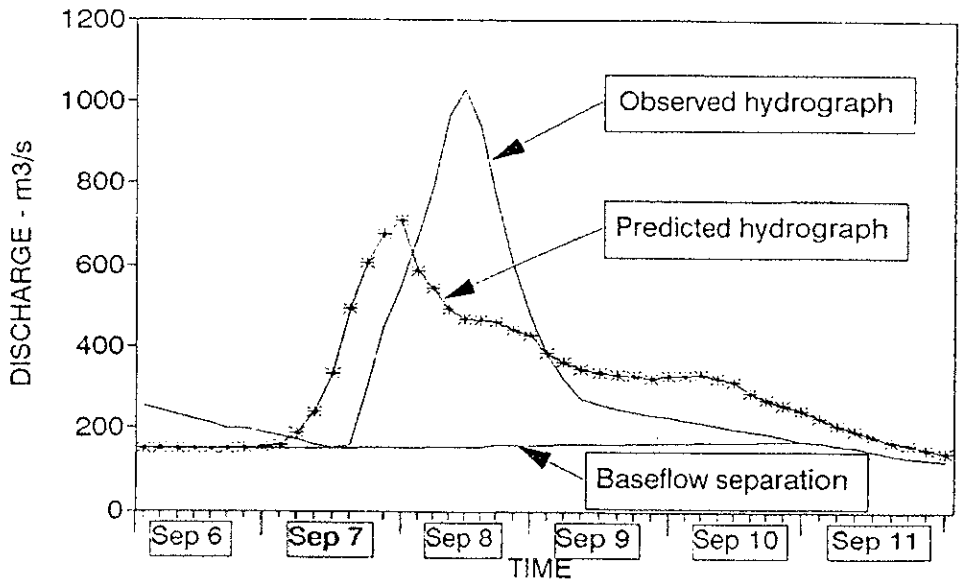
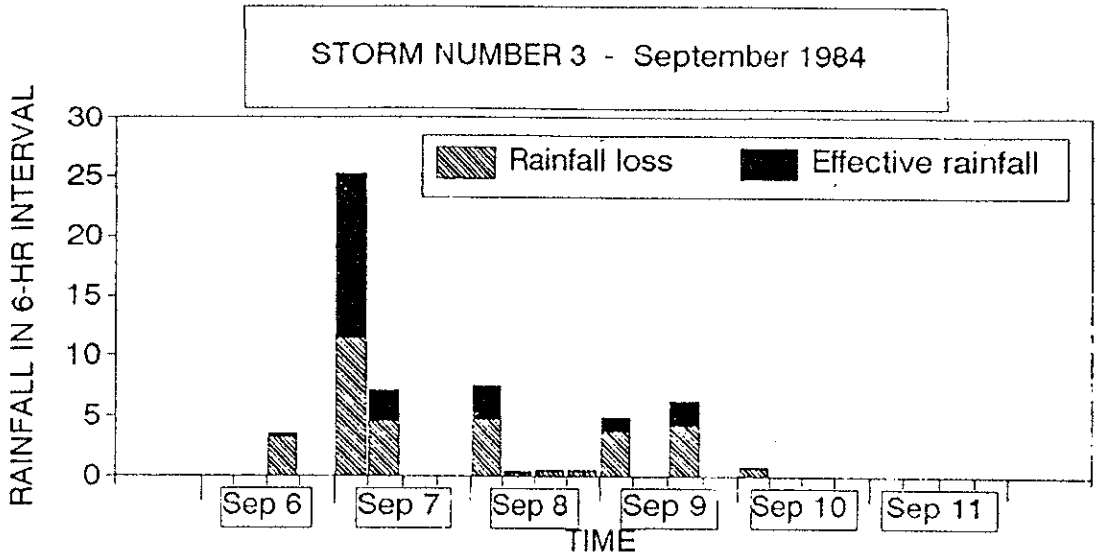
THAILAND: KAENG SUA TEN AGRICULTURAL DAM PROJECT



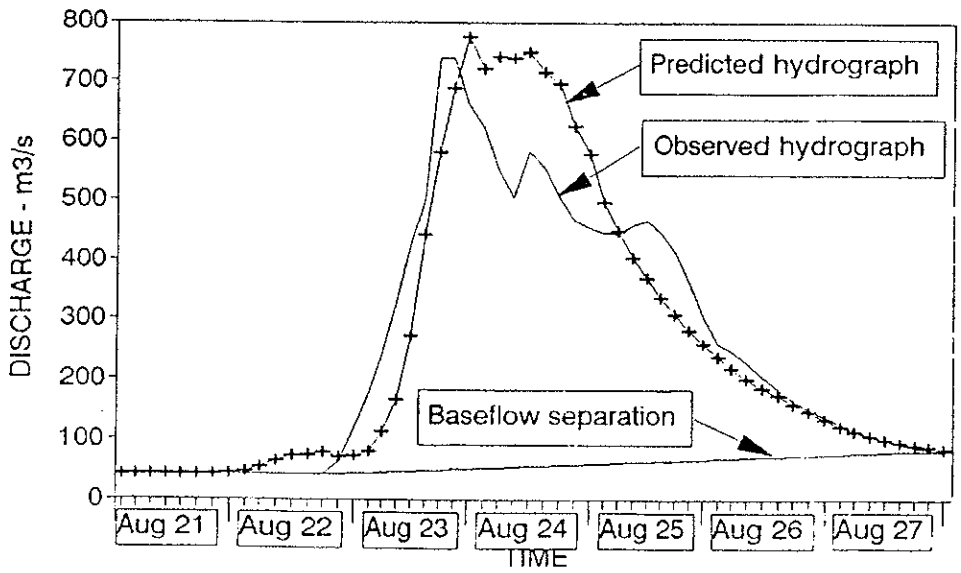
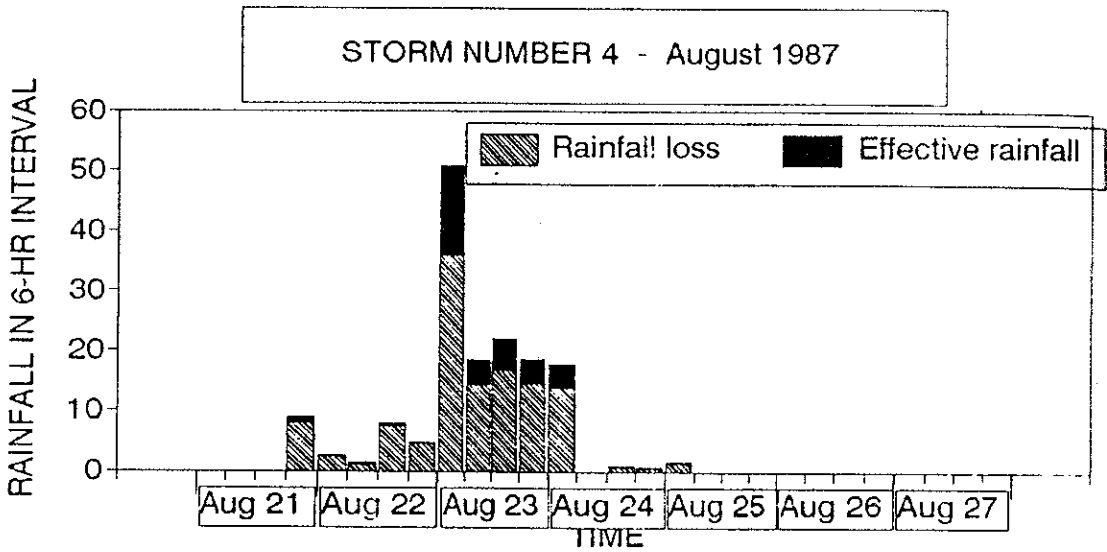
THAILAND: KAENG SUA TEN AGRICULTURAL DAM PROJECT



THAILAND: KAENG SUA TEN AGRICULTURAL DAM PROJECT



THAILAND: KAENG SUA TEN AGRICULTURAL DAM PROJECT



ภาคผนวก ข
รายการข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้

ภาคผนวก ข ประกอบด้วย

- ตารางที่ ข-1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน
- ตารางที่ ข-2 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน
- ตารางที่ ข-3 รายชื่อสถานีวัดการระเหยในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน
- ตารางที่ ข-4.1 รายชื่อสถานีที่มีข้อมูลรูปตัดตามขวางลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน
- ตารางที่ ข-4.2 รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ (ข้อมูลจาก กฟผ.)
- ตารางที่ ข-5 รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลระดับ-ปริมาณน้ำ (rating curve)
- ตารางที่ ข-6 รายชื่อสถานีวัดอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

ตารางที่ ข-1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
1	แก่งกุด (P.13) อ.แม่แตง	07331	เชียงใหม่	19	12	45	98	52	12	1952 - 1980	28	ขาด 1957	กรมชลฯ
2	แม่กวัง (P.25) อ.คอยสะเก็ด	07341	เชียงใหม่	18	55	4	99	7	50	1964 - 2003	30	ขาด 92-97,99-02	กรมชลฯ
3	ศูนย์อุทกวิทยาที่ 1 สำนักงานชลประทานที่ 1	07391	เชียงใหม่	18	47	21	99	1	1	1971 - 2006	36		กรมชลฯ
4	ห้วยแม่ลาย (P.36) อ.สันกำแพง	07581	เชียงใหม่	18	51	26	99	17	12	1977 - 1985	7		กรมชลฯ
5	บ้านปางตม (P.41) อ.สันป่าตอง	07591	เชียงใหม่	18	37	0	98	44	43	1979 - 1999	15	ขาด 1992 - 1997	กรมชลฯ
6	แม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม	07634	เชียงใหม่	18	29	52	98	21	47	1970 - 1981	12		กรมชลฯ
7	โครงการแม่จืด (P.28A)	07670	เชียงใหม่	19	10	10	99	3	9	1984 - 2001	14	ขาด 1999 - 2000	กรมชลฯ
8	บ้านแม่ท่าลอบ (G.7) อ.ฝาง	07680	เชียงใหม่	19	42	40	99	12	50	1986 - 1992	7		กรมชลฯ
9	บ้านแม่ตั้น (P.64) อ.อมก๋อย	07731	เชียงใหม่	17	47	1	98	22	31	1990 - 2006	17		กรมชลฯ
10	บ้านเมืองป๊อก (P.65) อ.เวียงแหง	07751	เชียงใหม่	no data						1995 - 2006	12		กรมชลฯ
11	แม่เงิน ต.บ้านเถียว (KH.49) อ.เชียงแสน	08230	เชียงราย	20	48	25	100	15	56	1970	1		กรมชลฯ
12	แม่กก (G.2A) อ.เมือง	08261	เชียงราย	19	55	14	99	50	57	1993 - 1994	2		กรมชลฯ
13	แม่วัง (W.1) อ.เมือง	16140	ลำปาง	18	17	31	99	30	14	1955 - 1969	15		กรมชลฯ
14	แม่จาง (W.15) อ.แม่ทา	16151	ลำปาง	18	8	9	99	34	53	1971 - 2006	36		กรมชลฯ
15	แม่สุก (W.16) อ.แจ้ห่ม	16181	ลำปาง	18	48	12	99	38	45	1972 - 2000	29		กรมชลฯ
16	บ้านแม่ปู้ (Y.26) อ.เถิน	16220	ลำปาง	17	19	45	99	27	42	1979 - 2006	28		กรมชลฯ
17	บ้านห้วย (W.16a) อ.แจ้ห่ม	16330	ลำปาง	no data						2001 - 2006	6		กรมชลฯ
18	บ้านคอนมูล (P.42) อ.ทุ่งหัวช้าง	17081	ลำพูน	17	53	16	99	5	20	1978 - 2003	26		กรมชลฯ
19	บ้านหนองหอย (P.44) อ.เมือง	17101	ลำพูน	18	35	12	99	9	27	1983 - 1986, 1998	5		กรมชลฯ
20	แม่ขันธ์ (P.53) อ.แม่ทา	17111	ลำพูน	18	23	11	99	0	37	1986 - 1987	2		กรมชลฯ
21	น้ำป่าย (Sw.5A) อ.เมือง	20111	แม่ฮ่องสอน	19	16	10	97	56	55	1986 - 2006	21		กรมชลฯ
22	แม่สะเรียง (Sw.9) อ.แม่สะเรียง	20121	แม่ฮ่องสอน	18	9	45	97	57	20	1986 - 1989	4		กรมชลฯ
23	วังกระเจ้า (P.12) อ.สามเงา	63111	ตาก	17	14	30	99	0	47	1952 - 1962	11		กรมชลฯ

ตารางที่ ข-1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
24	ห้วยแม่ละกา (P.32) อ.เมือง	63120	ตาก	16	55	27	99	18	9	1971 - 89, 2000 - 2001	21		กรมชลฯ
25	แม่ละเมา (SW.6) อ.แม่สอด	63181	ตาก	16	45	44	98	45	14	1977 - 2006	30		กรมชลฯ
26	แม่ฮ่องสอน	300201	แม่ฮ่องสอน	19	18		97	50		1951 - 2007	57		กรมอุตุฯ
27	แม่สะเรียง	300202	แม่ฮ่องสอน	18	10		97	56		1951 - 2007	57		กรมอุตุฯ
28	พะเยา	310201	พะเยา	19	8		99	54		1981 - 2007	27		กรมอุตุฯ
29	เชียงราช	303201	เชียงราย	19	55		99	50		1951 - 2007	57		กรมอุตุฯ
30	ศูนย์อุตุฯ เชียงราช	303301	เชียงราย	19	58		99	53		1979 - 2007	29		กรมอุตุฯ
31	ลำพูน	329201	ลำพูน	18	34		99	2		1981 - 2007	27		กรมอุตุฯ
32	แม่ใจ	327301	เชียงใหม่	18	55	0	99	0	0	1969 - 2007	39		กรมอุตุฯ
33	เชียงใหม่	327501	เชียงใหม่	18	47		98	59		1951 - 2007	57		กรมอุตุฯ
34	ลำปาง	328201	ลำปาง	18	17		99	31		1951 - 2007	57	ขาด 1953	กรมอุตุฯ
35	ศูนย์อุตุฯ ลำปาง	328301	ลำปาง	18	17		99	31		1982 - 2007	26		กรมอุตุฯ
36	ตาก	376201	ตาก	15	53		99	7		1955 - 2007	53		กรมอุตุฯ
37	แม่สอด	376202	ตาก	16	40		99	33		1951 - 2007	57		กรมอุตุฯ
38	เขื่อนภูมิพล	376203	ตาก	17	14		99	3		1961 - 2007	47		กรมอุตุฯ
39	สถานีกรมอุตุฯ คอยมูเซอ	376301	ตาก	no data						1992 - 2007	16		กรมอุตุฯ
40	คุ้มผาง	376401	ตาก	16	1		98	53		1977 - 2007	31		กรมอุตุฯ
41	เขื่อนภูมิพล	6307	ตาก							1959 - 2005	47		กฟผ.
42	บ้านกองหิน อ.สอด	0769	เชียงใหม่	18	10	30	98	36	0	1985 - 2006	22		กฟผ.
43	ที่ว่าการอำเภอฝาง (สทอ.ชั้น 3)	327001	เชียงใหม่	19	55	3	99	13	4	1976-1978, 1982-2007	29		กรมอุตุฯ
44	ที่ว่าการอำเภอแมริม	327002	เชียงใหม่	18	54	45	98	56	48	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
45	ที่ว่าการอำเภอจอมทอง	327003	เชียงใหม่	18	24	58	98	40	48	1976-2006	31		กรมอุตุฯ
46	ที่ว่าการอำเภอดอยสะเก็ด	327004	เชียงใหม่	18	52	9	99	8	26	1976-2007	32		กรมอุตุฯ

ตารางที่ ข-1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
47	ที่ว่าการอำเภอแม่แตง	327005	เชียงใหม่	19	7	10	98	56	52	1976-2006	31		กรมอุตุฯ
48	ที่ว่าการอำเภอพร้าว	327006	เชียงใหม่	19	21	47	99	12	18	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
49	ที่ว่าการอำเภอแม่แจ่ม	327007	เชียงใหม่	18	29	53	98	21	54	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
50	ที่ว่าการอำเภออมก๋อย	327008	เชียงใหม่	17	48	2	98	21	30	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
51	ที่ว่าการอำเภอสะเมิง	327009	เชียงใหม่	18	50	45	98	44	6	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
52	ที่ว่าการอำเภอฮอด	327010	เชียงใหม่	18	11	26	98	36	49	1976-2007	31	ขาด 2004	กรมอุตุฯ
53	ที่ว่าการอำเภอสารภี	327011	เชียงใหม่	18	42	47	99	2	28	1978-82, 1985-2007	28		กรมอุตุฯ
54	ที่ว่าการอำเภอสันทราย	327012	เชียงใหม่	18	50	51	99	2	43	1976-2007	28	ขาด 1978,80,81,83	กรมอุตุฯ
55	ที่ว่าการอำเภอหางดง	327013	เชียงใหม่	18	41	10	98	55	20	1976-2006	31		กรมอุตุฯ
56	ที่ว่าการอำเภอสันป่าตอง	327014	เชียงใหม่	18	37	39	98	53	56	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
57	ที่ว่าการอำเภอสันกำแพง	327015	เชียงใหม่	18	44	37	99	7	23	1977-2006	29	ขาด 1996	กรมอุตุฯ
58	ที่ว่าการอำเภอเชียงดาว	327016	เชียงใหม่	19	21	53	98	58	3	1979-80,1982-83,1986-2007	26		กรมอุตุฯ
59	ที่ว่าการอำเภอแม่เฒ่า 202 ม.4 ต.แม่เฒ่า	327017	เชียงใหม่	20	1	56	99	17	27	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
60	รร.บ้านแอ่นจัดสรร อ.คอกเต่า (ปีค.ม.ค.48)	327018	เชียงใหม่	18	2	52	98	38	43	1976-2004	29		กรมอุตุฯ
61	สถานีทดลองพืชสวนฝาง	327019	เชียงใหม่	19	57	31	99	9	38	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
62	อุทยานแห่งชาติคอกยสุเทพ-ปุย อ.เมือง	327020	เชียงใหม่	18	48	21	98	55	21	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
63	พระตำหนักภูพิงศ์ราชนิเวศน์ อ.เมือง	327021	เชียงใหม่	18	48	5	98	54	12	1977-2007	29	ขาด 1989	กรมอุตุฯ
64	นิคมสร้างตนเองเขื่อนภูมิพล ต.ท่าเตื่อ อ.คอกเต่า	327022	เชียงใหม่	17	56	0	98	41	0	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
65	ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ อ.ฝาง	327023	เชียงใหม่	19	50	25	99	9	45	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
66	สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง	327024	เชียงใหม่	18	36	51	98	54	7	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
67	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	327025	เชียงใหม่	19	5	41	99	5	13	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
68	สถานีวิจัยดินน้ำคอกยเชียงดาว อ.แม่แตง	327026	เชียงใหม่	19	21	7	99	58	25	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
69	ศูนย์ทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว อ.ฮอด	327027	เชียงใหม่	18	9	27	98	23	20	1976-2007	31	ขาด 1981	กรมอุตุฯ

ตารางที่ ข-1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
70	โครงการเกษตรกรรมจอมทอง อ.คอกหล่อ (ปีค.ม.ค.48)	327028	เชียงใหม่	18	31	0	98	49	21	1983-2003	21		กรมอุตุฯ
71	ที่ว่าการอำเภอเวียงแหง	327029	เชียงใหม่	19	33	27	98	38	25	1990-2007	17	ขาด 2006	กรมอุตุฯ
72	สวนป่าแม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม	327030	เชียงใหม่	18	18	25	98	21	57	1988-89, 1992-2007	18		กรมอุตุฯ
73	หน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ 32 อ.เชียงดาว	327031	เชียงใหม่	19	25	0	98	58	0	1990-2006	17		กรมอุตุฯ
74	ที่ว่าการอำเภอแม่วาง	327032	เชียงใหม่	18	36	40	98	46	40	2001-2007	7		กรมอุตุฯ
75	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วีน อ.แม่วาง	327033	เชียงใหม่	18	37	23	98	30	42	2001-2007	7		กรมอุตุฯ
76	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหิยะ) ต.หนองควาย อ.หางดง	327034	เชียงใหม่	18	44	37	98	55	20	2001-2007	6	ขาด 2004	กรมอุตุฯ
77	บ้านห้วยโค้ง อ.อมก๋อย	327035	เชียงใหม่	17	37	18	98	19	5	no data			กรมอุตุฯ
78	บ้านสบลาน อ.อมก๋อย	327036	เชียงใหม่	17	36	37	98	24	30	no data			กรมอุตุฯ
79	สถานีวัดระดับน้ำบ้านท่าคอง อ.แม่อาว		เชียงใหม่	20	3	32	99	22	1	no data			กรมอุตุฯ
80	สถานีวัดระดับน้ำเชียงดาว อ.แม่แตง		เชียงใหม่	19	21	7	99	58	25	no data			กรมอุตุฯ
81	สถานีวัดระดับน้ำ ต.วัดเกตุ อ.เมือง		เชียงใหม่							no data			กรมอุตุฯ
82	สถานีวัดระดับน้ำ อ.ฝาง		เชียงใหม่	19	54	27	99	13	25	no data			กรมอุตุฯ
83	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	1971-2004	34		กรมทรัพยากรฯ
84	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	1979-2004	25	ขาด 1985	กรมทรัพยากรฯ
85	ห้วยแม่หาดที่บ้านนวม	060401	เชียงใหม่	19	37	38	98	34	46	1980-2004	25		กรมทรัพยากรฯ
86	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	1987-2004	18		กรมทรัพยากรฯ
87	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาเชียงใหม่	060601	เชียงใหม่	18	56	42	98	56	48	1977-2004	28	1977 มีแค่ธ.ค.	กรมทรัพยากรฯ
88	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าตอง (บ้านห้วยไทรง)	060801	เชียงใหม่	18	42	0	98	49	48	1962-2004	43		กรมทรัพยากรฯ
89	น้ำแม่เคียนที่บ้านทุ่งหลวง	060803	เชียงใหม่	18	43	7	98	34	22	1974-2004	31		กรมทรัพยากรฯ
90	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	18	23	12	98	28	18	1978-2004	23	1978 มีข้อมูล 1 วัน	กรมทรัพยากรฯ

ตารางที่ ข-2 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18	47	9	99	0	29	6,350	1952 - 2005	54	2004 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
2	บ้านเชียงเงิน อ.เมือง ตาก	P.2A	ตาก	16	51	14	99	7	50	38,681	1952 - 2005	54	1973 - 74 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
3	สะพานท่าสิงห์พิทักษ์	P.5	ลำพูน	18	34	32	99	0	44	1,569	1954 - 1968, 1978 - 1992,	31	1991 - 92 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
4	ตำบลต้นตอง อ.เมือง	P.5A	ลำพูน	18	32	32	98	58	17	1,740	1993 - 1994	2	1993 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
5	ก้ามพงเพชร	P.7	ก้ามพงเพชร	16	28	15	99	31	51	42,704	1954 - 1959	6	1959 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
6	วังกระเจ้า อ.สามเงา	P.12	ตาก	17	14	30	99	0	45	26,396	1952 - 2005	54	ขาด 1969 - 1971	กรมชลฯ
7	แก่งกุด อ.แม่แตง	P.13	เชียงใหม่	19	12	38	98	52	20	1,765	1952 - 1980	29		กรมชลฯ
8	แก่งออบหลวง อ.ฮอด	P.14	เชียงใหม่	18	13	49	98	33	35	3,836	1954 - 2005	52	1964, 1989-94, 1996 - 2002	กรมชลฯ
9	ฮอด	P.14A	เชียงใหม่	18	12	2	98	37	1	3,909	1958 - 1969, 1972	13		กรมชลฯ
10	บ้านคลองขลุง อ.คลองขลุง	P.15	ก้ามพงเพชร	16	12	50	99	43	26	44,461	1978 - 1980, 1997 - 2005	12		กรมชลฯ
11	อ.ชาตวรดิษฐ์บุรี	P.16	ก้ามพงเพชร	16	3	42	99	51	51	45,076	1979 - 80, 1990 - 2005	18		กรมชลฯ
12	ต.ท่าวี อ.บรรพตพิสัย	P.17	นครสวรรค์	15	56	2	99	58	49	45,297	1954 - 2005	51	ขาด 1997	กรมชลฯ
13	บ้านวังเจ้า (สะพานวุฒิกุญ)	P.18	ตาก	16	40	57	99	16	40	40,273	1954 - 1955	2		กรมชลฯ
14	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	เชียงใหม่	18	25	19	98	42	11	14,023	1958 - 1992	35	1978, 1983, 1987	กรมชลฯ
15	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19	21	9	98	58	25	1,345	1979 - 2005	27	1994-96, 1998 - 2000	กรมชลฯ
16	บ้านแม่มิไรใต้ อ.แม่มิไร	P.21	เชียงใหม่	18	55	29	98	56	34	452	1954 - 2005	52	1988, 1990-91, 1999	กรมชลฯ
17	บ้านแม่สำนียง อ.แม่มิไร	P.22	เชียงใหม่	18	53	45	98	57	12	135	1954 - 1968	15		กรมชลฯ
18	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18	25	1	98	40	29	452	1973 - 2005	33	1995, 1997, 1999, 2001-04	กรมชลฯ
19	บ้านใหม่ อ.เมือง	P.26	ก้ามพงเพชร	16	26	54	99	25	57	968	1964, 1967-71, 1987, 1989-91	9	89 - 91 ข้อมูลเป็น *****	กรมชลฯ
20	บ้านใหม่ อ.เมือง	P.26A	ก้ามพงเพชร	16	26	57	99	26	27	974	1972-74, 1978-1992, 1977-2005	27	1988, 1997-98 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
21	บ้านผามือง อ.แม่มิไร	P.27	เชียงใหม่	18	54	23	98	54	59	24	1965 - 1969	5		กรมชลฯ
22	บ้านแม่ใน อ.แม่มิไร	P.27A	เชียงใหม่	18	53	18	98	55	0	18	1967 - 1979	13		กรมชลฯ
23	บ้านใหม่ อ.แม่แตง	P.28	เชียงใหม่	19	10	7	99	3	1	1,261	1966 - 1979	14	1966, 70-71, 74-75, 78	กรมชลฯ

ตารางที่ ข-2 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง			พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด	ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
24	บ้านโสัง อ.บ้านโสัง	P.29	ลำพูน	18 18 35	98 49 35	1,970	1969 - 1987	18	1985 มี rating curve 2 อัน ขาด 1986	กรมชลฯ	
25	บ้านเคียงท่าไม้ อ.คอกสะแก	P.30	เชียงใหม่	18 56 35	99 8 20	466	1967 - 1979	13		กรมชลฯ	
26	บ้านโก้ทุ่ง	P.31		17 35 14	98 48 36	121	1968	1		กรมชลฯ	
27	บ้านคลองประดู่ อ.เมือง	P.32	ตาก	16 55 27	99 18 9	342	1971 - 1989	19		กรมชลฯ	
28	บ้านป่าตึก อ.คอกสะแก	P.34	เชียงใหม่	18 56 22	99 7 25	566	1974 - 1982	9	1975, 78, 80 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
29	บ้านปางท่าหวาย อ.คลองขลุง	P.35	กำแพงเพชร	16 4 22	98 24 18	730	1974 - 2001	28	1983, 85 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
30	บ้านห้วยเขา อ.สันกำแพง	P.36	เชียงใหม่	18 51 26	99 17 12	35	1977 - 1983	7	1982 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
31	บ้านห้วยเขา อ.สันกำแพง	P.37	เชียงใหม่	18 50 48	99 16 22	14	1977 - 1983	7	1977, 81 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
32	บ้านจำขี้มด อ.แม่ทา	P.38	ลำพูน	18 30 41	99 8 9	34	1979 - 1982	3	ขาด 1981	กรมชลฯ	
33	บ้านปางเดิม อ.สันป่าตอง	P.41	เชียงใหม่	18 37 0	98 44 43	426	1979 - 1990	12	1982-83, 85-87, 90	กรมชลฯ	
34	บ้านแม่บงใหม่	P.42	ลำพูน	17 53 16	99 5 20	318	1978 - 2001	23	1987, 95, 97-2001 มี rating curve 2 อัน ขาดปี 1996	กรมชลฯ	
35	บ้านหนองหอย อ.เมือง	P.44	ลำพูน	18 35 12	99 9 27	35	1983 - 1985	3	1983-84 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
36	บ้านโป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน	P.47	กำแพงเพชร	16 20 3	99 16 29	529	1983 - 2005	23	1985, 88 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
37	บ้านแม่สะปูดใน อ.แม่ทา	P.48	ลำพูน	18 25 21	99 5 15	74	1983 - 1988	6		กรมชลฯ	
38	บ้านไทยทวี อ.โกสัมพีนคร	P.50A	กำแพงเพชร	16 32 59	99 15 0	480	1999 - 2005	7		กรมชลฯ	
39	บ้านนาบท อ.เมือง	P.51	ตาก	16 41 11	99 9 20	167	1999 - 2003	4	1999 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
40	บ้านตาก อ.บ้านตาก	P.52	ตาก	17 2 13	99 3 8	354	1983 - 2005	22	มี rating curve 2 อัน 1988 ข้อมูลเป็น ***** ขาด	กรมชลฯ	
41	บ้านแม่ขันธ์ อ.แม่ทา	P.53	ลำพูน	18 23 11	99 0 37	146	1984 - 1987	4	1986 - 87 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
42	บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า อ.พร้าว	P.56A	เชียงใหม่	19 17 2	99 11 25	546	1999 - 2005	7	2002 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
43	บ้านแม่ต๋อน อ.จอมทอง	P.63	เชียงใหม่	18 32 31	98 42 22	45	1987 - 1990	4	1987, 89-90 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	
44	บ้านหลวง อ.อมก๋อย	P.64	เชียงใหม่	17 47 1	98 22 31	502	1990 - 2005	15	ขาด 2003	กรมชลฯ	
45	บ้านแม่ป๋อก อ.เวียงแหง	P.65	เชียงใหม่	19 38 10	98 38 19	243	1992 - 2005	13	1995, 2001 มี rating curve 2 อัน ขาด 2003	กรมชลฯ	
46	บ้านท่าใหม่	P.66	เชียงใหม่	18 43 12	98 59 23	6,367	1994	1	1994 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ	

ตารางที่ ข-2 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
47	บ้านแม่เต๋ อ.สันทราย	P.67	เชียงใหม่	19	1	11	98	57	42	5,323	1996 - 2005	10	1997-98, 2000-01, 03-05	กรมชลฯ
48	บ้านน้ำตอง	P.68	เชียงใหม่	18	40	46	98	59	16	6,430	1995 - 1997	3		กรมชลฯ
49	บ้านห้อยกก อ.เมือง	P.69	ลำพูน	18	39	6	99	4	2	1,602	1995 - 2000	6	1995 - 2000 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
50	บ้านห้วยไคร้ อ.เวียงแหง	P.70	เชียงใหม่	19	39	8	98	40	10	182	1995 - 2000	6		กรมชลฯ
51	บ้านกลาง อ.สันป่าตอง	P.71	เชียงใหม่	18	32	14	98	51	47	1,758	1996 - 2005	10	1996, 98, 2000, 02-03	กรมชลฯ
52	บ้านสวนสร้อย อ.จอมทอง	P.73	เชียงใหม่	18	17	18	98	39	11	14,814	1998 - 2005	8		กรมชลฯ
53	บ้านซอบล อ.แม่แตง	P.75	เชียงใหม่	19	8	52	99	0	36	3,080	1999 - 2005	7	2000, 04 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
54	บ้านแม่ฮีใหม่ อ.สี	P.76	ลำพูน	18	8	23	98	53	58	1,545	2000 - 2005	6	2002 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
55	บ้านสบแม่สะปิว อ.แม่ทา	P.77	ลำพูน	18	25	57	99	5	0	550	1999 - 2005	7	2003 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
56	บ้านสำรวจ อ.คลองขลุง	P.78	กำแพงเพชร	16	11	3	99	36	9	1,119	2003	1	2003 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
57	บ้านแม่แว่น อ.คอยสະເກັດ	P.79	เชียงใหม่	18	58	2	99	14	40	136	2001 - 2005	5		กรมชลฯ
58	บ้านโป่งคิน อ.คอยสະເກັດ	P.80	เชียงใหม่	18	54	43	99	14	17	129	2001 - 2005	5		กรมชลฯ
59	บ้านโป่ง อ.สันกำแพง	P.81	เชียงใหม่	18	41	37	99	4	55	1,190	2002 - 2005	4		กรมชลฯ
60	บ้านเมวิน แม่วัง	P.82	เชียงใหม่	18	39	8	98	41	26		2003 - 2005	3	2005 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
61	บ้านแม่แฝด อ.แม่แฝด	P.84	เชียงใหม่	no data							2003 - 2005	3	2004 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
62	บ้านไหลงา อ.บ้านโฮ้ง	P.85	ลำพูน	no data							2003 - 2005	3		กรมชลฯ
63	บ้านกองหิน อ.ฮอด	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	98	36	0	18,932	1970 - 2005	32	ขาด 1975 - 1978	กฟผ.
64	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	37,500	1972 - 2004	32	1979 no data	กรมทรัพยากรฯ
65	น้ำแม่มะที่บ้านแม่มะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	98	56	4	47	1986 - 2004	19		กรมทรัพยากรฯ
66	น้ำแม่ป๋ามที่ไค้สยห้วยแม่มาศ	060202	เชียงใหม่	19	29	10	98	56	4	203	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
67	น้ำแม่จัดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	81	1977 - 2004	28		กรมทรัพยากรฯ
68	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	98	44	36	12	1985 - 2003	19		กรมทรัพยากรฯ
69	ห้วยแม่พลมที่ได้บ้านแม่พลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	98	41	44	20	1985 - 2004	20		กรมทรัพยากรฯ
70	บ้านกองหินน้ำถ่าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	98	44	23	194	1985 - 2004	20		กรมทรัพยากรฯ

ตารางที่ ข-2 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
71	ห้วยท่าอะที่เหนือสบห้วยท่า	060405	เชียงใหม่	19	25	42	98	42	28	34	1985 - 2004	20		กรมทรัพยากร
72	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	835	1985 - 2004	20		กรมทรัพยากร
73	น้ำแม่สาที่บ้านกองแหะ	060502	เชียงใหม่	18	51	47	97	48	40	4	2004			กรมทรัพยากร
74	น้ำแม่ริมที่บ้านลาดฮาว	060603	เชียงใหม่	19	1	28	98	52	48	169	1985 - 2004	20		กรมทรัพยากร
75	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	99	14	19	53	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
76	ห้วยแม่ดอนที่บ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	99	19	12	38	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
77	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมี่ยงปางแก	060703	เชียงใหม่	18	51	59	99	15	48	24	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
78	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางปง	060704	เชียงใหม่	18	58	57	99	20	22	5	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
79	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าดอง (บ้านห้วยโถง)	060801	เชียงใหม่	18	42	0	98	49	48		1963 - 1968			กรมทรัพยากร
80	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	060804	เชียงใหม่	19	39	54	98	37	54	35	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
81	น้ำแม่ปวยที่เหนือบ้านห้วยโป่ง	060805	เชียงใหม่	18	39	23	98	40	6	41	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
82	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่สมิง	060806	เชียงใหม่	18	47	42	98	43	29	548	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
83	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18	39	6	98	41	30	343	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
84	น้ำแม่ขานที่บ้านเชียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	98	51	24	1,170	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
85	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18	32	24	98	35	42	92	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
86	น้ำแม่ชะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	98	37	45	90	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
87	ห้วยแม่เตยที่บ้านยางแม่เตย	061003	เชียงใหม่	18	23	24	98	36	55	65	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
88	ห้วยแม่แต้ที่เหนือสบแม่แต้	061005	เชียงใหม่	18	24	8	98	36	0	33	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
89	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	98	48	42	84	1984 - 2004	21		กรมทรัพยากร
90	น้ำแม่จ่มที่บ้านห้วยคิง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	98	22	51	1,270	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
91	น้ำแม่จ่มที่บ้านกองลาน	061302	เชียงใหม่	18	32	54	98	21	30	1,950	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากร
92	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	18	23	12	98	28	18	1,470	1977 - 2004	28		กรมทรัพยากร

ตารางที่ ข-3 รายชื่อสถานีวัดการระเหยในลุ่มน้ำปึงตอนบน

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
1	ศูนย์อุทกวิทยาที่ 1 สำนักงานชลประทานที่ 1	07391	เชียงใหม่	18	47	21	99	1	1	1978 - 2006	29		กรมชลฯ
2	ห้วยแม่ลาย (P.36) อ.สันกำแพง	07581	เชียงใหม่	18	51	26	99	17	12	1977 - 1986	10		กรมชลฯ
3	บ้านปางติ่ม (P.41) อ.สันป่าคอง	07591	เชียงใหม่	18	37	0	98	44	43	1979 - 1992	14		กรมชลฯ
4	โครงการแม่จัด (P.28A)	07670	เชียงใหม่	19	10	10	99	3	9	1986 - 1996	11		กรมชลฯ
5	บ้านแม่ท่าลอม (G.7) อ.ป่าซาง	07680	เชียงใหม่	19	42	40	99	12	50	1989 - 1993	5		กรมชลฯ
6	บ้านแม่ต้น (P.64) อ.อมก๋อย	07731	เชียงใหม่	17	47	1	98	22	31	1991 - 2006	16		กรมชลฯ
7	บ้านเมืองปึก (P.65) อ.เวียงแหง	07751	เชียงใหม่	no data						2003	1		กรมชลฯ
8	น้ำป่าข (Sw.5A) อ.เมือง	20111	แม่ฮ่องสอน	19	16	10	97	56	55	1989 - 2005	17		กรมชลฯ
9	แม่สะเรียง (Sw.9) อ.แม่สะเรียง	20121	แม่ฮ่องสอน	18	9	45	97	57	20	1989	1		กรมชลฯ
10	บ้านคอนมูล (P.42) อ.ทุ่งหัวช้าง	17081	ลำพูน	17	53	16	99	5	20	1978 - 2003	18	ขาด 1982 - 1988, 1990	กรมชลฯ
11	บ้านหนองหอย (P.44) อ.เมือง	17101	ลำพูน	18	35	12	99	9	27	1983 - 1986	4		กรมชลฯ
12	แม่จาง (W.15) อ.แม่ทา	16151	ลำปาง	18	8	9	99	34	53	1978 - 1990	11	ขาด 1987 - 1988	กรมชลฯ
13	แม่สุก (W.16) อ.แจ้ห่ม	16181	ลำปาง	18	48	12	99	38	45	1978 - 2001	22	ขาด 1987 - 1988	กรมชลฯ
14	บ้านแม่ป๋ (Y.26) อ.เถิน	16220	ลำปาง	17	19	45	99	27	42	1980 - 2006	27		กรมชลฯ
15	บ้านห้วย (W.16a) อ.แจ้ห่ม	16330	ลำปาง	no data						2001	1		กรมชลฯ
16	แม่ละเมา (SW.6) อ.แม่สอด	63181	ตาก	16	45	44	98	45	14	1980 - 2006	27		กรมชลฯ
17	แม่สะเรียง	300202	แม่ฮ่องสอน	18	10		97	56		1982 - 2007	26		กรมอุตุฯ
18	พะเยา	310201	พะเยา	19	8		99	54		1982 - 2007	26		กรมอุตุฯ
19	เชียงราย	303201	เชียงราย	19	55		99	50		1962 - 2007	46		กรมอุตุฯ
20	ศูนย์อุตุฯ เชียงราย	303301	เชียงราย	19	58		99	53		1979 - 2007	29		กรมอุตุฯ
21	ลำพูน	329201	ลำพูน	18	34		99	2		1982 - 2007	26		กรมอุตุฯ
22	แม่ใจ	327301	เชียงใหม่	18	55	0	99	0	0	1969 - 2007	39		กรมอุตุฯ
23	เชียงใหม่	327501	เชียงใหม่	18	47		98	59		1973 - 2007	35		กรมอุตุฯ
24	ลำปาง	328201	ลำปาง	18	17		99	31		1976 - 2007	32		กรมอุตุฯ
25	ศูนย์อุตุฯ ลำปาง	328301	ลำปาง	18	17		99	31		1982 - 2007	26		กรมอุตุฯ
26	ตาก	376201	ตาก	15	53		99	7		1982 - 2007	26		กรมอุตุฯ
27	แม่สอด	376202	ตาก	16	40		99	33		1975 - 2007	33		กรมอุตุฯ
28	เขื่อนภูมิพล	376203	ตาก	17	14		99	3		1969 - 2007	39		กรมอุตุฯ
29	สถานีกรมอุตุฯ คอยมูเซอ	376301	ตาก	no data						1992 - 2007	16		กรมอุตุฯ
30	อุ้มผาง	376401	ตาก	16	1		98	53		1977 - 2007	31		กรมอุตุฯ
31	น้ำแม่ปึงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	1971 - 2004	34	ขาด 1984	กรมทรัพยากรฯ
32	ห้วยแม่หาดที่บ้านนาบน	060401	เชียงใหม่	19	37	38	98	34	46	1980 - 2004	25		กรมทรัพยากรฯ
33	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาเชียงใหม่	060601	เชียงใหม่	18	56	42	98	56	48	1977 - 2004	28		กรมทรัพยากรฯ
34	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าคอง (บ้านห้วยโพธิ์)	060801	เชียงใหม่	18	42	0	98	49	48	1964 - 2004	41		กรมทรัพยากรฯ
35	น้ำแม่เดือนที่บ้านทุ่งหลวง	060803	เชียงใหม่	18	43	7	98	34	22	1974 - 2004	31		กรมทรัพยากรฯ
36	น้ำแม่ต้นที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	18	23	12	98	28	18	1979 - 2004	24		กรมทรัพยากรฯ

ตารางที่ ข-4.1 รายชื่อสถานที่ที่มีข้อมูลรูปตัดตามขวางลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง			ช่วงปีสถิติข้อมูล	แหล่งข้อมูล
				ละติจูด	ลองจิจูด	ช่วงปี		
1	สะพานนวรัฐ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18 47 9	99 0 29	2003-2005	กรมชลฯ	
2	สะพานท่าสิงห์ทึ่กษ	P.5	ลำพูน	18 34 32	99 0 44	2003-2006	กรมชลฯ	
3	แก่งออบหลวง อ.ฮอด	P.14	เชียงใหม่	18 13 49	98 33 35	2004-2007	กรมชลฯ	
4	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19 21 9	98 58 25	2003-2006	กรมชลฯ	
5	บ้านแมริมใต้ อ.แมริม	P.21	เชียงใหม่	18 55 29	98 56 34	2003-2006	กรมชลฯ	
6	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18 25 1	98 40 29	2003-2006	กรมชลฯ	
7	บ้านแม่บงใหม่	P.42	ลำพูน	17 53 16	99 5 20	2003-2006	กรมชลฯ	
8	Ban Sahakhon Rom Klao, Phrao, Chiang Mai, (P.56A)	P.56A	เชียงใหม่	19 17 2	99 11 25	2003-2006	กรมชลฯ	
9	Ban Luang, Omkoi, Chiang Mai, (P.64)	P.64	เชียงใหม่	17 47 1	98 22 31	2003-2006	กรมชลฯ	
10	Ban Muang Pok, A. Wiang Haeng, Chiang Mai, (P.65)	P.65	เชียงใหม่	19 38 10	98 38 19	2003-2006	กรมชลฯ	
11	Ban Mae Tae, San Sai, Chaing Mai, (P.67)	P.67	เชียงใหม่	19 1 11	98 57 42	2003, 2005-2006	กรมชลฯ	
12	Ban Hong Kok, A. Muang, Lumphun, (P.69)	P.69	ลำพูน	18 39 6	99 4 2	2003-2006	กรมชลฯ	
13	Ban Klang, San Pa Tong, Chiang Mai, (P.71)	P.71	เชียงใหม่	18 32 14	98 51 47	2003-2006	กรมชลฯ	
14	Ban Sop Soi, Chom Thong, Chiang Mai, P.73, (P.73)	P.73	เชียงใหม่	18 17 18	98 39 11	2003-2006	กรมชลฯ	
15	Ban Cho Lae, Mae Taeng, Chiang Mai, P.75, (P.75)	P.75	เชียงใหม่	19 8 52	99 0 36	2003-2006	กรมชลฯ	
16	Ban Mae E Hai, Li, Lamphun, (P.76)	P.76	ลำพูน	18 8 23	98 53 58	2003-2006	กรมชลฯ	
17	Ban Sop Mae Sapuad, Mae Ta, Lamphun, P.77, (P.77)	P.77	ลำพูน	18 25 57	99 5 0	2003-2006	กรมชลฯ	
18	Ban Mae Wan, Doi Saket, Chiang Mai, (P.79), (P.79)	P.79	เชียงใหม่	18 58 2	99 14 40	2003-2006	กรมชลฯ	
19	บ้านโป่งคิน อ.คอกสะแก	P.80	เชียงใหม่	18 54 43	99 14 17	2003-2006	กรมชลฯ	
20	บ้านโป่ง อ.สันกำแพง	P.81	เชียงใหม่	18 41 37	99 4 55	2003-2006	กรมชลฯ	
21	บ้านแมวิ้น แม่วัง	P.82	เชียงใหม่	18 39 8	98 41 26	2003-2006	กรมชลฯ	
22	บ้านแม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม	P.84	เชียงใหม่	no data			2004-2006	กรมชลฯ
23	Ban Lai Khaco, Ban Hong, Lumphun, (P.85)	P.85	ลำพูน	no data			2003 - 2006	กรมชลฯ
24	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาด	060101	เชียงใหม่	17 3 0	99 4 0	2008	กรมทรัพยากรฯ	
25	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	เชียงใหม่	19 19 16	98 56 4	2008	กรมทรัพยากรฯ	
26	น้ำแม่ปำที่ได้สบทิวแม่มาศ	060202	เชียงใหม่	19 29 10	98 56 4	2008	กรมทรัพยากรฯ	
27	น้ำแม่จืดที่บ้านต้นธาตุ	060301	เชียงใหม่	19 27 2	99 13 4	2008	กรมทรัพยากรฯ	
28	ห้วยแม่พหลมที่ได้บ้านแม่พหลม	060403	เชียงใหม่	19 22 45	98 41 44	2008	กรมทรัพยากรฯ	
29	น้ำแม่สาที่บ้านกองแหะ	060502	เชียงใหม่	18 51 47	97 48 40	2008	กรมทรัพยากรฯ	
30	น้ำแม่วิมที่บ้านภาคสาว	060603	เชียงใหม่	19 1 28	98 52 48	2008	กรมทรัพยากรฯ	
31	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18 57 24	99 14 19	2008	กรมทรัพยากรฯ	
32	ห้วยแม่ตอนที่บ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18 58 12	99 19 12	2008	กรมทรัพยากรฯ	
33	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมี่ยงปางเก	060703	เชียงใหม่	18 51 59	99 15 48	2008	กรมทรัพยากรฯ	
34	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางปง	060704	เชียงใหม่	18 58 57	99 20 22	2008	กรมทรัพยากรฯ	
35	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าตอง (บ้านห้วยโห้ง)	060801	เชียงใหม่	18 42 0	98 49 48	2008	กรมทรัพยากรฯ	
36	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	060804	เชียงใหม่	19 39 54	98 37 54	2008	กรมทรัพยากรฯ	
37	น้ำแม่ปัวที่บ้านเหนือบ้านห้วยโป่ง	060805	เชียงใหม่	18 39 23	98 40 6	2008	กรมทรัพยากรฯ	
38	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่สมิง	060806	เชียงใหม่	18 47 42	98 43 29	2008	กรมทรัพยากรฯ	
39	น้ำแม่วางที่บ้านสบวีน	060807	เชียงใหม่	18 39 6	98 41 30	2008	กรมทรัพยากรฯ	

ตารางที่ ข-4.1 รายชื่อสถานีที่มีข้อมูลรูปตัดตามขวางลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล	แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด				
40	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	98	51	24	2008	กรมทรัพยากร
41	น้ำแม่กลางที่บ้านสหาค	061001	เชียงใหม่	18	32	24	98	35	42	2008	กรมทรัพยากร
42	น้ำแม่ชะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	98	37	45	2008	กรมทรัพยากร
43	หัวแม่เค็ดที่บ้านขางแม่เค็ด	061003	เชียงใหม่	18	23	24	98	36	55	2008	กรมทรัพยากร
44	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	98	48	42	2008	กรมทรัพยากร
45	น้ำแม่แจ่มที่บ้านหัวฝาง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	98	22	51	2008	กรมทรัพยากร
46	น้ำแม่ยวมที่บ้านกองกา	061302	เชียงใหม่	18	32	54	98	21	30	2008	กรมทรัพยากร
47	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	17	23	12	98	28	18	2008	กรมทรัพยากร

ตารางที่ ข-4.2 รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ (ข้อมูลจาก กฟผ.)

station	Chainage (km)	Inter Section Distance (km)	coordinate		ปีข้อมูล	หมายเหตุ
			X	Y		
P.20	0.00	0.00				สถานีเริ่มต้น
X-P00/1	8.60	8.60	495.800	2136.337	1997	
X-P00/2	15.73	7.13	497.039	2131.704	1997	
X-P00/3	24.93	9.20	497.449	2124.376	1997	
X-P1	31.93	7.00	499.766	2120.046	1996	
X-P2	37.93	6.00	501.154	2116.682	1996	
X-P3	41.23	3.30	500.062	2113.863	1996	
X-P4	46.18	4.95	498.598	2111.598	1996	
X-P5	51.93	5.75	494.654	2111.753	1996	
X-P6	54.98	3.05	494.858	2109.232	1996	
X-P7	59.48	4.50	495.587	2106.435	1996	
X-P8	63.48	4.00	495.908	2102.840	1996	
X-P9	68.08	4.60	496.315	2098.237	1996	
X-P10	75.28	7.20	497.071	2092.889	1996	
X-P11	78.28	3.00	497.381	2090.322	1996	
X-P12	86.73	8.45	498.299	2084.307	1996	
X-P13	92.78	6.05	500.617	2079.625	1996	
X-P14	95.28	2.50	500.870	2077.137	1996	
X-P15	102.28	7.00	498.572	2071.424	1996	
SARAPEE WEIR	107.48	5.20	499.004	2066.452	1996	
X-P16	108.53	1.05	498.725	2065.207	1996	
X-P17	116.53	8.00	495.451	2058.649	1996	
X-P18	122.28	5.75	495.401	2054.144	1996	
X-P19	128.28	6.00	492.797	2049.655	1996	
X-P20	134.78	6.50	487.192	2046.551	1996	
X-P21	142.48	7.70	483.158	2043.463	1996	
X-P22	147.98	5.50	479.289	2040.177	1996	
X-P23	152.43	4.45	475.594	2037.968	1996	
X-P24	157.43	5.00	471.075	2039.060	1996	
X-P25	161.93	4.50	468.577	2036.986	1996	
X-P26	164.93	3.00	469.262	2035.975	1996	
X-P27	168.93	4.00	467.562	2032.973	1996	
X-P28	173.93	5.00	468.335	2028.403	1996	
X-P29	179.43	5.50	465.577	2026.087	1996	
X-P30	184.43	5.00	463.070	2023.652	1996	
X-P31	188.88	4.45	462.486	2020.342	1996	
X-P32	193.88	5.00	461.522	2016.817	1996	
X-P33	198.43	4.55	460.525	2013.631	1996	
X-P34	202.93	4.50	461.165	2009.678	1996	
X-P35	206.93	4.00	460.638	2006.131	1996	

ตารางที่ ข-5 รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลระดับ-ปริมาณน้ำ (rating curve)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล ช่วงปี	แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด					
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18	47	9	99	0	29	6,350	1978-2004	กรมชลฯ
2	บ้านเชียงเงิน อ.เมือง ดาก	P.2A	ดาก	16	51	14	99	7	50	38,681	1971-2005	กรมชลฯ
3	สะพานท่าสิงห์เทีท์กัย	P.5	ลำพูน	18	34	32	99	0	44	1,569	1978-2005	กรมชลฯ
4	ตำบลต้นตอง อ.เมือง	P.5A	ลำพูน	18	32	32	98	58	17	1,740	1993	กรมชลฯ
5	ก้าแพงเพชร	P.7	กำแพงเพชร	16	28	15	99	31	51	42,704	1959	กรมชลฯ
6	วังกระเจ้า อ.สามเงา	P.12	ดาก	17	14	30	99	0	45	26,396	1975-2005 ภาค 1995	กรมชลฯ
7	แก่งกุด อ.แม่แตง	P.13	เชียงใหม่	19	12	38	98	52	20	1,765	1978-1980	กรมชลฯ
8	แก่งออบหลวง อ.ฮอด	P.14	เชียงใหม่	18	13	49	98	33	35	3,836	1978-2005	กรมชลฯ
9	ฮอด	P.14A	เชียงใหม่	18	12	2	98	37	1	3,909	1958-1968	กรมชลฯ
10	บ้านคลองขลุ อ.คลองขลุ	P.15	กำแพงเพชร	16	12	50	99	43	26	44,461	1978-2005	กรมชลฯ
11	อ.ขาฉวรัถกษณ์บุรี	P.16	กำแพงเพชร	16	3	42	99	51	51	45,076	1979 - 80, 1990 - 2005	กรมชลฯ
12	ต.ท่าวี อ.บรรพตพิสัย	P.17	นครสวรรค์	15	56	2	99	58	49	45,297	1966-2005	กรมชลฯ
14	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	เชียงใหม่	18	25	19	98	42	11	14,023	1978-1992	กรมชลฯ
15	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19	21	9	98	58	25	1,345	1979-2004	กรมชลฯ
16	บ้านเมริมใต้ อ.เมริม	P.21	เชียงใหม่	18	55	29	98	56	34	452	1978-2004	กรมชลฯ
18	สะพานประธาตุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18	25	1	98	40	29	452	1973 - 2005	กรมชลฯ
19	บ้านใหม่ อ.เมือง	P.26	กำแพงเพชร	16	26	54	99	25	57	968	1987-1991 ภาค 1988	กรมชลฯ
20	บ้านใหม่ อ.เมือง	P.26A	กำแพงเพชร	16	26	57	99	26	27	974	1978-2005 ภาค 1993-6	กรมชลฯ
22	บ้านแม่ใน อ.เมริม	P.27A	เชียงใหม่	18	53	18	98	55	0	18	1978-1979	กรมชลฯ
23	บ้านใหม่ อ.แม่แตง	P.28	เชียงใหม่	19	10	7	99	3	1	1,261	1966-1979	กรมชลฯ
24	บ้านโสัง อ.บ้านโสัง	P.29	ลำพูน	18	18	35	98	49	35	1,970	1969 - 1987 ภาค 1971,74,86	กรมชลฯ
25	บ้านเคียงคำไร่ อ.คอยสะเก็ด	P.30	เชียงใหม่	18	56	35	99	8	20	466	1978 - 1979	กรมชลฯ
26	บ้านคลองประอู อ.เมือง	P.32	ดาก	16	55	27	99	18	9	342	1971 - 1989	กรมชลฯ
27	บ้านป่าเค็ก อ.คอยสะเก็ด	P.34	เชียงใหม่	18	56	22	99	7	25	566	1975 - 1982 ภาค 1977,79	กรมชลฯ
28	บ้านปางท่าหวาย อ.คลองขลุ	P.35	กำแพงเพชร	16	4	22	98	24	18	730	1974 - 2001	กรมชลฯ
29	บ้านห้วยขา อ.สันกำแพง	P.36	เชียงใหม่	18	51	26	99	17	12	35	1977 - 1983	กรมชลฯ
30	บ้านห้วยขา อ.สันกำแพง	P.37	เชียงใหม่	18	50	48	99	16	22	14	1977 - 1983	กรมชลฯ
31	บ้านจำซิมัด อ.แม่ทา	P.38	ลำพูน	18	30	41	99	8	9	34	1979 - 1982	กรมชลฯ
32	บ้านปางเค็ม อ.สันป่าตอง	P.41	เชียงใหม่	18	37	0	98	44	43	426	1979 - 1990	กรมชลฯ
33	บ้านแม่บนใหม่	P.42	ลำพูน	17	53	16	99	5	20	318	1978 - 2001 ภาค 1996	กรมชลฯ
34	บ้านหนองหอย อ.เมือง	P.44	ลำพูน	18	35	12	99	9	27	35	1983 - 1985	กรมชลฯ
35	บ้านโป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน	P.47	กำแพงเพชร	16	20	3	99	16	29	529	1983 - 2005	กรมชลฯ
36	บ้านแม่สะปูดิน อ.แม่ทา	P.48	ลำพูน	18	25	21	99	5	15	74	1983 - 1988	กรมชลฯ
37	บ้านไทยทวี อ.โกสัมพีสันคร	P.50A	กำแพงเพชร	16	32	59	99	15	0	480	1999 - 2005	กรมชลฯ
38	บ้านนาบอ อ.เมือง	P.51	ดาก	16	41	11	99	9	20	167	1999 - 2003 ภาค 2002	กรมชลฯ
39	บ้านดาก อ.บ้านดาก	P.52	ดาก	17	2	13	99	3	8	354	1983 - 2005 ภาค 1996	กรมชลฯ
40	บ้านแม่ซิมัด อ.แม่ทา	P.53	ลำพูน	18	23	11	99	0	37	146	1984 - 1987	กรมชลฯ

ตารางที่ ข-5 รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลระดับ-ปริมาณน้ำ (rating curve) (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล ช่วงปี	แหล่งข้อมูล	
				ละติจูด		ลองจิจูด							
41	บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า อ.พรวัว	P.56A	เชียงใหม่	19	17	2	99	11	25	546	1999 - 2005	ขาด 2003	กรมชลฯ
42	บ้านแม่คูน อ.จอมทอง	P.63	เชียงใหม่	18	32	31	98	42	22	45	1987 - 1990		กรมชลฯ
43	บ้านหลวง อ.อมก๋อย	P.64	เชียงใหม่	17	47	1	98	22	31	502	1990 - 2005	ขาด 2003	กรมชลฯ
44	บ้านแม่ป๋อง อ.เวียงแหง	P.65	เชียงใหม่	19	38	10	98	38	19	243	1992 - 2005	ขาด 2002,2003	กรมชลฯ
45	บ้านท่าใหม่	P.66	เชียงใหม่	18	43	12	98	59	23	6,367	1996		กรมชลฯ
46	บ้านแม่เตี อ.สันทราย	P.67	เชียงใหม่	19	1	11	98	57	42	5,323	1996 - 2005	ขาด 1999	กรมชลฯ
47	บ้านน้ำคอง	P.68	เชียงใหม่	18	40	46	98	59	16	6,430	1995 - 1997		กรมชลฯ
48	บ้านห้อยก อ.เมือง	P.69	ลำพูน	18	39	6	99	4	2	1,602	1995 - 2000		กรมชลฯ
49	บ้านห้วยไคร้ อ.เวียงแหง	P.70	เชียงใหม่	19	39	8	98	40	10	182	1995 - 2000		กรมชลฯ
50	บ้านกลาง อ.สันป่าคอง	P.71	เชียงใหม่	18	32	14	98	51	47	1,758	1996 - 2005		กรมชลฯ
51	บ้านสบสร้อย อ.จอมทอง	P.73	เชียงใหม่	18	17	18	98	39	11	14,814	1998 - 2005		กรมชลฯ
52	บ้านซอแล อ.แม่แตง	P.75	เชียงใหม่	19	8	52	99	0	36	3,080	1999 - 2005		กรมชลฯ
53	บ้านแม่ฮีที่ อ.ลี้	P.76	ลำพูน	18	8	23	98	53	58	1,545	2000 - 2005		กรมชลฯ
54	บ้านสบแม่สะปัว อ.แม่ทา	P.77	ลำพูน	18	25	57	99	5	0	550	1999 - 2005		กรมชลฯ
55	บ้านสารวณ อ.คลองขลุง	P.78	กำแพงเพชร	16	11	3	99	36	9	1,119	2003		กรมชลฯ
56	บ้านแม่แวน อ.ดอยสะเก็ด	P.79	เชียงใหม่	18	58	2	99	14	40	136	2001 - 2005		กรมชลฯ
57	บ้านโป่งดิน อ.ดอยสะเก็ด	P.80	เชียงใหม่	18	54	43	99	14	17	129	2001 - 2005		กรมชลฯ
58	บ้านโป่ง อ.สันกำแพง	P.81	เชียงใหม่	18	41	37	99	4	55	1,190	2002 - 2005		กรมชลฯ
59	บ้านแม่วิน แม่วัง	P.82	เชียงใหม่	18	39	8	98	41	26		2003 - 2005		กรมชลฯ
60	บ้านแม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม	P.84	เชียงใหม่	no data							2003 - 2005		กรมชลฯ
61	บ้านไหลเขา อ.บ้านโฮ้ง	P.85	ลำพูน	no data							2003 - 2005		กรมชลฯ
62	บ้านกองหิน อ.ฮอด	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	98	36	0	18,932	1970 - 2005		กฟผ.
63	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	37,500	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
64	น้ำแม่เงะที่บ้านแม่เงะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	98	56	4	47	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
65	น้ำแม่ป่านที่ไค้สยห้วยแม่มาศ	060202	เชียงใหม่	19	29	10	98	56	4	203	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
66	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	81	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
67	ห้วยแม่หาดที่บ้านนามน	060401	เชียงใหม่	19	37	38	98	34	46		2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
68	ห้วยบ้านที่บ้านขงห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	98	44	36	12	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
69	ห้วยแม่แหลมที่ไค้บ้านแม่พลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	98	41	44	20	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
70	น้ำแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	98	44	23	194	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
71	ห้วยท่าอะที่เหนือสบห้วยท่า	060405	เชียงใหม่	19	25	42	98	42	28	34	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
72	น้ำแม่เตงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	835	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
73	น้ำแม่สาที่บ้านกองแหะ	060502	เชียงใหม่	18	51	47	97	48	40	4	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
74	น้ำแม่ริมที่บ้านกาดฮาว	060603	เชียงใหม่	19	1	28	98	52	48	169	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
75	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	99	14	19	53	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
76	ห้วยแม่คองที่บ้านป่าเชียงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	99	19	12	38	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
77	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมี่ยงปางมด	060703	เชียงใหม่	18	51	59	99	15	48	24	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ
78	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางปง	060704	เชียงใหม่	18	58	57	99	20	22	5	2003-2004		กรมทรัพยากรฯ

ตารางที่ ข-5 รายชื่อสถานีและตำแหน่งสถานีที่มีข้อมูลระดับ-ปริมาณน้ำ (rating curve) (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง			พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล ช่วงปี	แหล่งข้อมูล
				ละติจูด	ลองจิจูด				
79	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าดอง (บ้านห้วยไทรง)	060801	เชียงใหม่	18 42 0	98 49 48		2003-2004	กรมทรัพยากร	
80	น้ำแม่สะป๊อกที่บ้านแม่สะป๊อกเหนือ	060804	เชียงใหม่	19 39 54	98 37 54	35	2003-2004	กรมทรัพยากร	
81	น้ำแม่ปัวยที่เหนือบ้านห้วยโป่ง	060805	เชียงใหม่	18 39 23	98 40 6	41	2003-2004	กรมทรัพยากร	
82	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่สมิง	060806	เชียงใหม่	18 47 42	98 43 29	548	2003-2004	กรมทรัพยากร	
83	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18 39 6	98 41 30	343	2003-2004	กรมทรัพยากร	
84	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18 36 30	98 51 24	1,170	2003-2004	กรมทรัพยากร	
85	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18 32 24	98 35 42	92	2003-2004	กรมทรัพยากร	
86	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18 26 58	98 37 45	90	2003-2004	กรมทรัพยากร	
87	ห้วยแม่ค้ำที่บ้านขางแม่ค้ำ	061003	เชียงใหม่	18 23 24	98 36 55	65	2003-2004	กรมทรัพยากร	
88	ห้วยแม่ค้ำที่เหนือสบแม่ค้ำ	061005	เชียงใหม่	18 24 8	98 36 0	33	2003-2004	กรมทรัพยากร	
89	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17 35 12	98 48 42	84	2003-2004	กรมทรัพยากร	
90	น้ำแม่แจ่มที่บ้านหัวฝั่ง	061201	เชียงใหม่	18 38 47	98 22 51	1,270	2003-2004	กรมทรัพยากร	
91	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกา	061302	เชียงใหม่	18 32 54	98 21 30	1,950	2003-2004	กรมทรัพยากร	
92	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	18 23 12	98 28 18	1,470	2003-2004	กรมทรัพยากร	

ตารางที่ ข-6 รายชื่อสถานีวัดอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง				ช่วงปีสถิติข้อมูล		
				ละติจูด		ลองจิจูด		ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ
1	แม่สะเรียง	300202	แม่ฮ่องสอน	18	10	97	56	2006 - 2007	2	
2	พะเยา	310201	พะเยา	19	8	99	54	2006 - 2007	2	
3	เขียงราย	303201	เขียงราย	19	55	99	50	2006 - 2007	2	
4	ศูนย์อุตุฯ เขียงราย	303301	เขียงราย	19	58	99	53	2006 - 2007	2	
5	ลำพูน	329201	ลำพูน	18	34	99	2	2006 - 2007	2	
6	แม่ใจ	327301	เชียงใหม่	18	55	0	99 0 0	2006 - 2007	2	
7	เชียงใหม่	327501	เชียงใหม่	18	47	98	59	2006 - 2007	2	
8	ลำปาง	328201	ลำปาง	18	17	99	31	2006 - 2007	2	
9	ศูนย์อุตุฯ ลำปาง	328301	ลำปาง	18	17	99	31	2006 - 2007	2	
10	ตาก	376201	ตาก	15	53	99	7	2006 - 2007	2	
11	แม่สอด	376202	ตาก	16	40	99	33	2006 - 2007	2	
12	เขื่อนภูมิพล	376203	ตาก	17	14	99	3	2006 - 2007	2	
13	สถานีกรมอุตุฯ คอยมูเซอ	376301	ตาก	no data				2006 - 2007	2	
14	อุ้มผาง	376401	ตาก	16	1	98	53	2006 - 2007	2	

ภาคผนวก ค

รายการข้อมูลจากการวิเคราะห์

ภาคผนวก ค ประกอบด้วย

- ตารางที่ ค-1 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำฝน
- รูปที่ ค-1 แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่เลือก
- ตารางที่ ค-2 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำท่า
- รูปที่ ค-2 แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่เลือก
- ตารางที่ ค-3 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ที่มีข้อมูลรูปตัดลำน้ำ และ Rating curve
- ตารางที่ ค-4 สรุปชนิด ความลึกและจำนวนหลุมเจาะของดินชั้นบนจากข้อมูลหลุมเจาะน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
- ตารางที่ ค-5 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝน
- รูปที่ ค-3 แสดงการแบ่ง Thiessen Polygon พื้นที่รับน้ำฝน

ตารางที่ ค-1 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำฝน

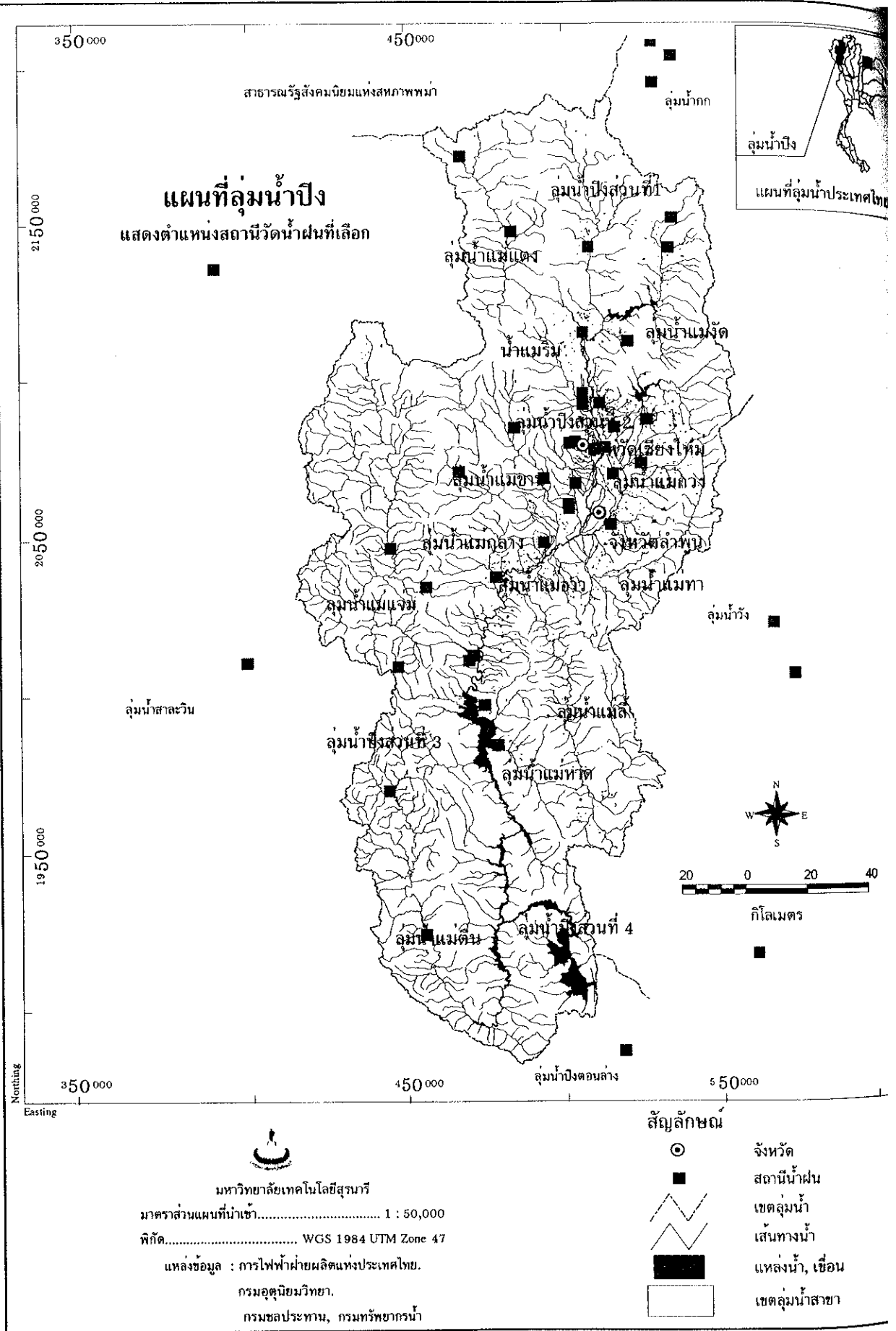
ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
1	ศูนย์อุทกวิทยาที่ 1 สำนักงานชลประทานที่ 1	07391	เชียงใหม่	18	47	21	99	1	1	1971 - 2006	36		กรมชลประทาน
2	แม่จาง (W.15) อ.แม่ทา	16151	ลำปาง	18	8	9	99	34	53	1971 - 2006	36		กรมชลประทาน
3	บ้านเมวี (Y.26) อ.เถิน	16220	ลำปาง	17	19	45	99	27	42	1979 - 2006	28		กรมชลประทาน
4	แม่ฮ่องสอน	300201	แม่ฮ่องสอน	19	18		97	50		1951 - 2007	57		กรมชลประทาน
5	แม่สะเรียง	300202	แม่ฮ่องสอน	18	10		97	56		1951 - 2007	57		กรมชลประทาน
6	เชียงรายน	303201	เชียงราย	19	55		99	50		1951 - 2007	57		กรมชลประทาน
7	ศูนย์อุตุฯ เชียงราย	303301	เชียงราย	19	58		99	53		1979 - 2007	29		กรมชลประทาน
8	ลำพูน	329201	ลำพูน	18	34		99	2		1981 - 2007	27		กรมชลประทาน
9	แม่ใจ	327301	เชียงใหม่	18	55	0	99	0	0	1969 - 2007	39		กรมชลประทาน
10	เชียงใหม่	327501	เชียงใหม่	18	47		98	59		1951 - 2007	57		กรมชลประทาน
11	ลำปาง	328201	ลำปาง	18	17		99	31		1951 - 2007	57	ขาด 1953	กรมชลประทาน
12	ศูนย์อุตุฯ ลำปาง	328301	ลำปาง	18	17		99	31		1982 - 2007	26		กรมชลประทาน
13	บ้านกองหิน อ.ฮอด	0769	เชียงใหม่	18	10	30	98	36	0	1985 - 2006	22		กรมชลประทาน
14	ที่ว่าการอำเภอฝาง (ตทอ.ชั้น 3)	327001	เชียงใหม่	19	55	3	99	13	4	1976-1978,1982-2007	29		กรมชลประทาน
15	ที่ว่าการอำเภอแม่ริม	327002	เชียงใหม่	18	54	45	98	56	48	1976-2007	32		กรมชลประทาน
16	ที่ว่าการอำเภอจอมทอง	327003	เชียงใหม่	18	24	58	98	40	48	1976-2006	31		กรมชลประทาน
17	ที่ว่าการอำเภอคอกยสะเก็ด	327004	เชียงใหม่	18	52	9	99	8	26	1976-2007	32		กรมชลประทาน
18	ที่ว่าการอำเภอแม่แตง	327005	เชียงใหม่	19	7	10	98	56	52	1976-2006	31		กรมชลประทาน
19	ที่ว่าการอำเภอพร้าว	327006	เชียงใหม่	19	21	47	99	12	18	1977-2007	31		กรมชลประทาน
20	ที่ว่าการอำเภอแม่แจ่ม	327007	เชียงใหม่	18	29	53	98	21	54	1976-2007	32		กรมชลประทาน
21	ที่ว่าการอำเภอน้อย	327008	เชียงใหม่	17	48	2	98	21	30	1977-2007	31		กรมชลประทาน
22	ที่ว่าการอำเภอสะเมิง	327009	เชียงใหม่	18	50	45	98	44	6	1976-2007	32		กรมชลประทาน
23	ที่ว่าการอำเภอฮอด	327010	เชียงใหม่	18	11	26	98	36	49	1976-2007	31	ขาด 2004	กรมชลประทาน
24	ที่ว่าการอำเภอสารภี	327011	เชียงใหม่	18	42	47	99	2	28	1978-82, 1985-2007	28		กรมชลประทาน
25	ที่ว่าการอำเภอสันทราย	327012	เชียงใหม่	18	50	51	99	2	43	1976-2007	28	ขาด 1978,80,81,83	กรมชลประทาน
26	ที่ว่าการอำเภอหางดง	327013	เชียงใหม่	18	41	10	98	55	20	1976-2006	31		กรมชลประทาน
27	ที่ว่าการอำเภอสันป่าดอง	327014	เชียงใหม่	18	37	39	98	53	56	1976-2007	32		กรมชลประทาน
28	ที่ว่าการอำเภอสันกำแพง	327015	เชียงใหม่	18	44	37	99	7	23	1977-2006	29	ขาด 1996	กรมชลประทาน
29	ที่ว่าการอำเภอเชียงดาว	327016	เชียงใหม่	19	21	53	98	58	3	79-80,1982-83,1986-2007	26		กรมชลประทาน
30	ที่ว่าการอำเภอน้อย 202 ม.4 ต.แม่อาว	327017	เชียงใหม่	20	1	56	99	17	27	1976-2007	32		กรมชลประทาน

ตารางที่ ค-1 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล		
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ
31	ร.ร.บ้านแอนจัดสรร อ.คอยเต่า (ปีค.ม.ค.48)	327018	เชียงใหม่	18	2	52	98	38	43	1976-2004	29	
32	สถานีทดลองพืชสวนฝาง	327019	เชียงใหม่	19	57	31	99	9	38	1976-2007	32	
33	อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อ.เมือง	327020	เชียงใหม่	18	48	21	98	55	21	1977-2007	31	
34	พระตำหนักภูพิงศ์ราชนิเวศน์ อ.เมือง	327021	เชียงใหม่	18	48	5	98	54	12	1977-2007	29	ขาด 1989
35	นิคมสร้างตนเองเขื่อนภูมิพล ต.ท่าต่อ อ.คอยเต่า	327022	เชียงใหม่	17	56	0	98	41	0	1976-2007	32	
36	ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ อ.ฝาง	327023	เชียงใหม่	19	50	25	99	9	45	1976-2007	32	
37	สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง	327024	เชียงใหม่	18	36	51	98	54	7	1976-2007	32	
38	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	327025	เชียงใหม่	19	5	41	99	5	13	1977-2007	31	
39	สถานีวิจัยดินน้ำคอยเชียงดาว อ.แม่แตง	327026	เชียงใหม่	19	21	7	99	58	25	1977-2007	31	
40	ศูนย์ทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว อ.ฮอด	327027	เชียงใหม่	18	9	27	98	23	20	1976-2007	31	ขาด 1981
41	โครงการเกษตรกรรมจอมทอง อ.คอยหล่อ (ปีค.ม.ค.)	327028	เชียงใหม่	18	31	0	98	49	21	1983-2003	21	
42	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	1971-2004	34	
43	น้ำแม่จัดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	1979-2004	25	ขาด 1985
44	ห้วยแม่หาดที่บ้านนวม	060401	เชียงใหม่	19	37	38	98	34	46	1980-2004	25	
45	น้ำแม่แตงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	1987-2004	18	
46	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาเชียงใหม่	060601	เชียงใหม่	18	56	42	98	56	48	1977-2004	28	1977 มีแค่จ.ส.
47	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าตอง (บ้านห้วยโพธิ์)	060801	เชียงใหม่	18	42	0	98	49	48	1962-2004	43	
48	น้ำแม่เตียนที่บ้านทุ่งหลวง	060803	เชียงใหม่	18	43	7	98	34	22	1974-2004	31	
49	น้ำแม่ตันที่บ้านป่ากา	061501	เชียงใหม่	18	23	12	98	28	18	1978-2004	23	1978 มีข้อมูล 1 วัน

ตารางที่ ค-1 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด			ลองจิจูด			ช่วงปี	จำนวนปี	หมายเหตุ	
31	ร.ร.บ้านอ่อนจัดสรร อ.คอกเตา (เปิด น.ค.48)	327018	เชียงใหม่	18	2	52	98	38	43	1976-2004	29		กรมอุตุฯ
32	สถานีทดลองพืชสวนฝาง	327019	เชียงใหม่	19	57	31	99	9	38	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
33	อุทยานแห่งชาติคอกยสุเทพ-ปุย อ.เมือง	327020	เชียงใหม่	18	48	21	98	55	21	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
34	พระตำหนักภูพิงศ์ราชนิเวศน์ อ.เมือง	327021	เชียงใหม่	18	48	5	98	54	12	1977-2007	29	ขาด 1989	กรมอุตุฯ
35	นิคมสร้างตนเองเขื่อนภูมิพล ต.ท่าเตือ อ.คอกเตา	327022	เชียงใหม่	17	56	0	98	41	0	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
36	ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ อ.ฝาง	327023	เชียงใหม่	19	50	25	99	9	45	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
37	สถานีทดลองข้าวสันป่าคอง	327024	เชียงใหม่	18	36	51	98	54	7	1976-2007	32		กรมอุตุฯ
38	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	327025	เชียงใหม่	19	5	41	99	5	13	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
39	สถานีวิจัยต้นน้ำคอกเชียงดาว อ.แม่แตง	327026	เชียงใหม่	19	21	7	99	58	25	1977-2007	31		กรมอุตุฯ
40	ศูนย์ทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว อ.สอด	327027	เชียงใหม่	18	9	27	98	23	20	1976-2007	31	ขาด 1981	กรมอุตุฯ
41	โครงการเกษตรกรรมจอมทอง อ.คอกหล่อ (เปิด น.ค.4	327028	เชียงใหม่	18	31	0	98	49	21	1983-2003	21		กรมอุตุฯ
42	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	1971-2004	34		กรมทรัพยากรฯ
43	น้ำแม่จิดที่บ้านคินชาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	1979-2004	25	ขาด 1985	กรมทรัพยากรฯ
44	ห้วยแม่หาดที่บ้านนาราม	060401	เชียงใหม่	19	37	38	98	34	46	1980-2004	25		กรมทรัพยากรฯ
45	น้ำแม่แดงที่เหมืองบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	1987-2004	18		กรมทรัพยากรฯ
46	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาเชียงใหม่	060601	เชียงใหม่	18	56	42	98	56	48	1977-2004	28	1977 มีแค่ร.ก.	กรมทรัพยากรฯ
47	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าคอง (บ้านห้วยโค้ง)	060801	เชียงใหม่	18	42	0	98	49	48	1962-2004	43		กรมทรัพยากรฯ
48	น้ำแม่เตียนที่บ้านทุ่งหลวง	060803	เชียงใหม่	18	43	7	98	34	22	1974-2004	31		กรมทรัพยากรฯ
49	น้ำแม่ตันที่บ้านบักกา	061501	เชียงใหม่	18	23	12	98	28	18	1978-2004	23	1978 มีข้อมูล 1 วัน	กรมทรัพยากรฯ



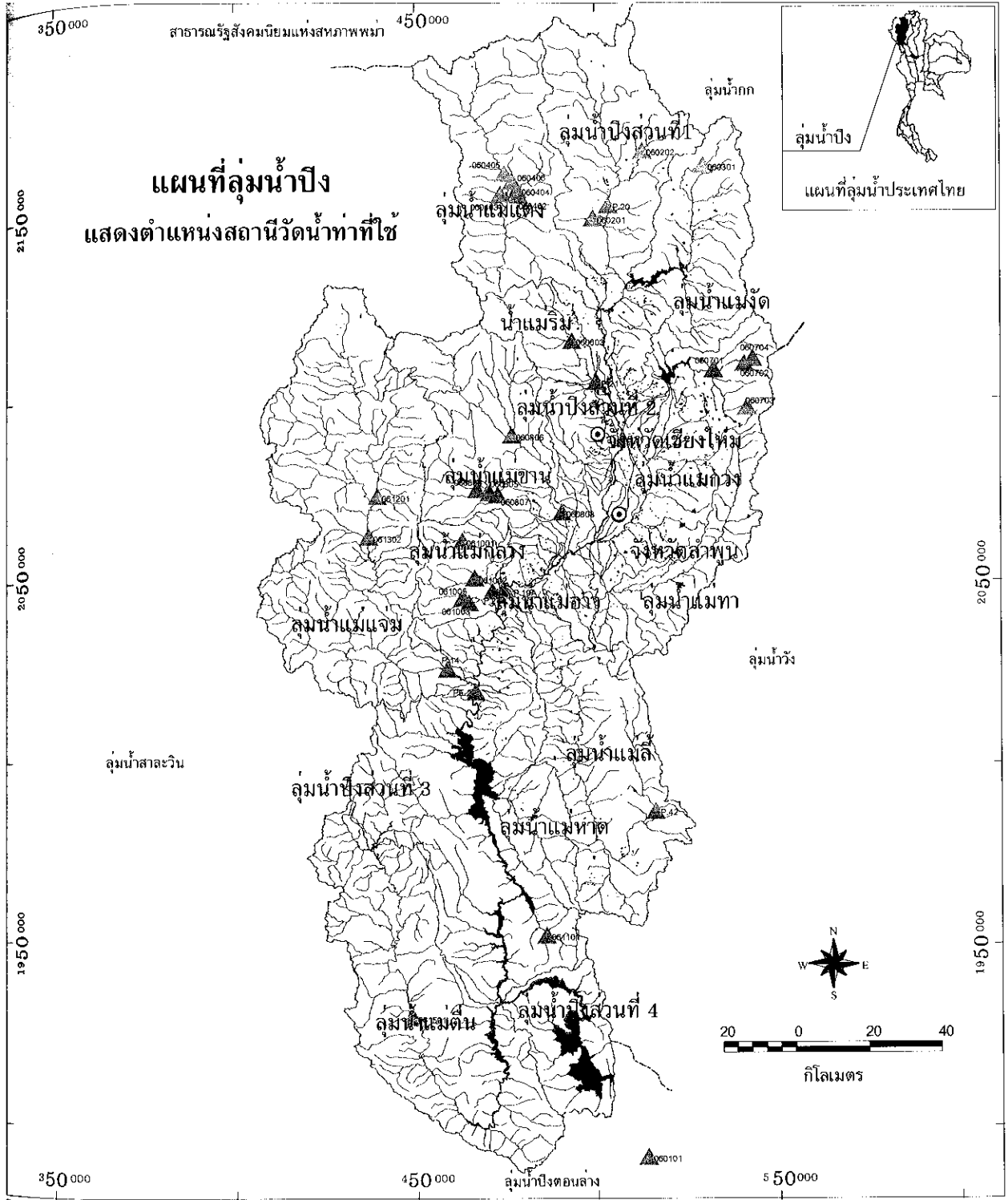
รูปที่ ๓-1 แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่เลือก

ตารางที่ ค-2 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำท่า

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด		ลองจิจูด		ช่วงปี	จำนวนปี		หมายเหตุ			
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18	47	9	99	0	29	6,350	1952 - 2005	54	2004 มี rating curve 2 อัน	กรมชลฯ
2	แก่งออบหลวง อ.ฮอด	P.14	เชียงใหม่	18	13	49	98	33	35	3,836	1954 - 2005	52	1964, 1989-94, 1996 - 2002	กรมชลฯ
3	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	เชียงใหม่	18	25	19	98	42	11	14,023	1958 - 1992	35	1978, 1983, 1987	กรมชลฯ
4	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19	21	9	98	58	25	1,345	1979 - 2005	27	1994-96, 1998 - 2000	กรมชลฯ
5	บ้านแม่มิได้ อ.แม่มิได้	P.21	เชียงใหม่	18	55	29	98	56	34	452	1954 - 2005	52	1988, 1990-91, 1999	กรมชลฯ
6	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18	25	1	98	40	29	452	1973 - 2005	33	1995, 1997, 1999, 2001-04	กรมชลฯ
7	บ้านแม่บ่อนใหม่	P.42	ลำพูน	17	53	16	99	5	20	318	1978 - 2001	23	1987, 95, 97-2001	กรมชลฯ
													มี rating curve 2 อัน ขนาดปี 1996	
8	บ้านกองหิน อ.ฮอด	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	98	36	0	18,932	1970 - 2005	32	ขาด 1975 - 1978	กฟผ.
9	น้ำแม่ปิงที่บ้านดาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	99	4	0	37,500	1972 - 2004	32	1979 no data	กรมทรัพย์ฯ
10	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	98	56	4	47	1986 - 2004	19		กรมทรัพย์ฯ
11	น้ำแม่ปามที่ได้สบห้วยแม่มาศ	060202	เชียงใหม่	19	29	10	98	56	4	203	1983 - 2004	22		กรมทรัพย์ฯ
12	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	81	1977 - 2004	28		กรมทรัพย์ฯ
13	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	98	44	36	12	1985 - 2003	19		กรมทรัพย์ฯ
14	ห้วยแม่แพลมที่ได้บ้านแม่แพลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	98	41	44	20	1985 - 2004	20		กรมทรัพย์ฯ
15	น้ำแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	98	44	23	194	1985 - 2004	20		กรมทรัพย์ฯ
16	ห้วยท่าอะที่เหนือสบห้วยท่า	060405	เชียงใหม่	19	25	42	98	42	28	34	1985 - 2004	20		กรมทรัพย์ฯ
17	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	835	1985 - 2004	20		กรมทรัพย์ฯ


ตารางที่ ก-2 สรุปการเลือกใช้สถานีข้อมูลน้ำท่า (ต่อ)







ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล			แหล่งข้อมูล
				ละติจูด		ลองจิจูด		ช่วงปี	จำนวนปี		หมายเหตุ			
18	น้ำแม่ริมที่บ้านกาดฮาว	060603	เชียงใหม่	19	1	28	98	52	48	169	1985 - 2004	20		กรมทรัพยากรฯ
19	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	99	14	19	53	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
20	ห้วยแม่คอนที่บ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	99	19	12	38	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
21	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมี่ยงปางแก	060703	เชียงใหม่	18	51	59	99	15	48	24	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
22	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางง	060704	เชียงใหม่	18	58	57	99	20	22	5	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
23	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	060804	เชียงใหม่	18	39	54	98	37	54	35	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
24	น้ำแม่ปวยที่เหนือบ้านห้วยโปง	060805	เชียงใหม่	18	39	23	98	40	6	41	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
25	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่เสมิง	060806	เชียงใหม่	18	47	42	98	43	29	548	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
26	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18	39	6	98	41	30	343	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
27	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	98	51	24	1,170	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
28	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18	32	24	98	35	42	92	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
29	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	98	37	45	90	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
30	ห้วยแม่เตี้ยที่บ้านยางแม่เตี้ย	061003	เชียงใหม่	18	23	24	98	36	55	65	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
31	ห้วยแม่เตี้ยที่เหนือสบแม่เตี้ย	061005	เชียงใหม่	18	24	8	98	36	0	33	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
32	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	98	48	42	84	1984 - 2004	21		กรมทรัพยากรฯ
33	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยผึ้ง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	98	22	51	1,270	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
34	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน	061302	เชียงใหม่	18	32	54	98	21	30	1,950	1983 - 2004	22		กรมทรัพยากรฯ
35	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	17	23	12	98	28	18	1,470	1977 - 2004	28		กรมทรัพยากรฯ



แผนที่ลุ่มน้ำปิง
แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้




มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 มาตรฐานแผนที่นำเข้า..... 1 : 50,000
 พิกัด..... WGS 1984 UTM Zone 47
 แหล่งข้อมูล : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
 กรมชลประทาน.
 กรมทรัพยากรน้ำ

- สัญลักษณ์**
-  จังหวัด
 -  สถานีน้ำท่า
 -  เขตลุ่มน้ำ
 -  เส้นทางน้ำ
 -  แหล่งน้ำ, เขื่อน
 -  เขตลุ่มน้ำสาขา

รูปที่ ค-2 แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่เลือก

ตารางที่ ค-3 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ที่มีข้อมูลรูปตัดลำน้ำ และ Rating curve (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง									พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	มีข้อมูล X Section	มีข้อมูล Rating
				ละติจูด			ลองจิจูด								
36	บ้านโป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน	P.47	กำแพงเพชร	16	20	3	16.334	99	16	29	99.275	529		✓	
37	บ้านเข้สะปือใน อ.แม่ทา	P.48	ลำพูน	18	25	21	18.423	99	5	15	99.088	74		✓	
38	บ้านไทยทวี อ.โคสุมนพิสัยนคร	P.50A	กำแพงเพชร	16	32	59	16.550	99	15	0	99.250	480		✓	
39	บ้านนาบพ อ.เมือง	P.51	ตาก	16	41	11	16.686	99	9	20	99.156	167		✓	
40	บ้านตาก อ.บ้านตาก	P.52	ตาก	17	2	13	17.037	99	3	8	99.052	354		✓	
41	บ้านแม่ขันด อ.แม่ทา	P.53	ลำพูน	18	23	11	18.386	99	0	37	99.010	146		✓	
42	บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า อ.พร้าว	P.56A	เชียงใหม่	19	17	2	19.284	99	11	25	99.190	546	✓	✓	
43	บ้านแม่คูน อ.จอมทอง	P.63	เชียงใหม่	18	32	31	18.542	98	42	22	98.706	45		✓	
44	บ้านหลวง อ.อมก๋อย	P.64	เชียงใหม่	17	47	1	17.784	98	22	31	98.375	502	✓	✓	
45	บ้านแม่บือก อ.เวียงแหง	P.65	เชียงใหม่	19	38	10	19.636	98	38	19	98.639	243	✓	✓	
46	บ้านท่าใหม่	P.66	เชียงใหม่	18	43	12	18.720	98	59	23	98.990	6,367		✓	
47	บ้านแม่เต้ อ.สันทราย	P.67	เชียงใหม่	19	1	11	19.020	98	57	42	98.962	5,323	✓	✓	
48	บ้านน้ำคอง	P.68	เชียงใหม่	18	40	46	18.679	98	59	16	98.988	6,430		✓	
49	บ้านฮ่องกอก อ.เมือง	P.69	ลำพูน	18	39	6	18.652	99	4	2	99.067	1,602	✓	✓	
50	บ้านห้วยไคร้ อ.เวียงแหง	P.70	เชียงใหม่	19	39	8	19.652	98	40	10	98.669	182		✓	
51	บ้านกลาง อ.สันป่าคอง	P.71	เชียงใหม่	18	32	14	18.537	98	51	47	98.863	1,758	✓	✓	
52	บ้านสบสร้อย อ.จอมทอง	P.73	เชียงใหม่	18	17	18	18.288	98	39	11	98.653	14,814	✓	✓	
53	บ้านซ้อเล อ.แม่แตง	P.75	เชียงใหม่	19	8	52	19.148	99	0	36	99.010	3,080	✓	✓	
54	บ้านแม่ฮัก อ.สี	P.76	ลำพูน	18	8	23	18.140	98	53	58	98.899	1,545	✓	✓	
55	บ้านสบอมพะเนาะป่า อ.แม่ทา	P.77	ลำพูน	18	25	57	18.433	99	5	0	99.083	550	✓	✓	
56	บ้านสำราญ อ.คลองขลุง	P.78	กำแพงเพชร	16	11	3	16.184	99	36	9	99.603	1,119		✓	
57	บ้านแม่แวน อ.คอกสะแก	P.79	เชียงใหม่	18	58	2	18.967	99	14	40	99.244	136	✓	✓	
58	บ้านโป่งคิน อ.คอกสะแก	P.80	เชียงใหม่	18	54	43	18.912	99	14	17	99.238	129	✓	✓	
59	บ้านโป่ง อ.สันกำแพง	P.81	เชียงใหม่	18	41	37	18.694	99	4	55	99.082	1,190	✓	✓	
60	บ้านแม่วิน แม่วัง	P.82	เชียงใหม่	18	39	8	18.652	98	41	26	98.691		✓	✓	
61	บ้านแม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม	P.84	เชียงใหม่	no data										✓	✓
62	บ้านไหลซา อ.บ้านโฮ้ง	P.85	ลำพูน	no data										✓	✓
63	บ้านคองหิน อ.สอด	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	18.175	98	36	0	98.600	18,932		✓	
64	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	17.050	99	4	0	99.067	37,500	✓	✓	
65	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	19.321	98	56	4	98.934	47	✓	✓	
66	น้ำแม่ปายใต้สบห้วยแม่มาศ	060202	เชียงใหม่	19	29	10	19.486	98	56	4	98.934	203	✓	✓	
67	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	19.451	99	13	4	99.218	81	✓	✓	
68	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	19.377	98	44	36	98.743	12		✓	
69	ห้วยแม่พลมที่บ้านแม่พลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	19.379	98	41	44	98.696	20	✓	✓	
70	น้ำแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	19.389	98	44	23	98.740	194		✓	

ตารางที่ ค-3 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ที่มีข้อมูลรูปตัดลำน้ำ และ Rating curve (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง									พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	มีข้อมูล X Section	มีข้อมูล Rating
				ละติจูด			ลองจิจูด								
71	ห้วยท่าอะที่เหนือสบห้วยท่า	060405	เชียงใหม่	19	25	42	19.428	98	42	28	98.708	34		✓	
72	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	19.410	98	43	36	98.727	835		✓	
73	น้ำแม่สาที่บ้านกองแหะ	060502	เชียงใหม่	18	51	47	18.863	97	48	40	97.811	4	✓	✓	
74	น้ำแม่ริมที่บ้านภาคขาว	060603	เชียงใหม่	19	1	28	19.024	98	52	48	98.880	169	✓	✓	
75	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	18.957	99	14	19	99.239	53	✓	✓	
76	ห้วยแม่คอนที่วังป่าเมียงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	18.970	99	19	12	99.320	38	✓	✓	
77	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมียงปางแก	060703	เชียงใหม่	18	51	59	18.866	99	15	48	99.263	24	✓	✓	
78	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมียงปางป๋ง	060704	เชียงใหม่	18	58	57	18.983	99	20	22	99.339	5	✓	✓	
79	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าดอง (บ้านห้วยไทรง)	060801	เชียงใหม่	18	42	0	18.700	98	49	48	98.830		✓	✓	
80	น้ำแม่สะป๊อกที่บ้านแม่สะป๊อกเหนือ	060804	เชียงใหม่	18	39	54	18.665	98	37	54	98.632	35	✓	✓	
81	น้ำแม่ปวยที่เหนือบ้านห้วยโปง	060805	เชียงใหม่	18	39	23	18.656	98	40	6	98.668	41	✓	✓	
82	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่เสมิง	060806	เชียงใหม่	18	47	42	18.795	98	43	29	98.725	548	✓	✓	
83	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18	39	6	18.652	98	41	30	98.692	343	✓	✓	
84	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	18.668	98	51	24	98.857	1,170	✓	✓	
85	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18	32	24	18.540	98	35	42	98.595	92	✓	✓	
86	น้ำแม่ะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	18.449	98	37	45	98.629	90	✓	✓	
87	ห้วยแม่เตี้ยที่บ้านยางแม่เตี้ย	061003	เชียงใหม่	18	23	24	18.390	98	36	55	98.615	65	✓	✓	
88	ห้วยแม่เต๊ะที่เหนือสบแม่เต๊ะ	061005	เชียงใหม่	18	24	8	18.402	98	36	0	98.600	33		✓	
89	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	17.587	98	48	42	98.812	84	✓	✓	
90	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยผึ้ง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	18.646	98	22	51	98.381	1,270	✓	✓	
91	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองคาน	061302	เชียงใหม่	18	32	54	18.548	98	21	30	98.358	1,950	✓	✓	
92	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	17	23	12	17.387	98	28	18	98.472	1,470	✓	✓	

ตารางที่ ค-4 สรุปชนิด ความลึกและจำนวนหลุมเจาะของดินชั้นบนจากข้อมูลหลุมเจาะน้ำบาดาล
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

type	no. of bore	average depth (m)	
b	2	2.25	2.5
c	851	13.44	13.5
c/g	39	48.86	49.0
c/l	40	13.38	13.5
c/q	2	6.10	6.0
c/r	1	27.00	27.0
c/s	71	16.18	16.0
c/silt	5	8.19	8.0
c + sand	5	28.35	28.5
filled deposit	5	13.11	13.0
g	53	8.50	8.5
g/c	4	5.31	5.5
g/s	3	8.64	8.5
gniess	1	54.88	55.0
granite	1	15.24	15.0
l	75	4.20	4.0
l/b	1	1.52	2.5
l/c	9	4.31	4.5
l/g	1	7.50	7.5
l/r	1	4.00	4.0
l/s	1	3.05	3.0
limestone	1	4.57	4.5
marl	1	35.06	35.0
q	11	18.57	18.5
q/g	1	2.00	2.0
q/silt	1	80.79	81.0
r	7	19.03	19.0
s	176	8.11	8.0
s/b	1	12.20	12.0
s/c	27	9.96	10.0
s/g	11	7.26	7.5
s/l	1	6.00	6.0
sandstone	2	19.06	19.0
shale	4	11.41	11.5
silt	21	3.52	3.5
silt/c/s/q	1	16.77	17.0
silt/q	3	42.26	42.5
silt/s	4	10.03	10.0
silt/sandstone	1	6.10	6.1
siltstone	1	4.57	4.5
top soil	98	1.38	1.5

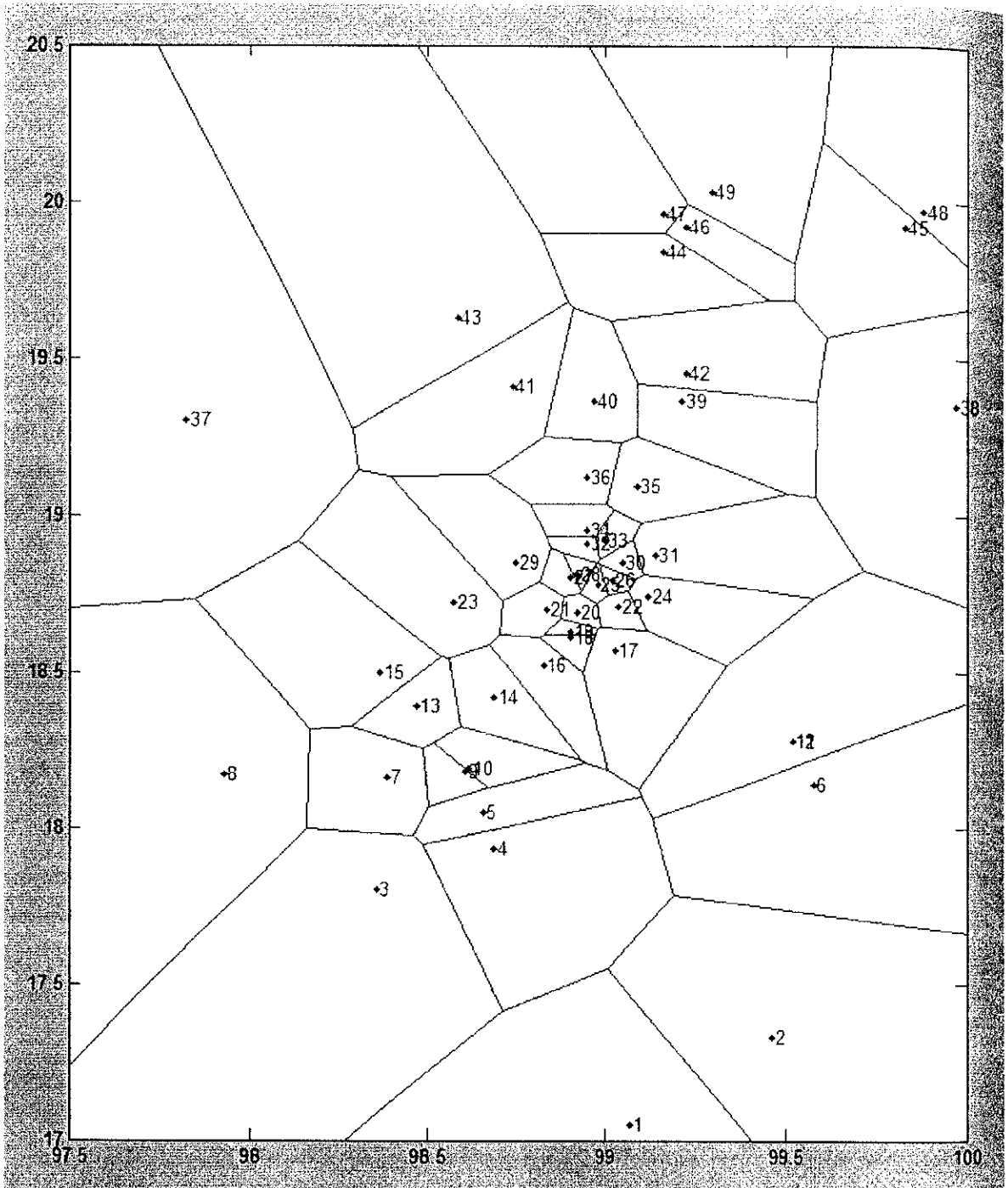
b = boulder
c = clay
g = gravel
l = laterite
r = rock
s = sand
q = quartz

ตารางที่ ค-5 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝน

ลำดับที่	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)			พื้นที่เฉลี่ย (ตร.กม.)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	น้ำแม่ปิงที่บ้านตาก	060101	1816.250	1816.250	1816.250	1816.250
2	บ้านแม่ปู้ (Y.26) อ.เถิน	16220	X	X	X	X
3	ที่ว่าการอำเภออมก๋อย	327008	2558.750	2558.125	2558.750	2558.542
4	นิคมสร้างตนเองเขื่อนภูมิพล ต.ท่าเคอ อ.คอกเตา	327022	3020.625	3020.000	3020.625	3020.417
5	รร.บ้านแอ่นจัดสรร อ.คอกเตา (ปีค ม.ค.48)	327018	747.500	746.250	746.250	746.667
6	แม่จาง (W.15) อ.แม่ทา	16151	X	X	X	X
7	ศูนย์ทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว อ.ฮอด	327027	696.250	696.250	696.875	696.458
8	แม่สะเรียง	300202	53.125	53.125	53.125	53.125
9	บ้านกองหิน อ.ฮอด	0769	2010.000	2010.000	2010.000	2010.000
10	ที่ว่าการอำเภอฮอด	327010	533.750	533.750	533.750	533.750
11	ลำปาง	328201	X	X	X	X
12	ศูนย์อุตุฯ ลำปาง	328301	X	X	X	X
13	น้ำแม่ตื่นที่บ้านป่าคา	061501	528.125	528.125	528.125	528.125
14	ที่ว่าการอำเภอจอมทอง	327003	698.750	698.750	698.750	698.750
15	ที่ว่าการอำเภอแม่แจ่ม	327007	1554.375	1554.375	1554.375	1554.375
16	โครงการเกษตรกรรมจอมทอง อ.คอกหล่อ (ปีค ม.ค.48)	327028	745.625	745.625	745.625	745.625
17	ลำพูน	329201	1108.125	1108.125	1109.375	1108.542
18	สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง	327024	126.250	126.250	126.250	126.250
19	ที่ว่าการอำเภอสันป่าตอง	327014	77.500	77.500	77.500	77.500
20	ที่ว่าการอำเภอหางดง	327013	113.750	113.750	113.750	113.750
21	น้ำแม่ขานที่บ้านสันป่าตอง (บ้านห้วยโพธิ์)	060801	278.750	278.125	278.750	278.542
22	ที่ว่าการอำเภอสารภี	327011	130.625	130.625	130.625	130.625
23	น้ำแม่เตียนที่บ้านทุ่งหลวง	060803	1763.125	1763.750	1763.250	1763.375
24	ที่ว่าการอำเภอสันกำแพง	327015	571.875	571.250	571.250	571.458
25	เชียงใหม่	327501	63.750	63.750	63.500	63.667
26	ศูนย์อุทกวิทยาที่ 1 สำนักงานชลประทานที่ 1	07391	51.250	51.250	51.250	51.250
27	พระตำหนักภูพิงศ์ราชนิเวศน์ อ.เมือง	327021	126.875	126.875	126.250	126.667
28	อุทยานแห่งชาติคอกยสุเทพ-ปุย อ.เมือง	327020	51.250	51.250	51.875	51.458
29	ที่ว่าการอำเภอสะเมิง	327009	853.750	853.750	854.375	853.958
30	ที่ว่าการอำเภอสันทราย	327012	84.375	83.125	83.125	83.542

ตารางที่ ก-5 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)			พื้นที่เฉลี่ย (ตร.กม)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
31	ที่ว่าการอำเภอคอยสะเก็ด	327004	766.250	765.000	766.250	765.833
32	ที่ว่าการอำเภอแมริม	327002	70.000	70.000	70.000	70.000
33	แม่ใจ	327301	166.250	166.250	166.875	166.458
34	ศูนย์สำรวจอุทกวิทยาเชียงใหม่	060601	245.000	245.000	245.625	245.208
35	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	327025	790.000	790.625	790.000	790.208
36	ที่ว่าการอำเภอแม่แตง	327005	756.875	755.625	756.250	756.250
37	แม่ฮ่องสอน	300201	255.625	255.625	256.250	255.833
38	สถานีวิจัยต้นน้ำคอยเชียงดาว อ.แม่แตง	327026	X	X	X	X
39	ที่ว่าการอำเภอพร้าว	327006	598.750	598.750	598.250	598.583
40	ที่ว่าการอำเภอเชียงดาว	327016	878.125	878.750	878.125	878.333
41	น้ำแม่แตงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	1098.250	1098.125	1097.875	1098.083
42	น้ำแม่จัดที่บ้านตีนธาตุ	060301	568.750	567.500	567.500	567.917
43	ห้วยแม่หาดที่บ้านนามน	060401	741.750	741.250	741.250	741.417
44	ศูนย์พัฒนาป่าไทรล้อมภาคเหนือ อ.ฝาง	327023	342.500	342.500	341.250	342.083
45	เชียงราย	303201	X	X	X	X
46	ที่ว่าการอำเภอฝาง (สทอ.ชั้น 3)	327001	X	X	X	X
47	สถานีทดลองพืชสวนฝาง	327019	X	X	X	X
48	ศูนย์อุตุฯ เชียงราย	303301	X	X	X	X
49	ที่ว่าการอำเภอแม่อาว 202 ม.4 ต.แม่อาว	327017	X	X	X	X



รูปที่ ค-3 แสดงการแบ่ง Thiessen Polygon พื้นที่รับน้ำฝน

ภาคผนวก ง

การประมาณค่า PMP 3 วิธี สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

- วิธี Statistical Estimates
- วิธี Generalized Estimates สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง
- วิธี Generalized Estimates โดยใช้ข้อมูลพายุฝนในประเทศไทย

ง.1 การประมาณค่า PMP โดยวิธี Statistical Estimates

วิธีทางสถิติพัฒนาโดย Hershield อธิบายอยู่ในคู่มือโดย WMO (1986) วิธีนี้เป็นการประมาณค่า PMP อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปจะใช้กับลุ่มน้ำขนาดเล็ก แต่สามารถนำมาใช้กับลุ่มน้ำขนาดใหญ่ได้ด้วยเช่นกัน

สมการของ Hershield บนพื้นฐานของการประมาณทางสถิติของฝน 24 ชั่วโมง เป็นดังนี้

$$P_{\max} = [P_{\text{mean},n} F_{11} + K_{\max} S_n F_{12}] F_2 F_3$$

ซึ่ง

P_{\max} = Maximized rainfall (PMP)

$P_{\text{mean},n}$ = Mean of annual maxima (24 hours) of record having n annual value

S_n = Standard deviation of record

F_{11} = Adjustment of $P_{\text{mean},n}$ for length of record

F_{12} = Adjustment of $P_{\text{mean},n}$ for S_n

F_2 = Adjustment for fixed observational time interval, recomm. As 1.13 for 24 hour

F_3 = Adjustment for transition from point rainfall to areal rainfall, equal to 1.0 for areas of less than 25 km²

การประมาณค่าฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆ แสดงข้อมูลดังตารางที่ ง.1-1 ถึง ง.1-3 หากใช้ข้อมูล 56 ปี (1951-2006) จะได้ปริมาณน้ำฝนสูงสุดทุกช่วงเวลามีค่ามากกว่าการใช้ข้อมูล 24 ปี (1982-2005) เมื่อนำพารามิเตอร์ในคู่มือของ WMO (1986) มาใช้กับข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดของกลุ่มน้ำปิงและสมการข้างบน กรณีฝนช่วงเวลา 1 วัน ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ ง.1-4 จะได้ค่า PMP สำหรับ 1 วัน มีค่า 382 มม.

ค่า PMP ที่ได้เป็นค่าเฉพาะจุด จึงต้องการ Areal Reduction Factor เพื่อปรับค่าจากจุดเป็นค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนทั้งพื้นที่ขนาดต่างๆ

ตารางที่ ง.1-1 รายชื่อและข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนที่นำมาวิเคราะห์ปริมาณฝน
สูงสุดรายปี ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน

No.	Station	Station Code	Thiessen Weight (%)		Mean Annual Rainfall (mm)
			1982 - 2005	1951 - 2006	
1	Ban Mae Phu	16220	15.60		1096.2
2	Lampang*	328201	1.00	15.50**	1034.8
3	Chiang Rai	303201	2.00		1673.4
4	Mae Hong Son*	300201	3.40	3.70**	1289.4
5	Mae Sariang*	300202	19.70	25.50**	1115.7
6	Lamphun	329201	21.60		973.5
7	Maung Chiang Mai	07391	14.20		972.1
8	Chaing Mai*	327501	22.40	55.40**	1113.5

หมายเหตุ * คือสถานีที่มีช่วงเวลาข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1951 – 2006 (พ.ศ. 2494 – 2549)

** คือค่า Thiessen Weight (%) กรณีที่คิดพื้นที่ 4 สถานีที่มีช่วงเวลาข้อมูลตั้งแต่ปี
ค.ศ. 1951 – 2006

ตารางที่ ง.1-2 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (Annual Maximum Areal Rainfall) ของลุ่มน้ำปึงตอนบน ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของสถานีที่ 1 – 8 จากตารางที่ ง.1-1

Year	Max. 1-day	Max. 2-day	Max. 3-day
1982	39.1	71.2	84.4
1983	32.5	43.1	59.3
1984	33.9	56.8	69.5
1985	37.1	56.8	86.0
1986	32.7	47.0	51.8
1987	63.9	79.9	95.5
1988	57.7	98.3	120.1
1989	36.9	46.1	65.7
1990	47.0	49.4	58.7
1991	30.4	58.9	79.0
1992	48.6	70.3	76.4
1993	49.7	93.4	109.9
1994	53.0	66.5	72.4
1996	39.6	60.6	70.2
1998	29.6	37.5	56.3
1999	44.8	55.4	63.1
2002	54.5	75.6	90.0
2003	31.7	44.8	55.1
2004	72.9	87.6	100.7
2005	42.6	69.8	78.5
Mean	43.9	63.5	77.1
Stdev.	11.7	16.8	18.4

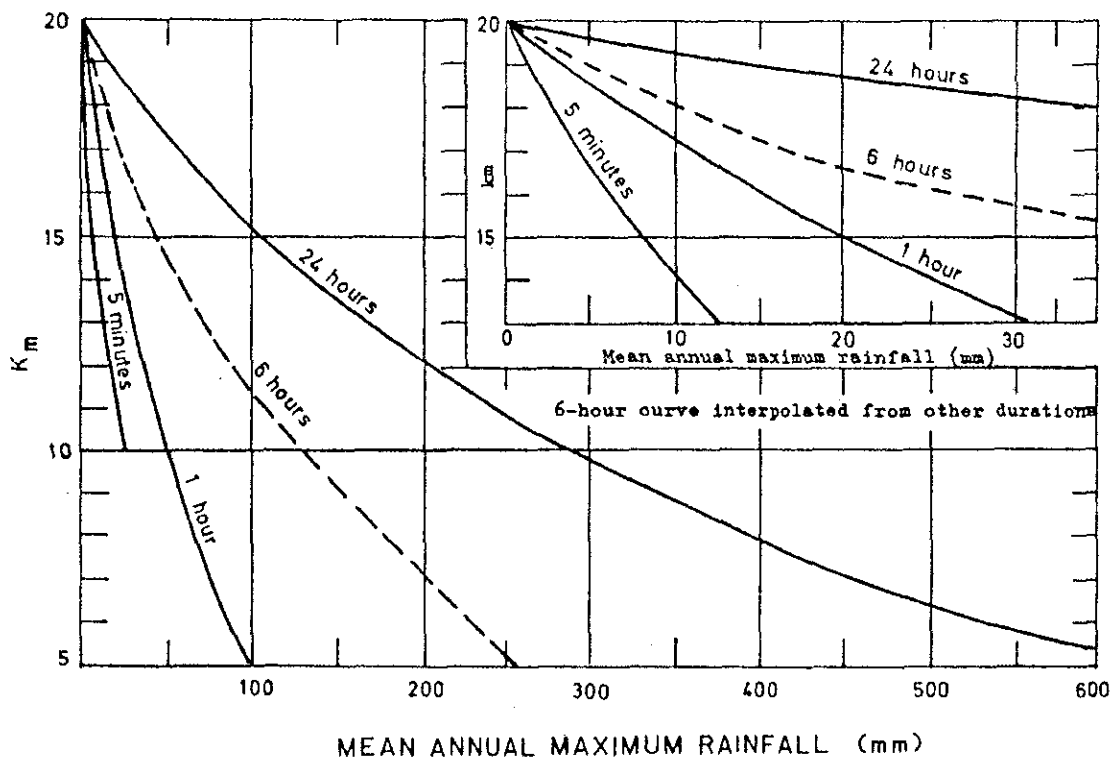
ตารางที่ ง.1-3 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (Annual Maximum Areal Rainfall) ของกลุ่ม
น้ำปึงตอนบน ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของสถานีที่ 2, 4, 5 และ 8 จากตารางที่ ง.1-1

Year	Max. 1-day	Max. 2-day	Max. 3-day	Year	Max. 1-day	Max. 2-day	Max. 3-
1951	79.1	94.9	27.8	1979	86.8	93.0	25.4
1952	71.2	82.8	28.6	1980	89.9	94.1	28.7
1953	113.5	138.2	44.8	1981	79.7	93.1	20.9
1954	118.3	124.3	39.3	1982	126.6	141.6	30.7
1955	97.6	119.2	26.9	1983	79.1	94.3	20.4
1956	82.0	92.1	25.0	1984	66.5	81.7	19.4
1957	77.7	86.6	25.2	1985	84.9	98.1	25.0
1958	56.1	67.4	24.7	1986	75.5	92.5	19.0
1959	84.3	111.6	19.1	1987	94.7	117.3	41.1
1960	94.6	111.6	22.9	1988	88.8	107.4	40.6
1961	95.5	110.0	46.4	1989	70.1	92.9	25.2
1962	88.9	106.5	27.8	1990	85.6	90.3	24.9
1963	64.1	97.0	28.3	1991	73.7	96.5	29.8
1964	92.7	99.4	37.6	1992	108.0	114.2	29.1
1965	94.0	100.3	19.3	1993	109.3	147.7	43.3
1966	70.4	79.7	16.5	1994	90.1	100.9	25.1
1967	100.0	139.5	58.4	1995	82.0	95.9	29.0
1968	120.7	131.4	47.0	1996	114.2	147.7	46.0
1969	113.3	127.3	31.7	1997	65.8	78.7	25.5
1970	110.9	124.3	32.8	1998	91.2	98.1	24.4
1971	117.9	130.2	30.0	1999	104.9	120.9	28.8
1972	85.7	109.4	31.4	2000	78.5	83.0	22.4
1973	80.4	96.8	25.5	2001	128.0	134.7	36.0
1974	119.9	124.7	25.2	2002	115.4	125.0	41.3
1975	78.6	101.9	34.1	2003	92.6	108.4	26.2
1976	65.6	75.7	21.9	2004	99.2	108.4	47.9
1977	96.2	100.4	22.7	2005	118.9	141.5	34.8
1978	96.1	116.4	45.6	2006	107.9	137.5	39.7
				Mean	77.6	98.4	113.3
				Stdev	16.2	20.5	22.9

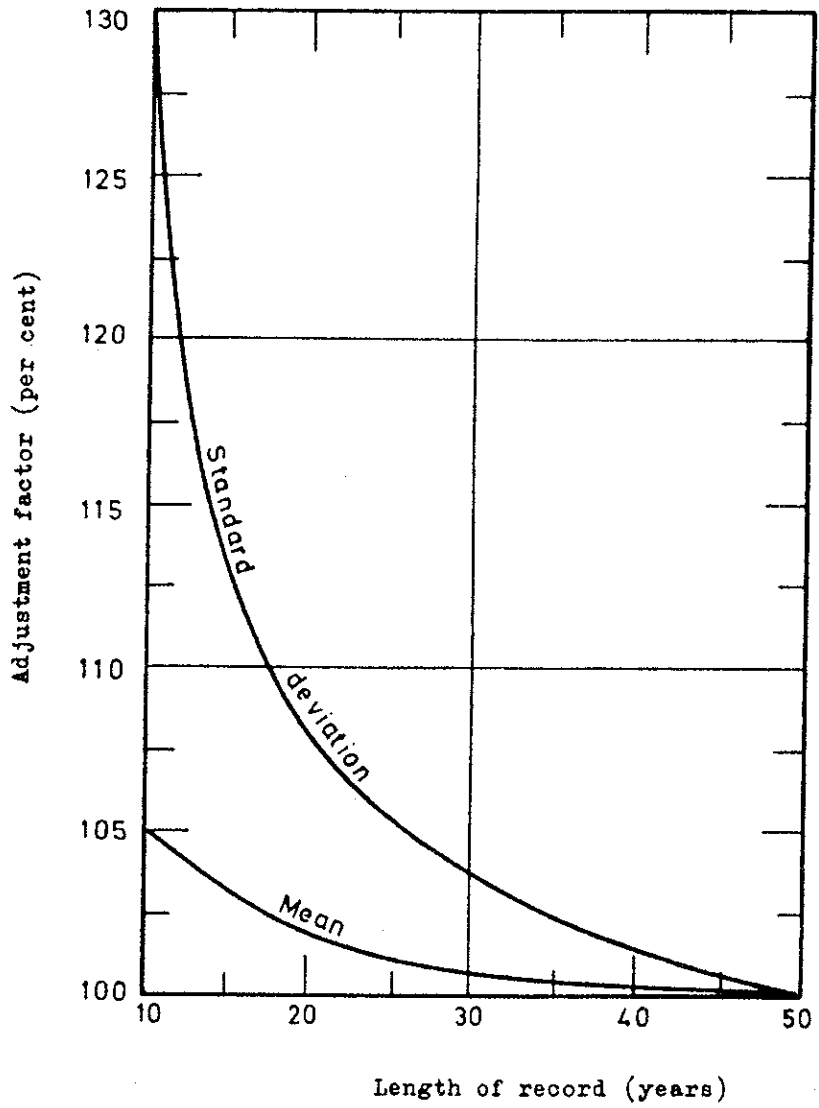
ตารางที่ ง.1-4 การประมาณค่า PMP สำหรับเขื่อนภูมิพลตามแบบของ Hershfield

Statistical PMP (Hershfield) for Bhumibol dam	
Length of series of annual maximum 24-hours rains	56
$P_{mean,n}$ (mm)	77.6
S_n	16.2
K_{Tmax} (WMO - รูปที่ ง.1-1)*	16.1
F_{11} (WMO - รูปที่ ง.1-2)*	1.00
F_{12} (WMO - รูปที่ ง.1-2)*	1.00
F_2 (WMO - หน้า 100)*	1.13
F_3	1.00
PMP of 24 hours	382 mm

หมายเหตุ : *World Meteorological Organization (WMO), Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, WMO-No.332, Second Edition, 1986.



รูปที่ ง.1-1 K_m as a function of rainfall duration and mean of annual series Hershfield (1965)



รูปที่ 3.1-2 Adjustment of mean and standard deviation of annual series for length of record
(Hershfield,1961b)

ง.2 การประมาณค่า PMP โดยวิธี Generalized PMP สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง

ขั้นตอนในการประมาณค่ามีดังนี้

1. PMP เฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ ทุก 6 ชั่วโมง

1.1 หาค่าเฉลี่ย PMP 24 ชั่วโมง 5000 km² ค่าที่ได้ 400 mm

จากรูปที่ ง.2-1

1.2 จากรูป 3-10 อ่านเปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาต่างๆ ของฝน 24 ชั่วโมง 5,000 km² นำไปคูณกับค่าในขั้นตอน 1.1 ได้ค่า PMP ของลุ่มน้ำ

6 ชั่วโมง	23% (92 mm)
12 ชั่วโมง	35% (140 mm)
18 ชั่วโมง	47% (188 mm)
24 ชั่วโมง	55% (220 mm)
48 ชั่วโมง	73% (392 mm)
72 ชั่วโมง	87% (348 mm)

1.3 เขียนกราฟความลึก-ช่วงเวลาจากข้อมูลขั้นตอน 1.2 ปรับเส้นกราฟให้เรียบอ่านค่า PMP ทุก 6 ชั่วโมงจนถึง 72 ชั่วโมง

1.4

ช่วงเวลา (ชั่วโมง)	PMP ที่เพิ่มขึ้น (mm)	PMP สะสม (mm)
6	90	90
12	53	144
18	43	186
24	34	220
30	24	244
36	19	263
42	15	278
48	14	292
54	14	306
60	14	320
66	14	334
72	14	348

2. จัดเรียงลำดับของ PMP ทุก 6 ชั่วโมงจากมากไปหาน้อย

2.1 รวมกลุ่ม 4 ค่าที่มากที่สุดเป็นค่า 24 ชั่วโมงสูงสุด รองลงมาและน้อยที่สุด

วันที่ 1 มีค่าสูงสุด	220 mm
วันที่ 2 มีค่ารองลงมา	72 mm
วันที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด	56 mm

2.2 จัดกลุ่ม 24 ชั่วโมงให้กลุ่มที่มีค่าสูงสุดอยู่ตรงกลาง ค่าน้อยที่สุดอยู่ปลายด้านหนึ่ง

	แบบที่ 1	แบบที่ 2
วันที่ 1	72 mm	56 mm
วันที่ 2	220 mm	220 mm
วันที่ 3	56 mm	72 mm

2.3 ภายใน 24 ชั่วโมง จัดลำดับค่าทุก 6 ชั่วโมงใหม่ ค่าสูงสุด 2 อันดับแรก และ 3 อันดับอยู่ติดกัน ค่าต่ำสุดอยู่ที่ปลาย

ช่วงเวลา (ชั่วโมง)	ค่า PMP (mm)		
	แบบเดิม 1	จัดลำดับใหม่แบบ 1	แบบ 2
6	24	14	14
12	19	15	14
18	15	19	14
24	14	24	14
30	90	53	53
36	53	90	90
42	43	43	43
48	34	34	34
54	14	14	24
60	14	14	19
66	14	14	15
72	14	14	14

3. การกระจายตามพื้นที่

- 3.1 ใช้ isohyetal pattern ในรูปที่ ง.2-2 กระจายค่าทุก 6 ชั่วโมง สูงสุด 4 ค่าแรกให้วางจุดศูนย์กลางและการปิดของรูปเหนือลุ่มน้ำ เพื่อให้เกิดปริมาตรฝนมากที่สุดในกลุ่มน้ำ (นำรูปที่ ง.2-2 ซ้อนบนรูปลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน แสดงในรูปที่ ง.2-3)
- 3.2 อ่านค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายของฝนตามเส้นชั้นน้ำฝนต่างๆ เริ่มที่ PMP 6 ชั่วโมงที่มีค่าสูงสุดโดยใช้รูปที่ ง.2-4a สำหรับ PMP 6 ชั่วโมงมีค่ารองลงมาใช้รูปที่ ง.2-4b, c, d

Isohyet เส้นที่	PMP 6 ชั่วโมงมีค่าสูงสุดอันดับ							
	1 st (90 mm)		2 nd (53 mm)		3 rd (43 mm)		4 th (34 mm)	
	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
P	250	225	175	93	175	75	185	63
A	220	198	150	80	144	62	140	48
B	155	140	122	65	122	52	115	39
C	95	86	100	63	96	41	95	32
D	55	50	70	37	74	32	74	25
E	28	25	50	27	50	22	60	20

การคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ของ PMP 6 ชั่วโมงมีค่าสูงสุด โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ตามวงปิดของเส้นชั้นน้ำฝน ตารางที่ ง.2-1

Isohyet เส้นที่	Isohyet area (km ²)	Δ A (km ²)	PMP (mm)	Δ A x PMP
P	20	20	225	4,500
A	260	240	198	47,520
B	2,260	2,000	140	279,000
C	11,170	8,910	86	761,805
D	26,400	15,230	50	753,885
E	-	-	-	-
รวม		26,400		1,846,710

$$\text{ฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่} = \frac{1,846,710}{26,400} = 69.95 \text{ mm}$$

4. พายุฝนที่เกิดขึ้นก่อน PMP

จากตารางที่ ง.2-2

4.1 กรณี 3 วัน พายุฝนต่อเนื่อง (วันที่ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน 3 วัน)

พายุฝน PMP 100% = 348 mm

	วันที่		
พายุฝนเกิดขึ้นก่อน 50% = 174 mm	1	2 nd ปริมาณฝน	36 mm
	2	1 st ปริมาณฝน	110 mm
	3	3 rd ปริมาณฝน	28 mm
พายุฝน PMP 100% = 348 mm	4	3 rd ปริมาณฝน	56 mm
	5	1 st ปริมาณฝน	220 mm
	6	2 nd ปริมาณฝน	72 mm

4.2 กรณี 4 วัน พายุฝนต่อเนื่อง (วันที่ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน 4 วัน)

	วันที่		
พายุฝนเกิดขึ้นก่อน 65% = 226 mm	1	2 nd ปริมาณฝน	47 mm
	2	1 st ปริมาณฝน	143 mm
	3	3 rd ปริมาณฝน	36 mm
	4	ฝนปกติ	
พายุฝน PMP 100% = 348 mm	5	2 nd ปริมาณฝน	72 mm
	6	1 st ปริมาณฝน	220 mm
	7	3 rd ปริมาณฝน	56 mm

ตารางที่ 3.2-1 Isohyetal areas

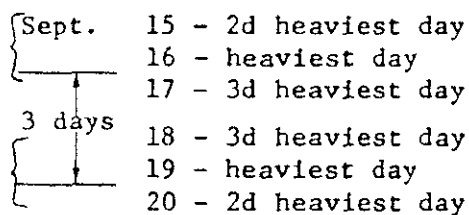
(For storm pattern of figure 3.2-2)

Isohyet	Isohyet Area (km ²)
P	20
A	260
B	2,260
C	11,170
D	29,690
E	56,420
F	103,730
G	139,650
H	184,160
I	245,170

ตารางที่ 3.2-2 Sequences of typhoon rainfalls

3-Day Track Separation

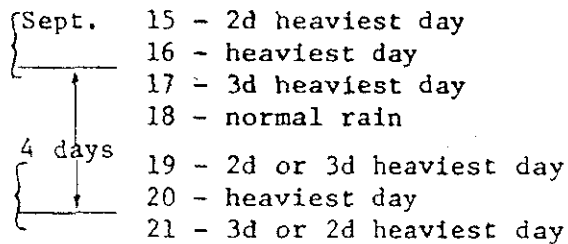
Prior storm, 50% factor



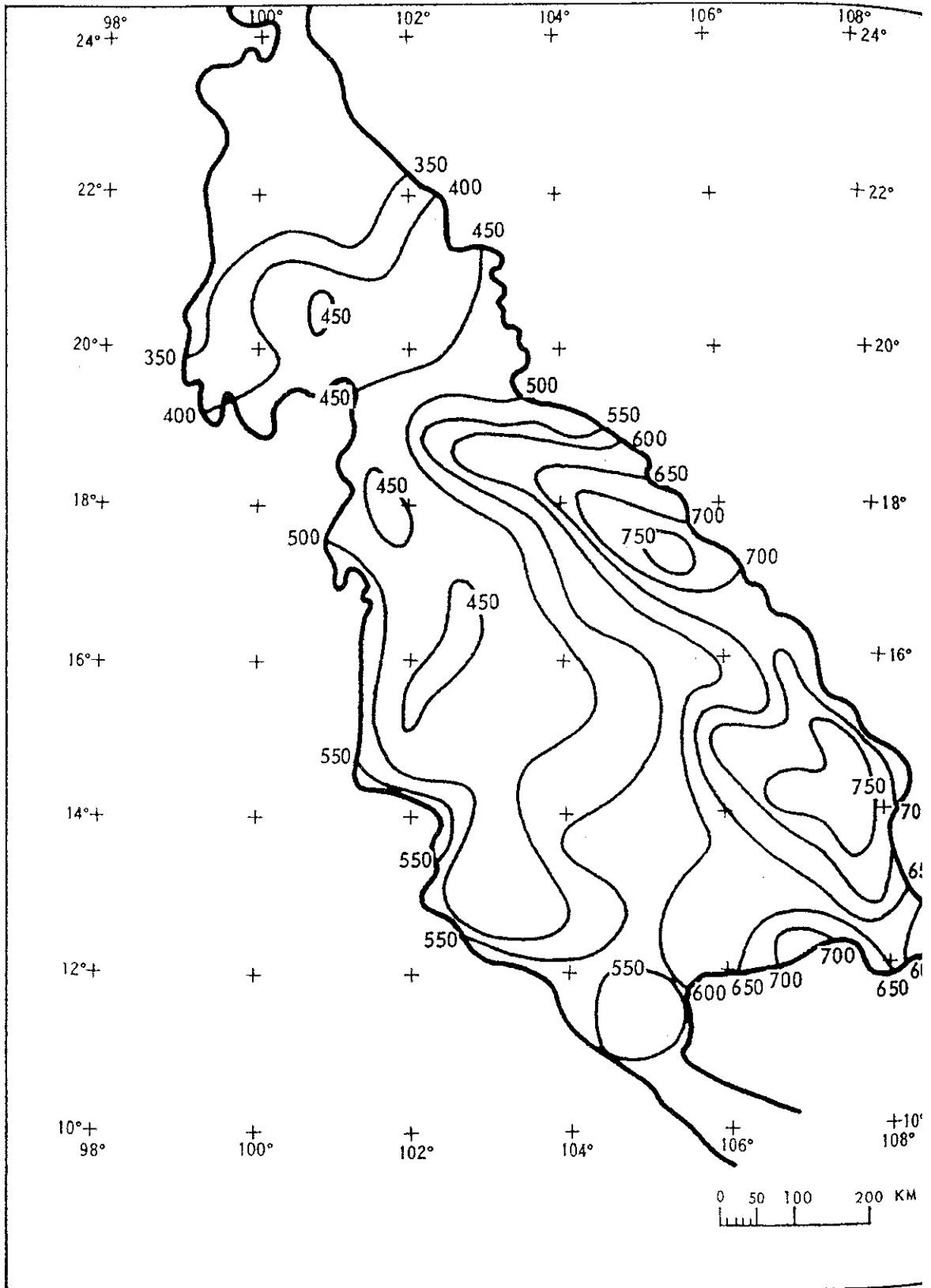
PMP storm, 100% factor

4-Day Track Separation

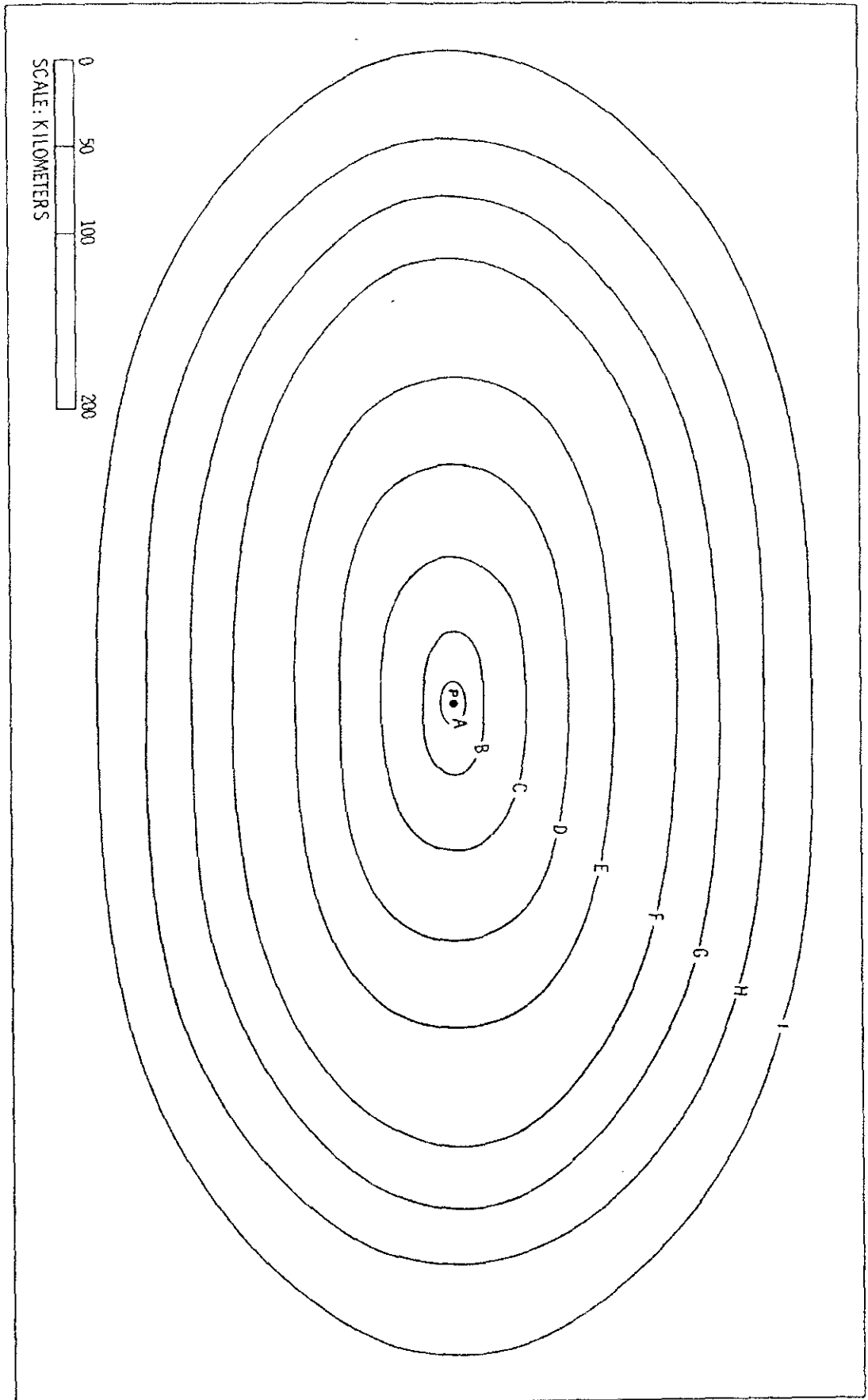
Prior storm, 65% factor



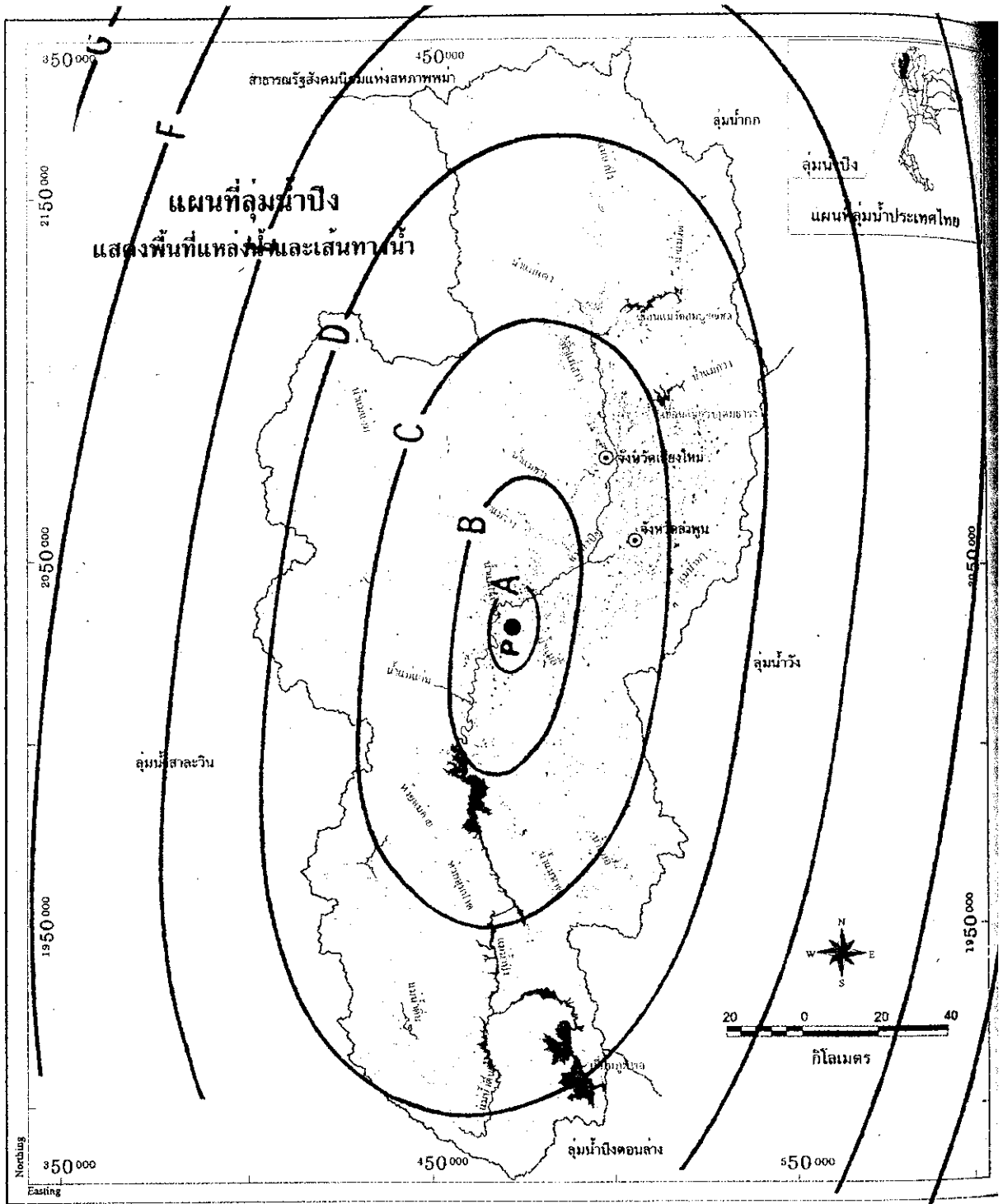
PMP storm, 100% factor



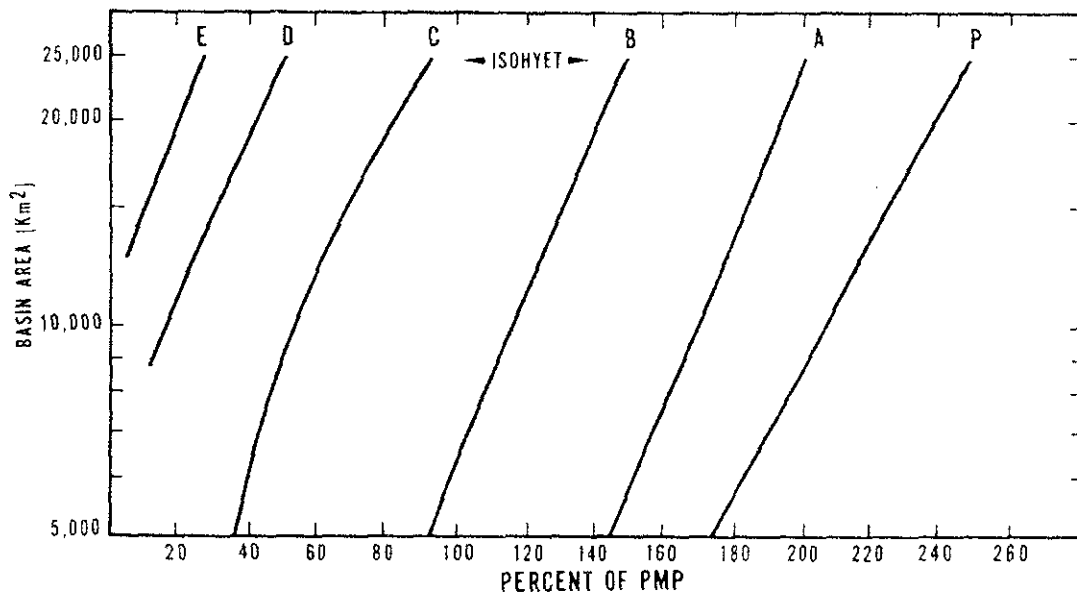
รูปที่ ๓.๒-๑ ๒๔-๒๕ ๕๐๐๐-๒๕ PMP (๒๒)



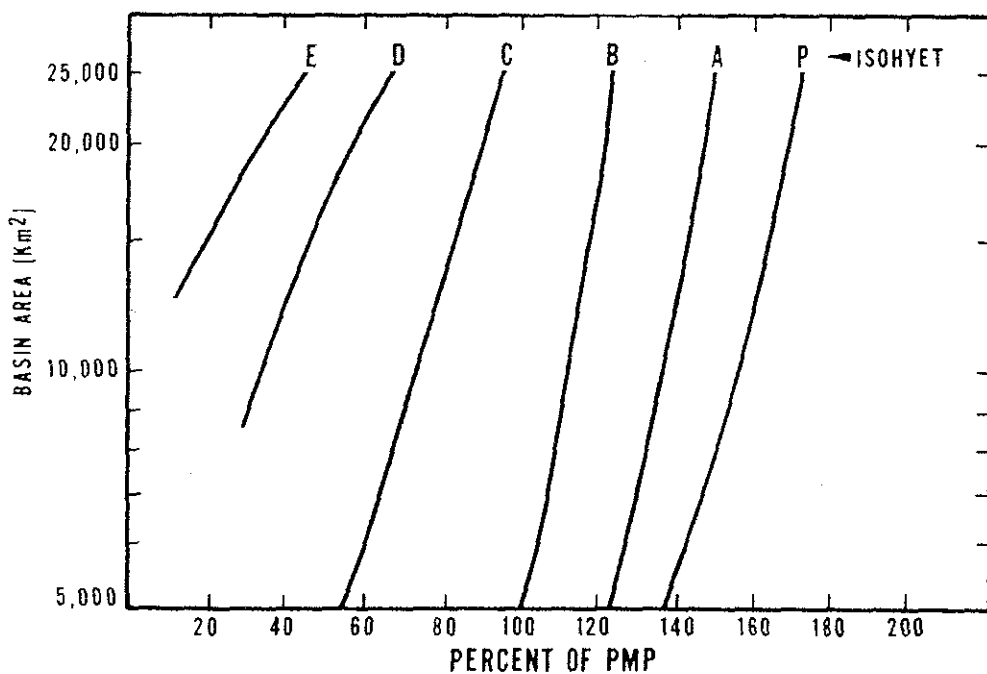
รูปที่ ๓.๒-๒ Isohyetal pattern for distribution of heaviest 1-day typhoon rain



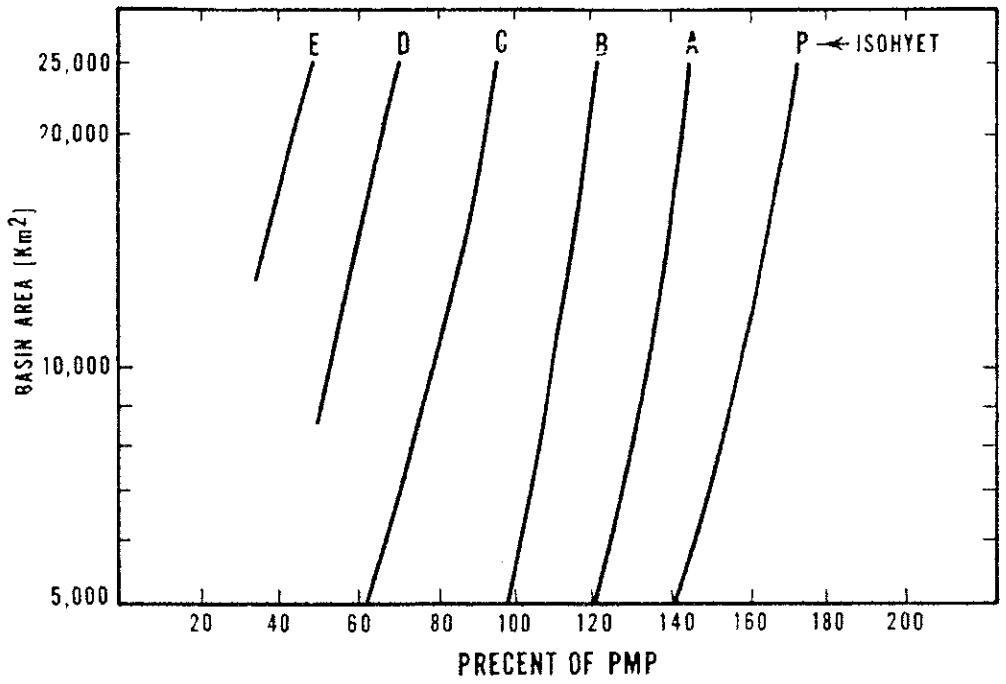
รูปที่ ง.2-3 นำ isohyetal pattern ในรูปที่ ง.2-2 ซ้อนทับบนรูปลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน



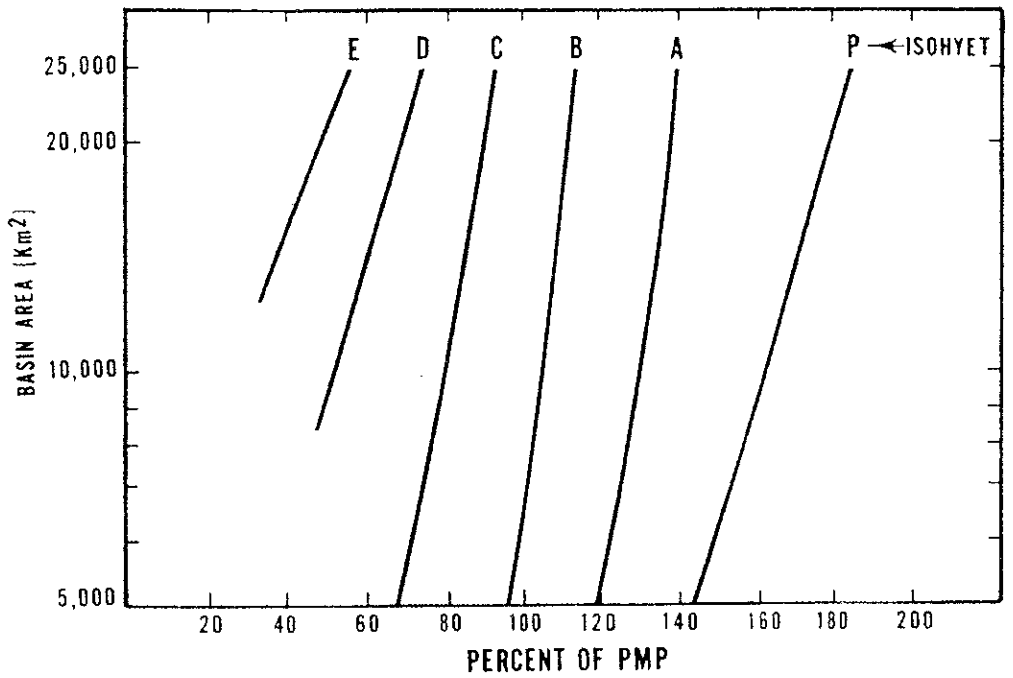
รูปที่ 4.2-4a Nomogram for isohyet values, 1st (highest) 6-hr PMP increment



รูปที่ 4.2-4b Nomogram for isohyet values, 2nd 6-hr PMP increment



รูปที่ ๓.๒-๔c Nomogram for isohyet values, 3rd 6-hr PMP increment



รูปที่ ๓.๒-๔d Nomogram for isohyet values, 4th 6-hr PMP increment

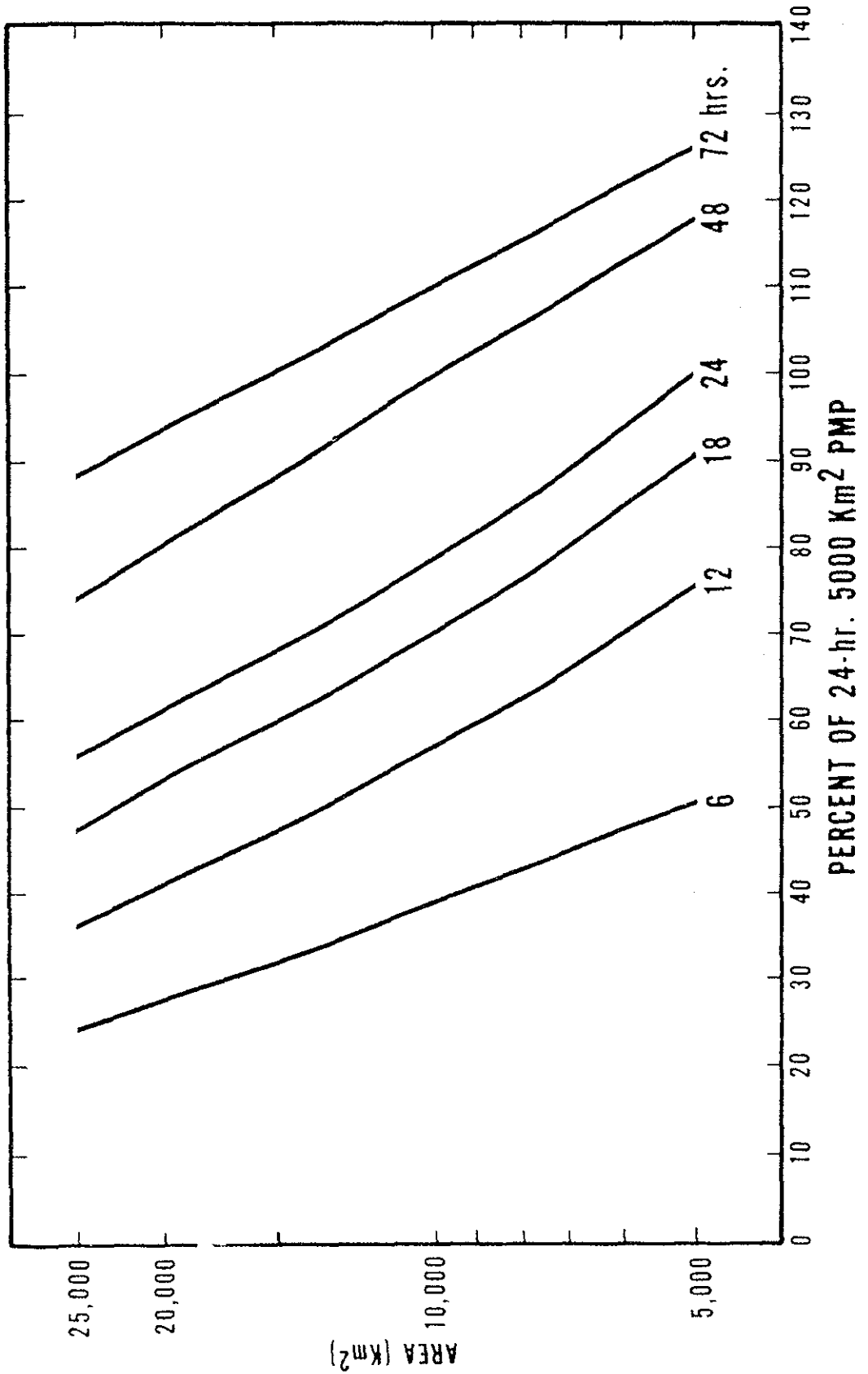


Fig. 2-5 Depth-duration-area values of PMP in percent of 24-hr 5,000 km² PMP (mm)

ง.3 การประมาณค่า PMP โดยวิธี Generalized Estimates โดยใช้ข้อมูลพายุฝนในประเทศไทย

1. การเลือกพายุฝนในอดีต

จากรายงานผลการศึกษากลุ่มน้ำน่าน โดย Engineering Consultants, INC. (1969) ได้เลือกพายุฝนที่ทำให้เกิดฝนตกหนัก 2 ลูก ซึ่งเกิดขึ้นทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือ

ก. พายุฝนวันที่ 22-24 กันยายน พ.ศ.2507 ศูนย์กลางอยู่ที่ จ.ร้อยเอ็ด

ข. พายุฝนวันที่ 16-18 มิถุนายน พ.ศ.2505 ศูนย์กลางอยู่ที่ จ.นครพนม

พายุฝนเดือนกันยายน พ.ศ.2507 เป็นพายุไซร่อน ชื่อว่า "Tilda" ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลเส้นชั้นน้ำฝนรายวัน เส้นทางพายุไว้เป็นอย่างดี ดีกว่าพายุฝนวันที่ 16-18 มิถุนายน พ.ศ.2505 แผนที่เส้นชั้นน้ำฝน 72 ชั่วโมง สำหรับพายุไต้ฝุ่น "Tilda" โดยกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงในรูปที่ ง.3-1 เมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากกรมชลประทานเข้ามารวมด้วย เส้นชั้นน้ำฝนจึงถูกปรับเล็กน้อย แสดงในรูปที่ ง.3-2 ค่า persisting dew point 12 ชั่วโมง ที่ระดับน้ำทะเลมีค่า 24.2 °C

กรมอุตุนิยมวิทยา (2542) ได้จัดทำเอกสารวิชาการ พายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย : สถิติ พ.ศ.2594-2541 (48 ปี) สำหรับพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพายุดีเปรสชัน ส่วนพายุที่มีกำลังแรงขนาดพายุไซร่อนหรือไต้ฝุ่นมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยน้อย จากสถิติในรอบ 48 ปี มีเพียง 11 ครั้ง ที่มีกำลังแรง เป็นพายุไซร่อน หรือไต้ฝุ่น ทั้งหมดนี้มีเพียงครั้งเดียวที่พายุเคลื่อนเข้ามาขณะกำลังแรงเป็นไต้ฝุ่น คือ ไต้ฝุ่นเกย์ ที่เคลื่อนขึ้นฝั่งจังหวัดชุมพร วันที่ 4 พฤศจิกายน 2532 รูปพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทย ขณะที่กำลังแรงเป็นพายุไซร่อนหรือพายุไต้ฝุ่น ตั้งแต่ พ.ศ. 2490-2540 แสดงในตารางที่ ง.3-1 เนื่องจากการจำแนกความรุนแรงของพายุที่เกิดจากทะเลจีนใต้ มหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก ใช้ความเร็วลมสูงสุดที่บริเวณใกล้จุดศูนย์กลางเป็นเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้

- พายุดีเปรสชันเขตร้อน (tropical depression) ความเร็วลมใกล้จุดศูนย์กลางไม่ถึง 34 น็อต (63 กม./ชม.)
- พายุไซร่อน (tropical storm) ความเร็วลมใกล้จุดศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 34 น็อต (63 กม./ชม.) แต่ไม่เกิน 64 น็อต (118 กม./ชม.)
- พายุไต้ฝุ่น (typhoon) ความเร็วลมสูงสุดใกล้จุดศูนย์กลางตั้งแต่ 64 น็อต (118 กม./ชม.) ขึ้นไป

การเกิดพายุฝนที่มีความรุนแรงโดยพิจารณาจากความเร็วม อาจไม่ทำให้เกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุด และเกิดอุทกภัย แต่เป็นความเสียหายจากวาทภัย พายุฝนระดับดีเปรสชัน บางครั้งทำให้เกิดเป็นฝนตกปริมาณมากในบริเวณกว้างได้ และสามารถสร้างความเสียหายจากภาวะอุทกภัยให้กับพื้นที่เกษตร ถนน สะพาน ทำนบ ฝาย ดังรายละเอียดในตารางที่ ง.3-2

ในช่วงที่เกิดพายุฝนขนาดใหญ่ มีรายงานปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีต่างๆ ของกรมอุตุนิยมวิทยา เช่นในตารางที่ ง.3-1 และ ง.3-3 แต่ไม่มีแผนที่เส้นชั้นน้ำฝนที่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงเลือกพายุไต้ฝุ่น Tilda เป็นข้อมูลในการพัฒนาหาค่า PMP เช่นเดียวกับการหาค่า PMP ของลุ่มน้ำน่าน

2. การย้ายพายุฝน (Storm Transposition)

ย้ายเส้นชั้นน้ำฝนของพายุไต้ฝุ่น Tilda ซึ่งมีศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด มายังลุ่มน้ำปิงตอนบน ผลของการย้ายแสดงในรูปที่ ง.3-4

การย้ายตำแหน่งจำเป็นต้องมีการปรับแก้สำหรับความแตกต่างทางภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ระหว่าง 2 พื้นที่ ดังนี้

2.1 ความชื้น

การปรับแก้สำหรับค่าความชื้นสูงสุด ใช้ข้อมูลอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (dew point) ของพื้นที่โดยรอบที่เกิดพายุฝน และค่า dew point สูงสุดที่พบบริเวณโดยรอบตำแหน่งที่มีการย้ายพายุฝนมา ค่า dew point สูงสุดที่ระดับน้ำทะเลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า 27 °C ซึ่งเป็นค่าคงที่ตลอด 12 ชั่วโมง และเป็นค่าที่นำมาใช้กับลุ่มน้ำน่าน (Engineering Consultants, INC. 1969)

เนื่องจากในภูมิภาคร้อนชื้นค่า dew point มีค่าสูงอย่างต่อเนื่อง ระหว่างฤดูฝนใกล้เคียงกับค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ดังนั้นการปรับแก้ความชื้น (moisture maximization) จึงมีความสำคัญน้อยกว่าภูมิภาค Middle Latitude เช่น สหรัฐอเมริกา

2.2 ระยะทางแนวราบผิวดิน

หากใช้ข้อมูลผลการศึกษา PMP ของลุ่มแม่น้ำโขง (U.S. Department of Commerce and U.S. Department of the Army, 1970) PMP 72 ชั่วโมงที่ชายฝั่งของเวียดนามมีค่า 1,200 มม. เมื่อพายุฝนเข้ามาถึง จ.ร้อยเอ็ด จะมีค่าลดลงเป็น 450 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณฝนสูงสุดที่วัดได้จากการเกิดพายุไต้ฝุ่น Tilda ปริมาณ PMP ที่จังหวัดร้อยเอ็ดมีค่า 40% ของค่า PMP ที่เกิดจากชายฝั่งเวียดนาม

ผลการศึกษาของลุ่มน้ำน่าน ซึ่งอยู่ไกลจากชายฝั่งเวียดนามมากกว่า จ.ร้อยเอ็ดจึงประมาณค่าการลดลงเพิ่มอีก 10% ในกรณีของลุ่มน้ำปิงซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกไกลออกไป อาจประมาณว่ามีค่าลดลงเพิ่มอีก 20% จาก จ.ร้อยเอ็ด

2.3 ค่าระดับ

การศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน ไม่มีการปรับแก้สำหรับค่าระดับ เพราะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างจุดศูนย์กลางพายุที่จ.ร้อยเอ็ด มีค่าระดับ 140 เมตร (MSL) และกลุ่มน้ำน่านซึ่งมีค่าระดับ 200 เมตร (MSL) กรณีของกลุ่มน้ำปิงซึ่งมีค่าระดับ 310 เมตร ไม่มีการปรับแก้เช่นกัน

2.4 สิ่งกีดขวาง

ทิวเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นขอบเขตด้านตะวันออกของกลุ่มน้ำน่าน มีค่าระดับประมาณ 1,500 ม. มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของพายุได้ฝุ่น ขณะที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกข้ามกลุ่มน้ำน่าน ทำให้ปริมาณฝนลดลง ใช้ค่าปรับแก้ความชื้นของพายุฝนลดลง 14% จากกลุ่มน้ำน่านถึงกลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน มีแนวเทือกเขากันขวางอยู่เป็นระยะแต่ไม่ต่อเนื่องเหมือนทิวเขาหลวงพระบาง ดังนั้นอาจใช้ค่าปรับแก้ความชื้นของพายุฝนลดลง 20%

2.5 ความลาดชัน

การปรับแก้ความลาดชันจำเป็นต้องทำเมื่อความลาดชันด้านรับลมของสิ่งกีดขวางในกลุ่มน้ำมีความแตกต่างจากความลาดชันด้านอื่นๆ ของกลุ่มน้ำที่ศึกษา กรณีนี้ไม่จำเป็นต้องปรับแก้เนื่องจากความลาดชัน

2.6 Latitude

ผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาพบว่า ขนาดของพายุฝนสูงสุดเหนือเส้น Latitude 30°N จะลดลง เช่นเดียวกับพายุฝนที่เกิดใต้เส้น Latitude 15°N แต่พายุได้ฝุ่นจะมีกำลังเต็มที่เหนือเส้น Latitude 15°N ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้ Latitude ของการเคลื่อนที่ของพายุฝนในกลุ่มน้ำปิง เพราะอยู่เหนือ Latitude ที่ 15°N

2.7 ฤดูกาล

พายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclone) มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงพฤศจิกายน ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้สำหรับฤดูกาล

ตารางที่ ง.3-1 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยขณะที่มีกำลังแรงเป็นพายุไซклонร้อนหรือพายุไต้ฝุ่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2490 – 2540 (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

ครั้งที่	ชื่อพายุ	ช่วง-วัน-เดือน-ปี	จังหวัดที่พายุเข้า	ปริมาณน้ำฝน
1	-	12-14 ต.ค. 2490	นครพนม น่าน	ต.ค. 2490 อุบลราชธานี 760.3 มม. เลย 600.0 มม. อุดรศักดิ์ 417.7 มม. ร้อยเอ็ด 415.4 มม. กรุงเทพฯ 331.5 มม.
2	พายุไต้ฝุ่น "เว" (Vae)	18-20 ต.ค. 2495	จันทบุรี	22 ต.ค. 2495 จันทบุรี 336.8 มม. สตูล 111.0 มม.
3	พายุไซклонร้อน "ฮารีเยต" (Harriet)	24-26 ต.ค. 2505	นครศรีธรรมราช	25 ต.ค. 2505 สนามบินภูเก็ต 132.0 มม. ตรัง 125.7 มม. นครศรีธรรมราช 122.6 มม. ภูเก็ต 101.4 มม.
4	พายุไซклонร้อน "ทิลดา" (Tilda)	23 ก.ย. 2507	นครพนม	22 ก.ย. 2507 ร้อยเอ็ด 242.3 มม. เพชรบูรณ์ 142.8 มม.
5	พายุไซклонร้อน "ดอริส" (Doris)	2-4 ต.ค. 2512	นครพนม	3,4 ต.ค. 2512 นครพนม 19.0, 34.1 มม.
6	พายุไซклонร้อน "รูธ" (Ruth)	29-30 พ.ย. 2513	สุราษฎร์ธานี	29 พ.ย. 2513 ชุมพร 254.1 มม. 30 พ.ย. 2513 ประจวบคีรีขันธ์ 220.0 มม. หัวหิน 207.7 มม.
7	พายุไซклонร้อน "แซลลี่" (Sally)	3-4 ธ.ค. 2515	สุราษฎร์ธานี	6 ธ.ค. 2515 ประจวบคีรีขันธ์ 114.8 มม. 4 ธ.ค. 2515 ระนอง 94.0 มม. ชุมพร 78.1 มม.
8	พายุไต้ฝุ่น "เกย์" (Gay)	1-4 พ.ย. 2532	ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี	50.1 4.6 40.9 89.8 มม. 0.0 0.5 50.0 120.9 มม. 31.1 22.0 15.9 2.2 มม.
9	พายุไต้ฝุ่น "เบกกี" (Becky)	30 ต.ค. 2533	หนองคาย	29 ต.ค. เชียงใหม่ 310 มม.

ตารางที่ ง.3-1 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยขณะที่มีกำลังแรงเป็นพายุโซนร้อนหรือพายุไต้ฝุ่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2490 – 2540 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อพายุ	ช่วง-วัน-เดือน-ปี	จังหวัดที่พายุเข้า	ปริมาณน้ำฝน
10	พายุไต้ฝุ่น “เฟรด” (Fred)	17 ส.ค. 2534	นครพนม	-
11	พายุโซนร้อน “ฟอเรส” (Forrest)	15 พ.ย. 2535	นครศรีธรรมราช	-
12	พายุไต้ฝุ่น “ลินดา” (Linda)	4 พ.ย. 2540	ประจวบคีรีขันธ์	อ.เมือง ราชบุรี 304.9 มม. อ.หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์ 298.5 มม.

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, พายุหมุนเขตร้อนปี 2532 ในบริเวณพื้นที่ครอบคลุม ละติจูด 0-25° เหนือ ลองจิจูด 90°-115° ตะวันออก รายงานอากาศเลขที่ 551.515.2-01-2533 ISBN 974-7553-19-8, ฝ่ายอากาศประจำถิ่น กองภูมิอากาศ, มกราคม 2533

ชวรี วราศชัยและคณะ, พายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย : สถิติ พ.ศ. 2494-2541 เอกสารวิชาการเลขที่ 551.515.2-01-2542, ฝ่ายอากาศประจำถิ่น กองภูมิอากาศ, กรมอุตุนิยมวิทยา, มีนาคม 2542.

ตารางที่ ง.3-2 พายุฝนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยและมีรายงานความเสียหาย

ลำดับที่	ชื่อพายุ	ช่วง-วัน-เดือน-ปี	จังหวัดที่พายุเข้า	ความเสียหาย
1	พายุเบตติ (Betty) พายุแคร์รี่ (Cary)	17 ส.ค. 2530 25 ส.ค. 2530	น่าน เชียงราย	พื้นที่เกษตร 281,522 ไร่ ถนน 1,112 แห่ง สะพาน 332 แห่ง ทำนบ ฝ่าย 396 แห่ง
2	พายุเกย์ (Gay)	4 พ.ย. 2532	ชุมพร	พื้นที่เกษตร 940,852 ไร่ ถนน 1,016 แห่ง สะพาน 194 แห่ง ทำนบ ฝ่าย 65 แห่ง มูลค่า 11,686 ล้านบาท
3	พายุอีรา (Ira) พายุโลลา (Lola)	4 ต.ค. 2533 19 ต.ค. 2533	อุบลราชธานี ปราจีนบุรี	พื้นที่เกษตร 4,944,777 ไร่ ถนน 7,418 แห่ง สะพาน 371 แห่ง ทำนบ ฝ่าย 304 แห่ง
4	พายุเฟรด (Fred)	17 ส.ค. 2534	นครพนม	พื้นที่เกษตร 1,931,785 ไร่ ถนน 2,928 แห่ง สะพาน 432 แห่ง ทำนบ ฝ่าย 370 แห่ง มูลค่า 892 ล้านบาท

ตารางที่ ง.3-2 พายุฝนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยและมีรายงานความเสียหาย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพายุ	ช่วง-วัน-เดือน-ปี	จังหวัดที่พายุเข้า	ความเสียหาย
5	พายุดีเปรสชัน	27 ต.ค. 2534	ประจวบคีรีขันธ์	พื้นที่เกษตร 43,250 ไร่ ถนน 558 แห่ง สะพาน 76 แห่ง ทำนบ ฝาย 15 แห่ง มูลค่า 37 ล้านบาท
6	พายุแองเจลา (Angela)	30 ต.ค. 2535	ตราด	พื้นที่เกษตร 66,838 ไร่ ถนน 606 แห่ง สะพาน 65 แห่ง ทำนบ ฝาย 6 แห่ง มูลค่า 171 ล้านบาท
7	พายุฟอร์เรสต์ (Forrest)	15 พ.ย. 2535	นครศรีธรรมราช	พื้นที่เกษตร 398,752 ไร่ ถนน 1,647 แห่ง สะพาน 254 แห่ง ทำนบ ฝาย 41 แห่ง มูลค่า 3,651 ล้านบาท
8	พายุลูอิส (Lewis)	13 ก.ค. 2536	น่าน	พื้นที่เกษตร 478,101 ไร่ ถนน 183 แห่ง สะพาน 149 แห่ง มูลค่า 106 ล้านบาท
9	พายุดีเปรสชัน	29 พ.ย. 2536	นครศรีธรรมราช	พื้นที่เกษตร 701,483 ไร่ ถนน 4,231 แห่ง สะพาน 479 แห่ง ทำนบ ฝาย 135 แห่ง มูลค่า 1,260 ล้านบาท
10	พายุแมนนี่ (Manny)	15 ธ.ค. 2536	สงขลา	พื้นที่เกษตร 253,584 ไร่ ถนน 1,055 แห่ง สะพาน 107 แห่ง ทำนบ ฝาย 25 แห่ง มูลค่า 28 ล้านบาท
11	พายุเอมี (Amy)	31 ก.ค. 2537	น่าน	พื้นที่เกษตร 544,545 ไร่ ถนน 399 แห่ง สะพาน 41 แห่ง ทำนบ ฝาย 28 แห่ง มูลค่า 156 ล้านบาท

ตารางที่ ง.3-2 พายุฝนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยและมีรายงานความเสียหาย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพายุ	ช่วง-วัน-เดือน-ปี	จังหวัดที่พายุเข้า	ความเสียหาย
12	พายุเอมี (Amy) พายุแฮรี (Harry) พายุลูค (Luke)	ก.ค. - ก.ย. 2537	ทั่วทั้งประเทศ ไทย	พื้นที่เกษตร 4,304,478 ไร่ ถนน 17,022 แห่ง สะพาน 1,734 แห่ง ทำนบ ฝาย 1,656 แห่ง มูลค่า 5,092 ล้านบาท
13	พายุซิติลา (Zita)	23-24 ต.ค. 2540	ภาคเหนือ ภาคใต้	ถนน 4,258 แห่ง สะพาน 610 แห่ง ทำนบ ฝาย 622 แห่ง มูลค่า 2,944 ล้านบาท
14	พายุลินดา (Linda)	4 พ.ย. 2540	นครศรีธรรมราช	ถนน 1,223 แห่ง สะพาน 20 แห่ง ทำนบ ฝาย 40 แห่ง มูลค่า 213 ล้านบาท

ที่มา : ข้อมูลสำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

ชวรี วราศชัย และคณะ พายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย : สถิติ พ.ศ. 2494-2541 เอกสารวิชาการเลขที่ 551.515.2-01-2542, ฝ่ายอากาศประจำถิ่น กองภูมิอากาศ, กรมอุตุนิยมวิทยา, มีนาคม 2542.

ตารางที่ ๓.3-3 พายุหมุน ไซนร้อนที่อ่อนกำลังลงเป็นพายุดีเปรสชัน แต่ยังทำให้เกิดฝนตกหนัก
เมื่อเคลื่อนผ่านประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2545

ลำดับที่	ชื่อพายุ	ช่วง-วัน-เดือน-ปี	จังหวัดที่พายุเข้า	ปริมาณน้ำฝน
1	พายุไซนร้อน LEWIS	13 ก.ค. 2536	น่าน	12 ก.ค. 2536 อ.เมือง จ.นครพนม 239.8 มม.
2	พายุไซนร้อน LOIS	31 ส.ค. 2538	น่าน	อ.เมือง จ.นครพนม 304.4 มม.
3	พายุไซนร้อน FRINZ	21-26 ก.ย. 2540	อุบลราชธานี	21 ก.ย. 2540 อ.แม่จัน 125 มม. อ.เมือง จ.จันทบุรี 259.6 มม.
4	พายุไซนร้อน KAEMI	21-23 ส.ค. 2543	มุกดาหาร	21-23 ส.ค. 2543 อ.น้ำยืน จ.อุบลฯ 283.7 มม. อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 206.6 มม.
5	พายุไซนร้อน USAGI	9-12 ส.ค. 2544	หนองคาย	9 ส.ค. 2544 อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 263.4 มม. 11 ส.ค. 2544 อ.ไชยงาม จ.อุครธานี 225 มม. อ.สารภี จ.เชียงใหม่ 210 มม. อ.เมือง จ.แพร่ 218 มม.
6	หย่อมความกดอากาศต่ำ	30 ก.ย. - 4 พ.ค.2544	-	3 พ.ค. 2544 อ.เดิน จ.ลำปาง 310 มม. อ.แม่พริก จ.ลำปาง 259 มม. อ.วังชิ้น จ.แพร่ 285 มม.
7	พายุไต้ฝุ่น Koni	21-25 ก.ค. 2545	เชียงราย	23 ก.ค. 2545 อ.แม่จัน จ.เชียงราย 97.3 มม.

ตารางที่ ง.3-4 การประมาณค่า PMP ของลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ 13,130 km² โดยใช้ข้อมูล Depth-area-duration พายุไต้ฝุ่น Tilda และ Vae จากตารางที่ ง.3-7 ของ PMP, Mehong River Basin

หน่วย : มม.

รายการ	การปรับแก้	PMP ช่วงเวลาต่างๆ (ชั่วโมง)					
		6	12	24	36	48	72
1. PMP จากตารางที่ ง.3-7	-	86	172	272	304	348	360
2. การปรับแก้ระยะทาง	ลดลง 10%	77	155	245	274	313	324
3. การปรับแก้สิ่งกีดขวาง	ลดลง 14%	67	133	211	235	269	279
4. การปรับแก้ความชันสูงสุด	เพิ่มขึ้น 1.03	69	137	217	242	277	287

ตารางที่ ง.3-5 การประมาณค่า PMP ของลุ่มน้ำปิงตอนบน พื้นที่ 26,386 km² โดยใช้ข้อมูล Depth-area-duration พายุไต้ฝุ่น Tilda และ Vae จากตารางที่ ง.3-7 ของ PMP, Mehong River Basin

หน่วย : มม.

รายการ	การปรับแก้	PMP ช่วงเวลาต่างๆ (ชั่วโมง)					
		6	12	24	36	48	72
1. PMP จากตารางที่ ง.3-7	-	72	145	230	261	321	345
2. การปรับแก้ระยะทาง	ลดลง 20%	58	116	184	209	257	276
3. การปรับแก้สิ่งกีดขวาง	ลดลง 15%	49	99	156	177	218	235
4. การปรับแก้ความชันสูงสุด	เพิ่มขึ้น 1.03	50	102	161	183	225	242

ตารางที่ ง.3-6 ขั้นตอนการประมาณค่า PMP ตามวิธีการศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน โดย Engineering Consultants, INC (1969)

ขั้นตอน	ศูนย์กลางพายุ Tilda จ.ร้อยเอ็ด	ลุ่มน้ำน่าน	ลุ่มน้ำปิง	หมายเหตุ
A. Storm Transposition				
1. ความชื้น				
- dew point สูงสุดในอดีต	27 °C			
- dew point เกิดพายุ	24.2 °C			
2. ระยะทางแนวราบผิวดิน				1,200 mm
- การปรับแก้ระยะทางราบ	40%	10% จากร้อยเอ็ด	20% จากร้อยเอ็ด	ชายฝั่งเวียงคน
โดยมีปริมาณฝนลดลง	(450 mm)	(405 mm)	(360 mm)	
3. ค่าต่างระดับ MSL (m)	140	200	310	
- การปรับแก้	-	-	-	
4. สังกัดขวาง	-	ภูเขา 500 m ได้	ภูเขา 500 m ได้	
- การปรับแก้	-	ภูเขา 1500 ตอ. ลดลง 14%	ภูเขา 1500 ตอ. ลดลง 15%	
5. ความลาดชัน	-	-	-	
- การปรับแก้	-	-	-	
6. Latitude	เหนือ Lat. 15°N	เหนือ Lat. 15°N	เหนือ Lat. 15°N	
- การปรับแก้	-	-	-	
7. ฤดูกาล		Tropical Cyclone เกิดได้ช่วงหลายเดือน	Tropical Cyclone เกิดได้ช่วงหลายเดือน	
- การปรับแก้		-	-	
B. การหาค่าสูงสุดของพายุฝน				
1. การหาความชื้นสูงสุด				
- ค่าปรับแก้		1.13 (ก.ย. 2507)	ใช้เหมือนลุ่มน้ำ	
		1.03 (มี.ย. 2505)	น่าน	
2. ค่าความเร็วลมสูงสุด		รวมอยู่ในการ ปรับแก้สังกัดขวาง		

ตารางที่ ง.3-6 ขั้นตอนการประมาณค่า PMP ตามวิธีการศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน โดย Engineering Consultants, INC (1969) (ต่อ)

ขั้นตอน	ศูนย์กลางพายุ Tilda จ.ร้อยเอ็ด	ลุ่มน้ำน่าน	ลุ่มน้ำปิง	หมายเหตุ																																																							
C. การสร้างความสัมพันธ์ ความลึก ฝน-พื้นที่-ช่วงเวลา (Envelopment)		<p>รูปที่ ง.3-3</p> $R = 128D^{0.147}$ $D = 72 \text{ hr}$ $R = 240 \text{ mm}$ $R = 48D^{0.46}$ $D = 6 \text{ hr}$ $R = 109 \text{ mm}$	ดูจาก ตารางที่ ง.3-5	หาค่าฝนเฉลี่ย ทั้งพื้นที่ที่ ช่วงเวลาต่างๆ จากแผนที่เส้น ชั้นน้ำฝน																																																							
D. สภาพเงื่อนไขที่เกิดขึ้นก่อนและ เกิดขึ้นตามมา (Antecedent and Sequence Conditions)																																																											
1. ช่วงเวลาการเกิดพายุฝน		พายุช่วงเวลา 3 วัน มี 2 ลูก ต่อเนื่อง	ใช้เงื่อนไข เดียวกับลุ่มน้ำ น่าน																																																								
2. พายุฝนที่เกิดตามมา		พายุฝนที่เกิดตามมา มีขนาด 50%																																																									
3. PMP ลำดับการเพิ่มขึ้น 3 วัน		<table border="0"> <tr> <td>ช่วงเวลา</td> <td>ปริมาณPMP</td> <td></td> <td>ปริมาณPMP</td> </tr> <tr> <td>(hr)</td> <td>(มม.)</td> <td></td> <td>(มม.)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4</td> <td rowspan="3">วันที่ 1</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>4</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>6</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>6</td> <td rowspan="3">วันที่ 2</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>30</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>109</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>41</td> <td rowspan="3">วันที่ 3</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>26</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>4</td> <td rowspan="3">วันที่ 3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>240</td> <td>242</td> </tr> </table>	ช่วงเวลา	ปริมาณPMP		ปริมาณPMP	(hr)	(มม.)		(มม.)	6	4	วันที่ 1	11	12	4	11	18	6	21	24	6	วันที่ 2	21	30	30	30	36	109	52	42	41	วันที่ 3	50	48	26	29	54	4	5	60	4	วันที่ 3	4	66	4	4	72	2	4							240	242	
ช่วงเวลา	ปริมาณPMP		ปริมาณPMP																																																								
(hr)	(มม.)		(มม.)																																																								
6	4	วันที่ 1	11																																																								
12	4		11																																																								
18	6		21																																																								
24	6	วันที่ 2	21																																																								
30	30		30																																																								
36	109		52																																																								
42	41	วันที่ 3	50																																																								
48	26		29																																																								
54	4		5																																																								
60	4	วันที่ 3	4																																																								
66	4		4																																																								
72	2		4																																																								
		240	242																																																								
PMP ทั้งหมด																																																											

ตารางที่ ๓.3-6 ขั้นตอนการประมาณค่า PMP ตามวิธีการศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน โดย Engineering Consultants, INC (1969) (ต่อ)

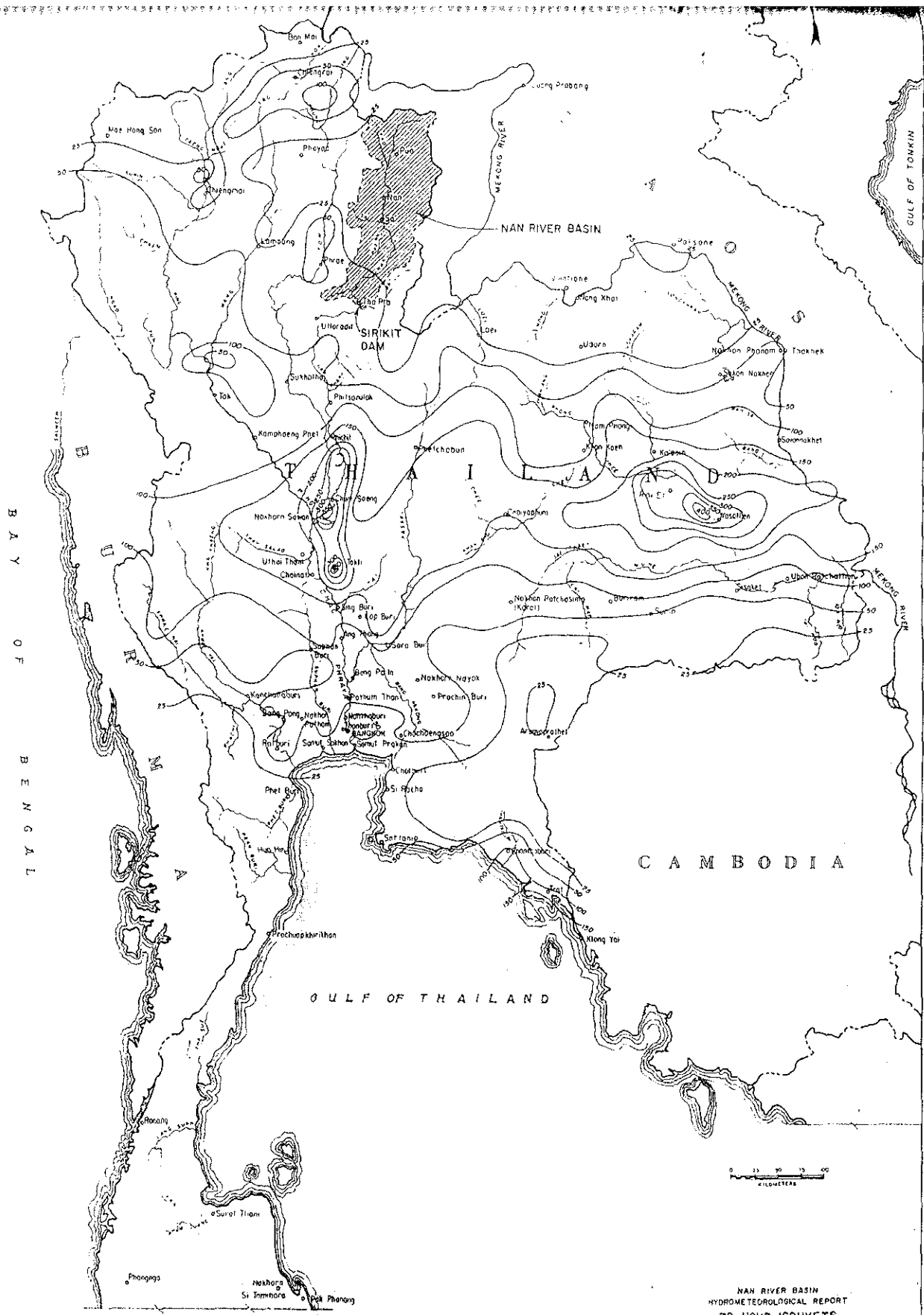
ขั้นตอน	ศูนย์กลางพายุ Tilda จ.ร้อยเอ็ด	ลุ่มน้ำน่าน		ลุ่มน้ำปิง	หมายเหตุ
		ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	
		1	20	64	
		2	206	161	
		3	14	17	
		4	0	0	
		5	5	8	
		6	103	81	
		7	7	32	
			360	363	

ตารางที่ ๓.3-7 Enveloping rain depths from typhoon Tilda (Sept. 21-25, 1964) and typhoon Vae (Oct. 21-22, 1952)

Area (km ²)	Duration (hr)					
	6	12	24	36	48	72
Average Depth (mm)						
1,000	165	282	385	412	427	470
2,000	130	240	352	380	395	438
3,000	112	219	336	364	378 ¹	420
5,000	100	200	315	345	370 ¹	396
10,000	90	179	283	315	355 ¹	362
20,000	75	155	245	278	332 ¹	*
30,000	70	140	222	252	314 ¹	*
50,000	62	119	186	216	287 ¹	*
100,000	50	83	123	150	225 ¹	*
200,000	35	59	82	104	130	170
300,000	28	45	65	81	100	130

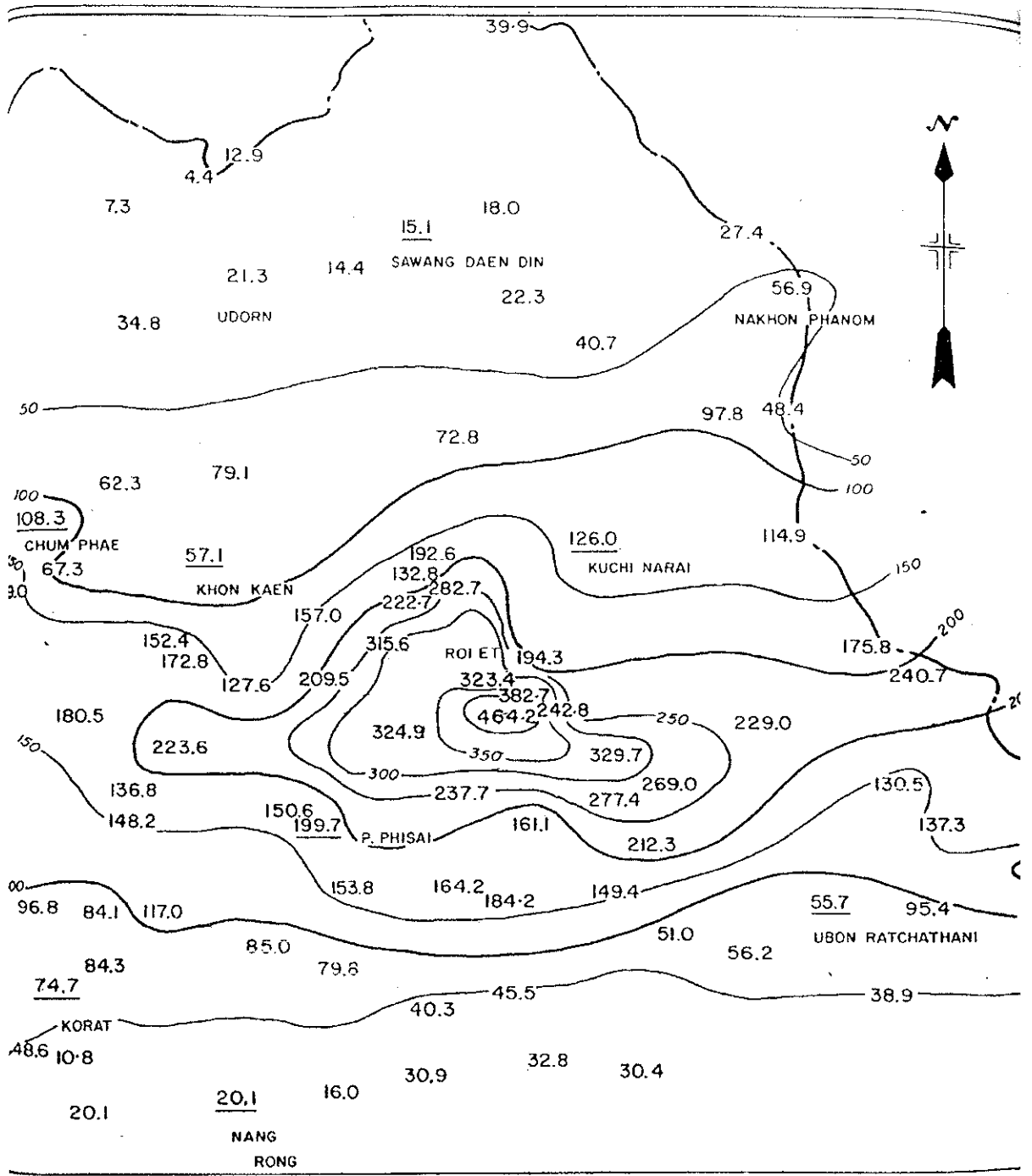
Notes : All values from Tilda except those marked with a superscript 1.

*Vae 48-hr depth greater than Tilda 72 hr



รูปที่ ง.3-1 แผนที่เส้นชั้นน้ำฝน 72 ชั่วโมง สำหรับพายุไต้ฝุ่น "Tilda"

NAN RIVER BASIN
HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
72 HOUR ISOHYETS
"TYPHOON TILDA"



NOTES.

1. Rainfall in millimeters.
2. Recording stations are underlined.

NAN RIVER BASIN
 HYDROMETEOROLOGICAL REPORT
ISOHYETAL PATTERN
 STORM OF SEPTEMBER 22-25, 1966
 CENTERED NEAR ROI ET
 TYPHOON "TILDA"

รูปที่ ๓.3-2 Isohyetal Pattern Storm of September 22-25, 1964

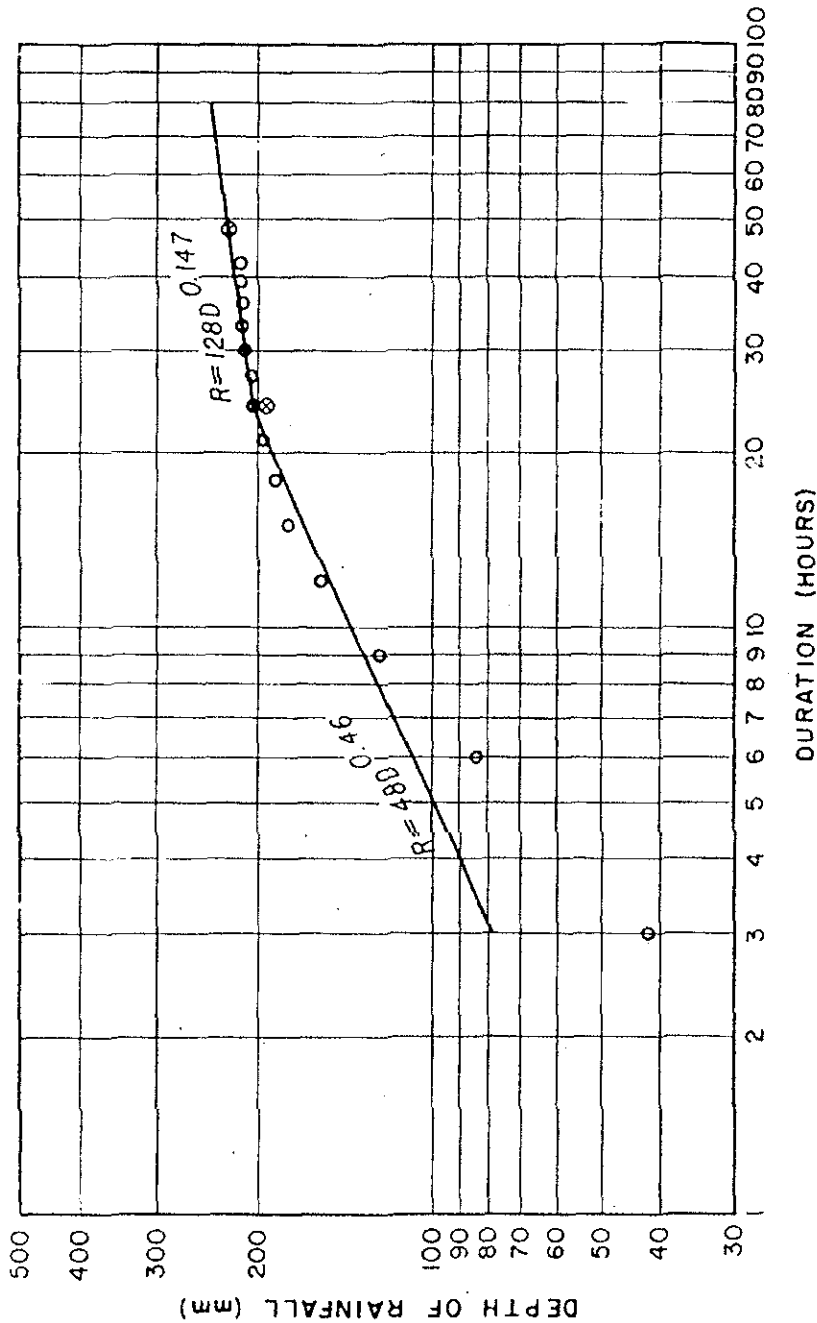
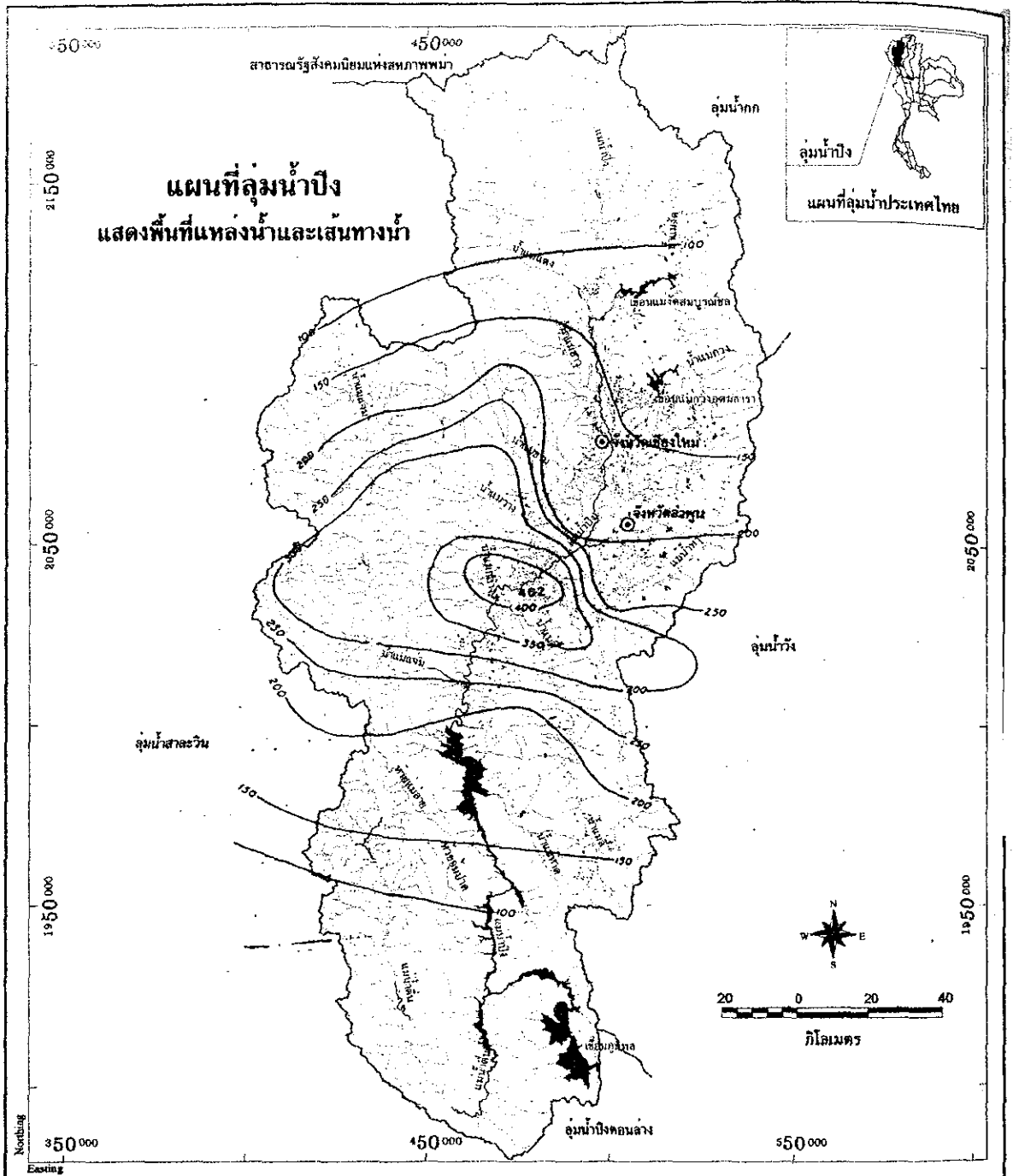







Figure 3.3-3 Depth-Duration Envelope

NOTES

- Transposed Storms
- Storm of Sept. 22-25, 1964
- ⊗ Storm of June 16-19, 1962




มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 มาตรฐานแผนที่นำเข้..... 1 : 50,000. 1 : 250,000
 ทิศใต้..... WGS 1984 UTM Zone 47
 แหล่งข้อมูล : แผนที่ลักษณะภูมิประเทศ. กรมแผนที่ทหาร. 2540-2546

<p>สัญลักษณ์</p> <ul style="list-style-type: none">  จังหวัด  เขตลุ่มน้ำ  เส้นทางน้ำ, แม่น้ำ  พื้นที่แหล่งน้ำ, ย่างเก็บน้ำ, เขื่อน 	<ul style="list-style-type: none"> จังหวัด เขตลุ่มน้ำ เส้นทางน้ำ, แม่น้ำ พื้นที่แหล่งน้ำ, ย่างเก็บน้ำ, เขื่อน
---	---

รูปที่ ๓.3-4 ย้ายเส้นชั้นน้ำฝนของพายุไต้ฝุ่น Tilda ซึ่งมีศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด
มายังลุ่มน้ำปิงตอนบน

ภาคผนวก จ
การกระจายความถี่ของชุดดิน

การกระจายความลึกของชุดดิน (Soil Depth Distribution of Soil Series)

การกระจายความลึกของชุดดินในงานวิจัยนี้หมายถึง การกระจายค่าความลึกของดิน สำหรับชุดดินชนิดต่างๆ ที่อยู่ในเขตพื้นที่ศึกษา คือลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยชุดดินที่สำรวจพบในพื้นที่ ลุ่มน้ำปึงตอนบนแสดงดังตารางที่ จ-1 กราฟแสดงการกระจายความลึกของดินสำหรับชุดดินต่างๆ แสดงในรูปที่ จ-1 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมและความลึกของดิน การกระจายความลึกของดินสามารถหาได้จากการนำข้อมูลรายงานชั้นดินจากหลุมเจาะ ของกรม ทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และข้อมูลแผนที่ชุดดินจากกรม พัฒนาที่ดิน โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

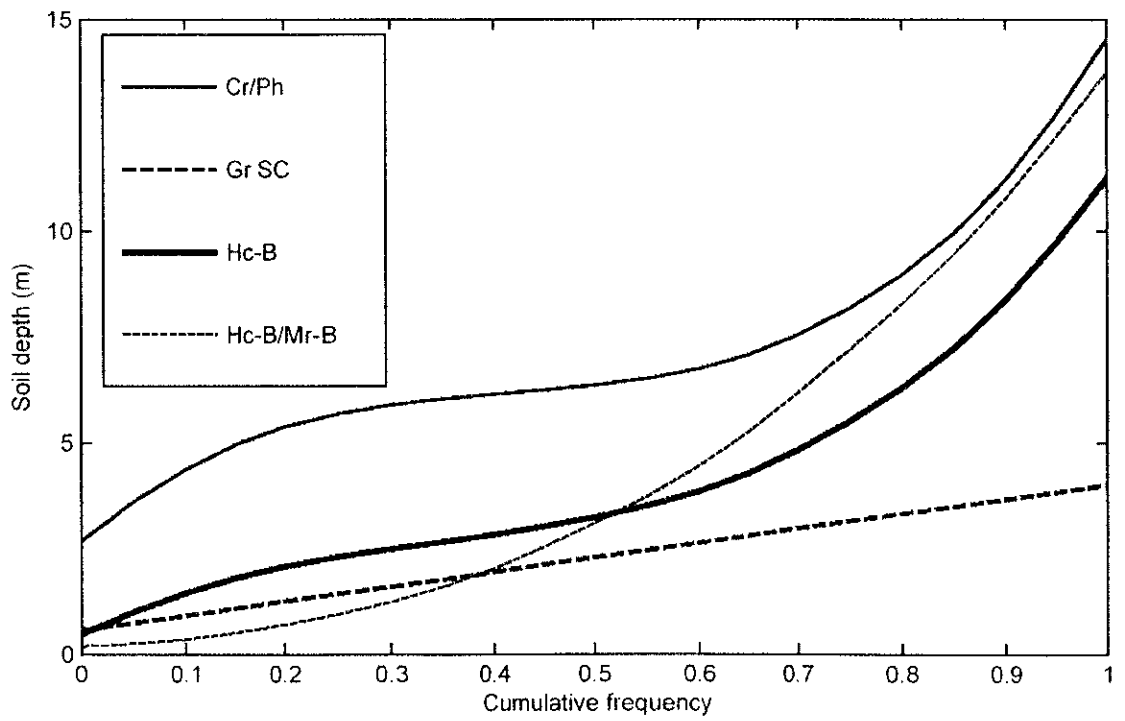
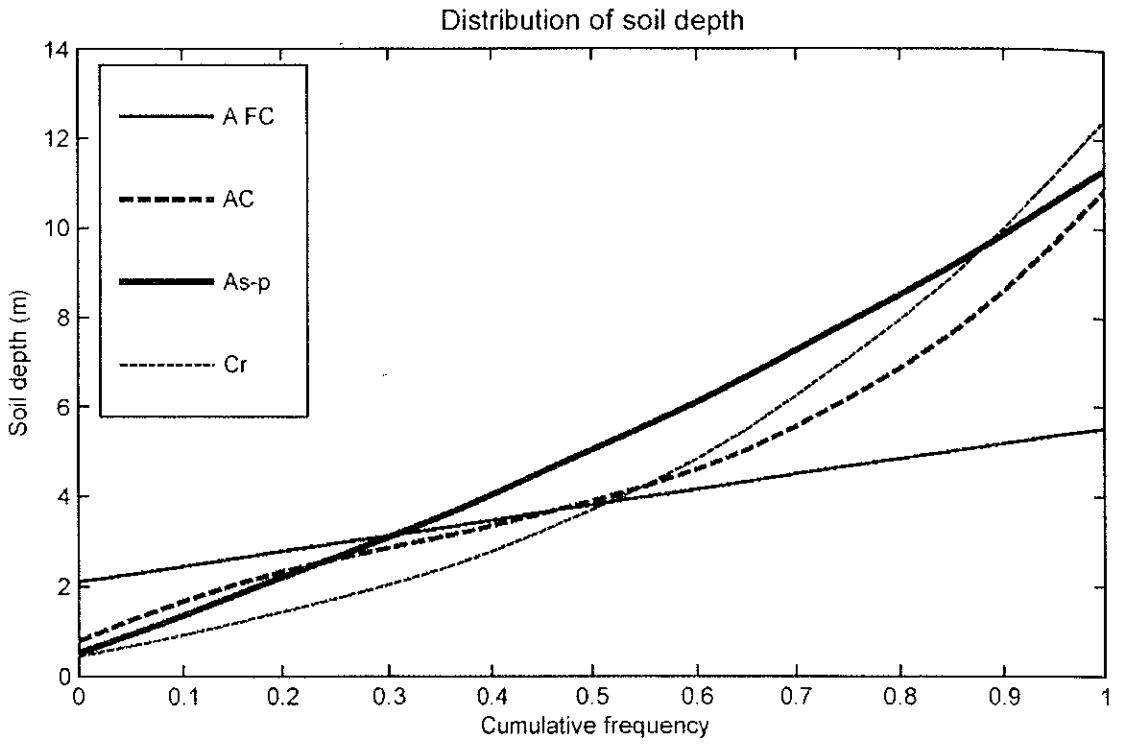
1. จากข้อมูลรายงานชั้นดินจากหลุมเจาะ ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ซึ่งประกอบด้วย ชื่อ ตำแหน่ง ความลึกของชั้นดิน ประเภทของดิน ทำการคัดเลือกหลุมเจาะที่เหมาะสม โดยเลือกใช้ข้อมูลดินชั้นบนเป็นหลัก จากจำนวนหลุมเจาะทั้งหมด 1,166 หลุม
2. กรณีดินชั้นบนมีความลึกมากๆ จะใช้ความลึกเพียง 10 เมตร โดยมีสมมุติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินเนื่องจากการซึมของน้ำฝน การระเหยซึ่งมีผลต่อสมดุล ของน้ำ จะเกิดขึ้นในดินชั้นบนไม่ลึกเกินกว่า 10 เมตร คัดเลือกหลุมเจาะที่มีชั้นดินชั้น บน ที่มีความลึกไม่เกิน 11 เมตร (10.67 เมตร) คงเหลือจำนวนหลุมเจาะทั้งหมด 789 หลุม
3. ทำการพล็อตตำแหน่งหลุมเจาะลงในแผนที่ ดังแสดงในรูปที่ จ-2
4. นำแผนที่ชุดดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ จ-3 ซ้อนทับกับตำแหน่งหลุม เจาะในขั้นตอนที่ 3 เพื่อต้องการรู้ว่าแต่ละหลุมเจาะตรงกับชุดดินชุดใด จากชั้นดินนี้ จะได้ข้อมูลกลุ่มหลุมเจาะที่ความลึกต่างๆ ของแต่ละชุดดิน นำข้อมูลความลึกของดิน มาวิเคราะห์ความถี่
5. คัดชุดดินที่มีข้อมูลหลุมเจาะเพียง 1 หลุมออกเนื่องจากไม่สามารถทำการวิเคราะห์ ความถี่ของข้อมูลได้ ได้จำนวนชุดดินคงเหลือทั้งหมด 43 ชุดดิน ดังแสดงในตารางที่ จ-1
6. นำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 5 ทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมกับ ความลึกของชุดดินแต่ละชุด ได้ผลดังรูปที่ จ-1

ตารางที่ จ-1 ชื่อและสัญลักษณ์ของชุดคินที่ทำการศึกษา

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ชื่อชุดคิน	จำนวนหลุมเจาะ
1	AFC		2
2	AC		75
3	As-p		52
4	Cr	ชุดคินเชียงราย	15
5	Cr/Ph	หน่วยคินสัมพันธ์ของชุดคินเชียงรายและชุดคินพาน	6
6	Gr SC		3
7	Hc-B	ชุดคินห้างฉัตร	38
8	Hc-B/Mr-B	หน่วยคินสัมพันธ์ของชุดคินห้างฉัตรและชุดคินแมริม	6
9	Hc-hd	ชุดคินห้างฉัตร	4
10	Hd	ชุดคินหางดง	121
11	Hd-o	ชุดคินหางดง	2
12	Kt	ชุดคินโคราช	16
13	Kt/Ng	ชุดคินสัมพันธ์ของชุดคินโคราชและชุดคินน้ำพอง	2
14	Kt/Sp	ชุดคินสัมพันธ์ของชุดคินโคราชและชุดคินสันป่า	9
15	Kt/Suk	ชุดคินสัมพันธ์ของชุดคินโคราชและชุดคินสะตึก	8
16	Kt-Hc-B	ชุดคินโคราช	2
17	Lp	ชุดคินลำปาง	12
18	Lp/Sai	ชุดคินสัมพันธ์ของชุดคินลำปางและชุดคินสันทราย	17
19	Ly	ชุดคินลาดหญ้า	2
20	Mr-B	ชุดคินแมริม	47
21	Mr-C	ชุดคินแมริม	15
22	Ms	ชุดคินแม่สาย	49
23	Mt-B	ชุดคินแม่แตง	11
24	Mt-B/Mr-B	หน่วยคินสัมพันธ์ของชุดคินแม่แตงและชุดคินแมริม	6
25	Ng	ชุดคินน้ำพอง	22
26	Ph	ชุดคินพาน	2
27	Pm	ชุดคินพิมาย	6
28	Rb	ชุดคินราชบุรี	25
29	Re	ชุดคินร้อยเอ็ด	3
30	Sa	ชุดคินสรรพยา	9
31	Sai	ชุดคินสันทราย	81
32	Sai/Ph	หน่วยคินสัมพันธ์ของชุดคินสันทรายและชุดคินพาน	5
33	SC	พื้นที่ลาดเชิงซ้อน	21

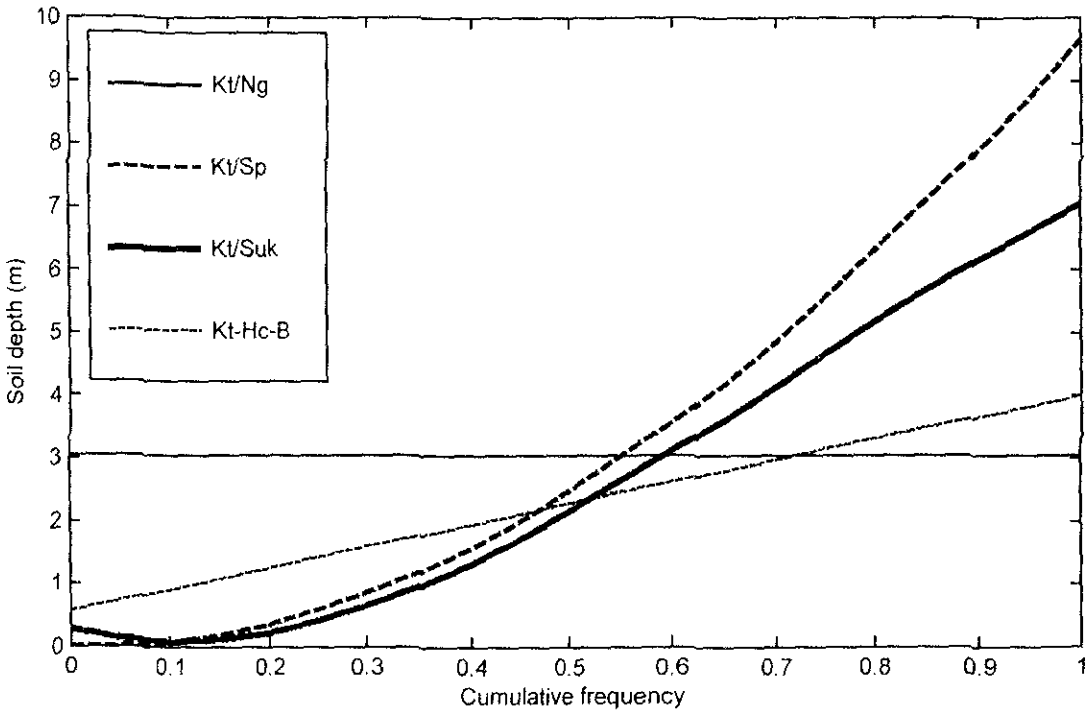
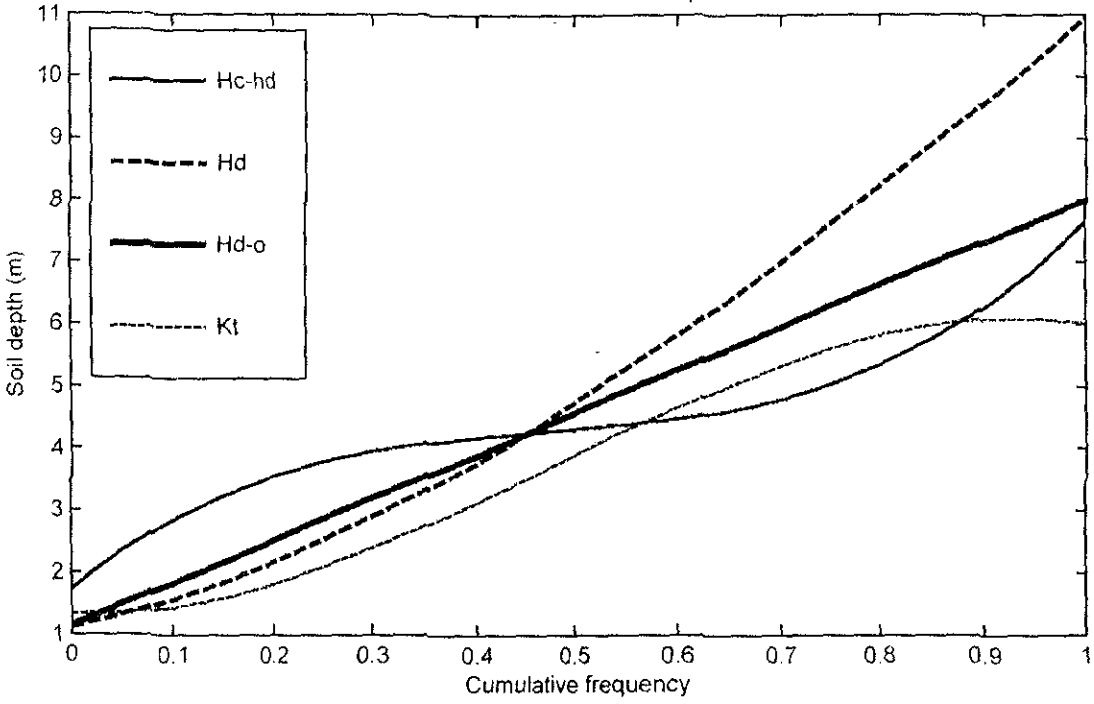
ตารางที่ จ-1 ชื่อและสัญลักษณ์ของชุดดินที่ทำการศึกษา (ต่อ)

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ชื่อชุดดิน	จำนวนหลุมเจาะ
34	Sp	ชุดดินสันป่าดอง	11
35	Sp-Hc	ชุดดินสันป่าดอง	2
36	Sp-md	ชุดดินสันป่าดอง	2
37	Suk	ชุดดินสติ๊ก	2
38	Tk	ชุดดินตาคลี	2
39	Tm	ชุดดินท่าม่วง	22
40	Tm/Sa	หน่วยดินสัมพันธ์ของชุดดินท่าม่วงและชุดดินสรรพยา	6
41	Ty	ชุดดินท่ายาง	15
42	Ty/Ly	หน่วยดินสัมพันธ์ของชุดดินท่ายางและชุดดินลาดหญ้า	18
43	Ub	ชุดดินอุบล	16



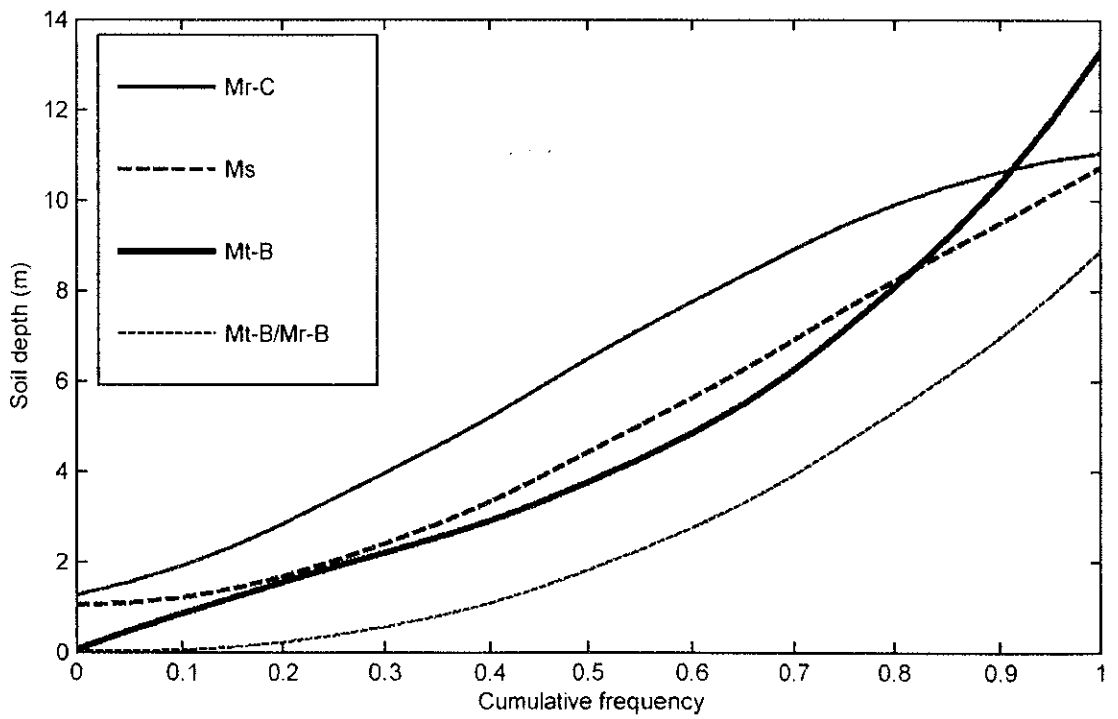
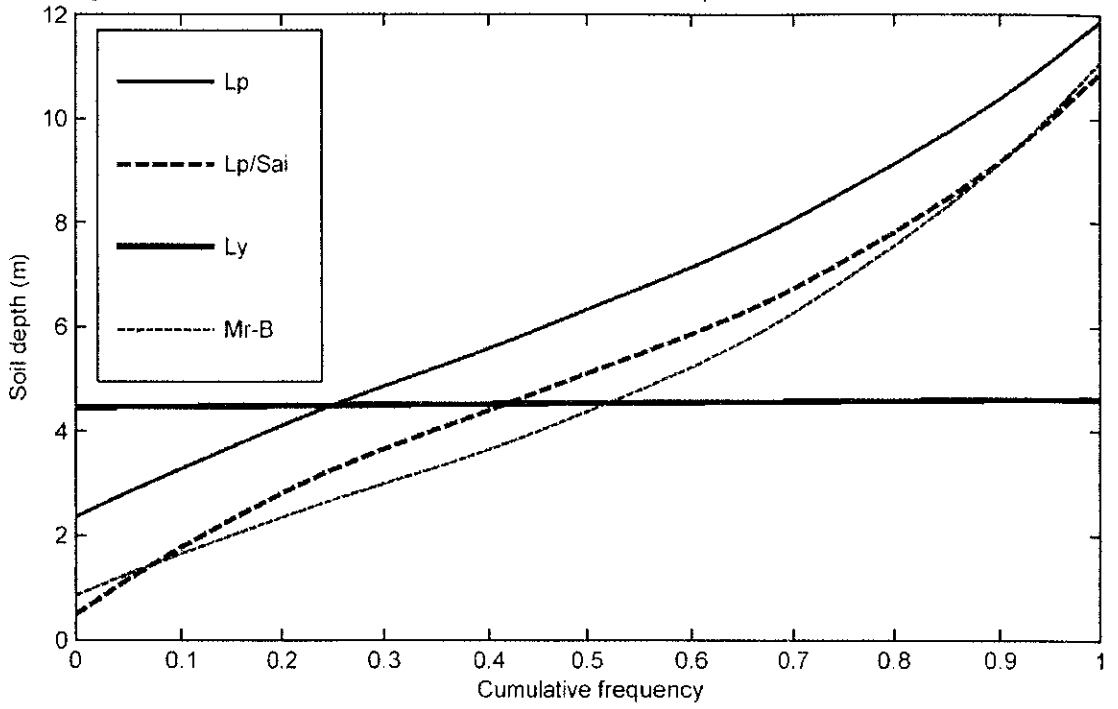
รูปที่ จ-1 การกระจายของดิน

Distribution of soil depth



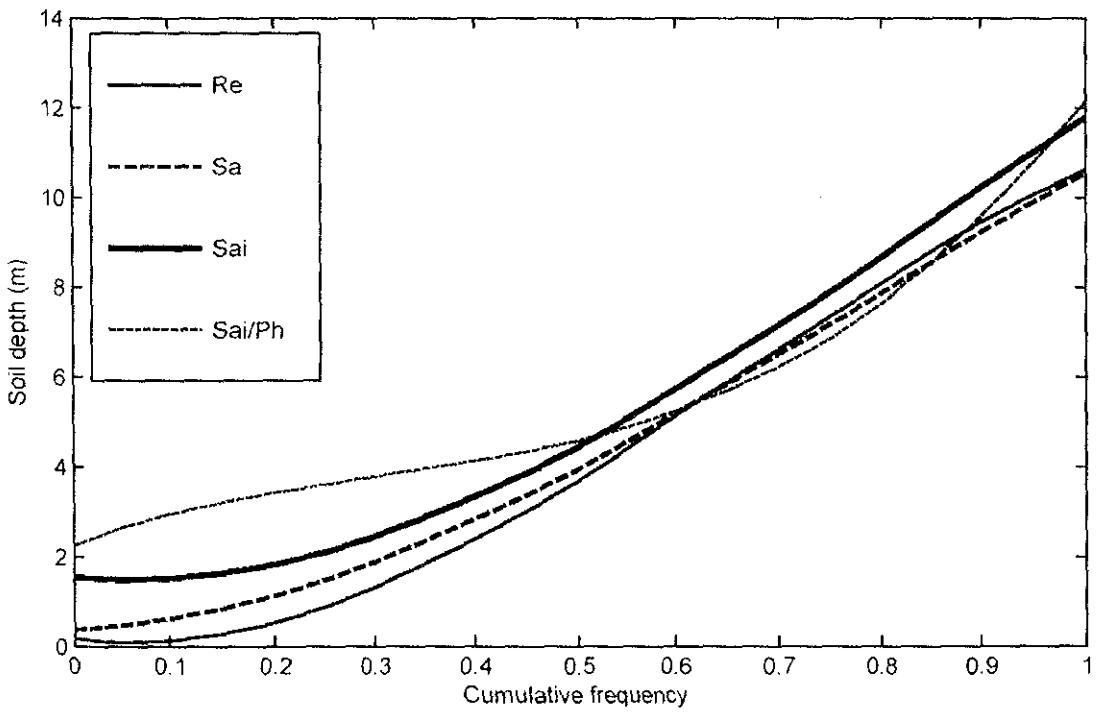
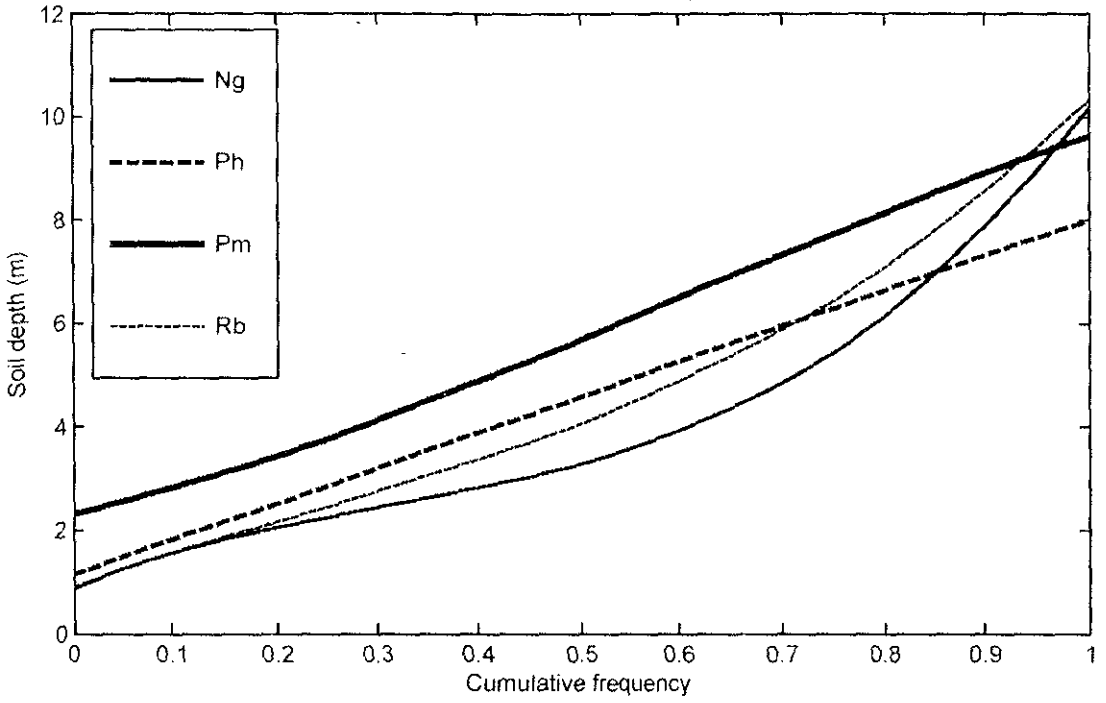
รูปที่ จ-1 การกระจายของดิน (ต่อ)

Distribution of soil depth



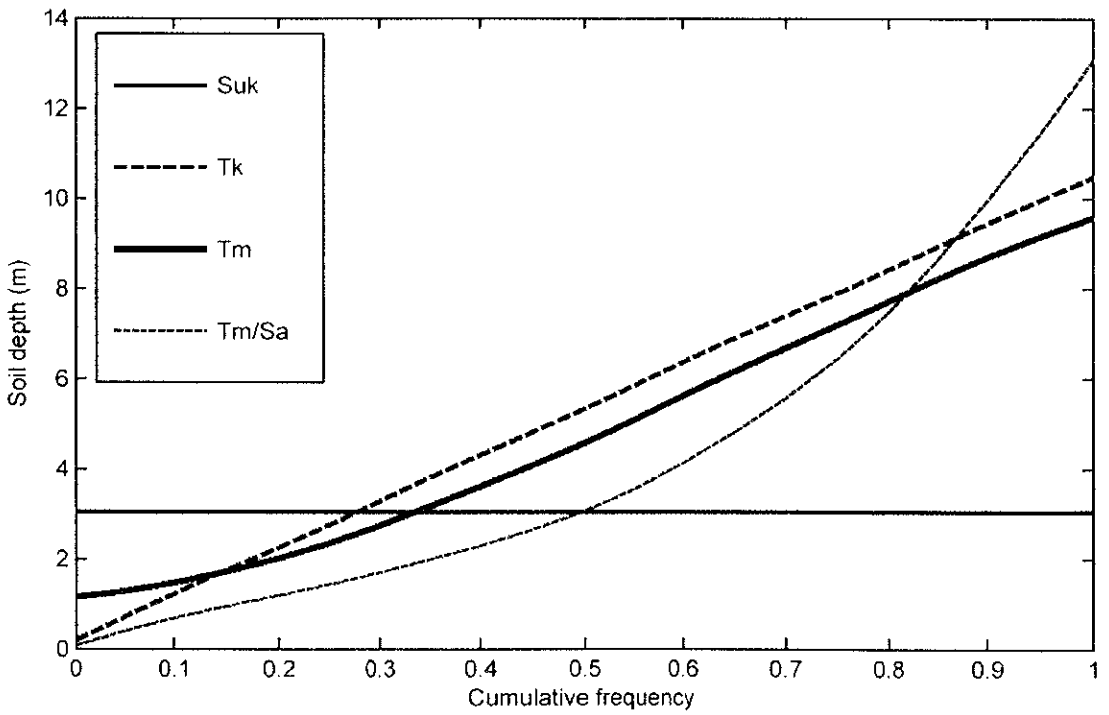
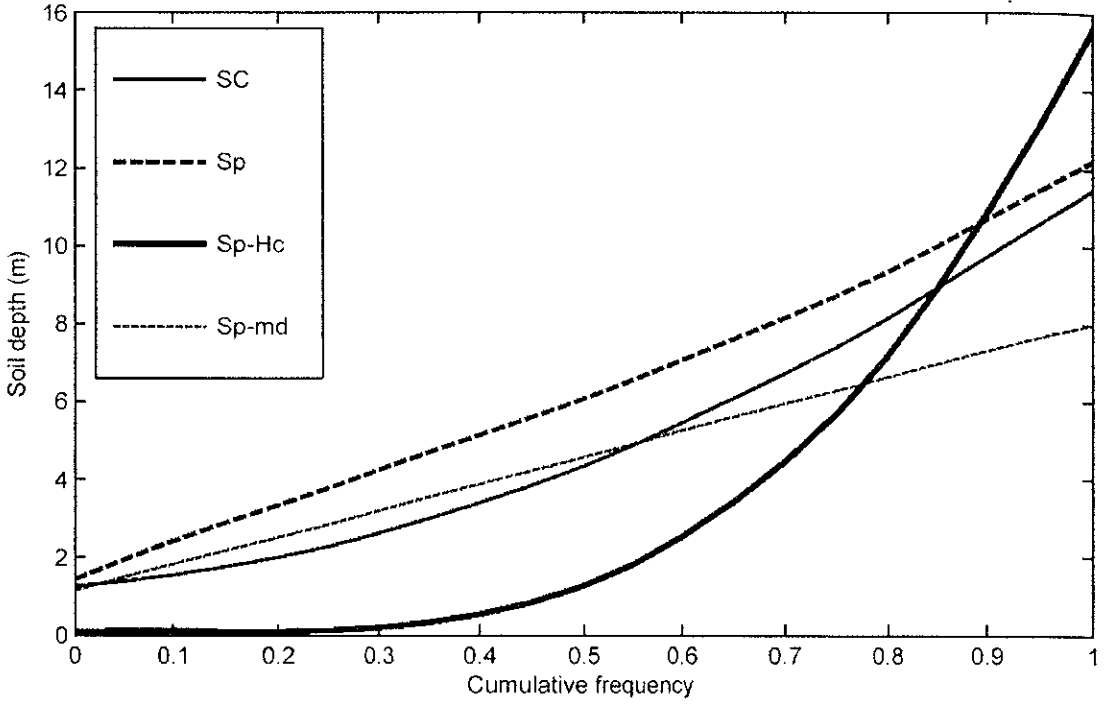
รูปที่ จ-1 การกระจายของดิน (ต่อ)

Distribution of soil depth

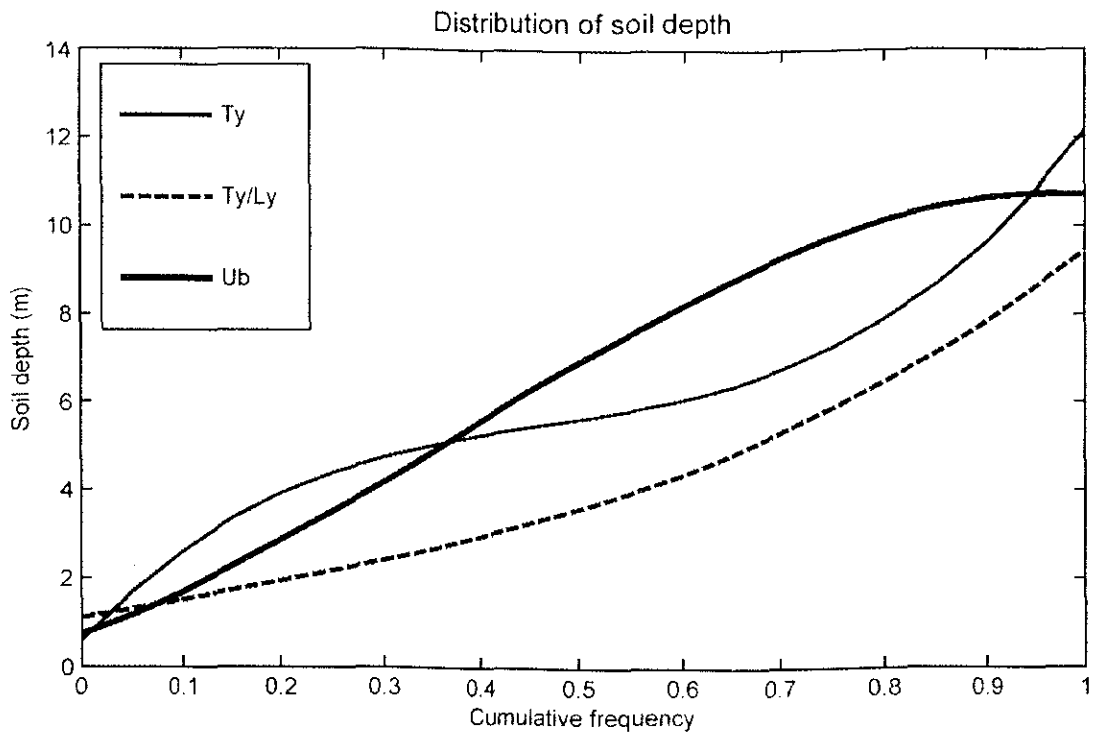


รูปที่ จ-1 การกระจายของดิน (ต่อ)

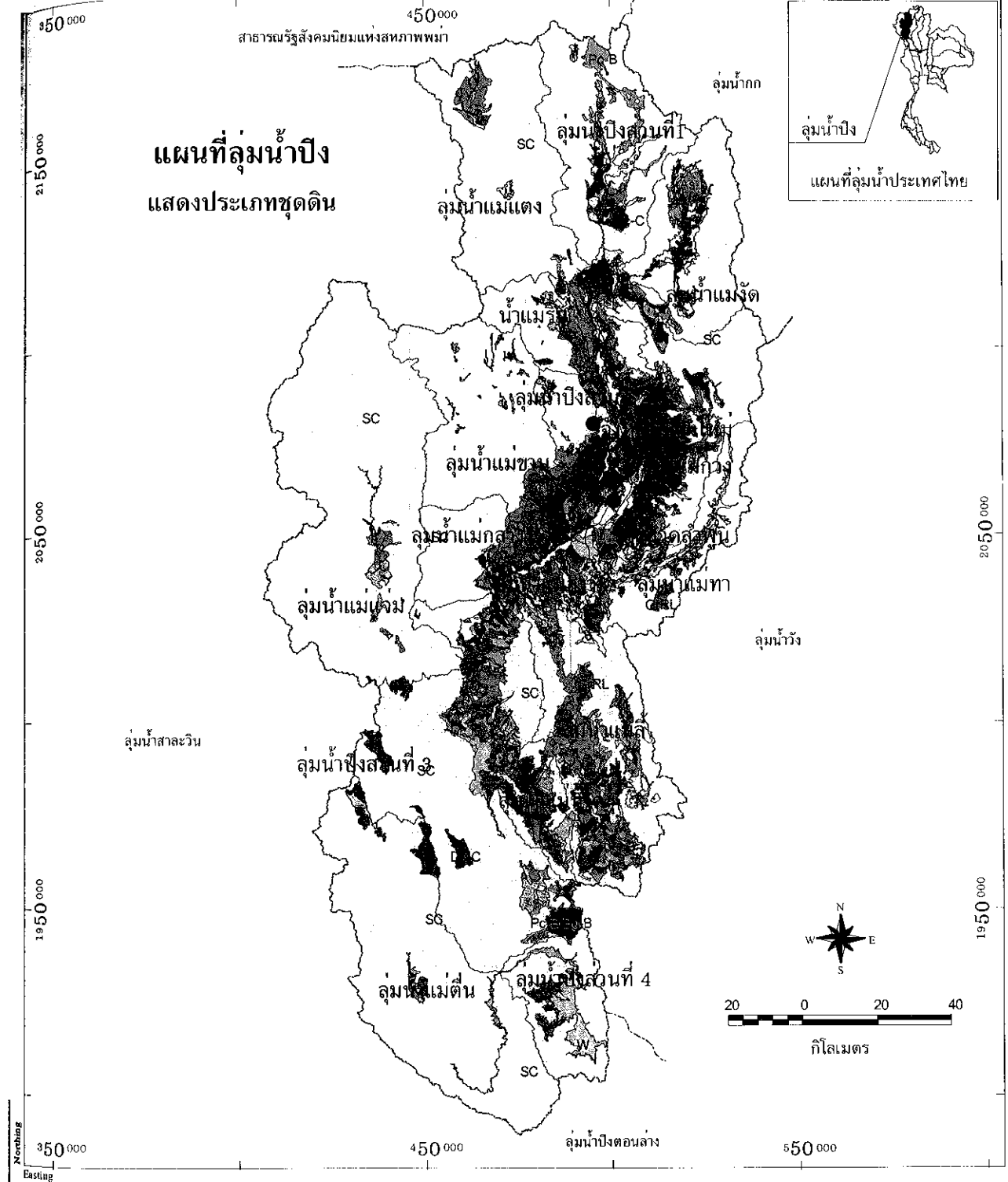
Distribution of soil depth



รูปที่ จ-1 การกระจายของดิน (ต่อ)



รูปที่ จ-1 การกระจายของดิน (ต่อ)



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตราส่วนแผนที่นำเข้า..... 1 : 50,000

พิกัด..... WGS 1984 UTM Zone 47

แหล่งข้อมูล : แผนที่ชุดดิน. กรมพัฒนาที่ดิน.

สัญลักษณ์

เขตลุ่มน้ำสาขา	He-B	LaRL	Pc-C	So
เขตลุ่มน้ำ	He-B/Mr-B	Ly	Pc-d	Sp
A FC	He-B/Sp-md	ML	Pc-xt	Sp-Hc
AFC	He-co/Mr-B	M-B	Ph	Sp-Hc-B
As-p	He-hd	Mr-B/He-B	Pm	Sp-md
As-plhd	Hd	Mr-B/Suk	Pp	Sp/Suk
Bg-g	Hd-o	Mr-C	Px	SuRL
Ch	Ks	Mr-C/He-C	Pe-hd	Suk
Cr	Kt	Mr-co	Pa/RL	Suk/Hc-B
Cr/Ph	Kt/He-B	Ms	Rb	Tk
Cu	Kt/Ng	Mx/Hd	Rb/Sa	Tk-c
Cu-o	Kt/Rn	Mr-B	Re	Tk-d
Dp-C	Kt/Sp	M-B/He-B	Rn/Suk	Tk-e
Dp-D	Kt/Suk	M-B/Mr-B	Rock outcrop	Tm
GL	Lb	Mr-C	Sa	Tm/Sa
Gr-RL	Li	Ng	Sai	To
Gr-SC	Lp-gt-b	Ng/Mr-B	Sai/Hd	Ty
GrRL	Lp/Sai	Os	Sai/Ph	Ty/Ly
GrSC	Lx RL	Pc-B	SC	Ub
		Pc-B/Bg-B	ShSC	W

รูปที่ จ-3 ชุดดินชนิดต่าง ๆ

ภาคผนวก ฉ
การสำรวจภาคสนาม

กำหนดการสำรวจภาคสนาม
โครงการ การทำนาย PMF โดยใช้เซ็นเซอร์มลพิษเป็นต้นแบบ

- การสำรวจครั้งที่ 1 :** การสำรวจเบื้องต้นและการประสานงานแหล่งข้อมูลหน่วยงานในพื้นที่
- วัตถุประสงค์ :**
1. สำรวจสภาพพื้นที่ เพื่อจำแนกลักษณะการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
 2. ติดต่อประสานงานแหล่งข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ เพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติม ตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลและการเดินทางเข้าถึงสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ
 3. ประเมินวิธีการสำรวจรูปตัดตามขวางของ flood plain ที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ
- ประเด็นการสำรวจ :**
1. จำแนกลักษณะของพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม
 2. สรุปจำนวนสถานีวัดน้ำท่าที่ต้องการเก็บข้อมูลรูปตัดตามขวางของ flood plain
 3. จัดเตรียมรูปตัดตามขวางของลำน้ำของสถานีที่ต้องการ
 4. สอบถามข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องถึงการเข้าถึงสถานีวัดน้ำท่า
 5. วางแผนการเดินทางการเข้าสำรวจพื้นที่
 6. เดินทางเก็บข้อมูลสภาพพื้นที่ และจดบันทึกการเดินทางเข้าถึงสถานีเบื้องต้นก่อนสำรวจจริง
 7. สรุปการสำรวจ เกี่ยวกับสภาพพื้นที่ และการเดินทาง
- อุปกรณ์การสำรวจ :**
1. หนังสือแผนที่เส้นทางการเดินรถ
 2. แผนที่เส้นทางการเดินทาง
 3. ข้อมูล ตำแหน่ง รูปตัดขวาง และการเข้าถึงสถานีวัดน้ำท่า
 4. อุปกรณ์บอกพิกัดตำแหน่ง (GPS)
 5. รถยนต์
- รายชื่อคณะสำรวจ :**
1. ผศ.ดร. ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร
 2. เขาวน หิรัญดิยะกุล
 3. วิชาญ พันธุ์ดี
 4. พรพิไล กิติรัตน์ตระการ

ตารางที่ ๑-1 รายชื่อและข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่า ที่ทำการสำรวจ

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ข้อมูลแผนที่ 1 : 50000			หมายเหตุ		
				ละติจูด			ลองจิจูด				ชื่อระวาง	ลำดับ ระวาง	ลำดับ อัลเวียง			
1	สะพานนวลวีรุ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18	47	9	18.786	99	0	29	99.008	6,350	อำเภอสันทราย	48464	57	สะพานก่อนแยกเข้าไนท์บาร์ชัวร์ แลวงจวนผู้ว่า อ.เมือง จ.เชียงใหม่
2	แก่งออบหลวง อ.ฮอด	P.14	เชียงใหม่	18	13	49	18.230	98	33	35	98.560	3,836	อำเภอสันทราย	48464	57	กม.9 ก่อนถึงออบหลวงประมาณ 2-3 กม. มีบ้านพักเจ้าหน้าที่อยู่
3	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	เชียงใหม่	18	25	19	18.422	98	42	11	98.703	14,023	อำเภอจอมทอง	47454	31	เลียวจ้างไปกิ่ง อ.เวียงหนองล่อง, สะพานข้ามน้ำป่า
4	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19	21	9	19.353	98	58	25	98.974	1,345	อำเภอเชียงดาว	47471	36	แยกร้านข้าวขาหมู เลี้ยวขวา อยู่บริเวณวัดที่มีปลาเยอะ มีบ้านเจ้าหน้าที่อยู่
5	บ้านแม่มิไรค์ อ.แมริม	P.21	เชียงใหม่	18	55	29	18.925	98	56	34	98.943	452	จังหวัดเชียงใหม่	47461	32	แยกเข้าไปแมริม-สะเมิงไปทางแมริมประมาณ 500 เมตร (สะพานข้ามน้ำแมริม)
6	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18	25	1	18.417	98	40	29	98.675	452	อำเภอจอมทอง	47454	31	อ.จอมทอง-ฮอด อยู่หลังที่ว่าการ อ.จอมทอง เข้าเขื่อนด้านข้างที่ว่าการ (อยู่ตรงสะพาน)
7	บ้านแม่บอนใหม่	P.42	ลำพูน	17	53	16	17.888	99	5	20	99.089	318	บ้านปวง	48444	50	บ้านปวง, เส้น A1 ลำปาง-เชียงใหม่ แยก อ.เสริมงาม อยู่ระหว่าง อ.เสริมงาม กับ อ.ลี้
8	บ้านกองหิน อ.ฮอด	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	18.175	98	36	0	98.600	18,932	อำเภอฮอด	47453	30	อ.ฮอด-คอยเต่า ประมาณ 3 กม.จาก อ.ฮอด
9	น้ำแม่ปิงที่บ้านดาก	060101	เชียงใหม่	17	3	0	17.050	99	4	0	99.067	37,500	อำเภอบ้านดาก	48433	47	แม่สะเรียง
10	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	19.321	98	56	4	98.934	47	อำเภอเชียงดาว	47471	36	เชียงดาว
11	น้ำแม่ป่าไม้สบห้วยแม่มาด	060202	เชียงใหม่	19	29	10	19.486	98	56	4	98.934	203	อำเภอพร้าว	48474	61	ต.ปิงโค้ง อ.เชียงดาว เชียงใหม่, นายสานิตร์ ปัญญาณี
12	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	19.451	99	13	4	99.218	81	อำเภอพร้าว	48474	61	ต.ป่าใหม่ อ.พร้าว เชียงใหม่, นายคาล สะเทิง 085-7244008
13	ห้วยบ้านที่บ้านขางห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	19.377	98	44	36	98.743	12	บ้านหลวงเมืองคอง	47474	39	เชียงดาว
14	ห้วยแม่เพลมที่ได้บ้านแม่เพลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	19.379	98	41	44	98.696	20	บ้านหลวงเมืองคอง	47474	39	ต.เมืองคอง อ.เชียงดาว เชียงใหม่, นายสมาน พันธุ์ทอง 087-1742765
15	น้ำแม่กองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	19.389	98	44	23	98.740	194	บ้านหลวงเมืองคอง	47474	39	ต.เมืองคอง อ.เชียงดาว เชียงใหม่
16	ห้วยท่าเอะที่เหนือสบห้วยท่าเอะ	060405	เชียงใหม่	19	25	42	19.428	98	42	28	98.708	34	บ้านหลวงเมืองคอง	47474	39	บ้านน้ำรุ ป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว
17	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	19.410	98	43	36	98.727	835	บ้านหลวงเมืองคอง	47474	39	อ.แม่แตง
18	น้ำแม่มิไรค์ที่บ้านกาเดชา	060603	เชียงใหม่	19	1	28	19.024	98	52	48	98.880	169	อำเภอแม่แตง	47472	37	ต.สะวาง อ.แมริม เชียงใหม่
19	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	18.957	99	14	19	99.239	53	อำเภอสันทราย	48464	57	ต.ป่าเมียง อ.คอยสะเทิง เชียงใหม่, นายศักดิ์ วงศ์เดือน 086-1969362
20	ห้วยแม่ดอนที่บ้านป่าเมียงแม่หวานปางหลวง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	18.970	99	19	12	99.320	38	อำเภอเมืองปาน	48461	54	ต.เทพเสด็จ อ.คอยสะเทิง เชียงใหม่, นายประพันธ์ ทาอินทร์
21	น้ำแม่ลาที่บ้านป่าเมียงปางแค	060703	เชียงใหม่	18	51	59	18.866	99	15	48	99.263	24	อำเภอเมืองปาน	48461	54	ต.ห้วยแก้ว กิ่งอ.แม่ออน เชียงใหม่, นางสาวสุพรรณ น้อยทา
22	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมียงปางปง	060704	เชียงใหม่	18	58	57	18.983	99	20	22	99.339	5	อำเภอเมืองปาน	48461	54	ต.เทพเสด็จ อ.คอยสะเทิง เชียงใหม่
23	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	060804	เชียงใหม่	18	39	54	18.665	98	37	54	98.642	35	บ้านใหม่วังหาปูน	47463	34	ต.แม่วิน อ.แม่วาง เชียงใหม่, นายนิรันดร์ เสมอเม 081-9807310
24	น้ำแม่ปิวซ์ที่เหนือบ้านห้วยปอง	060805	เชียงใหม่	18	39	23	18.656	98	40	6	98.668	41	บ้านใหม่วังหาปูน	47463	34	ต.แม่วิน อ.แม่วาง อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ไหลลงน้ำแม่วาง
25	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่สะเมิง	060806	เชียงใหม่	18	47	42	18.795	98	43	29	98.725	548	อำเภอสะเมิง	47464	35	ต.สะเมิงใต้ อ.สะเมิง เชียงใหม่, นางสุจิตา บุญปิ่น 081-1685791

5. อมร ทิพย์แดง

ช่วงเวลาการสำรวจ : 4-9 ธ.ค. 2551

การสำรวจครั้งที่ 2 : การสำรวจในสนามเพื่อเก็บรายละเอียด

- วัตถุประสงค์ :
1. ทำการสำรวจข้อมูลรูปตัดขวางของ flood plain จุดต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา
 2. ประเมินสภาพการใช้ที่ดิน ลักษณะของป่าไม้ สวนผลไม้ การตั้งของบ้านเรือนใน flood plain
 3. สำรวจภาคสนามเพื่อตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จำแนกเป็นการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ เพิ่มเติม

- ประเด็นการสำรวจ :
1. สำรวจสภาพการใช้พื้นที่ ที่ตำแหน่งต้องการตรวจสอบ
 2. ทำการวัดและบันทึกค่าระดับบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) ของลำน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลองวิเคราะห์น้ำท่า
 3. จัดทำฐานข้อมูลที่สำรวจลงในคอมพิวเตอร์

- อุปกรณ์การสำรวจ :
1. หนังสือแผนที่เส้นทางการเดินรถ
 2. แผนที่เส้นทางการเดินทาง
 3. ข้อมูล ตำแหน่ง รูปตัดขวาง และการเข้าถึงสถานีวัดน้ำท่า
 4. อุปกรณ์บอกพิกัดตำแหน่ง (GPS)
 5. รถยนต์
 6. ชุดกล้องสำรวจ Total station
 7. ไม้วัดระดับ
 8. คอมพิวเตอร์ notebook

รายชื่อคณะสำรวจ : 1. เซาวน์ หิรัญตียะกุล และคณะสำรวจ

ช่วงเวลาการสำรวจ : 16 - 19 ม.ค. 2552

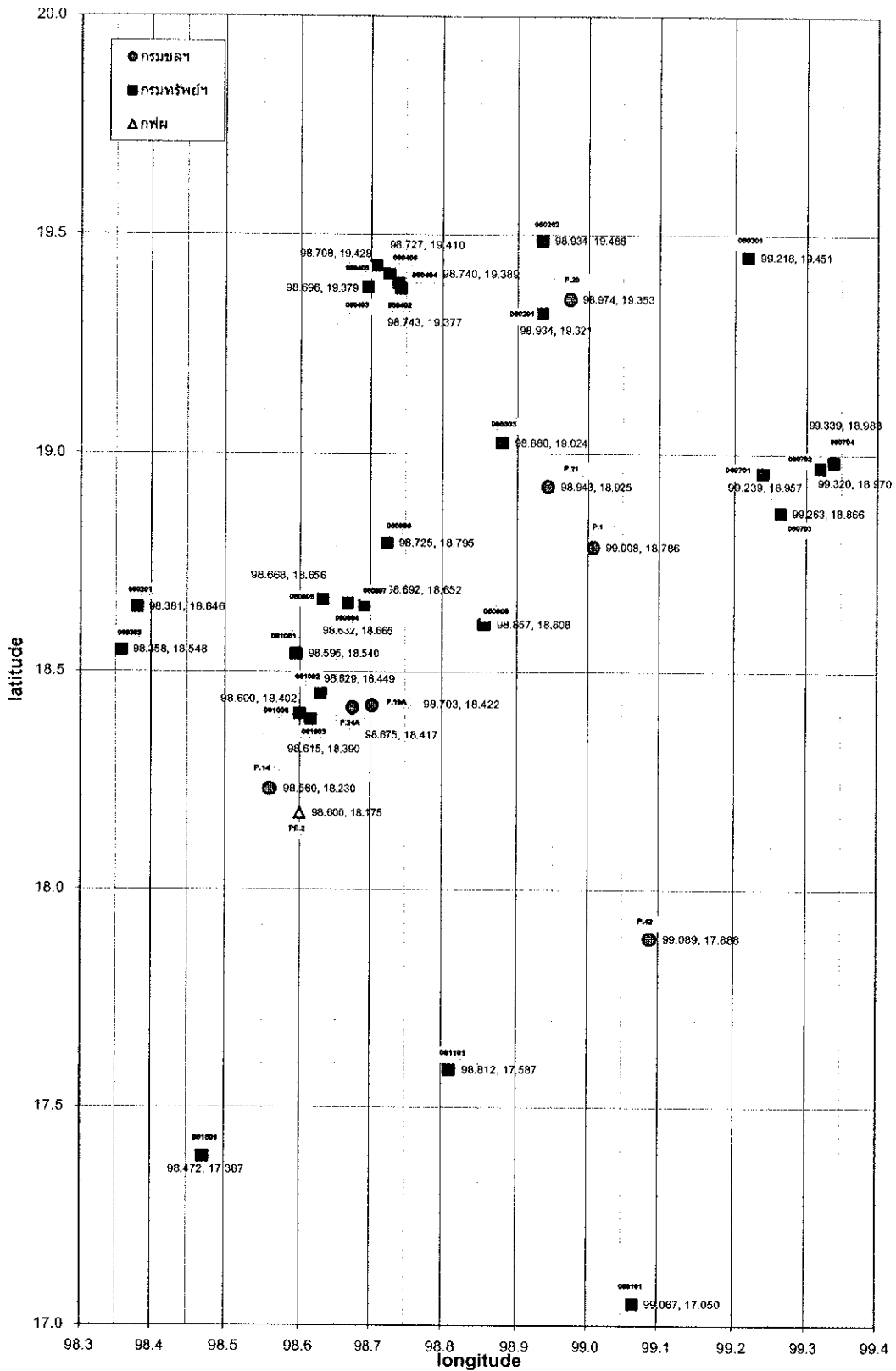
ตารางที่ ฅ-1 รายชื่อและข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่า ที่ทำการสำรวจ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ข้อมูลแผนที่ 1 : 50000			หมายเหตุ		
				ละติจูด			ลองจิจูด				ชื่อระวาง	ลำดับ ระวาง	ลำดับ จัดเรียง			
26	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18	39	6	18.652	98	41	30	98.692	343	บ้านใหม่วังผาปูน	47463	34	ด.แม่วิน อ.แม่วาง เชียงใหม่, นายใจ นางสายสวาท ปัญญา 080-6801388
27	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	18.608	98	51	24	98.857	1.170	อำเภอสันป่าตอง	47462	33	ด.บ้านแม่ อ.สันป่าตอง เชียงใหม่, นางลำควน ผาเพียว 053-835044
28	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18	32	24	18.540	98	35	42	98.595	92	บ้านใหม่วังผาปูน	47463	34	ด.บ้านหลวง อ.จอมทอง เชียงใหม่, นางสาวศรีพรหม ขาเหล็ก
29	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	18.449	98	37	45	98.629	90	อำเภอจอมทอง	47454	31	ด.บ้านหลวง อ.จอมทอง เชียงใหม่
30	ห้วยแม่เตี้ยที่บ้านขามแม่เตี้ย	061003	เชียงใหม่	18	23	24	18.390	98	36	55	98.615	65	อำเภอจอมทอง	47454	31	ด.ดอยแก้ว อ.จอมทอง เชียงใหม่, นางก้องมุล เต็มมาก
31	ห้วยแม่เตี้ยที่เหนือสบแม่เตี้ย	061005	เชียงใหม่	18	24	8	18.402	98	36	0	98.600	33	อำเภอจอมทอง	47454	31	อ.เวียงแหง เชียงใหม่ 1322
32	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	17.587	98	48	42	98.812	84	บ้านก้อทุ่ง	47442	25	ด.ก้อ อ.ลี้ ลำพูน เส้น 1087, สูงบุตร วันหลี
33	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยดึ่ง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	18.646	98	22	51	98.381	1.270	น้ำแม่แจ่ม	46462	12	อ.แม่แจ่ม เชียงใหม่
34	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน	061302	เชียงใหม่	18	32	54	18.548	98	21	30	98.558	1.950	บ้านแม่แจ่ม	46462	12	ด.แม่ศึก อ.แม่แจ่ม เชียงใหม่, นายแก้ว สนธิคุณ
35	น้ำแม่คืนที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	17	23	12	17.387	98	28	18	98.472	1.470	บ้านป่าคา	46431	1	ด.แม่คืน อ.อมก๋อย เชียงใหม่, นายชนะภัย พานะ(น้องอาร์ท) 084-3724789

หมายเหตุ

ลำดับที่ 9 อยู่นอกเขตพื้นที่ศึกษา ยกเลิกการสำรวจ

สถานีวัดน้ำท่า



รูปที่ ๑-1 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ทำกรสำรวจ

ตารางที่ ฉ-2 บันทึกการเดินทางสำรวจครั้งที่ 1 (4 – 9 ธันวาคม 2551)

วัน เดือน ปี	เวลา	รายการ	หมายเหตุ
4 ธ.ค. 51	14.30 – 0.30	เดินทางจาก มทส. ถึงที่พักสนามกีฬา 700 ปี จ.เชียงใหม่	
5 ธ.ค. 51	8.30	ออกจากที่พัก	
	8.40	P.21 บ้านแมริมใต้ อ.แมริม	อยู่ตรงสะพาน
	11.10	P.19A บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	อยู่ตรงสะพาน
	11.30	P.24A สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	อยู่ตรงสะพาน
	12.00	PE.2 บ้านกองหิน อ.ฮอด	อยู่ตรงสะพาน
	13.30	P.14 แก่งออบหลวง อ.ฮอด	
	17.00	061501 น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา อ.อมก๋อย	
	22.30	ถึงที่พัก โรงแรมแม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม	
6 ธ.ค. 51	8.00 - 8.50	ทานข้าว และออกเดินทางจากป้อม ปตท. แม่แจ่ม	
	9.15	061302 น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน อ.แม่แจ่ม	เดินไป-กลับประมาณ 10 นาที
	10.15	061201 น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยผึ้ง อ.แม่แจ่ม	ยกเลิกสถานีแล้ว
	10.45	061201 (ใหม่)	
	12.25	061001 น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด อ.จอมทอง	อยู่ตรงสะพาน
	14.40	061002 น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ อ.จอมทอง	เดินไป-กลับประมาณ 30 นาทียกเลิกสถานีแล้ว
	16.30	061003 ห้วยแม่เตี้ยะที่บ้านยางแม่เตี้ยะ อ.จอมทอง	
	17.10	061005 ห้วยแม่เตี้ยะที่เหนือสบแม่เตี้ยะ อ.จอมทอง	ยกเลิกสถานีแล้ว
	21.00	ถึงที่พัก วิสสุวารีสอร์ท อ.แมริม	
7 ธ.ค. 51	8.30	เดินทางจากส่วนอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ เชียงใหม่	
	9.00	060701 น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน อ.คอยสะเก็ด	อยู่ตรงสะพาน
	9.45	060704 ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางปง อ.คอยสะเก็ด	เดินไป-กลับประมาณ 10 นาที ยกเลิกสถานีแล้ว
	10.00	060702 ห้วยแม่ตอนที่บ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปาง กลาง อ.คอยสะเก็ด	เดินไป-กลับประมาณ 10 นาที ยกเลิกสถานีแล้ว
	11.20	060703 น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมี่ยงปางแก อ.แม่ฮอน	

ตารางที่ ฉ-2 บันทึกการเดินทางสำรวจครั้งที่ 1 (4 – 9 ธันวาคม 2551) (ต่อ)

วัน เดือน ปี	เวลา	รายการ	หมายเหตุ
	12.45	ทานข้าว	
	13.30	060808 น้าแม่ขานที่บ้านเปียง อ.สันป่าตอง	ยกเลิกสถานีแล้ว
	13.45	060808 (ใหม่)	
	14.20	060807 น้าแม่วางที่บ้านสบวิน อ.แม่วาง	
	14.45	060805 น้าแม่ป้วยที่เหนือบ้านห้วยโปง อ.แม่วาง	ยกเลิกสถานีแล้ว
	15.25	060804 น้าแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ อ.แม่วาง	ยกเลิกสถานีแล้ว
	17.30	060603 น้าแม่ริมที่บ้านกาดขาว อ.แม่ริม	ยกเลิกสถานีแล้ว
	17.45	060603 (ใหม่)	อยู่ตรงสะพาน
	20.00	P.1 สะพานนารัฐ อ.เมือง	อยู่ตรงสะพาน
	21.00	ถึงที่พัก โรงแรมธาริน อ.เมือง	
8 ธ.ค. 51	8.30	ออกจากที่พัก	
	9.30	เดินทางจากส่วนอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ เชียงใหม่	สนทนากับ ผอ.หน่วยงาน
	10.15	060201 น้าแม่เมะที่บ้านแม่เมะ อ.เชียงดาว	
	10.40	P.20 บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	อยู่ตรงสะพาน
	12.05	060402 ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน อ.เชียงดาว	ยกเลิกสถานีแล้ว
	12.20	ทานข้าว	
	12.55	060404 (ใหม่)	อยู่ตรงสะพาน
	13.45	060406 (ใหม่)	อยู่ตรงสะพาน
	14.00	060403 ห้วยแม่แพลมที่บ้านแม่แพลม	
	14.30	060404 น้าแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน อ.เชียงดาว	ไป-กลับประมาณ 30 นาที
	แยกทีม	060405 ห้วยท่าเออะที่เหนือสบห้วยท่าเออะ อ.เชียงดาว	ใช้มอเตอร์ไซด์ อ.เชาวน์ และนายฟู
	แยกทีม	060406 น้าแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก อ.เชียงดาว	ใช้มอเตอร์ไซด์ อ.เชาวน์ และนายฟู
	15.30	บ้านนายฟู สนธิ	
	17.20	060202 น้าแม่ปามได้สบห้วยแม่มาด อ.เชียงดาว	ไป-กลับประมาณ 20 นาที
	21.00	ถึงที่พัก โรงแรมเพชรงาม อ.เมือง	
9 ธ.ค. 51	9.30 - 21.00	เดินทางจากเชียงใหม่ ถึง มทส.	

ตารางที่ ๓-3 บันทึกการเดินทางสำรวจครั้งที่ 2 (16 – 19 มกราคม 2552)

วัน เดือน ปี	เวลา	รายการ	หมายเหตุ
16 ม.ค. 52	13.25	เดินทางจาก มทส.	
	16.25	ปั๊ม ปตท. สิงห์บุรี	ระยะทาง 225 กม.
	22.55	บ้านพักอิงฟ้า อ.ลี้	ระยะทาง 653 กม.
17 ม.ค. 52	8.00 – 8.30	ทานข้าว ร้านสองทิพย์	
	8.30 – 9.20	บ้านลุงบุตร ถึงอบต.ก้อ (หลังคาสีฟ้า) เลี้ยวซ้าย ทางไปน้ำตกก้อ แยกวัดก้อ เลี้ยวขวาลัดถนน	
	9.30 – 10.10	สถานี 061101 เดินประมาณ 10 นาที ทางเข้ามี ต้นไม้ใหญ่ (ต้นพลู) อยู่ระหว่าง กม.7 และ ต้นไม้สักคู่	สถานีห่างจากแยกวัดก้อ ไปทางซ้าย 5.5 กม.
	10.25	ออกจากบ้านลุงบุตร	
	11.02	แยก สภ.อ.ลี้	
	12.10 – 12.35	P.42 ก่อนถึงสะพานข้ามห้วยแม่ลิ (มาจากลี้)	สะพาน กม. 21+600
	13.30 – 14.00	ทานข้าวที่เกาะคา ลำปาง	
	16.10 – 16.40	060603 บ้านกาดฮาว อ.แม่ริม	
	17.10 – 17.30	P.21 แม่ริม	
	18.00	รับคุณอมร ที่ส่วนอุทกวิทยา เชียงใหม่	
	19.15	ที่พัก สะเมิงรีสอร์ท	
18 ม.ค. 52	8.00 – 8.30	060806 น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่สะเมิง	
	10.50 – 12.50	จากร้านข้าวที่สะเมิง ถึงแยกเข้าเขื่อนแม่จัด ถนนเส้น 1323	
	13.00 – 13.30	060301 น้ำแม่จัดที่บ้านดินธาตุ อ.พร้าว	
	15.10	ทานข้าว และส่งคุณอมร	
	17.15 – 17.40	060808 น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	
	18.20 – 18.40	P.19A บ้านท่าศาลา	
	18.40 – 19.00	P.24A สะพานประชาอุทิศ	
	21.00	ที่พัก โรงแรมสตาร์โฮม อ.ฮอด	

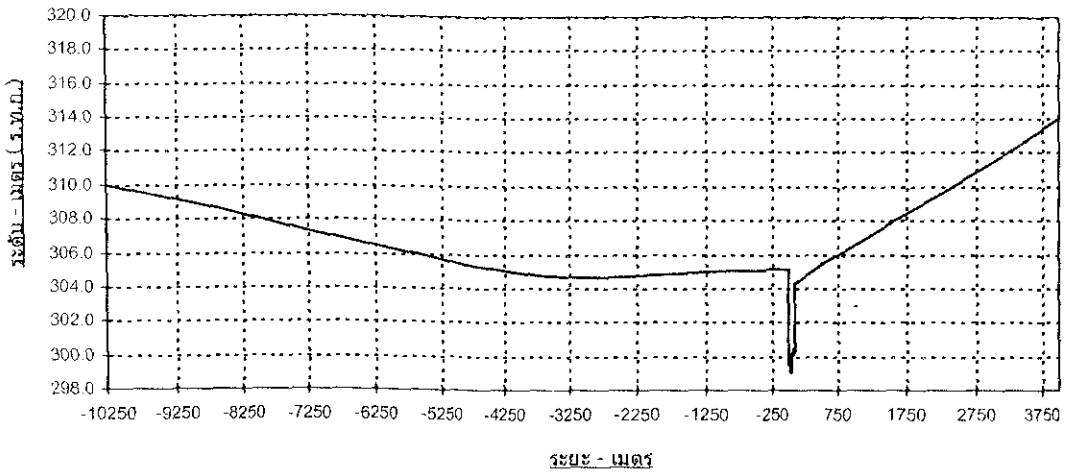
ตารางที่ ฉ-3 บันทึกการเดินทางสำรวจครั้งที่ 2 (16 – 19 มกราคม 2552) (ต่อ)

วัน เดือน ปี	เวลา	รายการ	หมายเหตุ
19 ม.ค. 52	8.00 – 8.30	ทานข้าว	
	8.30 – 9.50	PE.2	
	9.50 – 21.00	เดินทางกลับ มทส.	

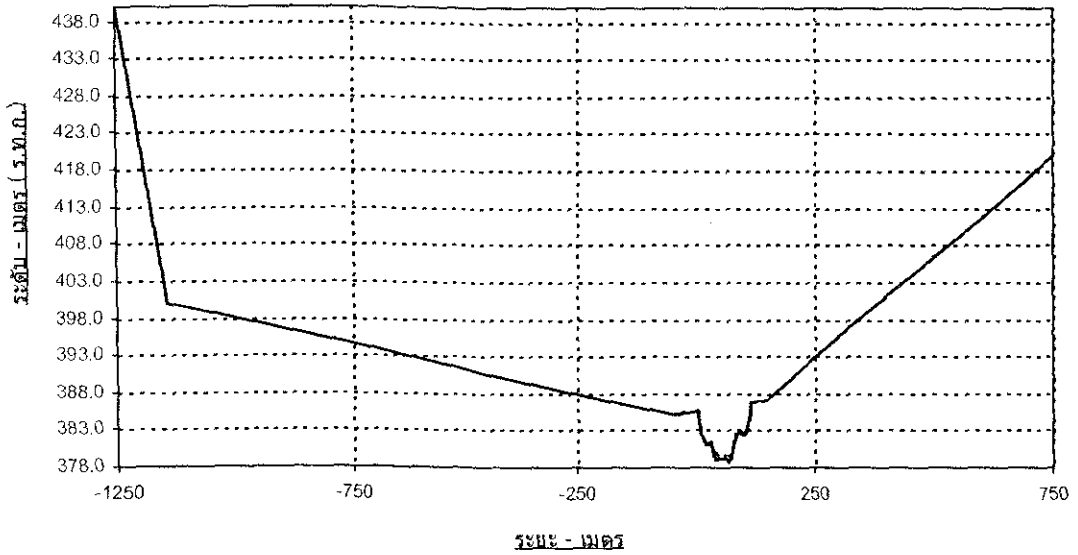
ตารางที่ ๓-4 พิกัดสถานีวัดน้ำทำใหม่หลังจากทำการสำรวจด้วย GPS

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง (ข้อมูลเดิม)									พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ตำแหน่งที่ตั้ง (จากการสำรวจ)	
				ละติจูด			ลองจิจูด			ละติจูด	ลองจิจูด				
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18	47	9	18.786	99	0	29	99.008	6.350	47Q	500466	27733
2	แก่งออบหลวง อ.สอด	P.14	เชียงใหม่	18	13	49	18.230	98	33	35	98.560	3.836	47Q	452092	20161
3	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	เชียงใหม่	18	25	19	18.422	98	42	11	98.703	14.023	47Q	468325	20314
4	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19	21	9	19.353	98	58	25	98.974	1.345	47Q	496749	21417
5	บ้านแมริมใต้ อ.แมริม	P.21	เชียงใหม่	18	55	29	18.925	98	56	34	98.943	452	47Q	493776	20934
6	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18	25	1	18.417	98	40	29	98.675	452	47Q	465149	20361
7	บ้านแม่บ่อนใหม่	P.42	ลำพูน	17	53	16	17.888	99	5	20	99.089	318	47Q	509024	19778
8	บ้านกองหิน อ.สอด	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	18.175	98	36	0	98.600	18.932	47Q	460925	20099
9	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	19.321	98	56	4	98.934	47	47Q	492351	21363
10	น้ำแม่ป่านใต้สบห้วยเมฆา	060202	เชียงใหม่	19	29	10	19.486	98	56	4	98.934	203	47Q	505949	21547
11	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	19.451	99	13	4	99.218	81	47Q	522536	21508
12	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	19.377	98	44	36	98.743	12	47Q	489964	21471
13	ห้วยแม่แพลมที่ได้บ้านแม่แพลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	19.379	98	41	44	98.696	20	47Q	467820	21438
14	น้ำแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	19.389	98	44	23	98.740	194	47Q	472305	21442
15	ห้วยท่าอระที่เหนือสบห้วยท่า	060405	เชียงใหม่	19	25	42	19.428	98	42	28	98.708	34	47Q	469156	21483
16	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	19.410	98	43	36	98.727	835	47Q	470988	21470
17	น้ำแม่ริ้วที่บ้านภาคขาว	060603	เชียงใหม่	19	1	28	19.024	98	52	48	98.880	169	47Q	486809	21039
18	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	18.957	99	14	19	99.239	53	47Q	524664	20963
19	ห้วยแม่ตอนที่บ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	18.970	99	19	12	99.320	38	47Q	533303	20977
20	น้ำแม่ลาที่ข้ามป่าเมี่ยงปางแก	060703	เชียงใหม่	18	51	59	18.866	99	15	48	99.263	24	47Q	534411	20868
21	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางปง	060704	เชียงใหม่	18	58	57	18.983	99	20	22	99.339	5	47Q	535445	20994
22	น้ำแม่สะบือที่บ้านแม่สะบือกเหนือ	060804	เชียงใหม่	18	39	54	18.665	98	37	54	98.632	35	47Q	460320	20638
23	น้ำแม่ปัวที่บ้านเหนือบ้านห้วยโป่ง	060805	เชียงใหม่	18	39	23	18.656	98	40	6	98.668	41	47Q	464543	20630
24	น้ำแม่จางที่เหนือสบแม่เสมิง	060806	เชียงใหม่	18	47	42	18.795	98	43	29	98.725	548	47Q	471514	20783
25	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18	39	6	18.652	98	41	30	98.692	343	47Q	467267	20623
26	น้ำแม่จางที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	18.608	98	51	24	98.857	1,170	47Q	484436	20576
27	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18	32	24	18.540	98	35	42	98.595	92	47Q	457056	20500
28	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	18.449	98	37	45	98.629	90	47Q	460371	20399
29	ห้วยแม่เตยที่บ้านยางแม่เตย	061003	เชียงใหม่	18	23	24	18.390	98	36	55	98.615	65	47Q	460371	20399
30	ห้วยแม่เต๊ะที่เหนือสบแม่เต๊ะ	061005	เชียงใหม่	18	24	8	18.402	98	36	0	98.600	33	47Q	460095	20338
31	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	17.587	98	48	42	98.812	84	47Q	479640	19447
32	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยฝั่ง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	18.646	98	22	51	98.381	1,270	47Q	434331	20618
33	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน	061302	เชียงใหม่	18	32	54	18.548	98	21	30	98.358	1,950	47Q	431970	20512
34	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าลา	061501	เชียงใหม่	17	23	12	17.387	98	28	18	98.472	1,470	47Q	443430	19225

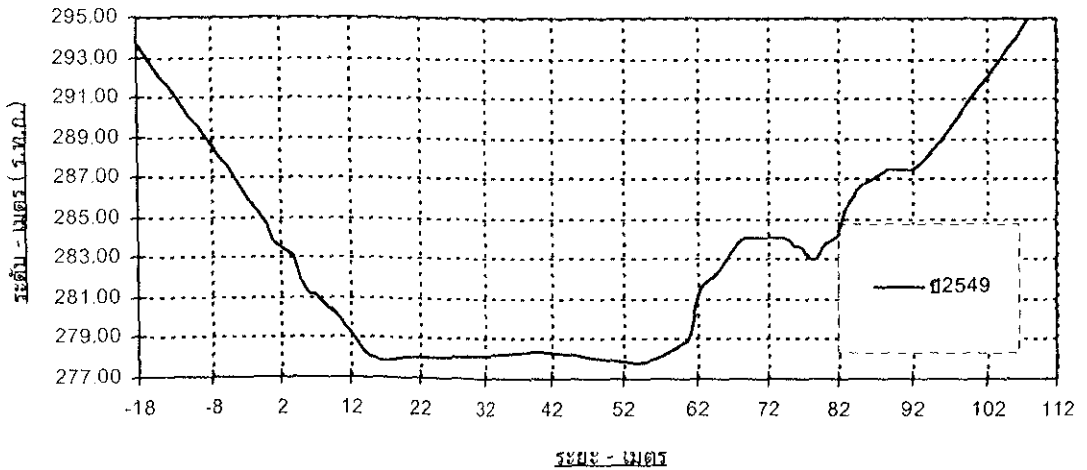
รูปตัดขวางแม่น้ำปิง สถานี P.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่ สะพานนวรัฐ



รูปตัดขวางแม่น้ำปิง สถานี P.20 อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

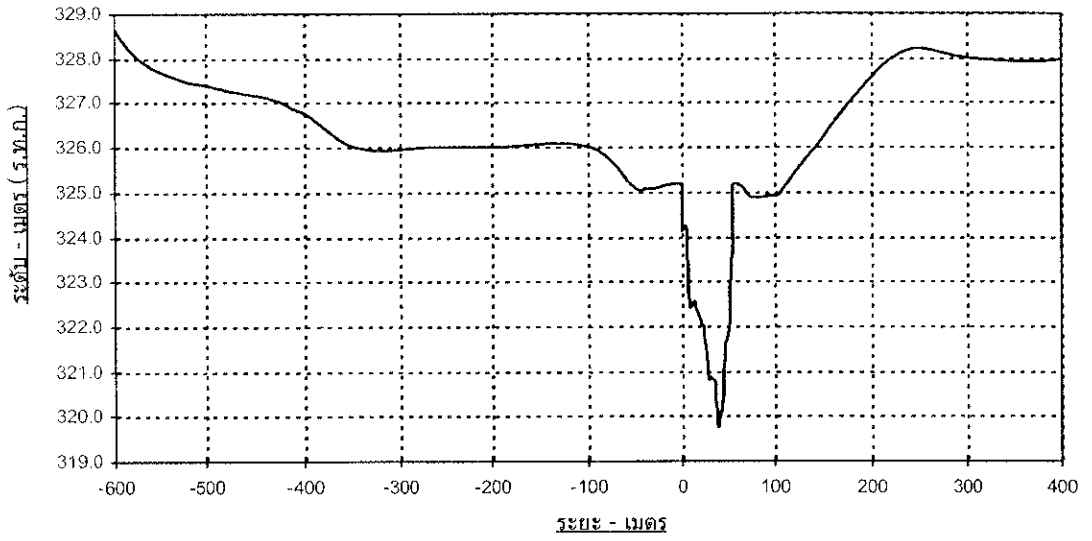


รูปตัดขวาง น้ำแม่แจ่ม สถานี P.14 อ.ฮอด จ.เชียงใหม่
บริเวณแนวโครงสร้างสำรวจ

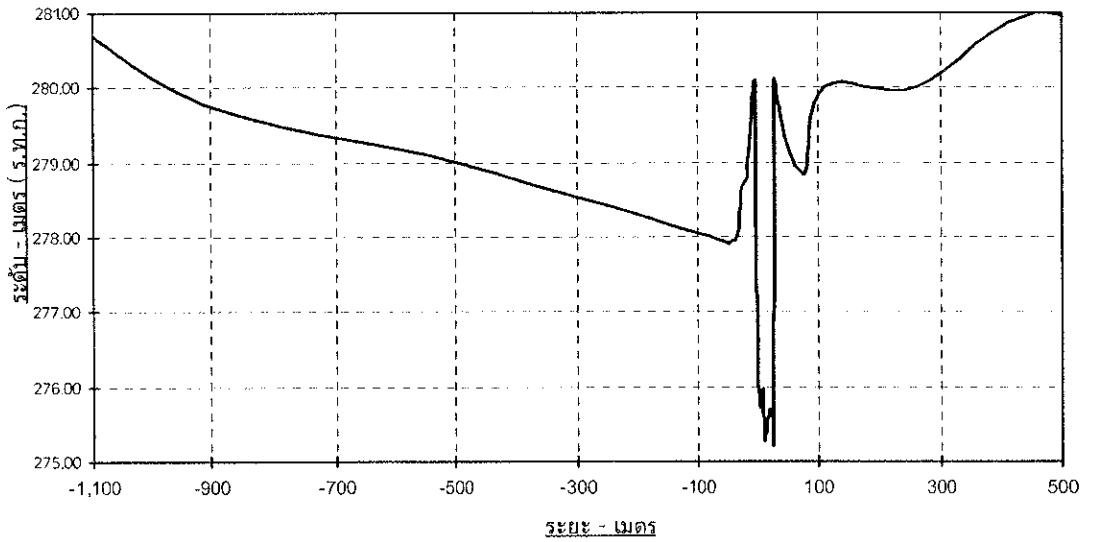


รูปที่ ๓-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า

รูปตัดขวางน้ำแวมริม สถานี P.21 อ.แวมริม จ.เชียงใหม่



รูปตัดขวางน้ำแม่กลาง สถานี P.24A อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

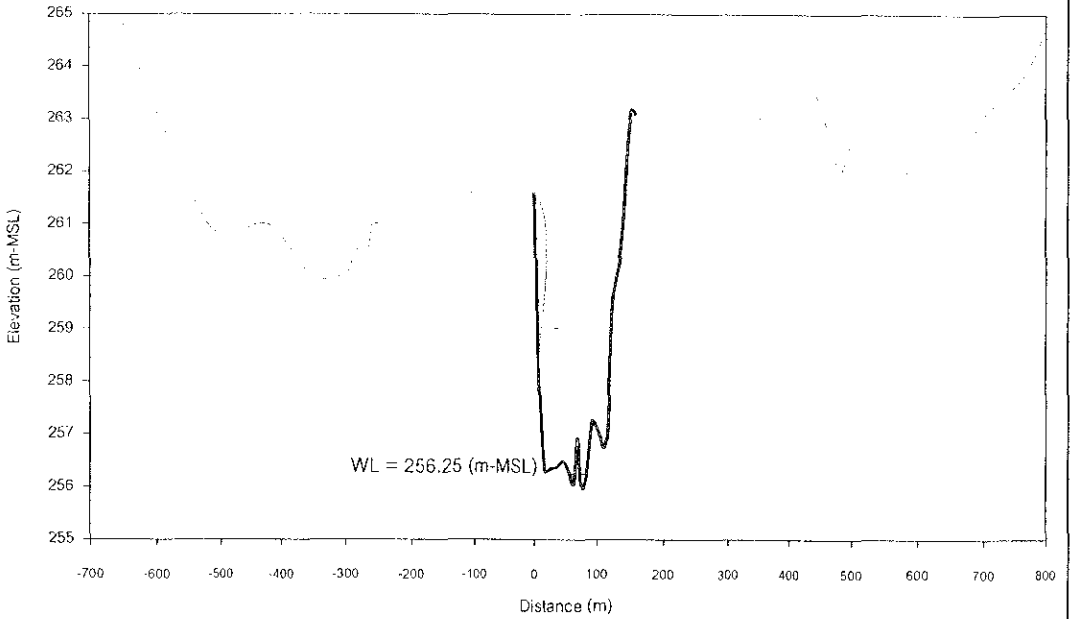


รูปตัดขวางลำน้ำแม่สี สถานี P.42 อ.ทุ่งหัวช้าง จ.ลำพูน



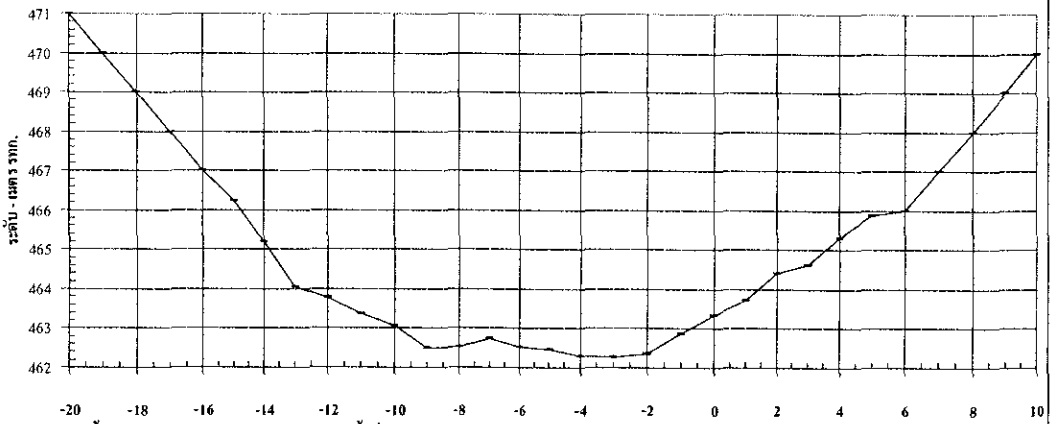
รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

Cross Section of Mae Nam Ping at Ban Kong Hin Station (Staff Gage Line)



รูปตัดขวางลำน้ำแม่เมะ สถานีบ้านแม่เมะ ต.แม่เมะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060201)

Drainage Area = 47.7 km²

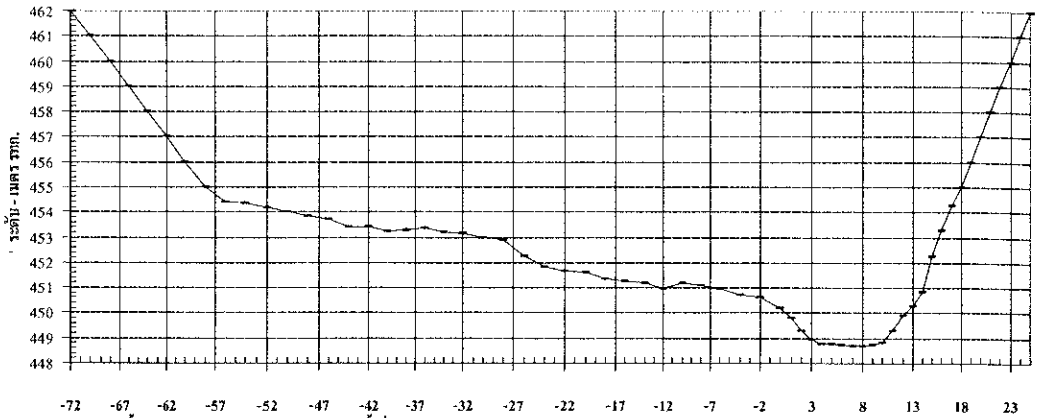


1. ค่าระดับสันน้ำ = 462.673 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.31 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 462.363 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มคลอง = 2.10 เมตร (464.463 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 76.2 ลบม./วินาที

รูปที่ ก-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ป๋าม สถานีที่ตำบลห้วยแม่มาต ต.ปึงโล้ง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060202)

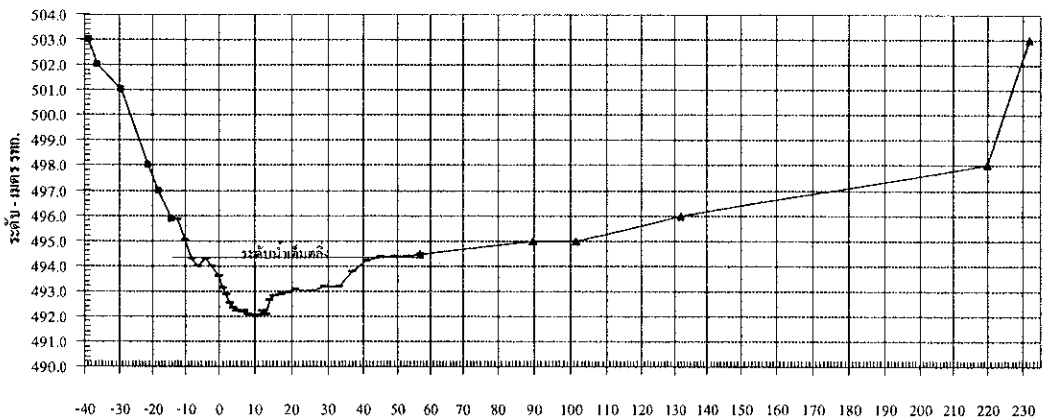
Drainage Area = 203 km²



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 449.002 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.68 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 448.322 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 4.90 เมตร (453.222 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 259 ลบ.ม./วินาที

รูปตัดขวางลำน้ำแม่จัด สถานีที่บ้านดินธาตุ ต.ป่าใหม่ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ (060301)

Drainage Area = 80.7 km²

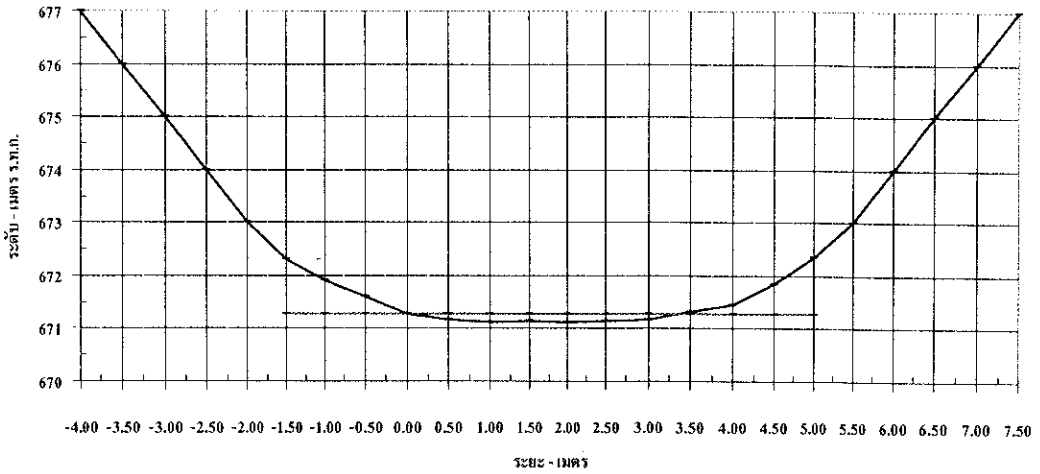


1. ค่าระดับผิวน้ำ = 492.403 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 1.26 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 491.143 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 3.20 เมตร (494.343 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ = 214 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ ๓-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำห้วยบ้าน สถานีบ้านยางห้วยบ้าน ต.เมืองคอง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060402)

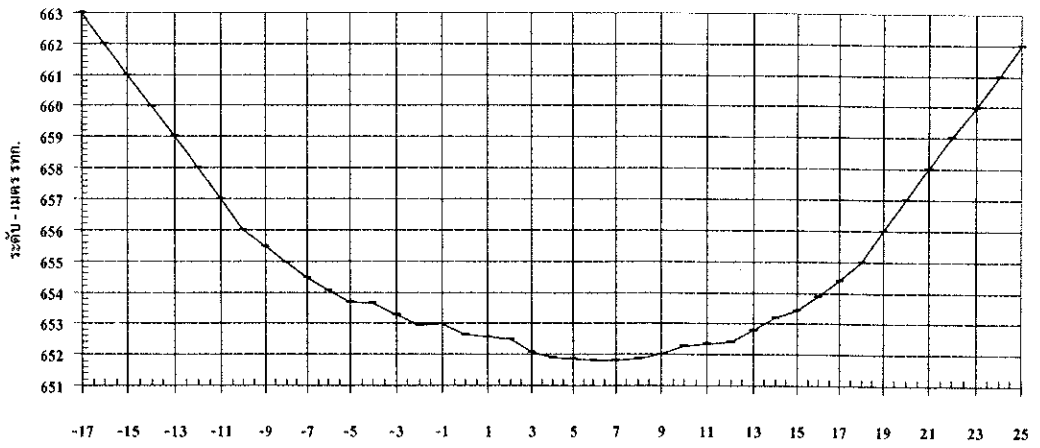
Drainage Area = 11.6 km²



1. ค่าระดับคูน้ำ = 671.272 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 0.64 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 651.684 เมตร - ร.ท.ก.

รูปตัดขวางลำน้ำแม่พหลม สถานีบ้านแม่พหลม ต.เมืองคอง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060403)

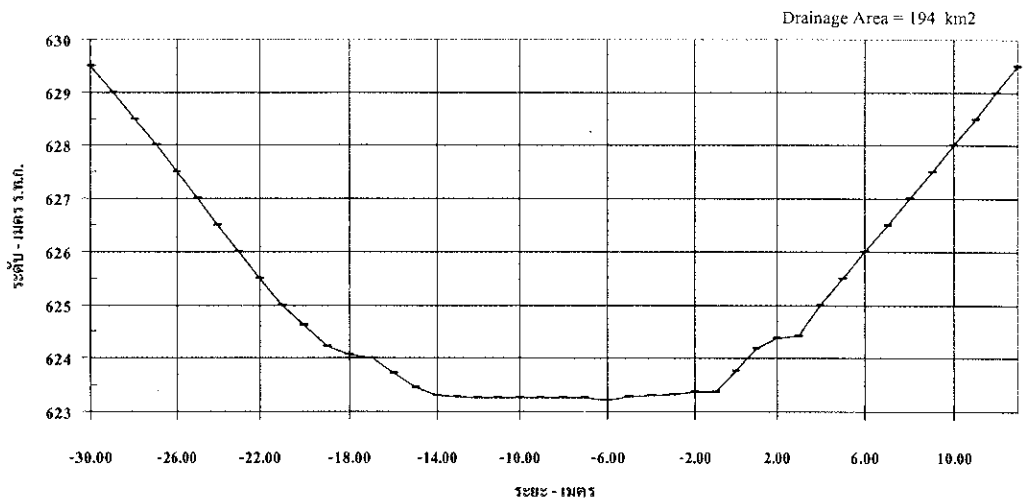
Drainage Area = 19.5 km²



1. ค่าระดับคูน้ำ = 652.124 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.44 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 651.684 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มต้ง = 2.03 เมตร (653.714 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 37.3 ลบม./วินาที

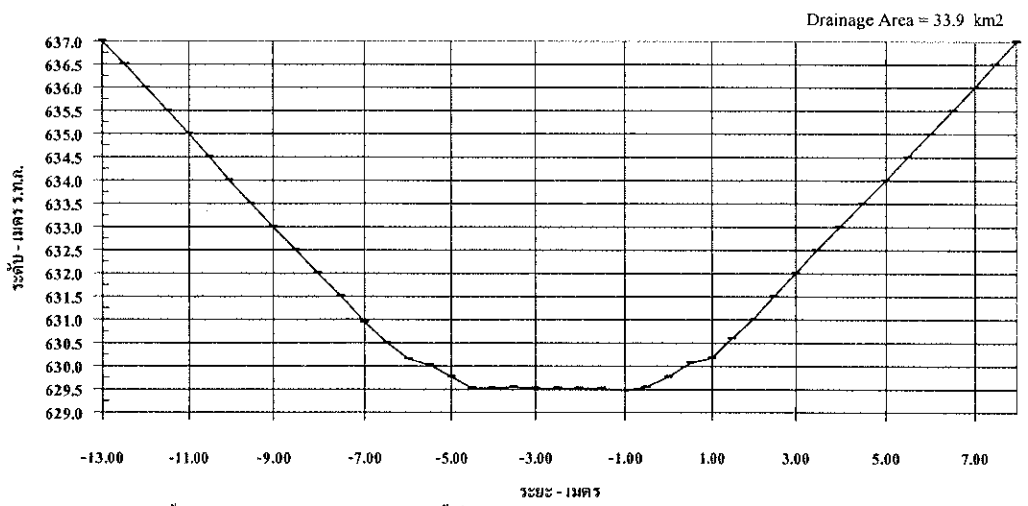
รูปที่ ๓-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่คง สถานีเหนือสบห้วยบ้าน ต.เมืองคง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060404)



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 623.767 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 1.55 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 622.217 เมตร - ร.ท.ก.

รูปตัดขวางลำน้ำห้วยท่อนอະ สถานีเหนือสบห้วยท่อนอະ ต.เมืองคง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060405)

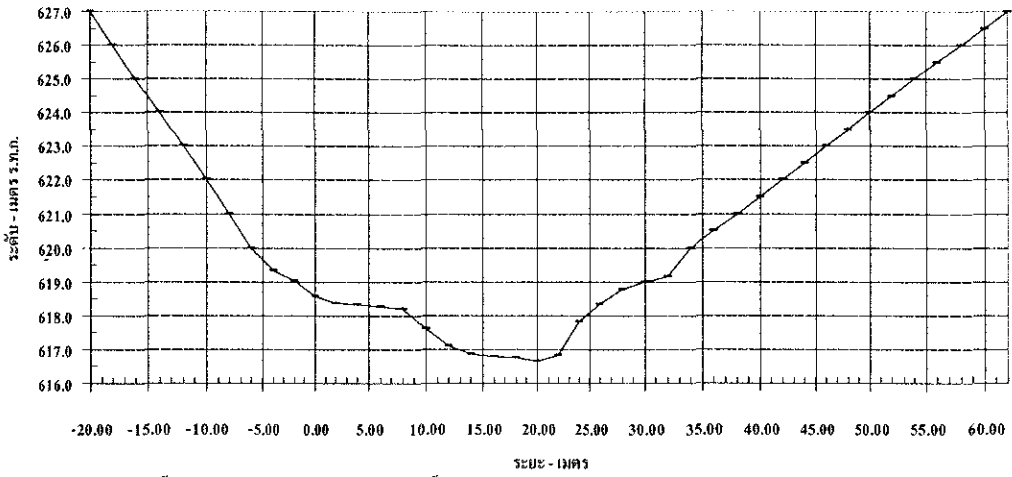


1. ค่าระดับผิวน้ำ = 629.787 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 0.66 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 629.127 เมตร - ร.ท.ก.

รูปที่ ๓-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ตง สถานีเหนือบ้านสันป่าสัก ต.เมืองคอง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (060406)

Drainage Area = 835 km²

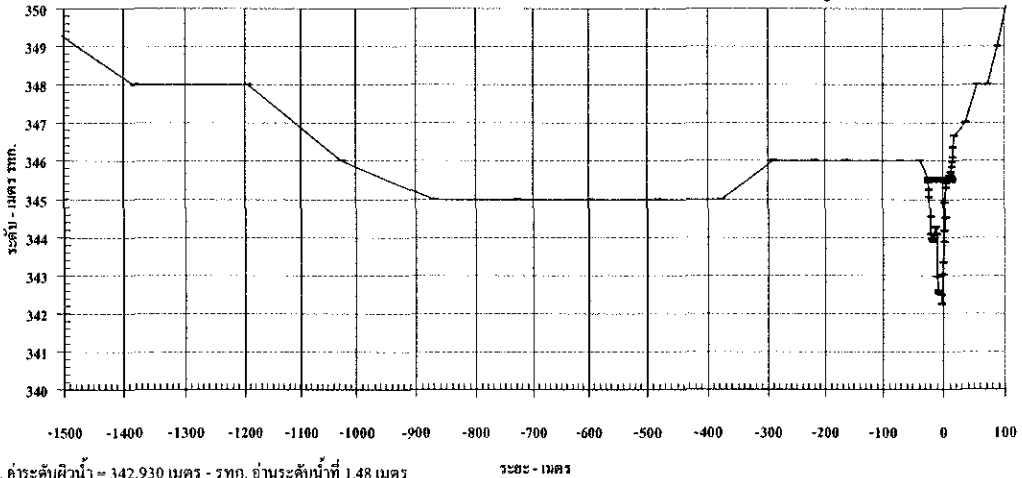


1. ค่าระดับคิวน้ำ = 618.757 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 1.55 เมตร

2. ศูนย์สารระดับ = 617.027 เมตร - รทก.

รูปตัดขวางลำน้ำแม่วิม สถานีบ้านภาคดาว ต.สันป่าขาง อ.แม่วิม จ.เชียงใหม่

Drainage Area = 169 km²



1. ค่าระดับคิวน้ำ = 342.930 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 1.48 เมตร

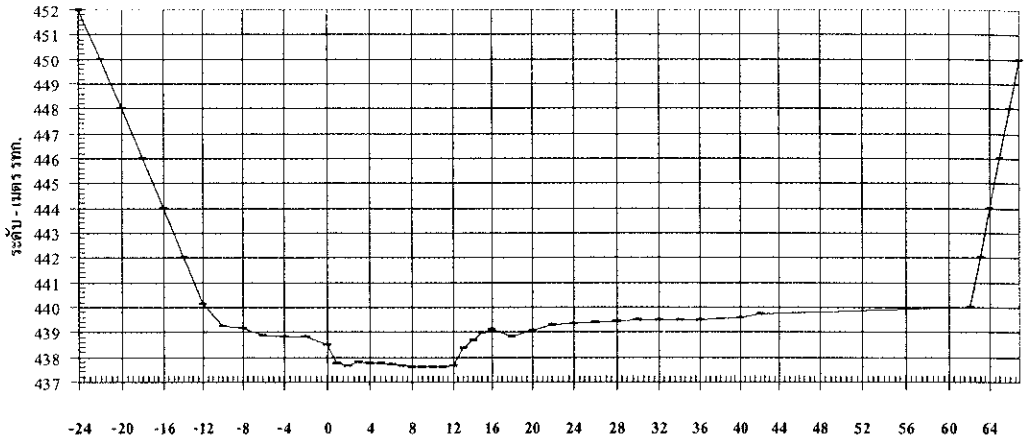
2. ศูนย์สารระดับ = 341.450 เมตร - รทก.

3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 4.05 เมตร (345.500 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 42.9 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่หวาน สถานีบ้านแม่หวาน ต.ป่าเมี่ยง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ (060701)

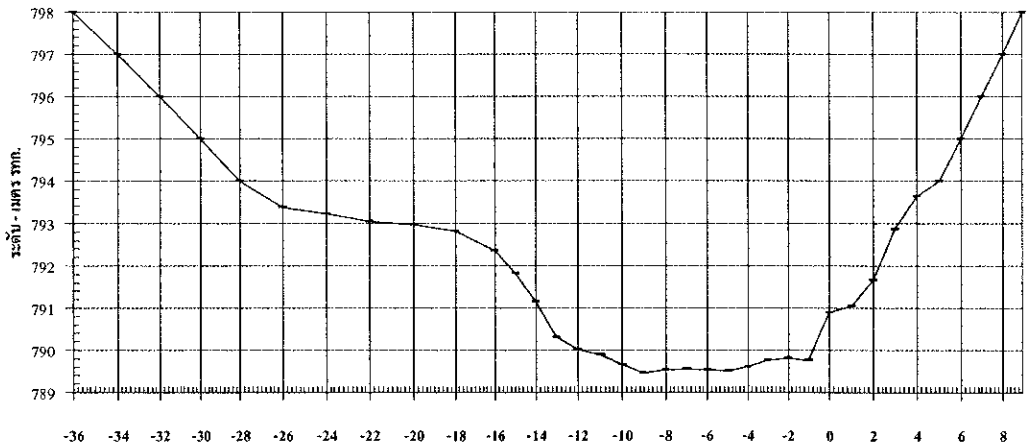
Drainage Area = 53.1 km²



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 437.704 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 1.09 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 436.614 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 2.14 เมตร (438.754 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 74.0 ลบม./วินาที

รูปตัดขวางลำน้ำห้วยแม่ตอน สถานีบ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปางกลาง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ (060702)

Drainage Area = 38.2 km²

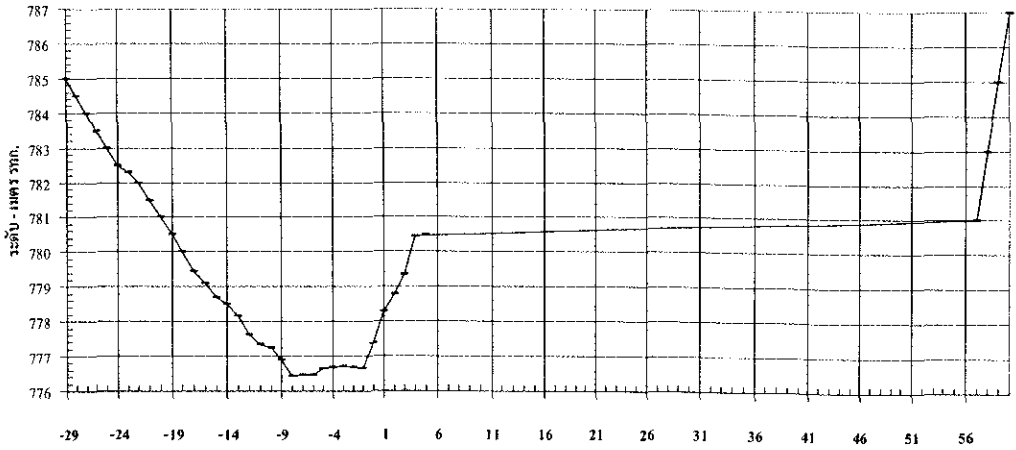


1. ค่าระดับผิวน้ำ = 789.754 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.44 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 789.314 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 3.30 เมตร (792.614 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 91.0 ลบม./วินาที

รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่หลาย สถานีบ้านป่าเมี่ยงปางแดง ต.ห้วยแก้ว อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ (060703)

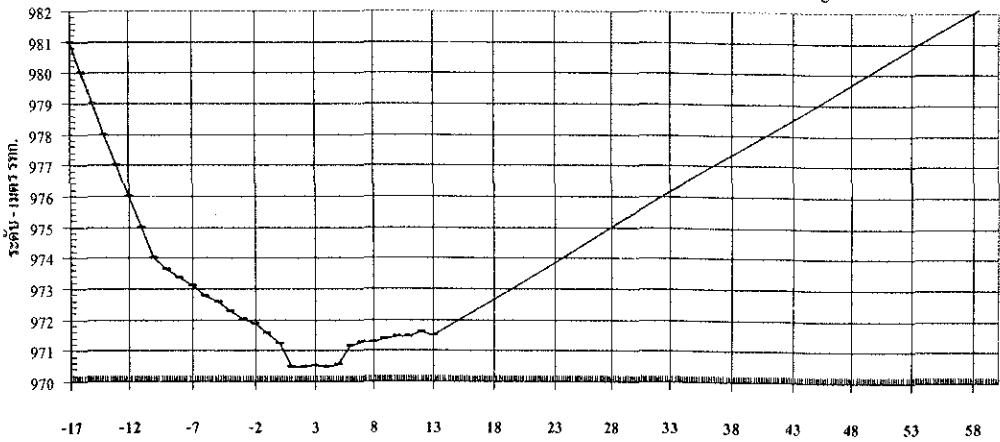
Drainage Area = 23.8 km²



1. ค่าระดับคูน้ำ = 776.770 เมตร - รทก. อำนระดับน้ำที่ 0.38 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 776.390 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 1.80 เมตร (778.190 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 28.1 ลบม./วินาที

รูปตัดขวางลำน้ำห้วยมะเกลือ สถานีบ้านป่าเมี่ยงปางบาง ต.เทพเสด็จ อ.ลดยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ (060704)

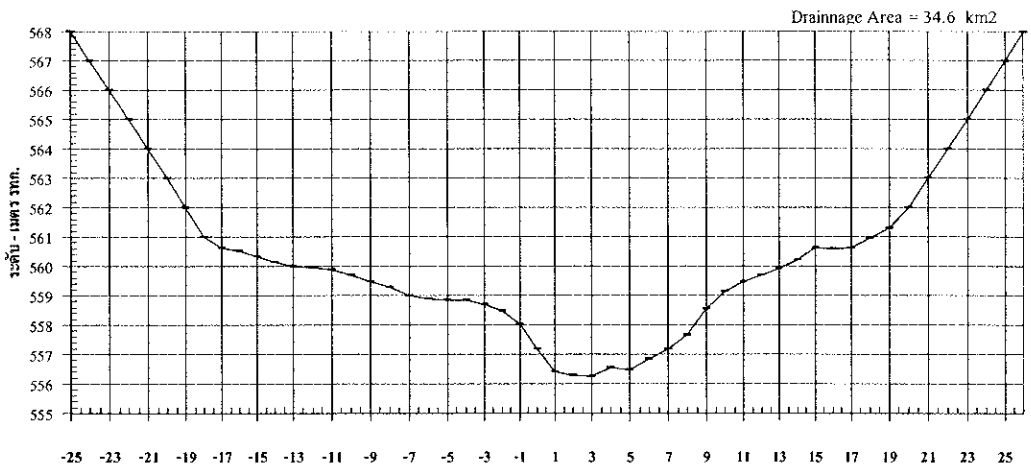
Drainage Area = 4.88 km²



1. ค่าระดับคูน้ำ = 970.557 เมตร - รทก. อำนระดับน้ำที่ 0.31 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 970.247 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 0.90 เมตร (971.147 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 6.59 ลบม./วินาที

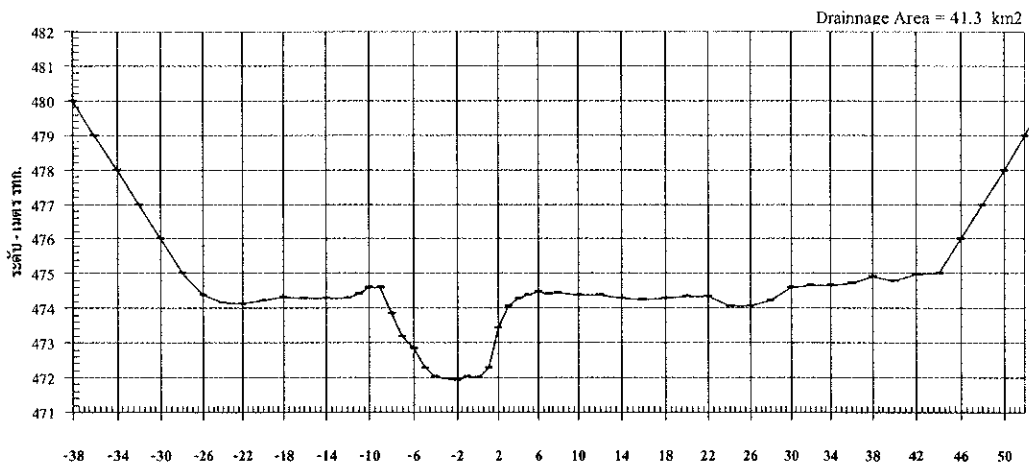
รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่สะปือก สถานีบ้านแม่สะปือกเหนือ ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (060804)



1. ค่าระดับคือน้ำ = 556.570 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 0.40 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 556.170 เมตร - ร.ท.ก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 2.10 เมตร (559.170 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 31.9 ลบ.ม./วินาที

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ป๋วย สถานีบ้านห้วยโป่ง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (060805)

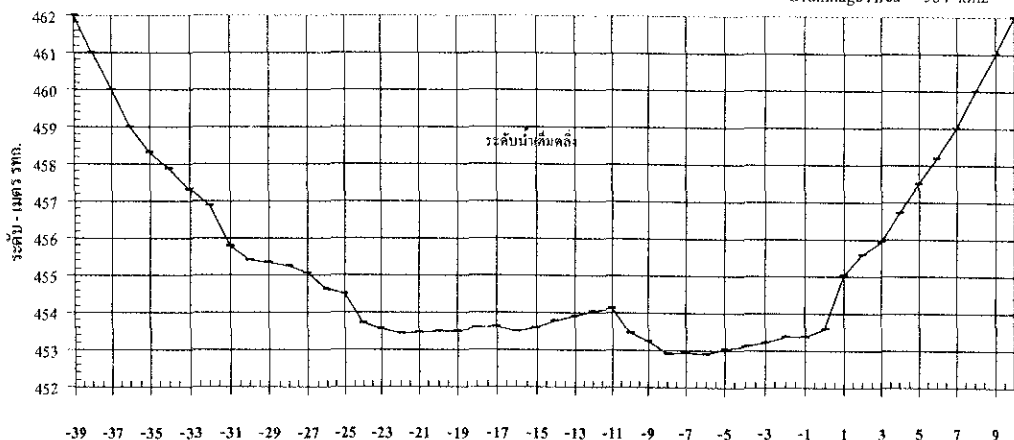


1. ค่าระดับคือน้ำ = 472.100 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 0.80 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 471.300 เมตร - ร.ท.ก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 2.98 เมตร (474.280 เมตร - รทก.)

รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ฆาน สถานีเหนือสามแม่สะเมิง ต.สะเมิงใต้ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ (060806)

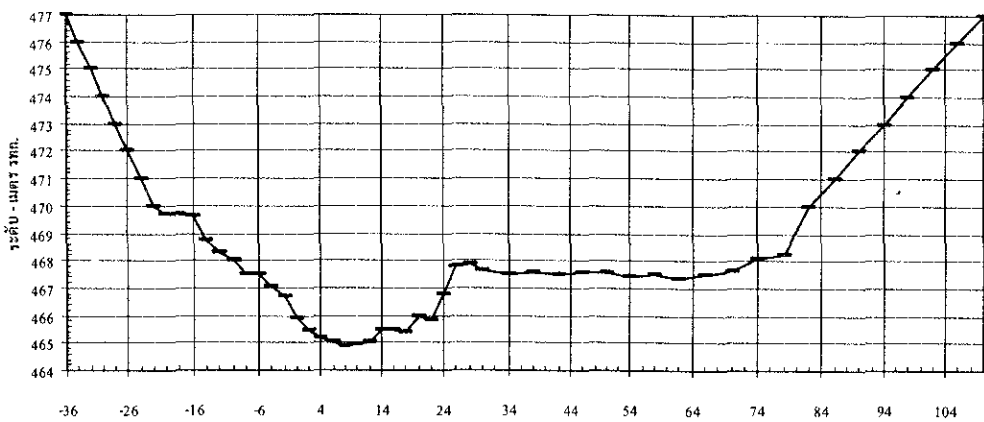
Drainage Area = 584 km²



1. ค่าระดับคั้งน้ำ = 453.502 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.66 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 452.842 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มคั้ง = 2.35 เมตร (455.192 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 73.16 ลบ.ม./วินาที

รูปตัดขวางลำน้ำแม่วาง สถานีบ้านสบวิน ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (060807)

Drainage Area = 343 km²

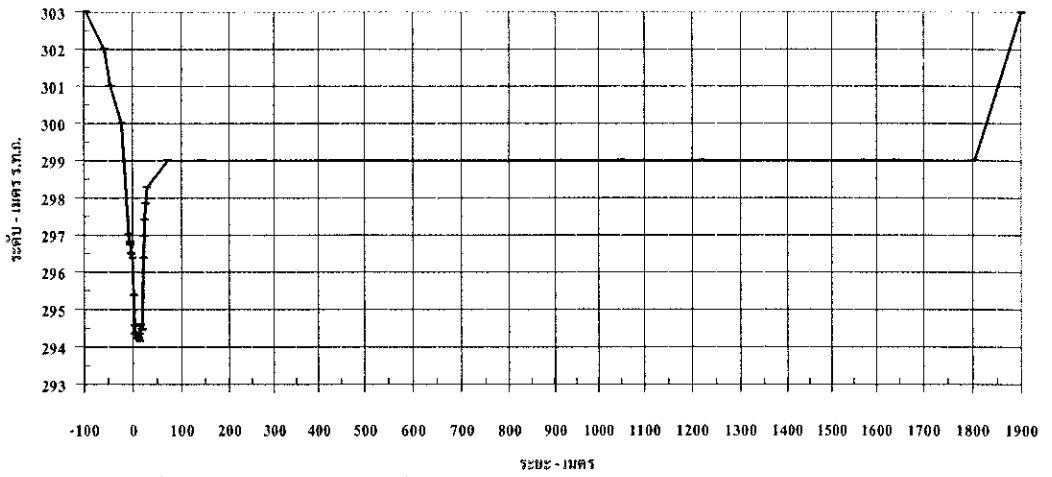


1. ค่าระดับคั้งน้ำ = 465.341 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.43 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 464.911 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มคั้ง = 2.50 เมตร (467.411 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 65.9 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ขาน สถานีบ้านเปียง ต.บ้านแม อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ (060808)

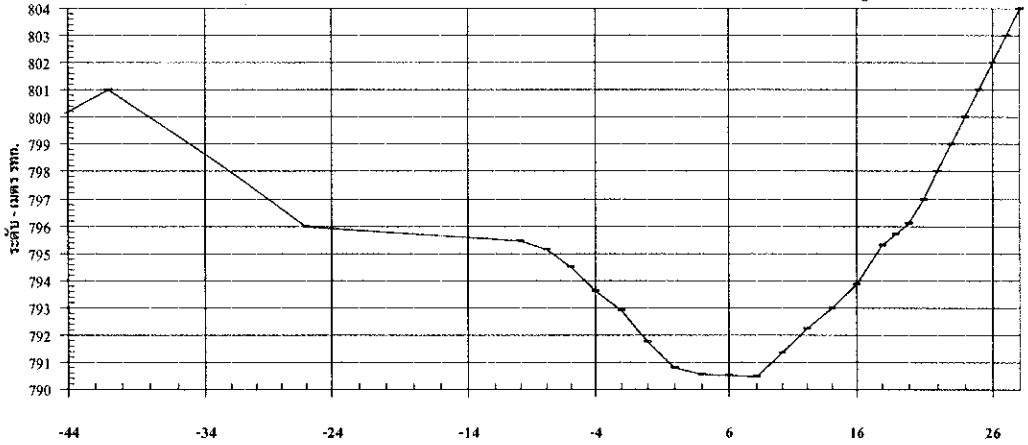
Drainage Area = 1170 km²



1. ค่าระดับคิวน้ำ = 296.361 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 2.47 เมตร
2. ศูนย์สภาวะระดับ = 293.891 เมตร - ร.ท.ก.

รูปตัดขวางลำน้ำแม่กลาง สถานีบ้านสบหาด ต.คอยแก้ว อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ (061001)

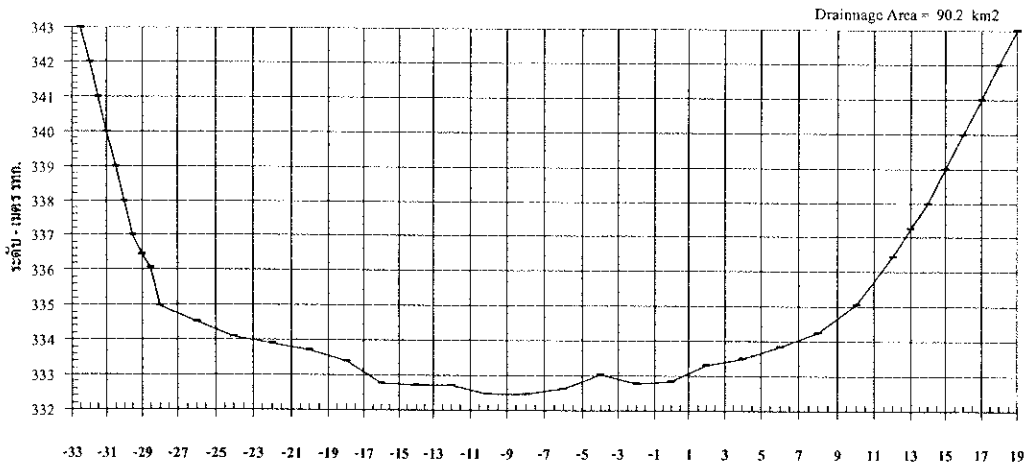
Drainage Area = 92.4 km²



1. ค่าระดับคิวน้ำ = 791.161 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.43 เมตร
2. ศูนย์สภาวะระดับ = 790.731 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มคลอง = 3.20 เมตร (793.931 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 97.7 ลบ.ม./วินาที

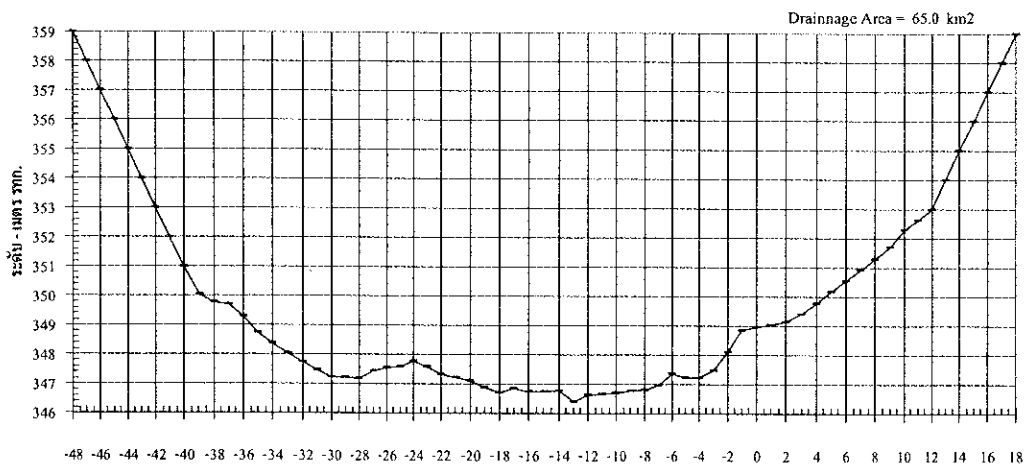
รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ยะ สถานีบ้านหัวเสือ ต.คอยแก้ว อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ (061002)



1. ค่าระดับคิวน้ำ = 333.014 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.67 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เขาระดับ = 332.344 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 3.50 เมตร (335.844 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 130 ลบ.ม./วินาที

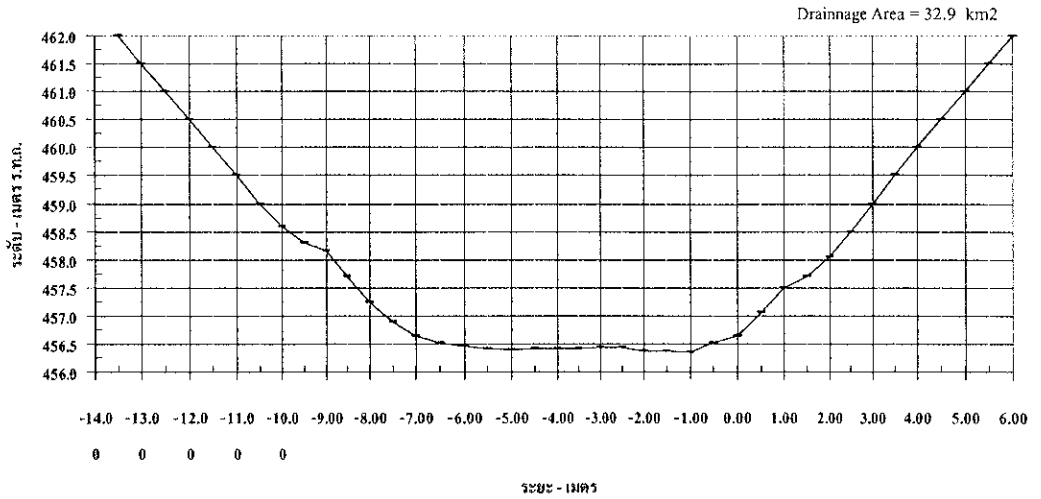
รูปตัดขวางลำน้ำแม่เตี๊ยะ สถานีบ้านยางแม่เตี๊ยะ ต.คอยแก้ว อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่



1. ค่าระดับคิวน้ำ = 346.837 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.62 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เขาระดับ = 346.217 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 2.76 เมตร (348.977 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 92.7 ลบ.ม./วินาที

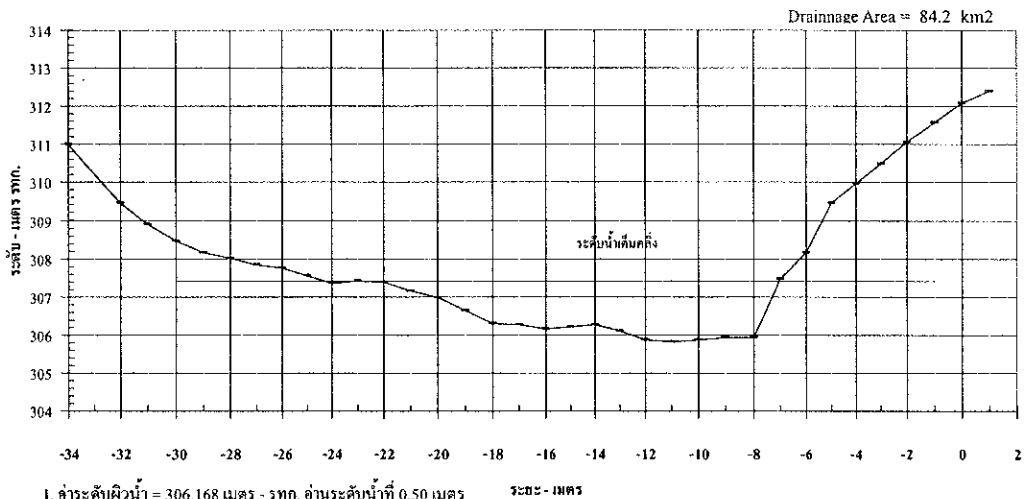
รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำห้วยแม่เต๊ะ สถานีเหนือสบแม่เต๊ะ ต.คอยแก้ว อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ (061005)



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 456.651 เมตร - ร.ท.ก. อ่านระดับน้ำที่ 0.50 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 456.151 เมตร - ร.ท.ก.

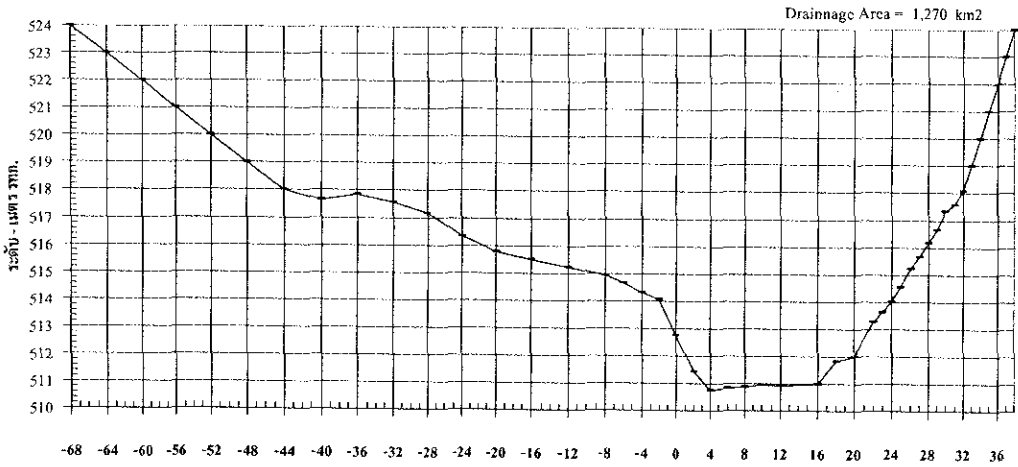
รูปตัดขวางลำน้ำห้วยน้ำแม่ก่อ สถานีบ้านก้อทุ่ง ต.ก้อ อ.เถิน จ.ลำพูน (061101)



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 306.168 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.50 เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 305.668 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 1.74 เมตร (307.408 เมตร - รทก.)

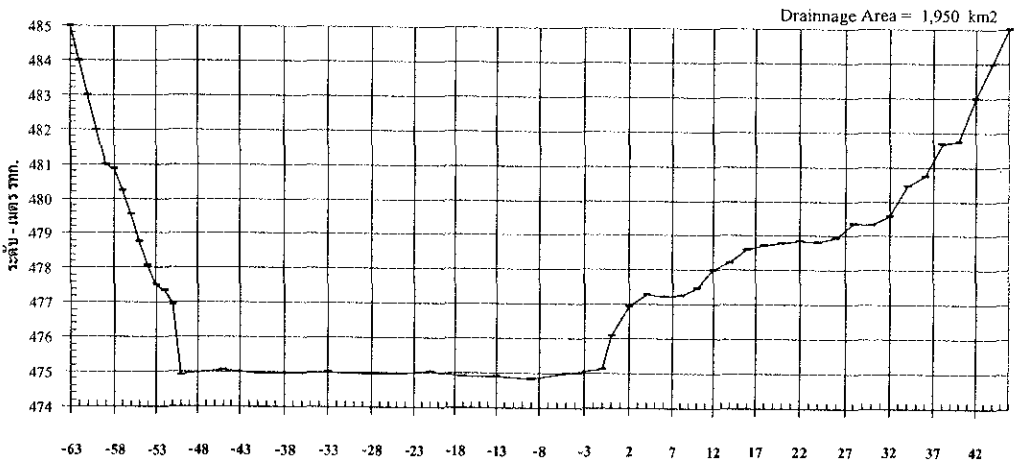
รูปที่ ฉ-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่แจ่ม สถานีบ้านห้วยผึ้ง ต.แม่แจ่ม อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ (061201)



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 511.528 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 0.76 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 510.768 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 5.00 เมตร (515.768 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 137 ลบ.ม./วินาที

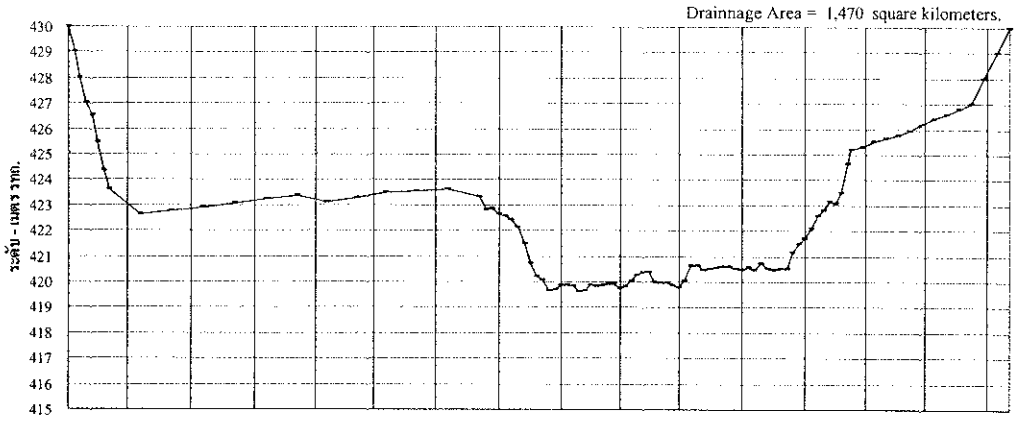
รูปตัดขวางลำน้ำแม่แจ่ม สถานีบ้านกองกาน ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ (061302)



1. ค่าระดับผิวน้ำ = 475.341 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 3.18 เมตร ระยะ - เมตร
2. ศูนย์เสาระดับ = 472.161 เมตร - รทก.
3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 5.50 เมตร (477.161 เมตร - รทก.) ปริมาณน้ำ 306 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ ๑-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

รูปตัดขวางลำน้ำแม่ตื่น สถานีบ้านป่าโคกแม่ตื่น อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ (061501)



1. คาระดับผิวน้ำ = 420.090 เมตร - รทก. อ่านระดับน้ำที่ 1.09 เมตร

2. ศูนย์เสาระดับ = 419.000 เมตร - รทก.

3. ระดับน้ำเต็มตลิ่ง = 4.00 เมตร (423.000 เมตร - รทก.)

4. เสาระดับน้ำติดตั้งกับเสาสะพานคอนกรีตข้ามลำน้ำแม่ตื่น

รูปที่ ๑-2 รูปตัดขวางลำน้ำรวมบริเวณ flood plain ณ สถานีวัดน้ำท่า (ต่อ)

ภาคผนวก ช
การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ Manning, n

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's n Selection)

การเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ซึ่งวิศวกรต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการเลือกเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง ขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ หลายตัวแปร ได้แก่

1. ความขรุขระของผิวทางน้ำเปิด (surface roughness) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุปกคลุมพื้นผิวทางน้ำ เช่น คอนกรีต อิฐก่อ ทราย ก้อนหิน เป็นต้น
2. พืชปกคลุม (vegetation) ซึ่งทำให้การไหลของน้ำไม่สะดวก
3. ความผันแปรของหน้าตัดทางน้ำ (channel irregularity) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของหน้าตัด ซึ่งมีผลทำให้คุณสมบัติของทางน้ำเปลี่ยนแปลง
4. แนวของทางน้ำเปิด (channel alignment) มีลักษณะตรงหรือคดเคี้ยวมากน้อยเพียงใด
5. สภาพของการตกตะกอนและการกัดเซาะในทางน้ำ (silting and scouring) ซึ่งจะมีผลต่อความขรุขระของพื้นผิวทางน้ำ

6. สิ่งกีดขวางการไหล (obstruction) ตัวอย่างเช่น ท่อนซุง ตอม่อสะพาน เป็นต้น อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆ อีกเช่น ขนาดและรูปร่างของทางน้ำเปิด ระดับน้ำ อัตราการไหลของน้ำ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการเสนอวิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงขึ้นมาดังนี้

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

โดยที่

n_0 เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ n เบื้องต้นสำหรับทางน้ำเปิดชนิดต่างๆ ตามข้อเสนอแนะของ SCS ตามลักษณะของวัสดุทางน้ำเปิด

n_1 เป็น สัมประสิทธิ์เนื่องจากผลของความผันแปรของผิวน้ำเปิด (factor for channel surface irregularities)

n_2 เป็น สัมประสิทธิ์เนื่องจากผลของความผันแปรของรูปร่าง และขนาดหน้าตัดของทางน้ำเปิด (factor for changes in cross-section size and shape)

n_3 เป็น สัมประสิทธิ์เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลในทางน้ำเปิด (factor for obstruction)

n_4 เป็น สัมประสิทธิ์เนื่องจากกรณีมีพืชปกคลุม (factor for vegetation)

m_5 เป็น สัมประสิทธิ์เนื่องจากผลของความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด (modifying values for channel alignment)

ซึ่งค่าตัวแปรแต่ละตัววิศวกรต้องใช้ความชำนาญและประสบการณ์เพื่อตัดสินใจ (judgment) ดังแสดงในตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหาค่า n ต่อไปนี้

ตารางที่ ข-1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหาค่า n ตามสมการ

เงื่อนไขทางน้ำเปิด		ค่าสัมประสิทธิ์	
วัสดุทางน้ำเปิด	คลองดิน	n_0	0.020
	คลองตัดในหิน		0.025
	คลองมีฝิวกรวดละเอียด		0.024
	คลองมีฝิวกรวดหยาบ		0.028
ความผันแปรของฝิวทางน้ำเปิด	เรียบ	n_1	0.000
	ขรุขระเล็กน้อย		0.005
	ขรุขระปานกลาง		0.010
	ขรุขระมาก		0.020
ความผันแปรของหน้าตัดทางน้ำเปิด	ค่อยๆ เปลี่ยนแปลง	n_2	0.000
	เปลี่ยนแปลงบางช่วง		0.005
	เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก		0.010-0.015
ผลจากสิ่งกีดขวางการไหล	ไม่มี	n_3	0.000
	มีเล็กน้อย		0.010-0.015
	ปานกลาง		0.020-0.030
	มีมาก		0.040-0.060
พืชปกคลุม	เล็กน้อย	n_4	0.005-0.010
	ปานกลาง		0.010-0.025
	หนาแน่น		0.025-0.050
	หนาแน่นมาก		0.050-0.100
ผลของความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด	เล็กน้อย	m_s	1.000
	ปานกลาง		1.150
	มาก		1.300

ตารางที่ ข-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง

ลำดับ	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	n0	n1	n2	n3	n4	ms	n
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.000	0.030 0.035
8	แก่งออบหลวง อ.สอค	P.14	0.020	0.005	0.000	0.010 0.015	0.005 0.010	1.000	0.040 0.050
14	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.000	0.030 0.035
15	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.150	0.035 0.040
16	บ้านแมริมใต้ อ.แมริม	P.21	0.020	0.005	0.000	0.010 0.015	0.005 0.010	1.000	0.040 0.050
18	สะพานประจักษ์ อ. จอมทอง	P.24A	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.000	0.030 0.035
34	บ้านแม่บงใหม่	P.42	0.020	0.010	0.000	0.010 0.015	0.005 0.010	1.000	0.045 0.055
63	บ้านกองหิน อ.สอค	PE.2	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.000	0.030 0.035
65	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	0.025	0.020	0.000	0.040 0.060	0.005 0.010	1.150	0.104 0.132
66	น้ำแม่ปามที่ได้สบห้วย แม่มาศ	060202	0.028	0.010	0.000	0.020 0.030	0.005 0.010	1.000	0.063 0.078
67	น้ำแม่จัดที่บ้านดินธาตุ	060301	0.028	0.010	0.005	0.020 0.030	0.005 0.010	1.000	0.068 0.083
68	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วย บ้าน	060402	0.028	0.005	0.000	0.020 0.030	0.005 0.010	1.000	0.058 0.073
69	ห้วยแม่แพลมที่ได้บ้าน แม่แพลม	060403	0.020	0.020	0.000	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.085 0.110
70	น้ำแม่คองที่เหนือสบ ห้วยบ้าน	060404	0.028	0.005	0.000	0.010 0.015	0.005 0.010	1.000	0.048 0.058
71	ห้วยท่าเออะที่เหนือสบ ห้วยท่า	060405	0.024	0.005	0.010 0.015	0.010 0.015	0.005 0.010	1.150	0.062 0.079

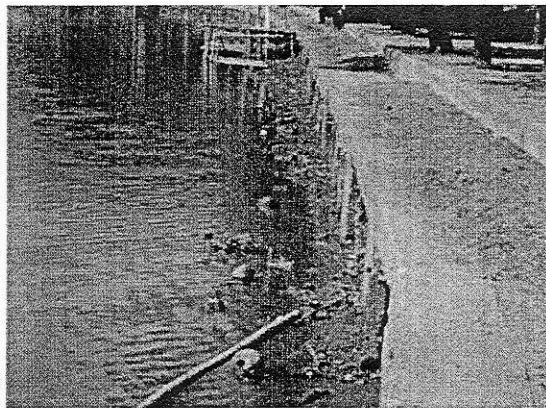
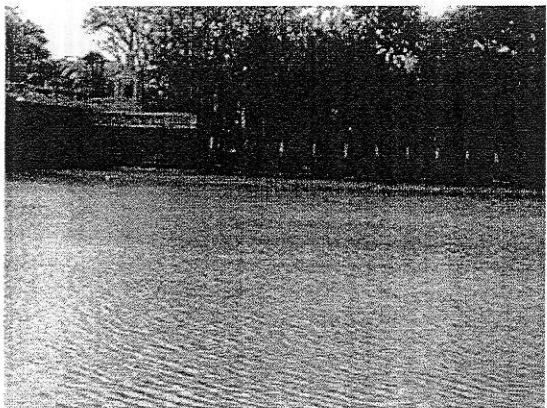
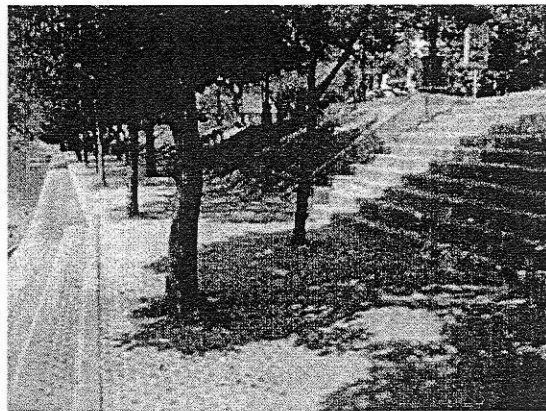
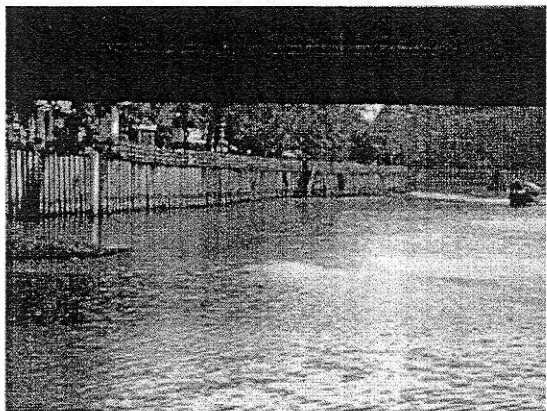
ตารางที่ ข-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	n0	n1	n2	n3	n4	ms	n
72	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้าน สันป่าสัก	060406	0.024	0.005	0.000	0.000	0.005 0.010	1.000	0.034 0.039
74	น้ำแม่ริมที่บ้านภาคขาว	060603	0.020	0.005	0.000	0.010 0.015	0.005 0.010	1.000	0.040 0.050
75	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่ หวาน	060701	0.020	0.005	0.000	0.000	0.010 0.025	1.150	0.040 0.058
76	ห้วยแม่ตอนที่บ้านป่า เมียงแม่หวานปางกลาง	060702	0.025	0.020	0.005	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.095 0.120
77	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมียง ปางแก	060703	0.025	0.020	0.000	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.090 0.115
80	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่ สะปือกเหนือ	060804	0.025	0.010	0.005	0.020 0.030	0.005 0.010	1.000	0.065 0.080
81	น้ำแม่ปวยที่เหนือบ้าน ห้วยโปง	060805	0.028	0.005	0.000	0.000	0.005 0.010	1.000	0.038 0.043
82	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่ เสมิง	060806	0.025	0.020	0.005	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.095 0.120
83	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	0.020	0.005	0.000	0.010 0.015	0.005 0.010	1.000	0.040 0.050
84	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005 0.010	1.000	0.030 0.035
85	น้ำแม่กลางที่บ้านสบ หาด	061001	0.025	0.010	0.005	0.020 0.030	0.005 0.010	1.000	0.065 0.080
86	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	0.025	0.020	0.010 0.015	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.100 0.125
87	ห้วยแม่เตี้ยที่บ้านยางแม่ เตี้ย	061003	0.025	0.020	0.010 0.015	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.100 0.125
88	ห้วยแม่เต๊ะที่เหนือสบ แม่เต๊ะ	061005	0.025	0.020	0.000	0.040 0.060	0.005 0.010	1.000	0.090 0.115

ตารางที่ ข-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

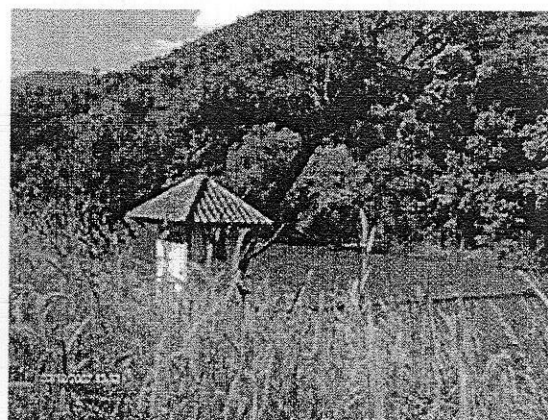
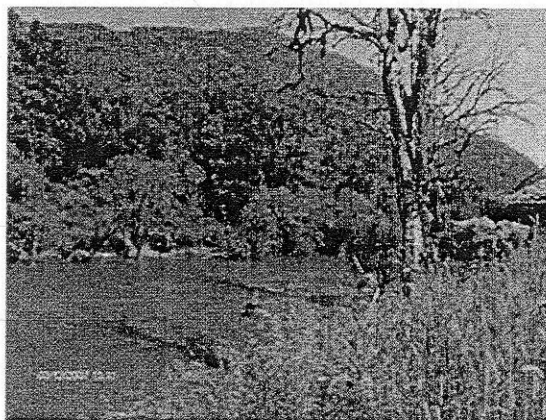
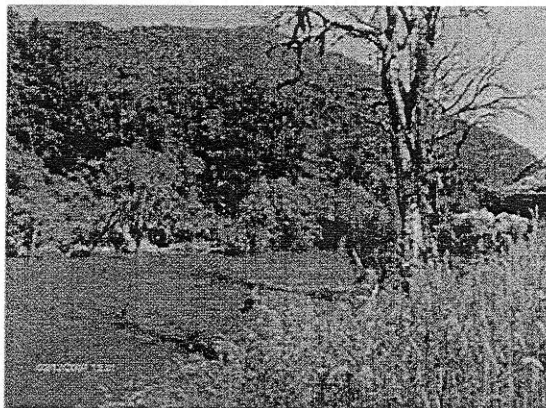
ลำดับ	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	n0	n1	n2	n3	n4	ms	n
89	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	0.028	0.005	0.000	0.010	0.005	1.150	0.055
						0.015	0.010		0.067
90	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยผึ้ง	061201	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.000	0.030
							0.010		0.035
91	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกอง กาน	061302	0.020	0.005	0.000	0.000	0.005	1.000	0.030
							0.010		0.035
92	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	0.024	0.005	0.000	0.010	0.005	1.000	0.044
						0.015	0.010		0.054

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	เชียงใหม่	18	47	9	99	0	29	6.350	1952 - 2005	54	กรมชลฯ	0.030-0.035



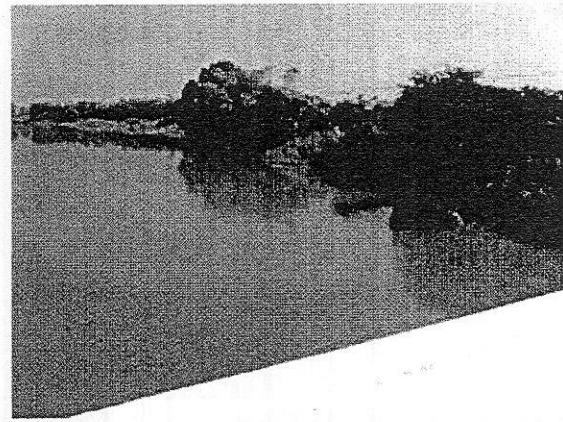
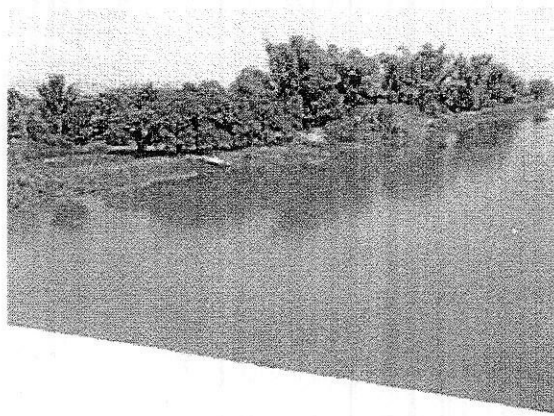
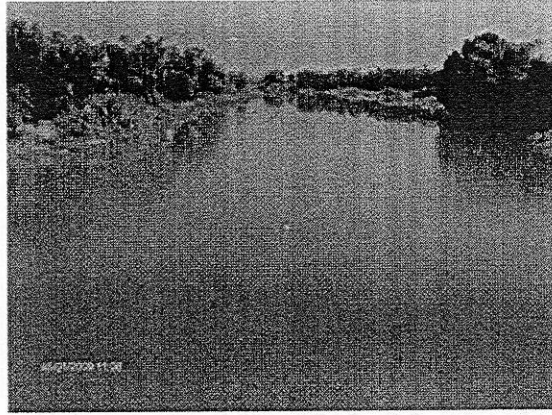
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
8	แก่งออบหลวง อ.ฮอด	P.14	เชียงใหม่	18	13	49	98	33	35	3,836	1954 - 2005	52	กรมชลฯ	0.040-0.050



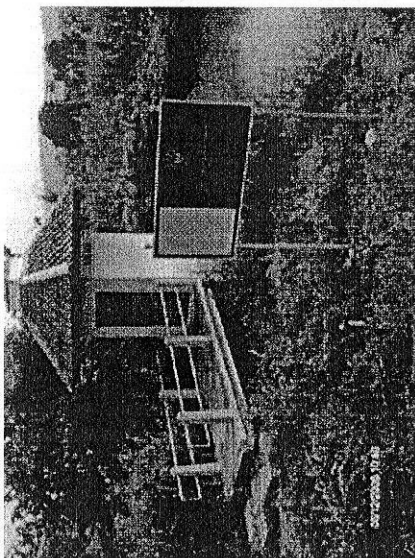
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)


ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
14	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	เชียงใหม่	18	25	19	98	42	11	14,023	1958 - 1992	35	กรมชลฯ	0.030-0.035

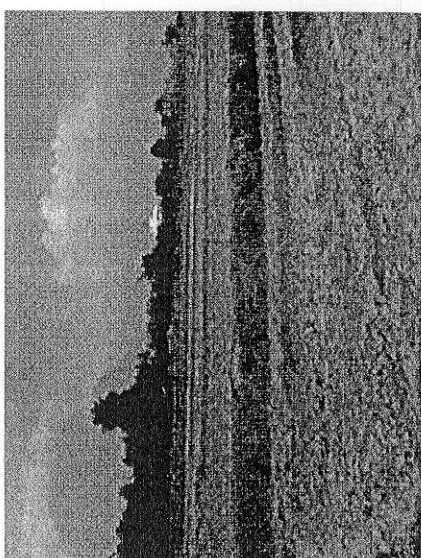


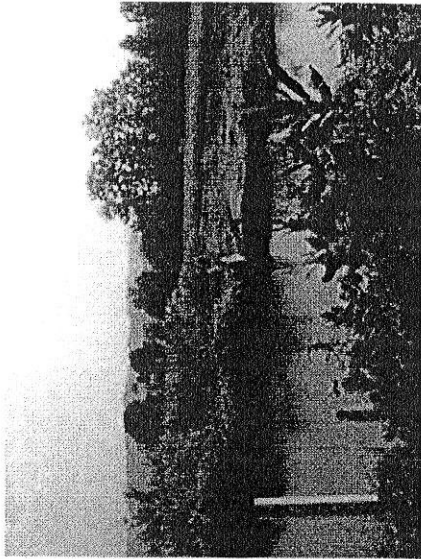
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง				พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n		
				ละติจูด	ลองจิจูด	ช่วงปี	จำนวนปี							
15	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	เชียงใหม่	19	21	9	98	58	25	1.345	1979 - 2005	27	กรมชดฯ	0.035-0.040





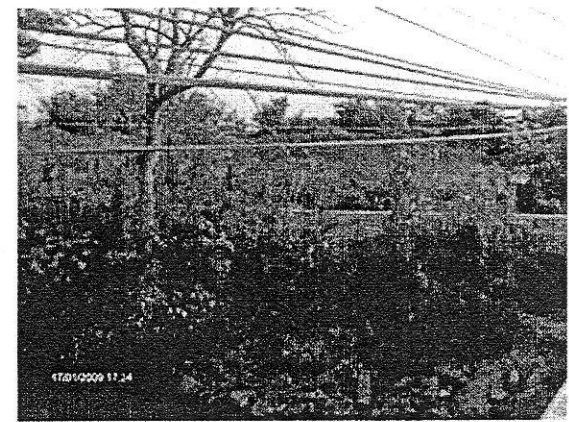
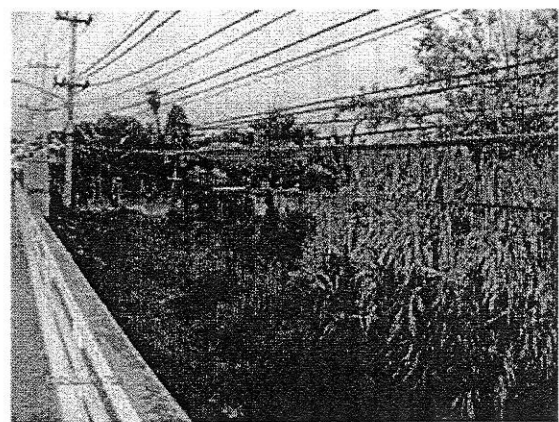
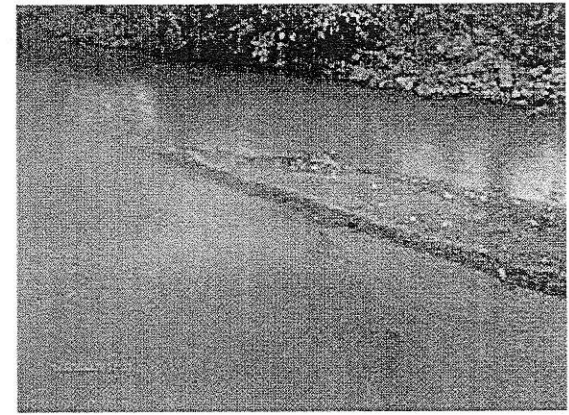
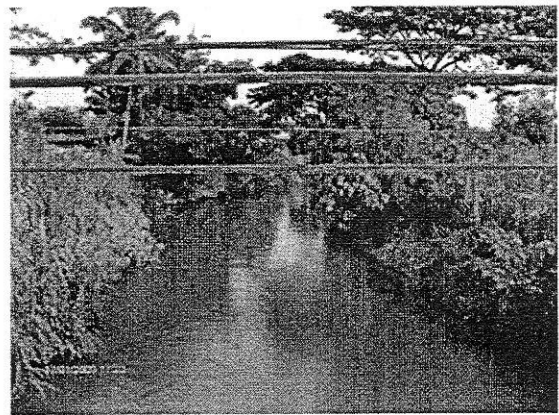




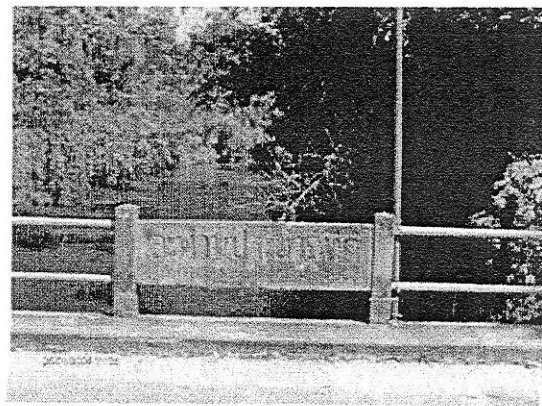
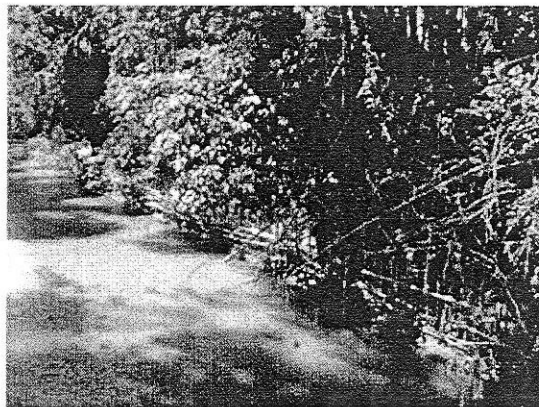
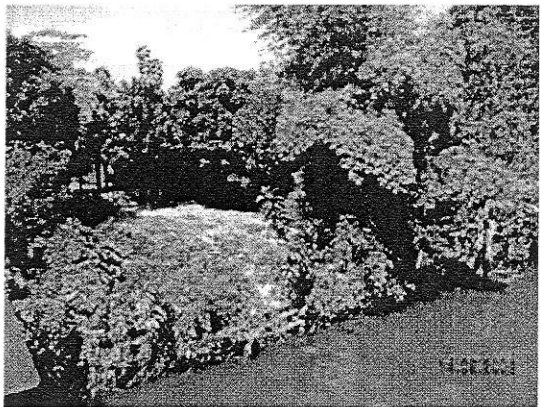
รูปที่ ช-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
16	บ้านเมริมใต้ อ.เมริม	P.21	เชียงใหม่	18	55	29	98	56	34	452	1954 - 2005	52	กรมชลฯ	0.040-0.050

รูปที่ ๙-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

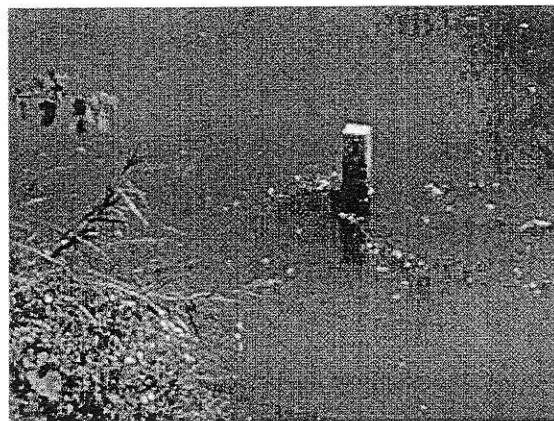
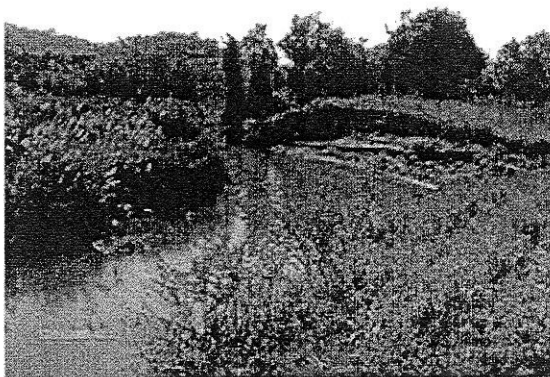
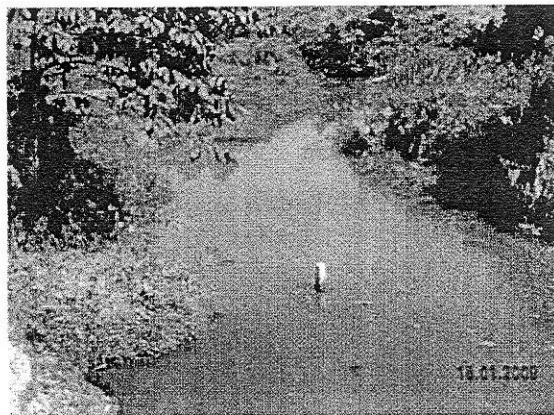
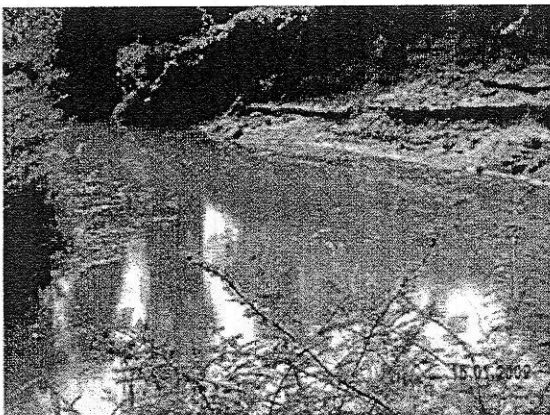


ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
18	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	เชียงใหม่	18	25	1	98	40	29	452	1973 - 2005	33	กรมชลฯ	0.030-0.035



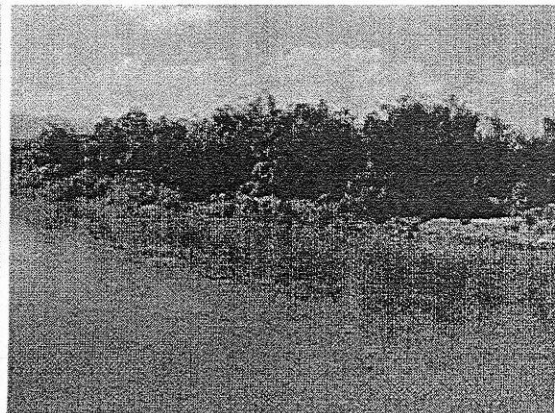
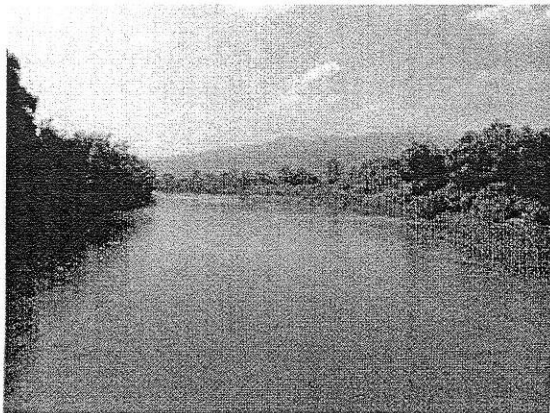
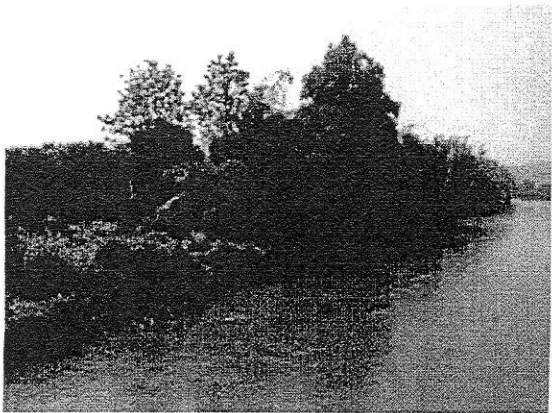
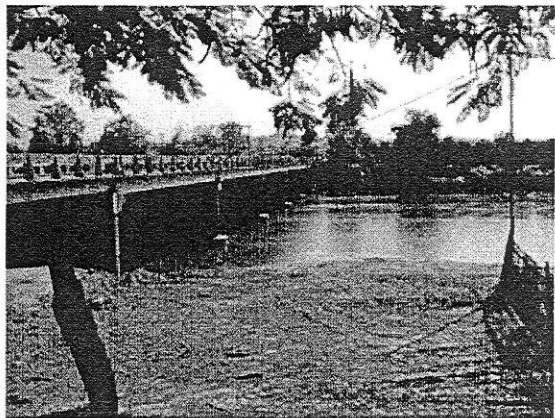
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
34	บ้านแม่บันใหม่	P.42	ลำพูน	17	53	16	99	5	20	318	1978 - 2001	23	กรมชลฯ	0.045-0.055



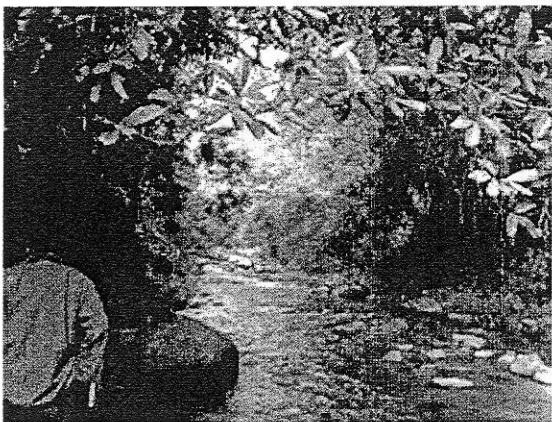
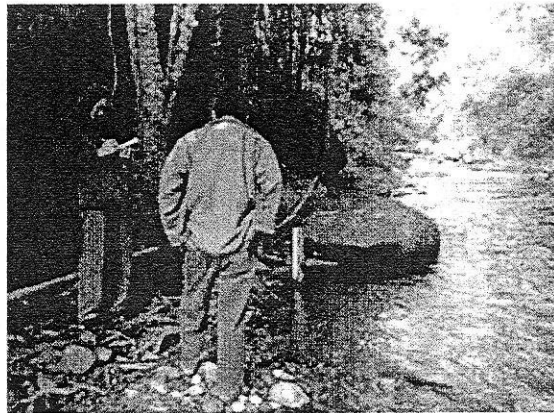
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
63	บ้านกองหิน อ.สอศ	PE.2	เชียงใหม่	18	10	30	98	36	0	18.932	1970 - 2005	32	กฟผ.	0.030-0.035



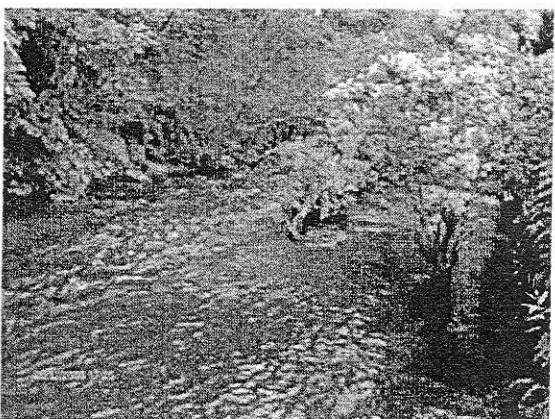
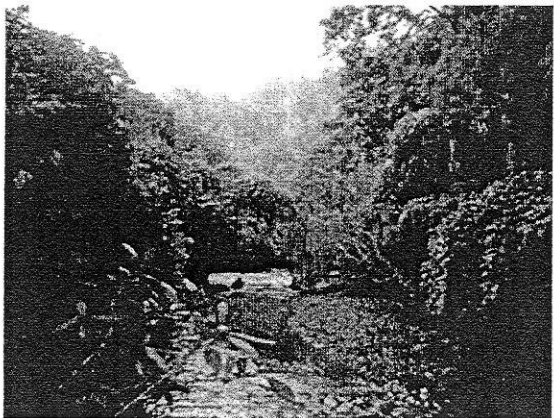
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
65	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	เชียงใหม่	19	19	16	98	56	4	47	1986 - 2004	19	กรมทรัพยากรฯ	0.104-0.132



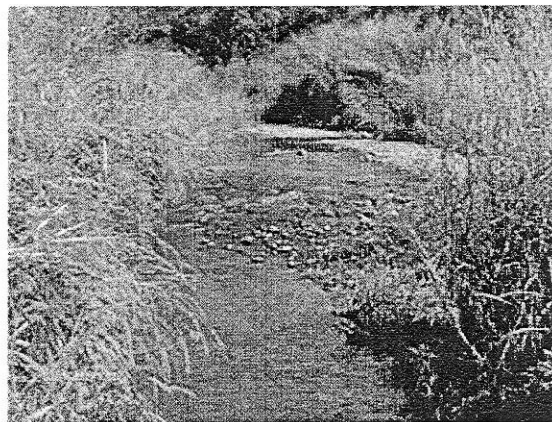
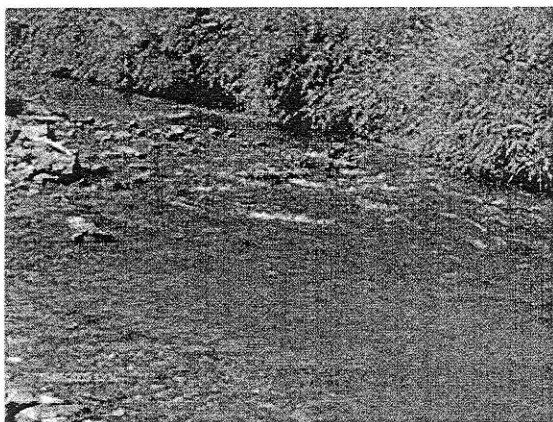
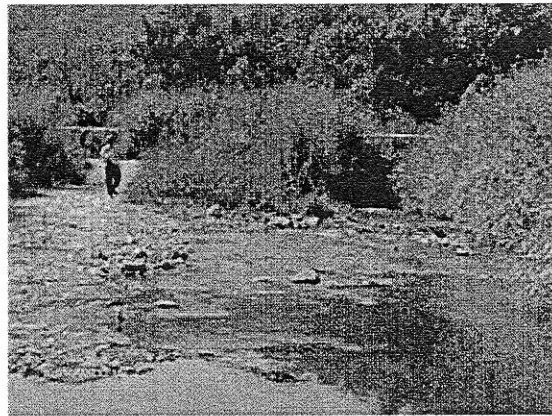
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
66	น้ำแม่ปามที่ได้สบห้วยแม่มาศ	060202	เชียงใหม่	19	29	10	98	56	4	203	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.063-0.078



รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
67	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	เชียงใหม่	19	27	2	99	13	4	81	1977 - 2004	28	กรมทรัพยากรฯ	0.068-0.083



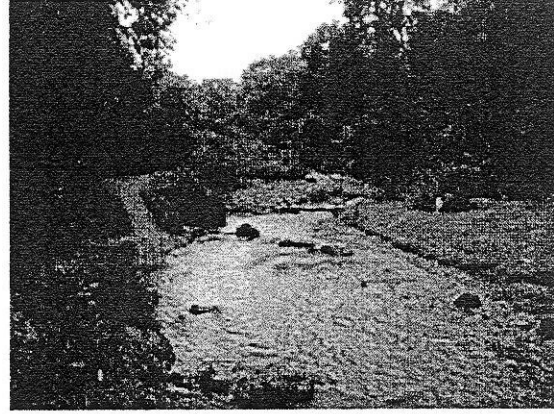
รูปที่ ๓-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
68	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน	060402	เชียงใหม่	19	22	36	98	44	36	12	1985 - 2003	19	กรมทรัพยากรฯ	0.058-0.073



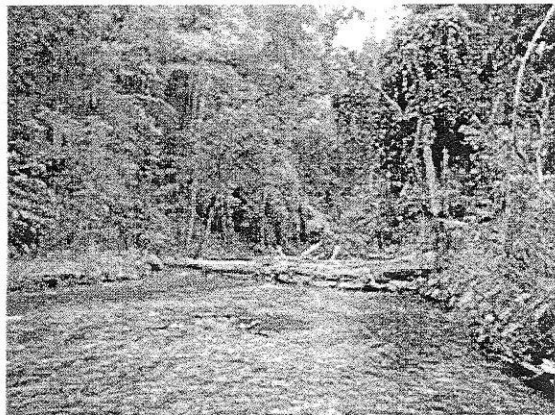
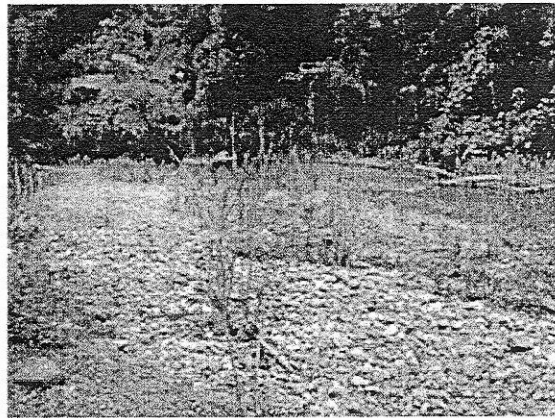
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
69	ห้วยแม่แพลมที่ได้บ้านแม่แพลม	060403	เชียงใหม่	19	22	45	98	41	44	20	1985 - 2004	20	กรมทรัพยากร	0.085-0.110



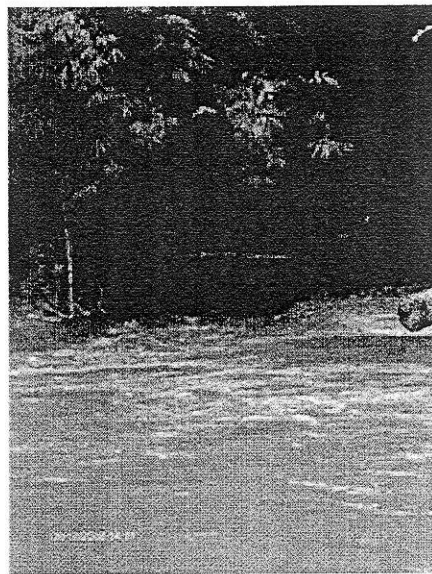
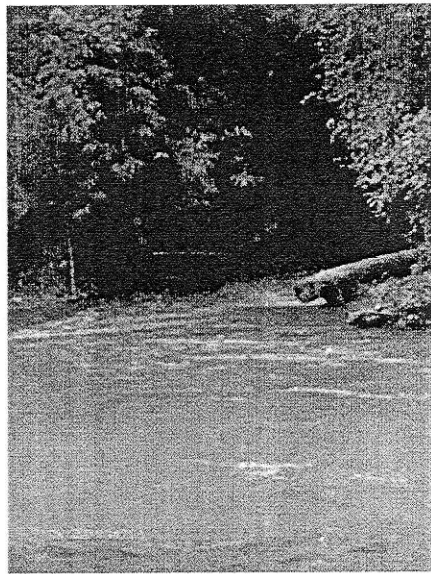
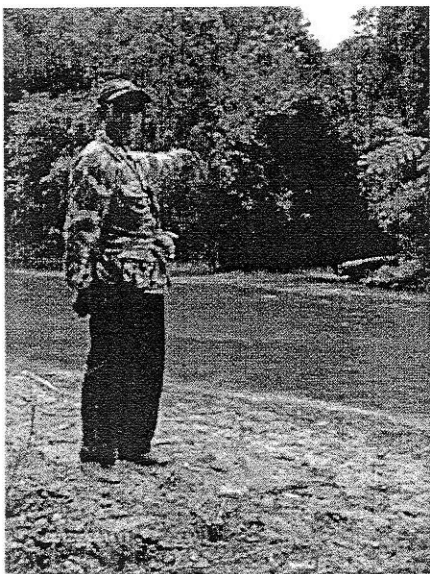
รูปที่ ๕-1 ภาพประกอบการวัดระยะห่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
70	น้ำแม่กองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	เชียงใหม่	19	23	21	98	44	23	194	1985 - 2004	20	กรมทรัพยากรฯ	0.048-0.058



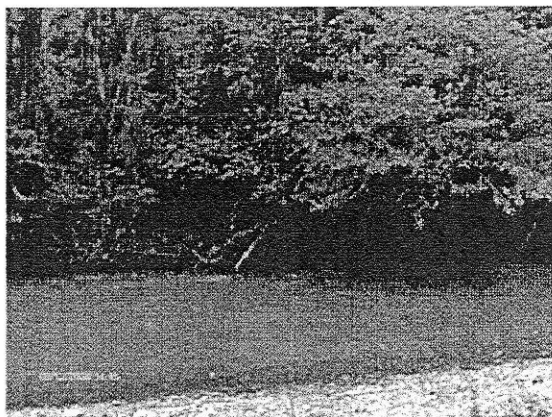
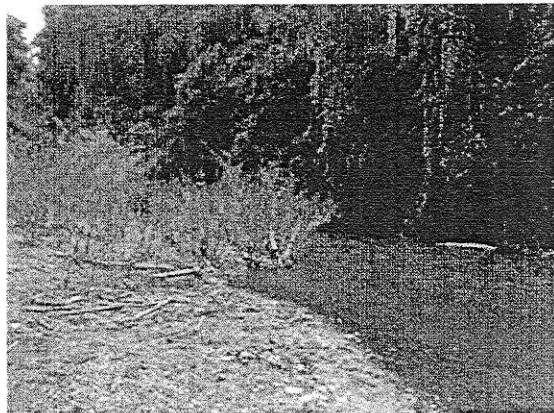
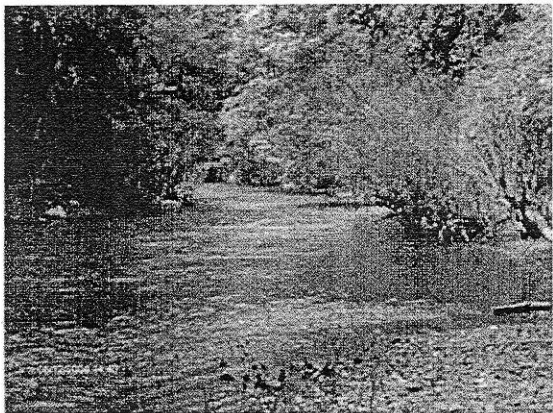
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
71	ห้วยท่าเอะที่เหนือสบห้วยท่า	060405	เชียงใหม่	19	25	42	98	42	28	34	1985 - 2004	20	กรมทรัพยากร	0.062-0.079



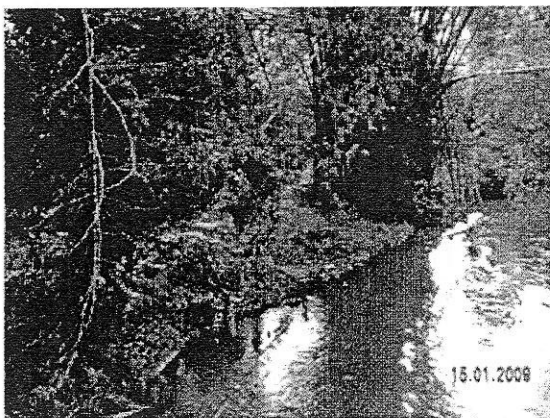
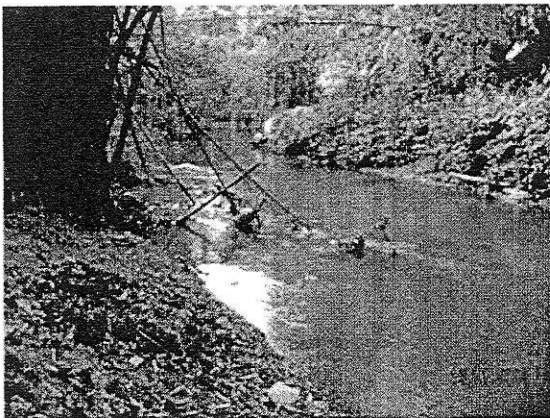
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
72	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	เชียงใหม่	19	24	36	98	43	36	835	1985 - 2004	20	กรมทรัพยากรฯ	0.034-0.039



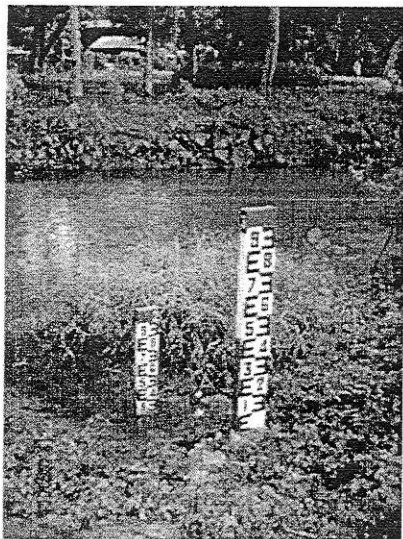
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
74	น้ำแม่ริมที่บ้านกาดฮาว	060603	เชียงใหม่	19	1	28	98	52	48	169	1985 - 2004	20	กรมทรัพยากรฯ	0.040-0.050



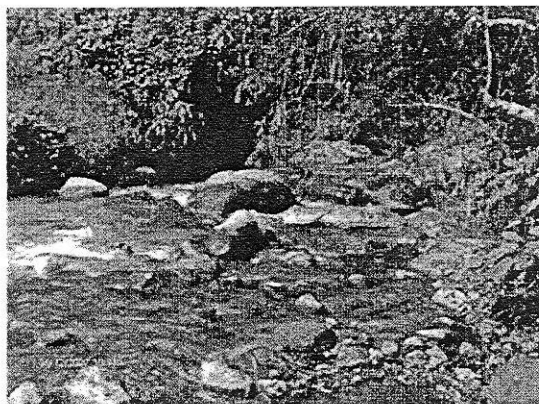
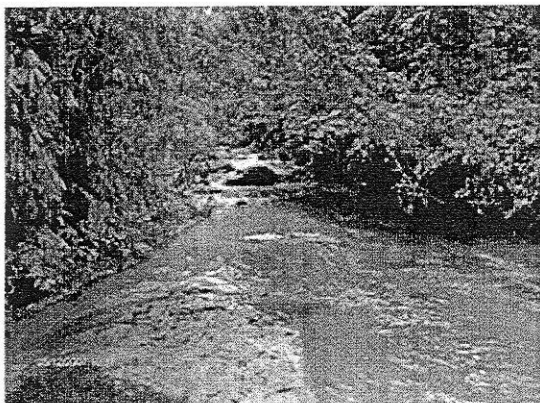
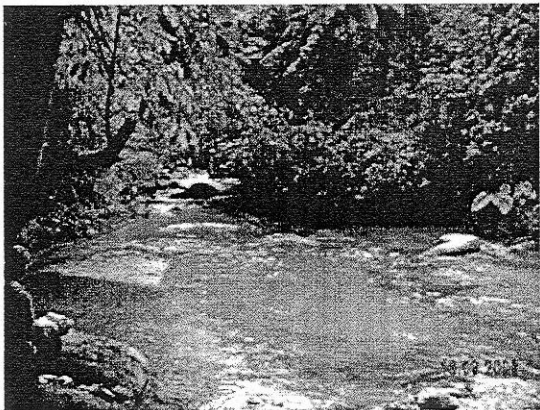
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
75	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	เชียงใหม่	18	57	24	99	14	19	53	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.040-0.058



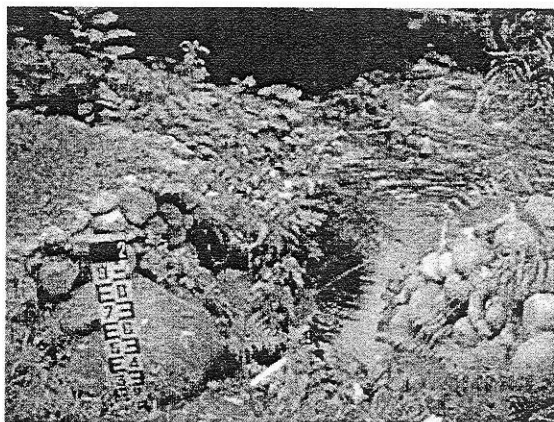
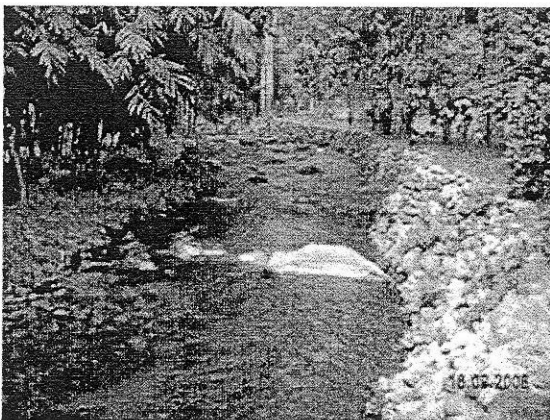
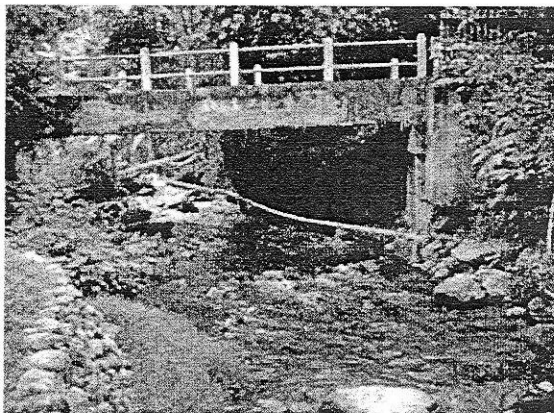
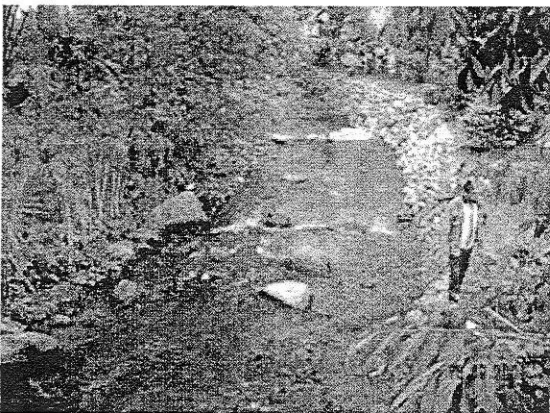
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด		ลองจิจูด		ช่วงปี	จำนวนปี					
76	ห้วยแม่ตอนที่บ้านป่าเมียงแม่หวานปางกลาง	060702	เชียงใหม่	18	58	12	99	19	12	38	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากร	0.095-0.120



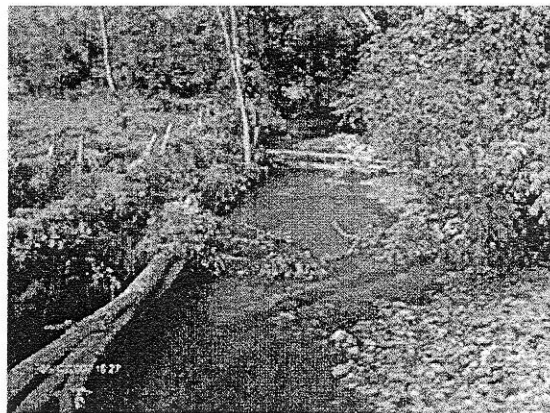
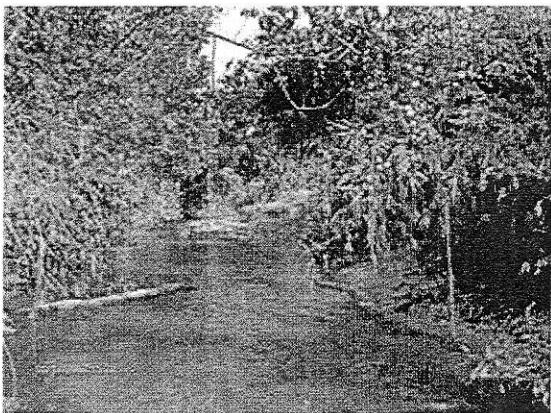
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
77	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมียงปางแก	060703	เชียงใหม่	18	51	59	99	15	48	24	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.090-0.115



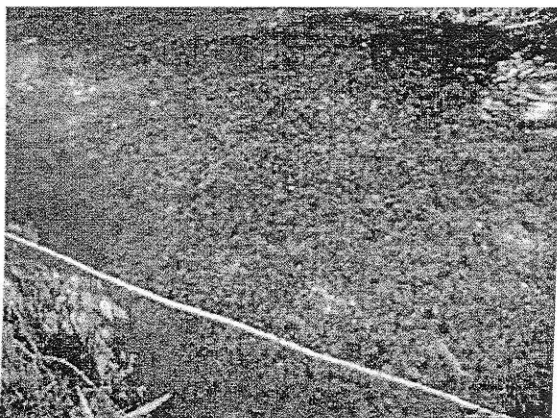
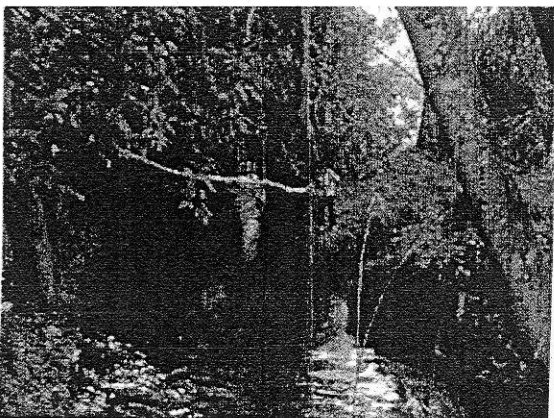
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
80	น้ำแม่สะป๊อกที่บ้านแม่สะป๊อกเหนือ	060804	เชียงใหม่	19	39	54	98	37	54	35	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.065-0.080



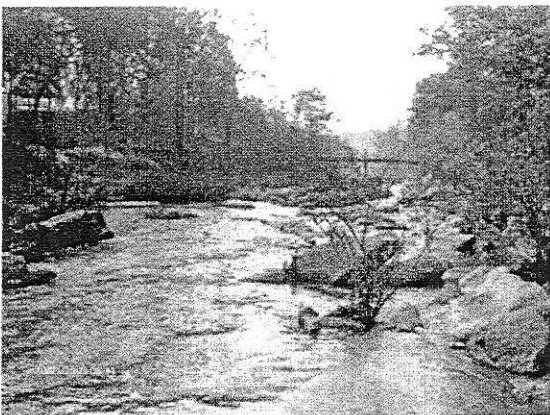
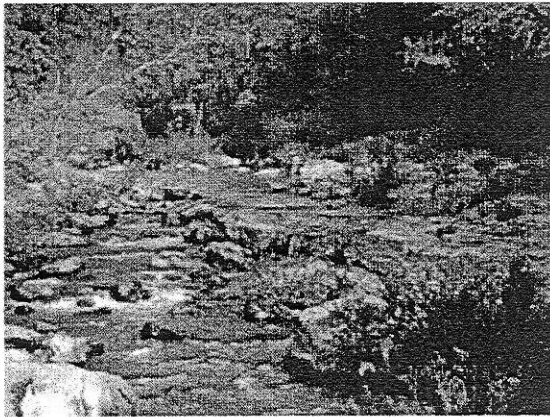
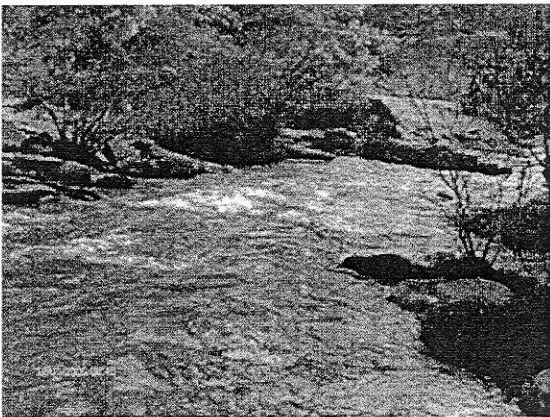
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด		ลองจิจูด		ช่วงปี	จำนวนปี					
81	น้ำแม่ปัวยที่เหนือบ้านห้วยโป่ง	060805	เชียงใหม่	18	39	23	98	40	6	41	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.038-0.043



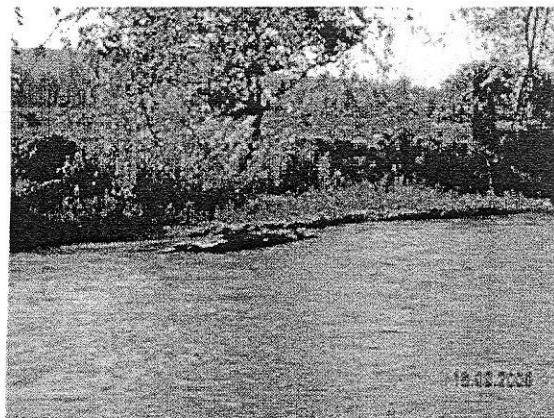
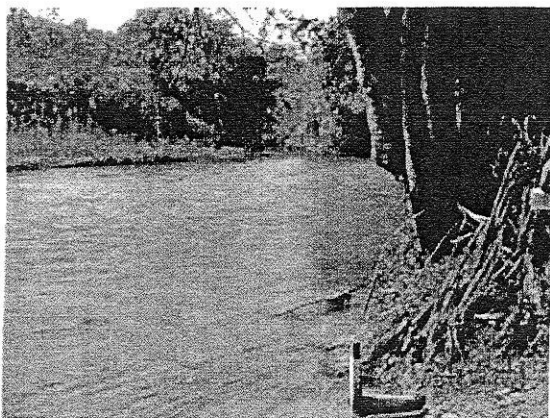
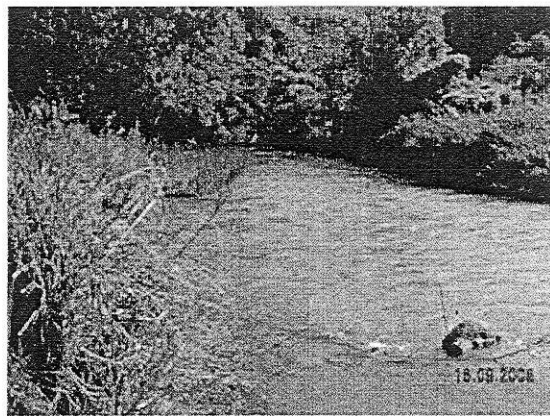
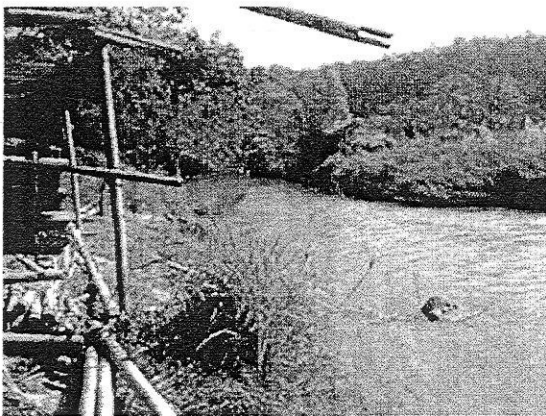
รูปที่ ๕-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
82	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่เสมิง	060806	เชียงใหม่	18	47	42	98	43	29	548	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.095-0.120



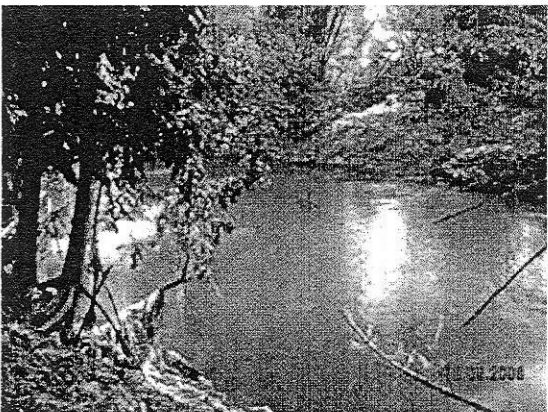
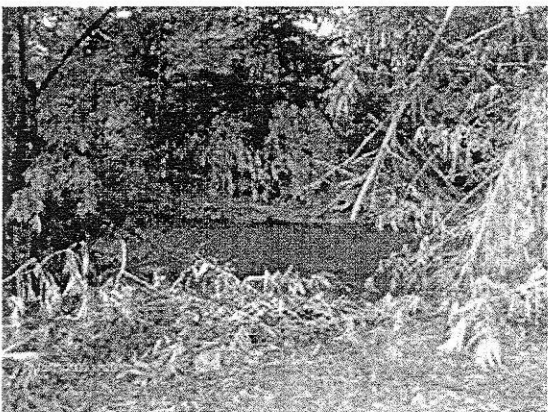
รูปที่ ๕-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
83	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	เชียงใหม่	18	39	6	98	41	30	343	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากร	0.040-0.050



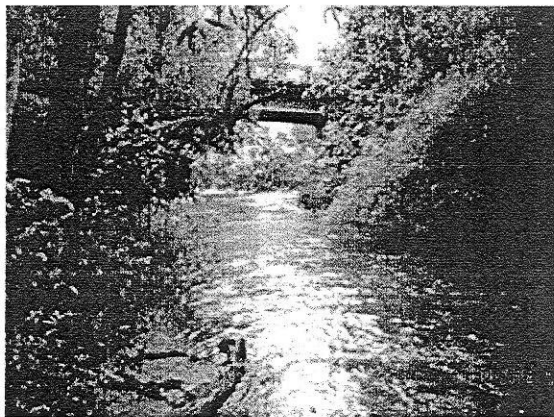
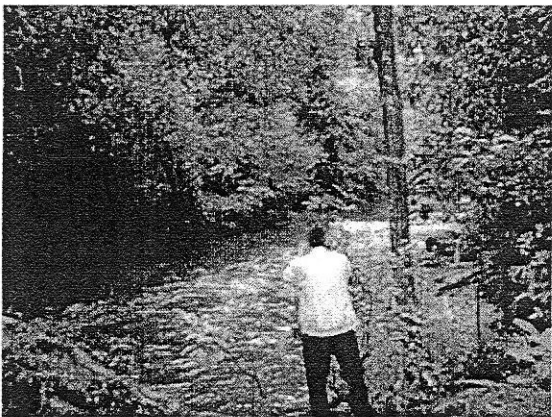
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
84	น้ำแม่จางที่บ้านเปียง	060808	เชียงใหม่	18	36	30	98	51	24	1,170	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.030-0.035



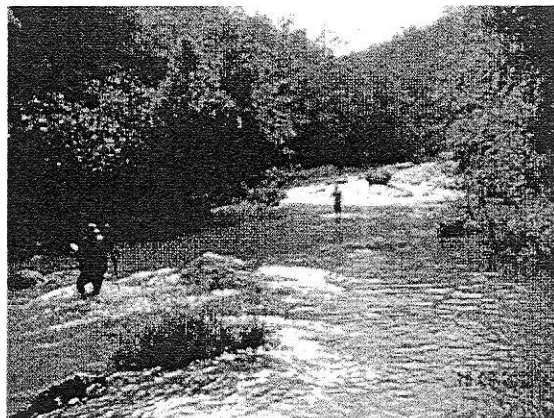
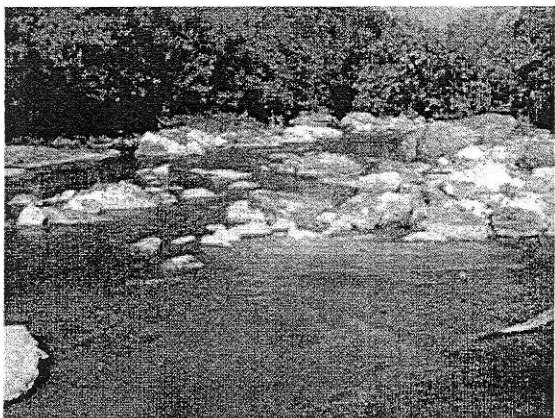
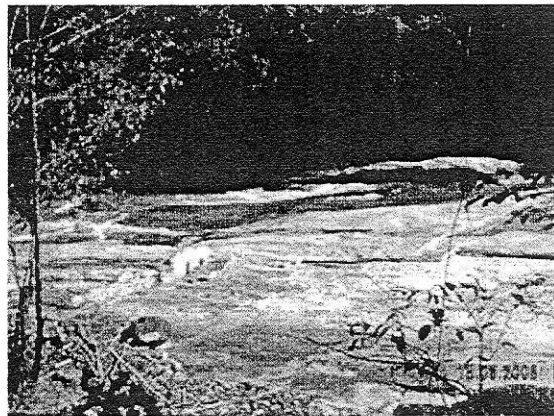
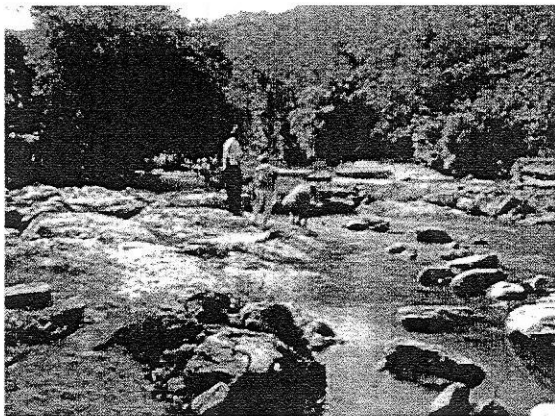
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
85	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	เชียงใหม่	18	32	24	98	35	42	92	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.065-0.080



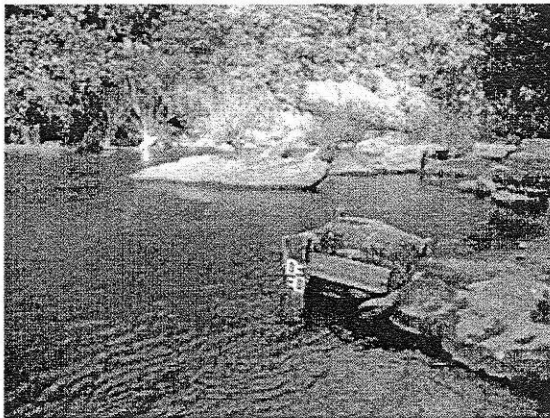
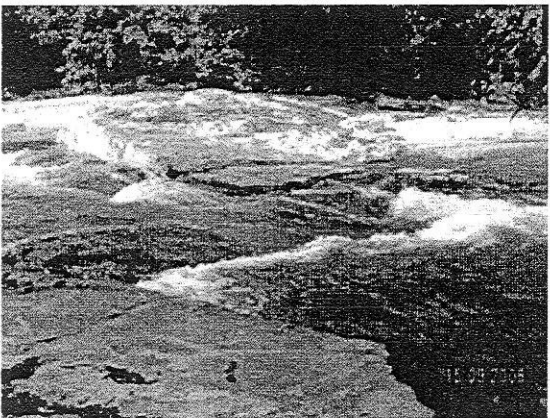
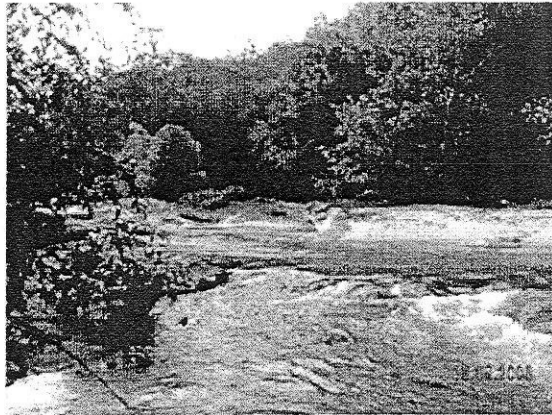
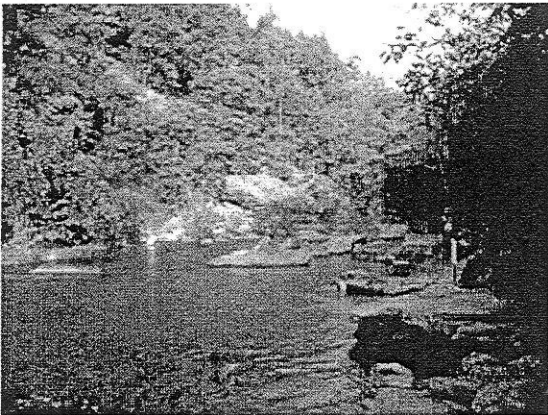
รูปที่ ๗-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
86	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	เชียงใหม่	18	26	58	98	37	45	90	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.100-0.125



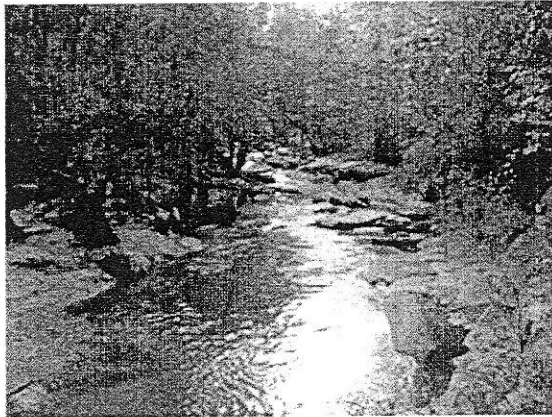
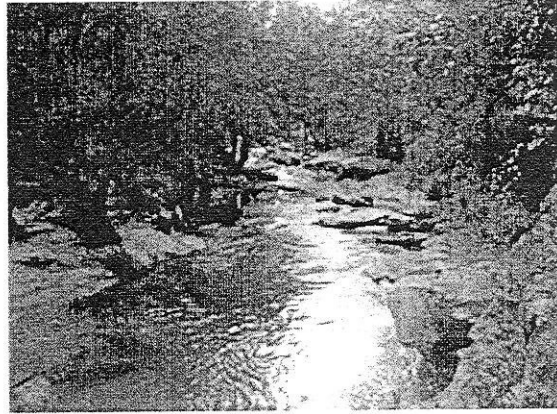
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
87	ห้วยแม่เตี้ยที่บ้านยางแม่เตี้ย	061003	เชียงใหม่	18	23	24	98	36	55	65	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.100-0.125



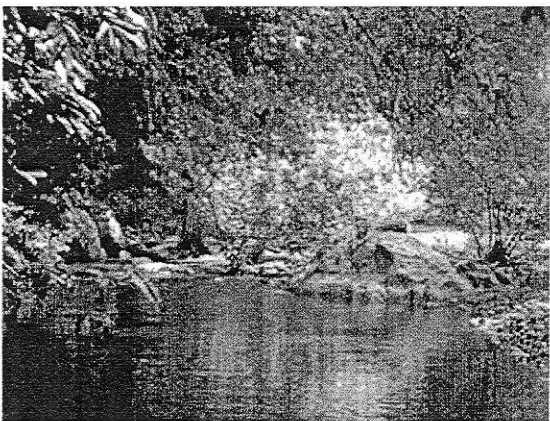
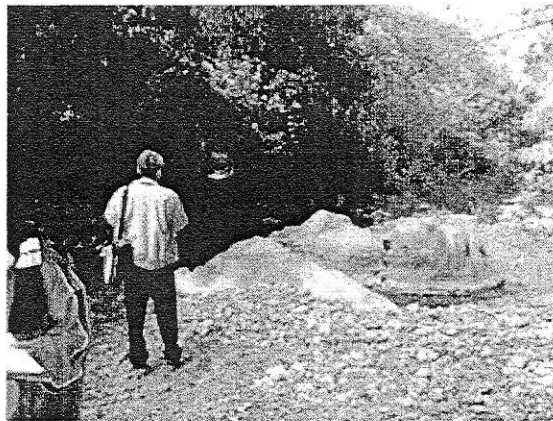
รูปที่ ๕-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
88	ห้วยแม่แต๊ะที่เหนือสามแม่แต๊ะ	061005	เชียงใหม่	18	24	8	98	36	0	33	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.090-0.115



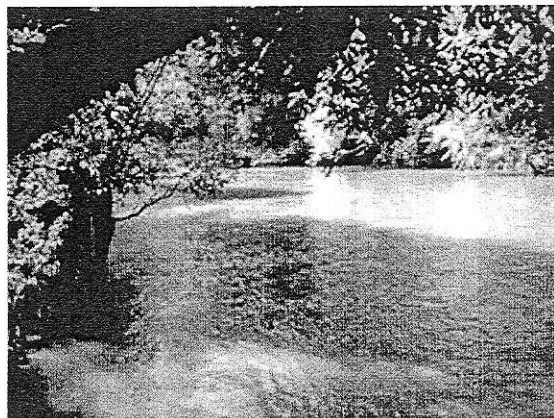
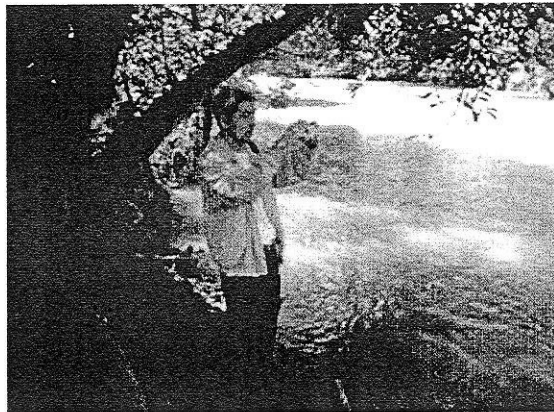
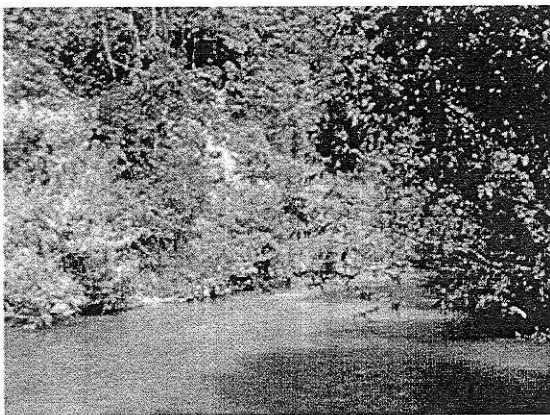
รูปที่ ๕-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
89	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	เชียงใหม่	17	35	12	98	48	42	84	1984 - 2004	21	กรมทรัพยากร	0.055-0.067



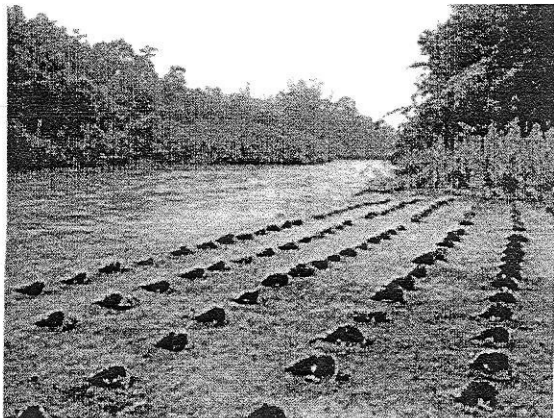
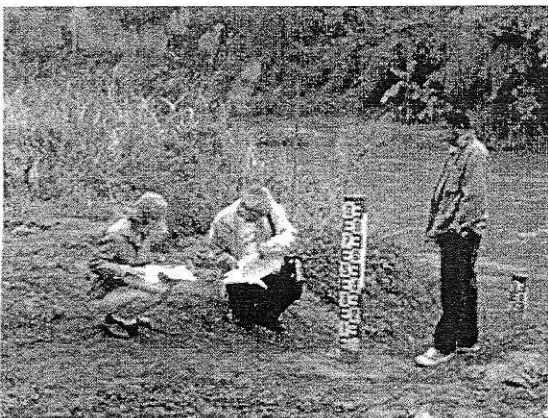
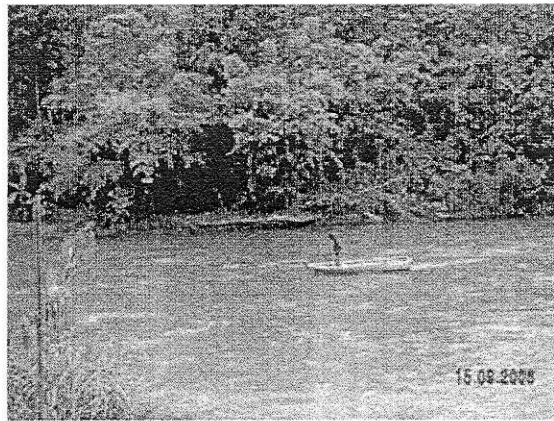
รูปที่ ๕-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
90	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยผึ้ง	061201	เชียงใหม่	18	38	47	98	22	51	1,270	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากรฯ	0.030-0.035



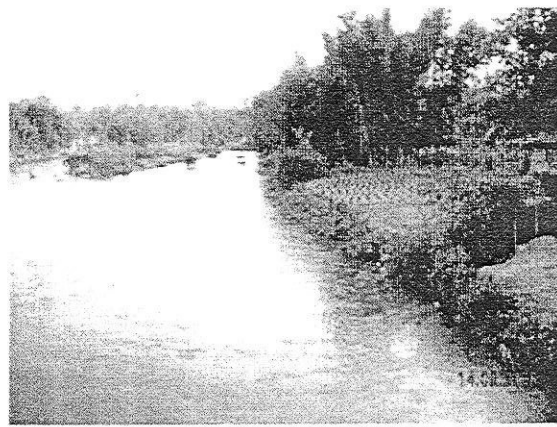
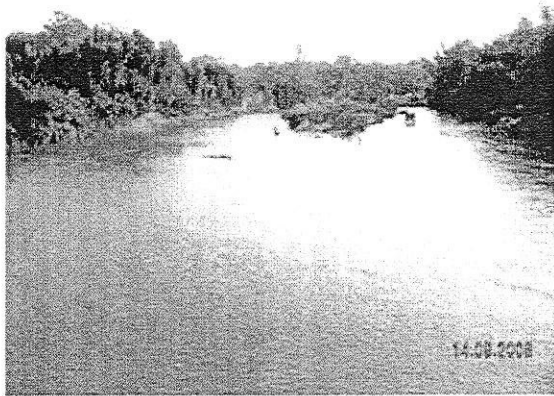
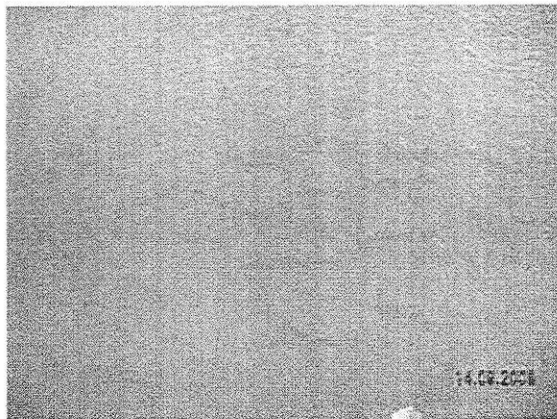
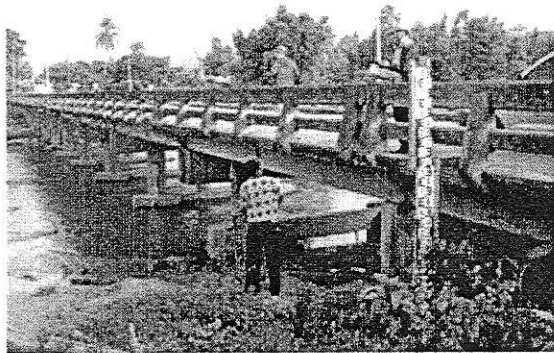
รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
91	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน	061302	เชียงใหม่	18	32	54	98	21	30	1,950	1983 - 2004	22	กรมทรัพยากร	0.030-0.035



รูปที่ ๓-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning's n (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง						พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล		แหล่งข้อมูล	Manning's n
				ละติจูด			ลองจิจูด				ช่วงปี	จำนวนปี		
92	น้ำแม่ต้นที่บ้านป่าคา	061501	เชียงใหม่	18	23	12	98	28	18	1.470	1977 - 2004	28	กรมทรัพยากรฯ	0.044-0.054



รูปที่ ข-1 ภาพประกอบการวิเคราะห์ค่า Manning, n (ต่อ)

ตารางที่ ข-3 ลักษณะของพื้นที่ นำมาใช้ในการประเมินค่า Manning, n

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	พื้นที่ รับน้ำ (ไร่/ชม.)	ขนาดทรงกลม	ขนาดลำน้ำ	ระยะทาง		สัดส่วน		ขนาดบ้าน		ระยะทาง		สัดส่วน	
						ตั้งจากสถานี	จนานลำน้ำ	ป่า	ทุ่งนาที่โอบ	กึ่ง ตั้งจากลำน้ำ	ชวาจนาน ลำน้ำ	ตั้งจากลำน้ำ	บ้าน	ทุ่งนาที่โอบ	
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	6,350							12	15	15	60	40	
2	แก่งออบหลวง อ.สอค	P.14	3,836	8	0.45	9	9	90	10						
3	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	14,023	8	0.3	8	8	20	80	8	9	12	50	50	
4	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.20	1,345							8	8	15	45	55	
5	บ้านแมริมาใต้ อ.แมริมา	P.21	452							10	10	15	20	80	
6	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.24A	452	8	0.3	8	8	20	80	10	8	15	70	30	
7	บ้านแม่บอนใหม่	P.42	318	6	0.4	8	8	30	70						
8	บ้านกองหิน อ.สอค	PE.2	18,932	8	0.3	8	8	80	20						
9	น้ำแม่แตงที่บ้านแม่แตง	060201	47	12	0.5	12	12	100	0						
10	น้ำแม่ป่าไม้ใต้สามหัวแม่มาศ	060202	203	5	0.2	5	5	30	70						
11	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	81	8	0.3	8	8	20	80						
12	หัวบ้านที่บ้านยางหัวบ้าน	060402	12	12	0.5	12	12	100	0						
13	หัวแม่เหล็กที่ตำบลแม่เหล็ก	060403	20	12	0.5	12	12	100	0						
14	น้ำแม่คองที่เหนือสามหัวบ้าน	060404	194	12	0.5	12	12	100	0						
15	หัวบ้านท่าอระที่เหนือสามหัวบ้าน	060405	34	12	0.5	12	12	100	0						
16	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	835	12	0.5	12	12	100	0						
17	น้ำแมริมาที่บ้านภาคฮาว	060603	169	5	0.3	5	5	70	30						
18	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	53	12	0.4	12	12	75	25	10	10	12	40	60	
19	หัวแม่ดอนที่บ้านป่าเมืองแม่หวานปางกลาง	060702	38	8	0.4	8	8	100	0						
20	หัวแม่กะเกลือที่บ้านป่าเมืองปางปง	060704	5	7	0.3	8	8	100	0	10	10	20	60	40	
21	น้ำแม่ลาที่บ้านป่าเมืองปางแก	060703	24	7	0.3	8	8	100	0						
22	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	060804	35	9	0.4	11	11	10	90						
23	น้ำแม่ปวยที่เหนือบ้านหัวโปง	060805	41	5	0.3	5	5	10	90						
24	น้ำแม่ขานที่เหนือสามแม่สมิง	060806	548	5	0.3	5	5	100	0						

ตารางที่ ข-3 ลักษณะของพื้นที่ นำมาใช้ในการประเมินค่า Manning, n (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	พื้นที่ รับน้ำ (ตร.กม.)	ขนาดทรงทูน	ขนาดลำต้น	ระยะทาง		สัดส่วน		ขนาดน้ำ		ระยะทาง	สัดส่วน	
						ตั้งจากลำน้ำ	ขนาดลำน้ำ	ป่า	ทุ่งนาที่โล่ง	กว้าง ตั้งจากลำน้ำ	ยาว ขนาน ลำน้ำ		ตั้งจากลำน้ำ	ป่า
25	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	060807	343	8	0.3	8	8	5	95	12	8	16	15	85
26	น้ำแม่จวนที่บ้านเปียง	060808	1,170	7	0.3	8	8	20	80	12	12	16	10	90
27	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	061001	92	6	0.3	6	10	90	10					
28	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	061002	90	4	0.2	4	4	100	0					
29	ห้วยแม่เคี้ยที่บ้านยางแม่เคี้ย	061003	65	5	0.3	11	12	100	0					
30	ห้วยแม่เต๊ะที่เหนือสบแม่เต๊ะ	061005	33	5	0.3	5	5	100	0					
31	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	84	8	0.4	10	10	100	0					
32	น้ำแม่จ่มที่บ้านห้วยคั้ง	061201	1,270	10	0.4	10	10	90	10					
33	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน	061302	1,950	5	0.4	9	9	60	40	8	10	10	30	70
34	น้ำแม่ตันที่บ้านป่าคา	061501	1,470	7	0.5	7	7	25	75	10	9	15	40	60

ภาคผนวก ซ

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพการใช้พื้นที่ของกลุ่มน้ำย่อย

ภาคผนวก ซ ประกอบด้วย

- ตารางที่ ซ-1 พารามิเตอร์สำหรับ 220 ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 - ตารางที่ ซ-2 พิกัดของจุดศูนย์กลางของ 220 ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง
 - ตารางที่ ซ-3 พิกัดของตำแหน่ง outlet ของ 220 ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง
 - ตารางที่ ซ-4 ระดับของตำแหน่งเข้าและออก 220 ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง
 - ตารางที่ ซ-5 พารามิเตอร์ที่ประมาณค่าจาก storage-discharge curves สำหรับ runoff routing model
 - ตารางที่ ซ-6 ลักษณะทางพีชพรรณ การใช้ที่ดินบน floodplain เป็นพารามิเตอร์สำหรับประมาณ Rating curve ใน Compound channel
- รูปที่ ซ-1 ถึง ซ-28 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ

ตารางที่ ข-1 พารามิเตอร์สำหรับ 220 ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลองสามมิติของน้ำรายวัน

Sub Num	Link Length (km)	Next	Link Area (km2)	Total Area (km2)	Close Rain Sta.	M	Slope	close stream gauge	PMP1	PMP2	Kv	a	b	tc	Sb	Non Linear
220	18.5	219	80.9	80.9	4	1	0.06378	11	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
219	12.5	217	59.6	140.5	4	0.93	0.0048	11	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
218	16	214	81.2	81.2	17	0.95	0.07606	11	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
217	6.5	214	133	273.5	17	0.72	0.00308	11	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
216	20.5	214	89.8	89.8	17	0.97	0.05	11	5	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
215	10.5	213	14.9	14.9	17	0.89	0.07619	11	5	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
214	10	213	100.5	544.9	17	0.78	0.002	3	5	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
213	17	210	282.5	842.3	17	0.93	0.00118	3	5	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
212	18.5	211	160	160	34	0.99	0.02184	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
211	16	210	167.9	327.9	34	0.9	0.00375	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
210	13	209	95.5	1265.6	34	0.91	0	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
209	5	196	20.4	1286.1	34	0.82	0.004	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
208	17.5	206	271.1	271.1	27	0.82	0.03029	10	5	70	0.68	20	0.5	500	1	0.5
207	34	206	249.2	249.2	5	0.96	0.025	10	5	70	0.68	20	0.5	500	1	0.5
206	11	205	208.2	728.5	27	0.96	0.00364	3	5	70	0.68	20	0.5	500	1	0.5
205	10	203	161.7	890.3	27	0.94	0.002	3	5	70	0.68	20	0.5	500	1	0.5
204	19	203	202.5	202.5	27	0.99	0.00105	10	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
203	19	202	252.9	1345.6	27	0.95	0.00105	3	5	70	0.68	20	0.5	500	1	0.5
202	4	199	130.7	1476.4	27	0.95	0.0025	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
201	11	200	47.2	47.2	27	0.85	0.10545	10	4	100	0.45	20	0.5	500	0.8	0.5
200	3	199	4.6	51.8	27	0.76	0.00333	10	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
199	6	197	108.8	1637	27	0.95	0.00167	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
198	12	197	39.2	39.2	27	0.99	0.08125	10	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
197	8	196	53	1729.2	27	0.98	0.0005	3	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
196	11.5	195	32.6	3047.9	16	0.74	0.00009	1	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
195	3.5	193	107.7	3155.5	34	0.77	0.00143	1	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
194	22	193	56.6	56.6	16	0.7	0.00023	1	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
193	10.5	101	46.7	3258.8	16	0.86	0.00048	1	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
192	30	190	181.2	181.2	5	0.97	0.01967	15	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
191	17	190	36.1	36.1	5	1	0.04882	15	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
190	4	188	26.1	243.4	5	0.93	0.0125	14	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
189	15	188	59.1	59.1	5	0.93	0.05667	15	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
188	13	187	236.5	539	5	0.94	0.00269	16	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
187	9	186	202.9	741.9	5	0.98	0.00056	16	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
186	7.5	184	68.7	810.6	6	1	0.00013	16	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
185	13.5	184	32.1	32.1	6	0.99	0.07148	15	5	70	0.6	300	0.8	2000	2	0.9
184	8	177	64.6	907.3	6	1	0.01113	16	5	70	0.55	200	0.5	500	1	0.5
183	18.5	180	189.8	189.8	6	1	0.04054	14	5	70	0.65	20	0.5	500	1	0.1
182	5.5	181	11.1	11.1	6	1	0.12909	12	5	70	0.88	100	0.5	500	1.5	0.1
181	2	180	2.7	13.8	6	0.98	0.0125	12	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
180	3	177	2.8	206.4	6	0.79	0.00833	14	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
179	11	178	21.3	21.3	6	0.99	0.07545	13	5	70	0.6	100	0.5	1000	2	0.5
178	2	177	4.3	25.6	6	0.94	0.0125	13	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
177	8	176	108	1247.3	6	0.98	0.00313	16	5	70	0.55	20	0.5	500	1	0.5
176	9	174	179.8	1427.1	6	1	0.00389	16	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5

ตารางที่ ข-1 พารามิเตอร์สำหรับ 220 คู่ม่น้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลองตามคูคลองน้รายวัน (ต่อ)

Sub Num	Link Length (km)	Next	Link Area (km2)	Total Area (km2)	Close Rain Sta.	M	Slope	close stream gauge	PMP1	PMP2	Kv	a	b	tc	Sb	Non Linear
175	23	174	231.1	231.1	6	1	0.01565	14	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
174	21	173	153.9	1812.1	16	0.99	0.005	16	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
173	5	172	56.7	1868.8	16	0.98	0.019	16	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
172	11.5	101	89	1957.8	16	0.8	0.00217	16	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
171	26	168	155.9	155.9	16	0.91	0.02769	17	4	150	0.5	200	0.5	1000	1	0.9
170	16.5	169	123	123	16	0.99	0.02091	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
169	15.5	168	90.1	213.2	7	0.95	0.00161	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
168	2.5	166	36.2	405.3	7	0.87	0.01	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
167	21	165	54.1	54.1	7	0.97	0.0319	4	4	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
166	9.5	165	51	456.3	7	0.78	0.00211	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
165	3.25	95	6	516.3	13	0.31	0.00462	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
164	20	158	126	126	15	1	0.032	18	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
163	4	162	4.8	4.8	15	1	0.2025	21	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
162	2.5	161	9.4	14.2	15	1	0.068	21	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
161	9.75	160	25.6	39.8	15	1	0.12821	19	5	150	0.18	20	0.5	500	1	0.5
160	10.5	159	24.3	64.1	15	1	0.11905	18	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
159	1	158	0.7	64.8	15	0.99	0.08	18	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
158	7.5	150	26.4	217.1	15	0.99	0.01067	18	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
157	7	156	24.6	24.6	15	1	0.12571	20	5	150	0.2	200	0.5	1000	1	0.9
156	4.5	153	10.3	34.9	15	1	0.19556	20	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
155	6.5	154	13.2	13.2	15	0.99	0.04215	20	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
154	1.5	153	5	18.2	15	0.93	0.02667	20	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
153	3.5	152	3.3	56.4	15	0.97	0.01143	18	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
152	9	151	73.1	129.4	15	0.94	0.00444	18	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
151	12.5	150	91.5	221	15	1	0	17	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
150	8	149	28.1	466.2	15	0.92	0	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
149	2	148	61.4	527.5	15	0.95	0	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
148	3	145	29.8	557.3	15	0.86	0	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
147	12	146	61.4	61.4	26	0.9	0.05167	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
146	37.5	145	141.7	203.2	26	0.7	0.02667	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
145	30.5	144	430.9	1191.3	26	0.51	0.00279	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
144	5.5	143	109.5	1300.8	22	0.53	0.00091	4	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
143	10.5	131	234.6	1535.4	39	0.56	0.00048	4	4	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
142	24.5	141	148.1	148.1	26	0.97	0.01714	20	5	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
141	7	140	106.7	254.7	39	0.9	0.00143	20	5	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
140	15	137	129.7	384.5	39	0.84	0.00333	20	4	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
139	16	138	73.9	73.9	39	0.93	0.025	18	4	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
138	1	137	1.1	75.1	39	0.31	0.04	18	4	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
137	17.5	136	93.2	552.8	39	0.75	0.00229	4	4	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
136	13.5	132	102.4	655.2	39	0.53	0.00222	4	4	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
135	22.5	134	148.1	148.1	39	0.93	0.03733	18	4	300	0.55	20	0.5	500	1	0.5
134	4.5	132	8.6	156.7	39	0.5	0.06	18	3	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
133	16.5	132	83.6	83.6	39	0.52	0.01636	18	3	300	0.55	20	0.5	500	1	0.5
132	16	131	116.4	1011.9	39	0.38	0.0005	3	3	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
131	10	92	147.3	2694.6	39	0.5	0.0002	3	4	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5

ตารางที่ ข-1 พารามิเตอร์สำหรับ 220 คู่ม่นำย่อยที่ใช้ในแบบจำลองลำคลองสำดูลของน้ำรายวัน (ต่อ)

Sub Num	Link Length (km)	Next	Link Area (km2)	Total Area (km2)	Close Rain Sta.	M	Slope	close stream gauge	PMPI	PMP2	Kv	a	b	tc	Sb	Non Linear
130	14	127	39.7	39.7	9	0.94	0.07071	22	3	300	1	100	0.5	500	1	0.5
129	18	127	44.3	44.3	9	0.98	0.055	23	3	350	0.82	200	0.5	500	1.2	0.5
128	14	127	52.1	52.1	9	0.96	0.00036	23	3	300	0.82	100	0.5	500	1	0.5
127	6	126	254	390	9	0.96	0.165	25	3	300	0.82	100	0.5	500	1	0.5
126	8	116	32.1	422.2	9	0.97	0.01	25	3	300	0.82	100	0.5	500	1	0.5
125	30.5	124	218.9	218.9	20	0.98	0.02197	24	4	150	0.8	100	0.5	500	1.5	0.5
124	10	123	137.2	356.1	20	0.99	0.012	24	4	200	0.8	100	0.5	500	1.5	0.5
123	4.5	122	152.1	508.3	9	0.98	0.02667	24	4	250	0.8	100	0.5	500	1.5	0.5
122	13.5	119	58	566.2	20	0.99	0.00148	24	3	250	0.8	100	0.5	500	1.5	0.5
121	22.5	120	176.3	176.3	20	0.97	0.02711	24	4	200	0.8	100	0.5	500	2	0.5
120	5.5	119	151.3	327.6	20	0.82	0.15455	24	4	250	0.8	100	0.5	500	2	0.5
119	17.5	118	192.5	1086.3	8	0.99	0.00686	26	3	250	0.8	100	0.5	500	2	0.5
118	12.5	117	106.8	1193.2	8	0.82	0.004	26	3	250	0.8	100	0.5	500	2	0.5
117	4	116	46.8	1239.9	15	0.46	0.0125	26	3	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
116	18.5	115	103.9	1766	15	0.66	0.0027	26	3	300	0.55	20	0.5	500	1	0.5
115	5	89	65.1	1831.2	36	0.44	0.01	26	2	300	0.55	20	0.5	500	1	0.5
114	18.5	113	159	159	28	0.85	0.02432	6	4	100	0.75	20	0.5	500	1	0.5
113	21	112	160.2	319.1	31	0.72	0.0019	6	4	200	0.75	20	0.5	500	1	0.5
112	27.5	110	323.5	642.6	31	0.74	0.00218	6	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
111	21	110	231.1	231.1	31	0.53	0.02143	6	4	100	0.55	20	0.5	500	1	0.5
110	5	109	89.7	963.4	31	0.41	0.004	26	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
109	10	108	124.2	1087.7	31	0.6	0.0005	26	4	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
108	11	107	138.7	1226.3	31	0.48	0.00136	26	4	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
107	12	106	227.1	1453.5	31	0.56	0.00167	26	3	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
106	8	105	89.9	1543.3	28	0.62	0.0025	26	3	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
105	13	103	124.7	1668.1	28	0.6	0.00154	26	3	250	0.55	20	0.5	500	1	0.5
104	28.5	103	162.9	162.9	28	0.81	0.02456	6	3	300	0.55	20	0.5	500	1	0.5
103	16	102	136.7	1967.6	14	0.77	0.0025	26	3	300	0.55	20	0.5	500	1	0.5
102	19.5	89	112	2079.5	14	0.62	0.00205	26	2	350	0.55	20	0.5	500	1	0.5
101	12.5	95	154.6	5371.2	16	0.76	0.00072	1	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
100	8	99	18	18	13	1	0.13875	17	3	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
99	2.5	98	5.8	23.7	13	0.93	0.024	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
98	16	97	91.8	115.5	13	0.97	0.06063	17	3	200	0.55	20	0.5	500	1	0.5
97	4	96	10.1	125.6	13	0.72	0.00375	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
96	2.5	95	14.1	139.7	13	0.82	0.006	17	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
95	30.5	94	331.6	6358.8	37	0.6	0.01475	1	4	150	0.55	20	0.5	500	1	0.5
94	8.5	93	277.6	6636.4	30	0.68	0.00059	1	3	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
93	4	92	25.4	6661.8	24	0.3	0.002	1	3	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
92	25	89	273.9	9630.3	25	0.45	0.00032	1	3	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
91	28.5	89	162.2	162.2	36	0.45	0.00737	27	2	350	0.7	20	0.5	500	1	0.5
90	16	89	60.7	60.7	36	0.42	0.01094	27	2	350	0.7	20	0.5	500	1	0.5
89	17	39	225.8	13989.8	14	0.45	0.00529	8	2	450	0.7	20	0.5	500	1	0.5
88	11.5	87	46.1	46.1	36	0.92	0.05304	27	3	350	0.3	100	0.5	500	0.5	0.5
87	6	82	75.8	121.8	36	0.81	0.01333	27	3	350	0.3	100	0.5	500	0.5	0.5
86	16	85	92	92	14	0.98	0.10813	27	3	400	0.3	100	0.5	500	0.5	0.5

ตารางที่ ข-1 พารามิเตอร์สำหรับ 220 คู่ม่น้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลองลำคลองสำริดของน้ำรายวัน (ต่อ)

Sub Num	Link Length (km)	Next	Link Area (km2)	Total Area (km2)	Close Rain Sta.	M	Slope	close stream gauge	PMP1	PMP2	Kv	a	b	tc	Sb	Non Linear
85	11.5	82	56.4	148.4	14	0.96	0.04	27	3	400	0.3	100	0.5	500	0.5	0.5
84	19.5	83	89.8	89.8	14	0.95	0.05974	28	3	350	0.3	100	0.5	500	0.7	0.5
83	4.5	82	50.5	140.3	14	0.91	0.00667	28	3	400	0.3	100	0.5	500	0.5	0.5
82	9.5	77	43.5	454	14	0.68	0.00316	5	2	400	0.3	100	0.5	500	0.7	0.5
81	12.5	78	33.8	33.8	14	0.99	0.08	30	3	350	0.25	20	0.5	500	0.8	0.5
80	17.5	79	66.7	66.7	14	0.96	0.06314	29	3	350	0.32	50	0.5	500	1	0.5
79	3.5	78	13.4	80.1	14	0.93	0.00143	29	3	350	0.32	50	0.5	500	1	0.5
78	4.5	77	32.3	146.2	14	0.74	0.00111	29	2	400	0.32	50	0.5	500	1	0.5
77	6	39	16.2	616.3	14	0.51	0.00083	5	2	400	0.7	20	0.5	500	1	0.5
76	13.5	75	93	93	9	0.98	0.02593	22	5	100	1	200	0.5	500	2	0.5
75	8	74	150.6	243.6	9	0.99	0.02125	25	5	100	1	200	0.5	500	2	0.5
74	13	72	225.9	469.5	9	1	0.00538	25	5	150	1	200	0.5	500	2	0.5
73	25.5	72	116.8	116.8	9	0.99	0.02706	22	4	150	1	200	0.5	500	2	0.5
72	9.5	70	99.1	685.4	9	0.99	0.00842	25	5	150	1	200	0.5	500	2	0.5
71	23.5	70	167	167	9	1	0.02936	22	4	200	1	200	0.5	500	2	0.5
70	17	69	120.8	973.2	9	0.99	0.00353	25	4	200	1	200	0.5	500	2	0.5
69	3.5	68	76.8	1049.9	9	1	0.00571	32	4	250	1	200	0.5	500	2	0.5
68	11	62	160.5	1210.4	9	0.97	0.00364	32	4	300	1	200	0.5	500	2	0.5
67	15.5	66	140.3	140.3	18	0.99	0.05161	25	5	150	0.8	100	0.5	500	1	0.5
66	11.5	65	137.5	277.8	18	0.99	0.01304	25	5	150	0.8	100	0.5	500	1	0.5
65	17.5	63	120.4	398.2	18	0.96	0.01029	25	5	200	0.8	100	0.5	500	1	0.5
64	20	63	178.1	178.1	18	0.98	0.0375	25	5	200	0.8	100	0.5	500	1	0.5
63	17.5	62	104	680.3	18	0.99	0.00629	25	4	250	0.8	100	0.5	500	1	0.5
62	7	61	103.7	1994.3	18	0.99	0.00286	32	4	300	0.8	100	0.5	500	1	0.5
61	9	60	68.5	2062.9	18	0.97	0.00111	33	4	300	0.8	100	0.5	500	1	0.5
60	7	59	176.5	2239.4	18	0.94	0.00143	33	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
59	5	58	145.9	2385.3	18	0.92	0.004	33	4	350	0.7	100	0.5	500	1	0.5
58	8.5	51	231.2	2616.5	18	0.9	0.00059	33	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
57	13.5	51	56	56	18	0.95	0.06444	29	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
56	17	54	150.8	150.8	18	0.97	0.05118	29	5	250	0.7	100	0.5	500	1	0.5
55	22	54	185.1	185.1	18	0.95	0.03273	29	5	250	0.7	100	0.5	500	1	0.5
54	13.5	53	68	403.9	18	0.99	0.01926	29	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
53	4	51	37.2	441.1	18	0.92	0.015	29	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
52	8	51	40.8	40.8	18	0.82	0.07625	29	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
51	19	49	111.2	3265.6	18	0.87	0.00395	29	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
50	19	49	172.3	172.3	35	0.9	0.03842	29	4	250	0.7	100	0.5	500	1	0.5
49	11.5	48	69.7	3507.5	35	0.7	0.00174	2	4	300	0.7	100	0.5	500	1	0.5
48	8	47	123.8	3631.3	35	0.68	0.0025	2	4	250	0.7	100	0.5	500	1	0.5
47	4.5	46	106.9	3738.2	35	0.85	0.00111	2	4	250	0.7	100	0.5	500	1	0.5
46	10	45	97.3	3835.5	21	0.71	0.005	2	3	250	0.7	100	0.5	500	1	0.5
45	8	44	54.2	3889.7	21	0.54	0.00125	2	3	250	0.7	20	0.5	500	1	0.5
44	2	38	6	3895.7	21	0.38	0.0025	2	3	250	0.7	20	0.5	500	1	0.5
43	19	41	160.7	160.7	31	0.72	0.02237	31	4	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5
42	16.5	41	130.4	130.4	31	0.49	0.0297	31	3	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5
41	17	40	101.6	392.7	31	0.48	0.005	31	4	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5

ตารางที่ ข-1 พารามิเตอร์สำหรับ 220 คู่หมื่นน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลองสามคูของน้ำรายวัน (ต่อ)

Sub Num	Link Length (km)	Next	Link Area (km2)	Total Area (km2)	Close Rain Sta.	M	Slope	close stream gauge	PMP1	PMP2	Kv	a	b	tc	Sb	Non Linear
40	10.5	34	127.7	520.4	31	0.34	0.00381	31	3	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5
39	25.5	38	231.5	14837.6	14	0.69	0.0002	7	2	350	0.7	20	0.5	500	1	0.5
38	17.5	37	310.3	19043.6	21	0.74	0.00114	7	2	250	0.7	20	0.5	500	1	0.5
37	13.5	34	106.5	19150.1	1	0.63	0.00148	7	3	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
36	32.5	34	178.5	178.5	35	0.64	0.02615	31	4	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
35	24.5	34	218.1	218.1	28	0.8	0.04286	31	3	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
34	33.5	31	411.5	20478.6	28	0.47	0	7	3	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
33	28	32	174.5	174.5	31	0.92	0.0175	31	4	200	0.7	20	0.5	500	1	0.5
32	15	31	162.5	337	31	0.88	0	31	4	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5
31	13	30	145.6	20961.3	31	0.66	0	7	3	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5
30	17.5	25	161.8	21123.1	31	0.84	0	7	4	150	0.7	20	0.5	500	1	0.5
29	16	28	123.7	123.7	10	0.89	0.02375	31	4	100	0.8	20	0.5	500	1	0.5
28	13	25	216.6	340.3	10	0.77	0	31	4	100	0.7	20	0.5	1000	1	0.2
27	30	25	214.3	214.3	31	0.76	0.025	31	4	100	0.7	20	0.5	500	1	0.5
26	27.5	25	134.3	134.3	10	0.93	0.02727	31	4	100	0.7	20	0.5	500	1	0.5
25	20	24	106.8	21918.8	10	0.79	0	7	4	100	0.7	20	0.5	500	1	0.5
24	6.5	23	158.7	22077.5	10	0.93	0	7	4	100	0.7	20	0.5	500	1	0.5
23	12.5	1	129.4	22206.8	10	0.9	0	7	4	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
22	14	21	109.3	109.3	19	0.91	0.01357	31	4	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
21	17.5	20	157.4	266.7	19	0.94	0.00686	31	4	150	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
20	25	19	234	500.7	19	0.91	0.0002	31	4	150	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
19	9	18	93.9	594.6	19	0.9	0.00278	31	4	100	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
18	10	15	175.9	770.5	19	0.97	0.007	34	4	100	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
17	28	15	219.3	219.3	19	0.98	0.0325	34	4	100	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
16	15.5	15	51.5	51.5	10	0.96	0.05452	31	4	100	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
15	20.5	14	135.2	1176.5	10	0.98	0.00854	34	5	70	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
14	7.5	13	64.2	1240.7	10	0.97	0.00267	34	4	100	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
13	12.5	12	131.1	1371.7	10	0.95	0.0052	34	4	70	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
12	12	11	228.2	1599.9	10	0.94	0.00167	34	4	70	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
11	17	10	166.3	1766.2	10	0.95	0.00118	34	5	70	0.4	20	0.5	500	0.5	0.5
10	11	9	180	1946.2	10	0.96	0.001	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
9	17.5	8	199.1	2145.3	10	0.97	0.00394	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
8	10	7	88.8	2234.1	10	0.95	0.002	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
7	10.5	5	175.9	2410.1	3	0.95	0.00143	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
6	19.5	5	127.7	127.7	3	0.99	0.05231	31	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
5	10.5	4	86.1	2623.8	10	0.91	0.00238	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
4	13.5	2	249.2	2873.1	10	0.85	0	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
3	24	2	132.9	132.9	10	0.96	0.05208	31	4	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
2	14	1	156.7	3162.7	10	0.91	0	34	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5
1	57	0	832.5	26202.1	3	0.71	0.00158	7	5	70	0.7	20	0.5	500	1	0.5

ตารางที่ ช-2 พิกัดของจุดศูนย์กลางของ 220 คู่มวน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง

คู่มวน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	พิกัด UTM		คู่มวน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	พิกัด UTM	
		X	Y			X	Y
220	80.88	526854	2157370	165	5.99	494310	2092440
219	59.60	517726	2150710	164	126.01	533972	2103530
218	81.20	529564	2143850	163	4.83	536657	2099510
217	132.99	522254	2146900	162	9.38	535748	2098380
216	89.79	530338	2134040	161	25.56	536750	2096030
215	14.87	525831	2132080	160	24.31	529537	2096800
214	100.47	519079	2137950	159	0.68	524700	2096120
213	282.45	521941	2126510	158	26.35	522351	2098680
212	159.97	523806	2106990	157	24.61	537813	2087050
211	167.94	520906	2115250	156	10.33	532614	2086020
210	95.48	510280	2121870	155	13.20	531235	2083140
209	20.41	503698	2120850	154	4.96	528501	2083880
208	271.13	499369	2175250	153	3.26	528212	2085370
207	249.21	486534	2177540	152	73.07	530338	2089040
206	208.20	490075	2162410	151	91.54	526925	2093490
205	161.71	493404	2153710	150	28.07	516522	2098310
204	202.52	511534	2160870	149	61.35	512334	2101980
203	252.87	501646	2147460	148	29.75	509926	2096700
202	130.74	497578	2139770	147	61.43	523655	2067490
201	47.23	486991	2136020	146	141.72	525702	2075440
200	4.61	493371	2136920	145	430.93	513668	2080430
199	108.80	499979	2133460	144	109.46	513090	2064760
198	39.23	504070	2127230	143	234.62	513023	2056030
197	52.97	496074	2128860	142	148.07	532831	2069200
196	32.60	500024	2123150	141	106.66	530278	2056210
195	107.67	506934	2112530	140	129.73	525394	2047240
194	56.59	495498	2121740	139	73.93	513500	2031490
193	46.69	500302	2110560	138	1.14	508707	2037290
192	181.15	473752	2177830	137	93.22	516325	2038710
191	36.14	472788	2170570	136	102.44	505872	2038500
190	26.11	464749	2172680	135	148.08	506003	2026330
189	59.14	462135	2178230	134	8.57	499093	2033660
188	236.47	456003	2170320	133	83.63	496142	2028110
187	202.86	467773	2161680	132	116.42	497134	2042640
186	68.68	465508	2154630	131	147.31	507694	2048220
185	32.09	462657	2147610	130	39.66	454259	2065770
184	64.63	467051	2150080	129	44.33	458876	2057760
183	189.81	479113	2150580	128	52.05	467617	2067350
182	11.06	475582	2142590	127	254.00	454579	2066210
181	2.72	472259	2142460	126	32.13	469555	2059880
180	2.84	471329	2143260	125	218.93	450467	2101140
179	21.31	462812	2144850	124	137.21	453391	2092730
178	4.28	467943	2142390	123	152.11	457324	2080610
177	108.02	469468	2141890	122	57.95	464361	2083720
176	179.82	468116	2135880	121	176.30	472247	2094740
175	231.05	465339	2123860	120	151.34	467206	2091120
174	153.88	478204	2127200	119	192.48	473920	2075530
173	56.74	486961	2127650	118	106.83	477558	2065600
172	88.97	490623	2118490	117	46.78	485666	2059930
171	155.92	480977	2112250	116	103.93	477594	2057120
170	123.04	468538	2110680	115	65.12	479910	2051090
169	90.14	478810	2104450	114	158.97	503122	2000970
168	36.20	484532	2100780	113	160.17	506118	1985580
167	54.06	483913	2095050	112	323.49	506334	1969730
166	50.98	489441	2097740	111	231.11	496808	1956230

ตารางที่ ข-2 พิกัดของจุดศูนย์กลางของ 220 คู่ม่น้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

คู่ม่น้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	พิกัด UTM		คู่ม่น้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	พิกัด UTM	
		X	Y			X	Y
110	89.67	491711	1968520	55	185.13	410760	2026130
109	124.24	493587	1977300	54	68.00	414489	2034220
108	138.69	491498	1985270	53	37.18	419582	2030590
107	227.13	488116	1994960	52	40.76	429085	2029350
106	89.87	488957	2003170	51	111.15	423752	2033100
105	124.71	487611	2009460	50	172.25	425086	2014520
104	162.85	495856	2016040	49	69.72	427830	2022590
103	136.65	481913	2018350	48	123.78	436492	2018840
102	111.98	477259	2029070	47	106.91	440456	2011220
101	154.64	494369	2108990	46	97.30	447805	2016350
100	17.95	487996	2085340	45	54.19	453977	2012210
99	5.77	489400	2088850	44	6.00	460093	2011970
98	91.76	483158	2089010	43	160.71	482517	1961960
97	10.14	493178	2089970	42	130.36	480529	1980020
96	14.05	492962	2087470	41	101.64	475238	1971020
95	331.56	500661	2092420	40	127.66	472045	1982060
94	277.56	491190	2075400	39	231.52	464699	2026120
93	25.43	495176	2068400	38	310.25	462684	2016710
92	273.93	494163	2058380	37	106.53	460129	2006110
91	162.22	488538	2033060	36	178.50	442917	2000110
90	60.74	476106	2047670	35	218.14	472540	1998540
89	225.80	478784	2039670	34	411.47	456436	1993170
88	46.06	466343	2055230	33	174.51	441422	1986280
87	75.75	464412	2050460	32	162.53	450753	1974930
86	92.00	450756	2050780	31	145.61	460509	1976440
85	56.36	459384	2048120	30	161.80	467555	1963160
84	89.82	451703	2039420	29	123.74	483346	1940400
83	50.50	457172	2042570	28	216.58	477871	1949360
82	43.50	463919	2041820	27	214.30	455644	1959800
81	33.77	450744	2034590	26	134.32	455797	1948050
80	66.67	451370	2031120	25	106.81	467929	1951300
79	13.38	459271	2031810	24	158.66	463187	1939270
78	32.34	461606	2033700	23	129.36	464704	1931960
77	16.19	465119	2035190	22	109.34	431251	1986120
76	93.00	426865	2113450	21	157.37	435817	1974960
75	150.62	427580	2105450	20	234.02	424453	1967950
74	225.91	422412	2097480	19	93.86	433094	1962390
73	116.77	437063	2093520	18	175.92	442532	1960290
72	99.09	423516	2088750	17	219.34	429250	1949400
71	166.99	443704	2083760	16	51.45	431377	1941070
70	120.81	430703	2079740	15	135.15	443758	1948350
69	76.75	439389	2075380	14	64.20	442942	1939820
68	160.48	439479	2068140	13	131.06	439022	1935140
67	140.29	408888	2083220	12	228.22	436799	1926350
66	137.50	418305	2081990	11	166.26	440522	1918420
65	120.41	421834	2072250	10	180.02	442891	1910630
64	178.08	412518	2066350	9	199.13	450861	1903330
63	103.99	425116	2063020	8	88.80	458126	1893740
62	103.65	440038	2059370	7	175.92	471007	1889500
61	68.52	431586	2055610	6	127.68	475618	1896070
60	176.53	427899	2051930	5	86.10	464932	1902370
59	145.90	437606	2046150	4	249.23	467811	1910230
58	231.24	437403	2035110	3	132.93	454309	1929390
57	56.04	423322	2042460	2	156.73	461268	1920140
56	150.77	411834	2042810	1	832.54	484974	1917380

ตารางที่ ข-3 พิกัดของตำแหน่ง outlet ของ 220 คู่มือน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง

คู่มือน้ำย่อย	พิกัด UTM		คู่มือน้ำย่อย	พิกัด UTM	
	X	Y		X	Y
220	522390	2150728	165	496117	2092119
219	516306	2144743	164	525658	2097136
218	519712	2140643	163	535412	2099140
217	519249	2140841	162	533671	2097563
216	519261	2134610	161	533211	2097793
215	519790	2132325	160	524936	2096020
214	519578	2132557	159	524410	2096545
213	516150	2123013	158	519057	2099172
212	518985	2109658	157	534032	2085938
211	516531	2123118	156	529960	2085150
210	505060	2119775	155	528647	2083803
209	501356	2117743	154	527694	2085051
208	495156	2163810	153	527727	2086102
207	495072	2163640	152	524706	2091357
206	497273	2154603	151	518105	2097990
205	500193	2146667	150	514295	2094641
204	505992	2154667	149	512686	2094476
203	496998	2140043	148	512785	2092473
202	495580	2136678	147	519287	2071028
201	492723	2136403	146	508811	2067186
200	495474	2136614	145	508286	2067088
199	496723	2131979	144	506775	2062424
198	497379	2126096	143	500995	2053984
197	497146	2124593	142	530321	2059469
196	500828	2117334	141	527251	2053578
195	499749	2114075	140	518753	2042864
194	499389	2114625	139	508852	2037150
193	494458	2112086	138	509369	2037839
192	464996	2173176	137	508409	2038184
191	464975	2173007	136	497251	2036632
190	461779	2171483	135	500897	2033086
189	461483	2171504	134	497227	2036140
188	460552	2162425	133	496315	2036534
187	464510	2157452	132	493778	2049686
186	466711	2152457	131	493360	2050179
185	469060	2148563	130	461165	2063950
184	471176	2146468	129	464662	2063063
183	472319	2143907	128	466781	2062792
182	472742	2142743	127	466854	2062546
181	470880	2142870	126	472864	2058507
180	470097	2142298	125	455321	2095455
179	467853	2143060	124	457861	2088528
178	469271	2141367	123	461325	2086142
177	469144	2139484	122	470699	2078309
176	469961	2131901	121	471610	2084344
175	469826	2131731	120	471511	2078507
174	486299	2124203	119	481019	2067965
173	489647	2121610	118	484220	2057866
172	494343	2112152	117	485427	2054073
171	487086	2103778	116	485230	2049960
170	474869	2108868	115	484418	2045748
169	487611	2102727	114	503777	1994190
168	488564	2100165	113	509072	1977909
167	492734	2093499	112	495624	1967688
166	493672	2092791	111	495205	1967392

ตารางที่ ข-3 พิกัดของตำแหน่ง outlet ของ 220 คู่หม้าย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

คู่หม้าย่อย	พิกัด UTM		คู่หม้าย่อย	พิกัด UTM	
	X	Y		X	Y
110	493333	1970939	55	417107	2028818
109	490624	1980126	54	418658	2028571
108	487348	1989116	53	421959	2028990
107	489688	1998426	52	427082	2025468
106	489023	2005815	51	427205	2024754
105	483999	2011948	50	427550	2021601
104	483703	2016086	49	433264	2021576
103	480575	2023500	48	439668	2016872
102	468679	2037761	47	443559	2014951
101	495555	2103033	46	453215	2015862
100	491072	2088822	45	459200	2012586
99	490875	2090693	44	460973	2011109
98	491861	2091038	43	478682	1967661
97	494964	2089339	42	475283	1976405
96	497033	2088846	41	471983	1976085
95	500481	2077270	40	465702	1981651
94	498585	2069807	39	462779	2022435
93	498363	2065645	38	460883	2009948
92	486861	2046901	37	458149	2003371
91	480802	2041605	36	456523	1994061
90	479447	2041507	35	464380	1990539
89	468240	2037197	34	461548	1982682
88	468782	2050374	33	447164	1978150
87	465408	2044783	32	458814	1977510
86	457206	2050103	31	465316	1971352
85	465014	2044807	30	472976	1956919
84	460457	2040078	29	479577	1944702
83	463684	2039192	28	473297	1955983
82	465358	2036556	27	465119	1950392
81	457428	2034955	26	466868	1944407
80	459176	2033601	25	467804	1942880
79	461713	2034463	24	467853	1936574
78	465654	2033207	23	467181	1926548
77	466245	2031162	22	435067	1982009
76	426220	2107708	21	431982	1967714
75	424619	2100516	20	433425	1966471
74	428313	2090664	19	436621	1960855
73	429249	2089654	18	440239	1954751
72	429397	2082462	17	438361	1941789
71	434791	2076108	16	438304	1941675
70	432304	2073029	15	438716	1941306
69	433239	2070443	14	437012	1937833
68	434372	2062019	13	441845	1931256
67	413831	2082364	12	443472	1922580
66	420432	2075960	11	447314	1915814
65	428806	2066108	10	446772	1909708
64	421343	2067192	9	455099	1897064
63	432476	2060837	8	463276	1893047
62	432501	2058423	7	466909	1899227
61	431959	2051231	6	467007	1899268
60	432501	2045591	5	468594	1906195
59	433880	2041256	4	465644	1915746
58	429668	2036823	3	464801	1923804
57	427895	2037167	2	467359	1926530
56	412328	2038596	1	497039	1906400

ตารางที่ ๗-4 ระดับของตำแหน่งเข้าและออก 220 ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง

ลุ่มน้ำย่อย	ความยาวเส้นขอบพื้นที่ (เมตร)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ระดับที่ตำแหน่งเข้า (ม.รทก)	ระดับที่ตำแหน่งออก (ม.รทก)
220	42179.840	80.88	1680	500
219	46171.117	59.60	500	440
218	42010.373	81.20	1677	460
217	74339.902	132.99	440	420
216	49320.007	89.79	1465	440
215	24032.316	14.87	1200	400
214	77687.952	100.47	420	400
213	86904.261	282.45	400	380
212	75748.577	159.97	844	440
211	64867.733	167.94	440	380
210	44708.081	95.48	380	380
209	23643.982	20.41	380	360
208	104246.707	271.13	980	450
207	87266.485	249.21	1300	450
206	79937.061	208.20	450	410
205	75526.151	161.71	410	390
204	146974.989	202.52	390	370
203	146974.989	252.87	390	370
202	80616.645	130.74	370	360
201	29358.449	47.23	1600	440
200	80616.645	4.61	370	360
199	59214.005	108.80	360	350
198	26365.620	39.23	1390	415
197	44683.825	52.97	350	346
196	55820.233	32.60	346	345
195	57238.949	107.67	345	340
194	39260.046	56.59	340	335
193	39260.046	46.69	340	335
192	66145.595	181.15	1390	800
191	36871.827	36.14	1600	770
190	29711.246	26.11	800	750
189	45978.030	59.14	1600	750
188	88050.911	236.47	750	715
187	78488.428	202.86	715	710
186	42258.673	68.68	710	709
185	32334.221	32.09	1600	635
184	52703.316	64.63	709	620
183	75628.241	189.81	1400	650
182	14654.655	11.06	1400	690
181	90250.999	2.72	620	595
180	90250.999	2.84	620	595
179	26439.143	21.31	1500	670
178	90250.999	4.28	620	595
177	90250.999	108.02	620	595
176	87991.364	179.82	595	560
175	74265.103	231.05	1000	640
174	59588.590	153.88	560	455
173	39322.671	56.74	455	360
172	51008.289	88.97	360	335
171	48311.150	155.92	1100	380
170	57608.228	123.04	1000	655
169	69690.237	90.14	380	355
168	38563.677	36.20	355	330
167	38057.882	54.06	1000	330
166	36673.303	50.98	330	310

ตารางที่ ข-4 ระดับของตำแหน่งเข้าและออก 220 คู่มวน้อยที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

คู่มวน้อย	ความยาวเส้นขอบพื้นที่ (เมตร)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ระดับที่ตำแหน่งเข้า (ม.รทก)	ระดับที่ตำแหน่งออก (ม.รทก)
165	96870.009	5.99	310	295
164	61720.437	126.01	1100	460
163	9200.651	4.83	1800	990
162	16672.026	9.38	990	820
161	47206.266	25.56	1700	450
160	47206.266	24.31	1700	450
159	24971.639	0.68	460	380
158	24971.639	26.35	460	380
157	32104.735	24.61	1460	580
156	32104.735	10.33	1460	580
155	17169.228	13.20	814	540
154	16120.055	4.96	540	500
153	16120.055	3.26	540	500
152	49586.600	73.07	500	460
151	79219.186	91.54	380	380
150	79219.186	28.07	380	380
149	61625.778	61.35	380	380
148	61625.778	29.75	380	380
147	19311.798	61.43	1000	380
146	58034.828	141.72	1440	440
145	92774.697	430.93	380	295
144	54331.496	109.46	295	290
143	83219.772	234.62	290	285
142	65610.636	148.07	880	460
141	54433.050	106.66	460	450
140	57186.269	129.73	450	400
139	43225.341	73.93	780	380
138	52828.661	1.14	400	360
137	52828.661	93.22	400	360
136	60858.168	102.44	360	330
135	57197.168	148.08	1190	350
134	51685.252	8.57	600	330
133	51685.252	83.63	600	330
132	74606.092	116.42	285	277
131	58429.749	147.31	285	283
130	91611.259	39.66	1400	410
129	91611.259	44.33	1400	410
128	37499.691	52.05	410	405
127	91611.259	254.00	1400	410
126	23632.983	32.13	405	325
125	82087.713	218.93	1400	730
124	71551.210	137.21	730	610
123	68912.802	152.11	610	490
122	46153.079	57.95	490	470
121	65761.327	176.30	1100	490
120	84997.977	151.34	1300	450
119	75888.617	192.48	450	330
118	85250.554	106.83	330	280
117	85250.554	46.78	330	280
116	85250.554	103.93	330	280
115	85250.554	65.12	330	280
114	71183.053	158.97	1000	550
113	71497.020	160.17	550	510
112	100363.162	323.49	510	450
111	72340.387	231.11	900	450

ตารางที่ ข-4 ระดับของตำแหน่งเข้าและออก 220 กลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

กลุ่มน้ำย่อย	ความยาวเส้นขอบพื้นที่ (เมตร)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ระดับที่ตำแหน่งเข้า (ม.รทก)	ระดับที่ตำแหน่งออก (ม.รทก)
110	53087.875	89.67	450	430
109	55528.367	124.24	430	425
108	53090.815	138.69	425	410
107	84643.877	227.13	410	390
106	52732.918	89.87	390	370
105	52014.129	124.71	370	350
104	57311.699	162.85	1100	400
103	63824.958	136.65	350	310
102	58502.611	111.98	310	270
101	86453.658	154.64	319	310
100	20520.322	17.95	1500	390
99	13785.029	5.77	390	330
98	47323.127	91.76	1300	330
97	96870.009	10.14	310	295
96	96870.009	14.05	310	295
95	20458.379	331.56	800	350
94	39398.746	277.56	295	290
93	74606.092	25.43	285	277
92	74606.092	273.93	285	277
91	70671.265	162.22	500	290
90	35952.562	60.74	460	285
89	18417.791	225.80	360	270
88	33698.874	46.06	1000	390
87	54970.885	75.75	390	310
86	48151.601	92.00	2500	770
85	42134.684	56.36	770	310
84	43511.061	89.82	1500	335
83	53122.900	50.50	310	280
82	53122.900	43.50	310	280
81	31055.804	33.77	1600	600
80	46507.026	66.67	1500	395
79	40080.019	13.38	280	275
78	40080.019	32.34	280	275
77	40080.019	16.19	280	275
76	48019.232	93.00	1300	950
75	60683.714	150.62	950	780
74	75147.248	225.91	780	710
73	74830.770	116.77	1400	710
72	61432.312	99.09	710	630
71	59763.151	166.99	1400	710
70	75420.360	120.81	630	570
69	58073.726	76.75	570	550
68	58810.580	160.48	550	510
67	54344.096	140.29	1700	900
66	59740.179	137.50	900	750
65	55034.709	120.41	750	570
64	62698.570	178.08	1400	650
63	70274.664	103.99	650	540
62	65932.058	103.65	510	490
61	49389.135	68.52	490	480
60	88844.504	176.53	480	470
59	76376.720	145.90	470	450
58	77593.154	231.24	450	445
57	31349.527	56.04	1400	530
56	64003.082	150.77	1600	730

ตารางที่ ข-4 ระดับของตำแหน่งเข้าและออก 220 คู่มาน้อยที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

คู่มาน้อย	ความยาวเส้นขอบพื้นที่ (เมตร)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ระดับที่ตำแหน่งเข้า (ม.รทก)	ระดับที่ตำแหน่งออก (ม.รทก)
55	49641.533	185.13	1300	580
54	78297.507	68.00	730	470
53	31998.584	37.18	470	410
52	28112.349	40.76	1000	390
51	63617.446	111.15	445	370
50	58324.656	172.25	1100	370
49	62575.699	69.72	370	350
48	65638.522	123.78	350	330
47	53821.989	106.91	330	325
46	46271.213	97.30	325	275
45	38078.787	54.19	275	265
44	10336.929	6.00	265	260
43	74492.337	160.71	800	375
42	57642.275	130.36	800	310
41	51303.929	101.64	375	290
40	51375.218	127.66	290	250
39	83946.468	231.52	275	270
38	142293.488	310.25	270	250
37	142293.488	106.53	270	250
36	83807.984	178.50	1100	250
35	67410.955	218.14	1300	250
34	145536.634	411.47	250	250
33	78103.647	174.51	1100	610
32	90598.369	162.53	250	250
31	90598.369	145.61	250	250
30	57105.704	161.80	250	250
29	53751.986	123.74	700	320
28	94551.427	216.58	250	250
27	76163.354	214.30	1000	250
26	70080.054	134.32	1000	250
25	94551.427	106.81	250	250
24	65535.872	158.66	250	250
23	60228.952	129.36	250	250
22	47994.094	109.34	1100	910
21	71276.291	157.37	910	790
20	25639.985	234.02	790	785
19	48924.137	93.86	785	760
18	69192.310	175.92	760	690
17	60769.745	219.34	1500	590
16	38168.913	51.45	1400	555
15	82056.790	135.15	690	515
14	46034.665	64.20	515	495
13	69694.934	131.06	495	430
12	81915.252	228.22	430	410
11	71251.277	166.26	410	390
10	76341.492	180.02	390	379
9	62809.632	199.13	379	310
8	44001.680	88.80	310	290
7	71785.763	175.92	290	275
6	54805.228	127.68	1300	280
5	43527.168	86.10	275	250
4	85625.343	249.23	250	250
3	66587.841	132.93	1500	250
2	62379.430	156.73	250	250
1	145802.881	832.54	250	160

ตารางที่ ๕- 5 พารามิเตอร์ที่ประมาณค่าจาก storage-discharge curves สำหรับ runoff routing model

Item	Site number	Site name	Subcatchment number	Catchment area (km ²)	Main channel		Compound channel	
					m	k	m	k
1	P.1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	95	6,350	0.43	395,370	1.08	12,319
2	P.14	แก่งออบหลวง อ.สอด	46	3,836	0.68	36,997	0.72	28,567
3	P.19A	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	89	14,023	0.60	54,712	1.00	4,747
4	P.20	บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	203	1,345	0.64	108,400	0.85	36,666
5	P.21	บ้านแมริมใต้ อ.แมริม	166	452	0.69	34,076	0.92	14,898
6	P.24A	สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	82	452	0.38	81,747	0.96	15,941
7	P.42	บ้านแม่บงใหม่	113	318	0.73	89,576	0.79	73,943
8	PE.2	บ้านกองหิน อ.สอด	38	18,932	0.68	103,700	1.10	111,720
9	060201	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	201	47	0.74	8,521	0.67	15,053
10	060202	น้ำแม่ปามที่ได้สบห้วยแม่มาศ	204	203	0.74	14,718	0.67	26,000
11	060301	น้ำแม่จัดที่บ้านตีนธาตุ	220	81	0.72	21,706	0.81	15,456
12	060402	ห้วยบ้านที่บ้านยางห้วยบ้าน	182	12	0.71	3,042	0.85	1,776
13	060403	ห้วยแม่แพลมที่ได้บ้านแม่แพลม	179	20	0.71	2,109	0.79	1,107
14	060404	น้ำแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน	183	194	0.67	9,400	0.74	6,432
15	060405	ห้วยท่าอะที่เหนือสบห้วยท่า	185	34	0.70	9,827	0.86	5,768
16	060406	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	184	835	0.70	16,960	0.86	9,709
17	060603	น้ำแมริมที่บ้านภาคฮาว	171	169	0.70	43,648	1.07	31,674
18	060701	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	160	53	0.68	20,838	0.69	27,165
19	060702	ห้วยแม่ดอนที่บ้านป่าเมี่ยงแม่หวานปางกลาง	161	38	0.72	6,953	0.75	6,328
20	060703	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมี่ยงปางแก	157	24	0.70	7,500	1.22	478
21	060704	ห้วยมะเกลือที่บ้านป่าเมี่ยงปางปง	163	5	0.67	458	0.83	186
22	060804	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	130	35	0.74	806	0.67	1,601
23	060805	น้ำแม่ปัวที่เหนือบ้านห้วยโปง	129	41	0.76	1,174	0.67	3,431
24	060806	น้ำแม่ขานที่เหนือสบแม่สมิง	122	548	0.71	20,139	0.77	13,837
25	060807	น้ำแม่วางที่บ้านสบวิน	127	343	0.73	5,771	0.69	9,034
26	060808	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	118	1,170	0.43	73,817	0.96	8,540
27	061001	น้ำแม่กลางที่บ้านสบหาด	86	92	0.71	22,104	1.15	1,785
28	061002	น้ำแม่ยะที่บ้านหัวเสือ	84	90	0.70	26,653	0.71	25,888

ตารางที่ ข- 5 พารามิเตอร์ที่ประมาณค่าจาก storage-discharge curves สำหรับ runoff routing model (ต่อ)

Item	Site number	Site name	Subcatchment number	Catchment area (km ²)	Main channel		Compound channel	
					m	k	m	k
29	061003	ห้วยแม่เตี้ยที่บ้านยางแม่เตี้ย	80	65	0.69	24,217	0.74	18,861
30	061005	ห้วยแม่เตี้ยที่เหนือสบแม่เตี้ย	81	33	0.70	20,388	0.83	12,421
31	061101	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	29	84	0.72	7,071	0.73	6,506
32	061201	น้ำแม่แจ่มที่บ้านห้วยผึ้ง	68	1,270	0.72	20,310	0.82	12,019
33	061302	น้ำแม่แจ่มที่บ้านกองกาน	61	1,950	0.65	21,373	0.80	7,838
34	061501	น้ำแม่ต้นที่บ้านป่าคา	12	1,470	0.74	4,011	0.76	3,318

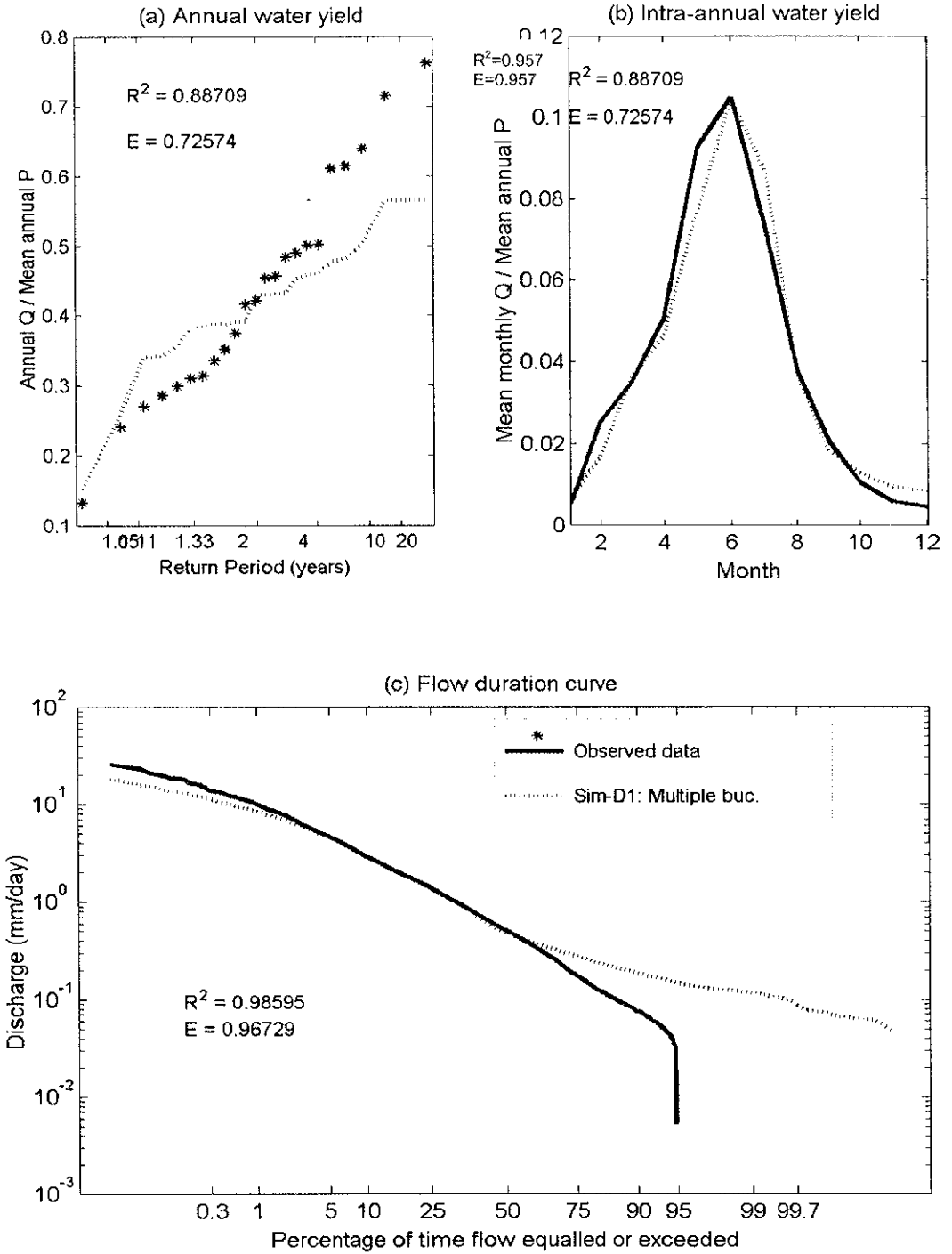
ตารางที่ ข-6 ลักษณะทางพืชพรรณ การใช้ที่ดินบน Floodplain เป็นพารามิเตอร์สำหรับประมาณค่า Rating curve ใน Compound channel

ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	พื้นที่ รับน้ำ (ตร.กม.)	ขนาดกรaben (ม.)	ขนาดลำต้น (ม.)	ระยะทาง		สัดส่วน		ขนาดบ้าน (ม.)		ระยะทาง	สัดส่วน	
						ตั้งจากลำน้ำ (ม.)	จำนวนลำน้ำ (ม.)	ป่า (%)	ทุ่งน.ที่โล่ง (%)	กว้าง ตั้งจากลำน้ำ	ยาว จำนวน ลำน้ำ		บ้าน (%)	ทุ่งน.ที่โล่ง (%)
1	สะพานนารัฐ อ.เมือง	P.1	6,350							12	15	15	60	40
2	แก่งออบหลวง อ.สอค	P.14	3,836	8	0.45	9	9	90	10					
3	บ้านท่าศาลา อ.จอมทอง	P.19A	14,023	8	0.3	8	8	20	80	8	9	12	50	50
4	บ้านเชิงควา อ.เชิงควา	P.20	1,345							8	8	15	45	55
5	บ้านแมริมใต้ อ.แมริม	P.21	452							10	10	15	20	80
6	สะพานราษฎร์ อ.จอมทอง	P.24A	452	8	0.3	8	8	20	80	10	8	15	70	30
7	บ้านแม่บอนใหม่	P.42	318	6	0.4	8	8	30	70					
8	บ้านกองหิน อ.สอค	PE.2	18,932	8	0.3	8	8	80	20					
9	น้ำแม่เมะที่บ้านแม่เมะ	060201	47	12	0.5	12	12	100	0					
10	น้ำแม่ป่าไม้ใต้สบห้วยแม่มาศ	060202	203	5	0.2	5	5	30	70					
11	น้ำแม่จืดที่บ้านดินธาตุ	060301	81	8	0.3	8	8	20	80					
12	ห้วยบ้านที่บ้านขวงห้วยบ้าน	060402	12	12	0.5	12	12	100	0					
13	ห้วยแม่แหลมที่ได้บ้านแม่แหลม	060403	20	12	0.5	12	12	100	0					
14	น้ำแม่คองที่เหนือสบห้วยบ้าน	060404	194	12	0.5	12	12	100	0					
15	ห้วยท่าอะระที่เหนือสบห้วยท่า	060405	34	12	0.5	12	12	100	0					
16	น้ำแม่แดงที่เหนือบ้านสันป่าสัก	060406	835	12	0.5	12	12	100	0					
17	น้ำแมริมที่บ้านภาคฮาว	060603	169	5	0.3	5	5	70	30					
18	น้ำแม่หวานที่บ้านแม่หวาน	060701	53	12	0.4	12	12	75	25	10	10	12	40	60
19	ห้วยแม่คองที่บ้านป่าเมืองแม่หวานปางกลาง	060702	38	8	0.4	8	8	100	0					
20	ห้วยมะเกลียงที่บ้านป่าเมืองปางปง	060704	5	7	0.3	8	8	100	0	10	10	20	60	40
21	น้ำแม่ลายที่บ้านป่าเมืองปางแก	060703	24	7	0.3	8	8	100	0					
22	น้ำแม่สะปือกที่บ้านแม่สะปือกเหนือ	060804	35	9	0.4	11	11	10	90					
23	น้ำแม่ขี้ายที่เหนือบ้านห้วยโป่ง	060805	41	5	0.3	5	5	10	90					
24	น้ำแม่จางที่เหนือสบแม่สมิง	060806	548	5	0.3	5	5	100	0					

ตารางที่ ๕-6 ลักษณะทางพืชพรรณ การใช้ที่ดินบน Floodplain เป็นพารามิเตอร์สำหรับประมาณค่า Rating curve ใน Compound channel (ต่อ)

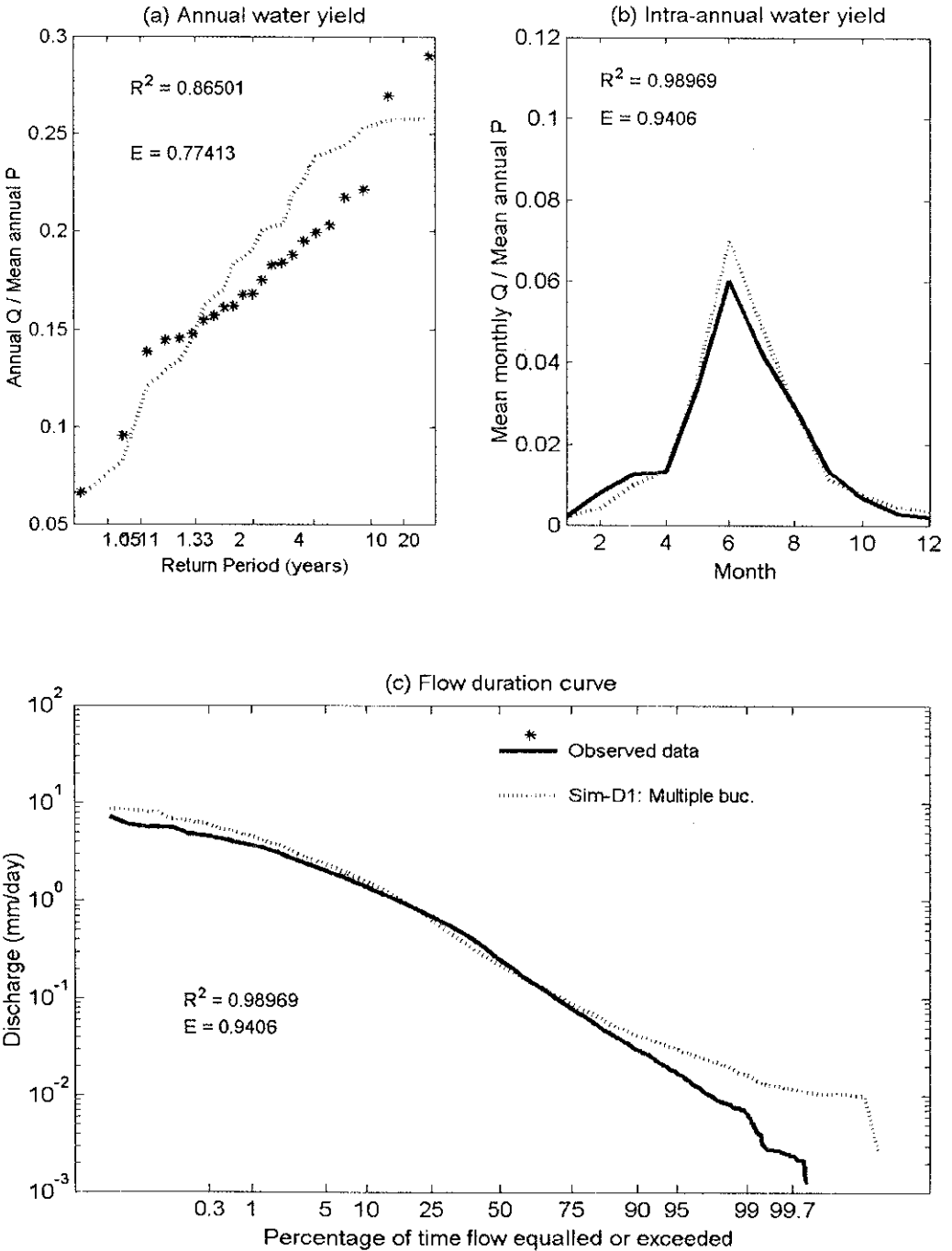
ลำดับ ที่	รายชื่อสถานี	รหัส สถานี	พื้นที่ รับน้ำ (ตร.กม.)	ขนาดทรงกลม (ม.)	ขนาดลำต้น (ม.)	ระยะทาง		สัดส่วน		ขนาดบ้าน (ม.)		ระยะทาง		สัดส่วน		
						ตั้งฉากลำน้ำ (ม.)	ขนานลำน้ำ (ม.)	ป่า (%)	ทุ่งนาที่โล่ง (%)	กว้าง ตั้งฉากลำน้ำ	ยาวขนาน ลำน้ำ	ตั้งฉากลำน้ำ (ม.)	บ้าน (%)	ทุ่งนาที่โล่ง (%)		
25	น้ำแม่วางที่บ้านสบวีน	060807	343	8	0.3	8	8	5	95	12	8	16	15	85		
26	น้ำแม่ขานที่บ้านเปียง	060808	1,170	7	0.3	8	8	20	80	12	12	16	10	90		
27	น้ำแม่กลางที่บ้านสหขาด	061001	92	6	0.3	6	10	90	10							
28	น้ำแม่ชะที่บ้านหัวเสือ	061002	90	4	0.2	4	4	100	0							
29	ห้วยแม่เตี๋ยที่บ้านขางแม่เตี๋ย	061003	65	5	0.3	11	12	100	0							
30	ห้วยแม่เตี๋ยที่เหนือสบแม่เตี๋ย	061005	33	5	0.3	5	5	100	0							
31	น้ำแม่ก้อที่บ้านก้อทุ่ง	061101	84	8	0.4	10	10	100	0							
32	น้ำแม่แจ่มที่บ้านหัวฝิ่ง	061201	1,270	10	0.4	10	10	90	10							
33	น้ำแม่จ๋มที่บ้านกองกาน	061302	1,950	5	0.4	9	9	60	40	8	10	10	30	70		
34	น้ำแม่ต้นที่บ้านป่าคา	061501	1,470	7	0.5	7	7	25	75	10	9	15	40	60		

Station : 061501 Subcat. : 12 A = 1,600 km²



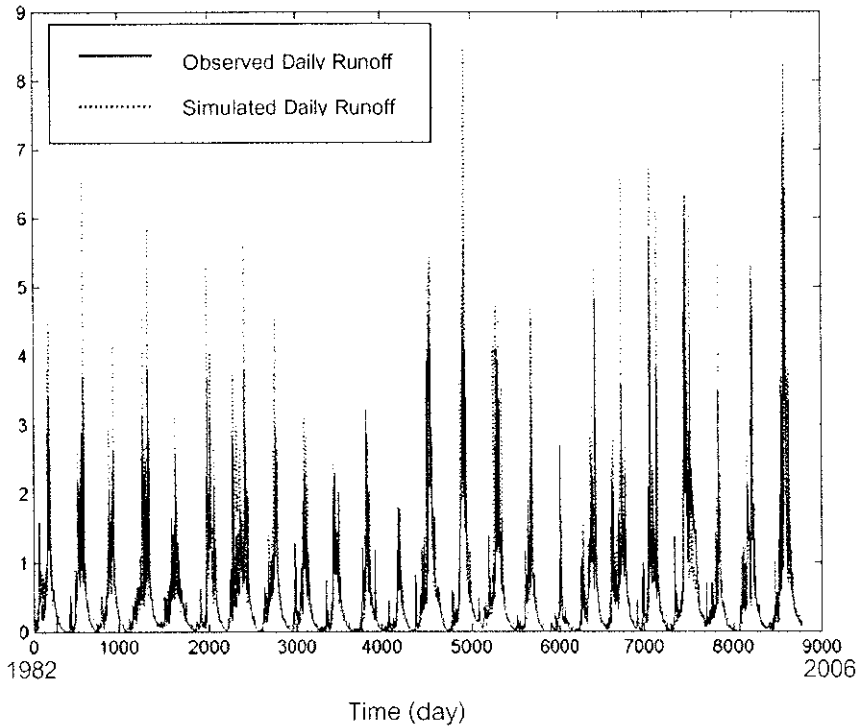
รูปที่ ซ-1 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 12 และ สถานีวัดน้ำท่า 061501 (a) การแปรได้ของการให้น้ำทำรายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : PE.2 Subcat. : 38 A = 19,044 km²



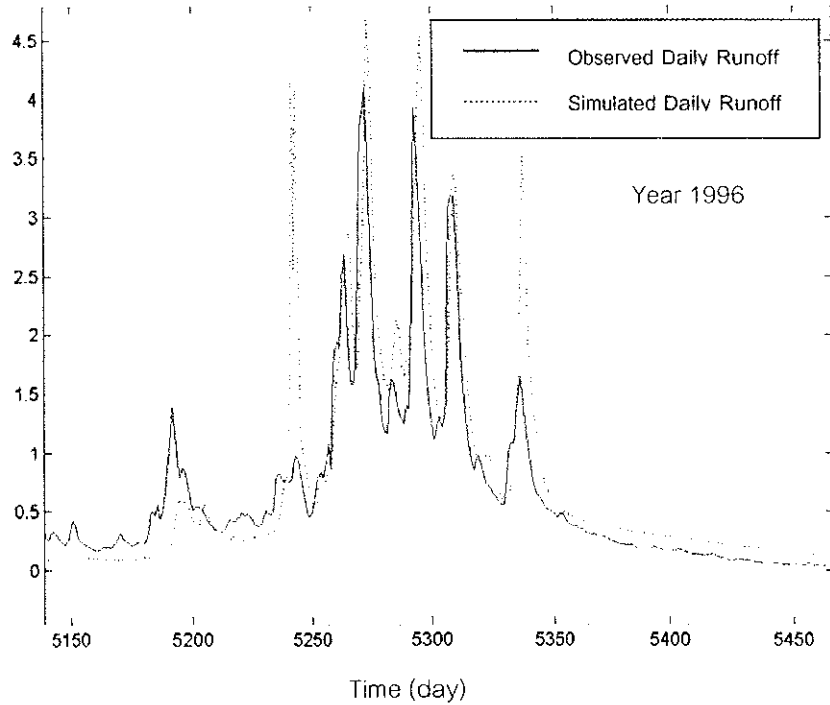
รูปที่ ๙-2 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุขของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 38 และ สถานีวัดน้ำท่า PE.2 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Runoff (mm/day)



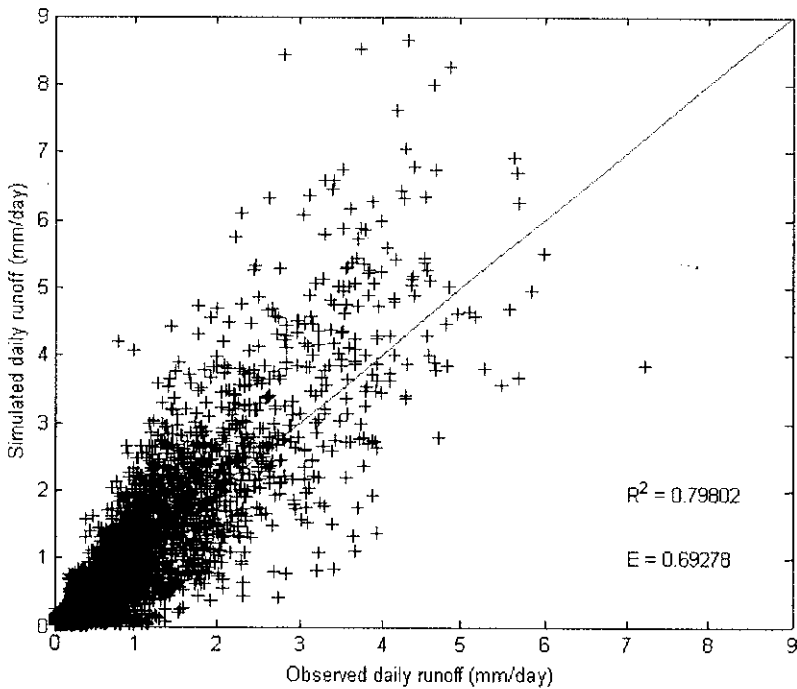
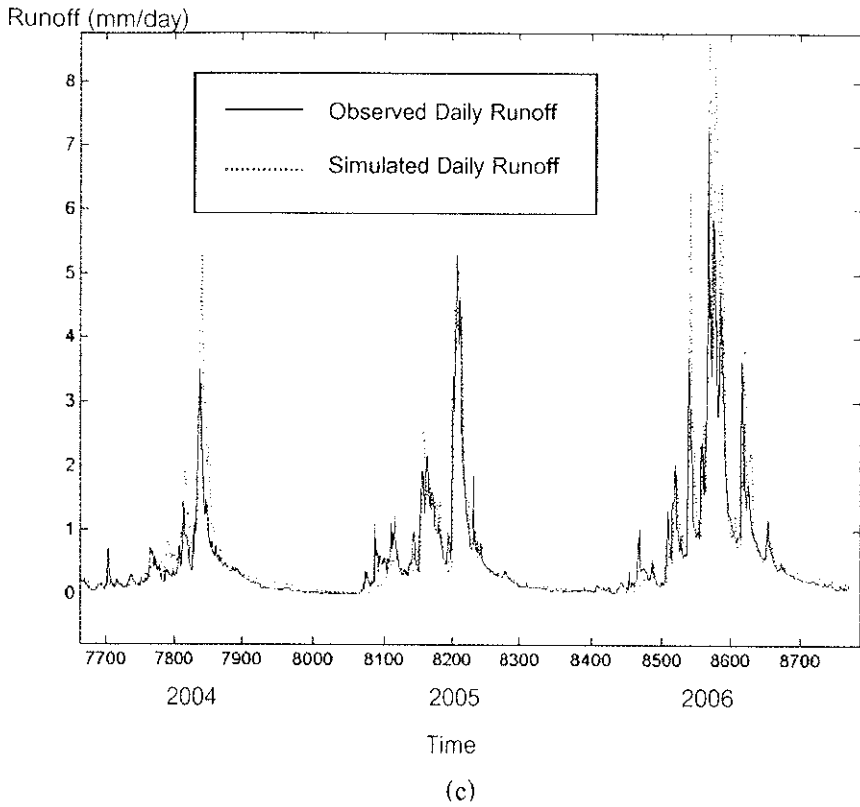
(a)

Runoff (mm/day)



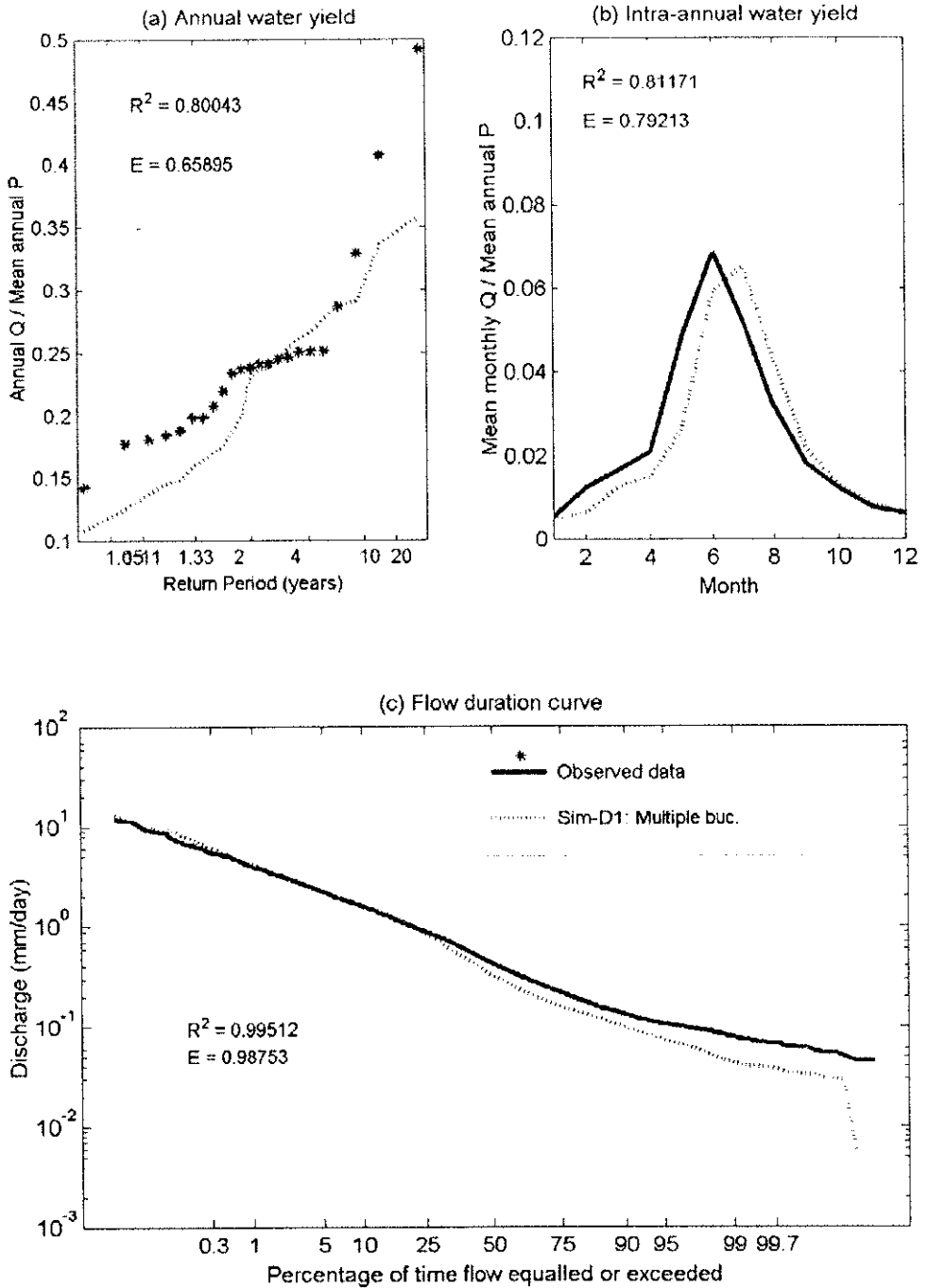
(b)

รูปที่ ข-3 เปรียบเทียบข้อมูลตามเวลาจากการวัดและการคำนวณจากแบบจำลองสมดุค
ของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยที่ 38 สถานีวัดน้ำท่า PE.2 (a) ช่วงเวลา 24 ปี (b) ช่วงเวลาปี ค.ศ.1996
(c) ช่วงเวลาปี ค.ศ.2003-2005 (d) ข้อมูลน้ำท่ารายวัน 24 ปี



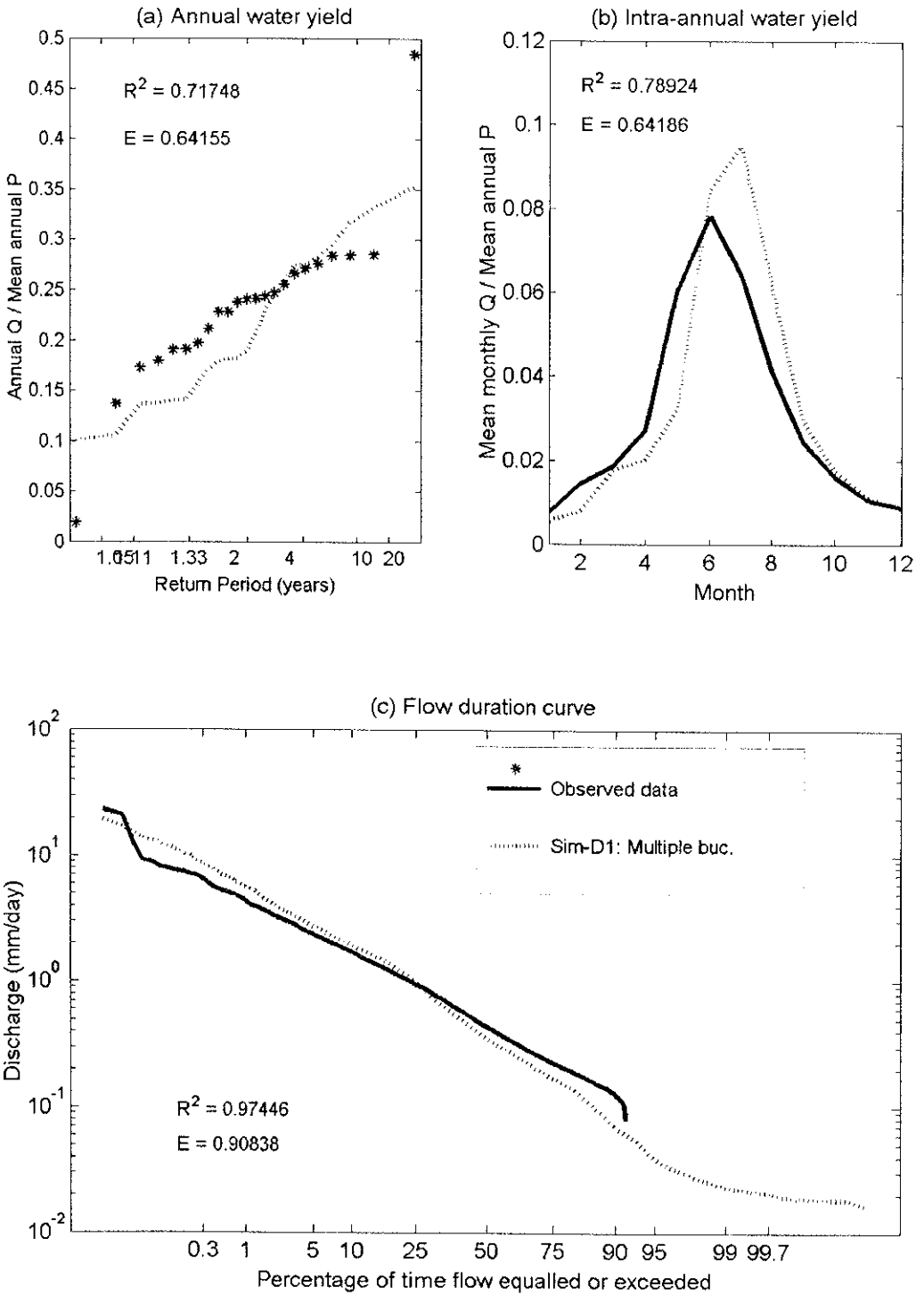
รูปที่ ๙-3 เปรียบเทียบข้อมูลตามเวลาจากการวัดและการคำนวณจากแบบจำลองสมดุล
 ของน้ำรายวัน ลุ่มน้ำย่อยที่ 38 สถานีวัดน้ำท่า PE.2 (a) ช่วงเวลา 24 ปี (b) ช่วงเวลาปี ค.ศ.1996
 (c) ช่วงเวลาปี ค.ศ.2003-2005 (d) ข้อมูลน้ำท่ารายวัน 24 ปี (ต่อ)

Station : P.14 Subcat. : 46 $A = 3,836 \text{ km}^2$



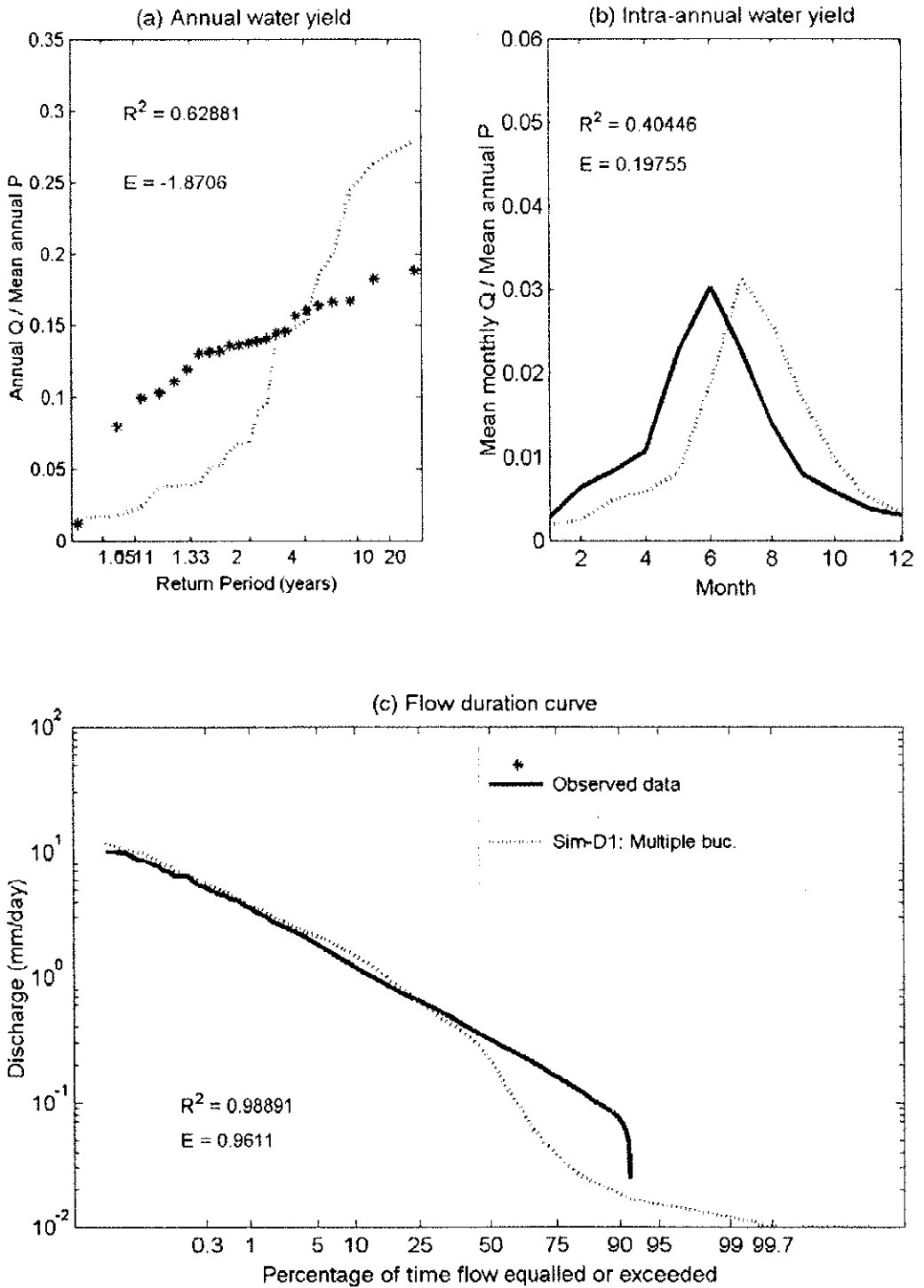
รูปที่ ๔-4 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 46 และ สถานีวัดน้ำท่า P.14 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 061302 Subcat. : 61 A = 2,063 km²



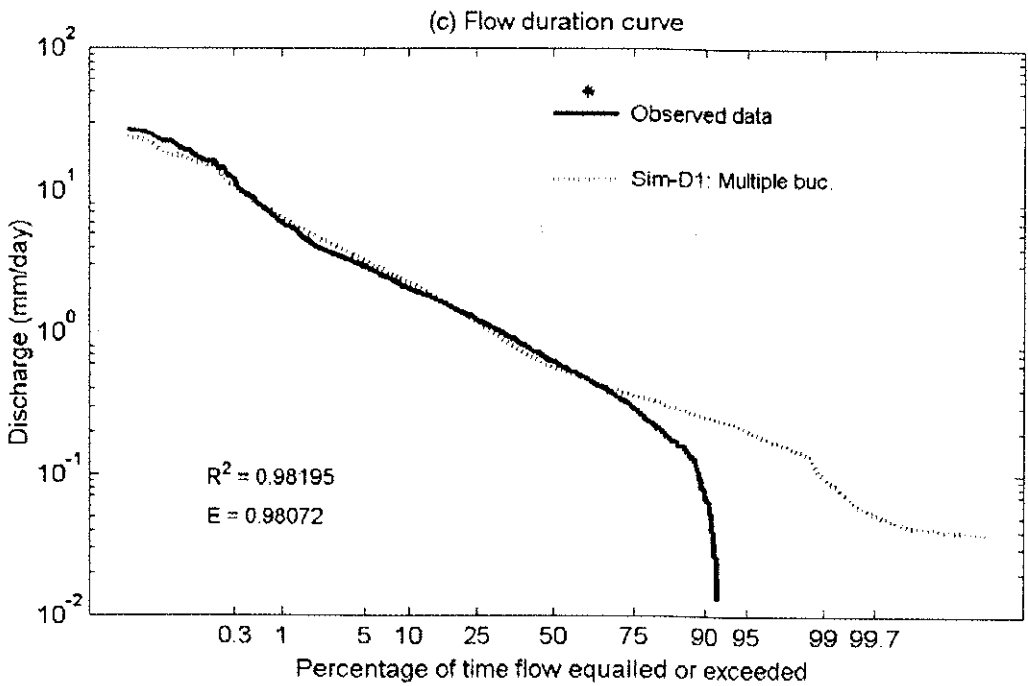
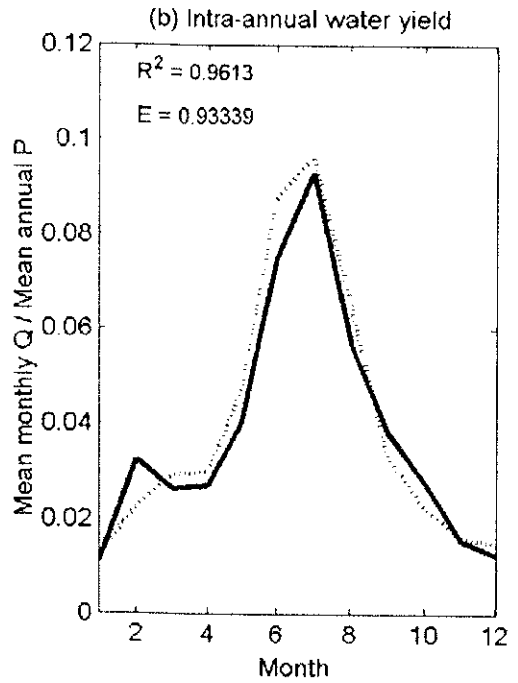
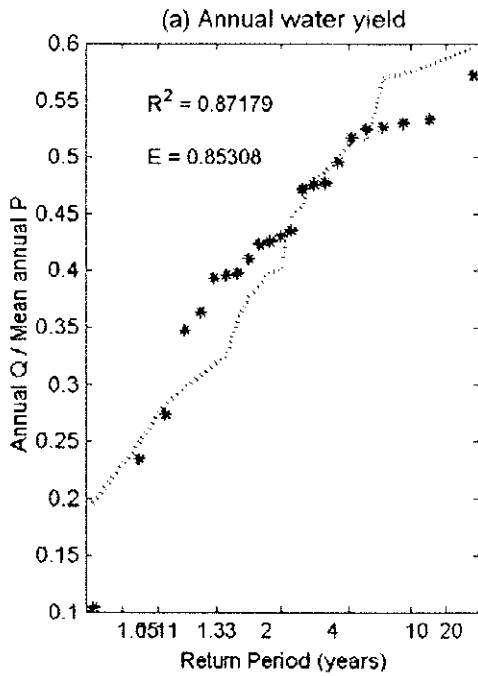
รูปที่ ๕-5 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูลของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 61 และ สถานีวัดน้ำท่า 061302 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 061201 Subcat. : 68 A = 1,210 km²



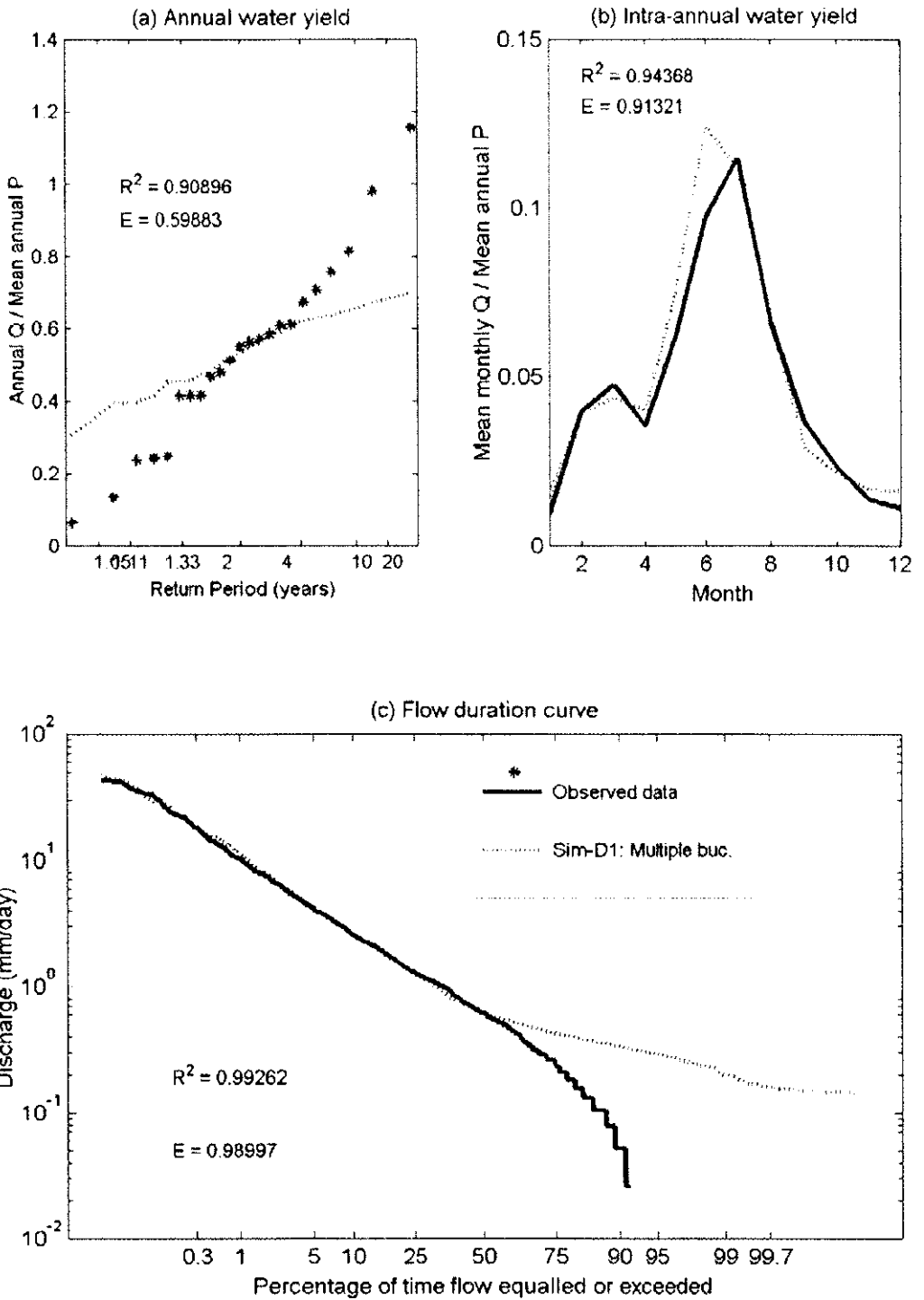
รูปที่ ๙-6 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 68 และ สถานีวัดน้ำท่า 061201 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 061003 Subcat. : 80 A = 67 km²



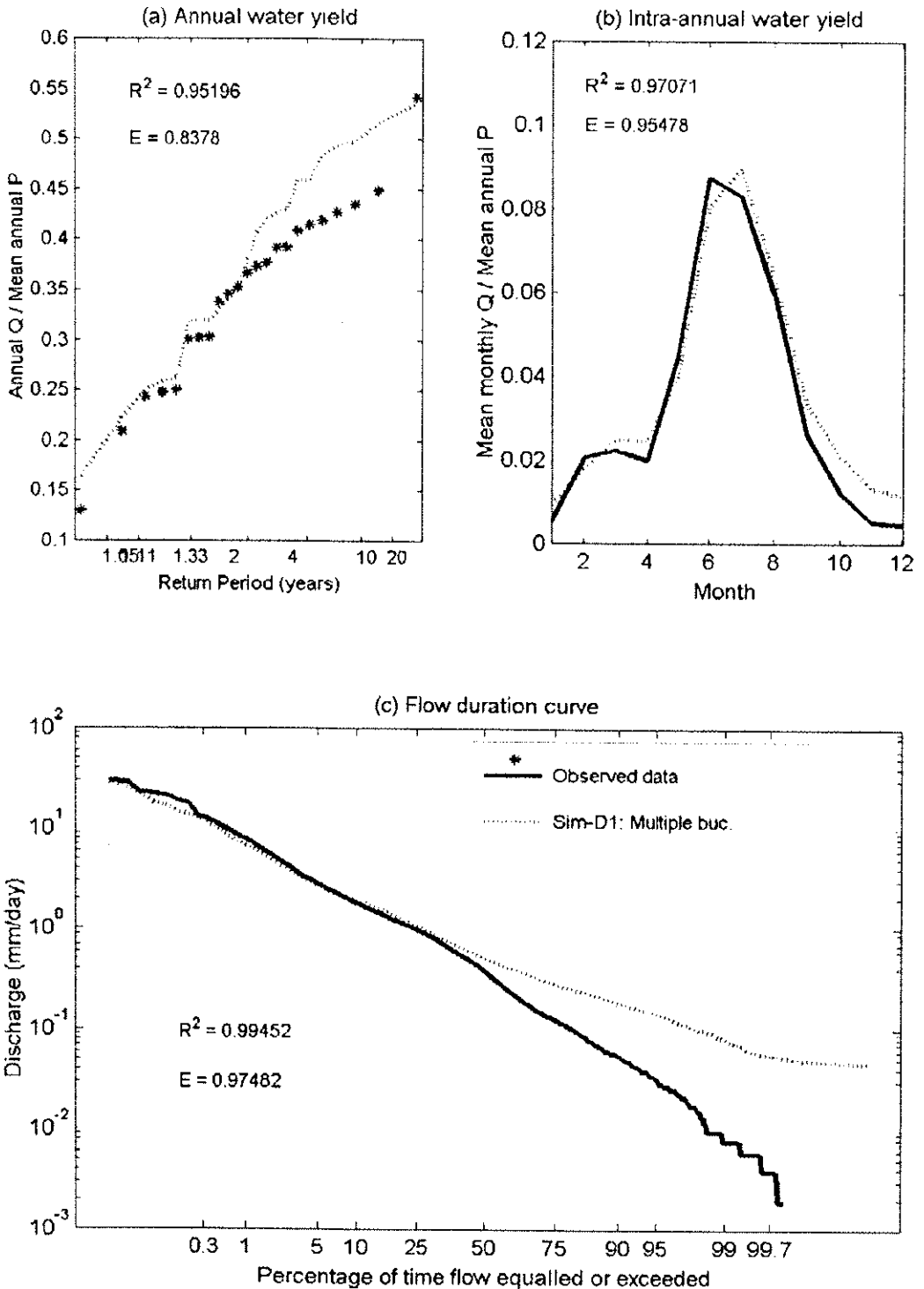
รูปที่ ซ-7 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 80 และ สถานีวัดน้ำท่า 061003 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 061005 Subcat. : 81 A = 34 km²



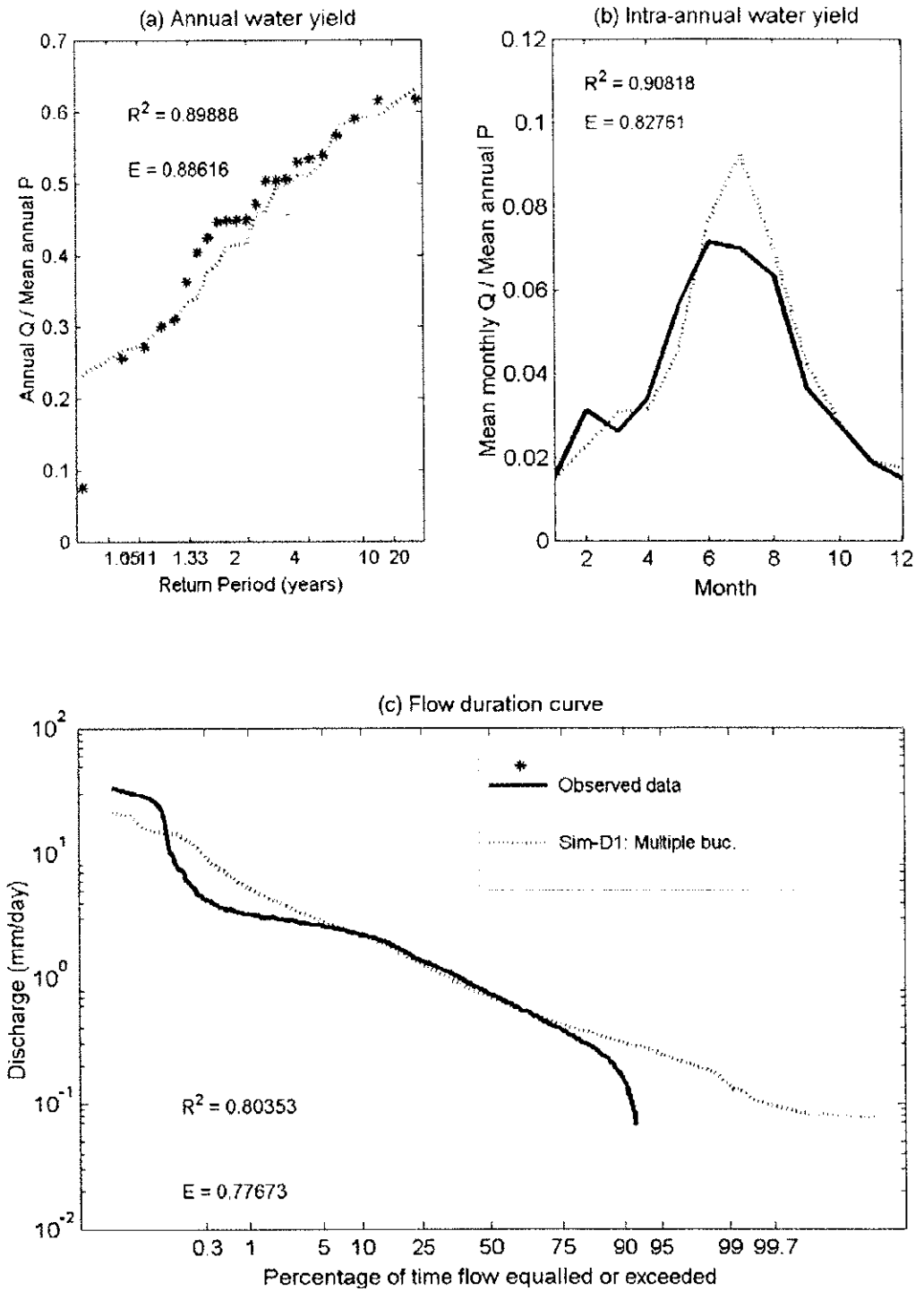
รูปที่ ๗-8 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุขของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 81 และ สถานีวัดน้ำท่า 061005 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : P.24A Subcat. : 82 A = 454 km²



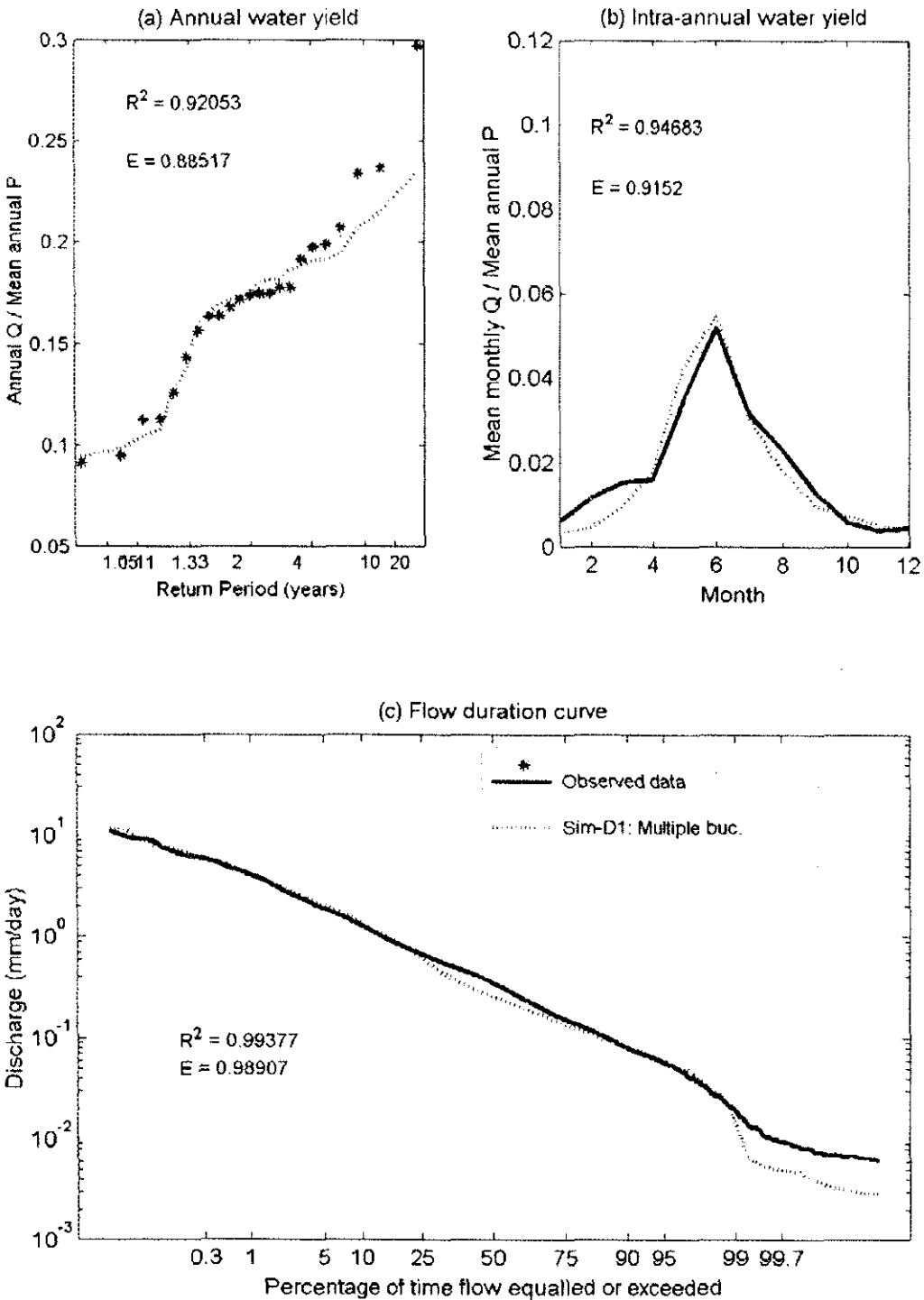
รูปที่ ข-9 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลงของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 82 และ สถานีวัดน้ำท่า P.24A (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 061002 Subcat. : 84 A = 90 km²



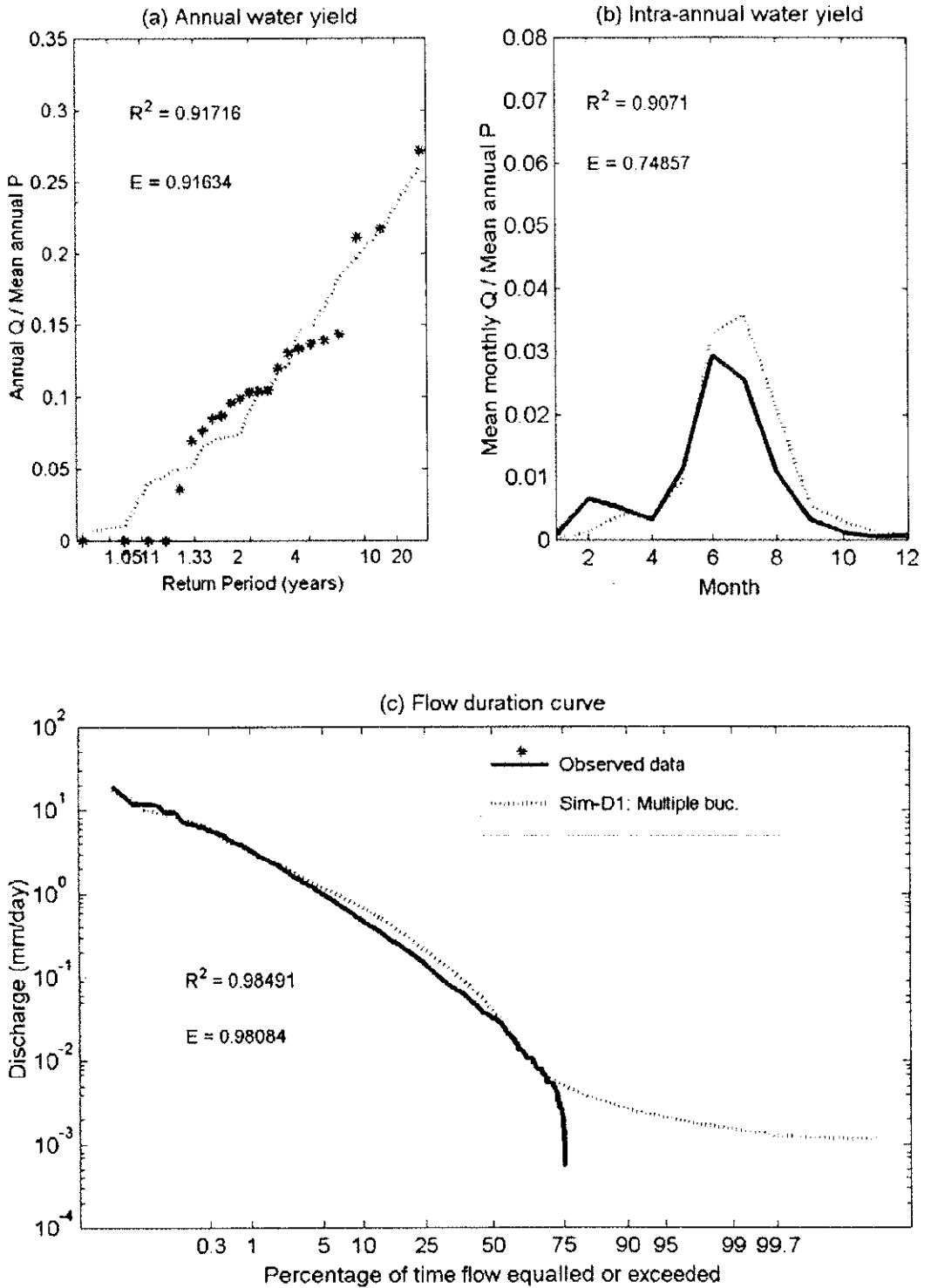
รูปที่ ๙-10 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูลของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 84 และ สถานีวัดน้ำท่า 061002 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : P.1 Subcat. : 95 A = 6,359 km²



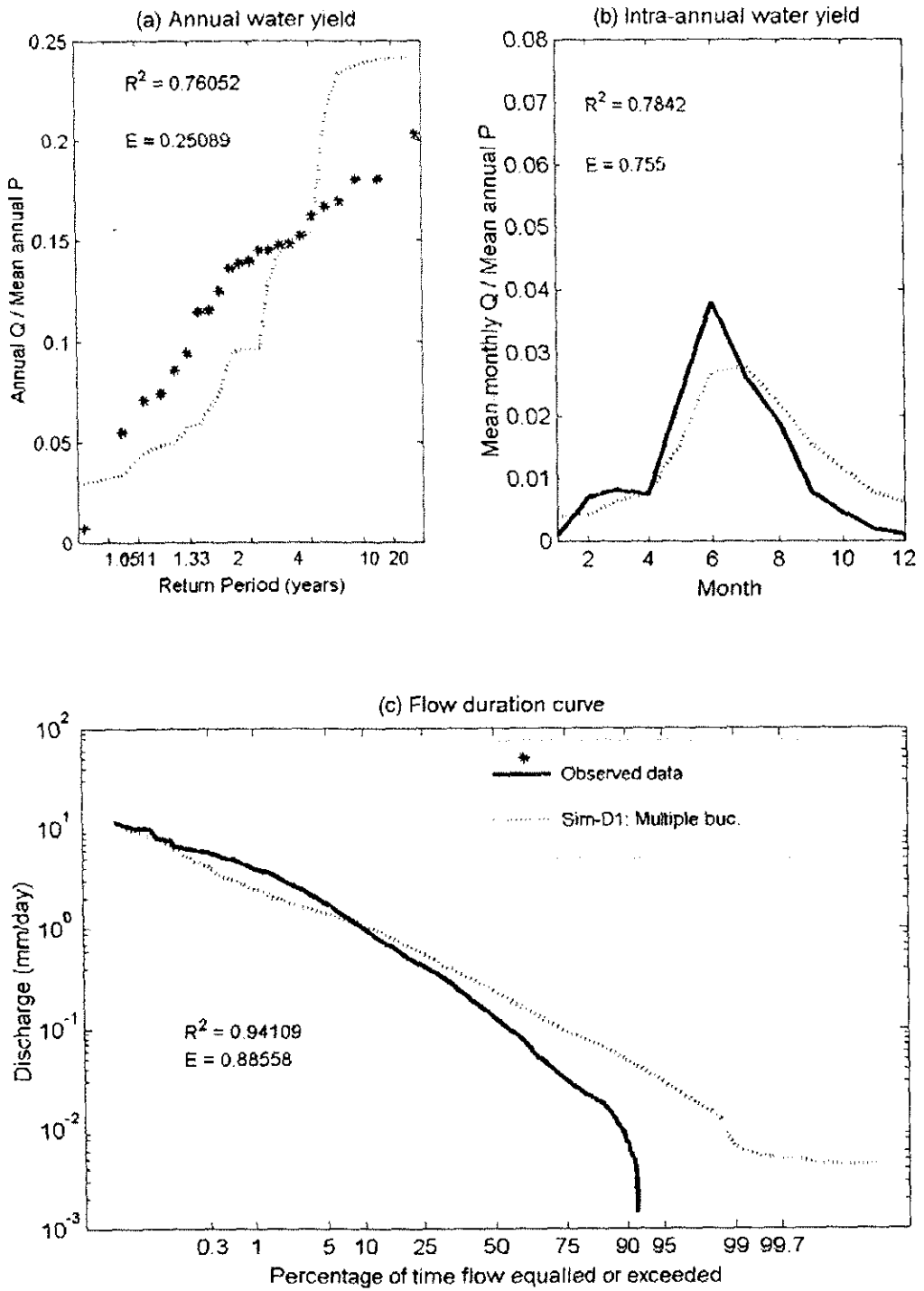
รูปที่ ข-11 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุคของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 95 และ สถานีวัดน้ำท่า P.1 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : P.42 Subcat. : 113 A = 319 km²



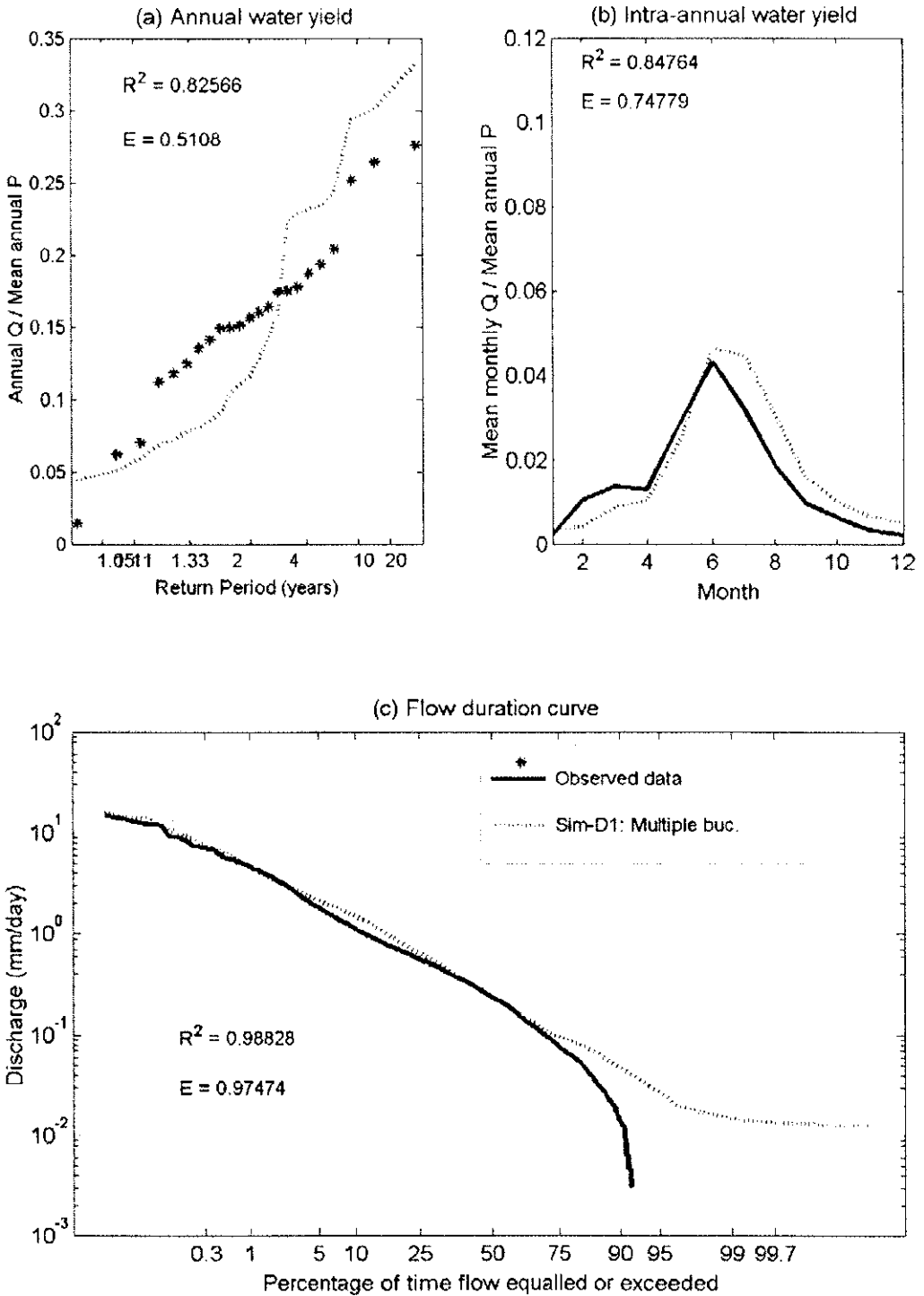
รูปที่ ข-12 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลงของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 113 และ สถานีวัดน้ำท่า P.42 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060808 Subcat. : 118 A = 1,193 km²



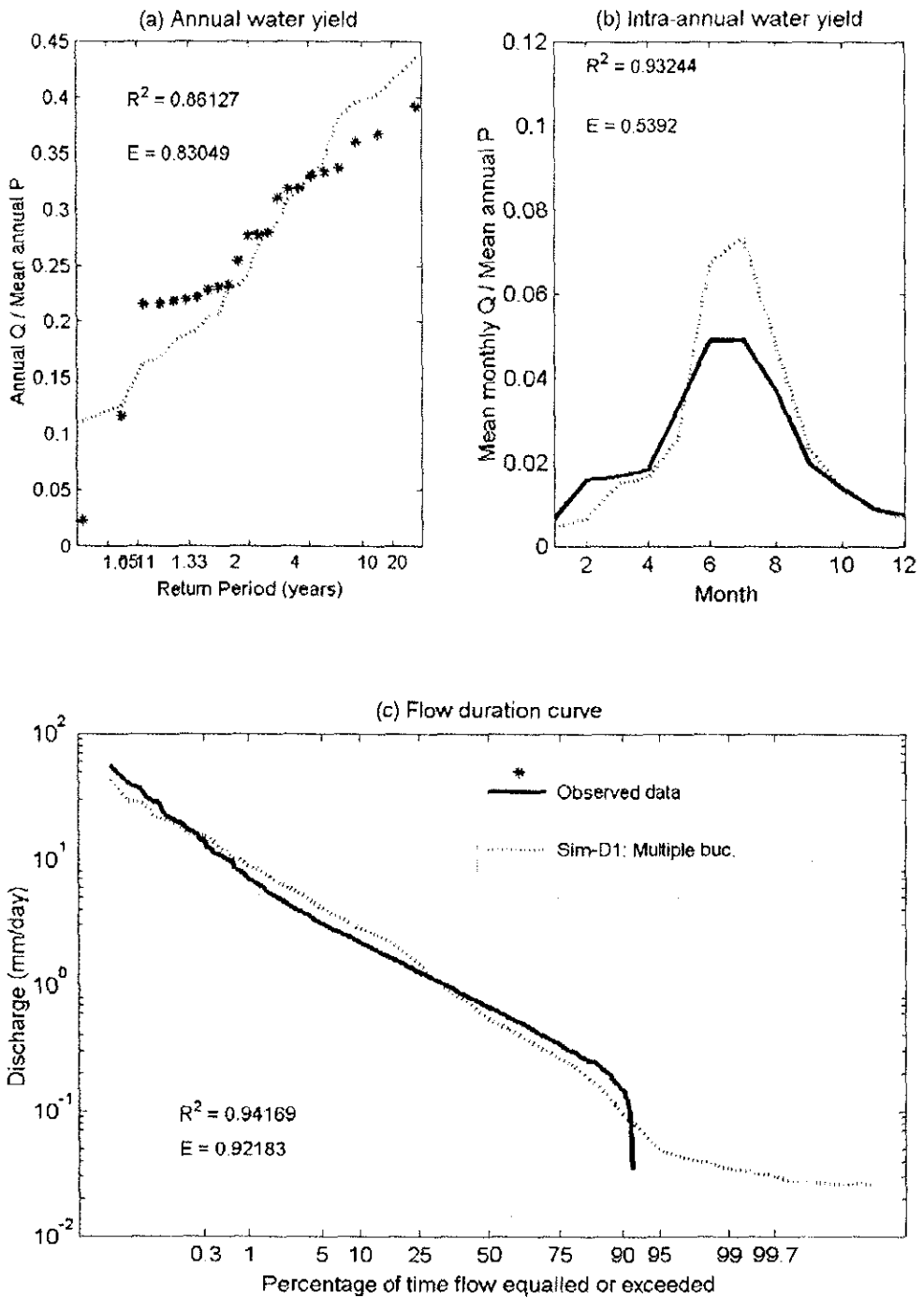
รูปที่ ๗-13 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลงของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 118 และ สถานีวัดน้ำท่า 060808 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060806 Subcat. : 122 A = 566 km²



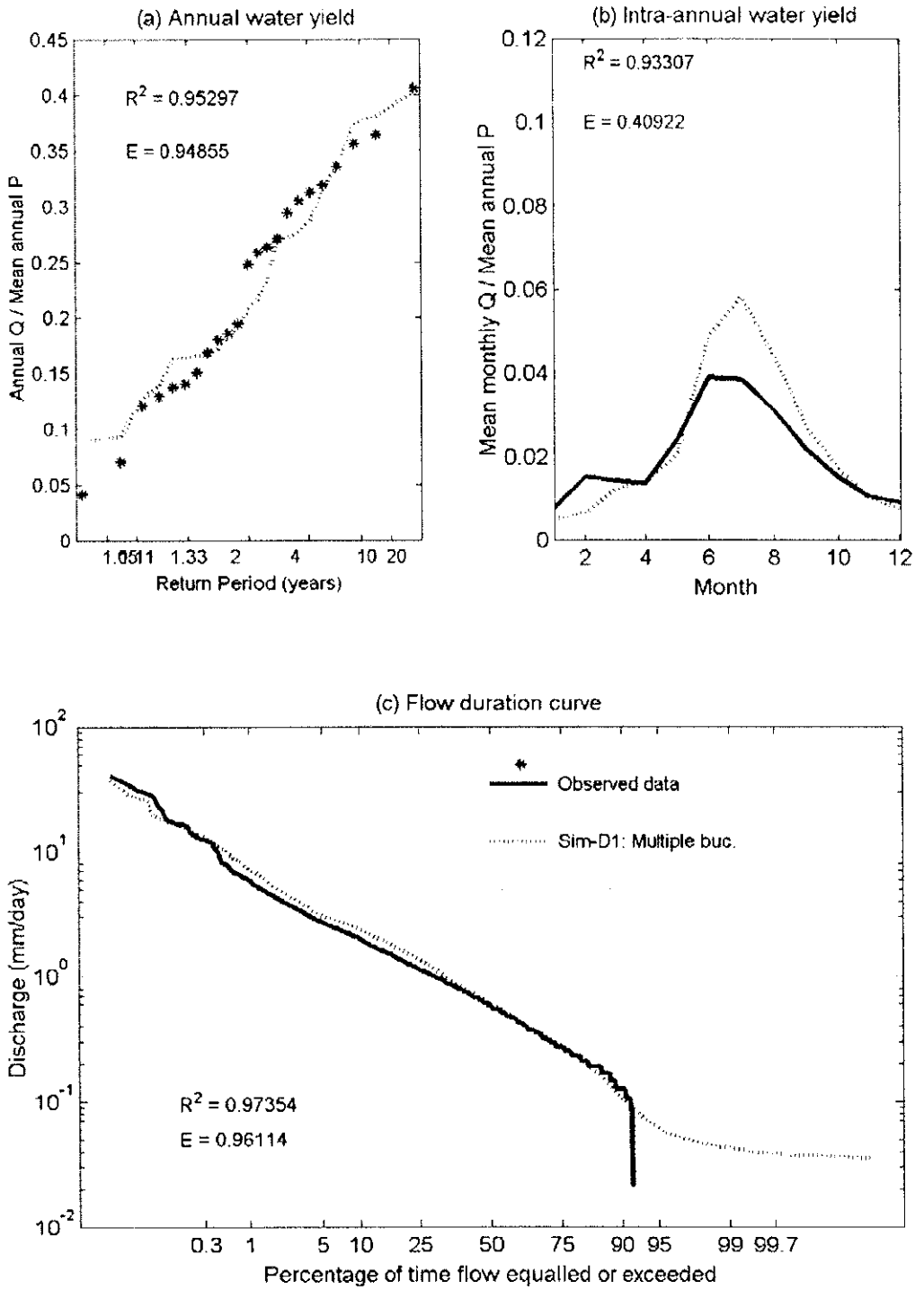
รูปที่ ข-14 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 122 และ สถานีวัดน้ำท่า 060806 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060807 Subcat. : 127 A = 390 km²



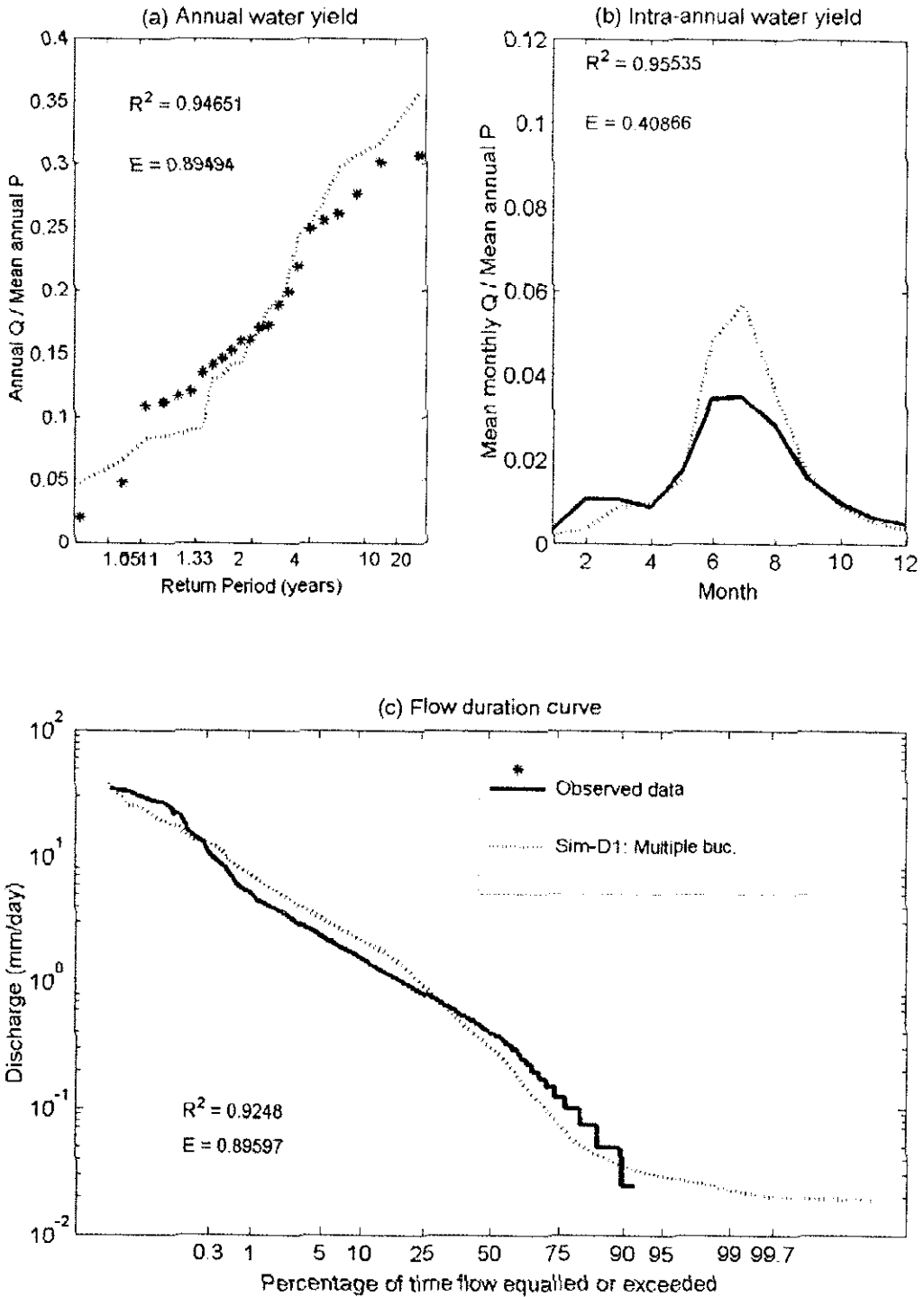
รูปที่ ข-15 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 127 และ สถานีวัดน้ำท่า 060807 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060805 Subcat. : 129 A = 44 km²



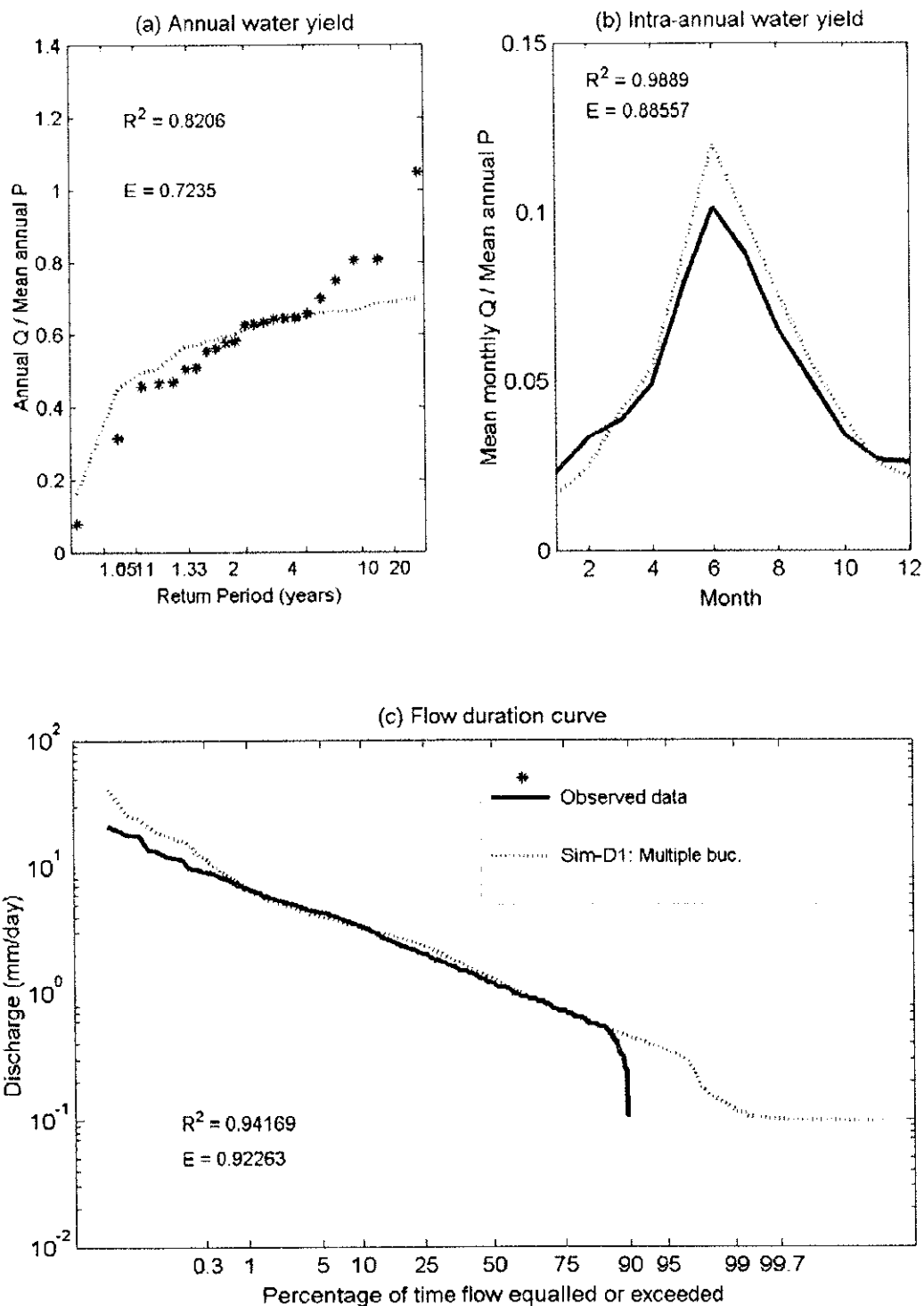
รูปที่ ข-16 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุขของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 129 และ สถานีวัดน้ำท่า 060805 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060804 Subcat. : 130 A = 40 km²



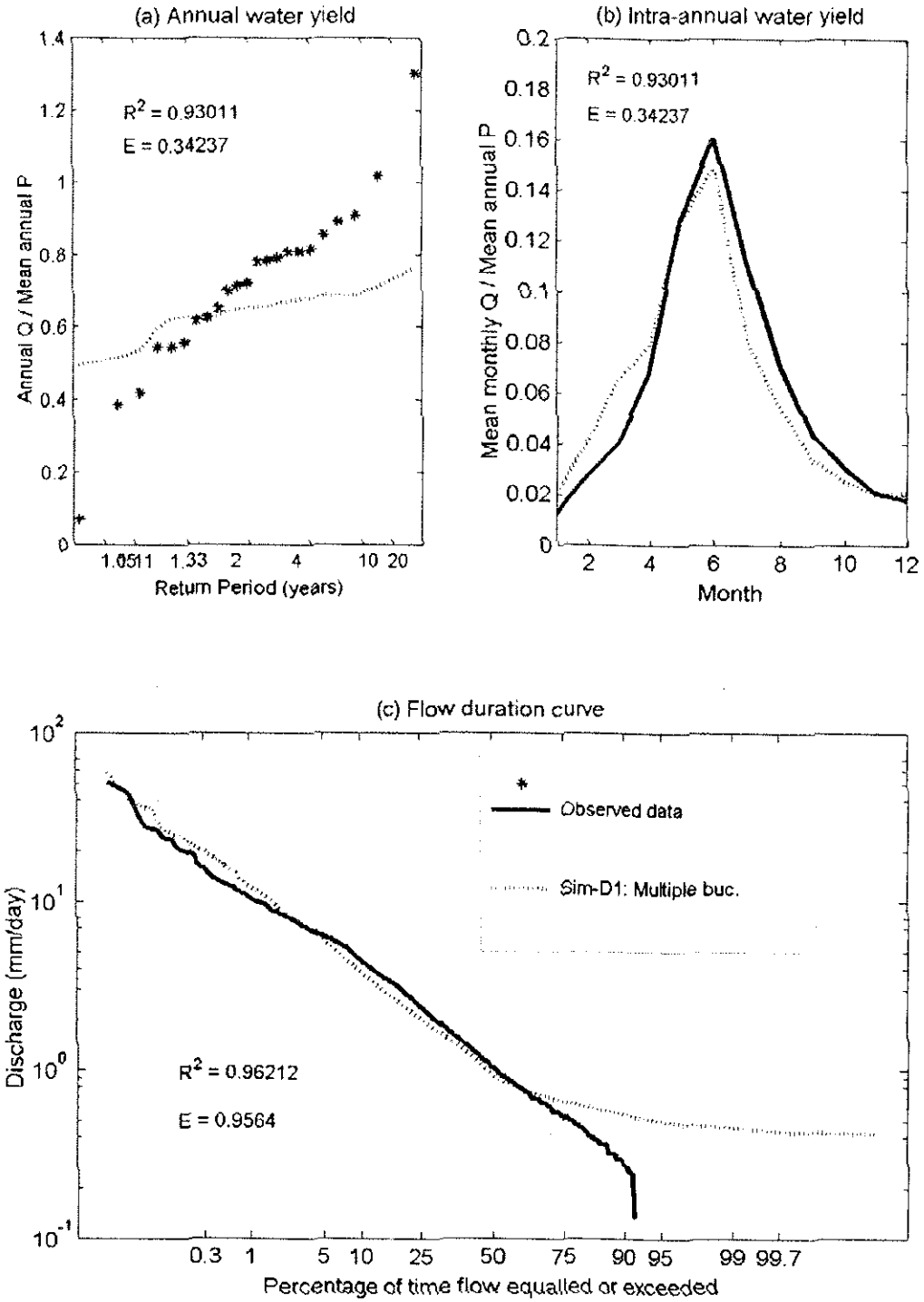
รูปที่ ๗-17 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลงของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 130 และ สถานีวัดน้ำท่า 060804 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060703 Subcat. : 157 A = 25 km²



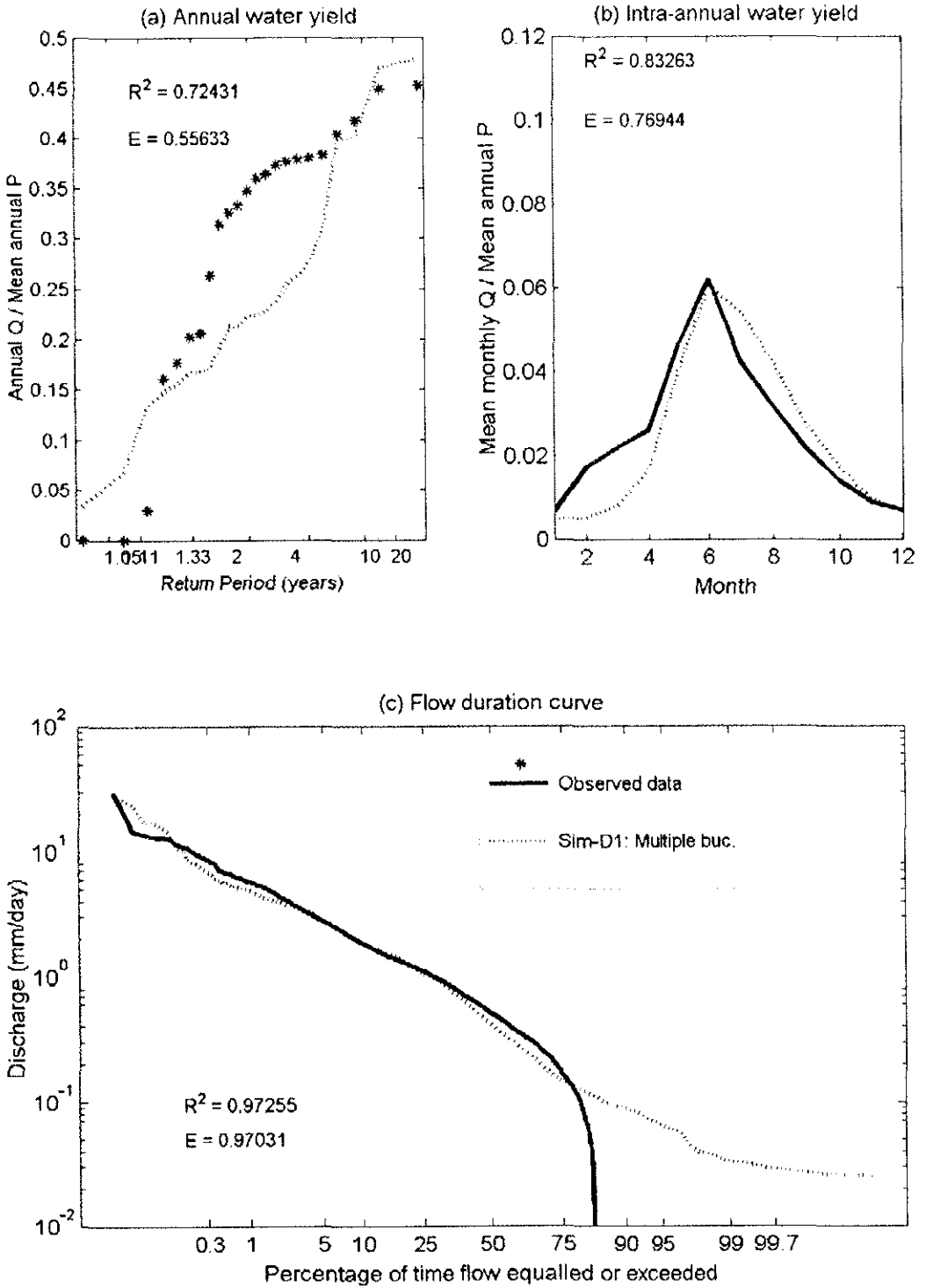
รูปที่ ข-18 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 157 และ สถานีวัดน้ำท่า 060703 (a) การแปรได้ของการให้น้ำทำรายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060702 Subcat. : 161 A = 40 km²



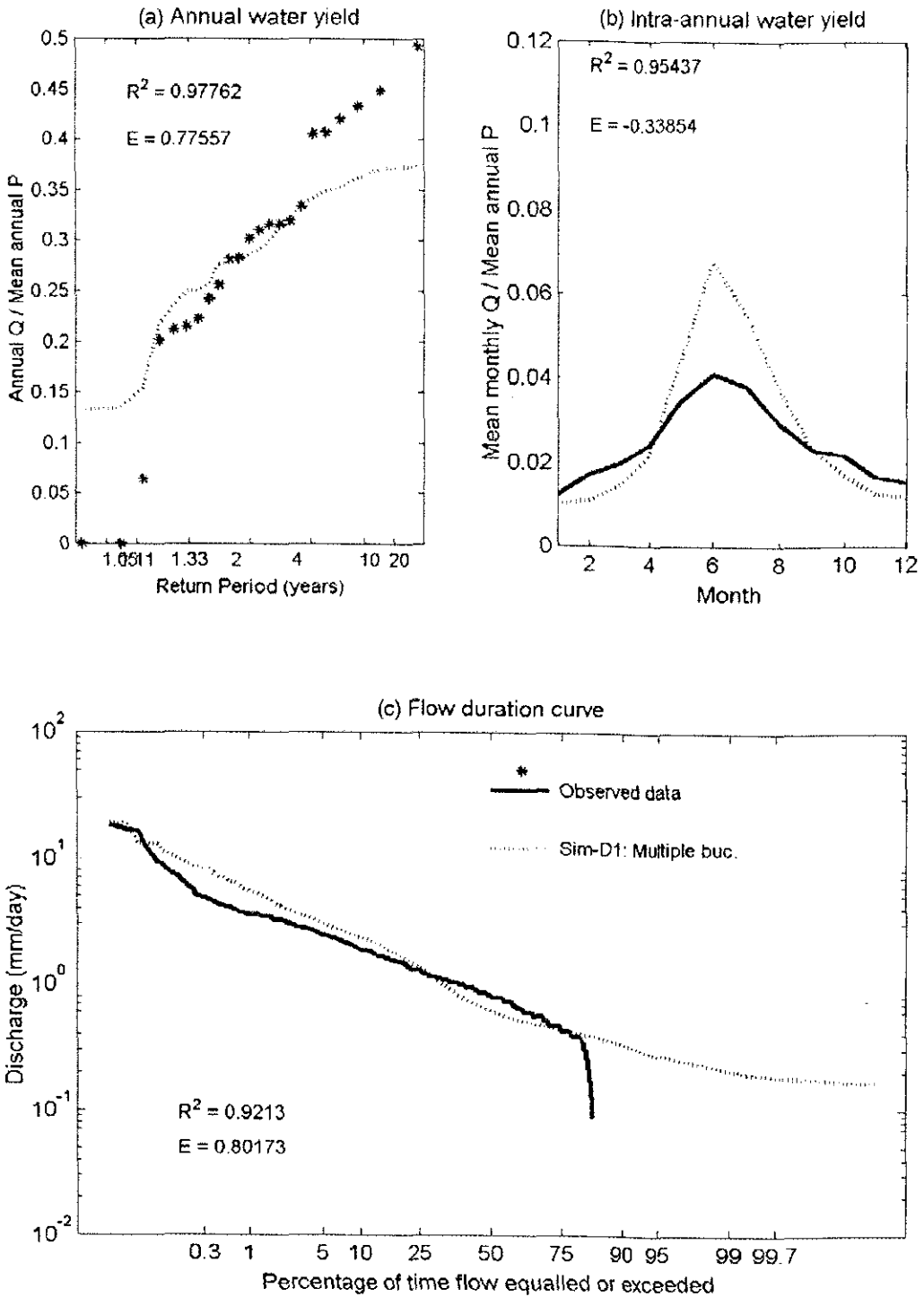
รูปที่ ซ-19 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 161 และ สถานีวัดน้ำท่า 060702 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060603 Subcat. : 171 A = 156 km²



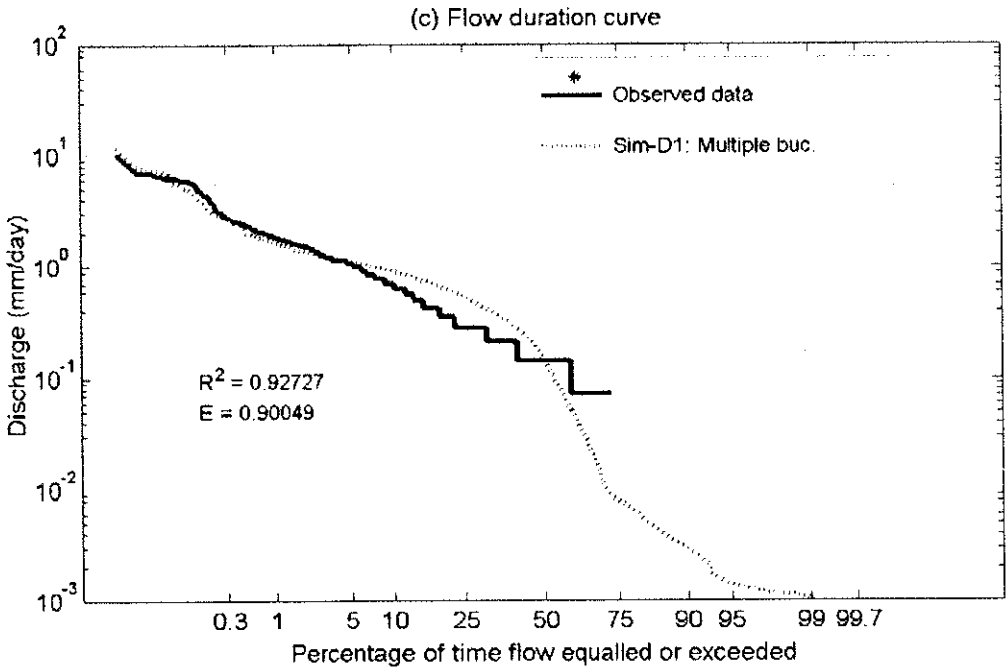
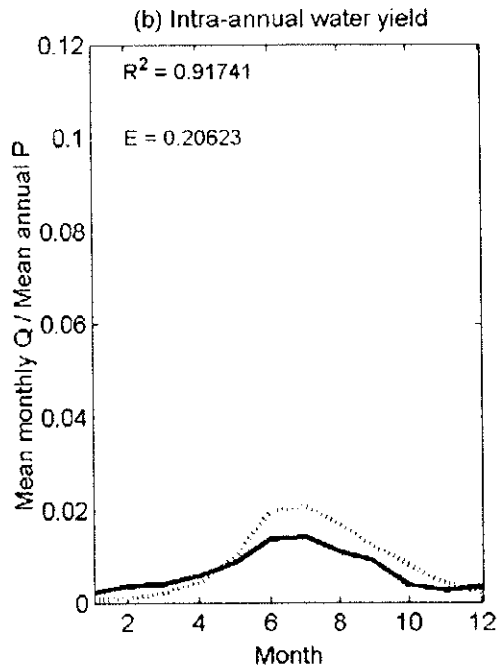
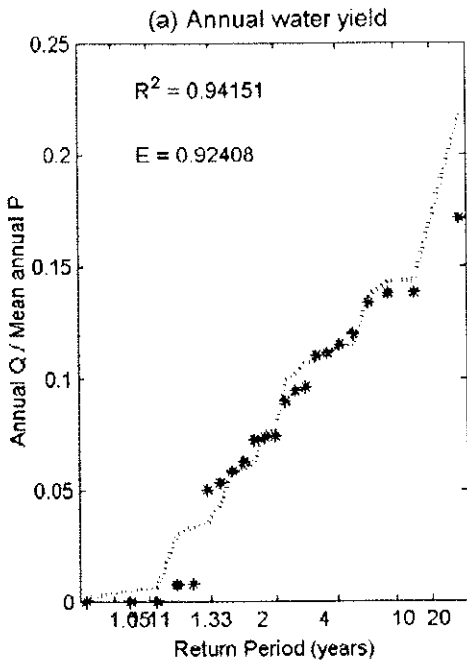
รูปที่ ข-20 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 171 และ สถานีวัดน้ำท่า 060603 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060403 Subcat. : 179 A = 21 km²



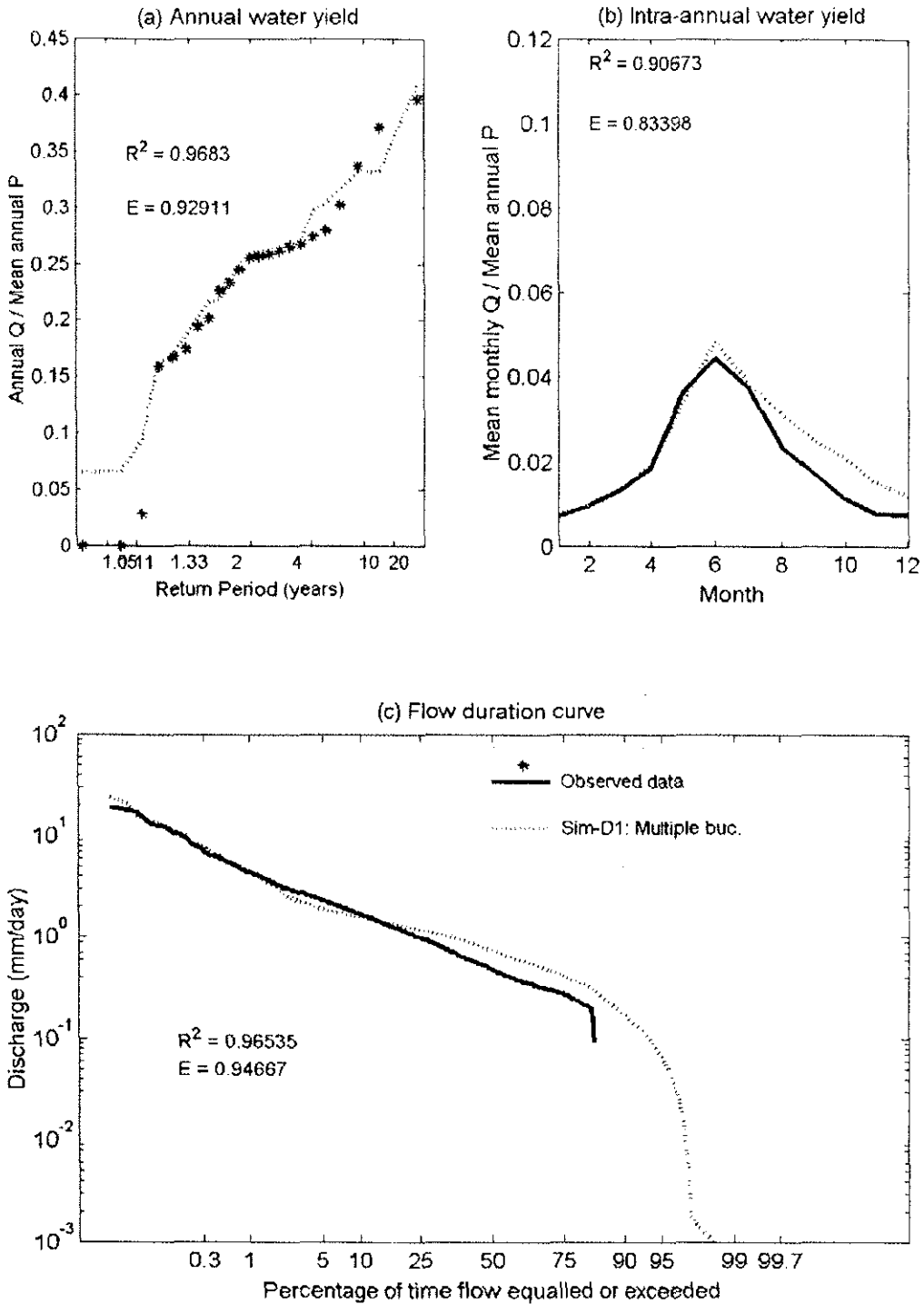
รูปที่ ข-21 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 179 และ สถานีวัดน้ำท่า 060403 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060402 Subcat. : 182 A = 11 km²



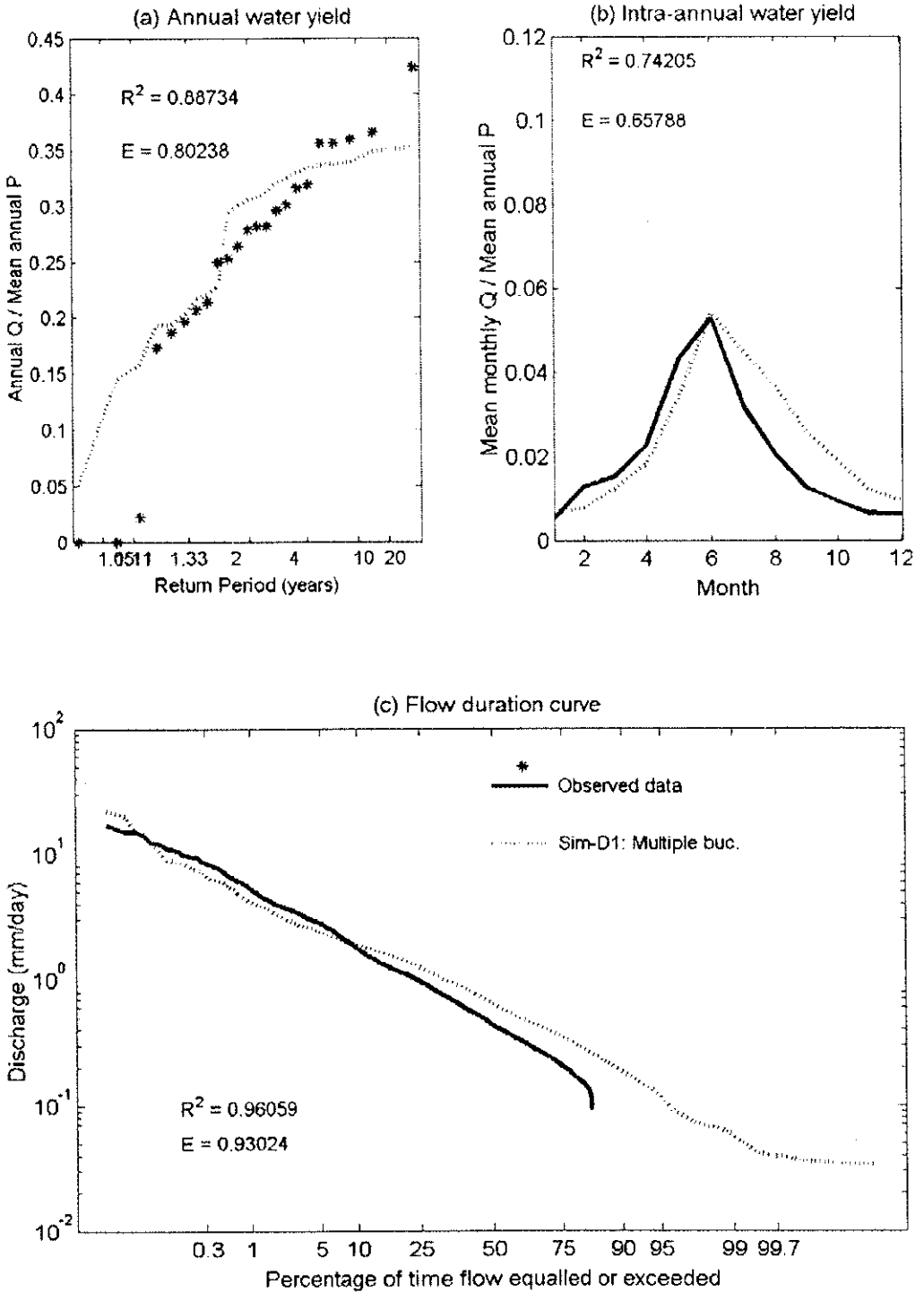
รูปที่ ข-22 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมมูลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 182 และ สถานีวัดน้ำท่า 060402 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060404 Subcat. : 183 A = 190 km²



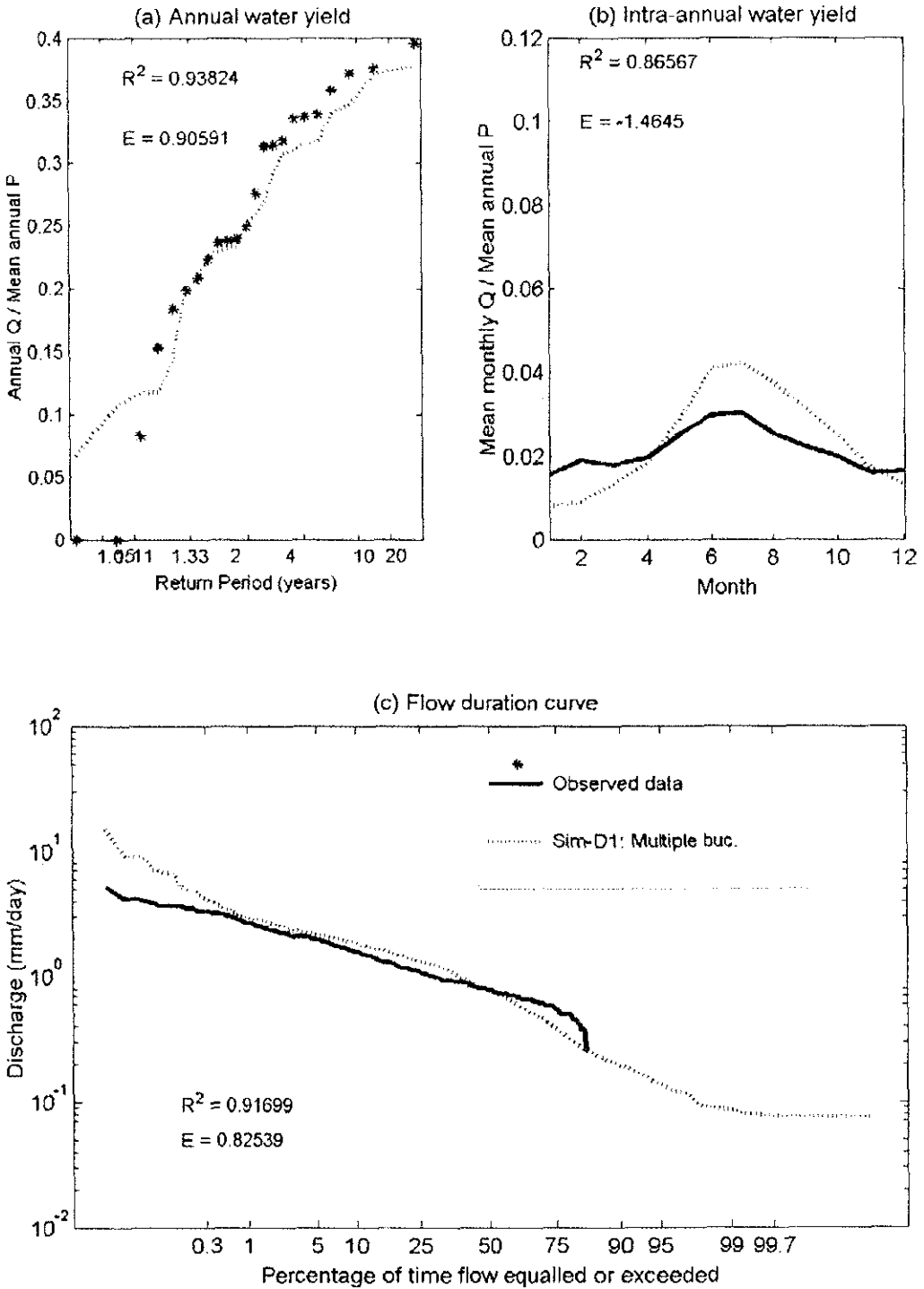
รูปที่ ข-23 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 183 และ สถานีวัดน้ำท่า 060404 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060406 Subcat. : 184 A = 907 km²



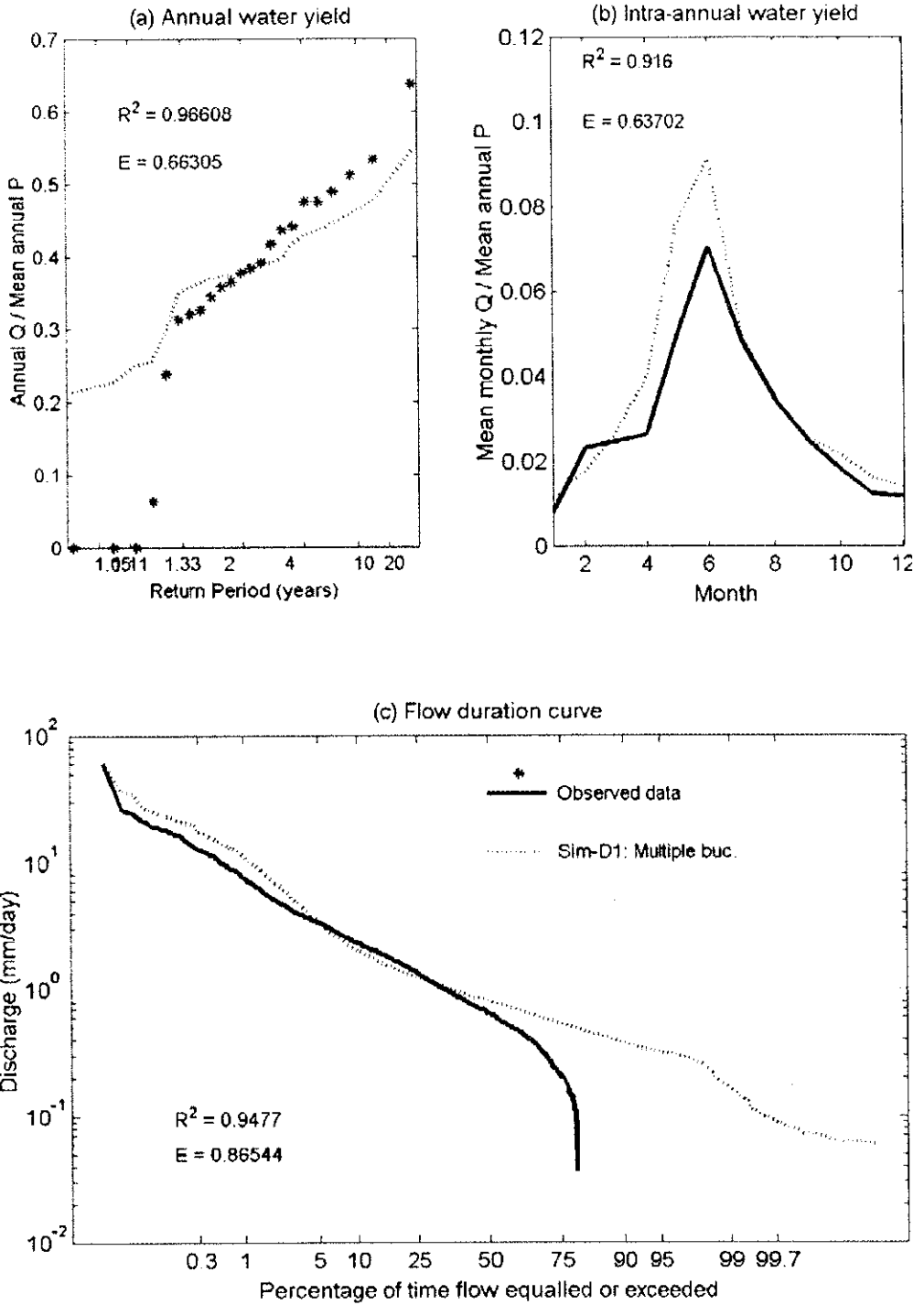
รูปที่ ข-24 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 184 และ สถานีวัดน้ำท่า 060406 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060405 Subcat. : 185 A = 32 km²



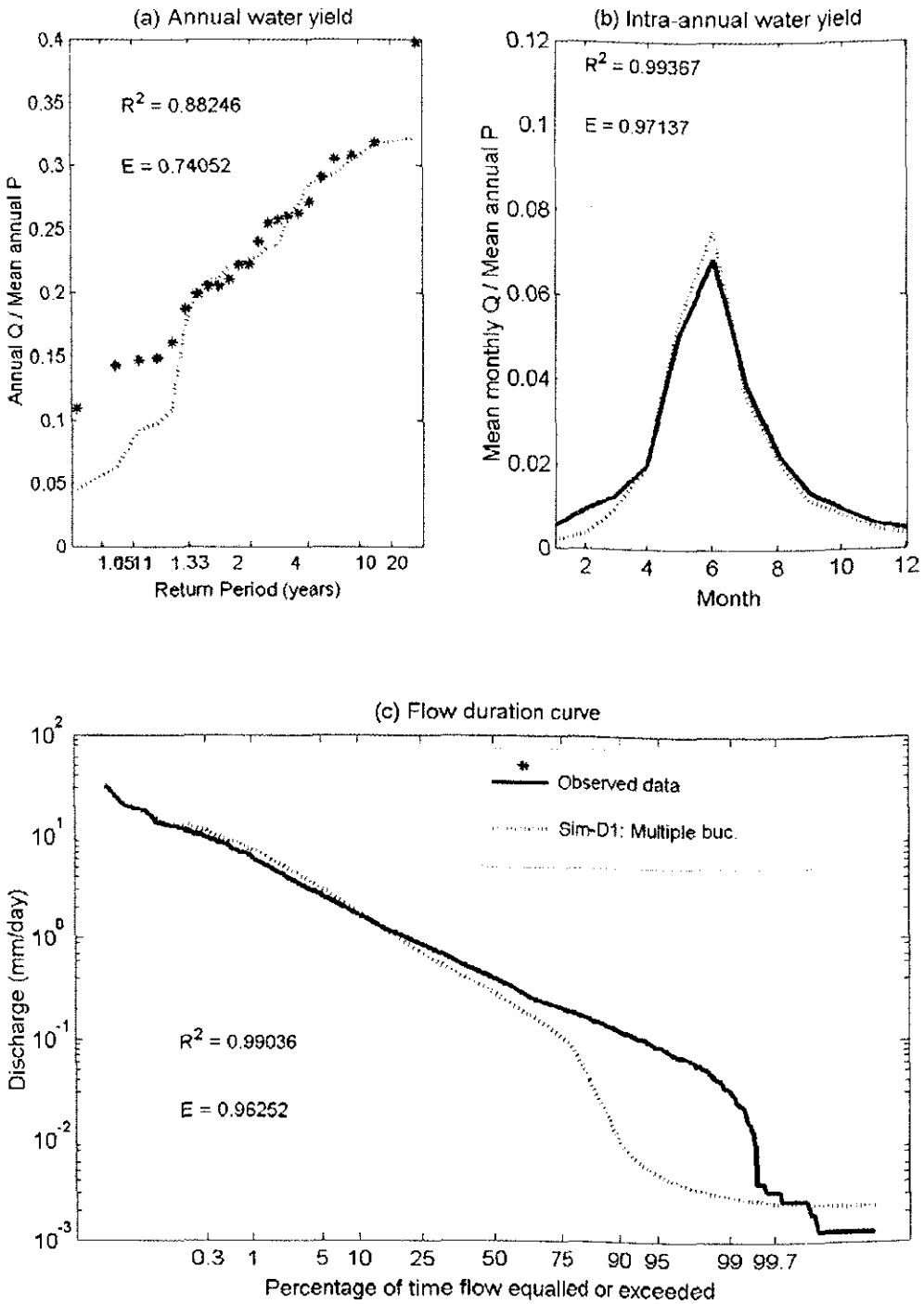
รูปที่ ข-25 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 185 และ สถานีวัดน้ำท่า 060405 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060201 Subcat. : 201 A = 47 km²



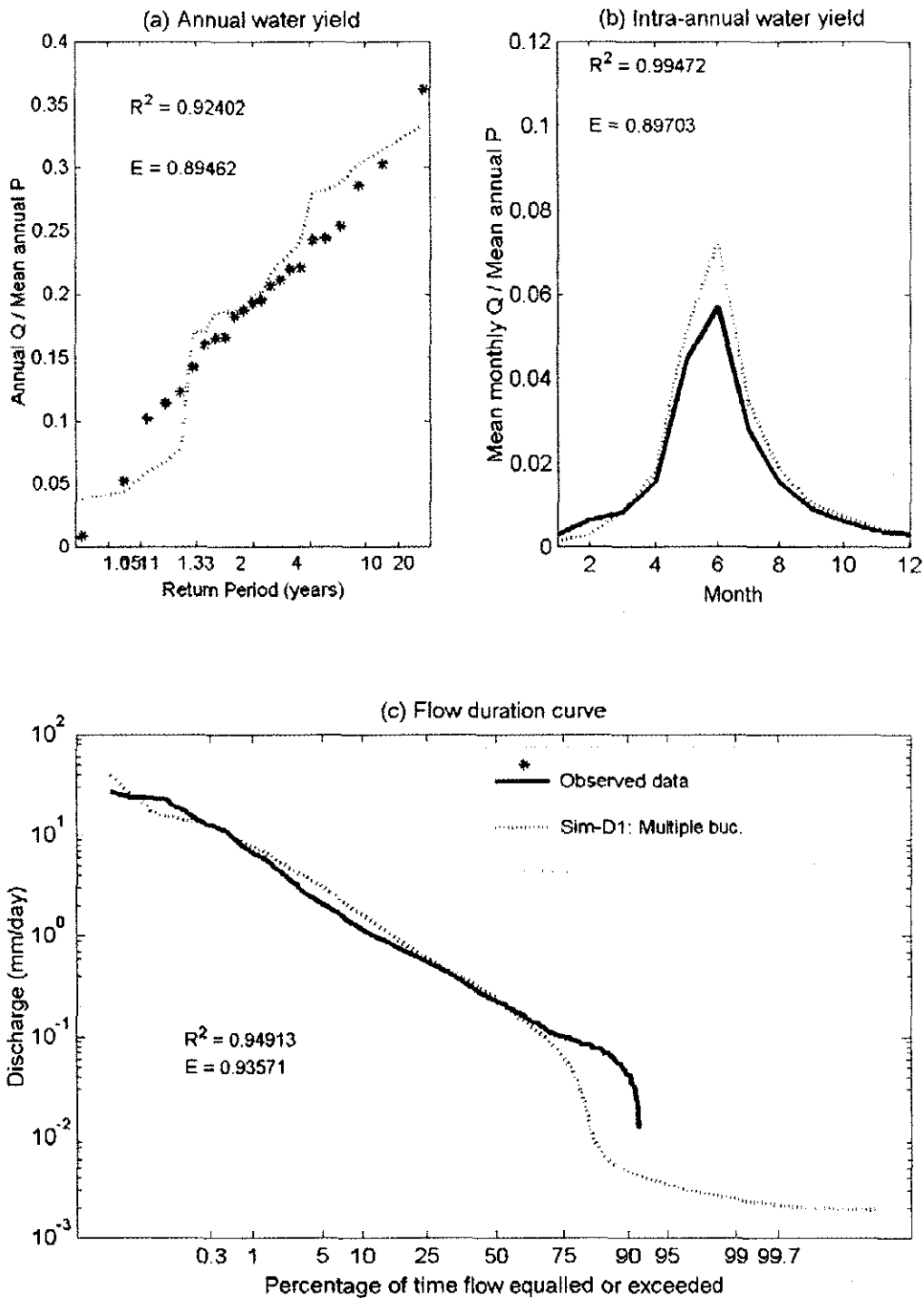
รูปที่ ๗-26 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลงของน้ำรายวัน
 ลุ่มน้ำย่อยที่ 201 และ สถานีวัดน้ำท่า 060201 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : P.20 Subcat. : 203 A = 1,346 km²



รูปที่ ๒-๒๗ การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลงสมของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 203 และ สถานีวัดน้ำท่า P.20 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

Station : 060202 Subcat. : 204 A = 202 km²



รูปที่ ๗-28 การเปรียบเทียบผลการวัดและการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน
 กลุ่มน้ำย่อยที่ 204 และ สถานีวัดน้ำท่า 060202 (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่ารายปี
 (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี (c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

ภาคผนวก ฅ

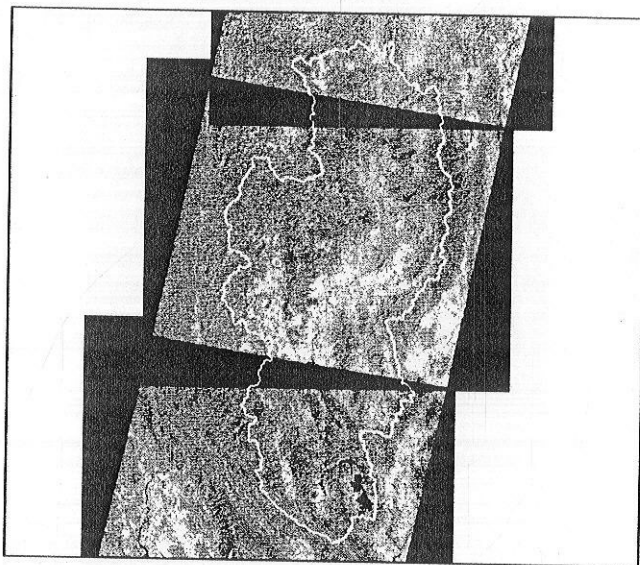
การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

แปลความหมายการใช้ที่ดิน

การวิเคราะห์แปลความหมายการใช้ที่ดินจากดาวเทียม

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา อาศัยเทคนิคการแปลตีความแบบผสมผสาน (Hybrid) โดยมีขั้นตอนและกระบวนการทางด้านการรับรู้จากระยะไกลดังนี้

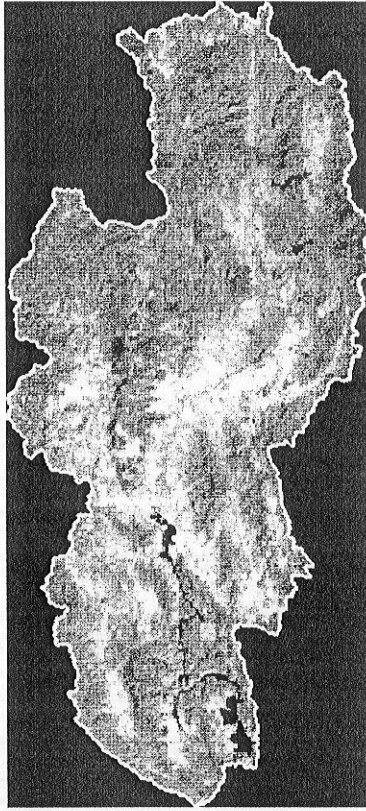
1. นำเข้าข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท (Image Land SAT Satellite) ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 ภาพ (รูปที่ ฅ-1) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ณ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2549 เข้าสู่โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



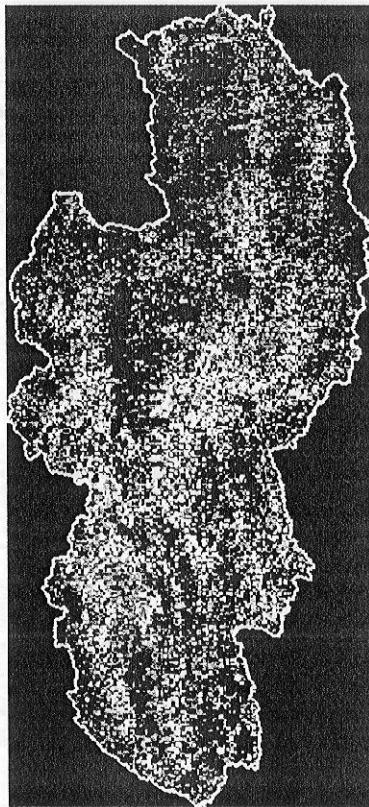
รูปที่ ฅ-1 แสดงภาพจากดาวเทียมแลนด์แซทบริเวณพื้นที่ศึกษา (ภาพสีผสมเท็จ แบนด์ 4,5,3)

2. ทำการโมเสคภาพ (Image mosaic) พร้อมตัดข้อมูลภาพส่วนที่อยู่นอกพื้นที่ศึกษาออก และทำการแปลงระบบพิกัดให้อยู่ในระบบเดียวกับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (WGS84) จะได้ข้อมูลดังรูปที่ ฅ-2

3. ทำการแปลภาพโดยใช้โปรแกรม ERDAS Imagine 8.5 แบบวิธีไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification) เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลการใช้ที่ดิน ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลการใช้ที่ดินอย่างคร่าว ๆ อันจะเป็นประโยชน์ในการเลือกข้อมูลพื้นที่ตัวอย่าง ในขั้นตอนการออกสำรวจภาคสนาม ผลจากการแปลภาพทำให้ได้รูปแบบการใช้ที่ดินทั้งหมด 31 รูปแบบ ดังรูปที่ ฅ-3



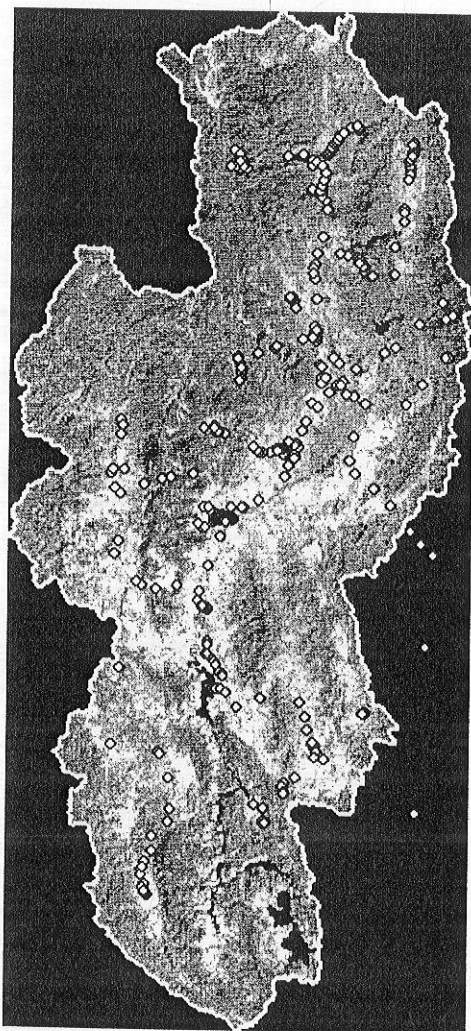
รูปที่ ๓-2 แสดงภาพโมเสคบริเวณพื้นที่ศึกษา (ภาพสีผสมเท็จดาวเทียมแลนด์แซท แบนด์ 4,5,3)



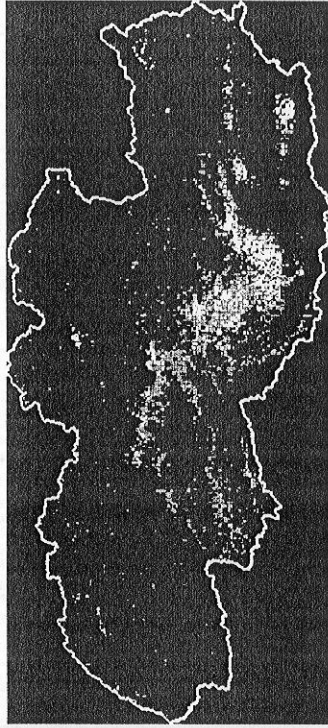
รูปที่ ๓-3 แสดงรูปแบบการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (แปลภาพแบบวิธีไม่กำกับดูแล)

4. สํารวจข้อมูลภาคสนามโดยอาศัยเครื่องกำหนดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม (GPS) ให้ครอบคลุมตัวอย่างพื้นที่การใช้ที่ดินทั้ง 31 รูปแบบ (รูปที่ ๓-4) จะทำให้ทราบข้อมูลลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่จริง แล้วนำมากำหนดเป็นข้อมูลพื้นที่ฝึกหัด (Training area) เพื่อใช้ในการแปลภาพด้วยวิธีกำกับดูแล (Supervised classification) การเลือกกลุ่มตัวอย่างในภาพดาวเทียมฯ ใช้ทั้งวิธีคลิกไทซ์จากหน้าจอ (Digitize on screen) และวิธีชี้สบนหน้าจอ (Seed on screen) ผลการแปลภาพจะได้ข้อมูลลักษณะการใช้ที่ดิน 7 รูปแบบ (รูปที่ ๓-5) ตามที่กำหนด ดังนี้ 1) พื้นที่ป่าไม้ 2) พื้นที่เกษตร ไร่ยืนต้น 3) พื้นที่เกษตรพืชไร่ 4) พื้นที่เกษตรนาข้าว 5) พื้นที่เมือง 6) พื้นที่แหล่งน้ำ และ 7) พื้นที่อื่น ๆ ที่ไม่สามารถจำแนกได้

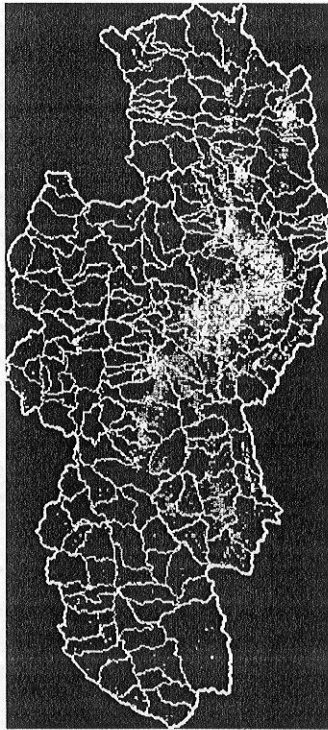
5. ซ้อนทับ (Overlay) ข้อมูลพื้นที่การใช้ที่ดิน กับข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จะทำให้ทราบว่าในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วยรูปแบบการใช้ที่ดินใดบ้างและมีสัดส่วนพื้นที่เท่าไร ดังแสดงในรูปที่ ๓-6 และตารางที่ ๓-1



รูปที่ ๓-4 แสดงจุดตำแหน่งที่ทำการสำรวจเก็บข้อมูลภาพสนาม



รูปที่ ๓-5 แสดงพื้นที่การใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำย่อย



รูปที่ ๓-6 แสดงรูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ ฅ-1 สัดส่วนการใช้ที่ดินในของ 220 ลุ่มน้ำย่อยในเขตศีกษาลุ่มน้ำปึงตอนบน

basin	crop (%)	forest (%)	rick (%)	tree (%)	urban (%)	water (%)	unclassified (%)	total Area (sq.km)
1	3.69	70.84	0.43	0.14	9.05	15.85	0.00	832.54
2	1.27	90.76	0.01	0.14	3.28	4.55	0.00	156.73
3	0.34	95.05	0.00	0.46	3.95	0.20	0.00	132.93
4	2.34	85.06	0.44	0.16	10.48	1.52	0.00	249.23
5	0.72	91.03	0.58	0.06	7.60	0.01	0.00	86.10
6	0.02	98.49	0.36	0.20	0.88	0.05	0.00	127.68
7	0.07	94.38	0.96	0.63	3.87	0.07	0.00	175.92
8	0.00	94.62	3.65	0.53	1.17	0.02	0.00	88.80
9	0.01	97.25	1.39	0.20	1.15	0.00	0.00	199.13
10	0.01	95.71	1.04	0.64	2.60	0.00	0.00	180.02
11	0.02	93.93	2.16	0.57	3.32	0.00	0.00	166.26
12	0.01	93.13	2.09	0.89	3.88	0.00	0.00	228.22
13	0.12	94.33	1.14	0.90	3.51	0.00	0.00	131.06
14	0.06	96.59	0.29	0.27	2.80	0.00	0.00	64.20
15	0.01	97.94	0.04	0.46	1.54	0.02	0.00	135.15
16	0.00	93.88	0.33	2.22	3.58	0.00	0.01	51.45
17	0.03	96.78	0.15	0.78	2.26	0.00	0.00	219.34
18	0.00	97.18	0.94	0.29	1.59	0.00	0.00	175.92
19	0.02	88.32	0.09	1.59	9.98	0.00	0.00	93.86
20	0.02	89.32	0.46	1.78	8.39	0.02	0.00	234.02
21	0.10	93.35	0.63	0.74	5.18	0.00	0.00	157.37
22	0.17	89.06	0.72	1.52	8.52	0.00	0.01	109.34
23	1.56	90.05	0.00	0.30	4.70	3.38	0.00	129.36
24	0.51	92.62	0.00	0.49	4.36	2.01	0.00	158.66
25	2.40	78.68	0.00	0.46	10.58	7.86	0.00	106.81
26	0.25	92.10	0.02	1.08	6.00	0.55	0.00	134.32
27	0.06	74.98	0.13	0.56	24.23	0.04	0.00	214.30
28	2.16	74.37	0.32	2.17	19.56	1.41	0.00	216.58
29	0.02	87.47	0.02	1.16	11.29	0.03	0.00	123.74
30	1.77	83.13	0.04	0.96	10.19	3.91	0.00	161.80
31	3.32	64.99	0.41	0.60	18.20	12.48	0.00	145.61
32	0.30	86.34	0.00	1.34	12.01	0.01	0.00	162.53
33	0.04	88.98	0.41	3.09	7.47	0.00	0.00	174.51
34	7.36	44.01	3.52	3.48	34.68	6.94	0.00	411.47
35	1.40	72.24	0.30	7.66	18.39	0.00	0.00	218.14
36	7.42	62.92	0.51	1.46	27.68	0.00	0.00	178.50
37	6.34	43.68	6.36	19.40	24.18	0.05	0.00	106.53
38	1.69	59.06	1.94	15.42	21.80	0.09	0.00	310.25
39	2.62	47.01	4.57	21.67	24.08	0.06	0.00	231.52
40	12.16	19.51	1.32	14.16	52.68	0.17	0.00	127.88
41	11.09	39.48	1.03	8.96	39.26	0.17	0.00	101.60
42	13.15	43.35	0.01	6.04	37.46	0.00	0.00	130.18
43	3.91	67.23	0.00	5.07	23.78	0.00	0.00	160.71
44	0.07	2.81	14.38	35.56	47.17	0.00	0.00	6.00
45	7.39	48.40	1.33	5.54	37.34	0.00	0.00	54.19
46	3.83	70.42	0.17	0.54	25.03	0.00	0.00	97.30
47	2.07	83.68	0.24	0.89	13.12	0.00	0.00	106.91
48	6.14	67.48	0.11	0.48	25.79	0.00	0.00	123.78
49	6.25	69.61	0.08	0.55	23.50	0.00	0.00	69.72
50	1.15	89.98	0.11	0.14	8.62	0.00	0.01	172.25
51	0.89	86.23	0.27	0.27	12.34	0.00	0.00	111.15
52	3.75	82.13	0.00	0.15	13.97	0.00	0.00	40.76
53	0.50	91.84	0.26	0.51	6.88	0.01	0.00	37.18
54	0.00	98.00	0.14	0.57	1.29	0.00	0.00	68.00
55	0.01	93.93	3.04	0.90	2.11	0.00	0.01	185.13
56	0.00	96.32	1.14	0.81	1.71	0.00	0.01	150.77

ตารางที่ ฅ-1 สัดส่วนการใช้ที่ดินในของ 220 ลุ่มน้ำย่อยในเขตศึกษาลุ่มน้ำปึงตอนบน (ต่อ)

basin	crop (%)	forest (%)	rick (%)	tree (%)	urban (%)	water (%)	unclassified (%)	total Area (sq.km)
57	0.10	94.31	0.49	0.44	4.66	0.00	0.00	56.04
58	2.01	89.58	0.55	0.41	7.45	0.00	0.00	231.24
59	0.19	91.08	4.34	0.69	3.64	0.06	0.00	145.90
60	0.16	92.73	3.24	0.87	3.00	0.00	0.00	176.53
61	0.25	96.63	0.04	0.11	2.97	0.00	0.00	68.52
62	0.05	98.53	0.24	0.06	1.12	0.00	0.00	103.65
63	0.04	98.41	0.20	0.24	1.10	0.00	0.00	103.99
64	0.01	97.45	0.89	0.56	1.08	0.00	0.00	178.08
65	0.23	96.03	0.43	0.04	3.25	0.02	0.00	120.41
66	0.00	98.83	0.12	0.26	0.80	0.00	0.00	137.50
67	0.00	98.74	0.51	0.30	0.44	0.00	0.01	140.29
68	0.22	97.01	0.22	0.19	2.35	0.00	0.00	160.48
69	0.00	99.54	0.11	0.08	0.27	0.00	0.00	76.75
70	0.09	98.65	0.08	0.22	0.96	0.00	0.00	120.81
71	0.00	99.33	0.19	0.18	0.29	0.00	0.00	166.99
72	0.00	99.32	0.17	0.07	0.43	0.00	0.00	99.09
73	0.00	99.25	0.30	0.05	0.41	0.00	0.00	116.77
74	0.00	99.65	0.15	0.05	0.14	0.00	0.00	225.90
75	0.00	99.14	0.55	0.04	0.26	0.00	0.00	150.62
76	0.00	97.72	1.81	0.14	0.33	0.00	0.01	92.99
77	0.29	5.95	22.59	45.22	25.47	0.42	0.06	16.20
78	1.14	59.71	5.02	13.97	20.06	0.09	0.00	32.34
79	0.00	90.05	0.68	3.09	6.17	0.00	0.00	13.38
80	0.00	95.83	0.10	0.60	3.47	0.00	0.00	66.67
81	0.00	98.16	0.18	0.42	1.23	0.00	0.00	33.77
82	0.50	41.22	14.36	26.44	17.36	0.11	0.00	43.50
83	0.42	84.14	3.08	6.38	5.98	0.00	0.00	50.50
84	0.15	93.60	0.12	1.90	4.24	0.00	0.00	89.82
85	0.02	92.28	0.24	3.36	4.11	0.00	0.00	56.36
86	0.00	97.80	0.61	0.45	1.15	0.00	0.00	92.00
87	0.44	72.45	4.26	8.39	14.46	0.00	0.00	75.75
88	0.07	85.41	1.15	6.70	6.67	0.00	0.00	46.06
89	1.96	13.71	7.87	31.53	44.88	0.05	0.00	225.80
90	1.16	22.25	0.92	19.48	55.76	0.43	0.00	60.74
91	3.19	21.91	0.61	23.22	51.01	0.05	0.00	162.22
92	0.02	2.27	33.75	43.17	20.72	0.07	0.00	273.93
93	0.00	0.33	28.66	29.96	41.00	0.04	0.00	25.43
94	0.08	51.53	4.12	16.72	27.47	0.08	0.00	277.56
95	0.13	40.68	23.64	18.97	16.20	0.39	0.00	331.56
96	0.00	70.32	4.85	11.43	12.26	1.14	0.00	14.05
97	0.00	47.56	7.57	24.93	19.81	0.13	0.00	10.14
98	0.00	92.97	0.88	4.09	2.05	0.01	0.00	91.76
99	0.00	75.45	3.56	17.16	3.83	0.00	0.00	5.77
100	0.00	99.56	0.19	0.24	0.01	0.00	0.00	17.95
101	0.35	60.12	10.30	15.40	13.81	0.02	0.00	154.64
102	2.16	20.98	4.01	40.80	32.06	0.00	0.00	111.98
103	0.85	61.59	1.57	15.86	20.09	0.03	0.00	136.65
104	2.06	78.42	0.02	2.09	17.40	0.00	0.00	162.85
105	6.36	55.67	0.01	4.35	33.41	0.19	0.00	124.71
106	4.17	54.59	0.37	7.79	32.90	0.17	0.00	89.87
107	6.11	48.39	1.13	7.49	36.82	0.07	0.00	227.13
108	7.22	36.51	1.01	11.98	43.17	0.10	0.00	138.69
109	3.04	33.81	0.86	25.96	36.27	0.05	0.00	124.24
110	5.28	29.17	0.95	11.47	52.79	0.34	0.00	89.67
111	4.39	45.08	2.05	8.11	40.31	0.05	0.00	231.11
112	1.97	68.37	1.77	5.27	22.40	0.23	0.00	323.49

ตารางที่ ฅ-1 สัดส่วนการใช้ที่ดินในของ 220 ลุ่มน้ำย่อยในเขตศึกษาลุ่มน้ำปึงตอนบน (ต่อ)

basin	crop (%)	forest (%)	rick (%)	tree (%)	urban (%)	water (%)	unclassified (%)	total Area (sq.km)
113	1.19	64.68	2.72	7.32	24.04	0.05	0.00	160.17
114	0.26	78.26	2.98	6.50	11.98	0.02	0.00	158.97
115	0.38	11.48	10.64	32.23	45.27	0.00	0.00	65.12
116	0.03	30.82	13.58	34.71	20.67	0.19	0.00	103.93
117	0.03	9.23	29.12	37.05	24.52	0.06	0.00	46.78
118	0.09	67.03	8.41	14.85	9.61	0.01	0.00	106.83
119	0.02	97.83	0.24	0.83	1.08	0.00	0.00	192.48
120	0.00	81.23	17.05	1.01	0.66	0.05	0.00	179.62
121	0.00	95.29	0.00	1.57	3.11	0.02	0.00	175.08
122	0.00	99.45	0.37	0.03	0.15	0.00	0.00	57.95
123	0.00	97.06	0.96	0.78	1.20	0.00	0.00	152.11
124	0.00	98.95	0.11	0.28	0.66	0.00	0.00	137.21
125	0.06	97.74	0.36	0.34	1.50	0.00	0.00	218.93
126	0.00	89.39	0.06	7.33	3.22	0.00	0.00	32.13
127	0.00	94.20	0.76	2.10	2.93	0.00	0.00	254.00
128	0.00	92.85	0.68	3.39	3.08	0.00	0.00	52.05
129	0.00	96.36	0.40	2.07	1.17	0.00	0.00	44.33
130	0.01	91.46	0.49	2.95	5.09	0.00	0.00	39.66
131	1.09	40.99	4.45	9.37	43.76	0.35	0.00	147.31
132	1.77	19.58	5.93	18.23	54.49	0.02	0.00	116.42
133	7.30	39.63	0.26	12.09	40.02	0.70	0.00	83.63
134	1.30	36.27	0.86	14.20	47.38	0.00	0.00	8.57
135	0.11	90.87	0.02	1.94	7.06	0.00	0.00	148.08
136	1.14	37.15	2.35	15.40	43.85	0.11	0.00	102.44
137	0.37	62.86	2.91	12.62	21.05	0.17	0.00	93.22
138	0.05	3.57	0.14	27.03	69.21	0.00	0.00	1.14
139	0.41	89.78	0.06	2.76	6.98	0.00	0.00	73.93
140	0.26	75.48	3.77	8.46	11.96	0.06	0.00	129.73
141	0.13	86.27	3.13	3.72	6.67	0.08	0.00	106.66
142	0.03	95.26	1.21	1.68	1.76	0.05	0.00	148.07
143	0.91	40.95	6.70	14.76	36.11	0.56	0.00	234.62
144	0.06	23.42	27.98	29.59	18.78	0.18	0.00	109.46
145	0.03	34.08	31.24	17.25	16.87	0.53	0.00	430.93
146	0.46	58.87	17.86	11.19	11.06	0.55	0.00	141.72
147	0.00	83.18	6.59	6.41	2.81	1.01	0.00	61.43
148	0.00	85.02	0.21	0.55	0.38	13.83	0.00	29.75
149	0.00	95.13	0.00	0.18	0.54	4.15	0.00	61.35
150	0.00	91.74	0.00	0.64	0.19	7.42	0.00	28.07
151	0.00	99.21	0.00	0.33	0.39	0.08	0.00	91.54
152	0.07	92.07	0.16	2.31	5.22	0.17	0.00	73.07
153	0.00	92.65	1.51	4.20	1.64	0.00	0.00	3.26
154	0.11	90.26	1.01	2.29	4.13	2.19	0.00	4.96
155	0.00	98.93	0.02	0.39	0.34	0.32	0.00	13.20
156	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.33
157	0.00	99.92	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	24.61
158	0.00	98.64	0.14	0.83	0.38	0.00	0.00	26.35
159	0.00	98.97	0.00	0.48	0.55	0.00	0.00	0.68
160	0.00	99.97	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	24.31
161	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.56
162	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38
163	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83
164	0.00	99.47	0.00	0.31	0.21	0.00	0.00	126.01
165	0.09	13.78	38.70	17.55	29.87	0.00	0.00	5.99
166	0.56	66.72	7.71	11.08	13.89	0.05	0.00	50.98
167	0.00	93.35	2.26	3.41	0.98	0.00	0.00	54.06
168	0.31	81.17	3.51	5.97	9.00	0.05	0.00	36.20

ตารางที่ ฉ-1 สัดส่วนการใช้ที่ดินในของ 220 ลุ่มน้ำย่อยในเขตศึกษาลุ่มน้ำปึงตอนบน (ต่อ)

basin	crop (%)	forest (%)	rick (%)	tree (%)	urban (%)	water (%)	unclassified (%)	total Area (sq.km)
169	0.00	91.19	3.47	3.65	1.69	0.00	0.00	90.14
170	0.00	99.32	0.18	0.14	0.36	0.00	0.00	123.04
171	0.07	82.46	3.93	8.45	5.06	0.04	0.00	155.92
172	0.25	62.30	9.11	17.49	10.72	0.14	0.00	88.97
173	0.00	94.96	1.35	3.02	0.67	0.00	0.00	56.74
174	0.00	98.15	0.58	0.93	0.33	0.00	0.00	153.88
175	0.00	99.95	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	231.05
176	0.00	99.68	0.02	0.04	0.25	0.00	0.00	179.82
177	0.00	97.45	1.43	0.16	0.94	0.00	0.00	108.02
178	0.01	92.84	0.41	1.10	5.65	0.00	0.00	4.28
179	0.00	98.67	0.14	0.28	0.91	0.00	0.00	21.31
180	0.00	79.27	19.85	0.18	0.70	0.00	0.00	2.84
181	0.00	98.27	0.56	0.00	1.17	0.00	0.00	2.72
182	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.06
183	0.00	99.73	0.00	0.05	0.22	0.00	0.00	189.81
184	0.00	99.92	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	64.63
185	0.00	99.32	0.00	0.16	0.52	0.00	0.00	32.09
186	0.00	99.96	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	68.68
187	0.03	97.79	1.20	0.10	0.88	0.00	0.00	202.86
188	0.05	93.72	4.05	0.27	1.90	0.00	0.01	236.47
189	0.00	91.66	4.92	1.25	2.11	0.05	0.01	59.14
190	0.00	92.87	4.38	0.43	2.31	0.00	0.00	26.11
191	0.00	99.83	0.08	0.00	0.09	0.00	0.00	36.14
192	0.09	96.75	0.28	0.27	2.62	0.00	0.00	181.15
193	0.12	79.47	2.13	6.66	11.34	0.27	0.00	46.69
194	0.08	54.52	17.62	15.64	12.08	0.06	0.00	56.59
195	0.12	67.00	8.63	9.70	14.32	0.23	0.00	107.67
196	0.10	55.33	11.36	18.24	14.97	0.00	0.00	32.60
197	0.00	95.11	0.06	3.25	1.58	0.00	0.00	52.97
198	0.00	97.48	0.00	1.62	0.69	0.21	0.00	39.23
199	0.01	91.10	2.78	3.70	2.41	0.00	0.00	108.80
200	0.00	70.41	20.51	5.25	3.83	0.00	0.00	4.61
201	0.00	85.39	0.00	0.00	14.61	0.00	0.00	55.31
202	0.02	90.60	4.93	4.46	0.00	0.00	0.00	122.66
203	0.05	91.33	2.35	3.39	2.87	0.02	0.00	252.87
204	0.01	97.74	0.24	0.98	1.00	0.02	0.00	202.52
205	0.02	89.30	3.62	4.58	2.24	0.23	0.00	161.71
206	0.02	93.07	1.61	2.73	2.55	0.00	0.00	208.20
207	0.04	95.39	0.17	0.94	3.46	0.00	0.00	249.21
208	1.60	78.72	0.49	3.01	16.13	0.05	0.00	271.13
209	0.45	75.55	4.27	6.47	3.32	9.94	0.00	20.41
210	0.00	91.21	0.00	0.02	0.00	8.77	0.00	95.48
211	0.04	83.62	1.80	5.98	8.19	0.36	0.00	167.94
212	0.00	97.47	0.02	1.06	1.45	0.00	0.00	159.97
213	0.14	86.96	1.23	5.72	5.34	0.61	0.00	282.45
214	0.08	61.65	11.98	16.00	10.03	0.26	0.00	100.47
215	0.22	84.97	0.03	3.89	10.90	0.00	0.00	14.87
216	0.01	94.40	1.61	2.36	1.59	0.03	0.00	89.79
217	0.01	67.74	24.70	4.47	2.80	0.30	0.00	132.99
218	0.00	93.99	3.11	1.17	1.73	0.00	0.00	81.20
219	0.00	89.92	6.31	2.99	0.79	0.00	0.00	59.60
220	0.00	99.89	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	80.88
total (sq.km)	312.56	20239.58	862.17	1455.82	3105.59	253.06	0.34	26229.12

ภาคผนวก ๑

ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศ

RAINFALL VARIABILITY OVER SOUTH-EAST ASIA—CONNECTIONS WITH INDIAN MONSOON AND ENSO EXTREMES: NEW PERSPECTIVES

R. H. KRIPALANI* AND ASHWINI KULKARNI

*Indian Institute of Tropical Meteorology, Pashan, Pune 411008, India
email: rhksup@tropmet.ernet.in*

Received 13 September 1996

Revised 5 March 1997

Accepted 14 March 1997

ABSTRACT

Seasonal and annual rainfall data for 135 stations for periods varying from 25 to 125 years are utilized to investigate and understand the interannual and short-term (decadal) climate variability over the South-east Asian domain. Contemporaneous relations during the summer monsoon period (June to September) reveal that the rainfall variations over central India, north China, northern parts of Thailand, central parts of Brunei and Borneo and the Indonesian region east of 120°E vary in phase. However, the rainfall variations over the regions surrounding the South China Sea, in particular the north-west Philippines, vary in the opposite phase. Possible dynamic causes for the spatial correlation structure obtained are discussed.

Based on the instrumental data available and on an objective criteria, regional rainfall anomaly time series for contiguous regions over Thailand, Malaysia, Singapore, Brunei, Indonesia and Philippines are prepared. Results reveal that although there are year-to-year random fluctuations, there are certain epochs of the above- and below-normal rainfall over each region. These epochs are not forced by the El Niño/La Nina frequencies. Near the equatorial regions the epochs tend to last for about a decade, whereas over the tropical regions, away from the Equator, epochs last for about three decades. There is no systematic climate change or trend in any of the series. Further, the impact of El Niño (La Nina) on the rainfall regimes is more severe during the below (above) normal epochs than during the above (below) normal epochs. Extreme drought/flood situations tend to occur when the epochal behaviour and the El Niño/La Nina events are phase-locked. © 1997 by the Royal Meteorological Society. *Int. J. Climatol.*, 17: 1155–1168 (1997).

(No. of Figures: 9 No. of Tables: 2 No. of References: 30)

KEY WORDS: South-east Asia rainfall; Indian monsoon; teleconnections; ENSO; epochs; phase locking.

INTRODUCTION

South-east Asia consists of the mainland lying to the east of India and south of China, together with the islands to the south and east (Figure 1). This extensive area consists of Myanmar (formerly Burma), Thailand, Indo-China (Vietnam, Laos, Kampuchea), Malaysia, Singapore, the islands forming the Republic of Indonesia, Borneo, Brunei, the Philippine islands, Portuguese Timor and the western New Guinea.

Monsoon-related droughts and floods have an enormous social and economic impact on the people of India, China and the countries of South-east Asia, which form a large segment of the world's population. A large amount of scientific literature on the Indian and the East Asian monsoon is available (reviews available in Fein and Stephens, 1987; Chang and Krishnamurti, 1987; Lau and Li, 1984). However, possible connections between rainfall anomalies over the countries in the Asian domain are not well documented. Most of the previous studies on rainfall variability in the monsoon belt have focused on regional monsoon areas such as India, China, Indonesia, etc. By comparison, possible connections within the Asian monsoon have received little attention. Some work in this direction has been done by investigating the relationship between rainfall variations over India with variations over China (Kripalani and Singh, 1993), over Thailand (Kripalani *et al.*, 1995) and over Bangladesh and Nepal (Kripalani *et al.*, 1996a). These studies have shown that the rainfall variations over central India, north China and north-west Thailand are in-phase with Indian monsoon rainfall (IMR), whereas the rainfall variations from north-east India up to south-east China are out of phase with IMR (Kripalani, 1997).

*Correspondence to: R. Kripalani, Indian Institute of Tropical Meteorology, Pashan, Pune 411008, India.

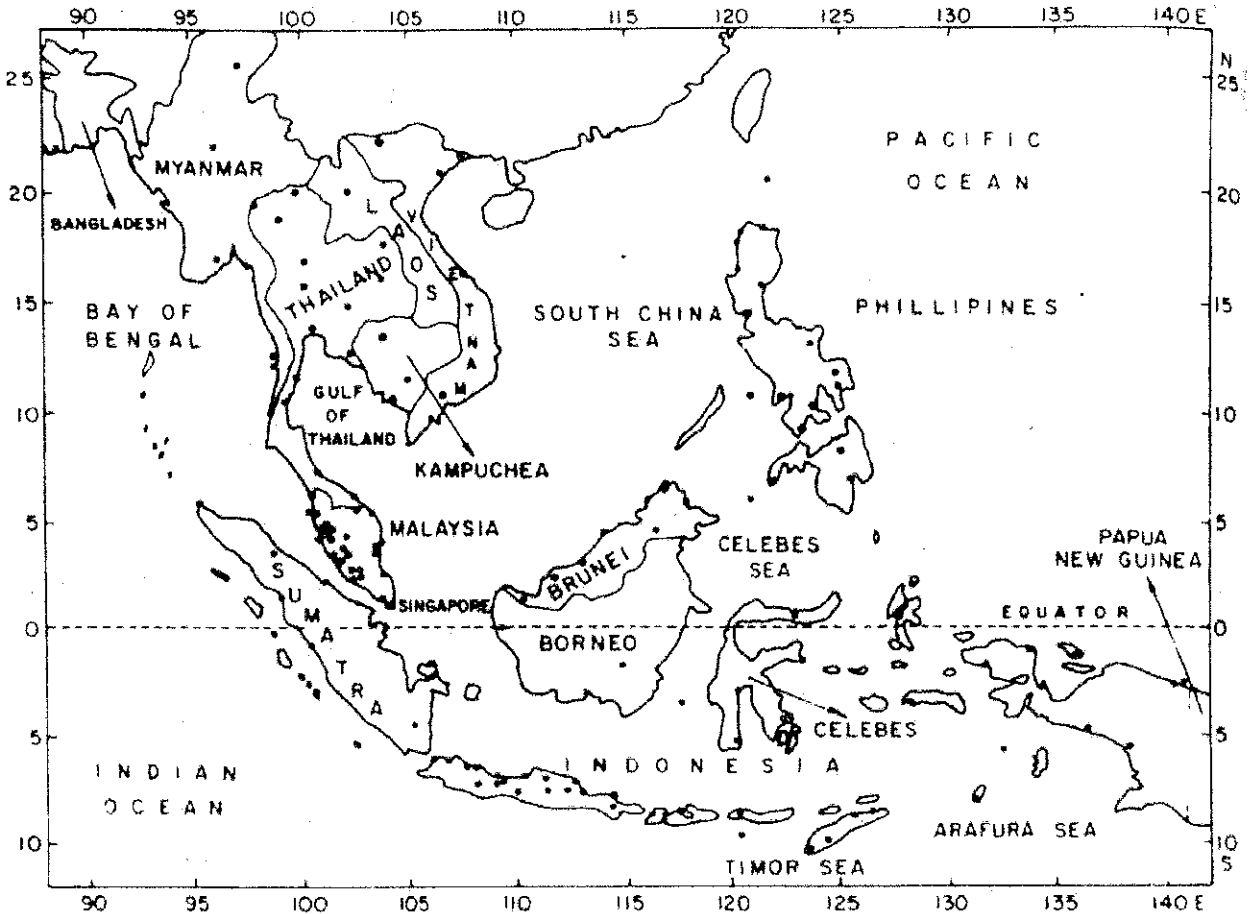


Figure 1. Map showing the region of South-east Asia. Dots represent the location of the stations used in this study

It is now well recognized that the ENSO (El Niño–Southern Oscillation) phenomenon is the single most important mode to the Earth's year-to-year climatic variability. Normally, during the El Niño events the Indian region experiences drought conditions (Ropelewski and Halpert, 1987). Further, there have been distinct epochs of above (1880–1895, 1930–1963) and below (1895–1930, 1963–1990) normal rainfall over India. In a recent study, Kripalani and Kulkarni (1997a) have shown that the impact of El Niño is more severe during the below normal epochs and that the epochal behaviour of IMR is not forced by the El Niño/La Niña frequencies. The general climatological and environmental information and the circulation features over this region are available (e.g. Hastenrath, 1991; Martyn, 1992).

In view of the above, the purpose of the present empirical study is:

- (i) to explore possible spatial connections of rainfall variations over the South-east Asian domain with those over the Indian region;
- (ii) to prepare time series of areally averaged rainfall over contiguous regions in this sector and to determine the epochs of above and below normal rainfall;
- (iii) to investigate whether these epochs are forced by the El Niño/La Niña events and whether the impact of El Niño/La Niña on rainfall regimes over this region is the same or different during these epochs.

DATA

The monthly station rainfall data for 135 stations (Figure 1) has been extracted from the Numeric Data Package *The Global Historical Climatology Network: Long-term Monthly Temperature, Precipitation, Sea-level Pressure,*

and Station Pressure Data. This data package has been prepared by the Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, USA. This data set has been subjected to thorough quality control checks. For details the reader may refer to Voce *et al.*, (1992).

Out of the 135 stations, 20 stations had data for 100 to 125 years, 82 stations for 50 to 100 years, and for the remaining stations the data period was 25 to 50 years. For 65 stations, missing data was less than 10 per cent, whereas for 41 stations the missing data was between 10 and 20 per cent. The remaining stations had 20–40 per cent of data missing.

The time series for IMR (June to September) has been taken from Parthasarathy *et al.*, (1994)).

SPATIAL CONNECTIONS WITH IMR

The search for teleconnections usually involves the calculation of a sample cross-correlation function for the pairs of time series. The existence of autocorrelation can lead to apparent leading or lagging relationships when none are actually present. Further, the effect of autocorrelation of the individual time series is to ‘smear out’ any contemporaneous cross-correlation that might be present (Katz, 1988). Cross-correlation functions are frequently presented for variables without first removing or correcting for the effects of autocorrelation (Kulkarni and Storch, 1995). However, all the rainfall series used here are free from autocorrelation because the lag-1 autocorrelations are insignificant. The common data period available for this analysis was 1951–1975. For a sample of 25 values the significant correlation is *ca.* 0.5 (0.4) at the 1 (5) per cent significance level.

The time series of IMR is correlated with the seasonal (June to September) rainfall of each of the 135 stations and with rainfall of 52 blocks (Kulkarni *et al.*, 1992) over India. This spatial pattern of contemporaneous correlations is shown in Figure 2. For completeness, this figure also includes the spatial correlations with Chinese rainfall (Kripalani and Singh, 1993), which are also based on the same data period.

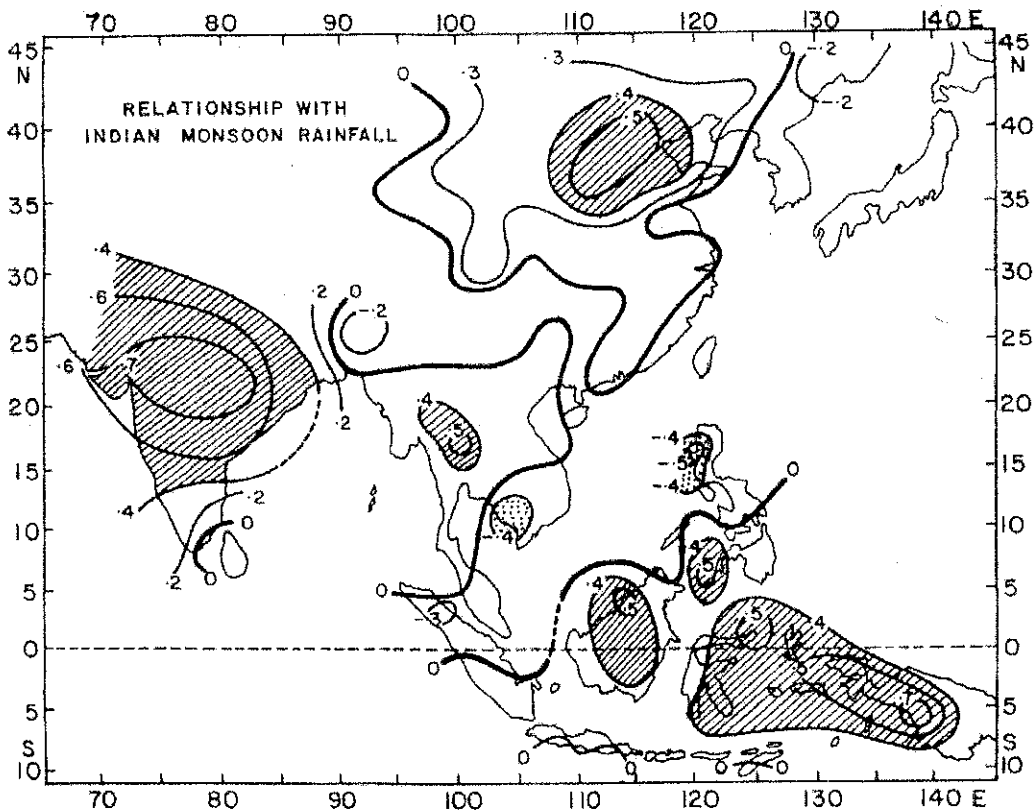


Figure 2. Spatial distribution of the correlation coefficients of IMR with seasonal rainfall (June–September) of each of the 135 stations. Regions that show significant positive (negative) correlation with IMR have been hatched (stippled)

Figure 2 reveals that the rainfall variations over central India, north China, north-west Thailand, central parts of Brunei and Borneo and the Indonesian region lying between 120° to 140° E are in phase, and show a high significant positive relationship with IMR. Although Brunei and Borneo's main rainy months are during the winter period (November through to February), they do receive rainfall during the summer monsoon months (Kripalani and Kulkarni, 1997b). The Indonesian region (showing high positive significant relationship with IMR) lying south of the equator between Celebes and New Guinea gets high rainfall during the northern summer monsoon period also (Kripalani and Kulkarni, 1997b). Thus extensive coherent regions showing in-phase variations with IMR occur over north China and the Indonesian region lying between 120° and 140° E. It is well known that the monsoon over north China is greatly influenced by the West Pacific subtropical high (Tao and Chen, 1987). Even the Indian monsoon is affected by changes over the West Pacific (Kripalani *et al.*, 1997). This may be one of the reasons for in-phase variations over the northern parts of China. The strong correlations with IMR between 110° and 140° E, north and south of the Equator, may be due to the impact of the Southern Oscillation phenomenon on both these regions.

The most intriguing feature is that the region surrounding the South China Sea, namely Kampuchea, southern Vietnam, Malaysia and north-west Philippines, is out of phase and shows a negative relationship with IMR. However, the out-of-phase relationship is significant over southern parts of Kampuchea and north-west Philippines only, in particular over north-west Philippines. This out-of-phase relationship over the Philippines region has been noted earlier using outgoing longwave radiation data (Kripalani *et al.*, 1991).

The South-east Asian summer monsoon has its low-level branch of the local Hadley circulation, with substantial convergence, pronounced updraft and vigorous rain, around 10° – 20° N over the Bay of Bengal region,

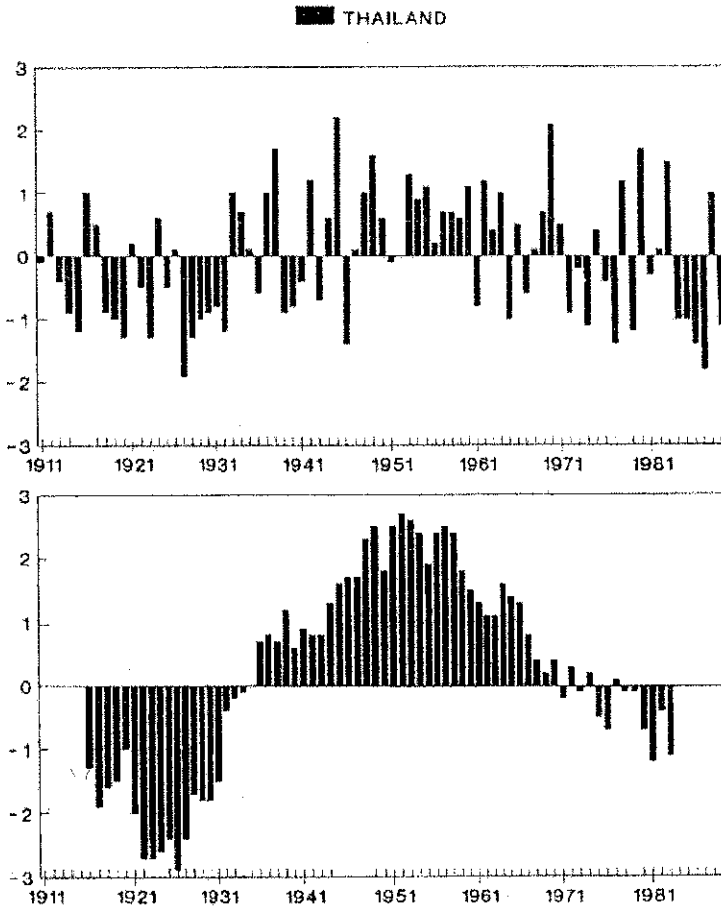


Figure 3. Year-to-year standardized monsoon rainfall over Thailand (top panel). Values of the Cramer's t statistic for the 11-year running means (bottom panel). The t values are plotted at the centre of the 11-year period

Figure 2 reveals that the rainfall variations over central India, north China, north-west Thailand, central parts of Brunei and Borneo and the Indonesian region lying between 120° to 140°E are in phase, and show a high significant positive relationship with IMR. Although Brunei and Borneo's main rainy months are during the winter period (November through to February), they do receive rainfall during the summer monsoon months (Kripalani and Kulkarni, 1997b). The Indonesian region (showing high positive significant relationship with IMR) lying south of the equator between Celebes and New Guinea gets high rainfall during the northern summer monsoon period also (Kripalani and Kulkarni, 1997b). Thus extensive coherent regions showing in-phase variations with IMR occur over north China and the Indonesian region lying between 120° and 140°E . It is well known that the monsoon over north China is greatly influenced by the West Pacific subtropical high (Tao and Chen, 1987). Even the Indian monsoon is affected by changes over the West Pacific (Kripalani *et al.*, 1997). This may be one of the reasons for in-phase variations over the northern parts of China. The strong correlations with IMR between 110° and 140°E , north and south of the Equator, may be due to the impact of the Southern Oscillation phenomenon on both these regions.

The most intriguing feature is that the region surrounding the South China Sea, namely Kampuchea, southern Vietnam, Malaysia and north-west Philippines, is out of phase and shows a negative relationship with IMR. However, the out-of-phase relationship is significant over southern parts of Kampuchea and north-west Philippines only, in particular over north-west Philippines. This out-of-phase relationship over the Philippines region has been noted earlier using outgoing longwave radiation data (Kripalani *et al.*, 1991).

The South-east Asian summer monsoon has its low-level branch of the local Hadley circulation, with substantial convergence, pronounced updraft and vigorous rain, around 10° – 20°N over the Bay of Bengal region,

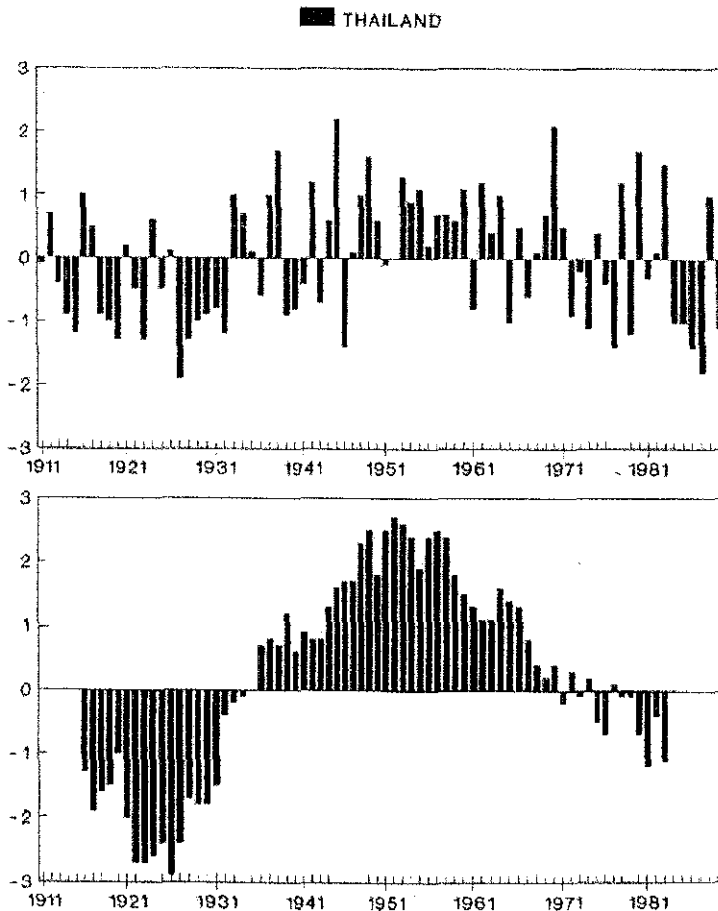


Figure 3. Year-to-year standardized monsoon rainfall over Thailand (top panel). Values of the Cramer's t statistic for the 11-year running means (bottom panel). The t values are plotted at the centre of the 11-year period

whereas the western North Pacific summer monsoon has its active convection and updraft centre occurring over the key domain (10°–20°N, 130°–150°E) of the world's highest sea-surface temperatures. The boundary between these two monsoon regimes appears to exist somewhere over the South China Sea, where relatively dry weather persists and where the downdraft portion of both these monsoons occurs (Murakami and Matsumoto, 1994). This may have led to the out-of-phase relationship surrounding the South China Sea. Further, north-west Philippines is influenced by the pressure changes over the South China Sea. During the low pressure phase, enhanced cloudiness is found in the vicinity of the Philippines. In the phase change from low to high pressure a remarkable decrease in cloudiness is found near the Philippines, and the intensity of the Indian monsoon increases (Tao and Chen, 1987). Thus the intensity of the monsoon in the South China Sea does not necessarily correlate positively with the Indian monsoon. Recent simulations of the East Asian monsoon with atmospheric general circulation models have also noted that the monsoon over the Indian region (60°–90°E, 6°–22°N) and over the East Asian region (110°–125°E, 12°–22°N) seem to be negatively correlated (Wang and Xun-Qiang, 1995). Thus the empirical results obtained in this study are consistent with earlier studies and with model simulated results.

INTERANNUAL AND DECADAL VARIABILITY

Based on the available instrumental data, time series of areally averaged rainfall amounts are prepared using the simple arithmetic mean of station rainfall data for a particular region. However, because the rainfall over one location may differ to another location within a country, the stations selected for averaging are based on an

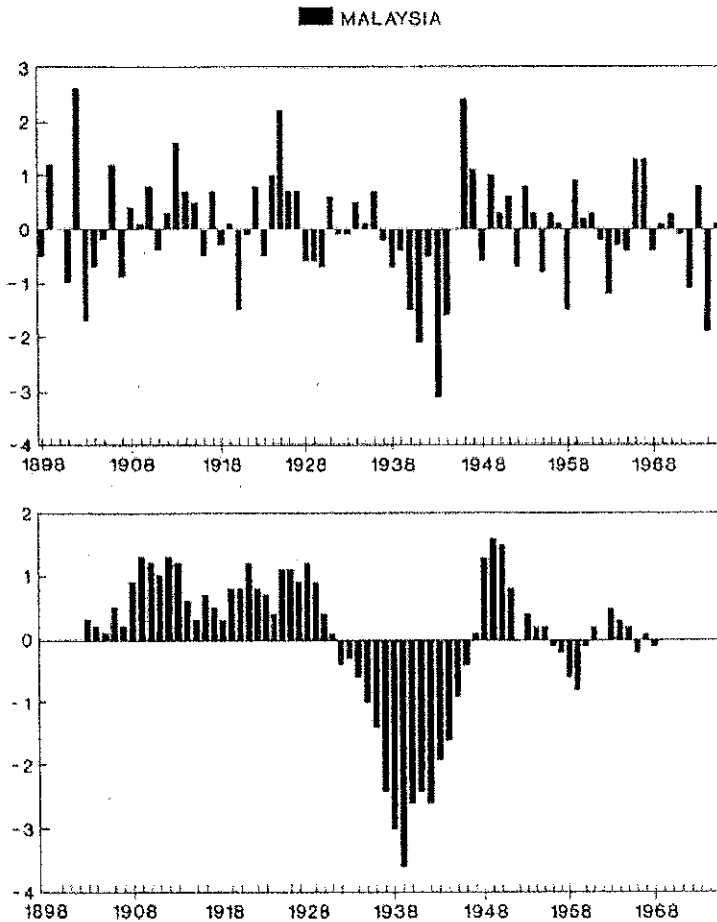


Figure 4. Same as Figure 3, but for annual rainfall over Malaysia

objective criteria. Correlation coefficients are computed between station rainfall series within a country. Only the stations having a positive significant correlation between each other are retained for averaging. The average time series is again correlated with the rainfall series of each station selected, to confirm that the average series does represent the region. With this method, rainfall series for the following contiguous regions only could be prepared:

- (i) Thailand (monsoon period) region lying between 12.5° and 19.0° N, 99° and 104° E — average of eight stations for the period 1911–1989 (Figure 3);
- (ii) Malaysia (annual) — 25 stations for the period 1898–1975 (Figure 4);
- (iii) Singapore (annual) — two stations for the period 1872–1980 (Figure 5);
- (iv) Brunei (annual) — seven stations for the period 1908–1980 (Figure 6);
- (v) Indonesia (annual) region lying between 5° and 10° S, 105° and 120° E — 19 stations for the period 1898–1975 (Figure 7);
- (vi) Philippines (monsoon period) region over the north-west sector — six stations for the period 1903–1975 (Figure 8);
- (vii) Philippines (annual) — 19 stations for the period 1903–1975 (Figure 9);

Such series could not be prepared for Myanmar, Laos, Kampuchea, Vietnam, Sumatra, Borneo, Celebes, Papua/New Guinea and the Indonesian region lying east of 120° E owing to limited data. The results presented are based on the available length of data for a region, because the features based on the common data period are similar.

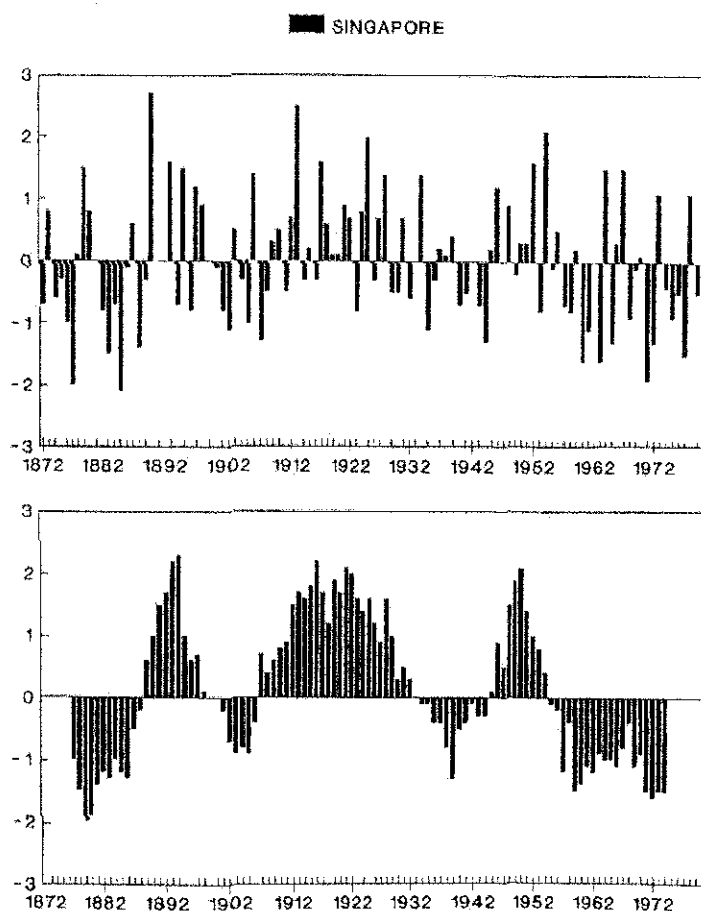


Figure 5. Same as Figure 3, but for annual rainfall over Singapore

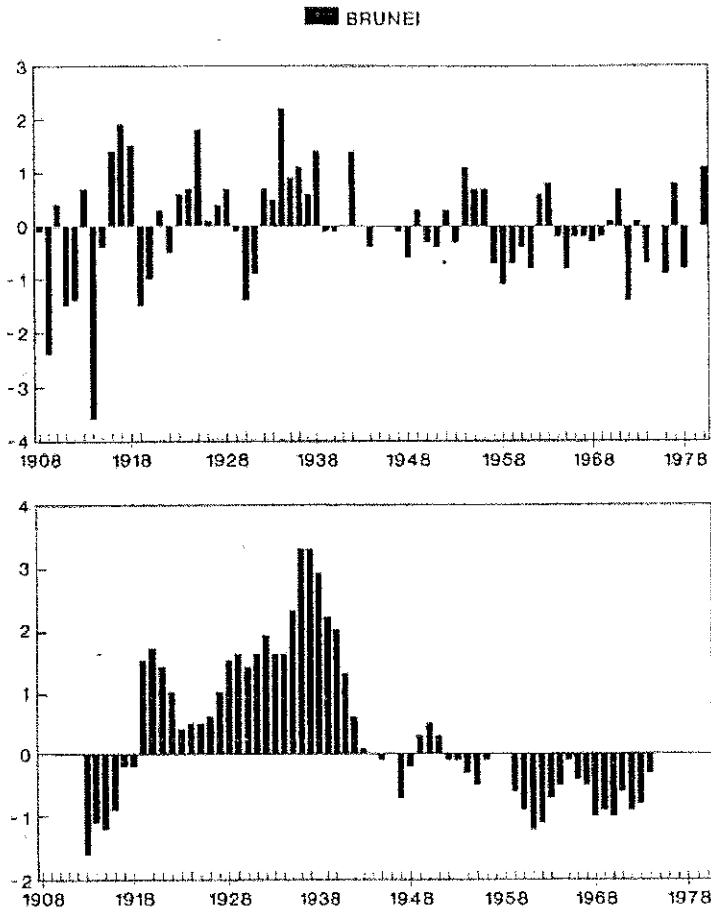


Figure 6. Same as Figure 3, but for annual rainfall over Brunei

All the above series have been subjected to statistical tests. The frequencies of these series are Gaussian according to chi-square and Kolmogorov–Smirnov (K–S) tests (WMO, 1966a). These series are also free from Markovian type of persistence, because the lag-1 autocorrelations are insignificant. Long-term changes are examined with the Mann–Kendall rank statistic (WMO, 1966b). No trends are detected. The short-term climatic fluctuations have been studied by applying Cramer's test for the 11-year (since decadal) running means (WMO, 1966b). This statistic compares the means of the subperiods with the mean of the whole period. Here this statistic has been used to isolate periods of above and below average rainfall only, and not to examine their significance.

Figures 3 to 9 show the year-to-year standardized rainfall (top panel) along with the values of the Cramer's statistic for the 11-year running means (bottom panel) for each series defined above. Although there are year-to-year random fluctuations, the most striking features seen are the epochs of above and below normal rainfall in each series. However, there is no systematic climatic change or trend in any of the series. There appears to be an inherent epochal variability in each of the series. The average length of the period between the turning points (from an epoch of above to below normal or from an epoch of below to above normal) over the equatorial regions (Singapore, Indonesia) is about one decade (oceanic influence), whereas over the tropical regions, away from the Equator (India, Thailand), it is about three decades (continental influence).

Impact of ENSO

The ENSO phenomenon is the most dominant pattern of the short-term climatic variations over the globe. It accounts for a greater proportion of variance of climatic and oceanic fields on time-scales from a season to a

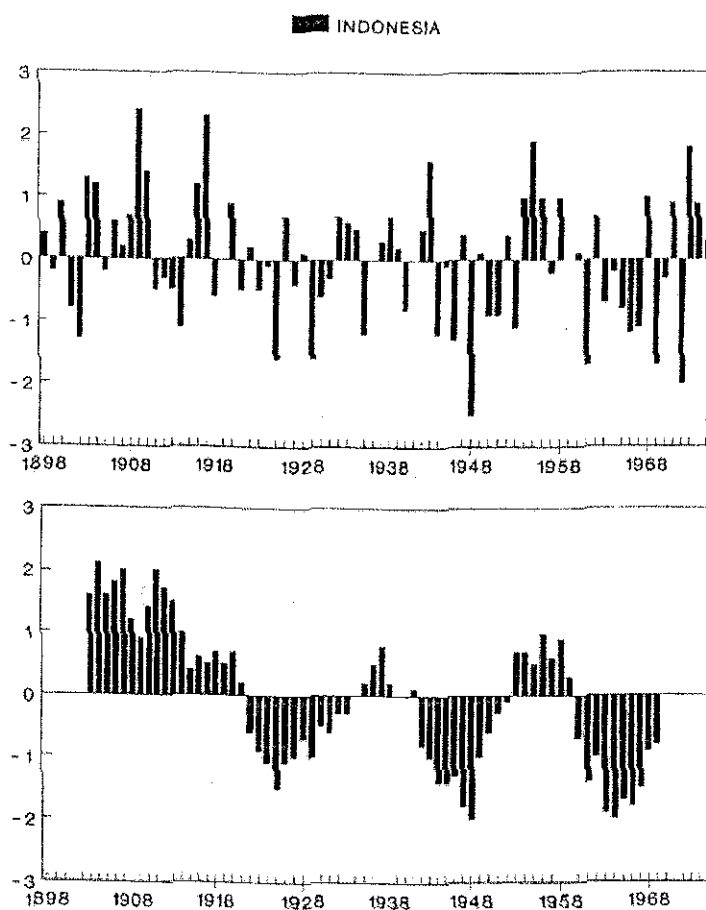


Figure 7. Same as Figure 3, but for annual rainfall over Indonesia

decade than any other single phenomenon, except only the annual cycle. Further, a majority of the warm (cold) extremes, i.e. the El Niño (La Niña) events cause below (above) normal rainfall over the Indo-Australian region (Ropelewski and Halpert, 1987). Whether the impact of these episodes is the same or different during the above- and below-normal epochs remains to be examined. Hence the influence of ENSO warm extremes (Rasmusson and Carpenter, 1983) and the cold extremes (Van Loon and Shea, 1985) on the rainfall regimes is assessed separately during these epochs. However, it would be worthwhile to determine first whether the epochal behaviour is forced by the El Niño/La Niña frequencies.

Epochal behaviour and El Niño/La Niña frequency

The importance of the Southern Oscillation has varied during the last century, with epochs of strong and weaker variations (Trenberth and Shea, 1987). These Pacific decadal time-scale variations have been linked to the recent changes in the frequency and intensity of the El Niño versus La Niña events (Trenberth and Hurrell, 1994). Hence to examine whether the epochal behaviour over the South-east Asian domain is also triggered by the frequency of the El Niño/La Niña events, the 11-year t -statistics have been recomputed by deleting the (i) El Niño cases, (ii) La Niña cases, and (iii) El Niño plus the La Niña cases. The running means are now computed depending on the values available during a particular 11-year period. Results show that the major epochs of above- and below-normal rainfall and the turning points have remained the same (figures not presented). However, although the series are not altered fundamentally by this removal, for some regions, in some time

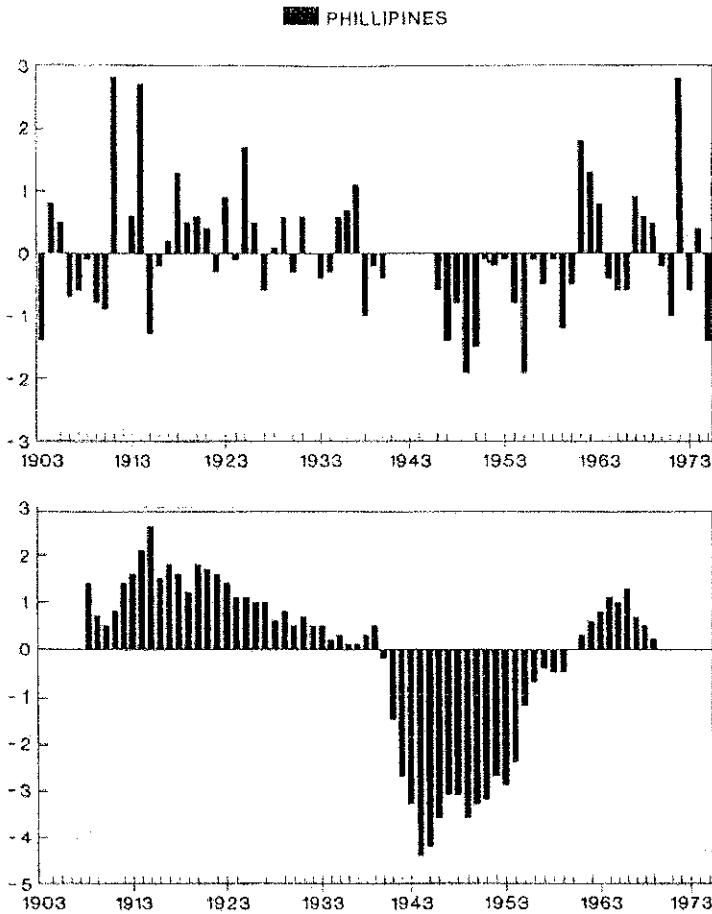


Figure 8. Same as Figure 3, but for seasonal (June–September) rainfall over north-west Philippines

periods, the details are slightly different. Thus this analysis suggests that the epochal behaviour is slightly modified but not fundamentally forced by the El Niño/La Niña frequency. Because the epochal behaviour is not forced by these episodes, El Niño/La Niña events can be considered as an external forcing and the epochal behaviour as an internal variability.

Epochal behaviour and ENSO extremes

The epochs of above- and below-normal rainfall for each region can be inferred from the bottom panel of the respective figures (Figures 3 to 9). The years of the El Niño (La Niña) events during the above- and below-normal epochs, along with the standardized rainfall for each episode for the respective regions, are tabulated in Table I (Table II). Certain El Niño/La Niña cases occurring around the turning points or during the periods where the epochal variability appears damped, could not be classified either in the above- or below-normal epochs. These have been shown separately.

A critical examination of Table I reveals interesting results. It is seen that during the below normal epochs practically all the cases for all the regions have resulted in below normal rainfall. However, in only 50 per cent (on average) of the cases the rainfall has been below normal during the above normal epochs. Even the average standardized rainfall during the below normal epochs for all the regions is negative. However, the average standardized rainfall during the above normal epochs is positive (except for Indonesia). The differences between

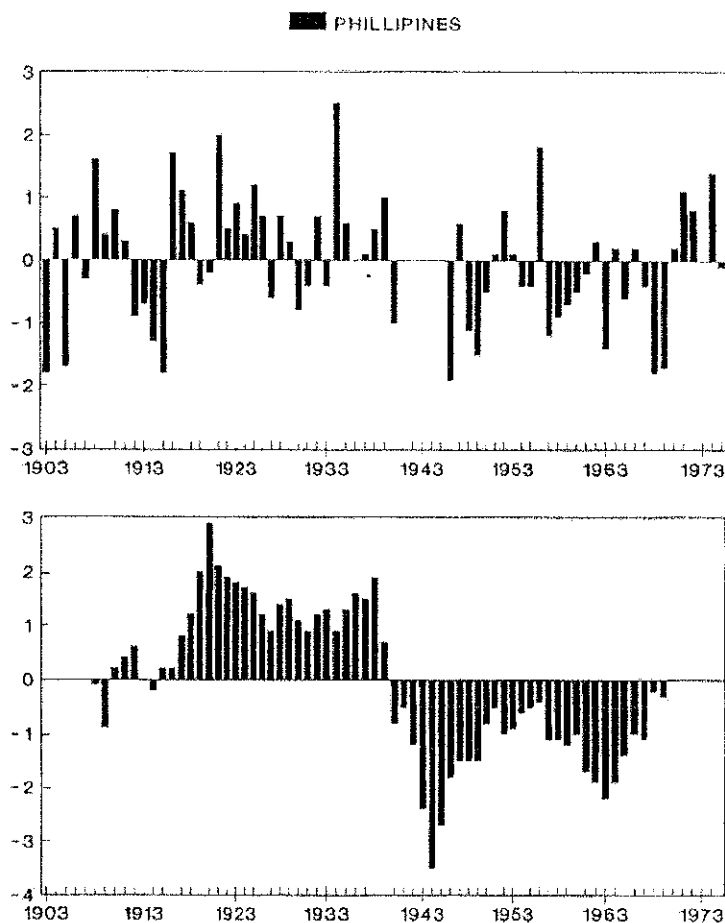


Figure 9. Same as Figure 3, but for annual rainfall over Philippines

the means of the standardized rainfall for the above- and below-normal epochs are significant at the 5 per cent level for Thailand, Malaysia, Singapore and Brunei. Further, severe droughts related to the El Niño events have occurred during the below normal epochs only, e.g. Thailand (1923, 1932), Malaysia (1941), Singapore (1877, 1902, 1905, 1965, 1972), Brunei (1911, 1914, 1972), and Indonesia (1925, 1972). Most of the El Niño cases that have not resulted in below normal rainfall are the ones which have occurred during the above normal epochs, e.g. the El Niño during 1925 resulted in above normal rainfall over Malaysia, Singapore and Brunei. Hence the major drought situations occur when the epochal variability and the El Niño events occur in-phase (phase-locking), i.e. the impact of El Niño is more severe during the below normal epochs than during the above normal epochs. Indonesia lies at the centre of action of the Southern Oscillation phenomenon, this may be the reason that the impact of El Niño is practically the same during the above normal as well as the below normal epochs.

A similar inference can be drawn for the La Niña cases shown in Table II, however, the results are not as spectacular as for the El Niño cases. On average, 70 (50) per cent of the La Niña cases have resulted in above (below) normal rainfall during the above (below) normal epochs. The differences between the means are highly significant (at the 1 per cent level of significance) for Indonesia and significant (5 per cent) for Thailand only. Majority of the La Niña related floods have occurred during the above normal epochs, e.g. Thailand (1938, 1970) and Singapore (1954). Hence the major extreme events of rainfall (severe floods/droughts), in particular droughts, may be due to the phase-locking between the internal epochal variability and the external forcings of the El Niño/La Niña events.

Table I. Years of the El Niño events.

Region	El Niño years and SR										ASR	Student's <i>t</i> statistic
Thailand (monsoon) Figure 3	B	1918	1923	1925	1930	1932						
	5	-0.9	-1.3	-0.5	-0.9	-1.2						-1.0
	A	1939	1941	1951	1953	1957	1965	1969				
	7	-0.9	-0.4	-0.1	+1.3	+0.7	-1.0	+0.7				+0.0
	T	1972	1976									
Malaysia (annual) Figure 4	B	1939	1941									
	2	-0.4	-2.3									-1.4
	A	1905	1911	1914	1918	1923	1925	1951	1953			
	8	-0.2	-0.4	+0.7	-0.3	-0.5	+2.2	+0.6	+0.8			+0.4
Singapore (annual) Figure 5	T	1930	1932	1957	1965	1969	1972					
	6	-0.8	-0.1	+0.1	-0.4	+0.1	-1.0					
	B	1877	1884	1902	1905	1939	1941	1957	1965	1969	1972	
	10	-2.0	-0.7	-1.2	-1.1	+0.4	-0.6	-0.8	-1.2	-0.1	-1.4	-0.9
	A	1891	1911	1914	1918	1923	1925	1951				
Brunei (annual) Figure 6	7	0.0	-0.6	-0.4	+0.7	-0.8	+2.2	+0.3				+0.2
	T	1887	1896	1899	1930	1932	1953					
	6	+0.7	-0.8	0.0	-0.5	-0.6	-0.8					
	B	1911	1914	1965	1969	1972						
	5	-1.5	-3.6	-0.8	-0.2	-1.4						-1.5
Indonesia (annual) Figure 7	A	1923	1925	1930	1932	1939	1941					
	6	+0.6	+1.9	-1.3	+0.7	-0.1	0.0					+0.3
	T	1918	1951	1953	1957							
	4	+1.5	-0.4	-0.3	-0.7							
	B	1923	1925	1930	1951	1965	1969	1972				
Philippines (monsoon) Figure 8	7	-0.6	-1.6	-0.6	-0.8	-0.8	-1.5	-2.0				-1.1
	A	1902	1905	1911	1914	1918	1957					
	6	-1.3	-0.2	-0.5	-1.2	-0.6	-0.2					-0.7
	T	1932	1939	1941	1953							
	4	+0.8	+0.2	0.0	-1.1							
Philippines (annual) Figure 9	B	1941	1951	1953	1957							
	4	0.0	-0.1	-0.1	-0.5							-0.2
	A	1911	1914	1918	1923	1925	1930	1932	1965			
	8	+2.8	+2.7	+1.4	+1.0	+1.6	-0.3	0.0	-0.6			+1.1
Philippines (annual) Figure 9	T	1939	1969	1972								
	3	-0.2	+0.5	+2.8								
	B	1951	1953	1957	1965							
	4	+0.1	+0.1	-1.2	-0.5							-0.4
	A	1918	1923	1925	1930	1932						
Philippines (annual) Figure 9	5	+0.6	+1.0	+1.2	-0.8	+0.8						+0.6
	T	1911	1914	1939	1941	1969	1972					
	6	+0.3	-1.3	+1.0	0.0	-1.6	+1.0					

Values below the years are the standardized rainfall (SR) for that year. A, Above normal epochs; B, below normal epochs; T, around the turning points or where the epochal variability appears damped; ASR, average standardized rainfall for that particular epoch. Values below B, A and T are frequencies. * (**) significant at 5 (1) per cent level

For Indonesia it appears that the impact of the external forcing plays a more dominant role than the internal epochal behaviour. However, for the Philippines, the epochal behaviour appears to be more important than the impact of the El Niño/La Niña events. Whereas the summer monsoons over Thailand, Indo-China and Malaysia-Indonesia are due to the land-ocean heat contrast, the Philippines is distinctly different due to less significant continentality. Basically this is an oceanic monsoon supported by disturbance activity, with the role of the north-south heat contrast minimal (Murakami and Matsumoto, 1994). As over India (Kripalani and Kulkarni, 1997a), the concept of phase-locking plays a dominant role in determining the extreme situations over Thailand, Malaysia, Singapore and Brunei.

Table II. Same as Table I but for La Niña events

Region		La Niña years and SR							ASR	Student's statistic
Thailand (monsoon) Figure 3	A	1938	1942	1949	1954	1964	1966	1970		
	7	+1.7	+1.2	+1.6	+0.9	+1.0	+0.5	+2.1	+1.3	2.90*
	B	1916	1920	1924	1931					
	4	+1.0	-1.3	+0.6	-0.8				-0.1	
	T	1973	1975	1978						
Malaysia (annual) Figure 4	3	-0.2	+0.4	+1.2						
	A	1906	1908	1916	1920	1924	1949			
	6	+1.2	+0.4	-0.5	-1.5	+1.0	+1.0		+0.3	1.15
	B	1938	1942							
	2	-0.8	-0.5						-0.7	
Singapore (annual) Figure 5	T	1931	1954	1964	1966	1970	1973			
	6	+0.7	+0.3	-0.3	+1.5	+0.3	+0.8			
	A	1892	1916	1920	1924	1949	1954			
	6	0.0	-0.4	+0.1	+0.9	-0.2	+2.3		+0.5	0.06
	B	1886	1903	1938	1942	1964	1966	1970	1973	
Brunei (annual) Figure 6	8	-0.1	+0.5	+0.1	0.0	+1.6	+0.3	+0.1	+1.3	+0.5
	T	1889	1898	1906	1908	1931				
	5	-0.3	+0.9	+1.4	-0.5	+0.8				
	A	1920	1924	1931	1938	1942				
	5	-1.0	+0.7	-0.9	+1.5	+1.4			+0.3	0.16
Indonesia (annual) Figure 7	B	1916	1964	1966	1970	1973				
	5	+1.4	-0.2	-0.2	+0.1	+0.1			+0.2	
	T	1949	1954							
	2	+0.3	+1.2							
	A	1903	1906	1908	1916	1920	1954			
Philippines (monsoon) Figure 8	6	+1.3	+0.5	+0.7	+1.2	+1.0	+1.2		+1.0	4.91**
	B	1924	1931	1942	1949	1964	1966	1970		
	7	-0.1	-0.3	+0.5	+0.1	-0.2	-1.2	-0.3	-0.2	
	T	1938								
	1	+0.8								
Philippines (annual) Figure 9	A	1908	1916	1920	1924	1931	1964	1966		
	7	-0.1	-0.2	+0.6	-0.1	+0.6	-0.3	-0.6	0.0	1.98
	B	1942	1949	1954						
	3	0.0	-1.8	-0.7					-0.8	
	T	1938	1970							
Philippines (annual) Figure 9	2	-1.0	-0.2							
	A	1920	1924	1931	1938					
	4	-0.2	+0.5	-0.5	+0.5				+0.1	0.88
	B	1942	1949	1954	1964	1966				
	5	0.0	-1.5	-0.4	+0.2	+0.2			-0.3	
Philippines (annual) Figure 9	T	1908	1916	1970	1973					
	4	+1.7	+1.8	+0.2	0.0					

CONCLUSIONS

The relationship with IMR has revealed that within the Asian monsoon regime, not only are there regions (north China, some northern parts of Thailand, Borneo, Brunei and Indonesia) which are in-phase with IMR, but there are regions (surrounding the South China Sea) which are out-of-phase also. These types of teleconnections lack physical explanation but are important topics for future research and climate dynamics.

This study has fostered some new insights in the connections between the ENSO extremes and the rainfall variability. First, the analysis of the short-term fluctuations of seasonal and annual rainfall time series show distinct epochs of above- and below-normal rainfall, which are not forced by the El Niño/La Niña frequencies. Second, the epochs tend to last for about one decade over the equatorial oceanic regions and about three decades

over the continental regions. Third, the impact of El Niño is more severe during the below normal epochs than during the above normal epochs. In fact a majority of the El Niños that have occurred during the above normal epochs have caused positive rainfall anomalies. The impact of La Niña appears to be more severe during the above normal epochs. Extreme drought and flood situations tend to occur when the internal epochal behaviour and the external forcings of El Niño/La Niña events are phase-locked.

After examination of the epochal behaviour of rainfall over India for recent years, Kripalani and Kulkarni (1997a) have speculated that India is almost invulnerable to severe droughts during the next two decades. Further Kripalani and Kulkarni (1996) have shown that, although severe droughts over India are linked with El Niño, severe floods are linked with events other than the La Niña events. Besides the ENSO phenomenon, other factors also are believed to be important for the interannual behaviour of the IMR and for the rainfall variability over South-east Asia. A recent study by Kripalani *et al.*, (1996b) suggests that snow depth over Russia is better related to the Indian monsoon than the Eurasian snow cover. All these aspects will be looked into once the recent data over this region are available to the authors.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their thanks to Professor R. N. Keshavamurty, Director, Indian Institute of Tropical Meteorology and Dr S. S. Singh, Deputy Director, for the encouragement and for the facilities provided. The authors also wish to thank sincerely the Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, USA, for the station rainfall data without which this research would not have been possible. Finally thanks are due to the anonymous reviewers for constructive suggestions and to Dr Brian D. Giles for painstaking editorial work.

REFERENCES

- Chang, C. P. and Krishnamurti, T. N. (eds) 1987. *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, Oxford, 544 pp.
- Fein, J. S. and Stephens, P. L. (eds) 1987. *Monsoons*, John Wiley and Sons, New York, 632 pp.
- Hastenrath, S. 1991. *Climate Dynamics of the Tropics* (updated Edition from *Climate and Circulation of the Tropics*), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 488 pp.
- Katz, R. W. 1988. 'Use of cross correlations in the search for teleconnections', *J. Climatol.*, **8**, 241–253.
- Kripalani, R. H. 1997. 'Connections of Indian monsoon rainfall within the Asian monsoon regime', *First WMO International Workshop on Monsoon Studies*, Bali, Indonesia, 24–28 February 1997, WMO/TD No. 786, pp. 104–106.
- Kripalani, R. H. and Kulkarni, A. 1996. 'Assessing the impacts of El Niño and Non-El Niño-related droughts over India', *Drought Network News*, **8** (3), 11–13.
- Kripalani, R. H. and Kulkarni, A. 1997a. 'Climatic impact of El Niño/La Niña on Indian Monsoon: a new perspective', *Weather*, **52**, 39–46.
- Kripalani, R. H. and Kulkarni, A. 1997b. 'Relationship between some large-scale atmospheric parameters and rainfall over southeast Asia: comparison with features over India', *Theor. Appl. Climatol.*, in press.
- Kripalani, R. H. and Singh, S. V. 1993. 'Large scale aspects of India–China summer monsoon rainfall', *Adv. Atmos. Sci.*, **10**, 71–84.
- Kripalani, R. H., Singh, S. V. and Arkin, P. A. 1991. 'Large scale features of rainfall and outgoing longwave radiation over Indian and adjoining regions', *Cont. Atmos. Phys.*, **64**, 159–169.
- Kripalani, R. H., Singh, S. V., Panchawagh, N. and Brikshavana, M. 1995. 'Variability of the summer monsoon rainfall over Thailand — Comparison with features over India', *Int. J. Climatol.*, **15**, 657–672.
- Kripalani, R. H., Inamdar, S. and Sontakke, N. A. 1996a. 'Rainfall variability over Bangladesh and Nepal: comparison and connections with features over India', *Int. J. Climatol.*, **16**, 689–703.
- Kripalani, R. H., Singh, S. V., Vernekar, A. D. and Thapliyal, V. 1996b. 'Empirical study on Nimbus-7 snow mass and Indian monsoon rainfall', *Int. J. Climatol.*, **16**, 23–34.
- Kripalani, R. H., Kulkarni, A. and Singh, S. V. 1997. 'Association of the Indian summer monsoon with the Northern Hemisphere mid-latitude circulation', *Int. J. Climatol.*, in press.
- Kulkarni, A., Kripalani, R. H. and Singh, S. V. 1992. 'Classification of summer monsoon rainfall patterns over India', *Int. J. Climatol.*, **12**, 269–280.
- Kulkarni, A. and Storch, H. V. 1995. 'Monte-Carlo experiments on the effect of serial correlation on the Mann-Kendall test of trend', *Meteorol. Zeitschrift*, N.F.4.Jg., 82–85.
- Lau, K. M. and Li, M. T. 1984. 'The monsoon of east Asia and its global association — a survey', *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **65**, 114–125.
- Martyn, D. 1992. *Climates of the World. Developments in Atmospheric Sciences*, Vol. 18, Elsevier, Amsterdam, 435 pp.
- Murakami, T. and Matsumoto, J. 1994. 'Summer monsoon over the Asian continent and western North Pacific', *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **72**, 719–745.
- Parthasarathy, B., Munot, A. A. and Kothawale, D. R. 1994. 'All-India monthly and seasonal rainfall series 1871–1993', *Theor. Appl. Climatol.*, **49**, 217–224.
- Ropelewski, C. F. and Halpert, M. S. 1987. 'Global and regional scale precipitation associated with ENSO', *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1606–1626.

- Rasmusson, E. M. and Carpenter, T. H. 1983. 'The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperature and rainfall over India and Sri Lanka', *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 517-528.
- Tao, S. and Chen, L. 1987. 'A review of recent research on the East Asian Summer Monsoon in China', in Chang, C.-P. and Krishnamurti, T. N. (eds), *Monsoon Meteorology, Oxford Monographs on Geology and Geophysics*, No. 7, Oxford University Press, New York, pp. 61-92.
- Trenberth, K. E. and Hurrell, J. W. 1994. 'Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific', *Climate Dyn.*, **9**, 303-319.
- Trenberth, K. E. and Shea, D. J. 1987. 'On the evolution of the Southern Oscillation', *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 3078-3096.
- Van Loon, H. and Shea, D. J. 1985. 'The Southern Oscillation. Part IV: the precursors south of 15 deg. S to the extremes of the oscillation', *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 2063-2074.
- Vose, R. S., Schmoyer, R. L., Steurer, P. M., Peterson, T. C., Heim, R., Karl, T. R. and Eischeid, J. K. 1992. *The Global Historical Climatology Network: Long-term Monthly Temperature, Precipitation, Sea Level Pressure and Station Pressure Data*, Prepared by the Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 300 pp.
- Wang, H.-J. and Bi, X.-Q. 1995. 'Some results of East Asian Monsoon simulation with IAP AGCMs', *Proceedings, The First International AMIP Scientific Conference*, May 1995, California, WCRP-92, WMO/TD No. 732, pp. 187-191.
- WMO, 1966a. *Some methods in climatological analysis*, WMO Technical Note No. 81, WMO NO. 199-TP-103, World Meteorological Organization, Geneva, 53 pp.
- WMO, 1966b. *Climatic Change*, WMO Technical Note No. 79, WMO NO. 195-TP-100, World Meteorological Organization, Geneva, 53 pp.

ภาคผนวก ฎ
บทความตีพิมพ์

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14
THE 14th NATIONAL CONVENTION ON CIVIL ENGINEERING



NAKHON RATCHASIMA 2009

เล่ม 4

วิศวกรรมแหล่งน้ำ
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

“เทคโนโลยีวิศวกรรมโยธากับยุคโลกาภิวัตน์”

13-15 พฤษภาคม 2552

ณ สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
นครราชสีมา



ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. ดร. อภัยรภา พฤทธิวิทยา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. รศ.ดร. ปัญญา ขวัญยืน | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 3. ผศ.ดร. เอกสิทธิ์ โสมสิตสกุลชัย | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 4. ดร. ปรีชาพร โกษา | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติสกลนคร |
| 5. รศ.ดร. กอบเกียรติ ผ่องพูนดี | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 6. รศ.ดร. นุชนารอด ศรีวงศ์ศิदानนท์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 7. รศ.ดร. สุวัฒนา จิตตลดากร | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 8. รศ.ดร. ชาวลิต ชาลวิทย์ตระกูล | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 9. ผศ.ดร. สนิท วงษา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 10. ดร. อุษา สีบุญเรือง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 11. ผศ.ดร. ศิริลักษณ์ ห่มชื่น | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 12. ผศ.ดร. สายสุนีย์ พุทธาคณเจริญ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 13. ผศ.ดร. จักรชัย โชติขจรูญางกูร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 14. อ.เชาวน์ หิรัญศิษกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 15. รศ.ดร. อำนาจ อภิชาติवलลภ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 16. รศ.ดร. อรุยา วิสกุล | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 17. รศ.ดร. เสรี ศุภราทิตย์ | มหาวิทยาลัยรังสิต |
| 18. ผศ.กฤษณ์ ศรีวิกรม์ | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 19. ผศ.ดร. ธนกร ทวีวุฒิ | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 20. ผศ.ฤกษ์ชัย ศรีวิกรม์ | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |

สารบัญ

	หน้า
คณะกรรมการอำนวยการ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ประจำปี พ.ศ.2551-2553	III
คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ประจำปี พ.ศ. 2551-2553	V
คณะกรรมการกลางจัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14	VI
สาสน์จากประธานคณะกรรมการกลางจัดงานวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14 และประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา วสท.	VIII
คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14	IX
สาสน์จากประธานคณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14	XIV
หน่วยงานที่ให้การสนับสนุนการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14	XV
ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความสาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	XVI
ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	XVII
สารบัญบทความ	
กลุ่มบทความรับเชิญ	
1. Modelling natural soils using Structured Cam Clay <i>John P. Carter, Martin D. Liu, and Suksun Horpibulsuk</i>	1
2. การพัฒนาโครงสร้างอาคารขึ้นส่วนสำเร็จรูปแบบอัดแรงเพื่อต้านแผ่นดินไหว เป็นหนึ่ง วานิชชัย เอกชัย อยู่ประเสริฐชัย นาดวินทร์ สุชาติส และทรงเกียรติ มธุพนนต์	25
3. วิวัฒนาการงาน Diaphragm wall ในประเทศไทย ณรงค์ ทักษณิพันธ์ และชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์	39
บทความสาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	
กลุ่มบทความอุทกวิทยา	
1. การแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของสภาพน้ำหลากในกลุ่มน้ำปึงตอนบนโดยวิธี Copula <i>อภิษฎุทธิ์ สุวรรณชูจิต และชัยยุทธ สุขศรี</i>	1133
2. การคำนวณหาค่าการถายระยะเหยงจริงเชิงพื้นที่ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM <i>ปรียาพร โภษา</i>	1141
3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ณ จุดพิจารณาที่ไม่มีสถานีวัด กรณีศึกษาลุ่มน้ำวังทอง จ. พิชณุโลก <i>สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ</i>	1147

4. พฤติกรรมของอุณหภูมิเฉลี่ยและน้ำฝนของประเทศไทยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก 1153
วิรัช นัทรตรงค์ สุจริต คุณชนกุลวงศ์ และวิษณุณ เจริญกุล
5. ประสิทธิภาพของการใช้เทคนิคการปรับแก้ผลการพยากรณ์ฝนจากแบบจำลอง MMS ที่มีผลต่อ 1159
ความถูกต้องของการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงตอนบน
สุรียา นิลพร้อม และศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น
6. การศึกษาเกณฑ์การจำแนกชนิดของกลุ่มเมฆฝน โดยใช้ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ 1167
อนุสรณ์ หอมเมือง และศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น
7. การประมาณค่าการระเหยคายน้ำอ้างอิงในประเทศไทยโดยใช้สมการ RID16 1173
พัศกร ประเทพ และทิมวุฒิ พุทธภิรมย์
8. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน 1183
สรวิทย์ โสภณพัฒนากุล นิตยา หวังวงค์วิโรจน์ และอุดมศักดิ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา
9. การประมาณปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน 1189
ฉัตรชัย โชติชูยางกูร และเชาวน์ หิริญคิยะกุล
10. การศึกษาหาความสัมพันธ์รายวันระหว่างปริมาณฝนปริมาณน้ำท่ากับค่า API 1195
และแนวโน้มค่า API สูงสุด, เฉลี่ยและต่ำสุดรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปิงตอนบน
ทิมวุฒิ พุทธภิรมย์ พัสกร ประเทพ และประวิทย์ เกียรติกิ่งแก้ว
11. การศึกษาสาเหตุการเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองพาน 1201
พงศ์พันธุ์ กาญจนการุณ
12. พฤติกรรมการซึมน้ำของดินในบริเวณพื้นที่ที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว 1207
สุระสิด พิลากุล อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง และสุดารัตน์ คำปลิว
13. ผลของการเปลี่ยนแปลงฐานวิทยาแม่น้ำปิงต่อการไหลของน้ำหลาก 1215
ณัฐวุฒิ เอี่ยมกาญจน์ เสรี จันทรโยธา และชัชวาลย์ ทัษชอุดม
14. อิทธิพลของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM 1223
ธนกร ทวีวุฒิ อุภย์ชัย ศรีวราศ ทวีศักดิ์ วังไพศาล และกอบปร ศรีนาวัน
15. การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของสมการ Z-R ของกลุ่มเมฆฝนชนิดต่างๆ 1229
ศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น รัชช ชาญวงศ์ และอนุสรณ์ หอมเมือง
16. การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเพื่อคาดการณ์น้ำหลากลุ่มน้ำคลองหว้า 1235
กฤษณ์ จิตติภิรมย์ศักดิ์ เชิดพงศ์ ปาโต อรพรรณ สุวรรณรัมย์ จุฬามาศ ลักษณ์ะกิจ และปพน รักษ์ศรี

กลุ่มบทความชลศาสตร์

17. แบบจำลองพลวัตพื้นฐานท้องน้ำเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการกักเซาะของเสาดอม่อ 1241
สนิท วงษา และยาสุยูกิ ซิมิซึ
18. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่มีต่อแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง 1247
เกรียงไกร ตรีฤทธิวิทยา ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ และสนิท วงษา



การประมาณปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

ESTIMATION OF PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION (PMP)

FOR UPPER PING RIVER BASIN

ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร (Chatchai Jothityangkoon)¹

เชาวน์ หิรัญติยะกุล (Chow Hirunteeyakul)²

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (cjothit@sut.ac.th)

²อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (chow@sut.ac.th)

บทคัดย่อ : มาตรฐานการออกแบบเขื่อนขนาดใหญ่ กำหนดให้ใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Flood, PMF) เพื่อใช้ในการพิจารณาความสามารถรับน้ำและระบายน้ำออกจากเขื่อน ซึ่งมีผลต่อความมั่นคงปลอดภัยของตัวโครงสร้างของเขื่อน แต่การกำหนดค่า PMF ได้จำเป็นต้องประมาณค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) ก่อนและใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเปลี่ยนเป็น PMF การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่า PMP สำหรับเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทย โดยใช้เขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ ซึ่งรับน้ำจากลุ่มน้ำปิงตอนบน ใช้วิธีประมาณค่า PMP 3 วิธีเปรียบเทียบกันคือ (1) วิธี Statistical Estimates พัฒนาโดย Hershield ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด 56 ปี (2494-2549) (2)วิธี Generalized Estimates สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง ต่อกราฟอ่านค่ามายังลุ่มน้ำปิงตอนบน และ (3)วิธี Generalized Estimates โดยใช้ข้อมูลพายุฝนสูงสุดในประเทศไทย คือพายุโซนร้อน Tilda มีศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด ปี 2507 ย้ายพายุฝนมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน ผลจากทั้ง 3 วิธีได้ค่า PMP เท่ากับ 382 574 และ 363 มิลลิเมตร ที่ช่วงเวลา 1 วัน 7 วัน และ 7 วันตามลำดับ

ABSTRACT : The design standard for the design of large hydraulic structures requires important hydrologic data so-called probable maximum flood (PMF). This extreme flood is used to evaluate reservoir storage and spillway capacity of the dam for the reason of dam safety and dam stability. The estimation of PMF initially requires probable maximum precipitation (PMP) and a hydrological model is used to convert PMP to PMF. The objective of this study is to estimate PMP for a large dam in Thailand by using the Bhumibol Dam which receiving discharge from Upper Ping River Basin as a pilot case. There are 3 methods for comparative study: (1) Statistics estimates developed by Hershield using annual maximum rainfall in 56 years (1951-2006) (2) Generalized Estimates for Mekong River basin, extrapolation to Upper Ping River Basin and (3) Generalized Estimates using maximum tropical storm occurring in Thailand called Tilda, its center was at Roi-et province in 1964 and transposition to Upper Ping River Basin. The estimated PMP from 3 methods are 382, 574 and 363 mm. duration 1, 7 and 7 day respectively.

KEYWORDS : Probable Maximum Precipitation, PMP, PMF, Upper Ping River Basin, Generalized Estimates



การประมาณปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

ESTIMATION OF PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION (PMP)

FOR UPPER PING RIVER BASIN

ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร (Chatchai Jothityangkoon)¹

เชาวน์ หิรัญติยะกุล (Chow Hirunteeyakul)²

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (cjothit@sut.ac.th)

² อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (chow@sut.ac.th)

บทคัดย่อ : มาตรฐานการออกแบบเขื่อนขนาดใหญ่ กำหนดให้ใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Flood, PMF) เพื่อใช้ในการพิจารณาความสามารถรับน้ำและระบายน้ำออกจากเขื่อน ซึ่งมีผลต่อความมั่นคงปลอดภัยของตัวโครงสร้างของเขื่อน แต่การกำหนดค่า PMF ได้จำเป็นต้องประมาณค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) ก่อนและใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเปลี่ยนเป็น PMF การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่า PMP สำหรับเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทย โดยใช้เขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ ซึ่งรับน้ำจากลุ่มน้ำปิงตอนบน ใช้วิธีประมาณค่า PMP 3 วิธีเปรียบเทียบกันคือ (1) วิธี Statistical Estimates พัฒนาโดย Hershield ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด 56 ปี (2494-2549) (2) วิธี Generalized Estimates สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง ต่อกภาพ่อนคำมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน และ (3) วิธี Generalized Estimates โดยใช้ข้อมูลพายุฝนสูงสุดในประเทศไทย คือพายุโซนร้อน Tilda มีศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด ปี 2507 ย้ายพายุฝนมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน ผลจากทั้ง 3 วิธีได้ค่า PMP เท่ากับ 382 574 และ 363 มิลลิเมตร ที่ช่วงเวลา 1 วัน 7 วัน และ 7 วันตามลำดับ

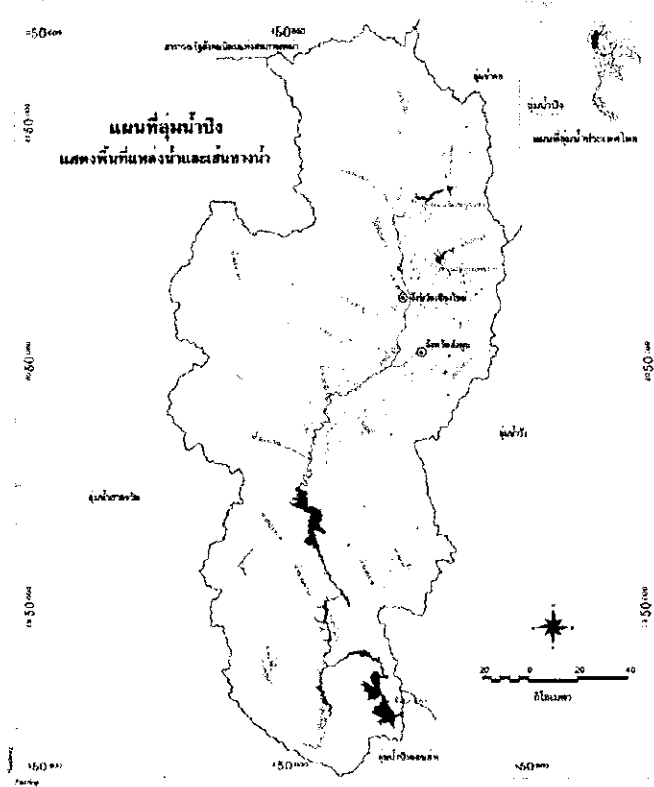
ABSTRACT : The design standard for the design of large hydraulic structures requires important hydrologic data so-called probable maximum flood (PMF). This extreme flood is used to evaluate reservoir storage and spillway capacity of the dam for the reason of dam safety and dam stability. The estimation of PMF initially requires probable maximum precipitation (PMP) and a hydrological model is used to convert PMP to PMF. The objective of this study is to estimate PMP for a large dam in Thailand by using the Bhumibol Dam which receiving discharge from Upper Ping River Basin as a pilot case. There are 3 methods for comparative study: (1) Statistics estimates developed by Hershield using annual maximum rainfall in 56 years (1951-2006) (2) Generalized Estimates for Mekong River basin, extrapolation to Upper Ping River Basin and (3) Generalized Estimates using maximum tropical storm occurring in Thailand called Tilda, its center was at Roi-et province in 1964 and transposition to Upper Ping River Basin. The estimated PMP from 3 methods are 382, 574 and 363 mm. duration 1, 7 and 7 day respectively.

KEYWORDS : Probable Maximum Precipitation, PMP, PMF, Upper Ping River Basin, Generalized Estimates

1. บทนำ

ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (PMP) คือความลึกของปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในทางทฤษฎีหรือเติมตามศักยภาพ สำหรับช่วงเวลาการตกที่กำหนด มีความเป็นไปได้ทางกายภาพที่จะเกิดขึ้นเหนือพื้นที่ที่มีพายุฝนที่กำหนด เกิดขึ้นเฉพาะภูมิภาคนั้น เฉพาะช่วงเวลาหนึ่งของปี ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่างจุดศูนย์กลางของฝนเหนือขอบเขตลุ่มน้ำที่กำหนด [1]

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประมาณค่า PMP ด้วยวิธีต่างๆ ก่อนใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเปลี่ยนเป็น PMF ต่อไป เพื่อตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำและระบายน้ำออกจากเขื่อน ตามมาตรฐานของการออกแบบเขื่อนขนาดใหญ่ การศึกษานี้ได้เลือกลุ่มน้ำปิงตอนบน แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำของเขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ ขนาดลุ่มน้ำปิงตอนบน จุดที่ตั้งตัวเขื่อนมีพื้นที่ 26,386 km² จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปี 2549 สภาพการใช้ที่ดินประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ 77 % เกษตรกรรม 10 % ชุมชน 12 % และผิวน้ำ 1 %



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำปิงตอนบนเหนือเขื่อนภูมิพลแสดงขอบเขตลุ่มน้ำ และโครงข่ายลำน้ำ

2. วิธี Statistical Estimates

วิธีนี้พัฒนาโดย Hershield อธิบายอยู่ในคู่มือ [1] เป็นการประมาณค่า PMP อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปจะใช้กับลุ่มน้ำขนาดเล็ก แต่สามารถนำมาใช้กับลุ่มน้ำขนาดใหญ่ได้ด้วยเช่นกัน สมการของ Hershield อยู่บนพื้นฐานของการประมาณทางสถิติของฝน 24 ชั่วโมง ดังนี้

$$P_{max} = [P_{mean,n} F_{11} + K_{max} S_n F_{12}] F_2 F_3 \quad (1)$$

- ซึ่ง P_{max} = Maximized rainfall (PMP)
- $P_{mean,n}$ = Mean of annual maxima of n annual record
- S_n = Standard deviation of record
- F_{11} = Adjusted of $P_{mean,n}$ for length of record
- F_{12} = Adjusted of $P_{mean,n}$ for S_n
- F_2 = Adjusted of fixed observational time interval
- F_3 = Adjusted for transition from point rainfall to areal rainfall

การหาค่าฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆ ใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนในตารางที่ 1 การใช้ข้อมูลช่วงยาว 56 ปี ค.ศ. 1951-2006 มีข้อมูลเพียง 4 สถานี แต่หากใช้ข้อมูลช่วงยาว 24 ปี ค.ศ. 1982-2005 มีข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็น 8 สถานี เมื่อนำพารามิเตอร์ในคู่มือของ WMO [1] ตามสมการ (1) มาใช้กับข้อมูลทางสถิติของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในตารางที่ 2 ได้ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน มีค่า 382 มม. ค่าพารามิเตอร์และผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3 ตารางที่ 1 รายชื่อและข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปี ช่วงเวลาต่างๆ

รหัส	ชื่อสถานี	ฝน ราย ปีเฉลี่ย(มม.)	Thiessen Weight(%)
16220	Ban Mae Phu	1096.2	15.60
328201	Lampang	1034.8	1.00
303201	Chiang Rai	1673.4	2.00
200201	Mae Hong Son	1289.4	3.40
300202	Mae Sariatang	1115.7	19.70
329201	Lamphun	973.5	21.60
07391	Maung Chiang Mai	972.1	14.20
327501	Chaing Mai	1113.5	22.40
	รวม		100.00

หมายเหตุ : * สถานีที่มีช่วงเวลาข้อมูลตั้งแต่ ค.ศ. 1951-2006 ที่เหลือมีช่วงเวลาข้อมูลตั้งแต่ ค.ศ. 1982-2005

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ ช่วงเวลาต่างๆ

จำนวนสถานีและจำนวนปีของข้อมูล	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.) ช่วงเวลา		
	1วัน	2วัน	3วัน
กรณี 1: 8 สถานี ช่วง 1982-2005			
Mean	43.9	63.5	77.1
Standard deviation	11.7	16.8	18.4
กรณี 2: 4 สถานี ช่วง 1951-2006			
Mean	77.6	98.4	113.3
Standard deviation	16.2	20.5	22.9

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการหาค่า PMP ของฝนช่วงเวลา 1 วัน

รายการพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
ความยาวของข้อมูล(ปี)	56
$P_{mean,n}$ (มม.)	77.6
S_n	16.2
K_{max} (คู่มือ WMO รูปที่ 4.1)	16.1
F_{11} (คู่มือ WMO รูปที่ 4.4)	1.00
F_{12} (คู่มือ WMO รูปที่ 4.4)	1.00
F_2 (คู่มือ WMO หน้า 100)	1.13
F_3	1.00
PMP 24 ชั่วโมง (มม.)	382

3. วิธี Generalized Estimates กลุ่มแม่น้ำโขง

จากผลการศึกษาของ[2] ที่สามารถประมาณค่า PMP 24 ชั่วโมง พื้นที่ 5000 km² สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง หากต่อขยายมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน อ่านค่า PMP ได้ประมาณ 400 มิลลิเมตร จากกราฟ ความลึก ช่วงเวลา พื้นที่ ของ PMP สำหรับพื้นที่ 5000 km² จัดทำโดย [2] เมื่อนำมาใช้กับพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิงตอนบน จากขนาดพื้นที่ อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ จากกราฟความลึก-ช่วงเวลา-พื้นที่ ของ PMP 24 ชั่วโมง 5000 km² ได้ค่า PMP ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 PMP 6 ชั่วโมงจนถึง 72 ชั่วโมง สำหรับ ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ช่วงเวลา(ชั่วโมง)	PMPสะสม(%)	PMPสะสม(มม.)
6	23	92
12	35	140
18	47	188
24	55	220
48	73	292
72	87	348

จากตารางที่ 4 กระจายค่า PMP ออกเป็นทุก 6 ชั่วโมงและ จัดเรียงลำดับ จากมากไปหาน้อย รวมกลุ่ม 4 ค่า เป็นทุก 24 ชั่วโมง ได้ PMP ค่าสูงสุดเรียงลำดับแต่ละวันดังนี้ 220, 72 และ 56 มิลลิเมตร กำหนดให้ค่าสูงสุดอยู่ตรงกลางเป็นของวันที่ 2 เป็นไปได้ 2 แบบคือ (1) 72, 220, 56 และ (2) 56, 220, 72 มิลลิเมตร

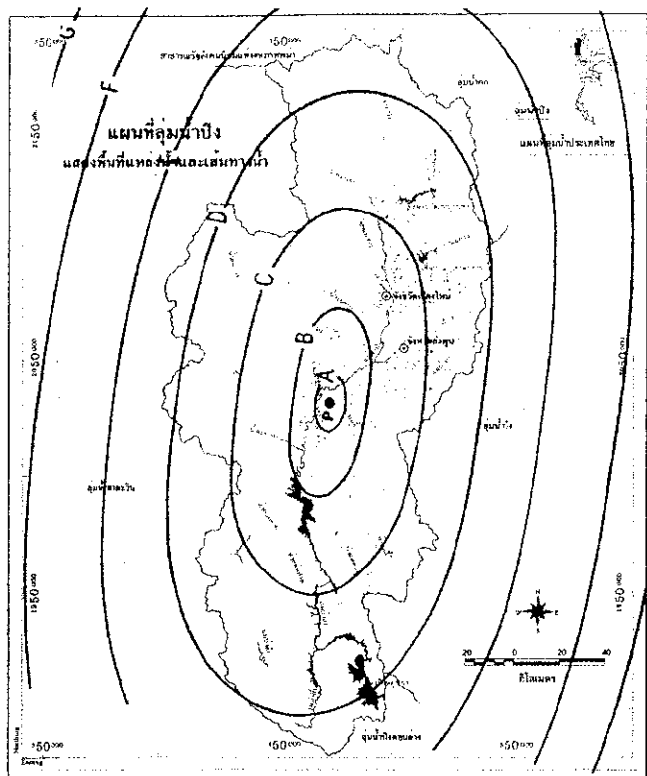
ลำดับการเกิดของพายุฝน เกณฑ์ของ[2] กำหนดให้มีพายุฝนที่เกิดขึ้นก่อนขนาด 50 % ของ PMP กรณีวันที่ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน 3 วัน และขนาด 65 % ของ PMP กรณีวันที่ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน 4 วัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พายุฝนที่เกิดต่อเนื่องกันกับ PMP

กรณี	วันที่	ลำดับที่	ปริมาณฝน(มม.)
(1) ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน3วัน	1	2 nd	36
พายุฝนเกิดขึ้นก่อน 50%	2	1 st	110
= 174 มม.	3	3 rd	28
พายุฝนPMP 100 %	4	3 rd	56
= 348 มม.	5	1 st	220
รวม 522 มม.	6	2 nd	72
(2) ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน4วัน	1	2 nd	47
พายุฝนเกิดขึ้นก่อน 65%	2	1 st	143
= 226 มม.	3	3 rd	36
	4	ฝนปกติ	
พายุฝนPMP 100 %	5	2 nd	72
= 348 มม.	6	1 st	220
รวม 574 มม.	7	3 rd	56

การกระจายของฝนตามพื้นที่ใช้ Isohyetal pattern กำหนดโดย [1] วางจุดศูนย์กลางให้อยู่กลางพื้นที่ศึกษา บิดรูปให้เกิดปริมาณน้ำฝนตกในลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2

ปริมาณน้ำฝน ที่ตกกระจายตามพื้นที่หาค่าได้จากการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายของฝนตามเส้นชั้นน้ำฝนต่างๆ จากค่า PMP สูงสุด 6 ชั่วโมง ลำดับต่างๆ กำหนดโดย [2] ดังแสดงในตารางที่ 6 การคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ของ PMP 6 ชั่วโมงที่มีค่าสูงสุด โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ตามวงปิดของเส้นชั้นน้ำฝน แสดงในตารางที่ 7 ฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ = (1,846,710/26,400) = 69.95 มม.



รูปที่ 2 Isohyetal pattern ชอนทับบนลุ่มน้ำปึงตอนบน

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำฝนตามเส้นชั้นน้ำฝนสำหรับพายุฝนทุก 6 ชั่วโมง

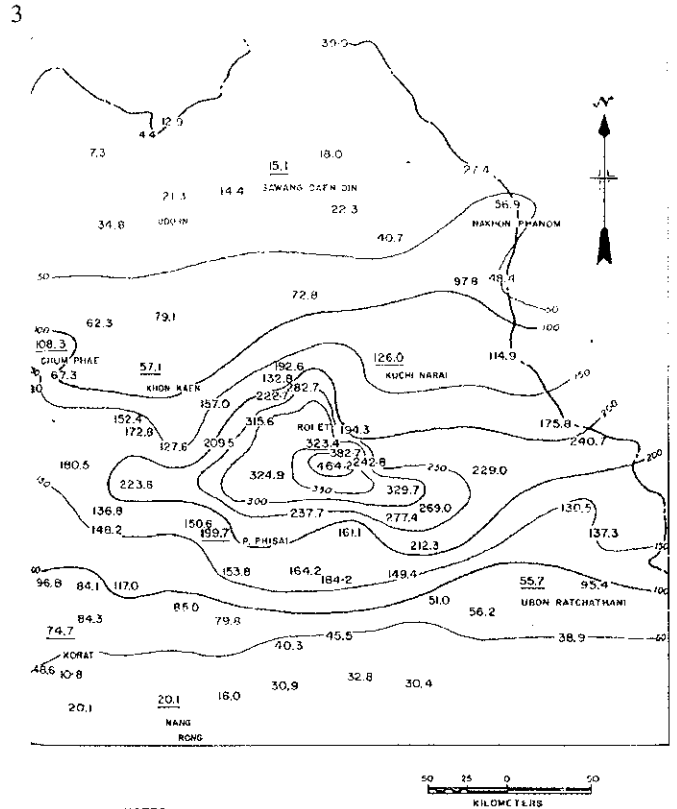
Isohyet เส้นที่	PMP 6 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดอันดับ							
	1 st (90 มม.)		2 nd (53 มม.)		3 rd (43 มม.)		4 th (34 มม.)	
	%	มม.	%	มม.	%	มม.	%	มม.
P	250	225	175	93	175	75	185	63
A	220	198	150	80	144	62	140	48
B	155	140	122	65	122	52	115	39
C	95	86	100	63	96	41	95	32
D	55	580	70	37	74	32	74	25
E	28	25	50	27	50	22	60	20

ตารางที่ 7 การคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่

Isohyet เส้นที่	Isohyet area (km ²)	ΔA (km ²)	PMP (mm)	$\Delta A \times PMP$
P	20	20	225	4,500
A	260	240	198	47,520
B	2,260	2,000	140	279,000
C	11,170	8,910	86	761,805
D	26,400	15,230	50	753,885
E				
รวม		26,400		1,846,710

4. วิธี Generalized Estimates ใช้พายุฝนในประเทศไทย

จากผลการศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน โดย [3] ได้เลือกพายุฝนที่ทำให้เกิดฝนตกหนักที่สุดวันที่ 22-24 กันยายน พ.ศ. 2507 มีศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นพายุไต้ฝุ่นชื่อ Tilda มีการบันทึกข้อมูลเส้นชั้นน้ำฝนรายวัน เส้นทางพายุไว้เป็นอย่างดี ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 3 Isohyetal pattern ของพายุไต้ฝุ่น Tilda มีจุดศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด

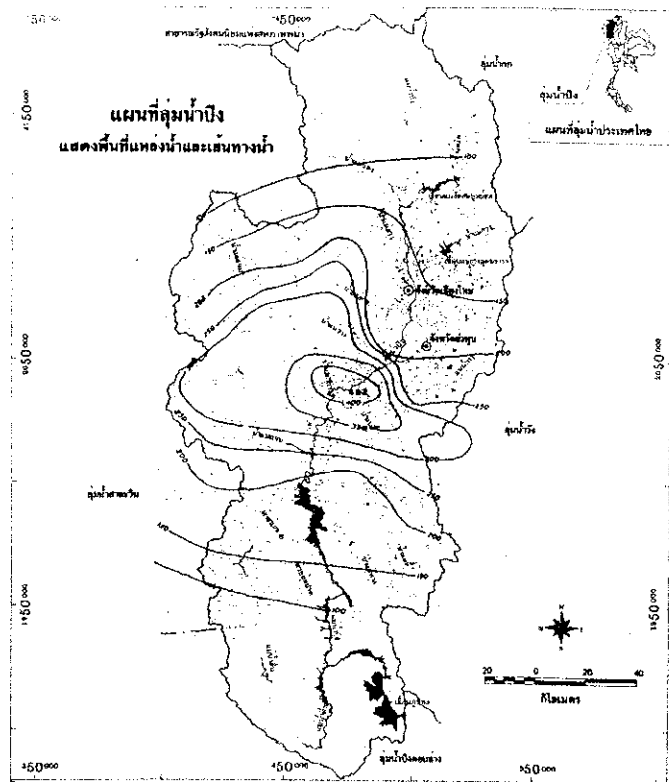
การย้ายตำแหน่งพายุฝน โดยย้ายพายุไต้ฝุ่น Tilda ซึ่งศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด มายังลุ่มน้ำปึงตอนบน ดังแสดงในรูปที่ 4

การย้ายตำแหน่งจำเป็นต้องมีการปรับแก้สำหรับความแตกต่างของ ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ระหว่าง 2 พื้นที่ดังนี้

4.1 ความชื้น

การปรับแก้สำหรับค่าความชื้นสูงสุด ใช้ข้อมูลอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (Dew point) ของพื้นที่โดยรอบที่เกิดพายุฝน และค่าอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างสูงสุดที่เหนือระดับน้ำทะเลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า 27 °C ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยคงที่ตลอด 12 ชั่วโมง และนำมาใช้กับกลุ่มน้ำน่าน [3] เนื่องจากในภูมิภาคร้อนชื้น ค่าอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง มีค่าสูงอย่างต่อเนื่อง ใกล้เคียงกับ

ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ดังนั้นการปรับแก้ความชื้นให้เป็นค่าสูงสุด จึงมีความสำคัญน้อยภูมิภาค Middle Latitude เช่น สหรัฐอเมริกา



รูปที่ 4 Isohyetal pattern ของพายุไต้ฝุ่น Tilda เมื่อย้ายมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน

4.2 ระยะทางแนวราบผิวดิน

หากใช้ข้อมูลผลการศึกษา PMP ของลุ่มแม่น้ำโขงจาก [2] PMP 72 ซึ่งโมง ที่ชายฝั่งทะเลเวียดนามมีค่า 1200 มม. เมื่อพายุฝนพัดเข้าถึง จ.ร้อยเอ็ด มีค่าลดลงเป็น 450 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณฝนสูงสุดที่วัดได้จากการเกิดพายุ Tilda PMP ที่ จ.ร้อยเอ็ด มีค่า 40 % ของ PMP ที่เกิดจากชายฝั่งเวียดนาม ผลการศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน ซึ่งอยู่ไกลจากชายฝั่งเวียดนามมากกว่า จ.ร้อยเอ็ด จึงประมาณค่าการลดลงเพิ่มอีก 10 % ในกรณีของกลุ่มน้ำปิงซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกไกลออกไปอีก ประมาณว่ามีค่าลดลงเพิ่มขึ้นเป็น 20 % จาก จ.ร้อยเอ็ด

4.3 ค่าระดับ

การศึกษาของกลุ่มน้ำน่าน ไม่มีการปรับแก้ค่าระดับ เพราะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จุดศูนย์กลางพายุที่ จ.ร้อยเอ็ด มีค่าระดับ 140 เมตร (MSL) ลุ่มน้ำน่านมีค่าระดับ 200 เมตร (MSL) ลุ่มน้ำปิงมีค่าระดับ 310 เมตร (MSL) จึงไม่มีการปรับแก้เช่นกัน

4.4 สิ่งกีดขวาง

ทิวเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นขอบเขตด้านตะวันออกของกลุ่มน้ำน่านมีค่าระดับประมาณ 1500 เมตร มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของพายุไต้ฝุ่น ขณะที่จุดศูนย์กลางพายุเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกข้ามลุ่มน้ำน่าน ทำให้ปริมาณฝนลดลง ใช้ค่าปรับแก้ความชื้นของพายุฝนลดลง 14 % จากลุ่มน้ำน่านถึงลุ่มน้ำปิงตอนบน มีแนวเทือกเขากั้นขวางอยู่เป็นระยะแต่ไม่ต่อเนื่องเหมือน ทิวเขาหลวงพระบาง ดังนั้นจึงใช้ค่าปรับแก้ความชื้นของพายุฝนลดลง 20 %

4.5 Latitude

ผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาพบว่า ขนาดพายุฝนสูงสุดเหนือเส้น Latitude 30°N จะลดลง เช่นเดียวกับพายุฝนที่เกิดได้เส้น Latitude 15°N แต่พายุไต้ฝุ่นจะมีกำลังเต็มที่เหนือเส้น Latitude 15°N ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้ Latitude ของการเคลื่อนที่ของพายุฝนในลุ่มน้ำปิง เพราะ อยู่เหนือ Latitude 15°N

4.6 ฤดูกาล

พายุไต้ฝุ่น หรือ พายุหมุนเขตร้อน มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายน จนถึงพฤศจิกายน ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้สำหรับฤดูกาล

สรุปผลการประมาณค่า PMP โดยปรับแก้แต่ละขั้นตอนแสดงในตารางที่ 8 เมื่อกระจายข้อมูลเป็นทุก 6 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 9 เปรียบเทียบกับลุ่มน้ำน่าน กำหนดสภาพเงื่อนไขมีพายุช่วงเวลา 3 วัน 2 ลูกติดกัน โดยพายุฝนที่เกิดตามมามีขนาด 50 % ของพายุฝนลูกแรก PMP ในช่วง 7 วัน แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 การประมาณค่า PMP ในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูล Depth-area-duration พายุฝน Tilda และ Vae จากตาราง 3-1 ใน [3]

หน่วย: มม.

รายการ	ค่าปรับแก้	PMP ช่วงเวลาต่างๆ (ชั่วโมง)					
ปรับแก้		6	12	24	36	48	72
1.PMP	-	72	145	230	261	321	345
2.ระยะทาง	ลดลง 20%	58	116	184	209	257	276
3.สิ่งกีดขวาง	ลดลง 20%	49	99	156	177	218	235
4.ความชื้น	เพิ่ม 1.03	50	102	161	183	225	242
สูงสุด							

ตารางที่ 8 การประมาณค่า PMP ที่เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา 6 ถึง 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบระหว่าง 2 ลุ่มน้ำ

ช่วงเวลา (ชั่วโมง)	ลุ่มน้ำน่าน (มม.)	ลุ่มน้ำปึงตอนบน (มม.)
6	4	11
12	4	11
18	6	21
24	6	21
30	30	30
36	109	52
42	41	50
48	26	29
54	4	5
60	4	4
66	4	4
72	2	4
รวม	240	242

ตารางที่ 9 การประมาณค่า PMP ในช่วง 7 วัน

ช่วงเวลา (วัน)	ลุ่มน้ำน่าน (มม.)	ลุ่มน้ำปึงตอนบน (มม.)
1	20	64
2	206	161
3	14	17
4	0	0
5	5	8
6	103	81
7	7	32
รวม	360	363

5. สรุป

ผลการประมาณค่า PMP ทั้ง 3 วิธี กรณีช่วงเวลา 1 วัน วิธี Statistical Estimates ให้ค่าสูงสุด คือ 382 มม. อาจมีค่ามากเกินไปสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ วิเคราะห์จากพายุฝนจากประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับ PMP ช่วงเวลา 7 วัน วิธี Generalized Estimate สำหรับลุ่มน้ำโขง ให้ค่า 574 มม. สูงกว่าวิธี Generalized Estimate โดยใช้ข้อมูลพายุฝนสูงสุดในประเทศไทย คือพายุโซนร้อน Tilda ซึ่งประมาณได้ 363 มม.

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และคณะผู้ศึกษาขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล สำนักงานอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ และกฟผ.

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] World Meteorological Organization (1986), Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, WMO-No.332, Second Edition.
- [2] U.S. Department of Commerce and U.S. Department of the Army (1970), Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin, Hydrometeorological report No.46.
- [3] Engineering Consultants, ING(1969), Nan Multipurpose Project: Nan River Basin, Hydrometeorological Report.

ภาคผนวก ก

การอบรมการใช้โปรแกรม Extreme Flood Model

การอบรมการใช้โปรแกรม Extreme Flood Model

วันพุธที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ.2552 เวลา 9.00-16.00 น.

ณ ห้องประชุม 1006 ชั้น 10 ท.101 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

หัวข้อการอบรมการใช้โปรแกรม Extreme Flood Model

1. ทบทวนทฤษฎีทางอุทกวิทยา
 - 1.1 สมการสมดุลของน้ำ
 - 1.2 การไหลออกแบบ Subsurface runoff
 - 1.3 การกระจายความลึกของดิน
 - 1.4 การกักเก็บของน้ำใต้ดิน
 - 1.5 การหลากในโครงข่ายลำน้ำ
 - 1.6 การไหลในชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ
 - 1.7 การหลากในลำน้ำที่เป็น Compound channel
 - 1.8 การประมาณค่า PMP

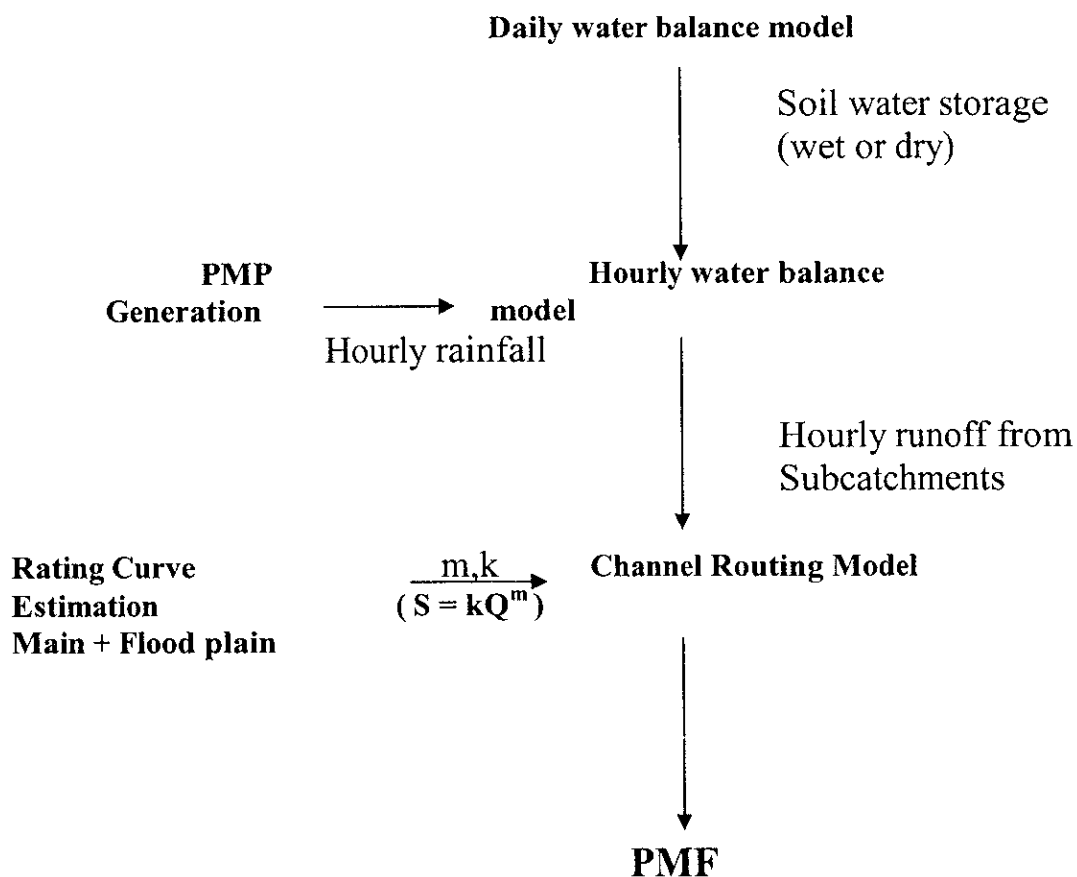
2. ลักษณะการทำงานของโปรแกรม MATLAB
 - 2.1 ประเภทของไฟล์ที่เกี่ยวข้อง
 - 2.2 การนำข้อมูลเข้า การกำหนดค่าพารามิเตอร์
 - 2.3 การคำนวณแบบ matrix
 - 2.4 การใช้ function
 - 2.5 การใช้ for loop, if else
 - 2.6 การเขียนกราฟ
 - 2.7 การนำข้อมูลออก

3. การใช้โปรแกรม Daily Water Balance Model
 - 3.1 โครงสร้างของโปรแกรม
 - 3.2 ข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ
 - 3.3 ขั้นตอนการคำนวณ : hillslope water balance, routing
 - 3.4 การหลาก

4. การทำนาย Rating Curve ของ Compound channel
 - 4.1 การเปิดข้อมูล Observed rating curve
 - 4.2 การเปิดข้อมูล Cross section
 - 4.3 การคำนวณ simulated rating curve ใน main channel
 - 4.4 การคำนวณ simulated rating curve ใน compound channel

5. การใช้โปรแกรม Extreme Flood Model
 - 5.1 โครงสร้างของโปรแกรม
 - 5.2 การสร้าง PMP 4 แบบ
 - 5.3 ข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ
 - 5.4 ขั้นตอนการคำนวณ : hillslope water balance, routing
 - 5.5 การเขียนกราฟ

Modeling Flow Chart



ตารางที่ ๑-1 แสดงขั้นตอนการทำงานของ daily water balance model , file name: dw_ping.m

ขั้นตอนที่	รายละเอียด	ชื่อ file
1	นำเข้าข้อมูลทางกายภาพของ 220 กลุ่มน้ำย่อย	ping_sub3.txt
2	นำเข้าข้อมูลข้อมูลปริมาณน้ำฝน 24 ปี	areal_rain3.m
3	นำเข้าข้อมูลการระเหย	test_evap3.m
4	นำเข้าข้อมูลน้ำท่าตามจุดที่ต้องการ	obs_runoff.m
5	นำเข้าข้อมูลการกระจายความลึกของดินแต่ละชุดดิน	landform_total_ping.m
6	นำเข้าข้อมูลสัดส่วนของชุดดินในแต่ละกลุ่มน้ำย่อย	landform220a.txt
7	เริ่มการคำนวณจากกลุ่มน้ำย่อยที่ 220 ที่อยู่ไกลที่สุด	
8	กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆสำหรับกลุ่มน้ำย่อยที่220	
9	คำนวณเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำท่าโดยใช้แบบจำลองสมดุลของน้ำ โดยมีสัดส่วนการเกิดน้ำท่าจากความสัมพันธ์ storage-discharge ทั้ง แบบ linear และ nonlinear	num_daily.m num_daily2b1.m
10	คำนวณน้ำท่าจากทุกกลุ่มน้ำย่อย	
11	การหลากในโครงข่ายลำน้ำ	routing_d2.m
12	เขียนกราฟเปรียบเทียบผลจากการวัดและจากการคำนวณ ทั้งแบบรายปี รายเดือนและรายวัน	

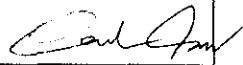
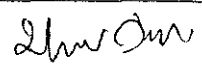
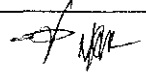
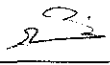
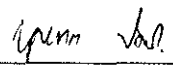
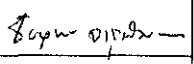
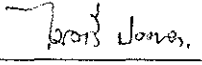
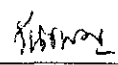
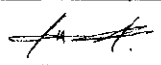
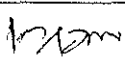
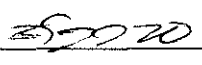
หมายเหตุ ในขั้นตอนที่ 9 หากต้องการบันทึกปริมาณความชื้นในดินของกลุ่มน้ำ (soil-moisture storage) จะเลือกวันที่ลุ่มน้ำเปือก หรือ แห่ง ส่งข้อมูลให้ extreme flood model ต่อไป

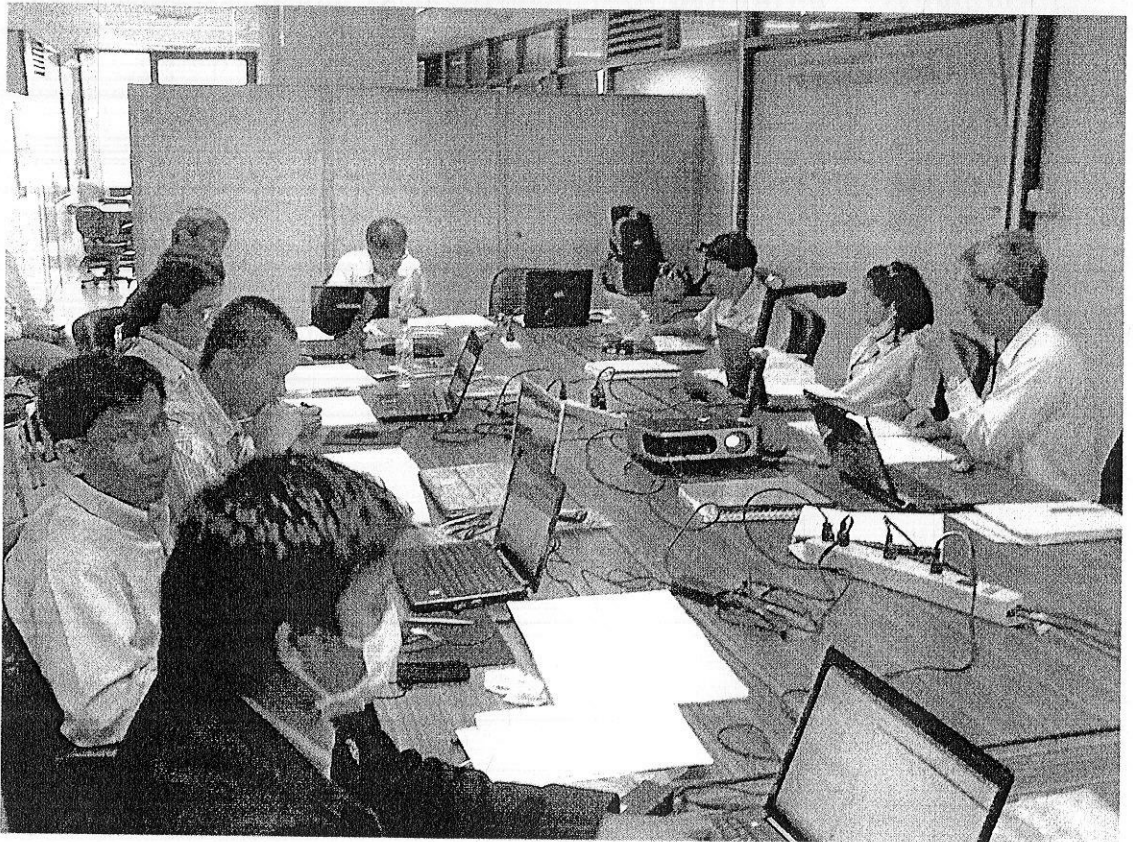
ตารางที่ ๓-2 แสดงขั้นตอนการทำงานของ extreme flood model , file name: dw_ping1.m

ขั้นตอนที่	รายละเอียด	ชื่อ file
1.	นำเข้า initial soil-moisture storage ของ ลุ่มน้ำย่อย	dailystore.mat
2	นำเข้าข้อมูลทางกายภาพของ 220 ลุ่มน้ำย่อย	ping_sub3.txt
3	นำเข้าข้อมูลการระเหย	test_evap3.m
4	นำเข้าข้อมูลการกระจายความลึกของดินแต่ละชุดดิน	landform_total_ping.m
5	นำเข้าข้อมูลสัดส่วนของชุดดินในแต่ละลุ่มน้ำย่อย	landform220a.txt
6	นำเข้าข้อมูล PMP 4 รูปแบบ	PMP_ping1.m
7	เริ่มการคำนวณจากลุ่มน้ำย่อยที่ 220 ที่อยู่ไกลที่สุด	
8	กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆสำหรับลุ่มน้ำย่อยที่220	
9	คำนวณเปลี่ยนฝนเป็นน้ำท่าโดยใช้แบบจำลองสมมูลของน้ำ โดยมีสัดส่วนการเกิดน้ำท่าจากความสัมพันธ์ storage-discharge ทั้ง แบบ linear และ nonlinear	num_daily_s1.m num_hourly2b3.m
10	คำนวณน้ำท่าจากทุกลุ่มน้ำย่อย	
11	สร้าง rating curve บน floodplain คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ การไหล k และ m สำหรับลุ่มน้ำย่อย	input_rate_ping.m
12	การไหลในโครงข่ายลำน้ำ	
13	เขียนกราฟเปรียบเทียบชลภาพที่ได้จากการคำนวณสำหรับลุ่มน้ำย่อยขนาดต่างๆ และหาค่า PMF	

รายชื่อผู้เข้าร่วมรับฟังการถ่ายทอดวิธีการใช้โปรแกรม PMF

โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรชัย โชติขจรยุทธ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วันพุธที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 เวลา 09.00 -16.00 น. ณ ห้องประชุม 1006 ชั้น 10 ท.101

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	สังกัด	ลงนาม
	อภภ.			
1.	นายอภิชาติ โยมสิน	วศ.8	กยภ-พ.	
2.	นายมานพ วิเชียรสาร	วศ.7	กคภ-พ.	
	อบย.			
1.	นายปกรณ์ กิจสมพร	วศ.9	กคช-พ.	
2.	นางภััสสร รักชีพ	วศ.4	กคช-พ.	
	อสร.			
1.	นายบุญทรง ปิตานนท์ชัย	กจน-พ.	กจน-พ.	
2.	นายชัยยุทธ จารุพัฒนานนท์	วศ.10	กจน-พ.	
3.	นายไมตรี ฝอยทอง	วศ.9	หสจ-พ.	
4.	นางวันเพ็ญ แก้มแกมทอง	พบน-พ.	กจน-พ.	
5.	นางเพชรินทร์ อรุณรัตน์	วศ.4	กจน-พ.	
6.	นายเอกภพ ชีร์โอพาร	วศ.4	กจน-พ.	
	อวน.			
1.	นายสงวน มณีอนันต์ทรัพย์	หศพ-พ.	กศว-พ.	



รูปที่ ๑-1 การอบรมการใช้โปรแกรม Extreme Flood Model