



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้
และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ.

The Study of Probable Maximum Flood
and Spillway Operation for Dam Safety of EGAT's Dam

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดย
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

กรกฎาคม 2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้
และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ.

The Study of Probable Maximum Flood
and Spillway Operation for Dam Safety of EGAT's Dam

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามคณะทำงานวิจัย

ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	หัวหน้าคณะทำงานฯ
รศ.ดร.วรารุณ วุฒินิชย์	ที่ปรึกษาคณะทำงานฯ
ผศ.นิมิตร เจริญนันทพัฒน์	คณะทำงานฯ
อ.ดร.ยุทธนา ตาสะลักษมณ	คณะทำงานฯ
ผศ.ดร.วิษุวัตม์ แท้สมบัติ	คณะทำงานฯ
ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง	คณะทำงานฯ
นายคมสันต์ ไชโย	คณะทำงานฯ
นางภัสสร รักชีพ	คณะทำงานฯ
นายภักพล เอื้อธีรศรัณย์	คณะทำงานฯ
นางเพชรินทร์ อรุณรัตน์	คณะทำงานฯ
นายเอกภพ อีร์โอหาร	คณะทำงานฯ

สนับสนุนโดย
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การตรวจรับรองผลงานโครงการวิจัย
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

.....

สัญญาเลขที่ 59-B104000-169-IO.SS03B3008254-KU
โครงการวิจัย “การศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำ
ผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ.”

ตามที่คณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัย ได้รับการแต่งตั้งจากประธานคณะกรรมการ
บริหารงานวิจัยและนวัตกรรม กฟผ. (คบวน.กฟผ.) ให้ทำหน้าที่ตรวจรับรองผลงานวิจัยของ
โครงการวิจัยนี้ มาตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2559 ซึ่งคณะกรรมการตรวจรับได้รับทราบและเห็นชอบการ
ดำเนินในขั้นตอนต่างๆ ของโครงการมาโดยตลอด

บัดนี้ โครงการวิจัยดังกล่าวได้เสร็จสมบูรณ์และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ และ
คณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัยได้ให้ความเห็นชอบกับผลการดำเนินงานในรายงานฉบับสมบูรณ์
นี้แล้ว

ให้ไว้ ณ วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2562



(นายวัลลภ เมฆพุกขางค์)
ประธานคณะกรรมการ



(นางวันเพ็ญ แก้วแกมทอง)
กรรมการ



(นายบัญชา เพียรประเสริฐกุล)
กรรมการ



(นายรัฐพล จันทมนิโชติ)
กรรมการและเลขานุการ

โครงการ: การศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ.

The Study of Probable Maximum Flood and Spillway Operation for Dam Safety of EGAT's Dam

ผู้วิจัย: ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ และคณะ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และศึกษาเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับควบคุมการระบายน้ำช่วงน้ำหลาก เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการกำหนดแนวทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก ให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยต่อตัวเขื่อน ผลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ พบว่า วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ให้ผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ส่วนใหญ่มีค่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในอดีตของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์พายุฝนในคาบ 65 ปี พ.ศ. 2494-2558 จำนวน 190 ลูก งานวิจัยนี้ได้แสดงค่าพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย และพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้ในการประเมินค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ของเขื่อนทั้ง 13 แห่งของ กฟผ. เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต พบว่า มีค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ อยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการศึกษาในอดีต ผลการตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนากราฟความสัมพันธ์ 3 ตัวแปร ระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาตรความจุสำรองที่เหลืออยู่ของอ่างเก็บน้ำ และอัตราการระบายน้ำ พร้อมทั้งทำการเสนอแนะในการปรับปรุงเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย ในกรณีที่เกณฑ์ในปัจจุบันไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยนี้ได้อย่างปลอดภัย

Title: The Study of Probable Maximum Flood and Spillway Operation for Dam Safety of EGAT's Dam

Researcher: Chaiyapong Theprasit et al.
Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Abstract

The purposes of this research were to determine the annual maximum rainfall depth at different return period, probable maximum precipitation (PMP), flood peak hydrograph at different return period, probable maximum flood (PMF) and study the appropriate of flood control rule curve (FCRC) to be the data for determining the reservoir operation guidelines during the flood season in order to dam safety. The results of the comparative study of probable maximum precipitation (PMP) showed that the storm transposition method evaluated probable maximum precipitation (PMP). Most of them are consistent with the past analysis of Thailand. The results of storm analysis, 190 storms in the period 65 years duration from 1951 to 2015. This research presents the top 10 highest storm in the upper part of Thailand and the top 10 storms in the lower part of Thailand which is important information for evaluating probable maximum precipitation (PMP) in other areas of Thailand. The results of the probable maximum flood (PMF) analysis of all 13 of EGAT's dam. When compared with the results of the study in the past, it was found that the unit peak discharge value was in the range that was appropriate and consistent with past studies. The results of the examination of the capabilities of spillway and flood control rule curve (FCRC). This research developed a 3 variable graph relationship between reservoir inflow, available storage capacity and constant outflow. In addition, suggesting to improve the flood control rule curve (FCRC) in the event that the current flood control rule curve (FCRC) cannot safely support the probable maximum flood (PMF).

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย ขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจรับโครงการวิจัยที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัย ได้แก่ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา และเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยประจำเขื่อนทั้ง 13 แห่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วราวุธ วุฒินิชย์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่เครื่องมือ รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณคณะทำงานวิจัยที่ได้ร่วมทำงานวิจัยจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1-2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1-2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง	
2.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	2-1
2.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลาก	2-20
2.3 การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ	2-22
2.3.1 หลักการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ	2-25
2.3.2 การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำที่มีการควบคุมการระบายน้ำ	2-27
2.4 เกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก	2-28
2.4.1 การแบ่งโซนของอ่างเก็บน้ำ	2-30
2.4.2 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลากโดยใช้เกณฑ์การควบคุมระดับน้ำ	2-31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการวิจัย	
3.1 แนวทางการศึกษา	3-1
3.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	3-1
3.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุด	3-4
3.3.1 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้	3-4
3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)	3-4
3.3.3 การวิเคราะห์ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบการเกิดซ้ำต่าง ๆ	3-7
3.4 การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ	3-7
3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบการเกิดซ้ำต่าง ๆ	3-8
3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)	3-8

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5 การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผานอ่างเก็บน้ำ	3-9
3.6 การศึกษาเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก	3-11
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้	4-1
4.2 การวิเคราะห์และคัดเลือกพายุฝน	4-4
4.2.1 การคัดเลือกพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย	4-5
4.2.2 การคัดเลือกพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย	4-5
4.3 การวิเคราะห์ดัชนีปรับแก้พายุฝนและแฟคเตอร์ปรับลดปริมาณฝน	4-9
4.3.1 การวิเคราะห์ดัชนีปรับแก้พายุฝน	4-9
4.3.2 การวิเคราะห์แฟคเตอร์ปรับลดปริมาณฝน	4-11
4.4 เชื้อนอุบลรัตน์	4-16
4.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-16
4.4.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-17
4.4.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-25
4.5 เชื้อนสิรินธร	4-32
4.5.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-32
4.5.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-33
4.5.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-35
4.6 เชื้อนบางกลาง	4-48
4.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-48
4.6.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-49
4.6.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-57
4.7 เชื้อนวชิราลงกรณ	4-64
4.7.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-64
4.7.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-65
4.7.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-73
4.8 เชื้อนศรีนครินทร์และเชื้อนท่าทุ่งนา	4-80
4.8.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-80
4.8.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-81
4.8.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-89

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.9 เชื้อนภูมิพล	4-105
4.9.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-105
4.9.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-106
4.9.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-114
4.10 เชื้อนสิริกิติ์	4-121
4.10.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-121
4.10.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-122
4.10.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-130
4.11 เชื้อนรัชชประภา	4-137
4.11.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-137
4.11.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-138
4.11.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-146
4.12 เชื้อนจุฬารณ	4-153
4.12.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-153
4.12.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-154
4.12.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-161
4.13 เชื้อนห้วยกุ่ม	4-169
4.13.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-169
4.13.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-170
4.13.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-177
4.14 เชื้อนน้าพุง	4-185
4.14.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-185
4.14.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-186
4.14.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-193
4.15 เชื้อนปากมูล	4-198
4.15.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด	4-198
4.15.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด	4-198
4.15.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น และเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ	4-206

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.16	สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้	4-213
4.17	สรุปผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำและ การกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก	4-213
4.18	การจัดทำคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น	4-217
4.19	แนวทางการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนจุฬาภรณ์และเขื่อนห้วยกุ่ม	4-218
4.19.1	ข้อมูลทั่วไป	4-218
4.19.2	สภาพปัญหาการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้น	4-221
4.19.3	แนวทางการปรับปรุงเพื่อป้องกันการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้น	4-222

บทที่ 5 การจัดอบรมและจัดสัมมนา

5.1	การจัดอบรมสร้างองค์ความรู้	5-1
5.2	การจัดสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย	5-3

บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

6.1	สรุปและอภิปรายผลการศึกษา	6-1
6.2	ข้อเสนอแนะ	6-2

รายการอ้างอิง

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1-1 พายุฝนที่เลือกศึกษาของปรีชา (2533)	2-3
ตารางที่ 2.1-2 พายุฝนที่เลือกศึกษาของเกื้อศักดิ์ (2540)	2-5
ตารางที่ 2.1-3 ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของพายุแต่ละลูกของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย	2-7
ตารางที่ 2.1-4 แสดงคาอุนภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ของฝนสูงสุดที่เลือกศึกษา (Wachira, 2000)	2-10
ตารางที่ 2.1-5 ผลการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน (Wachira, 2000)	2-13
ตารางที่ 2.1-6 สรุปพายุฝนสูงสุด สำหรับช่วงเวลา 3 วัน จำนวน 20 ลูก ของประเทศไทย	2-18
ตารางที่ 2.1-7 ความเร็วลมสูงสุด ความกดอากาศ และตำแหน่งศูนย์กลางพายุ ที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย 2556	2-19
ตารางที่ 3.5-1 ตัวอย่างตารางคำนวณ Reservoir Routing	3-10
ตารางที่ 3.6-1 ตัวอย่างข้อเสนอแนะการระบายน้ำที่ระดับน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ต่างๆ ของเขื่อนอุบลรัตน์	3-14
ตารางที่ 4.1-1 การเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้	4-3
ตารางที่ 4.2.1-1 พายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย	4-7
ตารางที่ 4.2.2-1 พายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย	4-9
ตารางที่ 4.3.2-1 แฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝนสำหรับพื้นที่ศึกษา	4-15
ตารางที่ 4.4.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนอุบลรัตน์	4-16
ตารางที่ 4.4.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์	4-17
ตารางที่ 4.4.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนอุบลรัตน์	4-18
ตารางที่ 4.4.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนอุบลรัตน์	4-21
ตารางที่ 4.4.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนอุบลรัตน์	4-23
ตารางที่ 4.4.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนอุบลรัตน์	4-24
ตารางที่ 4.4.3-1 ผลการศึกษาคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	4-29
ตารางที่ 4.5.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธร	4-32
ตารางที่ 4.5.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธร	4-33
ตารางที่ 4.5.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิรินธร	4-34
ตารางที่ 4.5.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธร	4-37
ตารางที่ 4.5.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิรินธร	4-39

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.5.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหราน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนสิรินธร	4-40
ตารางที่ 4.5.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธรที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-45
ตารางที่ 4.6.1-1 แพลตฟอร์มถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนบางลาง	4-48
ตารางที่ 4.6.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนบางลาง	4-49
ตารางที่ 4.6.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลาง	4-50
ตารางที่ 4.6.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแพลตฟอร์มลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ของเขื่อนบางลาง	4-53
ตารางที่ 4.6.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนบางลาง	4-55
ตารางที่ 4.6.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหราน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนบางลาง	4-56
ตารางที่ 4.6.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลางที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-61
ตารางที่ 4.7.1-1 แพลตฟอร์มถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนวชิราลงกรณ	4-64
ตารางที่ 4.7.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือ เขื่อนวชิราลงกรณ	4-65
ตารางที่ 4.7.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ	4-66
ตารางที่ 4.7.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแพลตฟอร์มลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ของเขื่อนวชิราลงกรณ	4-69
ตารางที่ 4.7.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนวชิราลงกรณ	4-71
ตารางที่ 4.7.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหราน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนวชิราลงกรณ	4-72
ตารางที่ 4.7.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-77
ตารางที่ 4.8.1-1 แพลตฟอร์มถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนศรีนครินทร์	4-80
ตารางที่ 4.8.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือ เขื่อนศรีนครินทร์	4-81
ตารางที่ 4.8.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนศรีนครินทร์	4-82
ตารางที่ 4.8.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแพลตฟอร์มลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ของเขื่อนศรีนครินทร์	4-85
ตารางที่ 4.8.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนศรีนครินทร์	4-87
ตารางที่ 4.8.2-3 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนท่าทุ่งนา	4-88
ตารางที่ 4.8.2-4 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหราน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนศรีนครินทร์	4-89

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.8.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-94
ตารางที่ 4.8.3-2 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนาที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-102
ตารางที่ 4.9.1-1 แพลตฟอร์มถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนภูมิพล	4-105
ตารางที่ 4.9.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนภูมิพล	4-106
ตารางที่ 4.9.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนภูมิพล	4-107
ตารางที่ 4.9.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแพลตฟอร์มลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ของเขื่อนภูมิพล	4-110
ตารางที่ 4.9.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนภูมิพล	4-112
ตารางที่ 4.9.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนภูมิพล	4-113
ตารางที่ 4.9.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-118
ตารางที่ 4.10.1-1 แพลตฟอร์มถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์	4-121
ตารางที่ 4.10.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิริกิติ์	4-122
ตารางที่ 4.10.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิริกิติ์	4-123
ตารางที่ 4.10.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแพลตฟอร์มลดปริมาณฝนตามขนาด พื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์	4-126
ตารางที่ 4.10.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิริกิติ์	4-128
ตารางที่ 4.10.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนสิริกิติ์	4-129
ตารางที่ 4.10.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-134
ตารางที่ 4.11.1-1 แพลตฟอร์มถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของ เขื่อนรัชชประภา	4-137
ตารางที่ 4.11.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือ เขื่อนรัชชประภา	4-138
ตารางที่ 4.11.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา	4-139
ตารางที่ 4.11.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแพลตฟอร์มลดปริมาณฝนตามขนาด พื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา	4-142
ตารางที่ 4.11.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนรัชชประภา	4-144
ตารางที่ 4.11.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษา ในอดีตของเขื่อนรัชชประภา	4-145
ตารางที่ 4.11.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ	4-150

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.12.1-1	แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬาภรณ์
ตารางที่ 4.12.1-2	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนจุฬาภรณ์
ตารางที่ 4.12.2-1	ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬาภรณ์
ตารางที่ 4.12.1-3	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนจุฬาภรณ์
ตารางที่ 4.12.2-2	ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนจุฬาภรณ์
ตารางที่ 4.12.2-3	การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนจุฬาภรณ์
ตารางที่ 4.12.3-1	ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
ตารางที่ 4.13.1-1	แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่ม
ตารางที่ 4.13.1-2	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนห้วยกุ่ม
ตารางที่ 4.13.1-3	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนห้วยกุ่ม
ตารางที่ 4.13.2-1	ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่ม
ตารางที่ 4.13.2-2	ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนห้วยกุ่ม
ตารางที่ 4.13.2-3	การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนห้วยกุ่ม
ตารางที่ 4.13.3-1	ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่มที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
ตารางที่ 4.14.1-1	แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุง
ตารางที่ 4.14.1-2	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนน้ำพุง
ตารางที่ 4.14.1-3	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนน้ำพุง
ตารางที่ 4.14.2-1	ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุง
ตารางที่ 4.14.2-2	ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนน้ำพุง
ตารางที่ 4.14.2-3	การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนน้ำพุง
ตารางที่ 4.14.3-1	ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุงที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
ตารางที่ 4.15.1-1	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูล
ตารางที่ 4.15.2-1	ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ
ตารางที่ 4.15.2-2	การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน
ตารางที่ 4.15.2-3	ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนปากมูล

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.15.2-4 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษารากน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนปากมูล	4-206
ตารางที่ 4.15.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านเขื่อนปากมูลที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	4-211
ตารางที่ 4.16-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต	4-214
ตารางที่ 4.16-1 สรุปผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing และการกำหนด Flood Control Rule Curve	4-216

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1-1	ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและพายุฝน ที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน (ปรีชา, 2533)	2-4
รูปที่ 2.1-2	ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและพายุฝน ที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 1 วัน (เกื้อศักดิ์, 2540)	2-6
รูปที่ 2.1-3	ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและ พายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 2 วัน (เกื้อศักดิ์, 2540)	2-6
รูปที่ 2.1-4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและ พายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 3 วัน (เกื้อศักดิ์, 2540)	2-6
รูปที่ 2.1-5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศ ไทย สำหรับช่วงเวลา 1 วัน (ฐิติมา, 2546)	2-8
รูปที่ 2.1-6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศ ไทย สำหรับช่วงเวลา 2 วัน (ฐิติมา, 2546)	2-8
รูปที่ 2.1-7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศ ไทย สำหรับช่วงเวลา 3 วัน (ฐิติมา, 2546)	2-9
รูปที่ 2.1-8	แสดงเส้นโคทางดานมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 1 วัน (Wachira, 2000)	2-11
รูปที่ 2.1-9	แสดงเส้นโคทางดานมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 2 วัน (Wachira, 2000)	2-11
รูปที่ 2.1-10	เส้นโคทางดานมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 3 วัน (Wachira, 2000)	2-12
รูปที่ 2.1-11	เส้นโคทางดานมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน (Wachira, 2000)	2-12
รูปที่ 2.1-12	แสดงคาตรรชนีปรับแก้สำหรับปรับระดับความสูงในพื้นที่ภาคตะวันออกของ ประเทศไทย (Wachira, 2000)	2-13
รูปที่ 2.1-13	ปริมาณฝนสูงสุดที่ขนาดพื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ภาค ตะวันออกของประเทศไทย (Wachira, 2000)	2-14
รูปที่ 2.1-14	เส้นทางพายุไต้ฝุ่นทั้ง 3 ลูกที่ผ่านลุ่มน้ำโขงตอนล่าง	2-15
รูปที่ 2.1-15	เส้นโคทางดานมากของพายุที่ถูกย้ายมาไว้ที่ชายฝั่งทะเลเวียดนาม	2-16
รูปที่ 2.1-16	ค่าปรับแก้รวมในการทำปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง	2-16
รูปที่ 2.1-17	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของขนาดพื้นที่ 5,000 ตาราง กิโลเมตร (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)	2-17
รูปที่ 2.3-1	การคำนวณการไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นแบบการไหลอิสระ	2-24
รูปที่ 2.3-2	การคำนวณการไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นแบบควบคุมการระบายน้ำได้	2-24
รูปที่ 2.3.1-1	ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ-ปริมาตรเก็บกัก และระดับน้ำ-ปริมาณการไหลออก	2-26
รูปที่ 2.3.2-1	การจัดการอ่างเก็บน้ำกรณีมีประตูกั้นควบคุมการระบาย	2-28

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.4-1 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ระดับน้ำในปัจจุบัน และปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ	2-29
รูปที่ 2.4-2 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ ระดับน้ำในปัจจุบัน และปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ	2-29
รูปที่ 2.4.1-1 การแบ่งโซนของอ่างเก็บน้ำ	2-31
รูปที่ 2.4.2-1 เกณฑ์การควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์	2-32
รูปที่ 3.1-1 ผังการทำงานวิจัยของโครงการได้ตั้ง	3-2
รูปที่ 3.2-1 ตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา	3-3
รูปที่ 3.5-1 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลออกจากอ่าง	3-10
รูปที่ 3.5-2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออก	3-11
รูปที่ 3.6-1 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ 3 ตัวแปร อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์	3-12
รูปที่ 3.6-2 ตัวอย่างการกำหนดระดับควบคุมต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์	3-13
รูปที่ 4.2-1 ตัวอย่างการสร้างขอบเขตอิทธิพลของพายุฝน	4-5
รูปที่ 4.2.1-1 เส้นทางพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย	4-6
รูปที่ 4.2.2-1 เส้นทางพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย	4-8
รูปที่ 4.3.1-1 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวาง	4-10
รูปที่ 4.3.1-2 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ	4-12
รูปที่ 4.3.1-3 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากระยะทางจากทะเล	4-13
รูปที่ 4.3.1-4 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากละติจูด	4-14
รูปที่ 4.3.2-1 แฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยตอนบน	4-15
รูปที่ 4.3.2-2 แฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยตอนล่าง	4-15
รูปที่ 4.4.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนอุบลรัตน์	4-23
รูปที่ 4.4.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนอุบลรัตน์	4-25
รูปที่ 4.4.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนอุบลรัตน์	4-26
รูปที่ 4.4.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนอุบลรัตน์	4-27
รูปที่ 4.4.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนอุบลรัตน์	4-27
รูปที่ 4.4.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 179.30 ม.รทก.	4-29
รูปที่ 4.4.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ 10 ปีย้อนหลัง	4-31
รูปที่ 4.4.3-7 เกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากเขื่อนอุบลรัตน์	4-31
รูปที่ 4.5.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิรินธร	4-39
รูปที่ 4.5.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนสิรินธร	4-41

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนสิรินธร	4-42
รูปที่ 4.5.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนสิรินธร	4-43
รูปที่ 4.5.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนสิรินธร	4-43
รูปที่ 4.5.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำ เขื่อนสิรินธร กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 142.20 ม.รทก.	4-45
รูปที่ 4.5.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร 10 ปีย้อนหลัง	4-47
รูปที่ 4.5.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร	4-47
รูปที่ 4.6.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของ เขื่อนบางลาง	4-55
รูปที่ 4.6.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนบางลาง	4-57
รูปที่ 4.6.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนบางลาง	4-58
รูปที่ 4.6.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนบางลาง	4-59
รูปที่ 4.6.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนบางลาง	4-59
รูปที่ 4.6.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำ เขื่อนบางลาง กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 112.00 ม.รทก.	4-61
รูปที่ 4.6.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง 10 ปีย้อนหลัง	4-63
รูปที่ 4.6.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง	4-63
รูปที่ 4.7.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของ เขื่อนวชิราลงกรณ	4-71
รูปที่ 4.7.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ	4-73
รูปที่ 4.7.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนวชิราลงกรณ	4-74
รูปที่ 4.7.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนวชิราลงกรณ	4-75
รูปที่ 4.7.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนวชิราลงกรณ	4-75
รูปที่ 4.7.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำ เขื่อนวชิราลงกรณ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 155.00 ม.รทก.	4-77
รูปที่ 4.7.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ 10 ปีย้อนหลัง	4-79
รูปที่ 4.7.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ	4-79
รูปที่ 4.8.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของ เขื่อนศรีนครินทร์	4-87
รูปที่ 4.8.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนศรีนครินทร์	4-90
รูปที่ 4.8.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนศรีนครินทร์	4-91
รูปที่ 4.8.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนศรีนครินทร์	4-91

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนศรีนครินทร์	4-92
รูปที่ 4.8.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 178.50 ม.รทก.	4-94
รูปที่ 4.8.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ 10 ปีย้อนหลัง	4-96
รูปที่ 4.8.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์	4-96
รูปที่ 4.8.3-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา	4-97
รูปที่ 4.8.3-9 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนท่าทุ่งนา	4-98
รูปที่ 4.8.3-10 กราฟปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนศรีนครินทร์	4-99
รูปที่ 4.8.3-11 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดเขื่อนท่าทุ่งนา	4-99
รูปที่ 4.8.3-12 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนท่าทุ่งนา	4-100
รูปที่ 4.8.3-13 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนท่าทุ่งนา	4-100
รูปที่ 4.8.3-14 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 59.00 ม.รทก.	4-102
รูปที่ 4.8.3-15 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำท่าทุ่งนา 10 ปีย้อนหลัง	4-104
รูปที่ 4.8.3-16 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา	4-104
รูปที่ 4.9.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนภูมิพล	4-112
รูปที่ 4.9.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนภูมิพล	4-114
รูปที่ 4.9.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนภูมิพล	4-115
รูปที่ 4.9.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนภูมิพล	4-116
รูปที่ 4.9.3-4 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 257.00 ม.รทก.	4-118
รูปที่ 4.9.3-5 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล 10 ปีย้อนหลัง	4-120
รูปที่ 4.9.3-6 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล	4-120
รูปที่ 4.10.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิริกิติ์	4-128
รูปที่ 4.10.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนสิริกิติ์	4-130
รูปที่ 4.10.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนสิริกิติ์	4-131
รูปที่ 4.10.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนสิริกิติ์	4-132
รูปที่ 4.10.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนสิริกิติ์	4-132
รูปที่ 4.10.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 112.00 ม.รทก.	4-134
รูปที่ 4.10.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ 10 ปีย้อนหลัง	4-136

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.10.3-7 เกลนธ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์	4-136
รูปที่ 4.11.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนรัชชประภา	4-144
รูปที่ 4.11.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนรัชชประภา	4-146
รูปที่ 4.11.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆของเขื่อนรัชชประภา	4-147
รูปที่ 4.11.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนรัชชประภา	4-148
รูปที่ 4.11.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนรัชชประภา	4-148
รูปที่ 4.11.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 94.50 ม.รทก.	4-150
รูปที่ 4.11.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา 10 ปีย้อนหลัง	4-152
รูปที่ 4.11.3-7 เกลนธ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา	4-152
รูปที่ 4.12.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนจุฬาภรณ์	4-159
รูปที่ 4.12.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์	4-162
รูปที่ 4.12.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆของเขื่อนจุฬาภรณ์	4-163
รูปที่ 4.12.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนจุฬาภรณ์	4-163
รูปที่ 4.12.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนจุฬาภรณ์	4-164
รูปที่ 4.12.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 755.90 ม.รทก.	4-166
รูปที่ 4.12.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ 10 ปีย้อนหลัง	4-168
รูปที่ 4.12.3-7 เกลนธ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์	4-168
รูปที่ 4.13.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนห้วยกุ่ม	4-176
รูปที่ 4.13.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม	4-178
รูปที่ 4.13.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆของเขื่อนห้วยกุ่ม	4-179
รูปที่ 4.13.3-3 กราฟปริมาณน้ำระบายจากเขื่อนจุฬาภรณ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	4-179
รูปที่ 4.13.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากของเขื่อนห้วยกุ่มที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	4-180
รูปที่ 4.13.3-5 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าเขื่อนห้วยกุ่ม	4-180
รูปที่ 4.13.3-6 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 312.00 ม.รทก.	4-182
รูปที่ 4.13.3-7 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม 10 ปีย้อนหลัง	4-184
รูปที่ 4.13.3-8 เกลนธ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม	4-184

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.14.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของ เขื่อนน้ำพุง	4-192
รูปที่ 4.14.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนน้ำพุง	4-194
รูปที่ 4.14.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนน้ำพุง	4-195
รูปที่ 4.14.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนน้ำพุง	4-195
รูปที่ 4.14.3-4 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำ เขื่อนน้ำพุง กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 284.00 ม.รทก.	4-196
รูปที่ 4.14.3-5 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุง	4-197
รูปที่ 4.15.2-1 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของเขื่อนปากมูล	4-202
รูปที่ 4.15.2-2 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติของเขื่อนปากมูล	4-202
รูปที่ 4.15.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนปากมูล	4-207
รูปที่ 4.15.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระดับท้ายน้ำต่างๆ ของเขื่อนปากมูล	4-208
รูปที่ 4.15.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนปากมูล	4-208
รูปที่ 4.15.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนปากมูล	4-209
รูปที่ 4.15.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำ เขื่อนปากมูล กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 108.00 ม.รทก.	4-211
รูปที่ 4.15.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูล 10 ปีย้อนหลัง	4-212
รูปที่ 4.15.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูล	4-213
รูปที่ 4.19.1-1 รูปตัดตามยาวอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนจุฬาภรณ์	4-219
รูปที่ 4.19.1-2 รูปขยายบริเวณอาคารสลายพลังงานท้ายอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนจุฬาภรณ์	4-220
รูปที่ 4.19.1-3 รูปตัดตามยาวอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนห้วยกุ่ม	4-220
รูปที่ 4.19.1-4 รูปขยายบริเวณอาคารสลายพลังงานท้ายอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนห้วยกุ่ม	4-220
รูปที่ 4.19.1-5 การกัดเซาะ (Scouring) ได้แผ่นกันกระแทกและลาดตลิ่งท้ายอาคาร ระบายน้ำล้นเขื่อนจุฬาภรณ์	4-221
รูปที่ 4.19.1-6 การกัดเซาะลาดตลิ่งท้ายอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนห้วยกุ่ม	4-221
รูปที่ 4.19.1-7 การกัดเซาะเนื่องจากฟุ้งตกกระทบ	4-222
รูปที่ 4.19.3-8 อาคารสลายพลังงานแบบ Plunge Basin	4-223
รูปที่ 4.19.3-9 ระยะการฟุ้งของน้ำที่ปลายรางเทเขื่อนห้วยกุ่ม	4-224
รูปที่ 4.19.3-10 ลักษณะการปรับปรุงอาคารสลายพลังงาน	4-225
รูปที่ 4.19.3-11 บริเวณจุดบรรจบท้ายน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์	4-225
รูปที่ 4.19.3-12 บริเวณจุดบรรจบท้ายน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม	4-226
รูปที่ 5.1-1 บรรยายภาพการอบรมสร้างองค์ความรู้	5-2
รูปที่ 5.2-1 บรรยายภาพการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย	5-4

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.1-1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ และพื้นที่รับน้ำฝน (FAO, 2000)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เขื่อนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. เพื่อควบคุมน้ำหลากและความมั่นคงของเขื่อน เนื่องจากพบว่ามีปัญหาดังนี้

1) เขื่อนของ กฟผ. มีอายุมากกว่า 30 ปีขึ้นไป การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) สำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนในอดีตอาจมีข้อจำกัดในด้านความเพียงพอของข้อมูล

2) ปัจจุบันข้อมูลที่สำคัญทางด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา ได้มีการเก็บบันทึกทางสถิติที่ยาวนาน และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลพายุฝนขนาดใหญ่ที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย

3) สภาพพื้นที่ลุ่มน้ำ อาจมีสภาพการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม และชุมชนที่อยู่อาศัย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเปลี่ยนแปลงไป

4) ปริมาณน้ำหลากออกแบบที่นำมาใช้งานของเขื่อน กฟผ. ส่วนมากใช้ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แต่มีบางเขื่อนยังไม่มีวิเคราะห์กราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (Flood Frequency Hydrograph)

5) ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ของแต่ละเขื่อน มีแนวทางการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เขื่อนตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำใกล้เคียงกัน เนื่องจากการวิเคราะห์บนมาตรฐานที่แตกต่างกันตามยุคสมัยการออกแบบ

6) คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. ซึ่งได้จัดทำไว้ในอดีตมีหลายรูปแบบ แต่ละเขื่อนมีแนวทางที่แตกต่างกัน บางเขื่อนไม่มีความชัดเจน บางเขื่อนนำไปปฏิบัติงานจริงได้ยาก

7) การระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น ในปัจจุบันพบว่า อาจมีปัญหากับพื้นที่ชุมชนท้ายน้ำ ซึ่งได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมอยู่เดิม ในขณะที่ กฟผ. มีความจำเป็นต้องระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเพื่อความมั่นคงปลอดภัยต่อตัวเขื่อน

8) จากผลกระทบต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเปลี่ยนแปลงไปจึงสมควรมีการทบทวนกราฟควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน (Flood Control Rule Curve) ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) และทำการศึกษาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษาวิจัย
- 2) ศึกษา วิเคราะห์ และประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่มีความถูกต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมปัจจุบัน และสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การปฏิบัติการในสภาวะน้ำหลากได้
- 3) ศึกษาเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับควบคุมการระบายน้ำช่วงน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการกำหนดแนวทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก ให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยต่อตัวเขื่อน
- 4) ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเพื่อควบคุมน้ำหลากของเขื่อนภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อน และความปลอดภัยของชุมชนท้ายน้ำ เป็นสำคัญ พร้อมทั้งจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. เพื่อนำไปใช้อ้างอิงในการปฏิบัติงานได้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ทำการศึกษาวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) และปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้แก่ 2 5 10 25 50 100 200 500 1,000 และ 10,000 ปีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษาวิจัย
- 2) ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้แก่ 2 5 10 25 50 100 200 500 1,000 และ 10,000 ปี ที่ไหลเข้าสู่เขื่อนของ กฟผ. จำนวน 13 แห่ง ประกอบด้วย เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนสิรินธร เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนห้วยกุ่ม เขื่อนน้ำพุง เขื่อนปากมูล เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนวชิราลงกรณ์ เขื่อนรัชชประภา เขื่อนบางลาง และเขื่อนท่าทุ่งนา
- 3) ทำการตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น กราฟควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) และข้อกำหนดการปฏิบัติการน้ำในอ่างเก็บน้ำในปัจจุบัน โดยใช้ข้อกำหนดในปัจจุบันจาก กฟผ. ได้แก่ การพิจารณาระยะการเปิดบานระบายน้ำเพื่อระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำที่อัตราการระบายต่าง ๆ ตามค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์น้ำหลาก
- 4) ทำการศึกษาแนวทางเหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเพื่อควบคุมน้ำหลาก โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนและความปลอดภัยของชุมชนท้ายน้ำอย่างเหมาะสมโดยการพิจารณาถึงขีดจำกัดของลำน้ำที่ไหลผ่านชุมชนท้ายน้ำจากข้อมูลทุติยภูมิที่มีการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลไว้แล้วรวมถึงการศึกษาแนวทางลดการกัดเซาะด้านท้ายน้ำของเขื่อนห้วยกุ่ม และเขื่อนจุฬาภรณ์
- 5) จัดทำคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. จำนวน 13 แห่งประกอบด้วย เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนสิรินธร เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนห้วยกุ่ม เขื่อนปากมูล

เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนท่าทุ่งนา เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง สำหรับเขื่อนน้ำพุง เนื่องจากมีอาคารระบายน้ำล้นชนิดไม่มีบาน จึงจัดทำเป็นผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน

6) จัดอบรมสร้างองค์ความรู้ จำนวน 1 ครั้ง และจัดสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องภายใน กฟผ. จำนวน 1 ครั้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กฟผ. สามารถบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลากได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดความมั่นคงปลอดภัยต่อตัวเขื่อนและชุมชนท้ายน้ำ โดยใช้ผลจากการวิจัยนี้ ประกอบด้วย ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำกราฟควมคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำ (FCRC) และคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานเปิด-ปิดประตูระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. นอกจากนั้น ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลของระบบโทรมาตรที่ กฟผ. ได้วางแผนงานระบบโทรมาตรของเขื่อนได้ในอนาคต

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) หมายถึง การศึกษาความลึกของฝนที่มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณฝนสูงสุด (Upper Limit) ที่บรรยากาศสามารถทำให้เกิดได้ เมื่อสภาพทุกอย่างเอื้ออำนวยในการทำให้เกิดปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จะแบ่งพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ภูเขา (Orographic) และพื้นที่ไม่ใช่ภูเขา (Non-Orographic) และแบ่งวิธีการตามตำแหน่งอ้างอิงของโลก ออกเป็น 2 เขต ได้แก่ เขตละติจูดกลาง (Mid Latitude) และเขตร้อน (Tropical Zone) สำหรับประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่แบบพื้นที่ไม่ใช่ภูเขาและอยู่ในเขตร้อน

การคำนวณปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในพื้นที่ซึ่งไม่ได้เป็นพื้นที่ภูเขา ใช้หลักทฤษฎีการทำพายุฝนสูงสุด (Storm Maximization) และการเคลื่อนย้ายพายุฝน (Storm Transposition) ภายในพื้นที่ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันในด้านอุตุนิยมวิทยา ส่วนบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นหุบเขา ใช้หลักทฤษฎีการเคลื่อนย้ายพายุฝนแบบธรรมดาไม่ได้ เนื่องจากมีอิทธิพลจากลักษณะภูมิประเทศประจำท้องถิ่นอยู่ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะใช้หลักทฤษฎีการจำลองการไหลของลม (Wind Flow Model) แทน อย่างไรก็ตาม การประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 กรณีนั้น อาศัยหลักการประมาณค่าไปในทางด้านมาก (ไชยาพงษ์, 2557)

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 8 วิธี (World Meteorological Organization, 2009) ดังนี้

1) *The Local Method (Local Storm Maximization or Local Model)* เป็นวิธีการที่ใช้พายุฝนที่เคยเกิดในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา มาทำให้เป็นพายุฝนมากที่สุด (ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้) โดยการใช้ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง เป็นตัวปรับแก้ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลพายุฝนที่เคยเกิดในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษามายาวนาน

2) *The Transposition Method (Storm Transposition or Transposition Model)* เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษาที่ไม่เคยเกิดพายุฝนสูง หรือไม่มีการเก็บข้อมูลพายุฝนที่เคยเกิดไว้ จะใช้วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝนมาจากพื้นที่ซึ่งเกิดพายุฝนมายังพื้นที่ศึกษา โดยจะต้องแน่ใจว่าพายุฝนนั้นสามารถเคลื่อนย้ายมาได้ ภายใต้รูปแบบและลักษณะของสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน และพิจารณาตัวปรับแก้ในการเคลื่อนย้ายพายุฝน ได้แก่ ความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง สิ่งกีดขวาง ละติจูด ระยะห่างจากทะเล สภาพภูมิประเทศ ความเร็วลม และฤดูกาล วิธีนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับพื้นที่ที่ไม่ค่อยมีข้อมูลพายุฝนสูง

3) *The Combination Method (Temporal and Spatial Maximization of Storm or Storm Combination or Combination Model)* เป็นวิธีการรวมพายุฝนที่เกิดในพื้นที่ 2 ลูกหรือ

มากกว่าเข้าด้วยกันเหมาะสำหรับพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ที่ต้องการระยะเวลาการเกิดพายุฝนที่ยาวเพื่อนำไปใช้หาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Flood, PMF) ในการจำลองพายุฝนที่มีช่วงเวลายาวๆ ภายใต้อุตุนิยมวิทยา และการคาดการณ์วิธีนี้ต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมวิทยามาก

4) *The Inferential Method (Theoretical Model or Ratiocination Model)* เป็นวิธีการสร้างโครงสร้างของพายุฝนแบบ 3D เพื่อสร้างสมการของพายุฝน แบบจำลองที่ใช้อาจจะเป็น Convergence Model หรือ Laminar Model ข้อมูลที่จะนำมาสร้างแบบจำลองเป็นข้อมูลสภาพอากาศชั้นบน ซึ่งต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมวิทยามากวิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับลุ่มน้ำขนาดใหญ่

5) *The Generalized Method (Generalized Estimation)* ขั้นตอนจะเกี่ยวกับการจัดกลุ่มเป็น Convergence กับฝนปะทะภูเขา วิธีนี้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่ยาวนานและจำนวนมากในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์จึงใช้เวลาดำเนินการค่อนข้างมากและราคาแพง แต่ก็ให้ความถูกต้องสูงและผลการวิเคราะห์สามารถประยุกต์ได้ง่าย เหมาะกับพื้นที่ขนาดไม่เกิน 13,000 ตารางกิโลเมตร สำหรับพื้นที่ภูเขา และพื้นที่ขนาดไม่เกิน 52,000 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ราบ และพิจารณาระยะเวลาการเกิดพายุฝนไม่เกิน 72 ชั่วโมง

6) *The Statistical Method (Statistical Estimation)* เป็นการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) โดยใช้วิธีการทางสถิติร่วมกับวิธีการเชิงพื้นที่ของสถานีตรวจวัดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาแล้วใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติ และ Regional Generalized Method วิธีการทางสถิตินี้จะแตกต่างจากวิธีการทางสถิติทั่วไปอยู่ 2 ประเด็น คือ (1) เป็นการประเมินค่าสถิติของพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อหาพายุฝนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (2) เป็นวิธีการประเมินค่าสูงสุดทางสถิติโดยใช้การทำเส้นโค้งทางด้านมาก (Envelopment) เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษาขนาดต่ำกว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร

นอกจากนี้ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่มาก ๆ ยังต้องมีวิธีการสำหรับพิจารณาเพิ่ม ดังนี้

7) *The Major Temporal (Flood Hydrograph) and Spatial (Flood Source) Combination Method* เป็นวิธีการทางอุตุ-อุทกวิทยา ซึ่งมีการวิเคราะห์รวมทั้งกราฟน้ำท่าและแหล่งของน้ำท่าใช้สำหรับประเมินในพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือสถานีตรวจวัดที่วิเคราะห์หรือจุดที่สนใจ หรือพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีความแตกต่างของสภาพอากาศระหว่างเหนือน้ำกับท้ายน้ำ เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ มีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 100,000 ตารางกิโลเมตร

8) *The Simulation Method Based on Historical Floods* เป็นวิธีการสร้างพายุฝนที่มีความเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ที่เคยเกิดในอดีต มาวิเคราะห์รวมทั้งกราฟน้ำท่า (Flood Hydrograph) ต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า สถานการณ์น้ำท่วมในลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาของเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ ในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ มีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 100,000 ตารางกิโลเมตร

ปรีชา (2533) ได้ทำการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วันอาศัยหลักการประมาณค่าไปในทางด้านมาก ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย โดยเลือกพายุฝนจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 วัน ที่มีค่ามากกว่า

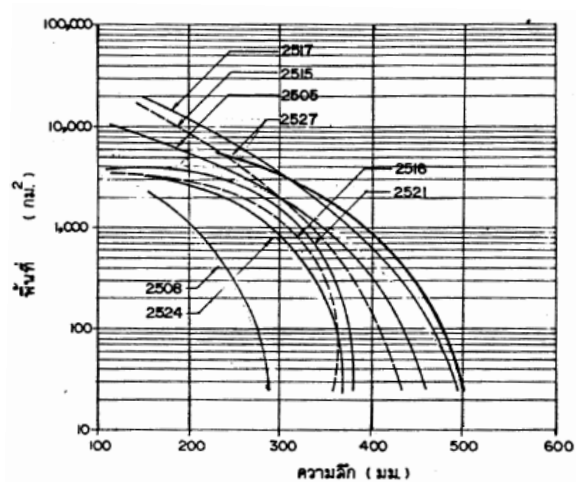
500 มิลลิเมตร เพื่อนำมาใช้หาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้และเพื่อเปรียบเทียบกับพายุฝนที่เคยศึกษาในอดีต (พายุฝนวันที่ 16-18 มิถุนายน พ.ศ.2505 มีศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดนครพนม ปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 3 วัน วัดได้ 544.6 มิลลิเมตร) พายุฝนที่เลือกศึกษา ประกอบด้วย พายุฝนที่เลือกศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 4 ลูก และพายุฝนที่เลือกศึกษาในภาคเหนือ จำนวน 3 ลูก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1-1

ในการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ระหว่างพายุฝนที่เลือกศึกษากับพายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว พบว่า ในแต่ละความลึกสำหรับช่วงเวลาที่กำหนด จะให้การแพร่กระจายของพื้นที่ของพายุฝนที่เลือกศึกษาได้ดีกว่าทุกกรณี และพบว่า นอกจากพายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว ยังมีพายุฝนที่มีขนาดใหญ่ที่สามารถนำมาใช้หาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ นั่นคือ พายุฝนวันที่ 3-5 มิถุนายน 2515 และพายุฝนวันที่ 14-16 สิงหาคม 2517 ดังแสดงในรูปที่ 2.1-1

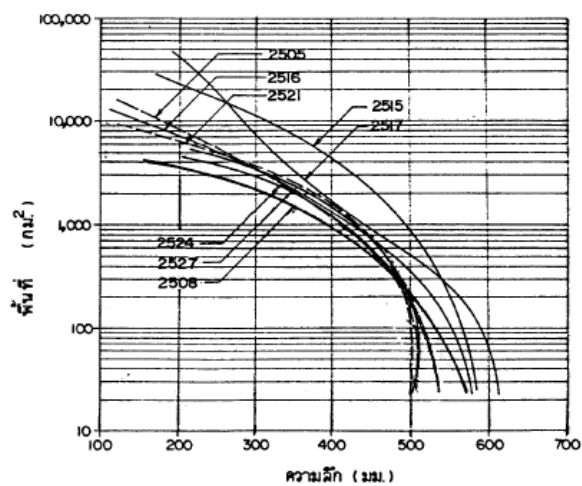
สำหรับการศึกษาอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมงที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ วิเคราะห์การแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล พบว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าระหว่าง 27.00-29.30 องศาเซลเซียส สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 50 และ 100 ปี ตามลำดับ ในภาคเหนือ มีค่าระหว่าง 26.60-28.20 องศาเซลเซียส สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 50 และ 100 ปี ตามลำดับ และตัวแทนของพายุฝนที่เลือกศึกษามีค่าตั้งแต่ 24.20-25.68 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.1-1 พายุฝนที่เลือกศึกษาของปรีชา (2533)

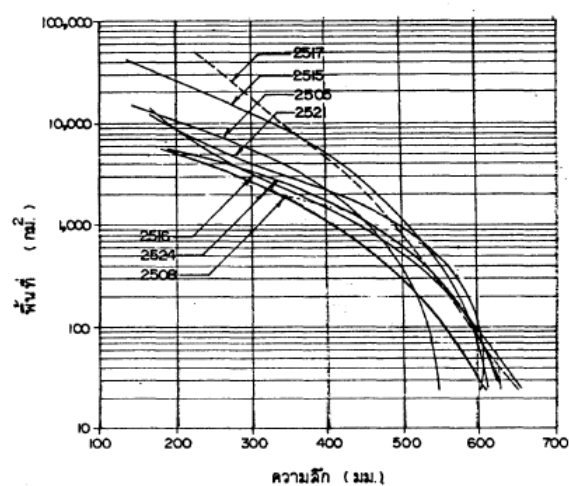
ลำดับ	พายุฝนที่เลือกศึกษา	ปริมาณฝนสูงสุด ช่วงเวลา 3 วัน (มิลลิเมตร)	ที่ตั้ง	
			อำเภอ	จังหวัด
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ				
1	พายุฝนวันที่ 1-3 กันยายน พ.ศ.2508	606.5	น้ำพอง	ขอนแก่น
2	พายุฝนวันที่ 3-5 มิถุนายน พ.ศ.2515	611.6	โขงเจียม	อุบลราชธานี
3	พายุฝนวันที่ 31 สิงหาคม-2 กันยายน พ.ศ.2516	651.8	บ้านแพง	นครพนม
4	พายุฝนวันที่ 14-16 สิงหาคม พ.ศ.2517 (สถานีวัดน้ำฝนของอ่างเก็บน้ำห้วยมะโน)	647.6	เขาวง	กาฬสินธุ์
ภาคเหนือ				
5	พายุฝนวันที่ 15-17 พฤษภาคม พ.ศ.2521	600.6	สามเงา	ตาก
6	พายุฝนวันที่ 5-7 กรกฎาคม พ.ศ.2524 (สถานีวัดน้ำฝนของโครงการปลูกป่าดอยตุง)	627.4	แม่สาย	เชียงราย
7	พายุฝนวันที่ 11-12 มิถุนายน พ.ศ.2527 (สถานีวัดน้ำฝนบริเวณห้วยงานโครงการชลประทานน้ำปาด)	505.5	ปากท่า	อุตรดิตถ์



ช่วงเวลา 1 วัน



ช่วงเวลา 2 วัน



ช่วงเวลา 3 วัน

รูปที่ 2.1-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและพายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน (ปรีชา, 2533)

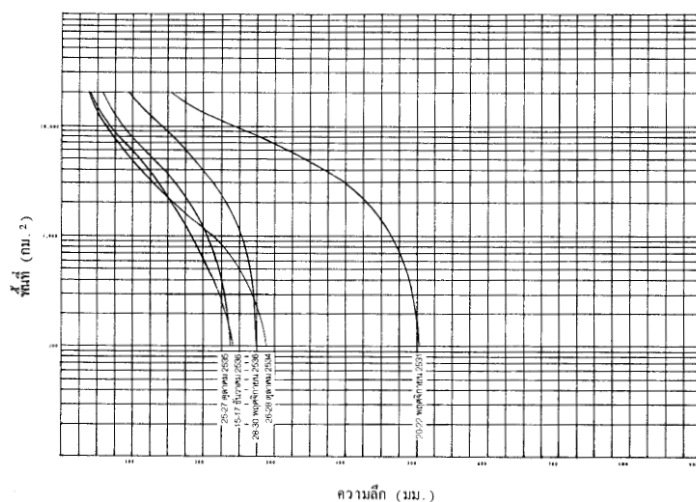
เกือกศักดิ์ (2540) ได้ทำการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน อาศัยหลักการประมาณค่าไปในทางด้านมาก ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยเลือกเฉพาะพายุฝนที่ผ่านเข้าสู่ประเทศไทยทางภาคใต้จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 วัน ที่มีค่ามากกว่า 300 มิลลิเมตร และมีระยะเวลาที่เกิดในช่วง 10 ปี มาทำการศึกษา ประกอบด้วย พายุฝนที่เลือกศึกษาจำนวน 5 ลูก ดังแสดงในตารางที่ 2.1-2

ในการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึก - พื้นที่ - ช่วงเวลา ระหว่างพายุฝนที่เลือกศึกษาทั้ง 5 ลูก พบว่า การแพร่กระจายของฝนที่ตกครอบคลุมพื้นที่มากกว่าพายุฝนลูกอื่น สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน คือ พายุฝนวันที่ 20-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 ซึ่งเป็นพายุฝนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้หาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ สำหรับโครงการที่ต้องการความปลอดภัยทางด้านวิศวกรรมสูง เช่น โครงการเขื่อนขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง เนื่องจากเป็นพายุฝนที่ให้ปริมาณฝนจำนวนมากกว่พายุฝนลูกอื่นๆ ส่วนโครงการที่ไม่ต้องการความปลอดภัยทางด้านวิศวกรรมสูงมากนัก เช่น โครงการอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ควรใช้พายุฝนวันที่ 28-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 ในการนำไปใช้หาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ซึ่งจะเหมาะสมมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.1-2 ถึงรูปที่ 2.1-4

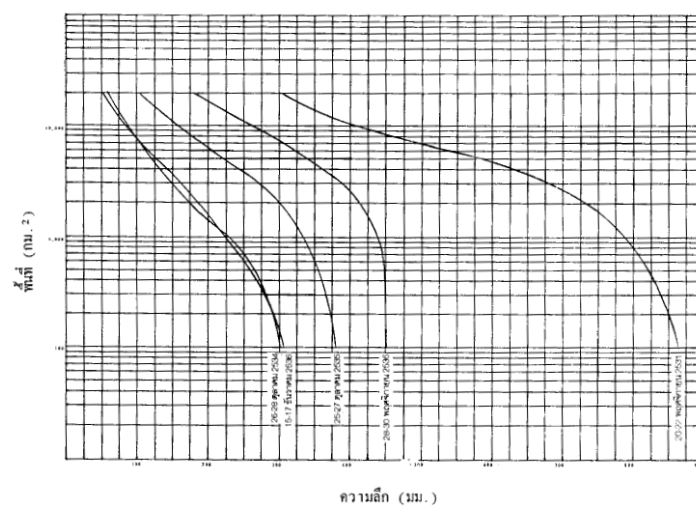
ตารางที่ 2.1-2 พายุฝนที่เลือกศึกษาของเกือกศักดิ์ (2540)

ลำดับ	พายุฝนที่เลือกศึกษา	ปริมาณฝนสูงสุด ช่วงเวลา 3 วัน (มิลลิเมตร)	ที่ตั้ง	
			อำเภอ	จังหวัด
ภาคใต้				
1	พายุฝนวันที่ 20-22พฤศจิกายน พ.ศ.2531 (หย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง)	930.7	เชียรใหญ่	นครศรีธรรมราช
2	พายุฝนวันที่ 26-28ตุลาคม พ.ศ.2534 (พายุดีเปรสชัน 4, D4)	320.2	เมือง	ประจวบคีรีขันธ์
3	พายุฝนวันที่ 25-27ตุลาคม พ.ศ.2535 (พายุไต้ฝุ่นแองเจลา, ANGELA 9224)	408.7	ดอนสัก	สุราษฎร์ธานี
4	พายุฝนวันที่ 28-30พฤศจิกายน พ.ศ.2536 (พายุดีเปรสชัน 3, D3)	454.5	เมือง	สุราษฎร์ธานี
5	พายุฝนวันที่ 15-17 ธันวาคม พ.ศ.2536 (พายุไต้ฝุ่นแมนนี่, MANNY 9327)	382.5	กงหรา	พัทลุง

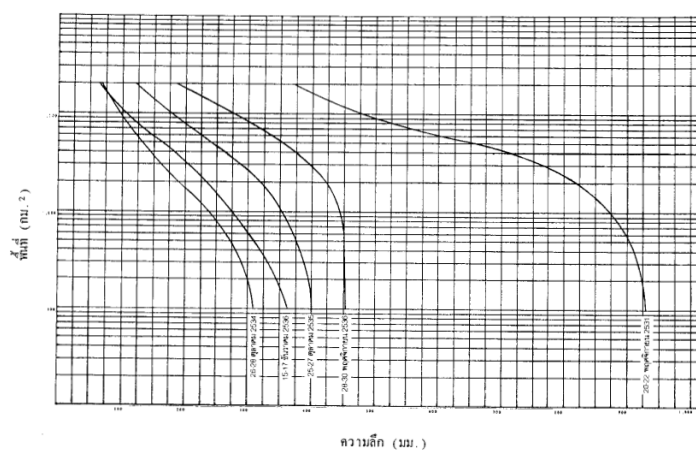
สำหรับการศึกษาอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมงที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ วิเคราะห์การแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล พบว่า ในภาคใต้ มีค่าระหว่าง 23.81-26.29 องศาเซลเซียส สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี และมีค่าระหว่าง 24.02-26.51 องศาเซลเซียส สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี และตัวแทนของพายุฝนที่เลือกศึกษามีค่าตั้งแต่ 23.90-24.90 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและพายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 1 วัน (เก็ตส์กัตต์, 2540)



รูปที่ 2.1-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและพายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 2 วัน (เก็ตส์กัตต์, 2540)



รูปที่ 2.1-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่เลือกศึกษาและพายุฝนที่เคยศึกษาแล้ว สำหรับช่วงเวลา 3 วัน (เก็ตส์กัตต์, 2540)

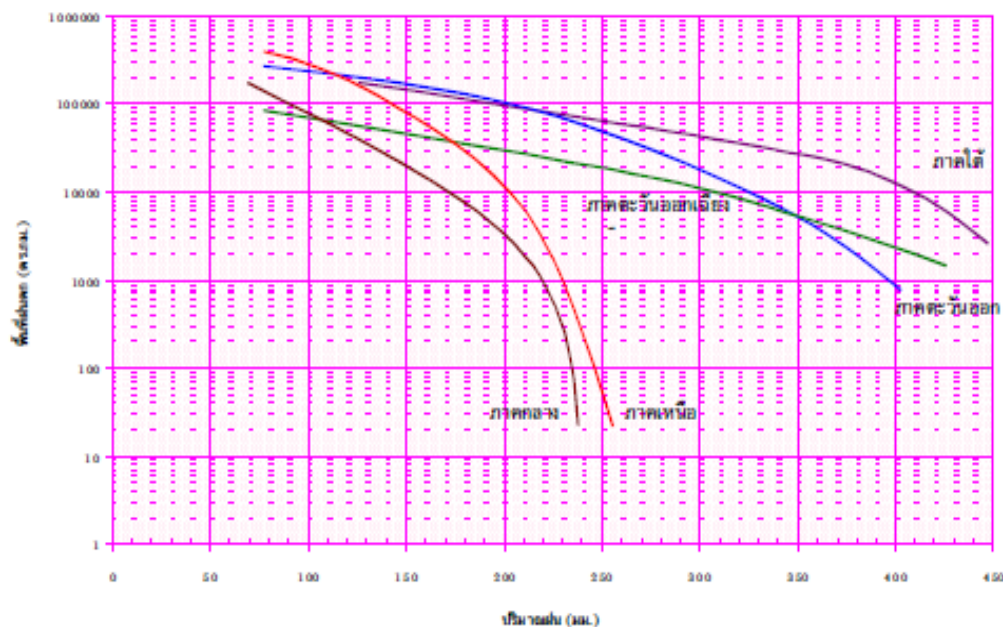
นอกจากนี้ เกื้อศักดิ์ (2540) ได้แสดงตัวอย่างการนำผลการศึกษาไปใช้งาน โดยนำไปใช้กับโครงการคลองป่าแก อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดพัทลุง มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 130 ตารางกิโลเมตร ใช้อุทกวิทยาคำนวณน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ตัวแทนพายุฝนเท่ากับ 23.90 องศาเซลเซียส และอุทกวิทยาคำนวณน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เท่ากับ 24.27 องศาเซลเซียส ได้ตรรชนีปรับแก้สำหรับการทำพายุฝนสูงสุด เฉพาะจุดที่อาจเป็นไปได้เท่ากับ 1.01 ตรรชนีปรับแก้รวม (เนื่องจากความชื้น ระดับ และระยะทางจากทะเล) สำหรับการย้ายพายุฝนของโครงการคลองป่าแกเท่ากับ 1.05 และใช้แฟกเตอร์ลดความลึกฝนตามขนาดพื้นที่ภาคใต้ ช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน เท่ากับ 0.9580.968 และ 0.964 ตามลำดับ ผลการหาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองป่าแกสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน มีค่าเท่ากับ 720.5 912.4 และ 970.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ฐิติมา (2546) ได้ทำการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของประเทศไทย โดยการรวบรวมข้อมูลสถิติพายุฝนในประเทศไทย ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2515-2543 ของกรมอุตุนิยมวิทยาที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของลมมรสุม พายุหมุนเขตร้อน และร่องมรสุมในประเทศไทย จำนวน 108 ลูก เพื่อทำการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประมาณค่า พายุที่นำมาวิเคราะห์เพื่อค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) มีจำนวน 15 ลูก ซึ่งเป็นพายุฝนที่ทำให้เกิดฝนสูงสุด 3 ลูกแรกในแต่ละพื้นที่ คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ทำการคำนวณปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของพายุแต่ละลูก (Maximization) โดยการปรับแก้เนื่องจากความชื้นจะได้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของพายุแต่ละลูกรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1-3

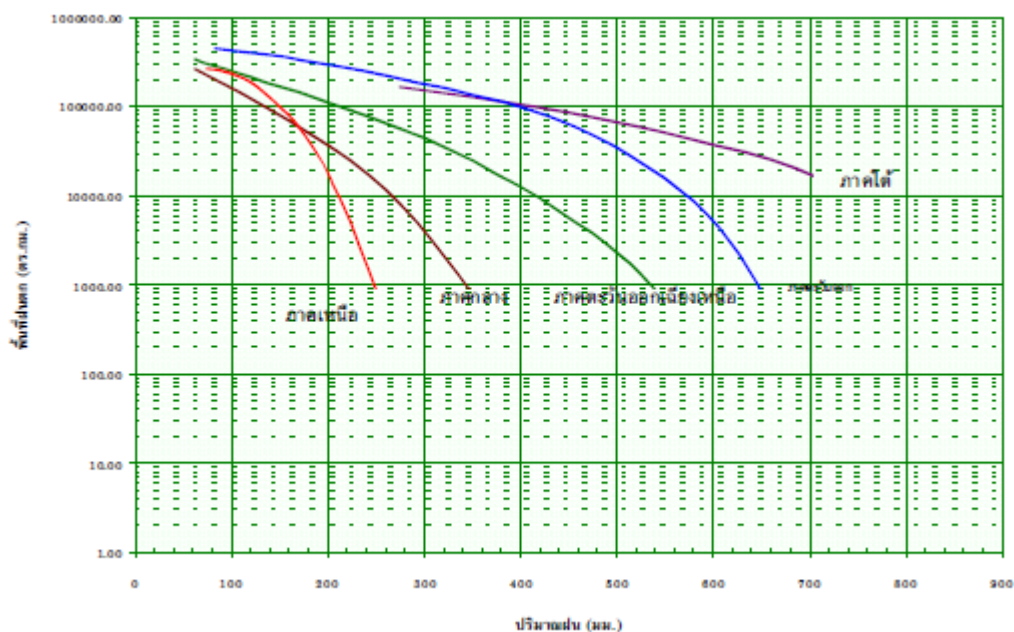
ตารางที่ 2.1-3 ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของพายุแต่ละลูกของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย

ลำดับ	ชื่อพายุ	พื้นที่ที่วัดปริมาณฝน ได้สูงสุด (ภาค)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	พายุฝน วันที่ 4-7 มกราคม 2518	ใต้	442.0	826.7	1108.4
2	พายุดีเปรสชันวันที่ 24-29 กรกฎาคม 2542	ตะวันออกเฉียงเหนือ	371.4	639.7	683.3
3	พายุดีเปรสชันวันที่ 15-17 สิงหาคม 2517	ตะวันออกเฉียงเหนือ	488.2	551.0	645.6
4	พายุดีเปรสชันวันที่ 11-17 กรกฎาคม 2543	ตะวันออกเฉียงเหนือ	281.7	409.1	589.2
5	พายุโซนร้อนซาราวีวันที่ 16 พฤศจิกายน 2516	ใต้	233.5	370.6	577.6
6	พายุโซนร้อนมาเรียวันที่ 28 สิงหาคม- 2 กันยายน 2543	ตะวันออกเฉียงเหนือ	354.5	483.5	559.6
7	พายุโซนร้อนอิตดาวันที่ 4-9 มกราคม 2542	ใต้	361.8	502.8	555.6
8	พายุโซนร้อนไอร่าวันที่ 4 ตุลาคม 2533	กลาง	213.4	319.1	341.2
9	พายุไต้ฝุ่นไล-ตักวันที่ 3-11 กรกฎาคม 2543	ตะวันออกเฉียงเหนือ	277.8	313.0	314.1
10	พายุโซนร้อนเบสวันวันที่ 12 สิงหาคม 2521	ตะวันออกเฉียงเหนือ	201.2	249.1	299.3
11	พายุดีเปรสชันวันที่ 20 กันยายน 2535	กลาง	137.3	227.4	296.6
12	พายุโซนร้อนคาร์ลารวันที่ 5 กันยายน 2520	เหนือ	277.1	290.4	294.5
13	พายุดีเปรสชันวันที่ 12 ตุลาคม 2528	เหนือ	196.3	212.8	242.7
14	พายุดีเปรสชันวันที่ 23-31 ตุลาคม 2542	กลาง	201.8	220.4	229.1
15	พายุโซนร้อนโจนวันที่ 23 สิงหาคม 2516	เหนือ	164.4	184.9	186.0

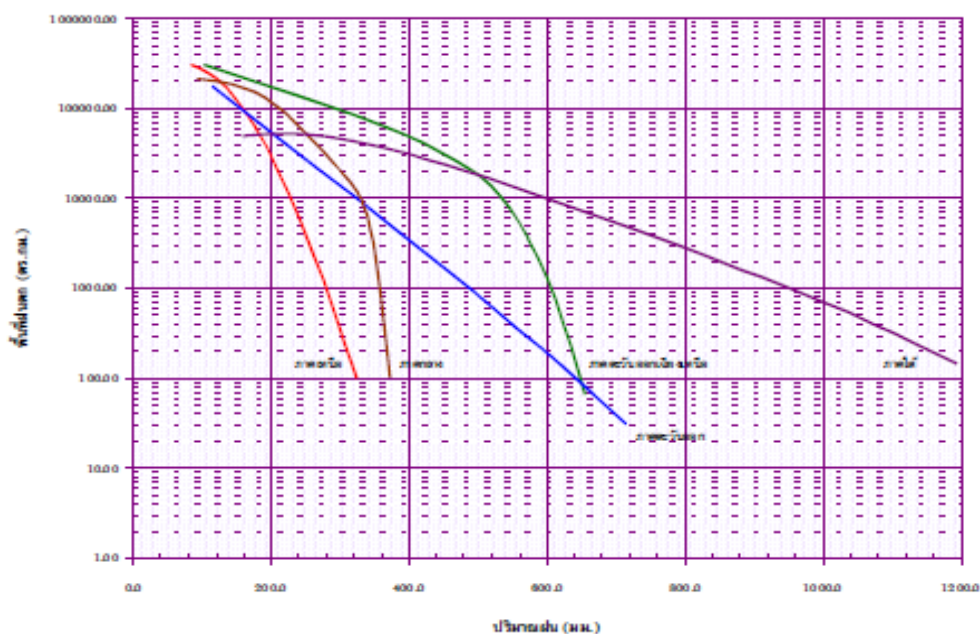
นำค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มาหาค่าทางด้านมากในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศไทย สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 2.1-5 ถึงรูปที่ 2.1-7



รูปที่ 2.1-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศไทย สำหรับช่วงเวลา 1 วัน (ฐิตินา, 2546)



รูปที่ 2.1-6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศไทย สำหรับช่วงเวลา 2 วัน (ฐิตินา, 2546)



รูปที่ 2.1-7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ในพื้นที่แต่ละภาคของประเทศไทย สำหรับช่วงเวลา 3 วัน (ฐิตินา, 2546)

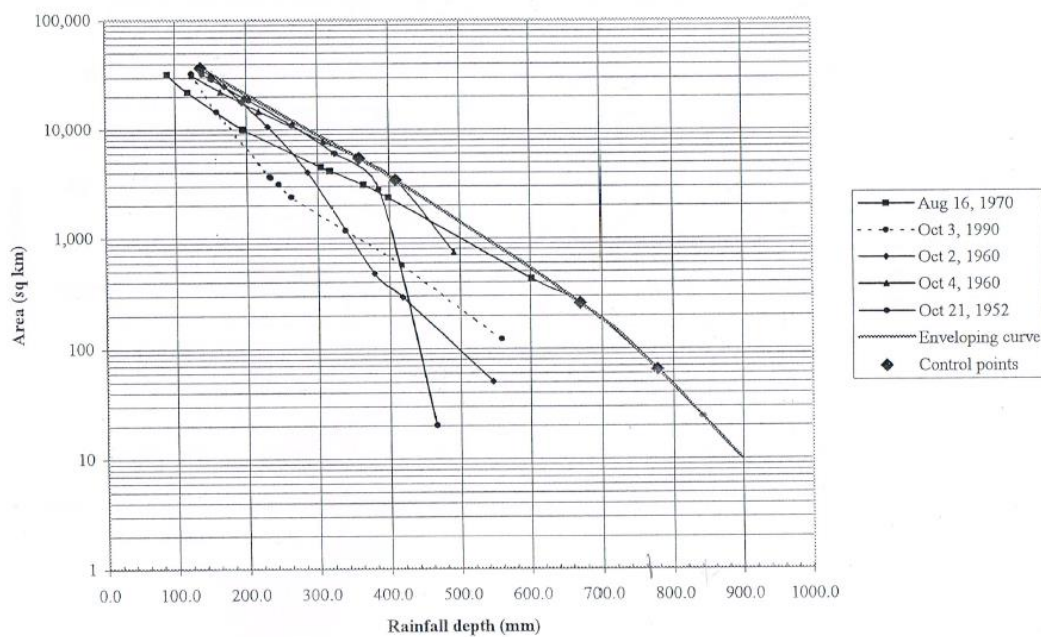
Wachira (2000) ได้ทำการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่ขนาดพื้นที่ 25 1,000 และ 5,000 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยวิธีการประยุกต์ใช้ค่าฝนสูงสุดจากข้อมูลปริมาณฝนที่มีการตรวจวัดของพื้นที่ที่มีภาวะหวั่นภัยปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยอาศัยหลักการประมาณค่าทางด้านมากสำหรับการศึกษาค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ตัวแทนพายุฝน ใช้ข้อมูลค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดรายเดือน จำนวน 10 สถานี ช่วงปี พ.ศ.2524-2542 มาคิดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี และทำเป็นค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ด้วยไดอะแกรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวโค้งของมวลอากาศที่อิ่มตัว (Pseudo-Adiabatic Diagram) เลือกค่าในช่วงฤดูมรสุมระหว่างเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 28.40 องศาเซลเซียส ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง และอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ของสถานีตรวจวัดของฝนสูงสุดที่เลือกศึกษา แบ่งเป็นข้อมูล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลในช่วงปี พ.ศ.2495-2523 จะใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝนสูงสุดที่เลือกศึกษาในเดือนนั้นๆ และทำเป็นค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ด้วยไดอะแกรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวโค้งของมวลอากาศที่อิ่มตัว (Pseudo-Adiabatic Diagram) และกลุ่มข้อมูลช่วงปี พ.ศ.2524-2542 ใช้อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ของแต่ละสถานีตรวจวัดฝนสูงสุดที่เลือกศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2.1-4 ผลการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน แสดงดังรูปที่ 2.1-8 ถึงรูปที่ 2.1-11 และตารางที่ 2.1-5

ผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่ขนาดพื้นที่ 25 1,000 และ 5,000 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ใช้การประเมินในรูปแบบกริด (Grid) ขนาด 25 x 25 ตารางกิโลเมตร โดยอ้างอิงสถานีตรวจวัดจังหวัดระยองที่มีค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ เท่ากับ 28.40 องศาเซลเซียส ได้ตรรกะปรับแก้สำหรับ

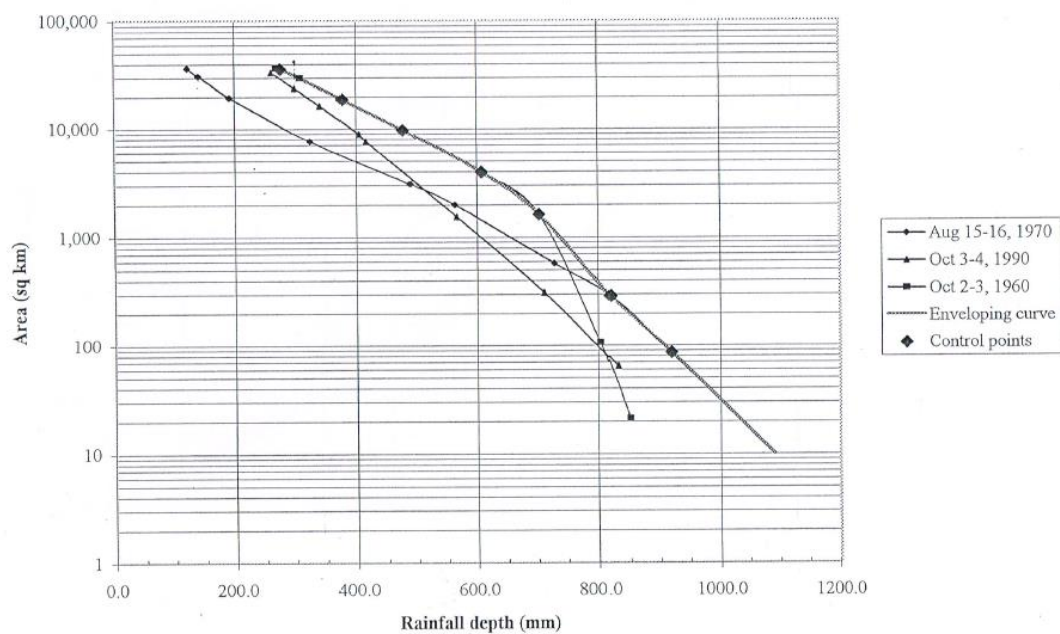
ปรับระดับความสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.1-12 ได้ผลการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่ขนาดพื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 2.1-13

ตารางที่ 2.1-4 แสดงค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ของฝนสูงสุดที่เลือกศึกษา (Wachira, 2000)

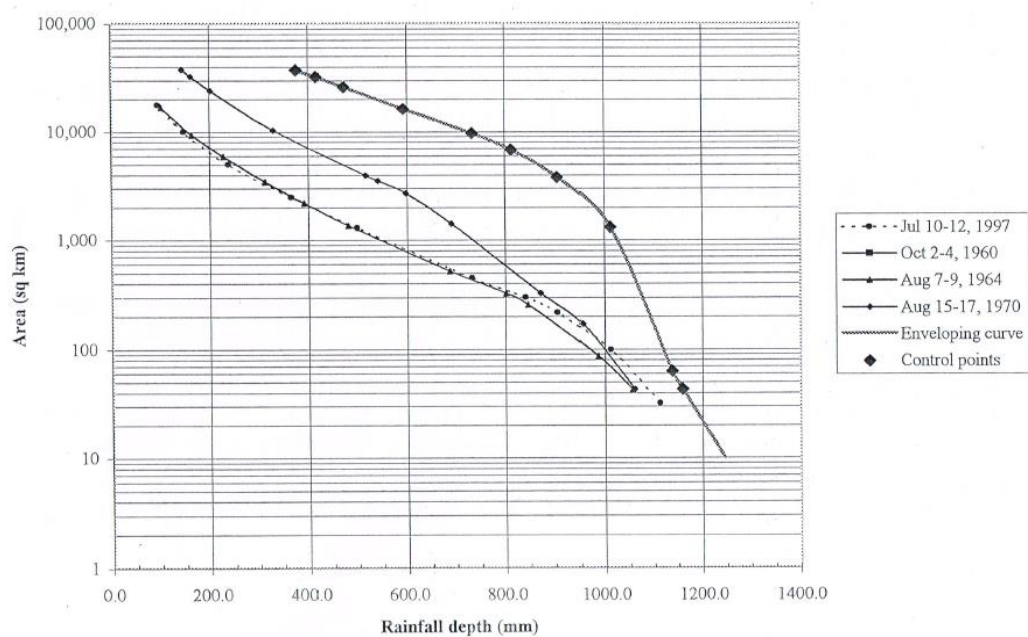
	Storm	Center of Storm	Meteorological Stations Used	Storm Dew Point	Precipitable
			in Averaging	(1000 - hPa) (degree C)	Water (mm)
1-day	Aug 16, 1970	A. Khlong Yai, Trat	Khlong Yai, Chanthaburi	24.4	76.570
Rainfall	Oct 3, 1990	Lower IL Canall (NNK.19)	Prachinburi, Aranyaprathet,	23.6	71.660
		A. Ongkharak, Nakhon	Kabinburi, Chonburi, Ko		
		Nayok	Sichang, Phattaya, Sattahip,		
			Rayong, Chanthaburi, Khlong		
	Oct 2, 1960	A. Khlong Yai, Trat	Khlong Yai, Chanthaburi,	23.2	69.326
			Aranyaprathet		
	Oct 4, 1960	A. Muang, Trat	Khlong Yai, Chanthaburi	23.4	70.070
	Oct 21, 1952	A. Muang, Chanthaburi	Khlong Yai, Chanthaburi,	23.4	70.380
			Rayong		
2-day	Aug 15 - 16, 1970	A. Khlong Yai, Trat	Khlong Yai, Chanthaburi	24.4	76.540
Rainfall	Oct 3 - 4, 1990	Lower IL Canall (NNK.19)	Prachinburi, Aranyaprathet,	23.6	71.660
		A. Ongkharak, Nakhon	Kabinburi, Chonburi, Ko		
		Nayok	Sichang, Phattaya, Sattahip,		
			Rayong, Chanthaburi, Khlong		
	Oct 2 - 3, 1960	A. Pong Nam Ron,	Aranyaprathet, Kabinburi, Ko	23.3	70.008
		Chanthaburi	Sichang, Phattaya, Sattahip,		
			Rayong, Chanthaburi, Khlong		
			Yai		
3-day	Jul 10 - 12, 1997	A. Khlong Yai, Trat	Khlong Yai	23.8	72.980
Rainfall	Oct 2 - 4, 1960	A. Khlong Yai, Trat	Aranyaprathet, Kabinburi, Ko	23.3	70.008
			Sichang, Phattaya, Sattahip,		
			Rayong, Chanthaburi, Khlong		
			Yai		
	Aug 7 - 9, 1964	A. Khlong Yai, Trat	Khlong Yai	24.4	76.860
	Aug 15 - 17, 1970	A. Khlong Yai, Trat	Khlong Yai, Chanthaburi	24.4	76.540



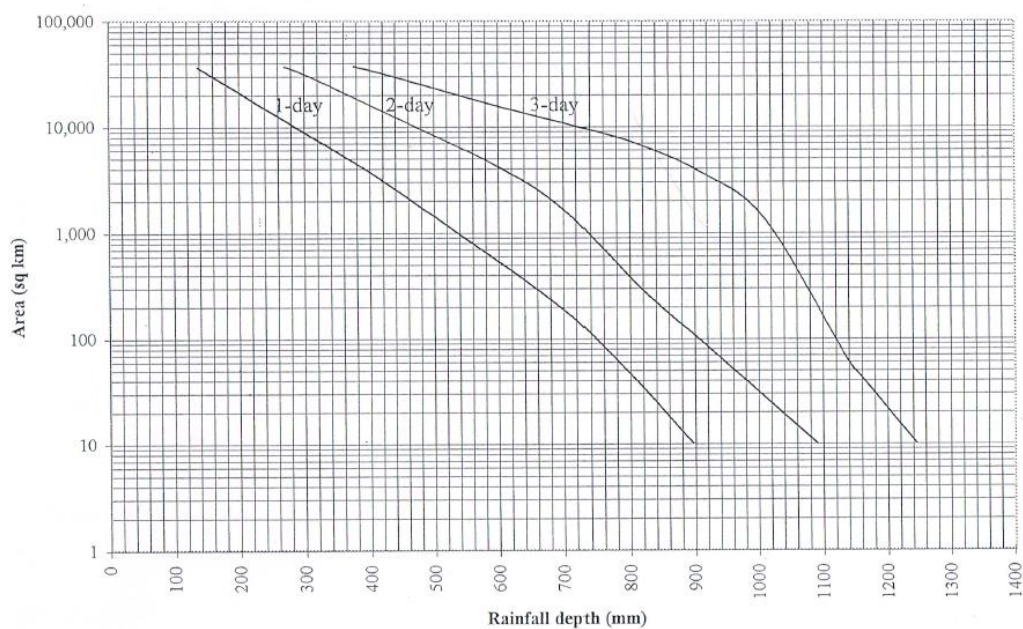
รูปที่ 2.1-8 แสดงเส้นโค้งทางด้านมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 1 วัน (Wachira, 2000)



รูปที่ 2.1-9 แสดงเส้นโค้งทางด้านมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 2 วัน (Wachira, 2000)



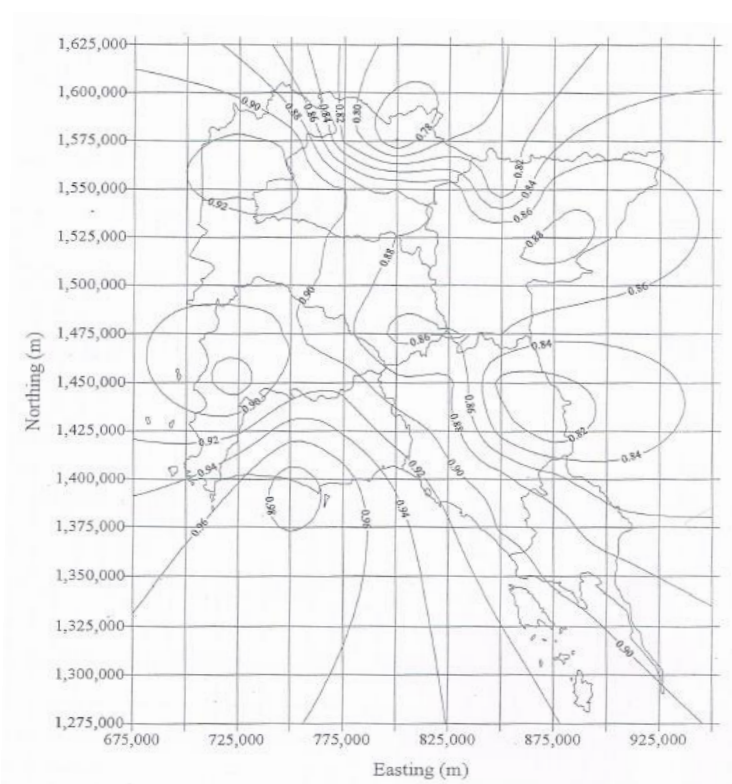
รูปที่ 2.1-10 แสดงเส้นโค้งทางด้านมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา
ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 3 วัน (Wachira, 2000)



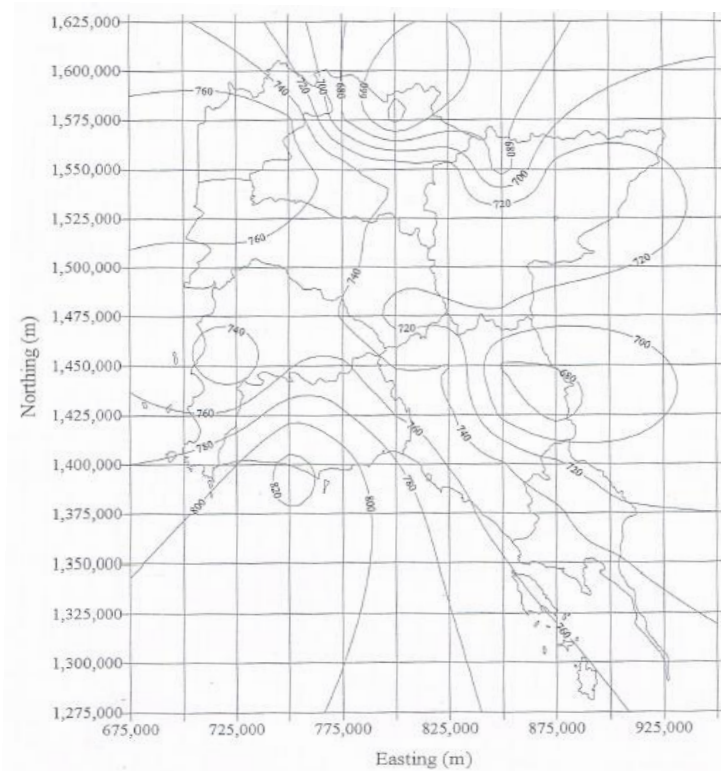
รูปที่ 2.1-11 เส้นโค้งทางด้านมากของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา
ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดระยอง สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน
(Wachira, 2000)

ตารางที่ 2.1-5 ผลการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน (Wachira, 2000)

Basin Area (sq km)	Rainfall depth (mm)		
	1-day	2-day	3-day
25	835	1,015	1,190
100	745	905	1,120
200	695	850	1,095
300	660	815	1,075
500	605	785	1,055
1,000	535	735	1,025
2,000	465	685	985
3,000	425	645	940
5,000	365	575	870
10,000	290	475	725
15,000	235	405	605
20,000	205	370	535



รูปที่ 2.1-12 แสดงค่าדרชนีปรับแก้สำหรับปรับระดับความสูงในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย (Wachira, 2000)



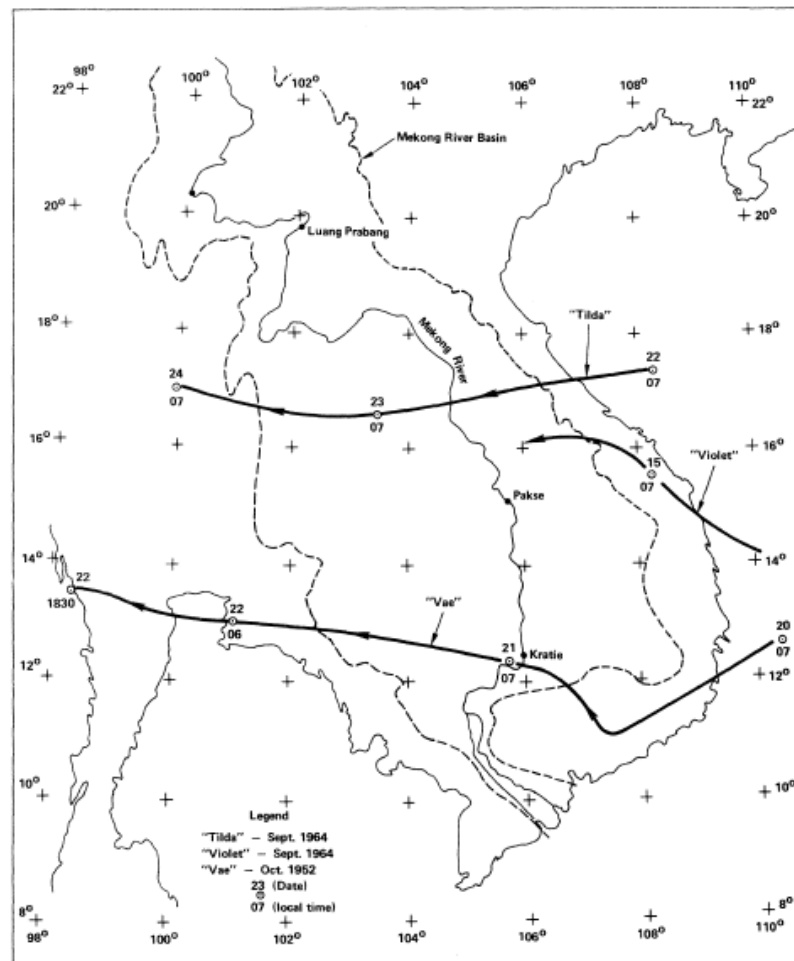
รูปที่ 2.1-13 ปริมาณฝนสูงสุดที่ขนาดพื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Wachira, 2000)

นำค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดที่รอบการเกิดซ้ำ 100 ปี และค่าปริมาณฝนสูงสุดที่จัดบันทึก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่ขนาดพื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร พบว่า ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มีค่าสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน เป็น 1.434-5.785 เท่า (เฉลี่ย 3.587 เท่า) 1.234-5.309 เท่า (เฉลี่ย 3.316 เท่า) และ 1.227-5.308 เท่า (เฉลี่ย 3.360 เท่า) ของปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี ตามลำดับ และค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มีค่าสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน มีค่าเป็น 1.354-6.732 เท่า (เฉลี่ย 3.747 เท่า) 1.318-6.132 เท่า (เฉลี่ย 3.497 เท่า) และ 1.349-6.009 เท่า (เฉลี่ย 3.552 เท่า) ของปริมาณฝนสูงสุดที่จัดบันทึก ตามลำดับ

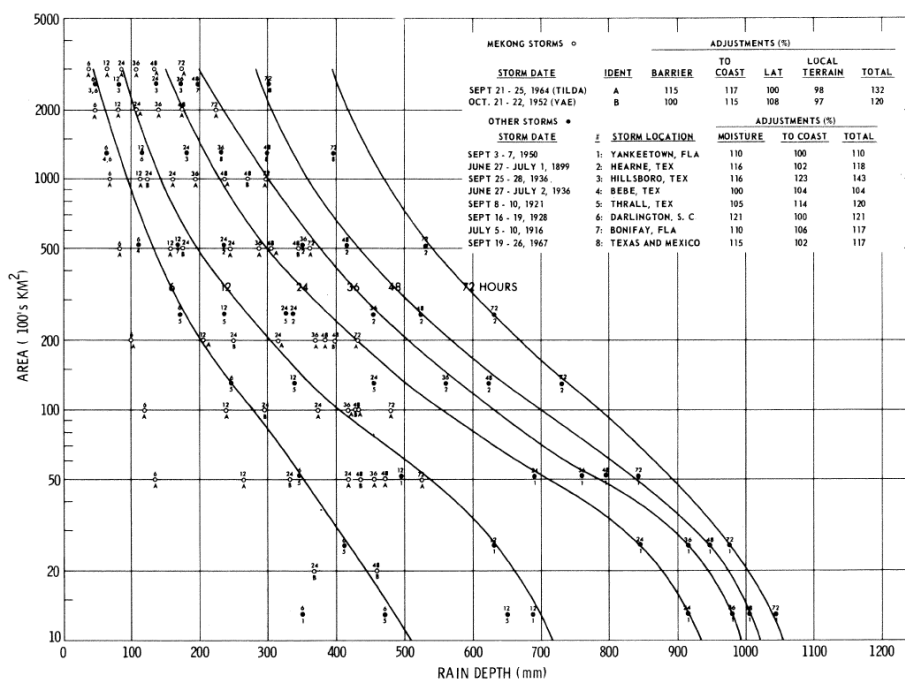
U.S. Department of Commerce and U.S. Department of the Army (1970) ได้ทำการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของกลุ่มน้ำโขงตอนล่าง ที่ขนาดพื้นที่ 5,000 และ 25,000 ตารางกิโลเมตร พิจารณากลุ่มน้ำโขงตอนล่างเป็นแบบ Non-Orographic โดยใช้หลักการประมาณค่าทางด้านมาก พายุฝนที่เลือกศึกษาเป็นพายุไต้ฝุ่นที่ผ่านกลุ่มน้ำโขงตอนล่าง จำนวน 2 ลูก ได้แก่ พายุไต้ฝุ่น TILDA วันที่ 21-25 กันยายน พ.ศ.2507 และพายุไต้ฝุ่น VAE วันที่ 21-22 ตุลาคม พ.ศ.2495 ดังแสดงในรูปที่ 2.1-14 แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณฝนที่จะนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกพื้นที่-ช่วงเวลา มีน้อย ได้พิจารณาข้อมูลพายุที่เกิดบริเวณอเมริกาเหนือ (North America) โดยให้ข้อสรุปว่า ความเป็นไปได้ที่จะเกิดพายุไต้ฝุ่นในทะเลจีน มีค่าประมาณใกล้เคียงกับการเกิดพายุเฮอริเคนที่มหาสมุทรแอตแลนติกและมีค่าปริมาณฝนที่ตกหนักใกล้เคียงกัน รวมถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของพายุทั้งสองแห่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน จึงนำข้อมูลพายุฝนที่เกิดบริเวณอเมริกาเหนือ (North

America) มาทำการปรับแก้ด้วยดรรชนีต่างๆ ร่วมกับพายุไต้ฝุ่น TILDA และ VAE ไปที่ชายฝั่งเวียดนาม (Vietnam Coast) และหาค่าทางด้านมากของแต่ละช่วงเวลา 6 12 24 48 และ 72 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 2.1-15 ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้บริเวณชายฝั่งเวียดนาม สำหรับช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ที่ขนาดพื้นที่ 5,000 ตารางกิโลเมตร มีค่า 700 มิลลิเมตร

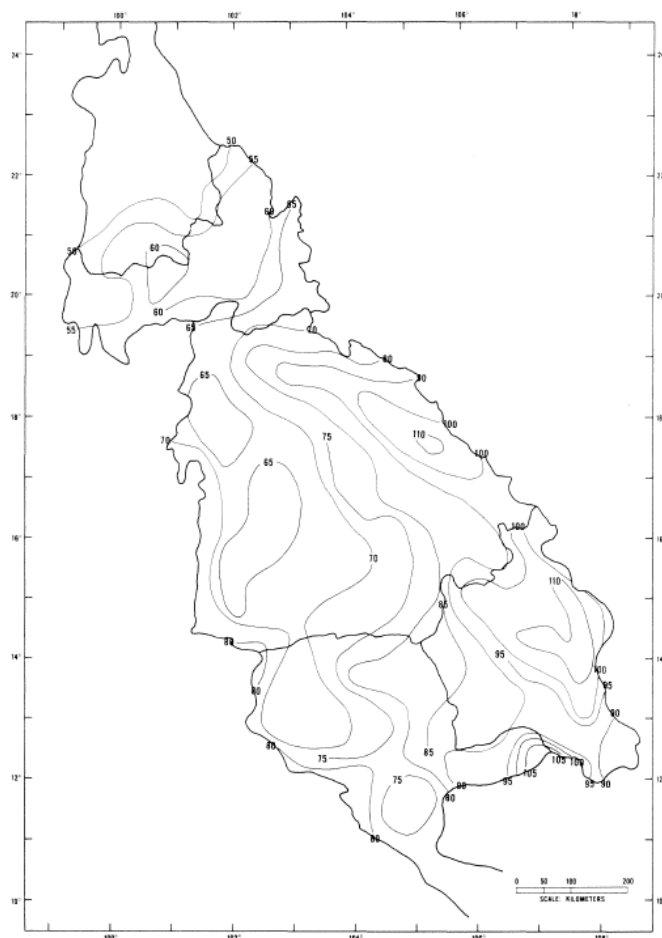
สำหรับดรรชนีปรับแก้ที่พิจารณา 4 ดรรชนี ได้แก่ การปรับแก้เนื่องจากระยะห่างจากชายฝั่งทะเล การปรับแก้เนื่องจากละติจูด การปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวาง และการปรับแก้เนื่องจากระดับแสดง ค่าปรับแก้รวมในการทำปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของกลุ่มน้ำโขงตอนล่างดังรูปที่ 2.1-16 สำหรับผลการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของกลุ่มน้ำโขงตอนล่างสำหรับช่วงเวลา 24 ชั่วโมง(1 วัน) ที่ขนาดพื้นที่ 5,000 ตารางกิโลเมตร มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในช่วง 350-750 แสดงดังรูปที่ 2.1-17



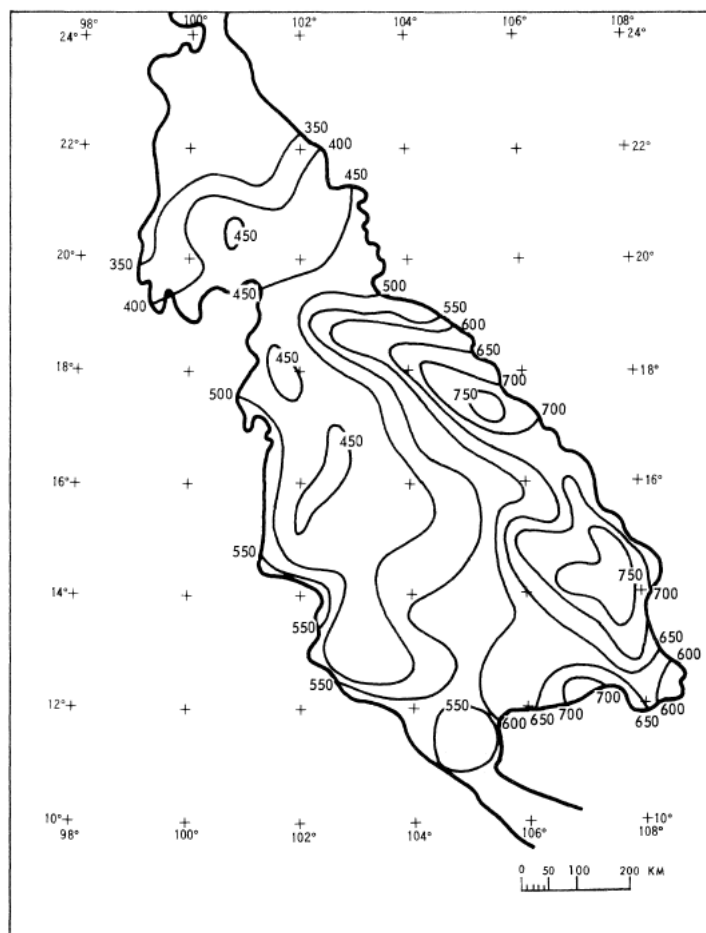
รูปที่ 2.1-14 เส้นทางพายุไต้ฝุ่นทั้ง 3 ลูกที่ผ่านกลุ่มน้ำโขงตอนล่าง



รูปที่ 2.1-15 เส้นโค้งทางด้านมากของพายุที่ถูกย้ายมาไว้ที่ชายฝั่งทะเลเวียดนาม



รูปที่ 2.1-16 ค่าปรับแก้รวมในการทำปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง



รูปที่ 2.1-17 ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของขนาดพื้นที่ 5,000 ตารางกิโลเมตร (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

จากการรวบรวมและทบทวนข้อมูลเบื้องต้นในขั้นการจัดทำข้อเสนอโครงการวิจัยนี้ ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลพายุฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วันจากกรมอุตุนิยมวิทยาถึงปี 2553 สามารถตัวอย่างพายุฝนสูงสุด สำหรับช่วงเวลา 3 วัน จำนวน 20 ลูกที่สูงสุดของประเทศไทย โดยแยกออกเป็นกลุ่มพายุของพื้นที่ประเทศไทยตอนบน จำนวน 10 ลูก และกลุ่มพายุของพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย จำนวน 10 ลูก ดังแสดงในตารางที่ 2.1-6 และแสดงตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลความเร็วลมสูงสุด ความกดอากาศ และตำแหน่งศูนย์กลางพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย ในปี 2556 ได้ดังตารางที่ 2.1-7

ณัฐ (2542) ได้ทำการตรวจสอบกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ออกแบบอาคารน้ำล้น และกราฟควบคุมน้ำหลากสำหรับเขื่อนเก็บกักน้ำสิริกิติ์ ซึ่งประกอบด้วย การทบทวนกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์กรณีกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ การทบทวนกราฟควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ที่ใช้ในปัจจุบันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การศึกษาความสามารถในการบรรเทาอุทกภัยในบริเวณพื้นที่ด้านท้ายน้ำของเขื่อนเก็บกักน้ำสิริกิติ์ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยเขื่อนด้วยการจัดเตรียมข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกราฟควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ และแนวทางในการบรรเทาอุทกภัยด้านท้ายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.1-6 สรุปพายุฝนสูงสุด สำหรับช่วงเวลา 3 วัน จำนวน 20 ลูก ของประเทศไทย

ลำดับ	ชื่อพายุ	วันที่เข้า		ปริมาณฝนที่วัดได้สูงสุด (มิลลิเมตร)				
		วันที่เข้า	เดือน	ปี พ.ศ.	รหัส	สถานี	ฝน 3 วัน	วันที่
กลุ่มพายุของพื้นที่ประเทศไทยตอนบน								
021	พายุดีเปรสชัน	30 - 8	ต.ค.	2503	66032	66032	739.30	2 - 4 ต.ค. 2503
142	พายุโซนร้อน "อีรา" (IRA)	1 - 8	ต.ค.	2533	42280	22230	645.90	2 - 4 ต.ค. 2533
088	พายุดีเปรสชัน	2 - 6	มิ.ย.	2515	67192	67192	591.90	3 - 5 มิ.ย. 2515
099	พายุดีเปรสชัน	14 - 18	ส.ค.	2517	50013	50013	534.40	14 - 16 ส.ค. 2517
100	พายุดีเปรสชัน	8 - 13	ต.ค.	2517	09150	09102	513.20	7 - 9 ต.ค. 2517
127	พายุโซนร้อน "เวอร์นัน" (VERNON)	8 - 12	มิ.ย.	2527	70180	70180	505.00	10 - 12 มิ.ย. 2527
089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE (7217)	31 - 9	ก.ย.	2515	32052	60360	491.70	5 - 7 ก.ย. 2515
006	พายุไต้ฝุ่น VAE (5218)	16 - 24	ต.ค.	2495	06032	06032	482.80	21 - 23 ต.ค. 2495
038	พายุไต้ฝุ่น TILDA (6419)	13 - 25	ก.ย.	2507	49052	49052	464.20	21 - 23 ก.ย. 2507
175	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	10 - 21	ก.ย.	2548	42042	42042	457.00	10 - 12 ก.ย. 2548
กลุ่มพายุของพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย								
076	พายุดีเปรสชัน	31 - 4	พ.ย.	2512	45043	45043	726.4	1 - 3 พ.ย. 2512
107	พายุดีเปรสชัน	10 - 13	พ.ย.	2520	35012	35012	669.4	11 - 13 พ.ย. 2520
185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	31 - 8	พ.ย.	2553	33032	35022	568.5	31 - 2 พ.ย. 2553
083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	26 - 2	พ.ย.	2513	61223	61223	482.9	28 - 30 ต.ค. 2513
097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	10 - 14	พ.ย.	2516	45013	45013	479.7	12 - 14 พ.ย. 2516
166	พายุดีเปรสชัน 4	3 - 6	ธ.ค.	2542	27122	27122	474.1	4 - 6 ธ.ค. 2542
153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	3 - 17	ธ.ค.	2536	58190	35100	461.8	15 - 17 ธ.ค. 2536
152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	29 - 5	พ.ย.	2536	58190	35071	460.9	30 - 1 พ.ย. 2536
102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	19 - 27	ธ.ค.	2517	29032	29072	452.8	25 - 27 ธ.ค. 2517
164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	9 - 13	ธ.ค.	2541	27013	27013	429.8	11 - 13 ธ.ค. 2541

ตารางที่ 2.1-7 ความเร็วลมสูงสุด ความกดอากาศ และตำแหน่งศูนย์กลางพายุ ที่เคลื่อนเข้าสู่
ประเทศไทย 2556

ลำดับ ที่	พายุหมุนเขตร้อน	วันที่	เวลา ท้องถิ่น	ละติจูด เหนือ	ลองจิจูด ตะวันออก	ความเร็วลมสูงสุด (นอต)	ความกดอากาศ (hPa)
1	พายุดีเปรสชัน 2 TD2(20W)	16 ก.ย.	07.00 น.			L	
			13.00 น.	15.5	113.5	30 TD	1002
			19.00 น.	16	112.5	30 TD	1002
		17 ก.ย.	01.00 น.	16.5	112.5	30 TD	1002
			07.00 น.	16	112.5	30 TD	1002
			13.00 น.	15.5	111.5	30 TD	1002
			19.00 น.	15.5	111.5	30 TD	1000
			01.00 น.	16	112	30 TD	998
		18 ก.ย.	07.00 น.	16	111.5	30 TD	998
			13.00 น.	16	110.5	30 TD	998
			19.00 น.	16	110	30 TD	980
			01.00 น.	15	109.5	30 TD	980
			07.00 น.	15.5	106	27 TD	1000
			10.00 น.	15.5	105	27 TD	
			13.00 น.	15.5	104	L	
2	ไต้ฝุ่น "หวู่ตีบ" WUTIP(1321)	25 ก.ย.	19.00 น.			L	
		26 ก.ย.	01.00 น.	15	118.5	30 TD	1004
			07.00 น.	15	118.5	30 TD	1004
			13.00 น.	15	118.5	30 TD	1002
			19.00 น.	15	118	30 TD	1004
		27 ก.ย.	01.00 น.	15	118	30 TD	1004
			07.00 น.	15	117.5	30 TD	1004
			13.00 น.	16.8	116.3	35 TS	1000
			19.00 น.	17	115.3	35 TS	1000
		28 ก.ย.	01.00 น.	16.8	114.3	40 TS	994
			07.00 น.	16.5	114	50 STS	990
			13.00 น.	16.7	114	60 STS	975
			19.00 น.	16.9	113.8	65 TY	970
		29 ก.ย.	01.00 น.	16.8	113.2	70 TY	965
			07.00 น.	16.8	112.5	70 TY	965
			13.00 น.	16.7	111.6	70 TY	965
			19.00 น.	16.8	111.1	70 TY	965
		30 ก.ย.	01.00 น.	16.9	110	65 TY	965
			07.00 น.	17.2	108.8	65 TY	965
			13.00 น.	17.5	107.5	65 TY	965
			19.00 น.	17.5	106	60 sTS	970
		1 ต.ค.	01.00 น.	17.8	104	30 TD	990
			07.00 น.	18	103	30 TD	1002
			13.00 น.	17.5	101	L	

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลาก

ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ คือ ค่าปริมาณน้ำหลากที่เกิดจากการแปลงค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการวิเคราะห์จากรายงานการวิจัย Dam Safety Research Program: Hydrologic Hazard Curve Estimating Procedures โดย U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation (2004) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ได้พัฒนาและเสนอแนะให้เป็นมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เพื่อใช้ในการประเมินความปลอดภัยของเขื่อนในประเทศไทยซึ่งสามารถสรุปหลักการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ได้ดังนี้

1) แบ่งพื้นที่การระบายน้ำเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเท่าที่จำเป็นและให้เหมาะสมกับสภาพการไหลและระบายน้ำของพื้นที่

2) คัดเลือกแบบจำลองในการวิเคราะห์น้ำท่า งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph Techniques) ตามคำแนะนำของ U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation (2004) ให้ใช้ในการแปลงค่าปริมาณฝนสูงสุด (PMP) ให้กลายเป็นปริมาณน้ำท่า ซึ่งวิธีการกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเป็นวิธีการสังเคราะห์กราฟจากข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำและพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของลุ่มน้ำและลุ่มน้ำใกล้เคียง จึงเป็นวิธีการที่สามารถวิเคราะห์กราฟน้ำหลากได้ทั้งกรณีมีสถานีวัดน้ำท่าและไม่มีสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ

3) ทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) ตามคำแนะนำจากผลงานวิจัยของ Sabur (1982) ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์น้ำท่วมในประเทศไทย และได้สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบทฤษฎีความเป็นไปได้ 4 วิธีคือ ทฤษฎีกัมเบล ทฤษฎีล็อกนอร์มอลแบบสองพารามิเตอร์ ทฤษฎีเพียร์สันประเภทสาม และทฤษฎีล็อกเพียร์สันประเภทสาม สรุปได้ว่าถ้าใช้ Kolmogorov-Smirnov test เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบทฤษฎีกัมเบลและล็อกนอร์มอลซึ่งมีเพียงสองพารามิเตอร์จะเหมาะสมที่สุด แต่ถ้าใช้ Chi-square test เป็นมาตรฐานการเปรียบเทียบพบว่าทฤษฎีกัมเบลจะเด่นสุด และไม่ว่าจะใช้เกณฑ์มาตรฐาน การเปรียบเทียบวิธีใดก็ตามทั้งทฤษฎีเพียร์สันประเภทสามและทฤษฎีล็อกเพียร์สันประเภทสาม ซึ่งต่างก็มีสามพารามิเตอร์ก็ไม่แสดงความเหมาะสมดีกว่าทฤษฎีที่มีสองพารามิเตอร์อย่างใด และได้แนะนำให้ใช้ทฤษฎีกัมเบลในการวิเคราะห์แจกแจงความถี่สำหรับประเทศไทย

4) จัดเรียงปริมาณฝนสูงสุดที่วิเคราะห์ได้ตามรูปแบบพายุนฝน

5) ประเมินการค่าการสูญเสียปริมาณน้ำฝนสูงสุดเนื่องจากการเก็บกักบนพื้นผิวและการซึมลงดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

6) หักค่าการสูญเสียปริมาณฝนออกจากพายุนฝนเพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) ในแต่ละช่วงเวลา

7) ประยุกต์ค่าปริมาณฝนส่วนเกินเข้ากับแบบจำลองน้ำท่า (Unit Hydrograph) สำหรับแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา

8) เพิ่มปริมาณการไหลพื้นฐาน (Base Flow) เข้ากับกราฟน้ำหลากจากพายุฝนเพื่อให้ได้กราฟน้ำหลากสำหรับแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลสูงสุดกับปริมาณการไหลพื้นฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำ

9) วิเคราะห์การเคลื่อนกราฟน้ำหลากจากแต่ละลุ่มน้ำย่อยไปยังจุดพิจารณา

10) ทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่คำนวณได้กับ Envelop Curve ของปริมาณน้ำหลากสูงสุดและปริมาตรน้ำหลากสูงสุด

11) เคลื่อนกราฟน้ำหลากเข้าสู่พื้นที่อ่างเก็บน้ำของเขื่อน เพื่อประมาณค่าปริมาตรสูงสุดระดับน้ำสูงสุด ปริมาณน้ำที่ไหลออกสูงสุดที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของเขื่อนเก็บกักน้ำ

FAO (2000) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้แต่งตั้ง Dam Safety Review Panel เพื่อทำหน้าที่ประเมินความปลอดภัยของเขื่อน จำนวน 5 แห่ง ตามมาตรฐานสากล ประกอบด้วย เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนกิ่วลม เขื่อนทับเสลา และเขื่อนป่าสัก และได้จัดทำ Report on Dam Safety ซึ่งในผลการศึกษาได้ทำการตรวจสอบกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ออกแบบอาคารน้ำล้น ประกอบด้วยกราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) โดยใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าในการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากจากปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) และได้มีข้อเสนอแนะควรมีการศึกษาในรายละเอียดสำหรับทั้ง 5 เขื่อน และเขื่อนอื่น ๆ ในประเทศไทยที่มีประตูละบายน้ำขนาดใหญ่หากเป็นไปได้ โดยควรมีการศึกษาตามแนวทางหัวข้อดังต่อไปนี้

(1) การประเมินขนาดและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่วมทางอุทกวิทยา สำหรับขนาดปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และปริมาณน้ำหลากที่รอบ 10,000 ปี

(2) จัดทำข้อกำหนดและรายละเอียดการปฏิบัติการของประตูละบายน้ำ

(3) ข้อเสนอแนะที่จำเป็นในการใช้ระบบพยากรณ์น้ำในพื้นที่รับน้ำ

วีระพล (2544) ได้ทำการศึกษาศักยภาพการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณน้ำหลากสูงสุดแบบลุ่มน้ำรวม การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝน การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดเคลื่อนตัวผ่านอาคารน้ำล้นของเขื่อนขนาดใหญ่และขนาดกลาง และการวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดที่จุดควบคุมต่าง ๆ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า เขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางที่มีอยู่ในปัจจุบัน และที่อยู่ในแผนพัฒนาของหน่วยงานต่าง ๆ มีศักยภาพในการบรรเทาอุทกภัย โดยมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่จุดออกของกลุ่มน้ำกรณีสภาพปัจจุบัน และกรณีมีการพัฒนาอ่างเก็บน้ำศักยภาพที่ศึกษาเพิ่มเติมทั้งหมดเท่ากับ 42.52-59.73% และ 45.03-59.73% ในลุ่มน้ำปิง 3.56-4.89% และ 5.58-7.05% ในลุ่มน้ำวัง 0.96-1.30% และ 6.84-10.19% ในลุ่มน้ำยม 53.16-61.00% และ 53.66-62.04% ในลุ่มน้ำน่าน และ 0.77-3.90 และ 6.79-10.34 ในลุ่มน้ำสะแกกรัง

คมสันต์ (2547) ได้ทำการตรวจสอบกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ออกแบบอาคารน้ำล้น และกราฟควบคุมน้ำหลากสำหรับเขื่อนเก็บกักน้ำลำปาว ซึ่งประกอบด้วย การทบทวนกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำลำปาวกรณีกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ การทบทวนกราฟควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำลำปาวที่ใช้ในปัจจุบันของกรมชลประทาน การศึกษาความสามารถในการบรรเทาอุทกภัยในบริเวณพื้นที่ด้านท้ายน้ำของเขื่อนเก็บกักน้ำลำปาว โดยคำนึงถึงความปลอดภัยเขื่อนด้วย การจัดเตรียมข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกราฟควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำลำปาว และแนวทางในการบรรเทาอุทกภัยด้านท้ายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นในการรองรับปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยมีการควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์การควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) และข้อกำหนดการปฏิบัติการน้ำในอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนและความปลอดภัยของชุมชนท้ายน้ำอย่างเหมาะสม โดยการพิจารณาถึงขีดจำกัดของลำน้ำที่ไหลผ่านชุมชนท้ายน้ำจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่เก็บรวบรวมได้จากผู้ปฏิบัติงานเขื่อน

USBR (2014) U.S. Bureau of Reclamation (USBR) ได้จัดทำมาตรฐานการออกแบบหมายเลขที่ 14 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานการออกแบบองค์ประกอบของเขื่อน ด้านอาคารระบายน้ำล้นและอาคารควบคุมการปล่อยน้ำของเขื่อน (Spillways and Outlet Works) โดยมีข้อกำหนดที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำและความสามารถของอาคารระบายน้ำล้น

(1) อ่างเก็บน้ำที่มีความจุเก็บกักจำกัด ส่วนใหญ่เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก อาคารระบายน้ำของเขื่อนจำเป็นต้องสามารถระบายปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำได้ โดยไม่ทำให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเพิ่มสูงขึ้นหรือเพิ่มสูงขึ้นในระดับที่ได้กำหนดไว้

(2) อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่มีความจุเก็บกักมาก อาคารระบายน้ำของเขื่อนอาจมีความสามารถในการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำได้ เนื่องจากมีความจุของอ่างเก็บน้ำมากเพียงพอสำหรับช่วยรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่เกิดขึ้น

(3) อ่างเก็บน้ำที่เก็บกักน้ำหลากไว้ได้ทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นอ่างเก็บน้ำที่ไม่ลำนน้ำท้ายน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำของระบบสูบกลับซึ่งอ่างเก็บน้ำไม่ได้รับน้ำหลากจากพื้นที่ตอนบนโดยตรง ดังนั้นจึงอาจไม่จำเป็นต้องมีอาคารระบายน้ำล้น การมีเพียงอาคารควบคุมการปล่อยน้ำตามกิจกรรมที่ต้องการจากเขื่อนก็อาจเพียงพอ แต่ต้องมีการกำหนดปริมาตรส่วนที่ว่างเปล่าของอ่างเก็บน้ำไว้อย่างเพียงพอเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ให้มีระยะเวลาเพียงพอสำหรับการเตือนภัยและการอพยพได้ทัน

2) ความสามารถระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้น

(1) แบบไม่สามารถควบคุมการระบายน้ำได้ หรือ เป็นการไหลแบบอิสระ (Crest Control) การไหลระบายน้ำจากอาคารระบายน้ำล้นจะเริ่มเมื่อระดับน้ำสูงกว่าระดับสันอาคารระบายน้ำล้น ซึ่งจะเป็นการไหลแบบอิสระภายใต้เงื่อนไขการไหลแบบใต้วิกฤติ (Subcritical Flow) การคำนวณการไหลระบายน้ำขึ้นอยู่กับ Hydraulic Head เหนือสันอาคารดังแสดงในรูปที่ 2.3-1

(2) แบบควบคุมการระบายน้ำได้ (Orifice Control) การไหลระบายน้ำจากอาคารระบายน้ำจะถูกควบคุมโดยบานประตู การคำนวณการไหลระบายน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำของอาคารระบายน้ำล้น ดังแสดงในรูปที่ 2.3-2

3) การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

USBR (2014) ได้ระบุถึงกระบวนการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Flood Routing) ควรมีข้อกำหนดในการวิเคราะห์ดังนี้

(1) ข้อมูลในปัจจุบัน ประกอบด้วย ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความจุเก็บกักและระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ และข้อมูลความสามารถระบายน้ำของอาคารระบายน้ำต่าง ๆ ของอ่างเก็บน้ำ

(2) ระดับน้ำเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำ

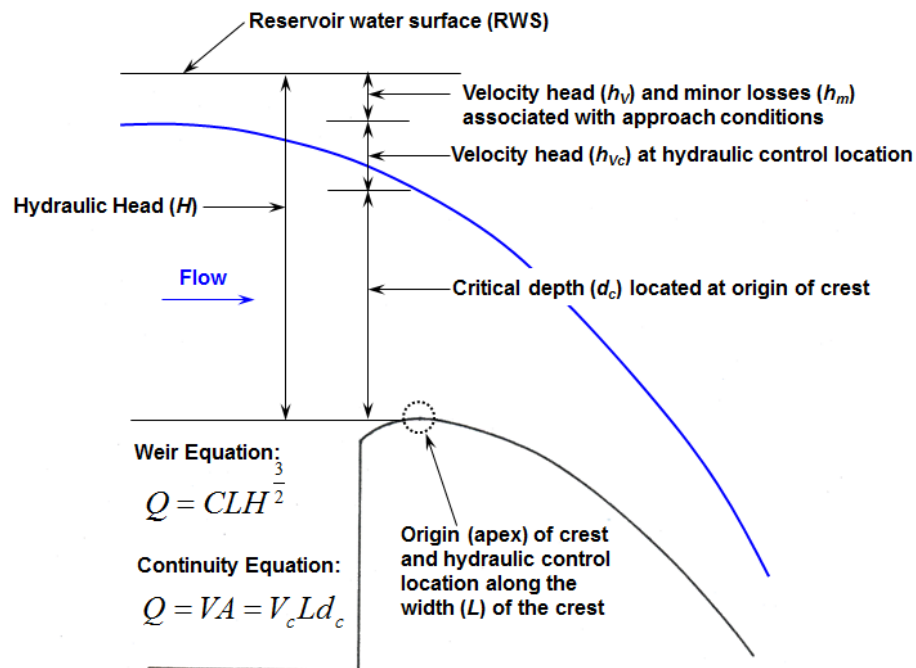
สำหรับอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีระดับควบคุมน้ำหลาก (without flood control) ระดับน้ำเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำให้ใช้ตามคู่มือปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ กรณีที่ไม่มีคู่มือดังกล่าว ให้กำหนดระดับน้ำเริ่มต้นสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด โดยทั่วไปคือระดับบนสุดของระดับน้ำใช้การ

สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีระดับควบคุมน้ำหลาก (with flood control) : ระดับน้ำเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำให้ใช้ตามคู่มือปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ กรณีที่ไม่มีคู่มือดังกล่าว ให้กำหนดระดับน้ำเริ่มต้นสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำให้ต่ำกว่าระดับน้ำเก็บกักสูงสุด โดยมีเงื่อนไขให้ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำถูกใช้ไปให้น้อยที่สุด

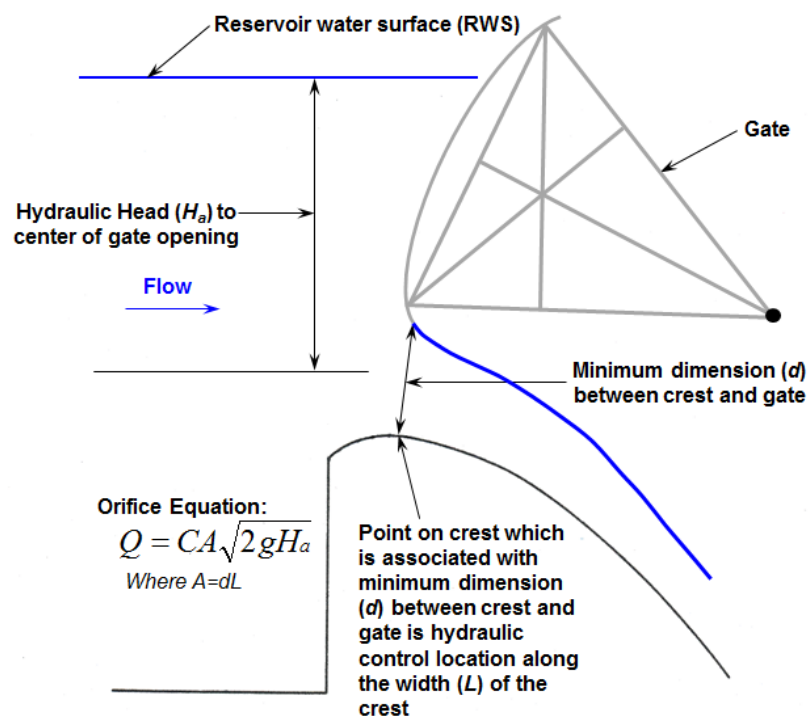
(3) เวลาเริ่มต้นในการวิเคราะห์

สำหรับอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีระดับควบคุมน้ำหลากและไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำหลากที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้: เวลาเริ่มต้นในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ กำหนดให้การระบายน้ำออกจากเขื่อนเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน จนกระทั่งปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าเขื่อนมีค่าสูงกว่าความสามารถของการระบายออกจากเขื่อน

สำหรับอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีระดับควบคุมน้ำหลากและได้รับผลกระทบจากน้ำหลากที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้: เวลาเริ่มต้นในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ ให้เริ่มเมื่อปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ (เวลาเริ่มต้นที่เวลาเท่ากับศูนย์).



รูปที่ 2.3-1 การคำนวณการไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นแบบการไหลอิสระ



รูปที่ 2.3-2 การคำนวณการไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นแบบควบคุมการระบายน้ำได้

สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีระดับควบคุมน้ำหลากและได้รับหรือไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำหลากที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้: ปริมาณน้ำที่ปล่อยระบายออกจากเขื่อนต้องพยายามให้ลดผลกระทบของน้ำท่วมในพื้นที่ท้ายน้ำ โดยการกำหนดให้ควบคุมระดับน้ำให้อยู่ภายใต้โค้งปฏิบัติการ (Rule Curves) แต่กรณีที่จะระดับอยู่เหนือโค้งปฏิบัติการดังกล่าว โดยทั่วไปจะไม่จำกัดเงื่อนไขในการปล่อยน้ำ

(4) **ช่วงเวลาในการวิเคราะห์** เพื่อให้มั่นใจว่าระดับน้ำสูงสุดและอัตราการระบายน้ำออกสูงสุดอยู่ในช่วงเวลาทำการวิเคราะห์ จึงให้ใช้ช่วงเวลาในการวิเคราะห์ที่ 1 ชั่วโมง หรือน้อยกว่านั้น

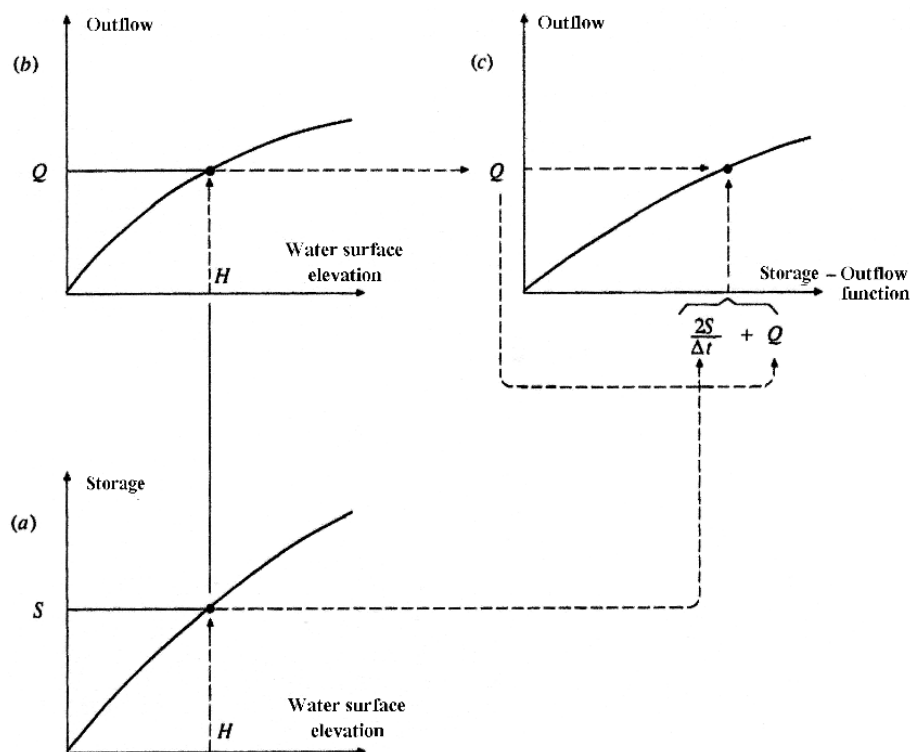
(5) **การสิ้นสุดกระบวนการวิเคราะห์** ปริมาณน้ำหลากทั้งหมดต้องถูกทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ผ่านอ่างเก็บน้ำจนกระทั่งระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดต่ำลงมาอยู่ในระดับน้ำเมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์หรือสถานะที่มั่นคงปลอดภัยของอ่างเก็บน้ำ

(6) **ระยะพ้นน้ำ (Freeboard)** การศึกษาเพื่อกำหนดระยะพ้นน้ำให้ทำการประเมินโดยจำลองสถานการณ์ให้วิกฤต เพื่อให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำอยู่ในระดับสูงสุด เช่น กรณีจำลองสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำหลากสูงมากกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำล้น 50% หรือ กรณีจำลองสถานการณ์ที่ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นลดลง 50% ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละเขื่อนที่ต้องการ

2.3.1 หลักการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำ คือ การขยายปริมาตรเก็บกักของ River Channel ปริมาตรการเก็บกักของอ่างเก็บน้ำจะเป็นผลกระทบโดยตรงต่อ Inflow Hydrograph ที่ไหลเข้ามาในอ่าง หลักการของ Reservoir Routing คือ ปริมาตรของน้ำในอ่างจะมากขึ้นหรือระดับน้ำในอ่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำไหลเข้ามาสู่อ่าง เมื่อระดับน้ำในอ่างเพิ่มขึ้นปริมาณการไหลออกจากอ่างจะเพิ่มขึ้นด้วยการไหลออกจากอ่างจะทำให้ปริมาตรน้ำในอ่างลดลง และถ้าหากว่าปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกในเวลาใด ๆ ไม่เท่ากันแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำในอ่าง

หลักของการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำ คือ ปริมาตรหรือระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ เนื่องจากความสามารถในการปล่อยน้ำจากอ่าง (Outflow capacity) จะขึ้นอยู่กับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำหรือความสูง (Head) ของน้ำ ดังนั้น เมื่อระดับน้ำในอ่างเพิ่มมากขึ้นอัตราการไหลออกจากอ่างก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย การไหลออกจากอ่างเก็บน้ำจะทำให้ปริมาตรน้ำในอ่างลดลง ถ้าหากว่าปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออกในเวลาใด ๆ ไม่เท่ากันแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งถ้าช่วงเวลาใดปริมาณน้ำไหลเข้ามากกว่าปริมาณน้ำไหลออก ปริมาตรน้ำในอ่างก็จะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าปริมาณน้ำไหลเข้าน้อยกว่าปริมาณน้ำไหลออก ปริมาตรน้ำหรือระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะลดลง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ก็ได้แก่ กราฟปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow Hydrograph) ลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำในรูปของ Storage และ Outlets ของอ่างเก็บน้ำ โดยที่ความสัมพันธ์ของระดับ-ปริมาตรเก็บกัก (elevation-storage relationship) และความสัมพันธ์ของระดับน้ำ-ปริมาณการไหลออก (elevation-outflow relationship) แสดงได้ดังรูปที่ 2.3.1-1



รูปที่ 2.3.1-1 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ-ปริมาตรเก็บกัก และระดับน้ำ-ปริมาณการไหลออก

ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีเกิดซ้ำต่างๆ จะถูกนำมาวิเคราะห์หาการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี Goodrich ซึ่งต้องนำข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า-ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลา และค่าความสัมพันธ์ของความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับน้ำต่างๆ มาวิเคราะห์ร่วมกัน โดยเมื่อมีปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำจะถูกความสามารถในการเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น ช่วยลดขนาดความรุนแรงของปริมาณน้ำลงได้ ทำให้ขนาดน้ำท่วมสูงสุดลดลง และช่วยชะลอเวลาที่จะเกิดน้ำท่วมด้านท้ายน้ำให้เกิดช้าลงด้วย โดยขนาดของปริมาณน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกผ่านทางระบายน้ำล้น และปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ

การวิเคราะห์ใช้สมการพื้นฐาน Continuity Equation ดังนี้

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

- เมื่อ
- ΔS = การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำในอ่างช่วงเวลา Δt
 - $\bar{I}$ = ปริมาณการไหลเข้าเฉลี่ยช่วงเวลา Δt
 - $\bar{O}$ = ปริมาณการไหลออกเฉลี่ยช่วงเวลา Δt
 - Δt = ช่วงเวลา (Routing Interval)

จากสมการพื้นฐานดังกล่าว นำมาประยุกต์กับสมการของ Goodrich ได้ดังนี้

$$\left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} - Q_{j+1} \right) = \left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} + Q_{j+1} \right) - 2Q_{j+1}$$

เทอม $\left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} - Q_{j+1} \right)$ นี้จะนำไปเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นในสมการด้านบน เพื่อจะทำการ

เคลื่อนตัวของกราฟน้ำหลากในขั้นต่อไปได้ ซึ่งขั้นต่อไปเป็นการทำซ้ำกับที่ได้กล่าวแล้วเพียงแต่เปลี่ยนค่าของปริมาณน้ำไหลในช่วงเวลาถัดไป

2.3.2 การเคลื่อนตัวน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำที่มีการควบคุมการระบายน้ำ

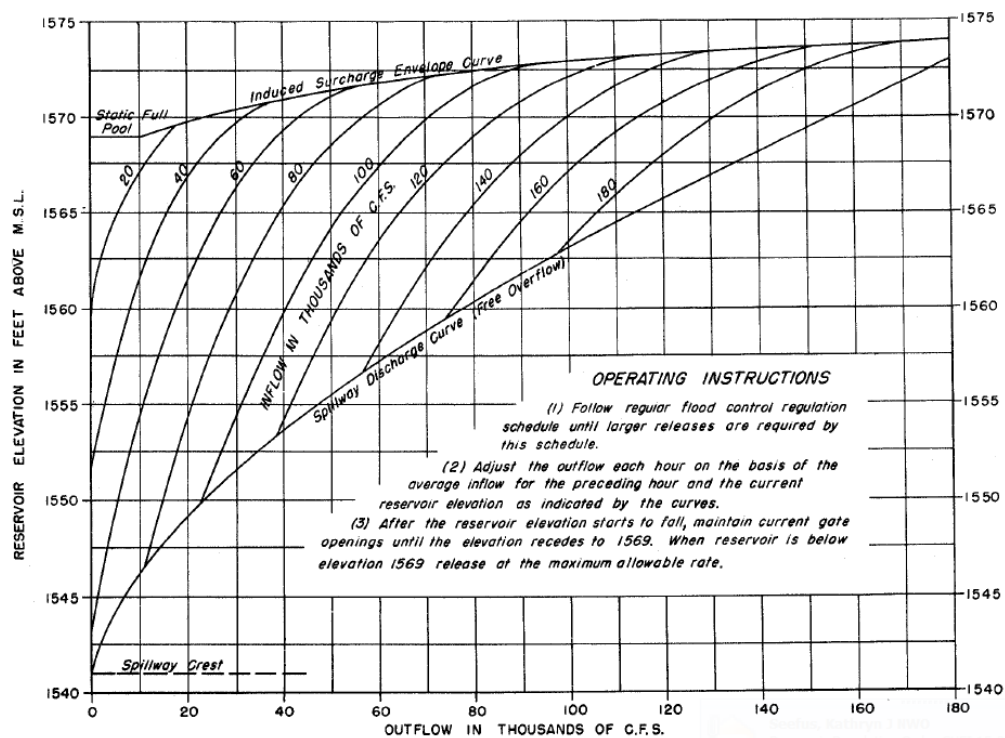
ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในช่วงฤดูน้ำหลาก จะพิจารณาจากองค์ประกอบหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมีตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ ระดับน้ำหรือปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำในขณะนั้น ปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำของลำน้ำด้านท้ายเขื่อน โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำที่เหลือยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและอัตราการระบายน้ำออกในแต่ละช่วงเวลาที่จะพิจารณา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ใน 2 กรณีหลัก ได้แก่ ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่เป็นได้ (PMF) ของอ่างเก็บน้ำ และการระบายน้ำตามข้อกำหนดหรือความสามารถในการรับน้ำได้ด้านท้ายน้ำที่ปริมาณน้ำหลากรอบปีเกิดซ้ำต่างๆ (Tr) โดยในการศึกษาดังกล่าวจะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการระบายน้ำได้ของเขื่อนที่ระดับน้ำต่างๆ ซึ่งอ่างเก็บน้ำของ กฟผ. เกือบทั้งหมดเป็นลักษณะควบคุมด้วยประตูควบคุมบานระบาย ซึ่งจากรูปที่ 2.3.2-1 เมื่อมีปริมาณน้ำในลักษณะปริมาณน้ำหลาก (Flood) ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ จะดำเนินการตามแนวทางในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่มีประตูควบคุม ดังนี้

1) ในระยะเริ่มแรกจะทำการระบายน้ำด้วยอัตราเท่ากับปริมาณการไหลเข้าตลอดเวลาเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ปริมาตรเก็บกักสำรองที่เหลือยู่

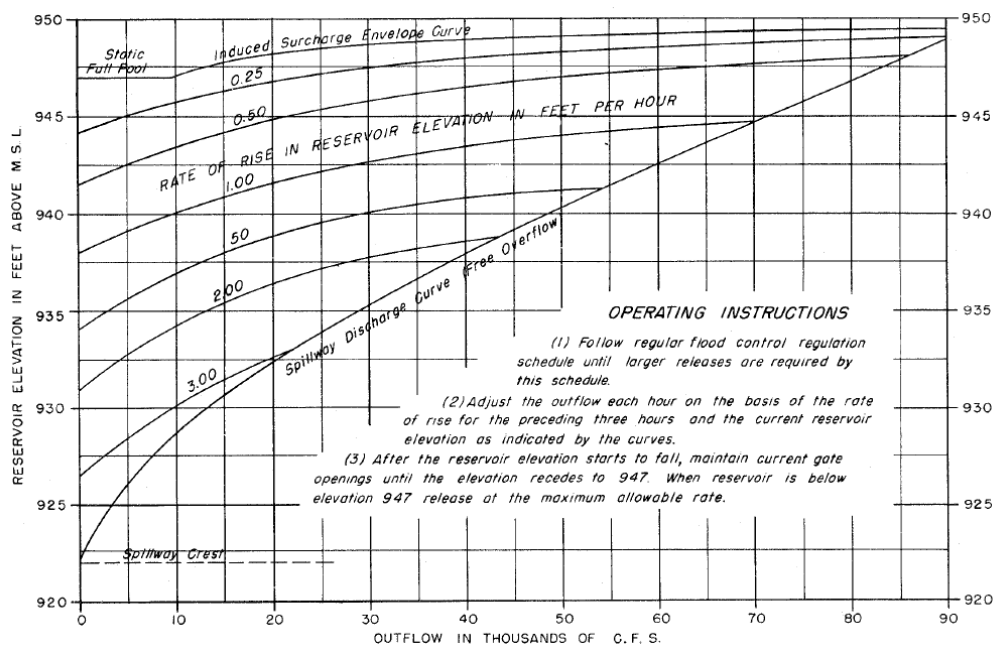
2) จากนั้นเมื่อปริมาณการไหลออกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงขนาด Q_K ซึ่งเป็นอัตราการไหลมากที่สุดที่ยอมให้ได้ในลำน้ำท้ายเขื่อน จะปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำด้วยอัตราคงที่ Q_K ซึ่งช่วงนี้ปริมาณการไหลเข้าจะมากกว่า Q_K และปริมาณการไหลออกถูกบังคับให้เท่ากับ Q_K ทำให้ปริมาณน้ำส่วนเกินจะเข้าไปอยู่ในปริมาตรเก็บกักสำรอง

3) ในช่วงเวลานี้ปริมาตรเก็บกักสำรองจะถูกใช้ทำให้พื้นที่ว่างน้อยลง และระดับน้ำในอ่างจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าปริมาตรการไหลเข้าจะต่ำกว่า Q_K ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องเฝ้าระวัง หากระดับน้ำถึงจุดวิกฤตที่กำหนดจะต้องเพิ่มการระบายน้ำในลักษณะขึ้นบันไดเพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างของอ่างฯ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย โดยยอมให้มีการระบายที่มากกว่าความจุลำน้ำด้านท้ายเขื่อน

4) เมื่อผ่านพ้นช่วงปริมาณการไหลเข้าสูงสุดและปริมาณการไหลเข้าต่ำกว่า Q_K การปล่อยน้ำออกจากอ่างยังคงมีปริมาณเท่ากับ Q_K ต่อไปอีกสักระยะเพื่อทำให้ปริมาณน้ำระบายออกให้เร็วที่สุด



รูปที่ 2.4-1 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ระดับน้ำในปัจจุบัน และปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ 2.4-2 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ ระดับน้ำในปัจจุบัน และปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ

2) วิธีการปฏิบัติงานบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก

การปฏิบัติเพื่อลดระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำให้ลงมายังระดับน้ำสูงสุดหรือที่ระดับควบคุมน้ำหลาก ควรมีการกำหนดเกณฑ์ในการระบายน้ำดังนี้

- (1) ทำการลดระดับน้ำลงมายังระดับควบคุมน้ำหลากภายในระยะเวลาที่กำหนด
- (2) ทำการเปิดบานของอาคารระบายน้ำล้นให้อยู่ในระดับสูงสุด
- (3) ทำการปล่อยระบายน้ำในอัตราคงที่ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (มากกว่า 100%) ซึ่งเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าที่ทำการคาดการณ์ล่วงหน้า 3 ชั่วโมง แต่ไม่มากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าที่เกิดขึ้นสูงสุด
- (4) ทำการปล่อยระบายน้ำในอัตราที่มากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้า แต่ไม่มากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าที่เกิดขึ้นสูงสุด
- (5) ทำการปล่อยระบายน้ำให้สอดคล้องให้รูปแบบของกราฟน้ำท่าโดยพยายามให้คล้ายคลึงกับกราฟน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตามธรรมชาติ
- (6) ทำการปล่อยระบายน้ำโดยไม่ให้เกิดความเสียหายหรือเกินกว่าความสามารถในการรับน้ำของช่องทางการระบายน้ำ
- (7) ทำการปล่อยระบายน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบและความเสียหายที่เพิ่มขึ้นต่อพื้นที่ด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ

2.4.1 การแบ่งโซนของอ่างเก็บน้ำ

ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ นอกจากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรายปีเฉลี่ย ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ และข้อจำกัดการระบายน้ำด้านท้ายน้ำแล้ว ผู้ปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งโซนหรือช่วงของระดับน้ำในอ่างตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำในแต่ละโซนมีประสิทธิภาพตรงตามข้อกำหนดการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำให้มากที่สุด ดังแสดงรูปการแบ่งโซนของอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 2.4.1-1 และสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละโซนดังนี้

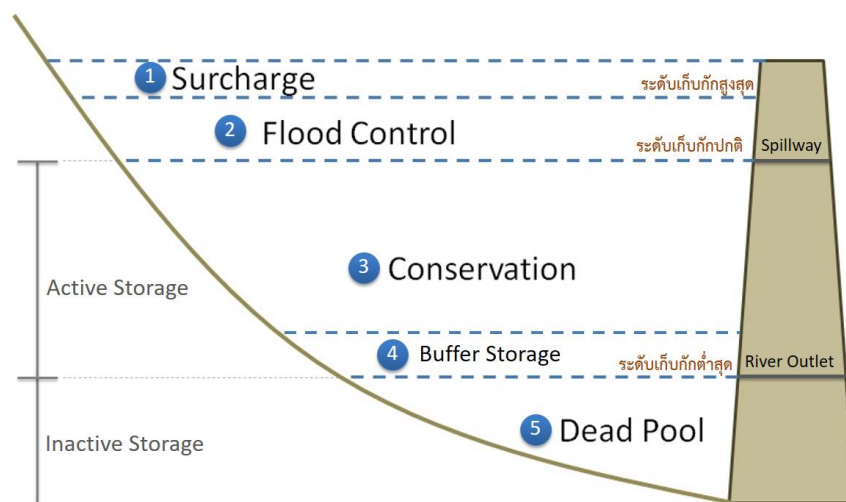
1) Surcharge Storage Zone เป็นปริมาตรที่สำรองไว้ในกรณีที่ทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน (Emergency Spillway) ไม่สามารถระบายน้ำได้ทันในช่วงที่เกิดน้ำหลาก

2) Flood Control Storage Zone เป็นปริมาตรสำรองเพื่อการป้องกันน้ำท่วม ซึ่งปริมาณน้ำเก็บกักส่วนเกินจะถูกหน่วงไว้ในโซนนี้เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อพื้นที่ท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ

3) Conservation Storage Zone เป็นปริมาตรที่เก็บกักไว้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำเก็บกักสูงสุดของ Conservation Storage Zone จะเรียกว่า ระดับน้ำเก็บกักปกติ บริหารจัดการอ่างเก็บน้ำตามเกณฑ์เก็บกักน้ำที่กำหนด (Rule Curve) ระดับนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับสันของทางระบายน้ำล้นแบบไม่มีประตูควบคุม

4) Buffer Storage Zone เป็นส่วนหนึ่งของ Conservation Storage เมื่อระดับน้ำในอ่างลดลงถึงโซน Buffer จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะแหล่งที่กำลังจะเกิดขึ้น ดังนั้นการส่งน้ำจึงต้องส่งในปริมาณที่จำเป็นเท่านั้น

5) Dead Storage Zone เป็นปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่ไม่ใช้การ ใช้สำหรับกักเก็บตะกอนที่ตกจมในอ่างเก็บน้ำในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ ระดับนี้ใช้กำหนดระดับอาคารทางออก (Outlet) ที่อยู่ต่ำสุดอีกด้วย



รูปที่ 2.4.1-1 การแบ่งโซนของอ่างเก็บน้ำ

2.4.2 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลากโดยใช้เกณฑ์การควบคุมระดับน้ำ

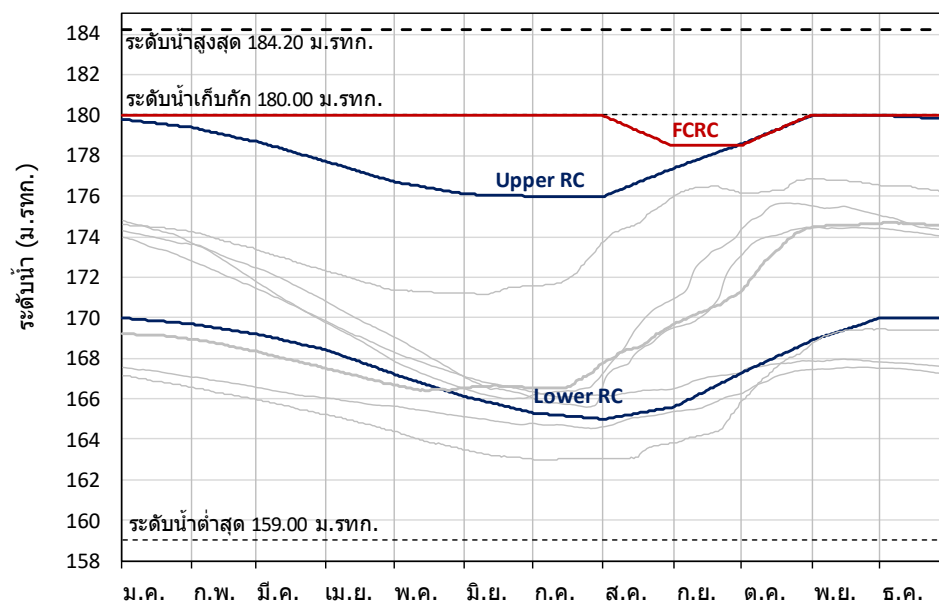
เกณฑ์การควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ หรือ Reservoir Operation Rule Curve หมายถึง เกณฑ์ในการควบคุมระดับน้ำ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อไม่ให้ระดับน้ำต่ำกว่า หรือสูงกว่าช่วงที่กำหนดไว้ เป็นหนึ่งในมาตรการการบรรเทาอุทกภัยโดยใช้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ แบ่งออกเป็น

1) เกณฑ์การเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) เพื่อรักษาระดับน้ำให้อยู่ระดับที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยน้อยที่สุด โดยการพร่องน้ำในอ่างฯ เพื่อเตรียมความพร้อมรับน้ำหลากในช่วงต้นฤดูฝน และเก็บน้ำเต็มอ่างฯ ในช่วงปลายฤดูฝน

2) เกณฑ์การเก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) เพื่อรักษาระดับน้ำมิให้ต่ำกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด เพื่อเป็นหลักประกันปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง

ในสภาวะปกติจะพยายามรักษาระดับน้ำให้อยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด การระบายน้ำจะเป็นการระบายสำหรับความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ด้านท้ายน้ำ และสถานการณ์น้ำหลากมีฝนตกหนักในพื้นที่ตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำ ในกรณีของอ่างเก็บน้ำที่มีบานระบายน้ำ จะเร่งทำการระบายน้ำลงท้ายน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด และในสถานการณ์วิกฤติเมื่อระดับน้ำสูงเกินเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) จะทำการระบายน้ำเต็มศักยภาพของเขื่อนเพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินระดับน้ำสูงสุดที่กำหนดไว้

3) เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve) หมายถึง ระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก ซึ่งหากระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาถัดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่อยู่แบบไว้ ซึ่งเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่อยู่แบบไว้ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ FCRC จะต้องมีความเพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Flood Routing) โดยการทดลองกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุด (PMF) ได้อย่างปลอดภัย ตัวอย่างการกำหนดเกณฑ์การควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์ แสดงไว้ในรูปที่ 2.4.2-1



รูปที่ 2.4.2-1 เกณฑ์การควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการวิจัย

3.1 แนวทางการศึกษา

การศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. มีแนวทางการศึกษา ประกอบด้วย การรวบรวมและทบทวนข้อมูล การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) การวิเคราะห์ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ และการจัดทำคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น ดังแสดงผังการทำงานวิจัยของโครงการได้ดังรูปที่ 3.1-1

3.2 การรวบรวมและทบทวนข้อมูล

การดำเนินการวิจัยต้องดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งดำเนินการทบทวนและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ทุกข้อมูลก่อนนำมาใช้งานสำหรับงานวิจัยในขั้นตอนต่อไป โดยมีข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวิจัย ดังนี้

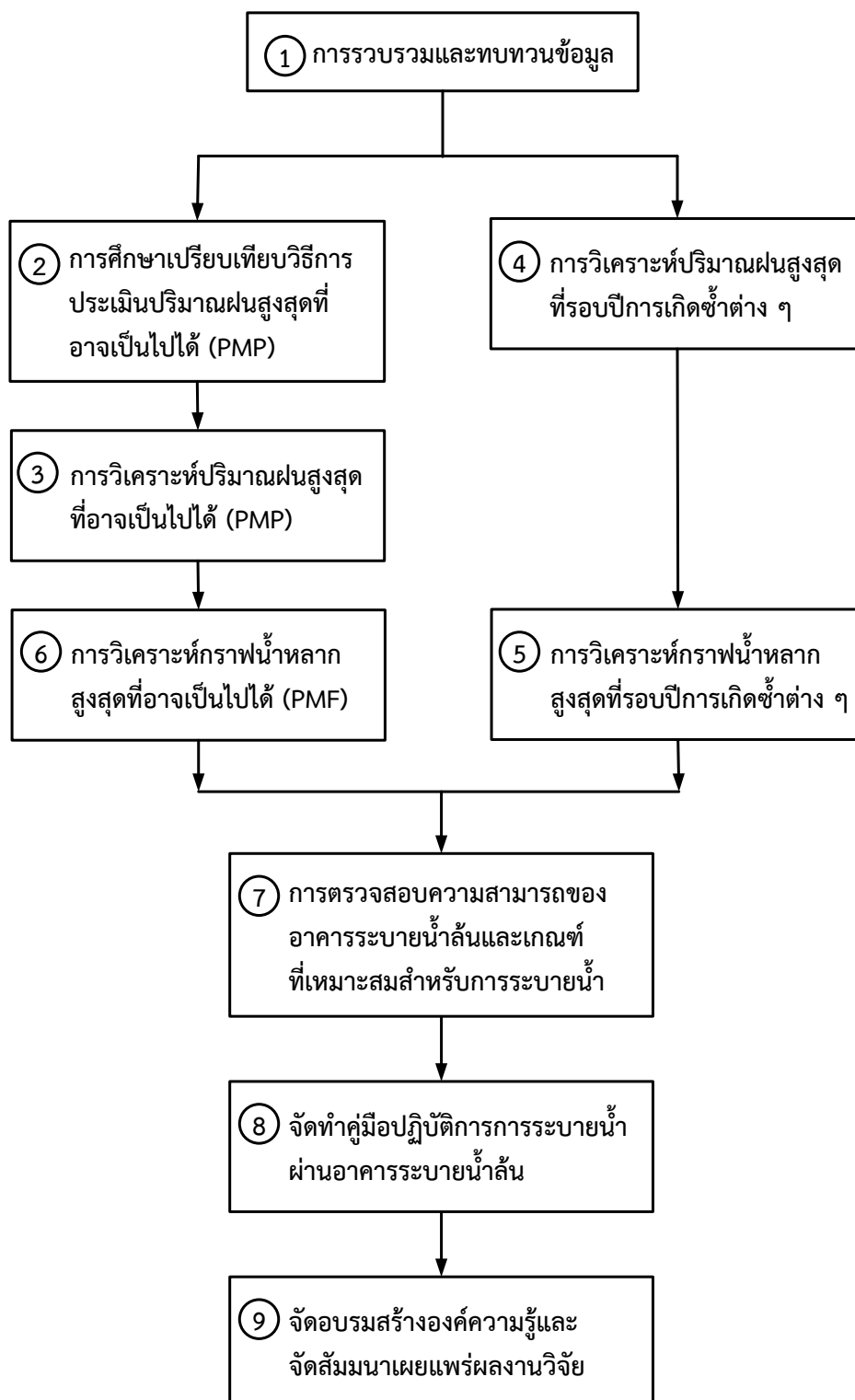
1) รวบรวมข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของกลุ่มน้ำและสถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลที่วัดและคำนวณได้จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร สำหรับลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่รับน้ำฝนเหนืออ่างเก็บน้ำของเขื่อนต่าง ๆ และสถานีวัดน้ำท่าที่ศึกษา ประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่ นับจากจุดออกจนถึงจุดใกล้สุดบนสันปันน้ำ (L) และจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงบนลำน้ำที่มากที่สุด (L_c) และความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก

2) รวบรวมข้อมูลที่วัดและคำนวณได้จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร สำหรับลำน้ำที่คลื่นน้ำท่วมไหล ได้แก่ ความยาวลำน้ำของแต่ละช่วงลำน้ำ (ระหว่างจุดควบคุม) และความลาดเทเฉลี่ยของแต่ละช่วงลำน้ำ

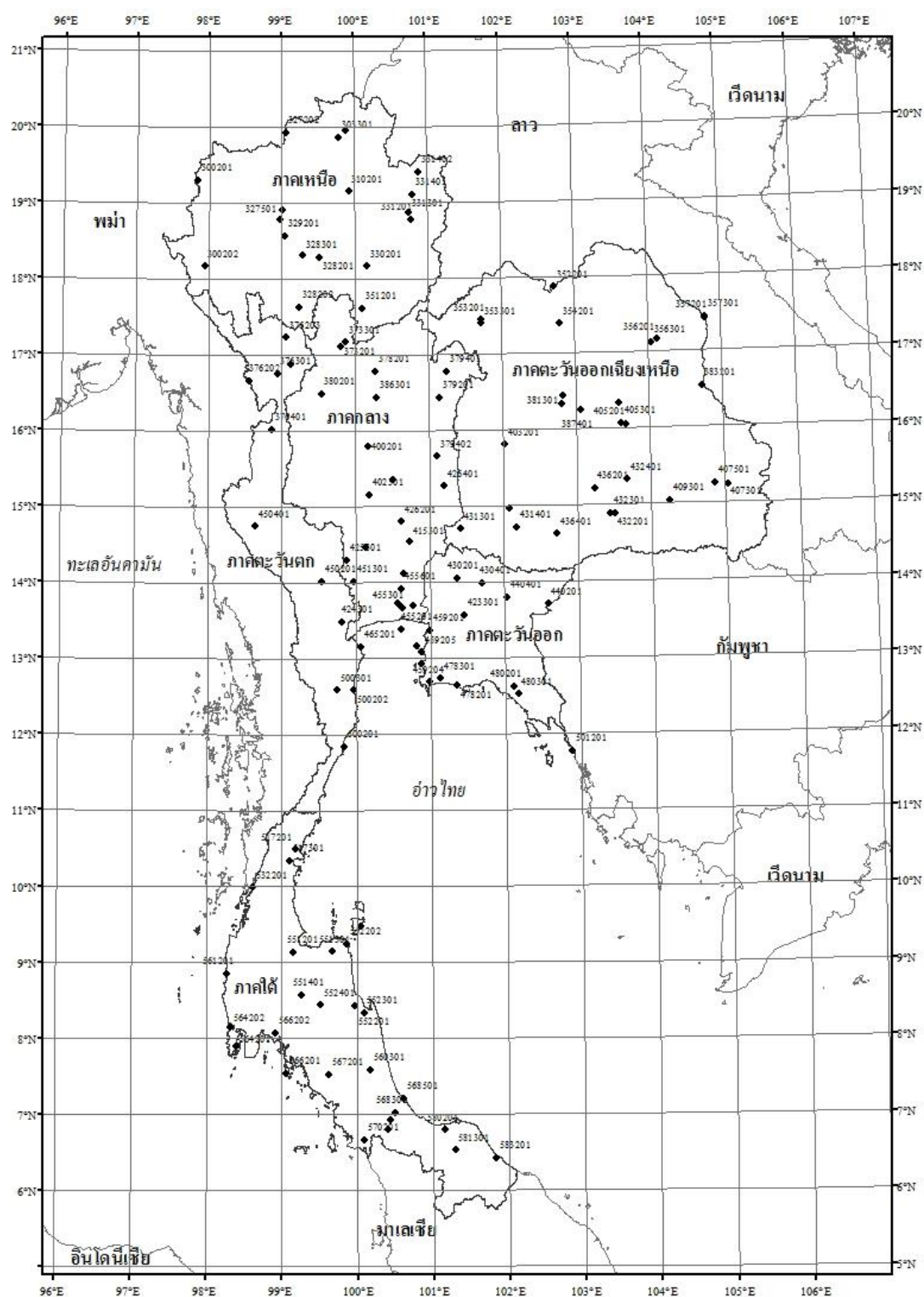
3) รวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำอัตราการไหลออกจากทางระบายน้ำล้น และคุณลักษณะของอาคารระบายน้ำล้น

4) รวบรวมข้อมูลพายุฝนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และเส้นทางของพายุที่พัดผ่านเข้าประเทศไทยจากรายงานพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง

5) รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศโดยทั่วไปของกลุ่มน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์กระแสลม เมฆปกคลุม อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ ที่ตั้งสถานีตรวจอากาศ และระดับความสูงของที่ตั้งสถานีตรวจอากาศ จำนวน 124 สถานี จากกรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงในรูปที่ 3.2-1



รูปที่ 3.1-1 ผังการทำงานวิจัยของโครงการได้ตั้ง



รูปที่ 3.2-1 ตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

6) รวบรวม ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง และระดับความสูงของที่ตั้ง สถานีภูมิอากาศในบริเวณพายุฝนที่เลือกศึกษา จากกรมอุตุนิยมวิทยา

7) รวบรวมปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 1 วันถึง 7 วัน ของสถานีตรวจวัดหลักขณะที่เกิดพายุ ฝนที่เลือกศึกษาแต่ละลูก และปริมาณฝน ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษาของสถานีใกล้เคียงรอบข้าง สถานีตรวจอากาศหลัก

8) ข้อมูลการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ที่สถานีวัดน้ำฝนต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่ม น้ำและข้างเคียง

9) รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของ โครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ได้สร้างแล้วเสร็จ และโครงการที่มีการศึกษาไว้โดยหน่วยงานต่างๆ

10) รวบรวมข้อมูลการระบายน้ำที่ผ่านมาของเขื่อนที่ศึกษา

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

3.3.1 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) มีแนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

- 1) ทำการรวบรวมวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)
- 2) ทำการรวบรวมวิธีการศึกษาและผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ที่มีการศึกษาไว้ในอดีต
- 3) ทำการศึกษา เปรียบเทียบ วิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) และ ทำการศึกษาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษาวิจัย โดยพิจารณาจากประเด็นด้านข้อจำกัด ของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา และลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศที่เหมาะสมของแต่ละวิธีการศึกษา เป็นสำคัญ

3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) มีแนวทางการวิเคราะห์ ดังนี้

- 1) ทบทวนข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
- 2) คัดเลือกพายุฝนขนาดใหญ่และเป็นพายุที่เกิดขึ้นในเขตอิทธิพลเดียวกันกับพื้นที่ศึกษา สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำของอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ โดยการเลือกปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 7 วัน และตรวจสอบ กับข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ปริมาณฝนช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน ของพายุฝน
- 3) ทำการคัดเลือกพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนและพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย โดย พิจารณาจากพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนบนและตอนล่างของ ประเทศไทย
- 4) คัดเลือกสถานีตรวจวัดภูมิอากาศสำหรับเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำที่ศึกษา

5) ทำการคำนวณค่าปรับแก้ความชื้นเพื่อทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ โดยใช้การปรับแก้ตามสมการ

$$r_1 = \frac{(W_{m1})_{h_1}}{(W_s)_{h_1}}$$

เมื่อ r_1	=	ค่าปรับแก้ปริมาณความชื้นสำหรับการทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน
$(W_{m1})_{h_1}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝนที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
$(W_s)_{h_1}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษา ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
h_1	=	ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

6) ทำการคำนวณการปรับแก้ความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป โดยการปรับแก้ด้วยอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุกับตำแหน่งที่ย้ายไป และทำการเปลี่ยนค่าเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้และนำมาหาอัตราส่วน (r_2) การปรับแก้ ดังนี้

$$r_2 = \frac{(W_{m2})_{h_1}}{(W_{m1})_{h_1}}$$

เมื่อ r_2	=	ค่าปรับแก้ปริมาณความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป
$(W_{m1})_{h_1}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
$(W_{m2})_{h_1}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
h_1	=	ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

7) ทำการคำนวณการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง (Adjustment of Elevation and Barrier) จะต้องพิจารณาร่วมกัน เนื่องจากการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางเพียงอย่างเดียวจะใช้วิธีนี้ต่อเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางเนื่องจากภูมิประเทศระหว่างพื้นที่ฝนตกกับแหล่งความชื้น แต่ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางเนื่องจากเทือกเขาต่อเนื่องติดต่อกันระหว่างพื้นที่ซึ่งเกิดพายุฝนกับแหล่งความชื้น จะใช้การปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวางมาพิจารณาร่วม

ด้วย การเคลื่อนย้ายพายุฝนระยะสั้นและมีระดับต่างกันไม่เกิน 300 เมตร จะไม่ทำการปรับแก้เนื่องจากระดับ แต่ถ้าระดับต่างกันเกิน 700 เมตร จะไม่ปรับแก้ด้วยระดับแต่ให้ใช้การปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวางโดยการปรับแก้ด้วยอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป และทำการเปลี่ยนค่าเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้และนำมาหาค่าอัตราส่วน (r_3) การปรับแก้ ดังนี้

$$r_3 = \frac{(W_{m2})_{h_2}}{(W_{m2})_{h_1}}$$

เมื่อ r_3	=	ค่าปรับแก้ค่าสูงสุดระหว่างค่าระดับหรือสิ่งกีดขวาง ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป
$(W_{m2})_{h_1}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
$(W_{m2})_{h_2}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h_2 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
h_1	=	ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง
h_2	=	ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่ย้ายไป มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

8) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดปริมาณฝนร่วมกันระหว่างวิธีการทำพายุฝนมากที่สุด และวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยการพิจารณาค่าปรับแก้ความชื้นเพื่อทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ (r_1) ในสมการข้างต้น ร่วมกับการปรับแก้ความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป (r_2) ในสมการที่ และการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง (r_3) ในสมการ จะได้ค่าการปรับแก้รวม (r_m) ดังสมการ

$$r_m = r_1 \times r_2 \times r_3 = \frac{(W_{m1})_{h_1}}{(W_S)_{h_1}} \times \frac{(W_{m2})_{h_1}}{(W_{m1})_{h_1}} \times \frac{(W_{m2})_{h_2}}{(W_{m2})_{h_1}}$$

$$r_m = \frac{(W_{m2})_{h_2}}{(W_S)_{h_1}}$$

เมื่อ r_m	=	ค่าปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวาง
$(W_{m2})_{h_2}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h_2 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_S)_{h_1}$	=	ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษา ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
h_1	=	ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง
h_2	=	ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่ย้ายไป มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

โดยค่าปรับแก้ของวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน เป็นการเปลี่ยนปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายพายุฝนไปเทียบกับปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ ซึ่งปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปต่อปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุ

9) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ที่ได้ทำการศึกษาไว้ก่อนแล้ว กับปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จากพายุฝนที่เลือกศึกษา

3.3.3 การวิเคราะห์ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ มีแนวทางการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนเพื่อเป็นสถานีดัชนี สำหรับหาค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของแต่ละลุ่มน้ำด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor)

2) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีช่วงเวลา 1 ถึง 7 วัน ของแต่ละสถานีดัชนีที่รวบรวมได้ มาทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล ซึ่งจะได้ค่าปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 ถึง 7 วัน ที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ

3) นำข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์แจกแจงปริมาณฝนตามพื้นที่ด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor) เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสูงสุดจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนต่าง ๆ ของ กฟผ.

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุด

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุด ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ซึ่งมีแนวทางการศึกษา ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ มีแนวทางการวิเคราะห์ ดังนี้

1) จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทำการแบ่งช่วงเวลาของพายุฝนให้เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยใช้เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง และทำการปรับลดปริมาณฝนด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณฝน จากนั้นทำการจัดลำดับพายุฝนใหม่เพื่อให้กราฟน้ำหลากที่ได้มีลักษณะวิกฤตที่สุด ซึ่งจะได้ปริมาณฝนสูงสุดส่วนเกินจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปี ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำ

2) นำปริมาณฝนสูงสุดส่วนเกินที่วิเคราะห์ได้นำไปประยุกต์ใช้กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งจะได้กราฟน้ำท่าผิวดินของกลุ่มน้ำจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปี ที่รอบปีการเกิดต่าง ๆ ตามลำดับ

3) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐาน (Q_B) กับปริมาณการไหลสูงสุด (Q_P) ในรูปสมการเลขยกกำลังระหว่าง Q_B กับ Q_P ของลุ่มน้ำ

4) จากกราฟน้ำท่าผิวดินของกลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นนำปริมาณการไหลสูงสุดมาใช้วิเคราะห์ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานกับปริมาณการไหลสูงสุด จะได้ปริมาณการไหลพื้นฐานของกลุ่มน้ำ และเมื่อนำไปรวมกับกราฟน้ำท่าผิวดินจะได้กราฟน้ำหลากสูงสุดของกลุ่มน้ำที่รอบปีการเกิดต่าง ๆ จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปี

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีแนวทางการวิเคราะห์ ดังนี้

1) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทำการแบ่งช่วงเวลาของพายุฝนให้เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยใช้เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง และทำการปรับลดปริมาณฝนด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณฝน จากนั้นทำการจัดลำดับพายุฝนใหม่เพื่อให้กราฟน้ำหลากที่ได้มีลักษณะวิกฤตที่สุด ซึ่งจะได้ปริมาณฝนส่วนเกินที่อาจเป็นไปได้ (Probable Rainfall Excess) ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำ

2) นำปริมาณฝนส่วนเกินที่อาจเป็นไปได้ที่วิเคราะห์ได้นำไปประยุกต์ใช้กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งจะได้กราฟน้ำท่าผิวดินของกลุ่มน้ำจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)

3) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐาน (Q_B) กับปริมาณการไหลสูงสุด (Q_P) ในรูปสมการเลขยกกำลังระหว่าง Q_B กับ Q_P ของลุ่มน้ำ

4) จากกราฟน้ำท่าผิวดินของกลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นนำปริมาณการไหลสูงสุดมาใช้วิเคราะห์ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานกับปริมาณการไหลสูงสุด จะได้ปริมาณการไหลพื้นฐานของกลุ่มน้ำ และเมื่อนำไปรวมกับกราฟน้ำท่าผิวดินจะได้กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)

3.5 การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ เป็นการศึกษาถึงรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำเมื่อมีปริมาณน้ำหลาก (Flood Hydrograph) ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยจะพิจารณาใน 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ ปริมาณน้ำไหลออกสูงสุด และช่วงเวลาการเกิดปริมาณน้ำไหลออกสูงสุด ส่วนใหญ่แล้วเมื่อมีปริมาณน้ำหลากไหลผ่านอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ รูปร่างของกราฟน้ำท่าจะเปลี่ยนแปลงไป (Attenuation) กล่าวคือ เวลาการเกิดปริมาณน้ำหลากสูงสุดจะช้าลง ขนาดของปริมาณน้ำหลากไหลออกสูงสุดจะน้อยลง ปริมาตรหรือระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ความสามารถในการปล่อยน้ำจากอ่างฯ จะขึ้นอยู่กับระดับน้ำในอ่าง (Head ของน้ำ) ซึ่งเมื่อระดับน้ำในอ่างเพิ่มมากขึ้นอัตราการไหลออกจากอ่างก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย และการไหลออกจากอ่างเก็บน้ำจะทำให้ปริมาตรน้ำในอ่างลดลง ถ้าหากว่าปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออกในเวลาใดๆ ไม่เท่ากันแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ได้แก่

- กราฟปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow Hydrograph)
- ลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำในรูปของ Storage และ Outlets
- ความสัมพันธ์ของระดับ-ปริมาตรเก็บกัก (Elevation-Storage Relationship)
- ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ-ปริมาตรการไหลออก (Elevation-Outflow Relationship)
- ปริมาตรน้ำเริ่มต้น (Initial Storage State) ซึ่งต้องการทราบค่าของระดับน้ำในอ่าง ปริมาตรการไหลออกและปริมาตรเก็บกักที่เวลาเริ่มต้น

การทำ Flood Routing ผ่านอ่างเก็บน้ำโดยวิธีของ Goodrich นั้นใช้สมการดังนี้

$$\frac{2S_2}{t} + O_2 = I_1 + I_2 + \left(\frac{2S_1}{t} - O_1 \right)$$

$$\frac{2S_2}{t} - O_2 = \frac{2S_1}{t} + O_1 - 2O_2$$

โดย S คือ Storage มีหน่วยเป็นปริมาตร (m^3 หรือ MCM)

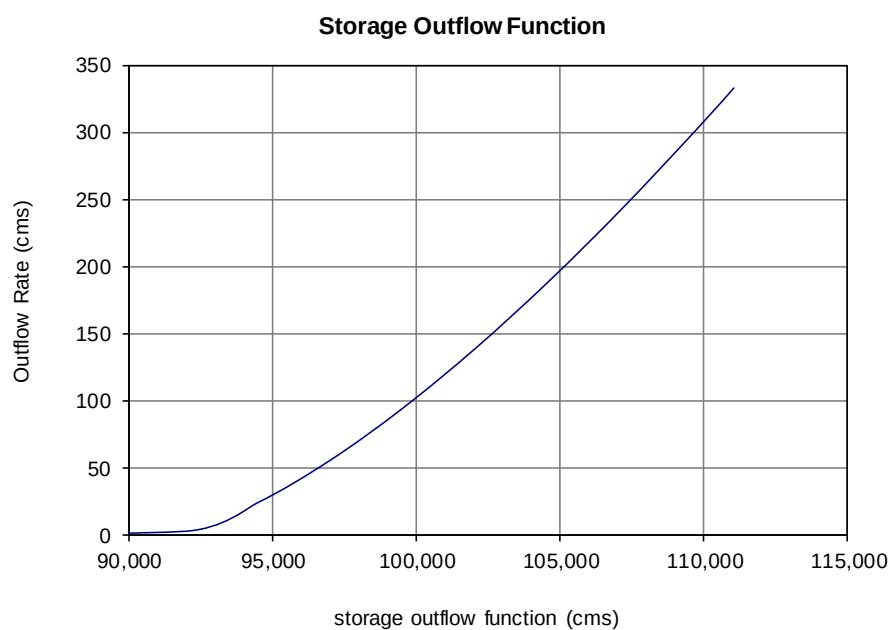
I คือ ปริมาณน้ำไหลเข้า มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา (m^3/s)

O คือ ปริมาณน้ำไหลออก มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา (m^3/s)

t คือ เวลา ปกติมีหน่วยเป็นวัน (หรือวินาที, s)

นอกจากนั้นยังต้องการใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O และ $2S/t+O$ อีกด้วย โดยเทอม $2S/t+O$ เรียกว่า Storage Outflow Function และเทอม $2S/t+O$ เรียกว่า Storage Function แสดงตัวอย่าง Storage – Outflow Function ไว้ในรูปที่ 3.5-1

สำหรับขั้นตอนการคำนวณจะอาศัยตารางคำนวณซึ่งประกอบไปด้วยระดับน้ำ ปริมาตรน้ำ กราฟน้ำไหลเข้าอ่าง และปริมาณน้ำระบายจากอ่างที่ระดับน้ำต่างๆ จากกราฟ Storage - Outflow Function ทำการคำนวณทีละช่วง (Routing Interval) ส่วนใหญ่จะให้เท่ากับช่วงเวลาของกราฟน้ำหลาก แสดงตัวอย่างตารางคำนวณ Reservoir Routing และกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกไว้ตารางที่ 3.5-1 และรูปที่ 3.5-2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.5-1 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลออกจากอ่าง

ตารางที่ 3.5-1 ตัวอย่างตารางคำนวณ Reservoir Routing

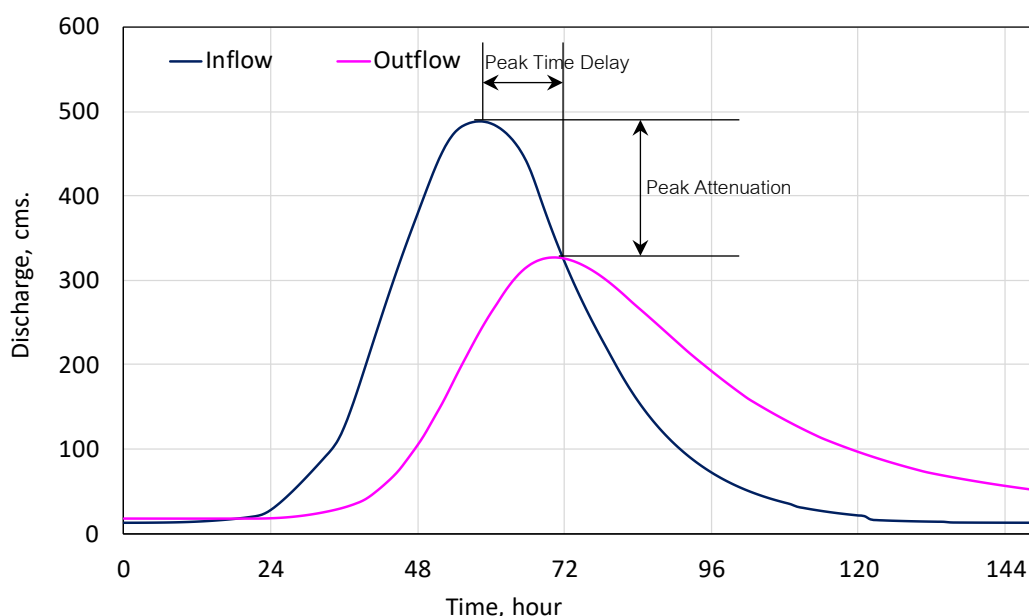
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Storage - Outflow Function	
Time (hour)	Inflow (cms)	I_1+I_2 (cms)	$(2S_1/t)-Q_1$ (cms)	$(2S_2/t)+Q_2$ (cms)	Outflow (cms)	$(2S/t)+Q$ (cms)	Q (cms)
0	13.19		91,925	91,930	2.70	0	0.0
1	13.20	26.39	91,946	91,951	2.87	483	0.0
2	13.22	26.42	91,966	91,972	3.05	4,822	0.0
3	13.25	26.47	91,986	91,993	3.22	19,722	0.0
4	13.30	26.55	92,006	92,013	3.39	51,328	0.0
5	13.36	26.65	92,025	92,033	3.55	74,722	0.0
6	13.43	26.79	92,045	92,052	3.72	91,930	2.7
7	13.53	26.96	92,064	92,072	3.88	94,455	23.9
8	13.65	27.18	92,083	92,091	4.04	96,990	55.6
9	13.81	27.46	92,102	92,111	4.21	99,532	94.6
10	14.02	27.83	92,121	92,130	4.37	102,081	139.6
11	14.28	28.30	92,140	92,150	4.53	104,634	189.6
12	14.59	28.87	92,160	92,169	4.70	107,192	244.0
13	14.96	29.55	92,180	92,189	4.87	109,753	302.3
14	15.39	30.35	92,200	92,210	5.04	111,036	332.8

ขั้นตอนการคำนวณ

ช่อง (1) (2) และ (3) แสดงกราฟปริมาณน้ำไหลเข้า

ช่อง (4) เรียกว่า Storage Outflow Function = ช่อง (5) – 2 x ช่อง (6)

- ช่อง (5) เรียกว่า Storage Function = ช่วงเวลาก่อนหน้า + ช่วงเวลาปัจจุบัน +
 ช่อง (4) ของเวลาก่อนหน้า
 ช่อง (6) อ่านค่าจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $2S/t + Q$ กับ Q

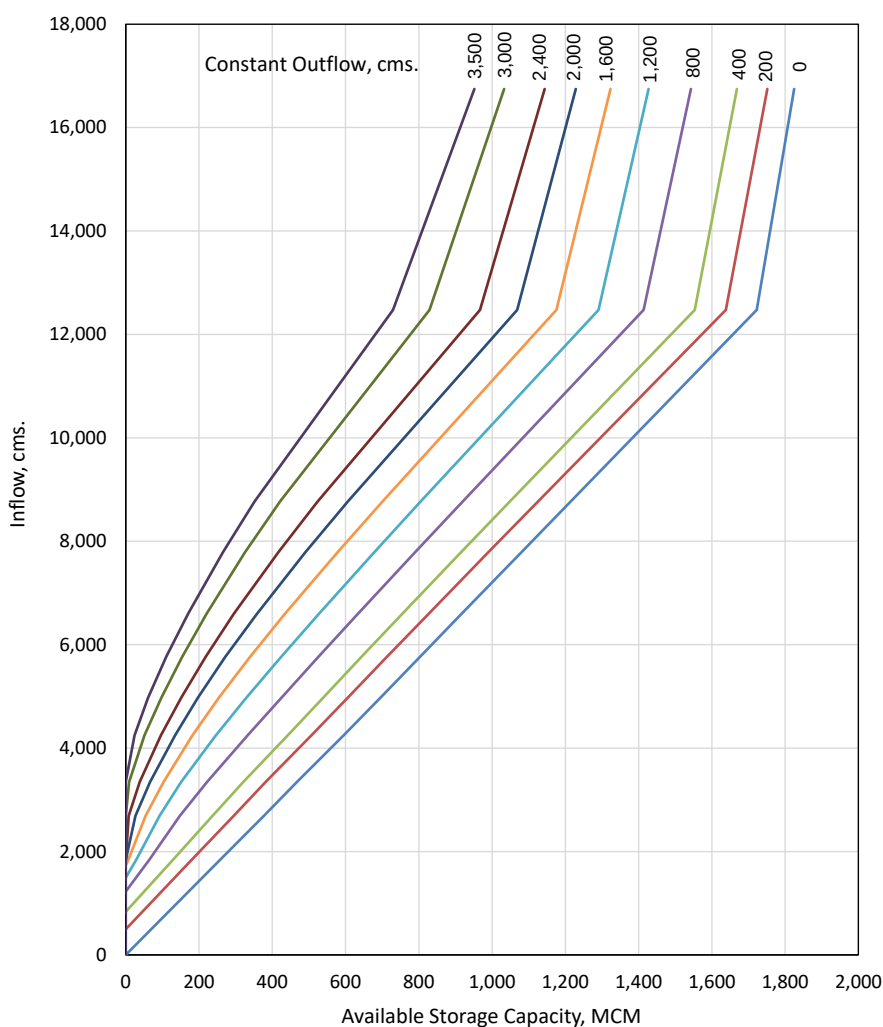


รูปที่ 3.5-2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออก

3.6 การศึกษาเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก

ในช่วงฤดูฝนเมื่อเกิดสถานการณ์น้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ผู้ปฏิบัติงานเขื่อนจะทำการระบายน้ำโดยพิจารณาจากข้อมูลประกอบหลัก ได้แก่ ระดับน้ำเวลาปัจจุบัน ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำในอ่างที่เหลืออยู่ที่ระดับน้ำต่างๆ ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่จะระบายน้ำตามความสำคัญของแต่ละระดับ และสุดท้ายได้แก่ความสามารถในการรับน้ำได้ของความจุลำนน้ำด้านท้ายเขื่อน ซึ่งในส่วน of ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ที่จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้ามาในช่วงเวลาถัดไป เป็นสิ่งที่ยากแก่การคาดการณ์ สำหรับกรณีของอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาตรสำรองเพียงพอ เช่น อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล สิริกิติ์ ศรีนครินทร์ วชิราลงกรณ อ่างเก็บน้ำเหล่านี้สามารถใช้หลักเกณฑ์การระบายน้ำตามแนวทางการปฏิบัติงานเดิมตามคู่มือการปฏิบัติงานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเขื่อนมีความคุ้นเคยในขั้นตอนการทำงานอยู่แล้ว แต่สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาตรสำรองไม่มากนักเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ สิรินคร และบางหลวง จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบการคำนวณที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะระบายออกในแต่ละช่วงเวลา โดยพิจารณาเปรียบเทียบจากความจุสำรองที่เหลืออยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้แต่ละระดับ เพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้ามาในเวลาต่อไป ซึ่งมีหลักการในการคำนวณหาการระบายน้ำ ดังนี้

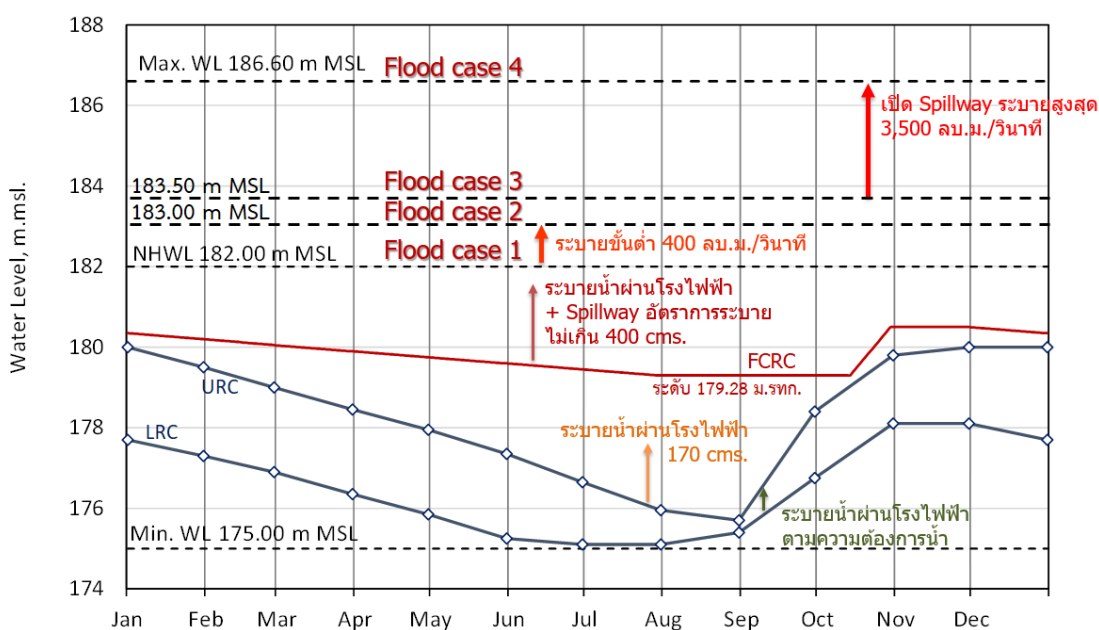
1) จากผลการวิเคราะห์กราฟปริมาณน้ำหลาก (Flood Hydrograph) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ นำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) ปริมาตรความจุสำรองที่เหลืออยู่ของอ่างเก็บน้ำ (Available Storage Capacity) และอัตราการระบายน้ำ (Constant Outflow) ดังแสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 3.6-1 หลังจากนั้นจะอาศัยความสัมพันธ์ของกราฟ 3 ตัวแปรดังกล่าว คำนวณหาว่าในกรณีที่ปริมาณน้ำหลากเข้ามาด้วยปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน จะต้องระบายน้ำด้วยอัตราเท่าไร เพื่อรักษาปริมาตรเก็บกักสำรองที่เหลืออยู่ไม่ให้น้อยเกินกว่าค่าที่กำหนด (หรือระดับที่กำหนด)



รูปที่ 3.6-1 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ 3 ตัวแปร อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์

2) แบ่งช่วงย่อยจากระดับเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) จนถึงระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Maximum High Water Level) เพื่อหาความสามารถในการรองรับน้ำหลากของปริมาตรเก็บกักสำรองในแต่ละช่วง จากนั้นวิเคราะห์ Flood Routing ผ่านอ่างเก็บน้ำ ตามค่าที่อ่านได้จากกราฟความสัมพันธ์ 3 ตัวแปร เพื่อให้ออกมาเป็นข้อกำหนดในการระบายน้ำในสถานการณ์น้ำ (Tr) ต่างๆ ประกอบไปด้วย ระดับน้ำ ปริมาณน้ำไหลเข้า และ ข้อเสนอการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

โดยมีหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ว่า หากใช้ความสามารถในการระบายน้ำออกสูงสุดของอาคารระบายน้ำ ล้นแล้ว ยังไม่สามารถรักษาระดับน้ำควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ ก็จะทำให้การปรับระดับน้ำที่จะ ควบคุมไว้ขึ้นไปลำดับถัดไป ซึ่งค่าการระบายในแต่ละช่วงเวลาที่สามารถคำนวณได้ จะต้องไม่มากกว่า ความสามารถในการระบายน้ำออกของอาคารระบายน้ำล้นที่ระดับน้ำต่างๆ ด้วยเช่นกัน ดังแสดง ตัวอย่างการกำหนดระดับน้ำในแต่ละระดับไว้ในรูปที่ 3.6-2



รูปที่ 3.6-2 ตัวอย่างการกำหนดระดับควบคุมต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์

3) จากหลักเกณฑ์การระบายน้ำตามข้อเสนอแนะดังกล่าว ทำการคำนวณในแต่ละทุกๆ รอบปี การเกิดซ้ำโดยกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่แตกต่างกัน นำผลของข้อเสนอแนะการระบายน้ำที่ได้ในแต่ละ กรณีดังกล่าวนำมาจัดทำเป็นตารางสรุปผลซึ่งประกอบไปด้วย ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำไหล เข้า และปริมาณน้ำระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ จากนั้นนำตารางสรุปผลดังกล่าว มาใช้ในการทดสอบ การเคลื่อนตัวน้ำหลากออกจากอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าค่าการเสนอแนะการระบาย สามารถนำมาใช้ปฏิบัติงานได้จริง ดังแสดงตัวอย่างตารางข้อเสนอการระบายน้ำไว้ในตารางที่ 3.6-1

**ตารางที่ 3.6-1 ตัวอย่างข้อเสนอแนะการระบายน้ำที่ระดับน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ต่างๆ
ของเขื่อนอุบลรัตน์**

ระดับน้ำ (ม.รทก.)	ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ, ลบ.ม./วินาที																							
	100	500	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	12,500	13,000	13,500	14,000	14,500	15,000	15,500	16,000	16,500	17,000	
179.30	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	350	392	424	478	565	697	878	1,090	1,297	1,467	1,591
179.40	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	349	352	414	461	538	658	827	1,034	1,246	1,428	1,564	1,656
179.50	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	350	354	447	515	623	779	979	1,193	1,385	1,533	1,636	1,702
179.60	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	351	358	494	591	734	925	1,139	1,340	1,500	1,613	1,688	1,734
179.70	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	349	353	363	562	693	872	1,084	1,291	1,464	1,589	1,672	1,724	1,756
179.80	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	348	350	356	371	654	822	1,028	1,241	1,424	1,561	1,654	1,713	1,749	1,771
179.90	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	349	352	360	382	775	973	1,188	1,381	1,530	1,634	1,701	1,742	1,767	1,782
180.00	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	350	354	366	398	919	1,134	1,335	1,497	1,612	1,687	1,734	1,763	1,780	1,791
180.10	347	347	347	347	347	347	347	347	347	348	351	357	375	421	1,078	1,287	1,460	1,587	1,671	1,724	1,757	1,777	1,789	1,797
180.20	347	347	347	347	347	347	347	348	349	353	362	388	455	1,236	1,420	1,559	1,653	1,714	1,751	1,774	1,788	1,798	1,804	1,804
180.30	347	347	347	347	347	347	347	348	350	356	370	407	503	1,377	1,528	1,634	1,702	1,745	1,771	1,787	1,798	1,806	1,813	1,813
180.40	347	347	347	347	347	347	347	349	352	360	380	434	571	1,495	1,612	1,688	1,737	1,767	1,787	1,799	1,809	1,817	1,825	1,825
180.50	347	347	347	347	347	347	348	350	354	366	395	474	663	1,587	1,673	1,729	1,764	1,786	1,801	1,813	1,823	1,833	1,845	1,845
180.60	347	347	347	347	347	347	348	351	357	374	418	530	783	1,657	1,720	1,760	1,786	1,803	1,817	1,830	1,843	1,858	1,876	1,876
180.70	347	347	347	347	347	348	349	353	362	387	450	608	930	1,709	1,755	1,786	1,807	1,824	1,839	1,856	1,874	1,897	1,925	1,925
180.80	347	347	347	347	347	348	350	356	369	405	496	712	1,096	1,751	1,787	1,812	1,832	1,852	1,872	1,896	1,924	1,959	2,003	2,003
180.90	347	347	347	347	347	349	352	360	380	431	561	845	1,266	1,788	1,819	1,843	1,867	1,893	1,923	1,958	2,002	2,056	2,120	2,120
181.00	347	347	347	347	348	350	354	365	395	469	650	1,002	1,426	1,828	1,858	1,888	1,920	1,957	2,001	2,055	2,120	2,196	2,284	2,284
181.10	347	347	347	348	348	351	357	374	417	524	768	1,173	1,566	1,877	1,913	1,953	1,999	2,054	2,119	2,196	2,284	2,383	2,491	2,491
181.20	347	347	348	348	349	353	362	386	448	599	913	1,343	1,682	1,946	1,995	2,051	2,118	2,195	2,284	2,383	2,491	2,603	2,714	2,714
181.30	347	348	348	349	350	356	370	405	494	702	1,080	1,499	1,781	2,047	2,115	2,193	2,283	2,383	2,490	2,602	2,714	2,820	2,917	2,917
181.40	348	348	349	350	352	360	380	431	558	834	1,257	1,638	1,870	2,190	2,281	2,382	2,490	2,602	2,714	2,820	2,917	3,003	3,075	3,075
181.50	348	349	350	351	354	366	395	469	647	995	1,431	1,763	1,964	2,380	2,489	2,602	2,714	2,820	2,917	3,003	3,075	3,135	3,183	3,183
181.60	349	349	351	354	358	374	418	524	767	1,176	1,597	1,886	2,082	2,601	2,713	2,820	2,917	3,003	3,075	3,135	3,183	3,221	3,252	3,252
181.70	349	351	353	357	363	387	450	602	919	1,368	1,760	2,027	2,246	2,819	2,917	3,002	3,075	3,135	3,183	3,221	3,252	3,275	3,294	3,294
181.80	351	353	356	362	370	406	498	709	1,102	1,565	1,934	2,207	2,465	3,002	3,075	3,134	3,183	3,221	3,252	3,275	3,294	3,308	3,319	3,319
181.90	353	355	361	369	381	435	566	854	1,314	1,774	2,141	2,439	2,718	3,134	3,183	3,221	3,252	3,275	3,294	3,308	3,319	3,327	3,334	3,334
182.00	356	360	367	379	398	477	666	1,044	1,555	2,012	2,395	2,701	2,950	3,221	3,252	3,275	3,294	3,308	3,319	3,327	3,334	3,339	3,343	3,343
182.10	360	366	377	396	424	540	809	1,286	1,836	2,299	2,673	2,940	3,119	3,275	3,294	3,308	3,319	3,327	3,334	3,339	3,343	3,346	3,348	3,348
182.20	367	376	393	421	463	637	1,013	1,593	2,168	2,616	2,923	3,113	3,223	3,308	3,319	3,327	3,334	3,339	3,343	3,346	3,348	3,350	3,351	3,351
182.30	378	392	419	461	527	789	1,303	1,971	2,529	2,901	3,103	3,219	3,281	3,321	3,334	3,339	3,343	3,346	3,348	3,350	3,351	3,353	3,353	3,353
182.40	397	419	460	527	632	1,028	1,700	2,389	2,849	3,100	3,214	3,279	3,313	3,339	3,343	3,346	3,348	3,350	3,351	3,353	3,353	3,354	3,354	3,354
182.50	428	464	532	640	810	1,396	2,175	2,762	3,071	3,217	3,276	3,312	3,330	3,346	3,348	3,350	3,351	3,353	3,353	3,354	3,354	3,355	3,355	3,355
182.60	485	546	661	842	1,113	1,892	2,622	3,020	3,199	3,279	3,310	3,329	3,339	3,350	3,351	3,353	3,353	3,354	3,354	3,355	3,355	3,355	3,355	3,355
182.70	590	696	893	1,186	1,574	2,408	2,938	3,170	3,268	3,311	3,328	3,338	3,344	3,352	3,353	3,354	3,354	3,355	3,355	3,355	3,355	3,356	3,356	3,356
182.80	785	967	1,283	1,689	2,123	2,800	3,122	3,250	3,304	3,327	3,338	3,343	3,346	3,354	3,355	3,355	3,355	3,355	3,355	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
182.90	1,121	1,397	1,809	2,234	2,591	3,036	3,220	3,293	3,323	3,336	3,343	3,346	3,348	3,355	3,355	3,355	3,355	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.00	1,597	1,922	2,322	2,657	2,897	3,166	3,273	3,315	3,333	3,341	3,346	3,347	3,348	3,355	3,355	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.10	2,095	2,387	2,697	2,925	3,075	3,238	3,302	3,328	3,339	3,343	3,347	3,348	3,349	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.20	2,493	2,718	2,934	3,082	3,178	3,279	3,319	3,335	3,342	3,344	3,348	3,349	3,349	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.30	2,770	2,932	3,079	3,176	3,238	3,303	3,329	3,339	3,343	3,345	3,348	3,349	3,349	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.40	2,955	3,070	3,170	3,234	3,275	3,318	3,335	3,342	3,345	3,346	3,349	3,349	3,349	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.50	3,080	3,160	3,228	3,271	3,299	3,327	3,339	3,343	3,345	3,346	3,349	3,349	3,349	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356	3,356
183.60	3,165	3,220	3,266	3,296	3,314	3,333	3,341	3,344	3,346	3,346	3,349	3,349	3,349	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350
183.70	3,222	3,260	3,292	3,312	3,325	3,338	3,343	3,345	3,346	3,346	3,349	3,349	3,349	3,350	3,350	3,350	3,							

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

World Meteorological Organization (2009) หรือ WMO กล่าวว่า การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จะแบ่งพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ภูเขา (Orographic) และพื้นที่ไม่ใช่ภูเขา (Non-Orographic) และแบ่งวิธีการตามตำแหน่งอ้างอิงของโลกออกเป็น 2 เขต ได้แก่ เขตละติจูดกลาง (Mid Latitude) และเขตร้อน (Tropical Zone) สำหรับประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่แบบพื้นที่ไม่ใช่ภูเขาและตั้งอยู่ในเขตร้อน สำหรับวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 8 วิธี ดังนี้

1) The Local Method (Local Storm Maximization or Local Model) เป็นวิธีการที่ใช้พายุฝนที่เคยเกิดในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา มาทำให้เป็นพายุฝนมากที่สุด (ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้) โดยการใช้ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง เป็นตัวปรับแก้ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลพายุฝนที่เคยเกิดในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษามายาวนาน

2) The Transposition Method (Storm Transposition or Transposition Model) เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษาที่ไม่เคยเกิดพายุฝนสูง ๆ หรือไม่มีการเก็บข้อมูลพายุฝนที่เคยเกิดไว้ จะใช้วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝนมาจากพื้นที่ที่เกิดพายุฝนมายังพื้นที่ที่ศึกษา โดยจะต้องแน่ใจว่าพายุฝนนั้นสามารถเคลื่อนย้ายมาได้ ภายใต้รูปแบบและลักษณะของสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน และพิจารณาตัวปรับแก้ในการเคลื่อนย้ายพายุฝน ได้แก่ ความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง สิ่งกีดขวาง ละติจูด ระยะห่างจากทะเล สภาพภูมิประเทศ ความเร็วลม และฤดูกาล วิธีนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับพื้นที่ที่ไม่ค่อยมีข้อมูลพายุฝนสูงๆ

3) The Combination Method (Temporal and Spatial Maximization of Storm or Storm Combination or Combination Model) เป็นวิธีการรวมพายุฝนที่เกิดในพื้นที่ 2 ลูกหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน เหมาะสำหรับพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ที่ต้องการระยะเวลาการเกิดพายุฝนที่ยาวเพื่อนำไปใช้หาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Flood, PMF) ในการจำลองพายุฝนที่มีช่วงเวลายาวๆ ภายใต้อุตุนิยมวิทยา และการคาดการณ์วิธีนี้ต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมวิทยามาก

4) The Inferential Method (Theoretical Model or Ratiocination Model) เป็นวิธีการสร้างโครงสร้างของพายุฝนแบบ 3D เพื่อสร้างสมการของพายุฝน แบบจำลองที่ใช้ อาจจะเป็น Convergence Model หรือ Laminar Model ข้อมูลที่จะนำมาสร้างแบบจำลองเป็นข้อมูลสภาพอากาศชั้นบน ซึ่งต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมวิทยามาก วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับลุ่มน้ำขนาดใหญ่เป็นร้อย-พันตารางกิโลเมตร

5) The Generalized Method (Generalized Estimation) ขั้นตอนจะเกี่ยวพันถึงการจัดกลุ่มเป็น Convergence กับฝนปะทะภูเขา วิธีนี้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่ยาวนานและจำนวนมากในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์จึงใช้เวลาในการดำเนินการค่อนข้างมาก และราคาแพง แต่ก็ให้ความถูกต้องสูงและผลการวิเคราะห์สามารถประยุกต์ได้ง่าย เหมาะกับพื้นที่ขนาดไม่เกิน 13,000 ตารางกิโลเมตร สำหรับพื้นที่ภูเขา และพื้นที่ขนาดไม่เกิน 52,000 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ราบ และพิจารณาระยะเวลาการเกิดพายุฝนไม่เกิน 72 ชั่วโมง

6) The Statistical Method (Statistical Estimation) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) โดยใช้วิธีการทางสถิติร่วมกับวิธีการเชิงพื้นที่ของสถานีตรวจวัดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาแล้วใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติ และ Regional Generalized Method วิธีการทางสถิตินี้จะแตกต่างจากวิธีการทางสถิติทั่วไปอยู่ 2 ประเด็น คือ 1) เป็นการประเมินค่าสถิติของพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อหาพายุฝนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 2) เป็นวิธีการประเมินค่าสูงสุดทางสถิติโดยใช้การทำเส้นโค้งทางด้านมาก (Envelopment) เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษาขนาดต่ำกว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร

นอกจากนี้ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่มากๆ ยังต้องมีวิธีการสำหรับพิจารณาเพิ่ม ดังนี้

7) The Major Temporal (Flood Hydrograph) and Spatial (Flood Source) Combination Method เป็นวิธีการทาง อุตุ-อุทกวิทยา ซึ่งมีการวิเคราะห์รวมทั้งกราฟน้ำท่าและแหล่งของน้ำท่าใช้สำหรับประเมินในพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือสถานีตรวจวัดที่วิเคราะห์หรือจุดที่สนใจ หรือพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีความแตกต่างของสภาพอากาศระหว่างเหนือน้ำกับท้ายน้ำ เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มาก ๆ มีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 100,000 ตารางกิโลเมตร

8) The Simulation Method Based on Historical Floods เป็นวิธีการสร้างพายุฝนที่มีความเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ที่เคยเกิดในอดีต มาวิเคราะห์รวมทั้งกราฟน้ำท่า (Flood Hydrograph) ต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า สถานการณ์น้ำท่วมในลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาของเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ ในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มาก ๆ มีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 100,000 ตารางกิโลเมตร

ดังแสดงการเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 8 วิธี ไว้ใน **ตารางที่ 4.1-1** โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการคัดเลือกเปรียบเทียบการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ จำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การทำพายุฝนมากที่สุด (The Local Storm Maximization Method) วิธีที่ 2 การทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) และวิธีที่ 3 รูปแบบทั่วไป (The Generalized Method)

โดยทั้ง 3 วิธี มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีการบันทึกข้อมูลพายุฝนที่ยาวนานเพียงพอในการวิเคราะห์ และพื้นที่ที่เกิดพายุและพื้นที่โครงการมีความสอดคล้องด้านสภาพอุตุนิยมวิทยาและมีโอกาสที่จะเกิดพายุแบบเดียวกัน สามารถเคลื่อนย้ายพายุมายังพื้นที่โครงการได้

ตารางที่ 4.1-1 การเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

ลำดับ	วิธีการ	รายละเอียด	ความเหมาะสม	ขนาดพื้นที่
1	Local Method (Local storm maximization)	การทำพายุฝนที่เคยเกิดให้เป็นค่าสูงสุดสำหรับพื้นที่โครงการ	- เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อมูลตรวจวัดพายุฝนที่ยาวนาน	-
2	Transposition method (Storm transposition)	การทำพายุฝนสูงสุดและเคลื่อนย้ายพายุฝนจากพื้นที่ใกล้เคียงมายังพื้นที่โครงการ	- มีความสอดคล้องด้านสภาพอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ที่เกิดพายุฝนและพื้นที่โครงการ - พื้นที่โครงการมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดพายุฝนรูปแบบเดียวกันกับที่จะย้ายมา - พื้นที่โครงการไม่มีการจดบันทึกข้อมูลพายุฝนที่รุนแรงหรือพื้นที่ใกล้เคียงมีความรุนแรงมากกว่า	-
3	Combination Method	เป็นการรวมพายุฝนที่เกิดในพื้นที่ 2 ลูกหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน	- สำหรับพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ ต้องการระยะเวลาการเกิดพายุฝนที่ยาว - ต้องการเชี่ยวชาญทางด้านอุตุนิยมวิทยา	- พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่
4	Inferential Method	สร้างแบบจำลอง 3D ของสภาพอากาศของพื้นที่โครง และสร้างสมการสำหรับพายุฝน	- ต้องการข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยาระดับบนของพื้นที่ศึกษา	- 100 - หลายพัน ตร.กม.
5	Generalized Method	ทำการแบ่งกลุ่มพายุฝนออกเป็นพายุฝนคอนเวอร์เจน หรือฝนประทะภูเขา	- พื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีสภาพอุตุนิยมวิทยาที่คล้ายคลึงกัน - ความถูกต้องสูง และผลการวิเคราะห์สามารถประยุกต์ใช้ได้ง่าย - ข้อมูลฝนในพื้นที่จำนวนมากและยาว - ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน และค่าใช้จ่ายสูง	- ไม่เกิน 13,000 ตร.กม. สำหรับพื้นที่อิทธิพลภูเขา - ไม่เกิน 52,000 สำหรับพื้นที่ไม่มีอิทธิพลของภูเขา - ระยะเวลาการเกิดพายุฝนน้อยกว่า 72 ชั่วโมง
6	Statistical Method	เป็นการวิเคราะห์ PMP โดยใช้วิธีการทางสถิติร่วมกับวิธีการเชิงพื้นที่ของสถานีตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา	- ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา	- น้อยกว่า 1,000 ตร.กม.
7	Major Temporal and Spatial Combination Method	เป็นวิธีการทาง อุตุ-อุทกวิทยา ซึ่งมีการวิเคราะห์รวมทั้งกราฟน้ำท่า และแหล่งของน้ำท่า	- พื้นที่รับน้ำที่อยู่เหนือสถานีตรวจวัดที่วิเคราะห์ - แม่น้ำขนาดใหญ่ที่มีความแตกต่างด้านสภาพอากาศของพื้นที่ต้นน้ำและท้ายน้ำ	- พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ - มากๆ
8	Storm Simulation Method Based on Historical Floods	สร้างพายุฝนที่มีความเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ที่เคยเกิดในอดีต	- มีข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณที่ศึกษา - มีข้อมูลน้ำฝน สถานะการน้ำท่วมในลำน้ำหลักและสาขา ของเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่	- พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ - มากๆ

อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยนี้ได้ทดลองประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 3 วิธี ตามวิธีการของ World Meteorological Organization (2009) พบว่า

วิธีที่ 1 การทำพายุฝนมากที่สุด (The Local Storm Maximization Method) ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ต่ำกว่าวิธีที่ 2 แต่มากกว่าวิธีที่ 3 และเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่เคยประเมินไว้ของเขื่อนต่าง ๆ ในประเทศ จากรายงานของ FAO (2000) พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ได้ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าผลการวิเคราะห์ในอดีตของประเทศไทย

วิธีที่ 2 การทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงกว่าวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 และเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่เคยประเมินไว้ของเขื่อนต่าง ๆ ในประเทศ จากรายงานของ FAO (2000) พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ได้ส่วนใหญ่มีค่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในอดีตของประเทศไทย

วิธีที่ 3 รูปแบบทั่วไป (The Generalized Method) ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ต่ำที่สุดในทั้ง 3 วิธีการประเมินนี้ และเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่เคยประเมินไว้ของเขื่อนต่าง ๆ ในประเทศ จากรายงานของ FAO (2000) พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ได้ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าผลการวิเคราะห์ในอดีตของประเทศไทยค่อนข้างมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพิจารณาเลือกวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) โดยใช้วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) ตามวิธีการของ World Meteorological Organization (2009) ในการวิจัยในลำดับต่อไป

4.2 การวิเคราะห์และคัดเลือกพายุฝน

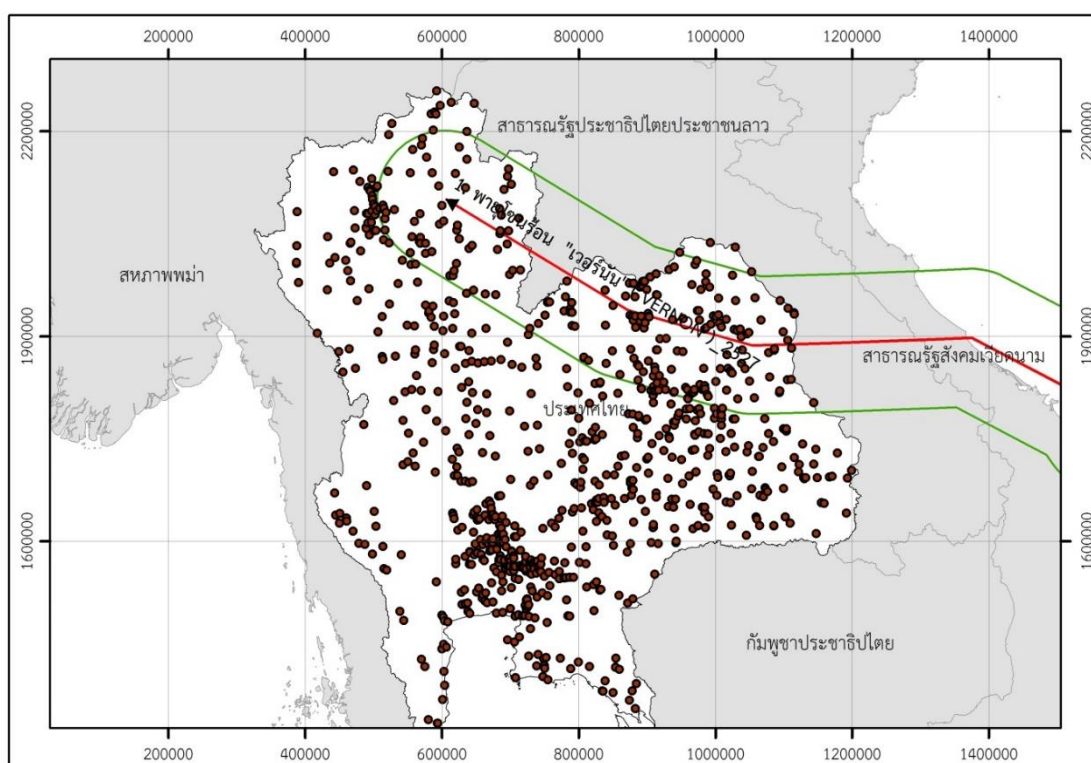
การวิเคราะห์พายุฝน มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1) จากข้อมูลรายงานพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง ในคาบ 65 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 ของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 190 ลูก นำมาสร้าง เส้นทางพายุในรูปของ Shape file ใน GIS เนื่องจากข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลในรูปแบบไฟล์ PDF ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก ของรายงาน

2) จากเส้นทางพายุฝนทำการสร้าง ขอบเขตอิทธิพลของพายุ โดยขยายพื้นที่อิทธิพลของพายุจากแนวเส้นทางพายุออกไปข้างละ 100 กิโลเมตร จะทำให้ทราบรายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในรัศมี 100 กิโลเมตรตามแนวเส้นทางพายุทั้ง 190 ลูก ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.2-1

3) จากรายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในรัศมี 100 กิโลเมตร ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายวันในช่วงที่เกิดพายุฝน โดยทำการรวบรวมตั้งแต่ 6 วันก่อนเกิดพายุ และ 6 วันหลังเกิดพายุ (+6 วันทั้งก่อนและหลัง) เพื่อหาวันที่เกิดฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วันที่ให้ค่าฝนสูงสุดของพายุฝนทั้ง 190 ลูก ซึ่งจะทำให้ได้ค่าปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วันของแต่ละพายุฝน

4) ทำการแบ่งพื้นที่พิจารณาพายุที่มีอิทธิพลออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบน และพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย เนื่องจากฤดูมรสุมของทั้งสองพื้นที่มีช่วงเวลาการเกิดที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่ตอนบนจะเกิดฤดูมรสุมอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของทุกปี และพื้นที่ตอนล่างจะเกิดฤดูมรสุมอยู่ในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม



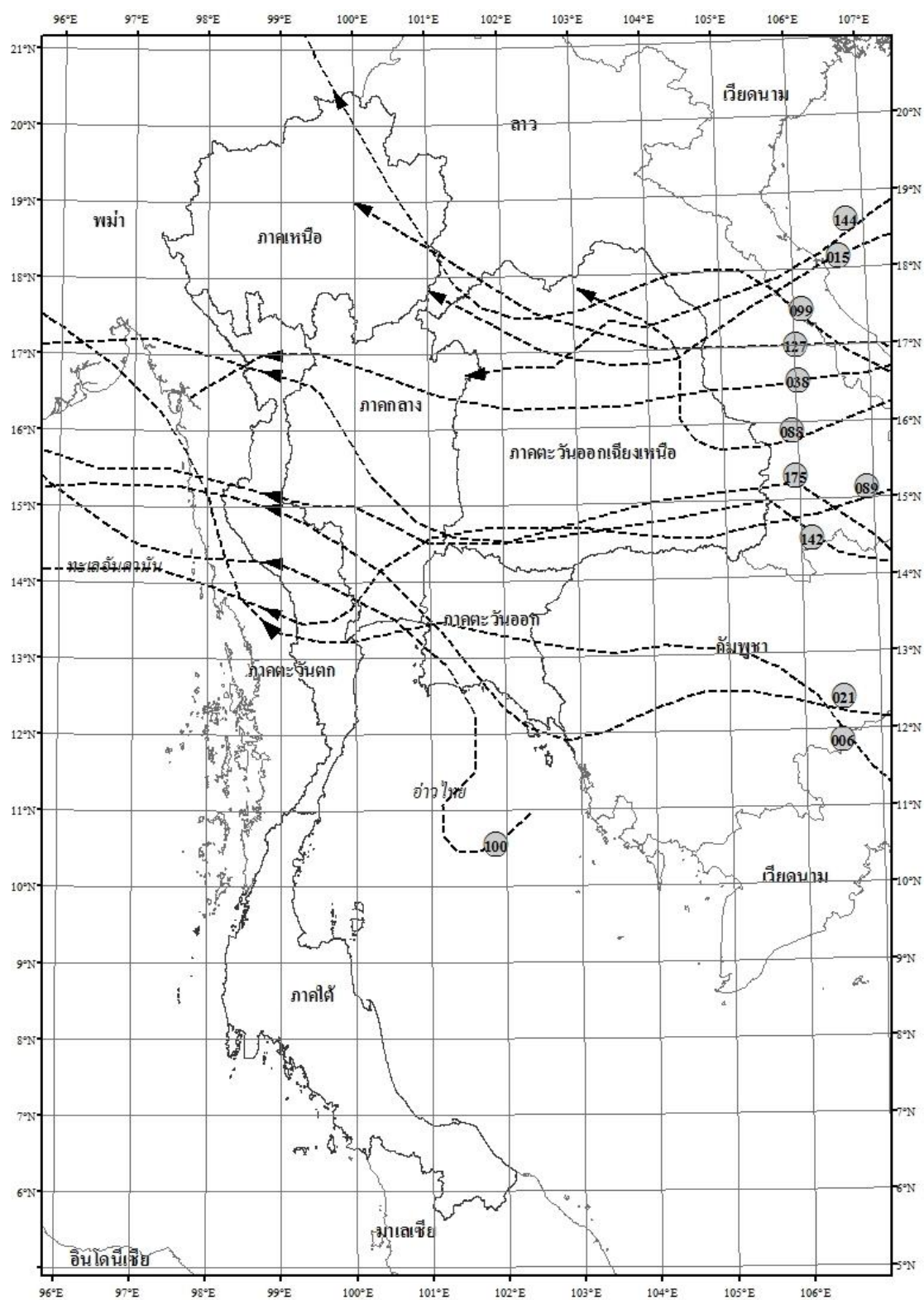
รูปที่ 4.2-1 ตัวอย่างการสร้างขอบเขตอิทธิพลของพายุฝน

4.2.1 การคัดเลือกพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย

เขื่อน กฟผ. ที่อยู่ตั้งอยู่ในพื้นที่อิทธิพลของพายุฝนตอนบนของประเทศไทย ประกอบด้วย 11 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนสิรินธร เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนท่าทุ่งนา เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนห้วยกุ่ม เขื่อนปากมูล และเขื่อนน้ำพุงจากการพิจารณาปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 7 วัน ของพายุฝนทั้ง 190 ลูก ได้ทำการคัดเลือกพายุฝนขนาดใหญ่ 10 อันดับแรก สำหรับเขื่อนที่อยู่พื้นที่ตอนบนของประเทศไทย เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน พบว่า มีพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1

4.2.2 การคัดเลือกพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย

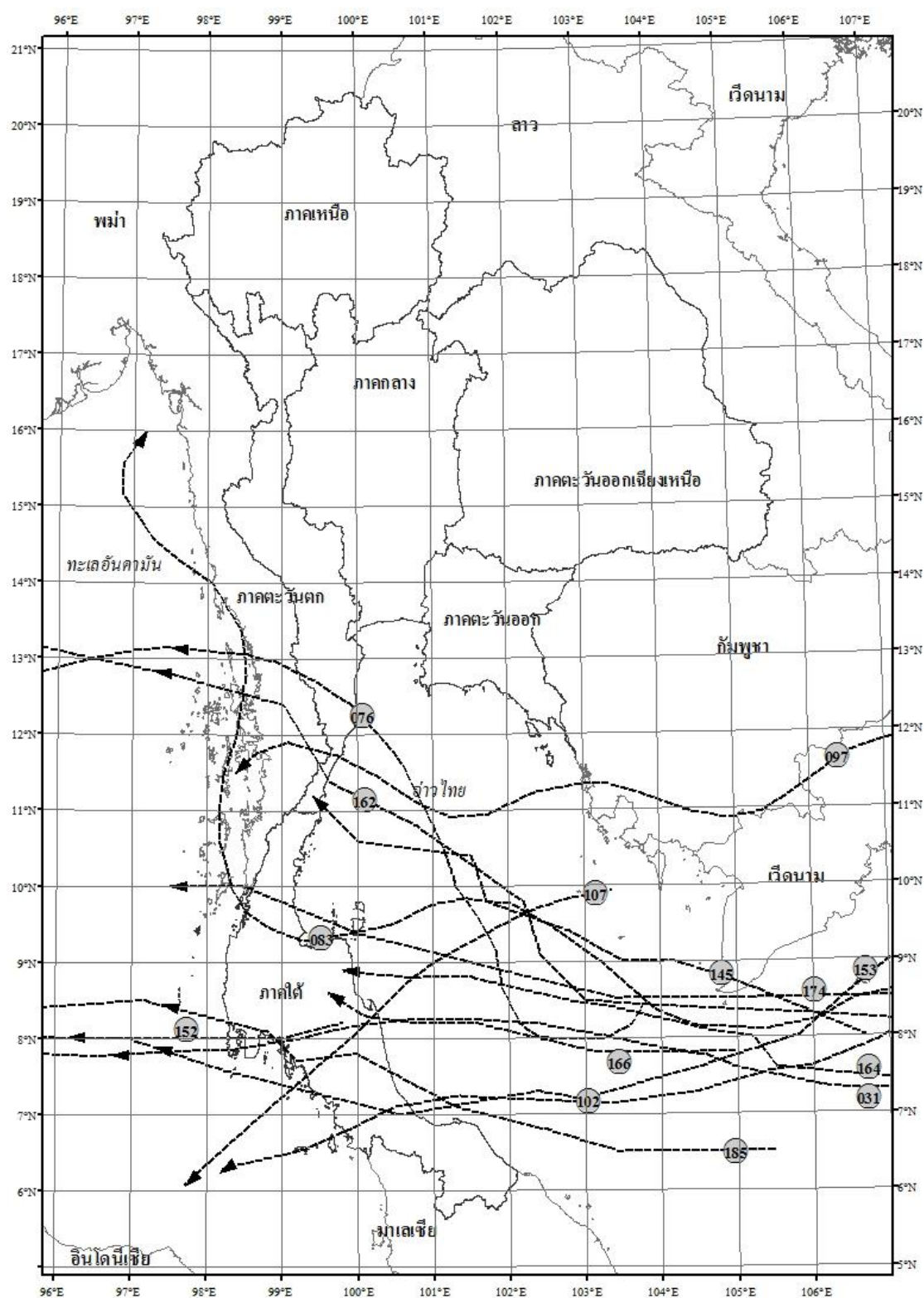
เขื่อน กฟผ. ที่อยู่ตั้งอยู่ในพื้นที่อิทธิพลของพายุฝนตอนล่างของประเทศไทย ประกอบด้วย 2 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนบางลาง และเขื่อนรัชชประภา จากการพิจารณาปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 7 วัน ของพายุฝนทั้ง 190 ลูก ได้ทำการคัดเลือกพายุฝนขนาดใหญ่ 10 อันดับแรก สำหรับเขื่อนที่อยู่พื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน พบว่า มีพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 14 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.2-1 และตารางที่ 4.2.2-1



รูปที่ 4.2.1-1 เส้นทางพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย

**ตารางที่ 4.2.1-1 พายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนบนของ
ประเทศไทย**

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	วันที่พายุเข้า/ สถานีฝนสูงสุด	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)						
				1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	16-24 ต.ค.2495 สถานี 06032	425.60 22 ต.ค.2495	457.30 22-23 ต.ค.2495	482.80 21-23 ต.ค.2495	488.10 19-22 ต.ค.2495	528.10 18-22 ต.ค.2495	559.80 18-23 ต.ค.2495	608.10 16-22 ต.ค.2495
2	015	พายุดีเปรสชัน	24-30 ส.ค.2501 สถานี 18090	346.80 28 ส.ค.2501	355.50 27-28 ส.ค.2501	400.60 26-28 ส.ค.2501	401.90 26-29 ส.ค.2501	405.10 26-30 ส.ค.2501	470.90 28-2 ก.ย.2501	485.50 28-3 ก.ย.2501
3	021	พายุดีเปรสชัน	30-8 ต.ค.2503 สถานี 66032	352.10 2 ต.ค.2503	519.50 2-3 ต.ค.2503	739.30 2-4 ต.ค.2503	817.40 1-4 ต.ค.2503	844.90 1-5 ต.ค.2503	906.40 1-6 ต.ค.2503	937.50 1-7 ต.ค.2503
4	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	13-25 ก.ย.2507 สถานี 49052	391.80 22 ก.ย.2507	464.20 22-23 ก.ย.2507	464.20 21-23 ก.ย.2507	477.60 20-23 ก.ย.2507	478.80 22-26 ก.ย.2507	526.20 22-27 ก.ย.2507	529.50 22-28 ก.ย.2507
5	088	พายุดีเปรสชัน	2-6 มิ.ย.2515 สถานี 67192	424.40 4 มิ.ย.2515	562.40 3-4 มิ.ย.2515	591.90 3-5 มิ.ย.2515	617.60 3-6 มิ.ย.2515	632.00 2-6 มิ.ย.2515	651.60 1-6 มิ.ย.2515	659.00 3-9 มิ.ย.2515
6	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	31-9 ก.ย.2515 สถานี 32072	250.80 6 ก.ย.2515	401.40 5-6 ก.ย.2515	454.00 5-7 ก.ย.2515	464.50 4-7 ก.ย.2515	464.50 3-7 ก.ย.2515	464.50 2-7 ก.ย.2515	464.50 1-7 ก.ย.2515
			31-9 ก.ย.2515 สถานี 60360	205.60 6 ก.ย.2515	380.50 6-7 ก.ย.2515	491.70 5-7 ก.ย.2515	555.80 5-8 ก.ย.2515	562.40 4-8 ก.ย.2515	578.60 5-10 ก.ย.2515	585.20 4-10 ก.ย.2515
7	099	พายุดีเปรสชัน	14-18 ส.ค.2517 สถานี 11230	497.50 16 ส.ค.2517	610.60 15-16 ส.ค.2517	647.60 14-16 ส.ค.2517	673.50 13-16 ส.ค.2517	682.20 15-19 ส.ค.2517	719.20 14-19 ส.ค.2517	745.10 13-19 ส.ค.2517
8	100	พายุดีเปรสชัน	8-13 ต.ค.2517 สถานี 09102	205.50 9 ต.ค.2517	356.70 8-9 ต.ค.2517	513.20 7-9 ต.ค.2517	523.50 6-9 ต.ค.2517	523.50 6-9 ต.ค.2517	538.20 7-12 ต.ค.2517	548.50 6-12 ต.ค.2517
9	127	พายุโซนร้อน VERNON	8-12 มิ.ย.2527 สถานี 70180	500.00 11 มิ.ย.2527	505.00 11-12 มิ.ย.2527	505.00 10-12 มิ.ย.2527	552.00 8-11 มิ.ย.2527	557.00 8-12 มิ.ย.2527	582.00 6-11 มิ.ย.2527	587.00 6-12 มิ.ย.2527
10	142	พายุโซนร้อน IRA	1-8 ต.ค.2533 สถานี 42280	499.20 4 ต.ค.2533	597.40 3-4 ต.ค.2533	601.70 3-5 ต.ค.2533	601.70 2-5 ต.ค.2533	605.60 30-4 ต.ค.2533	609.90 30-5 ต.ค.2533	630.30 3-9 ต.ค.2533
			1-8 ต.ค.2533 สถานี 22230	475.40 4 ต.ค.2533	645.90 3-4 ต.ค.2533	645.90 2-4 ต.ค.2533	645.90 1-4 ต.ค.2533	645.90 30-4 ต.ค.2533	654.10 3-8 ต.ค.2533	661.20 28-4 ต.ค.2533
11	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	9-19 ส.ค.2534 สถานี 36172	388.50 18 ส.ค.2534	424.30 18-19 ส.ค.2534	424.50 18-20 ส.ค.2534	428.90 16-19 ส.ค.2534	429.10 16-20 ส.ค.2534	433.50 14-19 ส.ค.2534	444.70 18-24 ส.ค.2534
12	175	พายุดีเปรสชัน TD3	10-21 ก.ย.2548 สถานี 13582	500.60 10 ก.ย.2548	900.70 13-14 ก.ย.2548	1,089.50 13-15 ก.ย.2548	1,301.60 10-13 ก.ย.2548	1,701.80 10-14 ก.ย.2548	1,890.60 10-15 ก.ย.2548	1,893.90 9-15 ก.ย.2548



รูปที่ 4.2.2-1 เส้นทางพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย

**ตารางที่ 4.2.2-1 พายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนล่าง
ของประเทศไทย**

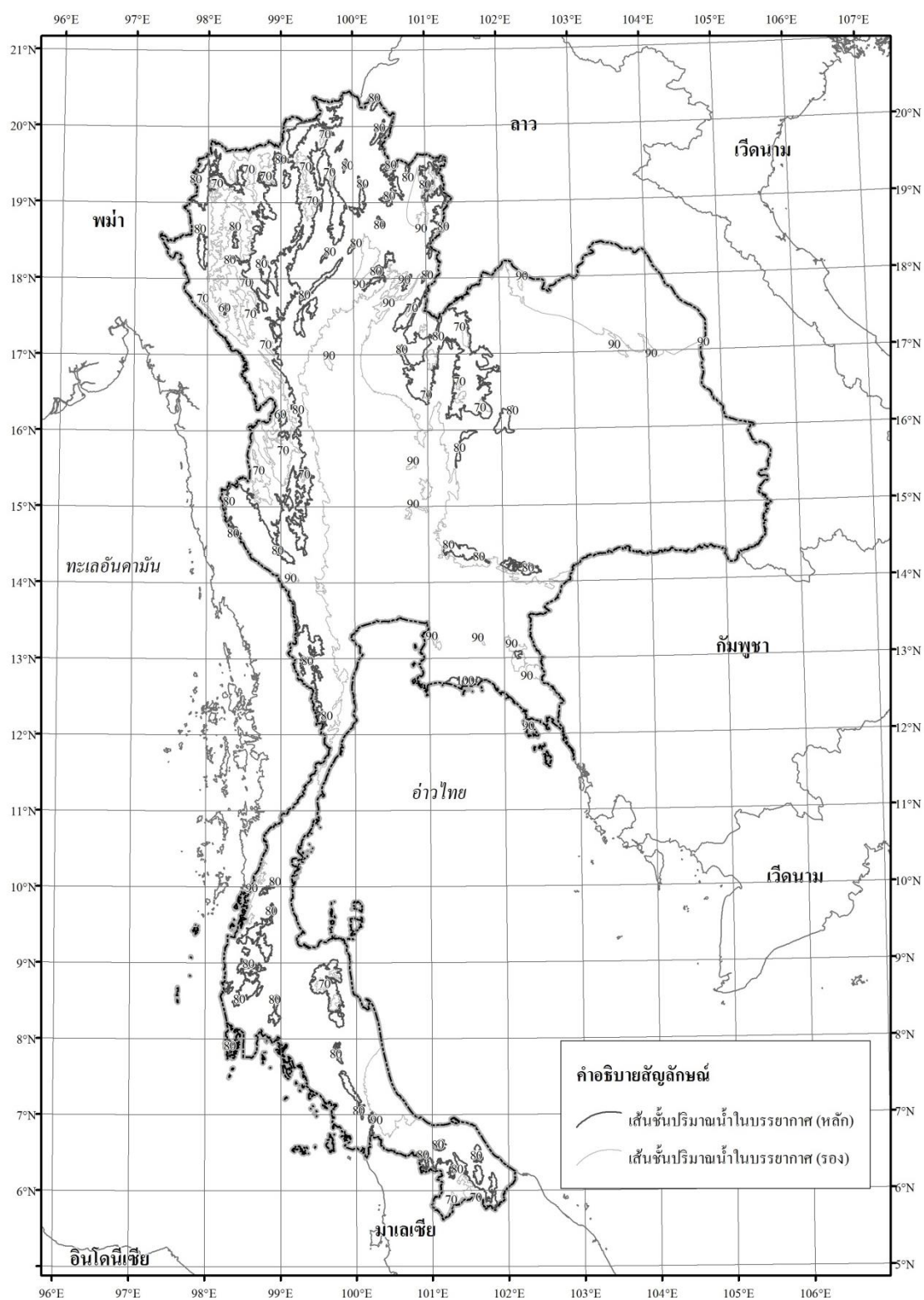
ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	วันที่พายุเข้า/ สถานีฝนสูงสุด	ฝนสูงสุด						
				1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	24-27 ต.ค.2505 สถานี 34022	390.80 25 ต.ค.2505	394.60 24-25 ต.ค.2505	402.00 23-25 ต.ค.2505	432.70 22-25 ต.ค.2505	434.30 21-25 ต.ค.2505	441.10 20-25 ต.ค.2505	467.60 19-25 ต.ค.2505
			24-27 ต.ค.2505 สถานี 61082	160.30 26 ต.ค.2505	289.40 25-26 ต.ค.2505	426.70 24-26 ต.ค.2505	511.40 24-27 ต.ค.2505	570.00 23-27 ต.ค.2505	622.50 23-28 ต.ค.2505	630.00 23-29 ต.ค.2505
2	076	พายุดีเปรสชัน	31-4 พ.ย.2512 สถานี 45043	429.20 2 พ.ย.2512	603.10 2-3 พ.ย.2512	726.40 1-3 พ.ย.2512	790.40 1-4 พ.ย.2512	805.10 31-4 พ.ย.2512	805.10 30-4 พ.ย.2512	805.10 29-4 พ.ย.2512
3	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	26-2 ธ.ค.2513 สถานี 10090	420.80 29 พ.ย.2513	511.00 29-30 พ.ย.2513	569.00 28-30 พ.ย.2513	589.10 27-30 พ.ย.2513	589.10 26-30 พ.ย.2513	593.20 25-30 พ.ย.2513	595.00 27-3 ธ.ค.2513
4	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	10-14 พ.ย.2516 สถานี 45013	193.90 12 พ.ย.2516	307.80 12-13 พ.ย.2516	479.70 12-14 พ.ย.2516	483.70 11-14 พ.ย.2516	487.30 10-14 พ.ย.2516	487.30 9-14 พ.ย.2516	556.00 12-18 พ.ย.2516
5	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	19-27 ธ.ค.2517 สถานี 29072	220.20 25 ธ.ค.2517	292.60 25-26 ธ.ค.2517	452.80 25-27 ธ.ค.2517	553.00 25-28 ธ.ค.2517	570.80 25-29 ธ.ค.2517	592.60 25-30 ธ.ค.2517	596.40 24-30 ธ.ค.2517
6	107	พายุดีเปรสชัน	10-13 พ.ย.2520 สถานี 35012	325.40 13 พ.ย.2520	573.60 12-13 พ.ย.2520	669.40 11-13 พ.ย.2520	676.60 10-13 พ.ย.2520	676.60 9-13 พ.ย.2520	676.60 8-13 พ.ย.2520	676.60 7-13 พ.ย.2520
7	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	25-28 ต.ค.2534 สถานี 45013	296.90 27 ต.ค.2534	311.70 26-27 ต.ค.2534	320.20 26-28 ต.ค.2534	320.90 25-28 ต.ค.2534	348.40 23-27 ต.ค.2534	360.60 22-27 ต.ค.2534	377.30 21-27 ต.ค.2534
8	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	29-5 ธ.ค.2536 สถานี 58190	294.20 28 พ.ย.2536	374.10 27-28 พ.ย.2536	394.90 26-28 พ.ย.2536	446.30 25-28 พ.ย.2536	452.60 25-29 พ.ย.2536	491.40 23-28 พ.ย.2536	541.00 22-28 พ.ย.2536
9	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	3-17 ธ.ค.2536 สถานี 35100	238.70 15 ธ.ค.2536	421.40 15-16 ธ.ค.2536	461.80 15-17 ธ.ค.2536	462.30 15-18 ธ.ค.2536	462.60 15-19 ธ.ค.2536	467.80 15-20 ธ.ค.2536	698.50 15-21 ธ.ค.2536
10	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	31-10 พ.ย.2540 สถานี 37042	338.50 4 พ.ย.2540	339.70 4-5 พ.ย.2540	339.70 3-5 พ.ย.2540	339.70 2-5 พ.ย.2540	339.70 1-5 พ.ย.2540	339.70 31-5 พ.ย.2540	339.70 30-5 พ.ย.2540
			31-10 พ.ย.2540 สถานี 37012	248.30 4 พ.ย.2540	369.90 3-4 พ.ย.2540	369.90 2-4 พ.ย.2540	369.90 1-4 พ.ย.2540	369.90 31-4 พ.ย.2540	369.90 30-4 พ.ย.2540	369.90 29-4 พ.ย.2540
11	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	9-13 ธ.ค.2541 สถานี 27013	330.90 12 ธ.ค.2541	399.30 11-12 ธ.ค.2541	429.80 11-13 ธ.ค.2541	437.90 10-13 ธ.ค.2541	439.40 9-13 ธ.ค.2541	441.90 8-13 ธ.ค.2541	450.00 7-13 ธ.ค.2541
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	3-6 ธ.ค.2542 สถานี 27122	225.20 4 ธ.ค.2542	422.40 4-5 ธ.ค.2542	474.10 4-6 ธ.ค.2542	523.00 4-7 ธ.ค.2542	526.70 3-7 ธ.ค.2542	526.70 2-7 ธ.ค.2542	561.10 29-5 ธ.ค.2542
13	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	14-26 พ.ย.2547 สถานี 10102	301.20 19 พ.ย.2547	328.10 18-19 พ.ย.2547	345.70 17-19 พ.ย.2547	361.70 16-19 พ.ย.2547	362.40 16-20 พ.ย.2547	378.20 16-21 พ.ย.2547	378.20 15-21 พ.ย.2547
14	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	31-8 พ.ย.2553 สถานี 33032	380.00 1 พ.ย.2553	445.00 31-1 พ.ย.2553	465.00 30-1 พ.ย.2553	505.00 29-1 พ.ย.2553	525.00 29-2 พ.ย.2553	550.00 27-1 พ.ย.2553	576.00 29-4 พ.ย.2553
			31-8 พ.ย.2553 สถานี 35022	372.80 2 พ.ย.2553	530.20 1-2 พ.ย.2553	568.50 31-2 พ.ย.2553	585.90 30-2 พ.ย.2553	608.70 29-2 พ.ย.2553	608.70 28-2 พ.ย.2553	645.90 27-2 พ.ย.2553

4.3 การวิเคราะห์ดัชนีปรับแก้พายุฝนและแฟคเตอร์ปรับลดปริมาณฝน

4.3.1 การวิเคราะห์ดัชนีปรับแก้พายุฝน

1) ดัชนีปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง ได้ศึกษาจากข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ค่าระดับของสถานีตรวจวัดอากาศ ดังแสดงแผนที่ดัชนีปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวางได้ดังรูปที่ 4.3.1-1

2) ดัชนีปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นราบ ความลาดเทของพื้นที่น้อยและบางพื้นที่ไม่ค่อยชัดเจน มีแนวเขาอยู่ตามแนวขอบเขตของประเทศทางภาคเหนือและภาคตะวันตกเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีความลาดชันสูง จึงเลือกพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิศาสตร์ต่อพลศาสตร์ของพายุ โดยการใช้การปรับแก้ของร้อยละของปริมาณฝนรายปีหรือฝนฤดูกาล ตามวิธีการปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศในการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ของกลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (HMR46) จากข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน และจำนวนวันที่ฝนตก



รูปที่ 4.3.1-1 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวาง

ของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 654 สถานี ของกรมชลประทานช่วงปี พ.ศ.2495-2552 นำมาหาค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลและจำนวนวันที่ฝนตกรายฤดูกาล ประกอบด้วย ฤดูกาลสำหรับพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูกาลสำหรับพื้นที่ตอนใต้ของประเทศไทย ได้แก่ ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แผนที่แสดงดัชนีปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศแสดงดังรูปที่ 4.3.1-2

3) ดัชนีปรับแก้เนื่องจากระยะทางจากทะเล จากหลักการที่ว่าปริมาณฝนจะลดลงตามระยะทางที่ห่างจากชายทะเลหรือแหล่งความชื้น จากการศึกษาส่วนมากจะให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดของพายุฝนที่เกิดที่ชายฝั่งมีค่าเท่ากับ 1 แล้วพิจารณาพื้นที่ที่ทำการย้ายว่าอยู่ใกล้หรือไกลทะเลแค่ไหน เพื่อจะได้ใช้ดัชนีปรับแก้เนื่องจากระยะทางที่เหมาะสมต่อไป เป็นที่รู้กันดีว่าพายุฝนในเขตร้อนชื้น (Tropical Storm Rainfall) จะลดความรุนแรงลงเมื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นดิน (Schwarz, 1965) จากความสัมพันธ์ของการลดลงของปริมาณฝนของพายุฝนในเขตร้อนชื้นกับระยะทางจากชายฝั่งทะเล ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ขอบเขตชายฝั่งทะเล นำมาวิเคราะห์แผนที่แสดงดัชนีปรับแก้เนื่องจากระยะทางจากทะเลแสดงดังรูปที่ 4.3.1-3

4) ดัชนีปรับแก้เนื่องจากละติจูด การศึกษาค่าดัชนีปรับแก้เนื่องจากละติจูด จากความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนกับตำแหน่งการเกิด โดยได้สรุปไว้ว่า ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนจะมีความรุนแรงเต็มที่เมื่อเกิดในพื้นที่สูงกว่าละติจูด 15 องศาเหนือ ในช่วงละติจูด 15-10 องศาเหนือ ความรุนแรงจะลดลงร้อยละ 2.5 ทุกๆ 1 องศา จนถึงเส้น 10 องศา และจากนั้นความรุนแรงจะลดลงอย่างรวดเร็วจนกลายเป็น 0 ที่บริเวณเส้นละติจูดที่ 4-5 องศา ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงแผนที่ดัชนีปรับแก้เนื่องจากละติจูดดังรูปที่ 4.3.1-4

4.3.2 การวิเคราะห์แฟคเตอร์ปรับลดปริมาณฝน

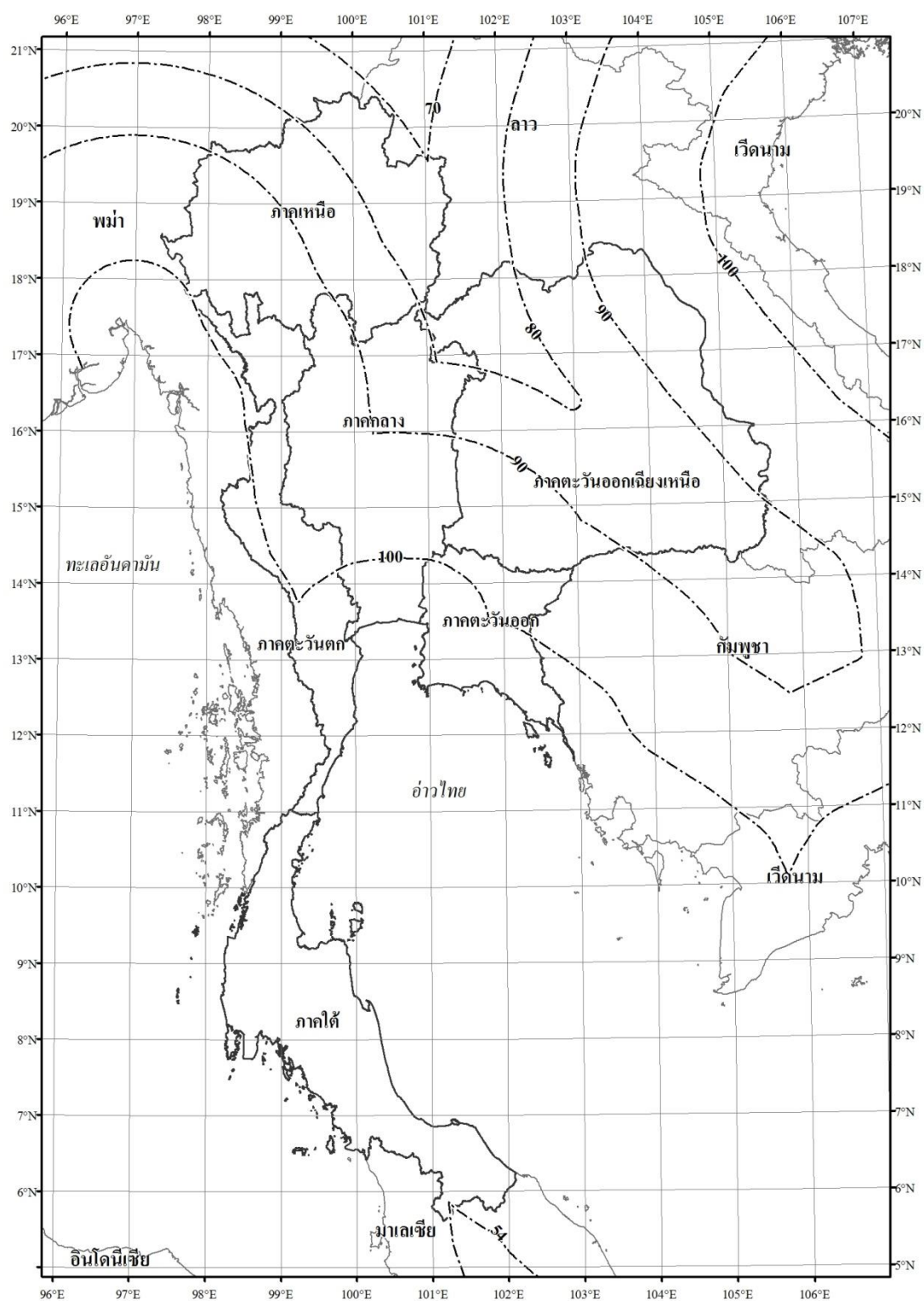
แฟคเตอร์ปรับลดปริมาณฝน ประกอบด้วย

1) แฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (Rainfall Loss Rate Factor, LOSS) ได้พิจารณาใช้และปรับปรุงค่าจาก รายงานการวิจัยศักยภาพการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง ของสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วริะพล, 2544) ซึ่งมีค่าผันแปรตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณฝนที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 4.3.2-1

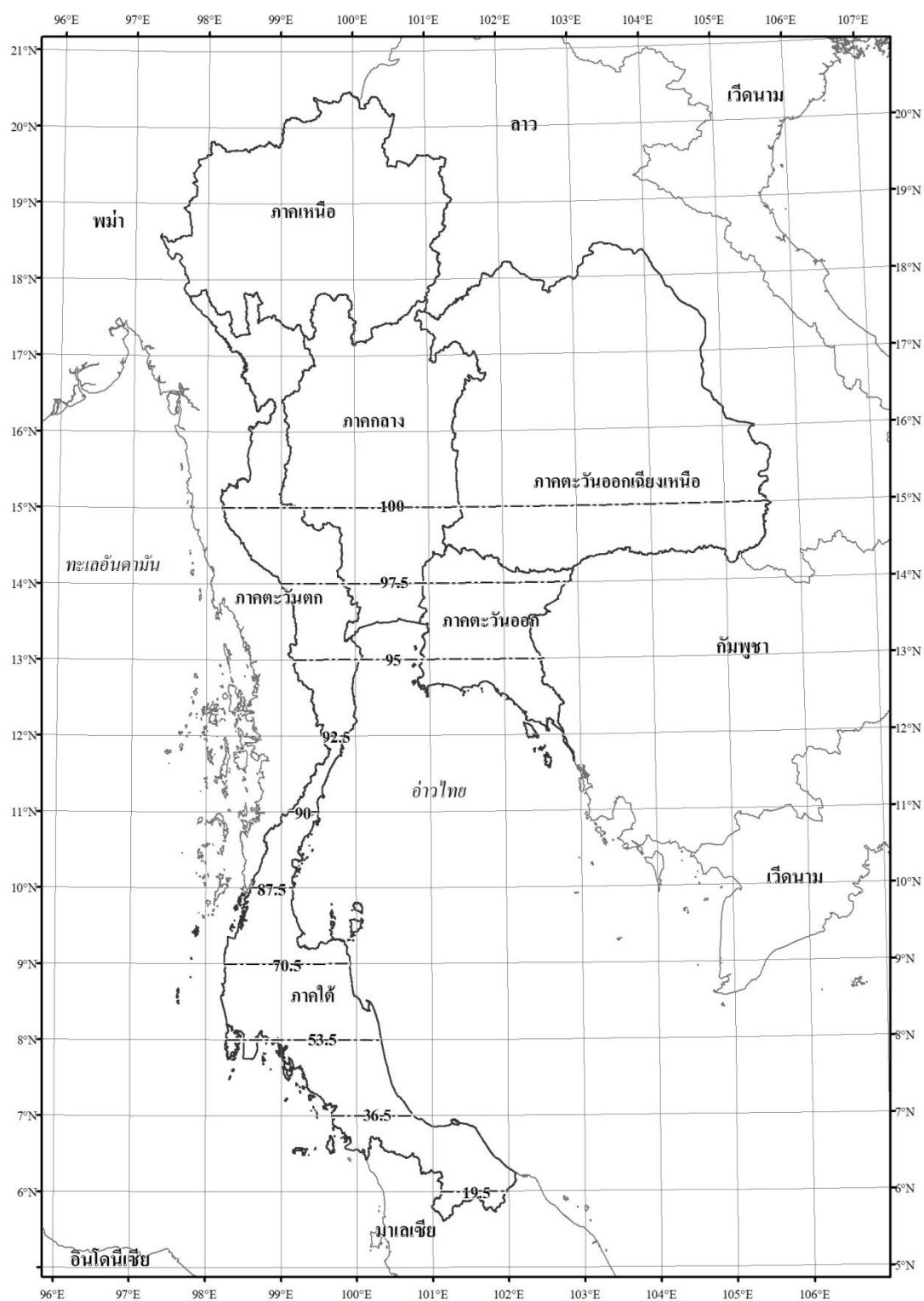
2) แฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (Areal Rainfall Reduction Factor, ARF) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์แฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่จากข้อมูลพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ประเทศไทยตอนบน และสำหรับพื้นที่ประเทศไทยตอนล่าง เพื่อใช้สำหรับการวิจัยในลำดับต่อไป ดังแสดงดังรูปที่ 4.3.2-1 และ 4.3.2-2



รูปที่ 4.3.1-2 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ



รูปที่ 4.3.1-3 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากระยะทางจากทะเล

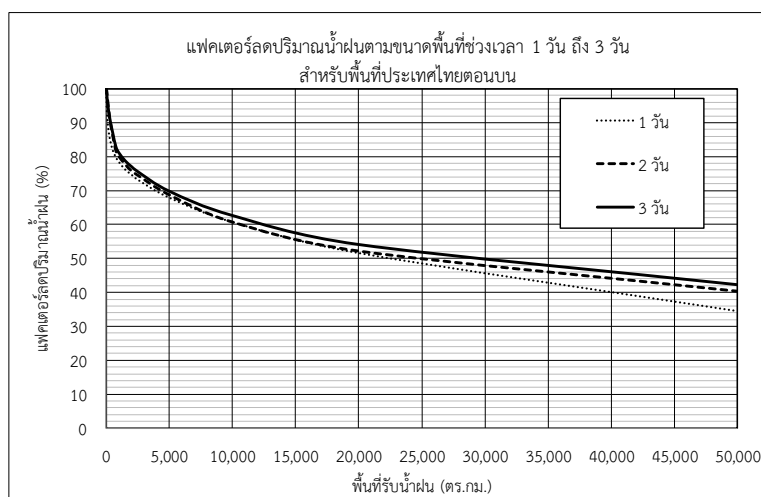


รูปที่ 4.3.1-4 ดัชนีปรับแก้เนื่องจากละติจูด

ตารางที่ 4.3.2-1 แฟกเตอร์การสูญเสียปริมาณฝนสำหรับพื้นที่ศึกษา

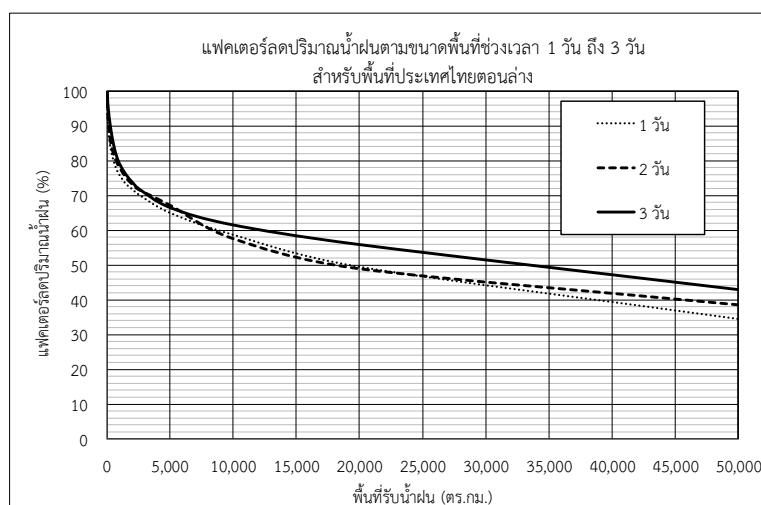
พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	LOSS	แฟกเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ										
		2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	PMP
น้อยกว่า 500	0.35 - 0.20	0.350	0.331	0.318	0.302	0.290	0.278	0.266	0.251	0.239	0.200	0.200
500 - 1000	0.40 - 0.25	0.400	0.381	0.368	0.352	0.340	0.328	0.316	0.301	0.289	0.250	0.250
1000 - 2500	0.45 - 0.30	0.450	0.431	0.418	0.402	0.390	0.378	0.366	0.351	0.339	0.300	0.300
2500 - 5000	0.475 - 0.35	0.475	0.459	0.448	0.435	0.425	0.415	0.405	0.392	0.383	0.350	0.350
5000 - 50,000	0.50 - 0.35	0.500	0.481	0.468	0.452	0.440	0.428	0.416	0.401	0.389	0.350	0.350
50,000 - 100,000	0.55 - 0.45	0.550	0.529	0.521	0.518	0.510	0.502	0.494	0.484	0.476	0.450	0.450
เกินกว่า 100,000	0.675 - 0.60	0.675	0.659	0.653	0.651	0.645	0.639	0.633	0.625	0.620	0.600	0.600

พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	แฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝน (%)		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน
0	100.00	100.00	100.00
10	99.88	99.93	99.82
50	94.98	98.54	97.67
100	91.35	96.74	95.82
250	86.27	91.70	91.74
500	82.21	86.30	87.11
750	80.02	81.75	83.02
1,000	78.51	80.05	81.13
1,500	76.24	77.70	78.78
2,000	74.73	75.79	77.08
2,500	73.23	74.52	75.59
5,000	67.92	68.74	69.82
10,000	60.72	60.73	62.67
20,000	51.61	52.18	54.11
50,000	34.51	40.33	42.27



รูปที่ 4.3.2-1 แฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยตอนบน

พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	แฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝน (%)		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน
0	100.00	100.00	100.00
10	99.95	99.91	99.98
50	93.64	94.58	96.72
100	90.21	90.98	94.68
250	84.72	85.82	90.06
500	80.48	81.98	84.81
750	77.73	79.61	81.30
1,000	75.96	77.93	78.98
1,500	73.39	75.11	75.95
2,000	71.89	73.19	73.79
2,500	70.36	71.70	71.95
5,000	65.02	67.15	66.48
10,000	58.70	57.57	61.48
20,000	49.46	48.94	55.85
50,000	34.43	38.57	42.90



รูปที่ 4.3.2-2 แฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยตอนล่าง

4.4 เชื่อนอุบลรัตน์

4.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.4.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 19 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนอุบลรัตน์ได้ดังตารางที่ 4.4.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนอุบลรัตน์

สถานี	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก	สถานี	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก	สถานี	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก
วัดน้ำฝน	ของสถานีวัดน้ำฝน	วัดน้ำฝน	ของสถานีวัดน้ำฝน	วัดน้ำฝน	ของสถานีวัดน้ำฝน
05032	0.046	14410	0.072	36442	0.010
05052	0.052	14424	0.033	75012	0.037
05092	0.074	18181	0.072	75022	0.066
05284	0.053	18262	0.067	75032	0.033
05354	0.039	36115	0.085	75062	0.049
14052	0.079	36352	0.013	75082	0.063
14292	0.057				

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนอุบลรัตน์ และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 19 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนอุบลรัตน์

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 19 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.4.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ ได้ดังตารางที่ 4.4.1-2

ตารางที่ 4.4.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำผืนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	77.57	105.18	123.48	146.56	163.70	180.73	197.68	220.04	236.94	293.06
2	101.60	136.49	159.59	188.76	210.42	231.91	253.31	281.56	302.90	373.78
3	116.38	156.59	183.22	216.88	241.84	266.61	291.30	323.88	348.49	430.20
4	128.34	172.15	201.14	237.79	264.98	291.96	318.83	354.31	381.11	470.12
5	138.81	186.69	218.38	258.44	288.15	317.63	347.03	385.78	415.08	512.35
6	149.40	201.00	235.16	278.32	310.33	342.13	373.79	415.58	447.15	551.97
7	159.95	215.58	252.39	298.92	333.45	367.71	401.84	446.88	480.93	593.94

4.4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุก่อให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำผืนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนอุบลรัตน์ โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.4.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.4.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 7 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
437.44	536.89	569.42	592.19	599.84	632.37	655.15

4.4.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟกเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนอุบลรัตน์ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่

4.4.2-1

ตารางที่ 4.4.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนอุบลรัตน์

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	14332	186.0	26.35	220.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	14332	186.0	26.35	220.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	14332	186.0	26.35	220.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	14332	186.0	26.35	220.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	14332	186.0	26.35	220.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	14332	186.0	26.35	220.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	14332	186.0	26.35	220.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	14332	186.0	26.35	220.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	14332	186.0	26.35	220.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	14332	186.0	26.35	220.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	14332	186.0	26.35	220.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	14332	186.0	26.35	220.0

ตารางที่ 4.4.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนอุบลรัตน์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	85.33	70.56	1.21	97.70	94.10	1.04	79.54	100.00	0.80	100.00	97.10	1.03	1.03
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	85.33	88.35	0.97	97.70	90.00	1.09	79.54	78.20	1.02	100.00	100.00	1.00	1.07
3	142	พายุโซนร้อน IRA	85.33	71.22	1.20	97.70	104.20	0.94	79.54	100.00	0.80	100.00	98.30	1.02	0.91
4	099	พายุดีเปรสชัน	85.33	74.22	1.15	97.70	112.90	0.87	79.54	90.00	0.88	100.00	100.00	1.00	0.88
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	85.33	77.29	1.10	97.70	155.70	0.63	79.54	100.00	0.80	100.00	93.70	1.07	0.59
6	088	พายุดีเปรสชัน	85.33	74.23	1.15	97.70	138.60	0.70	79.54	91.70	0.87	100.00	100.00	1.00	0.70
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	85.33	75.69	1.13	97.70	121.00	0.81	79.54	82.80	0.96	100.00	100.00	1.00	0.87
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	85.33	70.08	1.22	97.70	104.40	0.94	79.54	86.20	0.92	100.00	100.00	1.00	1.05
9	021	พายุดีเปรสชัน	85.33	72.97	1.17	97.70	150.00	0.65	79.54	100.00	0.80	100.00	91.90	1.09	0.66
10	015	พายุดีเปรสชัน	85.33	72.94	1.17	97.70	100.00	0.98	79.54	73.40	1.08	100.00	100.00	1.00	1.24
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	85.33	76.57	1.11	97.70	103.90	0.94	79.54	100.00	0.80	100.00	97.80	1.02	0.85
12	100	พายุดีเปรสชัน	85.33	75.71	1.13	97.70	131.50	0.74	79.54	100.00	0.80	100.00	94.30	1.06	0.71

ตารางที่ 4.4.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนอุบลรัตน์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก๊รรวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	1.03	444.32	446.38	470.04	476.41	507.47	509.53	510.56
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.07	533.20	538.53	538.53	588.65	593.99	620.65	625.98
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	0.91	432.13	587.12	587.12	587.12	587.12	594.57	601.02
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	0.88	437.44	536.89	569.42	592.19	599.84	632.37	655.15
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.59	250.28	268.93	283.92	287.04	310.56	329.20	357.61
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.70	298.29	395.28	416.02	434.08	444.20	457.98	463.18
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	0.87	342.63	405.94	405.94	417.66	418.71	460.16	463.04
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.05	408.48	446.12	446.33	450.96	451.17	455.79	467.57
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.66	232.11	342.47	487.36	538.85	556.98	597.52	618.02
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	1.24	429.56	440.34	496.20	497.81	501.77	583.27	601.36
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	0.85	175.22	324.28	419.05	473.68	479.31	493.11	498.74
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.71	145.15	251.94	362.47	369.75	369.75	380.13	387.41

ตารางที่ 4.4.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนอุบลรัตน์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	32.01	45.76	55.62	68.78	79.14	89.92	101.04	116.49	128.79	172.77	257.88
2	42.01	59.50	72.02	88.75	101.92	115.62	129.73	149.35	164.96	220.79	317.14
3	49.70	70.51	85.40	105.32	120.99	137.28	154.08	177.44	196.02	262.46	347.39
4	54.81	77.51	93.75	115.48	132.56	150.34	168.65	194.11	214.37	286.81	361.29
5	59.28	84.05	101.79	125.50	144.15	163.55	183.56	211.35	233.48	312.58	365.95
6	63.80	90.50	109.61	135.16	155.25	176.17	197.72	227.68	251.52	336.75	385.80
7	68.31	97.06	117.64	145.17	166.81	189.34	212.55	244.82	270.53	362.36	399.70

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนอุบลรัตน์ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก สราวุธ (2534) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 0.99971 (LL_c / \sqrt{S})^{0.26528}$$

$$q_p/A = 1.96449 (t_p)^{-0.97780}$$

เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง

q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร

L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร

S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ

A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L_c	S_{avg}	S_{max}	q_p	t_p	t_r
11,939	349.61	126.49	0.00090	0.00235	746.00	34.00	24.00

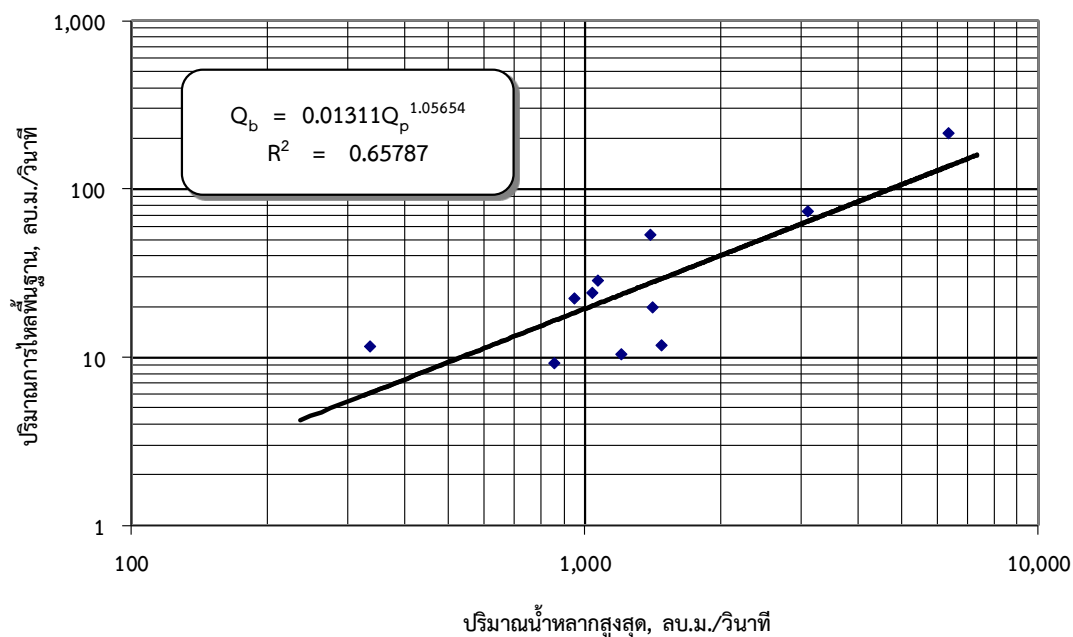
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.4.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.01311 Q_P^{1.05654}$$

- เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.4.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนอุบลรัตน์

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.4.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 16,915.80 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 3,479.61 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 375.54 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.4.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนอุบลรัตน์

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	1,825.74	442.30	35.84
5	2,686.15	652.64	53.87
10	3,343.75	813.11	67.87
25	4,252.26	1,042.11	87.47
50	4,985.54	1,221.01	103.47
100	5,781.06	1,416.53	120.96
200	6,632.20	1,625.15	139.83
500	7,834.88	1,919.62	166.70
1,000	8,828.49	2,163.26	189.08
10,000	12,578.48	3,091.60	274.73
PMF	16,915.80	3,479.61	375.54

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2540 แสดงไว้ในตารางที่ 4.4.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 16,915.8 ลบ.ม./วินาที มีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 19,541.8 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 13.4 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่แตกต่างกัน ดังนี้

การศึกษา PMF ในปี พ.ศ. 2540 ได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ของลุ่มน้ำโขง จากรายงาน HMR46, Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin, 1970 ของ U.S. Department of Commerce and U.S. Department of the Army ในการวิเคราะห์ PMF ซึ่งการศึกษา PMP ดังกล่าวได้ทำการย้ายพายุฝนมาจากสหรัฐอเมริกาภายใต้เงื่อนไขความสอดคล้องกันของสภาพพื้นที่ สภาพอุตุนิยมวิทยา และลักษณะการเคลื่อนตัวของพายุฝน ประกอบกับพายุฝนที่มีการจดบันทึกในขณะนั้นของลุ่มน้ำโขงมีน้อย ปี 2513 ผลการศึกษานี้ PMF มีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในอดีต ร้อยละ 13.4 เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้มีการจดบันทึกข้อมูลพายุฝนต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน 64 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2494-2558 การศึกษานี้จึงใช้ข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทยมาวิเคราะห์ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.4.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนอุบลรัตน์

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	1,825.7	2,686.1	3,343.7	4,252.3	4,985.5	5,781.1	6,632.2	7,834.9	8,828.5	12,578.5	16,915.8
V _T	442.3	652.6	813.1	1,042.1	1,221.0	1,416.5	1,625.2	1,919.6	2,163.3	3,091.6	3,479.6
Q _B	35.8	53.9	67.9	87.5	103.5	121.0	139.8	166.7	189.1	274.7	375.5
2. การศึกษาเดิม (ปี 2540)											
Q _p	1,143.4	1,892.6	2,414.5	2,976.9	4,975.4	6,560.9	7,294.4	8,396.0	9,238.4	11,110.0	19,541.8
V _T	369.5	617.9	798.0	989.0	1,205.0	1,425.3	1,584.6	1,849.6	2,052.0	2,439.8	4,413.5
Q _B	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	260.0	280.0	320.0	360.0	400.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

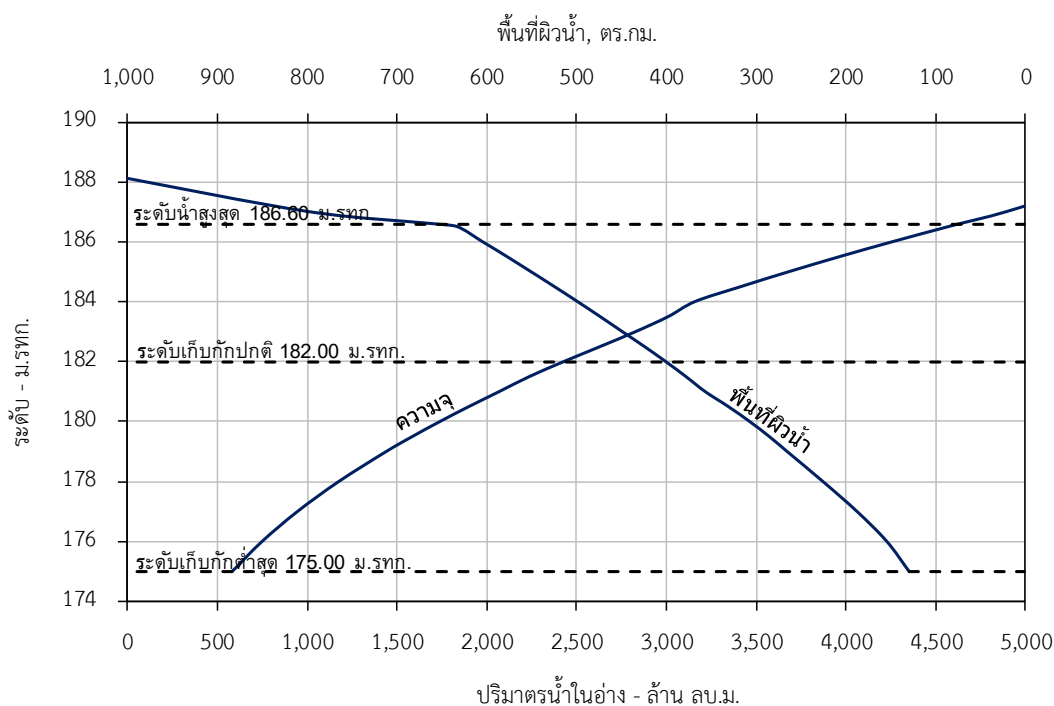
4.4.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนอุบลรัตน์

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+186.60	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+182.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+175.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+188.10	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	4,266.74	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	2,263.60	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	581.67	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	2,836	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	Radial Gate Orifice Type จำนวน 4 บาน	
ขนาด	12.0 x 7.8 ม.	
ระดับสันฝาย	+171.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	3,500	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.4.3-1

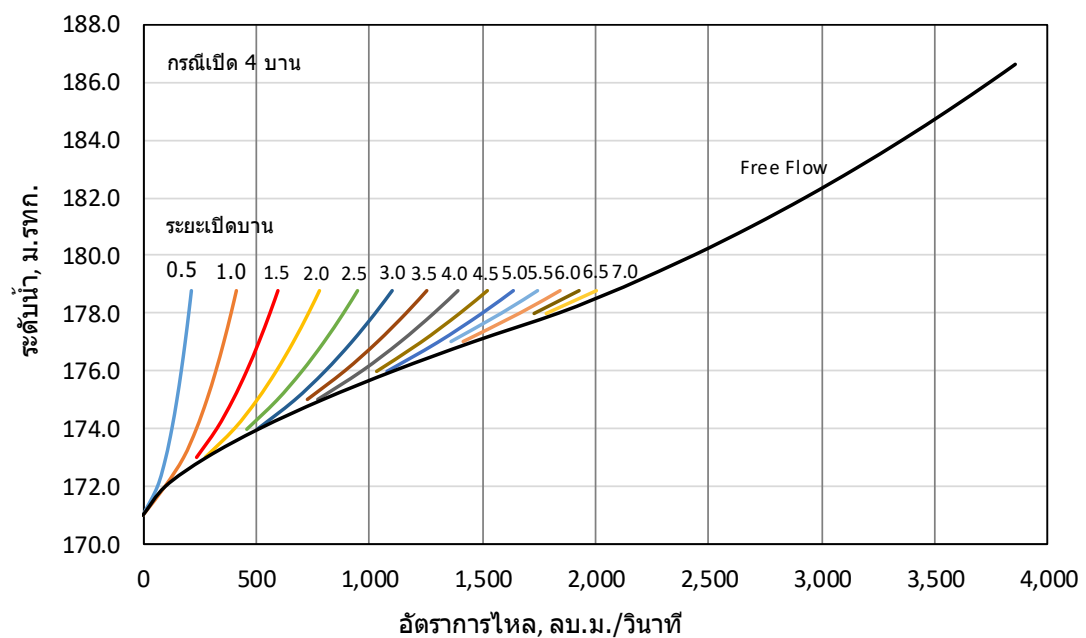


รูปที่ 4.4.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนอุบลรัตน์

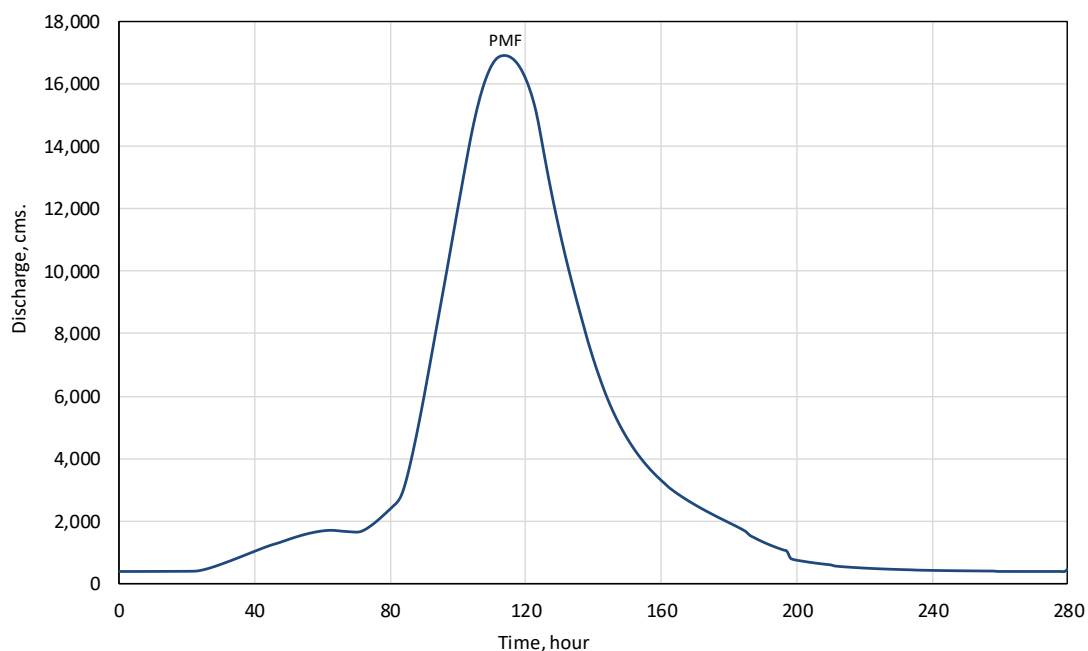
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร Ubolratana Spillway Discharge อาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนอุบลรัตน์ มีความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 3,500 ลบ.ม.ต่อวินาที แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 4 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.4.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ ในช่วงฤดูน้ำหลากน้ำจากแม่น้ำชีจะไหลย้อนขึ้นมาถึงฝายหนองหวายซึ่งอยู่ท้ายน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ทำให้เขื่อนอุบลรัตน์จะต้องควบคุมปริมาณน้ำระบายจากอ่างไว้ไม่เกิน 400 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

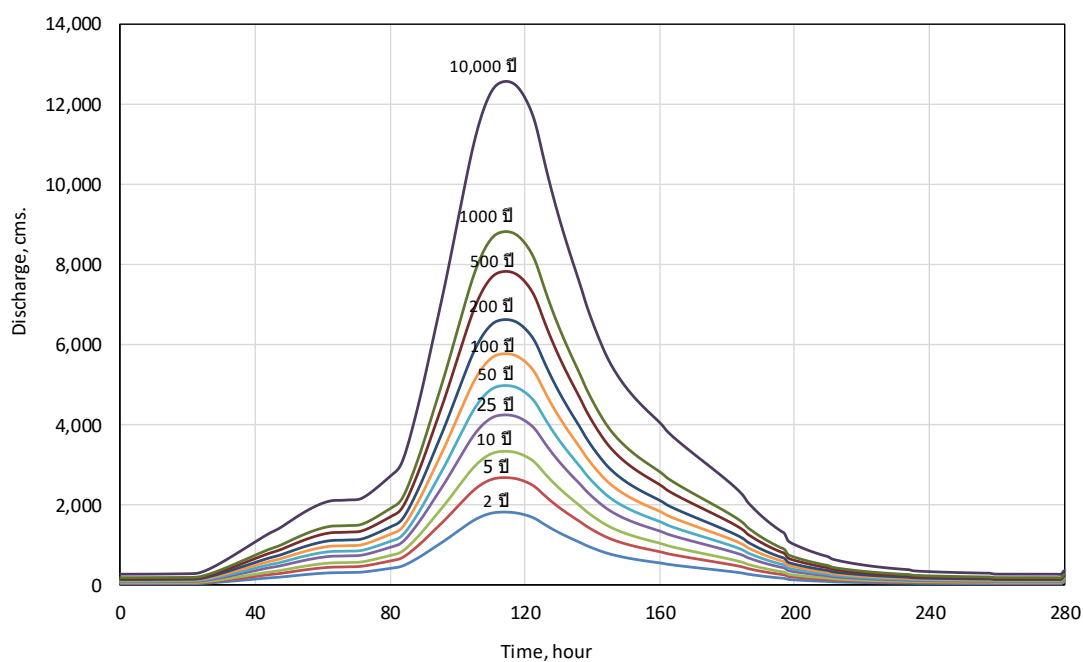
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.4.3-3 และ 4.4.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนอุบลรัตน์



รูปที่ 4.4.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เชื่อนอุบลรัตน์



รูปที่ 4.4.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนอุบลรัตน์

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษา

ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) การศึกษาระดับเก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องมีความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

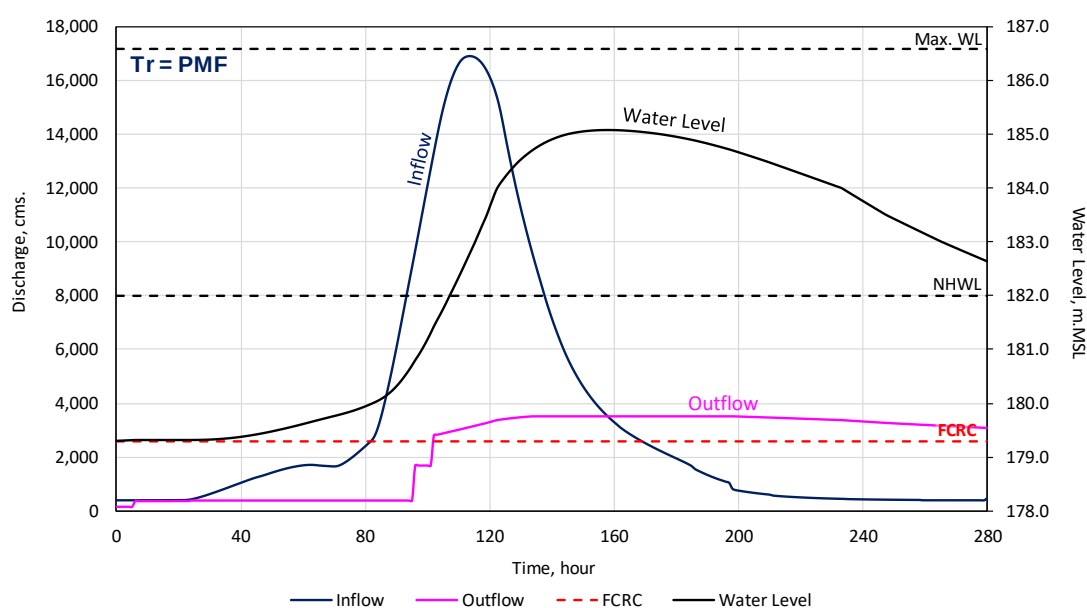
(2) การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวปริมาณน้ำหลากเข้าสู่อ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์จะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

(3) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC) ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) ผลการศึกษาระดับเก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ได้มีการกำหนดเกณฑ์ควบคุมอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนไว้ที่ระดับ 179.30 ม.รทก. ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้เดิมไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะทำให้การปรับลดระดับเกณฑ์ควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่ระดับน้ำเริ่มต้น 179.30 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 16,916 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 3,500 ลบ.ม.ต่อวินาที มีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 185.08 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 186.60 ม.รทก. อยู่ 1.52 เมตร ดังนั้นเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในปัจจุบันยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.4.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.4.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนอุบลรัตน์ระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 100 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 5,781 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 400 ลบ.ม.ต่อวินาที และสามารถป้องกันไม่ให้ระดับน้ำสูงเกินกว่าคันดินโนนสังซึ่งที่ระดับ 183.50 ม.รทก. ได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี ซึ่งจะต้องระบายน้ำออกในอัตรา 3,029 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 182.75 ม.รทก.



รูปที่ 4.4.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 179.30 ม.รทก.

ตารางที่ 4.4.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

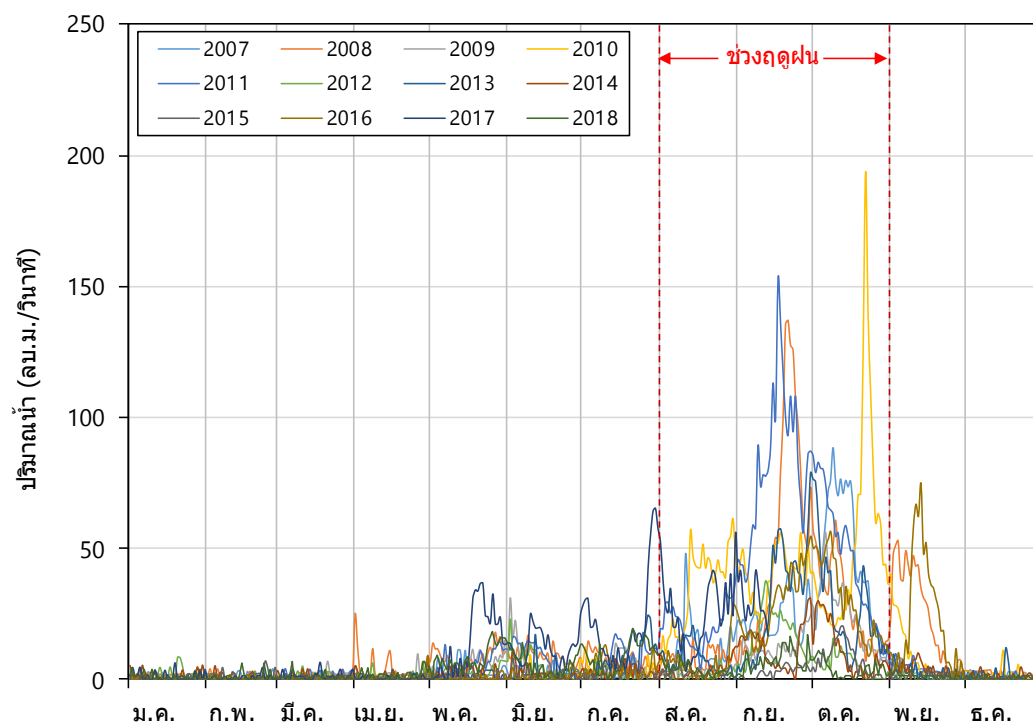
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	16,916	179.30	185.08	3,500
10,000	12,578	179.30	184.41	3,442
1,000	8,828	179.30	182.75	3,029
500	7,835	179.30	182.73	2,038
200	6,632	179.30	182.73	916
100	5,781	179.30	182.60	400
50	4,986	179.30	182.13	400
25	4,252	179.30	181.70	400

ตารางที่ 4.4.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ (ต่อ)

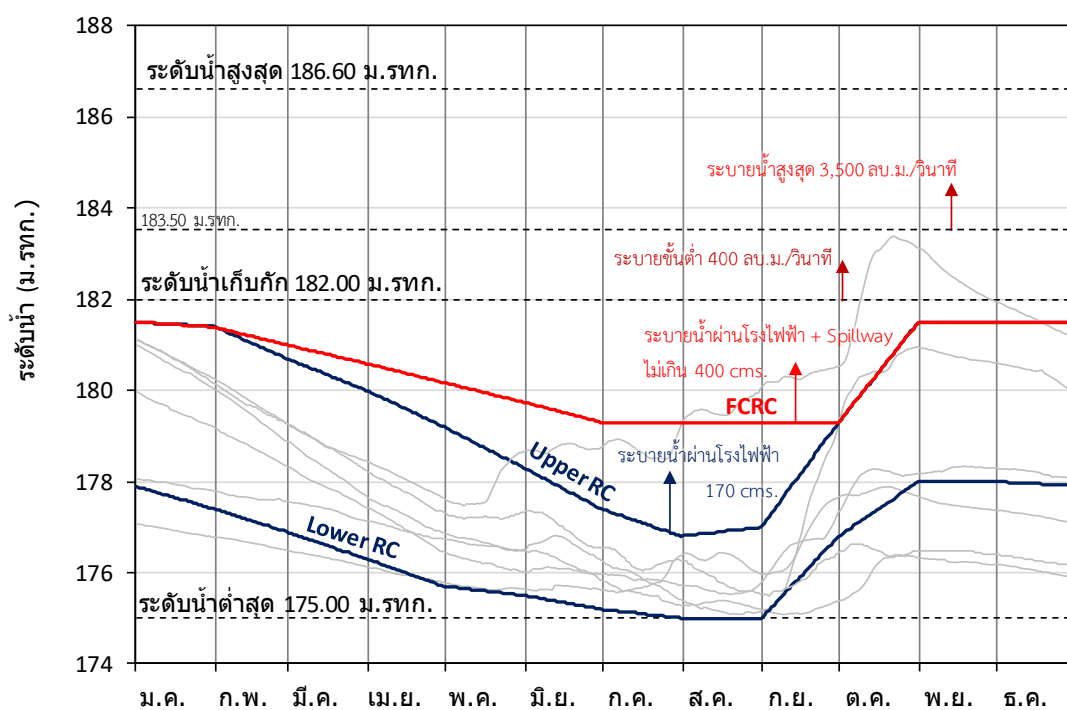
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
10	3,344	179.30	181.08	400
5	2,686	179.30	180.63	400
2	1,826	179.30	180.07	400

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนอุบลรัตน์ถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) ในการกำหนดเส้นควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4.3-6 โดยเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงต้นเดือนพฤษภาคมจะเริ่มทำการลดระดับลงจนถึงระดับควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 179.30 ม.รทก. ในช่วงต้นเดือนกรกฎาคม และรักษาระดับไว้ตลอดช่วงฤดูฝนจนถึงสิ้นเดือนตุลาคม และจะปรับค่าระดับควบคุมให้สูงขึ้นโดยอาศัยรูปแบบการเก็บกักน้ำจากค่าสถิติในอดีตจนถึงระดับเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 181.50 ม.รทก. เมื่อสิ้นฤดูฝนในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน สามารถแสดงเกณฑ์เก็บกักน้ำเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ไว้ในรูปที่ 4.4.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตรา 170 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 179.30 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราไม่เกิน 400 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 182.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 400 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำอยู่สูงกว่าคันดินโนนสังข์ที่ระดับ 173.50 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราสูงสุด 3,500 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดระดับน้ำสูงสุดที่ 186.60 ม.รทก.



รูปที่ 4.4.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.4.3-7 เกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากเขื่อนอุบลรัตน์

4.5 เชื่อนสิรินธร

4.5.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.5.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 4 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธรได้ดังตารางที่ 4.5.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธร

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
67142	0.583
67374	0.033
67430	0.213
67542	0.171

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธร และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 4 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนสิรินธร

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธร โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.5.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธร ได้ดังตารางที่ 4.5.1-2

ตารางที่ 4.5.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธร

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	94.47	145.32	179.04	221.61	253.15	284.55	315.73	356.95	388.14	491.49
2	124.84	189.49	232.34	286.43	326.61	366.44	406.12	458.51	498.08	629.52
3	145.42	215.06	261.20	319.45	362.70	405.66	448.39	504.79	547.45	688.98
4	162.16	239.45	290.59	355.19	403.14	450.77	498.20	560.70	608.00	764.96
5	176.62	254.75	306.52	371.83	420.34	468.43	516.42	579.66	627.52	786.24

4.5.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และ ตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธร สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิรินธร โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดัง ตารางที่ 4.5.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.5.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 5 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
706.91	867.61	920.19	956.99	969.35

4.5.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิรินธร เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดัง ตารางที่

4.5.2-1

ตารางที่ 4.5.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิรินธร

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	67374	108.0	26.71	220.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	67374	108.0	26.71	220.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	67374	108.0	26.71	220.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	67374	108.0	26.71	220.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	67374	108.0	26.71	220.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	67374	108.0	26.71	220.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	67374	108.0	26.71	220.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	67374	108.0	26.71	220.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	67374	108.0	26.71	220.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	67374	108.0	26.71	220.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	67374	108.0	26.71	220.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	67374	108.0	26.71	220.0

ตารางที่ 4.5.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิรินธร (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	88.11	70.56	1.25	134.22	94.10	1.43	90.61	100.00	0.91	100.00	97.10	1.03	1.66
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	88.11	88.35	1.00	134.22	90.00	1.49	90.61	78.20	1.16	100.00	100.00	1.00	1.72
3	142	พายุโซนร้อน IRA	88.11	71.22	1.24	134.22	104.20	1.29	90.61	100.00	0.91	100.00	98.30	1.02	1.47
4	099	พายุดีเปรสชัน	88.11	74.22	1.19	134.22	112.90	1.19	90.61	90.00	1.01	100.00	100.00	1.00	1.42
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	88.11	77.29	1.14	134.22	155.70	0.86	90.61	100.00	0.91	100.00	93.70	1.07	0.95
6	088	พายุดีเปรสชัน	88.11	74.23	1.19	134.22	138.60	0.97	90.61	91.70	0.99	100.00	100.00	1.00	1.14
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	88.11	75.69	1.16	134.22	121.00	1.11	90.61	82.80	1.09	100.00	100.00	1.00	1.41
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	88.11	70.08	1.26	134.22	104.40	1.29	90.61	86.20	1.05	100.00	100.00	1.00	1.70
9	021	พายุดีเปรสชัน	88.11	72.97	1.21	134.22	150.00	0.89	90.61	100.00	0.91	100.00	91.90	1.09	1.07
10	015	พายุดีเปรสชัน	88.11	72.94	1.21	134.22	100.00	1.34	90.61	73.40	1.23	100.00	100.00	1.00	2.00
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	88.11	76.57	1.15	134.22	103.90	1.29	90.61	100.00	0.91	100.00	97.80	1.02	1.38
12	100	พายุดีเปรสชัน	88.11	75.71	1.16	134.22	131.50	1.02	90.61	100.00	0.91	100.00	94.30	1.06	1.14

ตารางที่ 4.5.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิรินธร (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)					ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	1.66	718.03	721.35	759.58	769.89	820.08
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	1.72	861.66	870.28	870.28	951.27	959.89
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	1.47	698.33	948.79	948.79	948.79	948.79
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	1.42	706.91	867.61	920.19	956.99	969.35
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	0.95	404.46	434.59	458.82	463.86	501.87
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	1.14	482.04	638.78	672.29	701.48	717.83
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	1.41	553.69	656.00	656.00	674.94	676.64
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	1.70	660.11	720.94	721.28	728.75	729.09
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	1.07	375.10	553.43	787.58	870.78	900.08
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	2.00	694.17	711.59	801.86	804.46	810.87
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	1.38	283.16	524.04	677.19	765.48	774.57
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	1.14	234.56	407.14	585.76	597.52	597.52

ตารางที่ 4.5.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนสิรินธร

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	56.26	89.32	112.30	142.54	165.82	189.73	214.23	247.71	273.88	365.86	526.22
2	75.45	118.18	147.88	186.95	217.10	247.95	279.63	322.88	356.66	475.54	655.39
3	89.33	136.35	169.00	211.95	245.08	279.03	313.84	361.36	398.49	529.07	706.62
4	99.62	151.81	188.02	235.67	272.41	310.06	348.70	401.38	442.57	587.42	734.88
5	108.50	161.51	198.33	246.71	284.03	322.21	361.46	414.96	456.78	603.75	744.37

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิรินธร ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก กรมชลประทาน (2552) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 0.28370 (LL_c / \sqrt{S})^{0.39790}$$

$$q_p/A = 2.175 (t_p)^{-1.0008}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธรได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L_c	S_{avg}	S_{max}	q_p	t_p	t_r
2,097	134.79	53.93	0.00080	0.00230	75.77	60.00	24.00

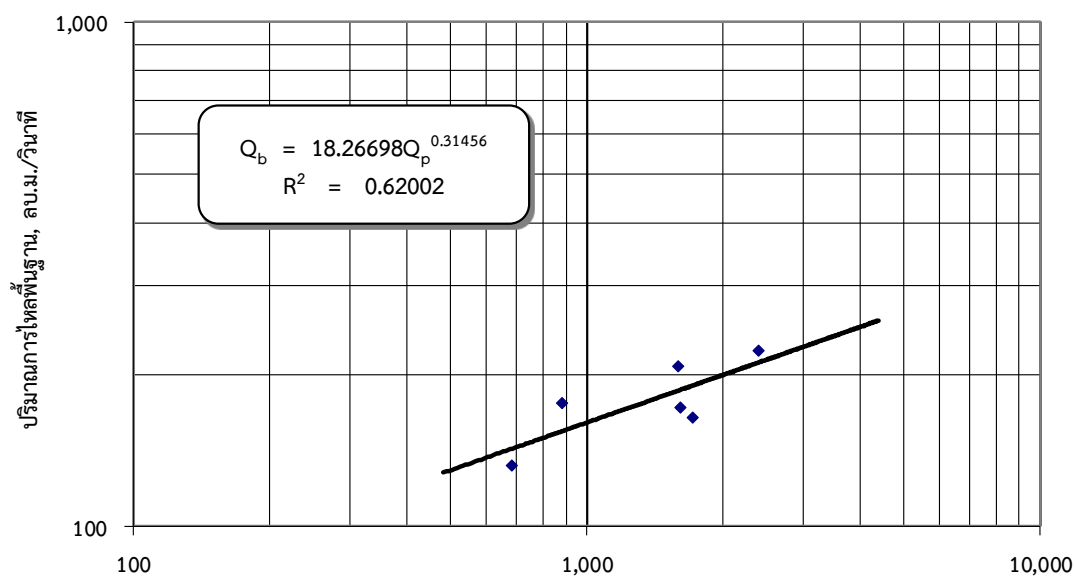
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.5.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 18.26698 Q_p^{0.31456}$$

- เมื่อ Q_p = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.5.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิรินธร

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.5.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 4,189.39 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 1,373.68 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 247.03 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.5.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิรินธร

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	533.78	263.44	121.43
5	785.44	351.85	139.82
10	967.28	413.56	150.55
25	1,212.75	494.96	162.93
50	1,408.63	558.76	171.56
100	1,613.54	624.72	179.71
200	1,830.38	693.94	187.57
500	2,133.03	789.71	197.50
1,000	2,377.48	866.39	204.81
10,000	3,278.35	1,145.49	227.88
PMF	4,189.39	1,373.68	247.03

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีต พบว่าเขื่อนสิรินธร ยังไม่มีการออกแบบ PMF โดยในการออกแบบปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นเมื่อครั้งก่อสร้างเขื่อนในปี พ.ศ. 2511 ดังแสดงไว้ใน **ตารางที่ 4.5.2-3** ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ที่ได้จากการศึกษานี้ 2,377.48 ลบ.ม./วินาที มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,300.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 82.9 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่ต่างกันดังนี้

การศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ในปี พ.ศ. 2511 ได้ใช้ค่าปริมาณฝนสูงสุด ช่วงเวลา 5 วัน ที่อำเภอชุมพริก จังหวัดอุบลราชธานี เป็นตัวแทนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธร ซึ่งในสมัยนั้นยังมีจำนวนปีของข้อมูลที่ตรวจวัดไม่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานดังเช่นในปัจจุบัน ประกอบกับการใช้ปริมาณฝนของสถานีที่อำเภอชุมพริกเพียงสถานีเดียวมาเป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่เขื่อนสิรินธรจะให้ค่าปริมาณฝนที่แตกต่างจากการศึกษานี้ ซึ่งใช้สถานีวัดน้ำฝนอีกจำนวน 3 สถานีที่อยู่เหนือเขื่อนสิรินธรและใกล้เคียงเป็นตัวแทนร่วมกับสถานีวัดน้ำฝนที่อำเภอชุมพริก รวมเป็น 4 สถานี และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิรินธรด้วยวิธีแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.5.1

ตารางที่ 4.5.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนสิรินธร

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	533.8	785.4	967.3	1,212.8	1,408.6	1,613.5	1,830.4	2,133.0	2,377.5	3,278.4	4,189.4
V _T	263.4	351.9	413.6	495.0	558.8	624.7	693.9	789.7	866.4	1,145.5	1,373.7
Q _B	121.4	139.8	150.6	162.9	171.6	179.7	187.6	197.5	204.8	227.9	247.0
2. การศึกษาเดิม (ปี 2511)											
Q _p	727.8	830.0	893.0	956.4	1,034.6	1,100.0	1,158.0	1,239.1	1,300.0	1,500.0	-
V _T	125.5	143.1	153.9	164.9	178.4	189.6	199.6	213.6	224.1	258.6	-
Q _B	130.1	148.4	159.6	171.0	185.0	196.7	207.0	232.4	243.0	257.8	-

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.

Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

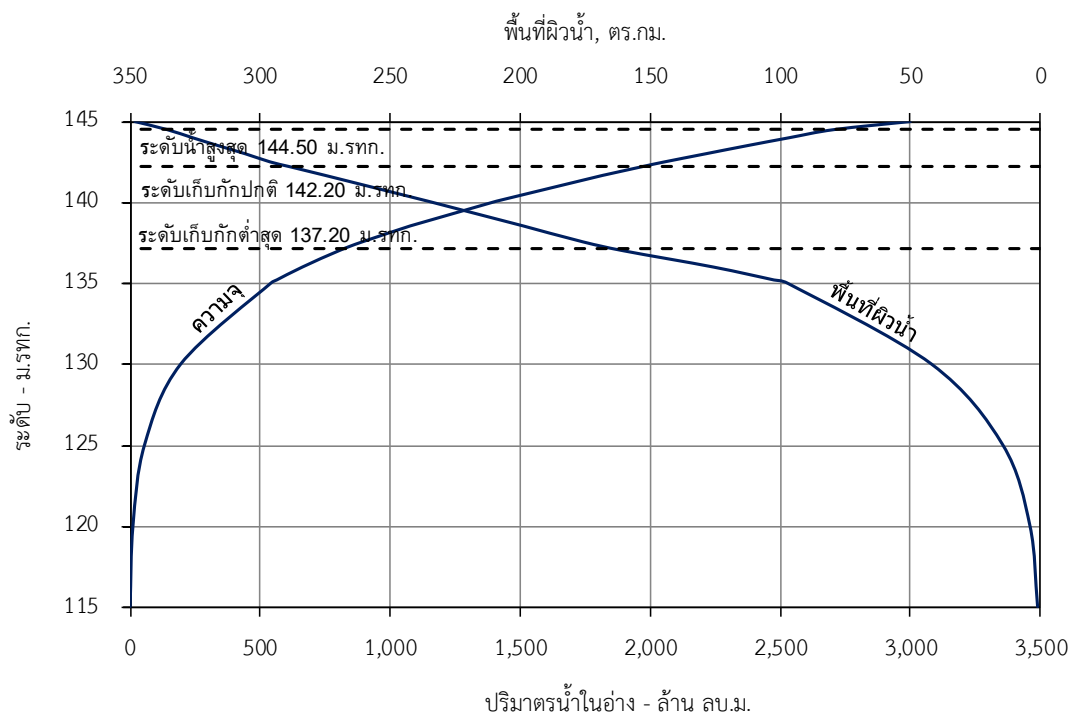
4.5.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำฝนและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนสิรินธร

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+144.50	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+142.20	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+137.20	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+145.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	2,706.42	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	1,966.50	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	831.38	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	1,660	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำฝน		
ประตูระบายน้ำ	ประตูเหล็กบานโค้ง จำนวน 3 บาน	
ขนาด	8.4 × 7.0 ม.	
ระดับสันฝาย	+135.20	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	1,000	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.5.3-1

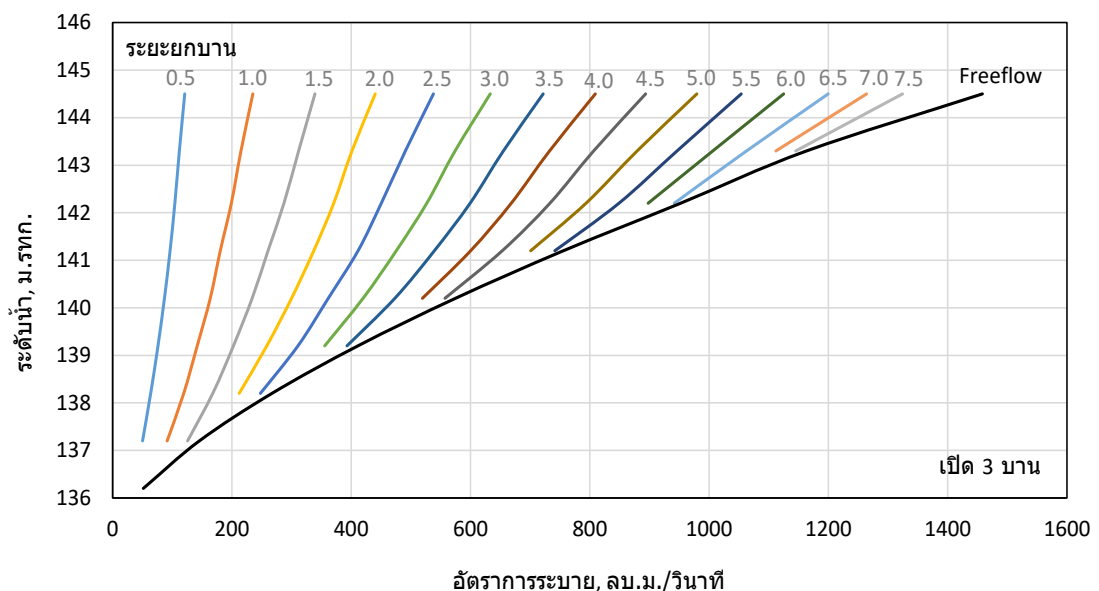


รูปที่ 4.5.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนสิรินธร

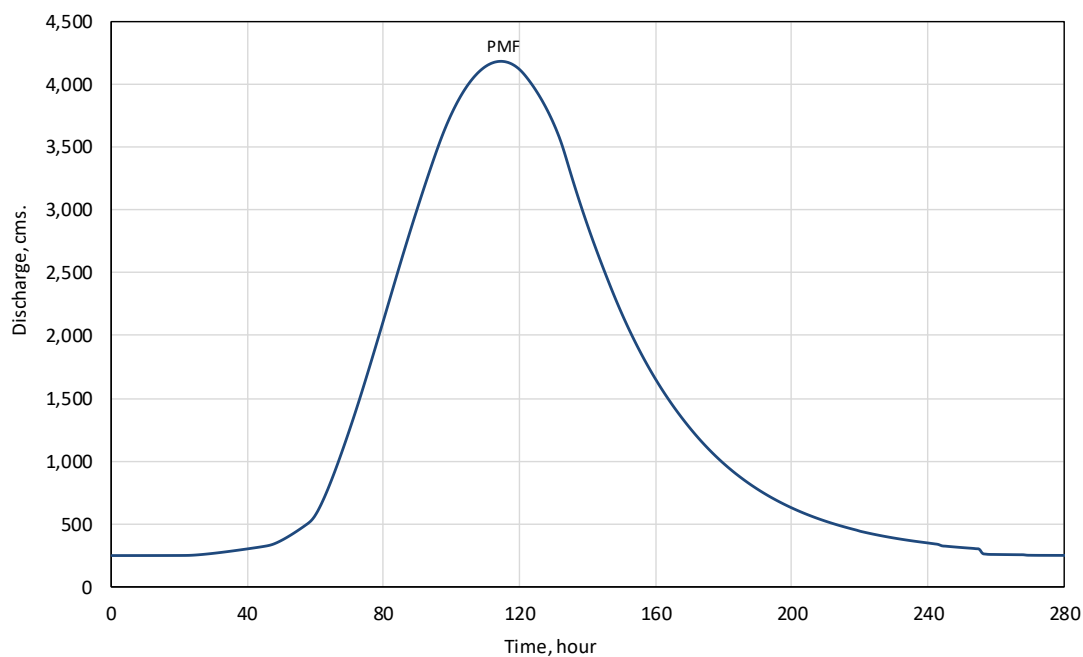
(3) **ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ** จากการทบทวนเอกสาร Sirindhorn Spillway Discharge แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 3 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.5.3-2

(4) **ข้อจำกัดการระบายน้ำ** สภาพด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธรส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่ป่า และสวนเกษตรกรรม มีชุมชนอาศัยอยู่ไม่มากนัก การระบายน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยสามารถระบายได้โดยไม่มีผลกระทบกับชุมชนด้านท้ายน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในลำโดมน้อยที่บางช่วงมีลักษณะแคบและคดเคี้ยว จึงกำหนดอัตราการระบายท้ายน้ำไว้ไม่เกิน 300 ลบ.ม.ต่อวินาที

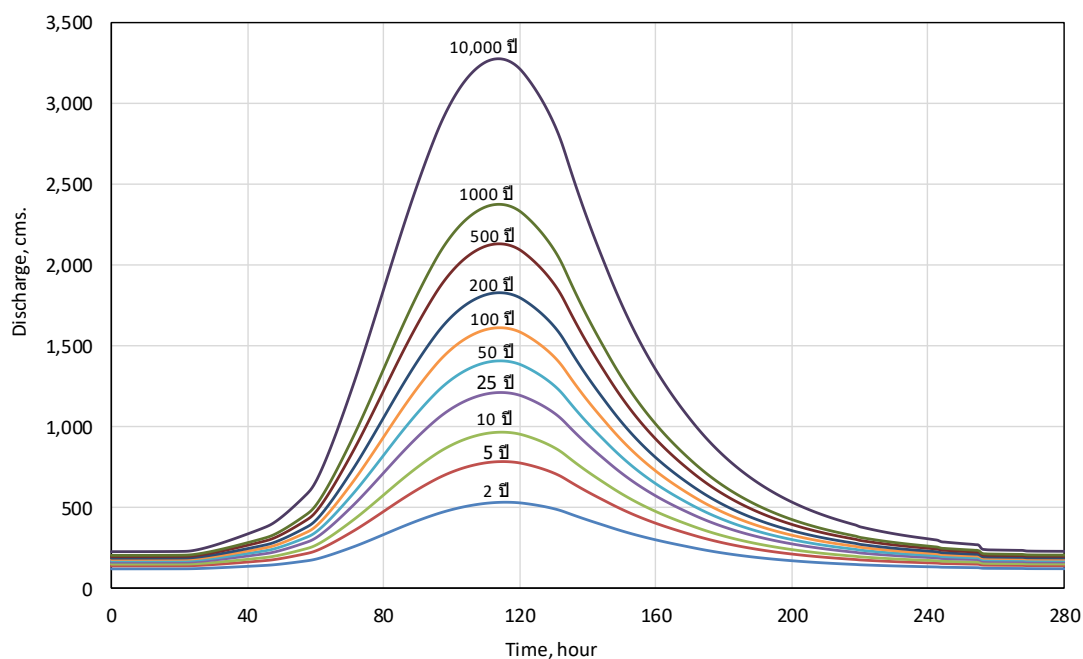
(5) **กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด** กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.5.3-3 และ 4.5.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนสิรินธร



รูปที่ 4.5.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนสิรินธร



รูปที่ 4.5.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนสิรินธร

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษา

ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธรจะสามารถรองรับได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

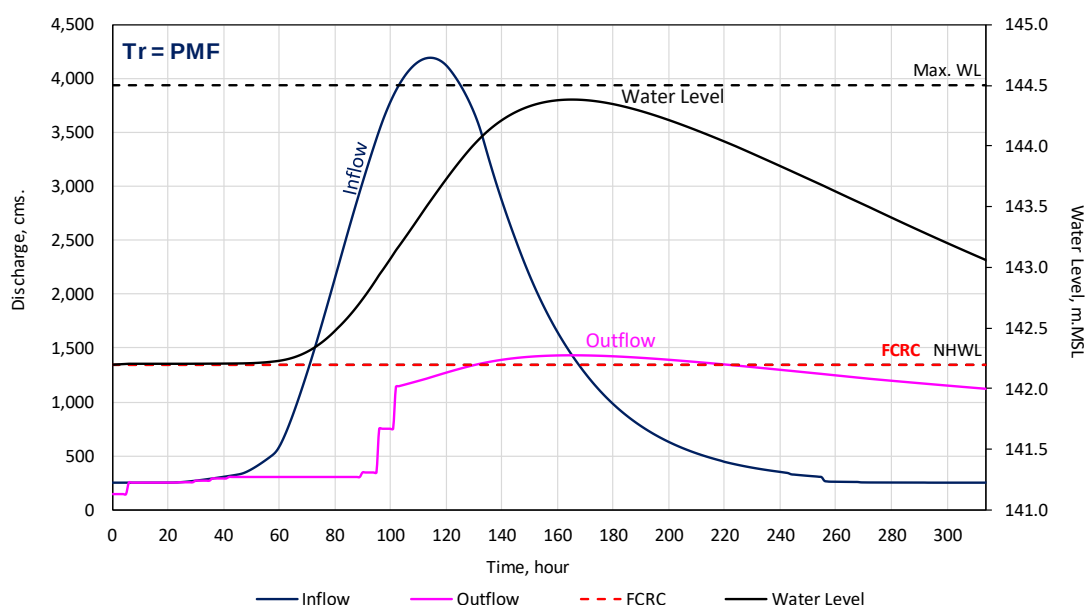
(3) **การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)** ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) **การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย** เขื่อนสิรินธรไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 142.20 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 142.20 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 4,189 ลบ.ม. ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 1,431 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 144.39 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 144.50 ม.รทก. อยู่ 0.11 เมตร จากผลการศึกษาดังกล่าว จึงกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF)

ที่ระดับ 142.20 ม.รทก. ในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.5.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.5.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนสิรินธรระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้ายเขื่อน จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 500 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 2,377 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 300 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.5.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 142.20 ม.รทก.

ตารางที่ 4.5.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธรที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

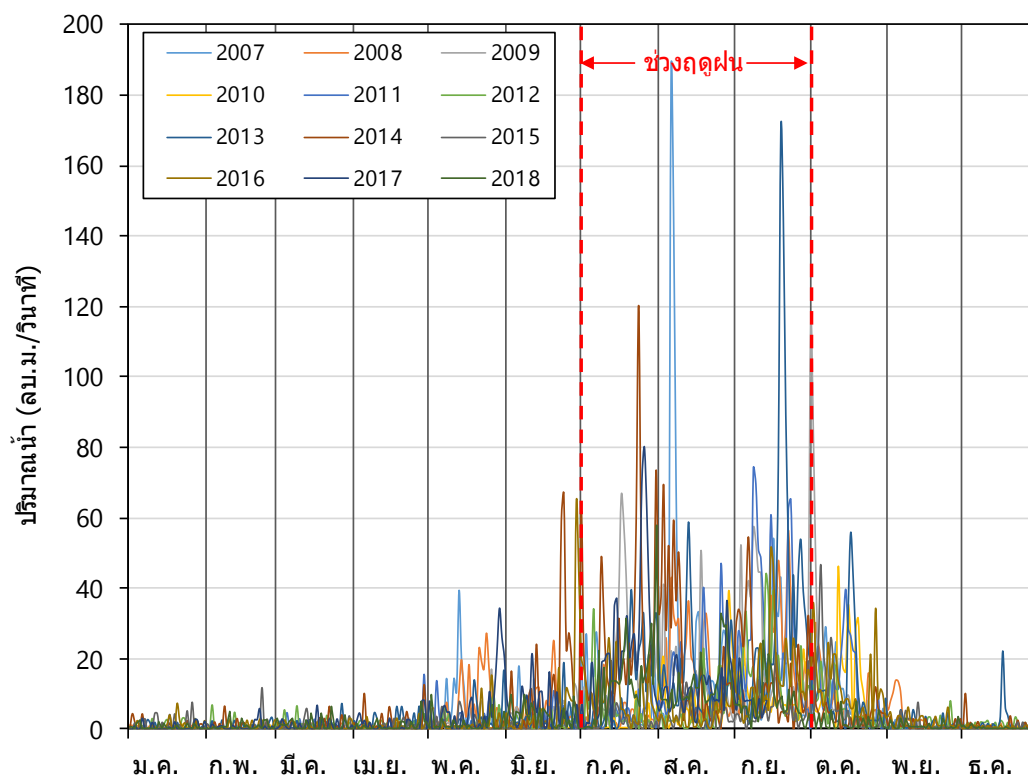
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	4,189	142.20	144.39	1,431
10,000	3,278	142.20	143.95	1,321
1,000	2,377	142.20	143.80	510
500	2,133	142.20	143.76	300
200	1,830	142.20	143.50	300
100	1,614	142.20	143.30	300
50	1,409	142.20	143.11	300

ตารางที่ 4.5.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธรที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ (ต่อ)

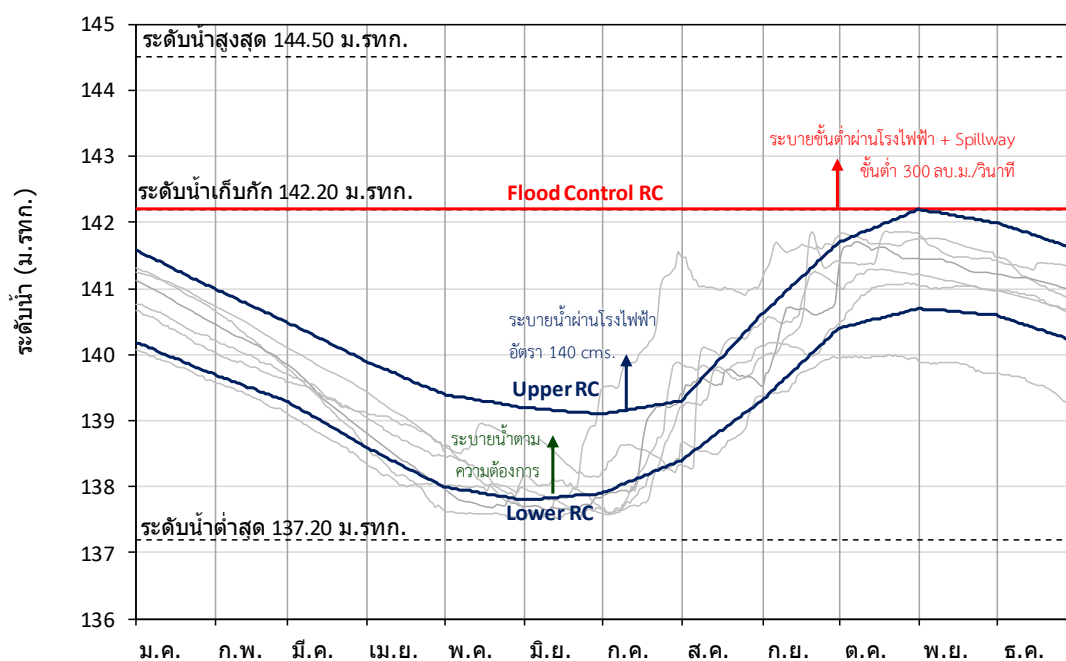
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
25	1,213	142.20	142.94	300
10	967	142.20	142.72	300
5	785	142.20	142.56	300
2	534	142.20	142.35	300

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนสิรินธรถูกออกแบบให้สามารถรองรับน้ำปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) และในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.5.3-6 และแสดงเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากของเขื่อนสิรินธรซึ่งมีค่าเท่ากับระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 142.20 ม.รทก. รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.5.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตรา 140 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 142.20 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นที่อัตราขั้นต่ำ 300 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.5.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.5.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร

4.6 เชื่อนบางกลาง

4.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.6.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 4 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนบางลางได้ดังตารางที่ 4.6.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนบางลาง

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
71042	0.231
71062	0.093
71135	0.238
71175	0.438

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนบางลาง และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 4 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนบางลาง

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานียังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนบางลาง โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.6.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนบางลาง ได้ดังตารางที่ 4.6.1-2

ตารางที่ 4.6.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนบางลาง

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	94.18	127.53	149.61	177.50	198.20	218.72	239.19	266.20	286.60	354.38
2	132.85	184.72	219.07	262.54	294.69	326.68	358.56	400.59	432.34	537.81
3	150.91	206.37	243.07	289.43	323.83	358.04	392.04	436.92	470.86	583.49
4	166.80	220.84	256.58	301.76	335.32	368.56	401.74	445.48	478.52	588.25
5	176.74	233.16	270.49	317.71	352.71	387.47	422.11	467.81	502.36	617.00

4.6.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน จำนวนทั้งสิ้น 14 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.2-1 และ ตารางที่ 4.2.2-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนบางลาง สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลาง โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดัง ตารางที่ 4.6.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.6.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 5 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
573.86	806.37	971.23	1,056.80	1,076.46

4.6.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลาง เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่ 4.6.2-1

ตารางที่ 4.6.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลาง

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.2	603.1	726.4	790.4	805.1	805.1	805.1	45043	13.00	21.02	71135	117.0	25.35	-
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.8	511.0	569.0	589.1	589.1	593.2	595.0	10090	12.00	23.31	71135	117.0	25.35	-
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	160.3	289.4	426.7	511.4	570.0	622.5	630.0	34022	17.00	24.07	71135	117.0	25.35	-
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	372.8	530.2	568.5	585.9	608.7	608.7	645.9	35022	8.00	23.31	71135	117.0	25.35	-
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	248.3	369.9	369.9	369.9	369.9	369.9	369.9	37042	3.00	23.71	71135	117.0	25.35	-
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	330.9	399.3	429.8	437.9	439.4	441.9	450.0	27013	12.00	22.53	71135	117.0	25.35	-
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.4	573.6	669.4	676.6	676.6	676.6	676.6	35012	21.00	23.25	71135	117.0	25.35	-
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	301.2	328.1	345.7	361.7	362.4	378.2	378.2	10102	53.00	22.99	71135	117.0	25.35	-
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.9	311.7	320.2	320.9	348.4	360.6	377.3	45013	9.00	23.37	71135	117.0	25.35	-
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.2	374.1	394.9	446.3	452.6	491.4	541.0	58190	0.00	23.85	71135	117.0	25.35	-
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	238.7	421.4	461.8	462.3	462.6	467.8	698.5	58190	0.00	24.19	71135	117.0	25.35	-
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.2	422.4	474.1	523.0	526.7	526.7	561.1	27122	12.00	23.53	71135	117.0	25.35	-
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.9	307.8	479.7	483.7	487.3	487.3	556.0	45013	9.00	20.97	71135	117.0	25.35	-
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.2	292.6	452.8	553.0	570.8	592.6	596.4	29072	20.00	22.94	71135	117.0	25.35	-

ตารางที่ 4.6.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลาง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	076	พายุดีเปรสชัน	80.59	56.96	1.41	108.09	94.90	1.14	100.00	100.00	1.00	77.91	93.90	0.83	1.34
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	80.59	69.57	1.16	108.09	116.02	0.93	100.00	100.00	1.00	77.91	88.79	0.88	0.95
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	80.59	74.36	1.08	108.09	143.14	0.76	100.00	100.00	1.00	77.91	83.47	0.93	0.76
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	80.59	69.65	1.16	108.09	177.58	0.61	100.00	100.00	1.00	77.91	80.87	0.96	0.68
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	80.59	72.32	1.11	108.09	113.09	0.96	100.00	100.00	1.00	77.91	95.61	0.81	0.87
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	80.59	64.84	1.24	108.09	145.24	0.74	100.00	100.00	1.00	77.91	83.54	0.93	0.86
7	107	พายุดีเปรสชัน	80.59	69.01	1.17	108.09	145.94	0.74	100.00	100.00	1.00	77.91	81.56	0.96	0.83
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	80.59	66.78	1.21	108.09	148.77	0.73	100.00	100.00	1.00	77.91	86.96	0.90	0.79
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	80.59	70.00	1.15	108.09	90.41	1.20	100.00	100.00	1.00	77.91	92.02	0.85	1.17
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	80.59	73.31	1.10	108.09	184.14	0.59	100.00	100.00	1.00	77.91	81.81	0.95	0.61
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	80.59	75.52	1.07	108.09	184.14	0.59	100.00	100.00	1.00	77.91	81.81	0.95	0.60
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	80.59	70.93	1.14	108.09	189.30	0.57	100.00	100.00	1.00	77.91	85.51	0.91	0.59
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	80.59	56.80	1.42	108.09	90.41	1.20	100.00	100.00	1.00	77.91	92.02	0.85	1.44
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	80.59	67.14	1.20	108.09	158.84	0.68	100.00	100.00	1.00	77.91	83.25	0.94	0.76

ตารางที่ 4.6.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลาง (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)					ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.2	603.1	726.4	790.4	805.1	1.34	573.86	806.37	971.23	1,056.80	1,076.46
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.8	511.0	569.0	589.1	589.1	0.95	398.49	483.91	538.83	557.86	557.86
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	160.3	289.4	426.7	511.4	570.0	0.76	122.45	221.07	325.95	390.65	435.41
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	372.8	530.2	568.5	585.9	608.7	0.68	252.94	359.73	385.71	397.52	412.99
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	248.3	369.9	369.9	369.9	369.9	0.87	215.51	321.05	321.05	321.05	321.05
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	330.9	399.3	429.8	437.9	439.4	0.86	285.46	344.47	370.78	377.77	379.06
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.4	573.6	669.4	676.6	676.6	0.83	268.87	473.96	553.11	559.06	559.06
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	301.2	328.1	345.7	361.7	362.4	0.79	236.62	257.75	271.58	284.15	284.70
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.9	311.7	320.2	320.9	348.4	1.17	346.01	363.26	373.16	373.98	406.03
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.2	374.1	394.9	446.3	452.6	0.61	180.79	229.90	242.68	274.26	278.14
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	238.7	421.4	461.8	462.3	462.6	0.60	142.40	251.38	275.48	275.78	275.96
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.2	422.4	474.1	523.0	526.7	0.59	133.12	249.69	280.25	309.16	311.35
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.9	307.8	479.7	483.7	487.3	1.44	278.49	442.07	688.96	694.71	699.88
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.2	292.6	452.8	553.0	570.8	0.76	168.32	223.66	346.11	422.70	436.31

ตารางที่ 4.6.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนบางลาง

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	53.98	75.44	90.32	109.88	124.95	140.36	156.20	177.79	194.64	253.89	411.14
2	77.53	111.26	134.65	165.48	189.17	213.47	238.41	272.43	298.96	392.33	588.25
3	88.73	125.22	150.52	183.79	209.42	235.70	262.61	299.34	328.03	428.82	713.78
4	98.07	134.00	158.89	191.62	216.85	242.62	269.11	305.20	333.36	432.32	776.67
5	103.91	141.48	167.50	201.75	228.09	255.07	282.76	320.50	349.97	453.44	791.11

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนบางลาง ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก กรมชลประทาน (2552) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 1.2636 (LLC/\sqrt{S})^{0.2956}$$

$$q_p/A = 0.5379 (t_p)^{-1.2642}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_C = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนบางลางได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L_c	S_{avg}	S_{max}	q_p	t_p	t_r
2,080	101.08	34.04	0.00180	0.00720	139.94	32.00	12.00

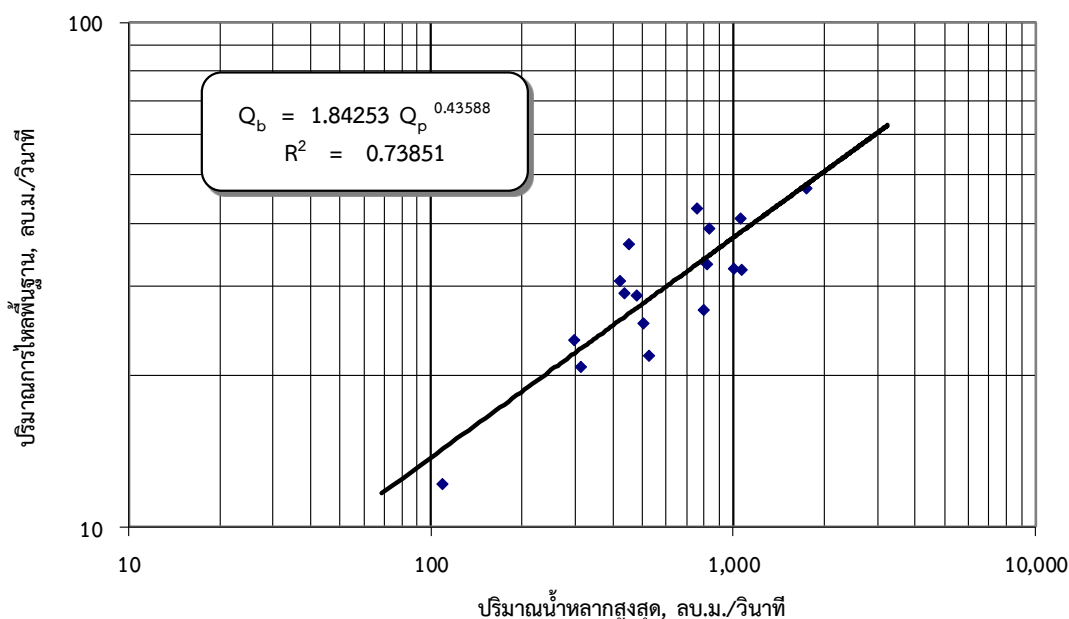
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.6.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 1.84253 Q_p^{0.43588}$$

- เมื่อ Q_p = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.6.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนบางลาง

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.6.2-2 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 6,137.22 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 1,218.30 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 82.05 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.6.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนบางลาง

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	638.29	143.04	30.12
5	919.72	196.05	35.46
10	1,124.63	234.20	38.78
25	1,403.77	285.60	42.80
50	1,626.73	326.41	45.68
100	1,862.00	369.32	48.50
200	2,110.42	414.50	51.26
500	2,456.75	477.10	54.82
1,000	2,737.36	527.64	57.50
10,000	3,774.71	713.88	66.25
PMF	6,137.22	1,218.30	82.05

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2512 แสดงไว้ในตารางที่ 4.6.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 6,137.22 ลบ.ม./วินาที มีค่าใกล้เคียงผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,027.7 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 1.8 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่แตกต่างกันดังนี้

จากรายงาน Pattani River Project Feasibility Report (1969) ระบุว่าการศึกษา PMF ในปี พ.ศ. 2512 ได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุฝนวันที่ 2-6 มกราคม 2510 ซึ่งมีศูนย์กลางใกล้ Kota Bharu ประเทศมาเลเซีย ย้ายมาที่ตั้งเขื่อน แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่าการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.6.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหราน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนบางลาง

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	638.3	919.7	1,124.6	1,403.8	1,626.7	1,862.0	2,110.4	2,456.7	2,737.4	3,774.7	6,137.2
V _T	143.0	196.1	234.2	285.6	326.4	369.3	414.5	477.1	527.6	713.9	1,218.3
Q _B	30.1	35.5	38.8	42.8	45.7	48.5	51.3	54.8	57.5	66.3	82.1
2. การศึกษาเดิม (ปี 2512)											
Q _p	1,097.6	1,677.8	2,073.6	2,493.2	2,982.9	3,353.5	3,718.6	4,196.1	4,579.9	5,781.1	6,027.7
V _T	280.5	446.8	559.6	669.4	805.9	914.3	1,016.7	1,147.3	1,257.1	1,567.4	1,634.2
Q _R	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	100.0	100.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาณน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

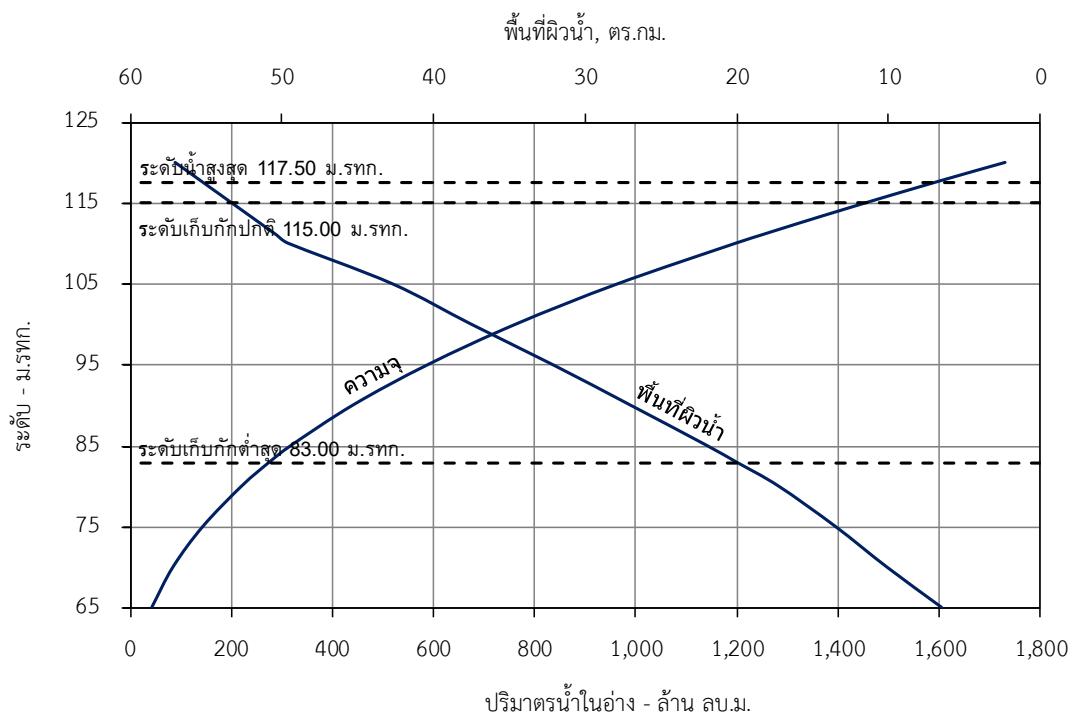
4.6.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเบื้องต้นบางค่า

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+117.50	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+115.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+83.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+120.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	1,562.33	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	1,454.36	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	276.28	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	1,460	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	Radial Gate จำนวน 2 บาน	
ขนาด	12.5 x 17.5 ม.	
ระดับสันฝาย	+98.00 ม.(รทก.)	
ระบายน้ำสูงสุด	4,500	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.6.3-1

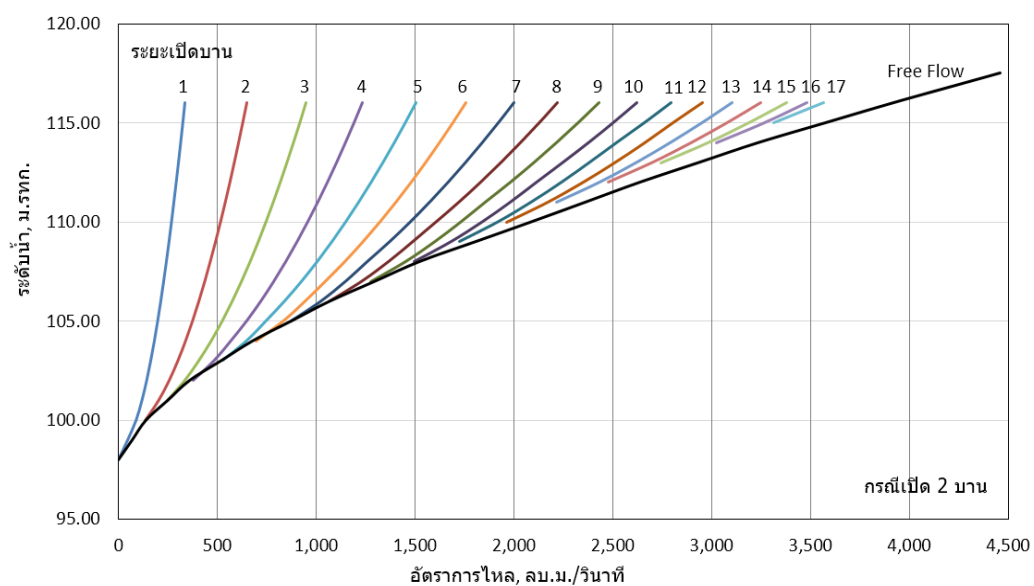


รูปที่ 4.6.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนบางลาง

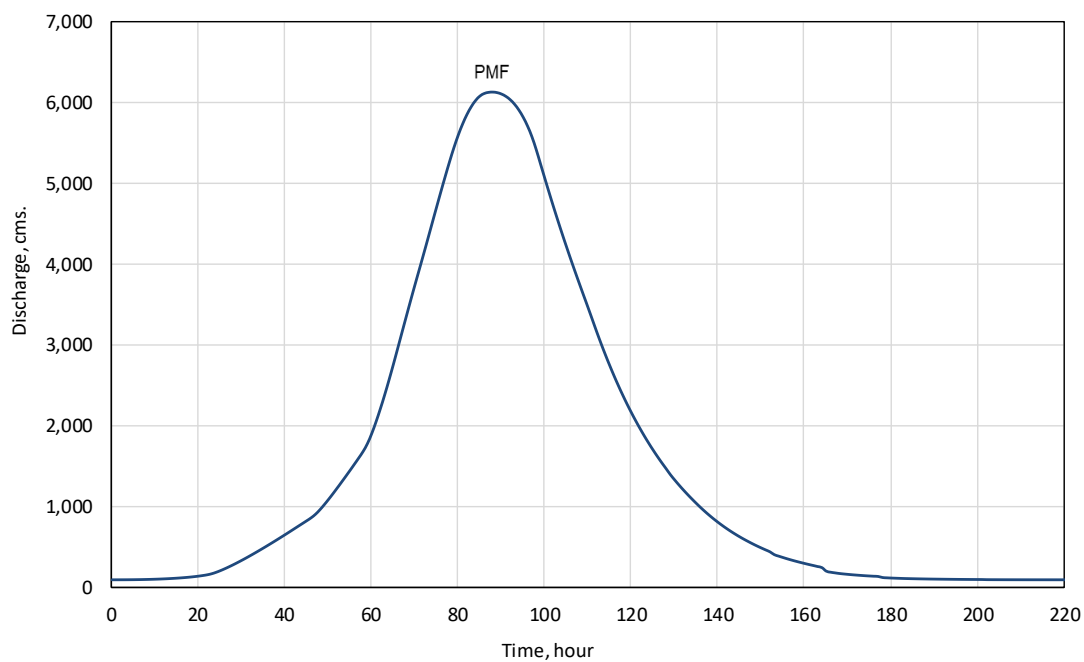
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร Bang Lang Spillway Discharge แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 2 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.6.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ จำกัดการระบายจากอ่างไม่เกิน 800 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

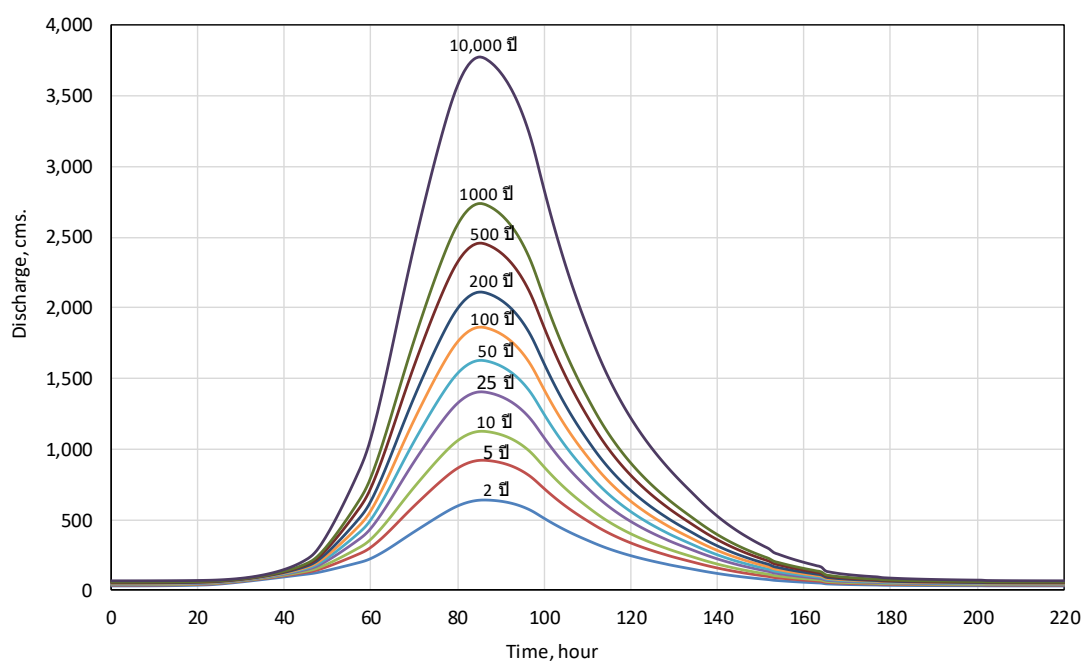
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.6.3-3 และ 4.6.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.6.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนบางลาง



รูปที่ 4.6.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เชื่อนบางกลาง



รูปที่ 4.6.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนบางกลาง

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษา

ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

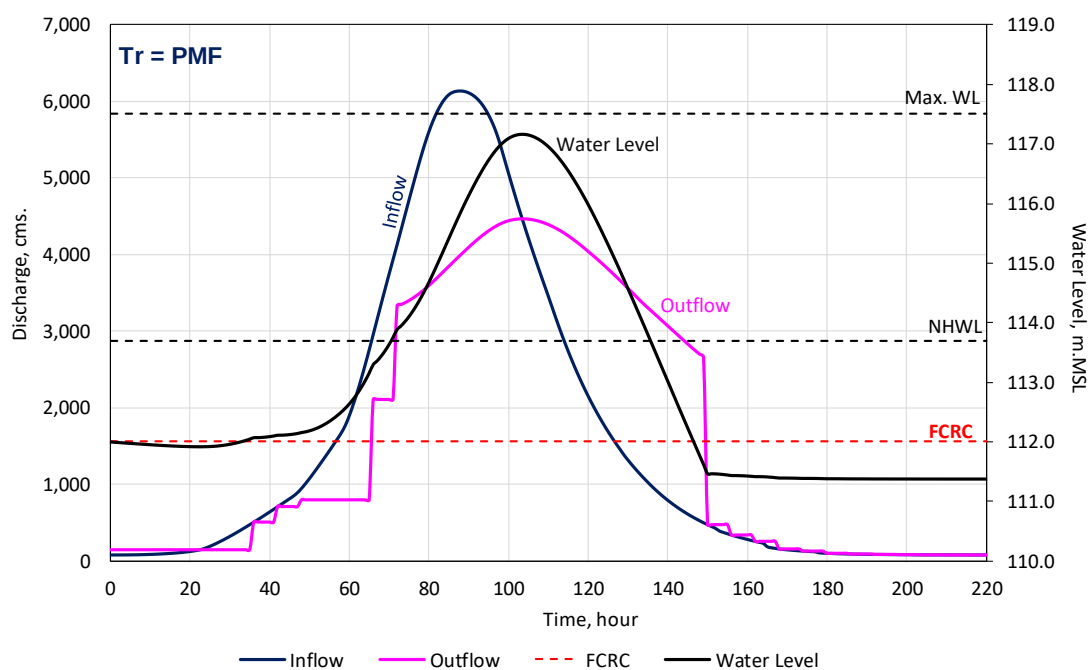
(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลางจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

(3) **การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)** ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) **การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย** อ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลางได้มีการกำหนดเกณฑ์ควบคุมอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมไว้ที่ระดับ 112.00 ม.รทก. ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้เดิมไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับเกณฑ์ควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 113.30 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 6,137 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 4,574 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 117.48 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 117.50 ม.รทก. อยู่ 0.02 เมตร ดังนั้นเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในปัจจุบันยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.6.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.6.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนบางลางระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 5 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 920 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 800 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.6.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 113.30 ม.รทก.

ตารางที่ 4.6.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลางที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

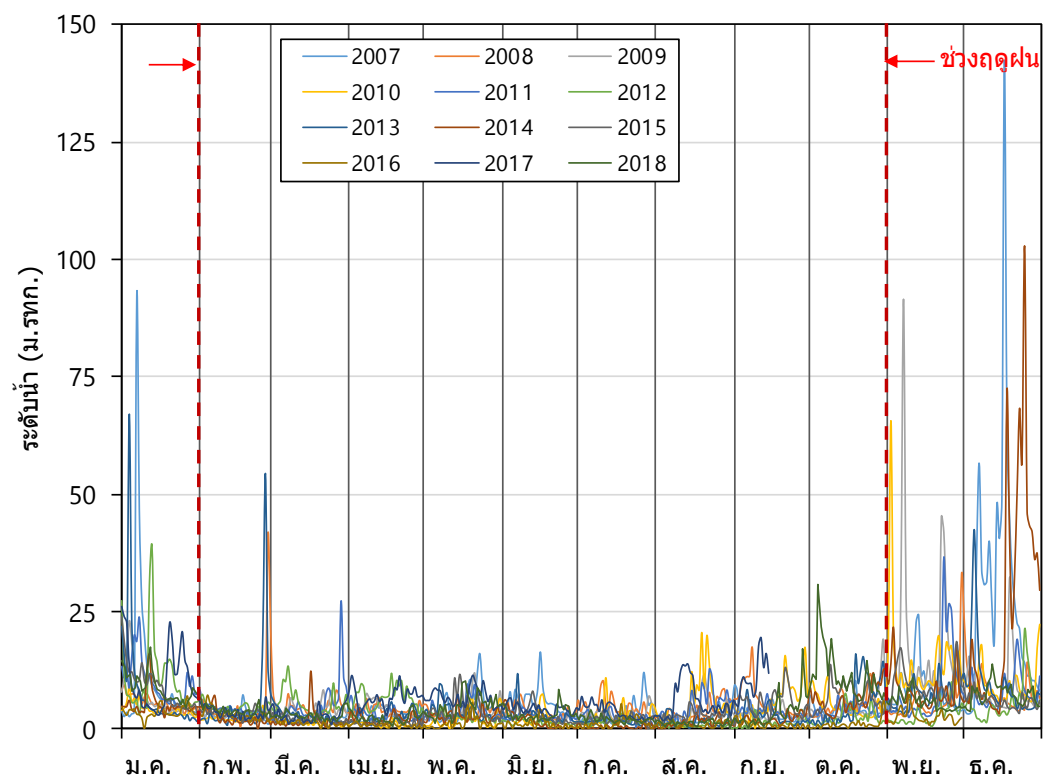
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	6,137	113.30	117.48	4,574
10,000	3,775	113.30	114.61	3,568
1,000	2,737	113.30	114.06	2,601
500	2,457	113.30	114.24	2,106
200	2,110	113.30	113.98	2,339
100	1,862	113.30	113.90	1,860
50	1,627	113.30	113.89	1,708

ตารางที่ 4.6.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลางที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ (ต่อ)

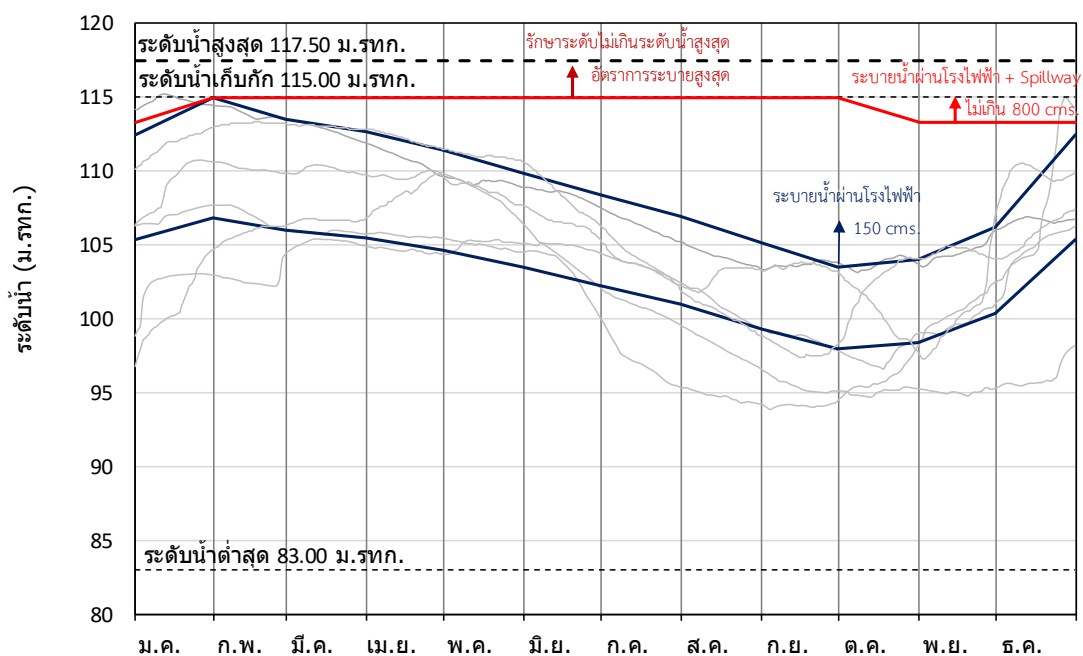
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
25	1,404	113.30	113.94	1,295
10	1,125	113.30	113.88	825
5	920	113.30	113.48	800
2	638	113.30	113.33	633

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนบางลางถูกออกแบบให้สามารถรองรับน้ำปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) และในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.6.3-6 โดยเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากจะเริ่มต้นจากระดับเก็บกักน้ำปกติ (NHWL) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงเดือนตุลาคมจะเริ่มทำการลดระดับลงจนถึงระดับควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 113.30 ม.รทก. ในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน และรักษาระดับไว้ตลอดช่วงฤดูฝนจนถึงสิ้นเดือนธันวาคม และจะปรับค่าระดับควบคุมให้สูงขึ้นโดยอาศัยรูปแบบการเก็บกักน้ำจากค่าสถิติในอดีตจนถึงระดับเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 115.00 ม.รทก. เมื่อสิ้นฤดูฝนในช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ตามวัตถุประสงค์การเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำ สามารถแสดงเกณฑ์เก็บกักน้ำเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลางไว้ในรูปที่ 4.6.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตรา 150 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 113.30 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราไม่เกิน 800 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 115.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 800 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาไม่ให้ระดับน้ำถึงระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.6.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.6.3-7 เทนต์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง

4.7 เชื่อนวชิราลงกรณ

4.7.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.7.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดังนี้ จำนวน 2 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนวชิราลงกรณได้ดังตารางที่ 4.7.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.7.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนวชิราลงกรณ

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
13053	0.824
13342	0.176
รวม	1.000

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนวชิราลงกรณ และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 2 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนวชิราลงกรณ

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 2 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนวชิราลงกรณ โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักธีเอสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.7.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนวชิราลงกรณ ได้ดังตารางที่ 4.7.1-2

**ตารางที่ 4.7.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือ
เขื่อนวชิราลงกรณ**

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	76.86	98.19	112.25	130.08	143.30	156.44	169.47	186.71	199.74	242.95
2	111.52	146.32	169.39	198.57	220.17	241.65	263.05	291.25	312.55	383.33
3	137.55	182.76	212.57	250.34	278.39	306.17	333.86	370.36	398.04	489.72
4	160.77	214.78	250.48	295.68	329.16	362.37	395.56	439.21	472.31	581.96
5	179.86	239.00	278.14	327.67	364.37	400.76	437.14	485.03	521.22	641.40

4.7.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนวชิราลงกรณ สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.7.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.7.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 5 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
470.51	577.48	612.47	636.96	645.19

4.7.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่ 4.7.2-1

ตารางที่ 4.7.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	13555	95.0	26.66	400.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	13555	95.0	26.66	400.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	13555	95.0	26.66	400.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	13555	95.0	26.66	400.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	13555	95.0	26.66	400.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	13555	95.0	26.66	400.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	13555	95.0	26.66	400.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	13555	95.0	26.66	400.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	13555	95.0	26.66	400.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	13555	95.0	26.66	400.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	13555	95.0	26.66	400.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	13555	95.0	26.66	400.0

ตารางที่ 4.7.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	83.55	70.56	1.18	85.91	94.10	0.91	100.00	100.00	1.00	99.37	97.10	1.02	1.11
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	83.55	88.35	0.95	85.91	90.00	0.95	100.00	78.20	1.28	99.37	100.00	0.99	1.15
3	142	พายุโซนร้อน IRA	83.55	71.22	1.17	85.91	104.20	0.82	100.00	100.00	1.00	99.37	98.30	1.01	0.98
4	099	พายุดีเปรสชัน	83.55	74.22	1.13	85.91	112.90	0.76	100.00	90.00	1.11	99.37	100.00	0.99	0.95
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	83.55	77.29	1.08	85.91	155.70	0.55	100.00	100.00	1.00	99.37	93.70	1.06	0.63
6	088	พายุดีเปรสชัน	83.55	74.23	1.13	85.91	138.60	0.62	100.00	91.70	1.09	99.37	100.00	0.99	0.76
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	83.55	75.69	1.10	85.91	121.00	0.71	100.00	82.80	1.21	99.37	100.00	0.99	0.94
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	83.55	70.08	1.19	85.91	104.40	0.82	100.00	86.20	1.16	99.37	100.00	0.99	1.13
9	021	พายุดีเปรสชัน	83.55	72.97	1.14	85.91	150.00	0.57	100.00	100.00	1.00	99.37	91.90	1.08	0.71
10	015	พายุดีเปรสชัน	83.55	72.94	1.15	85.91	100.00	0.86	100.00	73.40	1.36	99.37	100.00	0.99	1.33
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	83.55	76.57	1.09	85.91	103.90	0.83	100.00	100.00	1.00	99.37	97.80	1.02	0.92
12	100	พายุดีเปรสชัน	83.55	75.71	1.10	85.91	131.50	0.65	100.00	100.00	1.00	99.37	94.30	1.05	0.76

ตารางที่ 4.7.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนวชิราลงกรณ (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)					ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	1.11	477.92	480.13	505.57	512.43	545.84
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	1.15	573.51	579.25	579.25	633.16	638.90
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	0.98	464.81	631.51	631.51	631.51	631.51
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	0.95	470.51	577.48	612.47	636.96	645.19
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	0.63	269.21	289.26	305.39	308.74	334.04
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	0.76	320.84	425.17	447.47	466.90	477.78
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	0.94	368.53	436.63	436.63	449.24	450.36
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	1.13	439.36	479.85	480.08	485.05	485.28
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	0.71	249.66	368.36	524.21	579.59	599.09
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	1.33	462.04	473.63	533.71	535.45	539.71
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	0.92	188.47	348.80	450.74	509.50	515.55
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	0.76	156.12	270.99	389.88	397.71	397.71

ตารางที่ 4.7.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนวชิราลงกรณ

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	40.72	54.24	63.67	76.26	86.04	96.13	106.42	120.67	131.92	171.61	332.35
2	59.97	82.04	97.52	118.17	134.18	150.74	167.67	191.07	209.52	274.84	414.04
3	75.08	104.01	124.22	151.21	172.21	193.85	216.00	246.62	270.85	356.39	445.72
4	87.75	122.23	146.38	178.60	203.61	229.43	255.91	292.47	321.38	423.52	463.55
5	98.17	136.01	162.54	197.92	225.39	253.74	282.82	322.97	354.66	466.78	469.54

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนวชิราลงกรณ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ตะวันตก ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก นนทจิตต์ (2534) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 2.25401 (LL_c / \sqrt{S})^{0.22409}$$

$$q_p/A = 3.06212 (t_p)^{-1.13092}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของกลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นามาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนวชิราลงกรณได้ ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L _c	S _{avg}	S _{max}	q _p	t _p	t _r
3,720	114.08	25.88	0.00130	0.00771	243.25	30.00	12.00

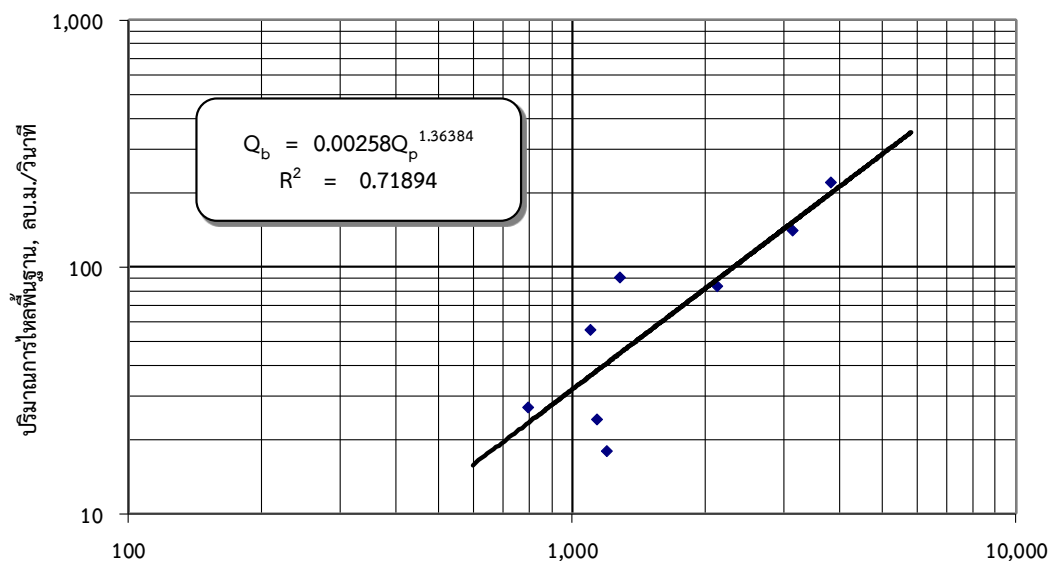
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดเทสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.7.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.00258 Q_P^{1.36384}$$

- เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.7.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนวชิราลงกรณ

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.7.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 7,005.15 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 1,511.88 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 416.71 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.7.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนวชิราลงกรณ

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	861.52	213.67	24.98
5	1,224.81	309.69	40.14
10	1,490.65	380.31	52.30
25	1,857.18	479.18	70.31
50	2,152.81	559.59	85.76
100	2,466.84	645.16	102.99
200	2,797.69	736.32	121.95
500	3,267.95	866.28	150.22
1,000	3,645.28	971.23	173.93
10,000	5,071.82	1,373.30	270.68
PMF	7,005.15	1,511.88	416.71

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2520 แสดงไว้ในตารางที่ 4.7.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 7,005.1 ลบ.ม./วินาที มีค่าใกล้เคียงผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,100.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 1.3 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่แตกต่างกันดังนี้

การออกแบบเขื่อนวชิราลงกรณได้รับความช่วยเหลือจากรัฐบาลออสเตรเลีย ในการส่งผู้เชี่ยวชาญมาศึกษาออกแบบ ในระหว่างปี พ.ศ. 2515 ถึง 2520 โดยได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุฝนวันที่ 8-17 กรกฎาคม 2515 ที่เกิดในลุ่มน้ำแควน้อย แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่าการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.7.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหราน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนวชิราลงกรณ

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	861.5	1,224.8	1,490.6	1,857.2	2,152.8	2,466.8	2,797.7	3,267.9	3,645.3	5,071.8	7,005.1
V _T	213.7	309.7	380.3	479.2	559.6	645.2	736.3	866.3	971.2	1,373.3	1,511.9
Q _B	25.0	40.1	52.3	70.3	85.8	103.0	122.0	150.2	173.9	270.7	416.7
2. การศึกษาเดิม (ปี 2520)											
Q _p	1,900.0	2,600.0	3,000.0	3,400.0	4,000.0	4,400.0	4,800.0	5,300.0	5,700.0	7,000.0	7,100.0
V _T	1,099.4	1,479.8	1,744.6	1,977.5	2,332.0	2,583.4	2,749.1	2,971.3	3,167.6	3,614.1	3,670.5
Q _R	250.0	300.0	350.0	400.0	450.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 V_T หมายถึง ปริมาณน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
 Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

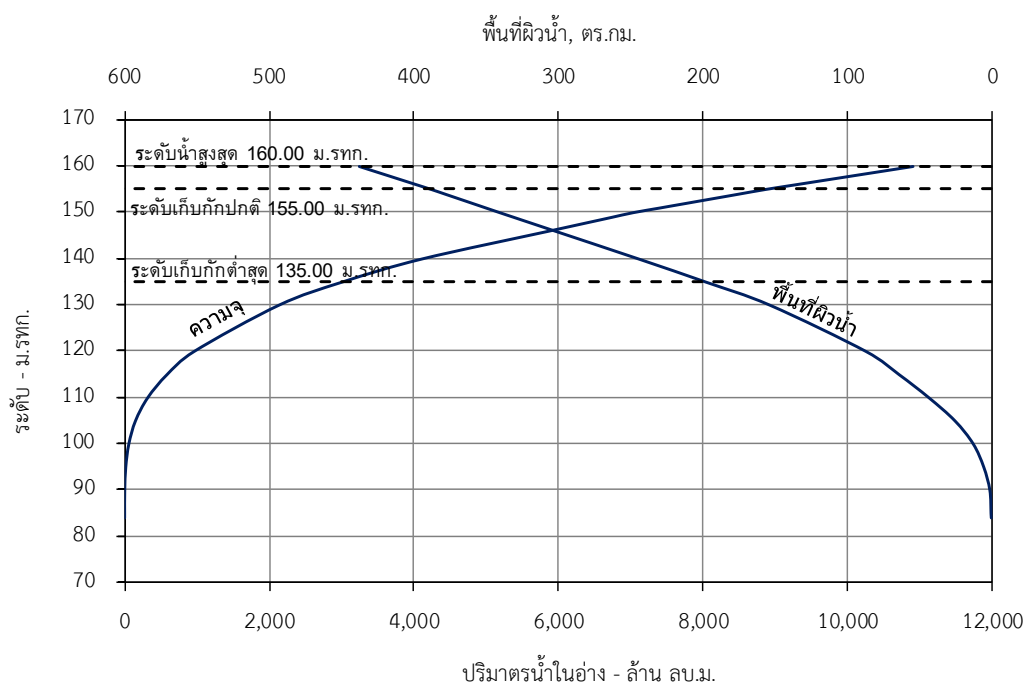
4.7.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนขีราลงกรณ

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+160.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+155.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+135.00	ม.(รทก.)
(เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า)		
ระดับสันเขื่อน	+161.75	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างฯ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	10,913.97	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	8,860.00	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	3,012.0	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	5,328.3	ล้าน ลบ.ม.
ทางระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	ประตูเหล็กบานโค้ง จำนวน 2 บาน	
ขนาด	14.0 x 9.8 ม.	
ระดับสันฝาย	+146.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	3,200	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.7.3-1

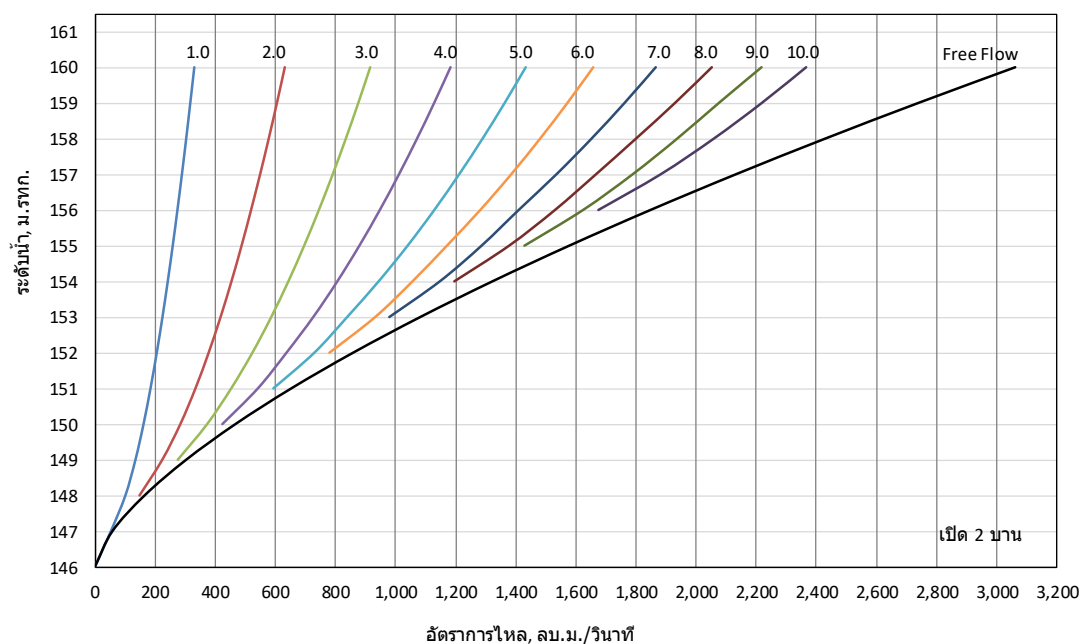


รูปที่ 4.7.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนขีราลงกรณ

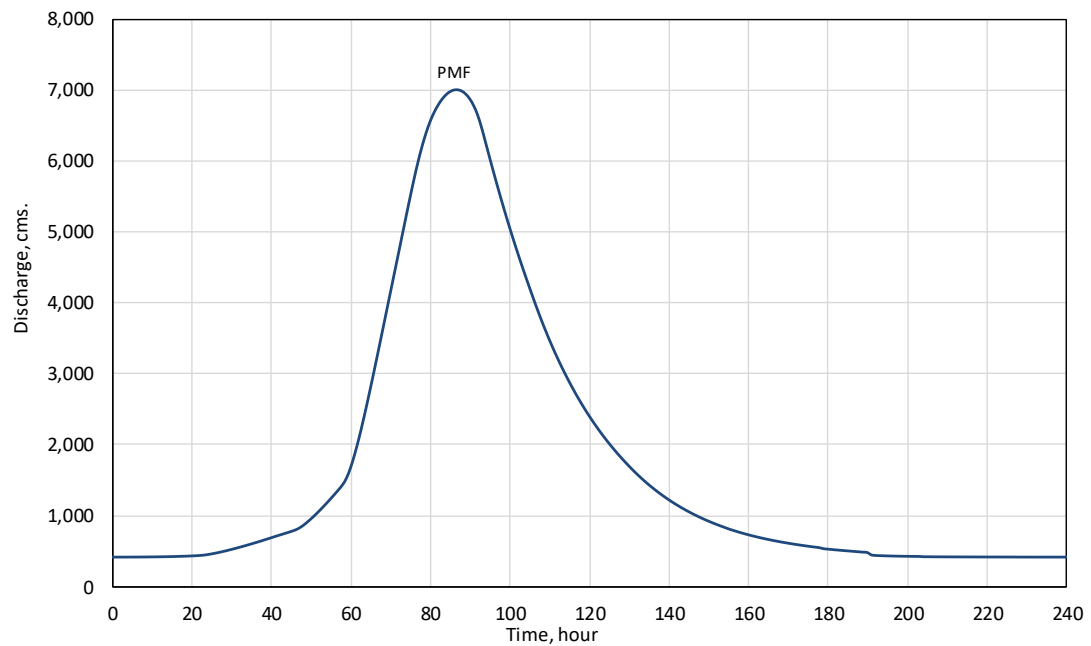
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร คู่มือการ Operate อ่างเก็บน้ำเขื่อนเขาแหลม แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 2 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.7.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ สภาพด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่ป่า และสวนเกษตรกรรม มีชุมชนอาศัยอยู่ไม่มากนัก การระบายน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยสามารถระบายได้โดยไม่มีผลกระทบต่อชุมชนด้านท้ายน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในลำน้ำที่บางช่วงมีลักษณะแคบและคดเคี้ยว และจึงกำหนดอัตราการระบายท้ายน้ำไว้ไม่เกิน 350 ลบ.ม.ต่อวินาที

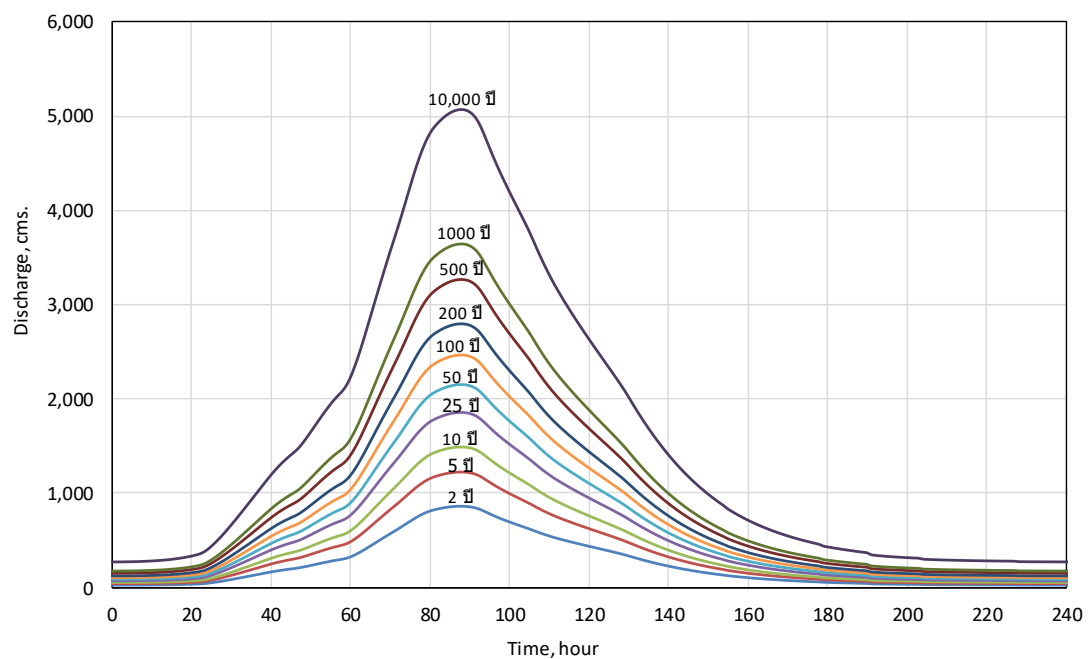
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.7.3-3 และ 4.7.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนวชิราลงกรณ์



รูปที่ 4.7.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เชื่อนวชิราลงกรณ



รูปที่ 4.7.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนวชิราลงกรณ

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเชื่อนวชิราลงกรณ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อ

ศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

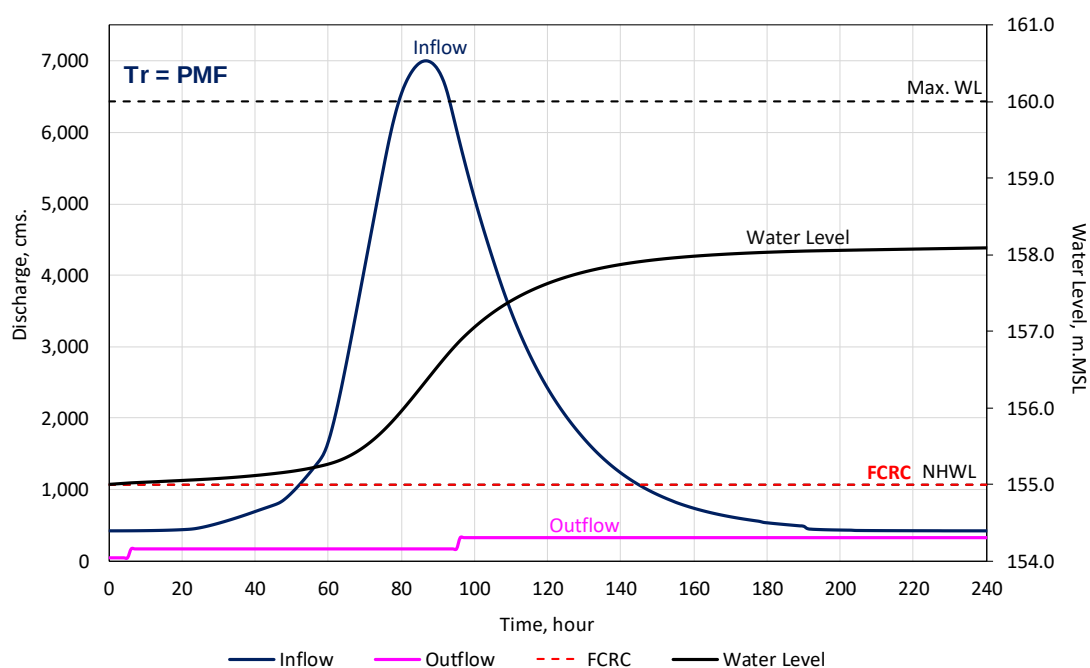
(3) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC) ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย เขื่อนวชิราลงกรณไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 155.00 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 155.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 7,005 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 327 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 158.10 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 160.00 ม.รทก. อยู่ 1.90 เมตร ดังนั้น ระดับเก็บกักปกติยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้

ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.7.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.7.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนวิษาลงกรณระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ PMF ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 7,005 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 327 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.7.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนวิษาลงกรณ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 155.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.7.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนวิษาลงกรณที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	7,005	155.00	158.10	327
10,000	5,072	155.00	157.98	167
1,000	3,645	155.00	157.00	167
500	3,268	155.00	156.75	167

ตารางที่ 4.7.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ์ที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ (ต่อ)

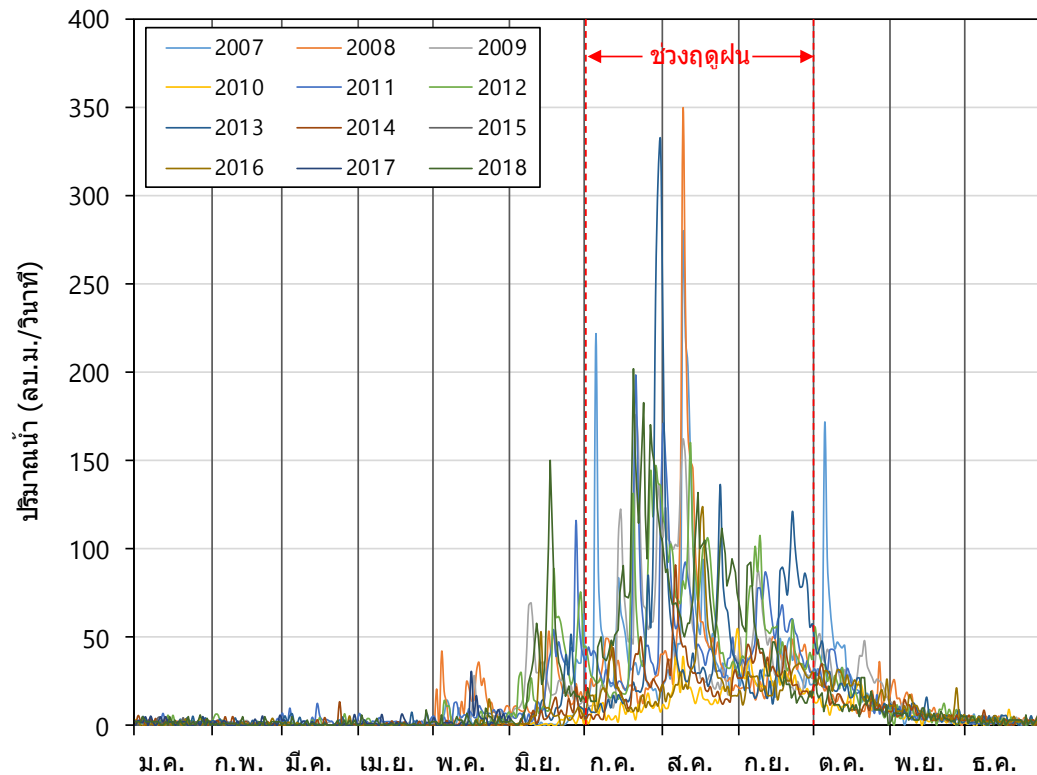
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
200	2,798	155.00	156.45	167
100	2,467	155.00	156.25	167
50	2,153	155.00	156.05	167
25	1,857	155.00	155.88	167
10	1,491	155.00	155.66	167
5	1,225	155.00	155.50	167
2	862	155.00	155.30	167

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนวชิราลงกรณ์ถูกออกแบบให้สามารถรองรับน้ำปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) และในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.7.3-6 และแสดงเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากของเขื่อนวชิราลงกรณ์ซึ่งมีค่าเท่ากับระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 155.00 ม.รทก. รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.7.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

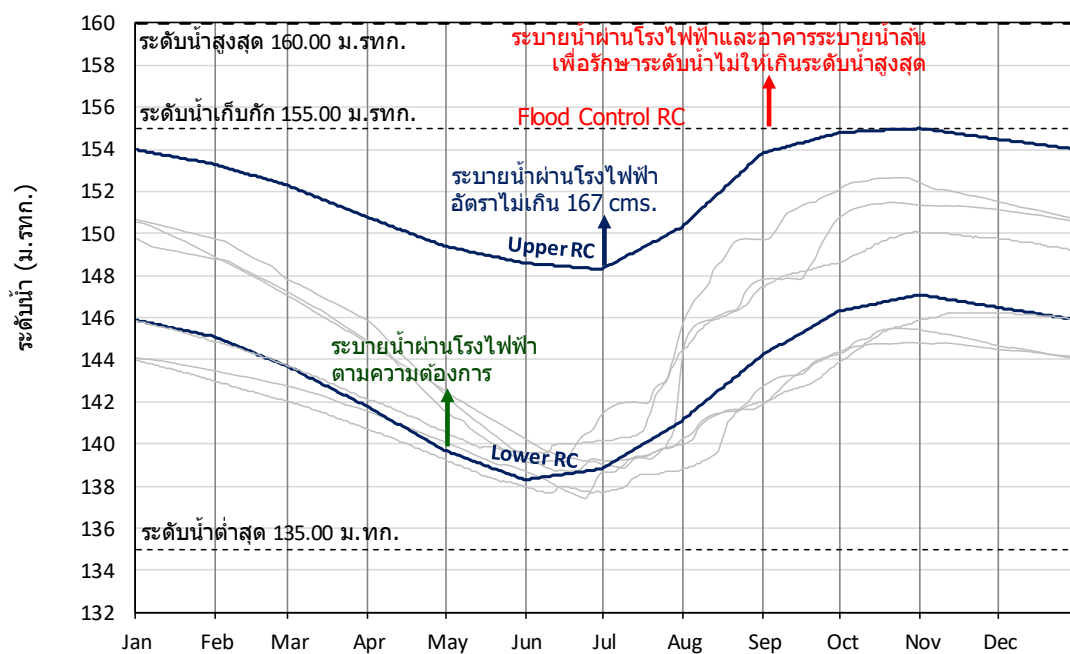
- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ

- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตราไม่เกิน 167 ลบ.ม.ต่อวินาที

- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 155.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 167 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.7.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.7.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ

4.8 เชื่อนครินครินทร์และเขื่อนท่าทุ่งนา

4.8.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.8.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 10 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนครินครินทร์ได้ดังตารางที่ 4.8.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนครินครินทร์

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน	สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
13053	0.003	13342	0.254
13083	0.082	13472	0.078
13092	0.005	60684	0.002
13142	0.005	63042	0.360
13305	0.088	69150	0.123

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนครินครินทร์ และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 10 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนครินครินทร์

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 10 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนครินครินทร์ โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.8.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนครินครินทร์ ได้ดังตารางที่ 4.8.1-2

**ตารางที่ 4.8.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือ
เขื่อนศรีนครินทร์**

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	70.51	92.50	107.09	125.53	139.18	152.75	166.23	184.08	197.55	242.27
2	97.07	128.66	149.53	175.94	195.57	214.99	234.39	259.94	279.28	343.40
3	116.23	154.74	180.18	212.42	236.32	260.00	283.62	314.80	338.38	416.62
4	132.38	177.37	207.13	244.82	272.72	300.44	328.07	364.51	392.05	483.50
5	145.47	195.15	228.08	269.67	300.50	331.14	361.64	401.91	432.35	533.36
6	157.62	212.70	249.18	295.27	329.45	363.36	397.15	441.75	475.48	587.37
7	168.94	228.34	267.67	317.35	354.21	390.78	427.22	475.32	511.64	632.34

4.8.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนศรีนครินทร์ สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.8.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.8.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 7 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
455.26	558.76	592.62	616.32	624.28	658.14	681.84

4.8.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟกเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่ 4.8.2-1

ตารางที่ 4.8.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนศรีนครินทร์

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	13305	120.0	26.51	400.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	13305	120.0	26.51	400.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	13305	120.0	26.51	400.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	13305	120.0	26.51	400.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	13305	120.0	26.51	400.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	13305	120.0	26.51	400.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	13305	120.0	26.51	400.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	13305	120.0	26.51	400.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	13305	120.0	26.51	400.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	13305	120.0	26.51	400.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	13305	120.0	26.51	400.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	13305	120.0	26.51	400.0

ตารางที่ 4.8.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	82.38	70.56	1.17	85.66	94.10	0.91	99.45	100.00	0.99	98.34	97.10	1.01	1.07
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	82.38	88.35	0.93	85.66	90.00	0.95	99.45	78.20	1.27	98.34	100.00	0.98	1.11
3	142	พายุโซนร้อน IRA	82.38	71.22	1.16	85.66	104.20	0.82	99.45	100.00	0.99	98.34	98.30	1.00	0.95
4	099	พายุดีเปรสชัน	82.38	74.22	1.11	85.66	112.90	0.76	99.45	90.00	1.11	98.34	100.00	0.98	0.92
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	82.38	77.29	1.07	85.66	155.70	0.55	99.45	100.00	0.99	98.34	93.70	1.05	0.61
6	088	พายุดีเปรสชัน	82.38	74.23	1.11	85.66	138.60	0.62	99.45	91.70	1.08	98.34	100.00	0.98	0.73
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	82.38	75.69	1.09	85.66	121.00	0.71	99.45	82.80	1.20	98.34	100.00	0.98	0.91
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	82.38	70.08	1.18	85.66	104.40	0.82	99.45	86.20	1.15	98.34	100.00	0.98	1.09
9	021	พายุดีเปรสชัน	82.38	72.97	1.13	85.66	150.00	0.57	99.45	100.00	0.99	98.34	91.90	1.07	0.69
10	015	พายุดีเปรสชัน	82.38	72.94	1.13	85.66	100.00	0.86	99.45	73.40	1.35	98.34	100.00	0.98	1.29
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	82.38	76.57	1.08	85.66	103.90	0.82	99.45	100.00	0.99	98.34	97.80	1.01	0.89
12	100	พายุดีเปรสชัน	82.38	75.71	1.09	85.66	131.50	0.65	99.45	100.00	0.99	98.34	94.30	1.04	0.74

ตารางที่ 4.8.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้ม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	1.07	462.42	464.57	489.18	495.82	528.15	530.29	531.36
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.11	554.92	560.47	560.47	612.64	618.19	645.93	651.48
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	0.95	449.74	611.04	611.04	611.04	611.04	618.79	625.51
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	0.92	455.26	558.76	592.62	616.32	624.28	658.14	681.84
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.61	260.48	279.88	295.49	298.73	323.21	342.61	372.18
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.73	310.44	411.39	432.96	451.76	462.30	476.63	482.05
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	0.91	356.59	422.48	422.48	434.67	435.77	478.91	481.91
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.09	425.12	464.30	464.52	469.33	469.55	474.36	486.62
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.69	241.57	356.42	507.22	560.80	579.67	621.86	643.20
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	1.29	447.06	458.27	516.41	518.09	522.21	607.04	625.86
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	0.89	182.36	337.49	436.13	492.98	498.83	513.20	519.06
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.74	151.06	262.20	377.24	384.81	384.81	395.62	403.19

ตารางที่ 4.8.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนศรีนครินทร์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	29.57	40.90	49.02	59.87	68.38	77.25	86.36	99.04	109.13	145.16	272.78
2	40.75	56.95	68.52	83.99	96.18	108.83	121.88	140.00	154.43	205.96	335.12
3	50.37	70.71	85.23	104.69	119.98	135.87	152.25	175.03	193.16	257.95	366.91
4	57.37	81.05	97.98	120.66	138.46	157.00	176.11	202.67	223.80	299.36	381.59
5	63.05	89.17	107.89	132.90	152.56	173.04	194.13	223.46	246.81	330.23	386.52
6	68.31	97.19	117.87	145.52	167.26	189.88	213.19	245.61	271.43	363.67	407.48
7	73.22	104.34	126.61	156.40	179.83	204.20	229.33	264.27	292.07	391.51	422.16

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนศรีนครินทร์ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ตะวันตก ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก นนทจิตต์ (2534) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 2.25401 (LL_c / \sqrt{S})^{0.22409}$$

$$q_p/A = 3.06212 (t_p)^{-1.13092}$$

เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง

q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร

L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร

S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ

A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของกลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นามาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนศรีนครินทร์ได้ ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L_c	S_{avg}	S_{max}	q_p	t_p	t_r
10,880	333.25	138.57	0.00120	0.00380	313.04	62.00	24.00

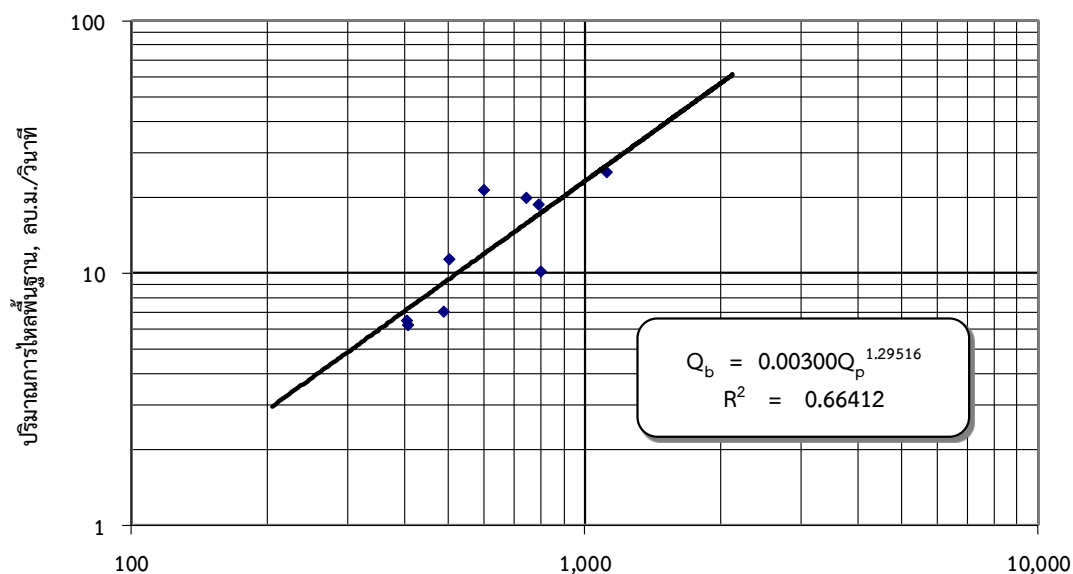
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบน
 สันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำ
 ที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า สำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณ ปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาด พื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับ ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝน สูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำ หลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุด ของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.8.2-1 และแสดง สมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.00300 Q_P^{1.29516}$$

- เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.8.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนศรีนครินทร์

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนศรีนครินทร์

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.8.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 7,994.69 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลากเท่ากับ 3,572.03 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 322.63 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.8.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนศรีนครินทร์

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	902.86	435.93	19.62
5	1,326.97	649.99	32.20
10	1,645.05	811.30	42.45
25	2,088.00	1,037.65	57.67
50	2,451.72	1,224.54	70.88
100	2,842.85	1,426.49	85.72
200	3,260.07	1,643.26	102.19
500	3,854.04	1,952.94	126.67
1,000	4,346.63	2,210.64	147.79
10,000	6,208.04	3,193.83	233.39
PMF	7,994.69	3,572.03	322.63

3) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนท่าทุ่งนา

เขื่อนท่าทุ่งนา ทำหน้าที่เป็นอ่างเก็บน้ำตอนล่างคอยควบคุมปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์ การออกปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) คำนวณจากสัดส่วนพื้นที่รับน้ำฝน ระหว่างพื้นที่รับน้ำฝนระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์ถึงเขื่อนท่าทุ่งนา ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 548 ตร.กม. ต่อพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนศรีนครินทร์ 10,880 ตร.กม. ซึ่งมีค่าสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 5 ของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนศรีนครินทร์ จากร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ดังกล่าวนำไปวิเคราะห์เป็นสัดส่วนของปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนศรีนครินทร์ เพื่อให้ได้ค่ากราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนท่าทุ่งนา ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.8.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 399.73 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลากเท่ากับ 177.73 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 16.13 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.8.2-3 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนท่าทุ่งนา

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	45.14	21.74	0.98
5	66.35	32.41	1.61
10	82.25	40.45	2.12
25	104.40	51.73	2.88
50	122.59	61.04	3.54
100	142.14	71.09	4.29
200	163.00	81.89	5.11
500	192.70	97.30	6.33
1,000	217.33	110.13	7.39
10,000	310.40	159.06	11.67
PMF	399.73	177.73	16.13

4) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2511 แสดงไว้ในตารางที่ 4.8.2-4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 7,994.7 ลบ.ม./วินาที มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,100.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 12.6 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่แตกต่างกัน ดังนี้

การศึกษา PMF ในปี พ.ศ. 2511 ได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากการวิเคราะห์พายุฝนในอดีต 12 ลูก และคัดเลือกพายุฝนที่เกิดระหว่างช่วงวันที่ 29 กันยายน ถึง 10 ตุลาคม พ.ศ. 2506 และทำพายุฝนมากที่สุดโดยวิธี Moisture Maximization แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่าการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.8.2-4 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหรณ้าหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนศรีนครินทร์

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	902.9	1,327.0	1,645.1	2,088.0	2,451.7	2,842.8	3,260.1	3,854.0	4,346.6	6,208.0	7,994.7
V _T	435.9	650.0	811.3	1,037.7	1,224.5	1,426.5	1,643.3	1,952.9	2,210.6	3,193.8	3,572.0
Q _B	19.6	32.2	42.5	57.7	70.9	85.7	102.2	126.7	147.8	233.4	322.6
2. การศึกษาเดิม (ปี 2511)											
Q _p	1,200.0	1,800.0	2,300.0	2,700.0	3,300.0	3,700.0	4,100.0	4,600.0	5,000.0	6,300.0	7,100.0
V _T	498.5	735.6	941.3	1,115.4	1,333.5	1,534.6	1,709.6	1,916.4	2,067.2	2,599.9	3,829.3
Q _B	100.0	140.0	180.0	220.0	260.0	300.0	340.0	380.0	400.0	500.0	788.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

4.8.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

4.8.3.1 เขื่อนศรีนครินทร์

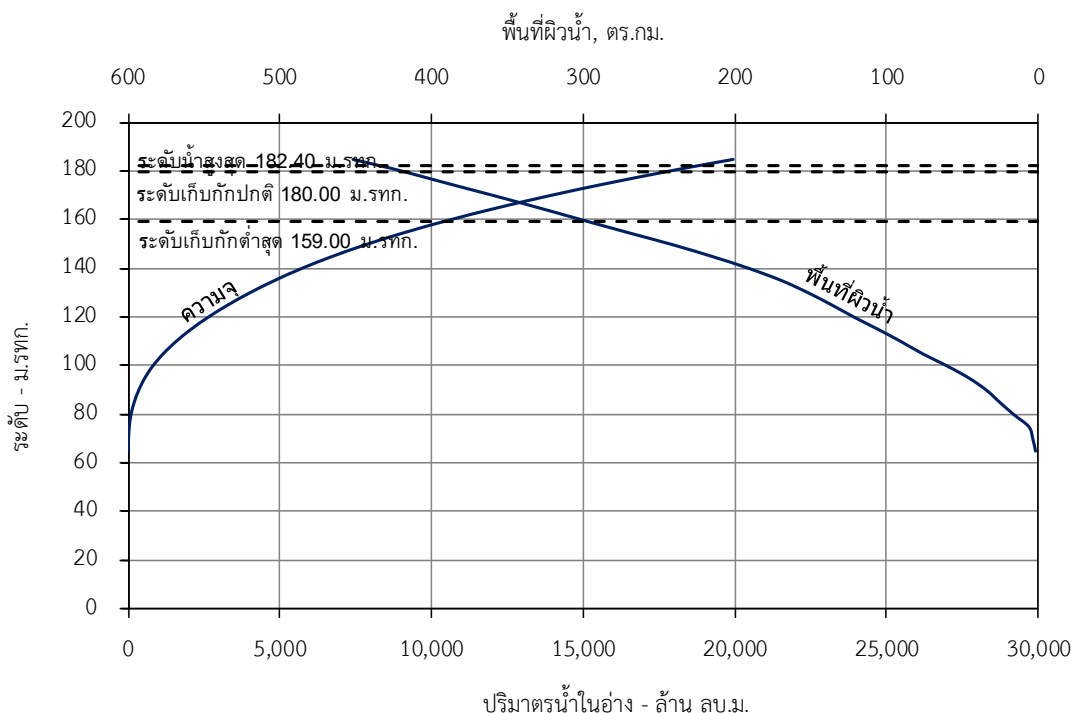
1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนศรีนครินทร์

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+182.40	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+180.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+159.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+185.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างฯ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	18,770	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	17,745	ล้าน ลบ.ม.

ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	10,275	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	4,5000	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	ประตูเหล็กบานโค้ง จำนวน 3 บาน	
ขนาด	กว้าง 10 x สูง 9.50	
ระดับสันฝาย	+171.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	2,420	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.8.3-1

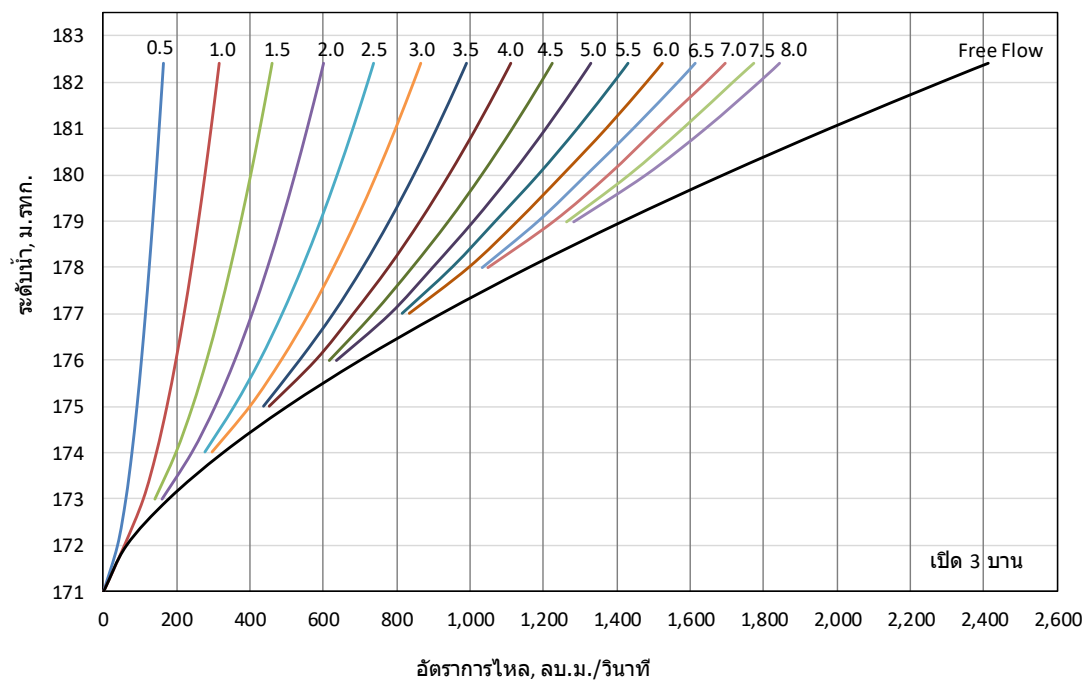


รูปที่ 4.8.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนศรีนครินทร์

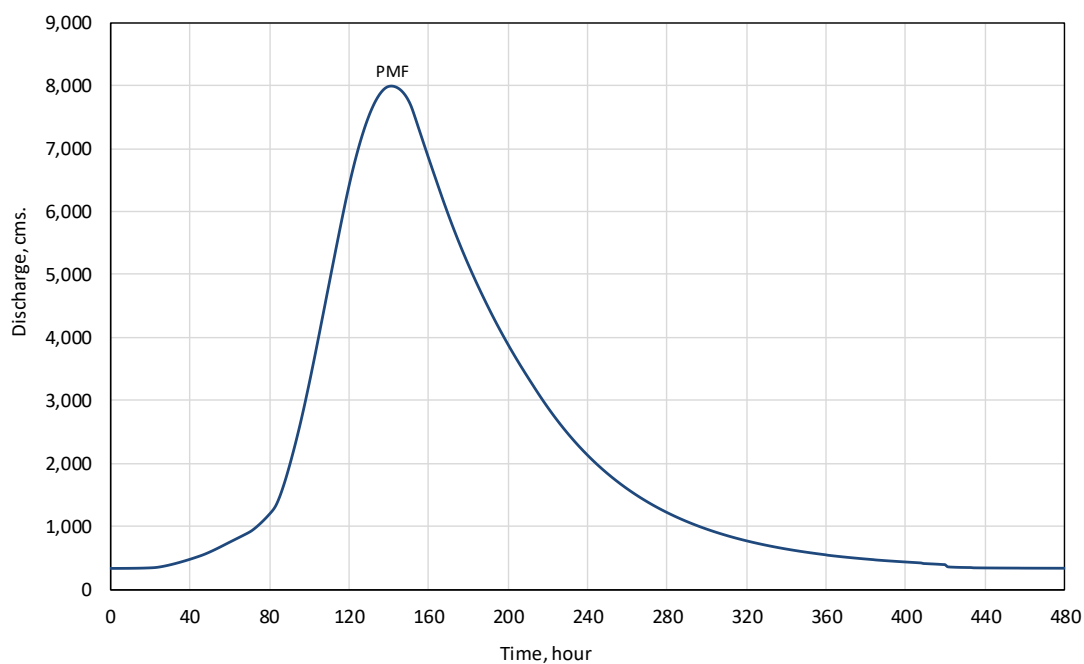
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนศรีนครินทร์ แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 3 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.8.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ จำกัดการระบายจากอ่างไม่เกิน 1,000 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

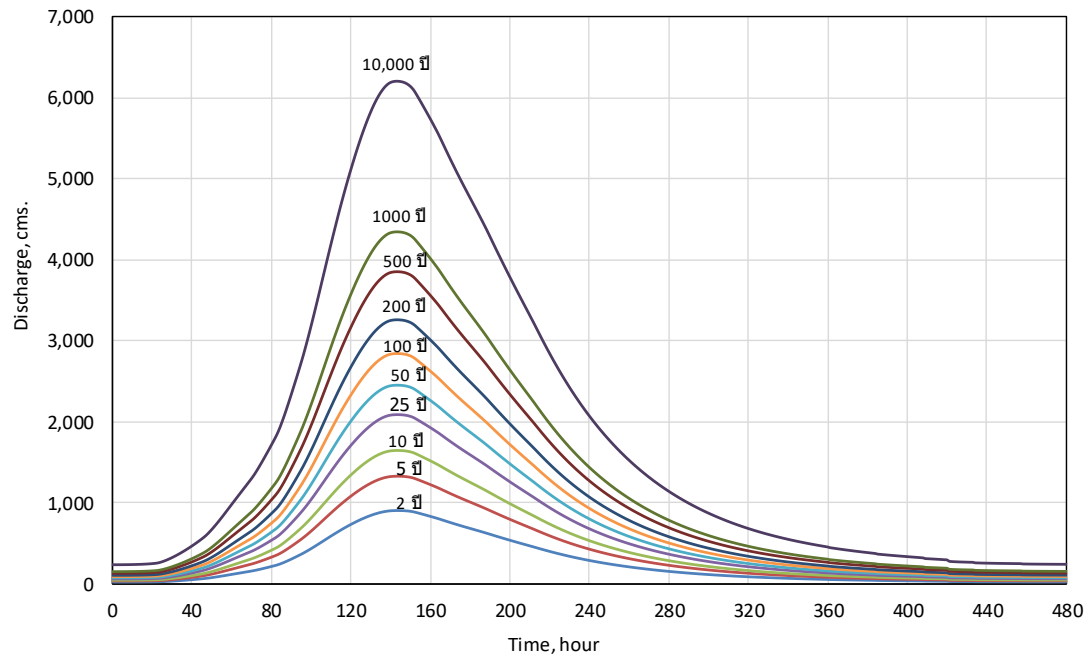
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.8.3-3 และ 4.8.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.8.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนศรีนครินทร์



รูปที่ 4.8.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนศรีนครินทร์



รูปที่ 4.8.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนศรีนครินทร์

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องมีความปลอดภัยเพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์จะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

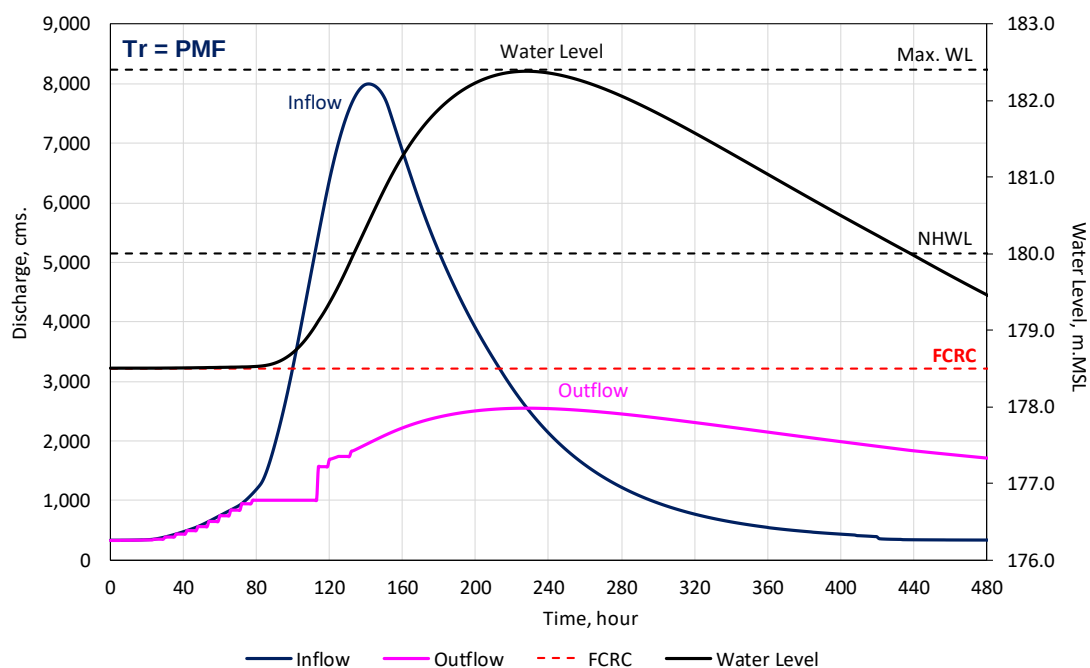
(3) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)

ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ได้มีการกำหนดเกณฑ์ควบคุมอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากเดือนกันยายนไว้ที่ระดับ 178.50 ม.รทก. ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้เดิมไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะทำให้การปรับลดระดับเกณฑ์ควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่ระดับน้ำเริ่มต้น 178.50 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 7,995 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 2,556 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 182.38 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 182.40 ม.รทก. อยู่ 0.02 เมตร ดังนั้นเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในปัจจุบันยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.8.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.8.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนศรีนครินทร์ระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 200 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 3,260 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 825 ลบ.ม.ต่อวินาที



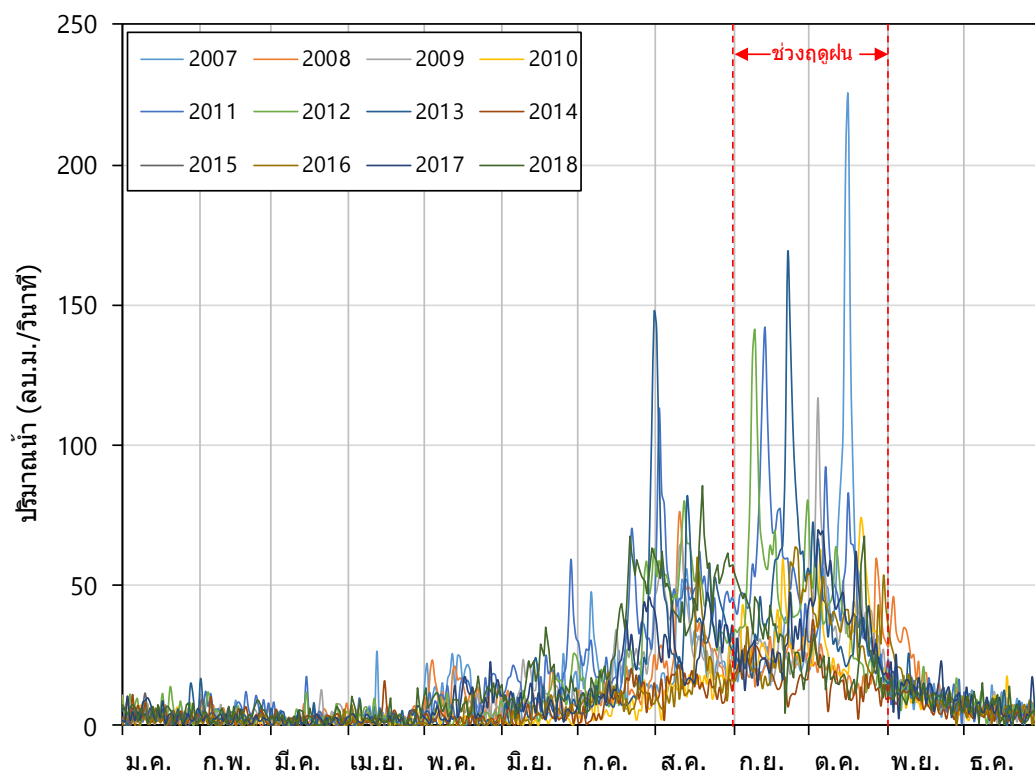
รูปที่ 4.8.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 178.50 ม.รทก.

ตารางที่ 4.8.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

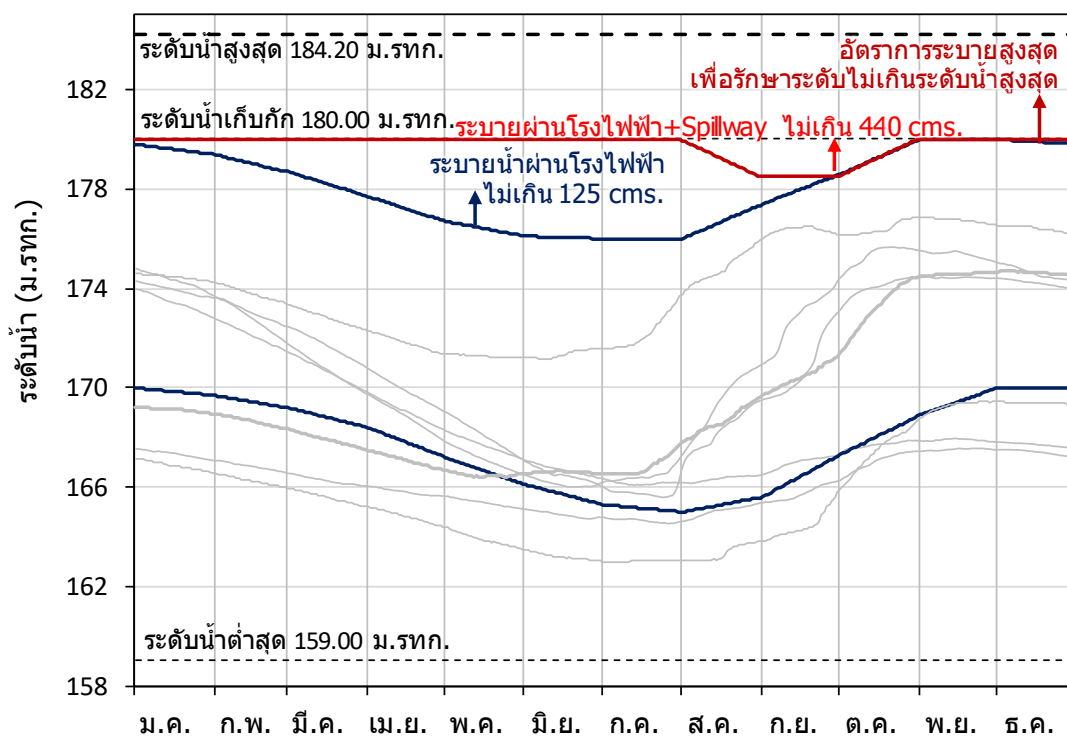
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	7,995	178.50	182.38	2,556
10,000	6,208	178.50	182.03	2,452
1,000	4,347	178.50	180.79	1,956
500	3,854	178.50	180.77	1,425
200	3,260	178.50	180.75	825
100	2,843	178.50	180.72	439
50	2,452	178.50	180.35	400
25	2,088	178.50	179.98	400
10	1,645	178.50	179.52	400
5	1,327	178.50	179.20	400
2	903	178.50	178.82	400

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนอุบลรัตน์ถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) ในการกำหนดเส้นควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.8.3-6 โดยเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากจะเริ่มต้นจากระดับเก็บกักน้ำปกติ (NHWL) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงต้นเดือนสิงหาคมจะเริ่มทำการลดระดับลงจนถึงระดับควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 178.50 ม.รทก. ในช่วงต้นเดือนกันยายน และรักษาระดับไว้ตลอดช่วงฤดูฝนจนถึงสิ้นเดือนกันยายน และจะปรับค่าระดับควบคุมให้สูงขึ้นโดยอาศัยรูปแบบการเก็บกักน้ำจากค่าสถิติในอดีตจนถึงระดับเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 180.00 ม.รทก. เมื่อสิ้นฤดูฝนในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายนตามวัตถุประสงค์การเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำ สามารถแสดงเกณฑ์เก็บกักน้ำเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ไว้ในรูปที่ 4.8.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตราไม่เกิน 125 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 178.50 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราไม่เกิน 440 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 180.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 440 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.8.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.8.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์

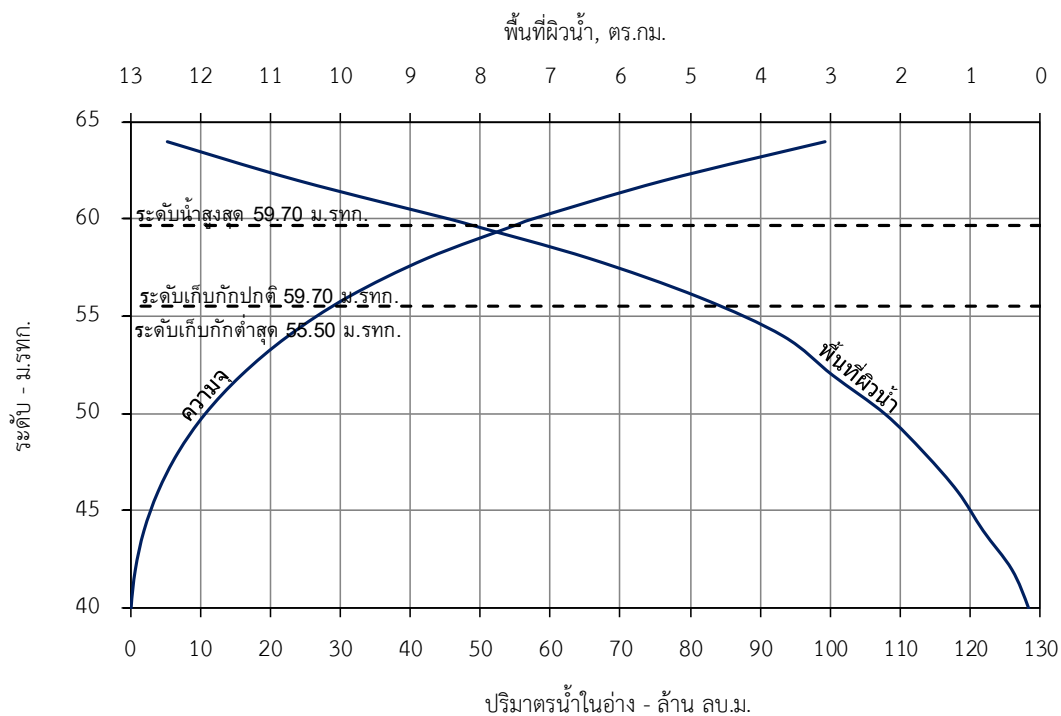
4.8.3.2 เชื้อนท่าทุ่งนา

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเชื้อนท่าทุ่งนา

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+59.70	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+59.70	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+55.50	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+62.00	ม.(รทก.)
ความจุอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	54.8	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	54.8	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	26.0	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	4,400	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	บานตรง กว้าง 11 ม. สูง 13 ม. จำนวน 4 บาน	
ประตูระบายทราย	กว้าง 11 ม. สูง 14.70 ม. จำนวน 1 บาน	
ระดับสันฝาย	+47.20	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	3,000	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.8.3-8

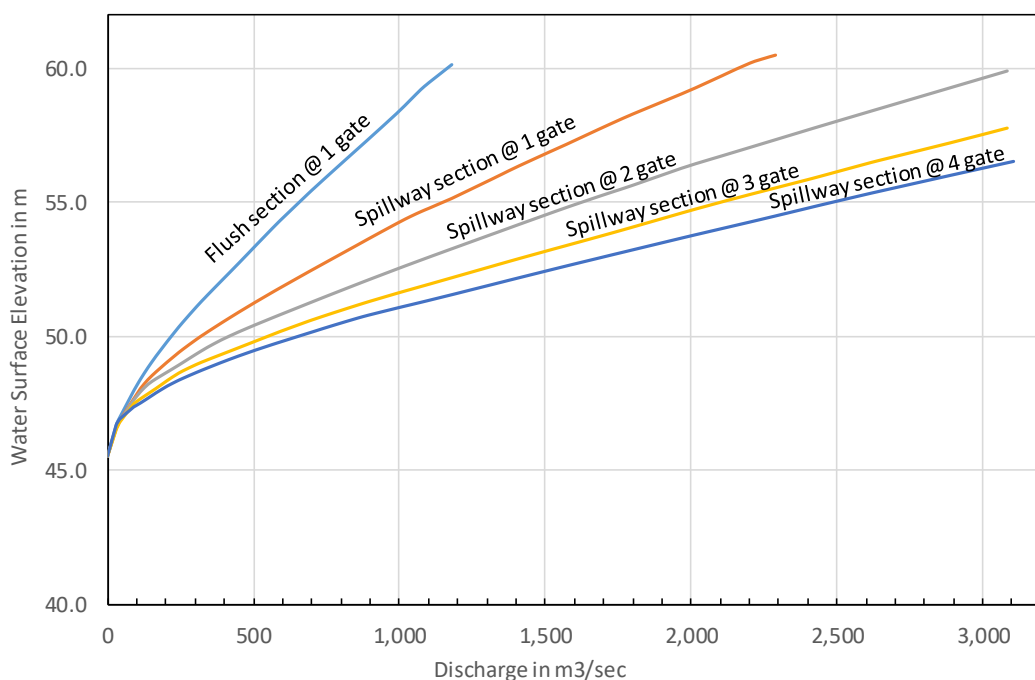


รูปที่ 4.8.3-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเชื้อนท่าทุ่งนา

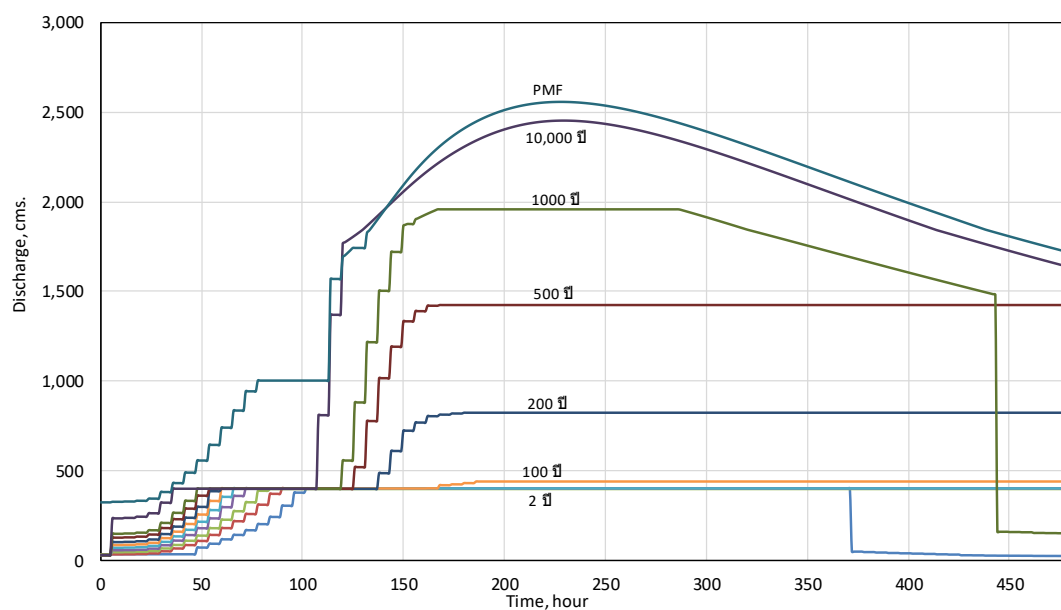
(3) **ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ** จากการทบทวนเอกสาร การใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนท่าทุ่งนา แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 4 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.8.3-9

(4) **ข้อจำกัดการระบายน้ำ** เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำที่อยู่ด้านท้ายเขื่อนท่าทุ่งนาจะต้องควบคุมปริมาณน้ำระบายจากอ่างฯ ไว้ไม่เกิน 440 ลบ.ม.ต่อวินาที

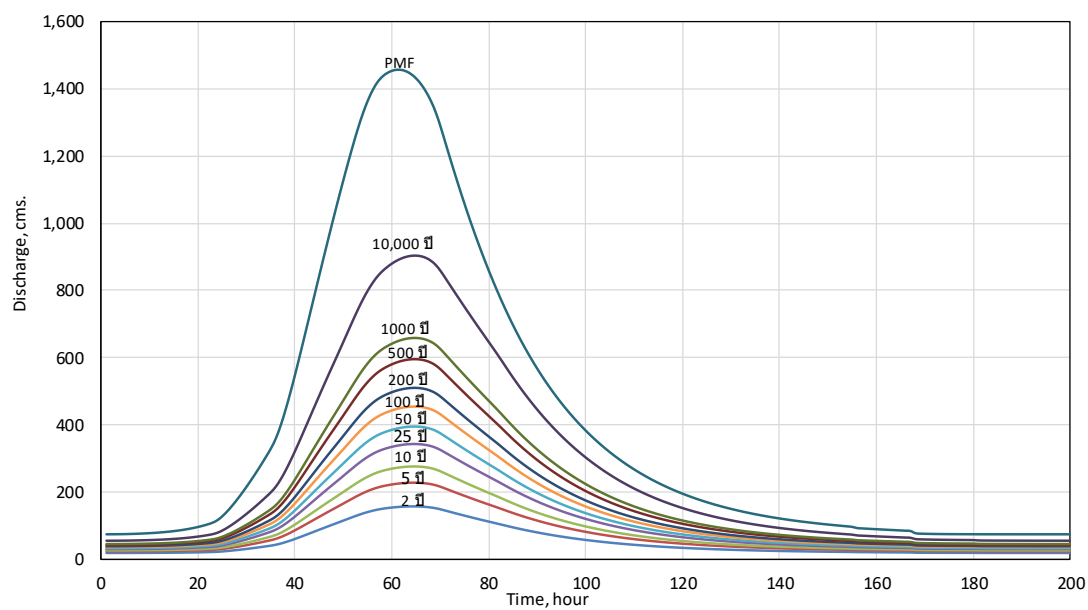
(5) **กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด** กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนท่าทุ่งนา เกิดจากปริมาณน้ำที่ระบายจากเขื่อนศรีนครินทร์ (รูปที่ 4.8.3-10) รวมกับปริมาณน้ำของพื้นที่รับน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา (รูปที่ 4.8.3-11) ดังแสดงกราฟปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ไหลเข้าเขื่อนท่าทุ่งนาดังรูปที่ 4.8.3-12 และ 4.8.3-13 ตามลำดับ



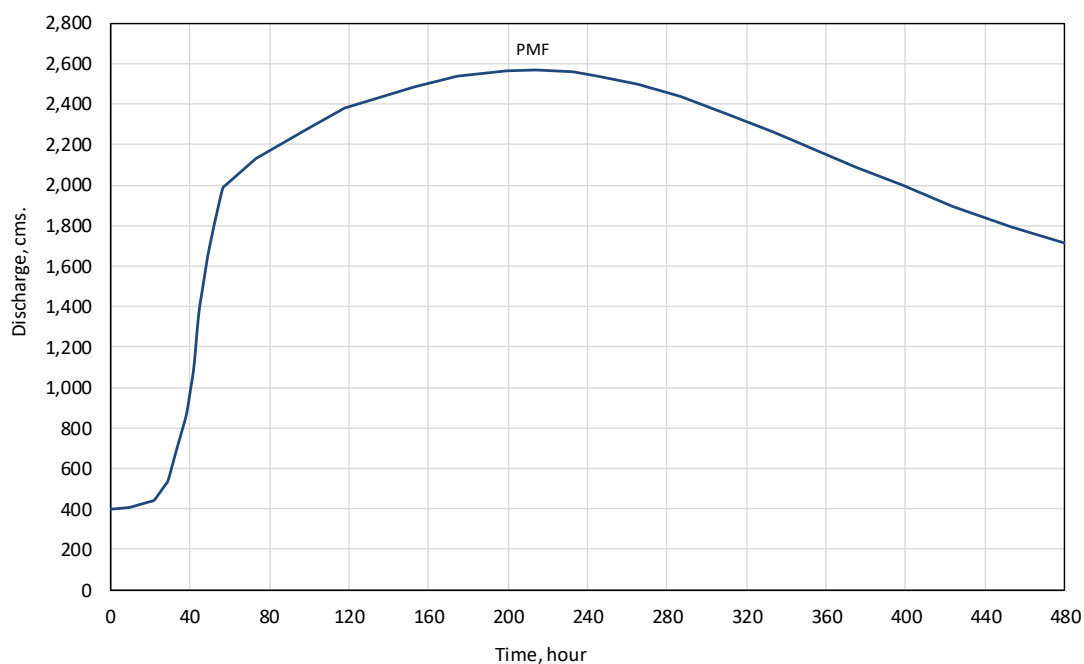
รูปที่ 4.8.3-9 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนท่าทุ่งนา



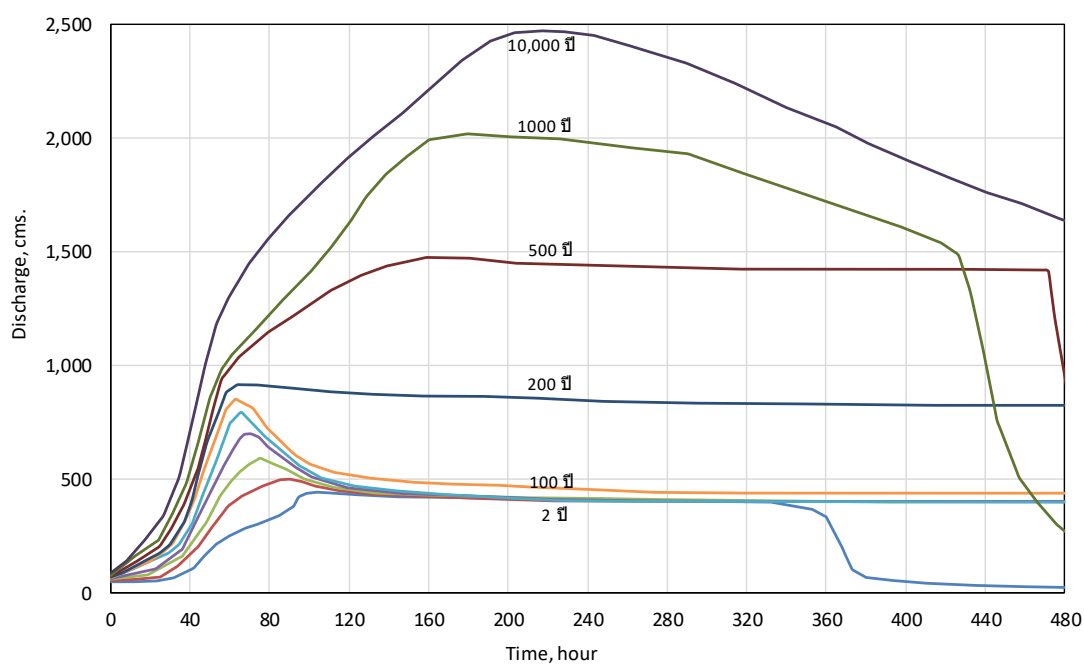
รูปที่ 4.8.3-10 กราฟปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนศรีนครินทร์



รูปที่ 4.8.3-11 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดเขื่อนท่าทุ่งนา



รูปที่ 4.8.3-12 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เชื่อนท่าทุ่งนา



รูปที่ 4.8.3-13 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนท่าทุ่งนา

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากที่ระบายออกจากเขื่อนศรีนครินทร์ร่วมกับปริมาณน้ำ

ไหลเข้าของเขื่อนท่าทุ่งนา และเพื่อศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีการศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องมีความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือเป็นไปได้อย่างสูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนาจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

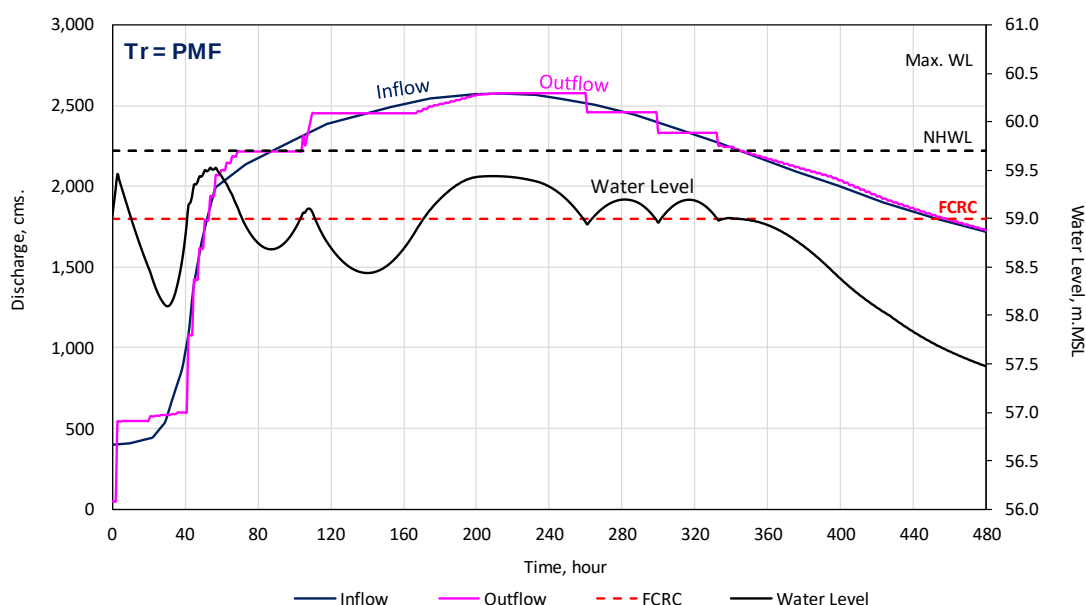
(3) **การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)** ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) **การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย** เขื่อนท่าทุ่งนาไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 59.70 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 59.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 2,572 ลบ.ม. ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 2,574 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 59.53 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 59.70 ม.รทก. อยู่ 0.17 เมตร ดังนั้นจึงกำหนดเกณฑ์เก็บ

กักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยไว้ที่ระดับ 59.00 ม.รทก. ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.8.3-14

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.8.3-2 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนท่าทุ่งนาระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 441 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 439 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.8.3-14 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 59.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.8.3-2 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนาที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

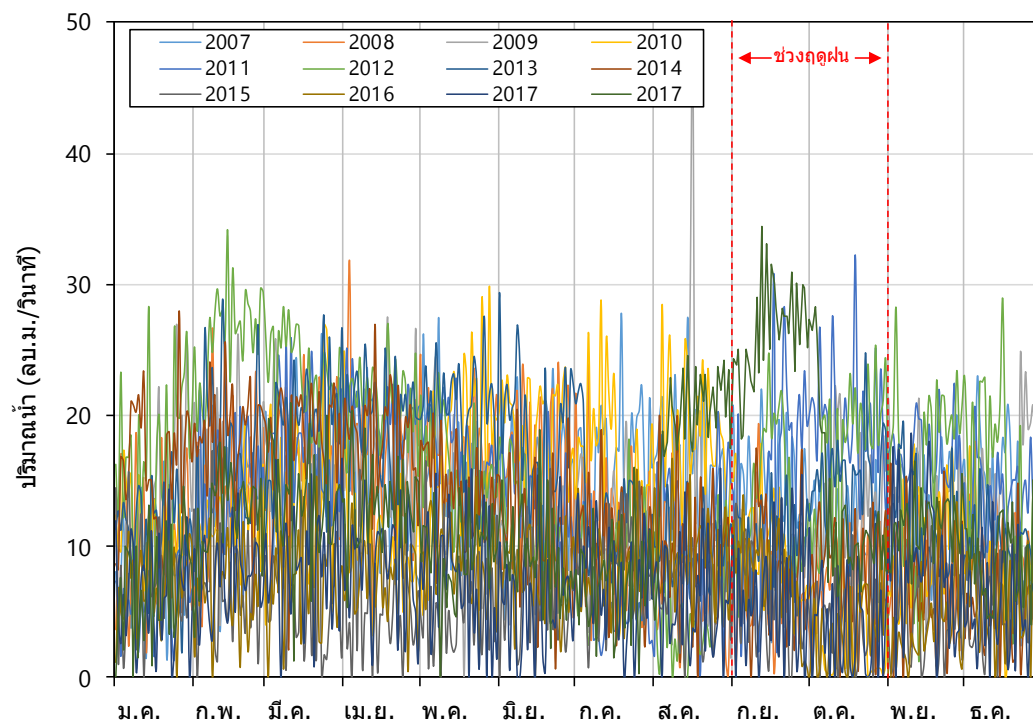
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	2,572	59.00	59.53	2,574
10,000	2,474	59.00	59.60	2,481
1,000	2,020	59.00	59.59	2,065
500	1,476	59.00	59.58	1,496
200	915	59.00	59.58	916
100	2,572	59.00	59.53	2,574
50	2,474	59.00	59.60	2,481

ตารางที่ 4.8.3-2 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนาที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ (ต่อ)

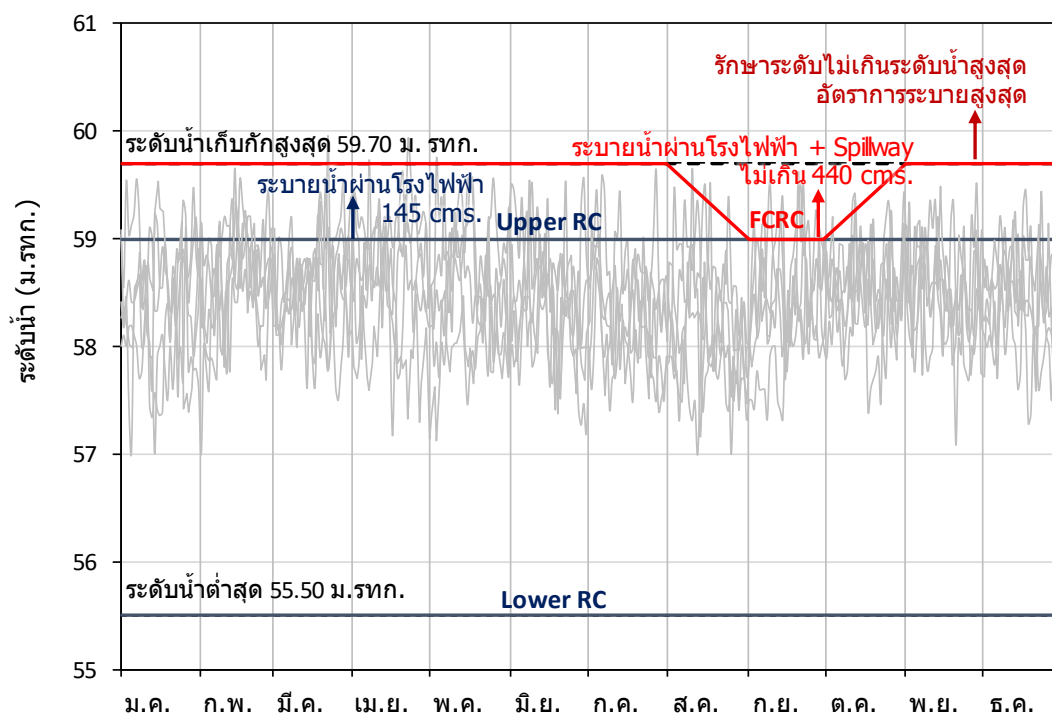
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
25	851	59.00	59.37	852
10	792	59.00	59.38	812
5	699	59.00	59.39	668
2	591	59.00	59.24	591

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนท่าทุ่งนาถูกออกแบบให้สามารถรองรับน้ำปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) ในการกำหนดเส้นควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา ดังแสดงในรูปที่ 4.8.3-15 โดยเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากจะเริ่มต้นจากระดับเก็บกักน้ำปกติ (NHWL) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงต้นเดือนสิงหาคมจะเริ่มทำการลดระดับลงจนถึงระดับควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 59.00 ม.รทก. ในช่วงต้นเดือนกันยายน และรักษาระดับไว้ตลอดช่วงฤดูฝนจนถึงสิ้นเดือนกันยายน และจะปรับค่าระดับควบคุมให้สูงขึ้นโดยอาศัยรูปแบบการเก็บกักน้ำจากค่าสถิติในอดีตจนถึงระดับเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 59.70 ม.รทก. เมื่อสิ้นฤดูฝนในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายนตามวัตถุประสงค์การเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำ สามารถแสดงเกณฑ์เก็บกักน้ำเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนาไว้ในรูปที่ 4.8.3-16 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตรา 145 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 59.00 ม.รทก. ในช่วงฤดูฝน ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราไม่เกิน 440 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 59.70 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 440 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.8.3-15 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำท่าทุ่งนา 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.8.3-16 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา

4.9 เชื้อนภูมิพล

4.9.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.9.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 42 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนภูมิพลได้ดังตารางที่ 4.9.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.9.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนภูมิพล

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน	สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน	สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
07013	0.009	07182	0.033	17032	0.014
07022	0.007	07222	0.008	17042	0.020
07032	0.021	07242	0.008	17052	0.041
07042	0.007	07252	0.020	17062	0.052
07052	0.020	07282	0.034	20012	0.000
07072	0.007	07472	0.044	20023	0.000
07082	0.014	07502	0.031	20032	0.026
07092	0.030	16022	0.000	20042	0.043
07112	0.037	16042	0.001	20062	0.007
07122	0.035	16062	0.008	63052	0.013
07132	0.066	16072	0.001	63062	0.002
07142	0.071	16214	0.000	63092	0.022
07152	0.075	17012	0.009	63132	0.032
07162	0.056	17022	0.048	63162	0.028

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนภูมิพล และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 42 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนภูมิพล

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 42 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนภูมิพล โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen

Weighting Factor) ในตารางที่ 4.9.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนภูมิพล ได้ดังตารางที่ 4.9.1-2

ตารางที่ 4.9.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนภูมิพล

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	67.24	93.95	111.63	133.98	150.56	167.00	183.40	205.02	221.38	275.65
2	91.49	124.92	147.07	175.05	195.81	216.41	236.94	264.03	284.50	352.45
3	107.19	145.67	171.17	203.35	227.24	250.94	274.57	305.74	329.29	392.39
4	119.79	162.40	190.62	226.28	252.72	278.99	305.15	339.65	365.74	452.34
5	130.66	176.16	206.27	244.36	272.59	300.62	328.54	365.40	393.24	485.69
6	140.70	189.41	221.68	262.44	292.68	322.70	352.60	392.05	421.87	520.87
7	150.57	203.28	238.18	282.27	314.98	347.45	379.81	422.49	454.74	561.85

4.9.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุก่อให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนภูมิพล สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนภูมิพล โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.9.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.9.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 7 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
456.72	560.55	594.52	618.29	626.28	660.25	684.02

4.9.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนภูมิพล เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่

4.9.2-1

ตารางที่ 4.9.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนภูมิพล

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	63062	90.0	25.98	-
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	63062	90.0	25.98	-
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	63062	90.0	25.98	-
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	63062	90.0	25.98	-
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	63062	90.0	25.98	-
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	63062	90.0	25.98	-
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	63062	90.0	25.98	-
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	63062	90.0	25.98	-
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	63062	90.0	25.98	-
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	63062	90.0	25.98	-
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	63062	90.0	25.98	-
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	63062	90.0	25.98	-

ตารางที่ 4.9.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนภูมิพล (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	85.71	70.56	1.21	83.33	94.10	0.89	96.94	100.00	0.97	100.00	97.10	1.03	1.07
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	85.71	88.35	0.97	83.33	90.00	0.93	96.94	78.20	1.24	100.00	100.00	1.00	1.11
3	142	พายุโซนร้อน IRA	85.71	71.22	1.20	83.33	104.20	0.80	96.94	100.00	0.97	100.00	98.30	1.02	0.95
4	099	พายุดีเปรสชัน	85.71	74.22	1.15	83.33	112.90	0.74	96.94	90.00	1.08	100.00	100.00	1.00	0.92
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	85.71	77.29	1.11	83.33	155.70	0.54	96.94	100.00	0.97	100.00	93.70	1.07	0.61
6	088	พายุดีเปรสชัน	85.71	74.23	1.15	83.33	138.60	0.60	96.94	91.70	1.06	100.00	100.00	1.00	0.73
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	85.71	75.69	1.13	83.33	121.00	0.69	96.94	82.80	1.17	100.00	100.00	1.00	0.91
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	85.71	70.08	1.22	83.33	104.40	0.80	96.94	86.20	1.12	100.00	100.00	1.00	1.10
9	021	พายุดีเปรสชัน	85.71	72.97	1.17	83.33	150.00	0.56	96.94	100.00	0.97	100.00	91.90	1.09	0.69
10	015	พายุดีเปรสชัน	85.71	72.94	1.18	83.33	100.00	0.83	96.94	73.40	1.32	100.00	100.00	1.00	1.29
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	85.71	76.57	1.12	83.33	103.90	0.80	96.94	100.00	0.97	100.00	97.80	1.02	0.89
12	100	พายุดีเปรสชัน	85.71	75.71	1.13	83.33	131.50	0.63	96.94	100.00	0.97	100.00	94.30	1.06	0.74

ตารางที่ 4.9.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนภูมิพล (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก๊รรวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	1.07	463.91	466.05	490.75	497.41	529.84	531.99	533.06
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.11	556.70	562.27	562.27	614.60	620.17	648.00	653.57
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	0.95	451.18	612.99	612.99	612.99	612.99	620.78	627.51
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	0.92	456.72	560.55	594.52	618.29	626.28	660.25	684.02
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.61	261.31	280.78	296.43	299.69	324.25	343.71	373.37
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.73	311.44	412.70	434.35	453.21	463.78	478.16	483.59
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	0.91	357.73	423.83	423.83	436.07	437.16	480.44	483.45
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.10	426.48	465.78	466.00	470.83	471.05	475.88	488.18
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.69	242.34	357.56	508.84	562.60	581.52	623.85	645.26
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	1.29	448.49	459.74	518.07	519.75	523.89	608.98	627.86
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	0.89	182.95	338.58	437.52	494.56	500.43	514.85	520.72
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.74	151.54	263.04	378.45	386.05	386.05	396.89	404.48

ตารางที่ 4.9.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนภูมิพล

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	22.58	33.26	40.91	51.16	59.22	67.61	76.27	88.31	97.91	132.22	219.08
2	31.80	45.78	55.79	69.19	79.73	90.69	102.00	117.73	130.25	175.00	278.33
3	38.71	55.46	67.47	83.51	96.13	109.27	122.82	141.65	156.64	202.44	306.73
4	43.26	61.83	75.14	92.93	106.92	121.48	136.49	157.36	173.98	233.38	318.99
5	47.19	67.07	81.30	100.35	115.32	130.90	146.96	169.29	187.06	250.58	323.11
6	50.81	72.12	87.38	107.78	123.82	140.51	157.72	181.64	200.68	268.73	340.64
7	54.38	77.40	93.88	115.92	133.25	151.29	169.89	195.74	216.31	289.87	352.90

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนภูมิพล ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก กรมชลประทาน (2552) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 0.5924 (LL_c / \sqrt{S})^{0.3108}$$

$$q_p/A = 2.094 (t_p)^{-1.0018}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของกลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นามาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนภูมิพลได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L _c	S _{avg}	S _{max}	q _p	t _p	t _r
26,386	476.44	227.81	0.00079	0.00271	668.48	82.00	24.00

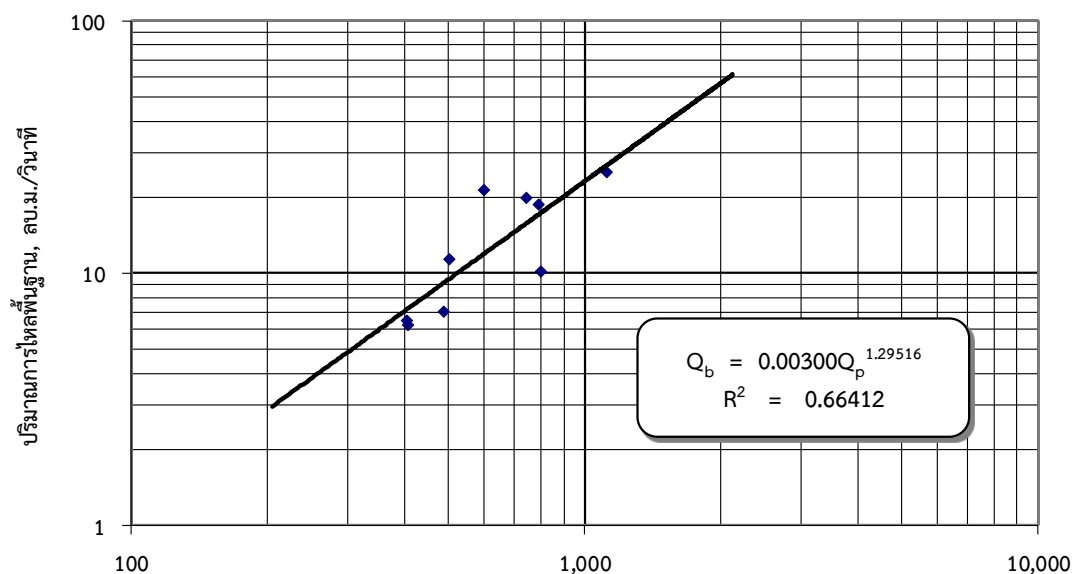
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.9.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 24.86459 Q_P^{0.34080}$$

- เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.9.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนภูมิพล

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.9.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 11,231.08 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลากเท่ากับ 6,836.76 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 375.54 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.9.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนภูมิพล

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	1,234.25	792.85	35.84
5	1,825.08	1,171.37	53.87
10	2,271.07	1,458.16	67.87
25	2,891.30	1,858.42	87.47
50	3,397.80	2,185.21	103.46
100	3,941.74	2,535.94	120.95
200	4,520.43	2,909.41	139.82
500	5,344.14	3,441.15	166.70
1,000	6,025.49	3,881.44	189.08
10,000	8,516.92	5,544.46	274.73
PMF	11,231.08	6,836.76	375.54

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีต พบว่า ในสมัยการออกแบบก่อสร้างเขื่อนภูมิพล ยังไม่มีการออกแบบ PMF โดยในการออกแบบปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นเมื่อครั้งก่อสร้างเขื่อนในปี พ.ศ. 2504 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.9.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ที่ได้จากการศึกษานี้ 6,025.5 ลบ.ม./วินาที มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,000.0 ลบ.ม./วินาที

อย่างไรก็ตามจากผลการทบทวนรายงานเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีการวิเคราะห์ PMF ไว้ในรายงานของ FAO (2000) พบว่า ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 11,231.1 ลบ.ม./วินาที มีค่าน้อยกว่าผลการศึกษาของ FAO (2000) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14,817.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 24.2

โดยรายงานการศึกษาของ FAO (2000) ได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุฝนวันที่ 15-17 พฤษภาคม 2521 ที่เกิดบริเวณ อำเภอสามเงา จังหวัดตาก แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่าการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุดีเปรสชัน รหัสน 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.9.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนภูมิพล

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	1,234.3	1,825.1	2,271.1	2,891.3	3,397.8	3,941.7	4,520.4	5,344.1	6,025.5	8,516.9	11,231.1
V _T	792.9	1,171.4	1,458.2	1,858.4	2,185.2	2,535.9	2,909.4	3,441.1	3,881.4	5,544.5	6,836.8
Q _B	35.8	53.9	67.9	87.5	103.5	121.0	139.8	166.7	189.1	274.7	375.5
2. การศึกษาเดิม (ปี 2504)											
Q _p	1,460.3	2,103.4	2,576.7	3,066.9	3,751.9	4,309.9	4,898.7	5,736.6	6,000.0	8,947.2	14,817.0
V _T	740.5	1,050.2	1,277.9	1,589.9	1,841.9	2,109.6	2,391.5	2,792.1	7,669.7	4,325.1	7,028.5
Q _B	137.2	195.3	237.6	295.3	341.7	390.8	442.3	515.3	700.0	792.1	1,000.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาณน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

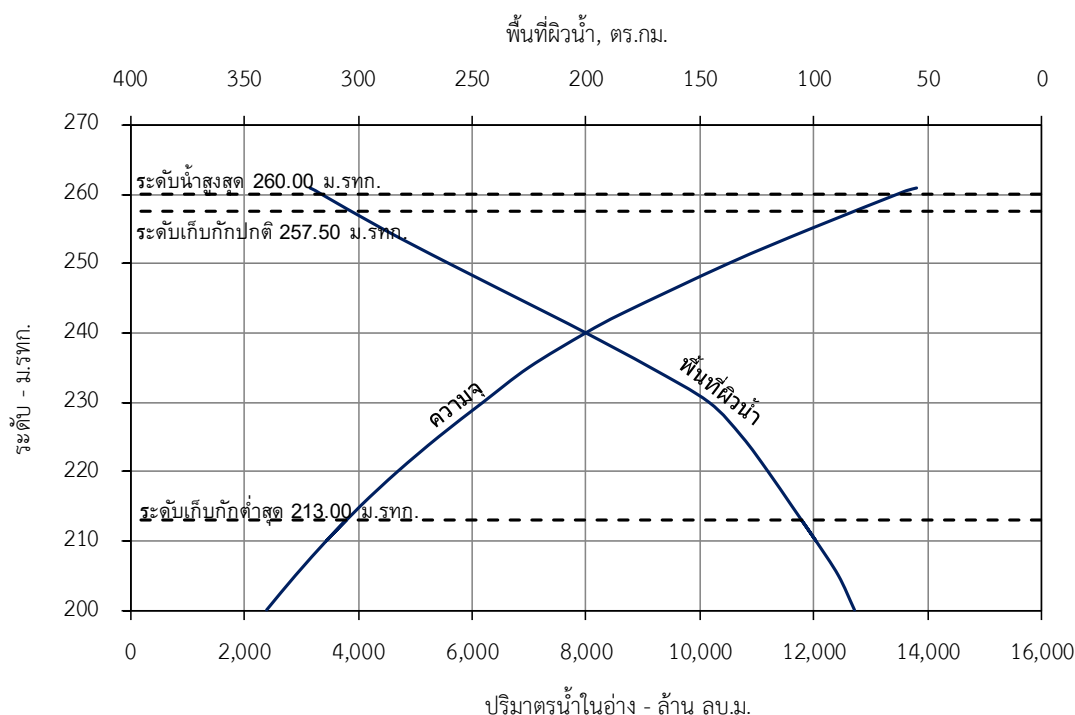
4.9.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเชื่อนภูมิพล

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+260.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+260.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+213.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+261.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	13,462	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	13,462	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	3,800	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	6,759.2	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	ชนิด Radial Gate จำนวน 4 บาน	
ขนาด	11.0 x 17.4 ม.	
ระดับสันฝาย	+242.90	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	6,000	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.4.3-1

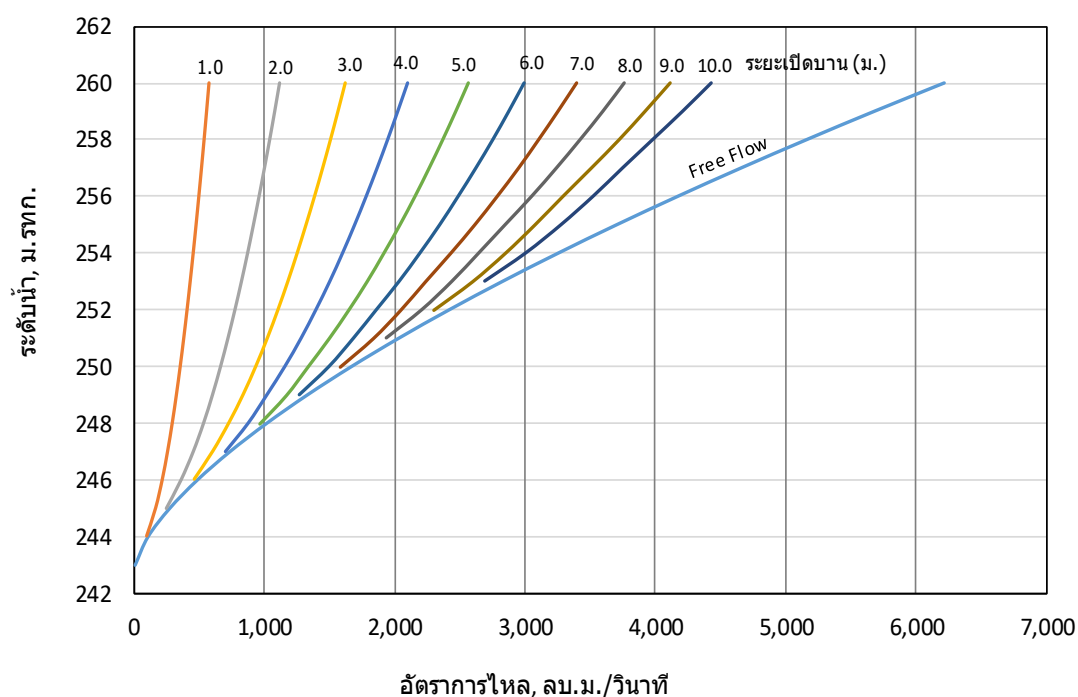


รูปที่ 4.9.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนภูมิพล

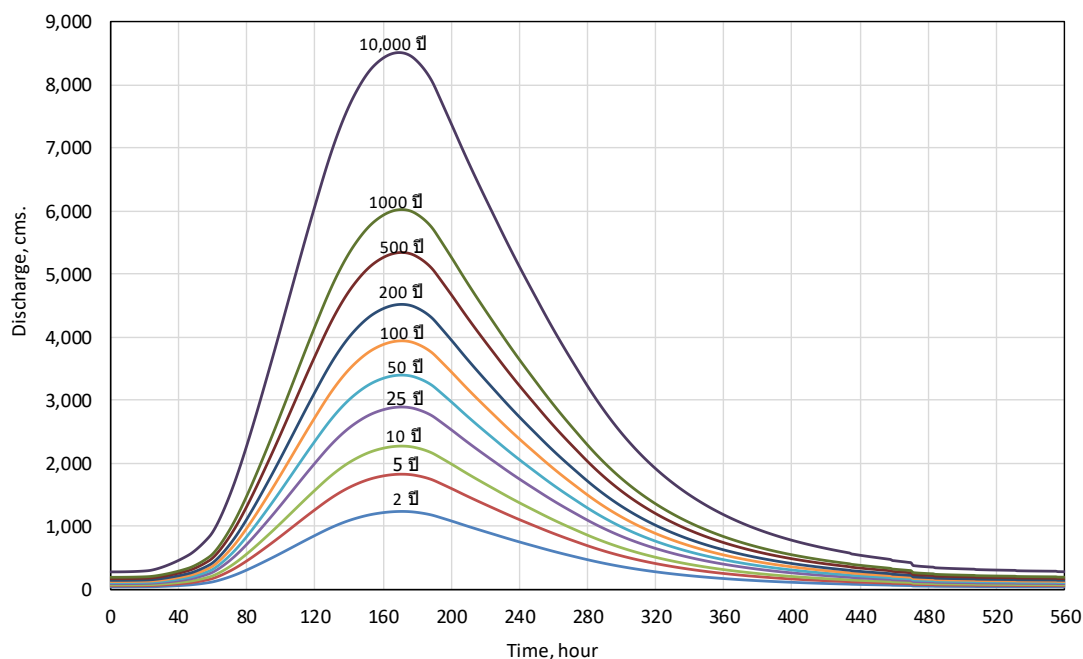
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนภูมิพล แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 4 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.9.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ ในสถานการณ์ปกติจะควบคุมการระบายจากอ่างไว้ไม่เกิน 700 ลบ.ม.ต่อวินาที เมื่อรวมกับแม่น้ำวัง น้ำห้วยตาก และห้วยแม่ท้อ ที่สถานี P.21 ของกรมชลประทาน ปริมาณน้ำรวมต้องไม่เกิน 1,200 ลบ.ม./วินาที

(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.9.3-3



รูปที่ 4.9.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.9.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนภูมิพล

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี ตามเกณฑ์การออกแบบอาคารระบายน้ำล้น และเพื่อศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ ซึ่งเขื่อนภูมิพลใช้ปริมาณน้ำหลากที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสถานะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อน

ตัวปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

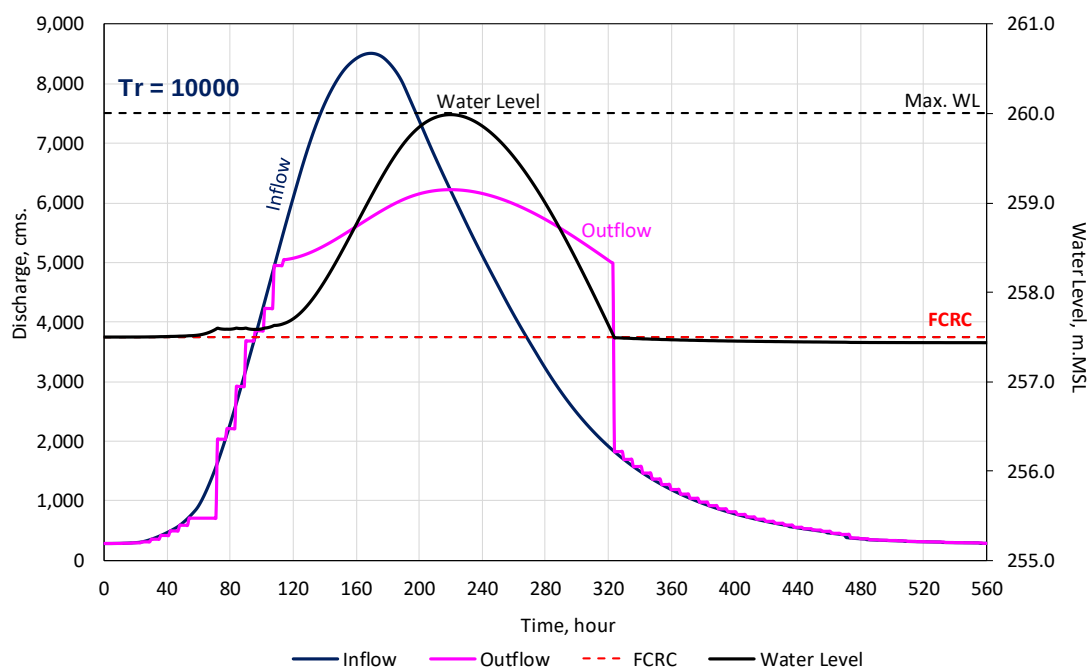
(3) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)

ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย เขื่อนภูมิพลไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 260.00 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะทำให้การปรับลดระดับควบคุมลงมาถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ถ้ากำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 257.50 ม.รทก. จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 10,000 ปี เท่ากับ 8,517 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 6,218 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 259.99 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 260.00 ม.รทก. อยู่ 0.01 เมตร จากผลการศึกษาดังกล่าว จึงกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี ที่ระดับ 257.50 ม.รทก. ในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.9.3-4

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ตั้งแต่ 2-10,000 ปี โดยควบคุมการระบายน้ำออกไว้ไม่เกิน 700 ลบ.ม.ต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.9.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย เขื่อนภูมิพลจะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 1,825 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 579 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.9.3-4 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 257.50 ม.รทก.

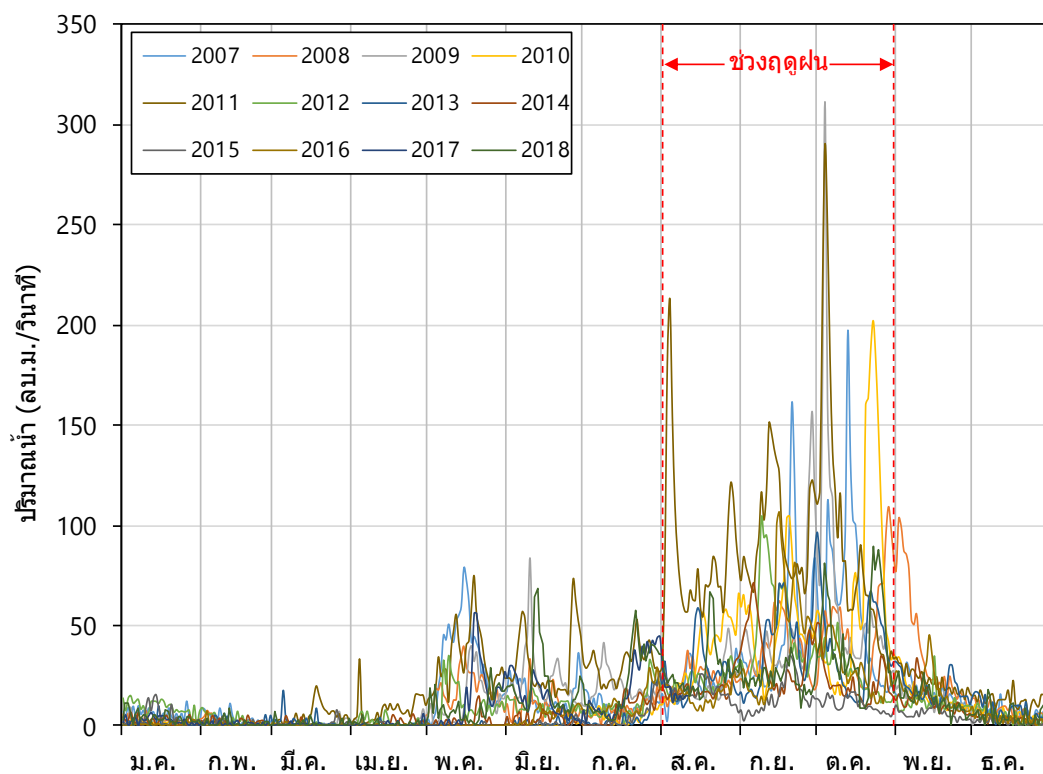
ตารางที่ 4.9.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
10,000	8,517	257.50	259.99	6,218
1,000	6,025	257.50	258.08	5,258
500	5,344	257.50	259.63	4,669
200	4,520	257.50	259.60	3,672
100	3,942	257.50	259.58	2,968
50	3,398	257.50	259.56	2,315
25	2,891	257.50	259.53	1,730
10	2,271	257.50	259.50	1,012
5	1,825	257.50	259.39	579
2	1,234	257.50	258.79	300

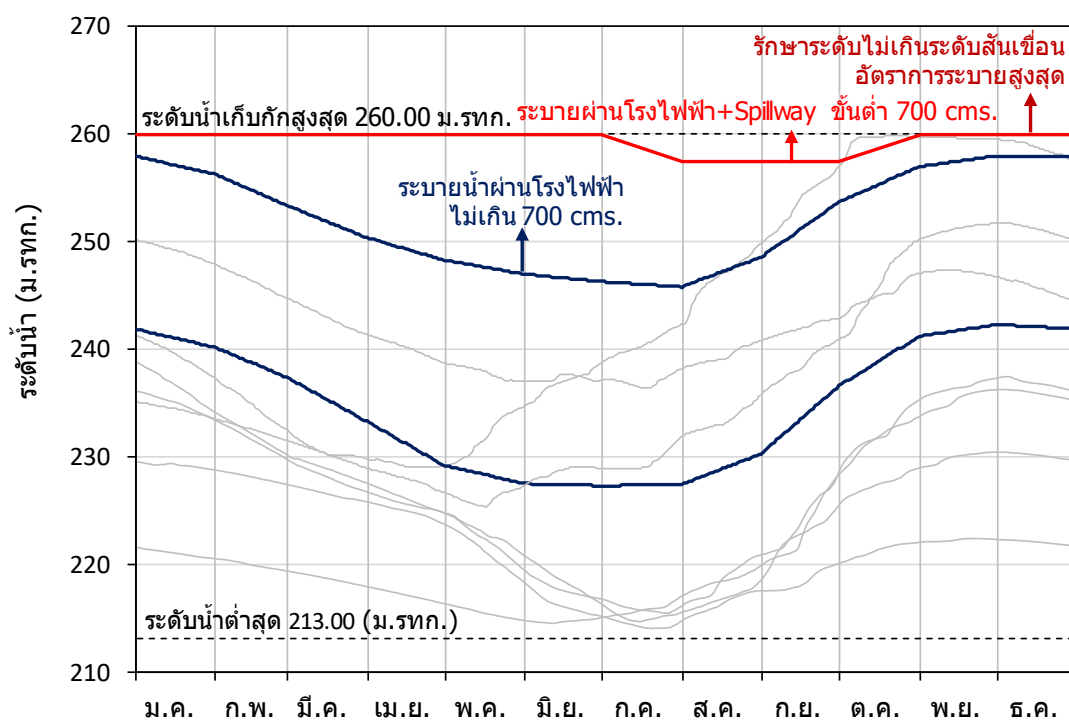
(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก

(USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนภูมิพลถูกออกแบบให้สามารถรองรับน้ำปริมาณน้ำหลากรอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี โดยไม่ได้มีการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก แต่จากผลการศึกษา หากกำหนดระดับควบคุมไว้ที่ระดับ 257.50 ม.รทก. เขื่อนภูมิพลสามารถที่รองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี โดยในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ดังแสดงในรูปที่ 4.9.3-5 โดยเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากจะเริ่มต้นจากระดับเก็บกักน้ำปกติ (NHWL) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงต้นเดือนกรกฎาคมจะเริ่มทำการลดระดับลงจนถึงระดับควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 257.50 ม.รทก. ในช่วงต้นเดือนสิงหาคม และรักษาระดับไว้ตลอดช่วงฤดูฝนจนถึงสิ้นเดือนกันยายน และจะปรับค่าระดับควบคุมให้สูงขึ้นโดยอาศัยรูปแบบการเก็บกักน้ำจากค่าสถิติในอดีตจนถึงระดับเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 260.00 ม.รทก. เมื่อสิ้นฤดูฝนในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายนตามวัตถุประสงค์การเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำ สามารถแสดงเกณฑ์เก็บกักน้ำเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลไว้ในรูปที่ 4.9.3-6 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตราไม่เกิน 700 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 257.50 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 700 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 260.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นเต็มความสามารถเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำสูงกว่าระดับสันเขื่อน



รูปที่ 4.9.3-5 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.9.3-6 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

4.10 เชื่อนสิริกิติ์

4.10.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.10.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 28 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์ได้ดังตารางที่ 4.10.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน	สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน	สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
28013	0.020	28142	0.037	70072	0.020
28022	0.016	28152	0.031	70151	0.031
28032	0.050	28164	0.025	70192	0.028
28042	0.008	28172	0.046	70202	0.030
28053	0.050	40043	0.058	70232	0.040
28062	0.015	40072	0.056	73022	0.061
28073	0.027	40111	0.062	73032	0.076
28102	0.008	70022	0.054	73062	0.042
28111	0.018	70032	0.033		
28131	0.028	70062	0.029		

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์ และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 28 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนสิริกิติ์

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 28 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิริกิติ์ โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.10.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ได้ดังตารางที่ 4.10.1-2

ตารางที่ 4.10.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำผืนเหนือเขื่อนสิริกิติ์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	86.03	116.41	136.54	161.96	180.82	199.53	218.18	242.81	261.40	323.15
2	112.95	151.12	176.38	208.31	231.98	255.50	278.92	309.82	333.16	410.70
3	129.21	171.08	198.77	233.80	259.76	285.55	311.24	345.13	370.75	448.27
4	143.17	188.81	219.04	257.22	285.54	313.66	341.68	378.66	406.58	499.32
5	156.14	204.54	236.60	277.10	307.15	336.97	366.69	405.87	435.50	533.87
6	167.91	219.46	253.62	296.75	328.74	360.52	392.15	433.92	465.48	570.25
7	179.02	233.39	269.39	314.84	348.60	382.08	415.45	459.48	492.73	603.19

4.10.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์ สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิริกิติ์ โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.10.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.10.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 7 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
485.90	596.37	632.50	657.80	666.30	702.43	727.73

4.10.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟกเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิริกิติ์ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่

4.10.2-1

ตารางที่ 4.10.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิริกิติ์

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	70151	90.0	26.65	-
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	70151	90.0	26.65	-
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	70151	90.0	26.65	-
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	70151	90.0	26.65	-
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	70151	90.0	26.65	-
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	70151	90.0	26.65	-
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	70151	90.0	26.65	-
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	70151	90.0	26.65	-
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	70151	90.0	26.65	-
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	70151	90.0	26.65	-
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	70151	90.0	26.65	-
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	70151	90.0	26.65	-

ตารางที่ 4.10.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิริกิติ์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	90.85	70.56	1.29	98.38	94.10	1.05	82.41	100.00	0.82	100.00	97.10	1.03	1.14
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	90.85	88.35	1.03	98.38	90.00	1.09	82.41	78.20	1.05	100.00	100.00	1.00	1.18
3	142	พายุโซนร้อน IRA	90.85	71.22	1.28	98.38	104.20	0.94	82.41	100.00	0.82	100.00	98.30	1.02	1.01
4	099	พายุดีเปรสชัน	90.85	74.22	1.22	98.38	112.90	0.87	82.41	90.00	0.92	100.00	100.00	1.00	0.98
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	90.85	77.29	1.18	98.38	155.70	0.63	82.41	100.00	0.82	100.00	93.70	1.07	0.65
6	088	พายุดีเปรสชัน	90.85	74.23	1.22	98.38	138.60	0.71	82.41	91.70	0.90	100.00	100.00	1.00	0.78
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	90.85	75.69	1.20	98.38	121.00	0.81	82.41	82.80	1.00	100.00	100.00	1.00	0.97
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	90.85	70.08	1.30	98.38	104.40	0.94	82.41	86.20	0.96	100.00	100.00	1.00	1.17
9	021	พายุดีเปรสชัน	90.85	72.97	1.25	98.38	150.00	0.66	82.41	100.00	0.82	100.00	91.90	1.09	0.73
10	015	พายุดีเปรสชัน	90.85	72.94	1.25	98.38	100.00	0.98	82.41	73.40	1.12	100.00	100.00	1.00	1.38
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	90.85	76.57	1.19	98.38	103.90	0.95	82.41	100.00	0.82	100.00	97.80	1.02	0.95
12	100	พายุดีเปรสชัน	90.85	75.71	1.20	98.38	131.50	0.75	82.41	100.00	0.82	100.00	94.30	1.06	0.78

ตารางที่ 4.10.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนสิริกิติ์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	1.14	493.55	495.83	522.11	529.19	563.70	565.98	567.12
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.18	592.27	598.20	598.20	653.87	659.79	689.41	695.33
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	1.01	480.01	652.16	652.16	652.16	652.16	660.44	667.61
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	0.98	485.90	596.37	632.50	657.80	666.30	702.43	727.73
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.65	278.01	298.72	315.38	318.84	344.97	365.67	397.23
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.78	331.34	439.07	462.11	482.17	493.41	508.71	514.49
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	0.97	380.59	450.91	450.91	463.93	465.10	511.14	514.34
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.17	453.74	495.55	495.78	500.92	501.15	506.29	519.37
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.73	257.83	380.41	541.36	598.55	618.68	663.72	686.49
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	1.38	477.15	489.12	551.17	552.96	557.36	647.89	667.98
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	0.95	194.64	360.21	465.48	526.16	532.41	547.75	553.99
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.78	161.23	279.85	402.63	410.71	410.71	422.25	430.33

ตารางที่ 4.10.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	34.85	49.72	60.36	74.60	85.80	97.45	109.47	126.18	139.47	187.00	281.18
2	45.90	64.74	78.23	96.26	110.43	125.18	140.38	161.51	178.32	238.42	346.20
3	54.26	75.74	91.10	111.65	127.78	144.58	161.88	185.92	205.06	268.92	379.44
4	60.12	83.59	100.39	122.83	140.46	158.81	177.71	203.99	224.88	299.54	394.61
5	65.57	90.56	108.44	132.32	151.09	170.61	190.72	218.65	240.88	320.27	399.71
6	70.51	97.16	116.24	141.70	161.71	182.54	203.96	233.76	257.46	342.09	421.39
7	75.17	103.33	123.47	150.34	171.48	193.46	216.08	247.53	272.53	361.86	436.57

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก กรมชลประทาน (2552) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 4.4121 (LL_c / \sqrt{S})^{0.156}$$

$$q_p/A = 16.160 (t_p)^{-1.6074}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนสิริกิติ์ได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L _c	S _{avg}	S _{max}	q _p	t _p	t _r
13,130	406.35	171.91	0.00075	0.00246	450.81	46.00	24.00

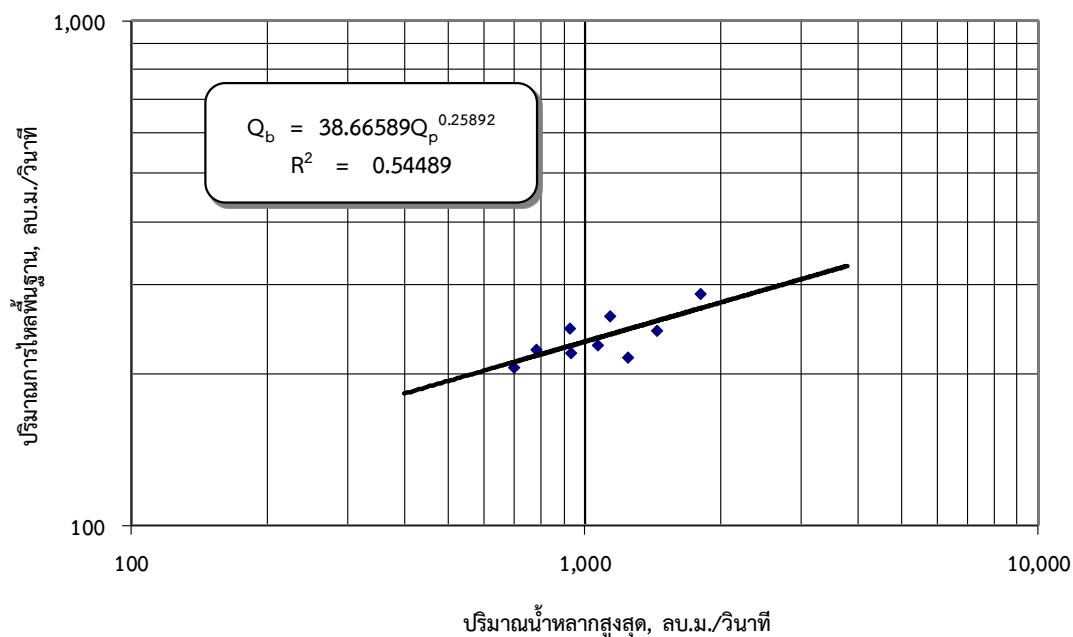
- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.10.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 38.66589 Q_P^{0.25892}$$

- เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)
 Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.10.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิริกิติ์

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.10.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 11,761.43 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 4,442.90 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 433.55 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.10.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนสิริกิติ์

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	1,523.96	899.39	246.40
5	2,121.97	1,151.27	271.21
10	2,568.70	1,334.71	286.34
25	3,184.57	1,583.79	304.12
50	3,684.99	1,782.07	314.64
100	4,222.58	1,997.16	328.81
200	4,792.85	2,222.07	340.44
500	5,599.65	2,535.05	355.18
1,000	6,265.85	2,792.90	366.17
10,000	8,732.28	3,752.05	400.40
PMF	11,761.43	4,442.90	433.55

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2511 แสดงไว้ในตารางที่ 4.10.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 11,761.4 ลบ.ม./วินาที มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 10,500.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 12.0 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่แตกต่างกันดังนี้

การออกแบบเขื่อนสิริกิติ์ ได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุไต้ฝุ่น TILDA รหัส 038 วันที่ 22-24 กันยายน 2507 ซึ่งพายุฝนลูกดังกล่าวในการศึกษานี้รวมไว้ในกลุ่มพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย และได้นำมาศึกษาประเมิน PMP สำหรับเขื่อนสิริกิติ์ไว้แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.10.1-3 ซึ่งพบว่าพายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่า PMP ที่สูงกว่าพายุฝนลูกดังกล่าว จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.10.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนสิริกิติ์

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	1,524.0	2,122.0	2,568.7	3,184.6	3,685.0	4,222.6	4,792.8	5,599.6	6,265.8	8,732.3	11,761.4
V _T	899.4	1,151.3	1,334.7	1,583.8	1,782.1	1,997.2	2,222.1	2,535.0	2,792.9	3,752.1	4,442.9
Q _B	246.4	271.2	286.3	304.1	314.6	328.8	340.4	355.2	366.2	400.4	433.6
2. การศึกษาเดิม (ปี 2511)											
Q _p	1,640.7	2,372.7	2,871.4	3,359.4	3,982.2	4,417.3	4,873.2	5,455.3	6,661.4	8,454.1	10,500.0
V _T	1,034.2	1,283.2	1,451.8	1,616.2	1,825.5	1,971.2	2,123.7	2,318.3	2,724.8	3,323.2	4,332.5
Q _B	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	1,000.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 V_T หมายถึง ปริมาณน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
 Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

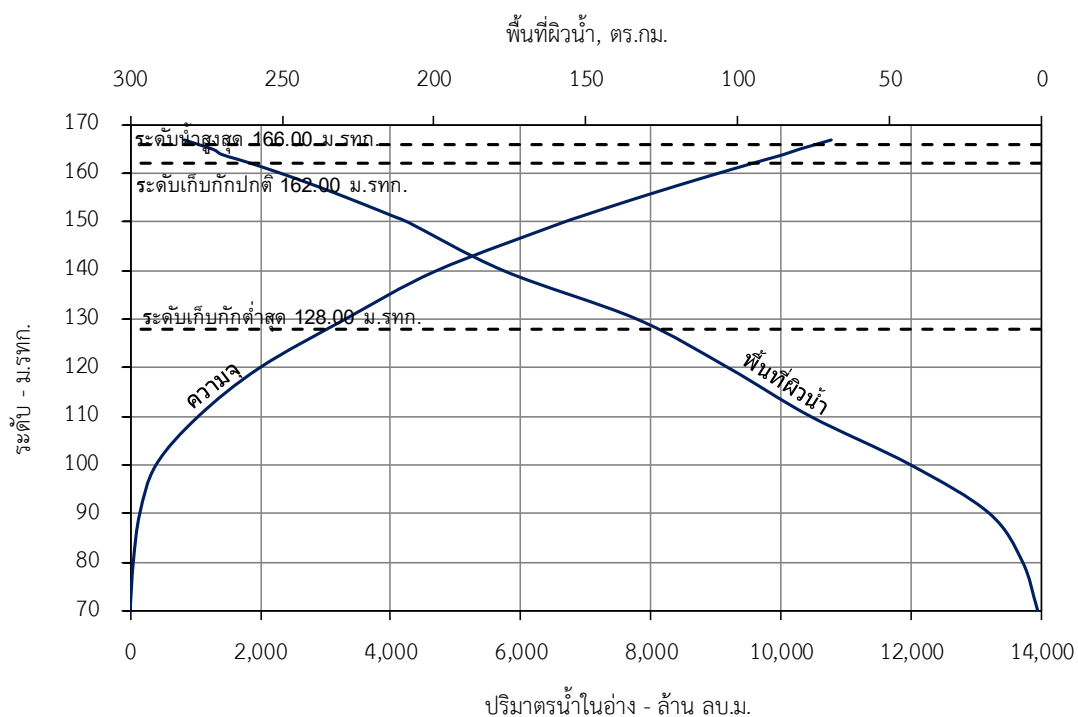
4.10.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำฝนและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนสิริกิติ์

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+166.00	ม. รทก.
ระดับเก็บกักปกติ	+162.00	ม. รทก.
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+120.00	ม. รทก.
ระดับสันเขื่อน	+169.00	ม. รทก.
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	10,508	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	9,510	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	2,000	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	5,756.3	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำฝน		
ประตูละบายน้ำ	ประตูละบายน้ำ 2 บาน	
	แต่ละบานมีขนาดกว้าง 11.85 ม. สูง 15.00 ม.	
ระดับสันฝาย	+150.16	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	3,250	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.10.3-1

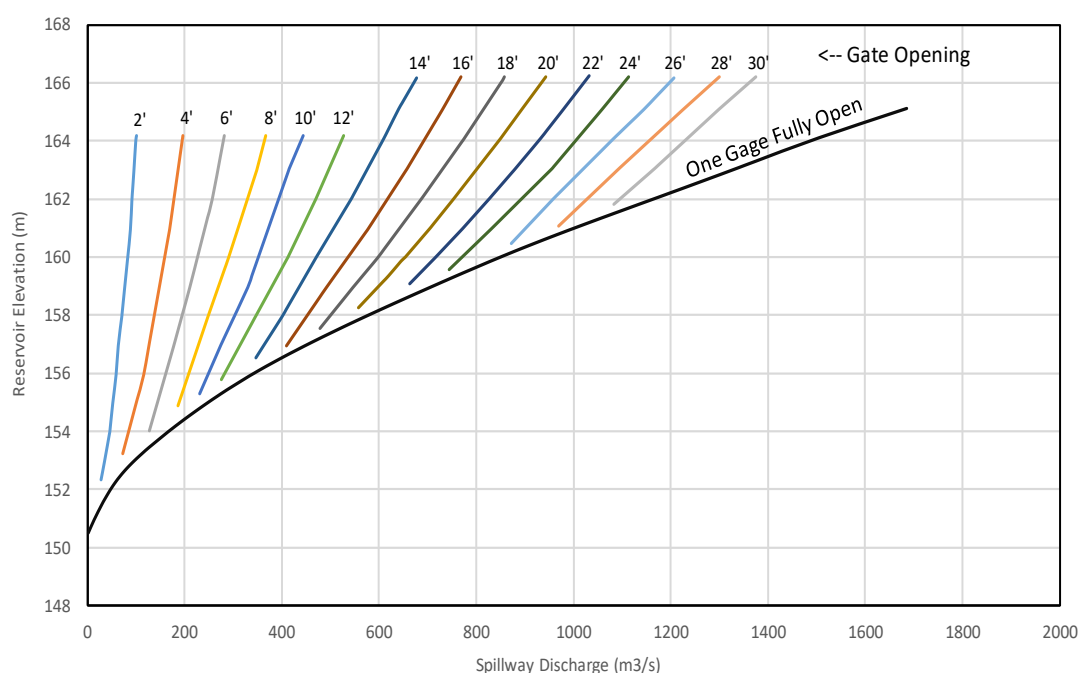


รูปที่ 4.10.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนสิริกิติ์

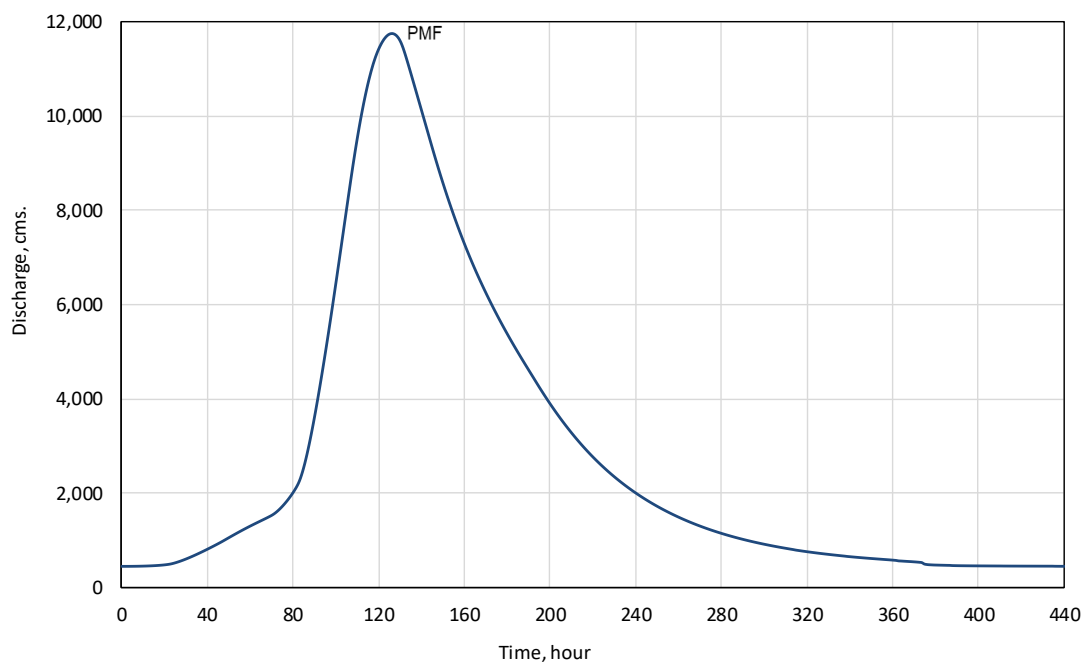
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนสิริกิติ์ แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 2 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.10.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ จำกัดการระบายจากอ่างไม่เกิน 800 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

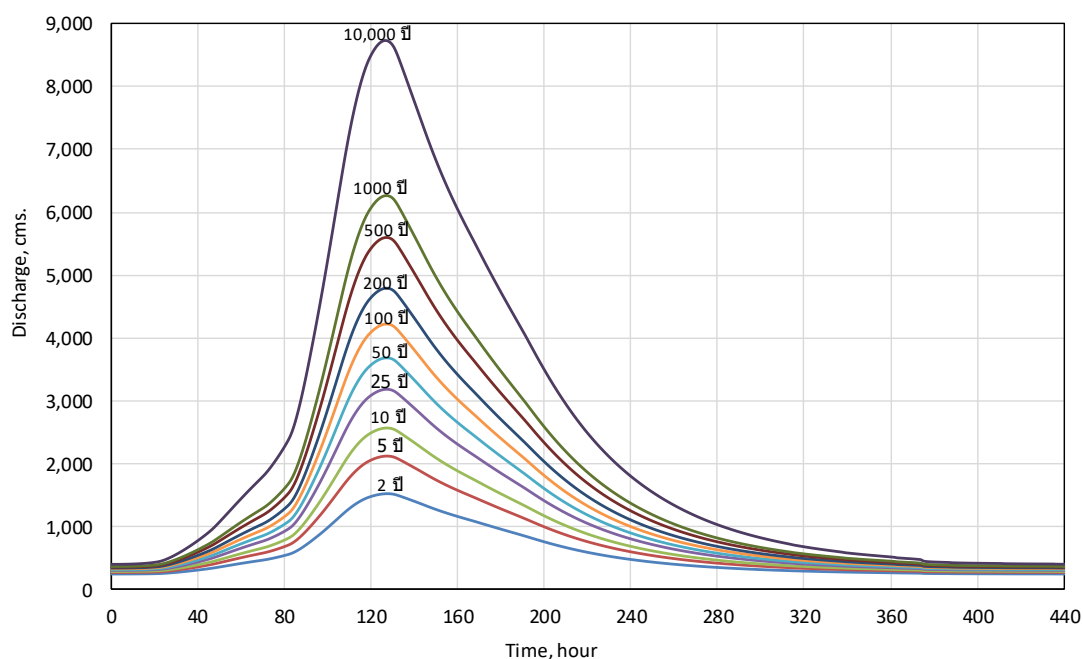
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.10.3-3 และ 4.10.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.10.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 4.10.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เชื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 4.10.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนสิริกิติ์

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษาความสามารถใน

การรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

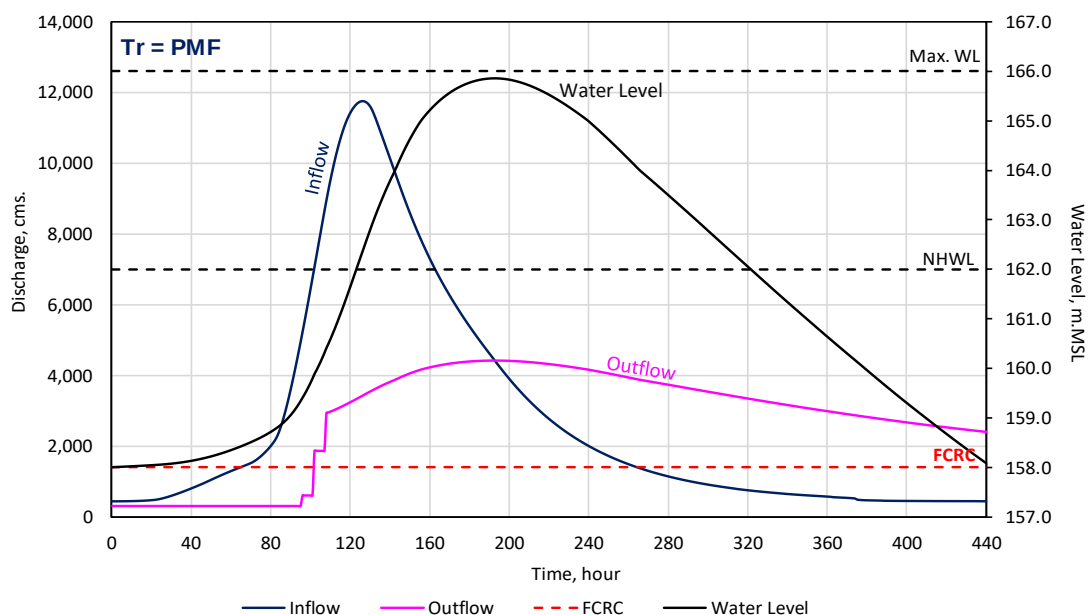
(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวของน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์จะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

(3) **การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)** ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) **การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย** อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ได้มีการกำหนดเกณฑ์ควบคุมอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมไว้ที่ระดับ 158.00 ม.รทก. ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้เดิมไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับเกณฑ์ควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 158.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 11,761 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 4,422 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 165.86 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 166.00 ม.รทก. อยู่ 0.14 เมตร ดังนั้นเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในปัจจุบันยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.10.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ตั้งแต่ 2-10,000 ปี โดยควบคุมการระบายน้ำออกไว้มากเกิน 800 ลบ.ม.ต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.10.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย เขื่อนสิริกิติ์จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 4,223 ลบ.ม.ต่อวินาที และมีปริมาณน้ำระบายออกที่ 517 ลบ.ม.ต่อวินาที



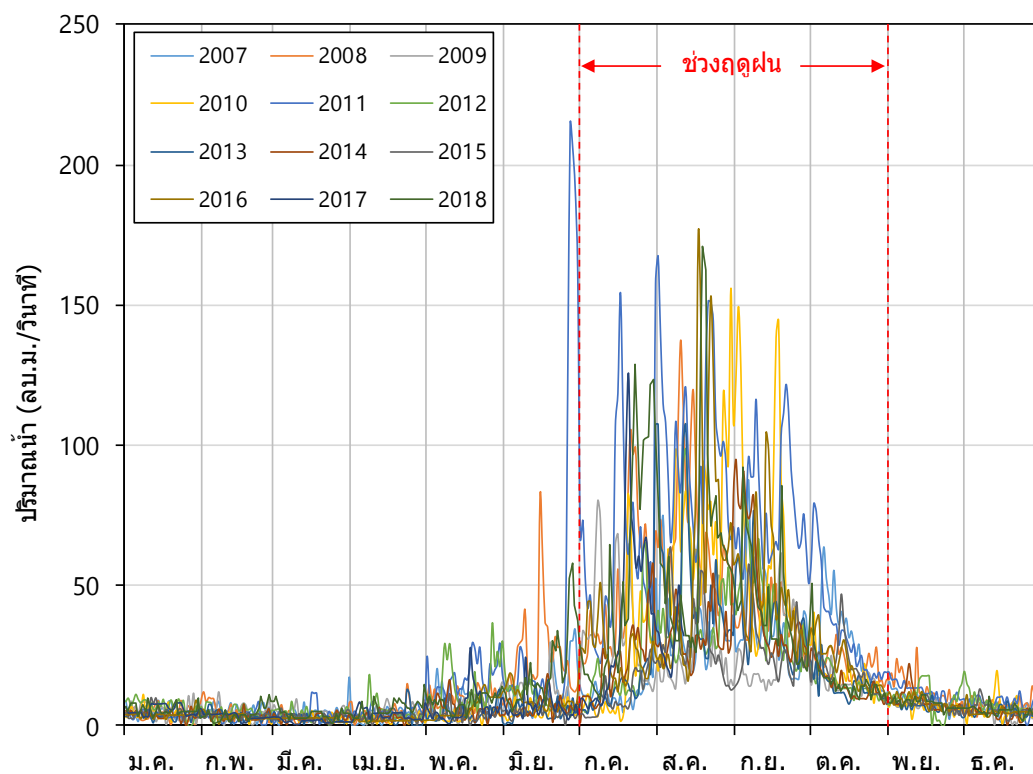
รูปที่ 4.10.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 158.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.10.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

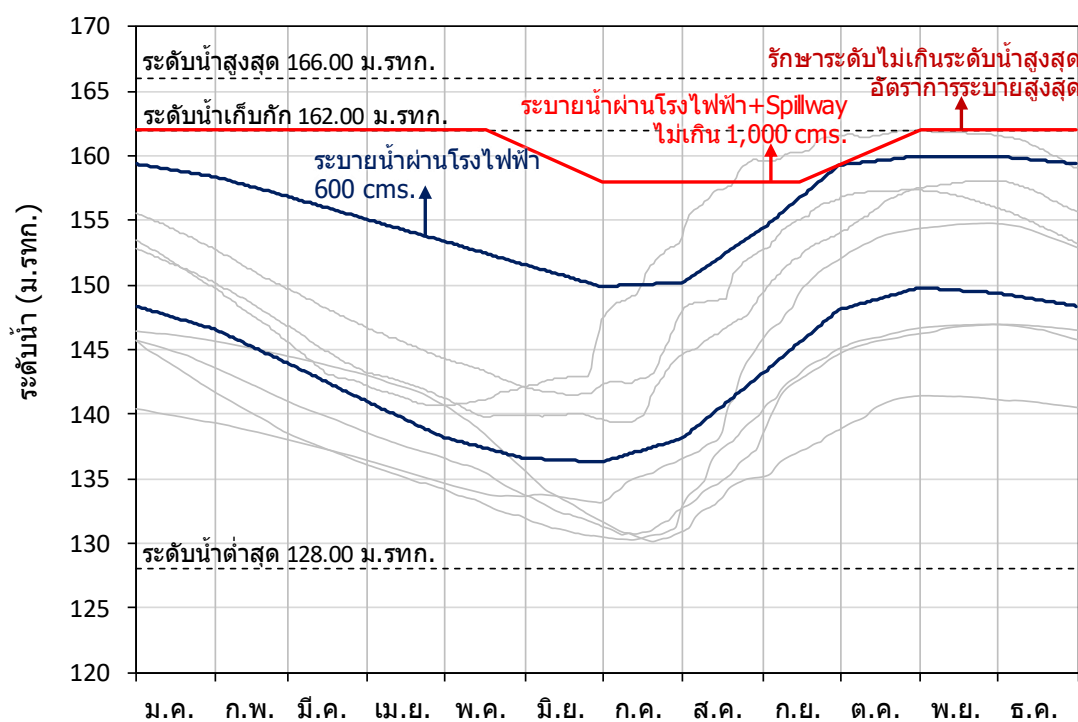
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	11,761	158.00	165.86	4,422
10,000	8,732	158.00	163.79	3,724
1,000	6,266	158.00	162.75	2,158
500	5,600	158.00	162.68	1,615
200	4,793	158.00	162.61	956
100	4,223	158.00	162.58	517
50	3,685	158.00	162.47	300
25	3,185	158.00	161.52	300
10	2,569	158.00	160.64	300
5	2,122	158.00	160.00	300
2	1,524	158.00	159.18	300

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนสิริกิติ์ถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) ในการกำหนดเส้นควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.10.3-6 โดยเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากจะเริ่มต้นจากระดับเก็บกักน้ำปกติ (NHWL) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงต้นเดือนมิถุนายนจะเริ่มทำการลดระดับลงจนถึงระดับควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 158.00 ม.รทก. ในช่วงต้นเดือนกรกฎาคม และรักษาระดับไว้ตลอดช่วงฤดูฝนจนถึงกลางเดือนกันยายน และจะปรับค่าระดับควบคุมให้สูงขึ้นโดยอาศัยรูปแบบการเก็บกักน้ำจากค่าสถิติในอดีตจนถึงระดับเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 162.00 ม.รทก. เมื่อสิ้นสุดฤดูฝนในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายนตามวัตถุประสงค์การเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำ สามารถแสดงเกณฑ์เก็บกักน้ำเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ไว้ในรูปที่ 4.10.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตรา 600 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 158.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราไม่เกิน 1,000 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 162.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 1,000 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.10.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.10.3-7 เงามซ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์

4.11 เชื้อนรัชชประภา

4.11.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.11.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดังนี้ จำนวน 11 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภาได้ดังตารางที่ 4.11.1-1 และสรุปผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4.11.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา

สถานี	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก	สถานี	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก	สถานี	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก
วัดน้ำฝน	ของสถานีวัดน้ำฝน	วัดน้ำฝน	ของสถานีวัดน้ำฝน	วัดน้ำฝน	ของสถานีวัดน้ำฝน
61250	0.021	61432	0.166	34102	0.145
61200	0.051	61092	0.032	46032	0.295
61315	0.052	61062	0.048	34052	0.075
61385	0.075	61352	0.041		

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 11 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนรัชชประภา

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 11 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนรัชชประภา โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.11.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนรัชชประภา ได้ดังตารางที่ 4.11.1-2

ตารางที่ 4.11.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือ
เขื่อนรัชชประภา

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	105.06	149.79	179.38	216.75	244.51	272.03	299.50	335.66	363.03	453.88
2	158.55	222.21	264.34	317.57	357.08	396.29	435.36	486.90	525.86	655.18
3	201.77	281.16	333.71	400.12	449.37	498.29	546.99	611.25	659.85	821.13
4	236.47	329.33	390.83	468.53	526.15	583.37	640.37	715.55	772.41	961.10
5	266.23	369.83	438.42	525.06	589.35	653.18	716.73	800.64	864.03	1074.49

4.11.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 5 วัน จำนวนทั้งสิ้น 14 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.2-1 และตารางที่ 4.2.2-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.11.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.11.1-3 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรีศรีนครินทร์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 5 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
892.71	1,254.41	1,510.86	1,643.98	1,674.55

4.11.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่

4.11.2-1

ตารางที่ 4.11.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.2	603.1	726.4	790.4	805.1	805.1	805.1	45043	13.00	21.02	-	51.0	25.69	-
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.8	511.0	569.0	589.1	589.1	593.2	595.0	10090	12.00	23.31	-	51.0	25.69	-
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	160.3	289.4	426.7	511.4	570.0	622.5	630.0	34022	17.00	24.07	-	51.0	25.69	-
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	372.8	530.2	568.5	585.9	608.7	608.7	645.9	35022	8.00	23.31	-	51.0	25.69	-
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	248.3	369.9	369.9	369.9	369.9	369.9	369.9	37042	3.00	23.71	-	51.0	25.69	-
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	330.9	399.3	429.8	437.9	439.4	441.9	450.0	27013	12.00	22.53	-	51.0	25.69	-
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.4	573.6	669.4	676.6	676.6	676.6	676.6	35012	21.00	23.25	-	51.0	25.69	-
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	301.2	328.1	345.7	361.7	362.4	378.2	378.2	10102	53.00	22.99	-	51.0	25.69	-
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.9	311.7	320.2	320.9	348.4	360.6	377.3	45013	9.00	23.37	-	51.0	25.69	-
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.2	374.1	394.9	446.3	452.6	491.4	541.0	58190	0.00	23.85	-	51.0	25.69	-
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	238.7	421.4	461.8	462.3	462.6	467.8	698.5	58190	0.00	24.19	-	51.0	25.69	-
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.2	422.4	474.1	523.0	526.7	526.7	561.1	27122	12.00	23.53	-	51.0	25.69	-
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.9	307.8	479.7	483.7	487.3	487.3	556.0	45013	9.00	20.97	-	51.0	25.69	-
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.2	292.6	452.8	553.0	570.8	592.6	596.4	29072	20.00	22.94	-	51.0	25.69	-

ตารางที่ 4.11.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	076	พายุดีเปรสชัน	84.52	56.96	1.48	147.09	94.90	1.55	100.00	100.00	1.00	84.93	93.90	0.90	2.08
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	84.52	69.57	1.21	147.09	116.02	1.27	100.00	100.00	1.00	84.93	88.79	0.96	1.47
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	84.52	74.36	1.14	147.09	143.14	1.03	100.00	100.00	1.00	84.93	83.47	1.02	1.19
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	84.52	69.65	1.21	147.09	177.58	0.83	100.00	100.00	1.00	84.93	80.87	1.05	1.06
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	84.52	72.32	1.17	147.09	113.09	1.30	100.00	100.00	1.00	84.93	95.61	0.89	1.35
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	84.52	64.84	1.30	147.09	145.24	1.01	100.00	100.00	1.00	84.93	83.54	1.02	1.34
7	107	พายุดีเปรสชัน	84.52	69.01	1.22	147.09	145.94	1.01	100.00	100.00	1.00	84.93	81.56	1.04	1.29
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	84.52	66.78	1.27	147.09	148.77	0.99	100.00	100.00	1.00	84.93	86.96	0.98	1.22
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	84.52	70.00	1.21	147.09	90.41	1.63	100.00	100.00	1.00	84.93	92.02	0.92	1.81
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	84.52	73.31	1.15	147.09	184.14	0.80	100.00	100.00	1.00	84.93	81.81	1.04	0.96
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	84.52	75.52	1.12	147.09	184.14	0.80	100.00	100.00	1.00	84.93	81.81	1.04	0.93
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	84.52	70.93	1.19	147.09	189.30	0.78	100.00	100.00	1.00	84.93	85.51	0.99	0.92
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	84.52	56.80	1.49	147.09	90.41	1.63	100.00	100.00	1.00	84.93	92.02	0.92	2.23
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	84.52	67.14	1.26	147.09	158.84	0.93	100.00	100.00	1.00	84.93	83.25	1.02	1.19

ตารางที่ 4.11.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้ม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)				
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.2	603.1	726.4	790.4	805.1	805.1	805.1	2.08	892.71	1,254.41	1,510.86	1,643.98	1,674.55
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.8	511.0	569.0	589.1	589.1	593.2	595.0	1.47	619.89	752.77	838.21	867.82	867.82
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	160.3	289.4	426.7	511.4	570.0	622.5	630.0	1.19	190.49	343.90	507.05	607.70	677.33
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL"	372.8	530.2	568.5	585.9	608.7	608.7	645.9	1.06	393.47	559.60	600.02	618.39	642.45
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	248.3	369.9	369.9	369.9	369.9	369.9	369.9	1.35	335.25	499.43	499.43	499.43	499.43
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	330.9	399.3	429.8	437.9	439.4	441.9	450.0	1.34	444.06	535.86	576.79	587.66	589.67
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.4	573.6	669.4	676.6	676.6	676.6	676.6	1.29	418.26	737.29	860.43	869.69	869.69
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	301.2	328.1	345.7	361.7	362.4	378.2	378.2	1.22	368.09	400.96	422.47	442.02	442.88
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.9	311.7	320.2	320.9	348.4	360.6	377.3	1.81	538.26	565.09	580.50	581.77	631.62
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.2	374.1	394.9	446.3	452.6	491.4	541.0	0.96	281.25	357.63	377.51	426.65	432.67
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	238.7	421.4	461.8	462.3	462.6	467.8	698.5	0.93	221.51	391.06	428.55	429.01	429.29
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.2	422.4	474.1	523.0	526.7	526.7	561.1	0.92	207.09	388.42	435.96	480.93	484.33
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.9	307.8	479.7	483.7	487.3	487.3	556.0	2.23	433.22	687.70	1,071.76	1,080.70	1,088.74
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.2	292.6	452.8	553.0	570.8	592.6	596.4	1.19	261.83	347.92	538.41	657.56	678.72

ตารางที่ 4.11.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนรัชชประภา

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	61.96	91.17	111.43	138.06	158.61	179.63	201.25	230.68	253.69	334.60	658.10
2	95.74	138.47	168.11	207.11	237.16	267.93	299.51	342.60	376.24	494.52	946.80
3	123.23	177.22	214.67	263.93	301.88	340.75	380.62	435.03	477.51	626.88	1153.44
4	144.42	207.58	251.41	309.06	353.46	398.93	445.60	509.25	558.97	733.74	1255.06
5	162.60	233.11	282.02	346.35	395.92	446.67	498.73	569.81	625.27	820.30	1278.40

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก กรมชลประทาน (2552) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 1.2636 (LLC/\sqrt{S})^{0.2956}$$

$$q_p/A = 0.5379 (t_p)^{-1.2642}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_C = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนรัชชประภาได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L_c	S_{avg}	S_{max}	q_p	t_p	t_r
1,435	80.39	30.74	0.00116	0.00722	77.69	38.00	12.00

เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร

L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร

S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ

S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ

q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง

t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

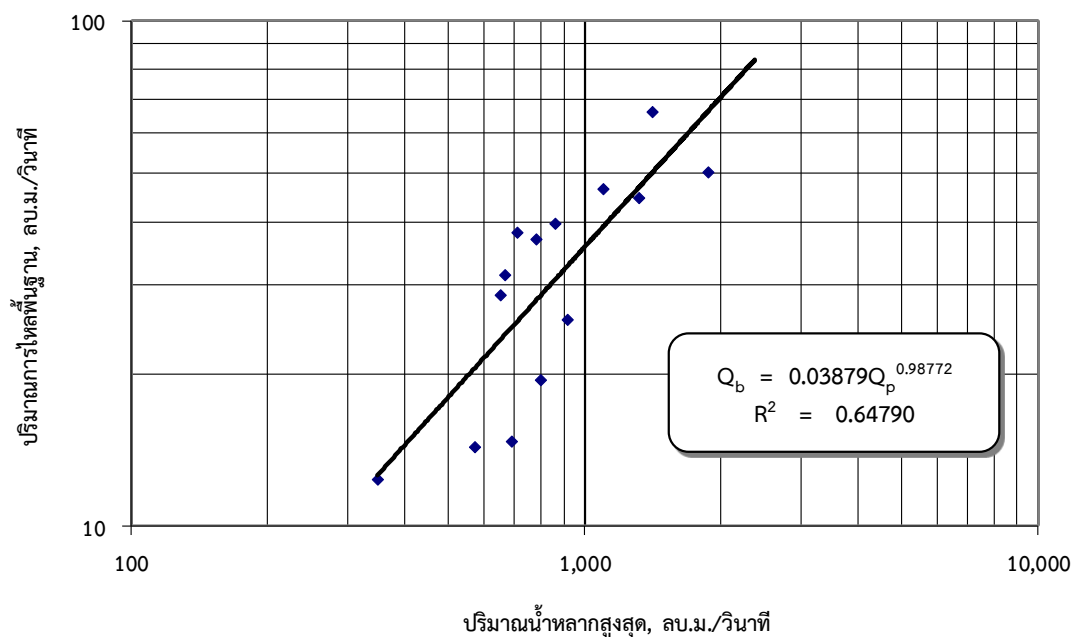
(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.11.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.03879 Q_p^{0.98772}$$

เมื่อ Q_p = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)

Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.11.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนรัชชประภา

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.11.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 6,179.34 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 1,478.25 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 208.19 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.11.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนรัชชประภา

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	518.52	145.10	17.99
5	774.20	215.26	26.73
10	960.61	266.38	33.08
25	1,215.04	336.12	41.74
50	1,418.60	391.91	48.64
100	1,633.60	450.82	55.92
200	1,860.83	513.03	63.60
500	2,178.09	599.94	74.30
1,000	2,435.70	670.44	82.97
10,000	3,388.54	931.19	114.99
PMF	6,179.34	1,478.25	208.19

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2521 แสดงไว้ในตารางที่ 4.11.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 6,179.3 ลบ.ม./วินาที มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,321.3 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 16.1 เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใช้ข้อมูลพายุฝนที่ต่างกัน ดังนี้

การศึกษา PMF ในปี พ.ศ. 2521 ของเขื่อนรัชชประภา ได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุฝนวันที่ 2-6 มกราคม 2510 ซึ่งมีศูนย์กลางใกล้ Kota Bharu ประเทศมาเลเซีย ย้ายมาที่ตั้งเขื่อน แต่สำหรับการศึกษาได้ใช้ค่าการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.11.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนรัชชประภา

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	518.5	774.2	960.6	1,215.0	1,418.6	1,633.6	1,860.8	2,178.1	2,435.7	3,388.5	6,179.3
V _T	145.1	215.3	266.4	336.1	391.9	450.8	513.0	599.9	670.4	931.2	1,478.3
Q _B	18.0	26.7	33.1	41.7	48.6	55.9	63.6	74.3	83.0	115.0	208.2
2. การศึกษาเดิม (ปี 2521)											
Q _p	1,222.9	1,630.5	1,902.3	2,164.3	2,500.9	2,755.2	3,009.2	3,430.4	3,775.7	4,600.1	5,321.3
V _T	376.9	498.6	581.6	661.7	763.0	841.1	918.9	1,092.6	1,243.9	1,474.1	1,514.7
Q _B	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	200.0	300.0	300.0	300.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาณน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

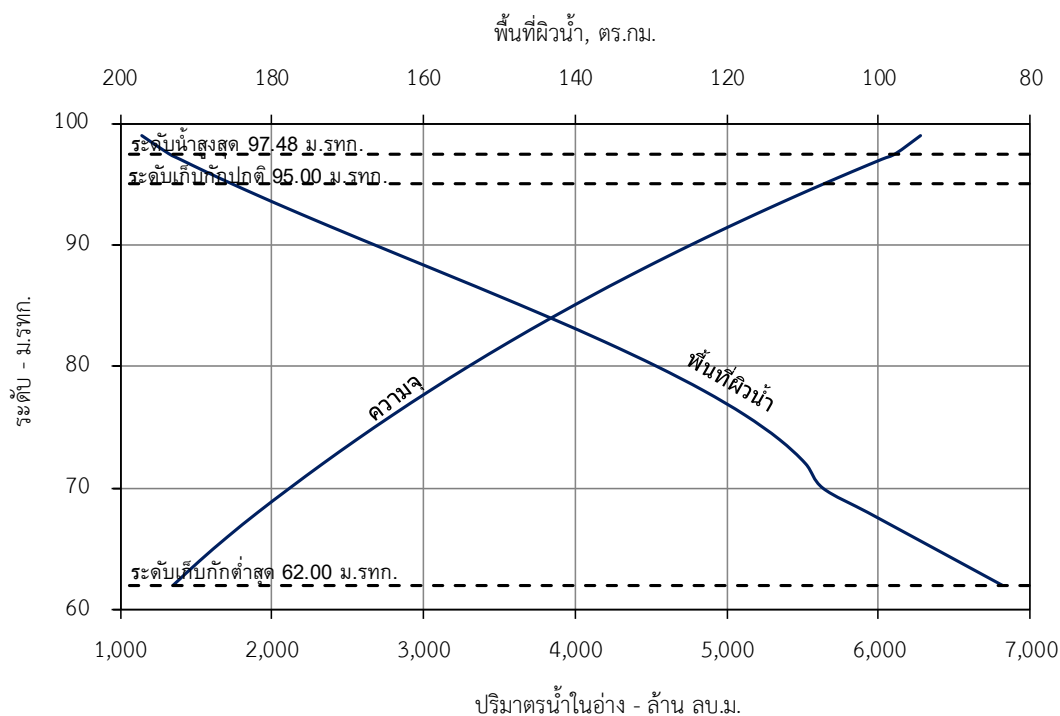
4.11.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนรัชประภา

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+97.48	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+95.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+62.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	5,639	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	5,639	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	1,352	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	3,057	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	Steel Radial Gate จำนวน 4 บาน	
ขนาด	กว้าง 10.00 ม. สูง 8.477 ม.	
ระดับสันฝาย	+87.50	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	1,725	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.11.3-1

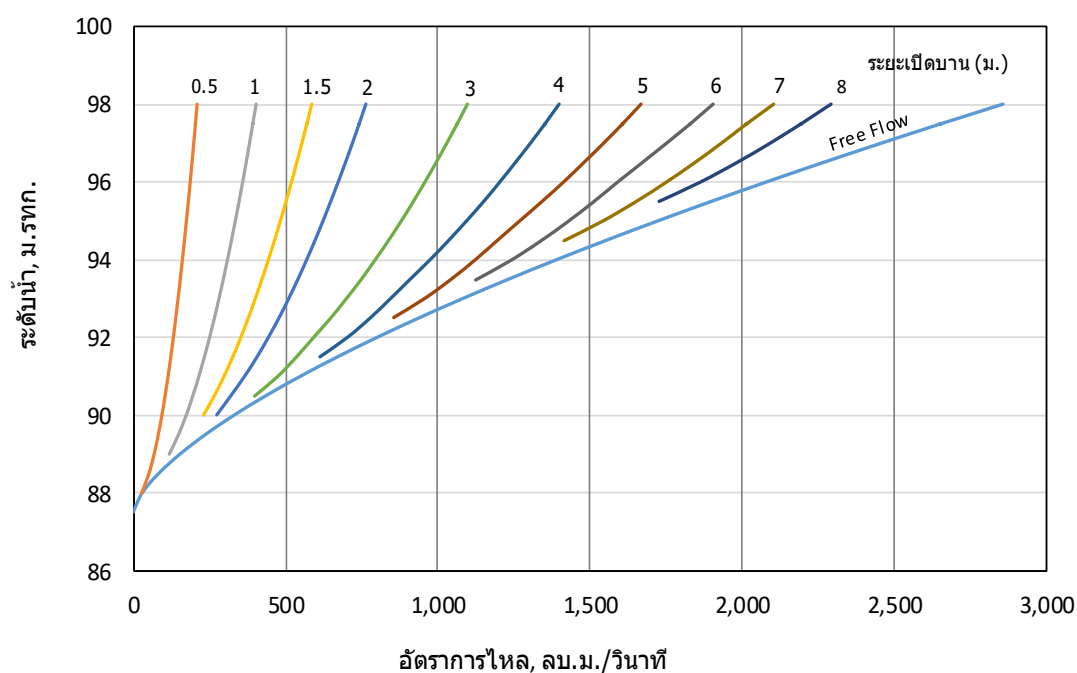


รูปที่ 4.11.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนรัชประภา

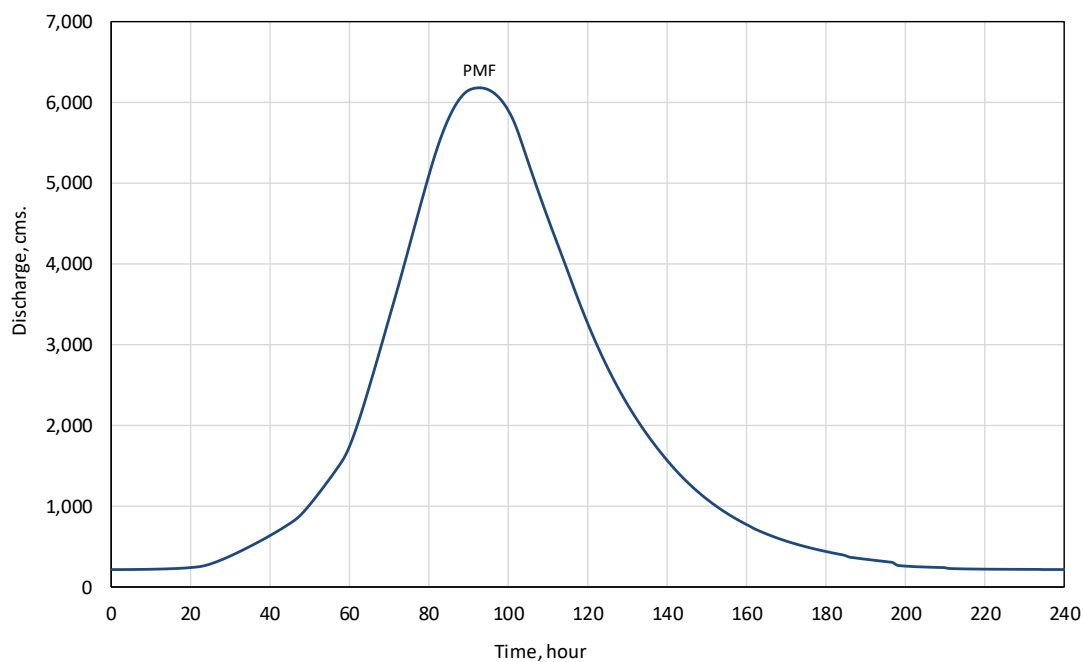
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การ Operate อ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 4 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.11.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ ในสถานการณ์ปกติจะควบคุมการระบายจากอ่างไว้ไม่เกิน 800 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

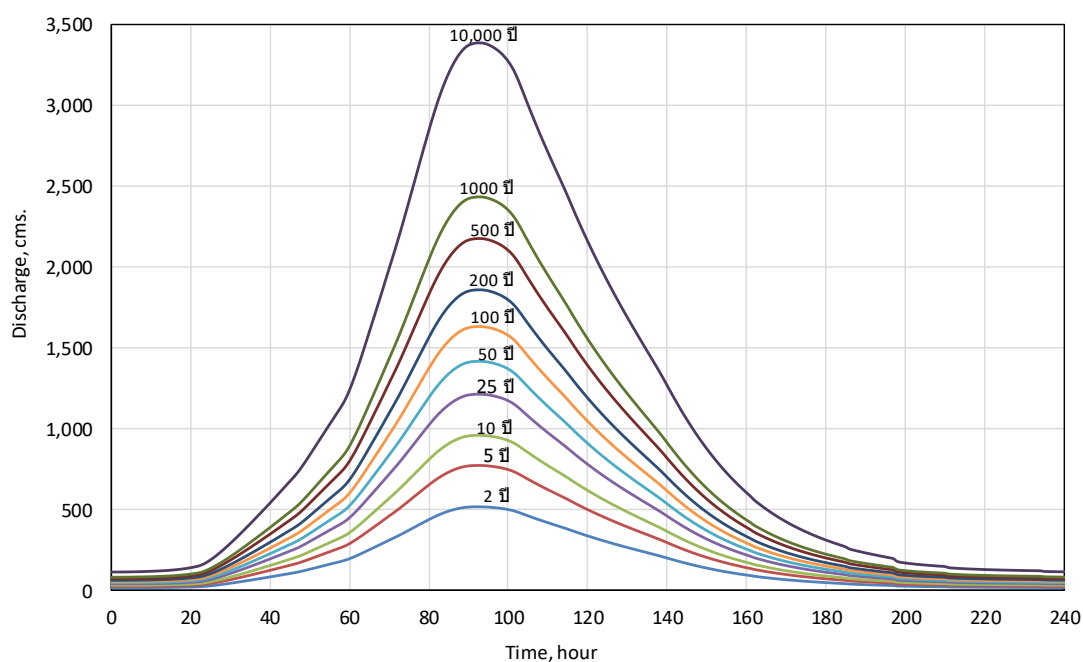
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) และ ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.11.3-3 และ 4.11.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนรัชชประภา



รูปที่ 4.11.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ของเขื่อนรัชชประภา



รูปที่ 4.11.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เขื่อนรัชชประภา

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อ

ศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

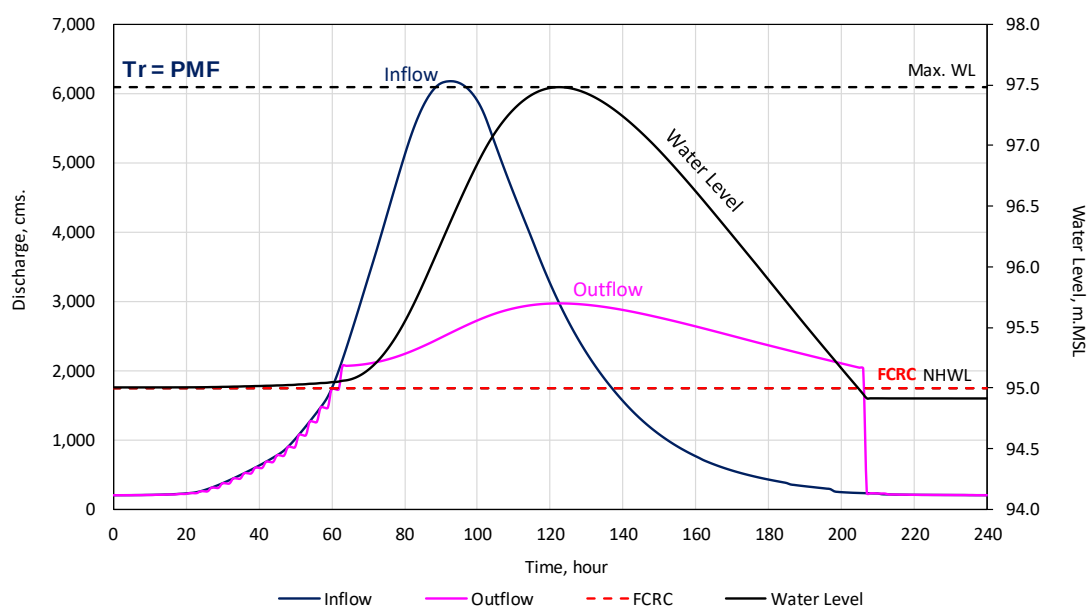
(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

(3) **การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)** ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) **การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย** เขื่อนรัชชประภาไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 95.00 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับควบคุมลงมาถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ถ้ากำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 95.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 6,179 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 2,977 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 97.48 ม.รทก. ซึ่งเท่ากับระดับน้ำสูงสุด ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาไว้ในรูปที่ 4.11.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ตั้งแต่ 2-10,000 ปี โดยควบคุมการระบายน้ำออกไว้ไม่เกิน 800 ลบ.ม.ต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.11.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย เขื่อนรัชชประภาจะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 500 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 2,178 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 562 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.11.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 95.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.11.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	6,179	95.00	97.48	2,977
10,000	3,389	95.00	96.85	1,969
1,000	2,436	95.00	96.81	844
500	2,178	95.00	96.79	562
200	1,861	95.00	96.65	330
100	1,634	95.00	96.37	330
50	1,419	95.00	96.11	330
25	1,215	95.00	95.86	330

ตารางที่ 4.11.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ (ต่อ)

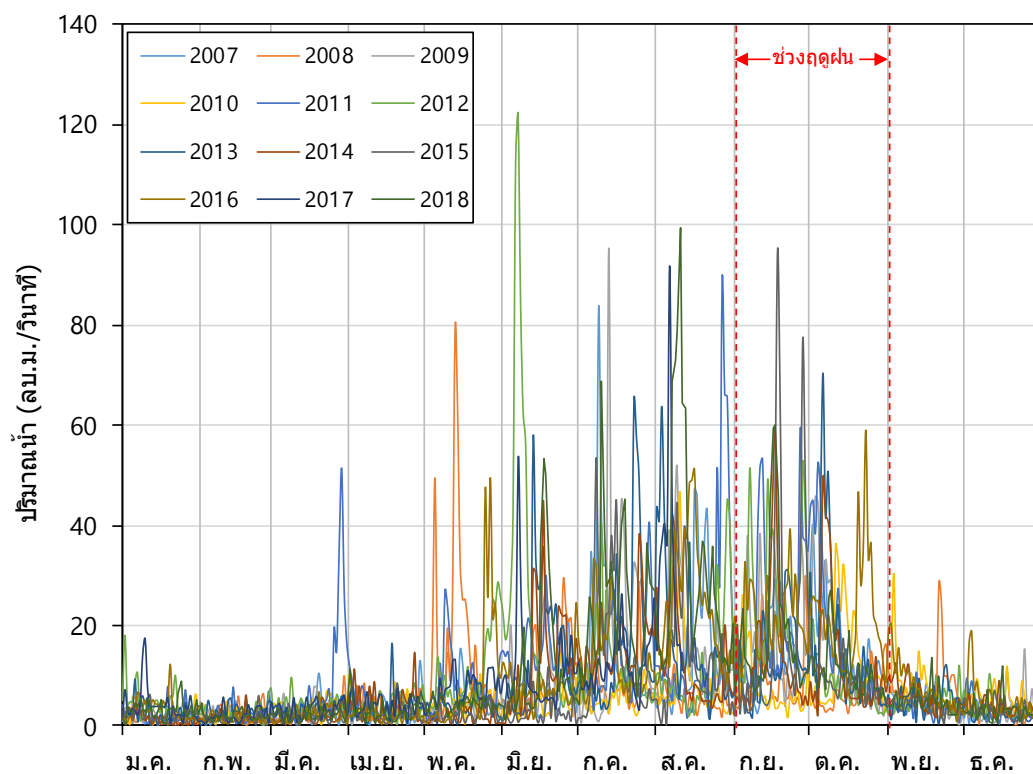
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
10	961	95.00	95.56	330
5	774	95.00	95.36	330
2	519	95.00	95.12	330

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนรัชชประภาถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) และในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.11.3-6 และแสดงเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากของเขื่อนรัชชประภาซึ่งมีค่าเท่ากับระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 95.00 ม.รทก. รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.11.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

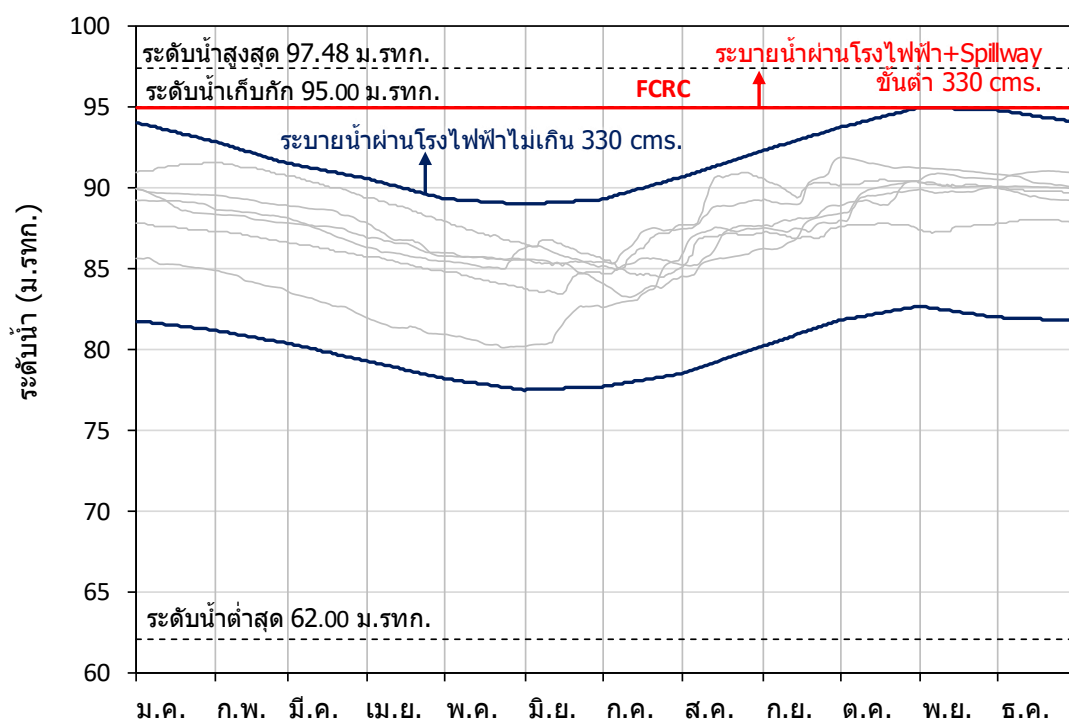
- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ

- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตราไม่เกิน 330 ลบ.ม.ต่อวินาที

- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 95.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 330 ลบ.ม.ต่อวินาที



รูปที่ 4.11.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.11.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา

4.12 เชื้อนจุฬารณ

4.12.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.12.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 9 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬารณได้ดังตารางที่ 4.12.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬารณ

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน	สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
05284	0.005	36382	0.175
05344	0.501	36392	0.090
05384	0.035	36422	0.071
36115	0.005	36442	0.066
36352	0.051		

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬารณ และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 9 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนจุฬารณ

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 9 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานียดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนจุฬารณ โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.12.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนจุฬารณ ได้ดังตารางที่ 4.12.1-2

ตารางที่ 4.12.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนจุฬาภรณ์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	69.59	95.50	112.66	134.32	150.38	166.33	182.25	203.24	219.09	271.69

4.12.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬาภรณ์ สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนจุฬาภรณ์ โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.12.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.12.1-3 พบว่า พายุโซนร้อน VERNON รหัส 127 ซึ่งเกิดในวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2527 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด ช่วงเวลา 1 วัน มีค่าเท่ากับ 418.31 มม.

4.12.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนจุฬาภรณ์ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่ 4.12.2-1

ตารางที่ 4.12.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬาภรณ์

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	45.55	64.51	77.67	94.96	108.26	121.89	135.91	155.01	169.91	222.28	342.24

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

ตารางที่ 4.12.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนจุฬาภรณ์

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	-	712.0	26.23	220.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	-	712.0	26.23	220.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	-	712.0	26.23	220.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	-	712.0	26.23	220.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	-	712.0	26.23	220.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	-	712.0	26.23	220.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	-	712.0	26.23	220.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	-	712.0	26.23	220.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	-	712.0	26.23	220.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	-	712.0	26.23	220.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	-	712.0	26.23	220.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	-	712.0	26.23	220.0

ตารางที่ 4.12.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนจุฬาภรณ์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	73.97	70.56	1.05	85.63	94.10	0.91	82.13	100.00	0.82	100.00	97.10	1.03	0.81
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	73.97	88.35	0.84	85.63	90.00	0.95	82.13	78.20	1.05	100.00	100.00	1.00	0.84
3	142	พายุโซนร้อน IRA	73.97	71.22	1.04	85.63	104.20	0.82	82.13	100.00	0.82	100.00	98.30	1.02	0.71
4	099	พายุดีเปรสชัน	73.97	74.22	1.00	85.63	112.90	0.76	82.13	90.00	0.91	100.00	100.00	1.00	0.69
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	73.97	77.29	0.96	85.63	155.70	0.55	82.13	100.00	0.82	100.00	93.70	1.07	0.46
6	088	พายุดีเปรสชัน	73.97	74.23	1.00	85.63	138.60	0.62	82.13	91.70	0.90	100.00	100.00	1.00	0.55
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	73.97	75.69	0.98	85.63	121.00	0.71	82.13	82.80	0.99	100.00	100.00	1.00	0.69
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	73.97	70.08	1.06	85.63	104.40	0.82	82.13	86.20	0.95	100.00	100.00	1.00	0.82
9	021	พายุดีเปรสชัน	73.97	72.97	1.01	85.63	150.00	0.57	82.13	100.00	0.82	100.00	91.90	1.09	0.52
10	015	พายุดีเปรสชัน	73.97	72.94	1.01	85.63	100.00	0.86	82.13	73.40	1.12	100.00	100.00	1.00	0.97
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	73.97	76.57	0.97	85.63	103.90	0.82	82.13	100.00	0.82	100.00	97.80	1.02	0.67
12	100	พายุดีเปรสชัน	73.97	75.71	0.98	85.63	131.50	0.65	82.13	100.00	0.82	100.00	94.30	1.06	0.55

ตารางที่ 4.12.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนจุฬาภรณ์ (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	0.81	348.59	350.20	368.76
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	0.84	418.31	422.50	422.50
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	0.71	339.02	460.61	460.61
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	0.69	343.18	421.20	446.73
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.46	196.36	210.98	222.75
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.55	234.02	310.11	326.38
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	0.69	268.80	318.47	318.47
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	0.82	320.47	350.00	350.16
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.52	182.10	268.67	382.35
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	0.97	337.00	345.46	389.28
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	0.67	137.47	254.41	328.76
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.55	113.87	197.65	284.37

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนจุฬาภรณ์ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก สราวุธ (2534) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 0.99971 (LL_c / \sqrt{S})^{0.26528}$$

$$q_p/A = 1.96449 (t_p)^{-0.97780}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อนนำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนจุฬาภรณ์ได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L_c	S_{avg}	S_{max}	q_p	t_p	t_r
545	58.99	27.83	0.00270	0.00568	71.64	16.00	12.00

- เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S_{avg} = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 S_{max} = ความลาดเทสูงสุดของลำน้ำ
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

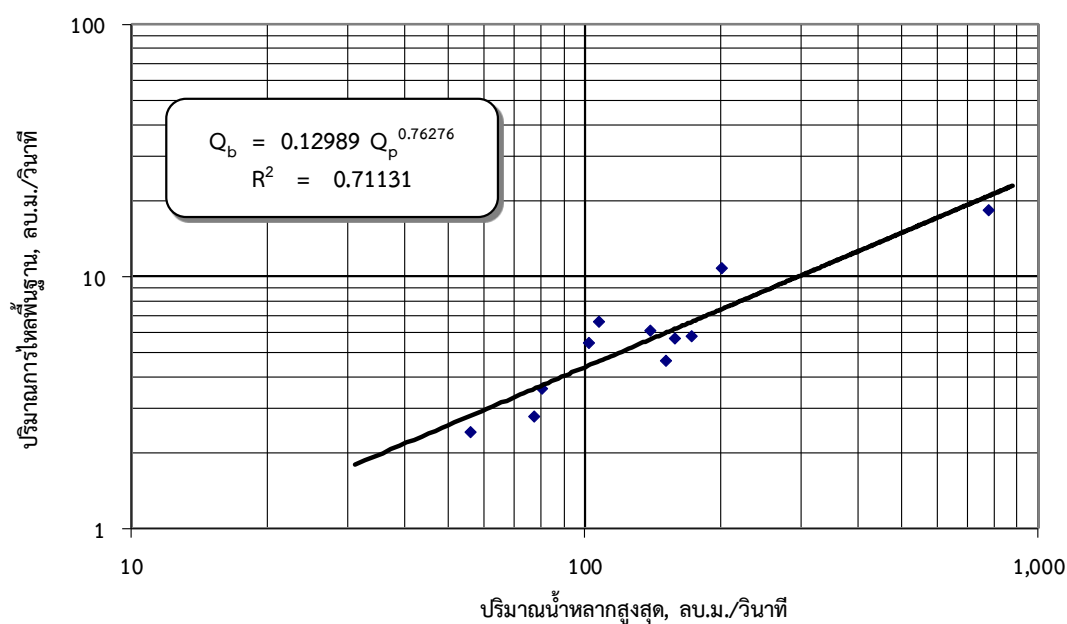
(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า สำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟคเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.12.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.12989 Q_P^{0.76276}$$

เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)

Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.12.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนจุฬาภรณ์

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.12.2-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 1,794.65 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 142.15 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 38.79 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.12.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนจุฬาภรณ์

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	207.70	17.11	7.40
5	303.66	24.80	9.92
10	369.84	30.09	11.54
25	453.34	36.74	13.49
50	522.85	42.25	15.05
100	595.43	48.01	16.63
200	671.43	54.02	18.24
500	777.19	62.37	20.41
1,000	861.38	69.00	22.08
10,000	1,168.33	93.14	27.91
PMF	1,794.65	142.15	38.79

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2508 แสดงไว้ในตารางที่ 4.12.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 1,794.65 ลบ.ม./วินาที มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,800.0 ลบ.ม./วินาที เหตุผลที่มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษาในอดีตได้ใช้ค่าผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ที่อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น และนำมาคูณด้วยค่าแฟคเตอร์ 0.85 แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่าการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากพายุโซนร้อน VERNON รหัส 127 ซึ่งเกิดในวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2527 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 4.12.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหรพน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีต
ของเขื่อนจุฬาภรณ์

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษาี้											
Q _p	207.7	303.7	369.8	453.3	522.9	595.4	671.4	777.2	861.4	1,168.3	1,794.7
V _T	17.1	24.8	30.1	36.7	42.3	48.0	54.0	62.4	69.0	93.1	142.1
Q _B	7.4	9.9	11.5	13.5	15.0	16.6	18.2	20.4	22.1	27.9	38.8
2. การศึกษาเดิม (ปี 2508)											
Q _p	310.0	500.0	560.0	840.0	940.0	1,300.0	1,500.0	1,600.0	1,700.0	-	1,800.0
V _T	26.9	37.6	41.0	56.7	62.4	82.7	93.9	99.6	105.2	-	110.8
Q _B	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	-	50.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

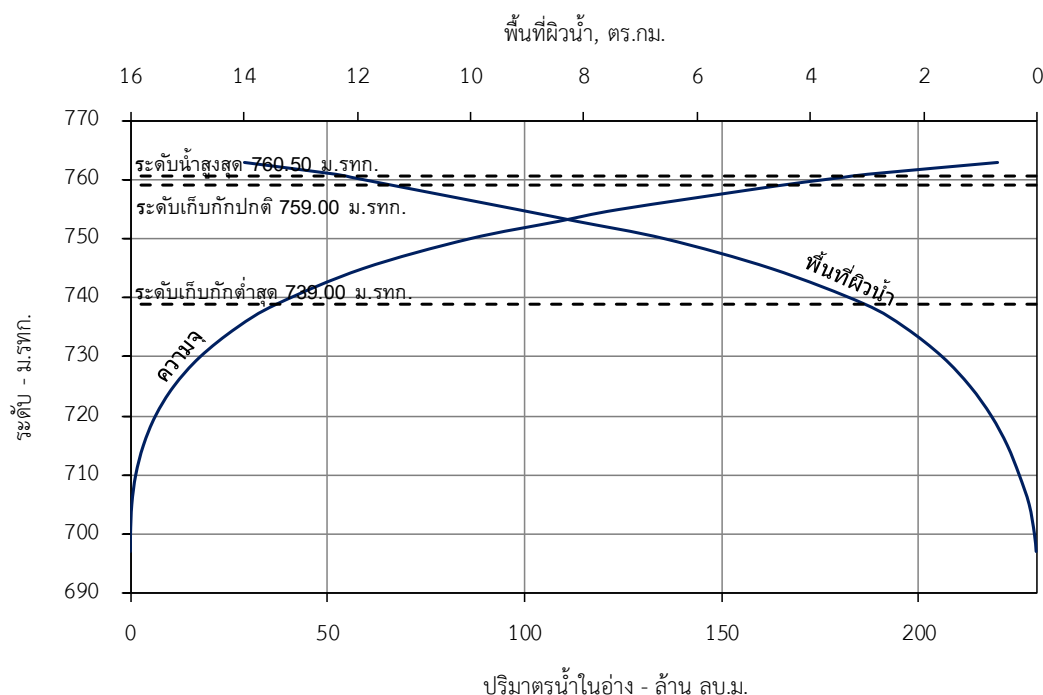
4.12.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนจุฬาภรณ์

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+760.50	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+759.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+739.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+763.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักสูงสุด	181.07	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักปกติ	163.75	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	43.50	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	160.3	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	ประตูเหล็กแบบบานโค้ง จำนวน 2 บาน	
ขนาด	12.0 x 6.5 ม.	
ระดับสันฝาย	+753.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	1,000	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.12.3-1

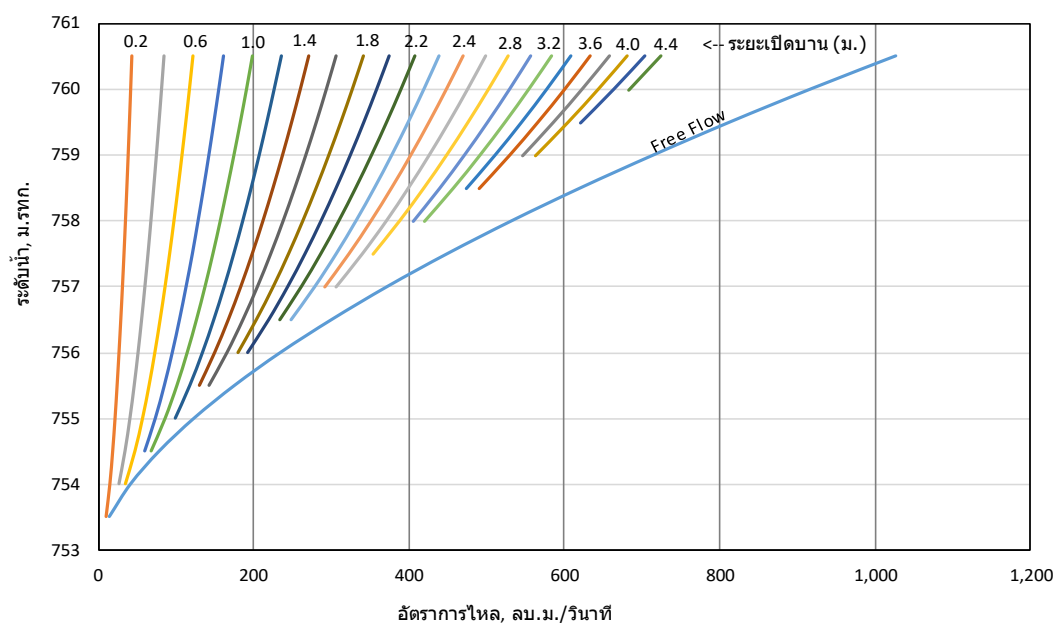


รูปที่ 4.12.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์

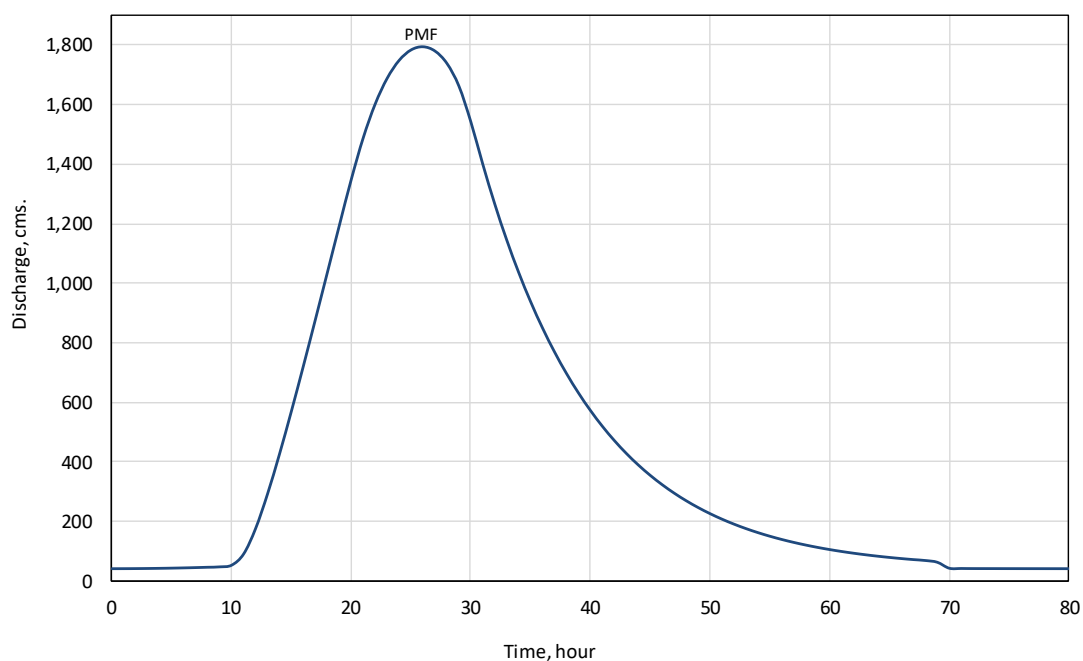
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การใช้การอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนจุฬาภรณ์ แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 2 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.12.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ ในสถานการณ์ปกติจะควบคุมการระบายจากอ่างไว้ไม่เกิน 400 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

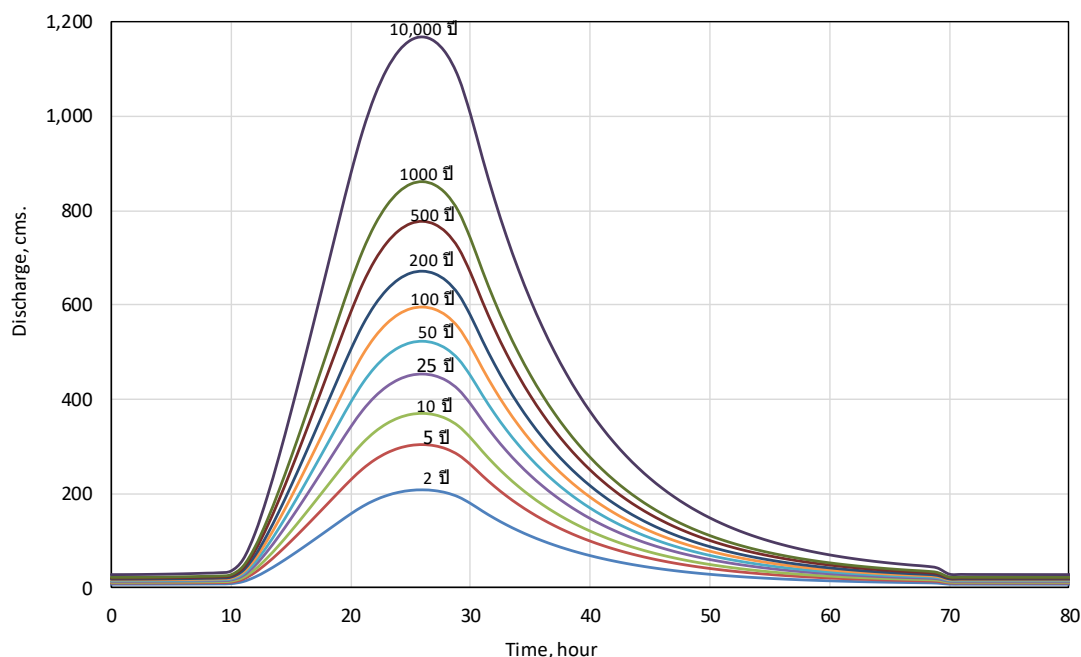
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) และปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.12.3-3 และ 4.12.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.12.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนจุฬาภรณ์



รูปที่ 4.12.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ของเขื่อนจุฬาภรณ์



รูปที่ 4.12.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนจุฬารณ

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬารณ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องมีความปลอดภัยเพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬารณจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

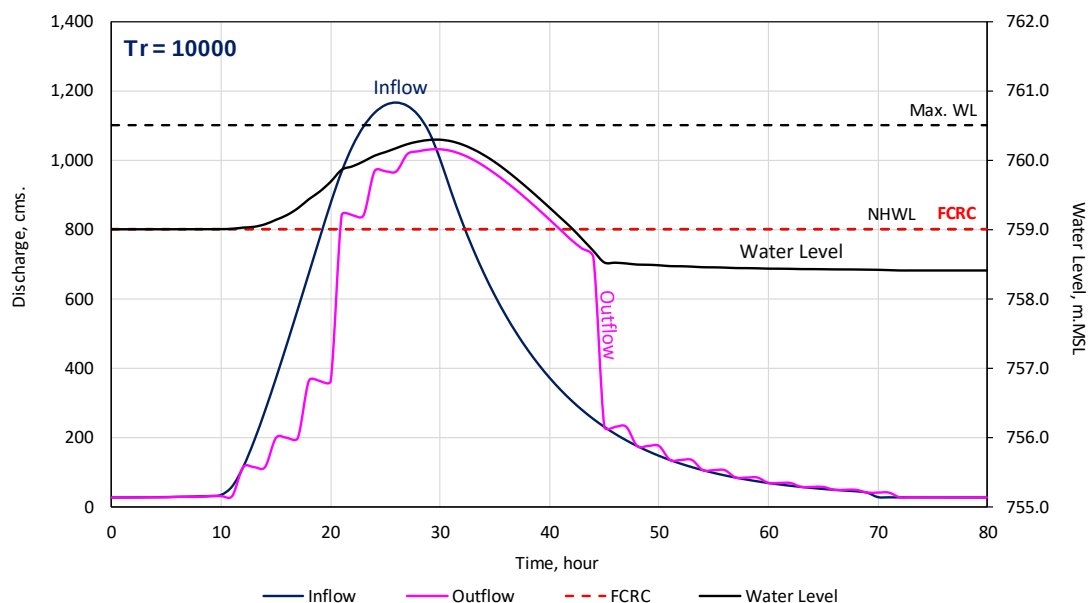
(3) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)

ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย เชื่อนจุฬารณณ์ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 759.00 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬารณณ์ ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า กรณีกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 759.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี เท่ากับ 1,168 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 1,032 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 760.29 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ระดับ 760.50 ม.รทก. อยู่ 0.21 เมตร ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.12.3-5

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ตั้งแต่ 2-10,000 ปี โดยควบคุมการระบายน้ำออกไว้ไม่เกิน 400 ลบ.ม.ต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.12.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้ายเขื่อนจุฬารณณ์จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 453 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 265 ลบ.ม.ต่อวินาที



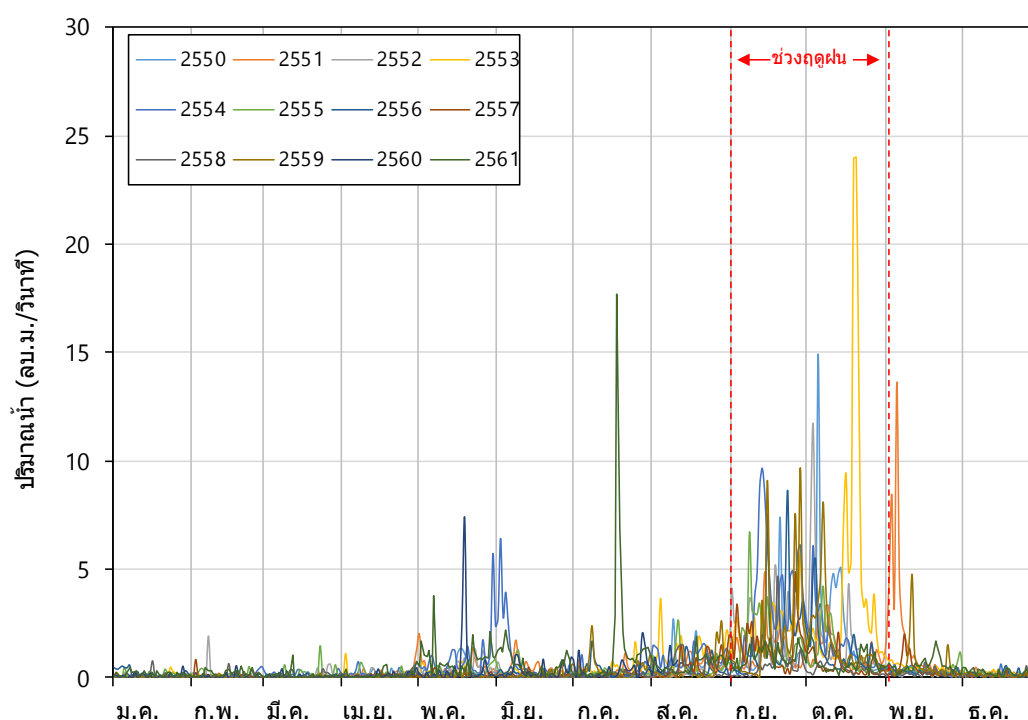
รูปที่ 4.12.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 759.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.12.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

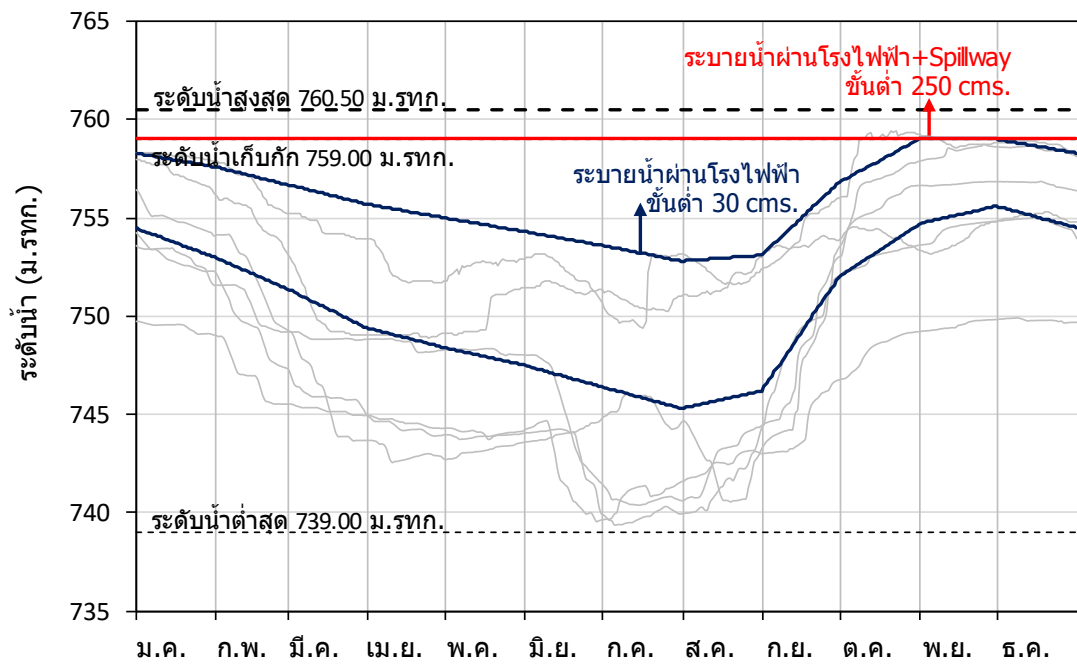
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
10,000	1,168	759.00	760.29	1,032
1,000	861	759.00	760.04	770
500	777	759.00	759.98	806
200	671	759.00	759.96	589
100	595	759.00	759.94	479
50	523	759.00	759.92	363
25	453	759.00	759.87	265
10	370	759.00	759.64	200
5	304	759.00	759.38	200
2	208	759.00	759.10	200

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนจุฬาภรณ์ถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากรอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี โดยไม่ได้มีการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก แต่จากผลการศึกษา หากกำหนดระดับควบคุมไว้ที่ระดับ 759.00 ม.รทก. ซึ่งเป็นระดับเก็บกักปกติ เขื่อนจุฬาภรณ์สามารถที่รองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี โดยในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.12.3-6 และแสดงเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากของเขื่อนจุฬาภรณ์ซึ่งมีค่าเท่ากับระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 759.00 ม.รทก. รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.12.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตรา 30 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 759.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราขั้นต่ำ 250 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำสูงเกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.12.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.12.3-7 เกลนท์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์

4.13 เชื้อนห้วยกุ่ม

4.13.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.13.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดัชนี จำนวน 5 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่มได้ดังตารางที่ 4.13.1-1 และสรุปผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4.13.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่ม

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
05344	0.065
05354	0.094
05284	0.538
05384	0.299
05414	0.004

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 3 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่ม และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 5 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนห้วยกุ่ม

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 5 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานียดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนห้วยกุ่ม โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.13.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนห้วยกุ่ม ได้ดังตารางที่ 4.13.1-2

ตารางที่ 4.13.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนห้วยกุ่ม

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	82.11	121.37	147.40	180.25	204.61	228.79	252.94	284.72	308.78	388.57
2	108.95	156.10	187.32	226.80	256.04	285.09	314.05	352.23	381.08	476.86
3	125.80	175.36	208.22	249.71	280.50	311.04	341.47	381.65	411.99	512.77

4.13.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 3 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่ม สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนห้วยกุ่ม โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.13.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.13.1-3 พบว่า พายุโซนร้อน VERNON รหัส 127 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 10-12 มิถุนายน พ.ศ. 2527 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอปากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 3 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)		
1 วัน	2 วัน	3 วัน
504.81	509.86	509.86

4.13.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนห้วยกุ่ม เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่

4.13.2-1

ตารางที่ 4.13.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนห้วยกุ่ม

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	-	344.0	26.17	220.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	-	344.0	26.17	220.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	-	344.0	26.17	220.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	-	344.0	26.17	220.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	-	344.0	26.17	220.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	-	344.0	26.17	220.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	-	344.0	26.17	220.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	-	344.0	26.17	220.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	-	344.0	26.17	220.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	-	344.0	26.17	220.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	-	344.0	26.17	220.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	-	344.0	26.17	220.0

ตารางที่ 4.13.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนห้วยกุ่ม (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	81.21	70.56	1.15	93.34	94.10	0.99	82.82	100.00	0.83	100.00	97.10	1.03	0.97
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	81.21	88.35	0.92	93.34	90.00	1.04	82.82	78.20	1.06	100.00	100.00	1.00	1.01
3	142	พายุโซนร้อน IRA	81.21	71.22	1.14	93.34	104.20	0.90	82.82	100.00	0.83	100.00	98.30	1.02	0.86
4	099	พายุดีเปรสชัน	81.21	74.22	1.09	93.34	112.90	0.83	82.82	90.00	0.92	100.00	100.00	1.00	0.83
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	81.21	77.29	1.05	93.34	155.70	0.60	82.82	100.00	0.83	100.00	93.70	1.07	0.56
6	088	พายุดีเปรสชัน	81.21	74.23	1.09	93.34	138.60	0.67	82.82	91.70	0.90	100.00	100.00	1.00	0.67
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	81.21	75.69	1.07	93.34	121.00	0.77	82.82	82.80	1.00	100.00	100.00	1.00	0.83
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	81.21	70.08	1.16	93.34	104.40	0.89	82.82	86.20	0.96	100.00	100.00	1.00	1.00
9	021	พายุดีเปรสชัน	81.21	72.97	1.11	93.34	150.00	0.62	82.82	100.00	0.83	100.00	91.90	1.09	0.62
10	015	พายุดีเปรสชัน	81.21	72.94	1.11	93.34	100.00	0.93	82.82	73.40	1.13	100.00	100.00	1.00	1.17
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	81.21	76.57	1.06	93.34	103.90	0.90	82.82	100.00	0.83	100.00	97.80	1.02	0.81
12	100	พายุดีเปรสชัน	81.21	75.71	1.07	93.34	131.50	0.71	82.82	100.00	0.83	100.00	94.30	1.06	0.67

ตารางที่ 4.13.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนห้วยกุ่ม (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	0.97	420.67	422.61	445.01
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.01	504.81	509.86	509.86
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	0.86	409.13	555.86	555.86
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	0.83	414.15	508.30	539.10
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.56	236.96	254.61	268.81
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.67	282.41	374.24	393.87
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	0.83	324.39	384.33	384.33
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.00	386.73	422.37	422.57
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.62	219.75	324.23	461.42
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	1.17	406.69	416.89	469.78
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	0.81	165.89	307.02	396.74
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.67	137.42	238.53	343.18

ตารางที่ 4.13.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนห้วยกุ่ม

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	56.54	86.25	106.90	134.05	154.97	176.40	198.44	228.46	251.93	334.46	434.51
2	79.70	117.85	144.33	179.20	206.02	233.51	261.76	300.26	330.33	436.06	466.24
3	92.10	132.49	160.56	197.45	225.88	254.97	284.83	325.59	357.39	469.25	466.59

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนห้วยกุ่ม ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก สราวุธ (2534) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 0.99971 (LL_c / \sqrt{S})^{0.26528}$$

$$q_p/A = 1.96449 (t_p)^{-0.97780}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสูดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนห้วยกุ่มได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L _c	S _{avg}	S _{max}	q _p	t _p	t _r
262	41.28	31.11	0.01066	0.01093	38.982	14.00	6.00

เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร

L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร

S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ

S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ

q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง

t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

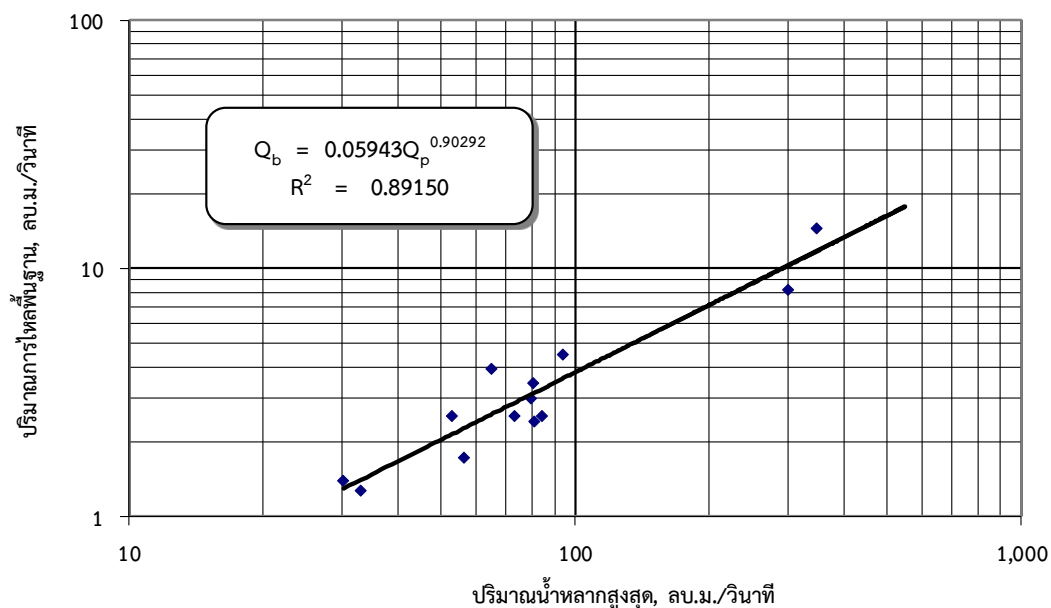
(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.13.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.05943 Q_P^{0.90292}$$

เมื่อ Q_P = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)

Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.13.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนห้วยกุ่ม

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.13.2-2 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 1,460.15 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 116.12 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 41.67 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.13.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนห้วยกุ่ม

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	171.72	18.32	6.00
5	265.84	27.12	8.91
10	334.07	33.51	10.96
25	426.68	42.10	13.68
50	500.44	48.96	15.80
100	578.01	56.13	18.01
200	659.89	63.72	20.30
500	773.72	74.16	23.45
1,000	865.85	82.67	25.97
10,000	1,204.58	113.75	35.02
PMF	1,460.15	116.12	41.67

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2521 แสดงไว้ในตารางที่ 4.13.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 1,460.1 ลบ.ม./วินาที มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,550.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 5.8

ตารางที่ 4.13.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนห้วยกุ่ม

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	171.7	265.8	334.1	426.7	500.4	578.0	659.9	773.7	865.9	1,204.6	1,460.1
V _T	18.3	27.1	33.5	42.1	49.0	56.1	63.7	74.2	82.7	113.7	116.1
Q _B	6.0	8.9	11.0	13.7	15.8	18.0	20.3	23.5	26.0	35.0	41.7
2. การศึกษาเดิม (ปี 2521)											
Q _p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,550.0
V _T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135.0
Q _B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

4.13.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนห้วยกุ่ม

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+314.90	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+312.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+298.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+316.50	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักปกติ	22.80	ล้าน ลบ.ม.
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	2.80	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	98.50	ล้าน ลบ.ม.

อาคารระบายน้ำล้น

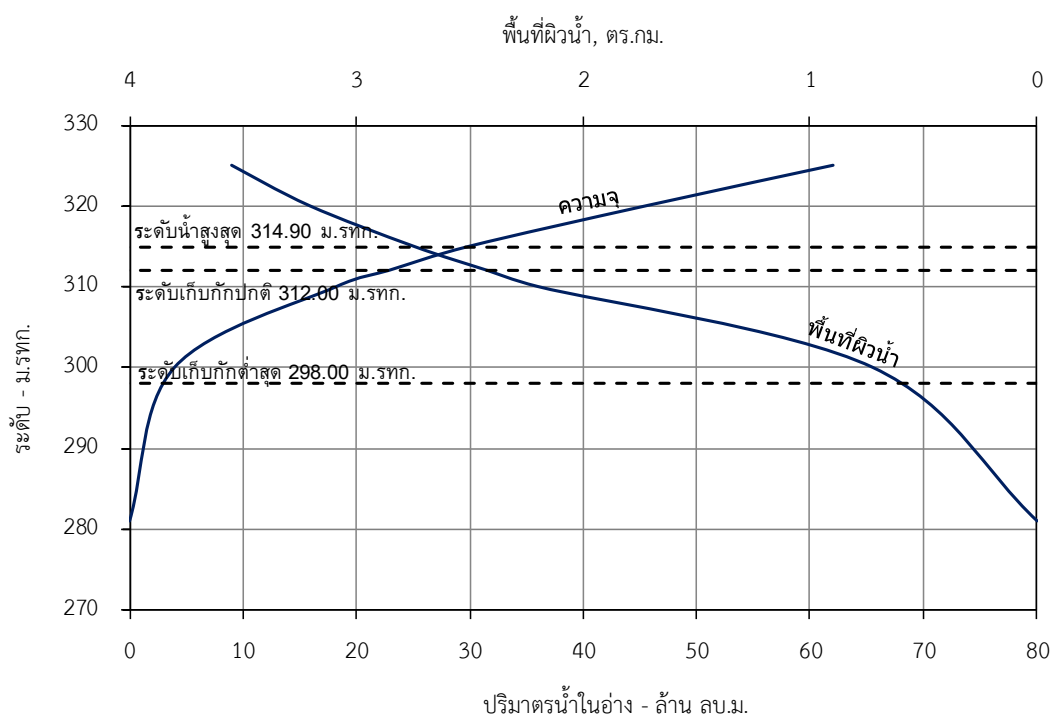
ประตูระบายน้ำ	ประตูเหล็กแบบบานโค้ง	
ขนาด	6.0 x 8.10 ม. จำนวน 3 บาน	
ระดับสันฝาย	+304.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	1,280	ลบ.ม. /วินาที
ทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน	สันฝายเป็นถนนลาดยางสองชั้นกว้าง 6.00 ม.	
ระดับสันฝาย	+314.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	200	ลบ.ม. ต่อวินาที ที่ระดับน้ำ +314.90 ม.(รทก.)

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวหน้า แสดงได้ดังรูปที่ 4.13.3-1

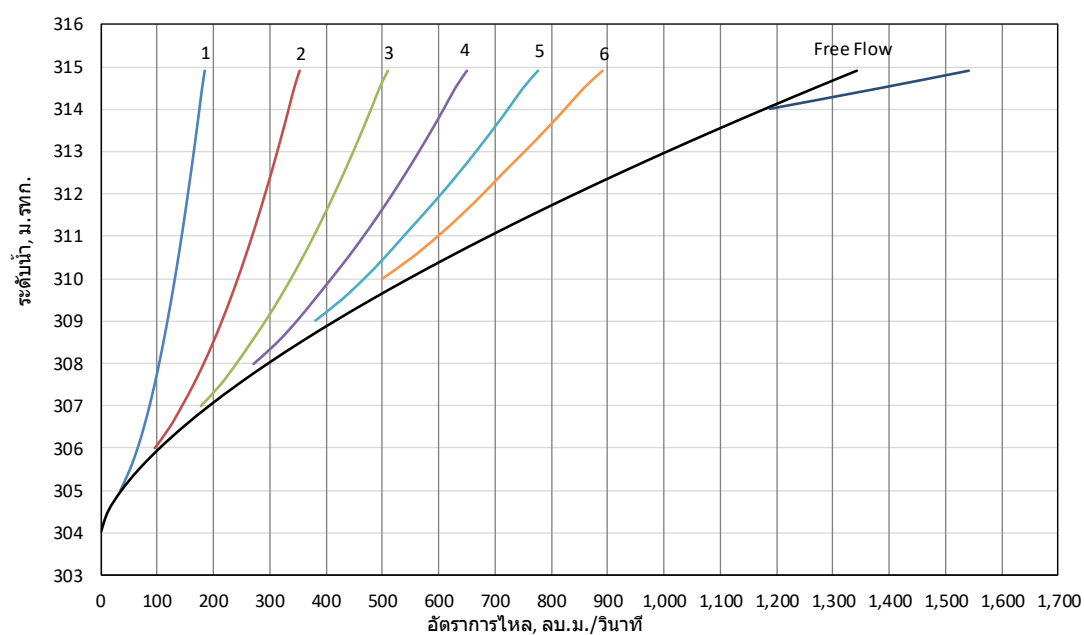
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนห้วยกุ่ม แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิด 4 บานระบาย ได้ดังรูปที่ 4.13.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ไหลล้นตลิ่งสองฝั่งลำน้ำที่อยู่ด้านท้ายเขื่อนห้วยกุ่มจะต้องควบคุมปริมาณน้ำระบายจากอ่างฯ ไว้ไม่เกิน 300 ลบ.ม.ต่อวินาที

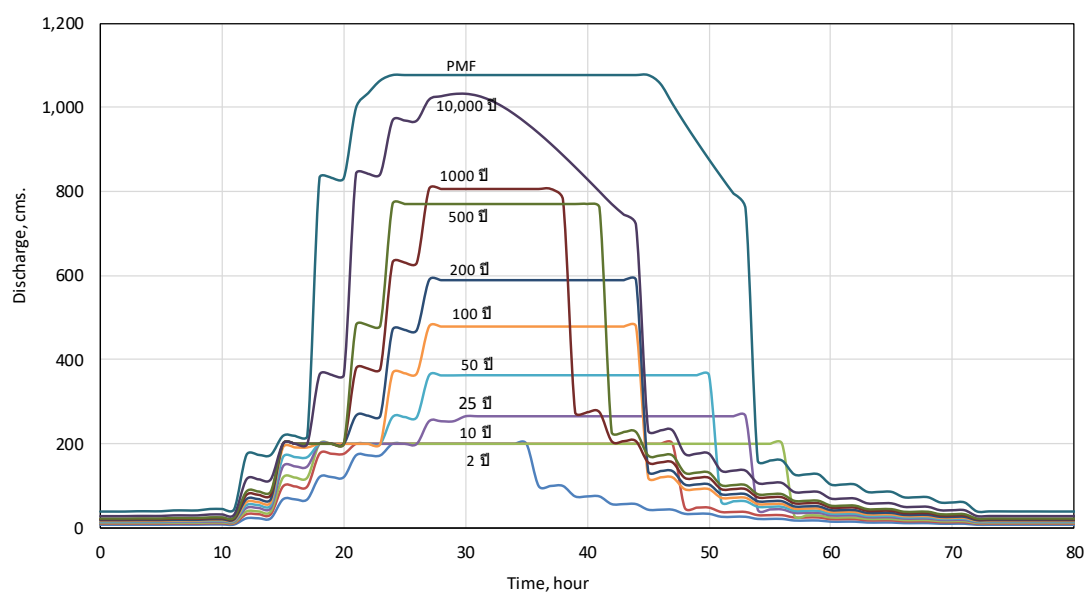
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนห้วยกุ่ม เกิดจากปริมาณน้ำที่ระบายจากเขื่อนจุฬาภรณ์ (รูปที่ 4.13.3-3) รวมกับปริมาณน้ำของพื้นที่รับน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม (รูปที่ 4.13.3-4) ดังแสดงกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี และ PMF ที่ไหลเข้าเขื่อนห้วยกุ่ม ได้ดังรูปที่ 4.13.3-5



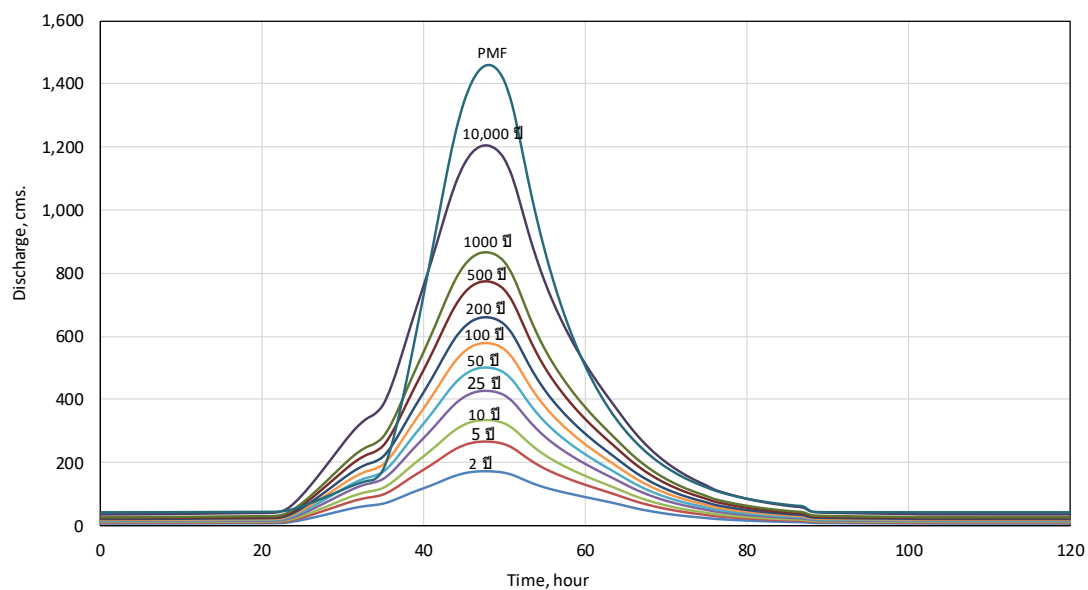
รูปที่ 4.13.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวหน้าเขื่อนห้วยกุ่ม



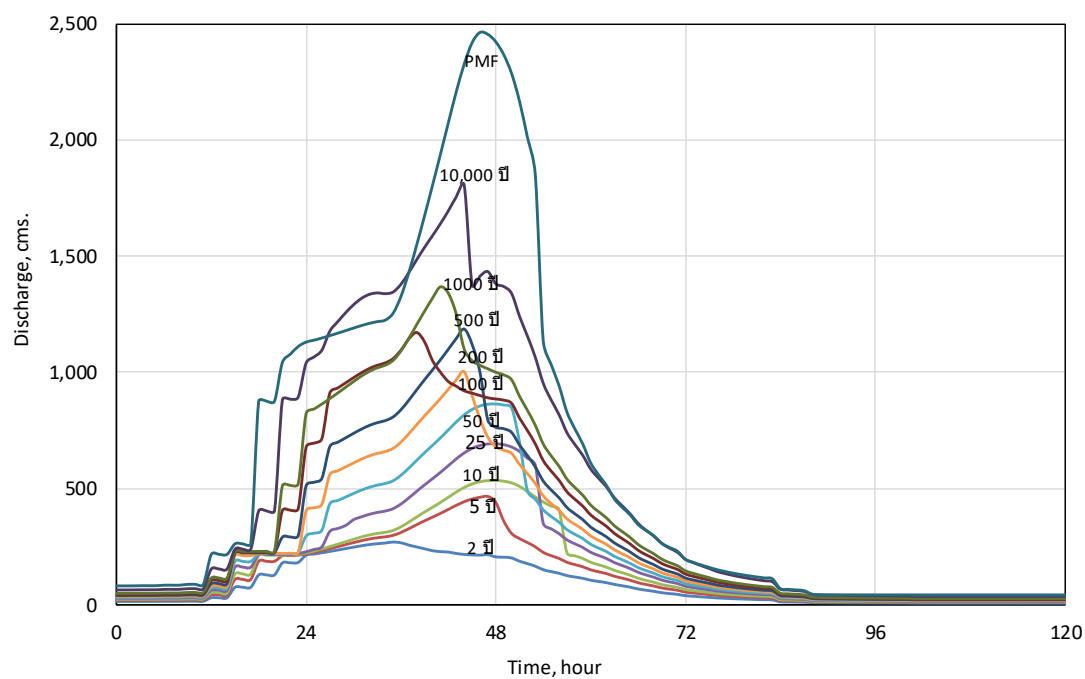
รูปที่ 4.13.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนห้วยกุ่ม



รูปที่ 4.13.3-3 กราฟปริมาณน้ำระบายจากเขื่อนจุฬาภรณ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ



รูปที่ 4.13.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากของเขื่อนห้วยกุ่มที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ



รูปที่ 4.13.3-5 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าเขื่อนห้วยกุ่ม
(รวมระบายจากเขื่อนจุฬาภรณ์)

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากที่ระบายออกจากเขื่อนจุฬาภรณ์ร่วมกับปริมาณน้ำไหลเข้าของเขื่อนห้วยกุ่ม และเพื่อศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องปริมาตรสำรองมากพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ ซึ่งเขื่อนห้วยกุ่มออกแบบอาคารระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำน้ำด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่มจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

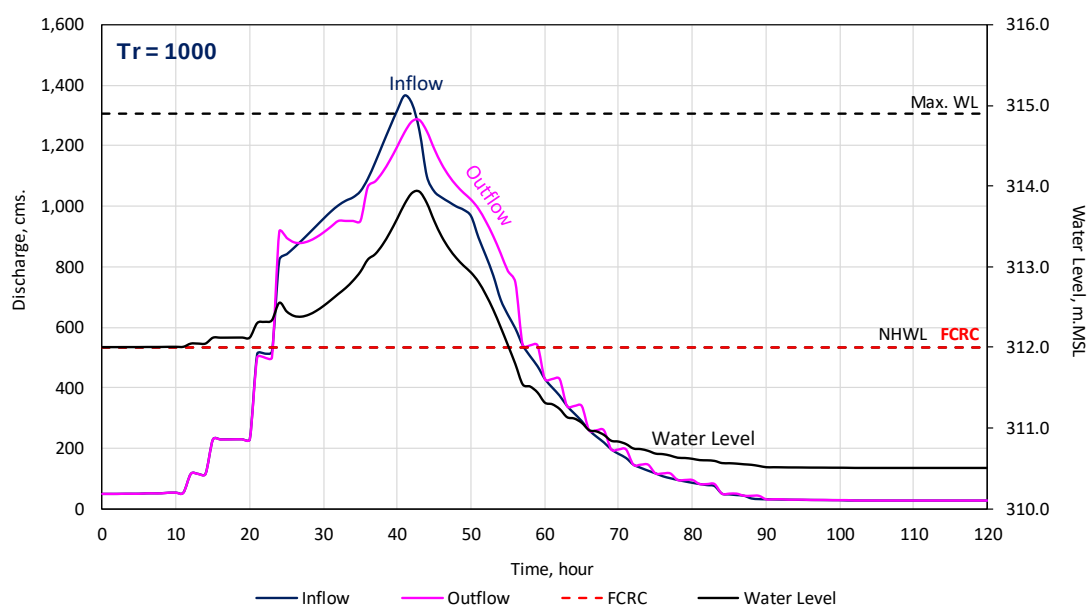
(3) **การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)** ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) **การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย** เขื่อนห้วยกุ่มไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 312.00 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะมีการปรับลดระดับควบคุมลงมาจนถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่

ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 312.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี เท่ากับ 1,368 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 1,242 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 313.76 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 314.90 ม.รทก. อยู่ 1.14 เมตร ดังนั้นเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในปัจจุบันยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.13.3-6

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อกำหนดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ตั้งแต่ 2-1,000 ปี โดยควบคุมการระบายน้ำออกไว้ไม่เกิน 300 ลบ.ม.ต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.13.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้ายเขื่อน ห้วยกุ่มจะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 269 ลบ.ม.ต่อวินาที และมีปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 266 ลบ.ม.ต่อวินาที



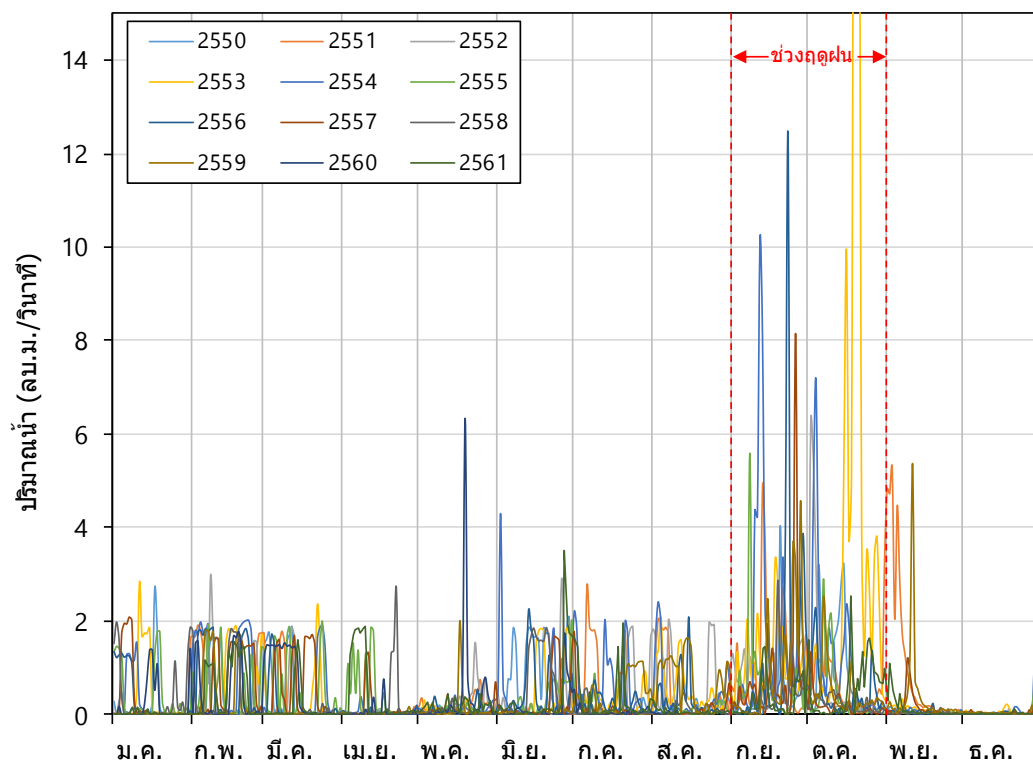
รูปที่ 4.13.3-6 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 312.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.13.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่มที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ

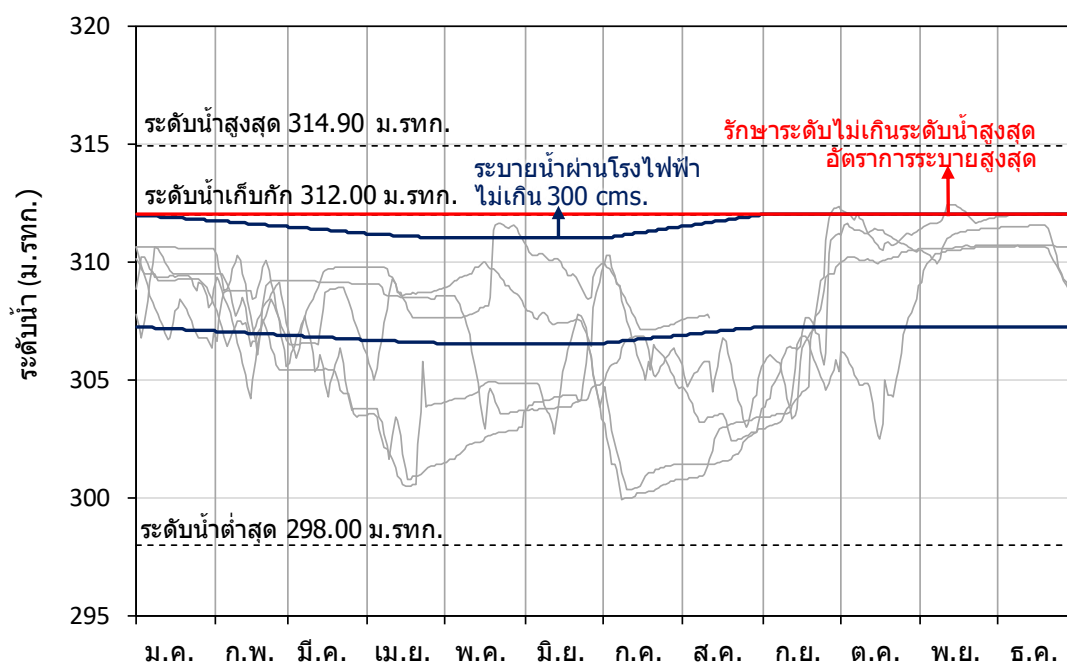
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
1,000	1,368	312.00	313.93	1,287
500	1,171	312.00	313.31	1,124
200	1,186	312.00	313.25	1,109
100	1,002	312.00	312.67	904
50	863	312.00	312.49	890
25	692	312.00	312.59	717
10	534	312.00	312.79	562
5	465	312.00	312.60	454
2	269	312.00	312.24	266

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนห้วยกุ่มถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี และในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.13.3-7 และแสดงเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากของเขื่อนสิรินธรซึ่งมีค่าเท่ากับระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 312.00 ม.รทก. รวมถึงเกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 4.13.3-8 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าในอัตราไม่เกิน 330 ลบ.ม.ต่อวินาที
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 312.00 ม.รทก. ระบายน้ำผ่านโรงไฟฟ้าและอาคารระบายน้ำล้นในอัตราไม่น้อยกว่า 330 ลบ.ม.ต่อวินาที เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.13.3-7 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.13.3-8 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม

4.14 เชื่อนน้ำพุง

4.14.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

4.14.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนดังนี้ จำนวน 4 สถานี โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนด้วยวิธีแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ดังแสดงค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุงได้ดังตารางที่ 4.14.1-1 และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.14.1-1 แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุง

สถานี วัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก ของสถานีวัดน้ำฝน
11230	0.091
11250	0.007
50304	0.189
50052	0.714

1) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 3 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุง และพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 4 สถานี โดยทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษาดังกล่าวไว้ใน ภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1)

2) ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของเขื่อนน้ำพุง

จากผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานี และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) ของสถานีดังกล่าว นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนน้ำพุง โดยใช้แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักทียีสเซน (Thiessen Weighting Factor) ในตารางที่ 4.14.1-1 ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนน้ำพุง ได้ดังตารางที่ 4.14.1-2

ตารางที่ 4.14.1-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปีของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนน้ำพุง

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1	102.74	136.16	158.34	186.37	207.13	227.76	248.30	275.41	295.86	363.90
2	135.22	178.54	207.17	243.42	270.26	296.89	323.48	358.52	385.02	473.01
3	159.63	207.27	238.84	278.69	308.28	337.58	366.85	405.46	434.61	531.37

4.14.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศ ไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 3 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และ ตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน มายังพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุง สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อน น้ำพุง โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.14.1-3 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.14.1-3 พบว่า พายุโซนร้อน IRA รหัส 142 ซึ่งเกิดใน ระหว่างวันที่ 2-4 ตุลาคม พ.ศ. 2533 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภออุทัย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจ เป็นไปได้ 1 วัน ถึง 3 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)		
1 วัน	2 วัน	3 วัน
598.27	812.83	812.83

4.14.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

จากค่าแฟคเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาด พื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่ รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนน้ำพุง เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝน สำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดัง แสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟคเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังตารางที่ 4.14.2-1

ตารางที่ 4.14.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนน้ำพุง

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	-	229.0	26.70	220.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	-	229.0	26.70	220.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	-	229.0	26.70	220.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	-	229.0	26.70	220.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	-	229.0	26.70	220.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	-	229.0	26.70	220.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	-	229.0	26.70	220.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	-	229.0	26.70	220.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	-	229.0	26.70	220.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	-	229.0	26.70	220.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	-	229.0	26.70	220.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	-	229.0	26.70	220.0

ตารางที่ 4.14.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนน้ำพุง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	87.79	70.56	1.24	115.15	94.10	1.22	90.82	100.00	0.91	100.00	97.10	1.03	1.42
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	87.79	88.35	0.99	115.15	90.00	1.28	90.82	78.20	1.16	100.00	100.00	1.00	1.48
3	142	พายุโซนร้อน IRA	87.79	71.22	1.23	115.15	104.20	1.11	90.82	100.00	0.91	100.00	98.30	1.02	1.26
4	099	พายุดีเปรสชัน	87.79	74.22	1.18	115.15	112.90	1.02	90.82	90.00	1.01	100.00	100.00	1.00	1.22
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	87.79	77.29	1.14	115.15	155.70	0.74	90.82	100.00	0.91	100.00	93.70	1.07	0.81
6	088	พายุดีเปรสชัน	87.79	74.23	1.18	115.15	138.60	0.83	90.82	91.70	0.99	100.00	100.00	1.00	0.97
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	87.79	75.69	1.16	115.15	121.00	0.95	90.82	82.80	1.10	100.00	100.00	1.00	1.21
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	87.79	70.08	1.25	115.15	104.40	1.10	90.82	86.20	1.05	100.00	100.00	1.00	1.46
9	021	พายุดีเปรสชัน	87.79	72.97	1.20	115.15	150.00	0.77	90.82	100.00	0.91	100.00	91.90	1.09	0.91
10	015	พายุดีเปรสชัน	87.79	72.94	1.20	115.15	100.00	1.15	90.82	73.40	1.24	100.00	100.00	1.00	1.71
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	87.79	76.57	1.15	115.15	103.90	1.11	90.82	100.00	0.91	100.00	97.80	1.02	1.18
12	100	พายุดีเปรสชัน	87.79	75.71	1.16	115.15	131.50	0.88	90.82	100.00	0.91	100.00	94.30	1.06	0.98

ตารางที่ 4.14.1-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนน้ำพุง (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	1.42	615.14	617.99	650.74
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.48	738.19	745.57	745.57
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	1.26	598.27	812.83	812.83
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	1.22	605.61	743.29	788.33
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.81	346.50	372.31	393.07
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	0.97	412.96	547.25	575.95
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	1.21	474.35	562.00	562.00
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.46	565.52	617.63	617.92
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	0.91	321.35	474.13	674.73
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	1.71	594.70	609.62	686.96
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	1.18	242.59	448.95	580.16
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	0.98	200.95	348.80	501.83

ตารางที่ 4.14.2-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของ
เขื่อนน้ำพุง

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1	70.28	96.12	114.08	137.69	155.85	174.44	193.51	219.53	239.80	311.16	511.55
2	98.10	133.68	158.31	190.74	215.67	241.17	267.39	303.10	330.98	428.96	737.13
3	116.04	155.50	182.87	218.80	246.49	274.76	303.83	343.46	374.34	482.84	738.59

หมายเหตุ : ปรับลดปริมาณฝนด้วยแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) แล้ว

2) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์สมการแสดงความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนน้ำพุง ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำที่ได้จากการสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ซึ่งใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาโดยใช้ผลการศึกษาจาก กรมชลประทาน (2552) สมการแสดงดังนี้

$$t_p = 0.28370 (LL_c / \sqrt{S})^{0.39790}$$

$$q_p/A = 2.175 (t_p)^{-1.0008}$$

- เมื่อ t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง
 q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไหลสูดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร
 S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

(2) จากความสัมพันธ์เหล่านี้ และข้อมูลพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำของลุ่มน้ำเหนือเขื่อน นำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนน้ำพุได้ดังนี้

พารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ					พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า		
A	L	L _c	S _{avg}	S _{max}	q _p	t _p	t _r
297	31.77	11.30	0.00204	0.00755	26.85	24.00	6.00

เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน, ตร.กม.

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กิโลเมตร

L_c = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำมากที่สุด, กิโลเมตร

S_{avg} = ความลาดเฉลี่ยของลำน้ำ

S_{max} = ความลาดสูงสุดของลำน้ำ

q_p = ปริมาณการไหลสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

t_p = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุด, ชั่วโมง

t_r = ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า, ชั่วโมง

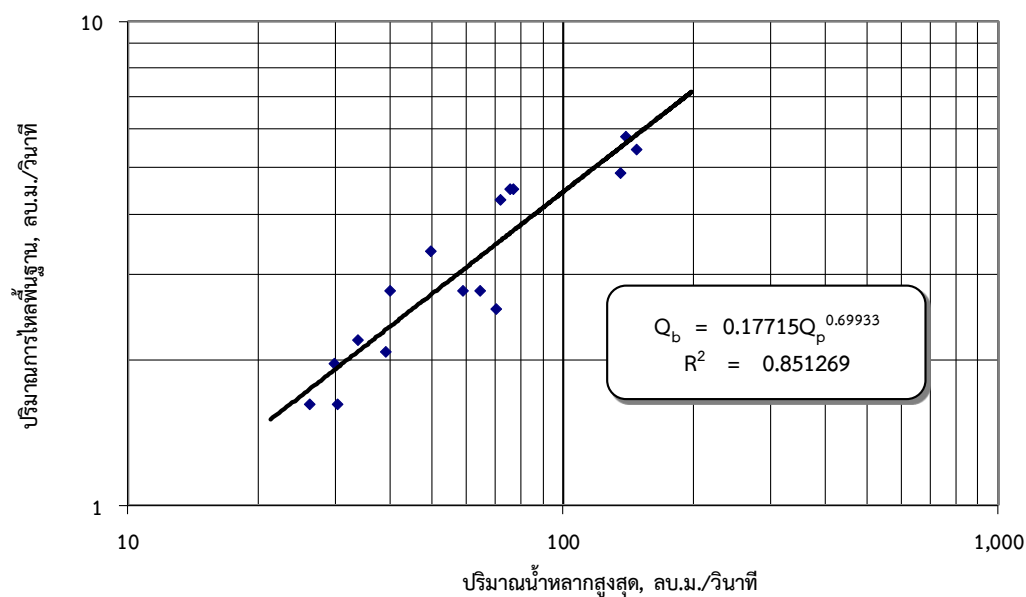
(3) การคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนด้วยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ขั้นตอนหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

(4) ปริมาณการไหลพื้นฐาน กำหนดให้มีค่าผันแปรกับปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุ ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากได้ในรูปที่ 4.14.2-1 และแสดงสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Q_B = 0.17715 Q_p^{0.69933}$$

เมื่อ Q_p = ปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลาก (ลบ.ม./วินาที)

Q_B = ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 4.14.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนน้ำพุง

2) ผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) แสดงไว้ในตารางที่ 4.14.2-2 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 1,371.76 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลากเท่ากับ 191.02 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 27.31 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 4.14.2-2 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนน้ำพุง

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	163.27	25.88	6.09
5	226.28	35.26	7.67
10	271.85	42.01	8.73
25	333.58	51.09	10.08
50	382.60	58.30	11.11
100	434.04	65.83	12.14
200	488.17	73.74	13.19
500	563.39	84.72	14.59
1,000	624.04	93.53	15.68
10,000	846.61	125.78	19.44
PMF	1,371.76	191.02	27.31

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดจากข้อมูลพายุฝนที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับผลการศึกษาในอดีต พบว่าเขื่อนน้ำพุง ยังไม่มีการออกแบบ PMF โดยในการออกแบบปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นเมื่อครั้งก่อสร้างเขื่อนในปี พ.ศ. 2507 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.14.2-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 1,000 ปี ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ 624.0 ลบ.ม./วินาที มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 640.0 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 2.5

ตารางที่ 4.14.2-3 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากرافน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีตของเขื่อนน้ำพุง

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษานี้											
Q _p	163.3	226.3	271.9	333.6	382.6	434.0	488.2	563.4	624.0	846.6	1,371.8
V _T	25.9	35.3	42.0	51.1	58.3	65.8	73.7	84.7	93.5	125.8	191.0
Q _B	6.1	7.7	8.7	10.1	11.1	12.1	13.2	14.6	15.7	19.4	27.3
2. การศึกษาเดิม (ปี 2507)											
Q _p	-	-	-	-	-	500.6	-	602.7	640.0	-	-
V _T	-	-	-	-	-	74.0	-	89.1	94.7	-	-
Q _B	-	-	-	-	-	11.7	-	14.1	15.0	-	-

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

4.14.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนน้ำพุง

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+285.50	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+284.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+270.00	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+286.50	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักปกติ	165.48	ล้าน ลบ.ม.

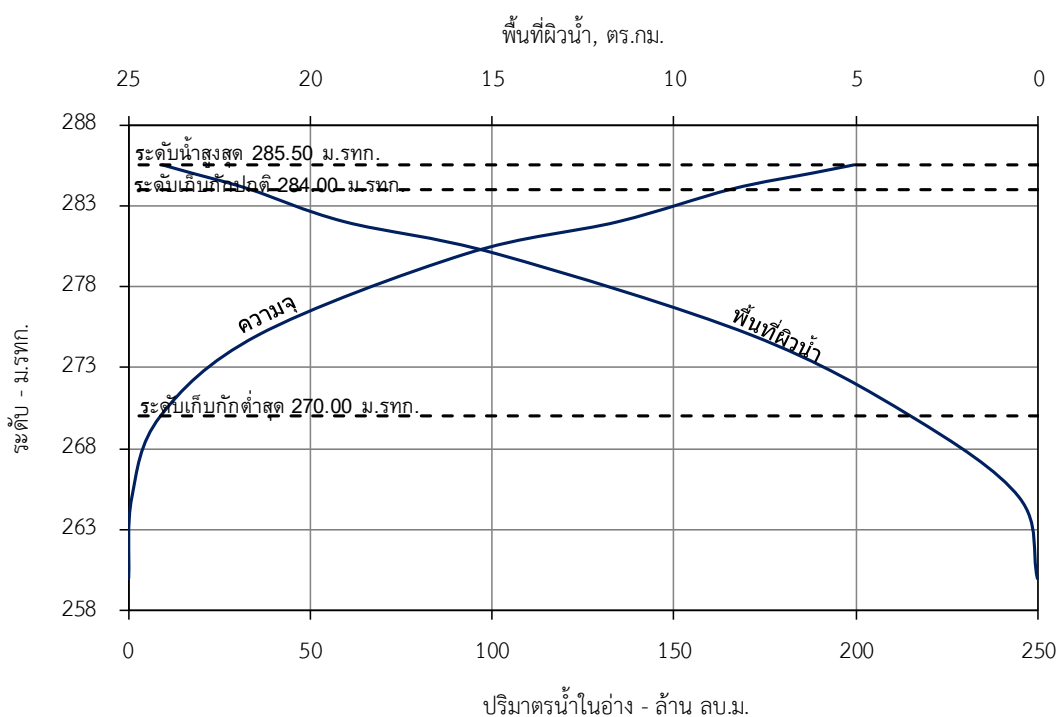
ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด	8.68	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย	123.40	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	ฝายน้ำล้นไหลลงไปสู่รางคอนกรีต โดยตรงอยู่ทางฝั่งซ้ายของตัวเขื่อน	
ระดับสันฝาย	+284.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	300	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวหน้า แสดงได้ดังรูปที่ 4.14.3-1

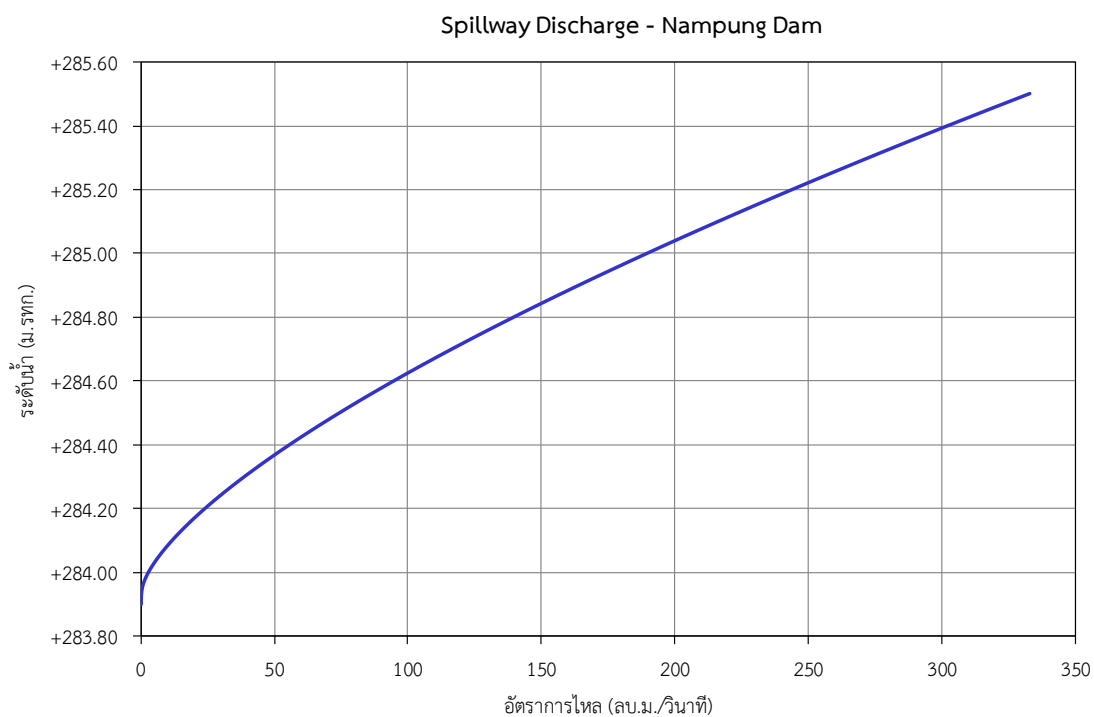
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร การใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนน้ำพุ่ง แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้น ได้ดังรูปที่ 4.14.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ ท้ายเขื่อนน้ำพุ่งมีความจุลำนน้ำปริมาณ 300 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยที่ระดับน้ำไม่สูงเกินกว่าระดับตลิ่งสองฝั่งลำน้ำ

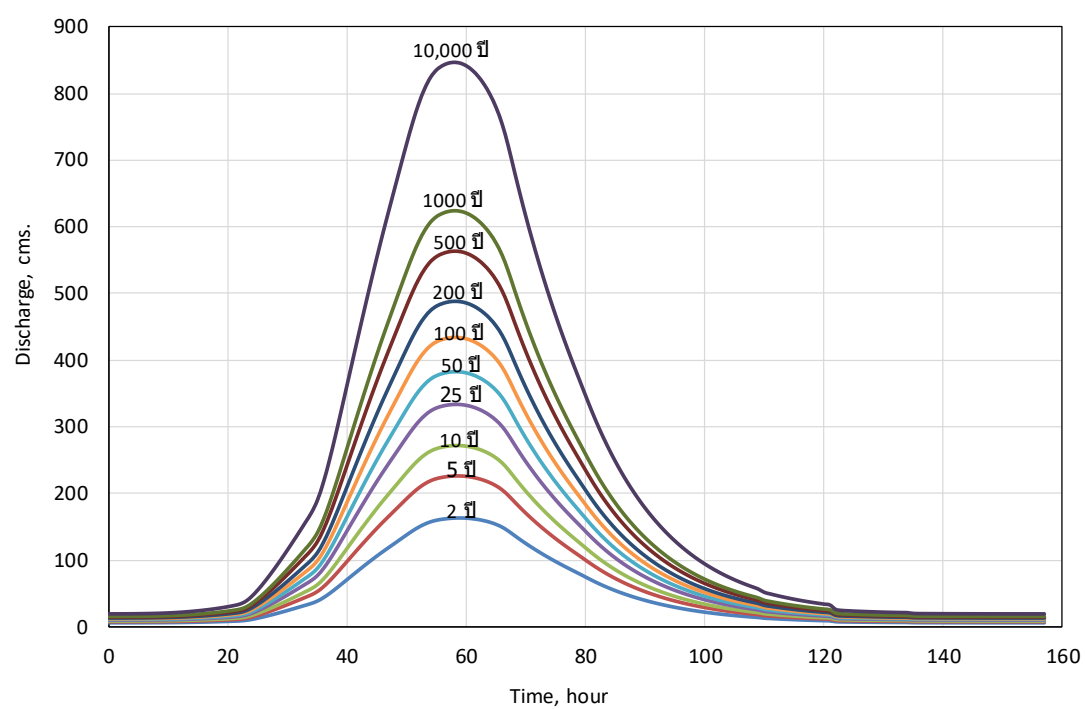
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-1,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.14.3-3



รูปที่ 4.14.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวหน้าเขื่อนน้ำพุ่ง



รูปที่ 4.14.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ ของเขื่อนน้ำพุง



รูปที่ 4.14.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-1,000 ปี เขื่อนน้ำพุง

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

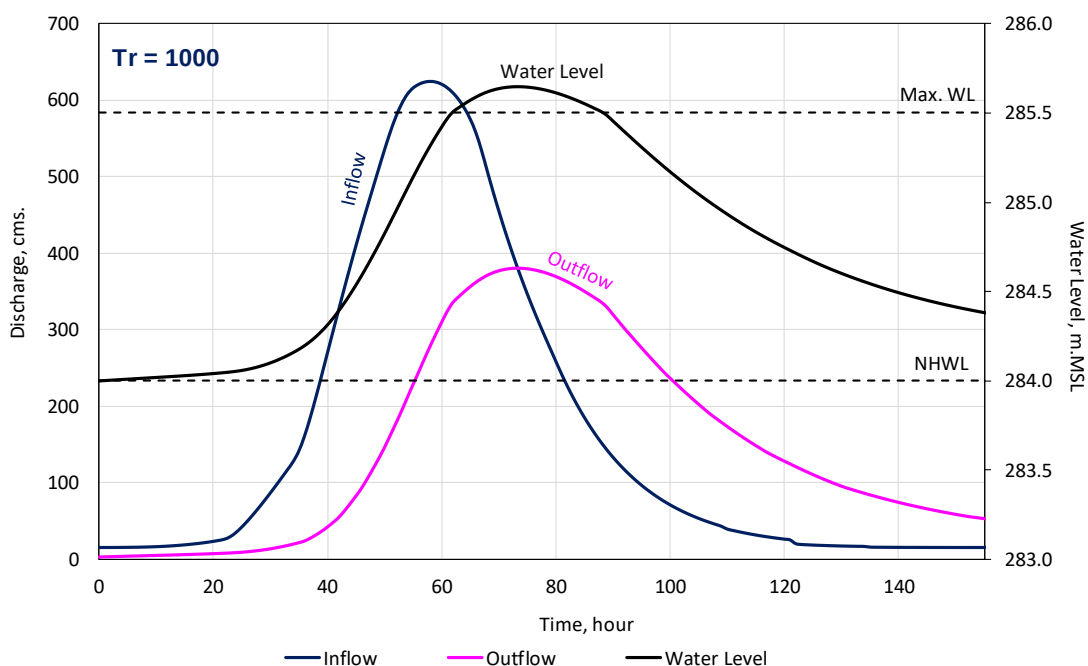
การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุง มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำออกจากอ่างจากปริมาณน้ำหลากตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ออกแบบอาคาร ซึ่งเขื่อนน้ำพุงออกแบบอาคารระบายน้ำล้นที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) และเพื่อศึกษาความสามารถในการรับน้ำจากการระบายของเขื่อนตามความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อน

3) ผลการศึกษา

(1) การตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำหลาก สรุปผลการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุงที่ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับเก็บกัก 284.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำหลากไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี เท่ากับ 624 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 380.00 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 285.65 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 285.50 ม.รทก. อยู่ 0.15 เมตร แต่ยังต่ำกว่าระดับสันเขื่อนที่ 286.50 ม.รทก. อยู่ 0.85 เมตร กราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุงแสดงได้ดังรูปที่ 4.14.3-4

(2) ผลการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ตั้งแต่ 2-1,000 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4.14.3-1 สรุปได้ว่า ลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนน้ำพุงจะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี ซึ่งมีอัตราการระบายสูงสุดเท่ากับ 269 ลบ.ม.ต่อวินาที

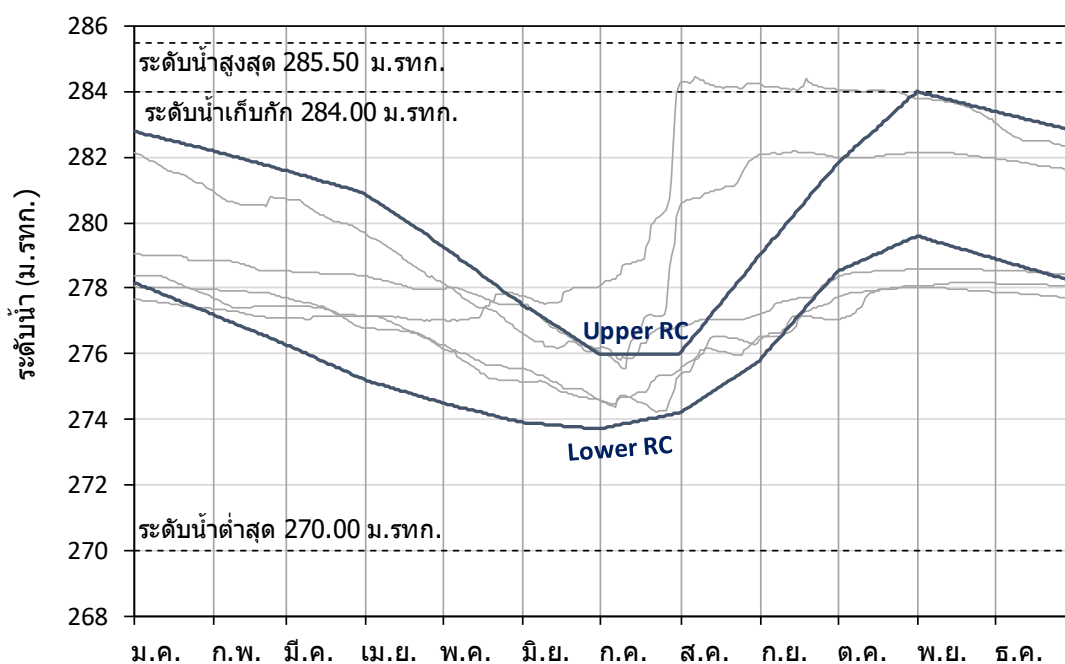
แสดงเกณฑ์ควบคุมระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุงไว้ในรูปที่ 4.14.3-5



รูปที่ 4.14.3-4 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากที่รอบการเกิดซ้ำ 1,000 ปี
ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุง กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 284.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.14.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุงที่รอบปี
การเกิดซ้ำต่างๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
1,000	624	284.00	285.65	380
500	563	284.00	285.56	351
200	488	284.00	285.42	308
100	434	284.00	285.28	269
50	383	284.00	285.16	232
25	334	284.00	285.03	198
10	272	284.00	284.86	156
5	226	284.00	284.74	126
2	163	284.00	284.56	86



รูปที่ 4.14.3-5 เชนท์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำพุง

4.15 เชื่อนปากมูล

4.15.1 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) จากผลการคัดเลือกพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย 10 อันดับแรก สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังแสดงรูปที่ 4.2.1-1 และตารางที่ 4.2.1-1 และผลการคำนวณค่าปรับแก้เพื่อการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝนมายังพื้นที่รับน้ำฝนของเชื่อนปากมูล สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเชื่อนปากมูล โดยวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน ดังแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.15.1-1 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.15.1-1 พบว่า พายุดีเปรสชันรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน ถึง 7 วัน ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
724.22	888.86	942.73	980.43	993.09	1,046.96	1,084.66

4.15.2 การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุด

1) การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

สำหรับเชื่อนปากมูล งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลน้ำท่า ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ประกอบด้วย การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณการไหลสูงสุด การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณน้ำหลาก การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน และการสร้างกราฟน้ำหลากสูงสุด รายละเอียดดังนี้

1.1) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

สร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันที่ไหลเข้าสู่เชื่อนปากมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึง 2560 โดยขั้นตอนหลักประกอบด้วย

(1) ทำการคัดเลือกกราฟน้ำหลากจากกราฟปริมาณน้ำท่ารายวันในช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึง 2560 ซึ่งสามารถทำการคัดเลือกกราฟน้ำหลากสูงสุดได้จำนวน 26 ลูก

(2) ทำการตัดปริมาณการไหลพื้นฐาน (Base flow) ออกจากกราฟน้ำหลาก โดยวิธีเส้นตรง เพื่อให้ได้ปริมาณการไหลตรง (Direct runoff) ของกราฟน้ำท่า

(3) ทำการปรับค่าพื้นที่ใต้กราฟของกราฟน้ำท่าทั้ง 26 ลูกให้มีค่า 1 เซนติเมตร โดยการหาค่าแฟคเตอร์ปรับแก้ปริมาณการไหลตรง

ตารางที่ 4.15.1-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูล

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง (°C)	สถานี	ระดับ สถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุด น้ำค้างสูงสุด (°C)	ระดับ h ₂ (ม.รทก.)
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	13582	64.00	23.65	-	108.0	26.71	220.0
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	70180	285.00	26.93	-	108.0	26.71	220.0
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	42280	5.00	23.55	-	108.0	26.71	220.0
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	11230	184.00	24.64	-	108.0	26.71	220.0
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	06032	9.00	24.50	-	108.0	26.71	220.0
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	67192	106.00	24.37	-	108.0	26.71	220.0
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	49052	141.00	24.71	-	108.0	26.71	220.0
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	36172	115.00	23.75	-	108.0	26.71	220.0
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	66032	18.00	23.86	-	108.0	26.71	220.0
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	18090	250.00	24.66	-	108.0	26.71	220.0
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	32052	7.00	24.38	-	108.0	26.71	220.0
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	09102	11.00	24.26	-	108.0	26.71	220.0

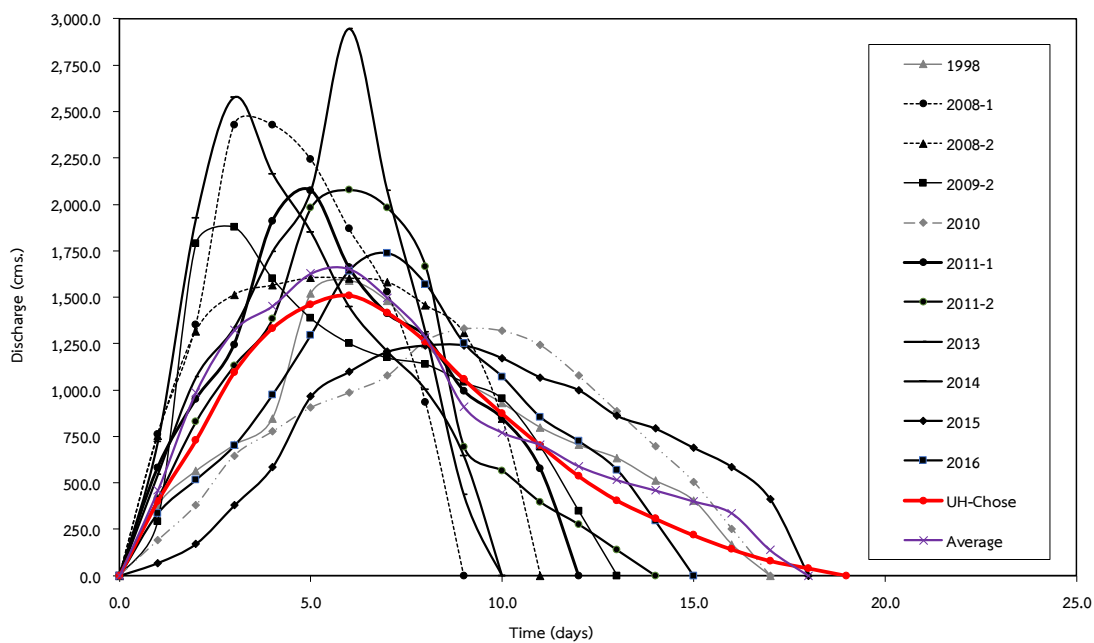
ตารางที่ 4.15.1-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูล (ต่อ)

ลำดับ	รหัสพายุฝน	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับ แก้รวม (r _m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	ตำแหน่ง ที่ย้ายไป	ตำแหน่ง พายุฝน	ค่าปรับ แก้	
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	88.11	70.56	1.25	136.77	94.10	1.45	91.10	100.00	0.91	100.00	97.10	1.03	1.70
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	88.11	88.35	1.00	136.77	90.00	1.52	91.10	78.20	1.16	100.00	100.00	1.00	1.77
3	142	พายุโซนร้อน IRA	88.11	71.22	1.24	136.77	104.20	1.31	91.10	100.00	0.91	100.00	98.30	1.02	1.50
4	099	พายุดีเปรสชัน	88.11	74.22	1.19	136.77	112.90	1.21	91.10	90.00	1.01	100.00	100.00	1.00	1.46
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	88.11	77.29	1.14	136.77	155.70	0.88	91.10	100.00	0.91	100.00	93.70	1.07	0.97
6	088	พายุดีเปรสชัน	88.11	74.23	1.19	136.77	138.60	0.99	91.10	91.70	0.99	100.00	100.00	1.00	1.16
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	88.11	75.69	1.16	136.77	121.00	1.13	91.10	82.80	1.10	100.00	100.00	1.00	1.45
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	88.11	70.08	1.26	136.77	104.40	1.31	91.10	86.20	1.06	100.00	100.00	1.00	1.74
9	021	พายุดีเปรสชัน	88.11	72.97	1.21	136.77	150.00	0.91	91.10	100.00	0.91	100.00	91.90	1.09	1.09
10	015	พายุดีเปรสชัน	88.11	72.94	1.21	136.77	100.00	1.37	91.10	73.40	1.24	100.00	100.00	1.00	2.05
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	88.11	76.57	1.15	136.77	103.90	1.32	91.10	100.00	0.91	100.00	97.80	1.02	1.41
12	100	พายุดีเปรสชัน	88.11	75.71	1.16	136.77	131.50	1.04	91.10	100.00	0.91	100.00	94.30	1.06	1.17

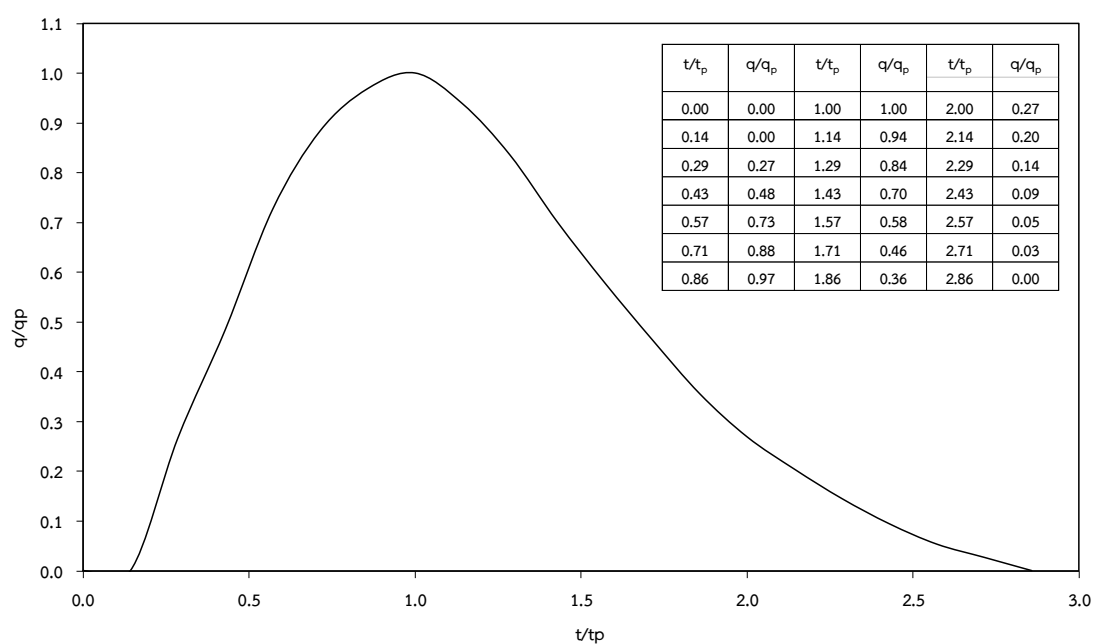
ตารางที่ 4.15.1-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูล (ต่อ)

ลำดับ	รหัส พายุฝน	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝน (มม.)							ค่าปรับ แก้ม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มม.)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	175	พายุดีเปรสชัน TD 3	432.0	434.0	457.0	463.2	493.4	495.4	496.4	1.70	735.62	739.02	778.19	788.75	840.17	843.58	845.28
2	127	พายุโซนร้อน VERNON	500.0	505.0	505.0	552.0	557.0	582.0	587.0	1.77	882.77	891.59	891.59	974.57	983.40	1,027.54	1,036.37
3	142	พายุโซนร้อน IRA	475.4	645.9	645.9	645.9	645.9	654.1	661.2	1.50	715.44	972.03	972.03	972.03	972.03	984.37	995.05
4	099	พายุดีเปรสชัน	497.5	610.6	647.6	673.5	682.2	719.2	745.1	1.46	724.22	888.86	942.73	980.43	993.09	1,046.96	1,084.66
5	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	425.6	457.3	482.8	488.1	528.1	559.8	608.1	0.97	414.37	445.23	470.06	475.22	514.16	545.03	592.05
6	088	พายุดีเปรสชัน	424.4	562.4	591.9	617.6	632.0	651.6	659.0	1.16	493.84	654.43	688.75	718.66	735.41	758.22	766.83
7	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	391.8	464.2	464.2	477.6	478.8	526.2	529.5	1.45	567.25	672.07	672.07	691.47	693.21	761.84	766.61
8	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	388.5	424.3	424.5	428.9	429.1	433.5	444.7	1.74	676.28	738.60	738.94	746.60	746.95	754.61	774.11
9	021	พายุดีเปรสชัน	352.1	519.5	739.3	817.4	844.9	906.4	937.5	1.09	384.28	566.98	806.87	892.11	922.13	989.25	1,023.19
10	015	พายุดีเปรสชัน	346.8	355.5	400.6	401.9	405.1	470.9	485.5	2.05	711.18	729.02	821.50	824.17	830.73	965.67	995.61
11	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	205.6	380.5	491.7	555.8	562.4	578.6	585.2	1.41	290.10	536.88	693.78	784.23	793.54	816.40	825.71
12	100	พายุดีเปรสชัน	205.5	356.7	513.2	523.5	523.5	538.2	548.5	1.17	240.30	417.11	600.11	612.16	612.16	629.35	641.39

(4) ทำคัดเลือกและทำการวางซ้อนทับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และทำการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าตัวแทนเพื่อให้ได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำเขื่อนปากมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.15.2-1 และนำมาสร้างเป็นกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless Unit Hydrograph) ได้ดังรูปที่ 4.15.2-2



รูปที่ 4.15.2-1 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของเขื่อนปากมูล



รูปที่ 4.15.2-2 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติของเขื่อนปากมูล

1.2) การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณการไหลสูงสุด

จากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันในช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึง 2560 ที่ไหลเข้าสู่เขื่อนปากมูล ทำการอ่านค่าปริมาณการไหลสูงสุดรายวันในแต่ละปี เพื่อให้ได้ข้อมูลค่าปริมาณการไหลสูงสุดรายปี จากนั้น ทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณการไหลสูงสุดรายปีโดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) ซึ่งจะได้ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ดังนี้

ปริมาณการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ลบ.ม.)									
2 ปี	5 ปี	10 ปี	25 ปี	50 ปี	100 ปี	200 ปี	500 ปี	1,000 ปี	10,000 ปี
3,384.6	5,330.1	6,618.1	8,245.6	9,453.0	10,651.4	11,845.5	13,420.8	14,611.4	18,564.5

1.3) การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาตรน้ำหลาก

การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาตรน้ำหลาก มีขั้นตอนการวิเคราะห์ประกอบด้วย

(1) จากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันในช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึง 2560 ทำการอ่านค่าปริมาณการไหลสะสม 1 วัน 3 วัน 5 วัน 7 วัน 10 วัน 15 วัน 20 วัน และ 30 วัน สูงสุดในแต่ละปี เพื่อให้ได้ค่าปริมาณการไหลสูงสุดรายปีในช่วงเวลาต่าง ๆ

(2) ทำการแปลงค่าปริมาณการไหลสูงสุดรายปีในช่วงเวลาต่าง ๆ ให้เป็นค่าปริมาตรน้ำหลาก เพื่อให้ได้ค่าปริมาตรน้ำหลากสูงสุดรายปีในช่วงเวลาต่าง ๆ

(3) ทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาตรน้ำหลากสูงสุดรายปีในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยวิธีกัมเบล (Gumbel Distribution) ดังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4.15.2-1

ตารางที่ 4.15.2-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

รอบปีการเกิด (ปี)	ปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ (ล้าน ลบ.ม.)							
	1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	30 วัน
2	292	790	1,259	1,703	2,341	3,335	4,257	5,933
5	461	1,101	1,771	2,409	3,337	4,819	6,196	8,676
10	572	1,308	2,109	2,876	3,997	5,801	7,479	10,493
20	679	1,505	2,433	3,324	4,630	6,743	8,710	12,235
25	712	1,568	2,536	3,466	4,830	7,042	9,101	12,788
50	817	1,761	2,854	3,904	5,448	7,963	10,304	14,490
100	920	1,953	3,168	4,338	6,062	8,876	11,498	16,181
200	1,023	2,145	3,482	4,771	6,673	9,787	12,687	17,864
500	1,160	2,397	3,896	5,342	7,480	10,988	14,257	20,086
1,000	1,262	2,587	4,209	5,774	8,090	11,896	15,443	21,765
10,000	1,604	3,220	5,247	7,207	10,114	14,911	19,382	27,339

1.4) การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐานและการสร้างกราฟน้ำหลากสูงสุด

การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน (Q_b) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลสูงสุดและปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ดังแสดงได้ดังตารางที่ 4.15.2-2

จากนั้นทำการคำนวณกราฟน้ำหลาก จากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่เตรียมไว้แต่ละ ordinate นำมาคูณกับค่าแฟคเตอร์ C และบวกกับปริมาณการไหลพื้นฐาน (Q_b) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ดังแสดงผลการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดได้ดังตารางที่ 4.15.2-3

ตารางที่ 4.15.2-2 การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน

รอบปี การเกิด (ปี)	ปริมาณ การไหลสูงสุด (ลบ.ม.)	ปริมาตร น้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหล สูงสุดของ UH (ลบ.ม./วินาที)	พื้นที่ รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ฐานเวลา กราฟน้ำหลาก (วัน)	การสังเคราะห์น้ำหลาก	
						การไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)	แฟคเตอร์ C
2	3,384.6	3,335.0	1,659.3	117,000.0	20.0	927.3	1.5
5	5,330.1	4,818.6	1,659.3	117,000.0	20.0	1,036.6	2.6
10	6,618.1	5,800.8	1,659.3	117,000.0	20.0	1,108.9	3.3
25	8,245.6	7,041.9	1,659.3	117,000.0	20.0	1,200.3	4.2
50	9,453.0	7,962.6	1,659.3	117,000.0	20.0	1,268.2	4.9
100	10,651.4	8,876.5	1,659.3	117,000.0	20.0	1,335.5	5.6
200	11,845.5	9,787.0	1,659.3	117,000.0	20.0	1,402.5	6.3
500	13,420.8	10,988.3	1,659.3	117,000.0	20.0	1,491.0	7.2
1,000	14,611.4	11,896.2	1,659.3	117,000.0	20.0	1,557.9	7.9
10,000	18,564.5	14,910.7	1,659.3	117,000.0	20.0	1,779.9	10.1

ตารางที่ 4.15.2-3 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนปากมูล

รอบปีของการเกิด (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาตรน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
2	3,161.21	3,300.92	927.29
5	4,939.75	4,782.09	1,036.57
10	6,117.29	5,762.76	1,108.92
25	7,605.13	7,001.83	1,200.33
50	8,708.89	7,921.04	1,268.15
100	9,804.50	8,833.47	1,335.47
200	10,896.11	9,742.57	1,402.54
500	12,336.29	10,941.95	1,491.03
1,000	13,424.74	11,848.41	1,557.90
10,000	17,038.59	14,858.03	1,779.94

2) การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)

จากค่าแฟกเตอร์การสูญเสียปริมาณฝน (LOSS) และแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (ARF) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยที่ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 4.3 นำมาปรับค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูล เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสำหรับลุ่มน้ำ (Catchment Rainfalls) สำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด ดังแสดงปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนได้ดังนี้

ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูล ที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ (มม.)						
1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
158.05	276.55	305.99	318.23	322.34	339.83	352.06

จากปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนปากมูลที่ปรับค่าแฟกเตอร์ลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่รับน้ำฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ นำมาวิเคราะห์ร่วมกับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา เพื่อคำนวณกราฟน้ำหลากสูงสุด มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณการไหลพื้นฐาน การคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่จะเกิดเป็นน้ำหลากผิวดิน (จากการกำหนดแฟกเตอร์ลดปริมาณน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ และอัตราการสูญเสียปริมาณฝน) และการแบ่งปริมาณฝนออกเป็นช่วง ๆ ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) พบว่า ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) มีค่าเท่ากับ 22,745.2 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำหลาก เท่ากับ 21,842.9 ล้าน ลบ.ม และปริมาณการไหลพื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 2,381.1 ลบ.ม./วินาที

3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า PMF ในอดีต

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) กับ ผลการศึกษาในอดีตปี พ.ศ. 2528 แสดงไว้ในตารางที่ 4.15.2-4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่ได้จากการศึกษานี้ 22,745.2 ลบ.ม./วินาที มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในอดีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 20,333.4 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นร้อยละ 11.9

ตารางที่ 4.15.2-4 การเปรียบเทียบกับผลการศึกษากาหรน้ำหลากสูงสุดกับผลการศึกษาในอดีต
ของเขื่อนปากมูล

ผลการศึกษา	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
1. การศึกษาซ้ำ											
Q _p	3,161.2	4,939.7	6,117.3	7,605.1	8,708.9	9,804.5	10,896.1	12,336.3	13,424.7	17,038.6	22,745.2
V _T	3,300.9	4,782.1	5,762.8	7,001.8	7,921.0	8,833.5	9,742.6	10,941.9	11,848.4	14,858.0	21,842.9
Q _B	927.3	1,036.6	1,108.9	1,200.3	1,268.2	1,335.5	1,402.5	1,491.0	1,557.9	1,779.9	2,381.1
2. การศึกษาเดิม (ปี 2528)											
Q _p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,333.4
V _T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,432.8
Q _B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000.0

หมายเหตุ : Q_p หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที
 V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.
 Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

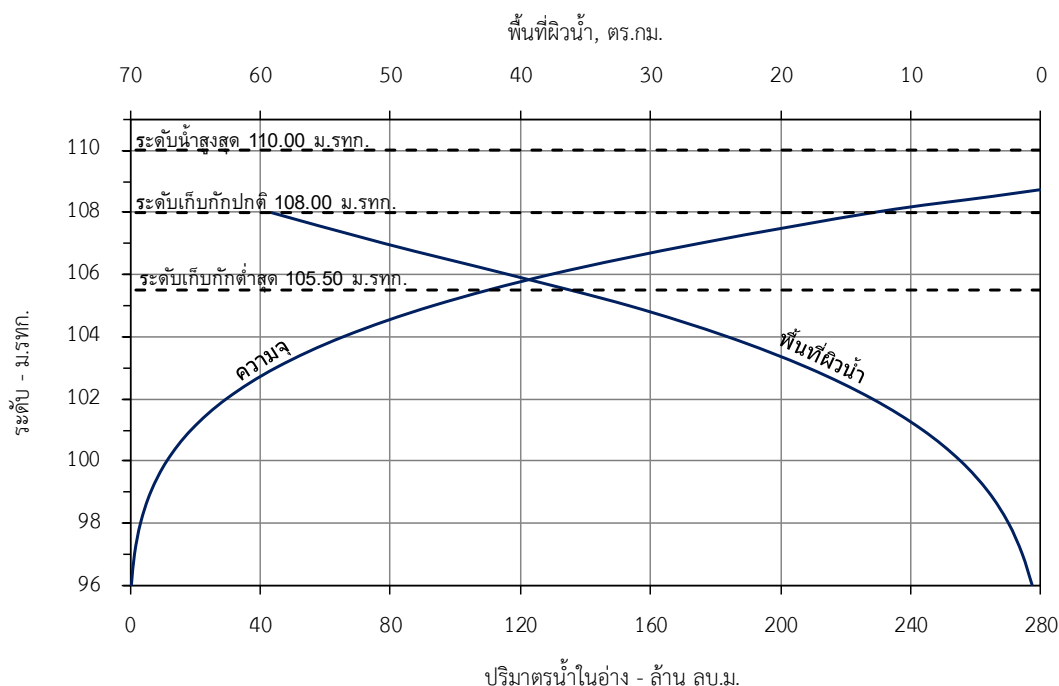
4.15.3 การตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการระบายน้ำ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

(1) ข้อมูลเขื่อนปากมูล

ระดับเก็บกักน้ำสูงสุด	+110.40	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักปกติ	+108.00	ม.(รทก.)
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+105.50	ม.(รทก.)
ระดับสันเขื่อน	+111.00	ม.(รทก.)
ความจุของอ่างเก็บน้ำ		
ที่ระดับเก็บกักปกติ	225.00	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อปี	24,000	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
ประตูระบายน้ำ	ประตูเหล็กบานโค้ง จำนวน 8 ช่อง	
ขนาด	22.5 x 14.75 ม.	
ระดับสันฝาย	+94.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำสูงสุด	18,500	ลบ.ม. /วินาที

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.15.3-1

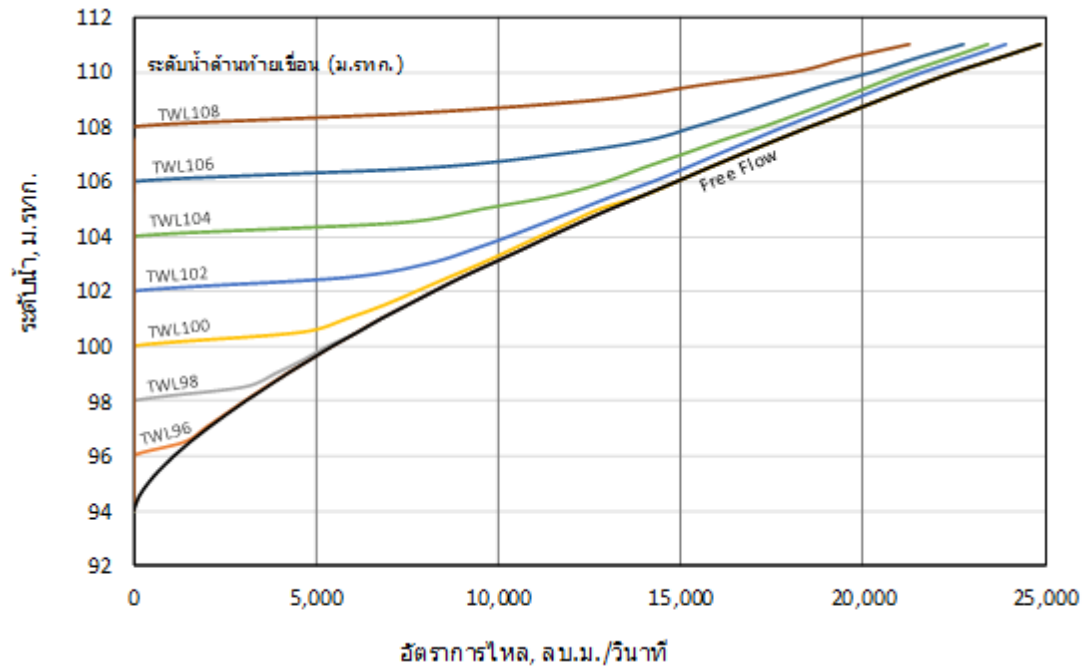


รูปที่ 4.15.3-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ เขื่อนปากมูล

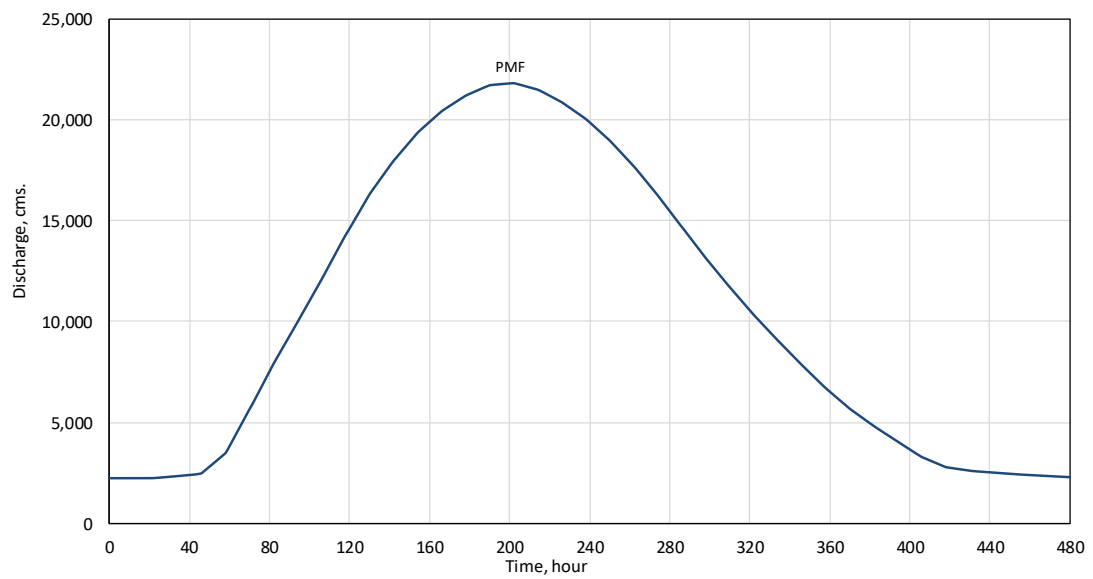
(3) ความสามารถในการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จากการทบทวนเอกสาร คู่มือการใช้งานอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนปากมูล แสดงความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระยะเปิดบานต่างๆ กรณีเปิดการไหลอิสระที่ระดับท้ายน้ำต่างๆ ได้ดังรูปที่ 4.15.3-2

(4) ข้อจำกัดการระบายน้ำ ความจุลำนํ้าตั้งแต่ท้ายเขื่อนปากมูลจนถึงจุดออกแม่น้ำโขง มีความจุลำนํ้าเฉลี่ยประมาณ 3,000 ลบ.ม./วินาที

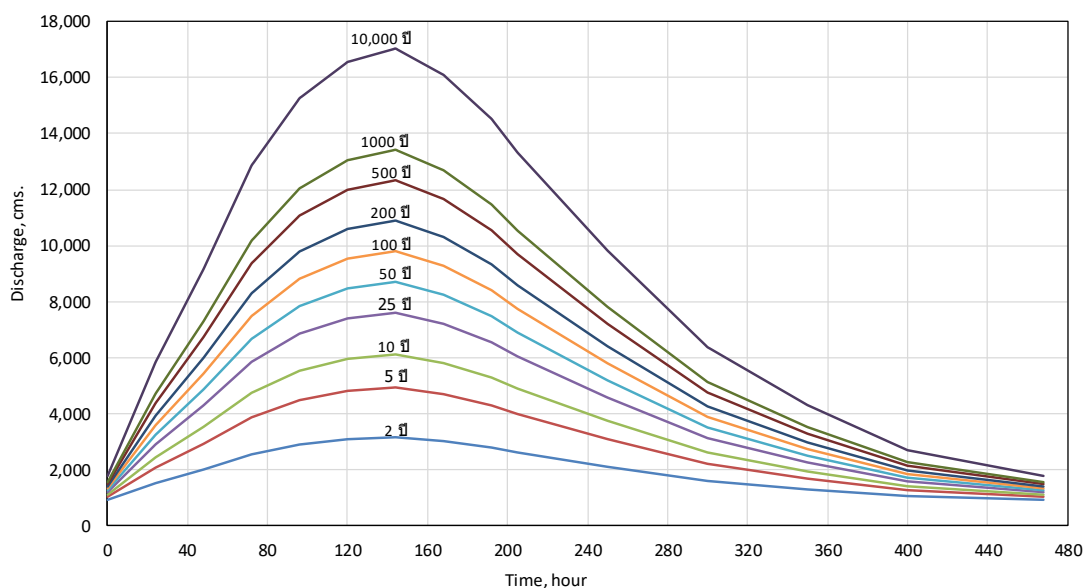
(5) กราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และกราฟปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี ที่ได้จากผลการศึกษา แสดงได้ดังรูปที่ 4.15.3-3 และ 4.15.3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.15.3-2 ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นที่ระดับท้ายน้ำต่างๆ ของเขื่อนปากมูล



รูปที่ 4.15.3-3 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เขื่อนปากมูล



รูปที่ 4.15.3-4 กราฟปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10,000 ปี เชื่อนปากมูล

2) กรณีศึกษาและเงื่อนไขในการศึกษา

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC) โดยทดสอบความสามารถของการระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) และเพื่อศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากจากข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ มีกรณีศึกษาและข้อกำหนดการศึกษาต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) **เกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย (Flood Control Rule Curve, FCRC)** เป็นระดับที่กำหนดขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับนี้ จะต้องทำการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ตามที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและระบายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระดับน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าระดับเก็บกักสูงสุดที่ออกแบบไว้ เพื่อความปลอดภัยของเขื่อนปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือ Flood Control Rule Curve จะต้องมีความปลอดภัยเพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด Probable Maximum Flood (PMF) หรือตามเกณฑ์ที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนไว้ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับน้ำต่างๆ จนกว่าจะได้ระดับน้ำที่สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากตามรอบปีที่กำหนดได้

(2) **การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ** ในกรณีของปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำไม่มากนัก จะควบคุมการระบายน้ำไว้ไม่เกินความจุลำนํ้าด้านท้ายเขื่อนเพื่อลดผลกระทบด้านท้ายน้ำจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยการตรวจสอบผลการเคลื่อนตัวปริมาณน้ำหลากเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูลจะสามารถรองรับไว้ได้หากทำการระบายน้ำตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำในปริมาณดังกล่าว

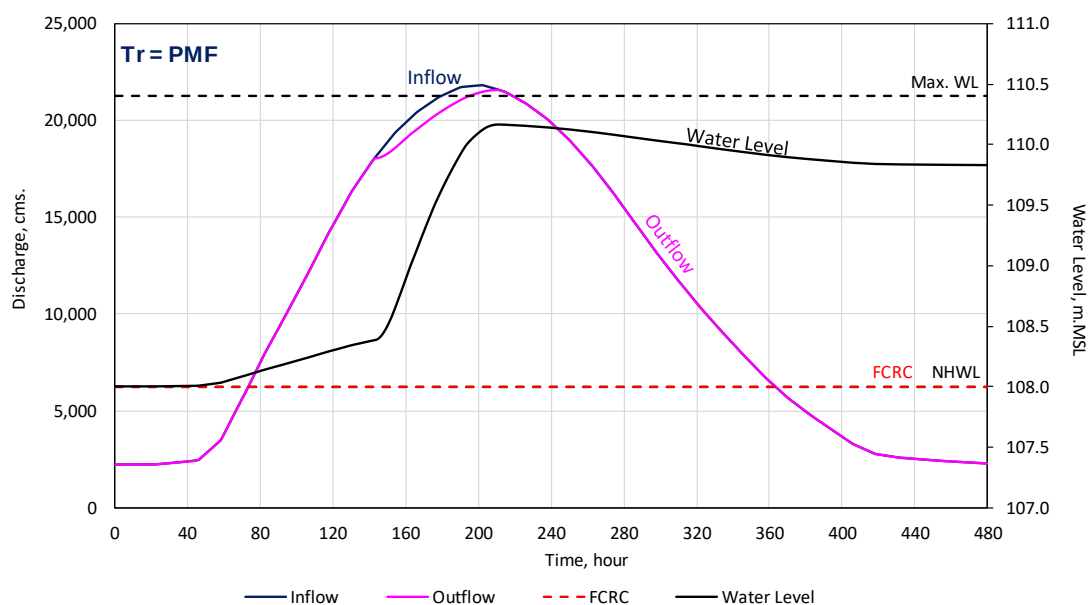
(3) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve, FCRC)

ศึกษาการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากในช่วงฤดูฝนโดยพิจารณาจากค่าสถิติการเกิดฝนและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำร่วมกับรูปแบบการเก็บกักน้ำในช่วงปลายฤดูฝน และแนวทางในการระบายน้ำที่ระดับเก็บกักน้ำต่างๆ

3) ผลการศึกษา

(1) การกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย เขื่อนปากมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ไว้ตั้งแต่ตอนออกแบบก่อสร้างเขื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยเขื่อน จึงใช้เกณฑ์เก็บน้ำปกติ (Normal High Water Level) ที่ระดับ 142.20 ม.รทก. เป็นระดับเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) ซึ่งหากระดับน้ำที่กำหนดไว้ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) หรือตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นได้ ก็จะทำให้การปรับลดระดับควบคุมลงมาถึงระดับที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูล ตามหลักเกณฑ์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (USBR, 2014) สรุปได้ว่า ที่ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 108.00 ม.รทก. ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 21,823 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณการระบายน้ำออกสูงสุด 21,588 ลบ.ม.ต่อวินาที โดยมีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 110.16 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ 110.40 ม.รทก. อยู่ 0.24 เมตร จากผลการศึกษาดังกล่าว สรุปได้ว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในปัจจุบันยังสามารถใช้ควบคุมปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) ที่ได้จากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านเขื่อนปากมูลไว้ในรูปที่ 4.15.3-5

(2) ผลการศึกษาศามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากตามข้อจำกัดด้านท้ายน้ำ จากผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ปริมาณการไหลเข้าที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2-10,000 ปี และ PMF ดังแสดงในตารางที่ 4.15.3-1 สรุปได้ว่า ในกรณีที่เขื่อนปากมูลระบายน้ำไม่เกินความสามารถในการรับน้ำได้ของลำน้ำด้านท้าย จะสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่ 3,161 ลบ.ม.ต่อวินาที และปริมาณน้ำระบายออกเท่ากับ 3,161 ลบ.ม.ต่อวินาที



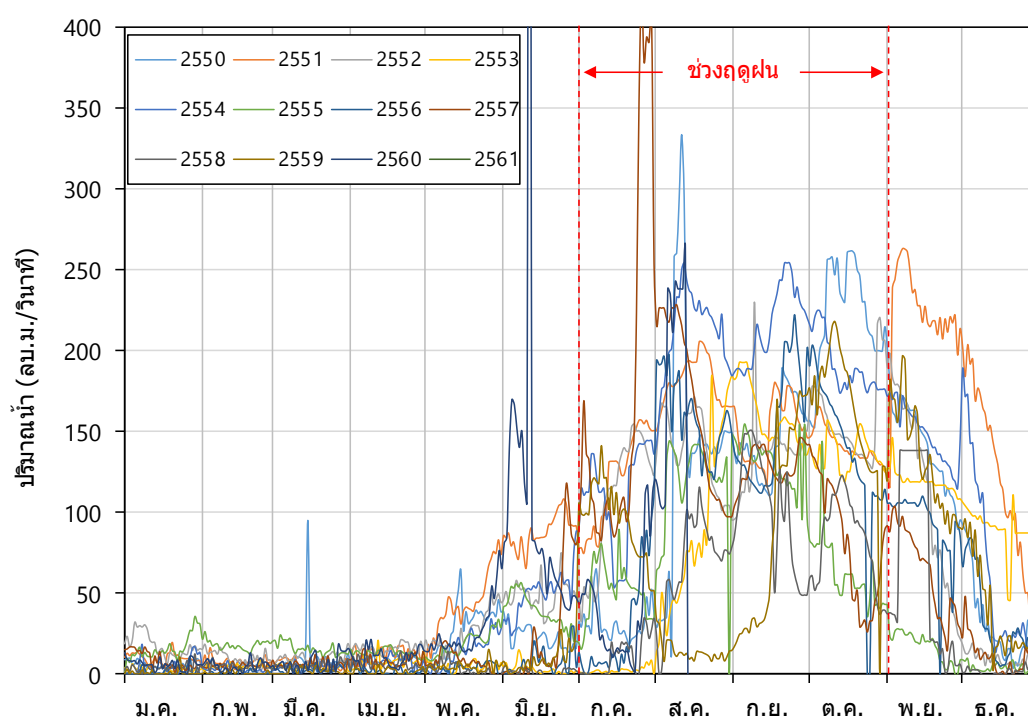
รูปที่ 4.15.3-5 กราฟการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ผ่านเขื่อนปากมูล
กรณีระดับน้ำเริ่มต้น 108.00 ม.รทก.

ตารางที่ 4.15.3-1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านเขื่อนปากมูลที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

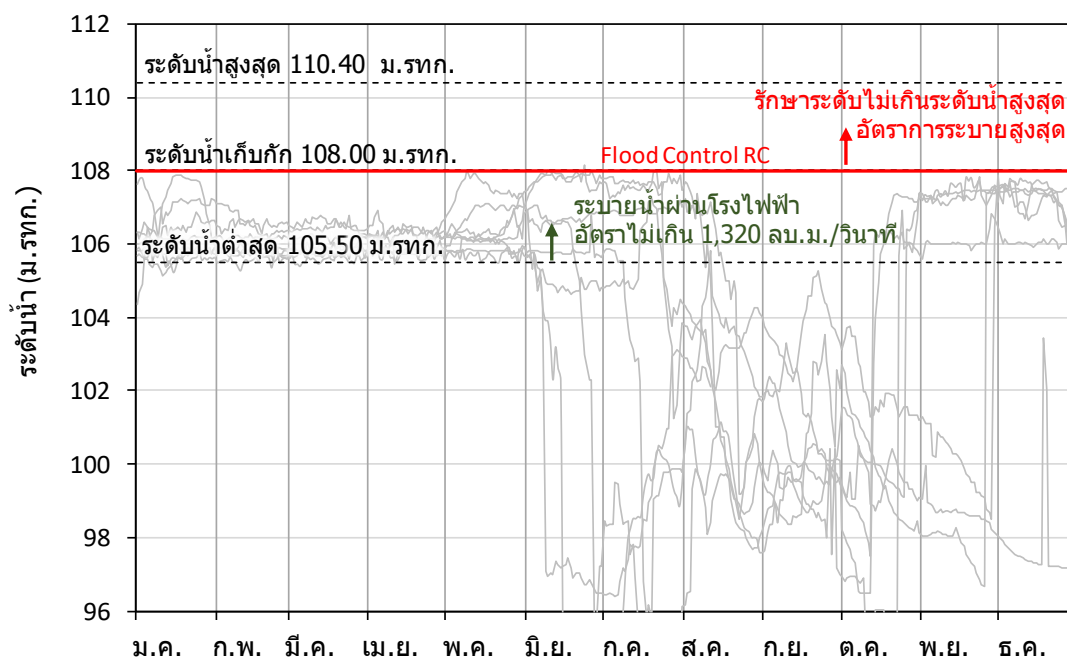
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	น้ำระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
PMF	21,823	108.00	110.16	21,588
10,000	17,039	108.00	108.37	17,039
1,000	13,425	108.00	108.29	13,425
500	12,336	108.00	108.26	12,336
200	10,896	108.00	108.23	10,896
100	9,804	108.00	108.20	9,804
50	8,709	108.00	108.18	8,709
25	7,605	108.00	108.15	7,605
10	6,117	108.00	108.12	6,117
5	4,940	108.00	108.09	4,940
2	3,161	108.00	108.05	3,161

(3) ผลการศึกษาเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) การกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณน้ำหลากตามหลักเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก (USACE, 2017) ซึ่งค่าระดับในการควบคุมได้จากผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing ตามรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากที่ออกแบบ โดยอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนปากมูลถูกออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่เป็นไปได้สูงสุด (PMF) และในการกำหนดช่วงเวลาควบคุมจะพิจารณาจากค่าสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.15.3-6 และแสดงเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากของเขื่อนปากมูลซึ่งมีค่าเท่ากับระดับเก็บกักปกติที่ระดับ 108.00 ม.รทก. ไว้ในรูปที่ 4.15.3-7 โดยมีหลักเกณฑ์ในการระบายน้ำที่ระดับควบคุมต่างๆ ดังนี้

- ระดับน้ำอยู่ระหว่างเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด ระบายน้ำตามความต้องการ
- ระดับน้ำสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ระดับ 108.00 ม.รทก. เปิดบานระบายพ้นน้ำให้การไหลเป็นแบบอิสระ เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกินระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.15.3-6 สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูล 10 ปีย้อนหลัง



รูปที่ 4.15.3-7 เกณฑ์เก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนปากมูล

4.16 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ของเขื่อน กฟผ. ที่ทำการศึกษาทั้ง 13 แห่ง จากการศึกษาสามารถแสดงเปรียบเทียบกับผลการศึกษา PMF ในอดีตของเขื่อนต่าง ๆ ที่เคยมีการศึกษาไว้ได้ดังตารางที่ 4.16-1 โดยแสดงให้เห็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณน้ำหลากสูงสุด ปริมาณน้ำหลาก และปริมาณการไหลพื้นฐานพร้อมอธิบายเหตุผลที่มีความแตกต่างกันไว้ดังตาราง

4.17 สรุปผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำและการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก

ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) สรุปได้ว่าอาคารระบายน้ำของทั้ง 13 เขื่อน ยังสามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดตามทีออกแบบไว้ได้ และมีการเพิ่มความสามารถในการรับน้ำได้ของอาคารระบายน้ำล้นจำนวน 2 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนภูมิพล จากการออกแบบเดิมอาคารระบายน้ำล้นสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี โดยไม่มีเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก แต่เมื่อกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 257.50 ม.รทก. เขื่อนภูมิพลสามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี และเขื่อนจุฬาภรณ์ กำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากที่ระดับ 759.00 ม.รทก. สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10,000 ปี จากเดิมทีออกแบบไว้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี

**ตารางที่ 4.16-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เปรียบเทียบกับผล
การศึกษาในอดีต**

เงื่อนไขการศึกษา	การวิเคราะห์ PMF		เปอร์เซ็นต์ ความ แตกต่าง	หมายเหตุ
	การศึกษานี้	การศึกษา ในอดีต		
1. เชื้อนอุบลรัตน์ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 16,916 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 3,480 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 376	16,916 3,480 376	19,542 4,413 400	-13.44% -21.16% -6.11%	การศึกษาในอดีต ใช้ค่า PMP ของลุ่มน้ำโขง จากรายงาน HMR46, Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin, 1970 ของ U.S. Department of Commerce and U.S. Department of the Army ในการวิเคราะห์ PMF ซึ่งการศึกษา PMP ดังกล่าวได้ทำการย้ายพายุฝนมาจากสหรัฐอเมริกาภายใต้เงื่อนไขความสอดคล้องกันของสภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ สำหรับการศึกษาได้ใช้ข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทยมาวิเคราะห์ พายุติเปรสชั่นรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์
2. เชื้อนจุฬารักษ์ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 1,795 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 142 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 39	1,795 142 39	1,800 111 50	-0.30% 28.27% -22.42%	การศึกษาในอดีตใช้ค่า PMP จากปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ที่อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่า PMP จากพายุโซนร้อน VERNON รหัส 127 ซึ่งเกิดในวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2527 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่าง
3. เชื้อนห้วยกุ่ม ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 1,460 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 116 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 42	1,460 116 42	1,550 135 ไม่มีข้อมูล	-5.80% -13.99% -	ไม่พบข้อมูลวิธีการออกแบบ PMF ในอดีต การศึกษานี้ใช้ค่า PMP จากพายุโซนร้อน VERNON รหัส 127 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 10-12 มิถุนายน พ.ศ. 2527 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี
4. เชื้อนน้ำพุ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 1,372 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 191 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 27	1,372 191 27	ไม่มีข้อมูล ไม่มีข้อมูล ไม่มีข้อมูล	- - -	ในอดีต เชื้อนน้ำพุ ยังไม่มีการออกแบบ PMF การศึกษานี้ใช้ค่า PMP จากพายุโซนร้อน IRA รหัส 142 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 2-4 ตุลาคม พ.ศ. 2533 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
5. เชื้อนสิรินธร ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 4,189 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 1,374 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 247	4,189 1,374 247	ไม่มีข้อมูล ไม่มีข้อมูล ไม่มีข้อมูล	- - -	ในอดีต เชื้อนสิรินธร ยังไม่มีการออกแบบ PMF การศึกษานี้ใช้ค่า PMP จากพายุติเปรสชั่นรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์
6. เชื้อนปากมูล ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 21,823 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 18,647 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 2,230	21,823 18,647 2,230	20,333 32,433 3,000	7.33% -42.51% -25.67%	ไม่พบข้อมูลวิธีการออกแบบ PMF ในอดีต การศึกษานี้ได้ใช้ค่า PMP จากพายุติเปรสชั่นรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์
7. เชื้อนภูมิพล ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 11,231 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 6,837 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 376	11,231 6,837 376	14,817 7,029 1,000	-24.20% -2.73% -62.45%	การศึกษาในอดีตของ FAO (2000) ได้ใช้ค่า PMP จากพายุฝนวันที่ 15-17 พฤษภาคม 2521 ที่เกิดบริเวณอำเภอสามเงา จังหวัดตาก แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่า PMP จากพายุติเปรสชั่นรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 13-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์
8. เชื้อนสิริกิติ์ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 11,761 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 4,443 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 434	11,761 4,443 434	10,500 4,333 1,000	12.01% 2.55% -56.64%	การศึกษาในอดีต ใช้ค่า PMP จากพายุไต้ฝุ่น TILDA รหัส 038 วันที่ 22-24 กันยายน 2507 แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่า PMP จากพายุติเปรสชั่นรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งให้ค่า PMP ที่สูงกว่าพายุฝนลูกดังกล่าว
9. เชื้อนวิจิตรวงษ์ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) 7,005 ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.) 1,512 ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที) 417	7,005 1,512 417	7,100 3,670 500	-1.34% -58.81% -16.66%	การศึกษาในอดีต ใช้ค่า PMP จากพายุฝนวันที่ 8-17 กรกฎาคม 2515 ที่เกิดในลุ่มน้ำ แควน้อย แต่สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่า PMP จากพายุติเปรสชั่นรหัส 099 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 15-19 สิงหาคม พ.ศ. 2517 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์

**ตารางที่ 4.16-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เปรียบเทียบกับผล
การศึกษาในอดีต (ต่อ)**

เงื่อนไขการศึกษา	การวิเคราะห์ PMF		เปอร์เซ็นต์ ความ แตกต่าง	หมายเหตุ
	การศึกษานี้	การศึกษา ในอดีต		
10. เขื่อนศรีนครินทร์				
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	7,995	7,100	12.60%	การศึกษาในอดีต ใช้ค่า PMF จากพายุฝนที่เกิดระหว่างช่วงวันที่ 29 กันยายน ถึง 10 ตุลาคม พ.ศ. 2506 แต่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ค่า PMF จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	3,572	3,829	-6.72%	
ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)	323	788	-59.06%	
11. เขื่อนท่าทุ่งนา				
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	400	ไม่มีข้อมูล	-	ในอดีต เขื่อนท่าทุ่งนา ยังไม่มีการออกแบบ PMF การศึกษานี้คำนวณ PMF จากสัดส่วนพื้นที่รับน้ำระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์ถึงเขื่อนท่าทุ่งนา และนำไปวิเคราะห์เป็นสัดส่วนของปริมาณน้ำหลากสูงสุดของเขื่อนศรีนครินทร์
ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	178	ไม่มีข้อมูล	-	
ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)	16	ไม่มีข้อมูล	-	
12. เขื่อนรัชชประภา				
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	6,179	5,321	16.13%	การศึกษาในอดีต ใช้ค่า PMF จากพายุฝนวันที่ 2-6 มกราคม 2510 ซึ่งมีศูนย์กลางใกล้ Kota Bharu ประเทศมาเลเซีย แต่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ค่า PMF จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	1,478	1,515	-2.41%	
ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)	208	300	-30.60%	
13. เขื่อนบางลาง				
ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	6,137	6,028	1.82%	การศึกษาในอดีต ใช้ค่า PMF จากพายุฝนวันที่ 2-6 มกราคม 2510 ซึ่งมีศูนย์กลางใกล้ Kota Bharu ประเทศมาเลเซีย แต่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ค่า PMF จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 ซึ่งเกิดในระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 และมีจุดศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ปริมาณน้ำหลาก (ล้าน ลบ.ม.)	1,218	1,634	-25.45%	
ปริมาณการไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)	82	100	-17.95%	

ผลการกำหนดเกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ได้เสนอเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากจากเดิมที่ไม่ได้มีการกำหนดไว้จำนวน 8 เขื่อน และตรวจสอบเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากที่ได้มีการกำหนดไว้แล้วจำนวน 4 เขื่อน ซึ่งเกณฑ์ควบคุมน้ำหลากที่กำหนดไว้เดิมสามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากตามที่ออกแบบไว้ได้ทั้ง 4 เขื่อน มีเพียงเขื่อนบางลางที่ผลจากการศึกษาเสนอให้ปรับระดับควบคุมน้ำหลากเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมกำหนดไว้ที่ระดับ 112.00 ม.(รทก.) เพิ่มระดับขึ้นเป็น 113.30 ม.(รทก.) แสดงตารางสรุปผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing และการกำหนด Flood Control Rule Curve ไว้ในตารางที่ 4.16-1

ตารางที่ 4.16-1 สรุปผลการวิเคราะห์ Reservoir Routing และการกำหนด Flood Control Rule Curve

ลำดับ	เขื่อน	รอบปี การเกิดซ้ำ	น้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม.)	ระดับเริ่มต้น (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ระบายสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	FCRC เดิม (ม.รทก.)	FCRC เสนอ (ม.รทก.)	หมายเหตุ
1	อุบลรัตน์	PMF	16,916	3,480	179.30	185.08	3,500	179.30	179.30	เกณฑ์เดิม
2	สิรินธร	PMF	4,189	1,374	142.20	144.39	1,431	-	142.20	ระดับเก็บกัก
3	บางยาง	PMF	6,137	1,218	113.30	117.48	4,574	112.00	113.30	ปรับระดับขึ้น
4	วีรราลงกรณ์	PMF	7,005	1,512	155.00	158.10	327	-	155.00	ระดับเก็บกัก
5	ศรีนครินทร์	PMF	7,995	3,572	178.50	182.38	2,556	178.50	178.50	เกณฑ์เดิม
6	ท่าทุ่งนา	PMF	2,572	3,743	59.00	59.53	2,574	-	59.00	ลดระดับลง
7	ภูมิพล	10,000 ปี	8,517	5,544	257.50	259.99	6,218	-	257.40	ออกแบบ 1,000 ปี
8	สิริภักดิ์	PMF	11,761	4,445	158.00	165.86	4,422	158.00	158.00	เกณฑ์เดิม
9	รัชชประภา	PMF	6,179	1,478	95.00	97.48	2,977	-	95.00	ระดับเก็บกัก
10	จุฬารามณ์	10,000 ปี	1,168	93	759.00	760.29	1,032	-	759.00	ออกแบบ 1,000 ปี
11	ห้วยกุ่ม	1,000 ปี	1,368	158	312.00	313.93	1,287	-	312.00	ระดับเก็บกัก
12	น้ำพุง	1,000 ปี	624	94	284.00	285.65	380	-	-	ออกแบบ 1,000 ปี
13	ปากมูล	PMF	21,823	18,647	108.00	110.16	21,588	-	108.00	ระดับเก็บกัก

4.18 การจัดทำคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น

จากผลการศึกษากราฟน้ำหลากสูงสุดไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้เงื่อนไขการจัดการอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในปัจจุบันและศึกษาเพิ่มเติม ศึกษาเปรียบเทียบและจัดทำข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำ พร้อมแนวทางและมาตรการในการบรรเทาอุทกภัยด้านท้ายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อน และความปลอดภัยของชุมชนท้ายน้ำอย่างเหมาะสมเป็นสำคัญ และจัดทำคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นสำหรับเขื่อนของ กฟผ. เพื่อเป็นแนวทางในการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้น ซึ่งได้จัดทำคู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. จำนวน 13 คู่มือ ประกอบไปด้วย

- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนอุบลรัตน์
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนเขื่อนสิรินธร
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนบางลาง
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนวชิราลงกรณ
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนศรีนครินทร์
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนท่าทุ่งนา
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนภูมิพล
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนสิริกิติ์
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนรัชชประภา
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนจุฬาภรณ์
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนห้วยกุ่ม
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนน้ำพอง
- คู่มือปฏิบัติการการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนปากมูล

มีเนื้อหาภายในคู่มือ ดังนี้

1) บทนำ กล่าวถึงเหตุผลความจำเป็นของการจัดทำคู่มือ วัตถุประสงค์คู่มือ และคำแนะนำสำหรับการใช้คู่มือ

2) ข้อมูลวิชาการเขื่อน ประกอบไปด้วย ข้อมูลรายละเอียดทั่วไปของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ อาคารระบายน้ำล้น โรงไฟฟ้า

3) ขั้นตอนการเตรียมการก่อนฤดูฝน กล่าวถึง การเตรียมความพร้อมการใช้งานอาคารระบายน้ำล้น ความพร้อมด้านไฟฟ้า โยธา เครื่องกล และอุปกรณ์สำรอง รวมถึงการเฝ้าระวังและติดตามสภาพอากาศ

4) กราฟน้ำหลากและการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ (Flood Hydrograph and Flood Routing) ประกอบไปด้วยหัวข้อ กราฟน้ำหลาก อัตราการไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น เกณฑ์

ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เกณฑ์ควบคุมน้ำหลาก หลักเกณฑ์การระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น และ ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำหลาก

5) กระบวนการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น ประกอบไปด้วย เกณฑ์การพิจารณาใช้งาน อาคารระบายน้ำล้น ขั้นตอนการเปิด-ปิด บานระบายน้ำล้น เกณฑ์การพิจารณาเพิ่ม-ลดอัตราการระบายน้ำ (AGOS, Flood Operating Rules)

6) การบำรุงรักษาอาคารระบายน้ำล้น

7) สถิติการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำและปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นในอดีต

8) ภาคผนวกซึ่งเป็นรายละเอียดของผลการศึกษา ประกอบไปด้วย

ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์ PMF

ภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์ Flood Routing

ภาคผนวก ค. ข้อมูลการประสานงาน

4.19 แนวทางการแก้ไขปัญหการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนจุฬาภรณ์ และเขื่อนห้วยกุ่ม

4.19.1 ข้อมูลทั่วไป

จากรายงานรายละเอียดทางวิชาการเขื่อนจุฬาภรณ์รายละเอียดทางวิชาการเขื่อนห้วยกุ่ม และรายละเอียดทางวิชาการเขื่อนห้วยกุ่ม จัดทำโดยแผนกตรวจสอบและประเมินความปลอดภัย เขื่อน กองความปลอดภัยเขื่อน ฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (มีนาคม, 2560)

1) ลักษณะธรณีวิทยาของเขื่อนจุฬาภรณ์

ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณเขื่อนจุฬาภรณ์ หินบริเวณที่ตั้งตัวเขื่อนเป็นหินทรายละเอียดถึงปานกลาง (Fine to Medium grained sandstone) โดยวางตัวสลับกับชั้นของหิน Siltstone และ Mudstone โดยมีอายุอยู่ในยุค Triassic–Jurassic (ประมาณ 150-200 ล้านปี) การวางตัวของชั้นหิน อยู่แนวเกือบระดับแนวราบ (Sub-horizontal Bedding)

จากการศึกษาหินบริเวณด้านซ้ายของ Spillway (ท้ายน้ำ) พบว่าหินเป็น Medium Grained Sandstone แทรกสลับกับ Siltstone โดยมีสีน้ำตาลแดงถึงน้ำตาลเหลือง หินมีลักษณะแข็งแกร่งผุพัง น้อยกว่าหินบริเวณเขื่อนห้วยกุ่ม โครงสร้างของหินบริเวณนี้ มีการเรียงตัวของชั้นหิน คือ $310^{\circ}/5^{\circ}$ NE โดยหินลาดเอียงไปทาง NE ประมาณ 5° จากแนวราบ ส่วน Joint มี 2 แนว คือ $260^{\circ}/65^{\circ}$ NW และ $350^{\circ}/85^{\circ}$ NE

2) ลักษณะธรณีวิทยาของเขื่อนห้วยกุ่ม

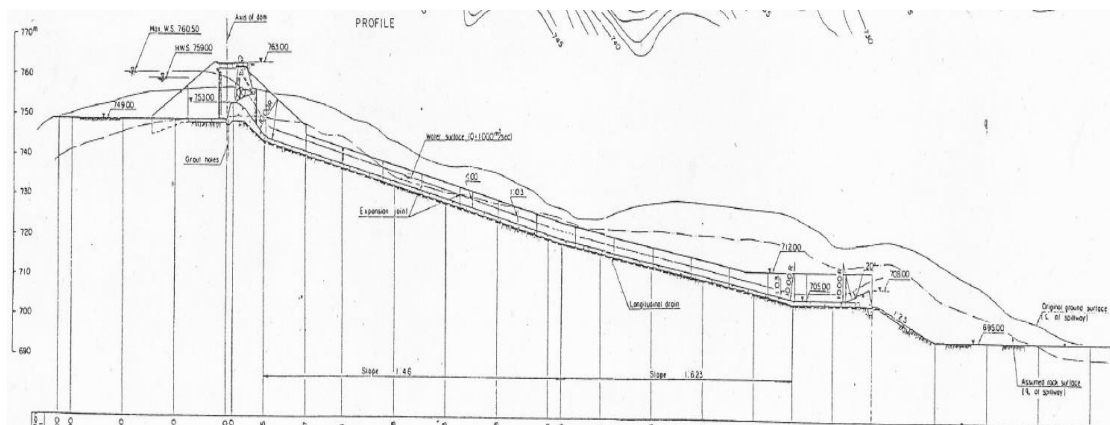
ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณเขื่อนห้วยกุ่ม หินบริเวณนั้นเป็นหินชุดน้ำพอง (Nam Phong Formation) ซึ่งเป็นหินชุดล่างของกลุ่มหินโคราช (Korat Group) ประกอบด้วย หินตะกอนชนิดต่างๆ

ดังนี้ Mudstone สีแดงอินเดีย, Silty Mudstone, Siltstone สีน้ำตาลแดงและ Sandstone สีน้ำตาลแดง น้ำตาล และสีเทา โดยมีการแสดงลักษณะของ Cross-Bedding ใน Sandstone และ Lamination ในหิน Siltstone และ Mudstone สภาพของหินโดยทั่วไปค่อนข้างผุกร่อน เนื่องจากมีการแปรสภาพของแร่ Feldspar กลายเป็นดินเหนียว (Clay Mineral) ซึ่งง่ายต่อการแตกสลาย โดยเฉพาะหินซึ่งมีขนาดของอนุภาคเล็กๆ (Fine Grained) ส่วนหินที่มีขนาดของอนุภาคปานกลางหรือใหญ่ (Medium to Coarse grained) มีการแตกสลายน้อย

บริเวณท้ายน้ำเป็นหินตะกอนประเภทหินทรายละเอียดสีน้ำตาลแดงสลับกับ Mudstone โดยความหนาของชั้นหินทรายประมาณ 2 เมตร และ Mudstone ซึ่งแทรกสลับอยู่ หนาประมาณ 30-100 ซม. โครงสร้างของหินบริเวณนี้เป็น Monocline Structure โดยมีแนวเรียงตัวของชั้นหิน 280° - $300^{\circ}/20^{\circ}$ NE (แนวชั้นหินวางทำมุม 280° กับทิศเหนือ และมีค่า Dip 20° โดยลาดเอียงไปทางทิศ NE ส่วนแนว Joint ที่พบ มีค่า $70^{\circ}/75^{\circ}$ SE, $350^{\circ}/85^{\circ}$ NE, $150^{\circ}/75^{\circ}$ SW, $165^{\circ}/80^{\circ}$ SW โดยหิน Mudstone มีความผุกร่อนข้างสูง

3) ลักษณะของอาคารระบายน้ำล้น

อาคารระบายน้ำล้น (Spillway) ของเขื่อนจุฬาภรณ์และเขื่อนห้วยกุ่มมีลักษณะอาคารเหมือนกัน คือ เป็นอาคารระบายน้ำแบบมีบานควบคุม ระบายน้ำผ่านรางเทคอนกรีตเสริมเหล็ก (Chute) ที่ปลายรางเทเป็นแอ่งน้ำกระโจนรูปโค้งหงาย (Flip Bucket) เพื่อให้น้ำพุ่งไปในอากาศและตกลงในลำน้ำเดิมห่างจากท้ายอาคารในระยะไกล โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.19.1-1 ถึงรูปที่ 4.19.1-4



รูปที่ 4.19.1-1 รูปตัดตามยาวอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนจุฬาภรณ์

4.19.2 สภาพปัญหาการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้น

จากการศึกษาภาคสนามของทีมวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และประชุมร่วมระหว่างเจ้าหน้าที่ฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยร่วมกับทีมวิจัย ได้ข้อสรุปว่า เกิดปัญหาการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนจุฬาภรณ์และเขื่อนห้วยกุ่ม ทั้งพื้นที่ช่องทางน้ำและลาดตลิ่ง โดยเฉพาะที่ท้ายอาคารบริเวณรอยต่อของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กกันเซาะที่ต่อจาก Flip Bucket กับทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (Discharge Channel) ดังแสดงในรูปที่ 4.19.1-5 และรูปที่ 4.19.1-6



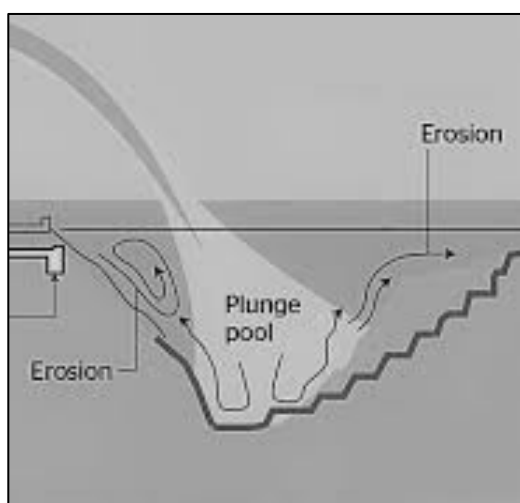
รูปที่ 4.19.1-5 การกัดเซาะ (Scouring) ได้แผ่นกันกระแทกและลาดตลิ่งท้ายอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนจุฬาภรณ์



รูปที่ 4.19.1-6 การกัดเซาะลาดตลิ่งท้ายอาคารระบายน้ำล้นเขื่อนห้วยกุ่ม

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ทำให้ได้ข้อสังเกต คือ อาคารสลายพลังงานท้ายอาคารระบายน้ำล้นของถูกออกแบบเป็น Flip Bucket โดยสลายพลังงานด้วยการให้ลำน้ำที่ระบายจากอาคารระบายน้ำล้นพุ่งกระโจนไปในอากาศ และตกลงในทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิม ห่างจากตัวอาคารในระยะที่ปลอดภัย แต่ไม่มีการก่อสร้าง Plunge Basin บริเวณที่ลำน้ำตกกระทบ ตามที่แสดงในแบบอาคาร

ระบายน้ำล้นที่แสดงข้างต้น ซึ่งตามคู่มือการใช้งานอาคารระบายน้ำของเขื่อนห้วยกุ่มระบุว่า การใช้งานในระยะแรกจะเกิดการกัดเซาะเป็นหลุมจนถึงสภาพที่สมดุลจนเกิดแอ่งน้ำ ซึ่งไม่ต้องปรับปรุงแอ่งน้ำนี้ แต่เอาเศษหินที่ขวางทางน้ำออก การนำเศษหินออกทำให้ระดับน้ำในแอ่งลดลง เป็นผลให้เกิดการกัดเซาะบริเวณพื้นช่องทางน้ำต่อเนื่องไปอีกเพราะตามผลการศึกษาลักษณะธรณีวิทยาข้างต้น ชั้นหินท้ายอาคารระบายน้ำเป็นหินที่มีความผุ อีกทั้งคลื่นที่ผิวน้ำรวมถึงกระแสน้ำวนจากการตกกระทบ (Eddy Current) ยังทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณลาดตลิ่งด้วย นอกจากนี้ เมื่ออัตราการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นต่ำกว่าอัตราการระบายน้ำที่แนะนำ จะทำให้ลำน้ำพุ่งตกกระทบใกล้อาคารทำให้เกิดการกัดเซาะในลักษณะดังกล่าวข้างต้น เป็นผลจากกระแสน้ำดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 4.19.1-7



รูปที่ 4.19.1-7 การกัดเซาะเนื่องจากพุ่งตกกระทบ

4.19.3 แนวทางการปรับปรุงเพื่อป้องกันการกัดเซาะท้ายอาคารระบายน้ำล้น

จากลักษณะสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทีมวิจัยมีข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา ตาม Design of Small Dam ของ USBR (1987) ดังนี้

- 1) สักรวสภาพลำน้ำท้ายอาคารระบายน้ำ เพื่อออกแบบ Plunge Basin ดังแสดงในรูปที่

4.19.3-8 โดยความลึกของ Plunge Basin วัดจากระดับน้ำด้านท้ายน้ำจะเป็นความลึกสูงสุดที่เกิดจากการกัดเซาะ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$D = 1.32 H^{0.225} q^{0.54}$$

เมื่อ D = ความลึกที่เกิดจากการกัดเซาะสูงสุดวัดจากระดับน้ำด้านท้ายน้ำ, ฟุต

H = ความแตกต่างของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำกับระดับน้ำด้านท้ายน้ำ, ฟุต

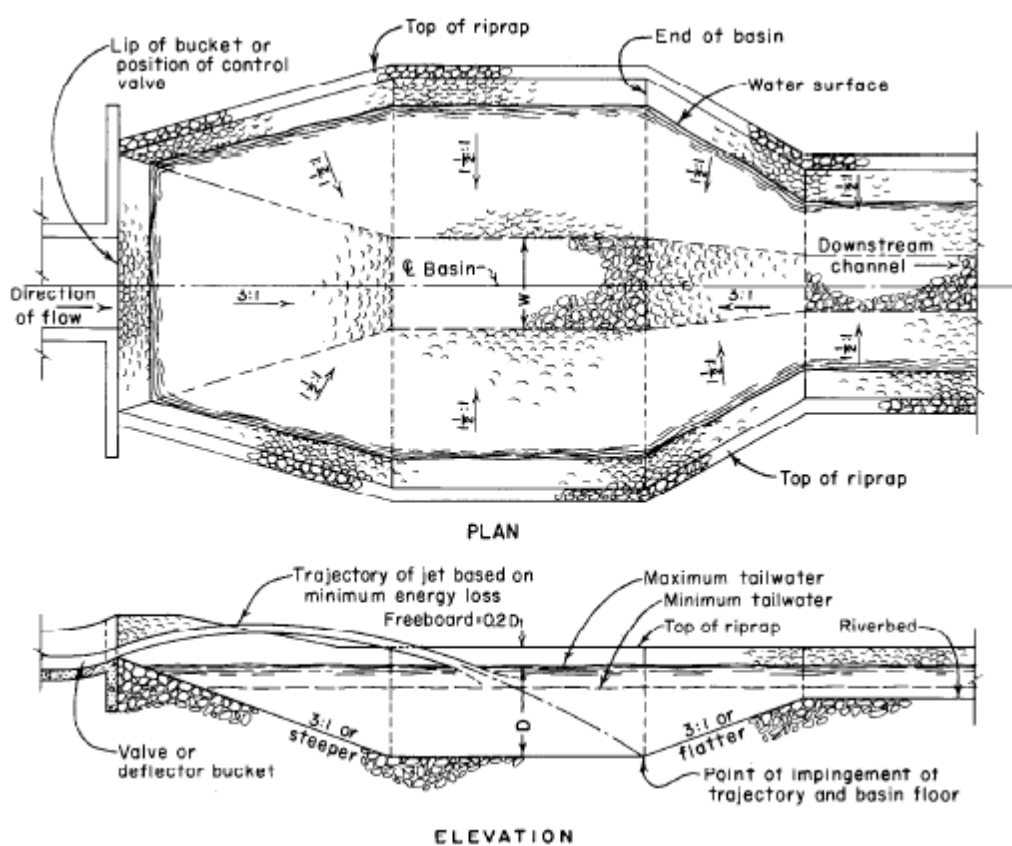
q = อัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง, ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาทีต่อฟุต

ระยะการตกของลำน้ำสำหรับเขื่อนห้วยกุ่มสามารถดูได้จากรูปที่ 4.19.3-9 หรือคำนวณได้จากสมการ

$$y = x \tan \theta - \frac{x^2}{K[4(d + h_v) \cos^2 \theta]}$$

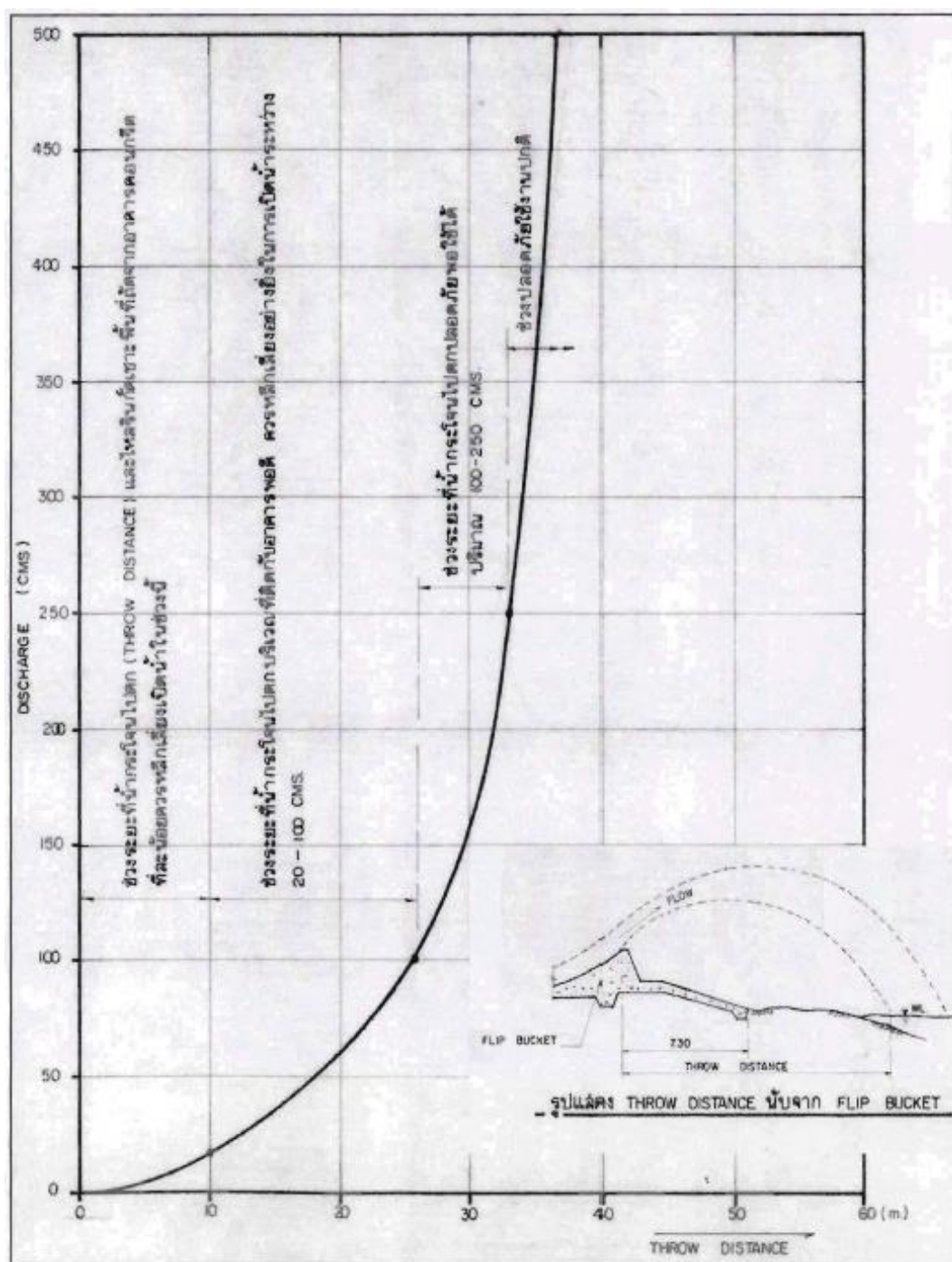
เมื่อ θ = มุมที่ลำน้ำที่ออกจาก bucket กับแนวราบ

K = 0.9 (assumed) เพื่อชดเชยการสูญเสียพลังงานและความเร็วที่ลดลงเนื่องจากแรง



รูปที่ 4.19.3-8 อาคารสลายพลังงานแบบ Plunge Basin

ที่มา : Design of Small Dam, USBR (1987)

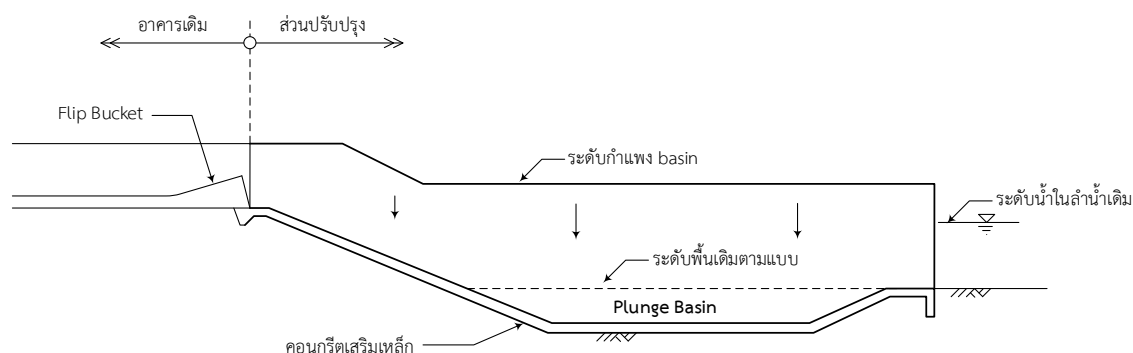


รูปที่ 4.19.3-9 ระยะการพุ่งของน้ำที่ปลายรางเทเขื่อนห้วยกุ่ม

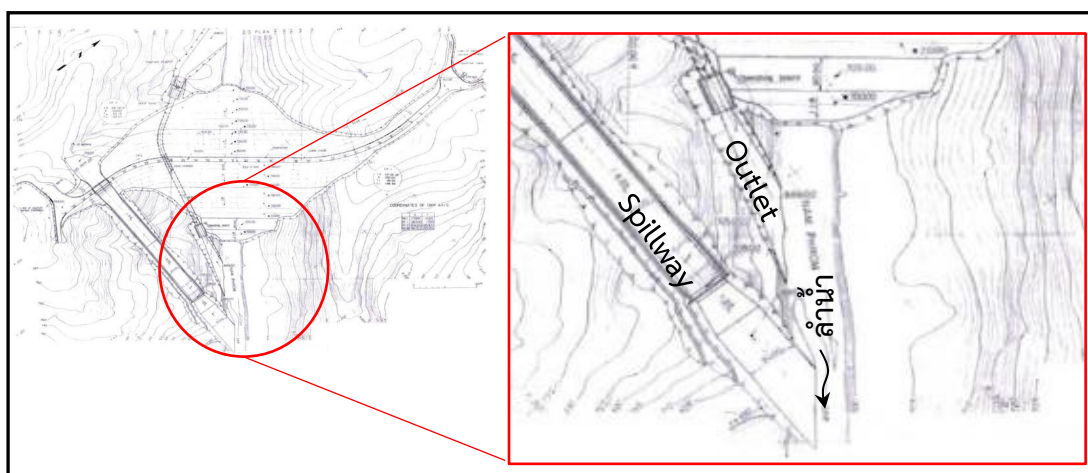
ที่มา : คู่มือการใช้งานอาคารระบายน้ำล้น เขื่อนห้วยกุ่ม, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2547)

2) ออกแบบ Plunge Basin เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งอาคาร เพื่อกรณีที่อัตราการระบายน้ำต่ำกว่าอัตราการระบายน้ำที่ออกแบบ ซึ่งทำให้ลำน้ำไม่ตกลงใน Plunge Pool โครงสร้างคอนกรีตจะช่วยป้องกันการกัดเซาะ นอกจากนี้ ยังช่วยป้องกันการกัดเซาะจากคลื่นผิวน้ำและกระแสน้ำวนเนื่องจากการตกของลำน้ำน้อยกว่า 25°

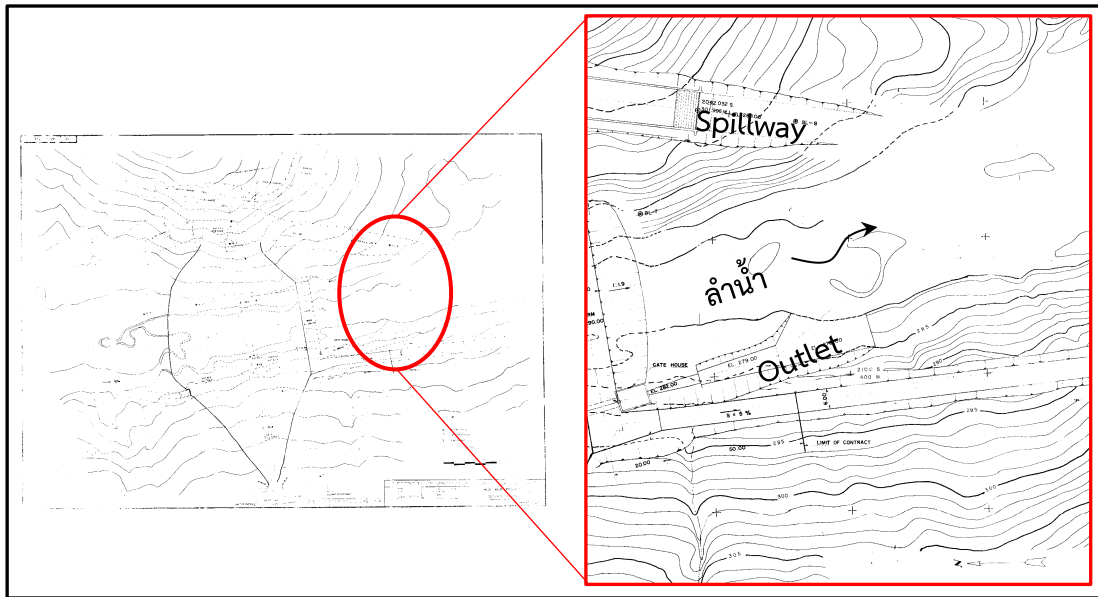
3) ปรับปรุงลำน้ำด้านท้ายน้ำบริเวณจุดบรรจบของทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิมท้าย Outlet Tunnel และ Spillway กับลำน้ำเดิมดังรูปที่ 4.19.3-10 ถึงรูปที่ 4.19.3-12 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปรับปรุง Plunge basin ไปกีดขวางการระบายน้ำจากโรงไฟฟ้า โดยเฉพาะเขื่อนห้วยกุ่มซึ่งจากรูปที่ 4.19.3-9 จะเห็นว่า ระยะปลอดภัยของ Throw Distance ประมาณ 37 เมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้ลำน้ำเดิมมาก มีโอกาสที่จะเกิดการกัดเซาะได้สูง และ Plunge Basin อาจล้าเข้าไปในลำน้ำเดิมได้



รูปที่ 4.19.3-10 ลักษณะการปรับปรุงอาคารสลายพลังงาน



รูปที่ 4.19.3-11 บริเวณจุดบรรจบท้ายน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์



รูปที่ 4.19.3-12 บริเวณจุดบรรจบทำนน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม

บทที่ 5

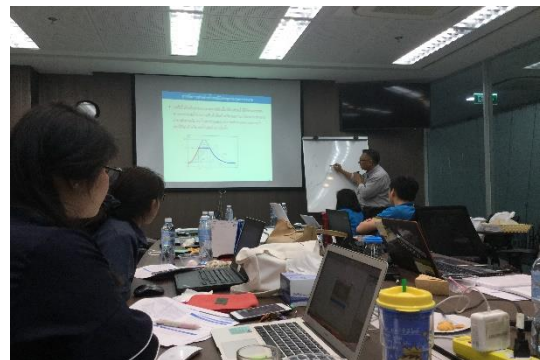
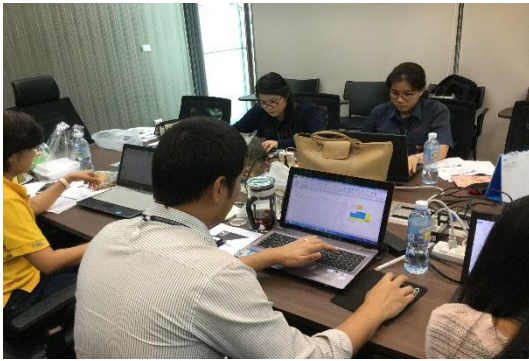
การจัดอบรมและจัดสัมมนา

5.1 การจัดอบรมสร้างองค์ความรู้

การอบรมสร้างองค์ความรู้ โครงการวิจัยการศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. ได้กำหนดให้มีการจัดอบรมเป็นระยะเวลา 4 วัน ในระหว่างวันที่ 5 ถึง 8 มิถุนายน พ.ศ. 2561 เวลา 9.00 – 16.00 น. ณ ห้องประชุม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำนักงานโทรน้อย เพื่อถ่ายทอดความรู้ในการศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ให้แก่บุคลากรของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดังแสดงบรรยากาศการประชุมได้ดังรูปที่ 5.1-1 ซึ่งมีกำหนดการประชุมและผลการสัมมนากลุ่มย่อยดังนี้

กำหนดการประชุม

วันที่	9.00 - 12.00 น.	13.00 - 16.00 น.
อ. 5 มิ.ย. 61	- การหาพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)	- การทำรูปเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen Polygons) โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) - การสร้างเส้นทางพายุ และขอบเขตอิทธิพลของพายุฝน โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)
พ. 6 มิ.ย. 61	- การรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนและพายุฝน - การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝน	- การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP)
พ. 7 มิ.ย. 61	- การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดโดยวิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า	- การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากโดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS
ศ. 8 มิ.ย. 61	- การวิเคราะห์กราฟน้ำหลากโดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS (ต่อ) - ทฤษฎีการเคลื่อนตัวกราฟน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ	- การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวกราฟน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ 5.1-1 บรรยากาศการอบรมสร้างองค์ความรู้

5.2 การจัดสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย

การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย โครงการศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ และแนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อน กฟผ. จัดขึ้นในวันพฤหัสบดีที่ 23 พฤษภาคม 2562 เวลา 9.00 – 12.00 น. ณ ห้องประชุมเมจิก 3 โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องภายในการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และภายนอกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็น และข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมสัมมนา โดยมีผู้เข้าร่วมการสัมมนา ได้แก่ นายเจริญ คำเงิน ผู้ช่วยผู้ว่าการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) กล่าวเปิดการสัมมนา

พร้อมทั้งมีการจัดเสวนา เรื่อง “แนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของประเทศไทย” เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ และข้อคิดเห็นในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของประเทศไทย ซึ่งได้รับเกียรติจาก นายสำเริง แสงภู่วงค์ รองเลขาธิการ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.) นายสัญญา แสงพุ่มพงษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมชลประทาน กรมชลประทาน และนายวัลลภ เมฆพฤกษาวงศ์ ผู้อำนวยการฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในการร่วมเสวนาในครั้งนี้

บรรยากาศการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย แสดงได้ดังรูปที่ 5.2-1

กำหนดการการประชุม

- 09:00 – 09:30 น. ลงทะเบียน และรับเอกสาร
- 09:30 – 09:50 น. กล่าวเปิดการสัมมนา โดย นายเจริญ คำเงิน
ผู้ช่วยผู้ว่าการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 10:00 – 11:00 น. เสวนา เรื่อง “แนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของประเทศไทย”
โดย - นายสำเริง แสงภู่วงค์
รองเลขาธิการ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ
- นายสัญญา แสงพุ่มพงษ์
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมชลประทาน กรมชลประทาน
- นายวัลลภ เมฆพฤกษาวงศ์
ผู้อำนวยการฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 11:00 – 11:15 น. รับประทานอาหารว่าง
- 11:15 – 12:00 น. นำเสนอผลการศึกษา โดยผู้แทนนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้
 - แนวทางที่เหมาะสมในการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น
 - รับฟังความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ
- 12:00 – 12:15 น. สรุปผลการสัมมนาและปิดการสัมมนา
- 12:15 – 13:00 น. ร่วมรับประทานอาหารกลางวัน



รูปที่ 5.2-1 บรรยากาศการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย

บทที่ 6

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

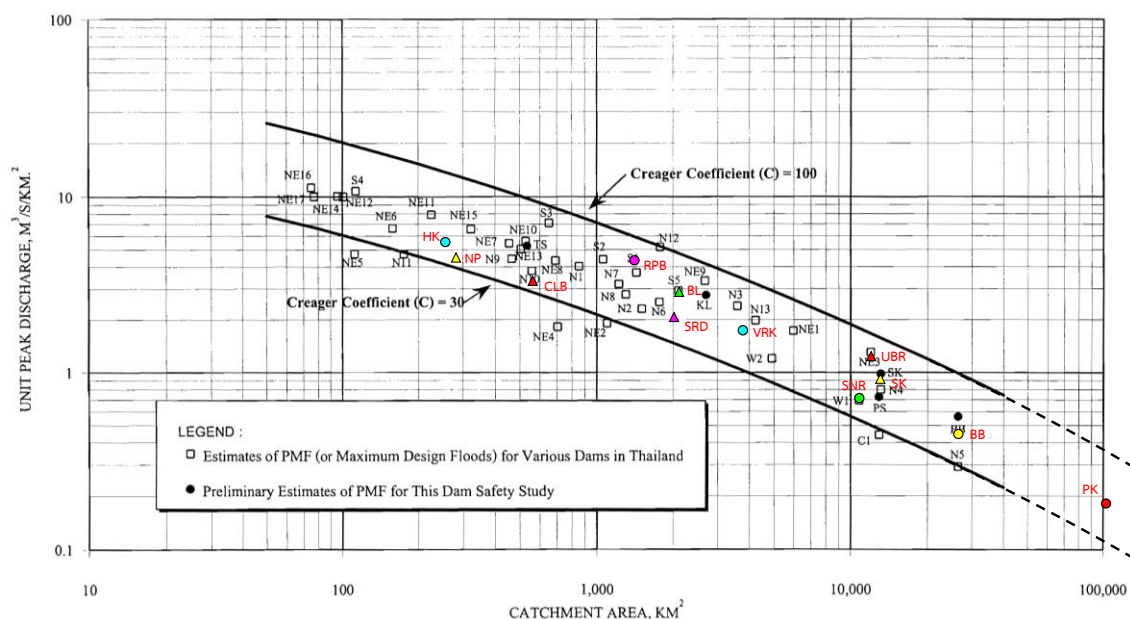
6.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการทำพายุฝนมากที่สุด (The Local Storm Maximization Method) วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) และวิธีรูปแบบทั่วไป (The Generalized Method) พบว่า วิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงกว่าทั้ง 2 วิธีที่ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่เคยประเมินไว้ของเขื่อนต่าง ๆ ในประเทศ จากรายงานของ FAO (2000) พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ได้ส่วนใหญ่มีค่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในอดีตของประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้วิธีการนี้ในการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)

ผลการวิเคราะห์พายุฝนในคาบ 65 ปี พ.ศ. 2494-2558 ทั้ง 190 ลูก ทั้งในด้านเส้นทางพายุ ขอบเขตอิทธิพลของพายุ และปริมาณฝน งานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งพื้นที่พิจารณาพายุที่มีอิทธิพลออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนบน และพายุที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย เนื่องจากฤดูมรสุมของทั้งสองพื้นที่มีช่วงเวลาการเกิดที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่ตอนบนจะเกิดฤดูมรสุมอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของทุกปี และพื้นที่ตอนล่างจะเกิดฤดูมรสุมอยู่ในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งผลการวิเคราะห์พายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย และพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ตอนล่างของประเทศไทย เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้ในการประเมินค่า PMP ของพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทยได้

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ของเขื่อนทั้ง 13 แห่งของ กพผ. เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต พบว่า มีทั้งกรณีที่มีค่า PMF ใกล้เคียง และกรณีที่มีค่า PMF ต่างกันทั้งมากกว่าและน้อยกว่าผลการศึกษา PMF ในอดีต แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่า PMF ที่ได้จากงานวิจัยนี้มาหารด้วยพื้นที่รับน้ำฝนเพื่อคำนวณเป็นค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ (Unit Peak Discharge) และนำมาพล็อตลงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่และพื้นที่รับน้ำฝน ซึ่งพัฒนาจากข้อมูล PMF ของโครงการเขื่อนขนาดกลางและขนาดใหญ่ต่าง ๆ ในประเทศไทย จำนวน 43 แห่ง จากรายงาน FAO (2000) ดังแสดงได้ในรูปที่ 6.1-1 พบว่า ค่า PMF ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ในค่า Unit Peak Discharge อยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสม

ผลการตรวจสอบความสามารถของอาคารระบายน้ำล้นและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำ ได้มีการพัฒนากาแฟความสัมพันธ์ 3 ตัวแปร ได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) ปริมาตรความจุสำรองที่เหลืออยู่ของอ่างเก็บน้ำ (Available Storage Capacity) และอัตราการระบายน้ำ (Constant Outflow) พร้อมทั้งทำการเสนอแนะในการปรับปรุงเกณฑ์เก็บกักน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในกรณีที่เกณฑ์เดิมไม่สามารถรองรับ PMF จากงานวิจัยนี้ได้



รายการอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา จัดทำโดย วิรัช มณีสาร. 2538. ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต่างๆ ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-02-2538, ISBN : 974-7567-25-3, กันยายน 2538. ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรมอุตุนิยมวิทยา.
- กรมอุตุนิยมวิทยา จัดทำโดย วิรัช มณีสาร. 2538. สถิติองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย คำนวณ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533). เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-03-2538, ISBN : 974-7567-24-5, กันยายน 2538. ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรมอุตุนิยมวิทยา.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2555. ความรู้อุตุนิยมวิทยา: ภูมิอากาศของประเทศไทย. เผยแพร่ที่ <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22>. นำมาใช้เมื่อ 15 กรกฎาคม 2557.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย รายเดือน คำนวณ 63 ปี (พ.ศ.2494-2556). ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรมอุตุนิยมวิทยา.
- กองความปลอดภัยเขื่อน ฝ่ายบำรุงรักษาโยธา, 2560. รายละเอียดทางวิชาการเขื่อนห้วยกุ่ม. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, นนทบุรี.
- ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร และ เซวาร์ หิรัญติยะกุล สนับสนุนโดย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2552. โครงการการหานาย Probable Maximum Flood (PMF) โดยใช้เขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. 2557. ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation). เอกสารประกอบการบรรยายโครงการปริญญาโทภาคพิเศษ ปีการศึกษา 2556 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 24 หน้า.
- ณัฐ มาแจ้ง. 2542. การตรวจสอบกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ออกแบบอาคารน้ำล้น และกราฟปฏิบัติการน้ำหลากสำหรับเขื่อนเก็บกักน้ำสิริกิติ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2544. รายงานการวิจัยศักยภาพการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 249 น.
- คมสันต์ ไชโย. 2547. การตรวจสอบกราฟน้ำหลากสูงสุดที่ออกแบบอาคารน้ำล้น และกราฟปฏิบัติการน้ำหลากสำหรับเขื่อนเก็บกักน้ำลำปาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา สุขกล้า. 2533. ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ สำหรับการออกแบบทางน้ำล้นของเขื่อนเก็บกักน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกื้อศักดิ์ ทาทอง. 2540. การศึกษาลักษณะของพายุฝนในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ฐิติมา เนตรวงษ์. 2546. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Electricity Generation Authority of Thailand. 1989. Basic Data of Dam Including Maximum Design Flood and Criteria for Flood Routing. Report. Applied Hydrology and Research Section Meteorology and Hydrology Division Survey and Ecology Department.

FAO. 2000. Report on Dam Safety under Natural Resources Management Project for Bhumibol Dam, Sirikit Dam, Kiu Lom Dam, ThapSalao Dam, Pasak Dam. Dam Safety Review Panel, Bangkok.

U.S. Department of Commerce Environmental Science Services Administration and U.S. Department of the Army, Corps of Engineers. 1970. Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin. Hydrometeorological Report NO.46.152 pages.

USACE. 2000. Technical Reference Manual Hydrologic Modeling System HEC-HMS. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA.

USB. 2014. Design Standards No. 14, Appurtenant Structures for Dams (Spillways and Outlet Works) Design Standard, Chapter 3: General Spillway Design Considerations. DS-14(3): Final: Phase 4. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. 253 pages.

USACE. 2017. Engineer Manual, Management of Water Control Systems. EM 1110-2-3600.

US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA. 178 pages.

Wang, G., 1999: Principles and Methods of PMP/PMF Calculations. Beijing, China Water Power Press and Yellow River Water Resources Publishing House.

WachiraSarmwung. 2000. Generalized Estimates of Probable Maximum Precipitation for the Eastern Part of Thailand. AIT Thesis No.WM-99-09, Asian Institute of Technology School of Civil Engineering Bangkok, Thailand.

World Meteorological Organization. 1986. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation. Operation Hydrology Report No.1, WMO-No.332. 269 pages.

World Meteorological Organization. 2009. Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP). WMO-No.1045. 257 pages.

ตารางที่ ก-1 การเกิดพายุหมุนเขตร้อน แหล่งกำเนิด และอิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558

รหัสพายุ	ชื่อพายุ	วันที่เข้าสู่ประเทศไทย			แหล่งกำเนิดของพายุ	อิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
		วันที่	เดือน	ปี พ.ศ.		
001	พายุดีเปรสชัน	21 - 24	กรกฎาคม	2494	1	ตอนบน
002	พายุดีเปรสชัน	3 - 9	กันยายน	2494	1	ตอนบน
003	พายุไต้ฝุ่น LOUISE (5210)	25 - 30	สิงหาคม	2495	1	ตอนบน
004	พายุไต้ฝุ่น NORA (5212)	3 - 8	กันยายน	2495	1	ตอนบน
005	พายุโซนร้อน SHIRLEY (5216)	15 - 19	ตุลาคม	2495	1	ตอนใต้
006	พายุไต้ฝุ่น VAE (5218)	16 - 24	ตุลาคม	2495	1	ตอนบน
007	พายุไต้ฝุ่น TRIx (5217)	19 - 26	ตุลาคม	2495	1	ตอนบน
008	พายุไต้ฝุ่น WILMA (5219)	26 - 31	ตุลาคม	2495	1	ตอนบน
009	พายุดีเปรสชัน	14 - 20	มิถุนายน	2496	1	ตอนบน
010	พายุไต้ฝุ่น NANCY (5416)	6 - 12	ตุลาคม	2497	1	ตอนบน
011	พายุดีเปรสชัน	17 - 18	กันยายน	2498	1	ตอนบน
012	พายุโซนร้อน (56XX)	12 - 14	พฤศจิกายน	2499	1	ตอนใต้
013	พายุดีเปรสชัน	5 - 7	ตุลาคม	2500	1	ตอนบน
014	พายุดีเปรสชัน	1 - 5	กรกฎาคม	2501	1	ตอนบน
015	พายุดีเปรสชัน	24 - 30	สิงหาคม	2501	1	ตอนบน
016	พายุดีเปรสชัน	6 - 9	กันยายน	2501	1	ตอนบน
017	พายุดีเปรสชัน	19 - 21	ตุลาคม	2501	1	ตอนใต้
018	พายุดีเปรสชัน	22 - 25	กันยายน	2502	1	ตอนบน
019	พายุดีเปรสชัน	1 - 7	ตุลาคม	2502	1	ตอนใต้
020	พายุโซนร้อน GRORIA (60XX)	1 - 6	กันยายน	2503	1	ตอนบน
021	พายุดีเปรสชัน	30 - 8	ตุลาคม	2503	1	ตอนบน
022	พายุดีเปรสชัน	26 - 28	พฤศจิกายน	2503	1	ตอนใต้
023	พายุดีเปรสชัน	11 - 13	เมษายน	2504	1	ตอนใต้
024	พายุดีเปรสชัน	7 - 9	พฤษภาคม	2504	1	ตอนบน
025	พายุดีเปรสชัน	26 - 29	พฤษภาคม	2504	2	ตอนบน
026	พายุดีเปรสชัน	18 - 22	สิงหาคม	2504	1	ตอนบน
027	พายุโซนร้อน WILDA (6125)	9 - 14	ตุลาคม	2504	1	ตอนบน
028	พายุดีเปรสชัน	15 - 22	ตุลาคม	2504	1	ตอนบน
029	พายุดีเปรสชัน	10 - 14	กรกฎาคม	2505	1	ตอนบน
030	พายุดีเปรสชัน	23 - 28	กันยายน	2505	1	ตอนบน
031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	24 - 27	ตุลาคม	2505	1	ตอนใต้
032	พายุดีเปรสชัน	25 - 27	พฤศจิกายน	2505	1	ตอนใต้

ตารางที่ ก-1 การเกิดพายุหมุนเขตร้อน แหล่งกำเนิด และอิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

รหัส พายุ	ชื่อพายุ	วันที่เข้าสู่ประเทศไทย			แหล่งกำเนิด ของพายุ	อิทธิพลต่อ พื้นที่ประเทศไทย
		วันที่	เดือน	ปี พ.ศ.		
033	พายุไต้ฝุ่น AGNES (6308)	18 - 28	กรกฎาคม	2506	1	ตอนบน
034	พายุดีเปรสชัน	2 - 7	กันยายน	2506	1	ตอนบน
035	พายุดีเปรสชัน	22 - 26	กันยายน	2506	1	ตอนบน
036	พายุดีเปรสชัน	1 - 8	ตุลาคม	2506	1	ตอนบน
037	พายุดีเปรสชัน	4 - 7	พฤศจิกายน	2506	1	ตอนใต้
038	พายุไต้ฝุ่น TILDA (6419)	13 - 25	กันยายน	2507	1	ตอนบน
039	พายุดีเปรสชัน	17 - 18	กันยายน	2507	1	ตอนบน
040	พายุโซนร้อน BILLIE (6422)	28 - 3	ตุลาคม	2507	1	ตอนบน
041	พายุโซนร้อน CLARA (6423)	3 - 11	ตุลาคม	2507	1	ตอนบน
042	พายุดีเปรสชัน	14 - 17	ตุลาคม	2507	1	ตอนบน
043	พายุโซนร้อน GEORGIA (6426)	20 - 26	ตุลาคม	2507	1	ตอนบน
044	พายุดีเปรสชัน	30 - 3	พฤศจิกายน	2507	1	ตอนใต้
045	พายุไต้ฝุ่น KATE (6430)	12 - 20	พฤศจิกายน	2507	1	ตอนใต้
046	พายุดีเปรสชัน	9 - 15	ธันวาคม	2507	1	ตอนใต้
047	พายุโซนร้อน NADINE (6519)	16 - 21	สิงหาคม	2508	1	ตอนบน
048	พายุดีเปรสชัน	26 - 30	สิงหาคม	2508	1	ตอนบน
049	พายุโซนร้อน POLLY (6521)	1 - 4	กันยายน	2508	1	ตอนบน
050	พายุไต้ฝุ่น ROSE (6522)	1 - 7	กันยายน	2508	1	ตอนบน
051	พายุดีเปรสชัน	9 - 11	กันยายน	2508	1	ตอนบน
052	พายุดีเปรสชัน	15 - 17	กันยายน	2508	1	ตอนใต้
053	พายุดีเปรสชัน	16 - 18	กันยายน	2508	1	ตอนใต้
054	พายุดีเปรสชัน	18 - 21	กันยายน	2508	1	ตอนใต้
055	พายุดีเปรสชัน	20 - 23	ธันวาคม	2508	1	ตอนใต้
056	พายุดีเปรสชัน	17 - 19	มิถุนายน	2509	1	ตอนบน
057	พายุดีเปรสชัน	30 - 2	ตุลาคม	2509	1	ตอนใต้
058	พายุดีเปรสชัน	18 - 26	ตุลาคม	2509	1	ตอนบน
059	พายุดีเปรสชัน	9 - 13	พฤศจิกายน	2509	1	ตอนบน
060	พายุดีเปรสชัน	27 - 29	พฤศจิกายน	2509	1	ตอนใต้
061	พายุดีเปรสชัน	8 - 13	ธันวาคม	2509	1	ตอนใต้
062	พายุโซนร้อน PATSY (6723)	3 - 8	กันยายน	2510	1	ตอนบน
063	พายุดีเปรสชัน	1 - 3	ตุลาคม	2510	1	ตอนบน
064	พายุดีเปรสชัน	2 - 12	ตุลาคม	2510	1	ตอนบน

ตารางที่ ก-1 การเกิดพายุหมุนเขตร้อน แหล่งกำเนิด และอิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

รหัส พายุ	ชื่อพายุ	วันที่เข้าสู่ประเทศไทย			แหล่งกำเนิด ของพายุ	อิทธิพลต่อ พื้นที่ประเทศไทย
		วันที่	เดือน	ปี พ.ศ.		
065	พายุดีเปรสชัน	3 - 7	ตุลาคม	2510	1	ตอนใต้
066	พายุไต้ฝุ่น FREDA (6736)	9 - 12	พฤศจิกายน	2510	1	ตอนบน
067	พายุโซนร้อน ROSE (6808)	9 - 15	สิงหาคม	2511	1	ตอนบน
068	พายุดีเปรสชัน	17 - 20	สิงหาคม	2511	1	ตอนบน
069	พายุโซนร้อน HESTER (6820)	17 - 23	ตุลาคม	2511	1	ตอนใต้
070	พายุไต้ฝุ่น NINA (6826)	22 - 30	พฤศจิกายน	2511	1	ตอนใต้
071	พายุดีเปรสชัน	23 - 25	มิถุนายน	2512	1	ตอนบน
072	พายุไต้ฝุ่น TESS (6904)	8 - 13	กรกฎาคม	2512	1	ตอนบน
073	พายุไต้ฝุ่น DOLIS (6910)	1 - 5	กันยายน	2512	1	ตอนบน
074	พายุดีเปรสชัน	17 - 22	กันยายน	2512	1	ตอนบน
075	พายุดีเปรสชัน	28 - 30	ตุลาคม	2512	1	ตอนใต้
076	พายุดีเปรสชัน	31 - 4	พฤศจิกายน	2512	1	ตอนใต้
077	พายุดีเปรสชัน	16 - 21	สิงหาคม	2513	1	ตอนบน
078	พายุดีเปรสชัน	3 - 7	กันยายน	2513	1	ตอนบน
079	พายุดีเปรสชัน	23 - 1	กันยายน	2513	1	ตอนบน
080	พายุไต้ฝุ่น KATE (7020)	17 - 28	ตุลาคม	2513	1	ตอนบน
081	พายุโซนร้อน LOUISE (7021)	26 - 2	ตุลาคม	2513	1	ตอนใต้
082	พายุโซนร้อน NORA (7023)	1 - 5	พฤศจิกายน	2513	1	ตอนใต้
083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	26 - 2	พฤศจิกายน	2513	1	ตอนใต้
084	พายุไต้ฝุ่น HARRIET (7112)	2 - 8	กรกฎาคม	2514	1	ตอนบน
085	พายุโซนร้อน KIM (7115)	9 - 15	กรกฎาคม	2514	1	ตอนบน
086	พายุไต้ฝุ่น DELLA (7130)	26 - 1	กันยายน	2514	1	ตอนบน
087	พายุดีเปรสชัน	15 - 18	ตุลาคม	2514	1	ตอนใต้
088	พายุดีเปรสชัน	2 - 6	มิถุนายน	2515	1	ตอนบน
089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE (7217)	31 - 9	กันยายน	2515	1	ตอนบน
090	พายุไต้ฝุ่น FLOSSIE (7218)	9 - 21	กันยายน	2515	1	ตอนบน
091	พายุไต้ฝุ่น LORNA (7223)	30 - 4	ตุลาคม	2515	1	ตอนบน
092	พายุไต้ฝุ่น SALLY (7229)	1 - 10	ธันวาคม	2515	1	ตอนใต้
093	พายุไต้ฝุ่น ANITA (7302)	5 - 11	กรกฎาคม	2516	1	ตอนบน
094	พายุโซนร้อน JOAN (7311)	18 - 24	สิงหาคม	2516	1	ตอนบน
095	พายุดีเปรสชัน	22 - 24	กันยายน	2516	1	ตอนบน
096	พายุดีเปรสชัน	4 - 8	ตุลาคม	2516	1	ตอนใต้

ตารางที่ ก-1 การเกิดพายุหมุนเขตร้อน แหล่งกำเนิด และอิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

รหัส พายุ	ชื่อพายุ	วันที่เข้าสู่ประเทศไทย			แหล่งกำเนิด ของพายุ	อิทธิพลต่อ พื้นที่ประเทศไทย
		วันที่	เดือน	ปี พ.ศ.		
097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	10 - 14	พฤศจิกายน	2516	1	ตอนใต้
098	พายุโซนร้อน THELMA (7320)	13 - 22	พฤศจิกายน	2516	1	ตอนใต้
099	พายุดีเปรสชัน	14 - 18	สิงหาคม	2517	1	ตอนบน
100	พายุดีเปรสชัน	8 - 13	ตุลาคม	2517	1	ตอนบน
101	พายุโซนร้อน FAYE (7427)	31 - 6	พฤศจิกายน	2517	1	ตอนบน
102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	19 - 27	ธันวาคม	2517	1	ตอนใต้
103	พายุไซโคลน	5 - 9	พฤษภาคม	2518	2	ตอนบน
104	พายุดีเปรสชัน	6 - 11	กันยายน	2518	1	ตอนบน
105	พายุไต้ฝุ่น ALICE (7511)	17 - 22	กันยายน	2518	1	ตอนบน
106	พายุโซนร้อน CARLA (7710)	1 - 8	กันยายน	2520	1	ตอนบน
107	พายุดีเปรสชัน	10 - 13	พฤศจิกายน	2520	1	ตอนใต้
108	พายุโซนร้อน SHIRLEY (7805)	27 - 3	กรกฎาคม	2521	1	ตอนบน
109	พายุโซนร้อน BESS (7810)	7 - 14	สิงหาคม	2521	1	ตอนบน
110	พายุดีเปรสชัน	17 - 23	กันยายน	2521	1	ตอนบน
111	พายุไซโคลน KIT (7820)	21 - 29	กันยายน	2521	1	ตอนบน
112	พายุดีเปรสชัน	10 - 12	พฤศจิกายน	2521	1	ตอนใต้
113	พายุดีเปรสชัน	6 - 10	สิงหาคม	2522	1	ตอนบน
114	พายุโซนร้อน NANCY (7915)	15 - 26	กันยายน	2522	1	ตอนบน
115	พายุไซโคลน	17 - 21	พฤษภาคม	2523	2	ตอนบน
116	พายุดีเปรสชัน	5 - 8	กันยายน	2523	1	ตอนบน
117	พายุโซนร้อน RUTH (8015)	13 - 17	กันยายน	2523	1	ตอนบน
118	พายุดีเปรสชัน	12 - 19	พฤศจิกายน	2523	1	ตอนบน
119	พายุโซนร้อน FABIAN (8123)	11 - 17	ตุลาคม	2524	1	ตอนบน
120	พายุไซโคลน	3 - 5	พฤษภาคม	2525	2	ตอนบน
121	พายุโซนร้อน HOPE (8216)	4 - 9	กันยายน	2525	1	ตอนบน
122	พายุโซนร้อน "ซารา" (SARAH)	24 - 26	มิถุนายน	2526	1	ตอนบน
123	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	30 - 4	กันยายน	2526	1	ตอนบน
124	พายุโซนร้อน "เฮอร์เบิร์ต" (HERBERT)	6 - 11	ตุลาคม	2526	1	ตอนบน
125	พายุโซนร้อน "คิม" (KIM)	16 - 21	ตุลาคม	2526	1	ตอนบน
126	พายุดีเปรสชัน 6 (TD 6)	7 - 8	พฤศจิกายน	2526	1	ตอนใต้
127	พายุโซนร้อน "เวอร์นัน" (VERNON)	8 - 12	มิถุนายน	2527	1	ตอนบน
128	พายุโซนร้อน "ซูซาน" (SUSAN)	10 - 14	ตุลาคม	2527	1	ตอนบน

ตารางที่ ก-1 การเกิดพายุหมุนเขตร้อน แหล่งกำเนิด และอิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

รหัส พายุ	ชื่อพายุ	วันที่เข้าสู่ประเทศไทย			แหล่งกำเนิด ของพายุ	อิทธิพลต่อ พื้นที่ประเทศไทย
		วันที่	เดือน	ปี พ.ศ.		
129	พายุไต้ฝุ่น "แอกเนส" (AGNES)	1 - 9	พฤศจิกายน	2527	1	ตอนบน
130	พายุดีเปรสชัน 9 (TD 9)	14 - 23	กันยายน	2528	1	ตอนบน
131	พายุดีเปรสชัน 10 (TD 10)	10 - 12	ตุลาคม	2528	1	ตอนใต้
132	พายุไต้ฝุ่น "เซซิล" (CECIL)	11 - 17	ตุลาคม	2528	1	ตอนบน
133	พายุไต้ฝุ่น "เวน" (WAYNE)	1 - 7	กันยายน	2529	1	ตอนบน
134	พายุโซนร้อน "จอร์เจีย" (GEORGIA)	17 - 23	ตุลาคม	2529	1	ตอนบน
135	พายุไต้ฝุ่น "เบตตี" (BETTY)	14 - 20	สิงหาคม	2530	1	ตอนบน
136	พายุดีเปรสชัน 6 (TD 6)	15 - 20	ตุลาคม	2531	1	ตอนบน
137	พายุโซนร้อน "เซซิล" (CECIL 8904)	22 - 28	พฤษภาคม	2532	1	ตอนบน
138	พายุไต้ฝุ่น "แองเจลา" (ANGELA 8923)	28 - 11	กันยายน	2532	1	ตอนบน
139	พายุไต้ฝุ่น "แดน" (DAN 8926)	9 - 14	ตุลาคม	2532	1	ตอนบน
140	พายุไต้ฝุ่น "เกย์" (GAY 8929)	1 - 10	พฤศจิกายน	2532	1	ตอนใต้
141	พายุไต้ฝุ่น "เบกกี" (BECKY)	24 - 30	สิงหาคม	2533	1	ตอนบน
142	พายุโซนร้อน "อีรา" (IRA)	1 - 8	ตุลาคม	2533	1	ตอนบน
143	พายุโซนร้อน "โลลา" (LOLA)	15 - 20	ตุลาคม	2533	1	ตอนบน
144	พายุไต้ฝุ่น "เฟรด" (FRED 9111)	9 - 19	สิงหาคม	2534	1	ตอนบน
145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	25 - 28	ตุลาคม	2534	1	ตอนใต้
146	พายุดีเปรสชัน 1 (TD 1)	19 - 21	กันยายน	2535	1	ตอนบน
147	พายุไต้ฝุ่น "แองเจลา" (ANGELA 9224)	15 - 31	ตุลาคม	2535	1	ตอนใต้
148	พายุไต้ฝุ่น "คอลลีน" (COLLEEN 9226)	18 - 29	ตุลาคม	2535	1	ตอนบน
149	พายุโซนร้อน "ฟอร์เรสต์" (FORREST 9229)	10 - 22	พฤศจิกายน	2535	1	ตอนใต้
150	พายุโซนร้อน "ลูอิส" (LEWIS 9303)	7 - 13	กรกฎาคม	2536	1	ตอนบน
151	พายุโซนร้อน "วิโนนา" (WINONA 9312)	23 - 30	สิงหาคม	2536	1	ตอนบน
152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	29 - 5	ธันวาคม	2536	1	ตอนใต้
153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี่" (MANNY 9327)	3 - 17	ธันวาคม	2536	1	ตอนใต้
154	พายุโซนร้อน "เอมี" (AMY 9410)	27 - 1	สิงหาคม	2537	1	ตอนบน
155	พายุโซนร้อน "ลุค" (LUKE 9423)	7 - 14	กันยายน	2537	1	ตอนบน
156	พายุโซนร้อน "โลอิส" (LOIS 9509)	24 - 31	สิงหาคม	2538	1	ตอนบน
157	พายุไต้ฝุ่น "วิลลี" (WILLIE 9619)	17 - 23	กันยายน	2539	1	ตอนบน
158	พายุดีเปรสชัน 7 (TD 7)	29 - 30	ตุลาคม	2539	1	ตอนใต้
159	พายุดีเปรสชัน 8 (TD 8)	2 - 4	พฤศจิกายน	2539	1	ตอนบน
160	พายุโซนร้อน "เออร์นี" (ERNIE 9625)	4 - 21	พฤศจิกายน	2539	1	ตอนใต้

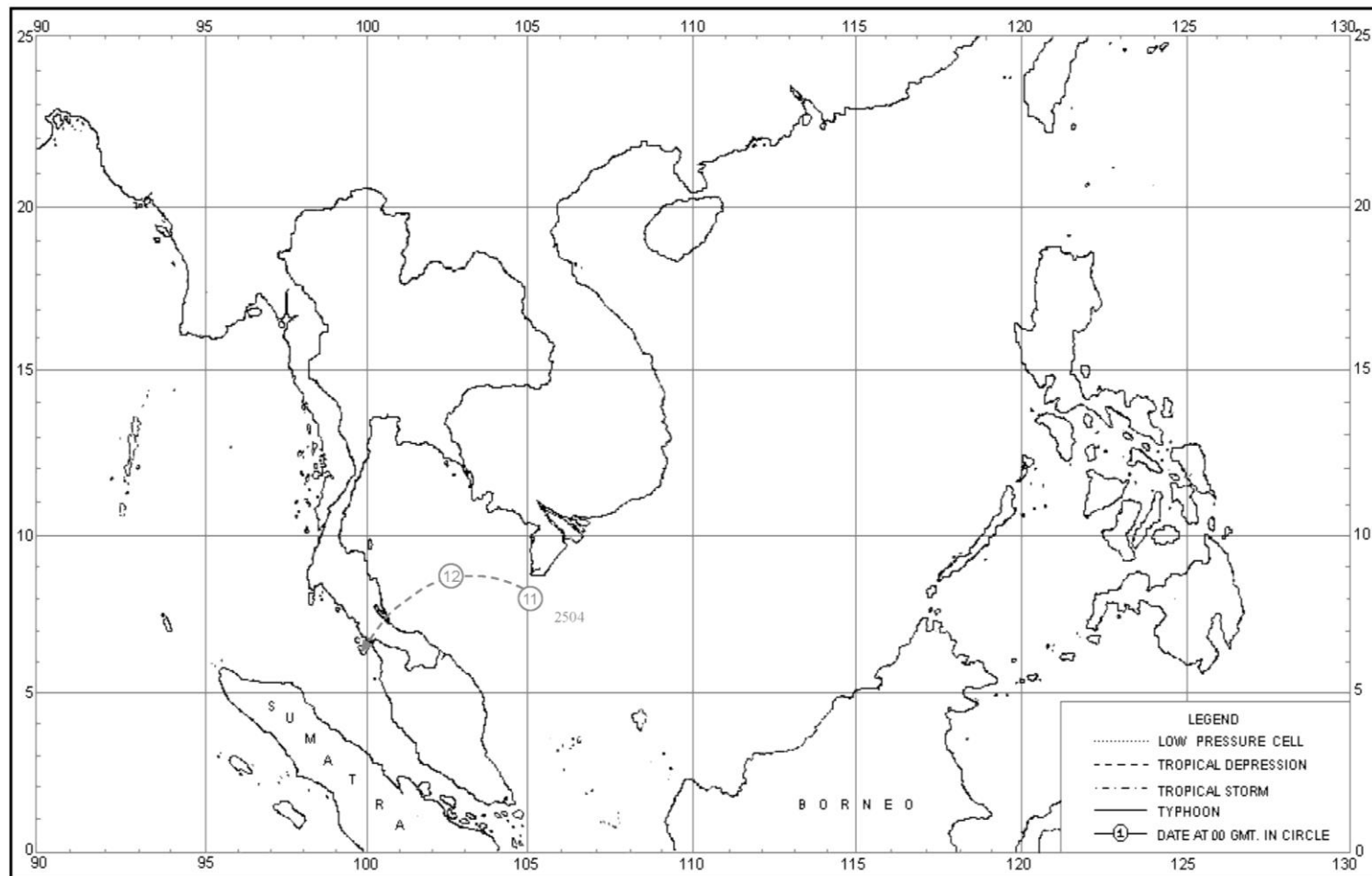
**ตารางที่ ก-1 การเกิดพายุหมุนเขตร้อน แหล่งกำเนิด และอิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)**

รหัสพายุ	ชื่อพายุ	วันที่เข้าสู่ประเทศไทย			แหล่งกำเนิดของพายุ	อิทธิพลต่อพื้นที่ประเทศไทย
		วันที่	เดือน	ปี พ.ศ.		
161	พายุโซนร้อน "ฟริทซ์" (FRITZ 9722)	21 - 26	กันยายน	2540	1	ตอนบน
162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	31 - 10	ตุลาคม	2540	1	ตอนใต้
163	พายุโซนร้อน "ชิพ" (CHIP 9813)	11 - 23	พฤศจิกายน	2541	1	ตอนใต้
164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9817)	9 - 13	ธันวาคม	2541	1	ตอนใต้
165	พายุดีเปรสชัน 3	23 - 31	ตุลาคม	2542	1	ตอนใต้
166	พายุดีเปรสชัน 4	3 - 6	ธันวาคม	2542	1	ตอนใต้
167	พายุโซนร้อน "เกมี" (KAEMI 0011)	20 - 23	สิงหาคม	2543	1	ตอนบน
168	พายุไต้ฝุ่น "หวู่กง" (WUKONG 0016)	4 - 11	กันยายน	2543	1	ตอนบน
169	พายุดีเปรสชัน 5 (TD 5)	3 - 3	พฤศจิกายน	2543	1	ตอนใต้
170	พายุโซนร้อน "อุซางิ" (USAGI 0110)	9 - 11	สิงหาคม	2544	1	ตอนบน
171	พายุโซนร้อน "โคนิ" (KONI 0308)	16 - 23	กรกฎาคม	2546	1	ตอนบน
172	พายุดีเปรสชัน	22 - 28	ตุลาคม	2546	1	ตอนใต้
173	พายุไต้ฝุ่น "จันทู" (CHUNTHU 0404)	6 - 16	มิถุนายน	2547	1	ตอนบน
174	พายุไต้ฝุ่น "หมุยฟ้า" (MUIFA 0425)	14 - 26	พฤศจิกายน	2547	1	ตอนใต้
175	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	10 - 21	กันยายน	2548	1	ตอนบน
176	พายุโซนร้อน "วีเซนเต" (VICENTE 0516)	13 - 19	กันยายน	2548	1	ตอนบน
177	พายุไต้ฝุ่น "ดอมเรย์" (DAMREY 0518)	19 - 28	กันยายน	2548	1	ตอนบน
178	พายุไต้ฝุ่น "ซังसान" (XANGSANE 0615)	25 - 2	กันยายน	2549	1	ตอนบน
179	พายุไต้ฝุ่น "ทุเรียน" (DURIAN 0621)	29 - 8	ธันวาคม	2549	1	ตอนใต้
180	พายุดีเปรสชัน 2 (TD 2)	1 - 5	พฤษภาคม	2550	1	ตอนใต้
181	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	2 - 9	สิงหาคม	2550	1	ตอนบน
182	พายุไต้ฝุ่น "เลกิมา" (LEKIMA 0714)	27 - 5	กันยายน	2550	1	ตอนบน
183	พายุโซนร้อน "เมขลา" (MEKKHALA 0816)	28 - 1	กันยายน	2551	1	ตอนบน
184	พายุไต้ฝุ่น "กิสนา (กฤษณา)" (KETSANA 0916)	24 - 1	กันยายน	2552	1	ตอนบน
185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)-พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	31 - 8	พฤศจิกายน	2553	1	ตอนใต้
186	พายุโซนร้อน "น็อกเตน" (NOCK-TEN 1108)	25 - 31	กรกฎาคม	2554	1	ตอนบน
187	พายุโซนร้อน "แกมี" (GAEMI 1220)	30 - 8	กันยายน	2555	1	ตอนบน
188	พายุดีเปรสชัน	17 - 19	กันยายน	2556	1	ตอนบน
189	พายุไต้ฝุ่น "หวู่ตีบ" (WUTIP 1321)	26 - 2	ตุลาคม	2556	1	ตอนบน
190	พายุโซนร้อน "แวมโก้" (VAMCO 1519)	13 - 16	กันยายน	2558	1	ตอนบน

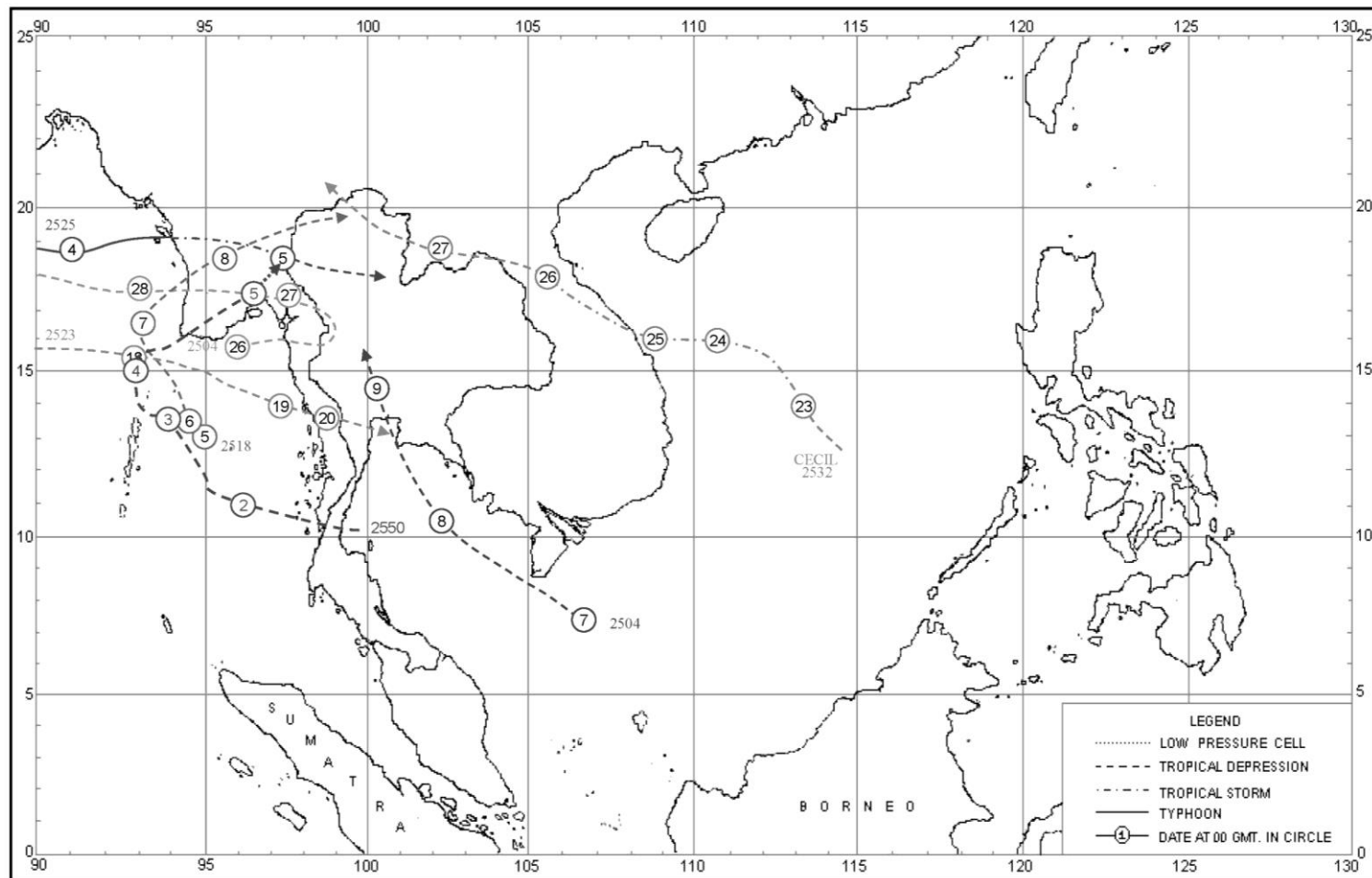
หมายเหตุ : 1. รหัสพายุ เป็นลำดับการเกิดพายุตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 - 2556

2. แหล่งกำเนิดของพายุ 1 หมายถึง มหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้

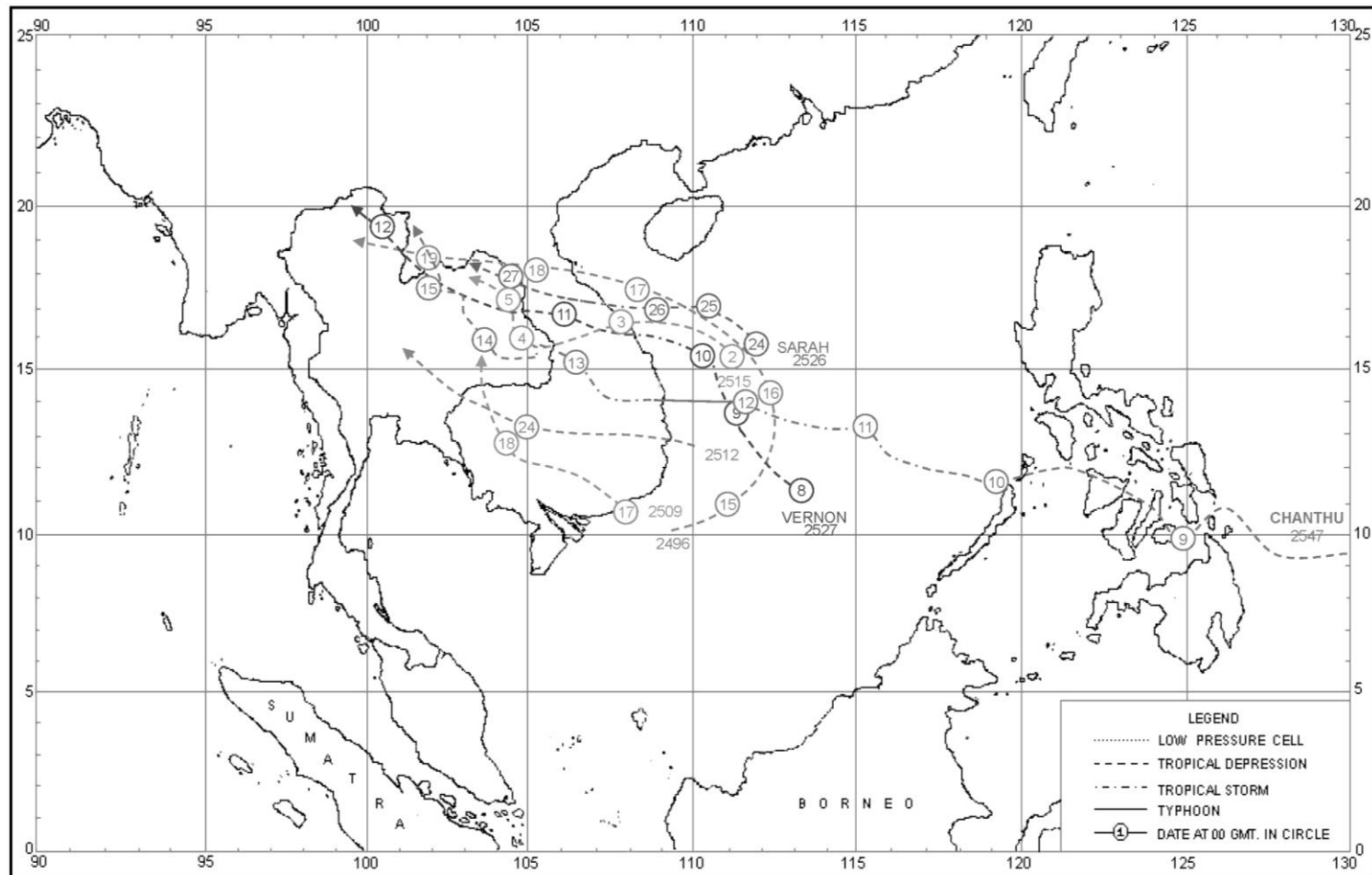
2 หมายถึง อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน



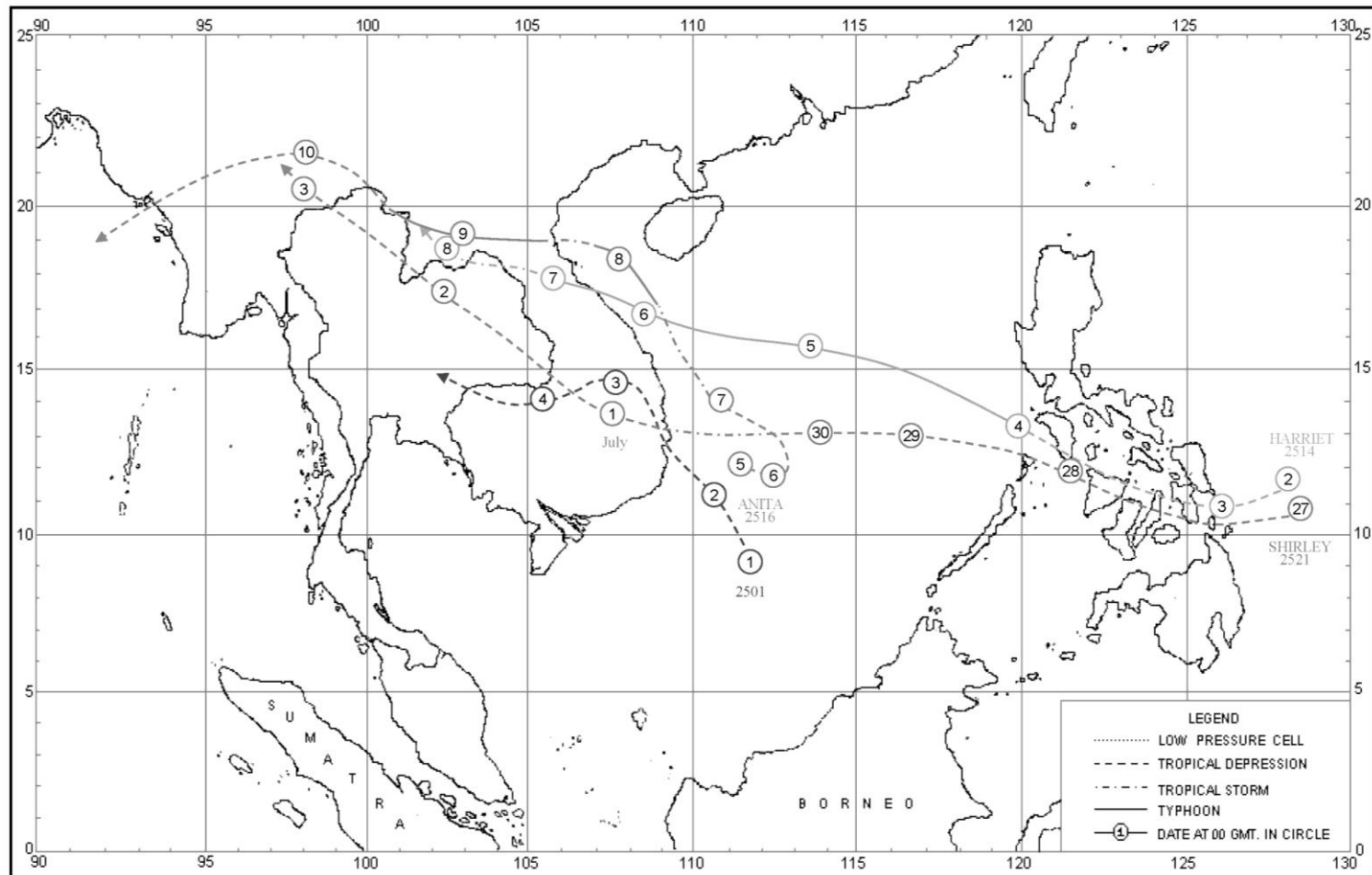
รูปที่ ก-1 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) เดือนเมษายน จำนวน 1 ลูก



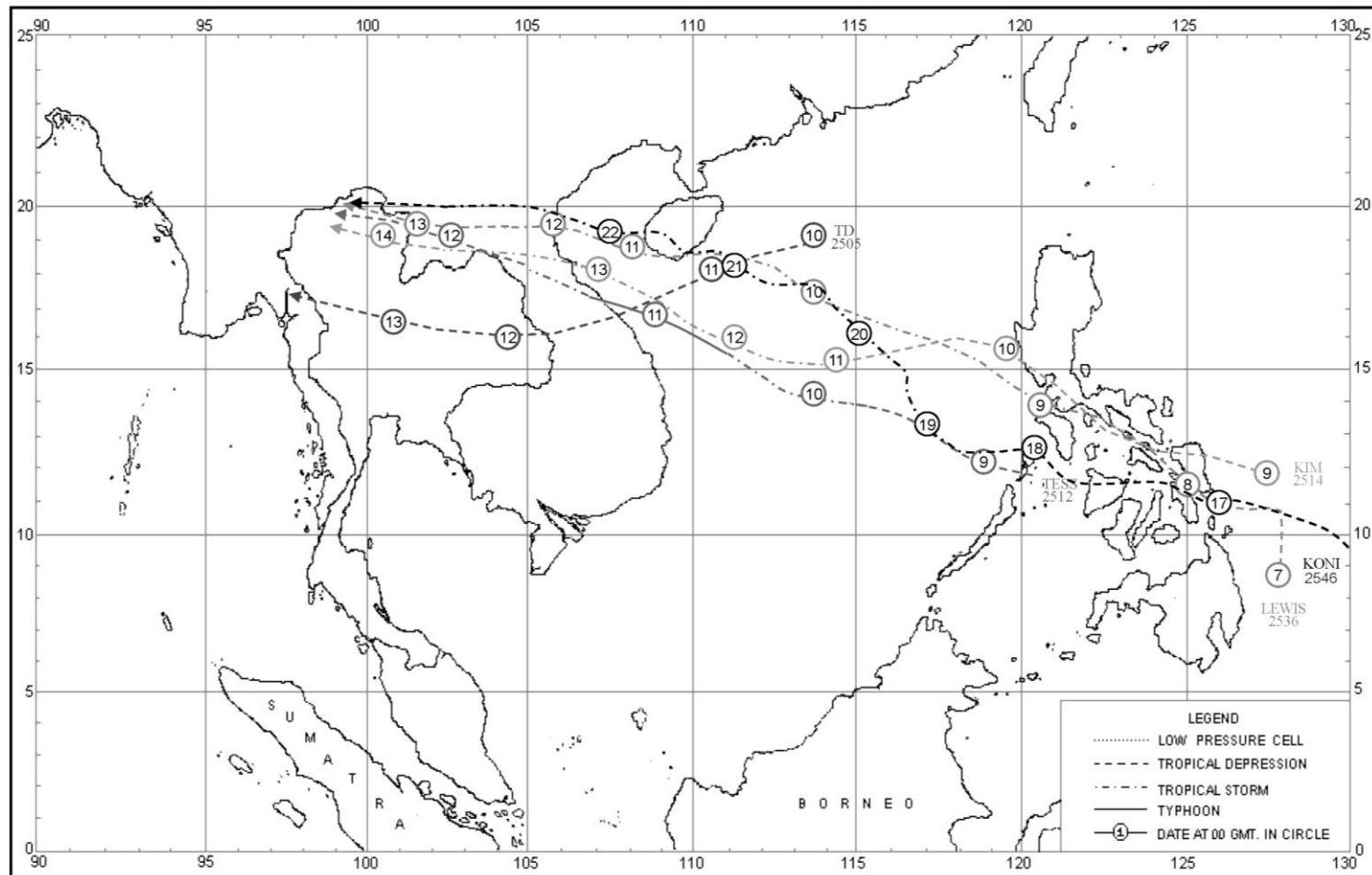
รูปที่ ก-2 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) เดือนพฤษภาคม จำนวน 7 ลูก



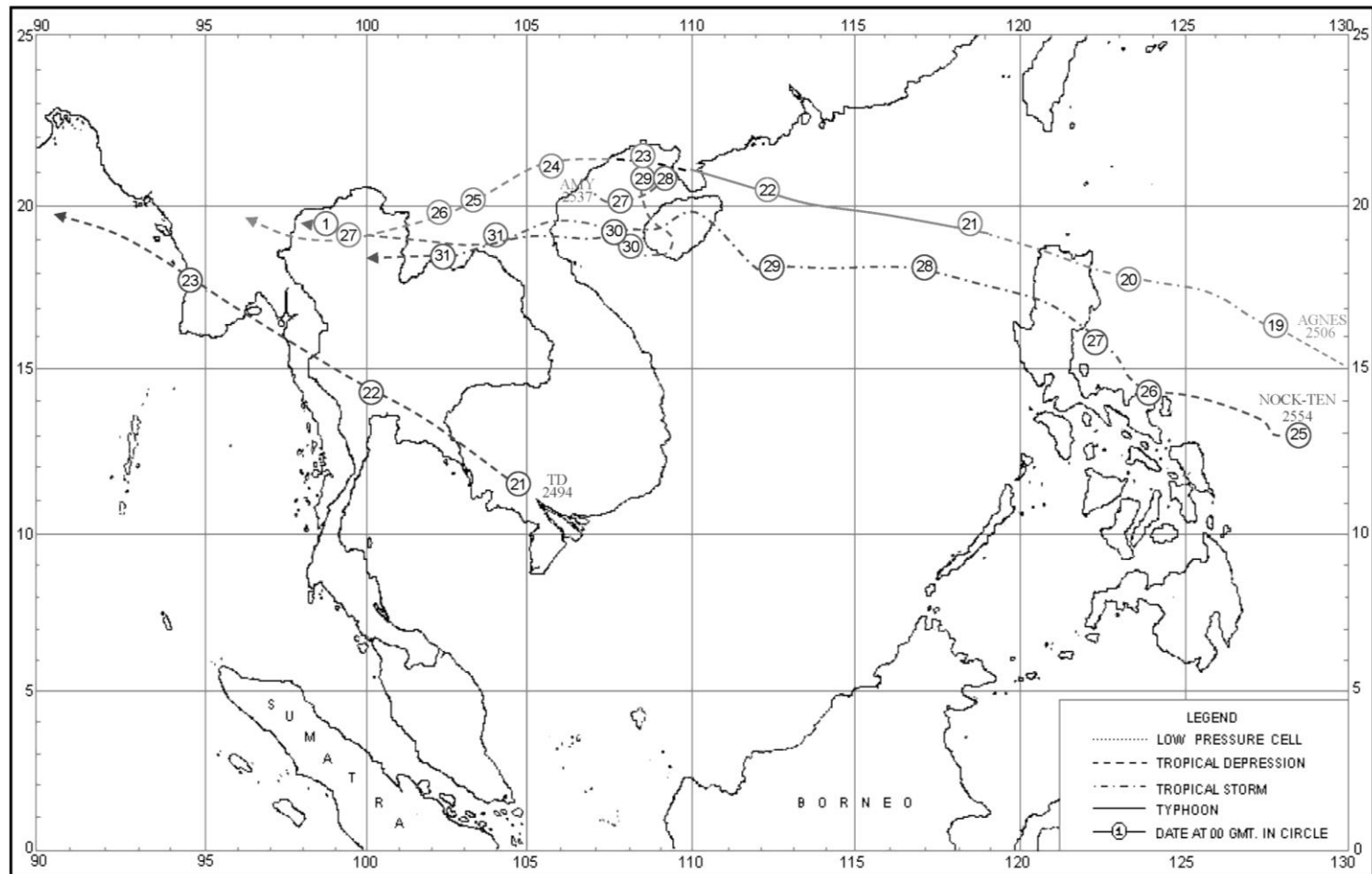
รูปที่ ก-3 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) เดือนมิถุนายน จำนวน 7 ลูก



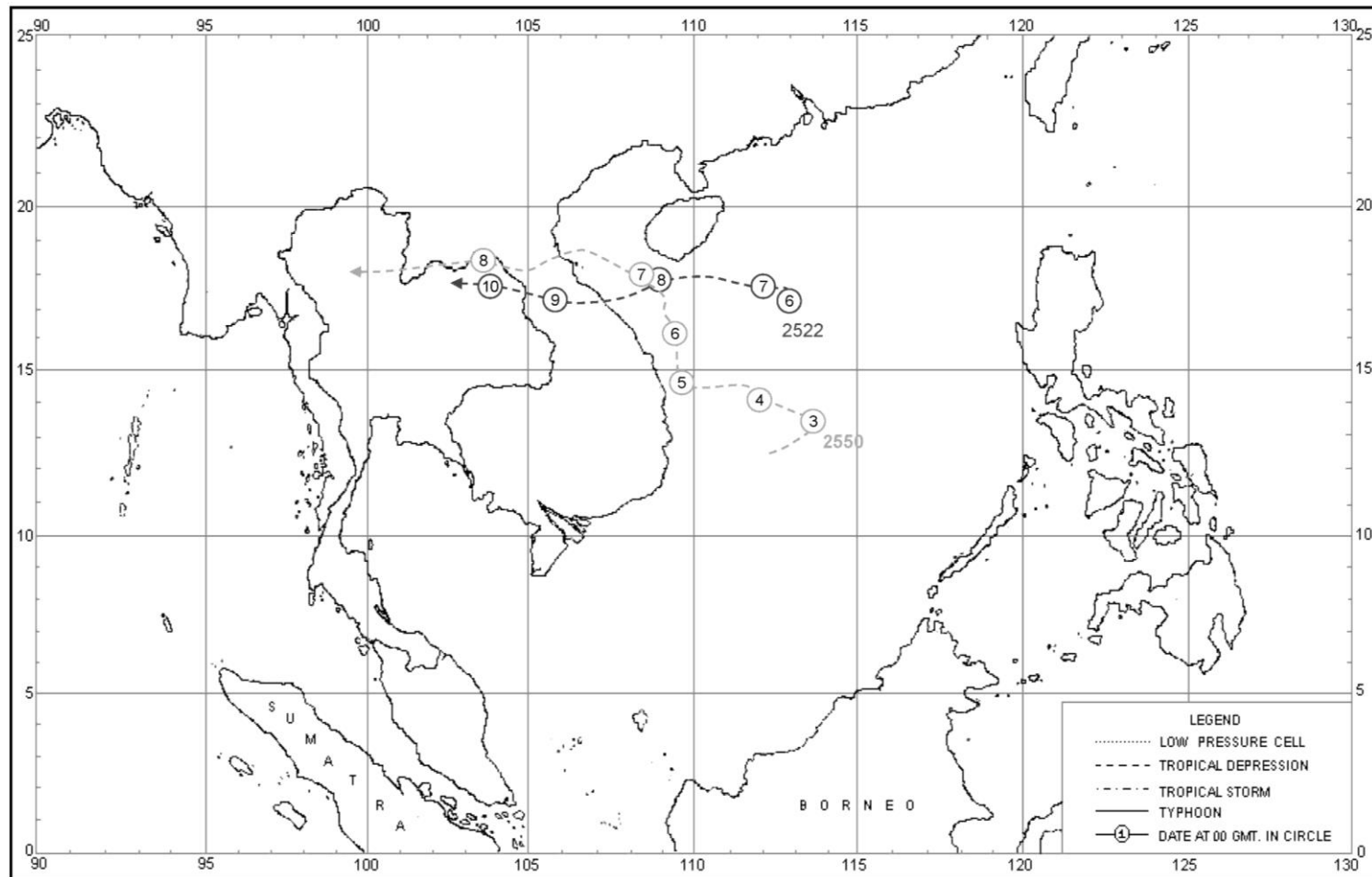
รูปที่ ก-4 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 1-10 เดือนกรกฎาคม จำนวน 4 ลูก



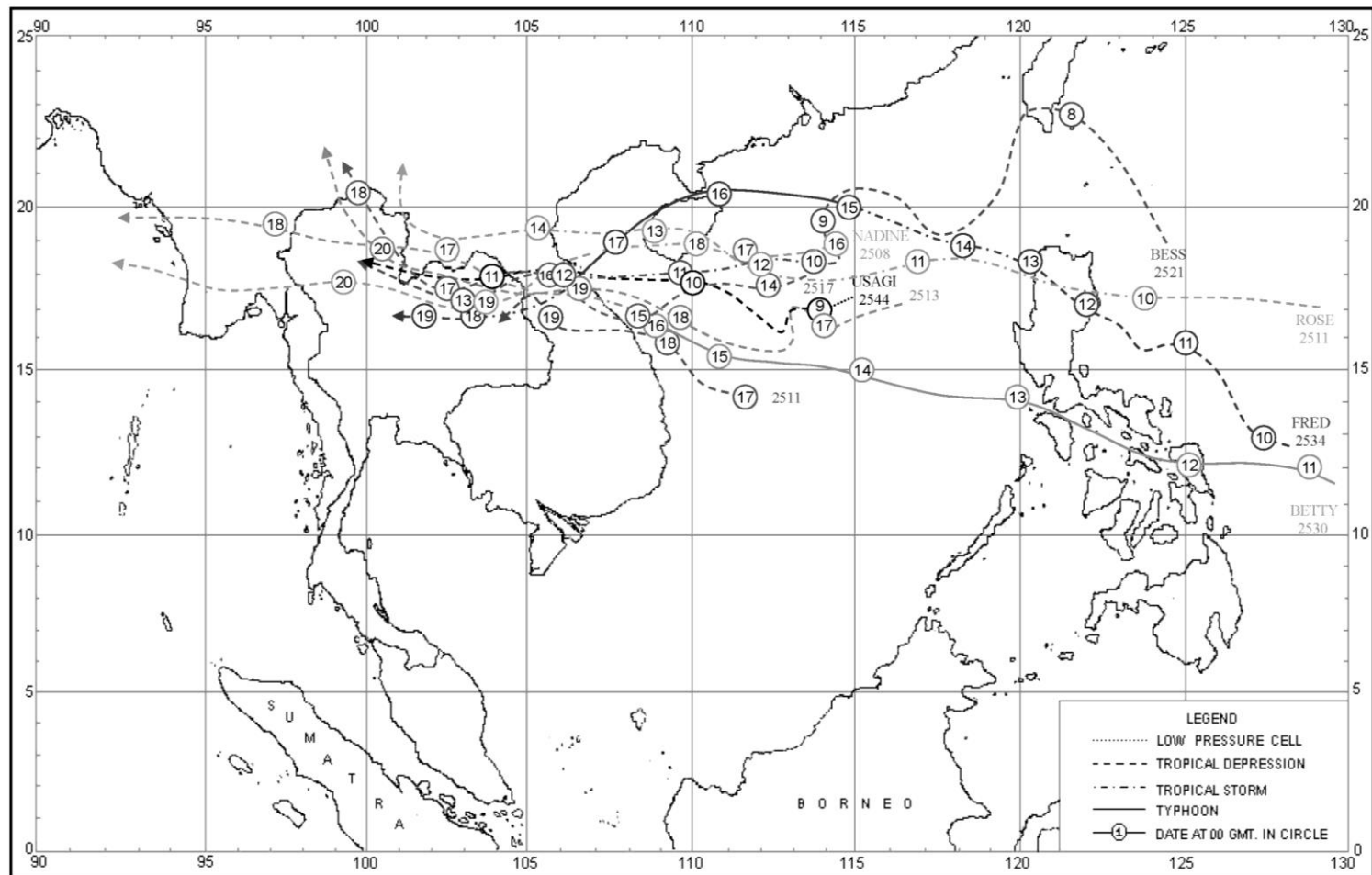
รูปที่ ก-5 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 11-20 เดือนกรกฎาคม จำนวน 5 ลูก



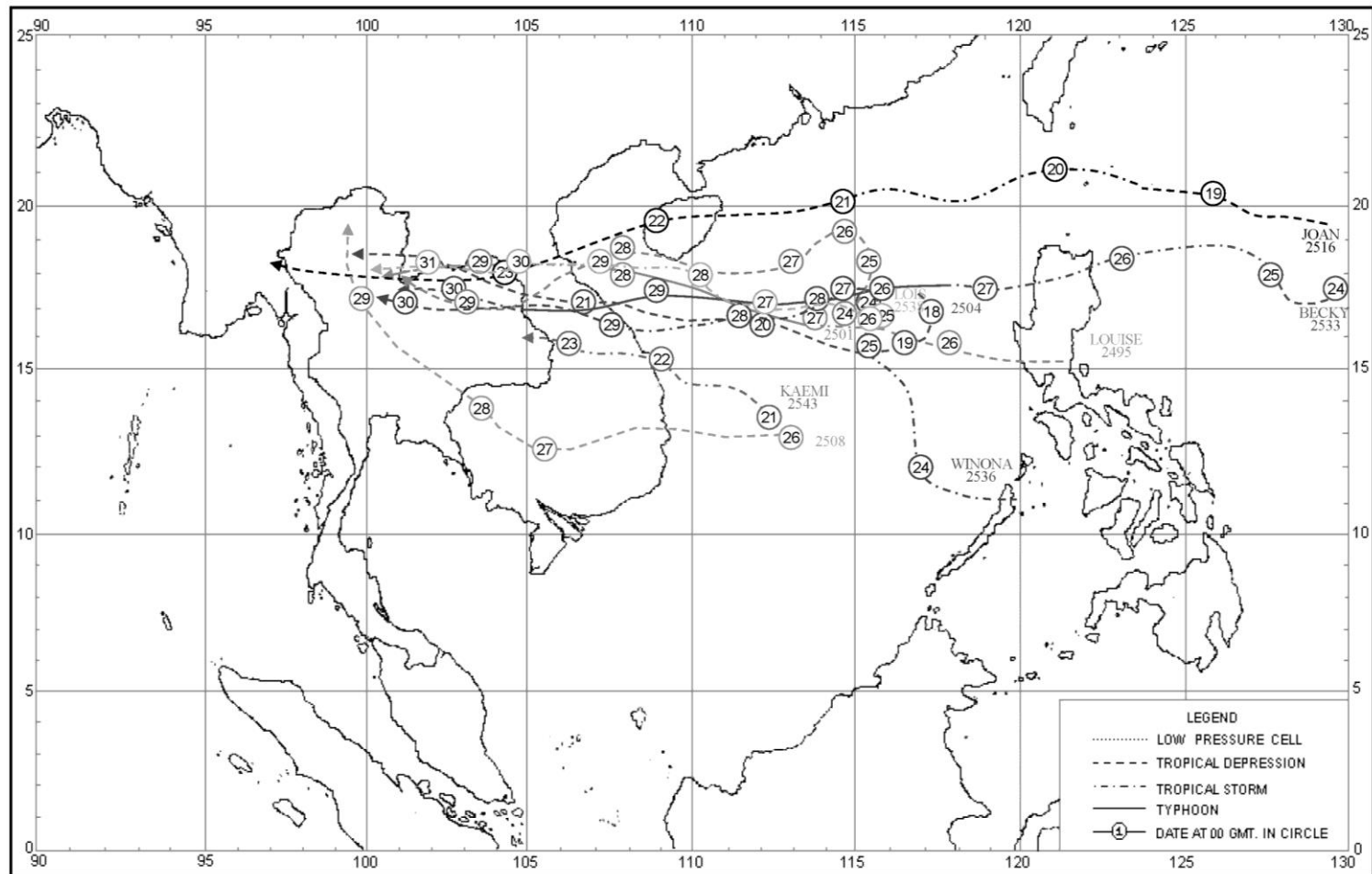
รูปที่ ก-6 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 21-31 เดือนกรกฎาคม จำนวน 4 ลูก



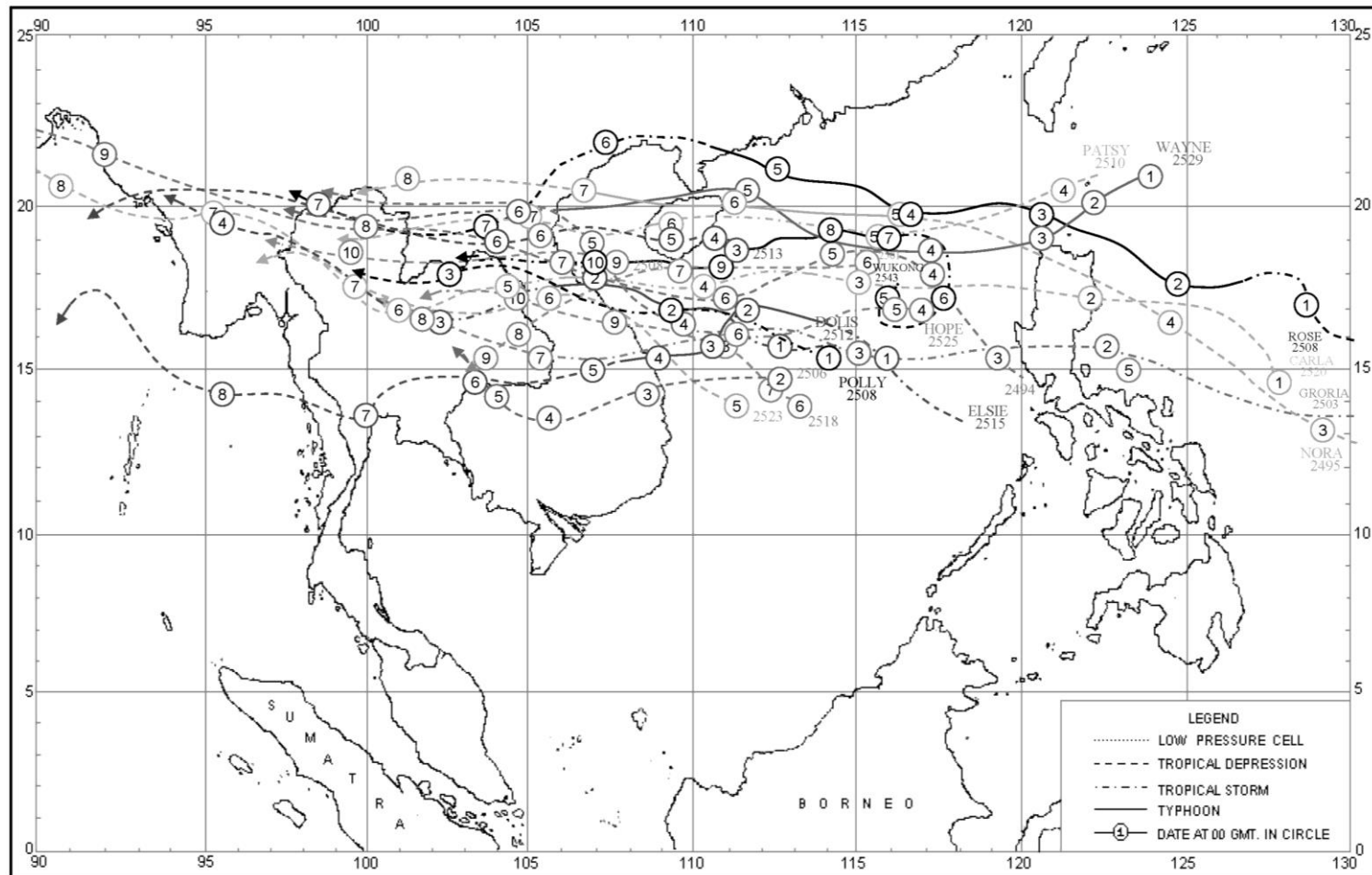
รูปที่ ก-7 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 1-10 เดือนสิงหาคม จำนวน 2 ลูก



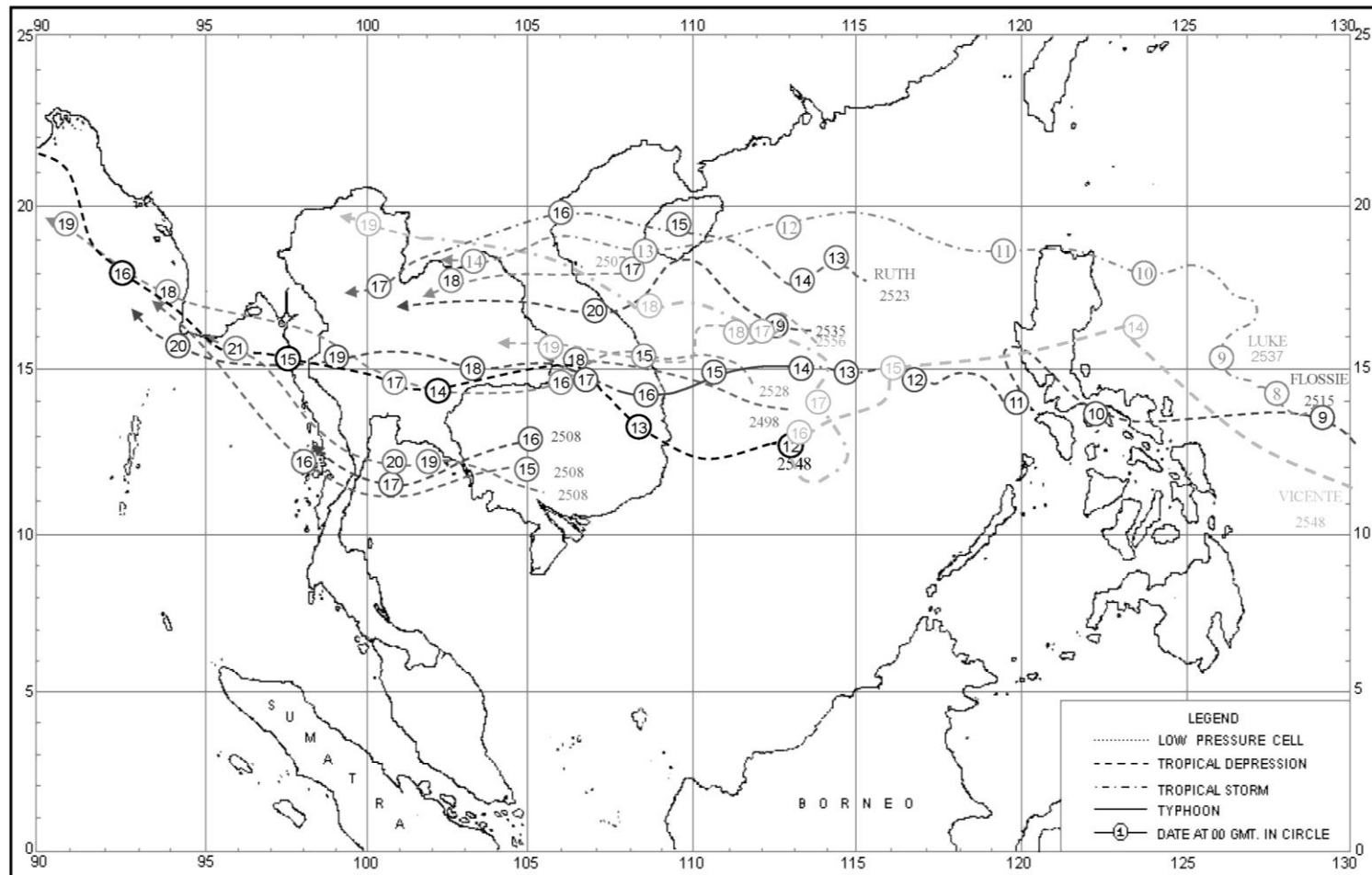
รูปที่ ก-8 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 11-20 เดือนสิงหาคม จำนวน 9 ลูก



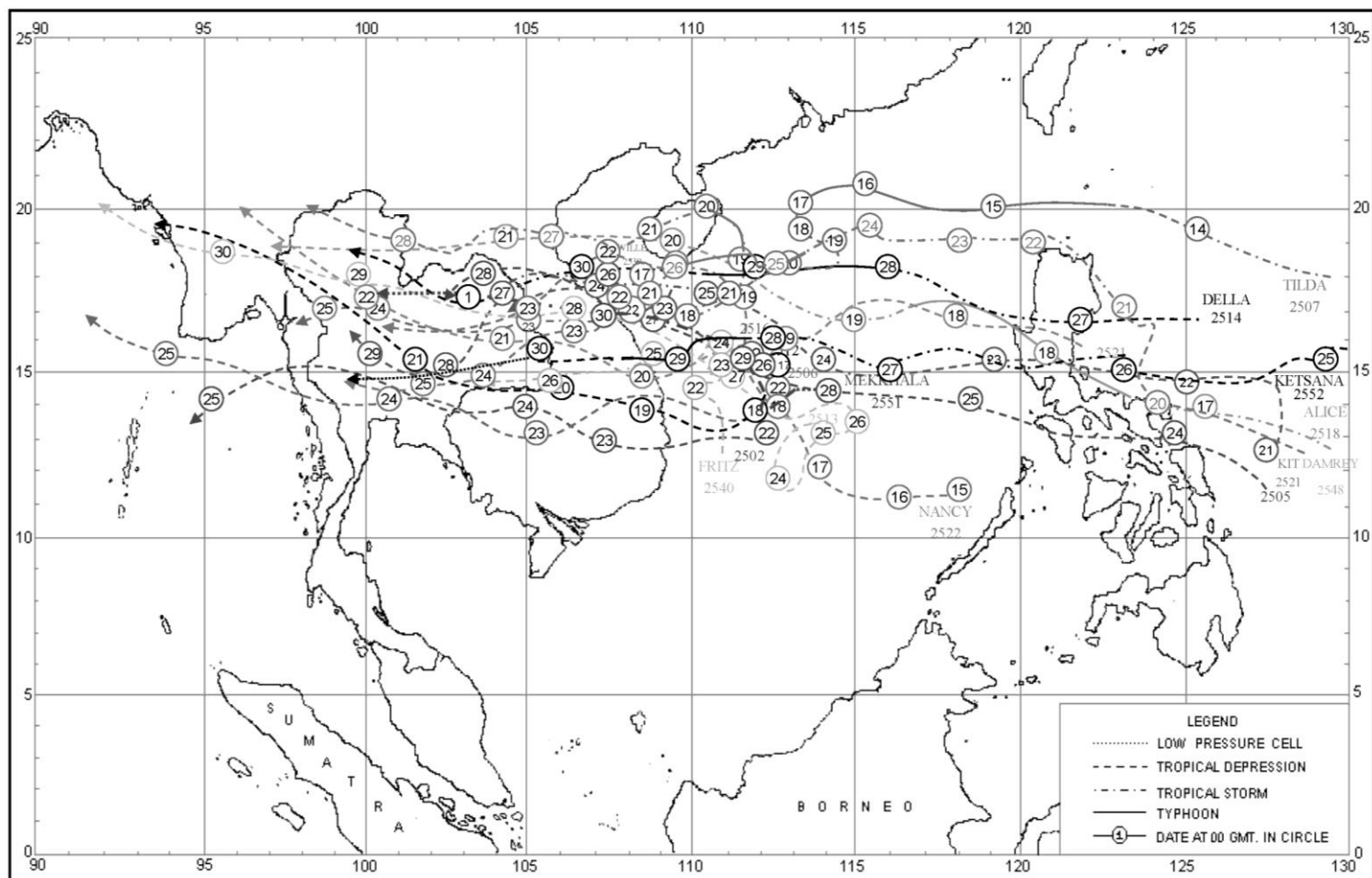
รูปที่ ก-9 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 21-31 เดือนสิงหาคม จำนวน 9 ลูก



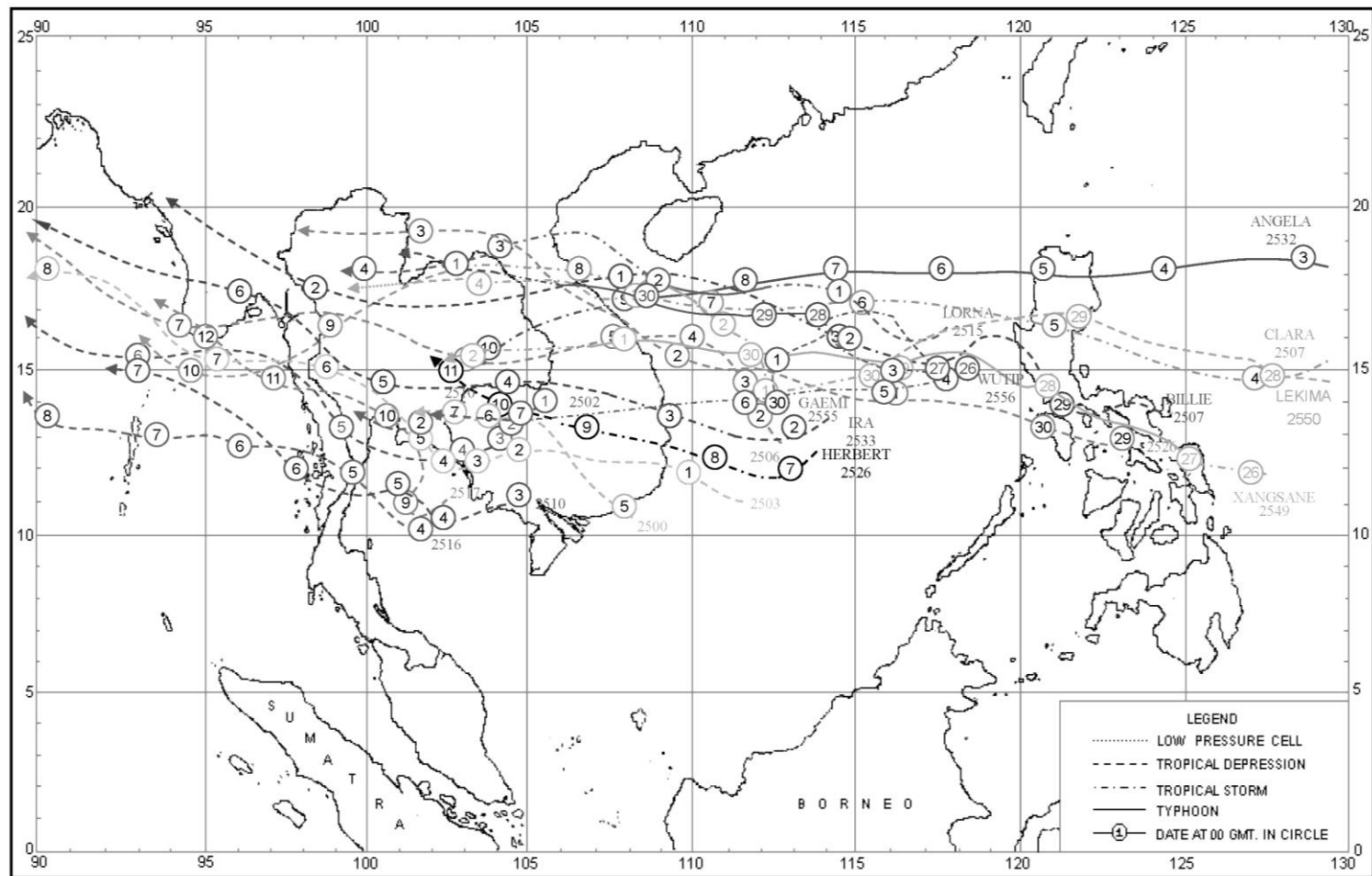
รูปที่ ก-10 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 1-10 เดือนกันยายน จำนวน 18 ลูก



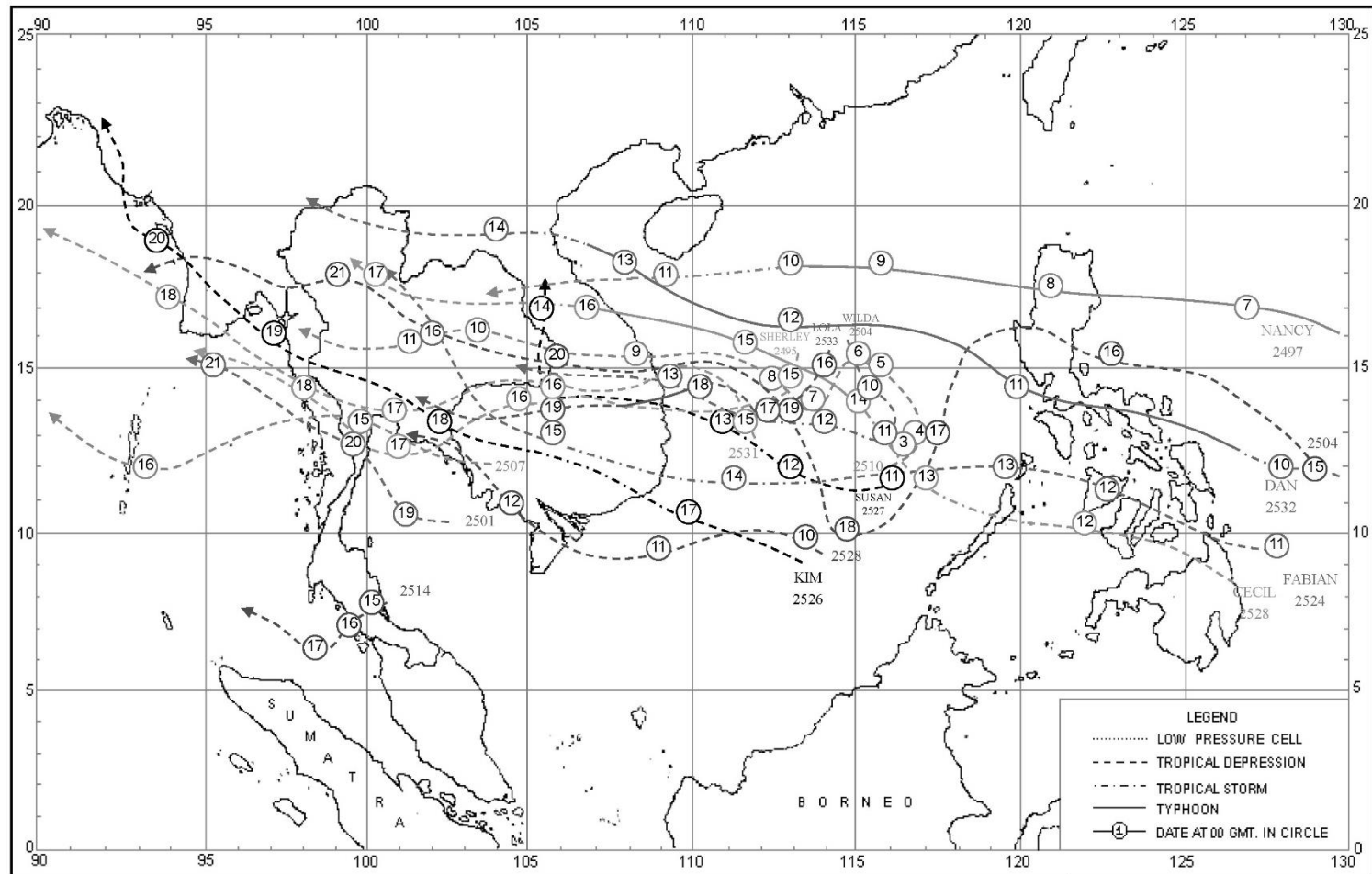
รูปที่ ก-11 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 11-20 เดือนกันยายน จำนวน 13 ลูก



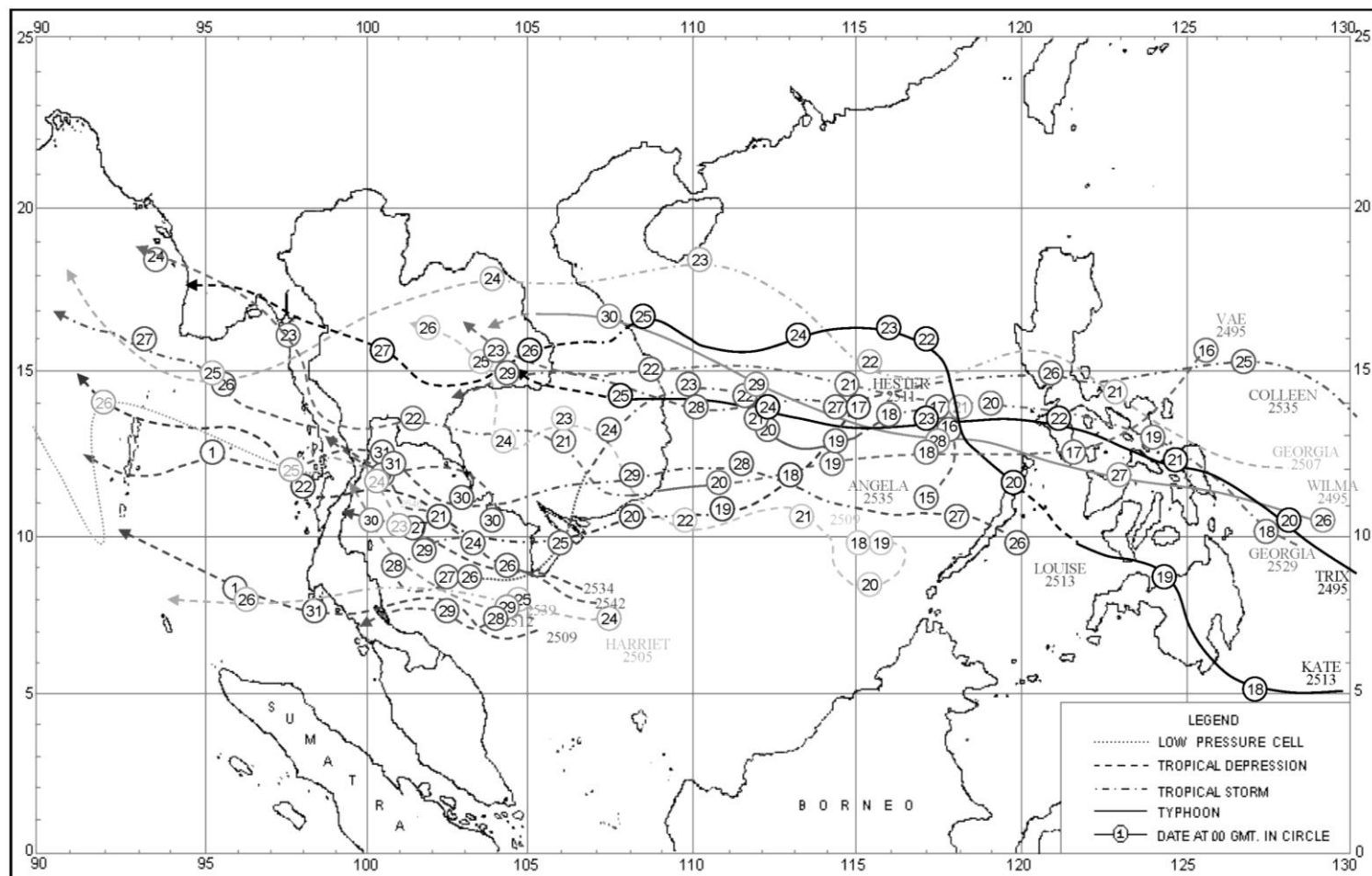
รูปที่ ก-12 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 21-30 เดือนกันยายน จำนวน 17 ลูก



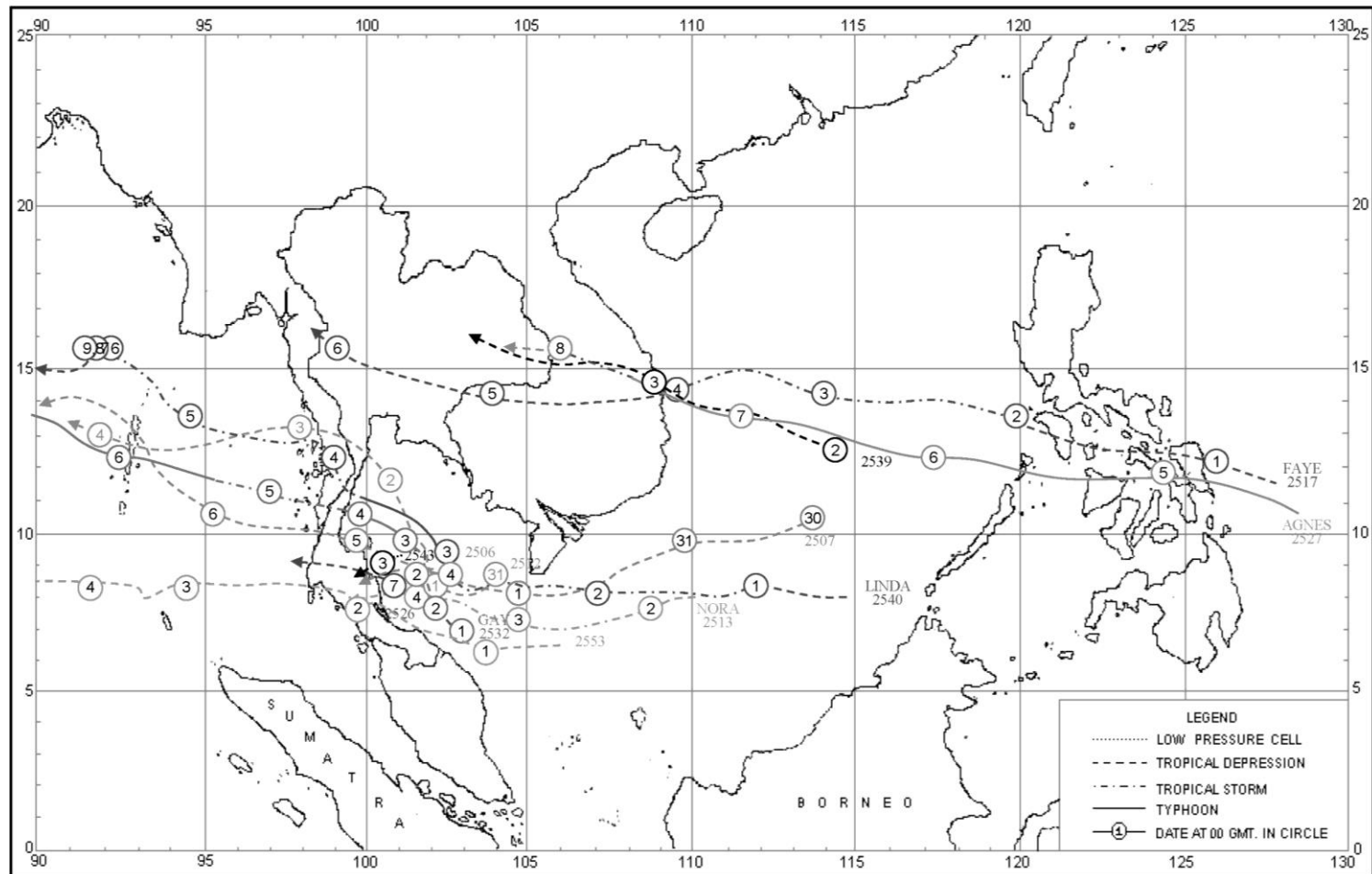
รูปที่ ก-13 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 1-10 เดือนตุลาคม จำนวน 19 ลูก



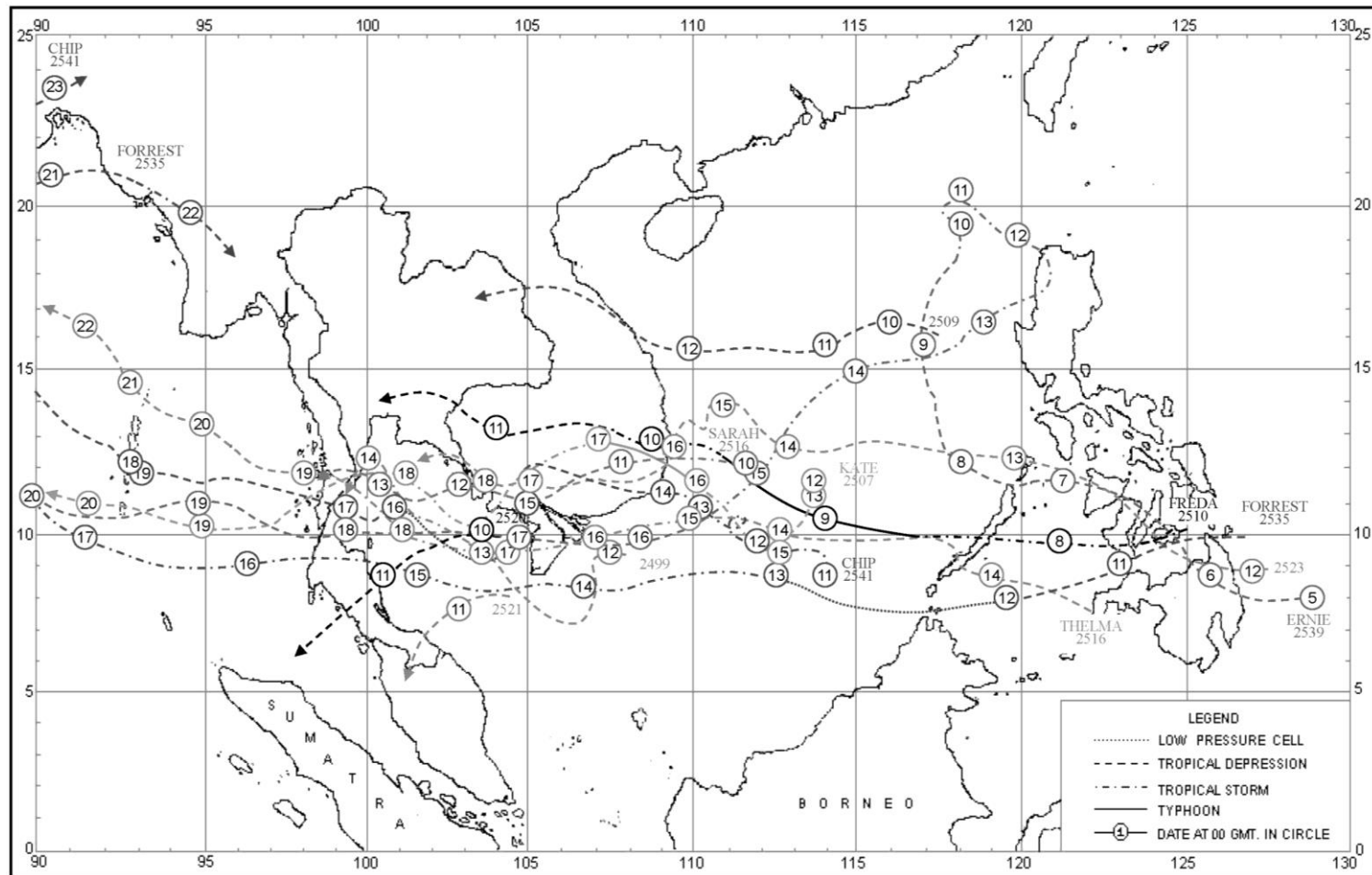
รูปที่ ก-14 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 11-20 เดือนตุลาคม จำนวน 16 ลูก



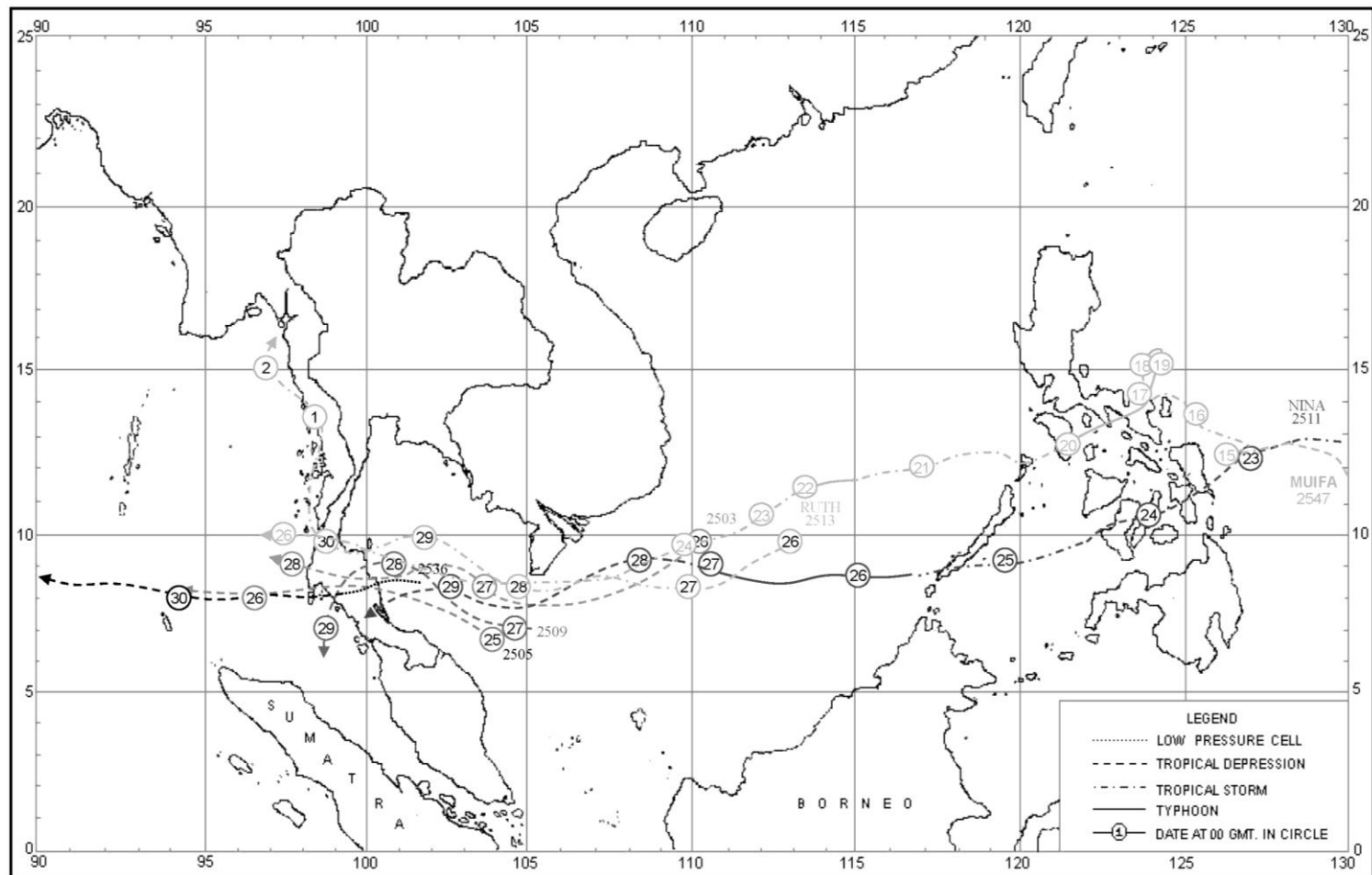
รูปที่ ก-15 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 21-31 เดือนตุลาคม จำนวน 18 ลูก



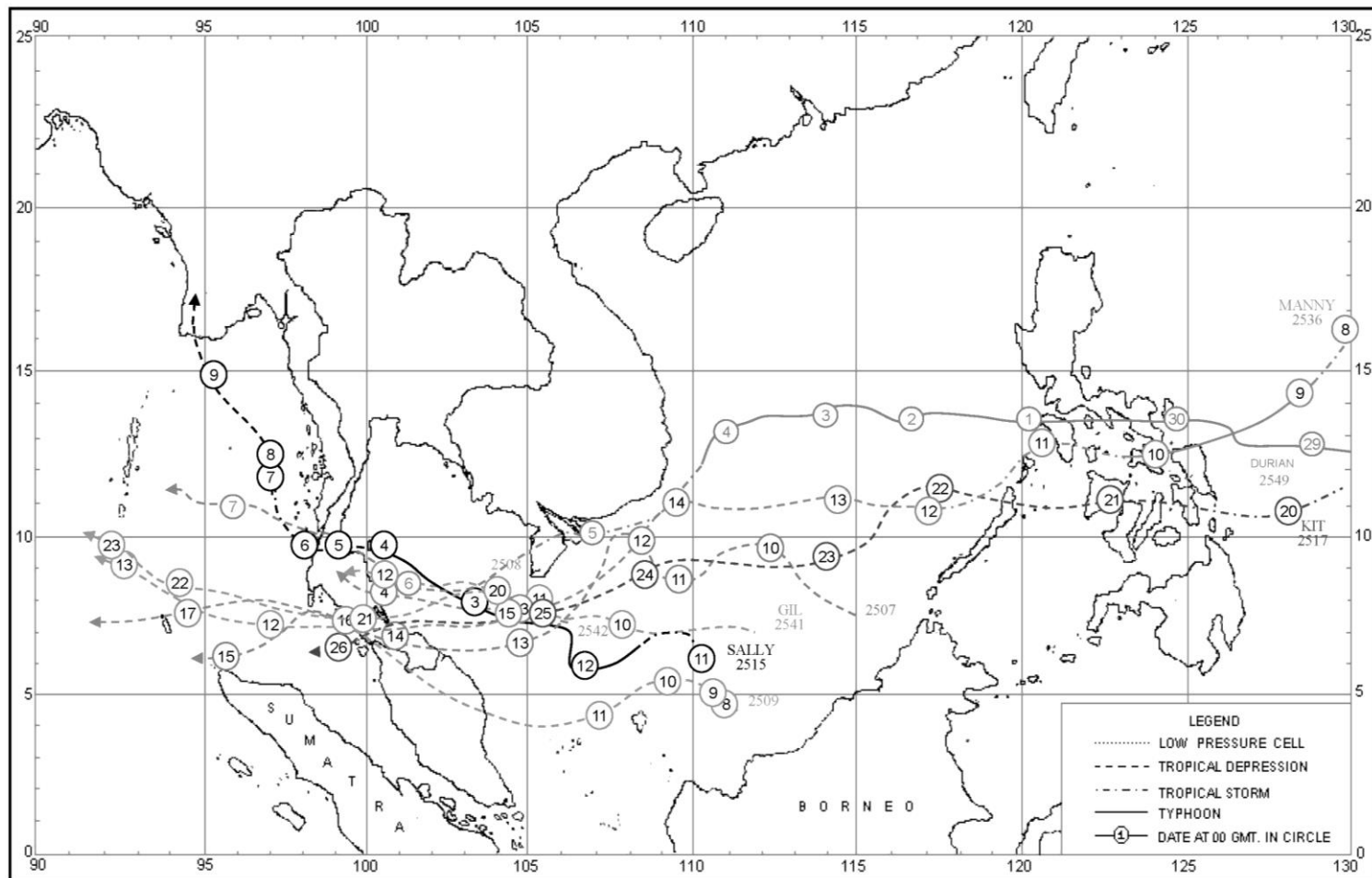
รูปที่ ก-16 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 1-10 เดือนพฤศจิกายน จำนวน 12 ลูก



รูปที่ ก-17 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 11-20 เดือนพฤศจิกายน จำนวน 12 ลูก



รูปที่ ก-18 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) ในช่วงวันที่ 21-30 เดือนพฤศจิกายน จำนวน 7 ลูก



รูปที่ ก-19 พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2558) เดือนธันวาคม จำนวน 9 ลูก

ตารางที่ ก-2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2494-2558

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	จังหวัด	อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยรายเดือน (องศาเซลเซียส)											
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	300201	จังหวัดแม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน	15.1	14.4	15.1	18.5	22.2	23.4	23.3	23.5	23.5	22.6	19.9	16.6
2	300202	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	15.6	15.2	16.6	19.9	22.7	23.5	23.5	23.5	23.6	22.9	20.4	17.1
3	303201	จังหวัดเชียงราย	เชียงราย	14.5	14.5	16.1	19.2	22.0	23.1	23.2	23.3	22.9	21.4	18.4	15.1
4	303301	สภ.เชียงราย	เชียงราย	15.3	15.8	17.6	20.8	22.7	23.5	23.6	23.7	23.3	22.0	18.8	16.0
5	310201	จังหวัดพะเยา	พะเยา	15.3	15.1	16.6	19.7	22.3	23.0	23.1	23.3	23.3	22.1	19.1	15.9
6	327202	ดอยอ่างขาง	เชียงใหม่	9.5	6.9	8.8	13.9	17.1	18.3	18.2	18.3	18.0	16.8	13.9	11.2
7	327301	สภ.แม่ใจ	เชียงใหม่	15.0	15.0	16.7	20.2	22.5	23.5	23.4	23.5	23.6	21.8	18.2	15.6
8	327501	จังหวัดเชียงใหม่	เชียงใหม่	14.7	14.2	15.6	18.9	22.0	22.9	22.9	23.0	22.9	21.8	19.1	15.9
9	328201	จังหวัดลำปาง	ลำปาง	15.5	15.6	17.1	20.0	22.7	23.3	23.2	23.5	23.7	22.7	19.8	16.4
10	328202	เถิน	ลำปาง	16.0	16.3	17.5	20.6	22.8	23.4	23.2	23.3	23.6	22.8	20.2	16.9
11	328301	สภ.ลำปาง	ลำปาง	16.0	15.5	16.6	20.0	22.8	23.8	23.8	23.8	23.8	22.8	20.1	17.2
12	329201	จังหวัดลำพูน	ลำพูน	15.2	14.7	16.1	19.3	22.4	23.1	23.0	23.2	23.6	22.7	19.9	16.4
13	330201	จังหวัดแพร่	แพร่	16.3	17.1	18.7	21.2	23.3	23.8	23.7	23.9	24.0	23.0	20.2	16.8
14	331201	จังหวัดน่าน	น่าน	16.0	16.7	18.5	21.4	23.6	24.1	24.1	24.2	24.1	22.8	20.0	16.6
15	331301	สภ.น่าน	น่าน	15.5	16.8	18.4	21.4	23.2	24.0	24.0	24.1	23.9	22.6	19.6	16.5
16	331401	ท่าวังผา	น่าน	16.1	16.6	18.7	21.7	23.6	24.2	24.2	24.2	24.0	22.6	19.5	16.4
17	331402	ทุ่งช้าง	น่าน	15.8	16.5	18.2	21.5	23.2	24.0	24.0	24.1	23.6	22.1	18.9	16.2
18	351201	จังหวัดอุดรดิตถ์	อุดรดิตถ์	16.9	18.0	19.9	22.1	23.9	24.5	24.3	24.5	24.5	23.4	20.7	17.4
19	352201	จังหวัดหนองคาย	หนองคาย	15.7	17.2	19.4	22.1	23.8	24.6	24.6	24.5	24.1	22.1	18.5	15.6
20	353201	จังหวัดเลย	เลย	14.3	15.5	17.4	20.4	22.7	23.2	23.0	23.0	23.1	21.6	18.4	15.0
21	353301	สภ.เลย	เลย	15.7	17.7	19.5	22.1	23.8	24.2	24.1	24.0	24.1	22.7	19.9	16.8
22	354201	จังหวัดอุดรธานี	อุดรธานี	15.1	16.8	18.7	21.4	23.5	24.0	23.8	24.0	23.8	21.8	18.4	15.4
23	356201	จังหวัดสกลนคร	สกลนคร	14.9	16.6	18.9	21.6	23.7	24.2	24.1	24.2	23.7	21.4	18.2	15.3
24	356301	สภ.สกลนคร	สกลนคร	14.8	17.3	19.8	22.1	23.8	24.5	24.3	24.2	24.1	22.1	19.2	15.9
25	357201	จังหวัดนครพนม	นครพนม	15.1	16.8	19.3	21.8	23.8	24.5	24.5	24.4	23.7	21.1	17.9	15.3
26	357301	สภ.นครพนม	นครพนม	14.3	16.8	19.4	21.6	23.6	24.7	24.6	24.5	24.0	21.8	18.8	15.4
27	373201	จังหวัดสุโขทัย	สุโขทัย	13.2	17.4	21.1	19.9	22.7	***	***	***	***	***	***	***
28	373301	สภ.ศรีสำโรง	สุโขทัย	19.3	21.0	22.0	23.4	24.5	24.8	24.4	24.4	24.9	24.5	22.1	19.6
29	376201	จังหวัดตาก	ตาก	18.7	21.0	21.8	23.2	24.5	25.0	24.7	24.6	25.0	24.3	22.1	19.5
30	376202	แม่สอด	ตาก	15.8	15.6	17.0	19.9	22.5	22.9	22.5	22.6	23.2	23.1	20.5	17.1
31	376203	เขื่อนภูมิพล	ตาก	16.1	16.3	17.9	20.6	22.9	23.3	23.1	23.1	23.2	22.5	19.8	16.8
32	376301	สภ.ดอยมูเซอ	ตาก	16.4	16.1	17.5	20.4	22.7	22.9	22.5	22.6	23.3	22.9	20.5	17.6
33	376401	อุ้มผาง	ตาก	13.5	14.4	15.3	18.5	20.2	20.8	20.4	20.4	20.6	19.8	17.5	14.7
34	378201	จังหวัดพิษณุโลก	พิษณุโลก	14.5	14.3	16.3	19.5	21.7	22.1	21.9	22.0	21.9	20.9	18.1	15.2
35	379201	จังหวัดเพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	17.4	19.0	20.7	22.2	23.6	24.1	24.0	24.1	24.3	23.4	20.8	17.6
36	379401	หล่มสัก	เพชรบูรณ์	16.3	18.0	20.1	22.2	23.8	24.3	24.2	24.2	24.2	22.8	19.7	16.5
37	379402	วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	16.1	17.4	19.6	21.8	23.5	23.9	23.8	23.9	23.9	22.2	19.0	16.2
38	380201	จังหวัดกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	17.3	18.7	20.8	22.6	24.1	24.2	24.1	24.2	24.4	23.0	20.0	17.1
39	381201	จังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น	18.3	19.2	20.9	22.7	24.1	24.7	24.4	24.5	24.6	24.0	21.7	18.6
40	381301	สภ.ท่าพระ	ขอนแก่น	15.5	17.3	19.3	21.6	23.4	23.7	23.6	23.7	23.7	22.0	18.8	15.7

ตารางที่ ก-2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	จังหวัด	อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยรายเดือน (องศาเซลเซียส)											
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
41	383201	จังหวัดมุกดาหาร	มุกดาหาร	16.6	19.0	20.8	22.8	24.3	24.5	24.3	24.5	24.8	23.4	20.3	17.3
42	386301	สภ.พิจิตร	พิจิตร	15.4	17.0	19.1	21.5	23.5	24.2	24.1	24.2	23.8	21.6	18.6	15.9
43	387401	จังหวัดมหาสารคาม	มหาสารคาม	19.1	21.5	22.7	23.5	24.5	24.7	24.6	24.7	24.9	24.4	22.2	19.8
44	388401	จังหวัดกาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์	17.3	18.8	20.8	22.8	24.1	24.3	24.2	24.4	24.5	22.8	19.8	17.2
45	400201	จังหวัดนครสวรรค์	นครสวรรค์	16.3	18.5	20.6	22.8	24.1	24.6	24.6	24.7	24.6	22.7	19.5	16.6
46	400301	สภ.ตากฟ้า	นครสวรรค์	17.5	19.5	21.2	22.8	24.0	24.0	23.9	24.0	24.5	23.9	21.2	18.0
47	402301	สภ.ชัยนาท	ชัยนาท	16.4	19.9	21.9	23.2	24.1	24.4	24.2	24.1	24.4	23.4	20.5	17.6
48	403201	จังหวัดชัยภูมิ	ชัยภูมิ	18.4	21.5	22.5	23.2	24.1	24.2	23.8	23.8	24.3	23.8	21.4	18.9
49	405201	จังหวัดร้อยเอ็ด	ร้อยเอ็ด	15.0	16.7	18.7	21.3	23.0	23.2	23.0	23.1	23.4	21.7	18.3	15.4
50	405301	สภ.ร้อยเอ็ด	ร้อยเอ็ด	15.6	17.4	19.4	21.7	23.5	23.9	23.7	23.9	23.9	22.0	18.9	16.0
51	407301	สภ.อุบลราชธานี	อุบลราชธานี	16.1	18.7	20.8	22.7	24.1	24.6	24.5	24.5	24.7	22.9	20.0	17.1
52	407501	จังหวัดอุบลราชธานี	อุบลราชธานี	16.2	18.4	20.2	22.4	23.9	24.3	24.1	24.3	24.2	22.7	20.2	17.4
53	409301	สภ.ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ	16.2	18.0	20.0	22.2	23.6	23.9	23.8	23.9	23.8	22.1	19.3	16.8
54	415301	อยุธยา	พระนครศรีอยุธยา	16.7	19.1	21.1	23.0	24.2	24.4	24.3	24.5	24.5	23.0	20.5	17.8
55	419301	ปทุมธานี	ปทุมธานี	18.7	21.9	23.3	24.4	24.9	24.6	24.2	24.4	24.9	24.2	21.6	18.9
56	423301	จังหวัดฉะเชิงเทรา	ฉะเชิงเทรา	19.8	22.3	23.5	24.3	24.9	24.7	24.3	24.2	24.6	24.4	22.3	20.0
57	424301	จังหวัดราชบุรี	ราชบุรี	17.9	20.9	22.5	23.9	24.7	24.5	24.2	24.1	24.3	23.8	21.4	18.7
58	425201	จังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี	19.0	21.6	23.1	24.0	24.6	24.5	24.0	23.9	24.3	24.4	22.4	19.5
59	425301	สภ.อู่ทอง	กาญจนบุรี	19.0	21.0	22.4	23.5	24.2	23.9	23.7	23.7	24.3	24.0	21.6	18.8
60	426201	จังหวัดลพบุรี	ลพบุรี	19.2	21.7	22.5	23.5	24.2	24.1	23.6	23.7	24.2	24.2	21.8	19.3
61	426401	บัวชุม	เพชรบูรณ์	17.4	20.0	21.8	23.2	24.0	24.0	23.8	24.0	24.3	23.1	20.1	17.1
62	429201	ท่าเรือกรุงเทพฯ	กรุงเทพมหานคร	17.2	19.0	21.2	23.1	24.4	24.3	24.1	24.3	24.6	23.3	20.1	17.2
63	429601	ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ	กรุงเทพมหานคร	20.0	22.9	23.9	24.8	24.6	24.4	23.8	23.9	23.9	23.6	21.6	19.7
64	430201	จังหวัดปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	19.8	22.9	24.7	25.1	25.7	25.2	24.5	24.7	24.7	24.3	23.6	19.2
65	430401	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	17.6	20.8	21.7	22.6	23.2	23.0	22.7	22.8	22.9	22.6	20.6	17.8
66	431201	จังหวัดนครราชสีมา	นครราชสีมา	18.2	20.5	22.4	23.9	24.8	24.9	24.7	24.7	24.7	23.6	20.7	18.0
67	431301	สภ.ปากช่อง	นครราชสีมา	19.3	20.8	22.6	23.9	24.8	24.8	24.7	24.7	24.7	23.6	21.0	18.7
68	431401	โชคชัย	นครราชสีมา	16.2	18.1	20.0	22.0	23.3	23.1	22.9	23.0	23.4	22.3	19.5	16.5
69	432201	จังหวัดสุรินทร์	สุรินทร์	15.0	17.8	19.7	21.5	22.5	22.3	21.8	22.1	22.6	21.6	18.8	16.0
70	432301	สภ.สุรินทร์	สุรินทร์	17.2	18.7	20.6	22.5	23.6	23.4	23.2	23.2	23.7	22.8	20.1	17.3
71	432401	ท่าตูม	สุรินทร์	16.4	18.2	20.1	22.2	23.7	24.0	23.8	23.9	24.0	22.9	19.9	16.9
72	436201	จังหวัดบุรีรัมย์	บุรีรัมย์	16.8	19.1	21.0	22.9	24.1	24.5	24.2	24.3	24.4	23.2	20.5	17.7
73	436401	นางรอง	บุรีรัมย์	17.2	18.7	20.7	22.6	24.1	24.4	24.4	24.5	24.6	23.0	20.1	17.5
74	440201	อรัญประเทศ	สระแก้ว	15.9	18.0	19.7	22.1	23.7	24.0	23.9	24.0	24.2	22.6	20.0	16.7
75	440401	จังหวัดสระแก้ว	สระแก้ว	17.5	18.9	20.9	22.8	24.0	23.9	23.7	23.8	24.1	23.0	20.2	17.5
76	450201	จังหวัดกาญจนบุรี	กาญจนบุรี	17.7	19.9	21.7	23.3	24.3	24.3	24.1	24.1	24.2	23.4	21.0	18.2
77	450401	ทองผาภูมิ	กาญจนบุรี	18.7	20.8	22.6	24.1	25.0	25.0	24.8	24.8	24.8	24.1	21.7	19.0
78	451301	จังหวัดนครปฐม	นครปฐม	17.5	19.1	20.3	21.9	23.3	23.2	22.8	22.9	23.3	23.2	20.7	17.8
79	455201	กรุงเทพ เมโทรโปลิส	กรุงเทพมหานคร	18.5	18.9	20.5	22.8	24.1	24.2	24.0	23.9	24.0	23.5	21.1	18.7
80	455203	สน.อุตุท่าเรือคลองเตย	กรุงเทพมหานคร	19.4	22.1	23.3	24.3	24.7	24.8	24.3	24.2	24.4	24.3	22.1	19.7

ตารางที่ ก-2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	จังหวัด	อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยรายเดือน (องศาเซลเซียส)											
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
81	455301	สภ.บางนา	กรุงเทพมหานคร	19.8	22.2	23.6	24.5	24.7	24.3	24.0	23.9	24.2	23.9	21.8	19.4
82	455302	สภ.บางเขน	กรุงเทพมหานคร	18.5	21.8	23.1	24.0	24.4	24.2	23.8	23.7	23.8	23.2	21.0	18.6
83	455601	สนามบินดอนเมือง	กรุงเทพมหานคร	19.8	22.7	23.9	24.7	25.1	24.8	24.4	24.4	24.5	24.1	22.0	19.9
84	459201	จังหวัดชลบุรี	ชลบุรี	19.3	21.4	22.9	23.9	24.2	23.8	23.6	23.7	23.9	23.6	21.7	19.2
85	459202	เกาะสีชัง	ชลบุรี	19.1	21.5	22.9	23.9	24.4	24.0	23.7	23.8	24.0	23.4	21.1	18.6
86	459203	พัทยา	ชลบุรี	20.3	22.4	23.7	24.7	24.9	24.4	24.2	24.2	24.3	23.9	21.8	19.5
87	459204	สัตหีบ	ชลบุรี	20.7	22.6	23.7	24.7	24.8	24.5	24.0	23.9	24.1	23.8	22.0	19.8
88	459205	แหลมฉบัง	ชลบุรี	20.3	22.4	23.8	24.8	25.0	24.4	24.2	24.1	24.2	23.8	21.7	19.6
89	465201	จังหวัดเพชรบุรี	เพชรบุรี	19.8	22.6	23.6	24.5	24.7	24.4	24.0	24.0	24.2	24.0	22.0	19.7
90	478201	จังหวัดระยอง	ระยอง	20.7	22.7	23.9	24.8	24.7	24.1	23.8	23.8	24.2	24.1	22.1	19.7
91	478301	สภ.ห้วยโป่ง	ระยอง	20.8	23.1	24.3	25.2	25.5	25.2	24.9	24.8	24.7	24.0	21.9	19.7
92	480201	จังหวัดจันทบุรี	จันทบุรี	19.5	22.5	23.7	24.6	25.2	25.0	24.5	24.4	24.4	23.9	21.8	19.5
93	480301	สภ.พลับ	จันทบุรี	19.5	21.8	23.2	24.2	24.8	24.8	24.5	24.5	24.4	23.5	21.3	19.0
94	500201	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	ประจวบคีรีขันธ์	19.7	22.6	23.8	24.7	25.3	25.3	24.9	24.8	24.7	24.0	22.0	19.8
95	500202	หัวหิน	ประจวบคีรีขันธ์	20.3	22.1	23.2	24.3	24.2	23.6	23.3	23.2	23.3	23.5	21.9	19.7
96	500301	สภ.หนองพลับ	เพชรบุรี	19.7	21.6	22.7	23.8	23.9	23.3	23.0	23.0	23.3	23.4	21.6	19.3
97	501201	จังหวัดตราด	ตราด	18.2	20.4	21.5	22.7	23.7	23.6	23.1	23.0	23.3	23.4	21.4	18.7
98	517201	จังหวัดชุมพร	ชุมพร	20.6	22.4	23.6	24.4	24.8	24.7	24.4	24.5	24.3	23.8	22.2	20.3
99	517301	สวี	ชุมพร	21.6	22.4	23.1	24.0	24.2	23.9	23.6	23.6	23.7	23.8	22.9	21.4
100	532201	จังหวัดระนอง	ระนอง	21.6	22.3	23.0	23.7	23.9	23.9	23.6	23.5	23.4	23.5	23.0	21.7
101	551201	จังหวัดสุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	20.9	21.3	22.3	23.7	24.3	24.2	24.0	24.0	23.9	23.7	22.8	21.3
102	551202	สนามบินสุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	21.8	21.6	22.2	23.2	23.8	23.6	23.3	23.2	23.3	23.2	23.3	22.4
103	551203	เกาะสมุย	สุราษฎร์ธานี	23.1	23.6	24.3	25.0	24.8	24.0	23.7	23.7	23.7	24.1	23.9	23.0
104	551301	สภ.สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	22.4	22.1	22.7	23.5	24.0	23.8	23.5	23.1	23.4	23.5	23.5	22.9
105	551401	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	22.5	21.9	22.7	23.8	24.3	24.2	24.0	23.9	23.9	24.0	23.9	23.2
106	552201	จังหวัดนครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช	22.5	22.5	23.0	23.8	24.1	23.5	23.2	23.1	23.3	23.7	23.4	22.9
107	552202	ขนอม	สุราษฎร์ธานี	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
108	552301	สภ.นครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช	23.5	23.3	24.0	24.8	25.0	24.6	24.2	24.1	24.3	24.5	24.6	24.0
109	552401	สอ.ฉวาง	นครศรีธรรมราช	22.1	21.7	22.7	23.7	24.4	24.3	24.1	24.0	24.0	24.0	23.8	22.8
110	560301	สภ.พัทลุง	พัทลุง	23.7	23.6	24.2	24.9	24.7	24.2	23.8	23.7	23.7	24.1	24.4	24.1
111	561201	ตะกั่วป่า	พังงา	21.9	22.5	23.4	24.6	25.0	24.9	24.6	24.6	24.4	24.1	23.5	22.1
112	564201	จังหวัดภูเก็ต	ภูเก็ต	21.7	22.0	22.9	23.9	24.4	24.1	23.8	23.7	23.7	23.7	23.3	22.3
113	564202	สนามบินภูเก็ต	ภูเก็ต	21.8	22.1	23.1	24.3	24.7	24.5	24.2	24.2	24.2	24.1	23.4	22.3
114	566201	เกาะลันตา	กระบี่	22.5	22.7	23.7	24.8	25.3	25.1	24.8	24.9	24.7	24.5	23.9	22.9
115	566202	จังหวัดกระบี่	กระบี่	22.0	21.6	22.9	24.2	24.7	24.5	24.2	23.9	24.0	23.9	23.7	22.8
116	567201	สนามบินตรัง	ตรัง	21.5	21.4	22.3	23.7	24.5	24.3	24.0	24.0	23.9	23.9	23.4	22.4
117	568301	สภ.คอหงษ์	สงขลา	22.2	22.2	23.0	23.7	24.0	23.8	23.3	23.1	23.3	23.5	23.7	23.0
118	568401	สะเดา	สงขลา	22.8	22.4	23.2	24.2	24.6	24.4	24.1	23.9	24.0	24.2	24.1	23.6
119	568501	จังหวัดสงขลา	สงขลา	22.5	22.7	23.4	24.2	24.2	23.7	23.4	23.2	23.3	23.7	23.8	23.1
120	568502	หาดใหญ่	สงขลา	21.8	21.8	22.3	23.3	23.8	23.5	23.1	23.0	23.1	23.4	23.4	22.7

ตารางที่ ก-2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2494-2558 (ต่อ)

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	จังหวัด	อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยรายเดือน (องศาเซลเซียส)											
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
121	570201	จังหวัดสตูล	สตูล	21.2	21.3	22.5	23.9	24.5	24.3	23.9	23.9	23.9	23.8	23.4	22.6
122	580201	สนามบินปัตตานี	ปัตตานี	22.1	22.1	22.7	23.6	24.0	23.8	23.5	23.3	23.5	23.7	23.7	23.0
123	581301	สภ.ยะลา	ยะลา	22.2	21.9	22.7	23.6	23.9	23.7	23.4	23.2	23.4	23.6	23.8	23.1
124	583201	จังหวัดนราธิวาส	นราธิวาส	22.6	22.8	23.4	24.1	24.2	23.9	23.6	23.5	23.5	23.7	23.6	23.1

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
1. ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ	07013	2457 - 2558	1 วัน	74.6	95.2	108.9	126.1	138.9	151.6	164.3	181.0	193.6	235.5
			2 วัน	98.5	123.1	139.4	160.0	175.2	190.4	205.5	225.4	240.5	290.4
			3 วัน	113.7	141.6	160.1	183.4	200.7	217.9	235.0	257.6	274.6	331.3
			4 วัน	125.1	156.9	177.9	204.4	224.1	243.6	263.1	288.8	308.2	372.7
			5 วัน	136.4	170.3	192.8	221.1	242.1	263.0	283.8	311.3	332.0	400.9
			6 วัน	146.0	181.5	205.0	234.7	256.7	278.6	300.4	329.1	350.9	423.0
			7 วัน	156.0	195.2	221.2	254.0	278.4	302.5	326.6	358.4	382.4	462.2
2. ที่ว่าการอำเภอสารภี	07022	2464 - 2558	1 วัน	69.1	98.4	117.7	142.2	160.4	178.5	196.4	220.1	238.1	297.6
			2 วัน	91.5	123.2	144.2	170.7	190.4	210.0	229.4	255.1	274.5	339.0
			3 วัน	103.9	137.8	160.2	188.5	209.5	230.4	251.2	278.6	299.3	368.1
			4 วัน	113.1	148.2	171.4	200.8	222.6	244.2	265.7	294.1	315.6	386.8
			5 วัน	124.2	161.5	186.2	217.4	240.5	263.5	286.4	316.6	339.4	415.2
			6 วัน	133.4	176.4	204.9	240.9	267.6	294.1	320.5	355.3	381.7	469.1
			7 วัน	140.9	186.9	217.4	256.0	284.6	312.9	341.2	378.5	406.7	500.3
3. ที่ว่าการอำเภอสันกำแพง	07032	2464 - 2558	1 วัน	63.8	89.9	107.2	129.1	145.3	161.3	177.4	198.5	214.5	267.5
			2 วัน	82.5	112.0	131.6	156.3	174.7	192.9	211.0	235.0	253.1	313.1
			3 วัน	95.8	127.7	148.8	175.5	195.3	214.9	234.5	260.3	279.9	344.6
			4 วัน	106.3	140.6	163.4	192.1	213.4	234.5	255.6	283.4	304.4	374.2
			5 วัน	115.7	152.1	176.2	206.6	229.2	251.7	274.0	303.5	325.8	399.7
			6 วัน	123.2	161.1	186.1	217.8	241.3	264.6	287.8	318.5	341.7	418.6
			7 วัน	131.1	174.8	203.8	240.4	267.5	294.5	321.3	356.7	383.5	472.4
4. ที่ว่าการอำเภอสันทราย	07042	2464 - 2558	1 วัน	64.9	90.6	107.7	129.2	145.1	161.0	176.8	197.6	213.4	265.6
			2 วัน	86.2	117.1	137.5	163.4	182.5	201.6	220.5	245.5	264.4	327.2
			3 วัน	101.2	135.7	158.6	187.5	209.0	230.2	251.4	279.4	300.6	370.8
			4 วัน	112.2	149.4	174.0	205.0	228.1	250.9	273.7	303.8	326.5	401.9
			5 วัน	121.5	159.3	184.3	215.9	239.3	262.5	285.7	316.3	339.4	416.1
			6 วัน	130.0	170.4	197.1	230.9	255.9	280.8	305.6	338.3	363.0	445.1
			7 วัน	138.8	184.8	215.3	253.8	282.4	310.8	339.0	376.3	404.5	498.0
5. ที่ว่าการอำเภอดอยสะเก็ด	07052	2464 - 2557	1 วัน	77.2	101.0	116.7	136.7	151.4	166.1	180.7	200.0	214.6	262.9
			2 วัน	97.2	123.5	140.8	162.8	179.1	195.2	211.4	232.6	248.7	302.0
			3 วัน	111.9	140.2	158.9	182.6	200.2	217.6	235.0	257.9	275.2	332.8
			4 วัน	122.0	152.9	173.3	199.2	218.4	237.4	256.4	281.4	300.3	363.1
			5 วัน	132.6	165.8	187.7	215.4	236.0	256.4	276.8	303.6	323.9	391.3
			6 วัน	143.0	178.0	201.2	230.5	252.3	273.8	295.3	323.7	345.1	416.3
			7 วัน	155.6	196.3	223.2	257.2	282.5	307.5	332.5	365.5	390.4	473.0
6. ที่ว่าการอำเภอหางดง	07072	2466 - 2554	1 วัน	68.7	91.2	106.1	124.9	138.9	152.8	166.6	184.8	198.6	244.3
			2 วัน	91.2	120.6	140.1	164.7	183.0	201.1	219.1	243.0	261.0	320.8
			3 วัน	107.3	141.8	164.7	193.5	214.9	236.2	257.3	285.3	306.4	376.4
			4 วัน	119.8	162.3	190.5	226.0	252.4	278.6	304.7	339.1	365.1	451.4
			5 วัน	130.5	176.4	206.7	245.1	273.6	301.9	330.0	367.2	395.3	488.5
			6 วัน	139.5	187.2	218.8	258.7	288.3	317.7	347.0	385.6	414.8	511.7
			7 วัน	148.3	203.1	239.5	285.3	319.4	353.2	386.9	431.3	464.9	576.3
7. ที่ว่าการอำเภอสันป่าตอง	07082	2466 - 2558	1 วัน	66.2	90.2	106.1	126.2	141.1	155.9	170.7	190.2	204.9	253.7
			2 วัน	86.9	113.1	130.5	152.4	168.7	184.8	200.9	222.1	238.1	291.3
			3 วัน	97.4	125.8	144.7	168.5	186.1	203.7	221.1	244.2	261.6	319.4
			4 วัน	106.7	137.6	158.1	184.0	203.3	222.4	241.4	266.5	285.4	348.4
			5 วัน	115.4	150.6	173.9	203.3	225.2	246.8	268.5	297.0	318.5	390.0
			6 วัน	123.9	159.6	183.2	213.1	235.3	257.3	279.2	308.1	330.0	402.5
			7 วัน	130.3	170.1	196.4	229.7	254.4	278.9	303.4	335.6	359.9	440.8

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
8. ที่ว่าการอำเภอฮอด	07092	2464 - 2555	1 วัน	64.2	86.0	100.5	118.7	132.2	145.7	159.1	176.7	190.1	234.4
			2 วัน	91.2	117.4	134.8	156.8	173.1	189.3	205.4	226.7	242.7	296.1
			3 วัน	105.7	136.8	157.4	183.4	202.7	221.9	241.0	266.1	285.2	348.4
			4 วัน	113.8	146.1	167.5	194.5	214.6	234.5	254.3	280.5	300.3	365.9
			5 วัน	122.0	156.1	178.7	207.3	228.5	249.5	270.4	298.1	319.0	388.4
			6 วัน	131.3	166.4	189.6	219.0	240.8	262.4	284.0	312.4	333.9	405.2
			7 วัน	139.9	178.0	203.2	235.0	258.6	282.1	305.5	336.3	359.6	437.0
9. ที่ว่าการอำเภอแม่แตง	07112	2464 - 2556	1 วัน	70.7	104.2	126.4	154.4	175.3	195.9	216.5	243.6	264.2	332.3
			2 วัน	91.4	128.0	152.3	183.0	205.7	228.3	250.8	280.4	302.9	377.3
			3 วัน	105.6	142.4	166.8	197.6	220.4	243.1	265.7	295.5	318.1	392.9
			4 วัน	116.5	154.5	179.7	211.5	235.0	258.4	281.8	312.5	335.8	413.0
			5 วัน	127.8	168.6	195.6	229.8	255.1	280.3	305.3	338.4	363.3	446.3
			6 วัน	137.4	178.3	205.5	239.8	265.2	290.4	315.6	348.8	373.9	457.1
			7 วัน	148.0	191.3	220.0	256.2	283.0	309.7	336.3	371.3	397.8	485.7
10. ที่ว่าการอำเภอพร้าว	07122	2464 - 2558	1 วัน	71.7	97.2	114.1	135.4	151.2	166.9	182.6	203.2	218.8	270.6
			2 วัน	94.2	125.2	145.7	171.6	190.8	209.9	228.9	254.0	273.0	335.9
			3 วัน	110.1	150.9	177.9	212.0	237.3	262.4	287.4	320.4	345.4	428.2
			4 วัน	123.1	171.4	203.3	243.7	273.7	303.5	333.1	372.2	401.8	499.9
			5 วัน	134.0	186.4	221.1	265.0	297.5	329.8	362.0	404.4	436.5	543.0
			6 วัน	144.0	197.7	233.3	278.2	311.6	344.7	377.6	421.1	454.0	563.2
			7 วัน	154.5	215.5	255.9	307.0	344.8	382.4	419.9	469.3	506.7	630.7
11. ที่ว่าการอำเภอเชียงดาว	07132	2464 - 2558	1 วัน	71.6	99.4	117.8	141.1	158.4	175.5	192.6	215.1	232.1	288.6
			2 วัน	96.0	127.7	148.7	175.3	195.0	214.5	234.0	259.7	279.2	343.6
			3 วัน	112.8	148.9	172.8	202.9	225.3	247.6	269.7	298.9	321.0	394.3
			4 วัน	126.4	170.2	199.2	235.8	263.0	290.0	316.9	352.4	379.2	468.2
			5 วัน	137.4	183.9	214.7	253.7	282.6	311.3	339.9	377.6	406.1	500.7
			6 วัน	147.7	197.6	230.7	272.4	303.4	334.2	364.9	405.3	435.9	537.3
			7 วัน	158.2	210.3	244.8	288.3	320.6	352.7	384.6	426.8	458.6	564.4
12. ที่ว่าการอำเภอสะเมิง	07142	2464 - 2558	1 วัน	54.5	76.2	90.6	108.7	122.2	135.5	148.8	166.4	179.7	223.8
			2 วัน	81.2	109.0	127.5	150.8	168.1	185.3	202.4	225.0	242.1	298.8
			3 วัน	98.1	130.8	152.5	179.8	200.1	220.2	240.3	266.8	286.8	353.2
			4 วัน	112.6	150.0	174.8	206.1	229.3	252.4	275.4	305.7	328.6	404.6
			5 วัน	125.9	168.0	195.9	231.2	257.3	283.3	309.1	343.3	369.0	454.6
			6 วัน	138.1	184.3	214.9	253.5	282.2	310.6	338.9	376.3	404.6	498.4
			7 วัน	149.2	201.3	235.8	279.4	311.8	343.9	375.9	418.1	450.0	555.9
13. ที่ว่าการอำเภอแม่แจ่ม	07152	2474 - 2558	1 วัน	63.6	113.9	147.1	189.2	220.4	251.4	282.2	322.9	353.7	455.9
			2 วัน	85.1	148.4	190.2	243.1	282.4	321.3	360.2	411.4	450.1	578.6
			3 วัน	98.7	180.6	234.8	303.3	354.1	404.5	454.7	521.0	571.1	737.5
			4 วัน	110.3	194.3	249.9	320.2	372.3	424.1	475.6	543.7	595.1	765.8
			5 วัน	120.1	202.8	257.5	326.7	378.0	429.0	479.7	546.7	597.3	765.3
			6 วัน	129.8	213.2	268.5	338.3	390.1	441.5	492.8	560.4	611.5	781.1
			7 วัน	138.4	226.1	284.1	357.5	411.9	465.9	519.7	590.7	644.3	822.5
14. ที่ว่าการอำเภออมก๋อย	07162	2497 - 2557	1 วัน	54.9	69.2	78.6	90.6	99.4	108.2	117.0	128.6	137.3	166.3
			2 วัน	78.1	98.3	111.6	128.5	141.0	153.5	165.9	182.2	194.6	235.6
			3 วัน	92.4	116.8	133.0	153.5	168.7	183.7	198.7	218.6	233.5	283.2
			4 วัน	102.8	128.9	146.2	168.1	184.3	200.3	216.4	237.5	253.5	306.5
			5 วัน	112.8	140.7	159.2	182.6	199.9	217.2	234.3	256.9	274.1	330.9
			6 วัน	120.7	152.8	174.0	200.8	220.7	240.5	260.1	286.1	305.7	370.8
			7 วัน	130.8	167.9	192.4	223.4	246.4	269.2	292.0	322.0	344.7	420.0

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
15. ที่ว่าการอำเภอจอมทอง	07182	2465 - 2558	1 วัน	72.6	96.4	112.1	132.0	146.8	161.4	176.0	195.2	209.8	258.1
			2 วัน	96.8	126.4	146.0	170.8	189.1	207.4	225.6	249.5	267.7	327.8
			3 วัน	111.1	142.6	163.4	189.8	209.3	228.7	248.1	273.6	292.9	356.9
			4 วัน	120.8	154.3	176.5	204.6	225.4	246.1	266.6	293.8	314.3	382.5
			5 วัน	129.2	164.1	187.2	216.4	238.1	259.6	281.0	309.3	330.7	401.7
			6 วัน	136.6	173.9	198.6	229.8	252.9	275.9	298.7	328.9	351.7	427.5
			7 วัน	143.5	182.5	208.3	240.9	265.1	289.1	313.0	344.6	368.4	447.6
16. ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ อ.ฝาง	07222	2502 - 2558	1 วัน	83.0	130.0	161.0	200.3	229.4	258.3	287.1	325.1	353.8	449.1
			2 วัน	109.7	168.2	206.9	255.8	292.1	328.2	364.1	411.4	447.2	566.1
			3 วัน	124.8	189.6	232.5	286.7	327.0	366.9	406.6	459.1	498.8	630.4
			4 วัน	139.3	207.9	253.4	310.9	353.5	395.8	437.9	493.5	535.5	675.1
			5 วัน	150.9	245.0	307.3	386.1	444.5	502.4	560.2	636.4	694.0	885.1
			6 วัน	163.9	261.9	326.7	408.6	469.3	529.7	589.8	669.0	729.0	927.9
			7 วัน	173.8	282.5	354.4	445.4	512.8	579.7	646.4	734.4	800.9	1021.7
17. อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อ.เมือง	07242	2504 - 2558	1 วัน	85.6	110.1	126.3	146.8	162.0	177.0	192.1	211.9	226.9	276.6
			2 วัน	122.8	152.2	171.7	196.2	214.4	232.5	250.6	274.3	292.3	352.0
			3 วัน	146.1	178.1	199.3	226.0	245.9	265.6	285.3	311.2	330.8	395.8
			4 วัน	163.1	201.9	227.5	260.0	284.0	307.9	331.7	363.1	386.9	465.7
			5 วัน	179.1	220.5	247.9	282.5	308.2	333.7	359.1	392.7	418.0	502.1
			6 วัน	191.8	234.7	263.1	299.1	325.7	352.2	378.5	413.3	439.6	526.8
			7 วัน	203.0	254.4	288.4	331.4	363.2	394.9	426.4	468.0	499.5	603.9
18. สถานีวิจัยต้นน้ำดอยเชียงดาว อ.แม่แตง	07252	2507 - 2558	1 วัน	79.8	109.5	129.2	154.0	172.5	190.8	209.0	233.0	251.2	311.6
			2 วัน	109.1	149.8	176.8	210.9	236.2	261.3	286.3	319.3	344.2	427.0
			3 วัน	127.5	174.1	204.9	243.9	272.8	301.5	330.1	367.9	396.4	491.1
			4 วัน	142.9	190.7	222.3	262.2	291.8	321.2	350.5	389.2	418.4	515.4
			5 วัน	158.7	213.0	248.9	294.4	328.0	361.5	394.8	438.8	472.0	582.3
			6 วัน	168.1	229.2	269.6	320.7	358.6	396.2	433.7	483.1	520.5	644.6
			7 วัน	180.2	249.8	295.9	354.2	397.4	440.3	483.1	539.5	582.1	723.6
19. ศูนย์ทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว อ.ฮอด	07282	2509 - 2558	1 วัน	67.0	87.0	100.3	117.1	129.5	141.9	154.2	170.5	182.7	223.5
			2 วัน	89.2	117.8	136.8	160.7	178.5	196.1	213.7	236.9	254.4	312.6
			3 วัน	107.0	139.3	160.7	187.8	207.8	227.7	247.5	273.7	293.4	359.1
			4 วัน	119.9	157.6	182.5	214.1	237.5	260.7	283.9	314.4	337.5	414.2
			5 วัน	130.0	171.2	198.5	233.0	258.5	283.9	309.2	342.5	367.7	451.4
			6 วัน	139.4	181.7	209.7	245.1	271.3	297.4	323.3	357.6	383.4	469.4
			7 วัน	149.4	195.9	226.7	265.6	294.4	323.0	351.6	389.2	417.7	512.1
20. นิคมสร้างตนเองเขื่อนภูมิพล ต.ท่าเตือ อ.ดอยเต่า	07472	2512 - 2558	1 วัน	67.1	95.2	113.7	137.1	154.5	171.8	189.0	211.6	228.8	285.7
			2 วัน	90.3	121.9	142.8	169.2	188.8	208.2	227.6	253.2	272.5	336.6
			3 วัน	101.2	133.7	155.3	182.5	202.7	222.8	242.8	269.1	289.0	355.2
			4 วัน	111.4	148.5	173.0	204.1	227.1	249.9	272.7	302.7	325.4	400.8
			5 วัน	121.4	159.1	184.1	215.7	239.2	262.4	285.6	316.2	339.3	416.0
			6 วัน	127.8	165.7	190.7	222.4	245.9	269.2	292.5	323.1	346.3	423.2
			7 วัน	134.5	174.7	201.3	235.0	259.9	284.7	309.3	341.9	366.5	448.2
21. สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	07502	2515 - 2557	1 วัน	66.0	88.5	103.4	122.3	136.3	150.1	164.0	182.2	196.0	241.8
			2 วัน	92.7	120.7	139.3	162.7	180.1	197.4	214.6	237.3	254.4	311.4
			3 วัน	107.3	136.8	156.4	181.1	199.4	217.6	235.8	259.7	277.8	337.8
			4 วัน	118.6	152.5	175.0	203.3	224.4	245.3	266.1	293.5	314.3	383.2
			5 วัน	128.9	164.4	187.8	217.5	239.5	261.3	283.1	311.8	333.4	405.5
			6 วัน	141.3	180.9	207.2	240.4	265.0	289.4	313.7	345.8	370.0	450.6
			7 วัน	152.4	196.1	225.0	261.6	288.7	315.6	342.5	377.8	404.6	493.4

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
22. ที่ว่าการอำเภอเวียงป่าเป้า	08082	2464 - 2558	1 วัน	75.7	105.8	125.7	150.9	169.6	188.1	206.6	230.9	249.3	310.5
			2 วัน	97.6	133.9	158.0	188.5	211.0	233.5	255.8	285.2	307.5	381.4
			3 วัน	109.8	150.4	177.3	211.3	236.5	261.5	286.5	319.4	344.2	426.7
			4 วัน	123.9	169.4	199.6	237.6	265.9	293.9	321.9	358.7	386.6	479.0
			5 วัน	136.2	183.9	215.5	255.4	285.1	314.5	343.8	382.4	411.7	508.7
			6 วัน	146.7	195.5	227.9	268.8	299.1	329.2	359.1	398.7	428.6	527.8
			7 วัน	156.5	209.3	244.2	288.4	321.2	353.7	386.1	428.8	461.1	568.4
23. ที่ว่าการอำเภอแม่สรวย	08102	2464 - 2558	1 วัน	66.3	85.5	98.3	114.4	126.3	138.2	150.0	165.6	177.3	216.5
			2 วัน	87.4	109.8	124.6	143.4	157.3	171.1	184.9	203.0	216.7	262.3
			3 วัน	102.0	125.8	141.6	161.6	176.4	191.1	205.8	225.1	239.7	288.2
			4 วัน	114.3	142.8	161.7	185.5	203.2	220.8	238.3	261.3	278.8	336.7
			5 วัน	127.2	162.2	185.4	214.8	236.5	258.1	279.6	308.0	329.4	400.7
			6 วัน	136.8	173.8	198.3	229.3	252.2	275.0	297.7	327.7	350.3	425.4
			7 วัน	148.9	185.4	209.6	240.2	262.8	285.3	307.8	337.3	359.7	433.9
24. ที่ว่าการอำเภอแจ้ห่ม	16022	2464 - 2558	1 วัน	77.9	112.1	134.6	163.2	184.4	205.4	226.3	253.9	274.8	344.2
			2 วัน	102.4	150.4	182.2	222.3	252.1	281.7	311.2	350.1	379.4	477.0
			3 วัน	119.1	182.2	224.0	276.8	316.0	354.9	393.6	444.8	483.4	611.7
			4 วัน	133.1	197.2	239.6	293.2	332.9	372.4	411.7	463.5	502.7	632.9
			5 วัน	146.7	210.6	252.9	306.4	346.0	385.4	424.6	476.3	515.4	645.2
			6 วัน	155.3	220.3	263.3	317.7	358.1	398.1	438.0	490.6	530.4	662.5
			7 วัน	163.4	229.5	273.2	328.5	369.5	410.2	450.8	504.3	544.7	679.0
25. ที่ว่าการอำเภอเกาะคา	16032	2464 - 2558	1 วัน	75.3	105.7	125.9	151.4	170.3	189.1	207.8	232.5	251.1	313.0
			2 วัน	99.8	135.2	158.5	188.1	210.0	231.8	253.5	282.1	303.7	375.5
			3 วัน	115.8	153.0	177.7	208.8	232.0	254.9	277.8	307.9	330.7	406.4
			4 วัน	129.8	168.4	193.9	226.1	250.0	273.8	297.4	328.6	352.2	430.5
			5 วัน	138.4	179.7	207.0	241.5	267.1	292.5	317.8	351.2	376.5	460.3
			6 วัน	148.6	197.0	229.1	269.5	299.6	329.4	359.1	398.2	427.9	526.2
			7 วัน	158.1	209.6	243.7	286.7	318.6	350.3	381.9	423.6	455.1	559.6
26. ที่ว่าการอำเภอสบปราบ	16042	2464 - 2558	1 วัน	70.4	102.3	123.4	150.1	169.9	189.5	209.1	234.9	254.5	319.2
			2 วัน	91.7	127.0	150.3	179.9	201.8	223.5	245.2	273.7	295.3	367.0
			3 วัน	106.4	143.7	168.4	199.6	222.8	245.7	268.6	298.8	321.7	397.4
			4 วัน	117.2	156.1	181.8	214.3	238.4	262.3	286.2	317.6	341.4	420.3
			5 วัน	126.4	165.7	191.7	224.5	248.9	273.1	297.2	329.0	353.1	432.9
			6 วัน	135.4	175.3	201.8	235.2	259.9	284.5	309.0	341.4	365.8	446.9
			7 วัน	143.3	183.2	209.6	242.9	267.6	292.1	316.6	348.9	373.2	454.2
27. ที่ว่าการอำเภอห้างฉัตร	16062	2464 - 2555	1 วัน	59.9	88.7	107.8	132.0	149.8	167.6	185.3	208.6	226.3	284.9
			2 วัน	82.9	116.0	138.0	165.7	186.2	206.7	227.0	253.8	274.1	341.4
			3 วัน	98.4	130.6	151.9	178.9	198.9	218.8	238.5	264.6	284.4	349.8
			4 วัน	111.1	144.3	166.3	194.1	214.7	235.2	255.6	282.5	302.8	370.3
			5 วัน	122.5	158.3	182.0	212.0	234.2	256.3	278.3	307.3	329.2	402.0
			6 วัน	134.5	170.6	194.5	224.6	247.0	269.2	291.4	320.6	342.6	415.9
			7 วัน	142.8	179.3	203.5	234.1	256.8	279.4	301.8	331.4	353.8	428.1
28. ที่ว่าการอำเภอเถิน	16072	2464 - 2558	1 วัน	74.9	105.8	126.2	152.1	171.3	190.3	209.3	234.3	253.2	316.0
			2 วัน	97.6	130.6	152.5	180.1	200.6	220.9	241.2	267.9	288.1	355.2
			3 วัน	112.6	147.8	171.1	200.6	222.4	244.1	265.7	294.3	315.8	387.4
			4 วัน	127.0	164.4	189.1	220.4	243.6	266.6	289.6	319.8	342.7	418.6
			5 วัน	136.6	175.9	201.9	234.7	259.1	283.3	307.4	339.2	363.2	443.0
			6 วัน	146.5	186.6	213.1	246.7	271.6	296.3	320.9	353.3	377.9	459.4
			7 วัน	155.4	198.6	227.2	263.4	290.3	316.9	343.5	378.5	404.9	492.8

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
29. ที่ว่าการอำเภอแม่พริก	16082	2465 - 2558	1 วัน	79.1	110.2	130.8	156.9	176.2	195.4	214.5	239.8	258.8	322.1
			2 วัน	107.3	144.9	169.9	201.4	224.7	247.9	271.0	301.5	324.6	401.1
			3 วัน	125.3	166.7	194.2	228.9	254.6	280.1	305.6	339.1	364.5	448.8
			4 วัน	138.5	184.3	214.6	252.8	281.2	309.4	337.5	374.5	402.5	495.5
			5 วัน	150.0	196.4	227.1	266.0	294.8	323.4	351.9	389.5	417.9	512.3
			6 วัน	159.5	207.9	240.0	280.5	310.6	340.4	370.2	409.4	439.0	537.4
			7 วัน	170.3	222.5	257.1	300.8	333.2	365.4	397.4	439.7	471.7	577.8
30. ที่ว่าการอำเภอวังเหนือ	16112	2499 - 2557	1 วัน	70.8	88.1	99.6	114.1	124.8	135.5	146.1	160.2	170.8	206.0
			2 วัน	97.9	122.8	139.3	160.1	175.6	190.9	206.2	226.3	241.6	292.2
			3 วัน	113.8	144.1	164.2	189.6	208.4	227.0	245.6	270.2	288.7	350.3
			4 วัน	129.8	162.2	183.6	210.6	230.7	250.6	270.4	296.6	316.4	382.1
			5 วัน	141.7	176.2	199.0	227.9	249.3	270.5	291.7	319.6	340.7	410.8
			6 วัน	150.4	186.3	210.1	240.1	262.4	284.5	306.5	335.6	357.6	430.5
			7 วัน	161.6	202.1	228.9	262.7	287.8	312.7	337.6	370.3	395.1	477.3
31. สวนป่าแม่ทรายคำ ต.นิคมพัฒนา อ.เมือง	16214	2515 - 2558	1 วัน	69.7	101.2	122.1	148.4	168.0	187.4	206.7	232.2	251.5	315.5
			2 วัน	91.8	128.2	152.3	182.8	205.4	227.8	250.1	279.6	301.9	375.9
			3 วัน	104.7	141.5	165.8	196.6	219.4	242.0	264.6	294.3	316.8	391.5
			4 วัน	116.5	152.1	175.7	205.5	227.6	249.6	271.4	300.3	322.1	394.5
			5 วัน	125.0	162.3	187.0	218.2	241.4	264.3	287.3	317.5	340.3	416.1
			6 วัน	135.6	175.5	201.8	235.2	259.9	284.4	308.9	341.1	365.5	446.4
			7 วัน	143.1	184.8	212.3	247.1	273.0	298.6	324.2	357.9	383.4	467.9
32. สำนักงานบริหารส่วนจังหวัด ลำพูน	17012	2463 - 2556	1 วัน	81.5	106.9	123.8	145.1	160.9	176.6	192.2	212.8	228.4	280.1
			2 วัน	103.9	137.2	159.2	187.1	207.8	228.3	248.8	275.8	296.1	363.8
			3 วัน	116.9	154.5	179.3	210.7	234.0	257.2	280.2	310.6	333.6	409.9
			4 วัน	126.7	166.7	193.2	226.7	251.6	276.2	300.8	333.2	357.8	439.1
			5 วัน	136.3	180.4	209.6	246.4	273.7	300.9	327.9	363.6	390.5	480.0
			6 วัน	145.3	192.7	224.1	263.7	293.1	322.3	351.4	389.8	418.8	515.2
			7 วัน	156.5	207.5	241.3	283.9	315.6	347.0	378.3	419.7	450.9	554.6
33. ที่ว่าการอำเภอสี	17022	2464 - 2555	1 วัน	69.6	98.3	117.3	141.3	159.1	176.7	194.3	217.5	235.1	293.4
			2 วัน	93.3	127.1	149.6	177.9	199.0	219.8	240.6	268.1	288.8	357.7
			3 วัน	112.0	152.3	179.0	212.7	237.8	262.6	287.4	320.0	344.7	426.6
			4 วัน	124.9	174.6	207.6	249.2	280.0	310.7	341.2	381.5	411.9	513.0
			5 วัน	135.4	192.7	230.6	278.6	314.1	349.4	384.5	430.9	466.0	582.4
			6 วัน	145.0	210.1	253.3	307.8	348.2	388.3	428.3	481.0	520.9	653.2
			7 วัน	153.7	223.5	269.7	328.1	371.4	414.4	457.3	513.8	556.5	698.3
34. ที่ว่าการอำเภอป่าซาง	17032	2464 - 2557	1 วัน	67.7	87.9	101.2	118.0	130.5	142.9	155.2	171.5	183.8	224.7
			2 วัน	87.1	110.0	125.2	144.4	158.6	172.8	186.8	205.4	219.5	266.1
			3 วัน	103.7	129.4	146.5	168.0	184.0	199.8	215.6	236.5	252.3	304.6
			4 วัน	115.0	143.4	162.3	186.1	203.8	221.3	238.8	261.8	279.2	337.0
			5 วัน	124.8	155.4	175.7	201.2	220.2	239.1	257.8	282.6	301.3	363.4
			6 วัน	133.1	166.6	188.7	216.7	237.4	258.0	278.6	305.6	326.1	394.0
			7 วัน	140.3	175.1	198.1	227.3	248.9	270.3	291.7	319.8	341.1	411.9
35. ที่ว่าการอำเภอแม่ทา	17042	2466 - 2558	1 วัน	67.7	87.2	100.1	116.4	128.4	140.4	152.4	168.1	180.0	219.5
			2 วัน	89.8	112.5	127.6	146.6	160.7	174.7	188.7	207.1	221.0	267.3
			3 วัน	105.8	129.7	145.5	165.4	180.2	194.9	209.5	228.8	243.4	291.9
			4 วัน	118.0	144.7	162.5	184.9	201.5	218.0	234.5	256.2	272.6	327.0
			5 วัน	126.9	155.8	175.0	199.2	217.2	235.0	252.8	276.3	294.0	352.8
			6 วัน	136.6	168.2	189.1	215.6	235.2	254.6	274.0	299.6	319.0	383.2
			7 วัน	146.2	180.1	202.6	231.0	252.1	273.0	293.9	321.4	342.2	411.2

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
36. ที่ว่าการอำเภอบ้านไธสง	17052	2465 - 2557	1 วัน	69.1	88.0	100.5	116.3	128.0	139.6	151.2	166.5	178.1	216.5
			2 วัน	91.8	116.2	132.4	152.8	167.9	183.0	197.9	217.7	232.6	282.2
			3 วัน	104.0	131.4	149.5	172.4	189.4	206.3	223.1	245.3	262.1	317.7
			4 วัน	117.2	148.0	168.4	194.2	213.4	232.4	251.3	276.3	295.2	357.9
			5 วัน	125.8	158.5	180.2	207.6	227.9	248.0	268.1	294.6	314.7	381.2
			6 วัน	133.9	171.9	197.1	228.9	252.5	275.9	299.2	330.0	353.3	430.5
			7 วัน	142.2	181.3	207.2	240.0	264.3	288.4	312.4	344.1	368.0	447.6
37. บ้านก้อจัดสรร	17062	2502 - 2558	1 วัน	62.5	86.2	101.9	121.7	136.4	151.0	165.5	184.7	199.2	247.3
			2 วัน	85.3	117.8	139.4	166.6	186.8	206.8	226.7	253.1	273.0	339.0
			3 วัน	96.4	132.1	155.8	185.7	207.8	229.8	251.8	280.7	302.5	375.1
			4 วัน	106.2	143.4	168.0	199.1	222.2	245.1	267.9	298.0	320.7	396.2
			5 วัน	115.5	153.5	178.5	210.3	233.8	257.1	280.4	311.1	334.3	411.3
			6 วัน	123.7	163.2	189.4	222.6	247.1	271.5	295.8	327.8	352.0	432.4
			7 วัน	134.1	175.4	202.7	237.2	262.8	288.3	313.6	347.0	372.3	456.2
38. สดอ.แม่ฮ่องสอน*	20012	2463 - 2558	1 วัน	76.1	98.4	113.2	131.8	145.6	159.4	173.0	191.1	204.7	250.0
			2 วัน	96.2	121.9	138.9	160.4	176.4	192.2	208.0	228.8	244.6	296.8
			3 วัน	108.4	134.9	152.5	174.6	191.1	207.4	223.7	245.2	261.4	315.2
			4 วัน	117.2	145.5	164.3	188.0	205.5	223.0	240.3	263.3	280.6	338.1
			5 วัน	127.8	155.5	173.9	197.1	214.3	231.4	248.4	270.8	287.8	344.1
			6 วัน	139.3	169.4	189.4	214.6	233.4	251.9	270.5	294.9	313.4	374.7
			7 วัน	147.4	178.7	199.5	225.8	245.2	264.6	283.8	309.2	328.4	392.2
39. สดอ.แม่สะเรียง*	20023	2464 - 2558	1 วัน	61.4	79.3	91.2	106.2	117.4	128.4	139.4	154.0	164.9	201.4
			2 วัน	80.2	106.0	123.0	144.6	160.6	176.5	192.4	213.2	229.0	281.5
			3 วัน	95.4	125.3	145.0	170.0	188.5	206.9	225.2	249.4	267.6	328.2
			4 วัน	108.3	143.0	165.9	195.0	216.5	237.9	259.2	287.2	308.5	379.0
			5 วัน	119.4	158.5	184.3	216.9	241.1	265.1	289.1	320.7	344.5	423.8
			6 วัน	130.2	172.5	200.5	235.9	262.2	288.3	314.2	348.5	374.4	460.4
			7 วัน	139.7	182.8	211.3	247.4	274.1	300.7	327.1	362.0	388.4	476.0
40. ที่ว่าการอำเภอขุนยวม	20032	2465 - 2558	1 วัน	72.5	103.5	124.0	149.9	169.2	188.2	207.3	232.3	251.3	314.3
			2 วัน	92.8	125.6	147.3	174.7	195.1	215.3	235.4	262.0	282.1	348.7
			3 วัน	105.0	138.4	160.5	188.4	209.1	229.6	250.1	277.1	297.5	365.3
			4 วัน	116.1	150.8	173.8	202.9	224.4	245.9	267.2	295.3	316.6	387.2
			5 วัน	127.3	163.7	187.8	218.3	240.8	263.3	285.6	315.1	337.3	411.3
			6 วัน	139.2	179.4	206.0	239.7	264.6	289.4	314.1	346.6	371.2	453.0
			7 วัน	148.5	192.5	221.7	258.5	285.8	312.9	339.9	375.6	402.5	492.0
41. ที่ว่าการอำเภอป่าาย	20042	2464 - 2558	1 วัน	59.8	84.6	101.0	121.8	137.1	152.4	167.6	187.7	202.9	253.3
			2 วัน	80.5	112.7	134.0	161.0	181.0	200.8	220.6	246.7	266.4	331.9
			3 วัน	94.5	127.6	149.6	177.3	197.9	218.3	238.6	265.5	285.8	353.1
			4 วัน	106.4	144.7	170.1	202.2	226.0	249.6	273.1	304.1	327.6	405.5
			5 วัน	115.6	155.9	182.5	216.2	241.2	266.0	290.7	323.3	347.9	429.7
			6 วัน	125.6	172.5	203.6	242.9	272.0	301.0	329.8	367.8	396.5	491.9
			7 วัน	134.6	185.8	219.7	262.5	294.3	325.8	357.2	398.7	430.0	534.0
42. ที่ว่าการอำเภอแม่ลาน้อย	20062	2513 - 2558	1 วัน	60.0	80.4	93.9	110.9	123.6	136.1	148.6	165.1	177.6	218.9
			2 วัน	79.2	101.4	116.1	134.7	148.5	162.1	175.8	193.8	207.4	252.5
			3 วัน	95.2	120.5	137.2	158.4	174.1	189.7	205.2	225.7	241.2	292.6
			4 วัน	106.7	137.9	158.6	184.6	204.0	223.2	242.4	267.6	286.7	350.1
			5 วัน	117.0	151.3	174.0	202.8	224.1	245.2	266.3	294.1	315.1	384.9
			6 วัน	129.2	166.7	191.5	222.9	246.2	269.3	292.3	322.7	345.7	421.9
			7 วัน	140.7	180.5	206.8	240.1	264.8	289.3	313.7	345.9	370.3	451.1

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
43. ที่ว่าการอำเภอบ้านตาก	63022	2464 - 2558	1 วัน	73.5	100.4	118.1	140.6	157.2	173.7	190.2	211.9	228.4	282.9
			2 วัน	99.0	130.5	151.3	177.6	197.1	216.5	235.8	261.3	280.5	344.4
			3 วัน	118.3	157.5	183.4	216.1	240.4	264.6	288.6	320.3	344.3	423.8
			4 วัน	131.4	174.7	203.3	239.4	266.3	292.9	319.4	354.4	380.9	468.7
			5 วัน	142.9	190.1	221.3	260.7	290.0	319.0	348.0	386.2	415.0	510.8
			6 วัน	154.2	204.8	238.4	280.7	312.2	343.3	374.4	415.4	446.4	549.3
			7 วัน	164.6	219.8	256.4	302.5	336.8	370.8	404.7	449.4	483.2	595.4
44. ที่ว่าการอำเภอแม่ระมาด	63052	2464 - 2558	1 วัน	78.6	110.4	131.4	158.1	177.8	197.4	216.9	242.7	262.1	326.8
			2 วัน	115.9	165.2	197.8	239.0	269.6	299.9	330.2	370.1	400.2	500.3
			3 วัน	145.4	209.3	251.6	305.0	344.7	384.0	423.2	475.0	514.1	643.9
			4 วัน	169.0	243.6	292.9	355.2	401.5	447.4	493.2	553.5	599.1	750.6
			5 วัน	190.6	275.1	331.1	401.8	454.3	506.4	558.3	626.7	678.5	850.2
			6 วัน	208.6	300.3	361.1	437.8	494.7	551.2	607.5	681.7	737.9	924.2
			7 วัน	227.1	326.0	391.6	474.4	535.8	596.8	657.6	737.7	798.3	999.4
45. ที่ว่าการอำเภอสามเงา	63062	2487 - 2558	1 วัน	79.1	127.0	158.8	198.9	228.6	258.2	287.6	326.4	355.8	453.2
			2 วัน	109.0	173.9	216.9	271.2	311.5	351.5	391.4	444.0	483.7	615.7
			3 วัน	127.3	203.3	253.6	317.2	364.4	411.2	457.8	519.4	565.9	720.3
			4 วัน	140.6	228.0	285.8	358.9	413.2	467.0	520.6	591.4	644.9	822.5
			5 วัน	151.8	240.8	299.7	374.1	429.3	484.1	538.7	610.7	665.1	845.9
			6 วัน	162.7	253.8	314.1	390.2	446.8	502.9	558.8	632.5	688.2	873.3
			7 วัน	170.7	267.6	331.7	412.8	473.0	532.7	592.2	670.7	730.0	926.9
46. ที่ว่าการอำเภอท่าสองยาง	63092	2510 - 2558	1 วัน	90.3	120.8	141.0	166.6	185.5	204.3	223.1	247.8	266.5	328.5
			2 วัน	143.8	190.7	221.7	260.8	289.9	318.7	347.4	385.3	414.0	509.1
			3 วัน	190.3	252.2	293.3	345.1	383.5	421.7	459.7	509.9	547.8	673.7
			4 วัน	227.0	297.5	344.2	403.2	446.9	490.4	533.6	590.7	633.9	777.2
			5 วัน	257.5	339.2	393.4	461.8	512.5	562.9	613.1	679.3	729.4	895.5
			6 วัน	285.4	375.4	435.1	510.4	566.3	621.8	677.1	750.0	805.1	988.1
			7 วัน	308.5	404.4	468.0	548.2	607.8	666.9	725.7	803.4	862.1	1057.1
47. บ้านสันป่าปวย อ.สามเงา	63132	2514 - 2555	1 วัน	65.4	90.7	107.5	128.7	144.5	160.1	175.6	196.1	211.6	263.1
			2 วัน	90.6	129.8	155.8	188.6	213.0	237.1	261.2	293.0	317.0	396.7
			3 วัน	105.5	151.0	181.1	219.1	247.3	275.3	303.2	340.0	367.8	460.2
			4 วัน	120.0	171.5	205.6	248.7	280.6	312.3	343.9	385.6	417.1	521.7
			5 วัน	127.8	181.6	217.2	262.2	295.6	328.7	361.8	405.3	438.2	547.5
			6 วัน	135.7	195.1	234.4	284.1	321.0	357.6	394.0	442.1	478.4	599.1
			7 วัน	143.8	205.7	246.8	298.6	337.1	375.3	413.3	463.5	501.5	627.4
48. ศูนย์วิจัยบำรุงพันธุ์สัตว์ตาก อ.เมือง	63152	2515 - 2558	1 วัน	77.9	104.2	121.6	143.6	159.9	176.1	192.3	213.5	229.6	283.0
			2 วัน	105.0	140.8	164.5	194.4	216.6	238.6	260.6	289.5	311.4	384.1
			3 วัน	122.7	166.0	194.6	230.8	257.7	284.3	310.9	345.9	372.4	460.3
			4 วัน	134.1	182.8	215.0	255.8	286.0	316.0	345.9	385.4	415.2	514.2
			5 วัน	144.7	195.5	229.2	271.7	303.2	334.5	365.7	406.9	438.0	541.3
			6 วัน	152.9	206.2	241.5	286.1	319.2	352.1	384.8	427.9	460.6	568.9
			7 วัน	161.5	216.4	252.7	298.6	332.6	366.4	400.1	444.5	478.0	589.5
49. บ้านโสมง อ.สามเงา	63162	2511 - 2555	1 วัน	71.7	98.5	116.3	138.7	155.4	171.9	188.4	210.1	226.5	281.0
			2 วัน	97.2	132.5	155.9	185.4	207.3	229.0	250.6	279.2	300.8	372.5
			3 วัน	112.9	151.0	176.1	207.9	231.5	254.9	278.3	309.0	332.3	409.6
			4 วัน	124.9	166.8	194.5	229.5	255.4	281.2	306.9	340.7	366.3	451.3
			5 วัน	134.0	177.0	205.4	241.3	267.9	294.3	320.6	355.4	381.6	468.8
			6 วัน	143.6	189.4	219.7	258.1	286.5	314.7	342.8	379.9	407.9	501.0
			7 วัน	153.1	203.4	236.7	278.8	310.0	341.0	371.9	412.6	443.4	545.6

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
50. แม่ละเมา (Sw.6) อ.แม่สลด	63181	2520 - 2558	1 วัน	72.1	91.9	104.9	121.5	133.7	145.9	158.0	174.0	186.1	226.2
			2 วัน	95.0	121.0	138.3	160.1	176.2	192.3	208.3	229.3	245.3	298.2
			3 วัน	116.1	150.2	172.7	201.2	222.3	243.3	264.2	291.8	312.6	381.8
			4 วัน	129.5	167.3	192.3	223.9	247.3	270.6	293.8	324.3	347.4	424.2
			5 วัน	140.4	180.3	206.7	240.1	264.8	289.4	313.9	346.2	370.6	451.6
			6 วัน	152.0	193.6	221.2	256.0	281.8	307.5	333.0	366.7	392.2	476.8
			7 วัน	163.7	207.5	236.4	273.0	300.2	327.2	354.0	389.5	416.2	505.2
51. สดอ.น่าน*	28013	2463 - 2558	1 วัน	81.1	103.8	118.8	137.7	151.8	165.7	179.6	198.0	211.8	257.9
			2 วัน	106.5	135.7	155.1	179.5	197.7	215.7	233.6	257.3	275.2	334.5
			3 วัน	120.3	154.3	176.8	205.2	226.3	247.2	268.0	295.6	316.3	385.4
			4 วัน	134.3	171.4	196.0	227.0	250.1	272.9	295.7	325.8	348.5	423.9
			5 วัน	145.4	184.8	210.9	243.9	268.3	292.6	316.8	348.7	372.8	452.8
			6 วัน	157.5	200.8	229.5	265.7	292.6	319.3	345.9	381.0	407.6	495.6
			7 วัน	167.2	212.2	242.0	279.7	307.6	335.3	362.9	399.4	426.9	518.4
52. ที่ว่าการอำเภอเวียงสา	28022	2464 - 2558	1 วัน	79.4	105.7	123.1	145.1	161.4	177.6	193.7	215.0	231.1	284.5
			2 วัน	104.0	137.7	160.0	188.2	209.1	229.9	250.6	277.9	298.5	367.0
			3 วัน	119.4	157.2	182.2	213.8	237.3	260.5	283.7	314.3	337.5	414.3
			4 วัน	130.3	171.9	199.4	234.2	259.9	285.5	311.0	344.7	370.1	454.5
			5 วัน	141.3	185.6	214.9	251.9	279.4	306.7	333.9	369.7	396.9	486.8
			6 วัน	150.5	195.6	225.5	263.2	291.2	319.0	346.7	383.2	410.8	502.5
			7 วัน	160.8	207.4	238.2	277.2	306.1	334.8	363.4	401.2	429.7	524.4
53. ที่ว่าการอำเภอนาน้อย	28032	2464 - 2558	1 วัน	69.4	94.1	110.6	131.3	146.7	161.9	177.2	197.2	212.4	262.7
			2 วัน	91.8	123.0	143.7	169.9	189.2	208.5	227.7	253.0	272.1	335.6
			3 วัน	103.6	136.4	158.1	185.5	205.9	226.0	246.2	272.7	292.8	359.4
			4 วัน	113.5	149.4	173.1	203.0	225.3	247.3	269.3	298.3	320.3	393.0
			5 วัน	124.6	162.0	186.8	218.1	241.3	264.4	287.3	317.6	340.5	416.6
			6 วัน	133.3	172.2	198.0	230.5	254.7	278.7	302.5	334.1	357.9	437.0
			7 วัน	142.5	183.3	210.3	244.3	269.6	294.7	319.7	352.7	377.6	460.4
54. ที่ว่าการอำเภอปัว	28042	2464 - 2558	1 วัน	92.8	122.9	142.8	168.0	186.7	205.3	223.8	248.2	266.6	327.8
			2 วัน	118.7	159.4	186.3	220.3	245.5	270.6	295.5	328.4	353.3	435.9
			3 วัน	137.8	179.1	206.5	241.2	266.8	292.3	317.7	351.3	376.6	460.7
			4 วัน	151.8	201.8	234.9	276.7	307.7	338.5	369.2	409.6	440.2	541.8
			5 วัน	165.3	216.9	251.1	294.2	326.3	358.1	389.7	431.5	463.1	567.9
			6 วัน	178.1	231.9	267.6	312.6	346.0	379.2	412.2	455.8	488.8	598.2
			7 วัน	190.1	247.2	285.1	332.9	368.4	403.6	438.7	485.0	520.0	636.1
55. สอท.ทุ่งช้าง	28053	2464 - 2543	1 วัน	86.7	119.5	141.3	168.7	189.1	209.3	229.4	256.0	276.1	342.7
			2 วัน	118.2	157.1	182.8	215.2	239.3	263.2	287.0	318.5	342.2	421.1
			3 วัน	137.4	178.8	206.3	240.9	266.6	292.1	317.5	351.1	376.4	460.5
			4 วัน	153.5	199.3	229.7	268.0	296.4	324.7	352.8	389.9	418.0	511.1
			5 วัน	167.9	216.6	248.9	289.7	320.0	350.0	379.9	419.4	449.2	548.3
			6 วัน	184.6	238.3	274.0	319.0	352.3	385.5	418.5	462.0	494.9	604.2
			7 วัน	195.3	252.3	290.0	337.6	373.0	408.1	443.0	489.2	524.0	639.7
56. หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ นน.6 (แม่สาคร) อ.เวียงสา	28062	2500 - 2549	1 วัน	83.6	113.8	133.8	159.1	177.9	196.5	215.0	239.5	258.0	319.4
			2 วัน	110.5	145.6	168.9	198.3	220.1	241.7	263.3	291.7	313.2	384.6
			3 วัน	128.3	170.2	198.0	233.1	259.1	284.9	310.7	344.6	370.3	455.5
			4 วัน	140.3	184.8	214.2	251.5	279.1	306.5	333.8	369.8	397.0	487.5
			5 วัน	153.3	197.2	226.3	263.0	290.3	317.4	344.4	379.9	406.8	496.1
			6 วัน	163.3	210.2	241.3	280.5	309.6	338.5	367.2	405.2	433.9	529.1
			7 วัน	174.8	227.2	261.9	305.8	338.3	370.6	402.8	445.2	477.3	583.8

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
57. สอท.ท่าวังผา*	28073	2511 - 2558	1 วัน	86.5	112.0	128.8	150.0	165.8	181.5	197.1	217.6	233.2	284.8
			2 วัน	115.6	152.9	177.7	208.9	232.1	255.1	278.1	308.3	331.2	407.1
			3 วัน	131.4	173.0	200.6	235.4	261.2	286.9	312.4	346.1	371.6	456.2
			4 วัน	143.3	187.1	216.1	252.7	279.9	306.9	333.7	369.2	396.0	485.0
			5 วัน	154.1	199.5	229.6	267.7	295.9	323.9	351.8	388.6	416.4	508.8
			6 วัน	167.3	214.5	245.7	285.1	314.3	343.3	372.2	410.4	439.2	535.0
			7 วัน	177.6	226.4	258.7	299.5	329.8	359.8	389.8	429.3	459.1	558.3
58. ที่ว่าการอำเภอเชียงกลาง	28102	2513 - 2558	1 วัน	94.7	122.3	140.5	163.6	180.7	197.6	214.5	236.9	253.7	309.7
			2 วัน	122.4	154.1	175.1	201.6	221.3	240.8	260.3	286.0	305.4	369.8
			3 วัน	139.1	176.0	200.4	231.2	254.0	276.7	299.3	329.1	351.7	426.5
			4 วัน	154.8	193.4	219.0	251.3	275.2	299.0	322.7	354.0	377.6	456.1
			5 วัน	166.4	208.9	237.1	272.7	299.1	325.4	351.5	386.0	412.0	498.5
			6 วัน	175.8	218.2	246.3	281.7	308.0	334.1	360.2	394.5	420.4	506.6
			7 วัน	184.7	231.4	262.3	301.3	330.2	359.0	387.6	425.4	453.9	548.7
59. บ้านหาดข้าวสาร (N.42) อ.เวียงสา	28111	2520 - 2548	1 วัน	83.5	124.5	151.6	185.9	211.3	236.5	261.7	294.9	319.9	403.2
			2 วัน	109.3	159.0	191.8	233.4	264.2	294.8	325.3	365.5	395.9	496.8
			3 วัน	123.6	173.3	206.1	247.7	278.5	309.1	339.6	379.8	410.2	511.2
			4 วัน	135.7	188.8	223.9	268.3	301.3	334.0	366.5	409.5	442.0	549.8
			5 วัน	148.0	201.4	236.7	281.3	314.4	347.2	380.0	423.1	455.8	564.1
			6 วัน	159.0	210.7	244.9	288.2	320.3	352.1	383.8	425.7	457.3	562.3
			7 วัน	171.1	225.5	261.5	307.0	340.8	374.3	407.7	451.7	485.0	595.6
60. ย่านสารุ่ง (N.35) อ.เวียงสา	28131	2512 - 2534	1 วัน	77.5	111.6	134.2	162.7	183.8	204.8	225.7	253.3	274.2	343.4
			2 วัน	101.8	153.3	187.4	230.5	262.5	294.2	325.8	367.5	399.0	503.7
			3 วัน	117.0	171.7	207.9	253.7	287.6	321.3	354.9	399.2	432.6	543.7
			4 วัน	125.5	180.5	216.9	262.9	297.1	330.9	364.7	409.2	442.9	554.6
			5 วัน	139.0	192.6	228.1	273.0	306.3	339.4	372.3	415.7	448.6	557.6
			6 วัน	146.3	203.4	241.1	288.9	324.3	359.4	394.4	440.6	475.5	591.4
			7 วัน	157.6	224.1	268.1	323.7	364.9	405.8	446.6	500.5	541.1	676.2
61. สกษ.น่าน*	28142	2519 - 2558	1 วัน	79.2	104.9	121.9	143.4	159.4	175.2	191.0	211.8	227.5	279.7
			2 วัน	106.4	142.1	165.7	195.6	217.7	239.7	261.6	290.5	312.4	384.9
			3 วัน	122.4	160.2	185.2	216.9	240.3	263.6	286.9	317.5	340.6	417.5
			4 วัน	133.5	175.5	203.4	238.5	264.6	290.5	316.3	350.4	376.1	461.5
			5 วัน	145.1	193.2	225.0	265.2	295.0	324.6	354.1	393.0	422.4	520.0
			6 วัน	158.9	208.5	241.4	282.9	313.8	344.4	374.8	415.1	445.5	546.4
			7 วัน	172.1	224.0	258.3	301.7	333.9	365.8	397.7	439.7	471.4	576.8
62. ที่ว่าการอำเภอแม่จริม	28152	2524 - 2558	1 วัน	85.8	117.4	138.4	164.9	184.6	204.1	223.5	249.2	268.6	332.9
			2 วัน	115.9	161.6	191.8	230.0	258.3	286.5	314.5	351.5	379.4	472.2
			3 วัน	132.1	183.4	217.3	260.3	292.1	323.7	355.2	396.7	428.1	532.3
			4 วัน	149.3	201.4	236.0	279.6	311.9	344.0	376.0	418.3	450.2	556.1
			5 วัน	160.7	213.7	248.8	293.2	326.1	358.7	391.3	434.2	466.6	574.3
			6 วัน	170.9	226.2	262.9	309.1	343.5	377.6	411.5	456.3	490.2	602.7
			7 วัน	183.2	242.0	281.0	330.2	366.7	402.9	439.1	486.7	522.7	642.3
63. อุทยานแห่งชาติดอยภูคา อ.บ่อเกลือ	28164	2536 - 2558	1 วัน	133.8	180.7	211.8	251.1	280.2	309.1	337.9	375.9	404.6	499.9
			2 วัน	195.4	262.8	307.4	363.7	405.5	447.0	488.3	542.8	584.0	720.9
			3 วัน	223.2	300.5	351.7	416.4	464.3	512.0	559.4	622.0	669.4	826.5
			4 วัน	246.9	328.0	381.8	449.6	499.9	549.9	599.7	665.4	715.0	879.8
			5 วัน	271.2	351.8	405.1	472.6	522.6	572.3	621.8	687.0	736.4	900.2
			6 วัน	292.6	380.3	438.3	511.6	566.0	620.0	673.7	744.7	798.3	976.4
			7 วัน	309.7	402.8	464.4	542.2	599.9	657.3	714.4	789.7	846.6	1035.7

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
64. ที่ว่าการอำเภอสองแคว	28172	2536 - 2558	1 วัน	108.1	157.5	190.2	231.5	262.2	292.6	323.0	363.0	393.2	493.6
			2 วัน	146.7	203.9	241.8	289.6	325.1	360.3	395.4	441.7	476.7	592.9
			3 วัน	160.8	221.1	261.0	311.4	348.8	386.0	423.0	471.8	508.7	631.1
			4 วัน	178.9	240.9	281.9	333.8	372.3	410.5	448.6	498.8	536.7	662.7
			5 วัน	199.8	266.5	310.7	366.5	407.8	448.9	489.9	543.9	584.7	720.2
			6 วัน	219.9	285.1	328.3	382.9	423.3	463.5	503.6	556.4	596.3	728.8
			7 วัน	231.3	298.9	343.6	400.2	442.2	483.8	525.3	580.1	621.5	758.8
65. สำนักงานเกษตรอำเภอสอง	40043	2464 - 2557	1 วัน	84.0	107.3	122.8	142.3	156.7	171.1	185.4	204.3	218.5	265.9
			2 วัน	108.6	141.7	163.6	191.4	211.9	232.3	252.6	279.4	299.7	367.0
			3 วัน	124.3	161.3	185.8	216.8	239.8	262.6	285.3	315.3	338.0	413.2
			4 วัน	137.3	178.5	205.7	240.2	265.7	291.1	316.3	349.7	374.9	458.5
			5 วัน	149.4	196.2	227.2	266.3	295.4	324.2	352.9	390.8	419.4	514.5
			6 วัน	160.5	209.8	242.4	283.7	314.2	344.6	374.8	414.7	444.9	545.0
			7 วัน	169.8	221.2	255.3	298.3	330.2	361.9	393.5	435.2	466.6	571.2
66. สวนป่าห้วยไร่เขาพลึง อ.เด่นชัย	40072	2501 - 2558	1 วัน	107.7	158.3	191.8	234.2	265.6	296.8	327.9	368.9	399.9	502.8
			2 วัน	142.7	203.0	242.9	293.4	330.8	368.0	405.0	453.8	490.7	613.2
			3 วัน	161.3	223.8	265.1	317.4	356.2	394.7	433.0	483.6	521.8	648.8
			4 วัน	180.8	246.8	290.5	345.7	386.7	427.4	467.9	521.4	561.8	695.9
			5 วัน	197.9	270.4	318.4	379.0	424.0	468.6	513.1	571.7	616.1	763.3
			6 วัน	211.8	289.8	341.5	406.8	455.2	503.3	551.2	614.4	662.2	820.8
			7 วัน	221.0	301.7	355.1	422.5	472.6	522.3	571.8	637.1	686.4	850.3
67. แม่น้ำยม (Y.20) อ.สอง	40111	2516 - 2559	1 วัน	79.9	103.7	119.5	139.5	154.3	169.0	183.6	203.0	217.6	266.1
			2 วัน	103.3	141.0	165.9	197.4	220.8	244.0	267.1	297.6	320.6	397.2
			3 วัน	117.5	154.2	178.5	209.2	232.0	254.6	277.1	306.8	329.3	403.9
			4 วัน	131.3	173.7	201.7	237.2	263.4	289.5	315.5	349.8	375.7	461.8
			5 วัน	144.6	186.8	214.7	250.1	276.3	302.3	328.2	362.4	388.2	474.0
			6 วัน	154.9	201.6	232.6	271.6	300.7	329.4	358.1	396.0	424.6	519.5
			7 วัน	167.0	219.7	254.5	298.6	331.3	363.8	396.1	438.7	471.0	578.0
68. สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำปาด	70022	2464 - 2558	1 วัน	74.9	105.2	125.2	150.5	169.2	187.8	206.4	230.9	249.4	310.8
			2 วัน	98.2	132.5	155.3	184.0	205.3	226.4	247.5	275.3	296.3	366.0
			3 วัน	114.9	152.2	176.9	208.1	231.2	254.2	277.1	307.3	330.1	405.9
			4 วัน	127.7	167.0	193.1	226.0	250.4	274.6	298.8	330.7	354.7	434.7
			5 วัน	138.8	182.9	212.2	249.1	276.5	303.7	330.8	366.5	393.5	483.2
			6 วัน	150.6	197.5	228.6	267.9	297.0	326.0	354.8	392.8	421.5	516.9
			7 วัน	161.0	209.6	241.8	282.5	312.6	342.6	372.4	411.8	441.6	540.3
69. สำนักงานเกษตรอำเภอลับแล	70032	2464 - 2558	1 วัน	104.6	145.0	171.7	205.5	230.6	255.5	280.2	313.0	337.7	419.8
			2 วัน	134.3	183.6	216.3	257.5	288.1	318.4	348.7	388.6	418.7	518.9
			3 วัน	158.9	216.0	253.8	301.6	337.1	372.3	407.3	453.6	488.6	604.7
			4 วัน	174.1	232.6	271.3	320.3	356.6	392.6	428.5	475.9	511.6	630.5
			5 วัน	187.3	248.3	288.7	339.8	377.7	415.3	452.8	502.2	539.6	663.6
			6 วัน	201.1	265.8	308.7	362.8	403.0	442.9	482.6	535.0	574.6	706.1
			7 วัน	213.7	280.2	324.3	379.9	421.2	462.1	503.0	556.8	597.5	732.7
70. สำนักงานเกษตรอำเภอท่าปลา	70062	2464 - 2557	1 วัน	72.5	101.3	120.3	144.4	162.2	180.0	197.6	220.9	238.5	297.0
			2 วัน	95.8	129.7	152.1	180.4	201.4	222.3	243.0	270.5	291.2	359.9
			3 วัน	111.5	146.8	170.1	199.7	221.6	243.3	265.0	293.6	315.2	386.9
			4 วัน	123.7	161.8	187.1	219.1	242.7	266.3	289.7	320.6	344.0	421.5
			5 วัน	134.4	172.6	197.8	229.7	253.4	276.9	300.3	331.2	354.6	432.1
			6 วัน	146.0	187.3	214.7	249.3	274.9	300.4	325.8	359.3	384.6	468.6
			7 วัน	156.5	200.5	229.6	266.3	293.6	320.7	347.7	383.2	410.1	499.4

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
71. สำนักงานเกษตรอำเภอปากท่า	70072	2494 - 2556	1 วัน	71.8	89.5	101.2	116.0	127.0	137.9	148.8	163.1	174.0	209.9
			2 วัน	94.0	116.9	132.1	151.3	165.5	179.7	193.8	212.3	226.4	273.0
			3 วัน	106.3	131.8	148.7	170.1	185.9	201.7	217.4	238.1	253.7	305.6
			4 วัน	122.4	150.5	169.1	192.5	210.0	227.2	244.5	267.2	284.4	341.4
			5 วัน	133.2	164.9	185.9	212.4	232.1	251.6	271.1	296.7	316.1	380.5
			6 วัน	143.0	180.4	205.3	236.6	259.9	283.0	306.0	336.3	359.3	435.4
			7 วัน	151.1	192.1	219.3	253.6	279.1	304.4	329.5	362.8	387.9	471.2
72. หาดไผ่(N.12A) อ.ท่าปลา	70151	2509 - 2558	1 วัน	84.6	114.3	133.9	158.7	177.0	195.3	213.5	237.5	255.6	315.8
			2 วัน	109.5	144.1	167.0	195.9	217.4	238.7	259.9	288.0	309.1	379.4
			3 วัน	126.1	162.1	185.9	216.0	238.3	260.5	282.6	311.7	333.7	406.8
			4 วัน	139.4	175.8	200.0	230.4	253.1	275.5	297.9	327.4	349.7	423.8
			5 วัน	149.8	187.5	212.5	244.1	267.6	290.8	314.0	344.6	367.7	444.4
			6 วัน	160.8	199.7	225.4	258.0	282.1	306.1	329.9	361.4	385.2	464.3
			7 วัน	171.6	212.2	239.1	273.0	298.2	323.2	348.1	381.0	405.8	488.2
73. นิคมสร้างตนเองลำน้ำน่าน อ.ท่าปลา	70192	2520 - 2554	1 วัน	87.2	115.3	133.9	157.5	174.9	192.3	209.5	232.3	249.5	306.7
			2 วัน	115.7	164.3	196.4	237.0	267.2	297.1	326.9	366.2	395.9	494.6
			3 วัน	131.3	189.4	227.8	276.4	312.4	348.2	383.8	430.8	466.3	584.3
			4 วัน	147.9	219.5	266.9	326.7	371.1	415.2	459.1	517.1	560.9	706.3
			5 วัน	156.1	225.3	271.1	329.1	372.0	414.7	457.2	513.2	555.6	696.3
			6 วัน	165.3	246.6	300.5	368.5	418.9	469.0	518.9	584.7	634.5	799.7
			7 วัน	177.6	257.5	310.4	377.2	426.8	476.0	525.0	589.7	638.6	800.9
74. ที่ว่าการอำเภอบ้านโคก	70202	2527 - 2558	1 วัน	81.8	99.9	111.8	127.0	138.2	149.3	160.4	175.1	186.2	222.9
			2 วัน	107.2	131.4	147.4	167.7	182.7	197.6	212.4	232.0	246.8	295.9
			3 วัน	122.4	149.4	167.3	189.8	206.6	223.2	239.7	261.6	278.1	332.9
			4 วัน	132.8	170.9	196.1	228.0	251.7	275.1	298.5	329.4	352.7	430.1
			5 วัน	144.5	186.6	214.5	249.7	275.9	301.8	327.7	361.8	387.6	473.2
			6 วัน	152.5	195.1	223.4	259.1	285.5	311.8	338.0	372.5	398.6	485.3
			7 วัน	167.4	209.4	237.2	272.3	298.4	324.3	350.0	384.1	409.8	495.1
75. นิคมสหกรณ์ปากท่า ต.บ้านเสี้ยว อ.ปากท่า	70232	2533 - 2558	1 วัน	79.6	109.7	129.7	154.9	173.6	192.2	210.7	235.1	253.5	314.8
			2 วัน	96.7	126.7	146.5	171.6	190.2	208.7	227.1	251.3	269.7	330.6
			3 วัน	109.9	144.6	167.6	196.7	218.3	239.7	261.0	289.1	310.4	381.0
			4 วัน	121.9	158.2	182.2	212.6	235.2	257.5	279.8	309.2	331.5	405.3
			5 วัน	134.6	174.2	200.4	233.5	258.0	282.4	306.7	338.7	362.9	443.3
			6 วัน	143.0	183.7	210.7	244.7	270.0	295.1	320.1	353.1	378.0	460.7
			7 วัน	151.8	198.0	228.5	267.1	295.8	324.2	352.6	390.0	418.2	512.0
76. ที่ว่าการอำเภอเชียงคำ	73022	2495 - 2558	1 วัน	90.0	113.6	129.2	148.8	163.4	177.9	192.4	211.4	225.8	273.7
			2 วัน	116.4	143.3	161.1	183.6	200.3	216.9	233.4	255.2	271.6	326.3
			3 วัน	132.5	164.7	185.9	212.8	232.7	252.5	272.2	298.2	317.9	383.1
			4 วัน	148.9	190.4	217.9	252.6	278.3	303.9	329.4	363.0	388.3	472.6
			5 วัน	161.3	206.5	236.5	274.3	302.4	330.3	358.0	394.6	422.3	514.2
			6 วัน	174.0	222.8	255.0	295.8	326.1	356.2	386.1	425.6	455.4	554.5
			7 วัน	190.7	241.8	275.6	318.3	350.0	381.4	412.7	454.1	485.3	589.0
77. ที่ว่าการอำเภอปง	73032	2495 - 2558	1 วัน	79.8	107.7	126.2	149.6	167.0	184.2	201.3	224.0	241.1	297.9
			2 วัน	101.1	129.9	148.9	173.0	190.8	208.5	226.2	249.5	267.1	325.5
			3 วัน	119.0	155.3	179.3	209.6	232.0	254.4	276.6	305.9	328.1	401.7
			4 วัน	130.7	169.8	195.7	228.4	252.7	276.8	300.8	332.5	356.4	435.9
			5 วัน	141.8	183.1	210.4	244.9	270.5	295.9	321.3	354.7	379.9	463.8
			6 วัน	152.7	199.5	230.4	269.5	298.5	327.3	356.0	393.9	422.5	517.5
			7 วัน	161.2	209.9	242.2	282.9	313.2	343.2	373.1	412.5	442.3	541.3

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
78. ที่ว่าการอำเภอจุน	73062	2509 - 2558	1 วัน	81.6	107.5	124.7	146.4	162.5	178.4	194.3	215.3	231.2	283.8
			2 วัน	101.6	131.2	150.8	175.6	193.9	212.2	230.4	254.4	272.5	332.7
			3 วัน	114.6	145.5	165.9	191.8	210.9	229.9	248.9	273.9	292.8	355.6
			4 วัน	126.4	157.9	178.8	205.2	224.7	244.2	263.5	289.0	308.3	372.4
			5 วัน	140.5	177.6	202.2	233.2	256.3	279.1	301.9	332.0	354.7	430.1
			6 วัน	146.9	184.8	209.9	241.7	265.2	288.5	311.8	342.5	365.7	442.8
			7 วัน	155.9	196.7	223.8	258.0	283.4	308.6	333.6	366.8	391.8	474.8
79. เขื่อนจุฬาภรณ์ อ.คอนสาร	05284	2512 - 2555	1 วัน	88.9	128.7	155.1	188.4	213.1	237.6	262.1	294.3	318.7	399.6
			2 วัน	116.5	167.0	200.4	242.7	274.0	305.1	336.1	377.0	407.9	510.4
			3 วัน	133.8	187.2	222.6	267.3	300.5	333.4	366.2	409.5	442.2	550.8
			4 วัน	141.6	194.6	229.7	274.1	307.0	339.6	372.1	415.1	447.5	555.2
			5 วัน	150.6	204.9	240.8	286.3	319.9	353.4	386.7	430.6	463.9	574.1
			6 วัน	161.4	217.5	254.6	301.6	336.4	371.0	405.4	450.9	485.2	599.2
			7 วัน	177.1	231.9	268.1	314.0	348.0	381.7	415.3	459.7	493.2	604.5
80. บ้านพรหม 2 อ.คอนสาร	05344	2515 - 2518	1 วัน	70.1	97.9	116.3	139.5	156.7	173.8	190.9	213.4	230.4	286.8
			2 วัน	80.5	104.2	119.9	139.7	154.4	168.9	183.5	202.7	217.1	265.3
			3 วัน	98.7	119.7	133.7	151.2	164.3	177.3	190.2	207.2	220.1	262.8
			4 วัน	111.9	148.1	172.2	202.5	225.0	247.4	269.6	299.0	321.2	394.9
			5 วัน	135.6	186.8	220.7	263.6	295.4	326.9	358.4	399.8	431.2	535.3
			6 วัน	147.0	196.9	229.9	271.6	302.6	333.3	364.0	404.4	434.9	536.3
			7 วัน	151.9	205.5	241.1	286.0	319.3	352.3	385.3	428.7	461.6	570.7
81. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว (ทุ่งกระมัง) อ.คอนสาร	05384	2532 - 2558	1 วัน	75.3	123.5	155.4	195.7	225.6	255.3	284.9	323.9	353.4	451.3
			2 วัน	104.6	158.1	193.6	238.4	271.6	304.6	337.5	380.8	413.6	522.4
			3 วัน	121.0	176.4	213.1	259.5	293.9	328.0	362.0	406.9	440.8	553.4
			4 วัน	135.4	195.4	235.1	285.3	322.5	359.4	396.3	444.8	481.5	603.4
			5 วัน	149.6	211.9	253.1	305.1	343.7	382.0	420.2	470.6	508.7	635.1
			6 วัน	160.9	225.2	267.8	321.6	361.5	401.1	440.5	492.6	531.9	662.6
			7 วัน	173.1	236.2	277.9	330.6	369.8	408.6	447.3	498.3	536.9	665.0
82. สน.พัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าห้วยกุ่ม	05414	2537 - 2558	1 วัน	73.9	91.7	103.6	118.5	129.6	140.6	151.5	166.0	176.9	213.1
			2 วัน	104.1	132.5	151.3	175.0	192.6	210.1	227.5	250.5	267.8	325.5
			3 วัน	122.0	152.4	172.5	197.9	216.8	235.5	254.2	278.8	297.4	359.2
			4 วัน	134.9	169.0	191.5	220.0	241.2	262.1	283.0	310.6	331.4	400.6
			5 วัน	146.3	178.4	199.7	226.6	246.5	266.3	286.0	312.1	331.7	397.0
			6 วัน	157.0	192.4	215.8	245.5	267.5	289.3	311.0	339.7	361.4	433.3
			7 วัน	170.3	205.8	229.2	258.9	280.9	302.8	324.5	353.2	374.9	447.0
83. ที่ว่าการอำเภอตะกั่วป่า	34052	2474 - 2558	1 วัน	140.8	187.8	218.8	258.1	287.2	316.1	345.0	383.0	411.7	507.1
			2 วัน	209.4	272.7	314.7	367.6	406.9	445.9	484.8	536.0	574.8	703.5
			3 วัน	259.9	333.8	382.7	444.5	490.4	535.9	581.2	641.1	686.3	836.4
			4 วัน	298.7	380.7	435.0	503.6	554.4	604.9	655.3	721.6	771.8	938.4
			5 วัน	335.8	430.0	492.4	571.2	629.6	687.7	745.5	821.8	879.4	1070.8
			6 วัน	369.2	469.9	536.5	620.7	683.2	745.2	807.0	888.5	950.1	1154.6
			7 วัน	398.8	504.9	575.1	663.9	729.7	795.1	860.2	946.1	1011.0	1226.6
84. ที่ว่าการอำเภอคุระบุรี	34102	2510 - 2555	1 วัน	137.1	178.8	206.3	241.2	267.0	292.7	318.3	352.0	377.5	462.2
			2 วัน	225.6	283.6	321.9	370.4	406.4	442.1	477.7	524.6	560.1	677.8
			3 วัน	299.6	371.6	419.2	479.3	524.0	568.3	612.4	670.6	714.7	860.8
			4 วัน	356.4	445.8	505.0	579.8	635.3	690.3	745.2	817.6	872.3	1053.9
			5 วัน	402.8	500.8	565.7	647.7	708.5	768.9	829.0	908.4	968.4	1167.5
			6 วัน	442.4	545.1	613.0	699.0	762.7	825.9	889.0	972.1	1035.0	1243.6
			7 วัน	481.5	598.8	676.5	774.7	847.5	919.7	991.8	1086.8	1158.6	1397.0

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
85. อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว	36382	2539 - 2553	1 วัน	76.2	103.1	121.0	143.6	160.3	176.9	193.4	215.3	231.8	286.5
			2 วัน	105.2	133.8	152.8	176.8	194.6	212.2	229.8	253.0	270.5	328.7
			3 วัน	122.0	153.5	174.4	200.7	220.3	239.7	259.1	284.6	303.9	367.9
			4 วัน	127.7	162.5	185.5	214.6	236.2	257.6	279.0	307.2	328.5	399.2
			5 วัน	145.7	189.8	219.0	255.9	283.3	310.5	337.6	373.3	400.3	490.0
			6 วัน	150.6	197.2	228.0	267.0	295.9	324.6	353.2	390.9	419.5	514.1
			7 วัน	162.2	208.0	238.3	276.6	305.0	333.2	361.3	398.3	426.3	519.4
86. ร.ร.บ้านปากออก	36392	2539 - 2552	1 วัน	63.5	76.0	84.3	94.8	102.6	110.3	118.0	128.1	135.8	161.2
			2 วัน	81.6	103.1	117.3	135.4	148.7	162.0	175.2	192.6	205.8	249.6
			3 วัน	99.3	130.2	150.7	176.6	195.8	214.9	233.9	258.9	277.9	340.7
			4 วัน	112.5	143.1	163.3	188.8	207.8	226.6	245.3	270.1	288.7	350.8
			5 วัน	118.6	150.3	171.3	197.9	217.6	237.1	256.6	282.3	301.8	366.3
			6 วัน	129.1	165.8	190.1	220.8	243.5	266.1	288.6	318.3	340.8	415.3
			7 วัน	138.2	174.3	198.2	228.4	250.9	273.1	295.3	324.5	346.6	420.0
87. ร.ร.บ้านช้างตะตูด	36422	2539 - 2557	1 วัน	60.1	78.3	90.4	105.6	116.9	128.1	139.3	154.0	165.1	202.1
			2 วัน	77.4	101.7	117.9	138.3	153.4	168.4	183.4	203.1	218.0	267.5
			3 วัน	90.8	124.8	147.3	175.7	196.8	217.7	238.6	266.1	286.9	356.0
			4 วัน	100.9	140.8	167.2	200.6	225.4	249.9	274.4	306.8	331.2	412.3
			5 วัน	110.4	149.7	175.7	208.6	233.0	257.3	281.4	313.2	337.3	417.2
			6 วัน	122.1	169.0	200.0	239.2	268.3	297.1	325.9	363.8	392.5	487.7
			7 วัน	135.5	187.3	221.5	264.9	297.0	328.9	360.6	402.6	434.2	539.4
88. ร.ร.บ้านเฉลียงลับ	36452	2539 - 2558	1 วัน	73.1	95.3	110.0	128.6	142.4	156.1	169.8	187.8	201.4	246.6
			2 วัน	90.0	113.2	128.5	147.9	162.3	176.6	190.9	209.7	223.9	271.0
			3 วัน	107.2	135.4	154.1	177.7	195.2	212.6	229.9	252.8	270.1	327.5
			4 วัน	114.3	141.9	160.2	183.3	200.5	217.5	234.4	256.8	273.7	329.8
			5 วัน	125.6	156.0	176.1	201.5	220.4	239.1	257.7	282.3	300.9	362.6
			6 วัน	137.9	172.0	194.6	223.2	244.3	265.4	286.3	313.9	334.8	404.1
			7 วัน	149.7	186.7	211.2	242.1	265.1	287.9	310.6	340.6	363.2	438.4
89. ร.ร.บ้านห้วยไคร้	36482	2539 - 2552	1 วัน	70.8	89.0	101.0	116.2	127.4	138.6	149.7	164.4	175.5	212.4
			2 วัน	101.3	135.1	157.4	185.7	206.6	227.4	248.1	275.5	296.1	364.7
			3 วัน	115.4	160.6	190.4	228.1	256.1	283.9	311.6	348.1	375.7	467.4
			4 วัน	132.4	181.3	213.6	254.5	284.9	315.0	345.0	384.6	414.5	513.8
			5 วัน	145.2	197.5	232.2	276.0	308.5	340.8	372.9	415.3	447.4	553.8
			6 วัน	155.1	206.6	240.7	283.7	315.7	347.4	379.0	420.7	452.2	556.7
			7 วัน	170.5	223.4	258.4	302.7	335.5	368.1	400.6	443.4	475.8	583.2
90. ที่ว่าการอำเภอเกาะเปอร์	46032	2495 - 2558	1 วัน	107.7	159.7	194.1	237.5	269.8	301.8	333.7	375.7	407.5	513.1
			2 วัน	171.6	242.2	288.9	347.9	391.7	435.2	478.5	535.7	578.9	722.3
			3 วัน	229.0	322.9	385.1	463.7	521.9	579.8	637.4	713.4	770.9	961.7
			4 วัน	276.4	386.9	460.1	552.6	621.2	689.3	757.1	846.6	914.3	1138.9
			5 วัน	318.0	440.0	520.8	622.8	698.5	773.7	848.5	947.3	1022.0	1269.8
			6 วัน	356.1	491.5	581.2	694.5	778.5	861.9	945.0	1054.7	1137.5	1412.7
			7 วัน	386.8	532.6	629.1	751.1	841.6	931.4	1020.9	1138.9	1228.2	1524.4
91. ที่ว่าการอำเภอศรีรัตนนิคม	61062	2466 - 2556	1 วัน	84.9	146.7	187.7	239.4	277.8	315.9	353.9	404.0	441.8	567.5
			2 วัน	119.7	202.6	257.5	326.9	378.4	429.5	480.4	547.6	598.3	766.9
			3 วัน	142.9	248.1	317.8	405.9	471.2	536.1	600.7	686.0	750.4	964.3
			4 วัน	157.7	269.0	342.7	435.9	504.9	573.5	641.8	731.9	800.1	1026.2
			5 วัน	172.2	294.1	374.8	476.7	552.4	627.4	702.3	801.0	875.6	1123.2
			6 วัน	183.0	315.2	402.7	513.3	595.4	676.8	757.9	865.0	945.9	1214.4
			7 วัน	194.0	331.7	422.8	538.0	623.4	708.3	792.8	904.3	988.5	1268.3

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
92. ที่ว่าการอำเภอพนม	61092	2497 - 2558	1 วัน	84.4	109.8	126.6	147.8	163.5	179.1	194.7	215.3	230.8	282.3
			2 วัน	110.9	153.5	181.6	217.3	243.7	269.9	296.0	330.5	356.5	443.0
			3 วัน	132.7	190.1	228.0	276.0	311.6	347.0	382.2	428.6	463.7	580.3
			4 วัน	150.8	216.5	260.0	315.0	355.7	396.2	436.5	489.7	530.0	663.5
			5 วัน	164.7	238.3	287.0	348.5	394.1	439.5	484.6	544.2	589.2	738.7
			6 วัน	175.0	256.9	311.1	379.6	430.5	480.9	531.2	597.5	647.7	814.1
			7 วัน	185.8	268.9	323.9	393.5	445.1	496.3	547.3	614.7	665.5	834.5
93. คลองสุข (X58)	61200	2513 - 2546	1 วัน	147.4	205.0	243.1	291.2	326.9	362.4	397.7	444.3	479.6	596.5
			2 วัน	221.0	292.8	340.4	400.5	445.1	489.4	533.5	591.6	635.6	781.6
			3 วัน	269.2	362.5	424.3	502.4	560.3	617.8	675.1	750.7	807.8	997.4
			4 วัน	306.9	411.5	480.9	568.4	633.4	697.9	762.1	846.9	910.9	1123.6
			5 วัน	343.6	461.3	539.3	637.8	710.9	783.4	855.7	951.1	1023.1	1262.4
			6 วัน	369.6	495.4	578.7	683.9	761.9	839.4	916.6	1018.5	1095.5	1351.0
			7 วัน	393.7	526.2	613.9	724.7	806.9	888.5	969.8	1077.1	1158.2	1427.3
94. บ้านสองพี่น้อง อ.พนม	61250	2516 - 2520	1 วัน	78.7	80.8	82.1	83.8	85.1	86.3	87.6	89.2	90.5	94.6
			2 วัน	141.6	155.8	165.2	177.1	185.9	194.6	203.3	214.8	223.5	252.3
			3 วัน	181.9	208.1	225.5	247.4	263.6	279.7	295.8	317.0	333.0	386.2
			4 วัน	204.3	246.6	274.5	309.9	336.1	362.1	388.1	422.3	448.1	534.0
			5 วัน	230.6	282.5	316.8	360.2	392.4	424.4	456.3	498.3	530.0	635.5
			6 วัน	260.0	321.2	361.7	413.0	451.0	488.7	526.3	575.9	613.3	737.8
			7 วัน	278.7	348.0	393.9	451.9	494.9	537.6	580.2	636.3	678.7	819.5
95. เขื่อนรัชชประภา อ.บ้านตาขุน	61315	2525 - 2537	1 วัน	97.2	121.7	138.0	158.5	173.8	188.9	204.0	223.8	238.9	288.8
			2 วัน	129.4	178.4	210.8	251.9	282.3	312.5	342.6	382.3	412.3	511.9
			3 วัน	147.1	199.7	234.5	278.4	311.1	343.5	375.7	418.3	450.5	557.3
			4 วัน	161.9	211.9	245.0	286.8	317.8	348.6	379.3	419.8	450.4	551.9
			5 วัน	169.1	218.7	251.5	293.0	323.8	354.3	384.7	424.9	455.2	556.0
			6 วัน	177.5	228.4	262.1	304.7	336.4	367.7	399.0	440.2	471.4	574.8
			7 วัน	185.2	236.1	269.8	312.4	344.0	375.4	406.6	447.9	479.0	582.5
96. ที่ว่าการอำเภอบ้านตาขุน	61352	2532 - 2546	1 วัน	70.6	97.9	116.0	138.8	155.7	172.5	189.3	211.3	228.0	283.5
			2 วัน	84.3	118.6	141.4	170.1	191.3	212.5	233.5	261.3	282.3	352.0
			3 วัน	98.8	138.6	165.0	198.4	223.1	247.7	272.1	304.4	328.8	409.8
			4 วัน	104.4	143.8	169.8	202.7	227.1	251.4	275.5	307.3	331.4	411.4
			5 วัน	109.7	147.3	172.2	203.7	227.1	250.2	273.3	303.8	326.8	403.2
			6 วัน	118.3	152.4	174.9	203.5	224.6	245.6	266.5	294.1	315.0	384.3
			7 วัน	123.3	156.6	178.6	206.4	227.0	247.4	267.8	294.7	315.1	382.6
97. หู่งไข่หวาน อ.บ้านตาขุน	61385	2526 - 2532	1 วัน	64.1	87.6	103.2	122.9	137.5	152.0	166.5	185.6	200.0	247.8
			2 วัน	99.9	143.5	172.4	208.8	235.9	262.7	289.5	324.8	351.4	440.0
			3 วัน	131.1	188.1	225.8	273.5	308.9	344.0	379.0	425.1	460.0	575.8
			4 วัน	147.7	212.5	255.4	309.5	349.7	389.6	429.4	481.8	521.4	653.0
			5 วัน	171.8	245.9	294.9	356.8	402.8	448.4	493.9	553.8	599.1	749.6
			6 วัน	183.0	263.8	317.4	385.1	435.3	485.1	534.7	600.2	649.7	814.1
			7 วัน	190.5	270.9	324.1	391.4	441.3	490.8	540.1	605.2	654.4	817.7
98. ที่ว่าการ กิ่ง อ.วิภาวดี	61432	2536 - 2558	1 วัน	85.9	139.8	175.5	220.5	254.0	287.1	320.2	363.8	396.8	506.3
			2 วัน	111.2	190.8	243.5	310.1	359.5	408.5	457.4	521.8	570.6	732.3
			3 วัน	128.3	218.4	278.0	353.3	409.2	464.7	520.0	592.9	648.0	831.0
			4 วัน	150.4	261.8	335.6	428.8	497.9	566.6	635.0	725.2	793.4	1019.8
			5 วัน	162.7	291.9	377.4	485.5	565.7	645.3	724.5	829.2	908.2	1170.7
			6 วัน	169.8	298.8	384.2	492.1	572.2	651.6	730.8	835.3	914.2	1176.3
			7 วัน	180.3	314.3	403.1	515.2	598.4	681.0	763.2	871.8	953.8	1226.2

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
99. ที่ว่าการอำเภอภูเขียว	05032	2464 - 2558	1 วัน	80.9	86.7	112.3	159.3	178.8	198.1	217.4	242.8	262.1	325.9
			2 วัน	104.3	111.5	142.7	200.2	224.0	247.7	271.2	302.3	325.8	403.8
			3 วัน	118.6	126.4	160.3	222.7	248.6	274.2	299.8	333.5	359.0	443.6
			4 วัน	130.0	138.2	173.8	239.5	266.7	293.7	320.6	356.1	382.9	472.0
			5 วัน	142.1	151.2	190.8	263.9	294.2	324.2	354.2	393.7	423.5	522.6
			6 วัน	153.4	163.0	204.6	281.4	313.2	344.8	376.2	417.7	449.0	553.1
			7 วัน	163.1	173.2	217.4	298.8	332.5	366.0	399.3	443.3	476.5	586.9
100. ที่ว่าการอำเภอเกษตรสมบูรณ์	05052	2565 - 2558	1 วัน	66.8	70.5	86.8	116.9	129.3	141.7	154.0	170.2	182.5	223.2
			2 วัน	88.6	93.7	116.0	157.0	174.0	190.9	207.7	229.8	246.6	302.2
			3 วัน	101.7	107.5	132.7	179.2	198.4	217.5	236.5	261.6	280.6	343.6
			4 วัน	112.0	118.5	146.4	198.0	219.4	240.5	261.7	289.5	310.6	380.5
			5 วัน	121.7	128.7	159.1	215.2	238.4	261.4	284.4	314.7	337.6	413.6
			6 วัน	129.5	137.1	170.2	231.3	256.6	281.7	306.7	339.7	364.6	447.4
			7 วัน	138.3	146.6	182.9	249.7	277.4	304.9	332.3	368.4	395.7	486.3
101. ที่ว่าการอำเภอบ้านแท่น	05092	2509 - 2558	1 วัน	78.6	89.3	135.6	220.9	256.3	291.4	326.4	372.5	407.4	523.1
			2 วัน	103.0	115.8	171.4	273.8	316.3	358.4	400.3	455.7	497.5	636.5
			3 วัน	115.2	128.4	185.5	291.0	334.6	377.9	421.1	478.1	521.1	664.0
			4 วัน	124.3	137.4	194.5	299.7	343.3	386.5	429.6	486.5	529.4	672.1
			5 วัน	135.0	148.4	206.5	313.6	357.9	401.9	445.8	503.7	547.4	692.6
			6 วัน	142.0	155.7	214.9	324.1	369.3	414.2	458.9	517.9	562.5	710.5
			7 วัน	153.2	167.6	230.4	346.1	394.0	441.5	488.9	551.4	598.7	755.5
102. เขื่อนจุฬาภรณ์	05284	2512 - 2554	1 วัน	88.9	96.3	128.7	188.4	213.1	237.6	262.1	294.3	318.7	399.6
			2 วัน	116.5	126.0	167.0	242.7	274.0	305.1	336.1	377.0	407.9	510.4
			3 วัน	133.8	143.8	187.2	267.3	300.5	333.4	366.2	409.5	442.2	550.8
			4 วัน	141.6	151.6	194.6	274.1	307.0	339.6	372.1	415.1	447.5	555.2
			5 วัน	150.6	160.8	204.9	286.3	319.9	353.4	386.7	430.6	463.9	574.1
			6 วัน	161.4	171.9	217.5	301.6	336.4	371.0	405.4	450.9	485.2	599.2
			7 วัน	177.1	187.4	231.9	314.0	348.0	381.7	415.3	459.7	493.2	604.5
103. ห้วยขามด้า	05354	2523 - 2543	1 วัน	73.6	76.8	90.4	115.7	126.1	136.5	146.8	160.5	170.8	205.0
			2 วัน	99.5	104.2	124.5	161.8	177.3	192.7	208.0	228.2	243.4	294.1
			3 วัน	114.3	119.8	144.0	188.7	207.1	225.5	243.8	267.9	286.1	346.6
			4 วัน	128.0	134.2	161.0	210.3	230.7	251.0	271.2	297.8	318.0	384.9
			5 วัน	139.9	147.4	179.8	239.4	264.1	288.6	313.1	345.3	369.7	450.6
			6 วัน	152.8	161.3	197.8	265.1	293.0	320.7	348.2	384.6	412.1	503.4
			7 วัน	165.9	174.9	213.9	286.0	315.8	345.4	374.9	413.8	443.3	540.9
104. สดอ.ทองผาภูมิ*	13053	2495 - 2558	1 วัน	77.0	81.0	98.3	130.1	143.3	156.4	169.4	186.6	199.6	242.7
			2 วัน	113.7	120.3	149.0	202.0	223.9	245.7	267.4	296.0	317.6	389.4
			3 วัน	141.3	150.1	188.0	257.8	286.8	315.5	344.1	381.8	410.4	505.1
			4 วัน	165.7	176.1	221.5	305.1	339.7	374.0	408.3	453.4	487.6	600.9
			5 วัน	186.0	197.3	246.3	336.7	374.1	411.2	448.3	497.1	534.0	656.5
			6 วัน	203.0	215.3	268.7	367.3	408.1	448.6	488.9	542.1	582.4	716.0
			7 วัน	218.4	231.7	289.4	395.7	439.7	483.4	527.0	584.4	627.9	772.0
105. ที่ว่าการอำเภอไทรโยค	13073	2466 - 2557	1 วัน	72.9	80.1	111.7	169.9	194.0	218.0	241.8	273.3	297.1	376.0
			2 วัน	97.1	108.7	159.1	252.0	290.5	328.7	366.7	416.9	454.9	580.9
			3 วัน	115.8	130.7	195.3	314.3	363.6	412.5	461.3	525.6	574.2	735.6
			4 วัน	129.5	150.0	238.8	402.7	470.5	537.9	605.0	693.5	760.4	982.6
			5 วัน	145.1	167.5	265.0	444.8	519.2	593.1	666.7	763.8	837.2	1080.9
			6 วัน	157.8	181.2	282.8	470.1	547.6	624.6	701.4	802.6	879.1	1133.0
			7 วัน	169.5	194.3	302.2	501.1	583.5	665.3	746.7	854.2	935.4	1205.1

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
106. ที่ว่าการอำเภอศรีสวัสดิ์	13083	2465 - 2556	1 วัน	51.7	56.4	77.1	115.3	131.1	146.8	162.4	183.0	198.6	250.4
			2 วัน	68.9	75.2	102.9	153.9	175.0	196.0	216.8	244.4	265.2	334.4
			3 วัน	80.1	87.5	119.3	178.1	202.4	226.5	250.6	282.3	306.3	385.9
			4 วัน	90.8	99.6	138.2	209.4	238.9	268.1	297.3	335.7	364.8	461.3
			5 วัน	97.5	107.7	152.2	234.1	268.0	301.7	335.2	379.5	413.0	524.0
			6 วัน	104.6	116.7	169.6	267.1	307.5	347.5	387.5	440.1	479.9	612.1
			7 วัน	110.8	124.4	183.4	292.2	337.3	382.0	426.6	485.4	529.8	677.3
107. เขื่อนกิ่วลม 9 ม.1 ต.บึงอ้อ อ.ทองผาภูมิ	13092	2499 - 2558	1 วัน	182.8	193.1	237.7	319.9	353.9	387.7	421.3	465.7	499.3	610.7
			2 วัน	290.6	307.5	380.8	516.0	571.9	627.5	682.8	755.9	811.1	994.3
			3 วัน	371.3	393.1	488.0	662.9	735.4	807.3	878.9	973.4	1044.9	1282.1
			4 วัน	440.5	467.5	584.7	800.7	890.2	979.0	1067.5	1184.2	1272.4	1565.4
			5 วัน	502.3	532.1	661.8	901.0	1000.0	1098.3	1196.2	1325.4	1423.1	1747.3
			6 วัน	558.0	589.9	728.7	984.6	1090.6	1195.8	1300.6	1438.8	1543.3	1890.3
			7 วัน	607.0	640.8	787.8	1058.7	1170.9	1282.3	1393.2	1539.6	1650.3	2017.6
108. โรงเรียนบ้านลิ้นถิ่น อ.ทองผาภูมิ	13142	2509 - 2558	1 วัน	70.0	73.6	89.3	118.2	130.2	142.1	154.0	169.6	181.4	220.7
			2 วัน	100.7	106.7	132.7	180.8	200.7	220.4	240.1	266.1	285.7	350.8
			3 วัน	123.2	131.4	167.2	233.2	260.5	287.6	314.7	350.3	377.2	466.7
			4 วัน	140.5	150.9	196.0	279.2	313.6	347.8	381.9	426.8	460.8	573.6
			5 วัน	158.4	170.3	221.9	317.1	356.5	395.6	434.5	485.9	524.8	653.8
			6 วัน	173.6	186.7	243.3	347.7	390.9	433.8	476.6	533.0	575.6	717.1
			7 วัน	189.3	203.2	263.8	375.5	421.8	467.7	513.4	573.8	619.4	770.9
109. เขื่อนศรีนครินทร์ อ.ศรีสวัสดิ์	13305	2513 - 2558	1 วัน	63.6	67.4	83.5	113.3	125.6	137.9	150.1	166.1	178.3	218.7
			2 วัน	85.9	91.2	113.9	155.8	173.2	190.4	207.6	230.2	247.3	304.2
			3 วัน	99.2	105.4	132.4	182.1	202.7	223.2	243.5	270.4	290.7	358.2
			4 วัน	107.6	115.0	147.2	206.4	231.0	255.4	279.6	311.7	335.9	416.3
			5 วัน	115.9	123.9	158.6	222.7	249.2	275.6	301.8	336.4	362.6	449.5
			6 วัน	124.9	133.6	171.3	241.0	269.8	298.4	326.9	364.5	393.0	487.4
			7 วัน	133.7	143.2	184.4	260.4	291.8	323.1	354.2	395.3	426.3	529.3
110. อุทยานแห่งชาติเอราวัณ อ.ศรีสวัสดิ์	13322	2513 - 2558	1 วัน	83.1	89.0	114.7	162.2	181.9	201.4	220.9	246.5	265.9	330.3
			2 วัน	105.8	113.7	148.3	212.1	238.6	264.8	290.9	325.4	351.5	438.0
			3 วัน	119.1	128.7	170.4	247.2	279.1	310.6	342.1	383.7	415.1	519.3
			4 วัน	131.5	142.3	189.1	275.6	311.4	346.9	382.3	429.0	464.3	581.5
			5 วัน	142.4	153.6	202.0	291.3	328.3	365.0	401.6	449.9	486.3	607.4
			6 วัน	149.2	161.3	213.5	309.9	349.9	389.5	429.0	481.0	520.4	651.1
			7 วัน	157.7	170.7	227.5	332.3	375.6	418.7	461.6	518.1	560.9	702.9
111. โรงเรียนบ้านเขาเหล็ก อ.ศรีสวัสดิ์	13342	2516 - 2558	1 วัน	76.2	80.2	97.7	130.0	143.3	156.6	169.8	187.2	200.4	244.1
			2 วัน	101.3	107.4	133.8	182.5	202.7	222.7	242.7	269.0	288.9	354.9
			3 วัน	120.0	127.2	158.2	215.4	239.0	262.5	285.9	316.8	340.2	417.7
			4 วัน	137.7	146.2	183.3	251.6	279.8	307.9	335.9	372.8	400.7	493.3
			5 วัน	151.1	161.1	204.8	285.4	318.8	351.9	384.9	428.5	461.4	570.7
			6 วัน	164.3	175.8	225.6	317.5	355.5	393.3	430.9	480.5	518.1	642.6
			7 วัน	174.4	187.0	241.7	342.6	384.4	425.8	467.1	521.6	562.8	699.6
112. โรงเรียนบ้านห้วยมาลัย ม.6 ต.หนองลู อ.สังขละบุรี	13472	2527 - 2558	1 วัน	86.7	92.9	119.7	169.1	189.6	209.9	230.1	256.8	277.0	344.0
			2 วัน	141.5	151.7	196.2	278.2	312.1	345.8	379.4	423.7	457.2	568.3
			3 วัน	176.0	189.8	249.5	359.7	405.3	450.6	495.7	555.2	600.2	749.6
			4 วัน	205.5	223.0	299.2	439.7	497.8	555.5	613.1	688.9	746.3	936.7
			5 วัน	228.1	246.8	328.5	479.0	541.3	603.2	664.8	746.1	807.6	1011.6
			6 วัน	247.7	267.9	355.4	516.8	583.7	650.0	716.1	803.3	869.2	1088.1
			7 วัน	270.7	291.6	382.6	550.4	619.8	688.8	757.5	848.1	916.6	1144.0

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
113. ที่ว่าการอำเภอภูเวียง	14052	2464 - 2558	1 วัน	80.6	85.0	104.0	139.1	153.6	168.1	182.4	201.4	215.7	263.3
			2 วัน	105.1	110.7	134.6	178.8	197.1	215.2	233.3	257.2	275.2	335.1
			3 วัน	120.5	127.1	155.4	207.7	229.4	250.9	272.3	300.6	321.9	392.8
			4 วัน	134.2	141.1	171.4	227.2	250.3	273.3	296.1	326.3	349.1	424.7
			5 วัน	144.4	152.0	185.2	246.4	271.8	296.9	322.0	355.0	380.0	463.0
			6 วัน	155.8	163.8	198.7	262.8	289.4	315.8	342.1	376.8	403.0	490.0
			7 วัน	164.0	172.3	208.5	275.1	302.7	330.1	357.4	393.4	420.7	511.0
114. ที่ว่าการอำเภอสีชมพู	14292	2513 - 2558	1 วัน	84.1	88.9	110.0	148.8	164.9	180.9	196.8	217.8	233.6	286.3
			2 วัน	111.8	118.1	145.5	195.9	216.8	237.6	258.3	285.5	306.1	374.6
			3 วัน	130.8	138.9	173.8	238.3	265.0	291.4	317.8	352.7	379.0	466.3
			4 วัน	146.5	155.5	195.0	267.7	297.8	327.7	357.4	396.7	426.4	525.0
			5 วัน	161.5	172.4	219.8	307.1	343.3	379.2	415.0	462.1	497.8	616.2
			6 วัน	176.5	189.9	248.2	355.6	400.1	444.3	488.3	546.4	590.2	735.9
			7 วัน	189.4	205.2	273.9	400.5	453.0	505.0	556.9	625.3	677.0	848.7
115. โครงการลำน้ำเชิญ (E.38)	14410	2522 - 2541	1 วัน	78.9	84.5	108.7	153.4	171.9	190.3	208.6	232.8	251.0	311.6
			2 วัน	102.6	108.7	135.6	185.1	205.6	226.0	246.3	273.0	293.3	360.4
			3 วัน	116.2	122.3	148.8	197.5	217.7	237.8	257.7	284.1	304.0	370.1
			4 วัน	126.0	132.3	159.5	209.6	230.4	251.0	271.5	298.6	319.1	387.1
			5 วัน	134.3	140.9	169.8	222.9	244.9	266.8	288.5	317.2	338.9	411.0
			6 วัน	144.6	151.1	179.3	231.4	252.9	274.3	295.7	323.8	345.1	415.7
			7 วัน	149.8	156.3	184.6	236.7	258.2	279.7	301.0	329.1	350.4	421.0
116. เขื่อนอุบลรัตน์	14424	2509 - 2543	1 วัน	78.9	83.0	101.2	134.7	148.5	162.3	176.0	194.1	207.7	253.1
			2 วัน	101.5	106.5	128.6	169.3	186.1	202.8	219.5	241.4	258.1	313.2
			3 วัน	116.2	121.6	145.1	188.3	206.2	224.0	241.8	265.1	282.8	341.5
			4 วัน	128.9	134.1	156.9	198.8	216.2	233.4	250.6	273.2	290.3	347.2
			5 วัน	136.6	142.4	167.2	212.9	231.9	250.7	269.4	294.2	312.8	374.9
			6 วัน	146.7	153.4	182.6	236.4	258.7	280.8	302.8	331.9	353.9	426.8
			7 วัน	154.3	162.2	196.7	260.1	286.4	312.5	338.5	372.7	398.7	484.7
117. บ้านผานกแก้ว (E.29)	18181	2521 - 2559	1 วัน	80.3	85.1	106.1	144.8	160.8	176.7	192.5	213.4	229.2	281.6
			2 วัน	102.1	108.1	133.9	181.5	201.3	220.8	240.3	266.1	285.5	350.1
			3 วัน	115.4	121.6	148.4	198.0	218.5	238.8	259.1	285.9	306.1	373.3
			4 วัน	126.0	132.4	160.1	211.2	232.4	253.4	274.3	301.9	322.7	392.0
			5 วัน	136.1	142.3	169.2	218.8	239.4	259.8	280.1	306.9	327.2	394.4
			6 วัน	144.8	151.3	179.6	231.8	253.4	274.9	296.3	324.5	345.8	416.5
			7 วัน	152.8	159.6	189.0	243.2	265.6	287.9	310.0	339.3	361.4	434.9
118. ที่ว่าการอำเภอผาขาว	18262	2532 - 2555	1 วัน	68.6	73.0	92.3	127.8	142.5	157.1	171.7	190.9	205.4	253.6
			2 วัน	90.7	96.2	119.8	163.3	181.4	199.3	217.1	240.6	258.4	317.4
			3 วัน	106.2	112.1	137.7	185.0	204.6	224.0	243.4	268.9	288.2	352.3
			4 วัน	118.2	125.1	155.1	210.3	233.2	255.9	278.5	308.4	330.9	405.8
			5 วัน	126.5	134.5	169.2	233.3	259.8	286.1	312.4	347.0	373.1	460.0
			6 วัน	137.7	146.6	185.2	256.3	285.8	315.1	344.2	382.7	411.7	508.2
			7 วัน	146.6	156.8	201.2	283.0	316.9	350.5	384.1	428.3	461.7	572.6
119. หมวดการทางหล่มสักที่ 2 (ทับยาง)	36352	2538 - 2558	1 วัน	69.7	74.8	96.6	136.9	153.6	170.2	186.7	208.5	224.9	279.6
			2 วัน	96.0	102.0	128.0	176.0	195.9	215.6	235.3	261.2	280.8	345.9
			3 วัน	116.7	123.4	152.7	206.8	229.2	251.5	273.6	302.8	324.9	398.3
			4 วัน	125.8	132.1	159.6	210.3	231.3	252.1	272.9	300.3	321.0	389.8
			5 วัน	138.5	145.1	174.0	227.3	249.3	271.2	293.0	321.8	343.5	415.7
			6 วัน	149.3	156.8	188.9	248.3	272.9	297.2	321.5	353.6	377.8	458.3
			7 วัน	161.5	168.9	200.9	259.9	284.4	308.7	332.8	364.7	388.8	468.9

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
120. ร.ร.บ้านห้วยใหญ่	36442	2539 - 2555	1 วัน	60.9	65.1	83.2	116.5	130.3	144.0	157.7	175.7	189.3	234.5
			2 วัน	80.9	86.7	112.2	159.1	178.5	197.7	216.9	242.3	261.4	325.0
			3 วัน	93.3	100.3	130.5	186.1	209.2	232.0	254.8	284.9	307.6	383.1
			4 วัน	102.6	110.0	142.0	200.9	225.3	249.5	273.7	305.5	329.6	409.5
			5 วัน	113.0	120.6	153.7	214.8	240.1	265.2	290.2	323.2	348.1	430.9
			6 วัน	119.2	128.0	166.2	236.8	266.0	295.0	323.8	361.9	390.7	486.4
			7 วัน	125.9	135.0	174.6	247.5	277.8	307.7	337.6	377.0	406.8	505.7
121. นิคมสร้างตนเองกระเสียว อ.ด่านช้าง	60684	2535 - 2558	1 วัน	87.0	93.4	120.8	171.3	192.2	213.0	233.7	261.0	281.6	350.2
			2 วัน	107.9	116.3	152.8	220.2	248.1	275.8	303.4	339.8	367.3	458.7
			3 วัน	121.1	129.8	167.6	237.4	266.3	295.0	323.5	361.2	389.7	484.3
			4 วัน	138.4	149.4	196.9	284.4	320.6	356.6	392.5	439.8	475.5	594.2
			5 วัน	153.8	165.2	214.8	306.1	343.9	381.5	418.9	468.2	505.5	629.4
			6 วัน	162.8	174.6	226.0	320.7	359.9	398.9	437.7	488.9	527.6	656.0
			7 วัน	173.0	185.4	239.1	338.2	379.2	419.9	460.5	514.0	554.5	688.8
122. สอท.อุ้มผาง*	63042	2466 - 2558	1 วัน	65.8	69.8	87.5	120.2	133.7	147.1	160.4	178.1	191.4	235.6
			2 วัน	86.9	91.6	111.7	148.7	164.1	179.3	194.5	214.5	229.7	279.9
			3 วัน	104.7	110.3	134.7	179.6	198.3	216.7	235.1	259.4	277.8	338.8
			4 วัน	117.9	123.9	150.1	198.4	218.4	238.2	258.0	284.1	303.8	369.3
			5 วัน	130.0	136.4	164.2	215.5	236.7	257.8	278.8	306.5	327.5	397.0
			6 วัน	140.9	148.0	178.8	235.6	259.1	282.4	305.6	336.3	359.5	436.4
			7 วัน	152.5	160.2	193.8	255.6	281.2	306.6	331.9	365.3	390.5	474.4
123. ที่ว่าการอำเภอบุญญพิริก	67142	2465 - 2556	1 วัน	100.1	109.6	151.2	227.8	259.5	291.0	322.4	363.7	395.0	498.9
			2 วัน	132.9	145.1	198.0	295.4	335.8	375.8	415.8	468.4	508.2	640.3
			3 วัน	159.0	173.0	234.0	346.5	393.1	439.4	485.5	546.3	592.2	744.7
			4 วัน	179.6	196.1	267.8	399.8	454.5	508.8	562.9	634.3	688.2	867.3
			5 วัน	198.4	216.6	295.5	440.8	501.0	560.8	620.3	698.9	758.3	955.4
			6 วัน	214.2	233.5	317.6	472.6	536.7	600.4	663.9	747.6	810.9	1021.0
			7 วัน	229.4	249.7	337.9	500.5	567.8	634.6	701.2	789.0	855.4	1075.9
124. เขื่อนสิรินธร	67374	2514 - 2539	1 วัน	130.5	139.2	176.6	245.7	274.3	302.6	330.9	368.2	396.4	490.0
			2 วัน	174.6	188.1	246.6	354.5	399.2	443.5	487.7	546.0	590.1	736.3
			3 วัน	199.7	214.3	277.6	394.4	442.8	490.8	538.7	601.8	649.5	807.9
			4 วัน	223.3	238.4	304.0	424.9	475.0	524.7	574.2	639.5	688.9	852.9
			5 วัน	239.3	255.9	327.9	460.8	515.8	570.5	624.9	696.7	750.9	931.1
			6 วัน	259.0	276.2	351.2	489.5	546.8	603.6	660.2	735.0	791.4	978.9
			7 วัน	278.2	296.2	374.4	518.5	578.2	637.4	696.4	774.3	833.1	1028.5
125. ระบายน้ำส่วนที่ 2	67430	2526 - 2534	1 วัน	86.7	95.2	132.3	200.5	228.8	256.9	284.8	321.7	349.6	442.2
			2 วัน	126.8	139.8	196.0	299.7	342.6	385.3	427.7	483.8	526.1	666.7
			3 วัน	142.2	156.8	220.1	336.8	385.2	433.2	481.0	544.0	591.7	750.0
			4 วัน	161.8	176.9	242.7	363.9	414.1	464.0	513.6	579.1	628.6	793.0
			5 วัน	173.3	188.7	255.6	378.9	430.0	480.6	531.1	597.7	648.1	815.2
			6 วัน	182.5	198.3	267.0	393.6	446.0	498.0	549.8	618.2	669.9	841.5
			7 วัน	194.7	211.0	282.0	412.8	467.0	520.8	574.4	645.1	698.5	875.9
126. ที่ว่าการอำเภอหนองพลวย	67542	2537 - 2558	1 วัน	100.5	112.1	162.8	256.3	295.0	333.5	371.7	422.2	460.4	587.1
			2 วัน	125.9	138.9	195.2	299.1	342.1	384.8	427.3	483.4	525.8	666.6
			3 วัน	139.7	153.9	215.3	328.5	375.4	421.9	468.3	529.5	575.7	729.3
			4 วัน	149.3	163.9	227.2	343.8	392.1	440.0	487.8	550.8	598.4	756.5
			5 วัน	164.6	179.2	242.8	359.9	408.4	456.5	504.5	567.8	615.6	774.4
			6 วัน	177.0	191.8	256.0	374.2	423.2	471.8	520.3	584.2	632.5	792.9
			7 วัน	192.3	208.0	276.1	401.7	453.7	505.3	556.7	624.6	675.9	846.2

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
127. บ้านสมอทอง (C.30) อ.บ้านไร่	69150	2526 - 2557	1 วัน	74.8	77.5	89.5	111.4	120.5	129.5	138.5	150.4	159.3	189.1
			2 วัน	108.1	114.3	141.3	191.0	211.7	232.1	252.5	279.4	299.7	367.2
			3 วัน	129.2	136.9	170.7	232.8	258.6	284.1	309.6	343.2	368.5	452.8
			4 วัน	149.1	158.0	196.7	268.1	297.6	327.0	356.2	394.8	423.9	520.7
			5 วัน	163.7	173.2	214.4	290.5	321.9	353.2	384.3	425.4	456.4	559.5
			6 วัน	176.3	186.2	229.3	308.8	341.8	374.4	407.0	450.0	482.4	590.2
			7 วัน	185.3	195.5	239.6	320.9	354.6	388.0	421.3	465.3	498.5	608.7
128. ที่ว่าการอำเภอเบตง	71042	2465 - 2558	1 วัน	83.6	90.7	121.6	178.6	202.2	225.6	248.9	279.7	303.0	380.3
			2 วัน	111.4	120.8	162.0	237.9	269.3	300.5	331.6	372.6	403.5	506.4
			3 วัน	129.3	139.8	185.8	270.4	305.5	340.3	374.9	420.7	455.2	570.0
			4 วัน	144.8	156.1	205.3	295.9	333.5	370.7	407.9	456.9	493.9	616.8
			5 วัน	158.5	170.3	221.7	316.2	355.4	394.3	433.0	484.2	522.8	651.0
			6 วัน	169.9	182.2	235.5	333.9	374.7	415.1	455.4	508.6	548.8	682.2
			7 วัน	180.2	192.9	248.1	350.0	392.1	434.0	475.7	530.7	572.3	710.4
129. นิคมสร้างตนเองธารโต	71062	2504 - 2555	1 วัน	98.3	107.5	147.7	221.8	252.5	283.0	313.3	353.4	383.6	484.1
			2 วัน	139.3	153.0	212.5	322.2	367.6	412.7	457.6	516.9	561.6	710.4
			3 วัน	162.8	177.6	242.1	360.8	410.0	458.9	507.5	571.7	620.2	781.3
			4 วัน	177.4	192.5	258.0	378.9	429.0	478.6	528.1	593.4	642.8	806.6
			5 วัน	192.0	207.7	275.6	400.7	452.6	504.0	555.3	622.9	674.0	843.7
			6 วัน	206.5	222.4	291.7	419.4	472.2	524.7	577.0	646.0	698.1	871.3
			7 วัน	216.9	233.3	304.3	435.4	489.6	543.5	597.1	667.9	721.4	899.0
130. บ้านบางราง	71135	2518 - 2538	1 วัน	126.6	133.9	165.3	223.3	247.4	271.2	295.0	326.3	350.0	428.7
			2 วัน	176.0	187.3	236.4	326.9	364.3	401.5	438.6	487.5	524.5	647.2
			3 วัน	193.5	206.0	260.3	360.5	401.9	443.1	484.1	538.2	579.1	714.8
			4 วัน	209.5	222.2	277.0	378.1	420.0	461.5	503.0	557.6	598.9	736.0
			5 วัน	225.1	238.1	294.6	398.7	441.8	484.6	527.3	583.6	626.1	767.3
			6 วัน	234.2	248.2	309.0	421.1	467.5	513.5	559.4	620.0	665.8	817.7
			7 วัน	247.7	261.2	319.7	427.8	472.5	516.9	561.1	619.5	663.6	810.1
131. บ้านเกาะหนู 29	71175	2529 - 2538	1 วัน	81.3	85.9	105.9	142.7	157.9	173.0	188.1	208.0	223.0	272.9
			2 วัน	119.4	127.5	162.8	228.0	254.9	281.7	308.4	343.6	370.2	458.5
			3 วัน	136.7	144.9	180.4	245.8	272.9	299.9	326.7	362.0	388.8	477.5
			4 วัน	153.0	160.1	190.7	247.1	270.5	293.7	316.8	347.3	370.3	446.8
			5 วัน	156.9	164.4	196.9	257.0	281.8	306.5	331.1	363.5	388.1	469.5
			6 วัน	175.2	183.3	218.6	283.6	310.5	337.3	363.9	399.0	425.6	513.8
			7 วัน	185.2	192.9	226.3	287.9	313.3	338.7	363.9	397.1	422.3	505.7
132. สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองหนองบัวลำภู	75012	2464 - 2557	1 วัน	72.9	79.2	106.3	156.3	177.0	197.5	218.0	245.0	265.4	333.2
			2 วัน	88.9	96.4	128.8	188.5	213.2	237.8	262.2	294.5	318.9	399.9
			3 วัน	101.1	109.5	145.9	213.0	240.8	268.4	295.9	332.1	359.5	450.5
			4 วัน	111.3	120.6	160.9	235.2	266.0	296.5	326.9	367.1	397.4	498.2
			5 วัน	122.9	133.9	181.4	268.9	305.2	341.2	377.0	424.3	460.1	578.8
			6 วัน	132.0	143.6	194.1	287.2	325.7	364.0	402.1	452.4	490.4	616.6
			7 วัน	140.5	152.4	204.2	299.6	339.1	378.3	417.4	468.9	507.9	637.3
133. สำนักงานเกษตรอำเภอศรีบุญเรือง	75022	2518 - 2558	1 วัน	72.5	76.5	93.9	125.9	139.2	152.4	165.5	182.8	195.8	239.3
			2 วัน	94.4	99.4	121.1	161.2	177.8	194.3	210.7	232.4	248.7	303.1
			3 วัน	107.2	113.9	143.3	197.4	219.8	242.1	264.2	293.5	315.6	388.9
			4 วัน	118.4	126.2	160.3	223.0	249.0	274.8	300.5	334.4	360.0	445.1
			5 วัน	125.4	133.7	169.8	236.2	263.7	291.0	318.2	354.0	381.2	471.2
			6 วัน	135.9	145.1	184.8	258.2	288.5	318.6	348.7	388.3	418.2	517.6
			7 วัน	148.7	158.6	201.9	281.6	314.7	347.5	380.1	423.2	455.8	563.9

ตารางที่ ข-1 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา (ต่อ)

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ช่วงเวลา	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดต่าง ๆ (มม.)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000
134. ที่ว่าการอำเภอากลาง	75032	2514 - 2555	1 วัน	72.6	77.7	100.1	141.2	158.3	175.2	192.1	214.3	231.1	286.9
			2 วัน	97.5	105.1	137.9	198.5	223.6	248.5	273.3	306.1	330.8	412.9
			3 วัน	115.2	124.7	166.1	242.3	273.8	305.2	336.4	377.6	408.7	512.0
			4 วัน	127.1	138.7	188.9	281.5	319.8	357.9	395.8	445.8	483.6	609.1
			5 วัน	141.3	154.7	212.9	320.2	364.7	408.8	452.8	510.8	554.6	700.1
			6 วัน	151.1	166.8	234.9	360.4	412.3	463.9	515.3	583.1	634.4	804.5
			7 วัน	160.1	177.4	252.9	391.9	449.5	506.6	563.5	638.7	695.4	884.0
135. นิคมสร้างตนเองโนนสัง	75062	2513 - 2554	1 วัน	77.6	82.5	103.8	143.0	159.3	175.4	191.5	212.7	228.8	282.0
			2 วัน	100.4	105.3	126.6	166.0	182.2	198.4	214.5	235.8	251.8	305.1
			3 วัน	115.8	121.5	146.4	192.3	211.3	230.2	249.0	273.8	292.6	354.8
			4 วัน	129.9	136.2	163.7	214.3	235.3	256.1	276.8	304.2	324.9	393.5
			5 วัน	139.2	147.0	180.6	242.8	268.5	294.0	319.5	353.0	378.4	462.6
			6 วัน	150.8	159.8	198.8	270.7	300.4	330.0	359.4	398.2	427.6	525.0
			7 วัน	162.9	172.8	215.9	295.3	328.2	360.9	393.4	436.3	468.8	576.5
136. ที่ว่าการอำเภอนาวัง	75082	2538 - 2556	1 วัน	77.0	81.6	101.4	137.8	152.9	167.9	182.8	202.5	217.4	266.8
			2 วัน	105.9	111.9	137.9	185.7	205.5	225.2	244.8	270.6	290.1	355.0
			3 วัน	121.0	129.1	164.2	229.1	255.9	282.6	309.1	344.2	370.7	458.6
			4 วัน	139.0	150.1	198.6	287.9	324.9	361.6	398.2	446.4	482.9	604.0
			5 วัน	150.0	162.8	218.4	320.9	363.3	405.4	447.4	502.8	544.6	683.6
			6 วัน	161.8	175.7	236.0	347.1	393.2	438.9	484.4	544.5	589.9	740.6
			7 วัน	174.1	189.8	257.7	383.1	435.0	486.5	537.8	605.5	656.7	826.6

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์
วัน เดือน ปี	8 เมษายน 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดหนองคาย
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2555 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2546 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2540
สถานที่ทำงาน	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เลขที่ 1 หมู่ 6 ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140