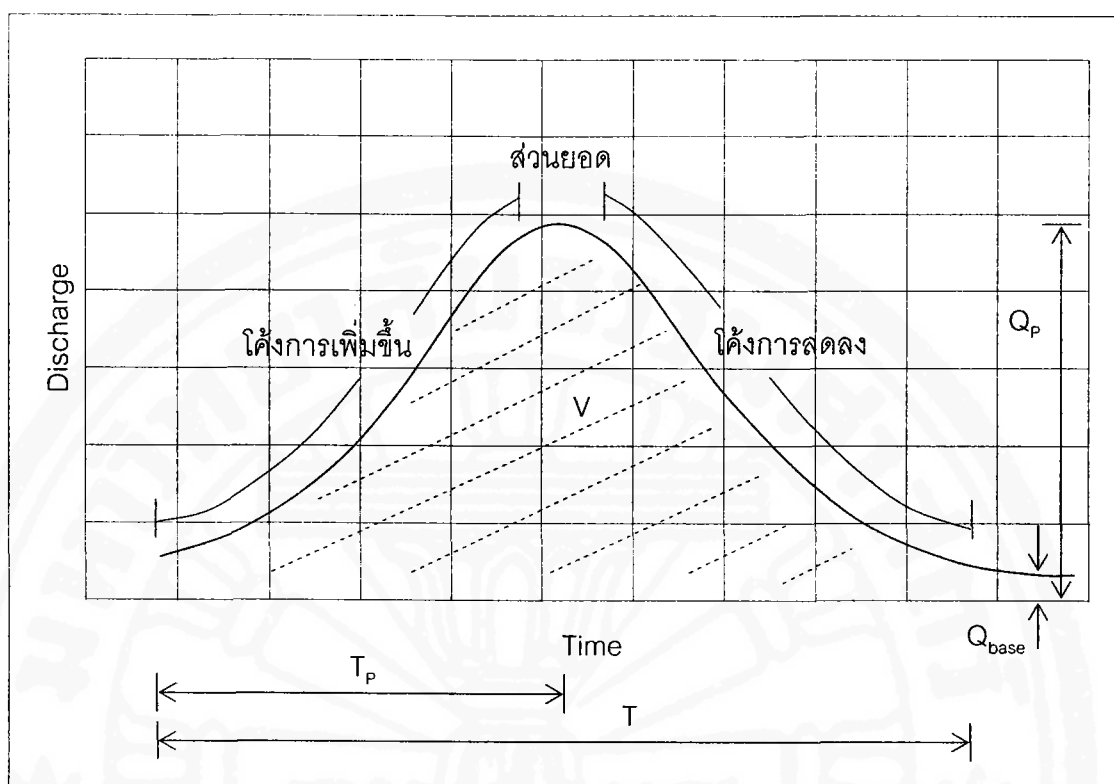


ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้ ได้ประยุกต์จากแบบจำลองอ้างอิงข้อมูลสำหรับคาดการณ์ลักษณะของกระบวนการน้ำหลาก [ราสินี สุขชม (2547)] ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือเริ่มจากการหารูปร่างน้ำหลากจากปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่ใช้คืออัตราส่วนปริมาณน้ำหลากสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ กับตัวแปรกราฟน้ำหลาก พร้อมทั้งแจกแจงลักษณะของตัวแปรกราฟน้ำหลาก ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุด เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการระบายน้ำ

3.1 การพิจารณาลักษณะรูปร่างน้ำหลาก

ลักษณะรูปร่างของน้ำหลากที่อยู่ในรูปของอัตราการไหลต่อเวลาหรือกราฟน้ำหลากนั้น โดยทั่วไปมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ คือ ปริมาณน้ำหลาก (V), อัตราการไหลสูงสุด (Q_p), ระยะเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (T_p), ระยะเวลาที่เกิดน้ำหลาก (T) และอัตราการไหลพื้นฐาน (Q_{base}) ซึ่งในกระบวนการเกิดน้ำหลากลูกหนึ่งๆ นั้น จะเริ่มจากมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเกิดขึ้นในทิศทางที่เพิ่มมากขึ้นจากอัตราการไหลพื้นฐาน อาจเรียกได้ว่าเป็นช่วงโค้งการเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแต่น้อยและเริ่มมีการลดลงของอัตราการไหลนั้นจะเรียกว่าเป็นส่วนยอดของน้ำหลาก และในระยะเวลาที่อัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลง จะเรียกว่าโค้งการลดลง ดังภาพที่ 3.1



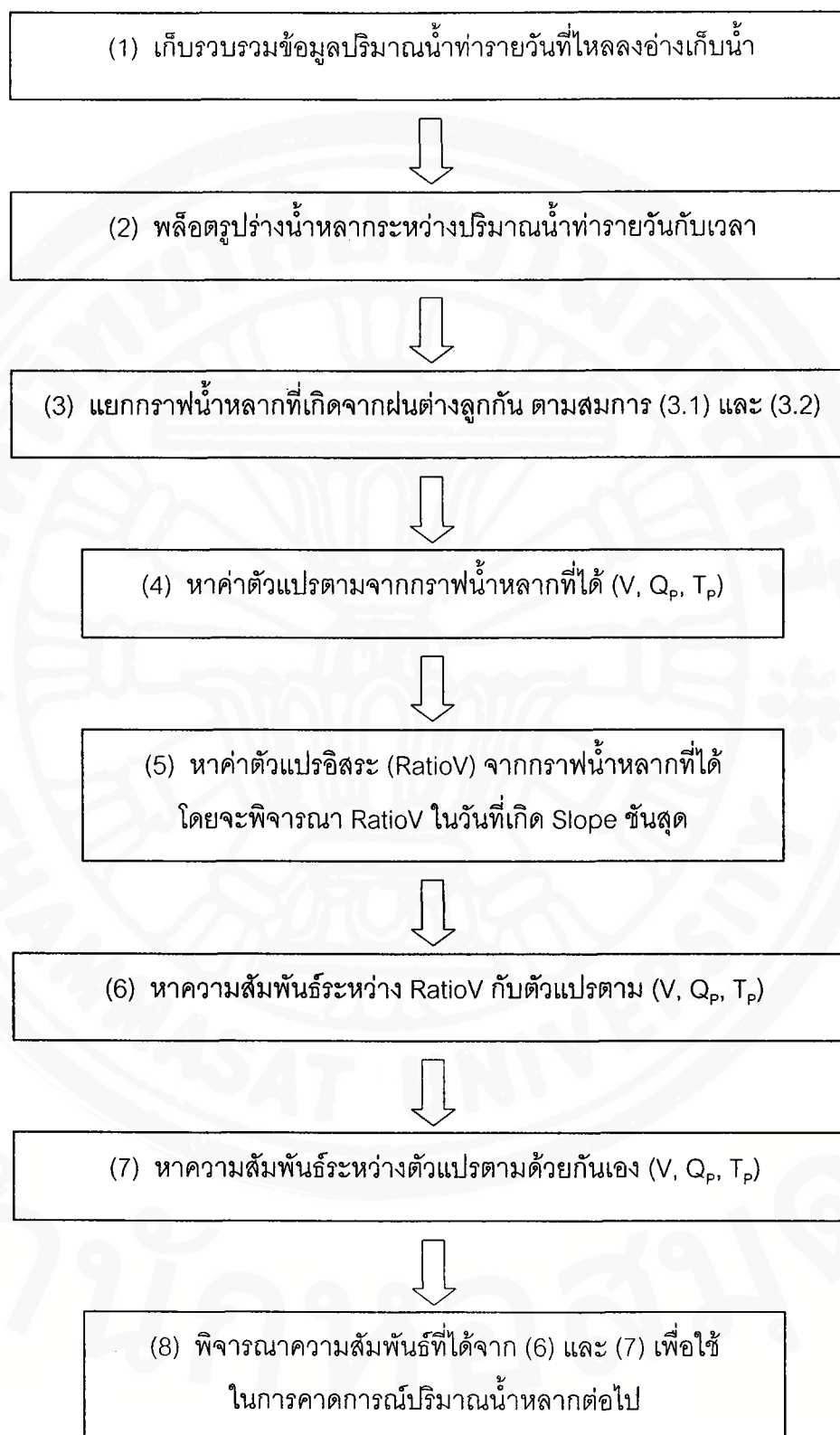
ภาพที่ 3.1 องค์ประกอบและรูปร่างของน้ำหลาก

3.2 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกราฟน้ำหลาก

กราฟน้ำหลากนั้นมีตัวแปรที่แสดงองค์ประกอบสำคัญคือ ปริมาณน้ำหลาก (V), อัตราการไหลสูงสุด (Q_p), และระยะเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (T_p) ในที่นี้เราจะพิจารณาปริมาณน้ำหลาก (V) และอัตราการไหลสูงสุด (Q_p) ให้เป็นตัวแปรหลัก เพราะเป็นตัวแปรที่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนระยะเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (T_p) จะพิจารณาเป็นตัวแปรรอง ซึ่งในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหลากต่างๆ กับพารามิเตอร์ที่พิจารณาคือ อัตราส่วนปริมาณน้ำหลากสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ แสดงได้ดังภาพที่ 3.2 และมีรายละเอียดดังนี้

(1) รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ

(2) พล็อตรูปร่างน้ำหลากระหว่างปริมาณน้ำท่ารายวัน (แกน Y) กับเวลา (แกน X)



ภาพที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกราฟน้ำหลา

(3) การพิจารณารูปร่างกราฟน้ำหลาก จะเริ่มพิจารณาเมื่ออัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นและเริ่มสูงกว่าอัตราการไหลพื้นฐาน อย่างไรก็ตามกราฟน้ำหลากที่พล็อตได้ในช่วงฤดูน้ำหลากของแต่ละปี อาจมียอดสูง (peak) มากกว่าหนึ่งยอด ดังนั้นจึงต้องมีเกณฑ์ในการพิจารณาว่ายอดสูง (peak) ของกราฟน้ำหลากที่เกิดขึ้นเป็นกราฟน้ำหลากลูกเดียวกันหรือเป็นอิสระต่อกัน ดังภาพที่ 3.3 โดยเกณฑ์ในการแบ่งการเกิดน้ำหลากที่เป็นอิสระต่อกัน (Douglas C. Montgomery and George C. Runger, 1994) แสดงดังสมการ (3.1) และ (3.2) ดังนี้

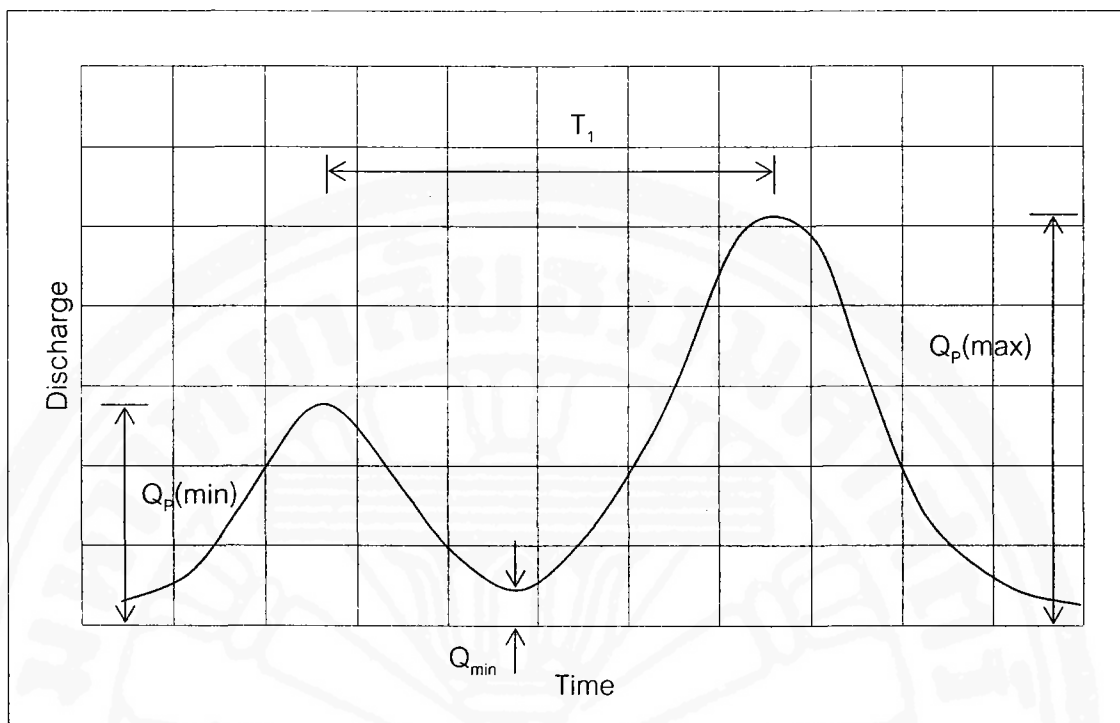
$$T_1 > 5 + \ln(A) \quad (3.1)$$

$$Q_{\min} < 0.25Q_p(\min) \quad (3.2)$$

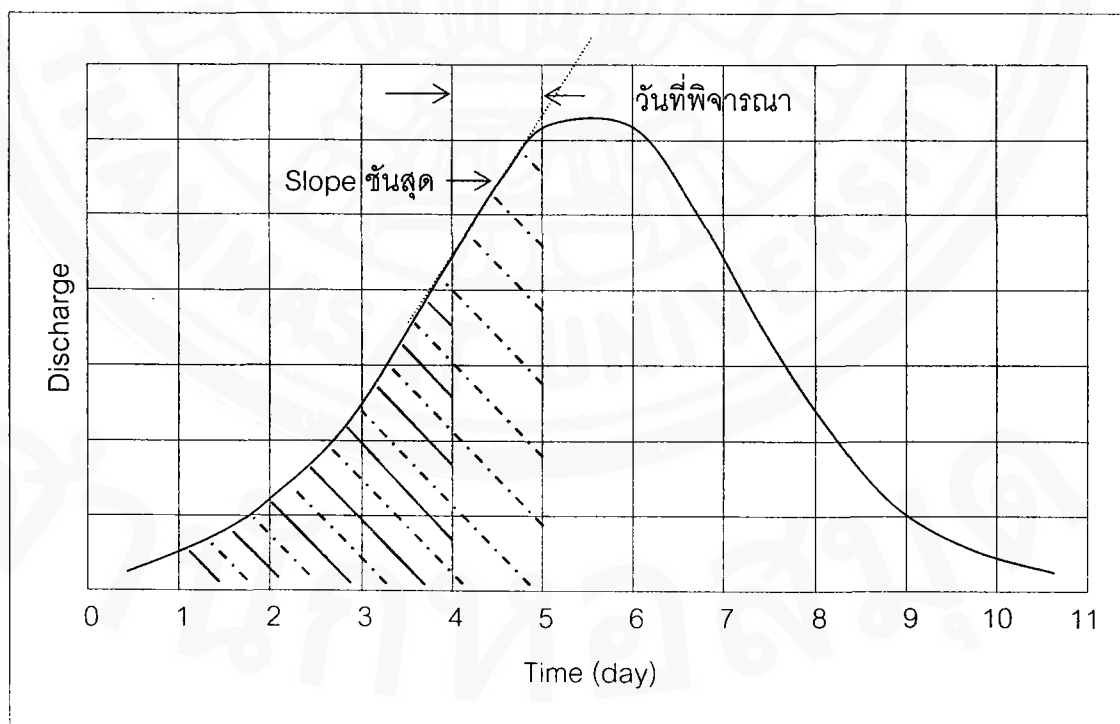
เมื่อ T_1 คือ ระยะห่างระหว่าง $Q_p(\max)$ และ $Q_p(\min)$ (วัน)
 A คือ พื้นที่รับน้ำของจุดที่พิจารณา (ตารางไมล์)
 $Q_{\min}$ คือ อัตราการไหลที่ต่ำสุดก่อนเกิดน้ำหลากลูกใหม่
 $Q_p(\min)$ คือ อัตราการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากที่มีขนาดเล็กกว่า
 $Q_p(\max)$ คือ อัตราการไหลสูงสุดของกราฟน้ำหลากที่มีขนาดใหญ่กว่า
 โดย $Q_{\min}$, $Q_p(\min)$ และ $Q_p(\max)$ มีหน่วยเป็น ปริมาตร/เวลา

(4) นับจำนวนกราฟน้ำหลากที่เป็นอิสระต่อกันที่เกิดขึ้นตามสมการที่ (3.1) และ (3.2) แล้วพล็อตกราฟน้ำหลากที่แยกได้และทำการหาค่าตัวแปรต่างๆ ของกราฟน้ำหลาก คือ ปริมาณน้ำหลาก (V), อัตราการไหลสูงสุด (Q_p) และระยะเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด (T_p)

(5) หาอัตราส่วนปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ ($\text{Ratio} V_i/V_{i-1}/V_i$) ของกราฟน้ำหลากแต่ละลูก โดยจะพิจารณาในช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล (Slope) สูงสุด ดังภาพที่ 3.4 แสดงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสะสมซึ่งในวันที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด และ $\text{Ratio} V$ จะหาได้จากปริมาณน้ำหลากสะสมวันที่ 4 เทียบกับปริมาณน้ำหลากสะสมวันที่ 5 (V_4/V_5)



ภาพที่ 3.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการแบ่งน้ำหลากที่เป็นอิสระต่อกัน



ภาพที่ 3.4 การหาอัตราส่วนปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสะสม

(6) หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกราฟน้ำหลาก คือ พล็อตหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Ratio V_i/V_t) กับตัวแปรตาม (V, Q_p, T_p) ว่ามีความสัมพันธ์แบบสมการเชิงเส้น สมการยกกำลัง สมการลอการิทึม หรือไม่มี หากมีความสัมพันธ์แล้วแสดงความสัมพันธ์ที่ได้ดังสมการที่ (3.3) แสดงฟังก์ชันของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

$$\begin{aligned} V &= A (V_i/V_t) \\ Q_p &= B (V_i/V_t) \\ T_p &= C (V_i/V_t) \end{aligned} \quad (3.3)$$

(7) พล็อตหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามด้วยกันเอง (V, Q_p, T_p) ว่ามีความสัมพันธ์แบบสมการเชิงเส้น สมการยกกำลัง สมการลอการิทึม หรือไม่มี หากมีความสัมพันธ์แล้ว แสดงความสัมพันธ์ที่ได้ดังสมการที่ (3.4) แสดงฟังก์ชันของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม

$$\begin{aligned} V &= D (Q_p) \\ V &= E (T_p) \\ Q_p &= F (V) \\ Q_p &= G (T_p) \\ T_p &= H (V) \\ T_p &= I (Q_p) \end{aligned} \quad (3.4)$$

3.3 การนำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกราฟน้ำหลากไปใช้

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกราฟน้ำหลากต่างๆ ได้แล้ว ในการพิจารณาเลือกรูปแบบความสัมพันธ์เพื่อที่จะนำไปใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำหลาก และอัตราการไหลสูงสุด ซึ่งมีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามด้วยกันเองจะสามารถแยกขั้นตอนในการเลือกได้เป็น 5 กรณี ดังภาพที่ 3.5 และ 3.6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- เมื่อพิจารณาหาปริมาณน้ำหลาก (V^*)

(1A) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&V}$) จะสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากได้ โดยนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&V}$

(2A) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&Q}_p$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{Q}_p\&V$) จะสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากได้ โดยเริ่มจากนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า Q_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&Q}_p$ และนำค่า Q_p ที่ได้ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{Q}_p\&V$

(3A) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&T}_p$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{T}_p\&V$) จะสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากได้ โดยเริ่มจากนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า T_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&T}_p$ และนำค่า T_p ที่ได้ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{T}_p\&V$

(4A) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&T}_p$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{T}_p\&\text{Q}_p$ และ $\text{Q}_p\&V$) ทั้งคู่ นั้น จะสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากได้โดยเริ่มจากนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า T_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&T}_p$ จากนั้นนำค่า T_p ที่ได้ไปอ่านค่า Q_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{T}_p\&\text{Q}_p$ และสุดท้ายนำค่า Q_p ที่ได้ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{Q}_p\&V$

(5A) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&T}_p$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{Q}_p\&V$) จะสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากได้โดยนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า T_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&T}_p$ จากนั้นหาความลาดชันเฉลี่ยของกราฟน้ำหลากตั้งแต่วันที่เริ่มการเกิดน้ำหลากจนถึงวันที่พิจารณา (slope) เพื่อคำนวณหาค่า Q_p ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจาก $\text{Slope} \times \text{T}_p + \text{Q}_{\text{base}}$ และนำค่า Q_p ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{Q}_p\&V$

- เมื่อพิจารณาหาอัตราการไหลสูงสุด (Q_p^*)

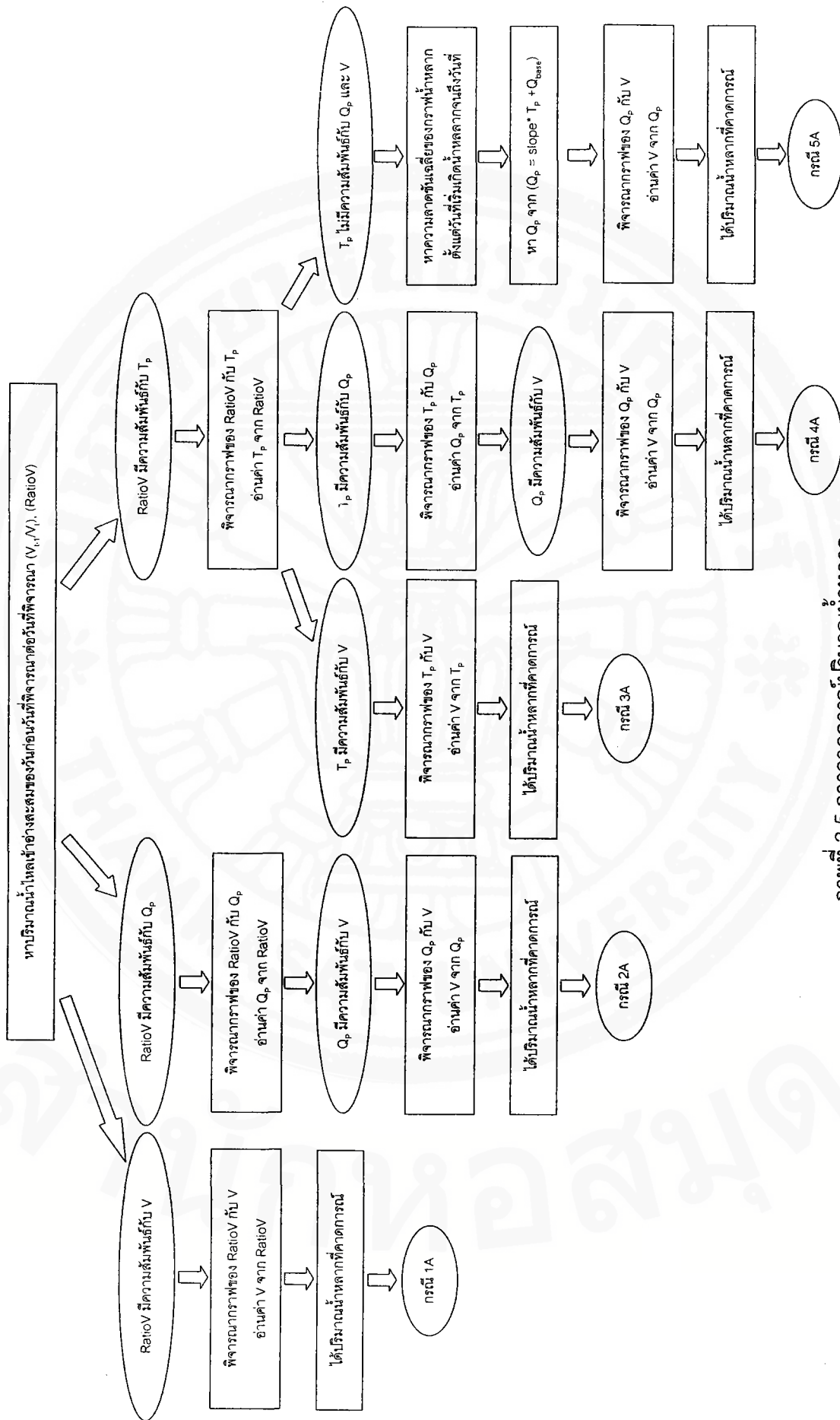
(1B) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&Q}_p$) จะสามารถคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดได้โดยนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า Q_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&Q}_p$

(2B) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&V}$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{V\&Q}_p$) จะสามารถคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดได้ โดยเริ่มจากนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&V}$ และนำค่า V ที่ได้ไปอ่านค่า Q_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $V\&Q_p$

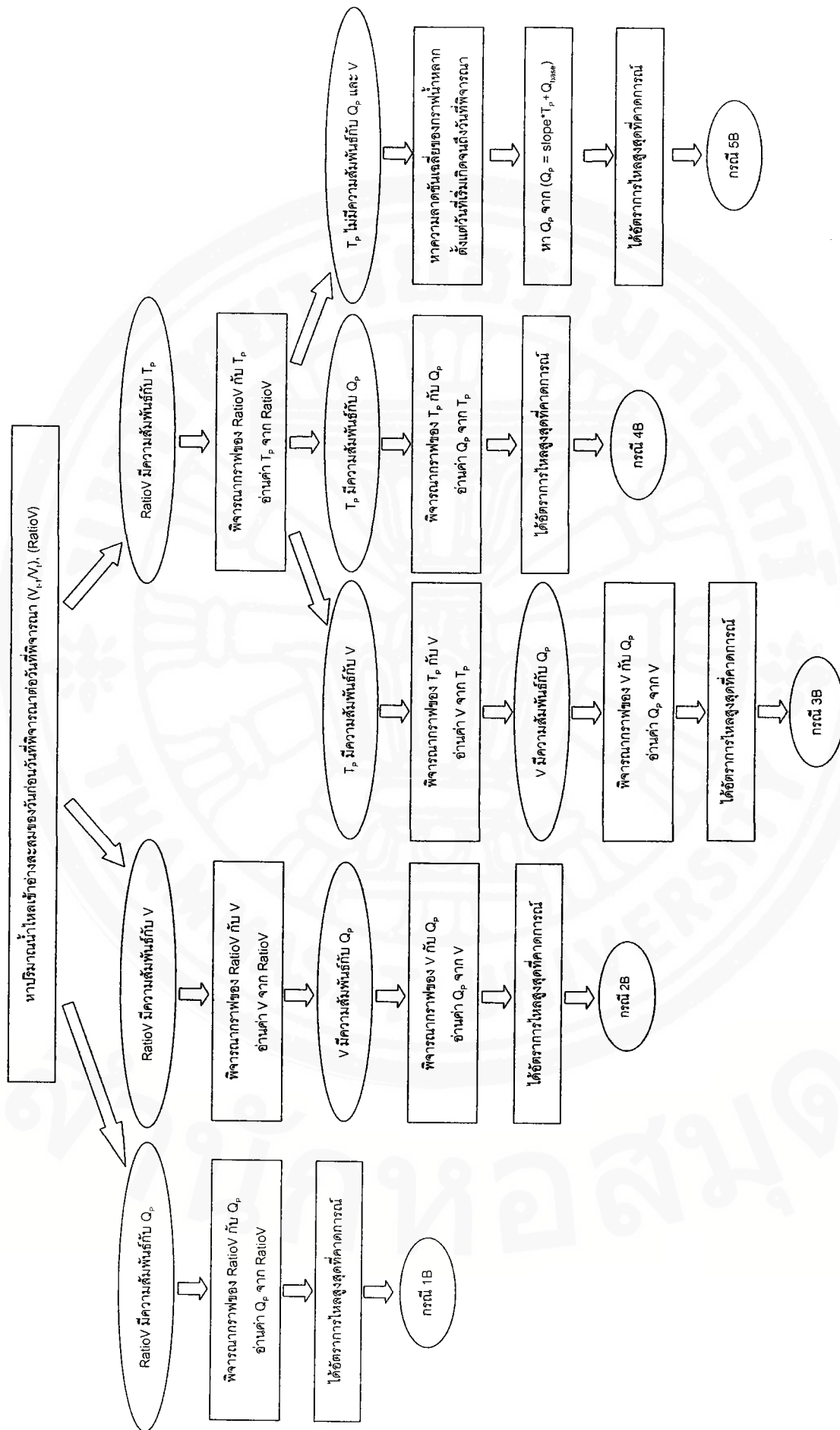
(3B) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&T}_p$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($T_p\&V$ และ $V\&Q_p$) ทั้งคู่ นั้น จะสามารถคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดได้ โดยเริ่มจากนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า T_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&T}_p$ จากนั้นนำค่า T_p ที่ได้ไปอ่านค่า V จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $T_p\&V$ และสุดท้ายนำค่า V ที่ได้ไปอ่านค่า Q_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $V\&Q_p$

(4B) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&T}_p$) และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($T_p\&Q_p$) จะสามารถคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดได้ โดยเริ่มจากนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า T_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&T}_p$ และนำค่า T_p ที่ได้ไปอ่านค่า Q_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $T_p\&Q_p$

(5B) กรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ($\text{RatioV\&T}_p$) จะสามารถคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดได้โดยนำค่า RatioV ที่ได้ไปอ่านค่า T_p จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{RatioV\&T}_p$ จากนั้นหาความลาดชันเฉลี่ยของกราฟน้ำหลากตั้งแต่วันที่เริ่มการเกิดน้ำหลากจนถึงวันที่พิจารณา (slope) เพื่อคำนวณหาค่า Q_p ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจาก $\text{Slope} \times T_p + Q_{\text{base}}$



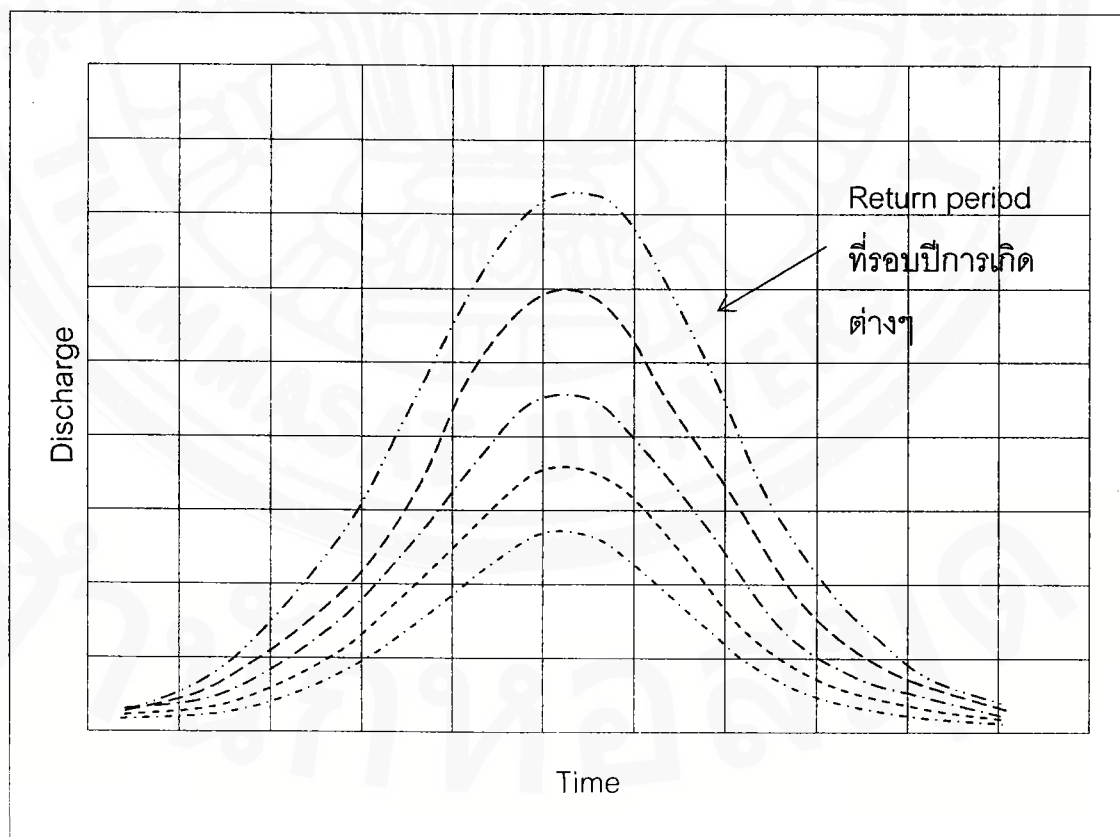
ภาพที่ 3.5 การคาดการณ์ปริมาณน้ำหลาก



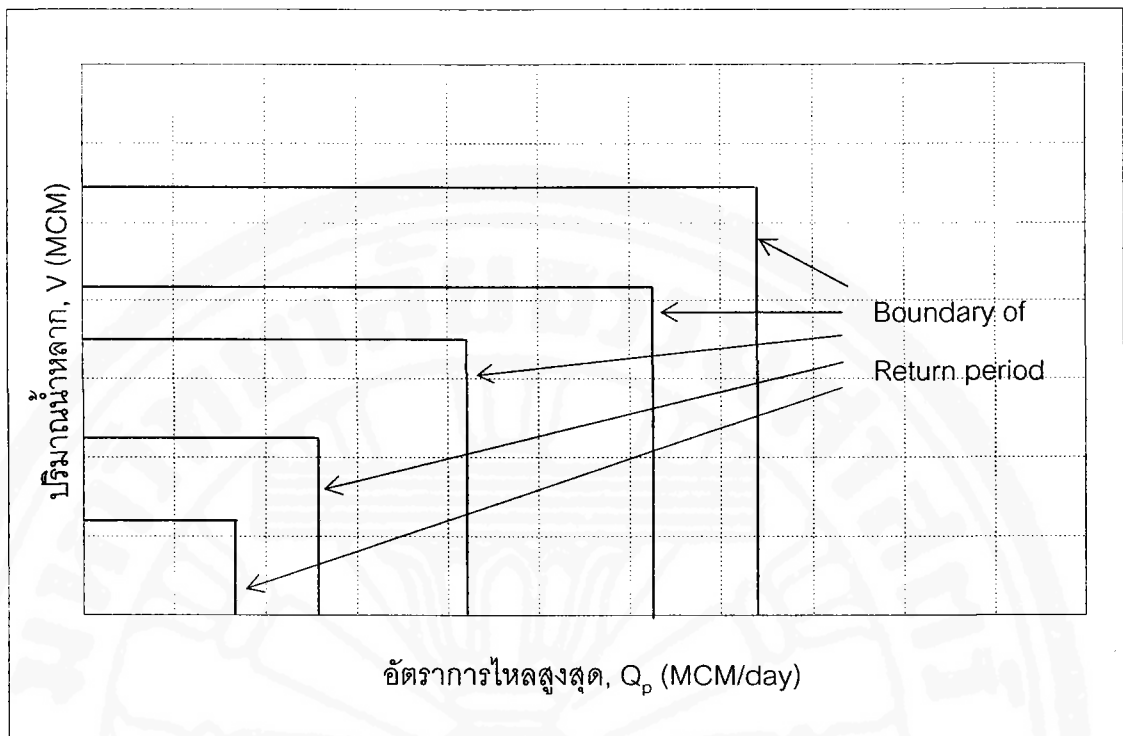
ภาพที่ 3.6 การคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุด

3.4 การคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุด

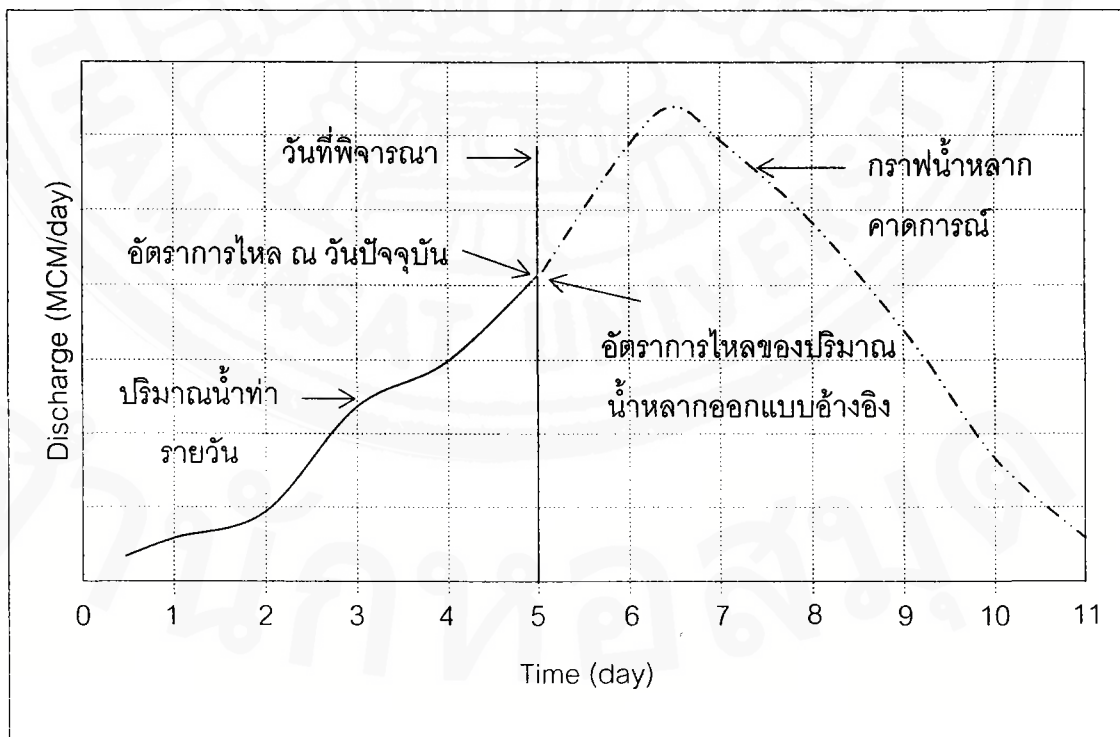
เพื่อให้ได้รูปร่างกราฟน้ำหลากและปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่าง ณ วันที่พิจารณา จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะกราฟน้ำหลาก (V , Q_p , T_p) กับปริมาณน้ำหลากสะสมเมื่อวานต่อวันนี้ ($RatioV$) เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำหลากคาดการณ์ (V^*) และอัตราการไหลสูงสุดคาดการณ์ (Q_p^*) จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิงที่รอบปีการเกิดต่างๆ (Design Flood) ของอ่างเก็บน้ำที่พิจารณา ดังภาพที่ 3.7 โดยความสัมพันธ์ในการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิง จะแสดงอยู่ในรูปของเมทริกซ์การเปรียบเทียบปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิง (ปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุด) ดังภาพที่ 3.8 เมื่อปริมาณน้ำหลากที่คาดการณ์และอัตราการไหลสูงสุดที่คาดการณ์ อยู่ในช่วงขอบเขตของรอบปีการเกิดซ้ำที่เท่าใดแล้ว ก็จะนำปริมาณน้ำหลากและอัตราการไหลสูงสุดของรอบปีการเกิดซ้ำนั้นมาเป็นกราฟน้ำหลากคาดการณ์ โดยจะนำกราฟน้ำหลากคาดการณ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำนั้นๆ มาเทียบกับกราฟน้ำท่ารายวัน ณ วันที่พิจารณา ในช่วงที่มีอัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเท่ากัน ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.7 รูปแบบปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิงที่รอบปีการเกิดต่างๆ



ภาพที่ 3.8 รูปแบบเมทริกซ์เปรียบเทียบปริมาณน้ำหลกออกแบบอ้างอิง

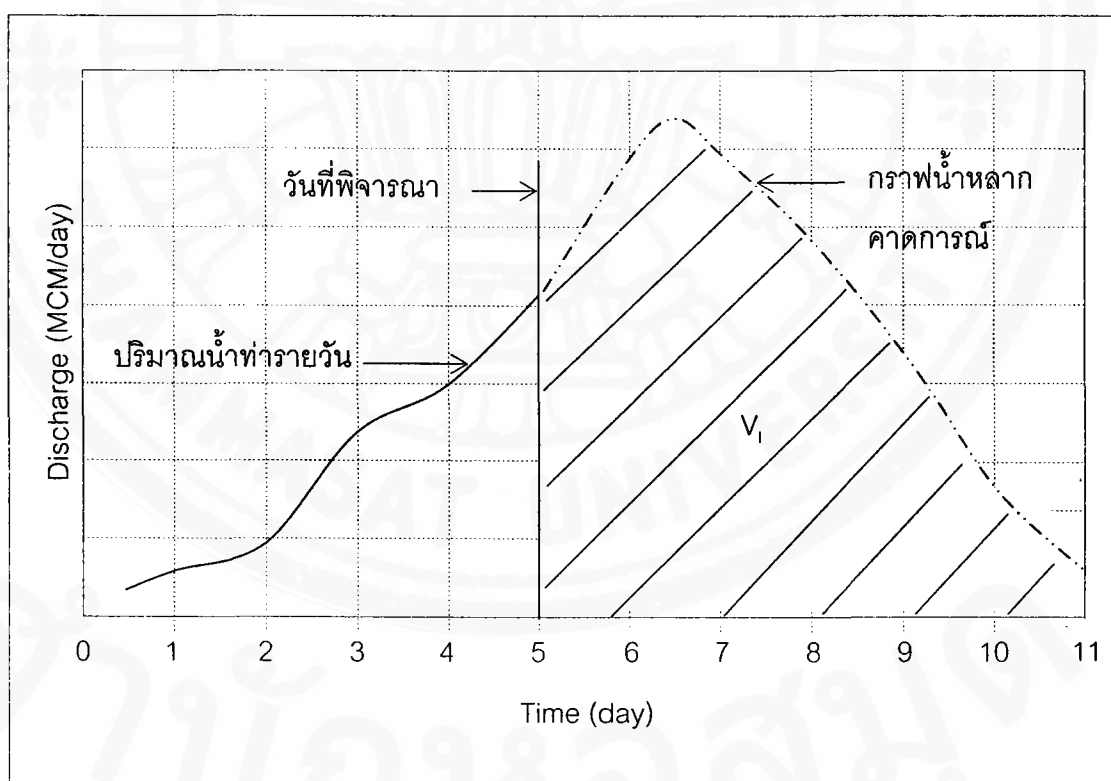


ภาพที่ 3.9 การต่อทาบกราฟน้ำหลกคาดการณ์กับปริมาณน้ำท่ารายวัน

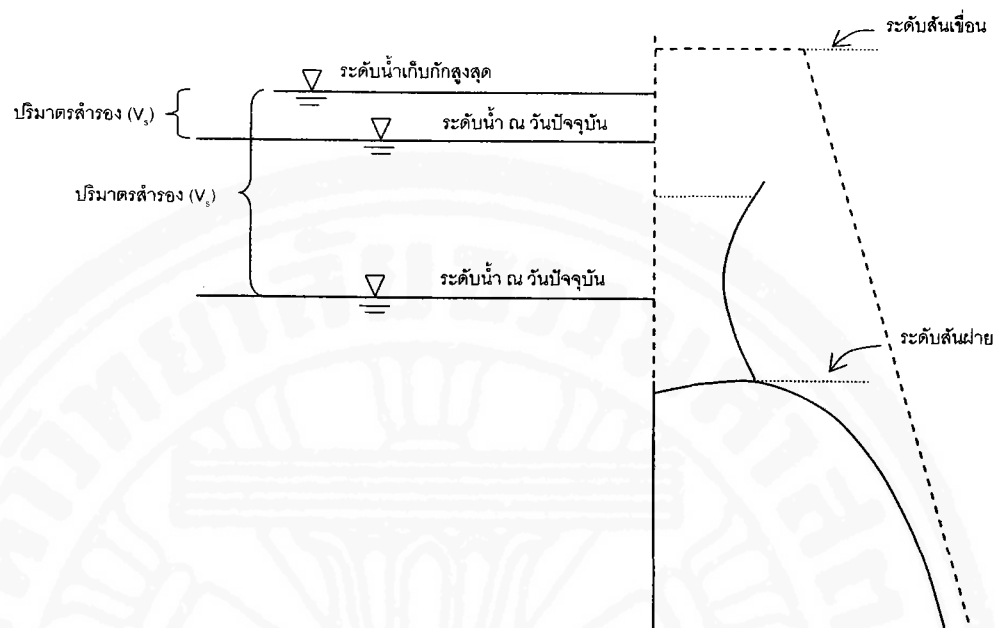
3.5 การหาอัตรากระบายน้ำ

เมื่อเราทราบปริมาณน้ำหลากที่เราคาดการณ์ได้แล้วนั้น เป็นปริมาณน้ำหลากออกแบบอ้างอิงที่รอบปีการเกิดใด และนำกราฟน้ำหลากออกแบบอ้างอิงที่ได้นั้นมาเทียบกับปริมาณน้ำท่ารายวัน ณ วันที่พิจารณา ปริมาณน้ำหลากที่กำลังจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำก็คือพื้นที่ใต้กราฟของกราฟน้ำหลากคาดการณ์ที่นำมาเทียบ (V_i) ดังภาพที่ 3.10 จากนั้นเราจะนำปริมาณน้ำหลากที่กำลังจะไหลเข้ามานี้ไปเปรียบเทียบกับปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำ เพื่อหาปริมาณน้ำที่ต้องระบาย ซึ่งปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำจะวัดจากระดับน้ำ ณ วันที่พิจารณาถึงระดับน้ำสูงสุดที่ยอมให้ ดังภาพที่ 3.11

การพิจารณาการระบายน้ำนั้น ถ้ากราฟน้ำหลากที่คาดการณ์ได้ไม่ว่าจะอยู่ในช่วงรอบปีการเกิดซ้ำที่เท่าใดก็ตาม หากปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำ ณ วันปัจจุบันที่พิจารณา มากกว่าปริมาณน้ำจากกราฟน้ำหลากคาดการณ์ที่จะไหลเข้ามาแล้ว ($V_s > V_i$) ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องระบายน้ำ



ภาพที่ 3.10 ปริมาณน้ำหลากที่กำลังจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 3.11 รูปแบบปริมาณสำรองและการรักษาระดับน้ำ

สามารถเก็บน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อให้หลังฤดูน้ำหลาก หรืออาจจะระบายน้ำขึ้นต่ำก็ได้ ดังสมการที่ 3.5 แต่ถ้าปริมาณสำรอง ณ วันปัจจุบันที่พิจารณา น้อยกว่าปริมาณของกราฟน้ำหลากคาดการณ์ ($V_s < V_I$) จะต้องมีการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ โดยจะรักษาขอบเขตของการระบาย ให้สามารถระบายปริมาณน้ำหลากส่วนที่เกินออกจากปริมาณสำรองของอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำหลากส่วนที่เหลือจากการระบายและกำลังจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำนั้น (V_I') จะต้องไม่เกินปริมาณสำรองที่มีอยู่ ณ วันปัจจุบัน ($V_I' < V_s$) ดังสมการที่ 3.6 และแสดงได้ดังภาพที่ 3.12

$$V_s > 0; \quad V_s > V_I, \quad V_R = 0 \quad (3.5)$$

$$V_I' = V_I \quad \text{โดยที่ } V_I' < V_s$$

$$V_s < V_I, \quad V_R = V_I - V_s \quad (3.6)$$

$$V_I' = V_I - V_R \quad \text{โดยที่ } V_I' < V_s$$

- เมื่อ
- V_R = ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ
 - V_I = ปริมาณน้ำหลากคาดการณ์ที่กำลังจะไหลเข้ามา
 - V_I' = ปริมาณน้ำหลากส่วนที่เหลือจากการระบายและกำลังจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ
 - V_s = ปริมาณสำรองของอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่พิจารณา

เมื่อรู้ถึงปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกแล้ว การพิจารณาการระบายน้ำที่จะต้องระบายออกในแต่ละวันนั้น ได้สมมติให้ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกเป็นกราฟของการระบายรูปสามเหลี่ยมดังภาพที่ 3.13 โดยจุดสูงสุดของกราฟการระบายนั้นจะต้องอยู่ในช่วงของการลดลงของกราฟน้ำหลากที่คาดการณ์ได้ [เนื่องจากการหาปริมาตรเก็บกักนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (inflow) แต่จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลออก (outflow)] และอัตราการระบายสูงสุดจะต้องไม่เกินปริมาณความจุของลำน้ำทางด้านท้ายน้ำที่สามารถรับได้ เพื่อป้องกันการเกิดอุทกภัยบริเวณท้ายน้ำ โดยปริมาณน้ำที่กำลังจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าปริมาตรสำรองที่มีอยู่ระยะเวลาในช่วงของกราฟการระบายน้ำรูปสามเหลี่ยมตั้งแต่แรกเริ่มจนถึงเวลาที่มีการระบายสูงสุดจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของระยะเวลาการระบายน้ำทั้งหมด และความลาดชันในช่วงการเพิ่มขึ้นของกราฟอัตราการระบายนั้น จะต้องชันน้อยที่สุดที่จะเป็นไปได้ ดังสมการที่ 3.8

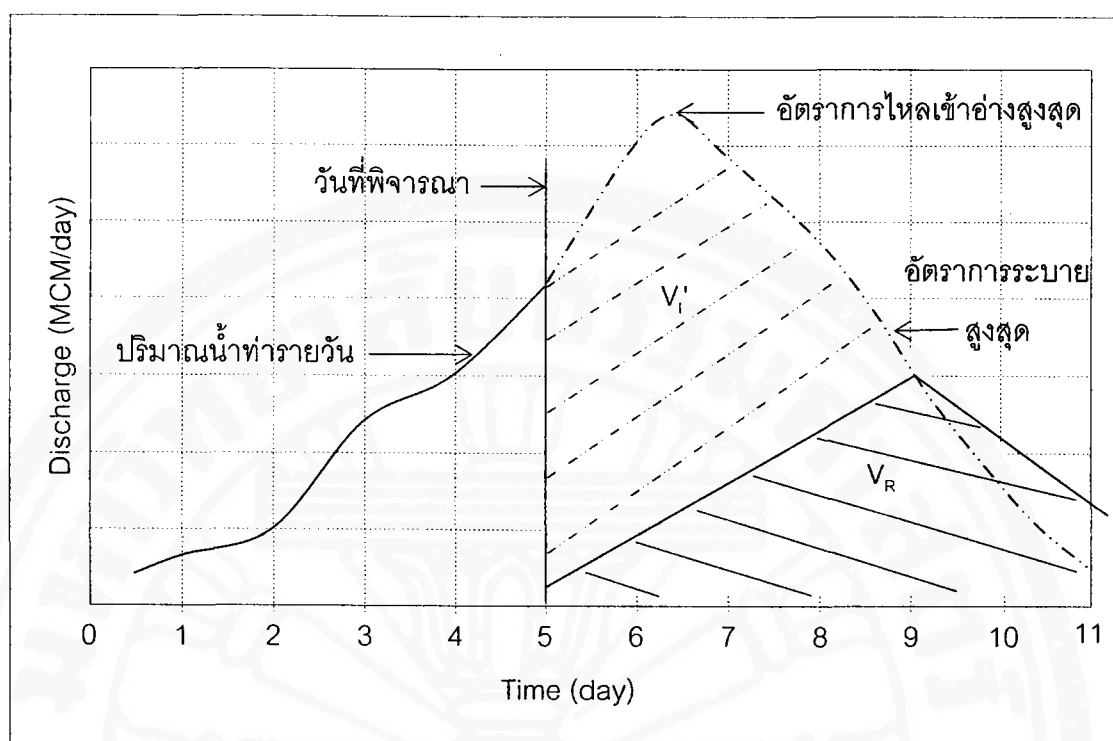
$$S_R = R_t - R_{t-1} \quad (3.8)$$

$$\text{เมื่อ} \quad \sum_{i=0}^{t=t_{Rp}} (Q_i - R_i) \leq V_s$$

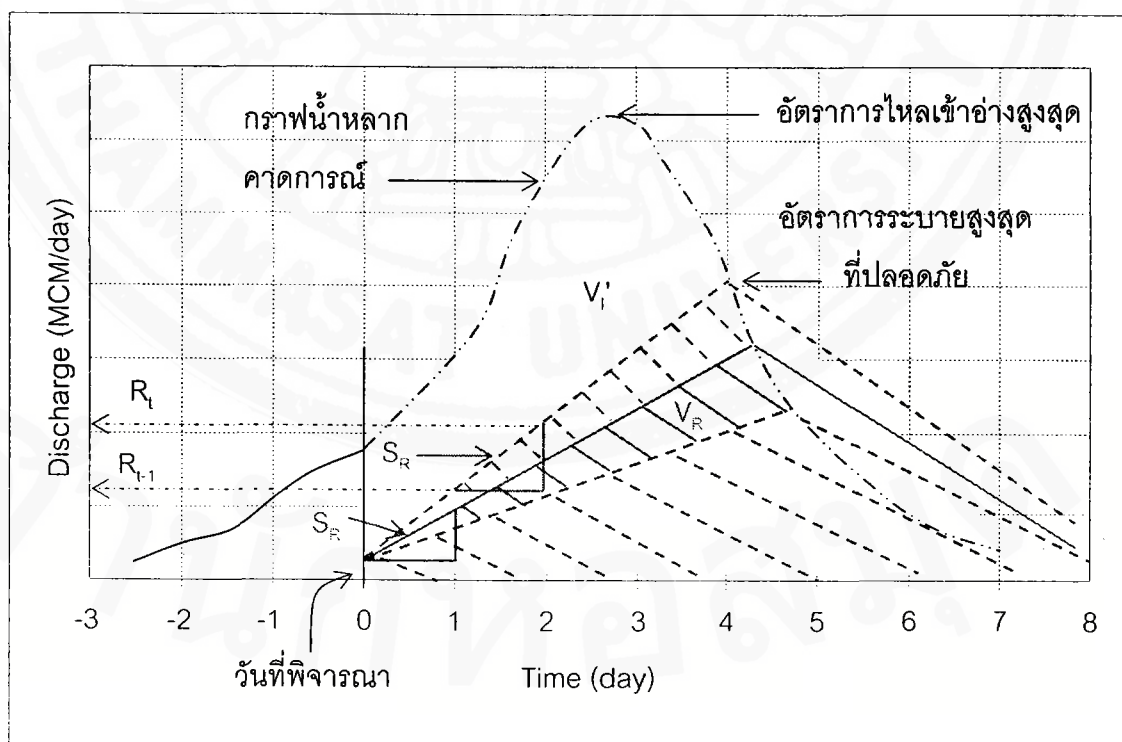
$$\text{และ} \quad R_p \leq Q_s$$

โดย S_R = ความลาดชันในช่วงการเพิ่มของกราฟอัตราการระบายน้ำที่ชันน้อยที่สุด
 R_t = อัตราการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำของวันที่ t
 R_{t-1} = อัตราการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำของวันที่ $t-1$
 R_p = อัตราการระบายน้ำสูงสุด
 Q_t = อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของกราฟน้ำหลากคาดการณ์ในวันที่ t
 Q_s = อัตราการระบายน้ำสูงสุดที่ปลอดภัย
 V_s = ปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่พิจารณา

อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณน้ำหลากคาดการณ์ที่กำลังจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (V_i') มากกว่าปริมาตรสำรองของอ่างเก็บน้ำ (V_s) ซึ่งในขณะนั้นมีการระบายน้ำเต็มความจุลำน้ำอยู่แล้ว จะต้องพิจารณาถึงความมั่นคงปลอดภัยของตัวเขื่อน เนื่องจากถ้าเขื่อนเกิดการพังทลาย จะทำให้เกิดน้ำท่วมด้านท้ายน้ำและมีความเสียหายตามมาอย่างมาก จึงจำเป็นที่จะต้องระบายน้ำเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำในลำน้ำอีกก็ตาม ทั้งนี้เพื่อความมั่นคงปลอดภัยของตัวเขื่อน



ภาพที่ 3.12 ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 3.13 การหาความลาดชันของกราฟอัตราการระบายน้ำ

เมื่อเราทราบค่าการระบายน้ำในแต่ละวันของน้ำหลากลูกหนึ่งๆ แล้วก็จะนำค่าการระบายน้ำในแต่ละวันของน้ำหลากที่เกิดขึ้นนั้น มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเก็บกักกับการระบายน้ำ (Storage&Outflow) ซึ่งความสัมพันธ์นี้จะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำหลากในช่วงการเริ่มเกิดขึ้นของน้ำหลากจนถึงส่วนยอดของน้ำหลาก และใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำหลากในอดีตนี้เป็นตัวแทนปริมาณน้ำที่จะระบายออก เมื่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของหลากที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมีค่าใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำหลากในอดีตใด ก็จะสามารถระบายน้ำตามปริมาณการระบายน้ำของน้ำหลากที่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลในอดีตนั้นได้

