การประมาณปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

ESTIMATION OF PROPABLE MAXIMUM PRECIPITATION (PMP) FOR UPPER PING RIVER BASIN

ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร (Chatchai Jothityangkoon)[1]

เชาวน์ หิรัญตียะกุล (Chow Hirunteeyakul)[2]

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี cjothit@sut.ac.th

[2] อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี chow@sut.ac.th

บทคัดย่อ : มาตรฐานการออกแบบเขื่อนขนาดใหญ่ กำหนดให้ใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Flood, PMF) เพื่อใช้ในการพิจารณาความสามารถรับน้ำและระบายน้ำออกจากเขื่อน ซึ่งมีผลต่อความมั่นคงปลอดภัยของตัวโครงสร้างของเขื่อน แต่การกำหนดค่า PMF ได้จำเป็นต้องประมาณค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) ก่อนและใช้แบบจำลองทางอุทกวิยาเปลี่ยนเป็น PMF การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่า PMP สำหรับเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทย โดยใช้เขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ ซึ่งรับน้ำจากลุ่มน้ำปิงตอนบน ใช้วิธีประมาณค่า PMP 3 วิธี เปรียบเทียบกันคือ (1) วิธี Statistical Estimates พัฒนาโดย Hershield ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด 56 ปี (2494-2549) (2)วิธี Generalized Estimates สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง ต่อกราฟอ่านค่ามายังลุ่มน้ำปิงตอนบน และ (3)วิธี Generalized Estimates โดยใช้ข้อมูลพายุฝนสูงสุดในประเทศไทย คือพายุโซนร้อน Tilda มีศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด ปี 2507 ย้ายพายุฝนมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน ผลจากทั้ง 3 วิธีได้ค่า PMP เท่ากับ 382 574 และ 363 มิลลิเมตร ที่ช่วงเวลา 1 วัน 7 วัน และ 7 วันตามลำดับ

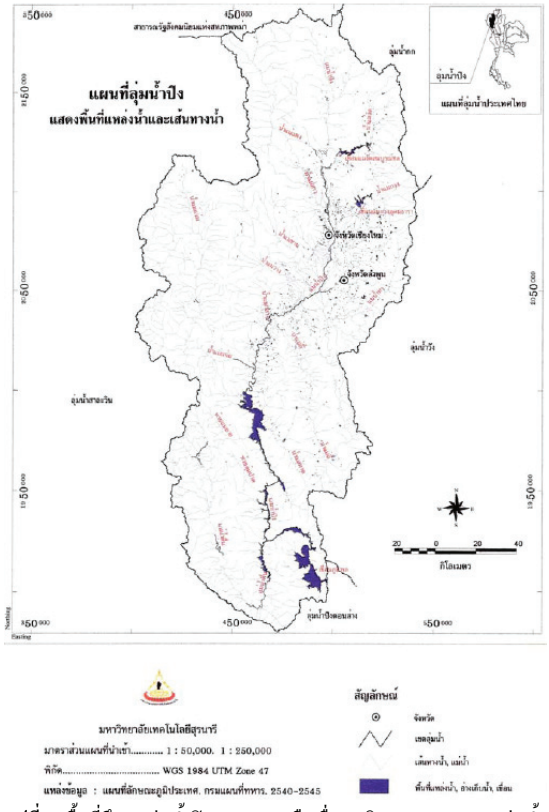
ABSTRACT : The design standard for the design of large hydraulic structures requires important hydrologic data so-called probable maximum flood (PMF). This extreme flood is used to evaluate reservoir storage and spillway capacity of the dam for the reason of dam safety and dam stability. The estimation of PMF initially requires probable maximum precipitation (PMP) and a hydrological model is used to convert PMP to PMF. The objective of this study is to estimate PMP for a large dam in Thailand by using the Bhumibol Dam which receiving discharge from Upper Ping River Basin as a pilot case. There are 3 methods for comparative study: (1) Statistics estimates developed by Hershield using annual maximum rainfall in 56 years (1951-2006) (2) Generalized Estimates for Mekong River basin, extrapolation to Upper Ping River Basin and (3) Generalized Estimates using maximum tropical storm occurring in Thailand called Tilda, its center was at Roi-et province in 1964 and transposition to Upper Ping River Basin. The estimated PMP from 3 methods are 382, 574 and 363 mm. duration 1, 7 and 7 day respectively.

KEYWORDS : Probable Maximum Precipitation, PMP, PMF, Upper Ping River Basin, Generalized Estimates

1. บทนำ

ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (PMP) คือความลึกของปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในทางทฤษฎีหรือเต็มตามศักยภาพ สำหรับช่วงเวลาการตกที่กำหนด มีความเป็นไปได้ทางกายภาพที่จะเกิดขึ้นเหนือพื้นที่ที่มีพายุฝนที่กำหนด เกิดขึ้นเฉพาะภูมิภาคนั้น เฉพาะช่วงเวลาหนึ่งของปี ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่างจุดศูนย์กลางของฝนเหนือขอบเขตลุ่มน้ำที่กำหนด [1]

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประมาณค่า PMP ด้วยวิธีต่างๆ ก่อนใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเปลี่ยนเป็น PMF ต่อไป เพื่อตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำและระบายน้ำออกจากเขื่อน ตามมาตรฐานของการออกแบบเขื่อนขนาดใหญ่ การศึกษานี้ได้เลือกลุ่มน้ำปิงตอนบน แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำของเขื่อนภูมิพลเป็นต้นแบบ ขนาดลุ่มน้ำปิงตอนบน จุดที่ตั้งตัวเขื่อนมีพื้นที่ 26,386 km^2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปี 2549 สภาพการใช้ที่ดินประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ 77 % เกษตรกรรม 10 % ชุมชน 12 % และผิวน้ำ 1 %



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำปิงตอนบนเหนือเขื่อนภูมิพลแสดงขอบเขตลุ่มน้ำและโครงข่ายลำน้ำ

2. วิธี Statistical Estimates

วิธีนี้พัฒนาโดย Hershield อธิบายอยู่ในคู่มือ [1] เป็นการประมาณค่า PMP อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปจะใช้กับลุ่มน้ำขนาดเล็ก แต่สามารถนำมาใช้กับลุ่มน้ำขนาดใหญ่ได้ด้วยเช่นกัน สมการของ Hershield อยู่บนพื้นฐานของการประมาณทางสถิติของฝน 24 ชั่วโมง ดังนี้

$$P_{\max} = [P_{mean,n} F_{11} + K_{\max} S_n F_{12}] F_2 F_3 \quad (1)$$

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

$P_{mean,n}$ = Mean of annual maxima of n annual record

S_n = Standard deviation of record

F_{11} = Adjusted of $P_{mean,n}$ for length of record

F_{12} = Adjusted of $P_{mean,n}$ for S_n

F_2 = Adjusted of fixed observational time interval

F_3 = Adjusted for transition from point rainfall to areal rainfall

การหาค่าฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนในตารางที่ 1 การใช้ข้อมูลช่วงยาว 56 ปี ค.ศ. 1951-2006 มีข้อมูลเพียง 4 สถานี แต่หากใช้ข้อมูลช่วงยาว 24 ปี ค.ศ. 1982-2005 มีข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็น 8 สถานี เมื่อนำพารามิเตอร์ในคู่มือของ WMO [1] ตามสมการ (1) มาใช้กับข้อมูลทางสถิติของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในตารางที่ 2 ได้ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน มีค่า 382 มม. ค่าพารามิเตอร์และผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 รายชื่อและข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดรายปี ช่วงเวลาต่างๆ

รหัส	ชื่อสถานี	ฝนรายปีเฉลี่ย(มม.)	Thiessen Weight(%)	
16220	Ban Mae Phu	1096.2	15.60	-
328201	Lampang*	1034.8	1.00	15.50
303201	Chiang Rai	1673.4	2.00	-
200201	Mae Hong Son*	1289.4	3.40	3.70
300202	Mae Sariang*	1115.7	19.70	25.50
329201	Lamphun	973.5	21.60	-
07391	Maung Chiang Mai	972.1	14.20	-
327501	Chaing Mai*	1113.5	22.40	55.40
	รวม		100.00	100.00

หมายเหตุ : * สถานีที่มีช่วงเวลาข้อมูลตั้งแต่ ค.ศ. 1951-2006 ที่เหลือมีช่วงเวลาข้อมูลตั้งแต่ ค.ศ. 1982-2005

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ ช่วงเวลาต่างๆ

จำนวนสถานีและจำนวนปีของข้อมูล	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.) ช่วงเวลา		
	1วัน	2วัน	3วัน
กรณี 1: 8 สถานี ช่วง 1982-2005			
Mean	43.9	63.5	77.1
Standard deviation	11.7	16.8	18.4
กรณี 2: 4 สถานี ช่วง 1951-2006			
Mean	77.6	98.4	113.3
Standard deviation	16.2	20.5	22.9

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการหาค่า PMP ของฝนช่วงเวลา 1 วัน

รายการพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
ความยาวของข้อมูล(ปี)	56
$P_{mean,n}$ (มม.)	77.6
S_n	16.2
$K_{\max}$ (คู่มือ WMO รูปที่ 4.1)	16.1
F_{11} (คู่มือ WMO รูปที่ 4.4)	1.00
F_{12} (คู่มือ WMO รูปที่ 4.4)	1.00
F_2 (คู่มือ WMO หน้า 100)	1.13
F_3	1.00
PMP 24 ชั่วโมง (มม.)	382

3. วิธี Generalized Estimates ลุ่มแม่น้ำโขง

จากผลการศึกษาของ[2] ที่สามารถประมาณค่า PMP 24 ชั่วโมง พื้นที่ 5000 km^2 สำหรับลุ่มแม่น้ำโขง หากต่อขยายมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน อ่านค่าPMP ได้ประมาณ 400 มิลลิเมตร จากกราฟ ความลึก ช่วงเวลา พื้นที่ ของ PMP สำหรับพื้นที่ 5000 km^2จัดทำโดย[2] เมื่อนำมาใช้กับพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิงตอนบน จากขนาดพื้นที่อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ จากกราฟความลึก-ช่วงเวลา-พื้นที่ ของ PMP 24 ชั่วโมง 5000 km^2 ได้ค่า PMP ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 PMP 6 ชั่งโมงจนถึง 72 ชั่วโมง สำหรับ ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ช่วงเวลา(ชั่วโมง)	PMPสะสม(%)	PMPสะสม(มม.)
6	23	92
12	35	140
18	47	188
24	55	220
48	73	292
72	87	348

จากตารางที่ 4 กระจายค่า PMP ออกเป็นทุก 6 ชั่วโมงและ จัดเรียงลำดับ จากมากไปหาน้อย รวมกลุ่ม 4 ค่า เป็นทุก 24 ชั่วโมง ได้ PMP ค่าสูงสุดเรียงลำดับแต่ละวันดังนี้ 220, 72 และ 56 มิลลิเมตร กำหนดให้ค่าสูงสุดอยู่ตรงกลางเป็นของวันที่ 2 เป็นไปได้ 2 แบบคือ (1) 72, 220, 56 และ(2) 56, 220, 72 มิลลิเมตร

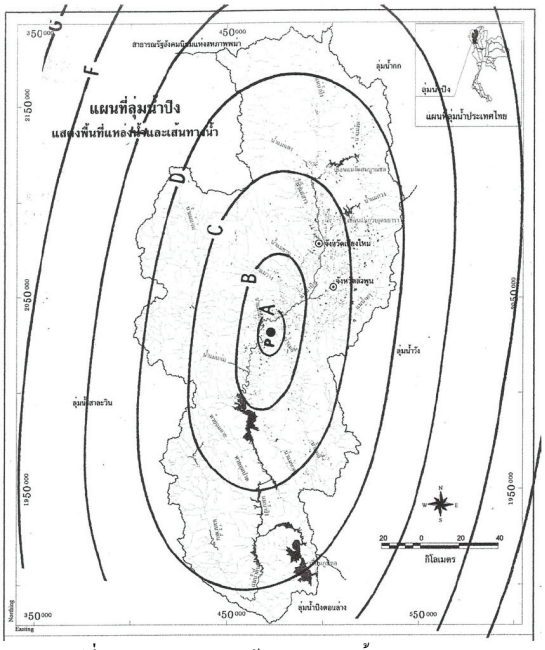
ลำดับการเกิดของพายุฝน เกณฑ์ของ[2] กำหนดให้มีพายุฝนที่เกิดขึ้นก่อนขนาด 50 % ของ PMP กรณีวันที่ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน 3 วัน และขนาด 65 % ของ PMP กรณีวันที่ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน 4 วัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พายุฝนที่เกิดต่อเนื่องกันกับ PMP

กรณีที่	วันที่	ลำดับที่	ปริมาณฝน(มม.)
(1) ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน3วัน	1	2nd	36
พายุฝนเกิดขึ้นก่อน 50%	2	1st	110
= 174 มม.	3	3rd	28
พายุฝนPMP 100 %	4	3rd	56
= 348 มม.	5	1st	220
รวม 522 มม.	6	2nd	72
(2) ฝนตกหนักที่สุดห่างกัน4วัน	1	2nd	47
พายุฝนเกิดขึ้นก่อน 65%	2	1st	143
= 226 มม.	3	3rd	36
	4	ฝนปกติ	
พายุฝนPMP 100 %	5	2nd	72
= 348 มม.	6	1st	220
รวม 574 มม.	7	3rd	56

การกระจายของฝนตามพื้นที่ใช้ Isohyetal pattern กำหนดโดย [1] วางจุดศูนย์กลางให้อยู่กลางพื้นที่ศึกษา บิดรูปให้เกิดปริมาณน้ำฝนตกในลุ่มน้ำมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2

ปริมาณน้ำฝน ที่ตกกระจายตามพื้นที่หาค่าได้จากการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายของฝนตามเส้นชั้นน้ำฝนต่างๆ จากค่า PMPสูงสุด 6 ชั่วโมง ลำดับต่างๆ กำหนดโดย [2] ดังแสดงในตารางที่ 6 การคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ของ PMP 6 ชั่วโมงที่มีค่าสูงสุด โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ตามวงปิดของเส้นชั้นน้ำฝน แสดงในตารางที่ 7 ฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ = (1,846,710/26,400) = 69.95 มม.



รูปที่ 2 Isohyetal pattern ซ้อนทับบนลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำฝนตามเส้นชั้นน้ำฝนสำหรับพายุฝนทุก 6 ชั่วโมง

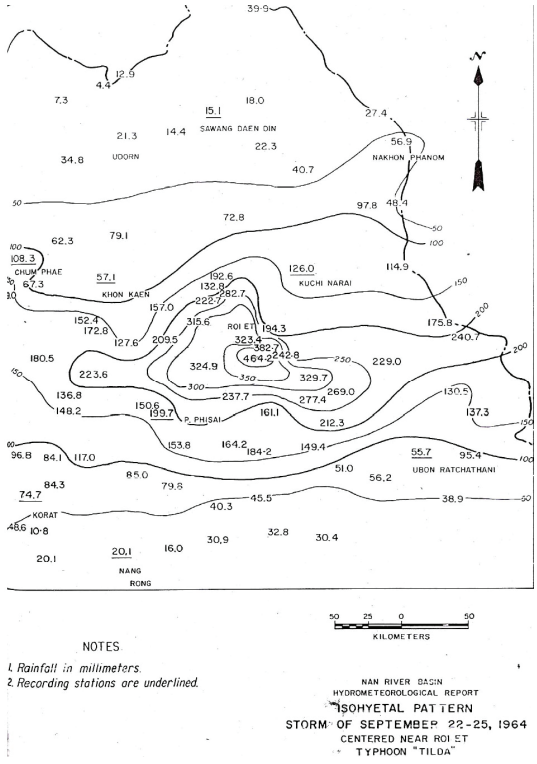
Isohyet	PMP 6 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดอันดับ							
เส้นที่	1st(90 มม.)		2nd(53 มม.)		3rd(43 มม.)		4th(34 มม.)	
	%	มม.	%	มม.	%	มม.	%	มม.
P	250	225	175	93	175	75	185	63
A	220	198	150	80	144	62	140	48
B	155	140	122	65	122	52	115	39
C	95	86	100	63	96	41	95	32
D	55	580	70	37	74	32	74	25
E	28	25	50	27	50	22	60	20

ตารางที่ 7 การคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่

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

4. วิธี Generalized Estimates ใช้พายุฝนในประเทศไทย

จากผลการศึกษาของลุ่มน้ำน่านโดย [3] ได้เลือกพายุฝนที่ทำให้เกิดฝนตกหนักที่สุดวันที่ 22-24 กันยายน พ.ศ. 2507 มีศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นพายุไต้ฝุ่นชื่อ Tilda มีการบันทึกข้อมูลเส้นชั้นน้ำฝนรายวัน เส้นทางพายุไว้เป็นอย่างดี ดังแสดงในรูปที่ 3



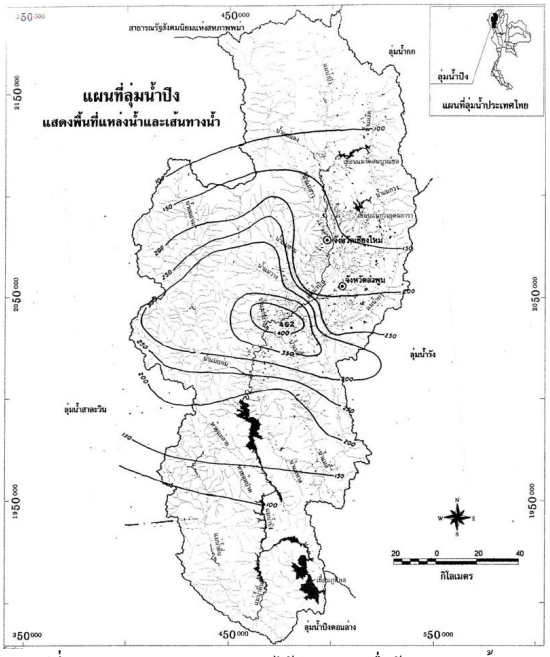
รูปที่ 3 Isohyetal pattern ของพายุไต้ฝุ่น Tilda มีจุดศูนย์กลางที่ จ.ร้อยเอ็ด

การย้ายตำแหน่งพายุฝน โดยย้ายพายุไต้ฝุ่น Tilda ซึ่งศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด มายังลุ่มน้ำปิงตอนบน ดังแสดงในรูปที่ 4 การย้ายตำแหน่งจำเป็นต้องมีการปรับแก้สำหรับความแตกต่างของ ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ระหว่าง 2 พื้นที่ดังนี้

4.1 ความชื้น

การปรับแก้สำหรับค่าความชื้นสูงสุด ใช้ข้อมูลอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (Dew point) ของพื้นที่โดยรอบที่เกิดพายุฝน และค่าอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างสูงสุดที่เหนือระดับน้ำทะเลในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า 27 °C ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยคงที่ตลอด 12 ชั่วโมง และนำมาใช้กับลุ่มน้ำน่าน [3] เนื่องจากในภูมิภาคร้อนชื้น ค่าอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง มีค่าสูงอย่างต่อเนื่อง ใกล้เคียงกับค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ดังนั้นการปรับแก้ความชื้นให้เป็นค่าสูงสุดจึงมีความสำคัญน้อยภูมิภาค Middle Latitude เช่น สหรัฐอเมริกา



รูปที่ 4 Isohyetal pattern ของพายุไต้ฝุ่น Tilda เมื่อย้ายมายังลุ่มน้ำปิงตอนบน

4.2 ระยะทางแนวราบผิวดิน

หากใช้ข้อมูลผลการศึกษา PMP ของลุ่มแม่น้ำโขงจาก [2] PMP 72 ชั่งโมง ที่ชายฝั่งทะเลเวียดนามมีค่า 1200 มม. เมื่อพายุฝนพัดเข้าถึง จ.ร้อยเอ็ด มีค่าลดลงเป็น 450 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณฝนสูงสุดที่วัดได้จากการเกิดพายุ Tilda PMP ที่ จ.ร้อยเอ็ด มีค่า 40 % ของ PMP ที่เกิดจากชายฝั่งเวียดนาม ผลการศึกษาของลุ่มน้ำน่าน ซึ่งอยู่ไกลจากชายฝั่งเวียดนามมากกว่า จ.ร้อยเอ็ด จึงประมาณค่าการลดลงเพิ่มอีก 10 % ในกรณีของลุ่มน้ำปิงซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกไกลออกไปอีก ประมาณว่ามีค่าลดลงเพิ่มขึ้นเป็น 20 % จาก จ.ร้อยเอ็ด

4.3 ค่าระดับ

การศึกษาของลุ่มน้ำน่านไม่มีการปรับแก้ค่าระดับ เพราะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จุดศูนย์กลางพายุที่ จ.ร้อยเอ็ด มีค่าระดับ 140 เมตร(MSL) ลุ่มน้ำน่านมีค่าระดับ 200 เมตร (MSL) ลุ่มน้ำปิงมีค่าระดับ 310 เมตร (MSL) จึงไม่มีการปรับแก้เช่นกัน

4.4 สิ่งกีดขวาง

ทิวเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นขอบเขตด้านตะวันออกของลุ่มน้ำน่านมีค่าระดับประมาณ 1500 เมตร มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของพายุไต้ฝุ่น ขณะที่จุดศูนย์กลางพายุเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกข้ามลุ่มน้ำน่าน ทำให้ปริมาณฝนลดลง ใช้ค่าปรับแก้ความชื้นของพายุฝนลดลง 14 % จากลุ่มน้ำน่านถึงลุ่มน้ำปิงตอนบน มีแนวเทือกเขากั้นขวางอยู่เป็นระยะแต่ไม่ต่อเนื่องเหมือน ทิวเขาหลวงพระบาง ดังนั้นจึงใช้ค่าปรับแก้ความชื้นของพายุฝนลดลง 20 %

4.5 Latitude

ผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาพบว่า ขนาดพายุฝนสูงสุดเหนือเส้น Latitude 30°N จะลดลง เช่นเดียวกับพายุฝนที่เกิดใต้เส้น Latitude 15°N แต่พายุไต้ฝุ่นจะมีกำลังเต็มที่เหนือเส้น Latitude 15°N ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้ Latitude ของการเคลื่อนที่ของพายุฝนในลุ่มน้ำปิง เพราะ อยู่เหนือ Latitude 15°N

4.6 ฤดูกาล

พายุไต้ฝุ่น หรือ พายุหมุนเขตร้อน มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายน จนถึงพฤศจิกายน ดังนั้นจึงไม่มีการปรับแก้สำหรับฤดูกาล

สรุปผลการประมาณค่า PMP โดยปรับแก้แต่ละขั้นตอนแสดงในตารางที่ 8 เมื่อกระจายข้อมูลเป็นทุก 6 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 9 เปรียบเทียบกับลุ่มน้ำน่าน กำหนดสภาพเงื่อนไขมีพายุช่วงเวลา 3 วัน 2 ลูกติดกัน โดยพายุฝนที่เกิดตามมามีขนาด 50 % ของพายุฝนลูกแรก PMP ในช่วง 7 วัน แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 การประมาณค่า PMP ในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูล Depth-area-duration พายุฝน Tilda และ Vae จากตาราง 3-1 ใน [3]

หน่วย: มม.

รายการปรับแก้	ค่าปรับแก้	PMP ช่วงเวลาต่างๆ (ชั่วโมง)					
		6	12	24	36	48	72
1.PMP	-	72	145	230	261	321	345
2.ระยะทาง	ลดลง 20%	58	116	184	209	257	276
3.สิ่งกีดขวาง	ลดลง 20%	49	99	156	177	218	235
4.ความชื้นสูงสุด	เพิ่ม 1.03	50	102	161	183	225	242

ตารางที่ 8 การประมาณค่า PMP ที่เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา 6 ถึง 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบระหว่าง 2 ลุ่มน้ำ

ช่วงเวลา (ชั่วโมง)	ลุ่มน้ำน่าน (มม.)		ลุ่มน้ำปิงตอนบน (มม.)	
6	4	วันที่ 1	11	วันที่ 1
12	4	20 มม.	11	64 มม.
18	6		21	
24	6		21	
30	30	วันที่ 2	30	วันที่ 2
36	109	206 มม.	52	161 มม.
42	41		50	
48	26		29	
54	4	วันที่ 3	5	วันที่ 3
60	4	14 มม.	4	17 มม.
66	4		4	
72	2		4	
รวม	240		242	

ตารางที่ 9 การประมาณค่า PMP ในช่วง 7 วัน

ช่วงเวลา (วัน)	ลุ่มน้ำน่าน (มม.)	ลุ่มน้ำปิงตอนบน (มม.)
1	20	64
2	206	161
3	14	17
4	0	0
5	5	8
6	103	81
7	7	32
รวม	360	363

5. สรุป

ผลการประมาณค่า PMP ทั้ง 3 วิธี กรณีช่วงเวลา 1 วัน วิธี Statistical Estimates ให้ค่าสูงสุด คือ 382 มม. อาจมีค่ามากเกินไปสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ วิเคราะห์จากพายุฝนจากประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับ PMP ช่วงเวลา 7 วัน วิธี Generalized Estimate สำหรับลุ่มน้ำโขงให้ค่า 574 มม. สูงกว่าวิธี Generalized Estimate โดยใช้ข้อมูลพายุฝนสูงสุดในประเทศไทย คือพายุโซนร้อน Tilda ซึ่งประมาณได้ 363 มม.

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และคณะผู้ศึกษาขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล สำนักงานอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ และกฟผ.

7. เอกสารอ้างอิง

[1] World Meteorological Organization (1986), Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, WMO-No.332, Second Edition.

[2] U.S. Department of Commerce and U.S. Department of the Army (1970), Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin, Hydrometeorological report No.46.

[3] Engineering Consultants, ING(1969), Nan Multipurpose Project: Nan River Basin, Hydrometeorological Report.