

ผลการทดสอบ CO-RUN ในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล 13/7/2020-30/9/2020

โครงการวิจัยเข้มมุ่ม สำนักประสานงานวิจัยการจัดการน้ำเชิงยุทธศาสตร์
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

รศ.ดร.อารีญา ฤทธิมา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

กรมชลประทาน สามเสน

E-mail: areeya.rit@mahidol.ac.th

11 กันยายน 2563

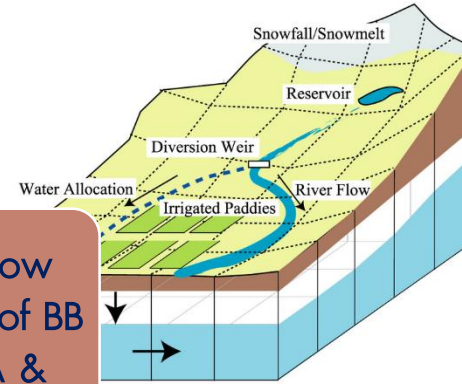
โครงการวิจัยเชื่อมโยง สำนักประสานงานวิจัยการจัดการน้ำเชิงยุทธศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

สุจิตต์ คุณธนกุลวงศ์

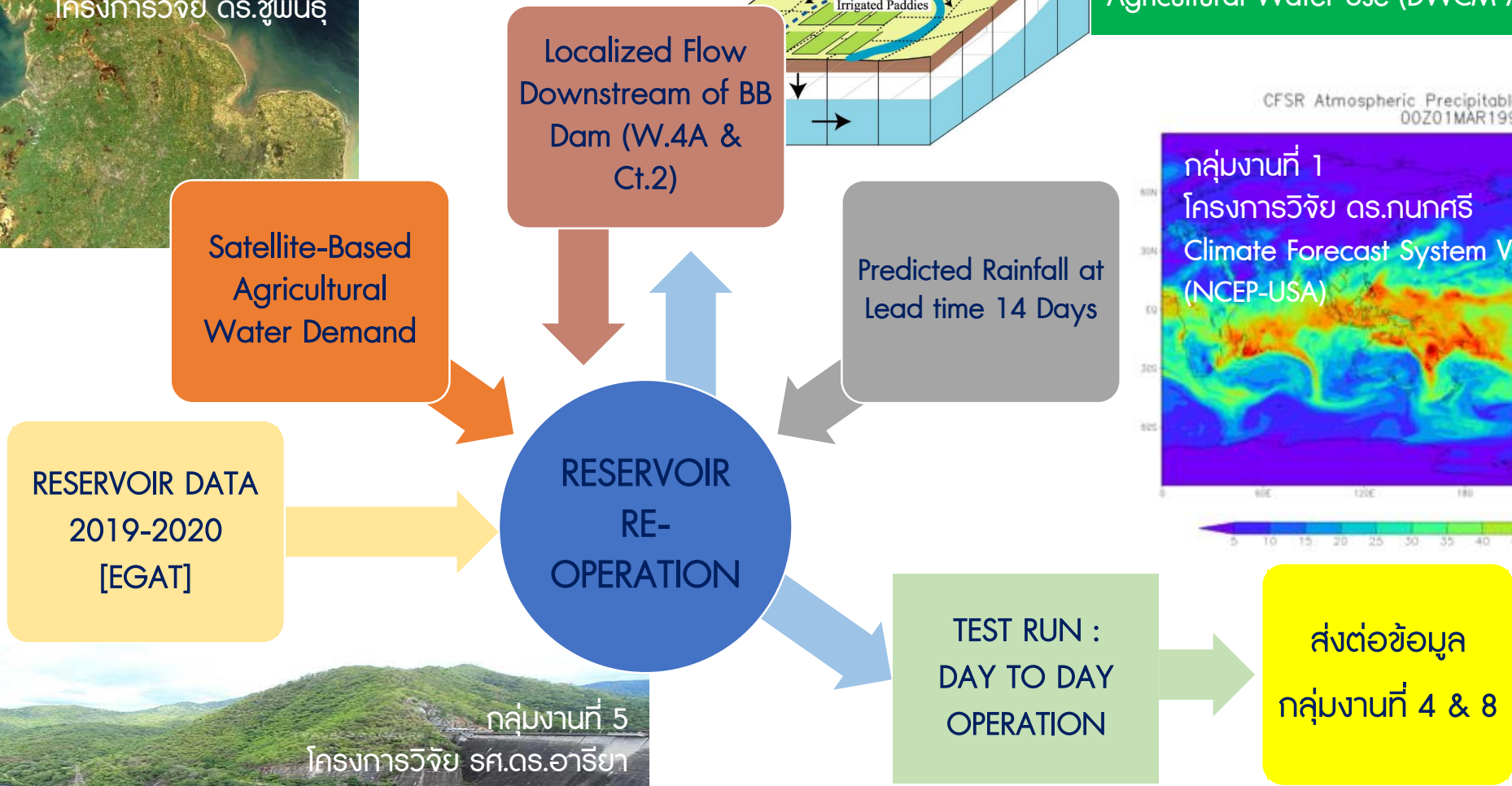
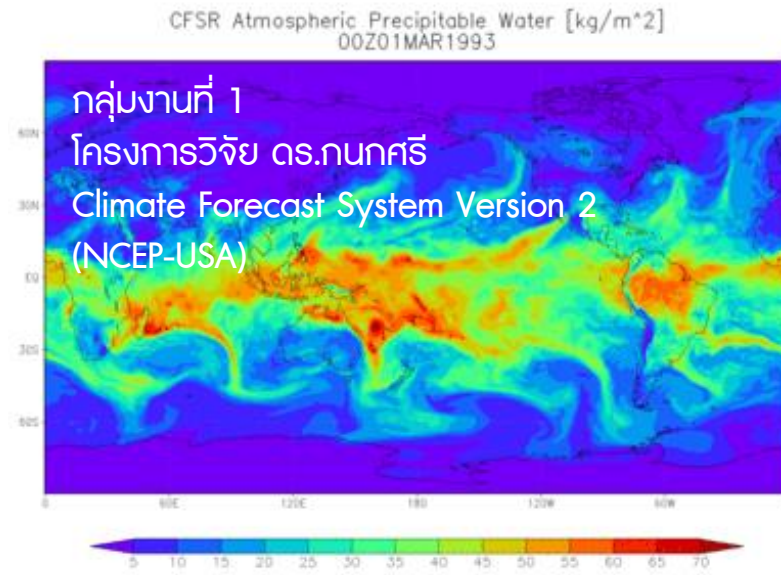
ประธานแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย โครงการวิจัยเชื่อมโยง สำนักประสานงานวิจัยการจัดการน้ำ
เชิงยุทธศาสตร์ สกสว.

คณะนักวิจัย





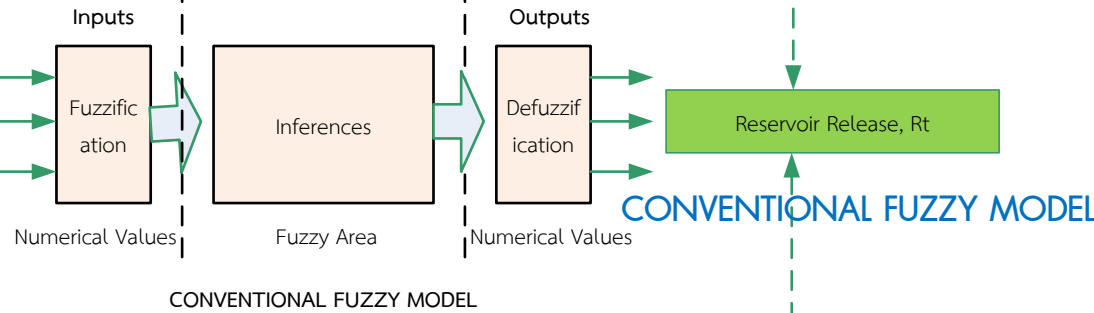
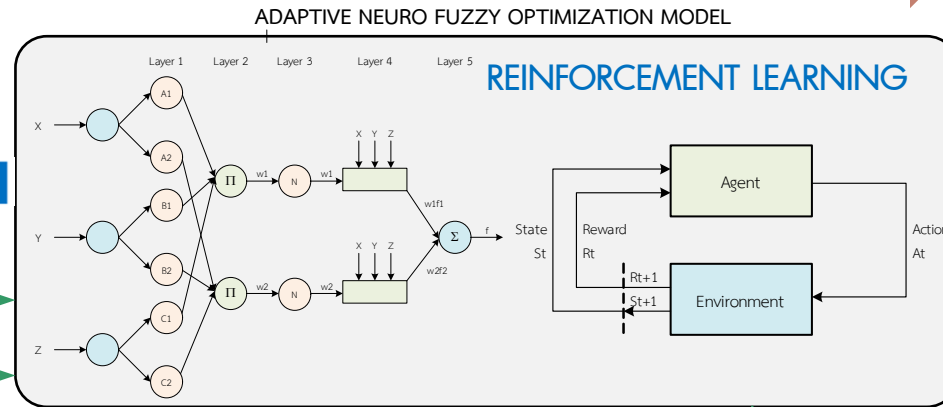
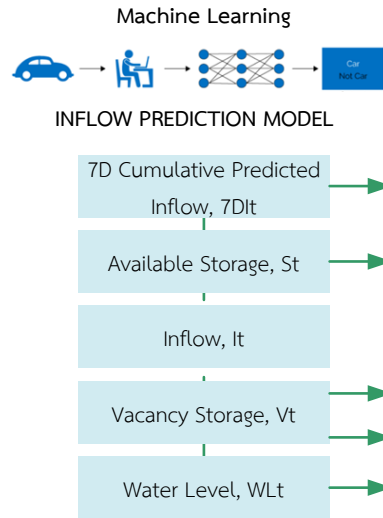
กลุ่มงานที่ 3
โครงการวิจัย ผศ.ดร.ไชยาพงษ์
Distributed Water Circulation Model Incorporating
Agricultural Water Use (DWCM-AgWU)





Predicted Rainfall at Lead time
14 Days (Dr.Kanoksri)

INFLOW PREDICTION MODEL
WITH MACHINE LEARNING



```

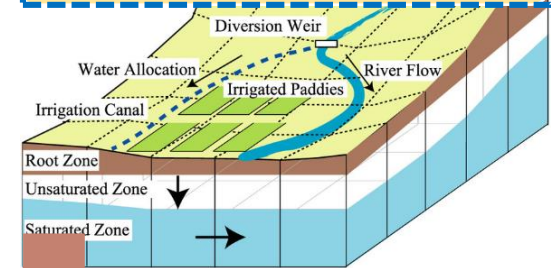
35 constraint forall(i in N){
36   St1[i] = St[i] + It[i] - Et[i] - Rt[i]
37 };
38
39 constraint forall(i in N){
40   Smin <= St[i] /\ St[i] <= Smax
41 };
42
43 constraint forall(i in N){
44   Rmin <= Rt[i] /\ Rt[i] <= Rmax
45 };
46
47 constraint forall(i in N){
48   Gmin <= Gt[i] /\ Gt[i] <= Gmax
49 };
50

```

STOCHASTIC CONSTRAINT PROGRAMMING MODEL

1
CONVENTIONAL FUZZY MODEL
& REINFORCEMENT LEARNING
& ADAPTIVE NEURO FUZZY
OPTIMIZATION MODEL (ANFIS)

Satellite-Based Agricultural
Water Demand (Dr.ChuPhan)
Localized Flow Downstream
of BB Dam (W.4A & Ct.2)
(Dr.Chaiyapong)

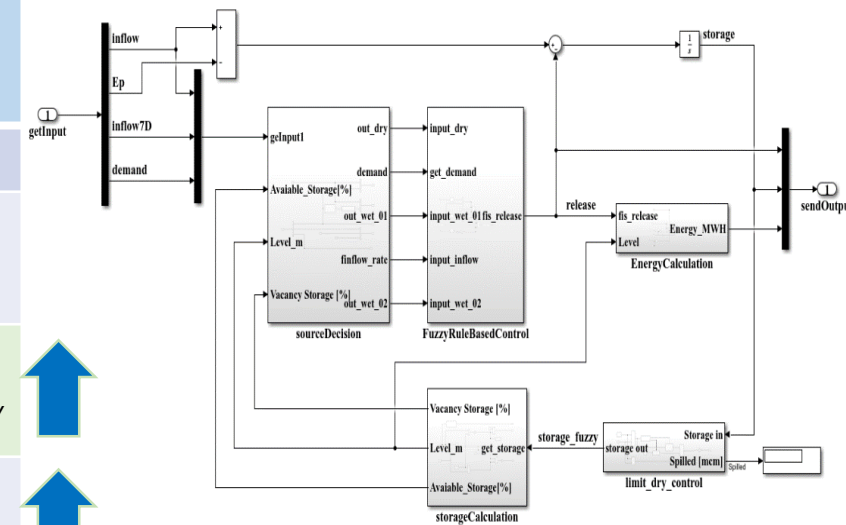


2
STOCHASTIC CONSTRAINT
PROGRAMMING MODEL (CP)

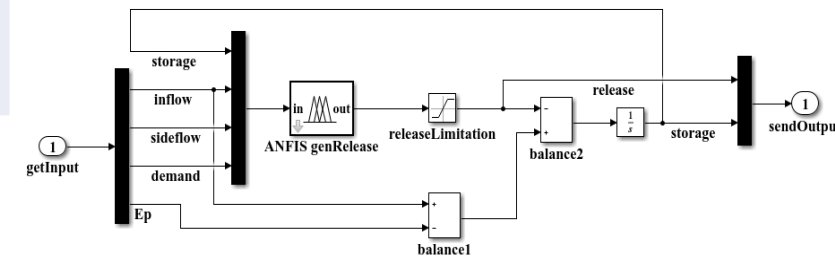
RESERVOIR RE-OPERATION TECHNIQUES : CONVENTIONAL FUZZY MODEL & ANFIS with RL

กรณี	ผลการจำลองระบบ	เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำเก็บกักที่เพิ่มขึ้น/ลดลง ^{1/} (%Active Storage)			
		พฤศจิกายน	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
1	กรณีกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายตามแผนการจัดสรรน้ำของ กฟผ. (สภาพจริง)	+6.09	+18.37	+11.57	+14.70
2	กรณีปรับลดพื้นที่เพาะปลูกของโครงการเจ้าพระยาใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2561	+9.86 ($\Delta 3.77$) ^{2/}	+24.50 ($\Delta 6.13$) ^{2/}	+16.13 ($\Delta 4.56$) ^{2/}	+19.98 ($\Delta 5.28$) ^{2/}
3	กรณีพิจารณาปริมาณ Sideflow สถานี W.4A ในการกำหนดการระบายน้ำจากเขื่อนภูมิพล & กำหนดปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายตามแผนการจัดสรรน้ำของ กฟผ. ^{3/}	+14.55 ($\Delta 8.46$) ^{2/}	+25.69 ($\Delta 7.32$) ^{2/}	+19.37 ($\Delta 7.80$) ^{2/}	+22.28 ($\Delta 7.58$) ^{2/}

CONVENTIONAL FUZZY MODEL



ANFIS MODEL



หมายเหตุ : ^{1/} เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเก็บกักจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2561

^{2/} ผลต่างคำนวณจากการเปรียบเทียบกับกรณี 1

^{3/} ยังเกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำในปี พ.ศ. 2554

RESERVOIR RE-OPERATION TECHNIQUES : STOCHASTIC CONSTRAINT PROGRAMMING MODEL

กรณี	ผลการจำลองระบบ	เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำเก็บกักที่เพิ่มขึ้น/ลดลง ^{1/} (%Active Storage)			
		พฤศจิกายน	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
1	กรณีกำหนดสมการข้อจำกัดรายปี & ปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายตามแผนการจัดสรรน้ำของ กฟผ. (สภาพจริง) ^{3/}	+7.94	+14.00	+10.36	+12.03
2	กรณีกำหนดสมการข้อจำกัดรายฤดูกาล & ปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายตามแผนการจัดสรรน้ำของ กฟผ. (สภาพจริง) ^{3/}	+7.10 ($\Delta-0.84$) ^{2/}	+12.93 ($\Delta-1.07$) ^{2/}	+9.41 ($\Delta-0.95$) ^{2/}	+11.03 ($\Delta-1.00$) ^{2/}
3	กรณีกำหนดสมการข้อจำกัดรายปี & ปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายตามแผนการจัดสรรน้ำของ กฟผ. (สภาพจริง) & พิจารณาปริมาณ Sideflow สถานี W.4A ^{3/}	+10.49 ($\Delta 2.55$) ^{2/}	+17.67 ($\Delta 3.67$) ^{2/}	+13.12 ($\Delta 2.76$) ^{2/}	+15.21 ($\Delta 3.18$) ^{2/}

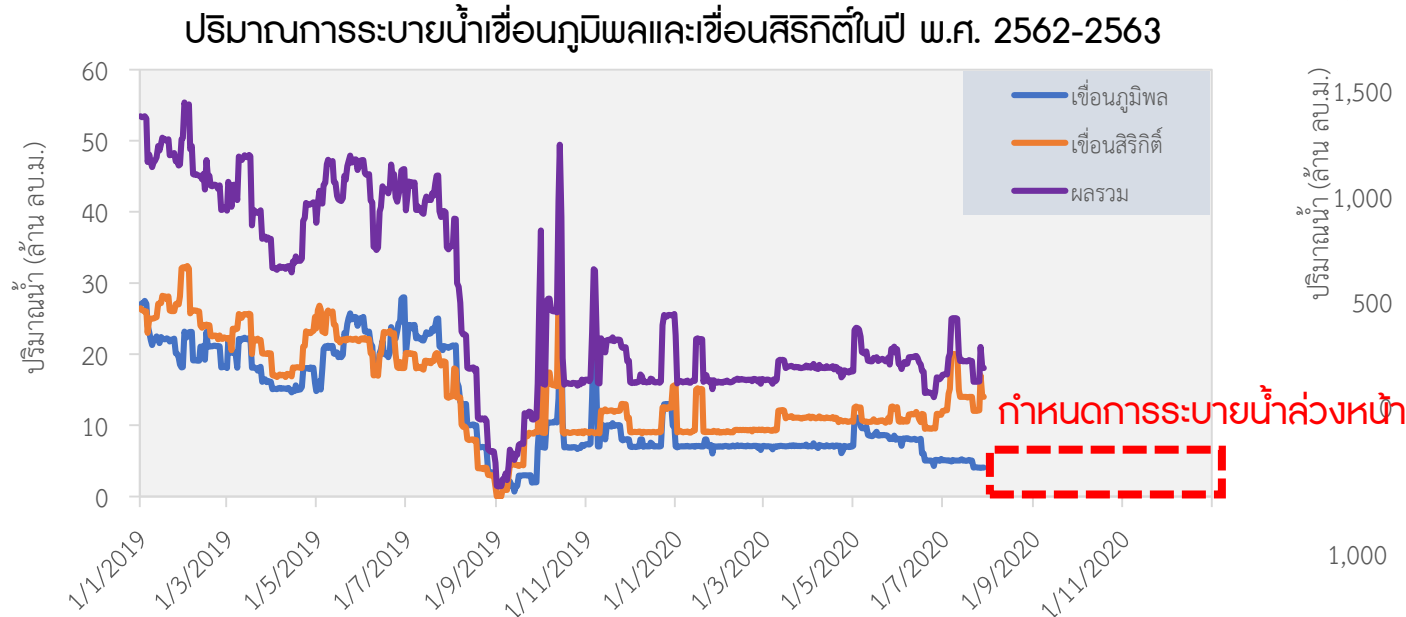


หมายเหตุ : ^{1/} เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเก็บกักจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2561

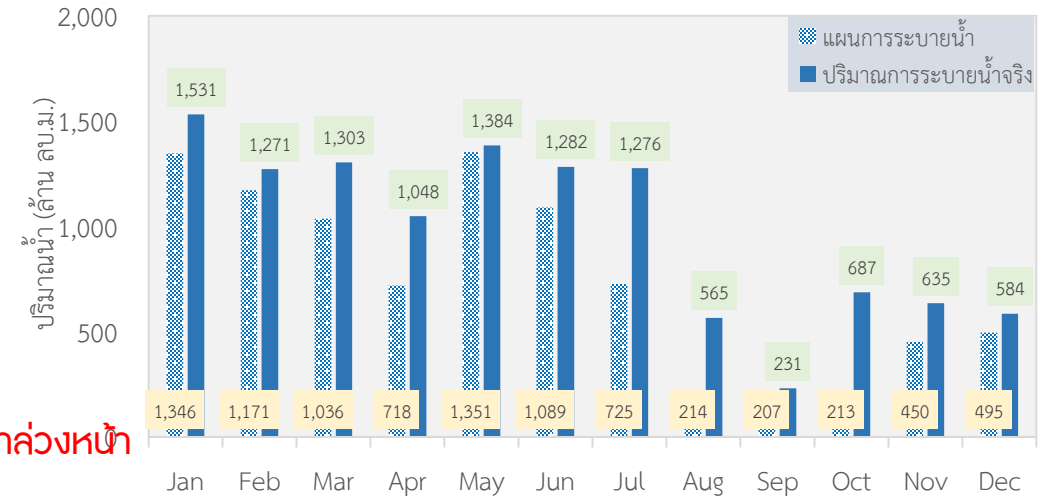
^{2/} ผลต่างคำนวณจากการเปรียบเทียบกับกรณี 1

^{3/} ยังเกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำในปี พ.ศ. 2554

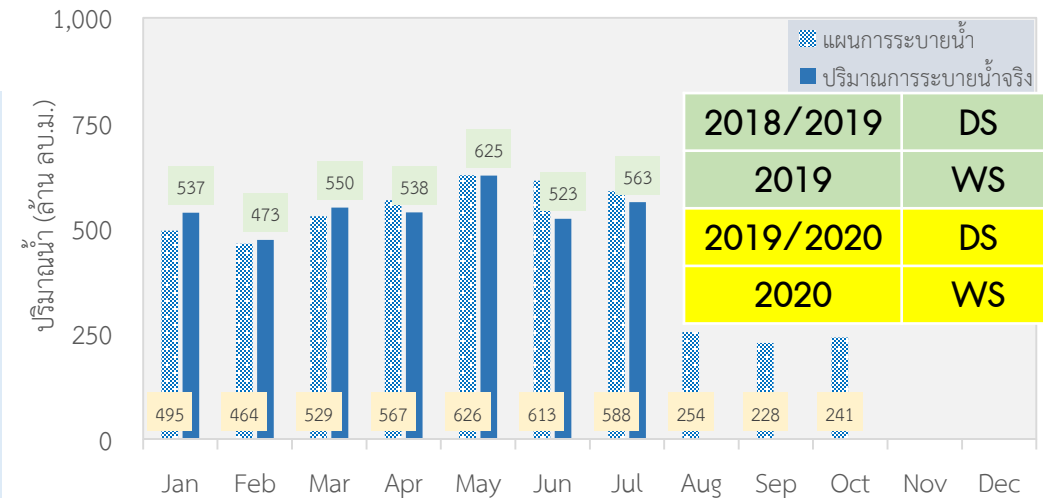
แผนการจัดสรรน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ปี 2562 & 2563



แผนการระบายน้ำและปริมาณการระบายน้ำจริงในปี พ.ศ. 2562



แผนการระบายน้ำและปริมาณการระบายน้ำจริงในปี พ.ศ. 2563



2018/2019	DS	6,500
2019	WS	3,800
2019/2020	DS	3,000
2020	WS	2,550

ประเด็นสำคัญ :

- ปริมาณการระบายน้ำเขื่อนภูมิพลน้อยกว่าเขื่อนสิริกิติ์ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2563
- ปริมาณการระบายน้ำจริงของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์สูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำ +92.14 ล้าน ลบ.ม. ในปี พ.ศ. 2563 (มกราคม-กันยายน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนสิงหาคมมีการระบายน้ำจริงสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำ +166.16 ล้าน ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำไหลเข้าสะสมเขื่อนภูมิพล 964.67 ล้าน ลบ.ม. และเขื่อนสิริกิติ์ 3,000.37 ล้าน ลบ.ม. ในปี พ.ศ. 2563 (มกราคม-กันยายน)

สถานการณ์น้ำเขื่อนภูมิพล : 1/1/2020-9/9/2020

Month	2020		Difference	Water Allocation Plan Requested by RID		
	Plan	Actual	Actual>Release			
Jan	495	537	42.24	2018/2019	DS	6,500
Feb	464	473	8.57	2019	WS	3,800
Mar	529	550	20.77	2019/2020	DS	3,000
Apr	567	538	-29.20	2020	WS	2,550
May	626	625	-0.73	Cumulative Inflow (MCM)_2 Sep 2020		
Jun	613	523	-90.33	BB	964.67	
Jul	588	563	-25.34	SK	3,000.37	
Aug	254	420	166.16	Water Storage (MCM)_2 Sep 2020		
Sep	228			BB	4,483.44	
Oct	241			SK	4,975.34	
Nov				Active Storage (%)_2 Sep 2020		
Dec				BB	7.07 (683.44 MCM)	
Total	4,605	4,228		SK	31.91 (2,125.34 MCM)	
	Jan-Jul	Jan-Jul		Today's Inflow & Release_9 Sep 2020		
	3,882	3,808	-74.02	BB	7.69	6.02
	Jan-Aug	Jan-29Aug		SK	64.55	10.99
	4,136	4,228	92.14			

ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-30/9/2020

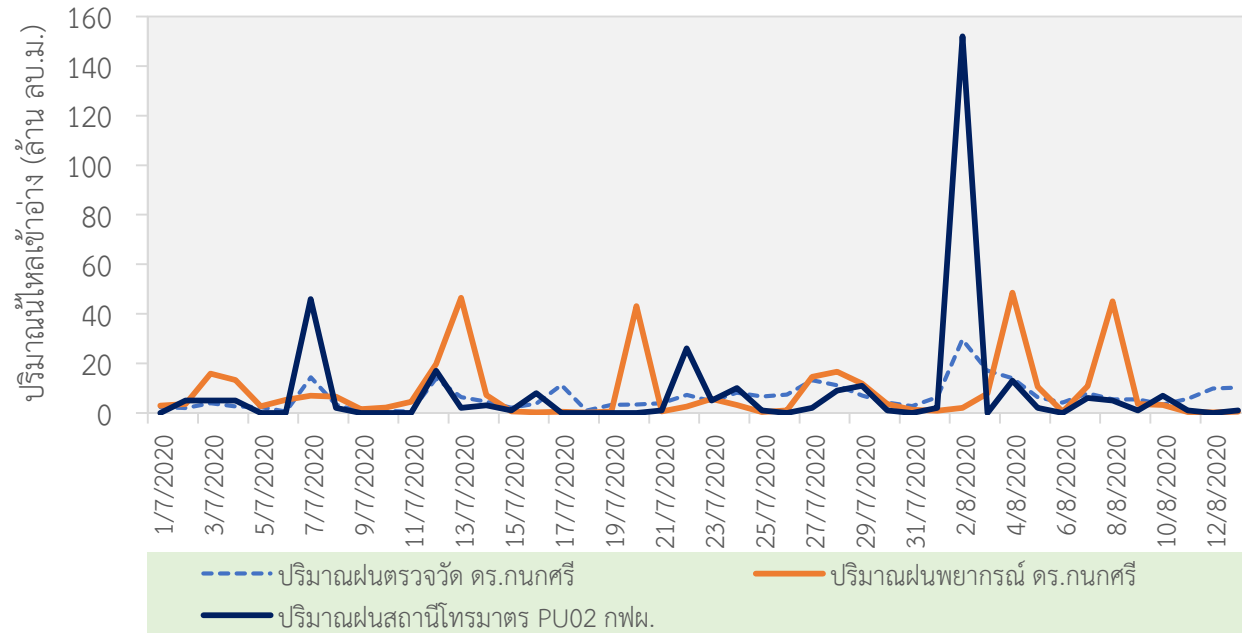
ผลการพยากรณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Monthly Rainfall (mm)	Observed Rainfall_ (mm)	Forecasted Rainfall_ 3 Days (mm)	Forecasted Rainfall_ 4 Weeks (mm)	Forecasted Rainfall_ 6 Months (mm)
River Basin	Upper Ping	Upper Ping	Upper Ping	Upper Ping
July	158.82	NA	244.95	NA
August	215.27	203.02	236.24	146.37
September	NA	NA	82.63	241.88
October	NA	NA	NA	55.28
November	NA	NA	NA	64.40
December	NA	NA	NA	40.33
January	NA	NA	NA	52.70

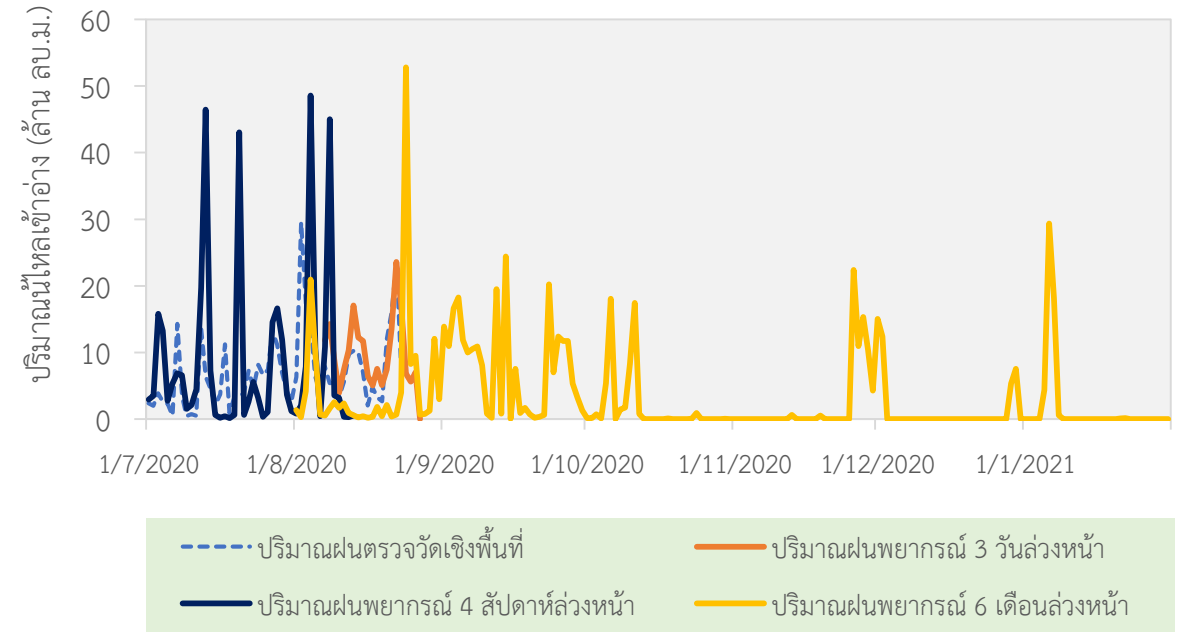
ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-30/9/2020

ผลการพยากรณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ปริมาณฝนตรวจวัดและคาดการณ์ในเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2563

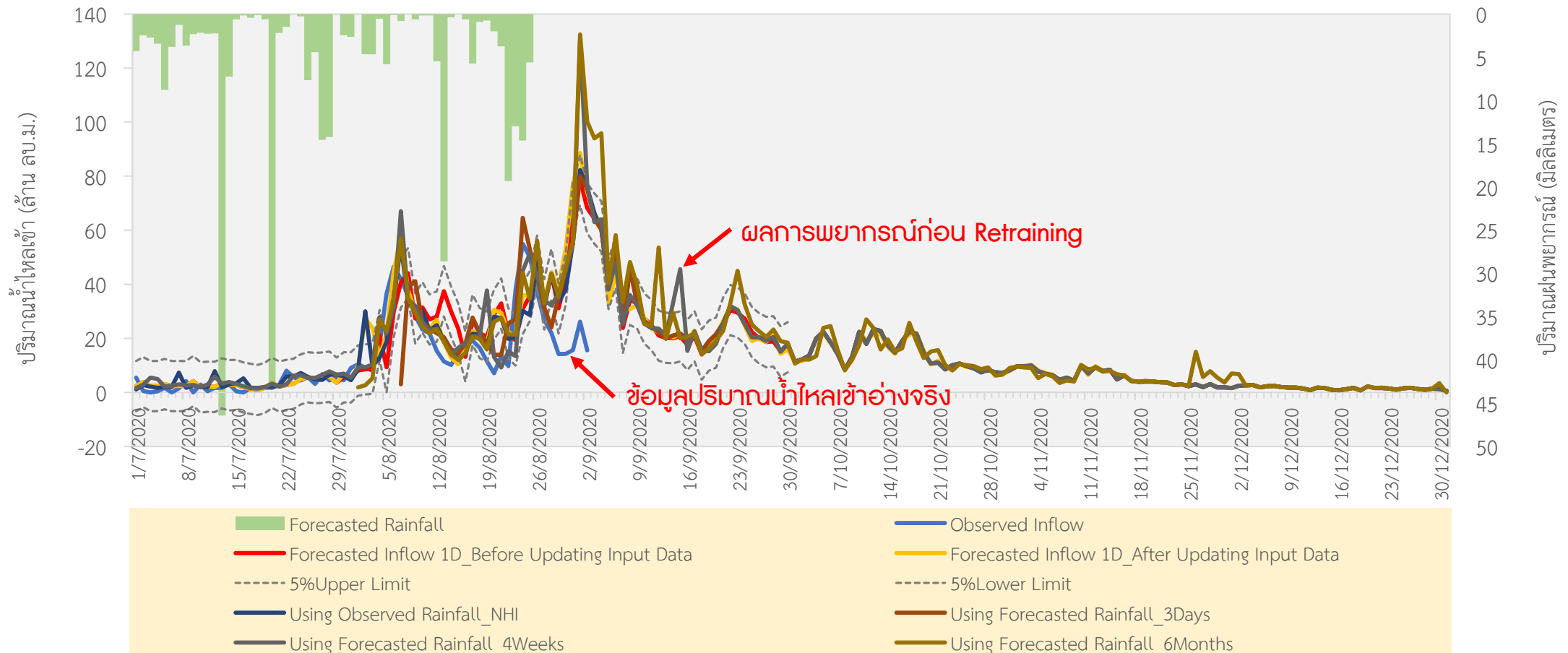


ปริมาณฝนตรวจวัดและคาดการณ์ในเดือนกรกฎาคม-มกราคม 2564



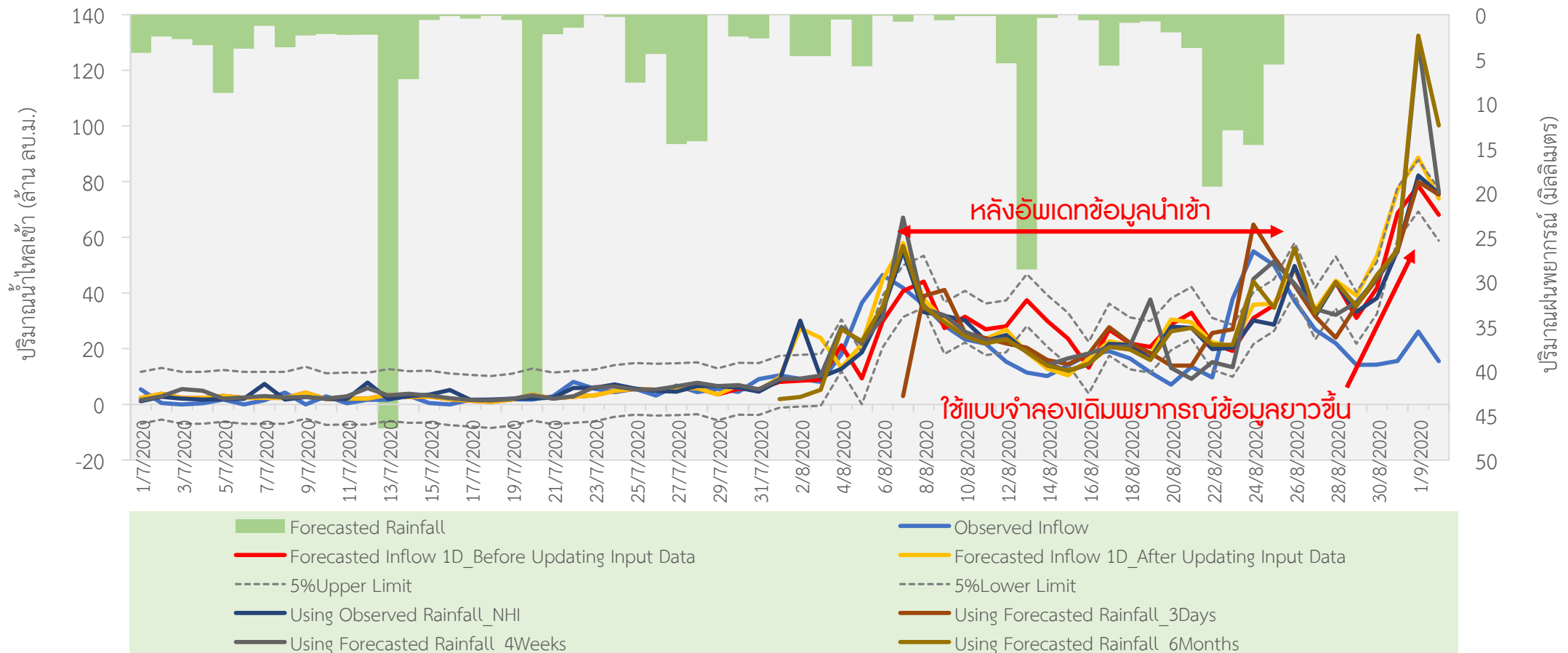
ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-30/9/2020

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง Gradient Boosting/Regression Tree



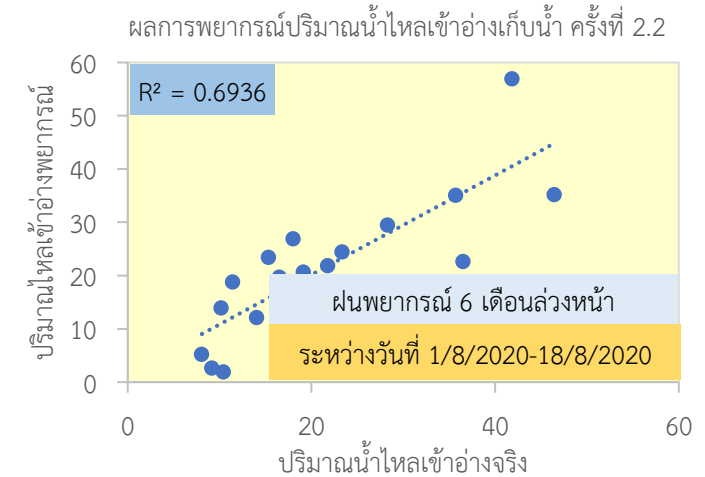
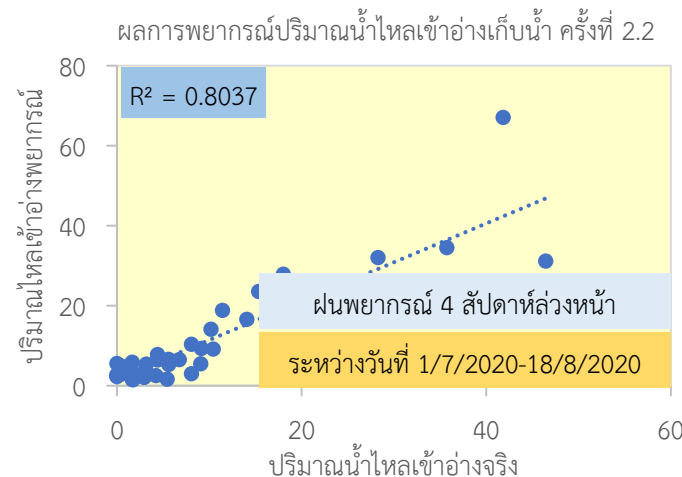
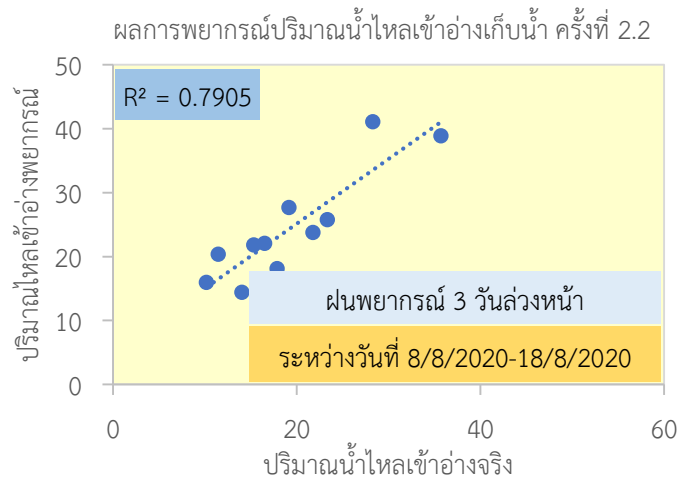
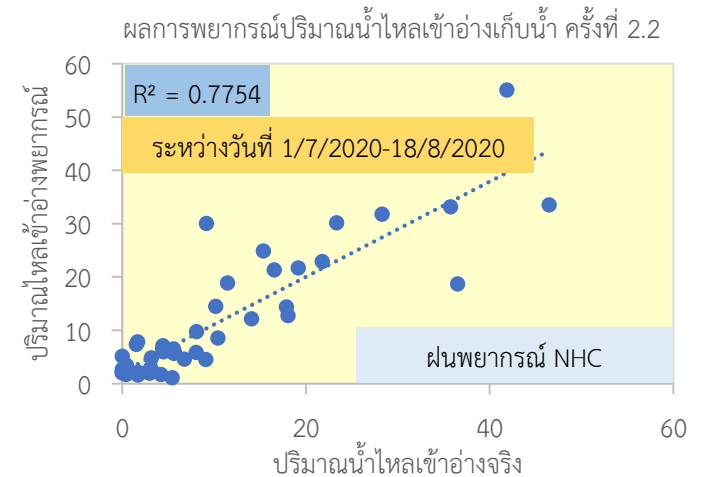
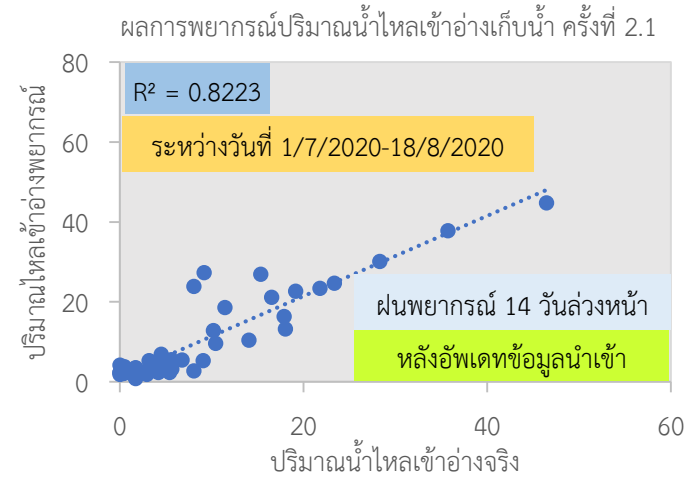
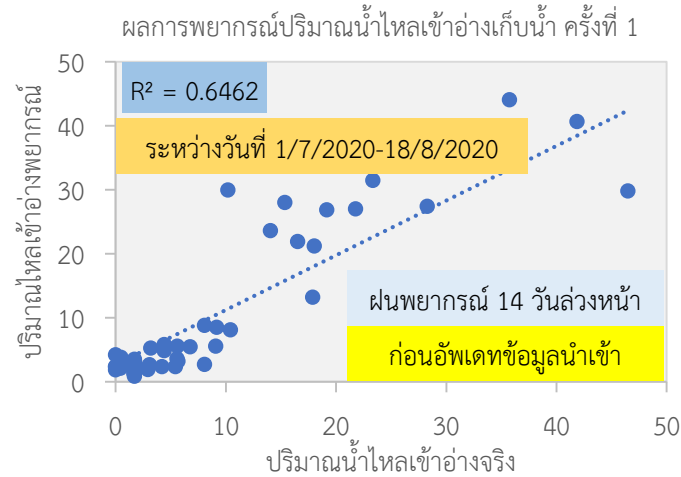
ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-2/9/2020

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง Gradient Boosting/Regression Tree ในช่วงเดือนกรกฎาคม-2 กันยายน พ.ศ. 2563



ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-2/9/2020

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง Gradient Boosting/Regression Tree ในช่วงเดือนกรกฎาคม-2 กันยายน พ.ศ. 2563



ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-30/9/2020

เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและข้อมูลฝนสถานีตรวจวัดโทรมาตร

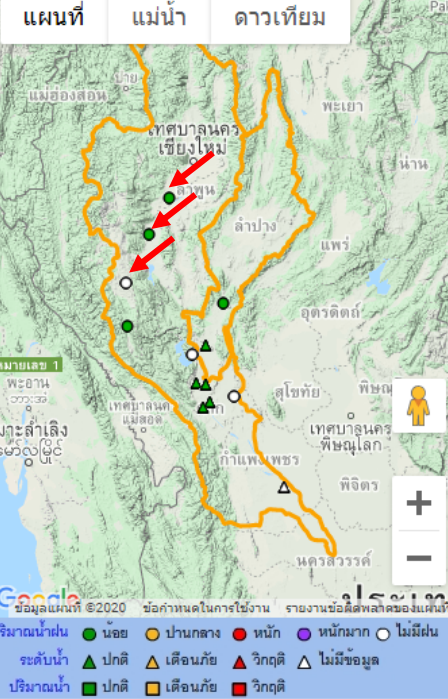
Total Rainfall	Observed Rainfall (mm)	Forecasted Rainfall_3 Days (mm)	Forecasted Rainfall_4 Weeks (mm)	Forecasted Rainfall_6 Months (mm)	Telemetrying Rainfall (mm)		
					PU01	PU02	PU03
(mm)	Upper Ping	Upper Ping	Upper Ping	Upper Ping	PU01	PU02	PU03
Jul-20	158.82	NA	244.95	NA	88.00	160.00	216
Aug-20	215.27	203.02	236.24	146.37	124.00	198.00	186.00
Sep-20	NA	NA	82.63	241.88	105.00	17.00	0
Oct-20	NA	NA	NA	55.28	NA	NA	NA
Nov-20	NA	NA	NA	64.40	NA	NA	NA
Dec-20	NA	NA	NA	40.33	NA	NA	NA
Jan-20	NA	NA	NA	52.70	NA	NA	NA

ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-3/9/2020



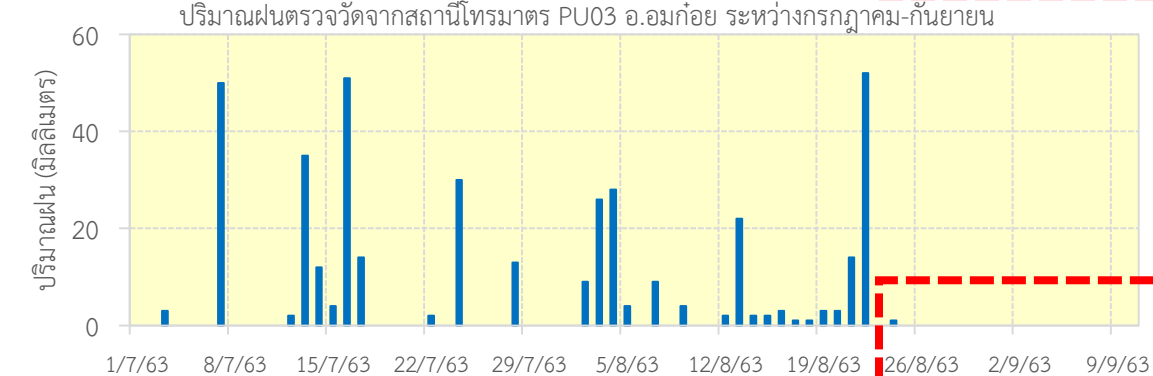
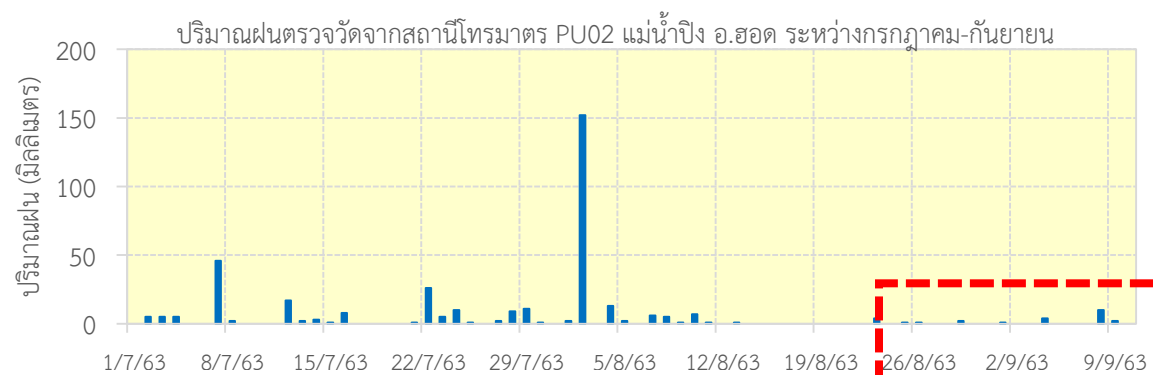
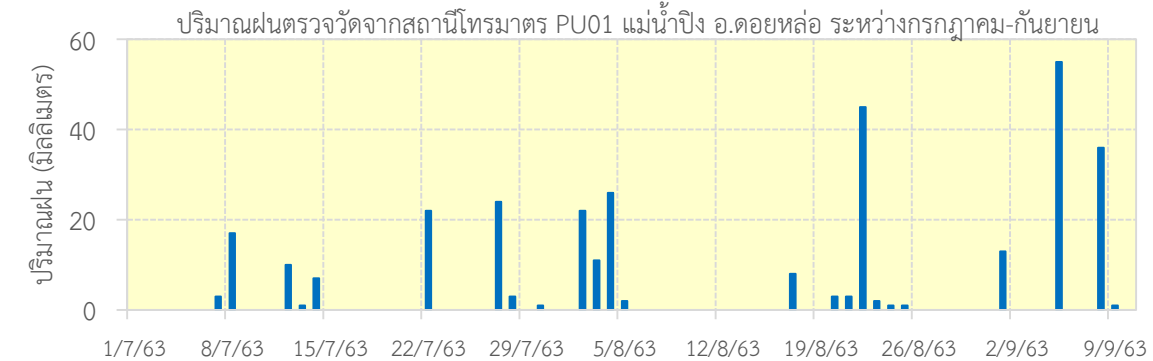
หน้าหลัก ฝั่งน้ำ ข้อมูลสถานี สถานะอุปกรณ์ รายงานสถิติข้อมูล กราฟและตารางข้อมูล การบริหารจัดการน้ำ กราฟปริมาณน้ำฝน แผนที่น้ำฝน

แผนที่ลุ่มน้ำปิง-วังและสถานี



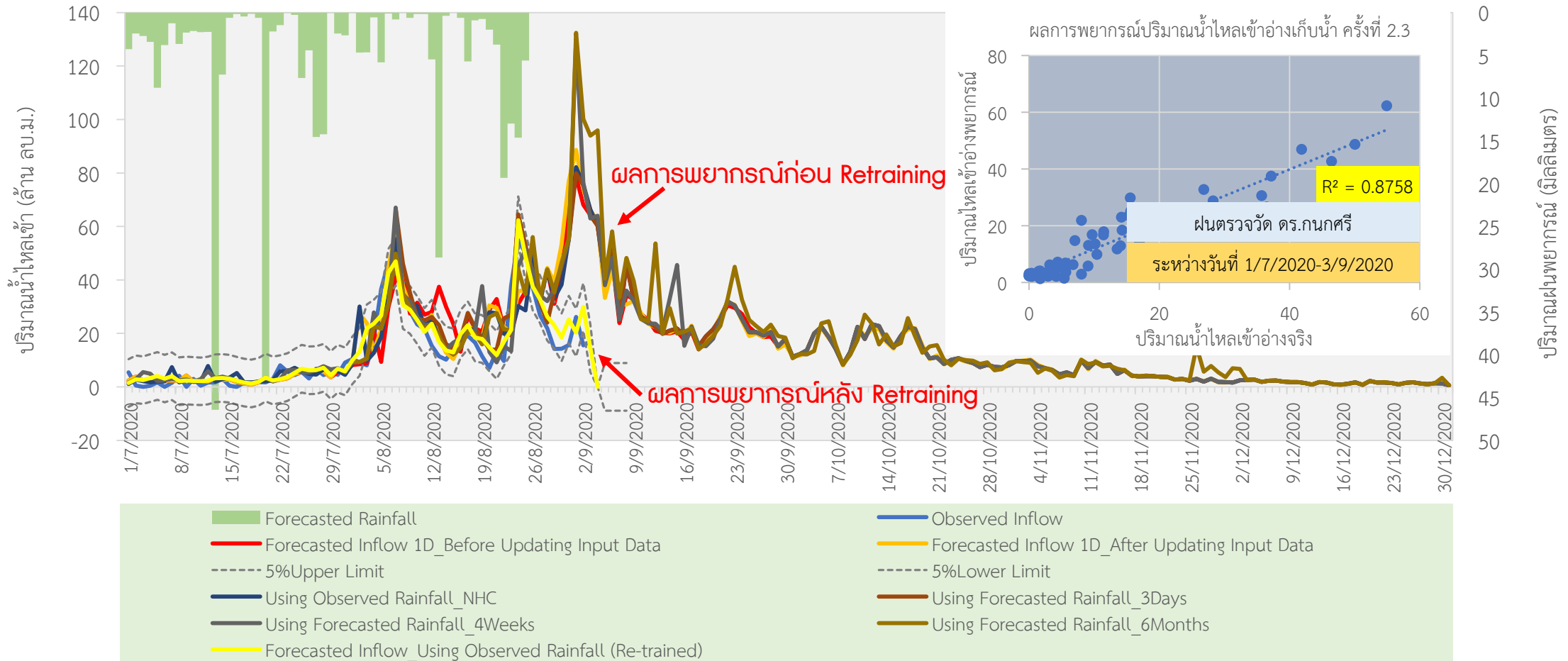
สถานี	ระดับน้ำ (ม.)	ระดับน้ำ ม.(รทท.)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม/วินาที)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)			วันเวลาล่าสุด (ว-ด-ป) ตรวจวัด ทุก 15 นาที
				ล่าสุด	15 นาที ย้อนหลัง	7:00 ถึง ปัจจุบัน	
PU01 แม่น้ำปิงที่ อ.ตอยหล่อ	-	-	-	0	0	0	1 10-09-2563 12:30:00
PU02 แม่น้ำปิงที่ อ.สอด	1.519	257.219	161.429	0	0	0	2 10-09-2563 12:30:00
PU03 อ.อมก๋อย	N/A	N/A	N/A	0	0	0	0 10-09-2563 12:45:00
PU04 ห้วยแม่ตื่นที่ อ.อมก๋อย	1.654	420.774	20.452	0	0	0	1 10-09-2563 12:45:00
PU05 เขื่อนภูมิพล	N/A	N/A	N/A	1	1	-	- 23-08-2563 06:15:00
PD01 ท้ายเขื่อนแม่ปิงตอนล่าง	3.970	133.970	N/A	-	-	-	- 10-09-2563 13:15:00
PD02 แม่น้ำปิงที่ อ.บ้านดง	-0.748	117.883	0	N/A	N/A	N/A	10-09-2563 12:30:00
PD03 ห้วยดากที่ อ.บ้านดง	-0.652	119.492	0.230	0	0	-	- 08-01-2562 10:45:00
PD04 ห้วยแม่ท้อที่ อ.เมือง จ.ดง	1.041	127.095	0	0	0	0	10-09-2563 12:30:00
PD05 ห้วยแม่ระกาที่ อ.เมือง จ.ดง	N/A	N/A	N/A	0	0	0	0 10-09-2563 13:15:00
PD06 แม่น้ำปิงที่ อ.คลองขลุง (P.15)	-	-	-	0	0	0	0 10-09-2563 12:45:00
PD07 การประปาเมืองดง	0.402	106.202	54.560	N/A	N/A	N/A	10-09-2563 13:15:00
PD08 การประปาเมืองกำแพงเพชร	1.417	72.227	73.400	N/A	N/A	N/A	10-09-2563 13:15:00
WD01 แม่น้ำวังที่ อ.เถิน (W.3A)	0.650	159.650	0	0	-	0	2 10-09-2563 12:30:00
WD02 แม่น้ำวังที่ อ.สามเงา	2.173	137.646	30.834	0	0	0	0 10-09-2563 13:15:00

เขื่อน	ระดับน้ำ กักเก็บ ปัจจุบัน ม.(รทท.)	ปริมาณน้ำ กักเก็บ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)			ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ล้าน ลบ.ม.)			ระบายน้ำผ่าน irrigation outlet (ล้าน ลบ.ม.)			วันเวลาล่าสุด (ว-ด-ป) ตรวจวัด ทุก 1 ชั่วโมง
			ชั่วโมงล่าสุด	00:00 ถึง ปัจจุบัน	เมื่อวานนี้	ชั่วโมงล่าสุด	00:00 ถึง ปัจจุบัน	เมื่อวานนี้	ชั่วโมงล่าสุด	00:00 ถึง ปัจจุบัน	เมื่อวานนี้	
เขื่อนภูมิพล	218.72	4,526.22	0.01	7.49	7.68	0.00	0.61	6.02	-	-	-	10-09-2563 13:00:00



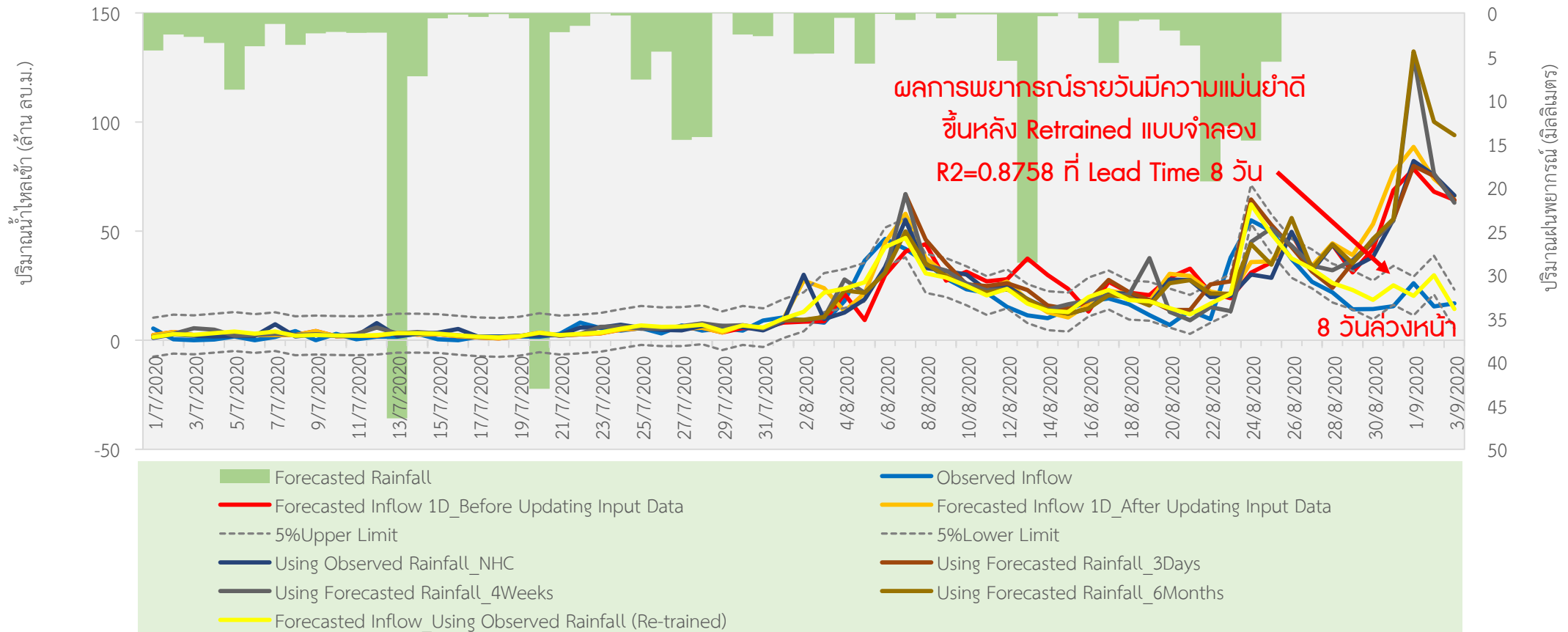
ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-3/9/2020-Retrained

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง Gradient Boosting/Regression Tree ในช่วงเดือนกรกฎาคม-3 กันยายน พ.ศ. 2563



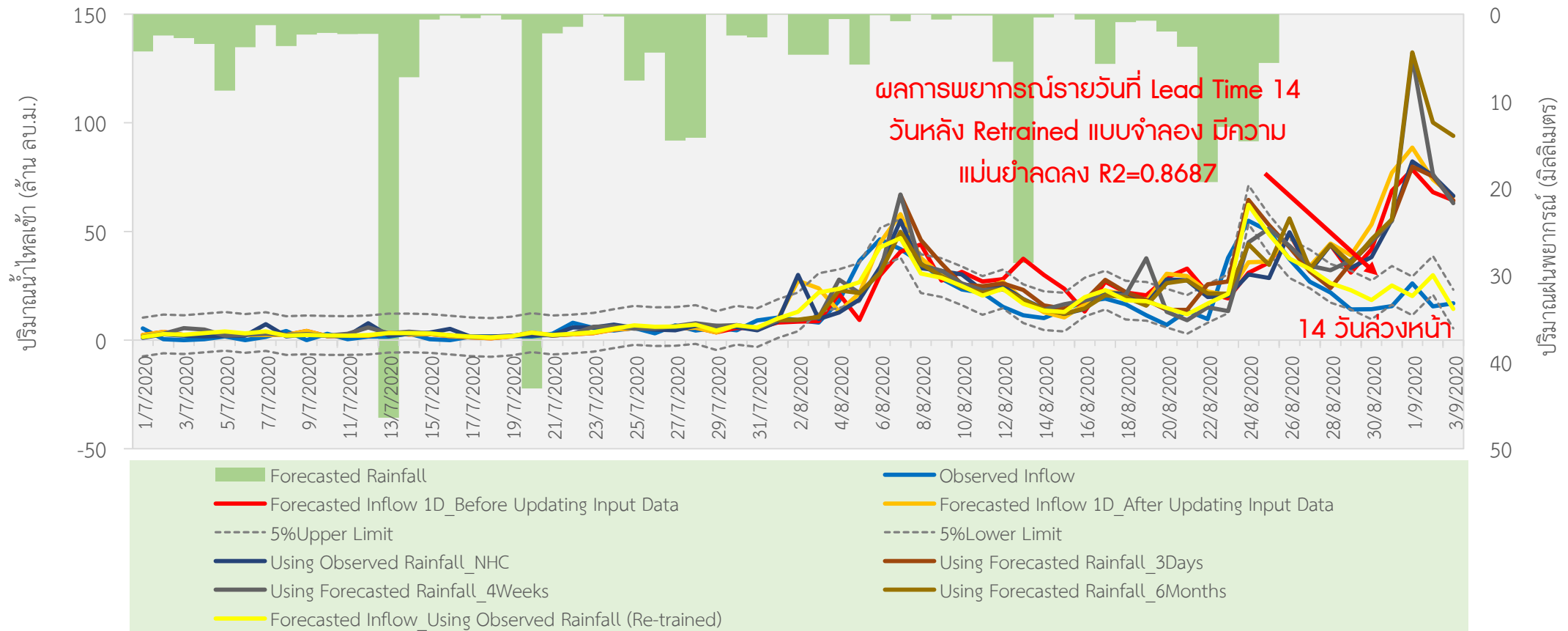
ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-3/9/2020-Retrained

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง Gradient Boosting/Regression Tree ในช่วงเดือนกรกฎาคม-3 กันยายน พ.ศ. 2563



ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-9/9/2020-Retrained

ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง Gradient Boosting/Regression Tree ในช่วงเดือนกรกฎาคม-9 กันยายน พ.ศ. 2563



เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ที่ Lead Time 1-14 วัน หลัง Retraining แบบจำลอง

Lead Time (Days)	8	14	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R-Squared	0.8758	0.8687	0.9023	0.9024	0.8979	0.8974	0.8925	0.8892	0.8772	0.8758	0.8749	0.8750	0.8733	0.8703	0.8702	0.8687
NSE	0.8585	0.8428	0.8943	0.8934	0.8867	0.8852	0.8774	0.8763	0.8589	0.8585	0.8563	0.8561	0.8526	0.8472	0.8462	0.8428
RMSE	0.6283	0.6064	0.6014	0.5956	0.6040	0.5981	0.6083	0.6058	0.6368	0.6283	0.6237	0.6149	0.6130	0.6151	0.6085	0.6064
Max. Error (MCM)	5.8325	5.8325	-5.9043	-4.2874	-4.2874	-4.1853	-4.1853	5.8325	5.8325	5.8325	5.8325	5.8325	5.8325	5.8325	5.8325	5.8325
Diff. of R-Squared				0.0001	-0.0043	-0.0049	-0.0097	-0.0130	-0.0251	-0.0264	-0.0274	-0.0273	-0.0290	-0.0319	-0.0321	-0.0335

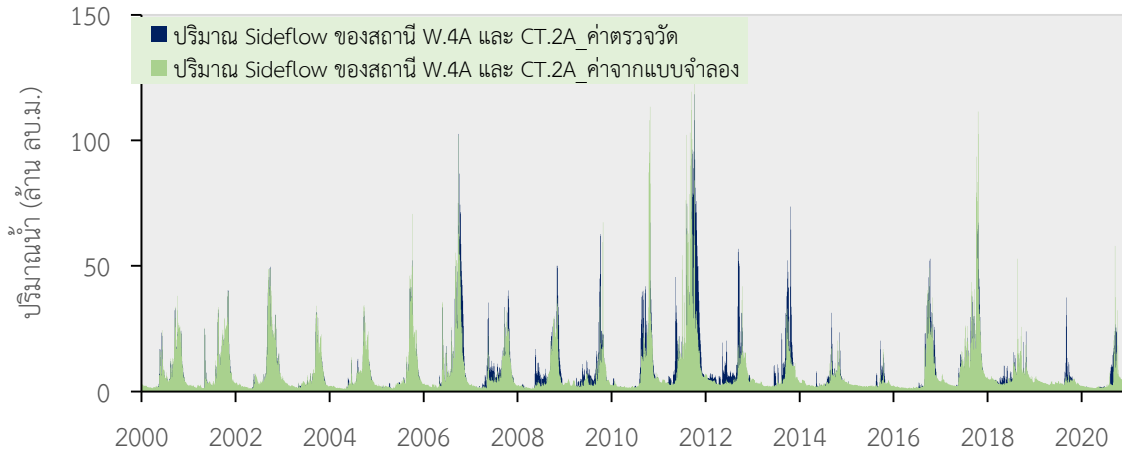
ประเด็นสรุปจากแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ :

- การอัปเดตข้อมูลนำเข้าโดยใช้ข้อมูลนำเข้าตรวจวัดให้ผลการพยากรณ์มีความแม่นยำขึ้น
- การ Retraining แบบจำลองทุก 7 วัน ให้ผลการพยากรณ์มีความแม่นยำขึ้นทั้งรูปแบบของข้อมูลพยากรณ์และค่าขนาดของข้อมูลพยากรณ์
- ประสิทธิภาพของการพยากรณ์ที่ Lead Time มากขึ้น ทำให้ผลการพยากรณ์มีความแม่นยำน้อยลงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี โดยค่า Lead Time ที่แนะนำอยู่ในช่วง 1-7 วัน ซึ่งทำให้ค่า R-Squared ลดลงระหว่างถึง -0.0251
- การใช้ฝนพยากรณ์ล่วงหน้า 14 วัน ให้ค่าประสิทธิภาพของการพยากรณ์ในรูปแบบ R-Squared ดีกว่าฝนพยากรณ์ในลักษณะอื่น ๆ (3 วัน/2 สัปดาห์/6 เดือน-ช่วงความยาวของข้อมูลต่างกันอาจส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพของการพยากรณ์)

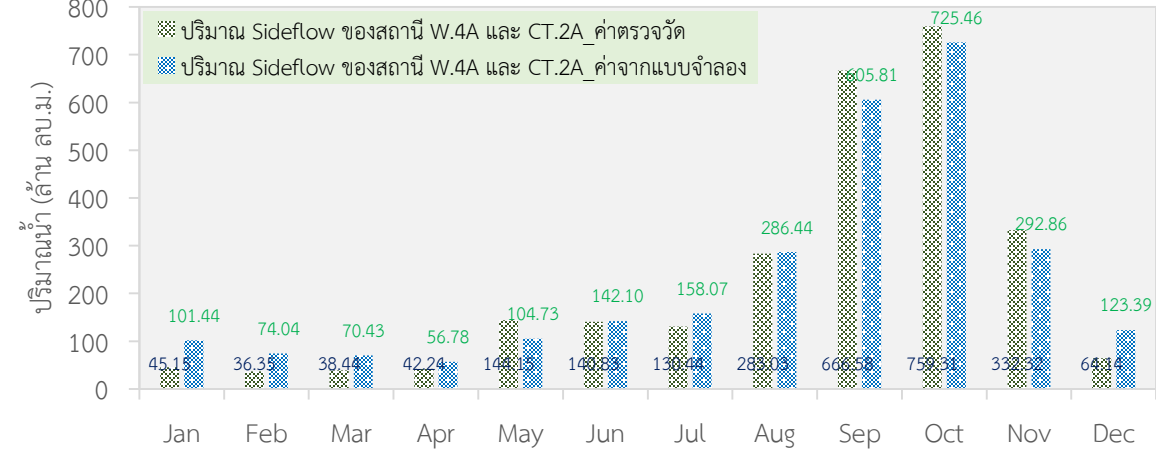
ข้อมูลนำเข้าในการบริหารจัดการน้ำเขื่อนภูมิพล : 13/7/2020-2/9/2020

ปริมาณ Sideflow จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง DWCM

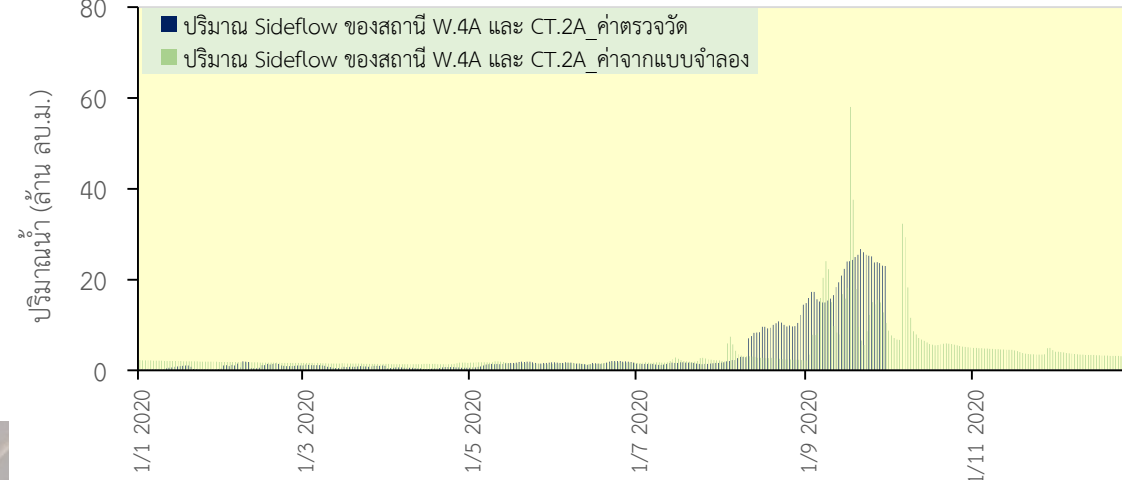
ปริมาณ Sideflow รายวันจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



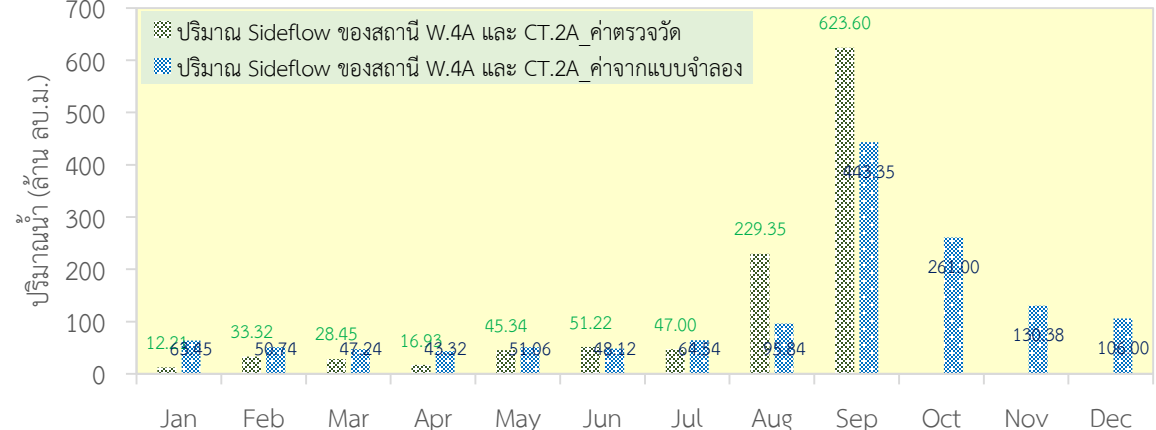
ปริมาณ Sideflow รายเดือนจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563



ปริมาณ Sideflow รายวันจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองในปี พ.ศ. 2563

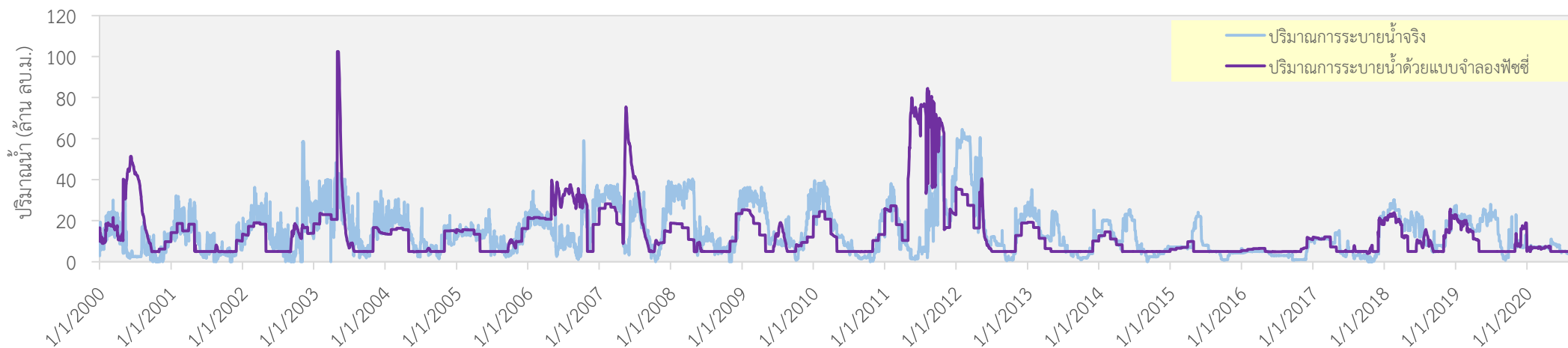


ปริมาณ Sideflow รายเดือนจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองในปี พ.ศ. 2563

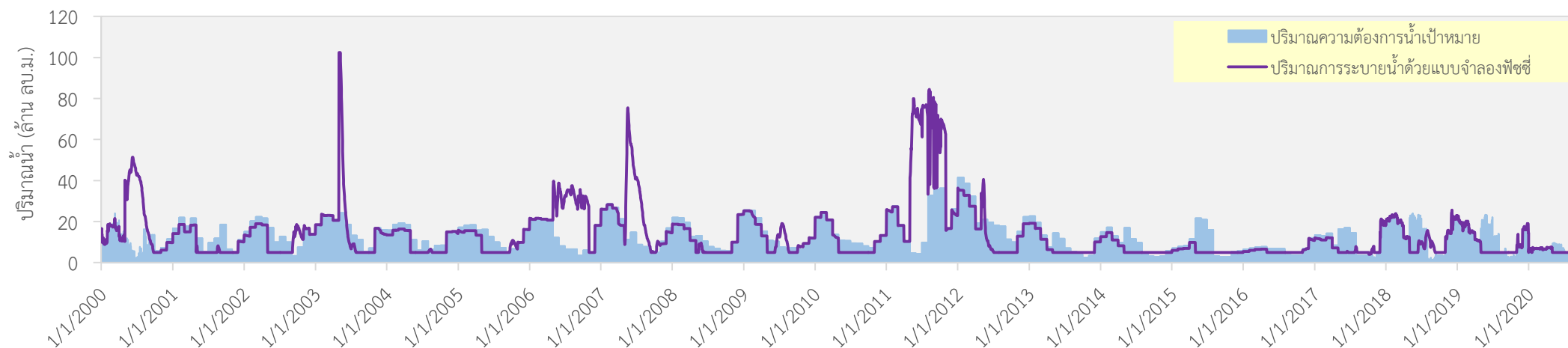


ผลการระบายน้ำเขื่อนภูมิพลล่วงหน้าด้วยแบบจำลองพีซซี : จำลองระยะยาว 1/1/2020-30/9/2020

ปริมาณการระบายน้ำรายวันด้วยแบบจำลองพีซซีและปริมาณการระบายน้ำจริง

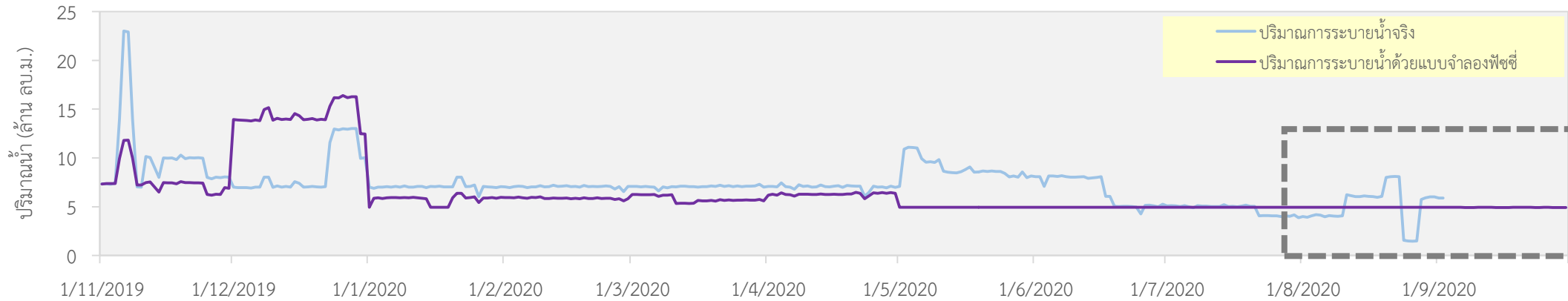


ปริมาณการระบายน้ำรายวันด้วยแบบจำลองพีซซีและปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมาย

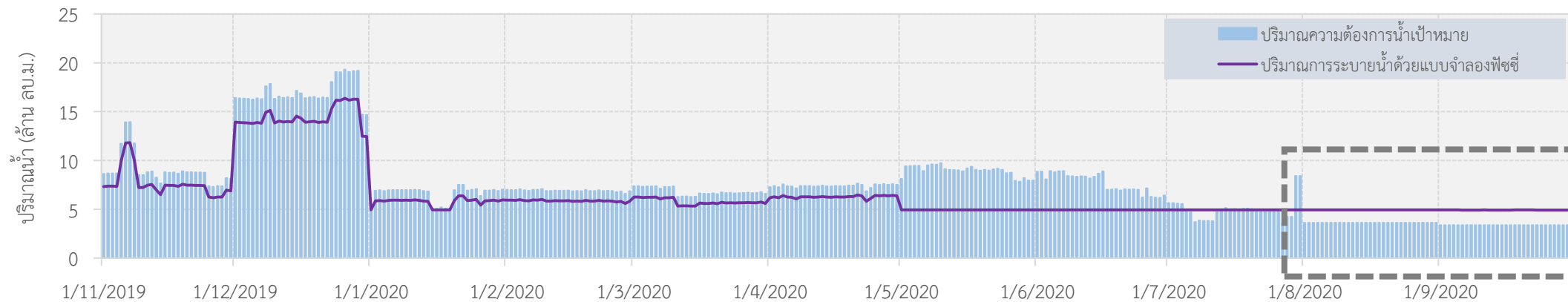


ผลการระบายน้ำเขื่อนภูมิพลล่วงหน้าด้วยแบบจำลองพีชซี : จำลองระยะสั้น 1/11/2019-30/9/2020

ปริมาณการระบายน้ำรายวันด้วยแบบจำลองพีชซีและปริมาณการระบายน้ำจริง

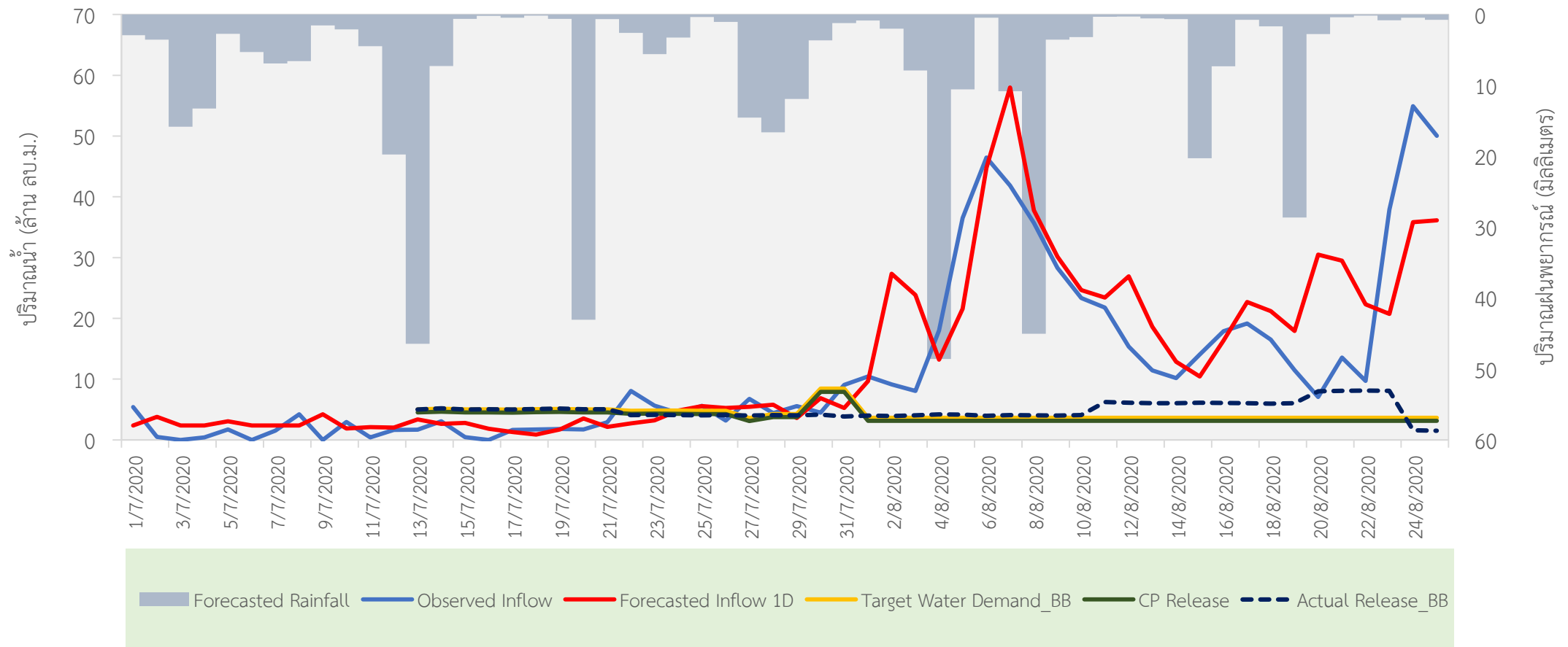


ปริมาณการระบายน้ำรายวันด้วยแบบจำลองพีชซีและปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมาย



ผลการระบายน้ำเขื่อนภูมิพลล่วงหน้าด้วยแบบจำลอง CP : จำลองระยะสั้น 13/7/2019-30/9/2020

ปริมาณการระบายน้ำรายวันด้วยแบบจำลอง CP และปริมาณการระบายน้ำจริง





ขอขอบคุณ

