การประยุกต์เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ในการพัฒนางานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำแบบอัจฉริยะเพื่อการแก้ปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งระยะยาวในลุ่มน้ำมูลตอนบน

Application of Artificial Intelligence Technology for SMART Dam and Reservoir Operation in Long–Term Solution to Flood and Drought in the Upper Mun River Basin

รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยเชิงกลยุทธ์ (Strategic Fund; SF) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

16 สิงหาคม 2565

รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

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

ผศ.ดร.ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ

มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: yutthana.pha@mahidol.ac.th

อ.ดร.อรันย์ ศรีรัตนา ทาบูกานอน

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: allansriratana.tab@mahidol.ac.th

อ.ดร.จิดาภา ไกรสังข์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: jidapa.kra@mahidol.edu

รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์ (ที่ปรึกษา)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: fengvwv@ku.ac.th

ผศ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: fengynt@ku.ac.th

อ.ดร.วุฒิชาติ แสวงผล

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: wudhichart.saw@mahidol.edu

ความเป็นมาและกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ปัญหาภัยพิบัติในพื้นที่ (อุทกภัย & ภัยแล้ง)
ลุ่มน้ำมูลตอนบน

↓ ส่งผลกระทบต่อ

กลุ่มเกษตรกรและประชาชนในพื้นที่

↓

ปรับเปลี่ยนการบริหารเขื่อน-อ่างเก็บน้ำด้วยเทคโนโลยีและสารสนเทศที่ทันสมัย

↓

แบบจำลองการบริหารเขื่อนที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

↓

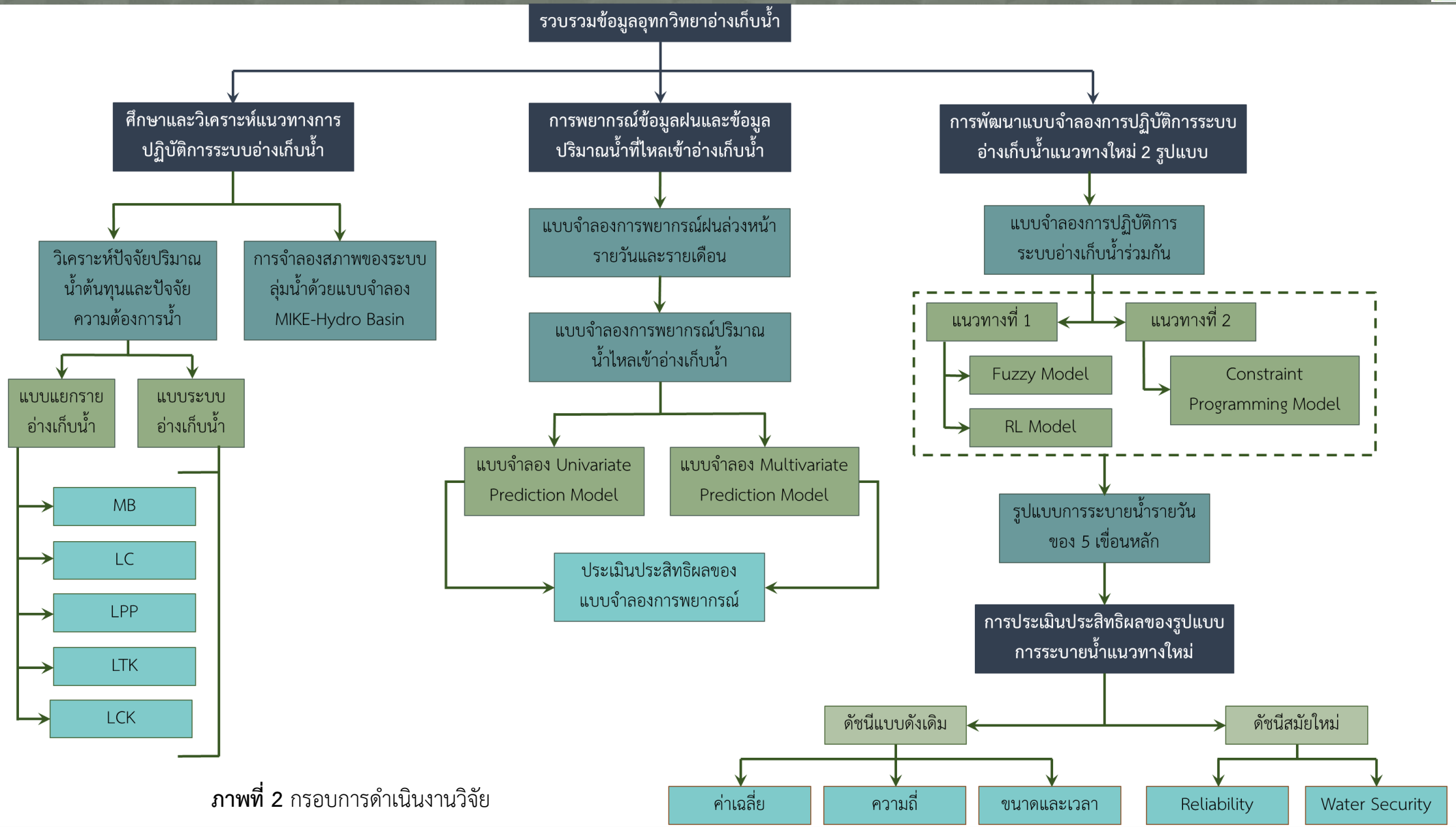
บริหารจัดการน้ำต้นทุนและปริมาณความต้องการน้ำให้เกิดความสมดุลในระยะยาว

↓

ลดความเสี่ยงจากปัญหาการขาดแคลนน้ำและอุทกภัยลง 50% และสามารถเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนในระยะยาวของระบบให้สูงขึ้น 15% จากฐานข้อมูลปัจจุบัน

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

กรอบดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบการดำเนินงานวิจัย

ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญของเขื่อน–อ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำมูลตอนบน

ลักษณะสำคัญ	มูลบน	ลำแชะ	ลำตะคอง	ลำพระเพลิง	ลำเชียงไกร ตอนล่าง	ลำเชียงไก ตอนบน
ประเภทเขื่อน	เขื่อนดิน	เขื่อนดิน	เขื่อนดิน	เขื่อนดิน	เขื่อนดิน	เขื่อนดิน
ที่ตั้งเขื่อน	อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	อ.โนนไทย จ.นครราชสีมา	อ.ด่านขุนท จ.นครราชสี
ความจุอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	141	275	323	110	27.70	4.50
ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน ลบ.ม.)	134	268	296	109	21.55	–
ระดับเก็บกักสูงสุด (เมตร รทก.)	+228.50	+228.50	+278.50	+273.00	+191.00	–
ระดับเก็บกักปกติ (เมตร รทก.)	+221.00	+227.00	+277.00	+263.00	+190.50	–
ระดับเก็บกักต่ำสุด (เมตร รทก.)	+208.00	+213.00	+261.00	+240.00	+186.00	–
พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	454	601	1,430	807	–	–
พื้นที่ชลประทาน (ไร่)	41,400	94,000	123,125	78,100	21,000	1,700
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (เมกะวัตต์)	–	–	255	–	–	–
จัดสรรน้ำให้การประปา	–	–	อ.สีคิ้ว อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	อ.โนนสูง จ.นครราชสีมา	อ.ด่านขุนท จ.นครราชสี

กรอบงานวิจัยและแผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	ช่วงเวลาดำเนินการวิจัย 17 ก.พ. 2565 – 16 ก.พ. 2566												ผลการดำเนินงาน	ร้อยละผลสำเร็จ
	ปี พ.ศ. 2565											ปี 2566		
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.–ก.พ.		
1													12.50	10.0
2													10.00	7.50
3													2.50	1.50
4													15.00	5.00
5													15.00	5.00
6													20.00	5.00
7													20.00	7.50
8													5.00	0.00
9													10.00	6.00

ร้อยละความสำเร็จ 40%

ผลการรวบรวมข้อมูลอุทกวิทยาอ่างเก็บน้ำ

งานวิจัยนี้ทำการรวบรวมคลังข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ในพื้นที่ศึกษาสำหรับใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างและการพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำ

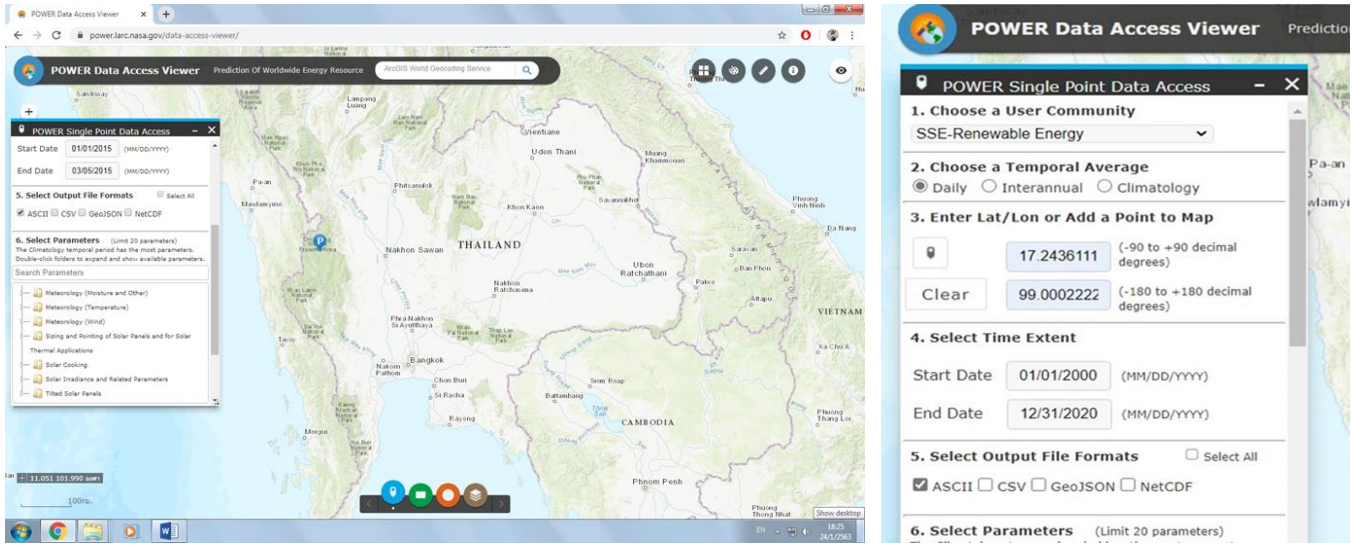
ตารางที่ 2 การรวบรวมข้อมูลวิจัย

ประเภทข้อมูล	แหล่งที่มา
ข้อมูลทางกายภาพ และข้อมูลเขื่อน–อ่างเก็บน้ำ	
ข้อมูลอุทกวิทยาอ่างเก็บน้ำ	กรมชลประทาน
แผนการจัดสรรน้ำและพื้นที่เพาะปลูก	กรมชลประทาน
ข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์จากที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
ข้อมูลสภาพอากาศ	
ข้อมูลอุตุอุทกวิทยารายวันของสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน	กรมอุตุนิยมวิทยา
ข้อมูลสภาพอากาศดาวเทียม	NASA

คลังข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ศึกษา

คลังข้อมูลสภาพภูมิอากาศโลก (Global Climate Data) จากองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration, NASA)

ข้อมูลอุตุอุทกวิทยารายวันของสถานีต่าง ๆ บนภาคพื้นดิน (Hydrometeorological Data at Ground Stations) ที่ทำการตรวจวัดในพื้นที่ศึกษาจากระบบฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน



ภาพที่ 4 หน้าต่างแสดงผลการรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ

ผลการรวบรวมข้อมูลฝน

ตารางที่ 2 รายชื่อสถานีตรวจวัดฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานที่รวบรวมได้

รหัส	ชื่อสถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	ช่วงข้อมูล	แหล่งข้อมูล
431201	นครราชสีมา	14.9683	102.0860	2543–2564	TMD
431301	นครราชสีมา	14.6439	101.3319	2543–2564	TMD
431401	นครราชสีมา	14.7189	102.1686	2543–2564	TMD
436201	บุรีรัมย์	15.2258	103.2481	2543–2564	TMD
436401	บุรีรัมย์	14.5833	102.8000	2543–2564	TMD
430201	ปราจีนบุรี	14.0584	101.3693	2543–2564	TMD
430401	ปราจีนบุรี	13.9833	101.7072	2543–2564	TMD
403201	ชัยภูมิ	15.8000	102.0333	2543–2564	TMD
417201	นครนายก	14.2167	101.3833	2543–2564	TMD
0056	สถานีเกษตรอุตุนิยมวิทยา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	NA	NA	2551–2564	TMD_AWS
0057	สถานีเกษตรอุตุนิยมวิทยา อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	NA	NA	2551–2564	TMD_AWS
0058	สถานีอุตุอุทกวิทยา อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	NA	NA	2551–2564	TMD_AWS
0062	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.นครราชสีมา	NA	NA	2551–2564	TMD_AWS
0070	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.ชัยภูมิ	NA	NA	2551–2564	TMD_AWS
210160	หนองคูขาด อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	NA	NA	2500–2550	RID
250511	ลำพระเพลิง (M.33) อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	NA	NA	2495–2562	RID
250521	แม่น้ำมูลตอนบน (M.49A) อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	NA	NA	2509–2557	RID
250541	ลำตะคอง (M.38C) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	NA	NA	2506–2564	RID

- คัดเลือกสถานีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนและทำการต่อเติมฐานข้อมูลฝนรายวันให้สมบูรณ์ระหว่างปี พ.ศ. 2495–2564 จำนวน 18 สถานี
- ทำการวิเคราะห์สถิติข้อมูลฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564 ของสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ (Automatic Weather System, AWS) กรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 5 สถานี ซึ่งตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนในเขตจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ และชัยภูมิ

ตารางที่ 3 สถิติข้อมูลฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564

สถานี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
0056	16.47	27.58	63.18	110.4	147.0	95.76	123.0	156.7	253.2	192.6	22.33	20.49	1,229
0057	15.00	15.42	36.65	72.35	128.1	89.84	108.3	120.9	194.9	243.6	17.74	3.66	1,047
0058	5.47	16.43	35.62	105.5	174.5	82.11	161.1	155.3	208.0	171.0	14.27	1.33	1,131
0062	10.38	19.28	53.37	77.58	144.8	113.6	146.0	143.3	237.2	194.4	12.00	5.40	1,158
0070	6.28	3.76	37.97	61.16	148.8	100.8	149.4	164.8	253.6	136.3	12.18	9.36	1,085
ต่ำสุด	5.47	3.76	35.62	61.16	128.1	82.11	108.3	120.9	194.9	136.3	12.00	1.33	1,047
เฉลี่ย	10.72	16.49	45.36	85.43	148.6	96.44	137.5	148.2	229.4	187.6	15.70	8.05	1,130
สูงสุด	16.47	27.58	63.18	110.4	174.5	113.6	161.1	164.8	253.6	243.6	22.33	20.49	1,229

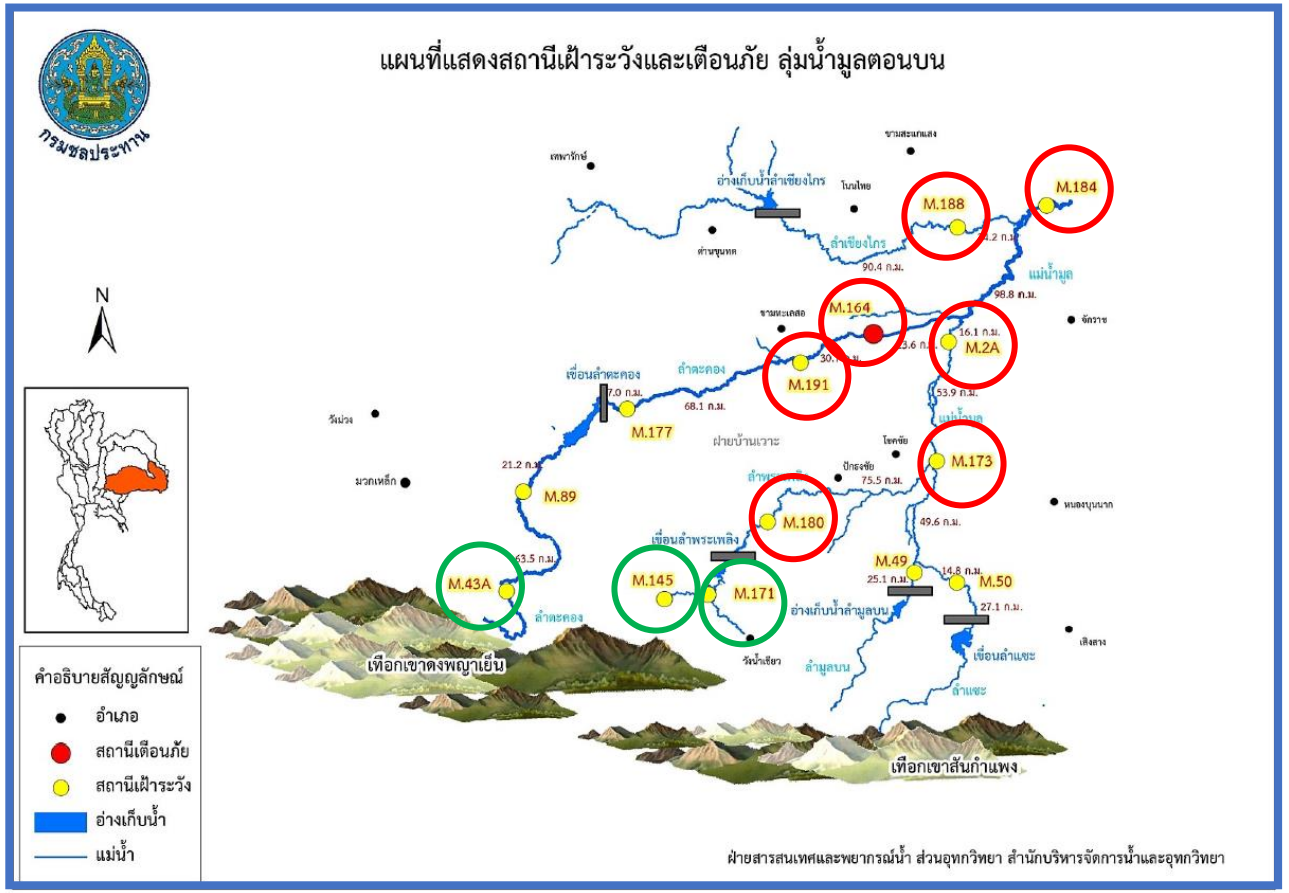
สรุปประเด็นสำคัญ: ข้อมูลฝนรายปีต่ำสุด ฝนรายปีเฉลี่ย และฝนรายปีสูงสุดจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ เท่ากับ **1,047 มิลลิเมตร 1,130 มิลลิเมตร และ 1,229 มิลลิเมตร** ตามลำดับ

ผลการรวบรวมข้อมูลน้ำท่า

- การรวบรวมข้อมูลน้ำท่าจากกรมชลประทานที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนและเป็นสถานีตรวจวัดน้ำท่าหลักที่มีช่วงข้อมูลระยะยาวและค่อนข้างสมบูรณ์จำนวนกว่า 40 สถานี

ตารางที่ 4 รายชื่อสถานีตรวจวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน

ลำดับ	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ช่วงข้อมูลปี พ.ศ.
1	M.2	บ้านตะครุบขบ อ.จักราช จ.นครราชสีมา	2493–2539
2	M.5	บ้านเมืองคง อ.ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ	2498–2563
3	M.6A	บ้านสตึก อ.สตึก จ.บุรีรัมย์	2507–2563
4	M.7	สะพานเสรีประชาธิปไตย อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี	2493–2563
5	M.8	บ้านลำปลายมาศ อ.ลำปลายมาศ จ.บุรีรัมย์	2494–2550
6	M.9	ชุมชนสะพานขาว อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ	2497–2563
7	M.26	บ้านคอโค อ.เมือง จ.สุรินทร์	2497–2552
8	M.32	บ้านเชียงเพ็ง อ.ป่าติ้ว จ.ยโสธร	2508–2563
9	M.35	บ้านยางเล็ง อ.สุวรรณภูมิ จ.ร้อยเอ็ด	2514–2532
10	M.42	บ้านห้วยทับทัน อ.ห้วยทับทัน จ.ศรีสะเกษ	2515–2563
11	M.43A	บ้านท่ามะปราง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	2532–2563
12	M.50	บ้านครบุรี อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	2508–2552
13	M.66	บ้านวังชมภู อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ	2508–2563
14	M.69	บ้านท่อบ่อแบง อ.ตระการพืชผล จ.อุบลราชธานี	2514–2561
15	M.75	บ้านแก่งยาง อ.พิบูลมังสาหาร จ.อุบลราชธานี	2508–2531
16	M.80	บ้านเมืองเดช อ.เดชอุดม จ.อุบลราชธานี	2509–2543
17	M.81	บ้านมาบกราด อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	2511–2532
18	M.85	บ้านจรอกใหญ่ อ.ประโคนชัย จ.บุรีรัมย์	2522–2548
19	M.89	สถานเสาวภา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	2513–2563



ภาพที่ 5 แผนที่แสดงสถานีเฝ้าระวังและเตือนภัยในลุ่มน้ำมูลตอนบน

ผลการรวบรวมข้อมูลอ่างเก็บน้ำ

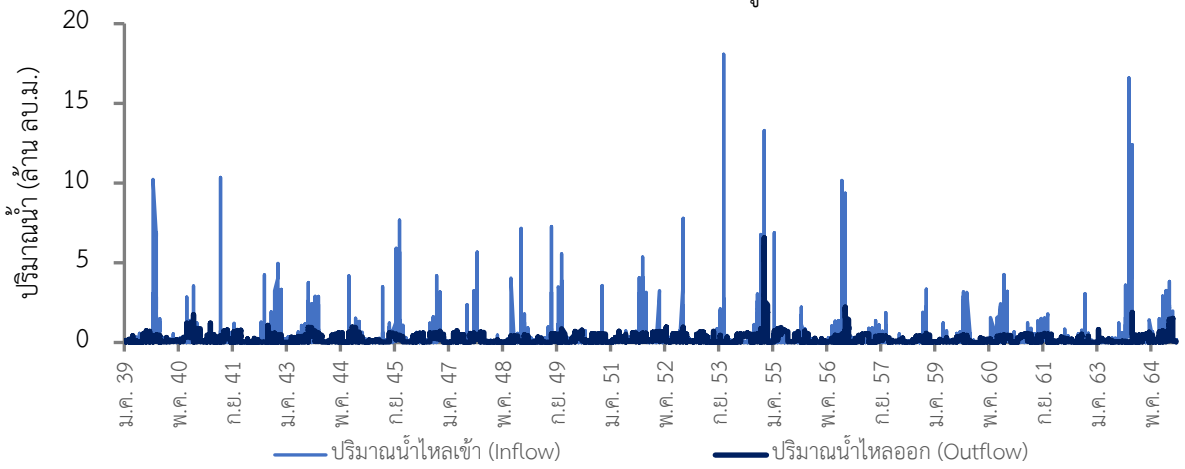
ทำการรวบรวมข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนจากกรมชลประทานดังที่สรุปไว้ในตารางที่ 5 โดยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการพล็อตอนุกรมเวลาของข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออก และปริมาณน้ำเก็บกัก รวมทั้งปรับแก้และต่อเติมข้อมูลใหม่ในกรณีข้อมูลไม่สมบูรณ์และสูญหาย

ตารางที่ 5 รายชื่อผลการรวบรวมข้อมูลอุทกวิทยาอ่างเก็บน้ำ

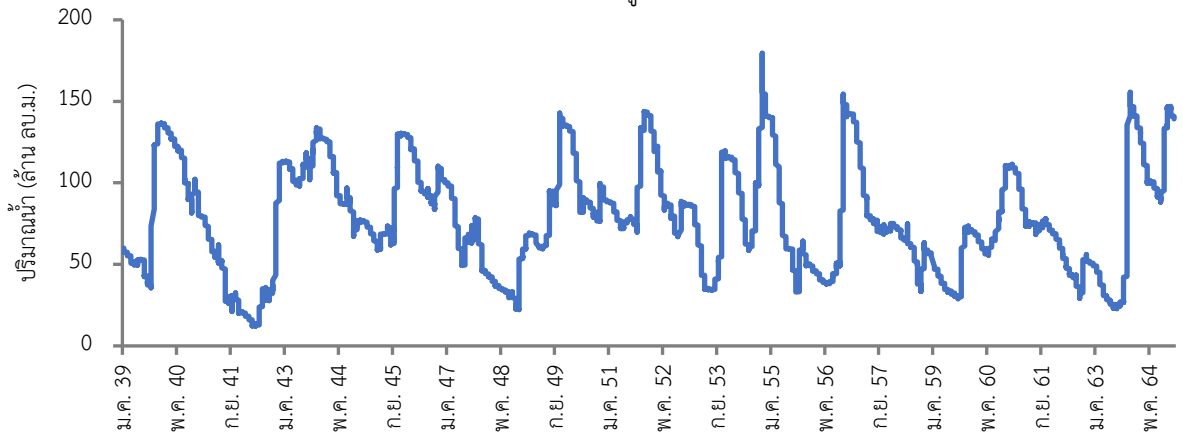
ลำดับ	เขื่อน	ประเภทเขื่อน	ลักษณะข้อมูล	ช่วงข้อมูลปี พ.ศ.	แหล่งข้อมูล
1	มูลบน	เขื่อนเก็บกัก	รายวัน	2539–2564	RID
2	ลำแชะ	เขื่อนเก็บกัก	รายวัน	2546–2564	RID
3	ลำตะคอง	เขื่อนเก็บกัก	รายวัน	2512–2564	RID
4	ลำพระเพลิง	เขื่อนเก็บกัก	รายวัน	2540–2564	RID
5	ลำเชียงไกรตอนล่าง	เขื่อนเก็บกัก	รายวัน	2552–2564	RID
6	ลำเชียงไกรตอนบน	เขื่อนเก็บกัก	รายวัน	2552–2564	RID

อ่างเก็บน้ำเขื่อนมูลบน

ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกของเขื่อนมูลบนระหว่างปี พ.ศ. 2539–2564

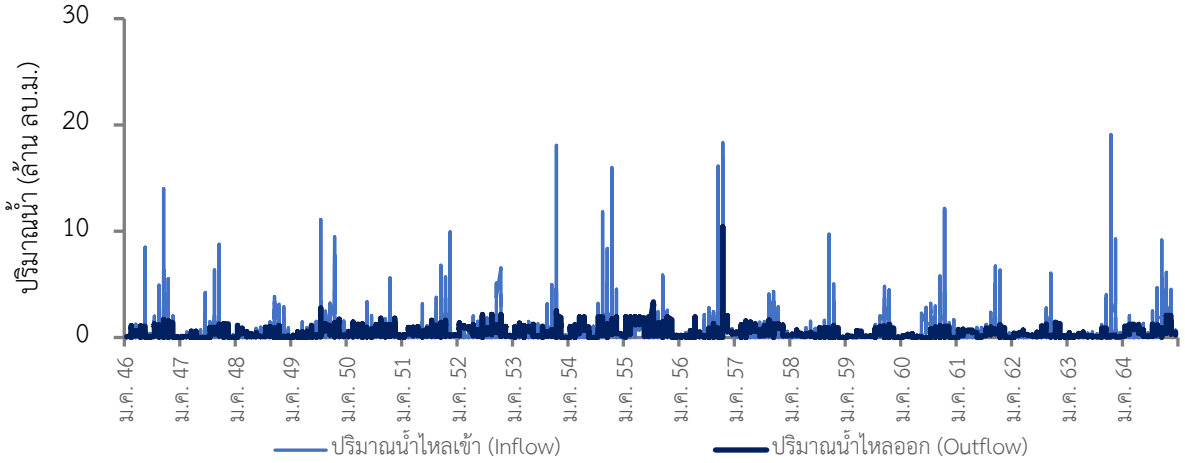


ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนมูลบนระหว่างปี พ.ศ. 2539–2564

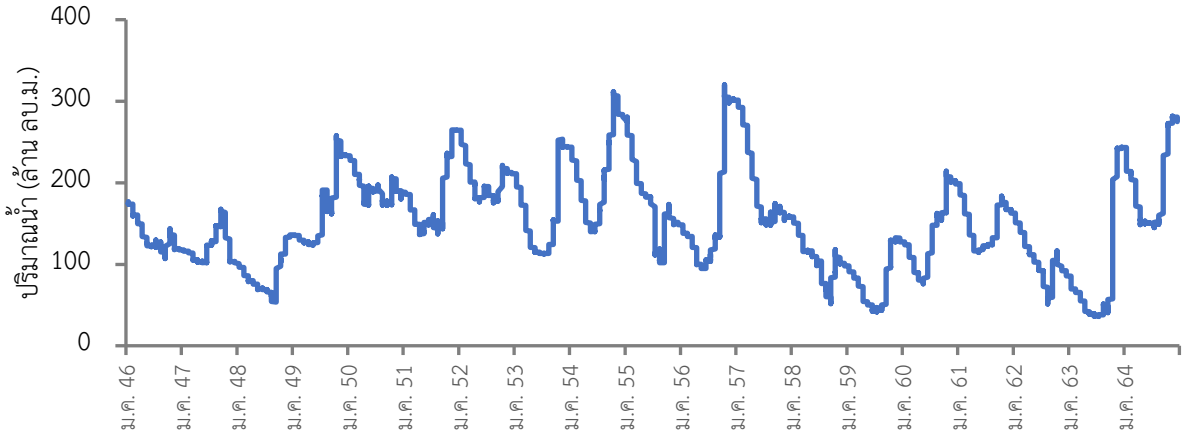


อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำแชะ

ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกของเขื่อนลำแชะระหว่างปี พ.ศ. 2546–2564

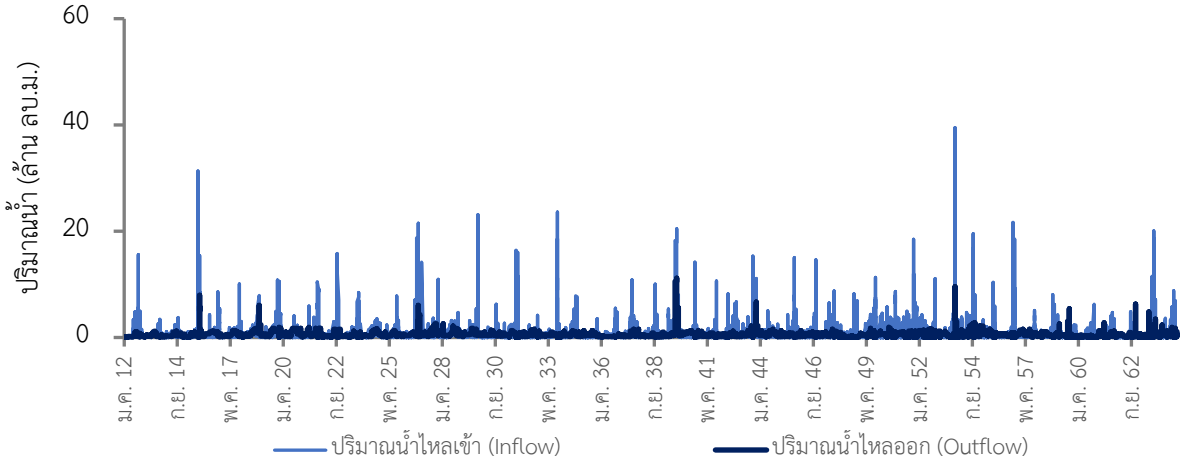


ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนลำแชะระหว่างปี พ.ศ. 2546–2564

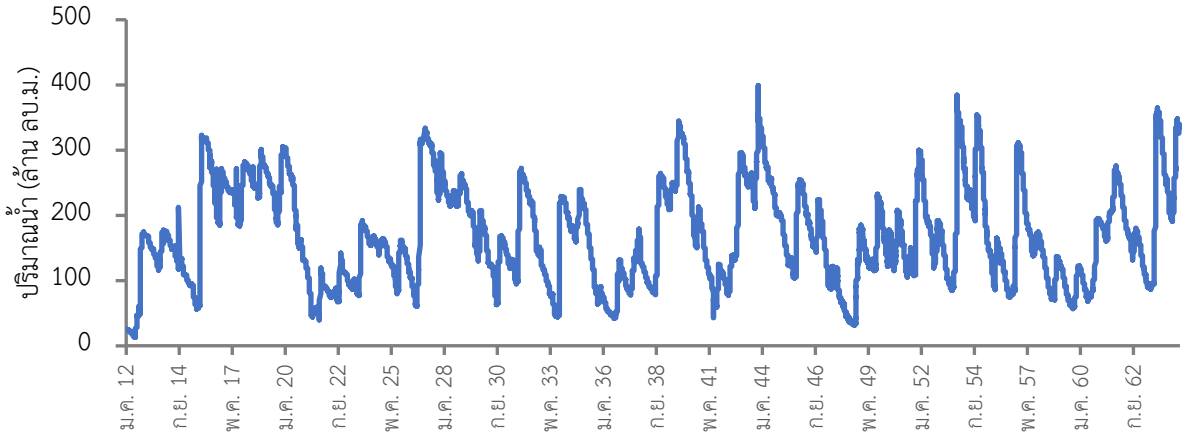


อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำตะคอง

ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกของเขื่อนลำตะคองระหว่างปี พ.ศ. 2512–2564

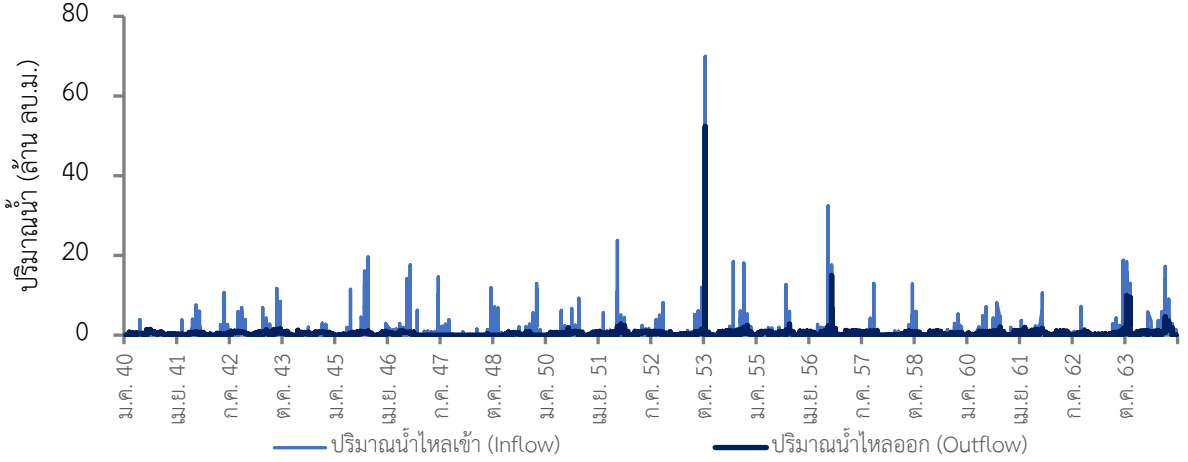


ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนลำตะคองระหว่างปี พ.ศ. 2512–2564

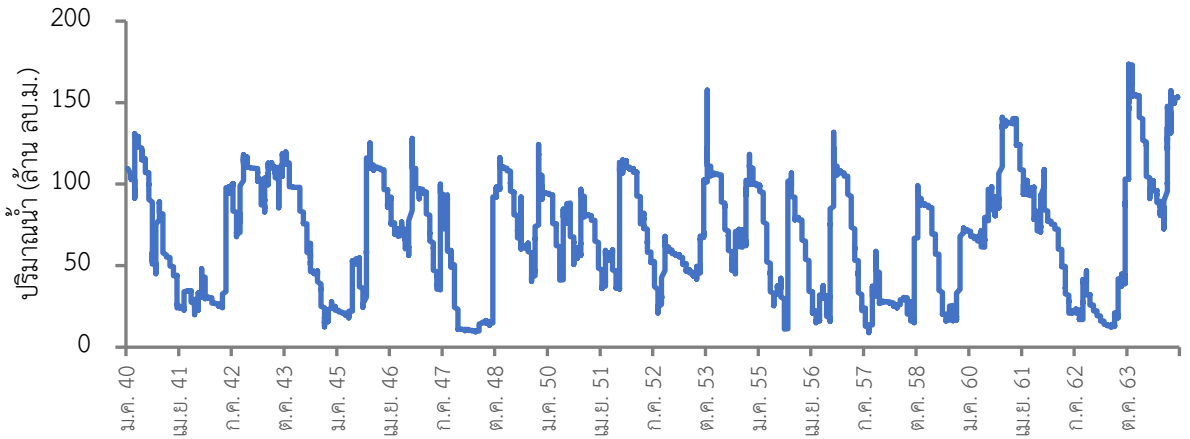


อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำพระเพลิง

ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกของเขื่อนลำพระเพลิงระหว่างปี พ.ศ. 2540–2564

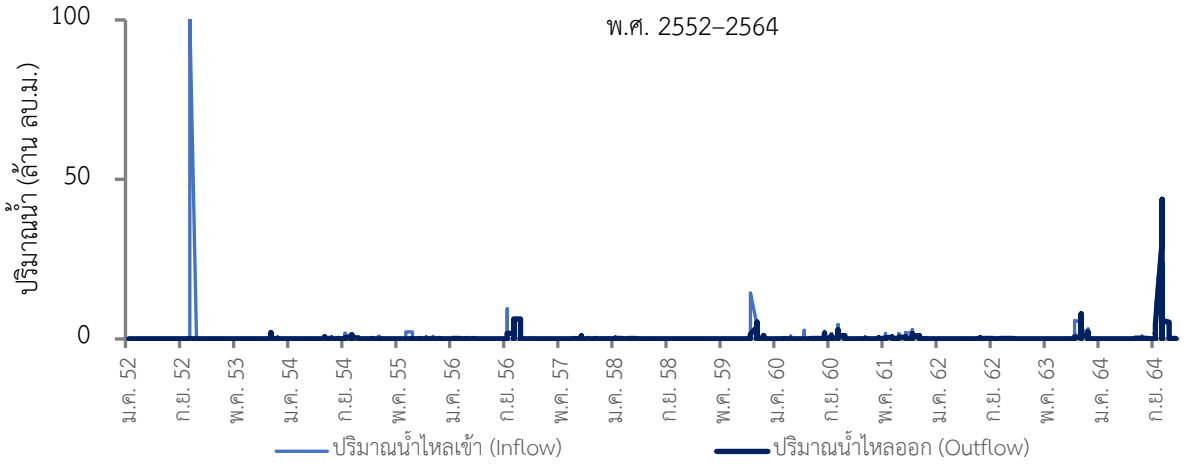


ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนลำพระเพลิงระหว่างปี พ.ศ. 2540–2564

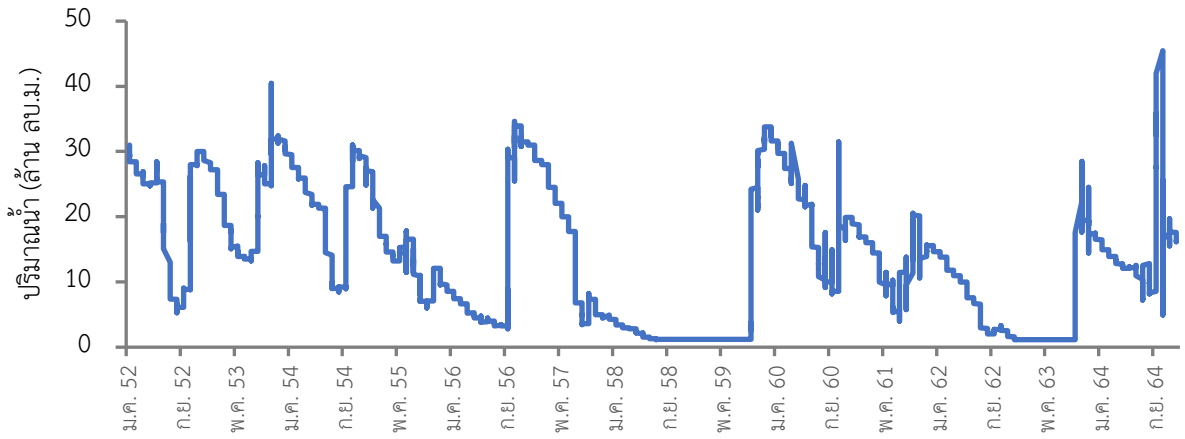


อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำเชียงไกรตอนล่าง

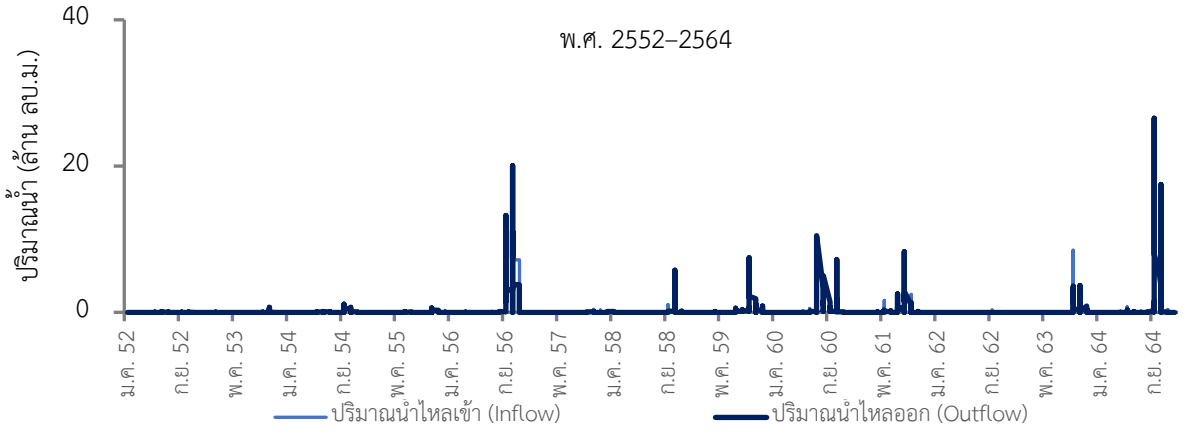
ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกของเขื่อนลำเชียงไกรตอนล่างระหว่างปี พ.ศ. 2552–2564

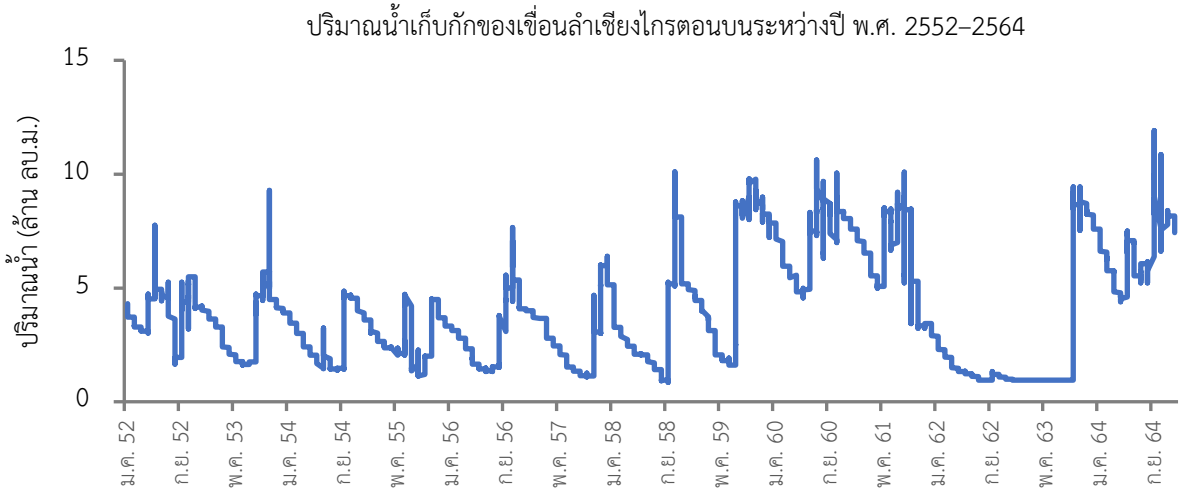


ปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนลำเชียงไกรตอนล่างระหว่างปี พ.ศ. 2552–2564



อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำเชียงไกรตอนบน





สรุปประเด็นสำคัญ: จัดประชุมหารือเจ้าหน้าที่กรมชลประทานเพื่อ**ทวนสอบและยืนยันความถูกต้องของข้อมูลวิจัย**ก่อนนำมาใช้งานในการพัฒนาแบบจำลอง

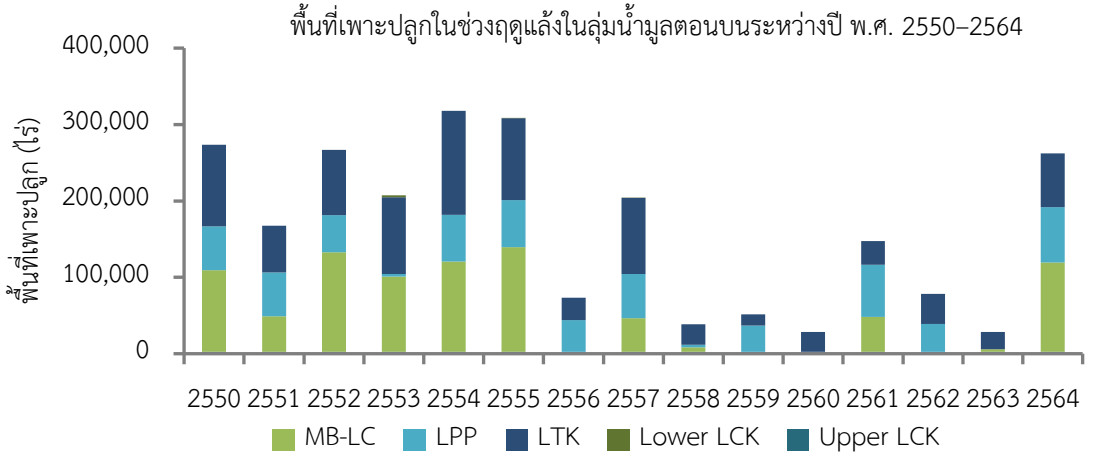
ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกของโครงการชลประทานในลุ่มน้ำมูลตอนบน

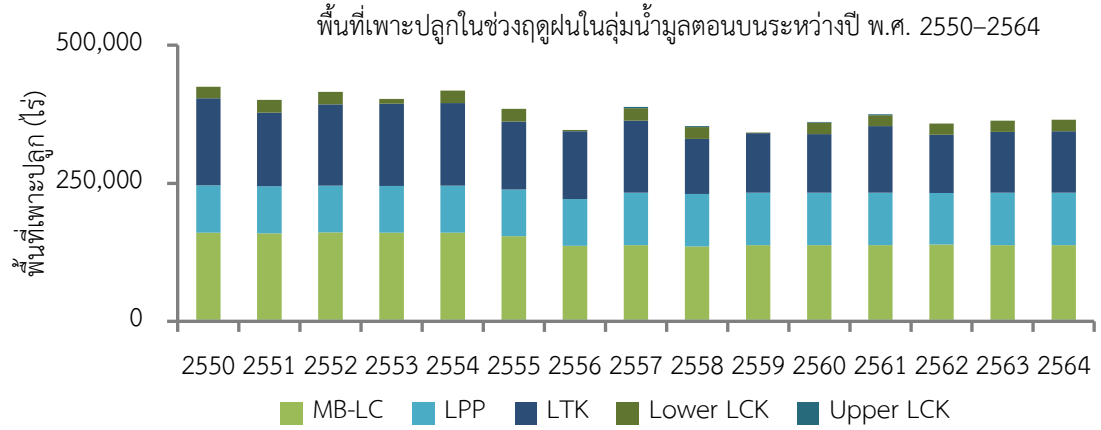
- **พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง:** เก็บรวมรวมข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง พืชไร่ พืชผัก อ้อย สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น บ่อปลา บ่อกุ้ง และอื่น ๆ
- **พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝน:** เก็บรวมรวมข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปี พืชไร่ พืชผัก อ้อย สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น บ่อปลา บ่อกุ้ง และอื่น ๆ

ตารางที่ 6 ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกของโครงการชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนในปี พ.ศ. 2564

ปี	พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง (ไร่)						พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝน (ไร่)						%
พ.ศ.	MB-LC	LPP	LTK	LLCK	ULCK	Total	MB-LC	LPP	LTK	LLCK	ULCK	Total	
2550	106,889	57,374	106,889	0	0	271,152	157,966	85,481	157,966	21,000	0	422,413	64.19
2551	46,273	57,529	61,390	0	0	165,192	156,947	84,960	133,439	23,000	0	398,346	41.47
2552	130,130	48,787	85,294	0	0	264,211	158,196	84,960	147,035	23,000	0	413,191	63.94
2553	98,384	3,366	100,716	2,243	0	204,709	157,976	84,840	148,826	8,900	0	400,542	51.11
2554	118,275	61,025	135,975	0	0	315,275	157,920	84,960	149,594	23,000	0	415,474	75.88
2555	136,748	61,825	107,286	345	0	306,204	151,246	84,960	122,848	23,000	0	382,054	80.15
2556	0	41,325	29,295	0	0	70,620	134,042	84,910	123,023	2,300	0	344,275	20.51
2557	44,089	57,625	99,570	90	0	201,374	135,137	95,213	130,236	23,000	2,290	385,876	52.19
2558	6,000	3,000	26,924	0	0	35,924	132,835	95,213	99,748	21,714	1,380	350,890	10.24
2559	0	34,483	14,323	0	0	48,806	135,137	95,213	107,973	800	0	339,123	14.39
2560	0	0	25,945	0	0	25,945	135,137	95,213	105,952	21,000	1,380	358,682	7.23
2561	45,798	68,078	31,057	0	0	144,933	135,137	95,213	120,544	20,000	1,700	372,594	38.90
2562	0	36,517	39,324	0	0	75,841	136,668	93,244	105,489	20,000	0	355,401	21.34
2563	3,357	0	22,683	0	0	26,040	135,137	95,213	110,397	20,000	0	360,747	7.22
2564	116,895	72,290	70,572	0	0	259,757	135,137	95,213	111,429	21,000	0	362,779	71.60
ต่ำสุด	0	0	14,323	0	0	25,945	132,835	84,840	99,748	800	0	339,123	7.22
เฉลี่ย	56,856	40,215	63,816	179	0	161,066	143,641	90,320	124,967	18,114	450	377,492	41.36
สูงสุด	136,748	72,290	135,975	2,243	0	315,275	158,196	95,213	157,966	23,000	2,290	422,413	80.15

หมายเหตุ : [1/]เปอร์เซ็นต์พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งคิดเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกฤดูฝน





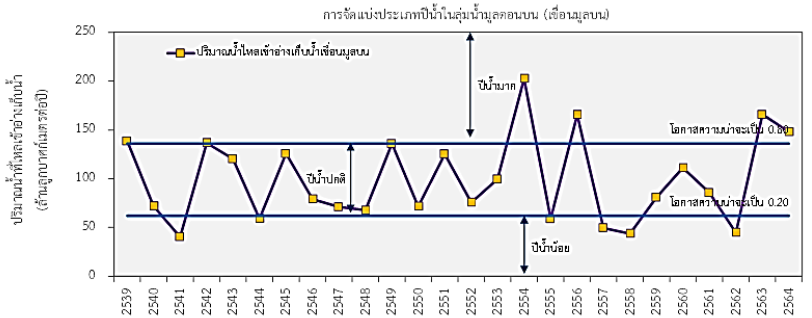
สรุปประเด็นสำคัญ: พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในช่วงฤดูแล้งผันแปรอยู่ระหว่าง 25,945–315,275 ไร่ และพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในช่วงฤดูฝนผันแปรอยู่ระหว่าง 339,123–422,413 ไร่ นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งคิดเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนผันแปรอยู่ระหว่าง 7.22%–80.15%

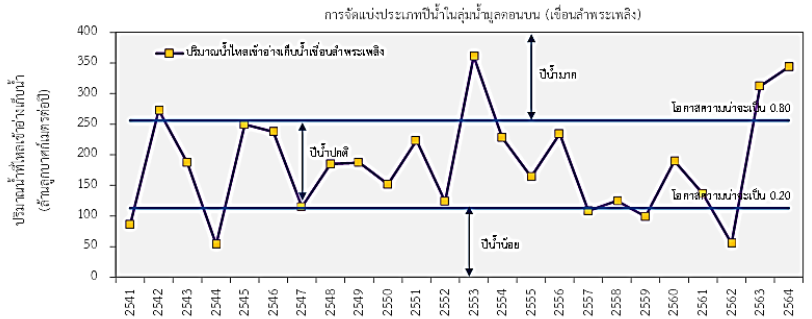
ผลการวิเคราะห์ปีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบน

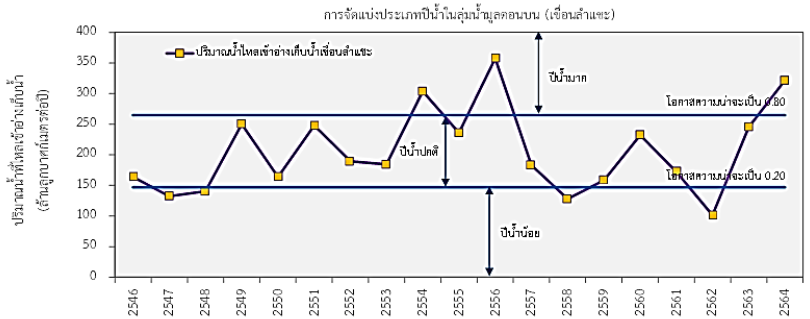
ตารางที่ 6 ผลการจัดแบ่งประเภทของปีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนระหว่างปี พ.ศ. 2546–2564

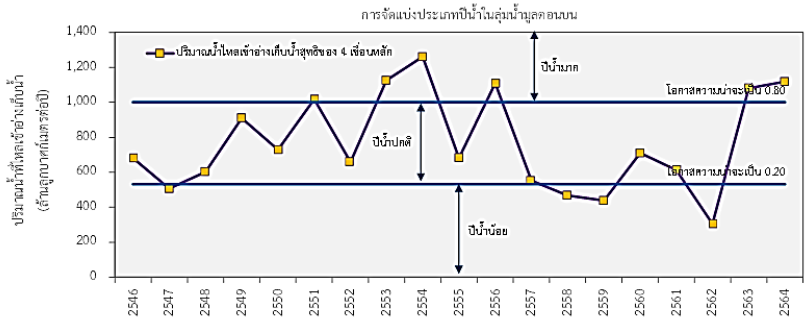
ปี พ.ศ.	4 เขื่อนหลัก	เขื่อนมูลบน	เขื่อนลำแชะ	เขื่อนลำตะคอง	เขื่อนลำพระเพลิง	ลุ่มน้ำมูลตอนบน
2546	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2547	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย
2548	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2549	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2550	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2551	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก
2552	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2553	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก
2554	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก
2555	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2556	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก
2557	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ
2558	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย
2559	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย
2560	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2561	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำปกติ
2562	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำน้อย
2563	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก
2564	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก	ปีน้ำมาก

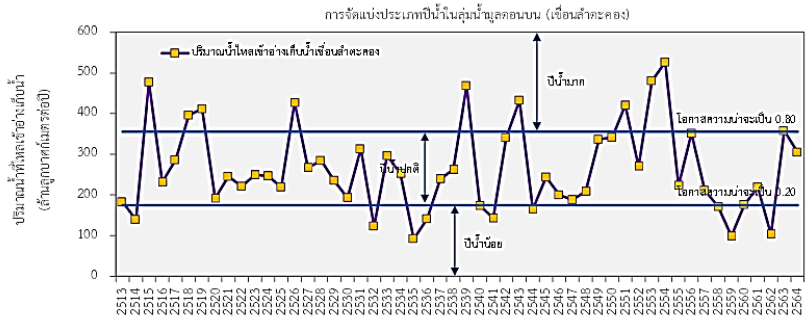
- อาศัยฟังก์ชันการแจกแจงโอกาสความน่าจะเป็นแบบกัมเบลและแบบปกติมาทำการทดสอบด้วยวิธี Smirnov–Kolmogorov ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- กำหนดค่า Threshold ที่โอกาสความน่าจะเป็นที่ 0.20 และ 0.80 เพื่อเป็นเกณฑ์การจัดแบ่งปีน้ำโดยแยกเป็นปีน้ำน้อย ปีน้ำปกติ และปีน้ำมาก





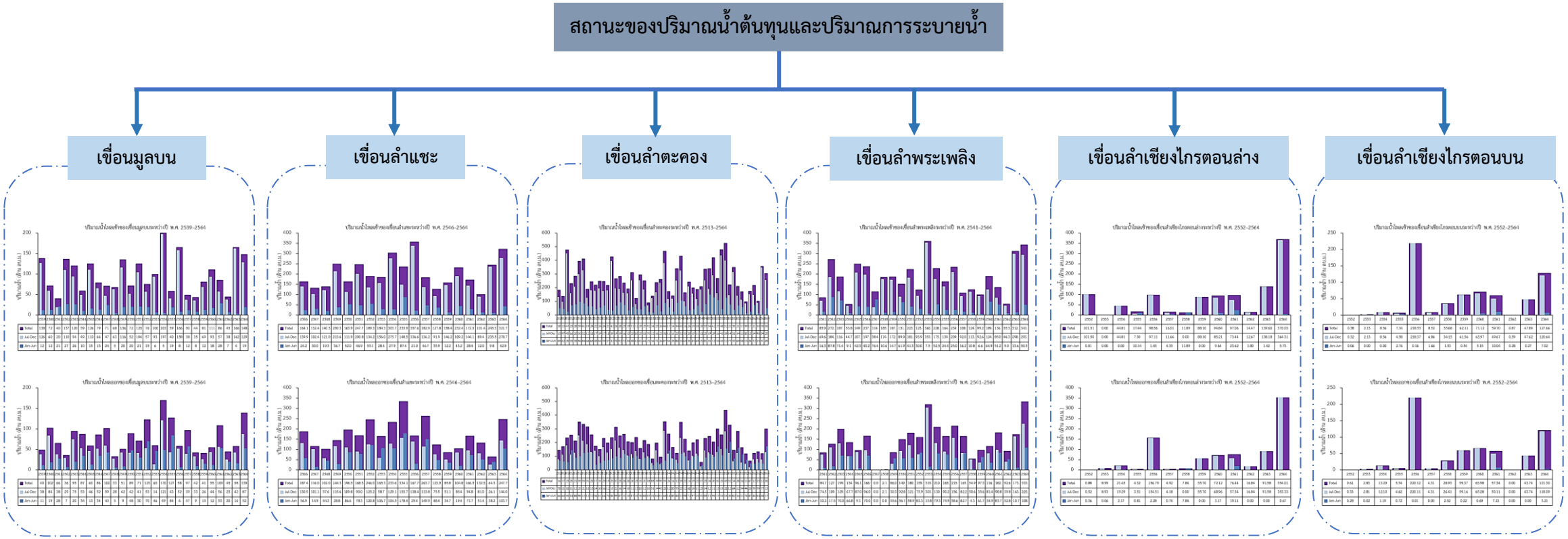






สรุปประเด็นสำคัญ: **ผลการจัดแบ่งยังไม่สอดคล้องกันกับลักษณะทางกายภาพของตำแหน่งที่ตั้งเขื่อน** ซึ่งจำเป็นต้องทบทวนผลการวิเคราะห์หลังจากนี้ และอาศัยหลักเกณฑ์อื่นมาพิจารณาเพิ่มเติม **(ข้อมูลปริมาณน้ำฝน)**

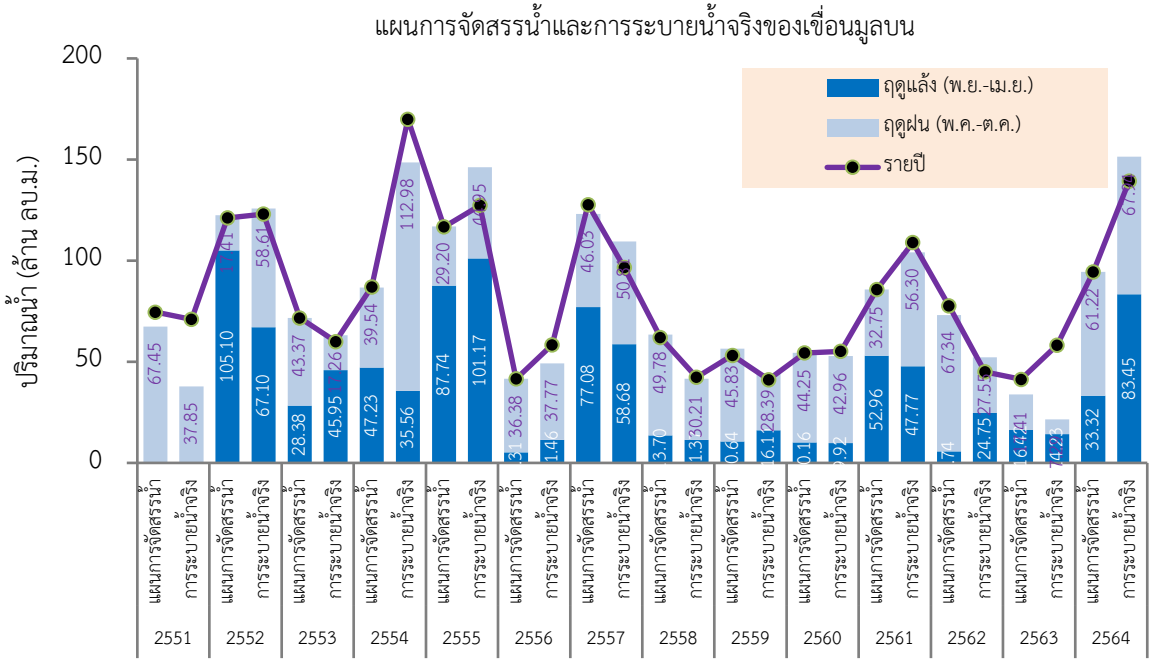
ผลการวิเคราะห์แนวทางการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำของเขื่อนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบน



สรุปประเด็นสำคัญ: ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและปริมาณการระบายน้ำของเขื่อนหลักในลุ่มน้ำมูลตอนบนผันแปรตามปีน้ำ โดยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีเฉลี่ยของทั้ง 6 เขื่อนมีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณการระบายน้ำรายปีเฉลี่ยในช่วงตั้งแต่ 4.40%–26.18% **ผลรวมปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 889 ล้าน ลบ.ม. และผลรวมปริมาณการระบายน้ำรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 770 ล้าน ลบ.ม.**

ผลการเปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำและแผนการจัดสรรน้ำเขื่อนมูลบน

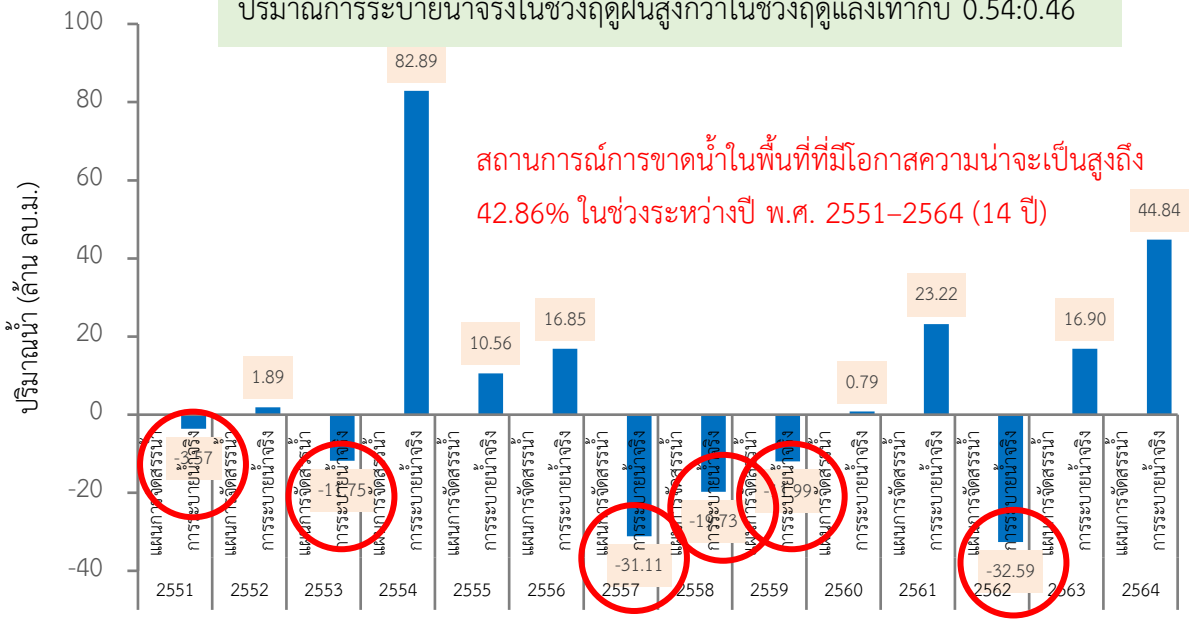
- แผนการจัดสรรน้ำเฉลี่ยของเขื่อนมูลบนระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564 ในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) ช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และผลรวมรายปีมีค่าเท่ากับ 40.09, 43.22 และ 79.62 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ
- ปริมาณการระบายน้ำจริงรายปีเฉลี่ยสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำรายปีเฉลี่ย
- ปริมาณการระบายน้ำจริงสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งสะท้อนถึงสถานการณ์น้ำมากที่เกิดขึ้นในพื้นที่ในช่วงที่เกิดเหตุการณ์มหาอุทกภัยของประเทศไทย



ตารางที่ 6 แผนการจัดสรรน้ำและการระบายน้ำจริงจากเขื่อนมูลบนระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564

ปีเพาะปลูก	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	แผนการจัดสรรน้ำ	การระบายน้ำจริง
ค่าเฉลี่ยระยะยาว	ฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.)	40.09	40.38
	ฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.)	43.22	46.72
	รายปี	79.62	86.60
	ผลต่างรายปี (Δ)		6.98

แผนการจัดสรรน้ำในช่วงฤดูฝนสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 0.52:0.48
ปริมาณการระบายน้ำจริงในช่วงฤดูฝนสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 0.54:0.46

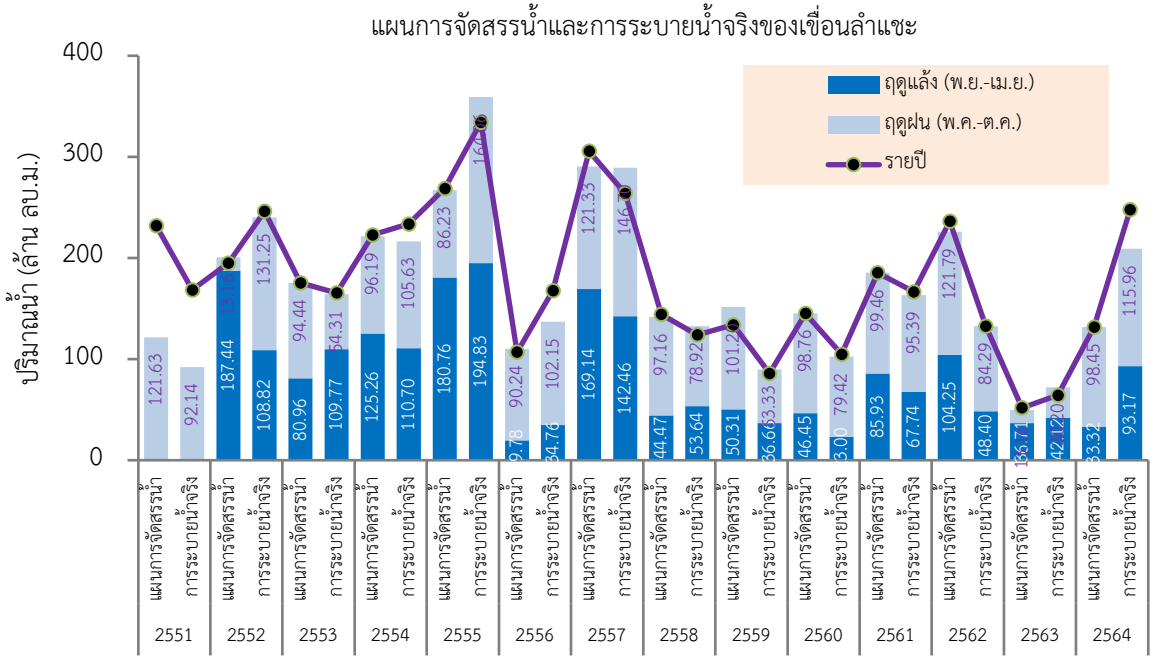


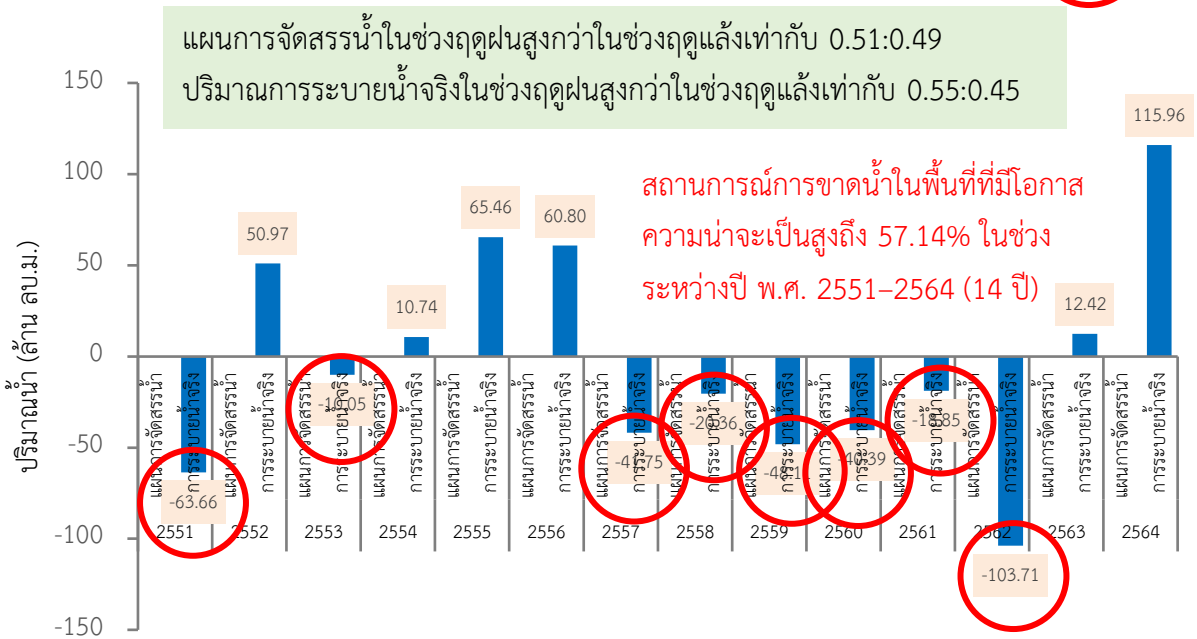
ผลการเปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำและแผนการจัดสรรน้ำเขื่อนลำแชะ

- แผนการจัดสรรน้ำเฉลี่ยของเขื่อนลำแชะระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564 ในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) ช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และผลรวมรายปีมีค่าเท่ากับ 91.89, 97.40 และ 177.15 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ
- ปริมาณการระบายน้ำจริงรายปีเฉลี่ยน้อยกว่าแผนการจัดสรรน้ำรายปีเฉลี่ย
- ปริมาณการระบายน้ำจริงสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2564 ซึ่งสะท้อนสถานการณ์น้ำมากที่เกิดขึ้นในพื้นที่จากการเกิดพายุเตี้ยนหมู่

ตารางที่ 7 แผนการจัดสรรน้ำและการระบายน้ำจริงจากเขื่อนลำแชะระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564

ปีเพาะปลูก	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	แผนการจัดสรรน้ำ	การระบายน้ำจริง
ค่าเฉลี่ยระยะยาว	ฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.)	91.89	82.73
	ฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.)	97.40	100.71
	รายปี	177.15	162.31
	ผลต่างรายปี (Δ)		–14.83



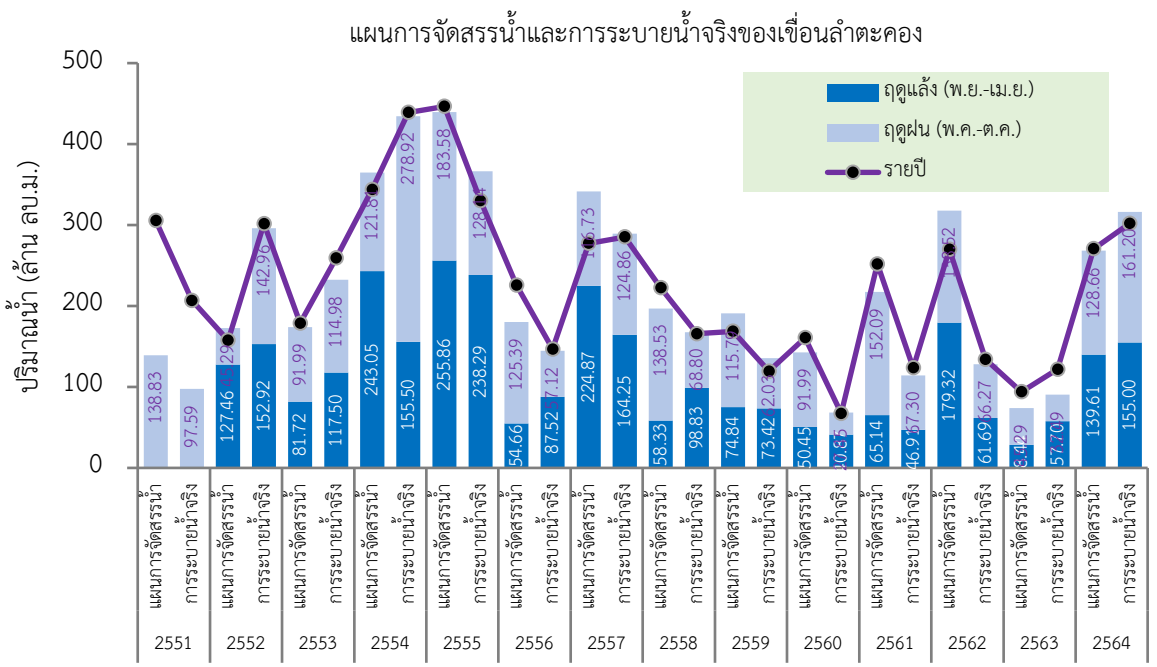


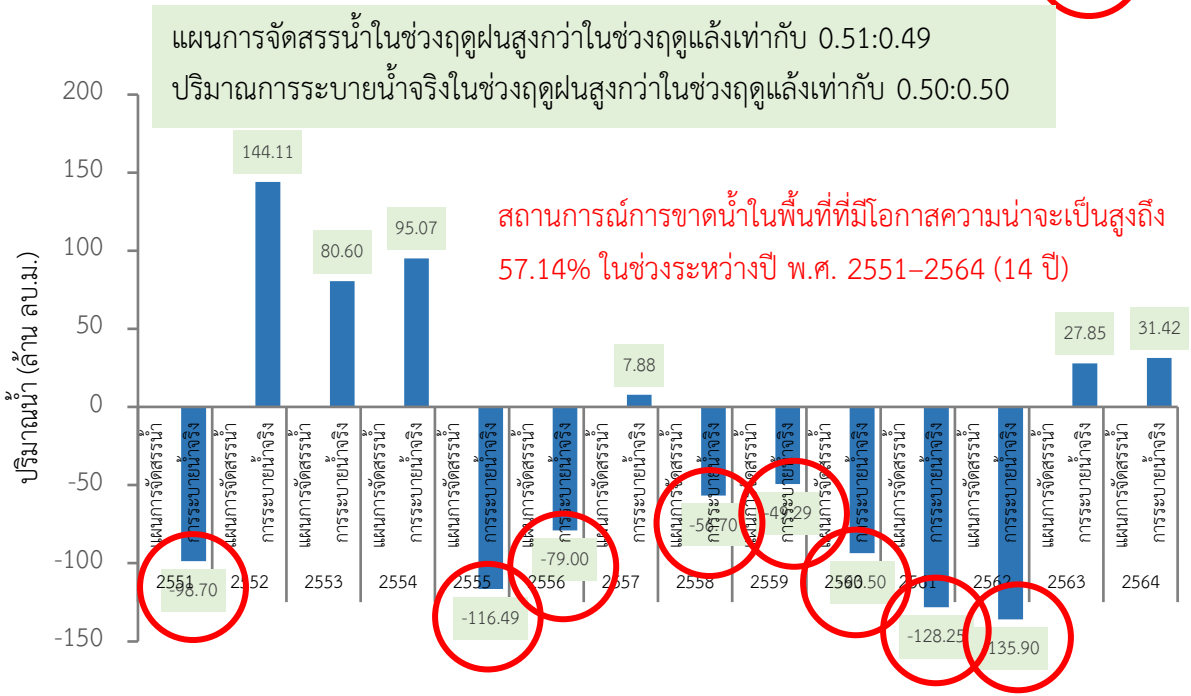
ผลการเปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำและแผนการจัดสรรน้ำเขื่อนลำตะคอง

- แผนการจัดสรรน้ำเฉลี่ยของเขื่อนลำตะคองระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564 ในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) ช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และผลรวมรายปีมีค่าเท่ากับ 123.04, 128.64 และ 235.94 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ
- ปริมาณการระบายน้ำจริงรายปีเฉลี่ยน้อยกว่าแผนการจัดสรรน้ำรายปีเฉลี่ย
- ปริมาณการระบายน้ำจริงสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำสูงสุดในปี พ.ศ.2552–2554 ซึ่งสะท้อนถึงสถานการณ์น้ำมากที่เกิดขึ้นในพื้นที่ในช่วงปีน้ำมาก

ตารางที่ 8 แผนการจัดสรรน้ำและการระบายน้ำจริงจากเขื่อนลำตะคองระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564

ปีเพาะปลูก	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	แผนการจัดสรรน้ำ	การระบายน้ำจริง
ค่าเฉลี่ยระยะยาว	ฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.)	123.04	110.57
	ฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.)	128.64	109.94
	รายปี	235.94	192.59
	ผลต่างรายปี (Δ)		–43.35



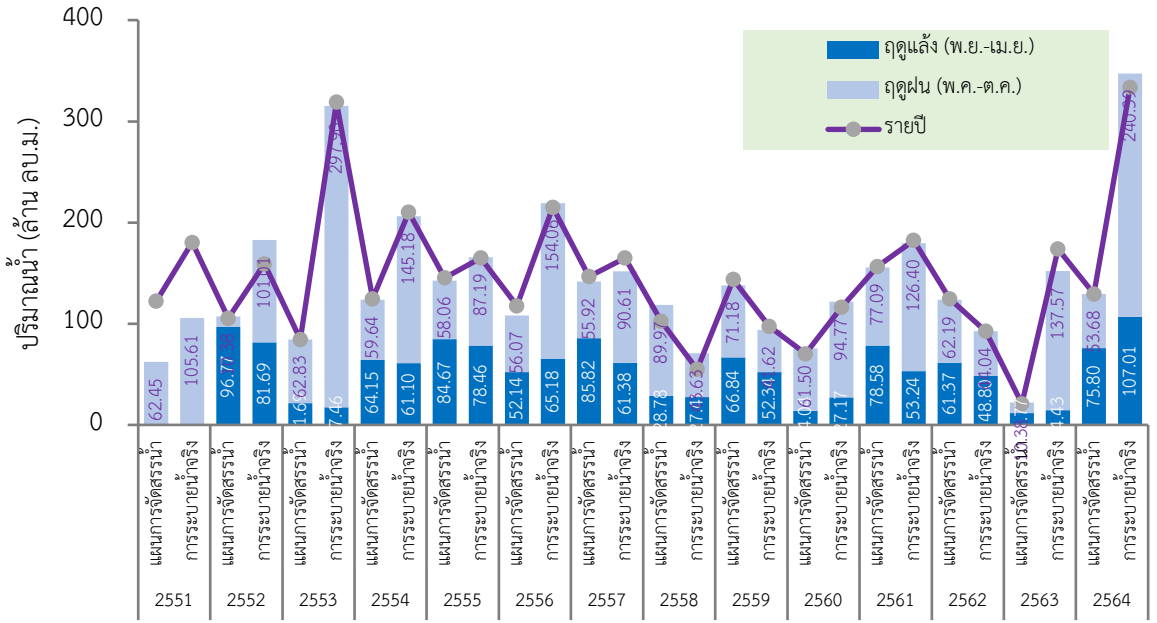


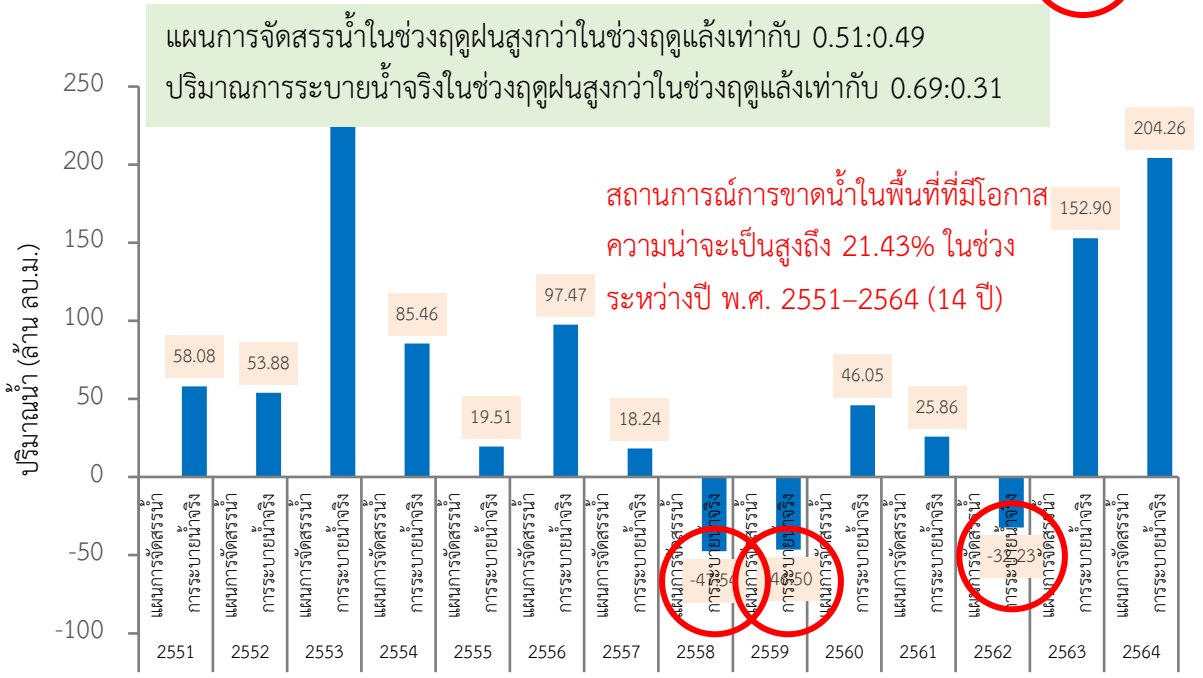
ผลการเปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำและแผนการจัดสรรน้ำเขื่อนลำพระเพลิง

- แผนการจัดสรรน้ำเฉลี่ยของเขื่อนลำพระเพลิงระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564 ในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.) ช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และผลรวมรายปีมีค่าเท่ากับ 57.49, 60.80 และ 113.32 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- ปริมาณการระบายน้ำจริงรายปีเฉลี่ยสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำรายปีเฉลี่ย
- ปริมาณการระบายน้ำจริงสูงกว่าแผนการจัดสรรน้ำสูงสุดในปี พ.ศ.2553 และ 2554 ซึ่งสะท้อนถึงสถานการณ์น้ำมากที่เกิดขึ้นในพื้นที่ในช่วงปีน้ำมาก

ตารางที่ 9 แผนการจัดสรรน้ำและการระบายน้ำจริงจากเขื่อนลำพระเพลิงระหว่างปี พ.ศ. 2551–2564

ปีเพาะปลูก	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	แผนการจัดสรรน้ำ	การระบายน้ำจริง
ค่าเฉลี่ยระยะยาว	ฤดูแล้ง (พ.ย.–เม.ย.)	57.49	57.23
	ฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.)	60.80	127.49
	รายปี	113.32	167.37
	ผลต่างรายปี (Δ)		54.05

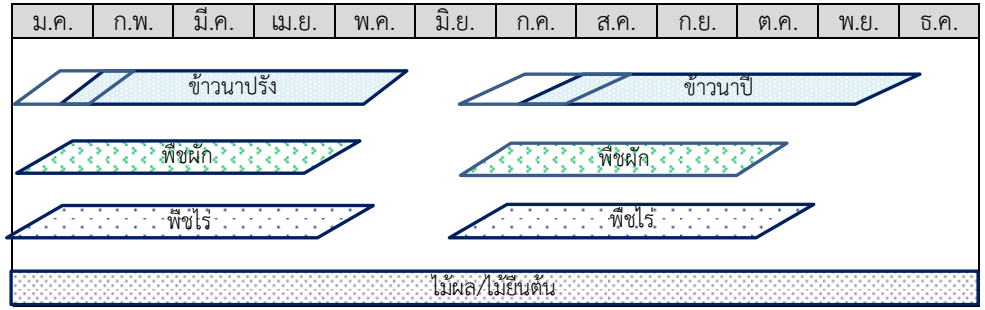


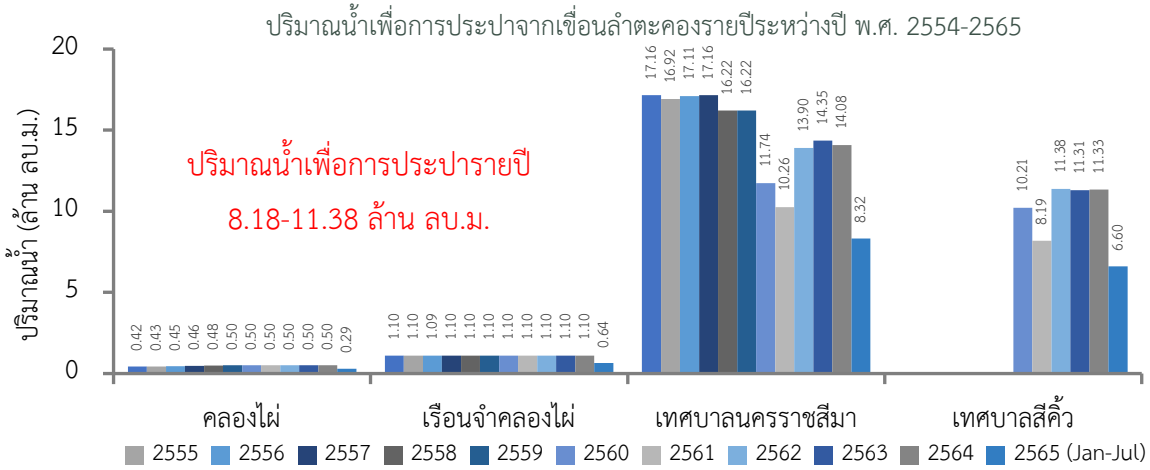


ผลการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำ

ประมาณการปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมและนอกภาคเกษตรกรรม

- ประมาณการความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำมูลตอนบน (MB, LC, LTK, LPP, LLCK)
- ประมาณการความต้องการน้ำนอกภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำมูลตอนบน (MB, LC, LTK, LPP, LLCK)
- รวบรวมฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ





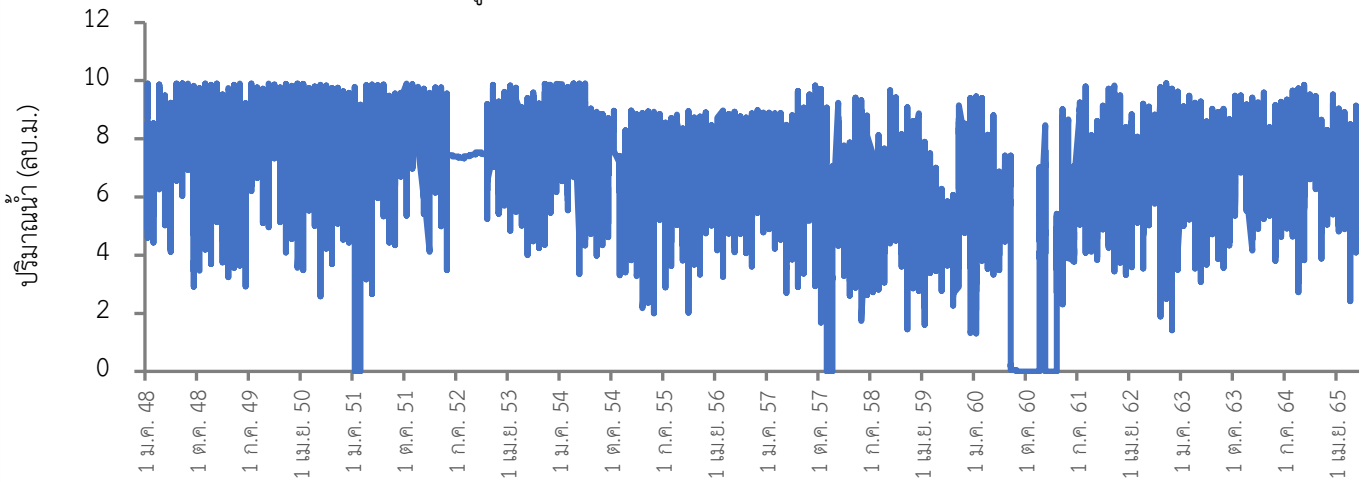
ชนิดพืชที่ปลูก		นาข้าว		พืชผัก		พืชไร่		ไม้ผล
		นาปี	นาปรัง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	(มะม่วง)
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)		453,519	179,760	983	1,448	2,209	5,576	488
ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (ล้าน ลบ.ม.)	ม.ค.		141.88		0.13		0.53	0.16
	ก.พ.		93.71		0.40		1.86	0.20
	มี.ค.		121.97		0.38		2.58	0.20
	เม.ษ.		92.76		0.03		0.98	0.14
	พ.ค.		16.09				0.02	0.08
	มิ.ย.	55.78				0.01		0.19
	ก.ค.	228.57		0.08		0.19		0.26
	ส.ค.	130.11		0.12		0.42		0.23
	ก.ย.	78.55		0.03		0.19		0.11
	ต.ค.	45.71				0.03		0.16
	พ.ย.							0.28
	ธ.ค.	ผลการประมาณการความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมรายปี 1,015 ล้าน ลบ.ม.						
	รายปี	538.74	466.41	0.22	0.94	0.84	5.97	2.27

- อยู่ระหว่างการตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของผลการประมาณการความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมและคำนวณปริมาณความต้องการน้ำแยกเขื่อน (MB, LC, LTK, LPP, LLCK)
- อยู่ระหว่างการรวบรวมข้อมูลน้ำประปาและทำการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำนอกภาคเกษตรกรรม

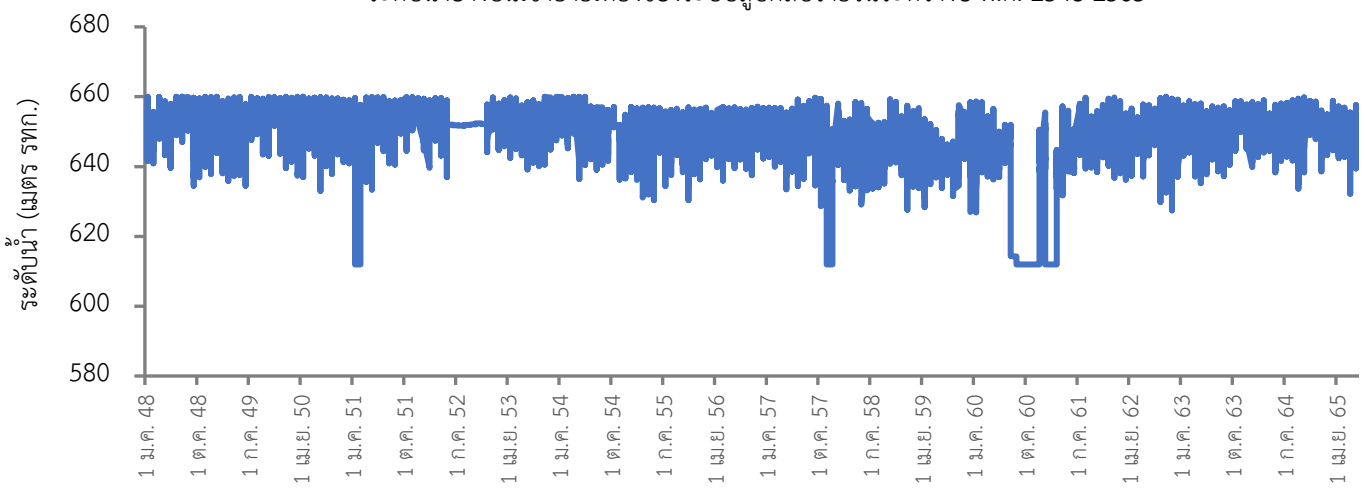
ผลการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำ

ประมาณการปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมและนอกภาคเกษตรกรรม

ปริมาณน้ำสูบกลับจากอ่างเก็บน้ำลำตะคองรายวันระหว่างปี พ.ศ. 2548-2565



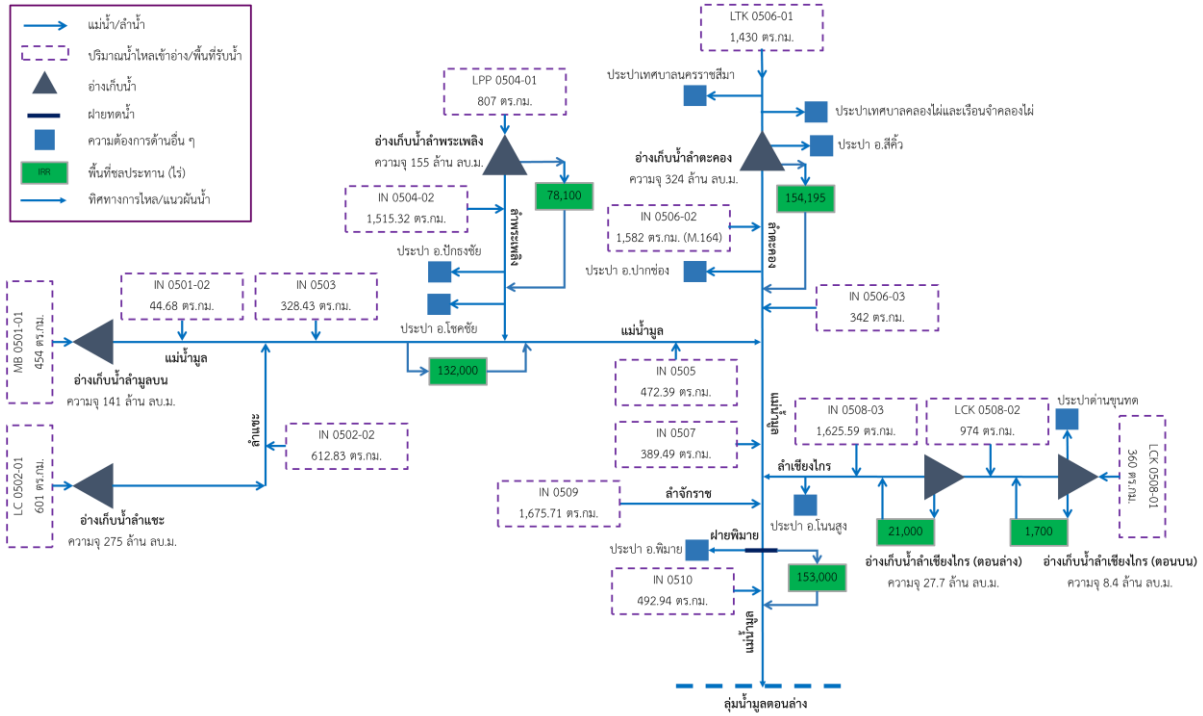
ระดับน้ำอ่างบนเขายายเที่ยงของระบบสูบกลับรายวันระหว่างปี พ.ศ. 2548-2565



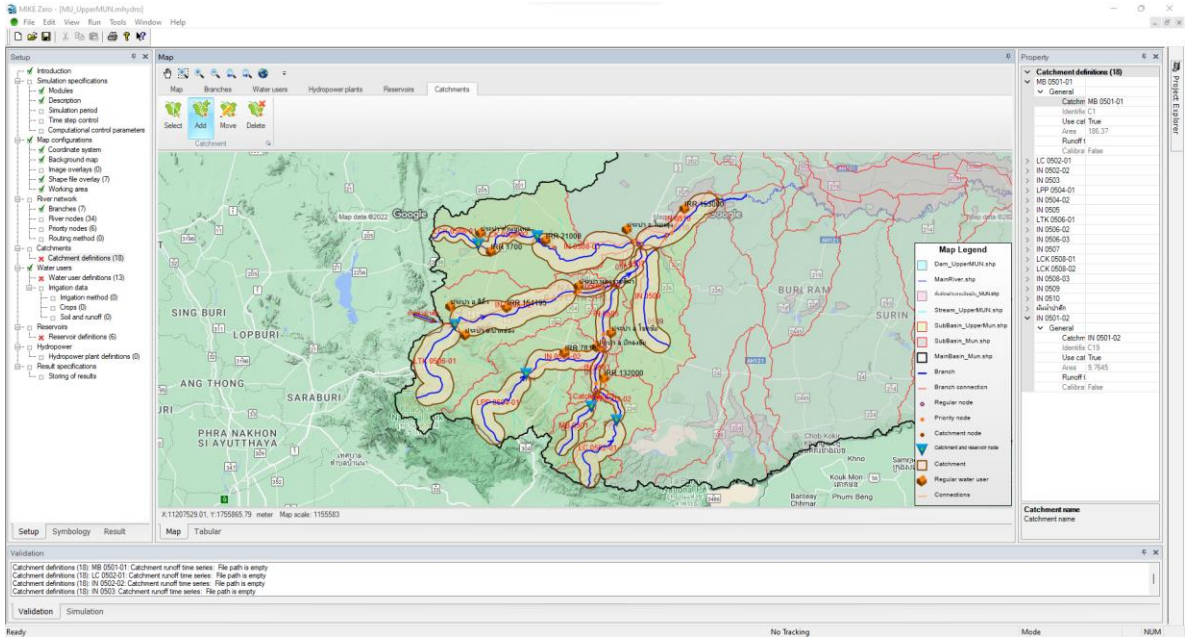
- ปริมาณน้ำสูบกลับจากอ่างเก็บน้ำลำตะคองรายวันเฉลี่ย 6.81 ล้าน ลบ.ม.ต่อวัน สูงสุด 9.91 ล้าน ลบ.ม.ต่อวัน
- ปริมาณน้ำสูบกลับจากอ่างเก็บน้ำลำตะคองรายปีเฉลี่ย 1,186-2,932 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี
- ระดับน้ำอ่างบนเขายายเที่ยงของระบบสูบกลับรายวันระหว่างปี พ.ศ. 2548-2565 เฉลี่ยเท่ากับ +649.03 เมตร รทก.

พัฒนาแบบจำลองสภาพของระบบลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE-Hydro Basin

- จำลองสภาพของระบบลุ่มน้ำเพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมและภัยแล้งที่เกิดขึ้นจากฐานข้อมูลในอดีตถึงปัจจุบัน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก
- สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า และสร้างแผนที่น้ำท่วม (Flood Map) บริเวณท้ายเขื่อน เพื่อช่วยสนับสนุนระบบการตัดสินใจในการพัฒนางานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำแบบอัจฉริยะ



ภาพที่ 6 แผนภูมิระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำมูลตอนบนที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง MIKE–Hydro Basin

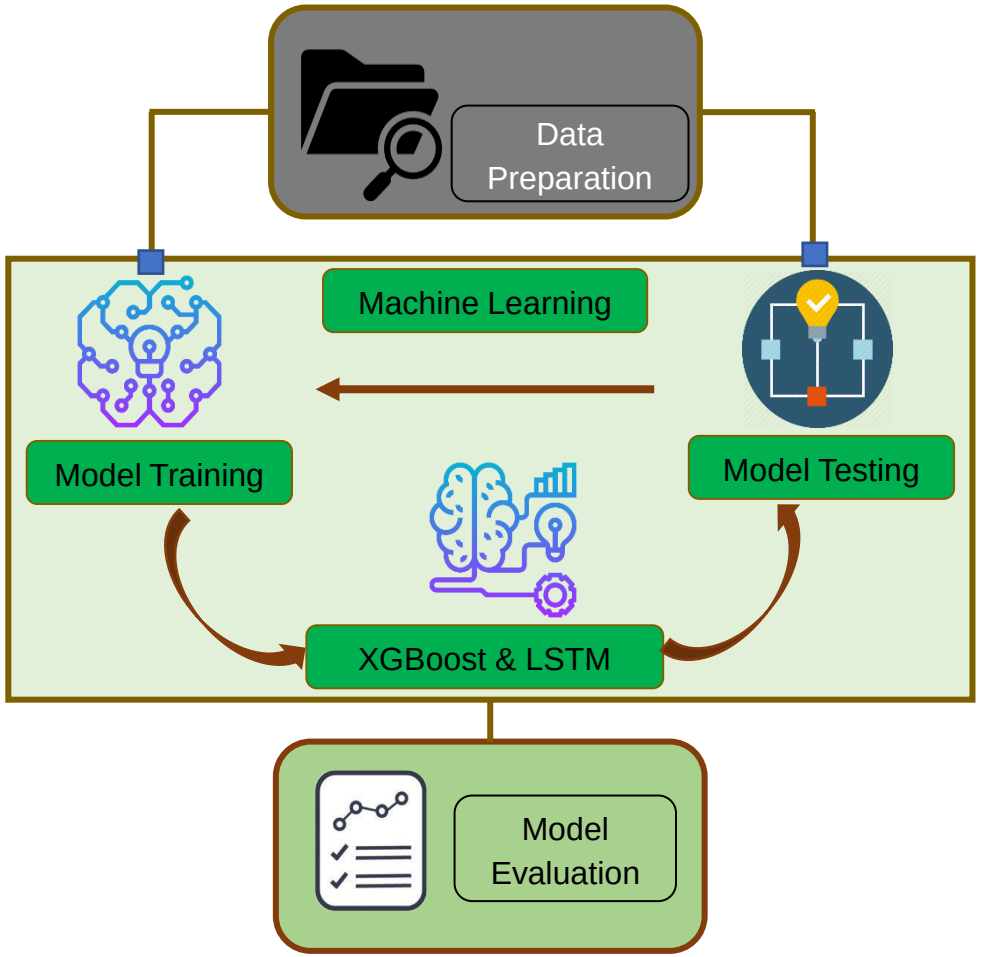


ภาพที่ 7 ผลการพัฒนาแบบจำลอง MIKE–Hydro Basin ในลุ่มน้ำมูลตอนบน

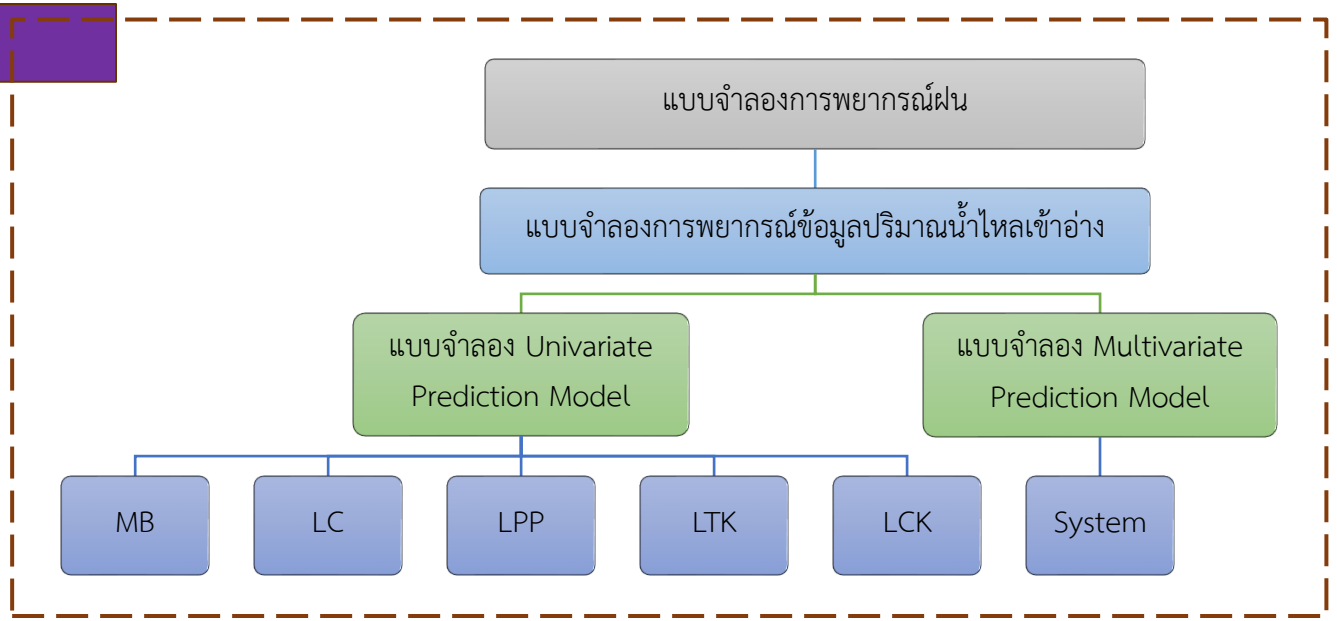
- อยู่ระหว่างดำเนินการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองตามแผนภูมิรบบแหล่งน้ำ
- กำลังปรับทียบแบบจำลองและรวบรวมข้อมูลน้ำท่าเพิ่มเติม

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

พัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลฝนและปริมาณน้ำไหลเข้า ML



ภาพที่ 8 ผังการทำงานของแบบจำลองการพยากรณ์



ตัวอย่างการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างแบบจำลองการพยากรณ์แบบตัวแปรเดี่ยวแยกรายอ่างเก็บน้ำ

$$Inflow_{MBt+1} = f(Inflow_{MBt}, Avg.\ Inflow_{MBt-3}, Avg.\ Inflow_{MBt-7}, Avg.\ Inflow_{MBt-15}, Avg.\ Temp_{t}, Avg.\ Temp_{t-3}, Avg.\ Temp_{t-7}, Avg.\ Temp_{t-15}, Predicted\ Precip_{t}, Predicted\ Precip_{t-1}, Predicted\ Precip_{t-2}, Predicted\ Precip_{t-3})$$

ตัวอย่างการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างแบบจำลองการพยากรณ์แบบหลายตัวแปรของทุกอ่างเก็บน้ำร่วมกัน

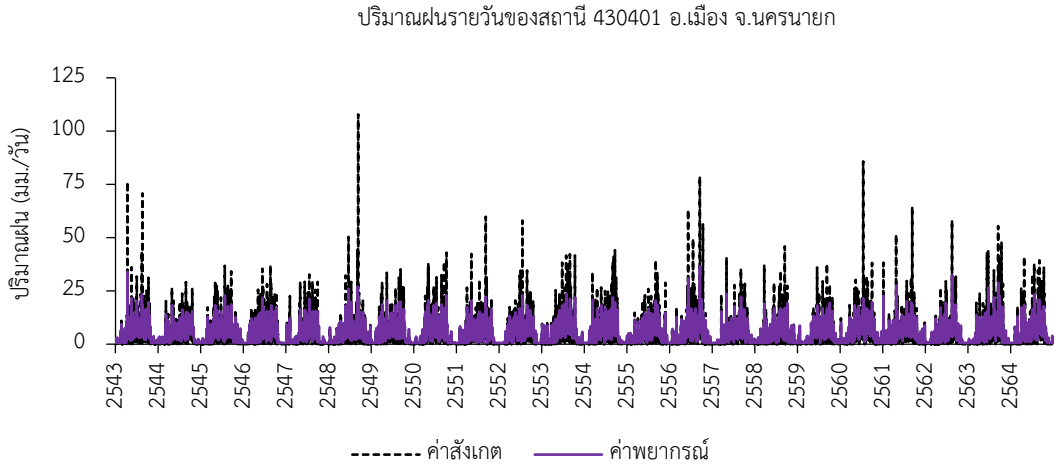
$$Inflow_{MB,\ LC,\ LPP,\ LTK,\ LCK\ t+1} = f(Inflow_{MB,\ LC,\ LPP,\ LTK,\ LCK\ t}, Avg.\ Inflow_{MB,\ LC,\ LPP,\ LTK,\ LCK\ t-3}, Avg.\ Inflow_{MB,\ LC,\ LPP,\ LTK,\ LCK\ t-7}, Avg.\ Inflow_{MB,\ LC,\ LPP,\ LTK,\ LCK\ t-15}, Avg.\ Temp_{t}, Avg.\ Temp_{t-3}, Avg.\ Temp_{t-7}, Avg.\ Temp_{t-15}, Predicted\ Precip_{t}, Predicted\ Precip_{t-1}, Predicted\ Precip_{t-2}, Predicted\ Precip_{t-3})$$

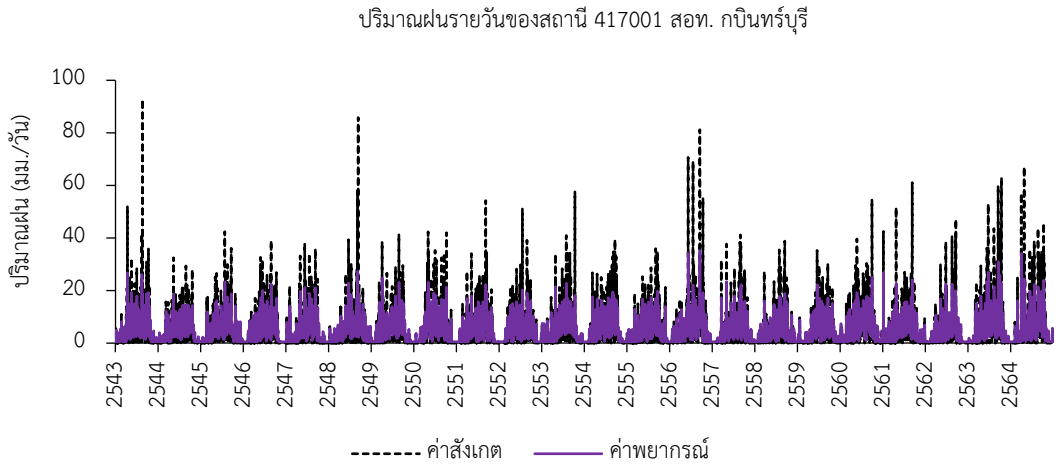
พัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลฝนด้วยเทคนิค ML

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลฝนรายวัน (Daily Rainfall Prediction Model)							
อัลกอริทึม: LSTM							
อัตราส่วนระหว่างชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลตรวจสอบ: 70:30							
เลขแบบจำลอง	ตัวแปรที่ใช้	Steps	ประสิทธิผลทางสถิติของการพยากรณ์จากชุดข้อมูลตรวจสอบ				
			MSE	RMSE	R^2	Correlation	NSE
ข้อมูลฝนสถานี 417001 อ.เมือง จ.นครนายก							
d417001-01*	Rainfall	3	37.95	6.16	0.3328	0.5769	0.3330
d417001-02	Rainfall	7	37.96	6.16	0.3391	0.5824	0.3331
ข้อมูลฝนสถานี 430401 สอท.กบินทร์บุรี							
d430401-01*	Rainfall	3	45.23	6.73	0.2668	0.5165	0.2653
d430401-02	Rainfall	7	45.10	6.72	0.2682	0.5178	0.2678

หมายเหตุ: *แบบจำลองที่ให้ค่าประสิทธิผลการพยากรณ์สูงสุด

- อยู่ระหว่างดำเนินการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการพยากรณ์



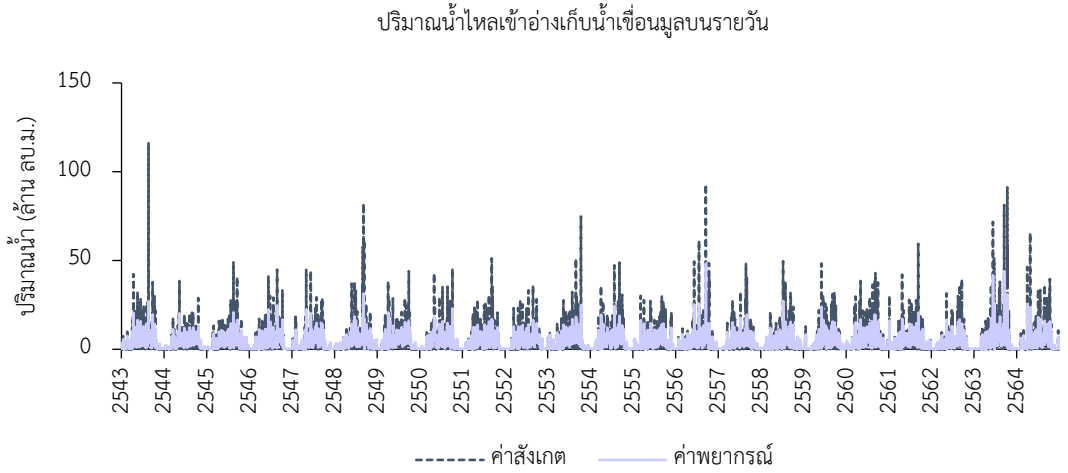


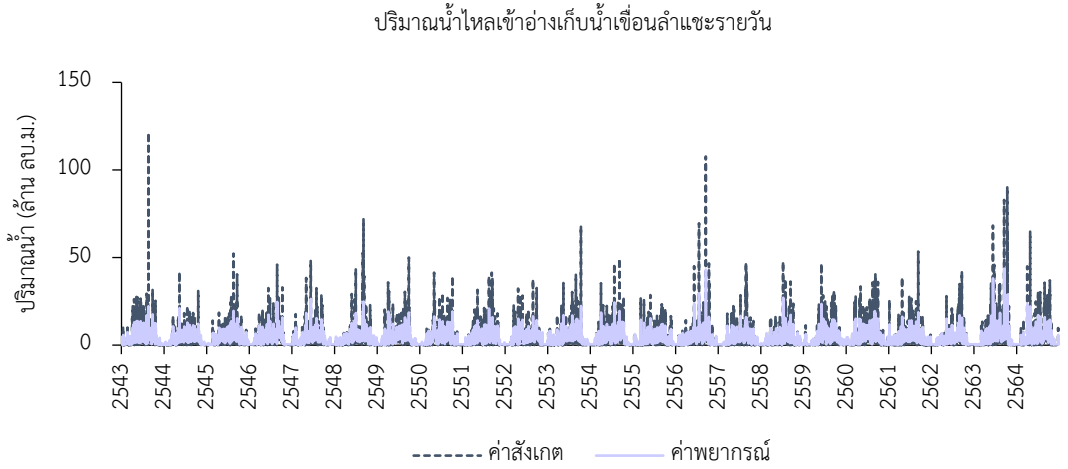
พัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างด้วยเทคนิค ML

ประเภทแบบจำลอง: แบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแบบอ่างเดี่ยวรายวัน (Daily Univariate Reservoir Inflow Prediction Model)							
อัลกอริทึม: LSTM							
อัตราส่วนระหว่างชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลตรวจสอบ: 70:30							
เลขแบบจำลอง	ตัวแปรที่ใช้	Steps	ประสิทธิผลทางสถิติของการพยากรณ์จากชุดข้อมูลตรวจสอบ				
			MSE	RMSE	R^2	Correlation	NSE
เขื่อนมูลบน							
dMB–01*	Inflow	3	44.85	6.70	0.2639	0.5137	0.2620
dMB–02	Inflow	7	46.40	6.81	0.2395	0.4894	0.2368
เขื่อนลำแชะ							
dLC–01*	Inflow	3	42.21	6.50	0.2676	0.5173	0.2667
dLC–02	Inflow	7	43.33	6.58	0.2520	0.5020	0.2475
เขื่อนลำตะคอง							
dLTK–01*	Inflow	3	32.34	5.69	0.3231	0.5684	0.3204
dLTK–02	Inflow	7	34.46	5.87	0.3001	0.5478	0.2763
เขื่อนลำพระเพลิง							
dLPP–01*	Inflow	3	44.58	6.68	0.2664	0.5162	0.2664
dLPP–02	Inflow	7	47.70	6.91	0.2310	0.4807	0.2154
เขื่อนลำเชียงไกรตอนล่าง							
dLLCK–01*	Inflow	3	48.44	6.96	0.2163	0.4651	0.2167
dLLCK–02	Inflow	7	49.51	7.04	0.2079	0.4559	0.1997

หมายเหตุ: *แบบจำลองที่ให้ค่าประสิทธิผลการพยากรณ์สูงสุด

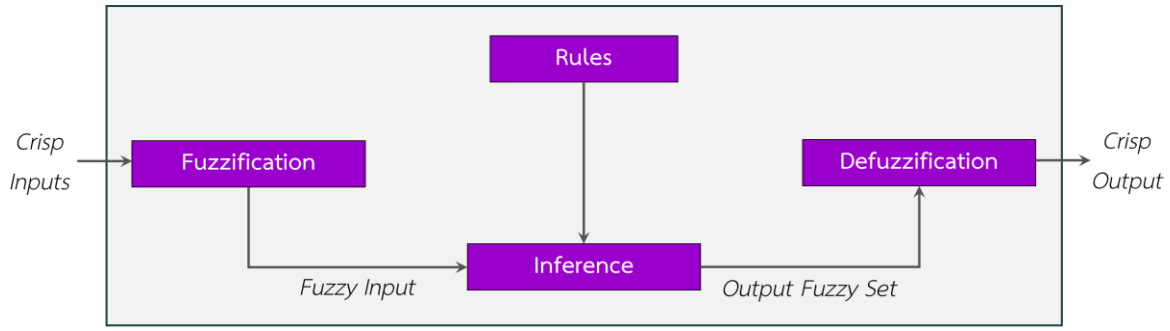
- อยู่ระหว่างดำเนินการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการพยากรณ์

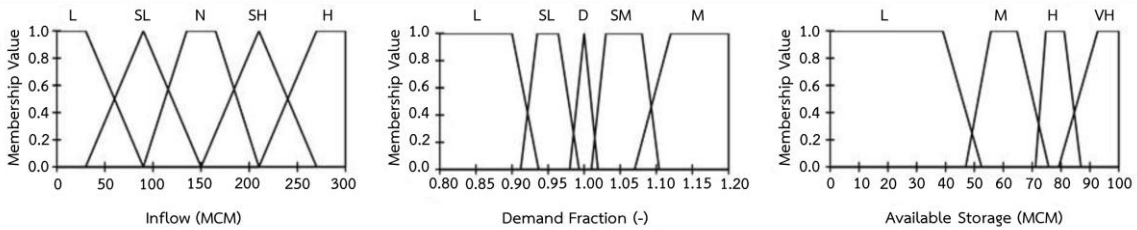




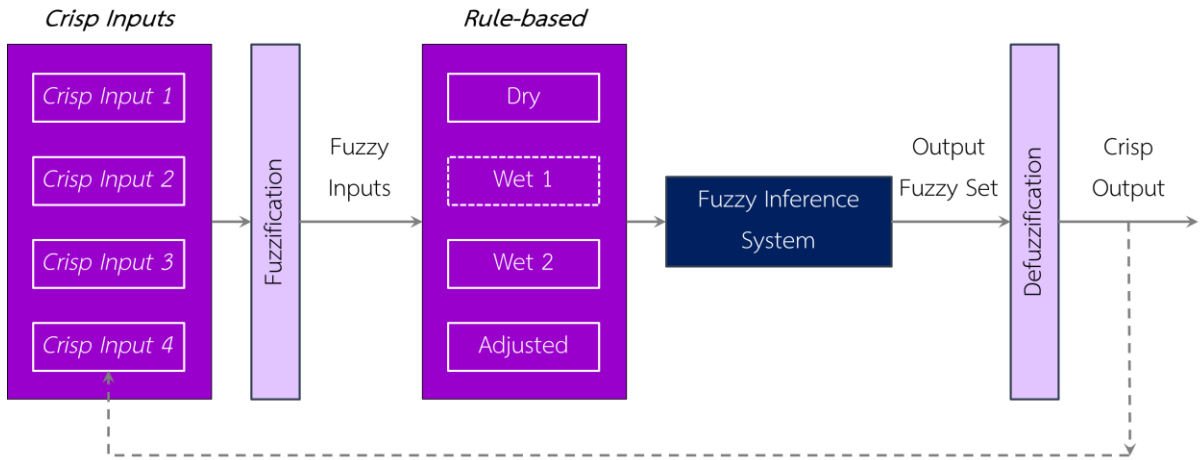
ผลการพัฒนาแบบจำลอง

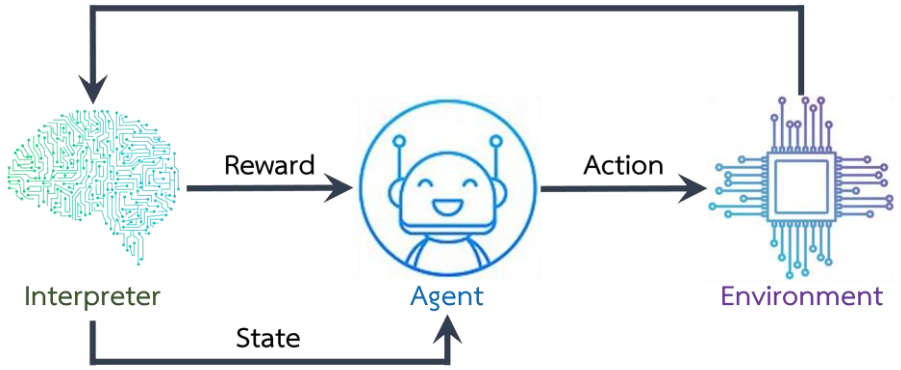
พัฒนาแบบจำลองฟัซซี่/RL ในการบริหารเขื่อน





ภาพที่ 9 ผังการทำงานของแบบจำลองฟัซซี่



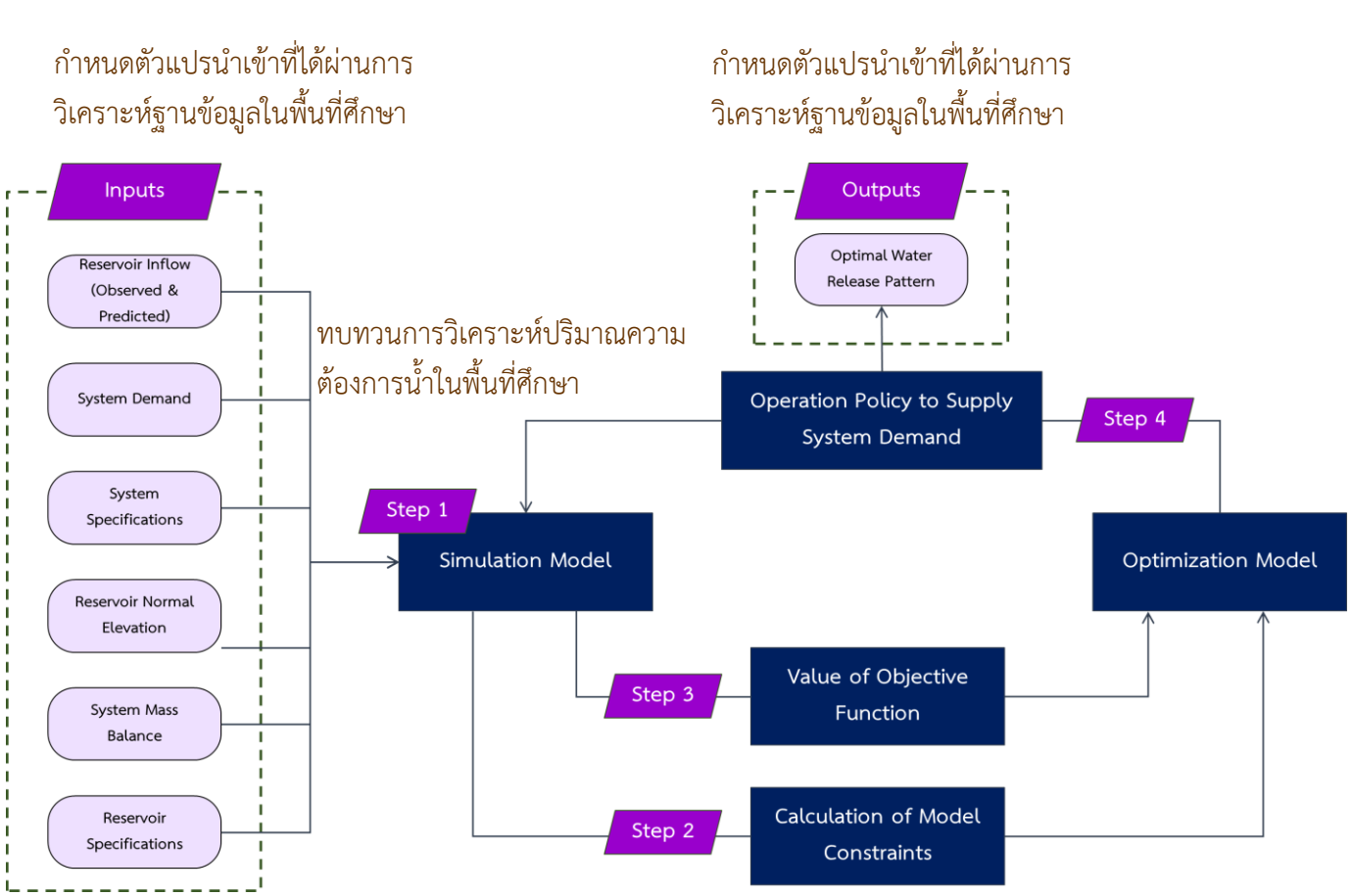


ภาพที่ 10 ผังการทำงานของแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

- พัฒนาแบบจำลองฟัซซี่และ/หรืออาศัยการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) มาช่วยวิเคราะห์หารูปแบบการปล่อยน้ำจากเขื่อนที่เหมาะสมตามเป้าหมาย
- สามารถกำหนดรูปแบบการระบายน้ำที่เหมาะสมรายวันของ 5 เขื่อนหลักอย่างเป็นระบบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (ลดปัญหาน้ำท่วม & ภัยแล้ง)

- อยู่ระหว่างดำเนินการกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง

แบบจำลอง CP การหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ในการบริหารเขื่อน



ภาพที่ 11 ผังการทำงานของแบบจำลอง CP

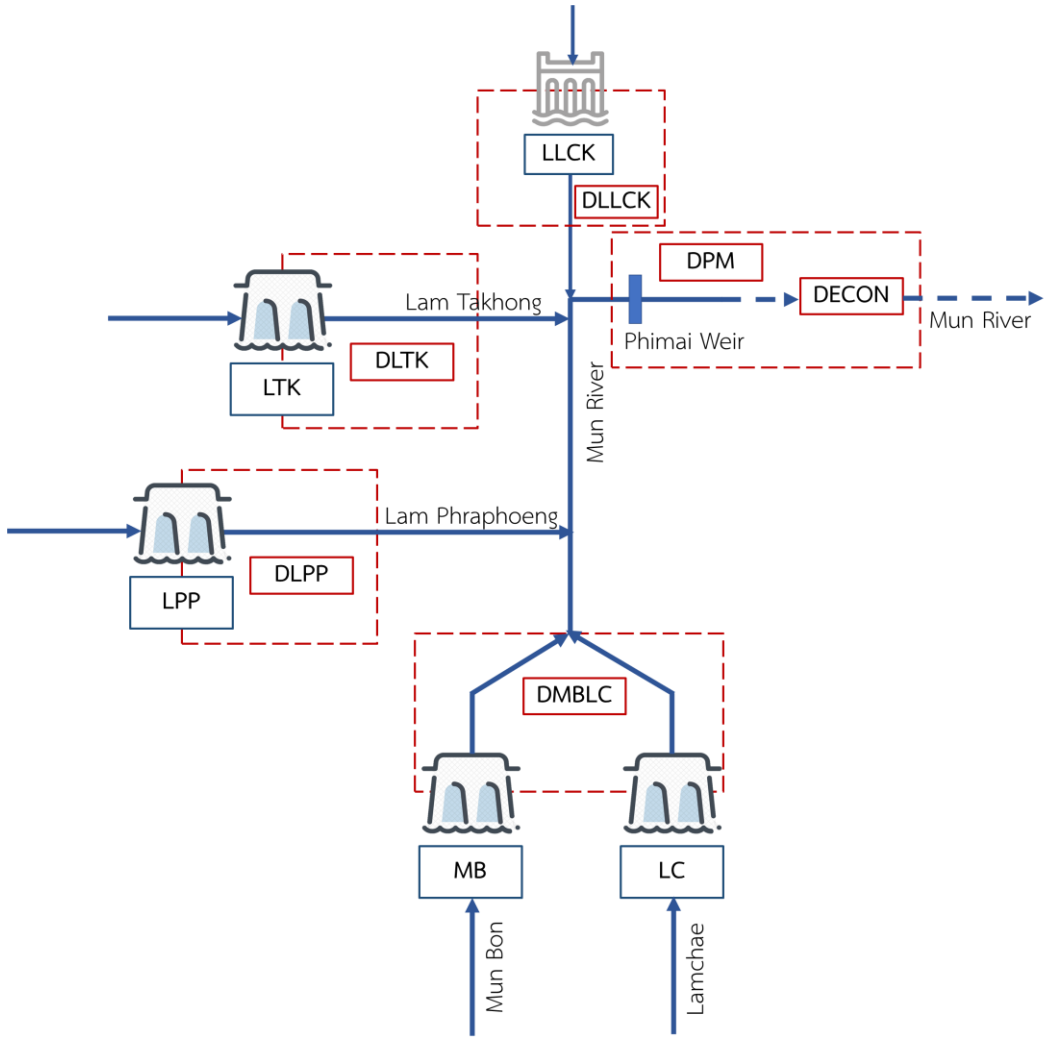
- สามารถกำหนดรูปแบบการระบายน้ำที่เหมาะสมรายวันของ 5 เขื่อนหลักอย่างเป็นระบบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (ลดปัญหาน้ำท่วม & ภัยแล้ง)

- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ
- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้ได้สูงสุด
- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำด้วยแนวคิดการลดการปล่อยน้ำส่วนเกินในช่วงน้ำหลาก

ตารางที่ 10 ตัวอย่างการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองการค่าที่ดีที่สุดด้วยการโปรแกรมเชิงสุ่มแบบข้อจำกัดและเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่องในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันแบบหลายอ่าง

สมการข้อจำกัด (Constraint)	มูลบน	ลำแชะ	ลำพระเพลิง	ลำตะคอง	ลำเชียงไกร
–สมการข้อจำกัดของสมดุลอ่างเก็บน้ำ: $S_{t+1} = S_t + I_t + P_t - E_t - Se_t - R_t$	✓	✓	✓	✓	✓
–สมการข้อจำกัดของปริมาณน้ำเก็บกัก: $S_{min} \leq S_t \leq S_{max}$	✓	✓	✓	✓	✓
–สมการข้อจำกัดของปริมาณการระบายน้ำ: $R_{min} \leq R_t \leq R_{max}$ และ $\min \sum_{t=1}^{N} (R_t+SF_t) = R_{min}$	✓	✓	✓	✓	✓
–สมการข้อจำกัดของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้: $G_{min} \leq G_t \leq G_{max}$	✓	✓	✓	✓	✓
–สมการข้อจำกัดอื่น ๆ : $S_{t+1}, S_t, I_t, P_t, E_t, Se_t, R_t, SF_t \geq 0$	✓	✓	✓	✓	✓

แบบจำลอง CP การหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ในการบริหารเขื่อน



การกำหนดระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนในแบบจำลอง CP

1. ตัวอย่างแบบจำลองของการพัฒนาสมการแบบข้อจำกัด (Constraint)

ก. สมการข้อจำกัดของสมดุลอ่างเก็บน้ำ $S_{t+1} = S_t + I_t - E_t - R_t$ สำหรับ MB, LC, LPP, LLCK

และ $S_{t+1} = S_t + I_t - E_t - R_{tWS} - R_{tHP} - R_t$ สำหรับ LTK

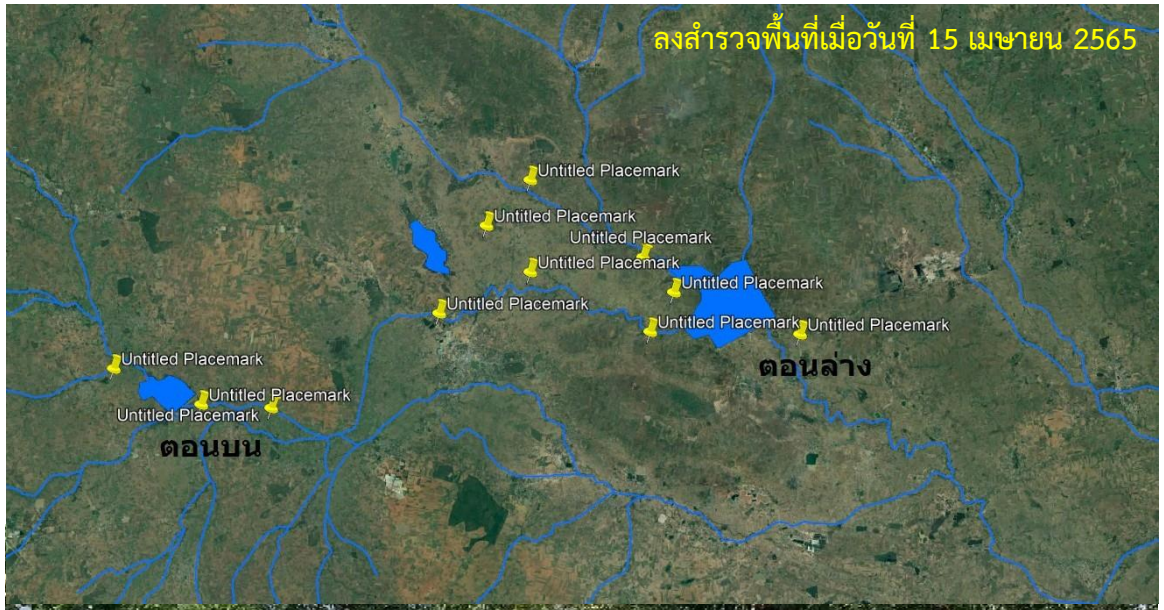
```
#Constraints
#Water balance equation of each dam
model.Equation(NS_bb == S_mb + In_mb - Eva_mb - R_mb)
model.Equation(NS_lc == S_lc + In_lc - Eva_lc - R_lc)
model.Equation(NS_ltk == S_ltk + In_ltk - Eva_ltk - R_ws -
R_hp - R_ltk)
model.Equation(NS_lpp == S_lpp + In_lpp - Eva_lpp - R_lpp)
model.Equation(NS_llck == S_llck + In_llck - Eva_llck -
R_llck)
```

ข. สมการข้อจำกัดของปริมาณน้ำเก็บกัก $S_{min} \leq S_t \leq S_{max}$

```
#Capacity of each dam
model.Equation(NS_mb <= Smax_mb)
model.Equation(NS_mb >= Smin_mb)
model.Equation(NS_lc <= Smax_lc)
model.Equation(NS_lc >= Smin_lc)
model.Equation(NS_ltk <= Smax_ltk)
model.Equation(NS_ltk >= Smin_ltk)
model.Equation(NS_lpp <= Smax_lpp)
model.Equation(NS_lpp >= Smin_lpp)
model.Equation(NS_llck <= Smax_llck)
model.Equation(NS_llck >= Smin_llck)
```

- อยู่ระหว่างดำเนินการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองให้สอดคล้องตามผังน้ำ

การลงพื้นที่สำรวจข้อมูลภาคสนามครั้งที่ 1



ข้อสรุปการลงพื้นที่ภาคสนามครั้งที่ 1 (15 เมษายน 2565)

พื้นที่ตอนล่างของอ่างเก็บน้ำลำเชียงไกร (ตอนบน) เชื่อมต่อกับอ่างเก็บน้ำลำเชียงไกร (ตอนล่าง)

- อ่างเก็บน้ำลำเชียงไกร (ตอนบน) สภาพน้ำเต็มความจุอ่าง ประตูระบายน้ำปิด ดำเนินงานซ่อมบำรุง มีการปรับปรุงคลองระบายน้ำท้ายน้ำ อันเนื่องจากความเสียหายจากเหตุการณ์น้ำท่วม
- เกษตรกรปลูกอ้อยบริเวณใกล้คลองลำเชียงไกรสายหลัก พื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกมันสำปะหลัง อายุราว 2 เดือน ไม่พบการปลูกข้าว เกษตรกรบางแปลงไถ่ดะรอฝน

บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำลำเชียงไกร (ตอนล่าง)

- พื้นที่บริเวณตอนบนของอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่น้ำท่วมปลายปีที่ผ่านมา พื้นที่ส่วนใหญ่ปล่อยแปลงร้าง ราม 80% ของพื้นที่แปลงร้างส่วนใหญ่เป็นนาข้าว ไม่พบการปลูกพืชไร่ มีบางแปลงปลูกมันสำปะหลังเล็กน้อย พบดินเค็มเป็นส่วนใหญ่
- ตัวอ่างเก็บน้ำมีการซ่อมบำรุง ปิดทางน้ำ
- คลองส่งน้ำท้ายอ่างไม่มีน้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำพระเพลิง

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง

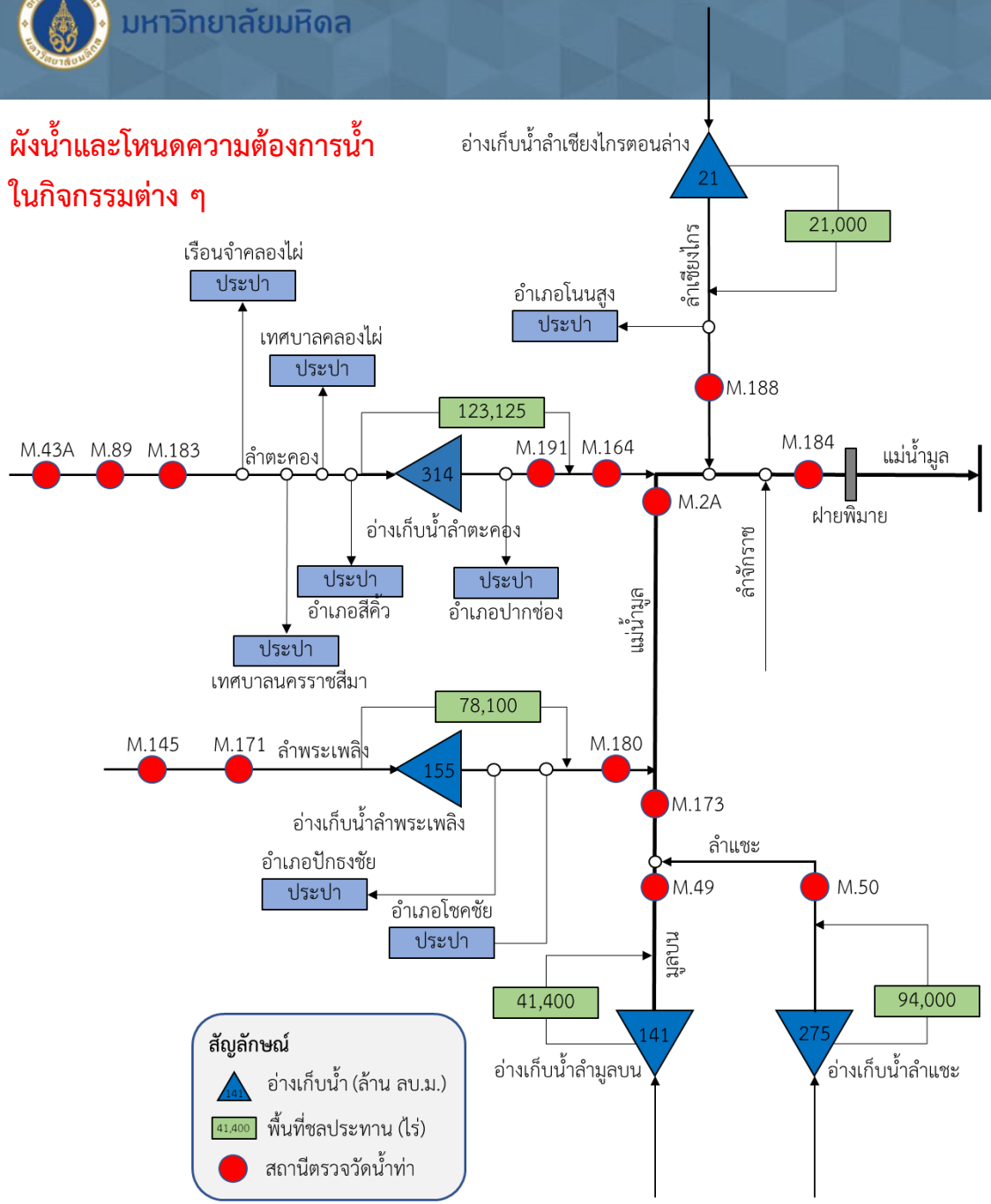
อ่างเก็บน้ำลำสำลายและลำเชียงไกรตอนล่าง

โรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา

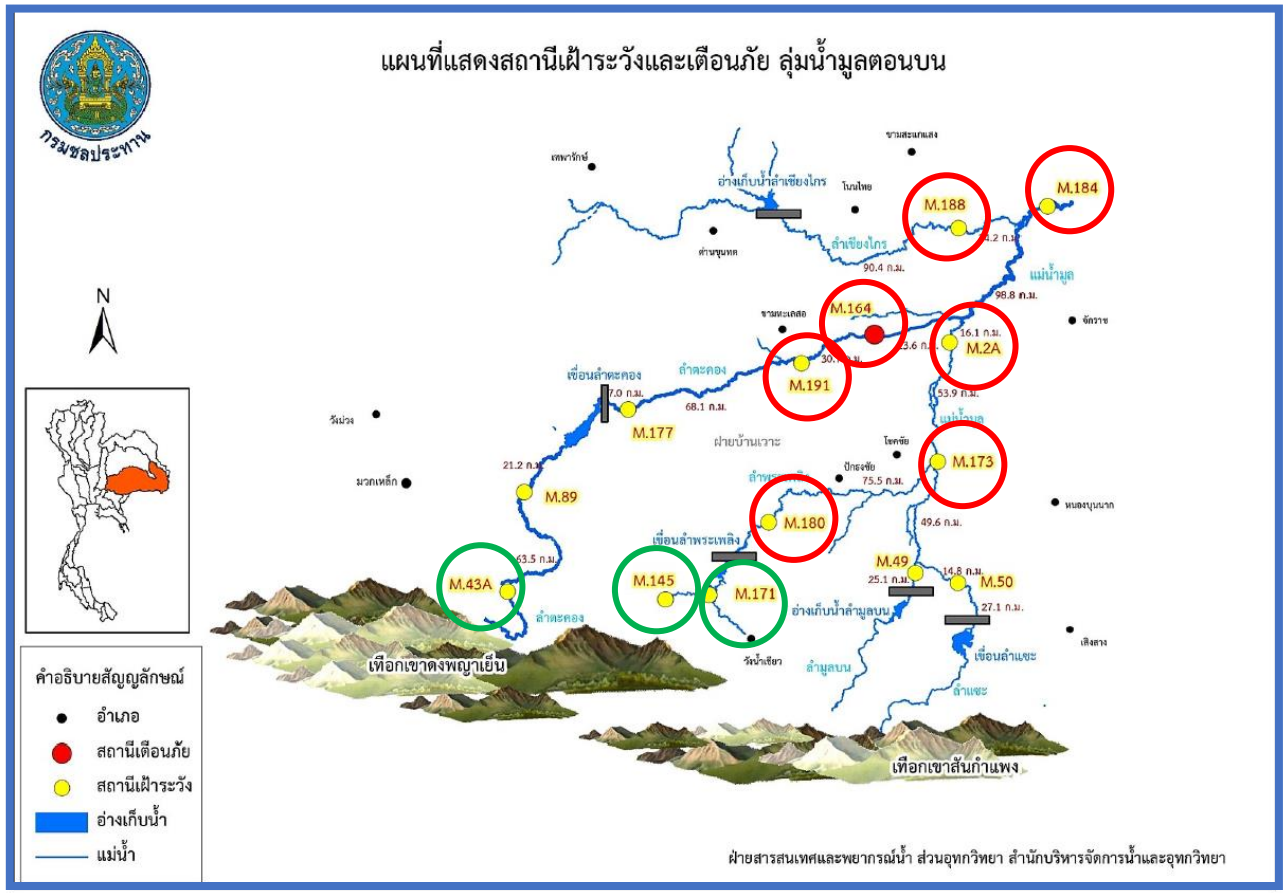
ข้อสรุปการลงพื้นที่ภาคสนามครั้งที่ 2 (25-27 กรกฎาคม 2565)

- ผังน้ำและโหนดความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ
- แนวทางการระบายน้ำของแต่ละเขื่อนแยกการบริหารจัดการของแต่ละอ่าง
- ข้อกำหนดในการเซตแบบจำลอง
  - -ปัจจัยด้านความต้องการน้ำในพื้นที่ (Local Demand) พิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกจริง
  - -ปัจจัยความต้องการน้ำร่วมกัน (Joint Demand) พิจารณาจากแผนการจัดสรรน้ำ
  - -ปัจจัย Side Flow ทางด้านท้ายเขื่อน
  - -โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ
  - -ข้อจำกัดอื่น ๆ
- มีการใช้งาน Rule Curve เพื่อควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ
- พื้นที่ประสบอุทกภัยและภัยแล้ง สถานการณ์ความรุนแรงที่ผ่านมา (ภาคเกษตรกรรม ภาคการอุปโภคบริโภค และภาคอื่น ๆ) มีแนวทางในการปรับลดผลกระทบจากภัยแล้งของเขื่อนลำพระเพลิง (ผันน้ำไปเติมอ่างเก็บน้ำลำสำลายและนำมาใช้ในช่วงฤดูแล้ง)
- เครื่องมือพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนที่ใช้งานปัจจุบัน (พิจารณาจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าเหนือเขื่อน)

ผังน้ำและโหนดความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ



สถานีตรวจวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ศึกษา



การดำเนินงานวิจัยต่อในช่วงถัดไป

- การลงพื้นที่สำรวจข้อมูลภาคสนามโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน-ลำแชะ/หารือในประเด็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องและผังน้ำ
- ประมาณการปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมและนอกภาคเกษตรกรรม
- พัฒนาแบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุดในการหารูปแบบการเพาะปลูกพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ Focus Area
- พัฒนาแบบจำลองสภาพของระบบลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE-Hydro Basin
- พัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลฝนและข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างด้วยเทคนิค ML
- พัฒนาแบบจำลองฟัซซี่/RL ในการบริหารเขื่อน
- แบบจำลอง CP การหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ในการบริหารเขื่อน

ชี้แจงข้อเสนอแนะผู้ตรวจสอบวิชาการ

ข้อเสนอแนะ	ข้อชี้แจง
1. ระบุให้ชัดเจนว่าปีปัจจุบันคือปีไหน	ปีปัจจุบันคือ พ.ศ. 2564 ซึ่งได้ระบุไว้ในรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามเอกสารแนบ
2. ควรเชิญกรมชลประทาน และสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติมาร่วมการวิจัยตั้งแต่ต้น เพื่อให้คำแนะนำและเชื่อมโยงไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์	คณะนักวิจัยได้ดำเนินการลงสำรวจพื้นที่ภาคสนามและเข้าหารือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในประเด็นงานวิจัยกับผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลักได้แก่ (1) ผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำพระเพลิง และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง กรมชลประทาน (2) ผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง กรมชลประทาน (3) ผู้ปฏิบัติงานฝ่ายเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยได้ดำเนินการในช่วงเดือนกรกฎาคมที่ผ่านมา ซึ่งประเด็นหารือประกอบด้วย (1) ผังน้ำและพื้นที่ศึกษา (2) ข้อมูลน้ำประปา และปริมาณการสูบน้ำไปใช้เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (3) แนวทางปฏิบัติในการบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำในช่วงสถานการณ์น้ำต่าง ๆ (4) ความถูกต้องของข้อมูลและแผนการจัดสรรน้ำ นอกจากนี้ คณะนักวิจัยยังมีแผนลงสำรวจพื้นที่ศึกษาภาคสนามและเข้าหารือกับผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน–ลำแชะ สำนักชลประทานที่ 8 กรมชลประทานหลังจากนี้
3. มีแผนดำเนินการวิเคราะห์ในภาค Demand Side เช่น ภาคเกษตร อย่างไร	คณะนักวิจัยมีแผนดำเนินการวิจัยดังนี้ (1) ทำการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบน (ดำเนินการบางส่วน) และประมาณการปริมาณความต้องการน้ำแยกอ่างเก็บน้ำ (อยู่ระหว่างขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย) (2) ประมาณการปริมาณความต้องการน้ำนอกภาคเกษตรกรรม (อยู่ระหว่างขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย) (3) กำหนดพื้นที่ศึกษาวิกฤตในลักษณะ Focus Area โดยเลือกพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำแชะสำหรับพัฒนาแบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุดอย่างง่ายเพื่อหารูปแบบการเพาะปลูกพืชที่เหมาะสม (Optimal Crop Mix Model) ในสภาวะที่น้ำต้นทุนมีจำกัดทั้งนี้เพื่อให้การใช้น้ำในภาคเกษตรกรรมเกิดประโยชน์สูงสุด

ชี้แจงข้อเสนอแนะผู้ตรวจสอบวิชาการ

ข้อเสนอแนะ	ข้อชี้แจง
5. ควรเพิ่มพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนบนมีปัญหาคุณภาพน้ำ เช่น ลำน้ำเชียงไกรมีปัญหาน้ำเค็มเพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อน เป็นต้น	ปัจจัยคุณภาพน้ำอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยชิ้นนี้ ดังนั้น คณะนักวิจัยจึงไม่สามารถดำเนินการได้ในงานวิจัยได้ในปีที่ 1 ตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการฯ เนื่องจากจำเป็นสร้างแบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality Model) ในแบบจำลอง MIKE–HydroBasin แยกออกมาจากงานวิจัยที่นำเสนอในปีที่ 1 ซึ่งคาดว่าจะต้องใช้เวลาในการรวบรวมฐานข้อมูลคุณภาพน้ำและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งข้อจำกัดของข้อมูลคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษาที่มีอยู่ค่อนข้างน้อย
6. การส่งน้ำตามเป้าหมายในสภาวะวิกฤต (พื้นที่เกษตรไม่ได้รับความเสียหาย) ควรเพิ่มข้อมูลปริมาณน้ำที่ส่งจริงกับปริมาณน้ำตามนโยบายตามเกณฑ์ของแบบจำลอง เพื่อนำมาสรุปเปรียบเทียบ	ในการตรวจพิสูจน์ประสิทธิผลของแบบจำลองการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ จำเป็นต้องนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับผลการระบายน้ำจริงที่ดำเนินการโดยหน่วยงานปฏิบัติ โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบเชิงคุณภาพทั้งจากฐานข้อมูลระยะยาวและระยะสั้นแยกตามปีน้ำ และประเมินจากตัวชี้วัดทางสถิติเพื่อประเมินประสิทธิผลของแบบจำลอง สำหรับรายละเอียดจะนำเสนอในรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยฉบับถัดไป
7. กำหนดส่งรายงานการวิจัยและนวัตกรรม (6 เดือน) ในวันที่ 16 สิงหาคม	คณะนักวิจัยได้นำส่งไฟล์รายงานวิจัยและนวัตกรรม (6 เดือน) ผ่านระบบ NRIIS เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2565 และกำลังอยู่ในระหว่างขั้นตอนออกจดหมายนำส่งโดยกองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำส่งเอกสารรายงานต้นฉบับ พร้อมจดหมายนำส่งได้ภายในสัปดาห์หน้า (26 สิงหาคม 2565)

ขอขอบคุณ