รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง (ส่วนขยาย)

An extended of IoT and AI Development Technology for Water Management and Operation Improvement in Irrigated area of Thorthongdaeng Operation and Maintenance Projects

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง และคณะ

มิถุนายน 2565

สัญญาเลขที่ กม.48/2564

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง (ส่วนขยาย)

An extended of IoT and AI Development Technology for Water Management and Operation Improvement in Irrigated area of Thorthongdaeng Operation and Maintenance Projects

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์ โพธิ์เงิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นาย สมเกียรติ อุปการะ กรมชลประทาน

สนับสนุนโดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

สารบัญ ก
บทสรุปโครงการวิจัย ข

บทที่ 1 บทนำ 1
บทที่ 2 แนวทางการดำเนินงาน 7
บทที่ 3 ผลการดำเนินโครงการ
3.1 ผลการพัฒนาและติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการส่งน้ำแบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์วัดระดับน้ำ 18
3.2 ผลการพัฒนาระบบแม่ข่ายฯ และแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำ แบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ 35
3.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำในระดับ โครงการชลประทาน, WAM (Water Allocation and Management) 38
3.4 ผลการพัฒนาแบบจำลองสมดุลน้ำชลประทานร่วมกับการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาล 49
3.5 ผลการพัฒนาระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ ในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเวปไซต์ 52
3.6 ผลการทดสอบการทำงานของระบบประมวลสถานการณ์น้ำฯ ในช่วงฤดูแล้ง 64/65 และฤดูฝน 65 56
3.7 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการใช้ประโยชน์ให้แก่เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน 62
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะจากงานวิจัย 64

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานโปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเวปไซต์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาระบบควบคุมปริมาณการส่งน้ำแบบอัตโนมัติ
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์วัดระดับน้ำ

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1	การติดตามข้อมูลความชื้นดินเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกข้าว	5
รูปที่ 2-2	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา และตำแหน่งจุดติดตั้งสถานีควบคุมประตูน้ำ และจุดวัดระดับน้ำ	10
รูปที่ 3-1	จุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	20
รูปที่ 3-2	ผังระบบโครงข่ายคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติที่มีการติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	21
รูปที่ 3-3	การออกแบบระบบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ และ Sensor วัดระดับน้ำ	22
รูปที่ 3-4	ผลการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำแบบ Real-time	22
รูปที่ 3-5	ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	23
รูปที่ 3-6	สภาพปัจจุบัน (ก่อนติดตั้ง) ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำอาคารบังคับน้ำ	26
รูปที่ 3-7	การออกแบบระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ	28
รูปที่ 3-8	การออกแบบระบบควบคุมระดับบานประตูน้ำแบบอัตโนมัติ	28
รูปที่ 3-9	ระบบควบคุมระดับบานประตูน้ำแบบอัตโนมัติการติดตั้งเซ็นเซอร์	29
รูปที่ 3-10	ผลการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ	29
รูปที่ 3-11	ผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคารควบคุมปริมาณการระบายน้ำ	30
รูปที่ 3-12	รูปแบบของ Web API ในการทดสอบการทำงานระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำ	31
รูปที่ 3-13	ระบบไฟฟ้าควบคุมและ IOT มอเตอร์ประตูระบายน้ำ	32
รูปที่ 3-14	ผลการสอบเทียบอาคารระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ	35
รูปที่ 3-15	ความเชื่อมโยงของเครื่องมือตรวจวัดข้อมูลและระบบแม่ข่ายในการประมวลผล	37
รูปที่ 3-16	ระบบแม่ข่ายในการประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำ	37
รูปที่ 3-17	แบบจำลองในการประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ	38
รูปที่ 3-18	ผลการจำลองความชื้นในเขตรากพืช จากแบบจำลอง WAM ปี 2560	42
รูปที่ 3-19	สถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตพื้นที่การรับน้ำฝน	45
รูปที่ 3-20	การแบ่งพื้นที่ในการส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูก	46
รูปที่ 3-21	พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังรายงานฤดูแล้ง 64/65 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3-22	ผลการจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะเทียบส่งจริงในพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง ฤดูแล้ง 64/65	48
รูปที่ 3-23	การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่) รายฤดูกาล	50
รูปที่ 3-24	การจำลองปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับการติดตามความชื้นดินในระดับแปลงเกษตรกรรม	53
รูปที่ 3-25	รูปแบบการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ	55
รูปที่ 3-26	โปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ	55
รูปที่ 3-27	เวปไซต์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ	56
รูปที่ 3-28	ผังการส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	58
รูปที่ 3-29	ผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง 64/65	61
รูปที่ 3-30	ผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูฝน 65	61
รูปที่ 3-31	บรรยากาศการลงพื้นที่ทดสอบระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ	62
รูปที่ 3-32	บรรยากาศการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 9 พ.ค. 2565	63

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1	รายละเอียดจุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	8
ตารางที่ 3-1	คุณลักษณะทางเทคนิคของเครื่องมือวัดระดับน้ำ	22
ตารางที่ 3-2	ตารางสรุปสภาพปัจจุบันและสิ่งสนับสนุนเพิ่มเติมในการออกแบบระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ	27
ตารางที่ 3-3	Output และโครงสร้างของข้อมูล สำหรับโปรแกรม Programmable Logic Control /Database	32
ตารางที่ 3-4	สรุปผลการสอบเทียบอาคารชลประทาน	35
ตารางที่ 3-5	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith	40
ตารางที่ 3-6	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือนโดยวิธีของ Penman Monteith	41
ตารางที่ 3-7	ช่วงเวลาการเพาะปลูกข้าวและความต้องการน้ำชลประทาน	44
ตารางที่ 3-8	แฟคเตอร์ปรับค่าน้ำหนัก (Weightage Factor	44
ตารางที่ 3-9	ความต้องการน้ำของข้าวและอ้อยเฉลี่ยต่อไร่	47
ตารางที่ 3-10	ผลการจำลองความต้องการน้ำในการเพาะปลูกข้าว ฤดูแล้ง 64/65	49
ตารางที่ 3-11	การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่) รายฤดูกาล	51
ตารางที่ 3-12	การวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าวต่อปริมาณการส่งน้ำรวม	51
ตารางที่ 3-13	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่ที่ลดลงในภาพรวมของโครงการ	52
ตารางที่ 3-14	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่รายโซน เดือน พ.ย. ถึง ธ.ค. 2563	52
ตารางที่ 3-15	สรุปผังการจัดสรรน้ำผ่าน ทรบ.ควบคุมน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมในแต่ละโซนส่งน้ำ	58
ตารางที่ 3-16	เปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการในภาพรวมทั้งโครงการ	59
ตารางที่ 3-17	ผลการทดสอบระบบการคาดการณ์ระดับน้ำจากระบบประมวลสถานการณ์ฯ	62

บทสรุปโครงการวิจัย

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงส่งน้ำให้กับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานในเขต จ.กำแพงเพชรที่อยู่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำปิงจนถึงพื้นที่บางส่วนใน อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย และพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ ใน จ.พิษณุโลก รูปแบบการส่งน้ำของโครงการฯ รับน้ำจากจากแม่น้ำปิงท้ายเขื่อนภูมิพลผ่าน ทรบ.ท่อทองแดง ทรบ.หลักของโครงการฯ และแบ่งพื้นที่ส่งน้ำออกเป็น 3 ฝ่ายฯ โดยการควบคุม ทรบ.กำนันอ่ำ และส่งน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมแต่ละโซนโดยใช้ทรบ.กลางคลอง โดยเกษตรกรมีการใช้น้ำชลประทานและร่วมกับน้ำบาดาล ซึ่งในช่วงภัยแล้งเกษตรกรในพื้นที่กลางและปลายคลองที่มีศักยภาพน้ำบาดาลในระดับต่ำได้ประสบกับปัญหาขาดแคลนน้ำเกษตรกรรมจากการที่น้ำชลประทานส่งไปไม่ถึง โดยมีพื้นที่ต้นคลองที่สูบน้ำไปใช้ที่เกินกว่าโควต้าน้ำที่ได้รับและมีพื้นที่ได้รับน้ำที่ไม่ตรงกับรอบเวรหรือช่วงเวลาการใช้น้ำ รวมทั้งปัญหาน้ำเอ่อล้นเข้าท่วมพื้นที่เพาะปลูกจากการควบคุมการเปิด-ปิด ปตร. ตามความต้องการของเกษตรกรที่ไม่สัมพันธ์กับระดับน้ำในคลอง

จากผลผลิตของโครงการในระยะที่ 1 ซึ่งได้พัฒนาระบบการควบคุมสั่งการส่งน้ำแบบอัตโนมัติใน ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำ โดยสามารถควบคุมสั่งการระบบได้ผ่านเวปไซต์ร่วมกับการติดตามข้อมูลระดับน้ำในคลองส่งน้ำในช่วงต้นของพื้นที่โครงการฯ ท่อทองแดง และมีการพัฒนาระบบปฏิบัติการในการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับการติดตามข้อมูลความชื้นดิน ณ เวลาปัจจุบัน ทำให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการสามารถเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสมเพื่อลดการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่เกษตรกรรมในภาพรวมทั้งระบบได้เฉลี่ยร้อยละ 15 ตามเป้าหมาย แต่ในพื้นที่ปัญหาการขาดแคลนน้ำเกษตรกรรมที่อยู่กลางคลองและปลายคลองยังขาดระบบการติดตามสถานการณ์น้ำ และระบบควบคุมสั่งการประตูส่งน้ำแบบอัตโนมัติในพื้นที่ย่อยระดับฝ่ายส่งน้ำ จึงเป็นที่มาของการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมในด้านเครื่องมือ (Hardware) โดยทำการติดตั้งระบบควบคุมที่ครอบคลุมฝ่ายส่งน้ำของโครงการฯ และเชื่อมโยงเข้ากับระบบปฏิบัติการฯ (Software) ให้มีความเต็มรูปแบบต่อการบริหารจัดการ ซึ่งมีการประเมินการใช้น้ำชลประทานร่วมกับการใช้น้ำบาดาล เพื่อเสนอแนะปริมาณการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์ที่สอดคล้องกับความต้องการน้ำที่แท้จริง

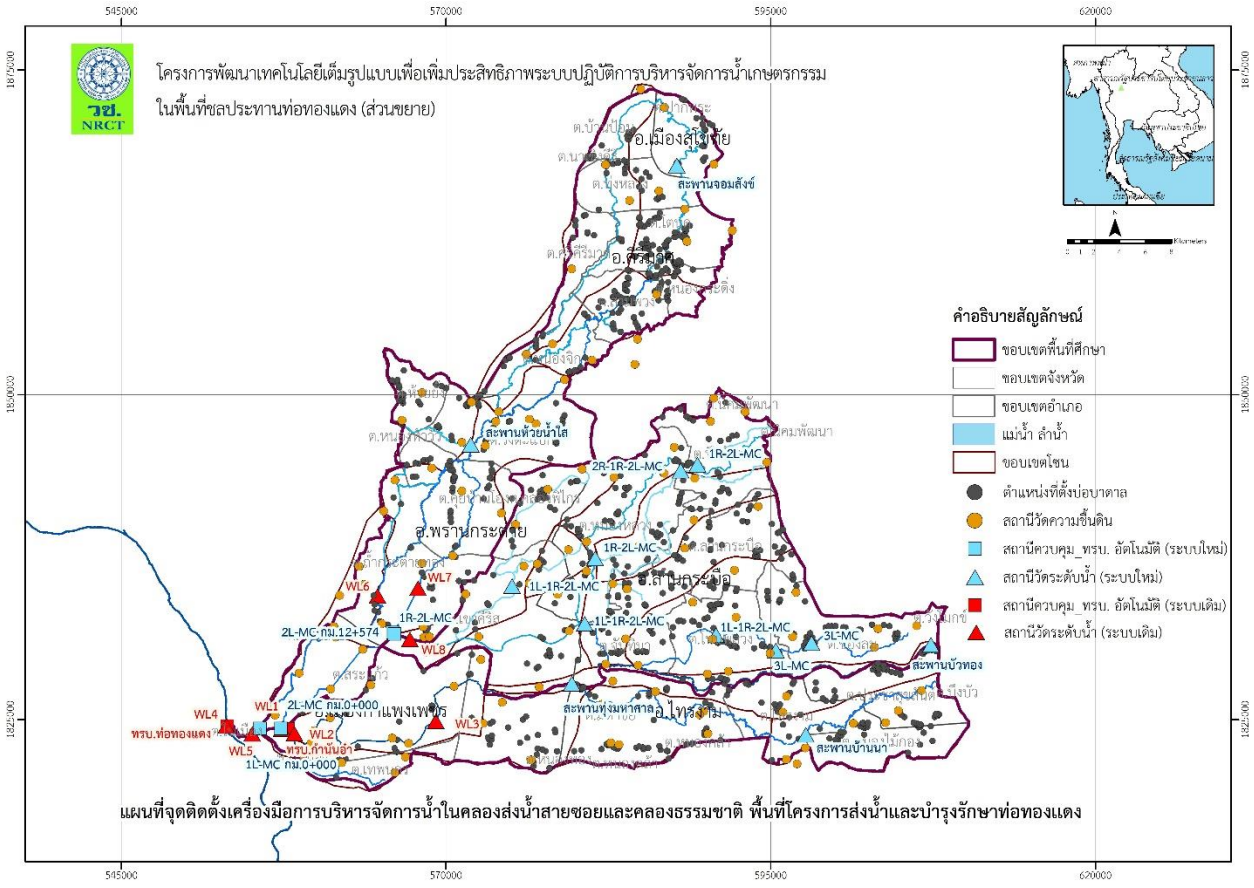
วัตถุประสงค์ของโครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบฯ จึงเพื่อพัฒนาระบบการติดตามและประมวลสถานการณ์น้ำผิวดินในระบบชลประทานร่วมกับการใช้น้ำใต้ดินในระดับแปลงเกษตรกรรม โดยทำการพัฒนาติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติ พร้อมกับเชื่อมโยงระบบการติดตาม ประมวลผล และสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติเข้ากับระบบเดิมในระยะที่ 1 โดยมีพื้นที่โครงการฯ ท่อทองแดงเป็นพื้นที่ต้นแบบการทดลองใช้งานระบบการปฏิบัติบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบทั้งในระดับโครงการชลประทานและในระดับแปลงเกษตรกรรม
โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบฯ ในส่วนขยายได้พัฒนาเครื่องมือและระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ 4 จุด และอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ 13 จุด ที่เชื่อมโยงเข้าสู่ระบบแม่ข่ายในการประมวลสถานการณ์ในระบบเดิม (ระยะที่ 1) ทำให้ปัจจุบันโครงการฯ ท่อทองแดงมีเครื่องมือในการควบคุมการส่งน้ำและการประเมินสถานการณ์น้ำอย่างเต็มระบบ สามารถควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารแบบอัตโนมัติในระดับคลองสายหลักและคลองสายซอยได้ทั้งหมด 6 จุด สามารถติดตามข้อมูลระดับน้ำได้ถึงพื้นที่

ปลายคลองส่งน้ำที่เป็นคลองธรรมชาติรวมทั้งหมด 21 จุด และสามารถติดตามข้อมูลความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม 120 จุด ครอบคลุมทั้งโครงการฯ ท่อทองแดงที่โครงการฯ วิจัยได้แบ่งตามกลุ่มแปลงเกษตรที่มีการใช้น้ำจากคลองเดียวกันออกเป็น 20 โซน แสดงจุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำดังรูปที่ 1 ซึ่งข้อมูลจากเทคโนโลยีดังกล่าวได้เชื่อมโยงเข้ากับระบบการปฏิบัติบริหารจัดการน้ำที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเวปไซต์ สามารถใช้งานในการติดตามประมวลสถานการณ์น้ำและการปฏิบัติการส่งน้ำที่เหมาะสม แสดงรูปแบบของผลผลิตที่ได้จากโครงการดังรูปที่ 2

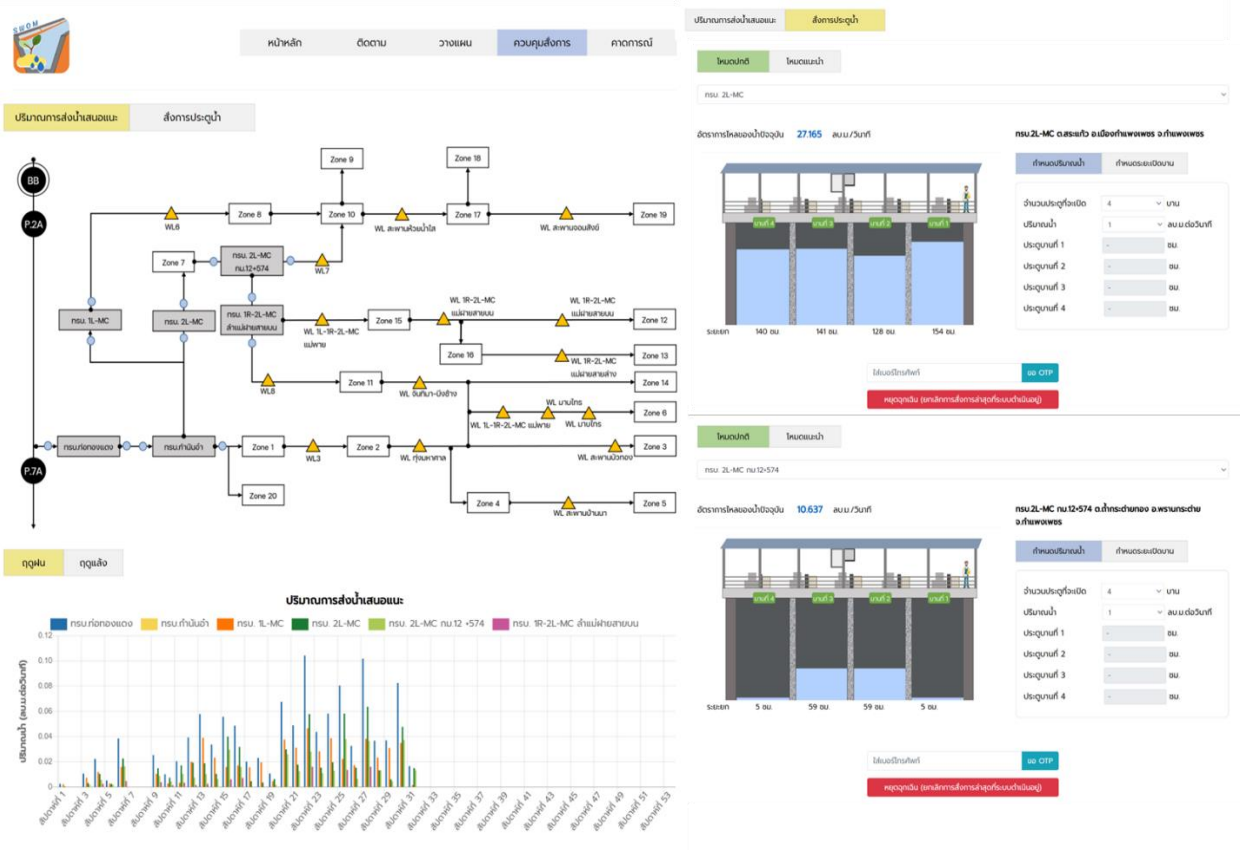
การประเมินประสิทธิภาพของการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมได้มีการจำลองความต้องการน้ำของพื้นที่เกษตรกรรมในโครงการฯ ท่อทองแดง โดยใช้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจากโครงการวิจัยฯ ที่มีการคำนวณความต้องการน้ำของพืชร่วมกับความชื้นดินที่มีการตรวจวัดจากเครื่องมือที่ติดตั้งเพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการตามเป้าหมายการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 โดยพบว่า ในฤดูแล้ง 60/61 สามารถลดการส่งน้ำได้ 34.07 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 16.62 ส่วนในฤดูแล้ง 61/62 สามารถลดการส่งน้ำเทียบกับการส่งจริงได้ 81.37 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 23.28 สรุปผลเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการในภาพรวมทั้งโครงการ

การประหยัดน้ำเชิงการบริหารจัดการ	ฤดูแล้ง 60/61	ฤดูแล้ง 61/62
ภาพรวมทั้งโครงการ		
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	205.03	349.57
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	449,178	492,129
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	170.96	268.20
ประหยัดน้ำ (%)	16.62%	23.28%
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	34.07	81.37
เฉพาะพื้นที่เพาะปลูกข้าว		
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	93.62	270.50
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	344,948	373,799
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	78.20	202.33
ประหยัดน้ำ (%)	16.47%	25.20%
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	15.42	68.17



รูปที่ 1 จุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติ



รูปที่ 2 ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ (ในรูปแบบเวปไซต์)

ผลการวางแผนการส่งน้ำในฤดูแล้ง 64/65 ที่มีการใช้งานจริงในระหว่างการปฏิบัติการของโครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดง งานวิจัยได้คาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 64/65 ในช่วงต้นฤดูวันที่ 1 พ.ย. 64 ไว้ที่ปริมาณ 268,300 ไร่ และมีการติดตามพื้นที่เพาะปลูกรายสัปดาห์ ผลการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำรวมจากระบบปฏิบัติการที่ได้พัฒนาขึ้นเสนอแนะให้รับน้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง 221.81 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงที่ตรวจวัดอยู่ที่ปริมาณ 333.04 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งได้รวมปริมาณน้ำที่ส่งให้กับพื้นที่เพาะปลูกของโครงการฯ ท่อทองแดง และมีปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่ชลประทานในโครงการส่งน้ำฯ วังบัวที่เป็นเขตติดต่อของโครงการฯ ท่อทองแดง ที่ปริมาณ 58.75 ล้าน ลบ.ม. ตลอดฤดูแล้ง 64/65 (เนื่องจาก ทรบ.วังบัว ที่รับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าโครงการฯ อยู่ในระหว่างก่อสร้าง) ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพจากการใช้งานระบบที่สามารถลดปริมาณการส่งน้ำภายใต้พื้นที่เพาะปลูกที่มีการรายงานจริงอยู่ที่ร้อยละ 23.99 และเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้ง 4/65 พบว่าโครงการฯ ท่อทองแดงมีพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 275,198 ไร่ คิดเป็นความคลาดเคลื่อนจากที่คาดการณ์เพียงร้อยละ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง 64/65

ฤดูแล้ง 64/65	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง จากที่ระบบเสนอแนะ	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง วัดจริง	ประสิทธิภาพการลดการใช้น้ำ Efficiency (%)
ปริมาณการส่งน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	221.81	333.04	24%*
พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง (ไร่)	268,300	275,198	98%

การจำลองสภาพความต้องการน้ำจากระบบปฏิบัติการฯ ร่วมกับความชื้นดินและการใช้น้ำบาดาลในภาพรวมของโครงการ สรุปในตารางที่ 3 พบว่า โครงการฯ ท่อทองแดงมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลต่อความต้องการน้ำของการเพาะปลูกข้าวจนถึงเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 20 ต่อไร่ โดยในฤดูแล้ง 60/61 มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร้อยละ 23 ของปริมาณการใช้น้ำต่อไร่ และร้อยละ 17 ในฤดูแล้ง 61/62 โดยเมื่อจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะจากระบบปฏิบัติการฯ หักการใช้น้ำบาดาล พบว่าสามารถลดการส่งน้ำชลประทานเมื่อเทียบกับการส่งจริงได้ร้อยละ 20.45 ในฤดูแล้ง 60/61 คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำชลประทานที่ลดลง 214.41 ลบ.ม. ต่อไร่ และในฤดูแล้ง 61/62 สามารถประหยัดน้ำชลประทานได้ร้อยละ 28.91 คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำชลประทานที่ลดลง 614.14 ลบ.ม. ต่อไร่

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่ที่ลดลงในภาพรวมของโครงการ

ปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่ ในพื้นที่เพาะปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่)	ฤดูแล้ง 60/61	ฤดูแล้ง 61/62
ปริมาณน้ำส่งจริง	1,301.45	2,437.11
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน	1,087.04	1,822.97
ผลจำลองปริมาณการใช้น้ำบาดาล*	253.04	313.01
ปริมาณน้ำส่งจริง (หักบาดาล)	1,048.41	2,124.10
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน (หักบาดาล)	834.00	1,509.96
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง	214.41	614.14
ประหยัดน้ำ (%)	20.45%	28.91%

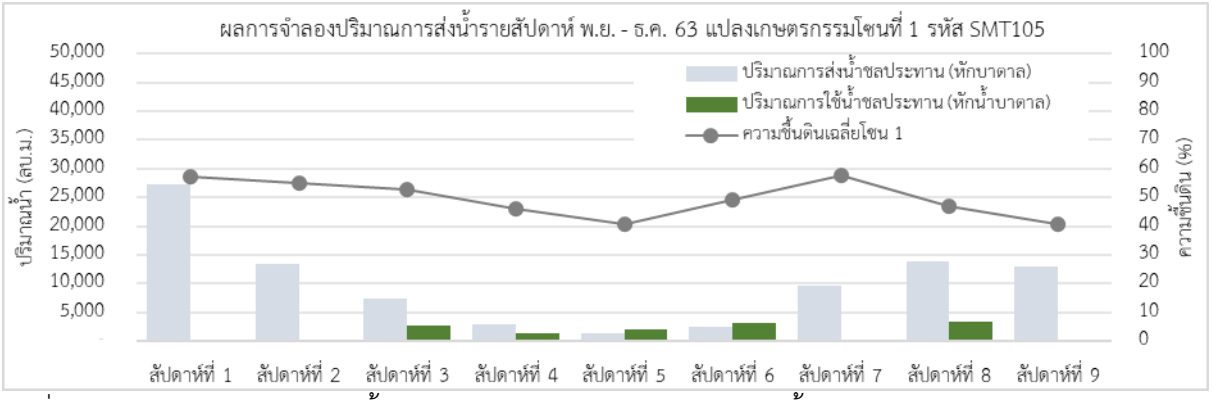
การทดสอบระบบปฏิบัติการฯ ในฤดูกาลเพาะปลูกแล้ง 63/64 ช่วง พ.ย. และ ธ.ค. 63 (ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลสิ้นสุด ธ.ค. 2563) ได้ทำการประเมินสภาพการใช้น้ำชลประทานจากความชื้นดินที่มีการติดตามร่วมกับการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เกษตรกรรมโซน 1 และโซน 7 ซึ่งได้เสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่สอดคล้องกับช่วงเวลาความต้องการน้ำของข้าว และเมื่อหักการใช้น้ำบาดาลพบว่าสามารถลดการส่งน้ำชลประทานเทียบกับปริมาณการส่งจริงได้ทั้ง 2 โซน โดยโซนที่ 1 ลดการส่งน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 35 และโซนที่ 7 ลดการส่งน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 39 สรุปผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่รายโซนเดือน พ.ย. ถึง ธ.ค. 2563

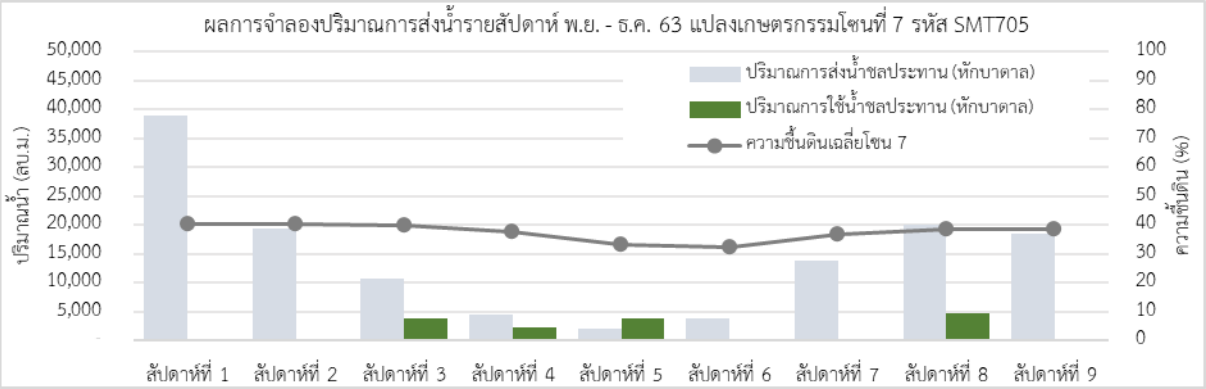
ปริมาณน้ำรายเดือน (ลบ.ม. ต่อไร่)	โซน 1		โซน 7	
	พ.ย.63	ธ.ค.63	พ.ย.63	ธ.ค.63
ความชื้นดินเฉลี่ย (%)	51.91	47.94	39.24	35.87
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน	445.33	479.13	314.65	437.37
ผลจำลองปริมาณการใช้น้ำบาดาล*	42.49	43.90	13.57	14.02
ปริมาณน้ำส่งจริง (หักบาดาล)	932.17	499.86	961.09	529.74
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน (หักบาดาล)	402.85	435.22	301.08	423.35
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง	529.33	64.63	600.01	106.39
ประหยัดน้ำเฉลี่ย (%)	57%	13%	69%	20%

*ที่มา โครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในระดับแปลงเกษตรกรรมที่มีการติดตามข้อมูลความชื้นดินร่วมกับการใช้น้ำบาดาล แสดงรูปแบบการใช้งานในแปลงเกษตรกรรมที่มีการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำบาดาล ประกอบด้วย แปลง SMT105 มีการเพาะปลูกข้าว 14 ไร่ และแปลง SMT705 มีการเพาะปลูกข้าว 20 ไร่ แสดงรูปแบบการจำลองการใช้น้ำเทียบกับการส่งจริงดังรูปที่ 3 พบว่า แปลง SMT105 ระบบปฏิบัติการฯ ได้เสนอแนะให้ส่งน้ำชลประทานในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 6 ซึ่งสอดคล้องกับระดับความชื้นดินที่ลดลง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งตามรูปแบบเดิม แปลง SMT105 สามารถลดการส่งน้ำได้ร้อยละ 55 คิดเป็นปริมาณน้ำ 15,557 ลบ.ม. ต่อพื้นที่ปลูกข้าว 14 ไร่ ส่วนแปลงเกษตรกรรม SMT705 ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 5 ระบบปฏิบัติการฯ ได้เสนอแนะการส่งน้ำที่สามารถลดปริมาณการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการของพืชได้ร้อยละ 60 คิดเป็นปริมาณน้ำ 22,527 ลบ.ม. ต่อพื้นที่ปลูกข้าว 20 ไร่



รูปที่ 3 การจำลองปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับการติดตามความชื้นดินในระดับแปลงเกษตรกรรม



รูปที่ 3 (ต่อ) การจำลองปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับการติดตามความชื้นดินในระดับแปลงเกษตรกรรม

ผลการพัฒนาระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำและเกษตรกรรมร่วมกับการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำ สามารถใช้งานในการวางแผนการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์จากพื้นที่เพาะปลูก รายงานที่สอดคล้องกับการติดตามข้อมูลความชื้นดินรายวันทั้งในระดับโครงการชลประทานและระดับแปลงเกษตรกรรม โดยปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะจากระบบปฏิบัติการฯ ช่วยลดการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการน้ำของพืชได้มากกว่าร้อยละ 15 โดยเฉลี่ย ตามเป้าหมายของโครงการฯ และยังเป็นระบบเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำเพื่อวางแผนการเพาะปลูกตามปริมาณน้ำต้นทุนได้ล่วงหน้ารายฤดูกาล พร้อมกับมีระบบติดตามประมวลสถานการณ์น้ำและระบบควบคุมสั่งการประตูส่งน้ำแบบอัตโนมัติที่เชื่อมโยงกับปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะจากระบบปฏิบัติการฯ สามารถใช้งานได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเวปไซต์ ซึ่งทำให้เจ้าหน้าที่มีข้อมูลในการวางแผนประกอบการตัดสินใจ ลดความขัดแย้งของกลุ่มผู้ใช้น้ำ เกษตรกร และลดความซับซ้อนในการบริหารจัดการน้ำทั้งในสภาวะปกติและในภาวะวิกฤติน้ำท่วมน้ำแล้ง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

สภาพการบริหารจัดการน้ำในปัจจุบันของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง มีการใช้งานระบบควบคุมประตูส่งน้ำแบบอัตโนมัติจำนวน 2 จุด โดยเจ้าหน้าที่สามารถควบคุมสั่งการส่งน้ำได้ผ่านเวปไซต์ โดยมีระบบปฏิบัติการในการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูก จากการประเมินความต้องการน้ำร่วมกับการติดตามความชื้นดินในพื้นที่เพาะปลูกที่มีการรายงานในทุกสัปดาห์ นอกจากนี้ระบบในปัจจุบันยังสามารถติดตามสถานการณ์ระดับน้ำในพื้นที่ทั้งหมด 8 จุด และการติดตามข้อมูลความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรมจำนวน 120 จุด ซึ่งจากเครื่องมือที่มีในปัจจุบันช่วยให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการและเกษตรกรมีเครื่องมือใช้ในการติดตามสถานการณ์น้ำ เพื่อการบริหารจัดการน้ำ สามารถช่วยลดปริมาณการรับน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานหรือลดการสูญเสียปริมาณการส่งน้ำที่เกินความจำเป็นจากการใช้งานเครื่องมือในการบริหารจัดการเป็นระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในภาพรวมของทั้งโครงการ

ระบบของเครื่องมือ (Hardware) ที่ได้มีการพัฒนาและใช้งานในปัจจุบันของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงได้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ตอนต้นของโครงการฯ ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญในการบริหารจัดการรับน้ำเข้าทั้งระบบของโครงการ แต่ในพื้นที่กลางคลองและปลายคลองของโครงการฯ ท่อทองแดง แต่ยังขาดระบบการติดตามสถานการณ์น้ำ และระบบควบคุมสั่งการประตูรับน้ำแบบอัตโนมัติในพื้นที่ระดับย่อยทั้งคลองส่งน้ำสายซอยและสายแยกซอย ทำให้การบริหารจัดการน้ำของพื้นที่ปลายคลองในปัจจุบันยังเป็นรูปแบบเดิมแบบ Manual

จากการสำรวจปัญหาและรูปแบบการใช้น้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงในแต่ละฝ่ายส่งน้ำ พบว่า เกษตรกรมีการใช้น้ำทั้งจากคลองชลประทานและคลองธรรมชาติ และมีการใช้น้ำจากบ่อบาดาล โดยในช่วงสถานการณ์น้ำน้อยหรือฝนทิ้งช่วง เกษตรกรที่ไม่มีบ่อบาดาลได้ประสบกับปัญหาขาดแคลนน้ำอย่างมาก จากการที่ไม่สามารถใช้น้ำจากคลองชลประทานและไม่ได้รับน้ำส่งถึงพื้นที่ปลายคลอง ส่วนเกษตรกรที่มีบ่อบาดาลในพื้นที่ศักยภาพพบว่ายังไม่สามารถประเมินปริมาณการสูบน้ำที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำจากการบูรณาการใช้ข้อมูลสถานการณ์ความชื้นที่สามารถติดตามได้ในปัจจุบัน และพบว่ายังมีปัญหาการใช้น้ำจากรอบการใช้น้ำ และการรับน้ำบริเวณจุดรับน้ำเข้าพื้นที่ที่เกิดปัญหาน้ำเอ่อล้นเข้าพื้นที่เพาะปลูกเป็นประจำจากการควบคุมการเปิด-ปิด ปตร. ตามความต้องการของเกษตรกร โดยมีทั้งพื้นที่ประสบกับปัญหาภัยแล้งซ้ำซากจากการส่งน้ำที่ไปไม่ถึงปลายคลอง ปัญหาพื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมประจำจากการที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำติดกับ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก ในพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ที่ ต.หนองหลวง โนนพลวง ลานกระบือ บึงทับแรด อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร และฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ที่ ต.เทพนคร นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร และยังมีพื้นที่ศักยภาพที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำสามารถใช้น้ำนอนคลองได้แต่ยังขาดระบบการติดตามสถานการณ์น้ำในเขตฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ที่ ต.ศรีคีรีมาศ ทุ่งหลวง โตนด สามพวง จ.สุโขทัย

การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงทั้งในด้านเครื่องมือ (Hardware) และระบบ (Software) จึงมีความจำเป็นต่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพทั้งระบบ โดยต้องมีการประเมินการใช้น้ำทั้งจากคลองชลประทานและจากแหล่งน้ำใต้ดินหรือบ่อบาดาล เพื่อการวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบพลศาสตร์ dynamic และการเสนอแนะรูปแบบการใช้น้ำให้แก่เกษตรกรบนความสอดคล้องกับการจัดสรรน้ำชลประทานของโครงการฯ พร้อมทั้งการติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำที่ครอบคลุมทั้งโครงการ โดยทำการเชื่อมโยงระบบติดตามประเมินสถานการณ์น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน และระบบควบคุมสั่งการอาคารรับน้ำเข้ากับระบบปฏิบัติการเดิมในปัจจุบันซึ่งได้มีการใช้งานเพื่อการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์ในระดับโครงการชลประทาน (โครงการฯ ท่อทองแดง) นำไปสู่การขยายผลการจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมรายแปลง และการทดลองใช้งานระบบการปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบ

1.2 วัตถุประสงค์

1) พัฒนาระบบการติดตามและประมวลสถานการณ์น้ำผิวดินในระบบชลประทานร่วมกับการใช้น้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบพลศาสตร์ ในระดับแปลงเกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง (ส่วนขยาย)

2) พัฒนาและติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติ พร้อมเชื่อมโยงระบบการติดตาม ประมวลผล และสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ (เชื่อมโยงกับระบบเดิมที่พัฒนาแล้วในระยะที่ 1)

3) พัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบทั้งในระดับโครงการชลประทานและระดับแปลงเกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

1.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทานและโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม ในระยะที่ 1 ซึ่งได้บรรลุเป้าหมายของการดำเนินงานวิจัยในการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 จากการพัฒนาเครื่องมือในการวางแผนการจัดสรรน้ำที่สอดรับกับปริมาณความต้องการน้ำเกษตรกรรมที่มีการนำข้อมูลความชื้นดินจากการติดตั้งเครื่องมือในการติดตามสถานะการทำเกษตรกรรมแบบ Real-time มาร่วมในการประเมินปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสม โดยได้พัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเวปไซต์สำหรับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงใช้งานในการประเมินสถานการณ์การส่งน้ำ สามารถติดตามสถานการณ์ระดับน้ำในคลองส่งน้ำได้แบบ Real-time และสามารถควบคุมสั่งการเปิดปิด ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำได้ผ่านเวปไซต์ ซึ่งได้ลดขั้นตอนและความยุ่งยากในการใช้กำลังคนหรือเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานส่งน้ำ และยังได้พัฒนาแอปพลิเคชันในการติดตามข้อมูลความชื้นดินและกลุ่ม Line Notify ในแจ้งเตือนระดับความชื้นในแปลงเกษตรกรรมให้แก่เกษตรกรตัวแทนจุดติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นครอบคลุมทั้งโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง มีรายละเอียดของผลการดำเนินโดยสรุปได้ดังนี้

การพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ 1) การพัฒนาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำเพื่อการสั่งการเปิดปิดแบบอัตโนมัติผ่านเวปไซต์ 2) การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อติดตามระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอย และ 3) การติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม โดยได้พัฒนาระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม ที่สามารถติดตามข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. และติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติในคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอยได้ราย 5 นาที และการติดตามข้อมูลความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรมได้ราย 3 ชั่วโมง ผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เวปไซต์ และแอปพลิเคชัน

การทดสอบการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าสามารถรายงานข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ และทันต่อเวลาเพื่อรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมและเชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำ ประกอบด้วย 1) เครื่องมือวัดระดับน้ำ 8 จุด พบว่ามีความแม่นยำในการตรวจวัดมากกว่าร้อยละ 95 โดยได้มีติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำในทุกจุดเพื่อสอบเทียบค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์และค่าตรวจวัด 2) เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ทรบ.รับน้ำแบบอัตโนมัติ 2 จุด ได้มีการสอบเทียบโดยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของลวดสลิงในการวัดระยะเปิดบานประตู พบว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 0.9 ซม. และ 3) เครื่องมือวัดความชื้นดิน 120 จุด ทำการสอบเทียบแยกเป็น 20 โซนตามกลุ่มการใช้น้ำจากคลองเดียวกัน โดยได้มีการสอบเทียบความชื้นดินในสนามเทียบกับเครื่องมือวัด พบว่ามีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 80 และได้มีการทดสอบคุณสมบัติของดินเพื่อหาค่าความหนาแน่นรวมและค่าความจุความชื้นสนาม เพื่อจัดทำแบบจำลองการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานที่เกินความต้องการน้ำ

ในส่วนของระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม ประกอบด้วยระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเป็นระบบที่เชื่อมโยงข้อมูลตรวจวัดจากภาคสนามเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณสภาพการใช้น้ำและการจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสม จากนั้นสามารถสั่งการไปยังระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำได้จากหน้าเวปไซต์ และมีการพัฒนาระบบติดตาม รายงานสภาพพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบสำหรับการติดตามสถานการณ์น้ำและสภาพพื้นที่เกษตรกรรมทั้งในรูปแบบเวปไซต์และแอปพลิเคชัน โดยมีเป้าหมายของโครงการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลโดยเฉลี่ยร้อยละ 85 และการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยตามเป้าหมายของโครงการ มีดังนี้

จากการพัฒนาระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล พบว่าแบบจำลองสามารถรักษาปริมาณน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำได้ร้อยละ 86.22 โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.51 เมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัดหรือสภาพการบริหารจัดการน้ำในปัจจุบันที่มีปริมาณน้ำต้นทุน ณ ต้นฤดูแล้งเฉลี่ยร้อยละ 56.71 อีกทั้งการจำลองพื้นที่เพาะปลูกจากการระบายน้ำ พบว่ามีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีในลุ่มน้ำเจ้าพระยาขั้นต่ำ 3.15 ล้านไร่ และพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังขั้นต่ำ 1.25 ล้านไร่ ต่างกับสถานการณ์จริงที่มีการงดเพาะปลูกในบางฤดูกาล

การลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 ได้มีการจำลองรูปแบบการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทาน โดยแบ่งกลุ่มการส่งน้ำ

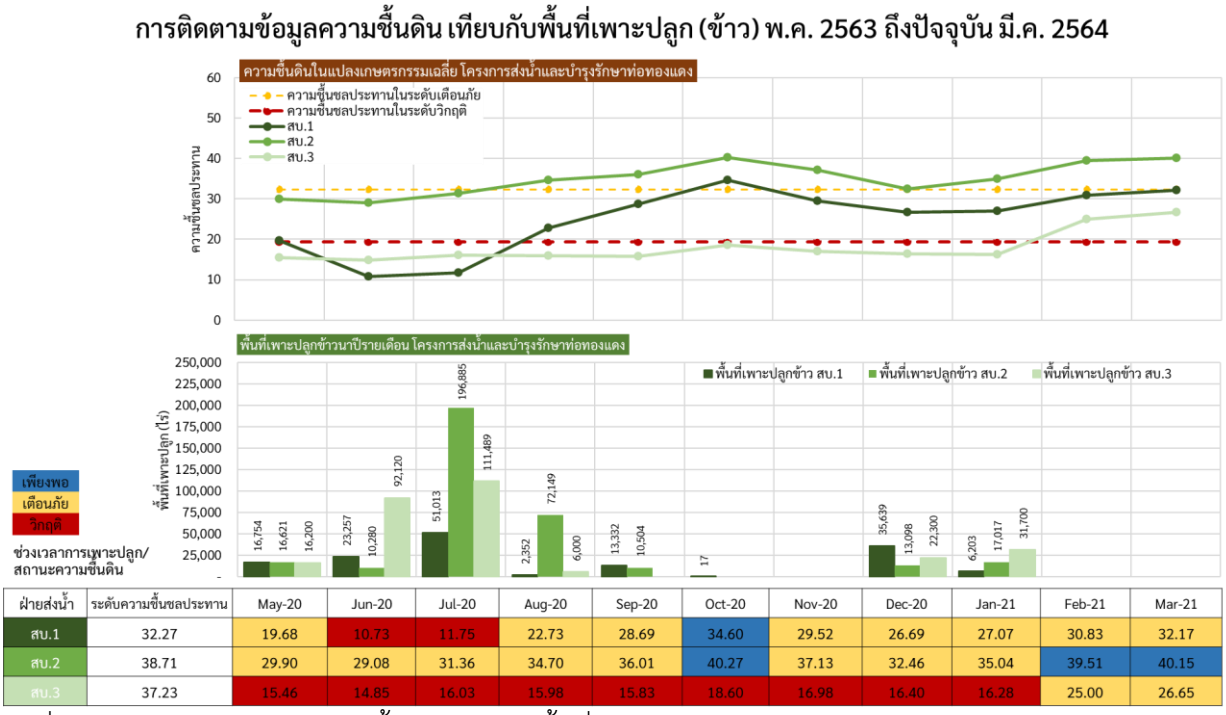
ออกเป็น 20 โซนตามกลุ่มการใช้น้ำจากคลองเดียวกันที่มีการเหลื่อมเวลาการเพาะปลูกพร้อมกัน และจำลองรูปแบบการส่งน้ำตามจริงจากพฤติกรรมการใช้น้ำของเกษตรกรที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม และทำการจำลองสภาพการใช้น้ำโดยพิจารณาข้อมูลความชื้นดินแบบ real-time จากเครื่องมือตรวจวัดในภาคสนาม โดยจากการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการ พบว่า ในฤดูแล้ง 60/61 สามารถประหยัดน้ำจากการส่งจริงได้ 34.07 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 16.62 ส่วนในฤดูแล้ง 61/62 สามารถประหยัดน้ำเปรียบเทียบกับปริมาณการส่งจริงได้ถึง 81.37 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 23.28 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการ ตามเป้าหมายการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทาน ในตารางที่ 1 จากการจำลองปริมาณการใช้น้ำตามแนวคิดของโครงการวิจัยฯ ซึ่งนอกจากนี้ข้อมูลความชื้นดินที่มีการติดตั้งในแปลงเกษตรกรรมทั้ง 120 จุด ยังสามารถใช้ในการติดตามสถานการณ์การใช้น้ำและติดตามสถานการณ์การเพาะปลูก แสดงตัวอย่างการติดตามข้อมูลความชื้นดินเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวในแต่ละฝ่ายส่งน้ำเพื่อติดตามพฤติกรรมการทำเกษตรกรรมและติดตามพื้นที่วิกฤติภัยแล้งหรือพื้นที่ที่กำลังขาดแคลนน้ำสำหรับการเพาะปลูกได้ในช่วง พ.ค. 2563 ถึง มี.ค. 2564 ดังรูปที่ 1-1

การใช้ประโยชน์ของของงานวิจัยได้มุ่งเน้นการใช้งานหลักให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการฯ ท่อทองแดง โดยผู้ใช้งานสามารถใช้ระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำในการสั่งการเปิดปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติผ่านเวปไซต์ รวมทั้งการติดตามข้อมูลฝน ปริมาณน้ำท่า อ่างเก็บน้ำ ของลุ่มน้ำปิง การติดตามระดับน้ำในคลองส่งน้ำ ปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. และความชื้นดินทั้ง 120 จุด ของพื้นที่โครงการฯ ท่อทองแดง ผ่านระบบรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมทั้งในรูปแบบ Website และ Mobile Application และสามารถใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม เพื่อจำลองสภาพการใช้น้ำและเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำต้นทุนจากแม่น้ำปิง และการลดปริมาณการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1-1 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการ

การประหยัดน้ำเชิงการบริหารจัดการ	ฤดูแล้ง 60/61	ฤดูแล้ง 61/62
ภาพรวมทั้งโครงการ		
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	205.03	349.57
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	449,178	492,129
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	170.96	268.20
ประหยัดน้ำ (%)	16.62%	23.28%
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	34.07	81.37
เฉพาะพื้นที่เพาะปลูกข้าว		
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	93.62	270.50
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	344,948	373,799
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	78.20	202.33
ประหยัดน้ำ (%)	16.47%	25.20%
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	15.42	68.17

(ที่มา โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สกสว., 2563)



ฝ่ายส่งน้ำ	ระดับความชื้นชลประทาน	May-20	Jun-20	Jul-20	Aug-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	Jan-21	Feb-21	Mar-21
สบ.1	32.27	19.68	10.73	11.75	22.73	28.69	34.60	29.52	26.69	27.07	30.83	32.17
สบ.2	38.71	29.90	29.08	31.36	34.70	36.01	40.27	37.13	32.46	35.04	39.51	40.15
สบ.3	37.23	15.46	14.85	16.03	15.98	15.83	18.60	16.98	16.40	16.28	25.00	26.65

รูปที่ 1-1 การติดตามข้อมูลความชื้นดินเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกข้าว (พ.ค. 2563 ถึง มี.ค. 2564)
(ที่มา โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สกสว., 2563)

1.4 ความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายใต้โครงการ

ความเชื่อมโยงของโครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง (ส่วนขยาย) ได้เชื่อมโยงผลการดำเนินงานจากปีที่ 1 และเชื่อมโยงกับแผนงานวิจัยอื่น แสดงขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนขยายและความเชื่อมโยงกับแผนงานวิจัยอื่นดังรูปที่ 2 โดยจากผลผลิตของการดำเนินงานในปีที่ 1 ทำการเชื่อมโยงเครื่องมือตรวจวัดที่ติดตั้งในงานส่วนขยายเพิ่ม ได้แก่ เครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำ 13 จุด และระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ 4 จุด เข้ากับระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time เพื่อให้สามารถรายงานผลการติดตามระดับน้ำ และสามารถควบคุมสั่งการเปิดปิดประตูระบายน้ำผ่านเวปไซต์ได้เต็มรูปแบบครอบคลุมทั้งโครงการฯ ท่อทองแดง และในงานส่วนขยายได้มีการเชื่อมโยงฐานข้อมูลเครือข่ายเกษตรกรที่เป็นตัวแทนแปลงเกษตรกรรมติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินทั้ง 120 แปลงและ 20 กลุ่มผู้ใช้น้ำจากคลองเดียวกัน เพื่อเก็บข้อมูลการใช้น้ำบาดาลรายแปลงเกษตรกรรม ในการจัดทำแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time และเชื่อมโยงเข้ากับระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม (ระบบเดิมในปีแรก)

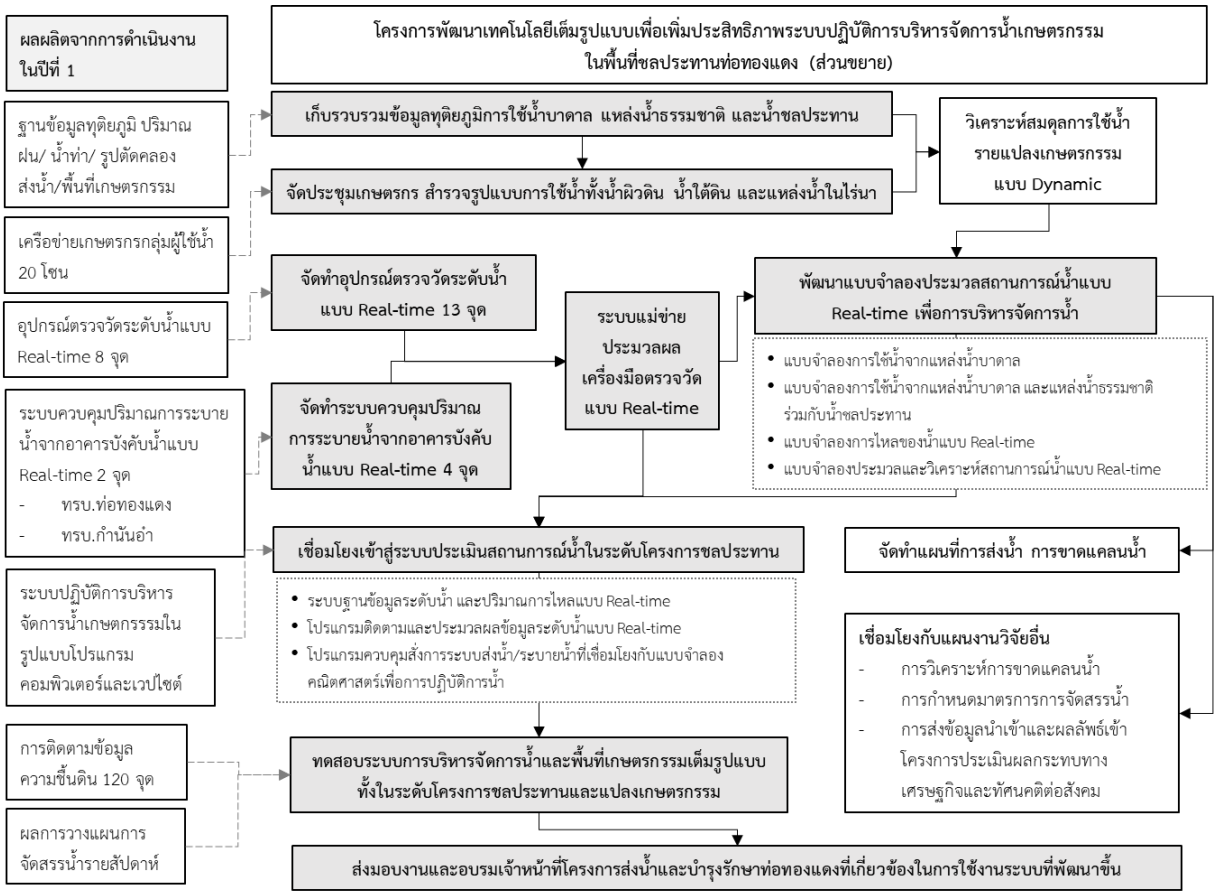
ผลผลิตจากส่วนขยาย นอกจากระบบการรายงานระดับน้ำ และระบบสั่งการควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำที่สามารถรายงาน ติดตาม และสั่งการได้เต็มรูปแบบในระดับโครงการชลประทานแล้ว ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำบาดาลเพื่อวิเคราะห์สมดุลการใช้น้ำรายแปลงเกษตรกรรม โดยขยายผลจากเครือข่ายเกษตรกรตัวแทนแปลงวัดความชื้นดินทั้ง 120 จุด เพื่อพัฒนาแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time ในการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม โดยเชื่อมโยงเข้ากับแบบจำลองการไหลในลำน้ำที่สามารถจำลองน้ำผิวดินหรือการใช้น้ำจากคลองชลประทานที่พัฒนาแล้วเสร็จในปีแรก เพื่อวิเคราะห์

การใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลร่วมกับน้ำชลประทาน โดยผลผลิตจากการวิเคราะห์สมดุลน้ำรายแปลงทั้งการใช้น้ำผิวดินและการใช้น้ำใต้ดินสำหรับการทำเกษตรกรรมถูกจัดทำเป็นแผนที่การส่งน้ำ และแผนที่การขาดแคลนน้ำให้แก่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการโครงการฯ ท่อทองแดงใช้งานการวางแผนการจัดสรรน้ำ และเชื่อมโยงผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยในส่วนขยายให้แก่แผนงานวิจัยอื่น ประกอบด้วย การวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำ การกำหนดมาตรการการจัดสรรน้ำ และประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจและทัศนคติต่อสังคม

บทที่ 2

แนวทางการดำเนินงาน

การพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบในระดับโครงการชลประทาน (โครงการฯ ท่อทองแดง) และในระดับแปลงเกษตรกรรมที่ครอบคลุมพื้นที่ชลประทานทั้งที่ใช้น้ำจากต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลองส่งน้ำมีความสำคัญต่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและการส่งน้ำที่เหมาะสม โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นจุดเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายลำน้ำธรรมชาติเดิมที่มีบทบาทสำคัญในการส่งน้ำและระบายน้ำให้แก่พื้นที่เกษตรกรรมทั้งนอกเขตชลประทานและในเขตโครงการชลประทานอื่น ซึ่งการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพต้องมีการพิจารณาน้ำต้นทุนทั้งในภาพรวมทั้งระบบและต้องมีการบูรณาการข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจและการวิเคราะห์สมดุลการใช้น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสามารถปรับเปลี่ยนตามรูปแบบการทำเกษตรกรรม โครงการวิจัยฯ จึงได้มีแนวคิดในการจัดทำระบบประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time ที่รวมทั้งการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในระดับแปลงเกษตรกรรม โดยเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบประเมินสถานการณ์น้ำในระดับโครงการชลประทาน เพื่อให้ได้เป็นระบบ/ โปรแกรมที่สามารถเสนอแนะและควบคุมสั่งการระบบส่งน้ำ/ ระบายน้ำได้อย่างเต็มพื้นที่ ภายใต้การประเมินปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการน้ำจากทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 ความเชื่อมโยงของผลผลิตจากการดำเนินงานในปีที่ 1 และแนวทางการดำเนินการวิจัยในปีที่ 2

2.1 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยในส่วนการพัฒนาระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบในระดับโครงการชลประทาน และในระดับแปลงเกษตรกรรมที่ครอบคลุมพื้นที่ชลประทาน พื้นที่ศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ทั้งพื้นที่ที่ใช้น้ำจากต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลองส่งน้ำ ซึ่งการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีการพิจารณาน้ำต้นทุนทั้งในภาพรวมทั้งระบบและต้องมีการบูรณาการข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจและการวิเคราะห์สมดุลการใช้น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสามารถปรับเปลี่ยนตามรูปแบบการทำเกษตรกรรมพัฒนาระบบประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time ที่รวมทั้งการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในระดับแปลงเกษตรกรรม โดยเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบประเมินสถานการณ์น้ำในระดับโครงการชลประทาน เพื่อให้ได้เป็นระบบ/ โปรแกรมที่สามารถเสนอแนะและควบคุมสั่งการระบบส่งน้ำ/ ระบายน้ำได้อย่างเต็มพื้นที่ ภายใต้การประเมินปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการน้ำจากทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

ส่วนการติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ทรบ.รับน้ำ แบบอัตโนมัติจำนวน 4 จุด อยู่ในคลองส่งน้ำสายซอยและสายแยกซอย ได้แก่ 1) ทรบ.ปากคลอง 1L-MC อยู่หลัง ทรบ.ท่อทองแดง ในคลองส่งน้ำสายซอยฝั่งซ้ายลำดับที่ 1 ของคลอง MC ทำหน้าที่รับน้ำจากการทดน้ำของ ทรบ.กำนันอ่ำส่งน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำบำรุงรักษาที่ 1 2) ทรบ.ปากคลอง 2L-MC อยู่หลัง ทรบ.ท่อทองแดง ในคลองส่งน้ำสายซอยฝั่งซ้ายลำดับที่ 2 ของคลอง MC ทำหน้าที่รับน้ำจากการทดน้ำของ ทรบ.กำนันอ่ำ ส่งน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำบำรุงรักษาที่ 2 3) ทรบ.กลางคลอง 2L-MC กม.12+574 อยู่ในคลองส่งน้ำสายซอยฝั่งซ้ายลำดับที่ 1 ของคลอง MC ตรงจุดแบ่งน้ำระหว่างพื้นที่ชลประทานตอนปลายของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และพื้นที่ชลประทานของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ทำหน้าที่การส่งน้ำไป อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร อ.คีรีมาศ อ.เมืองสุโขทัย จ.สุโขทัย และ 4) ทรบ.ปากคลอง 1R-2L-MC อยู่ในคลองสายแยกซอยฝั่งขวาลำดับที่ 1 ของคลอง 2L-MC ทำหน้าที่ในการส่งน้ำฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 พื้นที่ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร

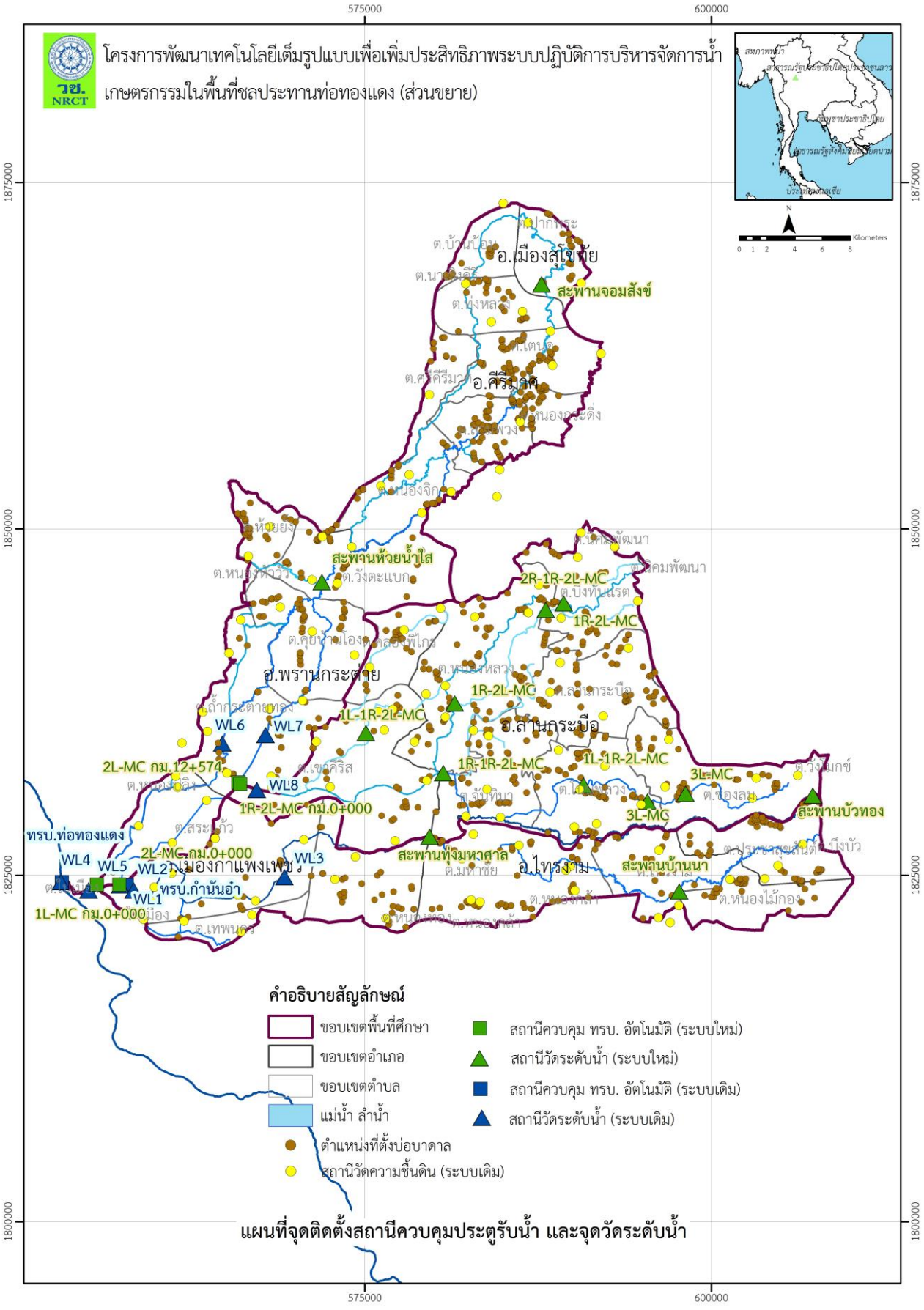
ส่วนการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำทั้งหมด 13 จุดในส่วนขยายครอบคลุมการส่งน้ำไปยังพื้นที่ปลายคลองส่งน้ำในเขตฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ในเขต ต.ศรีคีรีมาศ ทุ่งหลวง ปากพระ โตนด หนองกระดิ่ง จ.สุโขทัย พื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ในเขต ต.บึงทับแรต หนองหลวง ลานกระบือ และพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ในเขต ต.ไทรงาม ช่องลม ประชาสุขสันต์ จ.กำแพงเพชร แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 2-2 และรายละเอียดการกำหนดจุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 รายละเอียดจุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	ชื่อ	พิกัด		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ทรบ.รับน้ำ แบบอัตโนมัติ						
1	ทรบ.ปากคลอง 1L-MC	16.49992	99.5217	สระแก้ว	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร
2	ทรบ.ปากคลอง 2L-MC	16.4999	99.53687	สระแก้ว	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร

ตารางที่ 2-1 (ต่อ) รายละเอียดจุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	ชื่อ	พิกัด		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
3	ทรบ.กลางคลอง 2L-MC กม.12+574	16.56639	99.61768	ถ้ำกระต่ายทอง	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร
4	ทรบ.ปากคลอง 1R-2L-MC	16.56534	99.61888	เขาคีริส	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร
เครื่องมือวัดระดับน้ำ Real-time แบบอัตโนมัติ						
1	คลอง MC สะพานทุ่งมหาศาล	16.5306	99.7468	นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร
2	คลอง MC สะพานบัวทอง	16.5564	100.0059	ประชาสุขสันต์	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
3	คลอง 3R-MC สะพานบ้านนา	16.49425	99.91534	ไทรงาม	ไทรงาม	กำแพงเพชร
4	1R-2L-MC (แม่ฝายสายบน)	16.6176	99.764	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
5	1R-2L-MC (แม่ฝายสายบน)	16.6825	99.8381	บึงทับแรต	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
6	1L-1R-2L-MC (แม่พาย)	16.5985	99.7039	เขาคีริส	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร
7	1L-1R-2L-MC (แม่พาย)	16.5639	99.8509	โนนพลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
8	1R-1R-2L-MC (จันทิมา-บึงช้าง)	16.5721	99.7562	จันทิมา	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
9	2R-1R-2L-MC (แม่ฝายสายล่าง)	16.6784	99.826	บึงทับแรต	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
10	3L-MC (มาบไทร)	16.553	99.8941	โนนพลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
11	3L-MC (มาบไทร)	16.558	99.9199	ช่องลม	ลานกระบือ	กำแพงเพชร
12	สะพานห้วยน้ำใส	16.69708	99.67448	วังตาแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร
13	สะพานจอมสังฆ์ ตำบลปากพระ	16.8907	99.82402	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย



รูปที่ 2-2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา และตำแหน่งจุดติดตั้งสถานีควบคุมประตูน้ำและจุดวัดระดับน้ำ

2.2 รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานจริงตามแผนการดำเนินงาน

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดิน บ่อบาดาล แหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำชลประทาน จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำ และกรมชลประทานโดยจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลและแผนที่ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของน้ำต้นทุนในทุกแหล่งรวมทั้งน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา นอกจากการเก็บรวมรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในส่วนขยายของการดำเนินงานวิจัยนี้ทำการสำรวจรูปแบบการทำเกษตรกรรม รูปแบบการใช้น้ำใต้ดินในระดับแปลงเกษตรกรรม ได้แก่ ศักยภาพของเครื่องสูบน้ำ แหล่งน้ำในพื้นที่ เพื่อประเมินศักยภาพการใช้น้ำและปริมาณการใช้น้ำต่อไร่ในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกและจัดทำเป็นแผนที่ศักยภาพการสูบน้ำและสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินและน้ำผิวดินเพื่อการเพาะปลูกในแต่ละแปลงเกษตรกรรม

2) การจัดทำอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time และระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบ Real-time

การพัฒนาอุปกรณ์และติดตั้งในพื้นที่โดยมุ่งเน้นเครื่องมือที่มีการใช้งานได้อย่างแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดข้อมูลอย่างถูกต้อง และมีการดูแลบำรุงรักษาที่ง่าย โดยการออกแบบระบบสนับสนุนระบบบริหารจัดการควบคุมระดับน้ำ เพื่อควบคุมระดับเปิด-ปิดประตูน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ โดยจำนวนประตูระบายน้ำทั้งสิ้น 4 ประตู โดยที่ประตูน้ำที่ 1 ตั้งอยู่ ต.หนองปลิง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ประตูน้ำที่ 2 ห่างจากจุดที่ตั้งประตูที่ 1 ระยะทางประมาณ 1 กม. ในส่วนของประตูที่ 3 และ 4 หางจากประตูที่ 2 ประมาณ 11 กม.ในกลุ่มประตูที่ 3 และ 4 มี มีระยะหางกัน 150 เมตรโดยประมาณ เนื่องจากระยะทางในกลุ่มประตู 3 และ 4 จากตัวชุมชุน ประมาณ 11 กม. ทำไม่มีระบบไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับการควบคุมการเปิด ปิด ประตู จึงจำเป็นต้องจัดระบบจ่ายไฟฟ้า ระบบหม้อแปลง แปลงจาก 22 KV เป็น 380 V หรือ สามารถใช้ระบบ Solar Cell ซึ่งการวิเคราะห์ระบบเดิมของเครื่องยกของประตูของทุกประตูในปัจจุบัน เปิด-ปิดบานระบาย ในลักษณะการทำงานเมื่อหมุนเครื่องยกที่ มือ หมุนขับเพลา ซึ่งเป็นเกลียวดึงบานขึ้นหรือลง ตามทิศ ทางการหมุน การหมุนจะใช้แรงงานคนในการหมุนเป็นหลัก

การออกแบบระบบการควบคุมน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติ จะมีตัวควบคุมทั้งหมด 3 ชุด ตัวควบคุมในระบบที่เลือกใช้ในโครงการคือ PLC ของ Omron รุ่น NX 102 มีความเร็วสูงในการประมวลผลมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมระดับน้ำ ทนต่อสภาพแวดล้อมในงานอุตสาหกรรมและสามารถเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับฐานข้อมูล ผ่านระบบสื่อสาร Ethernet IP โดยการทำงานควบระดับน้ำ โดยที่ตัวควบคุมจะรับค่าระดับน้ำที่ต้องการ(Set Point) จากระบบบริหารจัดการน้ำ ผ่าน Mobile Device หรือ website และรับค่าสัญญาณระดับน้ำหน้าประตูเพื่อป้อนกลับ(feedback) และใช้เพื่อประมวลผลการความสูงในการเปิด-ปิด ประตู ทำโดยอัตโนมัติ เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดระดับน้ำเป็นชนิด Ultrasonic สามารถวัดระยะหรือระดับน้ำได้สูงสุด 8 เมตร และในระบบยังได้ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความสูงของการยกบานประตู โดยเซ็นเซอร์วัด เป็นแบบ Inductive การสั่งงานกำหนดค่าระดับน้ำในแต่ละประตูสามารถส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่านระบบการสื่อสารแบบ internet และระบบจะบันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลผ่านระบบ Dashboard

การพัฒนาเครื่องมือวัดระดับน้ำใช้เซนเซอร์ที่รองรับทั้งสัญญาณ Analog และ Digital ด้วยความถี่คลื่น 2.4 GHz ซึ่งมีการส่งผ่านข้อมูลจากเซนเซอร์เข้าสู่ระบบเชื่อมต่อด้วยระบบเครือข่ายสัญญาณวงกว้าง NB-IoT โดยใช้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่มีอัตราส่งไกล และเป็นโครงข่ายไร้สายที่สามารถเคลื่อนที่ได้และมีการประสานกันแบบไร้สาย เพื่อส่งข้อมูลระหว่างโหนดที่สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งแม่ข่ายและอุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างโหนด โดยข้อมูลที่ได้รับจากสัญญาณเซนเซอร์จะถูกส่งเข้าไปที่ระบบแม่ข่ายเพื่อเชื่อมโยงเข้ากับแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการเสนอแนะปริมาณการระบายน้ำและปริมาณการจัดสรรน้ำที่มีความเหมาะสม

3) การพัฒนาระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดในแบบ Real-time

การพัฒนาระบบการรับส่งข้อมูลจากภาคสนามเข้าสู่ระบบการจัดเก็บและการคัดแยกข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลในการติดตามสถานการณ์และเชื่อมโยงเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยพัฒนาระบบแม่ข่ายหลักที่รับข้อมูลจากกล่องเก็บข้อมูลหรือ Data Logger จากอุปกรณ์วัดความชื้นดินในระบบแปลงนาโดยทำการเก็บค่าความชื้นดินตรวจวัด และรับข้อมูลจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งสายหลัก เพื่อทำการเก็บค่าระดับน้ำตรวจวัดในคลองส่งทุก 15 นาที เข้าสู่สถานีหลัก เพื่อทำการประมวลผลและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การรับส่งข้อมูลได้เลือกใช้สัญญาณ 4G หรือเทคโนโลยี Narrow Band (NB-IOT) ซึ่งสามารถรองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์จำนวนมากๆพร้อมกัน มีการเก็บข้อมูลสำรองใน Data Logger ของแต่ละอุปกรณ์สามารถเรียกข้อมูลกลับมาได้กรณีสัญญาณ 4G ขาดหาย เมื่อระบบรับส่งข้อมูลได้ทำงานเรียบร้อย ข้อมูลตรวจวัดได้ถูกส่งไปเก็บที่ server ผ่านระบบ Cloud เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการหาค่าการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำและปริมาณการจัดสรรน้ำเข้าคลองส่งสายหลัก โดยระบบแม่ข่ายจะสั่งการกลับมาที่อุปกรณ์ควบคุมการเปิดปิดบานประตูแบบอัตโนมัติเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรม เพื่อการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการสูญเสียปริมาณการส่งน้ำน้อยที่สุด ตามเป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำเพื่อลดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำและพื้นที่น้ำท่วม

องค์ประกอบของระบบการติดตามข้อมูลผ่านเทคโนโลยี Cloud-based IoT ประกอบด้วย ส่วนการรับส่งข้อมูล (Smart Data Transfer) ระหว่างเซนเซอร์และกล่องเก็บข้อมูล (Data Logger) ซึ่งในส่วนกล่องเก็บข้อมูลได้ออกแบบให้มีขนาดเล็ก สามารถกันน้ำ ใช้พลังงานน้อย มีการติดตั้งและใช้งานที่ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เก็บได้ผ่านเวปไซต์โดยสามารถเรียกดู ติดตาม และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในรูปแบบตาราง กราฟ และรายงานโดยมีฟังก์ชันที่สำคัญ เช่น การแปลงหน่วย หรือการส่งผ่านข้อมูลที่สามารถใช้งานได้กับสัญญาณ Lora และ 3G สู่สมาร์ทโฟนเพื่อการแจ้งเตือนกรณีเกิดภัยหรือการแจ้งเตือนข้อมูลที่สำคัญต่อการตัดสินใจ สำหรับส่วนการเก็บข้อมูล (Data Acquisition) เป็นการออกแบบระบบแพลตฟอร์มระหว่าง Data Loggers และระบบการประมวลผลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านระบบ Cloud ในส่วนนี้ได้เลือกใช้ระบบแพลตฟอร์มที่สามารถเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลผ่านระบบประมวลผล Cloud ที่รองรับเวปไซต์และสามารถรองรับได้ทั้งคอมพิวเตอร์เดสก์ท้อป แลปท้อป แท้ปเลต และโทรศัพท์ สมาร์ทโฟน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามและแสดงผลข้อมูลการตรวจวัดแบบออนไลน์ได้ตลอดเวลา

4) การพัฒนาแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ

การพัฒนาแบบจำลองการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาล และแหล่งน้ำธรรมชาติ ร่วมกับน้ำชลประทาน เพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบ Dynamic ที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา โดยพิจารณาทั้งระบบของโครงการฯ ท่อทองแดง พร้อมทั้งจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำแบบ Real-time และแบบจำลองประมวลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำแบบ Real-time

การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนา เป็นการนำผลการรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติอุตุ-อุทกวิทยามาพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยการปรับเทียบและพิสูจน์แบบจำลองกับข้อมูลตรวจวัดให้มีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ ประกอบด้วย การจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำในระดับโครงการชลประทาน การจัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำรายโครงการในระดับแปลงเกษตรกรรม การจัดทำแบบจำลองการจัดสรรน้ำรายโครงการชลประทานระดับคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอย การจัดทำแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการควบคุมน้ำเพื่อการชลประทาน และการจัดทำแบบจำลองควบคุมและประเมินสถานการณ์ปริมาณน้ำในระบบส่งน้ำโครงการชลประทาน

5) การเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบประเมินสถานการณ์น้ำในระดับโครงการชลประทาน

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลระดับน้ำ และปริมาณการไหลแบบ Real-time ที่ได้จากระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time เพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมติดตามและประมวลผลข้อมูลระดับน้ำแบบ Real-time และโปรแกรมควบคุมสั่งการระบบส่งน้ำ/ระบายน้ำที่เชื่อมโยงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการปฏิบัติการน้ำ

การจัดทำแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการควบคุมเพื่อการชลประทาน เป็นการจัดทำโปรแกรมวางแผนการส่งน้ำเพื่อการชลประทาน ที่สามารถคำนวณความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกจากการจำลองสมดุลความชื้นในดิน มีความสามารถของโปรแกรมคือการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำจากข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูก ข้อมูลการใช้น้ำใต้ดิน และสามารถติดตามการส่งน้ำ วิเคราะห์ผลการส่งน้ำเพื่อประเมินประสิทธิภาพการส่งน้ำและดัชนีแสดงผลการส่งน้ำรายสัปดาห์ และสามารถประเมินความต้องการน้ำของพืชแยกรายคลอง ความต้องการน้ำและช่วงเวลาที่ส่งน้ำให้กับพืช และผลจำลองสมดุลความชื้นในดิน

การเชื่อมโยงข้อมูลตรวจวัดเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีการรายงานข้อมูลเป็นรายวัน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากกรมชลประทาน และข้อมูลอ่างเก็บน้ำจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ 2) ข้อมูลตรวจวัด real-time จากภาคสนามที่มีการติดตั้งทั้งจากกระยะที่ 1 และจากส่วนขยาย ได้แก่ ข้อมูลระดับน้ำเดิม 8 จุดและที่ติดตั้งใหม่ 13 จุด เป็น 21 จุด ข้อมูลปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการและระยะเปิดบานจากระยะที่ 1 จำนวน 2 จุด ของ ทรบ. ท่อทองแดงและ ทรบ.กำนันอ่ำ และที่ติดตั้งในส่วนขยายอีก 4 จุดเป็นทั้งหมด 6 จุด ที่มีการรายงานทุก 5 นาที และข้อมูลความชื้นดิน 120 จุดที่มีการติดตั้งแล้วในระยะที่ 1 ของ

โครงการฯ สามารถรายงานทุก 3 ชั่วโมง โดยการเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อการส่งน้ำที่มีความเหมาะสมเป็นการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการควบคุมน้ำชลประทาน ที่มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลตรวจวัดแบบ Real-time จากเทคโนโลยีการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเข้ากับแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time โดยเป็นเครื่องมือให้กับผู้ใช้งานในการจำลอง สภาพการใช้น้ำ และตัดสินใจในการปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสม โดยขั้นตอนของการจำลองสภาพการใช้น้ำได้ใช้ข้อมูลความชื้นดินจากภาคสนาม และข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้มีการสำรวจมาทำการประเมินความต้องการน้ำ และทำการคำนวณปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสม เพื่อการจำลองสภาพการใช้น้ำ โดยได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลระดับน้ำจากภาคสนามเข้าสู่ส่วนการจัดทำระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำ โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำด้านเหนือและท้ายน้ำของประตูรับน้ำเข้าโครงการฯ ในการคำนวณและเสนอแนะระยะเปิดบานที่เหมาะสมตามจุดรับน้ำเข้าแต่ละโซนพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 20 จุด ตามกลุ่มการใช้น้ำที่ทางโครงการวิจัยได้แบ่งไว้ นอกจากนี้ จากระบบการควบคุม ทรบ.รับน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่ระบบการจำลองสถานการณ์น้ำ ที่มีการเชื่อมโยงจากแบบจำลองสภาพการใช้น้ำเพื่อการจำลองปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำสายหลักและสายซอย โดยผู้ใช้งานสามารถดึงข้อมูลระดับน้ำในแต่ละหน้าตัดคลองเพื่อวิเคราะห์ระดับน้ำที่สามารถส่งไปถึงในช่วงสถานการณ์น้ำน้อย สามารถนำข้อมูลในลักษณะรูปภาพและตารางผลการจำลองระดับน้ำและปริมาณน้ำในแต่ละรูปตัดลำน้ำทั้ง 7 คลองส่งน้ำสายหลัก ได้แก่ คลอง MC คลอง 1L-MC คลอง 2L-MC คลอง 3L-MC คลอง 1R-MC คลอง 2R-MC และคลอง 3R-MC ในส่วนการควบคุมประตูรับน้ำเข้าโครงการฯ ได้มีการเชื่อมโยงเข้ากับระบบประเมินสถานการณ์น้ำ เมื่อผู้ใช้งานได้ทราบปริมาณน้ำที่ต้องการในแต่ละพื้นที่ 20 โซนแล้ว สามารถเข้าสู่ระบบควบคุมประตูน้ำ เพื่อเชื่อมโยงไปยังเวปไซต์ในการสั่งการควบคุมปริมาณน้ำโดยในระบบจะทำการคำนวณและเสนอแนะระยะเปิดบานของ ทรบ.ท่อทองแดง และกำนันอำให้โดยอัตโนมัติ

6) การทดสอบระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม

การนำระบบประเมินสถานการณ์น้ำในระดับโครงการชลประทานร่วมกับการวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบพลศาสตร์รายแปลงมาทำการวางแผนการใช้น้ำร่วมกับการจัดสรรน้ำของโครงการชลประทาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินตามเป้าหมายการประหยัดการใช้น้ำร้อยละ 15 โดยการทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำภาคสนามแบบ Real-time เป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการส่งข้อมูลความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรมที่มีการตรวจวัดแบบ Real-time และประเมินประสิทธิภาพของการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในการลดการสูญเสียน้ำในระบบแปลงนาโดยเฉลี่ยร้อยละ 15 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เครื่องมือและระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณการส่งน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุน หรือ ระบบการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงจากการใช้ปริมาณน้ำต่อไร่ที่ลดลง โดยสามารถประเมินเป็นความคุ้มค่าจากการเปรียบเทียบประเมินสมรรถนะของระบบเดิมและเป้าหมายที่บรรลุหลังเสร็จสิ้นโครงการในเชิง

ประสิทธิภาพของการใช้น้ำในโครงการชลประทานทางด้านความคุ้มค่าของการส่งน้ำและการเพิ่มผลผลิตของพื้นที่เกษตรกรรมต่อปริมาณน้ำที่จัดสรรอย่างเหมาะสมและถูกต้องกับเวลา

7) การส่งมอบและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้งานเครื่องมือและระบบปฏิบัติการฯ

เมื่อการดำเนินงานของโครงการในการพัฒนาและติดตั้งเครื่องมือ และการพัฒนาระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเป็นที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน ทางโครงการวิจัยฯ ทำการดำเนินการถ่ายทอดและส่งมอบเทคโนโลยีการใช้งานเครื่องมือให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ประกอบด้วย แนวทางการใช้งานเพื่อการปฏิบัติการ การดูแลบำรุงรักษา การแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบ Real-time เครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีแนวทางในการร่วมเรียนรู้ระหว่างนักวิจัยและเจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเพื่อให้ผลผลิตของโครงการวิจัยสอดรับกับแนวทางการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ และมีการลงมือปฏิบัติงานจริงเพื่อทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานตลอดระยะเวลาของการดำเนินโครงการวิจัย ตั้งแต่เดือน 1 ถึงเดือนที่ 10 และเมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินโครงการวิจัยตามแผนระยะเวลาการดำเนินงาน 10 เดือน ทางโครงการวิจัยฯ ทำการอบรมการใช้งานเทคโนโลยี ให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดง และเกษตรกร โดยมีคู่มือประกอบการใช้งาน พร้อมกับการติดตามและให้คำแนะนำหลังจากเสร็จสิ้นโครงการ

2.3. ผลการดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินงานรายกิจกรรม	เดือนที่										ผลการดำเนินงาน	ร้อยละผลสำเร็จ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. การลงพื้นที่สำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล											ระบบฐานข้อมูลและแผนที่การใช้น้ำเกษตรกรรมและแผนที่พื้นที่เกษตรกรรม	100
1.1 การจัดทำระบบข้อมูลและแผนที่การใช้น้ำบาดาล แหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำชลประทาน	←	—	→									
1.2 การจัดทำระบบและแผนที่การใช้ที่ดิน	←	—	→									
2. การจัดทำอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time											เทคโนโลยีเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time จำนวน 13 จุด	100
2.1 การพัฒนาอุปกรณ์แบบตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time	←	—	→									
2.2 การพัฒนาชุดแผงควบคุมอุปกรณ์แบบตรวจวัดระดับน้ำ	←	—	→									
2.3 การพัฒนาระบบรับ-ส่งข้อมูลระดับน้ำแบบ Real-time	←	—	→									
2.4 การจัดทำโครงสร้างสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ	←	—	→									
2.5 การติดตั้งอุปกรณ์แบบตรวจวัดระดับน้ำ	←	—	→									

แผนการดำเนินงานรายกิจกรรม	เดือนที่										ผลการดำเนินงาน	ร้อยละผลสำเร็จ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3. การจัดทำระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบ Real-time											เทคโนโลยีเครื่องมือควบคุมสั่งการเปิด-ปิดประตูรับน้ำ/ อาคารบังคับน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานแบบอัตโนมัติ 4 จุด	100
3.1 การพัฒนาระบบควบคุมเปิด-ปิดประตูรับน้ำ/ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ	←	—	→									
3.2 การจัดทำชุดเซนเซอร์วัดระดับน้ำเหนือ/ท้ายน้ำ	←	—	→									
3.3 การจัดทำโครงสร้างชุดควบคุมปริมาณการระบายน้ำ	←	—	→									
3.4 การติดตั้งชุดควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ	←	—	→									
4. การจัดทำระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time	←	—	—	—	—	→					ระบบรายงานข้อมูลระดับน้ำและระบบควบคุมสั่งการปริมาณน้ำผ่านอาคารบังคับน้ำ	100
4.1 การพัฒนาระบบฐานข้อมูลระดับน้ำและปริมาณการไหล	←	—	—	—	—	→						
4.2 การพัฒนาโปรแกรมติดตามและประมวลผลข้อมูลระดับน้ำแบบ Real-time	←	—	—	—	—	—	—	→				
4.3 การพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลและการเชื่อมโยงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการปฏิบัติการน้ำ	←	—	—	—	—	—	—	→				
4.4 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมสั่งการระบบส่งน้ำ/ระบายน้ำ	←	—	—	—	—	—	—	→				
5. การจัดทำแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ	←	—	—	—	—	—	—	→			ระบบปฏิบัติการน้ำฯ เพื่อวางแผนการจัดสรรน้ำชลประทาน ที่รวมการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเพื่อการทำเกษตรกรรม	100
5.1 การจัดทำแบบจำลองการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาล	←	—	—	—	—	—	—	→				
5.2 การจัดทำแบบจำลองการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลและแหล่งน้ำธรรมชาติร่วมกับน้ำชลประทาน	←	—	—	—	—	—	—	→				
5.3 การจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำ	←	—	—	—	—	—	—	→				
5.4 การจัดทำแบบจำลองประมวลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ	←	—	—	—	—	—	—	→				
7. การเชื่อมโยงการทำงานและการถ่ายทอด				←	—	→					การเชื่อมโยงผล	100

แผนการดำเนินงานรายกิจกรรม	เดือนที่										ผลการดำเนินงาน	ร้อยละผลสำเร็จ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ระบบให้กับแผนงานวิจัยอื่น											การปฏิบัติงานร่วมกับแผนงานอื่นและผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากทดสอบการใช้งานจริง	
8. การส่งมอบและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้งานเครื่องมือและระบบปฏิบัติการฯ ให้กับโครงการฯ ท่อทองแดง							◄——►		◄——►			
9. การทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบประมวลสถานการณ์น้ำ				◄——	——	——	——	——►				

หมายเหตุ : ให้ระบุเดือนที่เริ่มดำเนินการวิจัยตามสัญญารับทุน

◄- - - - - - - ► หมายถึง งานหรือกิจกรรมที่วางแผนไว้ว่าจะทำตามข้อเสนอโครงการ

◄———► หมายถึง งานหรือกิจกรรมที่ได้ทำแล้ว

บทที่ 3

ผลการดำเนินโครงการ

ผลการดำเนินโครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง (ส่วนขยาย) ประกอบด้วย การพัฒนาและติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการส่งน้ำแบบอัตโนมัติและอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำ โดยพัฒนาระบบแม่ข่ายในการรับข้อมูลจากภาคสนามเพื่อประมวลผลเครื่องมือตรวจวัด และพัฒนาเป็นระบบประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ ที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลปัจจุบันเข้ากับแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสมบนความต้องการน้ำที่แท้จริงของพืช ซึ่งการประเมินปริมาณการส่งน้ำชลประทานได้มีการจำลองสมดุลน้ำร่วมกับการใช้บาดาลของพื้นที่เกษตรกรรม โดยสุดท้ายเครื่องมือและแบบจำลองย่อยที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเป็นเครื่องมือในรูปแบบของเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งได้มีการทดสอบการใช้งานระบบและร่วมปฏิบัติการจริง มีผลสำเร็จบรรลุตามเป้าหมายของโครงการ พร้อมกับได้อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ผู้ใช้งานหลักโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

3.1 ผลการพัฒนาและติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการส่งน้ำแบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์วัดระดับน้ำ

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง (ส่วนขยาย) ได้พัฒนาระบบควบคุมการปริมาณการส่งน้ำผ่าน ทรบ.แบบอัตโนมัติจำนวน 4 สถานี ได้แก่ ทรบ.1L-MC ทรบ.2L-MC ทรบ.2L-MC กม.12+574 และ ทรบ. 1R-2L-MC และทำการพัฒนาและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำจำนวน 13 สถานี ครอบคลุมคลองส่งน้ำสายซอยและสายแยกซอย จนสิ้นสุดขอบเขตโครงการฯ ท่อทองแดง แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือในงานวิจัยนี้ (ส่วนขยาย) และระบบเดิมที่มีการติดตั้งในระยะที่ 1 ดังรูปที่ 3-3-1 และผังระบบโครงข่ายคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติที่มีการติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำ ดังรูปที่ 3-3-2

1) ผลการพัฒนาและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ

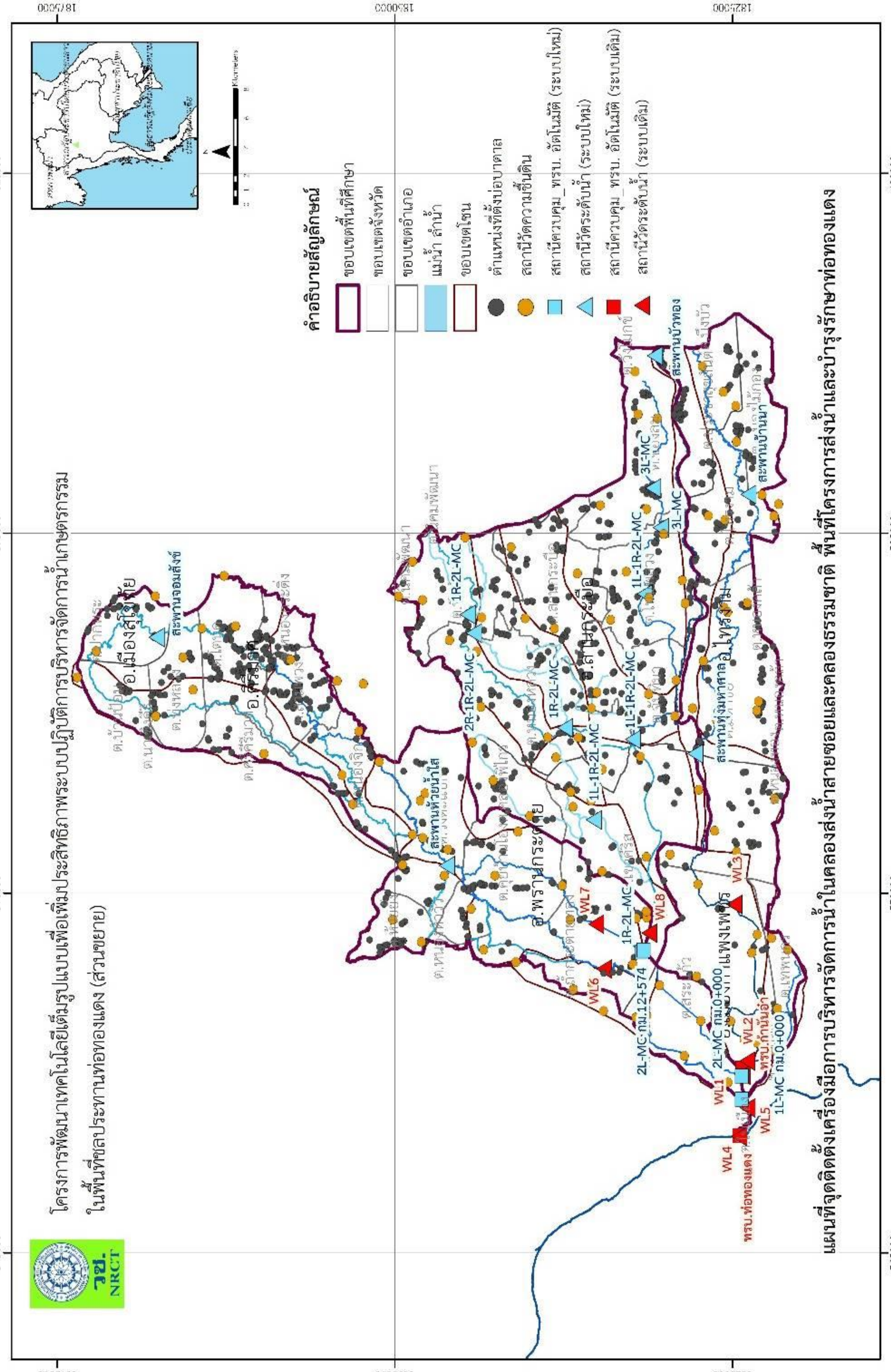
การจัดทำอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ ประกอบด้วย ระบบประมวลผล (Microcontroller Unit) และระบบพลังงานโดยใช้ Solar Charger Controller โดยในระบบประมวลผล ประกอบด้วย บอร์ด Node MCU, อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ RS-485 Module, เซนเซอร์วัดความชื้น, อุปกรณ์แปลงสัญญาณ Relay Module, อุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเตอร์เนต Gateway USB Pocket Wifi และโมดูลวงจร Step Down Power Module ทั้งนี้การออกแบบระบบสำรองพลังงานของแบตเตอรี่และโซล่าร์เซลล์ของอุปกรณ์วัดระดับน้ำสามารถสำรองพลังงานได้เพียงพอแม้ในช่วงฤดูฝนจากการคำนวณพลังงานที่สามารถสำรองได้ต่อวัน โดยประเมินจากช่วงเวลาแสงอาทิตย์ 5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจะสามารถสำรองพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ได้อยู่ที่ 2 วัตต์ต่อวัน ในขณะที่ขนาดของแบตเตอรี่สามารถสำรองพลังงานได้ถึง 50 วัตต์ต่อวัน เพียงพอต่อการใช้งานในช่วงฤดูฝน ในส่วนของซอฟต์แวร์ ทางโครงการวิจัยฯ ได้ใช้โปรแกรมพัฒนาบอร์ด Arduino IDE โดย

สามารถดูสถานะการทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์ได้ผ่านโปรแกรม Arduino IDE หรือ โปรแกรมอื่นๆ ที่เชื่อมต่อ COM port แสดงรูปแบบการทำงานของระบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time และรูปแบบของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ ดังรูปที่ 3-3

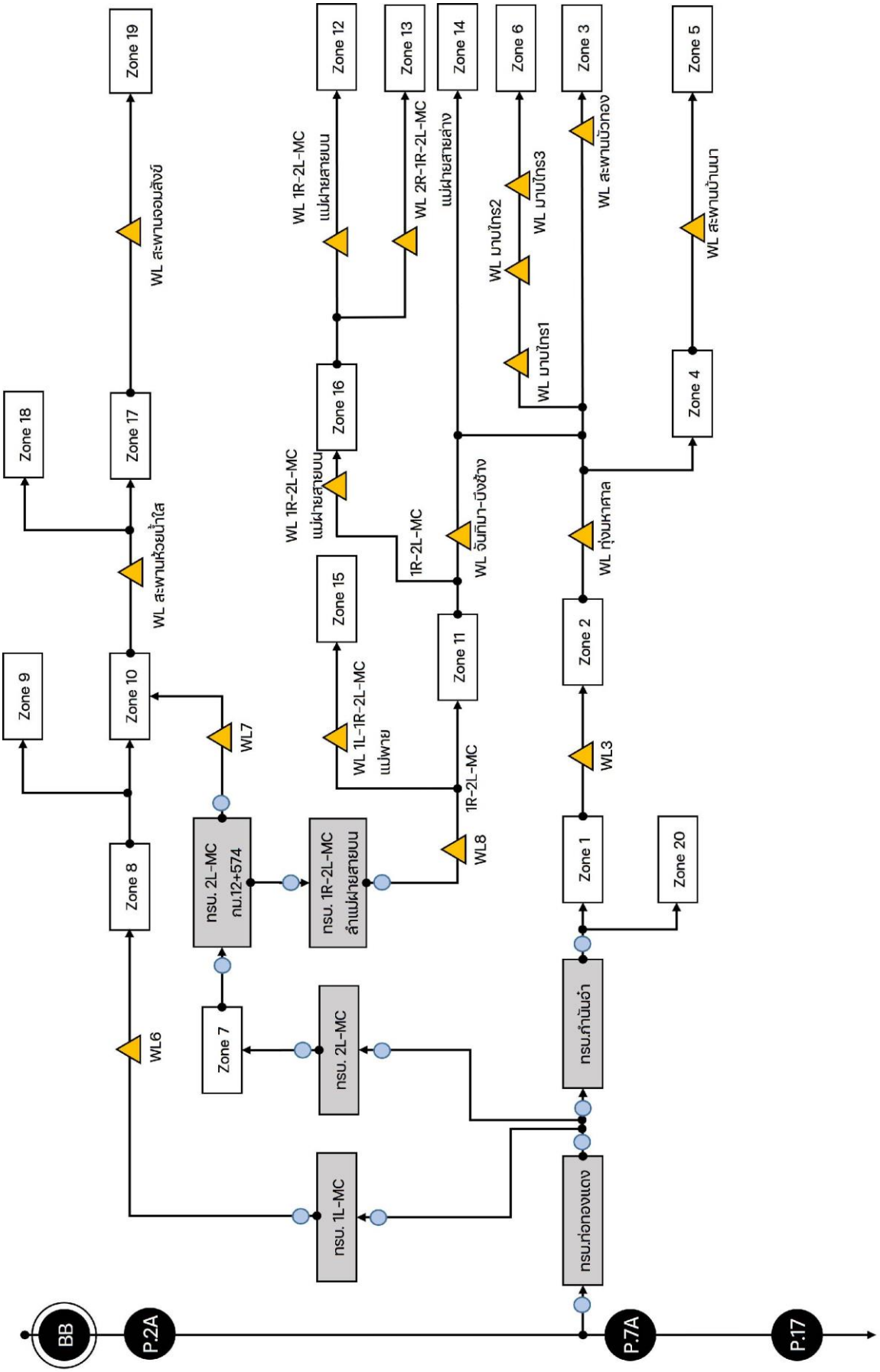
เซนเซอร์วัดระดับน้ำเป็นเซนเซอร์รูปแบบ Ultrasonic มีหลักการทำงานโดยใช้คลื่น Ultrasonic สะท้อนของคลื่นความถี่สูงให้กระทบกับวัตถุ และรอคลื่นสะท้อนกับมาที่เซนเซอร์เพื่อคำนวณหาระยะทางที่วัด โดยมีคุณลักษณะทางเทคนิคในตารางที่ 3-1 สามารถวัดระยะจากเซนเซอร์สะท้อนถึงผิวน้ำได้สูงสุด 20 เมตร มีระยะการวัดต่ำสุดน้อยกว่า 40 เซนติเมตรถึง 2 เมตร ความแม่นยำในการจรวจวัดอยู่ที่ร้อยละ 0.3 ความลาดเอียงของมุมตกกระทบกับผิวน้ำในการตรวจวัดน้อยกว่า 10 องศา การเชื่อมต่อของสัญญาณใช้ลักษณะสัญญาณแบบ RS485 พลังงานที่ใช้ 12-24 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งโดยรวมพลังงานที่ใช้น้อยกว่า 1.5 วัตต์ เกรดของเซนเซอร์วัดระดับน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 92 มม. สูง 270 มม. เกรด IP65 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบข้อได้เปรียบเสียเปรียบของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Ultrasonic พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการบำรุงและดูแลรักษาที่ต่ำกว่า Pressure Sensor เนื่องจากลักษณะของน้ำที่มีดินตะกอนจะทำให้เกิดการอุดตันในท่อประกอบเซ็นเซอร์ อีกทั้ง Pressure Sensor เหมาะสำหรับน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเฉื่อย, บ่อน้ำ, น้ำที่มีความขุ่นของน้ำคงที่ น้ำไม่ขุ่นมาก และกรณีที่ไม่สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์เหนือผิวน้ำได้

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำแบบ Real-time แสดงดังรูปที่ 3-4 มีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือที่พร้อมใช้งานในภาคสนามโดยต้องมีการติดตั้งและการดูแลรักษาที่ง่าย ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการประหยัดพลังงาน และมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ โดยภายในกล่องอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดประกอบด้วยอุปกรณ์ได้แก่ แผงโซล่าร์ (Solar Panel) อุปกรณ์ควบคุมและประมวลผล (Microcontroller Unit) อุปกรณ์รับส่งข้อมูลผ่านสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์ (Gateway) แบตเตอรี่ และเซนเซอร์วัดข้อมูล โดยใช้โปรแกรมพัฒนาบอร์ด Arduino IDE ในการสื่อสารระหว่างข้อมูลความชื้นจากเครื่องมือวัดความชื้นดินเข้าสู่ระบบแม่ข่ายในการประมวลสถานการณ์น้ำ ซึ่งระบบการส่งข้อมูลได้ออกแบบการใช้งานผ่านระบบสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์ในรูปแบบ 3G/4G เข้าสู่ระบบเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในรูปแบบ Cloud และ Local Server โดยมีระบบแม่ข่ายในการเก็บฐานข้อมูลตรวจวัดเพื่อส่งเข้าสู่แบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time และคัดแยกข้อมูลเพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลให้แก่ผู้ใช้งานผ่าน Dashboard ทั้งในรูปแบบ Web-based และแอปพลิเคชัน

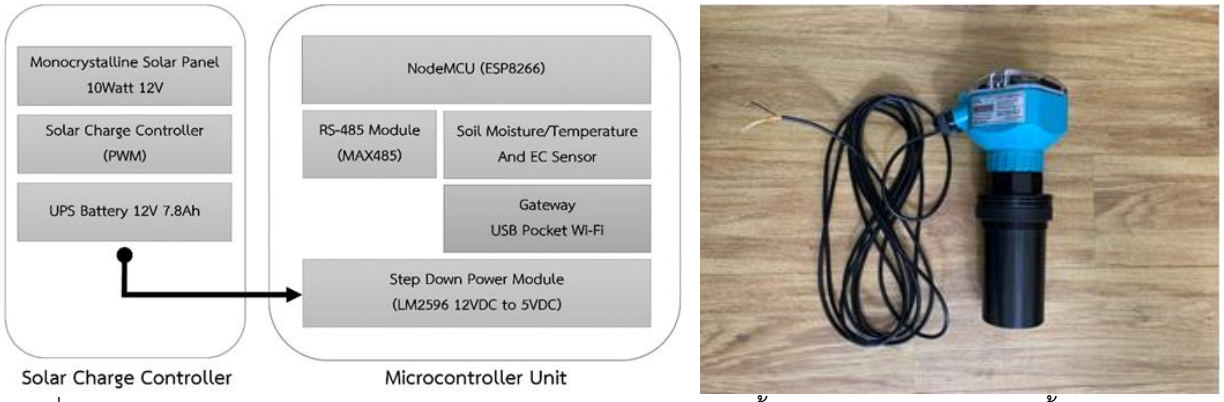
ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ได้ทำการติดตั้งทั้งหมด 13 จุด แสดงผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำดังรูปที่ 3-5 โดยมีรูปแบบของโครงสร้างในการติดตั้งแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ รูปแบบการยึดอุปกรณ์ระดับน้ำกับราวสะพานมีทั้งหมด 6 จุด และรูปแบบการยึดเข้ากับโครงสร้างยื่นจากตลิ่งมีทั้งหมด 7 จุด โดยทุกจุดในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ ได้มีการสอบเทียบค่าความลึกของน้ำ ณ เวลาที่วัดจริง และได้มีการสำรวจหน้าตัดคลองในบริเวณที่ติดตั้ง เพื่อการอ่านค่าและคำนวณระยะความลึกของคลองจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำ



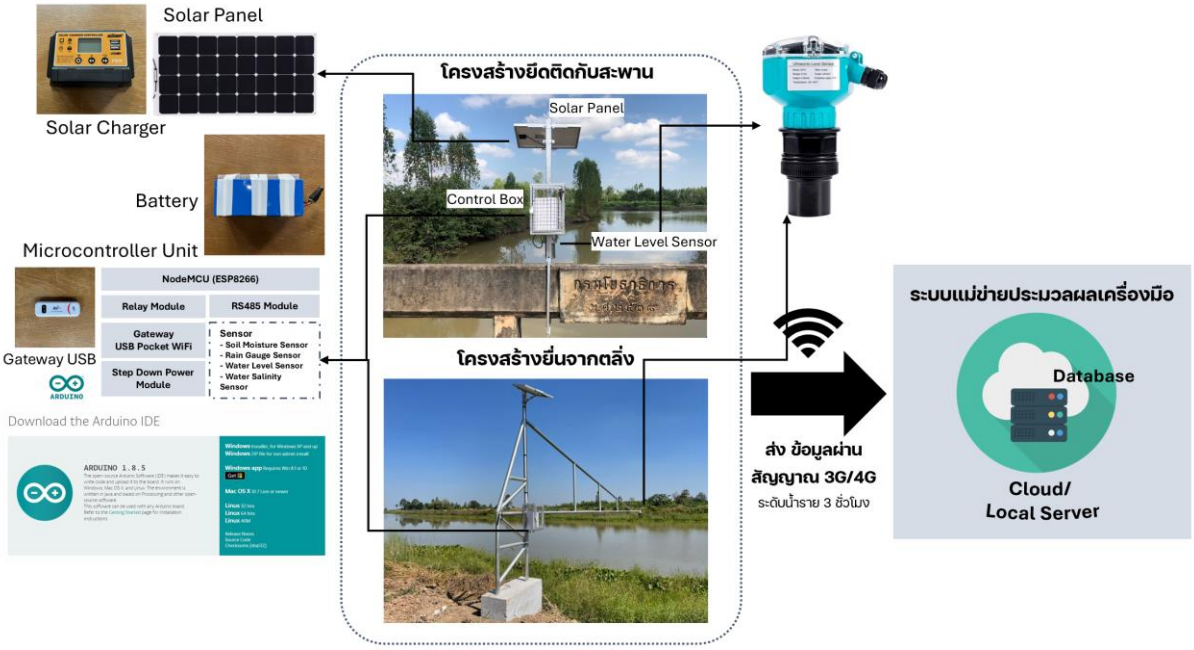
รูปที่ 3-1 จุดติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



รูปที่ 3-2 ผังระบบโครงข่ายคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติที่มีการติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



รูปที่ 3-3 การออกแบบระบบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ และ Sensor วัดระดับน้ำ



รูปที่ 3-4 ผลการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำแบบ Real-time

ตารางที่ 3-1 คุณลักษณะทางเทคนิคของเครื่องมือวัดระดับน้ำ

Maximum length	20 m
Detection Blind Zone	<0.4 – 2 m
Detection Accuracy	+-0.3% FS
Minimum Display resolution	1 mm
Working frequency	20 – 350 KHz
Launch angle	Less than 10 degrees
Signal Output	4 – 20 mA, RS485, GPRS, LORA, RF
	2 relays (AC: 5A 250V DC: 10A 24V)
Power Supply (optional)	18*28 VDC (two wire system), 12-24 VDC, 220 VDC, built-in battery
Overall power consumption	Less than 1.5W
Dimensions	Dia92mm x 198mm x M60, Dia92mm x 270mm x DN80
Protection level	IP65

คลอง MC สะพานทุ่งมหาศาล
ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.530694 99.74675

คลอง MC สะพานบัวทอง
ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.556333 100.006056

คลอง 3R-MC สะพานบ้านนา
ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม
พิกัด 16.494056 99.91550

คลอง 1R-2L-MC (แม่ฝายสายบน) ต.หนองหลวง อ.ลาน
กระบือ พิกัด 16.61751 99.76394

คลอง 1R-2L-MC (แม่ฝายสายบน)
ต.บึงทับแรต อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.682556 99.838167

คลอง 1L-1R-2L-MC (แม่พาย)
ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย
พิกัด 16.59807 99.70335

รูปที่ 3-5 ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

คลอง 1L-1R-2L-MC (แม่พาย)
ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.56388 99.851750

คลอง 1R-1R-2L-MC (จันทิมา-บึงช้าง)
ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.57229 99.75603

คลอง 2R-1R-2L-MC (แม่ฝายสายล่าง)
ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.67851 99.82625

คลอง 3L-MC (มาบไทร)
ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.55296 99.8939

คลอง 3L-MC (มาบไทร)
ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ
พิกัด 16.5581 99.92012

คลอง 1L-MC สะพานห้วยน้ำใส
ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย
พิกัด 16.697167 99.674472

รูปที่ 3-5 (ต่อ) ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

คลองสามพวง สะพานจอมสังข์
ต.ปากพระ อ.เมืองสุโขทัย
พิกัด 16.890694 99.824000

รูปที่ 3-5 (ต่อ) ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

2) ผลการพัฒนาและติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

การจัดทำระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ งานวิจัยได้ทำการสำรวจสถาพปัจจุบันของ ทรบ.ส่งน้ำเดิม พบว่าเครื่องยกประตูของทุกประตู ปัจจุบัน เปิด-ปิด บานระบายน้ำในลักษณะการทำงานแบบไฟฟ้าและมือหมุนโดยใช้แรงงานคน แบบไฟฟ้าเมื่อหมุนเครื่องยกที่มือหมุนขับเพลา ซึ่งเป็นเกลียวดึงบานขึ้นหรือลงตามทิศทางการหมุน การหมุนจะใช้แรงจากมอเตอร์ไฟฟ้าในการหมุนเป็นหลัก และแบบมือหมุนโดยใช้แรงงานคน สรุปสภาพปัจจุบันและแนวทางการพัฒนาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำในตารางที่ 3-2 และแสดงผลการสำรวจสภาพปัจจุบันดังรูปที่ 3-6

การออกแบบระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแสดงดังรูปที่ 3-7 มีตัวควบคุมทั้งหมด 4 ชุด ตัวควบคุมในระบบที่เลือกใช้ในโครงการคือ PLC ยี่ห้อ OMRON รุ่น NX102 มีความเร็วสูงในการประมวลผล มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมระดับน้ำ ทนต่อสภาพแวดล้อมในงานอุตสาหกรรม และสามารถเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับฐานข้อมูลผ่านระบบสื่อสาร Ethernet IP โดยการทำงานควบคุมระดับน้ำ ตัวควบคุมจะรับค่าระดับน้ำที่ต้องการ (Setpoint) จากระบบบริหารจัดการน้ำผ่าน Mobile device หรือ Website และรับค่าสัญญาณระดับน้ำหน้าประตูเพื่อป้อนกลับ (Feedback) และใช้เพื่อประมวลผลการความสูงในการเปิด-ปิดประตูน้ำโดยอัตโนมัติ เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดระดับน้ำเป็นชนิด Ultrasonic สามารถวัดระยะหรือระดับน้ำได้สูงสุด 15 เมตร และภายในระบบได้ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความสูงของการยกบานประตู เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดเป็นแบบ Inductive การสั่งงาน กำหนดค่าระดับน้ำในแต่ละประตูสามารถส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่านระบบการสื่อสารแบบ internet และระบบจะบันทึกข้อมูล แสดงข้อมูลผ่านระบบ Dashboard ดังรูปที่ 3-8

PLC ของระบบ Master System ที่ควบคุมประตูน้ำในแต่ละแห่ง เป็นระบบควบคุมที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าโดยอ่านค่าระดับความสูงของประตูน้ำจากเซ็นเซอร์ที่ส่งค่าตำแหน่งกลับมายัง PLC การอ่านค่าระดับจาก downstream และ upstream เซ็นเซอร์ที่ใช้เป็นชนิด Ultrasonics sensor จะส่งค่ากระแสไฟฟ้า 4-20 mA จากการเปลี่ยนแปลงของระดับประตูน้ำ การควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำใช้การควบคุมรีเลย์ 24VDC สำหรับสั่งการเปิด-ปิดแมกเนติก 380VAC เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ และใช้โมดูลในการอ่านค่าจาก Digital Phase Protection และ Overload เพื่อแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ผ่านหน้าจอแบบสัมผัสและหน้าเว็บไซต์ ระบบได้ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความสูงของการยกบานประตู เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดเป็นแบบ Inductive

sensor โดยมีระบบการสั่งงานแสดงดังรูปที่ 3-9 ซึ่งมีระบบไฟฟ้าควบคุมและ IOT มอเตอร์ประตูระบายน้ำ ดังรูปที่ 3-12

ทรบ. ปากคลอง 1L-MC

ทรบ. ปากคลอง 2L-MC

ทรบ. กลางคลอง 2L-MC กม.12+574

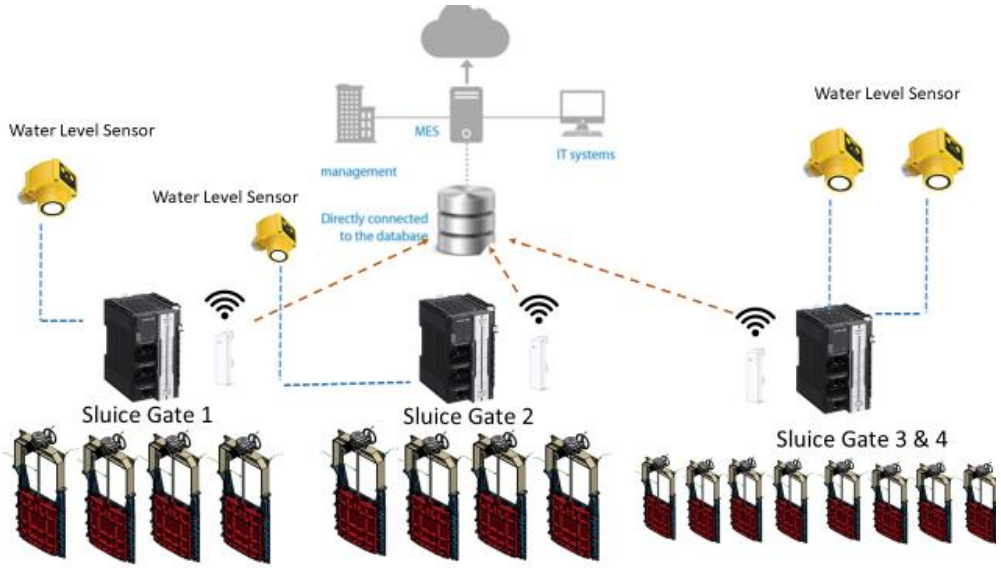
ทรบ. ปากคลอง 1R-2L-MC

รูปที่ 3-6 สภาพปัจจุบัน (ก่อนติดตั้ง) ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

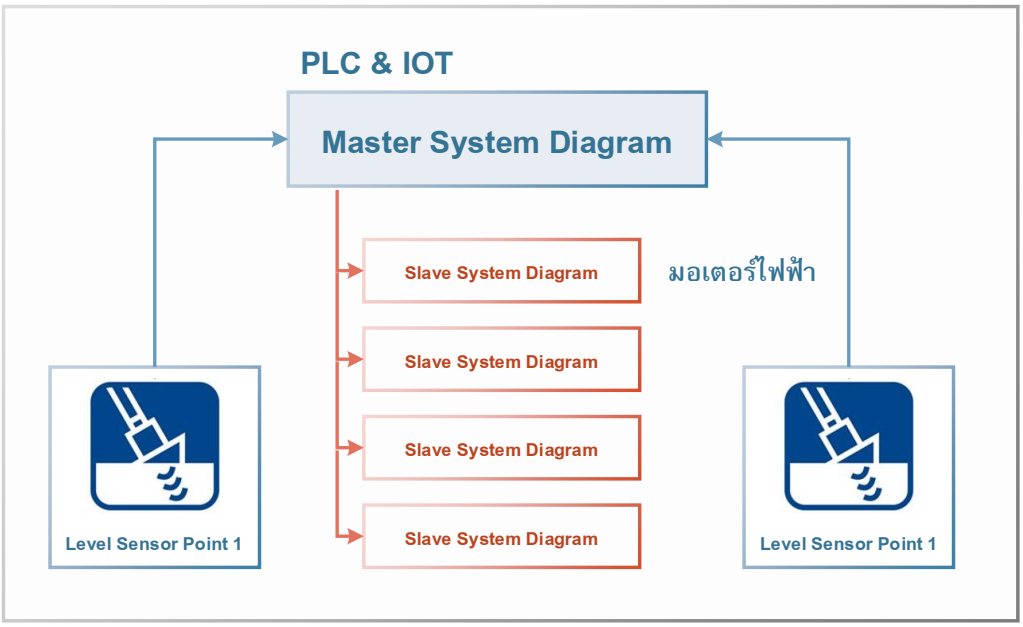
ตารางที่ 3-2 ตารางสรุปสภาพปัจจุบันและสิ่งสนับสนุนเพิ่มเติมในการออกแบบระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ

GATE	รายละเอียด		
	งานโยธา	**เครื่องกลไฟฟ้า**	**งานที่ต้องปรับปรุงเพิ่ม**
ทรบ. ปากคลอง 1L-MC	- Housing - รั้ว	- ชุดเกียร์พร้อมมอเตอร์ไฟฟ้า - ระบบไฟฟ้ากำลัง - ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	- Internet access (4G SIM) - อุปกรณ์ควบคุม (PLC) - เซ็นเซอร์วัดระดับประตู - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Upstream) - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Downstream) - เสาติดตั้งเซ็นเซอร์ - โปรแกรมควบคุม IOT - โปรแกรม Webservice database
ทรบ. ปากคลอง 2L-MC	- Housing - รั้ว	- ชุดเกียร์พร้อมมอเตอร์ไฟฟ้า - ระบบไฟฟ้ากำลัง - ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	- Internet access (4G SIM) - อุปกรณ์ควบคุม (PLC) - เซ็นเซอร์วัดระดับประตู - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Upstream) - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Downstream) - เสาติดตั้งเซ็นเซอร์ - โปรแกรมควบคุม IOT - โปรแกรม Webservice database
ทรบ. กลางคลอง 2L-MC กม.12+574	- Housing - รั้ว	- ชุดเกียร์พร้อมมอเตอร์ไฟฟ้า - ระบบไฟฟ้ากำลัง - ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	- Internet access (4G SIM) - อุปกรณ์ควบคุม (PLC) - เซ็นเซอร์วัดระดับประตู - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Upstream) - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Downstream) - เสาติดตั้งเซ็นเซอร์ - โปรแกรมควบคุม IOT - โปรแกรม Webservice database
ทรบ. ปากคลอง 1R-2L-MC	- Housing - รั้ว	- ชุดเกียร์พร้อมมอเตอร์ไฟฟ้า - ระบบไฟฟ้ากำลัง - ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	- Internet access (4G SIM) - อุปกรณ์ควบคุม (PLC) - เซ็นเซอร์วัดระดับประตู - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Upstream) - เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Downstream) - เสาติดตั้งเซ็นเซอร์ - โปรแกรมควบคุม IOT - โปรแกรม Webservice database

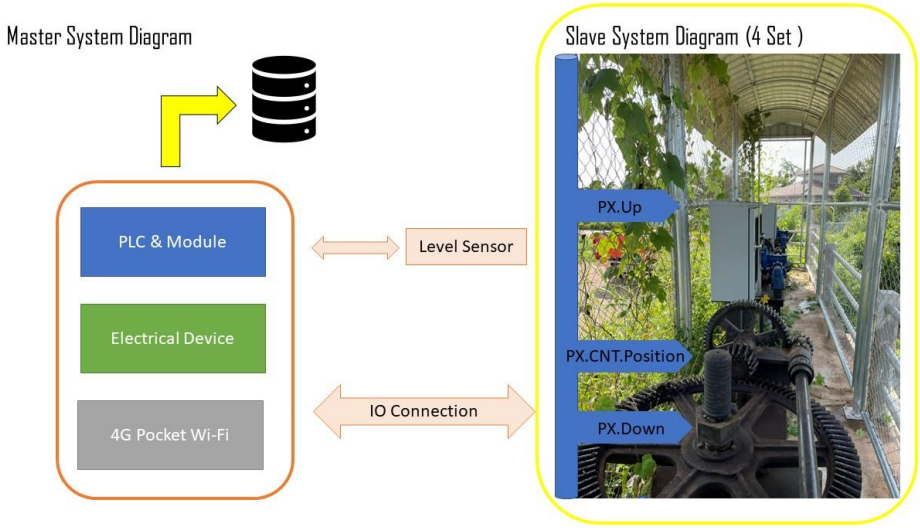
อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำทั้งหมดได้ถูกติดตั้งในตู้คอนโทรลขนาด 110x70x30 เซนติเมตร โดย Programable Logic Controller ทำหน้าที่ในการควบคุมความสูงของประตูน้ำ โดยรับข้อมูลความสูงของประตูจาก sensor วัดระยะเกลียวของเพื่อประมวลผล และโครงการได้ออกแบบให้มีอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันไฟฟ้าที่ไม่เสถียร Digital Phase Protection เพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์เสียหายจากการที่ไฟมาไม่เต็มเฟส และอุปกรณ์ที่จ่ายไฟไปยังมอเตอร์มีระบบป้องกันกระแสเกินเพื่อป้องกัน ไม่ให้มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง ซึ่งได้ดำเนินการพัฒนาและติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ แสดงดังรูปที่ 3-10 และผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคารควบคุมปริมาณการระบายน้ำดังรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-7 การออกแบบระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3-8 การออกแบบระบบควบคุมระดับบานประตูน้ำแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3-9 ระบบควบคุมระดับบานประตูน้ำแบบอัตโนมัติการติดตั้งเซ็นเซอร์

ทรบ. ปากคลอง 1L-MC

ทรบ. ปากคลอง 2L-MC

รูปที่ 3-10 ผลการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

ทรบ. กลางคลอง 2L-MC กม.12+574

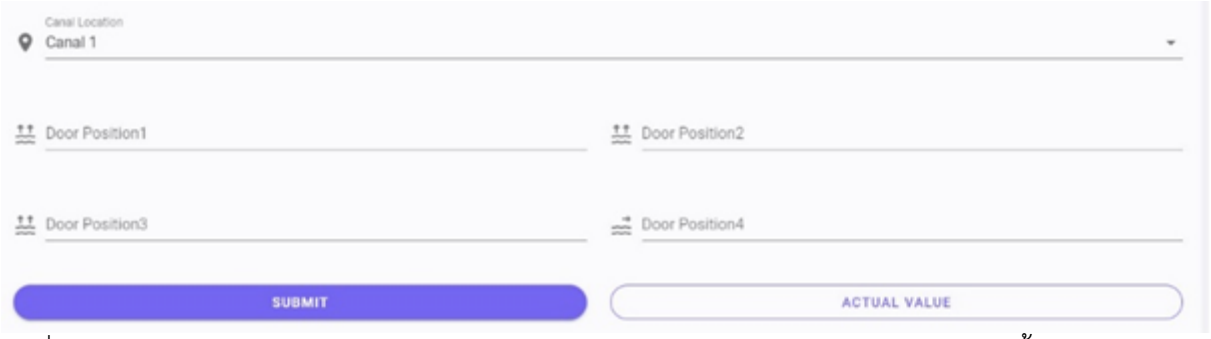
ทรบ. ปากคลอง 1R-2L-MC

รูปที่ 3-10 (ต่อ) ผลการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

รูปที่ 3-11 ผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคารควบคุมปริมาณการระบายน้ำ

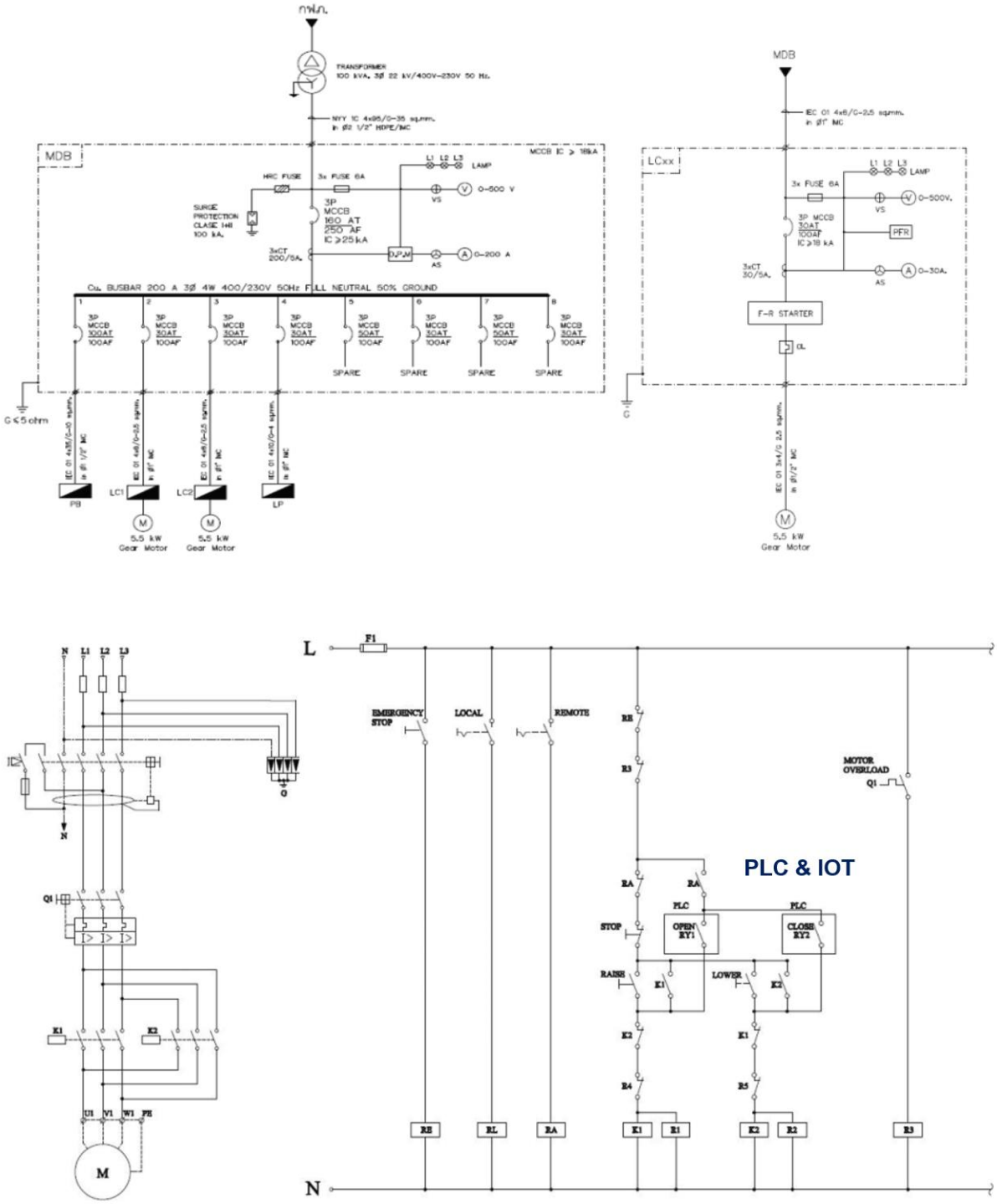
หลังจากการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแล้วนั้น ได้ทำการออกแบบ Output และโครงสร้างของข้อมูลสำหรับโปรแกรม Programmable Logic Control และ Database สรุปรูปแบบของ Output Input และโครงสร้างของข้อมูล สำหรับโปรแกรม Programmable Logic Control

และ Database ในตารางที่ 3-3 และมีรูปแบบของ Web API สำหรับการทดสอบการทำงานดังรูปที่ 3-12 ซึ่งรายละเอียดการใช้งานระบบควบคุมอยู่ในคู่มือการปฏิบัติการของภาคผนวกในรายงานฉบับสมบูรณ์นี้



รูปที่ 3-12 รูปแบบของ Web API ในการทดสอบการทำงานระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำ

แบบระบบไฟฟ้า ประตูระบายน้ำ



รูปที่ 3-13 ระบบไฟฟ้าควบคุมและ IOT มอเตอร์ประตูระบายน้ำ

ตารางที่ 3-3 Output และโครงสร้างของข้อมูลสำหรับโปรแกรม Programmable Logic Control / Database

Write to PLC System			
Name	Remark		
Target Position Door1 (cm)	WORD		
Target Position Door2 (cm)	WORD		
Target Position Door3 (cm)	WORD		

ตารางที่ 3-3 (ต่อ) Output และโครงสร้างของข้อมูล สำหรับโปรแกรม Programmable Logic Control /Database

Target Position Door4 (cm)	WORD	
Signal Start	Digital: Run/Stop [Loop Run]	PLC Receive When Selector = Auto
Signal EMG [Case EMG.Stop Door]	Digital: Run/Stop	
Return Home Door1 [Position Close]	Digital: Run/Stop [Loop Run]	
Return Home Door2 [Position Close]	Digital: Run/Stop [Loop Run]	
Return Home Door3 [Position Close]	Digital: Run/Stop [Loop Run]	
Return Home Door4 [Position Close]	Digital: Run/Stop [Loop Run]	

Input และโครงสร้างของข้อมูล สำหรับโปรแกรม Programmable Logic Control และ Database

Read Form PLC System	
Name	Remark
System Ready	Digital: OK/NG
EMG.	Digital: OK/NG
Selector Mode	Digital: IND/AUTO
Status Door1	Digital: Run/Stop
Status Door2	Digital: Run/Stop
Status Door3	Digital: Run/Stop
Status Door4	Digital: Run/Stop
Actual Position Door1 (cm)	WORD
Actual Position Door2 (cm)	WORD
Actual Position Door3 (cm)	WORD
Upper Limit Door1	Digital: On/Off
Upper Limit Door2	Digital: On/Off
Upper Limit Door3	Digital: On/Off
Upper Limit Door4	Digital: On/Off
Lowwer Limit Door1	Digital: On/Off
Lowwer Limit Door2	Digital: On/Off
Lowwer Limit Door3	Digital: On/Off
Lowwer Limit Door4	Digital: On/Off
Actual Water Upstream (cm)	WORD
Actual Water Downstream (cm)	WORD

การสอบเทียบอาคารควบคุมน้ำเพื่อคำนวณปริมาณการไหลของน้ำผ่านอาคาร โดยการอ่านค่าจากระดับน้ำด้านเหนืออาคารคบคุมน้ำ และระดับน้ำด้านท้ายของอาคารควบคุม และระยะเปิดบานของประตู เพื่อใช้ในการเสนอแนะระยะเปิดบานที่เหมาะสม ตามความต้องการน้ำที่คำนวณจากระบบปฏิบัติการ ในระยะที่ 2 ส่วนขยาย อาคารควบคุมน้ำที่จะทำการติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิดบานประตูแบบอัตโนมัติจำนวน 4 ตัว ได้แก่ ทรบ.ปากคลอง 1L-MC ทรบ.ปากคลอง 2L-MC ทรบ.กลางคลอง 2L-MC กม.12+579 และ ทรบ.ปากคลอง 1R-2L-MC ซึ่ง ทรบ.ปากคลอง 1L-MC ทรบ.ปากคลอง 2L-MC ได้ทำการสอบเทียบอาคารไปแล้วในระยะที่ 1 ในส่วนขยายนี้จึงทำการสอบเทียบอาคารที่จะติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิดบานประตูแบบอัตโนมัติใน 2 ตัวที่เหลือ ได้แก่ ทรบ.กลางคลอง 2L-MC กม.12+579 และทรบ.ปากคลอง 1R-2L-MC และได้สอบเทียบอาคารเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำด้านท้าย ได้แก่ ทรบ.1L-1R-2L-MC ลำแม่พาย และทรบ.คุยประดู่ คลอง 2L-MC ทำให้ปัจจุบันโครงการฯ ท่อทองแดงมีผลการสอบเทียบอาคารใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคาร สามารถใช้ในการควบคุมระยะเปิดบานตามปริมาณน้ำที่กำหนดได้รวมทั้งหมด 8 อาคาร

ผลการสอบเทียบอาคารควบคุมน้ำทั้ง 4 ตัว ในระยะที่ 2 ได้ทำการสำรวจปริมาณน้ำที่ระยะเปิดบานระดับต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์กับระดับน้ำด้านเหนือน้ำและด้านท้าย ตามหลักเกณฑ์การสอบเทียบอาคารชลประทานของของกรมชลประทาน โดยทำการเก็บข้อมูลการสำรวจระดับน้ำด้านเหลือน้ำ ระดับธรณี ระยะเปิดบาน อัตราการไหลสำรวจ และใช้สูตรการคำนวณการสอบเทียบอาคารประตูน้ำบานตรง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและสัมประสิทธิ์การไหล ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการไหลมี่ระยะเปิดบานใดๆ ซึ่งผลการจัดทำฟังก์ชันของการสอบเทียบอาคารในการคำนวณอัตราการไหลเทียบกับระยะเปิดบานพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลตรวจวัดและอัตราการไหลคำนวณมีความน่าเชื่อถือมากกว่าร้อยละ 95 สรุปผลการสอบเทียบอาคารในตารางที่ 3-4 และรูปที่ 3-14

การคำนวณระยะเปิดบานและปริมาณน้ำผ่านอาคารส่งน้ำที่ใช้ในการเสนอแนะการปฏิบัติการส่งน้ำที่เหมาะสมกับความต้องการใช้หลักการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน ซึ่งสามารถคำนวณได้ขึ้นอยู่กับระดับน้ำด้านเหนือน้ำ ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ และสัมประสิทธิ์การไหลผ่านอาคารที่ได้จากการสอบเทียบอาคารทั้ง 4 ตัว แสดงสูตรในการคำนวณของการไหลแบบอิสระ (Free Flow) ผ่านบานตรงซึ่งเป็นการไหลของน้ำผ่านประตูที่น้ำด้านท้ายไม่เกิดการไหลท่วม ดังนี้

$$Q = C_d L G_o \sqrt{2gH}$$

โดยที่ Q คือ ปริมาณน้ำผ่านอาคาร (ลบ.ม. ต่อวินาที)

Cd คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำเมื่อการไหลเป็นแบบอิสระ

L คือ ความกว้างของช่องประตูระบาย (เมตร)

Go คือ ระยะเปิดบาน (เมตร)

H คือ ระดับน้ำเหนือประตู – ระดับธรณี (เมตร)

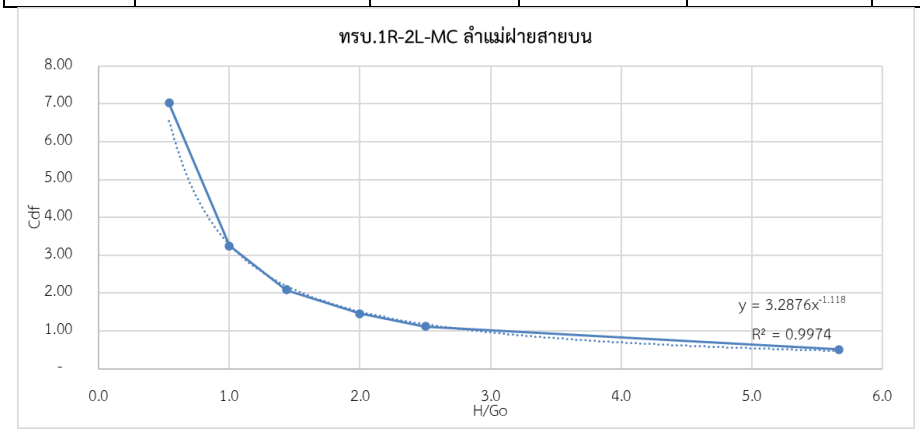
g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตรต่อวินาที)

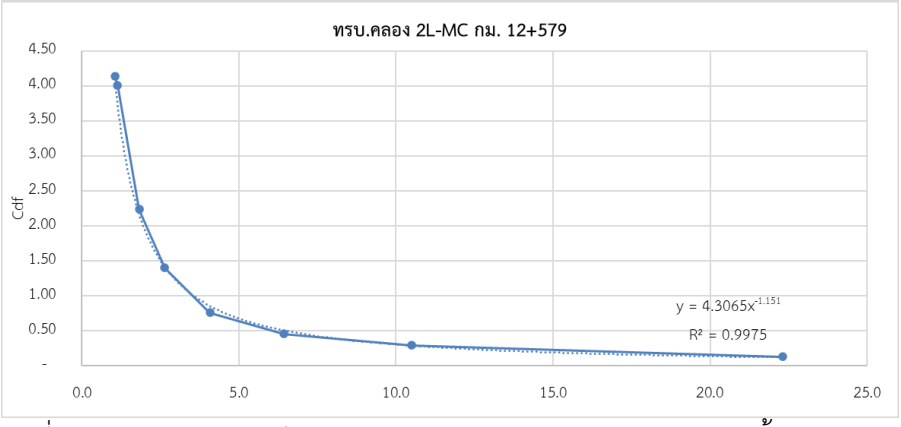
จากผลของการสอบเทียบอาคาร ได้มีการจัดทำฟังก์ชันของ H/Go และสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ Cd โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำตรวจวัดเพื่อสอบเทียบข้อมูล จากนั้นจึงใช้ฟังก์ชันในการคำนวณอัตราการไหล

ที่ต้องการทราบ โดยสามารถกำหนดระยะเปิดบานและจำนวนบานที่เปิด ในทางกลับกันสามารถทำการคำนวณระยะเปิดบาน จากอัตราการไหลที่ต้องการควบคุมผ่านอาคารส่งน้ำ ซึ่งในส่วนนี้มีการเชื่อมโยงเข้ากับระบบควบคุมสั่งการและระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม โดยการรับค่าความต้องการน้ำหรือการเสนอแนะการส่งน้ำที่เหมาะสมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณระยะเปิดบานให้แก่ผู้ใช้งาน

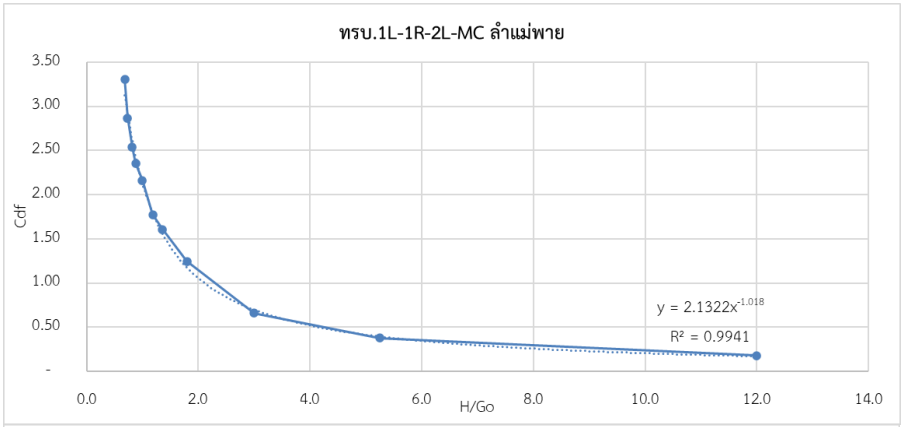
ตารางที่ 3-4 สรุปผลการสอบเทียบอาคารชลประทาน

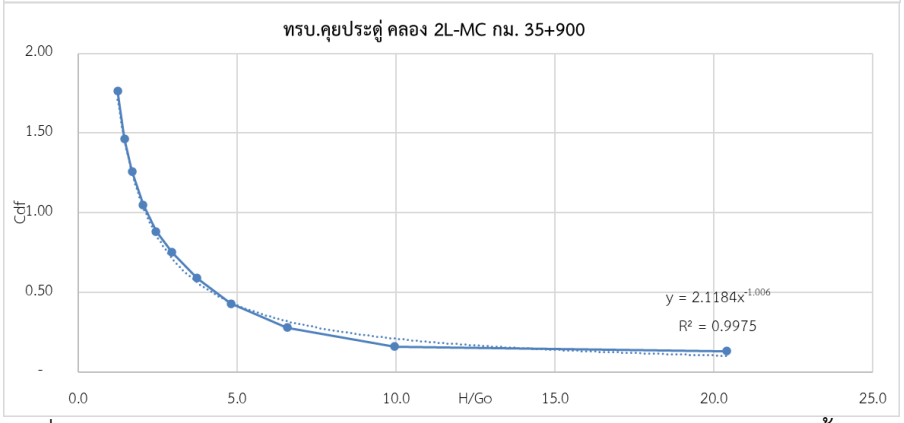
ลำดับ	อาคาร	ชนิดบาน	ขนาดบาน	จำนวน (บาน)	Correlation, R ระหว่าง Q สำรวจและ Q คำนวณ	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม. ต่อวินาที)
1	ทรบ.คลอง 1L-MC	บานตรง	0.80 x 0.80	3	0.9930	10
2	ทรบ.คลอง 2L-MC	บานตรง	1.00 x 1.00	4	0.9975	20
3	ทรบ.1R-2L-MC ลำแม่ฝายสายบน	บานตรง	1.50 x 1.50	4	0.9634	20
4	ทรบ.2L-MC กม.12+579	บานตรง	1.75 x 1.75	4	0.9789	20
5	ทรบ.1L-1R-2L-MC ลำแม่พาย	บานตรง	1.75 x 2.00	3	0.9882	10
6	ทรบ.คุยประดู่ กม. 35+900	บานตรง	2.40 x 2.40	2	0.9929	30





รูปที่ 3-14 ผลการสอบเทียบอาคารระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ





รูปที่ 3-14 (ต่อ) ผลการสอบเทียบอาคารระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

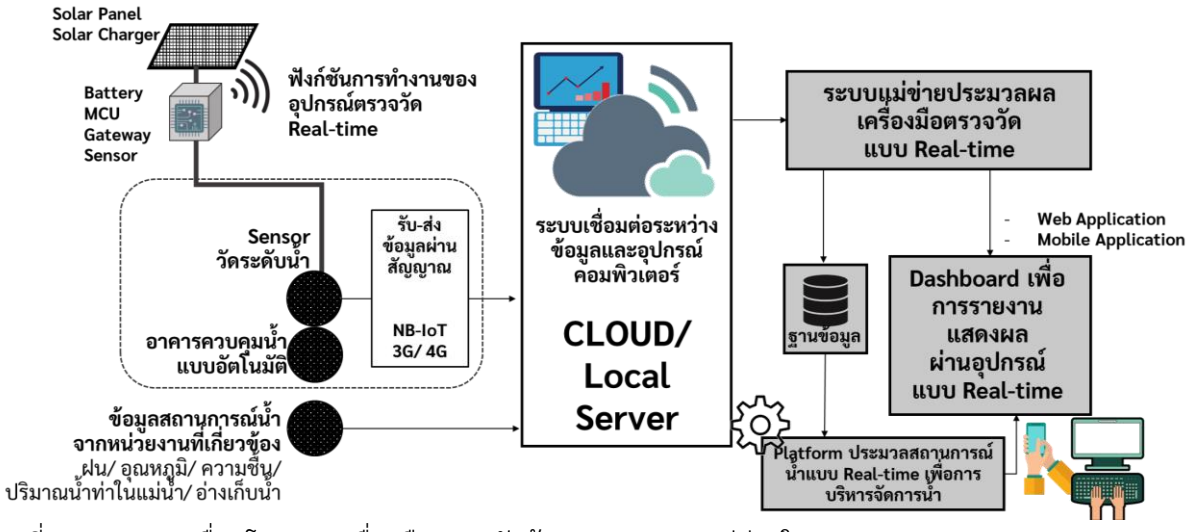
3.2 ผลการพัฒนาระบบแม่ข่ายฯ และแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ

การจัดทำระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time ใช้สำหรับการคัดแยกข้อมูลที่ส่งจากเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำที่ได้ติดตั้งในภาคสนาม ก่อนที่จะเชื่อมโยงเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและคาดการณ์สถานการณ์น้ำ เพื่อแสดงผลในเวปไซต์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลจากระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดในงานวิจัย (ส่วนขยาย) นี้ ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านอาคารบังคับน้ำจากอาคารบังคับน้ำ 4 จุด และข้อมูลระดับน้ำ 13 จุด โดยมีหลักการทำงานและการแสดงผลข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงไปยังแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการประมวลผลเพื่อปฏิบัติการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม แสดงภาพรวมขององค์ประกอบของระบบการเชื่อมโยงข้อมูลจาก Sensor เข้าสู่ระบบแม่ข่าย และ Dashboard การรายงานผล ดังรูปที่ 3-15 สามารถอธิบายรายละเอียดของการพัฒนาระบบแม่ข่ายในการประมวลผลเครื่องมือตรวจวัด ดังนี้

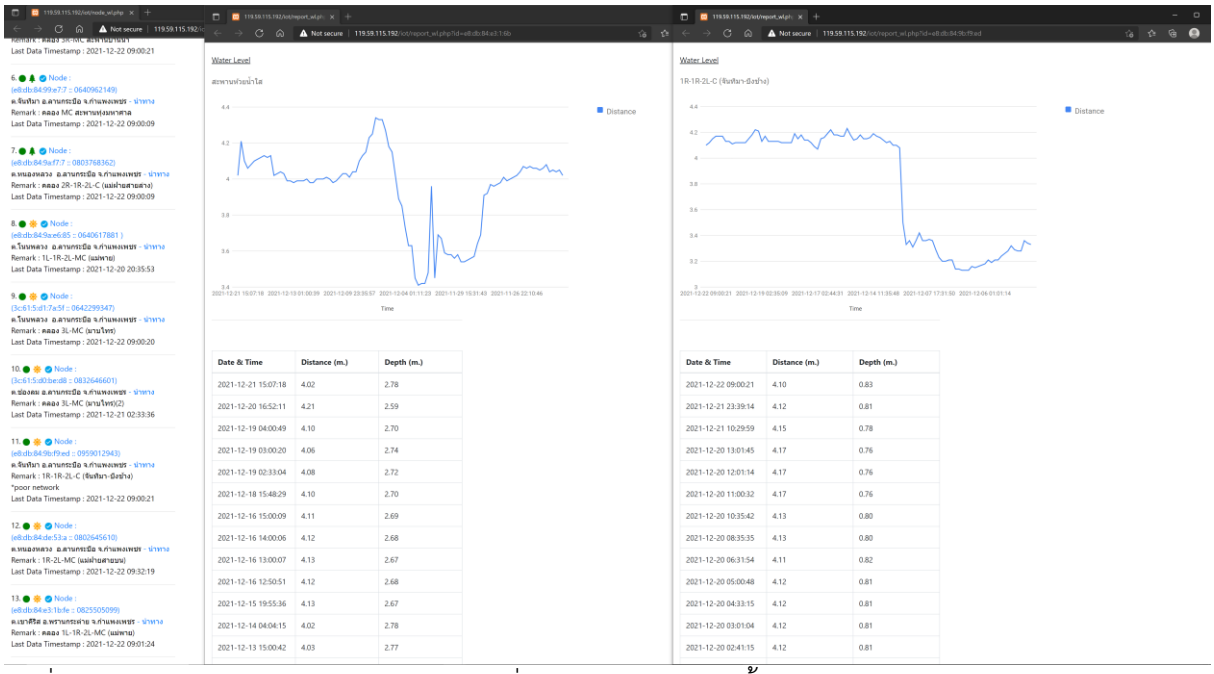
- การพัฒนาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบอัตโนมัติในส่วนขยายของงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 จุดที่พัฒนาใหม่ และ 2 จุดในระยะแรกของโครงการวิจัยฯ ที่นำมาเชื่อมโยงเข้ากับระบบเดิม โดยรวมมีทั้งหมด 6 จุด โดยอาคารควบคุมน้ำแบบอัตโนมัติจะสามารถส่งค่าระยะเปิด-ปิดบานประตูเข้ามายังแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณปริมาณการไหลของน้ำผ่านอาคาร และสามารถรับค่าระยะเปิดปิดอาคารหรือปริมาณการระบายน้ำจากแบบจำลองคณิตศาสตร์และเวปไซต์ในการสั่งการอัตโนมัติผ่านหน้าเวปไซต์ ซึ่งระบบแม่ข่ายทำหน้าที่เป็น Server กลาง ในการรับค่าและประมวลผล ซึ่งนอกจากระยะเปิดปิดบาน ยัง

มีระดับน้ำด้านเหนือน้ำ ด้ายท้ายน้ำของอาคารควบคุมน้ำ ที่ต้องมีการส่งค่าไปยังแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการปฏิบัติการและเสนอแนะควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำเพื่อการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม

- การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในการวัดค่าความลึกของน้ำและส่งข้อมูลไปยังระบบแม่ข่ายและเชื่อมโยงไปที่แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินสถานการณ์ความต้องการน้ำในการส่งน้ำ การคำนวณปริมาณการจัดสรรน้ำจากสภาพปัจจุบัน และการคาดการณ์ระดับน้ำในคลองส่งน้ำจากแผนปฏิบัติการที่ระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเสนอแนะ แสดงระบบแม่ข่ายของการประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำดังรูปที่ 3-16



รูปที่ 3-15 ความเชื่อมโยงของเครื่องมือตรวจวัดข้อมูลและระบบแม่ข่ายในการประมวลผล

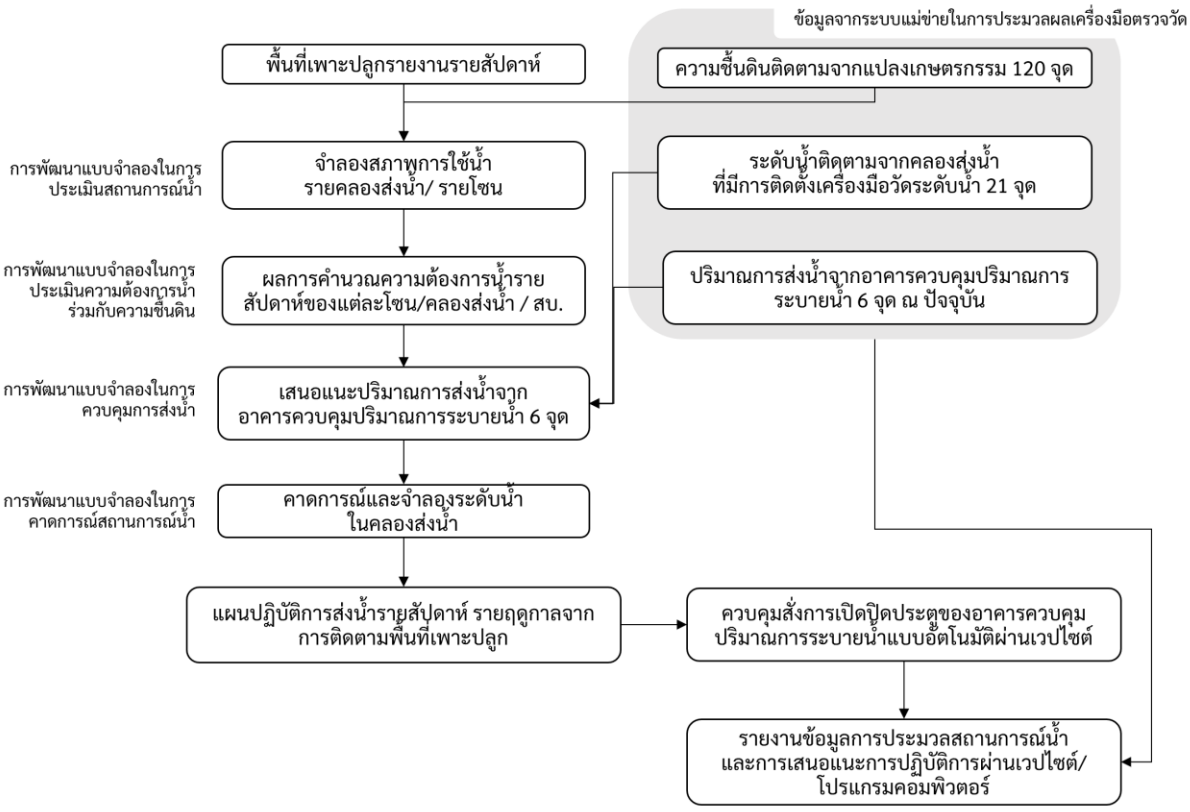


รูปที่ 3-16 ระบบแม่ข่ายในการประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำ

แบบจำลองในการประมวลสถานการณ์น้ำเพื่อการบริหารจัดการน้ำ เป็นการพัฒนาแบบจำลองการในเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบแม่ข่ายเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินสถานการณ์น้ำ วิเคราะห์ คาดการณ์สถานการณ์น้ำ จำลองสภาพการใช้น้ำ และเสนอแนะการปฏิบัติการน้ำ โดยการรวมข้อมูลจากระบบการติดตามสถานการณ์น้ำและระบบควบคุมการส่งน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้มีการติดตั้งเครื่องมือ เพื่อ

ประมวลผลข้อมูลในการปฏิบัติการส่งน้ำที่เหมาะสม โดยแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ มีขั้นตอนและความเชื่อมโยงแสดงดังรูปที่ 3-17 อธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนในการประมวลสถานการณ์น้ำเพื่อเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสม เริ่มจากการอัปเดตพื้นที่เพาะปลูกพืชที่มีการรายงานสัปดาห์ในแต่ละฝ่ายส่งน้ำจากการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว โดยพื้นที่เพาะปลูกที่ทางโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงทำการสำรวจเป็นรายคลองส่งน้ำในแต่ละฝ่ายส่งน้ำ จะถูกประเมินเป็นรายโซนส่งน้ำทั้ง 20 โซน เพื่อส่งข้อมูลไปยังแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการจำลองสภาพการใช้น้ำ เพื่อประเมินความต้องการน้ำล่วงหน้าเป็นรายวันตลอดฤดูกาลจนถึงเก็บเกี่ยว โดยในส่วนของการประเมินความต้องการน้ำได้เชื่อมโยงข้อมูลจากระบบแม่ข่ายในการรายงานข้อมูลความชื้นดิน ณ เวลาปัจจุบันมาทำการประเมินความต้องการน้ำที่ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่เกษตรกรรม ณ สถานการณ์ปัจจุบัน จากนั้น เมื่อได้ความต้องการน้ำรายโซนที่ต้องส่งน้ำเข้าไปแต่ละคลองส่งน้ำแล้ว แบบจำลองในการประมวลสถานการณ์น้ำจะทำการเชื่อมโยงระดับน้ำ และปริมาณการไหลผ่านอาคารควบคุมน้ำ ณ เวลาปัจจุบันจากระบบแม่ข่าย เพื่อส่งเข้าไปยังแบบจำลองในการควบคุมการส่งน้ำในการเสนอแนะระยะเปิดบานที่เหมาะสมกับความต้องการน้ำ จากนั้นจะเชื่อมโยงไปยังระบบควบคุมสั่งการอาคารส่งน้ำเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งการได้ผ่านเวปไซต์ พร้อมกับผลการรายงานสถานการณ์น้ำ การคาดการณ์และผลการจำลองระดับน้ำในคลองส่งน้ำหลังจากการปฏิบัติการส่งน้ำตามแผนที่ได้เสนอแนะจากระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม



รูปที่ 3-17 แบบจำลองในการประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการบริหารจัดการน้ำ

3.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำในระดับโครงการชลประทาน, WAM (Water Allocation and Management)

1) แบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำ

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืช คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากแปลงเพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การคายน้ำ (Transpiration) และการระเหย (Evaporation) มีหลายวิธี แต่ละวิธี มีความแตกต่างกันออกไป ทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ ค่าใช้จ่าย โดยทั่วไปสามารถแบ่งวิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชออกได้เป็น 2 วิธี ประกอบด้วย

- การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการตรวจวัด

การวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการตรวจวัดมีหลายวิธีแต่โดยหลักคือวัดปริมาณน้ำที่หายไปเนื่องจากการใช้น้ำของพืช ทั้งนี้การตรวจวัดปริมาณน้ำดังกล่าวอาจวัดโดยตรงหรือวัดโดยอ้อม เช่น การวิเคราะห์จากน้ำหนักของถังทดลองที่เปลี่ยนแปลงไป การศึกษาจากค่าความชื้นในดิน การศึกษาจากแปลงทดลอง เป็นต้น

- การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) ปัจจุบันประเทศไทยนิยมใช้สูตร Penman Monteith เนื่องจากเป็นสูตรที่นำปัจจัยทางภูมิประเทศและภูมิอากาศต่างๆ มาใช้ในการคำนวณซึ่งให้ค่าที่มีความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับความต้องการใช้น้ำของพืชจริง แสดงสมการของ Penman-Monteith ดังนี้

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + r\frac{900}{T+273}U_2(e_a - e_d)}{\Delta + 8(1 - 0.34U_2)}$$

โดยที่ ETo คือ Reference Crop Evapotranspiration (mm.d.-1)
Rn คือ Net Radiation at Crop Surface (MJ.m.-2d.-1)
G คือ Soil Heat Flux (MJ.m-2d.-1)
T คือ Average Temperature (oC)
U2 คือ Wind Speed Measured at 2 m. height (m.s.-1)
(ea-ed) คือ Vapor Pressure Deficit for measurement at 2 m. height (kPa.)
Δ คือ Slope Vapor Pressure Curve (kPa.oC-1)
r คือ Psychometric Constant (kPa.oC-1)
900 คือ Coefficient for the Reference Crop
0.34 คือ Wind Coefficient for the Reference Crop

สามารถหาปริมาณการใช้น้ำของพืชเปรียบเทียบกับพืชอ้างอิง ได้ดังสมการ

$$ETc = Kc\ x\ ETo$$

โดยที่ ETc คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวัน

Kc คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient) ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ETo คือ การใช้น้ำของพืชอ้างอิง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวัน

ซึ่งคำนวณจากข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยา โดยใช้สูตร Penman-Monteith สรุปในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith

สัปดาห์ที่	ข้าว กข.	ข้าวนาหว่านน้ำตม	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ข้าวโพดหวาน	แตงโม	คะน้า	มะเขือเทศ	หอมแดง
1	1.03	0.80	0.63	0.65	1.02	0.54	0.73	0.72
2	1.07	1.05	0.72	0.68	1.14	0.60	0.82	0.82
3	1.12	1.25	0.86	0.84	1.60	0.68	0.91	0.94
4	1.29	1.40	1.13	0.99	1.90	0.72	1.01	1.05
5	1.38	1.50	1.35	1.16	2.10	0.78	1.12	1.15
6	1.45	1.55	1.52	1.22	1.90	0.83	1.21	1.20
7	1.50	1.60	1.61	1.21	1.73	0.73	1.30	1.20
8	1.48	1.63	1.63	1.15	1.44	0.67	1.36	1.15
9	1.42	1.68	1.58	0.96	1.03		1.41	1.08
10	1.34	1.60	1.50	0.72	0.75		1.41	0.92
11	1.23	1.50	1.38	0.61	0.65		1.37	0.77
12	0.94	1.36	1.15		0.52		1.31	0.67
13	0.86	1.08	0.90				1.22	
14		0.65	0.67				1.08	
15							0.92	

เดือนที่	ฝ้าย	อ้อย	ละหุ่ง	หน่อไม้ฝรั่ง	เผือก	กุหลาบ	กล้วยน้ำว้า	กล้วยหอม
1	0.88	0.65	0.76	0.68	1	0.89	0.76	1.94
2	1.19	0.86	0.86	1.1	1.23	0.95	1.10	1.74
3	1.34	1.13	1.01	1.42	2.14	1.46	1.45	1.78
4	1.15	1.35	1.02	1.48	2.27	1.49	1.64	1.96
5	0.85	1.56	1.01	1.29	1.66	1.16	2.30	2.07
6	0.62	1.29	0.89	1.08	1.5	1.33	2.11	2.18
7		1.20	0.70	0.83		2.07	2.38	2.18
8		0.93	0.47	0.66		1.79	2.29	1.88
9		0.63		0.55		2.17	3.28	1.86
10		0.52		0.61		2.25	3.19	2.21
11				0.76		1.73	3.39	2.02
12				0.74		1.90	3.39	2.22

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith

เดือน	มะม่วง	ส้มโอ	ขนุน	มะลิ
ม.ค.	1.69	1.62	1.29	2.35
ก.พ.	1.61	1.45	1.01	1.35
มี.ค.	1.27	1.12	1.29	1.49
เม.ย.	1.24	1.02	1.59	1.08
พ.ค.	1.19	1.13	1.73	1.84
มิ.ย.	2.10	1.97	1.77	1.46
ก.ค.	2.46	2.44	1.38	0.90
ส.ค.	2.53	2.36	1.58	1.74
ก.ย.	2.28	1.97	1.83	2.18
ต.ค.	2.29	1.96	0.84	2.32
พ.ย.	2.50	1.90	0.65	2.19
ธ.ค.	1.90	1.74	1.27	2.56

ที่มา: กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (ม.ป.ป.)

ตารางที่ 3-6 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือนโดยวิธีของ Penman Monteith

สถานี	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือน (มิลลิเมตรต่อวัน)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
กำแพงเพชร	3.26	3.91	4.35	5.01	4.45	3.92	3.5	3.41	3.55	3.48	3.34	3.11

ที่มา : ฝ่ายเผยแพร่การใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ (2554)

- การประเมินปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้กับพืช

  การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งทั้งหมดให้กับพืช สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง} = \frac{ET_c + P - Re + Lp}{\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน}}$$

โดยที่ ETc คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ (มิลลิเมตรต่อวัน)

P คือ อัตราการรั่วซึมในแปลงนา (มิลลิเมตร) มีค่าอยู่ระหว่าง 1-2 มิลลิเมตรต่อวัน

Re คือ ปริมาณฝนใช้การ (มิลลิเมตรต่อวัน)

LP คือ ปริมาณน้ำสำหรับเตรียมแปลง (มิลลิเมตรต่อวัน)

2) แบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำในระดับโครงการชลประทาน, WAM (Water Allocation and Management)

แบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้คำนวณความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืชและการชลประทานโดยใช้สมการที่ปรับปรุงจาก FAO ในรูปแบบการจำลองความชื้นในดิน แบบจำลองรองรับตั้งแต่การเพาะปลูกชนิดเดียว ระดับแปลงของเกษตร ที่ไม่มีความซับซ้อน ไปจนถึงระดับโครงการ ระดับลุ่มน้ำ ระดับการวางแผนที่มีการเพาะปลูกที่ซับซ้อน รองรับรูปแบบการเพาะปลูกไม่จำกัด

จำนวน รองรับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชทุกรูปแบบที่ใช้ในประเทศไทย รวมทั้งจาก FAO โครงสร้างของข้อมูลดิน พืช การใช้น้ำของพืชอ้างอิง ฝน ถูกแยกการนำเข้าออกจากกันอย่างอิสระ ทำให้การคำนวณมีความแม่นยำ สอดคล้องกับการเพาะปลูกพืชที่มีความแตกต่างกัน ทำให้แบบจำลอง WAM มีความแม่นยำสูงและสามารถลดความต้องการน้ำสำหรับเพาะปลูกและการชลประทานได้ แสดงรูปแบบการจำลองความชื้นในเขตรากพืชของพื้นที่เพาะปลูกปี 2560 โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WAM (ตัวอย่างการจำลองความต้องการน้ำในปี 2560 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จากโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สกสว. 2562) ดังรูปที่ 3-18

สมการพื้นฐานที่ใช้คำนวณความต้องการน้ำของพืชในแบบจำลอง WAM มีดังนี้

$$Dr_i = Dr_{i-1} + (P - RO)_i - I_i + ETc_i + DP_i$$

โดยที่ Dr_i คือ ความชื้นที่ลดลงในเขตรากพืชวันที่ i (มม.)
Dr_{i-1} คือ ความชื้นที่ลดลงในเขตรากพืชวันก่อนหน้า (มม.)
P_i คือ ฝนวันที่ i (มม.)
RO_i คือ ปริมาณน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินวันที่ i (มม.)
I_i คือ ปริมาณน้ำชลประทานวันที่ i (มม.)
ETc_i คือ การใช้น้ำของพืชอ้างอิงวันที่ i (มม.)
DP_i คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการไหลเลยเขตรากพืชวันที่ i (มม.)

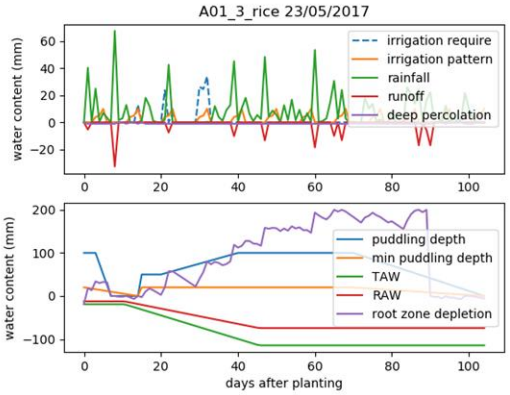
$$I_i = Dr_i$$

โดยที่ I_i คือ ปริมาณน้ำชลประทานวันที่ i (มม.)
Dr_i คือ ความชื้นที่ลดลงในเขตรากพืชวันที่ i (มม.)

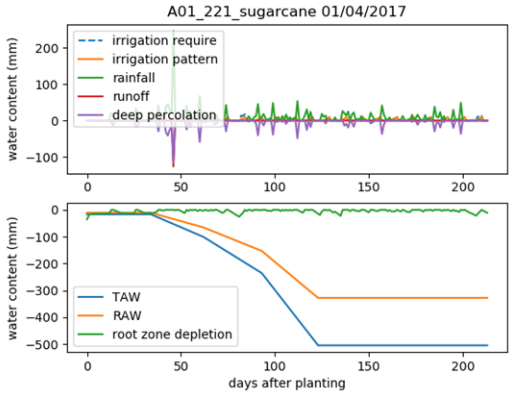
การกำหนดรอบส่งน้ำที่ได้จากงานวิจัยมีความแตกต่างจากการส่งน้ำโดยปกติ ซึ่งโดยปกติแล้วการประเมินความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวมีสมมติฐานคือ ข้าวมีความต้องการน้ำตลอดเวลาและได้รับน้ำอย่างเพียงพอและการให้น้ำเป็นแบบการให้น้ำตลอดเวลา แต่ในทางปฏิบัติเกษตรกรไม่ได้ต้องการน้ำสำหรับเพาะปลูกข้าวตลอดเวลา ในบางช่วงเกษตรกรต้องการระบายน้ำออกจากแปลง บางช่วงเกษตรกรปล่อยให้น้ำในแปลงนาแห้งโดยไม่ต้องการน้ำชลประทานเพิ่มแต่อย่างใด จากการสอบถามเกษตรกรที่ใช้น้ำจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงสามารถสรุปช่วงเวลาการเพาะปลูกข้าวและความต้องการน้ำชลประทานแสดงดังตารางที่ 3-7

เมื่อปรับแผนการส่งน้ำใหม่โดยให้พื้นที่ส่งน้ำย่อยเป็น 20 พื้นที่ รูปที่ 3-20 โดยให้พื้นที่ปลายคลองส่งน้ำเริ่มรับน้ำก่อน พื้นที่ส่งน้ำย่อยที่ 12 เริ่มเพาะปลูกและส่งน้ำวันที่ 1 เมษายน พื้นที่ส่งน้ำย่อย 3 5 6 18 19 เริ่มปลูกและส่งน้ำวันที่ 1 พฤษภาคม พื้นที่ส่งน้ำย่อย 4 9 10 14 17 เริ่มปลูกและส่งน้ำวันที่ 4 พฤษภาคม พื้นที่ 1 2 7 8 11 15 16 เริ่มปลูกและส่งน้ำวันที่ 7 พฤษภาคม รูปแบบการส่งน้ำในแต่ละพื้นที่ส่งน้ำย่อย คือ ส่งน้ำต่อเนื่อง 3 วัน หยุดส่งน้ำ 6 วันสลับกัน จนกระทั่งสิ้นสุดฤดูกาลส่งน้ำ ข้อมูลการเพาะปลูกใช้จำนวนพื้นที่

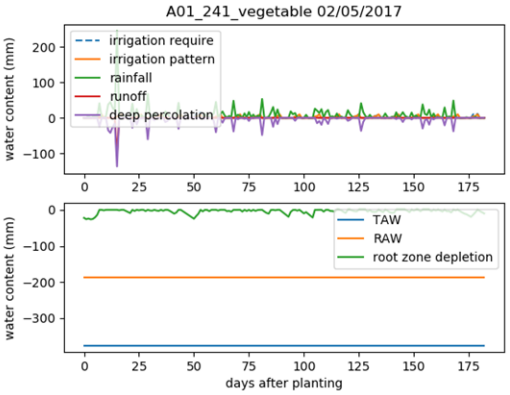
เพาะปลูกเช่นเดียวกับกรณีการคำนวณความต้องการน้ำแบบมาตรฐานแต่ปรับวันที่เริ่มปลูกให้สอดคล้องกับวันที่เริ่มต้นส่งน้ำของแต่ละโซน การประเมินความต้องการใช้แบบจำลอง WAM ในโหมดการคำนวณ SMS (soil moisture simulation)



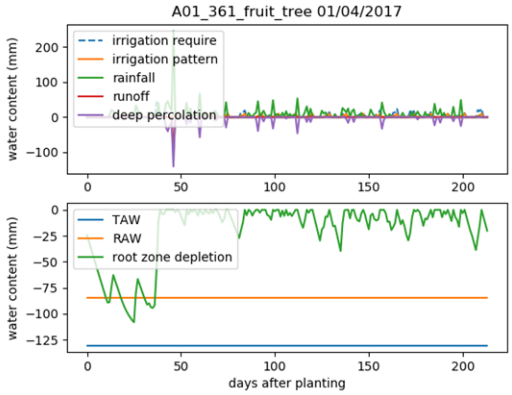
ข้าว



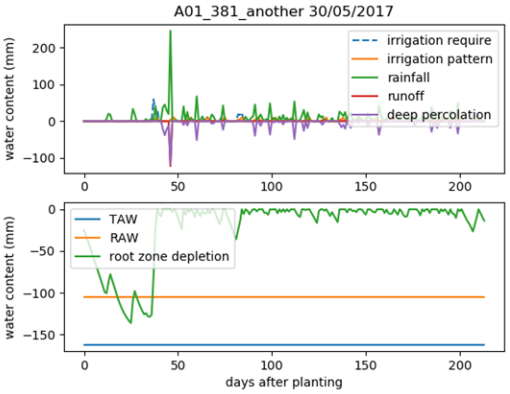
อ้อย



พืชผัก



ไม้ผล



พืชอื่นๆ

รูปที่ 3-18 ผลการจำลองความชื้นในเขตรากพืช จากแบบจำลอง WAM ปี 2560

ที่มา โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สกสว. 2562

ตารางที่ 3-7 ช่วงเวลาการเพาะปลูกข้าวและความต้องการน้ำชลประทาน

ที่	ช่วงการเพาะปลูก	ความต้องการน้ำชลประทาน	หมายเหตุ
1	**เตรียมแปลง** (ระยะเวลา 7 วัน) เกษตรกรจะสูบน้ำเข้าแปลงนาใช้เวลา 1-3 วัน จากนั้นจึงเตรียมแปลงและทิ้งไว้ให้ตกตะกอนก่อนหว่านข้าว	ต้องการน้ำชลประทาน 1-3 วันแรก	
2	**หว่านข้าวและกำจัดวัชพืช** (ระยะเวลา 14-21 วัน) เกษตรกรจะหว่านข้าวหลังจากนั้นจะระบายน้ำออกจากแปลงนาให้แห้งและฉีดสารเคมีควบคุมหรือกำจัดวัชพืช	ไม่ต้องการน้ำชลประทาน เนื่องจากใช้น้ำจากช่วงเตรียมแปลงในการหว่านข้าวและระบายน้ำออกหลังจากหว่านเสร็จ	ระยะเวลามีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการของเกษตรกร
3	**ข้าวเจริญเติบโต** (ระยะเวลา 50-60 วัน) เกษตรจะขังน้ำในแปลงนาลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้เวลาในการสูบน้ำ 1-3 วัน	ต้องการน้ำชลประทานเพื่อขังน้ำในแปลงนาลึกประมาณ 10 เซนติเมตร	ระยะเวลามีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการของเกษตรกรและพันธุ์ข้าว
4	**หยุดให้น้ำรอเก็บเกี่ยว** (ระยะเวลาก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 20 วัน) เกษตรจะขังน้ำไว้ประมาณ 10 เซนติเมตรและหยุดให้น้ำจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าว โดยดินจะแห้งพอดีในช่วงเก็บเกี่ยว	ไม่ต้องการน้ำชลประทาน ต้องการระบายน้ำออกจากแปลงก่อนเก็บเกี่ยว	

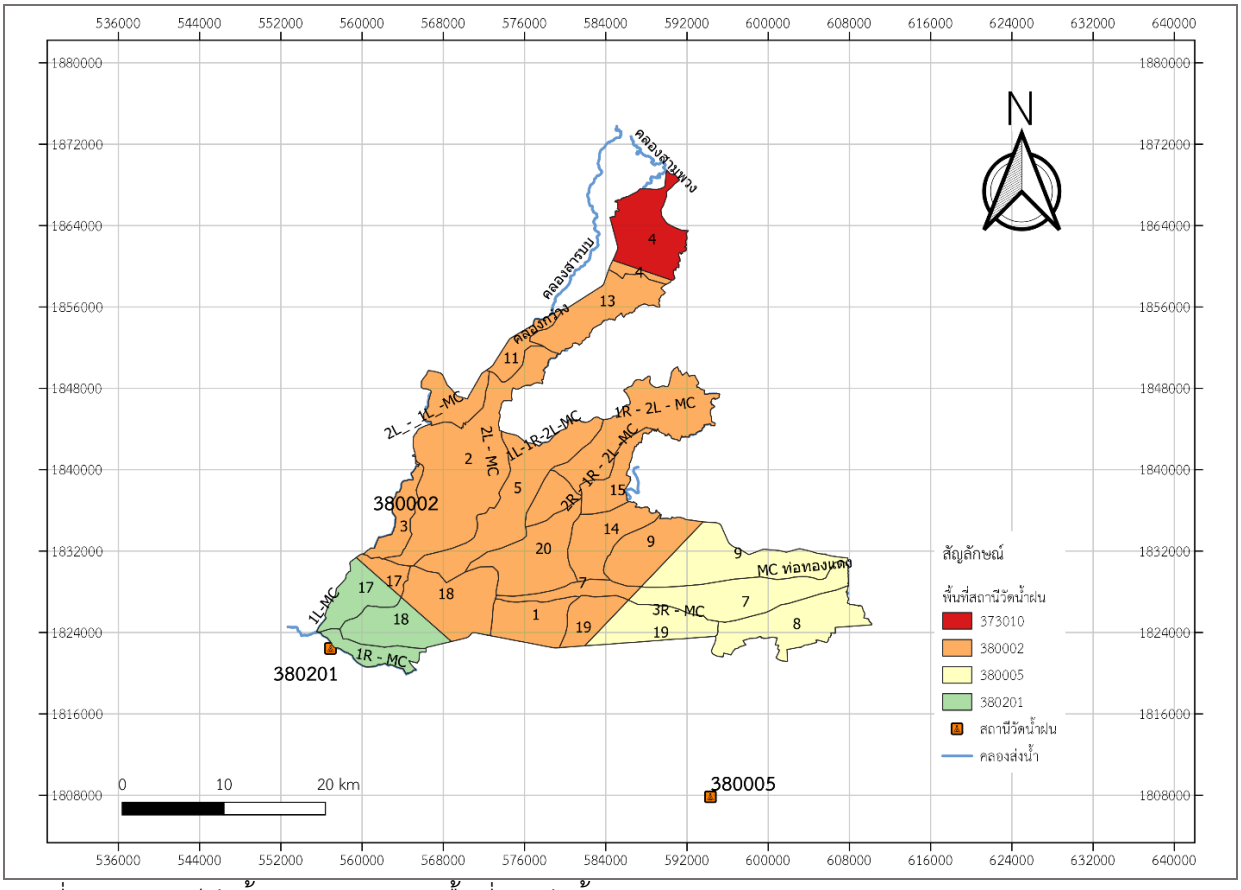
สำหรับฝนรายวันใช้การใช้ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดของจากกรมชลประทานในปีฝนน้อย พ.ศ. 2558 ปีฝนปกติ พ.ศ. 2559 และปีฝนมาก พ.ศ. 2560 โดยคิดปริมาณฝนใช้การเท่ากับร้อยละ 80 ของปริมาณที่ตกจริง โดยใช้ข้อมูลฝนจำนวน 4 ปี ประกอบด้วย พ.ศ. 2558 2559 2560 และ 2562 ใช้ข้อมูลฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วยสถานี 373010 380002 380005 และ 380201 กระจายปริมาณฝนไปยังแต่ละโซนใช้วิธีทิสเสน (Thiessen Polygon Method) ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตพื้นที่การรับน้ำฝนแสดงดังรูปที่ 3-18 และแฟคเตอร์ปรับค่าน้ำหนัก (Weightage Factor) แสดงดังตารางที่ 3-8 โดยพบว่า พ.ศ. 2560 มีปริมาณฝนสูงสุดเท่ากับ 1,815 มิลลิเมตร และ พ.ศ. 2562 มีปริมาณฝนน้อยที่สุดเท่ากับ 703 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3-8 แฟคเตอร์ปรับค่าน้ำหนัก (Weightage Factor)

พื้นที่	ค่าถ่วงน้ำหนักแฟคเตอร์ปรับค่าน้ำหนัก (Weightage Factor)				รวม
	373010	380002	380005	380201	
ทั้งโครงการ	0.23	0.31	0.1	0.36	1.00
โซน 1	-	0.60	-	0.40	1.00
โซน 2	-	1.00	-	-	1.00
โซน 3	-	0.21	0.79	-	1.00
โซน 4	-	0.36	0.64	-	1.00
โซน 5	-	-	1.00	-	1.00
โซน 6	-	0.37	0.63	-	1.00
โซน 7	-	0.27	-	0.73	1.00
โซน 8	-	1.00	-	-	1.00
โซน 9	-	1.00	-	-	1.00

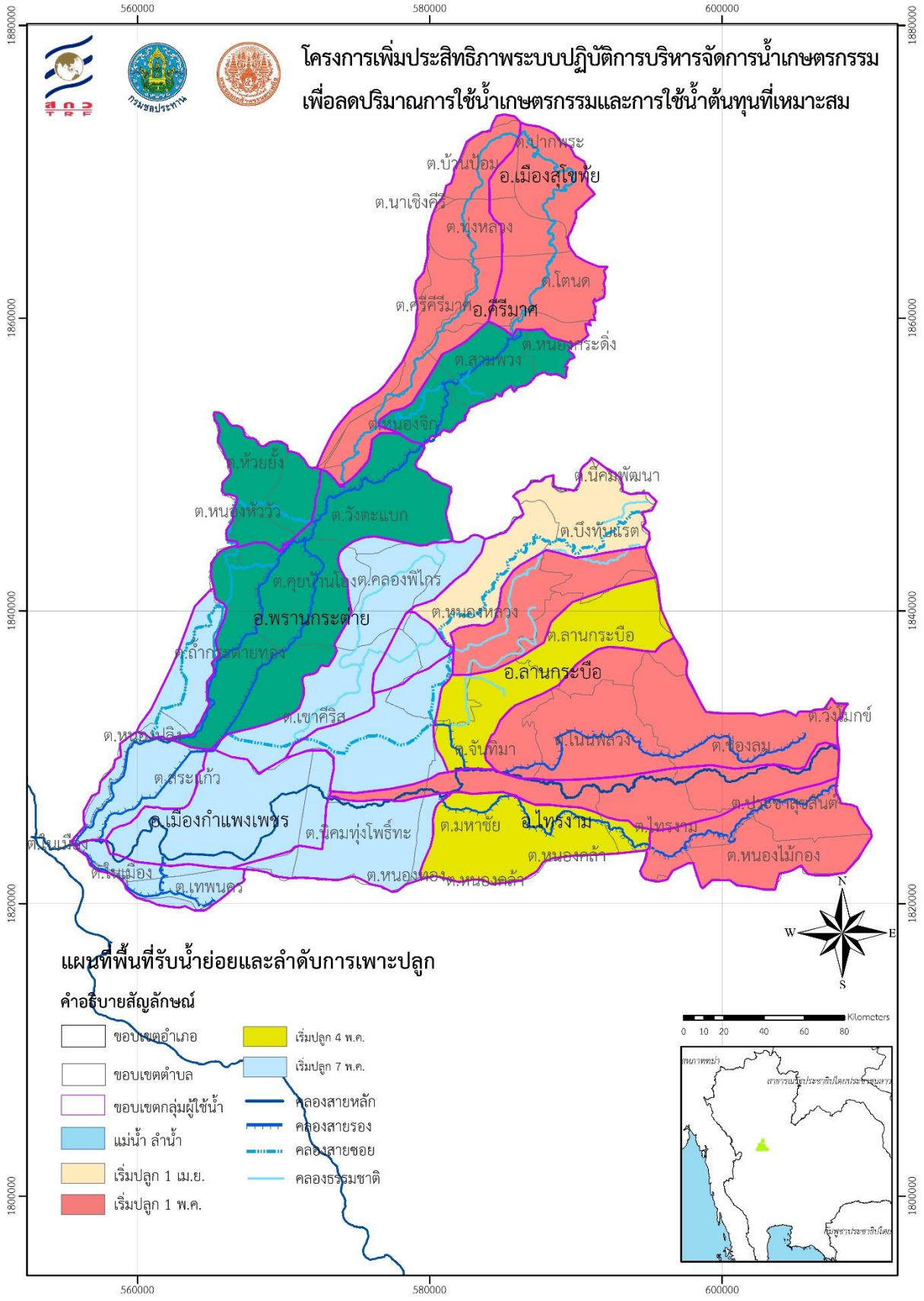
ตารางที่ 3-8 (ต่อ) แฟคเตอร์ปรับค่าน้ำหนัก (Weightage Factor

พื้นที่	ค่าถ่วงน้ำหนักแฟคเตอร์ปรับค่าน้ำหนัก (Weightage Factor)				รวม
	373010	380002	380005	380201	
โซน 10	-	1.00	-	-	1.00
โซน 11	-	1.00	-	-	1.00
โซน 12	-	1.00	-	-	1.00
โซน 13	-	1.00	-	-	1.00
โซน 14	-	1.00	-	-	1.00
โซน 15	-	1.00	-	-	1.00
โซน 16	-	1.00	-	-	1.00
โซน 17	-	1.00	-	-	1.00
โซน 18	-	1.00	-	-	1.00
โซน 19	0.91	0.09	-	-	1.00
โซน 20	-	-	-	1.00	1.00



รูปที่ 3-19 สถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตพื้นที่การรับน้ำฝน

ที่มา โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สกสว. 2562



รูปที่ 3-20 การแบ่งพื้นที่ในการส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูก

ที่มา โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สกสว. 2562

ผลการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชร่วมกับความชื้นดินซึ่งเป็นแนวคิดจากงานวิจัยในการลดปริมาณการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการของพืชเปรียบเทียบกับการส่งน้ำชลประทานตามวิธีปกติ ในช่วงปี 2558 ถึง 2562 (โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สกสว. 2562) สรุปในตารางที่ 3-9 พบว่าการจำลองปริมาณความต้องการน้ำของข้าวตามแนวคิดการประหยัดน้ำที่มีการประเมินความต้องการน้ำร่วมกับการจำลองความชื้นในดิน สามารถลดปริมาณการส่งน้ำที่เกินกว่าต้องการของพืชในกรณีเพาะปลูกเต็มพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดงได้ร้อยละ 50 ส่วนกรณีเพาะปลูกตามพื้นที่ที่รายงานจากการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละฤดูกาล พบว่าในปีน้ำมาก 2560 สามารถลดการส่งน้ำได้ถึงร้อยละ 63 ในขณะที่ปีน้ำน้อย 2558 และ 2559 สามารถลดการส่งน้ำได้ใกล้เคียงกันร้อยละ 35 และ 39 ตามลำดับ และปีน้ำปกติ 2562 ซึ่งปริมาณฝนตกล่าช้าไม่ตรงกับช่วงเวลาเริ่มเพาะปลูกของเกษตรกร สามารถลดการส่งน้ำได้ร้อยละ 23

ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อย พบว่าการใช้แบบจำลองการส่งน้ำที่พิจารณาความชื้นในดิน มีปริมาณการส่งน้ำที่จำลองใกล้เคียงกับการส่งจริง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานส่วนใหญ่มีการใช้น้ำชลประทานในการปลูกข้าว และใช้แหล่งน้ำต้นทุนเสริมในเพาะปลูกอ้อยในฤดูแล้ง ทำให้สัดส่วนการใช้น้ำต่อไร่จากการคำนวณด้วยวิธีปกติกับแนวคิดจากงานวิจัยไม่ต่างกันมากนัก

ตารางที่ 3-9 ความต้องการน้ำของข้าวและอ้อยเฉลี่ยต่อไร่

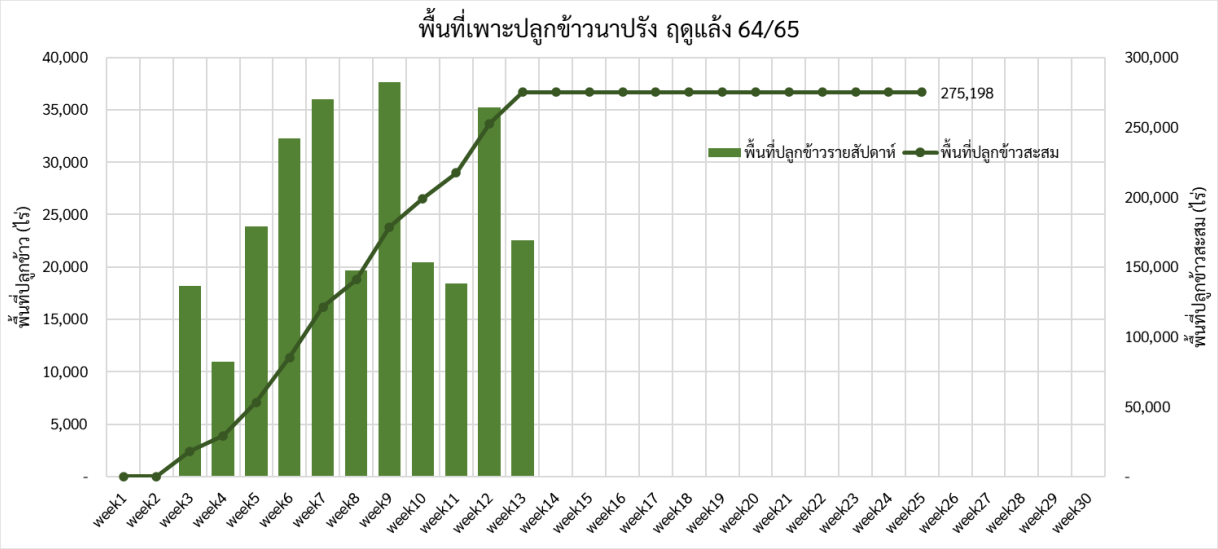
พืช	ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับเพาะปลูก (ลบ.ม. ต่อไร่)					
	ข้าว			อ้อย		
รูปแบบ	การประเมินความต้องการน้ำแบบมาตรฐาน (ทั่วไป)	ตามแนวคิดในการประหยัดน้ำและประเมินความต้องการน้ำแบบจำลองความชื้นในดิน	ร้อยละความต้องการน้ำที่ลดลง	การประเมินความต้องการน้ำแบบมาตรฐาน (ทั่วไป)	ตามแนวคิดในการประหยัดน้ำและประเมินความต้องการน้ำแบบจำลองความชื้นในดิน	ร้อยละความต้องการน้ำที่ลดลง
เพาะปลูกเต็มพื้นที่	926.65	460.77	50%	524.83	555.18	-6%
ข้อมูลเพาะปลูกรายสัปดาห์จากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง						
2558	535.45	346.99	35%	948.41	984.77	-4%
2559	514.18	344.30	33%	943.48	597.37	37%
2560	447.58	164.49	63%	943.48	390.35	59%
2562	768.25	591.85	23%	699.66	757.88	-8%

ที่มา โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม, สกสว. 2562

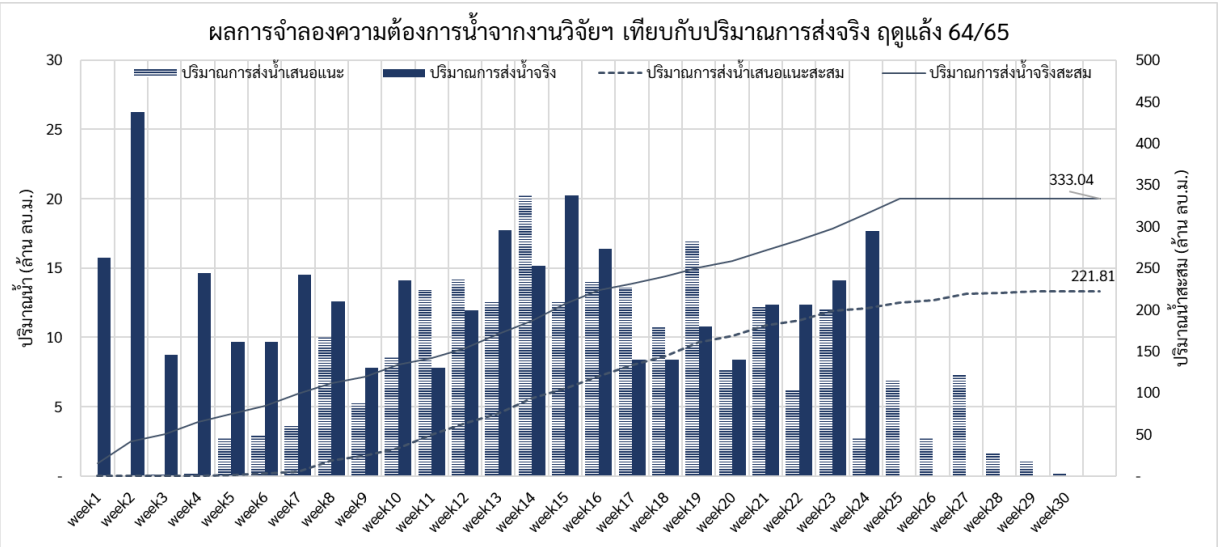
จากแนวคิดของการลดปริมาณการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการของพืชและการจำลองปริมาณการใช้น้ำร่วมกับปริมาณการส่งจริงจากข้อมูลในอดีต โครงการวิจัยฯ (ส่วนขยาย) นี้ จึงนำแบบจำลองฯ ที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 มาใช้งานในการประเมินปริมาณการส่งน้ำจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีการรายงานรายสัปดาห์ในช่วงฤดูแล้ง 64/65 สรุปได้ว่า จากการติดตามพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังรายงานมีพื้นที่เพาะปลูกสะสมรวม

275,198 ไร่ จากที่งานวิจัยฯ ได้คาดการณ์ไว้ 268,300 ไร่ มีความคลาดเคลื่อนจากการประเมินอยู่เพียงร้อยละ 2 ซึ่งสัปดาห์ที่มีการเพาะปลูกข้าวนาปรังสูงสุดคือสัปดาห์ที่ 9 โดยแบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลความชื้นดินที่มีการตรวจวัดออนไลน์ ได้เสนอแนะให้มีการส่งน้ำรายสัปดาห์สูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 ในปริมาณ 20.26 ล้าน ลบ.ม. ต่อสัปดาห์ เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้ำเต็มพื้นที่ชลประทาน แสดงพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังรายงานฤดูแล้ง 64/65 และผลการจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะเทียบส่งจริงในพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 64/65 ดังรูปที่ 3-21 และ 3-22 ตามลำดับ

จากการติดตามพื้นที่เพาะปลูกรายสัปดาห์ งานวิจัยฯ ได้จำลองความต้องการเพื่อเสนอแนะการส่งน้ำผ่าน ทรบ. ทั้ง 6 จุดที่มีการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำแบบอัตโนมัติ โดยในตารางที่ 3-10 ได้สรุปผลการรับน้ำผริมาณรวมที่เข้าโครงการฯท่อทองแดง ผ่าน ทรบ.ท่อทองแดงรวมทั้งฤดูแล้งที่งานวิจัยได้เสนอแนะอยู่ที่ปริมาณ 221.81 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่มีการรับจริงเข้าโครงการฯ ท่อทองเดงอยู่ที่ปริมาณ 333.04 ล้าน ลบ.ม. ส่วนหนึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ส่งไปโครงการฯ วังบัวในช่วง ก.พ. 65 คิดเป็นปริมาณ 58.75 ล้าน ลบ.ม. โดยเมื่อหักน้ำที่ส่งไปโครงการฯ วังบัวแล้ว คิดเป็นประสิทธิภาพในการประหยัดการส่งน้ำที่เกินความต้องการของพืชร้อยละ 24 หรือเฉลี่ยร้อยละ 20 ต่อสัปดาห์



รูปที่ 3-21 พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังรายงานฤดูแล้ง 64/65 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



รูปที่ 3-22 ผลการจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะเทียบส่งจริงในพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง ฤดูแล้ง 64/65

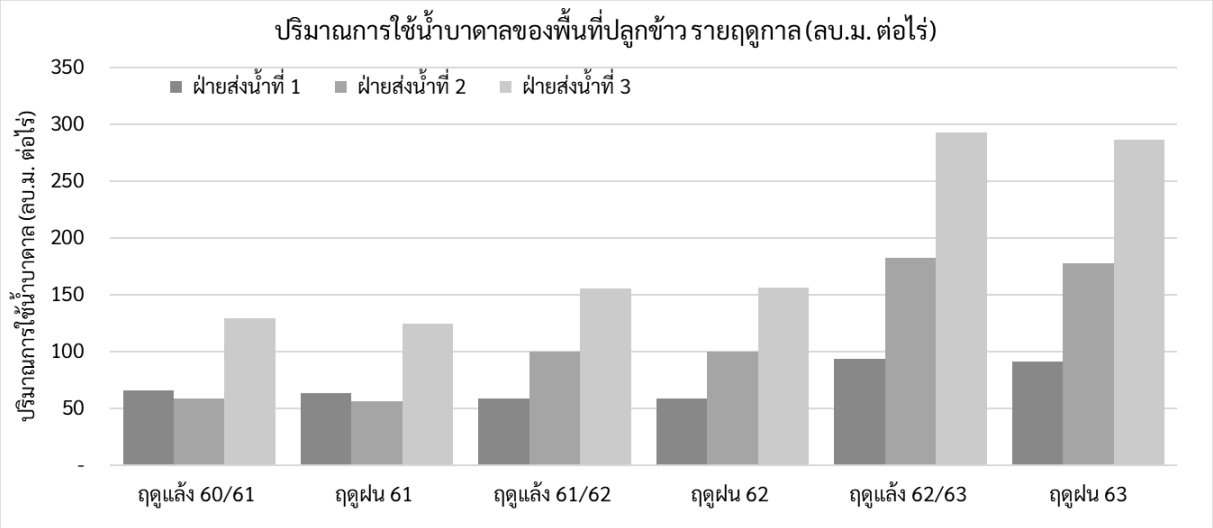
ตารางที่ 3-10 ผลการจำลองความต้องการน้ำในการเพาะปลูกข้าว ฤดูแล้ง 64/65

สัปดาห์	วันที่	พื้นที่เพาะปลูกข้าว รายงาน (ไร่)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		
			ปริมาณการส่งน้ำ เสนอแนะจากงานวิจัยฯ	ปริมาณการส่งน้ำจริง (ทรบ.ท่อทองแดง)	ลดการส่งน้ำ (%)
สัปดาห์ที่ 1	10-Nov-21	-	-	15.76	-
สัปดาห์ที่ 2	17-Nov-21	-	-	26.26	-
สัปดาห์ที่ 3	25-Nov-21	18,208.34	0.12	8.75	99%
สัปดาห์ที่ 4	30-Nov-21	10,986.47	0.23	14.63	98%
สัปดาห์ที่ 5	9-Dec-21	23,836.03	2.75	9.66	72%
สัปดาห์ที่ 6	15-Dec-21	32,279.48	2.89	9.66	70%
สัปดาห์ที่ 7	21-Dec-21	35,974.93	3.60	14.49	75%
สัปดาห์ที่ 8	30-Dec-21	19,674.23	10.03	12.62	20%
สัปดาห์ที่ 9	7-Jan-22	37,622.13	5.24	7.83	33%
สัปดาห์ที่ 10	12-Jan-22	20,432.53	8.57	14.09	39%
สัปดาห์ที่ 11	21-Jan-22	18,446.51	13.42	7.83	-71%
สัปดาห์ที่ 12	26-Jan-22	35,203.57	14.18	11.93	-19%
สัปดาห์ที่ 13	2-Feb-22	22,533.79	12.65	17.72	29%
สัปดาห์ที่ 14	9-Feb-22	-	20.26	15.19	-33%
สัปดาห์ที่ 15	15-Feb-22	-	12.53	20.25	38%
สัปดาห์ที่ 16	23-Feb-22	-	14.04	16.38	14%
สัปดาห์ที่ 17	2-Mar-22	-	13.61	8.37	-63%
สัปดาห์ที่ 18	9-Mar-22	-	10.72	8.37	-28%
สัปดาห์ที่ 19	16-Mar-22	-	16.92	10.76	-57%
สัปดาห์ที่ 20	25-Mar-22	-	7.63	8.37	9%
สัปดาห์ที่ 21	31-Mar-22	-	12.23	12.35	1%
สัปดาห์ที่ 22	7-Apr-22	-	6.17	12.35	50%
สัปดาห์ที่ 23	14-Apr-22	-	12.08	14.12	14%
สัปดาห์ที่ 24	21-Apr-22	-	2.76	17.65	84%
สัปดาห์ที่ 25	30-Apr-22	-	6.90		
สัปดาห์ที่ 26	7-May-22	-	2.71		
สัปดาห์ที่ 27	14-May-22	-	7.35		
สัปดาห์ที่ 28	21-May-22	-	1.67		
สัปดาห์ที่ 29	28-May-22	-	1.18		
สัปดาห์ที่ 30	4-Jun-22	-	0.22		
สัปดาห์ที่ 31	11-Jun-22	-	0.06		
รวม		275,198	333.04	221.81	
จากการใช้งานระบบฯ สามารถลดการส่งน้ำโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์					22%

3.4 ผลการพัฒนาแบบจำลองสมดุลน้ำชลประทานร่วมกับการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาล

การพัฒนาแบบจำลองสมดุลน้ำชลประทานร่วมกับการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาล เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลการใช้น้ำชลประทานที่ได้จากงานวิจัยนี้ร่วมกับโครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ที่ได้มีการศึกษาปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน (Groundwater abstraction, m3/d) ในหน่วย ลบ.ม. ต่อวัน ในช่วง ม.ค. 2553 ถึง ธ.ค. 2564 โดยแบ่งพื้นที่การศึกษาปริมาณการใช้น้ำใต้ดินของโครงการฯ ท่อทองแดงออกเป็น 3 พื้นที่ตามขอบเขตของฝ่ายส่งน้ำ 3 ฝ่าย

งานวิจัยนี้ได้นำผลประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวรายงานเพื่อแบ่งปริมาณการใช้น้ำรวมของพืชรวมออกเป็นสัดส่วนของการใช้น้ำชลประทานและการใช้น้ำใต้ดินในระหว่างเดือน พ.ย. 2560 ถึง ธ.ค. 2564 โดยพบว่า ฝ่ายส่งน้ำที่ 3 ของโครงการฯ ท่อทองแดงมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาล ลบ.ม. ต่อไร่ ของทั้งฤดูกาลสูงกว่าฝ่ายส่งน้ำที่ 1 และ 2 โดยมีปริมาณสูงสุดในฤดูแล้ง 62/63 และฤดูฝน 63 และมีอัตราการใช้น้ำบาดาลต่อไร่ที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับตั้งแต่ฤดูแล้ง 60/61 เป็นต้นมา ส่วนฝ่ายส่งน้ำที่ 1 มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่ใกล้เคียงกับฝ่ายส่งน้ำที่ 2 เฉพาะในช่วงฤดูแล้ง 60/61 และ 61 และเริ่มมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่แตกต่างกันหลังจากนั้น โดยฝ่ายส่งน้ำที่ 2 มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลของฝ่ายส่งน้ำที่ 1 ที่มีการเปลี่ยนแปลงแต่ละฤดูกาลไม่มากนัก สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่) รายฤดูกาลของแต่ละฝ่ายส่งน้ำในตารางที่ 3-11 และรูปที่ 3-23



รูปที่ 3-23 การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่) รายฤดูกาล

การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลเทียบกับสัดส่วนการส่งน้ำชลประทาน ได้ทำการจำลองปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการปลูกข้าวในฤดูแล้ง โดยรวบรวมพื้นที่เพาะปลูกรายงานมาใช้ร่วมกับอัตราการใช้น้ำบาดาลต่อไร่ในตารางที่ 3-12 พบว่า ฤดูแล้ง 60/61 ซึ่งเป็นปีน้ำมาก มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังรายงาน 344,948 ไร่ มีปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯท่อทองแดงรวม 236.92 ล้าน ลบ.ม. เมื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในช่วงฤดูกาลดังกล่าว พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลรวม 28.05 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 12 ของ

ปริมาณการส่งน้ำรวม ต่อมาในฤดูแล้ง 61/62 ซึ่งเป็นปีน้ำปกติ มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังรายงาน 373,799 ไร่ มีปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงรวม 200.82 ล้าน ลบ.ม. ทำให้สามารถประเมินสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลต่อปริมาณการส่งน้ำรวมได้ร้อยละ 18 หรือ 36.30 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ฤดูแล้ง 62/63 ซึ่งเป็นปีน้ำน้อย ในปีนั้นโครงการฯ ท่อทองแดงรับน้ำเข้าโครงการในปริมาณเพียง 63.42 ล้าน ลบ.ม. มีพื้นที่ข้าวนาปรังรายงานทั้งสิ้น 265,701 ไร่ ประเมินเป็นสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลถึงร้อยละ 71 ที่ปริมาณ 44.97 ล้าน ลบ.ม. จะเห็นได้ว่า สัดส่วนการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเพาะปลูกของโครงการฯ ท่อทองแดงมีนัยสำคัญต่อปริมาณการส่งน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงที่ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนและปริมาณน้ำต้นทุนในแต่ละปีอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 3-11 การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่) รายฤดูกาล

ปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน (ลบ.ม.ต่อไร่)	ฝ่ายส่งน้ำที่ 1	ฝ่ายส่งน้ำที่ 2	ฝ่ายส่งน้ำที่ 3
ฤดูแล้ง 60/61	65.30	58.75	129.00
ฤดูฝน 61	62.90	55.96	124.36
ฤดูแล้ง 61/62	58.08	99.80	155.13
ฤดูฝน 62	58.34	99.97	156.09
ฤดูแล้ง 62/63	93.47	182.51	292.83
ฤดูฝน 63	91.36	177.46	286.49

ตารางที่ 3-12 การวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ปลูกข้าวต่อปริมาณการส่งน้ำรวม

ฤดูกาล	ปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดง (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่เพาะปลูกข้าวรายงาน (ไร่)	การจำลองปริมาณการใช้น้ำบาดาลรวม (ล้าน ลบ.ม.)	สัดส่วนการใช้น้ำบาดาลต่อน้ำชลประทาน
ฤดูแล้ง 60/61	236.92	344,948.00	28.05	12%
ฤดูแล้ง 61/62	200.82	373,799.00	36.30	18%
ฤดูแล้ง 62/63	63.42	265,701.34	44.97	71%

จากการวิเคราะห์สัดส่วนการใช้น้ำบาดาลและการรับน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงในภาพรวมรายฤดูกาล ทำให้สามารถจำลองสภาพความต้องการน้ำจากความชื้นดินหักการใช้น้ำบาดาล ตามเป้าหมายการลดปริมาณการสูญเสียของปริมาณน้ำส่วนเกินที่ส่งเข้าระบบ โดยการจำลองสภาพความต้องการน้ำจากระบบปฏิบัติการฯ ร่วมกับความชื้นดินและการใช้น้ำบาดาลในภาพรวมของโครงการ สรุปในตารางที่ 3-13 พบว่า โครงการฯ ท่อทองแดงมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลต่อความต้องการน้ำของการเพาะปลูกข้าวจนถึงเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 20 ต่อไร่ โดยเมื่อคิดเป็นการใช้น้ำต่อไร่ในการเพาะปลูกข้าว ช่วงฤดูแล้ง 60/61 มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร้อยละ 23 ของปริมาณการใช้น้ำต่อไร่ และมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 17 ในฤดูแล้ง 61/62

เมื่อจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะจากระบบปฏิบัติการฯ หักการใช้น้ำบาดาล พบว่าสามารถลดการส่งน้ำชลประทานเมื่อเทียบกับการส่งจริงได้ร้อยละ 20.45 ในฤดูแล้ง 60/61 คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำชลประทานที่ลดลง 214.41 ลบ.ม. ต่อไร่ และในฤดูแล้ง 61/62 สามารถประหยัดน้ำชลประทานได้ร้อยละ 28.91 คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำชลประทานที่ลดลง 614.14 ลบ.ม. ต่อไร่

ตารางที่ 3-13 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่ที่ลดลงในภาพรวมของโครงการ

ปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่ ในพื้นที่เพาะปลูกข้าว (ลบ.ม. ต่อไร่)	ฤดูแล้ง 60/61	ฤดูแล้ง 61/62
ปริมาณน้ำส่งจริง	1,301.45	2,437.11
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน	1,087.04	1,822.97
ผลจำลองปริมาณการใช้น้ำบาดาล*	253.04	313.01
ปริมาณน้ำส่งจริง (หักบาดาล)	1,048.41	2,124.10
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน (หักบาดาล)	834.00	1,509.96
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง	214.41	614.14
ประหยัดน้ำ (%)	20.45%	28.91%

เมื่อนำไปสู่การปฏิบัติการรายโซนส่งน้ำทั้ง 20 โซนสามารถวิเคราะห์ให้เห็นเป็นตัวอย่างนำไปสู่การประยุกต์ใช้ โดยการทดสอบระบบปฏิบัติการฯ ในฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงแล้ง 63/64 เฉพาะเดือน พ.ย. และ ธ.ค. 63 (เนื่องจากข้อมูลการใช้น้ำบาดาลสิ้นสุด ธ.ค. 2563*) ได้ทำการประเมินสภาพการใช้น้ำชลประทานจากความชื้นดินที่มีการติดตามร่วมกับการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เกษตรกรรมโซน 1 และโซน 7 ซึ่งได้เสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่สอดคล้องกับช่วงเวลาความต้องการน้ำของข้าว และเมื่อหักการใช้น้ำบาดาลพบว่าสามารถลดการส่งน้ำชลประทานเทียบกับปริมาณการส่งจริงได้ทั้ง 2 โซน โดยโซนที่ 1 ลดการส่งน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 35 และโซนที่ 7 ลดการส่งน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 39 สรุปผลในตารางที่ 3-14

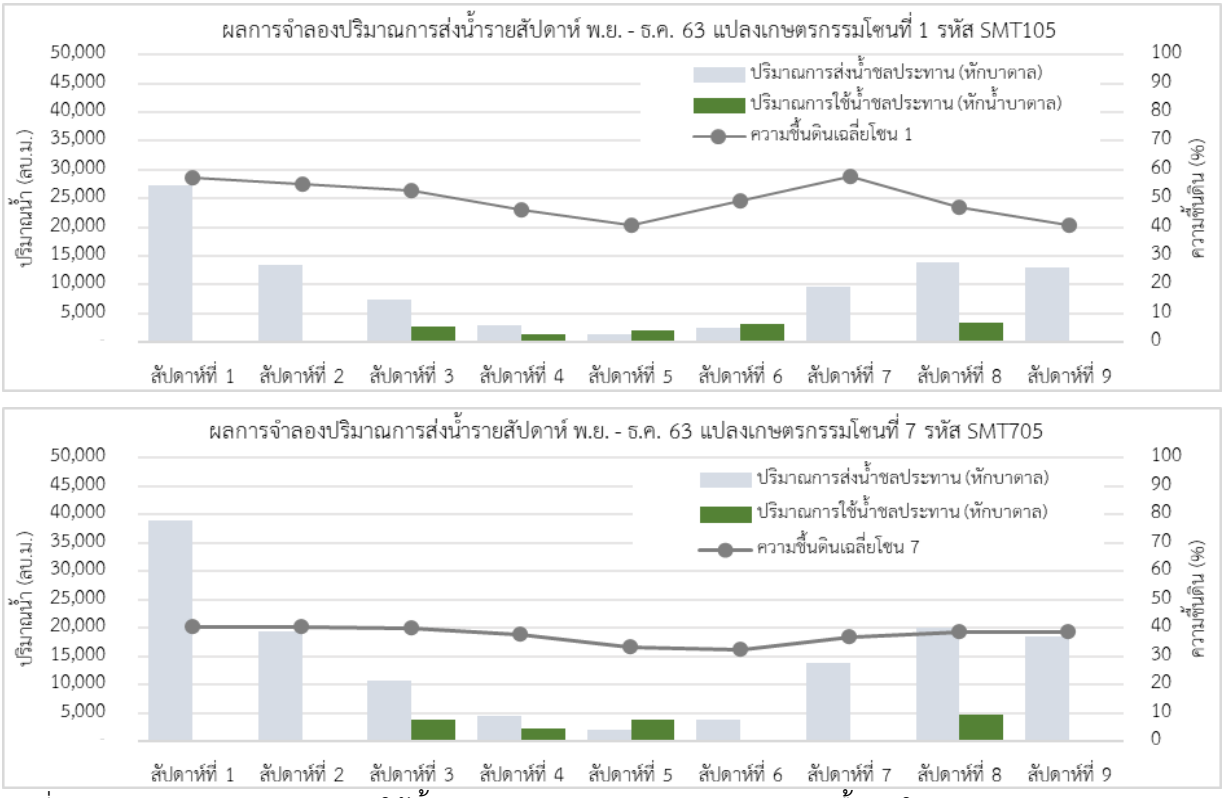
ตารางที่ 3-14 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำใต้ดินต่อไร่รายโซนเดือน พ.ย. ถึง ธ.ค. 2563

ปริมาณน้ำรายเดือน (ลบ.ม. ต่อไร่)	โซน 1		โซน 7	
	พ.ย.63	ธ.ค.63	พ.ย.63	ธ.ค.63
ความชื้นดินเฉลี่ย (%)	51.91	47.94	39.24	35.87
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน	445.33	479.13	314.65	437.37
ผลจำลองปริมาณการใช้น้ำบาดาล*	42.49	43.90	13.57	14.02
ปริมาณน้ำส่งจริง (หักบาดาล)	932.17	499.86	961.09	529.74
ผลจำลองปริมาณน้ำร่วมกับความชื้นดิน (หักบาดาล)	402.85	435.22	301.08	423.35
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง	529.33	64.63	600.01	106.39
ประหยัดน้ำเฉลี่ย (%)	57%	13%	69%	20%

*ที่มา โครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในระดับแปลงเกษตรกรรมที่มีการติดตามข้อมูลความชื้นดินร่วมกับการใช้น้ำบาดาล แสดงรูปแบบการใช้งานในแปลงเกษตรกรรมที่มีการใช้น้ำชลประทานร่วมกับน้ำบาดาล ประกอบด้วย แปลง SMT105 มีการเพาะปลูกข้าว 14 ไร่ และแปลง SMT705 มีการเพาะปลูกข้าว 20 ไร่ แสดงรูปแบบการจำลองการใช้น้ำเทียบกับการส่งจริงดังรูปที่ 3-24 พบว่า แปลง SMT105 ระบบปฏิบัติการฯ ได้เสนอแนะให้ส่งน้ำชลประทานในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 6 ซึ่งสอดคล้องกับระดับความชื้นดินที่ลดลง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งตามรูปแบบเดิม แปลง SMT105 สามารถลดการส่งน้ำได้

ร้อยละ 55 คิดเป็นปริมาณน้ำ 15,557 ลบ.ม. ต่อพื้นที่ปลูกข้าว 14 ไร่ ส่วนแปลงเกษตรกรรม SMT705 ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 5 ระบบปฏิบัติการฯ ได้เสนอแนะการส่งน้ำที่สามารถลดปริมาณการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการของพืชได้ร้อยละ 60 คิดเป็นปริมาณน้ำ 22,527 ลบ.ม. ต่อพื้นที่ปลูกข้าว 20 ไร่



รูปที่ 3-24 การจำลองปริมาณการใช้น้ำชลประทานร่วมกับการติดตามความชื้นดินในระดับแปลงเกษตรกรรม

3.5 ผลการพัฒนาระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเวปไซต์

การพัฒนาระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเวปไซต์มีส่วนการทำงานที่เชื่อมโยงกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลทั้งบนระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และเวปไซต์ที่ออนไลน์ โดยการใช้งานเพื่อการปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำทั้ง 2 เครื่องมือมีรูปแบบการทำงานร่วมกันของข้อมูลและระบบการสั่งการแสดงความเชื่อมโยงดังรูปที่ 3-25 อย่างไรก็ตามการทำงานของทั้ง 2 เครื่องมือยังคงมีส่วนหลักของทำงานและการแสดงข้อมูลเหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่เป็นอุปสรรคต่อระบบการทำงานเดิมของเจ้าหน้าที่โครงการฯ ท่อทองแดง

ส่วนประกอบหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเวปไซต์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ ประกอบด้วย การติดตามสถานการณ์ การวางแผนพื้นที่เพาะปลูก การควบคุมสั่งการ และการคาดการณ์ โดยมีการจำกัดสิทธิ์การเข้าใช้งานแบ่งออกเป็น 3 ระดับผู้ใช้งาน ได้แก่ ระดับผู้ใช้งานทั่วไป สามารถใช้งานได้ในการติดตามสถานการณ์ ระดับปฏิบัติการ สามารถใช้งานในการติดตามสถานการณ์ การวางแผนการเพาะปลูก และการเข้าถึงปริมาณน้ำคาดการณ์ในระดับคลองส่งน้ำ และใช้งานในการคำนวณปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะจากพื้นที่เพาะปลูกที่สำรวจ และ ระดับสั่งการ สามารถใช้งานได้ในทุกส่วนของเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะแตกต่างกับสิทธิ์การใช้งานในระดับปฏิบัติการ คือสามารถควบคุมสั่ง

การเปิดประตูโดยการกำหนดปริมาณน้ำหรือการกำหนดระยะเปิดบานได้ผ่านทางเวปไซต์ ซึ่งรายละเอียดของการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์ฯ ทั้งในรูปแบบเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่ในคู่มือการใช้งานในภาคผนวกของรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ แสดงรูปแบบหน้าแรกของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปที่ 3-26 และเวปไซต์ดังรูปที่ 3-27 มีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

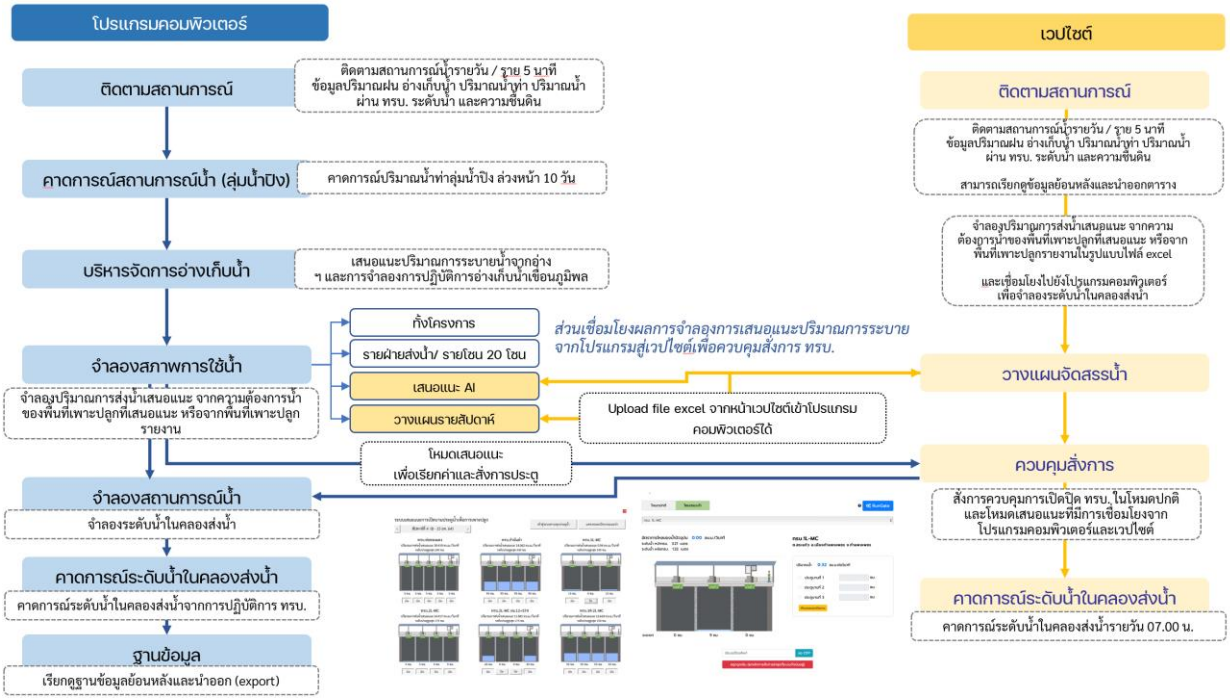
ส่วนที่ 1 การติดตามเป็นการรวมระบบการติดตามข้อมูลสถานการณ์น้ำจากเครื่องมือตรวจวัดที่ทำการติดตั้ง ประกอบด้วย 1) ข้อมูลระดับน้ำ จากสถานีที่ที่ได้มีการติดตั้งในโครงการระยะที่ 1 จำนวน 8 สถานี และระยะที่ 2 (ส่วนขยาย) อีก 13 สถานี เป็นทั้งหมด 21 สถานี ซึ่งเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแสดงผลการรายงานข้อมูลตรวจวัดรายชั่วโมง และสามารถนำออกข้อมูลย้อนหลังได้ 2) ข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. โดยเชื่อมโยงระบบการรายงานข้อมูลปริมาณน้ำแบะระดับน้ำผ่าน ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอำในระยะที่ 1 และแสดงผลข้อมูลปริมาณน้ำผ่านอาคารควบคุมน้ำที่ได้มีการติดตั้งใหม่ในส่วนขยายจำนวน 4 จุด ซึ่งเวปไซต์และโปรแกรมสามารถแสดงข้อมูลปริมาณน้ำผ่านอาคารและระดับน้ำ พร้อมกับการนำออกข้อมูลย้อนหลังได้ 3) ข้อมูลความชื้นดิน เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลความชื้นดินทั้ง 120 แปลงที่ได้มีการติดตั้งในโครงการระยะที่ 1 มาเชื่อมโยงและรวมระบบให้สามารถติดตามได้เวปไซต์เดียวดัน และ 4) ระบบการเชื่อมโยงข้อมูลจากหน่วยงานภายนอก ซึ่งเป็นข้อมูลระดับลุ่มน้ำปิงและจังหวัด ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝน อ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำท่า ซึ่งเจ้าหน้าที่โครงการฯ ท่อทองแดง สามารถเข้าใช้งานเพื่อติดตามข้อมูลอัปเดตรายวันได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ส่วนที่ 2 การวางแผน เป็นการบันทึกข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกที่ได้ทำการสำรวจรายสัปดาห์ โดยในงานวิจัยฯ นี้ได้ออกแบบให้มีการบันทึกข้อมูลในรูปแบบของการปฏิบัติงานจริง ซึ่งเมื่อทำการอัปเดตข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรายงานในแต่ละสัปดาห์ ระบบจะทำการสรุปพื้นที่เพาะปลูกทั้งโครงการฯ รายคลองส่งน้ำ และรายฝ่ายส่งน้ำฯ ซึ่งสามารถใช้งานในการติดตามพื้นที่เพาะปลูกสะสมในแต่ละฤดูกาล จากนั้นระบบประมวลสถานการณ์ฯ จะทำการคำนวณปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสมล่วงหน้ารายสัปดาห์ ณ วันที่บันทึกข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจนถึงสิ้นสุดฤดูกาลเก็บเกี่ยว โดยเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลความชื้นดินที่มีการรายงานในปัจจุบัน

ส่วนที่ 3 การควบคุมสั่งการ เป็นการควบคุมสั่งการเปิดปิดอาคารส่งน้ำที่มีการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ แบ่งเป็น 2 โหมด คือ โหมดเสนอแนะ และโหมด AI โดยโหมดเสนอแนะเป็นการคำนวณปริมาณการส่งน้ำในแต่ละ ทรบ. ล่วงหน้ารายสัปดาห์จากพื้นที่เพาะปลูกที่ได้บันทึกในส่วนการวางแผน ซึ่งในส่วนการควบคุมสั่งการ เมื่อบันทึกข้อมูลในส่วนที่ 2 สามารถใช้ส่วนการควบคุมสั่งการเพื่อสั่งการเปิดปิดประตู โดยใช้ค่าปริมาณการส่งน้ำที่ระบบประมวลสถานการณ์เสนอแนะฯ ตามแบบจำลองการลดการสูญเสียปริมาณการส่งน้ำที่เกินความต้องการของพืชร้อยละ 15 ส่วนโหมด AI เป็นโหมดการวางแผนการส่งน้ำที่งานวิจัยนี้ได้คาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกรายฤดูกาลล่วงหน้า ซึ่งได้จัดทำแผนการส่งน้ำเป็นรายสัปดาห์ ผู้ใช้งานสามารถใช้โหมดนี้ในการส่งน้ำเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่เพาะปลูกจริงกับพื้นที่เพาะปลูกคาดการณ์ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้เวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ยังสามารถควบคุมสั่งการประตูโดยการระบุค่าปริมาณน้ำที่ต้องการปฏิบัติการหรือกำหนดระยะเปิดบานได้โดยผู้ปฏิบัติการเพื่อสั่งการอัตโนมัติผ่านเวปไซต์ได้ตามที่ต้องการ

ส่วนที่ 4 การคาดการณ์ ในส่วนนี้เป็นการแสดงระดับน้ำคาดการณ์ในแต่ละจุดตรวจวัดของคลองส่งน้ำสายหลักและสายซอย ซึ่งในเวปไซต์เป็นการแสดงค่าคาดการณ์ระดับน้ำและเวลาการเดินทางของน้ำที่มีการ

จำลองเป็นรายวันทุกวันเวลา 07.00 น. โดยได้เชื่อมโยงจากค่าปฏิบัติการปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. ทั้ง 6 ตัวที่เกิดขึ้นจริง แตกต่างจากในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้งานสามารถกรอกค่าปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. ได้ด้วยตนเอง เพื่อจำลองรูปแบบการปฏิบัติการส่งน้ำที่มีอิทธิพลต่อระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลักและสายซอย



รูปที่ 3-25 รูปแบบการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ

รูปที่ 3-26 โปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ

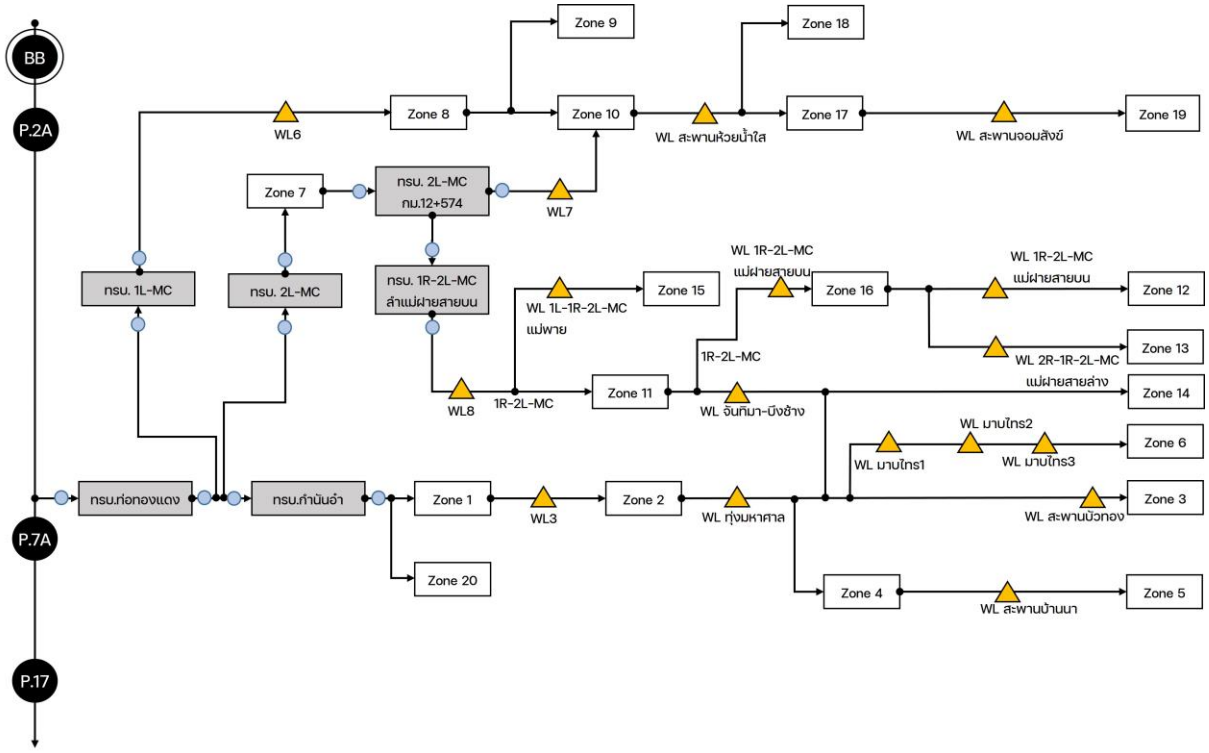
รูปที่ 3-27 เวปไซต์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ

3.6 ผลการทดสอบระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม ในช่วงฤดูแล้ง 64/65 และฤดูฝน 65

การทดสอบระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ช่วงฤดูแล้ง 64/65 เป็นการวางแผนการส่งน้ำรายสัปดาห์ของพื้นที่เพาะปลูกรายงานตั้งแต่วันที่ 1 พ.ย. 2564 และเลือกพื้นที่ปฏิบัติการส่งน้ำจริงตามแผนการเสนอแนะจากระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมที่มีการนำข้อมูลความชื้นดินจากเครื่องมือวัดความชื้นเข้ามาพิจารณาร่วมด้วย โดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีผังการส่งน้ำเข้าแต่ละพื้นที่เกษตรกรรมรายโซนดังรูปที่ 3-28 แยกเป็น 3 ฝ่ายส่งน้ำ มีประตูในการควบคุมบังคับน้ำเข้าแต่ละฝ่ายที่สามารถควบคุมอัตโนมัติจากการติดตั้งเครื่องมือในโครงการวิจัยฯ จำนวน 6 แห่ง ได้แก่ ทรบ.ท่อทองแดง ทรบ.กำนันอ่ำ ทรบ.1L-MC ทรบ.2L-MC ทรบ.2L-MC กม.12+574 และ ทรบ.1R-2L-MC ลำแม่ฝายสายบน โดยแต่ละ ทรบ.ในคลองส่งน้ำสายรอง รับน้ำจาก ทรบ.ท่อทองแดง ซึ่งเป็นทรบ.หลักที่รับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าโครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดง และการทดน้ำของ ทรบ.กำนันอ่ำ เพื่อกระจายน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำที่ 1 2 และ 3 มีผังการควบคุมน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมในแต่ละฝ่ายส่งน้ำและแต่ละโซน สรุปในตารางที่ 3-15 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ฝ่ายส่งน้ำที่ 1 ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรมโซน 7 โซน 8 โซน 9 โซน 17 โซน 18 โซน 19 และโซน 10 โดยพื้นที่เกษตรกรรมโซน 7 โซน 8 และ โซน 9 ควบคุมการส่งน้ำด้วย ทรบ.1L-MC มีจุดวัดระดับน้ำ WL6 ที่คลองส่งน้ำ 1L-MC ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 8 ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมโซน 17 โซน 18 โซน 19 และโซน 10 ควบคุมการส่งน้ำด้วย ทรบ.2L-MC และ ทรบ.2L-MC กม.12+574 มีจุดวัดระดับน้ำที่สะพานห้วยน้ำใส สะพานจอมสังข์ และ WL7 ที่คลองส่งน้ำ 2L-MC ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม Zone 17 Zone 19 และ Zone 10 ตามลำดับ
- ฝ่ายส่งน้ำ 2 ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรมโซน 15 โซน 16 โซน 12 โซน 12 โซน 11 โซน 14 และโซน 6 รับน้ำจากการควบคุมการส่งน้ำด้วย ทรบ.2L-MC และ ทรบ.ลำแม่ฝายสายบนในการส่งน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม โดยทั้งหมดสามารถแบ่งการส่งน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อย 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ใช้น้ำจากคลองแม่พาย มีจุดวัดระดับน้ำที่คลองแม่พาย 1L-1R-2L-MC ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 15 จุดวัดระดับน้ำคลองแม่ฝายสายบน 1R-2L-MC ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 16 จุดวัดระดับน้ำคลองแม่ฝายสายบน 1R-2L-MC ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 12 จุดวัดระดับน้ำคลองแม่ฝายสายล่าง 1R-2L-MC ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 13 และกลุ่ม 2) คือ กลุ่มที่ใช้น้ำจากคลองจันทิมาบึงช้าง โดยมีจุดวัดระดับน้ำคลองลำแม่ฝายสายบน WL8 ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 11 จุดวัดระดับน้ำคลองจันทิมา-บึงช้าง ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 14 และจุดวัดระดับน้ำคลองแม่พาย WL1L-1R-2L-MC และ WL คลองมาบไทร ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 6
- ฝ่ายส่งน้ำที่ 3 ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรมโซน 2 โซน 3 โซน 4 โซน 5 และโซน 20 ควบคุมการส่งน้ำด้วย ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำ มีจุดวัดระดับน้ำที่คลองส่งน้ำสายหลักท่อทองแดง WL3 ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 2 จุดวัดระดับน้ำสะพานบัวทอง ใช้ในการติดตาม

ระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 3 จุดวัดระดับน้ำสะพานทุ่งมหาศาล ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 4 จุดวัดระดับน้ำสะพานบ้านนา ใช้ในการติดตามระดับน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมโซน 5



รูปที่ 3-28 ผังการส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 3-15 สรุปผังการจัดสรรน้ำผ่าน ทรบ.ควบคุมน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมในแต่ละโซนส่งน้ำ

<table>
<tr><td rowspan="15">ทรบ.ท่อทองแดง</td><td rowspan="15">ทรบ.กำนันอำ</td><td rowspan="5">สบ.1</td><td colspan="2">ทรบ.1L-MC</td><td colspan="3">Zone 7</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">ทรบ.1L-MC</td><td colspan="3">Zone 8 (WL6)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทรบ.1L-MC</td><td colspan="3">Zone 9</td></tr>
<tr><td rowspan="10">ทรบ.
2L-MC</td><td rowspan="4">ทรบ.2L-MC
กม.12+574</td><td colspan="3">Zone 17 (WL สะพานห้วยน้ำใส)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zone 18</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zone 19 (WL สะพานจอมสังข์)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zone 10 (WL7)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">สบ.2</td><td rowspan="6">ทรบ.ลำแม่
ฝายสายบน</td><td rowspan="3">Zone 15
(WL 1L-1R-2L-MC แม่พาย)</td><td rowspan="3">Zone 16
(WL 1R-2L-MC
แม่ฝายสายบน)</td><td>Zone 12
(WL 1R-2L-MC
แม่ฝายสายบน)</td></tr>
<tr><td>Zone 13
(WL 1R-2L-MC
แม่ฝายสายล่าง)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zone 14 (WL จันทิมา-บึงช้าง)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Zone 11
(WL8)</td><td colspan="2" rowspan="3">Zone 6
- WL 1L-1R-2L-MC แม่พาย
- WL มาบไทร 2 จุด</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">สบ.3</td><td rowspan="3">Zone 1</td><td rowspan="2">Zone 2
(WL3)</td><td colspan="3">Zone 3 (WL สะพานบัวทอง)</td></tr>
<tr><td>Zone 4 (WL สะพานทุ่งมหาศาล)</td><td colspan="2">Zone 5 (WL สะพานบ้านนา)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Zone 20</td></tr>
</table>

จากการประเมินประสิทธิภาพของการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในโครงการระยะที่ 1 (โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม 2563, สกสว.) ได้มีการจำลองความต้องการน้ำของพื้นที่เกษตรกรรมในโครงการฯ ท่อทองแดง โดยใช้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจากโครงการวิจัยฯ ที่มีการคำนวณความต้องการน้ำของพืชร่วมกับความชื้นดินที่มีการตรวจวัดจากเครื่องมือที่ติดตั้ง เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการตามเป้าหมายการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 โดยพบว่า ในฤดูแล้ง 60/61 สามารถลดการส่งน้ำได้ 34.07 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 16.62 ส่วนในฤดูแล้ง 61/62 สามารถลดการส่งน้ำเทียบกับการส่งจริงได้ 81.37 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 23.28 สรุปผลเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงในตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 เปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการในภาพรวมทั้งโครงการ

การประหยัดน้ำเชิงการบริหารจัดการ	ฤดูแล้ง 60/61	ฤดูแล้ง 61/62
ภาพรวมทั้งโครงการ		
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	205.03	349.57
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	449,178	492,129
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	170.96	268.20
ประหยัดน้ำ (%)	16.62%	23.28%
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	34.07	81.37
เฉพาะพื้นที่เพาะปลูกข้าว		
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	93.62	270.50
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	344,948	373,799
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	78.20	202.33
ประหยัดน้ำ (%)	16.47%	25.20%
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	15.42	68.17

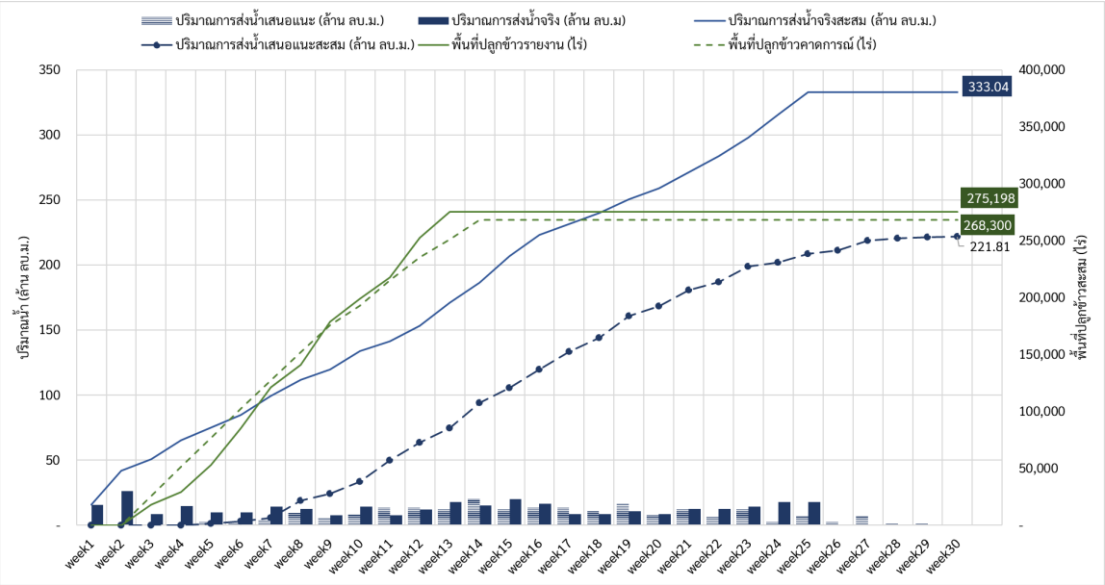
การทดสอบระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในโครงการ (ส่วนขยาย) ของงานวิจัยเป็นทดสอบการวางแผนการส่งน้ำอย่างเต็มระบบที่ได้บูรณาการข้อมูลจากเครื่องมือที่ติดตั้งในระยะที่ 1 เข้ารวมกับที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 2 โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกรายงานรายสัปดาห์ที่สำรวจโดยฝ่ายส่งน้ำฯ ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง โดยการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำทำการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำรายสัปดาห์ที่ได้คำนวณร่วมกับความชื้นดิน และระดับน้ำตรวจวัดในคลองส่งน้ำสายหลักและสายรอง เพื่อเป็นค่าเสนอแนะปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯ ผ่าน ทรบ.ท่อทองแดง และการปฏิบัติการควบคุมน้ำผ่าน ทรบ.คลองส่งน้ำสายรองที่ได้มีการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ

ผลการวางแผนการส่งน้ำในฤดูแล้ง 64/65 ที่มีการใช้งานจริงในระหว่างการปฏิบัติการของโครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดง งานวิจัยได้คาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 64/65 ในช่วงต้นฤดูวันที่ 1 พ.ย. 64 ไว้ที่ปริมาณ 268,300 ไร่ และมีการติดตามพื้นที่เพาะปลูกรายสัปดาห์ ผลการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำรวมจากระบบปฏิบัติการที่ได้พัฒนาขึ้นเสนอแนะให้รับน้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง 221.81 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงที่ตรวจวัดอยู่ที่ปริมาณ 333.04 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งได้รวมปริมาณน้ำที่ส่ง

ให้กับพื้นที่เพาะปลูกของโครงการฯ ท่อทองแดง และมีปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่ชลประทานในโครงการส่งน้ำฯ วังบัวที่เป็นเขตติดต่อของโครงการฯ ท่อทองแดง ที่ปริมาณ 58.75 ล้าน ลบ.ม. ตลอดฤดูแล้ง 64/65 (เนื่องจาก ทรบ.วังบัว ที่รับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าโครงการฯ อยู่ในระหว่างก่อสร้าง) ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพจากการใช้งานระบบที่สามารถลดปริมาณการส่งน้ำภายใต้พื้นที่เพาะปลูกที่มีการรายงานจริงอยู่ที่ร้อยละ 23.99 และเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้ง 4/65 พบว่าโครงการฯ ท่อทองแดงมีพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 275,198 ไร่ คิดเป็นความคลาดเคลื่อนจากที่คาดการณ์เพียงร้อยละ 2 แสดงผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง 64/65 ดังรูปที่ 3-29

นอกจากการทดสอบระบบปฏิบัติการในช่วงฤดูแล้ง 64/65 แล้ว ยังได้มีการใช้งานระบบปฏิบัติการฯ ต่อเนื่องถึงฤดูฝน 65 (วันที่ 13 มิ.ย. 2565) ซึ่งงานวิจัยได้ทำการคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีในฤดูฝน 65 โดยคาดการณ์พื้นที่ปลูกข้าวไว้รวม 344,509 ไร่ และปัจจุบันจากการติดตามพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี ถึงวันที่ 13 มิ.ย. 65 มีพื้นที่เพาะปลูกรายงานไปแล้วทั้งสิ้น 285,709 ไร่ เทียบกับที่งานวิจัยได้คาดการณ์ไว้ถึง 13 มิ.ย. 65 มีพื้นที่เพาะปลูก 269,699 ไร่ คิดเป็นความแม่นยำของการวางแผนการเพาะปลูกรายฤดูกาลร้อยละ 94 ส่วนการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำ งานวิจัยได้เสนอแนะให้รับน้ำรวมเข้าระบบทั้งฤดูฝน 65 อยู่ที่ปริมาณ 303.97 ล้าน ลบ.ม. สะสมถึงวันที่ 13 มิ.ย. 65 ได้เสนอแนะให้รับน้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดงที่ปริมาณ 52.12 ล้าน ลบ.ม. รับจริงเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงไปแล้ว 75.10 ล้าน ลบ.ม. โดยระบบได้แสดงให้เห็นว่าจากการใช้งานสามารถลดการส่งน้ำทีเกินความต้องการน้ำของพืชได้ร้อยละ 30 แสดงผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูฝน 65 ดังรูปที่ 3-30

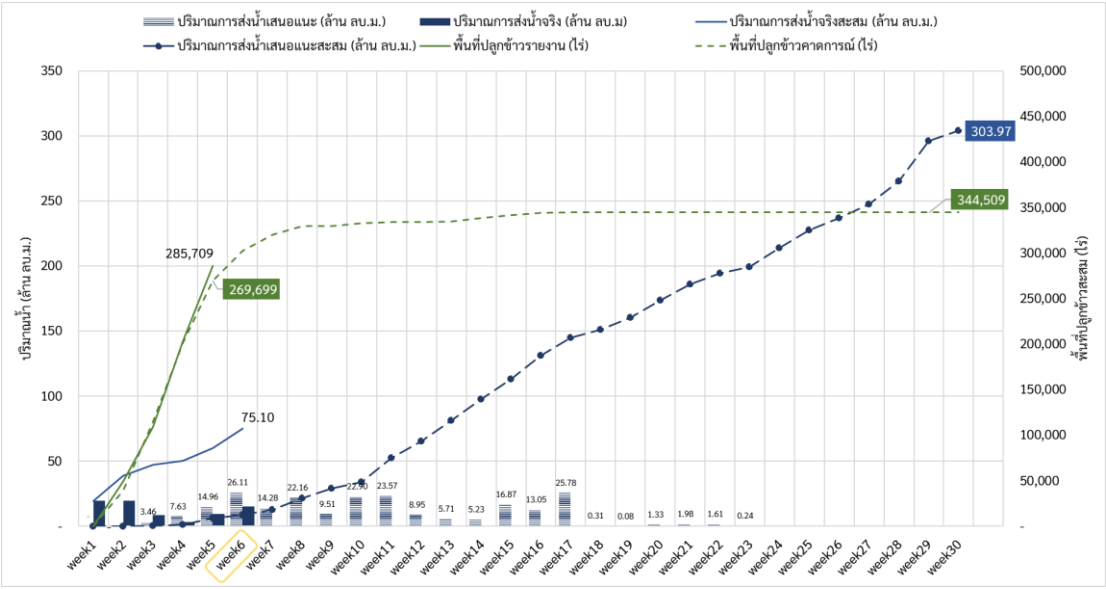
จากผลการทดสอบระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำในระหว่างการปฏิบัติจริง เห็นได้ว่า สามารถใช้งานได้ทั้งการวางแผนการเพาะปลูกรายฤดูกาลในกรอบใหญ่ของการส่งน้ำและสามารถใช้งานในการวางแผนส่งน้ำรายสัปดาห์จากพื้นที่เพาะปลูกที่มีการติดตามรายสัปดาห์ ให้สอดคล้องกับพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกจริงและสอดคล้องกับความชื้นดิน ณ ปัจจุบันที่มีการตรวจวัดจากเครื่องมือ เป็นการลดการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการของพืช และลดปริมาณการส่งน้ำที่ไม่ตรงกับช่วงเวลาการเพาะปลูกจริง



ฤดูแล้ง 64/65	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง จากที่ระบบเสนอแนะ	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง วัดจริง	ประสิทธิภาพการลดการใช้น้ำ Efficiency (%)
ปริมาณการส่งน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	221.81	333.04	24%*
พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง (ไร่)	268,300	275,198	98%

หมายเหตุ *การประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency) ของข้อมูลวัดจริง ได้หักน้ำที่ ทรบ.ท่อทองแดงส่งไปวังบัวปริมาณ 58.75 ล้าน ลบ.ม.

รูปที่ 3-29 ผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง 64/65



ฤดูฝน 65	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง จากที่ระบบเสนอแนะ ทั้งฤดูฝน 65	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดงจากที่ระบบเสนอแนะ*	น้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง วัดจริง*	ประสิทธิภาพ การลดการใช้น้ำ* Efficiency (%)
ปริมาณการส่งน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	303.97	52.15	75.10	30%
พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี (ไร่)	344,509	269,699	285,709	94%

หมายเหตุ * เนื่องจาก ณ ปัจจุบันวันที่ 13 มิ.ย. 65 ยังไม่สิ้นสุดฤดูฝน 65 การประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency) จึงเป็นการประเมินปริมาณการส่งน้ำจากระบบที่เสนอแนะเทียบกับวัดจริงในช่วงวันที่ 1 พ.ค. ถึง 13 มิ.ย. 65

รูปที่ 3-30 ผลการทดสอบการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในช่วงฤดูฝน 65

นอกจากนี้งานวิจัยยังได้ลงพื้นที่ร่วมกับเจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงในช่วงการทดสอบระบบปฏิบัติการ ฤดูแล้ง 64/65 เมื่อวันที่ 24 ก.พ. 2565 โดยเป็นการทดสอบระบบการคาดการณ์ระดับน้ำในคลองส่งน้ำจากการปฏิบัติการจริงในการสั่งการเปิดปิดระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ แสดงบรรยากาศการลงพื้นที่ทดสอบระบบดังรูปที่ 3-31 ซึ่งจากการร่วมปฏิบัติการจริงในการส่งน้ำกับฝ่ายส่งน้ำฯ พบว่า ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำสามารถปฏิบัติการได้จริงตามระยะที่สั่งการจากเวปไซต์ มีความคลาดเคลื่อนของการระยะเปิดบานน้อยกว่า 5 ซม. และระบบคาดการณ์ระดับน้ำสามารถคาดการณ์เวลาการเดินทางของน้ำและระดับน้ำในระดับคลองส่งน้ำสายซอยได้แม่นยำมากกว่าร้อยละ 90 สรุปผลการคาดการณ์จากการทดสอบระบบในตารางที่ 3-17

รูปที่ 3-31 บรรยากาศการลงพื้นที่ทดสอบระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ

ตารางที่ 3-17 -ผลการทดสอบระบบการคาดการณ์ระดับน้ำจากระบบประมวลสถานการณ์ฯ

ผลการทดสอบระบบ วันที่ 25 ก.พ. 2565	ปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. Q (ลบ.ม. ต่อวินาที)		WL3 (คลองสายหลัก MC)		
	ปัจจุบัน	ทดสอบระบบ	คาดการณ์	ตรวจวัด	แม่นยำ (%)
ทรบ.ท่อทองแดง	27.89	40.38	2.02	2.01	99%
ทรบ.กำนันอำ	24.86	22.77			
ทรบ.1L-MC	0	0			
ทรบ.2L-MC	0	23.96			
ทรบ.2L-MC กม.12+574	0	0			
ทรบ.1R-2L-MC	10.96	4.28			

ระดับน้ำคาดการณ์ (เมตร)								
WL7 (คลอง 2L-MC)			WL8 (คลองลำแม่ฝายสายบน)			WL 1L-1R-2L-MC (คลองแม่พาย)		
คาดการณ์	ตรวจวัด	แม่นยำ (%)	คาดการณ์	ตรวจวัด	แม่นยำ (%)	คาดการณ์	ตรวจวัด	แม่นยำ (%)
1.38	1.51	91%	1.40	1.50	93%	0.47	0.45	96%

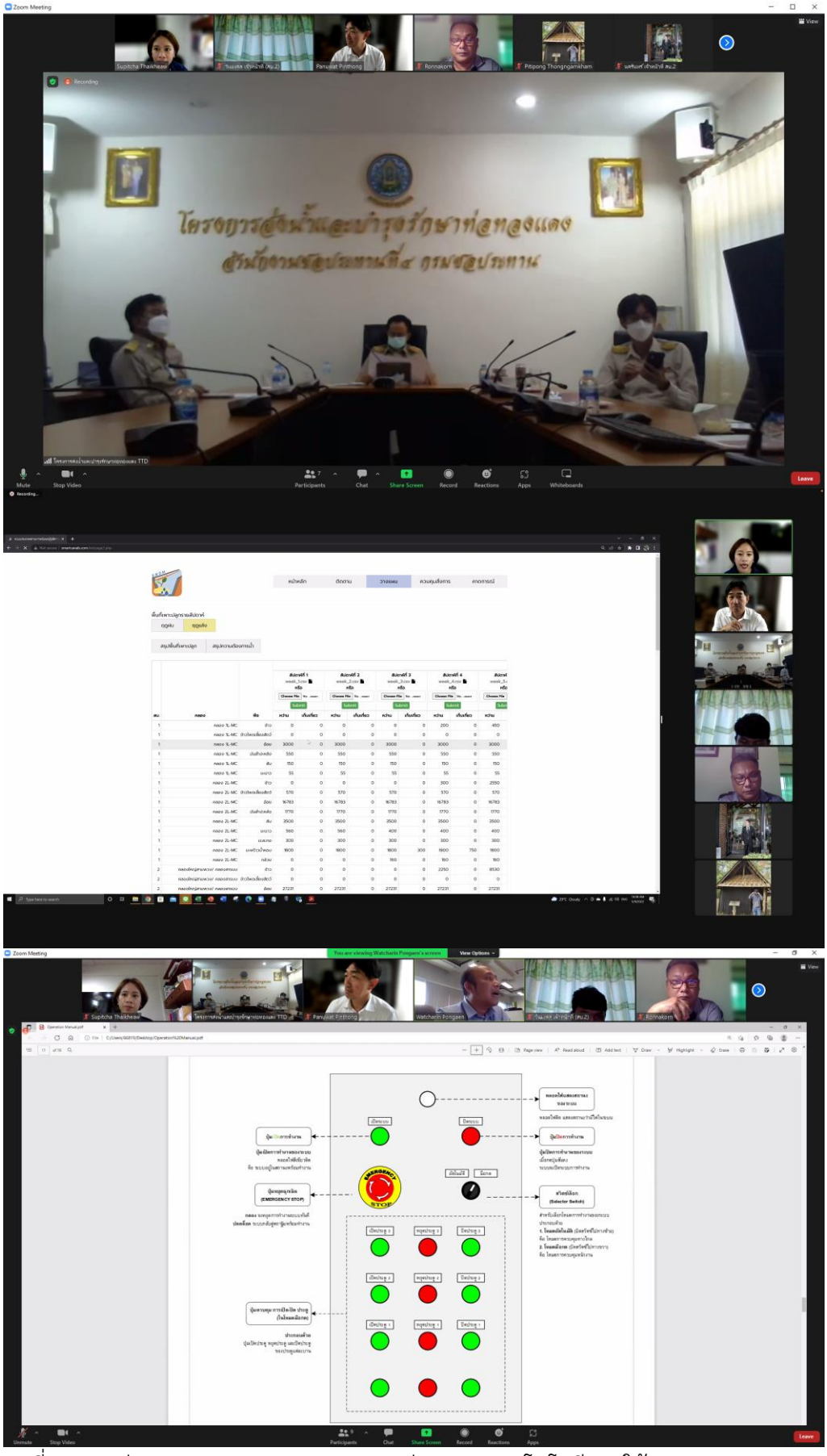
3.7 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการใช้ประโยชน์ให้แก่เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน

การอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเมื่อวันที่ 9 พ.ค. 2565 เวลา 13.00 น. ถึง 16.00 น. ผ่านระบบการประชุมทางไกล (Zoom Online Meeting) โดยได้ติดตั้งเครื่องมือในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไว้ที่โครงการฯ ท่อทองแดง และได้แนะนำการเข้าถึงเวปไซต์ฯ พร้อมกับการถ่ายทอดการใช้งานเทคโนโลยีและส่งมอบคู่มือการใช้งานให้แก่กลุ่มเป้าหมายที่เป็นเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการฝ่ายจัดสรรน้ำและฝ่ายส่งน้ำทั้ง 3 ฝ่ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ซึ่งเป็นผู้ใช้งานเครื่องมือและระบบประมวลสถานการณ์น้ำที่งานวิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยมีเนื้อหา ดังนี้

- ผลผลิตและการใช้ประโยชน์จากระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ
- โปรแกรมคอมพิวเตอร์และเวปไซต์ของระบบประมวลสถานการณ์ฯ
- ระบบควบคุมการเปิดปิด ทรบ. แบบอัตโนมัติ การดูแลบำรุงรักษาระบบ และการแก้ไขปัญหา
- ทดสอบการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ

ผลของการอบรมการใช้งานและถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการฝ่ายจัดสรรน้ำและฝ่ายส่งน้ำมีความเข้าใจสามารถใช้งานระบบทั้ง Hardware และ Software ได้เป็นอย่างดี พร้อมกับสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นจนถึงการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันเมื่อโครงการวิจัยฯ ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว งานวิจัยนี้ยังได้มีการติดตามการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์น้ำฯ และมีการใช้คำปรึกษาถึงปัญหาและข้อสงสัยในการใช้งานอย่างต่อเนื่อง แสดงบรรยากาศการถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ ให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงดังรูปที่ 3-32

รูปที่ 3-32 บรรยากาศการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 9 พ.ค. 2565



รูปที่ 3-32 (ต่อ) บรรยากาศการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้งานระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 9 พ.ค. 2565

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม (ส่วนขยาย) เป็นโครงการวิจัยที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม ที่เชื่อมโยงกับโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทาน พื้นที่ศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ซึ่งได้ดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2562 โดยโครงการวิจัยฯ ในระยะแรก เป็นการพัฒนาเครื่องมือเพื่อการบริหารจัดการน้ำในระดับโครงการชลประทานและการพัฒนาอุปกรณ์ในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ร่วมกับการเชื่อมโยงข้อมูลตรวจวัดภาคสนามที่มีการติดตามแบบ Real-time เข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเสนอแนะการส่งน้ำที่เหมาะสมร่วมกับการจำลองการไหลในระดับคลองส่งน้ำของโครงการชลประทาน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการส่งน้ำชลประทานที่เกินความต้องการของพืชอย่างน้อยร้อยละ 15

ผลสำเร็จของงานวิจัยในระยะแรก ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำผ่านอาคารแบบอัตโนมัติ 2 จุดใน ทรบ.หลักของโครงการส่งน้ำฯ ได้แก่ ทรบ.ท่อทองแดง และทรบ.กำนันอ่ำ ทำการพัฒนาและติดตั้งจุดวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำทั้งหมด 8 จุด และจุดวัดชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม 120 จุด จากการลงพื้นที่ภาคสนามประชุมเกษตรกรในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ได้มีการแบ่งกลุ่มเกษตรกรที่ใช้น้ำจากคลองเดียวกันได้เป็น 20 โซนการส่งน้ำแต่ยังคงอยู่ภายใต้ขอบเขตของฝ่ายส่งน้ำทั้ง 3 ฝ่ายเดิมตามรูปแบบการปฏิบัติงาน อีกทั้งการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นยังเป็นตัวแทนของพื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นที่เป็นที่ลุ่ม ที่ดอน ที่ใช้น้ำจากต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลอง ครอบคุลม 20 โซนการส่งน้ำทั้งหมด 120 จุด พร้อมกับการสำรวจช่วงเวลาและรูปแบบการเพาะปลูกเพื่อกำหนดเป็นช่วงเวลาการส่งน้ำที่ตรงกับวิถีปฏิบัติของเกษตรกร ทำให้สามารถแบ่งรอบการใช้น้ำในแต่ละโซนเพื่อจัดทำแบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำที่มีการพิจารณาความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรมร่วมด้วย

การพัฒนางานวิจัยในระยะแรกในระดับผู้ปฏิบัติงานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงได้มีเครื่องมือในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัย ใช้งานในการติดตามข้อมูลปริมาณน้ำผ่านอาคาร ข้อมูลระดับน้ำ และข้อมูลความชื้นดิน พร้อมกับสามารถใช้งานในการจำลองปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสมในระดับภาพรวมของโครงการและปริมาณน้ำรวมที่จะส่งไปยังแต่ละฝ่ายส่งน้ำทั้ง 3 ฝ่ายได้ โดยการใช้งานเปิดปิดอาคารส่งน้ำสามารถสั่งการได้อัตโนมัติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมโยงเข้ากับเวปไซต์ปฏิบัติการ อีกทั้งยังสามารถจำลองการไหลในระดับคลองส่งน้ำจากปริมาณน้ำที่จะจัดสรร เพื่อจำลองการไหลไปยังพื้นที่ปลายคลองสำหรับการเตือนภัยปริมาณน้ำทั้งน้ำท่วมและน้ำแล้ง ซึ่งได้ลดขั้นตอนและความยุ่งยากในการใช้กำลังคนหรือเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานส่งน้ำ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาแอปพลิเคชันในการติดตามข้อมูล

ความชื้นดินและกลุ่ม Line Notify ในแจ้งเตือนระดับความชื้นในแปลงเกษตรกรรมให้แก่เกษตรกรตัวแทนจุดติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นครอบคลุมทั้งโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ผลสำเร็จของงานวิจัยในระยะแรกจากการพัฒนาเครื่องมือในการวางแผนการจัดสรรน้ำที่สอดรับกับปริมาณความต้องการน้ำเกษตรกรรมที่มีการนำข้อมูลความชื้นดินจากการติดตั้งเครื่องมือในการติดตามสถานะการทำเกษตรกรรมแบบ Real-time มาร่วมในการประเมินปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสม สามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 โดยมีการทดสอบการใช้งานแบบจำลองการลดปริมาณการสูญเสียน้ำในการจัดสรรน้ำเข้าพื้นที่ชลประทาน จากการแบ่งกลุ่มการส่งน้ำออกเป็น 20 โซนตามกลุ่มการใช้น้ำจากคลองเดียวกันที่มีการเหลื่อมเวลาการเพาะปลูกพร้อมกัน และจำลองรูปแบบการส่งน้ำตามจริงจากพฤติกรรมการใช้น้ำของเกษตรกรที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม ร่วมกับการจำลองสภาพการใช้น้ำโดยพิจารณาข้อมูลความชื้นดินแบบ real-time จากเครื่องมือตรวจวัดในภาคสนาม ซึ่งจากการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำที่ลดลงเชิงการบริหารจัดการ พบว่า พบว่า ในฤดูแล้ง 60/61 สามารถประหยัดน้ำจากการส่งจริงได้ 34.07 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 16.62 ส่วนในฤดูแล้ง 61/62 สามารถประหยัดน้ำเปรียบเทียบกับปริมาณการส่งจริงได้ถึง 81.37 ล้าน ลบ.ม. หรือร้อยละ 23.28 จากการจำลองปริมาณการใช้น้ำตามแนวคิดของโครงการวิจัยฯ

ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นที่มาของโครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง (ส่วนขยาย) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมต่อขยายจากระยะแรกให้มีความสมบูรณ์โดยการเชื่อมโยงและบูรณาการเครื่องมือให้สามารถบริหารจัดการน้ำได้อย่างเต็มระบบ และพิจารณาการใช้น้ำผิวดิน (น้ำชลประทาน) ร่วมกับน้ำใต้ดินในระดับแปลงเกษตรกรรม อธิบายสรุปแต่ละองค์ประกอบของงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน ได้ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาและติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติพร้อมเชื่อมโยงระบบการติดตาม ประมวลผล และสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ (เชื่อมโยงกับระบบเดิมที่พัฒนาแล้วในระยะที่ 1)

การติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ทรบ.รับน้ำ แบบอัตโนมัติจำนวน 4 จุด อยู่ในคลองส่งน้ำสายซอยและสายแยกซอย ได้แก่ 1) ทรบ.ปากคลอง 1L-MC ทำหน้าที่รับน้ำจากการทดน้ำของ ทรบ.กำนันอำส่งน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำบำรุงรักษาที่ 1 2) ทรบ.ปากคลอง 2L-MC ทำหน้าที่รับน้ำจากการทดน้ำของ ทรบ.กำนันอำ ส่งน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำบำรุงรักษาที่ 2 3) ทรบ.กลางคลอง 2L-MC กม.12+574 ทำหน้าที่แบ่งน้ำระหว่างพื้นที่ชลประทานตอนปลายของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และพื้นที่ชลประทานของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 เพื่อส่งน้ำไป อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร อ.คีรีมาศ อ.เมืองสุโขทัย จ.สุโขทัย และ 4) ทรบ.ปากคลอง 1R-2L-MC ทำหน้าที่ในการส่งน้ำฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 พื้นที่ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร พร้อมกับได้ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำทั้งหมด 13 จุด ครอบคลุมการส่งน้ำไปยังพื้นที่ปลายคลองส่งน้ำในเขตฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ในเขต ต.ศรีคีรีมาศ ทุ่งหลวง ปากพระ โตนด หนองกระดิ่งจ.สุโขทัย พื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและ

บำรุงรักษาที่ 2 ในเขต ต.บึงทับแรต หนองหลวง ลานกระบือ และพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ในเขต ต. ไทรงาม ช่องลม ประชาสุขสันต์ จ.กำแพงเพชร

จากการติดตั้งเครื่องมือเพื่อการบริหารจัดการน้ำในส่วนขยายของงานวิจัย ทำให้โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำได้แบบอัตโนมัติ รวมทั้งหมด 6 จุด เป็นระบบปฏิบัติการที่สามารถควบคุมสั่งการส่งน้ำแบบอัตโนมัติทั้งใน ทรบ.ที่รับน้ำหลักเข้าโครงการ และ ทรบ.ที่ใช้ในการกระจายน้ำสู่พื้นที่ระดับโซนการส่งน้ำ และสามารถติดตามระดับน้ำในคลองส่งน้ำตั้งแต่ต้นคลอง จนถึงปลายคลองสิ้นสุดขอบเขตพื้นที่ส่งน้ำ รวมทั้งหมด 21 จุด ซึ่งข้อมูลจากเครื่องมือที่ตรวจวัดทั้งหมดได้ถูกรวมระบบเข้าสู่แม่ข่าย และเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ เพื่อพัฒนาเป็นเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้แก่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ซึ่งผลผลิตของโครงการวิจัยจากการพัฒนาเวปไซต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำได้เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง โดยการลดขั้นตอนและความซับซ้อนของการปฏิบัติงาน และสามารถใช้งานในการวางแผนการส่งน้ำและการจัดสรรน้ำได้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน

4.2 ผลการพัฒนาระบบการติดตามและประมวลสถานการณ์น้ำผิวดินในระบบชลประทานร่วมกับการใช้น้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบพลศาสตร์ ในระดับแปลงเกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง (ส่วนขยาย)

การประเมินการส่งน้ำชลประทานตามความต้องการน้ำของพืช งานวิจัยในส่วนขยายนี้ยังได้มีการเชื่อมโยงกับการประเมินศักยภาพการใช้น้ำใต้ดินของพื้นที่ชลประทาน (โครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง, 2565) เพื่อประเมินสัดส่วนการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกัน โดยพบว่า สัดส่วนการใช้น้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จากการประเมินในฤดูแล้ง 61/61 ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกจริง 449,178 ไร่ ได้มีปริมาณการส่งน้ำเข้าระบบจริง 205.03 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่การจำลองการใช้น้ำจากระบบปฏิบัติการฯ ได้เสนอแนะให้มีการส่งน้ำ 170.96 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งหากคิดการจำลองการใช้น้ำบาดาลร่วมที่ปริมาณ 28.05 ล้าน ลบ.ม. พบว่าสามารถประหยัดการใช้น้ำชลประทานจากการใช้งานระบบปฏิบัติการฯ ร่วมกับการประเมินศักยภาพการใช้น้ำบาดาลได้ร้อยละ 19 ส่วนในฤดูแล้ง 61/62 มีพื้นที่เพาะปลูกจริง 492,129 ไร่ ระบบปฏิบัติการฯ ได้มีการเสนอแนะการส่งน้ำที่ปริมาณ 268.2 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่มีการรับปริมาณน้ำเข้าระบบ 349.57 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งหากพิจารณาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำชลประทานในปริมาณ 36.3 ล้าน ลบ.ม. ตลอดฤดูกาล จากการใช้งานระบบปฏิบัติการฯ ที่งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขึ้นสามารถลดการใช้น้ำที่เกินความต้องการน้ำของพืชได้ถึงร้อยละ 26 สรุปผลการประเมินผลสำเร็จของโครงการจากการประมวลสถานการณ์การใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินผลสำเร็จของโครงการจากการประมวลสถานการณ์การใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน

การประหยัดน้ำเชิงการบริหารจัดการ ในภาพรวมทั้งโครงการ	ฤดูแล้ง 60/61	ฤดูแล้ง 61/62
ปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	205.03	349.57
พื้นที่เพาะปลูกจริง (ไร่)	449,178	492,129
ผลจำลองปริมาณน้ำส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	170.96	268.2
ประหยัดน้ำจากการส่งจริง (ล้าน ลบ.ม.)	34.07	81.37
ประหยัดน้ำ (%)	17%	23%
กรณีคิดการใช้น้ำบาดาลร่วม		
ปริมาณการใช้น้ำบาดาล (ล้าน ลบ.ม.)	28.05	36.3
ปริมาณน้ำส่งจริง หักน้ำบาดาล (ล้าน ลบ.ม.)	176.98	313.27
ผลจำลองปริมาณน้ำเสนอแนะ (ร่วมกับความชื้นดิน) หักน้ำบาดาล (ล้าน ลบ.ม.)	142.91	231.9
ประหยัดน้ำ (%)	19%	26%

4.3 ผลการพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบทั้งในระดับโครงการชลประทานและระดับแปลงเกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมอย่างเต็มรูปแบบ ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ได้มีการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในคลองส่งน้ำสายซอยและคลองธรรมชาติ ร่วมกับการทดสอบระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมในโครงการ (ส่วนขยาย) ในการวางแผนการส่งน้ำอย่างเต็มระบบที่ได้บูรณาการข้อมูลจากเครื่องมือที่ติดตั้งในระยะที่ 1 เข้ารวมกับที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 2 สามารถประเมินประสิทธิภาพของการส่งน้ำตามเป้าหมายของโครงการวิจัยฯ จากการติดตามพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งที่มีการสำรวจจริงรายสัปดาห์ ในช่วงฤดูแล้ง 64/65 พบว่า ระบบปฏิบัติการจากงานวิจัยฯ ได้เสนอแนะให้รับน้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดง 221.81 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงตรวจวัดอยู่ที่ปริมาณ 333.04 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งได้รวมปริมาณน้ำที่ส่งให้กับพื้นที่เพาะปลูกของโครงการฯ ท่อทองแดง และปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่ชลประทานในโครงการส่งน้ำฯ วังบัวที่เป็นเขตติดต่อของโครงการฯ ท่อทองแดง ที่ปริมาณ 58.75 ล้าน ลบ.ม. ตลอดฤดูแล้ง 64/65 (เนื่องจาก ทรบ.วังบัว ที่รับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าโครงการฯ อยู่ในระหว่างก่อสร้าง) ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพจากการใช้งานระบบที่สามารถลดปริมาณการส่งน้ำภายใต้พื้นที่เพาะปลูกที่มีการรายงานจริงอยู่ที่ร้อยละ 23.99 และเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้ง 64/65 พบว่าโครงการฯ ท่อทองแดงมีพื้นที่เพาะปลูกจริงรวมทั้งสิ้น 275,198 ไร่ จากที่งานวิจัยนี้ได้คาดการณ์ไว้ 268,300 ไร่ คิดเป็นความแม่นยำในการคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกรายฤดูกาลถึงร้อยละ 98

นอกจากการทดสอบระบบปฏิบัติการในช่วงฤดูแล้ง 64/65 แล้ว ยังได้มีการใช้งานระบบปฏิบัติการฯ ต่อเนื่องถึงฤดูฝน 65 (วันที่ 13 มิ.ย. 2565) ซึ่งงานวิจัยได้ทำการคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีในฤดูฝน 65 โดยคาดการณ์พื้นที่ปลูกข้าวไว้รวม 344,509 ไร่ และปัจจุบันจากการติดตามพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี ถึงวันที่ 13 มิ.ย. 65 มีพื้นที่เพาะปลูกรายงานไปแล้วทั้งสิ้น 285,709 ไร่ เทียบกับที่งานวิจัยได้คาดการณ์ไว้ถึง 13 มิ.ย.

65 มีพื้นที่เพาะปลูก 269,699 ไร่ คิดเป็นความแม่นยำของการวางแผนการเพาะปลูกรายฤดูกาลร้อยละ 94 ส่วนการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำ งานวิจัยได้เสนอแนะให้รับน้ำรวมเข้าระบบทั้งฤดูฝน 65 อยู่ที่ปริมาณ 303.97 ล้าน ลบ.ม. สะสมถึงวันที่ 13 มิ.ย. 65 ได้เสนอแนะให้รับน้ำเข้า ทรบ.ท่อทองแดงที่ปริมาณ 52.12 ล้าน ลบ.ม. รับจริงเข้าโครงการฯ ท่อทองแดงไปแล้ว 75.10 ล้าน ลบ.ม. โดยระบบได้แสดงให้เห็นว่าจากการใช้งานสามารถลดการส่งน้ำทีเกินความต้องการน้ำของพืชได้ร้อยละ 30

จากผลการทดสอบระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำในระหว่างการปฏิบัติจริง เห็นได้ว่า สามารถใช้งานได้ทั้งการวางแผนการเพาะปลูกรายฤดูกาลในกรอบใหญ่ของการส่งน้ำและสามารถใช้งานในการวางแผนส่งน้ำรายสัปดาห์จากพื้นที่เพาะปลูกที่มีการติดตามรายสัปดาห์ ให้สอดคล้องกับพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกจริงและสอดคล้องกับความชื้นดิน ณ ปัจจุบันที่มีการตรวจวัดจากเครื่องมือ เป็นการลดการส่งน้ำที่เกินกว่าความต้องการของพืช และลดปริมาณการส่งน้ำที่ไม่ตรงกับช่วงเวลาการเพาะปลูกจริง

การใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำทั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำผ่านอาคารบังคับน้ำแบบอัตโนมัติ เครื่องมือวัดระดับน้ำ เครื่องมือวัดความชื้นดิน การใช้งานระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำทั้งในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเวปไซต์ ซึ่งเป็นผลผลิตของโครงการพัฒนาเทคโนโลยีเต็มรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรม (ส่วนขยาย) ได้มีการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงทั้งในภาคสนามและในระบบออนไลน์เป็นที่เรียบร้อย ซึ่งตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ งานวิจัยฯ ได้รับข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานหลักซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาเครื่องมือให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานและสอดคล้องกับรูปแบบปฏิบัติงานจริง ซึ่งปัจจุบัน (ในฤดูฝน 65) เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงยังคงใช้งานระบบฯ อย่างต่อเนื่อง โดยมีนักวิจัยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้งาน การติดตามพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะ และการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์อยู่เสมอ

4.4 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

การใช้งานเทคโนโลยีและเครื่องมือเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำอย่างทันต่อเวลามีความสำคัญต่อการบริหารจัดการน้ำให้เกิดประสิทธิภาพและทันต่อสภาพที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยการใช้ประโยชน์จากเครื่องมือที่งานวิจัยฯได้พัฒนาขึ้นช่วยให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงสามารถวางแผนการจัดสรรน้ำได้อย่างเหมาะสมจากการประเมินปริมาณน้ำที่ต้องส่งได้ตรงกับปริมาณและช่วงเวลาความต้องการของพืชจากข้อมูลความชื้นดินที่มีการติดตามออนไลน์ ช่วยลดการส่งน้ำเกินความต้องการซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียของปริมาณน้ำต้นทุนซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดในภาวะน้ำแล้ง

การติดตามข้อมูลระดับน้ำตลอดคลองส่งน้ำตั้งแต่ต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลอง ร่วมกับการบริหารจัดการระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำผ่านอาคารบังคับน้ำที่สามารถสั่งการออนไลน์จากเวปไซต์ ทำให้เกิดภาพรวมการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบทั้งการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงและการส่งน้ำไปยังพื้นที่ชลประทานหรือพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทานอื่นที่ใกล้เคียง โดยเป็นข้อมูลการติดตามและการคาดการณ์ที่สามารถใช้เพื่อป้องกันและลดพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับ

ผลกระทบจากน้ำท่วมและน้ำแล้ง อีกทั้งยังลดความซับซ้อนและลดกำลังคนในการปฏิบัติงานโดยเฉพาะในภาวะวิกฤติน้ำท่วมน้ำแล้ง

ข้อเสนอแนะในการใช้น้ำในปีน้ำปกติและน้ำมาก จากการใช้งานระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมจากโครงการวิจัย สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกนอกเขตชลประทานจากการลดการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทาน โดยแบ่งเป็นพื้นที่ตอนปลายติดกับฝ่ายส่งน้ำที่ 1 พื้นที่ 83,000 ไร่ ที่ ต.หนองจิก สามพวง โตนด ศรีคีรีมาศ หนองกระดิ่ง ทุ่งหลวง นาเชิงคีรี บ้านป้อม อ.คีรีมาศ และ ต.ปากพระ อ.เมืองสุโขทัย พื้นที่ตอนปลายติดกับฝ่ายส่งน้ำที่ 2 พื้นที่ 106,000 ไร่ ที่ ต.หนองกุลา พันเสา บึงกอก นิคมพัฒนา บางระกำ อ.บางระกำ และต.ชุมแสงสงคราม อ.บางระกำ และพื้นที่ตอนปลายติดกับฝ่ายส่งน้ำที่ 3 พื้นที่ 51,000 ไร่ ที่ ต.บึงบัว บ้านนา วังโมกข์ อ.วชิรบารมี ส่วนในปีน้ำน้อย ให้ส่งน้ำเฉพาะพื้นที่ชลประทานในเขตรับผิดชอบของโครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดง โดยพื้นที่นอกเขตชลประทานให้มีการสำรองน้ำต้นทุนในแหล่งน้ำของตนเองเพื่อใช้ในการเพาะปลูกช่วงฝนทิ้งช่วง และให้ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนหลัก โดยการใช้น้ำจากระบบชลประทานจะเป็นการใช้น้ำเสริมเฉพาะในช่วงการขาดแคลนน้ำ ร่วมกับใช้เทคโนโลยีการติดตามความชื้นดินเพื่อพิจารณาการใช้น้ำให้เหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืช โดยในปีน้ำน้อย โครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดงมีศักยภาพในการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานด้านท้ายขอบเขตติดต่อซึ่งเป็นพื้นที่ของวังบัว มีพื้นที่ชลประทาน 443,474 ไร่ จากการลดการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำฯ ท่อทองแดง และยังเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 27 โครงการชลประทาน ซึ่งจากการจำลองการทดสอบใช้งานระบบจริงของพื้นที่ต้นแบบโครงการฯ ท่อทองแดงในฤดูฝน 64 พบว่าสามารถลดการใช้น้ำในเขตชลประทานได้ร้อยละ 26 มีปริมาณน้ำเหลือจากระบบ 55 ล้าน ลบ.ม. สามารถช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกได้เพิ่ม 102,414 ไร่ ส่วนในฤดูแล้ง 64/65 สามารถลดการใช้น้ำในเขตชลประทานได้ร้อยละ 33 เป็นปริมาณน้ำที่เหลือจากระบบส่งพื้นที่อื่นได้ 76 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกประเมิน 139,506 ไร่ โดยการประเมินปริมาณน้ำเหลือจากระบบคิดจากการลดการใช้น้ำเฉพาะในเขตชลประทานเทียบกับการใช้น้ำตามรูปแบบเดิม

ผลผลิตและผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางปฏิบัติให้แก่พื้นที่ชลประทานอื่นที่มีระบบการรับน้ำส่งน้ำเข้าพื้นที่รับประโยชน์ที่ชัดเจน พื้นที่ปัญหาการใช้น้ำร่วมกันกับพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายคลองในขอบเขตระดับลุ่มน้ำหรือจังหวัด พื้นที่ที่มีการขยายตัวของการใช้น้ำเกษตรกรรมภายใต้แหล่งน้ำต้นทุนเดียวกันที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและระบบประมวลสถานการณ์และปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเพื่อลดปริมาณการส่งน้ำที่เกินจากความต้องการของระบบและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกันของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานและกลุ่มผู้ใช้น้ำ กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งในภาวะน้ำท่วมน้ำแล้ง จนถึงการใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการส่งน้ำ นำไปสู่การแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งของเกษตรกรต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำต้นทุน ภายใต้การสร้างการมีส่วนร่วมและการพัฒนาความเข้าใจถึงความสำคัญของการใช้งานเทคโนโลยีเพื่อการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม

คู่มือการใช้งานโปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์น้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จ.กำแพงเพชร

คู่มือสำหรับโปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. คู่มือการใช้งาน
2. คู่มือทางเทคนิค

คู่มือการใช้งาน เป็นคู่มือสำหรับผู้ใช้งานโปรแกรมทั่วไป นำเสนอในส่วนของการออกแบบ และการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม (user interface). คู่มือทางเทคนิค เป็นคู่มือสำหรับผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานที่มีความเชี่ยวชาญ นำเสนอข้อมูลทางด้านเทคนิคต่างๆ ของโปรแกรม ได้แก่ ความต้องการของระบบฯ ขั้นตอนการติดตั้งและการถอนการติดตั้ง รวมถึงการตั้งค่าให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ.

คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง (TTD) เป็นเครื่องมือในการติดตามและเฝ้าระวังสถานการณ์น้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง รวมถึงสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการน้ำ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำหลัก และประตูระบายน้ำของโครงการ ตลอดจนสามารถคาดการณ์ และจำลองสถานการณ์น้ำให้สอดคล้องกับการเพาะปลูกในพื้นที่โครงการ รูปแบบของโปรแกรมนำเสนอการบริหารจัดการน้ำในส่วนต่างๆ อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นหมวดหมู่

โปรแกรมประกอบด้วยหน้าต่างโปรแกรมย่อย ซึ่งมีแนวทางการนำเสนอและใช้งานต่างกันดังต่อไปนี้

- ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ
- ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ
- ส่วนบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (ROS)
- ส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ (WAM)
- ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ
- ส่วนการคาดการณ์ระดับน้ำ
- ส่วนฐานข้อมูล

โปรแกรมพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรม Visual Basic สามารถประมวลผลบนระบบปฏิบัติการ Windows ทั้งแบบ 32 บิต และ 64 บิต โดยในการทำงานของโปรแกรม ต้องเชื่อมโยงกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อดึงและส่งข้อมูลที่จำเป็นมาเป็นอินพุตและเอาท์พุตสำหรับการคำนวณของโปรแกรม ขนาดหน้าจอแสดงผลต้องไม่ต่ำกว่า 1024 x 768 pixels เพื่อให้การแสดงผลหน้าต่างโปรแกรมครบถ้วนสมบูรณ์

รายละเอียดการนำเสนอและการทำงานของหน้าต่างโปรแกรมย่อยต่างๆ สามารถอธิบายดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ

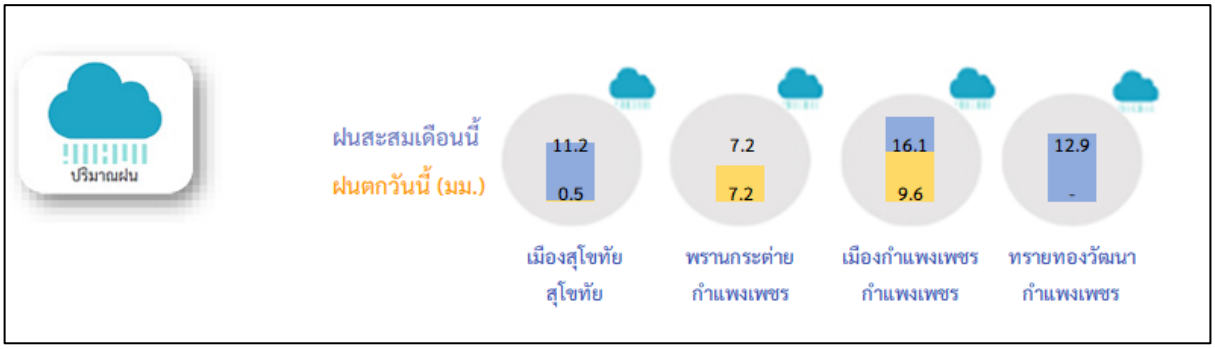
ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำเป็นหน้าแรกของโปรแกรม นำเสนอข้อมูลปริมาณฝน สถานการณ์อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลฯ ปริมาณน้ำท่าที่สถานีหลัก ประตูระบายน้ำ คลองส่งน้ำ และความชื้นดิน ในพื้นที่โครงการ โดยนำเสนอเฉพาะส่วนสำคัญเพื่อให้เห็นภาพรวมของสถานการณ์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ ก-1 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ

รูปที่ ก-1 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ

หน้าต่างโปรแกรมแสดงข้อมูล 6 ส่วน โดยทางฝั่งซ้ายของหน้าต่างโปรแกรมแสดงสถานการณ์ปริมาณฝน อ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำท่า ฝั่งขวาแสดงประตูระบายน้ำ คลองส่งน้ำ และความชื้นดิน แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปริมาณฝน

หน้าแรกของโปรแกรมแสดงปริมาณฝนที่สถานีหลัก 4 สถานี ดังแสดงในรูปที่ ก-2 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ปริมาณฝน



รูปที่ ก-2 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ปริมาณฝน

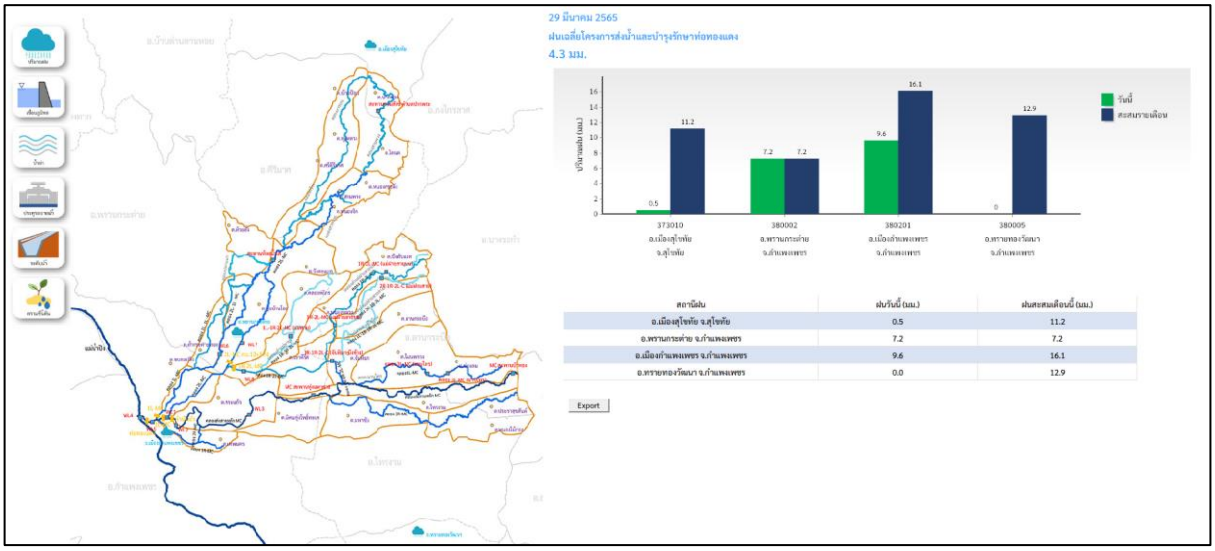
สถานีฝนที่นำเสนอประกอบด้วย 4 สถานีดังนี้

- สถานีอำเภอเมืองสุโขทัย จ.สุโขทัย
- สถานีอำเภอพรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร
- สถานีอำเภอเมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร
- สถานีอำเภอทรายทองวัฒนา จ.กำแพงเพชร

โปรแกรมแสดงปริมาณฝนวันนี้ (หน่วย มิลลิเมตร) ในรูปแบบกราฟแท่งสีเหลือง และปริมาณฝนสะสมเดือนนี้ (หน่วย มิลลิเมตร) ในรูปแบบกราฟแท่งสีน้ำเงิน ค่าปริมาณฝนเป็นค่าที่อ่านได้จากเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน อัพเดททุกวัน

จากรูปที่ ก-2 สถานการณ์ฝนที่สถานีอำเภอเมืองสุโขทัย จ.สุโขทัย แสดงอยู่ในวงกลมซ้ายสุด ค่าปริมาณฝนวันนี้ อ่านได้ 0.5 มิลลิเมตร ปริมาณฝนสะสมตลอดทั้งเดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ของเดือนนี้ จนถึงวันปัจจุบัน คือ 11.2 มิลลิเมตร สถานการณ์ฝนที่สถานีอำเภอพรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร แสดงอยู่ในวงกลมที่ 2 จากซ้าย ค่าปริมาณฝนวันนี้ อ่านได้ 7.2 มิลลิเมตร ปริมาณฝนสะสมตลอดทั้งเดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ของเดือนนี้ จนถึงวันปัจจุบัน คือ 7.2 มิลลิเมตร สถานการณ์ฝนที่สถานีอำเภอเมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร แสดงอยู่ในวงกลมที่ 3 จากซ้าย ค่าปริมาณฝนวันนี้ อ่านได้ 9.6 มิลลิเมตร ปริมาณฝนสะสมตลอดทั้งเดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ของเดือนนี้ จนถึงวันปัจจุบัน คือ 16.1 มิลลิเมตร และสถานการณ์ฝนที่สถานีอำเภอทรายทองวัฒนา จ.กำแพงเพชร แสดงอยู่ในวงกลมขวาสุด ค่าปริมาณฝนวันนี้ อ่านได้ 0 มิลลิเมตร ปริมาณฝนสะสมตลอดทั้งเดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ของเดือนนี้ จนถึงวันปัจจุบัน คือ 12.9 มิลลิเมตร

เมื่อคลิกที่รูปปริมาณฝนด้านซ้าย โปรแกรมแสดงหน้าต่างรายละเอียดของสถานการณ์ฝน ดังแสดงในรูปที่ ก-3 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดปริมาณฝน

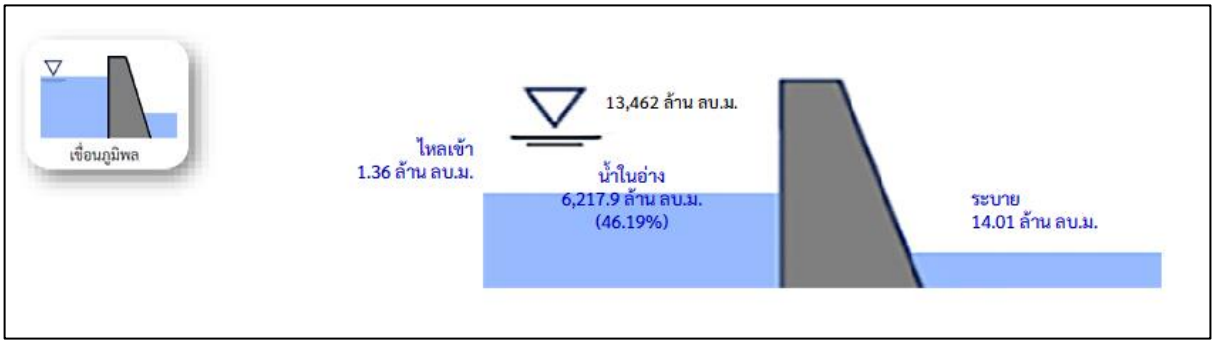


รูปที่ ก-3 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดปริมาณฝน

ฝั่งซ้ายโปรแกรมแสดงแผนที่ขอบเขตโครงการ และตำแหน่งของสถานีฝนทั้ง 4 สถานี ฝั่งขวาแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยวันนี้ของทั้ง 4 สถานี กราฟแท่งสีเขียวแสดงปริมาณฝนวันนี้ กราฟแท่งสีน้ำเงินแสดงปริมาณฝนสะสมรายเดือน และตารางปริมาณฝนด้านล่างแสดงค่าดังกล่าวตามลำดับ ตารางดังกล่าวสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

หน้าแรกของโปรแกรมแสดงสถานการณ์น้ำที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ดังแสดงในรูปที่ ก-4 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

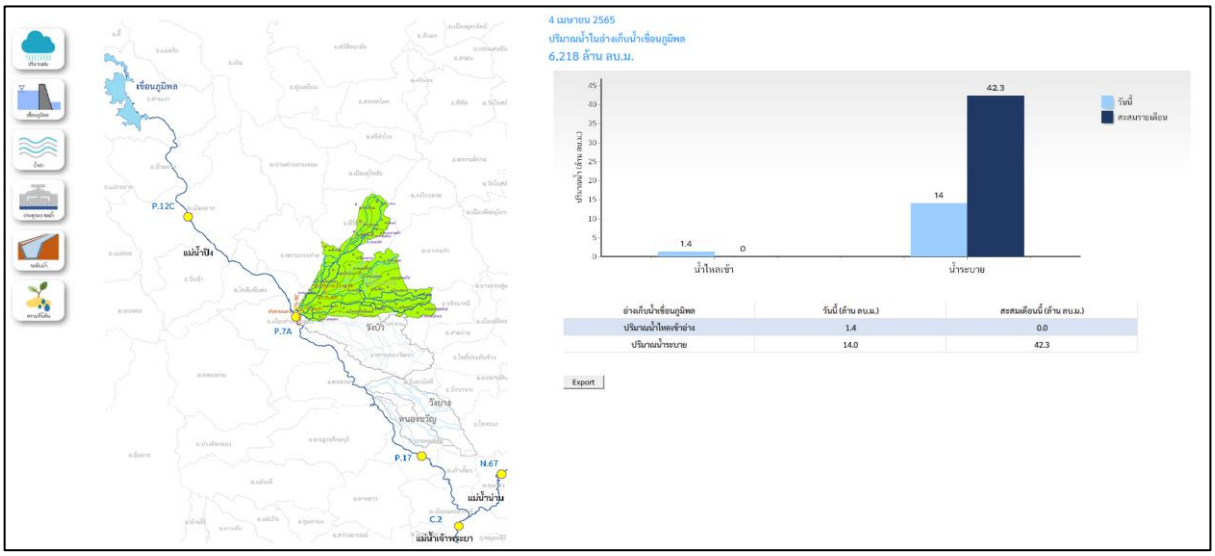


รูปที่ ก-4 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

โปรแกรมแสดงสถานการณ์ปริมาณน้ำที่เขื่อนภูมิพลวันนี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำเก็บกัก ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง และปริมาณการระบายน้ำ (หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน) จากรูปที่ ก-4 ค่าปริมาณน้ำไหลเข้าวันนี้อยู่ด้านซ้ายสุด ตรงกลางแสดง ความจุอ่างฯ ปริมาณน้ำเก็บกักวันนี้ รวมถึงร้อยละของปริมาณน้ำเก็บกักเทียบกับปริมาตรความจุของอ่างฯ ฝั่งขวาสุดแสดงปริมาณการระบายน้ำวันนี้ โดยค่าที่อ่านได้จากเว็บไซต์การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อัพเดททุกวัน

จากรูปที่ ก-4 สถานการณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลวันนี้ ปริมาณน้ำเก็บกักปัจจุบันคือ 6217.9 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 46.19 ของความจุอ่างฯ ปริมาณน้ำไหลเข้าวันนี้คือ 1.36 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณการระบายน้ำวันนี้คือ 14.01 ล้านลูกบาศก์เมตร

เมื่อคลิกที่รูปเขื่อนด้านซ้าย โปรแกรมแสดงหน้าต่างรายละเอียดของสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ ก-5 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

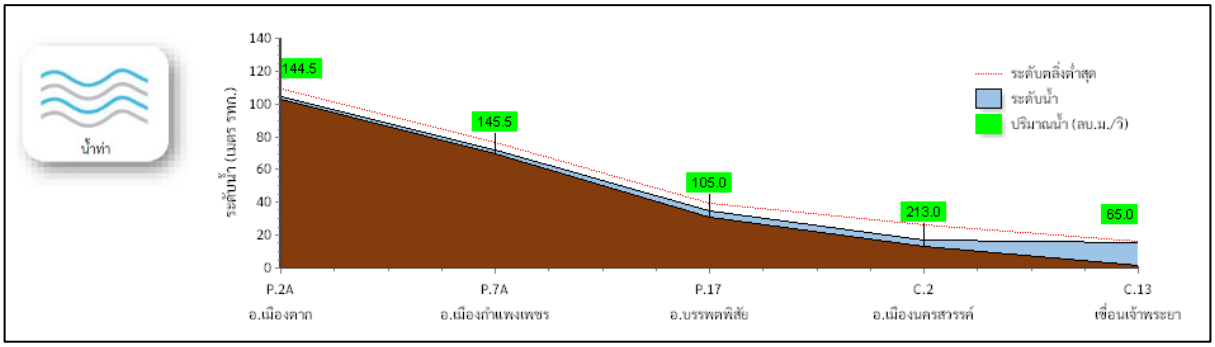


รูปที่ ก-5 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

ฝั่งซ้ายโปรแกรมแสดงตำแหน่งเขื่อนภูมิพลและพื้นที่โครงการสีเขียวอ่อน ฝั่งขวาแสดงปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำวันนี้ กราฟแท่งสีฟ้าแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าวันนี้ และปริมาณการระบายน้ำวันนี้ กราฟแท่งสีน้ำเงินเข้มแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าสะสมรายเดือน และปริมาณการระบายน้ำสะสมรายเดือน โดยคิดจากวันที่ 1 ของเดือน จนถึงวันปัจจุบัน ข้างใต้กราฟแสดงตารางสถานการณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ตารางดังกล่าวสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

ปริมาณน้ำท่า

หน้าแรกของโปรแกรมแสดงปริมาณน้ำท่าที่สถานีหลัก 5 สถานี ตั้งแต่แม่น้ำปิงที่ตำแหน่งอำเภอเมืองตากไปจนถึงแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำแหน่งท้ายเขื่อนเจ้าพระยา ดังแสดงในรูปที่ ก-6 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ปริมาณน้ำท่า



รูปที่ ก-6 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ปริมาณน้ำท่า

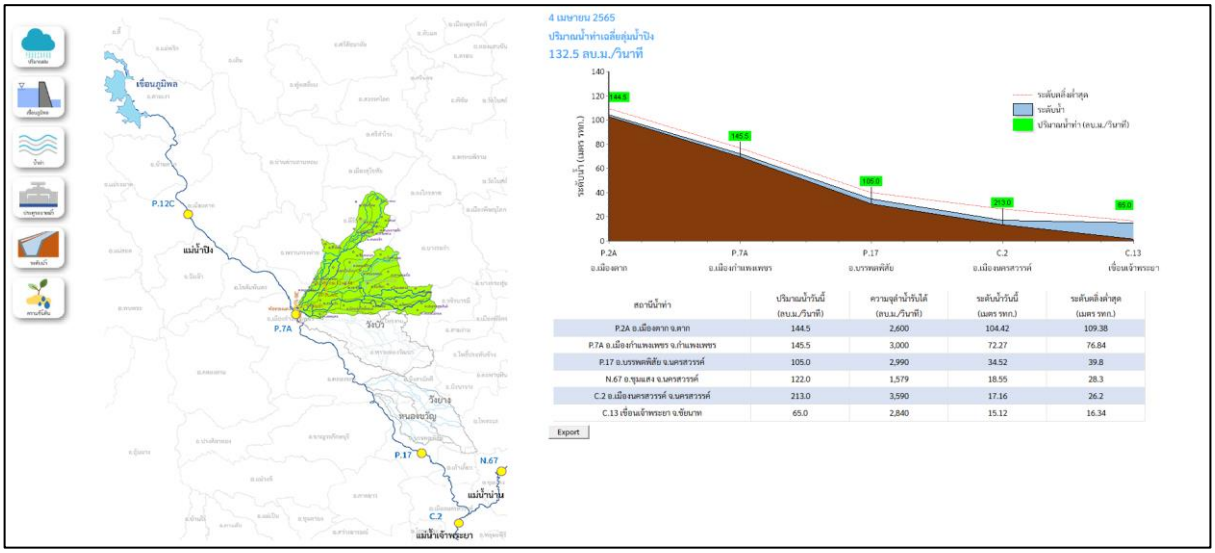
สถานีน้ำท่าที่นำเสนอประกอบด้วย 5 สถานีดังนี้

- สถานี P.2A อำเภอเมืองตาก จ.ตาก
- สถานี P.7A อำเภอเมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร
- สถานี P.17 อำเภอบรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์
- สถานี C.2 อำเภอเมืองนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์
- สถานี C.13 ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท

โปรแกรมแสดงระดับน้ำปัจจุบัน (หน่วย เมตร รทก.) และปริมาณน้ำท่าปัจจุบัน (หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ในรูปแบบกราฟตามยาวของแม่น้ำ (River Profile) เส้นกราฟสีฟ้าคือระดับน้ำ เส้นกราฟสีน้ำตาลคือระดับท้องน้ำ เส้นกราฟสีแดงคือระดับตลิ่งต่ำสุด กล่องสีเขียวแสดงปริมาณน้ำท่า ค่าดังกล่าวอ่านได้จากเว็บไซต์กรมชลประทาน อัพเดททุกวัน

จากรูปที่ ก-6 สถานการณ์น้ำท่าที่สถานี C.2 อำเภอเมืองนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ ที่ 2 จากขวาสุดของกราฟ ค่าปริมาณน้ำท่าวันนี้ อ่านได้ 65 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระดับน้ำที่สถานียังไม่เกินระดับตลิ่งต่ำสุด แสดงว่าไม่มีสถานการณ์น้ำท่วมที่สถานีนี้

เมื่อคลิกที่รูปปริมาณน้ำท่าด้านซ้าย โปรแกรมแสดงหน้าต่างรายละเอียดของสถานการณ์ปริมาณน้ำท่า ดังแสดงในรูปที่ ก-7 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดปริมาณน้ำท่า



รูปที่ ก-7 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดปริมาณน้ำท่า

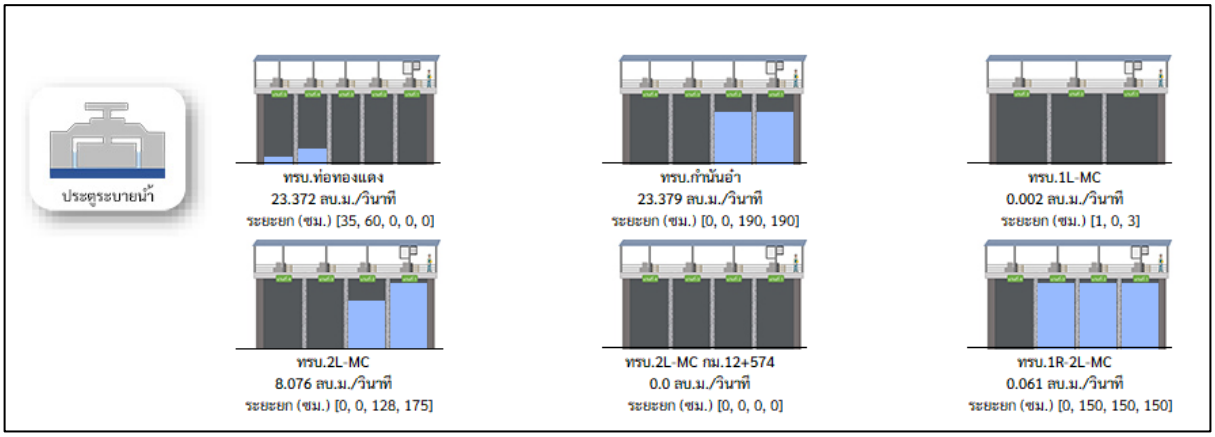
ฝั่งซ้ายโปรแกรมแสดงตำแหน่งสถานีหลักโดยรอบพื้นที่โครงการ ฝั่งขวาแสดงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยวันนี้ของทั้ง 5 สถานี สำหรับตารางแสดงปริมาณน้ำท่าที่สถานีดังกล่าวข้างต้น 5 สถานี รวมถึงสถานี N.67 อำเภอชุมแสง จ.นครสวรรค์ด้วย รวมทั้งหมด 6 สถานี ตารางแสดงปริมาณน้ำวันนี้ ความจุลำน้ำที่รับได้ ระดับน้ำวันนี้ และระดับตลิ่งต่ำสุดตามลำดับ ตารางดังกล่าวสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

ประตูระบายน้ำ

หน้าแรกของโปรแกรมแสดงประตูระบายน้ำ 6 ประตู ได้แก่

- ทรบ.ท่อทองแดง
- ทรบ.กำนันอ่ำ
- ทรบ. 1L-MC
- ทรบ. 2L-MC
- ทรบ. 2L-MC กม.12+574
- ทรบ. 1R-2L-MC

ประตูระบายน้ำทั้ง 6 ประตูดังกล่าวเป็นประตูระบายน้ำหลักของโครงการ ซึ่งใช้ในการบริหารจัดการสถานการณ์น้ำในโครงการ ดังแสดงในรูปที่ ก-8 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ประตูระบายน้ำ



รูปที่ ก-8 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ประตูระบายน้ำ

ทรบ.ท่อทองแดง ตั้งอยู่ที่ ตำบลหนองปลิง อำเภอเมืองกำแพงเพชร ระดับประตูสูงสุด 240 เซนติเมตร มีบานประตูระบายน้ำ 5 บาน

ทรบ.กำนันอ่ำ ตั้งอยู่ที่ ตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองกำแพงเพชร ระดับประตูสูงสุด 240 เซนติเมตร มีบานประตูระบายน้ำ 4 บาน

ทรบ.1L-MC ตั้งอยู่ที่ ตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองกำแพงเพชร ระดับประตูสูงสุด 240 เซนติเมตร มีบานประตูระบายน้ำ 3 บาน

ทรบ.2L-MC ตั้งอยู่ที่ ตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองกำแพงเพชร ระดับประตูสูงสุด 175 เซนติเมตร มีบานประตูระบายน้ำ 4 บาน

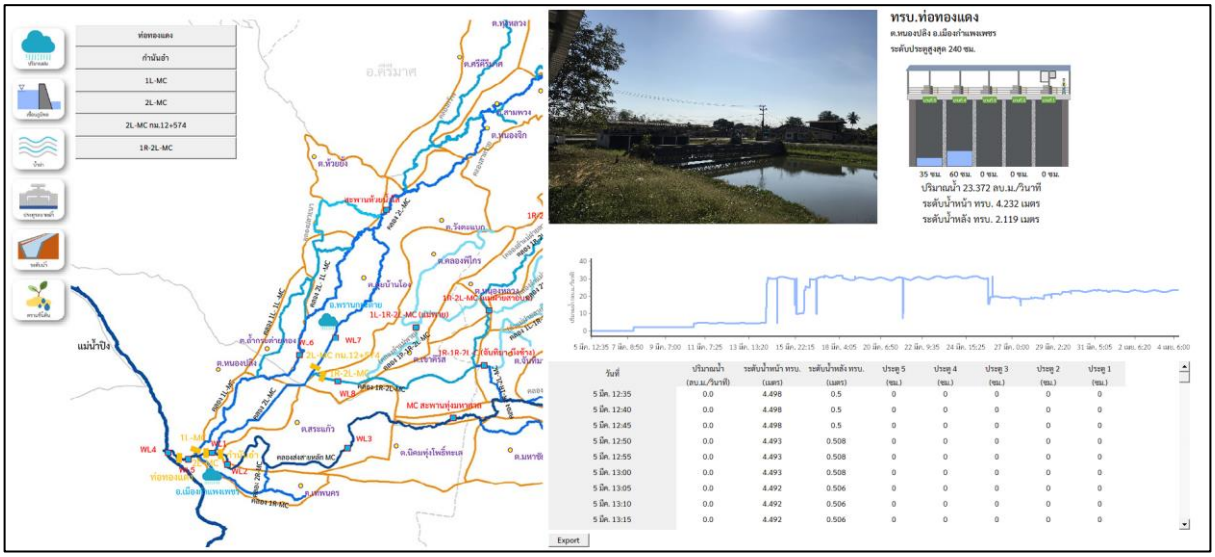
ทรบ.2L-MC กม.12+574 ตั้งอยู่ที่ ตำบลถ้ำกระต่ายทอง อำเภอพรานกระต่าย ระดับประตูสูงสุด 175 เซนติเมตร มีบานประตูระบายน้ำ 4 บาน

ทรบ.1R-2L-MC ตั้งอยู่ที่ ตำบลเขาคีริส อำเภอพรานกระต่าย ระดับประตูสูงสุด 150 เซนติเมตร มีบานประตูระบายน้ำ 4 บาน

โปรแกรมแสดงระยะเปิดบานปัจจุบัน (หน่วย เซนติเมตร) และปริมาณน้ำไหลผ่านประตูปัจจุบัน (หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ค่าดังกล่าวอ่านได้จากเว็บไซต์ของโครงการ อัพเดททุก 5 นาที

จากรูปที่ ก-8 ทรบ.ท่อทองแดง มีปริมาณน้ำไหลผ่านประตู 23.372 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีระยะเปิดบานปัจจุบันโดยเรียงจากประตูที่ 5 ทางซ้ายสุดถึงประตูที่ 1 ทางขวาสุด อ่านค่าได้ 35, 60, 0, 0, 0 เซนติเมตรตามลำดับ ทรบ.กำนันอ่ำ มีปริมาณน้ำไหลผ่านประตู 23.379 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีระยะเปิดบานปัจจุบันโดยเรียงจากประตูที่ 4 ทางซ้ายสุดถึงประตูที่ 1 ทางขวาสุด อ่านค่าได้ 0, 0, 190, 190 เซนติเมตร เป็นต้น

เมื่อคลิกที่รูปประตูระบายน้ำด้านซ้าย โปรแกรมแสดงหน้าต่างรายละเอียดของประตูระบายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ ก-9 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดประตูระบายน้ำ

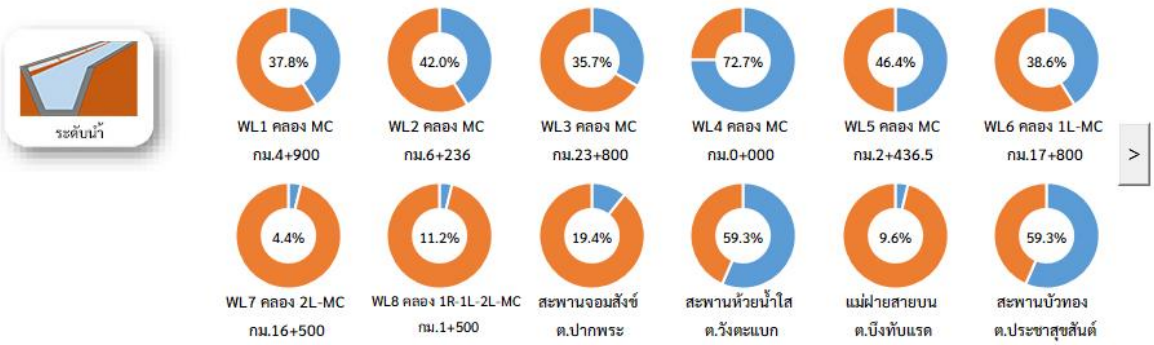


รูปที่ ก-9 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดประตูระบายน้ำ

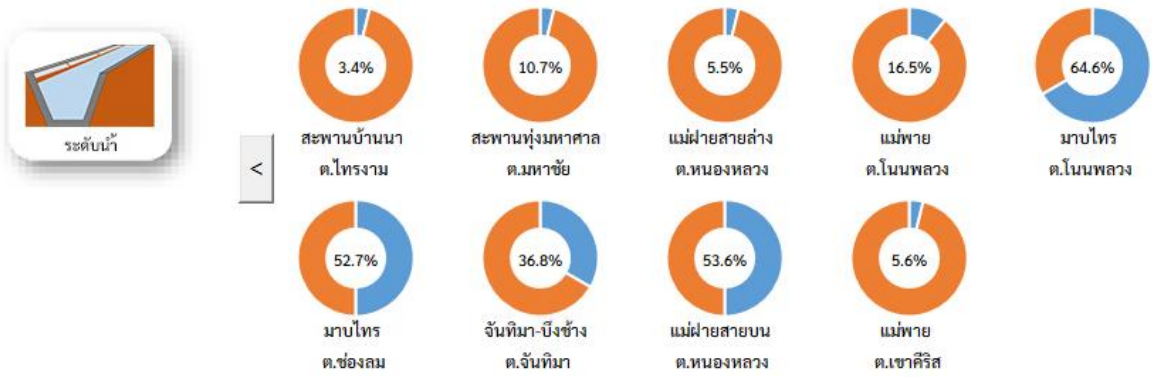
ฝั่งซ้ายโปรแกรมแสดงตำแหน่งประตูระบายน้ำในพื้นที่โครงการ ฝั่งขวาแสดงภาพประตูระบายน้ำ กราฟปริมาณน้ำไหลผ่านประตู รายย 5 นาที 30 วันย้อนหลัง ตารางแสดงปริมาณน้ำ (หน่วย ลบ.ม./วินาที) ความลึกของระดับน้ำเหนือและท้ายประตู (หน่วย เมตร) และระยะเปิดบานของแต่ละประตู (หน่วย เซนติเมตร) แสดงเป็นราย 5 นาที ย้อนหลัง 30 วัน จนถึงเวลาปัจจุบัน ตารางดังกล่าวสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ

หน้าแรกของโปรแกรมแสดงระดับน้ำในคลองส่งน้ำ 21 สถานี ที่ตั้งอยู่บนคลองส่งน้ำสายหลัก 3 คลอง ได้แก่ คลอง MC, คลอง 1L-MC และ คลอง 2L-MC สามารถเรียกดูสถานีระดับน้ำทั้ง 21 สถานีโดยคลิกที่ปุ่มลูกศรด้านขวาเพื่อดูสถานีที่เหลือ ดังแสดงในรูปที่ ก-10 และ รูปที่ ก-11 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ



รูปที่ ก-10 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ

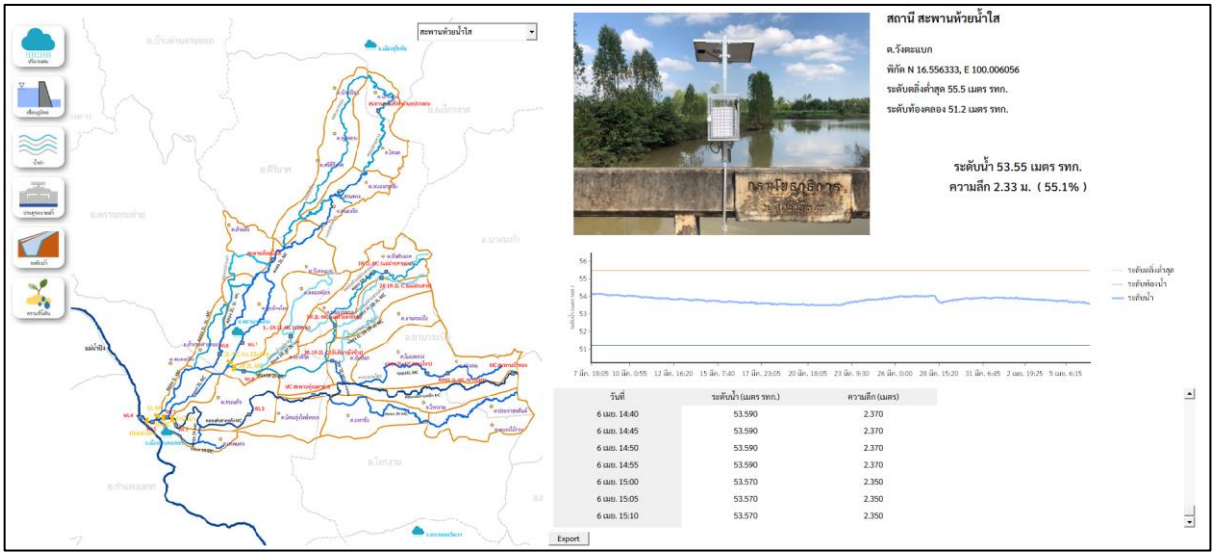


รูปที่ ก-11 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ (ต่อ)

โปรแกรมแสดงระดับน้ำโดยเทียบระดับน้ำกับระดับตลิ่งของคลองเป็นสัดส่วนร้อยละ ค่าดังกล่าวอ่านได้จากเว็บไซต์ของโครงการ อัพเดททุก 5 นาที

จากรูปที่ ก-10 สถานี WL1 คลอง MC กม.4+900 มีระดับน้ำคิดเป็น 37.8% โดยแสดงเป็นกราฟวงกลมโดนัท กราฟสีน้ำเงินระบายจากตำแหน่ง 12 นาฬิกาตามเข็มนาฬิกาลงมา กราฟสีส้มคือส่วนที่เหลือจากทั้งหมด

เมื่อคลิกที่รูประดับน้ำในคลองส่งน้ำด้านซ้าย โปรแกรมแสดงหน้าต่างรายละเอียดของระดับน้ำในคลองส่งน้ำ ดังแสดงในรูปที่ ก-12 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดระดับน้ำในคลองส่งน้ำ



รูปที่ ก-12 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดระดับน้ำในคลองส่งน้ำ

ฝั่งซ้ายโปรแกรมแสดงตำแหน่งสถานีวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำทั้งหมด 21 สถานี ได้แก่

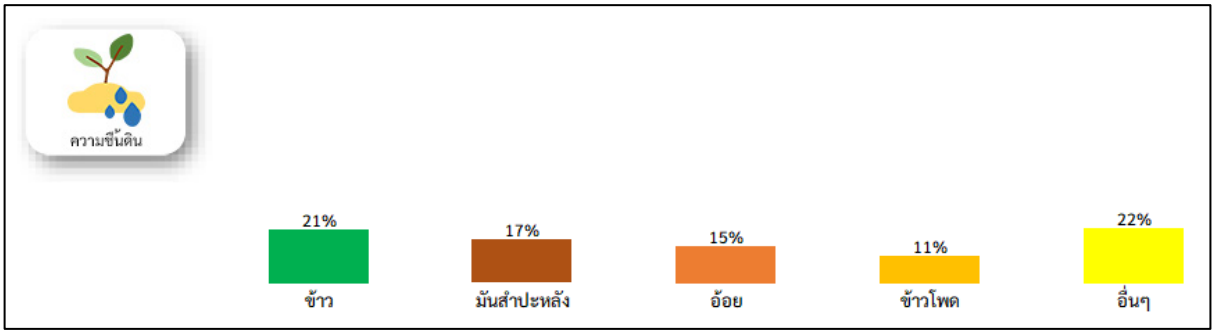
- สถานี WL1 คลอง MC กม.4+900
- สถานี WL2 คลอง MC กม.6+236

- สถานี WL3 คลอง MC กม.23+800
- สถานี WL4 คลอง MC กม.0+000
- สถานี WL5 คลอง MC กม.2+436.5
- สถานี WL6 คลอง 1L-MC กม.17+800
- สถานี WL7 คลอง 2L-MC กม.16+500
- สถานี WL8 คลอง 1R-1L-2L-MC กม.1+500
- สถานีสะพานจอมสังฆ์ ต.ปากพระ อ.เมืองสุโขทัย
- สถานีสะพานห้วยน้ำใส ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย
- สถานีแม่ฝายสายบน (บึงทับแรด) คลอง 1R-2L-MC ต.บึงทับแรต อ.ลานกระบือ
- สถานีสะพานบัวทอง คลอง MC ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ
- สถานีสะพานบ้านนา คลอง 3R-MC ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม
- สถานีสะพานทุ่งมหาศาล คลอง MC ต.มหาชัย อ.ไทรงาม
- สถานีแม่ฝายสายล่าง คลอง 2R-1R-2L-MC ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ
- สถานีแม่พาย (โนนพลวง) คลอง 1L-1R-2L-MC ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ
- สถานีมาบไทร (โนนพลวง) คลอง 3L-MC ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ
- สถานีมาบไทร (ช่องลม) คลอง 3L-MC ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ
- สถานีจันทิมา-บึงช้าง คลอง 1R-1R-2L-MC ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ
- สถานีแม่ฝายสายบน (หนองหลวง) คลอง 1R-2L-MC ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ
- สถานีแม่พาย (เขาคีริส) คลอง 1L-1R-2L-MC ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย

ผู้ใช้สามารถเลือกแสดงสถานีระดับน้ำจากเมนูด้านขวาบนของแผนที่ สำหรับฝั่งขวาของโปรแกรมแสดงภาพและรายละเอียดของสถานีวัดระดับน้ำที่คลองส่งน้ำ ระดับน้ำ ความลึก และร้อยละของความลึกน้ำปัจจุบัน กราฟแสดงระดับน้ำ ราย 5 นาที ย้อนหลัง 30 วัน ตารางแสดงระดับน้ำย้อนหลัง 30 วัน จนถึงเวลาปัจจุบัน (หน่วย เมตร รทก.) ตารางดังกล่าวสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

ความชื้นดิน

หน้าแรกของโปรแกรมแสดงความชื้นดินโดยแบ่งตามชนิดของพืช ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด และอื่นๆ เรียงจากซ้ายไปขวาตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ ก-13 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ความชื้นดิน

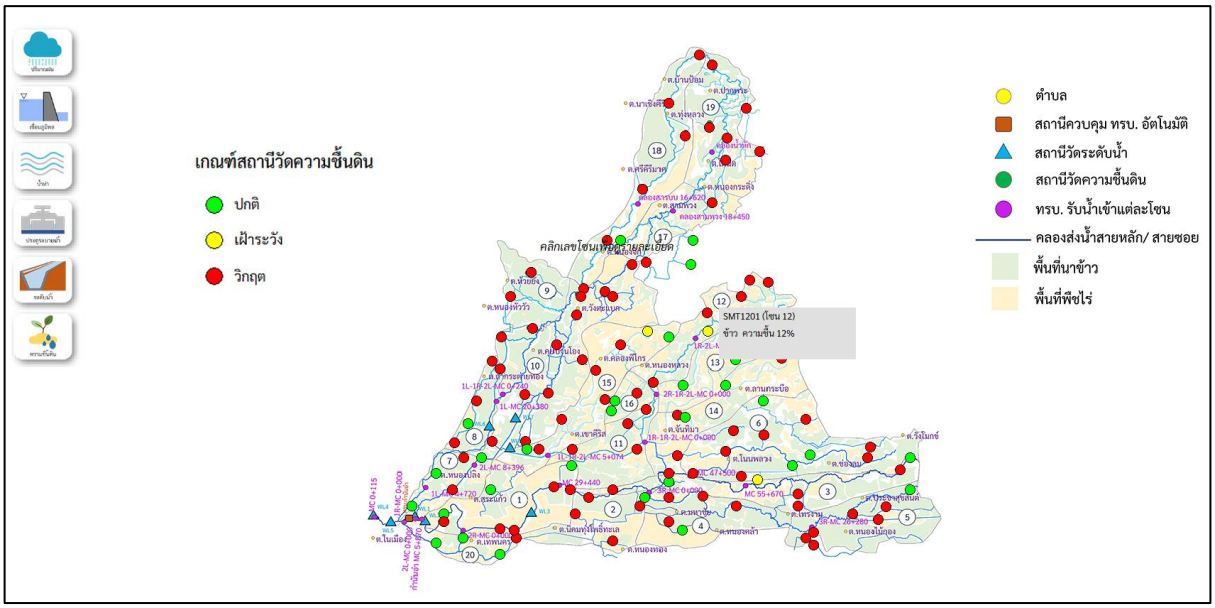


รูปที่ ก-13 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – ความชื้นดิน

โปรแกรมแสดงความชื้นดินที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นที่ติดตั้งในพื้นที่โครงการทั้งหมด 20 โซน รวม 122 จุด โดยแบ่งตามชนิดของพืชที่ปลูกในตำแหน่งที่มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ หน่วยของความชื้น คิดเป็นร้อยละของความชื้นดินทั้งหมด 0% หมายถึงดินแห้งที่สุด และ 100% หมายถึงดินที่ชุ่มไปด้วยน้ำ ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ถูกส่งไปยังเว็บไซต์ของโครงการ อัพเดททุก 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ ก-13 เนื่องจากปัจจุบันอยู่ในฤดูแล้ง ความชื้นในดินจึงค่อนข้างน้อย สำหรับความชื้นดินในพื้นที่ที่ปลูกข้าว (กราฟสีเขียว) คือ 21% หมายถึงความชื้นค่อนข้างน้อย และความชื้นดินในพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพด (กราฟสีส้มอ่อน) คือ 11% หมายถึงความชื้นน้อยมาก

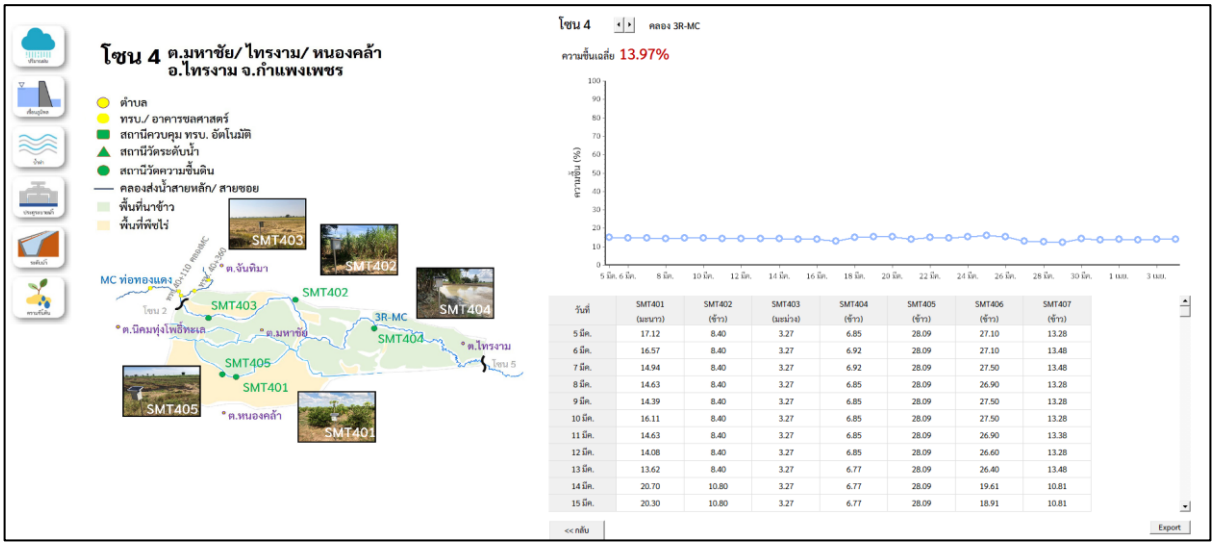
เมื่อคลิกที่รูปความชื้นดินด้านซ้าย โปรแกรมแสดงตำแหน่งสถานีวัดความชื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ ก-14 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงตำแหน่งสถานีวัดความชื้นดิน



รูปที่ ก-14 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงตำแหน่งสถานีวัดความชื้นดิน

จากรูปที่ ก-14 โปรแกรมแสดงแผนที่ให้เห็นภาพรวมตำแหน่งของแต่ละสถานีในพื้นที่โครงการทั้งหมด ซึ่งแบ่งออกเป็น 20 โซน สัญลักษณ์วงกลมสีเขียว เหลือง แดง ที่แต่ละสถานีแสดงความชื้นดินในแต่สถานีตามเกณฑ์วัดความชื้น โดยสีเขียวคือความชื้นปกติ สีเหลืองคือเฝ้าระวัง และสีแดงคือวิกฤต หรือความชื้นน้อยมาก

เมื่อลากเมาส์ไว้ตรงตำแหน่งสถานี โปรแกรมแสดงรหัสสถานี โซนของสถานี พืชที่ปลูกในพื้นที่รอบๆ และร้อยละของความชื้นดิน เมื่อคลิกที่สถานีในแผนที่ โปรแกรมแสดงหน้าต่างรายละเอียดความชื้นดินในแต่ละโซน ดังแสดงในรูปที่ ก-15 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดสถานีวัดความชื้นดินแบ่งตามโซน

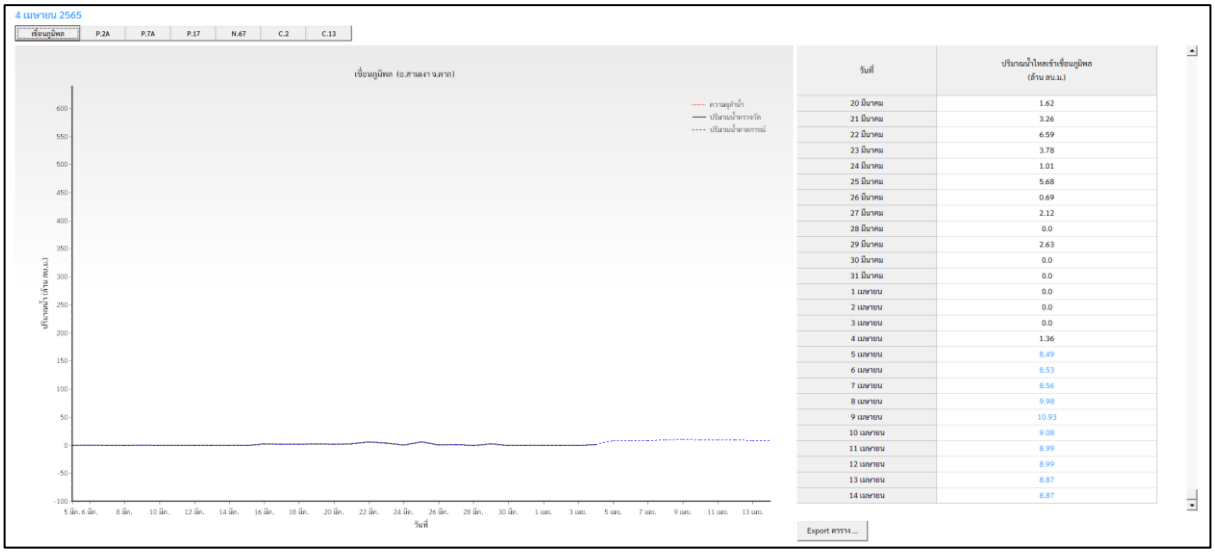


รูปที่ ก-15 ส่วนการติดตามสถานการณ์น้ำ – หน้าต่างแสดงรายละเอียดสถานีวัดความชื้นดินแบ่งตามโซน

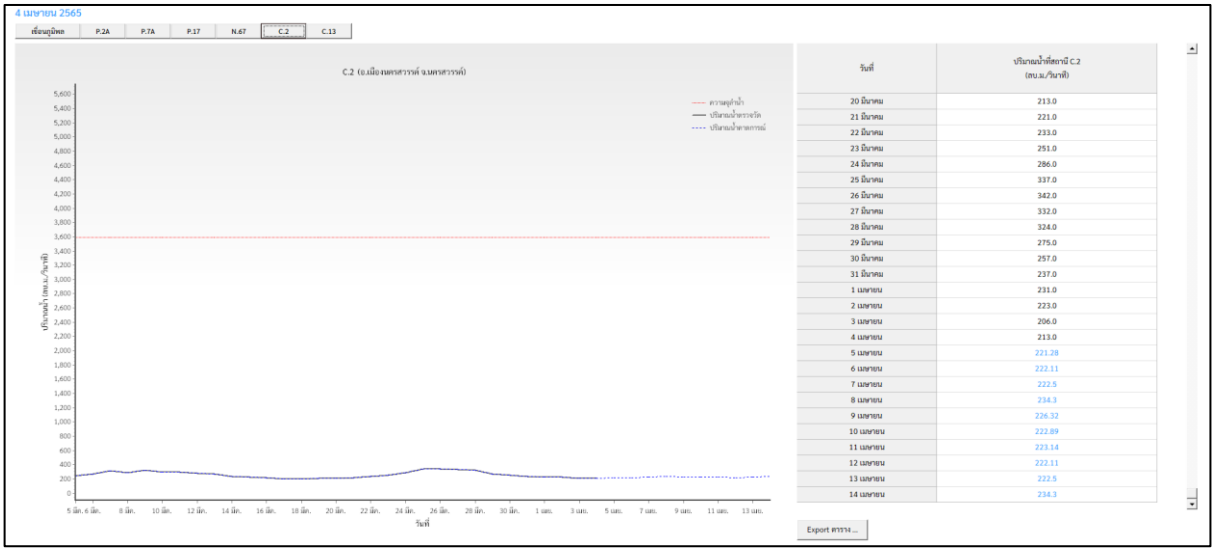
จากรูปที่ ก-15 ฝั่งซ้ายโปรแกรมแสดงแผนที่สำหรับโซนนั้นๆ และตำแหน่งของเซ็นเซอร์วัดความชื้นดินที่ติดตั้งในพื้นที่ ฝั่งขวาแสดงค่าความชื้นเฉลี่ยในโซนนั้น สามารถเลือกดูแต่ละโซนได้โดยคลิกลูกศรด้านบนของกราฟ กราฟและตารางแสดงความชื้นดินย้อนหลัง 30 วัน จนถึงวันปัจจุบัน (หน่วย เปอร์เซ็นต์) ตารางดังกล่าวสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

2. ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ

ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ นำเสนอผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและปริมาณน้ำท่าที่สถานีหลัก 6 สถานี ได้แก่ สถานี P.2A, P.7A, P.17, N.67, C.2 และ C.13 โดยแสดงค่าคาดการณ์ล่วงหน้า 10 วัน ในรูปแบบกราฟและตาราง ดังแสดงในรูปที่ ก-16 ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ – ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล และรูปที่ ก-17 ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ – ปริมาณน้ำที่สถานีหลัก



รูปที่ ก-16 ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ – ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล



รูปที่ ก-17 ส่วนการคาดการณ์สถานการณ์น้ำ – ปริมาณน้ำที่สถานีหลัก

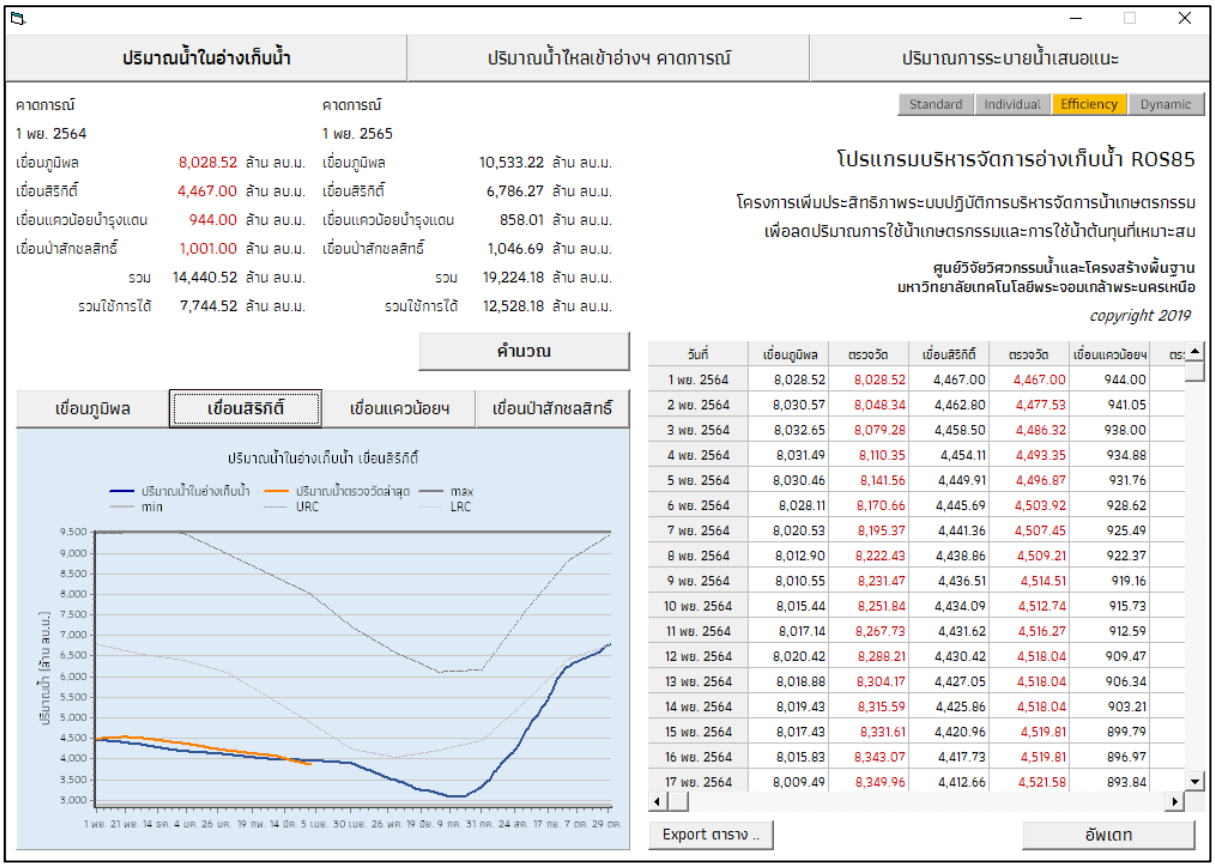
จากรูปที่ ก-16 และ 17 ฝั่งซ้ายแสดงกราฟข้อมูลตรวจวัดย้อนหลัง 30 วัน สัญลักษณ์เส้นทึบสีน้ำเงิน ค่าคาดการณ์ล่วงหน้า 10 วัน สัญลักษณ์เส้นประสีน้ำเงิน และสำหรับสถานีน้ำท่า โปรแกรมยังแสดงค่าความจุลำน้ำเป็นสัญลักษณ์เส้นทึบสีแดง

ฝั่งขวาของหน้าต่างโปรแกรมแสดงตารางข้อมูลรายวันของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน) และปริมาณน้ำที่สถานีหลัก (หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) โดยค่าตรวจวัดย้อนหลังแสดงด้วยตัวอักษรสีดำ และค่าคาดการณ์แสดงด้วยตัวอักษรสีน้ำเงิน ค่าดังกล่าวทำการอัพเดททุกวัน

ค่าที่แสดงในตารางสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

3. ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (ROS)

ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำนี้ เป็นแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำหลัก 4 อ่าง ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ โปรแกรมในส่วนนี้ประกอบด้วยหน้าต่างย่อย 3 หน้าต่างคือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ คาดการณ์ และปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะ ค่าดังกล่าวทั้งหมดมีหน่วยเป็น ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยเมื่อเข้าสู่ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ โปรแกรมแสดงหน้าต่างปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นหน้าแรก ดังแสดงในรูปที่ ก-18 ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ – ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ

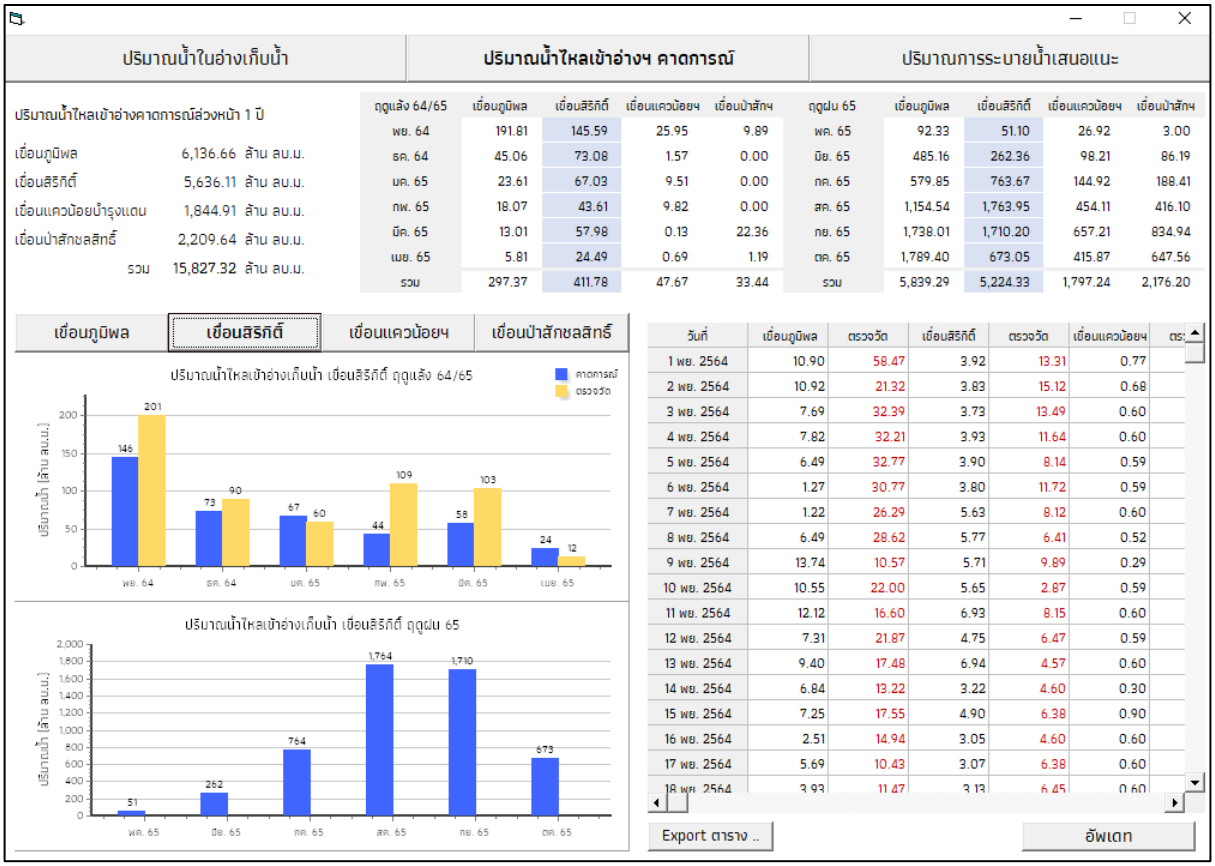


รูปที่ ก-18 ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ – ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ

จากรูปที่ ก-18 ด้านบนของหน้าต่างโปรแกรม แสดงปริมาณน้ำเก็บกัก ตอนเริ่มต้นฤดูแล้ง วันที่ 1 พฤศจิกายนของปีที่แล้ว และปริมาณน้ำคาดการณ์ตอนสิ้นสุดฤดูฝนของปีนี้ โดยแยกเป็นแต่ละเขื่อน หลักการเบื้องต้นของโปรแกรม ใช้วิธีสมดุลน้ำ กล่าวคือ เริ่มคำนวณจากปริมาณน้ำในเขื่อนเริ่มต้นที่กำหนดวันที่ 1 พฤศจิกายน รวมกับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ และหักปริมาณการระบายน้ำออกในแต่ละวัน เพื่อหาปริมาณน้ำในเขื่อนในวันต่อไป คำนวณดังนี้ไปจนสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อหาปริมาณน้ำในอ่างวันสุดท้ายของฤดูฝน รวมถึงปริมาณน้ำใช้การได้จริงทั้งหมดด้วย สำหรับปริมาณน้ำใช้การ คือปริมาณน้ำในอ่าง หักปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องเหลือคงค้างไว้ในเขื่อน (dead storage)

ด้านล่างของหน้าต่างโปรแกรมแสดงกราฟของ 4 เขื่อนหลัก โดยกราฟประกอบด้วย กราฟปริมาณน้ำในอ่างฯ เส้นสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นปริมาณที่ได้จากการคำนวณสมดุลน้ำดังกล่าวข้างต้น กราฟปริมาณตรวจวัดล่าสุด เส้นสีส้ม คือ ปริมาณน้ำในอ่างฯ ที่รายงานโดยเว็บไซต์การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อัพเดททุกวัน พล็อตจนถึงวันปัจจุบัน กราฟแสดงปริมาณน้ำในอ่างสูงสุดและต่ำสุด เส้นหนาสีเทา และกราฟแสดง Upper – Lower Rule Curve ของแต่ละเขื่อน เส้นสีเทาอ่อน โดยกราฟทั้งหมดเริ่มพล็อตตั้งแต่ วันที่ 1 พฤศจิกายนของปีที่แล้ว จนถึง 31 ตุลาคมของปีปัจจุบัน รวม 365 วัน หรือ 1 ปี

ฝั่งขวาของหน้าต่างโปรแกรม แสดงตารางปริมาณน้ำในอ่างฯ ที่ได้จากการสมดุลน้ำ และปริมาณน้ำในอ่างฯ ตรวจวัดจาก กฟผ. ค่าดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ เมื่อแก้ไขแล้วกดปุ่มอัพเดท โปรแกรมแสดงกราฟปริมาณน้ำในอ่างฯ ที่คำนวณใหม่อีกครั้ง ค่าที่แสดงในตารางสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้



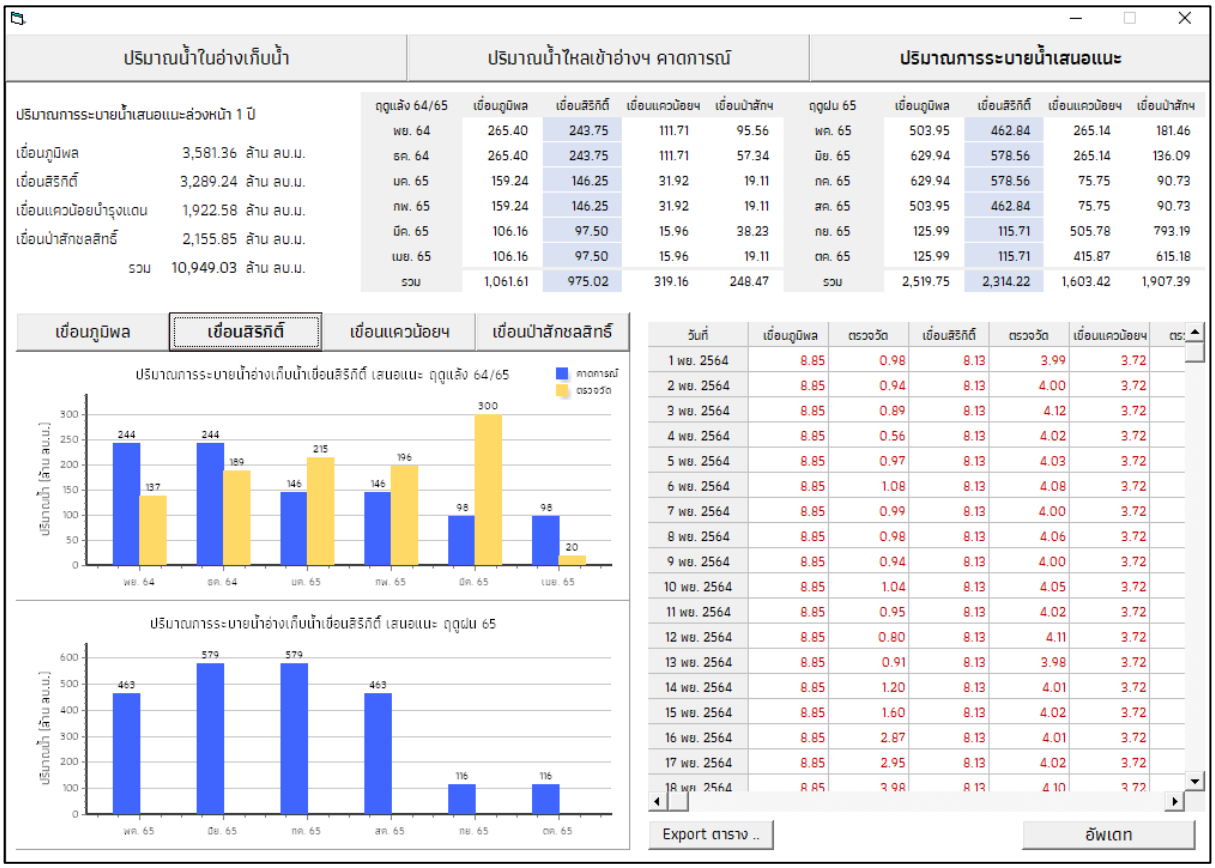
รูปที่ ก-19 ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ – ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ คาดการณ์

สำหรับหน้าต่างปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ คาดการณ์ ดังแสดงในรูปที่ ก-19 ด้านบนของหน้าต่างโปรแกรมแสดงสรุปปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างคาดการณ์ล่วงหน้า 1 ปี และปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ คาดการณ์แต่ละเดือน แบ่งเป็นฤดูแล้ง และฤดูฝน ตามลำดับ

ด้านล่างฝั่งซ้ายของหน้าต่างโปรแกรมแสดงกราฟแท่งของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง แบ่งตามฤดูแล้ง และฤดูฝน โดยกราฟแท่งสีน้ำเงินคือปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ คาดการณ์รายเดือน กราฟแท่งสีเหลืองคือปริมาณน้ำ

ไหลเข้าอ่างตรวจวัดจากเว็บไซต์ กฟผ. จนถึงวันปัจจุบัน สำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างคาดการณ์ เป็นการคาดการณ์จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าของโครงการ (NARK)

ด้านล่างฝั่งขวาของหน้าต่างโปรแกรมแสดงตารางปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างคาดการณ์และปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างตรวจวัด โดยปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างตรวจวัดเป็นค่าจริงที่อ่านได้จากเว็บ ผู้ใช้สามารถแก้ไขและอัพเดทใหม่ได้ โดยคลิกปุ่มอัพเดท โปรแกรมแสดงกราฟปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่อัพเดทแล้วอีกครั้ง ค่าที่แสดงในตารางสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้



รูปที่ ก-20 ส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ – ปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะ

สุดท้ายคือหน้าต่างปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะ ดังแสดงในรูปที่ ก-20 ด้านบนของหน้าต่างโปรแกรมแสดงสรุปปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะล่วงหน้า 1 ปี และปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะแต่ละเดือน แบ่งเป็นฤดูแล้ง และฤดูฝน ตามลำดับ

ด้านล่างฝั่งซ้ายของหน้าต่างโปรแกรมแสดงกราฟแท่งของปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะ แบ่งตามฤดูแล้ง และฤดูฝน โดยกราฟแท่งสีน้ำเงินคือปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะรายเดือน กราฟแท่งสีเหลืองคือปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะตรวจวัดจากเว็บไซต์ กฟผ. จนถึงวันปัจจุบัน สำหรับปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะได้จากการคำนวณของโปรแกรมเพื่อเสนอแนะให้สอดคล้องกับแต่ละสถานการณ์ โดยจะกล่าวในภายหลัง

ด้านล่างฝั่งขวาของหน้าต่างโปรแกรมแสดงตารางปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะและปริมาณการระบายน้ำตรวจวัด โดยปริมาณการระบายน้ำตรวจวัดเป็นค่าจริงที่อ่านได้จากเว็บ ผู้ใช้สามารถแก้ไขและอัพเดทใหม่ได้ โดยคลิกปุ่มอัพเดท โปรแกรมแสดงกราฟปริมาณการระบายน้ำที่อัพเดทแล้วอีกครั้ง ค่าที่แสดงในตารางสามารถ Export เป็นไฟล์ตัวเลข (text file) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้

โปรแกรมในส่วนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกประเภทของสถานการณ์ที่ต้องการได้ตามความเหมาะสม จากหน้าต่างปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ด้านขวาบนของหน้าต่าง โดยแบ่งเป็น 4 ประเภท แต่ละประเภท ใช้ค่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง และปริมาณการระบายน้ำ ที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

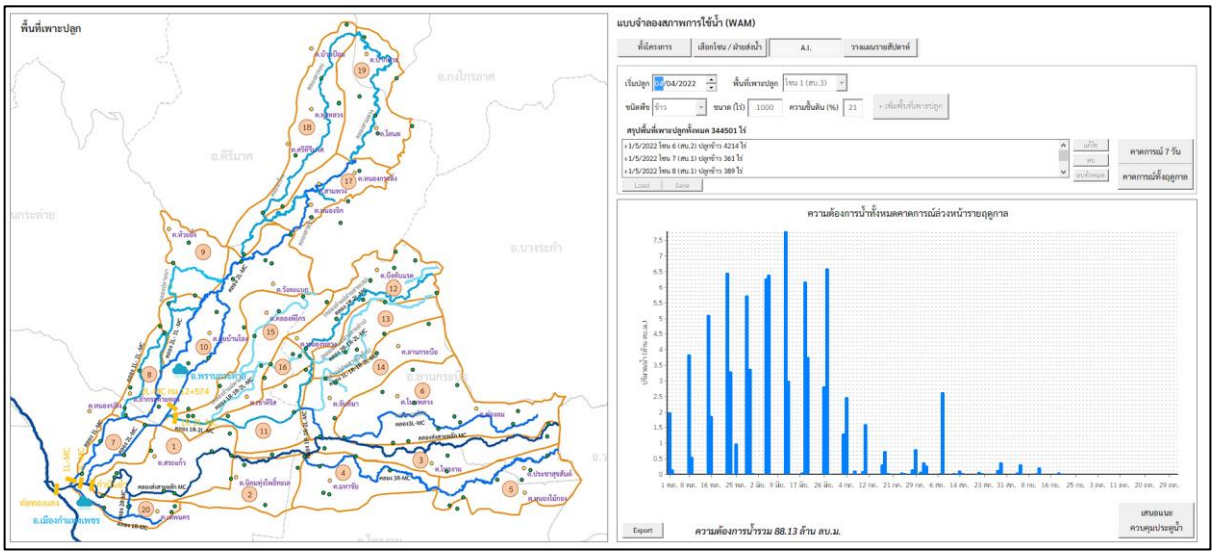
1. Standard เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมเพื่อการเกษตรกรรม
   ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ใช้ค่าผลคำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าของโครงการ (NARK)
   ปริมาณการระบายเสนอแนะ ใช้ค่าที่เหมาะกับการเกษตรกรรมทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน
2. Individual เป็นการจำลองสถานการณ์จากข้อมูลในอดีต
   ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ และปริมาณการระบายน้ำ ผู้ใช้สามารถกำหนดได้เอง โดยเลือกจากข้อมูลในอดีต ตั้งแต่ปี พศ. 2527 – 2564 ไม่จำเป็นต้องเลือกปีเดียวกัน และสามารถกำหนดปริมาณน้ำในอ่างเริ่มต้นได้ เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในอดีต
3. Efficiency เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ
   ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ใช้ค่าผลคำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าของโครงการ (NARK)
   ปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะ คำนึงถึงปริมาณน้ำในอ่างฯ เมื่อสิ้นสุดฤดูฝน ให้ยังคงมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 85% ของความจุอ่าง
4. Dynamic เป็นสถานการณ์การบริหารจัดการน้ำตามแผนการปล่อยน้ำกรมชลประทาน
   ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ใช้ค่าผลคำนวณจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าของโครงการ (NARK)
   ปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะ ใช้แผนการปล่อยน้ำกรมชลประทานในปีปัจจุบัน

4. ส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ (WAM)

ส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำนี้ เป็นการประยุกต์ความต้องการใช้น้ำจริงจากการเพาะปลูกพืชของเกษตรกรในพื้นที่โครงการ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดสถานการณ์การเพาะปลูกพืชที่ต้องการทั้งหมดเพื่อนำไปอินพุตเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ แล้วคำนวณหาความต้องการใช้น้ำคาดการณ์ล่วงหน้า เมื่อได้ค่าความต้องการใช้น้ำแล้ว โปรแกรมสามารถนำไปคำนวณเพื่อเสนอแนะการควบคุมเปิด-ปิดบานประตูน้ำเพื่อให้เพียงพอต่อการเพาะปลูกที่ต้องการ โปรแกรมทำส่งค่าดังกล่าวไปยังระบบควบคุมประตูน้ำของโครงการทางเว็บไซต์ ซึ่งสามารถสั่งการได้ทันทีแบบ real-time

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณความต้องการใช้น้ำมีชื่อว่า WAM พัฒนาจากภาษาโปรแกรม Python เพื่อให้สามารถคำนวณสมการทางวิศวกรรมที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำสูง โดยปกติการคำนวณใช้เวลาไม่เกิน 3-10 นาที ขึ้นอยู่กับจำนวนของอินพุตที่ผู้ใช้กำหนด คือพื้นที่เพาะปลูก

ทั้งหมด ยิ่งมีจำนวนมาก ก็จะคำนวณนานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ ก-21 หน้าต่างโปรแกรมส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ



รูปที่ ก-21 หน้าต่างโปรแกรมส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ

จากรูปที่ ก-21 ฝั่งซ้ายของโปรแกรมแสดงแผนที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการ โดยแบ่งโซนของโครงการออกเป็น 20 โซน ส่วนทางฝั่งขวาด้านบนเป็นส่วนการกำหนดอินพุตของแบบจำลองฯ และส่วนทางขวาด้านล่างเป็นส่วนการแสดงผลการคำนวณ

โปรแกรมแบ่งประเภทการจำลองสภาพการใช้น้ำเป็น 4 ประเภทคือ

1. ทั้งโครงการ เป็นการกำหนดการเพาะปลูกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งสรุปรวมทั้งโครงการ
2. เลือกโซน/ฝ่ายส่งน้ำ เป็นการกำหนดการเพาะปลูกพืชชนิดใดๆ โดยเลือกโซนที่ต้องการ
3. A.I. โปรแกรมทำการเสนอแนะการเพาะปลูกพืชที่เกษตรกรเพาะปลูกเป็นประจำให้กับผู้ใช้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน
4. วางแผนรายสัปดาห์ สามารถกำหนดวันที่ และพื้นที่เพาะปลูก บนตาราง worksheet สำหรับผู้ใช้ที่มีความชำนาญในการใช้ตาราง worksheet และสะดวกในการคัดลอก-วาง จากโปรแกรม worksheet อื่นได้

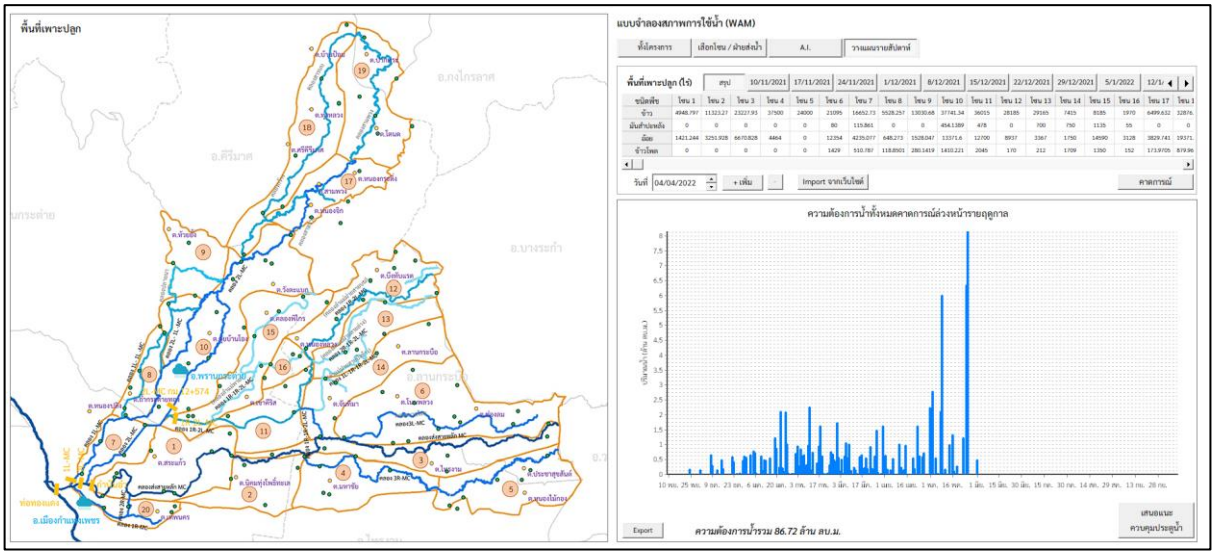
อินพุตที่แบบจำลองสภาพการใช้น้ำประกอบด้วย

- วันที่เริ่มปลูก สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1 พย. ของปีที่แล้ว ถึง 31 ตค. ของปีปัจจุบัน
- พื้นที่เพาะปลูก ถ้าผู้ใช้เลือกประเภท “เลือกโซน/ฝ่ายส่งน้ำ” ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่โซนที่ต้องการเพาะปลูกได้
- ชนิดพืช สามารถเลือกปลูกพืชได้แก่ ข้าว, มันสำปะหลัง, อ้อย, ข้าวโพด ฯลฯ
- ขนาด สามารถกำหนดขนาดพื้นที่เพาะปลูกได้ (หน่วย ไร่) ถ้าขนาดใหญ่ ความต้องการใช้น้ำก็จะมากขึ้น
- ปริมาณฝน 4 สถานี คือปริมาณฝนจากสถานีฝนในพื้นที่โครงการที่กล่าวไว้ในข้างต้น สำหรับอินพุตในส่วนนี้โปรแกรมทำการกำหนดให้เลยจากฝนตรวจวัดจริง และฝนทำนายจากระบบทำนายน้ำฝน-น้ำท่าของโครงการ ผู้ใช้ไม่ต้องกรอก
- ความชื้นดินเริ่มต้น (%) โปรแกรมแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นดินของโครงการ ณ เวลานั้น หรือผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ ค่าความชื้นดินนี้เป็นปัจจัยสำคัญในความต้องการใช้น้ำ ถ้าค่านี้น้อย หมายถึงดินแห้ง ความต้องการใช้น้ำก็จะมากขึ้น ถ้าค่านี้มาก หมายถึงดินชุ่มไปด้วยน้ำ ความต้องการใช้น้ำก็จะน้อยลง

สำหรับการป้อนข้อมูลประเภท ทั้งโครงการ เลือกโซน และ AI นั้น เมื่อผู้ใช้กำหนดอินพุตทั้งหมดแล้ว คลิกปุ่ม “+ เพิ่มพื้นที่เพาะปลูก” โปรแกรมแสดงพื้นที่ที่กำหนดไว้ในช่องสรุปพื้นที่เพาะปลูก โดยผู้ใช้สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้ถึง 100 พื้นที่ พื้นที่ที่เพิ่มนี้สามารถแก้ไข หรือลบออกได้ ผู้ใช้สามารถบันทึกพื้นที่ที่เพิ่มนี้ได้โดยคลิกปุ่ม “Save” เพื่อบันทึก และสามารถนำค่าที่บันทึกนี้มาใช้อีกครั้งในภายหลังได้โดยคลิกปุ่ม “Load”

ส่วนการป้อนข้อมูลประเภท วางแผนรายสัปดาห์ ผู้ใช้สามารถเพิ่มวันที่ทำการเพาะปลูกโดยเลือกวันที่และคลิกปุ่ม “เพิ่ม” ด้านล่างของตาราง จากนั้นจึงเลือกกรอกพื้นที่เพาะปลูกตามชนิดของพืชลงในช่องโซนต่างๆ 1-20 โซน แถบด้านซ้ายสุดของตาราง เป็นตารางสรุปรวมพื้นที่เพาะปลูกในทุกช่วงเวลา แถบถัดไปเป็นตารางพื้นที่เพาะปลูกในวันที่วางแผนเพาะปลูกวันอื่นๆ ผู้ใช้สามารถคัดลอก-วาง ตัวเลข จากโปรแกรม worksheet อื่น เช่น Excel มาใส่ได้

นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเรียกข้อมูล (Import) บนเว็บไซต์โครงการมาใส่ในตารางวางแผนรายสัปดาห์ได้ โดยคลิกปุ่ม “Import จากเว็บไซต์” โปรแกรมทำการดึงข้อมูลมาแสดงบนตารางโดยอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ ก-22 หน้าต่างโปรแกรมส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ – วางแผนรายสัปดาห์



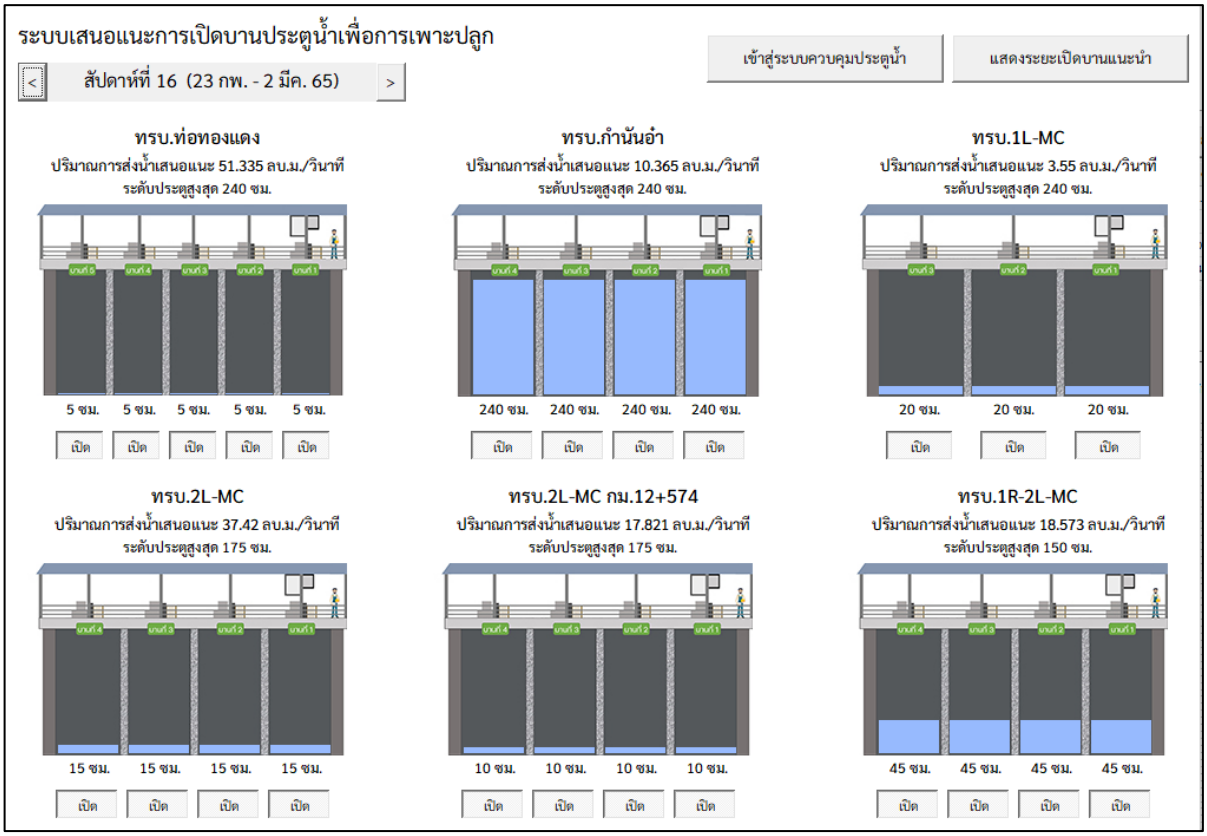
รูปที่ ก-22 หน้าต่างโปรแกรมส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ – วางแผนรายสัปดาห์

การสั่งคำนวณ ผู้ใช้สามารถเลือกช่วงเวลาการคาดการณ์ 7 วัน หรือ ทั้งฤดูกาลเพาะปลูกได้ การเลือกการคาดการณ์ทั้งฤดูกาลคือ กำหนดให้แบบจำลองคำนวณตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งปลูกเสร็จสิ้น พืชแต่ละชนิดใช้เวลาในการเพาะปลูกไม่เท่ากัน ดังนี้

- ข้าว ใช้เวลา 105 วัน
- มันสำปะหลัง ใช้เวลา 305 วัน
- อ้อย ใช้เวลา 305 วัน
- ข้าวโพด ใช้เวลา 101 วัน

เมื่อคลิกเพื่อทำการคำนวณแล้ว โปรแกรมแสดงหน้าต่างการคำนวณโดยใช้เวลา 3-10 นาที จากนั้นจึงแสดงผลการคำนวณเป็นกราฟแสดงความต้องการใช้น้ำรายวันของพื้นที่ทั้งหมด ผู้ใช้สามารถเลือก export ผลการคำนวณเป็น text file ได้ โดยคลิกปุ่ม “Export”

ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำสามารถนำไปใช้คำนวณเพื่อเสนอแนะการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำของโครงการได้ โดยคลิกที่ปุ่ม “เสนอแนะควบคุมประตูน้ำ” ด้านล่างของกราฟผลการคำนวณเพื่อเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมเสนอแนะควบคุมประตูระบายน้ำ ดังรูปที่ ก-23 หน้าต่างโปรแกรมส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ – เสนอแนะควบคุมประตูระบายน้ำ

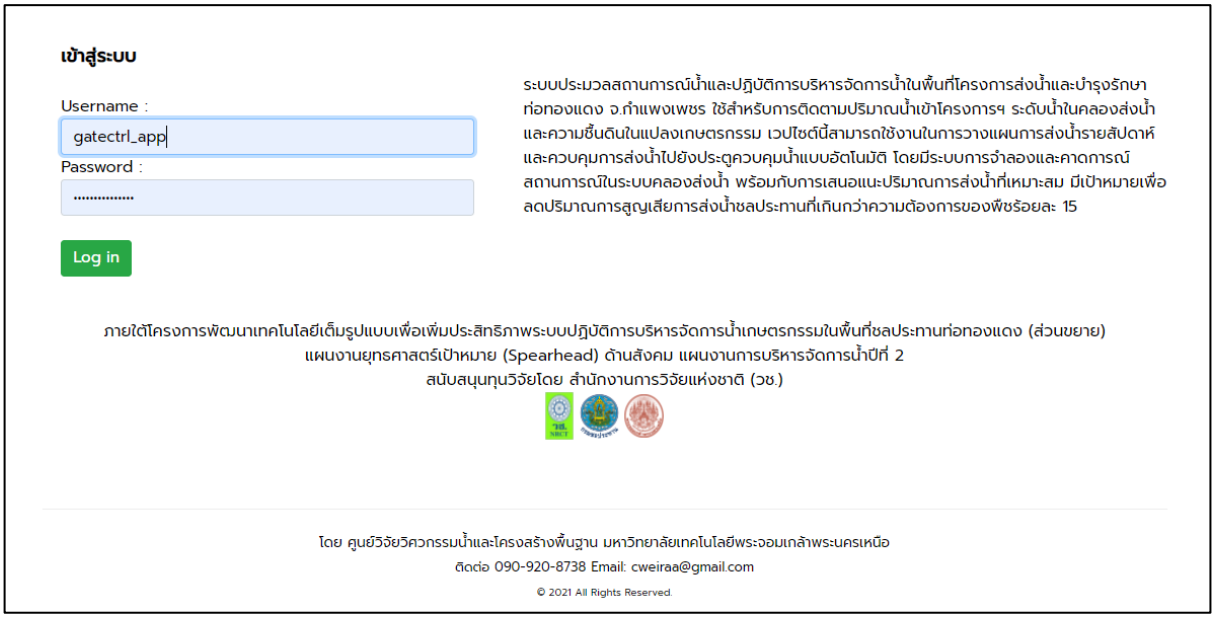


รูปที่ ก-23 หน้าต่างโปรแกรมส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำ – เสนอแนะควบคุมประตูระบายน้ำ

จากรูปที่ ก-23 โปรแกรมเสนอแนะการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำสำหรับประตูระบายน้ำหลักทั้ง 6 ทรบ. ในแต่ละสัปดาห์ที่มีการเพาะปลูก สามารถเลือกสัปดาห์จากแถบด้านซ้ายบนของโปรแกรม โปรแกรมคำนวณปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะจากความต้องการน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกแต่ละสัปดาห์ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร/วินาที) ผู้ใช้สามารถเลือกเปิด-ปิดประตู ตามต้องการได้ โดยโปรแกรมทำการแนะนำระยะเปิดบานทุกครั้งที่มีการแก้ไขการเปิด-ปิดประตูแต่ละบาน เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่แต่ละ ทรบ. ต้องการ การแนะนำเริ่มต้นของโปรแกรมคือพยายามเลือกเปิดทุกบานเท่าๆ กัน อย่างน้อยที่สุดคือบานละ 5 เซนติเมตร และอย่างมากที่สุดคือเท่ากับระยะเปิดบานสูงสุดของแต่ละ ทรบ. และแนะนำให้ปิดทุกบานเมื่อไม่มีความต้องการน้ำในสัปดาห์นั้น

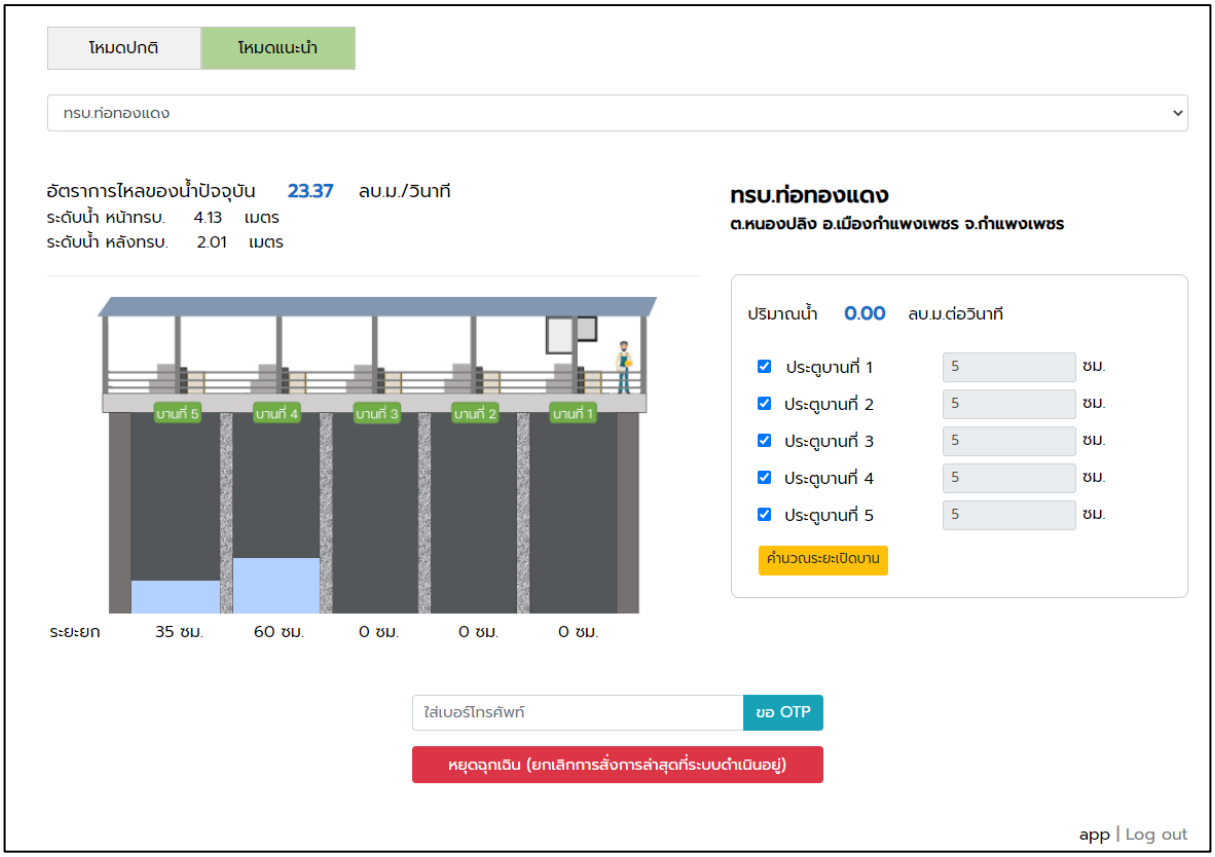
จากตัวอย่างในรูปที่ ก-23 ทรบ.ท่อทองแดง มีปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะคือ 51.335 ลบ.ม./วินาที โปรแกรมแนะนำให้เปิดบานละ 5 เซนติเมตร ทรบ.กำนันอำ มีปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะคือ 10.365 ลบ.ม./วินาที โปรแกรมแนะนำให้เปิดบานละ 240 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะเปิดบานสูงสุดที่ ทรบ.กำนันอำสามารถเปิดได้ ถ้าการเปิดบานในสัปดาห์ดังกล่าว แม้จะเปิดบานสูงสุดแล้ว ยังไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก โปรแกรมทำการทดค่าเพื่อไปเปิดในสัปดาห์ถัดไป

เมื่อกำหนดการเปิดบานในสัปดาห์ดังกล่าวแล้ว ผู้ใช้สามารถควบคุมประตูน้ำตามที่ได้ตั้งค่าไว้ได้ทันที โดยคลิกปุ่ม “เข้าสู่ระบบควบคุมประตูน้ำ” เพื่อเข้าไปเข้าสู่ระบบ (Login) ในเว็บไซต์ระบบควบคุมประตูระบายน้ำของโครงการ ดังรูปที่ ก-24 เว็บไซต์ระบบควบคุมประตูระบายน้ำ – เข้าสู่ระบบ



รูปที่ ก-24 เว็บไซต์ระบบควบคุมประตูระบายน้ำ – เข้าสู่ระบบ

การควบคุมประตูระบายน้ำ ผู้ใช้ต้องใช้ Username: “gatectrl_app” และรหัสผ่าน “2021TTDgatectrl” เพื่อให้มีสิทธิ์ในการดำเนินการดังกล่าว เมื่อเข้าสู่ระบบแล้ว เว็บไซต์แจ้งเตือนให้กลับไปยังโปรแกรมเพื่อส่งค่าระยะเปิดบานของประตูระบายน้ำทั้ง 6 ทรบ. โดยให้คลิกที่ปุ่ม “แสดงระยะเปิดบานแนะนำ” ด้านบนของหน้าต่างโปรแกรม โปรแกรมทำการเรียกหน้าเว็บไซต์สำหรับควบคุมประตูระบายน้ำทั้ง 6 ทรบ. โดยค่าระยะเปิดบานที่กำหนดในโปรแกรม ถูกส่งไปแสดงบนเว็บไซต์ จากหน้าเว็บไซต์ แสดงรูประยะเปิดบานปัจจุบัน และค่าระยะเปิดบานแนะนำ เมื่อต้องการควบคุมตามค่าดังกล่าว ให้กรอกเบอร์โทรศัพท์เพื่อขอรหัส OTP (One Time Password) เพื่อดำเนินการต่อไป ดังแสดงในรูปที่ ก-25 เว็บไซต์ระบบควบคุมประตูระบายน้ำ – หน้าควบคุมประตูระบายน้ำ



รูปที่ ก-25 เว็บไซต์ระบบควบคุมประตูระบายน้ำ – หน้าควบคุมประตูระบายน้ำ

5. ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ

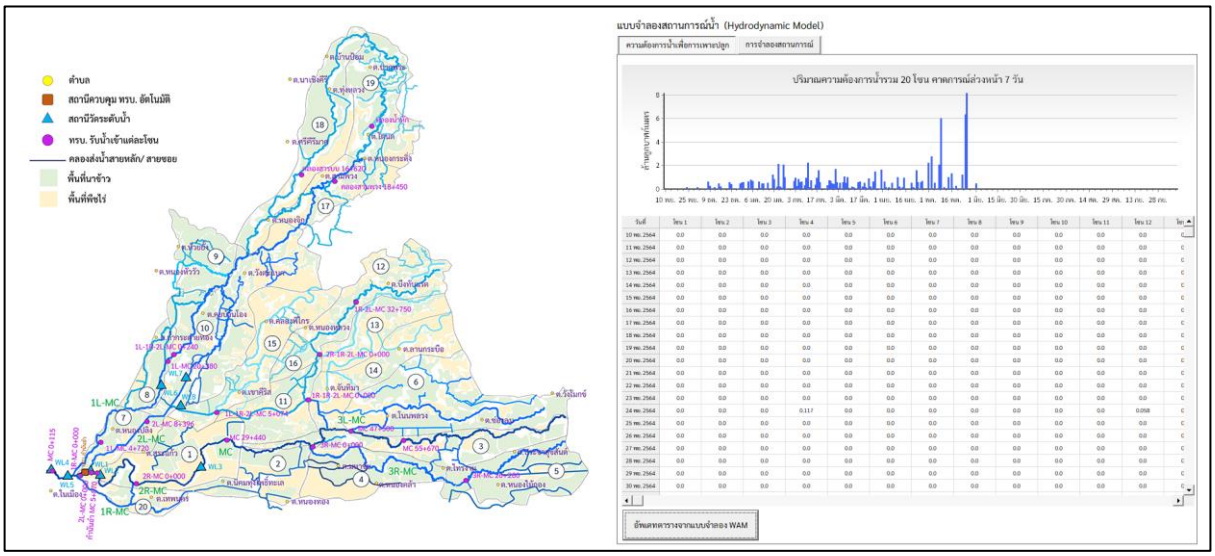
ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำเป็นส่วนที่คำนวณการไหลในคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบไฮโดรไดนามิกส์ อินพุตของแบบจำลองได้แก่ ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่โครงการแบ่งตามโซน สามารถกำหนดช่วงเวลาการคำนวณได้ 7 วัน หรือทั้งฤดูกาล โปรแกรมสามารถเชื่อมโยงผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำจากส่วนการจำลองสภาพการใช้น้ำได้

การคำนวณด้วยแบบจำลองดังกล่าว จำเป็นต้องใช้การเชื่อมโยงเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เนื่องจากโปรแกรมถูกออกแบบให้ส่งอินพุตไปยังแบบจำลองที่อยู่บนเครื่องแม่ข่าย (server) ของโครงการ การคำนวณใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที สำหรับช่วงเวลา 7 วัน และใช้เวลาประมาณ 10-60 นาที สำหรับช่วงเวลาทั้งฤดูกาล ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของอินพุต รวมถึงความเร็วของเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วย ผลการคำนวณจากแบบจำลองถูกส่งกลับมายังโปรแกรม แล้วนำเสนอเป็นรูปตัดลำน้ำตามยาว (Profile) ของแต่ละคลองส่งน้ำ 7 คลอง ได้แก่

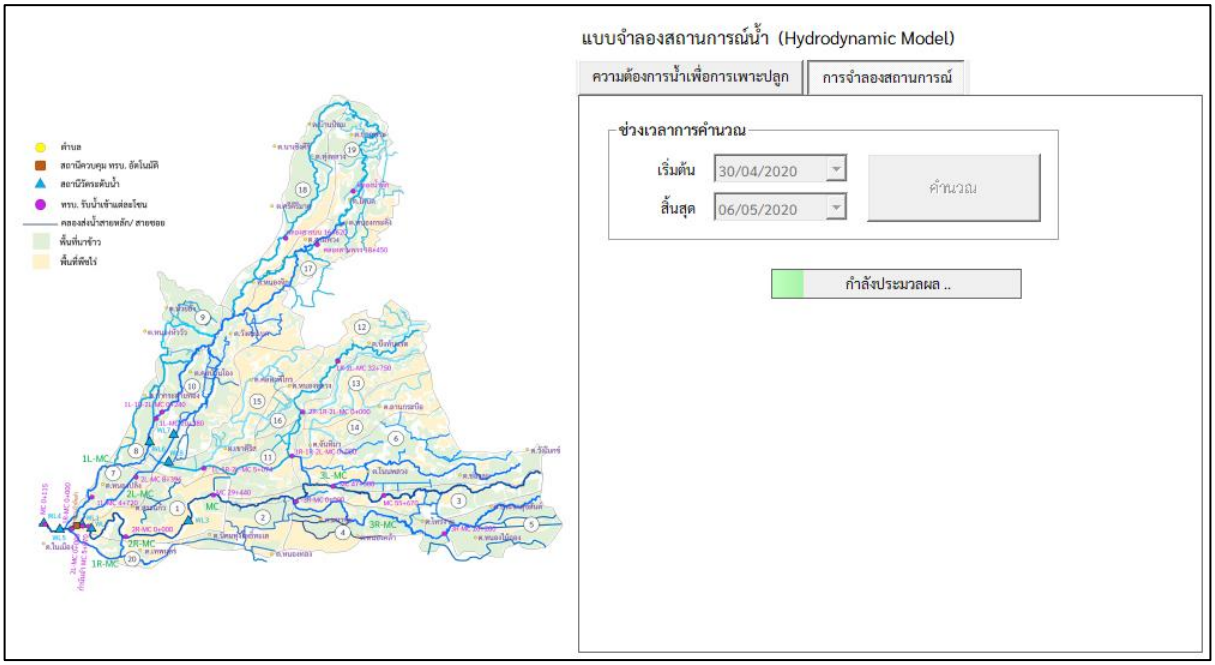
1. คลอง MC ตั้งแต่ สถานี WL4 ต.ในเมือง อ.เมืองกำแพงเพชร ถึง ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ
2. คลอง 1LMC ตั้งแต่ จุดบรรจบคลอง MC ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร ถึง ต.หนองกระดิ่ง อ. คีรีมาศ

3. คลอง 2LMC ตั้งแต่ จุดบรรจบคลอง MC ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร ถึง ต.คุยบ้านโอง อ.พรานกระต่าย
4. คลอง 3LMC ตั้งแต่ จุดบรรจบคลอง MC ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ ถึง ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ
5. คลอง 1RMC ตั้งแต่ จุดบรรจบคลอง MC ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร ถึง ต.เทพนคร อ.เมืองกำแพงเพชร
6. คลอง 2RMC ตั้งแต่ จุดบรรจบ คลอง 1RMC ต.เทพนคร อ.เมืองกำแพงเพชร ถึง จุดบรรจบคลอง MC ต.เทพนคร อ.เมืองกำแพงเพชร
7. คลอง 3RMC ตั้งแต่ จุดบรรจบ คลอง MC ต.มหาชัย อ.ไทรงาม ถึง ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ

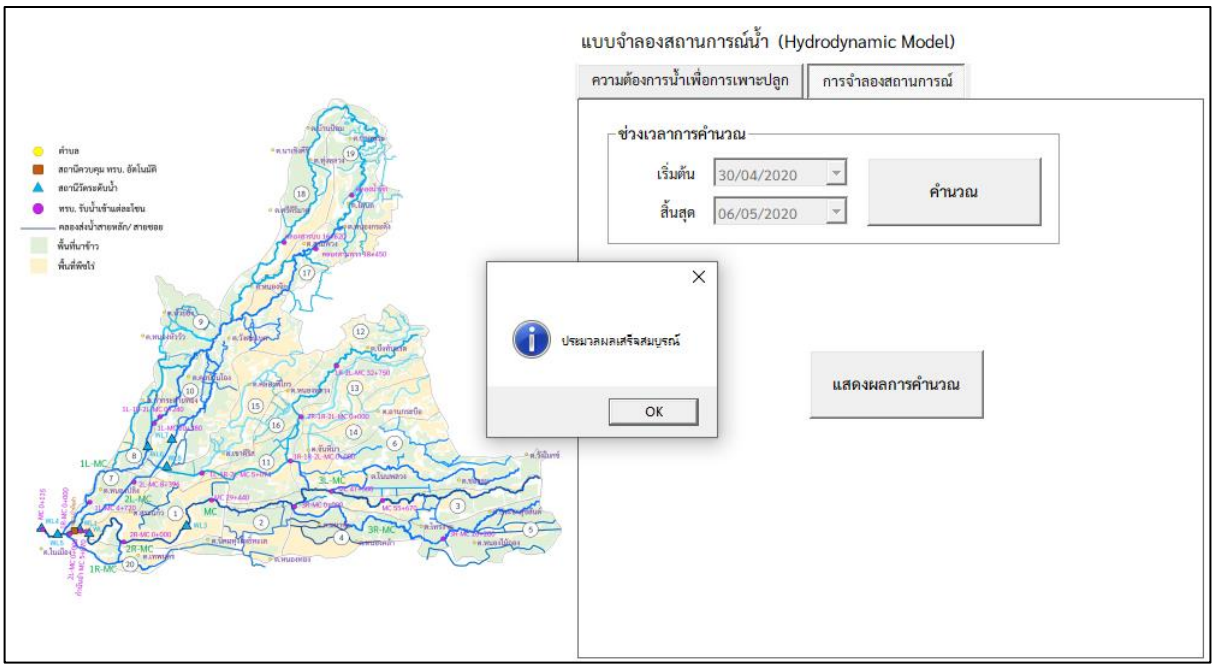
เมื่อเข้าสู่หน้าการจำลองสถานการณ์น้ำ ฝั่งซ้ายของหน้าต่างโปรแกรมแสดงแผนที่โครงข่ายลำน้ำของพื้นที่โครงการ ฝั่งขวาแสดงอินพุตของแบบจำลองฯ ซึ่งประกอบด้วยกราฟปริมาณความต้องการใช้น้ำรายวันรวม 20 โซน และตารางปริมาณความต้องการใช้น้ำรายวันแบ่งตามโซน (หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน) ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลความต้องการใช้น้ำได้ สามารถคัดลอกและวางจากตาราง worksheet ของ excel ได้ นอกจากนี้เมื่อคลิกปุ่ม “อัพเดทตารางจากแบบจำลอง WAM” โปรแกรมทำการเชื่อมโยงผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองจัดสรรน้ำมายังตารางนี้ โดยตารางทำการปรับให้มีจำนวนวันตรงกับผลการคำนวณดังกล่าวด้วย ดังแสดงในรูปที่ ก-26 ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ – อินพุตข้อมูล



รูปที่ ก-26 ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ – อินพุตข้อมูล



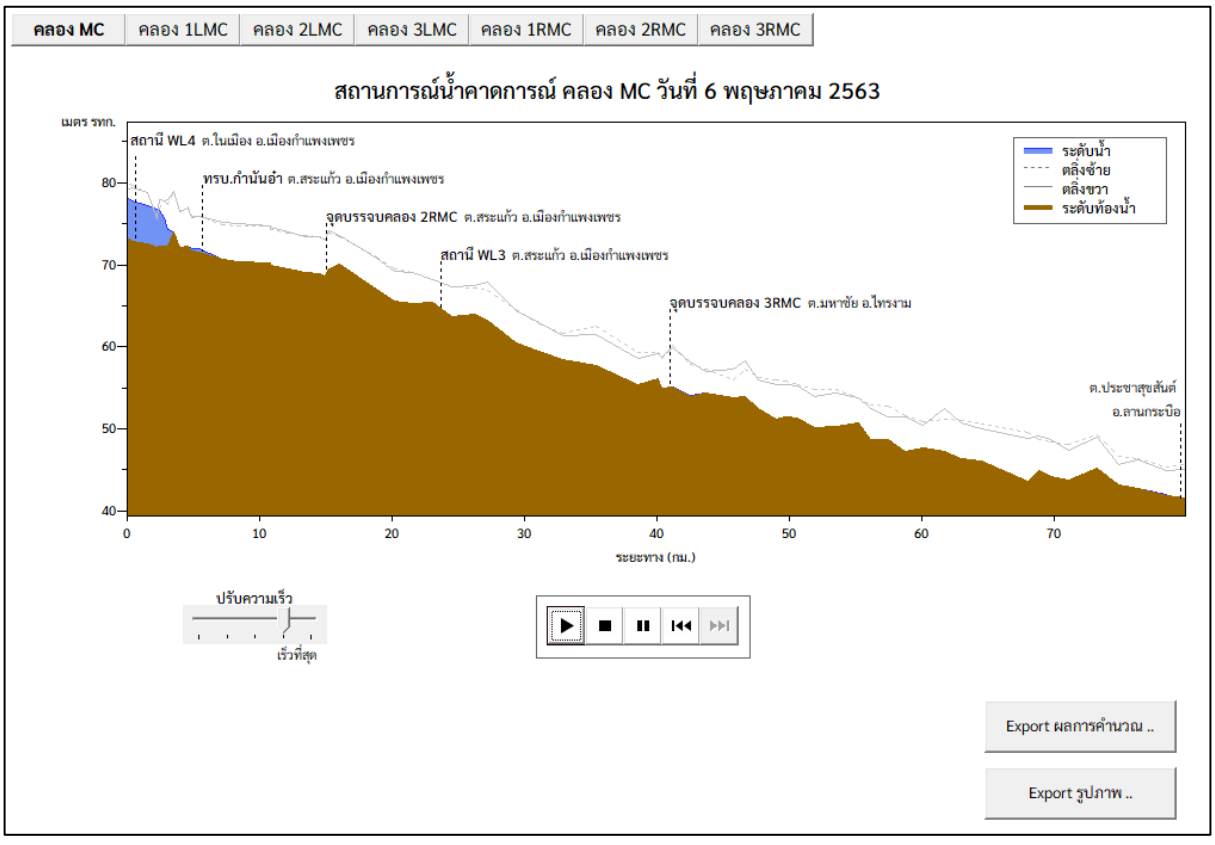
รูปที่ ก-27 ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ – การประมวลผลการคำนวณ



รูปที่ ก-28 ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ – การประมวลผลการคำนวณเสร็จสมบูรณ์

เมื่อป้อนข้อมูลอินพุตเสร็จแล้วคลิกเมนูด้านบน “การจำลองสถานการณ์” แล้วคลิกปุ่มคำนวณ โปรแกรมส่งค่าอินพุตไปยังเครื่องแม่ข่ายและทำการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ ก-27 เมื่อคำนวณเสร็จผลการคำนวณถูกส่งกลับมายังโปรแกรมแล้วแสดงข้อความ “ประมวลผลเสร็จสมบูรณ์” ดังแสดงในรูปที่ ก-28 เมื่อคลิกปุ่ม “แสดงผลการคำนวณ” หน้าต่างผลการคำนวณสถานการณ์น้ำคาดการณ์ปรากฏขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ ก-29 ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ – ผลการคำนวณสถานการณ์น้ำคาดการณ์

จากรูปที่ ก-29 ด้านบนแสดงเมนูเลือกคลองส่งน้ำ โดยคลองส่งน้ำ MC ถูกตั้งเป็นค่าเริ่มต้น ผลการคำนวณแสดงเป็นรูปตัดลำน้ำตามยาว โดยให้ต้นลำน้ำอยู่ฝั่งซ้าย ปลายลำน้ำอยู่ฝั่งขวา ระดับน้ำแทนด้วยเส้นสีน้ำเงิน ระบายด้วยสีฟ้า ระดับตลิ่งซ้ายแทนด้วยเส้นประสีเทา ระดับตลิ่งขวาแทนด้วยเส้นทึบสีเทา ระดับท้องน้ำแทนด้วยเส้นสีน้ำตาลและระบายด้วยสีน้ำตาล บนเส้นลำน้ำแสดงตำแหน่งต่างๆ ตามลำน้ำ โดยภาพรูปตัดลำน้ำตามยาวนี้ เริ่มต้นแสดงผลการคาดการณ์ในวันแรก ผู้ใช้สามารถเลือกให้แสดงผลการคาดการณ์ในวันที่ 2 ถึงวันสุดท้าย โดยคลิกที่ปุ่มด้านล่างของภาพ คลิกปุ่มแรกเพื่อให้แสดงภาพเคลื่อนไหว (animation) ปุ่มถัดมาคือ สั่งให้หยุดแสดงภาพเคลื่อนไหวแล้วกลับไปยังภาพวันแรกอีกครั้ง ปุ่มถัดมาเป็นการสั่งให้หยุดชั่วขณะ ปุ่มถัดมาเป็นการเลือกเพื่อดูภาพผลการคาดการณ์ในวันก่อนหน้านี้ และปุ่มสุดท้ายเป็นการเลือกเพื่อดูภาพผลการคาดการณ์ในวันถัดไป ผู้ใช้สามารถเลือกความเร็วในการแสดงภาพเคลื่อนไหวได้โดยลากแถบปรับความเร็วด้านล่างซ้ายของหน้าต่างโปรแกรม วันที่ของภาพ แสดงอยู่ส่วนบนของหน้าต่าง ภาพรูปตัดลำน้ำตามยาวนี้ แกนแนวตั้งคือค่าระดับ มีหน่วยเป็น เมตร รทก. แกนแนวนอนคือระยะทางจากต้นลำน้ำถึงปลายลำน้ำ มีหน่วยเป็น กิโลเมตร



รูปที่ ก-29 ส่วนการจำลองสถานการณ์น้ำ – ผลการคำนวณสถานการณ์น้ำคาดการณ์

ผู้ใช้สามารถบันทึกภาพรูปตัดลำน้ำตามยาวได้โดยคลิกปุ่ม “Export รูปภาพ ..” โปรแกรมทำการบันทึกภาพเป็นไฟล์ Bitmap ไว้ในโฟลเดอร์ data นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถเลือกบันทึกค่าผลการคำนวณทั้งหมด

ได้ โดยคลิกปุ่ม “Export ผลการคำนวณ ..” โปรแกรมทำการบันทึกผลการคำนวณเป็นไฟล์ Text ไว้ในโฟลเดอร์ data โดยรูปแบบข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ ก-30 รูปแบบผลการคำนวณการจำลองสถานการณ์น้ำ

จากรูปที่ ก-30 ผลการคำนวณในแต่ละบรรทัดคือค่าระดับตามระยะทางของแม่น้ำ (Chainage) สามารถอธิบายได้ดังนี้

คอลัมน์แรก คือลำดับที่ของแต่ละ Chainage

คอลัมน์ที่ 2 คือ ตัวเลข Chainage หน่วย เมตร

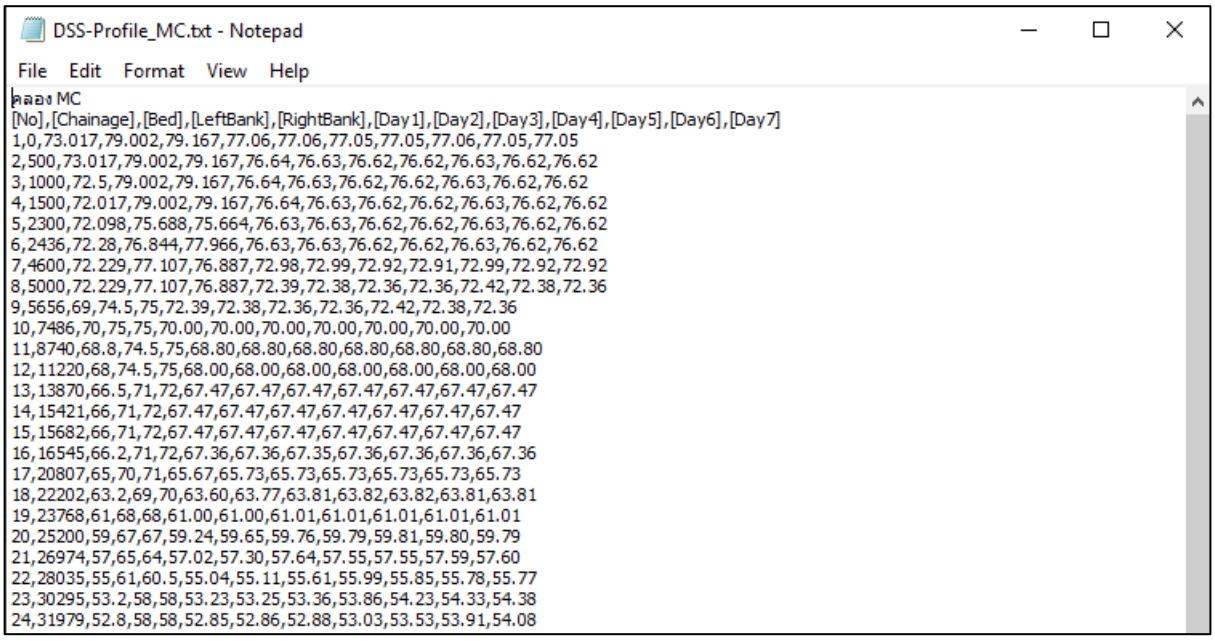
คอลัมน์ที่ 3 คือ ระดับท้องน้ำ หน่วย เมตร รทก.

คอลัมน์ที่ 4 คือ ระดับตลิ่งซ้าย หน่วย เมตร รทก.

คอลัมน์ที่ 5 คือ ระดับตลิ่งขวา หน่วย เมตร รทก.

คอลัมน์ที่ 6 เป็นต้นไป คือ ระดับน้ำคาดการณ์รายวัน ของวันที่ 1 ถึงวันสุดท้าย หน่วย เมตร รทก.

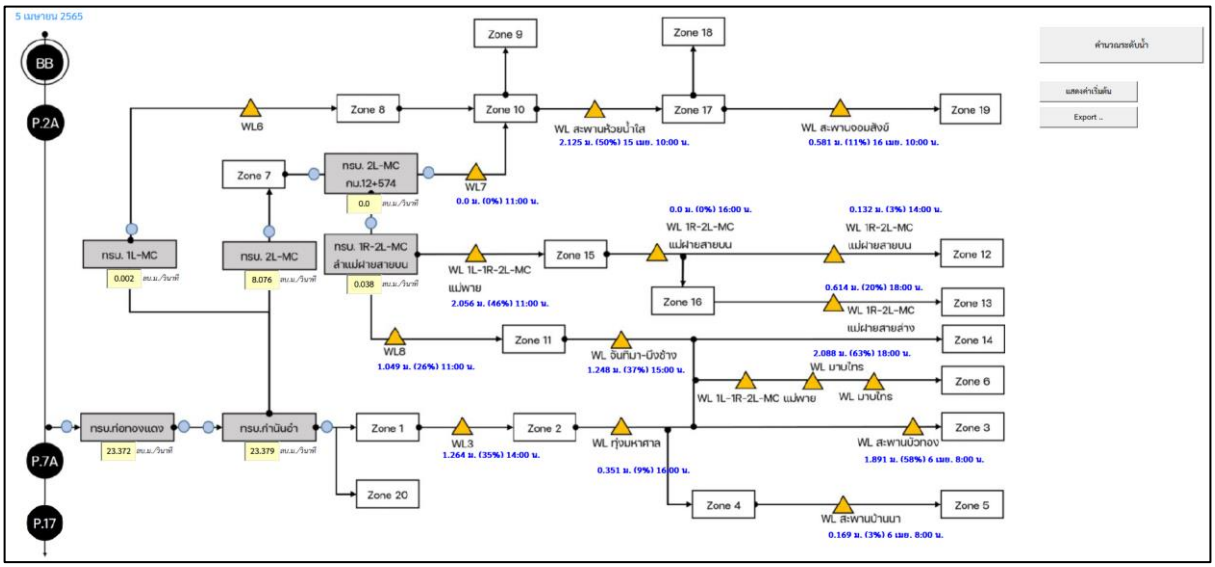
รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลในไฟล์นี้ สามารถคัดลอก หรือนำไปเปิดบนหน้าต่าง worksheet ของ Excel รวมถึงพล็อตกราฟและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้



รูปที่ ก-30 รูปแบบผลการคำนวณการจำลองสถานการณ์น้ำ

6. ส่วนการคาดการณ์ระดับน้ำ

ส่วนการคาดการณ์ระดับน้ำแสดงระดับน้ำคาดการณ์ในแต่ละสถานีวัดระดับน้ำของโครงการ โดยระบบคำนวณและอัพเดทค่าดังกล่าวแบบ real-time ดังแสดงในรูปที่ ก-31 ส่วนการคาดการณ์ระดับน้ำ



รูปที่ ก-31 ส่วนการคาดการณ์ระดับน้ำ

สถานีวัดระดับน้ำที่แสดงค่าคาดการณ์ ได้แก่

- WL3 คลอง MC กม.23+800
- WL7 คลอง 2L-MC กม.16+500
- WL8 คลอง 1R-1L-2L-MC กม.1+500
- สะพานบัวทอง คลอง MC ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ
- สะพานบ้านนา คลอง 3R-MC ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม
- สะพานทุ่งมหาศาล คลอง MC ต.มหาชัย อ.ไทรงาม
- สะพานห้วยน้ำใส ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย
- สะพานจอมสังข์ ต.ปากพระ อ.เมืองสุโขทัย
- แม่ฝายสายบน (บึงทับแรด) คลอง 1R-2L-MC ต.บึงทับแรต อ.ลานกระบือ
- แม่พาย (เขาคีริส) คลอง 1L-1R-2L-MC ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย
- แม่ฝายสายบน (หนองหลวง) คลอง 1R-2L-MC ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ
- แม่ฝายสายล่าง คลอง 2R-1R-2L-MC ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ
- แม่พาย (โนนพลวง) คลอง 1L-1R-2L-MC ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ
- จันทิมา-บึงช้าง คลอง 1R-1R-2L-MC ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ
- มาบไทร (โนนพลวง) คลอง 3L-MC ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ
- มาบไทร (ช่องลม) คลอง 3L-MC ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ

โปรแกรมแสดงค่าระดับน้ำคาดการณ์เป็นความลึก (หน่วย เมตร) และเวลาที่คาดการณ์ การคาดการณ์ระดับน้ำดังกล่าว ใช้อินพุตจากค่าปริมาณน้ำของประตูระบายน้ำหลักทั้ง 6 ทรบ. โดยใช้ค่าปริมาณน้ำปัจจุบันในการคำนวณ แสดงตัวเลขปริมาณน้ำในช่องสีเหลือง (หน่วย ลบ.ม./วินาที)

ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าปริมาณน้ำในแต่ละประตูระบายน้ำได้ตามต้องการ แล้วคลิกปุ่ม “คำนวณระดับน้ำ” เพื่อคำนวณระดับน้ำคาดการณ์จากค่าปริมาณน้ำที่กรอกไปดังกล่าว เมื่อผู้ใช้ต้องการกลับไปใช้ค่าปริมาณน้ำปัจจุบัน ให้คลิกปุ่ม “แสดงค่าเริ่มต้น” โปรแกรมทำการคำนวณระดับน้ำคาดการณ์อีกครั้งโดยใช้ค่าปริมาณน้ำปัจจุบัน ผู้ใช้สามารถเลือก export ผลการคำนวณเป็น text file ได้ โดยคลิกปุ่ม “Export”

7. ส่วนฐานข้อมูล

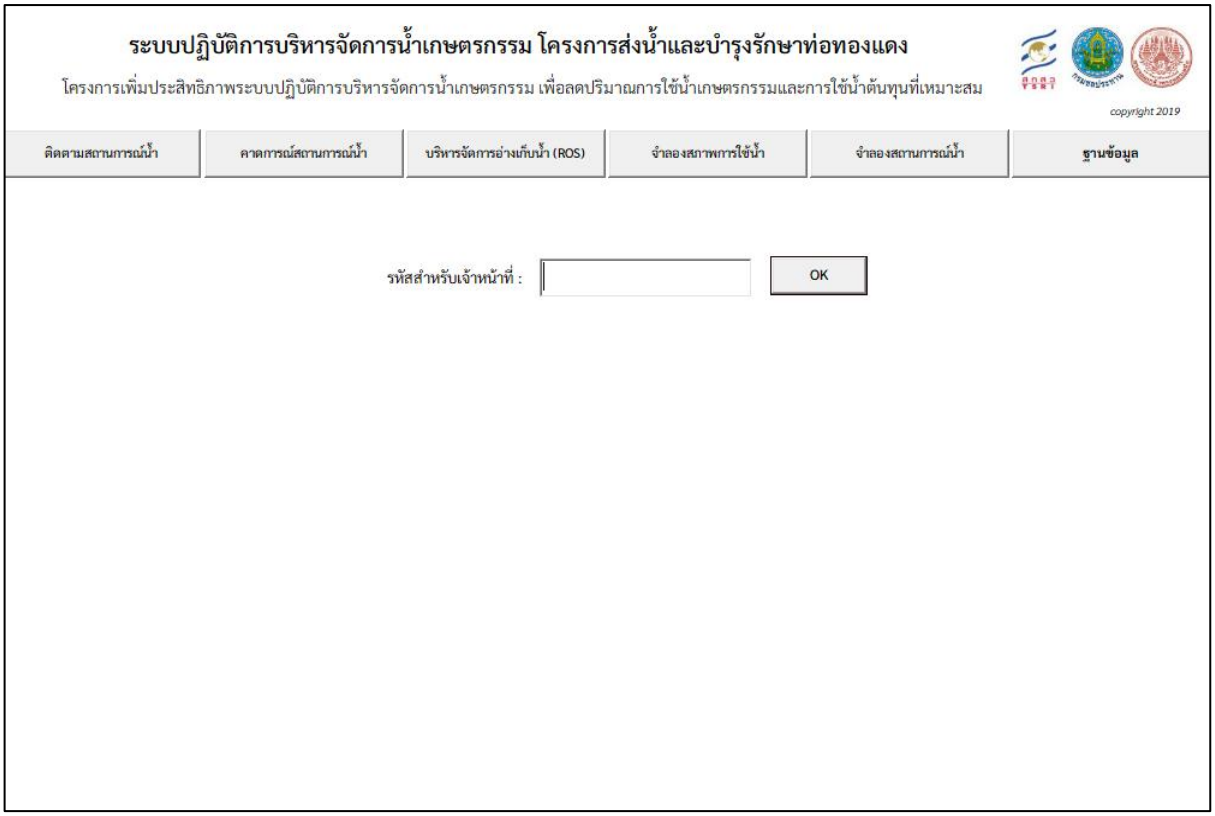
ส่วนฐานข้อมูลเป็นส่วนแสดงข้อมูลทั้งหมดที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลของโครงการ ผู้ใช้สามารถเรียกดูได้เสมอ ข้อมูลทุกชนิดสามารถเรียกดูและคัดลอกตารางไปใช้กับโปรแกรม excel ได้ นอกจากนี้ยังสามารถ export ตาราง เพื่อเก็บเป็นไฟล์ชนิด text file ได้

เมื่อเข้าสู่หน้าแรกฐานข้อมูล ผู้ใช้ต้องกรอกรหัสผ่าน “ridttd” เพื่อเข้าดูฐานข้อมูลทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ ก-32 ส่วนฐานข้อมูล – หน้าแรก

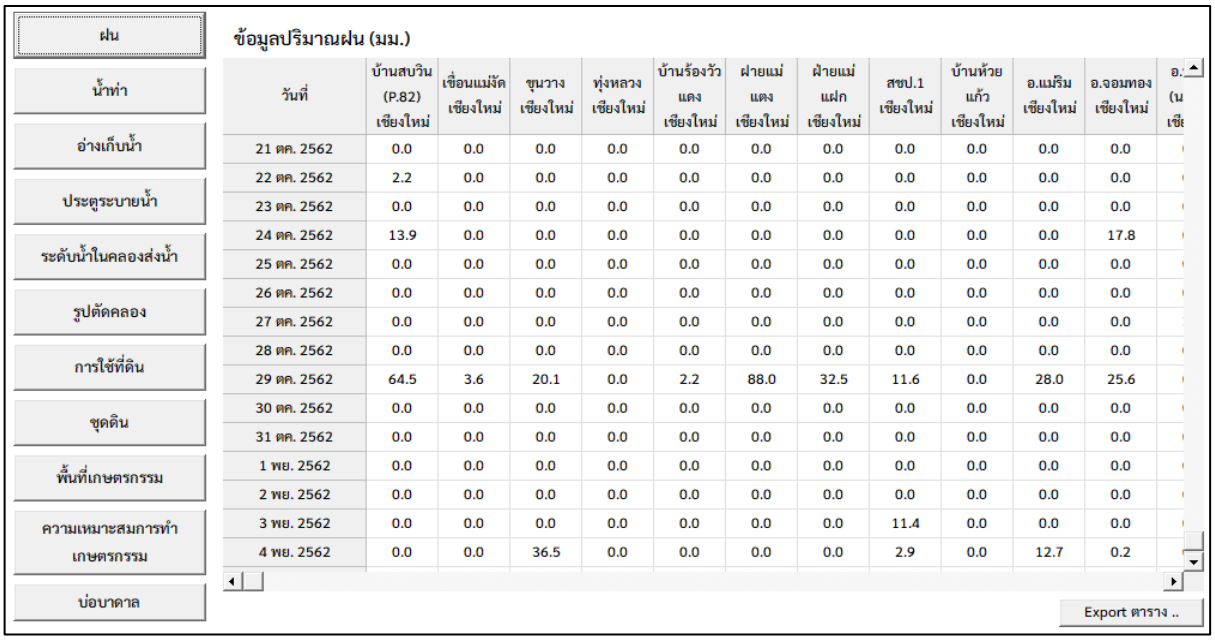
ข้อมูลแต่ละชนิดสามารถเรียกดูจากเมนูด้านซ้ายของหน้าต่างโปรแกรม มีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณฝน ของสถานีฝน 54 สถานีในพื้นที่โครงการ ตั้งแต่วันที่ 1 มค. 2546 ถึงปัจจุบัน
2. ระดับน้ำและปริมาณน้ำ ของสถานีน้ำท่า 50 สถานีในพื้นที่โครงการ ตั้งแต่วันที่ 1 เมย. 2544 ถึงปัจจุบัน
3. อ่างเก็บน้ำ แสดงปริมาณน้ำในอ่างฯ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง และปริมาณการระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 4 อ่าง ตั้งแต่วันที่ 1 พย. 2526 ถึงปัจจุบัน
4. ประตูระบายน้ำ แสดงระดับน้ำเหนือ ทรบ. ระดับน้ำท้าย ทรบ. และปริมาณน้ำ ของประตูระบายน้ำ 6 ทรบ.
5. ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ แสดงระดับน้ำในคลองส่งน้ำ 21 สถานี
6. คลองส่งน้ำ แสดงรูปตัดลำน้ำของคลองส่งน้ำ 3 คลอง ในรูปแบบไฟล์ excel
7. การใช้ที่ดิน แสดงพื้นที่การใช้ที่ดินชนิดต่างๆ ในแต่ละจังหวัด รวม 6 จังหวัด
8. ชุดดิน แสดงความเหมาะสมในการปลูกพืชชนิดต่างๆ ของแต่ละจังหวัด โดยแยกตามชนิดของดิน รวม 5 จังหวัด
9. พื้นที่เกษตรกรรม แสดงพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรแยกตามชนิดพืช รวม 6 จังหวัด
10. ความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม แสดงความเหมาะสมในการปลูกพืชชนิดต่างๆ ของแต่ละจังหวัด โดยแยกตามชนิดของพืช รวม 5 จังหวัด
11. บ่อบาดาล แสดงจำนวนพื้นที่ที่มีศักยภาพน้ำใต้ดินของแต่ละจังหวัด รวม 5 จังหวัด

หน้าต่างฐานข้อมูลทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ ก-32 - ก-44

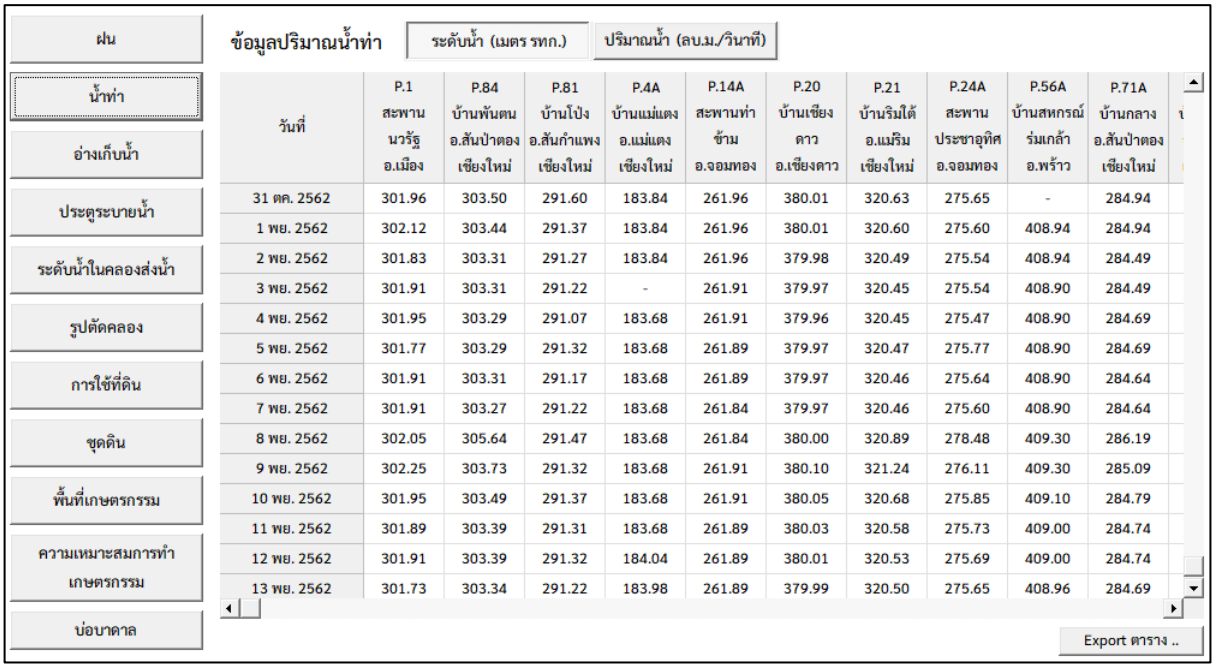


รูปที่ ก-32 ส่วนฐานข้อมูล – หน้าแรก



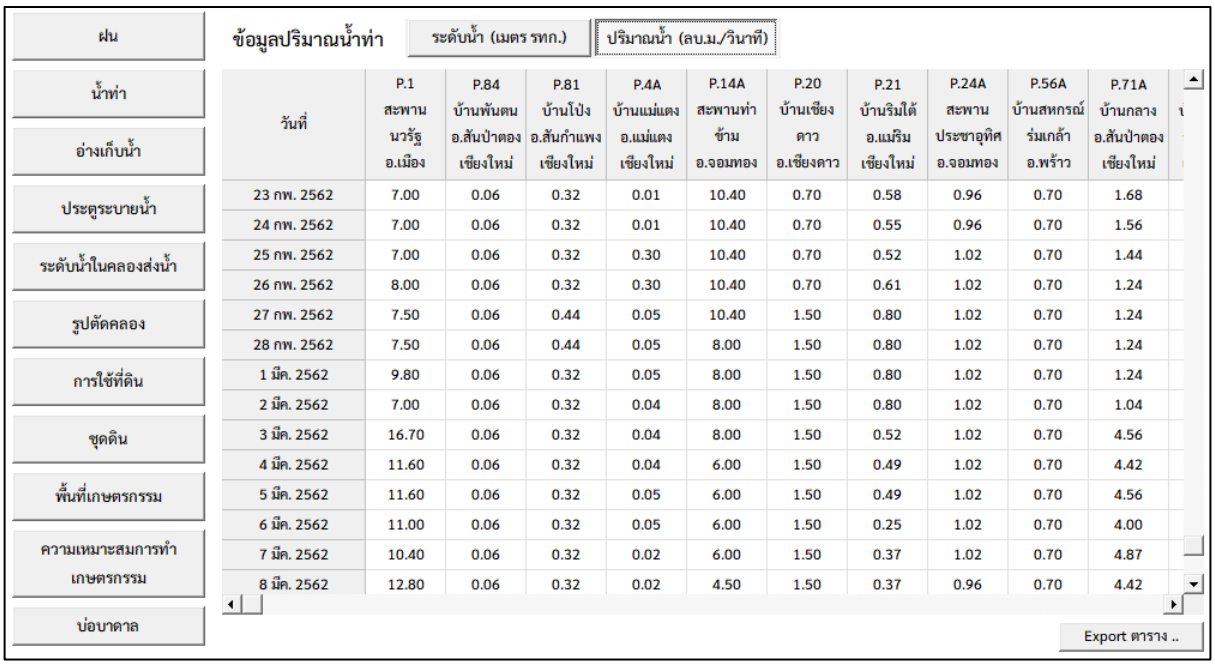
วันที่	บ้านสบวิน (P.82) เชียงใหม่	เชื่อนแม่งัด เชียงใหม่	ขุนวาง เชียงใหม่	ทุ่งหลวง เชียงใหม่	บ้านร้องวัวแดง เชียงใหม่	ฝายแม่แตง เชียงใหม่	ฝายแม่แฝก เชียงใหม่	สชป.1 เชียงใหม่	บ้านห้วยแก้ว เชียงใหม่	อ.แม่ริม เชียงใหม่	อ.จอมทอง เชียงใหม่	อ.(น เชี
21 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22 ตค. 2562	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
24 ตค. 2562	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	
25 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29 ตค. 2562	64.5	3.6	20.1	0.0	2.2	88.0	32.5	11.6	0.0	28.0	25.6	
30 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
31 ตค. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 พย. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 พย. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3 พย. 2562	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	
4 พย. 2562	0.0	0.0	36.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	12.7	0.2	

รูปที่ ก-33 ส่วนฐานข้อมูล – ปริมาณฝน



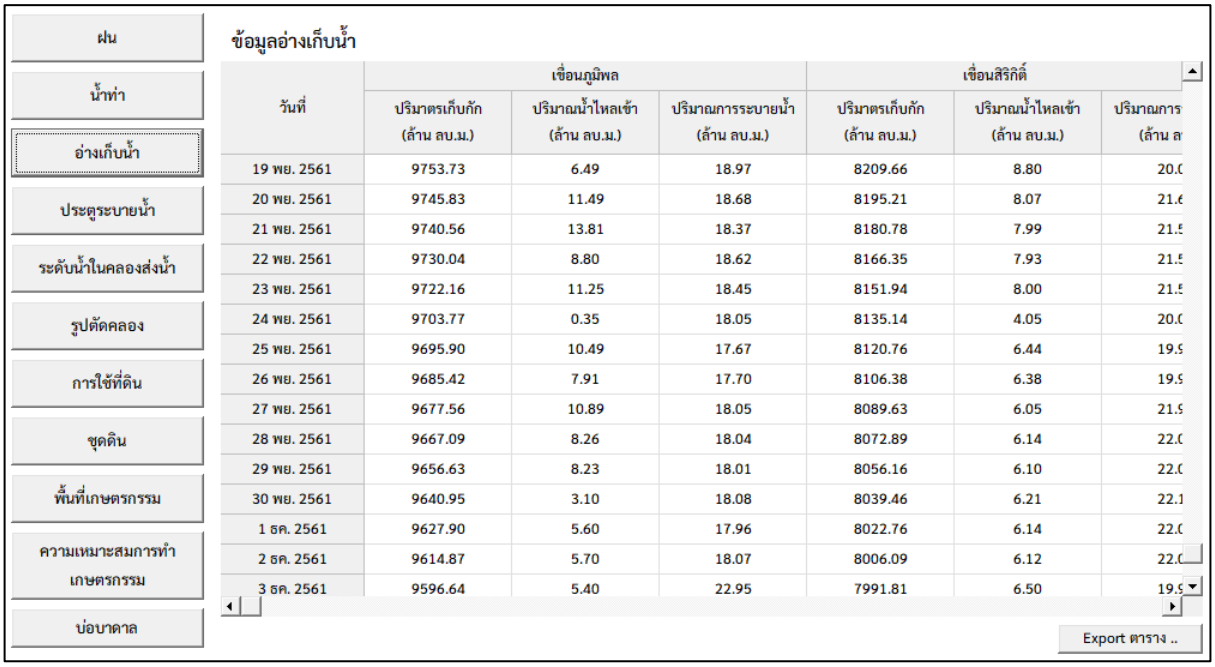
วันที่	P.1 สะพานนวรัฐ อ.เมือง	P.84 บ้านพันตน อ.สันป่าตอง เชียงใหม่	P.81 บ้านโป่ง อ.สันกำแพง เชียงใหม่	P.4A บ้านแม่แตง อ.แม่แตง เชียงใหม่	P.14A สะพานท่าข้าม อ.จอมทอง	P.20 บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.21 บ้านริมใต้ อ.แม่ริม เชียงใหม่	P.24A สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.56A บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า อ.พร้าว	P.71A บ้านกลาง อ.สันป่าตอง เชียงใหม่
31 ตค. 2562	301.96	303.50	291.60	183.84	261.96	380.01	320.63	275.65	-	284.94
1 พย. 2562	302.12	303.44	291.37	183.84	261.96	380.01	320.60	275.60	408.94	284.94
2 พย. 2562	301.83	303.31	291.27	183.84	261.96	379.98	320.49	275.54	408.94	284.49
3 พย. 2562	301.91	303.31	291.22	-	261.91	379.97	320.45	275.54	408.90	284.49
4 พย. 2562	301.95	303.29	291.07	183.68	261.91	379.96	320.45	275.47	408.90	284.69
5 พย. 2562	301.77	303.29	291.32	183.68	261.89	379.97	320.47	275.77	408.90	284.69
6 พย. 2562	301.91	303.31	291.17	183.68	261.89	379.97	320.46	275.64	408.90	284.64
7 พย. 2562	301.91	303.27	291.22	183.68	261.84	379.97	320.46	275.60	408.90	284.64
8 พย. 2562	302.05	305.64	291.47	183.68	261.84	380.00	320.89	278.48	409.30	286.19
9 พย. 2562	302.25	303.73	291.32	183.68	261.91	380.10	321.24	276.11	409.30	285.09
10 พย. 2562	301.95	303.49	291.37	183.68	261.91	380.05	320.68	275.85	409.10	284.79
11 พย. 2562	301.89	303.39	291.31	183.68	261.89	380.03	320.58	275.73	409.00	284.74
12 พย. 2562	301.91	303.39	291.32	184.04	261.89	380.01	320.53	275.69	409.00	284.74
13 พย. 2562	301.73	303.34	291.22	183.98	261.89	379.99	320.50	275.65	408.96	284.69

รูปที่ ก-34 ส่วนฐานข้อมูล – ระดับน้ำ



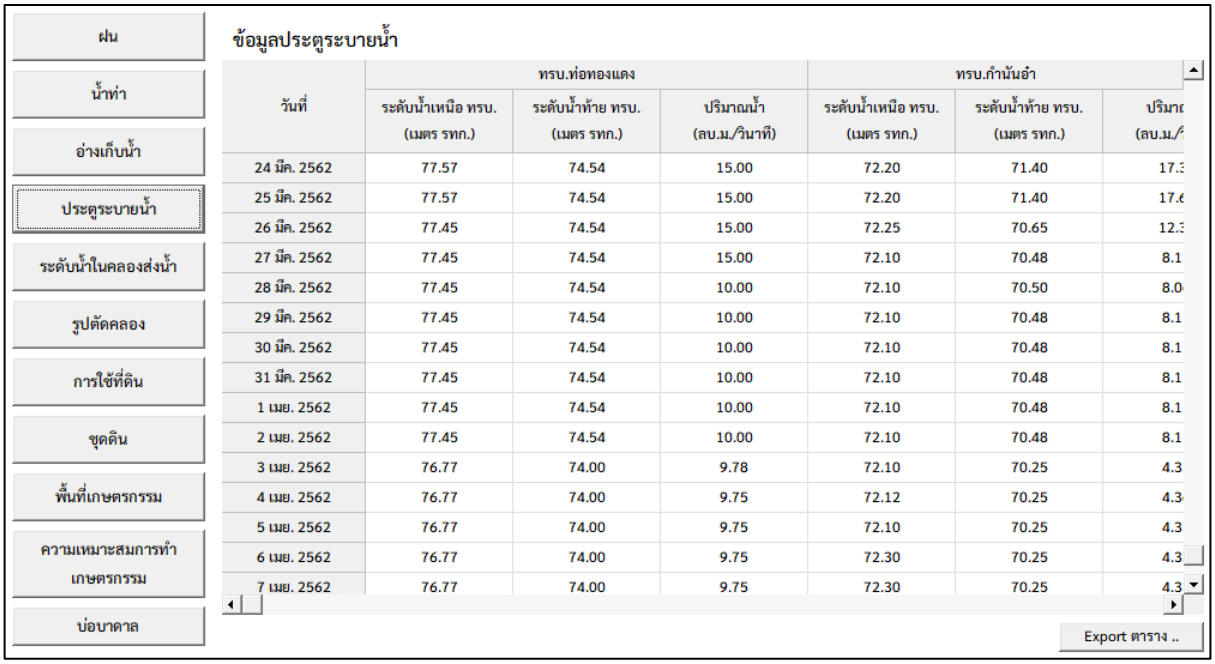
วันที่	P.1 สะพานนวรัฐ อ.เมือง	P.84 บ้านพันตน อ.สันป่าตอง เชียงใหม่	P.81 บ้านโป่ง อ.สันกำแพง เชียงใหม่	P.4A บ้านแม่แตง อ.แม่แตง เชียงใหม่	P.14A สะพานท่าข้าม อ.จอมทอง	P.20 บ้านเชียงดาว อ.เชียงดาว	P.21 บ้านริมใต้ อ.แม่ริม เชียงใหม่	P.24A สะพานประชาอุทิศ อ.จอมทอง	P.56A บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า อ.พร้าว	P.71A บ้านกลาง อ.สันป่าตอง เชียงใหม่
23 กพ. 2562	7.00	0.06	0.32	0.01	10.40	0.70	0.58	0.96	0.70	1.68
24 กพ. 2562	7.00	0.06	0.32	0.01	10.40	0.70	0.55	0.96	0.70	1.56
25 กพ. 2562	7.00	0.06	0.32	0.30	10.40	0.70	0.52	1.02	0.70	1.44
26 กพ. 2562	8.00	0.06	0.32	0.30	10.40	0.70	0.61	1.02	0.70	1.24
27 กพ. 2562	7.50	0.06	0.44	0.05	10.40	1.50	0.80	1.02	0.70	1.24
28 กพ. 2562	7.50	0.06	0.44	0.05	8.00	1.50	0.80	1.02	0.70	1.24
1 มีค. 2562	9.80	0.06	0.32	0.05	8.00	1.50	0.80	1.02	0.70	1.24
2 มีค. 2562	7.00	0.06	0.32	0.04	8.00	1.50	0.80	1.02	0.70	1.04
3 มีค. 2562	16.70	0.06	0.32	0.04	8.00	1.50	0.52	1.02	0.70	4.56
4 มีค. 2562	11.60	0.06	0.32	0.04	6.00	1.50	0.49	1.02	0.70	4.42
5 มีค. 2562	11.60	0.06	0.32	0.05	6.00	1.50	0.49	1.02	0.70	4.56
6 มีค. 2562	11.00	0.06	0.32	0.05	6.00	1.50	0.25	1.02	0.70	4.00
7 มีค. 2562	10.40	0.06	0.32	0.02	6.00	1.50	0.37	1.02	0.70	4.87
8 มีค. 2562	12.80	0.06	0.32	0.02	4.50	1.50	0.37	0.96	0.70	4.42

รูปที่ ก-35 ส่วนฐานข้อมูล – ปริมาณน้ำ



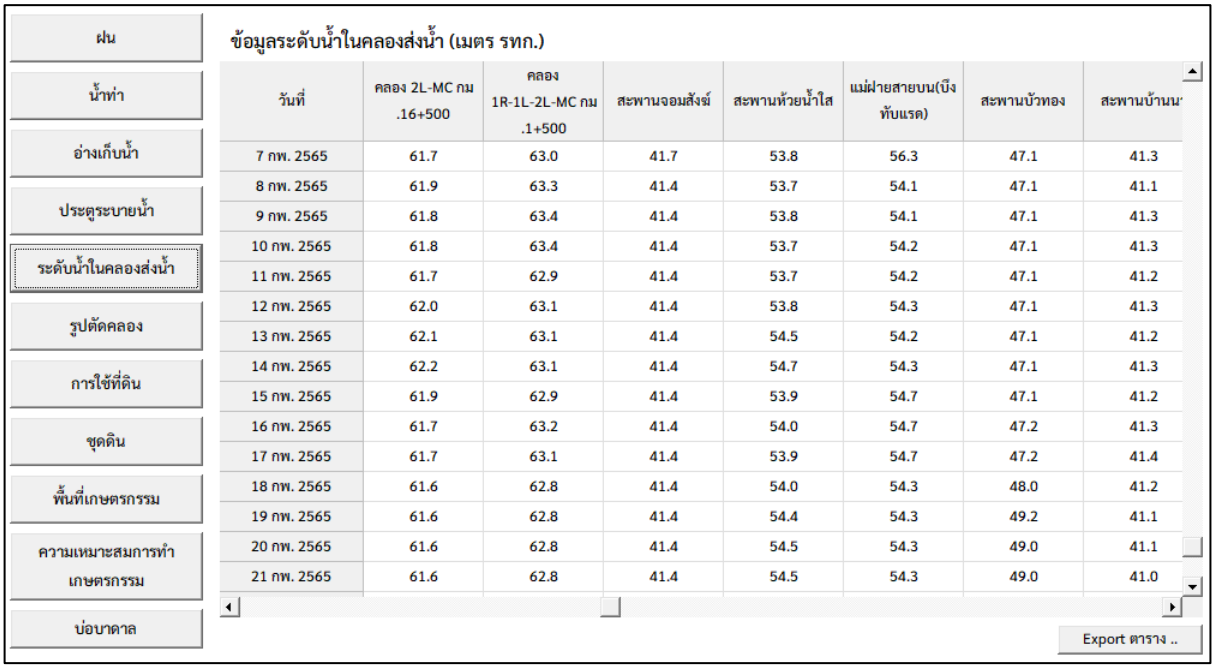
วันที่	เขื่อนภูมิพล			เขื่อนสิริกิติ์		
	ปริมาตรเก็บกัก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการระบายน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาตรเก็บกัก (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการ (ล้าน ล
19 พย. 2561	9753.73	6.49	18.97	8209.66	8.80	20.0
20 พย. 2561	9745.83	11.49	18.68	8195.21	8.07	21.6
21 พย. 2561	9740.56	13.81	18.37	8180.78	7.99	21.5
22 พย. 2561	9730.04	8.80	18.62	8166.35	7.93	21.5
23 พย. 2561	9722.16	11.25	18.45	8151.94	8.00	21.5
24 พย. 2561	9703.77	0.35	18.05	8135.14	4.05	20.0
25 พย. 2561	9695.90	10.49	17.67	8120.76	6.44	19.9
26 พย. 2561	9685.42	7.91	17.70	8106.38	6.38	19.9
27 พย. 2561	9677.56	10.89	18.05	8089.63	6.05	21.9
28 พย. 2561	9667.09	8.26	18.04	8072.89	6.14	22.0
29 พย. 2561	9656.63	8.23	18.01	8056.16	6.10	22.0
30 พย. 2561	9640.95	3.10	18.08	8039.46	6.21	22.1
1 ธค. 2561	9627.90	5.60	17.96	8022.76	6.14	22.0
2 ธค. 2561	9614.87	5.70	18.07	8006.09	6.12	22.0
3 ธค. 2561	9596.64	5.40	22.95	7991.81	6.50	19.9

รูปที่ ก-36 ส่วนฐานข้อมูล – อ่างเก็บน้ำ



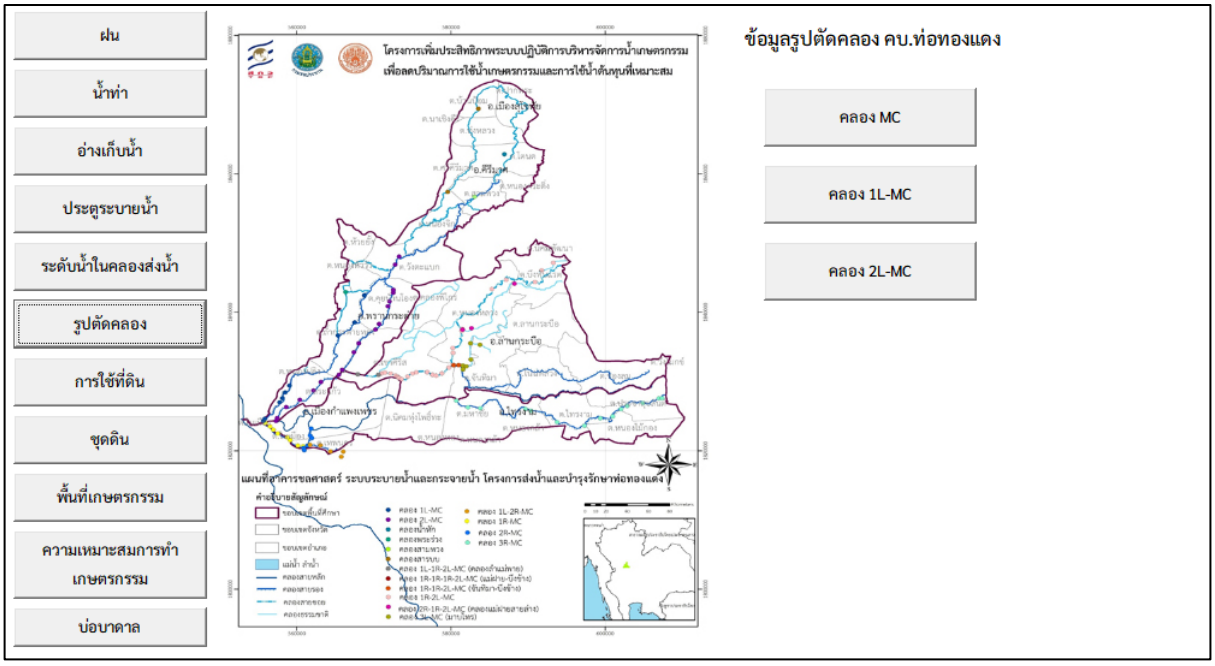
วันที่	ทรบ.ท่อทองแดง			ทรบ.กำนันอำ		
	ระดับน้ำเหนือ ทรบ. (เมตร รทก.)	ระดับน้ำท้าย ทรบ. (เมตร รทก.)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเหนือ ทรบ. (เมตร รทก.)	ระดับน้ำท้าย ทรบ. (เมตร รทก.)	ปริมา (ลบ.ม./
24 มีค. 2562	77.57	74.54	15.00	72.20	71.40	17.3
25 มีค. 2562	77.57	74.54	15.00	72.20	71.40	17.6
26 มีค. 2562	77.45	74.54	15.00	72.25	70.65	12.3
27 มีค. 2562	77.45	74.54	15.00	72.10	70.48	8.1
28 มีค. 2562	77.45	74.54	10.00	72.10	70.50	8.0
29 มีค. 2562	77.45	74.54	10.00	72.10	70.48	8.1
30 มีค. 2562	77.45	74.54	10.00	72.10	70.48	8.1
31 มีค. 2562	77.45	74.54	10.00	72.10	70.48	8.1
1 เมย. 2562	77.45	74.54	10.00	72.10	70.48	8.1
2 เมย. 2562	77.45	74.54	10.00	72.10	70.48	8.1
3 เมย. 2562	76.77	74.00	9.78	72.10	70.25	4.3
4 เมย. 2562	76.77	74.00	9.75	72.12	70.25	4.3
5 เมย. 2562	76.77	74.00	9.75	72.10	70.25	4.3
6 เมย. 2562	76.77	74.00	9.75	72.30	70.25	4.3
7 เมย. 2562	76.77	74.00	9.75	72.30	70.25	4.3

รูปที่ ก-37 ส่วนฐานข้อมูล – ประตูระบายน้ำ

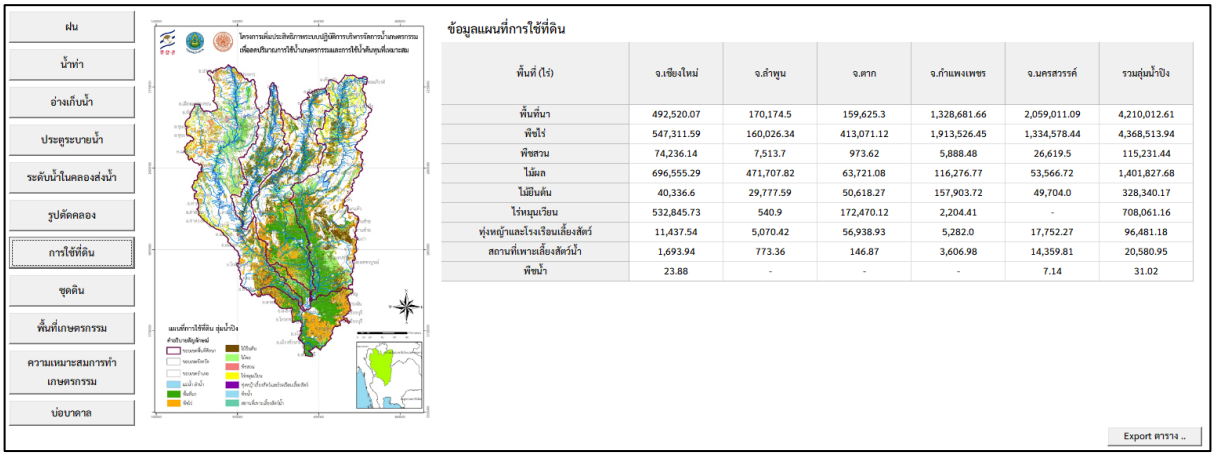


วันที่	คลอง 2L-MC กม .16+500	คลอง 1R-1L-2L-MC กม .1+500	สะพานจอมสังฆ์	สะพานห้วยน้ำใส	แม่ฝายสายบน(บึงทับแรด)	สะพานบัวทอง	สะพานบ้านน
7 กพ. 2565	61.7	63.0	41.7	53.8	56.3	47.1	41.3
8 กพ. 2565	61.9	63.3	41.4	53.7	54.1	47.1	41.1
9 กพ. 2565	61.8	63.4	41.4	53.8	54.1	47.1	41.3
10 กพ. 2565	61.8	63.4	41.4	53.7	54.2	47.1	41.3
11 กพ. 2565	61.7	62.9	41.4	53.7	54.2	47.1	41.2
12 กพ. 2565	62.0	63.1	41.4	53.8	54.3	47.1	41.3
13 กพ. 2565	62.1	63.1	41.4	54.5	54.2	47.1	41.2
14 กพ. 2565	62.2	63.1	41.4	54.7	54.3	47.1	41.3
15 กพ. 2565	61.9	62.9	41.4	53.9	54.7	47.1	41.2
16 กพ. 2565	61.7	63.2	41.4	54.0	54.7	47.2	41.3
17 กพ. 2565	61.7	63.1	41.4	53.9	54.7	47.2	41.4
18 กพ. 2565	61.6	62.8	41.4	54.0	54.3	48.0	41.2
19 กพ. 2565	61.6	62.8	41.4	54.4	54.3	49.2	41.1
20 กพ. 2565	61.6	62.8	41.4	54.5	54.3	49.0	41.1
21 กพ. 2565	61.6	62.8	41.4	54.5	54.3	49.0	41.0

รูปที่ ก-38 ส่วนฐานข้อมูล – ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ

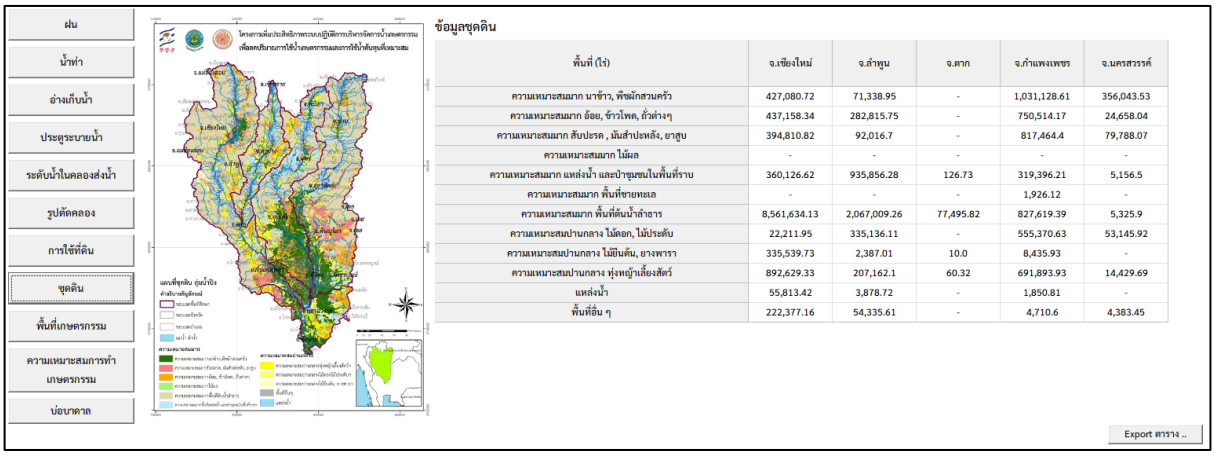


รูปที่ ก-39 ส่วนฐานข้อมูล – รูปตัดคลอง คบ.ท่อทองแดง



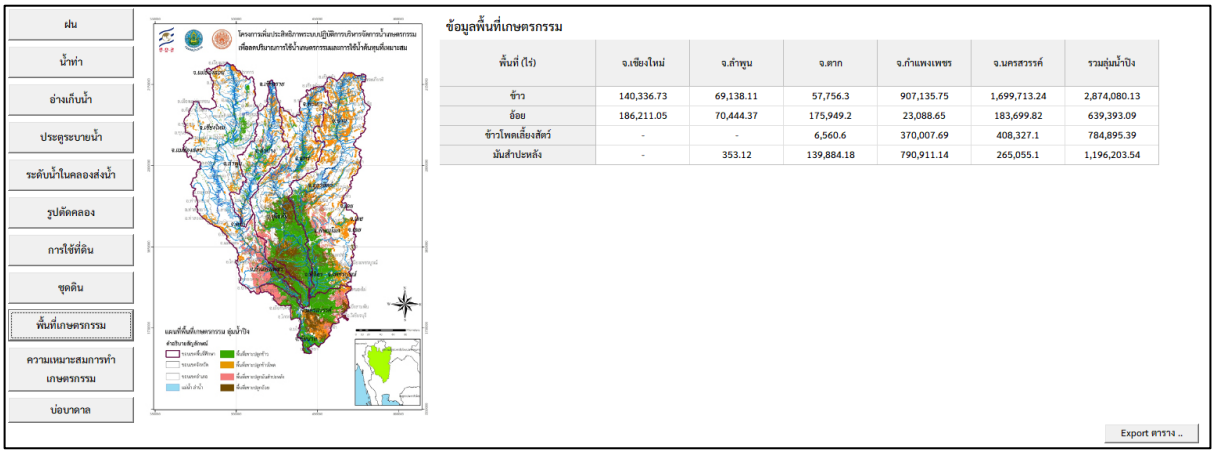
พื้นที่ (ไร่)	จ.เชียงใหม่	จ.ลำพูน	จ.ตาก	จ.กำแพงเพชร	จ.นครสวรรค์	รวมลุ่มน้ำปิง
พื้นที่นา	492,520.07	170,174.5	159,625.3	1,328,681.66	2,059,011.09	4,210,012.61
พืชไร่	547,311.59	160,026.34	413,071.12	1,913,526.45	1,334,578.44	4,368,513.94
พืชสวน	74,236.14	7,513.7	973.62	5,888.48	26,619.5	115,231.44
ไม้ผล	696,555.29	471,707.82	63,721.08	116,276.77	53,566.72	1,401,827.68
ไม้ยืนต้น	40,336.6	29,777.59	50,618.27	157,903.72	49,704.0	328,340.17
ไร่หมุนเวียน	532,845.73	540.9	172,470.12	2,204.41	-	708,061.16
ทุ่งหญ้าและโรงเรือนเลี้ยงสัตว์	11,437.54	5,070.42	56,938.93	5,282.0	17,752.27	96,481.18
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	1,693.94	773.36	146.87	3,606.98	14,359.81	20,580.95
พืชน้ำ	23.88	-	-	-	7.14	31.02

รูปที่ ก-40 ส่วนฐานข้อมูล – แผนที่การใช้ที่ดิน



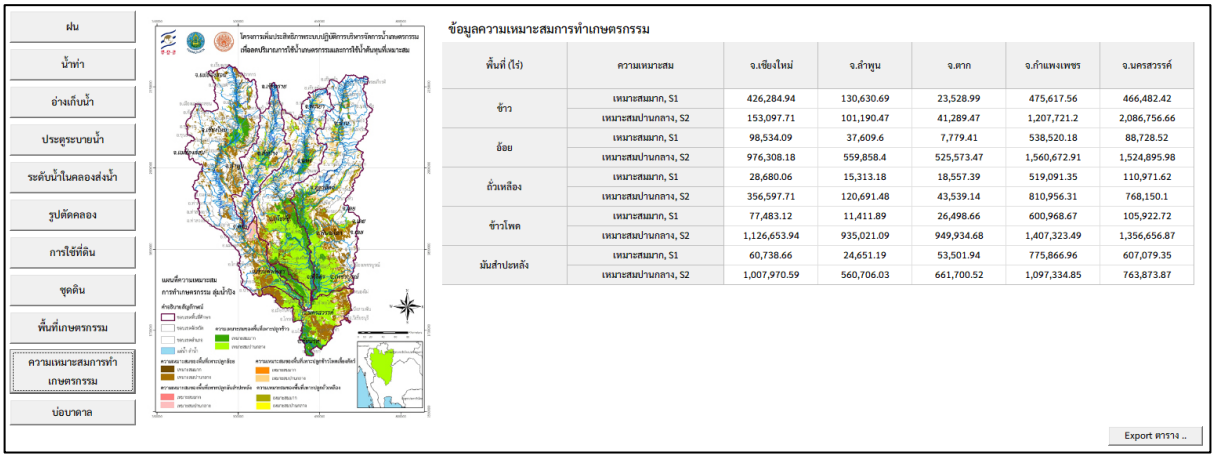
พื้นที่ (ไร่)	จ.เชียงใหม่	จ.ลำพูน	จ.ตาก	จ.กำแพงเพชร	จ.นครสวรรค์
ความเหมาะสมมาก นาข้าว, พืชผักสวนครัว	427,080.72	71,338.95	-	1,031,128.61	356,043.53
ความเหมาะสมมาก อ้อย, ข้าวโพด, ถั่วต่างๆ	437,158.34	282,815.75	-	750,514.17	24,658.04
ความเหมาะสมมาก สับปะรด , มันสำปะหลัง, ยาสูบ	394,810.82	92,016.7	-	817,464.4	79,788.07
ความเหมาะสมมาก ไม้ผล	-	-	-	-	-
ความเหมาะสมมาก แหล่งน้ำ และป่าชุมชนในพื้นที่ราบ	360,126.62	935,856.28	126.73	319,396.21	5,156.5
ความเหมาะสมมาก พื้นที่ชายทะเล	-	-	-	1,926.12	-
ความเหมาะสมมาก พื้นที่ต้นน้ำลำธาร	8,561,634.13	2,067,009.26	77,495.82	827,619.39	5,325.9
ความเหมาะสมปานกลาง ไม้ดอก, ไม้ประดับ	22,211.95	335,136.11	-	555,370.63	53,145.92
ความเหมาะสมปานกลาง ไม้ยืนต้น, ยางพารา	335,539.73	2,387.01	10.0	8,435.93	-
ความเหมาะสมปานกลาง ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	892,629.33	207,162.1	60.32	691,893.93	14,429.69
แหล่งน้ำ	55,813.42	3,878.72	-	1,850.81	-
พื้นที่อื่น ๆ	222,377.16	54,335.61	-	4,710.6	4,383.45

รูปที่ ก-41 ส่วนฐานข้อมูล – ชุดดิน



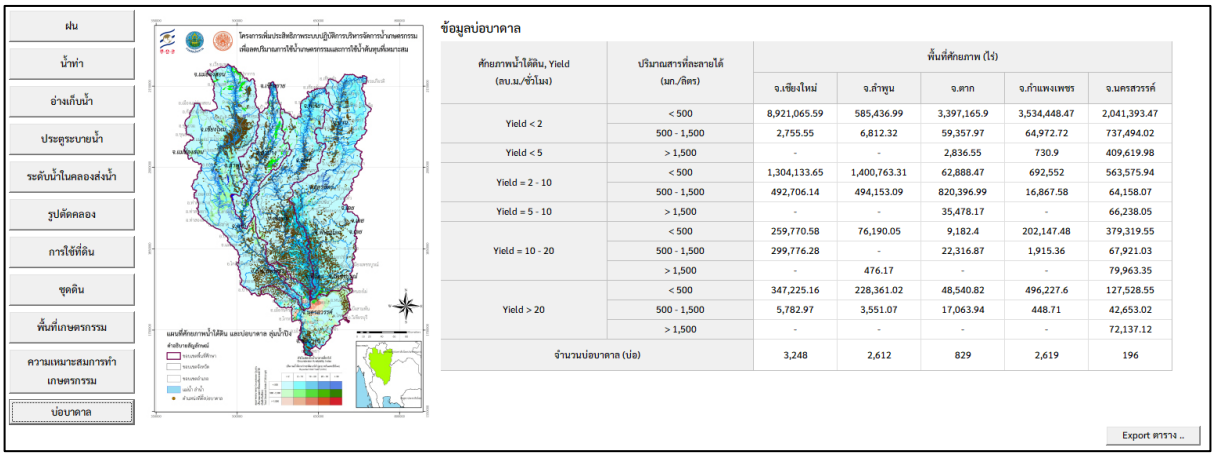
พื้นที่ (ไร่)	จ.เชียงใหม่	จ.ลำพูน	จ.ตาก	จ.กำแพงเพชร	จ.นครสวรรค์	รวมลุ่มน้ำปิง
ข้าว	140,336.73	69,138.11	57,756.3	907,135.75	1,699,713.24	2,874,080.13
อ้อย	186,211.05	70,444.37	175,949.2	23,088.65	183,699.82	639,393.09
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	-	-	6,560.6	370,007.69	408,327.1	784,895.39
มันสำปะหลัง	-	353.12	139,884.18	790,911.14	265,055.1	1,196,203.54

รูปที่ ก-42 ส่วนฐานข้อมูล – พื้นที่เกษตรกรรม



พื้นที่ (ไร่)	ความเหมาะสม	จ.เชียงใหม่	จ.ลำพูน	จ.ตาก	จ.กำแพงเพชร	จ.นครสวรรค์
ข้าว	เหมาะสมมาก, S1	426,284.94	130,630.69	23,528.99	475,617.56	466,482.42
	เหมาะสมปานกลาง, S2	153,097.71	101,190.47	41,289.47	1,207,721.2	2,086,756.66
อ้อย	เหมาะสมมาก, S1	98,534.09	37,609.6	7,779.41	538,520.18	88,728.52
	เหมาะสมปานกลาง, S2	976,308.18	559,858.4	525,573.47	1,560,672.91	1,524,895.98
ถั่วเหลือง	เหมาะสมมาก, S1	28,680.06	15,313.18	18,557.39	519,091.35	110,971.62
	เหมาะสมปานกลาง, S2	356,597.71	120,691.48	43,539.14	810,956.31	768,150.1
ข้าวโพด	เหมาะสมมาก, S1	77,483.12	11,411.89	26,498.66	600,968.67	105,922.72
	เหมาะสมปานกลาง, S2	1,126,653.94	935,021.09	949,934.68	1,407,323.49	1,356,656.87
มันสำปะหลัง	เหมาะสมมาก, S1	60,738.66	24,651.19	53,501.94	775,866.96	607,079.35
	เหมาะสมปานกลาง, S2	1,007,970.59	560,706.03	661,700.52	1,097,334.85	763,873.87

รูปที่ ก-43 ส่วนฐานข้อมูล – ความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม



ศักยภาพน้ำใต้ดิน, Yield (ลบ.ม./ชั่วโมง)	ปริมาณสารที่ละลายได้ (มก./ลิตร)	พื้นที่ศักยภาพ (ไร่)				
		จ.เชียงใหม่	จ.ลำพูน	จ.ตาก	จ.กำแพงเพชร	จ.นครสวรรค์
Yield < 2	< 500	8,921,065.59	585,436.99	3,397,165.9	3,534,448.47	2,041,393.47
	500 - 1,500	2,755.55	6,812.32	59,357.97	64,972.72	737,494.02
Yield < 5	> 1,500	-	-	2,836.55	730.9	409,619.98
Yield = 2 - 10	< 500	1,304,133.65	1,400,763.31	62,888.47	692,552	563,575.94
	500 - 1,500	492,706.14	494,153.09	820,396.99	16,867.58	64,158.07
Yield = 5 - 10	> 1,500	-	-	35,478.17	-	66,238.05
Yield = 10 - 20	< 500	259,770.58	76,190.05	9,182.4	202,147.48	379,319.55
	500 - 1,500	299,776.28	-	22,316.87	1,915.36	67,921.03
	> 1,500	-	476.17	-	-	79,963.35
Yield > 20	< 500	347,225.16	228,361.02	48,540.82	496,227.6	127,528.55
	500 - 1,500	5,782.97	3,551.07	17,063.94	448.71	42,653.02
	> 1,500	-	-	-	-	72,137.12
จำนวนบ่อบาดาล (บ่อ)		3,248	2,612	829	2,619	196

รูปที่ ก-44 ส่วนฐานข้อมูล – บ่อบาดาล

คู่มือทางเทคนิค

โปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง (TTD) สามารถติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ความต้องการของระบบคอมพิวเตอร์

โปรแกรมสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 11, Windows 10, Windows 8, Windows 7, Windows Vista ตลอดจน Windows XP ทั้งแบบ 64 bit และ 32 bit

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ติดตั้งควรมีคุณสมบัติที่แนะนำ ดังนี้

- ตัวประมวลผล (CPU) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ (GHz) ขึ้นไป แบบ 32 บิต หรือ 64 บิต
- RAM 1 กิกะไบต์ (GB)
- พื้นที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ 500 เมกะไบต์ (MB)
- เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ติดตั้งต้องมีคุณสมบัติขั้นต่ำ ดังนี้

- ตัวประมวลผล (CPU) 500 เมกะเฮิร์ตซ์ (GHz) ขึ้นไป แบบ 32 บิต หรือ 64 บิต
- RAM 128 เมกะไบต์ (MB)
- พื้นที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ 200 เมกะไบต์ (MB)
- เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้

ซอฟท์แวร์ที่จำเป็น

ในการใช้งานโปรแกรม ต้องติดตั้งซอฟท์แวร์ที่จำเป็นก่อน จึงจะสามารถเปิดโปรแกรมได้อย่างสมบูรณ์ ซอฟท์แวร์ที่จำเป็นได้แก่

- NET Framework 4.0 x86 หรือ x64
- Visual Basic 6.0 Runtime Plus เวอร์ชั่น 2.2 หรือใหม่กว่า
- Visual C++ Redistribution x64 เวอร์ชั่น 2015-2019 หรือใหม่กว่า
- Python เวอร์ชั่น 3.7.0 amd64 เท่านั้น พร้อมติดตั้ง module ดังต่อไปนี้ numpy, matplotlib, pandas, scipy

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

ไฟล์ที่ใช้ติดตั้งประกอบด้วย setup.exe, setup.lst และ TTD.cab ทั้งหมด 3 ไฟล์ ติดตั้งโดยเลือกไฟล์ setup.exe โปรแกรมจะถูกติดตั้งไว้ในโฟลเดอร์ *C:\Program Files (x86)\TTD* ขนาดของโปรแกรมทั้งหมดประมาณ 80 เมกกะไบท์

โปรแกรมจำเป็นต้องเชื่อมต่อข้อมูลจากระบบโทรมาตรผ่านทาง web service ดังนั้นในบางครั้งที่เปิดโปรแกรมขึ้นมา อาจต้องตั้งค่า Windows Firewall เพื่ออนุญาตให้โปรแกรมสามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้

เมื่อติดตั้งโปรแกรมแล้ว สามารถเปิดโปรแกรมโดยคลิกปุ่ม Start ของ Windows แล้วเลือกที่โปรแกรม TTD เพื่อเข้าสู่โปรแกรม

ขั้นตอนการถอนการติดตั้งโปรแกรม

สามารถถอนการติดตั้งโปรแกรม (uninstall) ได้โดยทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกที่ Control Panel > Programs and Features
2. เลือกโปรแกรม TTD
3. คลิกปุ่ม Uninstall

ในการถอนการติดตั้งโดยปกติ อาจยังมีไฟล์ข้อมูลค้างอยู่ในเครื่อง ดังนั้นผู้ใช้ต้องลบไฟล์ที่ยังคงค้างอยู่ออกไปเอง โดยเปิดจาก window explorer แล้วเข้าไปยังโฟลเดอร์ C:\Program Files (x86) จากนั้นให้เลือกลบโฟลเดอร์ TTD ออกทั้งหมด

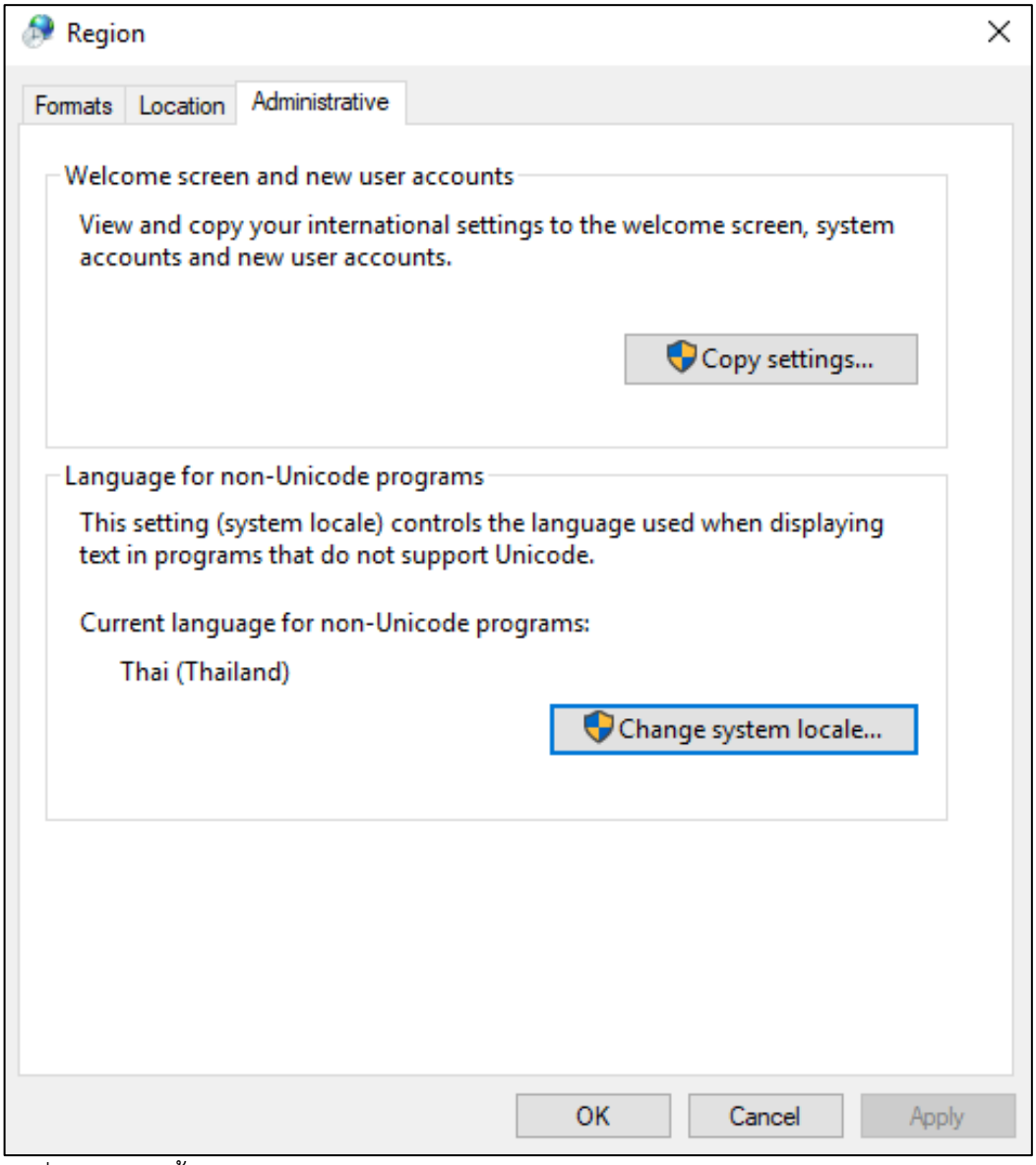
การตั้งค่าภาษาไทย

โปรแกรมระบบประมวลสถานการณ์น้ำและปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง (TTD) มีการแสดงผลหลักเป็นภาษาไทย ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องอาจต้องตั้งค่าเพิ่มเติมในส่วนของภาษา

ผู้ใช้ต้องตั้งค่าภาษาไทยสำหรับการแสดงผลของโปรแกรมที่ถูกต้อง โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. เลือกที่ Control Panel > Region
2. คลิกแท็ป Administrative
3. คลิก Change system locale...
4. เลือก Thai (Thailand)
5. รีสตาร์ทเครื่องคอมพิวเตอร์

ดังแสดงในรูปที่ ก-45 การตั้งค่าภาษาของโปรแกรม

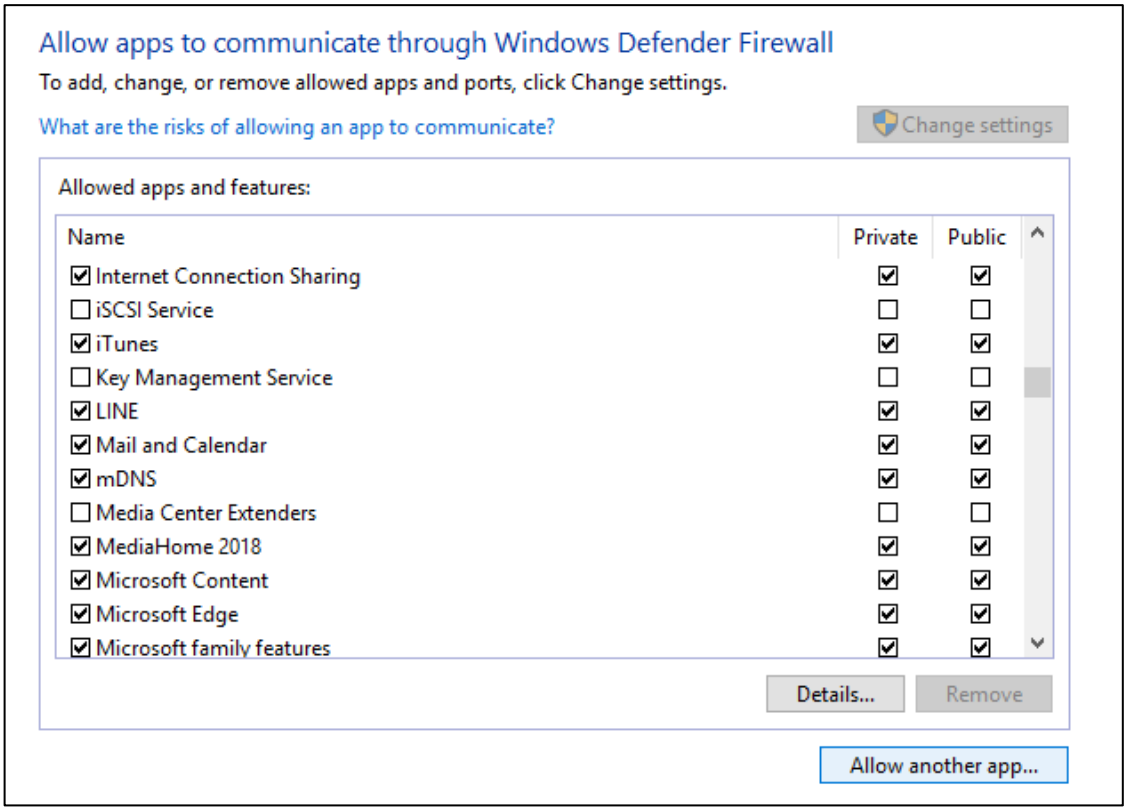


รูปที่ ก-45 การตั้งค่าภาษาของโปรแกรม

การตั้งค่า Windows Firewall

โปรแกรมจำเป็นต้องเข้าถึงข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต ดังนั้นจึงต้องตั้งค่า Firewall ของคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดสิทธิ์ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตให้กับโปรแกรมด้วย ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกที่ Control Panel > Windows Firewall (หรือ Window Defender Firewall)
2. เลือกเมนู Allow an app or feature through windows firewall
3. คลิกปุ่ม Allow another app แล้วคลิก OK ดังแสดงในรูปที่ ก-46



รูปที่ ก-46 การตั้งค่า Windows Firewall (Allow another app...)

4. คลิกปุ่ม Browse แล้วเลือกโปรแกรม TTD (C:\Program Files (x86)\TTD\TTD.exe) แล้วคลิกปุ่ม Add
5. คลิกปุ่ม OK

คู่มือการใช้งานเว็บไซต์ระบบประมวลสถานการณ์น้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จ.กำแพงเพชร

1. เข้าสู่เว็บไซต์

1.1 ให้พิมพ์ URL www.smartcanals.com ดังรูปที่ ข-1

รูปที่ ข-1 พิมพ์ URL เพื่อเข้าสู่เว็บไซต์

1.2 ผู้ใช้งานจะเข้ามาสู่หน้า Login ของเว็บไซต์ ดังรูปที่ ข-2 ให้กรอก Username และ Password เพื่อเข้าสู่ระบบ

รูปที่ ข-2 Login เข้าสู่ระบบ

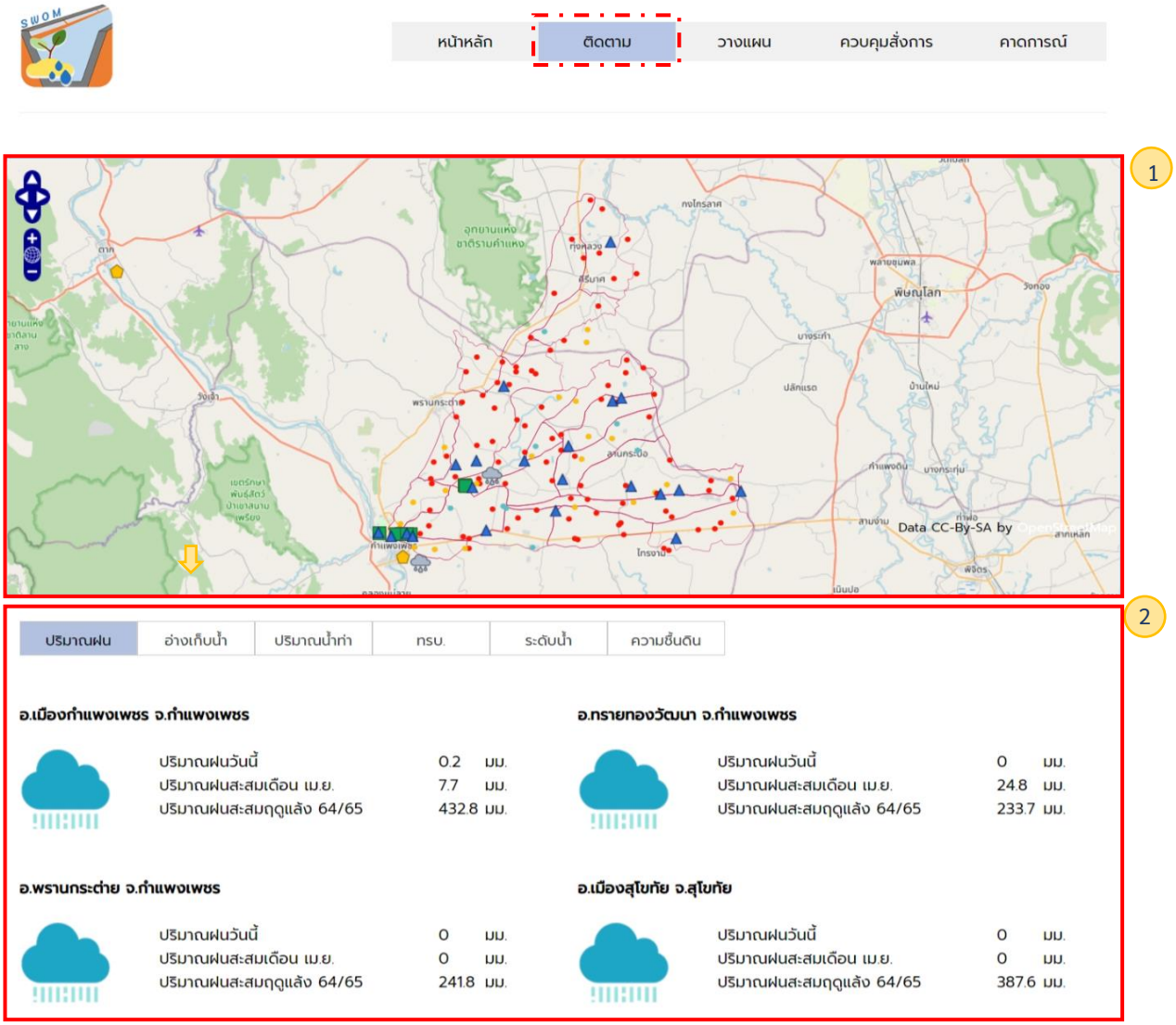
2. **เมื่อผู้ใช้งานทำการ Login** เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว หน้าหลักของเว็บไซต์จะปรากฏเมนูการใช้งานอยู่ทางด้านมุมบนขวา และมีการแสดงระดับสิทธิ์การเข้าถึงของผู้ใช้ในกรอบสี่เหลี่ยมด้านล่าง ดังรูปที่ ข-3

รูปที่ ข-3 เข้าสู่ระบบเว็บไซต์สำเร็จ

เมนูการใช้งาน ประกอบไปด้วย 4 เมนูหลัก ดังนี้

1. ติดตาม
2. วางแผน
3. ควบคุมสั่งการ
4. คาดการณ์

3. **เมนูติดตาม** แสดงดังรูปที่ ข-4 ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้
   1. แผนที่ แสดงชื่อและตำแหน่งของสถานีต่างๆ
   2. เมนูสถานีที่ต้องการติดตามสถานการณ์ ประกอบไปด้วย 6 เมนูย่อย

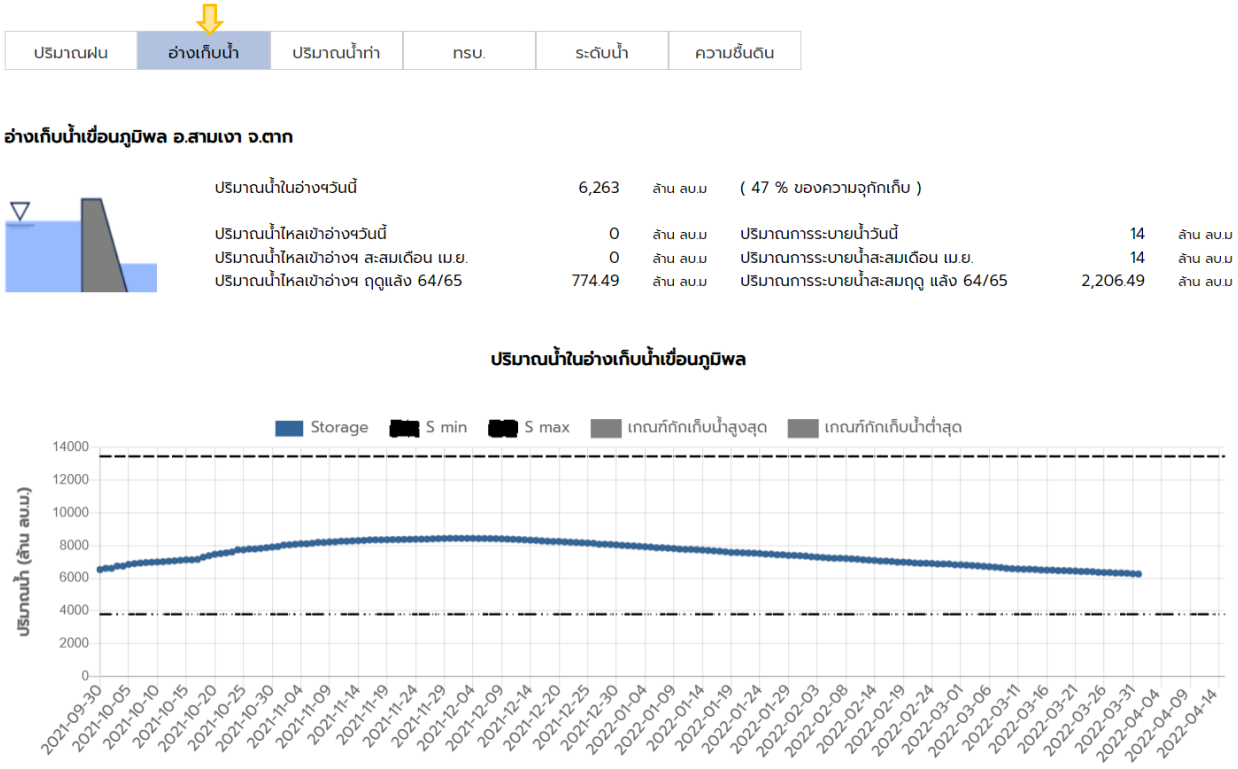


รูปที่ ข-4 เมนูติดตาม (ปริมาณฝน)

รายละเอียดของ 6 เมนูย่อยมีดังนี้

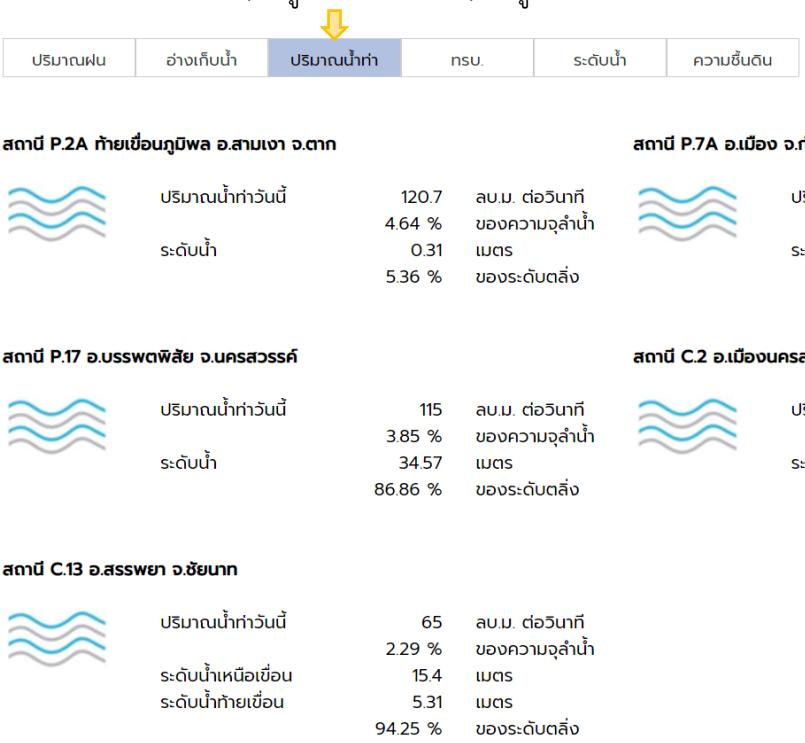
3.1 ปริมาณฝน - เป็นการติดตามสถานการณ์ฝนของ 4 สถานีหลัก แสดงข้อมูลปริมาณฝนวันนี้, ปริมาณฝนสะสมเดือนปัจจุบัน และปริมาณฝนสะสมเป็นฤดูกาล (ข้อมูลอัพเดตรายวัน) ดังรูปที่ ข-4

3.2 อ่างเก็บน้ำ - เป็นการติดตามสถานการณ์น้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล แสดงข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างฯ, ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ, ปริมาณการระบายน้ำ และมีกราฟแสดงปริมาณน้ำในอ่างฯ ย้อนหลัง (ข้อมูลอัพเดตรายวัน) ดังรูปที่ ข-5



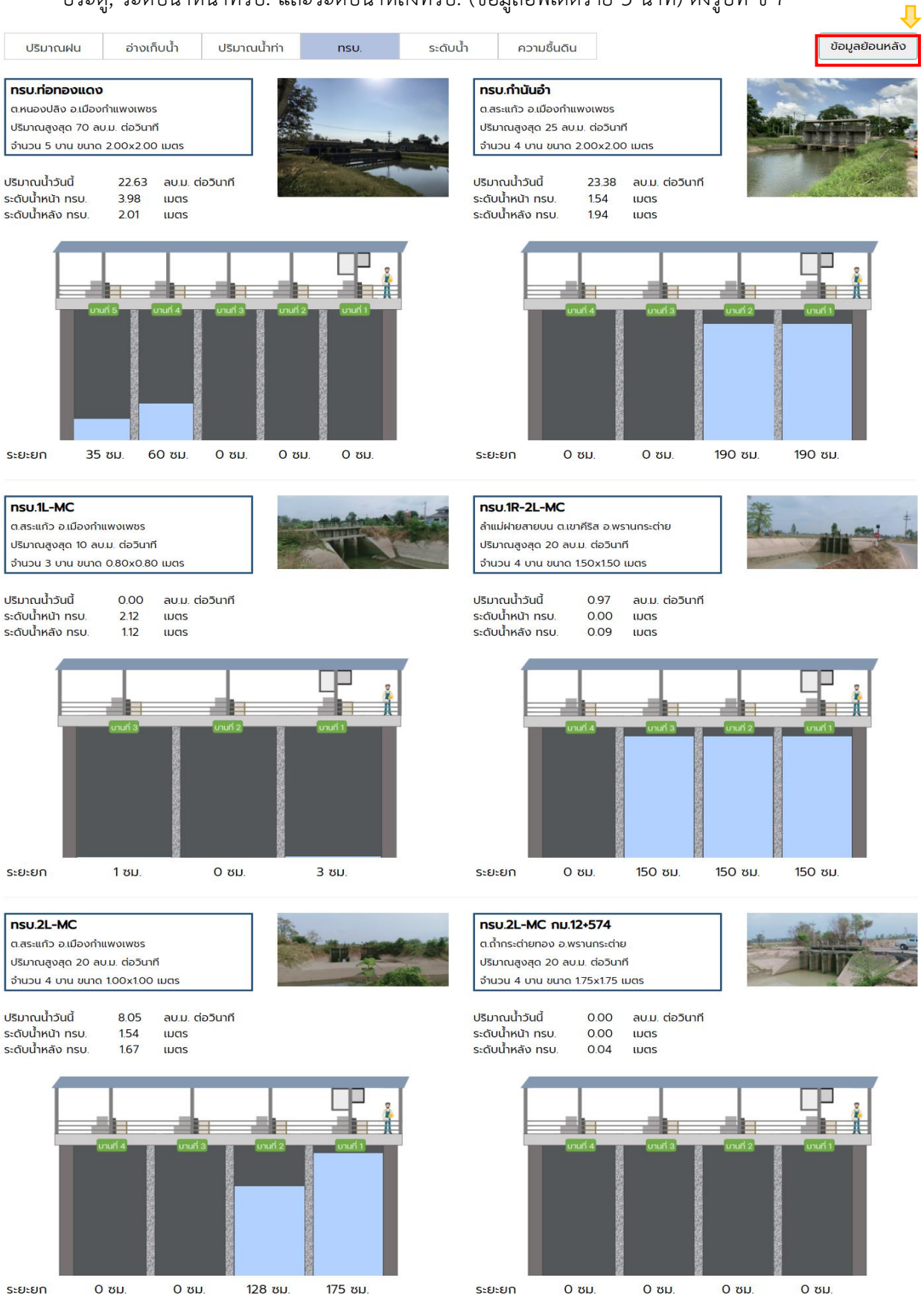
รูปที่ ข-5 เมนูติดตาม (อ่างเก็บน้ำ)

3.3 ปริมาณน้ำท่า - เป็นการติดตามสถานการณ์น้ำท่าของ 5 สถานีหลัก แสดงข้อมูลปริมาณน้ำท่า และ ระดับน้ำ (ข้อมูลอัพเดตรายวัน) ดังรูปที่ ข-6



รูปที่ ข-6 เมนูติดตาม (ปริมาณน้ำท่า)

3.4 ทรบ. - เป็นการติดตามสถานการณ์ของประตูระบายน้ำ 6 ประตู แสดงข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลผ่านประตู, ระดับน้ำหน้าทรบ. และระดับน้ำหลังทรบ. (ข้อมูลอัพเดตราย 5 นาที) ดังรูปที่ ข-7



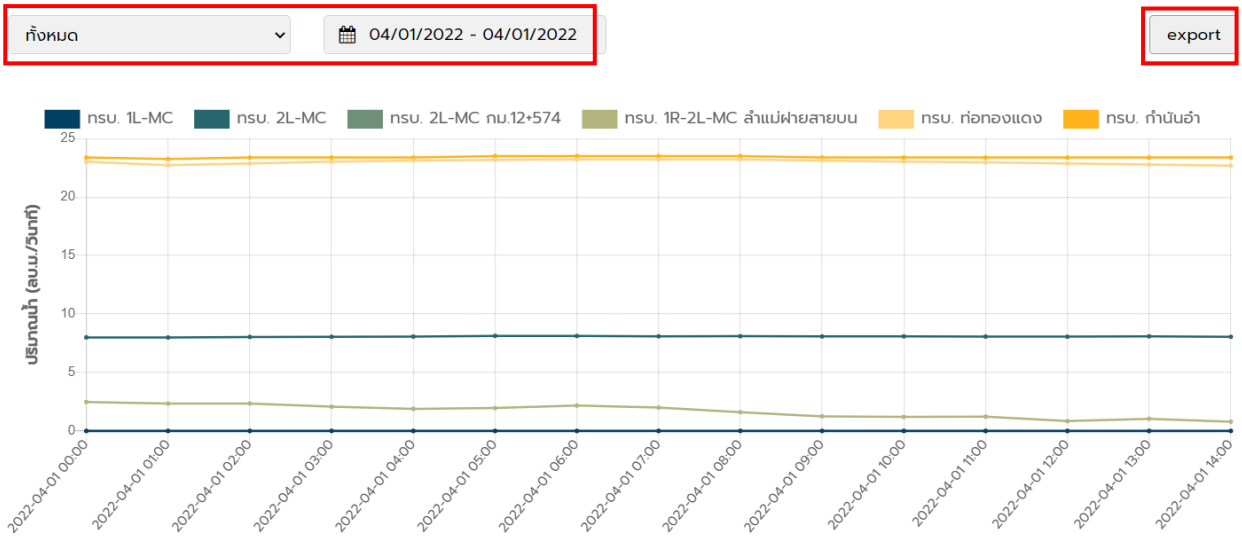
รูปที่ ข-7 เมนูติดตาม (ทรบ.)

ในหน้านี้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ โดยคลิกที่ปุ่ม “ข้อมูลย้อนหลัง” ที่มุมบนขวา เมื่อคลิกแล้วจะเข้ามาสู่หน้าแสดงข้อมูลย้อนหลัง ดังรูปที่ ข-8 โดยค่าเริ่มต้นคือแสดงข้อมูลย้อนหลัง 7 วัน ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูรายสถานี หรือเลือกดูทั้งหมด, เลือกวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดที่ต้องการดูข้อมูลได้ แสดงข้อมูลเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. กราฟ - แสดงข้อมูลปริมาณน้ำ รายชั่วโมง

2. ตาราง – แสดงทั้งข้อมูลระดับน้ำหน้าทรบ. ระดับน้ำหลังทรบ. และปริมาณน้ำ ราย 5 นาที

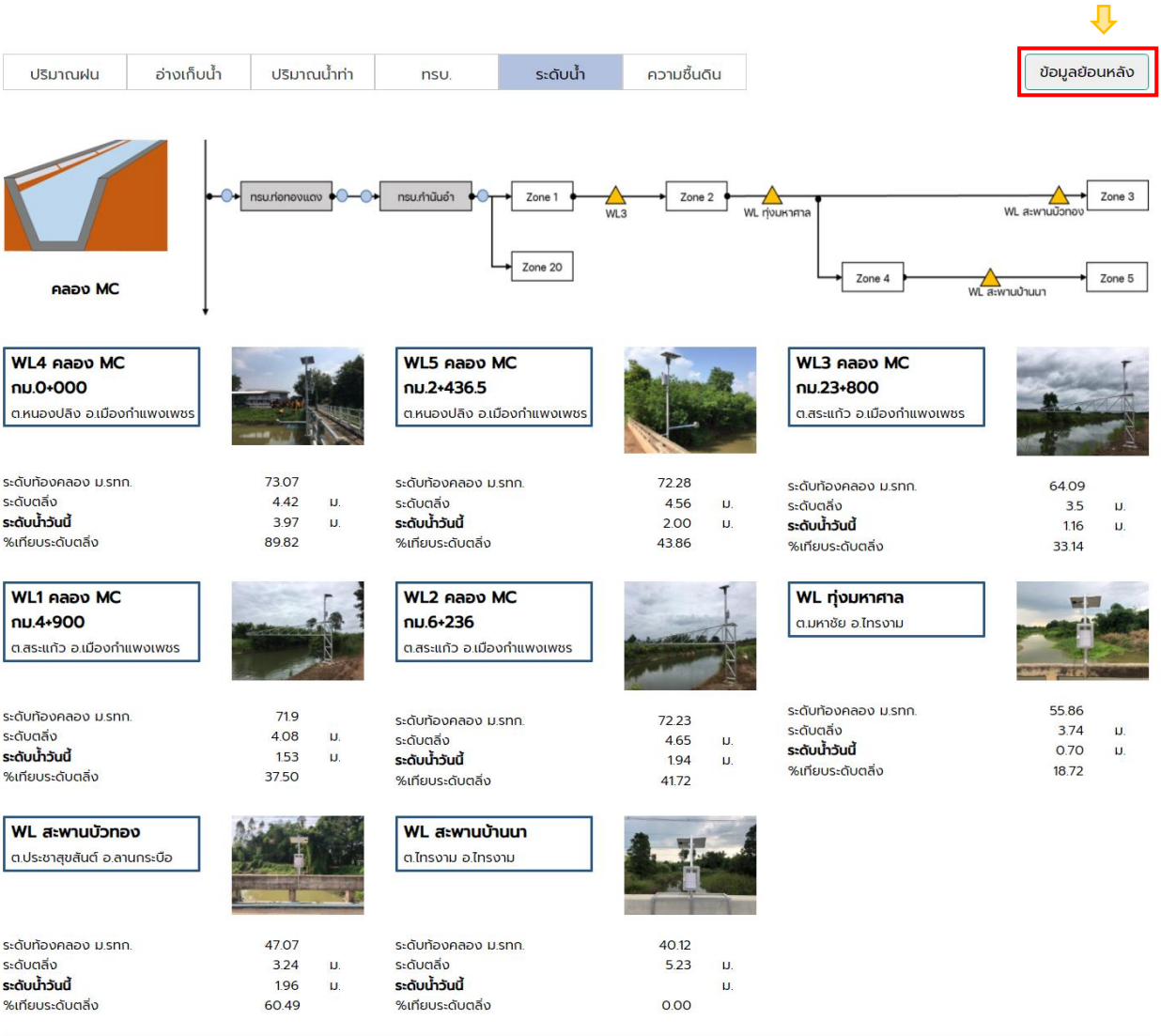
นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถ export ตารางข้อมูลออกมาเป็นไฟล์ Excel ได้ โดยคลิกปุ่ม“export” ที่มุมบนขวา



		ทรบ. 1L-MC			ทรบ. 2L-MC			
วันที่	เวลา	ระดับน้ำ หน้าทรบ. (ม.)	ระดับน้ำ หลังทรบ. (ม.)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ หน้าทรบ. (ม.)	ระดับน้ำ หลังทรบ. (ม.)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ หน้าทรบ
2022-04-01	00:00	2.14	1.23	0.00	1.53	1.69	8.00	0.02
2022-04-01	00:05	2.17	1.17	0.00	1.54	1.69	8.04	0.01
2022-04-01	00:10	2.16	1.14	0.00	1.53	1.69	8.01	0.04
2022-04-01	00:15	2.14	1.23	0.00	1.54	1.70	8.06	0.02
2022-04-01	00:20	2.14	1.10	0.00	1.54	1.71	8.06	0.05
2022-04-01	00:25	2.13	1.12	0.00	1.53	1.68	7.99	0.03
2022-04-01	00:30	2.15	2.05	0.00	1.53	1.68	7.99	0.05
2022-04-01	00:35	2.14	1.95	0.00	1.53	1.69	7.99	0.02
2022-04-01	00:40	2.14	1.14	0.00	1.53	1.69	8.00	0.01
2022-04-01	00:45	2.16	1.16	0.00	1.53	1.68	8.00	0.03
2022-04-01	00:50	2.15	1.15	0.00	1.53	1.69	8.00	0.02
2022-04-01	00:55	2.16	1.20	0.00	1.53	1.71	7.99	0.01
2022-04-01	01:00	2.17	1.15	0.00	1.53	1.69	7.99	0.03

รูปที่ ข-8 เมนูติดตาม (ทรบ.) หน้าแสดงข้อมูลย้อนหลัง

3.5 ระดับน้ำ - เป็นการติดตามสถานการณ์ของสถานีวัดระดับน้ำ แสดงข้อมูลระดับท้องคลอง (ม.รทก.), ระดับตลิ่ง(เมตร), ระดับน้ำ(เมตร) และ ร้อยละของระดับน้ำเทียบกับระดับตลิ่ง (ข้อมูลอัพเดตรายชั่วโมง) ดังรูปที่ ข-9

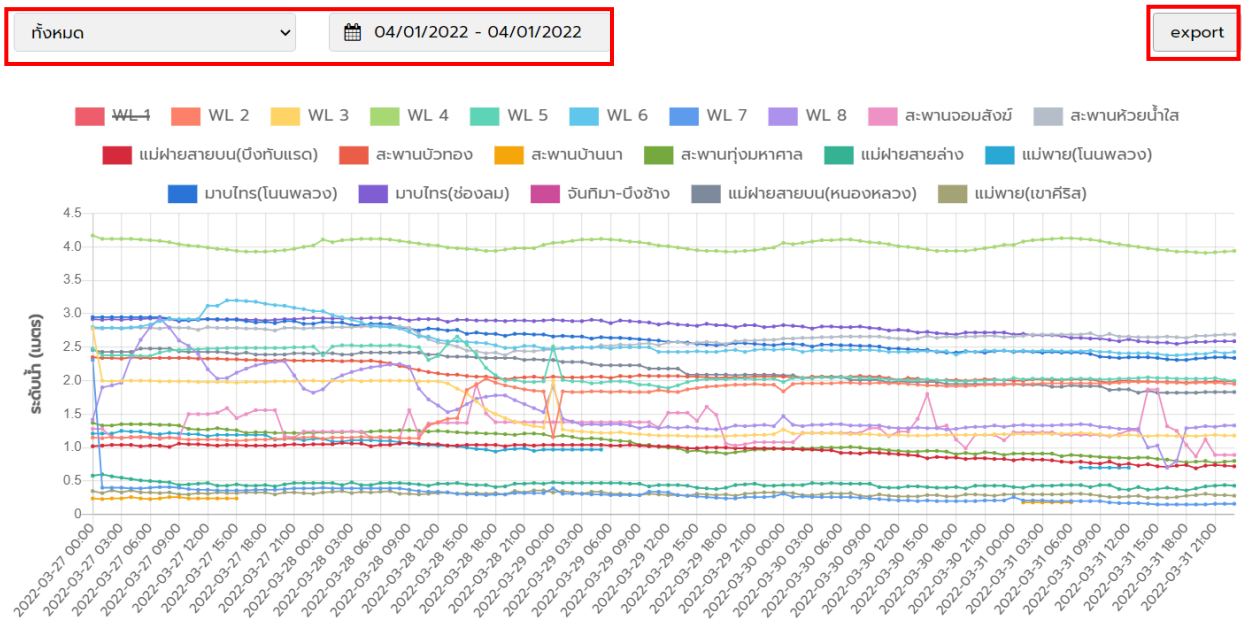


รูปที่ ข-9 เมนูติดตาม (ระดับน้ำ)

ในหน้านี้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ โดยคลิกที่ปุ่ม “ข้อมูลย้อนหลัง” ที่มุมบนขวา เมื่อคลิกแล้วจะเข้ามาสู่หน้าแสดงข้อมูลย้อนหลัง ดังรูปที่ ข-10 โดยค่าเริ่มต้นคือแสดงข้อมูลย้อนหลัง 7 วัน ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูรายสถานี หรือเลือกดูทั้งหมด, เลือกวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดที่ต้องการดูข้อมูลได้ แสดงข้อมูลเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. กราฟ - แสดงข้อมูลระดับน้ำ(เมตร) รายชั่วโมง
2. ตาราง - แสดงข้อมูลระดับ(เมตร) รายชั่วโมง

นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถ export ตารางข้อมูลออกมาเป็นไฟล์ Excel ได้ โดยคลิกปุ่ม “export” ที่มุมบนขวา

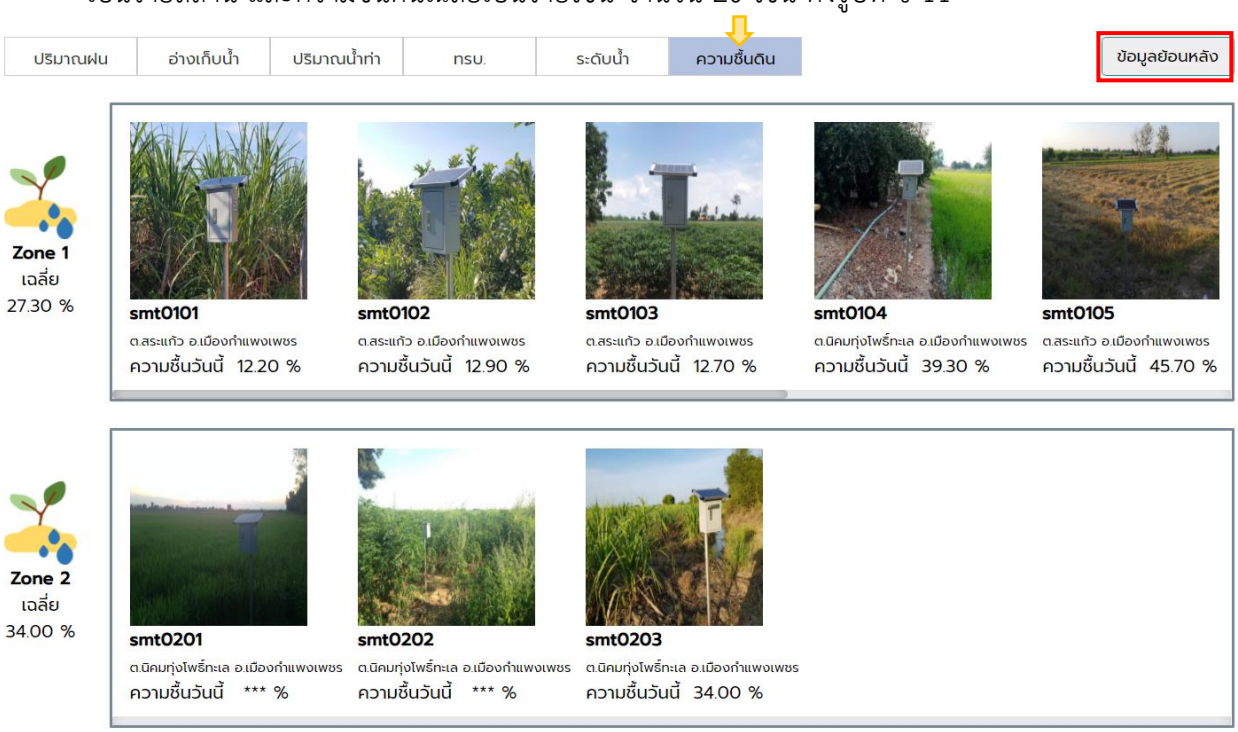


1 2 3

วันที่	เวลา	แม่ฝายสายล่าง	แม่พาย(โนนพลวง)	มาบไทร(โนนพลวง)	มาบไทร(ช่องลม)	จันทิมา-บึงช้าง	แม่ฝายสายบน(หนองหลวง)	แม่พาย(เขาคีริส)
2022-03-27	00:00	0.58	1.21	2.95	2.92	-	2.46	0.35
2022-03-27	01:00	0.60	1.21	2.95	2.91	-	2.43	0.32
2022-03-27	02:00	0.57	1.21	2.95	2.92	-	2.43	0.36
2022-03-27	03:00	0.55	1.25	2.95	2.91	-	2.43	0.33
2022-03-27	04:00	0.53	1.24	2.95	2.92	-	2.43	0.36
2022-03-27	05:00	0.51	1.24	2.95	2.92	-	2.48	0.33
2022-03-27	06:00	0.50	1.21	2.95	2.93	-	2.48	0.33
2022-03-27	07:00	0.49	1.20	2.95	2.93	-	2.48	0.32
2022-03-27	08:00	0.48	1.22	2.93	2.92	-	2.48	0.33
2022-03-27	09:00	0.44	1.21	2.90	2.89	-	2.44	0.30
2022-03-27	10:00	0.45	1.20	2.90	2.91	-	2.43	0.30
2022-03-27	11:00	0.46	1.20	2.91	2.92	-	2.43	0.32
2022-03-27	12:00	0.47	1.17	2.92	2.92	-	2.43	0.31
2022-03-27	13:00	0.43	1.19	2.92	2.91	-	2.43	0.33

รูปที่ ข-10 เมนูติดตาม (ระดับน้ำ) หน้าแสดงข้อมูลย้อนหลัง

3.6 ความชื้นดิน - เป็นการติดตามสถานการณ์ของสถานีวัดความชื้นในดิน แสดงข้อมูลความชื้นดินเป็นรายสถานี และความชื้นดินเฉลี่ยเป็นรายโซน จำนวน 20 โซน ดังรูปที่ ข-11

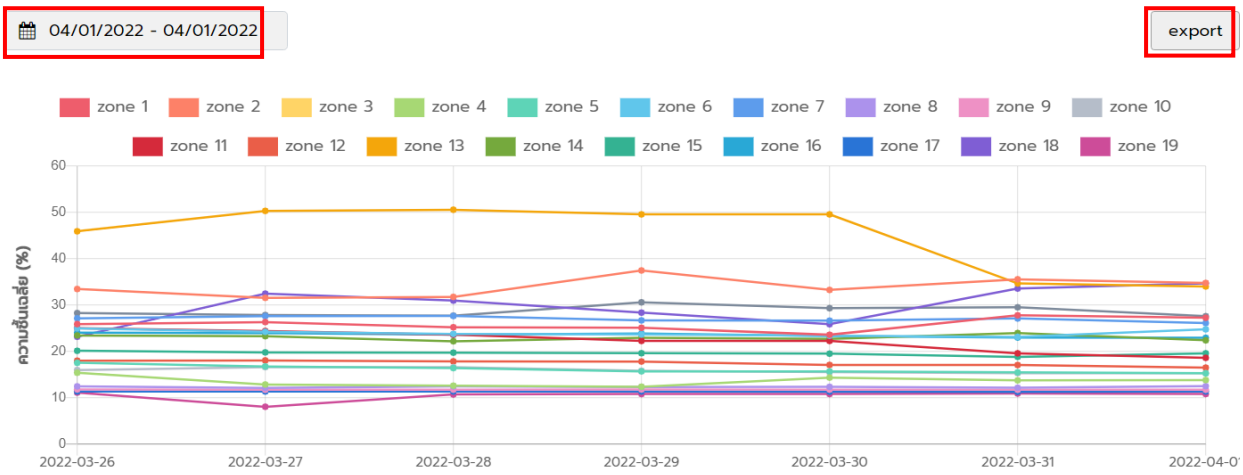


รูปที่ ข-11 เมนูติดตาม (ความชื้นดิน)

ในหน้านี้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ โดยคลิกที่ปุ่ม “ข้อมูลย้อนหลัง” ที่มุมบนขวา เมื่อคลิกแล้วจะเข้ามาสู่หน้าแสดงข้อมูลย้อนหลัง ดังรูปที่ ข-12 โดยค่าเริ่มต้นคือแสดงข้อมูลย้อนหลัง 7 วัน ผู้ใช้งานสามารถเลือกวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดที่ต้องการดูข้อมูลได้ แสดงข้อมูลเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. กราฟ – แสดงข้อมูลความชื้นรายโซน (%) รายวัน
2. ตาราง - แสดงข้อมูลความชื้นรายโซน (%) รายวัน

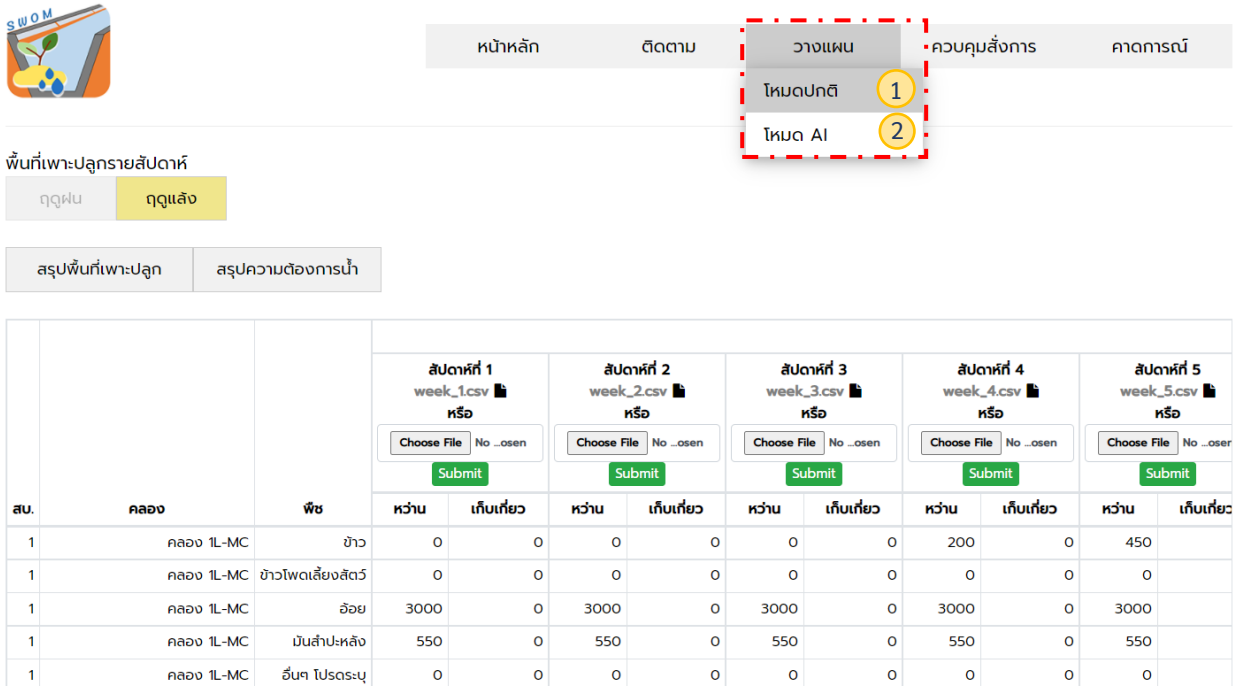
นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถ export ตารางข้อมูลออกมาเป็นไฟล์ Excel ได้ โดยคลิกปุ่ม “export” ที่มุมบนขวา



วันที่	ความชื้นเฉลี่ย (%)																			
	โซน 1	โซน 2	โซน 3	โซน 4	โซน 5	โซน 6	โซน 7	โซน 8	โซน 9	โซน 10	โซน 11	โซน 12	โซน 13	โซน 14	โซน 15	โซน 16	โซน 17	โซน 18	โซน 19	โซน 20
2022-03-26	25.93	33.50	27.79	15.44	17.58	25.02	27.17	12.50	11.83	16.02	25.07	18.04	45.95	23.48	20.17	24.07	11.40	23.20	11.15	28.31
2022-03-27	26.37	31.60	27.15	12.90	16.80	24.27	27.64	12.15	11.77	16.65	24.44	18.10	50.35	23.33	19.83	23.97	11.40	32.50	8.10	27.88
2022-03-28	25.25	31.80	25.36	12.64	16.44	23.81	27.69	12.50	11.80	16.64	23.64	17.90	50.60	22.23	19.77	23.63	11.40	31.00	10.75	27.75
2022-03-29	25.13	37.50	26.28	12.42	15.74	23.70	26.73	12.35	11.83	15.85	22.30	17.86	49.60	23.00	19.65	23.90	11.40	28.40	10.85	30.63
2022-03-30	23.63	33.30	24.99	14.39	15.72	23.42	26.67	12.40	11.80	15.58	22.30	17.12	49.60	22.73	19.55	23.37	11.35	25.90	10.85	29.36
2022-03-31	27.83	35.60	24.92	13.79	15.52	23.18	27.14	12.20	11.77	15.35	19.63	17.10	34.70	24.00	18.87	23.03	11.30	33.60	10.95	29.55
2022-04-01	27.30	34.80	24.82	13.86	15.32	24.80	26.15	12.55	11.77	15.33	18.65	16.54	34.05	22.43	19.63	22.97	11.40	34.70	10.85	27.63

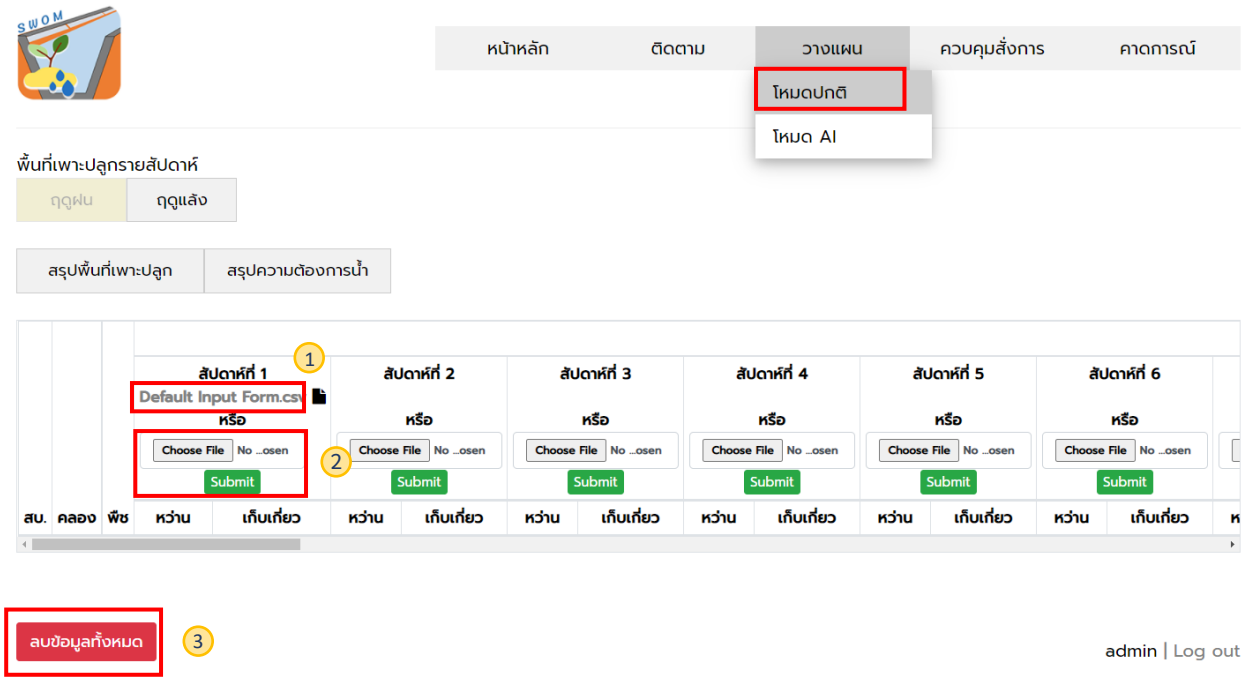
รูปที่ ข-12 เมนูติดตาม (ความชื้นดิน) หน้าแสดงข้อมูลย้อนหลัง

4. **เมนูวางแผน** มีให้ผู้ใช้งานเลือก 2 โหมด ดังรูปที่ ข-13
    1. โหมดปกติ - ผู้ใช้งานต้องกรอกพื้นที่เพาะปลูกและอัพโหลดเข้าไปที่เว็บไซต์เองทุกสัปดาห์ เพื่อให้เว็บไซต์นำไปคำนวณความต้องการน้ำและปริมาณการส่งน้ำในขั้นตอนต่อไป
    2. โหมด AI - เว็บไซต์จะแสดงพื้นที่เพาะปลูกเสนอแนะ ความต้องการน้ำและปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะที่ได้จากการรันโมเดลเรียบร้อยแล้ว



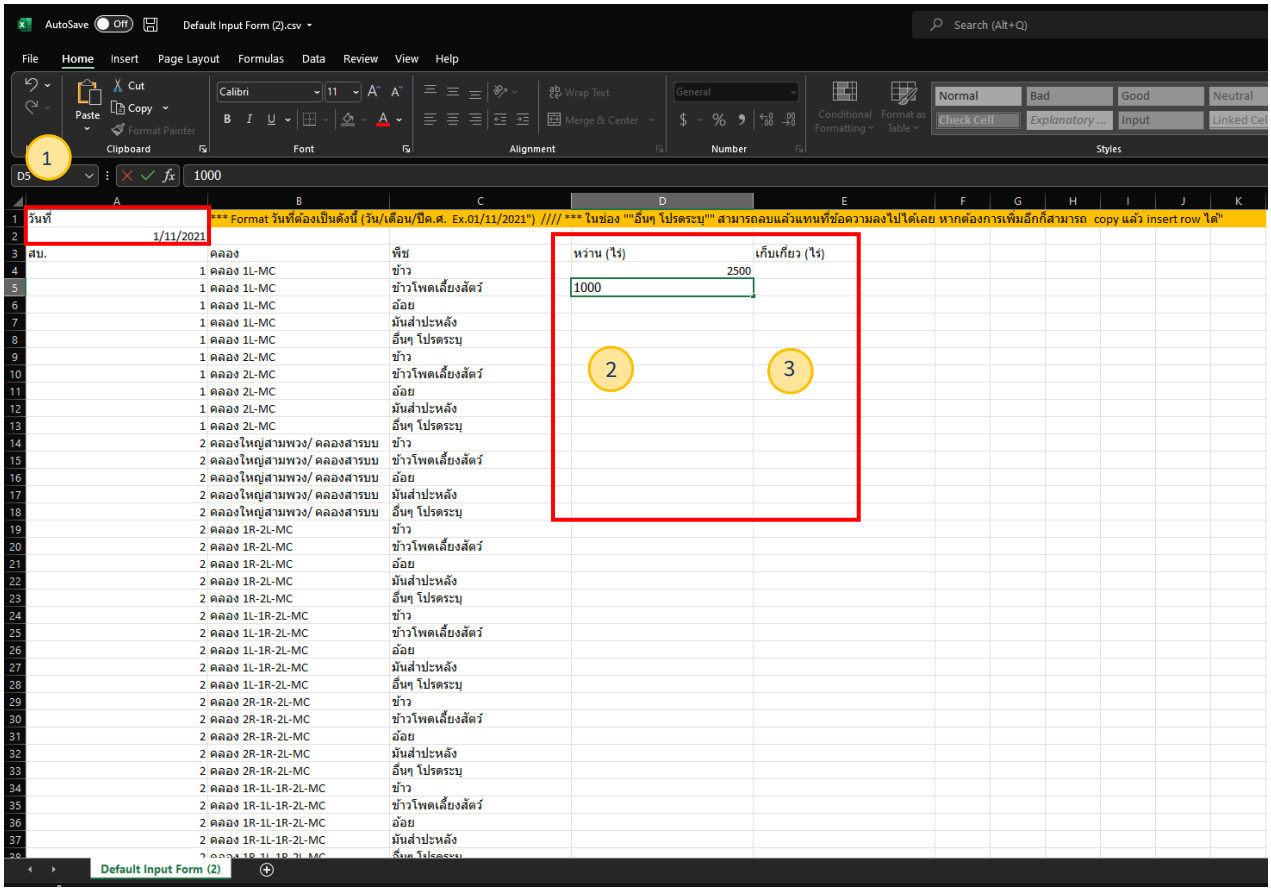
รูปที่ ข-13 เมนูวางแผน

4.1 เมนูวางแผน โหมดปกติ มีขั้นตอนการใช้งานดังนี้



รูปที่ ข-14 เมนูวางแผน โหมดปกติ

4.1.1 เมื่อเริ่มต้นฤดูกาลเพาะปลูก จะมีตารางแสดงดังรูปที่ ข-14 ให้ผู้ใช้คลิกที่ Default Input Form.csv (หมายเลข 1) เพื่อดาวน์โหลดไฟล์ตั้งต้นในการกรอกพื้นที่เพาะปลูกสะสมรายสัปดาห์ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเปิดด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อกรอกข้อมูลได้ ลักษณะไฟล์แสดงดังรูปที่ ข-15



รูปที่ ข-15 ไฟล์ตั้งต้นในการกรอกพื้นที่เพาะปลูก เปิดโดยโปรแกรม Microsoft Excel

จากรูปที่ ข-15 สิ่งที่ผู้ใช้งานต้องกรอกคือ

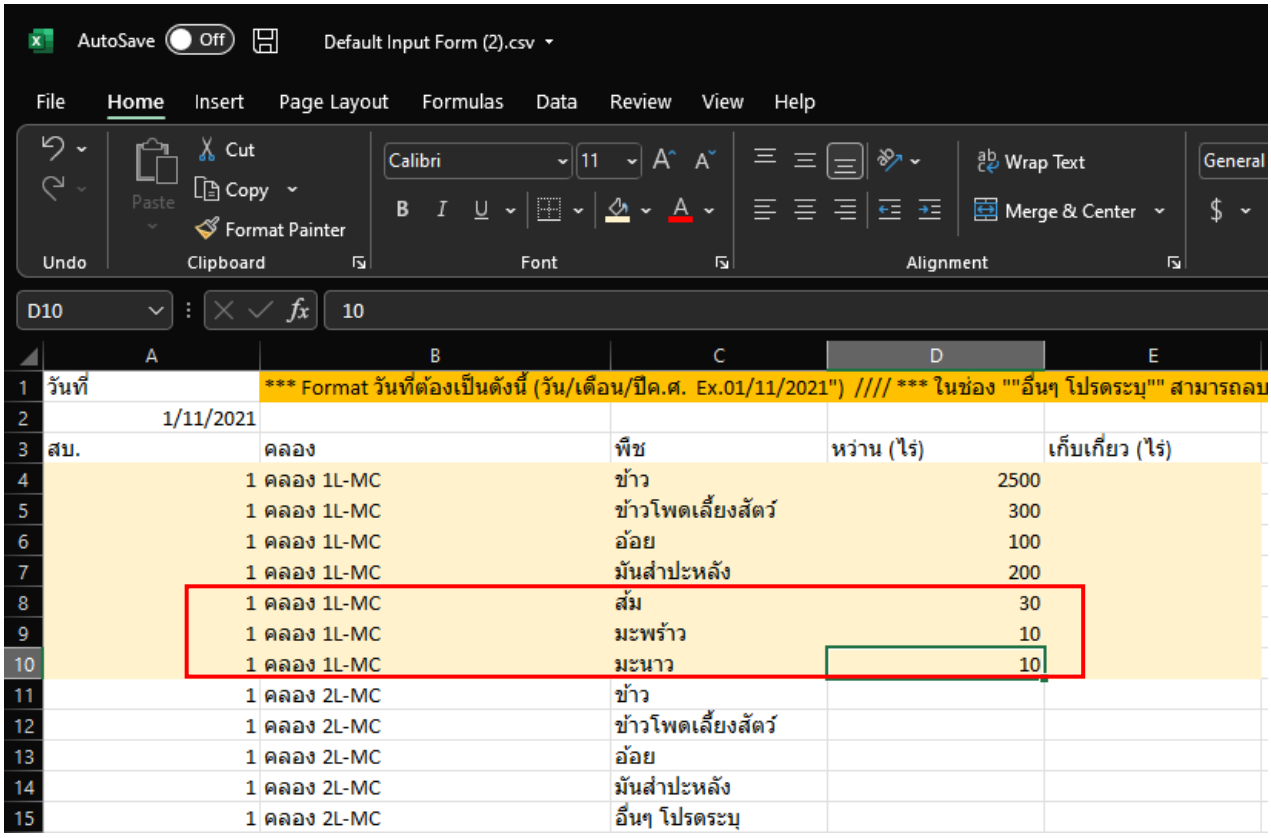
1.คอลัมน์วันที่ - กรอกวันที่เริ่มทำการเพาะปลูก รูปแบบวันที่ต้องเป็น วัน/เดือน/ปีค.ศ. เช่น 01/11/2021

2.คอลัมน์หว่าน (ไร่) - กรอกพื้นที่เพาะปลูกสะสมให้ตรงกับชื่อพืชและชื่อคลอง

3.คอลัมน์เก็บเกี่ยว (ไร่) - กรอกพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมให้ตรงกับชื่อพืชและชื่อคลอง

ข้อควรระวัง!

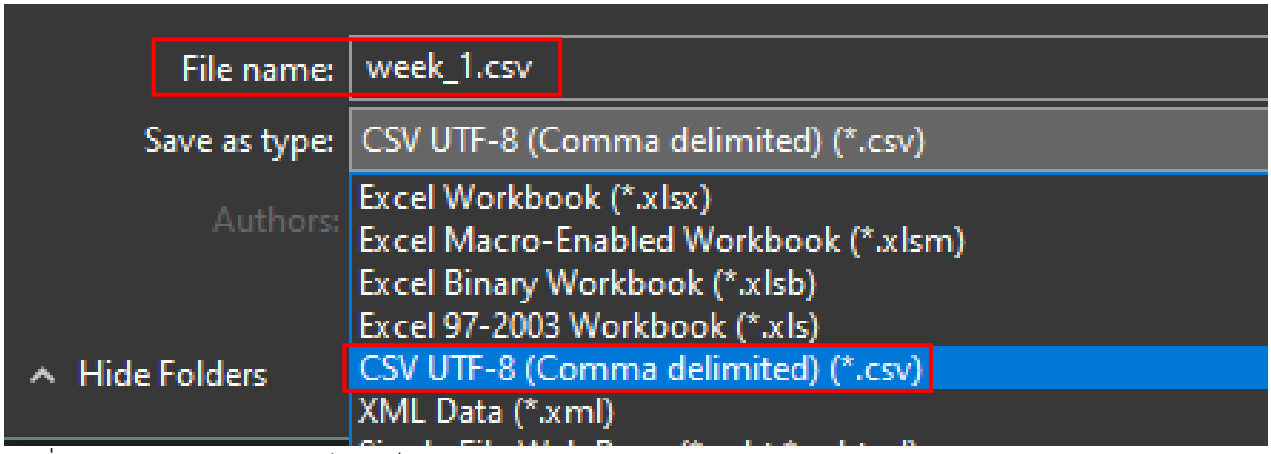
- ห้ามแก้ไขรายชื่อคลองและชนิดพืชหลัก 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, อ้อยและ มันสำปะหลัง
- หากต้องการเพิ่มชนิดพืชที่เพาะปลูก ให้แทนที่ลงไปในช่อง “อื่นๆ โปรดระบุ”
- หากต้องการเพิ่มชนิดพืชที่เพาะปลูกมากกว่า 1 ชนิด ให้ copy แล้ว insert ทั้ง row ของคลองนั้นๆเพิ่มต่อท้ายไปเรื่อยๆ ตัวอย่างเช่น สบ.1 คลอง 1L-MC มีชนิดพืชที่เพาะปลูกเพิ่ม คือ ส้ม, มะพร้าว และ มะนาว ตัวอย่างการกรอกข้อมูลแสดงดังรูปที่ ข-16



	A	B	C	D	E
1	วันที่	*** Format วันที่ต้องเป็นดังนี้ (วัน/เดือน/ปีค.ศ. Ex.01/11/2021") //// *** ในช่อง ""อื่นๆ โปรดระบุ"" สามารถลบ			
2	1/11/2021				
3	สบ.	คลอง	พืช	หว่าน (ไร่)	เก็บเกี่ยว (ไร่)
4	1	คลอง 1L-MC	ข้าว	2500	
5	1	คลอง 1L-MC	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300	
6	1	คลอง 1L-MC	อ้อย	100	
7	1	คลอง 1L-MC	มันสำปะหลัง	200	
8	1	คลอง 1L-MC	ส้ม	30	
9	1	คลอง 1L-MC	มะพร้าว	10	
10	1	คลอง 1L-MC	มะนาว	10	
11	1	คลอง 2L-MC	ข้าว		
12	1	คลอง 2L-MC	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		
13	1	คลอง 2L-MC	อ้อย		
14	1	คลอง 2L-MC	มันสำปะหลัง		
15	1	คลอง 2L-MC	อื่นๆ โปรดระบุ		

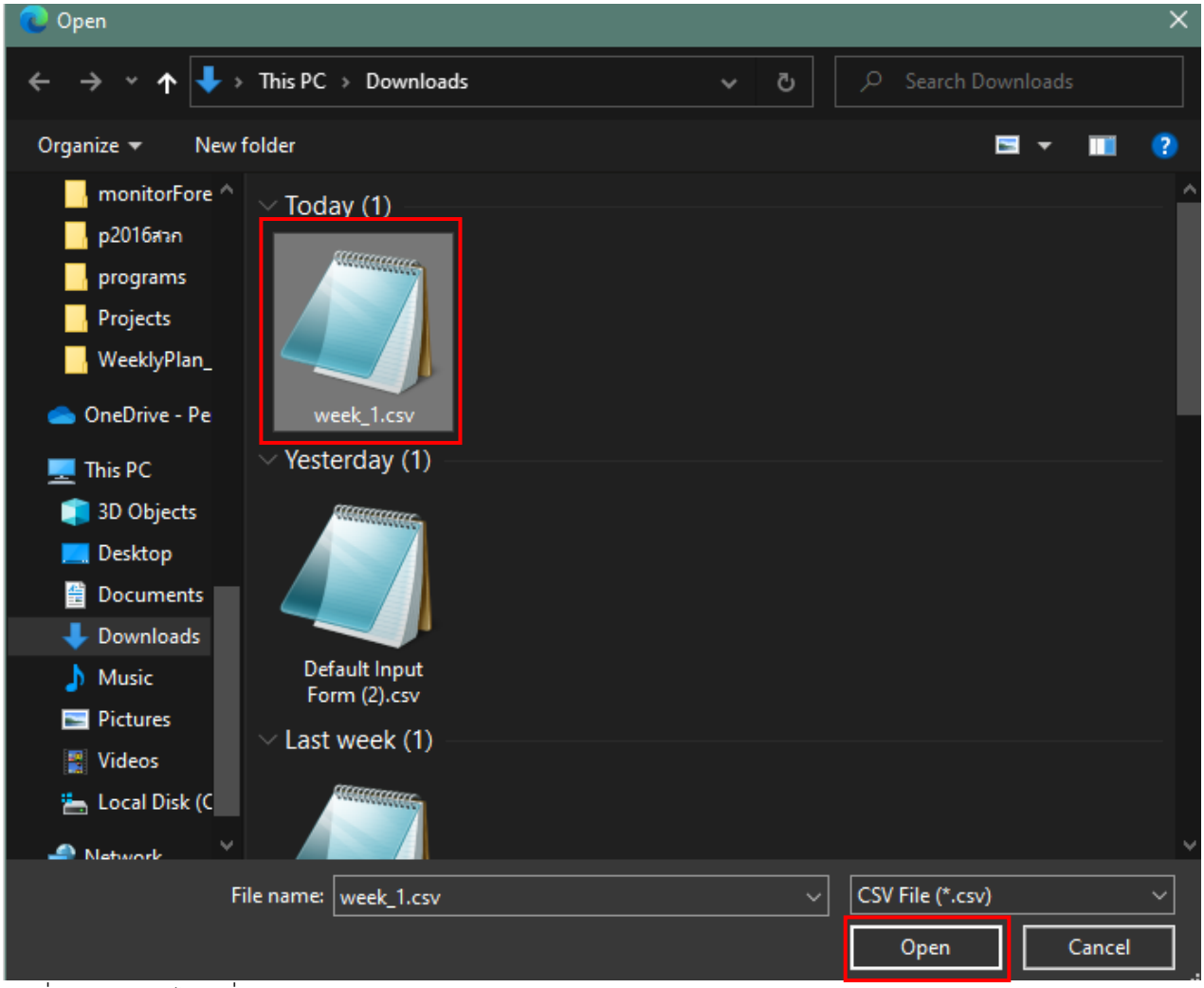
รูปที่ ข-16 ไฟล์ตั้งต้นในการกรอกพื้นที่เพาะปลูก (เพิ่มชนิดพืชมากกว่าหนึ่ง)

4.1.2 เมื่อผู้ใช้งานกรอกพื้นที่เพาะปลูกเสร็จเรียบร้อย ให้กด save as โดยเลือกชนิดไฟล์เป็น CSV UTF-8(Comma delimited) กำหนดชื่อไฟล์ เป็น “week_1.csv” แสดงตัวอย่างดังรูปที่ ข-17



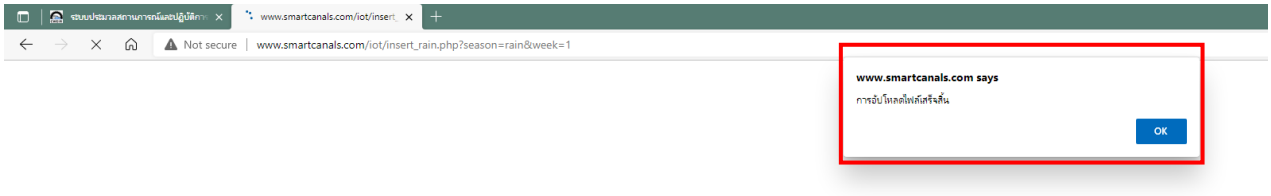
รูปที่ ข-17 ตัวอย่างการบันทึกไฟล์เป็นนามสกุล .csv

4.1.3 จากนั้นผู้ใช้ต้อง Upload ไฟล์ที่ทำการบันทึกเป็นนามสกุล .csv ขึ้นไปที่เว็บไซต์ จากรูปที่ ข-14 คลิกที่ปุ่ม Choose File (หมายเลข 2) เพื่อเลือกไฟล์ที่บันทึกไว้แล้วกด Open ดังรูปที่ ข-18



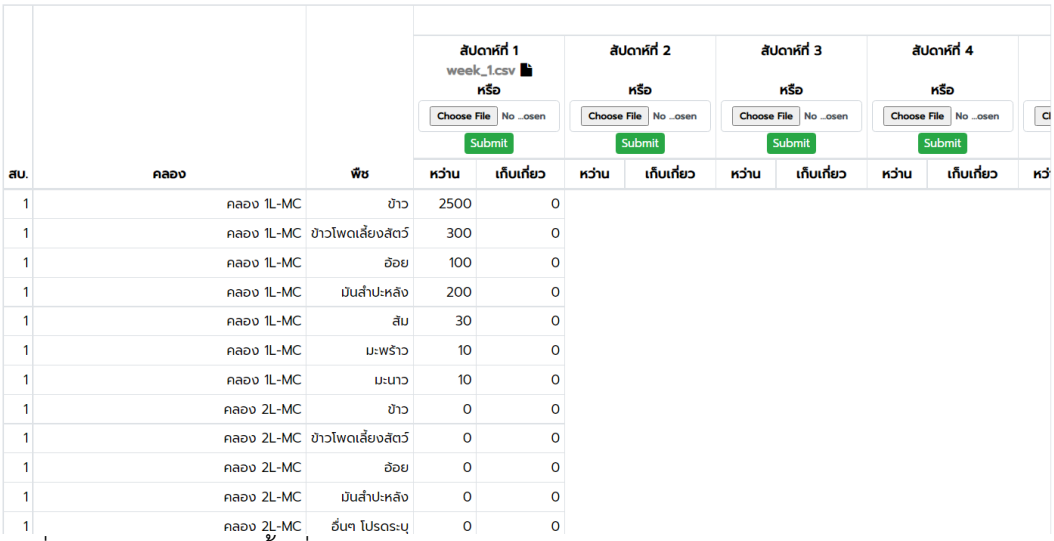
รูปที่ ข-18 เลือกไฟล์ที่จะ Upload

4.1.4 เมื่อเลือกไฟล์แล้ว ให้กดปุ่ม Submit สีเขียว รอสักครู่จะมี Popup แสดงการอัปโหลดเสร็จสิ้น ให้กด OK ดังรูปที่ ข-19



รูปที่ ข-19 แสดงการอัปโหลดไฟล์เสร็จสิ้น

4.1.4 จากนั้นหน้าเว็บไซต์จะแสดงตารางพื้นที่เพาะปลูกสะสมของสัปดาห์ที่ 1 ที่เราได้อัปโหลดขึ้นไปดังรูปที่ ข-20



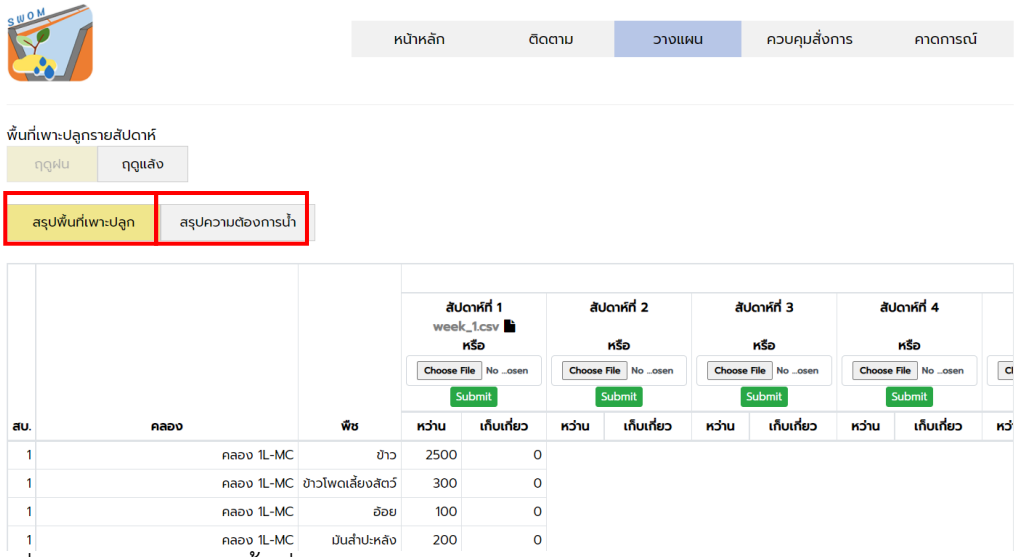
			สัปดาห์ที่ 1 week_1.csv หรือ Choose File No ...osen Submit		สัปดาห์ที่ 2 หรือ Choose File No ...osen Submit		สัปดาห์ที่ 3 หรือ Choose File No ...osen Submit		สัปดาห์ที่ 4 หรือ Choose File No ...osen Submit		
สบ.	คลอง	พืช	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่
1	คลอง 1L-MC	ข้าว	2500	0							
1	คลอง 1L-MC	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300	0							
1	คลอง 1L-MC	อ้อย	100	0							
1	คลอง 1L-MC	มันสำปะหลัง	200	0							
1	คลอง 1L-MC	ส้ม	30	0							
1	คลอง 1L-MC	มะพร้าว	10	0							
1	คลอง 1L-MC	มะนาว	10	0							
1	คลอง 2L-MC	ข้าว	0	0							
1	คลอง 2L-MC	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0	0							
1	คลอง 2L-MC	อ้อย	0	0							
1	คลอง 2L-MC	มันสำปะหลัง	0	0							
1	คลอง 2L-MC	อื่นๆ โปรดระบุ	0	0							

รูปที่ ข-20 ตารางแสดงพื้นที่เพาะปลูกจากการอัปโหลดไฟล์

4.1.5 หากตรวจสอบข้อมูลในตารางพบว่ากรอกข้อมูลผิดพลาด สามารถแก้ไขในไฟล์เดิมแล้วอัปโหลดขึ้นไปใหม่ได้เลย ไฟล์ใหม่ที่อัปโหลดจะไปแทนที่ไฟล์เดิม ผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้จากตารางอีกครั้งว่าข้อมูลที่แก้ไขถูกต้องหรือไม่

4.1.6 หากสิ้นสุดฤดูกาลแล้ว ผู้ใช้งานสามารถคลิก ลบข้อมูลทั้งหมด ปุ่มหมายเลข 3 จากรูปที่ ข-14 เพื่อลบข้อมูลทั้งฤดูกาล ให้พร้อมสำหรับการกรอกข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกในฤดูกาลใหม่

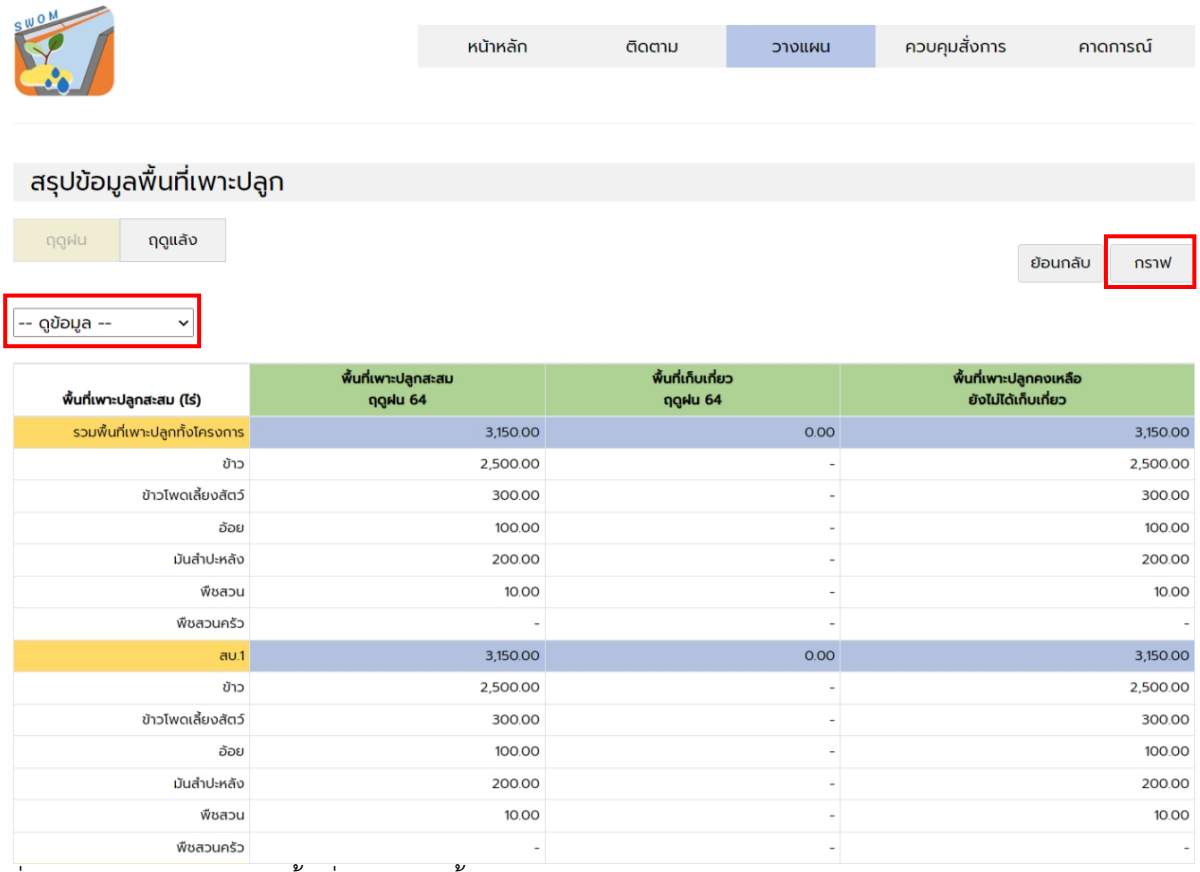
4.1.7 จากนั้นผู้ใช้สามารถคลิกเลือกดู สรุปพื้นที่เพาะปลูก และสรุปความต้องการน้ำได้ แสดงดังรูปที่ ข-21



			สัปดาห์ที่ 1 week_1.csv หรือ Choose File No ...osen Submit		สัปดาห์ที่ 2 หรือ Choose File No ...osen Submit		สัปดาห์ที่ 3 หรือ Choose File No ...osen Submit		สัปดาห์ที่ 4 หรือ Choose File No ...osen Submit		
สบ.	คลอง	พืช	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่าน	เก็บเกี่ยว	หว่
1	คลอง 1L-MC	ข้าว	2500	0							
1	คลอง 1L-MC	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300	0							
1	คลอง 1L-MC	อ้อย	100	0							
1	คลอง 1L-MC	มันสำปะหลัง	200	0							

รูปที่ ข-21 ตารางแสดงพื้นที่เพาะปลูกจากการอัปโหลดไฟล์

4.1.8 สรุปพื้นที่เพาะปลูก จะเป็นการสรุปข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจากไฟล์ที่เราได้ทำการอัปโหลดขึ้นไป ในรูปแบบตาราง สามารถเลือกดูเป็นภาพรวมทั้งโครงการรายสบ., รายโซน, รายคลองส่งน้ำ ดังรูปที่ ข-22, 23 และ 24 ตามลำดับ โดยคลิกเลือกจาก Dropdown หรือจะเลือกดูการสรุปข้อมูลเป็นรูปแบบกราฟได้โดยคลิกที่ปุ่ม กราฟ



พื้นที่เพาะปลูกสะสม (ไร่)	พื้นที่เพาะปลูกสะสม ฤดูฝน 64	พื้นที่เก็บเกี่ยว ฤดูฝน 64	พื้นที่เพาะปลูกคงเหลือ ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว
รวมพื้นที่เพาะปลูกทั้งโครงการ	3,150.00	0.00	3,150.00
ข้าว	2,500.00	-	2,500.00
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300.00	-	300.00
อ้อย	100.00	-	100.00
มันสำปะหลัง	200.00	-	200.00
พืชสวน	10.00	-	10.00
พืชสวนครัว	-	-	-
สบ.1	3,150.00	0.00	3,150.00
ข้าว	2,500.00	-	2,500.00
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300.00	-	300.00
อ้อย	100.00	-	100.00
มันสำปะหลัง	200.00	-	200.00
พืชสวน	10.00	-	10.00
พืชสวนครัว	-	-	-

รูปที่ ข-22 ตารางสรุปข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกทั้งโครงการและรายสบ.

รายโซน

โซน	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	864.86
8	680.69
9	1,604.45
10	-
11	-
12	-
13	-
14	-
15	-
16	-
17	-
18	-
19	-
20	-

รูปที่ ข-23 ตารางสรุปข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรายโซน

รายคลองส่งน้ำ

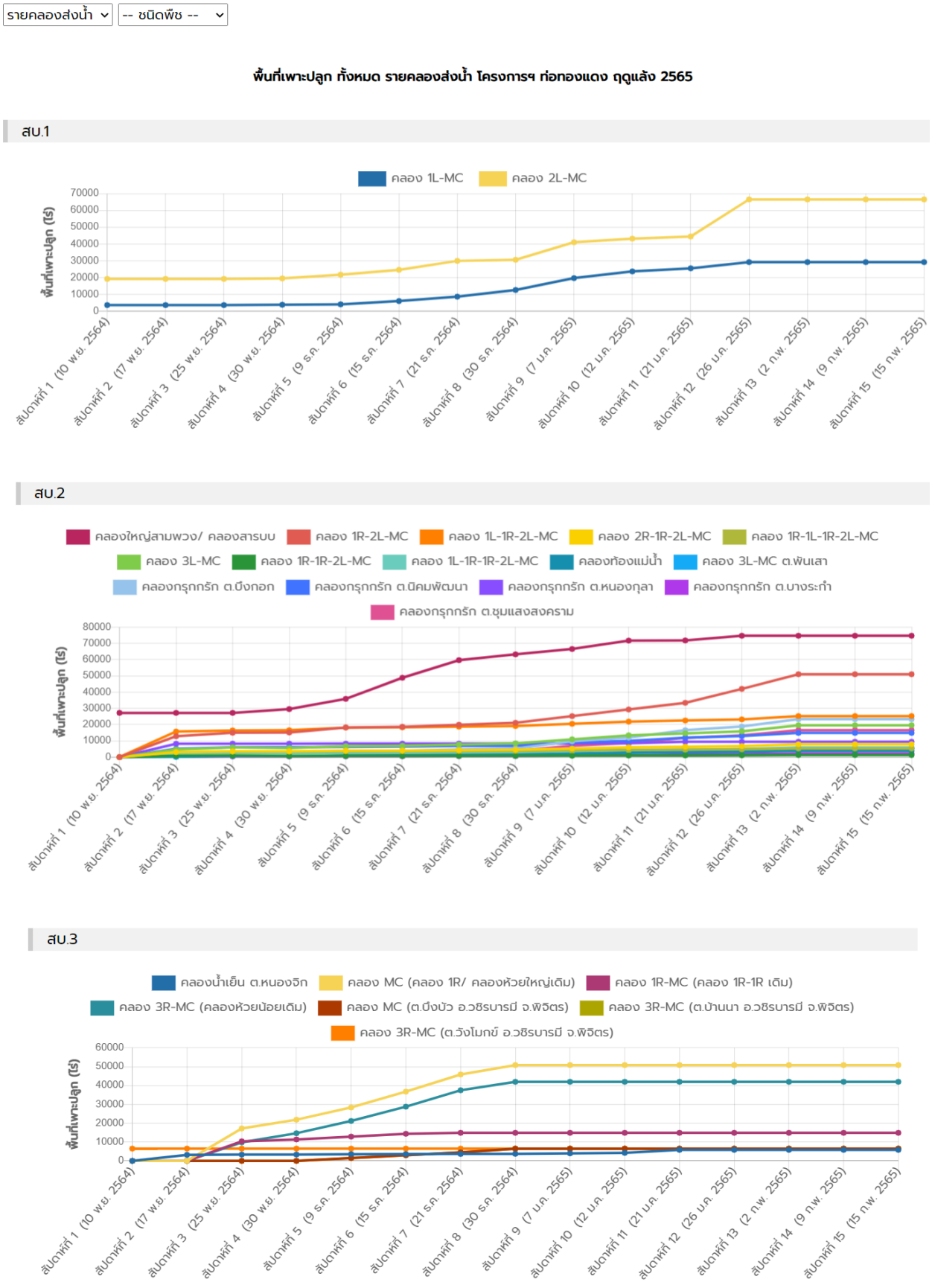
สบ.	คลองส่งน้ำ	พื้นที่เพาะปลูกสะสม (ไร่)	พื้นที่เพาะปลูกสะสม ฤดูฝน 64	พื้นที่เก็บเกี่ยว ฤดูฝน 64	พื้นที่เพาะปลูกคงเหลือ ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว
1	คลอง 1L-MC		3,150.00	-	3,150.00
		ข้าว	2,500.00	-	2,500.00
		ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300.00	-	300.00
		มะนาว	10.00	-	10.00
		มะพร้าว	10.00	-	10.00
		มันสำปะหลัง	200.00	-	200.00
		ส้ม	30.00	-	30.00
		อ้อย	100.00	-	100.00
	คลอง 2L-MC		-	-	-
		ข้าว	-	-	-
		ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	-	-	-
		มันสำปะหลัง	-	-	-
		อ้อย	-	-	-
2	คลองใหญ่สามพวง/ คลองสารบบ		-	-	-
		ข้าว	-	-	-
		ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	-	-	-
		มันสำปะหลัง	-	-	-
		อ้อย	-	-	-

รูปที่ ข-24 ตารางสรุปข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรายคลองส่งน้ำ

เมื่อผู้ใช้คลิกดูกราฟ จะสามารถเลือกกราฟสรุปพื้นที่เพาะปลูกสะสมดูรายสบ. รายโซนและรายคลองได้เช่นเดียวกัน และสามารถเลือกดูแต่ละชนิดพืชได้ แสดงผลดังรูปที่ ข-25

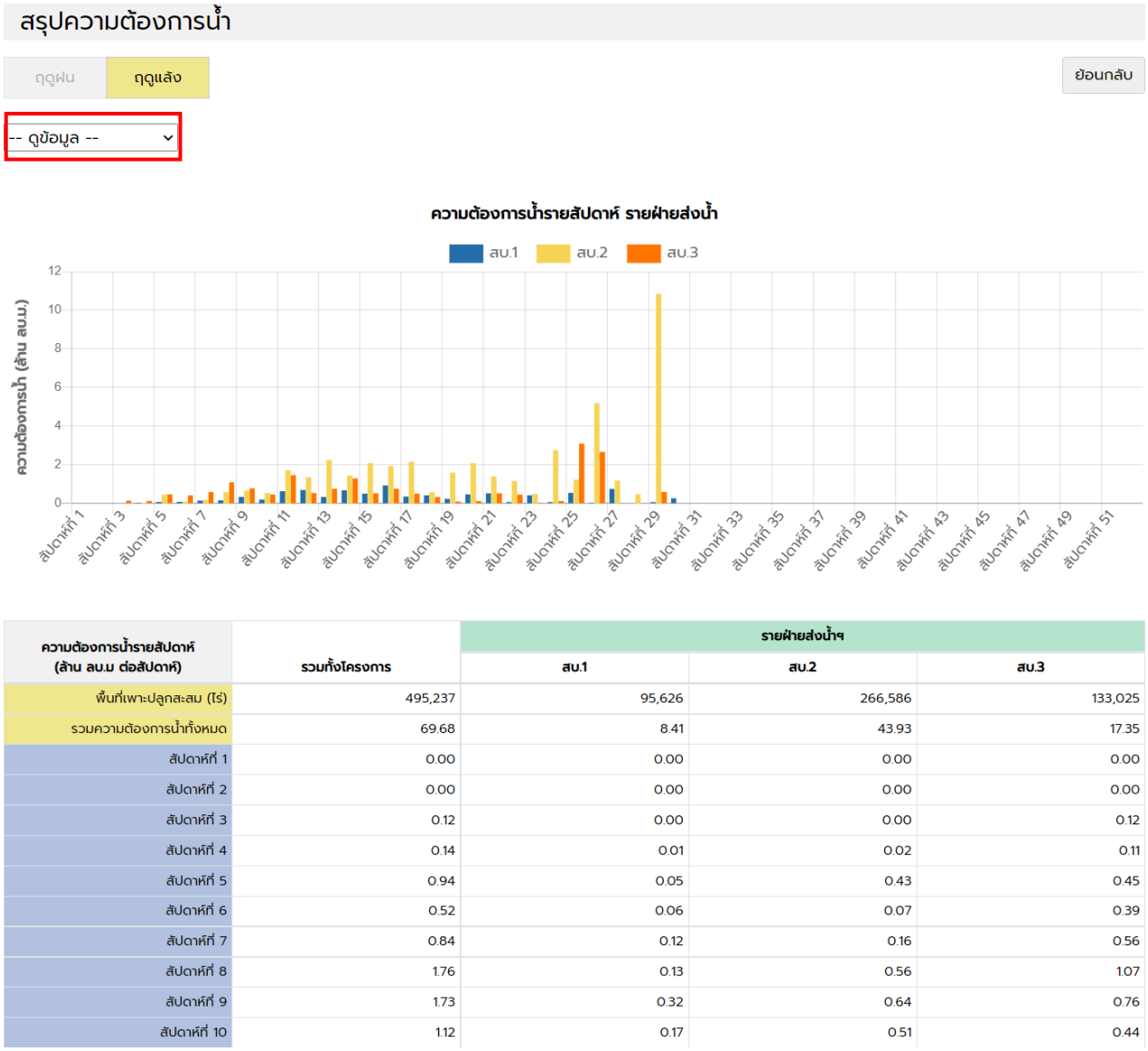
รูปที่ ข-25 กราฟสรุปข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกทั้งและรายสบ.

เมื่อกรอกพื้นที่เพาะปลูกสะสมของแต่ละสัปดาห์เพิ่มไปเรื่อยๆ กราฟจะแสดงดังรูปที่ ข-26



รูปที่ ข-26 กราฟสรุปข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรายคลองส่งน้ำ

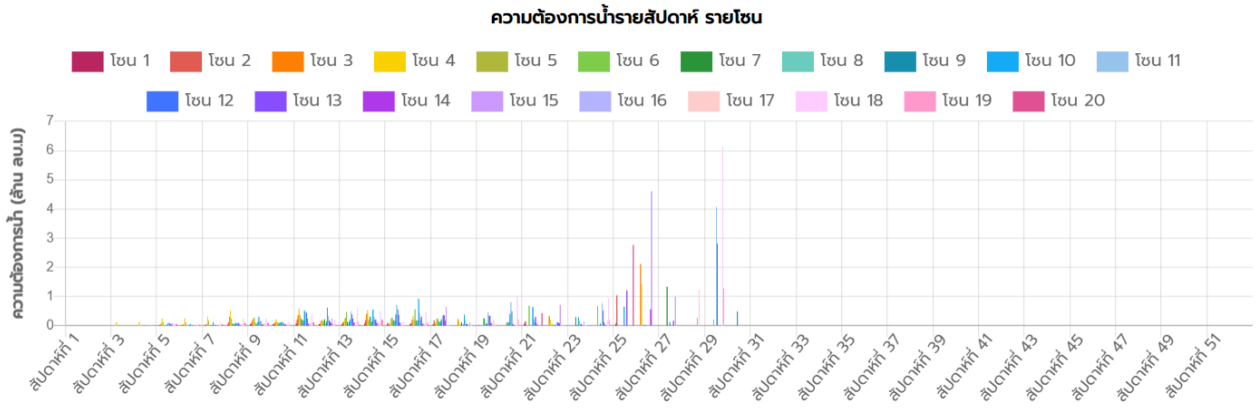
4.1.9 สรุปความต้องการน้ำ เมื่อผู้ใช้คลิกที่ปุ่มนี้ จะเป็นการสั่งรันโมเดลคำนวณความต้องการน้ำและปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะ หากพื้นที่เพาะปลูกเยอะอาจต้องใช้เวลาในการรันโมเดลเล็กน้อย ให้ผู้ใช้งานรอจนกว่าหน้าเว็บไซต์จะโหลดเสร็จแล้วแสดงตารางดังรูปที่ ข-27 และผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลเป็นรายฝ่ายส่งน้ำ รายโซนและรายคลองส่งน้ำได้โดยคลิกเลือกที่ Dropdown แสดงดังรูปที่ ข-27, 28 และ 29 ตามลำดับ



ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ (ล้าน ลบ.ม ต่อสัปดาห์)	รวมทั้งโครงการ	รายฝ่ายส่งน้ำฯ		
		สบ.1	สบ.2	สบ.3
พื้นที่เพาะปลูกสะสม (ไร่)	495,237	95,626	266,586	133,025
รวมความต้องการน้ำทั้งหมด	69.68	8.41	43.93	17.35
สัปดาห์ที่ 1	0.00	0.00	0.00	0.00
สัปดาห์ที่ 2	0.00	0.00	0.00	0.00
สัปดาห์ที่ 3	0.12	0.00	0.00	0.12
สัปดาห์ที่ 4	0.14	0.01	0.02	0.11
สัปดาห์ที่ 5	0.94	0.05	0.43	0.45
สัปดาห์ที่ 6	0.52	0.06	0.07	0.39
สัปดาห์ที่ 7	0.84	0.12	0.16	0.56
สัปดาห์ที่ 8	1.76	0.13	0.56	1.07
สัปดาห์ที่ 9	1.73	0.32	0.64	0.76
สัปดาห์ที่ 10	1.12	0.17	0.51	0.44

รูปที่ ข-27 หน้าสรุปความต้องการน้ำ รายฝ่ายส่งน้ำ

รายโซน



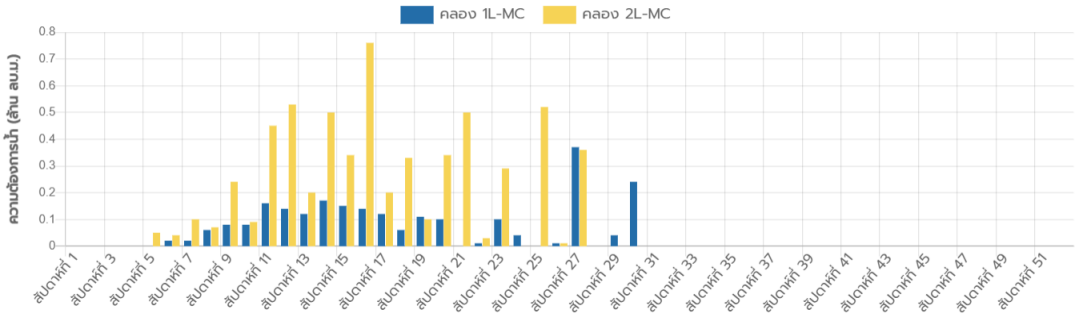
ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ (ล้าน ลบ.ม ต่อสัปดาห์)	รวมทั้งโครงการ	รายโซน												
		โซน 1	โซน 2	โซน 3	โซน 4	โซน 5	โซน 6	โซน 7	โซน 8	โซน 9	โซน 10	โซน 11	โซน 12	โซน
พื้นที่เพาะปลูกสะสม (ไร่)	495,237	6,370.03	14,575.19	29,898.77	41,964.00	19,500.00	34,318.00	21,514.48	6,295.38	14,838.87	52,977.27	50,999.00	37,292.00	33,44
รวมความต้องการน้ำทั้งหมด	86.65	0.76	2.37	4.82	5.81	2.61	4.18	3.70	0.94	2.22	6.65	10.22	7.19	
สัปดาห์ที่ 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
สัปดาห์ที่ 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
สัปดาห์ที่ 3	0.12	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
สัปดาห์ที่ 4	0.15	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0
สัปดาห์ที่ 5	1.08	0.01	0.02	0.05	0.23	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.10	0.09	0
สัปดาห์ที่ 6	0.68	0.01	0.02	0.04	0.24	0.10	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.01	0.01	0
สัปดาห์ที่ 7	1.07	0.03	0.03	0.06	0.30	0.17	0.01	0.01	0.01	0.03	0.12	0.04	0.03	

รูปที่ ข-28 หน้าสรุปความต้องการน้ำ รายโซน

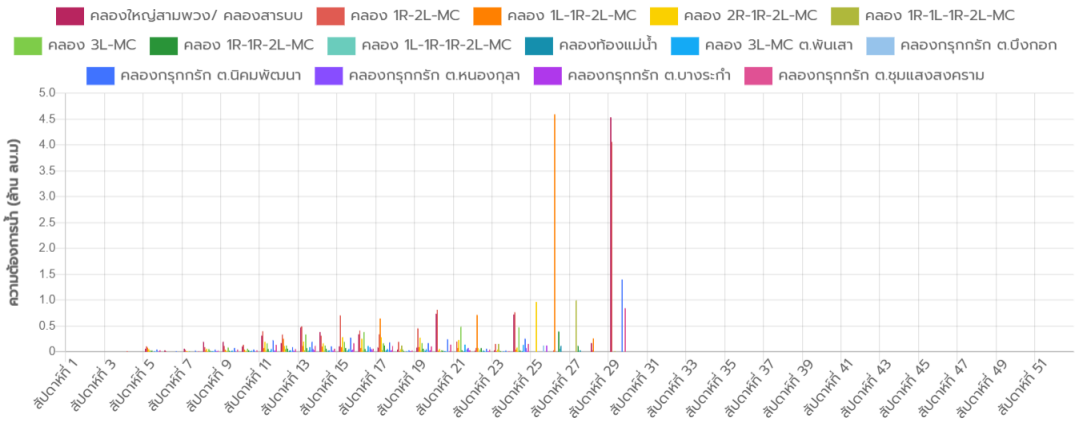
รายคลองส่งน้ำ

ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ รายคลองส่งน้ำ

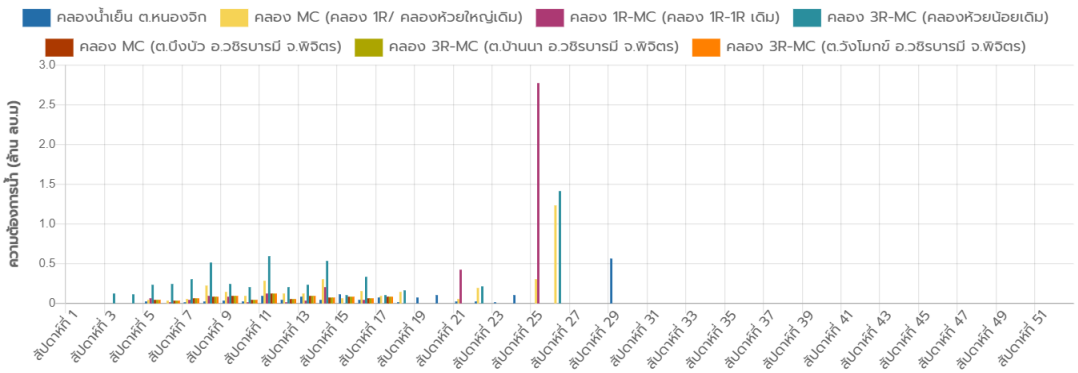
สบ.1



สบ.2



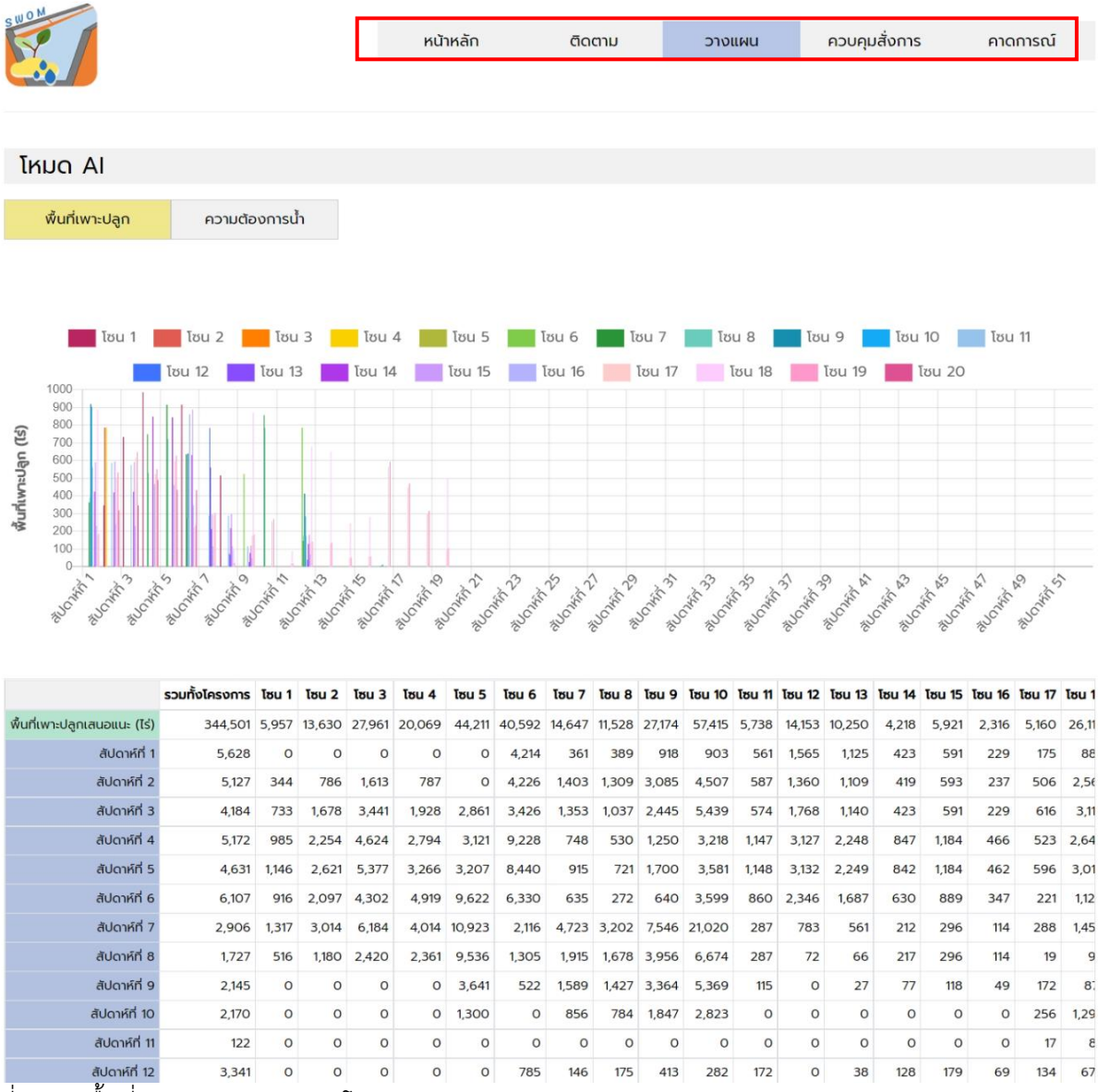
สบ.3



ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ (ล้าน ลบ.ม ต่อสัปดาห์)	รวมทั้งโครงการ	คลอง 1L-MC	คลอง 2L-MC	คลองใหญ่สามพวง/ คลองสารบบ	คลอง 1R-2L-MC	คลอง 1L-1R-2L-MC	คลอง 2R-1R-2L-MC	คลอง 1R-1L-1R-2L-M
พื้นที่เพาะปลูกสะสม (ไร่)	495,237	29,133	66,493	74,683	50,999	25,260	7,925	5,30
รวมความต้องการน้ำทั้งหมด	69.68	2.35	6.05	8.80	10.22	7.34	3.39	1.5
สัปดาห์ที่ 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
สัปดาห์ที่ 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
สัปดาห์ที่ 3	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
สัปดาห์ที่ 4	0.14	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.0
สัปดาห์ที่ 5	0.94	0.00	0.05	0.06	0.10	0.08	0.05	0.0

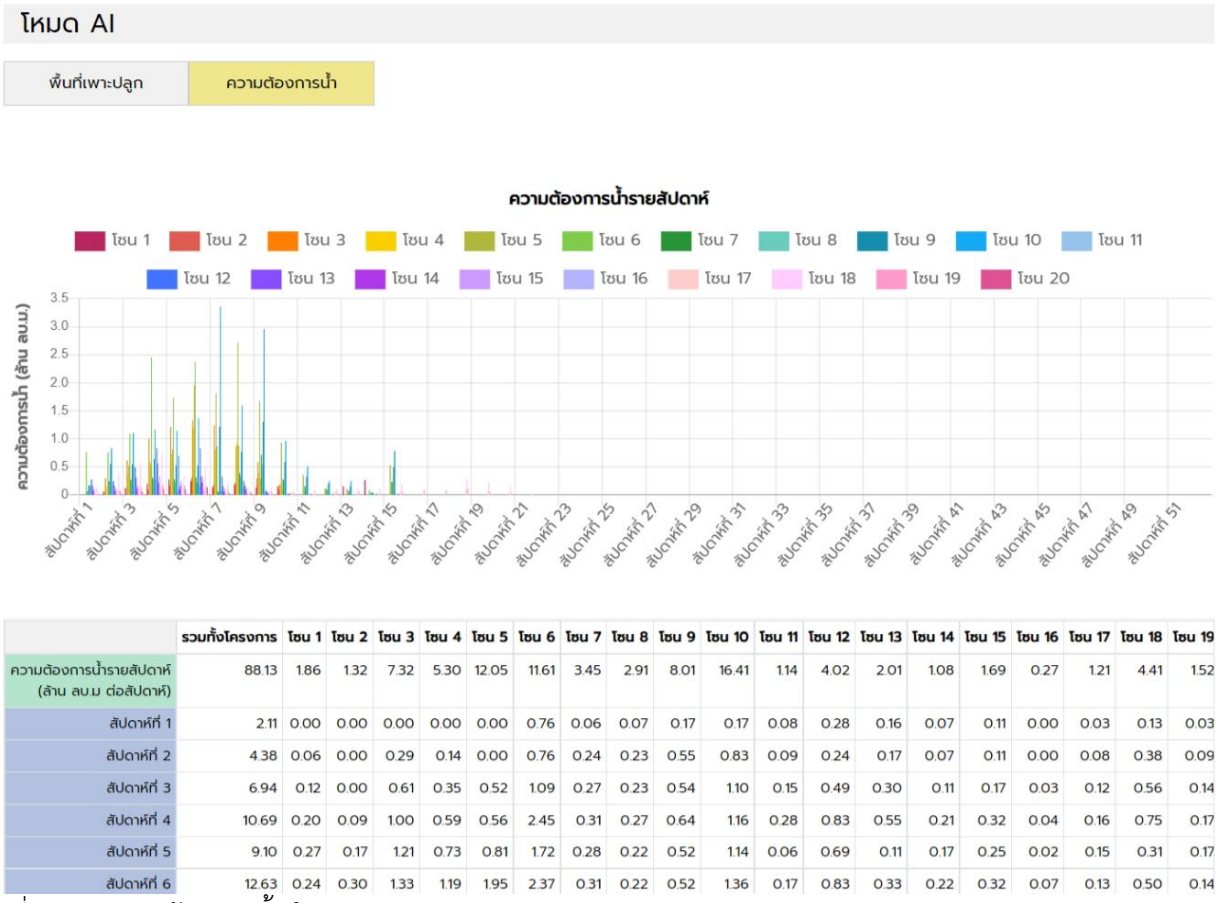
รูปที่ ข-29 หน้าสรุปความต้องการน้ำ รายคลองส่งน้ำ

4.2 เมนูวางแผน โหมด AI ในโหมดนี้ผู้ใช้งานไม่ต้องกรอกพื้นที่เพาะปลูกเอง แต่จะมีพื้นที่เพาะปลูกและความต้องการน้ำ เสนอแนะให้เรียบร้อยแล้ว แสดงเป็นกราฟและตารางดังรูปที่ ข-30 และ 31



	รวมทั้งโครงการ	โซน 1	โซน 2	โซน 3	โซน 4	โซน 5	โซน 6	โซน 7	โซน 8	โซน 9	โซน 10	โซน 11	โซน 12	โซน 13	โซน 14	โซน 15	โซน 16	โซน 17	โซน 1
พื้นที่เพาะปลูกเสนอแนะ (ไร่)	344,501	5,957	13,630	27,961	20,069	44,211	40,592	14,647	11,528	27,174	57,415	5,738	14,153	10,250	4,218	5,921	2,316	5,160	26,11
สัปดาห์ที่ 1	5,628	0	0	0	0	0	4,214	361	389	918	903	561	1,565	1,125	423	591	229	175	88
สัปดาห์ที่ 2	5,127	344	786	1,613	787	0	4,226	1,403	1,309	3,085	4,507	587	1,360	1,109	419	593	237	506	2,56
สัปดาห์ที่ 3	4,184	733	1,678	3,441	1,928	2,861	3,426	1,353	1,037	2,445	5,439	574	1,768	1,140	423	591	229	616	3,11
สัปดาห์ที่ 4	5,172	985	2,254	4,624	2,794	3,121	9,228	748	530	1,250	3,218	1,147	3,127	2,248	847	1,184	466	523	2,64
สัปดาห์ที่ 5	4,631	1,146	2,621	5,377	3,266	3,207	8,440	915	721	1,700	3,581	1,148	3,132	2,249	842	1,184	462	596	3,01
สัปดาห์ที่ 6	6,107	916	2,097	4,302	4,919	9,622	6,330	635	272	640	3,599	860	2,346	1,687	630	889	347	221	1,12
สัปดาห์ที่ 7	2,906	1,317	3,014	6,184	4,014	10,923	2,116	4,723	3,202	7,546	21,020	287	783	561	212	296	114	288	1,45
สัปดาห์ที่ 8	1,727	516	1,180	2,420	2,361	9,536	1,305	1,915	1,678	3,956	6,674	287	72	66	217	296	114	19	9
สัปดาห์ที่ 9	2,145	0	0	0	0	3,641	522	1,589	1,427	3,364	5,369	115	0	27	77	118	49	172	8
สัปดาห์ที่ 10	2,170	0	0	0	0	1,300	0	856	784	1,847	2,823	0	0	0	0	0	0	256	1,29
สัปดาห์ที่ 11	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	8
สัปดาห์ที่ 12	3,341	0	0	0	0	0	785	146	175	413	282	172	0	38	128	179	69	134	67

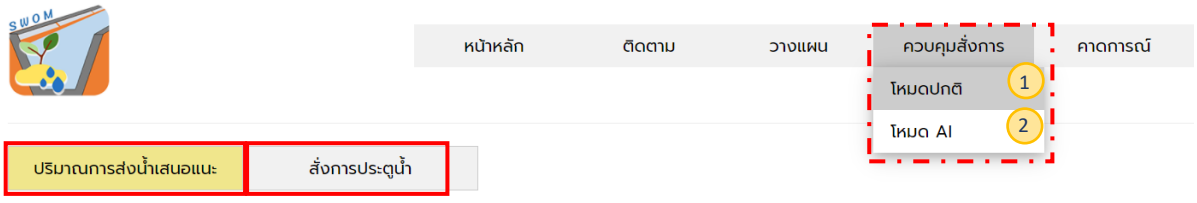
รูปที่ ข-30 พื้นที่เพาะปลูกเสนอแนะ โหมด AI



	รวมทั้งโครงการ	โซน 1	โซน 2	โซน 3	โซน 4	โซน 5	โซน 6	โซน 7	โซน 8	โซน 9	โซน 10	โซน 11	โซน 12	โซน 13	โซน 14	โซน 15	โซน 16	โซน 17	โซน 18	โซน 19
ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ (ล้าน ลบ.ม ต่อสัปดาห์)	88.13	1.86	1.32	7.32	5.30	12.05	11.61	3.45	2.91	8.01	16.41	1.14	4.02	2.01	1.08	1.69	0.27	1.21	4.41	1.52
สัปดาห์ที่ 1	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.06	0.07	0.17	0.17	0.08	0.28	0.16	0.07	0.11	0.00	0.03	0.13	0.03
สัปดาห์ที่ 2	4.38	0.06	0.00	0.29	0.14	0.00	0.76	0.24	0.23	0.55	0.83	0.09	0.24	0.17	0.07	0.11	0.00	0.08	0.38	0.09
สัปดาห์ที่ 3	6.94	0.12	0.00	0.61	0.35	0.52	1.09	0.27	0.23	0.54	1.10	0.15	0.49	0.30	0.11	0.17	0.03	0.12	0.56	0.14
สัปดาห์ที่ 4	10.69	0.20	0.09	1.00	0.59	0.56	2.45	0.31	0.27	0.64	1.16	0.28	0.83	0.55	0.21	0.32	0.04	0.16	0.75	0.17
สัปดาห์ที่ 5	9.10	0.27	0.17	1.21	0.73	0.81	1.72	0.28	0.22	0.52	1.14	0.06	0.69	0.11	0.17	0.25	0.02	0.15	0.31	0.17
สัปดาห์ที่ 6	12.63	0.24	0.30	1.33	1.19	1.95	2.37	0.31	0.22	0.52	1.36	0.17	0.83	0.33	0.22	0.32	0.07	0.13	0.50	0.14

รูปที่ ข-31 ความต้องการน้ำ โหมด AI

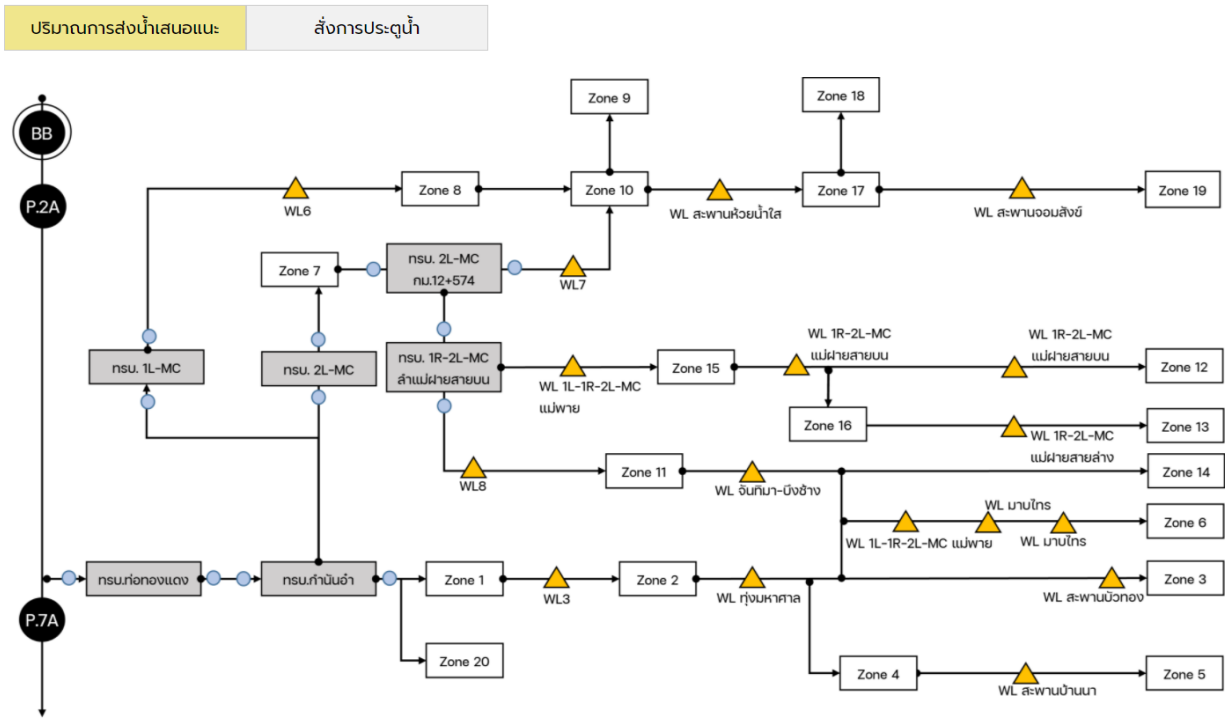
5. **เมนูควบคุมสั่งการ** มีให้ผู้ใช้งานเลือก 2 โหมด เช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ ข-32
   1. โหมดปกติ - จะเป็นปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะที่ได้จากการรันโมเดลโดยใช้พื้นที่เพาะปลูกที่ผู้ใช้งานได้ทำการกรอกเรียบร้อยแล้วในหน้าวางแผน(โหมดปกติ) ส่วนระยะเปิดบานประตูเสนอแนะ ผู้ใช้จะต้องสั่งรันโมเดลอีกครั้งนึง (RunGate) ในหน้าสั่งการประตูน้ำ
   2. โหมด AI - จะเป็นปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะและระยะเปิดบานประตูเสนอแนะเสนอแนะที่ได้จากการรันโมเดลเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ ข-32 ควบคุมสั่งการ โหมดปกติ

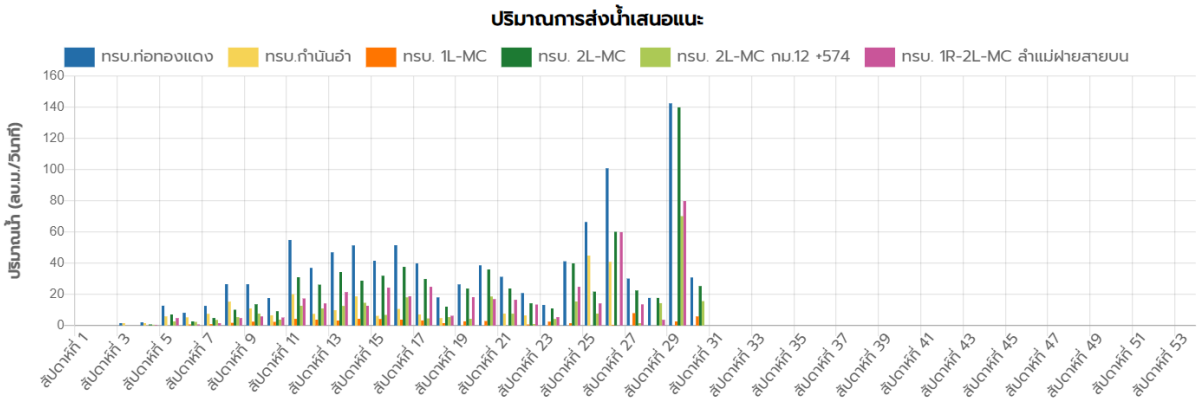
เมื่อเข้ามาสู่หน้าควบคุมสั่งการทั้งโหมดปกติและโหมด AI จะมี 2 เมนูย่อยคือ

5.1 ปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะ ส่วนบนจะแสดงรูปผังน้ำของโครงการ ดังรูปที่ ข-33 และส่วนด้านล่างจะแสดงกราฟและตารางปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะ(ลบ.ม./วินาที) ดังรูปที่ ข-34



รูปที่ ข-33 ปริมาณการส่งน้ำ โหมดปกติ (1)

ฤดูฝน | ฤดูแล้ง

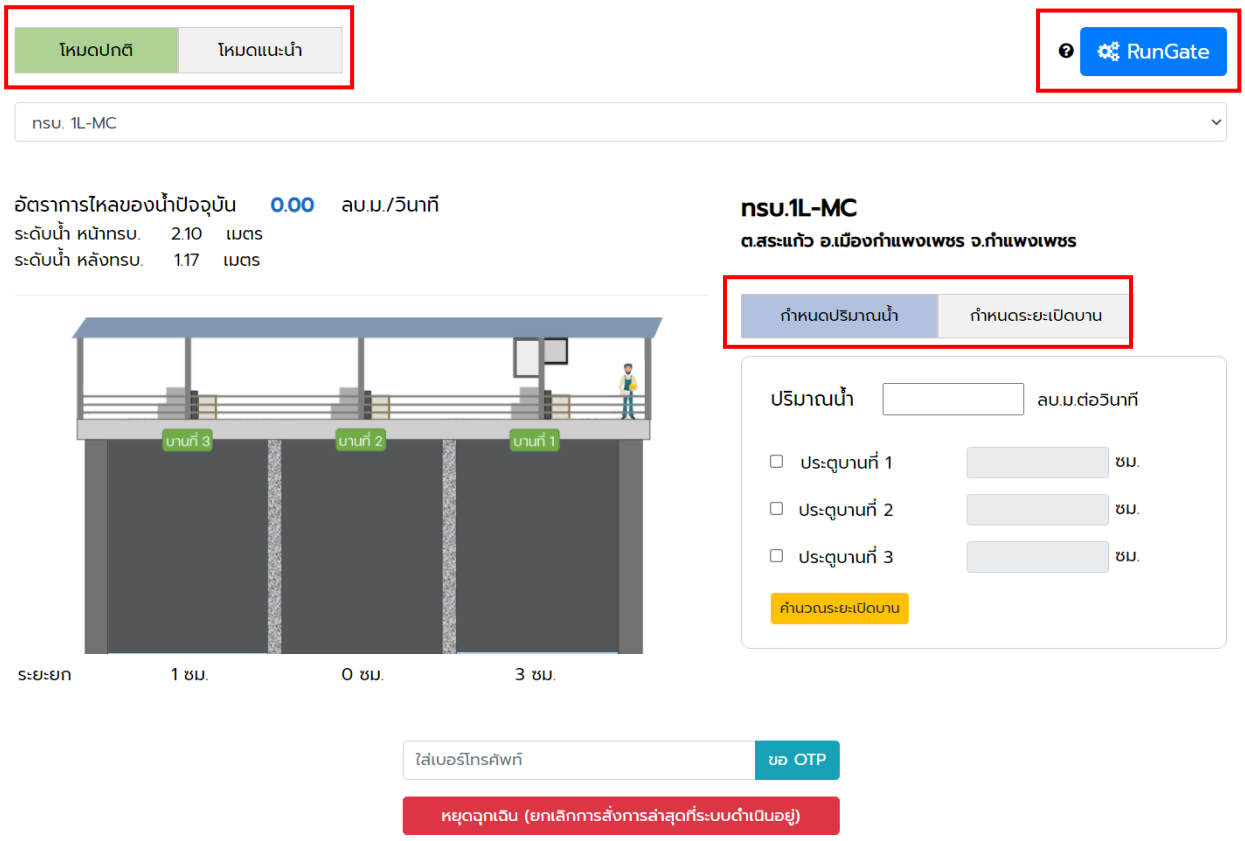


	ปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะ (ลบ.ม.ต่อวินาที)					
	ทรบ.ท่อทองแดง	ทรบ.กำนันอำ	ทรบ. 1L-MC	ทรบ. 2L-MC	ทรบ. 2L-MC กม.12 +574	ทรบ. 1R-2L_MC ลำแม่ฝายสายบน
รวมทั้งฤดูกาล (ล้าน ลบ.ม.)	86.65	20.25	5.02	61.38	22.97	36.56
สัปดาห์ที่ 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
สัปดาห์ที่ 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
สัปดาห์ที่ 3	1.36	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00
สัปดาห์ที่ 4	1.78	1.32	0.04	0.42	0.25	0.18
สัปดาห์ที่ 5	12.56	5.60	0.05	6.91	2.45	4.46
สัปดาห์ที่ 6	7.85	4.93	0.42	2.50	2.05	0.45
สัปดาห์ที่ 7	12.35	7.23	0.59	4.53	3.27	1.22
สัปดาห์ที่ 8	26.40	15.04	1.46	9.90	5.11	4.48
สัปดาห์ที่ 9	26.23	10.70	2.20	13.34	7.48	5.60
สัปดาห์ที่ 10	17.43	6.40	2.10	8.93	3.59	4.90
สัปดาห์ที่ 11	54.70	19.84	4.01	30.85	12.51	17.11
สัปดาห์ที่ 12	36.75	7.19	3.59	25.98	10.75	13.96
สัปดาห์ที่ 13	46.76	9.57	3.00	34.19	12.30	21.15
สัปดาห์ที่ 14	51.18	18.45	4.08	28.64	14.35	12.50
สัปดาห์ที่ 15	41.44	5.93	3.84	31.68	6.57	24.05
สัปดาห์ที่ 16	51.34	10.37	3.55	37.42	17.82	18.57
สัปดาห์ที่ 17	39.61	6.89	3.10	29.62	4.28	24.58
สัปดาห์ที่ 18	17.78	4.50	1.37	11.92	5.19	6.03
สัปดาห์ที่ 19	26.12	0.13	2.54	23.46	3.97	18.03
สัปดาห์ที่ 20	38.39	0.00	2.62	35.78	18.41	16.65
สัปดาห์ที่ 21	31.04	7.47	0.02	23.54	7.30	16.22
สัปดาห์ที่ 22	20.52	6.18	0.35	13.99	0.67	13.24

รูปที่ ข-34 ปริมาณการส่งน้ำ โหมดปกติ (2)

จากรูปที่ ข-34 จะมีแถบไฮไลท์ที่ตาราง ซึ่งบอกถึงปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะในสัปดาห์นั้นๆ นับจากวันแรกที่ผู้ใช้กรอกในไฟล์พื้นที่เพาะปลูกสะสมสัปดาห์ที่ 1 (week_1.csv)

5.2 สั่งการประตูน้ำ ส่วนบนจะแสดงรูปผังน้ำของโครงการเช่นเดียวกัน และส่วนด้านล่างจะเป็นการสั่งการประตูน้ำ ระบบสามารถสั่งการได้ครั้งละ 1 ประตูเท่านั้น เลือกรายชื่อทรบ.ที่ต้องการสั่งการได้จาก Dropdown สิ่งแรกที่ผู้ใช้ต้องทำคือ กดปุ่ม RunGate ดังรูปที่ ข-35 เพื่อรันโมเดลซึ่งจะนำค่าระดับน้ำหน้าและหลังทรบ. ณ เวลานั้นๆไปคำนวณให้ได้ระยะเปิดบานประตูเสนอแนะ



รูปที่ ข-35 สั่งการประตูน้ำ

จากรูปที่ ข-35 ในหน้าสั่งการประตูจะมี 2 โหมดหลักให้ผู้ใช้เลือก คือ

1. โหมดปกติ

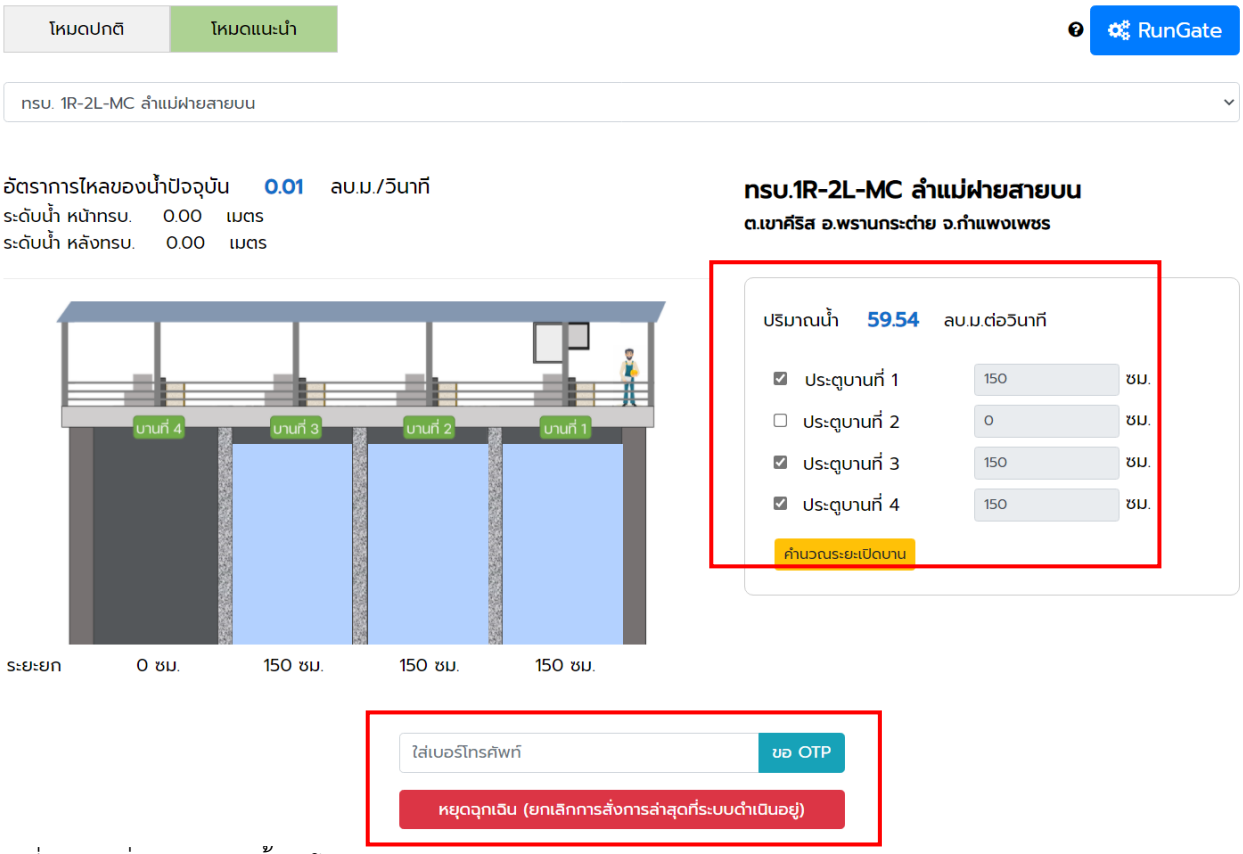
1.1 กำหนดปริมาณน้ำ - ผู้ใช้ต้องกรอกปริมาณน้ำ และเลือกประตูที่ต้องการเปิด แล้วกดปุ่ม คำนวณระยะเปิดบาน จะได้ระยะเปิดบานของแต่ละประตูดังรูปที่ ข-36

รูปที่ ข-36 สั่งการประตูน้ำ - โหมดปกติ กำหนดปริมาณน้ำ

1.2 กำหนดระยะเปิดบาน - ผู้ใช้ต้องกรอกระยะเปิดบานให้ตรงกับประตูที่ต้องการจะเปิด หากไม่กรอกตัวเลขจะเท่ากับว่าไม่ต้องการเปิดประตูนั้นๆ และหากไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงระยะยกของบานนั้นๆให้ตรวจสอบระยะยกเดิมจากรูปด้านซ้ายมือแล้วกรอกค่าเดิมลงไป จากนั้นกดปุ่มยืนยันระยะเปิดบาน เมื่อคำสั่งสำเร็จ ระยะยกล่าสุดที่สั่งการจะปรากฏที่คอลัมน์คำสั่งล่าสุด ดังรูปที่ ข-37

รูปที่ ข-37 สั่งการประตูน้ำ - โหมดปกติ กำหนดระยะเปิดบาน

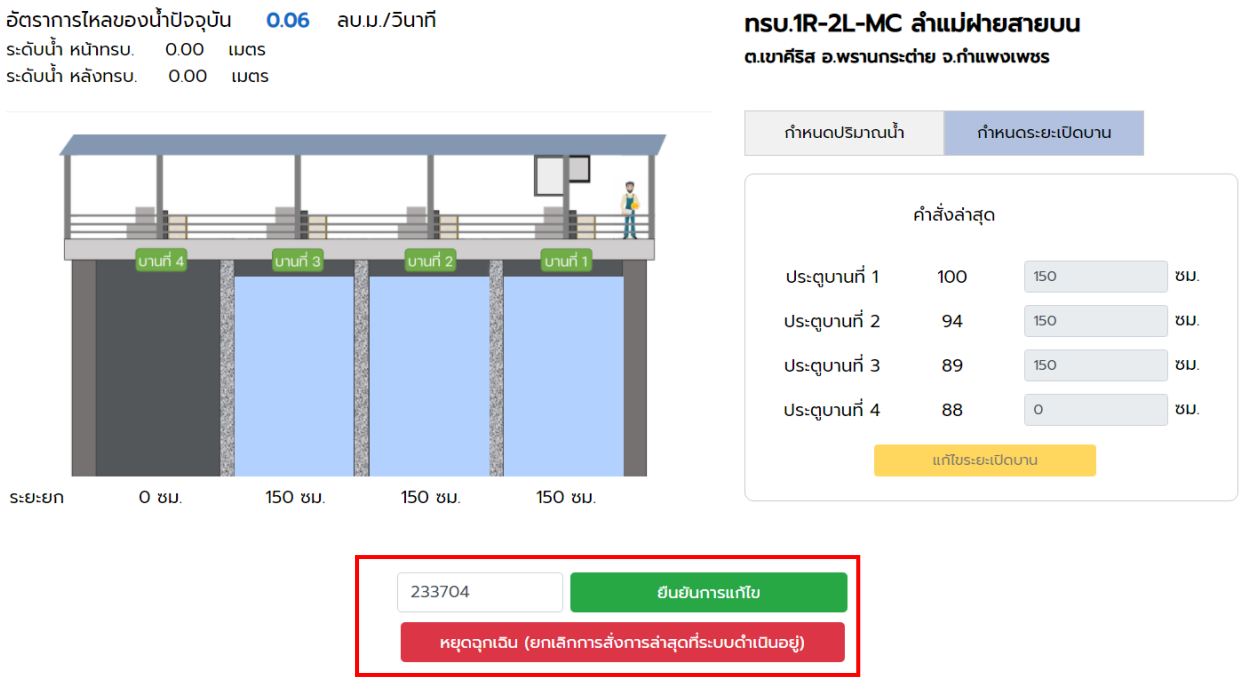
2. โหมดแนะนำ - จะมีปริมาณการส่งน้ำเสนอแนะของสัปดาห์นั้นๆให้แล้ว ผู้ใช้งานเลือกแค่ประตูที่ต้องการจะเปิด แล้วกดที่ปุ่ม คำนวณระยะเปิดบาน ดังรูปที่ ข-38



รูปที่ ข-38 สั่งการประตูน้ำ - โหมดแนะนำ

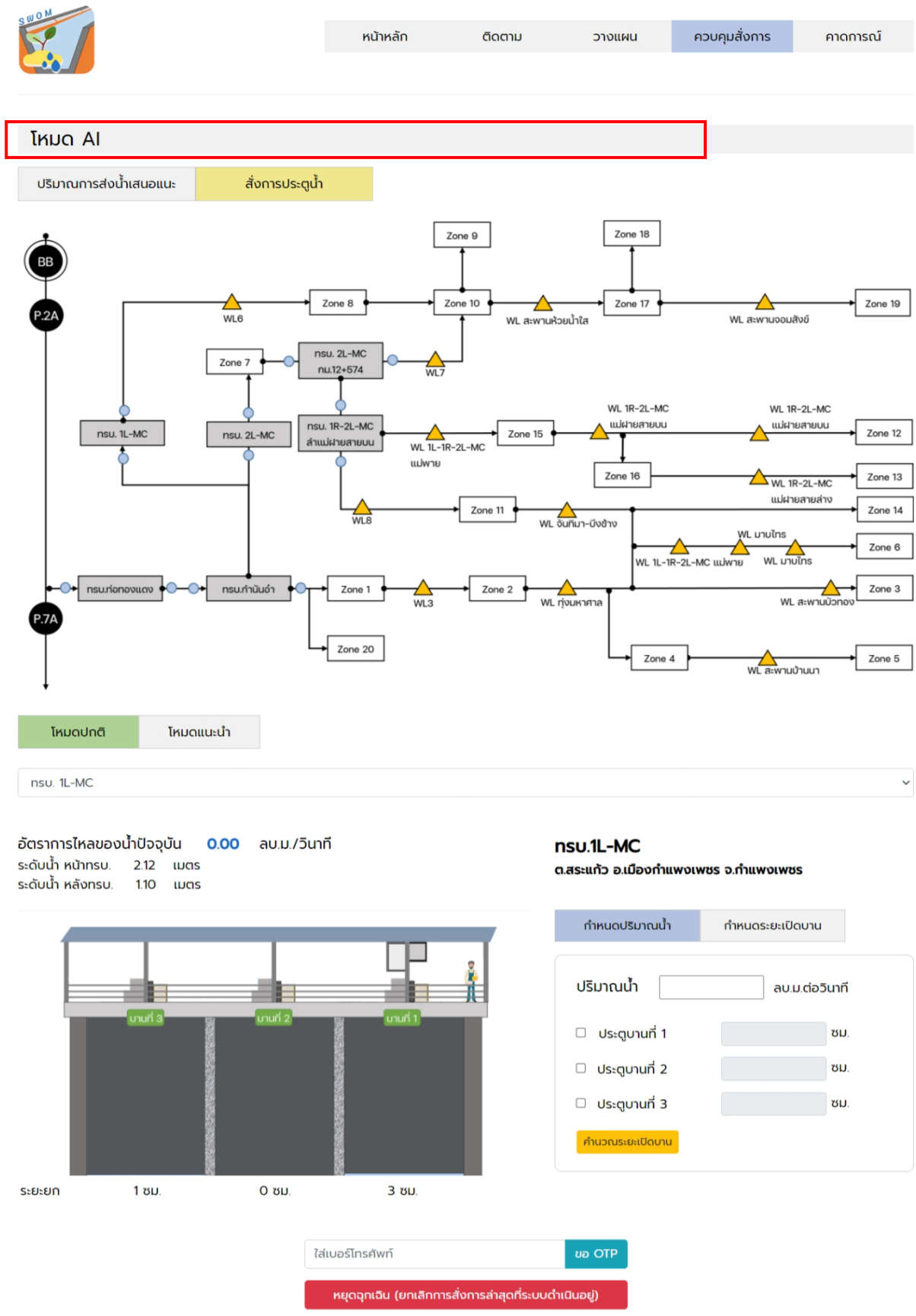
หลังจากที่ผู้ใช้ทำการกรอกค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วไม่ว่าจะเป็นโหมดปกติหรือโหมดแนะนำ ผู้ใช้จะต้องกรอกเบอร์โทรศัพท์เพื่อขอรับรหัส OTP ยืนยันการสั่งการเปิดบานประตู เมื่อได้รับรหัส OTP ที่เป็นตัวเลข 6 หลัก ให้กรอกลงไปในช่องว่าง ตรวจสอบความถูกต้องของรหัส และระยะเปิดบานที่จะสั่งการอีกครั้ง ก่อนกดปุ่ม ยืนยันการแก้ไข ดังรูปที่ ข-39

หากพบว่าตัวเลขระยะเปิดบานที่กรอกไปผิดพลาดต้องการยกเลิกแล้วแก้ไขระยะเปิดบานใหม่ ให้กดปุ่ม หยุดฉุกเฉิน จะเป็นการยกเลิกคำสั่งล่าสุดที่กำลังดำเนินการอยู่ทันที แล้วจึงทำการกรอกระยะเปิดบานและขอรับรหัส OTP ใหม่



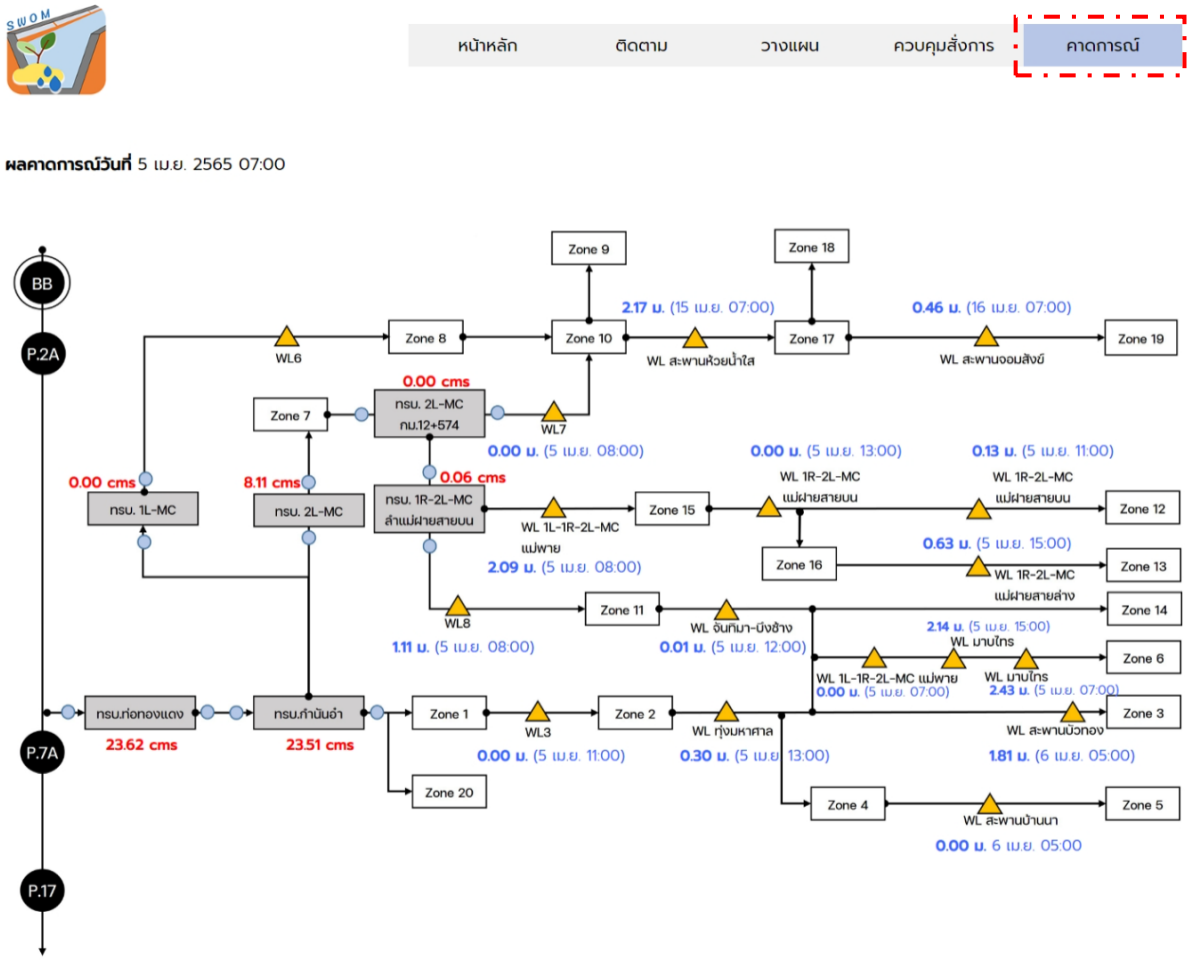
รูปที่ ข-39 สั่งการประตูน้ำ - ยืนยันการสั่งการประตู

ในเมนูควบคุมสั่งการ โหมดปกติ และโหมด AI มีรายละเอียดภายในและวิธีการสั่งการประตูเหมือนกันทั้งหมด ต่างกันเล็กน้อยตรงที่โหมดปกติ ผู้ใช้งานจะต้องกดปุ่ม RunGate เพื่อสั่งรันโมเดลก่อน ส่วนโหมด AI จะเป็นค่าที่ได้จากการรันโมเดลเรียบร้อยแล้ว โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องคลิกปุ่มใดๆเพิ่มเติม แสดงดังรูปที่ ข-40



รูปที่ ข-40 เมนูควบคุมสั่งการ โหมด AI

6. **เมนูคาดการณ์** – แสดงปริมาณน้ำไหลผ่านประตู, ผลการคาดการณ์ระดับน้ำ, วันและเวลาที่คาดการณ์ว่าน้ำจะไปถึงสถานีนั้นๆ ผลคาดการณ์อัปเดตทุกวันเวลา 7.00 น. แสดงดังรูปที่ ข-41



รูปที่ ข-41 เมนูคาดการณ์

คู่มือการซ่อมบำรุงระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จ.กำแพงเพชร

ระบบทางกลของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

เครื่องยกประตูของทุกประตู บานระบายน้ำในลักษณะการทำงานแบบไฟฟ้าและมือหมุนโดยใช้แรงงานคน แบบไฟฟ้าเมื่อหมุนเครื่องยกที่มือหมุนขับเพลา ซึ่งเป็นเกลียวดึงบานขึ้นหรือลงตามทิศทางการหมุน การหมุนจะใช้แรงจากมอเตอร์ไฟฟ้าในการหมุนเป็นหลัก เพื่อควบคุมระดับ เปิด-ปิดประตูน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามระบบกลไกของประตูยังต้องถูกบำรุงรักษาตามความเหมาะสม รายละเอียดดังต่อไปนี้

- การสึกหรอ อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ ส่วนใหญ่มักเกิดจากอายุการใช้งานของเฟืองเป็นปกติ หรืออาจเกิดจากการรับภาระแรงกระทำที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้เฟืองสึกหรอเร็วขึ้น วิธีการซ่อมบำรุงเบื้องต้นที่สามารถทำได้คือ การทำความสะอาดไม่ให้เศษวัสดุไปขัดการทำงานของเฟือง และการเติมน้ำมันหล่อลื่นอยู่สม่ำเสมอตามวงรอบการใช้งาน
- การดูแลรักษาเฟืองควรตรวจเช็คเฟืองอยู่เป็นประจำเฟืองควรอยู่ในระดับปานกลางเมื่อใช้งานคอยหมั่นดูแลในเรื่องของการอย่าให้เฟืองคับหรือหลวมเพราะจะมีผลต่อการอายุของเฟือง ควรระมัดระวังเรื่องของการแกว่งของเฟืองรวมไปถึงการโยกไปมาบนเพลา

รูปที่ ค-1 ระบบเพลาขับของเครื่องยกประตูระบายน้ำ

รูปที่ ค-2 ระบบเพลาขับของเครื่องยกประตูระบายน้ำ

รูปที่ ค-3 ระบบเพลาขับของเครื่องยกประตูระบายน้ำ

การวัดระยะหรือระดับน้ำเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดระดับน้ำเป็นชนิด Ultrasonic การติดตั้งเซ็นเซอร์ยื่นออกไปเหนือผิวน้ำเพื่อให้สามารถวัดระยะหรือระดับน้ำได้ ข้อควรระวังในการใช้งานที่อาจเกิดความเสียหายของเสาติดตั้งเซ็นเซอร์ การยึด จุดเชื่อมต่อของเสาและกล่องควบคุมที่ปลายได้ รวมทั้ง การใช้งานควรมีการตรวจสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์ด้วยการนำลูกดิ่งมาวัดระดับน้ำเพื่อเป็นตรวจสอบซ้ำถึงความแม่นยำของเซ็นเซอร์

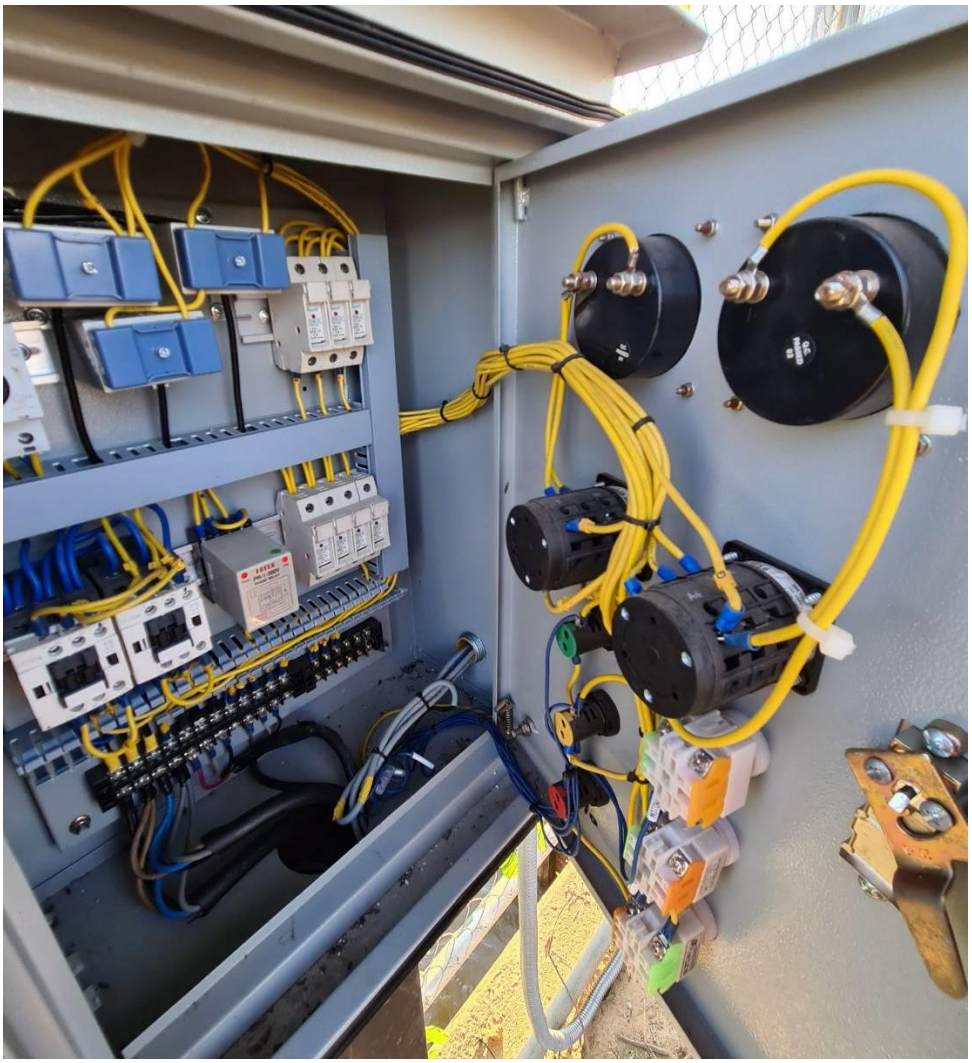
รูปที่ ค-4 เสาติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ

รูปที่ ค-5 เสาติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ และการใช้ลูกดิ่งเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์

ระบบไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

การบำรุงรักษาหรือซ่อมบำรุงเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าของระบบ หมายถึง การบำรุงรักษาตู้ควบคุมหลักหรือตู้ควบคุมย่อย ให้ภายในและบริเวณรอบๆ ของตู้ เพื่อให้ฟังก์ชั่นการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัวพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

- บำรุงรักษาทำความสะอาดตู้ไฟฟ้าและอุปกรณ์
- ตรวจเช็ค จุดต่อสายและ Terminal ขันน๊อตสกรูให้แน่น
- ทดสอบค่าความด้านทานของจุดต่อลงดิน (Ground Resistance Test)
- ทดสอบค่าความเป็นฉนวนของสายไฟฟ้า (Induction Test)
- ตรวจเช็คขนาดของกระแสของเมนสวิตซ์และสาน พิกัดกระแสลัดวงจรของเมนสวิตซ์



รูปที่ ค-6 ภายในของตู้ควบคุมไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

รูปที่ ค-7 ภายในของตู้ควบคุมไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

MACHINE NAME:
Floodgate Machine (Add PLC System)

NOTICE :
NPN CONNECTION

MACHINE No.

DWG NO.

ORDER No.

SIGN	REVISION YYYY/MM/DD	REVISED MATTER	APPROVED	CHECKED	DESIGNED	DRAWN
FIRST EDITION	2021/09/05			SRSN 15/10/21 SIRIN	SRSN 05/09/21 SIRIN	SRSN 05/09/21 SIRIN
△						
△						
△						
△						
△						
△						
△						
△						

SIGN	REVISION YYYY/MM/DD	REVISED MATTER	APPROVED	CHECKED	DESIGNED	DRAWN
△						
△						
△						
△						
△						
△						
△						
△						
△						
△						

PART NAME: COVER

EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.

APPROVED	CHECKED	CHECKED	DESIGNED	DRAWN

PART NO.

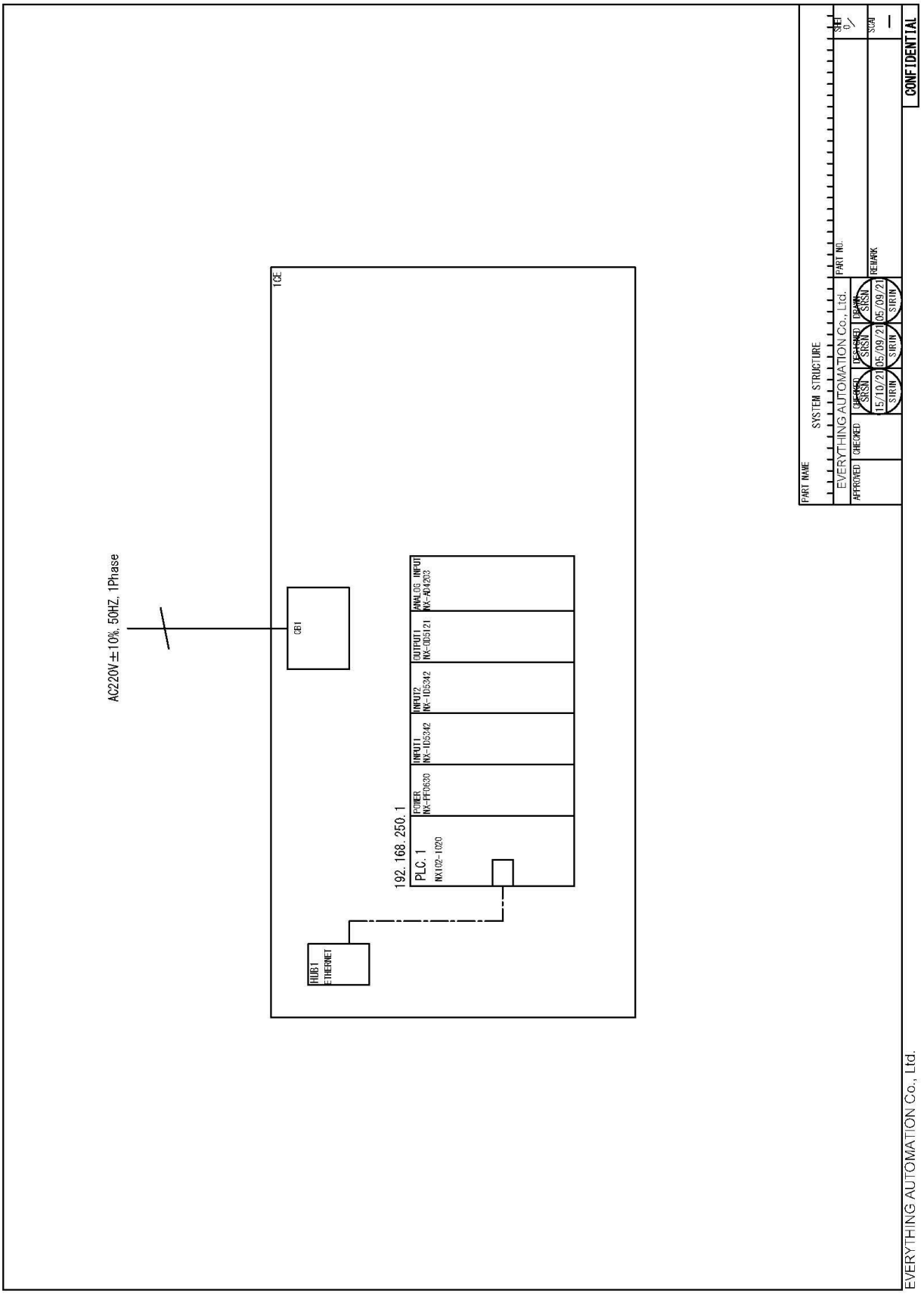
REMARK

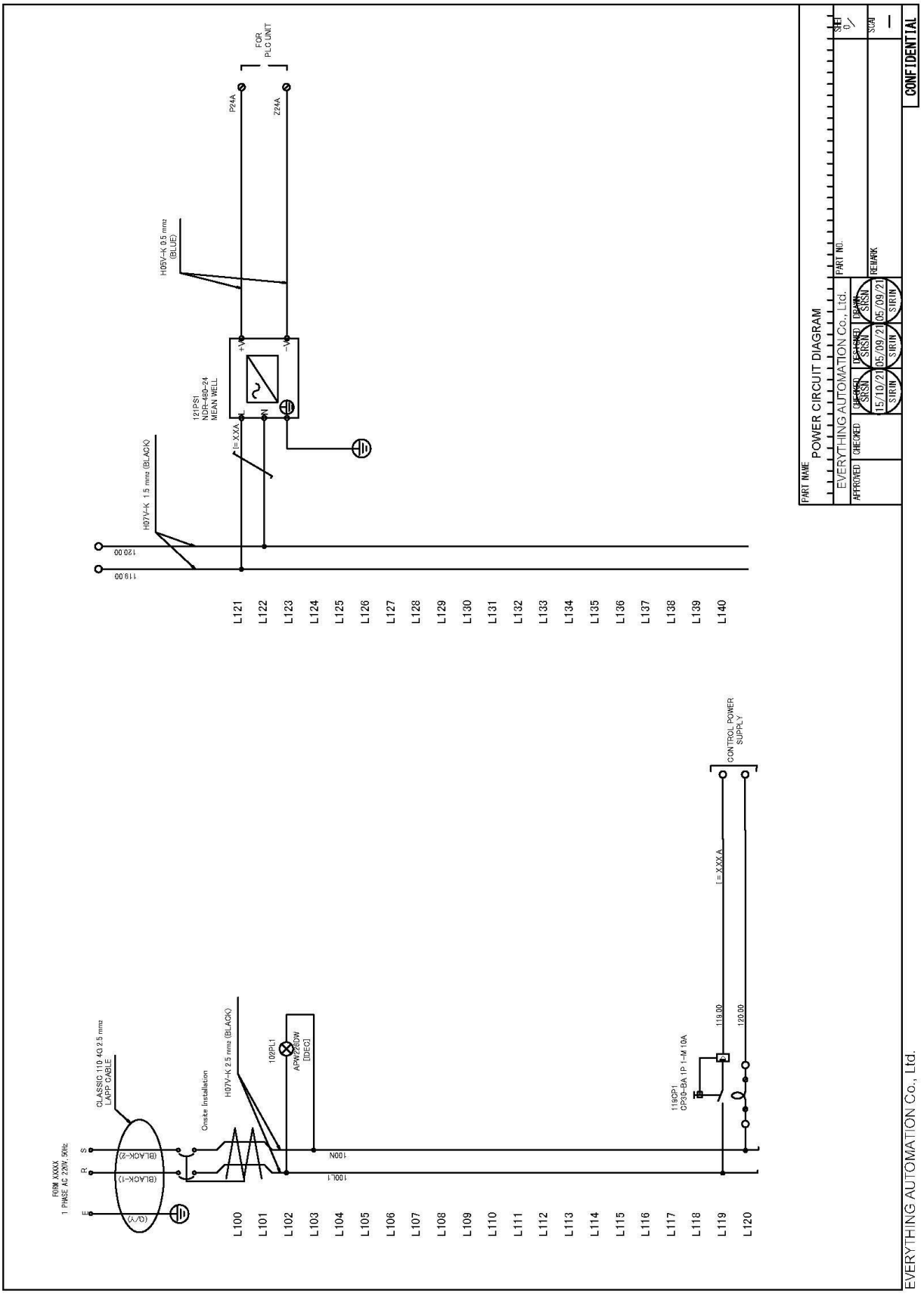
SHEET 0/

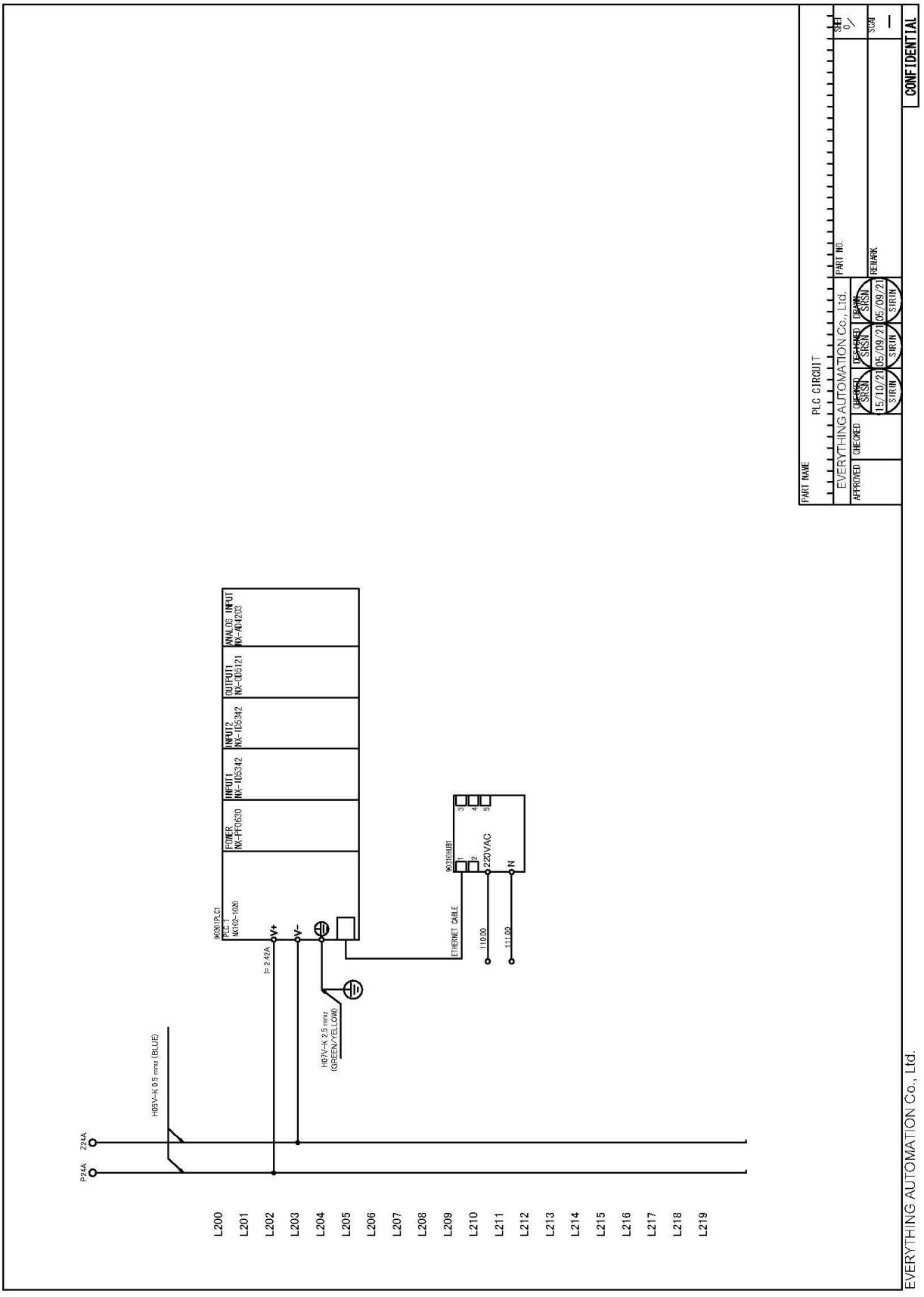
SCALE —

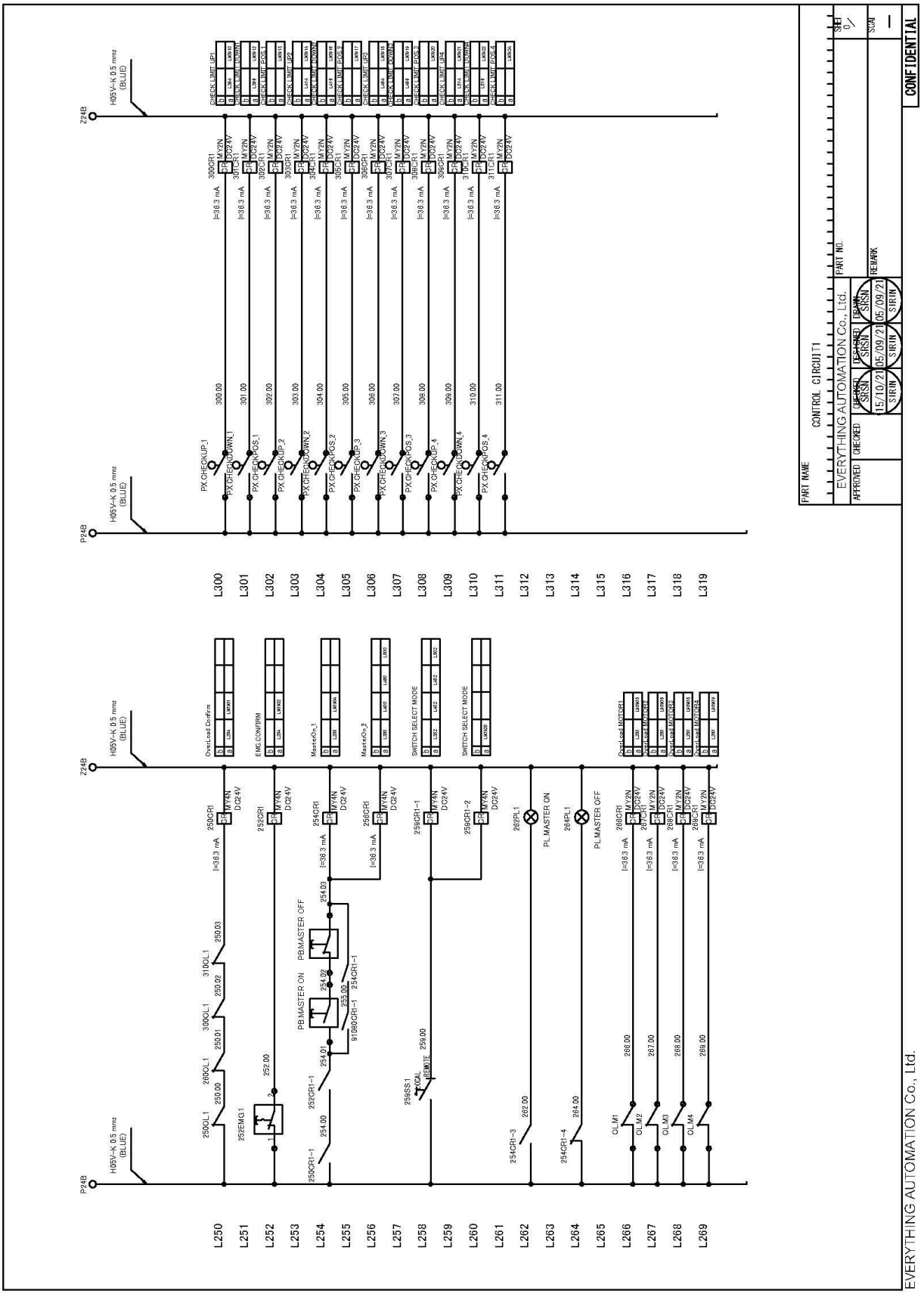
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.

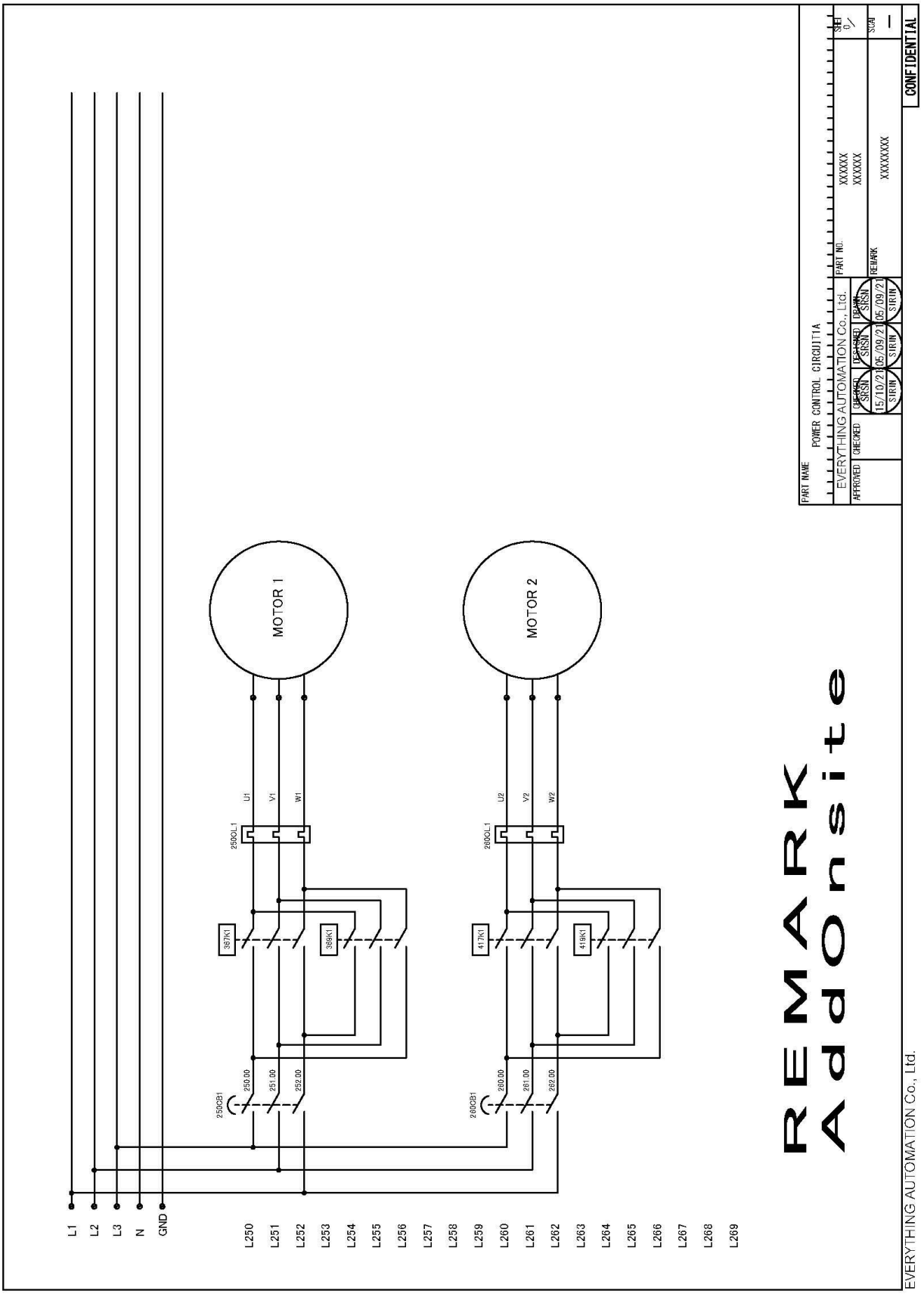
CONFIDENTIAL

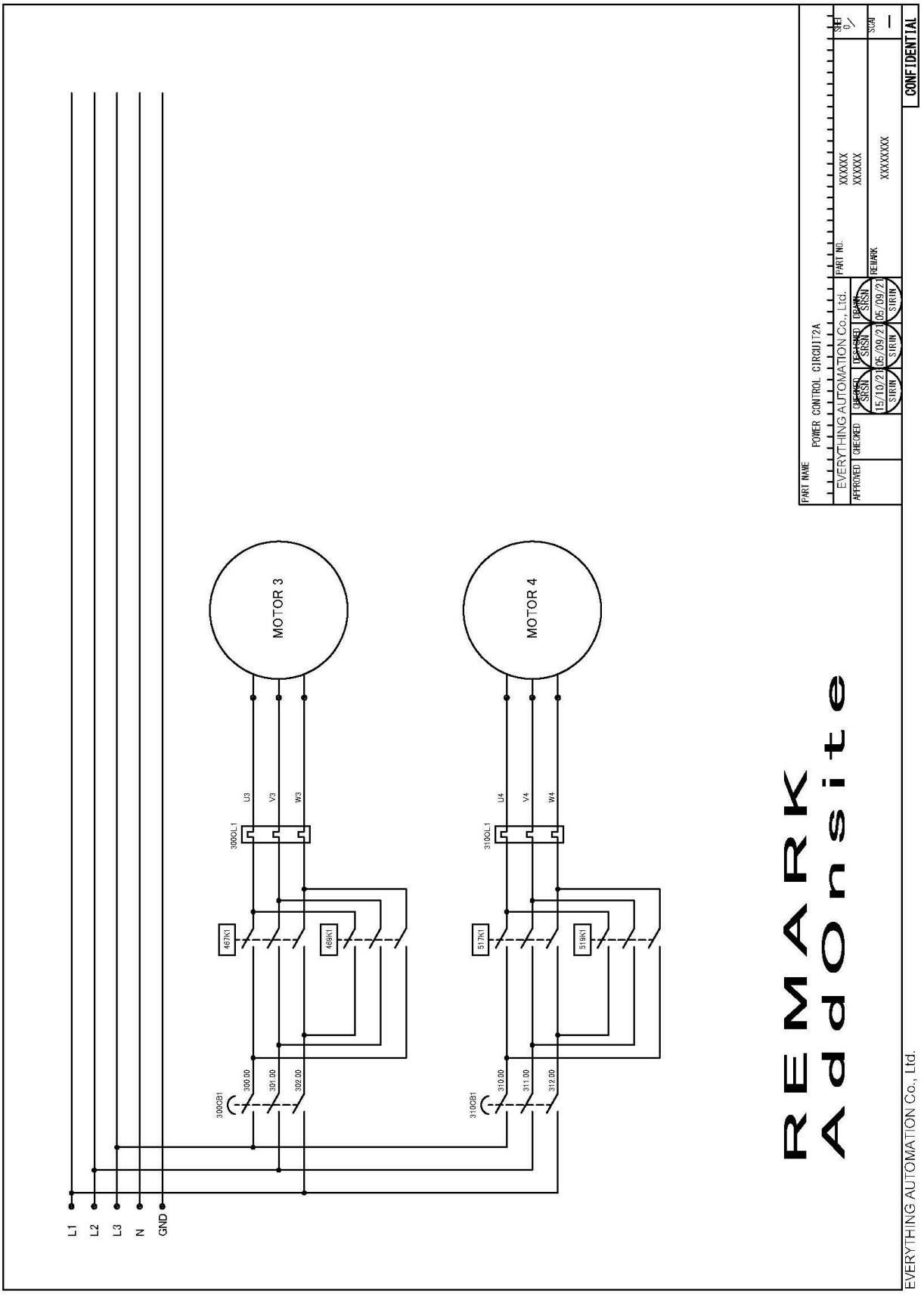

CONFIDENTIAL
PART NAME
SYSTEM STRUCTURE
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NO.
APPROVED
CHECKED
DESIGNED
DRAWN
REMARK
SIRIN
05/09/21
15/10/21
SIZE
A4
SHEET
1/
TGE
GBI
AC220V±10%, 50HZ, 1Phase
HUB1
ETHERNET
192.168.250.1
PLC.1
NX102-1020
POWER
NX-PF0630
INPUT1
NX-ID5342
INPUT2
NX-ID5342
OUTPUT1
NX-OD5121
ANALOG INPUT
NX-AD4203
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.

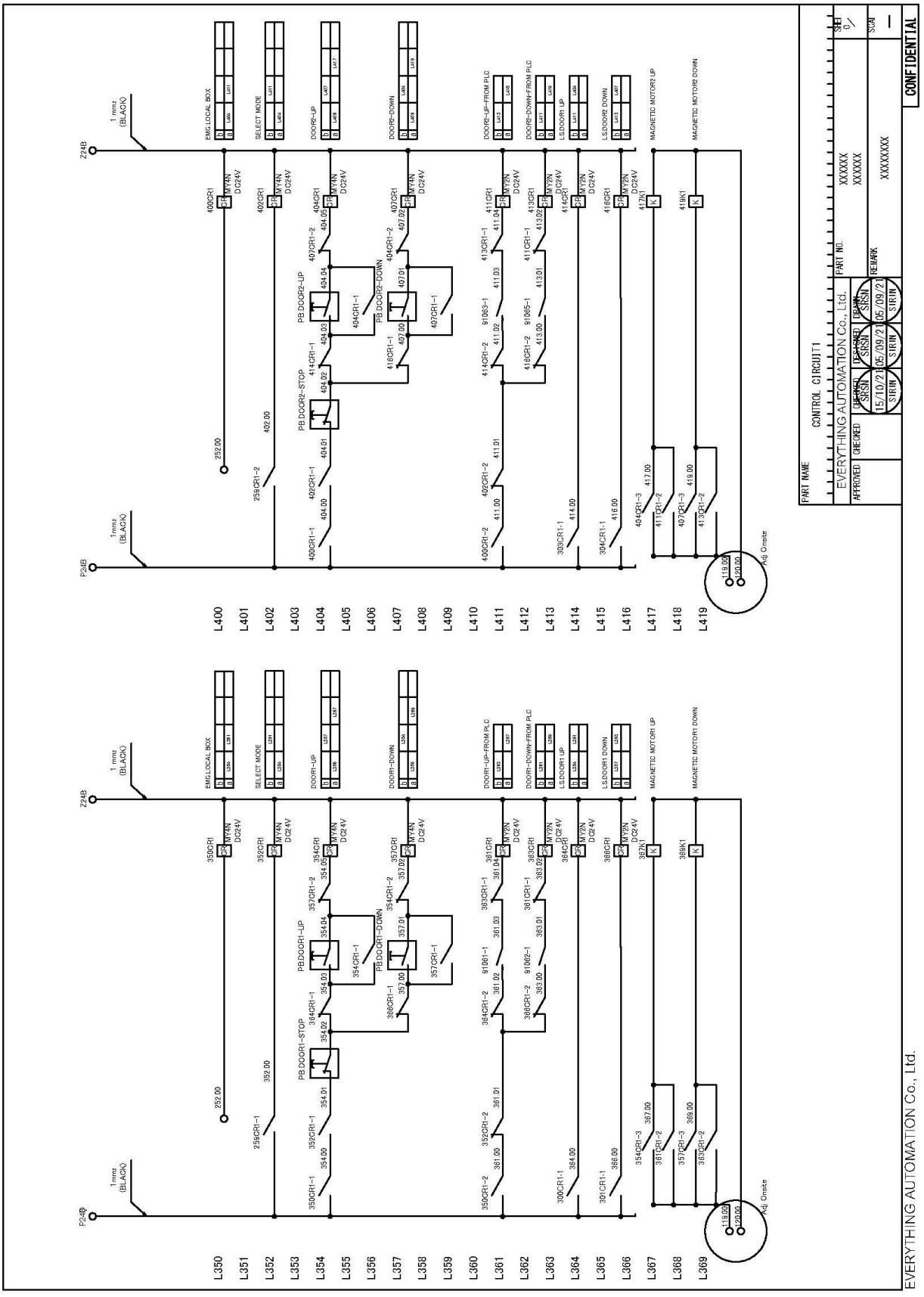

POWER CIRCUIT DIAGRAM
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
CONFIDENTIAL
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
FOR PLC UNIT
121PS1 NDR-480-24 MEAN WELL
H05V-K 0.5 mm2 (BLUE)
H07V-K 1.5 mm2 (BLACK)
H07V-K 2.5 mm2 (BLACK)
CLASSIC 110 4G 2.5 mm2 LAPP CABLE
Onsite Installation
10PL1
APW22BDW (DEC)
119QF1 CP23-BA-1P-1-M 10A
CONTROL POWER SUPPLY
FROM XXXXX 1 PHASE AC 220V, 50Hz

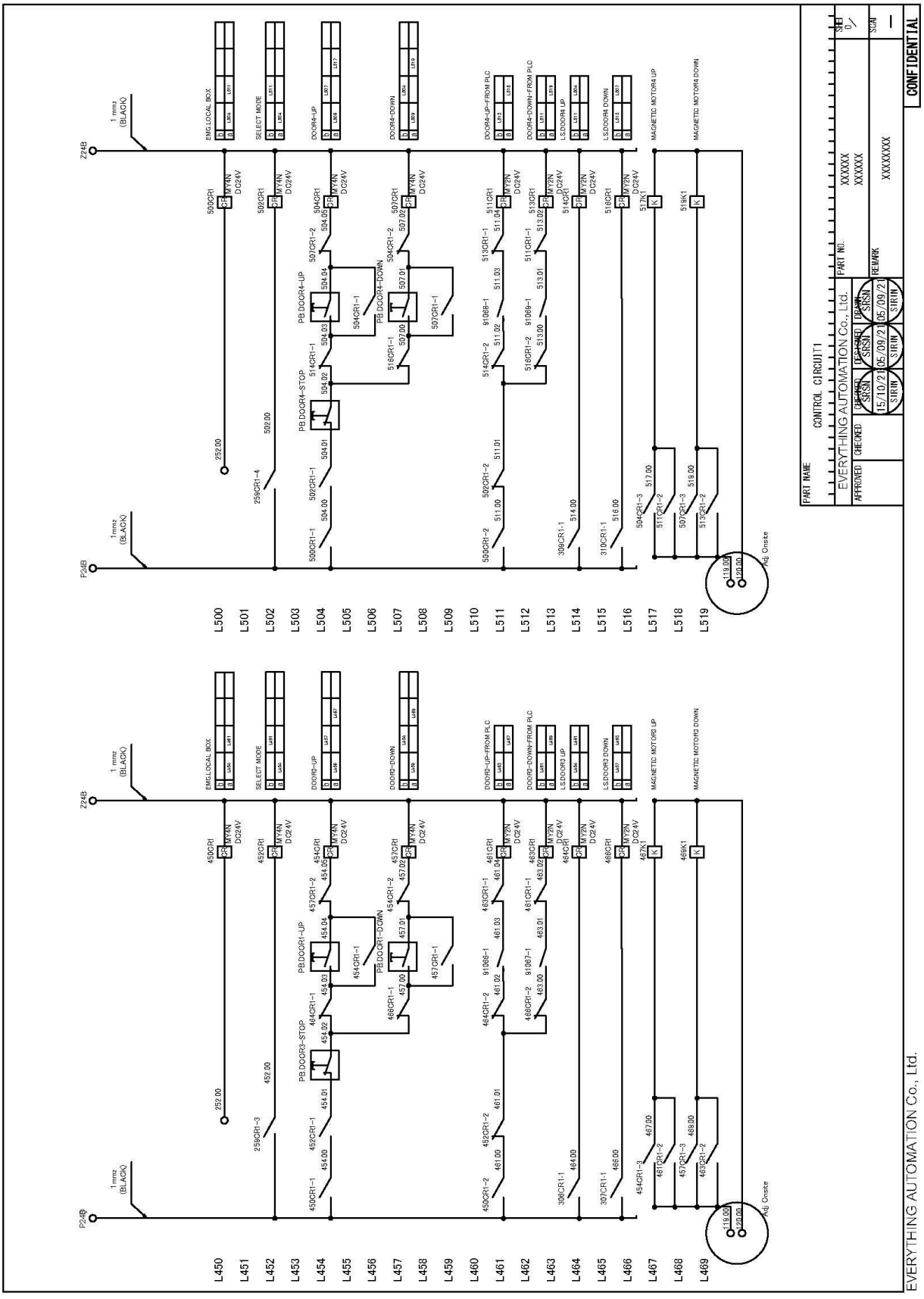

PART NAME
PLC CIRCUIT
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NO.
APPROVED
CHECKED
DRAWN
SIRIN
05/09/21
REMARK
SHEET
SCALE
CONFIDENTIAL
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PLC 1
NX102-1020
POWER
NX-PFD630
INPUT1
NX-ID5342
INPUT2
NX-ID5342
OUTPUT1
NX-OD5121
ANALOG INPUT
NX-AD4203
ETHERNET CABLE
220VAC
N
H05V-K 0.5 mm2 (BLUE)
H07V-K 2.5 mm2 (GREEN/YELLOW)
F= 2.42A
L200
L201
L202
L203
L204
L205
L206
L207
L208
L209
L210
L211
L212
L213
L214
L215
L216
L217
L218
L219

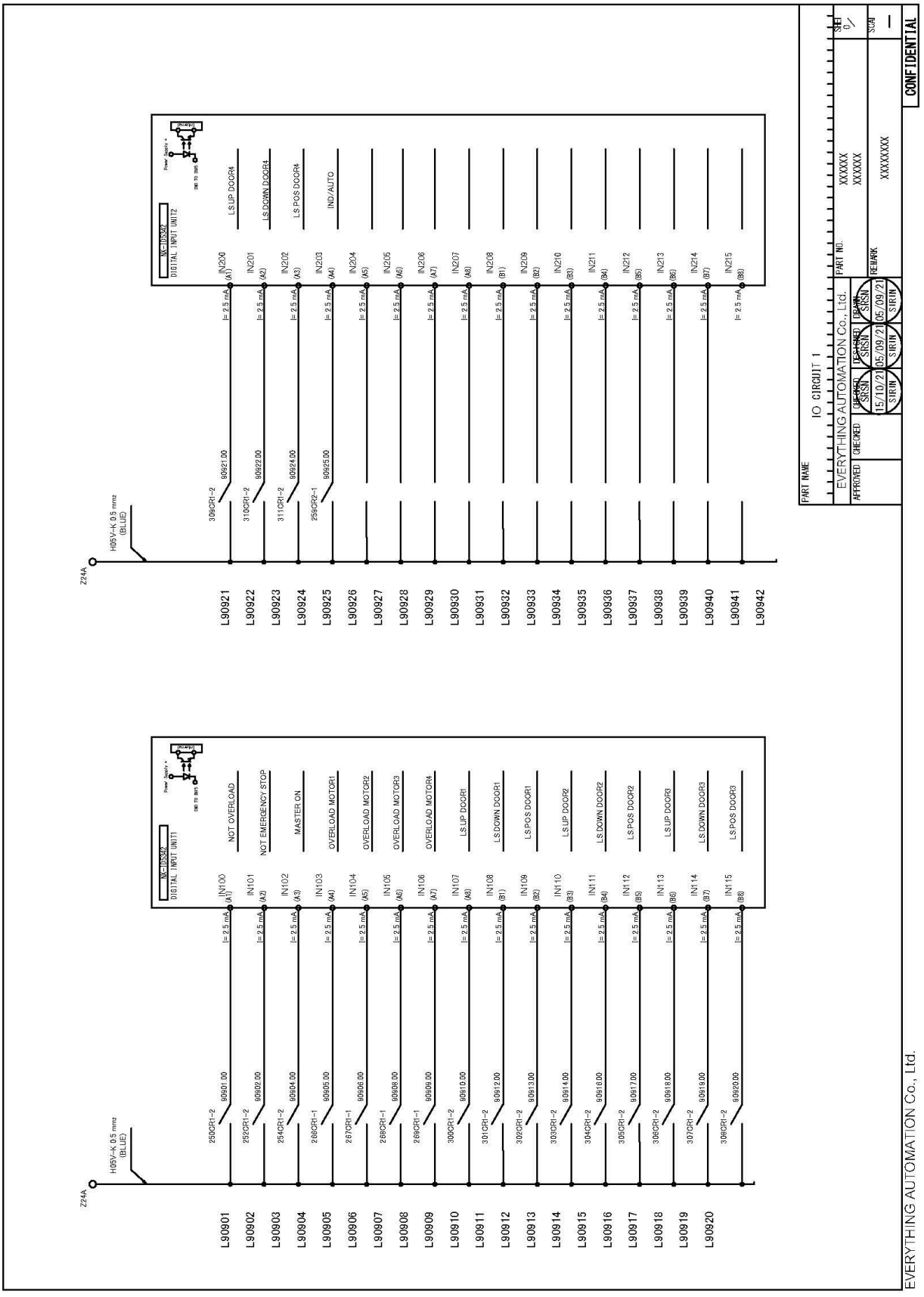

CONTROL CIRCUIT
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
CONFIDENTIAL
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PB.MASTER ON
PB.MASTER OFF
PL.MASTER ON
PL.MASTER OFF
EMG.CONFIRM
SWITCH SELECT MODE
REMOTE
OLM1
OLM2
OLM3
OLM4

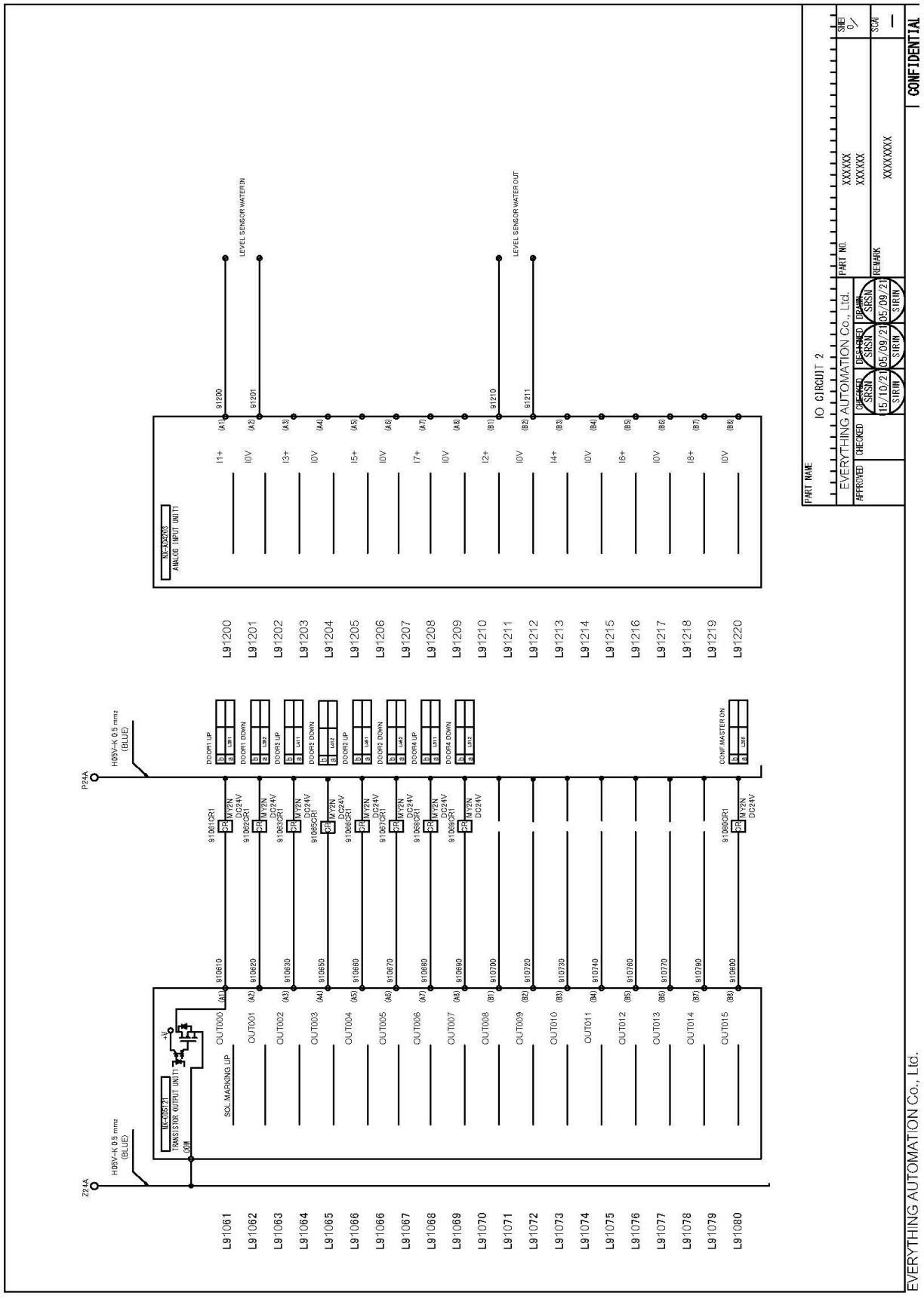

CONFIDENTIAL
PART NAME
POWER CONTROL CIRCUITIA
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NO.
XXXXXX
XXXXXX
REMARK
XXXXXXXX
APPROVED
CHECKED
DRAWN
SIRIN
05/09/21
SIZE
A4
SCALE
—
SHEET
01
L1
L2
L3
N
GND
MOTOR 1
MOTOR 2
250OL1
260OL1
250CB1
260CB1
387K1
389K1
417K1
419K1
U1
V1
W1
U2
V2
W2
250.00
251.00
252.00
260.00
261.00
262.00
L250
L251
L252
L253
L254
L255
L256
L257
L258
L259
L260
L261
L262
L263
L264
L265
L266
L267
L268
L269
REMARK
AddOnsite
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.


CONFIDENTIAL
SHEET 0/
SCALE —
PART NAME POWER CONTROL CIRCUIT2A
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NO. XXXXXX XXXXXX
APPROVED
CHECKED
DESIGNED SIRIN (15/10/21)
DRAWN SIRIN (05/09/21)
REMARK XXXXXXXX
REMARK
Addonsite
MOTOR 3
MOTOR 4
L1
L2
L3
N
GND
300OL1
310OL1
300OB1
310OB1
487K1
489K1
517K1
519K1
U3
V3
W3
U4
V4
W4
300.00
301.00
302.00
310.00
311.00
312.00
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.


CONTROL CIRCUIT
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
CONFIDENTIAL
EMG LOCAL BOX
SELECT MODE
DOOR1-UP
DOOR1-DOWN
DOOR2-UP
DOOR2-DOWN
LS DOOR1 UP
LS DOOR1 DOWN
LS DOOR2 UP
LS DOOR2 DOWN
MAGNETIC MOTOR1 UP
MAGNETIC MOTOR1 DOWN
MAGNETIC MOTOR2 UP
MAGNETIC MOTOR2 DOWN
PB DOOR1-STOP
PB DOOR2-STOP
PB DOOR1-UP
PB DOOR1-DOWN
PB DOOR2-UP
PB DOOR2-DOWN
Kdj Onsite

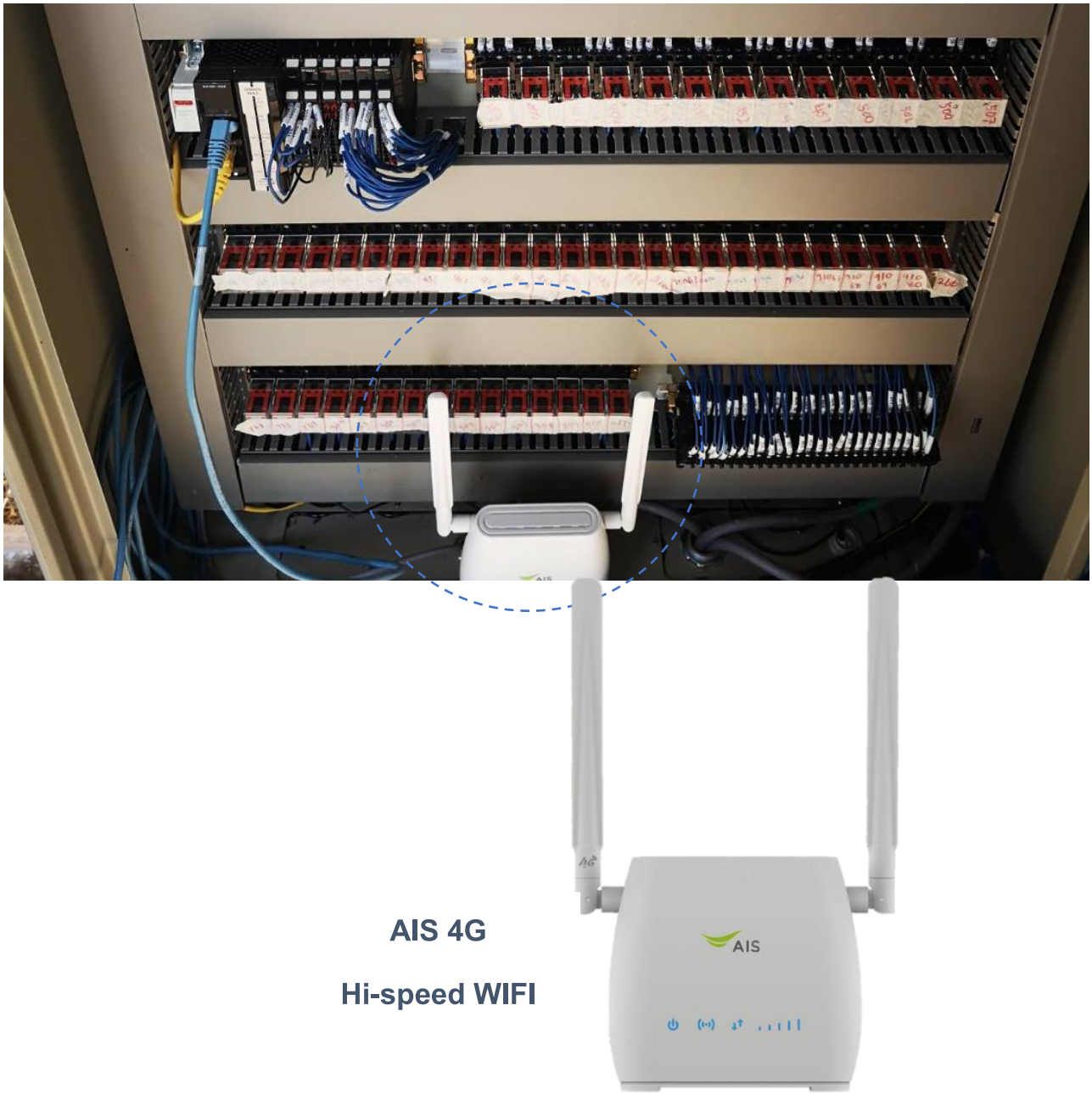

CONFIDENTIAL
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NAME
CONTROL CIRCUIT
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NO.
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXXXX
REMARK
APPROVED
CHECKED
DRAWN
SIRIN
15/10/21
05/09/21
SIZE
A
SCALE
—
L500
L501
L502
L503
L504
L505
L506
L507
L508
L509
L510
L511
L512
L513
L514
L515
L516
L517
L518
L519
L450
L451
L452
L453
L454
L455
L456
L457
L458
L459
L460
L461
L462
L463
L464
L465
L466
L467
L468
L469
EMG LOCAL BOX
SELECT MODE
DOOR4-UP
DOOR4-DOWN
DOOR4-UP-FROM PLC
DOOR4-DOWN-FROM PLC
LS DOOR4 UP
LS DOOR4 DOWN
MAGNETIC MOTOR4 UP
MAGNETIC MOTOR4 DOWN
DOOR3-UP
DOOR3-DOWN
DOOR3-UP-FROM PLC
DOOR3-DOWN-FROM PLC
LS DOOR3 UP
LS DOOR3 DOWN
MAGNETIC MOTOR3 UP
MAGNETIC MOTOR3 DOWN
PB.DOOR4-UP
PB.DOOR4-STOP
PB.DOOR4-DOWN
PB.DOOR3-UP
PB.DOOR3-STOP
PB.DOOR3-DOWN
P24B
Z24B
1 mm2 (BLACK)
Adj Onsite


IO CIRCUIT 1
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
CONFIDENTIAL
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.


CONFIDENTIAL
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
IO CIRCUIT 2
PART NAME
EVERYTHING AUTOMATION Co., Ltd.
PART NO.
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXXXX
REMARK
APPROVED
CHECKED
DESIGNED
DRAWN
SIRIN
SIRIN
SIRIN
SIRIN
15/10/21
05/09/21
05/09/21
SHEET
0/
SCALE
—
LEVEL SENSOR WATER IN
LEVEL SENSOR WATER OUT
NX-AD4203
ANALOG INPUT UNIT1
I1+
I2+
I3+
I4+
I5+
I6+
I7+
I8+
0V
91200
91201
91210
91211
L91200
L91201
L91202
L91203
L91204
L91205
L91206
L91207
L91208
L91209
L91210
L91211
L91212
L91213
L91214
L91215
L91216
L91217
L91218
L91219
L91220
NX-OD8121
TRANSISTOR OUTPUT UNIT1
SOL.MARKING UP
OUT000
OUT001
OUT002
OUT003
OUT004
OUT005
OUT006
OUT007
OUT008
OUT009
OUT010
OUT011
OUT012
OUT013
OUT014
OUT015
91061DR1
91062DR1
91063DR1
91065DR1
91066DR1
91067DR1
91068DR1
91069DR1
91060DR1
MY2N DC24V
DOOR1 UP
DOOR1 DOWN
DOOR2 UP
DOOR2 DOWN
DOOR3 UP
DOOR3 DOWN
DOOR4 UP
DOOR4 DOWN
CONF.MASTER ON
91610
91620
91630
91650
91660
91670
91680
91690
91700
91720
91730
91740
91760
91770
91780
91800
H05V-K 0.5 mm2 (BLUE)
P24A
Z24A
+V
0V

ซอฟต์แวร์ของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

ระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ สามารถควบคุมการเปิด-ปิด การกำหนดค่าระดับน้ำในแต่ละประตูสามารถส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่าน Mobile device หรือ Website และระบบจะบันทึกข้อมูล แสดงข้อมูลผ่านระบบ Dashboard การเชื่อมต่อข้อมูล และการสื่อสารทางไกลของระบบผ่านเครือข่าย internet ดังนั้น **ข้อควรระวังที่สำคัญคือ internet จะต้องอยู่ในสถานะพร้อมใช้งานเสมอ**



รายละเอียดฐานข้อมูล

ชื่อฐานข้อมูล : cweir

โครงสร้างภายในฐานข้อมูล

Table name	Description
plc_site1	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลของสถานีประตูน้ำท่าที่ 1 จาก PLC
plc_site2	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลของสถานีประตูน้ำท่าที่ 2 จาก PLC
plc_site3	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลของสถานีประตูน้ำท่าที่ 3 จาก PLC
plc_site4	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลของสถานีประตูน้ำท่าที่ 4 จาก PLC
site1_operate	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ถูกส่งจาก Web client สำหรับสถานีประตูน้ำท่าที่ 1
site2_operate	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ถูกส่งจาก Web client สำหรับสถานีประตูน้ำท่าที่ 2
site3_operate	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ถูกส่งจาก Web client สำหรับสถานีประตูน้ำท่าที่ 3
site4_operate	ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ถูกส่งจาก Web client สำหรับสถานีประตูน้ำท่าที่ 4

รายละเอียดภายในโครงสร้างของข้อมูล

- plc_site1 – 4

Field name	Data type	Description
timestamp	datetime	เก็บข้อมูลเวลาในการบันทึก
ready	bool	เก็บสถานะการทำงาน **พร้อม/ไม่พร้อม** ของ plc
emg	bool	เก็บสถานะ **Emergency** ของ plc
mode	bool	เก็บสถานะการทำงานแบบ **Auto / Manual** ของ plc
state_door1	bool	เก็บสถานะ **พร้อม/ไม่พร้อม** ทำงานของประตูน้ำที่ 1
state_door2	bool	เก็บสถานะ **พร้อม/ไม่พร้อม** ทำงานของประตูน้ำที่ 2
state_door3	bool	เก็บสถานะ **พร้อม/ไม่พร้อม** ทำงานของประตูน้ำที่ 3
state_door4	bool	เก็บสถานะ **พร้อม/ไม่พร้อม** ทำงานของประตูน้ำที่ 4

actPose1	int	เก็บค่าระดับน้ำปัจจุบันที่ประตูน้ำที่ 1
actPose2	int	เก็บค่าระดับน้ำปัจจุบันที่ประตูน้ำที่ 2
actPose3	int	เก็บค่าระดับน้ำปัจจุบันที่ประตูน้ำที่ 3
actPose4	int	เก็บค่าระดับน้ำปัจจุบันที่ประตูน้ำที่ 4
uperLmt1	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 1
uperLmt2	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 2
uperLmt3	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 3
uperLmt4	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 4
lowLmt1	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่ต่ำที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 1
lowLmt2	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่ต่ำที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 2
lowLmt3	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่ต่ำที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 3
lowLmt4	bool	เก็บสถานะระดับน้ำที่ต่ำที่สุดที่กำหนดไว้ของประตูน้ำที่ 4
actUpsteam	float	เก็บค่าระดับน้ำปัจจุบันที่ฝั่งขาเข้าของท่าน้ำที่
actLowsteam	float	เก็บค่าระดับน้ำปัจจุบันที่ฝั่งขาออกของท่าน้ำที่

- site1_operate – site4_operate

Field name	**Data type**	**Description**
door1	int	เก็บค่าระดับความสูงของประตูน้ำที่ 1 ที่ถูกสั่งจาก Web client
door2	int	เก็บค่าระดับความสูงของประตูน้ำที่ 2 ที่ถูกสั่งจาก Web client
door3	int	เก็บค่าระดับความสูงของประตูน้ำที่ 3 ที่ถูกสั่งจาก Web client
door4	int	เก็บค่าระดับความสูงของประตูน้ำที่ 4 ที่ถูกสั่งจาก Web client
ready	bool	เก็บค่าสถาณะการยืนยันการสั่งงานจาก Web client
emg	bool	เก็บค่าสถาณะ **Emergency** จาก PLC

PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00

PLC_Floofgate_Connect_DB_ Rev2.00

Author: SNK
Created: 12/5/2021 9:05:35 PM
Last Modified: 12/6/2021 3:58:56 PM
Comment:

Sysmac Studio Module Version: 1.30.0.17

1 / 19

PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00

Table of Contents

PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00	3
1.PLC01	3
1-9.POUs	3
1-9-1.Programs	3
1-9-1-1.Program0	3
1-9-1-1-2.cweir_DBConnect	3
1-9-1-1-3.cweir_DBUpdateData	4
1-9-1-1-4.cweir_DBSelectOperate	7
1-9-1-1-5.INPUT	9
1-9-1-1-6.OUTPUT	11
1-9-1-1-8.POSITION	13
1-9-1-1-9.AUTO	15

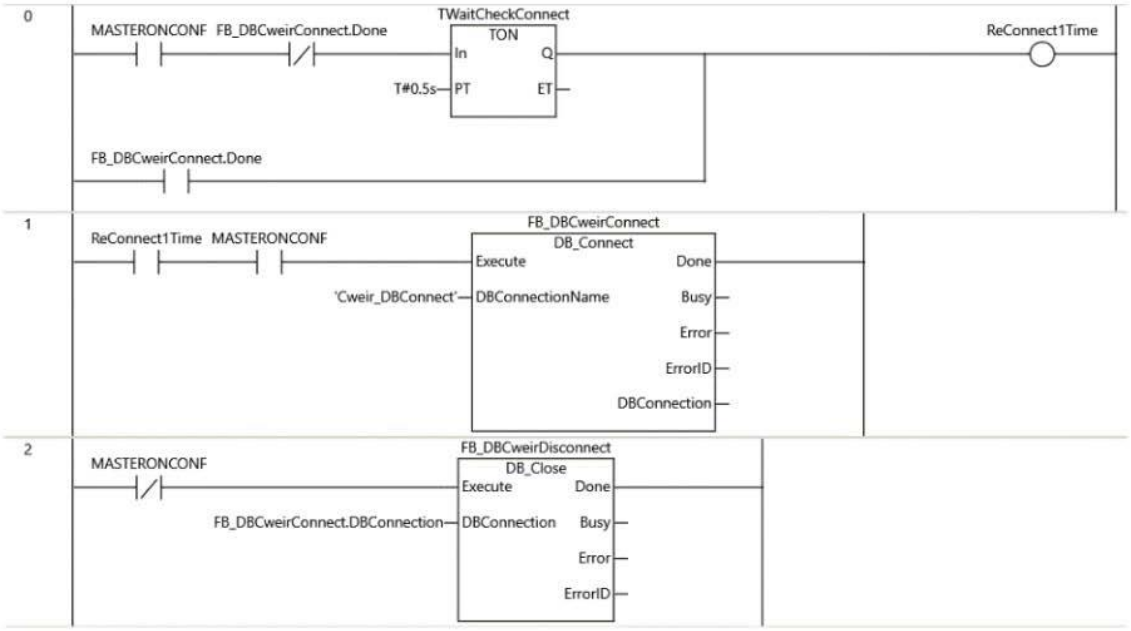
1.PLC01

1-9.POUs

1-9-1.Programs

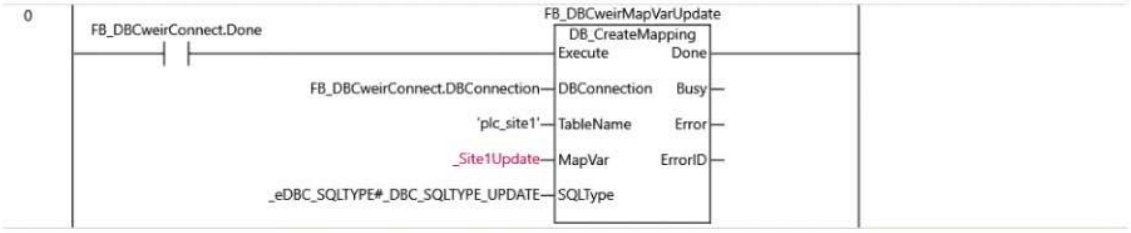
1-9-1-1.Program0

1-9-1-2.cweir_DBConnect

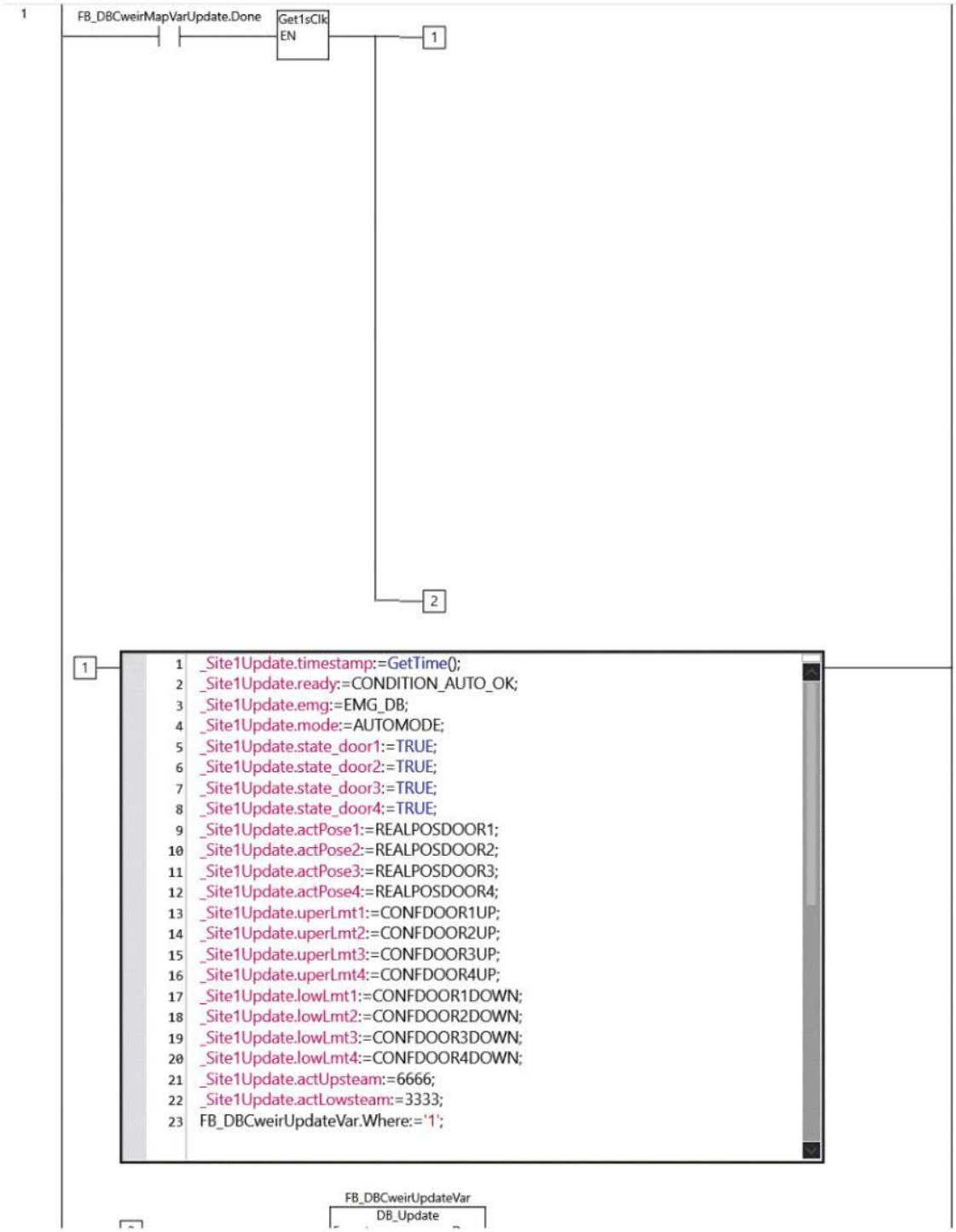


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 cweir_DBUpdateData Program0 cweir_DBUpdateData

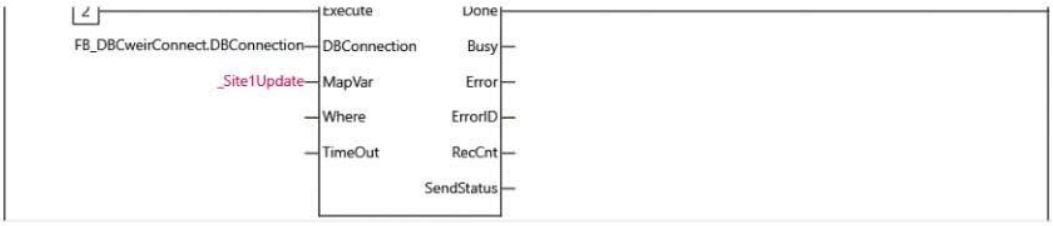
1-9-1-1-3.cweir_DBUpdateData



PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 cweir_DBUpdateData Program0 cweir_DBUpdateData

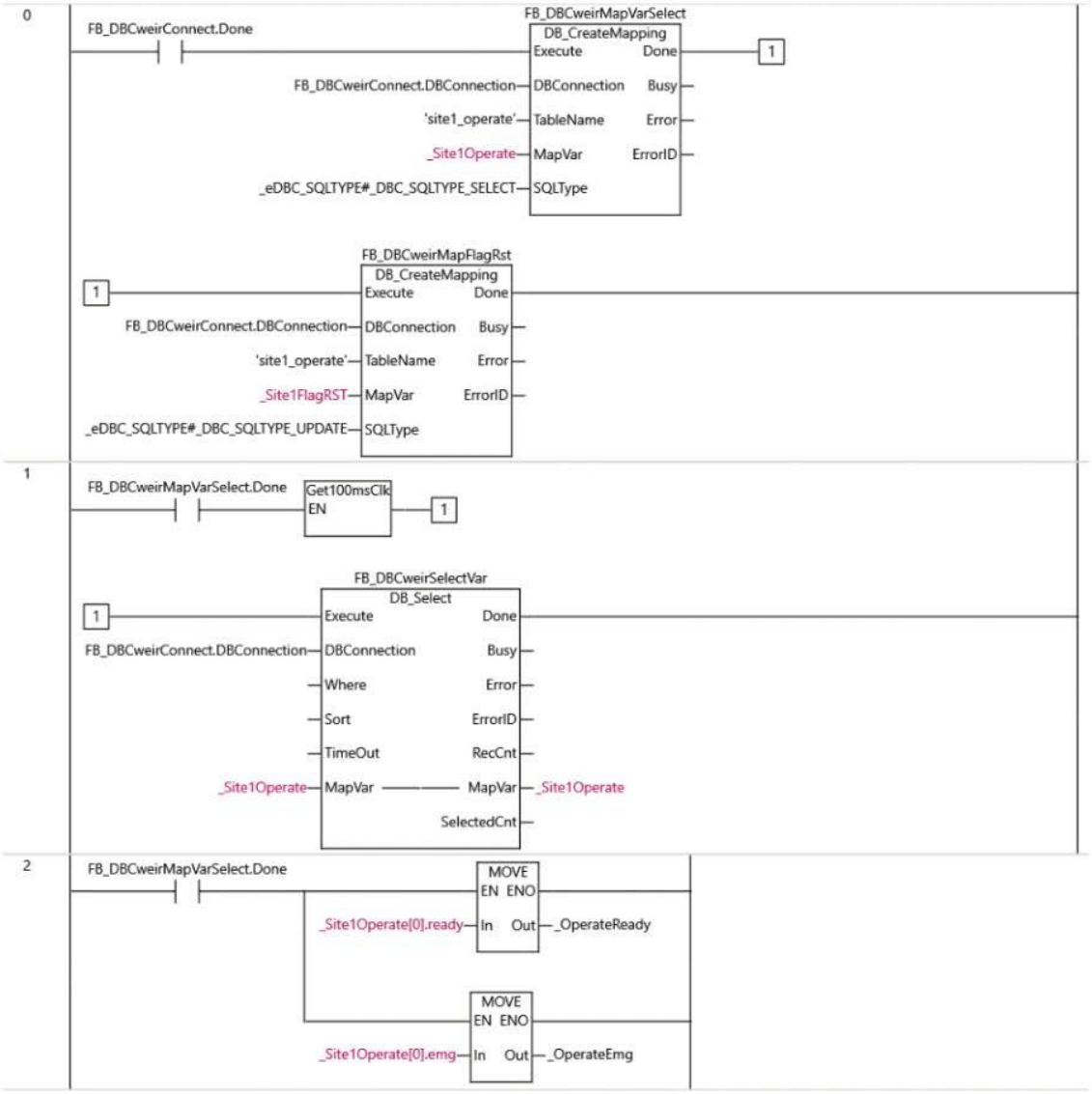


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 cweir_DBUpdateData Program0 cweir_DBUpdateData

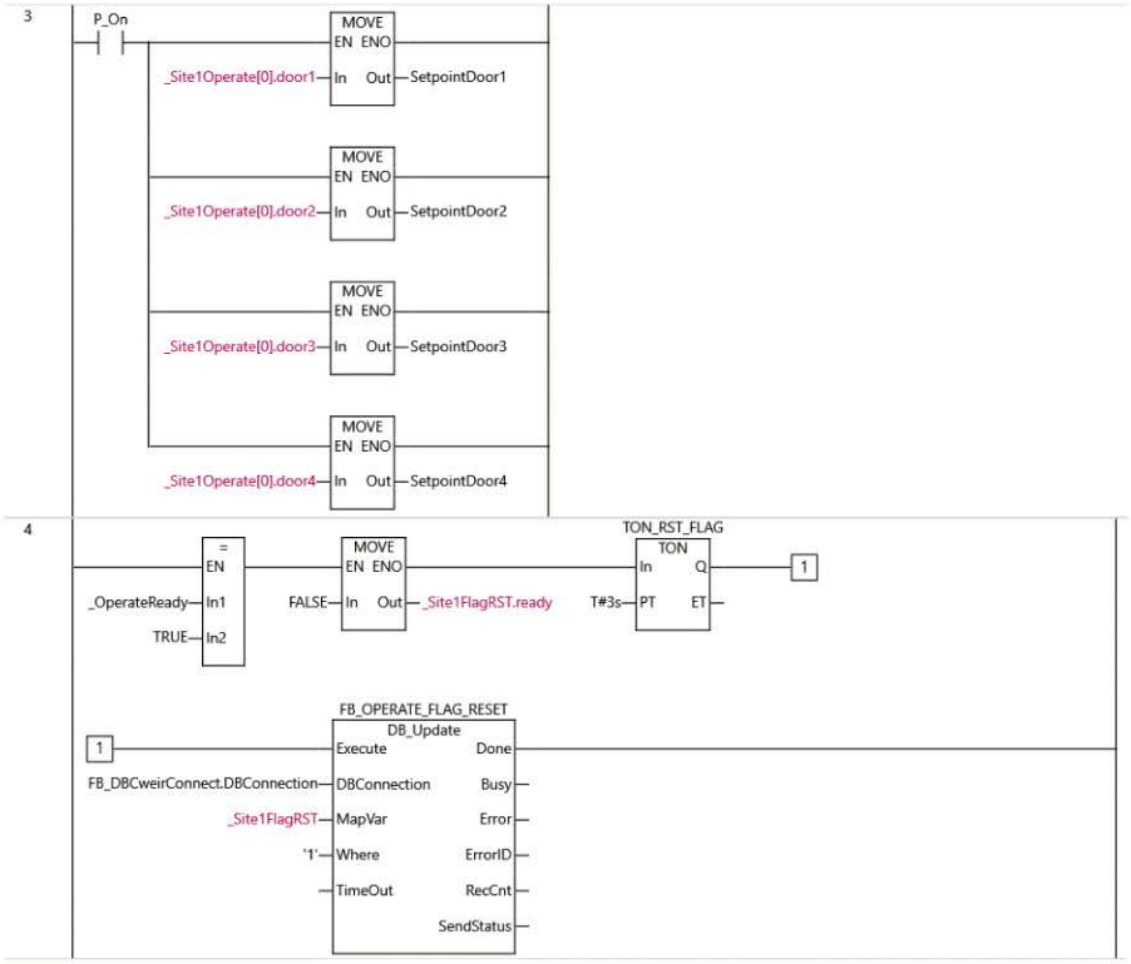


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 cweir_DBSelectOperate Program0 cweir_DBSelectOperate

1-9-1-1-4.cweir_DBSelectOperate

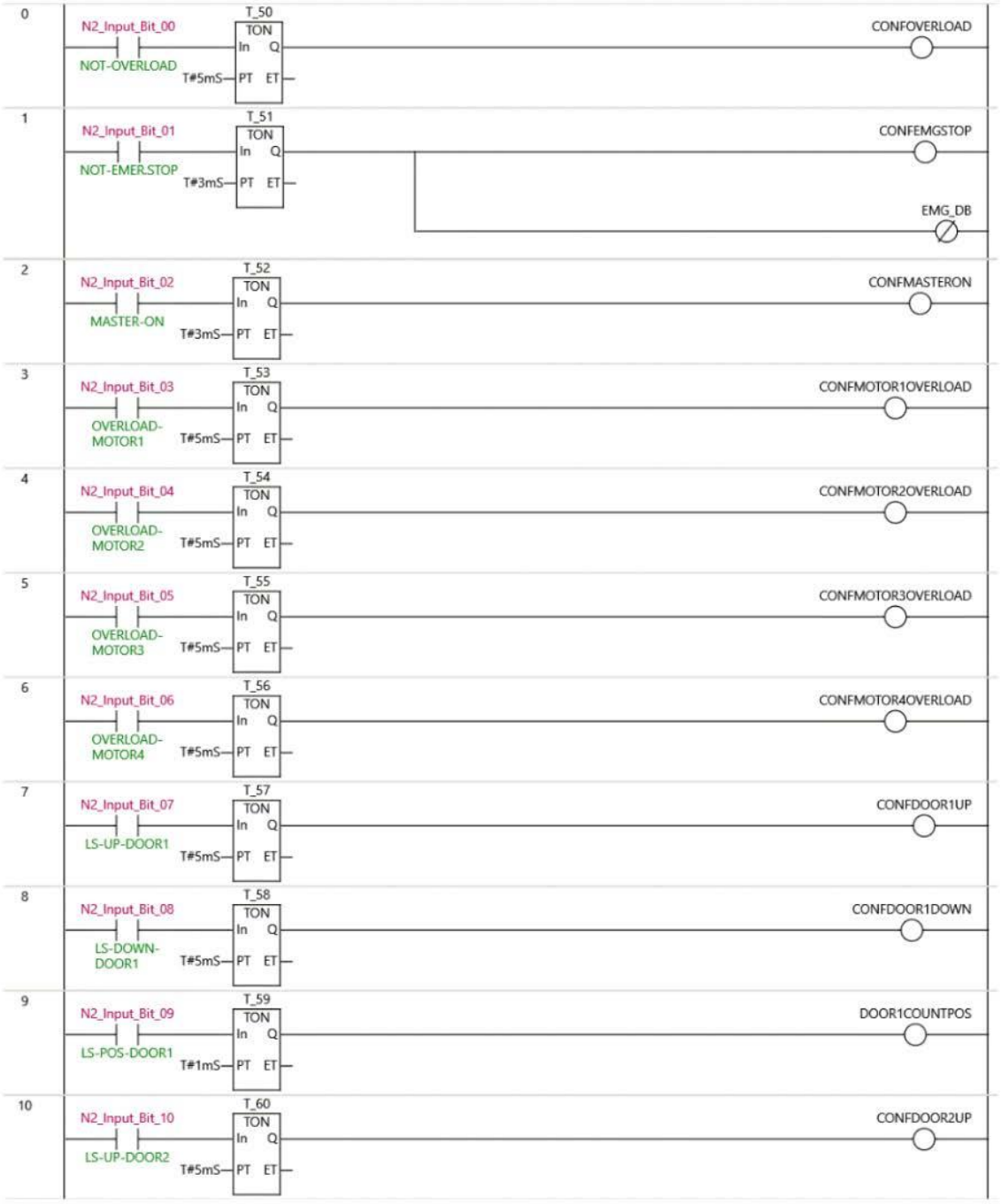


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 cweir_DBSelectOperate Program0 cweir_DBSelectOperate

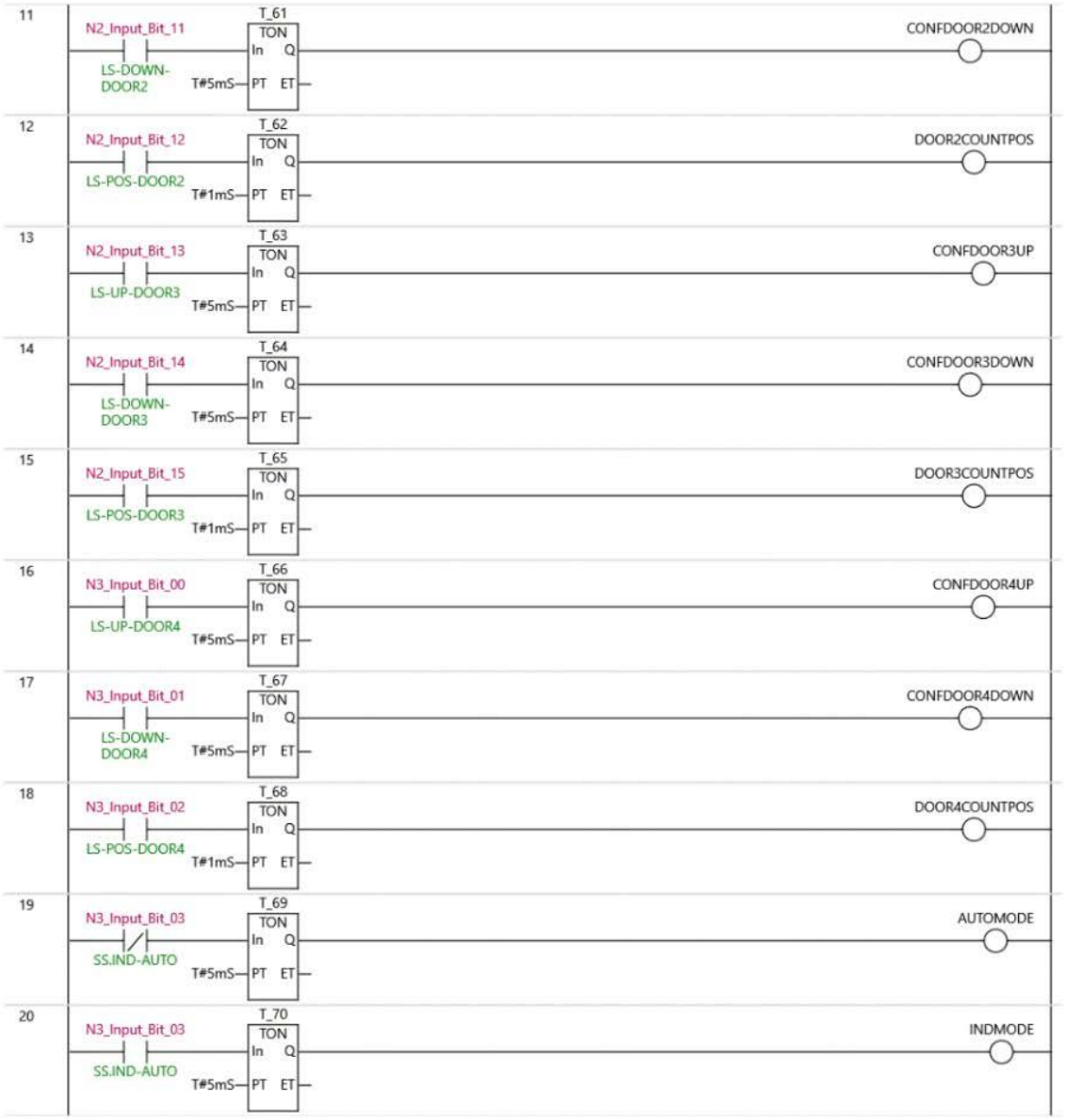


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 INPUT Program0 INPUT

1-9-1-1-5.INPUT



PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 INPUT Program0 INPUT



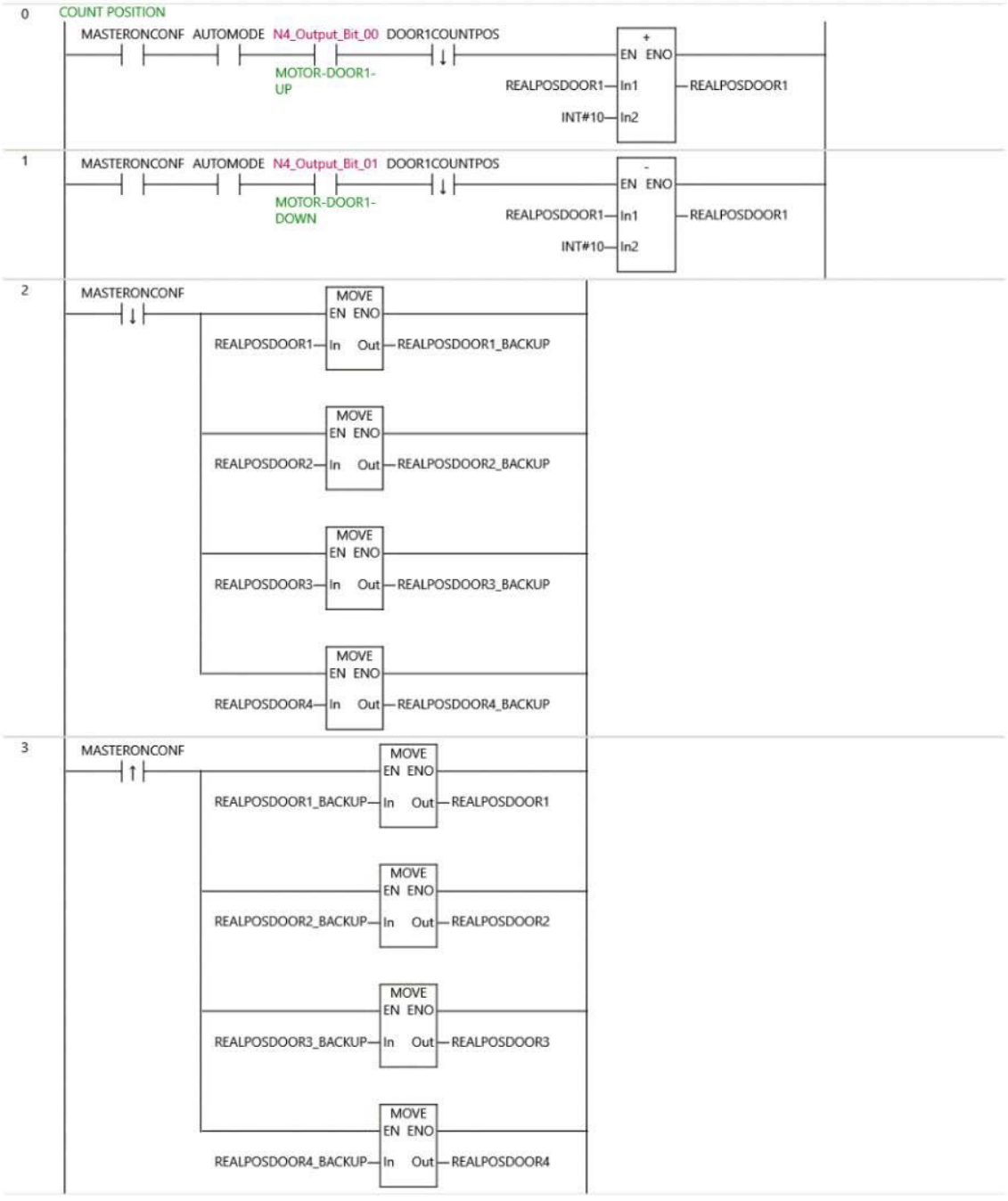
PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 OUTPUT Program0 OUTPUT

1-9-1-1-6.OUTPUT

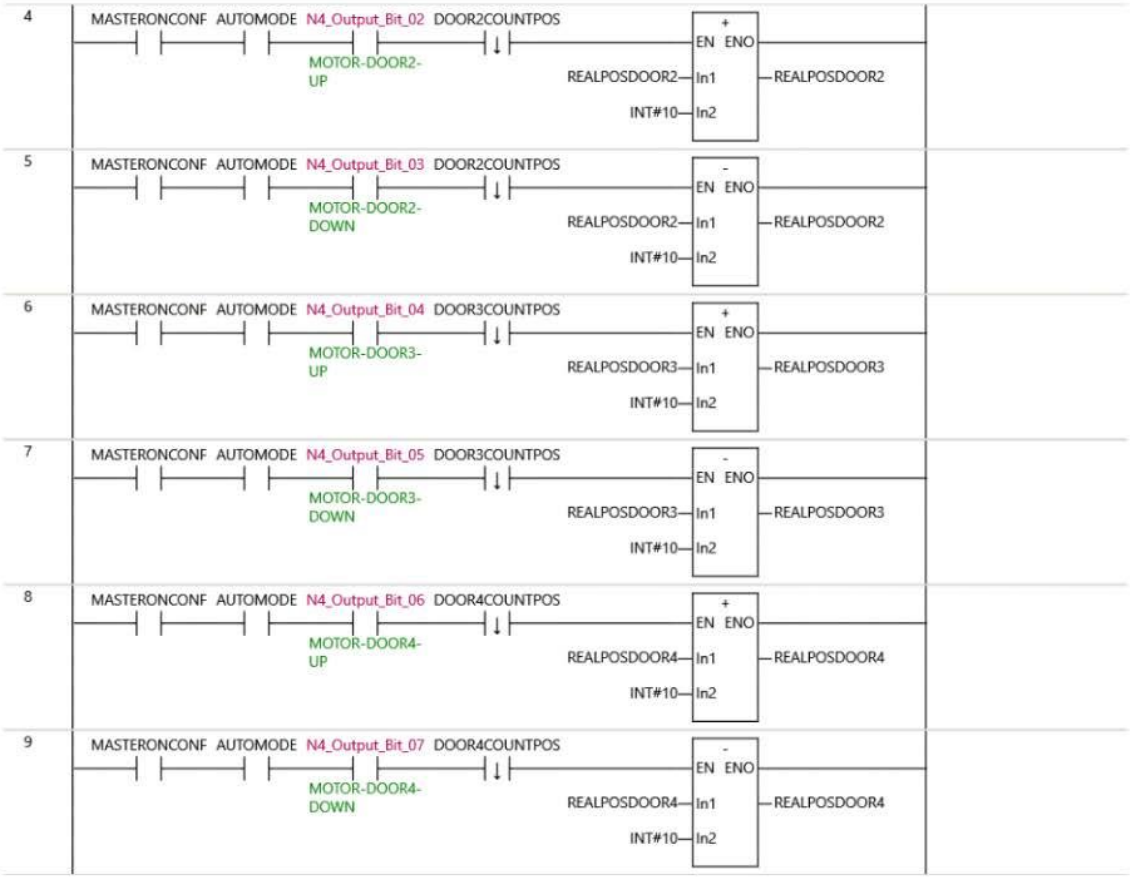
PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 OUTPUT Program0 OUTPUT

PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 POSITION Program0 POSITION

1-9-1-1-8.POSITION

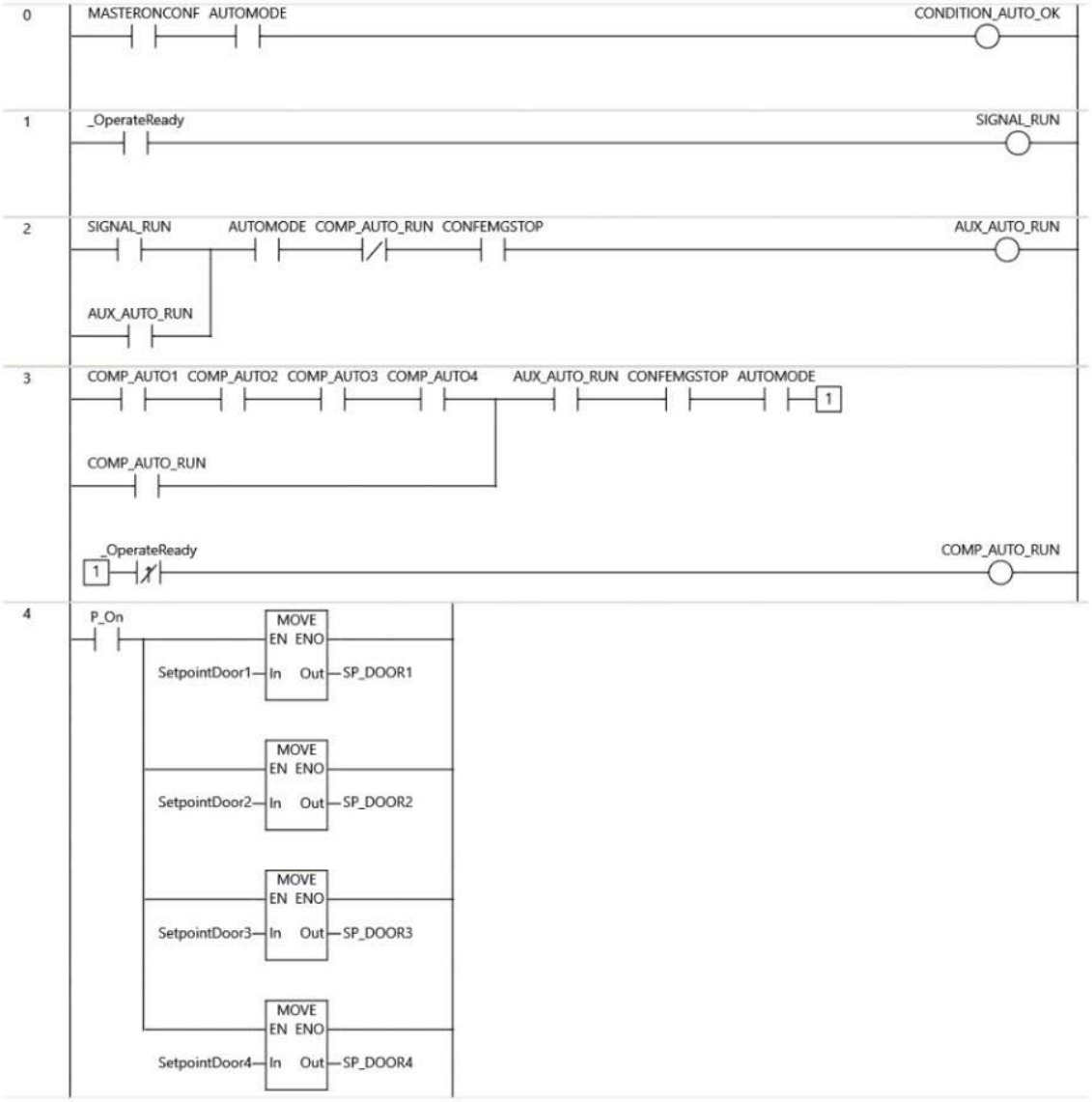


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 POSITION Program0 POSITION

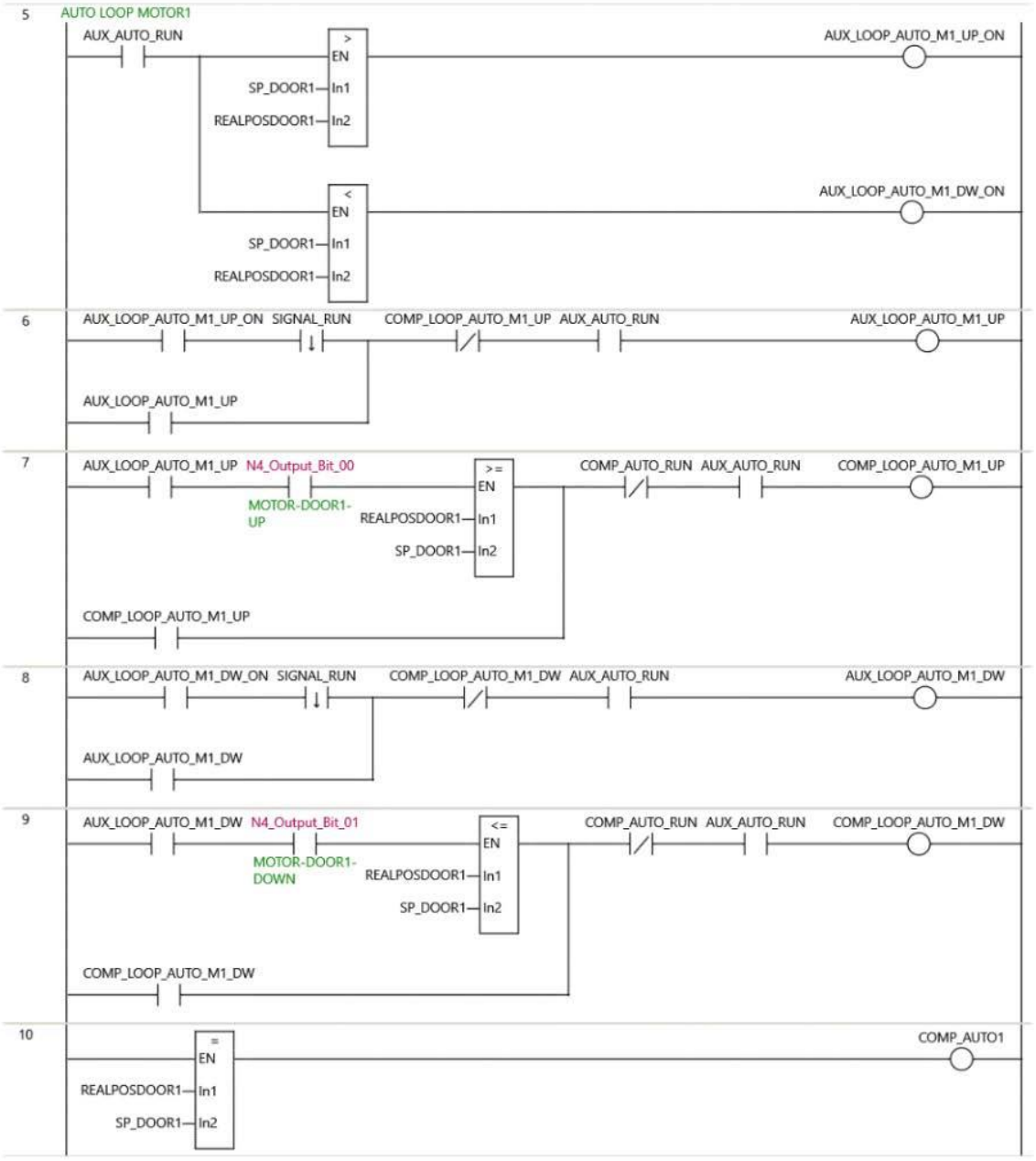


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 AUTO Program0 AUTO

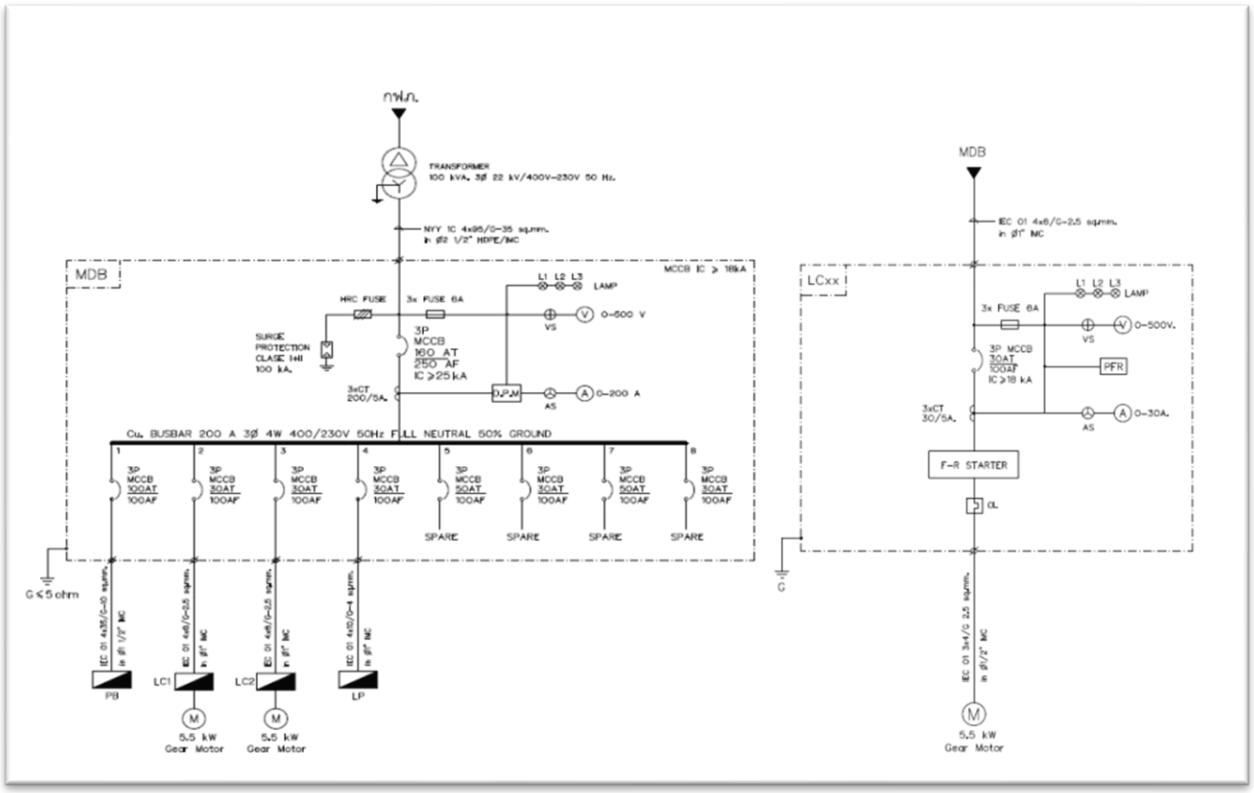
1-9-1-1-9.AUTO

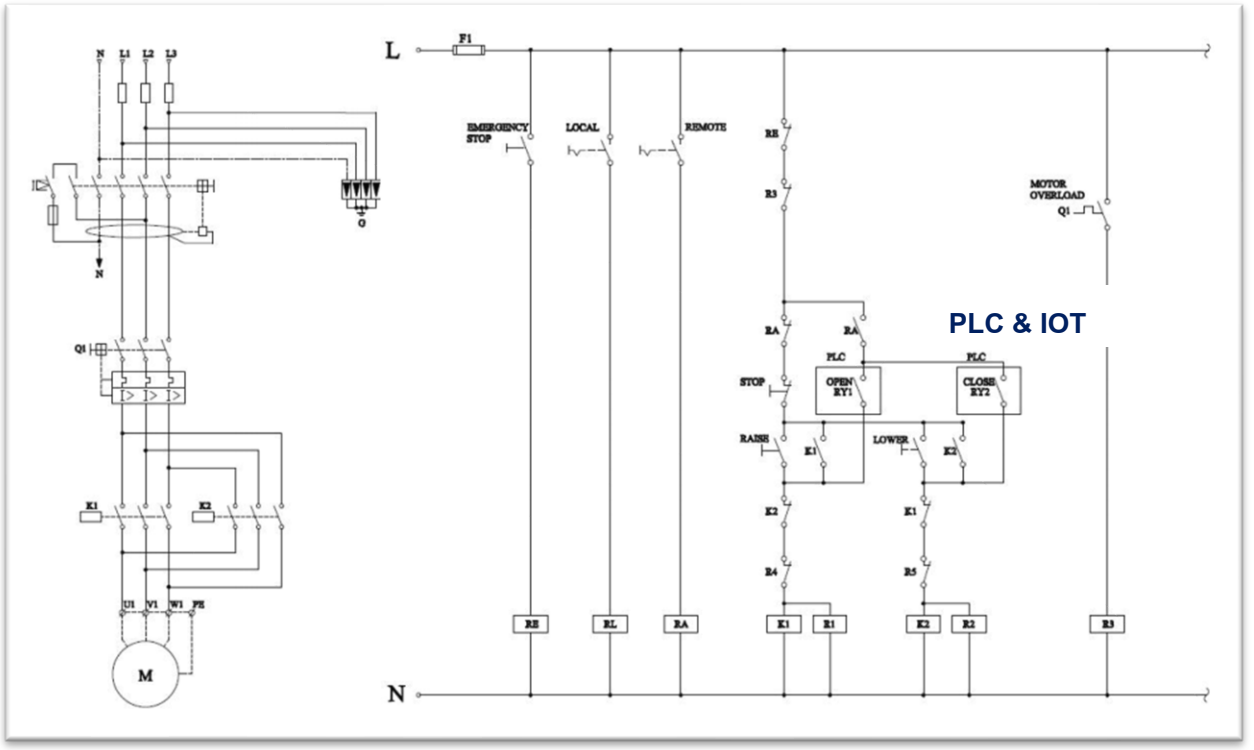


PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 AUTO Program0 AUTO



ระบบไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

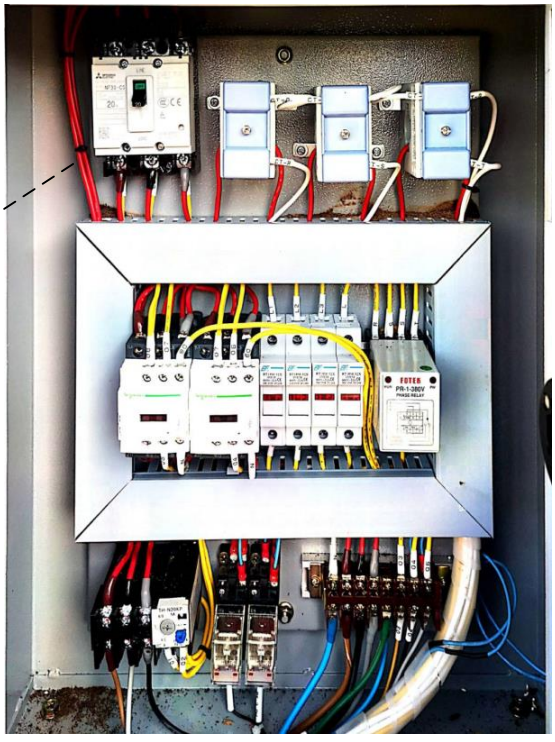




รูปที่ ค-8 ระบบไฟฟ้าควบคุมและ IOT มอเตอร์ประตูระบายน้ำ

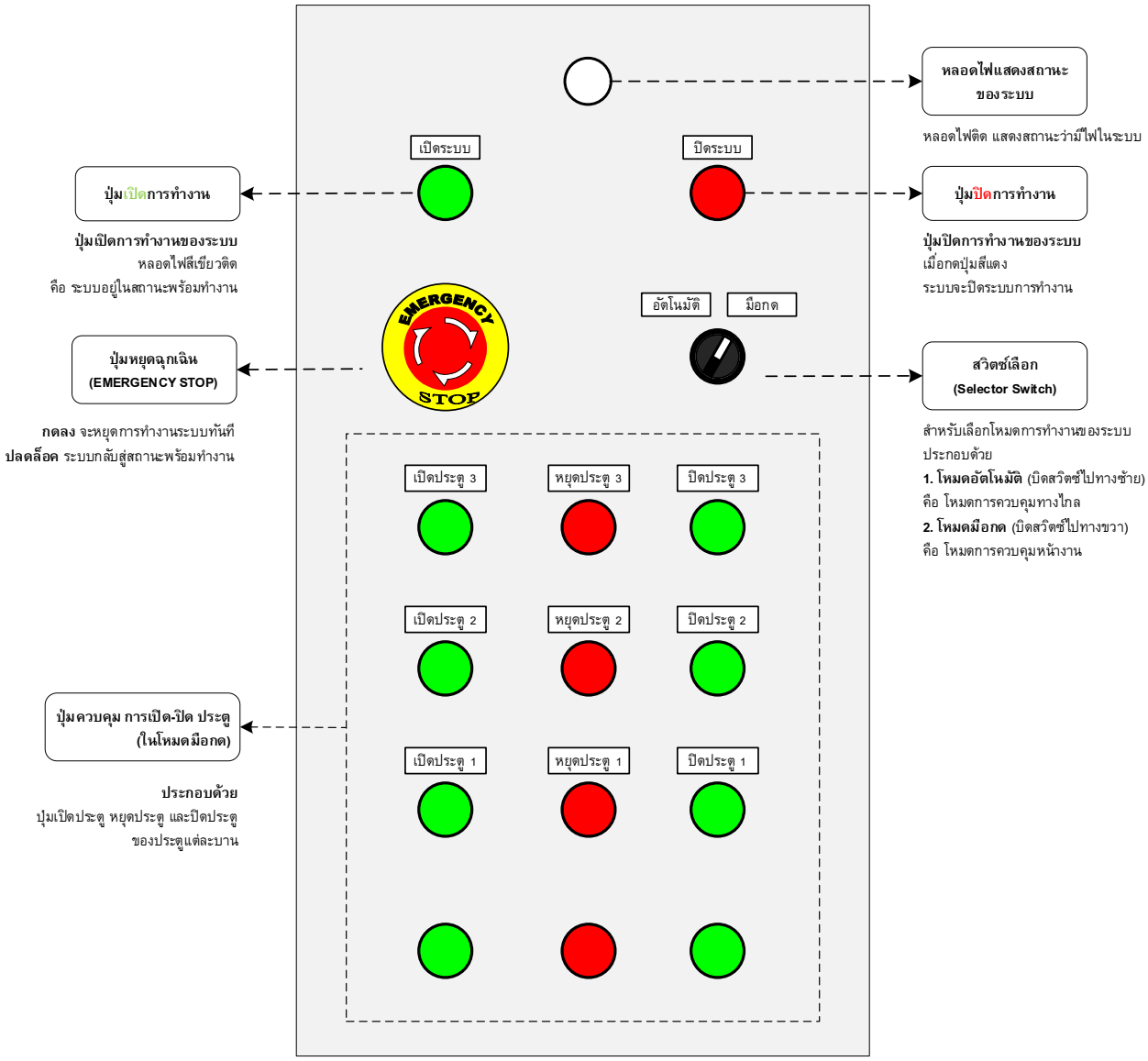
เกจ (Gauge) แสดงแรงดัน (Voltage) และกระแส (Current) ของระบบขณะใช้งาน หรือเครื่องจักรทำงาน

หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของประตูน้ำขณะเปิด-ปิด



เมนสวิตซ์ (Main Switch) จะต้องอยู่ในสถานะเปิด (ON) เสมอ เมื่อต้องการใช้งานระบบการควบคุมทั้งโหมดอัตโนมัติและโหมดมือกด

รูปที่ ค-9 ภายในของตู้ควบคุมไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

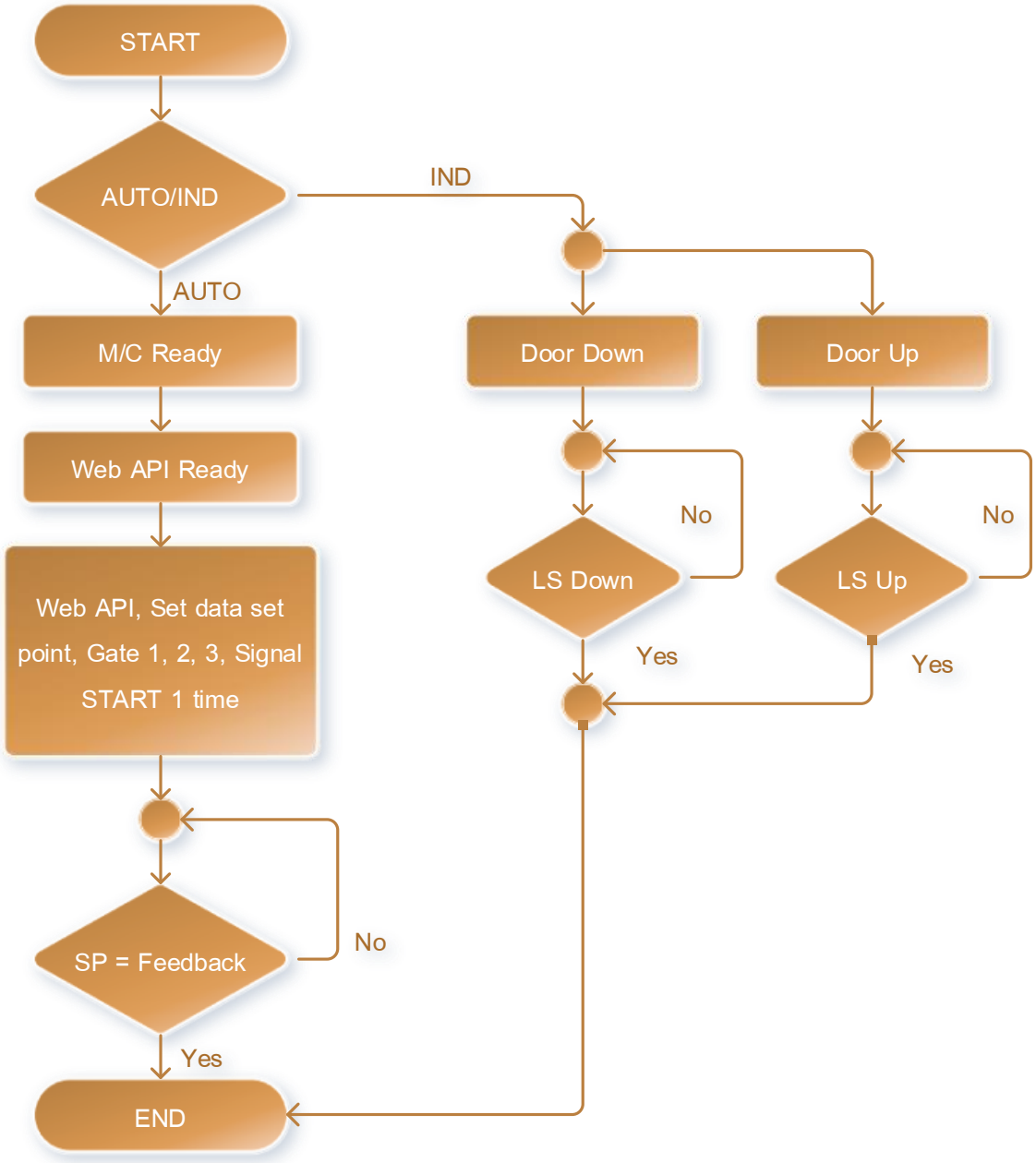


รูปที่ ค-10 ตู้ควบคุมไฟฟ้าของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

ประกอบด้วย หลอดไฟสีขาวด้านบนสุด แสดงสถานะว่ามีไฟในระบบ ปุ่มเปิดการทำงาน หลอดไฟสีเขียว คือ ระบบอยู่ในสถานะพร้อมทำงาน ปุ่มปิดการทำงาน เมื่อกดปุ่มดังกล่าว ระบบจะหยุดการทำงาน ปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop) เมื่อกดลง ระบบจะหยุดการทำงานทันที และปลดล็อค ระบบจะกลับสู่สถานะพร้อมทำงาน สวิตช์เลือก (Selector Switch) สำหรับเลือกโหมดการทำงานของระบบ 1.โหมดอัตโนมัติ (บิดสวิตช์ไปทางซ้าย) คือ โหมดการควบคุมทางไกล 2.โหมดมือกด (บิดสวิตช์ไปทางขวา) โหมดการควบคุมหน้างานปุ่มควบคุมการเปิด-ปิด ประตู (ในโหมดมือกด) ปุ่มเปิดประตู หยุดประตู และปิดประตูของประตูแต่ละบาน

การควบคุมระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

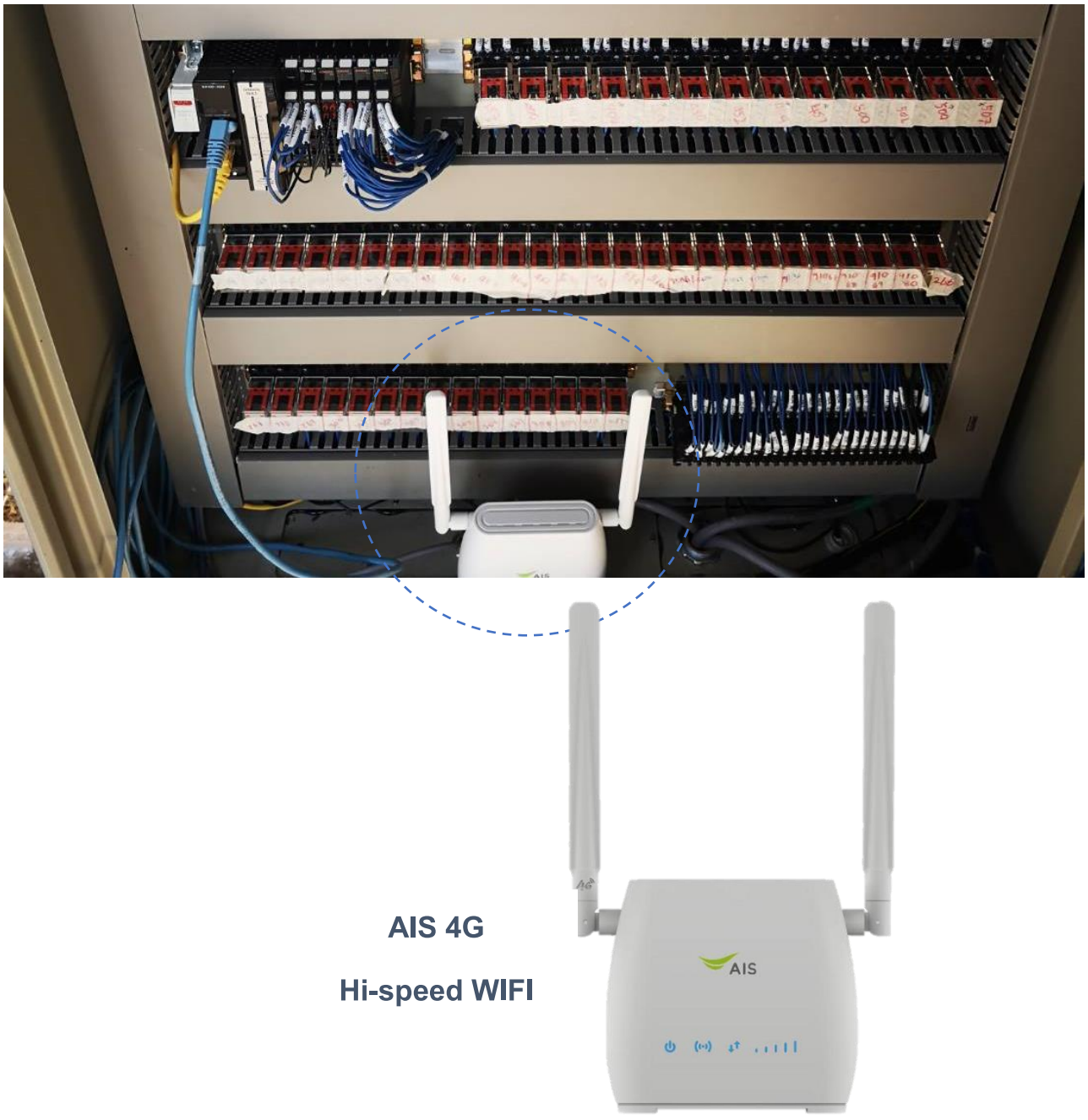
ระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ สามารถควบคุมการเปิด-ปิด ของประตูน้ำได้ทั้งหมด 4 ประตู โดยมีการควบคุมแยกกันในแต่ละประตู การกำหนดค่าระดับน้ำในแต่ละประตูสามารถส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่าน Mobile device หรือ Website และระบบจะบันทึกข้อมูล แสดงข้อมูลผ่านระบบ Dashboard แสดงผังการทำงานของระบบในรูปที่ ค-11



รูปที่ ค-11 ผังการทำงานของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ

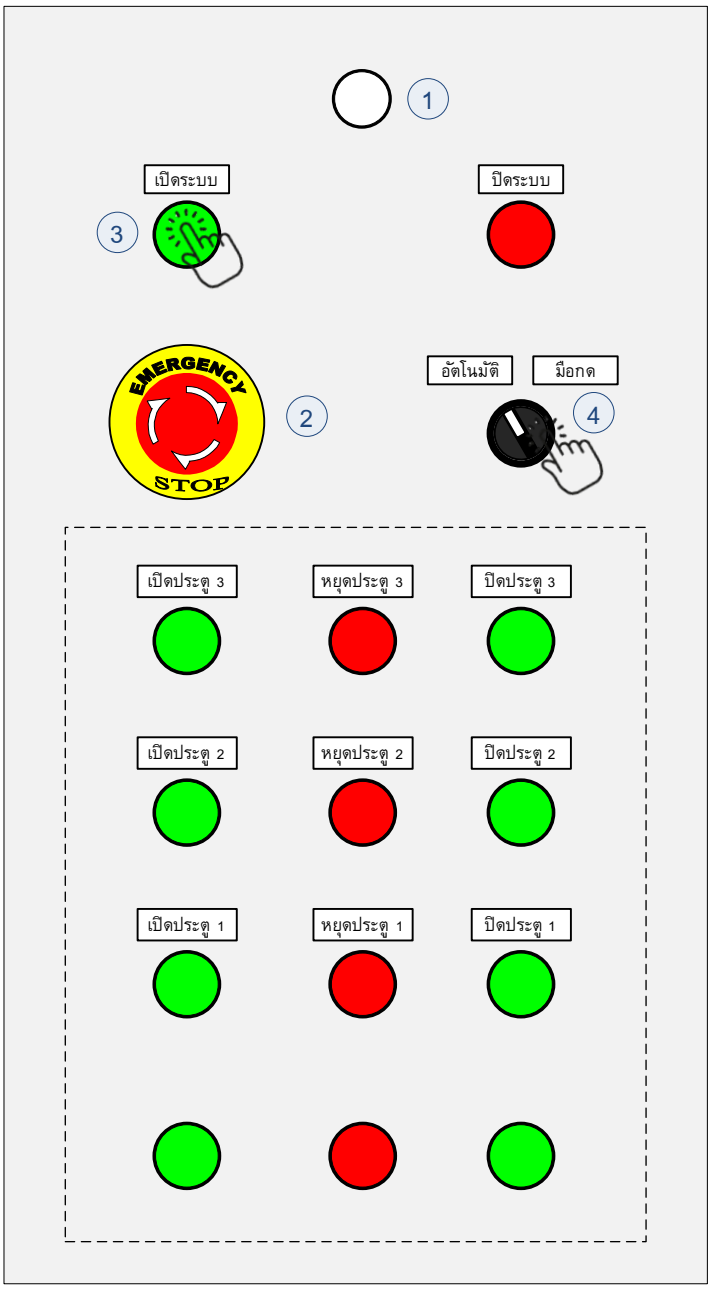
ระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ สามารถควบคุมการเปิด-ปิด การกำหนดค่าระดับน้ำในแต่ละประตู สามารถส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่าน Mobile device หรือ Website และระบบจะบันทึกข้อมูล แสดงข้อมูลผ่าน

ระบบ Dashboard การเชื่อมต่อข้อมูล และการสื่อสารทางไกลของระบบผ่านเครือข่าย internet ดังนั้น **ข้อควรระวังที่สำคัญคือ internet จะต้องอยู่ในสถานะพร้อมใช้งานเสมอ**



รูปที่ ค-12 ข้อควรระวังที่สำคัญคือ internet จะต้องอยู่ในสถานะพร้อมใช้งานเสมอ

แบบอัตโนมัติ (Auto Mode)



1 ตรวจสอบสถานะว่ามีไฟในระบบหรือไม่ ถ้ามีไฟในระบบหลอดไฟจะติด

2 ตรวจสอบสถานะของสวิตซ์หยุดฉุกเฉินว่าอยู่สถานะพร้อมทำงานหรือไม่

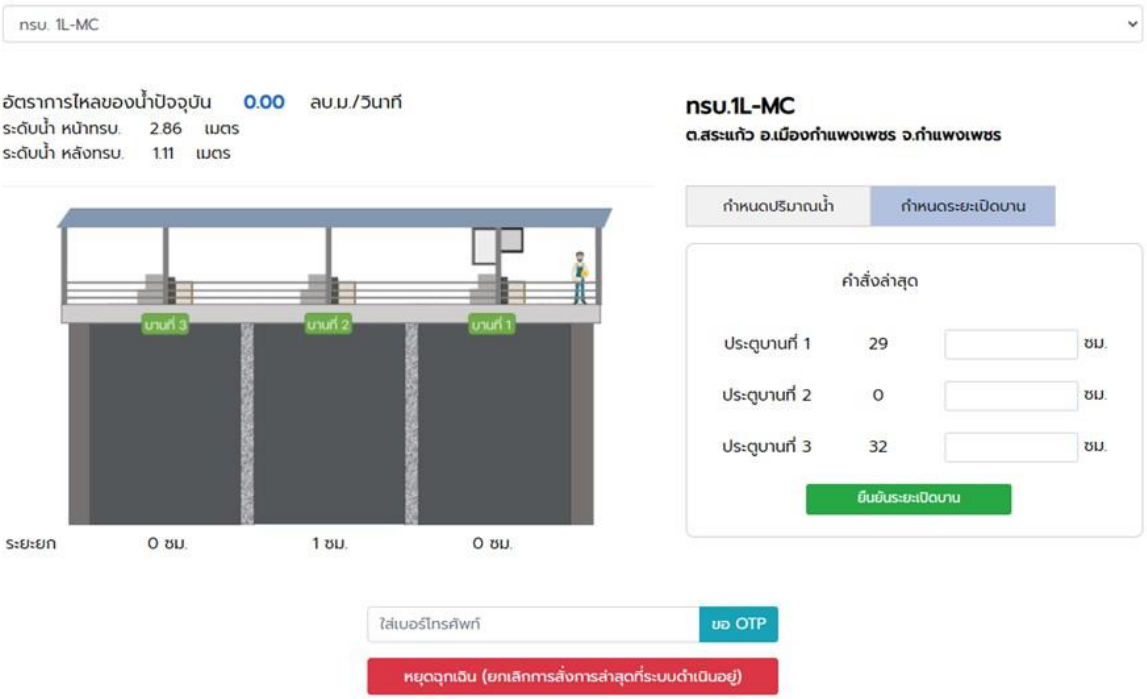
3 หากตรวจสอบสถานะการทำงานในข้อ 1-2 เรียบร้อยแล้ว สามารถกดปุ่มเปิดระบบ เพื่อเริ่มการทำงานของระบบ

4 เลือกโหมดการทำงาน ประกอบด้วย **โหมดอัตโนมัติ** (บิดสวิตซ์ไปทางซ้าย) คือ โหมดการควบคุมทางไกล

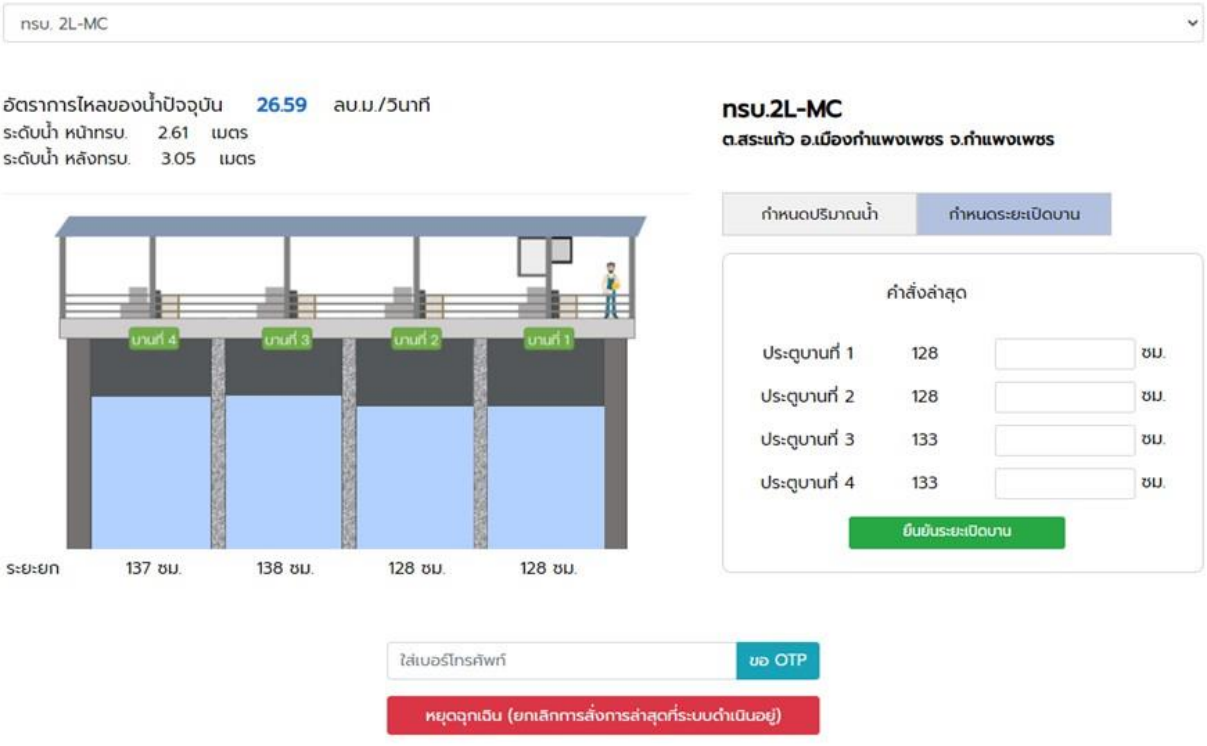
5 ส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่าน Mobile device หรือ Website

สแกนดูตัวอย่างการส่งคำสั่งจากระยะไกลผ่าน Mobile device หรือ Website

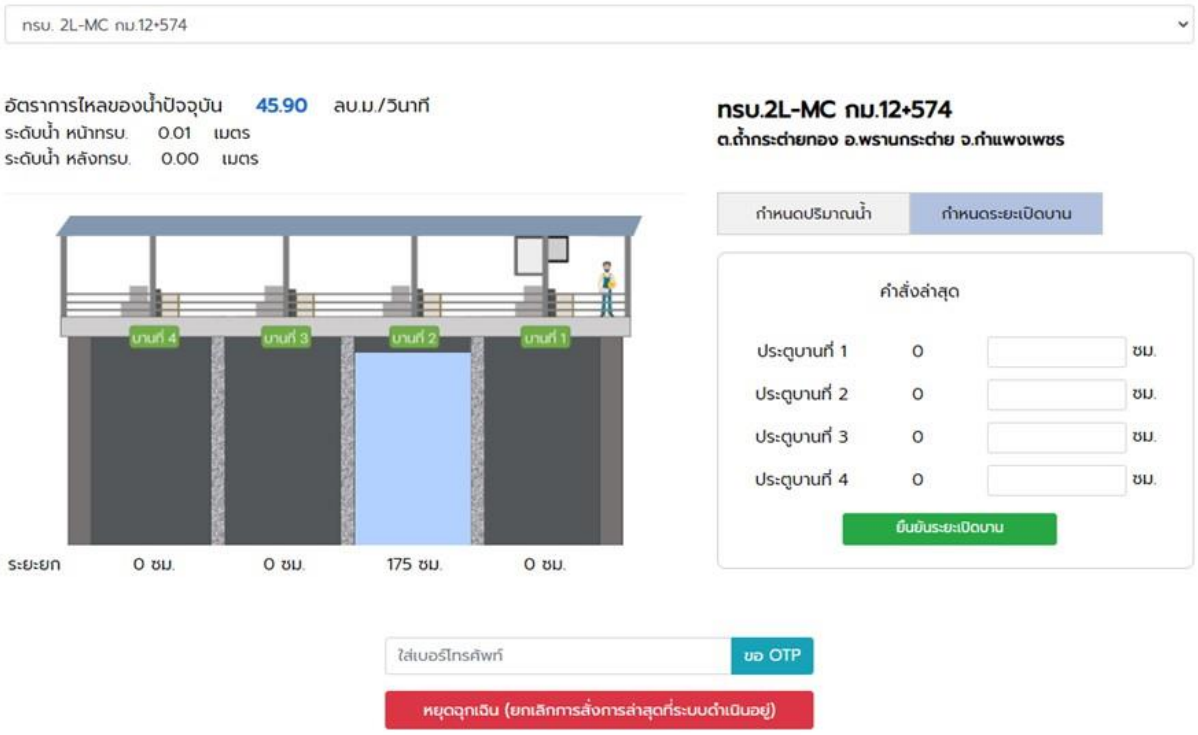
รูปที่ ค-13 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานของระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ (Auto Mode)



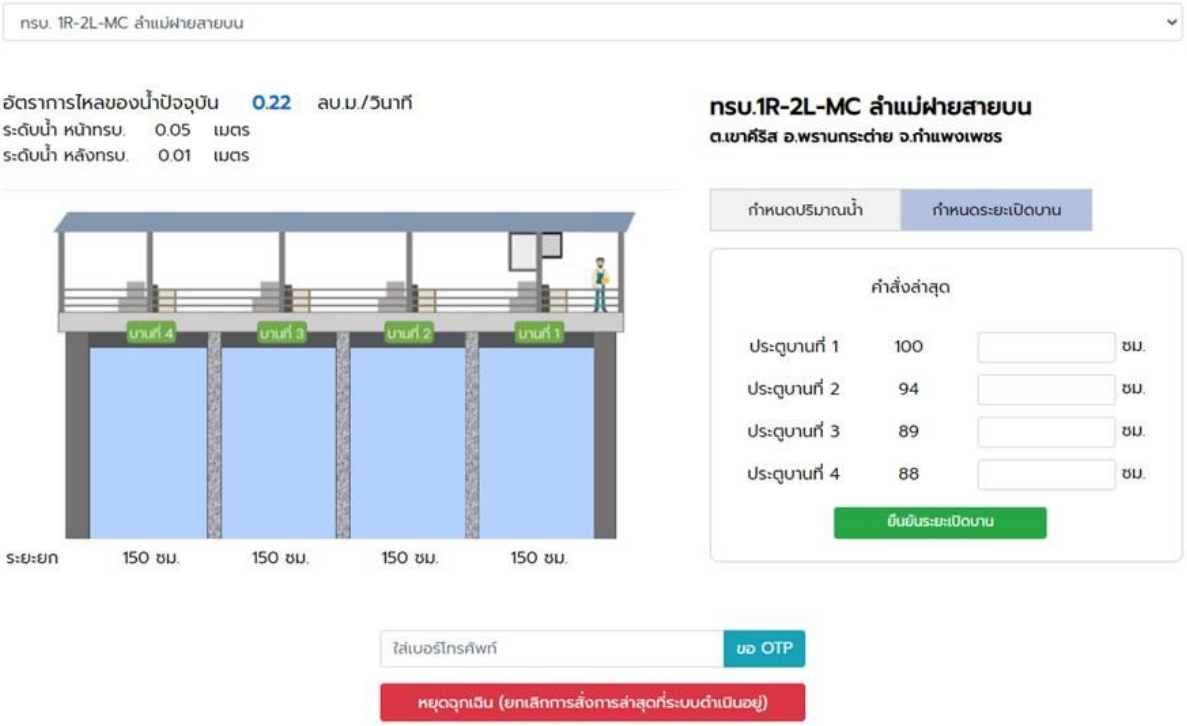
รูปที่ ค-14 หน้าต่างบน Mobile device หรือ Website ของประตู ทรบ.1L-MC



รูปที่ ค-15 หน้าต่างบน Mobile device หรือ Website ของประตู ทรบ.2L-MC

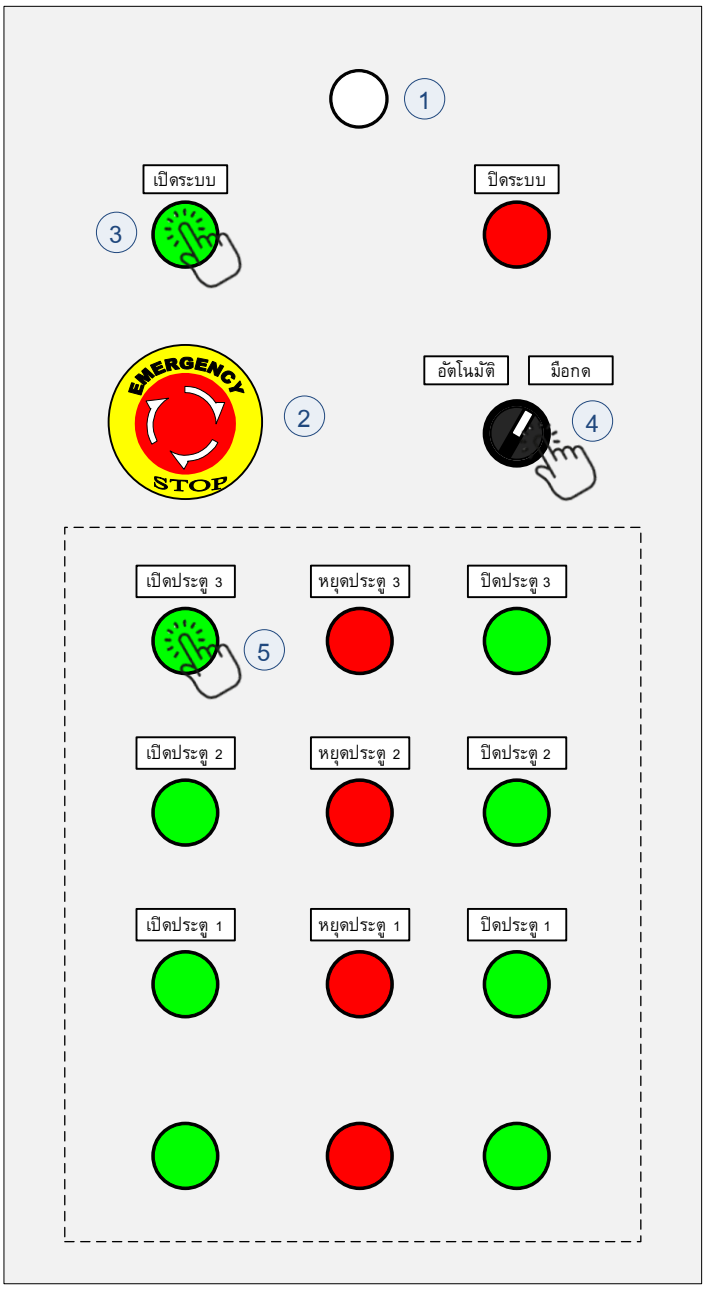


รูปที่ ค-16 หน้าต่างบน Mobile device หรือ Website ของประตู ทรบ.2L-MC กม.12+574



รูปที่ ค-17 หน้าต่างบน Mobile device หรือ Website ของประตู ทรบ.1R-2L-MC ลำแม่ฝายสายบน

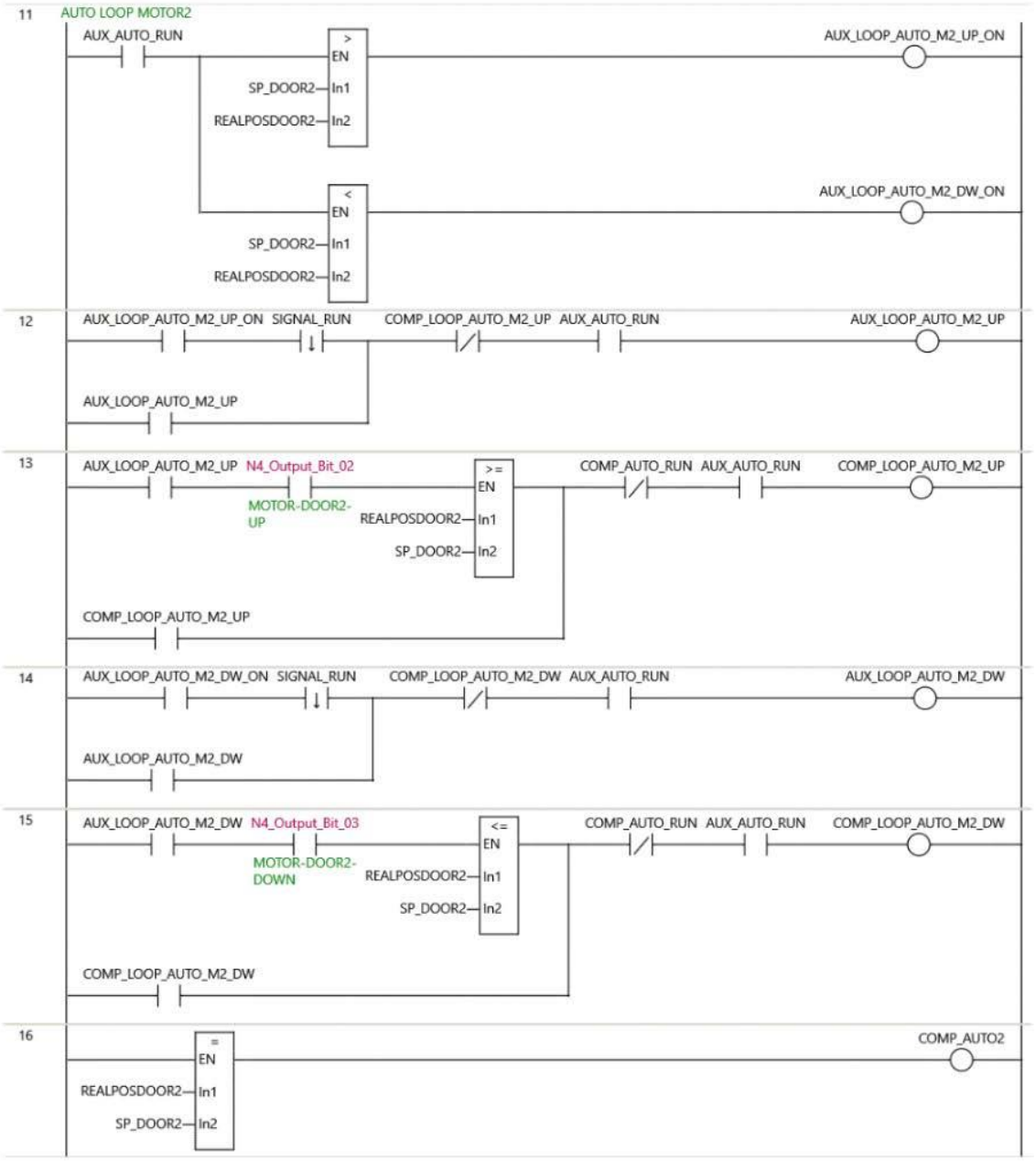
แบบมือกด (Manual Mode)



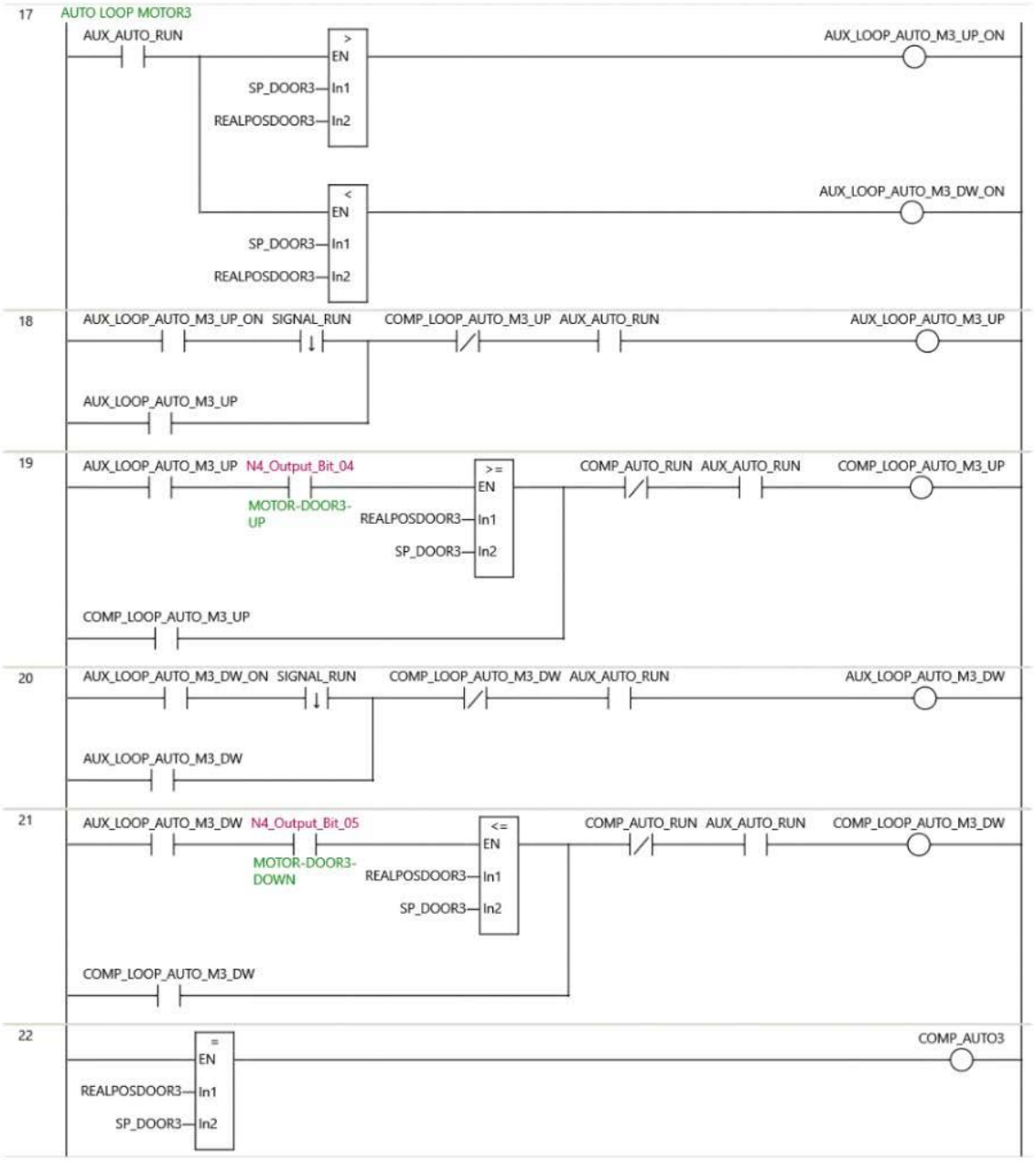
1. ตรวจสอบสถานะว่ามีไฟในระบบหรือไม่ ถ้ามีไฟในระบบหลอดไฟจะติด
2. ตรวจสอบสถานะของสวิตช์หยุดฉุกเฉินว่าอยู่สถานะพร้อมทำงานหรือไม่
3. หากตรวจสอบสถานะการทำงานในข้อ 1-2 เรียบร้อยแล้ว สามารถกดปุ่มเปิดระบบ เพื่อเริ่มการทำงานของระบบ
4. เลือกโหมดการทำงาน ประกอบด้วย **โหมดมือกด** (บิดสวิตช์ไปทางขวา) คือ โหมดการควบคุมหน้างาน
5. เลือกการควบคุมการทำงานของประตูน้ำในแต่ละประตู
6. หลังจากใช้งานในโหมดมือกดเสร็จ ให้บิดสวิตช์เลือก (Selector switch) กลับไปตำแหน่งโหมดอัตโนมัติทุกครั้ง

รูปที่ ค-18 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานของระบบบริหารจัดการน้ำแบบมือกด (Manual Mode)

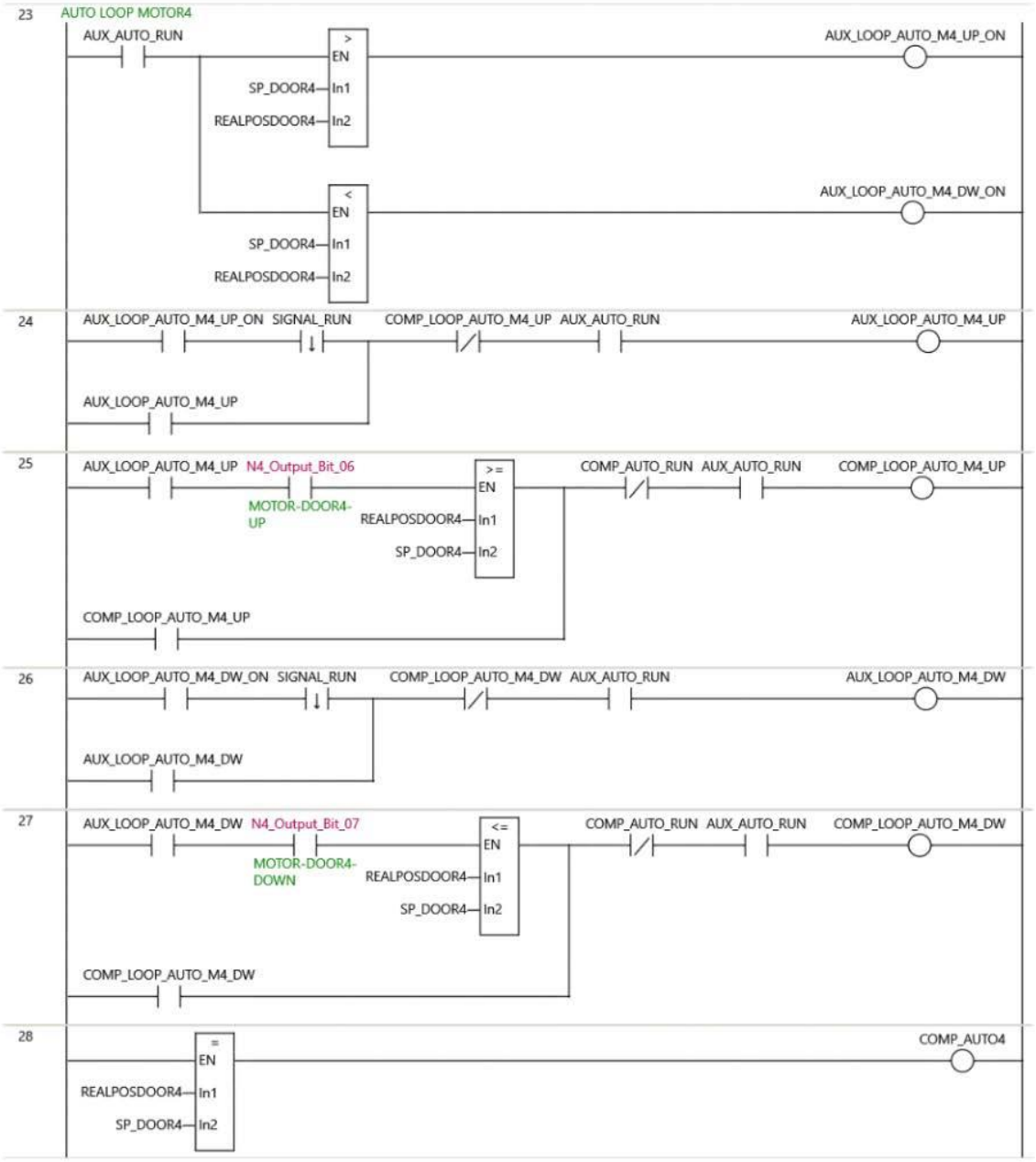
PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 AUTO Program0 AUTO



PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 AUTO Program0 AUTO



PLC_Floofgate_Connect_DB_Rev2.00 PLC01 AUTO Program0 AUTO



คู่มือการบำรุงรักษาระบบตรวจวัดระดับน้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จ.กำแพงเพชร

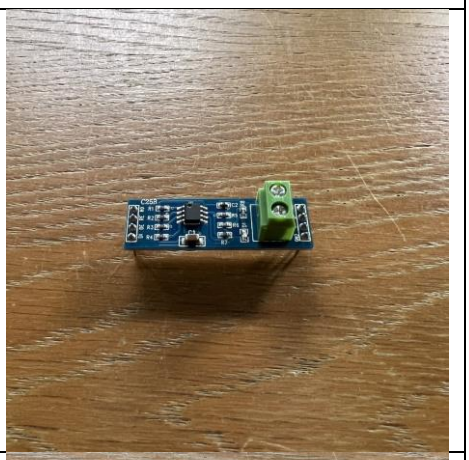
คู่มือการบำรุงรักษาระบบตรวจวัดระดับน้ำ

การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับน้ำเป็นการพัฒนาระบบส่งข้อมูลระดับน้ำจากการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำ โดยพัฒนาชุดอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถส่งข้อมูลรายชั่วโมงเข้าสู่ระบบแม่ข่ายด้วยสัญญาณ 4G ชุดอุปกรณ์ประกอบด้วย อุปกรณ์หลัก 3 ส่วน คือ ชุดพลังงาน ชุดระบบประมวลผล และเซนเซอร์วัดข้อมูลระดับน้ำ แสดงคุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิคในตารางที่ ง-1 มีรายละเอียดอธิบายได้ดังนี้

- ชุดแหล่งพลังงาน (Power Source) ประกอบด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ Solar Panel ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า, Lithium(Li-ion) Battery ทำหน้าที่ในการเก็บสำรองพลังงาน และ Solar Charge Controller ทำหน้าที่ในการควบคุมการชาร์จไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซล่าเซลล์ มาจัดเก็บในแบตเตอรี่อย่างเหมาะสมและควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลดไฟฟ้า
- ชุดระบบประมวลผล (Microcontroller Unit) ประกอบด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 5 ส่วน ได้แก่ Step Down Power Module ทำหน้าที่ในแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า, NodeMCU (ESP8266) ทำหน้าที่เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก สามารถโปรแกรมคำสั่งควบคุมขา Input/Output เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้, RS485 Module ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลระยะไกลระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดกับระบบคอมพิวเตอร์, Relay Module ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจร และ Gateway USB Pocket Wi-Fi ทำหน้าที่กระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต
- ชุดเซนเซอร์วัดข้อมูลระดับน้ำ (Water Level Sensor) มีรูปแบบการทำงานแบบ Ultrasonic มีหลักการทำงานโดยที่เซนเซอร์จะส่งคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic) ไปกระทบกับผิวน้ำ และรับคลื่นสะท้อนกลับมาที่เซนเซอร์เพื่อคำนวณออกมาเป็นระยะทางที่วัดได้ โดยมีคุณลักษณะทางเทคนิคดังตารางที่ 1 สามารถวัดระยะจากเซนเซอร์สะท้อนถึงผิวน้ำได้สูงสุด 20 เมตร มีระยะการวัดต่ำสุดน้อยกว่า 40 เซนติเมตร ถึง 2 เมตร อ่านค่าได้ละเอียดระดับมิลลิเมตร ความแม่นยำในการตรวจวัดอยู่ที่ร้อยละ 0.3 ความลาดเอียงของมุมตกกระทบกับผิวน้ำในการตรวจวัดน้อยกว่า 10 องศา การเชื่อมต่อของสัญญาณใช้ลักษณะสัญญาณแบบ RS485 พลังงานที่ใช้ 12-24 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งโดยรวมพลังงานที่ใช้น้อยกว่า 1.5 วัตต์ เซนเซอร์วัดระดับน้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 92 มม. สูง 270 มม. มาตรฐานระดับการกันน้ำเกรด IP65

ตารางที่ ง-1 คุณลักษณะของชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ

ลำดับ	คุณลักษณะ	อุปกรณ์
	ชุดแหล่งพลังงาน	
1.	**แผงโซล่าร์เซลล์** **Monocrystalline Solar Panel 12V 40Watt** - Peak Power(Pmax): 40W - Production Tolerance: +-5% - Maximum Power Current (Imp): 2.22A - Maximum Power Voltage: 18V - Short Circuit Current (Isc): 2.45A - Open Circuit Voltage (Voc): 22.28V - Dimensions: 590*345*25mm	
2.	**แบตเตอรี่ลิเทียม** **Lithium(Li-ion) Battery** - Capacity: 20.8 Ah (20,800mAh) - Charging Voltage: 12V	
3.	**เครื่องควบคุมการชาร์จไฟจากแผงโซล่าร์เซลล์** **Solar Charge Controller (PWM)** - System voltage: 12V/24V - Maximum input voltage: <50V - Rated current: 10A - Charging voltage: 12.6V - USB output: 5V/2A - Size/Weight: 125*86*34mm/200g	

ลำดับ	คุณลักษณะ	อุปกรณ์
	ชุดระบบประมวลผล	
4.	**หน่วยประมวลผล** **NodeMCU (ESP8266)** **-** Wi-Fi Module: ESP-12E - USB: MicroUSB port for power, programming - Headers 2 x 2.54mm 15-pin header with access to GPIOs, SPI, UART, ADC, and power pins - Power: 5V via micro USB port - Dimensions: 49 x 24.5 x 13mm	
5.	**ชุดการสื่อสารข้อมูล** **RS485 Module** **-** on-board MAX485 chip - Working voltage: 5V - Size: 44x12mm	
6.	**อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ 3G/4G** **Gateway USB Pocket Wi-Fi** - Type: Network Card - Chip: Qualcomm 9600 - Size: 95*33mm - Transmission rate: 150Mbps - USB: Standard USB interface - Frequency band: B1, B3, FDD, 3G	
	ชุดเซนเซอร์วัดระดับน้ำ	

ลำดับ	คุณลักษณะ	อุปกรณ์
7.	**เซนเซอร์วัดระดับน้ำ** **Ultrasonic Water Level Sensor** - Maximum length: 20 m - Detection Blind Zone: <0.4 – 2 m - Detection Accuracy: +-0.3% FS - Minimum Display resolution: 1 mm - Signal Output: RS485 - Overall power consumption Less than 1.5W - Dimensions: Dia92mm x 198mm x M60, Dia92mm x 270mm x DN80 สรุปคุณลักษณะทางเทคนิคของเซนเซอร์วัดระดับน้ำในตารางที่ ง-2	

ตารางที่ ง-2 คุณลักษณะทางเทคนิคของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ

Maximum length	20 m
Detection Blind Zone	<0.4 – 2 m
Detection Accuracy	+-0.3% FS
Minimum Display resolution	1 mm
Working frequency	20 – 350 KHz
Launch angle	Less than 10 degrees
Signal Output	4 – 20 mA, RS485, GPRS, LORA, RF
	2 relays (AC: 5A 250V DC: 10A 24V)
Power Supply (optional)	18*28 VDC (two wire system), 12-24 VDC, 220 VDC, built-in battery
Overall power consumption	Less than 1.5W
Dimensions	Dia92mm x 198mm x M60, Dia92mm x 270mm x DN80
Protection level	IP65

จากการติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมง ในช่วงการพัฒนาและการทดสอบระบบ งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความเสถียรของการส่งข้อมูลระดับน้ำเพื่อทำการปรับปรุงระบบและแก้ไขปัญหา โดยพบว่าในช่วงระหว่างดำเนินโครงการที่มีการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำตั้งแต่วันที่ 16 พ.ย. 2564 และ 4 ธ.ค. 2564 รวมทั้งหมด 13 สถานี สรุปในตารางที่ ง-3 มีความเสถียรของการส่งข้อมูลต่ำสุดที่ร้อยละ 96.29 และสูงสุดร้อยละ 100 ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาให้สามารถส่งข้อมูลได้ดังเดิม และมีข้อเสนอแนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์

- ตรวจสอบสายไฟ Solar Panel และเช็ดทำความสะอาดฝุ่นที่เกาะบนพื้นผิว(ตารางที่ ง-1 รายการที่ 1)
- ตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่จากหน้าจอ Solar Charge Controller ว่ามีการชาร์จไฟเข้าจาก Solar Panel และมีการจ่ายไฟออกสู่วงจรหรือไม่ (ตารางที่ ง-1 รายการที่ 3)
- ตรวจสอบ Node MCU โดยการเสียบสาย Micro USB เข้ากับ Laptop เพื่อเช็คสถานการณ์ทำงานในโปรแกรม Arduino (ตารางที่ ง-1 รายการที่ 5)
- ตรวจสอบการทำงานของ USB Pocket Wi-Fi ว่ามีไฟแสดงสถานะติดหรือไม่ (ตารางที่ ง-1 รายการที่ 8)
- ตรวจสอบหน้าปัดเซนเซอร์ว่ามีการแสดงตัวเลขระยะที่อ่านค่าได้หรือไม่ และตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟตรงขั้วเซนเซอร์ (ตารางที่ ง-1 รายการที่ 9)

ตารางที่ ง-3 ผลการทดสอบระบบในช่วงการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ

ลำดับ	ชื่อสถานี	Online	Missing	ร้อยละ
1.	สะพานจอมสังฆ์	5,465	87	98.41
2.	สะพานห้วยน้ำใส	3,973	-	100
3.	แม่ฝายสายบน(บึงทับแรด)	5,574	-	100
4.	สะพานบัวทอง	4,847	71	98.54
5.	สะพานบ้านนา	2,827	105	96.29
6.	สะพานทุ่งมหาศาล	5,453	120	97.80
7.	แม่ฝายสายล่าง	4,044	12	99.70
8.	แม่พาย(โนนพลวง)	1,097	5	99.54
9.	มาบไทร(โนนพลวง)	4,721	29	99.39
10.	มาบไทร(ช่องลม)	4,212	30	99.29
11.	จันทิมา-บึงช้าง	2,066	1	99.95
12.	แม่ฝายสายบน(หนองหลวง)	4,611	3	99.93
13.	แม่พาย(เขาคีริส)	3,975	21	99.47

* หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 พ.ย. 2564 ถึง 5 ก.ค. 2565