โครงการการวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบการบริหารจัดการน้ำเพื่อความยั่งยืน กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

Development of Sustainable Water Management Model for Klong Suan Mak River Basin

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร 2564

โครงการการวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบการบริหารจัดการน้ำเพื่อความยั่งยืน

กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

Development of Sustainable Water Management Model

for Klong Suan Mak River Basin

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร 25564

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิง ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง มีพื้นที่ประมาณ 1,213.4 ตารางกิโลเมตร หรือ758,395 ไร่ พื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำอยู่ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ครอบคลุม 4 อำเภอ 14 ตำบล พื้นที่ป่าตอนบนของลุ่มน้ำอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า และบางส่วนอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสนามเพรียง ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีพื้นที่ป่ามากกว่า 446,619 ไร่ หรือ 58.9% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีลำน้ำคลองสวนหมากเป็นแม่น้ำสายหลักซึ่งมีความยาวทั้งสิ้น 110.4 กิโลเมตร เริ่มจากสันเขาสูงในเขต ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า ไหลผ่านพื้นที่ราบตอนกลางและตอนล่างลงสู่แม่น้ำปิงที่ ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร บริเวณตอนปลายของคลองสวนหมากมีแม่น้ำแยกเป็นสองสาย สายที่หนึ่งไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดสว่างอารมณ์ และสายที่สองไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดพระบรมธาตุ

พื้นที่ตอนบนและด้านทิศเหนือมีความลาดชันสูง เนื้อดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย และปริมาณความเข้มฝนสูง (High Intensity) ส่งผลให้เกิดปัญหาการกัดเซาะหน้าดิน (Soil Erosion) และพัดพาตะกอน (Sediment Transport) ลงสู่ลำน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พื้นที่ตอนกลาง และบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำส่วนใหญ่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าว และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 267,515 ไร่ โดยใช้แหล่งน้ำจากลำน้ำคลองสวนหมากที่ไหลตลอดทั้งปี รวมถึงแหล่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำจำนวน 7 อ่าง และ 6 ฝาย แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เกษตรกรจึงมีการนำน้ำจากบ่อน้ำ สระน้ำ และบ่อน้ำตื้นรวมกันมากถึง 4,520 แห่ง มีความจุรวม 10.72 ล้าน ลบ.ม. และมีการขุดเจาะน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 93 บ่อ มีปริมาณรวม 1.2 ล้าน ลบ.ม./ปี ลำน้ำคลองสวนหมากช่วงต้นและช่วงกลางลำน้ำมีความลาดชันสูงขณะที่ช่วงปลายน้ำระหว่างฝายท่ากระดานและแม่น้ำปิงมีความลาดชันน้อย เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูน้ำหลากส่งผลให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในหลายพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณฝายหนองปิ้งไก่ และเขตเทศบาลเมืองนครชุมซึ่งตั้งอยู่ที่ปากคลองสวนหมาก

จากปัญหาดังกล่าวที่มีผลกระทบต่อประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จึงต้องมีการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาเพื่อหารูปแบบการบริหารจัดการน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาภัยแล้ง 2) ศึกษาสภาพน้ำหลากและพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการน้ำในช่วงภาวะอุทกภัย 3) ศึกษาปริมาณการกัดเซาะหน้าดินและแนวทางการลดการตกตะกอนหน้าฝาย 4) พัฒนากลไกเพื่อจัดสรรน้ำโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน เจ้าหน้าที่รัฐ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ชลประทานตามเวลาจริง

จากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการ ULSE พบว่า อัตราการชะล้างพังทลายของดินมีค่าประมาณ 2,988,055 ตัน/ปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน พื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายสูง ได้แก่ พื้นที่ ต.คลองน้ำไหล ต.โป่งน้ำร้อน ต.นาบ่อคำ และต.คลองแม่ลาย ส่วนผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SWAT พบว่าปริมาณตะกอนในคลองสวนหมากที่สถานี P.47 และ P.26A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 246,129 และ 380,053 ตัน/ปี ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการตรวจวัดตะกอนแขวนลอยที่ฝายท่ากระดาน ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2564 ถึง วันที่28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 โดยมีปริมาณตะกอนไหลผ่านฝายประมาณ 281,815 ตัน และทำการการวิเคราะห์หาปริมาณการตะกอนหน้าฝายด้วยแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model) ขนาด 5x5 ม. พบว่า มีปริมาตรตะกอนที่ตกทับถมหน้าฝายทั้ง 6 ฝาย ประมาณ 548,663 ลบ.ม. จากผลดังกล่าวเสนอให้มีการปรับเปลี่ยนวิธีการเพาะปลูกพืช ปลูกหญ้าแฝกหรือไผ่บริเวณริมตลิ่ง วางแผนการขุดลอกตะกอน หาแนวทางการใช้ประโยชน์ทรายที่ตกทับถมหน้าฝาย เป็นต้น

การวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT-MIKE Hydro Basin เพื่อวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ และพื้นที่สูบน้ำ พบว่า พื้นที่ที่มีการขาดแคลนน้ำระดับมาก (>30%) คือ พื้นที่ชลประทานฝายท่ากระดานฝั่งขวา รวม 15,910 ไร่ มีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 613 ลบ.ม./ไร่/ปี พื้นที่รับประโยชน์อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก รวม 328 ไร่ มีการขาดแคลนน้ำในพื้นที่รับประโยชน์เฉลี่ย 136 ลบ.ม./ไร่/ปี พื้นที่สูบน้ำฝั่งขวาใต้ฝายท่ากระดานใกล้สถานี P.26A และพื้นที่สูบน้ำฝั่งซ้ายใต้ฝายท่ากระดานในเขตลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 2 รวม 176 ไร่ มีการขาดแคลนน้ำในพื้นที่สูบน้ำเฉลี่ย 108 ลบ.ม./ไร่/ปี ซึ่งมักเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง และฝนทิ้งช่วงในเดือนสิงหาคม

จากปัญหาการขาดแคลนน้ำโครงการวิจัยได้พัฒนาระบบจัดสรรน้ำและประเมินผลการส่งน้ำตามเวลาจริง (intelligent Water Allocation Scheduling And Monitoring, iWASAM) โดยทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศ 4 สถานี และสถานีตรวจวัดน้ำ 8 สถานี ในปีที่ 1 เพื่อใช้ข้อมูลการตรวจวัดในการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน และผลการส่งน้ำ พบว่า ประสิทธิภาพชลประทานอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการส่งน้ำยังไม่สอดคล้องกับความต้องการจริง ในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทาน เสนอแนะว่าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และกลุ่มผู้ใช้น้ำ ต้องนำผลการประเมินของ iWASAM มาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงการส่งน้ำ และวางแผนการเพาะปลูก ในฤดูกาลถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง Mike 11 ร่วมกับข้อมูลน้ำท่วมของ GISTDA ช่วงปี พ.ศ.2548 ถึง พ.ศ.2560 และผลการสำรวจพื้นที่น้ำท่วม พบว่า พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมี 4 พื้นที่ คือ (1) พื้นที่ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้ายและฝั่งขวาในเขต ต.สักงาม และต.คลองลาน มีพื้นที่ 610 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (2) พื้นที่ฝั่งขวาเหนือฝายหนองปิ้งไก่ ในเขต ต.แม่นารี มีพื้นที่ 460 ไร่ เป็นพื้นที่เพาะปลูก และชุมชนหนองปิ้งไก่ (3) พื้นที่เพาะปลูกฝั่งซ้ายฝายท่ากระดานตามแนวคลอง 1 ซ้าย มีพื้นที่ 600 ไร่ และ(4) พื้นที่สองฝั่งคลองแม่คร้อเหนือจุดบรรจบคลองสวนหมาก ซึ่งมีสภาพเป็นแอ่งกระทะ ผลการจำลองด้วย Mike 11 พบว่า มีพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมประมาณ 19,690 ไร่ ในเขต ต.ท่าขุนราม และต.นครชุม แต่เกิดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เพียง 1-3 ซึ่งแนวทางการแก้ไขและบรรเทาปัญหาน้ำท่วม ได้แก่ ปรับระบบการปลูกพืชให้สอดคล้องกับพื้นที่น้ำท่วม ขุดคลองผันน้ำเพื่อระบายน้ำลงแม่น้ำปิง สร้างคันกั้นน้ำ และเพื่อให้วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้สมบูรณ์ จึงเสนอแนวทางการบริหารประตูระบายปลายคลองทั้ง 2 แห่ง ตามปริมาณน้ำที่ไหลในคลองสวนหมากโดยแบ่งการการปฏิบัติการ (Operation) ออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดที่ 1 เก็บกักน้ำ (Storage Mode) และโหมดที่ 2 เร่งระบายน้ำ (Full Release Mode) โหมดที่ 1 คือ โหมดที่เริ่มปิดประตูระบายปลายคลองทั้งสองแห่งเพื่อเก็บกักน้ำไว้ในคลองสวนหมาก จะเริ่มเมื่ออัตราการไหลของน้ำในคลองสวนหมากที่ฝายท่ากระดานช่วงปลายฤดูฝนถึงช่วงต้นฤดูแล้ง ลดลงเหลือ 15 ลบ.ม./วินาที และเมื่ออัตราการไหลลดลงต่ำกว่า 2 ลบ.ม./วินาที ทำการสูบน้ำเข้าทางประตูระบายปลายคลองบ้านสว่างอารมณ์ แล้วปล่อยให้น้ำไหลลงสู่แม่น้ำปิงทางประตูระบายวัดพระบรมธาตุ เพื่อให้มีน้ำไหลเวียนอย่างน้อย 2 ลบ.ม./วินาที สำหรับป้องกันน้ำเน่าเสีย โหมดที่ 2 คือ โหมดเร่งระบายน้ำออกจากคลองสวนหมากลงสู่แม่น้ำปิงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ช**
สารบัญรูป	**ญ**
บทที่ 1 บทนำ	**1-1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-4
1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย	1-5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-6
บทที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของลุ่มน้ำ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**2-1**
2.1 ข้อมูลทั่วไปของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-1
2.2 ทฤษฎี	2-21
2.3 การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	2-46
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-51
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	**3-1**
3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	3-1
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	3-3
3.3 วิธีการวิจัย	3-4
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล	**4-1**
4.1 อุตุ-อุทกวิทยาลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	4-1

หน้า

4.2 ระบบการเกษตร 4-36
4.3 ความต้องการน้ำ 4-49
4.4 การวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมากด้วย Mike Hydro Basin 4-55
4.5 การศึกษาสภาพน้ำท่วมคลองสวนหมาก และการจำลองสภาพน้ำท่วมในแบบจำลองน้ำหลากด้วยแบบจำลอง MIKE 11 4-80
4.6 การประเมินการสูญเสียดินของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-84
4.7 การประเมินตะกอน 4-97
4.8 การสำรวจการมีส่วนร่วมของประชาชน 4-109
4.9 การพัฒนาระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริง (iWASAM) 4-118
4.10 การพัฒนาระบบการควบคุม ปตร. ปากคลองสวนหมาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ และเพิ่มคุณภาพชีวิตประชาชนที่อยู่ปลายคลอง 4-140

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ **5-1**
5.1 สรุปสภาพทั่วไปและข้อมูลสำคัญของลุ่มน้ำ 5-1
5.2 สรุปปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา 5-3

บรรณานุกรม
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก1 โค้งความจุของอ่างเก็บน้ำและฝายทดน้ำ
ภาคผนวก ก2 จำนวนประชากรในลุ่มน้ำคลอสวนหมาก
ภาคผนวก ก3 ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก
ภาคผนวก ข ความเหมาะสมของการปลูกพืชในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

หน้า

ภาคผนวก ค รูปแบบของค่าเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี โดยแยกตามโครงการส่งน้ำและแยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

ภาคผนวก ง1 โค้งความจุและรูปตัดตามยาวของฝาย

ภาคผนวก ง2 หน้าตัดคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายหนองปิ้งไก่ก่อนและหลังฤดูฝน

ภาคผนวก จ1 รายละเอียดการมีส่วนร่วมด้านต่าง ๆ จากแบบสอบถาม

ภาคผนวก จ2 ผลการจัดประชุมรับฟังความคิดเห็น

ภาคผนวก ฉ1 สถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ

ภาคผนวก ฉ2 การคำนวณความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทานตามเวลาจริง (Real-Time Water Requirement Estimation)

ภาคผนวก ฉ3 การพยากรณ์ปริมาณน้ำต้นทุน

ภาคผนวก ฉ4 ระบบติดตามและประเมินผลการใช้น้ำ

ภาคผนวก ฉ5 การวิเคราะห์หาผลผลิตเทียบเท่าข้าว

ภาคผนวก ฉ6 คู่มือการใช้โปรแกรม iWASAM

ภาคผนวก ฉ7 การประเมินระบบชลประทานในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ภาคผนวก ช1 ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์ และประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุ

ภาคผนวก ช2 การวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์ในการ Operate ประตูระบายปลายคลองและเกณฑ์การสูบน้ำจากแม่น้ำปิง

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1-1 ข้อมูล Soil Series กรมพัฒนาที่ดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-5
2.1-2 การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-7
2.1-3 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-9
2.1-4 ข้อมูลอาคารประเภทฝายในปัจจุบันของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-10
2.2-1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจากหน่วยงานต่าง ๆ	2-28
4.1-1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ย 30 ปี	4-1
4.1-2 เมตริกซ์แสดงค่า ส.ป.ส. สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และP.7A	4-5
4.1-3 ค่าสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีวัดน้ำท่า P.47, P.26A และ P.7A ของกรมชลประทาน	4-5
4.1-4 พารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบกัมเบล และผลการทดสอบความเหมาะสมด้วย Smirnov-Kolmogorov Statistic	4-7
4.1-5 ค่าปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และ P.7A ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ	4-9
4.1-6 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.47A, P.26A และP.7A	4-10
4.1-7 เมตริกซ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าฝนและน้ำท่าราย 10 วัน	4-15
4.1-8 รายละเอียดปริมาณฝนและน้ำท่าช่วงฝนเพิ่มและช่วงฝนลด	4-16
4.1-9 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของฝายลำน้ำคลองไพร และลำน้ำคลองสวนหมาก	4-17
4.1-10 สมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (ล้าน ลบ.ม.)	4-17
4.1-11 สมดุลน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง (ล้าน ลบ.ม.)	4-20
4.1-12 สมดุลน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง ฤดูฝน (ล้าน ลบ.ม.)	4-21
4.1-13 สมดุลน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 3 ส่วน ฤดูแล้ง (ล้าน ลบ.ม.)	4-21

ตารางที่ **หน้าที่**

4.1-14 สมดุลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำตลอดฤดูกาล (ล้าน ลบ.ม.) 4-22
4.1-15 สมดุลน้ำลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำ ในฤดูฝน (ล้าน ลบ.ม.) 4-24
4.1-16 สมดุลน้ำรวมทั้งฤดูแล้ง (พ.ย. – เม.ย.) (ล้าน ลบ.ม.) 4-26
4.1-17 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของอ่างเก็บน้ำ 4-30
4.1-18 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-30
4.1-19 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของฝายลำน้ำคลองไพร และลำน้ำคลองสวนหมาก 4-32
4.1-20 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของฝาย ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-34
4.2-1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในการทำการเกษตร 4-36
4.2-2 พื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าว ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากแผนที่ความเหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจ (Land Suitability Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2562 และพื้นที่ระดับ S1-S2 4-43
4.2-3 ความเหมาะสมในการเลือกพืชที่ปลูกกับสภาพพื้นที่ใน Land Suitability Map 4-44
4.4-1 เกณฑ์ระดับความรุนแรงในการขาดแคลนน้ำ 4-56
4.4-2 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ชลประทาน 4-62
4.4-3 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่รับประโยชน์ 4-65
4.4-4 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก 4-68
4.4-5 แสดงลุ่มน้ำย่อยที่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในระดับต่าง ๆ 4-71
4.4-6 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-72
4.4-7 แสดงช่วงเดือนที่มีการขาดแคลนน้ำ 4-77
4.5-1 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในลุ่มน้ำสวนหมากในปีต่าง ๆ 4-80
4.6-1 พื้นที่ และปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน 4-84
4.6-2 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดินรายลุ่มน้ำย่อย 4-88

ตารางที่ **หน้าที่**

4.6-3 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดิน รายพื้นที่รับน้ำ 4-91
4.6-4 ปริมาณพื้นที่ (ไร่) ลุ่มน้ำย่อยตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน 4-91
4.6-5 ปริมาณพื้นที่รับน้ำ(ไร่) ตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน 4-93
4.6-6 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดิน รายพื้นที่เพาะปลูก 4-95
4.7-1 รายละเอียดของฝายแต่ละฝายในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-100
4.7-2 อัตราการไหลเฉลี่ย ปริมาณน้ำท่าและ ปริมาณตะกอนที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดาน 4-105
4.8-1 แหล่งน้ำที่ใช้ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ 4-112
4.8-2 ความพอเพียงและคุณภาพน้ำในกิจกรรมด้านต่าง ๆ 4-113
4.8-3 สรุปปัญหาจากการประชุมกลุ่มผู้ใช้น้ำ 4-115
4.9-1 สัดส่วนปริมาณน้ำที่ฝายสามารถนำมาใช้ได้ 4-119
4.9-2 รายละเอียดสถานีวัดน้ำ 4-123
4.9-3 ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ 4-132
4.9-4 ผลการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ช่วงฤดูฝน 4-134
4.9-5 ผลการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ช่วงฤดูแล้ง 4-135
4.9-6 ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย (ฤดูฝน พ.ศ.2564) 4-137
4.10-1 สรุปอัตราการสูบน้ำ จำนวนวันที่ต้องสูบน้ำ และปริมาณน้ำที่ต้องสูบทั้งหมด 4-144

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1-1 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-3
2.1-2 ลักษณะลำน้ำคลองสวนหมาก	2-4
2.1-3 แผนที่แสดง Soil Series ของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-6
2.1-4 แผนที่การแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	2-8
2.1-5 แผนที่แสดงเส้นลำน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-12
2.1-6 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อบาดาลตามศักยภาพน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-14
2.1-7 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมลพิษ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-17
2.1-8 ค่า WQI ณ จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	2-18
2.2-1 สมดุลน้ำในส่วนพื้นดิน (Land phase)	2-23
2.2-2 การทำงานของแบบจำลอง Mike Hydro (BASIN)	2-27
2.2.4-1 แผนผังแสดงแนวทางการคำนวณของแบบจำลอง NAM	2-33
2.2.5-1 กลไกการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ความลาดชันสูง	2-41
3.1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	3-1
3.3-1 รายละเอียดแปลงทดลองตรวจวัดการชะล้างพังทลายของดินที่ตำบลนาบ่อคำ	3-15
4.1-1 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	4-2
4.1-2 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	4-3
4.1-3 กราฟน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และ P.7A	4-4
4.1-4 กราฟการแจกแจงแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปี P.47	4-7
4.1-5 กราฟการแจกแจงแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปี P.26A	4-8
4.1-6 กราฟการแจกแจงแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปี P.7A	4-8
4.1-7 ปริมาณน้ำในช่วงเดือน พ.ค.-ต.ค. และ พ.ย.-เม.ย.	4-11
4.1-8 กราฟน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.47	4-12
4.1-9 กราฟน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.26A	4-12
4.1-10 กราฟน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.7A	4-13

รูปที่ **หน้า**

4.1-11 Flow Duration curve 4-13
4.1-12 กราฟเปรียบเทียบปริมาณฝนราย 10 วันเฉลี่ยของสถานีคลองสวนหมากกับปริมาณน้ำท่าราย 10 วันเฉลี่ยที่สถานี P.47 และสถานี P.26A 4-14
4.1-13 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างฝนและน้ำท่าราย 10 วัน ของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-15
4.1-14 สมดุลน้ำลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-16
4.1-15 สมดุลน้ำลุ่มน้ำคลองสวนหมากฤดูฝนและฤดูแล้ง 4-18
4.1-16 แผนที่พื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง 4-19
4.1-17 แผนที่แสดงตำแหน่งฝายและอ่าง ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-29
4.1-18 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-30
4.1-19 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-31
4.1-20 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีผ่านฝาย ลำน้ำคลองสวนหมากและลำน้ำคลองไพร 4-33
4.1-21 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของฝาย ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-35
4.2-1 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนร้อยละของประเภทการทำการเกษตร 4-37
4.2-2 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของข้าว 4-39
4.2-3 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของอ้อย 4-40
4.2-4 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของมันสำปะหลัง 4-41
4.2-5 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของข้าวโพด 4-42
4.2-6 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยและพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564 4-45
4.2-7 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564 4-46
4.2-8 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะปลูกข้าวและพื้นที่เพาะปลูกข้าวจาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564 4-47

รูปที่ **หน้าที่**

4.2-9 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะมันสำปะหลังและพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังจาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564 4-48
4.3-1 กราฟแสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี 4-50
4.3-2 แผนที่แสดงปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ย 28 ปีของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-51
4.3-3 แผนที่แสดงความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคเฉลี่ยรายปีแต่ละลุ่มน้ำย่อย 4-53
4.3-4 แผนที่แสดงความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมเฉลี่ยรายปีแต่ละลุ่มน้ำย่อย 4-54
4.4-1 ผังแสดงทิศทางการไหลของน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-58
4.4-2 ผังแสดงการเชื่อมโยงแหล่งน้ำกับหน่วยการใช้น้ำต่าง ๆ 4-59
4.4-3 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ชลประทาน 4-63
4.4-4 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่รับประโยชน์ 4-66
4.4-5 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก 4-70
4.4-6 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-79
4.5-1 แสดงแผนที่พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-81
4.5-2 แสดงแผนภูมิโครงข่ายลำน้ำของคลองสวนหมากในแบบจำลองสภาพการไหลเพื่อการจำลองพื้นที่น้ำท่วม 4-82
4.5-3 แสดงแสดงการเปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง กับขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจริง GISTDA ในปี พ.ศ. 2554 4-83
4.6-1 อัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 4-85
4.6-2 อัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยแบ่งตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย 4-87
4.6-3 อัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก โดยแบ่งตามขอบเขตพื้นที่รับน้ำ 4-90

รูปที่	หน้าที่
4.7-1 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าและตะกอนของสถานี P.47	4-97
4.7-2 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าและตะกอนสถานี P.26A	4-98
4.7-3 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าและตะกอนจุดบรรจบแม่น้ำปิง	4-98
4.7-4 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาวของฝายท่ากระดาน	4-101
4.7-5 ตำแหน่งหน้าตัดที่สำรวจเพื่อเปรียบเทียบหน้าตัดก่อนและหลังฤดูฝน	4-103
4.7-6 หน้าตัดคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายหนองปิ้งไก่ก่อนและหลังฤดูฝน	4-104
4.7-7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านฝายกับตะกอนแขวนลอยของฝายคลองสวนหมาก	4-106
4.7-8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านฝายกับตะกอนแขวนลอยของฝายท่ากระดาน	4-106
4.7-9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก	4-107
4.7-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านฝายท่ากระดาน	4-108
7.8-1 การสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่	4-109
7.8-2 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของพื้นที่	4-110
4.9-1 สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ	4-120
4.9-2 สถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ	4-121
4.9-3 ผังการทำงานของระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำตามเวลาจริง	4-125
4.9-4 ระบบการจัดสรรน้ำตามเวลาจริง และตัวอย่างการคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน	4-126
4.9-5 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำผ่านฝายคลองสวนหมาก	4-127
4.9-6 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพร	4-128
4.9-7 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำผ่านฝายหนองปิ้งไก่	4-128
4.9-8 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำผ่านฝายท่ากระดาน	4-129

รูปที่ **หน้าที่**

4.9-9 ผลการพยากรณ์ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพร 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า 4-130
4.9-10 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า 4-130
4.9-11 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายหนองปิ้งไก่ 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า 4-131
4.9-12 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายท่ากระดาน 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า 4-131
4.9-13 ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย (ฤดูฝน พ.ศ.2564) 4-136
4.10-1 กราฟแสดงหลักเกณฑ์ในการจัดการ ปตร.ปลายคลองในโหมดที่ 1.1 1.2 และ 3 4-141
4.10-2 กราฟแสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C ในช่วงที่ต้องมีการสูบน้ำกลับเพื่อรักษาระบบนิเวศที่อัตราการสูบต่าง ๆ 4-144
4.10-3 Flow chart การ Operate ประตูระบายปลายคลอง 4-145

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำย่อยลำดับก่อนสุดท้ายของลุ่มน้ำปิง ซึ่งมีรหัสลุ่มน้ำ 0630 ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของลุ่มน้ำปิง มีพื้นที่ประมาณ 1,213.4 ตารางกิโลเมตร หรือ 758,395 ไร่ พื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำอยู่ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ครอบคลุมพื้นที่ 14 ตำบล ใน 4 อำเภอ คือ ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ต.คลองน้ำไหล ต.สักงาม ต.โป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน ต.คลองแม่ลาย ต.นาบ่อคำ ต.ท่าขุนราม ต.นครชุม ต.ทรงธรรม อ.เมืองกำแพงเพชร ต.เพชรชมภู ต.ลานดอกไม้ตก ต.โกสัมพี อ.โกสัมพีนคร ลุ่มน้ำคลองสวนหมากถือเป็นลุ่มน้ำที่อุดมไปด้วยผืนป่า พื้นที่ป่าตอนบนของลุ่มน้ำอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า และบางส่วนอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสนามเพรียง ลุ่มน้ำคลองสวนหมากจึงมีพื้นที่ป่ามากกว่า 446,619 ไร่ หรือ 58.9% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ แม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำนี้คือคลองสวนหมากซึ่งมีความยาวทั้งสิ้น 110.4 กิโลเมตร เริ่มจากสันเขาสูงในเขต ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้าทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแม่น้ำปิง ไหลผ่านพื้นที่ราบตอนกลางและตอนล่างลงสู่แม่น้ำปิงที่ ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร บริเวณตอนปลายของคลองสวนหมากแม่น้ำแยกเป็นสองสาย สายที่หนึ่งไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดสว่างอารมณ์ และสายที่สองไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดพระบรมธาตุ

ในอดีตช่วงรัชสมัยรัชกาลที่ 5 ลุ่มน้ำคลองสวนหมากถือเป็นแหล่งสำคัญในการทำกิจการที่เกี่ยวกับป่าไม้ เป็นลำน้ำสำคัญที่ใช้เป็นทางล่องซุงออกสู่แม่น้ำปิงและแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นจึงเป็นยุคทองของการทำป่าไม้ทำให้มีผู้อพยพจากทางเหนือมาตั้งถิ่นฐานในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมากพอสมควร ชุมชนสองฝั่งคลองสวนหมากได้มีการสร้างฝายชั่วคราวเพื่อทดน้ำเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูกจากความรู้ดังเดิมที่ได้ทำตามกันมา ปัจจุบันฝายชั่วคราวเหล่านั้นได้ถูกแทนที่ด้วยฝายถาวรที่สร้างโดยหน่วยงานราชการ เช่น กรมชลประทาน และกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งมีจำนวน 6 ฝายในลำน้ำคลองสวนหมากได้แก่ ฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ ฝายนาบ่อคำ และฝายท่ากระดาน จากลักษณะภูมิประเทศที่ลำน้ำคลองสวนหมากไหลจากตะวันตกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แนวคลองพาดผ่านพื้นที่ทางด้านทิศใต้ของลุ่มน้ำประกอบกับพื้นที่ตอนบนและพื้นที่ด้านทิศเหนือส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขา

ที่มีความลาดชันสูง ดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย เมื่อฝนที่ตกมีความเข้มสูง (High Intensity) จะส่งผลให้เกิดปัญหาการกัดเซาะหน้าดิน (Soil Erosion) และพัดพาตะกอน (Sediment Transport) ลงสู่ลำน้ำคลองสวนหมากและลำน้ำสาขา โดยแต่ละปีจะมีตะกอนตกหน้าฝายเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้ฝายแต่ละตัวมีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้น้อยลง และเกิดน้ำไหลล้นตลิ่งในช่วงฤดูน้ำหลาก ถึงแม้ว่าฝายส่วนใหญ่ เช่น ฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายท่าระแนะ ฝายนาบ่อคำ และฝายท่ากระดาน เป็นฝายที่ถูกออกแบบให้มีประตูระบายน้ำเป็นอาคารประกอบของฝายเพื่อช่วยในการระบายน้ำและระบายทราย อย่างไรก็ตามก็ยังมีฝายที่ไม่มีประตูระบายน้ำ เช่น ฝายหนองปิ้งไก่ จึงทำให้ตะกอนไม่สามารถระบายผ่านฝายได้ดีส่งผลให้มีปริมาณตะกอนตกจมบริเวณหน้าฝายเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้ปัญหาการกัดเซาะหน้าดินและการตกตะกอน (Erosion & Sedimentation) หน้าฝายและในลำน้ำ ถือเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางตอนกลางไปทางตอนล่าง โดยมีพื้นที่ประมาณ 267,515 ไร่ พบว่ามีการปลูก ข้าว พืชไร่ ผัก ไม้ผล และทุ่งหญ้า พืชไร่หลักที่สำคัญของลุ่มน้ำคือมันสำปะหลัง อ้อยและข้าวโพด เนื่องจากลุ่มน้ำคลองสวนหมากไม่มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่มีแต่อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และฝาย โดยอ่างเก็บน้ำหลัก 4 อ่างมีความจุรวม 21.15 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น ทำให้สามารถส่งน้ำชลประทานช่วยเหลือการเพาะปลูกได้เพียง 25% ของพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งหากปีใดปริมาณน้ำในอ่างมีไม่เพียงพอ กรมชลประทานจะขอความร่วมมือเกษตรกรไม่ให้ปลูกข้าวนาปรัง แต่จะส่งน้ำสำหรับการปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย เช่น ข้าวโพด ตามปริมาณน้ำต้นทุนที่มีในอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่ามีพื้นที่สำหรับการเลี้ยงสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประมาณ 354 และ 644 ไร่ตามลำดับ ถึงแม้ว่าลุ่มน้ำคลองสวนหมากจะมีพื้นที่ป่าไม้มากกว่า 58.9% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และคลองสวนหมากมีน้ำไหลตลอดปี แต่ช่วงปลายฤดูแล้งมีปริมาณน้ำในลำน้ำน้อย ยิ่งถ้าช่วงฤดูแล้งยาวนานปัญหาการขาดแคลนน้ำจะเพิ่มขึ้น เกษตรกรบางส่วนมีบ่อน้ำหรือสระเก็บน้ำสำรองหรือขุดบ่อน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของตนเอง ปัญหาอีกประการของการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมากคือ การขาดเอกภาพในการจัดบริหารน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำและฝาย เนื่องจากปัจจุบันอ่างเก็บน้ำ 4 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองไพร อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค อันเนื่องมาจากโครงการตามแนวพระราชดำริอยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทานกำแพงเพชร ส่วนอ่างเก็บน้ำหนองกองที่สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท (เดิม) สร้างขึ้น

ปัจจุบันอยู่ในความรับผิดชอบของกรมทรัพยากรน้ำ ส่วนฝายหลักในคลองสวนหมาก 6 ฝาย ประกอบด้วย ฝายคลองสวนหมาก ฝายลำดับในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ฝายท่ากระดานฝายลำดับสุดท้ายของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก อยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทานกำแพงเพชร ส่วนฝายอื่น ๆ อีก 4 ฝายถูกถ่ายโอนให้องค์การปกครองท้องที่ดูแล จากการที่อ่างเก็บน้ำและอาคารหัวงานชลประทานสำคัญของลุ่มน้ำคลองสวนหมากอยู่ในความรับผิดชอบของหลายหน่วยงาน ซึ่งแต่ละหน่วยงานมีวิธีการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและอาคารหัวงานต่างกันออกไปและเป็นเอกเทศต่อกัน ทำให้การบริหารจัดการน้ำขาดประสิทธิภาพ ประกอบกับปัจจุบันระบบเพาะปลูกพืชในพื้นที่ชลประทานมีการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัต ทำให้ยากต่อการคาดเดาการเพาะปลูกของเกษตรกร หลายครั้งเกษตรกรไม่ปลูกพืชตามช่วงเวลาที่กรมชลประทานแนะนำ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการทำนาได้มากกว่าปีละ 1 ครั้ง ส่งผลให้มีช่วงระยะเวลาการปลูกข้าวไม่แน่นอนตามพื้นที่การส่งน้ำของกรมชลประทาน หรือบางครั้งเกษตรกรเปลี่ยนจากรูปแบบการปลูกพืชชนิดเดิมเป็นพืชอย่างอื่น ทำให้การคำนวณความต้องการน้ำของพืชจะผิดไป ทำให้ปริมาณการส่งน้ำของกรมชลประทานก็ผิดพลาดด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าบุคลากรของโครงการชลประทานกำแพงเพชรที่รับผิดชอบดูแลลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีจำนวนจำกัด หากต้องการข้อมูลที่แม่นยำและเป็นปัจจุบันทำได้ยากมาก เช่นการคำนวณค่าความต้องการน้ำของพืชต้องใช้บุคลากรมากในการเก็บข้อมูล เช่นต้องการทราบว่าแต่ละพื้นที่ของโครงการปลูกพืชชนิดใดและปลูกช่วงไหน ซึ่งเป็นการยากมากที่จะได้ข้อมูลทั้งหมดของโครงการที่เป็นปัจจุบัน หากอาศัยข้อมูลในอดีตก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำ

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้ว่าลุ่มน้ำคลองสวนหมากต้องการบริหารจัดการน้ำที่สามารถแก้ปัญหาภัยแล้ง ปัญหาตะกอนและปัญหาน้ำท่วมได้ ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าวต้องใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันร่วมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า และต้องบริหารบุคลากรของโครงการชลประทานกำแพงเพชรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยปัจจุบันพบว่าน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีปริมาณมาก แต่แหล่งเก็บกักน้อย นอกจากนี้ยังไม่สามารถวางแผนการจัดสรรน้ำได้ตามความต้องการใช้น้ำของเกษตรกรในพื้นที่จริงเนื่องจากการขาดข้อมูลในการตัดสินใจ เช่น ปริมาณน้ำต้นทุนที่มี ความต้องการน้ำจริงของเกษตรกร และพื้นที่ ปริมาณ และช่วงเวลาที่เกษตรกรต้องการน้ำจริง ดังนั้นการแก้ปัญหาต้องสร้างระบบที่สามารถประเมินความต้องการใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำต้นทุน และปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลอง

ส่งน้ำสายต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ยังต้องหาแนวทางลดการกัดเซาะหน้าดิน การตกทับถมของตะกอนในลำน้ำ และหาแนวทางป้องกันภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำท่วมซึ่งหากยังคงบริหารจัดการน้ำแบบเดิมจะทำให้ลุ่มน้ำคลองสวนหมากไม่สามารถเป็นลุ่มน้ำต้นแบบได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ระดับลุ่มน้ำย่อยแบบองค์รวมโดยการมีส่วนร่วมของกลุ่มประชาชนและเจ้าหน้าที่ภาครัฐในพื้นที่ โดยทำการตรวจสอบปัญหาจริงในพื้นที่ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในเชิงพื้นที่ เช่น การขาดแคลนน้ำ น้ำท่วม การกัดเซาะหน้าดินและการตกตะกอนในลำน้ำ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี ร่วมกับการลงพื้นที่สำรวจจริง เพื่อจะได้หาวิธีการแก้ปัญหาที่ตรงจุด ในการจำลองจะแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ และจำลองโดยใช้ข้อมูลรายวัน สุดท้ายต้องสร้างระบบฯ ที่ช่วยในการบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยต้องสามารถประเมินความต้องการใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำต้นทุน และปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำสายต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำและเป็นปัจจุบัน ได้แก่ ระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริง (intelligent Water Allocation Scheduling and Monitoring System, iWASAM) ที่งานวิจัยนี้จะได้พัฒนาขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อให้ลุ่มน้ำคลองสวนหมากสามาถพัฒนาขึ้นให้เป็นลุ่มน้ำต้นแบบและแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1. ศึกษาเพื่อหารูปแบบการบริหารจัดการน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาภัยแล้ง
2. ศึกษาสภาพน้ำหลากและพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการน้ำในช่วงภาวะอุทกภัย
3. ศึกษาปริมาณการกัดเซาะหน้าดินและแนวทางการลดการตกตะกอนหน้าฝาย
4. พัฒนากลไกเพื่อจัดสรรน้ำโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน เจ้าหน้าที่รัฐ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ชลประทานตามเวลาจริง

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดของเขตการศึกษาวิจัยไว้ทั้งหมด 3 ปี ตามข้อจำกัดของเวลาและงบประมาณ โดยมุ่งหวังว่าจะพัฒนาให้ลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำต้นแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

งานวิจัยปีที่ที่ 1

- สร้างระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริง (iWASAM)
- สร้างสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติให้สามารถเป็นตัวแทนครอบคลุมทั่งลุ่มน้ำฯ และส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM ได้
- สร้างสถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ โดยติดตั้งในตำแหน่งที่สำคัญและส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM ได้
- สรุปปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา

งานวิจัยปีที่ที่ 2

- ทดสอบระบบ iWASAM โดยนำไปใช้บริหารการส่งน้ำจริงโดยเจ้าหน้าที่กรมชลประทานและนักวิจัยร่วมกัน และต่อยอดระบบให้มี functions การใช้งานเพิ่มขึ้น เช่น ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ และปรับปรุงระบบให้ใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น
- สร้างสถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติเพิ่มเติมและส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM ได้
- สร้างสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติและส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM ได้
- สร้างเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบเพื่อใช้กับการสูบน้ำจากบ่อตื้น
- จัดอบรมการใช้ระบบ iWASAM ให้กับเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน
- จัดอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ให้กับเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน
- สร้างเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำร่วมกับเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน ประชาชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ

งานวิจัยปีที่ 3

- พัฒนาระบบ iWASAM ให้สามารถเตือนภัยน้ำท่วมได้
- เป็นที่ปรึกษาให้กับเจ้าหน้าที่ชลประทานในการใช้ระบบ iWASAM และประเมินผลการใช้งาน

- สร้างสถานีตรวจวัดน้ำและติดตั้งในตำแหน่งที่สำคัญ เพื่อส่งข้อมูลระดับน้ำไปยังระบบเตือนภัยน้ำท่วมซึ่งเป็น function หนึ่งของ iWASAM
- จัดอบรมการใช้ระบบ iWASAM ให้กับเจ้าหน้าที่กรมชลประทานในโครงการชลประทานอื่น ๆ เพื่อต่อยอดงานวิจัย
- จัดอบรมเกี่ยวกับการสร้างสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ให้กับเจ้าหน้าที่ชลประทาน และผู้สนใจทั่วไป
- ทดสอบเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำร่วมกับเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน ประชาชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ได้กำหนดของเขตการศึกษาวิจัยไว้ทั้งหมด 3 ปี ตามข้อจำกัดของเวลาและงบประมาณ ซึ่งคาดว่าจะมีประโยชน์ตามรายละเอียดดังนี้

งานวิจัยปีที่ที่ 1

- ได้ระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริง (iWASAM)
- ได้สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติซึ่งจะส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM นอกจากนี้ หากใครที่ต้องใช้ข้อมูลด้านนี้ก็สามารถเข้ามาดาวน์โหลดข้อมูลไปใช้ได้
- ได้สถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ ซึ่งจะส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM นอกจากนี้ หากใครที่ต้องใช้ข้อมูลด้านนี้ก็สามารถเข้ามาดาวน์โหลดข้อมูลไปใช้ได้
- ได้ทราบถึงปัญหาต่าง ๆ ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก และแนวทางที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำพร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เหล่านั้น

งานวิจัยปีที่ที่ 2

- ได้ระบบ iWASAM ที่สมบูรณ์มากขึ้นโดยสามารใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น นอกจกานี้ยังได้ functions ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำเพิ่มเติม
- ได้สถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติเพิ่มเติม ซึ่งจะส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM นอกจากนี้ หากใครที่ต้องใช้ข้อมูลด้านนี้ก็สามารถเข้ามาดาวน์โหลดข้อมูลไปใช้ได้

- ได้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ ซึ่งจะส่งข้อมูลเข้าระบบ iWASAM นอกจากนี้ หากใครที่ต้องใช้ข้อมูลด้านนี้ก็สามารถเข้ามาดาวน์โหลดข้อมูลไปใช้ได้
- ได้เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบเพื่อใช้กับการสูบน้ำจากบ่อตื้น
- เจ้าหน้าที่กรมชลประทานมีความสามารถในการใช้ระบบ iWASAM ได้เป็นอย่างดี
- เจ้าหน้าที่กรมชลประทานมีความสามารถซ่อมบำรุงรักษาสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ได้
- เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน ตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ มีเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำ เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำได้
-

งานวิจัยปีที่ 3

- มีระบบเตือนภัยน้ำท่วมเพิ่มเติมในระบบ iWASAM ซึ่งจะทำให้ระบบฯ มีความสมบูรณ์มากขึ้น
- ทราบถึงประสิทธิภาพการใช้งาน iWASAM โดยเจ้าหน้าที่ชลประทาน
- ผู้บริหารหรือเจ้าหน้าที่ชลประทานในโครงการชลประทานอื่น ๆ มีความเข้าใจระบบ iWASAM และหากโครงการฯ ใดสนใจก็สามารถตั้งงบประมาณเพื่อสร้างระบบ iWASAM ได้ โดยมีทีมนักวิจัยเป็นพี่เลี้ยง
- เจ้าหน้าที่ชลประทานหรือผู้สนใจอื่น ๆ ที่มีทักษะสามารถสร้างสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ได้
- ทราบข้อดี-ข้อเสีย ของเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำที่นำมาใช้บริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก
- ผู้เข้ามาฝึกอบรมและเรียนรู้การสร้างเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำความรู้ดังกล่าวไปสร้างใช้งานเองได้

บทที่ 2
ข้อมูลทั่วไปของลุ่มน้ำ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

2.1.1 สภาพของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

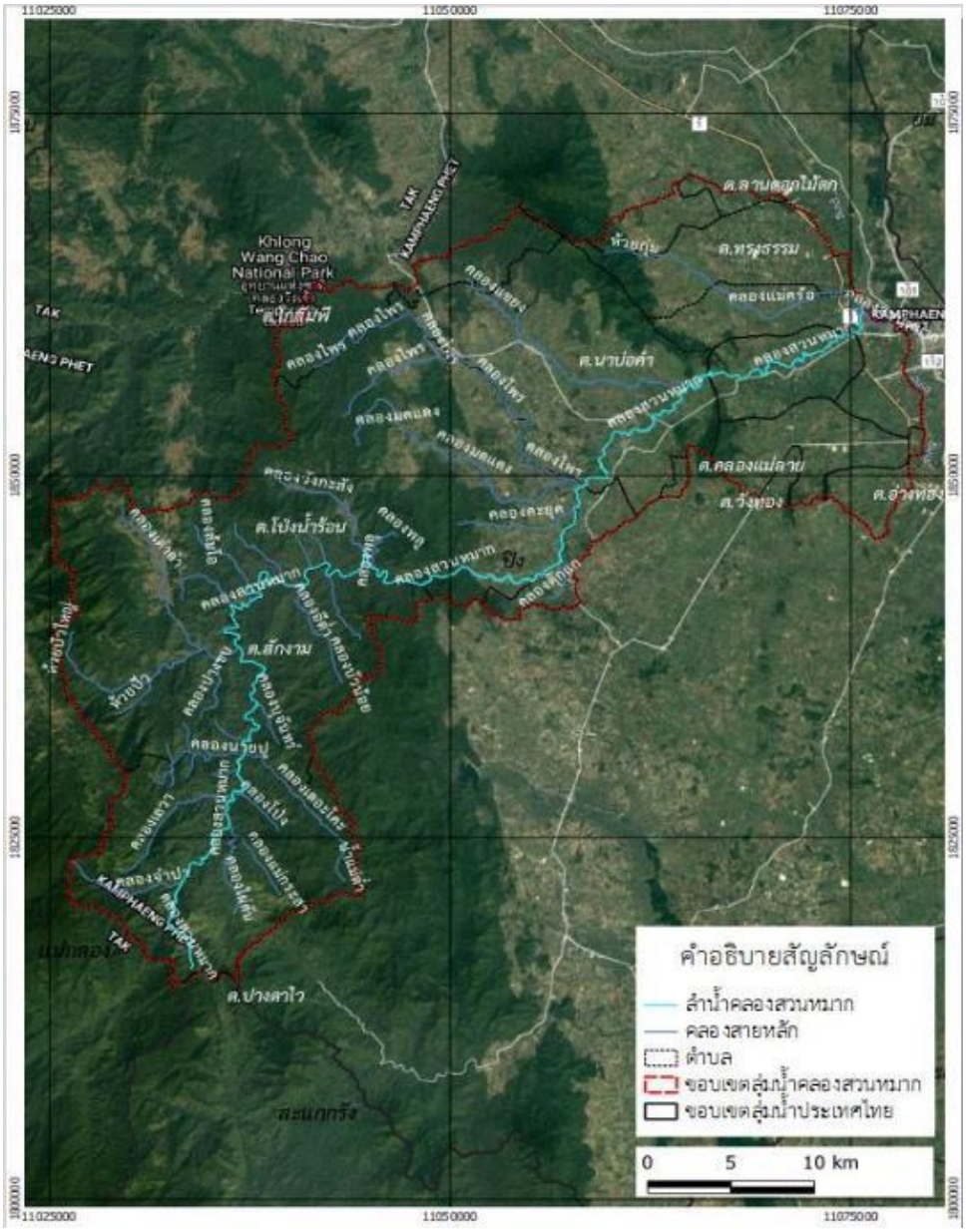
ลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำย่อยลำดับก่อนสุดท้ายของลุ่มน้ำปิง ซึ่งมีรหัสลุ่มน้ำ 0630 มีพื้นที่ประมาณ 1,213.4 ตารางกิโลเมตร หรือ758,395 ไร่ พื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำอยู่ในเขตจังหวัดกำแพงเพชรดังรูปที่ 2.1-1 ลักษณะทางกายภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำที่อุดมด้วยป่าไม้ มีทั้งป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบสมบูรณ์ ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดรอสภาพฟื้นฟู และป่าปลูกสมบูรณ์ พื้นที่ป่าตอนบนของลุ่มน้ำอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า และมีพื้นที่ป่าบางส่วนอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสนามเพรียง รวมแล้วลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีพื้นที่ป่ามากกว่า 446,619 ไร่ หรือ 58.9% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีลำน้ำสาขา 9 สาย ไหลลงสู่แม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำนี้คือคลองสวนหมากซึ่งมีความยาวทั้งสิ้น 110.4 กิโลเมตรเริ่มจากสันเขาสูงในเขต ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้าทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแม่น้ำปิง ไหลผ่านพื้นที่ราบตอนกลางและตอนล่าง ลงสู่แม่น้ำปิงที่ ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร บริเวณตอนปลายของคลองสวนหมาก แม่น้ำจะแยกเป็นสองสาย สายที่หนึ่งไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดสว่างอารมณ์ และสายที่สองไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดพระบรมธาตุ ท้องน้ำมีลักษณะเป็นตะกอนทราย มีความคดเคี้ยวตลอดลำน้ำตามสภาพภูมิประเทศ คลองสวนหมากช่วงต้นและช่วงกลางเป็นทางน้ำที่มีความลาดชันสูงขณะที่ช่วงปลายน้ำระหว่างฝายท่ากระดานและแม่น้ำปิงมีความลาดชันน้อย ความลาดชันของลำน้ำแบ่งได้ 3 ช่วง ดังรูปที่ 2.1-2

ช่วงที่ 1 กม.00+000 ถึง กม.20+000	ความลาดชันท้องน้ำเฉลี่ย 1:25
ช่วงที่ 2 กม.20+000 ถึง กม.70+000	ความลาดชันท้องน้ำเฉลี่ย 1:150
ช่วงที่ 3 กม.70+000 ถึง จุดบรรจบแม่น้ำปิง	ความลาดชันท้องน้ำเฉลี่ย 1:950

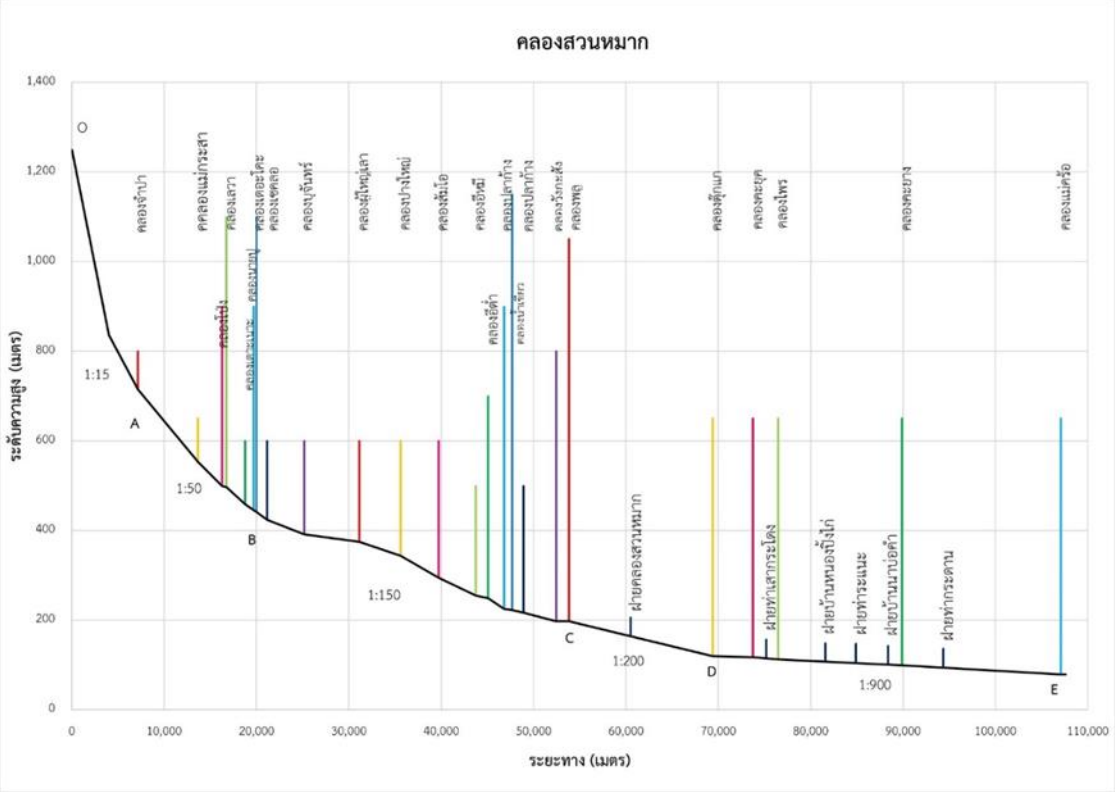
ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีพื้นที่ครอบคลุม 14 ตำบล ใน 4 อำเภอ คือ ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ต.คลองน้ำไหล ต.สักงาม ต.โป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน ต.คลองแม่ลาย ต.นาบ่อคำ ต.ท่าขุนราม ต.นครชุม ต.ทรงธรรม ต.วังทอง ต.อ่างทอง อ.เมืองกำแพงเพชร ต.เพชรชมภู ต.ลานดอกไม้ตก ต.โกสัมพี อ. โกสัมพี

นคร ลักษณะของดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย และฝนที่ตกลงมีความเข้มสูง ส่งผลให้เกิดการกัดเซาะหน้าดินและพัดพาตะกอนลงสู่คลองสวนหมากจำนวนมาก ส่งผลให้ฝายแต่ละตัวมีความสามารถเก็บกักน้ำได้น้อยลง และเกิดน้ำไหลล้นตลิ่งในช่วงฤดูน้ำหลาก ซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางตอนกลางค่อนไปทางตอนล่าง และบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 267,515 ไร่ พืชเพาะปลูกที่สำคัญของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก คือ มันสำปะหลัง อ้อย และข้าวโพด ในขอบเขตลุ่มน้ำคลองสวนหมากประกอบไปด้วยทรัพยากรน้ำผิวดิน ทรัพยากรน้ำใต้ดิน และทรัพยากรน้ำในบรรยากาศ ในหลายรูปแบบ ทั้งในรูปของอ่างเก็บน้ำ ฝายและระบบสูบน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง บ่อน้ำใต้ดิน และมีหลายภาคส่วนการใช้น้ำ ซึ่งสามารถจำแนกการใช้น้ำออกเป็น 7 ภาคส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำออกได้ คือ

1. การใช้น้ำเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน
2. การใช้น้ำเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทาน ซึ่งเกษตรกรต้องหาน้ำมาทำการเพาะปลูกโดยการสูบน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง บ่อน้ำใต้ดิน หรือแหล่งน้ำอื่น ๆ
3. การใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคจากระบบประปาภูมิภาค
4. การใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคจากระบบประปาหมู่บ้าน
5. การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวจากระบบประปาภูมิภาค
6. การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวจากระบบประปาหมู่บ้านหรือระบบแหล่งน้ำอื่น
7. การใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ



รูปที่ 2.1-1 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศลุ่มน้ำคลองสวนหมาก



รูปที่ 2.1-2 ลักษณะลำน้ำคลองสวนหมาก

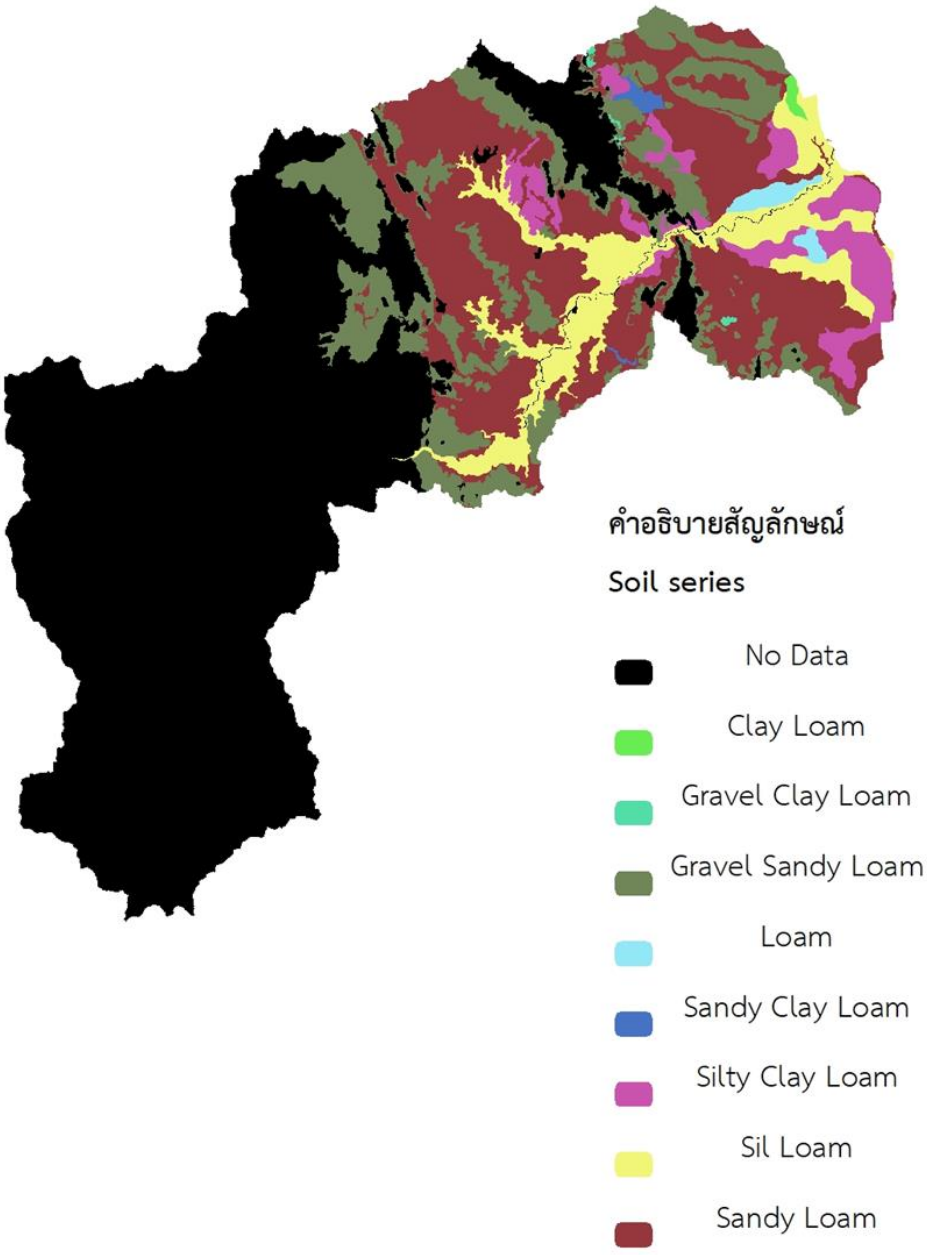
2.1.2 ทรัพยากรดิน

จากการรวบรวมข้อมูล Soil series ของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากส่วนใหญ่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายร่วนร้อยละ 20.34 ของพื้นที่ ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนล่างแสดงดังตารางที่ 2.1-1 และรูปที่ 2.1-3

ตารางที่ 2.1-1 ข้อมูล Soil Series กรมพัฒนาที่ดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ประเภทดิน	อัตราส่วนพื้นที่ (ร้อยละ)
No Data	55.07
Sandy Loam (sl)	20.34
Gravel Sandy Loam (gsl)	12.63
Silt Loam (sil)	6.64
Silty Clay Loam (sicl)	4.25
Loam (l)	0.59
Sandy Clay Loam (scl)	0.26
Clay Loam (cl)	0.13
Gravel Clay Loam (gcl)	0.09

No Data: คือพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล โดยส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในพื้นที่ป่าไม้



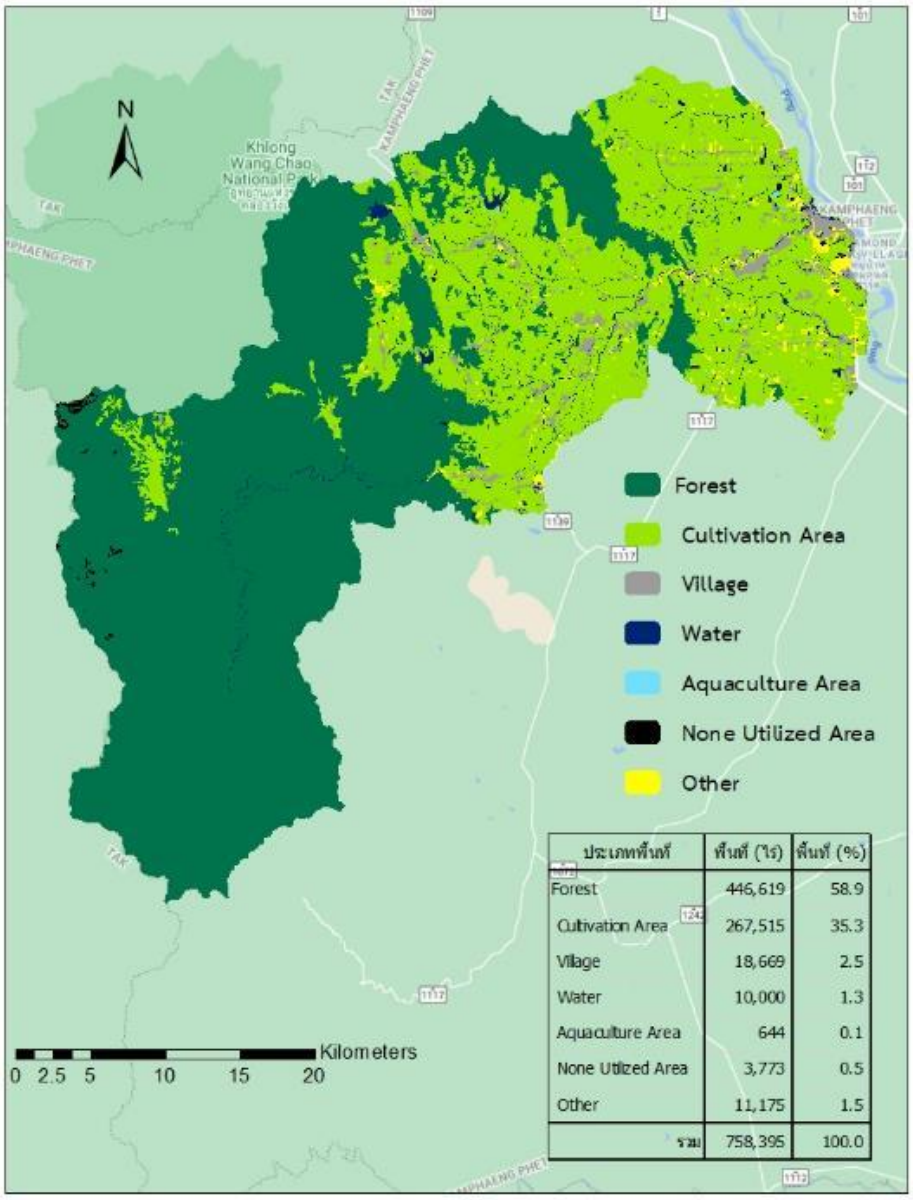
รูปที่ 2.1-3 แผนที่แสดง Soil Series ของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (กรมพัฒนาที่ดิน ,2561)

2.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ได้ทำการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำคลองสวนหมากออกเป็น 5 ประเภทพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ 446,619 ไร่ พื้นที่การเกษตร มีพื้นที่ 267,515 ไร่ พื้นที่หมู่บ้าน มีพื้นที่ 18,669 ไร่ พื้นที่ผิวน้ำ มีพื้นที่ 10,000 ไร่ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีพื้นที่ 644 ไร่ พื้นที่รกร้าง มีพื้นที่ 3,773 ไร่ และพื้นที่อื่น ๆ 11,175 ไร่ แสดงดังรูปที่ 2.1-4 และตารางที่ 2.1-2

ตารางที่ 2.1-2 การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ประเภทพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
ป่าไม้ (Forest)	446,619	58.89
พื้นที่การเกษตร (Cultivation Area)	267,515	35.27
หมู่บ้าน (Village)	18,669	2.47
ผิวน้ำ (Water)	10,000	1.32
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aquaculture Area)	644	0.08
พื้นที่รกร้าง (None Utilized Area)	3,773	0.50
อื่น ๆ (Others)	11,175	1.47
รวม	758,395	100.0



ประเภทพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
Forest	446,619	58.9
Cultivation Area	267,515	35.3
Village	18,669	2.5
Water	10,000	1.3
Aquaculture Area	644	0.1
None Utilized Area	3,773	0.5
Other	11,175	1.5
รวม	758,395	100.0

รูปที่ 2.1-4 แผนที่การแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552)

2.1.4 ทรัพยากรน้ำ

2.1.4.1 อ่างเก็บน้ำ

ในหลายพื้นที่ของลุ่มน้ำคลองสวนหมากมักจะประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในการทำการเกษตรช่วงฤดูแล้งเป็นประจำจึงมีการพัฒนาแหล่งน้ำเป็นอ่างเก็บน้ำ ซึ่งในปัจจุบันลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีอ่างเก็บน้ำ 7 แห่ง แสดงดังตารางที่ **2.1-3**

ตารางที่ 2.1-3 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

อ่างเก็บน้ำ	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)
อ่างเก็บน้ำคลองไพรฯ	7,398.21	14.36
อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง	1,851.90	2.66
อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค	1,184.72	1.19
อ่างเก็บน้ำหนองกอง	1,380.91	2.30
อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก	327.95	0.33
อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก	43.56	0.26
อ่างเก็บน้ำโป่งค่าง	64.61	0.29

จากข้อมูลความจุของอ่างเก็บน้ำที่ได้มาจากทางโครงการชลประทานกำแพงเพชรซึ่งยังขาดข้อมูลความจุของอ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก และอ่างเก็บน้ำโป่งค่าง รวมไปถึงข้อมูลโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำทั้ง 7 อ่าง จึงจำเป็นต้องมีการสร้างโค้งความจุโดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง DEM(Digital Elevation Model) ขนาดความละเอียด 5x5 เมตร สำหรับอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีข้อมูลความจุของอ่างเก็บน้ำจะใช้การเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางดาวเทียมของบริเวณผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำนั้น ซึ่งจากการสร้างโค้งความจุทำให้ได้ความจุของอ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก 0.33 ล้าน ลบ.ม. อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก 0.26 ล้าน ลบ.ม. และอ่างเก็บน้ำโป่งค่าง 0.29 ล้าน ลบ.ม. สำหรับกราฟโค้งความจุของอ่างแสดงในภาคผนวก ก1

2.1.4.2 ฝาย

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีฝายจำนวนทั้งหมด 9 ฝายซึ่งก่อสร้างอยู่ในคลองธรรมชาติ 2 สายได้แก่ คลองสวนหมากจำนวน 6 ฝาย และคลองไพรจำนวน 3 ฝาย ซึ่งคลองทั้ง 2 สายถือว่าเป็นคลองธรรมชาติ

สายหลักของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก เพื่อการวางแผนการบริหารจัดการน้ำในเขตพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ จึงได้จัดทำโค้งระดับ- พื้นที่ผิวน้ำ - ความจุ ฝายทั้ง 9 ฝายในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง DEM(Digital Elevation Model) ขนาดความละเอียด 5x5 เมตร ซึ่งมีความจุของน้ำบริเวณหน้าฝายคิดระดับน้ำและความยาวลำน้ำที่ระดับสันฝาย สำหรับเพื่อใช้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ในฤดูแล้ง ดังแสดงตามตารางที่ 2.1-4 สำหรับกราฟโค้งความจุของฝายแสดงในภาคผนวก ก1

ตารางที่ 2.1-4 ข้อมูลอาคารประเภทฝายในปัจจุบันของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ชื่อฝาย	ลำน้ำ	ตำแหน่งที่ กม.	ความสูงตัวฝาย (เมตร)	ความจุที่ระดับสันฝาย (ลบ.ม.)
ฝายคลองสวนหมาก	คลองสวนหมาก	49+572	4.00	56,371
ฝายท่าเสากระโดง	คลองสวนหมาก	34+871	4.00	544,088
ฝายหนองปิ้งไก่	คลองสวนหมาก	27+773	3.60	323,637
ฝายท่าระแนะ	คลองสวนหมาก	24+220	3.00	104,152
ฝายบ้านนาบ่อคำ	คลองสวนหมาก	20+838	2.50	133,479
ฝายท่ากระดาน	คลองสวนหมาก	14+282	4.50	549,736
ฝายคลองไพรแห่งที่ 1	คลองไพร	24+184	2.70	11,023
ฝายคลองไพรแห่งที่ 2	คลองไพร	22+624	1.70	32,791
ฝายคลองไพรแห่งที่ 3	คลองไพร	16+860	1.90	30,373

2.1.4.3 ประตูระบายน้ำปลายคลองสวนหมาก

ในปัจจุบันเพื่อเป็นการบริหารจัดการแหล่งน้ำบริเวณปลายคลองสวนหมากให้มีปริมาณน้ำไว้ใช้สำหรับการเพาะปลูก และส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมสำหรับชาวตำบลนครชุมซึ่งเป็นเมืองเก่ามีประวัติศาสตร์ กรมชลประทานจึงได้ดำเนินโครงการพัฒนาประตูระบายปลายคลองสวนหมาก คือ ปตร. บ้านสว่างอารมณ์ และ ปตร. วัดพระบรมธาตุ ซึ่งมีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้

ปตร. บ้านสว่างอารามณ์

อาคารชลประทานประเภทประตูระบายน้ำและป้องกันตลิ่งพร้อมสถานีสูบน้ำตั้งอยู่ที่พิกัด 552535 mE. – 1823539 mN. หมู่ 6 บ้านสว่างอาราณ์ ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มีประตู 3 ช่อง ช่องละขนาด 6 x 5 เมตร พร้อมฝายฝายสันมน (โอกี) ด้านข้าง สองข้าง ความยาวประมาณ 43.2 เมตร สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 3 ลบ.ม./วินาที จำนวน 2 เครื่อง

ปตร.วัดพระบรมธาตุ

อาคารชลประทานประเภทประตูระบายน้ำพร้อมสถานีสูบน้ำตั้งอยู่ที่พิกัด 554810 mE. – 1822036 mN. ตำบลนครชุม อำเภอเมื่อง จังหวัดกำแพงเพชร มีประตู 3 ช่อง ช่องละขนาด 6 x 5เมตร สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 3 ลบ.ม./วินาที จำนวน 2 เครื่อง

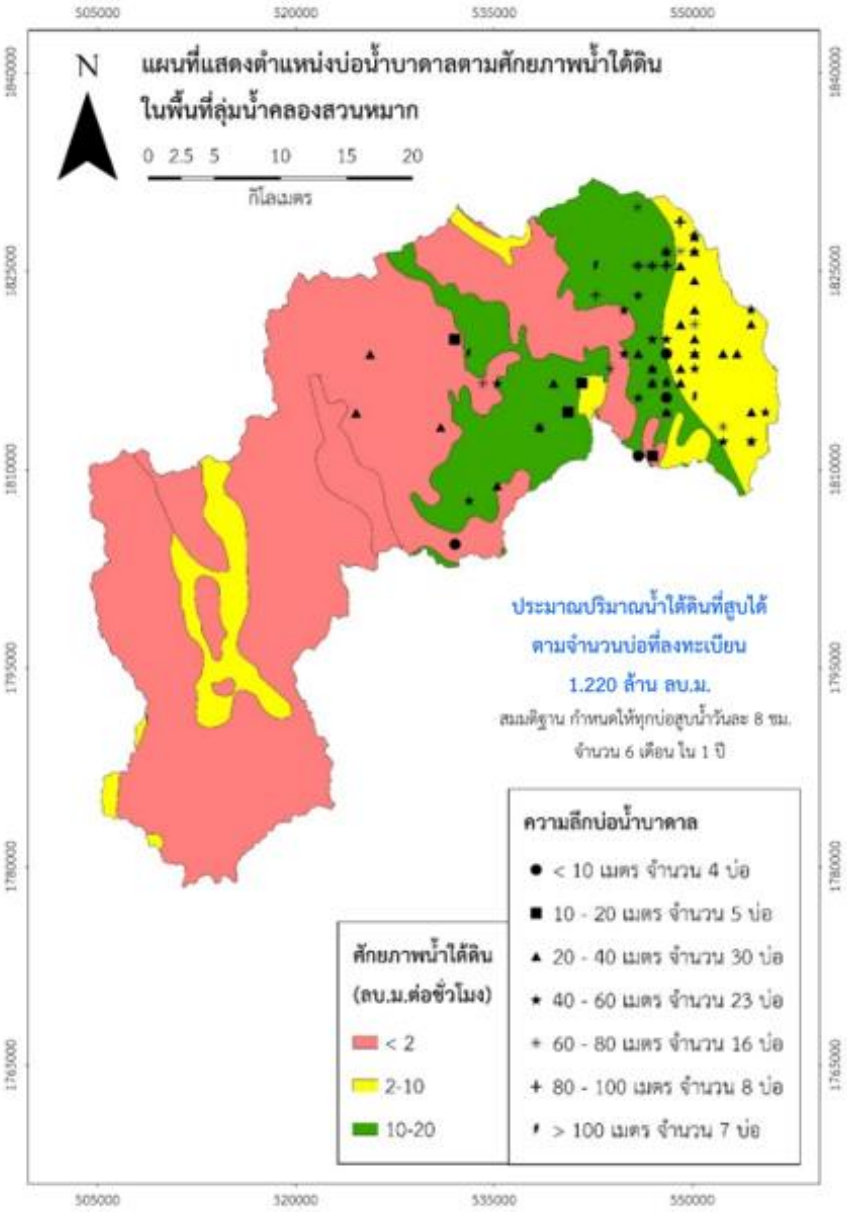
2.1.4.4 ระบบลำน้ำ

ลำน้ำคลองสวนหมากประกอบด้วยลำน้ำสาขาย่อยที่ไหลลงมารวมกันยังลำน้ำคลองสวนหมาก แสดงดังรูปที่ 2.1-5 ซึ่งลำน้ำที่ไหลลงสู่คลองสวนหมากประกอบไปด้วย คลองไผ่ตัน คลองลาวา คลองโป่ง คลองนายภู คลองเดอะโคะ คลองห้วยปั๊วใหญ่ คลองเต่าดำ คลองอีหมี คลองอีตุ่ม คลองวังกะสัง คลองมดแดง คลองไพร คลองคะยาง คลองแม่คร้อ และมีคลองแม่ลายที่รับน้ำจากคลองสวนหมากบริเวณด้านเหนือน้ำฝั่งขวาของฝายท่ากระดานแล้วไหลลงยังแม่น้ำปิง

รูปที่ 2.1-5 แผนที่แสดงเส้นลำน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

2.1.4.5 น้ำใต้ดิน

จากการศึกษาศักยภาพน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลทั้งสิ้น 93 บ่อ แบ่งเป็น บ่อน้ำบาดาลความลึกต่ำกว่า 10 เมตร จำนวน 4 บ่อ บ่อน้ำบาดาลความลึก 10-20 เมตร จำนวน 5 บ่อ บ่อน้ำบาดาลความลึก 20-40 เมตร จำนวน 30 บ่อ บ่อน้ำบาดาลความลึก 40-60 เมตร จำนวน 23 บ่อ บ่อน้ำบาดาลความลึก 60-80 เมตร จำนวน 16 บ่อ บ่อน้ำบาดาลความลึก 80-100 เมตร จำนวน 8 บ่อ และบ่อน้ำบาดาลความลึกสูงกว่า 100 เมตร จำนวน 7 บ่อ บ่อน้ำบาดาลบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีศักยภาพน้ำใต้ดินระหว่าง 2-10 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง ทางตอนกลางของลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีศักยภาพน้ำใต้ดินตั้งแต่ 10-20 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง และทางตอนบนของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก มีศักยภาพต่ำกว่า 2 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง บ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ทางตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยมีความลึกตั้งแต่ 20-60 เมตร มีปริมาณน้ำใต้ดินที่สามารถสูบมาใช้งานได้ตามจำนวนบ่อที่ลงทะเบียนประมาณ 1,220 ล้าน ลบ.ม. แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2.1-6



รูปที่ 2.1-6 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อบาดาลตามศักยภาพน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2561)

2.1.5 คุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

2.1.5.1 การประเมินคุณภาพน้ำโดยเกณฑ์คุณภาพน้ำ WQI

การประเมินคุณภาพน้ำของประเทศไทยจะใช้เกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index: WQI) เป็นเกณฑ์หนึ่งที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงสถานการณ์ของแหล่งน้ำ ณ บริเวณหนึ่ง ๆ ณ เวลาหนึ่งๆ โดยการพิจารณาด้วยเกณฑ์ WQI จะเป็นการณ์พิจารณาพารามิเตอร์จำนวน 5 พารามิเตอร์ร่วมกัน โดยกรมควบคุมมลพิษได้มีการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการพิจารณาดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการคำนวณค่า WQI ดังนี้

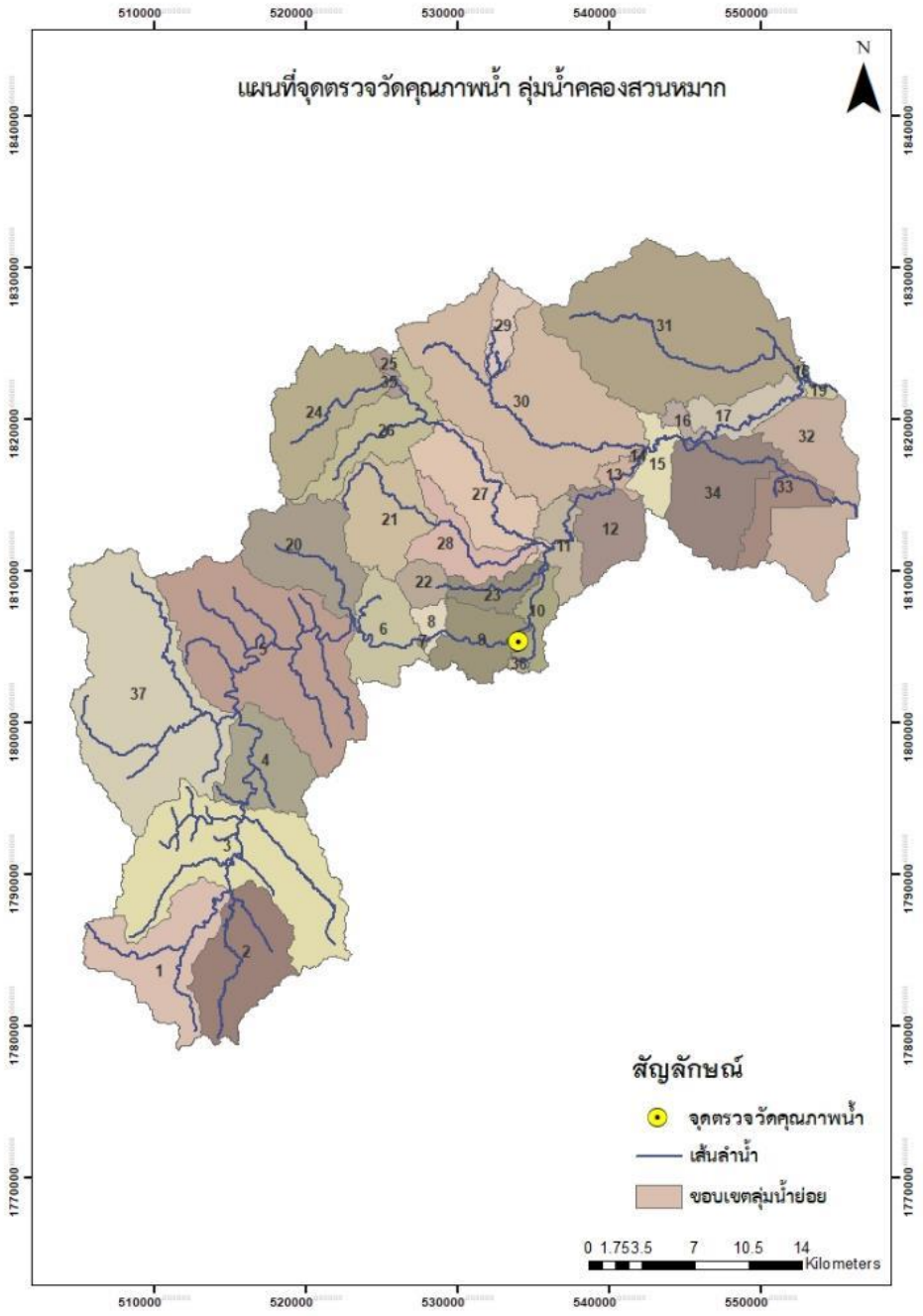
- ออกซิเจนละลาย (DO) : ใช้บ่งชี้ความเหมาะสมในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทั่วไป
- ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) : ใช้บ่งชี้ความสกปรกของแหล่งน้ำ ซึ่งแหล่งกำเนิดน้ำเสียส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการเกษตร อุตสาหกรรม และชุมชน
- แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) : ใช้บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มจากธรรมชาติ โดยจะวิเคราะห์ร่วมกับ FCB
- แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) : ใช้บ่งชี้การปนเปื้อนของกลุ่มฟีคอลโคลีฟอร์มจากสิ่งขับถ่ายในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งมีแหล่งกำเนิดน้ำเสียหลักมาจากชุมชน และปศุสัตว์
- แอมโมเนีย (NH_3) บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนที่เกิดจากกิจกรรมจากชุมชนและการเกษตรเป็นหลัก ได้แก่ การขับถ่าย ปุ๋ยจากการเกษตร หรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

ผลจากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 5 พารามิเตอร์ข้างต้นจะได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของคะแนน โดยได้มีการกำหนดช่วงคะแนนเพื่อบ่งบอกถึงสภาพของลักษณะแหล่งน้ำนั้น ๆออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่

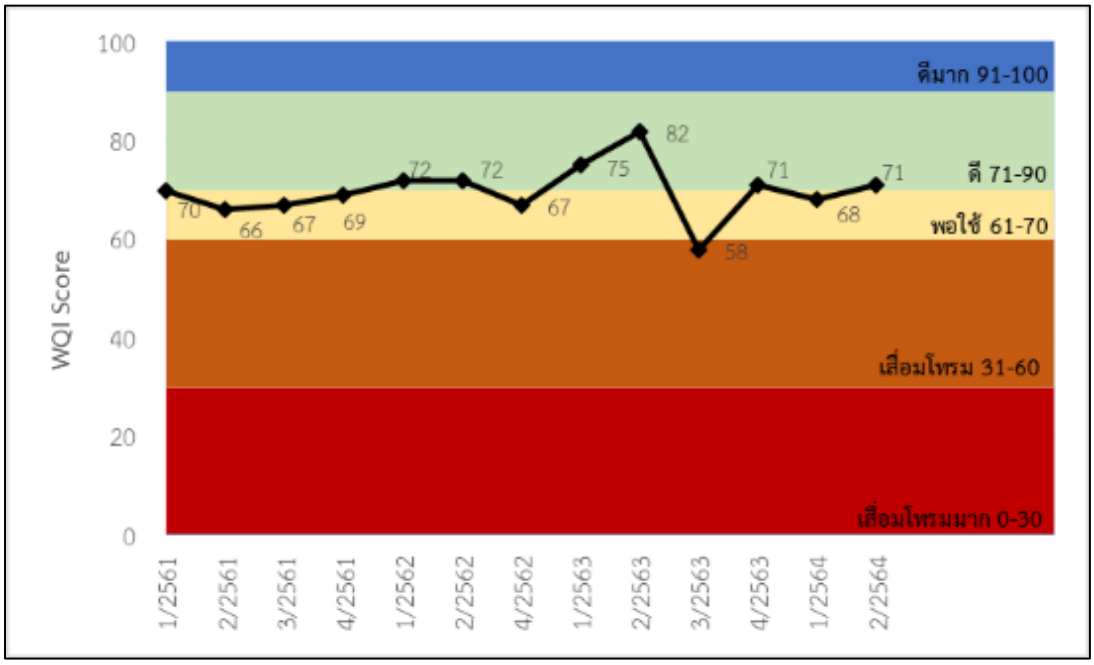
- **เสื่อมโทรมมาก** ช่วงคะแนน WQI: 0-30
- **เสื่อมโทรม** ช่วงคะแนน WQI: 31-60
- **พอใช้** ช่วงคะแนน WQI: 61-70
- **ดี** ช่วงคะแนน WQI: 71-90
- **ดีมาก** ช่วงคะแนน WQI: 91-100

2.1.5.2 คุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

จากการตรวจสอบข้อมูลทางด้านคุณภาพน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากพบว่าสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4 ร่วมกับกรมควบคุมมลพิษได้มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ บริเวณ หมู่ที่ 5 ต. ลักงาม อ.คลองลาน จ.กำแพงเพชร (รูปที่ 2.1-7) โดยได้ทำการตรวจวัดรายไตรมาสปีละ 4 ครั้งในจุดเดิม เพื่อประเมินถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ จุดดังกล่าวตั้งแต่ปี 2561-2563 พบว่าคุณภาพน้ำ ณ บริเวณจุดตรวจวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ถึงดี มีเพียง 1 ครั้ง คือในช่วงเดือนพฤษภาคม 2563 (ไตรมาสที่ 3/2563) พบว่าคุณภาพน้ำ ณ บริเวณดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม โดยมีค่าของ WQI เท่ากับ 58 คะแนน ค่าคะแนน WQI ของปี 2561-2563 ในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 2.1-8 ซึ่งผลจากการตรวจวัดครั้งล่าสุด (12 พฤษภาคม 2564) พบว่าค่า DO มีค่าเท่ากับ 5.0 mg/l BOD มีค่าเท่ากับ 0.8 mg/l TCB และ FCB มีค่าเท่ากับ 5,400 และ 460 MPN/100 ml และ NH3-N มีค่าเท่ากับ 0.02 mg/l



รูปที่ 2.1-7 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมลพิษ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก



รูปที่ 2.1-8 ค่า WQI ณ จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

2.1.6 เศรษฐกิจและสังคม

2.1.6.1 การปกครองและประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

พื้นที่ศึกษามีทั้งหมด 83 หมู่บ้าน จาก 14 ตำบล และ 4 อำเภอ (ตารางที่ 2.4-2) มีการปกครองระดับท้องถิ่นได้แก่องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) คือ อบต.โป่งน้ำร้อน อบต.สักงาม อบต.นาบ่อคำ อบต.ท่าขุนราม อบต.นครชุม และเขตเทศบาลนครชุม จากการรวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรจากองค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากปีพ.ศ.2563 ซึ่งแสดงเป็นจำนวนประชากรชาย จำนวนประชากรหญิง และจำนวนครัวเรือนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตามข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบลในลุ่มน้ำคลองสวนหมากดังตารางที่ 2.4-1 โดยพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 65,104 คน แยกเป็นประชากรชาย 32,515 คน ประชากรหญิง 32,589 คน และจำนวนครัวเรือน 22,763 ครัวเรือน

จำนวนประชากรรายหมู่บ้านที่มีพื้นที่อยู่ในขอบเขตลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จำนวน 14 ตำบล ประกอบด้วย ตำบลคลองแม่ลาย จำนวน 6 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 2,555 คน ตำบลอ่างทอง จำนวน 2 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 768 คน ตำบลวังทอง จำนวน 2 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 851 คน ตำบลทรงธรรม จำนวน 10 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 5,541 คน ตำบลนาบ่อคำ จำนวน 25 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 20,545 คน ตำบลนครชุม จำนวน 13 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 10,303 คน ตำบลท่าขุนราม จำนวน 13 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 9,049 คน ตำบลสักงาม จำนวน 2 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 3,351 คน ตำบลคลองน้ำไหล ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ในขอบเขตลุ่มน้ำฯ ตำบลโป่งน้ำร้อน จำนวน 10 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 9,535 คน ตำบลโกสัมพี จำนวน 1 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 523 คน ตำบลเพชรชมภู จำนวน 2 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 1,190 คน ตำบลลานดอกไม้ตก จำนวน 1 หมู่บ้าน มีประชากรอาศัยอยู่ 893 คน และตำบลปางตาไว ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ในขอบเขตลุ่มน้ำ รายละเอียดในภาคผนวก ก2

2.1.6.2 โครงสร้างทางการเกษตร

ประชาชนส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำคลองสวนหมากประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งปลูกพืชเศรษฐกิจตามสภาพความเหมาะสมของพื้นที่ โดยมีพืชเศรษฐกิจหลัก ๆ ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด ข้าว เป็นต้น จากผลการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า จากพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดของลุ่มน้ำคือ 267,515 ไร่

เกษตรกรนิยมปลูกมันสำปะหลัง คิดเป็นพื้นที่ 135,139 ไร่ (ร้อยละ 50.5), อ้อย 63,335 ไร่ (ร้อยละ 23.7), ข้าว 41,700 ไร่ (ร้อยละ 15.6), ข้าวโพด 9,410 ไร่ (ร้อยละ 3.5), ยางพารา 7,887 ไร่ (ร้อยละ 2.9), ผลไม้ 7,371 ไร่ (ร้อยละ 2.8), ปาล์มน้ำมัน 1,300 ไร่ (ร้อยละ 0.5) ไม้ยืนต้น 1,293 ไร่ (ร้อยละ 0.5) และพืชผักอีกเล็กน้อย นอกจากนี้ประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีการประกอบอาชีพทำการประมงน้ำจืด และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพอสมควรโดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอเมืองกำแพงเพชร เนื่องจากมีแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ทำการประมงสำหรับการอุปโภคในครัวเรือน และมีการจำหน่ายบ้างบางส่วน และมี ประชากรบางครัวเรือนยังมีการเลี้ยงสัตว์เพื่อการใช้งาน บริโภค และเพื่อเป็นรายได้เสริม โดยเฉพาะการเลี้ยงไก่ เป็ด สุกร และโค

2.1.6.3 การอุตสาหกรรม

จากการศึกษาข้อมูลด้านอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พบว่า ประชากรในพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรมเป็นหลัก จึงส่งผลให้มีการประกอบอาชีพทางด้านอุตสาหกรรมเพียงเล็กน้อย โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากทั้งสิ้น 47 โรงงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการเกษตร เช่น โรงสีข้าว อุตสาหกรรมเพื่อการแปรรูปอาหาร เป็นต้น

2.2 ทฤษฎี

2.2.1 แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นแบบจำลองทางด้านอุทกวิทยาในรูปแบบของ Physically based model ถูกพัฒนาขึ้นโดย USDA Agricultural Research Service (ARS) เพื่อประเมินผลกระทบจากลักษณะสภาพของพื้นที่ เช่น การจัดการที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชันของพื้นที่ ลักษณะดินที่มีความหลากหลาย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านสภาพอากาศ ที่ส่งผลต่อลักษณะอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำ แบบจำลอง SWAT สามารถประยุกต์ใช้ได้กับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะสภาพไม่ซับซ้อน จนถึงลักษณะของพื้นที่ที่มีความซับซ้อนสูง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและมีการจัดการพื้นที่ที่มีความหลากหลาย เนื่องจากลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อนระดับหนึ่งจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทชุดดินและระดับความลาดชันที่มีความหลากหลาย ซึ่งการนำแบบจำลอง SWAT มาประยุกต์ใช้จะสามารถประเมินประมาณน้ำท่า สมดุลน้ำ และปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบจำลอง SWAT ได้แบ่งกระบวนการคำนวณออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนพื้นดิน (Land Phase) และส่วนลำน้ำ (Routing Phase) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

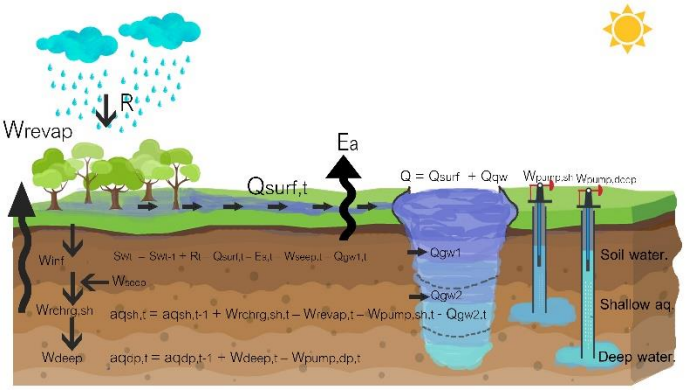
1) ส่วนพื้นดิน (Land phase) เป็นกระบวนการคำนวณโดยใช้หลักการของสมดุลน้ำ (Water Balance) ซึ่งจะประเมินถึงปริมาณน้ำ ตะกอน รวมถึงสารเคมีต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาที่ลงสู่แหล่งน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยมีสมการหลักสมดุลน้ำเพื่อคำนวณถึงปริมาณน้ำสุดท้ายที่คงเหลือในดินดังนี้

$$SW_t = SW_{t-1} + (R - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_r) \quad (2.2\text{-}1)$$

โดยที่ SW_t คือปริมาณน้ำสุดท้ายที่คงเหลืออยู่ในดิน (มิลลิเมตร), t คือช่วงเวลา (วัน) SW_{t-1} คือปริมาณน้ำเริ่มต้นที่อยู่ในดิน ของวันที่ i (มิลลิเมตร), R คือ ปริมาณน้ำฝนของวันที่ t (มิลลิเมตร), Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำผิวดินของวันที่ t (มิลลิเมตร), E_a คือปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยและการคายน้ำของพืชของวันที่ t (มิลลิเมตร), W_{seep} คือปริมาณน้ำที่สูญเสียออกจากหน้าตัดดิน Soil Profile ของวันที่ t (มิลลิเมตร), Q_r คือ ปริมาณน้ำเหลือใช้ของวันที่ t (มิลลิเมตร), t วันที่ทำการคำนวณ

จากสมการที่ 2.2-1 ปริมาณฝนที่ใช้ในการคำนวณมาจากการเก็บข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นระยะเวลายาวนาน สำหรับปริมาณน้ำผิวดินที่เกิดขึ้น SWAT มีการคำนวณ 2 วิธีได้แก่ SCS Curve Number Method และ Green & Amp Infiltration Method ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการคำนวณ SCS Curve Number Method นอกจากนั้นการประเมินปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยและการคายน้ำของพืช โดย SWAT จะคำนวณการระเหยจากบริเวณพื้นที่เก็บน้ำรวมถึงการระเหยจากพื้นดินและการคายระเหยของพืช SWAT สามารถคำนวณการคายระเหยของสูงสุดโดยมีวิธีการคำนวณ 3 วิธีได้แก่ Hargreaves Method, Priestley-Taylor Method และ Penman-Monteith Method สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ Penman-Monteith Method

จากสมการสมดุลน้ำแสดงดังสมการที่ 2.2-1 สามารถแสดงรายละเอียดของปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังรูปที่ 2.2.1-1 ซึ่งปริมาณน้ำที่ยังคงเหลืออยู่ในชั้นใต้ดินและที่ได้รับจากฝนส่วนหนึ่งจะซึมลงดิน ส่วนหนึ่งจะระเหยกลับขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศ และส่วนหนึ่งจะเกิดเป็นน้ำท่าไหลลงสู่ลำน้ำ สำหรับน้ำที่ลงสู่ชั้นใต้ดินจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้น (Shallow Aquifer) และชั้นน้ำใต้ดินระดับลึก (Deep Aquifer) สมการที่ 2.2-2 และสมการที่ 2.2-3 แสดงสมดุลน้ำที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำระดับตื้นและชั้นน้ำระดับลึก



รูปที่ 2.2-1 สมดุลน้ำในส่วนพื้นดิน (Land phase)

$$aq_{sh,i} = aq_{sh,i-1} + w_{rchrg,sh} - Q_{gw} - w_{revap} - w_{pump,sh} \quad (2.2\text{-}2)$$

โดยที่ $aq_{sh,i}$ และ $aq_{sh,i-1}$ คือปริมาณน้ำที่อยู่ในชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้นในช่วงเวลาวันที่ i และวันก่อนหน้า (i-1) $w_{rchrg,sh}$ คือปริมาณน้ำจากชั้นดินด้านบนที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้น Q_{gw} คือปริมาณการไหลพื้นฐาน (Base Flow) w_{revap} คือปริมาณน้ำที่ไหลกลับไปยังชั้นดินด้านบน และ $w_{pump,sh}$ คือปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกจากชั้นดินระดับตื้นโดยการใช้ปั๊ม

$$aq_{dp,i} = aq_{dp,i-1} + w_{deep} - w_{pump,dp} \quad (2.2\text{-}3)$$

โดยที่ $aq_{sh,i}$ และ $aq_{dp,i-1}$ คือปริมาณน้ำที่อยู่ในชั้นน้ำใต้ดินระดับลึกในช่วงเวลาวันที่ i และวันก่อนหน้า (i-1) w_{deep} คือปริมาณน้ำจากชั้นดินระดับตื้นซึมผ่านดินลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินระดับลึก และ $w_{pump,dp}$ คือปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกจากชั้นดินระดับลึกโดยการใช้ปั๊ม

2) ส่วนลำน้ำ (Routing phase) เมื่อ SWAT ประเมินปริมาณน้ำจากส่วนพื้นดินที่ไหลลงสู่ลำน้ำเสร็จสิ้น SWAT จะประเมินการเคลื่อนที่ของน้ำในลำน้ำโดยพิจารณาจากการสูญเสียน้ำที่อาจเกิดขึ้นในลำน้ำทั้งจากการระเหย การซึมของน้ำลงดินจากบริเวณท้องน้ำ (Transmission Loss) หรือการดึงนำเพื่อนำไปใช้เพื่อการเกษตรและการอุปโภคบริโภค นอกจากนั้นแบบจำลองยังคำนึงถึงปริมาณน้ำที่อาจเพิ่งขึ้นจากการที่ฝนตกในลำน้ำโดยตรง SWAT คำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำโดยใช้สมการ Variable Storage Coefficient Method พัฒนาโดย Williams (1969) หรือ Muskingkum Routing method

2.2.2 แบบจำลอง Mike-Hydro (Basin)

แบบจำลอง Mike hydro (BASIN) เป็นแบบจำลองด้านการบริหารจัดการน้ำสามารถศึกษาวิเคราะห์ระบบแหล่งน้ำที่ประกอบด้วย โครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่หลากหลายประเภท นโยบายการบริหารจัดการน้ำอย่างอิสระในแต่ละพื้นที่ และการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ โดยมีฟังก์ชันประกอบสำคัญ 4 ฟังก์ชัน ดังนี้

1) ฟังก์ชันการต่อเชื่อม (Connection) เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างจุดที่มีการนำน้ำไปใช้กับผู้ใช้น้ำ หรือระหว่างจุดที่ผู้ใช้น้ำเชื่อมต่อกับพื้นที่ที่รับน้ำกลับจากพื้นที่ใช้น้ำไหลลงสู่ลำน้ำ (return flow) การเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าวจะสามารถกำหนดสิทธิลำดับการรับน้ำ

2) ฟังก์ชันลำน้ำ (River Segments) เป็นเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดบนลำน้ำ โดยสามารถจำลองการเคลื่อนตัวของลำน้ำได้ (Routing) ความจุลำน้ำ และค่าการระเหยของลำน้ำ

3) ฟังก์ชันจุด (Node) เป็นจุดแสดงแสดงตำแหน่งของกิจกรรมการใช้น้ำด้านต่าง ๆ สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้ 1.กิจกรรมการใช้น้ำสัญลักษณ์รูปบ้านสีส้ม ข้อมูลนำเข้าได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการเกษตร การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ และการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำ 2.โครงการพัฒนาแหล่งน้ำสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมสีฟ้า ข้อมูลนำเข้าได้แก่ การบริหารจัดการโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ การจัดอันดับความสำคัญก่อน หรือหลังของกิจกรรมการใช้น้ำ

4) ฟังก์ชัน อ่างเก็บน้ำ (Standard Reservoir) กลุ่มผู้ใช้น้ำทุกกลุ่ม สามารถใช้น้ำได้จากปริมาตรเก็บกักเดียวกัน และเกณฑ์การปล่อยน้ำจะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ทั้งหมด โดยแบ่งปริมาตรเก็บกักออกได้เป็น 4 โซน ได้แก่ 1)โซนป้องกันน้ำท่วม (Flood Control Zone) เป็นบัฟเฟอร์โซนรองรับปริมาณน้ำหลาก การปล่อยน้ำในโซนนี้สามารถปล่อยได้สูงสุดเท่ากับปริมาณน้ำสูงสุดที่ลำน้ำรับได้ 2)โซนการเก็บกักปกติ (Normal Operating Zone) เป็นโซนที่สามารถปล่อยน้ำได้ตามความต้องการของกลุ่มผู้ใช้น้ำ 3)โซนการลดปริมาณการปล่อยน้ำ (Reduced Operating Zone) เป็นโซนที่เริ่มมีการลดปริมาณการปล่อยน้ำให้ผู้ใช้น้ำ 4)โซนรักษาระบบนิเวศวิทยาท้ายน้ำ (Conservation Zone) ปล่อยน้ำเพียงเพื่อเลี้ยงลำน้ำเดิมหรือเท่ากับความต้องการน้ำต่ำสุดเพื่อการรักษาระบบนิเวศวิทยาท้ายน้ำ และ5) โซนปริมาตรเก็บกักสูญเปล่า (Dead Storage) ซึ่งเป็นโซนที่ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้ ลักษณะ

การเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.2-2 โดยแบบจำลอง Mike Hydro (BASIN) ใช้สมการวิเคราะห์สมดุลน้ำ ดังสมการที่ 2.2-4 ถึงสมการที่ 2.2-10

กรณีมีอ่างเก็บน้ำ

$$S_t = S_{t-1} + V_{int} - R_t - L_t - V_{min,t} \quad (2.2\text{-}4)$$

$$AW_t = S_{t-1} + V_{int} - L_t - V_{min,t} \quad (2.2\text{-}5)$$

$$AW'_t = AW_t - (DdS_t + Dirr_t) \quad (2.2\text{-}6)$$

กรณีไม่มีอ่างเก็บน้ำ

$$AW_t = V_t - V_{min,t} \quad (2.2\text{-}7)$$

ค่า R_t คือค่าปริมาณการระเหยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เป็นตัวแปรที่ตัดสินใจ (Decision Variable) ว่าจะระเหยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเท่ากับ น้อยกว่า หรือมากกว่าความต้องการน้ำ

ทั้งนี้ค่า R_t จะขึ้นอยู่กับค่า AW'_t การตัดสินใจระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ

Case 1 If $AW'_t > URC_t$

$$R_t = DdS_t + Dirr_t + (AW'_t - URC_t) \leq Qmax \quad (2.2\text{-}8)$$

Case 2 If $LRC_t < AW'_t < URC_t$

$$R_t = DdS_t + Dirr_t \quad (2.2\text{-}9)$$

Case 3*If $AW'_t < LRC_t$

$$R_t = DdS_t + Dirr_t + (AW'_t - LRC_t) \quad (2.2\text{-}10)$$

เมื่อ S_t = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

S_{t-1} = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา t - 1 (ล้าน ลบ.ม./วัน)

V_{int} = ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

R_t = ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

DdS_t = ปริมาณน้ำที่ส่งเพื่อการอุปโภคบริโภคและอื่น ๆ ในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

$Dirr_t$ = ปริมาณน้ำส่งเพื่อการชลประทานในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

$V_{min,t}$ = ปริมาณน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

L_t = ปริมาณน้ำสูญเสียของอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

URC_t = โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เส้นบนที่เวลา t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

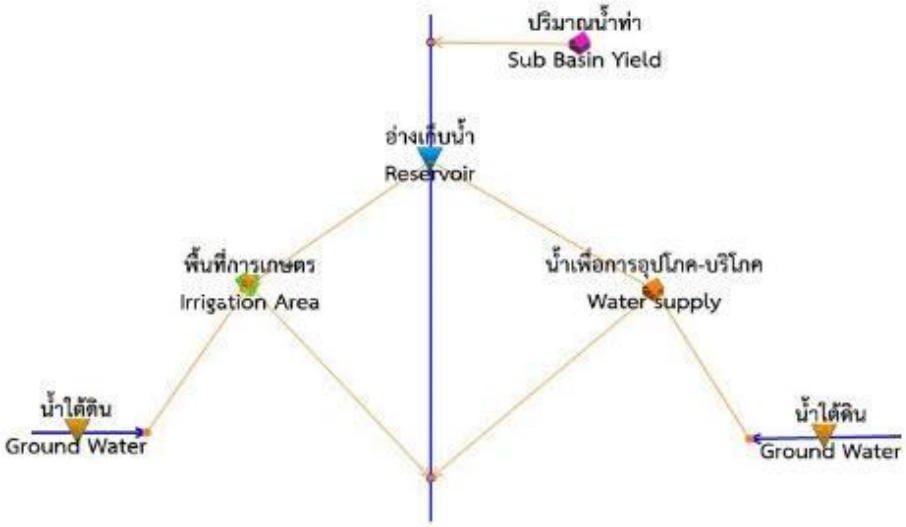
LRC_t = โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เส้นล่างที่เวลา t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

V_t = ปริมาณน้ำที่ไหลของน้ำแม่น้ำในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

AW_t = ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะสามารถนำไปใช้ได้ (ผันหรือสูบจากแม่น้ำ) ในช่วงเวลา t - 1 ถึง t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

AW'_t = ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะเหลือที่เวลา t (ล้าน ลบ.ม./วัน)

หมายเหตุ * หมายถึง การระบายน้ำน้อยกว่าความต้องการและจะเกิดการขาดแคลนน้ำ



รูปที่ 2.2-2 การทำงานของแบบจำลอง Mike Hydro (BASIN)

2.2.3 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT-Mike Hydro (Basin)

2.2.3.1 การเรียบเรียงข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง สามารถจำแนกกระบวนการดังกล่าวออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ 1. การเรียบเรียงข้อมูลสำหรับแบบจำลอง SWAT สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำใต้ดิน และ 2. การเรียบเรียงข้อมูลสำหรับแบบจำลอง Mike Hydro (Basin) สำหรับการประเมินสมดุลน้ำของระบบลุ่มน้ำ และแผนผังระบบลุ่มน้ำภายใต้การบริหารจัดการน้ำ โดยมีรายละเอียดของกระบวนการดังต่อไปนี้

(1) การเรียบเรียงข้อมูลสำหรับแบบจำลอง SWAT

ข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย

1) ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) ความลาดชัน (Slope) เส้นลำน้ำ (Stream Line) และทิศทางการไหล (Flow direction) ข้อมูลชุดดิน (Soil Group) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use)

2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data) ได้แก่ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยสมการของ Penman-Monteith อาทิเช่น อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ชั่วโมงแสงแดด ความเร็วลม โดยดำเนินการเฉลี่ยข้อมูลสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่ด้วยวิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเสน โดยรูปแบบของข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2.2-1

ตารางที่ 2.2-1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจากหน่วยงานต่าง ๆ

ลำดับ	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ที่มาของข้อมูล
1	ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM)	GIS file	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
2	ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ	GIS file	กรมทรัพยากรน้ำ
3	เส้นแนวลำน้ำ	GIS file	กรมทรัพยากรน้ำ
4	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
5	ข้อมูลกลุ่มชุดดิน	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
6	ตำแหน่งของสถานีวัดภูมิอากาศ	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
7	ตำแหน่งของสถานีวัดปริมาณน้ำฝน	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน
9	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	ตารางข้อมูล	กรมอุตุนิยมวิทยา
10	ข้อมูลปริมาณน้ำฝน	ตารางข้อมูล	กรมอุตุนิยมวิทยา

(2) การเรียบเรียงข้อมูลสำหรับแบบจำลอง Mike-Hydro (Basin)

การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง Mike-Hydro (Basin) ดำเนินการโดยอ้างอิงตามลุ่มน้ำย่อยและแผนผังระบบลุ่มน้ำ ซึ่งข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Mike-Hydro (Basin) ประกอบด้วย

1) ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT และข้อมูลศักยภาพน้ำบาดาล

2) ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นกิจกรรมการใช้น้ำ 4 กิจกรรม ได้แก่ ความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค ความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศน์ ความต้องการน้ำสำหรับการเกษตร และความต้องการน้ำสำหรับอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว

- ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ตำแหน่ง ขนาดความจุ และโค้งความจุ ข้อมูลปริมาณการระบายน้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ข้อมูลศักยภาพของการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำฉุกเฉิน ปีที่เริ่มใช้งาน ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน
- ข้อมูลแผนผังระบบลุ่มน้ำ ได้แก่ ข้อมูลทิศทางการไหล ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งหัวงานหรือสถานีสูบน้ำของผู้ใช้น้ำ อาทิเช่น โครงการชลประทาน แม่ข่ายผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคหรือประปาหมู่บ้านเป็นต้น รวมถึงข้อมูลศักยภาพและประสิทธิภาพของผู้ใช้น้ำดังกล่าว
- ข้อมูลการบริหารจัดการน้ำ เช่น แนวทางในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและ/หรือลุ่มน้ำ การจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมการใช้น้ำ เป็นต้น

2.2.3.2 การตั้งค่าแบบจำลองเริ่มต้นของแบบจำลอง SWAT

การตั้งค่าแบบจำลองเบื้องต้นของแบบจำลอง SWAT ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การกำหนดคุณลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อย เช่น ความสูงของพื้นที่ ทิศทางการไหลของลำน้ำ เป็นต้น 2) การกำหนดการหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units: HRUs) 3) การนำเข้าข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศ 4) การสร้างไฟล์นำเข้าแบบจำลอง และสุดท้ายเป็นการคำนวณโดยแบบจำลองโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1) การกำหนดคุณลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อย

การศึกษาครั้งนี้ได้มีการกำหนดลุ่มน้ำย่อยทั้งสิ้น 37 ลุ่มน้ำ โดยลุ่มน้ำย่อยที่ถูกกำหนดแล้วพร้อมกับเส้นลำน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำจะถูกนำเข้าสู่แบบจำลองพร้อมกับข้อมูลชั้นความสูงของพื้นที่ (DEM) ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้จะได้ลักษณะความสูงของพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

1.2) การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units: HRUs)

หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) คือการกำหนดหน่วยย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการพิจารณาจาก 3 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) คุณสมบัติของดิน (Soil Types) และข้อมูลชั้นความสูง (DEM) โดย SWAT จะมีฐานข้อมูลการใช้ที่ดินในแต่ประเภทเช่น เกษตรกรรม สำหรับพืชประเภทต่าง ๆ ป่าไม้ พื้นที่เขตเมือง โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ถูกจัดเตรียมโดยกรมพัฒนาที่ดิน ในปี 2560 นำเข้าสู่แบบจำลอง (รูปที่ 2.1-4)

ข้อมูลดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลกลุ่มชุดดินที่กรมพัฒนาที่ดินพัฒนาขึ้น โดยการรวมชุดดินที่มีลักษณะ สมบัติ และศักยภาพในการเพาะปลูก รวมถึงการจัดการดินที่คล้ายคลึงจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน แบ่งเป็น 62 กลุ่มชุดดิน ดังรูปที่ 2.1-3 จากการกำหนด HRUs การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกการกำหนด HRUs ในรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และชั้นความสูงที่ครอบคลุมพื้นที่ในลุ่มน้ำย่อยมากที่สุด โดยมี HRUs ทั้งสิ้นจำนวน 37 ชุด โดยในแต่ละลุ่มน้ำจะมี 1 HRUs จำนวนทั้งสิ้น 37 HRUs

1.3) การนำเข้าข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงแดด และความเร็วลม ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2534 – 2562 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 29 ปี ได้ถูกนำเข้าสู่แบบจำลอง โดยข้อมูลฝนมีหลักการเติมข้อมูลส่วนที่ขาดด้วยวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) และการเติมข้อมูลที่ขาดหายด้วยโปรแกรม SPSS

2.2.3.3 การคำนวณโดยแบบจำลอง SWAT

เมื่อนำเข้าข้อมูลทั้งหมดเสร็จสิ้น ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการดำเนินการคำนวณโดยแบบจำลอง โดยจะเป็นการตั้งค่าช่วงเวลาที่ต้องการคำนวณ รวมถึงประเภทความถี่เช่นข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายปี จากนั้นแบบจำลองจะทำการคำนวณโดยการใช้ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น โดยเมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้นจะต้องดำเนินการสอบเทียบแบบจำลองเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้น ๆ ต่อไป

2.2.4 การวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE 11

2.2.4.1 แบบจำลอง NAM (NAM Model

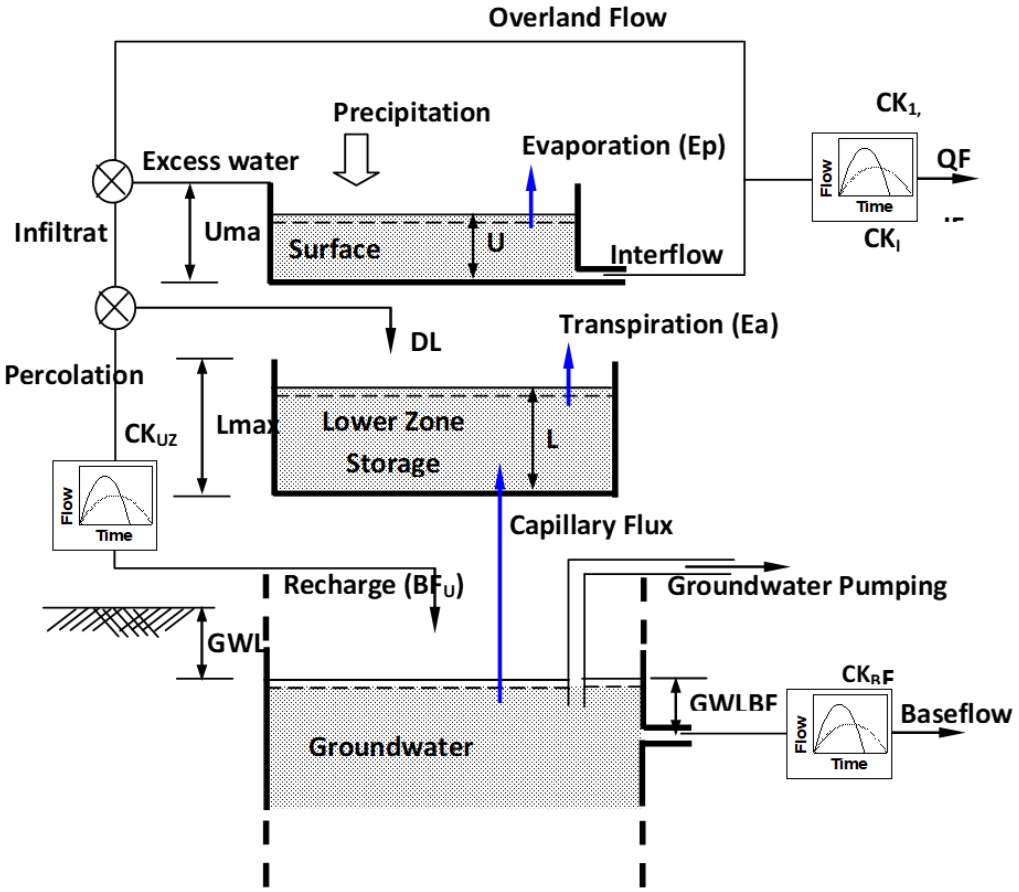
หลักการแบบจำลอง NAM (NAM Model)

เป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย The Hydrological Section of the Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering at the Technical University of Denmark ต่อมา Danish Hydraulic Institute (DHI) ได้รวมแบบจำลอง NAM ไว้ในซอฟต์แวร์ MIKE 11

แบบจำลอง NAM มีลักษณะเป็น Lumped Model จากสมมติฐานให้แต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากการแบ่งในแบบจำลอง มีลักษณะเป็นหนึ่งหน่วยอุทกวิทยา ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแบบจำลอง NAM เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนั้น ๆ อีกทั้งแบบจำลอง NAM จะใช้ในการจำลองแบบปริมาณน้ำท่าเพื่อนำมาใช้เป็นปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (Side Flow) สำหรับ Hydrodynamic Module (HD-Module) โดยแนวคิดการคำนวณของแบบจำลองจะถูกแบ่งไปเก็บกักไว้ในส่วนของการเก็บกัก 4 ส่วนดังนี้ (DHI,1992)

1) การเก็บกักของหิมะ (Snow Storage) จะขึ้นอยู่กับอัตราการละลายตัวของหิมะ ซึ่งจะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้กับการเก็บกักของผิวดิน โดยในประเทศไทย และการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ใช้
2) การเก็บกักบนผิวดิน (Surface Storage) คือ ปริมาณน้ำที่ค้างอยู่บนพืช และเก็บกักอยู่ในแอ่งบนพื้นดิน
3) การเก็บกักของชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) คือ ปริมาณความชื้นของชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปจากผิวดิน
4) การเก็บกักของชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater Storage) คือ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านการเก็บกักบริเวณชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) มาเก็บกักที่ชั้นนี้

รายละเอียดของแบบจำลอง NAM แสดงดังรูปที่ 2.2.4-1



รูปที่ 2.2.4-1 แผนผังแสดงแนวทางการคำนวณของแบบจำลอง NAM

ปริมาณน้ำที่เคลื่อนย้ายไปในแต่ละขบวนการวัฏจักรน้ำ คำนวณได้จากสมการ Semi-empirical ดังนี้

$P_N = U - U_{max}$	ความหมายของสัญลักษณ์ P_N = Excess Water (mm) U = Water content in surface storage (mm) U_{max} = Max water content in surface storage (mm)
$QOF = P_N \cdot CQ_{OF} \cdot \frac{L/L_{max}}{1 - TOF}$	QOF = Overland Flow (m^3/s) CQ_{OF} = Overland flow runoff coefficient (0–1) L = Water content in root zone storage (mm) L_{max} = Max water content in root zone storage (mm)
$QIF = U \cdot \frac{1}{CK_{IF}} \cdot \frac{L/L_{max}}{1 - TIF}$	TOF = Root zone threshold value for overland flow (0–0.99) QIF = Interflow (m^3/s) CK_{IF} = Time constant for routing interflow (hour) TIF = Root zone threshold value for interflow (0–0.99)
$Inf. = P_N - Q_{OF}$	Inf. = Infiltration
$G = (P_N - QOF) \cdot \frac{L/L_{max}}{1 - TG}$	G = Percolation (mm) TG = Root zone threshold value for groundwater recharge
$DL = (P_N - QOF) - G$	DL = Portion of infiltration increased in root zone
$BF = (GWLBFo - GWL) \cdot \frac{S_y}{CK_{BF}}$	BF = Baseflow (m^3/s) CK_{BF} = Time constant for routing baseflow (hour) S_y = Specific yield of groundwater reservoir $GWLBF_0$ = Threshold groundwater depth for baseflow GWL = Groundwater table below the ground surface
$Q_t = OF_t + IF_t + BF_t$	

ข้อมูลประกอบการพัฒนาแบบจำลองNAM

1) ขนาดพื้นที่รับน้ำ (Catchment Area) รูปภาพแสดงรูปร่างของพื้นที่รับน้ำพร้อมค่าพิกัด (UTM Coordinates) และพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน

2) ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data) ได้แก่ ปริมาณฝน การระเหย และปริมาณน้ำท่า

3) พารามิเตอร์แบบจำลอง (Model Parameters) จากค่าต่าง ๆ ในการสอบเทียบแบบจำลอง

2.2.4.2 แบบจำลอง Hydrodynamic (HD-module)

หลักการแบบจำลอง Hydrodynamic (HD-module)

แบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Module) เป็นแบบจำลองประเภท implicit finite difference module ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) ในแม่น้ำตลอดจนการไหลจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเล และสามารถวิเคราะห์การไหลได้ทั้งแบบใต้วิกฤต (Subcritical Flow) และแบบเหนือวิกฤต (Supercritical Flow) นำมาใช้แก้ปัญหาการไหลข้ามอาคารทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ตลอดจนโครงข่าย (Looped Network) การจำลองการไหลแบบ Quasi two dimension ในบริเวณทุ่งน้ำท่วม (Flood Plains) และสามารถคำนวณการไหลในระบบลำน้ำที่มีการไหลเข้าด้านข้างและแสดงผลการคำนวณเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่

แบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Module)ได้ถูกนำมาประยุกต์กับลักษณะของคลื่นแบบพลศาสตร์ (dynamic wave description) โดยการแก้สมการของการอินทีเกรชั่นในแนวดิ่ง (Vertically Integrated Equations) ของการทรงสมการความต่อเนื่อง (Conservation of Continuity) และสมการโมเมนตัม ซึ่งรวมเรียกว่า Saint Venant Equationsค่าอัตราการไหลและระดับน้ำในสมการอยู่ในรูปฟังก์ชั่นของเวลาและระยะทาง

ข้อมูลประกอบการพัฒนาแบบจำลอง Hydrodynamic

1) ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data) ได้แก่ อัตราการไหล และระดับน้ำ จากสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ
2) โครงข่ายลำน้ำ (River Network) จะประกอบด้วย เส้นแนวลำน้ำ (Branch and Node) อาคารชลศาสตร์ (Control Structure) และการต่อเชื่อมปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM
3) รูปตัดลำน้ำ (Cross Section) หน้าตัดลำน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของลำน้ำ
4) พารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง เช่น ค่าเริ่มต้นการไหล, ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เป็นต้น

2.2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion)

การชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion) คือกระบวนการที่ทำให้อนุภาคบนผิวดินแตกแยกออกจากกันโดย น้ำ ลม แรงโน้มถ่วงของโลก และอนุภาคดินเหล่านั้นเกิดการเคลื่อนย้ายไปทับถมกันยังอีกที่หนึ่ง หรือไหลลงสู่ลำน้ำ โดยสาเหตุจากการเกิดการชะล้างพังทลายของดินจะพิจารณาจาก 2 ลักษณะ คือ การชะล้างพังทลายของดินตามธรรมชาติ และ การชะล้างพังทลายของดินที่มีส่วนร่วมจากการที่มนุษย์ทำการเปลี่ยนแปลงระบบธรรมชาติของพื้นที่ เช่นการ ทำการเกษตร การไถพรวน และอื่น ๆ ในปกติแล้วการชะล้างพังทลายของดินตามธรรมชาติ จะเป็นการเกิดขึ้นเพื่อปรับดุลของธรรมชาติซึ่งเป็นกระบวนการปรับระดับของผิวโลก ซึ่งจะเกิดขึ้นอยู่เสมอแต่เป็นการเกิดขึ้นที่ไม่รุนแรง ส่วนการชะล้างพังทลายของดินที่มีส่วนร่วมจากมนุษย์นั้น จะมีบทบาทสำคัญที่จะเสริมความรุนแรงให้กับธรรมชาติตามสภาพที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปในพื้นที่และตามวิธีการเพาะปลูกในท้องที่นั้น ๆ ซึ่งความเสียหายก็จะยิ่งรุนแรงและเพิ่มมากขึ้นหากไม่มีการควบคุมหรือป้องกัน (พิณทิพย์, 2546)

2.2.5.1 สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE)

$$A = 0.16RKLSCP \quad (2.2.5\text{-}1)$$

A = ปริมาณดินที่สูญเสียที่คำนวณได้ตอเนื้อที่ (ตัน/ไร่/ป) โดยการคูณคา ปัจจัยต่าง ๆ 6 ปัจจัยซึ่งโดยปกติการใช้คานี้เป็นการประเมินคาเฉลี่ยรายป

R = ค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (rainfall erosivity factor) ในปที่มีฝนตกระดับปกติ (normal year rain) ซึ่งเป็นคาเฉพาะแหง ตามปกติคานี้จะเป็นคาเฉลี่ยรายปีซึ่งค่านี้เป็นการวัดพลังงานของฝนที่ทำให้ดินเกิดการชะล้างพังทลาย (เมตร-ตัน /เฮกแตร - เซนติเมตร)

K = ปัจจัยความคงทนตอการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor) เป็นอัตราสวนการสูญเสียดินตอหน่วยดัชนีการชะล้างสำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะเมื่อดินนั้นได้รับการไถพรวนและปล่อยทิ้งว่างเปลาติดตอกันบนพื้นที่ลาดเทสม่ำเสมอ 9 เปอร์เซ็นต์และมีความยาวของความลาดเท 72.6ฟุต หรือ 22.13 เมตร

L = ปัจจัยความยาวของความลาดชัน (slope length factor) เป็นอัตราสวนของการสูญเสียดินจากพื้นที่นั้น ๆ กับพื้นที่ที่มีความลาดชันยาว 72.6 ฟุต ในดินชนิดเดียวกันและความลาดชันเดียวกัน โดยมีสมการในการหาค่า L-factor คือ

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m}$$ (*Wischmeier* และ*D.D. Smith,* 1957)

เมื่อ L คือ ปัจจัยความยาวของความลาดชัน

λ คือ ความยาวของความลาดชัน(เมตร) หรือระยะทางตามแนวราบของพื้นที่ลาดชัน นับจากจุดเริ่มมีน้ำไหลเอ่อผิวดินถึงจุดที่ความลาดชันเปลี่ยนแปลงลดลงจนเกิดทับถมของตะกอน

22.13 คือ ค่าความยาวจากแปลงทดลองซึ่งมีลักษณะของหน้าดินที่ทำเป็นร่องไถพรวน ขึ้น - ลง ติดต่อกันยาว 72.6 ฟุต (22.13 เมตร) บนพื้นที่ความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

m คือ ค่ายกกำลังสำหรับค่าความชันต่าง ๆของพื้นที่

โดยมีค่า

0.7 , ในกรณีความลาดชันมากกว่า 21.0 %

0.5 , ในกรณีความลาดชันอยู่ระหว่าง 5.1 – 21.0%

0.4 , ในกรณีความลาดชันอยู่ระหว่าง 3.1 - 5.0 %

0.3 , ในกรณีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1.1 - 3.0 %

0.2 , ในกรณีความลาดชันอยู่ระหว่าง 0 – 1.0 %

S = ปัจจัยความลาดชัน (slope gradient factor) เป็นอัตราสวนของการสูญเสียดินระหว่างการสูญเสียดินที่ เกิดจากสภาพความลาดชันในสนามกับการสูญเสียดินที่เกิดจากความลาดชัน 9 เปอรเซ็นตซึ่งเป็นดินชนิดเดียวกัน

มีความยาวของความลาดชันเทากันและสภาพอื่น ๆ เหมือนกันโดยมีสมการในการหาค่า S-factor ดังนี้ สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชัน 0 - 9 % (Wischmeier และD.D. Smith, 1978) ใช้สมการที่ 2.2.5-2

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2 \quad (2.2.5\text{-}2)$$

เมื่อ S คือ ปัจจัยความลาดชัน

s คือ ความลาดชัน (%)

สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 9 % (Liengsakul, Mekpaiboonwatana, Pramojanee และคณะ, 1993) ใช้สมการที่ 2.2.5-3

$$S = 6.4sin^{0.75}(\theta)cos(\theta) \quad (2.2.5\text{-}3)$$

โดย $\theta = tan^{-1}\left(\frac{s}{100}\right)$

เมื่อ S คือ ปัจจัยความลาดชัน

θ คือ ความลาดชันเป็นหน่วยองศา

s คือ ความลาดชัน (%)

C = ปัจจัยการจัดการพืช (cropping management factor) เป็นอัตราสวนของดินที่สูญเสียจากแปลงที่มีการจัดการพืชชนิดหนึ่ง ๆ ตอการสูญเสียดินจากแปลงที่ไถพรวนตามความลาดเท แล้วปล่อยดินไวว่างเปลาที่อยู่ภายใต้สภาพแวดลอมอื่น ๆ และสภาพพื้นที่เหมือนกัน

P = ปัจจัยการปฏิบัติติควบคุมการพังทลายของดิน (conservation practices factor) ซึ่งได้แก อัตราสวนของการสูญเสียดินที่เกิดจากแปลงอนุรักษดิน เชน ไถพรวนตามแนวระดับการปลูกพืชเป็นแถบสลับหรือการทำขั้นบันได กับการสูญเสียที่เกิดจากการไถพรวนและปลูกพืชขนานกับทิศทางของความลาดเทในดินชนิดเดียวกัน อยู่ภายใตสภาพแวดลอมอื่น ๆ และสภาพพื้นที่เหมือนกัน

2.2.5.2 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion process)

กระบวนการชะล้างพังทลายของดินนั้นสามารถแบ่งได้สองขั้นตอนสำคัญคือ การกัดเซาะ (Detachment) ของอนุภาคดินจากก้อนดินและการเคลื่อนย้าย (Transportation) อนุภาคดินเหล่านั้นโดยตัวกลางเช่น น้ำผิวดินหรือลม (Morgan 1995), พื้นที่ส่วนใหญ่ของโลกมักจะเกิดการชะล้างพังทลายของดินเนื่องจากมีน้ำเป็นตัวกลางในการพัดพา เมื่อฝนตกทำให้เกิดพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) กัดเซาะ (Detach) และการเคลื่อนย้าย (Transportation) ตะกอนออกจากพื้นที่ด้วยพลังงานจากเม็ดฝนและน้ำผิวดิน และเมื่อน้ำผิวดินไหลลงในร่องริ้วและพื้นที่ระหว่างร่องริ้ว (Inter Rill Areas) ก็จะมีพลังงานจากการไหล กัดเซาะและเคลื่อนย้ายตะกอนในร่องริ้ว(Rill Areas) ลงสู่ที่ต่ำกว่า และขยายร่องริ้วให้ใหญ่ขึ้น ตะกอนจะถูกพัดพาไปได้น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสมรรถนะในการเคลื่อนย้ายตะกอนของทั้งเม็ดฝนและน้ำไหลผิวดิน (Transportation Capacity) เมื่อใดที่ปริมาณตะกอน (Sediment Load) หรือดินที่ถูกกัดเซาะ (Detached Soil) มีมากกว่าสมรรถนะการเคลื่อนย้าย จะพัดพาไปได้ทั้งหมด ก็จะมีการตกตะกอน (Deposition) เกิดขึ้น หรือกล่าวได้ว่าเมื่อใดมีสมรรถนะการกัดเซาะ (Detachment Capacity) มากกว่าสมรรถนะการเคลื่อนย้าย การตกตะกอนก็จะเกิดขึ้นเมื่อนั้น ดังนั้นกระบวนการชะล้างพังทลายของดินจึงเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ผันแปรไปตามแนวความลาดเท และเวลาการตกของฝนและการไหลของน้ำผิวดิน

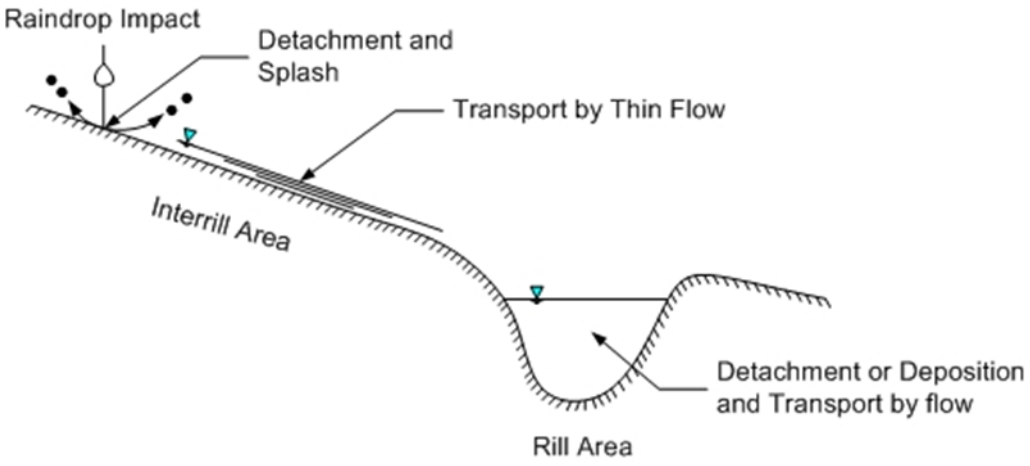
2.2.5.3 ชนิดของการชะล้างพังทลายของดิน (Type of soil erosion)

ชนิดของการชะล้างพังทลายโดยมีฝนเป็นปัจจัยหลักสามารถแบ่งตามกลไกการเกิดเรียงตามลำดับได้ดังนี้ เมื่อฝนตกลงมากระแทกกับผิวดินจะทำให้ดินอนุภาคของดินเกิดการแยกตัว เรียกว่าการชะล้างพังทลายของดินแบบกระเด็น (Splash Erosion) จากนั้นจะเกิดการกัดเซาะแบบผิวแผ่น (Sheet Erosion) และพัฒนาไปสู่การกัดเซาะแบบร่องริ้ว (Rill Erosion) เมื่อร่องริ้วมีขนาดใหญ่ขึ้นจะเรียกการกัดเซาะแบบร่องลึก (Gully Erosion) จากนั้นจะพัฒนาไปเป็นลำน้ำขนาดเล็กและใหญ่ขึ้นตามลำดับเรียกว่า การชะล้างพังทลายของดินแบบร่องน้ำ (Stream Bank Erosion)

2.2.5.4 กลไกการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ความลาดชันสูง

การชะล้างพังทลายของดินประกอบด้วยการกัดชะและการพัดพาโดยมีฝนหรือลมเป็นตัวการสำคัญ กลไกการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ความลาดชันสูงจะประกอบไปด้วยสามรูปแบบหลักคือ

การกัดเซาะแบบกระเด็น การกัดเซาะแบบผิวแผ่นหรือกึ่งร่องริ้ว (Inter Rill) และแบบร่องริ้วแสดงดังรูปที่ 2.2.5-1



รูปที่ 2.2.5-1 กลไกการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ความลาดชันสูง

ฝนและน้ำผิวดินจะเริ่มก่อตัวเป็นการไหลที่ความลึกน้อยเป็นแผ่นบาง ๆ ไปบนผิวดิน การชะล้างพังทลายของดินเนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่า “Sheet Erosion” หรือ “Inter Rill Erosion” โดยพฤติกรรมแล้ว “Sheet Flow” ไม่มีประสิทธิภาพมากพอที่จะกัดชะอนุภาคของดินจากผิวดินได้ ดังนั้นความสามารถในการกัดชะอนุภาคดินในกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับแรงกระแทกของเม็ดฝนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การประเมินความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนจากพื้นที่กึ่งร่องริ้ว ไปสู่ พื้นที่ร่องริ้ว จึงไม่ได้แยกระหว่างขั้นตอนการกัดชะ และขั้นตอนการพัดพาออกจากกัน ความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนจากพื้นที่กึ่งร่องริ้ว ไปสู่พื้นที่ร่องริ้ว (Sediment Delivery, D_i) ประเมินได้จากความสามารถในการป้องกันการกัดชะของดินกับความสามารถในการกัดชะของฝนแสดงดังสมการที่ 2.2.5-4 ความสัมพันธ์ของสมการนี้ได้จากการศึกษาจากหลาย ๆ พื้นที่และหลาย ๆ ชนิดดิน (Nearing et al. 2005)

$$D_i = K_i I^2 \quad (2.2.5\text{-}4)$$

$$D_i = K_i I^2$$

เมื่อ

D_i = ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนย้ายจากพื้นที่กึ่งร่องริ้ว ไปสู่พื้นที่ร่องริ้ว (kg/s/m^2),

K_i = สัมประสิทธิ์ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่กึ่งร่องริ้ว (kg .s/m^4)

I = ปริมาณความเข้มฝนเฉลี่ย (mm/h).

ร่องริ้วนั้นสามารถอธิบายได้ว่าคือร่องของดินที่ถูกกัดเซาะขนาดเล็ก ๆ โดยสามารถปรับแต่งได้โดยการไถพรวน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อัตราการเกิดร่องริ้วนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการป้องกันการกัดชะของดิน ความเร็วของการไหล และความลาดชันของพื้นที่ อัตราการกัดชะอนุภาคของดินในกระบวนการชะล้างแบบร่องริ้วนั้นสามารถหาได้จากแรงเฉือนดังสมการที่ 2.2.5-5 (Nearing et al. 2005):

$$D_c = K_r(\tau - \tau_c) \quad (2.2.5\text{-}5)$$

เมื่อ

D_c = ความสามารถในการกัดเซาะของน้ำสะอาด (kg/m^2/s)

K_r = สัมประสิทธิ์ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ร่องริ้ว (s/m)

τ= แรงเฉือนของการไหล (kg/m/s^2)

τ_c = ความสามารถในการรับแรงเฉือนของดิน (kg/m/s^2)

2.2.5.5 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดิน (Factor effects the soil erosion)

การชะล้างพังทลายของดินซึ่งมีน้ำเป็นตัวการประกอบไปด้วยกระบวนการกัดชะด้วยแรงกระแทกของฝนและการเคลื่อนย้ายด้วยน้ำผิวดินดังรายละเอียดข้างต้น ตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการชะล้างพังทลายของดินได้แก่ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ ดิน พืช ลักษณะของพื้นที่ และรูปแบบการใช้ที่ดิน (Morgan, 1995) ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อความมากน้อยของการชะล้างพังทลายของดิน จึงประกอบไปด้วย 1) ปัจจัยด้านภูมิอากาศ (Climate) โดยเฉพาะ ฝน 2) ปัจจัยทางภูมิประเทศ (topography) 3) ปัจจัยการปกคลุมพื้นที่ของพืชพรรณ (Vegetative Cover) 4) ปัจจัยเกี่ยวกับตัวแปรของดิน (Soil) และ 5) ปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวมนุษย์ (Human) ผู้ที่ใช้ดินหรือรูปแบบการใช้ที่ดินนั้นเอง ปัจจัยดังกล่าวมีผลทำให้เกิดความแตกต่างในปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น เช่นในป่าดงดิบเขตร้อน แม้ว่ามีฝนตกหนักโอกาสการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรง มักไม่เกิด เพราะพืชที่ขึ้นปกคลุมดินช่วยลดพลังงานจลน์ของทั้งฝนและน้ำบ่าหน้าดิน ขณะเดียวกันในบริเวณทะเลทรายหรือพื้นที่กึ่งทะเลทรายก็จะมีการชะล้างพังทลายได้น้อยจากฝนเนื่องจากมีฝนตกน้อย แต่จะมีการกัดกร่อนจากแรงลมเป็นหลัก ในพื้นที่เขตร้อนนั้นหากปราศจากพืชพรรณปกคลุมดินอย่างดีฝนที่ตกรุนแรงและความหนักเบาสูงในเขตนี้ก็จะก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายในอัตราที่สูงได้

2.2.5.6 ตะกอนแม่น้ำ

ตะกอนในแม่น้ำคือวัสดุที่อยู่ในแม่น้ำ การขนส่งตะกอนอาจเป็นในลักษณะ แขวนลอยไปกับน้ำ หรือตกตะกอนทับถมกันที่ท้องน้ำ ซึ่งตะกอนเป็นปัญหาด้านวิศวกรรมแม่น้ำหลายประการ เช่น การพัดพาและตกตะกอนในบริเวณท่าเรือ ทำให้เรือแล่นเข้าออกไม่สะดวก การพัดพาของตะกอนเข้าสู่เครื่องจักรกลใต้น้ำ เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การกัดเซาะของตะกอนที่ฐานรากของโครงสร้างในน้ำทำให้โครงสร้างเอียงหรือทรุดได้ เป็นต้น (ชัยยุทธ, 2550) ในทางธรณีวิทยา คำจำกัดความของตะกอนในลำน้ำ คือ ส่วนวัสดุที่เคลื่อนตัวไป หรือแขวนลอยไป หรือ ตกตะกอนโดยน้ำเป็นตัวการ ในทางอุทกวิทยาจะพิจารณาตะกอนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำและอนุภาคของตะกอน โดยนับเริ่มต้นตั้งแต่เม็ดฝนตกกระทบพื้นผิวดินไปจนถึงการไหลของแม่น้ำลำคลอง การศึกษาตะกอนในเชิงอุทกวิทยานั้นจะรวมถึง การกัดเซาะ การนำพาไป การแขวนลอยไป และการตกตะกอน ของอนุภาคเม็ดดินโดยน้ำเป็นตัวการ

คำจำกัดความของเทอมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตะกอนและที่นิยมใช้ในวิชาอุทกวิทยา (วีระพล, 2531)

- ชั้นตะกอนท้องน้ำ (Bed Layer) คือ ชั้นการไหลของตะกอนที่มีความหนาประมาณสองเท่าเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคตะกอนเหนือท้องน้ำ
- ตะกอนท้องน้ำ (Bed Load) คือ ตะกอนที่เคลื่อนตัวด้วยการกลิ้ง หรือการเลื่อนไปตามท้องน้ำ และจำเป็นจะต้องสัมผัสกับท้องน้ำในชั้นตะกอนท้องน้ำ
- ปริมาณตะกอนท้องน้ำ (Bed-Load Discharge) คือ ปริมาณการไหลหรือจำนวนของตะกอนท้องน้ำที่เคลื่อนตัวผ่านรูปตัดของลำน้ำที่พิจารณาในหนึ่งหน่วยเวลา
- ตะกอนวัสดุท้องน้ำ (Bed Material) คือ ส่วนผสมของตะกอนซึ่งวัสดุส่วนใหญ่จะพบในท้องน้ำ
- ปริมาณตะกอนวัสดุท้องน้ำ (Bed-Material Discharge) คือ ปริมาณการไหลหรือจำนวนของตะกอนวัสดุท้องน้ำที่เคลื่อนตัวผ่านรูปตัดของลำน้ำที่พิจารณาในหนึ่งหน่วยเวลา

- ตะกอนแขวนลอย (Suspended Load or Suspended Sediment) คือ ตะกอนที่แขวนลอยไปกับน้ำ ซึ่งจะถูกพยุงด้วยกระแสน้ำในส่วนที่มีทิศทางไหลขึ้น ในการไหลแบบปั่นป่วน และจะคงอยู่ในสภาพแขวนลอยไปกับน้ำด้วยระยะเวลานานพอสมควร
- ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended-Sediment Discharge) คือ ปริมาณการไหลหรือจำนวนของตะกอนแขวนลอยที่เคลื่อนตัวผ่านรูปตัดของลำน้ำที่พิจารณาในหนึ่งหน่วยเวลา
- ปริมาณตะกอนที่ไม่สามารถวัดได้ (Unmeasured-Sediment Discharge) คือ ปริมาณของตะกอนที่อยู่ใกล้กับท้องน้ำ ซึ่งไม่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย
- ตะกอนวัสดุละเอียด (Wash Load) คือ ส่วนผสมของตะกอนซึ่งประกอบด้วย วัสดุขนาดเล็กหรือละเอียดกว่าตะกอนวัสดุท้องน้ำ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นวัสดุที่ไม่ปรากฏในท้องน้ำ ส่วนใหญ่จะมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำและบริเวณตลิ่ง
- ปริมาณตะกอนรวม (Total Sediment Discharge) คือ ปริมาณการไหลของตะกอนทั้งหมดผ่านรูปตัดลำน้ำที่พิจารณาต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ลักษณะของตะกอน

ตะกอนท้องน้ำและตะกอนแขวนลอย สามารถแบ่งเป็นสองกลุ่ม ตามลักษณะขององค์ประกอบที่สำคัญ คือ

- แบบสัมพันธ์กัน (Cohesive) ประกอบด้วยทรายและกรวดเป็นส่วนใหญ่ ความต้านทานการกัดเซาะเนื่องจากแรงดึงผิวระหว่างกันและกัน
- แบบไม่สัมพันธ์กัน (Non-Cohesive) ประกอบด้วยทรายละเอียดและดินเหนียว ความต้านทานการกัดเซาะเนื่องมาจากน้ำหนักของตะกอน และแรงโน้มถ่วงของโลก

นอกจากนั้นยังมีแรงที่สำคัญอันเนื่องมาจาก คุณภาพของเหลว คุณสมบัติของแรงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา และ ลักษณะตะกอนแขวนลอยทางกลศาสตร์ของไหลคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งมีผลทำให้

ตะกอนเคลื่อนที่ได้แก่ ขนาด รูปร่าง และความหนาแน่น รวมทั้งความเร็วในการตกตะกอนการเคลื่อนที่ของปริมาณตะกอน (หรรษา,2541) การเคลื่อนที่ของปริมาณตะกอนสามารถแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

- การเคลื่อนที่ของปริมาณตะกอนท้องน้ำ สามารถประเมินได้จากสมการคำนวณซึ่งมีอยู่จำนวนมาก เนื่องจากการสำรวจในสถานที่จริงทำได้ยากมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเกิดปริมาณน้ำหลาก จะมีการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามการทดลองในห้องปฏิบัติการ ก็สามารถทดแทนได้
- การเคลื่อนที่ของปริมาณตะกอนแขวนลอยสามารถคำนวณจากสมการที่ใช้ทฤษฎีการไหลแบบ Turbulence ร่วมกับการคำนวณการกระจาย ความเข้าข้นของตะกอนตามความลึกของลำน้ำ ตามข้อมูลการสำรวจภาคสนามของตะกอนแขวนลอยสามารถกระทำได้โดยง่าย ดังนั้นการประมวลข้อมูลจากการสำรวจเก็บตัวอย่าง ร่วมกับการคำนวณ (Empirical or Semi-empirical method) ย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูง ส่วนการทดลองในห้องปฏิบัติการสำหรับปริมาณตะกอนแขวนลอยกลับทำได้ยากกว่าปริมาณตะกอนท้องน้ำ จึงทำให้ไม่เป็นที่นิยม

สำหรับงานวิจัยนี้จะได้ทำการประเมินประมาณตะกอนหน้าฝายคำนวณจากเส้นชั้นความสูงความละเอียดสูง 5x5 เมตร และการสำรวจจากรูปตัดลำน้ำก่อนและหลังฤดูฝน และประเมินตะกอนที่ไหลผ่านฝานฝายโดยวิธีการประเมินจากผลการเก็บตัวอย่างตะกอน

2.3 การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ความหมายของการมีส่วนร่วม United Nation (1981; อ้างถึงใน กรองจิตต์, 2547) ให้ความหมายของการมีส่วนร่วมของประชาชน คือการที่ประชาชนก่อให้เกิดกระบวนการและโครงสร้างที่ในชนบทสามารถที่จะแสดงออกซึ่งความต้องการของคน การจัดอันดับความสำคัญ การเข้าร่วมในการพัฒนาและได้รับประโยชน์จากการพัฒนานั้น เป็นไปโดยการเน้นที่การให้อำนาจการตัดสินใจแก่ประชาชนในชนบท และ Cohen และ Uphoff (1977) ให้ความหมายของการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชนบทว่า หมายถึง ประชาชนเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการตัดสินใจว่าควรจะทำอะไรและทำอย่างไร เข้ามาเกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ และการจัดสรรผลประโยชน์ที่เกิดจากการพัฒนา รวมทั้งการมีส่วนร่วมในการประเมินผลสำเร็จของโครงการพัฒนาด้วย การมีส่วนร่วมคือ การที่ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการร่วมกันเพื่อดำเนินการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ต้องการ โดยการกระทำผ่านกลุ่มหรือองค์การเพื่อให้บรรลุถึงการเปลี่ยนที่พึงประสงค์ โดยต้องศึกษาสาเหตุของปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา หาโครงการหรือกิจกรรมเพื่อขจัดปัญหา และร่วมกันตัดสินใจ พร้อมทั้งเสียสละกำลังกาย และกำลังเงินหรืออื่น ๆ ใด ด้วยความสมัครใจ (กรรณิกา, 2524: ทวีทอง, 2527: ไพรัตน์, 2527) เพื่อประโยชน์ของตนเองและส่วนรวม

2.3.1 องค์ประกอบของการมีส่วนร่วม

Cohen และ Uphoff (1977 อ้างถึงใน กรองจิตต์, 2547) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมประกอบด้วย 4 กิจกรรม คือ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมตามโครงการ การมีส่วนร่วมในการแบ่งปันผลประโยชน์ และการมีส่วนร่วมในการประเมินผลโครงการ ซึ่งได้อธิบายไว้ดังนี้

1. การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หมายถึง ต้องกำหนดระดับของการมีส่วนร่วมกำหนดวิธีการเข้ามามีส่วนร่วม และกำหนดตัวบุคคลที่จะเข้ามามีส่วนร่วม ซึ่งในขั้นนี้เป็นการร่วมตัดสินใจหรือกำหนดรายละเอียดที่จะดำเนินโครงการ
2. การมีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการ หมายถึง การที่ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการ โดยร่วมแรงงาน ค่าใช้จ่าย สมทบวัสดุอุปกรณ์ และ การให้ข่าวสารและข้อมูลที่จำเป็นตลอดจนเข้ามามีส่วนร่วมโดยเป็นกรรมการของคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องในโครงการ หรือร่วมในการบริหารและการประสานงาน

3. การมีส่วนร่วมในการแบ่งปันผลประโยชน์ หมายถึง ประชาชนได้รับผลประโยชน์จากการเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการพัฒนา ได้รับการศึกษาเพิ่มขึ้น หรือมีการกระจายโอกาสทางการศึกษา มีจำนวนบุคลากรด้านการแพทย์ต่อประชาชนเพิ่มขึ้น หรือมีอำนาจในการปกครอง
4. การมีส่วนร่วมในการประเมินผลโครงการ หมายถึง การประเมินผลด้านการเข้ามามีส่วนร่วมของประชาชนว่า เป็นไปอย่างสม่ำเสมอหรือไม่ และมีอำนาจมากน้อยเพียงใดในการเข้าไปมีส่วนร่วม รวมถึงการประเมินโครงการโดยผ่านกระบวนการทางการเมือง หรือผ่านสื่อมวลชนต่าง ๆ

นอกจากนี้ Cohen และ Uphoff (1977) เสนอปัจจัยหลักของการมีส่วนร่วมของประชาชนว่า มีบุคคล 4 ฝ่ายที่มีส่วนสำคัญในการมีส่วนร่วมในโครงการพัฒนาสิ่งแวดล้อมชนบทประกอบด้วย ประชาชนในท้องถิ่น ผู้นำท้องถิ่น เจ้าหน้าที่ของรัฐ และบุคคลภายนอก สำหรับการมีส่วนร่วมของประชาชนนั้น ยังมีปัจจัยหลายอย่างที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วม ได้แก่

- อายุ และเพศ
- สถานภาพในครอบครัว
- ระดับการศึกษา
- สถานภาพทางสังคม
- อาชีพ
- รายได้และทรัพย์สิน
- ระยะเวลาในท้องถิ่น และระยะเวลาที่อยู่ในโครงการ
- พื้นที่ดินถือครอง และสถานภาพการทำงาน

2.3.2 การหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การหาขนาดกลุ่มตัวอย่างสามารถพิจารณาได้จากจำนวนประชากร โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่างนั้นได้พิจารณาเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (บุญธรรม, 2536 อ้างถึงใน กรองจิตต์, 2547)

- ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักร้อย ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 25%
- ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักพัน ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 10%
- ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักหมื่น ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 5%

- ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักแสน ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1%
- กรณีไม่ทราบจำนวนปะชากรให้ใช้สูตรของ W.G.cochran ดังสมการที่ 2.3-1

$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2} \quad (2.3\text{-}1)$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม(โดยทั่วไปนิยมใช้สัดส่วน 30% หรือ 0.30)

Z คือ ระดับความมั่นใจที่กำหนด หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ เช่น

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 เท่ากับ 1.65 (ความเชื่อมั่น90%) >> Z = 1.65

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่ากับ 1.96 (ความเชื่อมั่น95%) >> Z = 1.96

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เท่ากับ 2.58 (ความเชื่อมั่น99%) >> Z = 2.58

d คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (จะต้องสอดคล้องกับค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นนั้น ๆ) เช่น

ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10

ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05

ระดับความเชื่อมั่น 99% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01

กรณีทราบจำนวนประชากร แต่ประชากรไม่มาก

ใช้สมการที่ 2.3-2

$$n = \frac{P(1-P)}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{P(1-P)}{N}} \quad (2.3\text{-}2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N คือ ขนาดประชากร

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม (โดยทั่วไปนิยมใช้สัดส่วน 30% หรือ 0.30)

Z คือ ระดับความมั่นใจที่กำหนด หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ เช่น

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 เท่ากับ 1.65 (ความเชื่อมั่น90%) >> Z = 1.65

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่ากับ 1.96 (ความเชื่อมั่น95%) >> Z = 1.96 (ปกตินิยมระดับความเชื่อมั่น 95%)

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เท่ากับ 2.58 (ความเชื่อมั่น99%) >> Z = 2.58

E คือ คลาดคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง เช่น

ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10

ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 (ปกตินิยมระดับความเชื่อมั่น 95%)

ระดับความเชื่อมั่น 99% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01 (กลุ่มต่างๆ ยกเว้นกลุ่มวุฒิจะใช้สูตรนี้)

กรณีทราบจำนวนประชากร และประชากรมากตามวิธีของ ยามาเน่ (Taro Yamane) ใช้สมการที่ 2.3-3

$$n = \frac{N}{1 + \mathrm{Ne}^2} \qquad (2.3\text{-}3)$$

เมื่อ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดประชากร

e คือ คลาดคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง เช่น

ระดับความเชื่อมั่น90% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10

ระดับความเชื่อมั่น95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05

(ปกตินิยมระดับความเชื่อมั่น 95%)

ระดับความเชื่อมั่น99% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉัตรชัย (2547) ได้ทำการแสดงผลแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ(พื้นที่ศึกษา:ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการศึกษาและจำลองปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำคลองสวนหมาก และประเมินสภาพน้ำท่วมที่รอบปีการเกิด 2,5,10,25,50 และ100 ปี พบว่า พื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่จะอยู่ทางท้ายน้ำเนื่องจากลำคลองสวนหมากมีจุดบรรจบที่แม่น้ำปิง บริเวณบ้านห้วยยาง อ.เมืองกำพงเพชร มีการขึ้นลงของระดับน้ำในลำน้ำปิง ซึ่งเป็นจุดควบคุมที่ท้ายน้ำประกอบกับต้นน้ำมีลักษณะเป็นป่าหุบเขาสภาพลำน้ำมีความลาดชันสูง และเริ่มเป็นพื้นที่ราบบริเวณท้ายน้ำ และสภาพลำน้ำมีความตื้นเขิน จึงส่งผลให้พื้นที่บริเวณจุดบรรจบแม่น้ำปิงท้ายคลองสวนหมากมีความเสี่ยงต่อภัยการเกิดน้ำท่วม

สุภาสพงษ์ (2559) ได้วิเคราะห์บริบทเชิงพื้นที่ของพื้นที่น้ำท่วมและน้ำท่วมซ้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์บริบทเชิงพื้นที่ของพื้นที่น้ำท่วม และน้ำท่วมซ้ำ จากข้อมูลระบบสารสรเทศภูมิศาสตร์โดยสำนักงารเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2558) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Radarsat ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2549-2557 พบว่ามีปีที่น้ำท่วมคือ พ.ศ.2549 พ.ศ. 2550 พ.ศ.2553 และปี พ.ศ.2554 ซึ่งเป็นปีที่มีน้ำท่วมมากที่สุด คือ 16.67 ตร.กม. พื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมส่วนใหญ่อยู่บริเวณปลายคลองสวนหมาก ต.ทรงธรรม ต.นครชุม และต.ท่าขุนราม จากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมพบว่าพื้นที่น้ำท่วมเกือบทั้งหมด เกิดในพื้นที่นาข้าว

สุภาสพงษ์ (2561) ได้ทำการศึกษาการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิสารสนเทศด้านการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรทางธรรมชาติ และทางวัฒนธรรม ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จังหวัดกำแพงเพชรรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านวัฒนธรรมสังคมและการท่องเที่ยว ทำการศึกษาวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม และเสี่ยงภัยแล้ง พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงระดับมาก ครอบคลุมเนื้อที่ 231.55 ตารางกิโลเมตร หรือ 144,718.75 ไร่ (59.00%) รองลงมาคือ เสี่ยงมากที่สุด (17.84%) เสี่ยงปานกลาง (11.55%) ไม่เสี่ยงถึงเสี่ยงน้อยที่สุด (9.29%) และเสี่ยงน้อย (2.32%) ตามลำดับ พื้นที่เสี่ยงมากและมากที่สุด กระจายตัวกันอยู่บริเวณพื้นที่ตอนกลางและทางทิศตะวันออกติดกับแม่น้ำปิง ตอนกลางน้ำและปลายน้ำของคลองสวนหมาก ซึ่งเป็นพื้นที่ทำการเกษตรหลักของลุ่มน้ำ

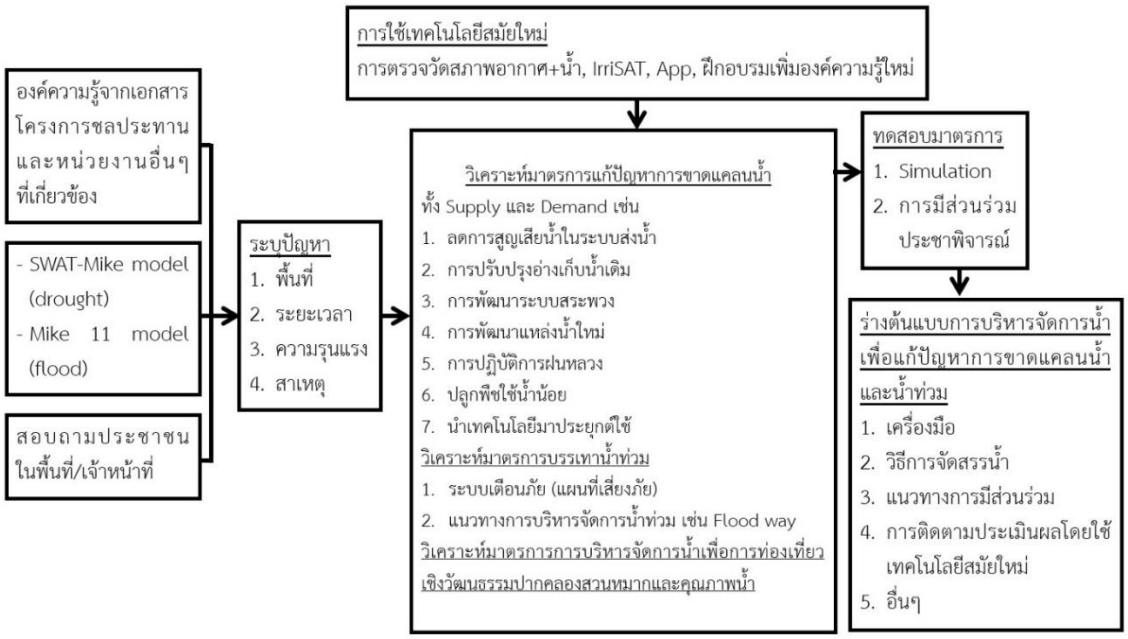
คลองสวนหมาก มีหมู่บ้านควรเฝ้าระวังเป็นพิเศษ 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านท่าระแนะ และบ้านเขาวังเยี่ยม ตำบลนาบ่อคำ บ้านคลองโป่ง ตำบลทรงธรรม และบ้านวงฆ้อง ตำบลคลองแม่ลาย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กระบวนการวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบการบริหารจัดการน้ำเพื่อความยั่งยืน มี 3 ขั้นตอนที่สำคัญคือ การระบุปัญหา การวิเคราะห์หามาตรการในการแก้ปัญหา และการทดสอบความเป็นไปได้และเหมาะสมในการนำมาตรการไปปฏิบัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.1-1



รูปที่ 3.1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขั้นที่ 1 การระบุและวิเคราะห์ปัญหาในการบริหารจัดการน้ำ จะเริ่มจากการศึกษาองค์ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับปัญหาและบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมากจากเอกสารจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ กรมทรัพยากรน้ำ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) เอกสารและรายงานวิจัยต่าง ๆ จัดประชุมสอบถามประชนและเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในลุ่มน้ำ ตลอดจนการใช้แบบจำลอง เช่น SWAT (Soil and Water

Assessment Tool), Mike Hydro Basin, Mike 11 เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์น้ำ ทั้งสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ สถานการณ์น้ำท่วม สถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาตะกอนในพื้นที่ ผลการวิจัยในขั้นนี้ จะช่วยให้สามารถระบุรายละเอียดปัญหาเกี่ยวกับน้ำ เช่น พื้นที่ที่มีปัญหา ระยะเวลาที่เกิดปัญหา สาเหตุของปัญหา ระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดในพื้นที่ต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์หามาตรการในการแก้ปัญหา เมื่อทราบปัญหาเกี่ยวกับน้ำทั้งในมิติของการขาดแคลนน้ำ และน้ำท่วม การกัดเซาะและตกตะกอน รวมทั้งมิติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ใช้กระบวนการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) และกระบวนการมีส่วนร่วม (Participatory Approach) เพื่อหามาตรการที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนการพัฒนาต้นแบบการบริหารจัดการน้ำที่มีความยั่งยืน และที่สำคัญจะศึกษาการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่นเทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor) อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เทคโนโลยีการเชื่อมต่อกับเว็ปไซต์ของหน่วยงานที่ให้บริการข้อมูลแบบ Application Programing Interface (API) และอื่น ๆ เพื่อนำมาสร้างต้นแบบสถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดน้ำ ตลอดจนแอพพลิเคชั่นเพื่อช่วยในการจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำแบบตามเวลาจริงที่สามารถสื่อสารข้อมูลไปยังผู้ใช้ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการน้ำที่มุ่งผลสัมฤทธิ์ (Performance Based Water Management)

ขั้นที่ 3 การทดสอบมาตรการ มาตรการที่เป็นผลลัพธ์จากขั้นที่ 2 จะถูกทดสอบโดยการทดลองหรือการจำลองสถานการณ์ เพื่อดูประสิทธิภาพ-ประสิทธิผลของมาตรการนั้น ๆ เช่น มาตรการลดการสูญเสียน้ำ มาตรการปลูกพืชใช้น้ำน้อย มาตรการลดการชะล้างพังทลายของดิน หรือมาตรการกำจัดตะกอนหน้าฝาย แต่มาตรการบางอย่างเช่นมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการปรับแนวทางการบริหารจัดการน้ำซึ่งไม่สามารถทำการทดลองหรือการจำลองสถานการณ์ได้เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาในการทำการวิจัย กรณีนี้จะใช้วิธีการสอบถามความคิดเห็นและกระบวนการการมีส่วนร่วมจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องแทน

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

(1) แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ของ USDA Agricultural Research Unit (ARS)

(2) แบบจำลอง Mike Hydro - Bain Module (Model for River Basin Management and Planning of Water Resources) ของ Danish Hydraulic Institute (DHI)

(3) แบบจำลอง Mike 11 (Rivers and Channels System Modeling) ของ Denish Hydraulic Institute (DHI)

(4) ระบบ Application Programing Interface (API) ดึงข้อมูลการเจริญเติบโตของพืชในรูปของค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ในช่วง 8 วัน และค่าพยากรณ์ 8 วันล่วงหน้าของค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo) รายวัน และความน่าจะเป็นที่ฝนจะตกในแต่ละวันของพื้นที่ที่ต้องการ จาก Weather Based Irrigation Scheduling Service หรือ IrriSAT (https://irrisat-cloud.appspot.com/)

(5) ระบบ TMD Weather Forecast API สำหรับดึงข้อมูลพยากรณ์อากาศรายวัน แบบระบุพิกัดภูมิศาสตร์ จากกรมอุตุนิยมวิทยา (https://data.tmd.go.th/nwpapi/doc/apidoc/location/forecast_daily.html)

(6) Cloud Computer Server (https://iWASAM.eng.kps.ku.ac.th)

(7) เซนเซอร์ตรวจวัดอากาศและน้ำ ซึ่งประกอบด้วย

- อุณหภูมิ-ความชื้นสัมพัทธ์ (Digital Relative and Temperature Sensor) รุ่น AM2305 ของ Aosong Electronics Co.Ltd
- ความเร็วและทิศทางลม (Anemometer) รุ่น 6410 ของ Davis Instruments
- รังสีอาทิตย์ (Solar Pyranometer) โมเดล 6450 ของ Davis Instruments
- ฝน (Tipping Bucket Rain Gage) โมเดล 260-2501-A-25 ขนาด 8 นิ้ว ของ NovaLynx Corporation, USA

- เซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ (Ultrasonic Level Sensor) รุ่น HDL700-C1 ของ Huaibei Huadin Automation Technology Co.Ltd., China
- เซนเซอร์ตรวจวัดการเปิดบานประตูระบายน้ำ แบบ Cable Displacement Sensor (Rotary Encoder) โมเดล ES02 ของ EF Company, China

(8) ฝายวัดน้ำแบบ Broad crested Weirs โดยทำการจัดสร้างขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 แห่งคือ บริเวณด้านท้ายน้ำของประตูระบายปากคลองฝั่งซ้ายและขวาคลองฝายคลองสวนหมาก และด้านท้ายน้ำประตูระบายปากคลองส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองไพร

(9) Wifi NB IoT และอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆสำหรับสร้างสถานีตรวจวัดอากาศและตรวจวัดน้ำ

3.3 วิธีการวิจัย

การวิจัยมีการดำเนินงานเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุและวิเคราะห์ปัญหาในการบริหารจัดการน้ำ มีวิธีการศึกษาและวิจัยดังนี้

3.3.1) การเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย

- แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ของลุ่มน้ำคลองสวนหมากและแม่น้ำปิงในเขตจังหวัดกำแพงเพชร
- ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model) ขนาด 5x5 ม.
- ข้อมูลรูปตัดลำน้ำของคลองสวนหมาก กม.1+340 ถึง กม.48+748 ทำการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2555
- สำรวจข้อมูลรูปตัดลำน้ำคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายท่าระแนะและฝายหนองปิ้งไก่ ก่อนฤดูฝนและหลังฤดูฝน ปี พ.ศ.2564
- ข้อมูลชุดดินและกลุ่มชุดดิน (Soil Series and Soil Groups) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ปี พ.ศ.2561 ข้อมูลพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชเศรษฐกิจ (Land Suitability) ปี พ.ศ. 2551 และข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน ปี พ.ศ.2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน

- ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด ใน ปี พ.ศ. 2564 จาก GISAgro4.0 ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA)
- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวันระหว่างปี พ.ศ.2534-2563 ซึ่งประกอบด้วย ฝน การระเหยของน้ำ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง ความชื้นสัมพัทธ์ ความครึ้มเมฆ รังสีแสงอาทิตย์ และความเร็วลม จาก 19 สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ซึ่งอยู่รอบลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ได้แก่ สถานี 373201(Sukhothai) 373301 (Si Samrong Agromet) 376201(Tak) 376202(Mae Sot) 376203(Bhumibol Dam) 376301(Doi Mu Soe Agromet) 376401 (Umphang) 378201(Phitsanulok) 380201(Kamphaeng Phet) 386301(Pichit Agromet) 376011(Lan Sang National Park) 376012(A Phop Phra) 380002(A. Phran Kratai) 380003(A. Khlong Khlung) 380005(A. Sai Ngam) 380006(Thung Pho Thale) 380008(A. Khlong Lan) 120081(Nam Mae Wong) และ 120121(Khlong Suan Mak)
- ข้อมูลน้ำท่ารายวันระหว่างปี พ.ศ. 2533-2562 จาก 3 สถานีตรวจวัดน้ำท่า P.47(บ้านโป่งน้ำร้อน) P.26A(บ้านใหม่) และ P.7A(แม่น้ำปิงที่ จ.กำแพงเพชร) ของกรมชลประทาน
- ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จากคู่มือกรมชลประทานและงานวิจัยอื่นๆ
- ปฏิทินการเพาะปลูก (Cropping Pattern) ในพื้นที่เกษตรกรรม โดยได้ทำการแบ่งกลุ่มพืชที่เพาะปลูกออกเป็น 9 ชนิด ประกอบไปด้วยข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา สวนผลไม้ ปาล์มน้ำมัน ไม้ยืนต้น และพืชผัก ซึ่งในการหาข้อมูลดังกล่าวได้ทำโดยการลงพื้นที่สอบถามหัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 โครงการชลประทานกำแพงเพชร และตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้น้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา กลุ่มผู้ใช้น้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย กลุ่มผู้ใช้น้ำฝายท่าเสากระโดง กลุ่มผู้ใช้น้ำฝายหนองปิ้งไก่ กลุ่มผู้ใช้น้ำฝายท่ากระดาน และกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำคลองไพร
- ข้อมูลระบบแหล่งน้ำและระบบชลประทาน จากโครงการชลประทานกำแพงเพชร กรมชลประทาน ข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดินและบ่อน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2561 จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ข้อมูลสระน้ำ จากภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth ปี พ.ศ. 2563

- ข้อมูลประชากรรายหมู่บ้านจาก 14 องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ในปี พ.ศ. 2563
- ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2563
- ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมและภัยแล้งในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากรายงานวิจัยต่างๆ
- ข้อมูลประตูระบายปลายคลองสวนหมาก ข้อมูลการศึกษาความเหมาะสมของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองสวนหมาก จากรายงานของกรมชลประทาน และแบบก่อสร้างประตูระบายปลายคลองสวนหมากพร้อมอาคารประกอบ สำนักงานชลประทานที่ 4
- ข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากรายงานวิจัย รายงานอื่นๆ และการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต

3.3.2) การศึกษาสภาพพื้นที่ อุตุ-อุทกวิทยา ทรัพยากรน้ำ-ที่ดิน และระบบเกษตรและชลประทาน

การศึกษาในขั้นนี้ประกอบด้วย

- การศึกษาสภาพลุ่มน้ำ เส้นชั้นความสูง ความลาดชันของพื้นที่ ระบบโครงข่ายลำน้ำ ความลาดชันท้องน้ำของคลองสวนหมาก ชุดดิน การใช้ประโยชน์พื้นที่ จำนวนประชากรในลุ่มน้ำ โครงสร้างทางการเกษตร รูปแบบการปลูกพืช
- การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลอุตุขอุทกวิทยา การเติมข้อมูลที่ขาดหายไป การสร้างแผนที่แสดงเส้นขั้นความสูงของฝนที่ตกในลุ่มน้ำ (Rainfall Isohyetal Map) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปี รายฤดูกาลและรายเดือน การวิเคราะห์ Flow Duration Curve ของน้ำท่า และวิเคราะห์การกระจายของฝนและน้ำท่าราย 10 วัน
- การศึกษาศักยภาพและขีดจำกัดของแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งได้แก่อ่างเก็บน้ำและฝาย ทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบันและแผนงานการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ ศักยภาพน้ำใต้ดินและการนำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน แหล่งน้ำทางเลือกซึ่งได้แก่บ่อและสระน้ำต่างที่มีการพัฒนาใช้งานในลุ่มน้ำ
- การศึกษาการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ พื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชเศรษฐกิจ พื้นที่เพาะปลูกพืชในปัจจุบันจาก GISAgro4.0 การวิเคราะห์หาพื้นที่ปลูกพืชไม่เหมาะสมโดยการเปรียบข้อมูลผลสำรวจติดตามพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ข้าว อ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพดจาก GISAgro4.0 ในปี 2564 กับ Land Suitability Map ของกรมพัฒนาที่ดิน และ

ผลกระทบที่ตามมาจากการปลูกพืชในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ พื้นที่สูบน้ำและพื้นที่เกษตรน้ำฝน ระบบการปลูกพืชในพื้นที่ประเภทต่างๆ ข้อจำกัดด้านอัตรากำลังและงบประมาณในการดูแลระบบชลประทาน

- แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากออกเป็น 37 ลุ่มน้ำย่อย เพื่อใช้ในการจำลองระบบลุ่มน้ำโดย SWAT-Mike Hydro Basin และเพื่อการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับน้ำในเชิงพื้นที่

3.3.3) การศึกษาความต้องการน้ำ

- ประกอบด้วยการศึกษาความต้องการน้ำสำหรับการเกษตร การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรมและการรักษาระบบนิเวศของลุ่มน้ำ
  - ความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูก $= \left(\frac{\text{ความต้องการน้ำของพืชตามทฤษฎี—ฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพ}}\right) x$ พื้นที่
  - ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค = อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน) x จำนวนประชากร (คน)
  - ความต้องการน้ำเพื่ออุตสาหกรมม = อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน) x กำลังการผลิตของโรงงาน (แรงม้า)
  - ความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ = ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำที่ร้อยละ 90 จาก Flow Duration Curve
- วิเคราะห์ความต้องการน้ำรายเดือนและรายปีของ 37 ลุ่มน้ำย่อย และความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ พื้นที่สูบน้ำและพื้นที่เกษตรน้ำฝน

3.3.4) การศึกษาสมดุลน้ำและสภาวะการขาดน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT-Mike Hydro Basin

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ใช้แบบจำลอง SWAT วิเคราะห์สมดุลน้ำรายวันของ 37 ลุ่มน้ำย่อย จากข้อมูลฝนรายวันระหว่างปี พ.ศ. 2536-2562 และสภาพกายภาพของลุ่มน้ำ ทำการสอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าที่สถานี P.47 และ P.26A ผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำ จะทำให้ทราบว่าฝนที่ตกลงในลุ่มน้ำย่อยต่างๆ กลายเป็นน้ำท่าเท่าใด ซึมลงสู่ระบบน้ำใต้ดินมากน้อย

เท่าใด และสูญเสียในรูปของการระเหยและการคายน้ำกลับสู่บรรยากาศมากน้อยเท่าใด และยังทราบปริมาณตะกอนในน้ำที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำอีกด้วย

- นำปริมาณน้ำต้นทุนรายวันที่อ่างเก็บน้ำและฝายต่างๆ ซึ่งได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง SWAT เป็นอุปทาน(Supply Side) และเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ในการจำลองระบบการใช้น้ำโดยแบบจำลอง Mike Hydro Basin โดยใช้ข้อมูลอุปสงค์ (Demand Side) จากความต้องการน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นที่ 3 ผลการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่าพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ ความรุนแรง ช่วงระยะเวลาและความถี่ในการขาดน้ำ ซึ่งจะมีประโยชน์ทำให้เจ้าหน้าที่ชลประทานและผู้เกี่ยวข้องทราบว่าพื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ และพื้นที่สูบน้ำ พื้นที่ใดมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อจะได้หาแนวทางในการบริหารจัดการน้ำเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่นั้นๆต่อไป

3.3.5) การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำและปัญหาน้ำท่วมของลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง Mike 11

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- กำหนดเงื่อนไขขอบเขตแบบจำลองในการศึกษาแบบจำลองเพื่อศึกษาสภาพน้ำหลาก พื้นที่น้ำท่วม เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและการบริหารจัดการในช่วงภาวะอุทกภัยนั้น โดยกำหนดขอบเขตการจำลองระหว่างคลองสวนหมากที่บ้านโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร จนถึงจุดบรรจบที่แม่น้ำปิง และกำหนดให้เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) เป็นอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำท่า P.47 และกำหนดให้เงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) เป็นระดับน้ำของสถานีวัดน้ำท่า P.7A
- การจัดทำภาพตัดขวางของแม่น้ำในแบบจำลอง พร้อมทั้งขยายและต่อเติมหน้าตัดลำน้ำในส่วนของบริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plains) ด้วยข้อมูล DEM (Digital Elevation Model)
- แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 5 ลุ่มน้ำย่อย ประกอบด้วย คลองสวนหมาก คลองไพร หนองกอง 2 สถานี P.26A และคลองสวนหมากตอนล่าง 1 แล้วการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

(SWAT Model) ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงคลองสวนหมาก (Side Flow) แบบจุด (Point Source)

- ทำการสอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำ (Manning's n) โดยใช้เหตุการณ์ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2553 ถึง 31 ตุลาคม 2553 และระหว่าง 1 สิงหาคม 2554 ถึง 30 พฤศจิกายน 2554 ใช้ค่า Coefficient of Determination (R^2) และ Water Balance Error (WBE) เป็นดัชนีในการทดสอบ

3.3.6) การศึกษาปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน และการกัดเซาะและการตกตะกอนในทางน้ำ

มีขั้นตอนดังนี้

- วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน (Erosion) โดยใช้สมการ Universal Soil Loss Equation, USLE)

$$A = 0.16RKLSCP$$

ประมาณค่า R จาก Rainfall Isohyetal Map ค่า K จาก แผนที่ชุดดิน ค่า L จากทิศทางการไหลของน้ำซึ่งประมาณจาก DEM ค่า S จากความลาดชันของพื้นที่ซึ่งประมาณจาก DEM ค่า C และ P จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

  - นำอัตราการชะล้างพังทลายที่คำนวณได้จากสมการ USLE ไปเปรียบกับผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2563
  - จัดทำแผนที่แสดงความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

- การศึกษาตะกอนหน้าฝายจากแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลขขนาด 5x5 ม. โดยการหารูปตัดทางน้ำทุกๆระยะ 200 ม. จากหน้าฝายจนถึงฝายท้ายฝายที่อยู่เหนือน้ำ นำรูปตัดทาง

น้ำมาพล๊อตโปรไฟล์ท้องน้ำ ประมาณหาค่าความจุทางน้ำ (River Capacity) กรณีมีตะกอนและกรณีไม่มีตะกอน จะได้ค่าปริมาณตะกอนที่ตกจมหน้าฝายโดยประมาณ

- สำรวจปริมาณตะกอนหน้าฝายโดยการสำรวจรูปตัดทางน้ำก่อนและหลังฤดูฝน ปี พ.ศ. 2564 ที่หน้าฝายท่าระแนะและฝายหนองปิ้งไก่ ผลการสำรวจจะทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงรูปตัดทางน้ำในช่วงฤดูฝน ทำให้สามารถประเมินปริมาตรดินตลิ่งและท้องน้ำที่ถูกกัดเซาะ และปริมาตรตะกอนที่มีการเคลื่อนย้ายและตกจมหน้าฝาย
- การเก็บตัวอย่างตะกอนที่ไหลมากับน้ำ (Suspended Load) จากฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดาน ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2564 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2565 การเก็บตัวอย่างตะกอนจะใช้วิธีการวัดชั่วขณะ เก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยโดยให้น้ำไหลเข้าขวดเก็บตัวอย่าง ด้วยความเร็วเดียวกันกับกระแสน้ำ และวัดปริมาณน้ำไหลผ่านฝายขณะเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นตะกอนในห้องปฏิบัติการ (C_{QS}) แล้วจึงคำนวณหาปริมาณตะกอนจากสูตร

$$Q_s = 86.4 x C_{QS} x Q$$

เมื่อ Q = ปริมาณตะกอน (ton/day)
C_{QS} = ความเข้มของตะกอนแขวนลอย $\left(\frac{g}{L}\right)$
Q_s = อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ย (m^3/s)

3.3.7) การสำรวจความคิดเห็นของประชาชนและเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับปัญหาเรื่องน้ำและอื่น ๆ

- สำรวจข้อมูลและความคิดเห็นโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาเรื่องน้ำในคลองสวนหมาก จากองค์การบริหารส่วนตำบลและที่บ้านประชาชน จำนวน 1200 ชุด โดยประเด็นที่สอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนที่ 1 คือข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประเภทของแหล่งน้ำและการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ รวมทั้งคุณภาพน้ำ ส่วนที่ 2 คือข้อมูลสถานะภาพการใช้น้ำทางด้านน้ำอุปโภค-บริโภค น้ำเพื่อการเกษตร และปัญหาน้ำท่วม ส่วนที่ 3 คือความคิดเห็นอื่น ๆ ของประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อนำไปพัฒนาลุ่มน้ำคลองสวนหมาก และ ส่วนที่ 4 คือข้อคิดเห็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ นำผลการสำรวจมาสรุปเป็นข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่

- จัดประชุมรับฟังความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ ตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำและผู้เกี่ยวข้อง จำนวน 7 ครั้ง แล้วนำมาสรุปประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ และช่วงเวลาต่างๆของปี

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์หามาตรการในการแก้ปัญหา มีวิธีการดำเนินการศึกษา วิจัยดังนี้

3.3.8) การพัฒนาระบบการจัดสรรน้ำและติดตามประเมินผลการใช้น้ำตามเวลาจริง (iWASAM)

การพัฒนา iWASAM (intelligent Water Allocation Scheduling And Monitoring) มีขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งประกอบไปด้วย (1) การพัฒนาฮาร์ดแวร์ (2) การพัฒนาซอฟท์แวร์ (3) การสอบเทียบเซนเซอร์

- ฮาร์ดแวร์ระบบ iWASAM เป็นส่วนที่พัฒนาเองทั้งหมด ประกอบไปด้วยสถานีตรวจวัดอากาศ สถานีตรวจวัดน้ำ และ Cloud Server
    - สถานีตรวจวัดอากาศ ใช้รหัสสถานีว่า RID-KU00x ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วและทิศทางลม รังสีอาทิตย์ และฝน แล้วส่งข้อมูลการตรวจวัดขึ้น Cloud Server แบบอัตโนมัติทุก 5 นาทีผ่านระบบ Wifi สถานี RID-KU00x มี 4 สถานีติดตั้งกระจายครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ดังนี้
        - สถานี RID-KU001 ติดตั้งที่หัวงานฝายคลองสวนหมาก
        - สถานี RID-KU002 ติดตั้งที่หัวงานอ่างเก็บน้ำคลองไพร
        - สถานี RID-KU003 ติดตั้งที่หัวงานฝายท่ากระดาน และ
        - สถานี RID-KU004 ติดตั้งที่แปลงทดลองตรวจวัดการชะล้างพังทลายของดินที่ ต.นาบ่อคำ

    - สถานีตรวจวัดน้ำ ใช้รหัสสถานี RID-KU WL00x ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำแบบ Ultrasonic Sensor กรณีใช้วัดระดับน้ำอย่างเดียว และติดตั้งเซ็นเซอร์แบบ Cable Displacement Sensor (Rotary Encoder) สำหรับวัดระยะการเปิดบาน กรณีที่จุดวัดน้ำเป็นบานประตู แล้วส่งข้อมูลการตรวจวัดขึ้น Cloud Server แบบอัตโนมัติทุก 15 นาทีผ่านระบบ Wifi หรือ NB.IoT สถานีตรวจวัดน้ำมีทั้งหมด 8 สถานี ดังนี้

- สถานี RID-KU WL001 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก มี Ultrasonic Sensor 2 ตัว
- สถานี RID-KU WL002 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ฝายวัดน้ำแบบ Broad Crested Weir ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านท้ายประตูระบายปากคลองฝั่งซ้ายของฝายคลองสวนหมาก มี Ultrasonic Sensor 1 ตัว
- สถานี RID-KU WL003 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ฝายวัดน้ำแบบ Broad Crested Weir ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านท้ายประตูระบายปากคลองฝั่งขวาของฝายคลองสวนหมาก มี Ultrasonic Sensor 1 ตัว
- สถานี RID-KU WL004 ติดตั้งเพื่อวัดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพร มี Ultrasonic Sensor 1 ตัว และวัดระยะการเปิดบานของ Operating Regulator ที่อาคารท่อส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองไพร มี Cable Displacement Sensor 1 ตัว
- สถานี RID-KU WL005 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ฝายวัดน้ำแบบ Broad Crested Weir ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านท้ายประตูระบายปากคลองฝั่งซ้ายของอ่างเก็บน้ำคลองไพร มี Ultrasonic Sensor 1 ตัว
- สถานี RID-KU WL006 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ไหลผ่านฝายหนองปิ้งไก่ มี Ultrasonic Sensor 1 ตัว
- สถานี RID-KU WL007 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ไหลผ่านแตรเข้าพื้นที่รับประโยชน์ของฝายหนองปิ้งไก่ มี Ultrasonic Sensor 1 ตัว
- สถานี RID-KU WL008 ติดตั้งเพื่อวัดน้ำที่ไหลผ่านฝายท่ากระดาน มี Ultrasonic Sensor 2 ตัว

- Cloud Computer Server (https://iWASAM.eng.kps.ku.ac.th) ติดตั้งอยู่ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ซอฟท์แวร์ระบบ iWASAM เขียนด้วยภาษา php เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ดังต่อไปนี้
  - รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ หรือจากการป้อนข้อมูลโดยผู้ใช้งาน ข้อมูลที่ต้องป้อนโดยผู้ใช้งานได้แก่ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งประกอบด้วย พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตและราคาผลผลิต ค่าพารามิเตอร์สำหรับการปรับค่า Kc ตามพื้นที่

ค่าพารามิเตอร์จำเพาะของสถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดน้ำ และข้อมูลผลสำรวจความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ชลประทานและผู้ใช้น้ำ

- เชื่อมต่อข้อมูลด้วย API กับ IrriSAT และ TMD Weather Forecast ของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อดึงข้อมูล Kc, ค่าพยากรณ์ ETo, ความน่าจะเป็นในการเกิดฝนจาก IrriSAT และข้อมูลพยากรณ์อากาศรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยา
- จัดทำระบบฐานข้อมูลด้วย SQL ซึ่งประกอบไปด้วย
  - ฐานข้อมูลการตราจวัดอากาศราย 5 นาที
  - ฐานข้อมูลการตรวจวัดน้ำราย 15 นาที
  - ฐานข้อมูลที่ดึงจาก IrriSAT API
  - ฐานข้อมูลที่ดึง TMD Weather Forecast API
  - ฐานข้อมูลจากผลลัพธ์จากการประมวลผล ซึ่งประกอบด้วย ค่า ETo ปริมาณน้ำที่ตรวจวัดที่สถานีต่างๆ ความต้องการน้ำและผลสัมฤทธิ์ในการบริหารจัดการน้ำ
- ประมวลผลข้อมูล ประกอบด้วย
  - การคำนวณ ETo จากข้อมูลภูมิอากาศ
  - การคำนวณปริมาณน้ำผ่านฝาย ปริมาณน้ำผ่านฝายวัดน้ำ (Broad Crested Weir ซึ่งได้ทำการออกแบบ ก่อสร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดอัตราการไหลในคลองส่งน้ำ) ปริมาณน้ำผ่านบานระบายของท่อส่งน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet)
  - การคำนวณปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิและความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด
  - ดัชนีแสดงผลสัมฤทธิ์ในการส่งน้ำ ได้แก่ ประสิทธิภาพการชลประทาน อัตราส่วนผลการส่งน้ำ (Delivery Performance Ratio, DPR) จำนวนวันที่ขาดน้ำ
  - ผลิตภาพน้ำ (Water Productivities)
- แสดงผลในรูปของกราฟ ตารางและรายงานผลการบริหารจัดการน้ำรายฤดูกาล ซึ่งผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดข้อมูลทั้งหมดได้ตามต้องการ

- การสอบเทียบเซ็นเซอร์ของสถานีตรวจวัดอากาศและตรวจวัดน้ำก่อนนำไปใช้งาน

3.3.9) การศึกษาหาแนวทางการบริหารจัดการประตูระบายปลายคลองสวนหมาก

- ศึกษาวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการก่อสร้างประตูระบายปลายคลองสวนหมากจากรายงานผลการศึกษาของกรมชลประทาน
- วิเคราะห์สภาพน้ำท่าในพื้นที่ปลายคลองสวนหมากเหนือและใต้จุดที่คลองสวนหมากแยกออกเป็น 2 สายที่บริเวณตลาดน้ำนครชุม และอัตราการระบายน้ำจากคลองสวนหมากลงสู่แม่น้ำปิง
- ศึกษาสภาพทางน้ำ โดยการหารูปตัดและความลาดชันของคลองสวนหมากในบริเวณพื้นที่ปลายคลองเหนือและใต้จุดที่คลองสวนหมากแยกออกเป็น 2 สาย จากแบบจำลองความสูงของพื้นที่เชิงตัวเลขขนาด 5x5 ม. เพื่อนำมาหาความจุทางน้ำ และปริมาตรน้ำที่ต้องการเพื่อรักษาระดับในคลองสวนหมากช่วงปลายคลองให้เต็มตลิ่ง เหมาะแก่การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ 2 ฝั่งคลองสวนหมากเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เป็นแหล่งเรียนรู้ศิลปะวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของนครชุม ชุมชนปลายคลองสวนหมาก
- พัฒนาเกณฑ์การ Operate ประตูระบายปลายคลองสวนหมากและเกณฑ์การสูบน้ำจากแม่น้ำปิงเพื่อหล่อเลี้ยงพื้นที่ปลายคลองสวนหมากให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการสร้างประตูระบายปลายคลองสวนหมาก

3.3.10) การศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ตัวอย่าง

ได้แก่ การบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำฝายหนองปิ้งไก่ พื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองไพร โดยใช้ขบวนการมีส่วนร่วมจากผู้ใช้น้ำและเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน (ดำเนินการศึกษา วิจัย ต่อเนื่องในปีที่ 2)

ขั้นที่ 3 การทดสอบมาตรการ มีวิธีการดำเนินการศึกษา วิจัยดังนี้

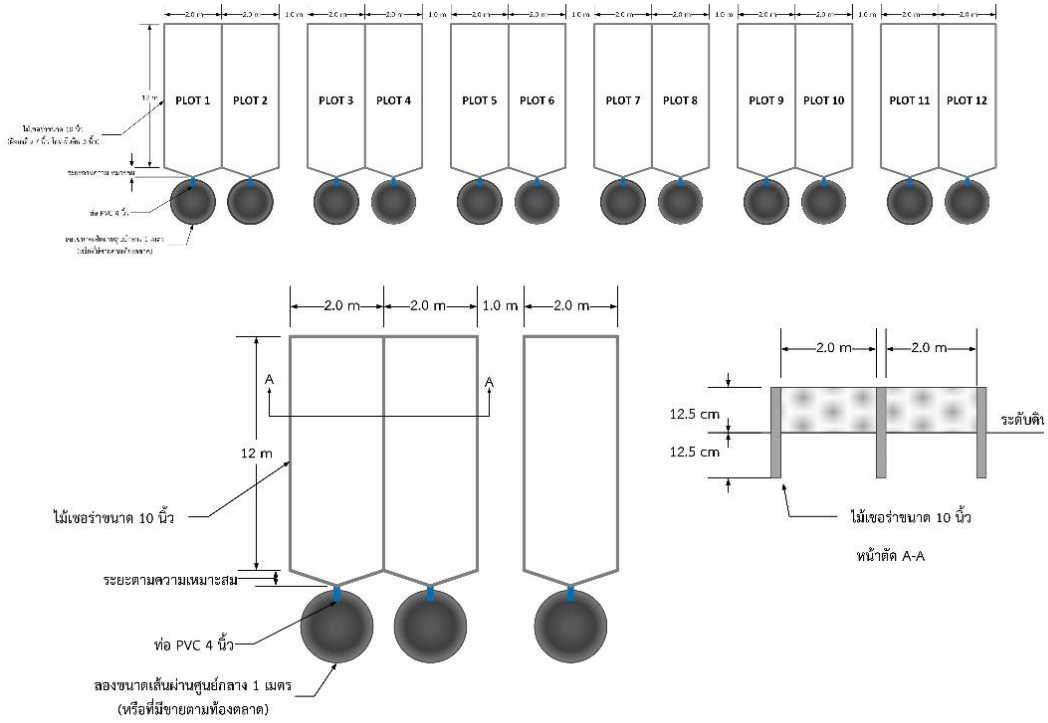
3.3.11) การตรวจสอบผลการศึกษาการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินจากแบบจำลองและมาตรการการป้องกัน

เพื่อตรวจสอบผลการศึกษาการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินจากแบบจำลองและมาตรการการป้องกัน ในการวิจัยจัดทำแปลงทดลองเพื่อตรวจวัดการชะล้างพังทลายของดินที่ตำบลนาบ่อ

คำ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร พื้นที่มีความลาดชัน 1:120 ใกล้เคียงกับค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำ ออกแบบแปลงทดลองให้มีขนาดความกว้าง 2 เมตร ยาว 12 เมตร จำนวน 12 แปลง ดังรูปที่ 3.3-1 แต่ละแปลงจะถูกกั้นด้วยไม้เชอร่าที่มีความกว้าง 25 เซนติเมตร (แผ่นเชอร่าจะถูกฝังลงดิน 10.5 เซนติเมตรและโผล่พ้นดิน 12.5 เซนติเมตร ด้านท้ายได้ติดตั้งบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 1 เมตร จำนวน 1 บ่อเพื่อใช้เก็บรวบรวมน้ำผิวดินที่จะไหลมาจากด้านบนของแปลงทดลอง

- แปลงที่ 1 แปลงที่ 5 และ แปลงที่ 9 จะเป็นแปลงควบคุมคือพื้นที่ทิ้งไว้ว่างเปล่าและไถพรวนขึ้นลง
- แปลงที่ 2 แปลงที่ 6 และ แปลงที่ 10 จะเป็นแปลงที่ดำเนินการปลูกพืชผัก ได้แก่ ผักชี
- แปลงที่ 3 แปลงที่ 7 และ แปลงที่ 11 จะเป็นปลงที่ดำเนินการปลูกข้าวโพด
- แปลงที่ 4 แปลงที่ 8 และ แปลงที่ 12 จะเป็นแปลงที่ดำเนินการปลูกมันสำปะหลัง

การตรวจวัดข้อมูลและวิเคราะห์ผลจากแปลงทดลอง จะได้ดำเนินการศึกษา วิจัยต่อเนื่องในปีที่ 2



รูปที่ 3.3-1 รายละเอียดแปลงทดลองตรวจวัดการชะล้างพังทลายของดินที่ตำบลนาบ่อคำ

3.3.12) ผลจากการศึกษาอุทกภัยในพื้นที่

จัดทำเป็นแผนที่แสดงขอบเขตน้ำท่วม เพื่อให้ทราบตำแหน่ง และความรุนแรงของปัญหาน้ำท่วม และทำการตรวจสอบผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองโดยการลงพื้นที่จริงและสอบถามความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่เกี่ยวกับเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นรวมทั้งให้ข้อเสนอแนะความเป็นไปได้เกี่ยวกับมาตรการการแก้ปัญหาน้ำท่วมที่เสนอไว้ (ดำเนินการศึกษา วิจัยต่อเนื่องในปีที่ 2)

3.3.13) ติดตามประเมินผลการใช้งานของระบบ iWASAM

โดยการประชุมสอบถามและรับฟังความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ชลประทานรวมทั้งผู้ใช้งานอื่น ๆที่เกี่ยวข้อง (ดำเนินการศึกษา วิจัยต่อเนื่องในปีที่ 2)

3.3.14) ติดตามประเมินผลถึงข้อดี ข้อจำกัด อุปสรรคและปัญหาต่าง ๆ

ที่ได้จากแนวทางการจัดการน้ำของพื้นที่ตัวอย่าง (ฝายหนองปิ้งไก่ หรือ อ่างเก็บน้ำคลองไพร หรือ พื้นที่อื่น ๆ ที่เหมาะสม) โดยใช้แบบสอบถามและการประชุมรับฟังข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ (ดำเนินการศึกษา วิจัยต่อเนื่องในปีที่ 2)

3.3.15) จัดการประชุมการมีส่วนร่วม

จัดประชุมร่วมกันระหว่างเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ผู้ใช้น้ำ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ เพื่อสอบถามความคิดเห็น รับฟังข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำฯ การแก้ไขปัญหาการกัดเซาะ และ ตะกอนหน้าฝาย การแก้ไขปัญหาอุทกภัย และการขาดแคลนน้ำ ที่โครงการวิจัยนำเสนอไว้ (ดำเนินการศึกษา วิจัยต่อเนื่องในปีที่ 2)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

4.1 อุตุ-อุทกวิทยาลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

4.1.1 สภาพอุตุนิยมวิทยา

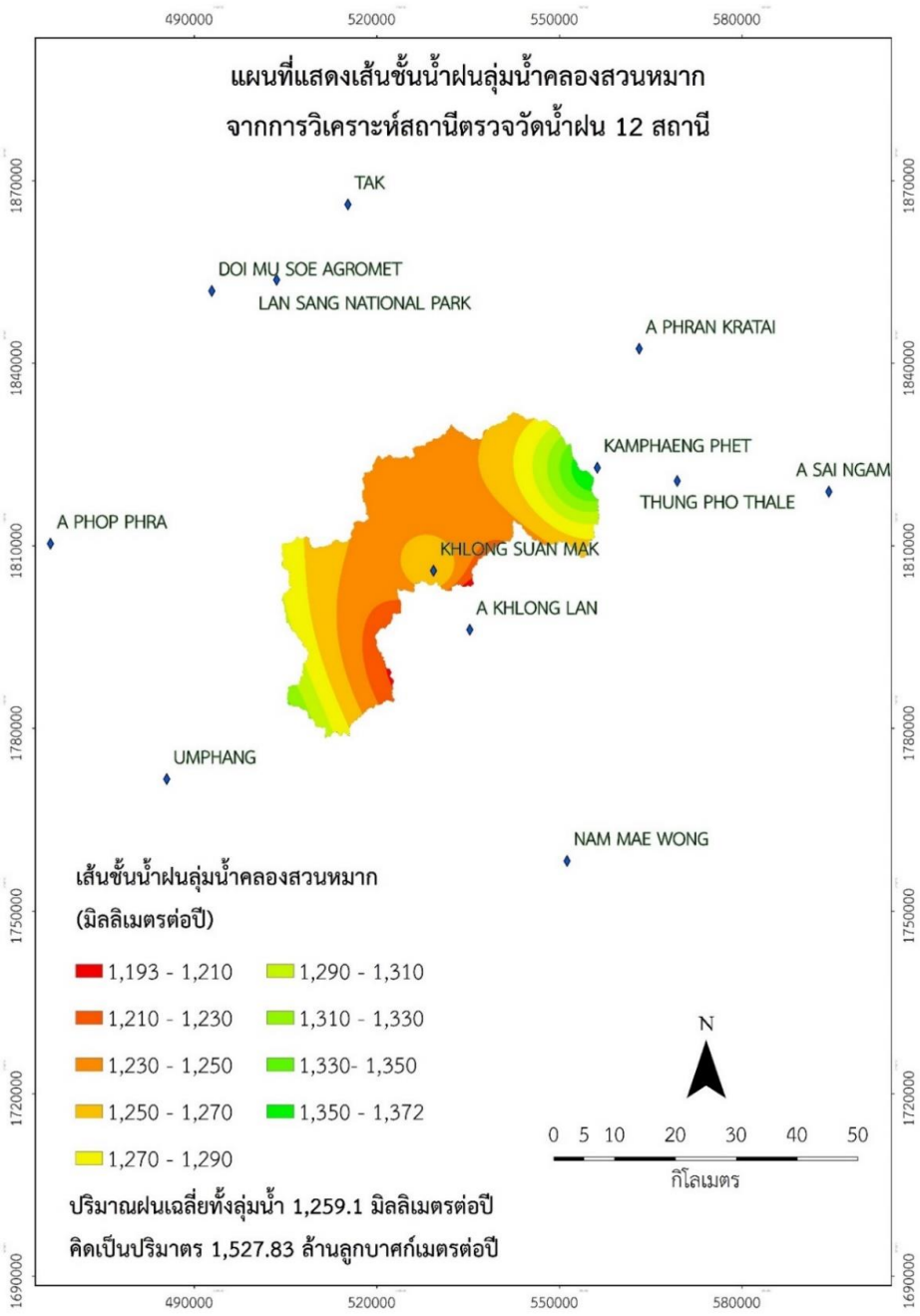
สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของลุ่มน้ำคลองสวนหมากถูกแบ่งออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้ ฤดูร้อนเริ่มประมาณเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมโดยเฉพาะในเดือนเมษายนมีอากาศร้อน อบอ้าว สำหรับฤดูฝนเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากฝั่งทะเลอันดามัน ส่งผลให้อากาศมีความชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกตั้งเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป และปริมาณฝนจะลดลงจนถึงเดือนตุลาคมเมื่อได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชั่นจากทะเลจีนใต้ ฤดูหนาวจะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดมาจากประเทศจีน จากการศึกษาข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดที่มีผลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากซึ่งถูกบันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยา มีจำนวนทั้งสิ้น 10 สถานี ได้แก่ สถานีสุโขทัย สถานีศรีสำโรง สถานีตาก สถานีแม่สอด สถานีเขื่อนภูมิพล สถานีดอยมูเซอ สถานีอุ้มผาง สถานีพิษณุโลก สถานีกำแพงเพชร และสถานีพิจิตร แสดงดังตารางที่ 4.1-1

ตารางที่ 4.1-1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ.2534-2563)

Tmean (°C)	Td (°C)	RH (%)	Wind (m/s)	Epan (mm/day)	Cloud (deca)	Sunshine (hr)
26.09	20.89	75.33	0.59	3.99	5.33	6.31

สถานีตรวจวัดน้ำฝนที่อยู่รอบลุ่มน้ำคลองสวนหมากที่พิจารณามีทั้งหมด 19 สถานี ประกอบไปด้วยสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 17 สถานี และกรมชลประทาน 2 สถานี จากข้อมูล 19 สถานีพบว่ามีฝนจำนวน 12 สถานีที่มีอิทธิพลต่อลุ่มน้ำคลองสวนหมาก โดยได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยแสดงเป็นภาพเส้นชั้นน้ำฝนดังรูปที่ 4.1-1 ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ 1259.1 มม./ปี คิดเป็นปริมาณน้ำที่เกิดจากฝน 1,527.83 ล้าน ลบ.ม./ปี สำหรับผลรวมปริมาณฝนรายปีและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ แยกตามรายละเอียดสถานี เช่น อุณหภูมิเฉลี่ย

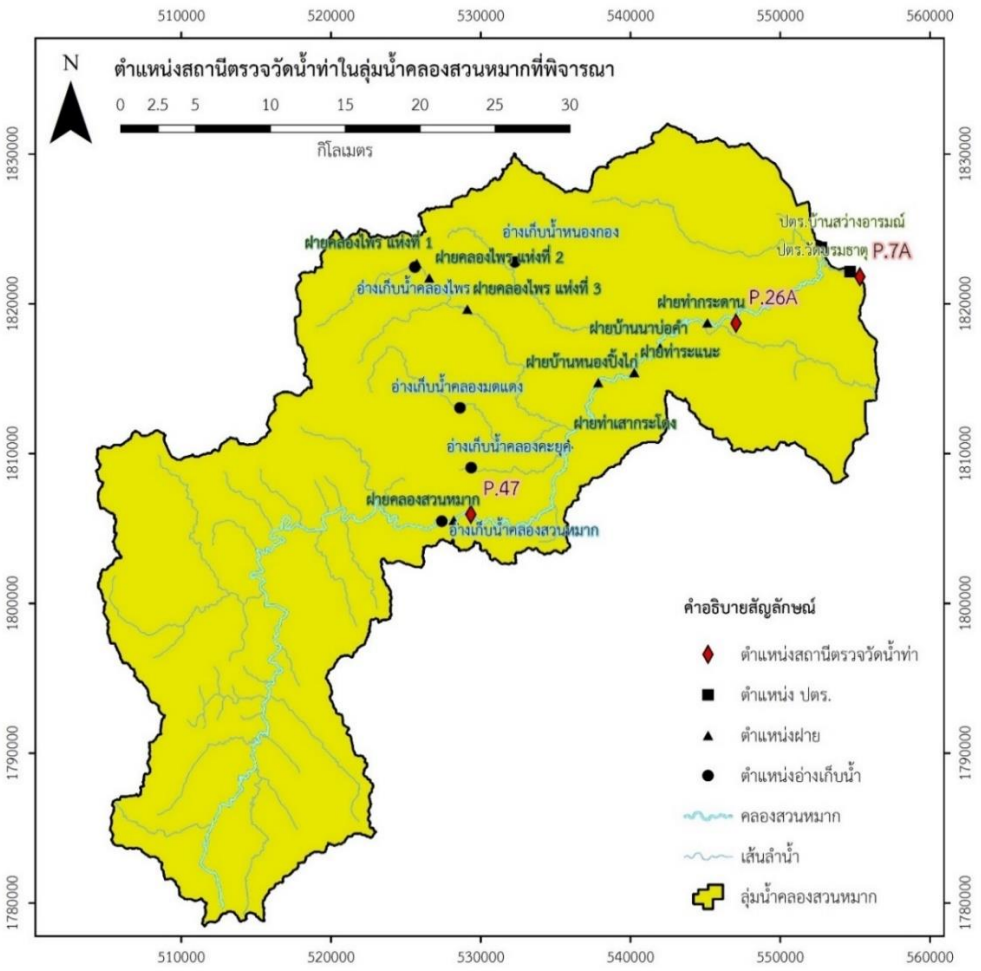
อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอื่น ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคำนวณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิงในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก แสดงในภาคผนวก ก3



รูปที่ 4.1-1 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า (Runoff Analysis)

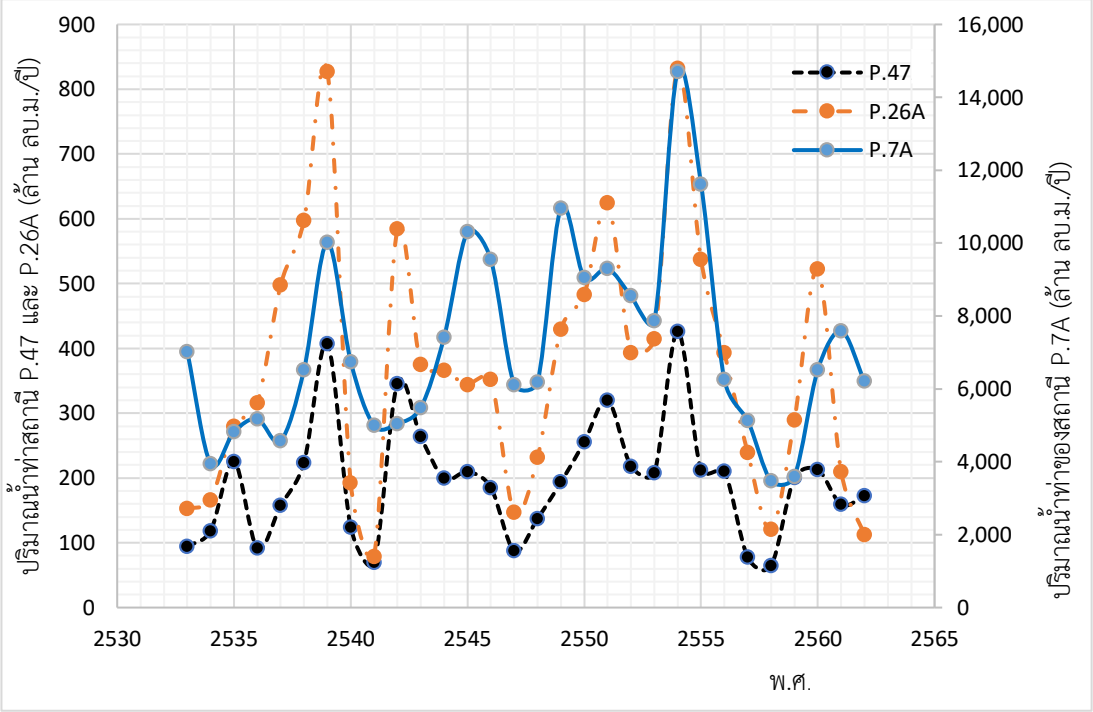
สถานีตรวจวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำคลองสวนหมากของกรมชลประทาน จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานี P47 (บ้านโป่งน้ำร้อน) และสถานี P26A (บ้านใหม่) แสดงดังรูปที่ 4.1-2 และจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าของสถานีตรวจวัดน้ำท่า พบว่า สถานี P47 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 195.67 ล้าน ลบ.ม. และสถานี P26A มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 370.27 ล้าน ลบ.ม. จากการวิเคราะห์น้ำท่าเบื้องต้นพบว่าปริมาณน้ำท่ามีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม



รูปที่ 4.1-2 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

4.1.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปี (Annual Runoff Analysis)

ปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และ P.7A ระหว่างปี 2533-2562 รวม 30 ปี ถูกพล็อตกราฟเปรียบเทียบ ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 4.1-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟน้ำท่ารายปีของสถานี P.47 และ P.26A มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันยกเว้นบางปี เช่นช่วงปี 2542-2545 ส่วนกราฟน้ำท่ารายปีของสถานี P.7A มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปคล้ายกราฟน้ำท่าของสถานี P.47 แต่ต่างจากน้ำท่ารายปีของสถานี P.26A ช่วงปี 2542-2545 เมื่อนำค่าปริมาณน้ำท่ารายปีของทั้ง 3 สถานี มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) พบว่าค่า ส.ป.ส. สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.95 ถือว่าปริมาณน้ำท่ารายปีของทั้ง 3 สถานีมีสหสัมพันธ์ในเกณฑ์ดีมาก ดังตารางที่ 4.1-2



รูปที่ 4.1-3 กราฟน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และ P.7A

ตารางที่ 4.1-2 เมตริกซ์แสดงค่า ส.ป.ส. สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และP.7A

	P.47	P.26A	P.7A
P.47	1		
P.26A	0.983	1	
P.7A	0.966	0.982	1

ตารางที่ 4.1-3 แสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของปริมาณน้ำท่ารายปีของ 3 สถานี โดยมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของสถานี P.7A, P26A และสถานี P.7A มีค่าเท่ากับ 195.7, 370.3 และ 7159.6 ล้านลบ.ม./ปี ตามลำดับ หรือคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำท่า (Runoff Yield) เท่ากับ 0.37, 0.38 และ 0.17 ล้านลบ.ม/ตร.กม./ปี ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1-3 ค่าสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีวัดน้ำท่า P.47, P.26A และ P.7A ของกรมชลประทาน

สถานี	P.47	P.26A	P.7A
พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	530.7	974	42,464
จำนวนข้อมูล (ปี)	30	30	30
ค่าเฉลี่ย	195.7	370.3	7159.5
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	91.9	197.9	2621.4
ค่า ส.ป.ส.ความแปรปรวน (CV)	0.47	0.53	0.37
ค่า ส.ป.ส.ความเบ้ (Skewness Coefficient)	0.81	0.67	0.94
ค่าต่ำสุด	64.3	79.0	3,471.7
ค่าสูงสุด	425.9	832.1	14705.7
95% Lower confident limit	178.5	333.3	6,670.9
95% Upper confident limit	212.8	407.2	7,648.9
อัตราการเกิดน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม./ตร.กม./ปี)	0.37	0.38	0.17

เมื่อนำค่าปริมาณน้ำท่ารายปีไปวิเคราะห์ความน่าจะเป็นด้วยสมการกัมเบล (Gumbel) หรือ Double Exponential Function ดังสมการที่ 4.1-1

$$F(x) = e^{-e\left\{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)\right\}} \quad (4.1\text{-}1)$$

เมื่อ x คือ ค่าตัวแปรสุ่มปริมาณน้ำท่ารายปีมีหน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม./ปี

x_0 และ α คือ ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงกัมเบล ซึ่งคำนวณหาได้จากสมการที่ 4.1-2 และสมการที่ 4.1-3

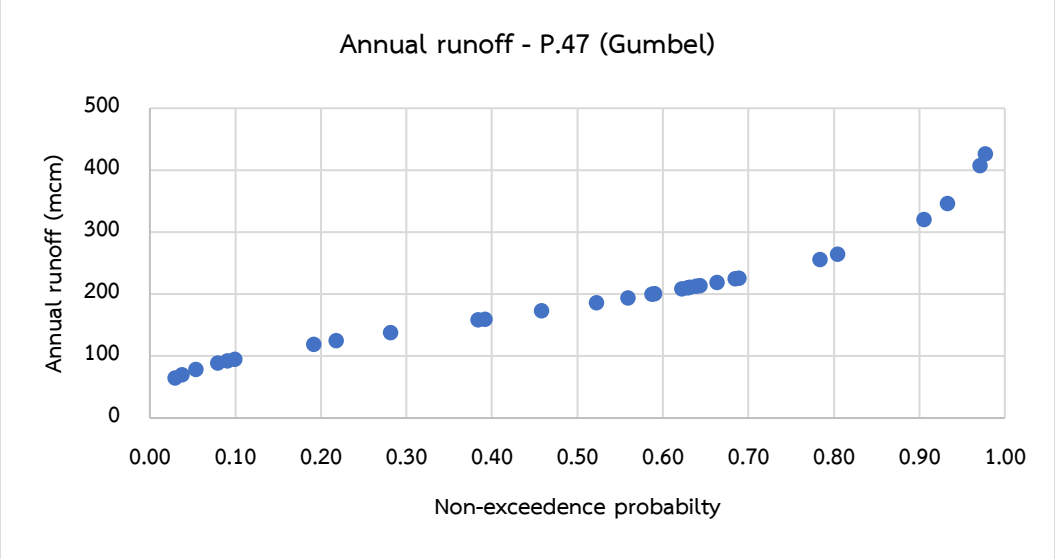
$$x_0 = \bar{x} - 0.45 s_x \quad (4.1\text{-}2)$$

$$\alpha = 0.7797 s_x \quad (4.1\text{-}3)$$

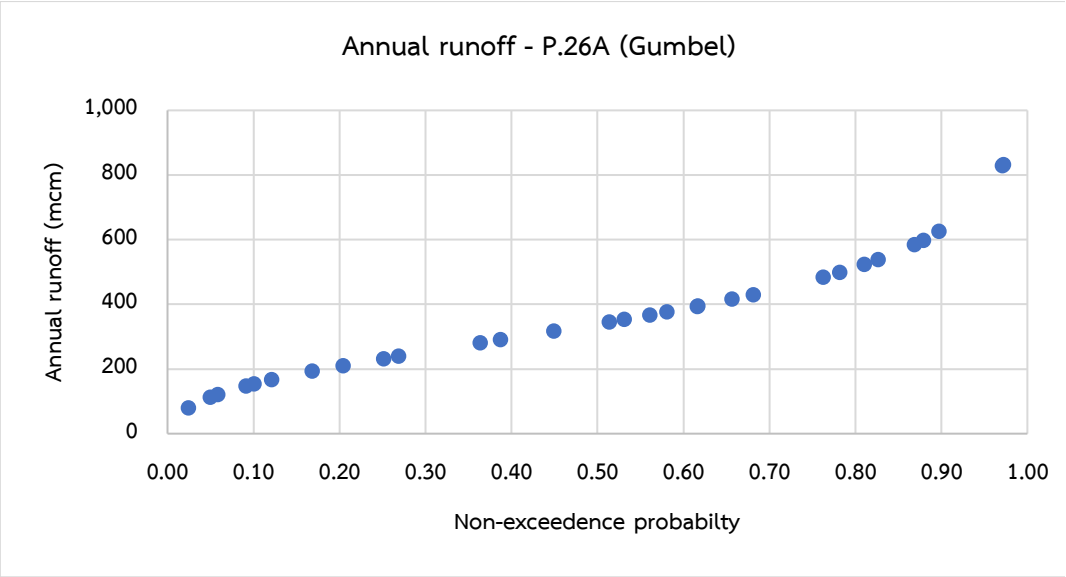
ค่าพารามิเตอร์ x_0 และ α ของปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานี P.47 P.26A และP7A แสดงอยู่ในตารางที่ 4.1-4 กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปีของทั้ง 3 สถานีแสดงอยู่ในรูปที่ 4.1-4 ถึง 4.1-6 ผลการทดสอบโดยวิธี Smirnov-Kolmogorov Test พบว่าการแจกแจงแบบกัมเบลมีความเหมาะสมกับปริมาณน้ำรายปีของสถานี P.47, P.26A และP.7A ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 $\left(\Delta_{max} < \Delta_{\alpha,n}\right)$

ตารางที่ 4.1-4 พารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบกัมเบล และผลการทดสอบความเหมาะสมด้วย Smirnov-Kolmogorov Statistic

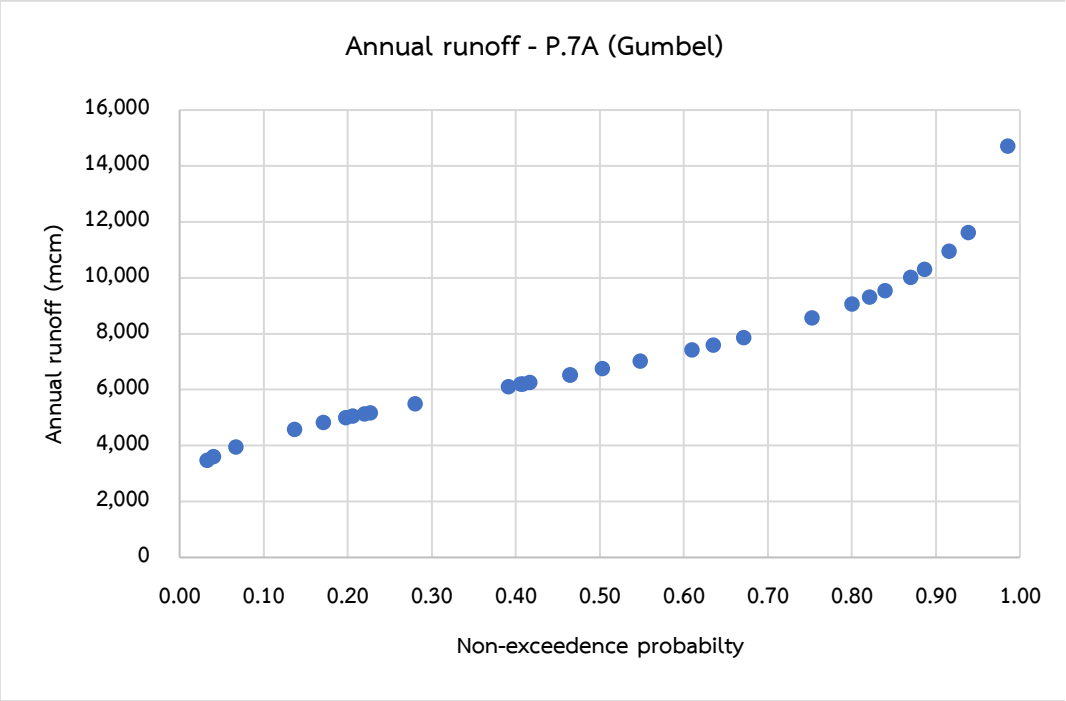
สถานี	x_0	α	Δ_{max}	$\Delta_{N=30,\alpha=0.05}$
P.47	154.315	71.663	0.11	0.2417
P.26A	281.204	154.315	0.07	0.2417
P.7A	5,979.868	2,043.917	0.06	0.2417



รูปที่ 4.1-4 กราฟการแจกแจงแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปี P.47



รูปที่ 4.1-5 กราฟการแจกแจงแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปี P.26A



รูปที่ 4.1-6 กราฟการแจกแจงแบบกัมเบลของปริมาณน้ำท่ารายปี P.7A

ค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25 และ 50 ปี แสดงอยู่ในตารางที่ 4.1-5 ค่าปริมาณน้ำท่าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2.327 คือค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบกัมเบล

ตารางที่ 4.1-5 ค่าปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานี P.47, P.26A และ P.7A ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ (Tr)	**ความน่าจะเป็นแบบมากกว่า(%)**	**ปริมาณน้ำท่ารายปี ล้าน ลบ.ม./ปี**		
		P.47	**P.26A**	**P.7A**
2	50	180.571	337.762	6,728.990
2.327	43	195.665	370.266	7,159.504
5	20	261.795	512.668	9,045.621
10	10	315.573	628.470	10,579.432
25	4	383.522	774.787	12,517.406
50	2	433.930	883.333	13,955.107

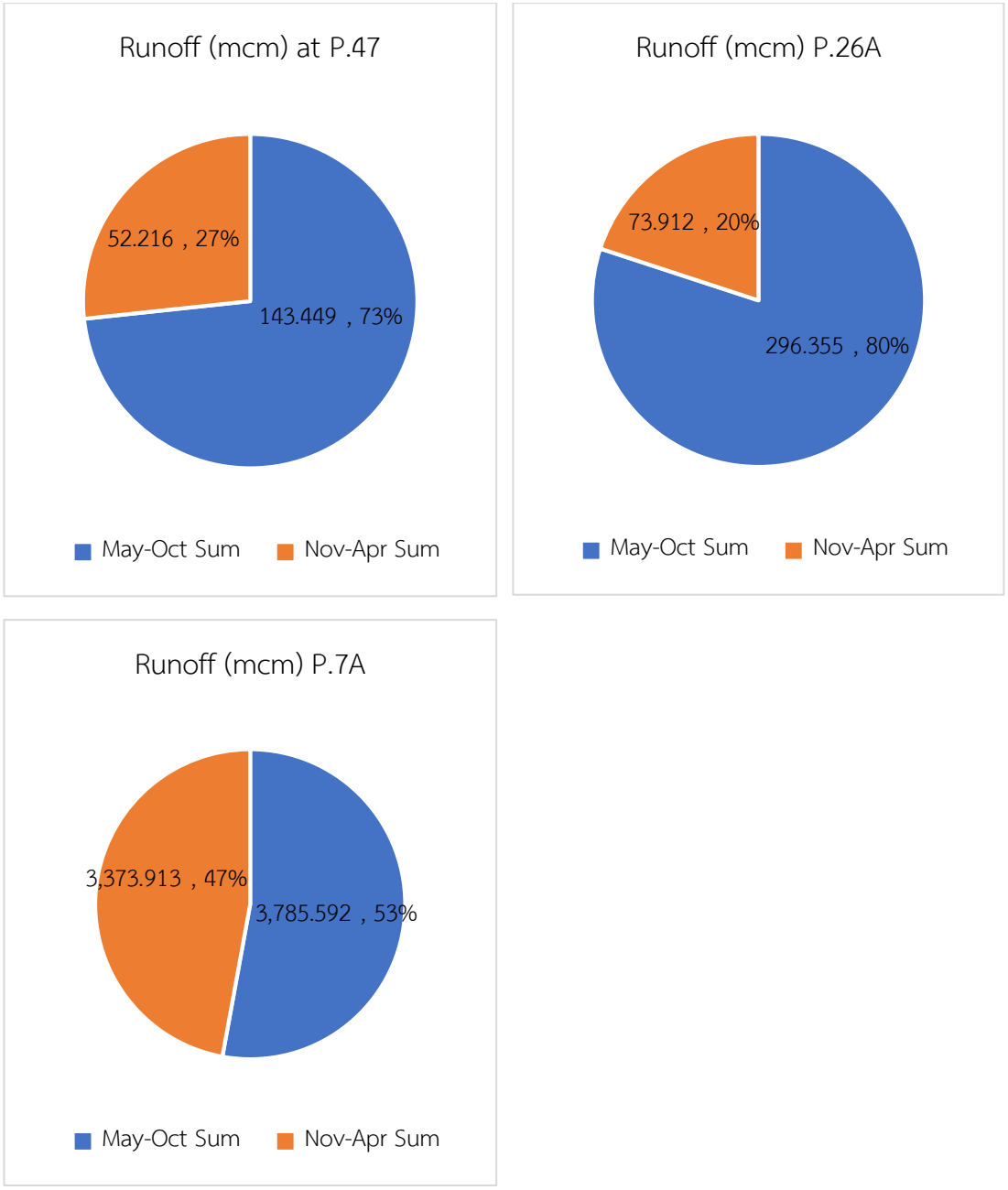
4.1.2.2 การวิเคราะห์ประมาณน้ำท่ารายเดือน (Monthly Runoff Analysis)

จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานี P.47, P.26A และ P.7A จากปี พ.ศ. 2533 – 2562 จำนวน 30 ปี นำมาหาค่าเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.) แสดงดังตารางที่ 4.1-6 พบว่ามีค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดในช่วงเดือน ตุลาคม ที่ตำแหน่งสถานี P.47 ปริมาณ 60.468 ล้าน ลบ.ม./เดือน ที่ตำแหน่งสถานี P.26A ปริมาณ 110.448 ล้าน ลบ.ม./เดือน ค่าเฉลี่ยรายเดือนทั้งปีของสถานี P.47 เท่ากับ 16.305 สถานี P.26A เท่ากับ 30.856 และสถานี P.7A เท่ากับ 596.625 จากการแบ่งช่วงเดือน พ.ย.-เม.ย. (ช่วงแล้ง) มีค่าปริมาณน้ำท่ารวมที่สถานี P.47 เท่ากับ 52.216 ล้าน ลบ.ม.(26.7%) สถานี P.26A เท่ากับ 73.912 ล้าน ลบ.ม.(20.0%) และสถานี P.7A เท่ากับ 3,373.913 ล้าน ลบ.ม.(47.1%) และจากการแบ่งช่วงเดือน พ.ค.-ต.ค. (ช่วงฝน) มีค่าปริมาณน้ำท่ารวมที่สถานี P.47 เท่ากับ 143.449 ล้าน ลบ.ม.(73.3%) สถานี P.26A เท่ากับ 296.355 ล้าน ลบ.ม.(80.0%) และสถานี P.7A เท่ากับ 3,785.592 ล้าน ลบ.ม.(52.9%) แสดงเป็นแผนภาพสัดส่วนช่วงฝนและช่วงแล้งดังรูปที่ 4.1-7 จากการนำปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนทั้ง 3 สถานีมาพล็อตกราฟแสดงดังรูปที่ 4.1-8 ถึง 4.1-11 พบว่ามีปริมาณน้ำท่าสูงในช่วงเดือน ก.ย.-พ.ย. สถานี P.47 เท่ากับ 108.612 ล้าน ลบ.ม.(55.5%) สถานี

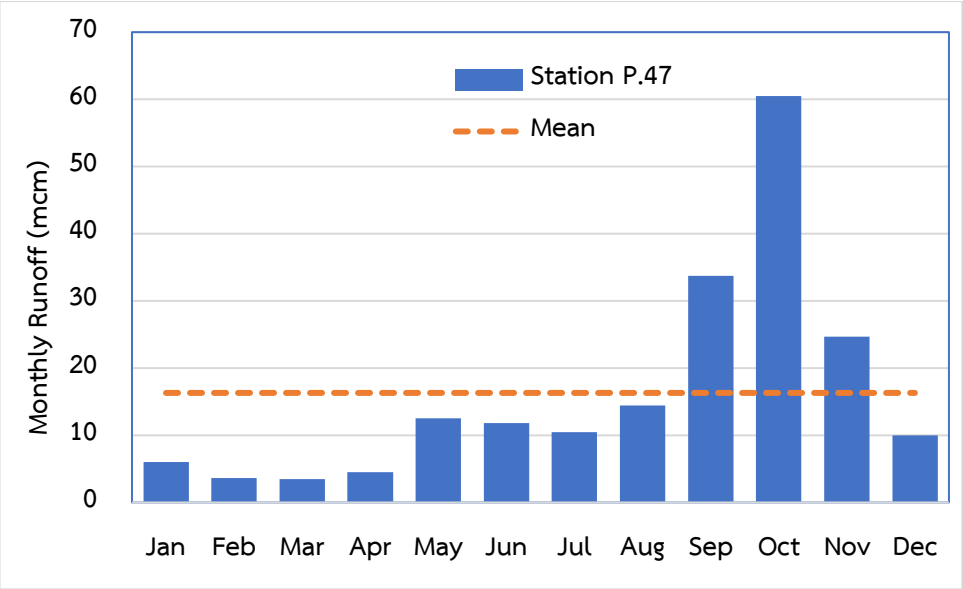
P.26A เท่ากับ 219.579 ล้าน ลบ.ม.(59.3%) และสถานี P.7A เท่ากับ 2,269.411 ล้าน ลบ.ม. (31.7%)

ตารางที่ 4.1-6 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.47A, P.26A และP.7A

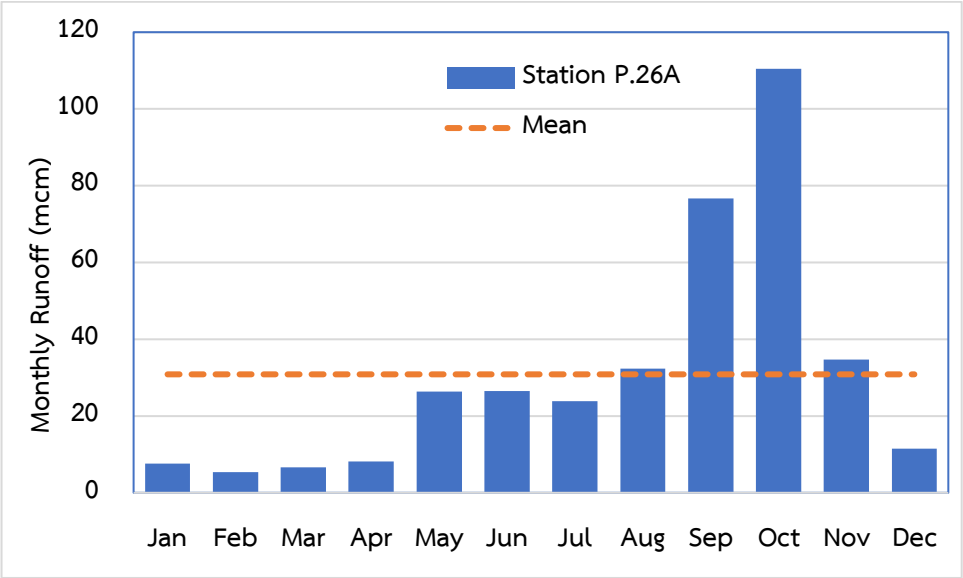
Month	Station P.47A	Station P.26A	Station P.7A
Jan	6.012	7.642	543.848
Feb	3.600	5.382	586.878
Mar	3.466	6.565	635.424
Apr	4.535	8.091	575.392
May	12.547	26.437	617.846
Jun	11.827	26.503	486.018
Jul	10.463	23.836	412.316
Aug	14.416	32.403	495.482
Sep	33.727	76.728	820.224
Oct	60.468	110.448	953.705
Nov	24.653	34.777	556.946
Dec	9.950	11.455	475.424
Total	195.665	370.266	7,159.504
Mean	16.305	30.856	596.625
May-Oct Sum	143.449	296.355	3,785.592
Nov-Apr Sum	52.216	73.912	3,373.913
May-Oct %	73.3	80.0	52.9
Nov-Apr %	26.7	20.0	47.1
May-Oct /Nov-Apr	2.7	4.0	1.1
Sep-Nov Sum	108.612	219.579	2,269.411
Sep-Oct %	55.5	59.3	31.7



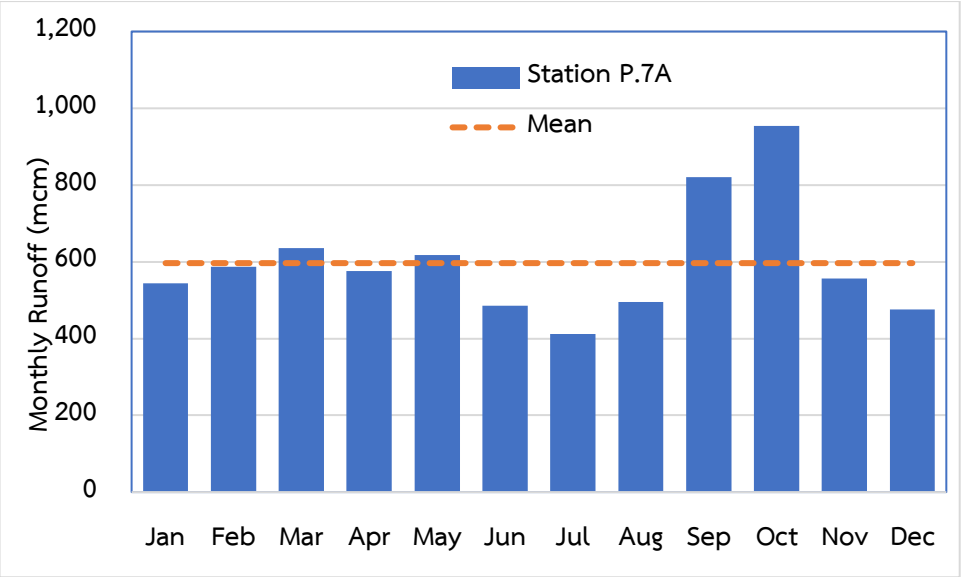
รูปที่ 4.1-7 ปริมาณน้ำในช่วงเดือน พ.ค.-ต.ค. และ พ.ย.-เม.ย.



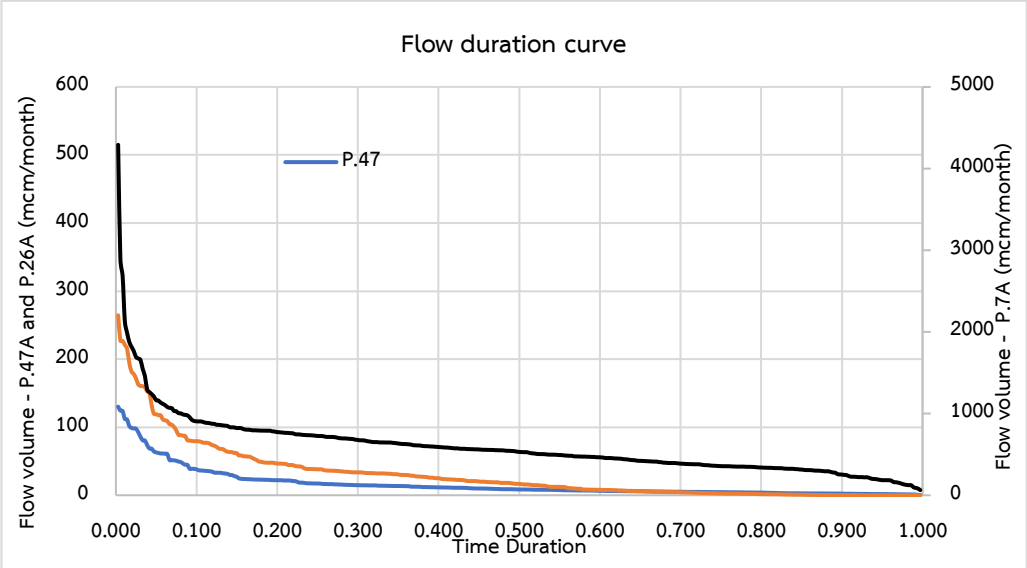
รูปที่ 4.1-8 กราฟน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.47



รูปที่ 4.1-9 กราฟน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.26A



รูปที่ 4.1-10 กราฟน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.7A

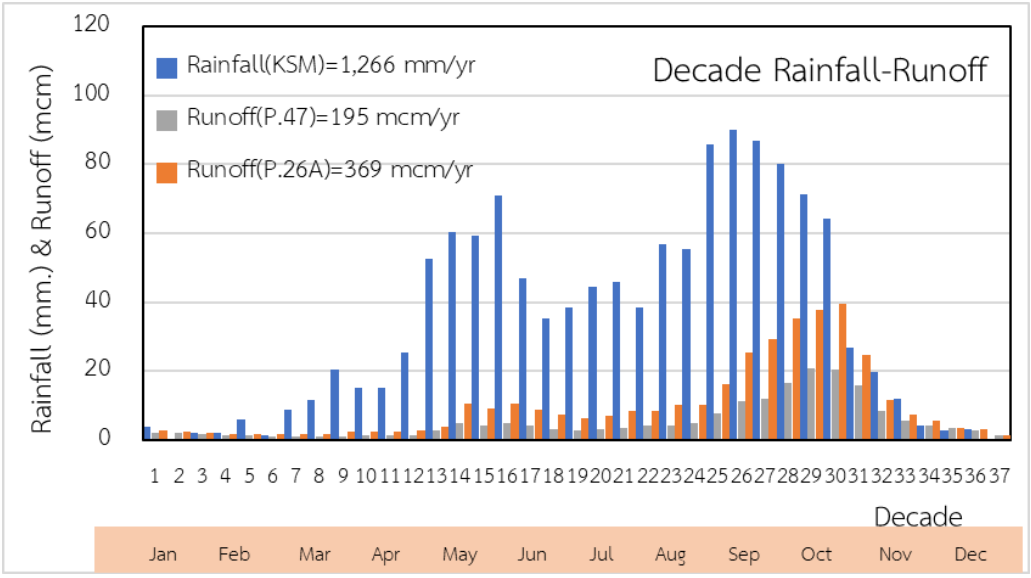


รูปที่ 4.1-11 Flow Duration curve

จากรูปที่ 4.1-11 ซึ่งแสดงสภาพการไหลของน้ำ(Flow duration) กับช่วงเวลาการเกิด(% ของเวลา) สำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศ โดยใช้เกณฑ์อัตราการไหลที่ 90% พบว่า อัตราการไหลที่ช่วงเวลา 90% ของสถานีเพื่อการรักษาระบบนิเวศที่สถานี P.47 และ P.26A มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าไม่จำเป็นต้องเผื่อปริมาณน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศ

4.1.3 รูปแบบการกระจายของฝนและน้ำท่ารายวัน 10 วันในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

จากข้อมูลฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนคลองสวนหมาก (12021) ของกรมชลประทาน และน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำ P.47 (บ้านโป่งน้ำร้อน) และ P.26A (บ้านใหม่) ระหว่างปี พ.ศ. 2534-2563 ได้ทำการคำนวณฝนและน้ำท่ารายวัน 10 วันเฉลี่ยในช่วง 30 ปี แล้วนำมาพล็อตเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1-12 ซึ่งจะเห็นได้ว่าฝนส่วนใหญ่ตกในช่วงฤดูฝนและมีอิทธิพลทำให้เกิดน้ำท่าในลุ่มน้ำ ถึงแม้ว่าโดยเฉลี่ยจะมีน้ำไหลในคลองสวนหมากตลอดทั้งปีแต่ปริมาณน้ำท่าในเดือนธันวาคม – เมษายน มีน้อยมาก ลักษณะฝนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากจะตกหนักช่วงต้นฤดู (พฤษภาคม) และปลายฤดู (กันยายน - ตุลาคม) ช่วงกลางฤดู (ประมาณปลายมิถุนายน - ต้นกรกรกฎาคม) ปริมาณฝนจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากเข้าสู่ฤดูฝน (ปลายเมษายน - ต้นพฤษภาคม) ปริมาณน้ำท่าในคลองสวนหมากเริ่มเพิ่มมากขึ้นในช่วงต้นเดือนพฤษภาคม หลังจากนั้นปริมาณน้ำท่าจะลดลงเล็กน้อย และเพิ่มมากขึ้นในช่วงเดือนกันยายน และมีค่ามากที่สุดช่วงปลายเดือนตุลาคม หลังจากหมดฝนปริมาณน้ำท่าในคลองสวนหมากจะลดลงอย่างรวดเร็วฝนจะลดลง และปริมาณน้ำท่าจะมีค่าน้อยมากตลอดช่วงฤดูแล้งตามที่กล่าวมาแล้ว



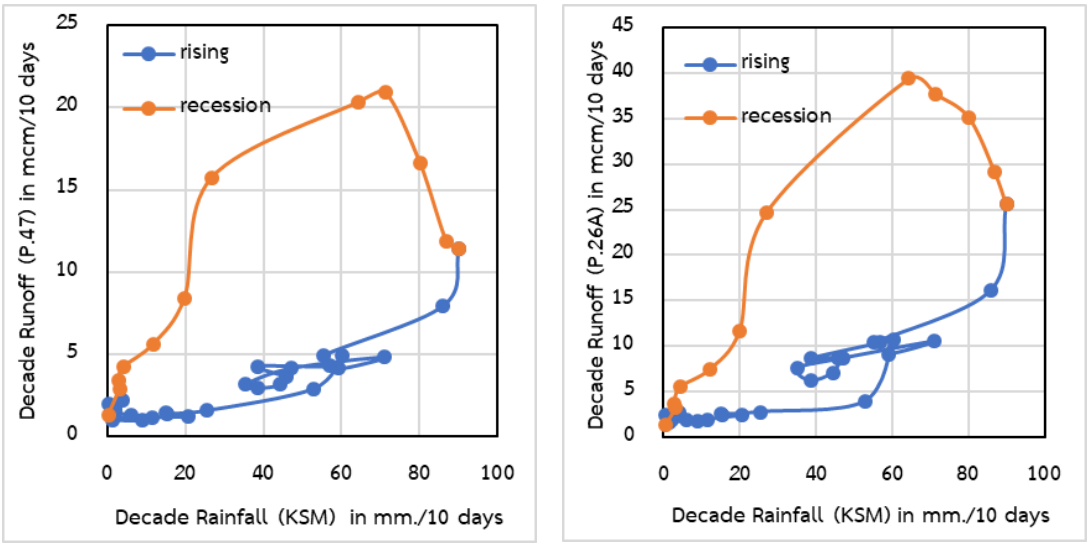
รูปที่ 4.1-12 กราฟเปรียบเทียบปริมาณฝนราย 10 วันเฉลี่ยของสถานีคลองสวนหมากกับปริมาณน้ำท่าราย 10 วันเฉลี่ยที่สถานี P.47 และสถานี P.26A

ปริมาณน้ำท่าที่สถานี P.47 และ P.26A มีรูปแบบการกระจายของที่คล้ายคลึงกัน ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างฝนและน้ำท่ารายๆ 10 วัน พบว่ามีค่าดังตารางที่ 4.1-7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าฝนและน้ำท่าทั้งสองสถานีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างดี (r = 0.62-0.73) ส่วนปริมาณน้ำท่าทั้งสองสถานีมีสหสัมพันธ์ที่อยู่ในเกณฑ์ดีมาก (r = 0.98)

ตารางที่ 4.1-7 เมตริกซ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างฝนและน้ำท่ารายๆ 10 วัน

	Rainfall (KSM)	Runoff (P.47)	Runoff (P.26A)
Rainfall (KSM)	1		
Runoff (P.47)	0.62	1	
Runoff (P.26A)	0.73	0.98	1

เมื่อนำฝนและน้ำท่ารายๆ 10 วัน ไปพล็อตกราฟกระจาย จะเห็นได้ว่าฝนและน้ำท่าช่วงต้นฤดูฝน และช่วงปลายฤดูฝนมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 4.1-13 กราฟช่วงต้นฝนจะค่อนข้างราบ ขณะที่กราฟช่วงปลายฤดูฝนจะมีความชันมากกว่า นั้นคือสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า (Runoff Coefficient) ช่วงปลายฤดูฝน (Recession Limb) จะมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่าในช่วงต้นฤดูฝน (Rising Limb) ประมาณ 3 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1-8



รูปที่ 4.1-13 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างฝนและน้ำท่ารายๆ 10 วัน ของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

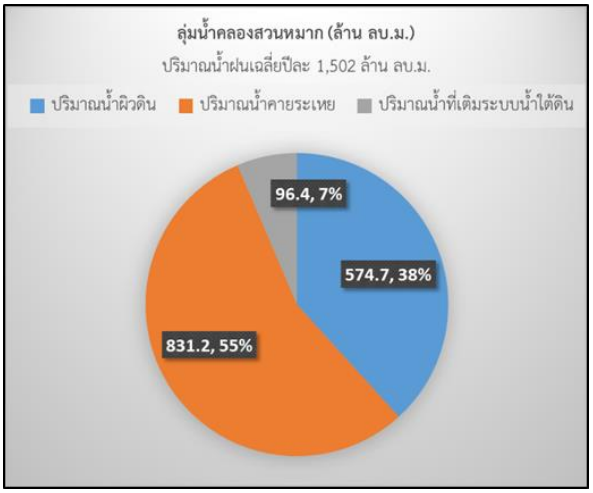
ตารางที่ 4.1-8 รายละเอียดปริมาณฝนและน้ำท่าช่วงฝนเพิ่มและช่วงฝนลด

	Rainfall (KSM) (mm.)	สถานี P.47		สถานี P.26A	
		Runoff (mm.)	Runoff Coefficient	Runoff (mm.)	Runoff Coefficient
Rising Limb	894.0	158.6	0.18	178.9	0.20
Recession Limb	372.2	210.6	0.57	209.2	0.56
Annual	1,266.1	369.2	0.29	388.1	0.31
หมายเหตุ พื้นที่รับน้ำฝนของสถานี P.47 และ P.26A เท่ากับ 529 และ 954 ตร.กม. ตามลำดับ					

4.1.4 การวิเคราะห์สมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยแบบจำลอง SWAT

4.1.4.1 ลุ่มน้ำคลองสวนหมากในภาพรวม

จากการวิเคราะห์สมดุลน้ำในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากทั้งหมดรวมทั้งฤดูกาล พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีปริมาณทั้งสิ้น 1,502 ล้าน ลบ.ม. มีปริมาณน้ำคายระเหย (Evapotranspiration, ET) เกิดขึ้นประมาณ 831.2 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 55 เกิดเป็นปริมาณน้ำผิวดิน (Water yield, WYLD) เท่ากับ 574.7 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 38 และมีปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน (Net recharge, net RCHG) เท่ากับ 96.4 ล้าน ลบ.ม. หรือคิดเป็นร้อยละ 6 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1-9 และรูปที่ 4.1-14



รูปที่ 4.1-14 สมดุลน้ำลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

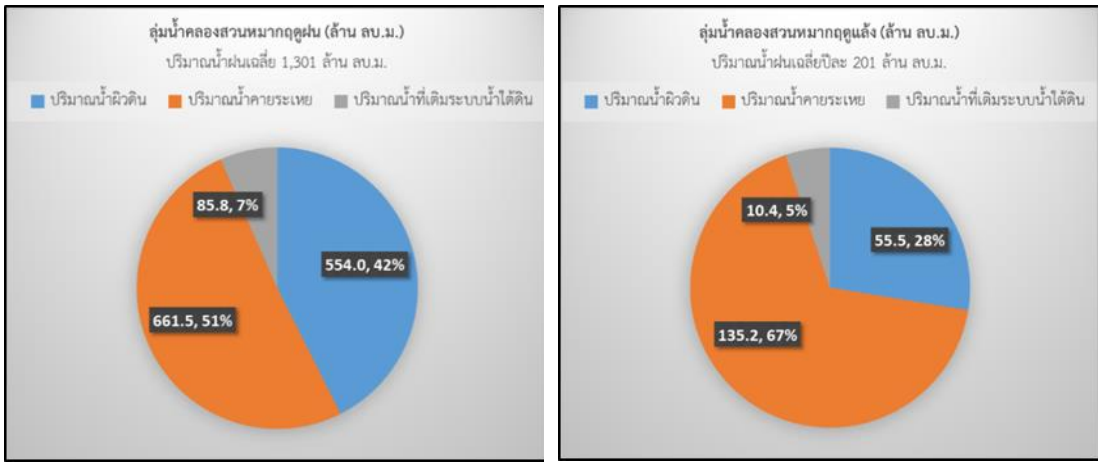
ตารางที่ 4.1-9 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของฝายลำน้ำคลองไพร และลำน้ำคลองสวนหมาก

ลำน้ำ	ฝาย/อ่างเก็บน้ำ	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน.ลบ.ม.)
ลำน้ำคลองไพร	ฝายคลองไพรแห่งที่ 2	32.2
	ฝายคลองไพรแห่งที่ 3	50.9
	ฝายคลองไพรแห่งที่ 1	31.5
ลำน้ำคลองสวนหมาก	ฝายคลองสวนหมาก	195.3
	ฝายท่าเสากระโดง	228.4
	ฝายบ้านหนองปิ้งไก่	338.1
	ฝายท่าระแนะ	352.8
	ฝายนาบ่อคำ	354.2
	ฝายท่ากระดาน	441.3

ผลจากการวิเคราะห์สมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยการแบ่งฤดูกาลออกเป็นฤดูฝน และฤดูแล้ง โดยการวิเคราะห์ผลลัพธ์ในรูปแบบของค่าเฉลี่ยรายเดือนพบว่า ในฤดูฝนลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีปริมาณฝนมากถึง 1,301.3 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ ฤดูแล้งมีปริมาณฝนเพียง 201 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำคายระเหย เกิดขึ้นประมาณ 661.5 ล้าน ลบ.ม. และ 135.2 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 51 และ 67 ตามลำดับ เกิดเป็นปริมาณน้ำผิวดิน เท่ากับ 554.0 ล้าน ลบ.ม. และ 55.5 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 42 และ 28 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดินเท่ากับ 85.8 ล้าน ลบ.ม. และ 10.4 ล้าน ลบ.ม. หรือคิดเป็นร้อยละ 7 และ 5 ตามลำดับ (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1-10 และรูปที่ 4.1-15)

ตารางที่ 4.1-10 สมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (ล้าน ลบ.ม.)

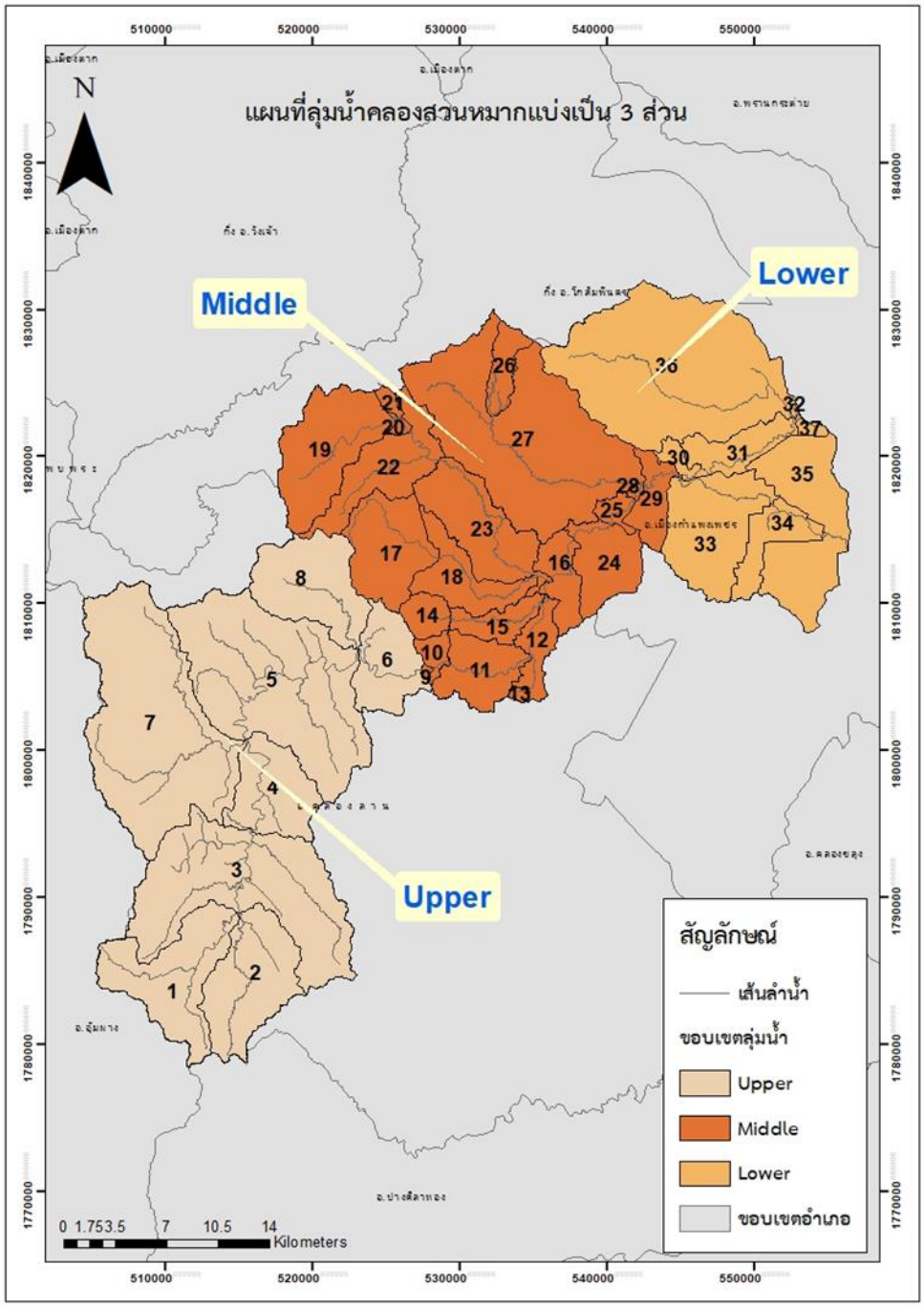
พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่ง 3 ส่วน	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
ฤดูฝน (พ.ค. – ต.ค.)	1,301	554	661	86
ฤดูแล้ง (พ.ย. – เม.ย.)	201	55	135	10



รูปที่ 4.1-15 สมดุลน้ำลุ่มน้ำคลองสวนหมากฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.1.4.2 ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง

ผลจากการวิเคราะห์สมดุลน้ำโดยแบ่งพื้นที่พิจารณาออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาตอนบน (Upper) ตอนกลาง (Middle) และตอนล่าง (Lower) ดังรูปที่ 4.1-16 พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีในลุ่มน้ำตอนบนมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลางและตอนล่าง โดยลุ่มน้ำตอนบนมีปริมาณทั้งสิ้น 651 ล้าน ลบ.ม. ลุ่มน้ำตอนกลางมีปริมาณทั้งสิ้น 538 ล้าน ลบ.ม. และลุ่มน้ำตอนล่าง มีปริมาณทั้งสิ้น 314 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำคายระเหย โดยลุ่มน้ำตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีปริมาณน้ำคายระเหยเกิดขึ้นประมาณ 379.2 ล้าน ลบ.ม., 275.4 ล้าน ลบ. และ 176.5 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 59, 52 และ56 ตามลำดับ แต่สำหรับปริมาณน้ำผิวดินที่เกิดขึ้นจะพบว่า ลุ่มน้ำตอนกลางจะมีปริมาณน้ำผิวดินมากที่สุดท่ากับ 248.9 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ลุ่มน้ำตอนบนซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นป่าไม้จะมีปริมาณน้ำที่เติมระบบในใต้ดินมากที่สุดเท่ากับ 74.8 ล้าน ลบ.ม. รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1-11



รูปที่ 4.1-16 แผนที่พื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง

ตารางที่ 4.1-11 สมดุลน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง (ล้าน ลบ.ม.)

พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่ง 3 ส่วน	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
ตอนบน (Upper)	651	196.7	379.2	74.8
ตอนกลาง (Middle)	538	248.9	275.4	13.3
ตอนล่าง (Lower)	314	128.9	176.5	8.5

ผลจากการวิเคราะห์สมดุลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 3 ส่วนในช่วงฤดูฝน (ตารางที่ 4.1-12) พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีในลุ่มน้ำตอนบนมีปริมาณสูงสุด 562.9 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ลุ่มน้ำตอนล่างมีปริมาณฝนน้อยที่สุดเท่ากับ 275.9 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำคายระเหยซึ่งเกิดขึ้นมากที่สุดในลุ่มน้ำตอนบนเท่ากับ 317.3 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้อยที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างเท่ากับ 130.4 ล้าน ลบ. แต่ปริมาณน้ำผิวดินที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนพบว่าลุ่มน้ำตอนกลางมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 233.9 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ลุ่มน้ำตอนล่างมีปริมาณน้ำผิวดินที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 134.1 ล้าน ลบ.ม. สำหรับปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดินพบปริมาณสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเท่ากับ 54.7 ล้าน ลบ.ม. และน้อยที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างเท่ากับ 11.4 ล้าน ลบ.ม.

สำหรับสมดุลน้ำในช่วงฤดูแล้ง พบว่ามีปริมาณฝนแตกต่างกับในช่วงฤดูฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 3 ส่วนอย่างชัดเจน โดยพบว่าปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งเกิดขึ้นมากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเช่นเดียวกับในฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.8 ล้าน ลบ.ม. เช่นเดียวกับปริมาณน้ำคายระเหย และปริมาณน้ำที่เติมระบบใต้ดินที่มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลางและตอนล่าง โดยมีค่าเท่ากับ 54.1 ล้าน ลบ.ม. และ 12.7 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำผิวดินจะเกิดมากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลาง 25.9 ล้าน ลบ.ม. โดยมีค่าสูงกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเล็กน้อย 21.0 ล้าน ลบ. ม. อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลางและพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างพบว่าไม่มีน้ำที่จะเติมลงสู่ระบบน้ำใต้ดิน แสดงดังตารางที่ 4.1-13

ตารางที่ 4.1-12 สมดุลน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง ฤดูฝน (ล้าน ลบ.ม.)

พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่ง 3 ส่วน	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
Upper	562.9	190.9	317.3	54.7
Middle	462.4	233.9	208.6	19.9
Lower	275.9	134.1	130.4	11.4

ตารางที่ 4.1-13 สมดุลน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก 3 ส่วน ฤดูแล้ง (ล้าน ลบ.ม.)

พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่ง 3 ส่วน	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
Upper	87.8	21	54.1	12.7
Middle	75.2	25.9	51.2	0
Lower	38	8.2	30.2	0

4.1.4.3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำ

นอกจากการวิเคราะห์สมดุลน้ำเชิงพื้นที่ในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก และการวิเคราะห์โดยการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง แล้ว ผลลัพธ์จากแบบจำลอง SWAT สามารถวิเคราะห์ลุ่มน้ำเชิงพื้นที่ของทั้ง 37 ลุ่มน้ำย่อย (รูปที่ 4.1-13) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ตารางที่ 4.1-14 แสดงผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำของลุ่มน้ำย่อย รวมทั้งฤดูกาล พบว่าปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นของลุ่มน้ำส่วนใหญ่จะเกิดสมดุลน้ำในส่วนของปริมาณน้ำคายระเหยมากที่สุด รองลงมาคือการเกิดปริมาณน้ำผิวดิน ยกเว้น 3 ลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและลุ่มน้ำตอนกลาง ได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 ในพื้นที่คลองสวนหมากตอนบน ลุ่มน้ำย่อยที่ 14 (คลองคะยุค) และลุ่มน้ำย่อยที่ 19 (คลองไพร 1) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนกลาง ที่ปริมาณน้ำผิวดินมีสัดส่วนที่สูงกว่าปริมาณน้ำคายระเหย นอกจากนั้นยังพบว่าลุ่มน้ำย่อยที่ 20 (คลองไพร 2) และ 21 (คลองไพร 3) มีสัดส่วนการเกิดปริมาณน้ำคายระเหยเท่ากับการเกิดปริมาณน้ำผิวดิน และสำหรับปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดินพบว่าในทุกลุ่มน้ำจะมีการเกิดปริมาณน้ำส่วนนี้ในสัดส่วนที่น้อยที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดปริมาณน้ำในส่วนอื่น โดยพบว่ามีจำนวนลุ่มน้ำย่อยทั้งสิ้น 9 ลุ่มน้ำที่ไม่มีปริมาณน้ำเติมสู่ระบบใต้ดิน เช่น ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 (คลองสวนหมากตอนบน) ลุ่มน้ำย่อยที่ 14 (คลองคะยุค 1) และ ลุ่มน้ำย่อยที่ 32 (คลองสวนหมากตอนล่าง 2) เป็นต้น

ตารางที่ 4.1-14 สมดุลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำตลอดฤดูกาล (ล้าน ลบ.ม.)

เลขลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำหลัก	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	53.4	29.5	23.9	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	49.2	17.7	23.6	7.9
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	122	44.7	56.1	21.2
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	40.7	10	18.5	12.1
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	142.6	16.7	107.6	18.3
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	33.6	3.8	25.3	4.5
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	155.9	57.3	96.8	1.8
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	53.3	17.1	27.6	8.6
9	ฝายคลองสวนหมาก	0.6	0.1	0.5	0.1
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	3.8	0.6	2.8	0.3
11	ท่าเสากระโดง1	23.1	10.1	12.4	0.6
12	ท่าเสากระโดง2	21.8	10.5	10.7	0.6
13	คลองตุ๊กแก	1.4	0.7	0.8	0
14	คลองคะยุค1	10.2	5.5	4.7	0
15	คลองคะยุค2	14.2	6.8	6.9	0.4
16	บ้านหนองปิ้งไก่	8.8	3.6	4.9	0.2
17	คลองมดแดง1	44.4	20.1	23.8	0.5
18	คลองมดแดง2	29.7	12.3	16.7	0.8
19	คลองไพร1	56.2	31.4	24.7	0
20	คลองไพร2	0.1	0.1	0.1	0
21	คลองไพร3	1.5	0.7	0.7	0
22	คลองไพร4	43.3	18.8	23.5	1

ตารางที่ 4.1-14 สมดุลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำตลอดฤดูกาล (ล้าน ลบ.ม.)

23	คลองไพร5	49.8	23.8	24.4	1.6
24	ท่าระแนะ	37.7	14.8	21.8	1.1
25	บ้านนาบ่อคำ	4.4	1.7	2.5	0.1
26	หนองกอง1	13.6	5.4	7.8	0.5
27	หนองกอง2	155.3	74.3	76	5
28	ท่ากระดาน1	1.2	0.5	0.7	0
29	ท่ากระดาน2	16.4	7	9	0.4
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านใหม่	1.7	0.7	0.9	0
31	คลองสวนหมากตอนล่าง1	22.5	8.4	13.5	0.6
32	คลองสวนหมากตอนล่าง2	0.5	0.2	0.3	0
33	คลองแม่ลาย1	57.6	23.9	32.2	1.5
34	คลองแม่ลาย2	20	7.5	11.9	0.6
35	คลองแม่ลาย3	62.7	24.8	36	1.9
36	แม่ครั้อ	146.5	62.5	80.2	3.8
37	พระบรมธาตุ	2.5	1	1.5	0.1
รวม		1,502	575	831	96

สำหรับผลการประเมินสมดุลน้ำ 37 ลุ่มน้ำย่อยในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม พบว่าปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันกับการพิจารณาในกรณีของทั้งฤดูแล้งและฤดูฝนร่วมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลาง ซึ่งมีลุ่มน้ำย่อยจำนวน 12 ลุ่มน้ำย่อยที่มีสัดส่วนปริมาณน้ำท่าผิวดินที่สูงกว่าปริมาณน้ำคายระเหย เช่น ลุ่มน้ำย่อยที่ 17 (คลองมดแดง) ลุ่มน้ำย่อยที่ 19 (คลองไพร 1) และลุ่มน้ำย่อยที่ 27 (หนองกอง 2) ในขณะที่ผลการพิจารณาในกรณีฤดูแล้งและฤดูฝนร่วมกันมีเพียง 2 ลุ่มน้ำย่อยที่มีสัดส่วนปริมาณน้ำท่าผิวดินที่สูงกว่าเช่นเดียวกันกับลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนล่างที่มีลุ่มน้ำย่อย 2 ลุ่มน้ำที่อัตราการเกิดปริมาณน้ำผิวดินสูงกว่าปริมาณน้ำคายระเหย ได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 33 (คลองแม่ลาย 1) และลุ่มน้ำย่อยที่ 36 (แม่คร้อ) ในขณะที่ผลการพิจารณาในกรณีฤดูแล้งและฤดูฝนร่วมกันลุ่มน้ำย่อยทั้งหมดมีสัดส่วนปริมาณน้ำคายระเหยสูงกว่าปริมาณน้ำท่าผิวดิน สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบนสัดส่วนการเกิดปริมาณน้ำผิวดินมากกว่าปริมาณน้ำคายระเหยมีเพียง 1 ลุ่มน้ำ และเป็นลุ่มน้ำเดียวกันกับการพิจารณาทั้งกรณีฤดูฝนและฤดูแล้งร่วมกัน ได้แก่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 (คลองสวนหมากตอนบน 1) และปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดินมีสัดส่วนที่น้อยในทุกลุ่มน้ำ โดยมีลุ่มน้ำย่อยจำนวน 7 ลุ่มน้ำที่ไม่มีปริมาณน้ำเติมสู่ระบบน้ำใต้ดิน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1-15

ตารางที่ 4.1-15 สมดุลน้ำลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำ ในฤดูฝน (ล้าน ลบ.ม.)

เลขลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำหลัก	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	47.6	29.9	17.8	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	43.8	16.6	19.9	7.3
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	104.9	39.1	46	19.8
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	35	10.1	16.8	8
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	122.7	16.5	96	10.1
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	28.9	3.8	22.6	2.5
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	134.1	52.9	79.5	1.7
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	45.8	18	23.1	4.8
9	ฝายคลองสวนหมาก	0.5	0.1	0.4	0
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	3.2	0.7	2.4	0.2

ตารางที่ 4.1-15 สมดุลน้ำลุ่มน้ำย่อย 37 ลุ่มน้ำ ในฤดูฝน (ล้าน ลบ.ม.)

11	ท่าเสากระโดง1	19.9	10.2	9.2	0.5
12	ท่าเสากระโดง2	18.8	9.8	8	0.9
13	คลองตุ๊กแก	1.2	0.7	0.5	0
14	คลองคะยุค1	8.8	5.4	3.4	0
15	คลองคะยุค2	12.2	6.4	5.2	0.6
16	บ้านหนองปิ้งไก่	7.6	3.5	3.6	0.4
17	คลองมดแดง1	38.2	20.5	17.5	0.3
18	คลองมดแดง2	25.6	11.7	13.3	0.6
19	คลองไพร1	48.3	30.1	18.3	0
20	คลองไพร2	0.1	0.1	0	0
21	คลองไพร3	1.3	0.7	0.6	0.1
22	คลองไพร4	37.2	18.8	17.5	0.9
23	คลองไพร5	42.9	20.9	18.9	3.1
24	ท่าระแนะ	32.4	14.3	16.4	1.7
25	บ้านนาบ่อคำ	3.7	1.6	1.9	0.2
26	หนองกอง1	11.7	4.5	6.3	0.9
27	หนองกอง2	133.6	65.9	58.5	9.1
28	ท่ากระดาน1	1	0.5	0.5	0.1
29	ท่ากระดาน2	14.1	6.8	6.8	0.5
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านใหม่	1.4	0.7	0.7	0.1
31	คลองสวนหมากตอนล่าง1	19.8	8.7	10.1	1
32	คลองสวนหมากตอนล่าง2	0.4	0.2	0.2	0
33	คลองแม่ลาย1	49.6	24.1	23.4	2.1
34	คลองแม่ลาย2	17.6	7.8	8.9	0.9
35	คลองแม่ลาย3	55.1	23.8	28.1	3.3
36	แม่คร้อ	129.9	67.9	57.9	4.1
37	พระบรมธาตุ	2.2	1	1.1	0.1
รวม		1,301	554	661	86

ผลการประเมินสมดุลน้ำในช่วงฤดูแล้งของลุ่มน้ำย่อยทั้ง 37 ลุ่มน้ำ พบว่าสัดส่วนปริมาณน้ำที่สูงที่สุดของลุ่มน้ำส่วนใหญ่จำนวน 35 ลุ่มน้ำได้แก่ ปริมาณน้ำคายระเหย มีเพียง 2 ลุ่มน้ำที่ปริมาณน้ำคายระเหยเท่ากับกับปริมาณน้ำผิวดิน ได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 20 (คลองไพร 2) และลุ่มน้ำย่อยที่ 21 (คลองไพร 3) และสำหรับปริมาณน้ำที่เติมสู่ระบบน้ำใต้ดินมีความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงฤดูฝนและการพิจารณาทั้ง 2 ฤดูร่วมกัน โดยพบว่าลุ่มน้ำย่อยจำนวน 3 ลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนบน ได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 6 และ 8 มีปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดินสูงกว่าปริมาณน้ำผิวดิน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1-16

ตารางที่ 4.1-16 สมดุลน้ำรวมทั้งฤดูแล้ง (พ.ย. – เม.ย.) (ล้าน ลบ.ม.)

เลขลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำหลัก	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำคายระเหย	ปริมาณน้ำที่เติมระบบน้ำใต้ดิน
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	5.8	1.8	4	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	5.3	1.7	2.8	0.8
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	17.1	6	8.5	2.5
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	5.7	1	2.4	2.3
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	19.9	1.8	14.2	3.9
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	4.7	0.4	3.3	1
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	21.8	7.2	14.4	0.2
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	7.5	1.4	4.1	2
9	ฝายคลองสวนหมาก	0.1	0	0.1	0
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	0.5	0	0.4	0.1
11	ท่าเสากระโดง1	3.2	0.7	2.4	0.1
12	ท่าเสากระโดง2	3	1.1	2.1	-0.1
13	คลองตุ๊กแก	0.2	0	0.2	0
14	คลองคะยุค1	1.4	0.4	1	0
15	คลองคะยุค2	2	0.7	1.3	-0.1
16	บ้านหนองปิ้งไก่	1.2	0.3	0.9	0
17	คลองมดแดง1	6.2	1.3	4.7	0.2

ตารางที่ 4.1-16 สมดุลน้ำรวมทั้งฤดูแล้ง (พ.ย. – เม.ย.) (ล้าน ลบ.ม.)

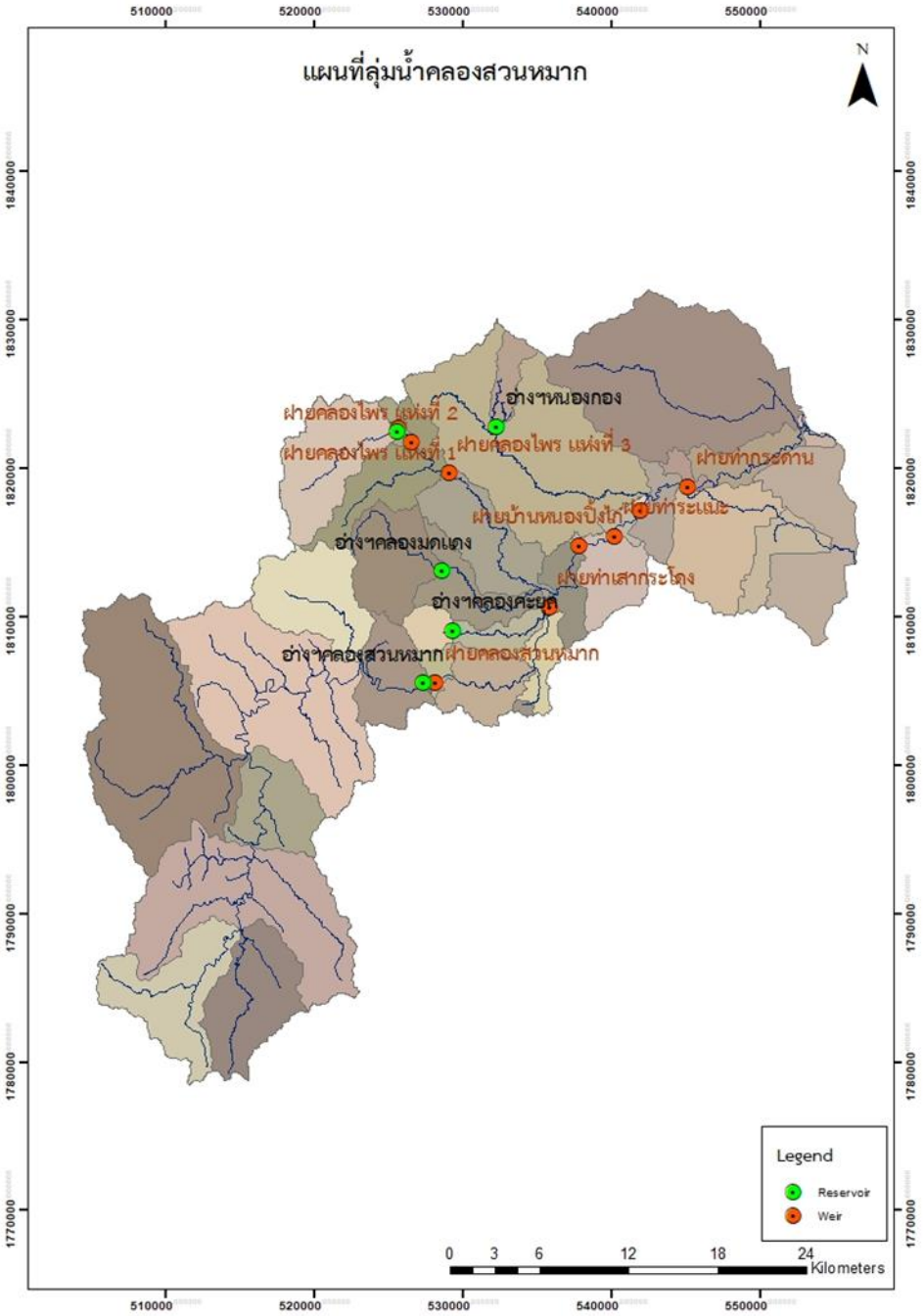
18	คลองมดแดง2	4.2	1.3	2.7	0.2
19	คลองไพร1	7.9	2.5	5.3	0
20	คลองไพร2	0	0	0	0
21	คลองไพร3	0.2	0.1	0.1	0
22	คลองไพร4	6.1	1.5	4.5	0.1
23	คลองไพร5	7	3.1	4.3	-0.5
24	ท่าระแนะ	5.3	1.5	4	-0.2
25	บ้านนาบ่อคำ	0.6	0.2	0.5	0
26	หนองกอง1	1.9	0.8	1.2	-0.1
27	หนองกอง2	21.7	9.5	13.6	-1.4
28	ท่ากระดาน1	0.2	0	0.1	0
29	ท่ากระดาน2	2.3	0.7	1.7	0
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านใหม่	0.2	0.1	0.2	0
31	คลองสวนหมากตอนล่าง1	2.7	0.6	2.2	-0.1
32	คลองสวนหมากตอนล่าง2	0.1	0	0	0
33	คลองแม่ลาย1	8.1	2	6.2	-0.1
34	คลองแม่ลาย2	2.4	0.5	2	-0.1
35	คลองแม่ลาย3	7.6	2.3	5.7	-0.4
36	แม่คร้อ	16.6	2.8	13.6	0.2
37	พระบรมธาตุ	0.3	0.1	0.2	0
รวม		201	55	135	10

4.1.5 การประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีอ่างเก็บน้ำจำนวนทั้งสิ้น 5 อ่างเก็บน้ำได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองสวนหมาก อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค อ่างเก็บน้ำคลองไพร และอ่างเก็บน้ำหนองกอง โดยมีตำแหน่งที่ตั้งอ่างเก็บน้ำแสดงดังรูปที่ 4.1-17 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.1-17 และรูปที่ 4.1-18 โดยพบว่าอ่างเก็บน้ำคลองสวนหมากมีปริมาณ

น้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำสูงสุดเฉลี่ยปีละ 195.3 ล้าน ลบ.ม. รองลงมาได้แก่อ่างเก็บน้ำคลองไพร และอ่างเก็บน้ำคลองมดแดง ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 31.4 และ 20.0 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ และอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีไหลลงอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุดได้แก่ อ่างเก็บน้ำหนองกอง โดยมีปริมาณน้ำไหลงลงอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 5.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

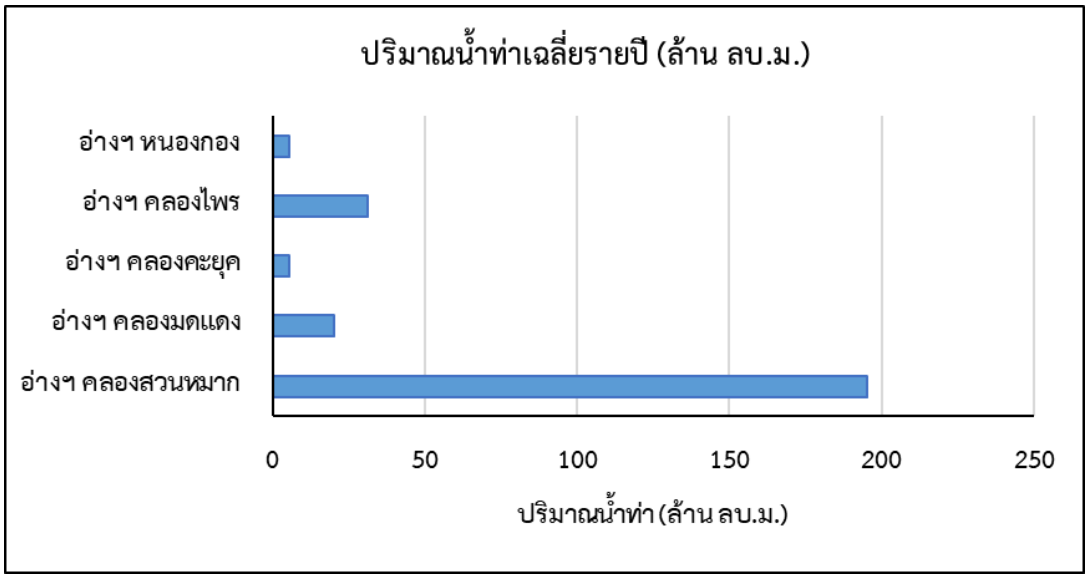
เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำรายเดือน ดังตารางที่ 4.1-18 และรูปที่ 4.1-19 พบว่าปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำสุงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเดือน กันยายน-ตุลาคม ของทุกอ่างเก็บน้ำ โดยปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำของคลองสวนหมากในช่วงเดือนดังกล่าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 35.7 ล้าน ลบ.ม. ในเดือนกันยายน และ 43.9 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่เดือนกันยายน อ่างเก็บน้ำอีกทั้ง 4 อ่างเก็บน้ำจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.1-7.5 ล้าน ลบ.ม. และในเดือนตุลาคมมีค่าปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 1.0-5.9 ล้าน ลบ.ม. สำหรับในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายน – เมษายน อ่างเก็บน้ำคลองสวนหมากมีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 3.7-24.5 ล้าน ลบ.ม. โดยเดือนที่มีปริมาณน้ำต่ำสุดได้แก่เดือนกุมภาพันธ์ และเมื่อพิจารณาอ่างเก็บน้ำอีกทั้ง 4 อ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้งพบว่ามีปริมาณน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.0-1.3 ล้าน ลบ.ม. โดยอ่างเก็บน้ำคลองคะยุคไม่มีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ในณะที่อ่างเก็บน้ำคลองมดแดงและอ่างเก็บน้ำคลองไพรมีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 0.1-0.2 ล้าน ลบ.ม. ในช่วงเวลาเดียวกัน



รูปที่ 4.1-17 แผนที่แสดงตำแหน่งฝายและอ่าง ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ตารางที่ 4.1-17 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของอ่างเก็บน้ำ

ฝาย/อ่างเก็บน้ำ	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน.ลบ.ม.)
อ่างฯ หนองกอง	5.4
อ่างฯ คลองไพร	31.4
อ่างฯ คลองคะยุค	5.5



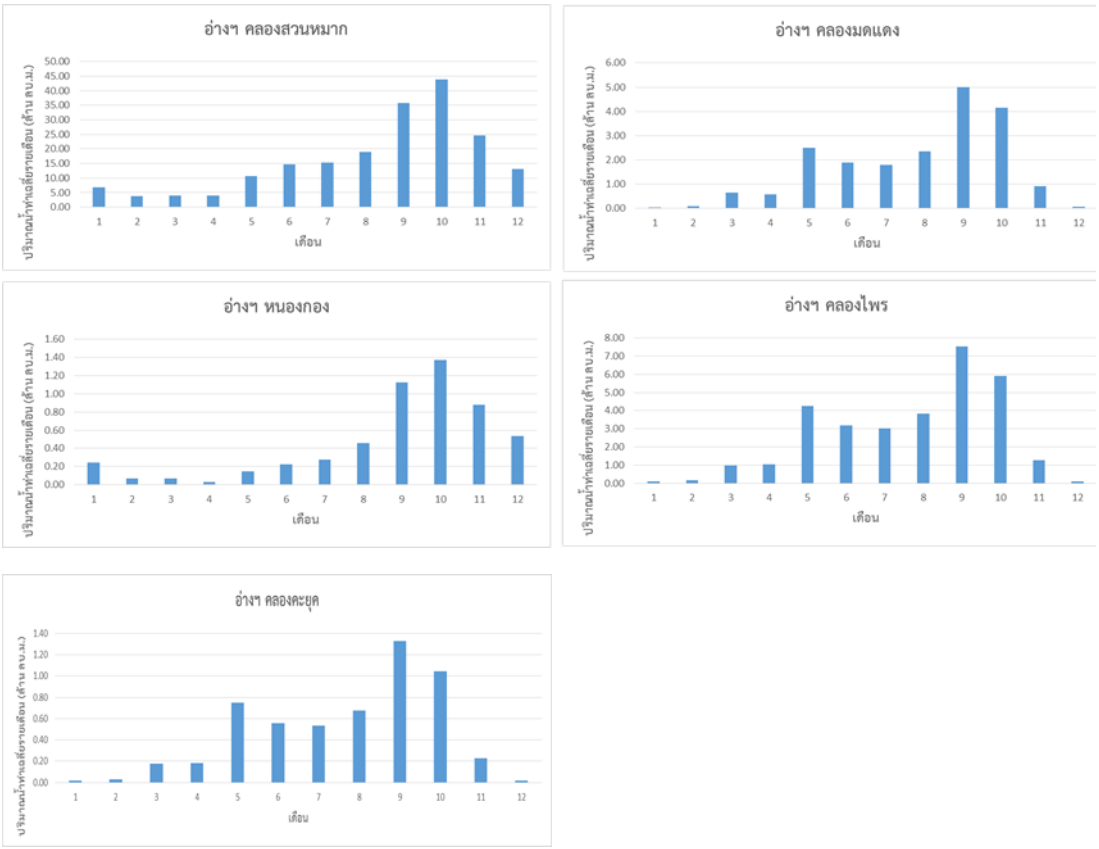
รูปที่ 4.1-18 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ตารางที่ 4.1-18 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

เดือน	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)				
	อ่างเก็บน้ำคลองสวนหมาก	อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง	อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค	อ่างเก็บน้ำคลองไพร	อ่างเก็บน้ำหนองกอง
มกราคม	6.9	0.1	0	0.1	0.2
กุมภาพันธ์	3.7	0.1	0	0.2	0.1
มีนาคม	3.9	0.6	0.2	1	0.1
เมษายน	4	0.6	0.2	1	0

ตารางที่ 4.1-18 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

พฤษภาคม	10.7	2.5	0.7	4.3	0.1
มิถุนายน	14.6	1.9	0.6	3.2	0.2
กรกฎาคม	15.3	1.8	0.5	3	0.3
สิงหาคม	19	2.3	0.7	3.8	0.5
กันยายน	35.7	5	1.3	7.5	1.1
ตุลาคม	43.9	4.2	1	5.9	1.4
พฤศจิกายน	24.5	0.9	0.2	1.3	0.9
ธันวาคม	13	0.1	0	0.1	0.5



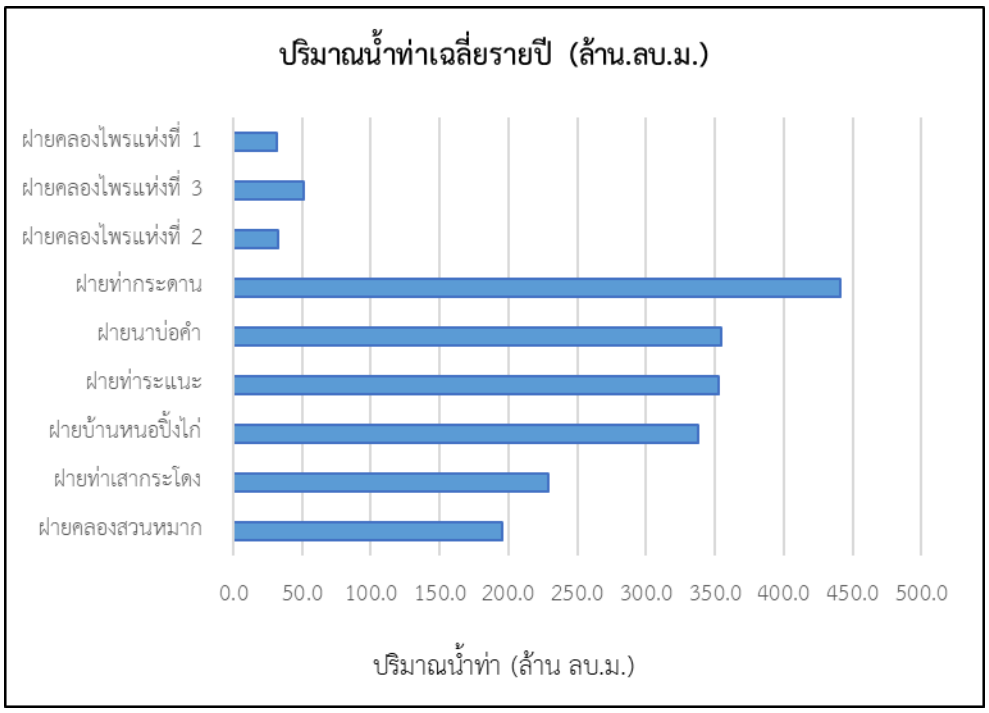
รูปที่ 4.1-19 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

4.1.6 การประเมินปริมาณน้ำท่าผ่านฝาย

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีฝายในลุ่มน้ำจำนวนทั้งสิ้น 9 ฝาย โดยแบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ฝายของลำน้ำคลองสวนหมากจำนวนทั้งสิ้น 6 ฝาย และฝายลำน้ำคลองไพรจำนวนทั้งสิ้น 3 ฝาย ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าผ่านฝายของลำน้ำคลองสวนหมาก แสดงดังตารางที่ 4.1-19 และรูปที่ 4.1-20 พบว่าฝายท่ากระดานมีปริมาณน้ำผ่านฝายเฉลี่ยรายปีสูงที่สุดเท่ากับ 441.3 ล้าน ลบ.ม. รองลงมาได้แก่ ฝายนาบ่อคำ และฝายท่าระแนะ มีปริมาณน้ำผ่านฝายใกล้เคียงกันเท่ากับ 354.2 และ 352.8 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ และฝายคลองสวนหมากมีปริมาณน้ำผ่านฝายน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 195.3 ล้าน ลบ.ม. สำหรับฝายของลำน้ำคลองไพร แสดงดังตารางที่ 4.1-20 และรูปที่ 4.1-21 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของทั้ง 3 ฝายมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 31.5-50.9 ล้าน ลบ.ม. โดยฝายคลองไพรแห่งที่ 3 มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายสูงที่สุด

ตารางที่ 4.1-19 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของฝายลำน้ำคลองไพร และลำน้ำคลองสวนหมาก

ลำน้ำ	ฝาย/อ่างเก็บน้ำ	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน.ลบ.ม.)
ลำน้ำคลองไพร	ฝายคลองไพรแห่งที่ 2	32.2
	ฝายคลองไพรแห่งที่ 3	50.9
	ฝายคลองไพรแห่งที่ 1	31.5
ลำน้ำคลองสวนหมาก	ฝายคลองสวนหมาก	195.3
	ฝายท่าเสากระโดง	228.4
	ฝายบ้านหนองปิ้งไก่	338.1
	ฝายท่าระแนะ	352.8
	ฝายนาบ่อคำ	354.2
	ฝายท่ากระดาน	441.3



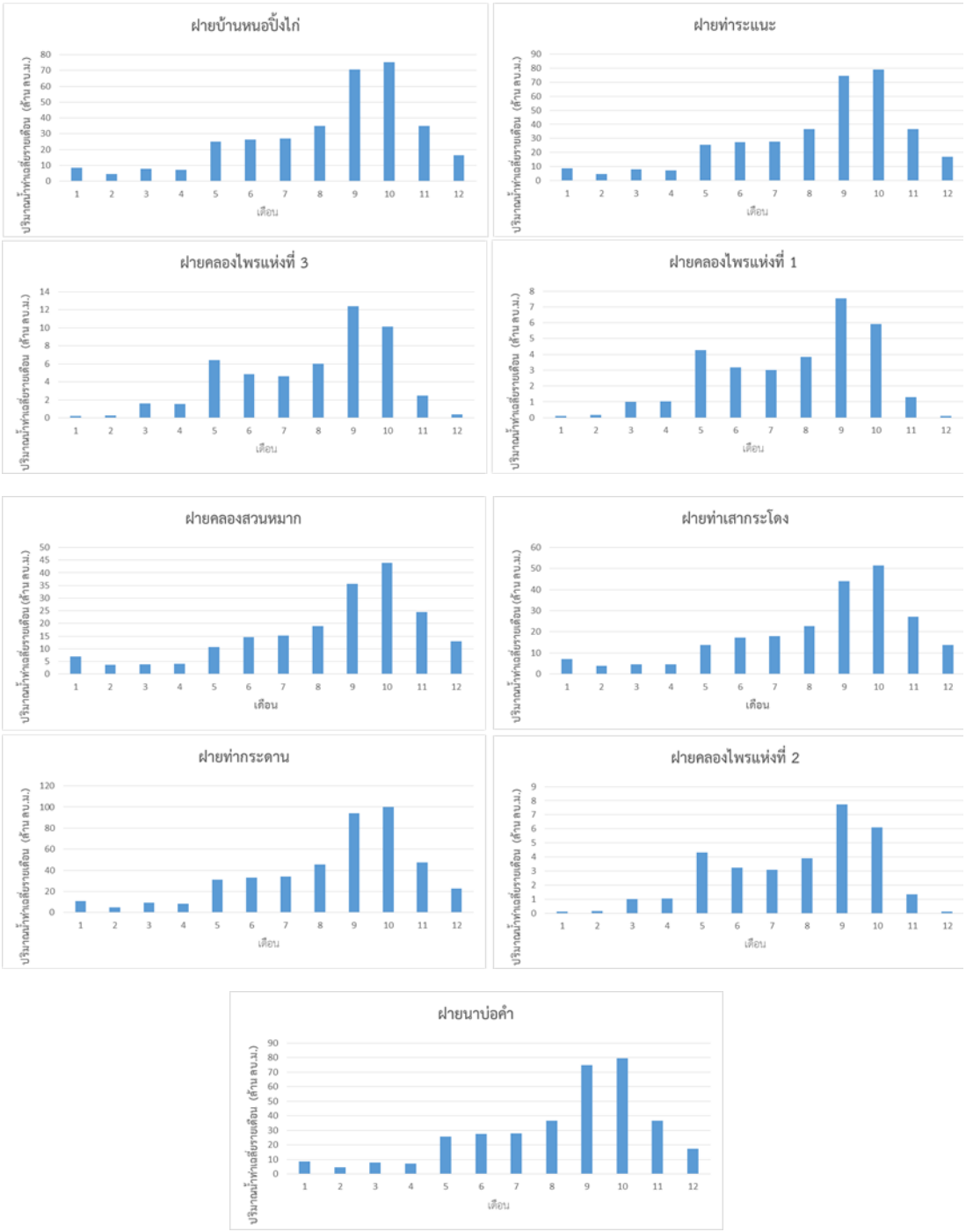
รูปที่ 4.1-20 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีผ่านฝาย ลำน้ำคลองสวนหมากและลำน้ำคลองไพร

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำผ่านฝายรายเดือนของลำน้ำคลองสวนหมากและลำน้ำคลองไพร พบว่าปริมาณน้ำผ่านฝายจะเกิดสูงสุดในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคมเช่นเดียวกับอ่างเก็บน้ำ โดยเมื่อพิจารณาฝายลำน้ำคลองสวนหมากพบว่า ฝายบ้านหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ และฝายนาบ่อคำ ในช่วงเดือนดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในช่วงเดือนกันยายนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 70.6-74.8 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่เดือนตุลาคมมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 75.3-79.6 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ในช่วงเวลาเดียวกันฝายท่ากระดานมีปริมาณน้ำผ่านฝายสูงที่สุด โดยเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 93.9 ล้าน ลบ.ม. และในช่วงเดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 100.1 ล้าน ลบ.ม.

สำหรับฝายคลองไพรมีปริมาณน้ำผ่านฝายแตกต่างจากฝายลำน้ำคลองสวนหมากค่อนข้างมาก แต่แนวโน้มการเกิดปริมาณน้ำผ่านฝายรายเดือนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับฝายของลำน้ำคลองสวนหมาก โดยช่วงการเกิดปริมาณน้ำผ่านฝายสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายน-ตุลาคมเช่นเดียวกัน โดยทั้ง 3 ฝายมีปริมาณน้ำไม่ต่างกันมากนัก โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5.9-12.4 ล้าน ลบ.ม. และในช่วงเดือนธันวาคม – เดือนกุมภาพันธ์เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำผ่านฝายคลองไพรน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-0.4 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 4.1-20 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของฝาย ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

เดือน	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)								
	ฝายคลองสวนหมาก	ฝายท่าเสากระโดง	ฝายบ้านหนอปิ้งไก่	ฝายท่าระแนะ	ฝายนาบ่อคำ	ฝายท่ากระดาน	ฝายคลองไพรแห่งที่ 2	ฝายคลองไพรแห่งที่ 3	ฝายคลองไพรแห่งที่ 1
มกราคม	6.9	7.1	8.4	8.6	8.6	10.8	0.1	0.2	0.1
กุมภาพันธ์	3.7	3.8	4.5	4.6	4.6	5.0	0.2	0.3	0.2
มีนาคม	3.9	4.7	7.7	7.9	7.9	9.3	1.0	1.6	1.0
เมษายน	4.0	4.5	7.1	7.2	7.2	8.4	1.1	1.5	1.0
พฤษภาคม	10.7	13.8	24.8	25.6	25.6	30.9	4.3	6.4	4.3
มิถุนายน	14.6	17.3	26.4	27.3	27.3	33.2	3.2	4.9	3.2
กรกฎาคม	15.3	18.0	27.0	27.8	27.9	34.2	3.1	4.6	3.0
สิงหาคม	19.0	22.8	35.0	36.5	36.6	45.5	3.9	6.0	3.8
กันยายน	35.7	44.1	70.6	74.4	74.8	93.9	7.7	12.4	7.5
ตุลาคม	43.9	51.5	75.3	79.2	79.6	100.1	6.1	10.1	5.9
พฤศจิกายน	24.5	27.0	34.9	36.6	36.7	47.5	1.4	2.5	1.3
ธันวาคม	13.0	13.8	16.4	17.1	17.1	22.5	0.1	0.4	0.1



รูปที่ 4.1-21 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของฝาย ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

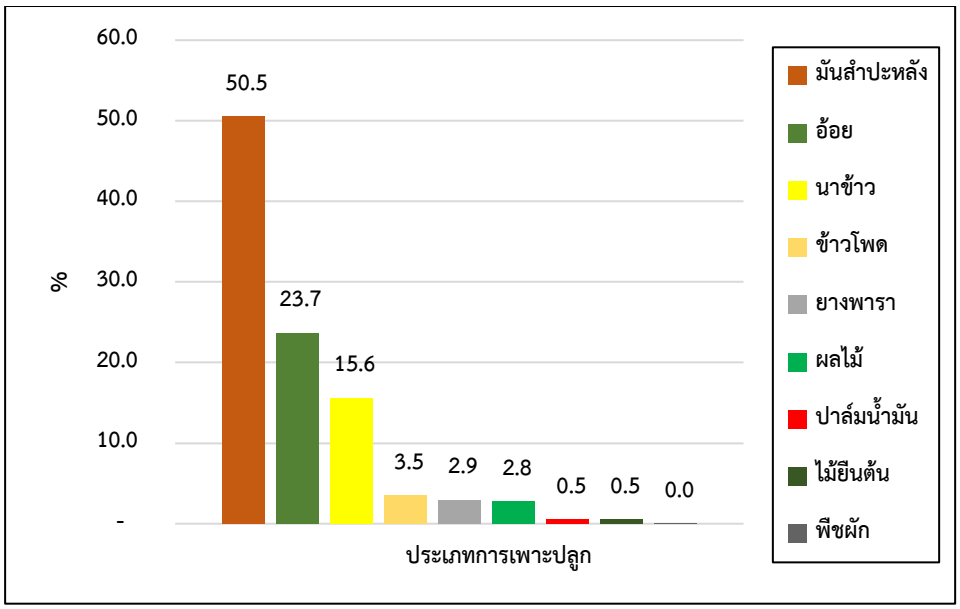
4.2 ระบบการเกษตร

4.2.1 พื้นที่ทำการเกษตร

ในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีพื้นที่ทำการเกษตรเพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 267,515 ไร่ มีการเพาะปลูกพืชที่หลากหลายจึงต้องมีการจำแนกประเภทของการใช้ที่ดินในการเกษตรออกเป็นแต่ละประเภทได้แก่ มันสำปะหลัง(Cassava) อ้อย(Sugar Cane) นาข้าว(Rice) ข้าวโพด(Corn) ยางพารา (Rubber) ผลไม้(Fruit) ปาล์มน้ำมัน(Oil Palm) ไม้ยืนต้น(Planted Forest) และพืชผัก(Vegetable) ดังตารางที่ 4.2-1และรูปที่ 4.2-1

ตารางที่ 4.2-1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในการทำการเกษตร

ประเภทการเพาะปลูก	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
มันสำปะหลัง (Cassava)	135,139	50.5
อ้อย (Sugar Cane)	63,335	23.7
ข้าว (Rice)	41,700	15.6
ข้าวโพด (Corn)	9,410	3.5
ยางพารา (Rubber)	7,887	2.9
ผลไม้ (Fruit)	7,371	2.8
ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm)	1,300	0.5
ไม้ยืนต้น (Planted Forest)	1,293	0.5
พืชผัก (Vegetable)	79	0.0
รวม	267,515	100.0



รูปที่ 4.2-1 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนร้อยละของประเภทการทำการเกษตร

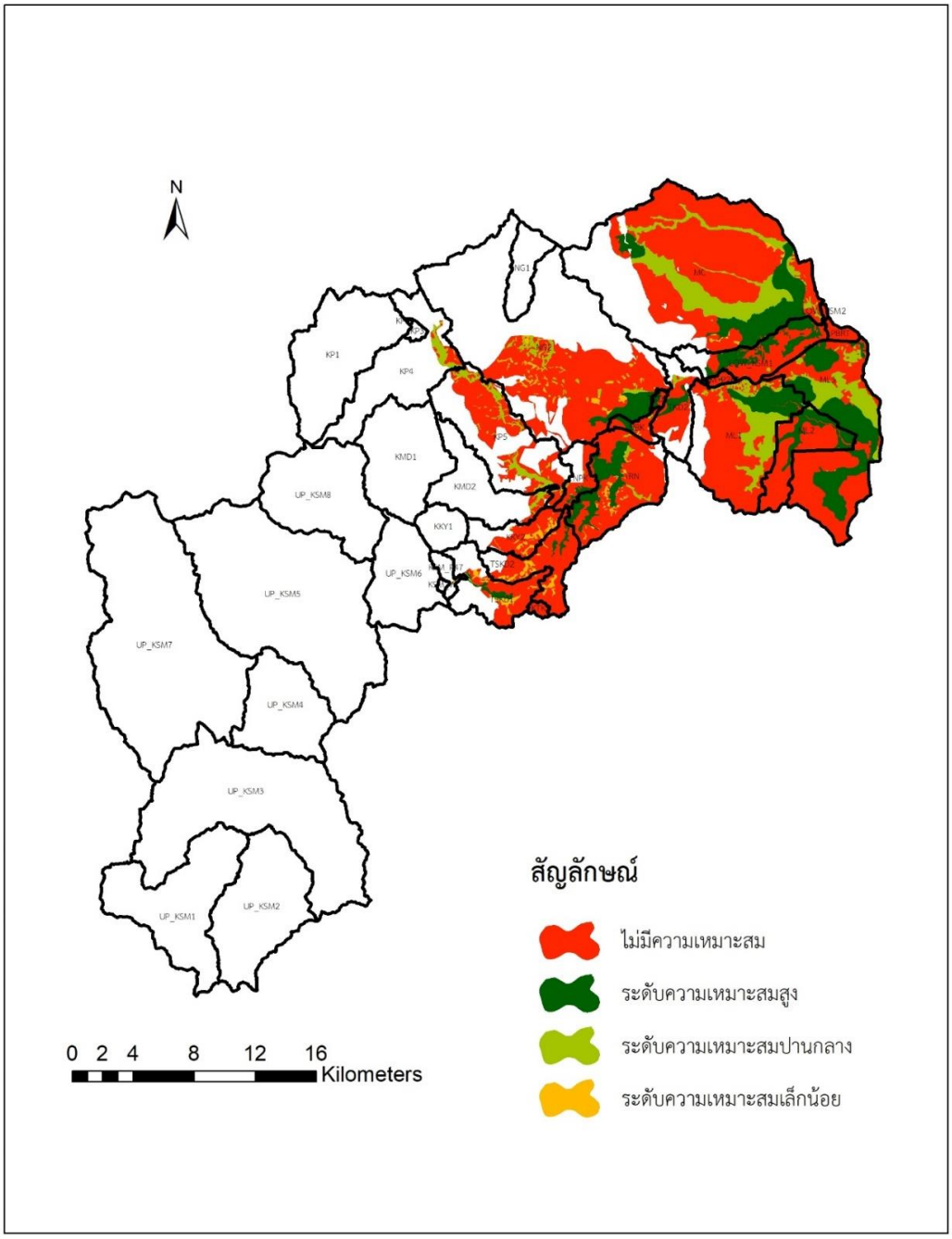
รูปที่ 4.2-1แสดงให้เห็นว่าการทำเกษตรส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้นมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นจำนวนที่สูงมากคิดเป็นปริมาณถึงครึ่งหนึ่งของการทำการเกษตรทั้งหมดเนื่องจากเป็นพืชที่มีความต้องการใช้น้ำที่ไม่มากและสามารถปลูกบนพื้นที่สูงหรือพื้นที่ที่ไม่มีการส่งน้ำได้ รองลงมาคือการปลูกอ้อย นาข้าว และข้าวโพดตามลำดับ และนอกจากนั้นยังมีการปลูกยางพารา ผลไม้ ปาล์มน้ำมัน ไม้ยืนต้น และพืชผัก ในพื้นที่อีกประมาณ 6.7%

4.2.2 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ

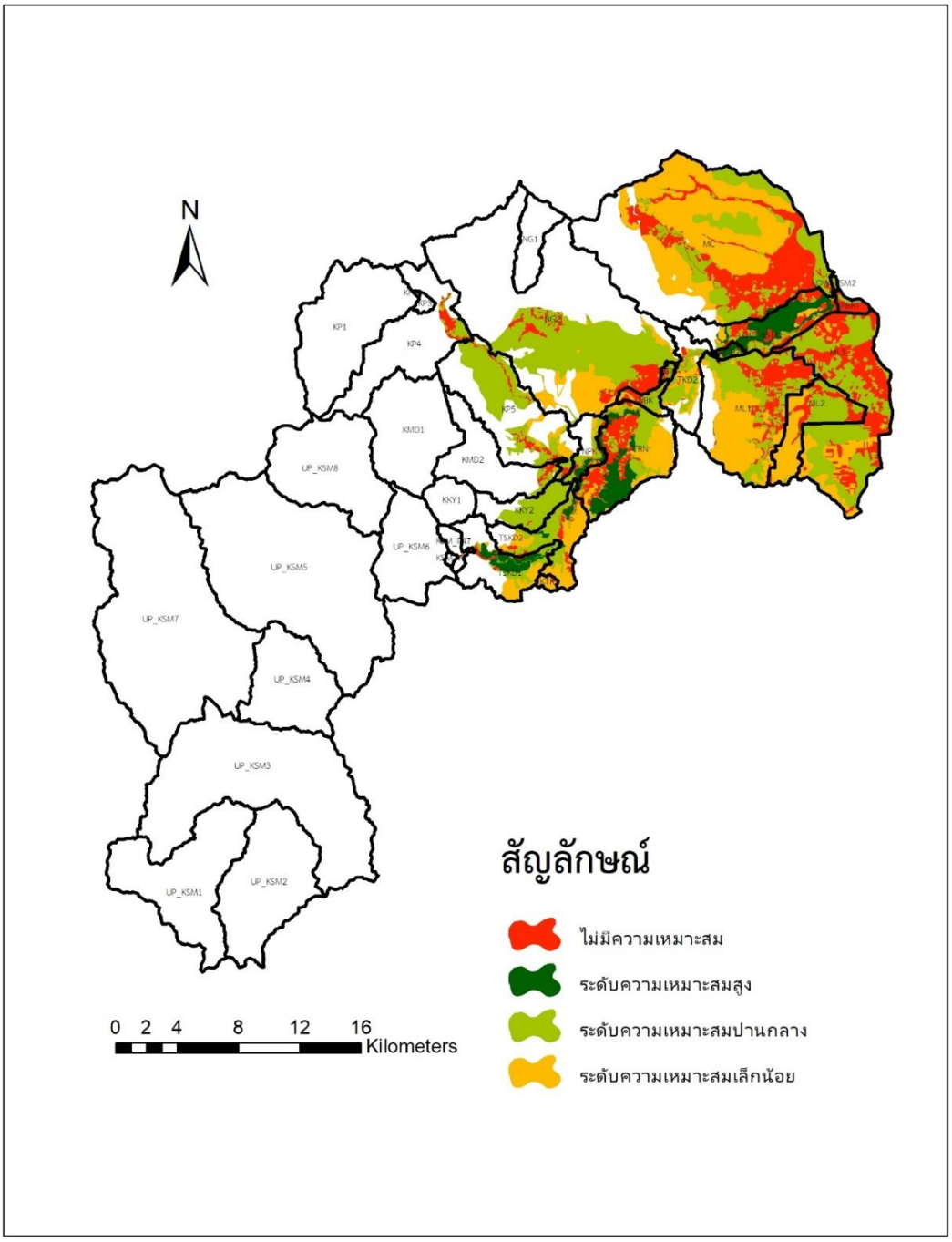
จากการการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางกายภาพของพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง อ้อย และพืชเศรษฐกิจเสริมอื่น ๆ เช่น กาแฟ ทุเรียน ลองกอง เป็นต้น ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ในระดับการจัดการ หรือระดับคุณภาพที่ดินที่ต่างกัน และไม่นำข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจมาใช้ โดยใช้หลักการของ FAO Framework (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) จากปัจจัยหลัก คือ ความเหมาะสมของดินและที่ดิน (คุณสมบัติของดินทางกายภาพและเคมี) สภาพภูมิอากาศ และความต้องการด้านพืช โดยกำหนดชั้นความเหมาะสมของที่ดินเป็น 4 ระดับ ดังนี้

S1	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมสูง (highly suitable)
S2	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมปานกลาง (moderately suitable)
S3	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมเล็กน้อย (marginally suitable)
N	หมายถึง	ไม่มีความเหมาะสม (not suitable)

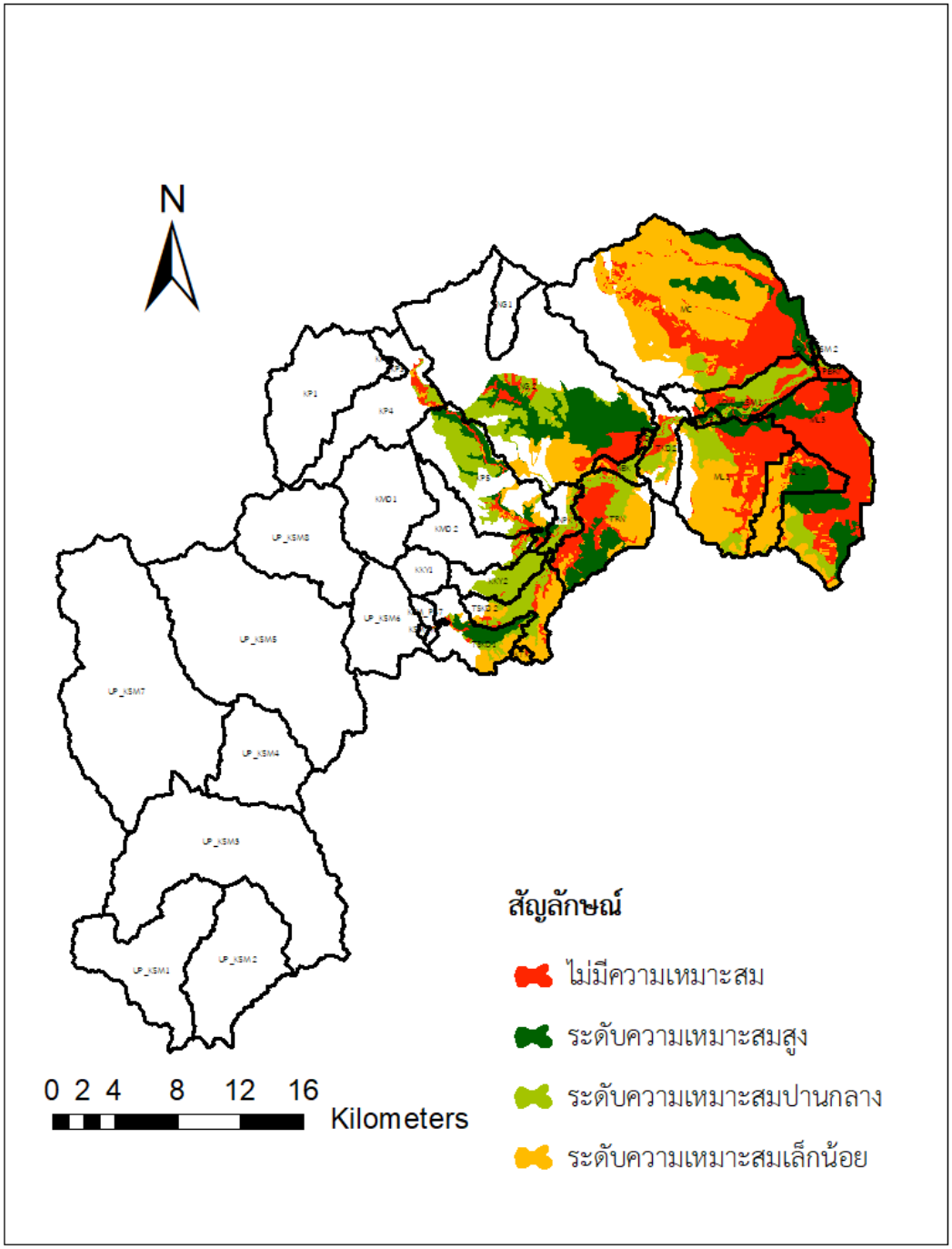
พบว่าพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการเพาะปลูกมันสำปะหลังที่ระดับความเหมาะสมสูง (S1) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 2 และระดับความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยฝายคลองสวนหมาก พื้นที่เพาะปลูกสำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระดับความเหมาะสมสูง (S1) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยพระบรมธาตุ และระดับความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยฝายคลองสวนหมาก พื้นที่เพาะปลูกสำหรับการเพาะปลูกอ้อยที่ระดับความเหมาะสมสูง (S1) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่ และระดับความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยฝายคลองสวนหมาก พื้นที่เพาะปลูกสำหรับการเพาะปลูกข้าวที่ระดับความเหมาะสมสูง (S1) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยท่ากระดาน1 และระดับความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยฝายคลองสวนหมาก พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลง และข้าวโพดแสดงดังรูปที่ 4.2-2 ถึงรูปที่ 4.2-5 ตามลำดับ ส่วนรายละเอียดของพืชชนิดอื่น ๆ แสดงดังภาคผนวก ข



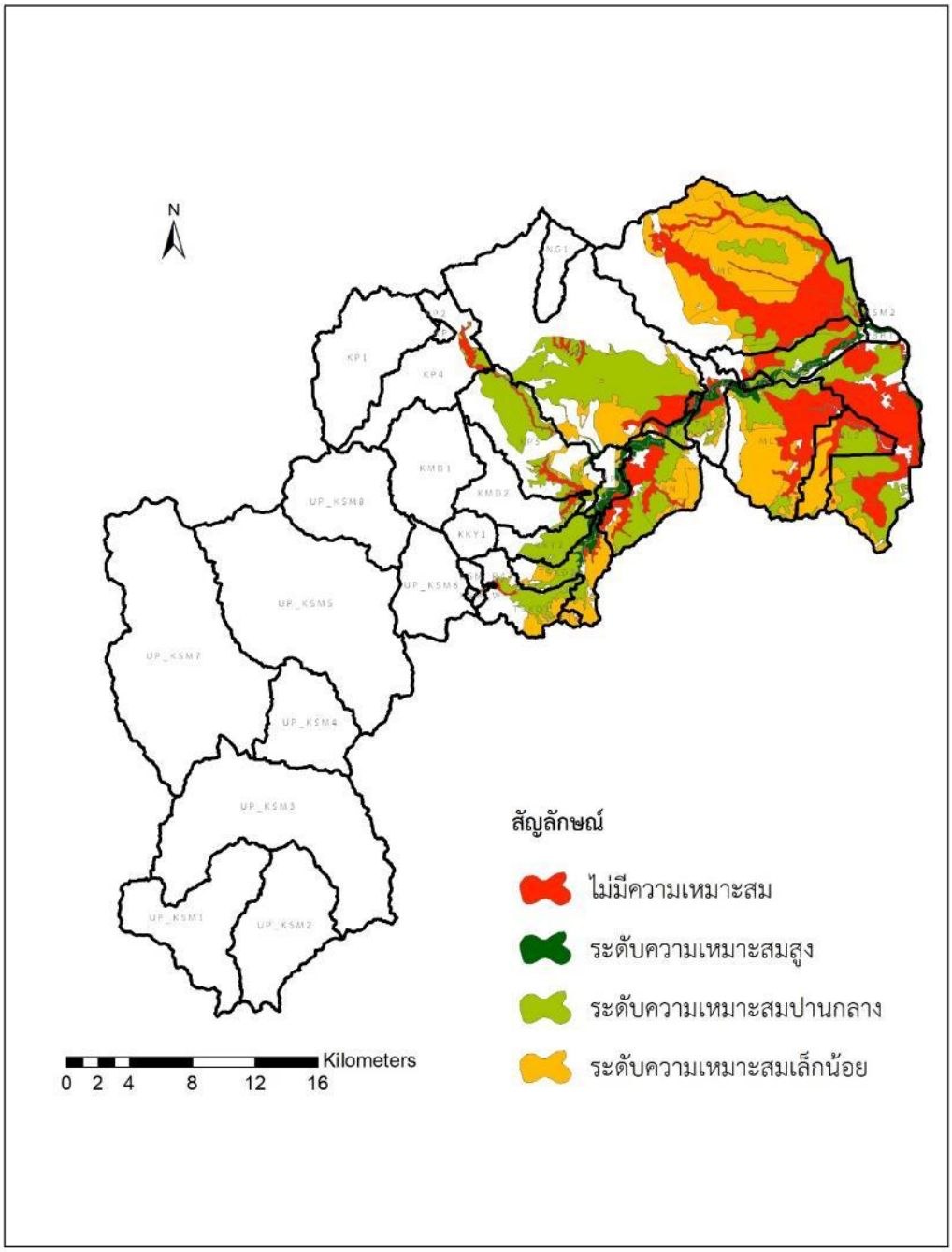
รูปที่ 4.2-2 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของข้าว



รูปที่ 4.2-3 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของอ้อย



รูปที่ 4.2-4 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของมันสำปะหลัง



รูปที่ 4.2-5 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของข้าวโพด

4.2.3 ความเหมาะสมในการปลูกพืชของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

เพื่อเป็นการศึกษาว่าเกษตรกรในปัจจุบันมีการเพาะปลูกพืชในพื้นทีที่มีความเหมาะสมกับแผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะปลูกหรือไม่ งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะพื้นที่ระดับความเหมาะสมสูง (S1) และพื้นที่ระดับความเหมาะสมปานกลาง (S2) มาประเมินพื้นที่การเพาะปลูกของเกษตรกร แสดงดังตารางที่ 4.2-2

ตารางที่ 4.2-2 พื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าว ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากแผนที่ความเหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจ (Land Suitability Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2562 และพื้นที่ระดับ S1-S2

พืชเศรษฐกิจ	กรมพัฒนาที่ดิน	ระดับ S1-S2
	พื้นที่เหมาะสมในการปลูกพืช (ไร่)	
อ้อย	183,987.09	111,109.51
มันสำปะหลัง	169,084.55	92,982.56
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	161,972.10	92,930.35
ข้าว	75,245.71	70,162.98
หมายเหตุ พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกพืชในตารางอาจมีบางส่วนซ้อนทับกัน		

นอกดจากนี้งานวิจัยยังได้ประเมินความเหมาะสมของการปลูกในช่วงเวลาต่าง ๆ ของพืชเศรษฐกิจหลัก 4 ชนิดได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าว โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมจากระบบการติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่เรียกว่า GISagro 4.0 (http://ecoplant.gistda.or.th) ซึ่งรายงานพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก 4 ชนิดทั้งประเทศ ทุกครึ่งเดือนคือ วันที่ 1-15 และ 16-สิ้นเดือน

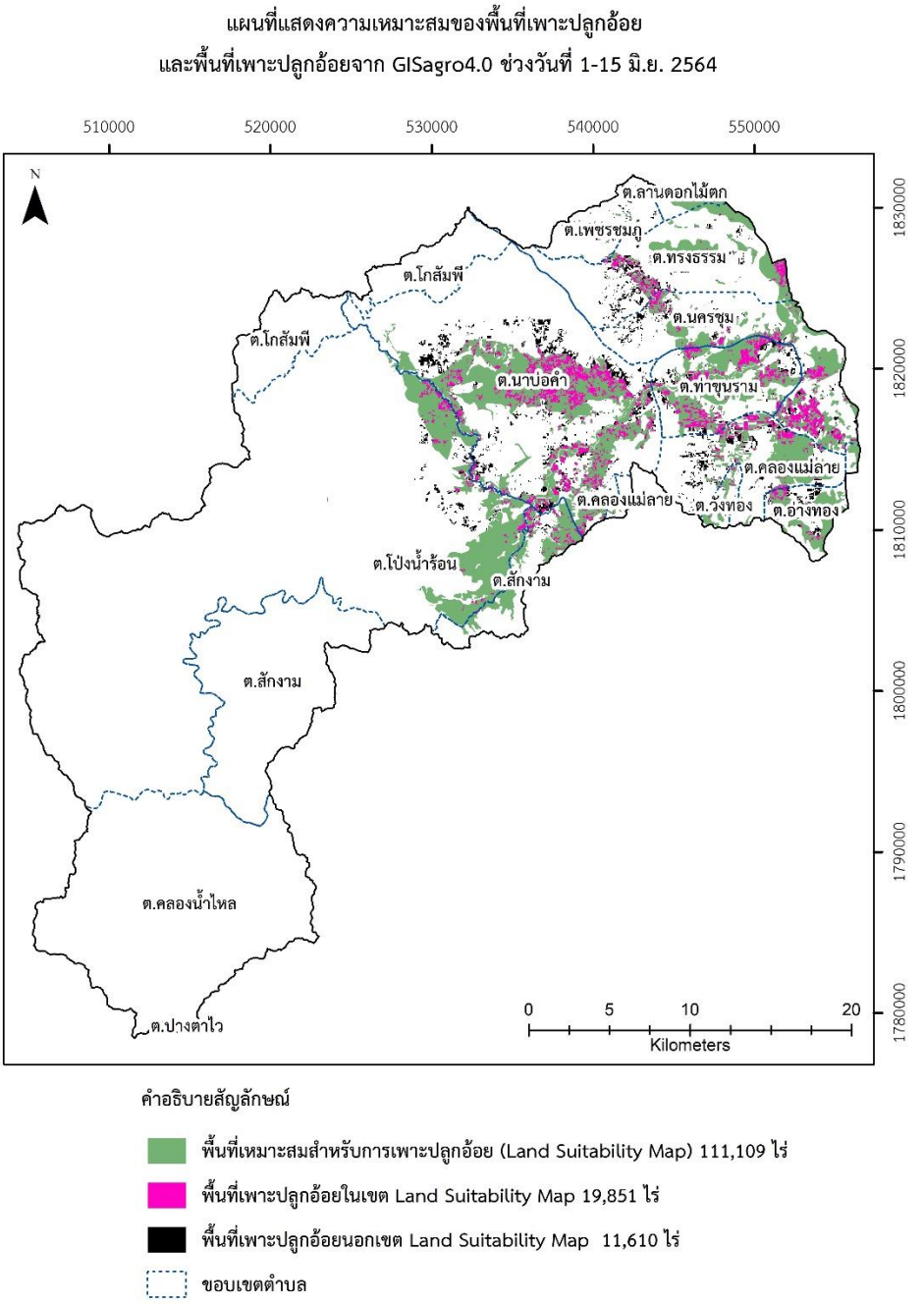
ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่เพาะปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าว จาก GISagr4.0 มีบางส่วนอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสมตาม Land Suitability Map ของกรมพัฒนาที่ดิน และมีบางส่วนอยู่นอกพื้นที่ที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.2-3 ซึ่งสรุปได้ว่าเกษตรกรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าว ในพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุด เท่ากับ 69% ช่วง

การเพาะปลูกวันที่ 16-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2564, 66% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564, 39% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 16-31 มีนาคม พ.ศ. 2564 และ 93% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564 ตามลำดับ และพื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าว ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมากที่สุด เท่ากับ 40% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 1-15 เมษายนและมิถุนายน พ.ศ. 2564, 64% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 16-31 มีนาคม พ.ศ. 2564, 70% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564 และ 21% ช่วงการเพาะปลูกวันที่ 1-15 เมษายนและมิถุนายน พ.ศ. 2564 ตามลำดับ

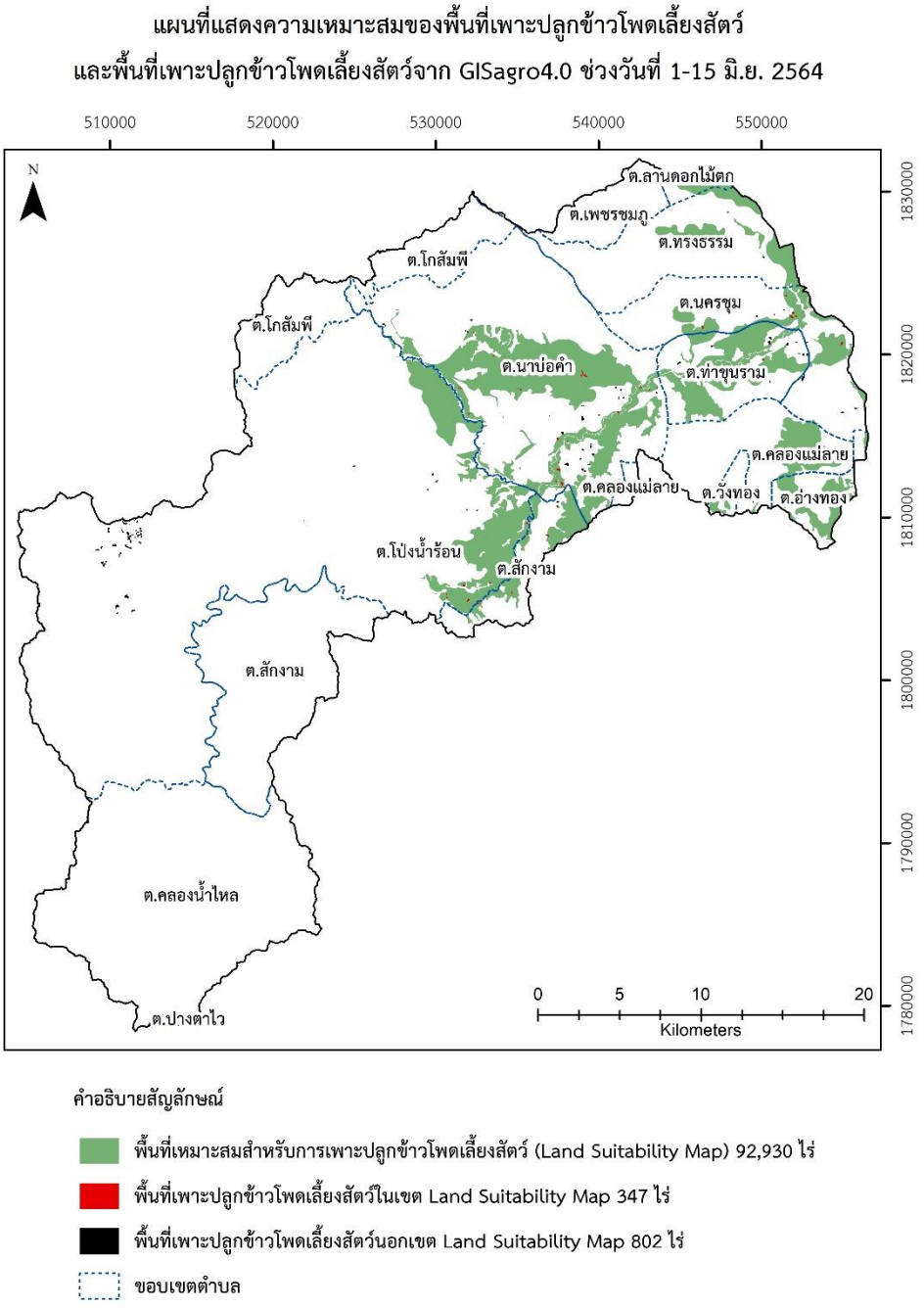
ตารางที่ 4.2-3 ความเหมาะสมในการเลือกพืชที่ปลูกกับสภาพพื้นที่ใน Land Suitability Map

พืชเศรษฐกิจ	ช่วงการเพาะปลูก พ.ศ. 2564	พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ในเขตที่เหมาะสม - ไร่ (%)	พื้นที่เพาะปลูกพืชที่อยู่นอกเขตที่เหมาะสม - ไร่ (%)	รวมพื้นที่เพาะปลูกพืช - ไร่
อ้อย	วันที่ 1-15 เมษายน	974 (60)	645 (40)	1,619
	วันที่ 16-31 พฤษภาคม	2,551 (69)	1,139 (31)	3,691
	วันที่ 1-15 มิถุนายน	19,851 (63)	11,610 (37)	31,462
มันสำปะหลัง	วันที่ 16-31 มีนาคม	328 (36)	589 (64)	917
	วันที่ 1-15 มิถุนายน	17,499 (66)	8,993 (34)	26,493
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	วันที่ 1-15 มกราคม	1,462 (33)	2,925 (67)	4,387
	วันที่ 16-31 มีนาคม	2,297 (39)	3,546 (61)	5,844
	วันที่ 1-15 มิถุนายน	347 (30)	802 (70)	1,149
ข้าว	วันที่ 1-15 เมษายน	1,857 (79)	481 (21)	2,338
	วันที่ 1-15 มิถุนายน	9,500 (93)	731 (7)	10,231

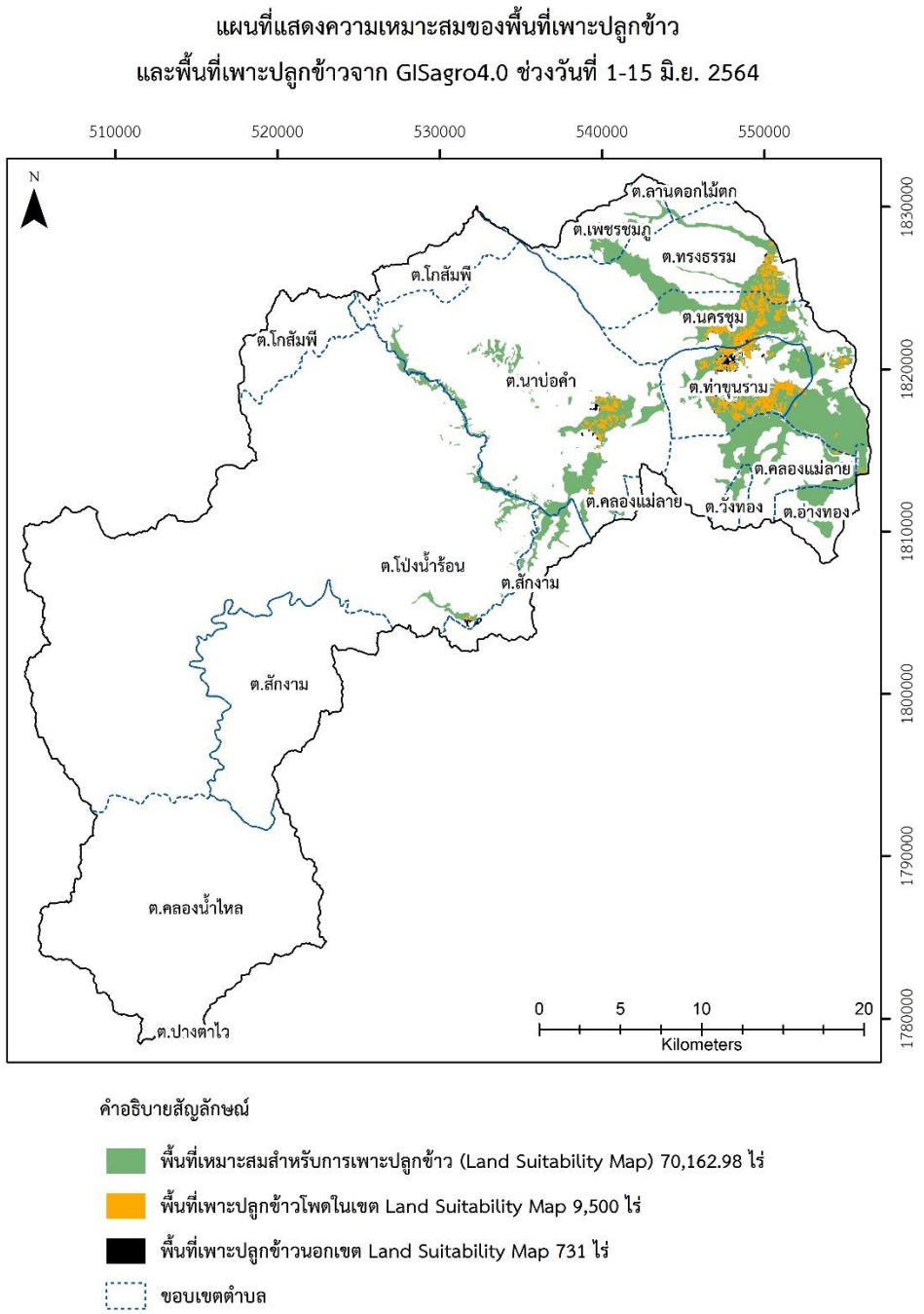
ตัวอย่างพื้นที่เพาะปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าว ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ที่เหมาะสมตาม Land Suitability Map และไม่อยู่ในเขตพื้นที่ที่เหมาะสมตาม Land Suitability Map ในช่วงเวลาการเพาะปลูกต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.2-6 ถึง 4.2-9 ในช่วงเวลาวันที่ วันที่ 1-15 มิถุนายน 2564



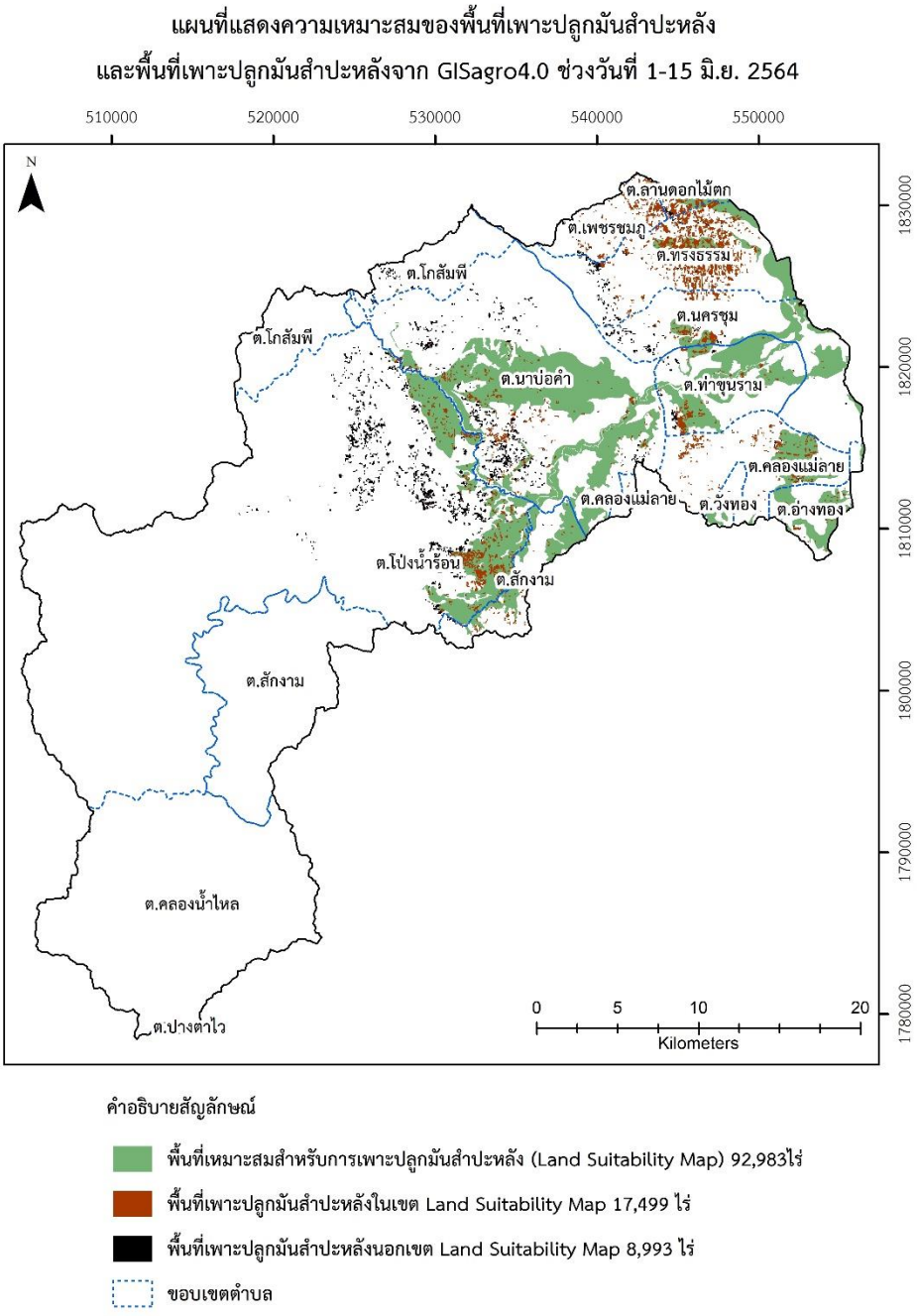
รูปที่ 4.2-6 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยและพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564



รูปที่ 4.2-7 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564



รูปที่ 4.2-8 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะปลูกข้าวและพื้นที่เพาะปลูกข้าวจาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564



รูปที่ 4.2-9 แผนที่แสดงความเหมาะของพื้นที่เพาะมันสำปะหลังและพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง จาก GISagro4.0 ช่วงวันที่ 1-15 มิถุนายน พ.ศ. 2564

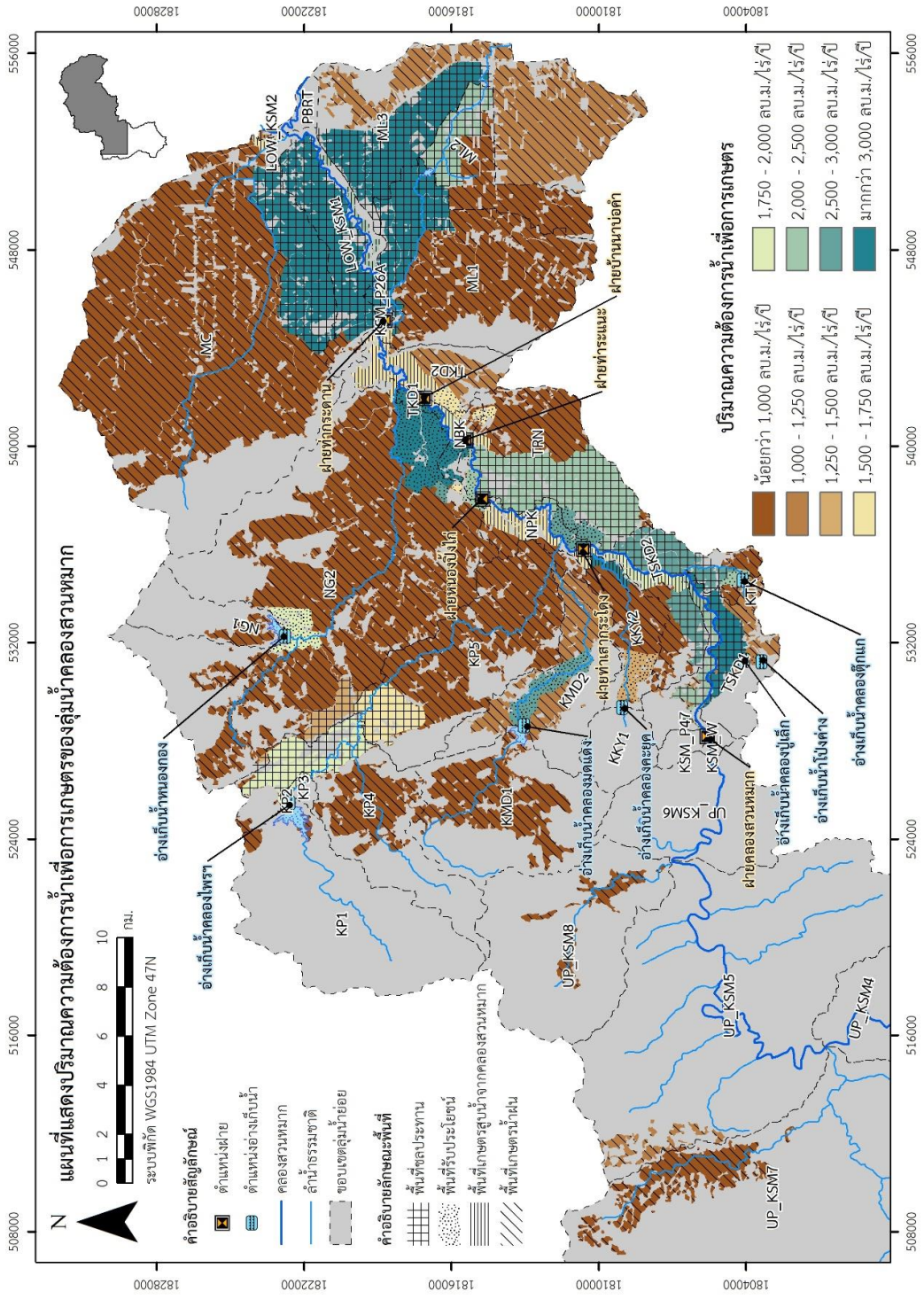
4.3 ความต้องการน้ำ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์ความต้องน้ำแบบรายวันตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2536 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2563 จำนวนระยะเวลา 10,227 วัน (28 ปี) โดยจะแบ่งความต้องการน้ำตามกิจกรรมที่ใช้ออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม และความต้องการน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศน์ เมื่อได้ความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ แล้ว จะใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ของแบบจำลอง SWAT-Mike Hydro (Basin) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาภาวะการขาดแคลนน้ำของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ซึ่งในแบบจำลองได้จำลองระบบลุ่มน้ำคลองสวนหมากให้แบ่งออกเป็น 37 ลุ่มน้ำย่อย

4.3.1 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร

จากการประเมินความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ย 28 ปีทั้งลุ่มน้ำคลองสวนหมากเท่ากับ 385.335 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยแบ่งเป็นความต้องการน้ำในพื้นที่ชลประทาน 158.259 ล้าน ลบ.ม./ปี ความต้องการน้ำในพื้นที่รับประโยชน์ 32.151 ล้าน ลบ.ม./ปี ความต้องการน้ำในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก 13.550 ล้าน ลบ.ม./ปี และความต้องการน้ำในพื้นที่เกษตรน้ำฝน 181.374 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยได้แสดงกราฟค่าเฉลี่ยรายเดือน 28 ปีตามประเภทพื้นที่ที่ตั้งของพื้นที่เกษตรกรรมดังรูปที่ 4.3-1 และแผนที่แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรของลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ย 28 ปีดังรูปที่ 4.3-2 สำหรับรูปแบบของค่าเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี โดยแยกตามโครงการส่งน้ำและแยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อยแสดงไว้ในภาคผนวก ค

รูปที่ 4.3-1 กราฟแสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี



รูปที่ 4.3-2 แผนที่แสดงปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ย 28 ปีของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

4.3.2 ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค

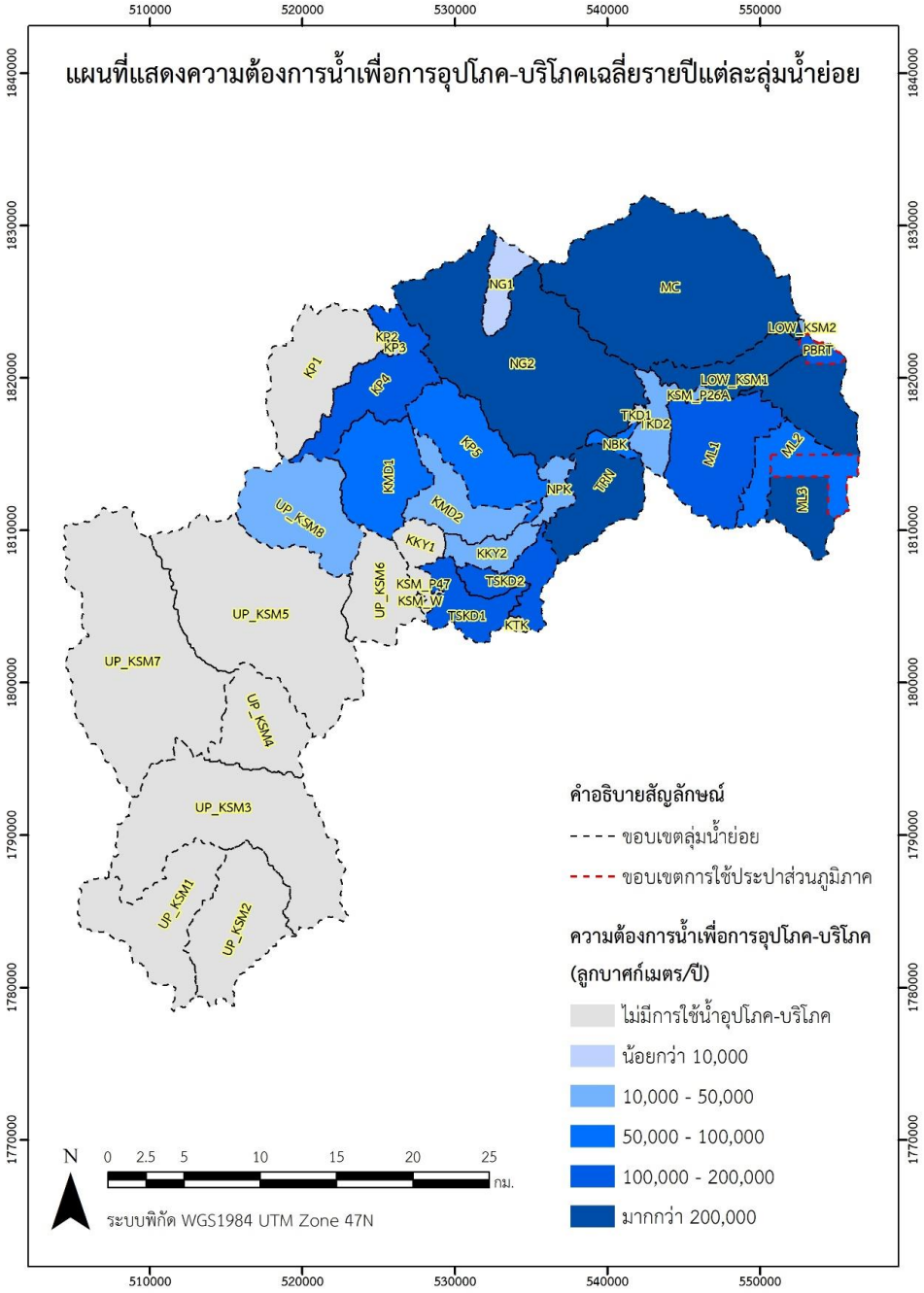
จากผลการคำนวณ ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคทั้งสิ้น 3.236 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งแบ่งเป็นในเขตประปาภูมิภาค 0.171 ล้าน ลบ.ม./ปี และในเขตประปาหมู่บ้าน 3.065 ล้าน ลบ.ม./ปี ได้แสดงแผนที่ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำย่อยดังรูปที่ 4.3-3 โดยค่าความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละลุ่มน้ำย่อยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

4.3.4 ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

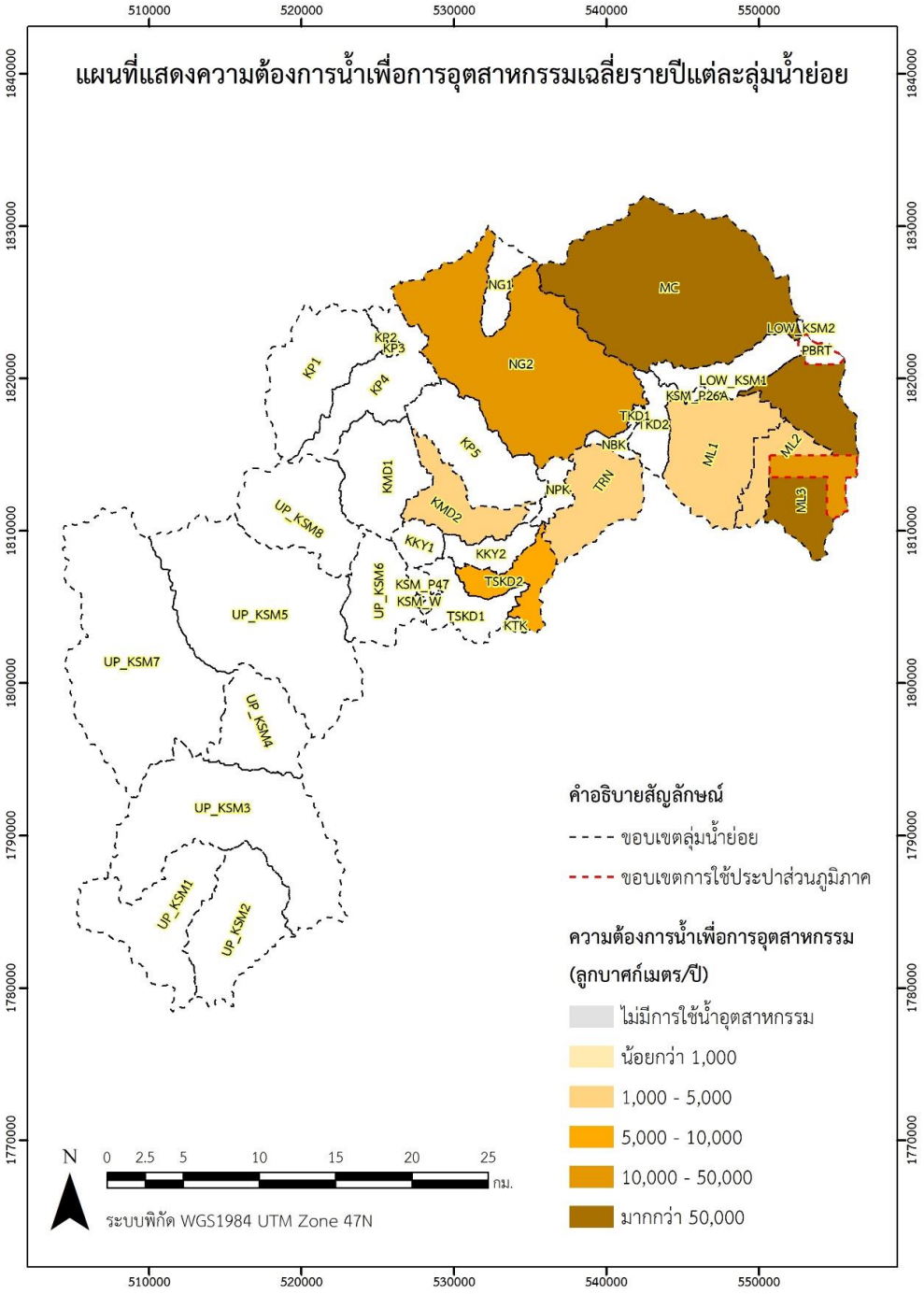
จากผลการคำนวณ ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 320,954 ลบ.ม./ปี ซึ่งแบ่งเป็นในเขตประปาภูมิภาค 27,226 ลบ.ม./ปี และในเขตประปาหมู่บ้าน 293,728 ลบ.ม./ปี สำหรับแสดงแผนที่ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำย่อยดังรูปที่ 4.3-4 และค่าความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละลุ่มน้ำย่อยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

4.3.5 ความต้องการน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศ

ความต้องการน้ำเพื่อการรักษาสมดุลของระบบนิเวศทางด้านท้ายน้ำ จะพิจารณาเฉพาะลำน้ำบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำคลองไพรฯเท่านั้น จากผลการคำนวณความต้องการน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำคลองไพรฯ ตามการวิเคราะห์ทางสถิติโดยกราฟอัตราการไหล – เวลา พบว่า มีค่าที่น้อยมาก หรือกล่าวได้ว่า คลองไพรไม่ต้องการน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศน์



รูปที่ 4.3-3 แผนที่แสดงความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคเฉลี่ยรายปีแต่ละลุ่มน้ำย่อย



รูปที่ 4.3-4 แผนที่แสดงความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมเฉลี่ยรายปีแต่ละลุ่มน้ำย่อย

4.4 การวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมากด้วย Mike Hydro Basin

แบบจำลอง SWAT-Mike hydro basin ที่ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองเสร็จสิ้นแล้ว ได้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อประเมินถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ และพื้นที่สูบน้ำจากคลองสวนหมาก โดยใช้ดัชนีวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำ และได้มีการกำหนดเกณฑ์การขาดแคลนน้ำ ซึ่งจะแสดงในรูปแบบของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ดังนี้

4.4.1 เกณฑ์การขาดแคลนน้ำ

ผลการจำลองการใช้น้ำเพื่อการเกษตรรายวันในพื้นที่ต่าง ๆ ระหว่างปี 2536-2563 (28 ปี) พบว่าบางเดือนมีการขาดแคลนน้ำเพียง 1-2 วันเท่านั้น และมีปริมาณการขาดแคลนน้ำเพียงเล็กน้อย จึงได้มีการตั้งเกณฑ์เบื้องต้นเพื่อใช้ในการพิจารณาว่ามีการขาดแคลนน้ำในแต่ละเดือนจริงหรือไม่ คือ ถ้ามีการขาดแคลนน้ำรวมกันใน 1 เดือนน้อยกว่า 7 วัน หรือปริมาณน้ำที่ขาดแคลนน้อยกว่า 20% ของความต้องการน้ำ จะพิจารณาว่าไม่เกิดการขาดแคลนน้ำ หลังจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาสภาวะการขาดแคลนน้ำซึ่งประกอบไปด้วยดัชนีการขาดแคลนน้ำ 5 ดัชนี ดังนี้

1) ความถี่ในการขาดแคลนน้ำ (ปี/ครั้ง)
2) จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง
3) จำนวนวันที่ขาดแคลนน้ำต่อครั้ง
4) ปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม./ปี)
5) เปอร์เซ็นต์การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย

จากดัชนีการขาดแคลนน้ำดังกล่าว ได้ตั้งเกณฑ์ระดับความรุนแรงในการขาดแคลนน้ำขึ้นมา 4 ระดับ ได้แก่ ไม่เกิดการขาดแคลนน้ำ, เกิดการขาดแคลนน้ำน้อย, เกิดการแคลนน้ำปานกลาง และเกิดการขาดแคลนน้ำมาก ดังตารางที่ 4.4-1 โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การขาดน้ำเฉลี่ยซึ่งมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 4.4-1

$$\text{เปอร์เซ็นต์การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาณการขาดแคลนน้ำของลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ย (ล้าน ลบ. ม./ปี)} \times 100}{\text{ปริมาณความต้องการน้ำของลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ย (ล้าน ลบ. ม./ปี)}} \quad (4.4\text{-}1)$$

โดยที่ - ปริมาณการขาดแคลนน้ำของลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ย คือ ผลรวมของปริมาณการขาดแคลนน้ำของลุ่มน้ำย่อยในแต่ละปีหารด้วยจำนวนปีที่ใช้ในการวิเคราะห์ (28 ปี) มีหน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม./ปี

- ปริมาณความต้องการน้ำของลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ย คือ ผลรวมของปริมาณความต้องการน้ำของลุ่มน้ำย่อยในแต่ละปีหารด้วยจำนวนปีที่ใช้ในการวิเคราะห์ (28 ปี) มีหน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม./ปี

ตารางที่ 4.4-1 เกณฑ์ระดับความรุนแรงในการขาดแคลนน้ำ

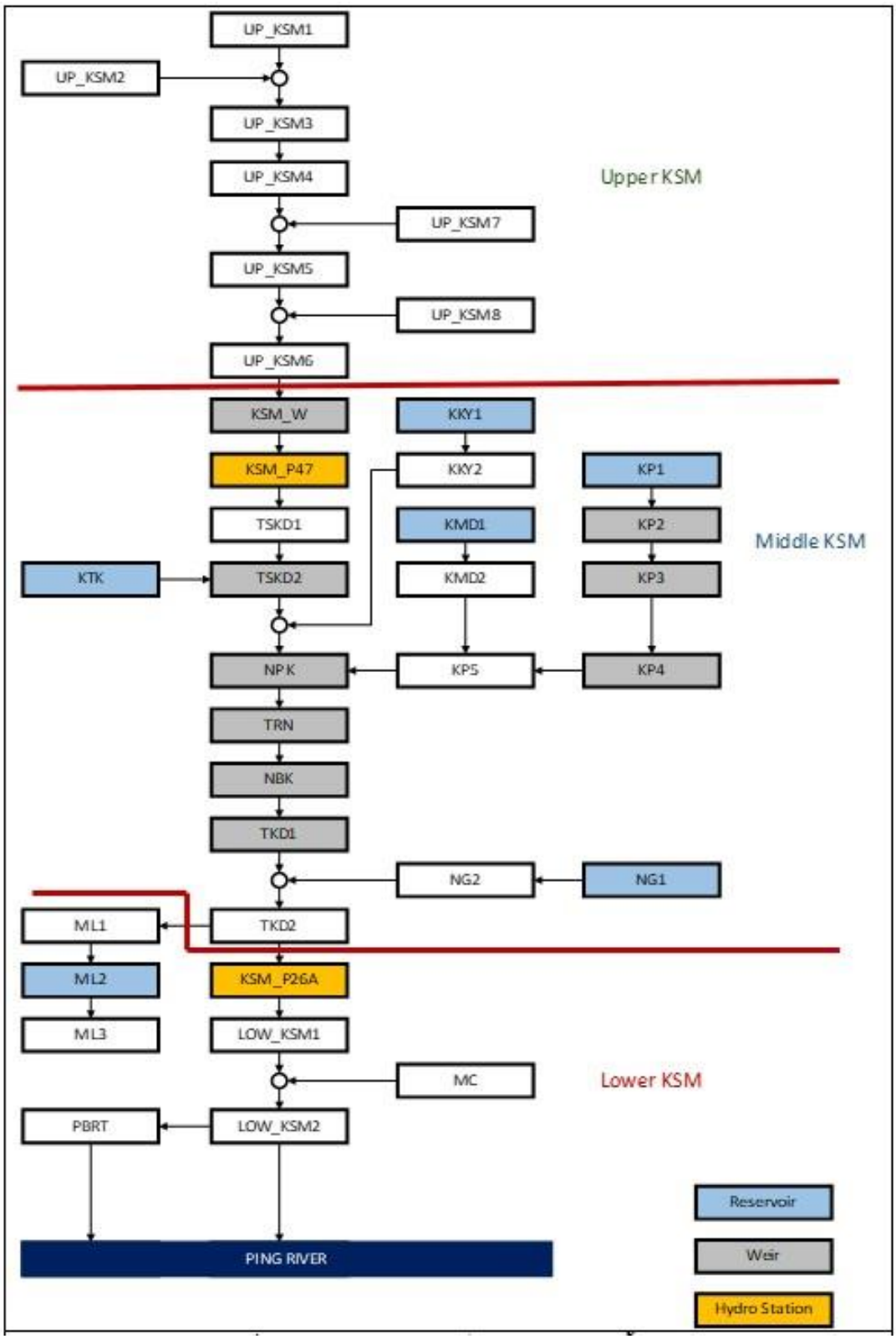
เปอร์เซ็นต์การขาดน้ำเฉลี่ย	สัญลักษณ์	รหัสสีในแผนที่	สภาวะการขาดแคลนน้ำ
0	Z (Zero)	สีเขียว	ไม่เกิดการขาดแคลนน้ำ
<10%	L (Low)	สีเหลือง	เกิดการขาดแคลนน้ำน้อย
10 – 30%	M (Medium)	สีส้ม	เกิดการขาดแคลนน้ำปานกลาง
>30%	H (High)	สีแดง	เกิดการขาดแคลนน้ำมาก

4.4.2 ผังแสดงทิศทางการไหลของน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก และผังแสดงการเชื่อมโยงแหล่งน้ำกับหน่วยการใช้น้ำต่าง ๆ

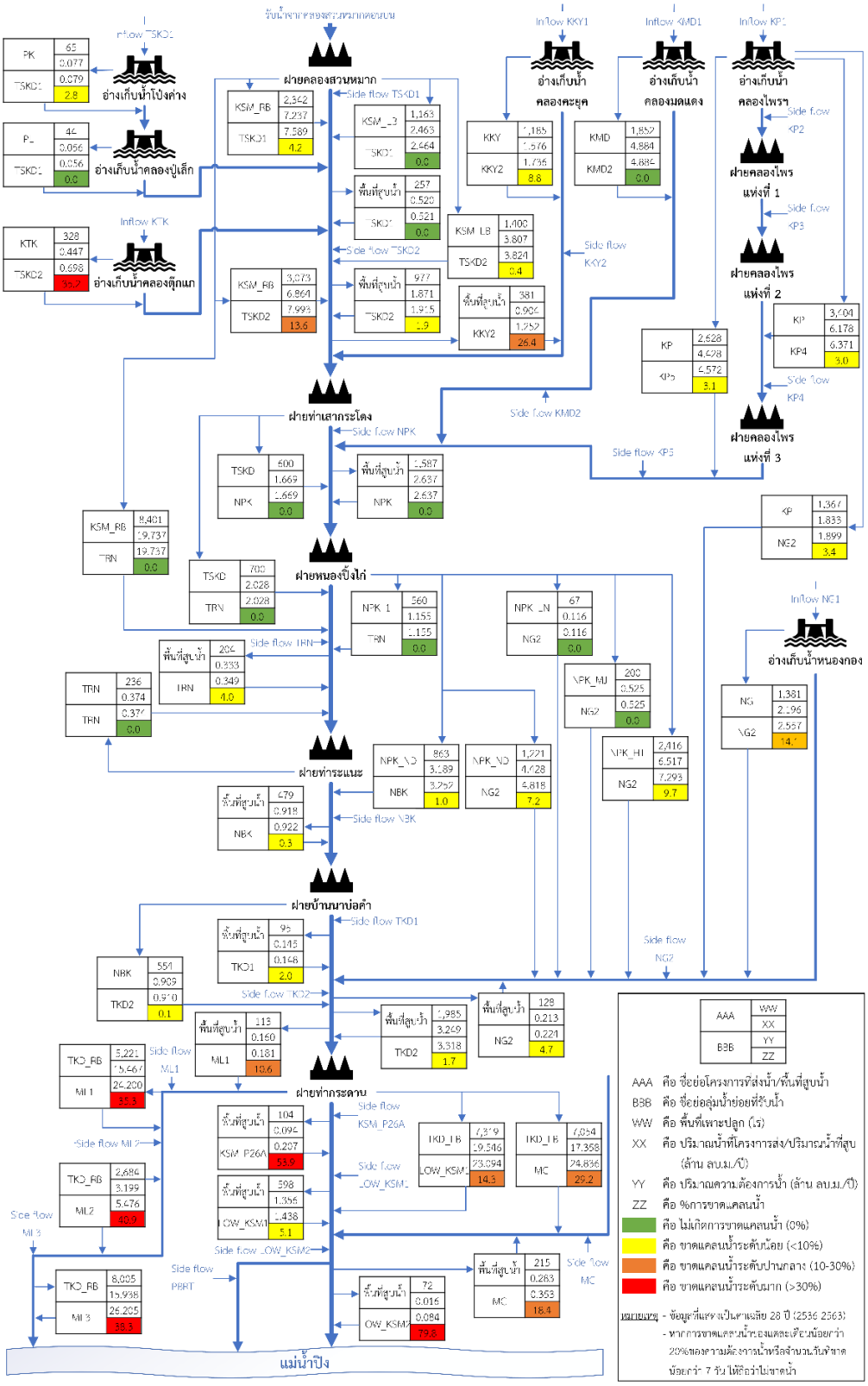
ทิศทางการไหลของน้ำในคลองสวนหมาก เริ่มจากป่าต้นน้ำที่อยู่บนพื้นที่รับน้ำเหนือฝายคลองสวนหมาก โดยไหลจากฝายคลองสวนหมากลงมายังลุ่มน้ำย่อยสถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านโป่งน้ำร้อน (KSM_P47) ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง1 (TSKD1) และลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง2 (TSKD2) ตามลำดับ จนมาถึงฝายท่าเสากระโดง จากนั้นไหลผ่านต่อไปยังลุ่มน้ำย่อยหนองปิ้งไก่ (NPK) มาจนถึงฝายหนองปิ้งไก่ จากนั้นไหลผ่านต่อไปยังลุ่มน้ำย่อยท่าระแนะ (TRN) มาจนถึงฝายท่าระแนะ จากนั้นไหลผ่านต่อไปยังลุ่มน้ำย่อยบ้านนาบ่อคำ (NBK) มาจนถึงฝายบ้านนาบ่อคำ จากนั้นไหลผ่านต่อไปยังลุ่มน้ำย่อยท่ากระดาน1 (TKD1) และลุ่มน้ำย่อยท่ากระดาน2 (TKD2) ตามลำดับ มาจนถึงฝายท่ากระดาน จากนั้นไหลผ่านต่อไปยังลุ่มน้ำย่อยสถานีวัดน้ำท่าบ้านใหม่ (KSM_P26A) ลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง1 (LOW_KSM1) ลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง2 (LOW_KSM2) และไหลออกสู่แม่น้ำปิง ตามลำดับ โดยปลายทางออกสู่แม่น้ำปิงจะแยกออกเป็นสองสาย คือ สายที่ไหลลงสู่แม่น้ำปิงที่ผ่านลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง2 และสายที่ไหลลงสู่แม่น้ำปิงผ่านลุ่มน้ำย่อยพระบรมธาตุ (PBRT) นอกจากนี้ตลอดเส้นคลองสวนหมากตั้งแต่ฝายคลองสวนหมากลงมาจะมีลำน้ำธรรมชาติไหลลงมารวมด้วย ได้แก่ คลองตุ๊กแกไหลมาบรรจบคลองสวนหมากบริเวณลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง2 คลองคะยุคไหลมาบรรจบคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายท่าสากระโดง คลองมดแดง

ไหลมาบรรจบกับคลองไพรก่อนแล้วจึงไหลมาบรรจบกับคลองสวนหมากบริเวณหลังฝายท่าเสากระโดงประมาณ 1 กิโลเมตร คลองคะยางไหลมาบรรจบคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายบ้านนาบ่อคำประมาณ 1.5 กิโลเมตร และคลองแม่คร้อไหลมาบรรจบคลองสวนหมากก่อนถึงจุดแยกออกสู่แม่น้ำปิงประมาณ 200 เมตร ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.4-1

การจำลองการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ต่าง ๆ ของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ได้จำลองให้มีอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 7 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำหนองกอง อ่างเก็บน้ำคลองไพรฯ อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก อ่างเก็บน้ำโป่งค่าง และอ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก ซึ่งรวมความจุทั้งหมด 22.03 ล้าน ลบ.ม. และได้จำลองให้มีฝายทดน้ำบนคลองสวนหมากทั้งหมด 6 แห่ง ได้แก่ ฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ ฝายบ้านนาบ่อคำ และฝายท่ากระดาน เป็นเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการน้ำผิวดินสำหรับพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ อีกทั้งยังได้จำลองให้มีการสูบน้ำจากคลองสวนหมากในพื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ริมคลองสวนหมากตั้งแต่ฝายคลองสวนหมากไปจนถึงแม่น้ำปิง ซึ่งปรากฏว่ามีหน่วยการใช้น้ำในแบบจำลองทั้งหมด 43 หน่วยการใช้น้ำ โดยมีความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรรวมกันทั้งหมด 203.96 ล้าน ลบ.ม./ปี บนพื้นที่เพาะปลูก 73,527 ไร่ แสดงดังรูปที่ 4.4-2



รูปที่ 4.4-1 ผังแสดงทิศทางการไหลของน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก



รูปที่ 4.4-2 ผังแสดงการเชื่อมโยงแหล่งน้ำกับหน่วยการใช้น้ำต่าง ๆ

4.4.3 การวิเคราะห์ผลการจำลองในพื้นที่ชลประทาน

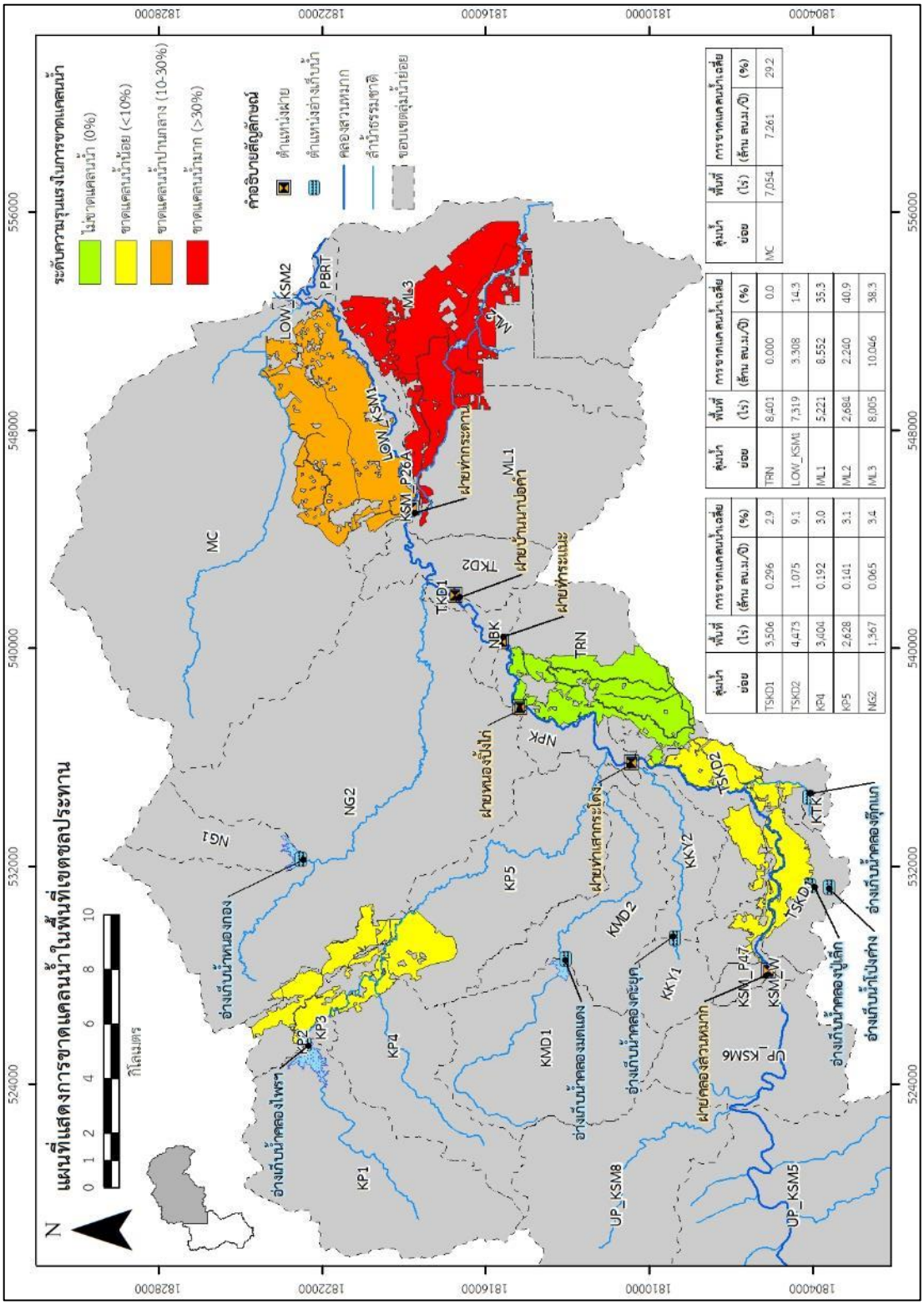
จากผลการจำลองระบบลุ่มน้ำเพื่อวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ชลประทานดังแสดงในตารางที่ 4.4-2 และแสดงอยู่ในรูปที่ 4.4-3 พบว่ามีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 33.178 ล้าน ลบ.ม./ปี จากความต้องการน้ำเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 158.26 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำมีจำนวน 10 ลุ่มน้ำ จากจำนวนลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด 11 ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีการขาดแคลนน้ำมีจำนวน 1 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำย่อยท่าระแนะ ส่วนลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อยมีจำนวน 5 ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลางมีจำนวน 2 ลุ่มน้ำ และลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับมากมีจำนวน 3 ลุ่มน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดการขาดแคลนน้ำดังนี้

- ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง1 (TSKD1) รับน้ำจากฝายคลองสวนหมากทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (2.9%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 6 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 74 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.296 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง2 (TSKD2) รับน้ำจากฝายคลองสวนหมากทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (9.1%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 2 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 70 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.075 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองไพร4 (KP4) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองไพรฯ มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (3.0%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 9 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 71 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.192 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองไพร5 (KP5) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองไพรฯ มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (3.1%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 9 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 73 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.141 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยหนองกอง2 (NG2) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองไพรฯ มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (3.4%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 9 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 73 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.065 ล้าน ลบ.ม./ปี

- ลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง1 (LOW_KSM1) รับน้ำจากฝายท่ากระดานฝั่งซ้าย มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (14.3%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 72 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.308 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองแม่ลาย1 (ML1) รับน้ำจากฝายท่ากระดานฝั่งขวา มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับสูง (35.3%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 110 วันในช่วง 5 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 8.552 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองแม่ลาย2 (ML2) รับน้ำจากฝายท่ากระดานฝั่งขวา มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับสูง (40.9%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 113 วันในช่วง 5 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.240 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองแม่ลาย3 (ML3) รับน้ำจากฝายท่ากระดานฝั่งขวา มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับสูง (38.3%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 118 วันในช่วง 5 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 10.046 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยแม่คร้อ (MC) รับน้ำจากฝายท่ากระดานฝั่งซ้าย มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (29.2%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 92 วันในช่วง 4 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 7.261 ล้าน ลบ.ม./ปี

ตารางที่ 4.4-2 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ชลประทาน

ลุ่มน้ำย่อย	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง	จำนวนวันต่อครั้ง	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย			ช่วงเดือนที่ขาดน้ำ
				(ล้าน ลบ.ม./ปี)	(%)		
ท่าเสากระโดง1 (TSKD1) พื้นที่ 3,506 ไร่	6	3	74	0.296	2.9	L	ม.ค.-เม.ย.
ท่าเสากระโดง2 (TSKD2) พื้นที่ 4,473 ไร่	2	3	70	1.075	9.1	L	ม.ค.-มิ.ย., ธ.ค.
คลองไพร4 (KP4) พื้นที่ 3,404 ไร่	9	3	71	0.192	3.0	L	ม.ค.-พ.ค., ส.ค.
คลองไพร5 (KP5) พื้นที่ 2,628 ไร่	9	3	73	0.141	3.1	L	ม.ค.-พ.ค., ส.ค.
หนองกอง2 (NG2) พื้นที่ 1,367 ไร่	9	3	73	0.065	3.4	L	ม.ค.-พ.ค., ส.ค.
ท่าระแนะ (TRN) พื้นที่ 8,401 ไร่	-	-	-	0.000	0.0	Z	-
คลองสวนหมากตอนล่าง1 (KSM_LOW1) พื้นที่ 7,319 ไร่	1	3	72	3.308	14.3	M	ม.ค.-ส.ค., ธ.ค.
คลองแม่ลาย1 (ML1) พื้นที่ 5,221 ไร่	1	5	110	8.552	35.3	H	ม.ค.-ส.ค., พ.ย.-ธ.ค.
คลองแม่ลาย2 (ML2) พื้นที่ 2,684 ไร่	1	5	113	2.240	40.9	H	ม.ค.-ส.ค., พ.ย.-ธ.ค.
คลองแม่ลาย3 (ML3) พื้นที่ 8,005 ไร่	1	5	118	10.046	38.3	H	ม.ค.-ส.ค., พ.ย.-ธ.ค.
แม่คร้อ (MC) พื้นที่ 7,054 ไร่	1	4	92	7.261	29.2	M	ม.ค.-ส.ค., พ.ย.-ธ.ค.



รูปที่ 4.4-3 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ชลประทาน

4.4.4 การวิเคราะห์ผลการจำลองในพื้นที่รับประโยชน์

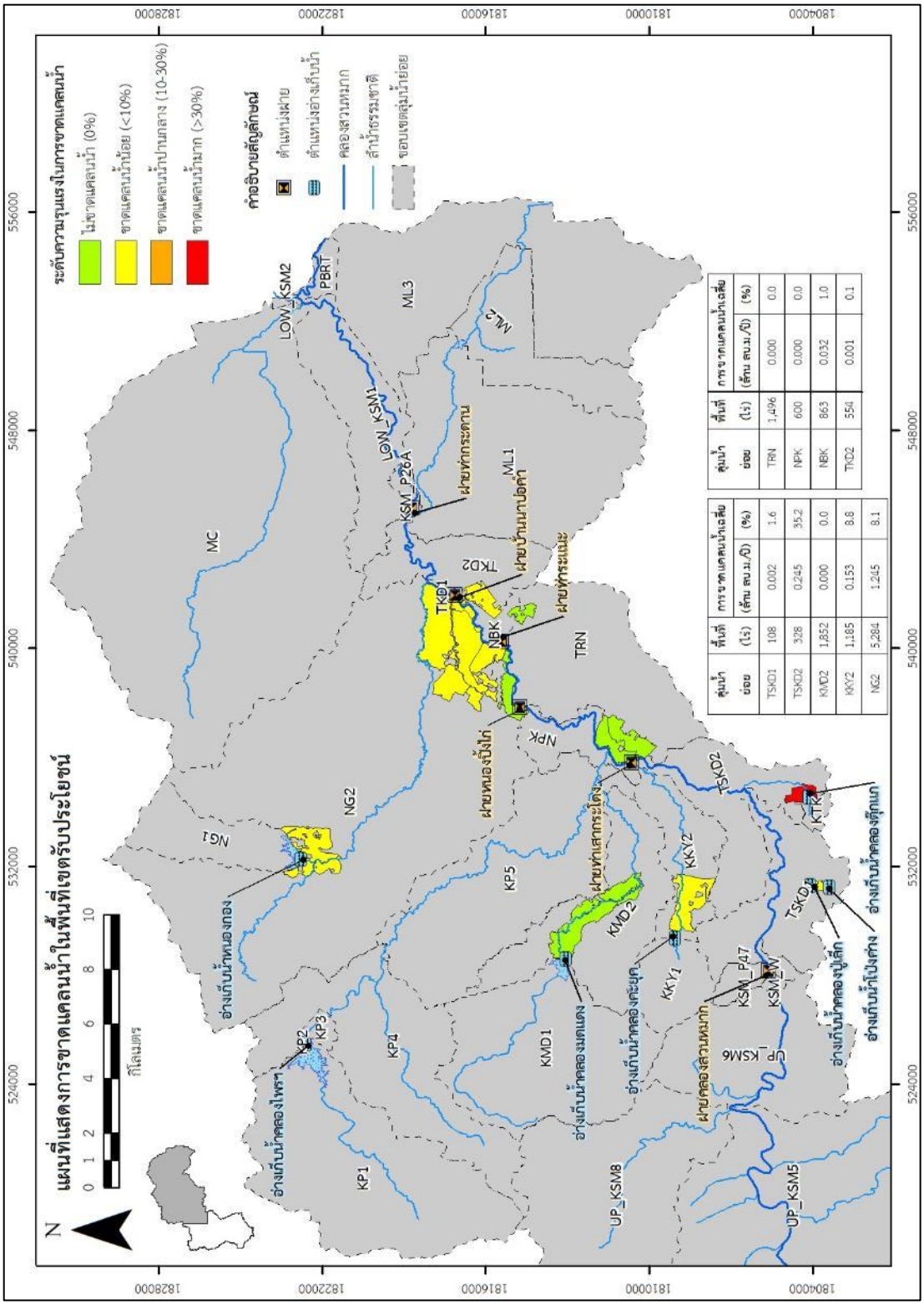
จากผลการจำลองระบบลุ่มน้ำเพื่อวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่รับประโยชน์ดังแสดงในตารางที่ 4.4-3 และแสดงอยู่ในรูปที่ 4.4-4 พบว่ามีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 1.680 ล้าน ลบ.ม./ปี จากความต้องการน้ำเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 32.15 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำมีจำนวน 6 ลุ่มน้ำ จากจำนวนลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด 9 ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีการขาดแคลนน้ำมีจำนวน 3 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำย่อยคลองมดแดง ลุ่มน้ำย่อยท่าระแนะ และลุ่มน้ำย่อยบ้านหนองปิ้งไก่ ส่วนลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำในระดับน้อยมีจำนวน 5 ลุ่มน้ำ และลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำในระดับมากมีจำนวน 1 ลุ่มน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดการขาดแคลนน้ำดังนี้

- ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง1 (TSKD1) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก และอ่างเก็บน้ำโป่งค่าง มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (1.6%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 14 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 74 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง2 (TSKD2) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับมาก (35.2%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 93 วันในช่วง 4 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.245 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองคะยุค2 (KKY2) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองคะยุค มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (8.8%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 2 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 46 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.153 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยหนองกอง2 (NG2) รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองกอง และฝายหนองปิ้งไก่ทั้ง 4 สาย (สายลงนา สายนาดง สายมอเจริญ และสายห้วยเต่า) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (8.1%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 2 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 60 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.245 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยบ้านนาบ่อคำ (NBK) รับน้ำจากฝายหนองปิ้งไก่สายนาดง มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (1.0%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 9 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 17 วันในช่วง 1 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.032 ล้าน ลบ.ม./ปี

- ลุ่มน้ำย่อยท่ากระดาน2 (TKD2) รับน้ำจากฝายบ้านนาบ่อคำ มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (0.1%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 28 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 13 วันในช่วง 1 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 ล้าน ลบ.ม./ปี

ตารางที่ 4.4-3 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่รับประโยชน์

ลุ่มน้ำย่อย	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง	จำนวนวันต่อครั้ง	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย			ช่วงเดือนที่ขาดน้ำ
				(ล้าน ลบ.ม./ปี)	(%)		
ท่าเสากระโดง1 (TSKD1) พื้นที่ 108 ไร่	14	3	74	0.002	1.6	L	ม.ค.-เม.ย., ธ.ค.
ท่าเสากระโดง2 (TSKD2) พื้นที่ 328 ไร่	1	4	93	0.245	35.2	H	ม.ค.-ธ.ค.
คลองมดแดง2 (KMD2) พื้นที่ 1,852 ไร่	0	0	0	0.000	0.0	Z	-
คลองคะยุค2 (KKY2) พื้นที่ 1,185 ไร่	2	2	46	0.153	8.8	L	ม.ค.-พ.ค., ธ.ค.
หนองกอง2 (NG2) พื้นที่ 5,284 ไร่	2	2	60	1.245	8.1	L	ม.ค.-พ.ค., ก.ค.-ส.ค., ธ.ค.
ท่าระแนะ (TRN) พื้นที่ 1,496 ไร่	0	0	0	0.000	0.0	Z	-
บ้านหนองปิ้งไก่ (NPK) พื้นที่ 600 ไร่	0	0	0	0.000	0.0	Z	-
บ้านนาบ่อคำ (NBK) พื้นที่ 863 ไร่	9	1	17	0.032	1.0	L	มี.ค.-เม.ย.
ท่ากระดาน2 (TKD2) พื้นที่ 554 ไร่	28	1	13	0.001	0.1	L	เม.ย.



ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ไร่)	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม./ปี)	(%)
TSKD1	108	0.002	1.6
TSKD2	328	0.245	35.2
KMD2	1,852	0.000	0.0
KKY2	1,185	0.153	8.8
NG2	5,284	1.245	8.1

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ไร่)	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม./ปี)	(%)
TRN	1,496	0.000	0.0
NPK	600	0.000	0.0
NBK	863	0.032	1.0
TKD2	554	0.001	0.1

รูปที่ 4.4-4 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่รับประโยชน์

4.4.5 การวิเคราะห์ผลการจำลองในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก

จากผลการจำลองระบบลุ่มน้ำเพื่อวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมากดังแสดงในตารางที่ 4.4-4 และแสดงอยู่ในรูปที่ 4.4-5 พบว่ามีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 0.788 ล้าน ลบ.ม./ปี จากความต้องการน้ำเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 13.55 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำมีจำนวน 12 ลุ่มน้ำ จากจำนวนลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด 14 ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีการขาดแคลนน้ำมีจำนวน 2 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง และลุ่มน้ำย่อยบ้านหนองปิ้งไก่ ส่วนลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อยมีจำนวน 7 ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลางมีจำนวน 3 ลุ่มน้ำ และลุ่มน้ำย่อยที่มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับมากมีจำนวน 2 ลุ่มน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดการขาดแคลนน้ำดังนี้

- ลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง2 (TSKD2) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (1.9%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 9 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 55 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.036 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองคะยุค2 (KKY2) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (26.4%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 139 วันในช่วง 6 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.331 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยหนองกอง2 (NG2) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (4.7%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 9 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 137 วันในช่วง 6 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.011 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยท่าระแนะ (TRN) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (4.0%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 2 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 32 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.014 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยบ้านนาบ่อคำ (NBK) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (0.3%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 28 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 51 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยท่ากระดาน1 (TKD1) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (2.0%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 14 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 71 วันในช่วง 4 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ล้าน ลบ.ม./ปี

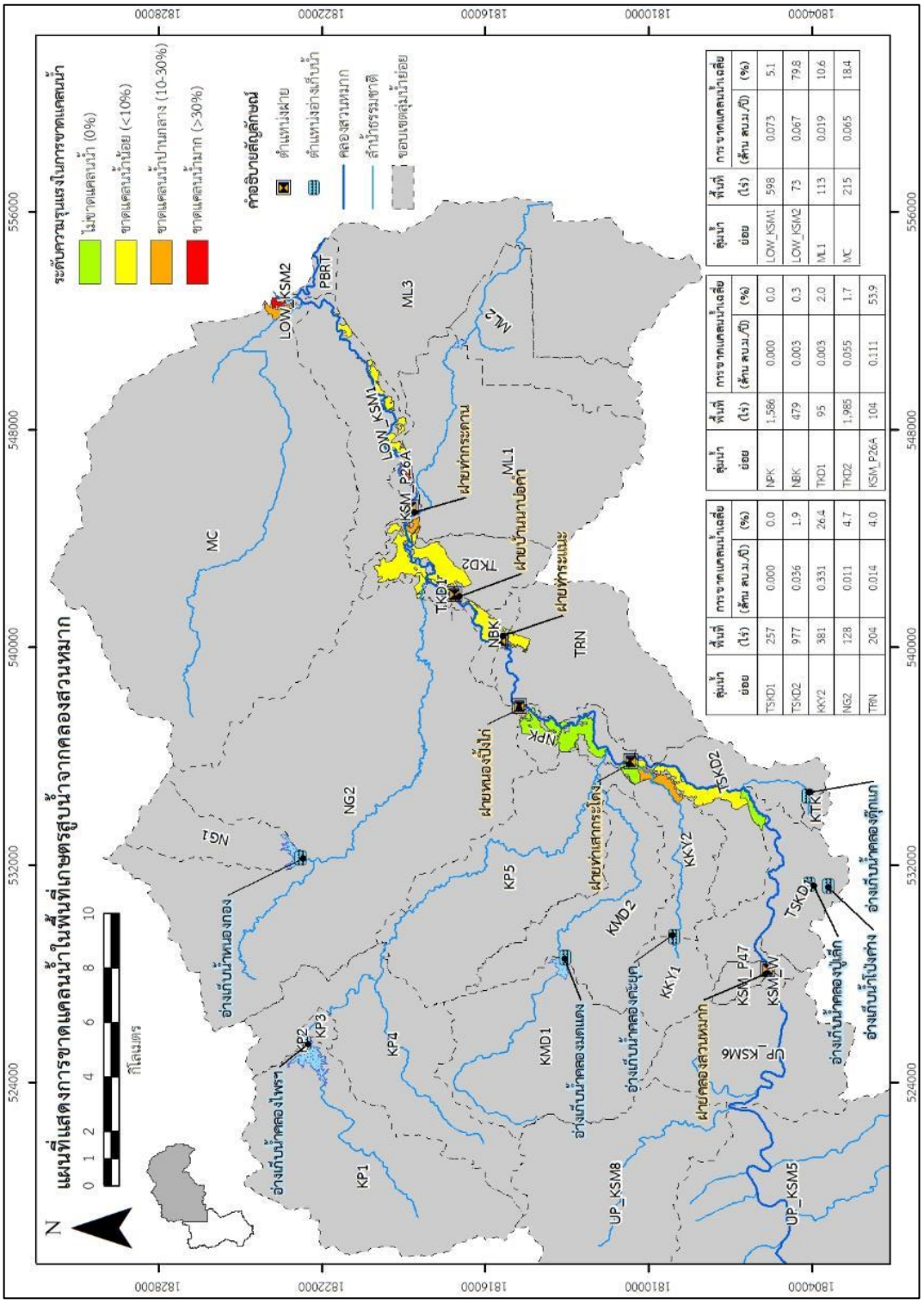
- ลุ่มน้ำย่อยท่ากระดาน2 (TKD2) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (1.7%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 6 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 41 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.055 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยสถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่ (KSM_P26A) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับมาก (53.9%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 147 วันในช่วง 6 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.111 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง1 (LOW_KSM1) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับน้อย (5.1%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 2 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 42 วันในช่วง 2 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.073 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง2 (LOW_KSM2) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับมาก (79.8%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 213 วันในช่วง 9 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.067 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยคลองแม่ลาย1 (ML1) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (10.6%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 2 ปี/ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 74 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.019 ล้าน ลบ.ม./ปี
- ลุ่มน้ำย่อยแม่คร้อ (MC) มีการขาดแคลนน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (18.4%) โดยมีความถี่ในการขาดแคลนน้ำ 1 ปี/ครั้ง (ขาดแคลนทุกปี) ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลา 79 วันในช่วง 3 เดือน และมีปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.065 ล้าน ลบ.ม./ปี

ตารางที่ 4.4-4 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก

ลุ่มน้ำย่อย	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง	จำนวนวันต่อครั้ง	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย			ช่วงเดือนที่ขาดน้ำ
				(ล้าน ลบ.ม./ปี)	(%)		
ท่าเสากระโดง1 (TSKD1) พื้นที่ 257 ไร่	0	0	0	0.000	0.0	Z	-
ท่าเสากระโดง2 (TSKD2) พื้นที่ 977 ไร่	9	2	55	0.036	1.9	L	ก.พ.-เม.ย.

ตารางที่ 4.4-4 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง	จำนวนวันต่อครั้ง	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย			ช่วงเดือนที่ขาดน้ำ
				(ล้าน ลบ.ม./ปี)	(%)		
คลองคะยุค2 (KKY2) พื้นที่ 381 ไร่	1	6	139	0.331	26.4	M	ม.ค.-ธ.ค.
หนองกอง2 (NG2) พื้นที่ 128 ไร่	9	6	137	0.011	4.7	L	ม.ค.-ธ.ค.
ท่าระแนะ (TRN) พื้นที่ 204 ไร่	2	2	32	0.014	4.0	L	มี.ค.-พ.ค., ส.ค.
บ้านหนองปิ้งไก่ (NPK) พื้นที่ 1,586 ไร่	0	0	0	0.000	0.0	Z	-
บ้านนาบ่อคำ (NBK) พื้นที่ 479 ไร่	28	2	51	0.003	0.3	L	ก.พ.-มี.ค.
ท่ากระดาน1 (TKD1) พื้นที่ 95 ไร่	14	4	71	0.003	2.0	L	ม.ค.-พ.ค., ส.ค.
ท่ากระดาน2 (TKD2) พื้นที่ 1,985 ไร่	6	2	41	0.055	1.7	L	ม.ค.-เม.ย., ส.ค.
สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่ (KSM_P26A) พื้นที่ 104 ไร่	1	6	147	0.111	53.9	H	ม.ค.-ธ.ค.
คลองสวนหมากตอนล่าง1 (LOW_KSM1) พื้นที่ 598 ไร่	2	2	42	0.073	5.1	L	ม.ค.-เม.ย.
คลองสวนหมากตอนล่าง2 (LOW_KSM2) พื้นที่ 73 ไร่	1	9	213	0.067	79.8	H	ม.ค.-ธ.ค.
คลองแม่ลาย1 (ML1) พื้นที่ 113 ไร่	2	3	74	0.019	10.6	M	ม.ค.-เม.ย., ก.ค.-ส.ค., พ.ย.-ธ.ค.
แม่คร้อ (MC) พื้นที่ 215 ไร่	1	3	79	0.065	18.4	M	ม.ค.-พ.ค., ต.ค.-ธ.ค.



รูปที่ 4.4-5 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก

4.4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ผลการจำลองในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีทรัพยากรน้ำผิวดินซึ่งเกิดจากฝน 1,502 ล้าน ลบ.ม./ปี มีอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 7 แห่ง รวมความจุ 22.03 ล้าน ลบ.ม. และฝายทดน้ำบนคลองสวนหมากทั้ง 6 แห่ง เป็นเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการน้ำผิวดินเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ รวมไปถึงพื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ริมคลองสวนหมากตั้งแต่ฝายคลองสวนหมากไปจนถึงแม่น้ำปิง ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยในพื้นที่ดังกล่าวรวมทั้งหมด 203.96 ล้าน ลบ.ม./ปี

ผลการจำลอง พบว่ามี 17 ลุ่มน้ำย่อยที่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำจากจำนวนลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด 19 ลุ่มน้ำที่มีความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร ดังสรุปในตารางที่ 7.6-5 โดยทั้งลุ่มน้ำคลองสวนหมากขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด 35.65 ล้าน ลบ.ม./ปี หรือคิดเป็น 17.47% ของความต้องการ และเพื่อให้เห็นผลการจำลองในแบบภาพรวมทั้งหมด จึงได้จัดทำตารางแสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พร้อมกับตารางแสดงช่วงเวลาที่เกิดการขาดแคลนน้ำ และแผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำดังตารางที่ 7.6-6 ตารางที่ 7.6-7 และรูปที่ 7.6-6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4-5 แสดงลุ่มน้ำย่อยที่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในระดับต่าง ๆ

พื้นที่เพาะปลูก	ไม่ขาดแคลนน้ำ	ขาดแคลนน้ำ น้อย	ขาดแคลนน้ำ ปานกลาง	ขาดแคลนน้ำ มาก
พื้นที่ชลประทาน	TRN	TSKD1, TSKD2, KP4, KP5, NG2	KSM_LOW1, MC	ML1, ML2, ML3
พื้นที่รับประโยชน์	KMD2, TRN, NPK	TSKD1, KKY2, NG2, NBK, TKD2		TSKD2
พื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก	TSKD1, NPK	TSKD2, NG2, TRN, NBK, TKD1, TKD2, KSM_LOW1	KKY2, ML1, MC	KSM_P26A, LOW_KSM2

ตารางที่ 4.4-6 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ลุ่มน้ำย่อย	ดัชนีการขาดแคลนน้ำ		พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่รับประโยชน์	พื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก
ท่าเสากระโดง1 (TSKD1)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		6	14	0
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		3	3	0
	จำนวนวันต่อครั้ง		74	74	0
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	0.296	0.002	0.000
		(%)	2.9	1.6	0.0
			L	L	Z
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		3,506	108	257
ท่าเสากระโดง2 (TSKD2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		2	1	9
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		3	4	2
	จำนวนวันต่อครั้ง		70	93	55
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	1.075	0.245	0.036
		(%)	9.1	35.2	1.9
			L	H	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		4,473	328	977
คลองไพร4 (KP4)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		9	-	-
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		3	-	-
	จำนวนวันต่อครั้ง		71	-	-
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	0.192	-	-
		(%)	3.0	-	-
			L	-	-
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		3,404	-	-
คลองไพร5 (KP5)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		9	-	-
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		3	-	-
	จำนวนวันต่อครั้ง		73	-	-
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	0.141	-	-
		(%)	3.1	-	-
			L	-	-
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		2,628	-	-

ตารางที่ 4.4-6 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ดัชนีการขาดแคลนน้ำ		พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่รับประโยชน์	พื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก
คลองมดแดง2 (KMD2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	0	-
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	0	-
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	0	-
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	0.000	-
		(%)	-	0.0	-
			-	Z	-
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	1,852	-
คลองคะยูค2 (KKY2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	2	1
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	2	6
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	46	139
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	0.153	0.331
		(%)	-	8.8	26.4
			-	L	M
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	1,185	381
หนองกอง2 (NG2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		9	2	9
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		3	2	6
	จำนวนวันต่อครั้ง		73	60	137
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	0.065	1.245	0.011
		(%)	3.4	8.1	4.7
			L	L	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		1,367	5,284	128
ท่าระแนะ (TRN)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		0	0	2
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		0	0	2
	จำนวนวันต่อครั้ง		0	0	32
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	0.000	0.000	0.014
		(%)	0.0	0.0	4.0
			Z	Z	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		8,401	1,496	204

ตารางที่ 4.4-6 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ดัชนีการขาดแคลนน้ำ		พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่รับประโยชน์	พื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก
บ้านหนองปิงไก่ (NPK)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	0	0
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	0	0
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	0	0
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	0.000	0.000
		(%)	-	0.0	0.0
			-	Z	Z
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	600	1,586
บ้านนาบ่อคำ (NBK)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	9	28
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	1	2
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	17	51
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	0.032	0.003
		(%)	-	1.0	0.3
			-	L	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	863	479
ท่ากระดาน1 (TKD1)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	-	14
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	-	4
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	-	71
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	-	0.003
		(%)	-	-	2.0
			-	-	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	-	95
ท่ากระดาน2 (TKD2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	28	6
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	1	2
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	13	41
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	0.001	0.055
		(%)	-	0.1	1.7
			-	L	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	554	1,985

ตารางที่ 4.4-6 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ดัชนีการขาดแคลนน้ำ		พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่รับประโยชน์	พื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก
สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่ (KSM_P26A)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	-	1
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	-	6
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	-	147
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	-	0.111
		(%)	-	-	53.9
			-	-	H
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	-	104
คลองสวนหมากตอนล่าง1 (KSM_LOW1)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		1	-	2
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		3	-	2
	จำนวนวันต่อครั้ง		72	-	42
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	3.308	-	0.073
		(%)	14.3	-	5.1
			M	-	L
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		7,319	-	598
คลองสวนหมากตอนล่าง2 (LOW_KSM2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		-	-	1
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		-	-	9
	จำนวนวันต่อครั้ง		-	-	213
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	-	-	0.067
		(%)	-	-	79.8
			-	-	H
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		-	-	73
คลองแม่ลาย1 (ML1)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		1	-	2
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		5	-	3
	จำนวนวันต่อครั้ง		110	-	74
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	8.552	-	0.019
		(%)	35.3	-	10.6
			H	-	M
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		5,221	-	113

ตารางที่ 4.4-6 แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ต่อ)

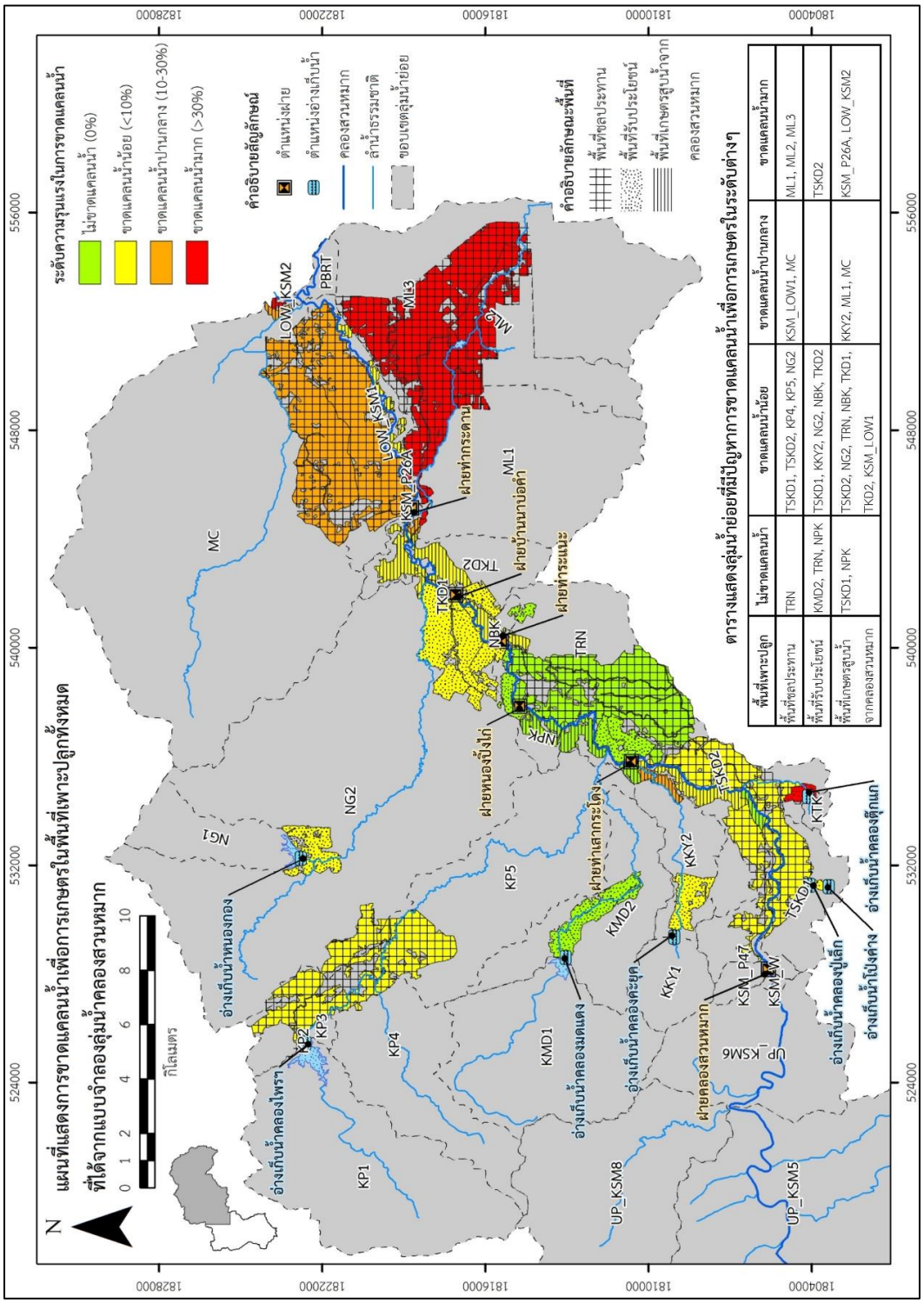
ลุ่มน้ำย่อย	ดัชนีการขาดแคลนน้ำ		พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่รับประโยชน์	พื้นที่เกษตรสูบน้ำจากคลองสวนหมาก
คลองแม่ลาย2 (ML2)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		1	-	-
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		5	-	-
	จำนวนวันต่อครั้ง		113	-	-
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	2.240	-	-
		(%)	40.9	-	-
			H	-	-
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		2,684	-	-
คลองแม่ลาย3 (ML3)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		1	-	-
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		5	-	-
	จำนวนวันต่อครั้ง		118	-	-
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	10.046	-	-
		(%)	38.3	-	-
			H	-	-
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		8,005	-	-
แม่ครือ (MC)	ความถี่ในการขาดน้ำ (ปี/ครั้ง)		1	-	1
	จำนวนเดือนที่ขาดน้ำต่อครั้ง		4	-	3
	จำนวนวันต่อครั้ง		92	-	79
	การขาดแคลนน้ำเฉลี่ย	(ล้าน ลบ.ม./ปี)	7.261	-	0.065
		(%)	29.2	-	18.4
			M	-	M
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)		7,054	-	215

ตารางที่ 4.4-7 แสดงช่วงเดือนที่มีการขาดแคลนน้ำ

ลุ่มน้ำย่อย	ขอบเขตพื้นที่	จำนวนวันเฉลี่ยที่ขาดแคลนน้ำ											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ท่าเสากระโดง1 (TSKD1)	ชลประทาน	31	28	31	27	0	0	0	0	0	0	0	0
	รับประโยชน์	31	28	31	30	0	0	0	0	0	0	0	27
	เกษตรสูบน้ำ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ท่าเสากระโดง2 (TSKD2)	ชลประทาน	26	28	30	27	24	18	0	0	0	0	0	14
	รับประโยชน์	28	25	26	24	20	16	17	27	21	24	27	25
	เกษตรสูบน้ำ	0	24	30	28	0	0	0	0	0	0	0	0
คลองไพร4 (KP4)	ชลประทาน	31	28	27	24	12	0	0	29	0	0	0	0
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คลองไพร5 (KP5)	ชลประทาน	31	28	28	24	13	0	0	31	0	0	0	0
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คลองมดแดง2 (KMD2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คลองคะยุค2 (KKY2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	27	29	22	24	13	0	0	0	0	0	0	31
	เกษตรสูบน้ำ	30	28	28	27	21	21	21	21	20	23	28	21
หนองกอง2 (NG2)	ชลประทาน	31	28	28	24	13	0	0	31	0	0	0	0
	รับประโยชน์	29	29	21	25	27	0	31	31	0	0	0	31
	เกษตรสูบน้ำ	30	29	31	22	13	16	25	20	11	15	23	23
ท่าระแนะ (TRN)	ชลประทาน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	รับประโยชน์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	เกษตรสูบน้ำ	0	0	15	23	15	0	0	18	0	0	0	0
บ้านหนองปิ้งไก่ (NPK)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	เกษตรสูบน้ำ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
บ้านนาบ่อคำ (NBK)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	0	0	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0
	เกษตรสูบน้ำ	0	28	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.4-7 แสดงช่วงเดือนที่มีการขาดแคลนน้ำ (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ขอบเขตพื้นที่	จำนวนวันเฉลี่ยที่ขาดแคลนน้ำ											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ท่ากระดาน1 (TKD1)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	14	28	27	30	9	0	0	8	0	0	0	0
ท่ากระดาน2 (TKD2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
	เกษตรสูบน้ำ	28	28	24	19	0	0	0	7	0	0	0	0
สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่ (KSM_P26A)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	24	28	29	28	21	19	18	18	11	18	24	25
คลองสวนหมากตอนล่าง1 (KSM_LOW1)	ชลประทาน	28	28	27	24	21	28	13	20	0	0	0	31
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	24	26	24	22	0	0	0	0	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนล่าง2 (LOW_KSM2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	31	28	29	26	17	14	14	14	10	18	28	31
คลองแม่ลาย1 (ML1)	ชลประทาน	23	26	28	25	19	17	15	23	0	0	26	27
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	29	23	27	20	0	0	8	16	0	0	28	25
คลองแม่ลาย2 (ML2)	ชลประทาน	22	26	28	25	18	17	13	24	0	0	22	26
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คลองแม่ลาย3 (ML3)	ชลประทาน	23	26	27	25	19	19	14	25	0	0	21	26
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แม่คร้อ (MC)	ชลประทาน	25	27	27	24	20	17	13	21	0	0	21	24
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	28	26	23	20	18	0	0	0	0	19	25	31



รูปที่ 4.4-6 แผนที่แสดงสภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

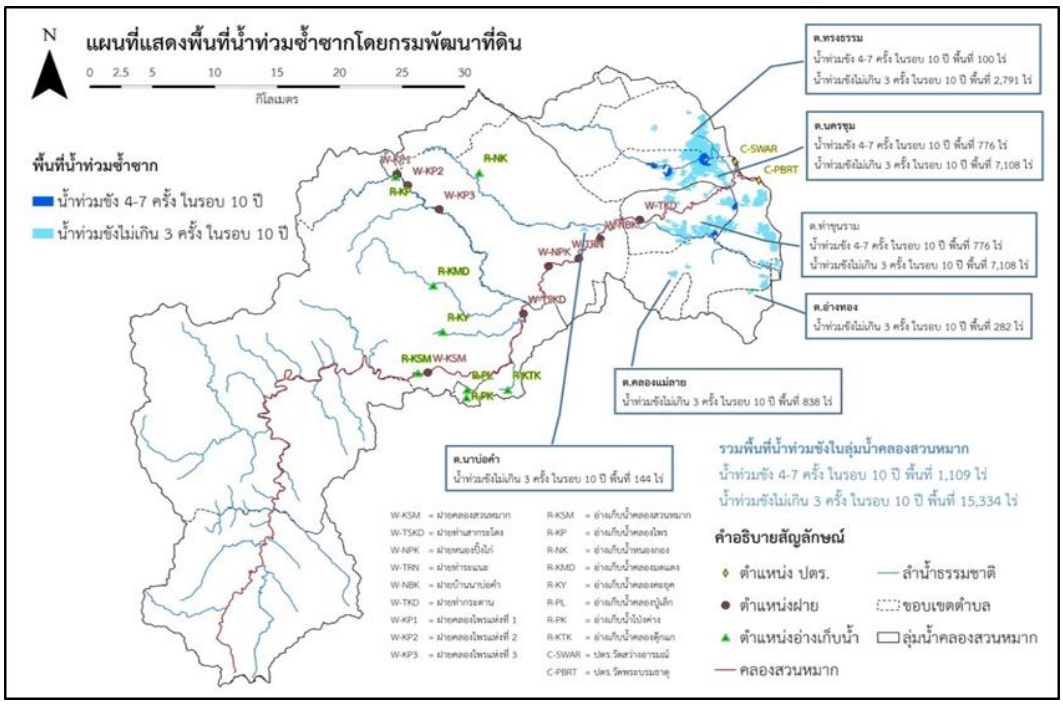
4.5 การศึกษาสภาพน้ำท่วมคลองสวนหมาก และการจำลองสภาพน้ำท่วมในแบบจำลองน้ำหลากด้วยแบบจำลอง MIKE 11

เมื่อได้ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง ในส่วนของปริมาณน้ำ และระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดแล้ว จึงได้ทดสอบความน่าเชื่อถือของการแผ่กระจายของน้ำของแบบจำลองกับขอบเขตแนวพื้นที่จริงต่อไป โดยแบบจำลองสภาพการไหล ส่วนของภาพตัดขวางของของแม่น้ำมีการต่อสภาพพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติม/ต่อเติมด้วยข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) ความละเอียด 5 เมตรบริเวณที่พิจารณาเป็นพิเศษ และ 30 เมตร ครอบคลุมตั้งแต่บริเวณสถานีวัดน้ำท่า P.47 คลองสวนหมาก บ้านโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองสาน จังหวัดกำแพงเพชร จนถึงจุดบรรจบแม่น้ำปิงที่สถานีวัดน้ำท่า P.7A แม่น้ำปิง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

จากการรวบรวมข้อมูลข้อมูลสารสนเทศ GIS ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจริง GISTDA ตั้งแต่ปี 2548- 2560 พบว่า คลองสวนหมากได้รับผลกระทบจากอุทกภัย จำนวน 5 ปี ได้แก่ 2549 2550 2553 2554 และ 2560 โดยเป็นพื้นที่น้ำท่วมในอำเภอเมืองกำแพงเพชรทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นบริเวณลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 1 ด้านท้ายของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำปิง ซึ่งพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในแต่ละปีอยู่ในตำบลนครชุมเป็นส่วนใหญ่ แสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในลุ่มน้ำสวนหมากในปีต่าง ๆ ดังในตารางที่ 4.5-1 และ แสดงแผนที่พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในลุ่มน้ำคลองสวนหมากในรูปที่ 4.5-1

ตารางที่ 4.5-1 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในลุ่มน้ำสวนหมากในปีต่าง ๆ

ลำดับ	ตำบล	ปีที่เกิดพื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)				
		2549	2550	2553	2554	2560
1	อ่างทอง	0.16	-	0.33	1.24	0.26
2	นครชุม	7.46	4.70	2.40	15.29	1.40
3	ทรงธรรม	2.51	0.06	2.46	5.38	0.68
4	ท่าขุนราม	1.39	-	2.83	7.28	0.13
5	คลองแม่ลาย	0.13	-	0.02	1.98	0.06
6	ในเมือง	-	-	-	0.01	-
7	นาบ่อคำ	-	-	-	0.31	-
8	รวม	11.64	4.76	8.04	31.49	2.54

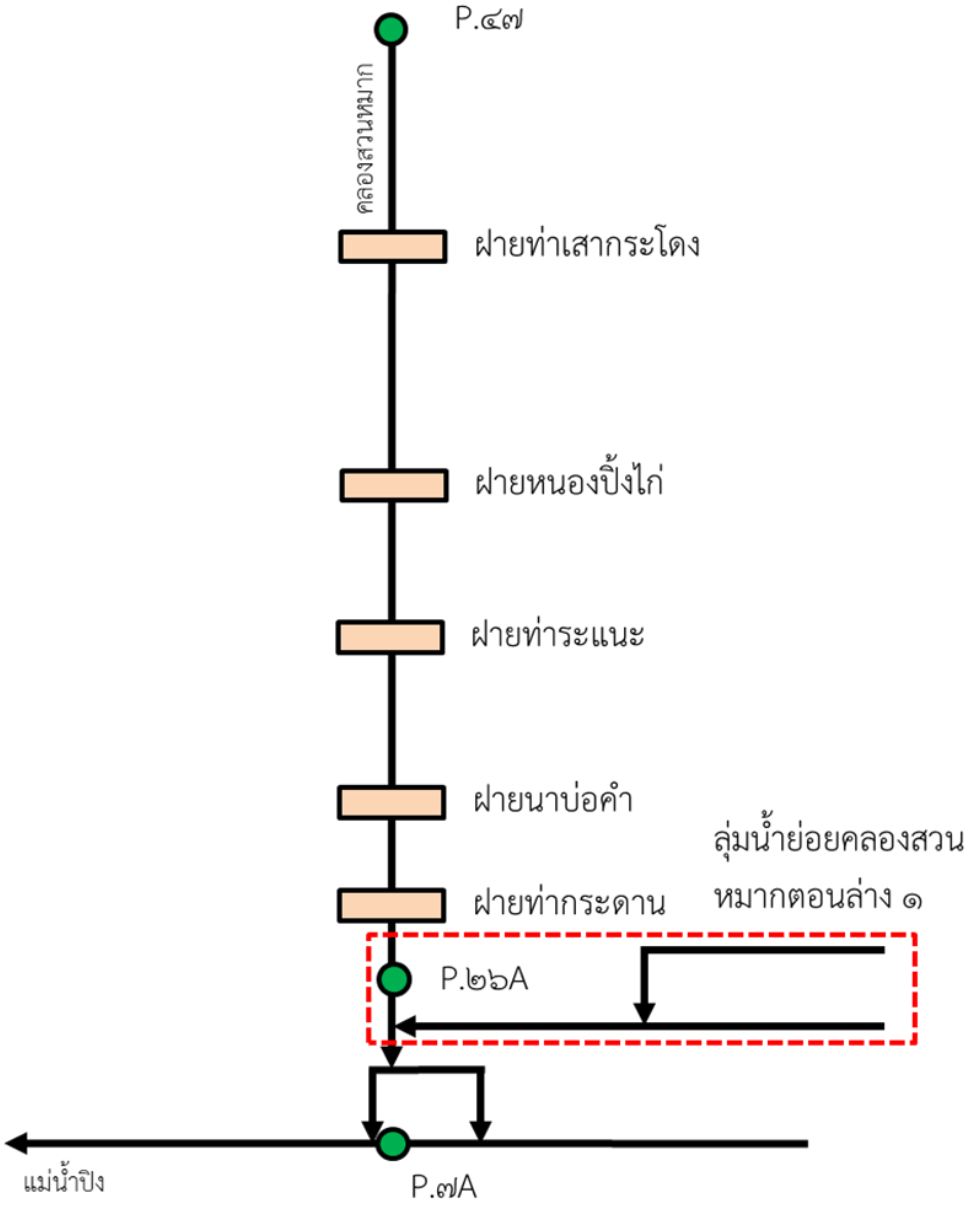


รูปที่ 4.5-1 แสดงแผนที่พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

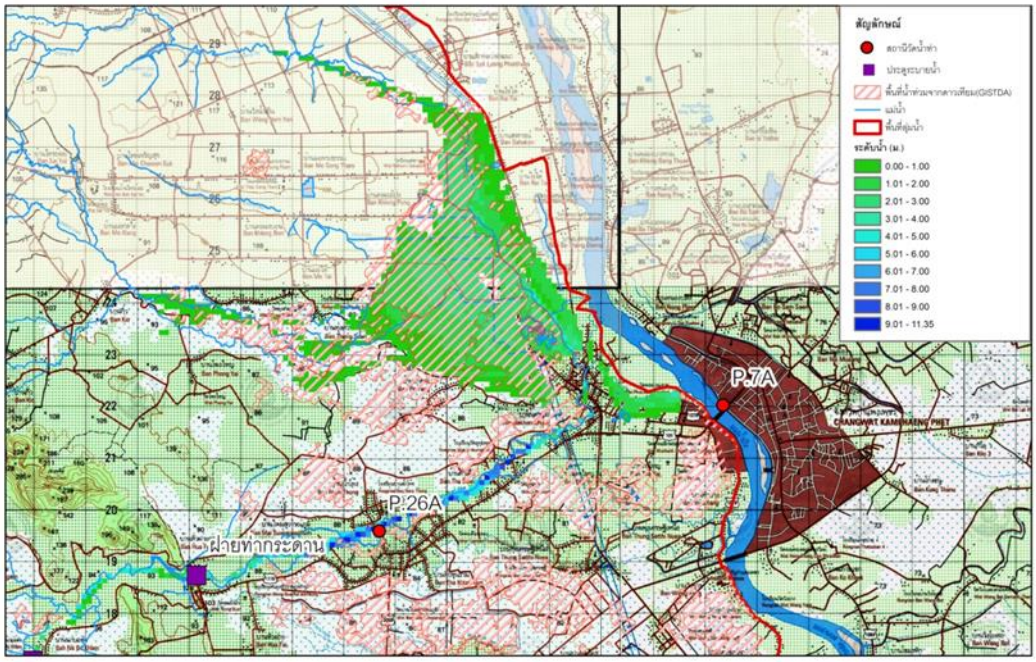
เนื่องจากพื้นที่น้ำท่วมไม่ได้อยู่ในลำน้ำสายหลัก จึงจำเป็นที่ต้องเพิ่มเติมข้อมูล และขอบเขตต่าง ๆ ในการจำลองพื้นที่น้ำท่วมของแบบจำลองสภาพการไหลในลุ่มน้ำสวนหมาก โดยทำการเพิ่มหน้าตัดลำน้ำในลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 1 จากข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) ขนาดความละเอียดภาพ 5 เมตร และกำหนดให้เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลจากแบบจำลอง (SWAT Model) ดังแสดงในรูปที่ 4.5-2

จากการนำแบบจำลองสภาพการไหลของน้ำมาจำลองเพื่อการศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ในการศึกษาได้ทำการเลือก ปี 2554 เป็นปีที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นปีที่น้ำมากและได้รับผลกระทบมากที่สุด รวมถึงเป็นปีที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองแล้วอีกด้วย จากการศึกษาแบบจำลอง เมื่อเทียบกับข้อมูลสารสนเทศ GIS ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจริง GISTDA ในปี พ.ศ.2554 แสดงในรูปที่ 4.5-3 พบว่า การแผ่กระจายของพื้นที่น้ำท่วมของลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 1 ของแบบจำลองมีความสอดคล้องใกล้เคียงกันภาพขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจริงของ GISTDA ซึ่งเป็นการท่วมบริเวณด้ายท้ายของลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 1 ก่อนบรรจบลงแม่น้ำคลองสวนหมาก โดยบริเวณนี้ยังเป็นจุดที่มีลำน้ำสายย่อยของลุ่มน้ำย่อยมาบรรจบกันอีกด้วย

รวมถึงบริเวณนี้เป็นรอยต่อระหว่างพื้นที่ตำบลทรงธรรมและตำบลนครชุม มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่คล้ายกับเป็นแอ่งกระทะ จึงเป็นพื้นที่ที่เสี่ยงให้เกิดน้ำท่วมมากที่สุดในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก



รูปที่ 4.5-2 แสดงแผนภูมิโครงข่ายลำน้ำของคลองสวนหมากในแบบจำลองสภาพการไหล เพื่อการจำลองพื้นที่น้ำท่วม



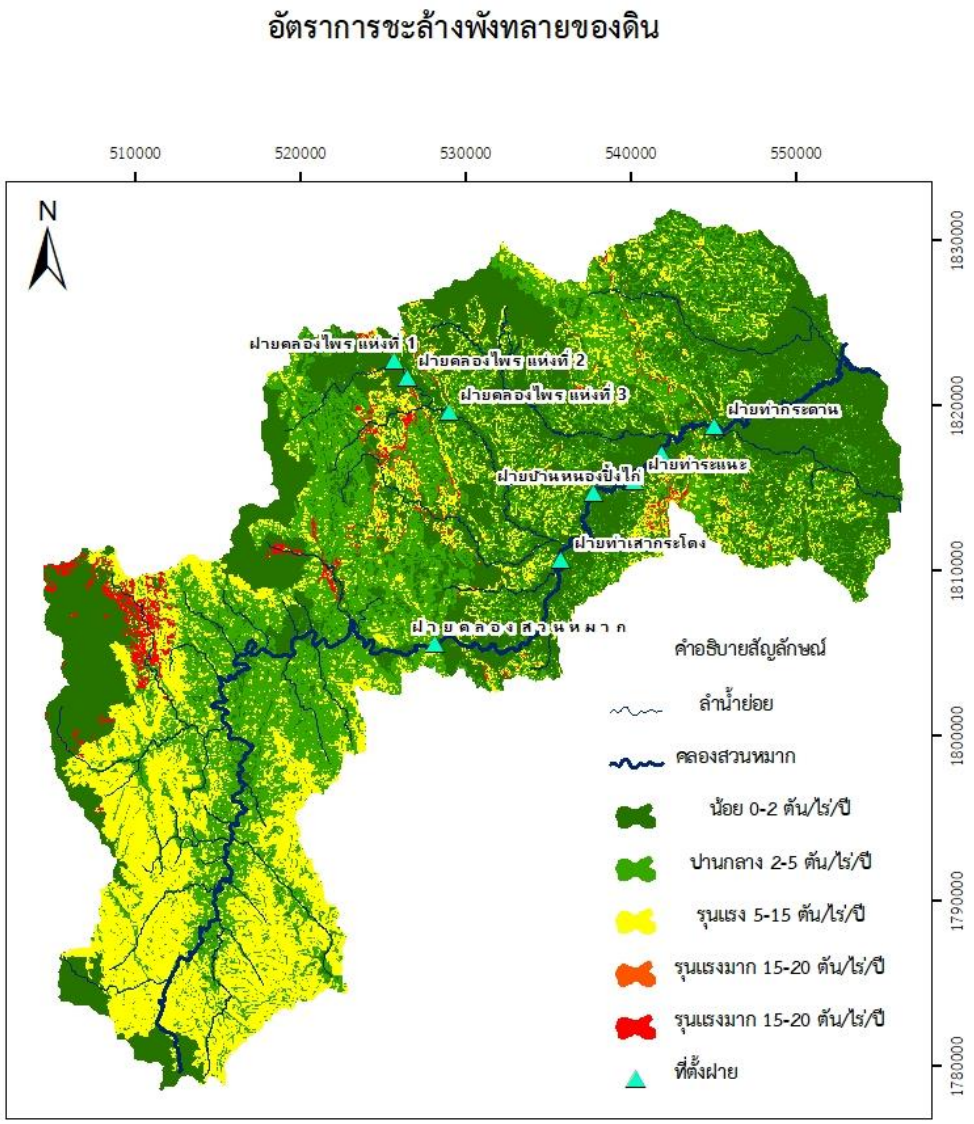
รูปที่ 4.5-3 แสดงแสดงการเปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง กับขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจริง GISTDA ในปี พ.ศ. 2554

4.6 การประเมินการสูญเสียดินของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ผลจากการศึกษาการประเมินการสูญเสียดินของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยใช้สมการ USLE ร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่ามีการชะล้างพังทลายของดินทั้งลุ่มน้ำที่ 2,988,055 ตัน/ปี โดยเมื่อแบ่งระดับการสูญเสียดินตามระดับของกรมพัฒนาที่ดินที่แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6-1 และดังตารางที่ 4.6-1 พบว่าทั้งลุ่มน้ำมีพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินในระดับน้อยกระจายตัวอยู่ในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมากที่สุดหากนับโดยปริมาณพื้นที่ รองลงมาคือ ระดับปานกลาง ระดับรุนแรง ระดับรุนแรงมากที่สุด และระดับรุนแรงมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6-1 พื้นที่ และปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน

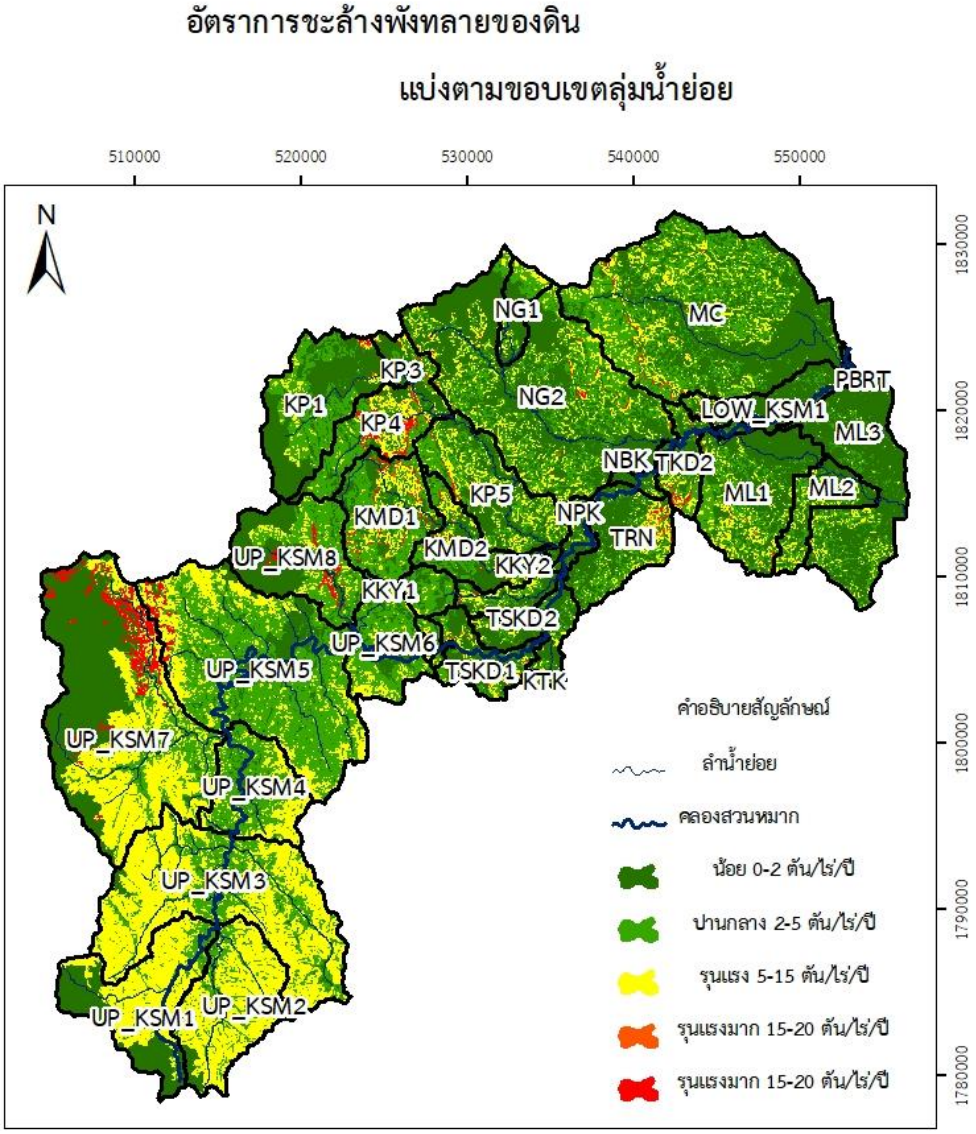
ระดับความรุนแรง	ตัน/ไร่/ปี	พื้นที่ (ไร่)	ตัน/ปี
น้อย	0-2	309,304	203,535
ปานกลาง	2-5	247,563	865,874
รุนแรง	5-15	186,304	1,363,243
รุนแรงมาก	15-20	4,477	76,290
รุนแรงมากที่สุด	>20	10,747	479,113
รวมทั้งหมด		758,395	2,988,055



รูปที่ 4.6-1 อัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

จากผลรวมของการชะล้างพังทลายของดินทั้งลุ่มน้ำที่ 2,988,055 ตัน/ปี เมื่อนำมาแบ่งตามพื้นที่ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก (พื้นที่ป่า) ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก และลุ่มน้ำย่อยโดยเรียงลำดับตามอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ได้ดังรูปที่ 4.6-2 และตารางที่ 4.6-2 พบว่าทั้งลุ่มน้ำ

คลองสวนหมากมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ที่ 3.94 ตัน/ไร่/ปี โดยแบ่งเป็นตอนเหนือฝายคลองสวนหมากมีการชะล้างพังทลายของดินทั้งหมด 1,809,594 ตัน/ปี ในพื้นที่ 328,533 ไร่ มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ย 5.51 ตัน/ไร่/ปี และในพื้นที่ตอนล่างฝายคลองสวนหมากมีการชะล้างพังทลายของดินทั้งหมด 1,178,461 ตัน/ปี ในพื้นที่ 429,862 ไร่ มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ย 2.74 ตัน/ไร่/ปี



โครงการ การวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบการบริหารจัดการน้ำเพื่อความยั่งยืนกรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

รูปที่ 4.6-2 อัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมากโดยแบ่งตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

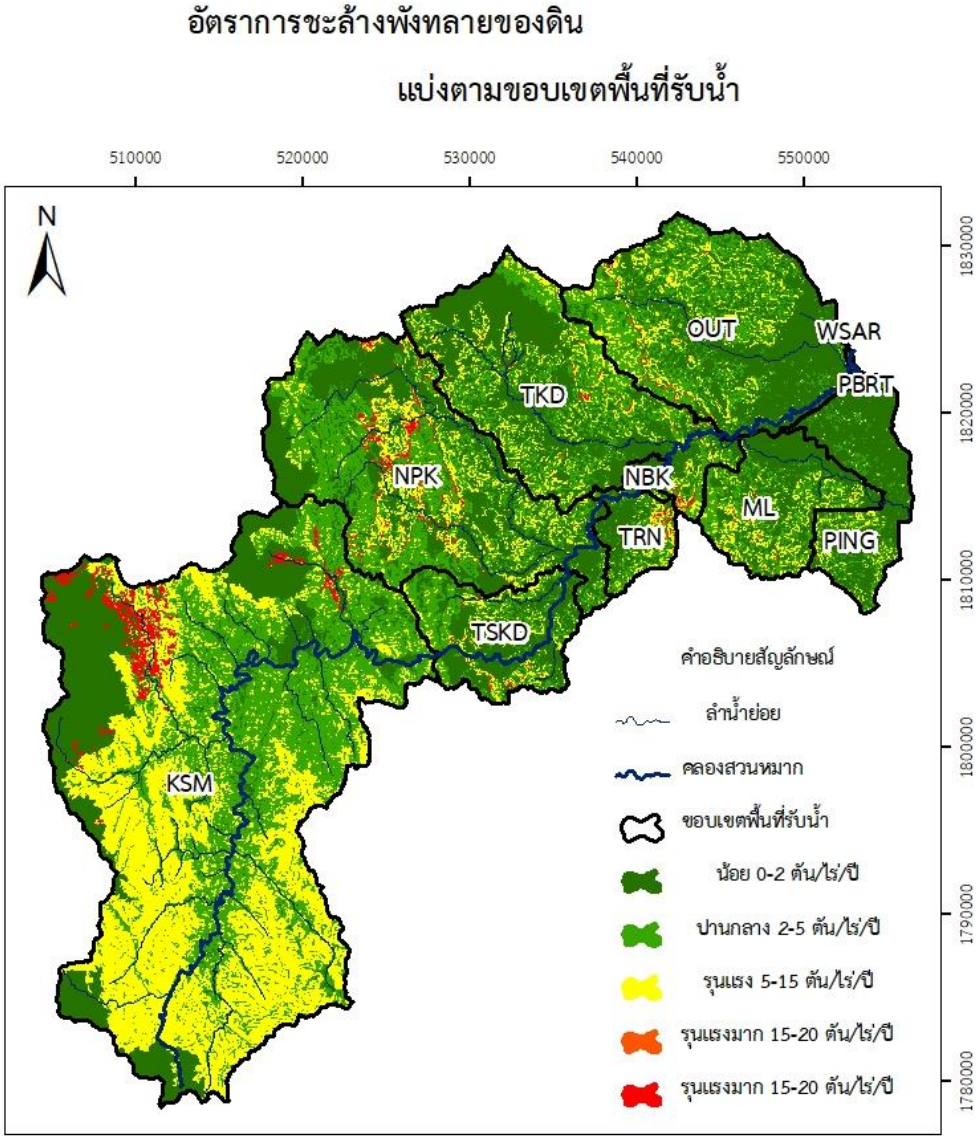
ตารางที่ 4.6-2 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดิน รายลุ่มน้ำย่อย

	ลุ่มน้ำย่อย	ตัน/ปี	พื้นที่ (ไร่)	ตัน/ไร่/ปี
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก	UP_KSM7	519,798	76,893	6.76
	UP_KSM2	165,655	27,753	5.97
	UP_KSM3	358,657	60,170	5.96
	UP_KSM5	362,042	70,327	5.15
	UP_KSM1	148,935	30,148	4.94
	UP_KSM4	89,608	20,068	4.47
	KSM_W	1,274	306	4.17
	UP_KSM8	105,423	26,285	4.01
	UP_KSM6	58,200	16,583	3.51
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก	KP4	112,108	21,344	5.25
	KMD1	109,119	21,909	4.98
	TKD2	33,574	8,108	4.14
	KSM_P47	6,949	1,855	3.75
	KMD2	47,847	14,664	3.26
	KTK	2,107	699	3.01
	KP5	74,526	24,574	3.03
	KKY2	20,883	6,979	2.99
	TRN	53,748	18,602	2.89
	KKY1	14,509	5,037	2.88
	ML2	28,546	10,463	2.73
	TSKD1	30,787	11,398	2.70
	MC	211,682	79,164	2.67
	ML1	71,871	28,416	2.53
	NG2	188,097	76,583	2.46
	NG1	15,380	6,722	2.29
	KP1	60,822	27,702	2.20
	NPK	8,637	4,338	1.99

ตารางที่ 4.6-2 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดิน รายลุ่มน้ำย่อย

	ลุ่มน้ำย่อย	ตัน/ปี	พื้นที่ (ไร่)	ตัน/ไร่/ปี
	TSKD2	21,111	10,750	1.96
	KP3	1,066	754	1.41
	LOW_KSM1	16,092	11,783	1.37
	ML3	44,259	32,839	1.35
	KSM_P26A	1,072	824	1.30
	NBK	2,782	2,150	1.29
	LOW_KSM2	232	237	0.98
	TKD1	492	598	0.82
	PBRT	164	1,298	0.13
	KP2	-	72	-
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก		1,809,594	328,533	5.51
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก		1,178,461	429,862	2.74
ทั้งลุ่มน้ำ		2,988,055	758,395	3.94

จากตารางที่ 4.6-2 เมื่อนำมาแบ่งปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ตามพื้นที่รับน้ำของแต่ละฝาย และแต่ละจุดสำคัญ โดยแบ่งตามฝายในลำคลองสวนหมากทั้ง 6 ตำแหน่ง จุดแยกก่อนแบ่งน้ำไปทางบ้านสว่างอารมณ์ และวัดพระบรมธาตุ 1 ตำแหน่ง บริเวณที่จะก่อสร้าง ปตร.บ้านสว่างอารมณ์ และ ปตร.วัดพระบรมธาตุ 2 ตำแหน่ง ฝายคลองแม่ลาย 1 ตำแหน่ง และท้ายฝายคลองแม่ลายก่อนลงแม่น้ำปิง 1 ตำแหน่ง รวมทั้งหมด 11 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 4.6-3 ได้ดังตารางที่ 4.6-3 โดยพื้นที่รับน้ำฝายคลองสวนหมากมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงที่สุด รองลงมาคือ ฝายบ้านหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ ฝายบ้านท่าเสากระโดง ฝายท่ากระดาน ฝายคลองแม่ลาย จุดแยก(นครชุม) ลงแม่น้ำปิง(ลุ่มน้ำย่อยแม่ลาย3) ฝายบ้านนาบ่อคำ ปตร.บ้านสว่างอารมณ์ และ ปตร.วัดพระบรมธาตุ ตามลำดับ



รูปที่ 4.6-3 อัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก โดยแบ่งตามขอบเขตพื้นที่รับน้ำ

ตารางที่ 4.6-3 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดินรายพื้นที่รับน้ำ

ตัวย่อ	พื้นที่รับน้ำ	ตัน/ปี	พื้นที่ (ไร่)	ตัน/ไร่/ปี
KSM	ฝายคลองสวนหมาก	1,809,593	328,532	5.51
TSKD	ฝายบ้านท่าเสากระโดง	96,346	36,719	2.62
NPK	ฝายบ้านหนองปิ้งไก่	414,125	115,357	3.59
TRN	ฝายท่าระแนะ	53,748	18,602	2.89
NBK	ฝายบ้านนาบ่อคำ	2,782	2,150	1.29
TKD	ฝายท่ากระดาน	237,542	92,011	2.58
OUT	จุดแยก(นครชุม)	228,845	91,770	2.49
WSAR	ปตร.บ้านสว่างอารมณ์	232	237	0.98
PBRT	ปตร.วัดพระบรมธาตุ	164	1,298	0.13
ML	ฝายคลองแม่ลาย	100,418	38,879	2.58
PING	ลงแม่น้ำปิง(แม่ลาย3)	44,259	32,839	1.35
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก		1,809,594	328,533	5.51
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก		1,178,461	429,862	2.74
ทั้งลุ่มน้ำ		2,988,055	758,395	3.94

ผลการคำนวณการชะล้างพังทลายของดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระดับดังตารางที่ 1 ซึ่งสามารถนำมาแบ่งในรูปพื้นที่ของลุ่มน้ำย่อยน้ำตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินทั้ง 5 ระดับ ได้ดังตารางที่ 4.6-4

ตารางที่ 4.6-4 ปริมาณพื้นที่ (ไร่) ลุ่มน้ำย่อยตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

	ลุ่มน้ำย่อย	น้อย 0-2	ปานกลาง 2-5	รุนแรง 5-15	รุนแรงมาก 15-20	รุนแรงมากที่สุด >20
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก	UP_KSM1	9,939	3,611	16,598	-	-
	UP_KSM2	2,128	5,815	19,811	-	-
	UP_KSM3	2,667	17,794	39,709	-	-
	UP_KSM4	2,118	11,058	6,891	-	-

ตารางที่ 4.6-4 ปริมาณพื้นที่ (ไร่) ลุ่มน้ำย่อยตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

	ลุ่มน้ำย่อย	น้อย 0-2	ปานกลาง 2-5	รุนแรง 5-15	รุนแรงมาก 15-20	รุนแรงมากที่สุด >20
	UP_KSM5	10,422	41,720	16,967	39	1,180
	UP_KSM6	3,444	10,135	3,003	-	-
	UP_KSM7	32,528	12,184	26,739	369	5,073
	UP_KSM8	12,197	10,085	2,826	82	1,095
	KSM_W	46	166	94	-	-
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก	KKY1	1,556	3,044	437	-	-
	KKY2	3,362	2,365	1,144	64	43
	KSM_P47	352	1,209	286	2	6
	KTK	218	347	134	1	-
	TSKD1	7,160	2,677	1,248	192	122
	TSKD2	7,108	2,510	1,103	24	6
	KMD1	6,074	10,375	4,195	557	708
	KMD2	7,095	5,059	2,128	240	141
	KP1	15,804	10,047	1,613	103	135
	KP2	72	-	-	-	-
	KP3	646	65	37	6	0
	KP4	7,854	8,078	3,638	658	1,115
	KP5	11,607	8,582	4,117	147	122
	NPK	2,845	980	507	5	-
	TRN	10,847	4,586	2,542	423	203
	NBK	1,682	335	124	7	2
	NG1	3,753	1,990	967	11	2
	NG2	44,267	21,824	9,809	395	288
	TKD1	543	51	5	-	-
	TKD2	3,325	3,054	1,343	173	213
	KSM_P26A	619	182	23	-	-

ตารางที่ 4.6-4 ปริมาณพื้นที่ (ไร่) ลุ่มน้ำย่อยตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

	ลุ่มน้ำย่อย	น้อย 0-2	ปานกลาง 2-5	รุนแรง 5-15	รุนแรงมาก 15-20	รุนแรงมากที่สุด >20
	LOW_KSM1	9,491	1,706	525	43	16
	MC	38,826	29,782	9,915	385	256
	LOW_KSM2	183	43	12	-	-
	PBRT	1,275	22	2	-	-
	ML1	16,003	8,476	3,688	206	43
	ML2	5,383	3,325	1,716	34	4
	ML3	25,394	5,604	1,807	25	10
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก		75,488	112,568	132,638	490	7,348
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก		233,343	136,317	53,066	3,702	3,435
ทั้งลุ่มน้ำ		308,831	248,886	185,704	4,192	10,783

ผลการคำนวณการชะล้างพังทลายของดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระดับดังตารางที่ 4.6-5 ซึ่งสามารถนำมาแบ่งในรูปพื้นที่ของพื้นที่รับน้ำตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินทั้ง 5 ระดับ ได้ดังตารางที่ 4.6-5 พบว่าเมื่อแบ่งระดับการชะล้างพังทลายของดินทั้ง 5 ระดับในรูปแบบของพื้นที่ โดยพื้นที่เหนือฝายคลองสวนหมากมีพื้นที่ที่อยู่ในระดับรุนแรง ปานกลาง น้อย รุนแรงมากที่สุด และรุนแรง ตามลำดับปริมาณพื้นที่ และพื้นที่ล่างฝายคลองสวนหมากมีพื้นที่ที่อยู่ในระดับน้อย ปานกลาง รุนแรง รุนแรงมาก และรุนแรงมากที่สุด ตามลำดับปริมาณพื้นที่

ตารางที่ 4.6-5 ปริมาณพื้นที่รับน้ำ(ไร่) ตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

ตัวย่อ	พื้นที่รับน้ำ	พื้นที่ ไร่				
		%				
		น้อย 0-2	ปานกลาง 2-5	รุนแรง 5-15	รุนแรงมาก 15-20	รุนแรงมากที่สุด >20
KSM		75,488	112,568	132,638	490	7,348

ตารางที่ 4.6-5 ปริมาณพื้นที่รับน้ำ(ไร่) ตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

ตัวย่อ	พื้นที่รับน้ำ	พื้นที่ ไร่				
		%				
		น้อย 0-2	ปานกลาง 2-5	รุนแรง 5-15	รุนแรงมาก 15-20	รุนแรงมากที่สุด >20
	ฝายคลองสวนหมาก	9.95	14.84	17.49	0.06	0.97
TSKD	ฝายบ้านท่าเสากระโดง	19,756	12,153	4,353	282	176
		2.60	1.60	0.57	0.04	0.02
NPK	ฝายบ้านหนองปิ้งไก่	51,997	43,186	16,236	1,717	2,222
		6.86	5.69	2.14	0.23	0.29
TRN	ฝายท่าระแนะ	10,847	4,586	2,542	423	203
		1.43	0.60	0.34	0.06	0.03
NBK	ฝายบ้านนาบ่อคำ	1,682	335	124	7	2
		0.22	0.04	0.02	0.00	0.00
TKD	ฝายท่ากระดาน	51,888	26,918	12,124	578	502
		6.84	3.55	1.60	0.08	0.07
OUT	จุดแยก(นครชุม)	48,936	31,670	10,463	429	272
		6.45	4.18	1.38	0.06	0.04
WSAR	ปตร.บ้านสว่างอารมณ์	1,457	65	13	-	-
		0.19	0.01	0.00	-	-
PBRT	ปตร.วัดพระบรมธาตุ	21,386	11,801	5,404	241	47
		2.82	1.56	0.71	0.03	0.01
ML	ฝายคลองแม่ลาย	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
PING	ลงแม่น้ำปิง(แม่ลาย3)	25,394	5,604	1,807	25	10
		3.35	0.74	0.24	0.00	0.00
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก		75,488	112,568	132,638	490	7,348
		9.95	14.84	17.49	0.06	0.97
		233,343	136,317	53,066	3,702	3,435

ตารางที่ 4.6-5 ปริมาณพื้นที่รับน้ำ(ไร่) ตามระดับอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

ตัวย่อ	พื้นที่รับน้ำ	พื้นที่ ไร่				
		%				
		น้อย 0-2	ปานกลาง 2-5	รุนแรง 5-15	รุนแรงมาก 15-20	รุนแรงมากที่สุด >20
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก		30.77	17.97	7.00	0.49	0.45
ทั้งลุ่มน้ำ		308,831	248,886	185,704	4,192	10,783
		40.72	32.82	24.49	0.55	1.42

จากผลการคำนวณอัตราการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก เมื่อนำมาแบ่งตามประเภทการเพาะปลูกทำการเกษตรในพื้นที่ทั้งหมดและแบ่งตามพื้นที่เหนือฝายคลองสวนหมากและพื้นที่ล่างฝายคลองสวนหมากดังตารางที่ 4.6-6 พบว่าเมื่อรวมพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 267,515 ไร่มีการชะล้างพังทลายทั้งหมด 1,221,754 ตัน/ปี คิดเป็นอัตรา 4.57 ตัน/ไร่/ปี หากแบ่งพื้นที่ทำการเกษตรตอนเหนือและตอนล่างฝายคลองสวนหมาก พบว่าตอนเหนือฝายคลองสวนหมากมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 8,879 ไร่ มีการชะล้างพังทลายทั้งหมด 346,692 ตัน/ปี คิดเป็นอัตรา 39.05 ตัน/ไร่/ปี ซึ่งสูงมากเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรบริเวณที่มีระดับความชันสูง(ไหล่เขา) อยู่ในเขตอุทยาน ส่วนตอนล่างฝายคลองสวนหมากมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 258,636 ไร่ มีการชะล้างพังทลายทั้งหมด 875,062 ตัน/ปี คิดเป็นอัตรา 3.04 ตัน/ไร่/ปี ซึ่งหากเรียงลำดับประเภทการเพาะปลูกสำหรับพืชหลักทั้ง 4 ชนิด(มันสำปะหลัง อ้อย ข้าว และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) พบว่าการทำการเกษตรในพื้นที่ล่างฝายคลองสวนหมากที่มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงสุดคือพื้นที่ปลูกข้าวโพด รองลงมาคือมันสำปะหลัง ซึ่งมีอัตราที่ใกล้เคียงกันที่ 5.33 และ 5.03 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ตามด้วย อ้อย และข้าว ที่ 2.28 และ 0.12 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6-6 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดินรายพื้นที่เพาะปลูก

พื้นที่	ประเภทการเพาะปลูก	ตัน/ปี	พื้นที่ (ไร่)	ตัน/ไร่/ปี
ทั้งลุ่มน้ำ	ข้าวโพด	288,901	9,410	30.70

ตารางที่ 4.6-6 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ และอัตราการชะล้างพังทลายของดิน รายพื้นที่เพาะปลูก

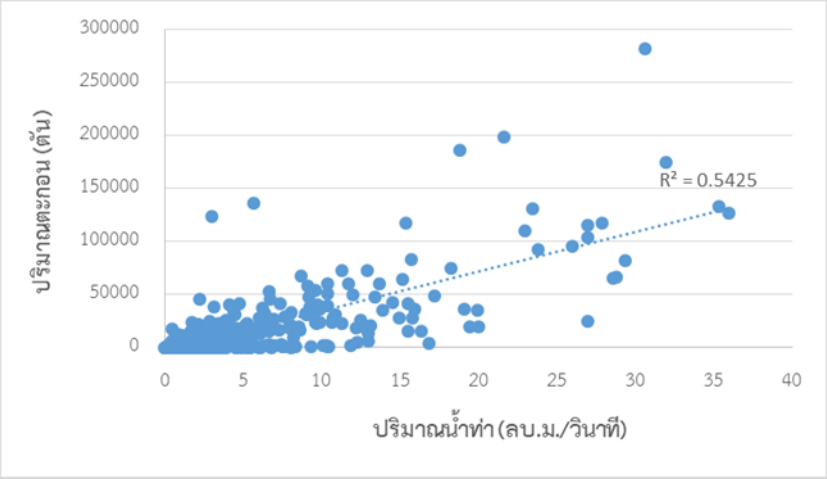
พื้นที่	ประเภทการเพาะปลูก	ตัน/ปี	พื้นที่ (ไร่)	ตัน/ไร่/ปี
	มันสำปะหลัง	715,132	135,139	5.29
	อ้อย	144,312	63,335	2.28
	ข้าว	34,975	41,700	0.84
	พืชผัก	240	79	3.04
	ผลไม้	20,986	7,371	2.85
	ยางพารา	14,745	7,887	1.87
	ไม้ยืนต้น	2,032	1,293	1.57
	ปาล์มน้ำมัน	432	1,300	0.33
ตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก	ข้าวโพด	268,928	5,642	47.47
	มันสำปะหลัง	45,148	1,823	24.65
	ข้าว	30,238	1,296	23.34
	ผลไม้	2,380	84	27.98
ตอนล่างฝายคลองสวนหมาก	ข้าวโพด	19,973	3,744	5.33
	มันสำปะหลัง	669,985	133,307	5.03
	อ้อย	144,312	63,335	2.28
	ข้าว	4,737	40,404	0.12
	พืชผัก	240	79	3.04
	ผลไม้	18,606	7,286	2.55
	ยางพารา	14,745	7,887	1.87
	ไม้ยืนต้น	2,032	1,293	1.57
	ปาล์มน้ำมัน	432	1,300	0.33
รวมทั้งลุ่มน้ำ		1,221,754	267,515	4.57
รวมตอนเหนือฝายคลองสวนหมาก		346,692	8,879	39.05
รวมตอนล่างฝายคลองสวนหมาก		875,062	258,636	3.04

4.7 การประเมินตะกอน

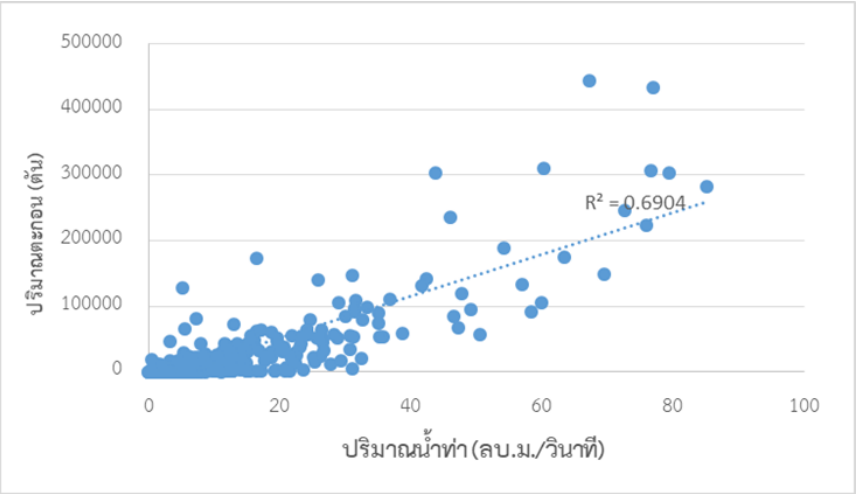
การประเมินตะกอนในลำน้ำคลองสวนหมากได้ทำการประเมิน 4 รูปแบบด้วยกันคือ การประเมินตะกอนโดยใช้แบบจำจอง SWAT การคำนวณจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข การสำรวจหน้าตัด และการตรวจวัดปริมาณตะกอนที่ไหลผ่ายฝาย

4.7.1 การประเมินปริมาณตะกอนจากแบบจำลอง SWAT

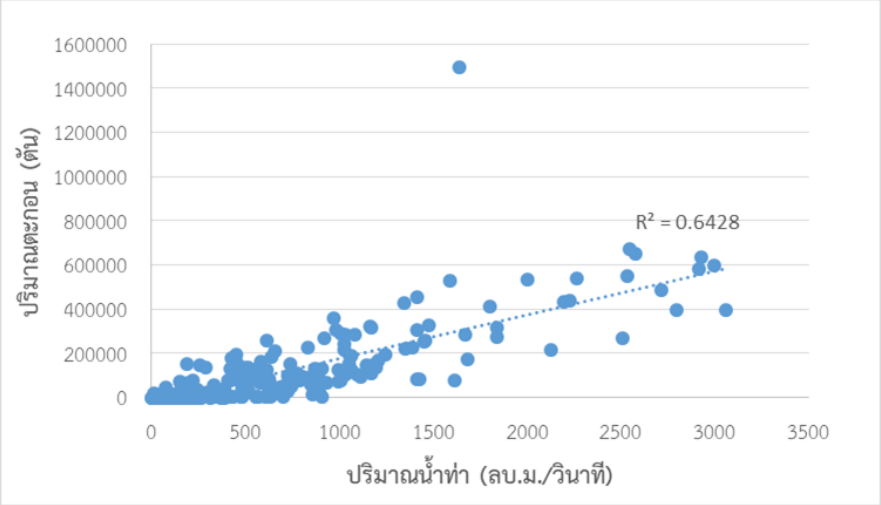
การวิเคราะห์ปริมาณตะกอนของลุ่มน้ำคลองสวนหมากจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ได้เลือกตำแหน่งการวิเคราะห์ 3 จุด ได้แก่ สถานี P.47 สถานี P.26A และจุดบรรจบแม่น้ำปิง โดยผลจากการศึกษาพบว่าที่สถานี P.47 มีปริมาณตะกอนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 246,129.23 ตัน และปริมาณตะกอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 เท่ากับ 0.54 ดังรูปที่ 4.7-1 สถานี P.26A มีปริมาณตะกอนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 380,053.52 ตัน และปริมาณตะกอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 เท่ากับ 0.69 แสดงดังรูปที่ 4.7-2 และตำแหน่งบรรจบแม่น้ำปิงทั้ง 3 จุดได้แก่ ลุ่มน้ำคลองสวนหมากตอนล่าง 2 ลุ่มน้ำคลองแม่ลาย และลุ่มน้ำพระบรมธาตุ พบว่ามีปริมาณตะกอนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 988,898 ตัน ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 เท่ากับ 0.64 ดังรูปที่ 4.7-3



รูปที่ 4.7-1 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าและตะกอนของสถานี P.47



รูปที่ 4.7-2 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าและตะกอนสถานี P.26A



รูปที่ 4.7-3 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าและตะกอนจุดบรรจบแม่น้ำปิง

4.7.2 การประเมิณปริมาณตะกอนหน้าฝายจากแผนที่เส้นชั้นความสูงความละเอียดสูง

การประเมินปริมาณตะกอนหน้าฝายจากแผนที่เส้นชั้นความสูงสามารถประเมินใช้เทคนิคการประเมินปริมาตรของความจุบริเวณด้านหน้าฝาย กรณีที่ใช้แผนที่เส้นชั้นความสูงที่ใช้ระดับท้องคลองปัจจุบัน (ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด) กับปริมาตรของความจุฝายเมื่อทำการกำหนดระดับท้องคลองใหม่ (ความลาดชันที่ต้องการ) ผลต่างของปริมาตรความจุก็คือปริมาณตะกอนที่ตกทับถมหน้าฝายนั่นเอง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) ขนาด 5x5 เมตร ในการหารูปตัดตามยาว เนื่องจากลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีฝายจำนวนทั้งหมด 9 ฝาย ที่ก่อสร้างในคลองธรรมชาติ 2 สายได้แก่ คลองสวนหมากจำนวน 6 ฝาย และคลองไพรจำนวน 3 ฝาย ซึ่งคลองทั้ง 2 สายถือว่าเป็นคลองธรรมชาติสายหลักของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้คำนวณหาปริมาณตะกอนที่ตกทับถมบริเวณด้านหน้าฝายทั้ง 9 ฝายดังกล่าว โดยเปรียบเทียบโค้งความจุกันระหว่างใช้ระดับท้องคลองเดิมและหลังกำหนดระดับท้องคลองใหม่ ในการศึกษาครั้งนี้จะได้ทำการคำนวณหาหน้าตัดลำน้ำทุก ๆ 200 เมตรจนถึงตำแหน่งที่เส้นผิวน้ำตัดกับเส้นรูปตัดตามยาวของท้องคลองทั้ง 2 กรณี ยกเว้นฝายคลองไพรแห่งที่ 1 และฝายคลองสวนหมากที่มีกำหนดไว้ที่ระยะ 30 และ 50 เมตร ตามลำดับ ปริมาณความจุของฝายและปริมาณตะกอนของแต่ละฝายได้แสดงดังตารางที่ 4.7-1 และตัวอย่างกราฟโค้งความจุและรูปตัดตามยาวของฝายท่ากระดานแสดงดังรูป 4.7-4 สำหรับฝายอื่น ๆ แสดงในภาคผนวก ง1

ตารางที่ 4.7-1 รายละเอียดของฝายแต่ละฝายในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

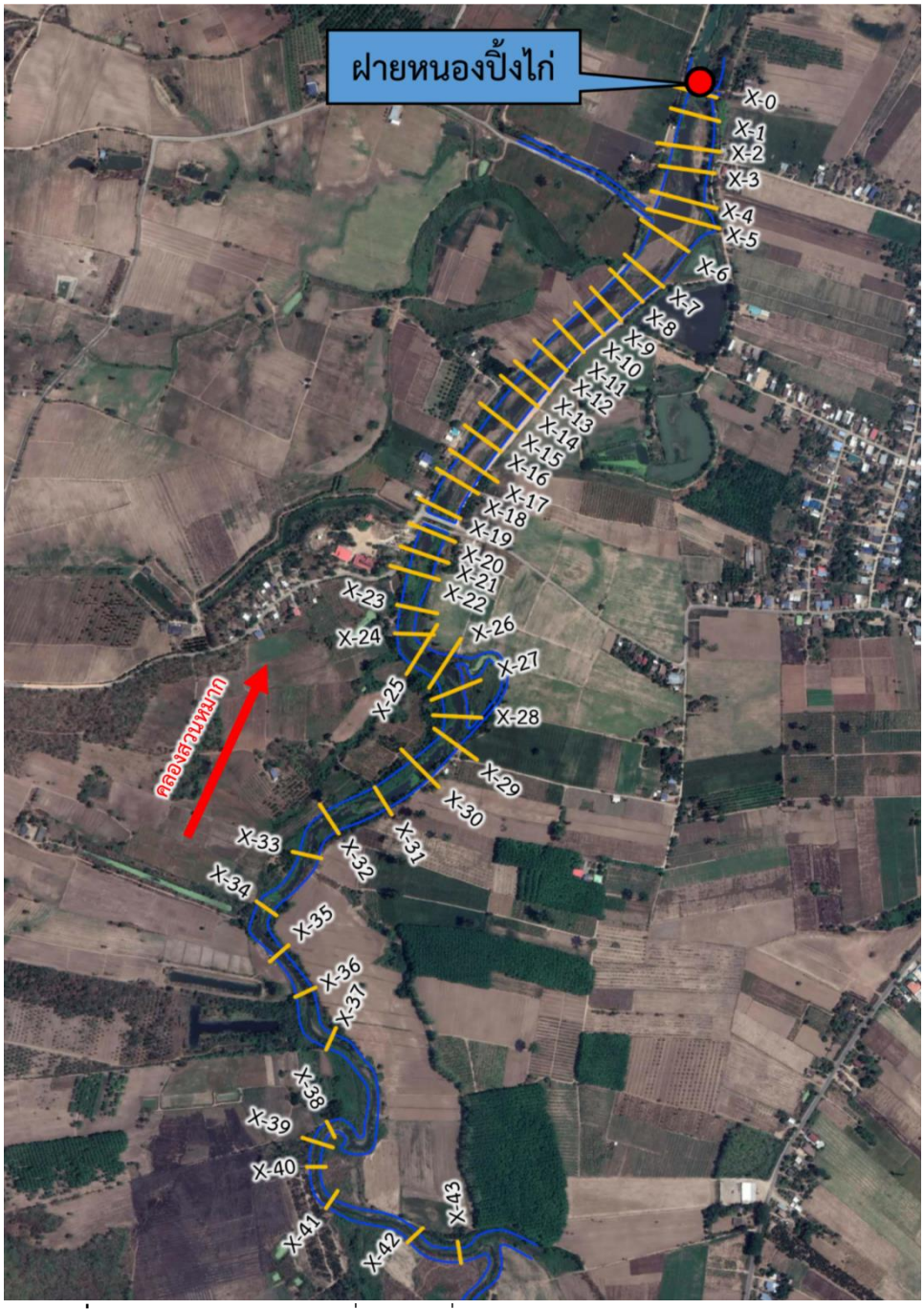
โครงการ	คลอง	กม.	ความสูงสันฝาย (เมตร)	ความจุที่ระดับสันฝาย (ลบ.ม.)		ปริมาณตะกอนต้องขุดลอก (ลบ.ม.)
				ก่อนขุดลอกตะกอน	หลังขุดลอกตะกอน	
ฝายท่ากระดาน	คลองสวนหมาก	14+282	4.50	549,736	708,361	145,899
ฝายบ้านนาบ่อคำ	คลองสวนหมาก	20+838	2.50	133,479	188,427	42,689
ฝายท่าระแนะ	คลองสวนหมาก	24+220	3.00	104,152	184,492	79,131
ฝายหนองปิ้งไก่	คลองสวนหมาก	27+773	3.60	323,637	388,912	75684
ฝายท่าเสากระโดง	คลองสวนหมาก	34+871	4.00	544,088	700,960	171,158
ฝายคลองสวนหมาก	คลองสวนหมาก	49+572	4.00	56,371	81,637	34,102
รวมเฉพาะฝายในคลองสวนหมาก				**1,711,461**	**2,252,788**	**548,663**
ฝายคลองไพรแห่งที่ 1	คลองไพร	24+184	2.70	11,023	11,023	0
ฝายคลองไพรแห่งที่ 2	คลองไพร	22+624	1.70	32,791	44,950	16,249
ฝายคลองไพรแห่งที่ 3	คลองไพร	16+860	1.90	30,373	42,309	13,007
รวมเฉพาะฝายในคลองไพร				**74,187**	**98,281**	**29,256**
รวมฝายทั้งหมดในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก				**1,785,648**	**2,351,069**	**577,919**

ระดับน้ำกักเก็บ (ม.)	ความจุก่อนหน้าสูงสุดของตะกอน (ม.ม.)	ความจุสูงสุดของตะกอน (ม.ม.)
0.00	0.0	0.0
0.20	3,968.2	6,899.6
0.40	17,391.9	28,691.8
0.60	35,474.8	59,019.3
0.80	54,470.0	89,600.9
1.00	74,071.5	120,204.3
1.20	94,160.0	150,963.6
1.40	114,757.5	181,935.8
1.60	136,785.1	213,007.2
1.80	160,932.5	244,183.3
2.00	186,334.5	275,474.2
2.20	212,579.0	307,308.2
2.40	239,497.6	339,647.0
2.60	266,991.4	372,708.1
2.80	294,952.6	405,838.4
3.00	323,231.6	439,037.1
3.20	352,055.3	473,306.3
3.40	381,376.0	508,239.8
3.60	411,002.2	543,384.3
3.80	441,024.3	578,724.2
4.00	471,756.7	615,731.0
4.20	502,823.1	652,765.6
4.40	534,062.6	689,820.9
4.50	549,735.9	708,360.8
4.60	565,447.4	726,900.6
4.80	597,011.3	763,980.4
5.00	628,609.9	801,071.4

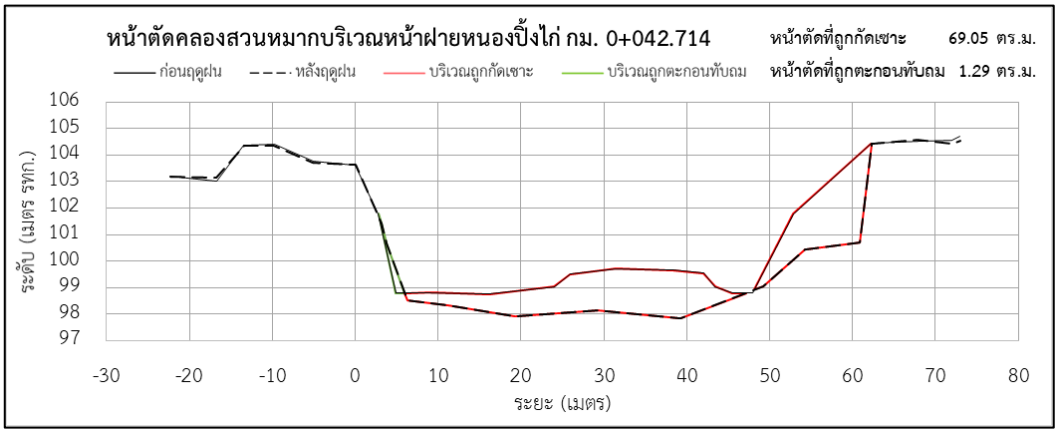
รูปที่ 4.7-4 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาวของฝายท่า

4.7.3 การสำรวจปริมาณตะกอนท้องน้ำโดยใช้เทคนิคการสำรวจรูปตัดทางน้ำ

การประเมินตะกอนท้องน้ำโดยใช้เทคนิคการสำรวจรูปตัดทางน้ำนั้น ได้ใช้เทคนิคคล้ายกันกับการประเมินปริมาณตะกอนหน้าฝายจากแผนที่เส้นชั้นความสูง โดยทำการประเมินตะกอนที่ตกจมหน้าฝายของฝายหนองปิ้งไก่จำนวน 44 หน้าตัด (รูปที่ 4.7-4) เป็นระยะทาง 3,027.85 กม. ตั้งแต่หน้าที่ 1 กม 0+000 (หน้าฝายหนองปิ้งไก่) จนถึง หน้าตัดที่ 44 กม. 3+027.85 (วัดจากหน้าฝายหนองปิ้งไก่ไปทางด้านเหนือน้ำ) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสำรวจหน้าตัดทางน้ำบริเวณด้านหน้าฝายก่อนฤดูฝนและหลังฤดูฝนและนำมาคำนวณปริมาตรของตะกอนที่ถูกกัดเซาะและตกทับถมหน้าฝายหนองปิ้งไก่ ซึ่งตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดแสดงดังรูปที่ 4.7-5 สำหรับการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดอื่น ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ง2



รูปที่ 4.7-5 ตำแหน่งหน้าตัดที่สำรวจเพื่อเปรียบเทียบหน้าตัดก่อนและหลังฤดูฝน



X1) กม. 0+042.714 (X-1)

รูปที่ 4.7-6 หน้าตัดคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายหนองปิ้งไก่ก่อนและหลังฤดูฝน

จากข้อมูลการสำรวจหน้าตัดคลองสวนหมากตั้งแต่ กม 0+000 (หน้าฝายหนองปิ้งไก่) จนถึง กม. 3+027.85 (วัดจากหน้าฝายหนองปิ้งไก่ไปทางด้านเหนือน้ำ) เป็นระยะทาง 3,027.85 กม. สามารถประเมินปริมาณตะกอนที่ถูกกัดเซาะได้เท่ากับ 22,532.09 ลบ.ม. และตะกอนที่ทับถมเท่ากับ 17,770.79 ลบ.ม.หรือคิดเป็นปริมาณตะกอนที่ถูกกัดเซาะและทับถมเท่ากับ 7.442 และ 5.869 ลบ. ม. ต่อความยาวลำน้ำ 1 ม. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ดินที่ถูกกัดเซาะมีปริมาณมากกว่าดินที่ถูกทับถมถึง 1.573 ลบ.ม.ต่อความยาวลำน้ำ 1 ม. สาเหตุดังกล่าวนี้มีแนวโน้มเกิดถี่มากขึ้น ในช่วง 15 ปี ย้อนหลัง (พศ.2550-2564) ของลำน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ประชาชนพื้นที่) โดยเฉพาะหากเกิดฝนตกหนักอย่างฉับพลัน ซึ่งจะทำให้แนวตลิ่งลำน้ำมีการเปลี่ยนแปลง จนพื้นที่การเกษตรบริเวณใกล้กับลำน้ำนั้น ๆ เกิดการเสียหายได้

4.7.4 การประเมินจากผลการเก็บตัวอย่างตะกอน

งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของตะกอนและอัตราการไหล ที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดานตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2564 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565 (ดังตารางที่ 4.7-2) พบว่าตะกอนที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดานตามลำดับ และจากการตรวจสอบพบว่าค่าความเข้มข้นของตะกอนจะแปรผันตามปริมาณฝนที่ตก กล่าวคือถ้าฝนตกมีปริมาณมากจะทำให้ความเข้มข้นของตะกอนสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาความเข้มข้นของตะกอนเฉพาะกรณีฝนตกรายวันที่มีปริมาณใกล้เคียงกันพบว่า ความเข้มข้นของตะกอนสำหรับฝนเหตุการณ์แรกจะมีค่ามากที่สุด นอกจากนี้งานวิจัยได้ทำการหาปริมาณตะกอนที่ไหลข้ามฝายโดย

คำนวณจากความเข้มข้นของตะกอนและอัตราการไหลผ่านฝายรายวัน ได้จากสมการที่ 4.7-1 และได้หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายกับตะกอนที่ไหลผ่านฝาย (ตะกอนแขวนลอย) ได้ดังรูป 4.7-6 และ 4.7-7 สำหรับฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดานตามลำดับ

$$Qs = 86.4 \times C_{Qs} \times Q \qquad 4.7\text{-}1$$

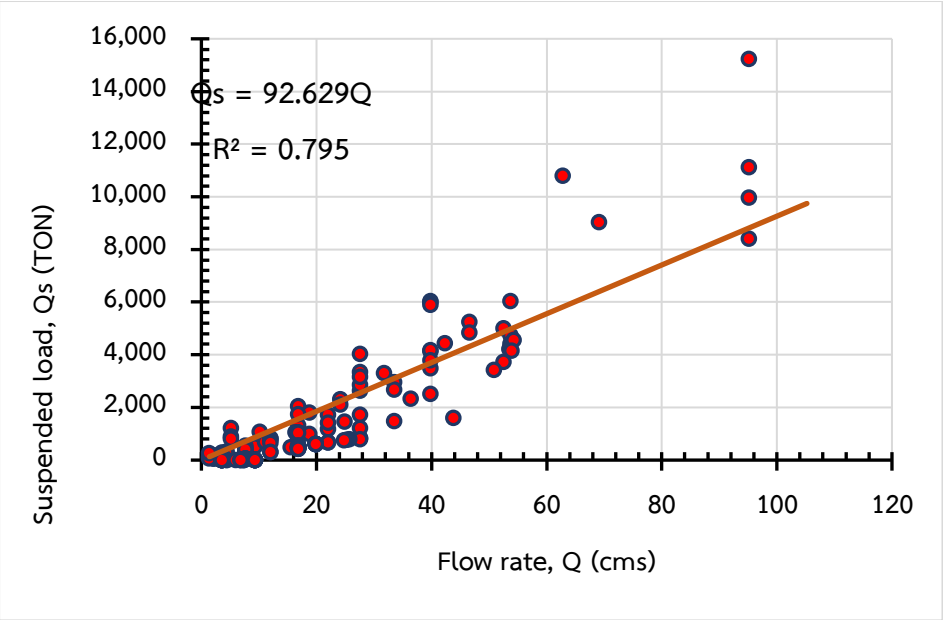
เมื่อ Qs คือ ปริมาณตะกอนที่ไหลข้ามฝาย (TON)

C_{Qs} คือ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (g/L)

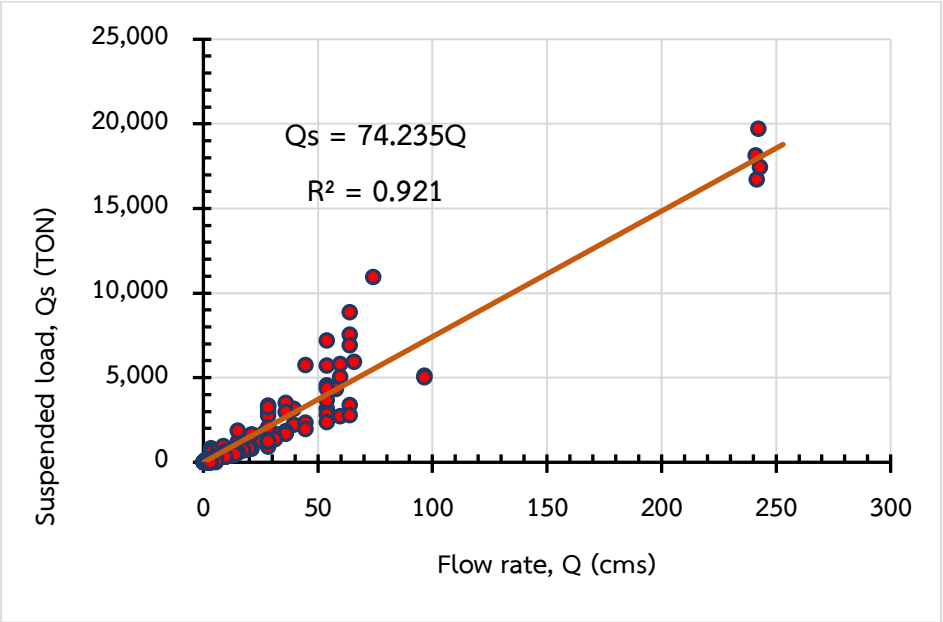
Q คือ อัตราการไหลเฉลี่ยรายวัน (m^3/s)

ตารางที่ 4.7-2 อัตราการไหลเฉลี่ย ปริมาณน้ำท่าและ ปริมาณตะกอนที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดาน

เดือน	ฝายคลองสวนหมาก			ฝายท่ากระดาน		
	อัตราการไหลเฉลี่ย	ปริมาณน้ำท่า	ปริมาณตะกอน	อัตราการไหลเฉลี่ย	ปริมาณน้ำท่า	ปริมาณตะกอน
	(m^3/s)	(MCM)	(TON)	(m^3/s)	(MCM)	(TON)
ส.ค.-64	4.43	11.87	10,385.19	3.46	9.26	10,983.83
ก.ย.-64	36.94	95.75	113,796.34	61.75	160.05	161,150.01
ต.ค.-64	27.89	74.70	80,643.42	39.98	107.07	77,349.93
พ.ย.-64	26.99	69.96	39,072.43	23.09	59.86	28,179.49
ธ.ค.-64	11.15	29.88	8,169.31	3.83	10.25	2,906.90
ม.ค.-65	3.80	10.17	1,758.52	2.20	5.90	1,192.81
ก.พ.-65	6.55	15.84	158.37	2.02	4.89	48.86
รวม		308.16	253,983.58		357.27	281,811.83



รูปที่ 4.7-7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านฝายกับตะกอนแขวนลอยของฝายคลองสวนหมาก



รูปที่ 4.7-8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านฝายกับตะกอนแขวนลอยของฝายท่ากระดาน

จากรูปที่ 4.7-6 และ 4.7-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านฝายกับตะกอนแขวนลอย ซึ่งพบว่าปริมาณตะกอนที่ไหลผ่านฝายแปรผันตรงกับอัตราการไหลของน้ำ โดยมีความสัมพันธ์ได้ดังสมการ 4.7-2 และ 4.7-3 สำหรับฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดานตามลำดับ

$Qs = 92.629Q$ โดยที่ $R^2 = 0.795$ 4.7-2

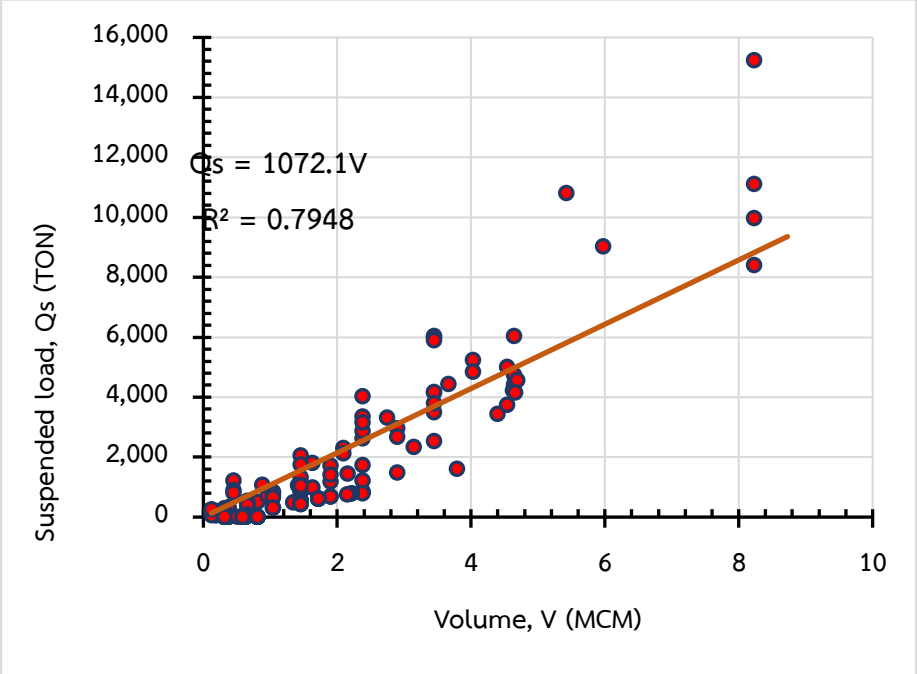
$Qs = 74.235Q$ โดยที่ $R^2 = 0.921$ 4.7-3

เมื่อ Qs คือ ปริมาณตะกอนที่ไหลข้ามฝาย (TON)

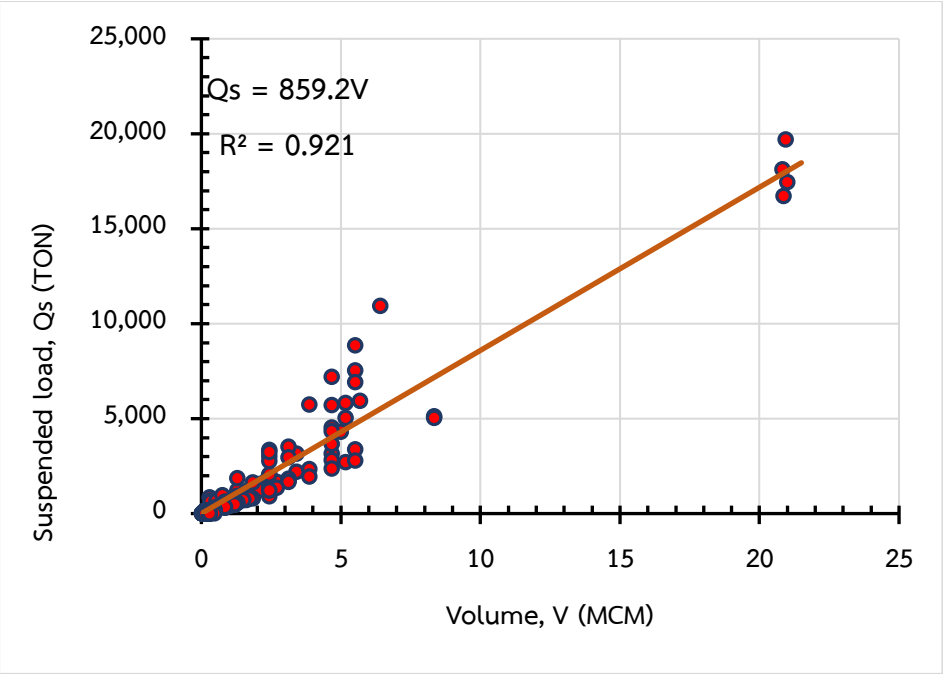
Q คือ อัตราการไหลเฉลี่ยรายวัน (m^3/s)

R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

งานวิจัยนี้ยังได้ประเมินตะกอนกับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายโดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.7-8 และ 4.7-9 สำหรับฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดานตามลำดับ



รูปที่ 4.7-9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก



รูปที่ 4.7-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านฝายท่ากระดาน

จากรูปที่ 4.7-8 และ 4.7-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านฝายกับตะกอนแขวนลอย ซึ่งพบว่าปริมาณตะกอนที่ไหลผ่านฝายแปรผันตรงกับอัตราการไหลของน้ำ โดยมีความสัมพันธ์ได้ดังสมการ 4.7-4 และ 4.7-5 สำหรับฝายคลองสวนหมากและฝายท่ากระดานตามลำดับ

$Qs = 1072.1V$ โดยที่ $R^2 = 0.795$ 4.7-4

$Qs = 859.2V$ โดยที่ $R^2 = 0.921$ 4.7-5

เมื่อ Qs คือ ปริมาณตะกอนที่ไหลข้ามฝาย (TON)

V คือ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายรายวัน (MCM)

R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

จากการประเมินตะกอนที่ไหลผ่านฝายพบว่าตะกอนที่ไหลผ่านฝายตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2564 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2565 มีค่า 253,983.58 และ 281,815.36 ตัน สำหรับฝายท่ากระดานและฝายคลองสวนหมากลำดับ

4.8 การสำรวจการมีส่วนร่วมของประชาชน

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการน้ำทีมวิจัยได้ดำเนินการลงพื้นที่เพื่อทำการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่ (รูปที่ 4.8-1) ดำเนินการจัดประชุม (รูปที่ 4.8-2) และใช้แบบสอบถาม

รูปที่ 7.8-1 การสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่

รูปที่ 7.8-2 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของพื้นที่

ผลประเมินการมีส่วนร่วมของประชาชนจากแบบสอบถามพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมากกว่าร้อยละ 75 มีอายุมากกว่า 50 ปี ซึ่งจะอยู่ในช่วงเข้าสู่วัยชราและอยู่ในพื้นที่นั้นมานาน สำหรับระดับการศึกษานั้นพบว่ามีผู้ไม่เรียนหรือเรียนจบประถมศึกษาร้อยละ 51.4 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มากที่สุด อย่างไรก็ตามยังพบว่าเกษตรกรเรียนจบปริญญาตรีหรือสูงกว่าร้อยละ 6.5 และผู้ตอบแบบสอบถามที่ประกอบอาชีพการเกษตรเป็นอาชีพหลักมีถึงร้อยละ 75.5 และอีกร้อยละ 24.5 ประกอบอาชีพอื่น นอกจากนี้งานวิจัยยังได้สอบถามถึงแหล่งที่มาของการใช้น้ำโดยแยกตามประเภทของกิจกรรมดังตารางที่ 4.8-1 และความพอเพียงของการใช้น้ำแต่ละประเภทดังตารางที่ 4.8-2

ตารางที่ 4.8-1 แหล่งน้ำที่ใช้ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ

ประเภทของแหล่งน้ำ	น้ำใช้ (อุปโภค)		น้ำดื่ม (บริโภค)		น้ำเพื่อการเกษตร		น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์		น้ำเพื่อการประมง		น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม		น้ำเพื่อการท่องเที่ยว	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
อ่างเก็บน้ำ	32	6.3	11	2.2	24	5.5	1	3.2	3	20.0	1	3.3	9	50.0
สระเก็บน้ำขุด	22	4.3	6	1.2	38	8.7	12	38.7	4	26.7	11	36.7	1	5.6
สระเก็บน้ำธรรมชาติ	1	0.2	5	1.0	25	5.7	8	25.8	3	20.0	0	0.0	1	5.6
คลองชลประทาน	4	0.8	15	3.0	171	39.2	1	3.2	1	6.7	3	10.0	2	11.1
คลองธรรมชาติ	9	1.8	0	0.0	45	10.3	3	9.7	2	13.3	7	23.3	4	22.2
ฝาย	3	0.6	0	0.0	19	4.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
บ่อบาดาล	51	10.1	15	3.0	81	18.6	2	6.5	1	6.7	4	13.3	0	0.0
แม่น้ำ	8	1.6	2	0.4	13	3.0	1	3.2	1	6.7	1	3.3	1	5.6
ประปา	370	73.1	274	54.2	1	0.2	3	9.7	0	0.0	3	10.0	0	0.0
ซื้อน้ำจากร้านค้า	6	1.2	167	33.0	3	0.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อื่น ๆ	0	0.0	11	2.2	16	3.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	506	100.0	506	100.0	436	100.0	31	100.0	15	100.0	30	100.0	18	100.0

ตารางที่ 4.8-2 ความพอเพียงและคุณภาพน้ำในกิจกรรมด้านต่าง ๆ

หัวข้อ	น้ำใช้ (อุปโภค)		น้ำดื่ม (บริโภค)		น้ำเพื่อการเกษตร		น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์		น้ำเพื่อการประมง		น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม		น้ำเพื่อการท่องเที่ยว	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ความพอเพียง														
พอตลอดทั้งปี	414	81.8	455	89.92	86	19.7	11	35.5	5	33.3	6	20.0	8	44.4
พอเฉพาะฤดูฝน	16	3.2	3	0.59	57	13.1	2	6.5	6	40.0	3	10.0	1	5.6
ไม่เพียงพอทั้งปี	37	7.3	22	4.35	36	8.3	10	32.3	1	6.7	1	3.3	0	0.0
บางปีพอบางปีไม่พอ	39	7.7	26	5.14	257	58.9	8	25.8	3	20.0	20	66.7	9	50.0
รวม	506	100.0	506	100.0	436	100.0	31	100.0	15	100.0	30	100.0	18	100.0

จากตารางที่ 4.8-1 พบว่าประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากใช้น้ำจากประปาหมู่บ้านเพื่อการอุปโภคมากที่สุดถึงร้อยละ 73.1 ถัดลงมาจะใช้น้ำจากน้ำบ่อบาดาลร้อยละ 10.1 จากผู้ตอบแบบสอบถาม 506 ราย ในส่วนของน้ำเพื่อการบริโภคยังคงใช้น้ำจากประปาหมู่บ้านเป็นหลักถึงร้อยละ 54.2 รองลงมาคือการซื้อน้ำจากร้านค้าร้อยละ 33.0 และใช้น้ำจากแหล่งอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 12.8 และในส่วนของน้ำเพื่อการเกษตรจะใช้น้ำจากคลองชลประทานมากที่สุดร้อยละ 39.2 จากผู้ตอบแบบสอบถาม 436 ราย นอกจากนี้ยังมีการใช้บ่อบาดาลร้อยละ 18.6 และ จากคลองธรรมชาติร้อยละ 10.3 สำหรับน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมจะใช้น้ำจากสระเก็บน้ำ คลองธรรมชาติ บ่อบาดาลและประปาหมู่บ้านเป็นส่วนใหญ่ โดยในส่วนนี้มีผู้ตอบแบบสอบถามเพียง 30 รายเท่านั้น ส่วนน้ำเพื่อการท่องเที่ยวจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 18 คนพบว่าใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและคลองธรรมชาติ

ความพอเพียงและคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากตารางที่ 4.8-2 พบว่าน้ำเพื่อการอุปโภคมีน้ำพอเพียงทั้งปีร้อยละ 81.8 และไม่พอเพียงทั้งปี ร้อยละ 7.3 ในส่วนน้ำเพื่อการบริโภคนั้นมีน้ำพอเพียงทั้งปีร้อยละ 89.92 ในส่วนน้ำเพื่อการเกษตรมีน้ำที่พอตลอดทั้งปีเพียงร้อยละ 19.7 พอเฉพาะฤดูฝนร้อยละ 13.1 บางปีพอบางปีไม่พอร้อยละ 58.9 และไม่เพียงพอทั้งปีร้อยละ 8.3 จากผู้ตอบแบบสอบถาม 436 ราย สำหรับน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์และการประมงมีแนวโน้มใกล้เคียงกันคือมีความเพียงพอตลอดทั้งปีประมาณร้อยละ 35 ส่วนน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมมีความเพียงพอตลอดทั้งปีร้อยละ 20.0และไม่เพียงพอทั้งปีร้อยละ 3.3 นอกจากนี้มีผู้ตอบแบบสอบถามถึงความเพียงพอของน้ำเพื่อประโยชน์ในการท่องเที่ยว 18 รายพบว่ามีความเพียงพอร้อยละ 44.4 และบางปีพอบางปีไม่พอร้อยละ 50

สำหรับสถานภาพการใช้น้ำทางด้าน น้ำอุปโภค-บริโภค น้ำเพื่อการเกษตร ความคิดเห็นอื่น ๆ ของประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน การเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงของการเกิดน้ำท่วม การเปลี่ยนแปลงของการเกิดภัยแล้ง ความต้องการของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากต่อปัญหาด้านน้ำด้านต่าง ๆ ให้รัฐช่วยแก้ไข การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางด้านน้ำต่าง ๆ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ แสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ1 สำหรับรายละเอียดการประชุมแต่ละครั้งแสดงในภาคผนวก จ 2 ผลการประชุมจากกลุ่มผู้ใช้น้ำสามารถสรุปประเด็นปัญหาของแต่ละพื้นที่ได้ดังตารางที่ 4.8-3

ตารางที่ 4.8-3 สรุปปัญหาจากการประชุมกลุ่มผู้ใช้น้ำ

พื้นที่	สภาพปัญหาจากการประชุมกลุ่มผู้ใช้น้ำ
ฝายคลองสวนหมาก	1. เมื่อมีการสร้างฝายคอนกรีต และบานประตูระบายทรายด้านซ้ายของฝายคลองสวนหมากเพื่อระบายตะกอน แต่ทำให้เกิดตะกอนหน้าฝาย และท้ายฝายบริเวณตรงกลางของลำน้ำ 2. ในช่วงฤดูน้ำหลากมักเกิดปัญหาน้ำท่วมพื้นที่สองข้างตลิ่งซ้ำซาก แต่ไม่แผ่เป็นบริเวณกว้าง โดยกินเวลา 2-5 วัน น้ำจะลดระดับลง และยังเกิดปัญหาการกัดเซาะตลิ่งอย่างรุนแรง ซึ่งทำให้ลำน้ำคลองสวนหมากตื้นเขินมากขึ้น และทำให้น้ำท่วมง่ายขึ้น 3. ส่วนในฤดูแล้งช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน มักเกิดปัญหาภัยแล้ง ขาดน้ำอุปโภคบริโภค และเพื่อการทำเกษตรกรรมอย่างหนัก เกษตรกรจึงมีการขุดเจาะบ่อบาดาลสำหรับนำน้ำมาใช้ และยังมีการทำทำนบขึ้นหลายแห่งเพื่อกักเก็บน้ำในฤดูแล้ง และเป็นการเติมน้ำใต้ดินสำหรับการสูบน้ำบ่อบาดาล เนื่องจากพื้นที่ฝายคลองสวนหมากส่วนใหญ่เนื้อดินมีลักษณะเป็นทราย ส่งผลให้น้ำสามารถซึมลงสู่ชั้นใต้ดินได้ง่าย
อ่างเก็บน้ำโป่งค่าง	1. ปัญหาการขาดแคลนน้ำเนื่องจากอ่างเก็บน้ำโป่งค่างมีขนาดเล็ก และมีตะกอนในอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้อ่างเก็บน้ำโป่งค่างมีปริมาณน้ำเก็บกักไม่เพียงพอต่อการทำเกษตรกรรม
อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก	1. ปัญหาตะกอนในอ่างเก็บน้ำ
อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก	1. ปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างมาก สภาพปัญหาของอ่างคลองตุ๊กแกคือ ในฤดูแล้งน้ำแห้ง

ตารางที่ 4.8-3 สรุปปัญหาจากการประชุมกลุ่มผู้ใช้น้ำ

	2. อ่างฯมีตะกอนมากจนตื้นเขิน
อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค	1. อ่างฯมีสภาพตื้นเขิน ทำให้มีความจุอ่างน้อยลง เกษตรเสนอให้มีการขุดลอกตัวอ่างฯ ทั้งนี้เจ้าหน้าที่กรมชลประทานแจ้งว่ามีแผนทำการขุดลอกอยู่แล้ว
อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง	1. ปัญหาเรื่องตะกอนในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งทางกรมชลประทนได้ทำการขุดลอกไปเมื่อปี พ.ศ. 2556
อ่างเก็บน้ำคลองไพร	1. สำหรับปัญหาน้ำท่วมพบว่ามีบ้างเป็นลักษณะน้ำหลาก โดยเฉพาะบริเวณบ้านเนินสว่าง 2. ฝายตัวที่ 5 หน้าฝายมีตะกอนมากเมื่อมีปริมาณน้ำมามาก ทำให้น้ำไหลล้นข้ามถนน
อ่างเก็บน้ำหนองกอง	1. มีปัญหาการขาดแคลนน้ำในระดับปานกลาง เมื่อมีการขาดแคลนน้ำจะไม่ให้ทำการเพาะปลูกพืชในพื้นที่เลย โดยจะใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค (การประปา) เพียงเท่านั้น ปัจจุบันมีระบบส่งน้ำจากอ่างฯก่อสร้างโดยกรมทรัพยากรน้ำทั้งระบบท่อ และคลอง
ฝายท่าเสากระโดง	1. ปริมาณน้ำไม่พอใช้ในฤดูแล้งและในช่วงน้ำแล้งเกษตรกรจะใช้น้ำใต้ดินในการเพาะปลูก 2. ข้อตกลงที่มีการลงนามไว้ร่วมกัน มีการบังคับใช้กฎระเบียบอย่างเข้มงวด เช่น หากรายใดทำผิดกติกา จะต้องเสียค่าปรับ ครั้งละ 5000 บาท เป็นต้น
ฝายหนองปิ้งไก่	1. ปัญหาเรื่องตะกอนตกจมหน้าฝาย เนื่องจากเป็นฝายที่ไม่มีประตูระบายทราย ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเก็บกักน้อย 2. ฤดูน้ำหลากจะประสบปัญหาน้ำท่วมพื้นที่บริเวณริมตลิ่ง ซึ่งในพท.บ้านแม่นารีมักเกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก 3. ในช่วงฤดูแล้งมีปัญหาการขาดแคลนน้ำบ้าง เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้น้ำมีการบริหารจัดการน้ำที่ดี มีการสร้างแตรส่งน้ำให้กับพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ พื้นนาดง พื้นที่ลงนา พื้นที่ห้วยเต่า และพื้นที่มอเจริญ ซึ่งกลุ่มน้ำผู้ใช้น้ำมีการตั้งกฎระเบียบ ข้อบังคับ แก่กลุ่มผู้ใช้น้ำ เพื่อให้เกิดความเท่าเทียมกันในการใช้น้ำ และมีน้ำใช้เพียงพอต่อพื้นที่เพาะปลูก

ตารางที่ 4.8-3 สรุปปัญหาจากการประชุมกลุ่มผู้ใช้น้ำ

ฝายท่าระแนะ	1. ขาดแคลนน้ำเพียงเล็กน้อย 2. ปัจจุบันมีสถานีสูบน้ำแบบติดตั้งบนแพได้รับความเสียหายเนื่องจากน้ำหลากในช่วงที่ผ่านมา
ฝายนาบ่อคำ	1. ปัจจุบันมีการสร้างโรงสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่งแล้วเสร็จ
ฝายท่ากระดาน	1. ในฤดูแล้งจะขาดแคลนน้ำมาก 2. มีปัญหาน้ำหลากในฤดูฝน น้ำจะหลากไปลงยังคลองสวนหมากแถวบริเวณบ้านสว่างอารมณ์ และเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำหลากดังกล่าวผู้ใช้น้ำอยากให้มีประตูระบายที่ปากคลองเพื่อทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำ

4.9 การพัฒนาระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริง (iWASAM)

การพัฒนาระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริงนั้นได้ต้องบริหารให้เกิดความสมดุลและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้น้ำให้มากที่สุด โดยมีแนวทางการพัฒนาดังนี้

4.9.1 แนวคิดและขอบเขต

แนวคิดในการพัฒนาระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำชลประทานแบบตามเวลาจริงต้องต้องมีรายละเอียดให้ดูแลเข้าใจและสามารถนำมาปฏิบัติติได้จริงโดยมีรายละเอียดดังนี้

- การวางแผนการส่งน้ำจะวางแผนทั้งรายฤดูกาลและรายสัปดาห์
  - การวางแผนการส่งน้ำรายฤดูกาลนั้นเพื่อกำหนดพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ ให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง .
  - การวางแผนการส่งน้ำรายสัปดาห์ เพื่อหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่ชลประทาน ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่เพาะปลูกรายสัปดาห์จะคิดจากความต้องการน้ำชลประทานตามเวลาจริง
- ปริมาณน้ำต้นทุนที่จะใช้บริหารได้จาก อ่างเก็บน้ำและฝาย
  - **ปริมาณน้ำต้นทุน กรณีอ่างเก็บน้ำ** หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเมื่อเริ่มต้นฤดูกาลเพาะปลูก (16 พ.ค. ฤดูฝน 16 พ.ย. ฤดูแล้ง) รวมปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลลงอ่าง (Inflow) ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกนั้น หักลบด้วยปริมาณน้ำที่ต้องสำรองไว้ใช้เพื่อกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งจะหาโดยวิธีจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอ่างเก็บน้ำ (Reservoir operation simulation) และการสอบถามความเห็นของกลุ่มผู้ใช้น้ำ
  - **ปริมาณน้ำต้นทุน กรณีฝาย** หมายถึง ปริมาณน้ำคาดการณ์ที่ไหลผ่านฝายสำหรับฤดูกาลเพาะปลูกนั้น คูณด้วยสัดส่วนปริมาณน้ำที่ฝายนั้นสามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งจะหาโดยวิธีการมีส่วนร่วม คลองสวนหมากสายหลักมีฝายหลัก 6 ฝาย คือฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ ฝายนาบ่อคำและฝายท่ากระดาน การใช้น้ำจากฝายที่อยู่เหนือน้ำจะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ฝายท้ายน้ำได้รับ

จึงต้องหาวิธีการจัดสรรน้ำที่เป็นธรรมระหว่างฝายทั้ง 6 โดยสัดส่วนปริมาณน้ำที่ฝายที่สามารถนำมาใช้ได้ จะคิดจากสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูก ดังตารางที่ 4.9-1

ตารางที่ 4.9-1 สัดส่วนปริมาณน้ำที่ฝายสามารถนำมาใช้ได้

ฝาย	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่สูบน้ำ (ไร่)	รวมพื้นที่ (ไร่)	สัดส่วนปริมาณน้ำที่ฝายสามารถนำมาใช้ได้ (%)
ฝายคลองสวนหมาก	16,379		16,379	27
ฝายท่าเสากระโดง	1,300	1,615	2,915	5
ฝายหนองปิ้งไก่	5,327	1,587	6,914	11
ฝายท่าระแนะ	236	204	440	1
ฝายนาบ่อคำ	554	479	1,033	2
ฝายท่ากระดาน	30,283	3,310	33,593	55
รวม	54,079	7,195	61,274	100

- เจ้าหน้าที่ชลประทาน จะทำหน้าที่ติดตามผลการส่งน้ำและใช้น้ำ (Monitor) ประจำวัน จัดทำรายงานสรุปผลการส่งน้ำประจำฤดูกาล ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณความต้องการน้ำ ปริมาณน้ำที่นำไปใช้ ประสิทธิภาพการชลประทาน ความเพียงพอในการได้รับน้ำ และประสิทธิผลการส่งน้ำ ในรูปของผลผลิตต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ และจัดประชุมกลุ่มผู้ใช้น้ำเมื่อสิ้นฤดูกาล เพื่อช่วยกันวิเคราะห์ผลการส่งน้ำว่าเป็นไปตามความคาดหมายของกลุ่มและโครงการชลประทานหรือไม่ พร้อมเสนอแนวทางการปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลเพิ่มขึ้น

4.9.2 แนวทางการพัฒนาระบบ iWASAM

เมื่อกำหนดแนวคิดและขอบเขตในการพัฒนาระบบ iWASAM แล้ว จึงได้กำหนดแนวทางและวิธิการพัฒนาระ iWASAM ได้ดังนี้

- พัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศและตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้สร้างสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติจำนวน 4 สถานี (รูปที่ 4.9-1) และสถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติจำนวน 8 สถานี (รูปที่ 4.9-2) สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ แสดงในภาคผนวก ฉ1

รูปที่ 4.9-1 สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ

รูปที่ 4.9-2 สถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ

- พัฒนาระบบประเมินความต้องการน้ำของพื้นที่ต่าง ๆตามเวลาจริง (รายละเอียดการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชแสดงในภาคผนวก ฉ2) โดยใช้ข้อมูลจาก IrriSAT (Cloud-based Irrigation Service) ข้อมูลการพยากรณ์สภาพอากาศรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้บริการผ่านระบบ TMD API สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ KU-RID Station ที่ติดตั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก โดยระบบดังกล่างนี้จะบอกค่าความต้องการน้ำของพื้นที่ต่าง ๆ 7 วันล่วงหน้า ซึ่งข้อมูลนี้จะมีประโยชน์ต่อการวางแผนจัดสรรน้ำตามเวลาจริง
- พัฒนาระบบประเมินน้ำต้นทุนเพื่อให้ทราบว่าพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ต่าง ๆ มีปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้มากน้อยเพียงใดจึงได้ทำการติดตั้งสถานีวัดน้ำ จำนวน 8 สถานี RID-KU001 - RID-KU008 เพื่อทำการวัดน้ำแบบอัตโนมัติในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ในจำนวนนี้โดยมีจำนวน 3 สถานีวัดน้ำในลำน้ำคลองสวนหมากสายหลัก มีจำนวน 4 สถานีวัดน้ำในคลองส่ง

น้ำ และอีก 1 สถานีวัดน้ำที่อ่างเก็บน้ำคลองไพร รายละเอียดสถานีตรวจวัดน้ำแสดงในตารางที่ 4.9-2

ตารางที่ 4.9-2 รายละเอียดสถานีวัดน้ำ

สถานีตรวจวัดน้ำ	สถานที่ติดตั้ง	ฟังค์ชั่นการทำงาน
RID-KU WL001	ฝายคลองสวนหมาก	วัดระดับน้ำด้านเหนือและท้ายน้ำของฝายคลองสวนหมากเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝาย
RID-KU WL002	ฝายสันกว้างที่ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมาก	วัดระดับน้ำที่ล้นฝายสันกว้างเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ที่ส่งเข้าคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย
RID-KU WL003	ฝายสันกว้างที่ปากคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ฝายคลองสวนหมาก	วัดระดับน้ำที่ล้นฝายสันกว้างเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ที่ส่งเข้าคลองสายใหญ่ฝั่งขวา
RID-KU WL004	อ่างเก็บน้ำคลองไพร	วัดระดับน้ำในอ่างเพื่อคำนวณปริมาตรน้ำในอ่าง
RID-KU WL005	ฝายสันกว้างที่ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้ายของอ่างเก็บน้ำคลองไพร	วัดระดับน้ำที่ล้นฝายสันกว้างเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ที่ส่งเข้าคลอง
RID-KU WL006	ฝายหนองปิ้งไก่	วัดระดับน้ำด้านเหนือของฝายหนองปิ้งไก่เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝาย
RID-KU WL007	แตรหนองปิ้งไก่	วัดระดับน้ำที่หน้าแตรเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ที่ส่งให้กลุ่มผู้ใช้น้ำ นาดง ลงนา ห้วยเต่า และมอเจริญ
RID-KU WL008	ฝายท่ากระดาน	วัดระดับน้ำด้านเหนือและท้ายน้ำของฝายท่ากระดานเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝาย

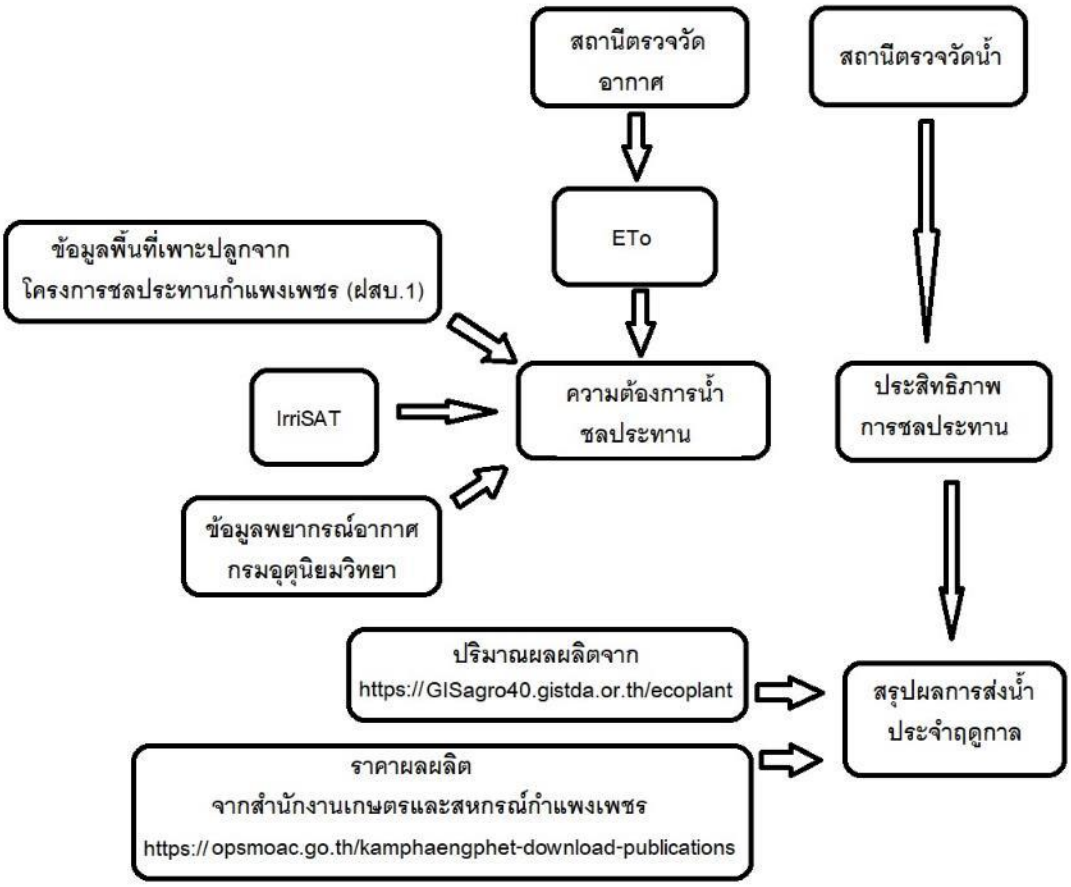
นอกจากนี้ยังได้พัฒนาระบบเพื่อให้สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำต้นทุนได้ (รายละเอียดการพัฒนาแสดงในภาคผนวก ฉ3)

- พัฒนาระบบติดตามและประเมินผลการใช้น้ำ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฉ4)

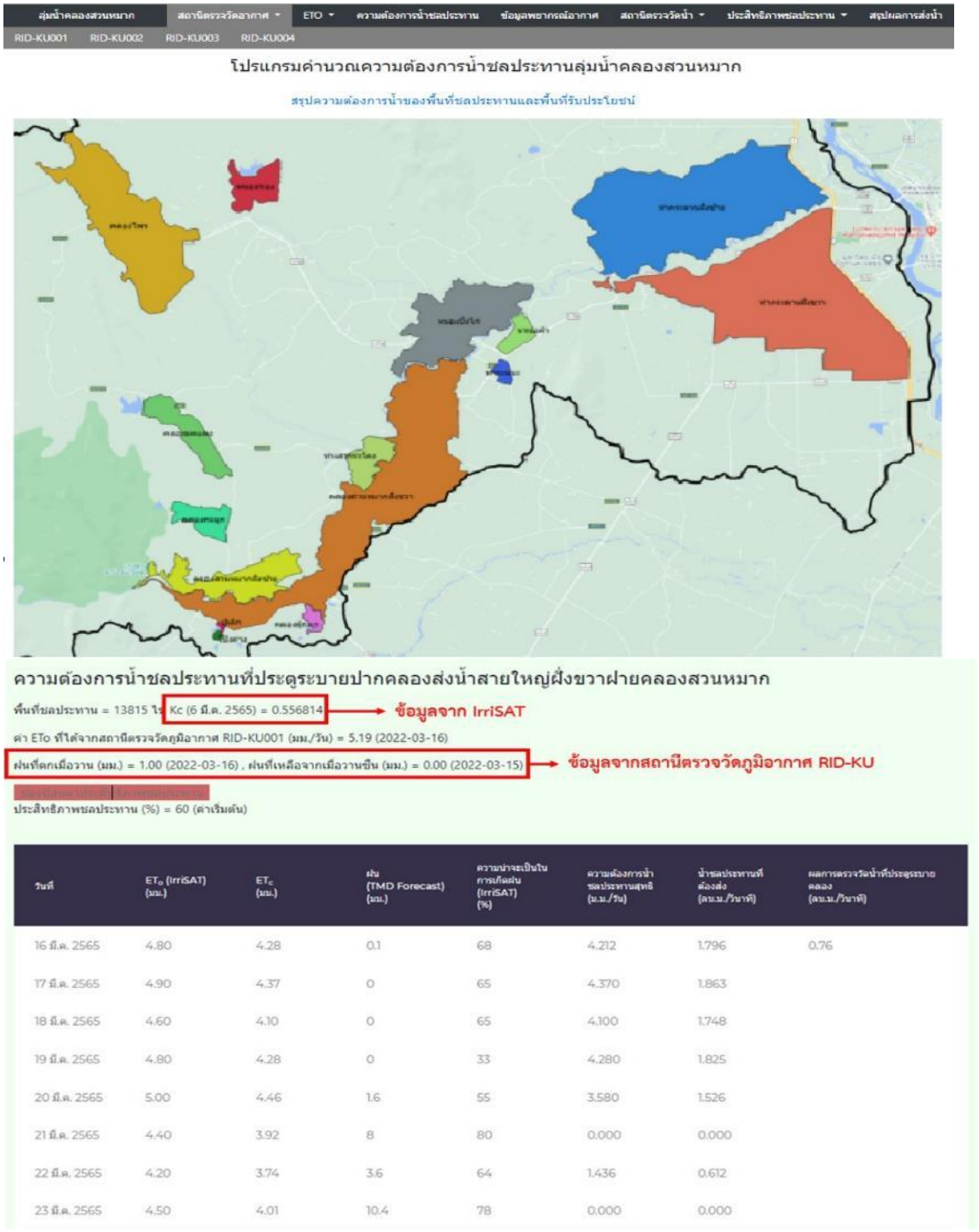
4.9.3 ผลการพัฒนาระบบ iWASAM

4.9.3.1 ระบบ iWASAM

ระบบ iWASAM จะเน้น “ความสมดุล ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้น้ำ และใช้อย่างมีประสิทธิภาพ” โดยใช้เทคโนโลยีช่วยในการวิเคราะห์ความต้องการน้ำและประเมินผลการใช้น้ำที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยขั้นแรกจะเน้นที่การติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดน้ำ เพื่อนำมาประเมินความต้องการน้ำชลประทานล่วงหน้า 8 วัน (t=0 (วันนี้) ถึง t=7) และสร้างเว็บไซด์แสดงความต้องการน้ำชลประทานของแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และกลุ่มผู้ใช้น้ำ สามารถเข้าถึงข้อมูลความต้องการน้ำแบบตามเวลาจริง เพื่อให้เจ้าหน้าที่และกลุ่มผู้ใช้น้ำสามารถตัดสินใจในการส่งน้ำให้สมาชิก ตามปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ รายละเอียดระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำตามเวลาจริง สามารถเข้าถึงได้ที่ URL https://eng.kpd.ku.ac.th/irrisat2/home.html ดังแสดงในรูปที่ 4.9-3 เมนูหลักและเว็บเพจแสดงการคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน แสดงในรูปที่ 4.9-4 คู่มือการใช้งานระบบจัดสรรน้ำและติดตามประเมินผลการส่งน้ำตาเวลาจริง แสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ5



รูปที่ 4.9-3 ผังการทำงานของระบบจัดสรรน้ำและติดตามผลการส่งน้ำตามเวลาจริง

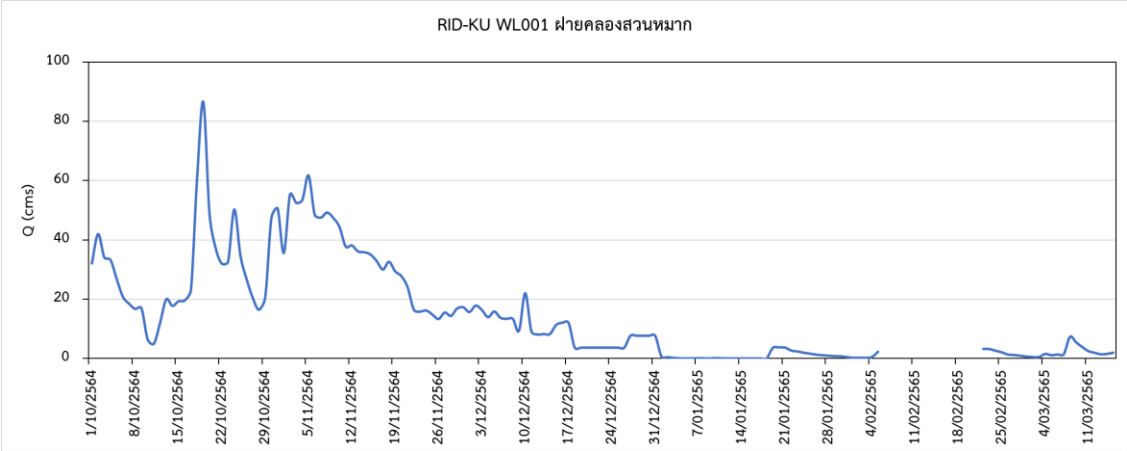


วันที่	ET_o (IrriSAT) (มม.)	ET_c (มม.)	ฝน (TMD Forecast) (มม.)	ความน่าจะเป็นในการเกิดฝน (IrriSAT) (%)	ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (ล.ม./วัน)	น้ำชลประทานที่ต้องส่ง (ลบ.ม./วินาที)	ผลการตรวจวัดน้ำที่ประตูระบายคลอง (ลบ.ม./วินาที)
16 มี.ค. 2565	4.80	4.28	0.1	68	4.212	1.796	0.76
17 มี.ค. 2565	4.90	4.37	0	65	4.370	1.863	
18 มี.ค. 2565	4.60	4.10	0	65	4.100	1.748	
19 มี.ค. 2565	4.80	4.28	0	33	4.280	1.825	
20 มี.ค. 2565	5.00	4.46	1.6	55	3.580	1.526	
21 มี.ค. 2565	4.40	3.92	8	80	0.000	0.000	
22 มี.ค. 2565	4.20	3.74	3.6	64	1.436	0.612	
23 มี.ค. 2565	4.50	4.01	10.4	78	0.000	0.000	

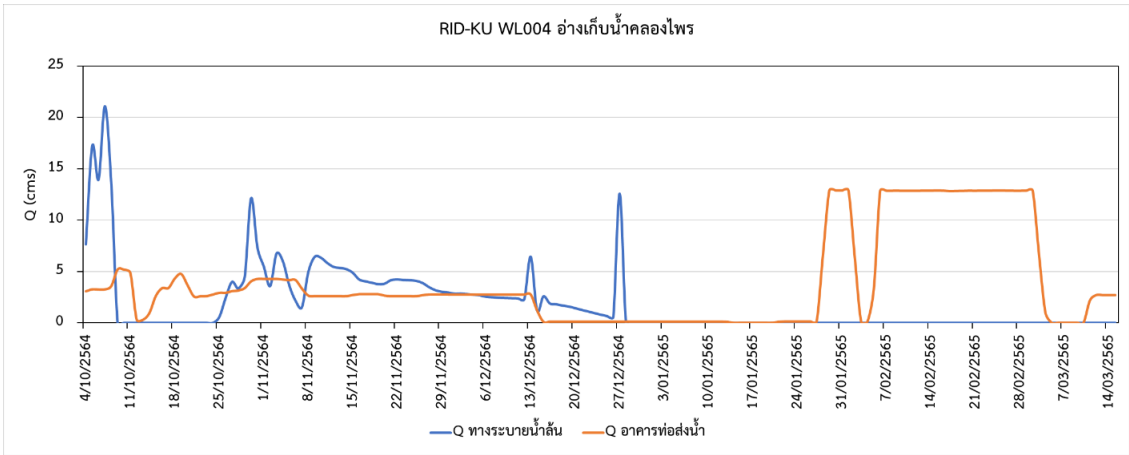
รูปที่ 4.9-4 ระบบการจัดสรรน้ำตามเวลาจริง และตัวอย่างการคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน

4.9.3.2 ผลการตรวจวัดน้ำด้วย iWASAM

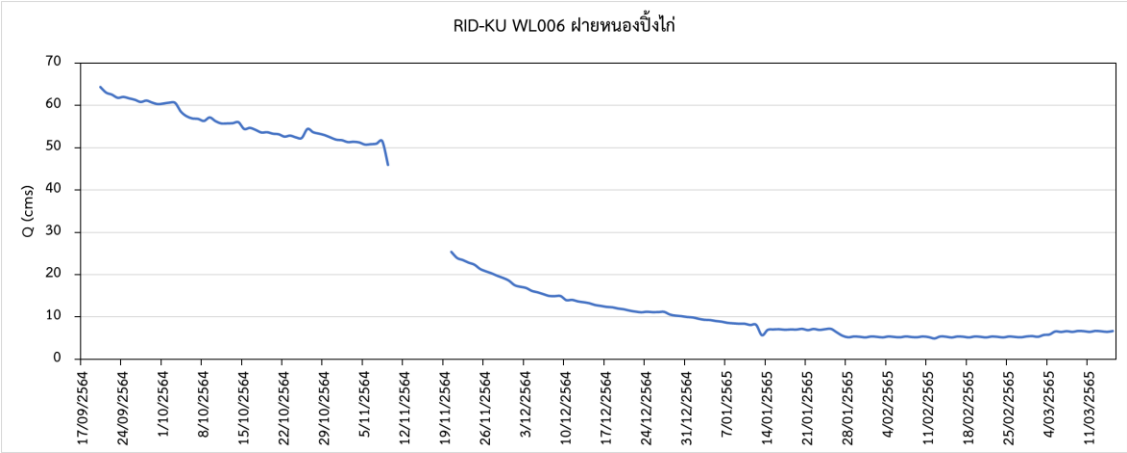
ผลการตรวจวัดน้ำที่สถานี RID-KU WL001, 004, 006 และ 008 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2564 ทำให้ทราบปริมาณน้ำตามเวลาจริงที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก พบว่า ฤดูฝนมีปริมาณน้ำสูงสุดถึง 83 ลบ.ม./วินาที แต่ใช้เวลาเพียงไม่นานปริมาณน้ำที่ไหลผ่านก็ลดลงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับสภาพพื้นที่บริเวณฝายคลองสวนหมากที่มีความลาดชันสูง และปริมาณน้ำจะลดลงจนเกือบแห้งสนิทในช่วงฤดูแล้ง ส่วนฝายหนองปิ้งไก่มีปริมาณน้ำไหลผ่านในช่วงฤดูฝนสูงสุดประมาณ 65 ลบ.ม./วินาที หลังจากนั้นปริมาณน้ำจะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฝายหนองปิ้งไก่มีความสามารถที่จะเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้ และฝายท่ากระดานมีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายในช่วงฤดูฝนสูงสุดประมาณ 111 ลบ.ม./วินาที และลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากต้องเร่งระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมพื้นที่เหนือฝายท่ากระดาน ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพรซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีความจุมากที่สุดในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากผลการตรวจวัดพบว่าในช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำส่งผลให้ต้องมีการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น และอาคารท่อส่งน้ำ และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งจะมีการระบายน้ำทางอาคารท่อส่งน้ำเพื่อบริหารน้ำสำหรับพื้นที่ชลประทานบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองไพร รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.9-5 ถึงรูปที่ 4.9-8



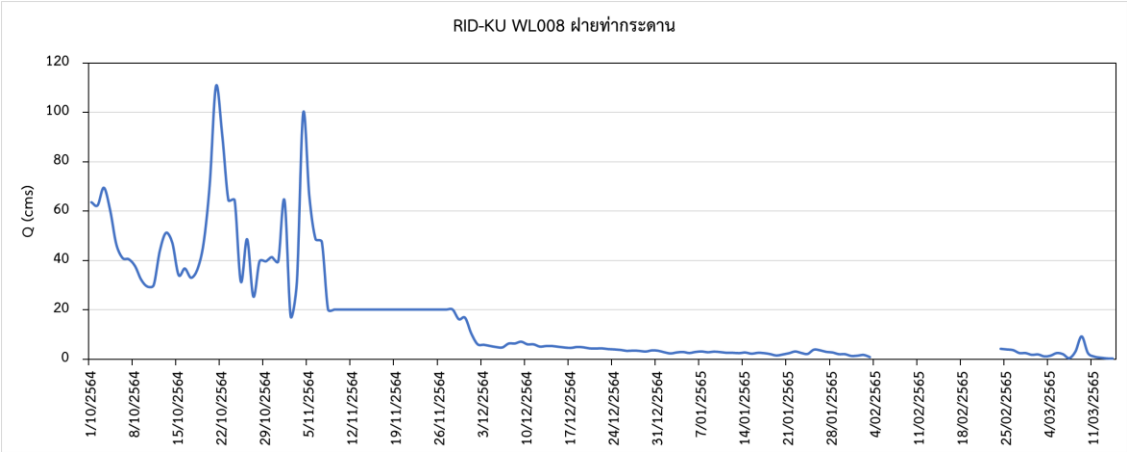
รูปที่ 4.9-5 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำผ่านฝายคลองสวนหมาก



รูปที่ 4.9-6 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพร



รูปที่ 4.9-7 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำผ่านฝายหนองปิ้งไก่



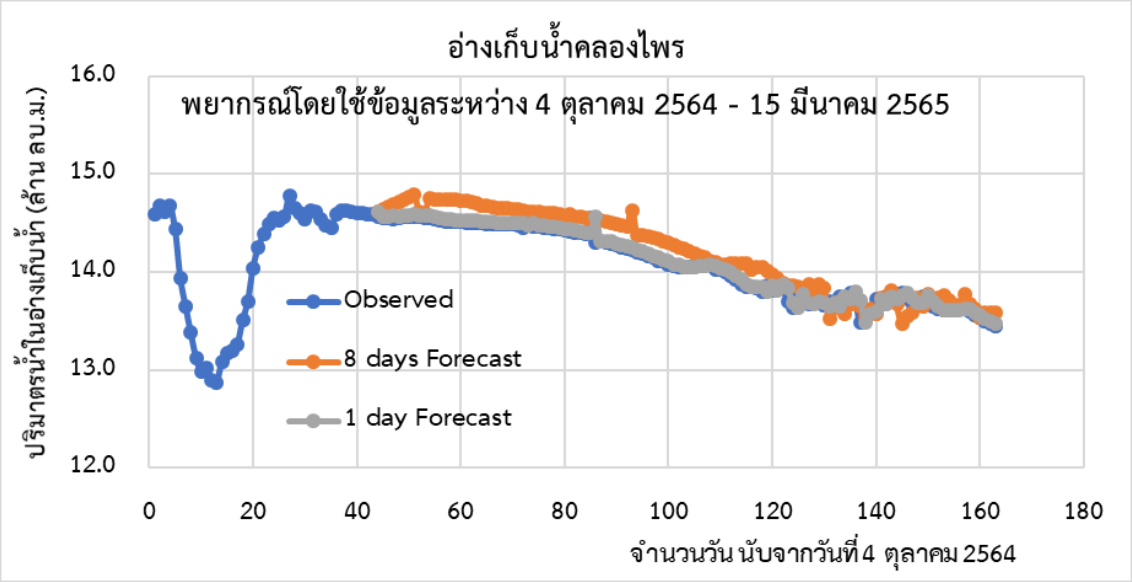
รูปที่ 4.9-8 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำผ่านฝายท่ากระดาน

ทดสอบการพยากรณ์ด้วยฟังค์ชั่น Forecast.ETS แบบ 1 วันล่วงหน้า และ แบบ 1-8 วันล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจโดยสถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติของโครงการวิจัย ซึ่งเริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม 2564 ถึงปัจจุบัน และเริ่มการพยากรณ์สำหรับฤดูแล้ง โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน 2564 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2565 คิดเป็นระยะเวลาในการทดสอบการพยากรณ์ 120 วัน

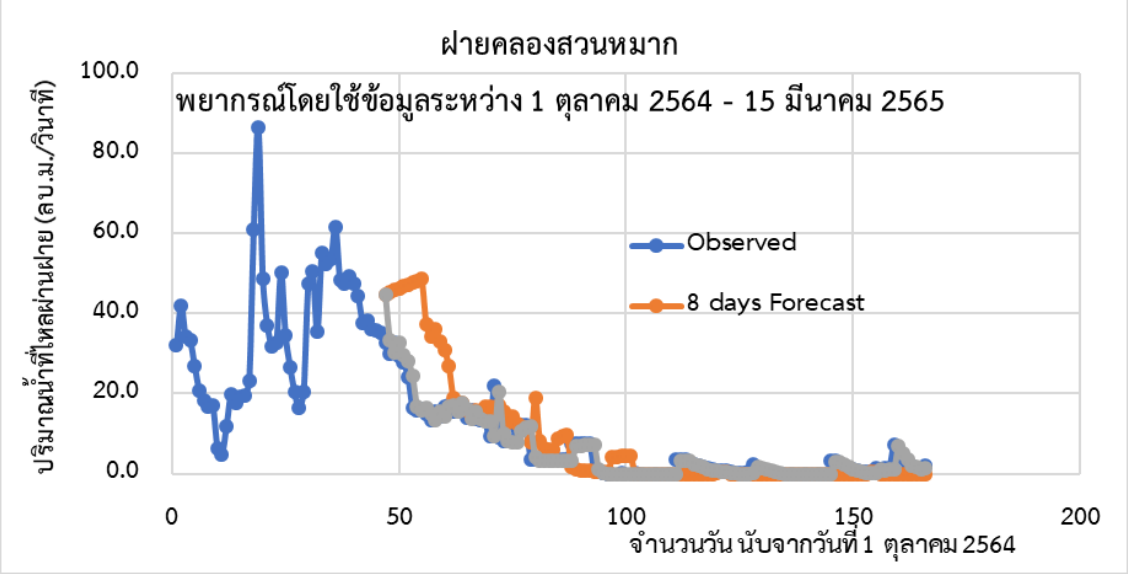
ตัวอย่างผลการพยากรณ์ของอ่างเก็บน้ำคลองไพรแสดงอยู่ในรูปที่ 4.9-9 ผลการทดสอบการพยากรณ์ของฝายคลองสวนหมาก ฝายหนองปิ้งไก่และฝายท่ากระดานแสดงอยู่ในรูปที่ 4.9-10 ถึง 4.9-12 ตามลำดับ สรุปผลการพยากรณ์ด้วยค่า RMSE และ % Error สำหรับกรณีที่พยากรณ์ 1-8 วัน ล่วงหน้า และกรณีพยากรณ์ 1 วันล่วงหน้า แสดงในตารางที่ 14.3-4 ซึ่งสรุปได้ว่าผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพรล่วงหน้ามีความแม่นยำดี กรณีพยากรณ์ 1-8 วันล่วงหน้า ค่า RMSE เท่ากับ 0.163 ล้าน ลบ.ม. หรือค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 % และกรณีพยากรณ์ 1 วันล่วงหน้า ค่า RMSE เท่ากับ 0.052 ล้าน ลบ.ม. หรือค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.2 % การพยากรณ์ 1 วันล่วงหน้า มีความแม่ยำสูงกว่าการพยากรณ์ 1-8 วันล่วงหน้า

การพยากรณ์ปริมาณน้ำผ่านฝายท่ากระดานมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ดี % ความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 3.1 และ 1.2 สำหรับกรณีพยากรณ์ 1-8 วันล่วงหน้า และ 1 วันล่วงหน้าตามลำดับ

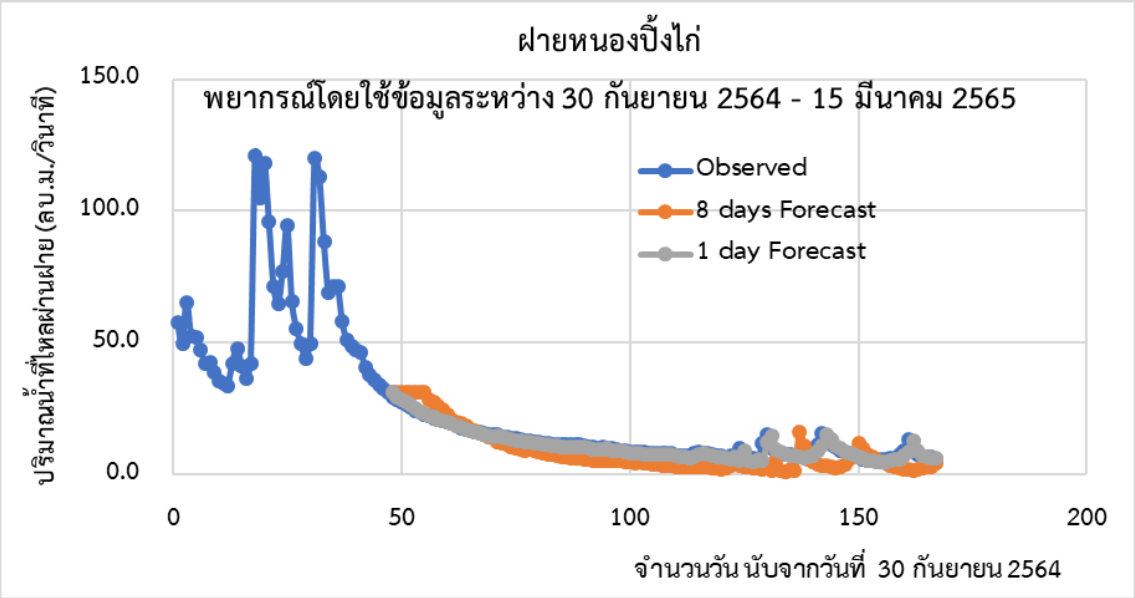
ขณะที่ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำผ่านฝายหนองปิ้งไก่และฝายคลองสวนหมากยังมีความคลาดเคลื่อนสูง และต้องมีการปรับปรุงวิธีการพยากร์ต่อไป



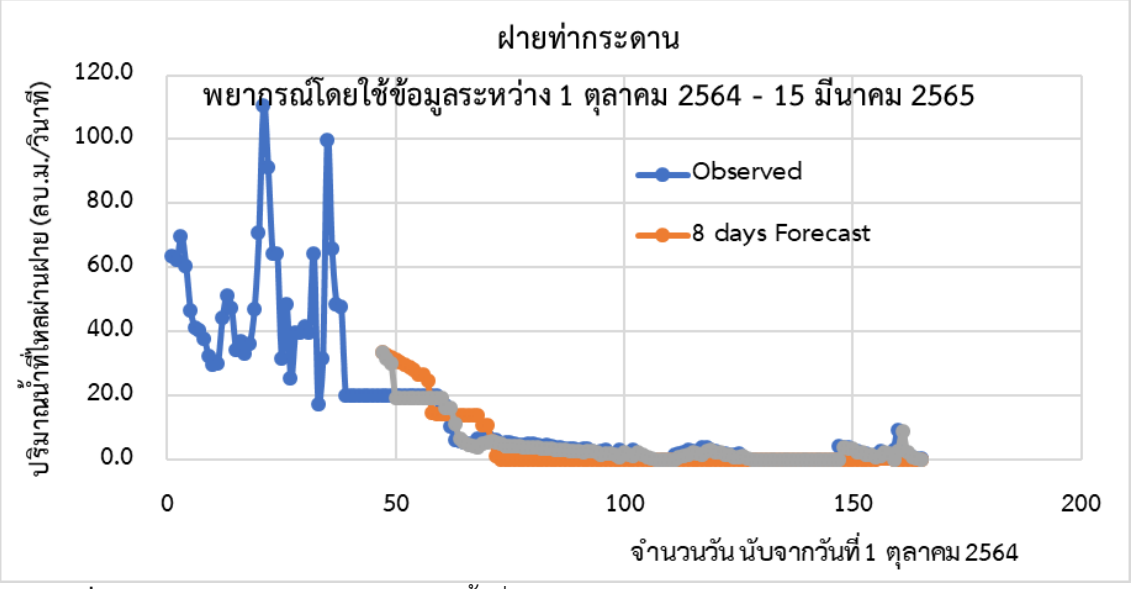
รูปที่ 4.9-9 ผลการพยากรณ์ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำคลองไพร 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า



รูปที่ 4.9-10 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า



รูปที่ 4.9-11 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายหนองปิ้งไก่ 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า



รูปที่ 4.9-12 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายท่ากระดาน 1 วันล่วงหน้า และ 1-8 วันล่วงหน้า

ตารางที่ 4.9-3 ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

พื้นที่	พยากรณ์ 1-8 วันล่างหน้า		พยากรณ์ 1 วันล่วงหน้า	
	RMSE	%Error	RMSE	%Error
อ่างเก็บน้ำคลองไพร (ล้าน ลบ.ม.)	0.163	1.0	0.052	0.2
ฝายคลองสวนหมาก (หน่วย ลบ.ม./วินาที)	8.040	82.8	2.497	47.8
ฝายหนองปิ้งไก่ (หน่วย ลบ.ม./วินาที)	5.060	46.3	0.282	8.9
ฝายท่ากระดาน (หน่วย ลบ.ม./วินาที)	4.423	3.1	0.338	1.2

4.9.3.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการส่งน้ำด้วย iWASAM

การประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ผลการส่งน้ำ และผลิตภาพน้ำ แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน (16 พ.ค. 2564 – 15 พ.ย. 2564) และฤดูแล้ง (16 พ.ย. 2564 – 15 พ.ค. 2565) ซึ่งงานวิจัยนี้เริ่มทำการวิเคราะห์ช่วงฤดูฝนในวันที่ที่ทำการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำ RID-KU WL แล้วเสร็จ ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะวิเคราะห์ตามวันที่แตกต่างกัน ส่วนในฤดูแล้งจะทำการประเมินตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 จนถึงวันปัจจุบัน ในส่วนของการวิเคราะห์ผลิตภาพน้ำในช่วงฤดูฝนจะคิดเพียง 1/3 ของฤดูกาล (ตามวันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ) ส่วนช่วงฤดูแล้งจะยังไม่มีการวิเคราะห์เนื่องจากสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ กำแพงเพชร ยังไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรในช่วงเวลาดังกล่าว การวิเคราะห์ผลิตภาพน้ำได้กำหนดราคาของข้าวเปลือกในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรเท่ากับ 6 บาท/กก. ซึ่งปัจจุบันทำการประเมินผลการส่งน้ำรายฤดูกาลทั้งหมด 7 พื้นที่ ได้แก่ ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา อ่างเก็บน้ำคลองไพร แตรนาดง แตรลงนา แตรห้วยเต่า และแตรมอเจริญ โดยแสดงตัวอย่างสรุปผลการประเมินดังตารางที่ 4.9-4 และ 4.9-5

ตารางที่ 4.9-4 ผลการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ช่วงฤดูฝน

พื้นที่	คลองสวนหมากฝั่งซ้าย	คลองสวนหมากฝั่งขวา	ท้าย ปตร. อ่างเก็บน้ำคลองไพร	แตรนาดง	แตรลงนา	แตรห้วยเต่า	แตรมอเจริญ
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,568.13	13,815.24	7,398.21	2,084.00	66.55	2,416.00	200.00
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ (วัน)	18	13	12	3	0	7	1
ประสิทธิภาพ (%)	25.74	26.73	28.21	12.20	13.84	20.39	21.70
Deliver Performance Ratio (DPR)	0.76	1.03	1.69	4.61	4.59	2.30	2.77
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	2,063.00	11,185.00	7,428.00	1,316.00	87.00	2,105.00	157.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	803.31	809.61	1,004.03	631.48	1,307.29	871.27	785.00
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	10.67	8.62	4.73	1.11	1.94	2.66	1.67

ตารางที่ 4.9-5 ผลการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ช่วงฤดูแล้ง

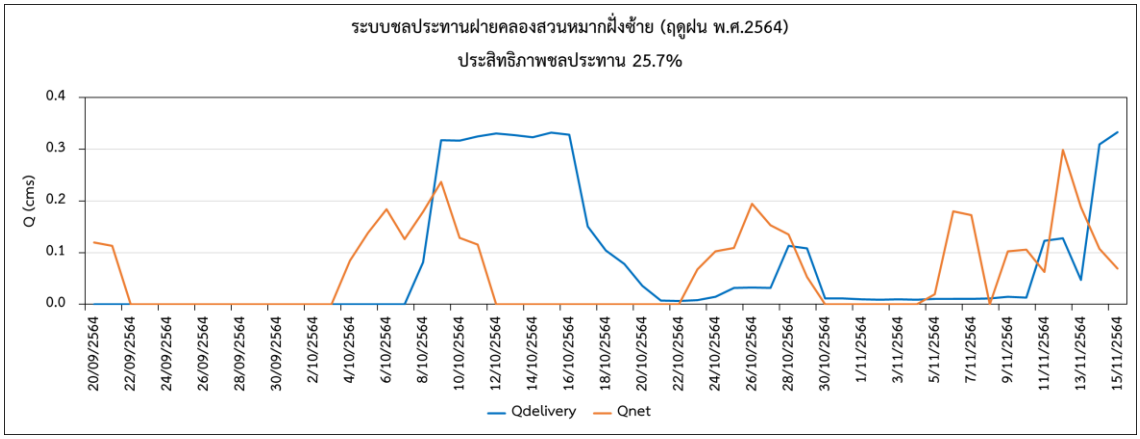
พื้นที่	คลองสวนหมากฝั่งซ้าย	คลองสวนหมากฝั่งขวา	ท้าย ปตร. อ่างเก็บน้ำคลองไพร	แตรนาดง	แตรลงนา	แตรห้วยเต่า	แตรมอเจริญ
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,568.13	13,815.24	7,398.21	2,084.00	66.55	2,416.00	200.00
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ (วัน)	20	27	64	2	0	2	0
ประสิทธิภาพ (%)	23.08	65.87	36.15	22.54	25.36	40.78	29.89
Deliver Performance Ratio (DPR)	4.33	0.79	0.61	2.55	2.37	1.33	2.01
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-	-	-	-	-	-	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-	-	-	-	-	-	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-	-	-	-	-	-	-

นอกจากนี้งานวิจัยยังได้ประเมินระบบชลประทานในลุ่มน้ำคลองสวนหมากผ่านระบบ iWASAM ดังตัวอย่างระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้ายช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564 (สำหรับระบบชลประทานอื่นตามช่วงฤดูกาลเพาะปลูกแสดงในภาคผนวก ฉ6

ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้ายช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 57 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 18 วัน จากรูปที่ 4.9-13 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.33 ลบ.ม./วินาที ปริมาณความต้องการน้ำสูงสุด 0.3 ลบ.ม./วินาที และมี

ปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดอยู่ในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2564 แต่มีปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พื้นที่ไม่เพียงพอ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางที่ 4.9-5 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 306,603.34 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 386,616.89 ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 25.74% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.09 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 2.64 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งเพียงพอต่อการเพาะปลูก เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้ายจำนวน 2,568.13 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 803.31 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 32.02 บาท/ลบ.ม.



รูปที่ 4.9-13 ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางที่ 4.9-6 ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย	
พื้นที่คลอง (ไร่)	2,568.13
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,568.13
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	20 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	57
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	18
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	306,603.34
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	511,005.56
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	386,616.89
ประสิทธิภาพ (%)	25.74
Deliver Performance Ratio (DPR)	0.76
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	119.39
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	198.98
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	150.54
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.09
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.49
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.64
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	2,063.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	803.31
ผลิตภาพน้ำ** (บาท/ลบ.ม.)	10.67

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

เมื่อทำการพิจารณาภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พบว่า ช่วงฤดูฝนพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานสูงสุด คือ ท้าย ปตร.อ่างเก็บน้ำคลองไพร มีค่าประสิทธิภาพชลประทานอยู่ที่ 28.21% เริ่มทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 23 กันยายน พ.ศ.2564 จนถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 1.304 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม 2.174 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.644 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีจำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอทั้งสิ้น 12 วัน พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.27 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 9.17 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการน้ำในพื้นที่ ส่วนพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานน้อยที่สุด คือ แตรนาดง ที่มีค่าประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 12.20% ทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 309,367.74 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม 515,612.90 ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.375 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีจำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอทั้งสิ้น 3 วัน พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.32 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 17.81 ลบ.ม./ไร่/วัน จะเห็นได้ว่ามีการส่งน้ำเกินต่อความต้องการน้ำของพื้นที่เป็นปริมาณมาก ซึ่งส่งผลให้สิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ และประสิทธิภาพชลประทาน อย่างไรก็ตามการประเมินประสิทธิภาพชลประทานในฤดูฝนของ 7 พื้นที่ ยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 60% อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณฝนตกเพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ แต่ระบบชลประทานยังมีการส่งน้ำให้แก่พื้นที่ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ส่งจริงมีค่ามากกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่ดังกล่าว

ช่วงฤดูแล้ง พื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานสูงสุด คือ ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา โดยมีค่าประสิทธิภาพชลประทานอยู่ที่ 65.87% เริ่มทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 จนถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 4.496 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม 9.161 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 7.191 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีจำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอทั้งสิ้น 27 วัน พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.58 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 4.69 ลบ.ม./ไร่/วัน ส่วนพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานน้อยที่สุด คือ แตรนาดง ที่มีค่าประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 22.54% ทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 จนถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 0.823 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้อง

ส่งสะสม 1.372 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.502 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.56 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 15.14 ลบ.ม./ไร่/วัน

ส่วนของการวิเคราะห์ผลิตภาพน้ำ พบว่า ในช่วงฤดูฝนสูงสุดเท่ากับ 10.67 บาท/ลบ.ม. ในพื้นที่ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย ที่มีพื้นที่เพาะปลูก 2,568.13 ไร่ โดยมีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 803.31 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 386,616.89 ลบ.ม. ส่วนพื้นที่แตรนาดงมีผลิตภาพน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 1.11 บาท/ลบ.ม. ที่มีพื้นที่เพาะปลูก 2,084.00 ไร่ โดยมีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 631.48 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.375 ล้าน ลบ.ม. ส่วนช่วงฤดูแล้งยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้

4.10 การพัฒนาระบบการควบคุม ปตร. ปากคลองสวนหมาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ และเพิ่มคุณภาพชีวิตประชาชนที่อยู่ปลายคลอง

คลองสวนหมากช่วงต้นและช่วงกลางเป็นทางน้ำที่มีความลาดชันสูง ขณะที่ช่วงปลายน้ำระหว่างฝายท่ากระดานและแม่น้ำปิงมีความลาดชันน้อย ในช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำจะไหลบ่าอย่างรวดเร็วทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในหลายพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณฝายที่ไม่มีประตูระบายน้ำ เช่น ฝายหนองปิ้งไก่จะเกิดน้ำล้นตลิ่งได้ง่าย และถ้าระบายน้ำลงแม่น้ำปิงไม่ทันเนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำปิงสูง จะเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองนครชุมซึ่งตั้งอยู่ที่ปากแม่น้ำคลองสวนหมาก กรมชลประทานจึงได้อนุมัติสร้างประตูระบายน้ำปลายคลองสวนหมาก 2 แห่ง คือ ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์ และประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ช1) โดยมี วัตถุประสงค์ เพื่อการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ พัฒนาแหล่งน้ำสำหรับพื้นที่เกษตร ส่งเสริมการท่องเที่ยว ช่วยสร้างงานและอาชีพเสริม ลดปัญหาการทิ้งถิ่นฐานภูมิลำเนาเข้าสู่เขตเมืองหลวง เป็นสถานที่ศึกษา เรียนรู้ศิลปะวัฒนธรรม วิถีชีวิตชาวนครชุมและจังหวัดกำแพงเพชร และเป็นสถานที่แสดงผลงานศิลปะ วัฒนธรรม ดนตรีจากทั่วประเทศ การก่อสร้างเริ่มต้นตั้งแต่ปี 2558 แต่การก่อสร้างมีปัญหาจึงยังก่อสร้างไม่เสร็จดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้เสนอแนวทางในการบริหารจัดการประตูระบายน้ำดังนี้

4.10.1 แนวทางการบริหารจัดการประตูระบายปลายคลองสวนหมาก

จากการที่กรมชลประทาน โดยสำนักงานชลประทานที่4 ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการก่อสร้างประตูระบายปลายคลองสวนหมากดังรายละเอียดข้างต้นซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการประตูและสถานีสูบได้ดังนี้

หลักเกณฑ์ในการจัดการ ปตร.ปลายคลองสวนหมาก

แนวคิดในการ operate ปตร.ปลายคลองเพื่อรักษาระดับน้ำให้เต็มตลิ่งจะแบ่งการ Operate ออกเป็น 3 โหมด ดังนี้

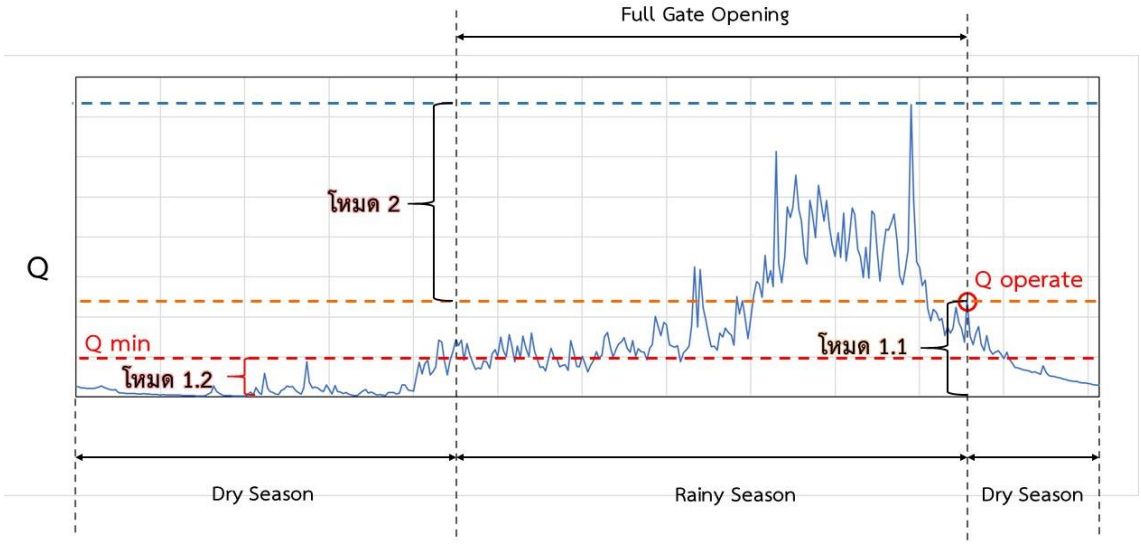
โหมดที่ 1 โหมดเก็บกัก เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง โดยการ Operate ปตร.ปลายคลอง เพื่อรักษาระดับน้ำให้เต็มคลอง โหมดเก็บกักแบ่งออกเป็น 2 โหมดย่อยคือ

โหมดที่ 1.1 เริ่มเก็บกักเมื่ออัตราการไหลช่วงปลายฤดูฝนถึงช่วงต้นฤดูแล้ง ลดลงถึง 15 ลบ.ม./วินาที

โหมดที่ 1.2 โหมดสูบน้ำ เมื่ออัตราการไหลในคลองสวนหมากลดลงน้อยกว่า 2 ลบ.ม./วินาที ซึ่งมาจากความสามารถในการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำที่ ปตร.ปลายคลอง จะทำการสูบน้ำเข้าทาง ปตร. บ้านสว่างอารมณ์ และระบายออกทาง ปตร. วัดพระบรมธาตุ เพื่อ ให้มีน้ำไหลเวียนอย่างน้อย 2 ลบ.ม./วินาที เพื่อป้องกันน้ำเน่าเสีย

โหมดที่ 2 โหมดเร่งระบายน้ำออกจากคลองสวนหมาก เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน โดยการเปิด ปตร. เต็มที่ (Full opening)

หลักเกณฑ์ในการจัดการ ปตร.ปลายคลองในโหมดที่ 1.1 1.2 และ 3 แสดงดัง รูปที่ 4.10-1



รูปที่ 4.10-1 กราฟแสดงหลักเกณฑ์ในการจัดการ ปตร.ปลายคลองในโหมดที่ 1.1 1.2 และ 3

1.เมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้งจะเริ่มปิดประตูเพื่อลดอัตราการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิงเพื่อให้มีน้ำเต็มตลิ่งตลอดช่วงฤดูแล้ง โดยอาจจะต้องมีการสูบน้ำจากแม่น้ำปิงกลับเข้ามาช่วยกรณีที่ปริมาณน้ำในคลองสวนหมากมีน้อยมากติดต่อกันเป็นเวลานาน และเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูฝนจะเปิดประตูเพื่อเร่งระบายน้ำจากคลองสวนหมากลงสู่แม่น้ำปิงโดยในช่วงฤดูน้ำหลากจะต้องเปิด ปตร.ปลายคลอง 100% การสูบน้ำจากแม่น้ำปิงเข้ามาเติมบริเวณปลายคลองสวนหมากจะใช้วิธีการสูบน้ำเข้าทาง ปตร.บ้านสว่างอารมณ์ แล้วระบายกลับลงสู่แม่น้ำปิงที่ ปตร.วัดพระบรมธาตุเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของน้ำอยู่ตลอดเวลาป้องกันไม่ให้เกิดน้ำ

เน่าเสียขึ้นในบริเวณช่วงปลายคลอง การสูบน้ำจะทำเป็นช่วง ๆโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ และการรักษาระบบนิเวศปลายคลอง ในการ Operate ปตร.ปลายคลอง สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งคือ ปัญหาคุณภาพน้ำและค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ โดยจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำบริเวณช่วงปลายของลำคลองสวนหมากนี้

2.การรักษาระดับน้ำบริเวณปลายคลองสวนหมากให้เต็มตลิ่ง เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและคุณภาพชีวิตของประชาชน 2 ฝั่งคลอง จะกำหนดจุดตรวจวัดน้ำที่จุด D กม.105+000 ตำบลนครชุม อำเภอเมืองกำแพงเพชร เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการปรับ ปตร.ปลายคลองเพื่อการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิงในช่วงฤดูแล้ง โดยมีหลักเกณฑ์เบื้องต้น คือ ถ้าระดับน้ำที่จุด D ต่ำกว่าระดับน้ำที่กำหนด เพื่อการรักษาระดับน้ำในคลองให้เต็มตลิ่ง จะเริ่มลดการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิง

3.ช่วงฤดูฝนการ operate จะเน้นการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิง โดยจะใช้ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำผ่านระบบฝายที่อยู่เหนือน้ำของ ปตร.ปลายคลอง นำมาวิเคราะห์ว่าควรจะเปิดประตู ปตร.ปลายคลอง 100% เมื่อไหร่

4.ต้องมีการสร้าง Rule curve สำหรับช่วยในการ operate ปตร. ปลายคลอง เช่นเดียวกับอ่างเก็บน้ำ โดยเฉพาะในช่วงสำคัญเช่น ช่วงเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้ง คือช่วงเก็บกักน้ำให้เต็มคลองและรักษาการไหลเวียนของน้ำเพื่อรักษาคุณภาพน้ำ ช่วงเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน คือช่วงลดการเก็บกัก หรือเร่งระบายน้ำออกจากปลายคลองเพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำ

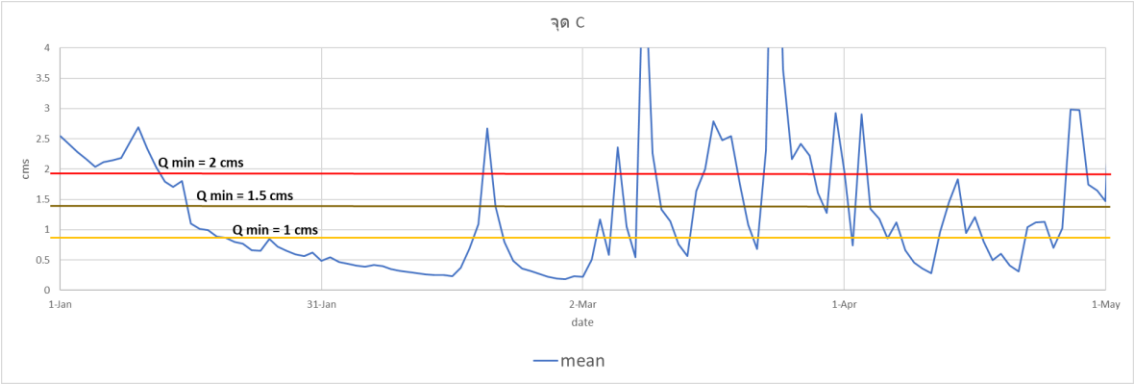
5.สร้าง operation curve การระบายน้ำผ่าน ปตร. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเปิดบาน อัตราการระบายน้ำ และระดับน้ำหน้า/หลัง บานระบาย เพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับเจ้าหน้าที่ชลประทานในการปิด เปิดบานให้ได้อัตราการไหลผ่านประตูระบายตามที่ต้องการ

4.10.2 หลักเกณฑ์การบริหารจัดการประตูระบายน้ำ

สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์ในการ Operate ประตูระบายปลายคลอง และเกณฑ์การสูบน้ำจากแม่น้ำปิง (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ช2) จากผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ช2 ทำให้สามารถกำหนดหลักเกณฑ์การบริหารจัดการประตูระบายน้ำโดยจะต้องทำการ Operate ประตูระบายปลายคลองออกเป็น 2 โหมด โหมดที่ 1 โหมดเก็บกัก และโหมดที่ 2 โหมดการระบายน้ำตามธรรมชาติ โหมดที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 โหมดย่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

โหมดที่ 1.1 โหมดเริ่มเก็บกัก จะทำการ Operate ปตร.ปลายคลองจากช่วงที่เริ่มต้นฤดูแล้ง (Dry Season) หรือ Q operate ที่ประมาณ 15 ลบ.ม./วินาที นั่นคือเมื่ออัตราการไหลลดลงจนอยู่ที่ 15 ลบ.ม./วินาที จะเริ่มทำการลดการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิงเพื่อรักษาระดับน้ำให้เต็มคลองในช่วงฤดูแล้ง

โหมดที่ 1.2 โหมดสูบน้ำ ทำการการสูบน้ำจากแม่น้ำปิงกลับสู่ลำน้ำคลองสวนหมากให้เกิดการไหลเวียนของน้ำเพื่อรักษาคุณภาพน้ำ และป้องกันน้ำเน่าเสีย จากความสามารถในการสูบน้ำของ ปตร.ปลายคลอง 3 ลบ.ม./วินาที โดยกำหนดให้ต้องมีอัตราการไหลขั้นต่ำ (Q min) 2 ลบ.ม./วินาที เพื่อรักษาคุณภาพน้ำ ผลการวิเคราะห์การสูบน้ำเมื่ออัตราการไหลของน้ำที่จุด C ต่ำกว่า 2 ลบ.ม./วินาที จะต้องทำการสูบน้ำเพื่อรักษาการไหลเวียนของน้ำขั้นต่ำด้วยอัตราการสูบ 3 ลบ.ม./วินาที จำนวน 9.5 ชั่วโมง/วัน เป็นเวลา 91 วัน คิดเป็นปริมาตรน้ำที่ต้องสูบ 103,245 ลบ.ม./วัน ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 4.10-1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการรักษาอัตราการไหลขั้นต่ำ 2.0 ลบ.ม./วินาที จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำสูงมาก ดังนั้นถ้าพิจารณาให้อัตราการไหลเวียนขั้นต่ำน้อยกว่า 2.0 ลบ.ม./วินาที เช่น 1.5 หรือ 1.0 ลบ.ม./วินาที จะสามารถลดปริมาตรน้ำที่ต้องสูบดังรูปที่ 4.10-2 และลดจำนวนชั่วโมงสูบน้ำลงได้มาก รายละเอียดการคำนวนการสูบน้ำแสดงอยู่ในตารางที่ 4.10-1 นอกจากนี้จะต้องมีการติดตั้งจุดวัดคุณภาพน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ประกอบการกำหนดแผนการสูบน้ำ กรณีที่มีปัญหาคุณภาพน้ำต้องมีมาตรการอื่นในการบำบัดน้ำ เช่น การเติมอากาศเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ในระยะยาวเทศบาลนครชุมและประชานชนสองฝั่งคลองต้องจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยน้ำลงสู่คลองสวนหมาก



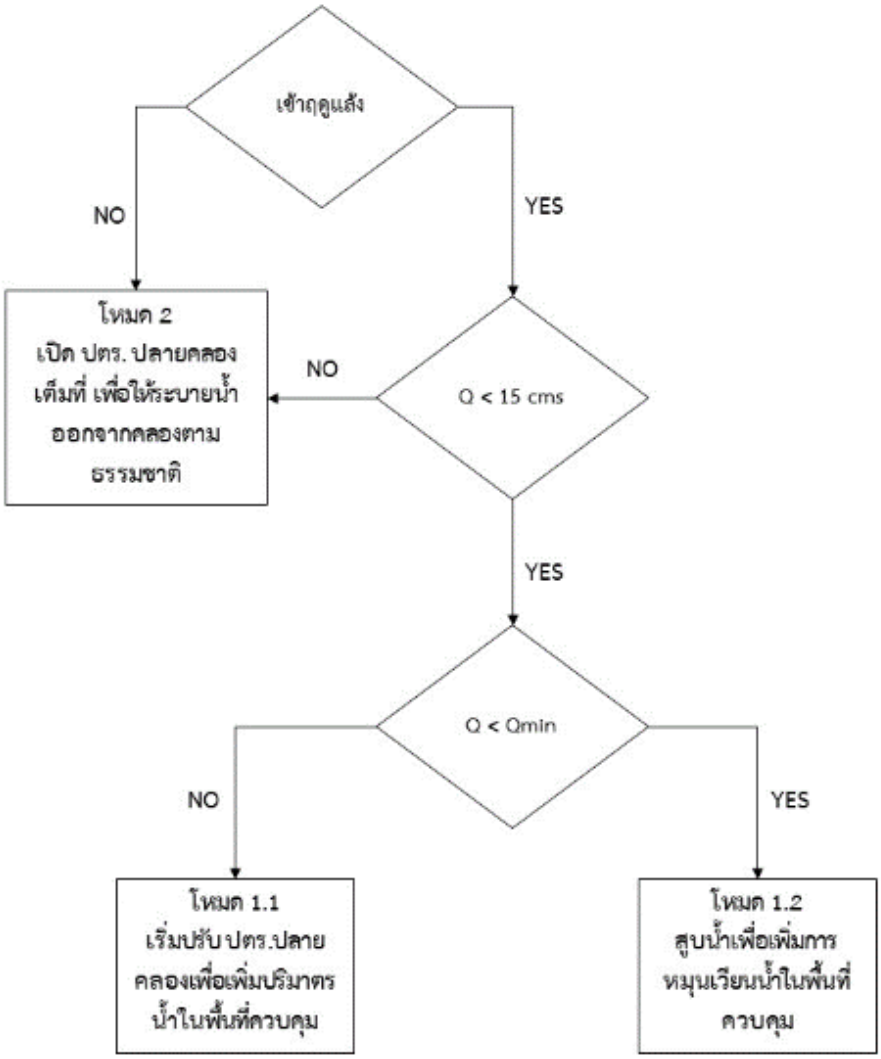
รูปที่ 4.10-2 กราฟแสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C ในช่วงที่ต้องมีการสูบน้ำกลับเพื่อรักษาระบบนิเวศที่อัตราการสูบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.10-1 สรุปอัตราการสูบน้ำ จำนวนวันที่ต้องสูบน้ำ และปริมาณน้ำที่ต้องสูบทั้งหมด

Q min (ลบ.ม./วินาที)	No. of pumping days	Q pump rate (ลบ.ม./วินาที)	Volume (ลบ.ม./วัน)	ชั่วโมงการสูบน้ำ/วัน
2.0	91	3	103,245	9.5
1.5	81	3	70,896	6.5
1.0	61	3	41,018	4

โหมดที่ 2 การระบายน้ำตามธรรมชาติ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะทำการเปิดประตูระบายปลายคลอง 100% เพื่อให้การระบายน้ำเป็นไปตามธรรมชาติ

Flow chart การ Operate ประตูระบายปลายคลอง และสถานีสูบน้ำแสดงอยู่ในรูปที่ 4.10-3



หมายเหตุ : Qmin คือ อัตราการไหลต่ำสุดเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในพื้นที่ควบคุม
โดยมีค่าเท่ากับ 2.0ลบ.ม./วินาที 1.5 ลบ.ม./วินาที และ1.0 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ 4.10-3 Flow chart การ Operate ประตูระบายปลายคลอง

บทที่ 5

สรุปและเสนอแนะ

5.1 สรุปสภาพทั่วไปและข้อมูลที่สำคัญของลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำย่อยลำดับก่อนสุดท้ายของลุ่มน้ำปิง ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง มีพื้นที่ประมาณ 1,213.4 ตารางกิโลเมตร หรือ758,395 ไร่ พื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำอยู่ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร พื้นที่อยู่เขตของ 14 ตำบล ใน 4 อำเภอ คือ ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ต.คลองน้ำไหล ต.สักงาม ต.โป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน ต.คลองแม่ลาย ต.นาบ่อคำ ต.ท่าขุนราม ต.นครชุม ต.ทรงธรรม อ.เมืองกำแพงเพชร ต.เพชรชมภู ต.ลานดอกไม้ตก ต.โกสัมพี อ.โกสัมพีนคร มีจำนวนประชากรประมาณ 65,000 คน เฉลี่ย 3 คน/ครัวเรือน ลุ่มน้ำคลองสวนหมากเป็นลุ่มน้ำที่อุดมไปด้วยผืนป่า พื้นที่ป่าตอนบนของลุ่มน้ำอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า และบางส่วนอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสนามเพรียง ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีพื้นที่ป่ามากกว่า 446,619 ไร่ หรือ 58.9% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ แม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำนี้คือคลองสวนหมากซึ่งมีความยาวทั้งสิ้น 110.4 กิโลเมตร เริ่มจากสันเขาสูงในเขต ต.ปางตาไว อ.ปางศิลาทอง ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า ไหลผ่านพื้นที่ราบตอนกลางและตอนล่างก่อนไหลลงสู่แม่น้ำปิงที่ ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร บริเวณตอนปลายของคลองสวนหมาก แม่น้ำแยกเป็นสองสาย สายที่หนึ่งไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดสว่างอารมณ์ และสายที่สองไหลลงแม่น้ำปิงที่วัดพระบรมธาตุ

เนื่องจากพื้นที่ตอนบนและพื้นที่ด้านทิศเหนือส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย และฝนที่ตกมีความเข้มสูง (High Intensity) ส่งผลให้เกิดปัญหาการกัดเซาะหน้าดิน (Soil Erosion) และพัดพาตะกอน (Sediment Transport) ลงสู่ลำน้ำคลองสวนหมาก **ปัญหาการกัดเซาะหน้าดินและการตกตะกอน (Erosion & Sedimentation) ถือเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก**

ฝนที่ตกลงในลุ่มน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย มีค่าประมาณ 1,259 มม./ปี หรือ 1,502 ล้าน ลบ.ม./ปี 87% ของฝนที่ตกลงในลุ่มน้ำตกในช่วงฤดูฝน เพียง 13% เป็นฝนที่ตกในช่วงฤดูแล้ง ฝนส่วนใหญ่จะ

สูญเสียกลับสู่บรรยากาศในกระบวนการระเหยและคายน้ำ เพียง 38.2% หรือ 575 ล้าน ลบ.ม/ปี จะกลายเป็นน้ำท่า และ 6.4% หรือ 96 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึมลงสู่ระบบน้ำใต้ดิน

พื้นที่ 35.3% ของลุ่มน้ำหรือประมาณ 267,515 ไร่ เป็นพื้นที่เพาะปลูก พืชหลักได้แก่มัน สำปะหลัง อ้อย ข้าวข้าวโพด ฯลฯ ถ้าพิจารณาว่าแรงงานที่ใช้ทำการเกษตรในลุ่มน้ำมาจาก 2 ใน 3 ของประชากรในลุ่มน้ำ จะมีแรงงาน 1 แรงต่อพื้นที่ 6 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ พื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ พื้นที่สูบน้ำจากคลองสวนหมาก และพื้นที่เกษตรน้ำฝนซึ่งคิดเป็นเปอร์เซนต์เท่ากับ 20.2, 4.6, 2.7 และ 72.5 ตามลำดับ พื้นที่ชลประทาน 54,061 ไร่ มีความต้องการน้ำเท่ากับ 158.26 ล้าน ลบ.ม./ปี พื้นที่รับประโยชน์ 12,270 ไร่ มีความต้องการน้ำเท่ากับ 32.15 ล้าน ลบ.ม/ปี และพื้นที่สูบน้ำ 7,197 ไร่ มีความต้องการน้ำเท่ากับ 13.55 ล้าน ลบ.ม/ปี รวมพื้นที่ทั้ง 3 ประเภทมีความต้องการน้ำจากแหล่งน้ำและคลองสวนหมากรวม 203.96 ล้าน ลบ.ม./ปี ถึงแม้ว่าคลองสวนหมากมีน้ำไหลตลอดปี แต่ช่วงปลายฤดูแล้งปริมาณน้ำในลำน้ำจะน้อยมาก โดยเฉลี่ย 96% ของน้ำท่าเกิดในช่วงฤดูฝน เพียง 4% เป็นน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง แหล่งน้ำหลักของลุ่มน้ำประกอบด้วย 7 อ่างเก็บน้ำ และ 6 ฝาย 7 อ่างเก็บน้ำได้แก่ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองไพร อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค อ่างเก็บน้ำหนองกอง อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก อ่างเก็บน้ำโป่งค่างและอ่างเก็บน้ำปู่เล็ก ทั้งหมดเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีความจุไม่มาก ส่วน 6 ฝายได้แก่ ฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายท่าระแนะ ฝายนาบ่อคำ และฝายท่ากระดาน อ่างและฝายมีความจุรวมกันประมาณ 23.09 ล้าน ลบ.ม. เท่านั้น ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความต้องการน้ำ นอกจากนี้ยังมีบ่อน้ำ สระน้ำ และบ่อน้ำตื้นอีกเป็นจำนวนมาก ประมาณว่าทั้งลุ่มน้ำบ่อน้ำและสระน้ำรวมกันมากถึง 4,520 แห่ง มีความจุรวม 10.72 ล้าน ลบ.ม. มีบ่อน้ำบาดาลที่ประชาชนเจาะนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 93 บ่อ ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมาใช้ประมาณ 1.2 ล้าน ลบ.ม./ปี

คลองสวนหมากช่วงต้นและช่วงกลางมีลักษณะลำน้ำที่มีความลาดชันสูงขณะที่ช่วงปลายน้ำระหว่างฝายท่ากระดานและแม่น้ำปิงมีความลาดชันน้อย ช่วงฤดูน้ำหลากน้ำป่าจะไหลบ่าอย่างรวดเร็วทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในหลายพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณฝายที่ไม่มีประตูระบายน้ำ เช่น ฝายหนองปิ้งไก่จะเกิดน้ำล้นตลิ่งได้ง่าย และหากไม่สามารถระบายน้ำลงแม่น้ำปิงได้ทันเนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำปิงสูง จะเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองนครชุมซึ่งตั้งอยู่ที่ปากคลองสวนหมาก

นอกจากนี้กรมชลประทานจึงได้จัดสรรงบประมาณปีพ.ศ.2559 - 2561 สำหรับการก่อสร้างประตูระบายปลายคลองสวนหมาก 2 แห่ง คือ ประตูระบายน้ำวัดสว่างอารมณ์ และประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเก็บกักน้ำในช่วงปลายคลอง ประตูระบายน้ำทั้งสองแห่งจะมีสถานีสูบน้ำขนาด 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีเป็นอาคารประกอบ เพื่อทำหน้าที่สูบน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าสู่คลองสวนหมากเพื่อช่วยให้คลองสวนหมากมีน้ำเพียงพอที่จะหล่อเลี้ยงลำคลองและชุมชนสองฝั่งคลอง สนับสนุนประชาชนในการประกอบอาชีพที่ต้องใช้น้ำ และเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมสำหรับนครชุมซึ่งเป็นเมืองเก่ามีประวัติศาสตร์และความเป็นมาที่น่าสนใจ ได้อย่างยั่งยืนต่อไป อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน (พ.ศ. 2565) การก่อสร้างประตูระบายน้ำทั้งสองแห่งยังคงไม่แล้วเสร็จ คาดว่าจะต้องใช้เวลาอีก 2-3 ปีจึงจะสร้างเสร็จ

5.2 สรุปปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา

ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก มีปัญหาที่เกี่ยวข้องการการบริหารจัดการน้ำที่สำคัญ 3 ประการคือ 1. ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินและการตกตะกอนในลำน้ำและแหล่งน้ำ 2.ปัญหาการขาดแคลนน้ำ 3. ปัญหาน้ำท่วม ซึ่งปัญหาทั้ง 3 ประการ มีความเชื่อมโยงและมีผลกระทบซึ่งกันและกัน และเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อวิถีชีวิตของคนในลุ่มน้ำ การชะล้างพังทลายของดินเกิดจากหน้าดินขาดการป้องกันที่เหมาะสม สภาพป่าที่ไม่สมบูรณ์ การเพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่ลาดชันที่ผู้ปลูกขาดความเข้าใจในการป้องกันหน้าดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ดินที่ถูกชะล้างจากพื้นที่ป่าหรือพื้นที่เพาะปลูกจะถูกน้ำพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำและทางน้ำตื้นเขิน การขุดลอกตะกอนออกจากแหล่งน้ำและทางน้ำต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงมาก แหล่งน้ำตื้นเขินส่งผลกระทบต่อสามารถเก็บกักน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่สามารถเอามาใช้ได้ลดลง และเพิ่มปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ ทางน้ำตื้นเขินส่งผลกระทบต่อความสามารถในการระบายน้ำในช่วงน้ำหลาก ทำให้น้ำล้นตลิ่งและเกิดปัญหาน้ำท่วม ดังนั้น การที่จะบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมากให้เกิดความยั่งยืน จำเป็นต้องเข้าใจปัญหาต่าง ๆ ให้ถ่องแท้ ทั้งในมิติของเวลาและสถานที่ ระดับความถี่และความรุนแรงของปัญหา และที่สำคัญปัจจัยสาเหตุแห่งปัญหานั้น

5.2.1 การชะล้างพังทลายของดินและการตกตะกอน (Soil Erosion and Sedimentation)

ผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินโดยสมการ ULSE พบว่าอัตราการชะล้างพังทลายของดินในงลุ่มน้ำคลองสวนหมาก มีค่าประมาณ 2,988,055 ตัน/ปี หรือ 3.94 ตัน/ไร่/ปี หรือ 1.5 มม./ปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) พื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายสูงกว่าค่าเฉลี่ยได้แก่พื้นที่ในเขต ต.คลองน้ำไหล และต.โป่งน้ำร้อน ซึ่งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้าเหนือฝายคลองสวนหมาก รวมถึงพื้นที่ทางด้านใต้คลองสวนหมากบริเวณ หมู่ 3 หมู่ 8 ต.โป่งน้ำร้อน อ. คลองลาน หมู่ 3 ต.นาบ่อคำ และหมู่ 9 ต.คลองแม่ลาย

ผลการจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-ตะกอน ด้วยแบบจำลอง SWAT พบว่าปริมาณตะกอนในคลองสวนหมากที่สถานี P.47 และ P.26A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 246,129 และ 380,053 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งผลการจำลองให้ค่าสอดคล้องกับผลการตรวจวัดตะกอนแขวนลอยที่ฝายท่ากระดาน ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2564-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ซึ่งประมาณว่ามีตะกอนไหลผ่านฝายท่ากระดานในช่วงดังกล่าว 281,815 ตัน และสุดท้ายได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณการตะกอนที่ตกทับถมหน้าฝายในคลองสวนหมากทั้ง 6 ฝาย จากแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model) ขนาด 5x5 ม. พบว่ามีปริมาตรตะกอนที่ตกทับถมหน้าฝายทั้ง 6 ในคลองสวนหมาก มีปริมาตรรวมกันประมาณ 548,663 ลบ.ม. โดยปริมาตรตะกอนหน้าฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ ฝายบ้านนาบ่อคำ และฝายท่ากระดาน มีค่าเท่ากับ 34,102, 171,158 75,684, 79,131, 42,689 และ 145,899 ลบ.ม. ตามลำดับ ถ้าไม่มีการขุดลอกตะกอนหน้าฝายในคลองสวนหมาก ปริมาตรตะกอนหน้าฝายจะเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ความสามารถในการเก็บกักน้ำและการระบายน้ำของคลองสวนหมากลดลง อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถประเมินออกมาได้ว่าแต่ละปีจะมีตะกอนมาตกเพิ่มเท่าใด ผลการสำรวจรูปตัดทางน้ำก่อนและหลังฤดูฝนจะช่วยให้สามารถประเมินอัตราการตกตะกอนหน้าฝายในแต่ละปีได้ แต่การวิเคราะห์ผลการสำรวจรูปตัดยังไม่แล้วเสร็จสมบูรณ์

ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาตะกอน

- ปรับเปลี่ยนวิธีการเตรียมแปลงปลูกมันสำปะหลังโดยเปลี่ยนจากการไถตามแนวความลาดชันเป็นแนวขวางความลาดชัน โดยเฉพาะบริเวณ ต.สักงาม อ. คลองลาน

- ปลูกหญ้าแฝกหรือไผ่บริเวณริมตลิ่งทางน้ำเพื่อป้องกันตลิ่งและดักตะกอนที่จะลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณริมตลิ่งคลองสวนหมากด้านท้ายฝายคลองสวนหมาก หมู่ 2 ต.โป่งน้ำร้อน อ.คลองลาน และบริเวณเหนือฝายหนองปิ้งไก่ หมู่ 17 ต.นาบ่อคำ อ.เมือง
- วางแผนการขุดลอกตะกอนหน้าฝายโดยเฉพาะ ฝายบ้านท่าเสากระโดง (ฝายของกรมทรัพยากรน้ำ) รวมทั้งในช่วงฤดูน้ำหลากต้องมีการวางแผนกำหนดเวลาเปิดบานประตูเพื่อทำการระบายทราย
- เพิ่มประตูระบายทรายที่ฝายหนองปิ้งไก่ เพื่อทำหน้าที่ระบายตะกอนทรายหน้าฝาย โดยรูปแบบอาจเป็นลักษณะฝายพับได้
- หาแนวทางการใช้ประโยชน์ทรายที่ตกทับถมหน้าฝาย
- ออกแบบบ่อดักตะกอนที่เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่และพฤติกรรมการตกตะกอน
- ใช้มาตรการอื่น ๆ ประกอบ เช่น การปลูกพืชคลุมดินหลังการเก็บเกี่ยว การปลูกหญ้าแฝก เป็นต้น

5.2.2 การขาดแคลนน้ำและการปรับปรุงการจัดการน้ำ (Water Shortage and Water Management Improvement)

ฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก มีค่าประมาณ 1,502 ล้าน ลบ.ม./ปี เป็นฝนที่ตกในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 87 และ 13 % ตามลำดับ เกิดเป็นน้ำท่า 575 ล้าน ลบ.ม/ปี และซึมลงสู่ระบบน้ำใต้ดิน 96 ล้าน ลบ.ม./ปี แหล่งเก็บกักน้ำผิวดินอันประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำ ฝายและสระน้ำมีความจุรวมกันเท่ากับ 33.81 ล้าน ลบ.ม.หรือประมาณ 6% ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยนในแต่ละปี ระบบน้ำใต้ดินในพื้นที่ตอนกลางค่อนไปทางตอนล่างของลุ่มน้ำมีศักยภาพค่อนข้างสูง 10-20 ลบ.ม./ชั่วโมง ปัจจุบันผู้ใช้น้ำได้มีการพัฒนานำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้เป็นแหล่งน้ำทางเลือกในการเพาะปลูก โดยการขุดเจาะบ่อน้ำใต้ดินแบบบ่อตื้น แต่ยังไม่มีตัวเลขที่แน่นอนว่ามีบ่อตื้นมากน้อยเท่าใด

ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีพื้นที่เพาะปลูกรวม 267,515 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ พื้นที่สูบน้ำจากคลองสวนหมาก และพื้นที่เกษตรน้ำฝนเท่ากับ 54,061, 12,272, 7,195 และ 193,987ไร่ ตามลำดับ พื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์ และพื้นที่สูบน้ำ ทั้ง 3 พื้นที่ มีพื้นที่รวมกัน

เท่ากับ 73,528 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั้งแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำทางเลือก มีความต้องการน้ำรวม 203.96 ล้าน ลบ.ม./ปี หรือประมาณ 2,774 ลบ.ม./ไร่/ปี ทั้ง 3 พื้นที่นี้คือพื้นที่เป้าหมายในการบริหารจัดการน้ำของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ขณะที่พื้นทีเกษตรน้ำฝน การเพาะปลูกใช้น้ำฝนเป็นหลัก แต่เกษตรกรบางรายอาจพัฒนาแหล่งน้ำทางเลือกเป็นสระน้ำ หรือบ่อน้ำตื้นขึ้นมาใช้ในการเพาะปลูก

แหล่งน้ำหลักในลุ่มน้ำประกอบด้วย 6 ฝาย ซึ่งได้แก่ฝายคลองสวนหมาก ฝายท่าเสากระโดง ฝายหนองปิ้งไก่ ฝายท่าระแนะ ฝายบ้านนาบ่อคำ และฝายท่ากระดาน และ 7 อ่างเก็บน้ำซึ่งได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองไพร อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค อ่างเก็บน้ำหนองกอง อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก อ่างเก็บน้ำโป่งค่างและอ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก

การบริหารจัดการน้ำของระบบฝาย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน 6 ฝายในคลองสวนหมาก พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านฝายคลองสวนหมาก ท่าเสากระโดง หนองปิ้งไก่ ท่าระแนะ นาบ่อคำ และท่ากระดาน มีค่าเท่ากับ 195.3, 228.4, 338.1, 352.8, 354.2 และ 441.3 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ ฝายทั้ง 6 ส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์รวม 54,079 ไร่ ซึ่งความต้องการน้ำของแต่ละฝายมีค่าเท่ากับ 45.3, 6.3, 17.5, 1.3, 4.8 และ 106.0 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ และความต้องการน้ำรวมของ 6 ฝาย มีค่าเท่ากับ 181.2 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายเพียงพอกับความต้องการน้ำ แต่เนื่องจากฝายแต่ละตัวมีความจุเก็บกักที่จำกัด เพียง 0.056-0.55 ล้าน ลบ.ม.เท่านั้น ประกอบกับปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีความแปรปรวนสูง การบริหารจัดการน้ำที่หัวงานเป็นฝายจึงมีข้อจำกัดเรื่องน้ำต้นทุนโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แต่ละฝายมีกลุ่มผู้ใช้น้ำทำหน้าจัดสรรน้ำจากฝายให้สมาชิกและดูแลบำรุงรักษาระบบกระจายน้ำของกลุ่ม แนวปฏิบัติในการบริหารจัดการน้ำระหว่างฝายเป็นแบบ “มาก่อนได้ก่อนหรือ First come first serve” กลุ่มที่อยู่ต้นน้ำจะผันน้ำจากฝายให้สมาชิกก่อน น้ำที่เหลือจึงระบายลงสู่ฝายถัดไป แต่กรณีที่พื้นที่ท้ายน้ำเกิดวิกฤติขาดน้ำระหว่างฤดูกาล กลุ่มท้ายน้ำสามารถประสานงานผ่านฝายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ขอให้กลุ่มฝายเหนือน้ำลดการใช้น้ำเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่ระบายลงสู่ฝายท้ายน้ำได้ ปัญหาสำคัญของการบริหารจัดการน้ำแบบมาก่อนได้ก่อนคือถ้าปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งน้อยกว่าปกติ หรือเกษตรกรปลูกพืชมากเกินกว่าน้ำต้นทุนที่มี กลุ่มฝายเหนือน้ำอาจผันน้ำไปใช้จนหมด จนทำให้กลุ่มฝายท้ายน้ำไม่ได้รับน้ำและเกิดผลผลิตเสียหายได้ จึงจำเป็นต้องให้

ข้อมูลแก่ผู้ใช้น้ำทุกฝ่ายถึงข้อจำกัดเรื่องน้ำต้นทุนและร่วมกันวางแผนการปลูกพืชในช่วงฤดูแล้ง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการขาดน้ำอันเกิดจากการปลูกพืชที่มากเกินไป อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำทางเลือก เช่นน้ำใต้ดินและสระน้ำจะสามารถลดความเสี่ยงในการขาดน้ำกรณีคาดการปริมาณน้ำผิดได้ จึงต้องมีการสำรวจเพื่อให้ทราบข้อมูลที่แน่นอนของปริมาณน้ำในแหล่งน้ำทางเลือกต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่ เพื่อนำมาใช้ประกอบการวางแผนการปลูกพืช

การบริหารจัดการน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำ

ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก มีอ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กจำนวน 7 แห่งได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองไพร อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค อ่างเก็บน้ำหนองกอง อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก อ่างเก็บน้ำโป่งค่างและอ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก มีความจุระหว่าง 0.26-14.358 ล้าน ลบ.ม. รวมความจุเก็บกักเท่ากับ 21.388 ล้าน ลบ.ม. แต่ละปีมีปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างประมาณ 63.7 ล้าน ลบ.ม./ปี สามารถส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์รวม 12,253 ไร่ การบริหารจัดการน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำมีข้อดีเหนือระบบฝาย 2 ประการ คือ (1) ระบบอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งเป็นเอกเทศ และ (2) คาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนได้แน่นอนกว่า ปัญหาสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำคือปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าอ่างจะลดความสามารถในการเก็บกักน้ำในแต่ละปี การขุดลอกตะกอนจากอ่างเก็บน้ำมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก จึงต้องศึกษาหาแนวทางที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติในการลดปริมาณตะกอนที่ตกทับถมในอ่างเก็บน้ำ และอ่างเก็บน้ำ 6 ใน 7 แห่ง มีความจุน้อย ไม่เกิน 3 ล้าน ลบ.ม. จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการปลูกข้าวหรือพืชไร่ที่ใช้น้ำมาก การให้ความรู้เกี่ยวกับพืชที่ใช้น้ำน้อย และการใช้น้ำอย่างประหยัด เป็นประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ต้องมีการสำรวจเพื่อให้ทราบข้อมูลที่แน่นอนของปริมาณน้ำในแหล่งน้ำทางเลือกต่าง ๆ ในพื้นที่ของอ่างแต่ละแห่ง เพื่อนำมาใช้ประกอบการวางแผนการปลูกพืช

ผลการจำลองสมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT-MIKE Hydro Basin เพื่อวิเคราะห์สภาวะการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ชลประทาน พื้นที่รับประโยชน์และพื้นที่สูบน้ำ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ในส่วนของพื้นที่ชลประทาน 54,061 ไร่ พื้นที่ชลประทานฝั่งขวาตอนล่างในเขตลุ่มน้ำย่อยท่าระแนะและฝั่งซ้ายตอนบนในเขตลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง 1 ของฝายคลองสวนหมาก รวม 9,564 ไร่ หรือ

18% ของพื้นที่ชลประทานทั้งหมด ไม่มีการขาดแคลนน้ำ พื้นที่ชลประทานฝั่งขวาตอนบนในเขตลุ่มน้ำย่อยเสากระโดง 1 และฝั่งซ้ายตอนล่างในเขตลุ่มน้ำย่อยเสากระโดง 2 ของฝายคลองสวนหมากและอ่างเก็บน้ำคลองไพร รวม 11,141 ไร่ หรือ 21% ของพื้นที่ชลประทานทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับน้อย (<10%) พื้นที่ชลประทานฝั่งซ้ายของฝายท่ากระดานในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่คร้อและคลองสวนหมากตอนล่าง 2 รวม 17,446 ไร่ หรือ 32% ของพื้นที่ชลประทานทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับปานกลาง (10-30%) และพื้นที่ชลประทานฝั่งขวาของฝายท่ากระดาน รวม 15,910 ไร่ หรือ 29% ของพื้นที่ชลประทานทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับมาก (>30%) รวมมีการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ชลประทานเฉลี่ย 33.178 ล้าน ลบ.ม./ปี หรือ 613 ลบ.ม./ไร่/ปี การขาดแคลนน้ำส่วนใหญ่เกิดในช่วงฤดูแล้ง และช่วงฝนทิ้งช่วงในเดือนสิงหาคม

ในส่วนของพื้นที่รับประโยชน์ 12,272 ไร่ พื้นที่รับประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำปู่เล็ก ฝายท่าเสากระโดง บางส่วนของฝายหนองปิ้งไก่ตอนบน รวม 4,259 ไร่ หรือ 35% ของพื้นที่รับประโยชน์ทั้งหมด ไม่มีการขาดแคลนน้ำ พื้นที่รับประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำโป่งค่าง และบางส่วนของฝายหนองปิ้งไก่ตอนล่าง รวม 6,304 ไร่ หรือ 51% ของพื้นที่รับประโยชน์ทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับน้อย (<10%) พื้นที่รับประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำหนองกอง 1,381 ไร่ หรือ 11% ของพื้นที่รับประโยชน์ทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับปานกลาง (10-30%) และพื้นที่รับประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก รวม 328 ไร่ หรือ 3% ของพื้นที่รับประโยชน์ทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับมาก (>30%) รวมมีการขาดแคลนน้ำในพื้นที่รับประโยชน์เฉลี่ย 1.680 ล้าน ลบ.ม./ปี หรือ 136 ลบ.ม./ไร่/ปี และการขาดแคลนน้ำเกิดในช่วงฤดูแล้งและช่วงฝนทิ้งช่วงในเดือนสิงหาคมเช่นเดียวกับพื้นที่ชลประทาน

ในส่วนของพื้นที่สูบน้ำจากคลองสวนหมาก 7,195 ไร่ พื้นที่สูบน้ำฝั่งซ้ายใต้ฝายคลองสวนหมากในเขตลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง 1และพื้นที่สูบน้ำใต้ฝายท่าเสากระโดงในเขตหนองปิ้งไก่และ รวม 1,844 ไร่ หรือ 26% ของพื้นที่สูบน้ำทั้งหมด ไม่มีการขาดแคลนน้ำ พื้นที่สูบน้ำฝั่งซ้ายใต้ฝายคลองสวนหมากในเขตลุ่มน้ำย่อยท่าเสากระโดง 2 พื้นที่สูบน้ำใต้ฝายหนองปิ้งไก่ และพื้นที่สูบน้ำฝั่งขวาใต้ฝายท่ากระดานในเขตลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 1 รวม 4,466 ไร่ หรือ 62% ของพื้นที่สูบน้ำทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับน้ำน้อย พื้นที่สูบน้ำฝั่งซ้ายใต้ฝายคลองสวนหมากเหนือจุดบรรจบของของคลองคะยุค พื้นที่สูบน้ำฝั่งขวาใต้ฝายนาบ่อคำในเขตคลองแม่ลาย รวม 709 ไร่ หรือ 10% ของพื้นที่สูบน้ำทั้งหมด มี

การขนาดแคลนน้ำระดับปานกลาง พื้นที่สูบน้ำฝั่งขวาใต้ฝายท่ากระดานใกล้สถานี P.26A และพื้นที่สูบน้ำฝั่งซ้ายใต้ฝายท่ากระดานในเขตลุ่มน้ำย่อยคลองสวนหมากตอนล่าง 2 รวม 176 ไร่ หรือ 2% ของพื้นที่สูบน้ำทั้งหมด มีการขาดแคลนน้ำระดับมาก รวมมีการขาดแคลนน้ำในพื้นที่สูบน้ำเฉลี่ย 0.788 ล้าน ลบ.ม./ปี หรือ 108 ลบ.ม./ไร่/ปี และการขาดแคลนน้ำเกิดในช่วงฤดูแล้งและช่วงฝนทิ้งช่วงในเดือนสิงหาคม เช่นเดียวกับพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์

เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ที่มีระบบกระจายน้ำให้เกิดความสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานของน้ำในพื้นที่ และส่งเสริมให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โครงการวิจัยได้พัฒนาระบบจัดสรรน้ำและประเมินผลการส่งน้ำตามเวลาจริง (intelligent Water Allocation Scheduling And Monitoring หรือ iWASAM) เพื่อให้โครงการชลประทานกำแพงเพชรใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำที่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ในการบริหารจัดการน้ำสำคัญ

iWASAM เป็นระบบที่มีทั้งฮาร์ทแวร์และซอฟท์แวร์ ส่วนของฮาร์ทแวร์ที่สำคัญคือ (1) สถานีตรวจวัดอากาศ และ (2) สถานีตรวจวัดน้ำ ในปีที่ 1 ได้มีการติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศ 4 สถานี และสถานีตรวจวัดน้ำ 8 สถานี ในปีที่ 2 จะมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเพิ่ม ส่วนของซอฟท์แวร์ที่สำคัญคือ (1) โปรแกรมรับส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดน้ำขึ้นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (2) Application Programming Interface (API) เพื่อดึงข้อมูลเกี่ยวกับสภาพพืชในพื้นที่จาก Weather Based Irrigation Scheduling Service (IrriSAT) และผลการพยากรณ์อากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD API) (3) โปรแกรมประมวลแบบคลาวด์คอมพิวติ้ง iWASAM จะช่วยให้เจ้าหน้าที่ชลประทานและผู้ใช้น้ำทราบความต้องการน้ำตามเวลาจริงของพื้นที่ รู้ปริมาณน้ำต้นทุนที่มี รู้ปริมาณน้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกในแต่ละวันว่าปริมาณน้ำที่ส่งเพียงพอ มากหรือน้อยเกินไป เพื่อให้เจ้าหน้าที่และกลุ่มผู้ใช้น้ำสามารถปรับการจัดสรรและควบคุมการส่งน้ำให้เหมาะสม และเมื่อสิ้นฤดูกาล iWASAM จะช่วยสรุปผลสัมฤทธิ์ในการส่งน้ำของแต่ละพื้นที่ เพื่อให้โครงการชลประทานกำแพงเพชรและกลุ่มผู้ใช้น้ำใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการปลูกพืชและการจัดสรรน้ำในฤดูกาลถัดไป คู่มือการใช้โปรแกรม iWASAM สามารถดูได้ที่ภาคผนวก ฉ6

ผมสัมฤทธิ์ในการส่งน้ำฤดูฝน ปี 2564 และฤดูแล้ง ปี 2564/2565 สำหรับพื้นที่ชลประทานฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของคลองสวนหมาก พื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำคลองไพร และพื้นที่รับประโยชน์จากแตรที่รับน้ำจากฝายหนองปิ้งไก่ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ประสิทธิภาพการชลประทาน ในฤดูฝนมีค่า 12.2% – 26.7% และในฤดูแล้งมีค่า18.2% – 54.1%
- ผลผลิตเทียบเป็นข้าว ในฤดูฝน 631 – 1,004 กก./ไร่ และในฤดูแล้ง 600 – 972 กก./ไร่
- ผลิตภาพน้ำ ในฤดูฝน 1.33-12.79 บาท/ลบ.ม.และในฤดูแล้ง 1.72-7.21 บาท/ลบ.ม.

โดยการวิเคราะห์หาผลผลิตเทียบเป็นข้าวแสดงดังภาคผนวก ฉ5 และรายละเอียดการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังภาคผนวก ฉ7

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ประสิทธิภาพชลประทานอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการส่งน้ำยังไม่สอดคล้องกับความต้องการจริง ในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทาน เสนอแนะว่าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และกลุ่มผู้ใช้น้ำ ต้องใช้นำผลการประเมินของ iWASAM มาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงการส่งน้ำ โดยให้ความสำคัญกับการปรับประตูน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการมากขึ้น ปัจจุบันประตูน้ำที่ส่งน้ำเข้าพื้นที่เพาะปลูกเกือบทั้งหมดอยู่ในความรับผิดชอบของกลุ่มผู้ใช้น้ำ ซึ่งยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับการปรับบานประตูให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำจริง ในปีที่ 3 ของโครงการวิจัยนี้จะมีการพัฒนาทดลองใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมในการปิด-เปิด บานประตู เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการควบคุมน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการ

นอกจากนี้ยังพบว่ามีการขาดแคลนน้ำในหลายพื้นที่ แนวทางการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำงานวิจัยในปีถัดไปมีแผนการพัฒนาต้อนแบบการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำเพิ่มดังนี้

(1) แผนการใช้โครงการสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่นาบ่อคำเป็น “ต้นแบบการใช้น้ำอย่างประหยัด” โดยกระบวนการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำต้นทุนและระบบกระจายน้ำ
(2) พัฒนาต้นแบบการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน และสระเก็บน้ำ โดยจะมีการพัฒนาระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้

และเพื่อสนับสนุนให้มีการใช้ระบบ iWASAM อย่างจริงจังและยั่งยืนต่อไป จะมีกิจกรรมเกี่ยวกับ iWASAM ต่อเนื่องดังนี้

- จัดอบรมการใช้โปรแกรม iWASAM ให้กับผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ดำเนินการปีที่ 2)
- จัดอบรมการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือให้กับเจ้าหน้าจากกรมชลประทานในพื้นที่ (ดำเนินการปีที่ 2)
- สร้างสถานีสำรอง สำหรับใช้ในกรณีที่สถานีไม่สามารถซ่อมแซมได้ (ดำเนินการปีที่ 3/ หรือโครงการตั้งแผนฯในการจัดสร้าง)
- เสนอประมาณการงบประมาณให้กับโครงการชลประทานกำแพงเพชรเพื่อจัดสรรงบประมาณในการดูแลและบำรุงรักษาระบบฯ ประจำปี

พร้อมทั้งมีแผนการต่อยอดงานวิจัยกับพื้นที่อื่น ๆ ดังนี้

- จัดอบรมเสนอระบบ iWASAM ให้กับโครงการชลประทานอื่น ๆ (ดำเนินการปีที่ 2)
- อบรมการสร้างสถานีตรวจวัดอากาศและตรวจน้ำอัตโนมัติให้กับกรมชลประทานและหน่วยงานรัฐอื่น ๆ ทุก ๆ ปี

5.2.3 ปัญหาน้ำท่วมและแนวทางการบรรเทา (Flooding Problem and Mitigation Approach)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมจากผลการจำลองการระบายน้ำของคลองสวนหมากด้วยแบบจำลอง Mike 11 ข้อมูลน้ำท่วมของ GISTDA ช่วงปี 2548-2560 และผลการสำรวจพื้นที่น้ำท่วม พบว่า พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำคลองสวนหมากมี 4 พื้นที่คือ (1) พื้นที่ลุ่มต่ำท้ายฝายคลองสวนหมากทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาในเขตตำบลสักงามและตำบลคลองลาน มีพื้นที่ 610 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (2) พื้นที่ลุ่มต่ำฝั่งขวาเหนือฝายหนองปิ้งไก่ ในเขตตำบลแม่นารี มีพื้นที่ 460 ไร่ ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่อยู่อาศัยบางส่วนของชุมชนหนองปิ้งไก่ (3) พื้นที่เพาะปลูกฝั่งซ้ายของฝายท่ากระดานตามแนวคลอง 1 ซ้าย มีพื้นที่ 600 ไร่ ปัจจุบันคลอง 1 ซ้ายของฝายท่ากระดานไม่มีประตูระบาย

ปากคลอง และ (4) พื้นที่ลุ่มต่ำสองฝั่งคลองแม่ครัวเหนือจุดบรรจบคลองสวนหมาก ซึ่งมีสภาพเป็นแอ่งกระทะ ผลการจำลองด้วย Mike 11 พบว่ามีพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมประมาณ 19,690 ไร่ ในเขตตำบลท่าขุนรามและตำบลนครชุม อย่างไรก็ตามสภาวะน้ำท่วมในลุ่มน้ำคลองสวนหมากจะเกิดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เพียง 1-3 วันเท่านั้น ดังนั้นความเสียหายจึงไม่รุนแรงมากนัก

ข้อเสนอแนะในการแก้ไขน้ำและบรรเทาปัญหาน้ำท่วม

ข้อเสนอแนะในการแก้ไขน้ำและบรรเทาปัญหาน้ำท่วม ได้แก่ (1) พื้นที่เกษตรกรรมที่เสี่ยงต่อการถูกน้ำท่วม เช่น พื้นที่ท้ายฝายคลองสวนหมาก พื้นที่ฝั่งซ้ายฝายท่ากระดานตามแนวคลอง 1 ซ้าย พื้นที่ 2 ฝั่งของคลองแม่ครัวก่อนจุดบรรจบคลองสวนหมาก ต้องปรับระบบการปลูกพืชให้สอดคล้องกับสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ทั้งในด้านระยะเวลาการปลูก ชนิดพืชเพาะปลูก (2) พื้นที่น้ำท่วมบริเวณปลายคลองแม่ครัว ซึ่งอยู่ห่างจากแม่น้ำปิงไม่มากสามารถขุดคลองผันน้ำเพื่อระบายน้ำลงแม่น้ำปิงโดยตรง (Bypass) (3) พื้นที่น้ำท่วมฝั่งขวาด้านเหนือน้ำฝายหนองปิ้งไก่ จะต้องมีการสำรวจแนวทางการป้องกันตลิ่งโดยสร้างคันกั้นน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำท่วมบริเวณตำบลแม่นารี ขณะเดียวกันแนวคิดในการระบายตะกอนที่ฝายหนองปิ้งไก่ โดยใช้ฝายพับได้อาจจะช่วยลดปัญหาน้ำท่วมบริเวณพื้นที่นี้ได้ เนื่องจากจะช่วยลดปัญหาการตื้นเขินของลำน้ำคลองสวนหมากอันมีสาเหตุมาจากตะกอนทับถม (4) จัดให้มีระบบเตือนภัยน้ำท่วมโดยอาศัยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

5.2.4 การบริหารประตูระบายปลายคลอง (Tail Regulator Operation and Management)

กรมชลประทานมีแผนการก่อสร้างประตูระบายปลายคลองสวนหมาก 2 แห่ง แห่งที่ 1 คือ ประตูระบายปลายคลองที่บ้านสว่างอารมณ์ ซึ่งอยู่ในคลองสวนหมากสายหลัก และแห่งที่ 2 คือประตูระบายปลายคลองที่วัดพระบรมธาตุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ท้ายน้ำ ใช้เป็นแหล่งเก็บกักน้ำสำหรับฤดูแล้ง ส่งเสริมการท่องเที่ยว ใช้เป็นสถานที่ศึกษาเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและวิถีชีวิตชาวปลายคลอง โดยออกแบบประตูระบายปลายคลองให้มีทั้งประตูระบายน้ำและสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ซึ่งสามารถปิดประตูเพื่อเก็บกักน้ำไว้ในคลองสวนหมากช่วงปลายฤดูฝนและสามารถสูบน้ำจาก

แม่น้ำปิงเข้ามาเติมคลองสวนหมากให้มีน้ำเพียงพอตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โครงการมีปัญหาการดำเนินการล่าช้ากว่าแผนที่กำหนด แต่คาดว่าการก่อสร้างจะเริ่มในปี พ.ศ.2566

เพื่อให้ประตูระบายปลายคลองทำหน้าที่สมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงเสนอแนะแนวทางการบริหารประตูระบายปลายคลองทั้ง 2 แห่ง ตามปริมาณน้ำที่ไหลในคลองสวนหมากโดยแบ่งการการปฏิบัติการ (Operation) ออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดที่ 1 เก็บกักน้ำ (Storage Mode) และโหมดที่ 2 เร่งระบายน้ำ (Full Release Mode) โหมดที่ 1 คือ โหมดที่เริ่มปิดประตูระบายปลายคลองทั้งสองแห่งเพื่อเก็บกักน้ำไว้ในคลองสวนหมาก จะเริ่มเมื่ออัตราการไหลของน้ำในคลองสวนหมากที่ฝายท่ากระดานช่วงปลายฤดูฝนถึงช่วงต้นฤดูแล้ง ลดลงเหลือ 15 ลบ.ม./วินาที และเมื่ออัตราการไหลลดลงต่ำกว่า 2 ลบ.ม./วินาที ทำการสูบน้ำเข้าทาง ประตูระบายปลายคลองบ้านสว่างอารมณ์ แล้วปล่อยให้น้ำไหลลงสู่แม่น้ำปิงทางประตูระบายวัดพระบรมธาตุ เพื่อ ให้มีน้ำไหลเวียนอย่างน้อย 2 ลบ.ม./วินาที เพื่อป้องกันน้ำเน่าเสีย โหมดที่ 2 คือ โหมดเร่งระบายน้ำออกจากคลองสวนหมากลงสู่แม่น้ำปิงโดยการเปิดประตูระบายพ้นน้ำเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน

บรรณานุกรม

กรมชลประทาน (2562) รายงานการศึกษาโครงการเบื้องต้น (Reconnaissance Study Report) โครงการอ่างเก็บน้ำคลองสวนหมาก ตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร. ส่วนวางโครงการที่ 1. สำนักบริหารโครงการ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรมชลประทาน.

กรมทรัพยากรธรณี. (2550). แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกำแพงเพชร.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2543). การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพ: กระทรงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). การชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion Map) ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

เกศวรา, สมชาย, วราวุธ และคณะ. (2560). การประเมินระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีโดยการใช่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Soil Erosion Severity Assessment of Lam Pachi Basin Using Geographic Information System).

จีระนันท์ ห้วยหงส์ทอง และชนัตถ์นิธิป เอกธนินท์ธร (2562). การประยุกต์ IrriSAT เพื่อวางแผนในการจัดส่งน้ำชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน. โครงงานวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 42น.

ฉัตรชัย ทองปอนด์ (2547). การแสดงผลแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ (พื้นที่ศึกษา: ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร) ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์หรรษา วัฒนานุกิจ, 179 หน้า

ณัฐธชยาน์ นามอินทร์ เกศวรา สิทธิโชค และชูพันธุ์ ชมพูจันทร์ (2562) การประมาณค่าประสิทธิ์ภาพการใช้น้ำของพืช (Kc) ของข้าวนาหว่านน้ำตรมโดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายช่วงเวลา. การประชุมวิชาการ ThaiCID กรมชลประทาน ปากเกร็ด. 199-133.

นิพนธ์. (2545). แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Mathematical Models of Soil Erosion and Sediment Pollution in Watershed).

ปราโมท พลพณะนาวี (2554). “หลักการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน” การจัดการความรู้ตามแผนการจัดการความรู้เพื่อสนับสนุนประเด็นยุทธศาสตร์กรมชลประทานประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2554. คณะทำงานสร้างความรู้ตามแผนการจัดการความรู้ สำนักชลประทานที่ 8

พิณทิพย์. (2546). การประยุกต์ใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) ในพื้นที่ลุ่มน้ำ Universal Soil Loss Equation (USLE) Aplication in Watershed Area

รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช (2564).สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดกำแพงเพชร.

สุภาสพงษ์ รู้ทำนอง (2559). “การวิเคราะห์บริบทเชิงพื้นที่ของพื้นที่น้ำท่วมและน้ำท่วมซ้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จังหวัดกำแพงเพชร”. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่1).

สลิลา เอี่ยมอิทธิพล อัญชลี สุทธิประการ และเอิบ เขียวรื่นรมย์ (2554)“การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดเขตการใช้ที่ดินพืชเศรษฐกิจในจังหวัดอุตรดิตถ์”. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน.Retrieved from http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/index_th.htm

Brook, M.L., 2003. Effects of increased soil nitrogen on the dominance of alien annual plants in the Mojave Desert. J Apol Ecol 40: 344-353.

García-Fayos, P., M. T. Recatala, A. Cerdá and A. Calvo. 1995. Seed population dynamics on badland slopes in SE Spain. J Veg Sci 6: 691-696.

Hornbuckle, J., Vleeshouwer, J., Ballester, C., Montgomery, J., Hoogers, R. and R. Bridgart (2016), IrriSAT Technical Reference, Deakin University, Centre for Regional and Rural Futures, CSIRO Land & Water and NSW Department of Primary Industries. doi:https://irrisat-cloud.appspot.com/doc/IrriSAT_Technical_Reference.pdf

Morgan, R. P. C. 1995. Soil erosion and conservation. Longman, UK.

Nearing, M. A., V. Jetten, C. Baffaut, O. Cerdan, A. Couturier, M. Hernandez, V. Souchere and K. Van Oost. 2005. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. Catena 61: 131-154.

Somchai, D. 2009. Hydraulic performance analysis of vetiver grass system for soil and water conservation on steep slope areas. Asian Institute of Technology. School of Engineering and Technology. Thailand.

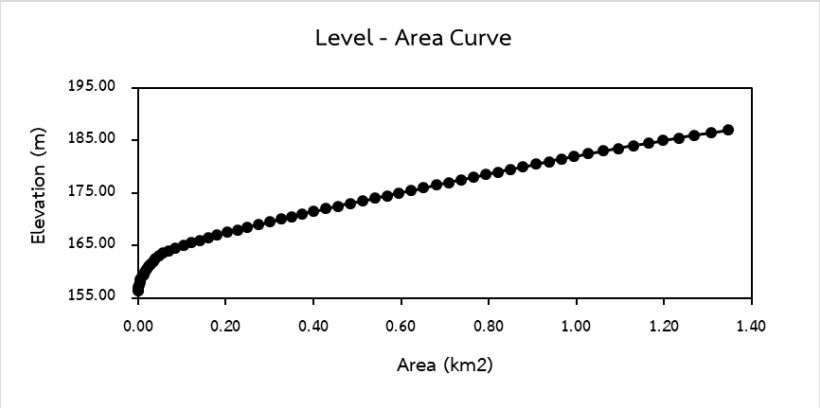
Sui, Y., X. Liu, J. Jin, S. Zhang, X. Zhang, S. J. Herbert and G. Ding. 2009. Differentiating the early impacts of topsoil removal and soil amendments on crop performance/productivity of corn and soybean in eroded farmland of Chinese Mollisols. Field Crop Res 111: 276-283.

Trout T.J., Johnson L.F. (2007) Estimating crop water use from remotely sensed NDVI, Crop Models and Reference ET. USCID Fourth International Conference on Irrigation and Drainage, The Role of Irrigation and Drainage in a sustainable Future, Eds. Clemmens, A.J., Anderson, S.S., Sacramento, California, October 3-6, 2007.

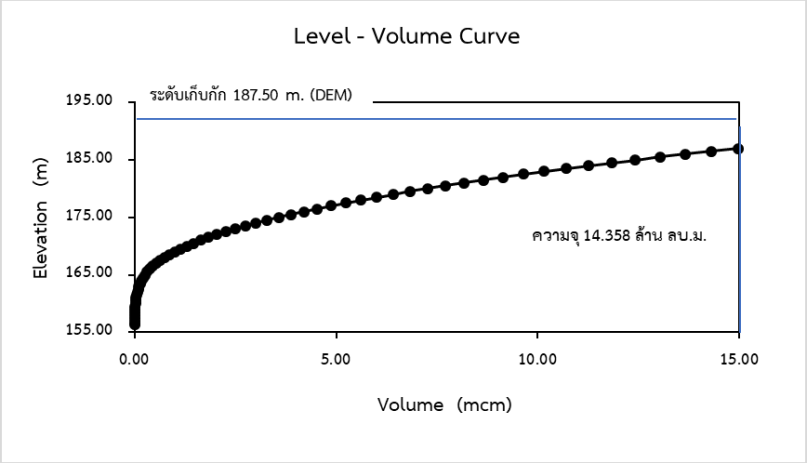
Ward, D., K. Feldman and Y. Avni. 2001. The effects of loss erosion on soil nutrients, plant diversity and plant quality in Negev desert waids. J Arid Environ 48: 461-473. Young. 1997. Agroforestry for soil management. Walingford, UK.

ภาคผนวก

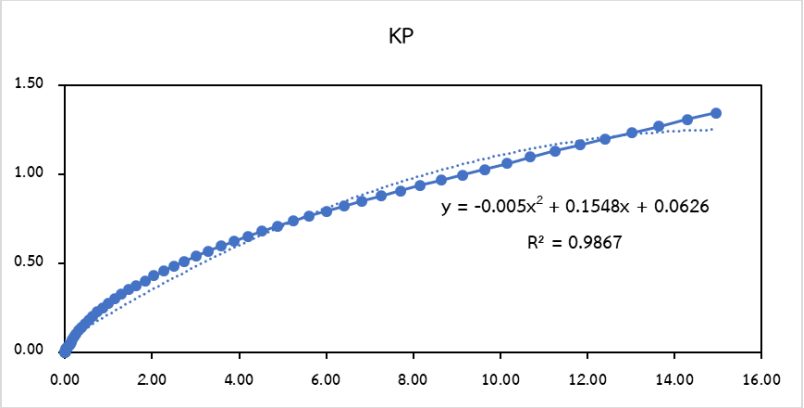
ภาคผนวก ก1
โค้งความจุของอ่างเก็บน้ำและฝายทดน้ำ



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

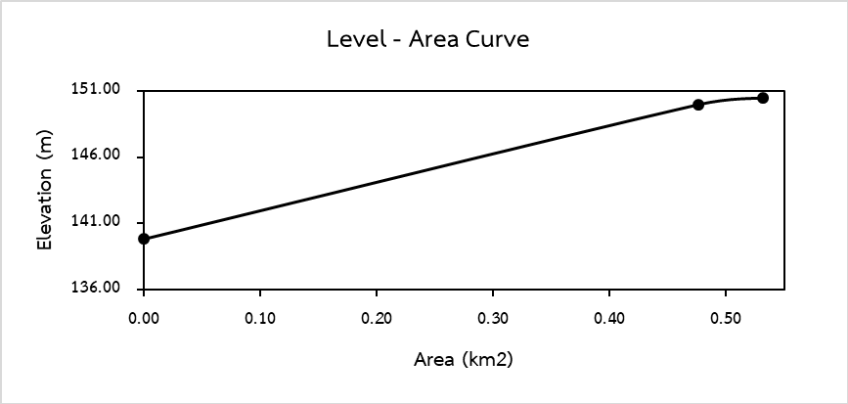


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

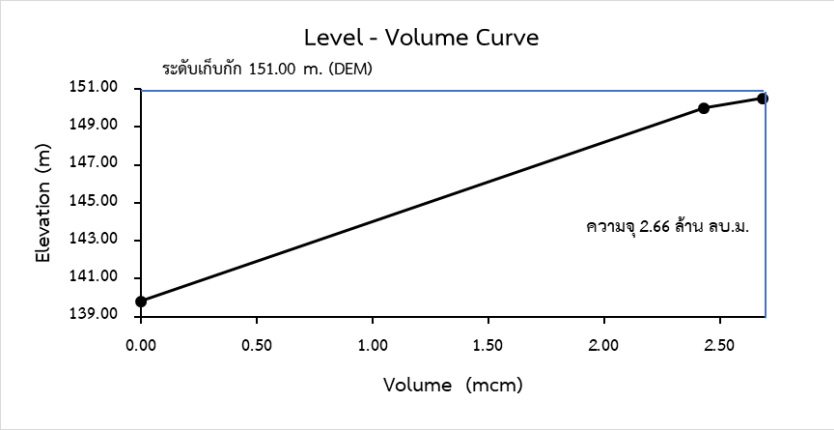


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

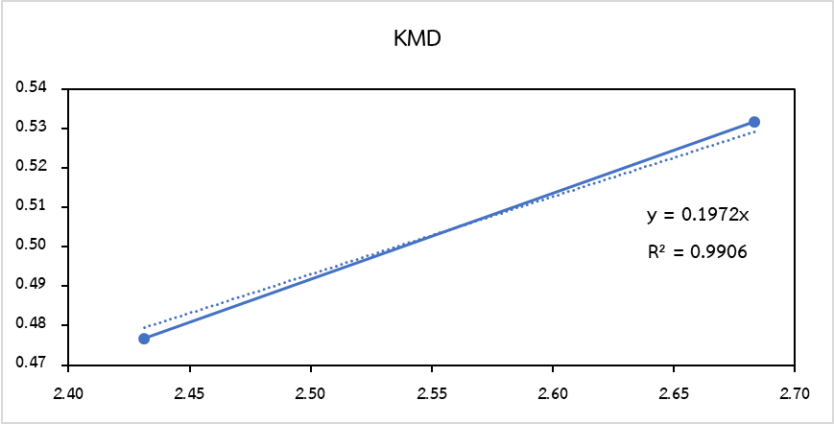
รูปภาคผนวกที่ ก1-1 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำคลองไพร



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

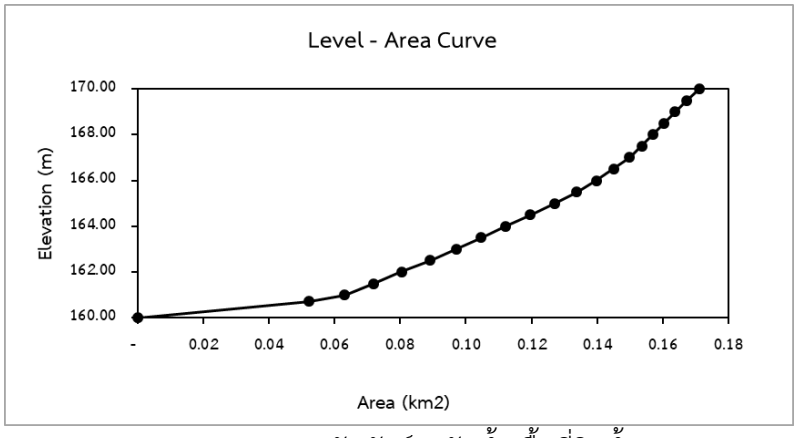


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

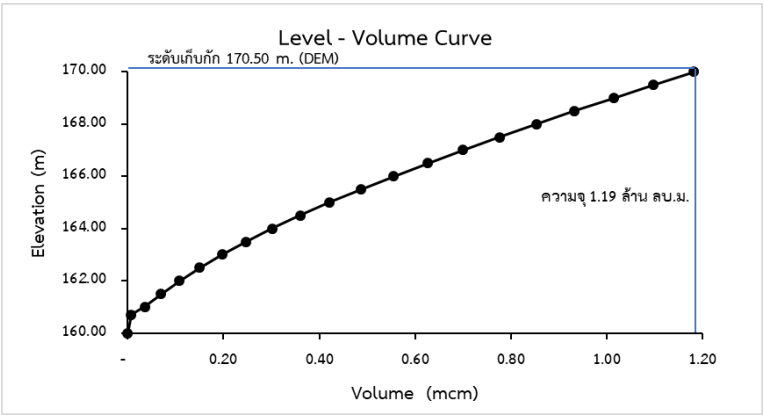


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

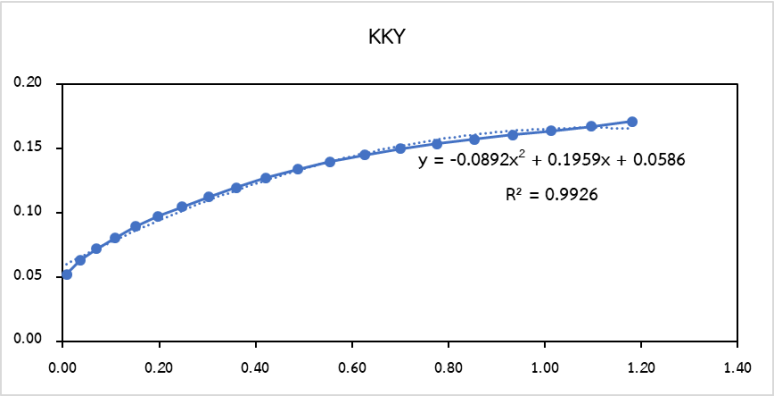
รูปภาคผนวกที่ ก1-2 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

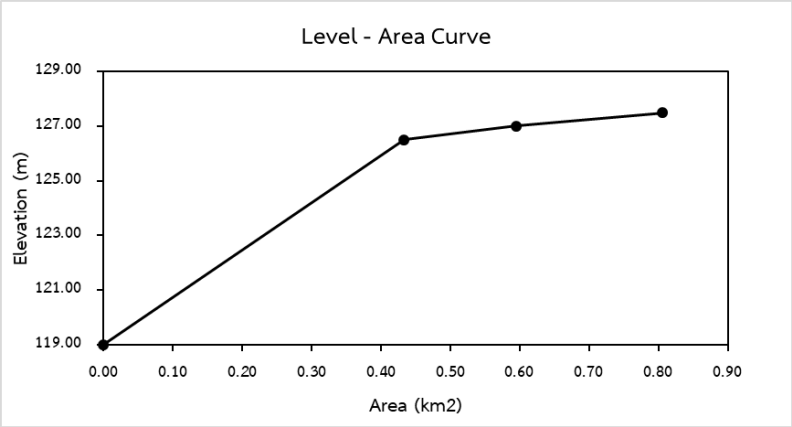


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

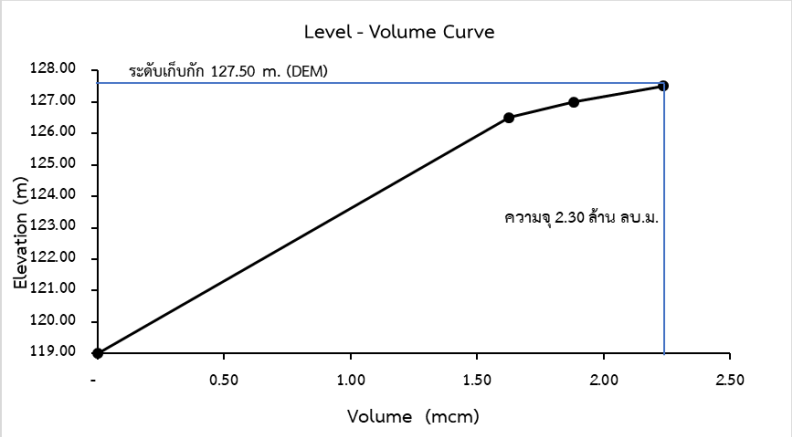


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

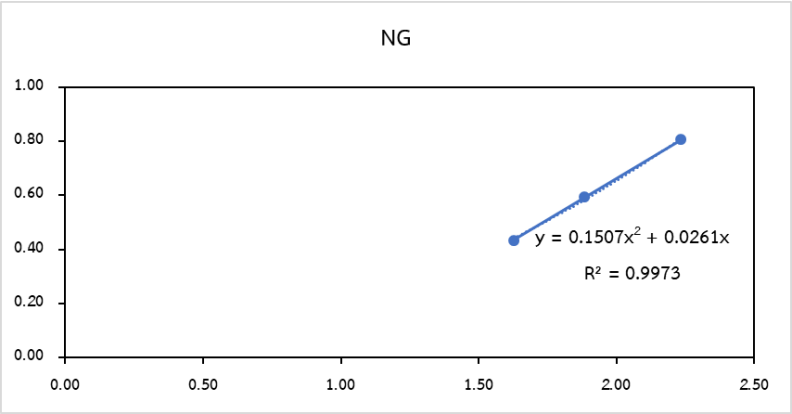
รูปภาคผนวกที่ ก1-3 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

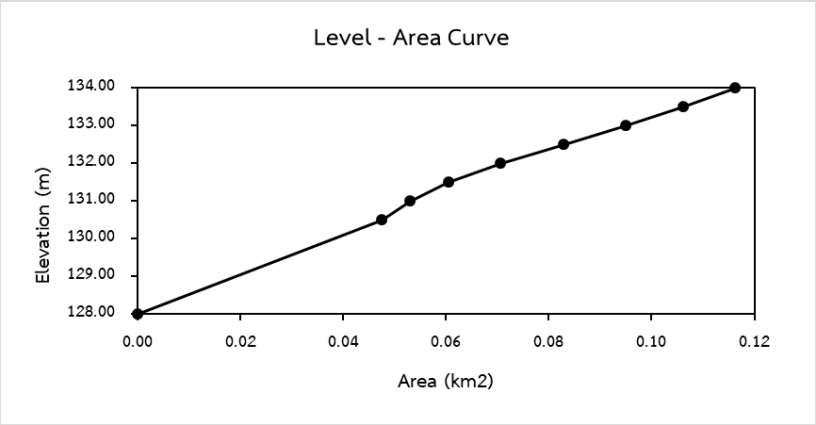


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

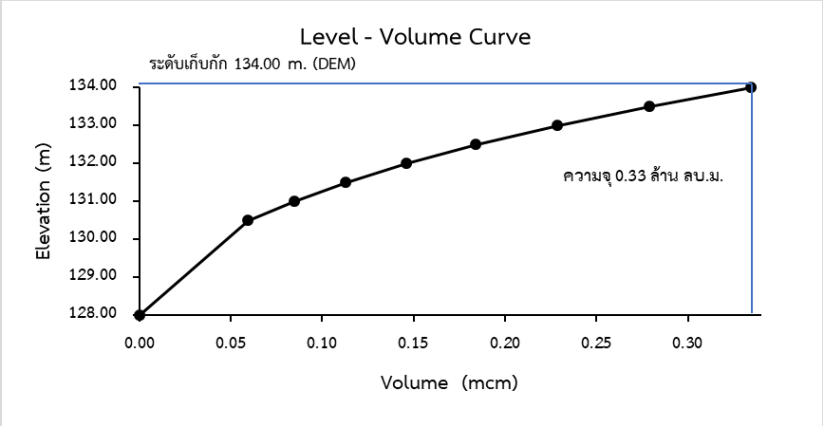


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

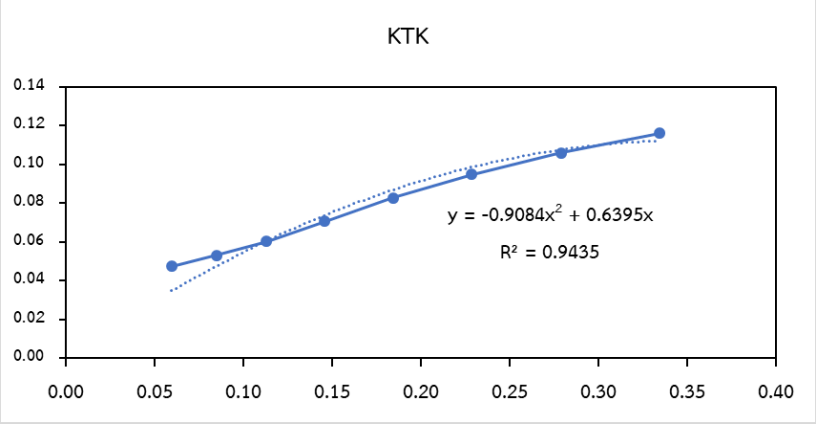
รูปภาคผนวกที่ ก1-4 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำหนองกอง



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

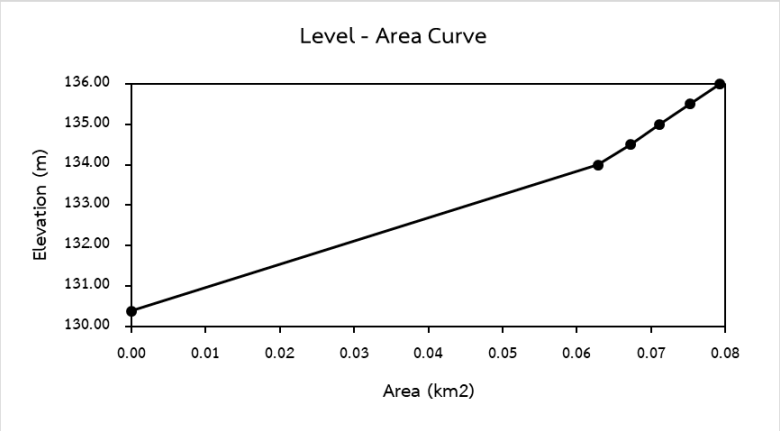


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

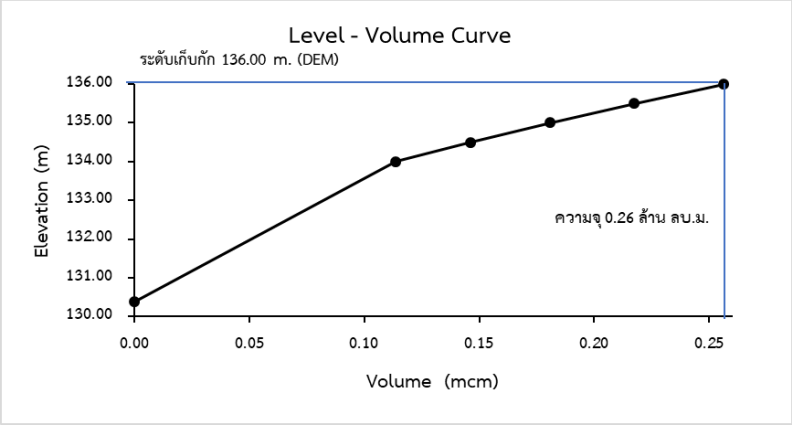


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

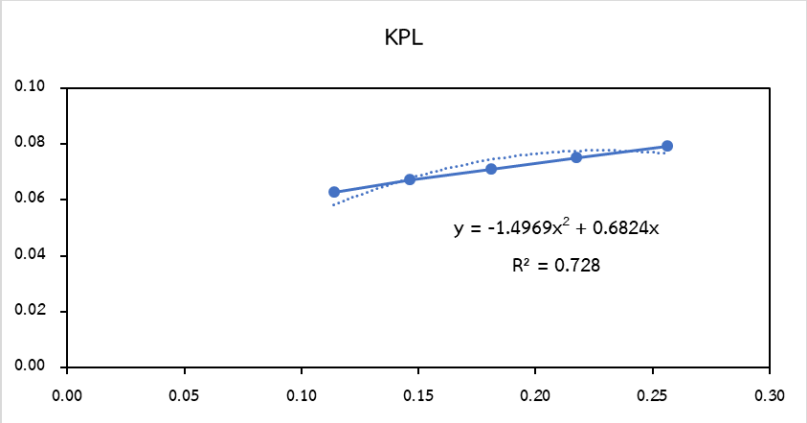
รูปภาคผนวกที่ ก1-5 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

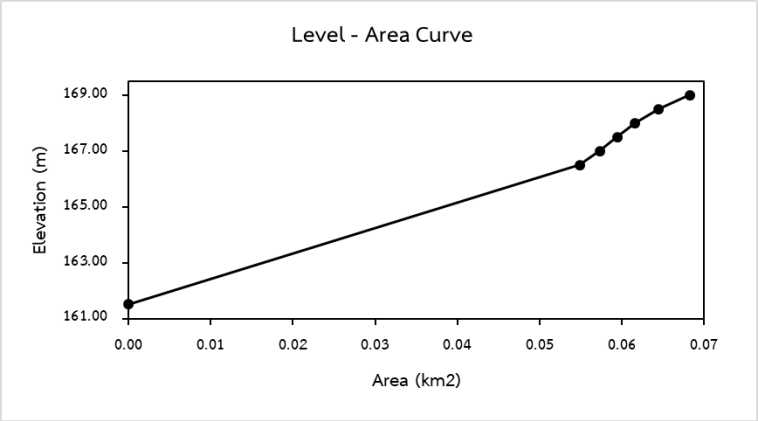


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

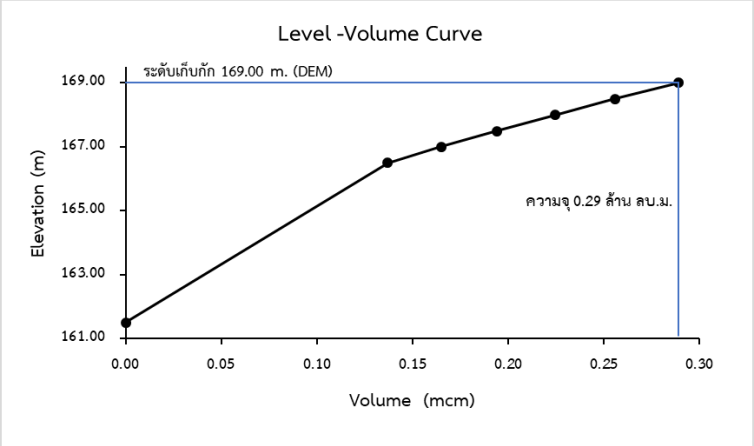


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

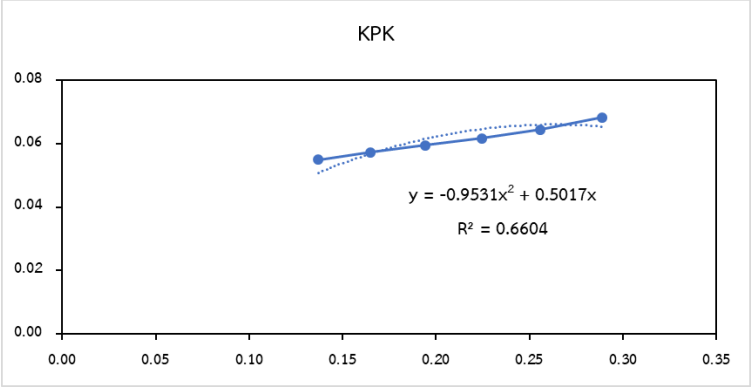
รูปภาคผนวกที่ ก1-6 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก



(ก) กราฟความสัมพันธ์ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ

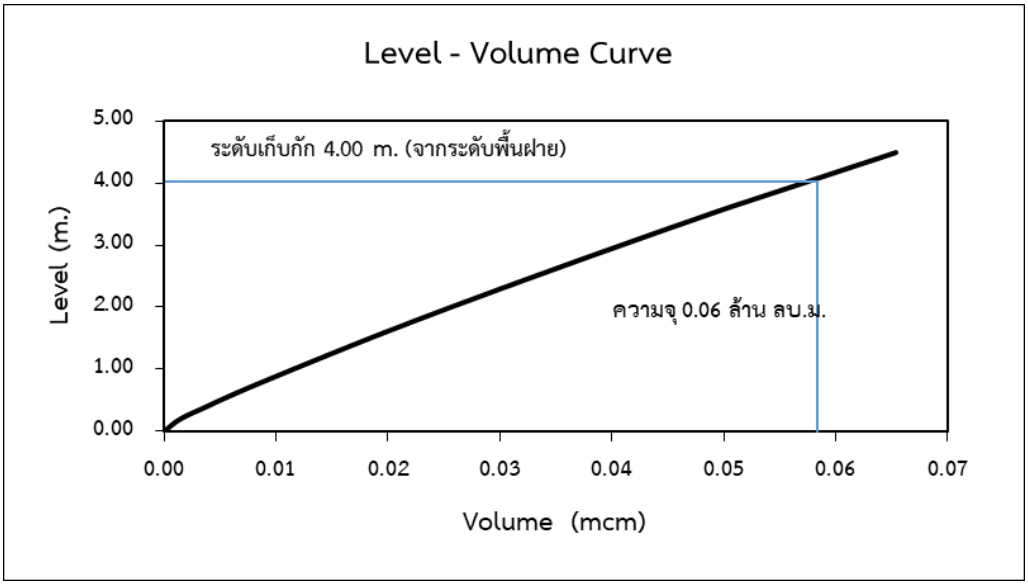


(ข) กราฟความสัมพันธ์ระดับ-ความจุ

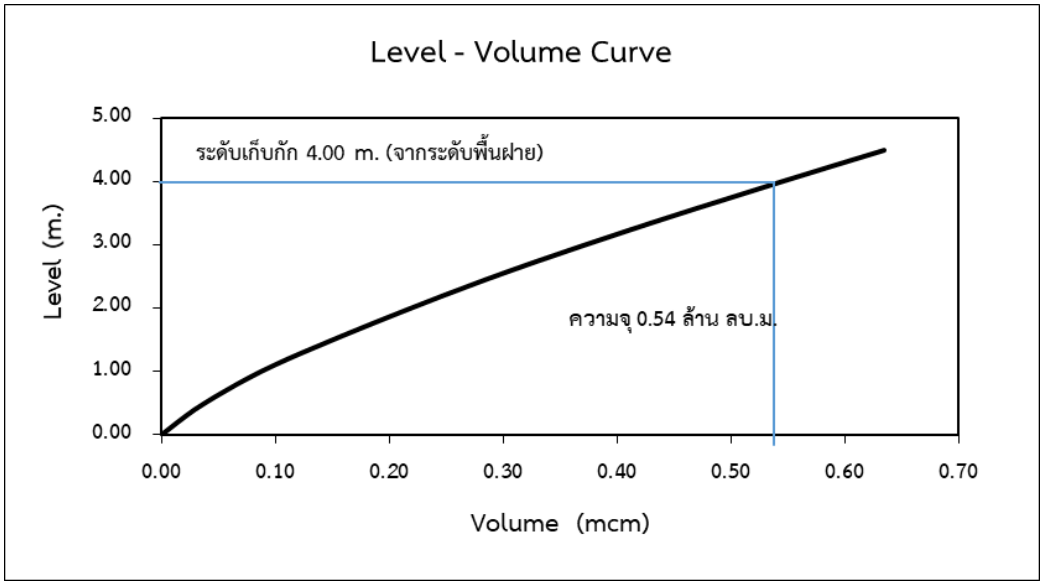


(ค) กราฟความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ

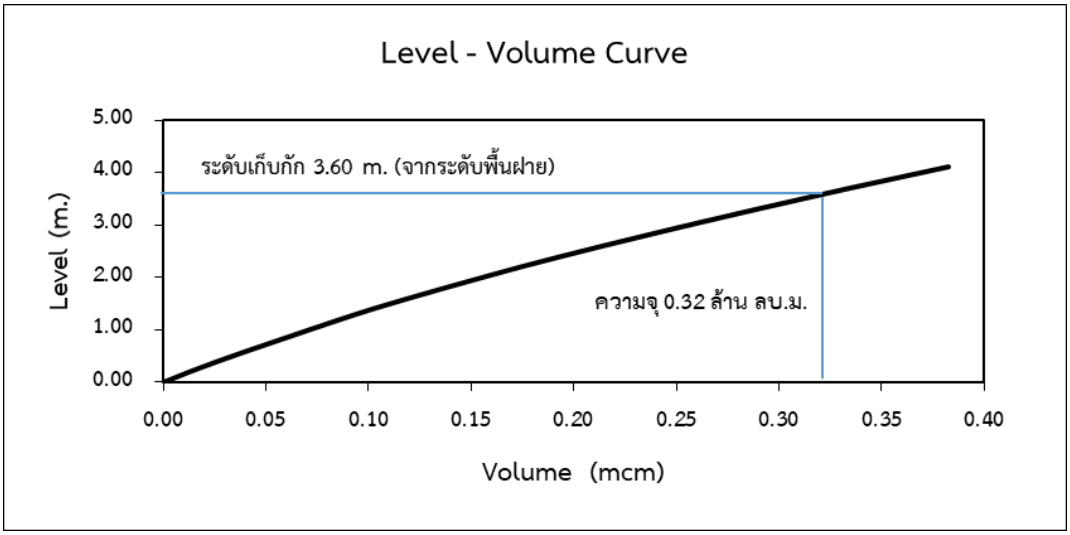
รูปภาคผนวกที่ ก1-7 กราฟความสัมพันธ์ระดับ-พื้นที่ผิวน้ำ (ก) ระดับ-ความจุ (ข) และพื้นที่ผิวน้ำ-ความจุ (ค) อ่างเก็บน้ำคลองโป่งค่าง



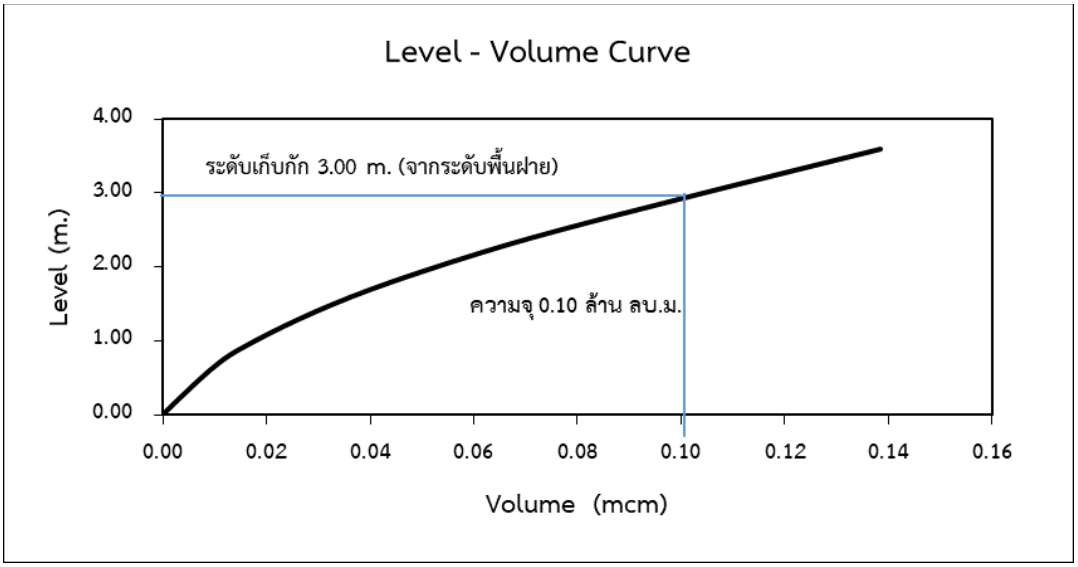
รูปภาคผนวกที่ ก1-8 โค้งระดับ - ความจุ ฝายคลองสวนหมาก



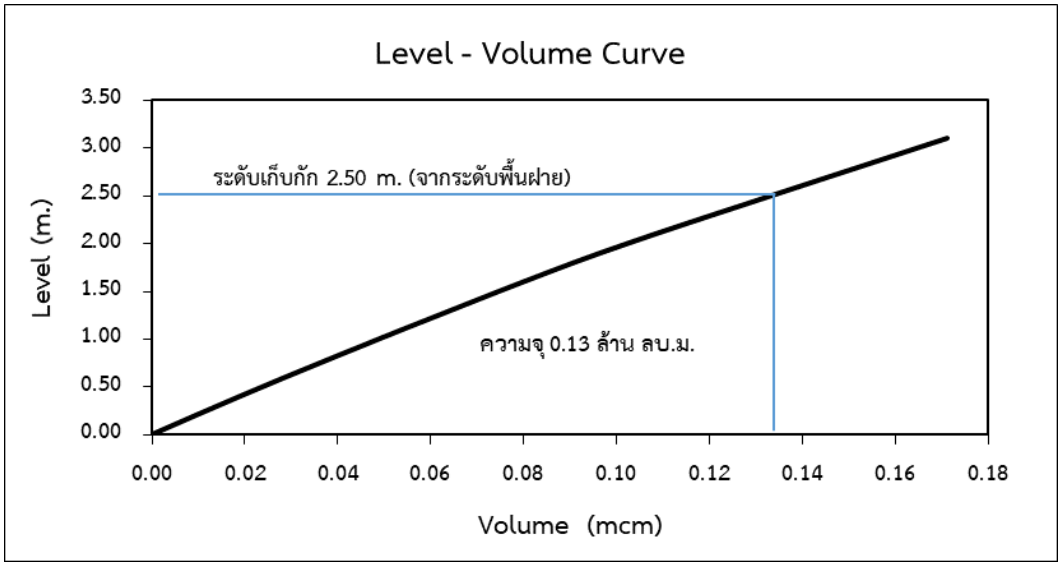
รูปภาคผนวกที่ ก1-9 โค้งระดับ - ความจุ ฝายท่าเสากระโดง



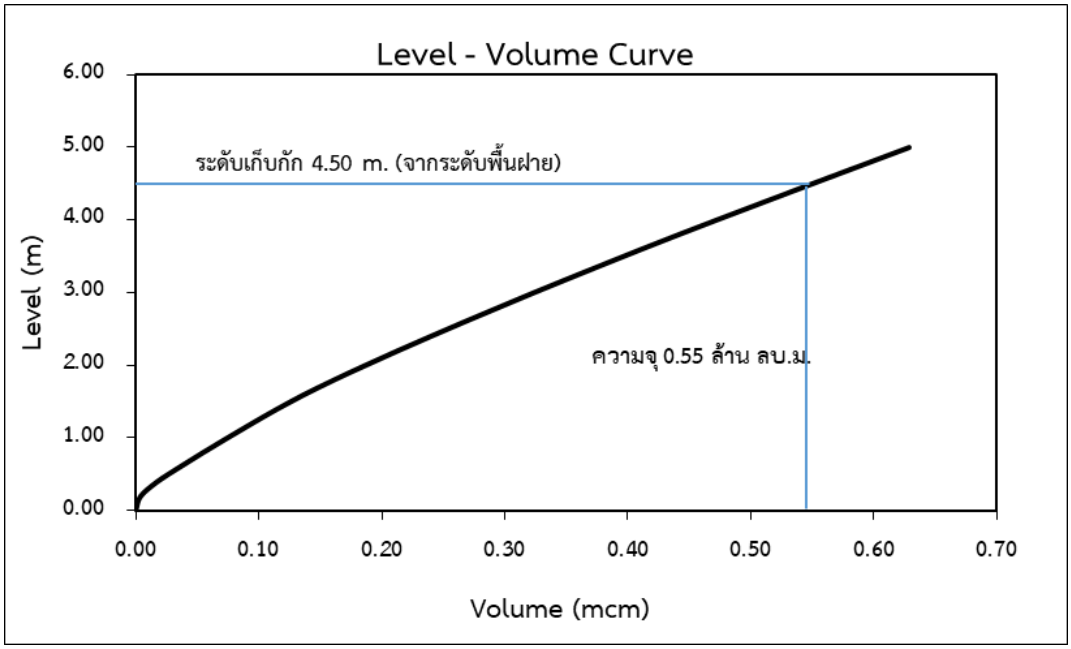
รูปภาคผนวกที่ ก1-10 โค้งระดับ - ความจุ ฝายหนองปิ้งไก่



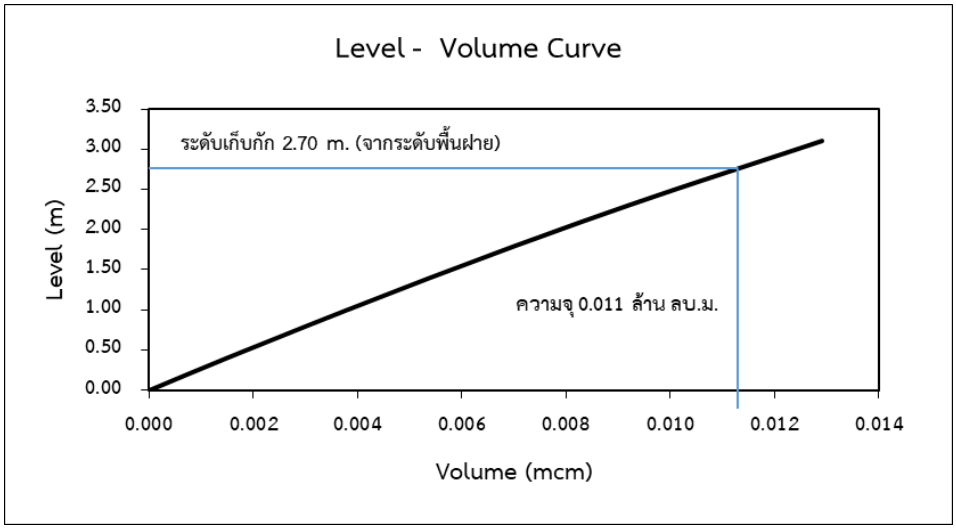
รูปภาคผนวกที่ ก1-11 โค้งระดับ - ความจุ ฝายท่าระแนะ



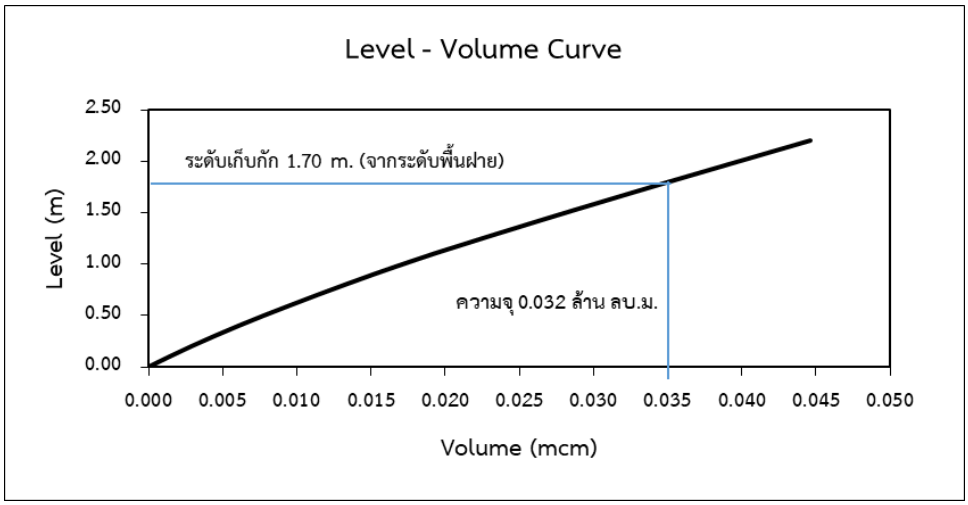
รูปภาคผนวกที่ ก1-12 โค้งระดับ - ความจุ ฝายบ้านนาบ่อคำ



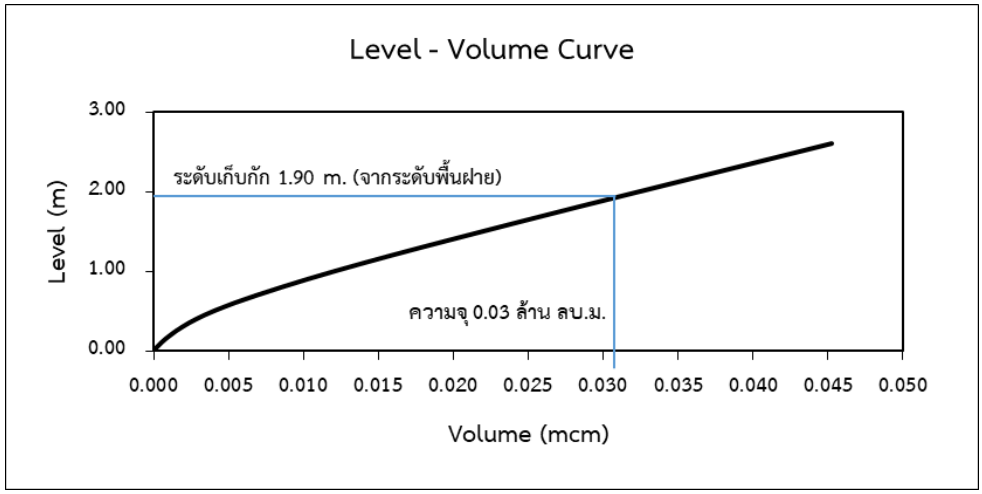
รูปภาคผนวกที่ ก1-13 โค้งระดับ - ความจุ ฝายท่ากระดาน



รูปภาคผนวกที่ ก1-14 โค้งระดับ - ความจุ ฝายคลองไพรแห่งที่ 1



รูปภาคผนวกที่ ก1-15 โค้งระดับ - ความจุ ฝายคลองไพรแห่งที่ 2



รูปภาคผนวกที่ ก1-16 โค้งระดับ - ความจุ ฝายคลองไพรแห่งที่ 3

ภาคผนวก ก2
จำนวนประชากรในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ตารางภาคผนวกที่ ก2-1 จำนวนประชากรขององค์การบริหารส่วนตำบลในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (องค์การบริหารส่วนตำบล, 2563)

ชื่อลุ่มน้ำย่อย	รหัสลุ่มน้ำย่อย	ชาย	หญิง	รวม	จำนวนครัวเรือน
คลองสวนหมากตอนบน 1	UP_KSM1	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนบน 2	UP_KSM2	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนบน 3	UP_KSM3	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนบน 4	UP_KSM4	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนบน 5	UP_KSM5	735	702	1,437	301
คลองสวนหมากตอนบน 6	UP_KSM6	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนบน 7	UP_KSM7	0	0	0	0
คลองสวนหมากตอนบน 8	UP_KSM8	175	171	346	100
ฝายคลองสวนหมาก	KSM_W	0	0	0	0
สถานีตรวจวัดน้ำท่า P.47 บ้านโป่งน้ำร้อน	KSM_P47	49	50	99	36
ท่าเสากระโดง 1	TSKD1	1,784	1,662	3,446	1,227
คลองตุ๊กแก	KTK	0	0	0	0
ท่าเสากระโดง 2	TSKD2	1,161	867	2,028	627
คลองคะยุค 1	KKY1	0	0	0	0
คลองคะยุค 2	KKY2	309	284	593	257
บ้านหนองปิ้งไก่	NPK	438	439	877	252
คลองมดแดง 1	KMD1	405	355	760	453
คลองมดแดง 2	KMD2	463	452	915	350
คลองไพร 1	KP1	0	0	0	0
คลองไพร 2	KP2	0	0	0	0

ตารางภาคผนวกที่ ก2-1 จำนวนประชากรขององค์การบริหารส่วนตำบลในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (องค์การบริหารส่วนตำบล, 2563)

ชื่อลุ่มน้ำย่อย	รหัสลุ่มน้ำย่อย	ชาย	หญิง	รวม	จำนวนครัวเรือน
คลองไพร 3	KP3	38	38	76	25
คลองไพร 4	KP4	1,122	1,050	2,172	636
คลองไพร 5	KP5	811	793	1,604	575
ท่าระแนะ	TRN	1,634	1,737	3,371	932
บ้านนาบ่อคำ	NBK	157	168	325	107
หนองกอง 1	NG1	0	0	0	0
หนองกอง 2	NG2	7,611	7,555	15,166	4,587
ท่ากระดาน 1	TKD1	443	495	938	408
ท่ากระดาน 2	TKD2	162	138	300	101
สถานีตรวจวัดน้ำท่า P.26A บ้านใหม่	KSM_P26A	155	181	336	108
คลองสวนหมากตอนล่าง 1	LOW_KSM1	2,443	2,486	4,929	1,548
คลองสวนหมากตอนล่าง 2	LOW_KSM2	332	341	673	327
คลองแม่ลาย 1	ML1	2,576	2,683	5,259	1,821
คลองแม่ลาย 2	ML2	600	635	1,235	496
คลองแม่ลาย 3	ML3	3,157	3,298	6,455	3,017
คลองแม่คร้อ	MC	5,174	5,343	10,517	3,596
พระบรมธาตุ	PBRT	581	666	1,247	876
รวม		32,515	32,589	65,104	22,763

ภาคผนวก ก3
ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาของลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ตารางภาคผนวกที่ ก3-1 รายชื่อสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่อยู่รอบลุ่มน้ำคลองสวนหมากที่พิจารณาซึ่งมีข้อมูลฝนรายวันระหว่างวันที่ 1 ม.ค. 2534 ถึง 30 พ.ย. 2563 (จำนวน 10,927 วัน)

รหัสสถานี	สถานี	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	หน่วยงาน	พิกัด UTM X	พิกัด UTM Y	ข้อมูลที่ขาดหาย	
								จำนวนวัน	เปอร์เซ็นต์
373201	SUKHOTHAI	วังใหญ่	ศรีสำโรง	สุโขทัย	กรมอุตุนิยมวิทยา	585109	1891468	4,322	39.40%
373301	SI SAMRONG AGROMET	คลองตาล	ศรีสำโรง	สุโขทัย	กรมอุตุนิยมวิทยา	591643	1897609	2,251	20.50%
376201	TAK	น้ำรึม	เมืองตาก	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	515267	1866101	644	5.90%
376202	MAE SOT	แม่ตาว	แม่สอด	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	452103	1841905	1,162	10.60%
376203	BHUMIBOL DAM	สามเงา	สามเงา	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	500266	1906536	821	7.50%
376301	DOI MU SOE AGROMET	แม่ท้อ	เมืองตาก	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	492894	1851900	2,291	20.90%
376401	UMPHANG	อุ้มผาง	อุ้มผาง	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	485498	1771675	1,031	9.40%
378201	PHITSANULOK	อรัญญิก	เมืองพิษณุโลก	พิษณุโลก	กรมอุตุนิยมวิทยา	636330	1857295	1,094	10.00%
380201	KAMPHAENG PHET	ในเมือง	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	กรมอุตุนิยมวิทยา	556244	1822858	1,125	10.30%
386301	PICHIT AGROMET	คลองคะเชนทร์	เมืองพิจิตร	พิจิตร	กรมอุตุนิยมวิทยา	637991	1817832	1,935	17.70%
376011	LAN SANG NATIONAL PARK	แม่ท้อ	เมืองตาก	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	503549	1853747	245	2.20%
376012	A PHOP PHRA	พบพระ	พบพระ	ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	466382	1810376	1,885	17.20%
380002	A PHRAN KRATAI	พรานกระต่าย	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	กรมอุตุนิยมวิทยา	563116	1842402	152	1.40%
380003	A KHLONG KHLUNG	คลองขลุง	คลองขลุง	กำแพงเพชร	กรมอุตุนิยมวิทยา	577071	1792787	3,838	35.00%
380005	A SAI NGAM	หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	กรมอุตุนิยมวิทยา	594294	1818919	2,278	20.80%
380006	THUNG PHO THALE	เทพนคร	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	กรมอุตุนิยมวิทยา	569382	1820672	3,259	29.70%
380008	A KHLONG LAN	สักงาม	คลองลาน	กำแพงเพชร	กรมอุตุนิยมวิทยา	535296	1796220	761	6.90%
120081	NAM MAE WONG	ปางมะค่า	ขาณุวรลักษบุรี	กำแพงเพชร	กรมชลประทาน	551285	1758242	0	0.00%
120121	KHLONG SUAN MAK	สักงาม	คลองลาน	กำแพงเพชร	กรมชลประทาน	529341	1805923	797	7.30%

ตารางภาคผนวกที่ ก3-2 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติหลังเติมข้อมูลจนเสร็จสมบูรณ์

สถานี	ค่าเฉลี่ย			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			ค่าน้อยสุด	ค่ามากสุด
	ก่อนเติม	หลังเติม	%ความต่าง	ก่อนเติม	หลังเติม	%ความต่าง		
SUKHOTHAI	4.357	3.596	-17.471	12.166	10.721	-11.880	0.0	208.8
SI SAMRONG AGROMET	3.862	3.478	-9.933	10.904	10.040	-7.925	0.0	176.7
TAK	3.055	3.000	-1.794	9.790	9.560	-2.351	0.0	163.5
MAE SOT	4.670	4.365	-6.538	11.377	10.906	-4.144	0.0	207.4
BHUMIBOL DAM	3.092	2.973	-3.868	10.122	9.807	-3.109	0.0	247.1
DOI MU SOE AGROMET	4.709	4.316	-8.326	10.748	10.035	-6.631	0.0	261.1
UMPHANG	4.497	4.200	-6.607	9.426	9.098	-3.482	0.0	124.7
PHITSANULOK	4.020	3.786	-5.805	11.273	10.823	-3.990	0.0	167.1
KAMPHAENG PHET	3.947	3.717	-5.827	10.829	10.382	-4.128	0.0	248.9
PICHIT AGROMET	3.828	3.607	-5.793	10.770	10.060	-6.586	0.0	140.8
Lan Sang National Park	2.628	2.669	1.542	8.934	8.897	-0.415	0.0	194.6
A Phop Phra	4.159	4.226	1.632	10.345	9.876	-4.538	0.0	135.6
A Phran Kratai	3.116	3.137	0.666	10.697	10.661	-0.335	0.0	190.5
A Khlong Khlung	2.747	2.916	6.145	10.478	9.322	-11.030	0.0	151.3
A Sai Ngam	2.909	3.198	9.951	10.355	9.772	-5.631	0.0	145.5
Thung Pho Thale	3.196	3.197	0.043	10.207	9.544	-6.504	0.0	188.4
A Khlong Lan	2.965	3.000	1.161	9.930	9.726	-2.061	0.0	173.0
Nam Mae Wong	3.301	3.349	1.447	9.838	9.791	-0.475	0.0	150.8
Khlong Suan Mak	3.419	3.493	2.180	10.374	10.224	-1.437	0.0	204.2

ตารางภาคผนวกที่ ก3-3 ผลรวมปริมาณฝนรายปีหลังเติมข้อมูลจนเสร็จสมบูรณ์

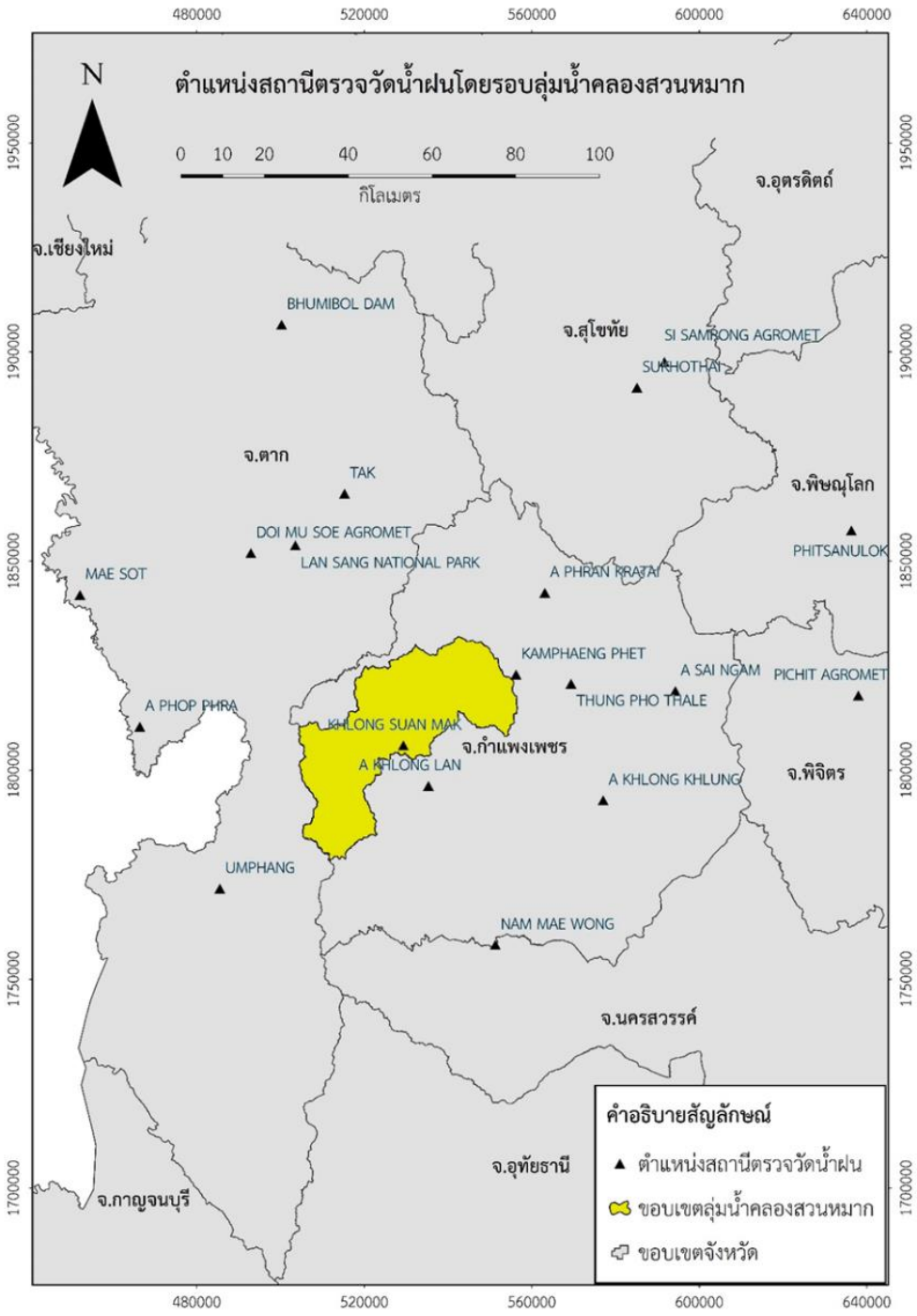
ปี	สถานี																	
	SUKHOTHAI	SI SAMRONG	TAK	MAE SOT	BHUMIBOL DAM	DOI MU SOE	UMPHANG	PHITSANULOK	KAMPHAENG PHET	PICHIT AGROMET	Lan Sang National	A Phop Phra	A Phran Kratai	A Khlong Khlung	A Sai Ngam	Thung Pho Thale	A Khlong Lan	Nam Mae Wong	Khlong Suan Mak
2534	1,033	1,050	910	1,728	898	1,535	1,558	958	859	979	917	1,053	1,100	926	1,179	929	541	816	1,025
2535	1,193	1,220	968	1,240	1,047	1,418	1,333	1,130	1,448	834	1,174	1,082	831	976	921	1,071	1,255	1,413	1,592
2536	943	972	651	1,246	768	996	1,155	949	795	914	744	903	688	859	838	771	632	747	887
2537	1,496	1,516	936	2,048	944	1,846	1,977	1,555	1,614	1,716	1,080	2,068	1,291	1,124	1,680	1,559	1,418	1,271	1,465
2538	1,261	1,248	1,005	1,532	871	1,699	1,602	1,653	1,385	1,538	1,449	1,408	1,824	1,540	1,405	1,519	1,654	1,652	1,696
2539	1,312	1,310	1,268	1,403	1,549	1,701	1,676	1,651	1,669	1,180	1,306	1,477	1,331	1,631	1,281	1,519	1,738	1,462	1,723
2540	919	951	695	1,675	800	1,594	1,263	965	917	790	733	1,105	605	796	646	881	874	729	925
2541	917	918	725	732	764	1,187	980	1,400	1,073	1,080	796	1,030	1,049	821	762	1,101	1,192	1,105	866
2542	1,753	1,631	1,554	1,388	1,201	1,886	1,323	1,657	1,499	1,707	1,889	1,357	1,097	1,416	1,117	1,534	1,633	1,531	1,687
2543	1,198	1,156	1,339	1,436	1,354	1,588	1,896	1,327	1,332	1,235	1,202	1,495	1,344	1,203	918	1,295	999	1,215	1,627
2544	1,733	1,706	1,163	1,347	1,201	1,396	1,516	1,066	1,525	1,322	955	1,404	1,355	1,210	1,899	1,521	1,095	1,259	1,615
2545	1,705	1,518	1,181	1,908	1,281	1,631	1,731	1,366	1,410	1,612	403	1,712	1,370	1,159	1,640	1,365	1,103	1,294	1,440
2546	884	976	860	1,213	782	1,259	1,501	1,002	1,091	952	82	1,391	544	959	438	808	982	1,183	1,333
2547	1,145	929	897	1,754	719	1,257	1,255	1,467	1,184	1,263	329	1,178	803	760	94	1,001	732	1,066	951
2548	1,183	1,063	882	1,654	846	1,214	1,233	1,221	1,168	1,138	82	1,326	1,329	930	722	1,046	1,382	1,204	1,384
2549	1,771	1,604	1,335	1,798	1,651	1,722	1,843	1,514	1,258	1,233	963	1,904	2,026	938	1,386	1,027	1,221	838	1,591
2550	1,173	1,205	1,203	1,596	1,151	1,558	1,334	1,643	1,427	1,481	912	2,546	1,155	718	1,704	1,011	1,664	1,491	359
2551	1,510	1,205	1,212	1,979	1,058	1,799	1,423	1,339	1,705	1,526	1,129	1,095	793	1,207	1,953	1,269	1,372	1,703	422
2552	1,176	1,060	1,006	1,735	1,495	1,701	1,619	1,349	1,169	1,354	946	2,529	920	1,036	1,131	934	573	1,070	823
2553	1,386	1,010	1,152	1,184	1,154	1,504	1,480	1,369	1,595	1,385	891	1,015	1,243	929	2,243	1,505	1,588	1,866	1,422
2554	1,946	1,812	1,408	2,060	1,326	2,405	1,929	1,854	1,594	2,011	1,099	1,647	1,689	1,574	1,950	1,604	1,672	1,476	1,335
2555	1,199	1,091	1,031	2,053	962	2,002	1,823	1,234	1,301	1,078	1,063	2,903	1,074	1,158	1,360	1,108	955	1,146	1,489
2556	1,549	1,346	1,223	1,770	837	1,879	1,793	1,542	1,588	1,728	1,209	1,744	1,329	1,290	1,047	1,394	1,158	1,440	1,749
2557	1,476	1,527	1,489	1,355	1,352	1,432	1,367	1,687	1,702	1,265	677	729	1,205	856	641	553	681	859	1,158
2558	1,140	1,126	1,413	1,970	1,157	1,619	1,729	1,211	1,385	1,259	888	1,352	939	740	346	939	581	1,173	1,018
2559	1,487	1,628	1,171	1,537	1,243	1,741	1,716	1,673	1,470	1,351	1,535	1,606	1,126	1,143	855	1,196	1,009	1,294	1,497
2560	1,944	2,083	1,421	1,554	1,495	1,560	1,633	2,059	2,213	2,621	1,450	1,999	1,714	1,616	1,956	1,843	973	1,533	1,549

ตารางภาคผนวกที่ ก3-3 ผลรวมปริมาณฝนรายปีหลังเติมข้อมูลจนเสร็จสมบูรณ์

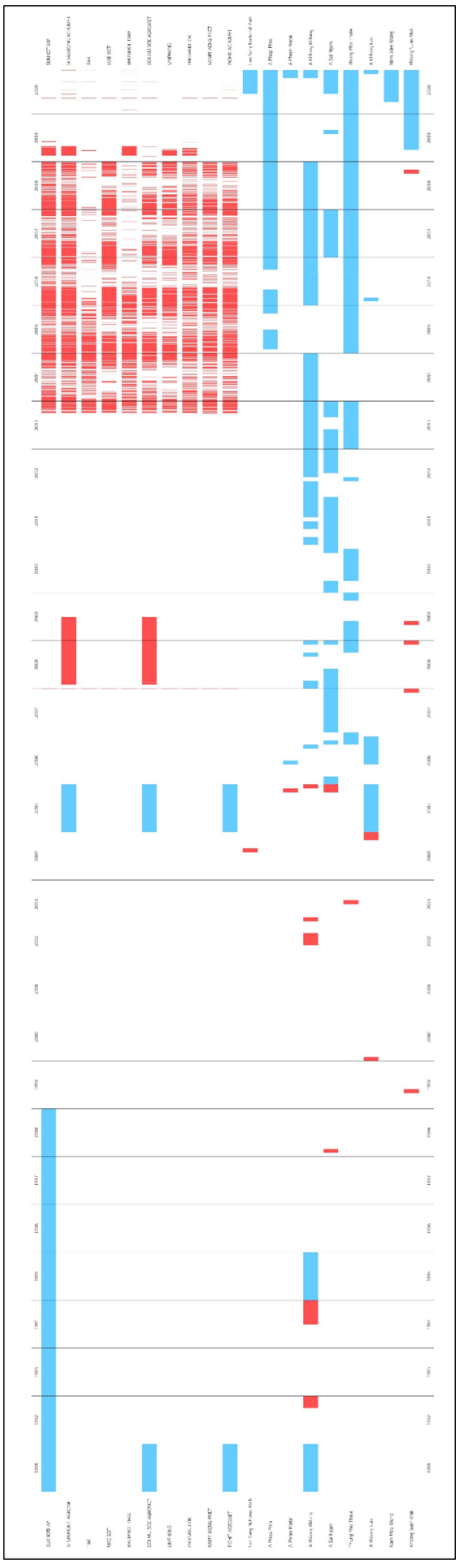
ปี	สถานี																		
	SUKHOTHAI	SI SAMRONG	TAK	MAE SOT	BHUMIBOL DAM	DOI MU SOE	UMPHANG	PHITSANULOK	KAMPHAENG PHET	PICHIT AGROMET	Lan Sang National	A Phop Phra	A Phran Kratai	A Khlong Khlung	A Sai Ngam	Thung Pho Thale	A Khlong Lan	Nam Mae Wong	Khlong Suan Mak
2561	1,254	1,205	972	2,257	1,105	1,584	1,598	1,496	1,543	1,237	1,391	1,973	810	805	694	1,004	448	624	926
2562	765	920	874	1,651	753	1,171	1,257	888	1,042	838	867	1,588	888	858	865	914	493	808	1,126
ค่าเฉลี่ย	1,326	1,275	1,102	1,614	1,095	1,582	1,536	1,387	1,378	1,332	971	1,539	1,154	1,075	1,161	1,180	1,090	1,216	1,265

ตารางภาคผนวกที่ ก3-4 ข้อมูลภูมิอากาศรายปี ของสถานีอุตุนิยมวิทยาในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

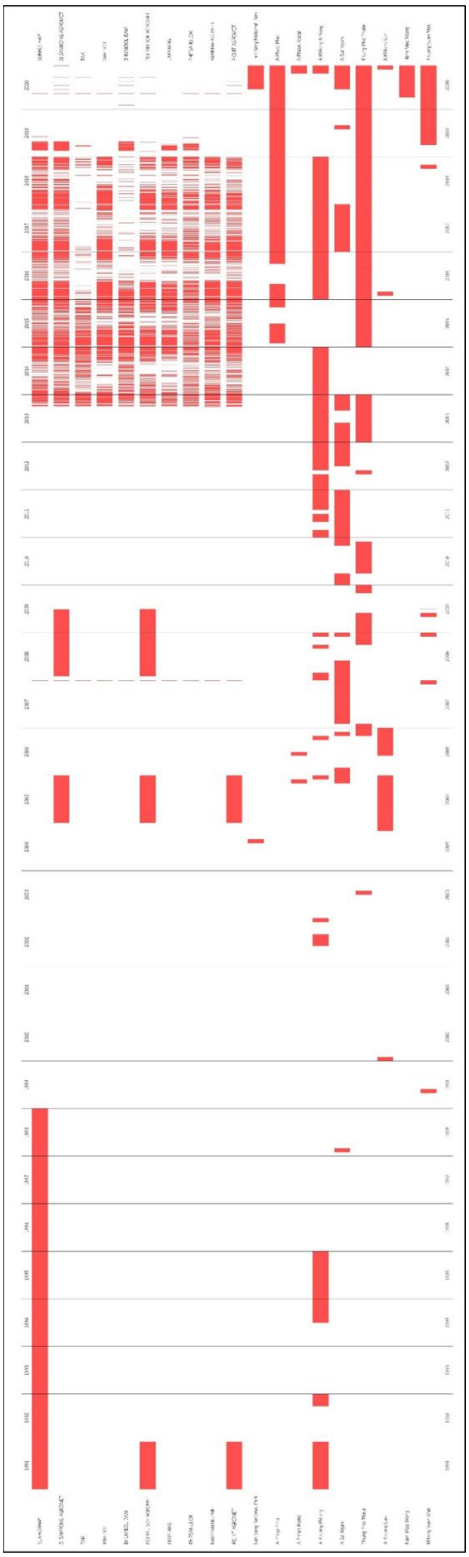
CODE	STATION	LATITUDE	LONGITUDE	Tmean	Tmax	Tmin	Tdew	Wind	RH	Wind	Epan	Cloud	Sunshine	Radiation
				°C	°C	°C	°C	m/s	%	m/s	mm/day	Deca	hr	MJ/sqm/day
373201	SUKHOTHAI	17.106	99.800	27.864	33.745	22.810	22.776	0.926	74.997	4.183	4.592	5.610	6.206	17.413
373301	SI SAMRONG AGROMET	17.161	99.862	27.707	33.387	22.816	22.707	0.495	75.080	1.744	5.867	5.602	6.456	17.771
376201	TAK	16.878	99.143	27.773	33.754	23.212	20.654	0.933	68.714	3.217	4.698	5.094	6.569	17.945
376202	MAE SOT	16.659	98.551	26.063	32.951	21.149	20.681	0.649	75.255	3.982	4.329	5.564	5.994	17.097
376203	BHUMIBOL DAM	17.244	99.003	27.387	33.762	22.505	20.915	0.636	71.166	3.103	4.412	4.963	6.662	18.026
376301	DOI MU SOE AGROMET	16.750	98.933	21.551	26.842	17.477	17.788	1.342	75.604	4.920	4.638	5.572	5.889	16.956
376401	UMPHANG	16.025	98.864	23.805	31.071	18.468	19.109	0.326	78.615	2.341	3.477	5.498	5.883	16.978
378201	PHITSANULOK	16.795	100.279	27.989	33.523	23.300	22.100	0.662	72.714	3.281	4.289	5.595	7.129	18.781
380201	KAMPHAENG PHET	16.487	99.527	27.676	33.577	23.243	22.374	0.408	75.619	3.495	3.715	5.198	6.567	17.993
386301	PICHIT AGROMET	16.438	100.293	27.852	33.179	23.416	22.813	0.780	74.615	4.027	5.600	6.358	6.319	17.651



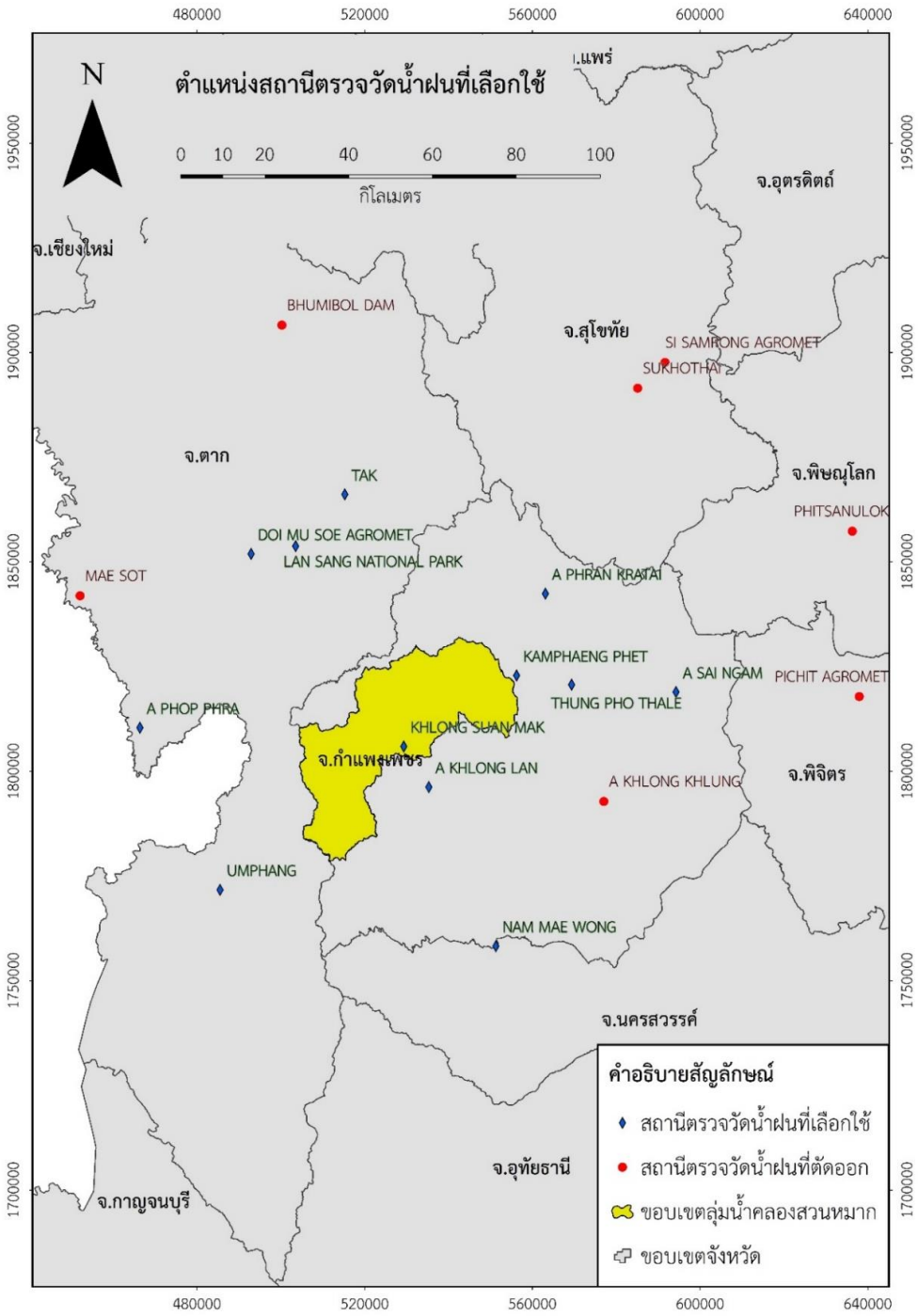
รูปภาคผนวกที่ ก3-1 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝนโดยรอบลุ่มน้ำคลองสวนหมากที่พิจารณา



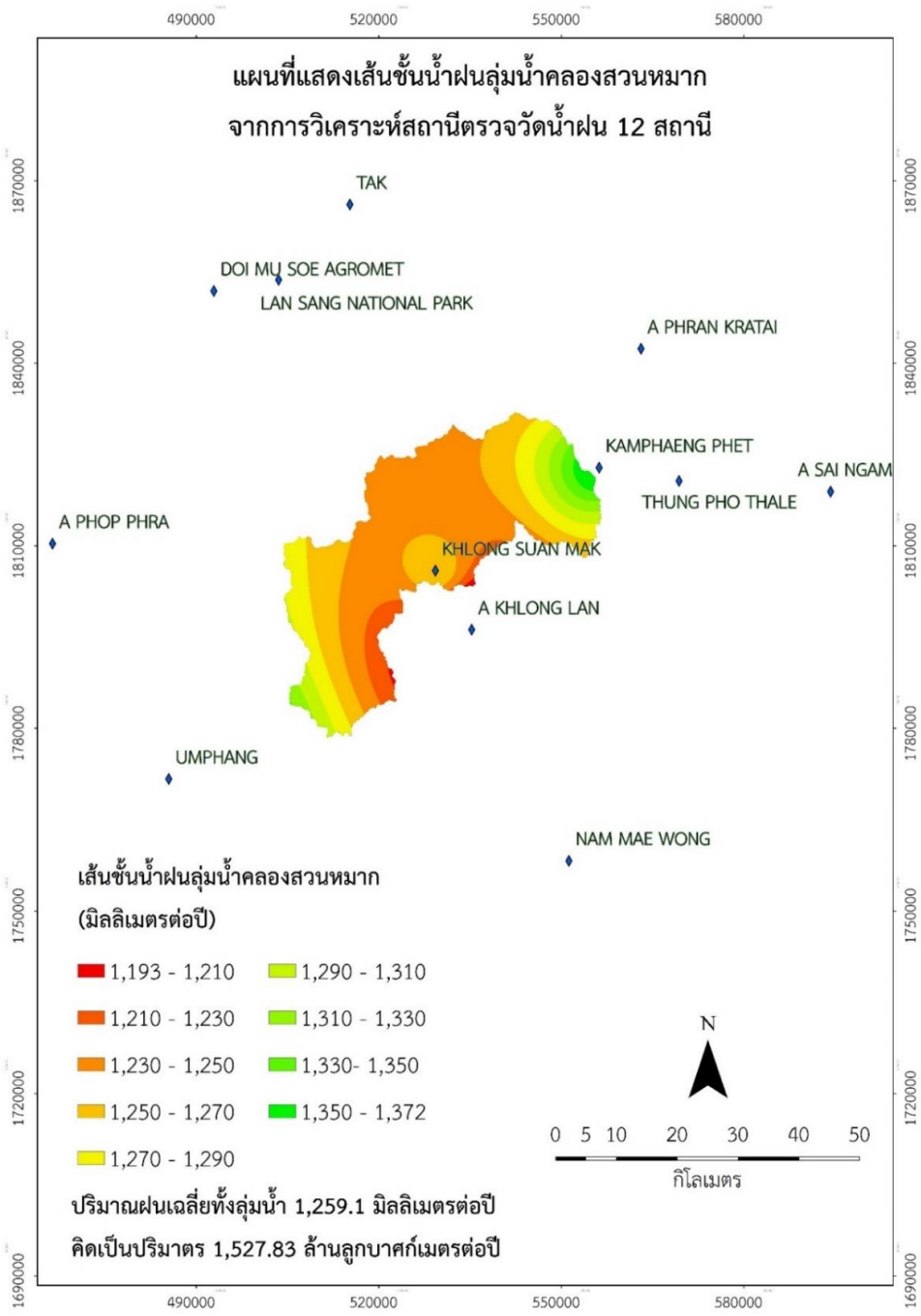
รูปภาคผนวกที่ ก3-2 ลักษณะรูปแบบข้อมูลฝนรายวันที่ขาดหายในแต่ละสถานีดังแสดงด้วยสัญลักษณ์ปิด (สีแดง)



รูปภาคผนวกที่ ก3-3 ลักษณะรูปแบบข้อมูลฝนรายวันที่ขาดหายในแต่ละสถานีโดยกำหนดให้ NO DATA มีความหมาย



รูปภาคผนวกที่ ก3-4 สถานีตรวจวัดน้ำฝนที่คัดเลือกไว้ 12 สถานีเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก



รูปภาคผนวกที่ ก3-5 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนลุ่มน้ำคลองสวนหมากจากการวิเคราะห์สถานีตรวจวัดน้ำฝน 12 สถานี

ภาคผนวก ข
ความเหมาะสมของการปลูกพืชในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ตารางภาคผนวกที่ ข-1 ระดับความเหมาะสมของการปลูกพืชในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทดิน	ระดับความเหมาะสม							
			มะพร้าว	กาแฟ (อาราบิก้า)	กาแฟ (โรบัสต้า)	ทุเรียน	ลองกอง	มะม่วง	สับปะรด	เงาะ
33	คลองแม่ลาย1	Gcl	0.38	0.38	0.21	0	1.35	0	1.34	0
		Gsl								
		L								
		Sicl								
		Sil								
		Sl								
34	คลองแม่ลาย2	Gsl	0.51	0.51	0.26	0	1.36	0	1.35	0
		L								
		Sicl								
		Sil								
		Sl								

ตารางภาคผนวกที่ ข-1 ระดับความเหมาะสมของการปลูกพืชในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทดิน	ระดับความเหมาะสม							
			มะพร้าว	กาแฟ (อาราบิก้า)	กาแฟ (โรบัสต้า)	ทุเรียน	ลองกอง	มะม่วง	สับปะรด	เงาะ
35	คลองแม่ลาย3	Gsl	0.71	0.71	0.36	0	0.98	0	0.98	0
		L								
		Sicl								
		Sil								
		Sl								
36	แม่คร้อ	Cl	0.35	0.35	0.21	0	1.41	0	1.38	0
		Gcl								
		Gsl								
		L								
		Scl								
		Sicl								

ตารางภาคผนวกที่ ข-1 ระดับความเหมาะสมของการปลูกพืชในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทดิน	ระดับความเหมาะสม							
			มะพร้าว	กาแฟ (อาราบิก้า)	กาแฟ (โรบัสต้า)	ทุเรียน	ลองกอง	มะม่วง	สับปะรด	เงาะ
		Sil								
		Sl								
37	พระบรมธาตุ	Sicl	0.5	0.5	0.25	0	0.75	0	0.75	0

ตารางภาคผนวกที่ ข-2 ระดับความเหมาะสมของการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	0	0	0	0	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	0	0	0	0	0
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	0	0	0	0	0
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	0	0	0	0	0
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	0	0	0	0	0
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	0	0	0	0	0
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	0	0	0	0	0
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	0	0	0	0	0
9	ฝายคลองสวนหมาก	0	0	0	0.02	0.02
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านโป่งน้ำร้อน	0	0	39.61	63.88	103.49
11	ท่าเสากระโดง 1	2,280.13	1,176.15	1,949.64	467.4	5,873.32
12	ท่าเสากระโดง 2	42.75	3,912.19	4,268.82	1,304.35	9,528.10
13	คลองตุ๊กแก	0	0	655.42	43.91	699.34
14	คลองคะยุค 1	0	0	0	0	0
15	คลองคะยุค 2	0	4,461.78	8.39	80.21	4,550.38
16	บ้านหนองปิ้งไก่	191.55	1,617.86	339.96	564.43	2,713.81

ตารางภาคผนวกที่ ข-2 ระดับความเหมาะสมของการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
17	คลองมดแดง 1	0	0	0	0	0
18	คลองมดแดง 2	79.99	830.34	94.19	295.68	1,300.22
19	คลองไพร 1	0	0	0	0	0
20	คลองไพร 2	0	0	0	0	0
21	คลองไพร 3	0	0	0	0	0
22	คลองไพร 4	22.87	667.07	266.88	781.46	1,738.29
23	คลองไพร 5	3,095.47	6,081.26	1,551.72	1,422.72	12,151.18
24	ท่าระแนะ	4,162.90	3,081.53	5,025.09	5,615.13	17,884.65
25	บ้านนาบ่อคำ	0	1,082.66	372.4	573.59	2,028.65
26	หนองกอง 1	0	0	0	0	0
27	หนองกอง 2	13,290.67	7,215.54	5,743.76	3,883.29	30,133.26
28	ท่ากระดาน 1	5.88	256.72	1.92	333.79	598.31
29	ท่ากระดาน 2	0.02	2,413.67	985.66	1,023.49	4,422.84
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่	305.87	292.81	36.81	186.37	821.86
31	คลองสวนหมากตอนล่าง 1	1,133.50	4,541.24	479.87	3,829.71	9,984.32
32	คลองสวนหมากตอนล่าง 2	155.74	60.87	0	20.5	237.11
33	คลองแม่ลาย 1	1,538.12	3,691.29	11,386.83	8,672.02	25,288.27
34	คลองแม่ลาย 2	2,622.30	73.9	5,203.02	2,563.38	10,462.60
35	คลองแม่ลาย 3	8,618.29	3,063.31	2,912.06	18,245.50	32,839.15
36	แม่คร้อ	8,182.13	2,410.32	34,779.90	15,772.64	61,145.00
37	พระบรมธาตุ	0.34	323.52	0	974.34	1,298.20

ตารางภาคผนวกที่ ข-2 ระดับความเหมาะสมของการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
รวม		45,728.52	47,254.03	76,101.95	66,717.81	235,802.37

ตารางภาคผนวกที่ ข-3 ระดับความเหมาะสมของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	0	0	0	0	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	0	0	0	0	0
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	0	0	0	0	0
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	0	0	0	0	0
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	0	0	0	0	0
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	0	0	0	0	0
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	0	0	0	0	0
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	0	0	0	0	0
9	ฝายคลองสวนหมาก	0	0	0	0.02	0.02
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	0	0	38.96	64.53	103.49
11	ท่าเสากระโดง 1	2,280.13	1,176.15	1,949.64	467.4	5,609.27
12	ท่าเสากระโดง 2	42.75	3,912.19	4,268.82	1,304.35	8,556.95
13	คลองตุ๊กแก	0	0	655.42	0	655.43
14	คลองคะยุค 1	0	0	0	0	0
15	คลองคะยุค 2	138.31	4,323.30	8.39	138.31	4,550.01
16	บ้านหนองปิ้งไก่	191.55	1,617.86	339.96	564.43	2,409.57

ตารางภาคผนวกที่ ข-3 ระดับความเหมาะสมของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
17	คลองมดแดง 1	0	0	0	0	0
18	คลองมดแดง 2	0	910.34	6.25	370.7	1,287.29
19	คลองไพร 1	0	0	0	0	0
20	คลองไพร 2	0	0	0	0	0
21	คลองไพร 3	0	0	0	0	0
22	คลองไพร 4	0	689.71	64.64	983.94	1,738.29
23	คลองไพร 5	116.62	9,012.25	1,302.13	1,504.69	11,935.69
24	ท่าระแนะ	1,308.32	5,935.33	4,798.55	4625.89	16,668.08
25	บ้านนาบ่อคำ	386.36	696.68	371.87	392.53	1,847.44
26	หนองกอง 1	0	0	0	0	0
27	หนองกอง 2	217.04	20,288.68	5,632.57	3,209.79	29,348.07
28	ท่ากระดาน 1	0	3,456.69	1,914.10	238.48	566.03
29	ท่ากระดาน 2	1,034.69	2,920.03	4,248.22	354.01	4,313.11
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่	292.79	305.56	0.12	104.51	702.97
31	คลองสวนหมากตอนล่าง 1	1,349.89	4,323.09	286.7	2,672.51	8,632.18
32	คลองสวนหมากตอนล่าง 2	60.87	155.74	0	0.03	216.64
33	คลองแม่ลาย 1	674.51	4,554.63	10,656.77	8,841.39	24,727.30
34	คลองแม่ลาย 2	0	2,696.19	4,420.88	3,184.71	10,301.78
35	คลองแม่ลาย 3	492.23	11,189.42	2,377.29	15,278.75	29,337.69
36	แม่คร้อ	5.12	10,587.43	30,974.21	19,538.12	61,104.88
37	พระบรมธาตุ	323.52	0.34	0	0	323.86
รวม		8,914.70	88,751.61	74,315.49	63,839.09	224,936.04

ตารางภาคผนวกที่ ข-4 ระดับความเหมาะสมของการปลูกปาล์ม

ปาล์ม						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	0	0	0	0	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	0	0	0	0	0
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	0	0	0	0	0
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	0	0	0	0	0
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	0	0	0	0	0
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	0	0	0	0	0
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	0	0	0	0	0
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	0	0	0	0	0
9	ฝายคลองสวนหมาก	0	0	0	0.02	0.04
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	0	0	39.61	63.88	206.98
11	ท่าเสากระโดง 1	2,280.13	1,176.15	1,949.64	467.4	11,482.59
12	ท่าเสากระโดง 2	42.75	3,912.19	4,268.82	1,304.35	18,085.06
13	คลองตุ๊กแก	0	0	655.42	43.91	1,398.67
14	คลองคะยุค 1	0	0	0	0	0
15	คลองคะยุค 2	0	4,461.78	8.39	80.21	9,100.76
16	บ้านหนองปิ้งไก่	191.55	1,617.86	339.96	564.43	5,427.61
17	คลองมดแดง 1	0	0	0	0	0
18	คลองมดแดง 2	79.99	830.34	94.19	295.68	2,600.42
19	คลองไพร 1	0	0	0	0	0
20	คลองไพร 2	0	0	0	0	0
21	คลองไพร 3	0	0	0	0	0
22	คลองไพร 4	22.87	667.07	266.88	781.46	3,476.57
23	คลองไพร 5	3,095.47	6,081.26	1,551.72	1,422.72	24,302.35

ตารางภาคผนวกที่ ข-4 ระดับความเหมาะสมของการปลูกปาล์ม

ปาล์ม						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
24	ท่าระแนะ	4,162.90	3,081.53	5,025.09	5,615.13	34,552.73
25	บ้านนาบ่อคำ	0	1,082.66	372.4	573.59	4,057.30
26	หนองกอง 1	0	0	0	0	0
27	หนองกอง 2	13,290.67	7,215.54	5,743.76	3,883.29	60,266.52
28	ท่ากระดาน 1	5.88	256.72	1.92	333.8	1,164.35
29	ท่ากระดาน 2	0.02	2,413.67	985.66	1,023.49	8,735.95
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่	305.87	292.87	36.81	186.37	1,643.78
31	คลองสวนหมากตอนล่าง 1	1,133.50	4,541.24	479.87	3,829.71	19,968.64
32	คลองสวนหมากตอนล่าง 2	155.74	60.87	0	20.5	474.22
33	คลองแม่ลาย 1	1,538.12	3,691.29	11,386.83	8,672.02	50,576.53
34	คลองแม่ลาย 2	2,622.30	73.9	5,203.02	2,563.38	20,925.19
35	คลองแม่ลาย 3	8,618.29	3,063.31	2,912.06	18,245.50	65,678.32
36	แม่คร้อ	8,182.13	2,410.32	34,779.90	15,772.64	122,289.99
37	พระบรมธาตุ	0.33	323.52	0	974.34	1,622.05
รวม		45,728.51	47,254.09	76,101.95	66,717.82	232,234.25

ตารางภาคผนวกที่ ข-5 ระดับความเหมาะสมของการปลูกยางพารา

ยางพารา						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	0	0	0	0	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	0	0	0	0	0
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	0	0	0	0	0
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	0	0	0	0	0
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	0	0	0	0	0
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	0	0	0	0	0
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	0	0	0	0	0
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	0	0	0	0	0
9	ฝายคลองสวนหมาก	0	0	0	0.02	0.02
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	0	0	38.96	64.53	103.49
11	ท่าเสากระโดง 1	2,280.13	1,176.15	1,949.64	467.4	5,873.32
12	ท่าเสากระโดง 2	42.75	3,912.19	4,268.82	1,304.35	9,528.11
13	คลองตุ๊กแก	0	530.17	125.25	43.91	699.33
14	คลองคะยุค 1	0	0	0	0	0
15	คลองคะยุค 2	0	4,464.14	5.86	80.37	4,550.37
16	บ้านหนองปิ้งไก่	618.46	1,199.96	320.11	575.27	2,713.80
17	คลองมดแดง 1	0	0	0	0	0
18	คลองมดแดง 2	0	916.59	0	383.63	1,300.22
19	คลองไพร 1	0	0	0	0	0
20	คลองไพร 2	0	0	0	0	0
21	คลองไพร 3	0	0	0	0	0
22	คลองไพร 4	0	707.44	46.91	983.94	1,738.29
23	คลองไพร 5	418.41	179.94	0.12	223.39	821.86
24	ท่าระแนะ	4,302.11	3,021.05	4,739.50	5,821.99	17,884.65

ตารางภาคผนวกที่ ข-5 ระดับความเหมาะสมของการปลูกยางพารา

ยางพารา						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
25	บ้านนาบ่อคำ	0	1,083.04	371.87	573.73	2,028.64
26	หนองกอง 1	0	0	0	0	0
27	หนองกอง 2	0	20,715.24	5,427.85	3,990.17	30,133.26
28	ท่ากระดาน 1	1,940.65	2,178.52	1,251.62	502.53	5,873.32
29	ท่ากระดาน 2	402.1	4,607.93	3,236.20	1,281.88	9,528.11
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่	0	0	38.96	64.53	103.49
31	คลองสวนหมากตอนล่าง 1	1,453.01	1,073.69	3,435.98	4,021.62	9,984.30
32	คลองสวนหมากตอนล่าง 2	0	216.61	0	20.5	237.11
33	คลองแม่ลาย 1	0	5,617.90	10,286.45	9,383.92	25,288.27
34	คลองแม่ลาย 2	0	2,900.20	4,223.61	3,338.79	10,462.60
35	คลองแม่ลาย 3	0	11,968.02	2,343.02	18,528.12	32,839.16
36	แม่คร้อ	32.53	10,977.85	30,638.83	19,495.78	61,144.99
37	พระบรมธาตุ	0	323.86	0	974.34	1,298.20
รวม		11,490.15	77,770.49	72,749.56	72,124.71	234,134.91

ตารางภาคผนวกที่ ข-6 ระดับความเหมาะสมของการปลูกข้าว

ข้าว						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	0	0	0	0	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	0	0	0	0	0
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	0	0	0	0	0
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	0	0	0	0	0
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	0	0	0	0	0
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	0	0	0	0	0
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	0	0	0	0	0
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	0	0	0	0	0
9	ฝายคลองสวนหมาก	0	0	0	0.02	0.04
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	25.94	32.76	0	45.75	91.5
11	ท่าเสากระโดง 1	559.08	113.01	654.45	4,600.83	7,672.32
12	ท่าเสากระโดง 2	372.04	32.93	866.32	8,343.71	14,783.20
13	คลองตุ๊กแก	0	0	0	705.73	1,411.46
14	คลองคะยุค 1	0	0	0	0	0
15	คลองคะยุค 2	0	3.79	794.95	3,793.30	9,176.50
16	บ้านหนองปิ้งไก่	424.38	67.56	0	2,246.41	3,141.79
17	คลองมดแดง 1	0	0	0	0	0
18	คลองมดแดง 2	0	387.14	4.47	920.48	1,849.90
19	คลองไพร 1	0	0	0	0	0
20	คลองไพร 2	0	0	0	0	0
21	คลองไพร 3	0	0	0	0	0
22	คลองไพร 4	0	986.35	57.46	710.68	1,536.28
23	คลองไพร 5	0	2,477.77	156.95	9,628.24	19,570.38
24	ท่าระแนะ	4,317.46	441.68	638.07	12,647.80	26,571.74

ตารางภาคผนวกที่ ข-6 ระดับความเหมาะสมของการปลูกข้าว

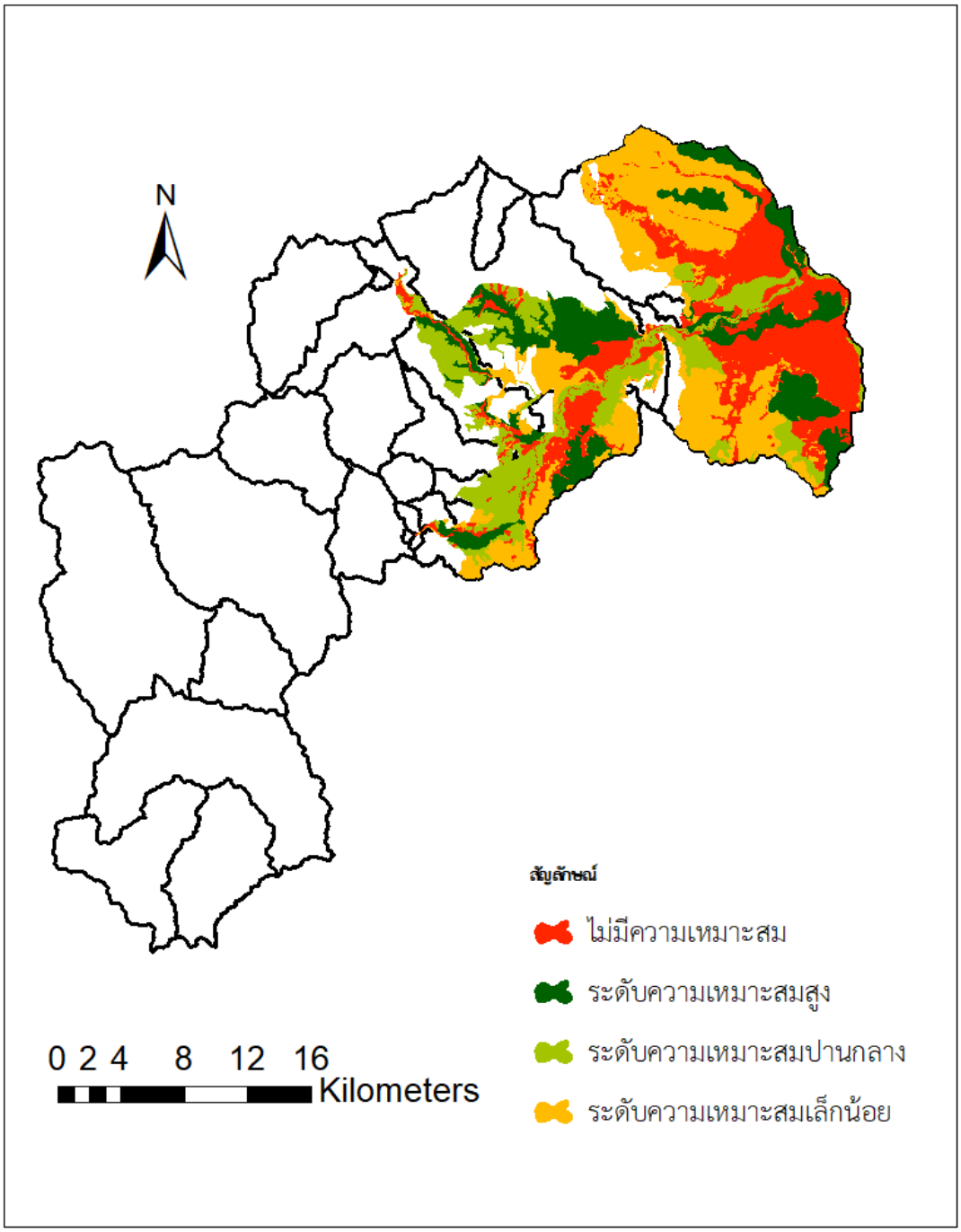
ข้าว						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
25	บ้านนาบ่อคำ	396.04	69.96	40.94	1539.82	3,161.52
26	หนองกอง 1	0	0	0	0	0
27	หนองกอง 2	2,621.25	1,667.79	1,430.46	24,686.26	52,233.44
28	ท่ากระดาน 1	306.78	2.82	0	294.02	5,549.30
29	ท่ากระดาน 2	718.79	191.48	14.57	3,537.08	12,761.68
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่	110.28	0.15	0	718.61	1,437.22
31	คลองสวนหมากตอนล่าง 1	4,092.29	48.16	9.72	5,920.41	11,860.26
32	คลองสวนหมากตอนล่าง 2	0	0.03	0	239.1	478.2
33	คลองแม่ลาย 1	3,751.05	6,142.69	87.78	15,526.66	31,228.88
34	คลองแม่ลาย 2	2,962.44	135.5	0.98	7,453.43	14,908.82
35	คลองแม่ลาย 3	11,183.54	5,090.55	8	16,836.37	33,688.74
36	แม่คร้อ	8,755.46	11,674.09	317.61	40,932.51	82,500.24
37	พระบรมธาตุ	0	0	0	1309.22	2,618.44
รวม		40,596.82	29,566.21	5,082.73	162,636.44	11,606.73

ตารางภาคผนวกที่ ข-7 ระดับความเหมาะสมของการปลูกอ้อย

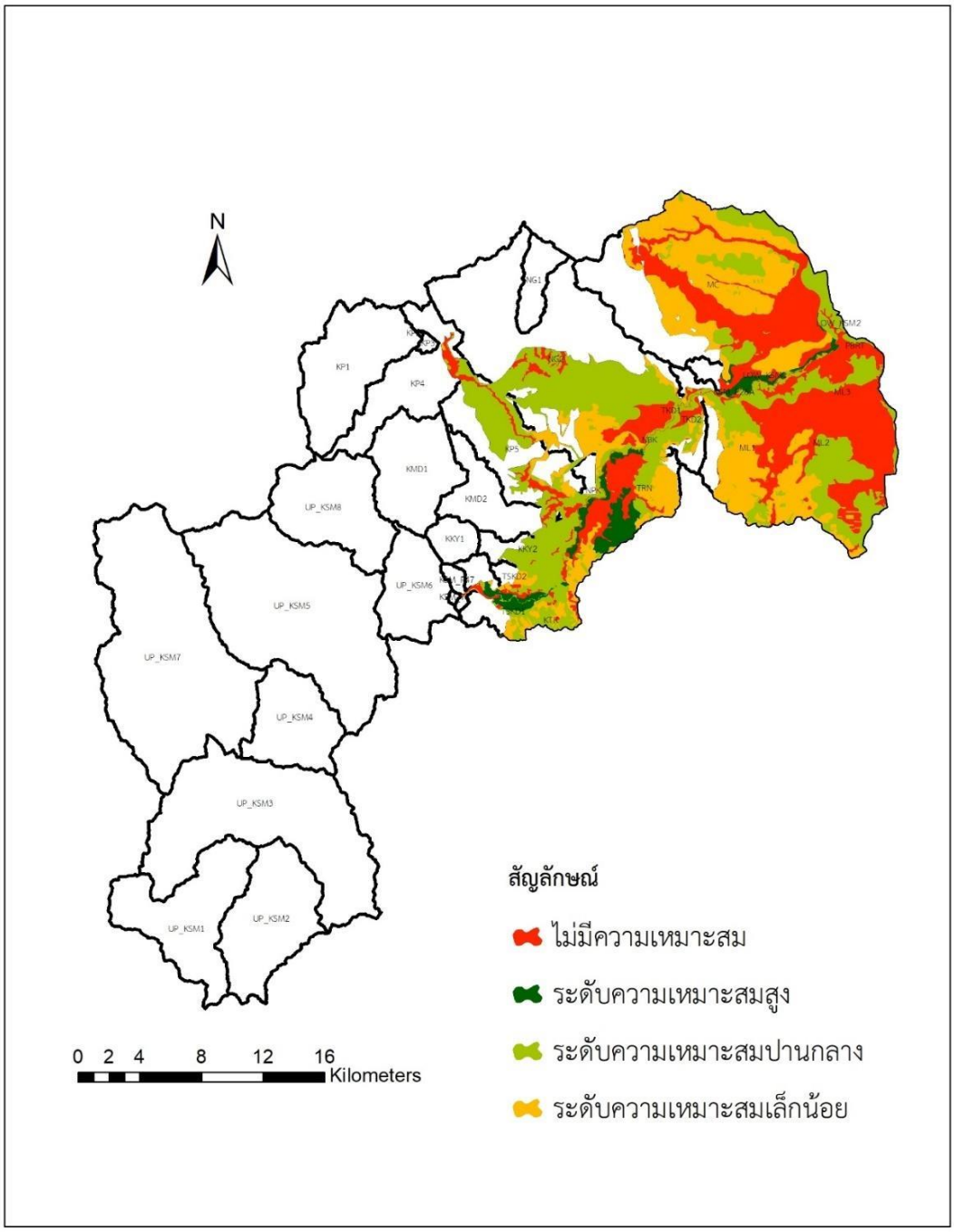
อ้อย						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
1	คลองสวนหมากตอนบน 1	0	0	0	0	0
2	คลองสวนหมากตอนบน 2	0	0	0	0	0
3	คลองสวนหมากตอนบน 3	0	0	0	0	0
4	คลองสวนหมากตอนบน 4	0	0	0	0	0
5	คลองสวนหมากตอนบน 5	0	0	0	0	0
6	คลองสวนหมากตอนบน 6	0	0	0	0	0
7	คลองสวนหมากตอนบน 7	0	0	0	0	0
8	คลองสวนหมากตอนบน 8	0	0	0	0	0
9	ฝายคลองสวนหมาก	0	0	0	0.02	0.02
10	สถานีตรวจวัดน้ำท่า บ้านโป่งน้ำร้อน	0	0	38.96	64.53	103.49
11	ท่าเสากระโดง 1	1,940.65	1,516.04	1,914.10	502.53	5,873.32
12	ท่าเสากระโดง 2	518.19	3,610.40	4,248.22	1,151.29	9,528.10
13	คลองตุ๊กแก	0	0	655.42	43.91	699.33
14	คลองคะยุค 1	0	0	0	0	0
15	คลองคะยุค 2	0	4,461.62	8.39	80.38	4,550.39
16	บ้านหนองปิ้งไก่	618.46	1,305.14	329.36	460.84	2,713.80
17	คลองมดแดง 1	0	0	0	0	0
18	คลองมดแดง 2	0	960.83	6.25	333.13	1,300.21
19	คลองไพร 1	0	0	0	0	0
20	คลองไพร 2	0	0	0	0	0
21	คลองไพร 3	0	0	0	0	0
22	คลองไพร 4	0	901.32	64.64	772.33	1,738.29
23	คลองไพร 5	0	9,684.65	1,302.13	1,164.41	12,151.19

ตารางภาคผนวกที่ ข-7 ระดับความเหมาะสมของการปลูกอ้อย

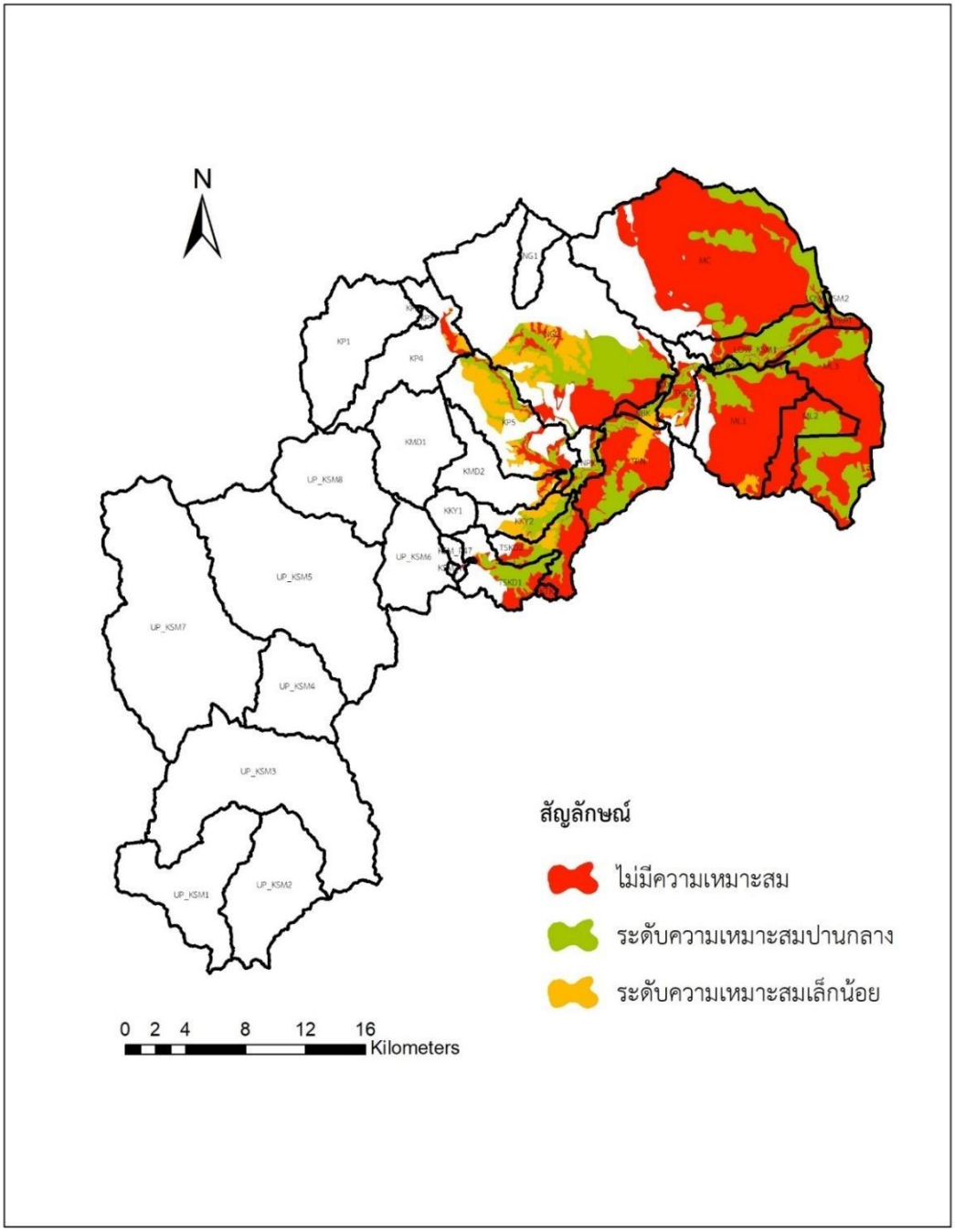
อ้อย						
ลำดับ	ลุ่มน้ำย่อย	แบ่งพื้นที่ตามระดับความเหมาะสม (ไร่)				
		S1	S2	S3	N	รวม
24	ท่าระแนะ	4,479.64	4,331.83	4,798.55	4,274.64	17,884.66
25	บ้านนาบ่อคำ	0	1,098.02	371.87	558.76	2,028.65
26	หนองกอง 1	0	0	0	0	0
27	หนองกอง 2	0	21,095.06	5,632.57	3,405.63	30,133.26
28	ท่ากระดาน 1	0	385.02	0	213.3	598.32
29	ท่ากระดาน 2	17.31	2,471.64	1,592.66	341.23	4,422.84
30	สถานีตรวจวัดน้ำท่าบ้านใหม่	418.41	200.84	0.12	202.5	821.87
31	คลองสวนหมากตอนล่าง 1	4,590.89	1,765.65	703.78	2,923.99	9,984.31
32	คลองสวนหมากตอนล่าง 2	0	216.61	0	20.5	237.11
33	คลองแม่ลาย 1	0	9,042.77	10,656.77	5,588.73	25,288.27
34	คลองแม่ลาย 2	0	3,974.14	4,420.87	2,067.59	10,462.60
35	คลองแม่ลาย 3	0	16,274.07	5,038.70	11,526.38	32,839.15
36	แม่คร้อ	259.95	14,646.53	31,094.21	15,144.31	61,145.00
37	พระบรมธาตุ	0	323.86	0	974.34	1,298.20
รวม		12,843.50	98,266.04	72,877.57	51,815.27	235,802.38



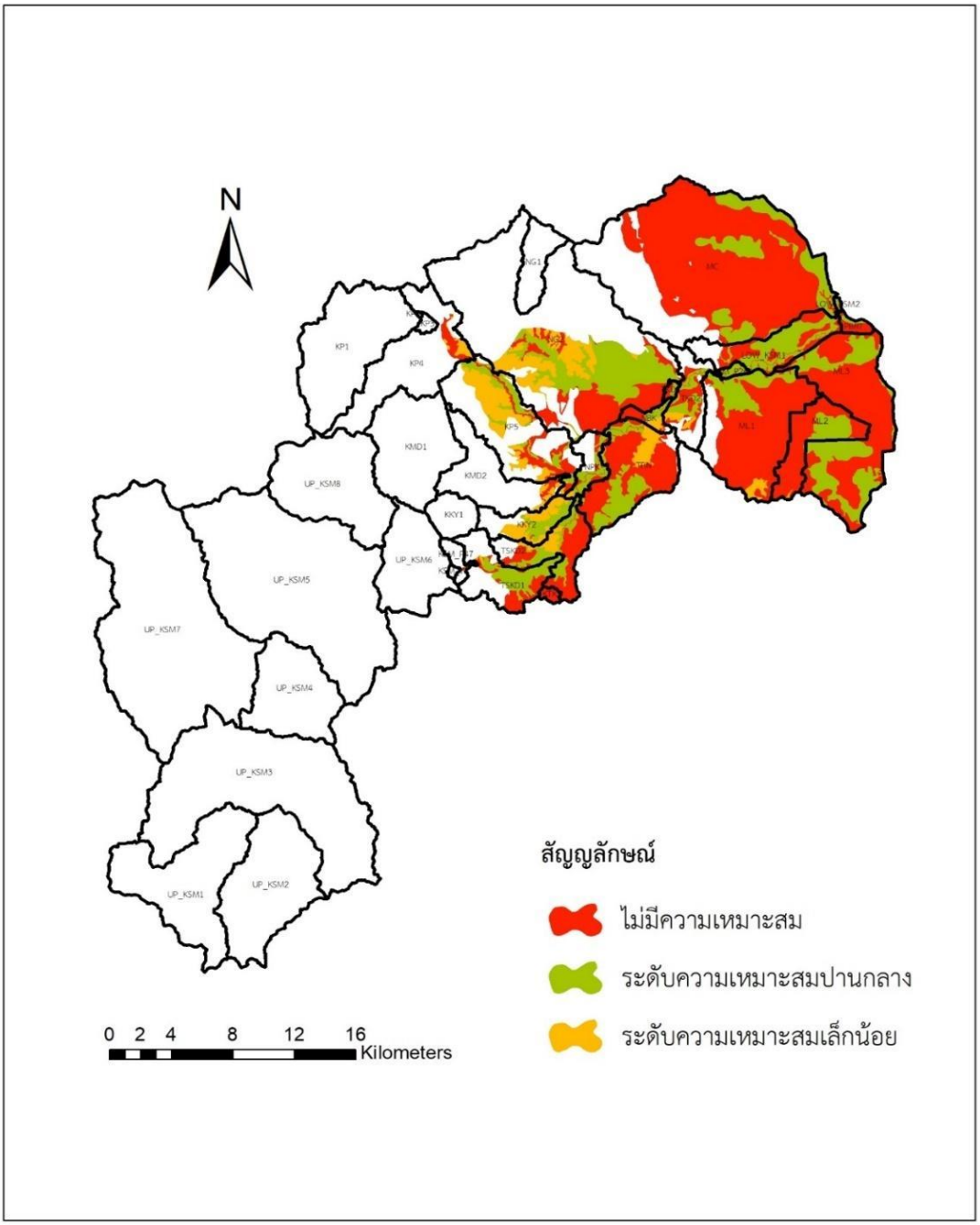
รูปภาคผนวกที่ ข-1 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของปาล์ม



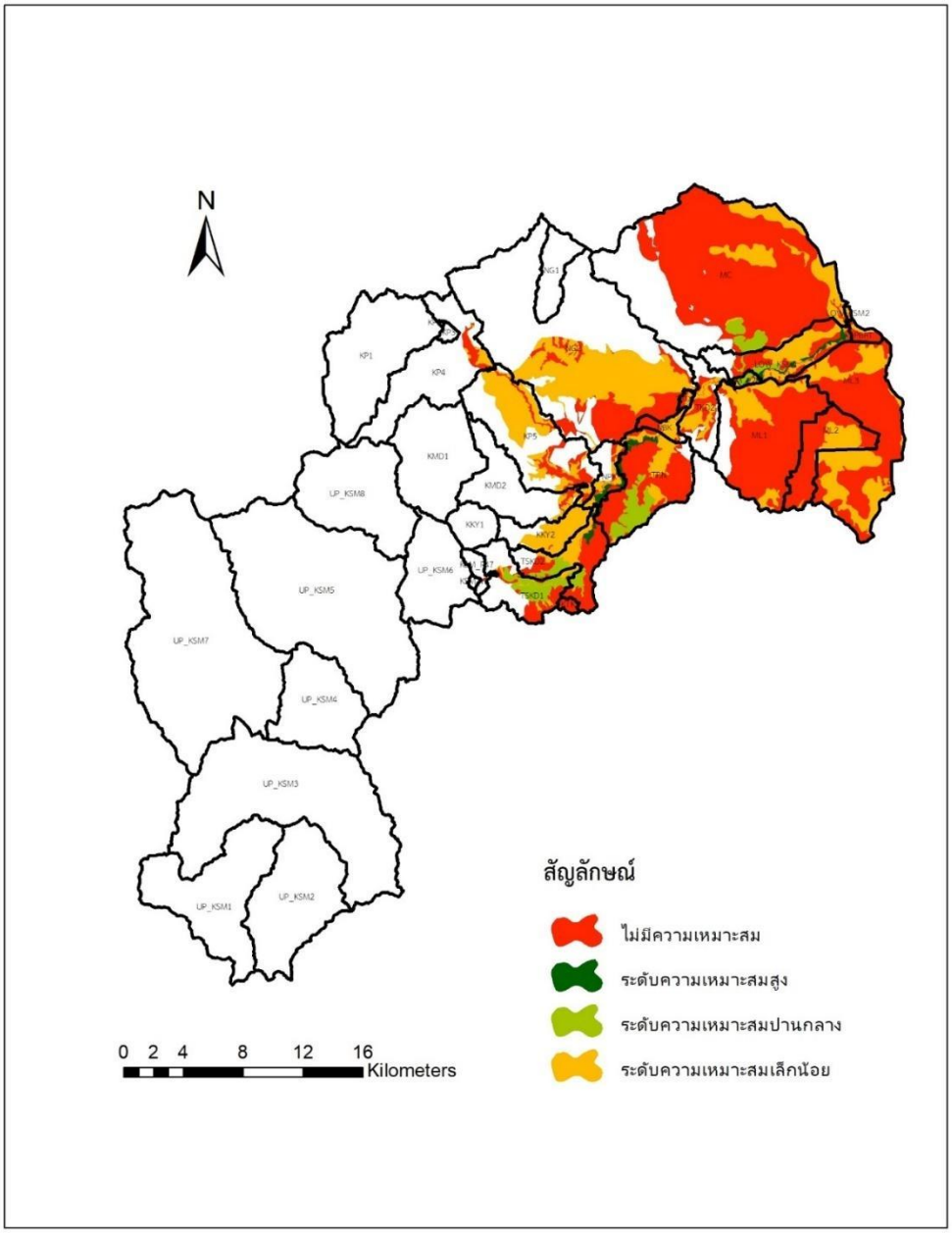
รูปภาคผนวกที่ ข-2 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของยางพารา



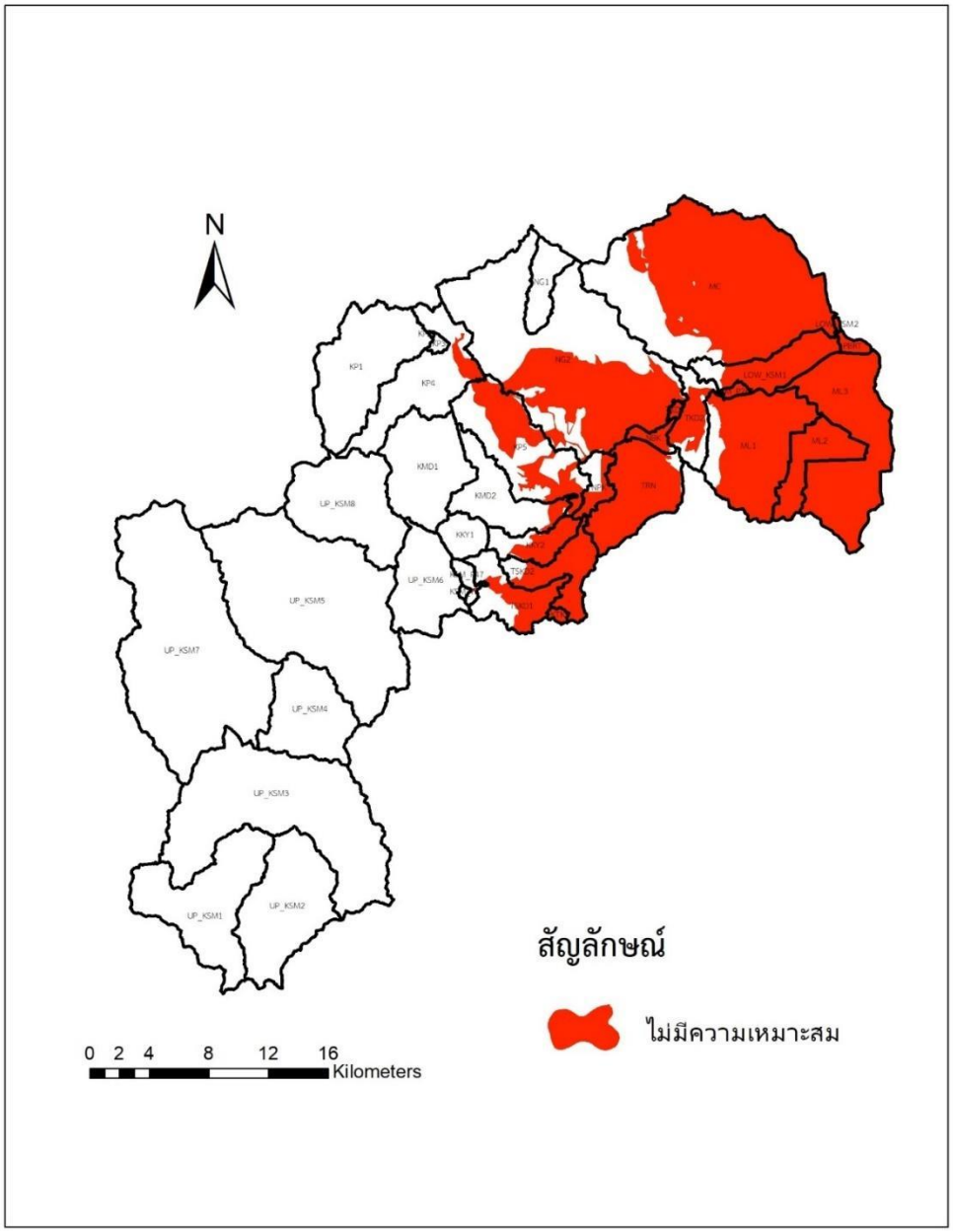
รูปภาคผนวกที่ ข-3 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของมะพร้าว



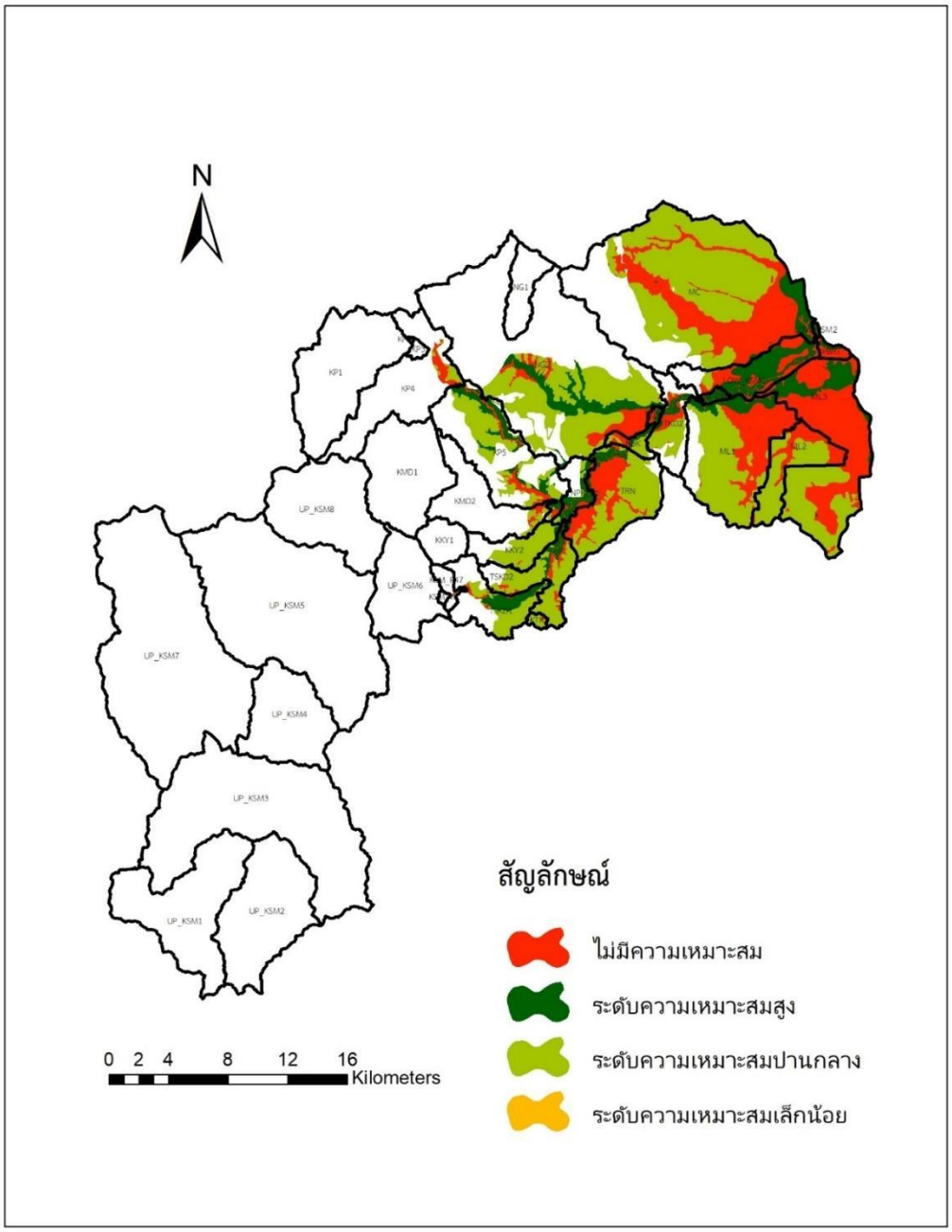
รูปภาคผนวกที่ ข-4 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของกาแฟอาราบิก้า



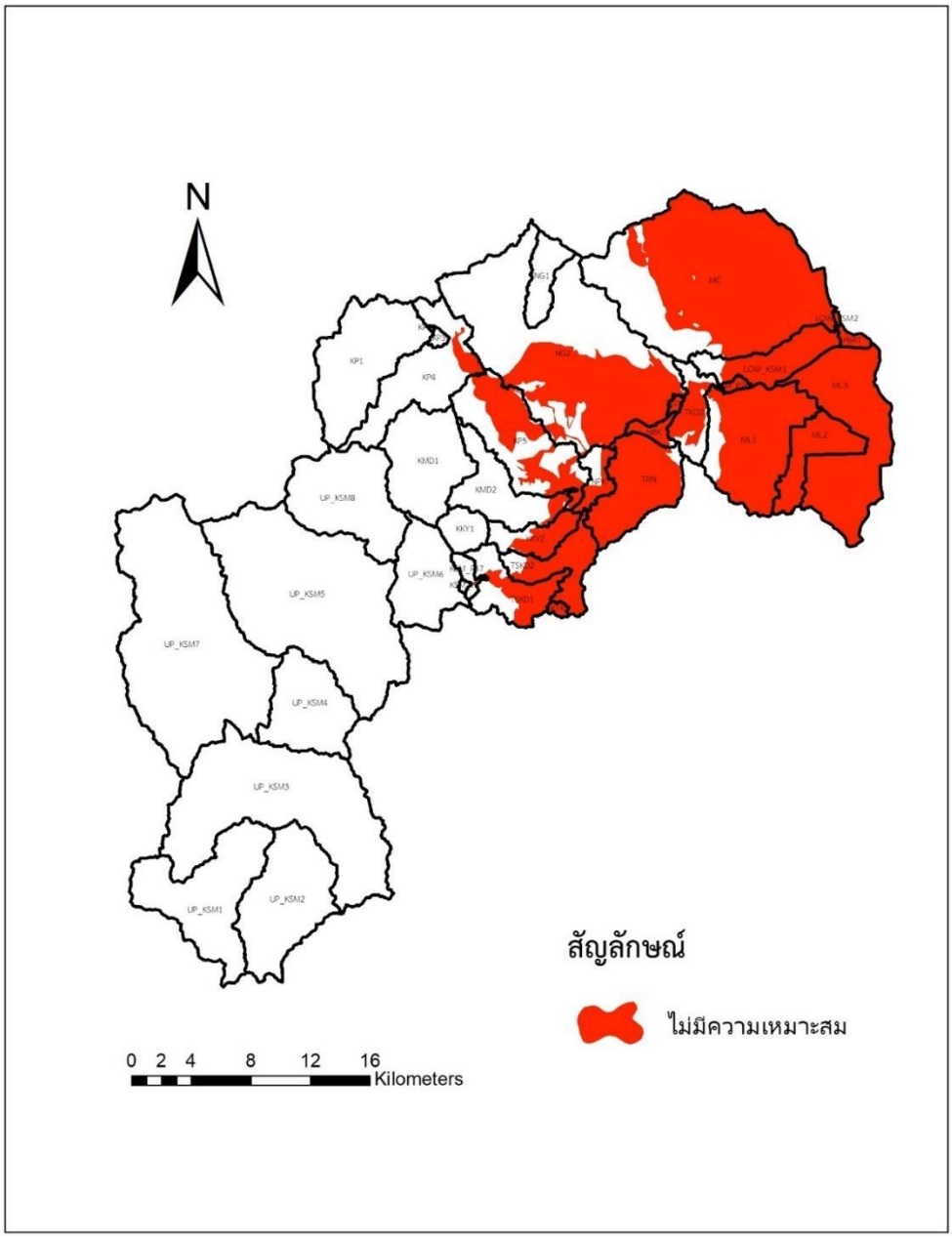
รูปภาคผนวกที่ ข-5 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของกาแฟโรบัสต้า



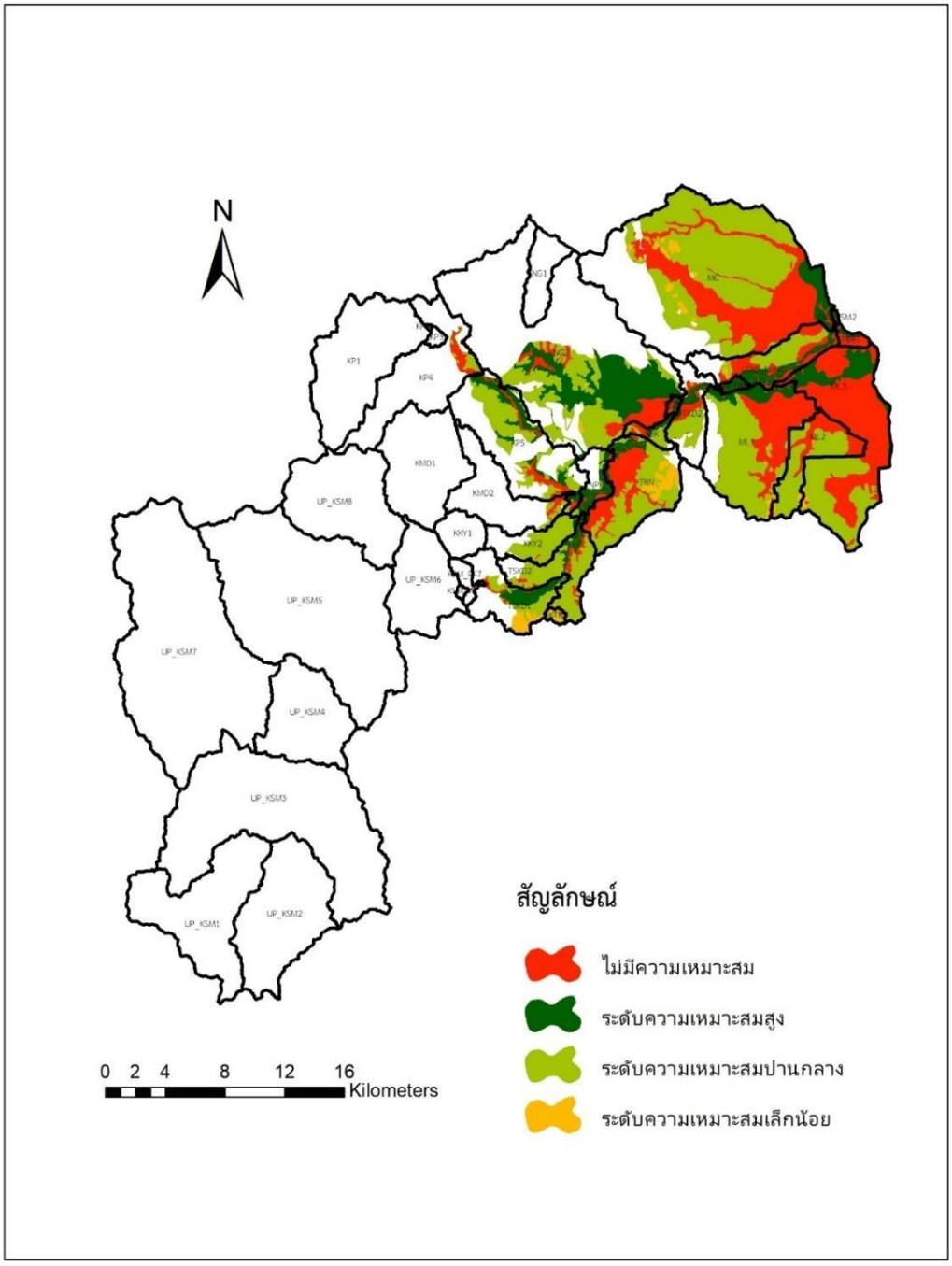
รูปภาคผนวกที่ ข-6 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของทุเรียน



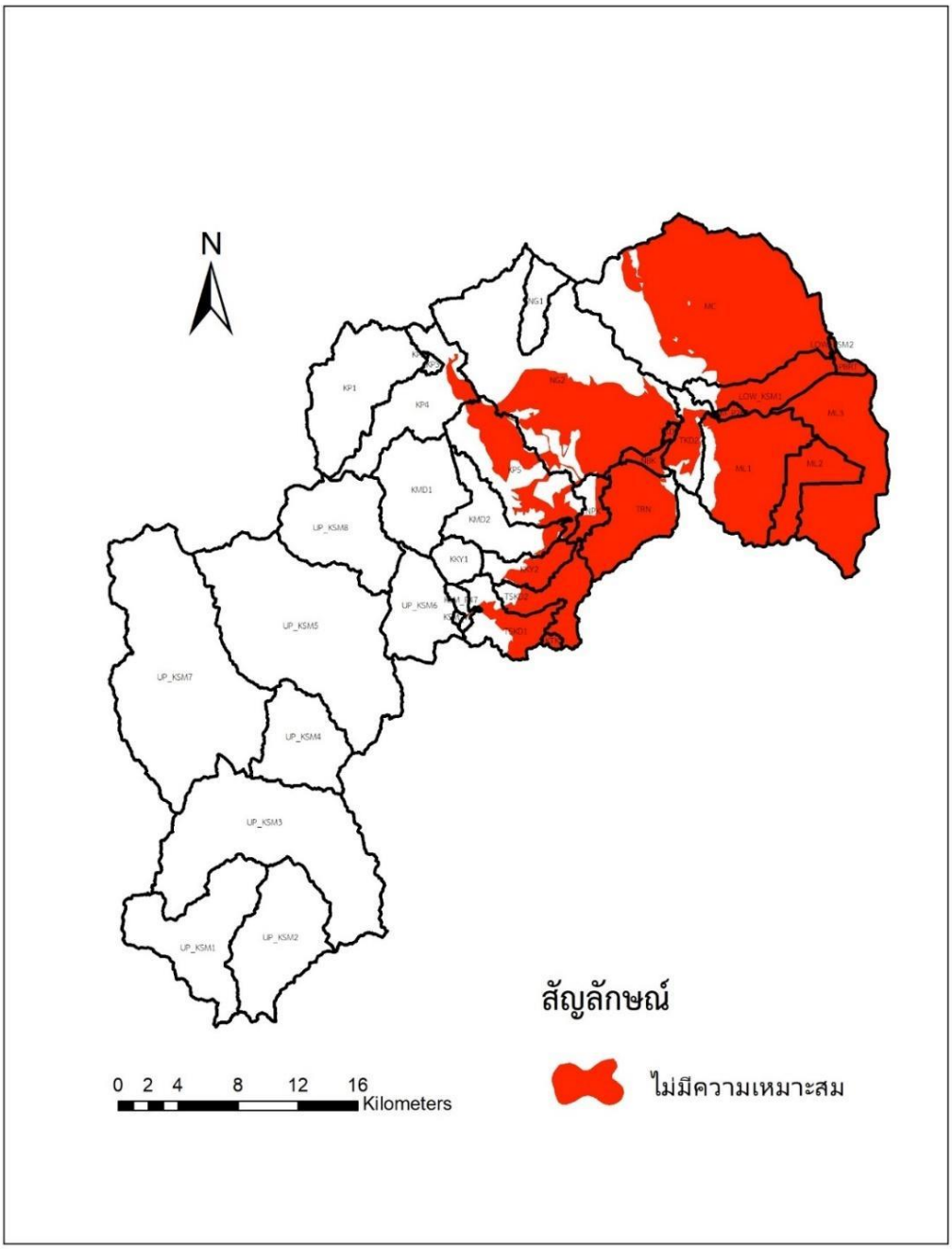
รูปภาคผนวกที่ ข-7 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของลองกอง



รูปภาคผนวกที่ ข-8 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของมะม่วง



รูปภาคผนวกที่ ข-9 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของสัปปะรด



รูปภาคผนวกที่ ข-10 รูปแสดงระดับความเหมาะสมของเงาะ

ภาคผนวก ค
รูปแบบของค่าเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี
โดยแยกตามโครงการส่งน้ำและแยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

ตารางภาคผนวกที่ ค-1 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามโครงการส่งน้ำ

โครงการ	ประเภทพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ล้าน ลบ.ม.)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ฝายคลองสวนหมาก	ชลประทาน	16,383	3.897	3.911	3.577	3.724	3.434	3.216	3.196	3.493	2.386	2.442	4.234	4.096	**41.606**
ฝายท่าเสากระโดง	รับประโยชน์	1,299	0.171	0.147	0.121	0.624	0.358	0.373	0.343	0.452	0.232	0.314	0.365	0.196	**3.698**
ฝายหนองปิ้งไก่	รับประโยชน์	5,326	0.361	0.324	1.573	3.240	1.799	1.865	1.208	1.986	1.158	1.540	1.603	0.504	**17.160**
ฝายท่าระแนะ	รับประโยชน์	236	0.051	0.050	0.045	0.033	0.015	0.015	0.018	0.019	0.013	0.020	0.043	0.052	**0.374**
ฝายบ้านนาบ่อคำ	รับประโยชน์	554	0.102	0.094	0.091	0.081	0.045	0.052	0.056	0.066	0.042	0.061	0.108	0.113	**0.910**
ฝายท่ากระดาน	ชลประทาน	30,280	10.169	10.609	10.770	9.375	6.682	9.364	6.446	6.487	4.522	8.062	10.540	10.786	**103.811**
อ่างเก็บน้ำคลองไพรๆ	ชลประทาน	7,398	1.693	1.573	1.133	1.166	1.150	0.895	0.988	0.781	0.347	0.486	1.100	1.531	**12.842**
อ่างเก็บน้ำหนองกอง	รับประโยชน์	1,381	0.307	0.281	0.211	0.224	0.218	0.191	0.211	0.172	0.083	0.119	0.239	0.300	**2.557**
อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง	รับประโยชน์	1,852	0.586	0.559	0.389	0.548	0.608	0.450	0.460	0.299	0.096	0.130	0.293	0.466	**4.884**
อ่างเก็บน้ำคลองคะยูด	รับประโยชน์	1,185	0.250	0.245	0.220	0.167	0.076	0.074	0.067	0.075	0.052	0.076	0.191	0.242	**1.736**
อ่างเก็บน้ำคลองปูเล็ก	รับประโยชน์	44	0.008	0.010	0.009	0.005	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.007	**0.056**
อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก	รับประโยชน์	328	0.090	0.088	0.085	0.073	0.037	0.034	0.036	0.053	0.025	0.037	0.066	0.074	**0.698**
อ่างเก็บน้ำโป่งค่าง	รับประโยชน์	65	0.013	0.013	0.011	0.007	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.004	0.009	0.012	**0.079**
พื้นที่สูบน้ำจากคลองสวนหมาก		7,197	1.612	1.586	1.529	1.304	0.689	0.730	0.806	0.913	0.471	0.806	1.519	1.583	**13.550**
พื้นที่เกษตรน้ำฝน		193,987	22.568	21.323	18.339	14.225	11.278	12.928	12.007	11.198	6.005	8.612	20.057	22.832	**181.374**
รวม		**267,515**	**41.880**	**40.811**	**38.105**	**34.796**	**26.392**	**30.189**	**25.846**	**26.000**	**15.435**	**22.711**	**40.375**	**42.796**	**385.335**

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพืชที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ตลาดหนองแขม (UP_KSM5)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	1,340	0.076	0.064	0.026	0.074	0.166	0.192	0.197	0.094	0.038	0.091	0.205	0.163	1.385
	รวม	1,340	0.076	0.064	0.026	0.074	0.166	0.192	0.197	0.094	0.038	0.091	0.205	0.163	1.385
ตลาดหนองแขม (UP_KSM7)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	5,597	0.257	0.212	0.080	0.241	0.612	0.762	0.784	0.365	0.159	0.394	0.887	0.671	5.422
	รวม	5,597	0.257	0.212	0.080	0.241	0.612	0.762	0.784	0.365	0.159	0.394	0.887	0.671	5.422
ตลาดหนองแขม (UP_KSM8)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	1,921	0.240	0.233	0.194	0.133	0.068	0.050	0.058	0.060	0.038	0.062	0.166	0.223	1.527
	รวม	1,921	0.240	0.233	0.194	0.133	0.068	0.050	0.058	0.060	0.038	0.062	0.166	0.223	1.527

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพืชที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ท่าตะกรุดพัฒนา (TSKD1)	ชลประทาน	3,506	1.169	1.169	1.091	0.978	0.654	0.714	0.678	0.999	0.417	0.507	0.823	0.854	10.052
	รับประโยชน์	108	0.021	0.022	0.020	0.012	0.003	0.003	0.004	0.005	0.004	0.006	0.015	0.020	0.135
	เกษตรสูบน้ำ	257	0.057	0.084	0.094	0.060	0.020	0.027	0.039	0.044	0.018	0.018	0.029	0.032	0.521
	เกษตรน้ำฝน	1,464	0.195	0.214	0.217	0.188	0.066	0.060	0.065	0.081	0.044	0.066	0.149	0.178	1.525
	รวม	5,335	1.443	1.490	1.422	1.238	0.743	0.804	0.787	1.128	0.483	0.596	1.016	1.084	12.233
ท่าตะกรุดพัฒนา (TSKD2)	ชลประทาน	4,473	1.445	1.420	1.208	1.047	0.725	0.928	0.788	0.898	0.457	0.500	1.107	1.295	11.817
	รับประโยชน์	328	0.090	0.088	0.085	0.073	0.037	0.034	0.036	0.053	0.025	0.037	0.066	0.074	0.698
	เกษตรสูบน้ำ	977	0.233	0.265	0.269	0.195	0.085	0.095	0.116	0.135	0.068	0.092	0.170	0.193	1.915
	เกษตรน้ำฝน	2,491	0.315	0.317	0.298	0.231	0.093	0.091	0.086	0.093	0.062	0.093	0.234	0.301	2.216
	รวม	8,269	2.083	2.090	1.860	1.546	0.940	1.148	1.026	1.179	0.612	0.721	1.577	1.864	16.646
คลองตูนหนา (KTK)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	534	0.078	0.084	0.087	0.085	0.032	0.029	0.025	0.021	0.013	0.021	0.055	0.073	0.602
	รวม	534	0.078	0.084	0.087	0.085	0.032	0.029	0.025	0.021	0.013	0.021	0.055	0.073	0.602

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ตลิ่งชัน1 (KP1)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	613	0.074	0.072	0.063	0.037	0.011	0.008	0.011	0.015	0.012	0.020	0.053	0.070	0.445
	รวม	613	0.074	0.072	0.063	0.037	0.011	0.008	0.011	0.015	0.012	0.020	0.053	0.070	0.445
ตลิ่งชัน4 (KP4)	ชลประทาน	3,404	0.819	0.755	0.513	0.596	0.653	0.496	0.542	0.406	0.163	0.220	0.492	0.716	6.371
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	5,440	0.662	0.649	0.570	0.354	0.116	0.092	0.115	0.151	0.113	0.188	0.488	0.634	4.132
	รวม	8,844	1.481	1.404	1.083	0.950	0.769	0.589	0.656	0.557	0.276	0.408	0.980	1.350	10.503
ตลิ่งชัน5 (KP5)	ชลประทาน	2,628	0.592	0.546	0.389	0.408	0.415	0.329	0.364	0.286	0.127	0.178	0.396	0.543	4.572
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	15,039	1.912	1.784	1.413	1.213	0.962	0.843	0.962	0.861	0.466	0.687	1.484	1.873	14.459
	รวม	17,667	2.504	2.330	1.802	1.621	1.377	1.171	1.326	1.147	0.593	0.865	1.879	2.416	19.031

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
คลองสวนหมาก2 (KKY2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	1,185	0.250	0.245	0.220	0.167	0.076	0.074	0.067	0.075	0.052	0.076	0.191	0.242	1.736
	เกษตรสูบน้ำ	381	0.143	0.143	0.143	0.129	0.078	0.075	0.082	0.130	0.052	0.074	0.103	0.100	1.252
	เกษตรน้ำฝน	4,053	0.399	0.386	0.348	0.243	0.251	0.416	0.302	0.319	0.190	0.144	0.319	0.395	3.712
	รวม	5,619	0.792	0.774	0.711	0.539	0.406	0.565	0.451	0.524	0.294	0.295	0.612	0.737	6.701
คลองสวนหมาก1 (KMD1)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	7,859	0.951	0.938	0.856	0.604	0.250	0.256	0.282	0.285	0.198	0.339	0.811	0.972	6.743
	รวม	7,859	0.951	0.938	0.856	0.604	0.250	0.256	0.282	0.285	0.198	0.339	0.811	0.972	6.743
คลองสวนหมาก2 (KMD2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	1,852	0.586	0.559	0.389	0.548	0.608	0.450	0.460	0.299	0.096	0.130	0.293	0.466	4.884
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	5,227	0.730	0.710	0.598	0.525	0.368	0.308	0.328	0.274	0.146	0.232	0.535	0.689	5.443
	รวม	7,079	1.316	1.269	0.987	1.073	0.975	0.758	0.788	0.573	0.242	0.362	0.828	1.155	10.327

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ทนสงสน1 (NG1)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	1,111	0.153	0.149	0.121	0.098	0.065	0.047	0.051	0.045	0.024	0.037	0.097	0.136	1.025
	รวม	1,111	0.153	0.149	0.121	0.098	0.065	0.047	0.051	0.045	0.024	0.037	0.097	0.136	1.025
ทนสงสน2 (NG2)	ชลประทาน	1,367	0.282	0.271	0.231	0.162	0.081	0.070	0.082	0.088	0.057	0.089	0.213	0.273	1.899
	รับประโยชน์	5,284	0.549	0.493	1.367	2.640	1.565	1.591	1.120	1.664	0.952	1.273	1.434	0.661	15.309
	เกษตรสูบน้ำ	128	0.023	0.021	0.019	0.017	0.011	0.015	0.017	0.018	0.011	0.016	0.028	0.028	0.224
	เกษตรน้ำฝน	40,878	5.278	4.918	3.892	3.455	2.801	2.457	2.789	2.474	1.319	1.927	4.086	5.160	40.556
	รวม	47,657	6.133	5.704	5.509	6.274	4.459	4.132	4.008	4.244	2.340	3.305	5.760	6.121	57.988
ทนสงปิงน้ำ (NPK)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	600	0.092	0.074	0.054	0.275	0.158	0.164	0.151	0.199	0.102	0.138	0.164	0.099	1.669
	เกษตรสูบน้ำ	1,586	0.343	0.312	0.260	0.267	0.130	0.135	0.142	0.166	0.101	0.150	0.292	0.341	2.637
	เกษตรน้ำฝน	922	0.103	0.099	0.086	0.095	0.044	0.043	0.044	0.035	0.021	0.034	0.081	0.101	0.785
	รวม	3,108	0.537	0.484	0.400	0.636	0.331	0.342	0.338	0.399	0.224	0.322	0.537	0.541	5.091

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ท่าทราย (TRN)	ชลประทาน	8,401	1.283	1.322	1.278	1.699	2.055	1.574	1.729	1.597	1.512	1.436	2.305	1.947	19.737
	รับประโยชน์	1,496	0.228	0.216	0.231	0.533	0.296	0.310	0.280	0.370	0.202	0.279	0.363	0.248	3.558
	เกษตรสูบน้ำ	204	0.037	0.033	0.030	0.027	0.017	0.022	0.026	0.028	0.017	0.025	0.043	0.044	0.349
	เกษตรน้ำฝน	5,826	0.696	0.670	0.611	0.477	0.291	0.296	0.346	0.345	0.208	0.312	0.631	0.729	5.614
	รวม	15,927	2.245	2.241	2.150	2.736	2.660	2.203	2.381	2.340	1.940	2.052	3.341	2.968	29.257
บ้านหนองบัว (NBK)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	863	0.022	0.019	0.299	0.673	0.371	0.378	0.228	0.397	0.229	0.302	0.289	0.045	3.252
	เกษตรสูบน้ำ	479	0.087	0.079	0.084	0.088	0.053	0.064	0.066	0.076	0.047	0.067	0.108	0.103	0.922
	เกษตรน้ำฝน	168	0.020	0.018	0.015	0.011	0.006	0.008	0.009	0.009	0.006	0.009	0.017	0.020	0.149
	รวม	1,510	0.129	0.116	0.398	0.772	0.430	0.450	0.304	0.482	0.282	0.378	0.414	0.168	4.324
ท่าทราย (TKD1)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	95	0.017	0.016	0.014	0.010	0.006	0.008	0.010	0.011	0.007	0.010	0.019	0.020	0.148
	เกษตรน้ำฝน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รวม	95	0.017	0.016	0.014	0.010	0.006	0.008	0.010	0.011	0.007	0.010	0.019	0.020	0.148

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ท่าทราย2 (TKD2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	554	0.102	0.094	0.091	0.081	0.045	0.052	0.056	0.066	0.042	0.061	0.108	0.113	0.910
	เกษตรลุ่มน้ำ	1,985	0.390	0.363	0.351	0.297	0.170	0.170	0.193	0.193	0.090	0.216	0.449	0.436	3.318
	เกษตรน้ำฝน	2,345	0.314	0.307	0.287	0.222	0.102	0.106	0.118	0.123	0.081	0.127	0.267	0.318	2.370
	รวม	4,884	0.806	0.764	0.729	0.600	0.316	0.328	0.367	0.381	0.213	0.403	0.824	0.866	6.598
บ้านไทย (KSM_P26A)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรลุ่มน้ำ	104	0.029	0.029	0.029	0.023	0.010	0.008	0.008	0.007	0.004	0.010	0.024	0.027	0.207
	เกษตรน้ำฝน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รวม	104	0.029	0.029	0.029	0.023	0.010	0.008	0.008	0.007	0.004	0.010	0.024	0.027	0.207
คลองสวนหมาก1 (LOW_KSM1)	ชลประทาน	7,319	2.279	2.343	2.359	2.042	1.462	2.028	1.448	1.463	0.990	1.798	2.428	2.453	23.094
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรลุ่มน้ำ	598	0.171	0.169	0.171	0.145	0.081	0.084	0.075	0.073	0.040	0.090	0.167	0.172	1.438
	เกษตรน้ำฝน	440	0.051	0.047	0.040	0.024	0.011	0.010	0.012	0.013	0.007	0.017	0.047	0.051	0.331
	รวม	8,357	2.501	2.559	2.570	2.212	1.555	2.122	1.536	1.550	1.037	1.904	2.641	2.676	24.863

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพืชพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
คลองสวนหมาก (LOW_KSM2)	ชลประทาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	73	0.015	0.014	0.012	0.007	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004	0.012	0.014	0.084
	เกษตรน้ำฝน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รวม	73	0.015	0.014	0.012	0.007	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004	0.012	0.014	0.084
แม่ลาว (MC)	ชลประทาน	7,054	2.504	2.668	2.711	2.298	1.583	2.246	1.446	1.457	1.084	1.877	2.407	2.557	24.836
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	215	0.046	0.043	0.039	0.030	0.016	0.015	0.018	0.018	0.009	0.022	0.049	0.049	0.353
	เกษตรน้ำฝน	52,253	5.561	5.227	4.608	2.936	2.625	3.818	2.874	2.973	1.578	1.858	4.972	5.452	44.484
	รวม	59,522	8.111	7.938	7.358	5.264	4.224	6.080	4.338	4.449	2.670	3.756	7.428	8.058	69.673
คลองแม่ลาว1 (ML1)	ชลประทาน	5,221	2.223	2.413	2.525	2.268	1.656	2.400	1.537	1.536	1.132	1.933	2.249	2.329	24.200
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	113	0.021	0.018	0.015	0.012	0.009	0.010	0.012	0.013	0.006	0.014	0.027	0.025	0.181
	เกษตรน้ำฝน	16,103	1.845	1.692	1.521	1.107	0.838	1.055	0.956	0.976	0.483	0.826	1.896	1.936	15.131
	รวม	21,437	4.089	4.122	4.061	3.387	2.502	3.466	2.505	2.525	1.621	2.773	4.171	4.289	39.512

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 แสดงความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำคลองสวนหมากเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี แยกตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อย (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	ประเภทพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน 28 ปี (ล้าน ลบ.ม./ปี)												
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
คลองสวนหมาก (ML2)	ชลประทาน	2,684	0.646	0.617	0.589	0.482	0.293	0.330	0.306	0.307	0.169	0.367	0.681	0.687	5.476
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	5,950	0.831	0.803	0.756	0.555	0.265	0.229	0.235	0.235	0.123	0.290	0.734	0.801	5.856
	รวม	8,634	1.477	1.420	1.345	1.037	0.559	0.560	0.541	0.542	0.292	0.657	1.415	1.488	11.332
คลองสวนหมาก (ML3)	ชลประทาน	8,005	2.517	2.568	2.586	2.284	1.688	2.359	1.708	1.723	1.147	2.088	2.776	2.761	26.205
	รับประโยชน์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	เกษตรน้ำฝน	16,353	1.826	1.728	1.650	1.319	1.234	1.753	1.359	1.350	0.674	0.838	1.844	1.886	17.462
	รวม	24,358	4.344	4.296	4.236	3.603	2.922	4.111	3.067	3.073	1.822	2.926	4.620	4.647	43.667
ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก	ชลประทาน	54,061	15.759	16.092	15.480	14.265	11.266	13.474	10.629	10.761	7.255	10.991	15.875	16.413	158.259
	รับประโยชน์	12,269	1.940	1.811	2.756	5.002	3.159	3.057	2.403	3.128	1.703	2.302	2.923	1.967	32.151
	เกษตรสูบน้ำ	7,197	1.612	1.586	1.529	1.304	0.689	0.730	0.806	0.913	0.471	0.806	1.519	1.583	13.550
	เกษตรน้ำฝน	193,987	22.568	21.323	18.339	14.225	11.278	12.928	12.007	11.198	6.005	8.612	20.057	22.832	181.374
	รวม	267,515	41.880	40.811	38.105	34.796	26.392	30.189	25.846	26.000	15.435	22.711	40.375	42.796	385.335

ตารางภาคผนวกที่ ค-3 ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคในเขตการประปาส่วนภูมิภาคเฉลี่ยรายเดือน

ลุ่มน้ำย่อย	ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ในเขตการประปาส่วนภูมิภาค (x10^3 ลบ.ม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
PBRT	9.32	8.42	9.32	9.02	9.32	9.02	9.32	9.32	9.02	9.32	9.02	9.32	109.74
ML3	5.21	4.70	5.21	5.04	5.21	5.04	5.21	5.21	5.04	5.21	5.04	5.21	61.31
รวม	**14.53**	**13.12**	**14.53**	**14.06**	**14.53**	**14.06**	**14.53**	**14.53**	**14.06**	**14.53**	**14.06**	**14.53**	**171.05**

ตารางภาคผนวกที่ ค-4 ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคในเขตการประปาหมู่บ้านเฉลี่ยรายเดือน

ลุ่มน้ำย่อย	ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ในเขตการประปาหมู่บ้าน (x10^3 ลบ.ม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
UP_KSM8	1.16	1.05	1.16	1.12	1.16	1.12	1.16	1.16	1.12	1.16	1.12	1.16	13.64
TSKD1	10.88	9.83	10.88	10.53	10.88	10.53	10.88	10.88	10.53	10.88	10.53	10.88	128.12
TSKD2	9.77	8.82	9.77	9.45	9.77	9.45	9.77	9.77	9.45	9.77	9.45	9.77	115.03
KP3	0.46	0.41	0.46	0.44	0.46	0.44	0.46	0.46	0.44	0.46	0.44	0.46	5.37
KP4	11.62	10.49	11.62	11.24	11.62	11.24	11.62	11.62	11.24	11.62	11.24	11.62	136.77
KP5	6.21	5.61	6.21	6.01	6.21	6.01	6.21	6.21	6.01	6.21	6.01	6.21	73.09
KKY2	1.10	1.00	1.10	1.07	1.10	1.07	1.10	1.10	1.07	1.10	1.07	1.10	12.99
KMD1	7.44	6.72	7.44	7.20	7.44	7.20	7.44	7.44	7.20	7.44	7.20	7.44	87.63
KMD2	3.48	3.14	3.48	3.37	3.48	3.37	3.48	3.48	3.37	3.48	3.37	3.48	40.99
NG1	0.72	0.65	0.72	0.70	0.72	0.70	0.72	0.72	0.70	0.72	0.70	0.72	8.48
NG2	37.95	34.28	37.95	36.73	37.95	36.73	37.95	37.95	36.73	37.95	36.73	37.95	446.87
NPK	1.62	1.46	1.62	1.56	1.62	1.56	1.62	1.62	1.56	1.62	1.56	1.62	19.03
TRN	26.03	23.51	26.03	25.19	26.03	25.19	26.03	26.03	25.19	26.03	25.19	26.03	306.50
NBK	4.71	4.26	4.71	4.56	4.71	4.56	4.71	4.71	4.56	4.71	4.56	4.71	55.48
TKD1	0.70	0.63	0.70	0.68	0.70	0.68	0.70	0.70	0.68	0.70	0.68	0.70	8.22
TKD2	4.15	3.75	4.15	4.02	4.15	4.02	4.15	4.15	4.02	4.15	4.02	4.15	48.85
KSM_P26A	1.97	1.78	1.97	1.91	1.97	1.91	1.97	1.97	1.91	1.97	1.91	1.97	23.25

ตารางภาคผนวกที่ ค-4 ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคในเขตการประปาหมู่บ้านเฉลี่ยรายเดือน

ลุ่มน้ำย่อย	ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ในเขตการประปาหมู่บ้าน (x10^3 ลบ.ม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
LOW_KSM1	27.25	24.61	27.25	26.37	27.25	26.37	27.25	27.25	26.37	27.25	26.37	27.25	320.79
LOW_KSM2	1.00	0.90	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	11.79
MC	26.36	23.81	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	310.35
ML1	15.80	14.28	15.80	15.29	15.80	15.29	15.80	15.80	15.29	15.80	15.29	15.80	186.09
ML2	6.50	5.87	6.50	6.29	6.50	6.29	6.50	6.50	6.29	6.50	6.29	6.50	76.58
ML3	53.43	48.26	53.43	51.71	53.43	51.71	53.43	53.43	51.71	53.43	51.71	53.43	629.10
รวม	260.3	235.1	260.3	251.9	260.3	251.9	260.3	260.3	251.9	260.3	251.9	260.3	3,065.0

ตารางภาคผนวกที่ ค-5 ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมในเขตการประปาส่วนภูมิภาคเฉลี่ยรายเดือน

ลุ่ม	ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมในเขตการประปาส่วนภูมิภาค (x10^3 ลบ.ม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ML3	2.31	2.09	2.31	2.24	2.31	2.24	2.31	2.31	2.24	2.31	2.24	2.31	27.23
รวม	2.31	2.09	2.31	2.24	2.31	2.24	2.31	2.31	2.24	2.31	2.24	2.31	27.23

ตารางภาคผนวกที่ ค-6 ความต้องการน้ำเพื่ออุตสาหกรรมในเขตการประปาหมู่บ้านเฉลี่ยรายเดือน

ลุ่ม	ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมในเขตประปาหมู่บ้าน (x10^3 ลบ.ม.)												
	ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**	**รวม**
TSKD2	0.75	0.67	0.75	0.72	0.75	0.72	0.75	0.75	0.72	0.75	0.72	0.75	8.78
KMD2	0.40	0.36	0.40	0.38	0.40	0.38	0.40	0.40	0.38	0.40	0.38	0.40	4.66
NG2	1.01	0.91	1.01	0.97	1.01	0.97	1.01	1.01	0.97	1.01	0.97	1.01	11.85
TRN	0.32	0.29	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	3.76
MC	12.98	11.72	12.98	12.56	12.98	12.56	12.98	12.98	12.56	12.98	12.56	12.98	152.78
ML1	0.32	0.29	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	3.76
ML2	0.35	0.32	0.35	0.34	0.35	0.34	0.35	0.35	0.34	0.35	0.34	0.35	4.13
ML3	8.83	7.98	8.83	8.55	8.83	8.55	8.83	8.83	8.55	8.83	8.55	8.83	104.00
รวม	24.9	22.5	24.9	24.1	24.9	24.1	24.9	24.9	24.1	24.9	24.1	24.9	293.7

ภาคผนวก ง1
โค้งความจุและรูปตัดตามยาวของฝาย

ระดับน้ำ (ม.)	ปริมาตรของหน่วยกักเก็บน้ำ (10^3 ลบ.ม.)	ความจุกองชุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)	ความจุหลังชุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0	0.0
0.20	9,396.0	12,875.1	
0.40	18,937.2	26,557.8	
0.60	28,729.0	41,604.7	
0.80	38,753.3	57,028.1	
1.00	48,912.5	72,462.2	
1.10	54,044.7	80,182.2	
1.20	59,221.7	87,902.2	
1.30	64,411.2	95,625.3	
1.40	69,611.9	103,353.2	
1.50	74,831.6	111,081.1	
1.60	80,112.3	118,809.0	
1.70	85,490.4	126,540.3	
1.80	90,948.6	134,276.2	
1.90	96,615.6	142,012.0	
2.00	102,488.0	149,747.9	
2.10	108,501.0	157,483.7	
2.20	114,691.3	165,219.6	
2.30	120,938.0	172,955.5	
2.40	127,199.1	180,691.3	
2.50	133,478.7	188,427.2	
2.60	139,775.3	196,163.0	
2.70	146,071.8	203,898.9	
2.80	152,368.4	211,634.7	
2.90	158,665.0	219,370.6	
3.00	164,966.4	227,106.5	
3.10	171,296.3	234,842.3	

รูปภาคผนวกที่ ง1-1 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

ระดับน้ำ (ม.)	ความจุก่อนขุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)	ความจุหลังขุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0
0.20	2,905.2	3,871.5
0.40	5,923.1	8,133.7
0.60	9,064.9	13,127.7
0.80	12,789.7	21,406.0
1.00	17,796.4	33,095.7
1.20	23,420.9	45,202.3
1.40	29,600.0	57,709.3
1.60	36,475.0	71,962.9
1.80	44,215.5	87,206.5
2.00	52,675.5	102,475.1
2.10	57,101.6	110,121.8
2.20	61,649.7	118,367.2
2.30	66,344.4	126,614.1
2.40	71,322.6	134,876.3
2.50	76,514.7	143,140.6
2.60	81,890.2	151,404.8
2.70	87,378.1	159,669.0
2.80	92,938.3	167,933.3
2.90	98,527.1	176,210.2
3.00	104,151.5	184,492.2
3.10	109,809.8	192,774.2
3.20	115,500.7	201,056.2
3.30	121,239.2	209,338.2
3.40	127,010.0	217,621.5
3.50	132,780.9	225,921.7
3.60	138,551.7	234,222.0

รูปภาคผนวกที่ ง1-2 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

ระดับน้ำ (ม.)	ความจุก่อนขุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)	ความจุหลังขุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0
0.20	12,753.6	15,572.9
0.40	26,514.7	31,399.8
0.60	41,028.7	47,457.9
0.80	56,027.1	63,725.1
1.00	71,128.6	80,180.5
1.20	86,310.8	96,808.9
1.40	102,324.0	114,141.5
1.60	119,582.2	135,940.0
1.80	137,469.2	158,286.5
2.00	155,820.5	180,853.1
2.20	174,533.3	204,053.2
2.40	194,296.7	228,848.6
2.60	214,715.5	254,261.7
2.80	235,561.3	280,025.7
3.00	256,908.4	306,145.7
3.10	267,781.4	319,341.2
3.20	278,739.6	332,851.0
3.30	289,839.4	346,846.2
3.40	301,030.0	360,862.9
3.50	312,284.9	374,879.6
3.60	323,636.6	388,911.6
3.70	335,128.3	402,955.4
3.80	346,812.3	416,999.2
3.90	358,621.6	431,043.0
4.00	370,524.6	445,086.7
4.10	382,480.0	459,130.5

รูปภาคผนวกที่ ง1-3 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

ระดับน้ำ (ม.)	ความจุกักเก็บของตะกอน (ลบ.ม.)	ความจุหลังขุดลอกตะกอน (ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0
0.20	14,123.6	23,596.1
0.40	29,182.7	47,633.2
0.60	46,803.8	80,099.6
0.80	66,137.6	115,492.3
1.00	87,032.6	150,909.2
1.20	110,859.8	186,352.4
1.40	136,702.9	221,853.9
1.50	149,922.7	239,631.6
1.60	163,364.5	257,427.1
1.80	190,626.8	293,072.6
2.00	218,510.4	328,789.4
2.20	247,064.7	364,574.9
2.40	276,464.1	400,426.0
2.50	291,571.6	418,392.3
2.60	306,999.7	436,402.3
2.80	338,672.5	472,505.0
3.00	371,197.7	509,430.6
3.20	404,499.1	547,204.8
3.40	438,472.9	585,512.9
3.50	455,824.2	604,716.6
3.60	473,326.0	623,943.3
3.80	508,558.6	662,440.1
4.00	544,087.5	700,959.8
4.20	580,026.2	739,483.2
4.40	616,434.1	778,006.6
4.50	634,757.2	797,268.4

รูปภาคผนวกที่ ง1-4 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

ระดับน้ำ (ม.)	ความจุก่อนขุดลอกตะกอน	ตะกอนสะสมในอ่างฯ (ม.ก.ม.)	ความจุหลังขุดลอกตะกอน	ตะกอนสะสมในอ่างฯ (ม.ก.ม.)
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	1,448.2	3,782.3	2,085.7	5,000.0
0.40	3,782.3	6,210.5	5,000.0	8,135.3
0.60	6,210.5	8,797.0	8,135.3	11,448.8
0.80	8,797.0	11,484.4	11,448.8	14,903.7
1.00	11,484.4	14,191.5	14,903.7	18,530.4
1.20	14,191.5	16,945.7	18,530.4	22,345.6
1.40	16,945.7	18,334.4	22,345.6	24,317.0
1.50	18,334.4	19,743.0	24,317.0	26,325.9
1.60	19,743.0	22,626.2	26,325.9	30,437.1
1.80	22,626.2	25,551.6	30,437.1	34,650.0
2.00	25,551.6	28,538.1	34,650.0	38,958.4
2.20	28,538.1	31,552.6	38,958.4	43,357.8
2.40	31,552.6	33,065.0	43,357.8	45,589.3
2.50	33,065.0	34,595.2	45,589.3	47,839.6
2.60	34,595.2	37,665.6	47,839.6	52,393.0
2.80	37,665.6	40,763.6	52,393.0	57,024.4
3.00	40,763.6	43,893.3	57,024.4	61,778.5
3.20	43,893.3	47,050.3	61,778.5	66,668.4
3.40	47,050.3	48,638.2	66,668.4	69,150.0
3.50	48,638.2	50,263.1	69,150.0	71,640.2
3.60	50,263.1	53,610.7	71,640.2	76,629.6
3.80	53,610.7	56,976.2	76,629.6	81,636.7
4.00	56,976.2	60,341.7	81,636.7	86,651.4
4.20	60,341.7	63,707.1	86,651.4	91,666.2
4.40	63,707.1	65,389.9	91,666.2	94,173.6
4.50	65,389.9		94,173.6	

รูปภาคผนวกที่ ง1-5 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

ระดับน้ำ (ม.)	ความจุก่อนขุดลอก (ลบ.ม.)	ความจุหลังขุดลอก (ลบ.ม.)	ปริมาณตะกอนที่ขุดลอก (ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0	0.0
0.20	734.0	734.0	734.0
0.40	1,481.3	1,481.3	1,481.3
0.60	2,247.5	2,247.5	2,247.5
0.80	3,013.7	3,013.7	3,013.7
1.00	3,794.5	3,794.5	3,794.5
1.10	4,191.5	4,191.5	4,191.5
1.20	4,588.4	4,588.4	4,588.4
1.30	4,985.4	4,985.4	4,985.4
1.40	5,383.5	5,383.5	5,383.5
1.50	5,794.5	5,794.5	5,794.5
1.60	6,205.6	6,205.6	6,205.6
1.70	6,616.6	6,616.6	6,616.6
1.80	7,030.3	7,030.3	7,030.3
1.90	7,455.6	7,455.6	7,455.6
2.00	7,880.9	7,880.9	7,880.9
2.10	8,307.4	8,307.4	8,307.4
2.20	8,747.2	8,747.2	8,747.2
2.30	9,187.0	9,187.0	9,187.0
2.40	9,636.9	9,636.9	9,636.9
2.50	10,091.3	10,091.3	10,091.3
2.60	10,553.5	10,553.5	10,553.5
2.70	11,022.8	11,022.8	11,022.8
2.80	11,492.0	11,492.0	11,492.0
2.90	11,961.3	11,961.3	11,961.3
3.00	12,430.6	12,430.6	12,430.6
3.10	12,899.8	12,899.8	12,899.8

รูปภาคผนวกที่ ง1-6 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

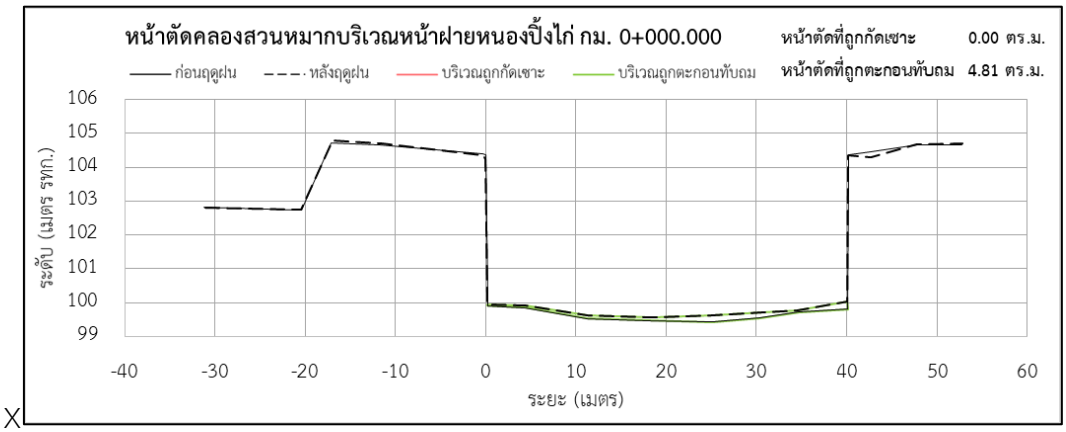
ระดับน้ำ (ม.)	ความจุก่อนพังทลายกลบคลอง (10^3 ลบ.ม.)	ความจุพังทลายกลบคลอง (10^3 ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0
0.10	1,403.9	2,024.7
0.20	2,880.3	4,418.6
0.30	4,446.3	6,990.4
0.40	6,071.4	9,655.4
0.50	7,786.7	12,364.1
0.60	9,575.0	15,076.3
0.70	11,397.9	17,788.4
0.80	13,266.6	20,500.5
0.90	15,183.8	23,212.7
1.00	17,184.3	25,928.9
1.05	18,213.9	27,287.5
1.10	19,254.3	28,646.1
1.15	20,340.4	30,004.8
1.20	21,440.2	31,363.4
1.25	22,543.5	32,722.0
1.30	23,652.9	34,080.7
1.35	24,773.6	35,439.3
1.40	25,899.7	36,797.9
1.45	27,029.0	38,156.5
1.50	28,168.3	39,515.2
1.60	30,472.0	42,232.4
1.70	32,791.0	44,949.7
1.80	35,136.3	47,671.5
1.90	37,500.6	50,393.9
2.00	39,875.3	53,116.3
2.20	44,660.3	58,561.1

รูปภาคผนวกที่ ง1-7 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

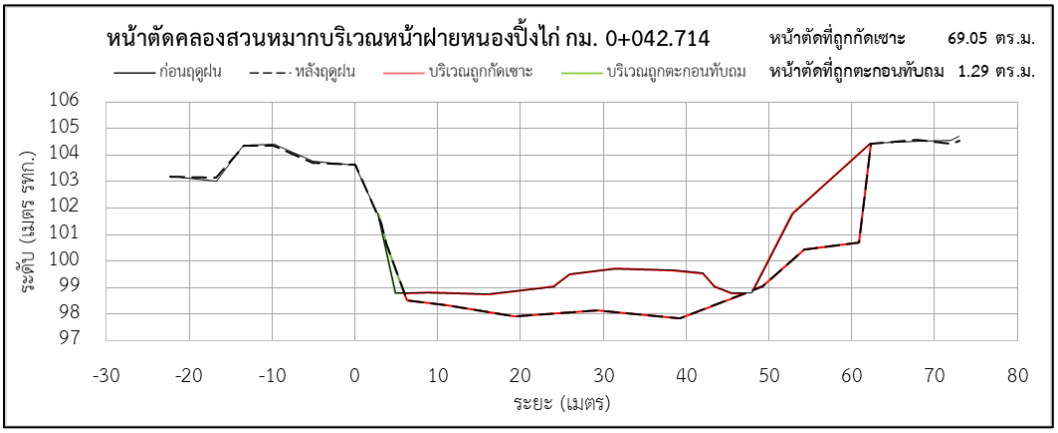
ระดับน้ำเหนือสันฝาย (ม.)	ความจุก่อนขุดลอกตะกอน (10^3 ลบ.ม.)	ปริมาตะกอนที่ขุดลอก (10^3 ลบ.ม.)	ความจุหลังขุดลอกตะกอน (10^3 ลบ.ม.)
0.00	0.0	0.0	0.0
0.10	497.0	1,137.6	1,731.7
0.20	1,137.6	1,915.1	3,858.1
0.30	1,915.1	2,861.3	5,997.7
0.40	2,861.3	4,029.2	8,150.9
0.50	4,029.2	5,392.3	10,318.7
0.60	5,392.3	6,935.7	12,502.0
0.70	6,935.7	8,575.9	14,701.6
0.80	8,575.9	10,299.8	16,918.3
0.90	10,299.8	12,115.4	19,153.1
1.00	12,115.4	14,006.5	21,406.8
1.10	14,006.5	15,945.9	23,680.0
1.20	15,945.9	17,943.4	25,971.9
1.30	17,943.4	19,976.5	28,280.7
1.40	19,976.5	22,024.9	30,601.3
1.50	22,024.9	24,086.5	32,929.5
1.60	24,086.5	26,161.8	35,265.1
1.70	26,161.8	28,253.1	37,607.7
1.80	28,253.1	30,373.0	39,956.5
1.90	30,373.0	32,504.3	42,308.5
2.00	32,504.3	34,636.0	44,661.5
2.10	34,636.0	36,767.6	47,014.5
2.20	36,767.6	38,899.3	49,367.4
2.30	38,899.3	41,030.9	51,720.4
2.40	41,030.9	43,162.6	54,073.4
2.50	43,162.6	45,294.2	56,426.3
2.60	45,294.2		58,779.3

รูปภาคผนวกที่ ง1-8 แสดงโค้งความจุและรูปตัดตามยาว

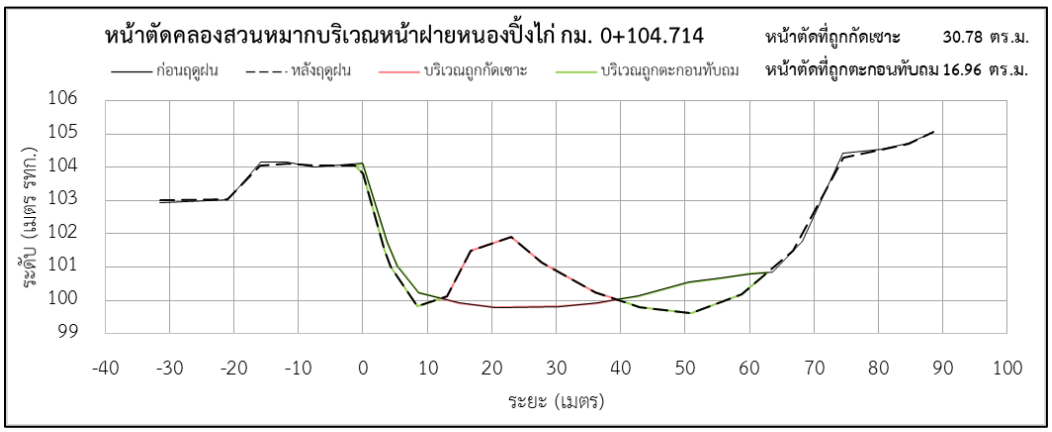
ภาคผนวก ง2
หน้าตัดคลองสวนหมากบริเวณหน้าฝายหนองปิ้งไก่ก่อนและหลังฤดูฝน



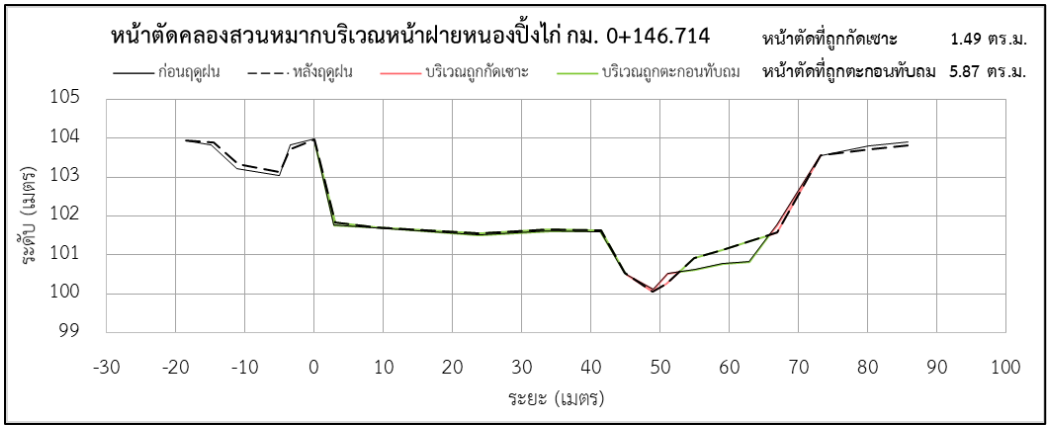
รูปภาคผนวกที่ ง2-1 กม. 0+000.000 (X-0)



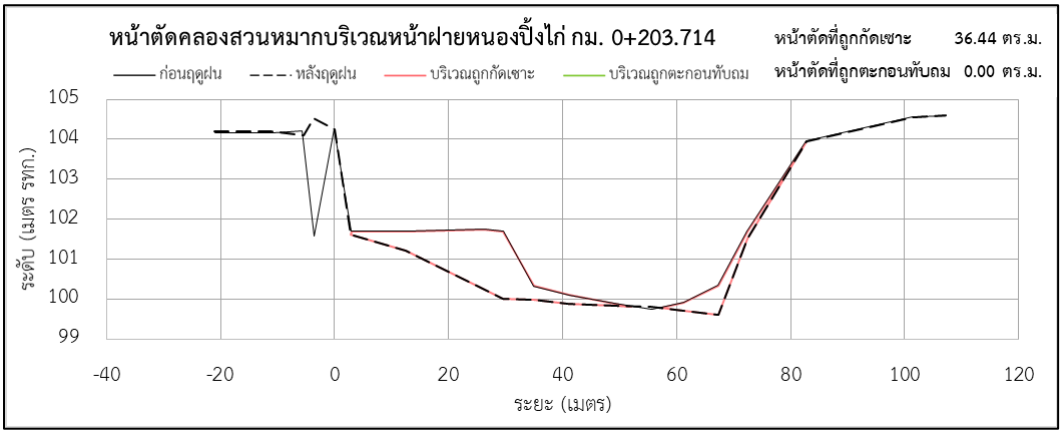
รูปภาคผนวกที่ ง2-2 กม. 0+042.714 (X-1)



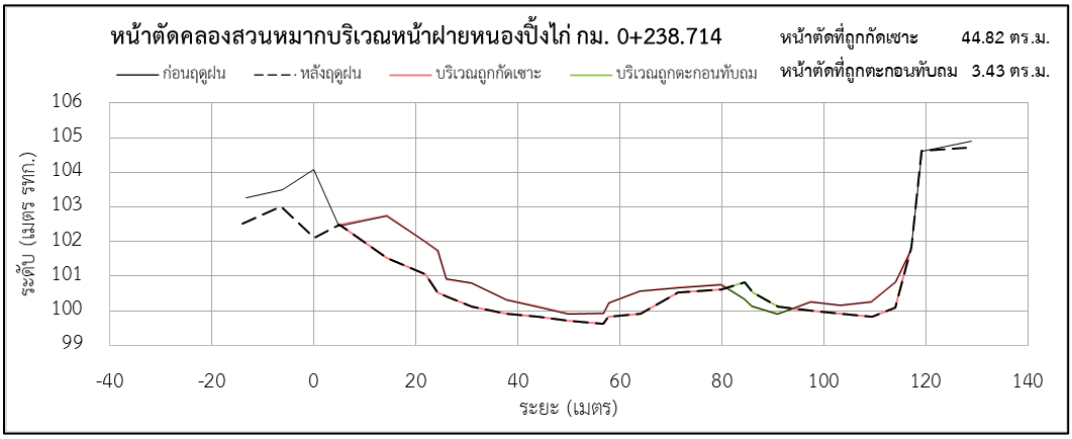
รูปภาคผนวกที่ ง2-3 กม. 0+104.714 (X-2)



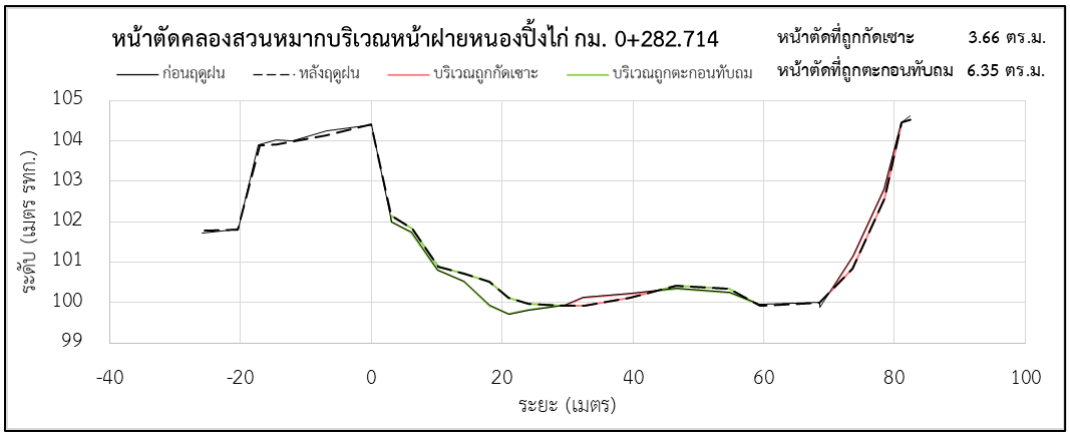
รูปภาคผนวกที่ ง2-4 กม. 0+146.714 (X-3)



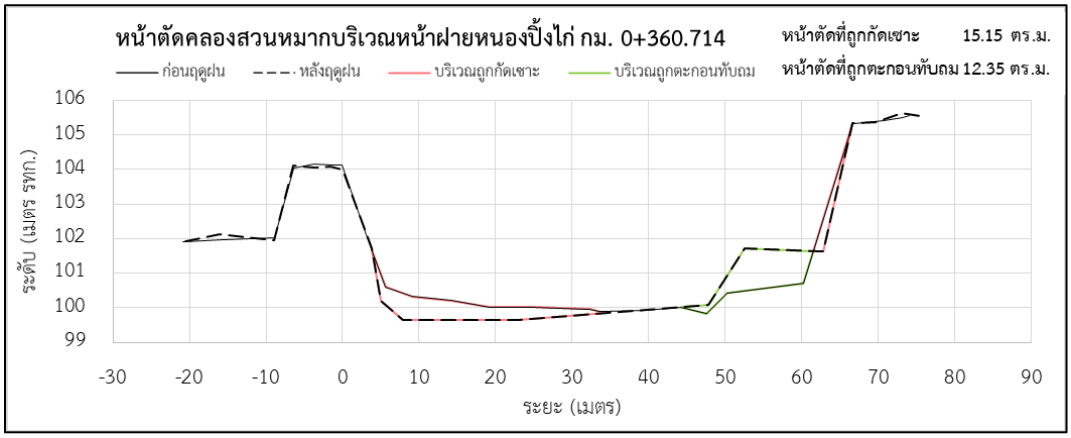
รูปภาคผนวกที่ ง2-5 กม. 0+203.714 (X-4)



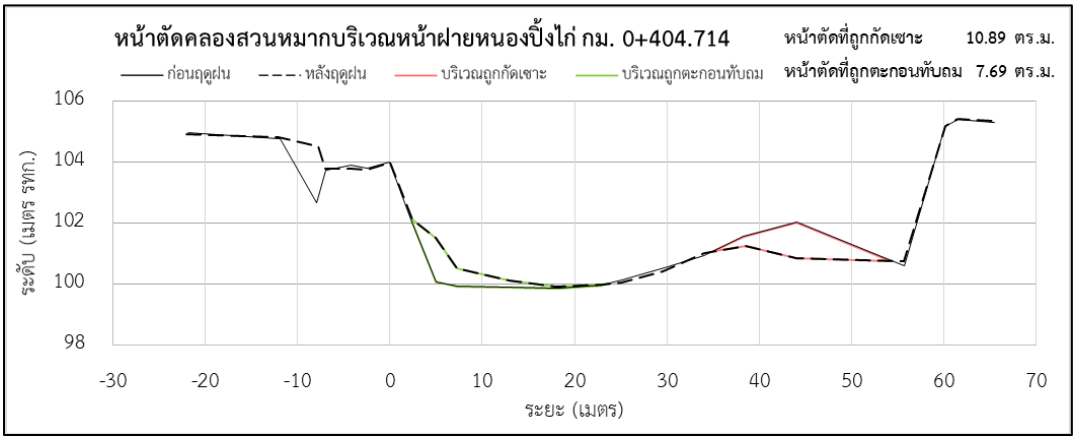
รูปภาคผนวกที่ ง2-6 กม. 0+238.714 (X-5)



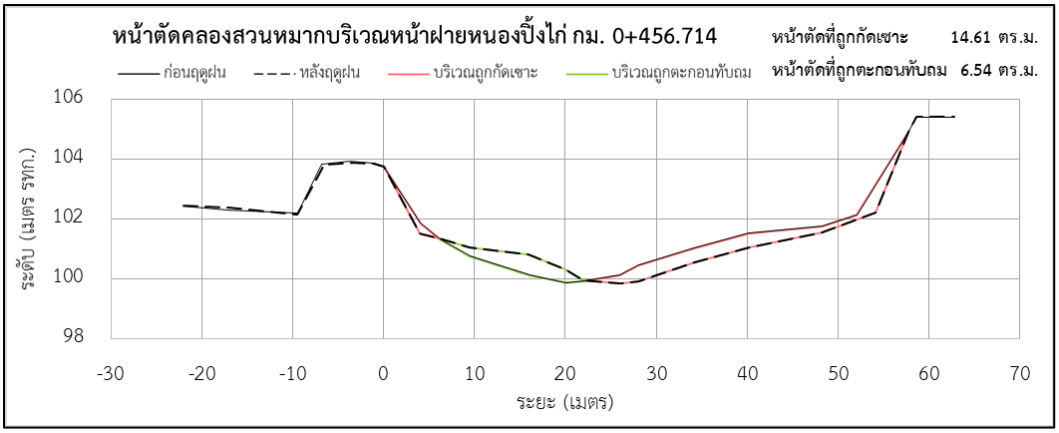
รูปภาคผนวกที่ ง2-7 กม. 0+282.714 (X-6)



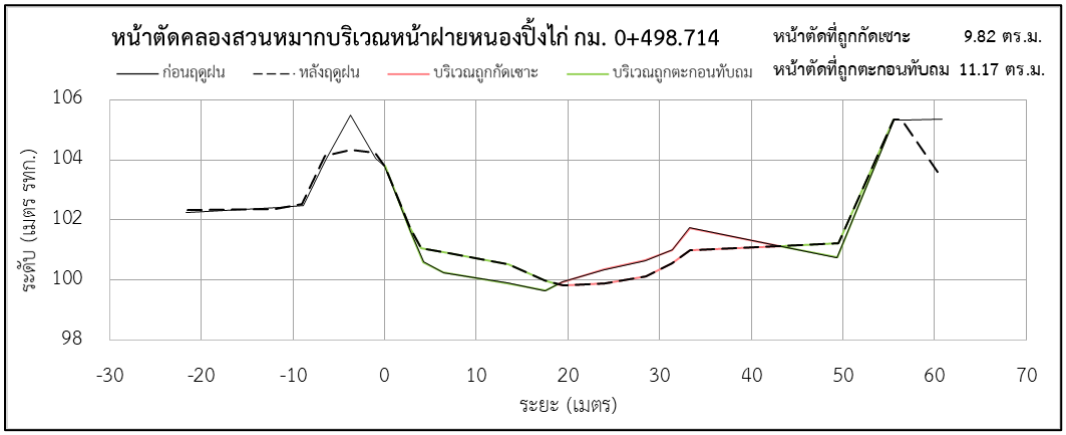
รูปภาคผนวกที่ ง2-8 กม. 0+360.714 (X-7)



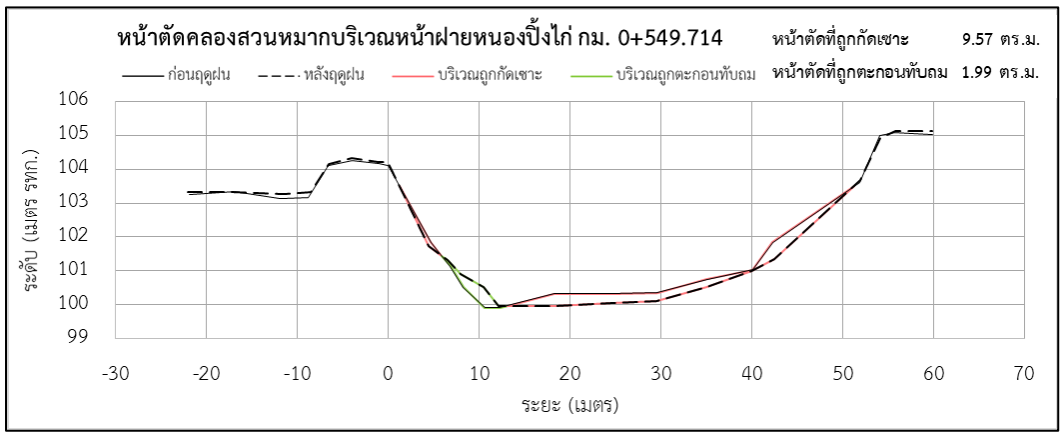
รูปภาคผนวกที่ ง2-9 กม. 0+404.714 (X-8)



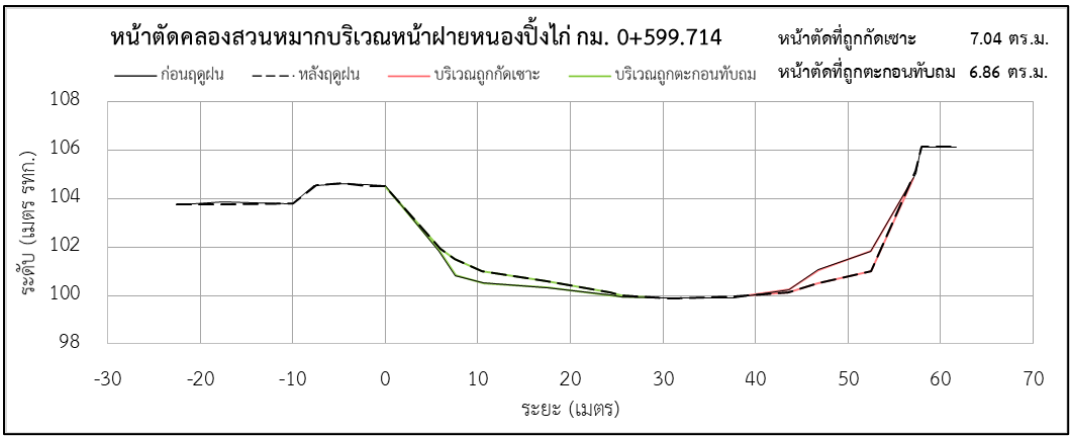
รูปภาคผนวกที่ ง2-10 กม. 0+456.714 (X-9)



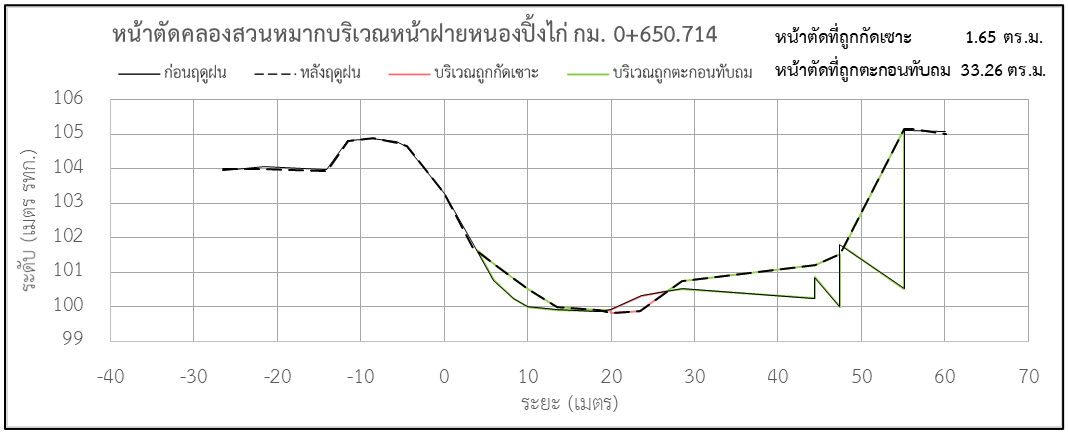
รูปภาคผนวกที่ ง2-11 กม. 0+498.714 (X-10)



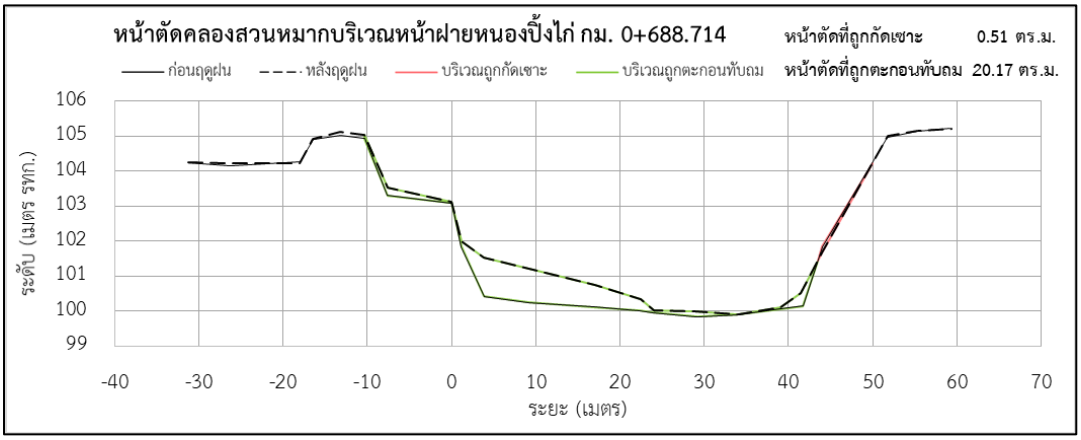
รูปภาคผนวกที่ ง2-12 กม. 0+549.714 (X-11)



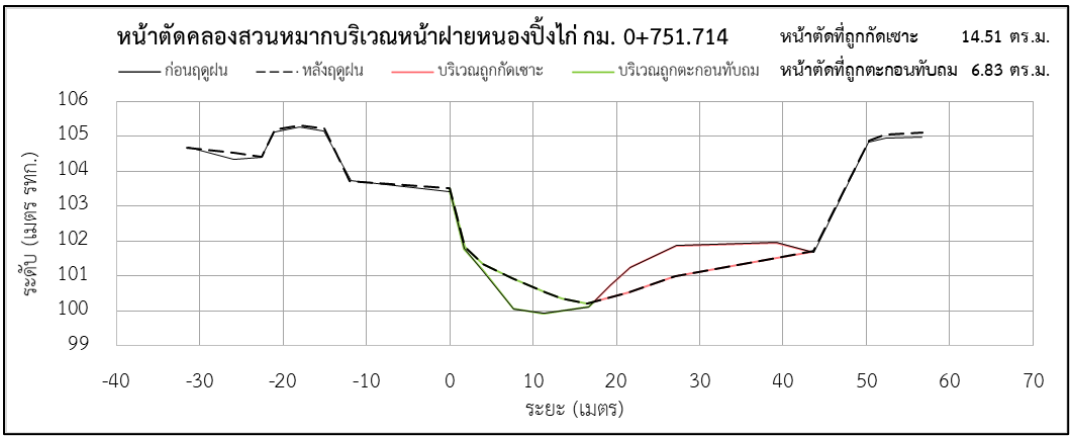
รูปภาคผนวกที่ ง2-13 กม. 0+599.714 (X-12)



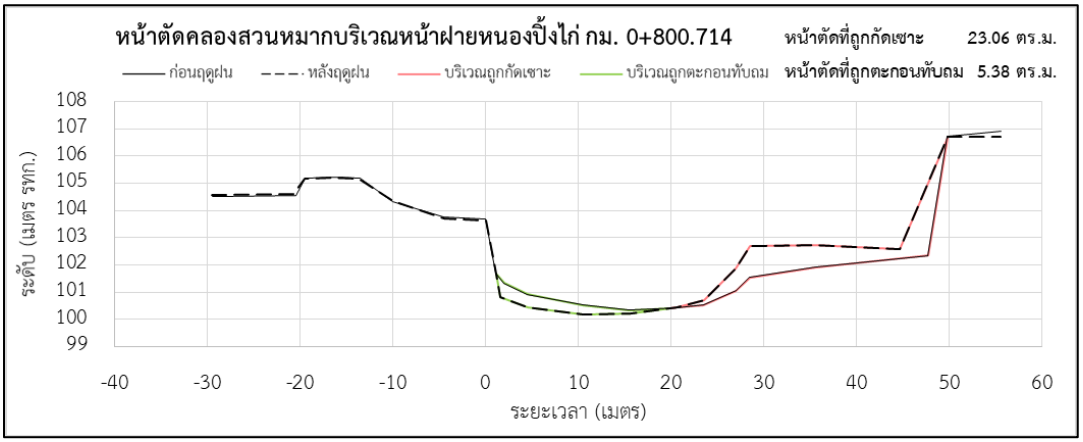
รูปภาคผนวกที่ ง2-14 กม. 0+650.714 (X-13)



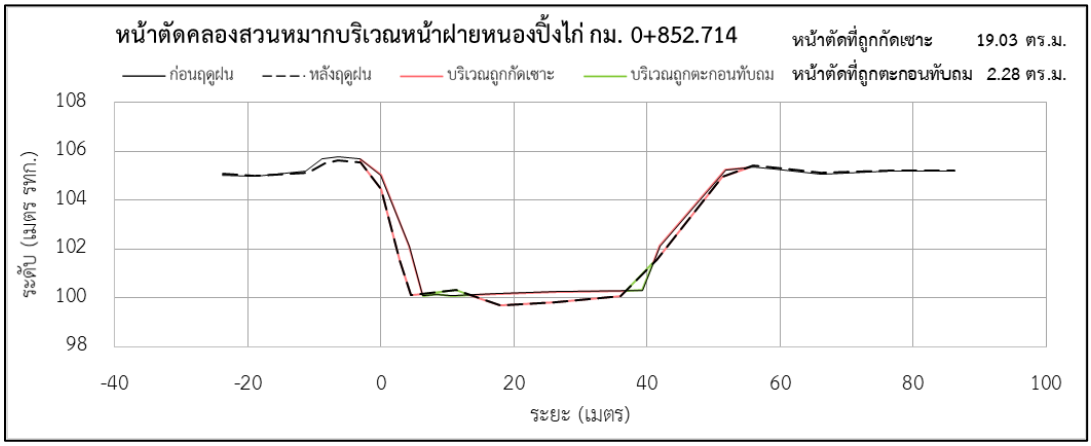
รูปภาคผนวกที่ ง2-15 กม. 0+688.714 (X-14)



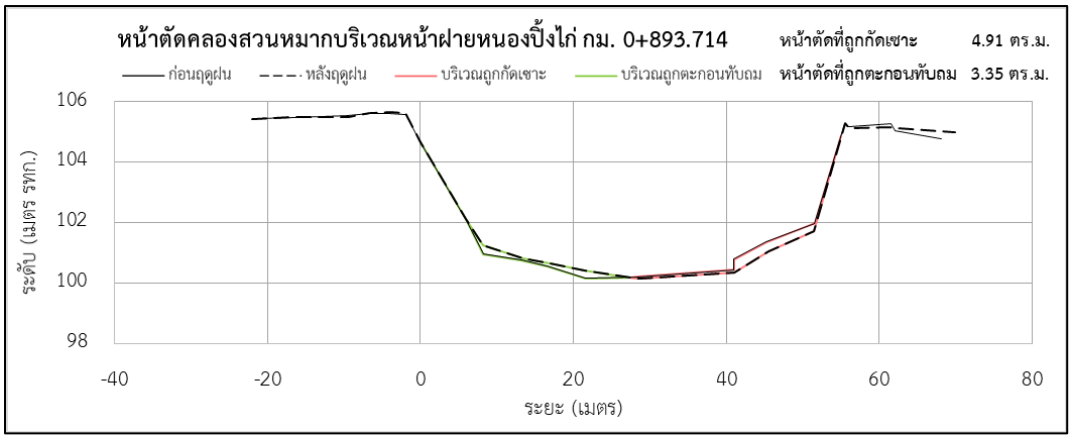
รูปภาคผนวกที่ ง2-16 กม. 0+751.714 (X-15)



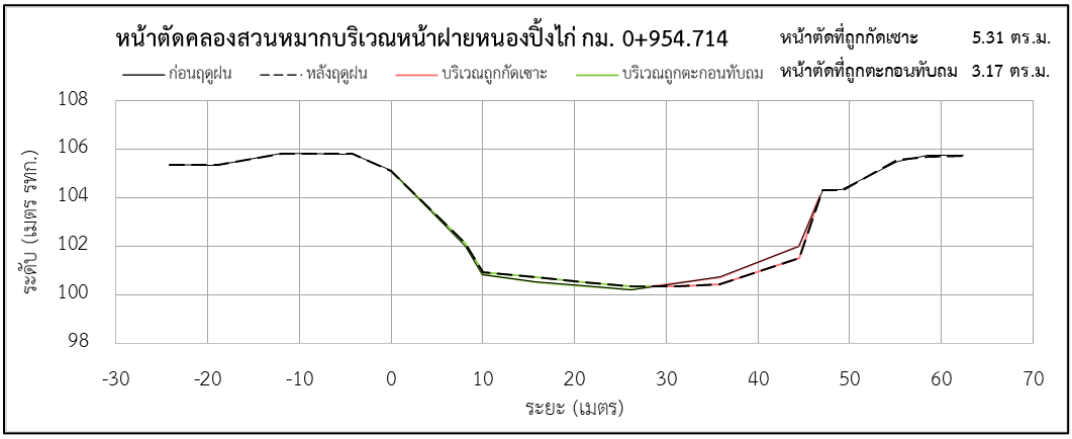
รูปภาคผนวกที่ ง2-17 กม. 0+800.714 (X-16)



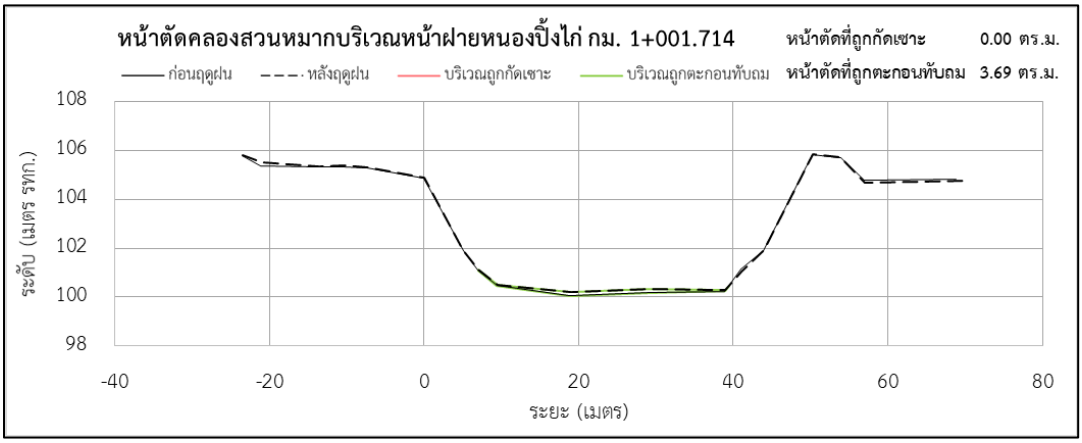
รูปภาคผนวกที่ ง2-18 กม. 0+852.714 (X-17)



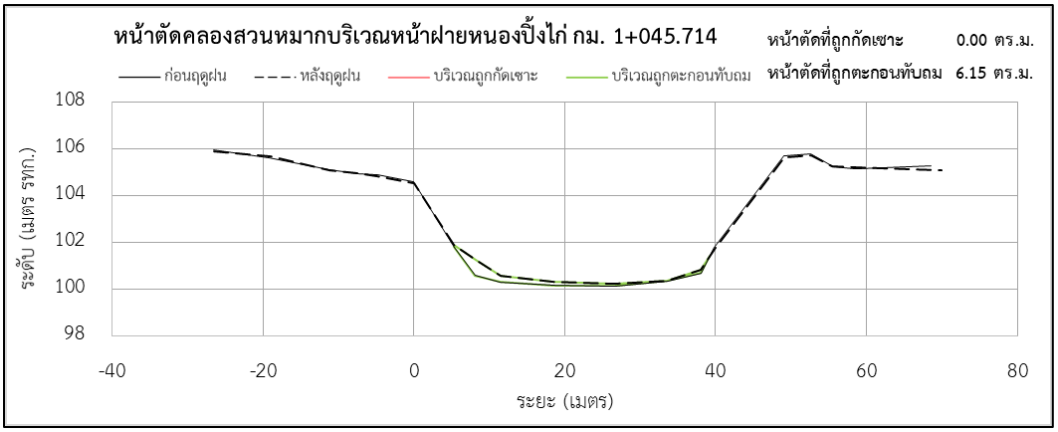
รูปภาคผนวกที่ ง2-19 กม. 0+893.714 (X-18)



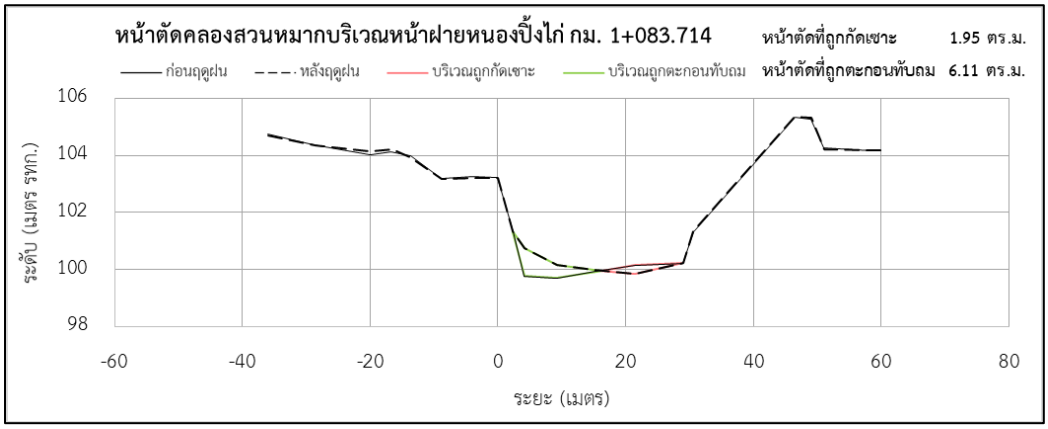
รูปภาคผนวกที่ ง2-20 กม. 0+954.714 (X-19)



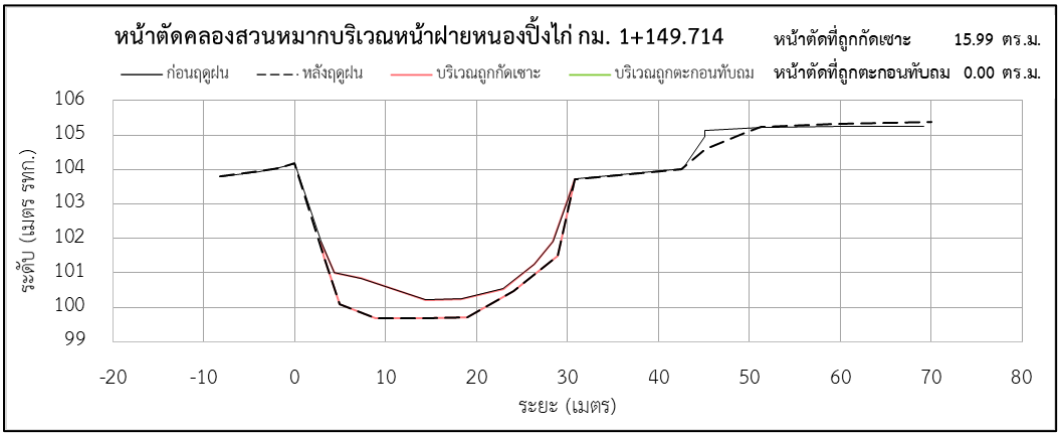
รูปภาคผนวกที่ ง2-21 กม. 1+001.714 (X-20)



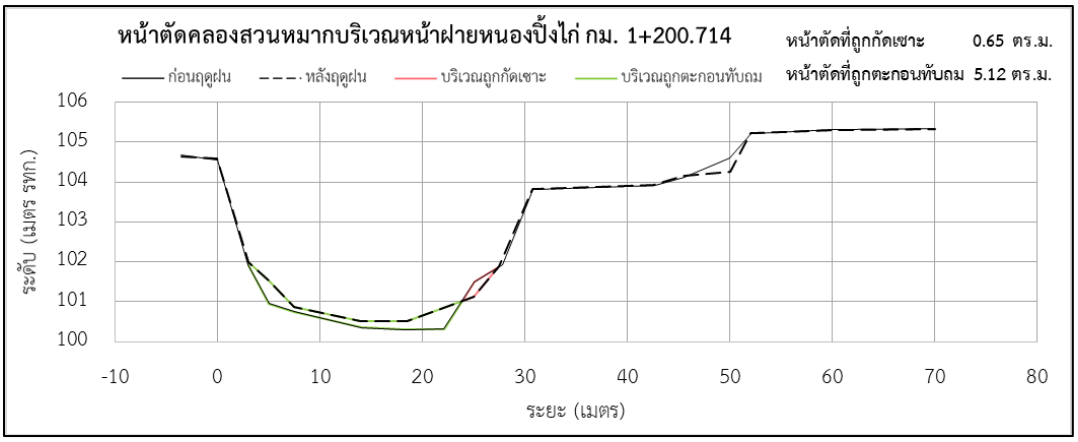
รูปภาคผนวกที่ ง2-22 กม. 1+045.714 (X-21)



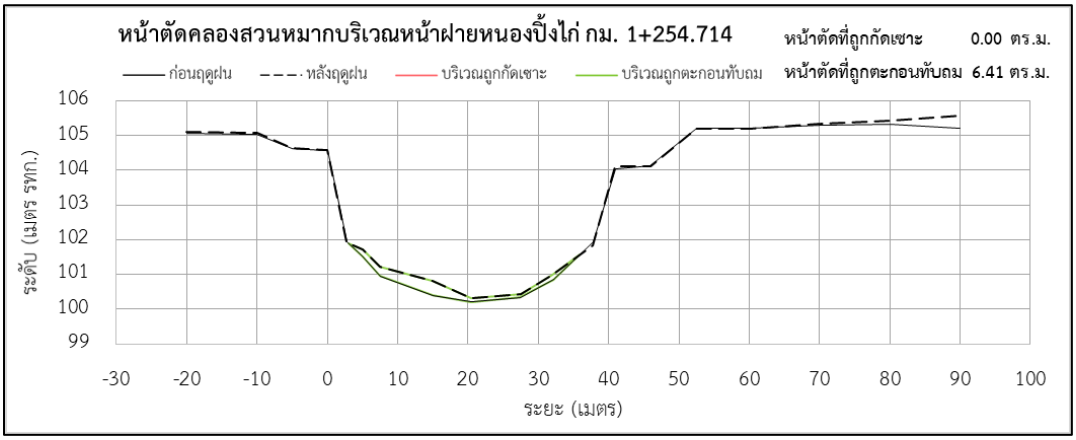
รูปภาคผนวกที่ ง2-23 กม. 1+083.714 (X-22)



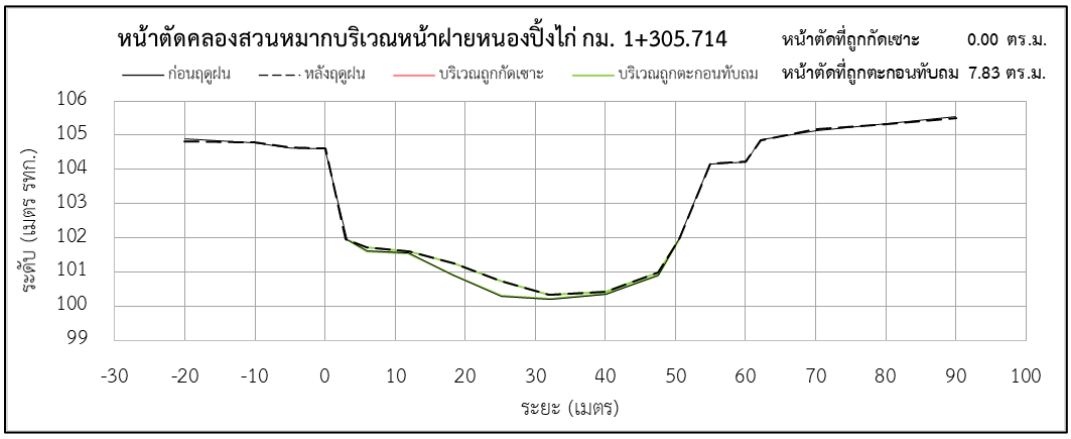
รูปภาคผนวกที่ ง2-24 กม. 1+149.714 (X-23)



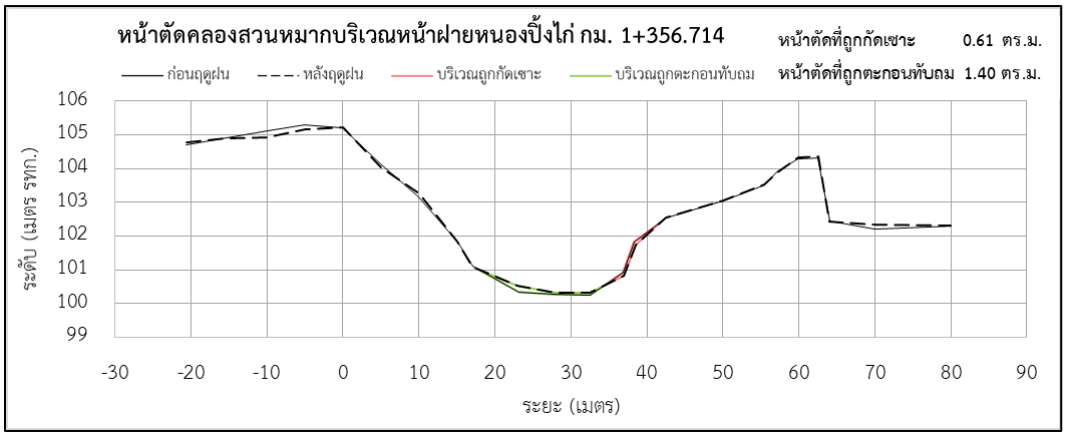
รูปภาคผนวกที่ ง2-25 กม. 1+200.714 (X-24)



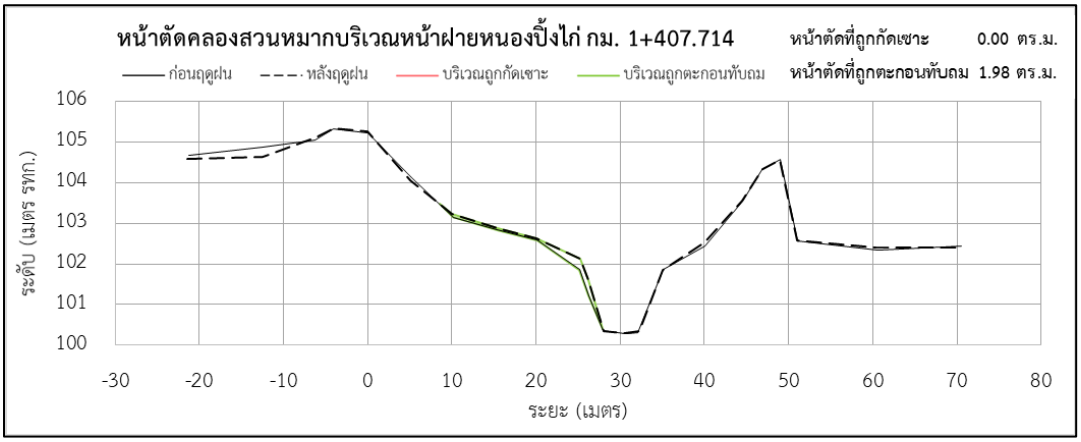
รูปภาคผนวกที่ ง2-26 กม. 1+254.714 (X-25)



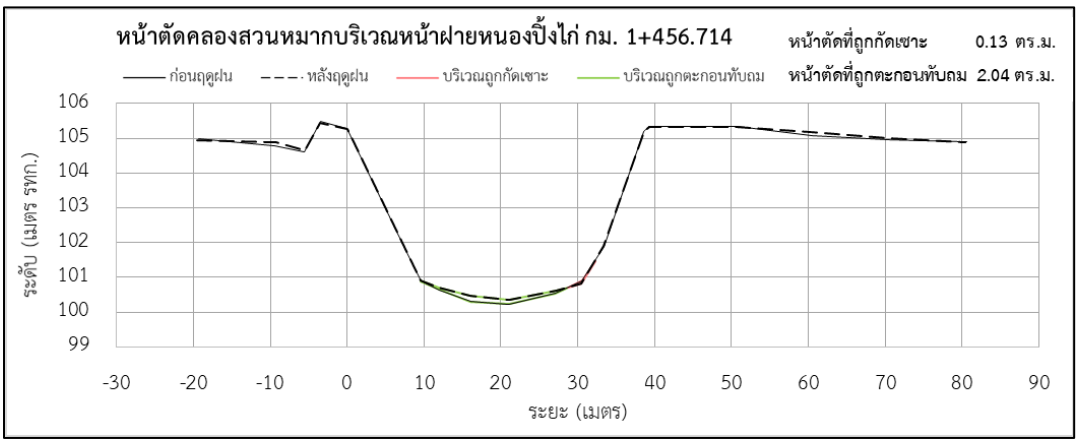
รูปภาคผนวกที่ ง2-27 กม. 1+305.714 (X-26)



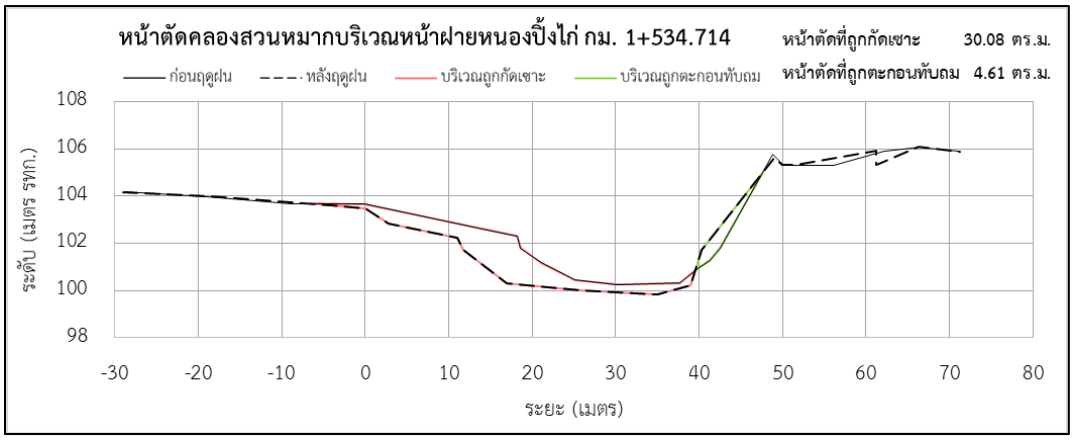
รูปภาคผนวกที่ ง2-28 กม. 1+356.714 (X-27)



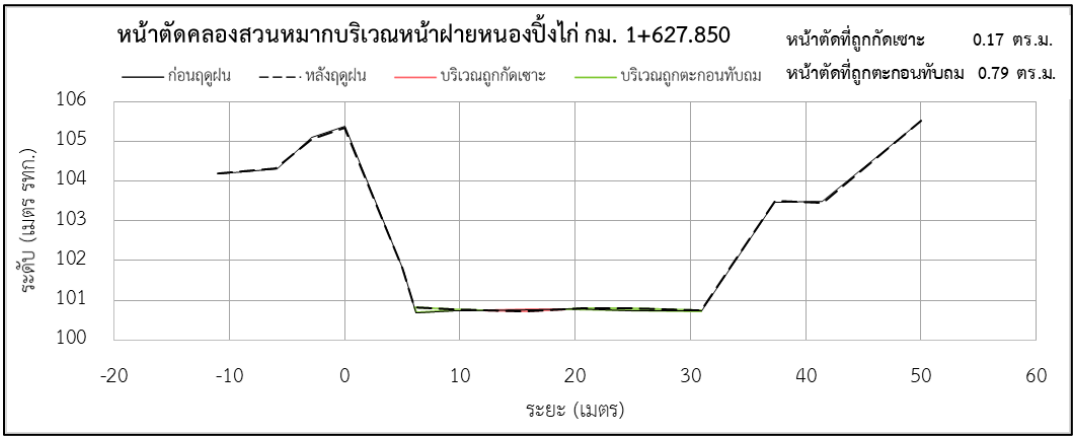
รูปภาคผนวกที่ ง2-29 กม. 1+407.714 (X-28)



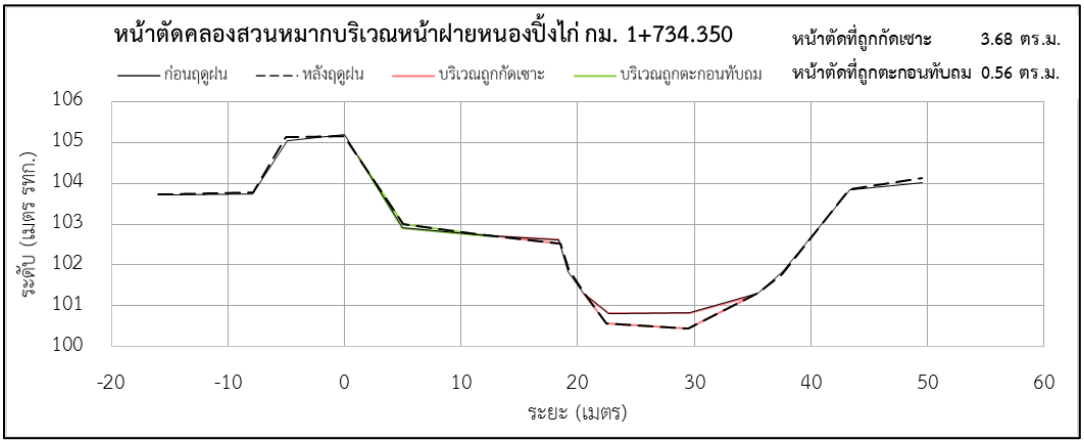
รูปภาคผนวกที่ ง2-30 กม. 1+456.714 (X-29)



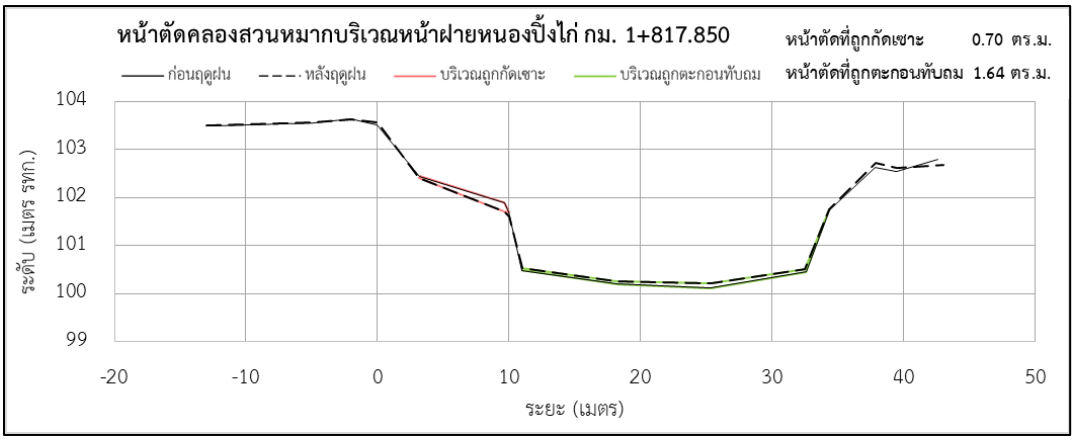
รูปภาคผนวกที่ ง2-31 กม. 1+534.714 (X-30)



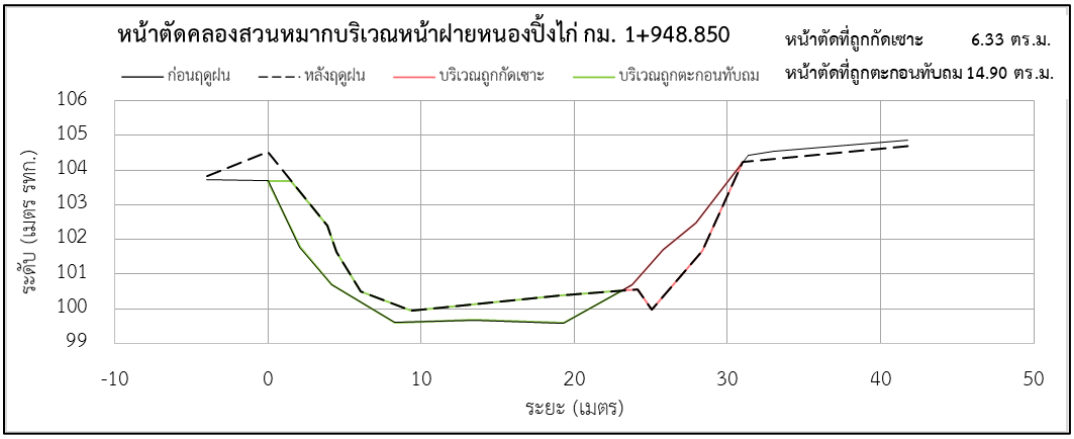
รูปภาคผนวกที่ ง2-32 กม. 1+627.850 (X-31)



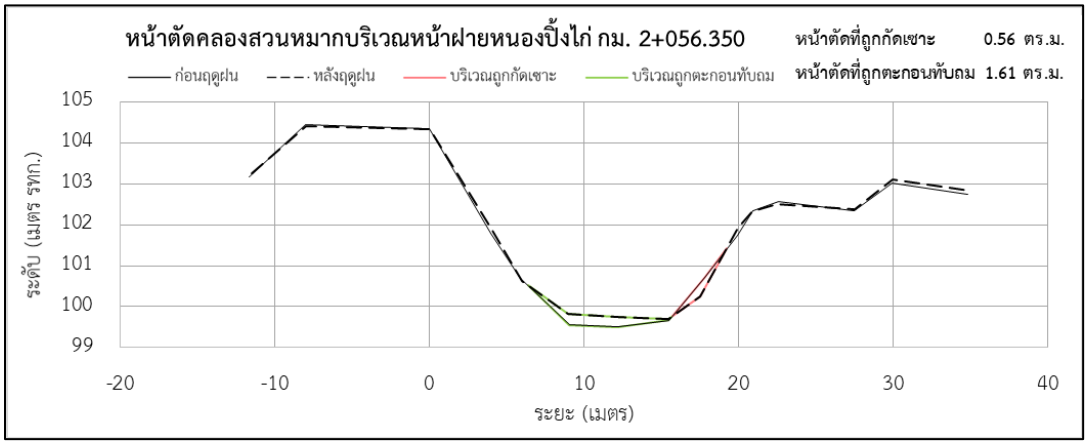
รูปภาคผนวกที่ ง2-33 กม. 1+734.350 (X-32)



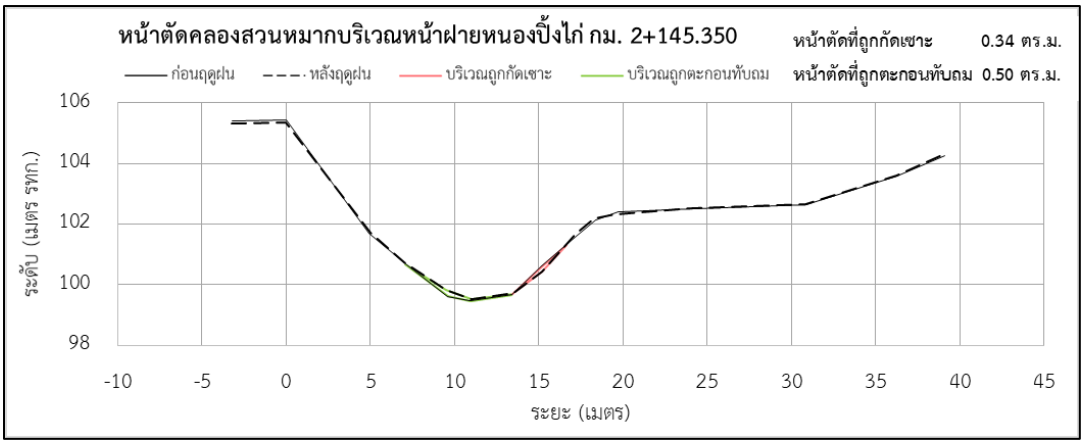
รูปภาคผนวกที่ ง2-34 กม. 1+817.850 (X-33)



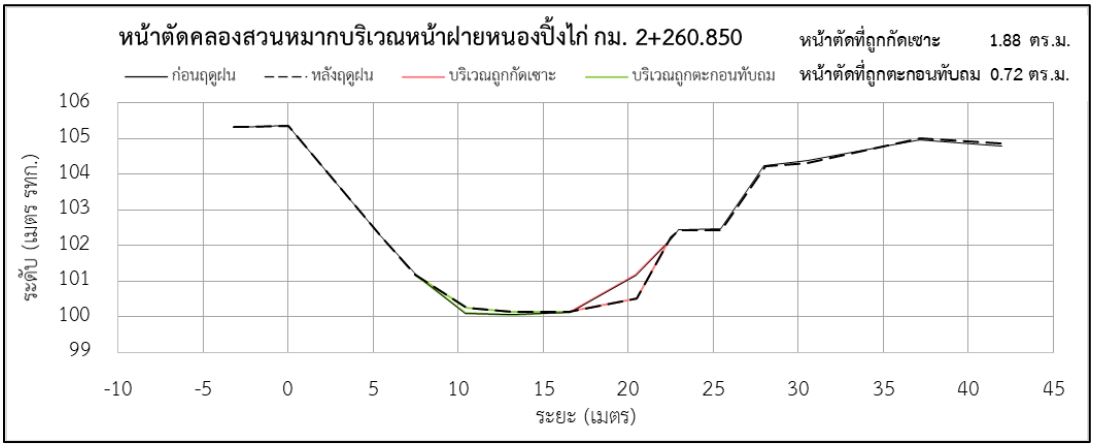
รูปภาคผนวกที่ ง2-35 กม. 1+948.850 (X-34)



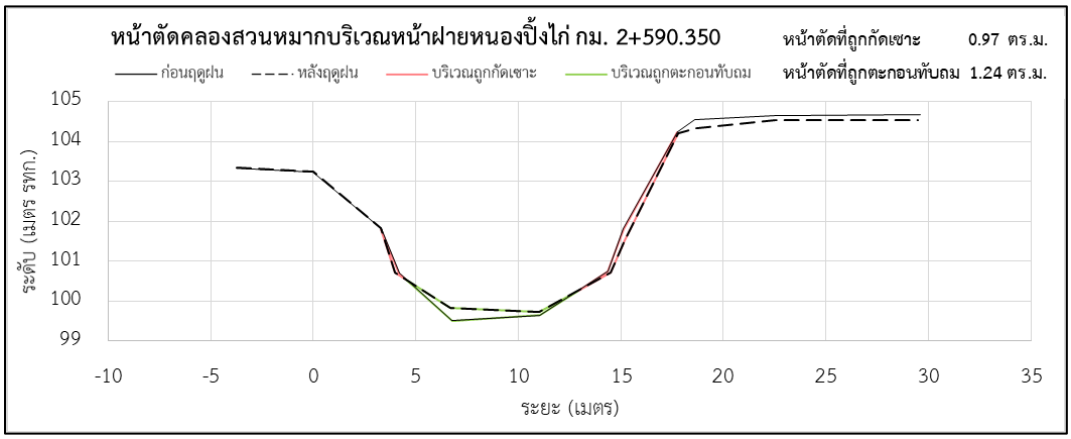
รูปภาคผนวกที่ ง2-36 กม. 2+056.350 (X-35)



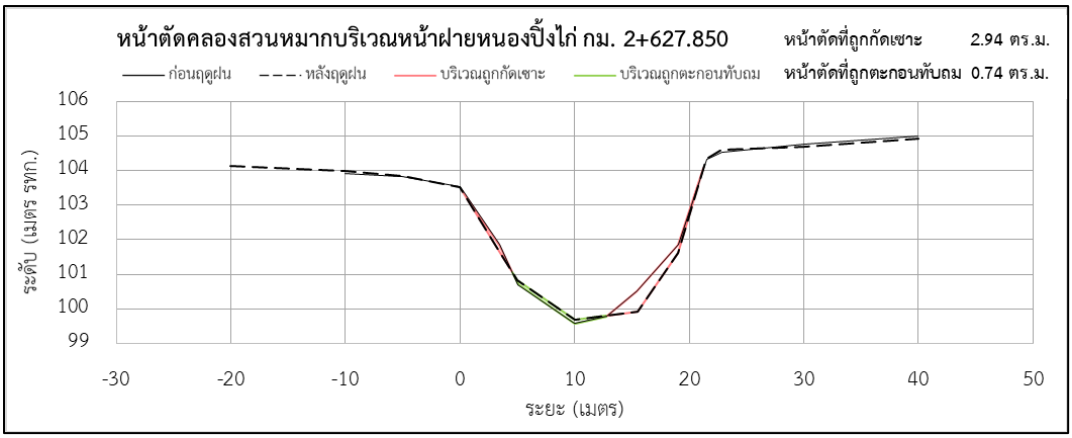
รูปภาคผนวกที่ ง2-37 กม. 2+145.350 (X-36)



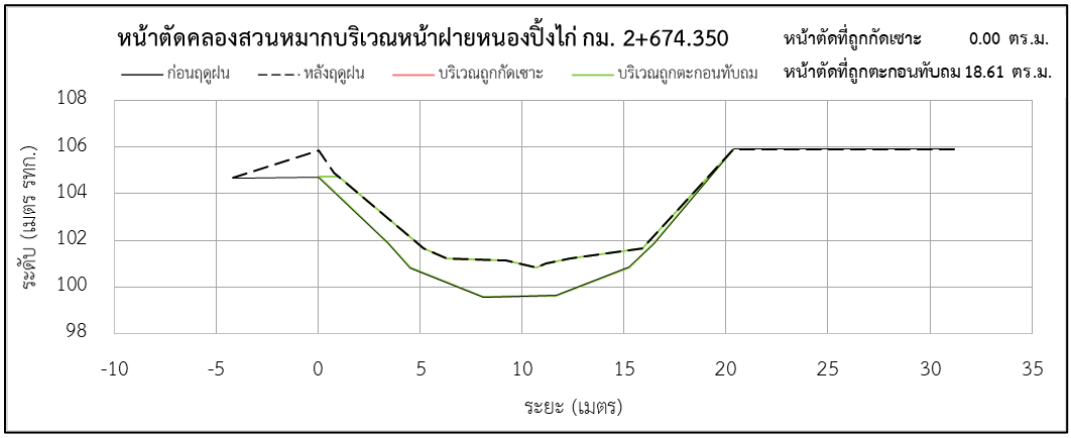
รูปภาคผนวกที่ ง2-38 กม. 2+260.850 (X-37)



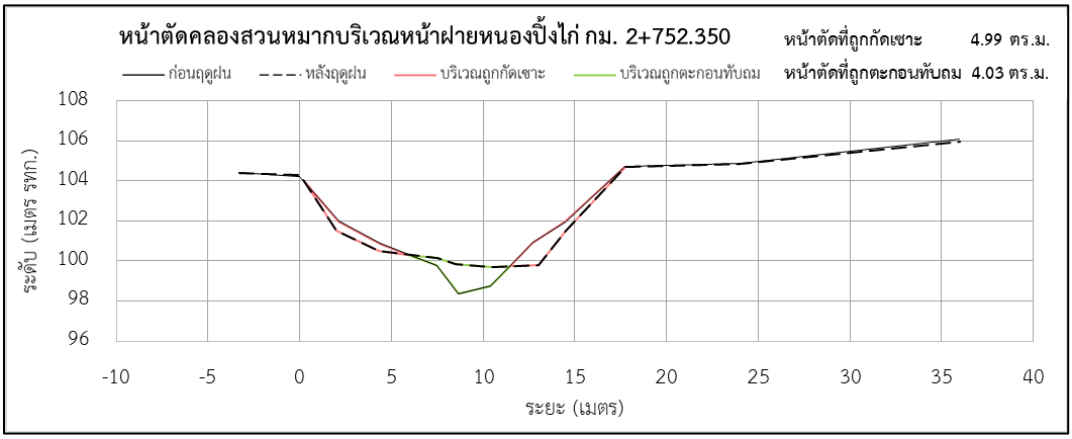
รูปภาคผนวกที่ ง2-39 กม. 2+590.350 (X-38)



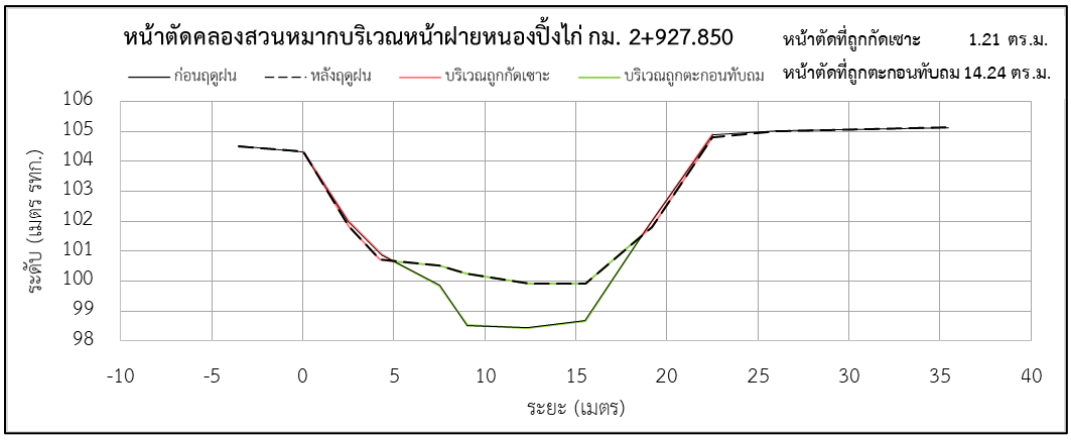
รูปภาคผนวกที่ ง2-40 กม. 2+627.850 (X-39)



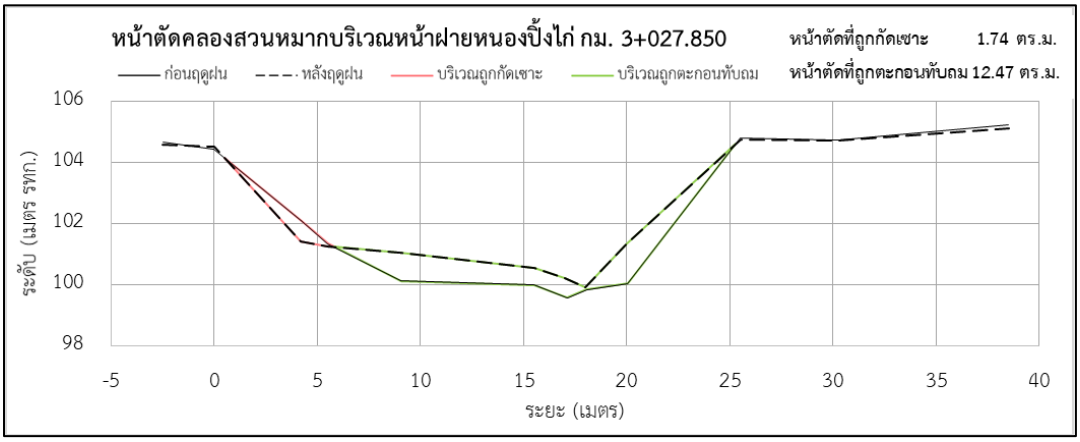
รูปภาคผนวกที่ ง2-41 กม. 2+674.350 (X-40)



รูปภาคผนวกที่ ง2-42 กม. 2+752.350 (X-41)



รูปภาคผนวกที่ ง2-43 กม. 2+927.850 (X-42)



รูปภาคผนวกที่ ง2-44 กม. 3+027.850 (X-43)

ภาคผนวก จ1
รายละเอียดการมีส่วนร่วมด้านต่าง ๆ จากแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงดังตารางภาคผนวกที่ จ1-1 ซึ่งประกอบไปด้วย สถานทางเพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพการสมรส สภานภาพในครัวเรือน อาชีพหลัก และอาชีพรอง รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ตอบแบบสอบถาม รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครับของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางภาคผนวกที่ จ1-1 จำนวนและค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	286	57.0
หญิง	220	43.0
รวม	506	100.0
อายุ		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี	1	0.2
21 - 30 ปี	21	4.2
31 - 40 ปี	30	5.9
41 - 50 ปี	65	12.8
51 - 60 ปี	164	32.4
มากกว่า 60 ปี	225	44.5
รวม	506	100.0
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษาหรือน้อยกว่า	260	51.4
มัธยมศึกษาตอนต้น/ม.3	84	16.6
มัธยมตอนปลาย/ม.6	95	18.8
ปวช./ปวส./อนุปริญญา	34	6.7
ปริญญาตรี	32	6.3
สูงกว่าปริญญาตรี	1	0.2
รวม	506	100
อาชีพหลัก		

ตารางภาคผนวกที่ จ1-1 จำนวนและค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ
การเกษตร	382	75.5
เจ้าของธุรกิจ	47	9.3
รับจ้าง	57	11.3
รับราชการ	3	0.6
เลี้ยงสัตว์	5	1.0
ประมง	1	0.2
ค้าขาย	6	1.2
อื่น ๆ	5	1.0
รวม	506	100
อาชีพรอง		
ไม่มี	135	26.7
การเกษตร	104	20.6
เจ้าของธุรกิจ	9	1.8
รับจ้าง	92	18.2
เลี้ยงสัตว์	0	0.0
ประมง	26	5.1
ค้าขาย	14	2.8
อื่น ๆ	14	2.8
รวม	506	100
รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	93	18.4
5,001 ขึ้นไปถึง 10,000 บาท	147	29.1
10,001 ขึ้นไปถึง 15,000 บาท	138	27.3
15,001 ขึ้นไปถึง 20,000 บาท	63	12.5
20,001 ขึ้นไปถึง 25,000 บาท	5	1.0
25,001 ขึ้นไปถึง 30,000 บาท	2	0.4
มากกว่า 30,000 บาท	5	1.0

ตารางภาคผนวกที่ จ1-1 จำนวนและค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ
ไม่กรอกข้อมูล	53	10.5
รวม	506	100
รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครับของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ต่ำกว่า 20,000 บาท	195	38.5
20,001 ขึ้นไปถึง 40,000 บาท	220	43.5
40,001 ขึ้นไปถึง 60,000 บาท	7	1.4
60,001 ขึ้นไปถึง 80,000 บาท	1	0.2
80,001 ขึ้นไปถึง 100,000 บาท	0	0.0
มากกว่า 100,000 บาท	1	0.2
ไม่กรอกข้อมูล	82	16.2
รวม	506	100

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-1 พบว่าจำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลทั่วไป พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 57 และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 43 ซึ่งมีอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี ร้อยละ 0.2 อายุ 21 ปีขึ้นไปถึง 30 ปีร้อยละ 4.2 อายุ 31 ปีขึ้นไปถึง 40 ปีร้อยละ 5.9 อายุ 41 ปีขึ้นไปถึง 50 ปีร้อยละ 12.8 อายุ 51 ปีขึ้นไปถึง 60 ปีร้อยละ 32.4 และ มากกว่า 60 ปีขึ้นไปร้อยละ 44.5 จะเห็นได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามมากกว่าร้อยละ 75 มีอายุมากกว่า 50 ปี ซึ่งจะอยู่ในช่วงเข้าสู่วัยชราและอยู่ในพื้นที่นั้นมานาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจเรื่องระยะเวลาในการอาศัยในพื้นที่และจะทำให้ได้ข้อมูลที่แท้จริง สำหรับระดับการศึกษานั้นพบว่ามีผู้ไม่เรียนหรือเรียนจบประถมศึกษาร้อยละ 51.4 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มากที่สุด จบมัธยมศึกษาตอนต้นร้อยละ 16.6 จบมัธยมศึกษาตอนปลายร้อยละ 18.8 จบประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปวช./ปวส./อนุปริญญาร้อยละ 6.7 จบปริญญาตรีร้อยละ 6.3 และจบสูงกว่าระดับปริญญาตรีมีเพียงร้อยละ 0.2 ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาผู้ตอบแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรเป็นอาชีพหลักถึงร้อยละ 75.5 และอีกร้อยละ 24.5 ประกอบอาชีพอื่น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้มุ่งเน้นในการแก้ปัญหาทางด้านน้ำ โดยเฉพาะน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว อย่างไรก็ตามเพื่อให้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้

ประโยชน์และแก้ปัญหาทางด้านการบริหารจัดการน้ำ จึงได้ทำการสำรวจแหล่งน้ำที่ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากใช้อยู่ และสอบถามถึงความเพียงพอและคุณภาพจากการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้น ๆ จากการสำรวจสามารถเสนอดังตารางภาคผนวกที่ จ1-2 และตารางภาคผนวกที่ จ1-3

ตารางภาคผนวกที่ จ1-2 แหล่งน้ำที่ใช้ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ

ประเภทของแหล่งน้ำ	น้ำใช้ (อุปโภค)		น้ำดื่ม (บริโภค)		น้ำเพื่อการเกษตร		น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์		น้ำเพื่อการประมง		น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม		น้ำเพื่อการท่องเที่ยว	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
อ่างเก็บน้ำ	32	6.3	11	2.2	24	5.5	1	3.2	3	20.0	1	3.3	9	50.0
สระเก็บน้ำขุด	22	4.3	6	1.2	38	8.7	12	38.7	4	26.7	11	36.7	1	5.6
สระเก็บน้ำธรรมชาติ	1	0.2	5	1.0	25	5.7	8	25.8	3	20.0	0	0.0	1	5.6
คลองชลประทาน	4	0.8	15	3.0	171	39.2	1	3.2	1	6.7	3	10.0	2	11.1
คลองธรรมชาติ	9	1.8	0	0.0	45	10.3	3	9.7	2	13.3	7	23.3	4	22.2
ฝาย	3	0.6	0	0.0	19	4.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
บ่อบาดาล	51	10.1	15	3.0	81	18.6	2	6.5	1	6.7	4	13.3	0	0.0
แม่น้ำ	8	1.6	2	0.4	13	3.0	1	3.2	1	6.7	1	3.3	1	5.6
ประปา	370	73.1	274	54.2	1	0.2	3	9.7	0	0.0	3	10.0	0	0.0
ซื้อน้ำจากร้านค้า	6	1.2	167	33.0	3	0.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อื่น ๆ	0	0.0	11	2.2	16	3.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	506	100.0	506	100.0	436	100.0	31	100.0	15	100.0	30	100.0	18	100.0

ตารางภาคผนวกที่ จ1-3 ความพอเพียงและคุณภาพน้ำในกิจกรรมด้านต่าง ๆ

หัวข้อ	น้ำใช้ (อุปโภค)		น้ำดื่ม (บริโภค)		น้ำเพื่อการเกษตร		น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์		น้ำเพื่อการประมง		น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม		น้ำเพื่อการท่องเที่ยว	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ความพอเพียง														
พอตลอดทั้งปี	414	81.8	455	89.92	86	19.7	11	35.5	5	33.3	6	20.0	8	44.4
พอเฉพาะฤดูฝน	16	3.2	3	0.59	57	13.1	2	6.5	6	40.0	3	10.0	1	5.6
ไม่เพียงพอทั้งปี	37	7.3	22	4.35	36	8.3	10	32.3	1	6.7	1	3.3	0	0.0
บางปีพอบางปีไม่พอ	39	7.7	26	5.14	257	58.9	8	25.8	3	20.0	20	66.7	9	50.0
รวม	506	100.0	506	100.0	436	100.0	31	100.0	15	100.0	30	100.0	18	100.0

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-2 พบว่าประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากใช้น้ำจากประปาหมู่บ้านเพื่อการอุปโภคมากที่สุดถึงร้อยละ 73.1 ถัดลงมาจะใช้น้ำจากน้ำบ่อบาดาลร้อยละ 10.1 จากผู้ตอบแบบสอบถาม 506 ราย ในส่วนของน้ำเพื่อการบริโภคยังคงใช้น้ำจากประปาหมู่บ้านเป็นหลักถึงร้อยละ 54.2 รองลงมาคือการซื้อน้ำจากร้านค้าร้อยละ 33.0 และใช้น้ำจากแหล่งอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 12.8 และในส่วนของน้ำเพื่อการเกษตรจะใช้น้ำจากคลองชลประทานมากที่สุดร้อยละ 39.2 จากผู้ตอบแบบสอบถาม 436 ราย นอกจากนี้ยังมีการใช้บ่อบาดาลร้อยละ 18.6 และ จากคลองธรรมชาติร้อยละ 10.3 สำหรับน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมจะใช้น้ำจากสระเก็บน้ำ คลองธรรมชาติ บ่อบาดาลและประปาหมู่บ้านเป็นส่วนใหญ่ โดยในส่วนนี้มีผู้ตอบแบบสอบถามเพียง 30 รายเท่านั้น ส่วนน้ำเพื่อการท่องเที่ยวจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 18 คนพบว่าใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและคลองธรรมชาติ

ความพอเพียงและคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จากตารางภาคผนวกที่ จ1-3 พบว่าน้ำเพื่อการอุปโภคมีน้ำพอเพียงทั้งปีร้อยละ 81.8 และไม่พอเพียงทั้งปี ร้อยละ 7.3 ในส่วนน้ำเพื่อการบริโภคนั้นมีน้ำพอเพียงทั้งปีร้อยละ 89.92 ในส่วนน้ำเพื่อการเกษตรมีน้ำที่พอตลอดทั้งปีเพียงร้อยละ 19.7 พอเฉพาะฤดูฝนร้อยละ 13.1 บางปีพอบางปีไม่พอร้อยละ 58.9 และไม่เพียงพอทั้งปีร้อยละ 8.3 จากผู้ตอบแบบสอบถาม 436 ราย สำหรับน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์และการประมงมีแนวโน้มใกล้เคียงกันคือมีความเพียงพอตลอดทั้งปีประมาณร้อยละ 35 ส่วนน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมมีความเพียงพอตลอดทั้งปีร้อยละ 20.0และไม่เพียงพอทั้งปีร้อยละ 3.3 นอกจากนี้มีผู้ตอบแบบสอบถามถึงความเพียงพอของน้ำเพื่อประโยชน์ในการท่องเที่ยว 18 รายพบว่ามีความเพียงพอร้อยละ 44.4 และบางปีพอบางปีไม่พอร้อยละ 50

สถานะภาพการใช้น้ำทางด้าน น้ำอุปโภค-บริโภค น้ำเพื่อการเกษตร

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาประเด็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรเป็นหลักเนื่องจากเป็นการใช้น้ำของประชาชนส่วนใหญ่ แบบสอบถามจึงได้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความพอเพียงของน้ำอุปโภค-บริโภครายเดือนโดยสามารถสรุปและแสดงได้ดังตารางภาคผนวกที่ จ1-4

ตารางภาคผนวกที่ จ1-4 ความเพียงพอของการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากรายเดือน

เดือน	เพียงพอ		ไม่เพียงพอ		รวม
	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)
มกราคม	456	90.1	50	9.9	506
กุมภาพันธ์	443	87.5	63	12.5	506
มีนาคม	415	82.0	91	18.0	506
เมษายน	434	85.8	72	14.2	506
พฤษภาคม	455	89.9	51	10.1	506
มิถุนายน	470	92.9	36	7.1	506
กรกฎาคม	470	92.9	36	7.1	506
สิงหาคม	466	92.1	40	7.9	506
กันยายน	465	91.9	41	8.1	506
ตุลาคม	462	91.5	43	8.5	505
พฤศจิกายน	501	99.0	5	1.0	506
ธันวาคม	506	100.0	0	0.0	506

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-4 พบว่าประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากบางส่วนยังมีปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค โดยมีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยทั้งปีคิดเป็นประมาณร้อยละ 8.7 ของประชาชนทั้งหมด โดยช่วงที่มีการขาดแคลนน้ำมากที่สุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง จากการสอบถามประชาชนในพื้นที่พบว่าช่วงภาวะดังกล่าวมีการขาดแคลนน้ำต้นทุนในการผลิตน้ำเพื่อการ

ประปา โดยเฉพาะระบบประปาที่ใช้น้ำใต้ดินเป็นน้ำต้นทุน และจากแบบสอบถามสามารถสรุปได้ว่าปี ปี พ.ศ. 2563 เป็นปีที่เกิดการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคมากที่สุด

สำหรับการประเมินความเพียงพอของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากงานวิจัยนี้ยังพบว่า ปี พ.ศ.ที่ประชาชนในพื้นที่ได้ขาดแคลนน้ำมากที่สุดคือ ปี พ.ศ. 2562 ต่อเนื่องถึงปี พ.ศ. 2563 โดยได้สรุปความเพียงพอของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากรายเดือนแสดงดังตารางภาคผนวกที่ จ1-5

ตารางภาคผนวกที่ จ1-5 ความเพียงพอของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากรายเดือน

เดือน	เพียงพอ		ไม่เพียงพอ		รวม
	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)
มกราคม	372	85.3	64.0	14.7	436.0
กุมภาพันธ์	188	43.1	248.0	56.9	436.0
มีนาคม	162	37.2	274.0	62.8	436.0
เมษายน	286	65.6	150.0	34.4	436.0
พฤษภาคม	342	78.4	94.0	21.6	436.0
มิถุนายน	381	87.4	55.0	12.6	436.0
กรกฎาคม	386	88.5	50.0	11.5	436.0
สิงหาคม	392	89.9	44.0	10.1	436.0
กันยายน	383	87.8	53.0	12.2	436.0
ตุลาคม	373	85.6	63.0	14.4	436.0
พฤศจิกายน	427	97.9	9.0	2.1	436.0
ธันวาคม	370	84.9	66.0	15.1	436.0

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-5 พบว่าประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากบางส่วนยังมีปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรทุกเดือน โดยมีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยทั้งปีคิดเป็นประมาณร้อยละ 22.4

ของประชาชนทั้งหมดที่ประกอบอาชีพทำการเกษตร โดยช่วงที่มีการขาดแคลนน้ำมากที่สุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมคิดเป็นร้อยละ 62.8 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง หากพิจารณาเฉพาะฤดูแล้งพบว่ามีการขาดแคลนน้ำโดยเฉลี่ยร้อยละ 34.25 และฤดูฝนมีการขาดแคลนน้ำโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10.4

ความคิดเห็นอื่น ๆ ของประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้แสดงถึงความคิดเห็นถึงสาเหตุของการขาดแคลนน้ำ สาเหตุของน้ำท่วม และสาเหตุของปัญหาน้ำเน่าเสียในพื้นที่ของตน ซึ่งในรูปแบบของการตอบแบบสอบถามถึงสาเหตุของปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ จ1-6 (ข้อคิดเห็นสามารถตอบได้มากกว่า 1 คำตอบในแต่ละคำถาม)

ตารางภาคผนวกที่ จ1-6 ข้อคิดเห็นของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากถึงสาเหตุการเกิดปัญหาต่าง ๆ ทางด้านน้ำ

หัวข้อ	จำนวน
สาเหตุของการขาดแคลนน้ำ	
เกิดสภาวะฝนแล้ง	167
ขาดแหล่งกักเก็บน้ำต้นทุน	216
การบุกรุกแหล่งน้ำธรรมชาติ	15
แหล่งน้ำตื้นเขิน	121
เกิดการรั่วซึมของแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น	4
ระบบส่งน้ำใช้การไม่ได้	14
ความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น	34
สาเหตุของน้ำท่วม	
สภาพพื้นที่	153
การบุกรุกทำลายป่า	24
การบุกรุกแหล่งน้ำธรรมชาติ	15
แหล่งน้ำตื้นเขิน	180

ตารางภาคผนวกที่ จ1-6 ข้อคิดเห็นของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากถึงสาเหตุการเกิดปัญหาต่าง ๆ ทางด้านน้ำ

หัวข้อ	จำนวน
ไม่มีระบบระบายน้ำ	41
ประสิทธิภาพการระบายน้ำไม่ดี	27
ถนนหรือสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางน้ำ	6
สาเหตุของปัญหาน้ำเน่าเสีย	
น้ำเสียจากชุมชน	51
น้ำเสียจากการเกษตร	59
น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	10
น้ำเสียจากสถานบริการเอกชน	4

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-6 เป็นตารางที่แสดงถึงความคิดเห็นของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากถึงสาเหตุการเกิดปัญหาต่าง ๆ ทางด้านน้ำ ซึ่งสามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ทางด้านน้ำได้ดังนี้

- ปัญหาการขาดแคลนน้ำประชาชนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่ามีสาเหตุมาจากการขาดแหล่งเก็บกักน้ำต้นทุน รองลงมาคือเกิดสภาวะฝนแล้ง และแหล่งน้ำตื้นเขินตามลำดับ
- ปัญหาของน้ำท่วมประชาชนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่ามีสาเหตุมาจากแหล่งน้ำตื้นเขิน รองลงมาคือสภาพพื้นที่ และไม่มีระบบระบายน้ำตามลำดับ
- ปัญหาน้ำเน่าเสียโดยมากแล้วจะมีสาเหตุมาจากน้ำเสียที่เกิดจากน้ำเพื่อการเกษตร และน้ำเสียจากชุมชน

นอกจากนี้ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากยังได้แสดงถึงความคิดเห็นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ของตน ซึ่งในรูปแบบของการตอบแบบสอบถามถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมนั้นจะสามารถตอบได้มากกว่า 1 การเปลี่ยนแปลง และได้มีการให้ประชาชนได้ประเมินถึงระดับการส่งผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการทำเกษตรกรรม รวมถึงความ

ต้องการของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากที่ต้องการให้รัฐช่วยแก้ไขปัญหาด้านน้ำด้านต่าง ๆ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ จ1-7 ตารางภาคผนวกที่ จ1-8 และตารางภาคผนวกที่ จ1-9 ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ จ1-7 ข้อคิดเห็นของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ของตน

หัวข้อ		จำนวน
การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน		
ไม่เปลี่ยนแปลง		88
เปลี่ยนแปลง	ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น	41
	ปริมาณน้ำฝนลดลง	270
	การทิ้งช่วงของฝนยาวนานขึ้น	233
การเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ		
ไม่เปลี่ยนแปลง		121
เปลี่ยนแปลง	ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่เคยใช้ลดลง	212
	ขาดแคลนน้ำใช้ในบางช่วงเวลา	274
	ช่วงที่น้ำในแหล่งน้ำน้อยยาวนานขึ้น	57
การเปลี่ยนแปลงของการเกิดน้ำท่วม		
ไม่เปลี่ยนแปลง		142
เปลี่ยนแปลง	รุนแรงมากขึ้น	74
	น้ำท่วมบ่อยขึ้น	45
	ระยะเวลาน้ำท่วมยาวนานขึ้น	51
	เกิดน้ำท่วมไม่ตรงช่วงเวลาที่เคยเกิดในอดีต	206
การเปลี่ยนแปลงของการเกิดภัยแล้ง		
ไม่เปลี่ยนแปลง		70
เปลี่ยนแปลง	รุนแรงมากขึ้น	126
	เกิดภัยแล้งบ่อยขึ้น	217
	เกิดภัยแล้งระยะเวลานานขึ้น	200

ตารางภาคผนวกที่ จ1-7 ข้อคิดเห็นของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ของตน

หัวข้อ	จำนวน
เกิดภัยแล้งไม่ตรงช่วงเวลาที่เคยเกิดในอดีต	169

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-7 เป็นตารางที่แสดงถึงความคิดเห็นของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ของตน ซึ่งสามารถสรุปการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดังนี้

- ปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่มีปริมาณลดน้อยลงและมีการทิ้งช่วงของฝนยาวนานขึ้น แต่จะมีพื้นที่บางแห่งเท่านั้นที่จะมีปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้นหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย
- แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ปริมาณน้ำน้อยลดลงและเกิดการขาดแคลนน้ำในบางช่วงเวลา และการเก็บกักน้ำในแหล่งน้ำสั้นลง แต่จะมีพื้นที่บางส่วนเท่านั้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น
- การเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากนั้นประชาชนส่วนใหญ่ให้ข้อมูลว่ามีการเกิดน้ำท่วมไม่ตรงช่วงเวลากับที่เคยเกิดขึ้นในอดีต จะมีเพียงส่วนน้อยที่มีการท่วมและเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่รุนแรงมากขึ้น และบางพื้นที่มีช่วงระยะเวลาในการท่วมขังยาวนานมากขึ้น แต่หลายพื้นที่เหตุการณ์น้ำท่วมยังคงเกิดแบบเดิม ๆ
- การเกิดภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีการเกิดบ่อยขึ้น รุนแรงมากขึ้น และระยะเวลานานมากขึ้น อีกทั้งพื้นที่บางแห่งมีการเกิดภัยแล้งที่ไม่ตรงช่วงเวลาในอดีต จะมีเพียงส่วนน้อยที่เหตุการณ์มีความรุนแรงเท่าเดิม

ตารางภาคผนวกที่ จ1-8 ความต้องการของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากต่อปัญหาด้านน้ำด้านต่าง ๆ ให้รัฐช่วยแก้ไข

การแก้ปัญหา	จำนวนความต้องการ					ผลเฉลี่ย
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	
การแก้ปัญหาภัยแล้ง	357	71	7	1	0	4.80
การแก้ปัญหาน้ำท่วม	61	242	74	8	12	3.84
การแก้ปัญหาน้ำเสีย	13	39	51	224	14	2.45
การแก้ปัญหาน้ำเค็ม	4	0	4	62	115	1.46
การแก้ปัญหาน้ำดื่ม-น้ำใช้	39	29	73	21	44	2.99

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-8 เมื่อพิจารณาที่ช่องผลเฉลี่ยและเรียงลำดับตามความต้องการของประชาชนสำหรับการแก้ปัญหาด้านต่าง ๆ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดของประชาชนพบว่าประชาชนมีความต้องการให้แก้ไขปัญหาภัยแล้งมากที่สุด รองลงมาจะเป็นปัญหาน้ำท่วม ปัญหาน้ำดื่ม-น้ำใช้ ปัญหาน้ำเสีย และปัญหาน้ำเค็มตามลำดับ โดยประชาชนต้องการให้รัฐจัดหาแหล่งน้ำประเภทอ่างเก็บน้ำ ฝาย และระบบส่งน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาภัยแล้งมากที่สุด สำหรับความพึงพอใจต่อการแก้ปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ ของหน่วยงานรัฐ อันได้แก่การแก้ปัญหาน้ำแล้ง ปัญหาน้ำท่วม และปัญหาน้ำเสียนั้น ประชาชนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าปัญหาน้ำแล้งและปัญหาน้ำท่วมหน่วยรัฐแก้ปัญหาได้อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนปัญหาน้ำเสียนั้นหน่วยงานรัฐมีการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่พอใช้ แสดงตารางภาคผนวกที่ จ1-9

ตารางภาคผนวกที่ จ1-9 ระดับความพึงพอใจของประชาชนในลุ่มน้ำคลองสวนหมากต่อการแก้ปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ ของหน่วยงานรัฐ

ปัญหาทางด้านน้ำ	จำนวนความคิดเห็น					ผลเฉลี่ย
	ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ควรปรับปรุง 2	ปรับปรุงเร่งด่วน 1	
ปัญหาน้ำแล้ง	190	63	109	36	23	3.86
ปัญหาน้ำท่วม	21	221	113	36	26	3.42
ปัญหาน้ำเสีย	11	52	73	31	11	3.12

สำหรับการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางด้านน้ำต่าง ๆ และแหล่งข้อมูลข่าวสารปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ ที่ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้รับ แสดงความคิดเห็นดังตารางภาคผนวกที่ จ1-10 และ ตารางภาคผนวกที่ จ1-11 โดยพบว่าประชาชนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางด้านน้ำมากถึงร้อยละ 73.4 โดยมีการเข้าร่วมเป็นประจำถึงร้อยละ 13.3 โดยส่วนใหญ่ประชาชนจะเข้าร่วมเมื่อได้ทราบข่าวโดยมีจำนวนถึงร้อยละ 48.1

ตารางภาคผนวกที่ จ1-10 การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางด้านน้ำต่าง ๆ

หัวข้อ	จำนวน
การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ	
ไม่เคยเข้าร่วม	104
เคยเข้าร่วม เป็นประจำ	52
เท่าที่ทราบข่าว	188
นาน ๆ ครั้ง	17
เมื่อประสบความเดือดร้อน	30
สาเหตุที่ไม่เข้าร่วมในการแก้ปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ	
ไม่ทราบข่าวหรือกิจกรรม	34
ไม่ทราบว่าจะเข้าไปอย่างไร	14

ตารางภาคผนวกที่ จ1-10 การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางด้านน้ำต่าง ๆ

ไม่เข้าใจปัญหา	40
ไม่เห็นประโยชน์	1
ไม่มีค่าตอบแทน	2
ไม่มีเวลาว่าง	10
ขัดแย้งทางความคิด	3

จากตารางภาคผนวกที่ จ1-10 พบวมีประชาชนร้อยละ 26.6 ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมในการการแก้ปัญหาทางด้านน้ำต่าง ๆ โดยพบว่าส่วนใหญ่ไม่เข้าใจปัญหา และ ไม่ทราบข่าวหรือกิจกรรม รวมกันถึงร้อยละ 71.2 แต่มีประชาชนมีความสนใจในการที่จะเข้าไปร่วมแก้ปัญหาแต่ไม่ทราบว่าจะเข้าไปช่วยอย่างไรถึงร้อยละ 13.5 และไม่มีเวลาว่างร้อยละ 9.6 โดยมีส่วนน้อยมากที่ไม่เข้าร่วมเนื่องจาก ขัดแย้งทางความคิด ไม่มีค่าตอบแทน และไม่เห็นประโยชน์ ร้อยละ 2.9 1.9 และ 1.0 ตามลำดับ ซึ่งประชาชนจะได้รับข้อมูลข่าวสารปัญหาด้านน้ำต่าง ๆนั้นจากแหล่งต่าง ๆ ดังตารางภาคผนวกที่ จ1-11

ตารางภาคผนวกที่ จ1-11 แหล่งข้อมูลข่าวสารปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ ที่ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้รับ

แหล่งข้อมูลข่าวสาร	**จำนวนการรับรู้**							**ผลเฉลี่ย**
	มากที่สุด 7	**รองจากมากที่สุด 6**	**มาก 5**	**ปานกลาง 4**	**น้อย 3**	**รองจากน้อยที่สุด 2**	**น้อยที่สุด 1**	
รับข่าวสารด้วยตนเอง	63	198	53	12	6	9	6	5.72
รับข่าวสารจากอินเทอร์เน็ต	50	73	56	23	3	4	2	5.59
รับข่าวสารจากโทรทัศน์	87	29	34	42	20	3	1	5.50
รับข่าวสารจากวิทยุ	11	11	18	50	59	33	1	3.70

ตารางภาคผนวกที่ จ1-11 แหล่งข้อมูลข่าวสารปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ ที่ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้รับ

รับข่าวสารจากหนังสือพิมพ์	11	7	6	14	60	60	30	2.85
รับข่าวสารจากหน่วยงานรัฐอื่น ๆ	175	31	23	34	15	45	5	5.49
รับข่าวสารแหล่งอื่น ๆ	9	6	124	28	6	4	90	3.55

ตารางภาคผนวกที่ จ1-11 แสดงแหล่งข้อมูลข่าวสารปัญหาด้านน้ำต่าง ๆ ที่ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้รับโดยพบว่ามีการทราบข่าวได้ รับข่าวสารด้วยตนเองมากที่สุดเนื่องจากได้เป็นส่วนหนึ่งของคณะกรรมการ คณะทำงานหรือผู้มีส่วนร่วมอื่น ๆ รองลงมาคือการรับรู้จากรับข่าวสารจากอินเทอร์เน็ต โทรทัศน์ และข่าวสารจากหน่วยงานรัฐอื่น ๆ มีเพียงบางส่วนที่รับรู้ข่าวสารจากวิทยุและหนังสือพิมพ์ นอกจกานี้ยังรับข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากเพื่อนบ้าน ป้ายประชาสัมพันธ์เป็นต้น

ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่

งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจถึงการแสดงข้อคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตน ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้ ปัญหาด้านน้ำที่ประสบอยู่ในปัจจุบัน ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายการจัดการน้ำ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับยุทธศาสตร์การจัดการน้ำ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายน้ำ การได้รับการบริการและการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่ การได้รับการสนับสนุนเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำ ความต้องการให้มีการสนับสนุนเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำ และการได้รับแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาทรัพยากรน้ำในพื้นที่ แสดงตารางภาคผนวกที่ จ1-12 โดยได้ทำการแบ่งระดับความสำคัญของคำถามออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุดสำหรับเกณฑ์กำหนดระดับการมีส่วนร่วมได้กล่าวไว้ในหัวข้อเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางภาคผนวกที่ จ1-12 ข้อคิดเห็นของประชาชนต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตน

ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	ระดับความคิดเห็น					รวม	ค่าเฉลี่ย	แปลความ	อันดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1				
ปัจจุบันท่านประสบปัญหาเหล่านี้อยู่ในระดับใด									
ขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร	55	54	243	59	53	464	3.00	ปานกลาง	1
ขาดแคลนน้ำใช้ในครัวเรือน	29	32	86	47	278	472	1.91	น้อย	2
ปัญหาการตื้นเขินของลำน้ำ	170	37	60	40	112	419	3.27	ปานกลาง	3
ขาดแคลนน้ำดื่ม	41	39	77	46	262	465	2.03	น้อย	4
ขาดแคลนน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์	21	31	81	198	107	438	2.23	น้อย	5
ปัญหาแย่งน้ำเพื่อการเกษตรกับพื้นที่ข้างเคียง	23	26	263	45	117	474	2.56	น้อย	6
ปัญหาป่าต้นน้ำเสื่อมโทรม	19	167	73	55	239	553	2.41	น้อย	7
ปัญหาแย่งน้ำเพื่อกิจกรรมอื่น ๆ กับพื้นที่ข้างเคียง	19	38	115	53	117	342	2.38	น้อย	8

ตารางภาคผนวกที่ จ1-12 ข้อคิดเห็นของประชาชนต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตน

ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	ระดับความคิดเห็น					รวม	ค่าเฉลี่ย	แปลความ	อันดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1				
ปัญหาการกัดเซาะหน้าดิน ดินถล่ม	14	13	65	64	196	352	1.82	น้อย	9
ปัญหาน้ำท่วม	30	160	81	51	185	507	2.60	น้อย	10
ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก	26	171	78	62	295	632	2.32	น้อย	11
ปัญหาสิ่งกีดขวางลำน้ำ เช่น ตอม่อ วัชพืช แพ ร้านอาหาร	125	24	135	42	143	469	2.88	ปานกลาง	12
ปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตในชุมชน	7	8	59	48	171	293	1.74	น้อยที่สุด	13
ขาดแคลนน้ำเพื่อการประมง	12	17	59	183	133	404	1.99	น้อย	14
ปัญหาการรุกล้ำ/ถมลำราง คู คลอง หนอง บึง ฯลฯ	27	28	62	40	140	297	2.20	น้อย	15
ปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมจากการเกษตร	5	7	41	43	112	208	1.80	น้อยที่สุด	16
ปัญหาด้านกฎระเบียบและข้อบังคับ	7	8	50	36	117	218	1.86	น้อย	17
ปัญหากับหน่วยงานของรัฐ	7	6	43	60	104	220	1.87	น้อย	18
ปัญหากับงานองค์กรอื่นๆ	6	4	67	69	92	238	2.00	น้อย	19
ขาดแคลนน้ำเพื่อการท่องเที่ยว	7	30	63	51	102	253	2.17	น้อย	20
ขาดแคลนน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม	4	14	67	195	73	353	2.10	น้อย	21
ปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มปศุสัตว์	3	11	37	58	188	297	1.60	น้อยที่สุด	22
ปัญหาน้ำเสียจากกิจกรรมอื่นๆ	4	11	60	51	135	261	1.84	น้อย	23
ปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมและเหมืองแร่	3	10	36	40	112	201	1.77	น้อยที่สุด	24
ปัญหาน้ำเค็ม	61	37	118	44	131	391	2.62	ปานกลาง	25
ท่านมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายการจัดการน้ำระดับใด									
ระดับประเทศ ระดับภาค	5	145	69	79	81	379	2.77	ปานกลาง	26

ตารางภาคผนวกที่ จ1-12 ข้อคิดเห็นของประชาชนต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตน

ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	ระดับความคิดเห็น					รวม	ค่าเฉลี่ย	แปลความ	อันดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1				
ระดับกระทรวง กรม	4	171	73	78	99	425	2.77	ปานกลาง	27
ท่านมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับยุทธศาสตร์การจัดการน้ำระดับใด									
ระดับท้องถิ่น	9	0	91	94	95	289	2.08	น้อย	28
ระดับจังหวัด	14	36	77	82	86	295	2.36	น้อย	29
ระดับลุ่มน้ำ	155	150	83	87	48	523	3.53	มาก	30
ท่านมีความรู้เกี่ยวในเรื่องต่าง ๆเหล่านี้ในระดับใด									
ความรู้เกี่ยวกับเรื่องกฎระเบียบท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับน้ำ	32	147	126	27	59	391	3.17	ปานกลาง	31
ความรู้เกี่ยวกับเรื่องสิทธิการใช้น้ำ	32	147	118	62	36	395	3.19	ปานกลาง	32
ความรู้เกี่ยวกับเรื่องกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำ	17	144	88	66	44	359	3.07	ปานกลาง	33
การได้รับการบริการและการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่									
ท่านต้องการให้ภาครัฐมีการสานต่อโครงการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง	210	52	103	57	79	501	3.51	มาก	34
เจ้าหน้าที่ใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมโดยไม่กระทบกับการใช้ชีวิตประจำวันของท่าน	167	57	94	62	50	430	3.53	มาก	35
ความรวดเร็วในการแก้ไขปัญหาด้านน้ำ	55	36	97	52	52	292	2.97	ปานกลาง	36
ท่านได้รับการสนับสนุนเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำในประเด็นต่อไปนี้ในระดับใด									
นโยบายการลงทุนของรัฐเกี่ยวกับน้ำ	170	41	103	54	67	435	3.44	มาก	37

ตารางภาคผนวกที่ จ1-12 ข้อคิดเห็นของประชาชนต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตน

ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	ระดับความคิดเห็น					รวม	ค่าเฉลี่ย	แปลความ	อันดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1				
โครงการของหน่วยงานภาครัฐส่วนกลาง เช่น การก่อสร้าง การพัฒนา การจัดการน้ำ	173	45	95	64	73	450	3.40	ปานกลาง	38
โครงการของหน่วยงานท้องถิ่น เช่น การก่อสร้าง การพัฒนา การจัดการน้ำ	175	47	97	64	80	463	3.37	ปานกลาง	39
การสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักร	158	36	83	34	31	342	3.75	มาก	40
การสนับสนุนแรงงาน	158	174	110	59	30	531	3.70	มาก	41
การสนับสนุนงบประมาณ (เช่น เงินกู้ยืมเงินหมุนเวียน เงินกองทุน)	153	44	98	41	30	366	3.68	มาก	42
ท่านต้องการรับการสนับสนุนเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำในประเด็นต่อไปนี้ในระดับใด									
การให้ข้อมูล และการแนะนำเพื่อแก้ไขปัญหา	53	210	94	48	31	436	3.47	มาก	43
การสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักร	54	183	93	51	39	420	3.39	ปานกลาง	44
การสนับสนุนงบประมาณ เช่น เงินกู้ยืมเงินหมุนเวียน เงินกองทุน	43	193	95	36	35	402	3.43	มาก	45
การสนับสนุนแรงงาน	54	218	96	61	28	457	3.46	มาก	46
ท่านได้รับแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาทรัพยากรน้ำในพื้นที่									
มีปัญหาและได้รับผลกระทบอยู่ในพื้นที่	39	7	8	3	0	57	4.44	มากที่สุด	47

ตารางภาคผนวกที่ จ1-12 ข้อคิดเห็นของประชาชนต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตน

ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	ระดับความคิดเห็น					รวม	ค่าเฉลี่ย	แปลความ	อันดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1				
สมัครใจด้วยตนเองเพราะเห็นว่ามีประโยชน์	40	204	10	228	0	482	3.12	ปานกลาง	48
เพื่อนบ้าน ผู้นำชักชวน	35	55	108	43	280	521	2.08	น้อย	49
เจ้าหน้าที่ชักชวน	171	203	111	138	28	651	3.54	มาก	50

ตารางภาคผนวกที่ จ1-12 แสดงข้อคิดเห็นของประชาชนต่อด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ของตนโดยการพบว่าปัจจุบันประชาชนในพื้นที่ปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร การตื้นเขินของลำน้ำ มีสิ่งกีดขวางลำน้ำ เช่น ตอม่อ วัชพืช แพ ร้านอาหาร และปัญหาน้ำเค็มอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้พบว่าปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการประมง การท่องเที่ยว และการอุตสาหกรรม ปัญหาการรุกล้ำถมลำราง คู คลอง หนอง บึง ปัญหาด้านกฎระเบียบและข้อบังคับ ปัญหากับหน่วยงานของรัฐอยู่ในระดับน้อย และปัญหาด้านน้ำเสีย อยู่ในระดับน้อยที่สุด

ภาคผนวก จ2
ผลการจัดประชุมรับฟังความคิดเห็น

การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนได้ดำเนินการวางแผนไว้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง อย่างก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ได้จัดประชุมรับฟังความคิดเห็นของทุกภาคส่วนจำนวน 7 โดยครั้งที่ 1 จะเป็นการประชุมกลุ่มย่อย โดยได้เชิญเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน ตัวแทนชาวบ้านและผู้เกี่ยวข้องเข้ามาร่วมประชุม ดังรูปภาคผนวกที่ จ2-1 โดยทีมวิจัยได้ดำเนินการนำเสนอถึงที่มาของงานวิจัย วัตถุประสงค์ แนวทางวิจัย ตามที่ได้เสนอกับทาง สวก. ให้กับผู้เข้าร่วมประชุมรับฟัง จากนั้นได้เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้เสนอปัญหาในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการวิจัย

รูปภาคผนวกที่ จ2-1 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของพื้นที่

จากการจัดประชุมครั้งที่ 1 ได้ทำให้นักวิจัยเข้าใจพื้นที่ ปัญหาและแนวทางที่จะใช้ดำเนินการวิจัยได้อย่างดีขึ้น ซึ่งทางทีมงานวิจัยได้นำไปปรับกระบวนการวิจัยตามลักษณะปัญหาของพื้นที่ โดยเฉพาะประเด็นเรื่องการกัดเซาะ หลังจากนั้นทางทีมวิจัยได้มีการลงพื้นที่ ดูสถานที่จริง การลงพื้นที่สัมภาษณ์ชาวบ้าน ประธานกลุ่มต่าง ๆ และผู้ใหญ่บ้าน และตัวแทนชาวบ้าน เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอจึงได้จัดประชุมครั้งที่ 2 (รูปภาคผนวกที่ จ2-2) เพื่อนำเสนอแนวทางงานวิจัยที่ได้ปรับแก้ตามข้อมูลที่ได้รับจากการประชุมครั้งที่ 1 ซึ่งการจัดประชุมครั้งที่ 2 นี้ และนำมานำเสนอข้อมูลให้ เจ้าหน้าที่กรมชลประทานซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบหลักในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองสวนหมากและนักวิชาการในพื้นที่มาเพื่อให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการวิจัยต่อไป ซึ่งสามารถสรุปผลการประชุมได้ดังนี้

รูปภาคผนวกที่ จ2-2 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากทุกภาคส่วนและนักวิชาการในพื้นที่

สำหรับการประชุมครั้งที่ 3 (รูปภาคผนวกที่ จ2-3) นักวิจัยได้เชิญผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการ และข้าราชการของหน่วยงานอื่น เข้ามาร่วมรับฟังแนวทางการดำเนินการวิจัย การแก้ปัญหา และรับฟังข้อเสนอแนะจากทุกภาคส่วนเพื่อจะได้นำข้อมูลต่าง ๆ ในทุกด้านมาปรับวิธีการดำเนินการวิจัยให้เหมาะสม และเกิดประสิทธิผลกับทุกภาคส่วนให้มากที่สุด

รูปภาคผนวกที่ จ2-3 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิและทุกภาคส่วน

จากการจัดประชุมทั้ง 3 ครั้ง (รูปภาคผนวกที่ จ2-4) ทำให้ทีมวิจัยเข้าใจโจทย์ปัญหาและแนวทางการทำวิจัยที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามทางทีมวิจัยเห็นว่าควรนำเสนอแนวคิดดังกล่าวนี้เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานงานจริงได้ทราบและรับฟังความคิดเห็นของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ โดยเชิญเจ้าหน้าที่กรมชลประทานที่รับผิดชอบการบริหารจัดการน้ำของลุ่มน้ำคลองสวนหมากเข้ามารับฟังแนวทางการทำวิจัยและเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติงานของกรมชลประทาน เพื่อที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำของลุ่มน้ำคลองสวนหมากสูงสุด

รูปภาคผนวกที่ จ2-4 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากเจ้าหน้าที่ชลประทานในพื้นที่

จากการจัดประชุมทั้งหมด 3 ครั้งสามารถสรุปผลได้ว่าลุ่มน้ำคลองสวนหมากมีปัญหา แหล่งน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการขาดน้ำในฤดูแล้ง มีปัญหาน้ำท่วมในช่วงฤดูฝน โดยพื้นที่น้ำท่วมจะเกิดอยู่ใกล้จุดเดิม ความรุนแรงขึ้นกับสถาณการณ์ในปีนั้น นอกจากนี้ยังพบปัญหาการกัดเซาะหน้าดินสูงมาก ทำให้เกิดการตกทับถมของตะกอนหน้าฝายเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพของอาคารชลศาสตร์มีประสิทธิภาพลดลง โดยเฉพาะการตกทับถมของตะกอนหน้าฝาย

สำหรับการจัดประชุมครั้งที่ 5 ได้เชิญผู้นำชุมชน ตัวแทนกลุ่มชาวบ้าน และชาวบ้านผู้สนใจทั่วไปเข้ามาร่วมรับฟังและเสนอแนะเพื่อนำเสนอผลการวิจัยให้ทุกภาคส่วนได้รับทราบและปรับแก้ตามความต้องการของทุกภาคส่วน เท่าที่สามารถดำเนินการได้ดังรูปภาคผนวกที่ จ2-5

รูปภาคผนวกที่ จ2-5 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้นำชุมชน และประชาชนทั่วไป

และการจัดประชุมครั้งที่ 6 และ 7 เป็นการประชุมเพื่อเสนอผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์และนำเสนอเทคโนโลยีเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำที่ทีมนักวิจัยได้พัฒนาขึ้นมา ให้กับ เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน ผู้นำชุมชน ตัวแทนชาวบ้าน ตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ ดังรูปภาคผนวกที่ จ2-6 และ รูปภาคผนวกที่ จ2-7

รูปภาคผนวกที่ จ2-6 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้นำชุมชน และประชาชนทั่วไป

รูปภาคผนวกที่ จ2-7 การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้นำชุมชน และประชาชนทั่วไป

ภาคผนวก ฉ1
สถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดน้ำอัตโนมัติ

รายละเอียดสถานีตรวจวัดอากาศ

สถานีตรวจวัดอากาศ RID-KU เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอากาศแบบอัตโนมัติที่โครงการวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเองโดยใช้เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วและทิศทางลม และค่ารังสีอาทิตย์ และส่งข้อมูลการตรวจวัดสภาพอากาศเพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูลบน Cloud Server (https://eng.kps.ku.ac.th) กำหนดให้อ่านค่าและบันทึกข้อมูลได้ทุกนาที

Tipping Bucket Rain Gage

Tipping Bucket Rain Gage ที่ใช้สำหรับ RID-KU001-004 คือ NovaLynx Tipping Bucket Rain Gauge Model 260-2501M-A.25 ขนาด 8 นิ้ว ดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-1 ใช้ถ้วยกระดกขนาด 8.11 cc/tip ถูกออกแบบให้วัดฝนได้อัตโนมัติ โดยมี Resolution เท่ากับ 0.25 mm/tip มีค่าความแม่นยำ 2% ที่ความเข้มฝน 130 mm/hr และมีรายละเอียดจำเพาะดังตารางภาคผนวกที่ ฉ1-1

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-1 NovaLynx Tipping Bucket Rain Gauge

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-1 รายละเอียดจำเพาะของ 260-2501M-A.25 Tipping Bucket Rain Gauge ของ NovaLynx

Model	**260-2501M-A .25**
Orifice	8" (20 cm)
Calibration	0.25mm
Accuracy	±2% at 130mm/hour
Capacity	Unlimited - self emptying
Leveling	Bubble level / adjustable leveling feet
Electrical	
Switch	Magnetic reed, SPST normally open
Output	0.1 second switch closure
Contact maximum rating	10 watts, 0.5 amps, 200 Vdc
Static discharge protection	Transient voltage suppressor, 27V nom, 16A
Cable	PVC Jacket, 2 conductor, 20 AWG, 25 feet
Materials	
Outer cover	Aluminum, white powder coat
Funnel, base, bucket & support hdw.	Aluminum, black anodized
Fasteners	Stainless steel
Shipping	
Dimensions	8"Ø x 15" (20 x 38 cm)
Weight / Shipping	4 lb / 5.5 lb (1.8 kg / 2.5 kg)

Solar Radiation Sensor

Solar Radiation Sensor หรือ Pyranometer โมเดล 6450 ของ Davis Instruments คือ เซนเซอร์แบบ Silicon Photodiode ที่ใช้วัดค่ารังสีอาทิตย์ทั้งส่วนที่เป็น Direct และ Diffuse Solar Irradiance มีลักษณะและรายละเอียดดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-2

Sensor Output

Resolution and Units	1 W/m^2
Range	0 to 1800 W/m^2
Accuracy	±5% of full scale (Reference: Eppley PSP at 1000 W/m^2) plus 45 W/ m^2 per 100' (30 m) of additional cable
Drift	up to ±2% per year
Update Interval	50 seconds to 1 minute

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-2 Solar Pyranometer โมเดล 6450 ของ Davis Instruments

Digital Relative Humidity & Temperature Sensor

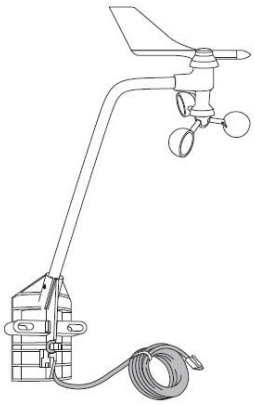
Digital Relative Humidity & Temperature Sensor ที่ใช้ใน RID-KU001 คือเซนเซอร์ AM2305 ของ Aosong Electronics Co.Ltd. (www.aosong.com) สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ระหว่าง 0-100%RH โดยมีค่าความแม่นยำ ±2%RH (Max ±5%RH) และสามารถวัดอุณหภูมิระหว่าง -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ ±0.3 องศาเซลเซียส มีรายละเอียดจำเพาะดัง**รูปภาคผนวกที่ ฉ1-**3

Model	AM2305	
Power supply	3.3-5.5V DC	
Output signal	digital signal via Aosong 1-wire bus	
Sensing element for RH	Polymer humidity capacitor	
Sensing element for T	Apply Dallas DS18B20 for detecting temperature	
Operating range	humidity 0-100%RH;	temperature -40~80Celsius
Accuracy	**humidity +-2%RH**(Max +-5%RH);	temperature +-0.3Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+-0.3%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-3 รายละเอียดจำเพาะของ Digital Relative Humidity & Temperature Sensor AM2305

Anemometer

Anemometer ของ Davis รุ่น 6410 คืออุปกรณ์วัดความเร็วและทิศทางลมสามารถวัดความเร็วลมได้ระหว่าง 0.5 ถึง 89 m/s โดยมีความแม่นยำ ±5% หรือ ± 1 m/s ขึ้นอยู่กับค่าไหนมากกว่า สามารถวัดทิศทางลมที่ความแม่นยำ ±3 องศา มีรายละเอียดจำเพาะดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-4



Sensor Output

Wind Direction

Display Resolution	16 points (22.5°) on compass rose, 1° in numeric display
Accuracy	±3°

Wind Speed

Resolution and Units	Measured in 1 mph. Other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/h, 0.1 m/s, or 1 knot
Range	1 to 200 mph, 1 to 173 knots, 0.5 to 89 m/s, 1 to 322 km/h
Accuracy	±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length	240' (73 m). Maximum wind speed reading decreases as length of cable from Anemometer to ISS increases. At 140' (42 m), maximum speed is 135 mph (60 m/s). At 240', the maximum is 100 mph.

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-4 รายละเอียดจำเพาะของ Anemometer รุ่น 6410 ของ Davis

ESP32 NodeMCU

ESP32 NodeMCU เป็นโมดูล Wifi ESP-332 รุ่น ESP-WROOM-32 ทำงานแบบ Dual Core ที่ความเร็ว 160Mhz มี SRAM 512K หน่วยความจำ Flash สำหรับอัพโหลดโปรแกรมขนาด 12 M มีขา GPIO 36 ขา ความละเอียดในการอ่านค่า ADC 12Bit สามารถเขียนโปรแกรมผ่าน Arduino IDE เหมือนเขียน Arduino ได้ ตัวโมดูลรวม USB TTL และ ESP-32 ไว้ในตัวเดียวกันจึงไม่ต้องบัดกรีหรือต่อวงจรเพิ่ม สามารถติดตั้งบอร์ดแล้วเสียบ USB โปรแกรมได้เลย รายละเอียดแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ1-2

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-2 รายละเอียดจำเพาะของ ESP32 NodeMCU รุ่น ESP-WROOM-32

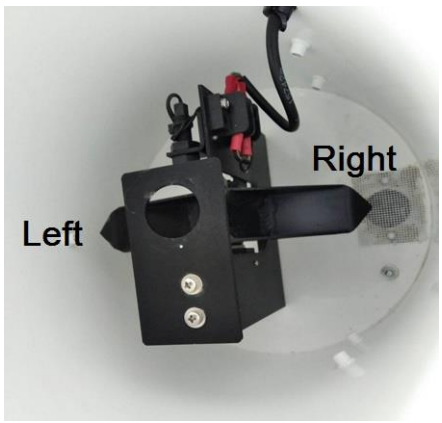
Specifications	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa® Single-Core 32-bit L106	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	Yes, HT20	Yes, HT40
Bluetooth	None	Bluetooth 4.2 and below
Typical Frequency	80 MHz	160 MHz
SRAM	160 kBytes	512 kBytes
Flash	SPI Flash , up to 16 MBytes	SPI Flash , up to 16 MBytes
GPIO	17	36
Hardware / Software PWM	None / 8 Channels	1 / 16 Channels
SPI / I2C / I2S / UART	2/1/2/2	4/2/2/2
ADC	10-bit	12-bit
CAN	None	1
Ethernet MAC Interface	None	1
Touch Sensor	None	Yes
Temperature Sensor	None	Yes
Working Temperature	-40℃ ~ 125℃	-40℃ ~ 125℃

การทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจวัดอากาศ

การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดน้ำฝน (Tipping Bucket Rain Gage)

วิธีการทดสอบ

ใช้ Pipette ซึ่งมีความละเอียดระดับ 1 ใน 10 ซีซี ปล่อยให้น้ำจาก Pipette หยดลงสู่ Bucket อันบนจนกระทั่งเริ่มกระดก บันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ ทำการวัดขนาด Bucket ทั้งด้านซ้ายและด้ายขวา อย่างละ 10 ครั้ง ดูนิยาม Bucket ซ้ายและขวา ดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-5



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-5 นิยาม Left and right bucket

ผลการทดสอบ

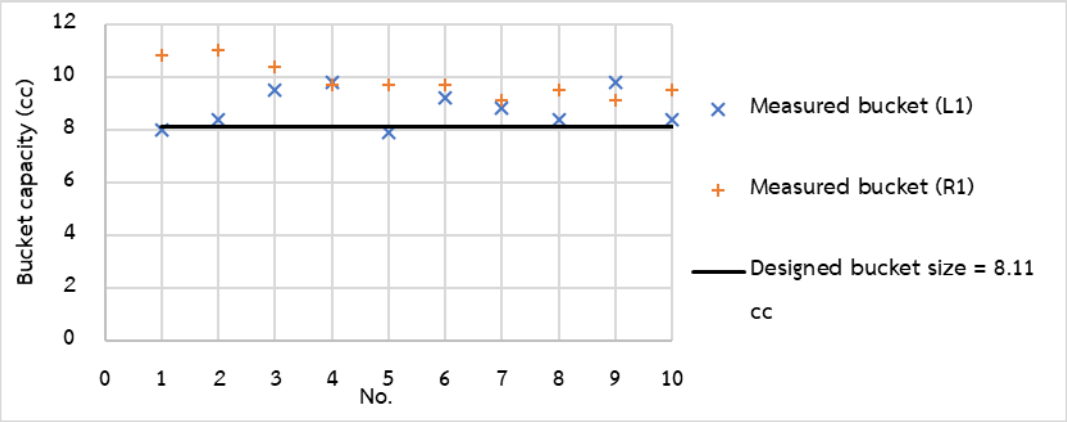
ผลการวัดขนาดของ Tipping Bucket ทั้ง 3 ตัว แสดงอยู่ในตารางภาคผนวกที่ ฉ1-3 นำขนาดของ Tipping Bucket ที่วัดได้ของถังวัดน้ำฝนทั้ง 3 ถัง ไปพล๊อตเทียบกับความจุของ Tipping Bucket ตามรายละเอียดจำเพาะของผู้ผลิต ได้ผลดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-6 ถึงรูปภาคผนวกที่ ฉ1-8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าที่วัดได้ส่วนใหม่มากกว่าค่าที่ผู้ผลิตกำหนด (Over-estimate) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ +12% ซึ่งเกิดจากมีการสูญเสียน้ำบางส่วนหลังจากได้ยินเสียงกระดก

วิธีแก้ ต้องตวงน้ำ 8.11 ซีซี แล้วเทลงในถ้วยกระดกแล้วดูว่าเกิดการกระดกหรือไม่

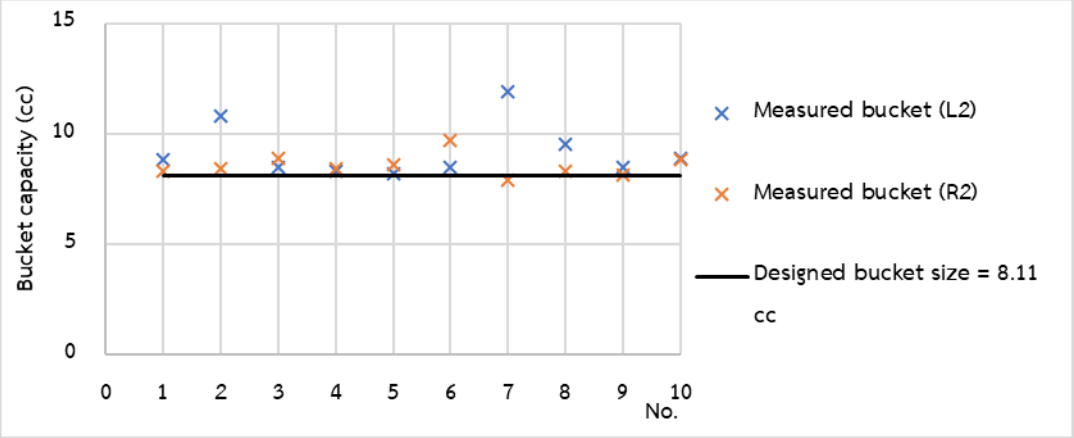
ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-3 10 measurements of left and right buckets in cc.

No.	Measured bucket (L1)	Measured bucket (R1)	No.	Measured bucket (L2)	Measured bucket (R2)	No.	Measured bucket (L3)	Measured bucket (R3)
1	8.0	10.8	1	8.8	8.3	1	8.1	9.6
2	8.4	11.0	2	10.8	8.4	2	8.3	9.4
3	9.5	10.4	3	8.5	8.9	3	7.9	9.7
4	9.8	9.7	4	8.3	8.4	4	8.0	9.8
5	7.9	9.7	5	8.2	8.6	5	7.7	9.9
6	9.2	9.7	6	8.5	9.7	6	8.0	9.5
7	8.8	9.1	7	11.9	7.9	7	8.3	10.2
8	8.4	9.5	8	9.5	8.3	8	8.4	9.9
9	9.8	9.1	9	8.5	8.1	9	8.0	10.4
10	8.4	9.5	10	8.9	8.8	10	7.9	9.5
Avg	8.8	9.9		9.2	8.5		8.1	9.8

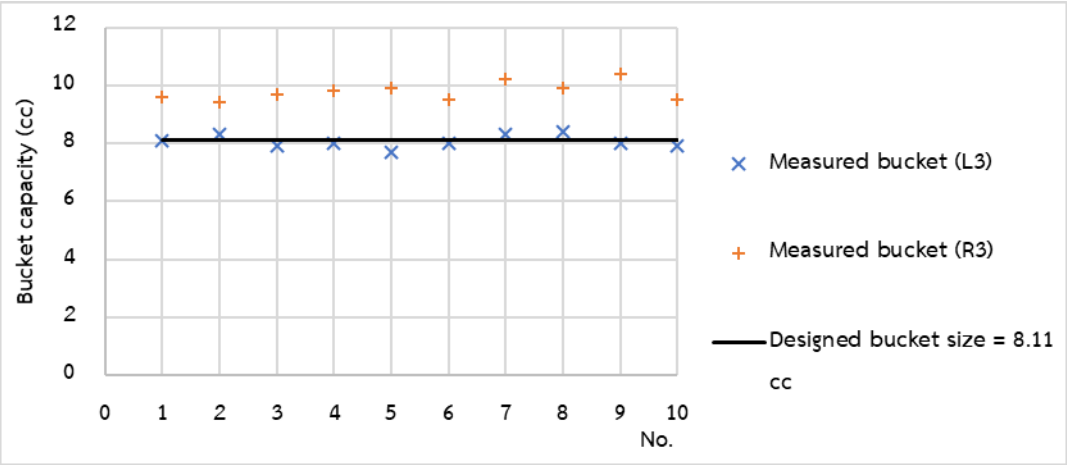
Remark: Designed bucket size =8.11 cc., L1= Left bucket of rain gauge no.1, R1= Right bucket of rain gauge no.1



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-6 ขนาด Tipping Bucket ซ้ายและขวาของถังวัดน้ำฝน RID-KU001 ที่วัดได้เทียบกับเทียบกับขนาด Tipping Bucket ที่ผู้ผลิตกำหนด



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-7 ขนาด Tipping Bucket ซ้ายและขวาของถังวัดน้ำฝน RID-KU002 ที่วัดได้เทียบกับเทียบกับขนาด Tipping Bucket ที่ผู้ผลิตกำหนด



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-8 ขนาด Tipping Bucket ซ้ายและขวาของถังวัดน้ำฝน RID-KU003 ที่วัดได้เทียบกับเทียบกับขนาด Tipping Bucket ที่ผู้ผลิตกำหนด

การทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์วัดรังสีอาทิตย์ (Solar Radiation Sensor)

วิธีการ

การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดรังสีอาทิตย์ (Solar Pyranometer) ทำโดยนำค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดทุกนาที มีหน่วยเป็น Watt/m^2 ไปเปรียบเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย Campbell Stoke ซึ่งถูกอ่านเป็นค่าความยาวชั่วโมงกลางวัน (Sunshine Hours) นำค่าค่าความยาวชั่วโมงกลางวันไปคำนวณหาค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการปรับค่าที่อ่านจากเซนเซอร์ โดยคำนวณจากสมการที่ ฉ1-1 ถึง ฉ2-7

สมการสำหรับคำนวณรังสีอาทิตย์ (R_s) จากชั่วโมงกลางวัน (n)

ให้ j = วันที่ใช้คำนวณมีค่า 1-365 j=1 คือวันที่ 1 มกราคม j=365 คือวันที่ 31 ธันวาคม

Φ = ละติจูดมีค่าเป็นเรเดียน

Gsc = Solar Constant มีค่าเท่ากับ 0.082 MJ/m^2/min

Δ = Solar Declination Angle

Dr = Inverse Relative Distance between Earth and Sun

ω_s = Sunset Hour Angle

n = Actual Sunshine Hours

N = Maximum Possible Sunshine hours

R_a = Solar Terrestrial Radiation (MJ/m^2/day)

R_s= Solar Radiation (MJ/m^2/day)

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi j}{365} - 1.39\right) \quad (ฉ1\text{-}1)$$

$$dr = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi j}{365}\right) \quad (ฉ1\text{-}2)$$

$$X = 1 - \tan(\phi)^2 \tan(\delta)^2 \; ; if \; X \leq 0, X = 0.00001 \quad (ฉ1\text{-}3)$$

$$\omega_s = \frac{\pi}{2} - tan^{-1}\left(\frac{-\tan(\phi) * \tan(\delta)}{\sqrt{X}}\right) \quad (ฉ1\text{-}4)$$

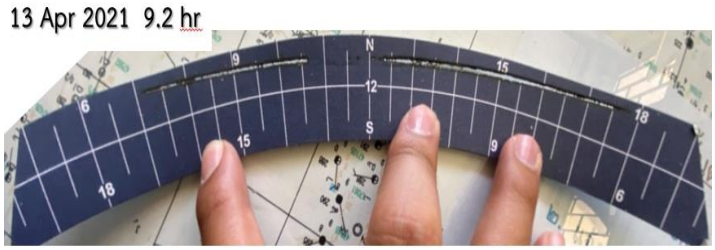
$$R_a = 24 * \frac{60}{\pi} Gsc * dr[\omega_s \sin(\phi)\sin(\phi) + \cos(\phi)\cos(\delta)\sin(\omega_s)] \quad (ฉ1\text{-}5)$$

$$N = \frac{24\omega_s}{\pi} \quad (ฉ1\text{-}6)$$

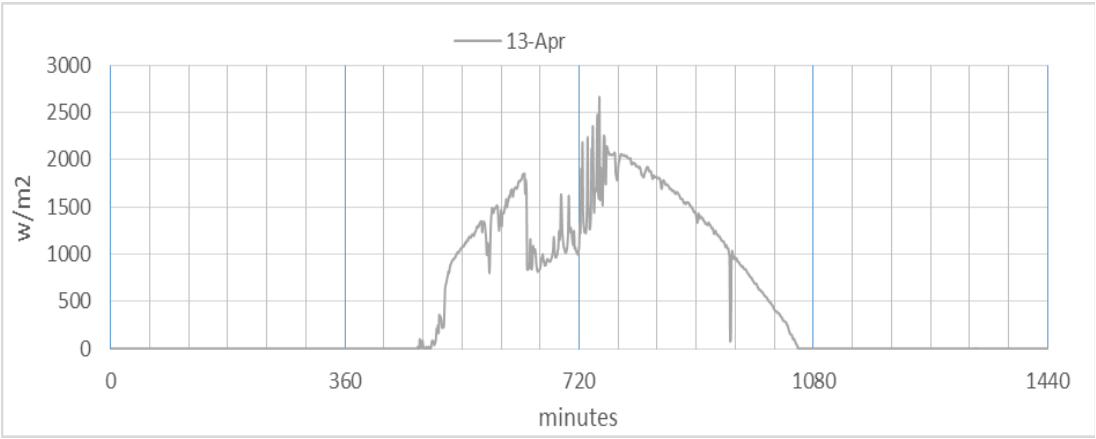
$$R_s = \left(0.25 + 0.5\frac{n}{N}\right) R_a \quad (ฉ1\text{-}7)$$

ผลการทดสอบ

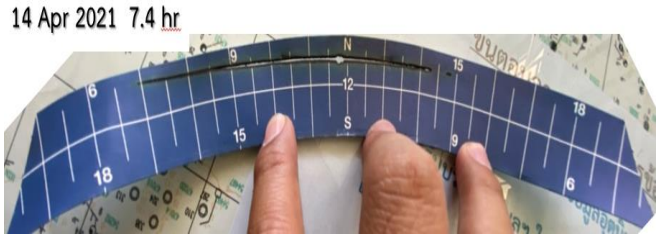
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-9 ถึง**รูปภาคผนวกที่ ฉ1-12** แสดงตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่ารังสีอาทิตย์เป็น Watt/m^2 กับ Campbell Stoke Chart ระหว่างวันที่ 13 เมษายน 2564 ถึง วันที่ 18 เมษายน 2564 จากรูปจะเห็นได้ว่าค่ารังสีอาทิตย์ของ RID-KU001 มีรูปแบบที่สอดคล้องกับ Campbell Stoke Chart เป็นส่วนใหญ่



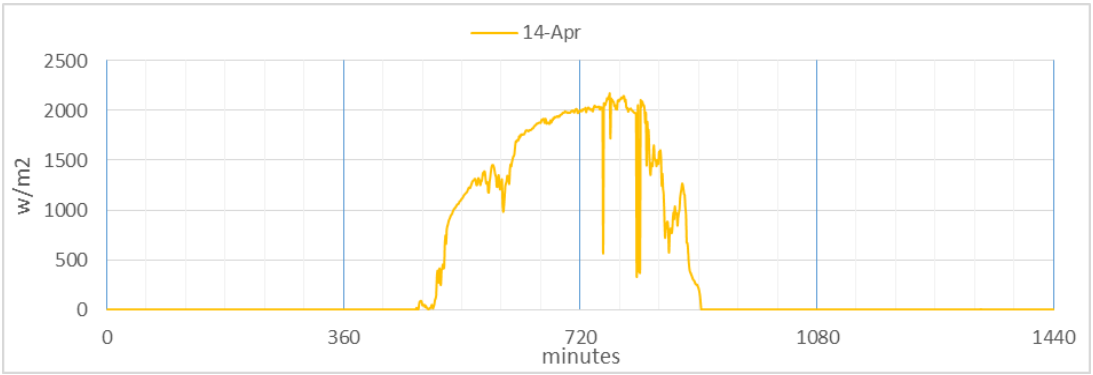
RID-KU001: 13 Apr 2021, total sunshine duration=9.7 hrs



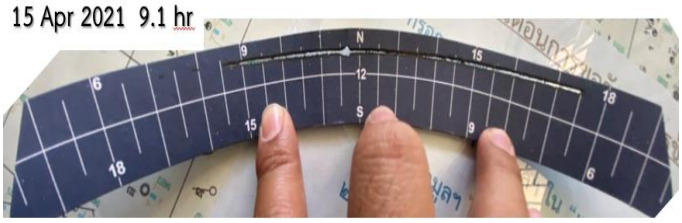
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-9 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 กับ Campbell Stoke Chart วันที่ 13 เมษายน 2564



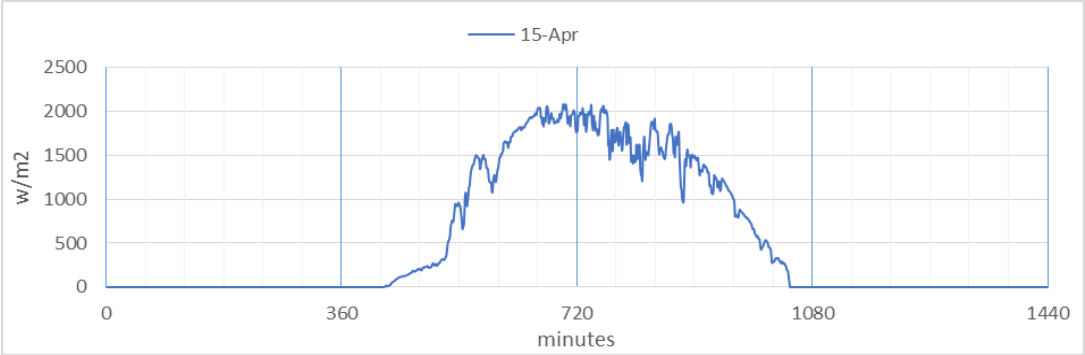
RID-KU001: 14 Apr 2021, total sunshine duration=7.2



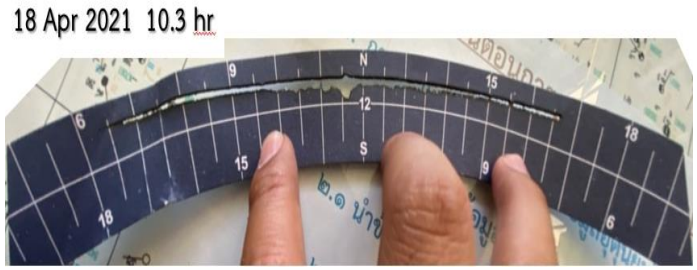
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-10 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 กับ Campbell Stoke Chart วันที่ 14 เมษายน 2564



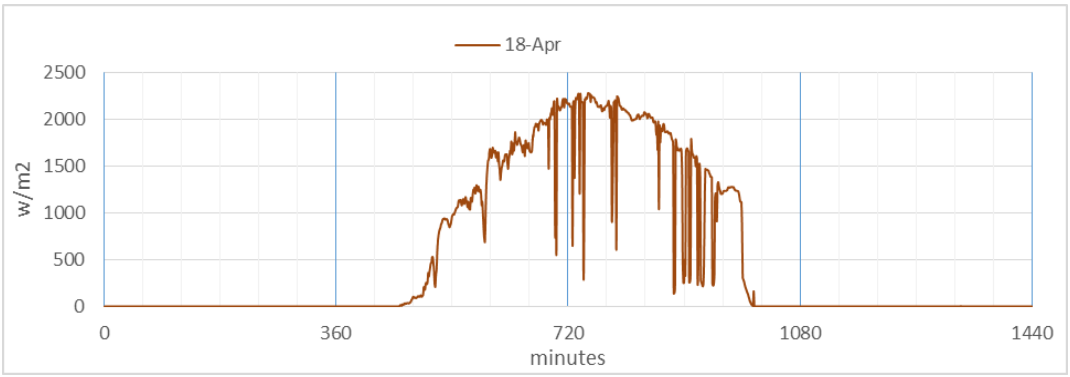
RID-KU001: 15 Apr 2021, total sunshine duration =10.4



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-11 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 กับ Campbell Stoke Chart วันที่ 15 เมษายน 2564



RID-KU001: 18 Apr 2021, total sunshine duration =9.2



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-12 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 กับ Campbell Stoke Chart วันที่ 18 เมษายน 2564

เมื่อนำค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 ระหว่างวันที่ 8 เมษายน ถึง 19 พฤษภาคม 2564 ยกเว้นวันที่ 10-12 เมษายาน จำนวน 39 วัน มาแปลงหน่วยจาก W/m^2/day เป็น MJ/m^2/day แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ที่คำนวณจากค่าชั่วโมงกลางวันจาก Campbell Stoke Chart (CS) ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ฉ1-4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์จาก RID-KU001 หรือ Rs(RID-KU001) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.35 MJ/m^2/day เกือบสองเท่าของค่ารังสีอาทิตย์ที่คำนวณจากชั่วโมงกลางวัน หรือ Rs(CS) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเพียง 21.89 MJ/m^2/day เท่านั้น

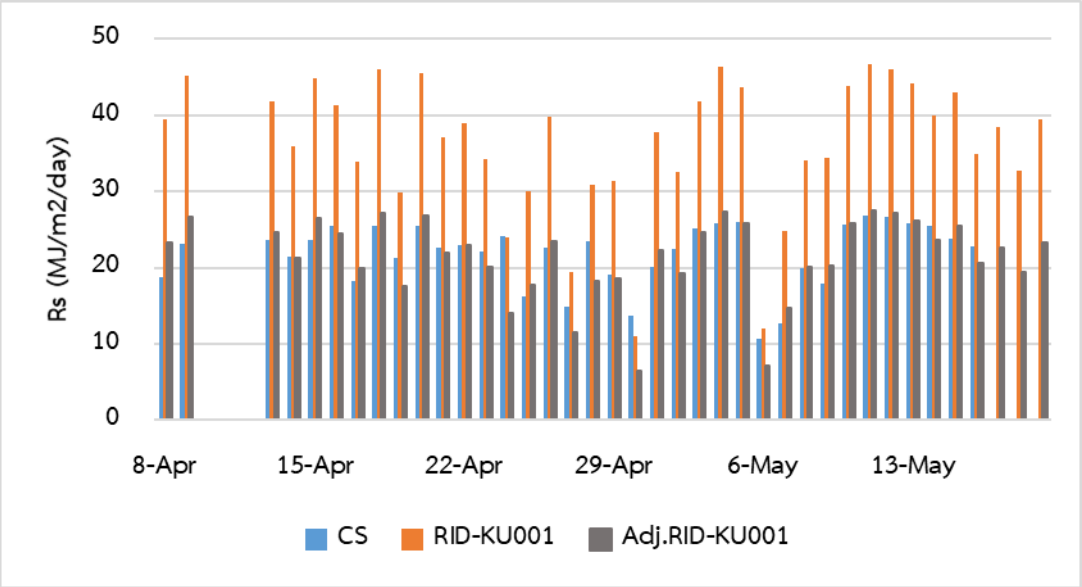
ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-4 ค่ารังสีอาทิตย์จาก RID-KU001 และค่ารังสีอาทิตย์ที่คำนวณจากชั่วโมงกลางวัน

Day	Solar Radiation (Rs)			
	Rs (RID-KU001)		Rs (CS)	
	W.min/m^2/day	MJ/m^2/day	Actual sunshine hours	MJ/m^2/day
13-Apr-21	695,677.92	41.74	9.20	23.72
14-Apr-21	599,447.99	35.97	7.70	21.41
15-Apr-21	747,243.71	44.83	9.10	23.58
16-Apr-21	689,817.59	41.39	10.30	25.44
17-Apr-21	565,334.74	33.92	5.70	18.34
18-Apr-21	767,360.66	46.04	10.30	25.45
19-Apr-21	497,967.09	29.88	7.60	21.28
20-Apr-21	758,708.53	45.52	10.30	25.45
21-Apr-21	619,193.21	37.15	8.50	22.67
22-Apr-21	649,746.29	38.98	8.70	22.98
23-Apr-21	569,553.34	34.17	8.20	22.21
24-Apr-21	398,721.29	23.92	9.50	24.21
25-Apr-21	499,857.56	29.99	4.30	16.20
26-Apr-21	663,580.86	39.81	8.50	22.66
27-Apr-21	324,463.01	19.47	3.50	14.97
28-Apr-21	514,115.35	30.85	9.00	23.42
29-Apr-21	524,006.94	31.44	6.20	19.11
30-Apr-21	183,116.48	10.99	2.70	13.74
1-May-21	629,969.13	37.80	6.90	20.18
2-May-21	542,681.33	32.56	8.40	22.47

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-4 ค่ารังสีอาทิตย์จาก RID-KU001 และค่ารังสีอาทิตย์ที่คำนวณจากชั่วโมงกลางวัน

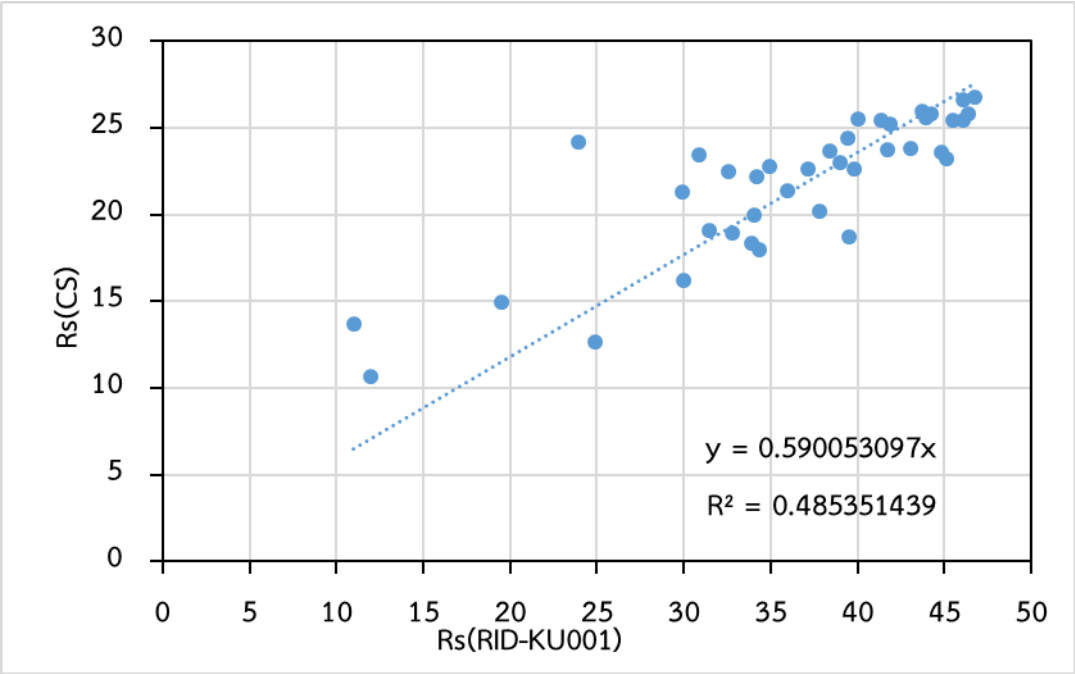
Day	Solar Radiation (Rs)			
	Rs (RID-KU001)		Rs (CS)	
	W.min/m^2/day	MJ/m^2/day	Actual sunshine hours	MJ/m^2/day
3-May-21	697,451.86	41.85	10.20	25.22
4-May-21	772,675.29	46.36	10.60	25.82
5-May-21	728,821.27	43.73	10.70	25.97
6-May-21	199,378.41	11.96	0.70	10.67
7-May-21	414,512.38	24.87	2.00	12.65
8-May-21	566,993.66	34.02	6.80	19.98
9-May-21	572,121.03	34.33	5.50	17.99
10-May-21	731,790.31	43.91	10.50	25.59
11-May-21	778,623.72	46.72	11.30	26.80
12-May-21	767,346.06	46.04	11.20	26.63
13-May-21	736,925.33	44.22	10.70	25.86
14-May-21	666,916.04	40.01	10.50	25.54
15-May-21	717,593.49	43.06	9.40	23.85
16-May-21	582,516.74	34.95	8.70	22.78
17-May-21	639,727.63	38.38	9.30	23.67
18-May-21	546,655.00	32.80	6.20	18.97
19-May-21	657,691.35	39.46	9.80	24.40
Average	605,880.88	36.35	8.04	21.89
Std.	147,746.12	8.86	2.65	4.05

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-13 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Rs(RID-KU001) และ Rs(CS) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า Rs(RID-KU001) มีค่ามากกว่า Rs(CS) เกือบเท่าตัว จึงจำเป็นต้องปรับค่ารังสีอาทิตย์จาก RID-KU001 ก่อนนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-13 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ของสถานี RID-KU001 และ ค่าจาก Campbell Stoke

เมื่อนำค่า Rs(RID-KU001) และ Rs(CS) มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยวิธี Regression จะได้สมการเพื่อใช้ปรับแก้ค่า Rs(RID-KU001) ให้สอดคล้องกับค่า Rs(CS) ดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-14



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-14 สมการปรับแก้ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ Regression แบบกำหนดให้สมการผ่านจุด (0, 0)

จึงเสนอว่าต้องมีการปรับค่า Rs(RID-KU001) โดยใช้สมการที่ ฉ1-8

$$\text{Adi. Rs(RID} - \text{KU001)} = 0.590053097 \times \text{Rs(RID} - \text{KU001)} \qquad \text{(ฉ1-8)}$$

เมื่อ

Adj.Rs(RID-KU001) คือ ค่ารังสีอาทิตย์จาก RID-KU001 ที่ถูกปรับ (MJ/m^2/day)

Rs(RID-KU001) คือ ค่ารังสีอาทิตย์จาก RID-KU001 (MJ/m^2/day)

ผลการปรับค่าโดยใช้สมการที่ ฉ1-8 จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยลดลงจาก 14.46 เป็น -0.44 MJ/m^2/day และ RMSE ลดลงจาก 15.59 เป็น 2.87 MJ/m^2/day ดังตารางภาคผนวกที่ ฉ1-5

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-5 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Rs(RID-KU001) และ Adjusted Rs(RID-KU001)

Day	Solar Radiation (Rs) in MJ/m2/day			Error 1	Error 2
	Rs(RID-KU001)	Rs(CS)	Adj.Rs(RID-KU001)		
14-Apr-21	35.97	21.41	21.22	14.56	-0.19
15-Apr-21	44.83	23.58	26.45	21.25	2.88
16-Apr-21	41.39	25.44	24.42	15.95	-1.02
17-Apr-21	33.92	18.34	20.01	15.58	1.68
18-Apr-21	46.04	25.45	27.17	20.59	1.72
19-Apr-21	29.88	21.28	17.63	8.60	-3.65
20-Apr-21	45.52	25.45	26.86	20.07	1.41
21-Apr-21	37.15	22.67	21.92	14.48	-0.75
22-Apr-21	38.98	22.98	23.00	16.01	0.02
23-Apr-21	34.17	22.21	20.16	11.97	-2.04
24-Apr-21	23.92	24.21	14.12	-0.28	-10.09
25-Apr-21	29.99	16.20	17.70	13.79	1.50
26-Apr-21	39.81	22.66	23.49	17.15	0.83
27-Apr-21	19.47	14.97	11.49	4.50	-3.48
28-Apr-21	30.85	23.42	18.20	7.43	-5.22
29-Apr-21	31.44	19.11	18.55	12.33	-0.56
30-Apr-21	10.99	13.74	6.48	-2.75	-7.25
1-May-21	37.80	20.18	22.30	17.62	2.12
2-May-21	32.56	22.47	19.21	10.09	-3.26
3-May-21	41.85	25.22	24.69	16.63	-0.53
4-May-21	46.36	25.82	27.36	20.54	1.53
5-May-21	43.73	25.97	25.80	17.76	-0.16
6-May-21	11.96	10.67	7.06	1.29	-3.61
7-May-21	24.87	12.65	14.68	12.22	2.02
8-May-21	34.02	19.98	20.07	14.04	0.10
9-May-21	34.33	17.99	20.25	16.34	2.27
10-May-21	43.91	25.59	25.91	18.31	0.31
11-May-21	46.72	26.80	27.57	19.92	0.77
12-May-21	46.04	26.63	27.17	19.41	0.54

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-5 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Rs(RID-KU001) และ Adjusted Rs(RID-KU001)

Day	Solar Radiation (Rs) in MJ/m2/day			Error 1	Error 2
	Rs(RID-KU001)	Rs(CS)	Adj.Rs(RID-KU001)		
13-May-21	44.22	25.86	26.09	18.36	0.23
14-May-21	40.01	25.54	23.61	14.48	-1.93
15-May-21	43.06	23.85	25.41	19.20	1.55
16-May-21	34.95	22.78	20.62	12.17	-2.16
17-May-21	38.38	23.67	22.65	14.71	-1.03
18-May-21	32.80	18.97	19.35	13.83	0.38
19-May-21	39.46	24.40	23.28	15.06	-1.12
Average	36.35	21.89	21.45	14.46	-0.44
Std.	8.86	4.05	5.23	5.90	2.87
RMSE				15.59	2.87

หมายเหตุ : Error 1 = Rs(RID-KU001) - Rs(CS) , Error 2 = Adj.Rs(RID-KU001) - Rs(CS)

สรุป

สถานี RID-KU001 ถ้าทำการปรับค่ารังสีอาทิตย์โดยใช้สมการที่ ฉ1-9 จะลดความความคลาดเคลื่อนลงได้มาก ค่า RMSE เท่ากับ 2.87 MJ/m^2/day

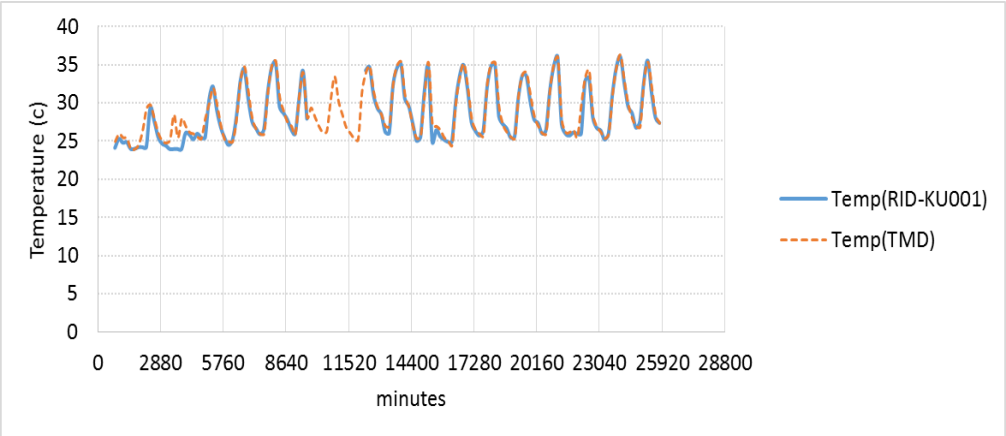
การทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature and Relative Humidity Sensors)

วิธีการ

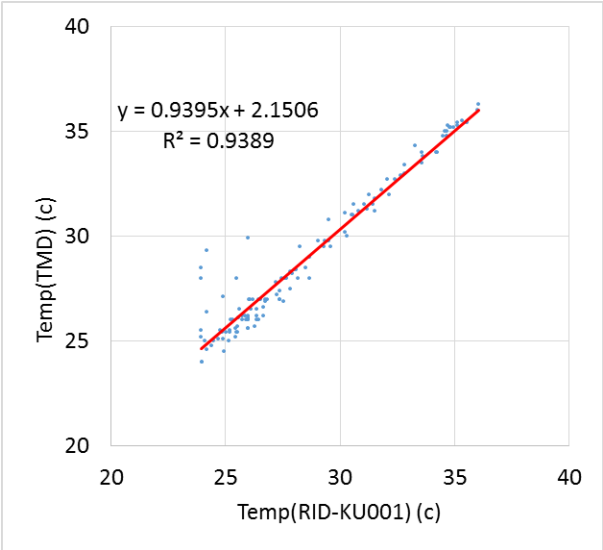
การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทำโดยนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดทุกนาที ระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2564 ถึงวันที่ 22 เมษายน 2564 มาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสถานีตรวจวัดอากาศเกษตร กำแพงแสน ซึ่งมีการอ่านและบันทึกค่าทุก 3 ชั่วโมง 8 ครั้งต่อวัน เริ่มอ่านครั้งแรกที่เวลา 1:00 นาฬิกา

ผลการทดสอบ

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-15 แสดงค่าอุณหภูมิที่สถานี RID-KU001 หรือ Temp(RID-KU001) และค่าอุณหภูมิที่สถานีตรวจวัดภูมิอากาศเกษตร กำแพงแสน หรือ Temp(TMD) ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีค่าเกือบเท่ากันยกเว้นช่วงสองวันแรกที่ติดตั้งสถานี RID-KU001 ซึงสถานียังทำงานบันทึกข้อมูลได้ไม่สมบูรณ์ เมื่อนำ Temp(RID-KU001) มาพล๊อตหาความสันพันธ์กับ Temp(TMD) ดังรูปภาคผนวกที่ ฉ 1-16 พบว่ามีความสัมพันธ์ดีมาก R^2=0.9389 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 องศา c และ RMSE เท่ากับ 0.98 องศา c

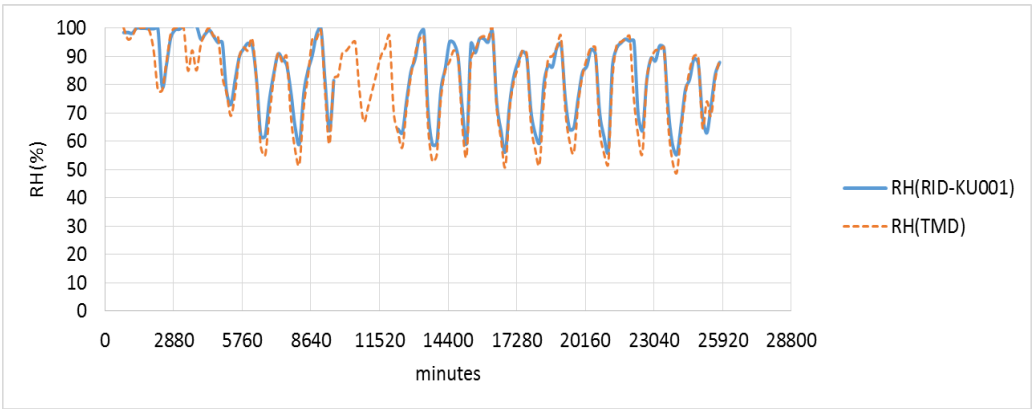


รูปภาคผนวกที่ ฉ1-15 กราฟเปรียบเทียบค่า Temp(RID-KU001) กับ Temp(TMD)

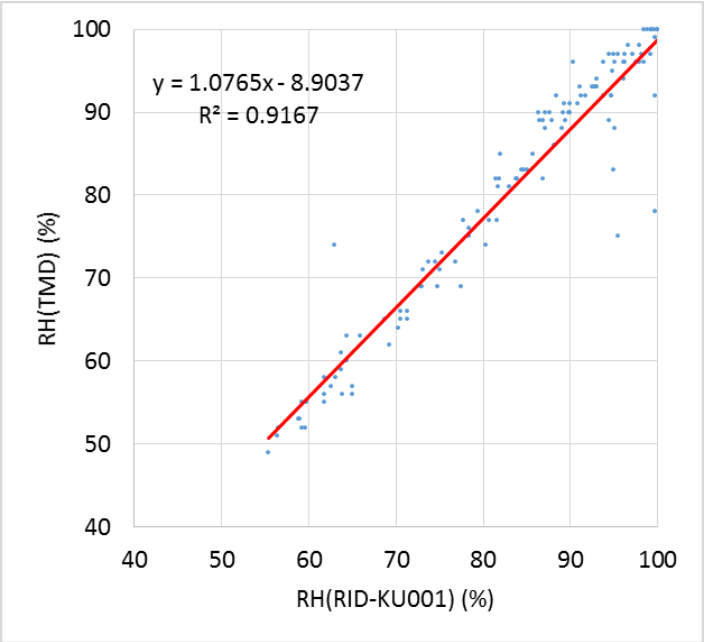


รูปภาคผนวกที่ ฉ1-16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Temp(TMD) กับ Temp(RID-KU001)

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-17 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สถานี RID-KU001 หรือ RH(RID-KU001) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สถานีตรวจวัดภูมิอากาศเกษตร กำแพงแสน หรือ RH(TMD) ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีค่าเกือบเท่ากันยกเว้นช่วงสองวันแรกที่ติดตั้งสถานี RID-KU001 ซึงสถานียังทำงานบันทึกข้อมูลได้ไม่สมบูรณ์ เมื่อนำ RH(RID-KU001) มาพล๊อตหาความสันพันธ์กับ RH(TMD) ดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-18 พบว่ามีความสัมพันธ์ดีมาก R^2=0.9167 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.5%ของความชื้นสัมพัทธ์ และ RMSE เท่ากับ 5.1%ของความชื้นสัมพัทธ์



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-17 กราฟเปรียบเทียบค่า RH(RID-KU001) กับ RH(TMD)



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง RH(TMD) กับ RH(RID-KU001)

สรุป

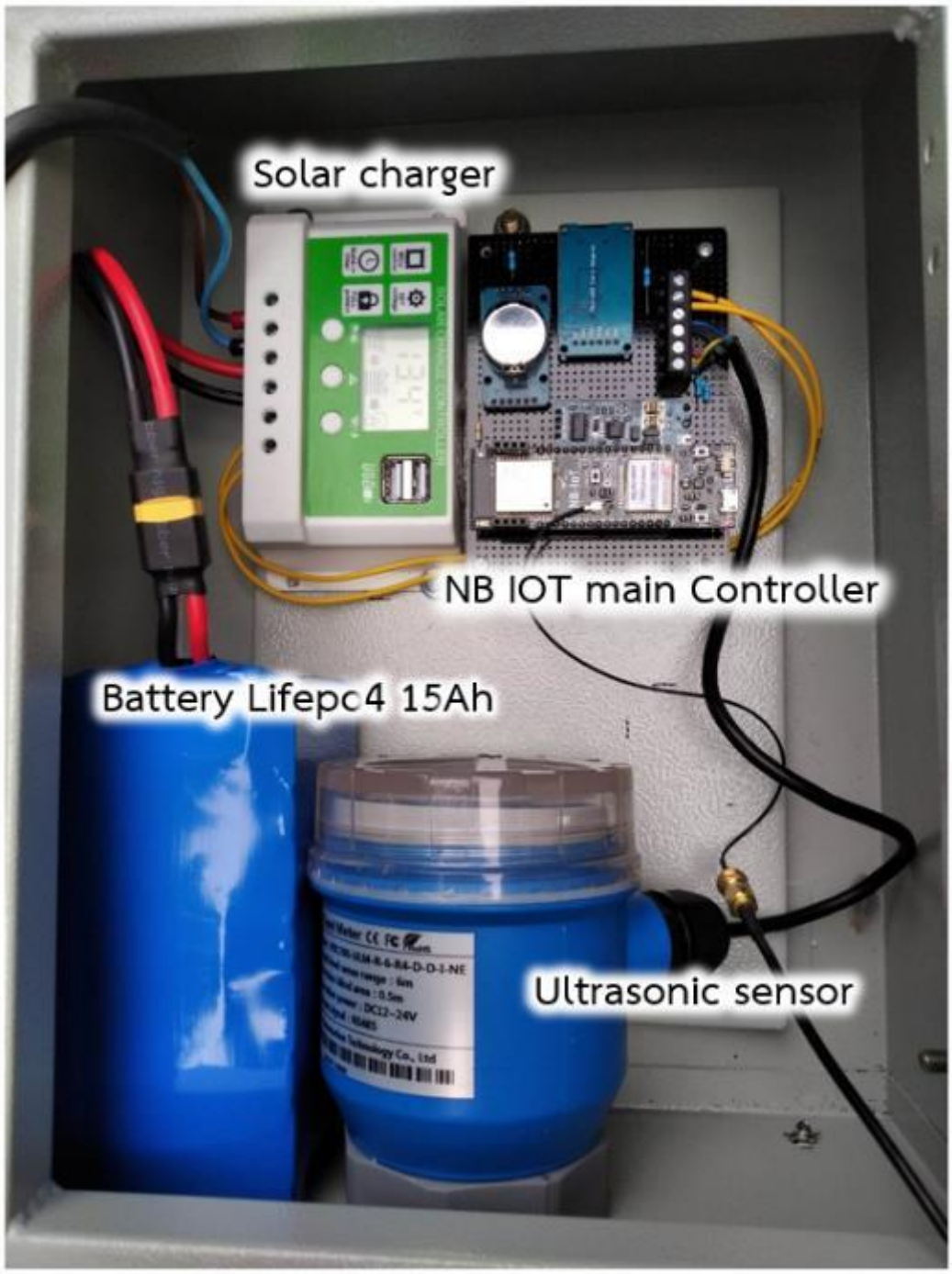
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสถานี RID-KU001 มีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 องศา c และ 2.5 %ของความชื้นสัมพัทธ์

รายละเอียดสถานีตรวจวัดน้ำ

สถานีตรวจวัดน้ำประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ 1. กล่องระบบ Sensor ควบคุมการรับ/ส่งข้อมูลเข้าสู่Server (กรอบสีฟ้า) ใช้แผงควบคุมประเภท ESP32 และNB-IoT ทำการรับ/ส่งข้อมูลสำหรับหาอัตราการไหลของน้ำผ่านฝาย ได้แก่ ระยะตั้งแต่ระดับน้ำถึงsensor (d2) ระยะตั้งแต่ระดับน้ำถึงsensor ด้านเหนือน้ำ (d2_U) ระยะตั้งแต่ระดับน้ำถึงsensor ด้านท้ายน้ำ (d2_L) ทุก ๆ 15 นาที 2. ท่อน้ำนิ่ง โดยใช้ท่อ PVC Class 13.5 ขนาด 4” รายละเอียดแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ1-6 และรูปภาคผนวกที่ ฉ1-18

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-6 แสดงรายละเอียดระบบสถานีตรวจวัดน้ำ

Station code	Board type	Variable	Duration(min)
RID-KU-WL001	ESP32	d2_U, d2_L	15
RID-KU-WL002	NB-IoT	d2	15
RID-KU-WL003	NB-IoT	d2	15
RID-KU-WL004	NB-IoT	d2	15
RID-KU-WL005	NB-IoT	d2	15
RID-KU-WL006	NB-IoT	d2	15
RID-KU-WL007	NB-IoT	d2	15
RID-KU-WL008	ESP32	d2_U, d2_L	15



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-18 รายละเอียดสถานีตรวจวัดน้ำ

HDL700-C1 Ultrasonic level meter

โครงสร้างผลิตจาก Acrylonitrile butadiene styrene และ Polypropylene ทำให้มีความทนทาน น้ำหนักเบา ทนความร้อนได้ดี ขนาด Φ92mm×198mm×M60 ความถี่ 20 – 350MHz จอแสดงผลแบบ OLED มีสามารถตรวจวัดระดับน้ำที่ระดับผิวน้ำถึงเซนเซอร์ได้ตั้งแต่ 5 8 10 12 15 เมตร แต่ระยะการตรวจวัดระดับน้ำไม่ต่ำกว่า 0.4-0.5เมตร ค่าความผิดพลาดในตรวจวัด 0.3%F.S รายละเอียดแสดงดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-19 และตารางภาคผนวกที่ ฉ1-7

Huaibei Huadian Automation Technology Co., Ltd.

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-19 HDL700-C1 Ultrasonic level meter

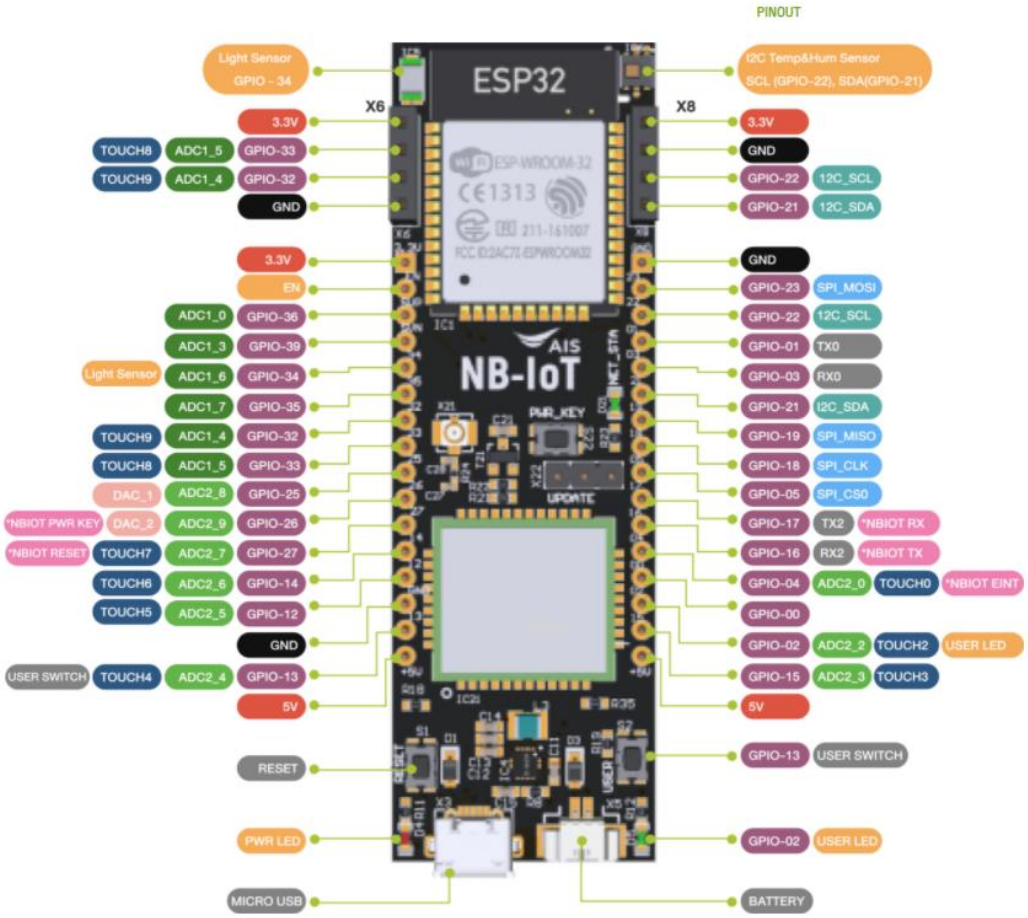
ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-7 รายละเอียดจำเพาะ HDL700-C1 Ultrasonic level meter

Range	**5, 8, 10, 12, 15m**
Blind Zone	<0.4-0.5m (different for range)
Measure error	0.3%F.S
Display	OLED
Display resolution	1mm
Frequency	20-350KHz
Power	12-24VDC
Power consumption	<1.5W
Output (optional)	4-20mA RL>600Ω
	1-5V\1-10V
	RS485
	3NPN
	2relays (AC: 5A 250V DC: 10A 24V)
Material	ABS, PP
Dimension	Φ92mm×198mm×M60
Electrical interface	M20X1.5
Installation	M60X2 or ¢ 61MM
Operating surroundings	normal temperature, normal pressure
Protection degree	IP65(others optional)

NB IoT Controller

NB IoT Controller หรือ DEVIO NB-DEVKIT ของ AIS ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลไปยัง Magellan Platform ได้ โดยใช้ตัวMicrocontroller โมเดล ESP32-WROOM-32 CPU และหน่วยความจำ Xtensa® แบบsingle-/dual-core 32 bit LX6 ROM 448 KB SRAM 520 KB ความถี่สูงสุด 240MHz ระบบWIFI 802.11 n(2.4GHz) และระบบ

Bluetooth v4.2 BR/EDR และ BLE รูปภาคผนวกที่ ฉ1-20 แสดง NB IoT Controller หรือ DEVIO NB-DEVKIT ของ AIS



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-20 แสดง NB IoT Controller หรือ DEVIO NB-DEVKIT ของ AIS

การกำหนดจุดติดตั้งสถานี

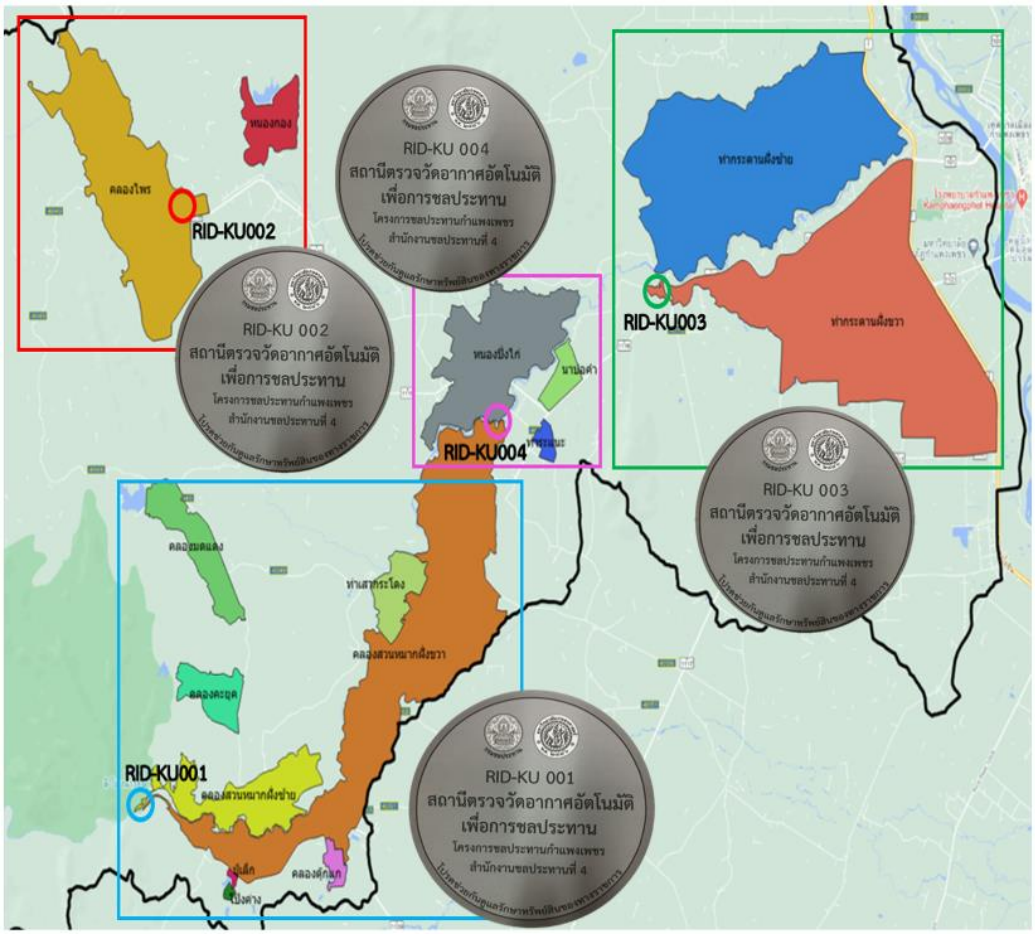
สถานีตรวจวัดอากาศ RID-KU

จุดติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศกำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่ชลประทานในลุ่มมน้ำคลองสวนหมาก ได้แก่ 1. คลองสวนหมากฝั่งซ้าย 2. คลองสวนหมากฝั่งขวา 3. ท่าเสากระโดง 4. คลองตุ๊กแก 5. คลองคะยุค 6. ปู่เล็ก 7. โป่งค่าง 8. คลองมดแดง 8. คลองไพร 9. หนองกอง 10. ท่ากระดานฝั่งซ้าย 11. ท่ากระดานฝั่งขวา 12. หนองปิ้งไก่ 13. นาบ่อคำ 14. ท่าระแนะ ติดตั้งสถานี

ตรวจอากาศจำนวน 4 สถานี แต่ละสถานีครอบคลุมพื้นที่ชลประทานใกล้เคียง รายละเอียดแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ1-8 และรูปภาคผนวกที่ ฉ1-21 ถึงรูปภาคผนวกที่ ฉ1-25

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-8 รายละเอียดสถานีครอบคลุมพื้นที่ชลประทานในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

สถานี	พิกัด		Altitude (m)	Wind Vane Elevation (m)	พื้นที่
	Latitude (N)	Longitude (E)			
RID-KU001	16.3308	99.2642	151.00	2.75	คลองสวนหมากฝั่งซ้าย คลองสวนหมากฝั่งขวา ท่าเสากระโดง คลองมดแดง คลองคะยุค ปู่เล็ก โป่งค่าง คลองตุ๊กแก
RID-KU002	16.4894	99.2347	194.00	2.75	คลองไพร หนองกอง
RID-KU003	16.4999	99.4228	93.00	2.75	ท่ากระดานฝั่งซ้าย ท่ากระดานฝั่งขวา
RID-KU004	16.417	99.3772	104.00	2.75	หนองปิ้งไก่ นาบ่อคำ ท่าระแนะ



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-21 ตำแหน่งติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-22 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU 001

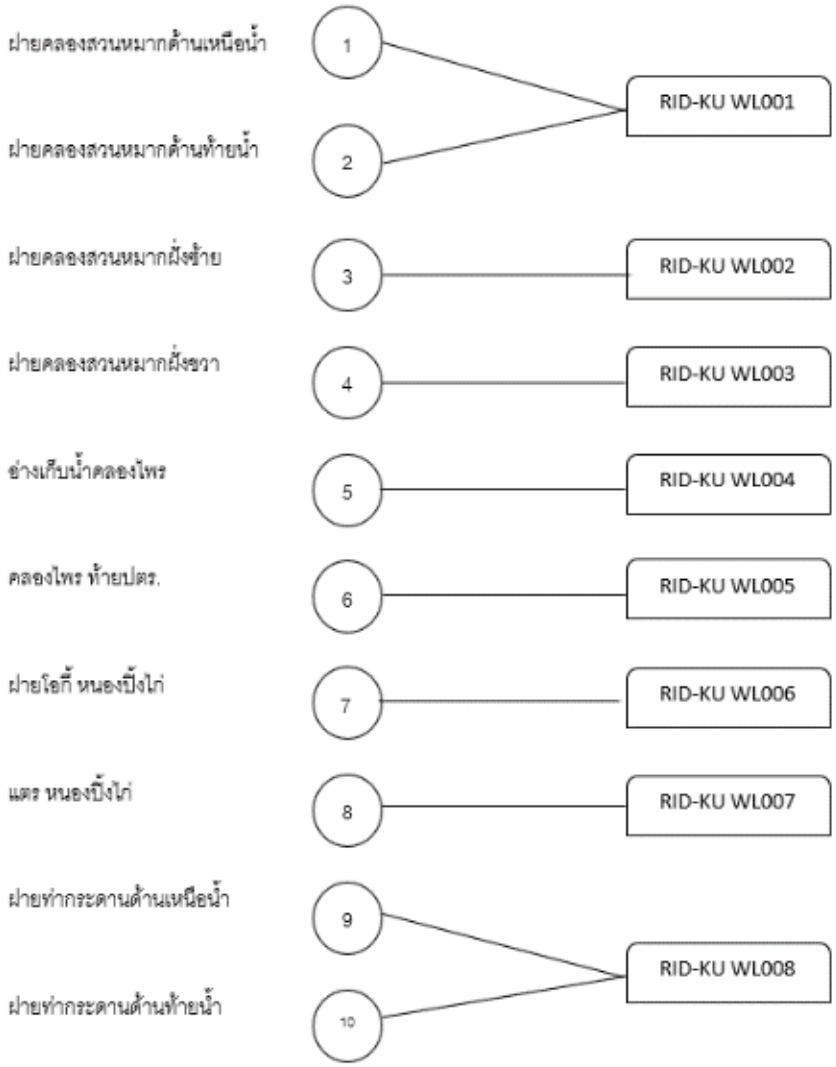
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-23 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU 002

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-24 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU 003

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-25 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU 004

สถานีตรวจวัดน้ำ RID-KU WL

จุดติดตั้งสถานีวัดน้ำกำหนดให้ครอบคลุมทางน้ำที่ส่งน้ำให้แก่พื้นที่ชลประทานสำหรับการทำเกษตรกรรม และอุปโภค-บริโภค ได้แก่ 1. ฝายคลองสวนหมากด้านเหนือน้ำ 2. ฝายคลองสวนหมากด้านท้ายน้ำ 3. ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย 4. ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา 5. ฝายท่ากระดานด้านเหนือน้ำ 6. ฝายท่ากระดานด้านท้ายน้ำ 7. อ่างเก็บน้ำคลองไพร 8. คลองส่งน้ำ ท้าย ปตร. ปากคลองไพร 9. แตร หนองปิ้งไก่ 10. ฝายโอกี้ หนองปิ้งไก่ ทำการติดตั้งทั้งสิ้น 8 สถานี รายละเอียดแสดงดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-26

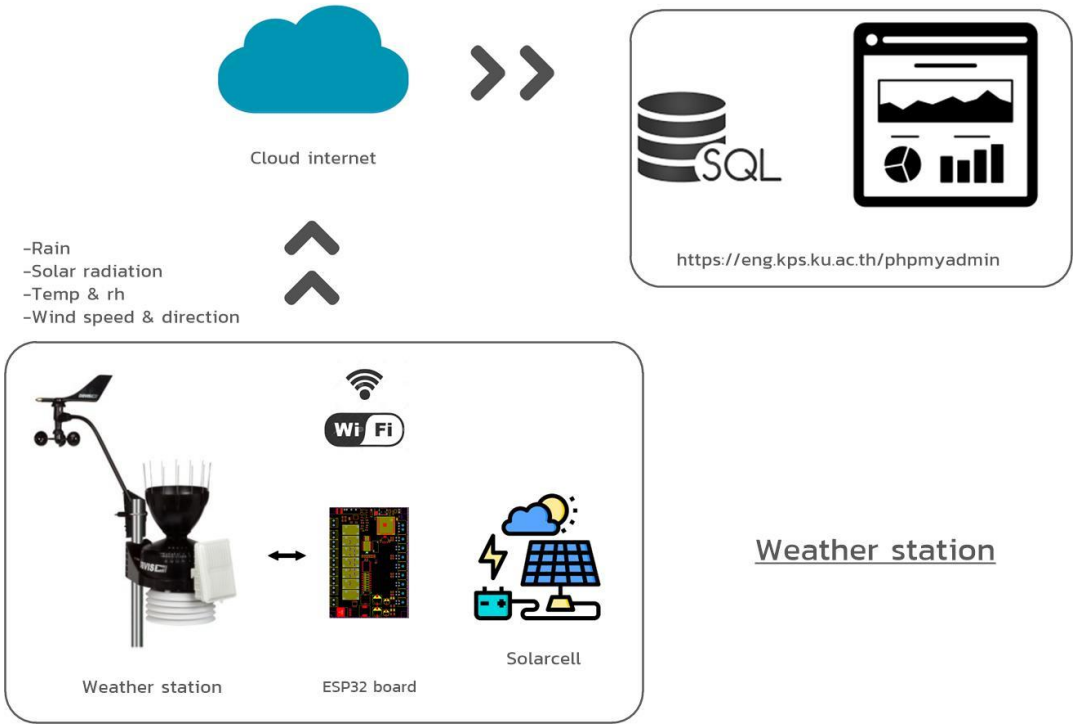


รูปภาคผนวกที่ ฉ1-26 ผังแสดงรายละเอียดตำแหน่งติดตั้ง Stilling Well และSensor ควบคุม

การใช้ประโยชน์ข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

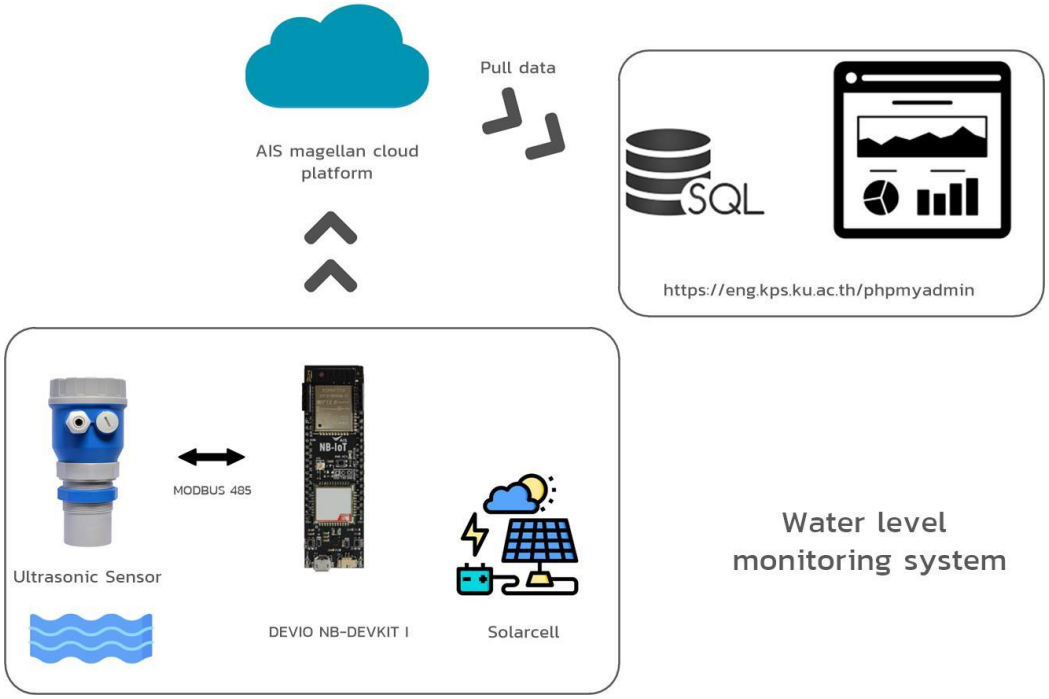
การส่งข้อมูลขึ้น Server

สถานีตรวจวัดอากาศ RID-KU ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศจำนวน 6 ค่า ได้แก่ ปริมาณฝน(Rain) รังสีแสงอาทิตย์(Solar radiation) อุณหภูมิ(Temp) ความชื้นสัมพัทธ์(rh) ความเร็วลม(Wind speed) และทิศทางลม (Wind direction) เมื่อเซนเซอร์ทั้ง 6 ทำงานรับข้อมูลสภาพอากาศแล้วจะส่งค่าไปยังตัวเก็บข้อมูล(ESP32 board) แล้วส่งข้อมูลที่ทำการบันทึกผ่านระบบเครือข่าย NB IoT ไปยัง Cloud internet หลังจากนั้นผู้ดูแลระบบจะทำการดึงข้อมูลสภาพอากาศเก็บไว้ยังฐานข้อมูล https://eng.kps.ku.ac.th/phpmyadmin เพื่อประมวลผลวิเคราะห์ทางด้านการชลประทาน และแสดงผลลง https://eng.kps.ku.ac.th/irrisat2/home.html สำหรับผู้ใช้งานต่อไป รายละเอียดแสดงดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-27



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-27 รายละเอียดการส่งข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศ RID-KU

สถานีตรวจวัดน้ำ RID-KU WL ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ (Ultrasonic Sensor) ทำงานรับข้อมูลระดับน้ำ แล้วส่งค่าไปยังตัวเก็บข้อมูล(DEVIO NB-DEVKIT I) แล้วส่งข้อมูลที่ทำการบันทึกผ่านระบบเครือข่าย NB IoT ไปยัง AIS Magellan Cloud Platform หลังจากนั้นผู้ดูแลระบบจะทำการดึงข้อมูลสภาพอากาศเก็บไว้ยังฐานข้อมูล https://eng.kps.ku.ac.th/phpmyadmin เพื่อนำข้อมูลมาใช้สำหรับการประมวลผลวิเคราะห์ทางด้านการชลประทาน และแสดงผลลง https://eng.kps.ku.ac.th/irrisat2/home.html สำหรับผู้ใช้งานต่อไป รายละเอียดแสดงดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-28



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-28 รายละเอียดการส่งข้อมูลของสถานีตรวจวัดน้ำ RID-KU WL

การแสดงผลบน Website/Application

สามารถติดตามสถานการณ์ได้ผ่านทาง https://eng.kps.ku.ac.th/irrisat2/home.html ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1. สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU แสดงผลของสภาพอากาศพื้นที่ชลประทานในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก และความต้องการน้ำชลประทานที่คำนวณจากข้อมูลสภาพ

อากาศของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ RID-KU 2. สถานีตรวจวัดน้ำ แสดงผลของอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ชลประทาน ประสิทธิภาพชลประทาน และสรุปผลการส่งน้ำ

การนำข้อมูลไปใช้งาน

ความต้องการน้ำชลประทาน และการจัดสรรน้ำเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารจัดการน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก เนื่องจากพื้นที่ชลประทานส่วนใหญ่มีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ การอุปโภค/บริโภค การอุตสาหกรรม และการรักษาระบบนิเวศในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ล้วนมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ รวมถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำ และอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ทางโครงการชลประทานสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจกักเก็บ/ส่งน้ำให้แก่พื้นที่ชลประทานในลุ่มน้ำคลองสวนหมากได้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบริหารจัดการน้ำ รวมถึงประชาชน ภาครัฐและเอกชน ในพื้นที่สามารถใช้ข้อมูลในการตัดสินใจสำหรับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ การอุปโภค/บริโภค อุตสาหกรรม ว่าจะดำเนินการไปอย่างไร เพื่อให้สามารถใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การออกแบบและก่อสร้างฝายสันกว้าง Broad-Crested Weir และ Stilling Well

โครงการชลประทานโดยทั่วไปที่มีระบบของคลองส่งน้ำสายใหญ่ คลองซอย คลองแยกซอย จนถึงระดับคูน้ำ จุดที่ควรจะทำการวัดน้ำก็ควรเป็นอาคารชลประทานที่มีอยู่ที่สามารถประยุกต์หลักการทางชลศาสตร์มาใช้ในการวัดน้ำได้อย่างถูกต้อง เช่น ปตร.ปากคลอง ท่อลอดถนน ท่อส่งน้ำเข้านา ปตร. ปลายคลอง เป็นต้น

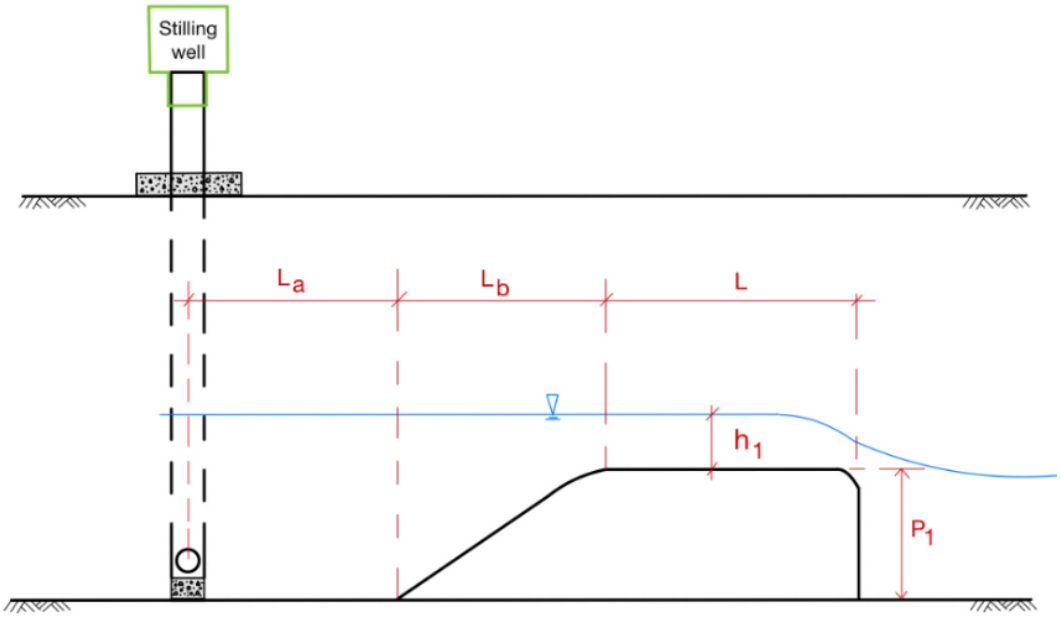
การวัดน้ำชลประทานสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การวัดโดยตรง วิธีวัดพื้นที่หน้าตัดและความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำ และอาคารวัดน้ำ ซึ่งในที่นี้จะเป็นการสร้างอาคารวัดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก โดยการหาอัตราการไหลจากการวัดระดับน้ำเหนือสันฝาย แล้วเปลี่ยนค่าระดับเป็นอัตราการไหลโดยใช้สมการในการคำนวณปริมาณน้ำผ่านฝาย (สันติ, 2533)

จากการลงพื้นที่ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ได้ทำการออกแบบฝายสันกว้าง Broad-Crested Weir ด้วยกัน 3 แห่ง ได้แก่ 1. ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย 2. ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา 3. ท้าย ปตร. ปากคลองไพร และทำการติดตั้ง Stilling Well จำนวน 10 แห่ง ได้แก่ 1. ฝายคลองสวนหมากด้านเหนือน้ำ 2. ฝายคลองสวนหมากด้านท้ายน้ำ 3. ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย 4. ฝายคลอง

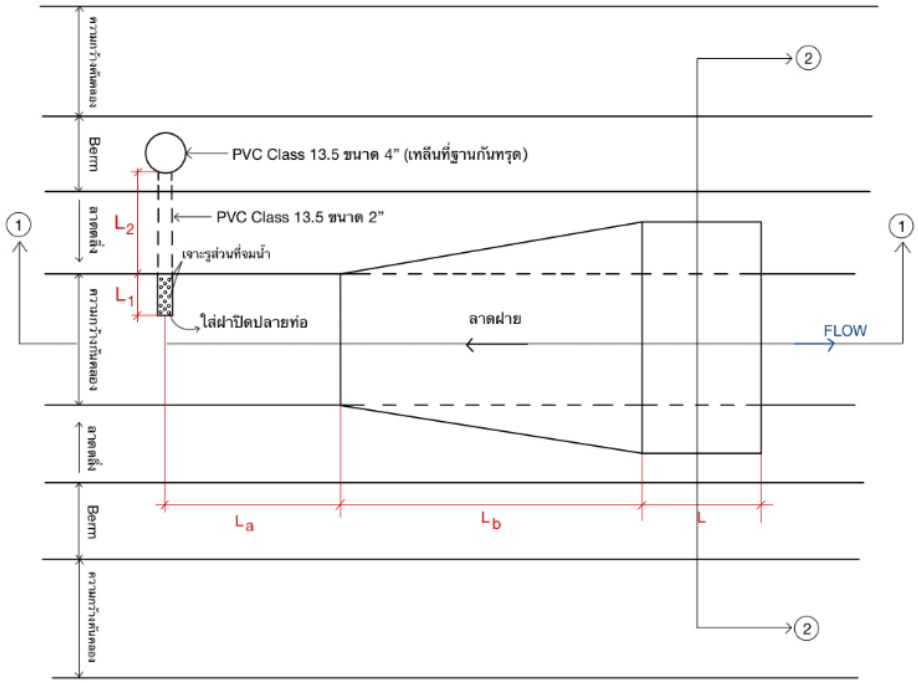
สวนหมากฝั่งขวา 5. อ่างเก็บน้ำคลองไพร 6. ท้าย ปตร. ปากคลองไพร 7. ฝายโอกี้ หนองปิ้งไก่ 8. แตร หนองปิ้งไก่ 9. ฝายท่ากระดานด้านเหนือน้ำ 10. ฝายท่ากระดานด้านท้ายน้ำ ทำการอ่านและส่งค่าผ่านระบบเซนเซอร์ จำนวน 8 ตัว

ขั้นตอนการออกแบบ

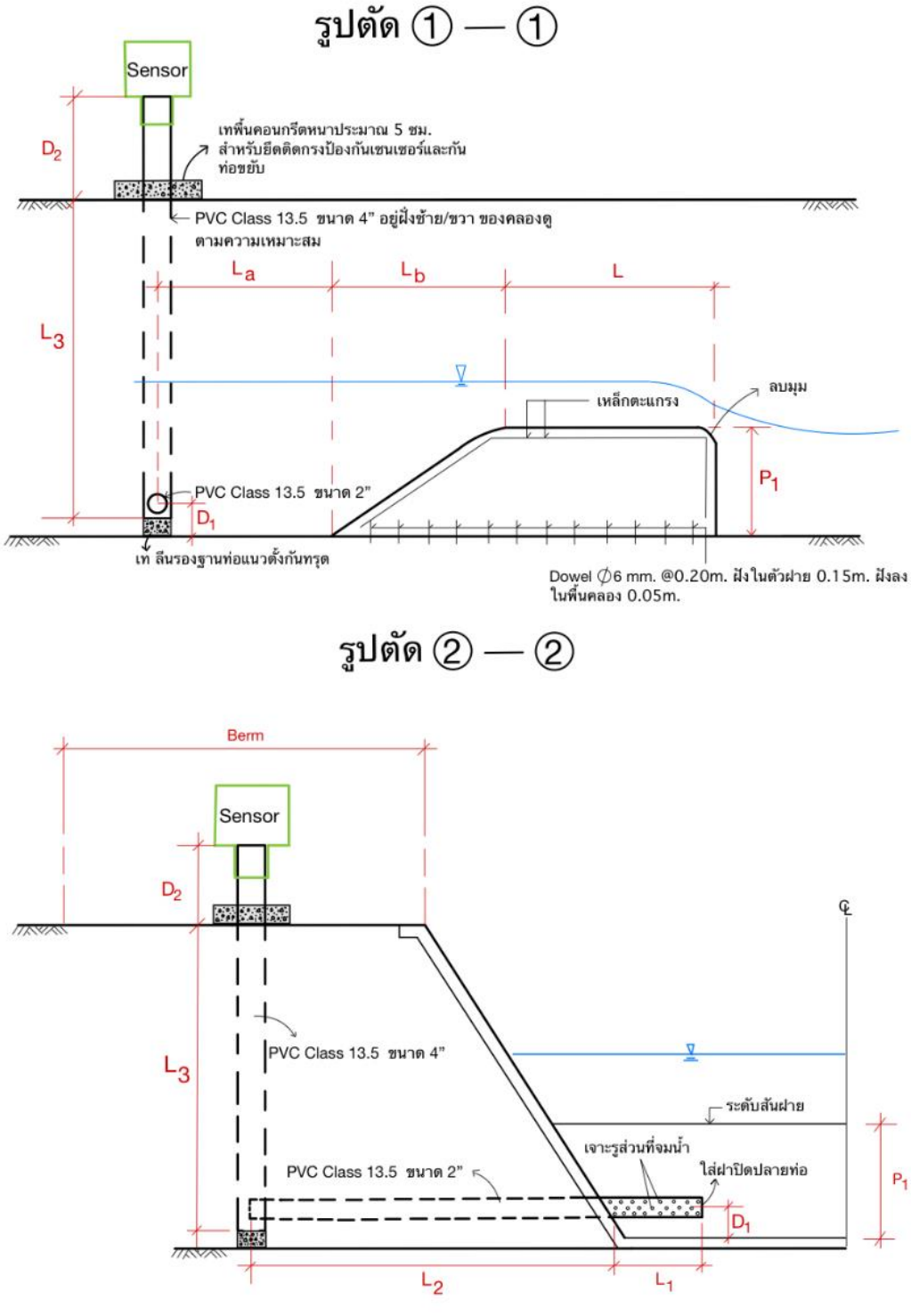
1. ทำการลงพื้นที่ เพื่อศึกษาลักษณะภูมิประเทศ หน้าตัดคลอง ลักษณะเส้นลำน้ำ อัตราการไหลของน้ำเพื่อกำหนดจุดก่อสร้าง Broad-Crested Weir และติดตั้ง Stilling Well
2. ทำรายการคำนวณเพื่อออกแบบรายละเอียด Broad-Crested Weir โดยลักษณะทั่วไปของฝายสันกว้างในคลองคอนกรีต รายละเอียดแสดงดังรูปภาคผนวกที่ ฉ1-29
    a. ความยาว L คือ ความกว้างสันฝายเป็นส่วนของทางน้ำเข้าสู่ฝาย ที่ระดับสันฝายจะเป็นจุดอ้างอิงสำหรับการวัดระดับน้ำเพื่อใช้ในการวัดหาค่า h_1 ค่าของ h1 เป็นค่าความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝาย
    b. ความยาว L_b คือ ส่วนลาดเทของฝาย เป็นส่วนที่ทำให้สภาพการไหลของน้ำด้านเหนือน้ำเข้าสู่ฝายเป็นไปอย่างช้า ๆ จะมีความลาดเท 1:2 หรือ 1:3 (ตั้ง:ราบ) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสูงของสันฝาย โดยกำหนดให้ $L_b = 3P_1$
    c. ความยาว L_a คือ ระยะห่างตั้งแต่จุดสิ้นสุดการลาดเทของฝายถึงจุดที่ทำการติดตั้ง Stilling Well เพื่อวัดระดับน้ำ โดยกำหนดให้ $L_a = 3h_1$
    d. ความสูง P_1 คือ ความสูงของสันฝาย โดยจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำในคลอง
3. รายละเอียดการออกแบบของฝายสันกว้าง และStilling Well แสดงรูปภาคผนวกที่ ฉ1-30 ถึงรูปภาคผนวกที่ ฉ1-31 และตารางภาคผนวกที่ ฉ1-9 ซึ่งจะทำการก่อสร้างทั้งสิ้น 3 แห่ง ได้แก่ 1. ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย 2. ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา 3. ท้าย ปตร. ปากคลองไพร พร้อมติดตั้ง Sensor และแผงโซล่าเซลล์สำหรับการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบ



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-29 ลักษณะทั่วไปของ Broad-Crested Weir (ฝายสันกว้าง)



รูปภาคผนวกที่ ฉ1- 30 แปลนแสดงรายละเอียดการออกแบบ Broad-Crested Weir และStilling Well



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-31 รูปตัดแสดงรายละเอียดการออกแบบ Broad-Crested Weir และStilling Well

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-9 รายละเอียดการออกแบบฝายสันกว้าง และท่อน้ำลิ่งวัดระดับน้ำ

คำอธิบายสัญลักษณ์	สัญลักษณ์	หน่วย	ฝายคลองสวนหมาก ฝั่งซ้าย (ออกแบบ)	ฝายคลองสวนหมาก ฝั่งซ้าย (ก่อสร้าง)	ฝายคลองสวนหมาก ฝั่งขวา (ออกแบบ)	ฝายคลองสวนหมาก ฝั่งขวา (ก่อสร้าง)	คลองไพร้ท้าย ปตร. (ออกแบบ)	คลองไพร้ท้าย ปตร. (ก่อสร้าง)
	Label	Unit	KSM_LB (Design)	KSM_LB (Build)	KSM_RB (Design)	KSM_RB (Build)	KP_Down (Design)	KP_Down (Build)
ความกว้างฝาย	L	m	0.60	0.60	0.80	0.80	0.90	0.90
ความกว้างฝายถึงระยะ Slope	L_b	m	0.60	0.60	1.05	1.05	0.90	0.90
ระยะสันฝายถึง Stilling Well	L_a	m	0.40	0.40	0.55	0.55	0.60	0.60
ความสูงฝาย	P_1	m	0.20	0.20	0.35	0.35	0.30	0.30
ระยะยกท่อเหนือพื้นคลอง	D_1	m	0.10		0.15		0.15	
ระยะพื้นดินถึงเซนเซอร์	D_2	m	ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน	
ระยะท่อ PVC Class 13.5 ขนาด 2" ที่จมน้ำ	L_1	m	ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน	
ความยาวท่อ PVC Class 13.5 ขนาด 2" (แนวนอน)	L_2	m	ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน	
ความยาวท่อ PVC ขนาด 4" (แนวตั้ง) ตั้งแต่ปลายท่อถึงระดับพื้นดิน	L_3	m	ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน		ขึ้นอยู่กับหน้างาน	

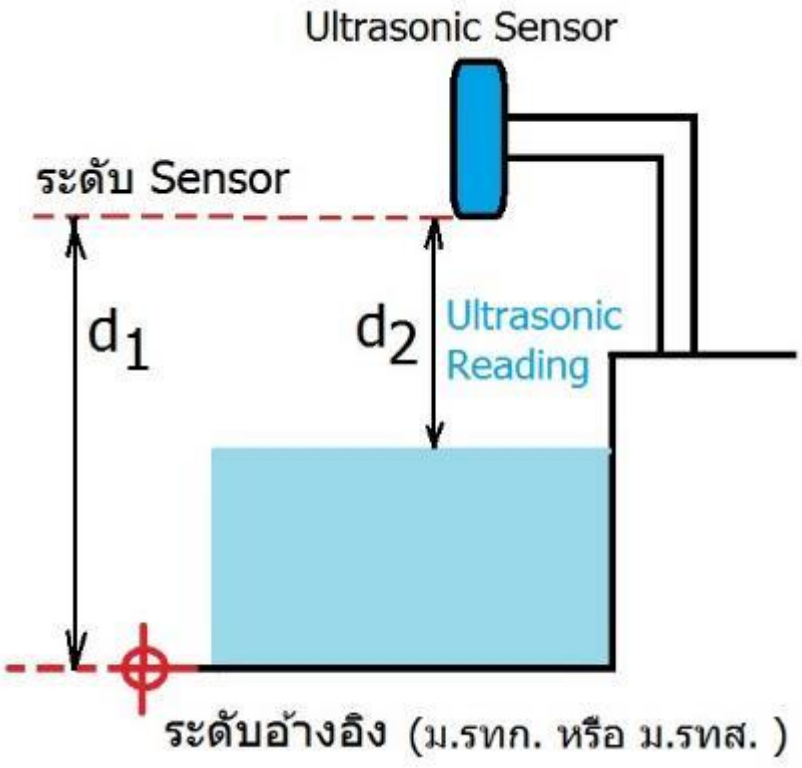
ใส่ค่าจริงหลังการก่อสร้าง

*หมายเหตุ: ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวาเป็นรางน้ำกึ่งเหลี่ยมผืนผ้า

4. ทำการออกแบบและติดตั้งเฉพาะ Stilling Well เพิ่มเติมอีกจำนวน 7 แห่ง ได้แก่ 1. ฝายคลองสวนหมากด้านเหนือน้ำ 2. ฝายคลองสวนหมากด้านท้ายน้ำ 3. อ่างเก็บน้ำคลองไพร 4. ฝายโอกี้ หนองปิ้งไก่ 5. แตร หนองปิ้งไก่ 6. ฝายท่ากระดานด้านเหนือน้ำ 7. ฝายท่ากระดานด้านท้ายน้ำ เนื่องจากลักษณะพื้นที่ดังกล่าวระดับตลิ่งค่อนข้างสูง จึงได้ทำการออกแบบและติดตั้งตามลักษณะหน้างาน โดยใช้การติดตั้งติดกับผนังตลิ่ง ถูกยึดติดด้วยตัวยูสำหรับป้องกันการขยับตัวของตัวท่อ PVC Class 13.5 ขนาด 4” พร้อมติดตั้ง Sensor และแผงโซล่าเซลล์สำหรับการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบ

การติดตั้งระบบตรวจวัดน้ำ

รายละเอียดสถานีตรวจวัดน้ำด้วย Ultrasonic Sensor



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-32 การติดตั้ง Ultrasonic Sensor ระดับน้ำ (ม.รทก.หรือ ม.รสม.) = d_1-d_2

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-10 ตัวอย่างตารางแสดงรายละเอียดการบันทึกค่าของสถานีตรวจวัดน้ำ

ลำดับ	รหัสสถานี	ตำแหน่งติดตั้ง Ultrasonic Sensor	d1*	Ultrasonic reading (d2)*	สูตรการคำนวณหา Q หรือปริมาตรน้ำในอ่าง หรือระดับน้ำ*
			ม. (รทก.)	ม.	ลบ.ม./วินาที หรือ ลบ.ม. หรือ ม.รทก
1	RID-KU WL000	1. อาคาร IGEAR คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน	2.325		$Q=(1.38h_1^5)/2$
2	RID-KU WL001	2. ฝายคลองสวนหมากด้านเหนือน้ำ	4.175		$Q=77.9364h_1^2+68.5073h_1$
		3. ฝายคลองสวนหมากด้านท้ายน้ำ	1.428		
3	RID-KU WL002	4. BCW คลองสวนหมากฝั่งขวา	2.767		$Q=2.6543h_1^2+0.6287h_1$
4	RID-KU WL003	5. BCW คลองสวนหมากฝั่งซ้าย	2.354		$Q=5.7975h_1^2+0.7148h_1$
5	RID-KU WL004	6. อ่างเก็บน้ำคลองไพร	188.500 ระดับสันเขื่อน		$Q=0.03466x^2-11.41119x+939.16770$
6	RID-KU WL005	7. BCW คลองไพร	2.201		$Q=6.0359h_1^2+0.4887h_1$
7	RID-KU WL006	8. ฝายหนองปิ้งไก่	3.581		$Q=48.9785h_1^2+32.4755h_1$
8	RID-KU WL007	9.1 แตร นาดง	1.8925		$Q=CLh_1^{1.5}$
		9.2 แตร ลงนา	1.9500		
		9.3 แตร มอเจริญ	1.9050		
		9.4 แตร นาดง	2.107		

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-10 ตัวอย่างตารางแสดงรายละเอียดการบันทึกค่าของสถานีตรวจวัดน้ำ

9	RID-KU WL008	11. ฝายท่ากระดานด้านเหนือน้ำ	1.866		$Q=9.2274h1^4-78.8229h_1^3+229.7161h_1^2+32.7485h_1$
		12. ฝายท่ากระดานด้านท้ายน้ำ	1.408		

หมายเหตุ : * ค่าที่จดบันทึกจากการตรวจวัด

h1 = d1-d2

x = ระดับน้ำในอ่าง

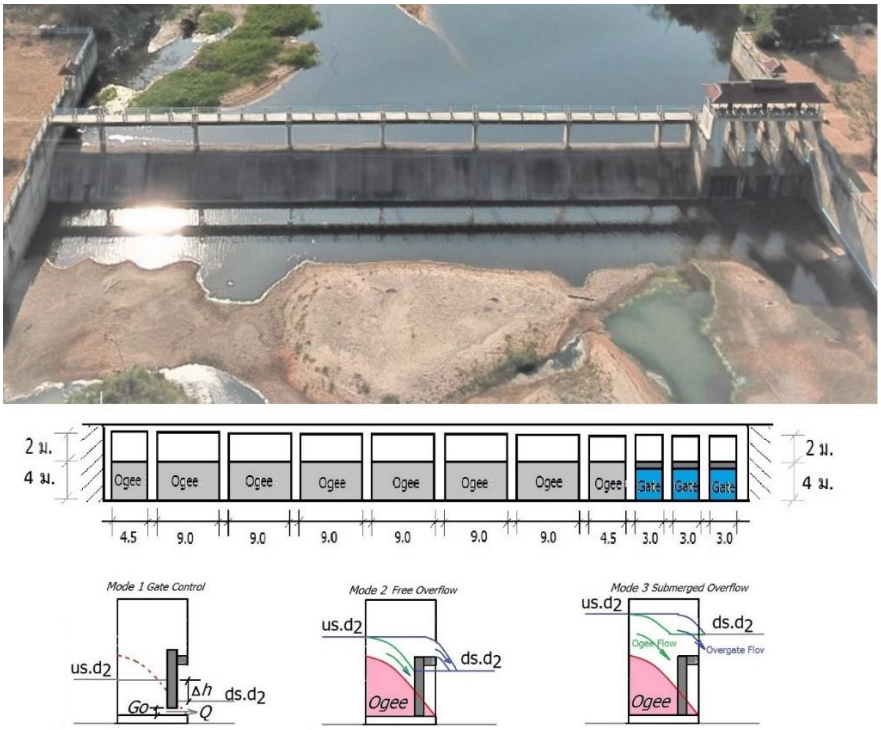
C = ส.ป.ส.การไหลผ่านฝาย

L = ความยาวสันฝาย

สถานีวัดน้ำที่ 1 รหัสสถานี RID-KU WL001

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #2 ฝายคลองสวนหมากด้านเหนือน้ำ

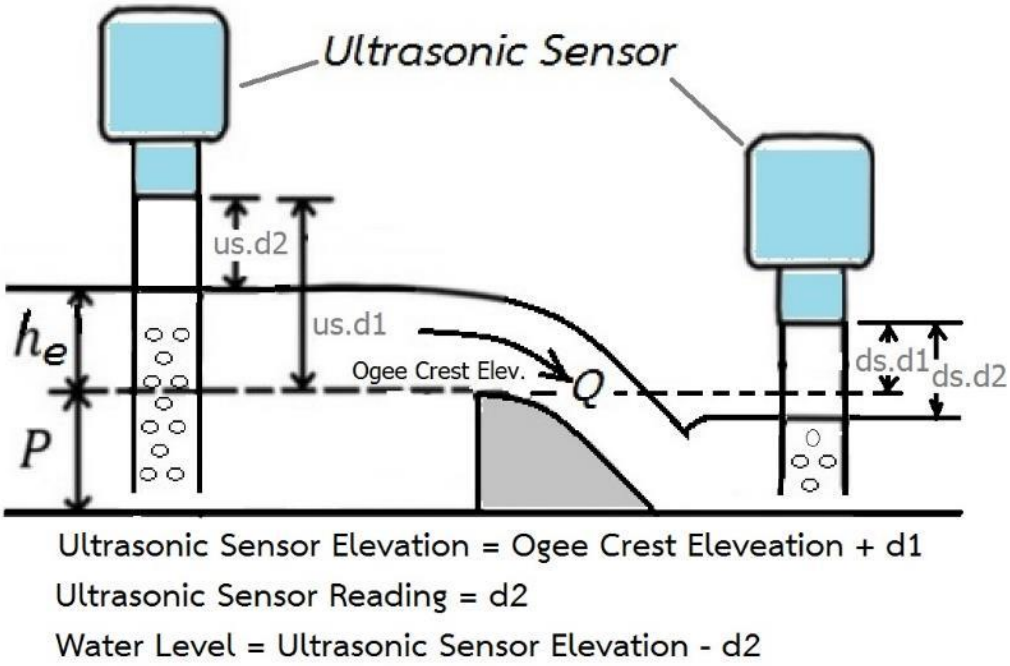
Ultrasonic sensor #3 ฝายคลองสวนหมากด้านท้ายน้ำ



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-33 ฝายคลองสวนหมากเป็นฝายแบบ Ogee และมีประตูระบายทราย (Sand Sluice)

ฝายคลองสวนหมากเป็นฝายน้ำล้นแบบมีตอม่อและมีประตูระบายทรายอยู่ทางฝั่งซ้ายดังรูป ตัวฝายน้ำล้นเป็นแบบ Ogee มีสันฝายอยู่ระหว่างตอม่อ จำนวน 8 ช่อง เป็นฝายขนาดสันฝายยาว 9 เมตร จำนวน 6 ช่อง และฝายขนาดสันฝายยาว 4.5 เมตร จำนวน 2 ช่อง ฝายสูง 4 ม. ระดับสันฝายอยู่ที่ +148.5 ม.(รทก.) ช่องระบายน้ำรับเฮดได้สูงสุด 2 ม. Design Head=1.5 ม. ประตูระบายทรายบานตรง ขนาดกว้าง 3 ม.x สูง 4 ม. จำนวน 3 ช่อง การไหลของน้ำผ่านอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 โมด คือ **โมดที่ 1 Gate Control** ถ้าระดับน้ำต่ำกว่าสันฝาย แต่ในทางปฏิบัติจะไม่มีการระบายน้ำผ่านประตูระบาย ยกเว้นเพื่อการระบายทรายหรือการระบายน้ำเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น **โมดที่2 Free Overflow** ถ้าระดับน้ำสูงกว่าสันฝาย แต่ไม่ท่วมสันฝาย น้ำจะไหลล้นฝาย Ogee และล้นข้ามสันบานประตู และ **โมดที่ 3 Submerged Overflow** ถ้าระดับน้ำท้ายฝายสูงกว่าสันฝายมาก จนมีผลต่อการ

ไหลข้ามสันฝาย อย่างไรก็ตาม ฝายมีความสูง 4 ม. ลำน้ำท้ายฝายมีความลาดชันมาก อัตราการไหลต้องมากว่า 1,000 ลบ.ม./วินาที ระดับน้ำท้ายฝายจึงจะสูงถึงสันฝาย ขณะที่อัตราการไหลสูงสุดที่ในรอบ 30 ปี (2533-2562) และอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 100 ปี ที่สถานี P.47 มีค่า 330 และ 341 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ ดังนั้นโอกาสที่การไหลจะเข้าสู่โมดที่ 3 จึงมีน้อยมาก



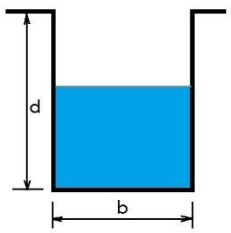
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-34 แสดงการวัดระดับน้ำด้วย Ultrasonic Sensor 2 ตัว

สถานีวัดน้ำที่ 2 รหัสสถานี RID-KU WL002

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #4 BCW คลองสวนหมากฝั่งขวา

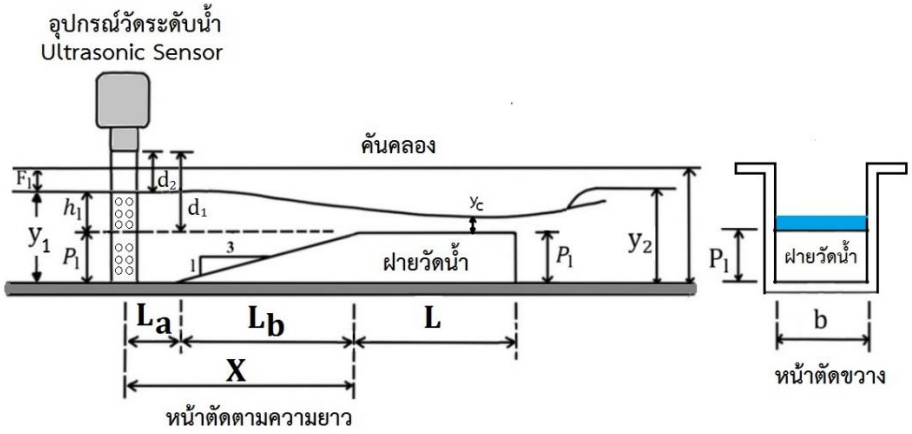
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-35 จุดติดตั้งฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งขวาของฝายคลองสวนหมาก

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-11 รายละเอียดรูปตัดคลองและข้อมูลสำหรับการออกแบบฝายสันกว้าง (Broad Crested Weir)

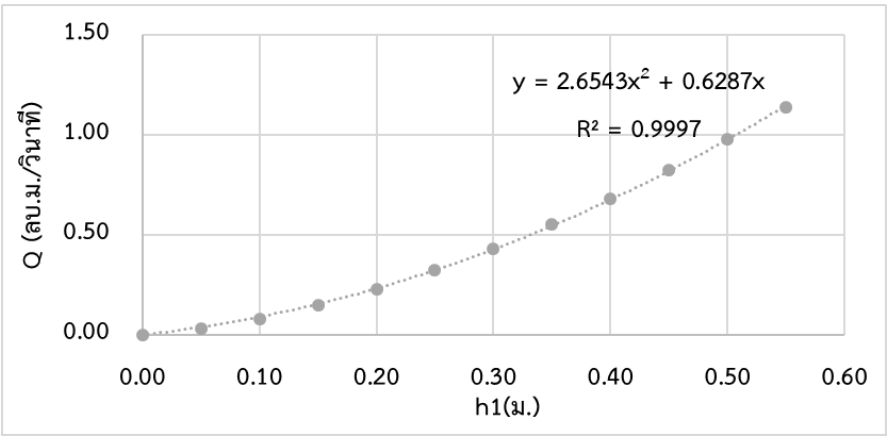


รูปตัด	สี่เหลี่ยมผืนผ้า
b	1.5 ม.
d	1.8 ม.
n	0.018
So	0.001
Q_{design}	1 ลบ.ม./วินาที
พื้นที่ชลประทาน	ประมาณ 5,000

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-12 ผลการออกแบบฝายสันกว้างสำหรับวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งขวา



มิติฝายสันกว้างและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	ม.
P_1 (ความสูง)	0.35
H_1max	0.54
L=1.5*H_1max	0.80
L_b=3P_1	1.05
L_a=H_1max	0.55



$$Q = 2.6543\ h_1^2 + 0.6287 h_1$$

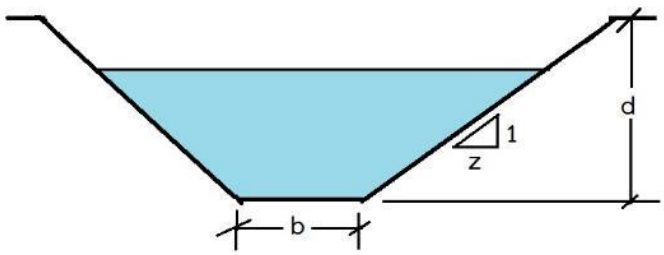
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-36 Rating Curve ฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ฝายคลองสวนหมาก

สถานีวัดน้ำที่ 3 รหัสสถานี RID-KU WL003

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #5 BCW คลองสวนหมากฝั่งซ้าย

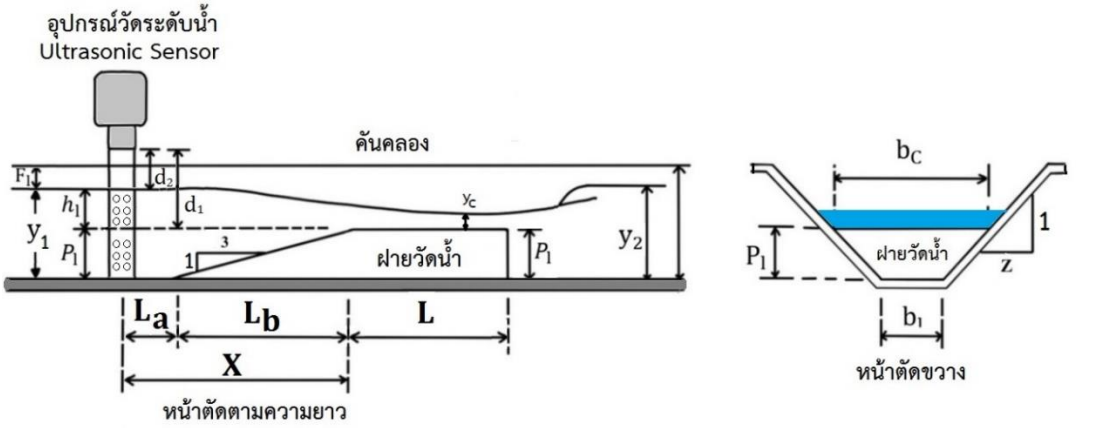
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-37 จุดติดตั้งฝายสันกว้างวัดน้ำในท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมาก

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-13 รายละเอียดรูปตัดคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมาก

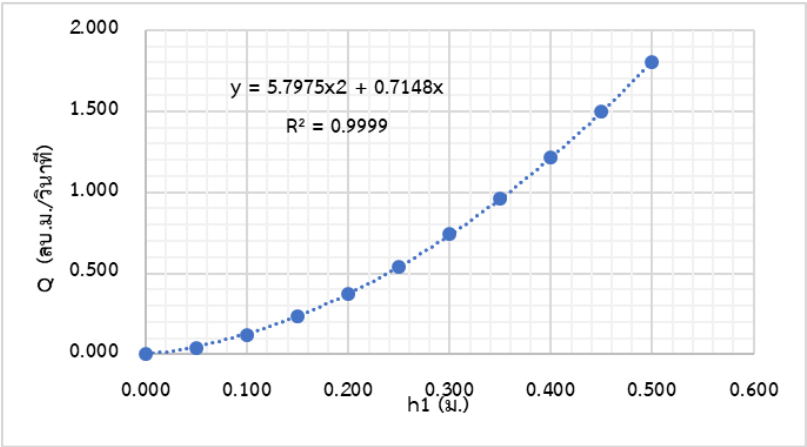


รูปตัด	สี่เหลี่ยมคางหมู
b	1.8 ม.
z	1
d	1.8 ม.
n	0.018
So	0.001
Q_{design}	1 ลบ.ม./วินาที
พื้นที่ชลประทาน	3,000 ไร่

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-14 ผลการออกแบบฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมาก



มิติฝายสันกว้างและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	ม.
P_1 (ความสูง)	0.2
H_1max	0.4
L=1.5*H_1max	0.6
L_b=3P_1	0.6
L_a=H_1max	0.4

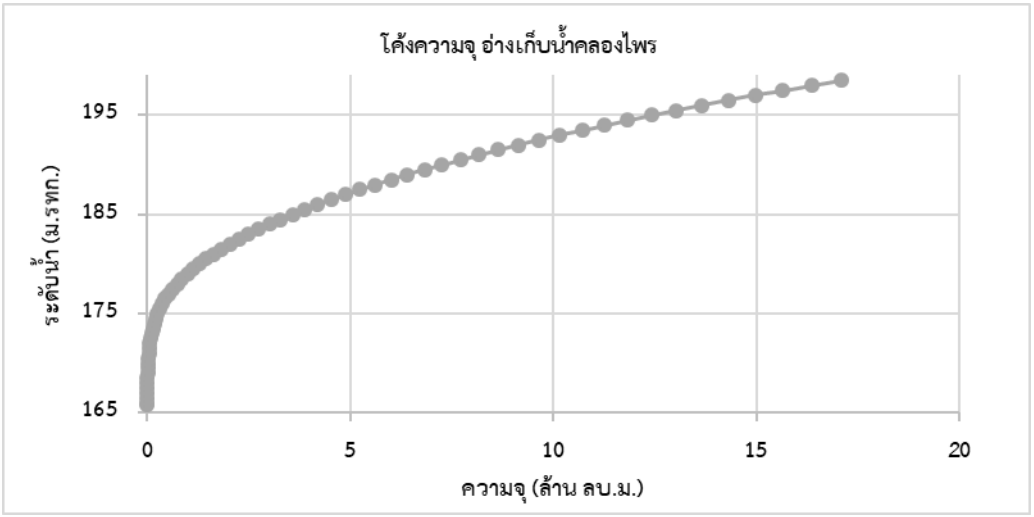


$$Q = 5.7975\ h_1^2 + 0.7148 h_1$$

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-37 Rating Curve ฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมาก

สถานีวัดน้ำที่ 4 รหัสสถานี RID-KU WL004

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #6 อ่างเก็บน้ำคลองไพร



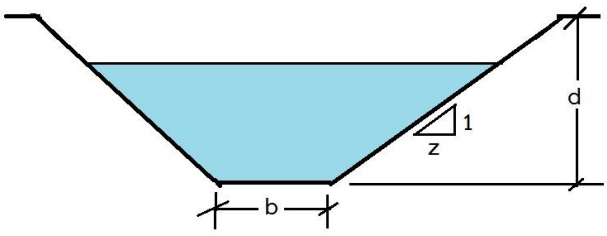
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-38 อ่างเก็บน้ำคลองไพร และโค้งความจุอ่างเก็บน้ำคลองไพร

สถานีวัดน้ำที่ 5 รหัสสถานี RID-KU WL005

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #7 BCW คลองไพร

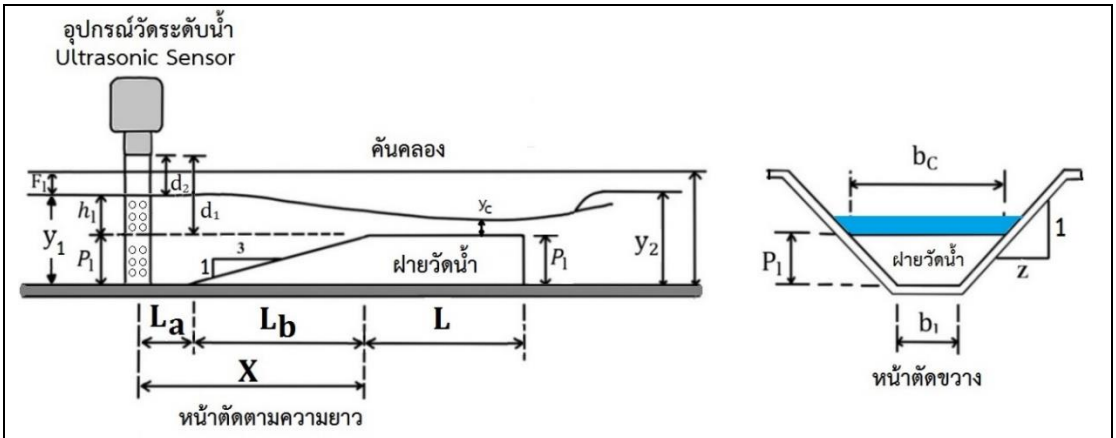
รูปภาคผนวกที่ ฉ1-39 จุดติดตั้งฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย อ่างเก็บน้ำคลองไพรไพร

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-15 รายละเอียดรูปตัดคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย อ่างเก็บน้ำคลอไพร

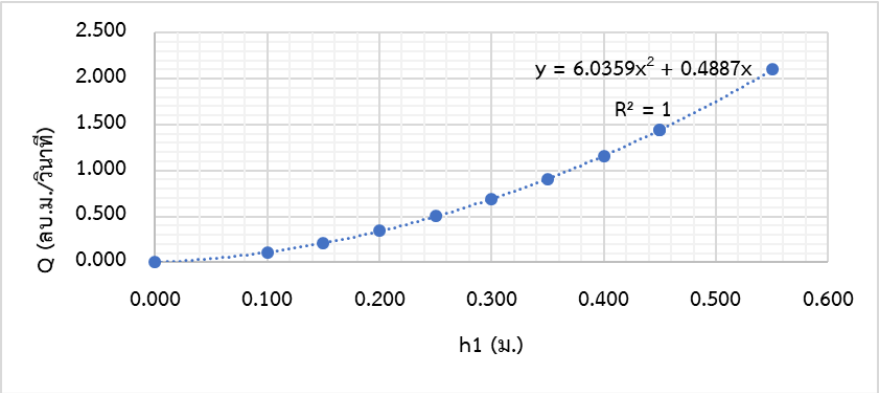


รูปตัด	สี่เหลี่ยมคางหมู
b	1 ม.
z	1.6
d	1.8 ม.
n	0.018
So	0.001
Q_{design}	1.8 ลบ.ม./วินาที
พื้นที่ชลประทาน	7,398 ไร่

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-16 ผลการออกแบบฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย อ่างเก็บน้ำคลองไพร



มิติฝายสันกว้างและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	ม.
P_1 (ความสูง)	0.3
H_1max	0.6
L=1.5*H_1max	0.9
L_b=3P_1	0.9
L_a=H_1max	0.6



$$Q = 6.0359\ h_1^2 + 0.4887\ h_1$$

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-40 Rating Curve ฝายสันกว้างวัดน้ำท้าย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย อ่างเก็บน้ำคลองไพร

สถานีวัดน้ำที่ 6 รหัสสถานี RID-KU WL006

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #8 ฝายหนองปิ้งไก่

Ogee Type Weir

ยาว (L) 40 เมตร

สูง (P) 3.5 เมตร

ลาดฝายด้านท้ายน้ำ 1:1

สมมติ

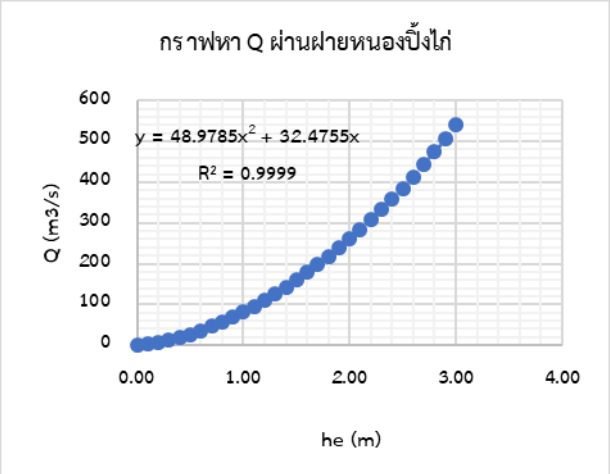
Design Head (H_o) 1.7 เมตร

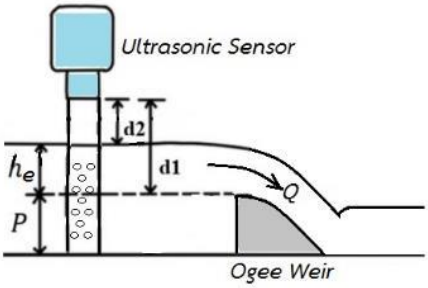
Design Discharge (Q_o) = 205 ลบ.ม./วินาที

น้ำไหลล้นแบบ Free Flow

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-41 รายละเอียดฝายหนองปิ้งไก่

จากการสอบถามเจ้าหน้าที่สรุปได้ว่าการไหลของน้ำผ่านฝายหนองปิ้งไก่จะไม่เกิด Submerged Flow ประกอบกับฝายหนองปิ้งไก่มีความสูง 3.5 ม. และท้องน้ำท้ายฝายมีความลาดชันมาก ผลการวิเคราะห์พบอัตราการไหลที่ความลึก 3.5 ม. มีค่าเท่ากับ 490 ลบ.ม./วินาที ขณะที่อัตราการไหลสูงสุดที่ในรอบ 30 ปี (2533-2562) และอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 100 ปี ที่สถานี P.47 มีค่า 330 และ 341 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ และค่าที่สถานี P.26A มีค่า 478 และ 549 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ จึงพิจารณาว่าโอกาสที่จะเกิด Submerged Overflow มีค่าน้อยมาก จึงติดตั้ง Sensor เพียงหนึ่งตัวด้านเหนือน้ำของฝาย

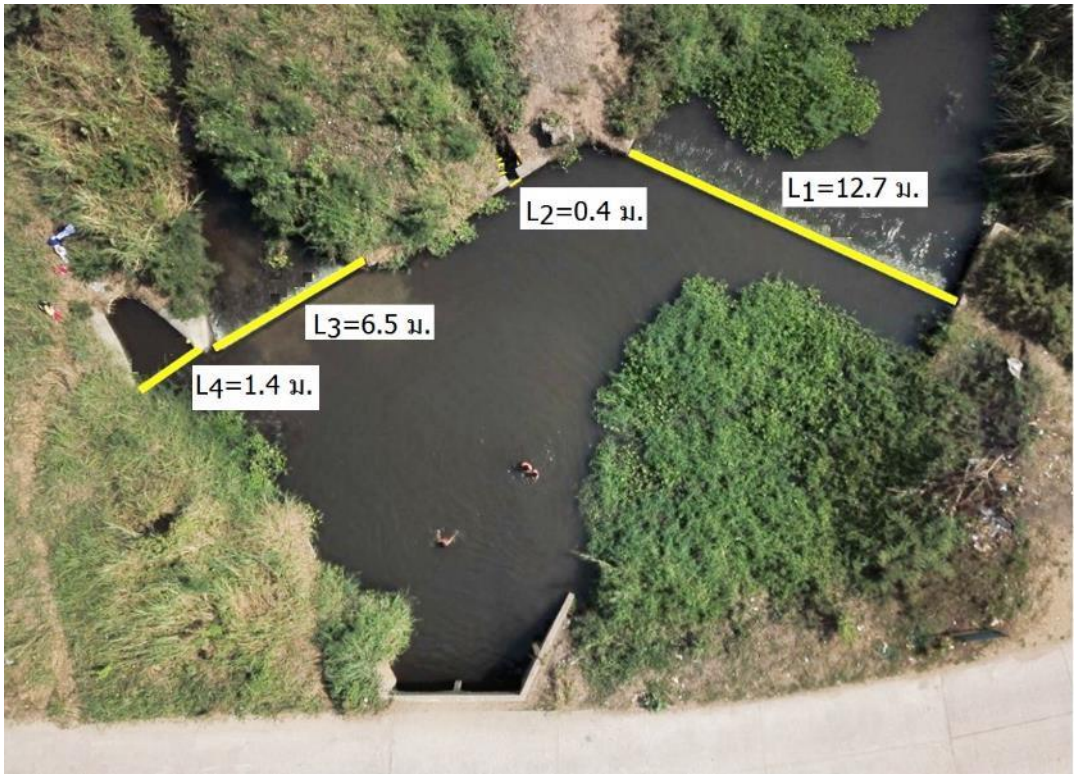




รูปภาคผนวกที่ ฉ1-42 สมการคำนวณการไหลของน้ำผ่านฝายหนองปิ้งไก่ แบบ Free Overflow

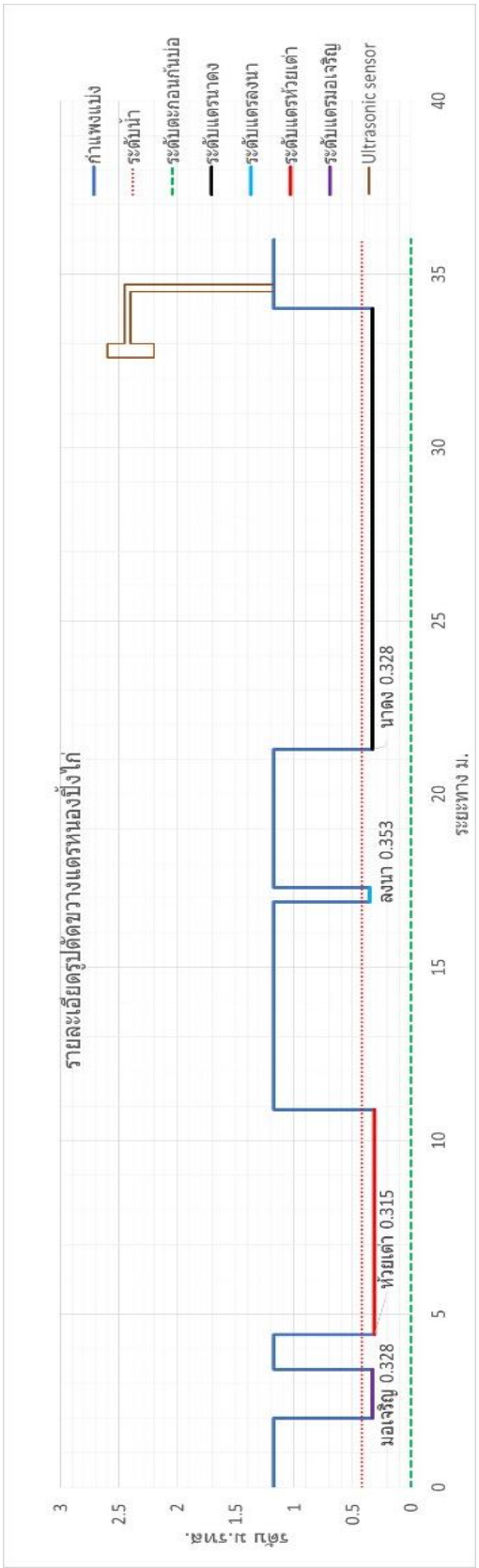
สถานีวัดน้ำที่ 7 รหัสสถานี RID-KU WL007

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #9.1 แตร นาดง #9.2 แตร ลงนา #9.3 แตร ห้วยเต่า #9.4 แตร มอเจริญ



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-43 แตรแบ่งน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำหนองปิ้งไก่ เพื่อแบ่งน้ำให้ 4 พื้นที่

แตรแบ่งน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำหนองปิ้งไก่ เพื่อแบ่งน้ำให้ 4 พื้นที่ได้แก่ นาดง พื้นที่ 2,084 ไร่ ลงนา พื้นที่ 67 ไร่ ห้วยเต่า พื้นที่ 2,416 ไร่ และ มอเจริญพื้นที่ 200 ไร่ รวมพื้นที่ 4,767 ไร่



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-44 รูปตัดขวางแสดงระดับแตร และจุดติดตั้ง Ultrasonic

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-17 รายละเอียดแตรของกลุ่มผู้ใช้น้ำหนองปิ้งไก่

แตร	พื้นที่ (ไร่)	ความยาวแตร (L) (ม.)	ระดับแตร (ม.รทส.)
นาดง	2084	12.7	0.328
ลงนา	67	0.4	0.353
ห้วยต่า	2416	6.5	0.315
มอเจริญ	200	1.4	0.328

การคำนวณปริมาณน้ำไหลผ่านแตรสามารถหาได้จากสมการที่ ฉ1-10

$$Q = CLH^{1.5} \quad \text{(ฉ1-10)}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำผ่านแตร ลบ.ม./วินาที

C = ส.ป.ส.การไหลของน้ำผ่านแตร = 1.82 ดูรูปภาคผนวกที่ 3

L = ความยาวแตร ม.

H = ความสูงของน้ำเหนือสันแตร ม.

ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล **"C"** สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบบและกว้าง เมื่อระดับน้ำด้านท้ายน้ำต่ำกว่าสันฝาย

ความกว้างสันฝาย (ม.)	ความลึกของน้ำด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย (H) (ม.)	C
0.15	**> 0.30**	**1.82**
0.30	0.30 - 0.50	1.65
	> 0.60	**1.82**
0.45	0.30 - 0.40	1.57
	0.50 - 0.60	1.65
	> 0.70	**1.82**
0.60	0.30 - 0.40	1.49
	0.50 - 0.60	1.57
	0.70 - 0.80	1.65
	> 0.90	**1.82**
1.00	0.30 - 0.40	1.46
	0.50 - 0.60	1.49
	0.70 - 0.80	1.57
	0.90 - 1.00	1.68
	> 1.10	**1.82**

ที่มา : ปราโมทย์ ไม้กลัด-คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย

หมายเหตุ : กรณีสันฝายกว้างมากๆ ให้ใช้ค่า **C = 1.82**

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-45 ส.ป.ส การไหลของน้ำผ่านฝาย (C)

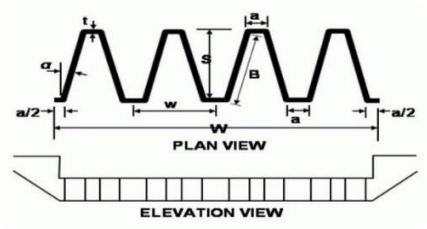
ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำผ่านแตร แสดงอยู่ใน**ตารางภาคผนวกที่ 13.7-9**

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1-18 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำไหลผ่านแตร (ระดับมีหน่วยเป็น ม.รทส.)

แตร	ระดับแตร	ระดับ Sensor	Sensor Reading d2 (ม.)	ระดับน้ำ	H (ม.)	C	L (ม.)	Q (ม.3/วินาที)
นาดง	0.351	2.5	2.078	0.422	0.071	1.82	12.7	0.437
ลงนา	0.315	2.5	2.078	0.422	0.107	1.82	0.4	0.025
ห้วยเต่า	0.353	2.5	2.078	0.422	0.069	1.82	6.5	0.214
มอเจริญ	0.328	2.5	2.078	0.422	0.094	1.82	1.4	0.073

สถานีวัดน้ำที่ 8 รหัสสถานี RID-KU WL008

สถานที่ติดตั้ง Ultrasonic sensor #11 ฝายท่ากระดานด้านเหนือน้ำ
#12 ฝายท่ากระดานด้านท้ายน้ำ



รูปภาคผนวกที่ ฉ1-46 รายละเอียดฝายท่ากระดาน

ฝายท่ากระดานเป็นอาคารควบคุมน้ำแบบผสม (Mixed Regulator) ตรงกลางอาคารมีประตูระบายน้ำแบบบานโค้งขนาดกว้าง 6 ม.จำนวน 4 ช่อง ริมด้านซ้ายและด้านขวาของประตูระบายเป็นฝายหยัก (Labyrinth) รูปสี่เหลี่ยมคางหมูแบบสันคม (Sharp Crest) ช่องฝายแต่ละด้านมีความกว้าง 20 ม. ประตูระบายจะเปิดเฉพาะเวลาที่ต้องการระบายทรายหรือระบายน้ำเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น น้ำส่วนใหญ่จะระบายผ่านฝายหยักลงสู่คลองสวนหมากตอนล่าง เนื่องจากฝายมีความสูง 4.5 ม. จึงวิเคราะห์ว่ามีโอกาสน้อยมากที่น้ำจะไหลผ่านฝายเป็นแบบ Submerged Flow เนื่องจากถ้าน้ำไหลแบบปกติ (Normal Flow) ที่ความลึก 4.5 ม. อัตราการไหลต้องมีค่าสูงถึง 928 ลบ.ม./วินาที แต่อัตราการไหลสูงสุดในรอบ 30 ปี (2533-2562) ที่วัดได้ที่สถานี P.26A มีค่าเพียง 478 ลบ.ม./วินาที และอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 100 ปี ที่สถานี P.26A มีค่าเท่ากับ 549 ลบ.ม./วินาที เท่านั้น

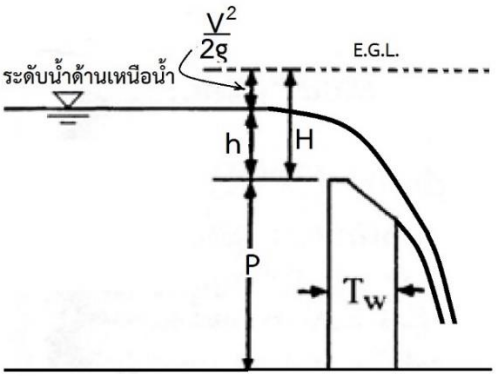
รายละเอียดฝายหยัก

มี 2 ช่องๆละ 5 cycles N=5 ; B=4.68 ม., a=0.70 ม., มุม α=6.13 X=Bsin(α)=1.30 ม.,

w=2(B+a)=4.00 ม., ความกว้างฝายรวม (W)=5w=20 ม./1 ช่องฝาย

l=5{2(B+a)}=5(2*(4.68+0.7))=10*5.38=53.8 ม./ช่อง L=2l=2*53.8=107.6 ม.

ความสูง (P) = 4.5 ม.



$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{2g}C_d L H^{1.5}$$

$$L = 2N(2B + 2a)$$

$$= 2 * 5(2(4.68 + 0.7))$$

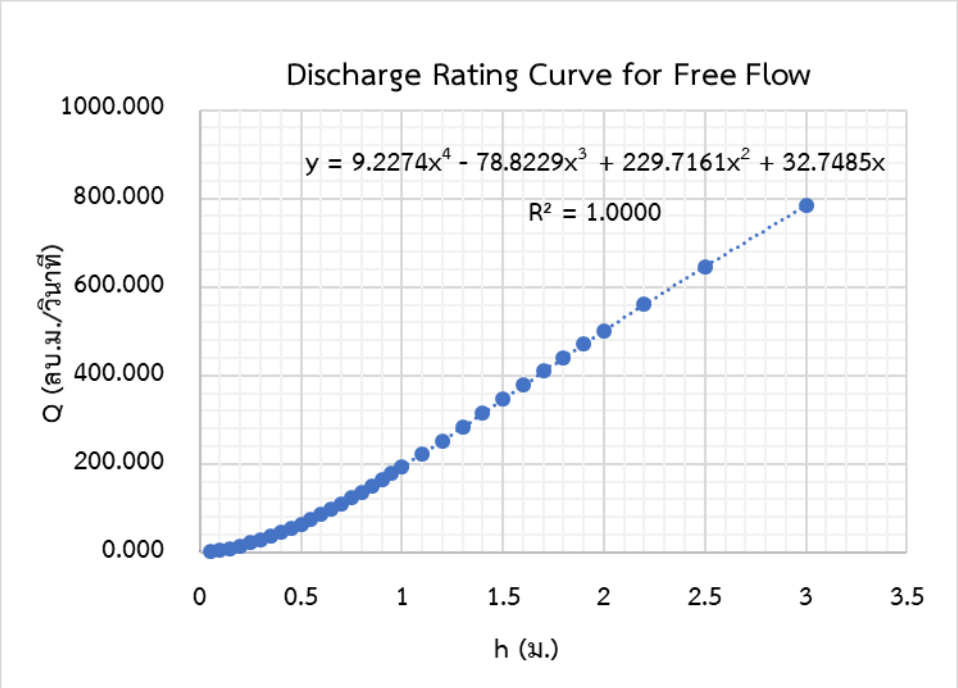
$$= 107.6 \text{ ม.}$$

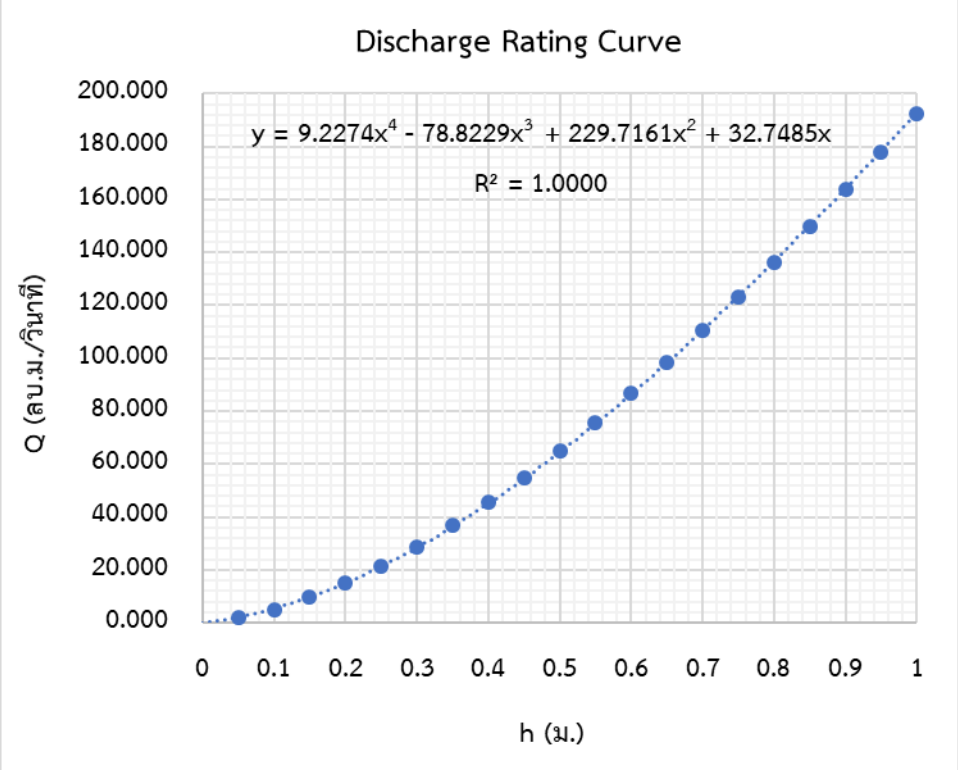
$$C_d = A + B\left(\frac{H}{P}\right) + C\left(\frac{H}{P}\right)^2 + D\left(\frac{H}{P}\right)^3 + E\left(\frac{H}{P}\right)^4$$

α	6°	8°	12°	15°	18°	25°	35°	90°
A	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
B	-0.24	1.08	1.06	1.00	1.32	1.51	1.69	1.46
C	-1.20	-5.27	-4.43	-3.57	-4.13	-3.83	-4.05	-2.56
D	2.17	6.79	5.18	3.82	4.24	3.40	3.62	1.44
E	-1.03	-2.83	-1.97	-1.38	-1.50	-1.05	-1.10	0

α=16.13 องศา ; ค่าสัมประสิทธิ์ A=0.49, B=1.1203, C=-3.7805, D=3.9779, E=-1.4251

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-47 การไหลของน้ำผ่านฝายหยักและสมการสำหรับคำนวณ Q กรณีน้ำไหลแบบ Free Flow





$$Q = 9.2274h^4 - 78.8229h^3 + 229.7161h^2 + 32.7485h$$

รูปภาคผนวกที่ ฉ1-48 Discharge Rating Curve ฝายท่ากระดาน (ฝายหยัก)

ภาคผนวก ฉ2
การคำนวณความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทานตามเวลาจริง

(Real-Time Water Requirement Estimation)

การคำนวณความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทานตามเวลาจริง (Real-Time Water Requirement Estimation)

การคำนวณความต้องการน้ำของพืช จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) และค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration หรือ ETo) ของพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ที่เลือก จาก IrriSAT หรือ Weather-Based Irrigation Scheduling Service ซึ่งใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดระยะไกลด้วยดาวเทียม (Satellite Remote Sensing) ประกอบกับการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลภูมิอากาศของ IrriSAT ทำให้ IrriSAT สามารถพยากรณ์ค่า ETo ของวันนี้ (t=0) และอีก 7 วันล่วงหน้า (t=1 ถึง 7) IrriSAT ถูกพัฒนาโดยคณะนักวิจัยของประเทศออสเตรเลีย โดยนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7, Landsat 8 ซึ่งมีความละเอียด 30x30 เมตร และ Sentinel 2 ซึ่งมีความละเอียด 10x10 เมตร มาวิเคราะห์หาค่า NDVI เพื่อให้บริการข้อมูล Kc และปริมาณความต้องการน้ำของพืชแก่เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ชลประทานทั่วโลก ผู้ใช้ที่มี Gmail Account สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ที่ที่เว็บไซต์ https://irrisat-cloud.appspot.com

เพื่อปรับแก้ค่า ETo โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศของพื้นที่จริง จึงได้พัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ (AWS) ขึ้น สามารถตรวจวัดและบันทึกข้อมูลภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่า ETo และปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) ข้อมูลภูมิอากาศดังกล่าวประกอบด้วย

- ค่าอุณหภูมิ (Temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- ความเร็วลม (Wind Speed)
- ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation)
- ปริมาณฝน (Rainfall)

ข้อมูลภูมิอากาศลำดับที่ 1-4 จาก AWS จะนำไปใช้คำนวณค่า ETo รายวันของพื้นที่ เพื่อนำไปปรับค่า ETo พยากรณ์ของ IrriSAT ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า ETo(IrriSAT) ให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศจริงของพื้นที่นั้นๆ IrriSAT ถือเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยแก้ปัญหาซึ่งเป็นจุดอ่อนของโครงการชลประทาน คือการติดตามเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชในโครงการ เพื่อนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของพื้นที่ส่งน้ำ และใช้คำนวณหาความต้องการน้ำของพืช ปัจจุบันโครงการชลประทานไม่มีเจ้าหน้าที่สนามพอที่จะช่วยเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกดังกล่าวซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง

ตลอดเวลา และมักจะใช้ค่าสถิติเก่ามาประมาณความต้องการน้ำ ซึ่งอาจไม่สะท้อนความต้องการน้ำจริงของพืชในปัจจุบัน

ข้อดีที่สำคัญของ IrriSAT คือ (1) สามารถให้ค่า Kc ของพื้นที่ชลประทานซึ่งพืชที่ปลูกหลากหลายและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ยากต่อการสำรวจเก็บข้อมูลโดยใช้เจ้าหน้าที่ และ (2) การพยากรณ์ค่า ETo_t เมื่อ t=0,.., 7 วัน t=0 คือวันนี้ ทำให้สามารถคำนวณความต้องการน้ำของพืชได้ 8 วันล่วงหน้า ดังสมการที่ ฉ2-1 และสมการที่ ฉ-2

$$\mathbf{ETc(IrriSAT)_t = Kc(IrriSAT).ETo(IrriSAT)_t \quad ; t = 0,1,\dots,7} \qquad \text{(ฉ-1)}$$

$$\mathbf{ETc_t = ETc(IrriSAT)_t * k(Kc) * k(ETo) \quad ; t = 0,1,\dots,7} \qquad \text{(ฉ-2)}$$

เมื่อ Kc(IrriSAT) = ค่า Kc จาก IrriSAT

$ETo(IrriSAT)_t$ = ค่า ETo ของวันที่ t จาก IrriSAT โดย t=0 คือวันนี้

k(Kc) = ค่าปรับแก้ Kc(IrriSAT) ให้สอดคล้องกับค่า Kc ของกรมชลประทาน หรือ Kc(RID) สำหรับพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ อยู่ในตารางภาคผนวกที่ ฉ2-1 รายละเอียดการวิเคราะห์หาค่า k(Kc) ของพื้นที่ต่าง ๆ อยู่ในภาคผนวก ฉ

k(ETo) = ค่าปรับแก้ ETo(IrriSAT) โดยใช้ค่า ETo ที่คำนวณจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU เพื่อให้ค่า ETo ที่นำไปคำนวณความต้องการน้ำของพืชสอดคล้องกับภูมิอากาศของพื้นที่ ดูสมการที่ ฉ2-3

ตารางภาคผนวกที่ ฉ2-1 ค่า k(Kc) สำหรับปรับค่า ETc

ลำดับ	พื้นที่ชลประทาน/พื้นที่รับประโยชน์	k(Kc)
1	ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา	1.383
2	ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย	1.442
3	ฝายท่ากระดานฝั่งขวา	1.843
4	ฝายท่ากระดานฝั่งซ้าย	1.886
5	อ่างเก็บน้ำคลองไพร	1.260
6	ฝายท่าเสากระโดง	1.718
7	ฝายหนองปิ้งไก่ (ต้นคลอง)	1.760

ตารางภาคผนวกที่ ฉ2-1 ค่า k(Kc) สำหรับปรับค่า ETc

8	ฝายหนองปิ้งไก่ (นาดง)	1.760
9	ฝายหนองปิ้งไก่ (ลงนา)	1.760
10	ฝายหนองปิ้งไก่ (ห้วยเต่า)	1.760
11	ฝายหนองปิ้งไก่ (มอเจริญ)	1.760
12	ฝายท่าระแนะ	1.760
13	ฝายนาบ่อคำ	1.760
14	อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง	1.260
15	อ่างเก็บน้ำหนองกอง	1.260
16	อ่างเก็บน้ำคลองคะยุค	1.442
17	อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก	1.383
18	อ่างเก็บน้ำคลองปู่เล็ก	1.383
19	อ่างเก็บน้ำโป่งค่าง	1.383
หมายเหตุ รายละเอียดการหาค่า k(Kc) แสดงอยู่ในภาคผนวกท้ายบท		

$$\mathrm{k(ETo)} = \frac{\mathrm{ETo_{-1}}}{\mathrm{ETo(IrrSAT)_{-1}}} \qquad \text{(ฉ2-3)}$$

เมื่อ ETo_{-1} คือค่า ETo ของเมื่อวาน (t=-1) ที่คำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ

RID-KU001 ถึง RID-KU004 จำนวน 4 สถานี ซึ่งติดตั้งที่ฝายคลองสวนหมาก อ่างเก็บน้ำคลองไพร ฝายท่ากระดาน และฝายท่าระแนะ ตามลำดับ รายละเอียดสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU ได้กล่าวถึงในภาคผนวกที่ ฉ1

$ETo(IrriSAT)_{-1}$ คือค่า ETo(IrriSAT) ของเมื่อวาน (t=-1)

เมื่อทราบ ETc_t จะสามารถคำนวณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (Net Irrigation Water Requirement, Net IWR) จากสมการที่ ฉ2-4 และความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (Gross IWR) ได้จากสมการที่ ฉ2-8

$$\text{Net IWR}_t = \text{ETc}_t - \text{ER}_t - \text{AR}_{t-1} \quad ; t = 0,1,\dots,7 \qquad \text{(ฉ2-4)}$$

เมื่อ Net IWR_t = ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิวันที่ t เมื่อ t=0,1, .. , 7 (มม.)

ETc_t = ความต้องการน้ำของพืชวันที่ t จากสมการที่ ฉ2-2

ER_t = ค่าฝนคาดการณ์ (Expected Rainfall) ของวันที่ t หาได้จากสมการที่ ฉ2-5

AR_{t-1}= ปริมาณฝนที่เหลือจากเมื่อวาน (Available Rainfall from Yesterday) หาได้จากสมการที่ ฉ2-6 หรือสมการที่ ฉ2-7

$$\text{ER}_t = \text{FR}_t . \frac{\text{P}(\text{FR}_t)}{100}; \qquad t = 0,1,\dots,7 \qquad \text{(ฉ2-5)}$$

เมื่อ ER_t = ค่าฝนคาดการณ์ (Expected Rainfall) ของวันที่ t ซึ่งเป็นผลคูณของค่าฝนพยากรณ์ (Forecasted Rainfall) คูณด้วยโอกาสความน่าจะเป็นที่ฝนจะตกตามการพยากรณ์จาก IrriSAT ซึ่งสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ 8 วัน หรือ t=0 ถึง 7

FR_t= ค่าฝนพยากรณ์ (Forecasted Rainfall) วันที่ t จากผลการพยากรณ์อากาศจากคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งให้บริการผ่านระบบ TMD Weather Forecast API ซึ่ง โดยระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ วันที่ต้องการข้อมูล จำนวนวันที่ต้องการข้อมูลและรายการข้อมูลตัวแปรพยากรณ์

$P(FR_t)$ = โอกาสความน่าจะเป็นของค่าฝนพยากรณ์มีหน่วยเป็น %

$$\text{AR}_{t-1} = \text{AR}_{t-2} + \text{R}_{t-1} - \text{ETc}_{t-1} - \text{L}; \text{ เมื่อ } 0 < \text{AR}_{t-1} < \text{W}_{\text{RZ}} \qquad \text{(ฉ2-6)}$$

หรือ

$$\text{AR}_{t-1} = \text{Min}[\text{Max}\{(\text{AR}_{t-2} + \text{R}_{t-1} - \text{ETc}_{t-1} - \text{L}), 0\}, \text{W}_{\text{RZ}} \qquad \text{(ฉ2-7)}$$

เมื่อ AR_{t-1}= ปริมาณฝนที่เหลือจากเมื่อวาน (Available Rainfall from Yesterday) หมายถึงปริมาณฝนที่เหลือจากฝนที่ตกเมื่อวาน (t-1) และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในวันนี้ (t) ปริมาณฝนที่เหลือจากเมื่อวานจะมีค่าเท่ากับปริมาณฝนที่ตกเมื่อวาน (R_{t-1}) ลบด้วยค่า ETc_{t-1} และ

ปริมาณการสูญเสียน้ำฝนจากสาเหตุอื่น ๆ ในแปลง (Daily Rain Loss in Farm) เนื่องจากกระบวนการการซึมลึกและการไหลเลยท้ายแปลง (Deep Percolation and Runoff) โดยปริมาณฝนที่เหลือจากเมื่อวานจะสะสมได้ ถ้าเมื่อวานและวันก่อนๆหน้านั้น มีฝนตกมีฝนตกติดต่อกันหลายวัน แต่ปริมาณฝนที่เหลือจากเมื่อวานต้องมีค่าไม่เกินความสามารถอุ้มน้ำของแปลงนาหรือเขตรากพืช

AR_{t-2} = ปริมาณฝนที่เหลือจากวันก่อนหน้านั้น

R_{t-1} = ปริมาณฝนที่ตกเมื่อวาน

L = ค่าการสูญเสียน้ำฝนในแปลง (Daily Rain Loss in Farm) นอกเหนือจากค่า ET_c สมมติให้มีค่าเท่ากับ 3 มม./วัน

W_{RZ} = ความสามารถอุ้มน้ำของแปลงนาหรือเขตราก สมมติให้มีค่าเท่ากับ 30 มม.

$$\text{Gross IWR}_t = \frac{\text{Net IWR}_t}{\text{Ei}/100}; t = 0 - 7 \quad \text{(ฉ2-8)}$$

เมื่อ Gross IWR_t = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (มม.)

สุดท้ายสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลองได้จากสมการที่ ฉ2-9

$$\text{Qdelivery}_t = \frac{\text{Gross IWR}_t * \text{Area}}{54{,}000} \quad \text{(ฉ2-9)}$$

เมื่อ Qdelivery$_t$ = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าคลอง (ม.^{3}/วินาที)

Gross IWR_t = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (มม./วัน)

Area = พื้นที่ชลประทานหรือพื้นที่รับประโยชน์ (ไร่)

ภาคผนวก ฉ3
การพยากรณ์ปริมาณน้ำต้นทุน

การพยากรณ์ปริมาณน้ำต้นทุน

ปริมาณน้ำต้นทุนหมายถึงปริมาณน้ำที่หัวงานของพื้นที่ชลประทาน สำหรับลุ่มน้ำคลองสวนหมากหัวงานได้แก่อ่างเก็บน้ำหรือฝายทดน้ำ กรณีอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำต้นทุนคือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรณีฝายทดน้ำปริมาณน้ำต้นทุนหมายถึงปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝาย

แนวคิดในการพยากรณ์ พยากรณ์รายวันล่วงหน้า 8 วัน (t=0-7 วัน) โดยใช้ข้อมูลในอดีตถึงวันพยากรณ์ (t = -1, …. ,-n)

ดัชนีแสดงผลการพยากรณ์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ ฉ3-1 และสมการที่ ฉ3-2

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(x_i^{obs} - x_i^{forecast}\right)^2} \quad \text{(ฉ3-1)}$$

$$\%\ Error = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|x_i^{obs} - x_i^{forecast}|}{x_i^{obs}} \quad \text{(ฉ3-2)}$$

วิธีการพยากรณ์ การพยากรณ์ปริมาณน้ำต้นที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ คือวิธี Exponential Triple Smoothing (ETS) แบบ AAA (Additive error, Additive trend และ Additive seasonality) เป็นฟังค์ชั่นการพยากรณ์ที่เริ่มใช้ใน Microsoft Excel 2016 หรือเวอร์ชั่นที่ใหม่กว่านั้น โดยพยากรณ์ค่าในอนาคตจากอนุกรมเวลาของข้อมูลในอดีต (Historical Time Series) ซึ่งมีรูปแบบฟังค์ชั่นการพยากรณ์ดังนี้

FORECAST.ETS(target_date, values, timeline, [seasonality], [data_completion], [aggregation])

เมื่อ ค่าอาร์กิวเม้นท์ (argument) ที่อยู่ในวงเล็บ [-] จะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ แต่ค่าอาร์กิวเม้นท์ที่ไม่มีวงเล็บต้องใส่ให้ครบ

Target_date (Required) คือ ค่าเวลาในอนาคตที่ต้องการพยากรณ์

Values (Required) คือ อนุกรมเวลาของข้อมูลในอดีตที่ต้องการนำมาใช้พยากรณ์ค่าในอนาคต

Timeline (Required) คือ ช่วงเวลาของอนุกรมเวลาในอดีตที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งต้องเป็นแบบ Constant Time Step ระหว่างข้อมูล 2 ค่า เช่น 1 วัน หรือ 7 วัน หรือ 1 เดือน เป็นต้น ในการพยากรณ์นี้จะใช้ Constant Time Step = 1 วัน

Seasonality (Optional) มีค่า 0-8,760 (8760=365*24=จำนวนชั่วโมงใน 1 ปี) ถ้า Seasonality = 0 หมายถึง No Seasonality หรือใช้การพยากรณ์เชิงเส้น โดยไม่ได้พิจารณาถึงอิทธิพลของ Seasonality ต่อค่าอนุกรมเวลา ถ้า Seasonality = 1 ซึ่งเป็นค่า default การพยากรณ์จะหาค่า Seasonality เองโดยอัตโนมัติ

Data completion (Optional) ใช้กรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีข้อมูลขาดหายไห (Missing Data) ค่า Data completion = 0 หมายถึงแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายไปด้วย 0 ถ้าค่า Data completion = 1 หมายถึงแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายไปด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่รอบค่าที่ขาดหายไป

Aggregation (Optional) ใช้กรณีที่ต้องการรวมข้อมูลหลายค่าที่มี Time Stamp เท่ากันเข้าด้วยกัน Aggregation = 0 จะรวมโดยใช้ค่าเฉลี่ย และใช้ค่าตัวเลขอื่นสำหรับการรวมโดย SUM, COUNT, COUNTA, MIN, MAX, MEDIAN ตามลำดับ

ฟังค์ชั่นการพยากรณ์ Forecast.ETS ใน Excel จะใช้หลักการคล้ายวิธีการพยากรณ์รายฤดูกาลแบบ Holt-Winters' Additive Method ซึ่งมีรูปแบบตามสมการที่ ฉ3-3 (https://otexts.com/fpp2/holt-winters.html)

$$\hat{X}_{t+h|t} = L_t + hT_t + S_{t+h+m(k+1)} \qquad (ฉ3\text{-}3)$$

เมื่อ $\hat{X}_{t+h|t}$ คือค่าพยากรณ์ของวันที่ t+h เมื่อทราบค่า X ของวันที่ t

L_t คือค่า Level component ของวันที่ t

Tt คือค่า Trend component ของวันที่ t

St คือค่า Seasonal component ของวันที่ t

h คือวันที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

m คือ จำนวณ periods ใน 1 ปี เช่นถ้า Period คือ เดือน m=12 ถ้า Period คือ สัปดาห์ m=52 ถ้า Period คือวัน m=365

k = (h-1)/m

$$L_t = \alpha(X_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(X_t - L_{t-1} - T_{t-1}) + (1-\gamma)S_{t-m}$$

α, β, γ คือ พารามิเตอร์ของสมการพยากรณ์มีค่าระหว่าง 0-1

รูปแบบการพยากรณ์แสดงอยู่ในรูปภาคผนวกที่ ฉ3-1

8 days Forecasting													
	Past					Present & Future							
	Known values					Forecasting period							
Time Frame	t-n	t-(n-1)	...	t-2	t-1	t	t+1	t+2	t+3	t+4	t+5	t+6	t-
Historical data	x(t-n)	x(t-n+1)	..	x(t-2)	x(t-1)								
Forecasted value						x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)	x(t+6)	x(t

รูปภาคผนวกที่ ฉ3-1 กรอบระยะเวลาในการพยากรณ์

ภาคผนวก ฉ4
ระบบติดตามและประเมินผลการใช้น้ำ

การพัฒนาระบบประเมินผลการใช้น้ำ

การประเมินผลการส่งน้ำ จะประเมินเป็นรายฤดูกาล ฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยมีดัชนีแสดงผลการส่งน้ำ (Performance Index) ประกอบด้วยดัชนีดังต่อไปนี้

(1) ค่าประสิทธิภาพชลประทาน (Irrigation Efficiency, Ei)

$$E_i = 100 \frac{\text{Net IWR}}{\text{Total Water Delivery}} \quad \text{(ฉ4-1)}$$

เมื่อ E_i = ประสิทธิภาพการชลประทาน (%)

Net IWR = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (ลบ.เมตร)

Total Water Delivery = ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่ง (ลบ.เมตร)

ในการบริหารน้ำต้องรู้ว่า E_i มีค่าเท่าไร สูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ในเบื้องต้นจะกำหนดให้ E_i = 60%

(2) ความเพียงพอ (Adequacy)

$$\text{Adequacy} = 100\frac{\text{Total Water Delivery}}{\text{Gross IWR}} \quad \text{(ฉ4-2)}$$

เมื่อ Adequacy = ความเพียงพอในการส่งน้ำ (%)

(3) ความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำ (Water Users Satisfaction)

$$\text{UserSat} = 100\frac{\text{No. of Satisfied Users}}{\text{No. of Samples}} \quad \text{(ฉ4-3)}$$

เมื่อ UserSat = ความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำ (%)

No.of Satisfied Users = จำนวนผู้ใช้น้ำที่พอใจในบริการชลประทาน

No. of Samples = จำนวนตัวอย่าง

(4) ความพึงพอใจของหน่วยงานที่รับผิดชอบพื้นที่ชลประทานหรือพื้นที่รับประโยชน์ (Agency Satisfaction)

$$\text{AgenSat} = 100\frac{\text{No. of Satisfied Staffs}}{\text{No. of Samples}} \quad \text{(ฉ4-4)}$$

เมื่อ AgenSat = ความพึงพอใจของผู้ให้บริการ (%)

No. of Satisfied Staffs = จำนวนผู้ให้บริการชลประทานที่พอใจในผลการทำงาน

No. of Samples = จำนวนตัวอย่าง

(5) ผลิตภาพน้ำ (Water Productivity)

$$\text{Water Productivity} = \frac{\sum \text{Crop Yield}_i * Area_i * \text{Crop Price}_i}{\text{Total Water Delicvery}} \quad \text{(ฉ4-5)}$$

เมื่อ Water Productivity = ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.เมตร)

Crop Yield_i = ผลผลิตพืช i (กก./ไร่)

Area_i = พื้นที่ปลูกพืช I (ไร่)

Crop Price_i = ราคาผลผลิตพืช i (บาท/กก.)

Total Water Delivery = ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ส่ง (ลบ.เมตร)

ในการประเมินผลผลิตพืชของแต่ละพื้นที่ จะทำการแปลงผลผลิตพืชชนิดต่าง ๆ เทียบเป็นผลผลิตข้าว โดยมีรายละเอียดการเทียบผลผลิตออกมาเป็นข้าว ดังแสดงในภาคผนวกที่ ฉ5

การประเมินผลการส่งน้ำรายฤดูกาล

การประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ผลการส่งน้ำ และผลิตภาพน้ำ แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน (16 พ.ค. 2564 – 15 พ.ย. 2564) และฤดูแล้ง (16 พ.ย. 2564 – 15 พ.ค. 2565) ซึ่งงานวิจัยนี้เริ่มทำการวิเคราะห์ช่วงฤดูฝนในวันที่ที่ทำการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำ RID-KU WL แล้วเสร็จ ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะวิเคราะห์ตามวันที่แตกต่างกัน ส่วนในฤดูแล้งจะทำการประเมินตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 จนถึงวันปัจจุบัน ในส่วนของการวิเคราะห์ผลิตภาพน้ำในช่วงฤดูฝนจะคิดเพียง 1/3 ของฤดูกาล (ตามวันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ) ส่วนช่วงฤดูแล้งจะยังไม่มีการวิเคราะห์เนื่องจากสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ กำแพงเพชร ยังไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรในช่วงเวลาดังกล่าว การวิเคราะห์ผลิตภาพน้ำได้กำหนดราคาของข้าวเปลือกในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรเท่ากับ 6 บาท/กก. ซึ่งปัจจุบันทำการประเมินผลการส่งน้ำรายฤดูกาลทั้งหมด 7 พื้นที่ ได้แก่ ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา อ่างเก็บน้ำคลองไพร แตรนาดง แตรลงนา แตรห้วยเต่า และแตรมอเจริญ โดยสามารถสรุปผลการประเมินได้ดังตารางภาคผนวกที่ ฉ4-1 ถึงตารางภาคผนวกที่ ฉ4-2

ตารางภาคผนวกที่ ฉ4-1 ผลการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ช่วงฤดูฝน

พื้นที่	คลองสวนหมากฝั่งซ้าย	คลองสวนหมากฝั่งขวา	ท้าย ปตร. อ่างเก็บน้ำคลองไพร	แตรนาดง	แตรลงนา	แตรห้วยเต่า	แตรมอเจริญ
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,568.13	13,815.24	7,398.21	2,084.00	66.55	2,416.00	200.00
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ (วัน)	18	13	12	3	0	7	1
ประสิทธิภาพ (%)	25.74	26.73	28.21	12.20	13.84	20.39	21.70
Deliver Performance Ratio (DPR)	0.76	1.03	1.69	4.61	4.59	2.30	2.77
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	2,063.00	11,185.00	7,428.00	1,316.00	87.00	2,105.00	157.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	803.31	809.61	1,004.03	631.48	1,307.29	871.27	785.00
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	10.67	8.62	4.73	1.11	1.94	2.66	1.67

ตารางภาคผนวกที่ ฉ4-2 ผลการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ช่วงฤดูแล้ง

พื้นที่	คลองสวนหมากฝั่งซ้าย	คลองสวนหมากฝั่งขวา	ท้ายปตร.อ่างเก็บน้ำคลองไพร	แตรนาดง	แตรลงนา	แตรห้วยเต่า	แตรมอเจริญ
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,568.13	13,815.24	7,398.21	2,084.00	66.55	2,416.00	200.00
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ (วัน)	20	27	64	2	0	2	0
ประสิทธิภาพ (%)	23.08	65.87	36.15	22.54	25.36	40.78	29.89
Deliver Performance Ratio (DPR)	4.33	0.79	0.61	2.55	2.37	1.33	2.01
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-	-	-	-	-	-	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-	-	-	-	-	-	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-	-	-	-	-	-	-

ภาคผนวก ฉ5
การวิเคราะห์หาผลผลิตเทียบเท่าข้าว

การวิเคราะห์หาผลผลิตเทียบเท่าข้าว

การหาปริมาณผลผลิตในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ในจังหวัดกำแพงเพชรจาก ระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียมจาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน) หรือ Gistda โดยดึงข้อมูล การติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกจากดาวเทียม จังหวัดกำแพงเพชร(ข้อมูลวันที่ 30 พ.ย. 2564) ซึ่งข้อมูลที่สามารถดึงมาได้จะเป็น ข้อมูลพื้นที่ปลูก(ไร่) และผลผลิตที่คาด(ตัน) แยกเป็นรายอำเภอและตำบล ของข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง โดยสามารถหาค่าผลผลิตคิดเป็น ตัน/ไร่ จาก ปริมาณผลผลิตที่คาด(ตัน) หารด้วย พื้นที่เพาะปลูก(ไร่) การหาราคาผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัดกำแพงเพชรด้วยข้อมูลจาก สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดกำแพงเพชร(ข้อมูลปีที่เพาะปลูก 2563 - 2564) ซึ่งข้อมูลราคาผลผลิตที่ได้จะเป็นราคาที่เกษตรกรสามารถขายได้เฉลี่ย(บาท/กิโลกรัม) ของข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง แยกเป็นรายอำเภอ ซึ่งลุ่มน้ำคลองสวนหมากตั้งอยู่ในขอบเขตของ 3 อำเภอได้แก่ อำเภอเมืองกำแพงเพชร อำเภอโกสัมพีนคร และอำเภอคลองลาน ผลผลิต(ตัน/ไร่) และราคาที่เกษตรกรสามารถขายได้เฉลี่ย(บาท/กิโลกรัม) ของประเภทการเพาะปลูกในแต่ละอำเภอของลุ่มน้ำคลองสวนหมากแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ5-1

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-1 แสดงผลผลิต(ตัน/ไร่) และราคาที่เกษตรกรสามารถขายได้เฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)

	ผลผลิต(ตัน/ไร่)			
	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง
เมืองกำแพงเพชร	0.56	0.76	11.17	3.61
โกสัมพีนคร	0.56	0.76	11.17	3.61
คลองลาน	0.56	0.76	11.17	3.61
	ราคาที่เกษตรกรสามารถขายได้เฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)			
	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง
เมืองกำแพงเพชร	6.61	6.46	0.77	2.02
โกสัมพีนคร	7.38	6.31	0.72	2.12
คลองลาน	7.58	8.07	0.60	2.38

การหาผลผลิตเทียบเป็นข้าวของข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง

ผลผลิตของแต่ละประเภทการเพาะปลูกในหน่วย บาท/ไร่ ในแต่ละอำเภอสามารถหาได้โดย

ผลผลิต(บาท/ไร่) = ผลผลิต(ตัน/ไร่) * ราคา(บาท/กิโลกรัม) *100

ผลผลิต(บาท/ไร่)ของข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ช-2 ซึ่งสามารถนำมาหาอัตราส่วนผลผลิตของข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง เทียบกับผลผลิตของข้าว จาก

ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน/ไร่) = (ผลผลิต(บาท/ไร่) * ผลผลิตข้าว(ตัน/ไร่)) / ผลผลิตข้าว(บาท/ไร่)

ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน/ไร่) ของข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ5-2

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-2 แสดงผลผลิต(บาท/ไร่) และผลผลิตเทียบข้าว(ตัน/ไร่)

	ผลผลิต(บาท/ไร่)			
	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง
เมืองกำแพงเพชร	3,719.28	4,888.07	8,600.90	7,286.14
โกสัมพีนคร	4,152.86	4,774.57	8,042.40	7,646.84
คลองลาน	4,268.30	6,106.30	6,702.00	8,584.66
	ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน/ไร่)			
	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง
เมืองกำแพงเพชร	0.56	0.74	1.30	1.10
โกสัมพีนคร	0.56	0.65	1.09	1.04
คลองลาน	0.56	0.81	0.88	1.13

การหาค่าผลผลิตเทียบข้าวเป็นตันในพื้นที่ชลประทาน และพื้นที่รับประโยชน์ ตามแต่ละหัวงานนั้นจะหาได้จาก

ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน) = พื้นที่เพาะปลูก(ไร่) * ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน/ไร่)

โดย พื้นที่เพาะปลูก(ไร่) คือ พื้นที่เพาะปลูกของประเภทการเพาะปลูก(ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง) ในแต่ละพื้นที่ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ช-3 และ ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)ในแต่ละพื้นที่ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ5-3

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-3 พื้นที่เพาะปลูก(ไร่)

พื้นที่	พื้นที่(ไร่)												
	ข้าว			ข้าวโพด			อ้อย			มันสำปะหลัง			รวมพื้นที่(ไร่)
	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	
คลองคะยุค			22			69			73			952	1,115
คลองมดแดง			710			64			115			662	1,552
คลองไพร	753		503			29	1,100	24	604	2,264	144	1,818	7,239
คลองสวนหมากฝั่งซ้าย			793			415			98			1,056	2,362
คลองสวนหมากฝั่งขวา	1,534		1,895	379		463	1,581		1,642	791		3,724	12,009
หนองปิ้งไก่ ห้วยเต่า	1,348						844			224			2,416
หนองปิ้งไก่ ลงนา	0						67						67
หนองปิ้งไก่ มอเจริญ	76						74			16			166
หนองปิ้งไก่ นาดง	1,880						163			41			2,084

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-3 พื้นที่เพาะปลูก(ไร่)

พื้นที่	พื้นที่(ไร่)												
	ข้าว			ข้าวโพด			อ้อย			มันสำปะหลัง			รวมพื้นที่(ไร่)
	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	
ท่ากระดานฝั่งขวา	6,102			30			7,668			1,284			15,083
ท่ากระดานฝั่งซ้าย	5,379			69			4,813			3,682			13,943
ท่าเสากระโดง	300		307	38		58	177		217	16		95	1,209
ท่าระแนะ							54			165			220
คลองตุ๊กแก			41						22			174	236
นาบ่อคำ	25			6			263			243			537
หนองกอง	204			31			563			502			1,299
หนองปิ้งไก่ ต้นคลอง	110			35			178			209			532
โป่งค่าง												64	64
ปู่เล็ก						5						37	42

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-3 ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)

พื้นที่	ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)												
	ข้าว			ข้าวโพด			อ้อย			มันสำปะหลัง			รวมผลผลิต
	เมือง	โกสัมพี	คลองคาน	เมือง	โกสัมพี	คลองคาน	เมือง	โกสัมพี	คลองคาน	เมือง	โกสัมพี	คลองคาน	
คลองคะยุค	-	-	12	-	-	64	-	-	1,078	-	-	55	1,210
คลองมดแดง	-	-	400	-	-	102	-	-	750	-	-	51	1,303
คลองไพร	424	-	283	1,432	26	534	2,498	149	2,059	-	-	23	7,428
คลองสวนหมากฝั่งซ้าย	-	-	447	-	-	86	-	-	1,196	-	-	334	2,063
คลองสวนหมากฝั่งขวา	864	-	1,067	2,058	-	1,452	873	-	4,218	280	-	373	11,185
หนองปิ้งไก่ ห้วยเต่า	759	-	-	1,098	-	-	247	-	-	-	-	-	2,105
หนองปิ้งไก่ ลงนา	0	-	-	87	-	-	-	-	-	-	-	-	87

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-3 ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)

พื้นที่	ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)												
	ข้าว			ข้าวโพด			อ้อย			มันสำปะหลัง			รวมผลผลิต
	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	เมือง	โกสัมพี	คลองลาน	
หนองปิ้งไก่ มอเจริญ	43	-	-	96	-	-	18	-	-	-	-	-	157
หนองปิ้งไก่ นาดง	1,059	-	-	212	-	-	45	-	-	-	-	-	1,316
ท่ากระดานฝั่งขวา	3,436	-	-	9,985	-	-	1,416	-	-	22	-	-	14,859
ท่ากระดานฝั่งซ้าย	3,029	-	-	6,267	-	-	4,062	-	-	51	-	-	13,409
ท่าเสากระโดง	169		173	22		33	100		122	9		54	965
ท่าระแนะ							31			93			253
คลองตุ๊กแก	-	-	23	-	-	19	-	-	197	-	-	-	239
นาบ่อคำ	14	-	-	342	-	-	268	-	-	4	-	-	629

ตารางภาคผนวกที่ ฉ5-3 ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)

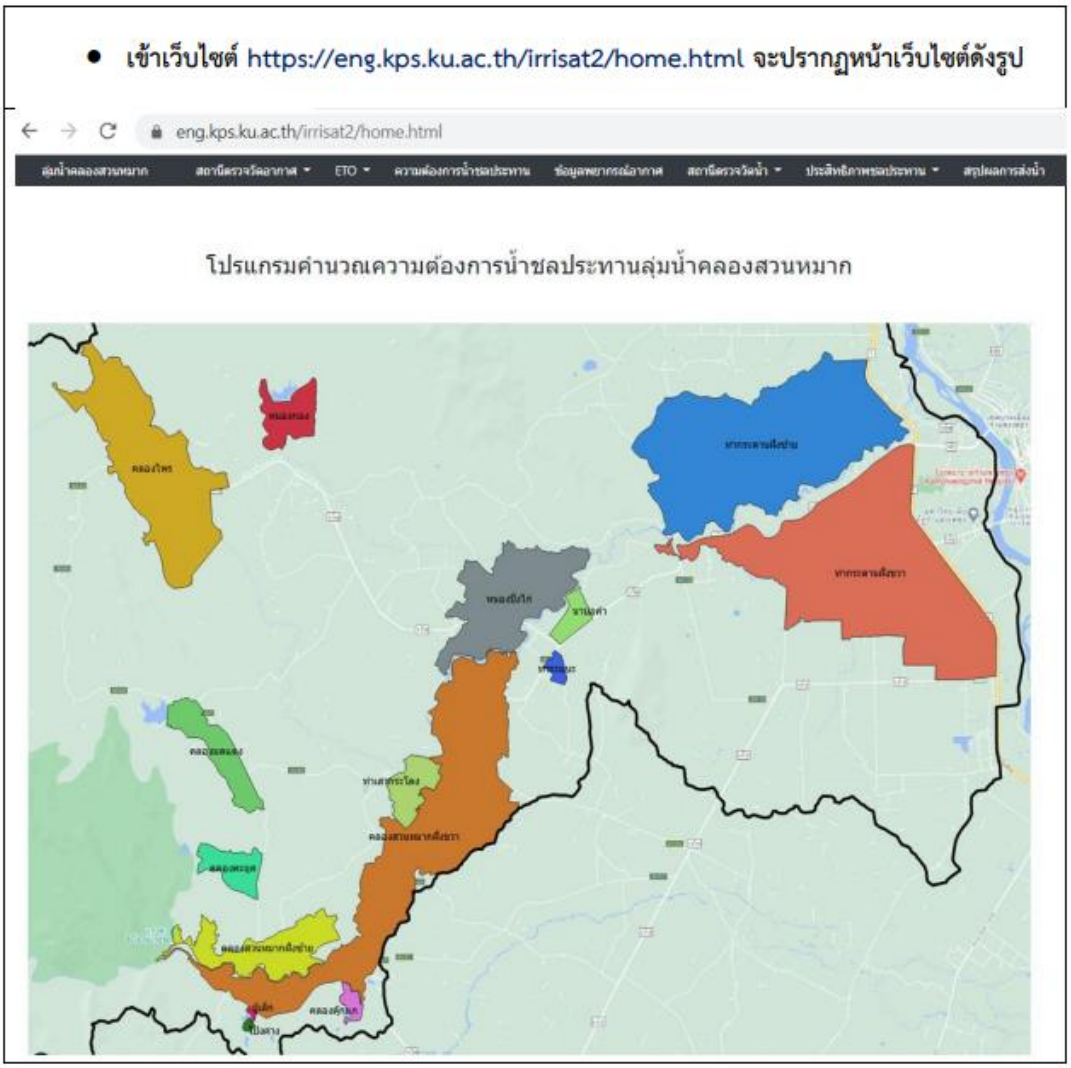
พื้นที่	ผลผลิตเทียบข้าว(ตัน)												
	ข้าว			ข้าวโพด			อ้อย			มันสำปะหลัง			รวมผลผลิต
	เมือง	โก้สมพี	คลองลาน	เมือง	โก้สมพี	คลองลาน	เมือง	โก้สมพี	คลองลาน	เมือง	โก้สมพี	คลองลาน	
หนองกอง	115	-	-	733	-	-	554	-	-	23	-	-	1,424
หนองปิ้งไก่ ต้นคลอง	62	-	-	232	-	-	231	-	-	26	-	-	550
โป่งค่าง	-	-	-	-	-	-	-	-	72	-	-	-	72
ปู่เล็ก	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	-	4	46

ภาคผนวก ฉ6
คู่มือการใช้โปรแกรม iWASAM

คู่มือการใช้โปรแกรมคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน

ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

- เข้าเว็บไซต์ https://eng.kps.ku.ac.th/irrisat2/home.html จะปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป



<table>
<tr><td colspan="2">

- 7 Function การใช้งาน

</td></tr>
<tr><td colspan="2">

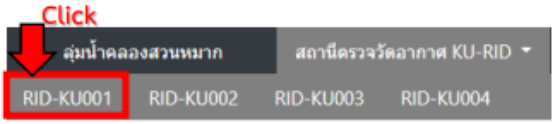
1. Function สถานีตรวจวัดอากาศ KU-RID ประกอบด้วย
สถานี RID-KU001 สถานี RID-KU001 สถานี RID-KU001 สถานี RID-KU001

</td></tr>
<tr><td>

</td><td>

1.1. Click ที่สัญลักษณ์ เพื่อแสดงตัวเลือกสถานีตรวจวัดอากาศ KU-RID (กรอบสีชมพู)

</td></tr>
<tr><td>



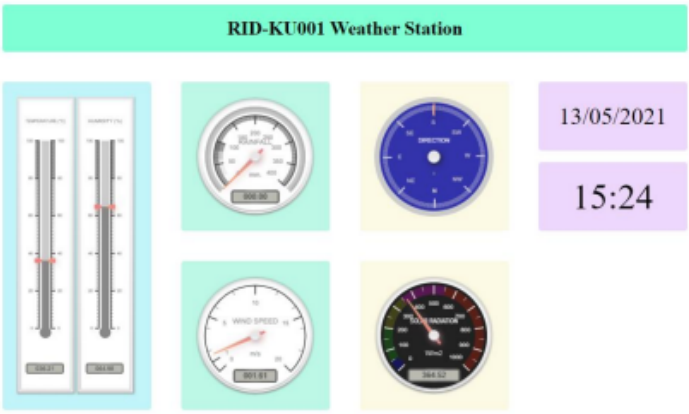
</td><td>

1.2. Click สถานีที่ต้องการทราบข้อมูล (กรอบสีแดง)

</td></tr>
<tr><td colspan="2">

ข้อมูลที่แสดงใน Function สถานีตรวจวัดอากาศ KU-RID

</td></tr>
<tr><td>



</td><td>

Weather Station แสดงข้อมูลต่อไปนี้

- อุณหภูมิ
- ความชื้น
- ปริมาณฝน
- ความเร็วลม
- ทิศเหนือ-ใต้
- พลังงานรังสีแสงอาทิตย์
- วันที่ และเวลา

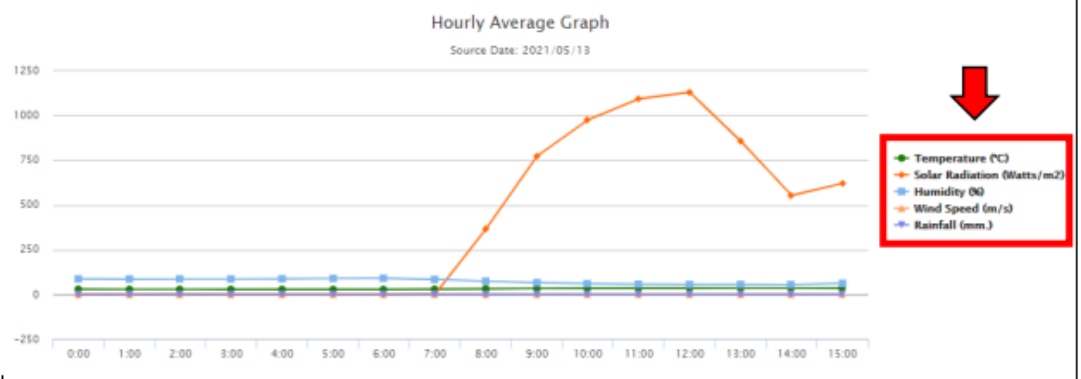
</td></tr>
</table>

ข้อมูลที่แสดงใน Function สถานีตรวจวัดอากาศ KU-RID (ต่อ)

กราฟแสดงข้อมูล (รายชั่วโมง)

- อุณหภูมิเฉลี่ย
- พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย
- ความชื้นเฉลี่ย
- ความเร็วลมเฉลี่ย
- ปริมาณฝนเฉลี่ย

สามารถ เปิด-ปิด การแสดงผลของกราฟแต่ละข้อมูลได้จากการ Click ที่ชื่อข้อมูล (กรอบสีแดง) ที่ต้องการได้



ข้อมูลที่แสดงใน Function สถานีตรวจวัดอากาศ KU-RID (ต่อ)

ตารางแสดงข้อมูลรายวัน

สามารถใช้ Function เพิ่มเติมได้ 4 Function (กรอบสีแดง) โดยการ Click ที่สัญลักษณ์ ประกอบด้วย

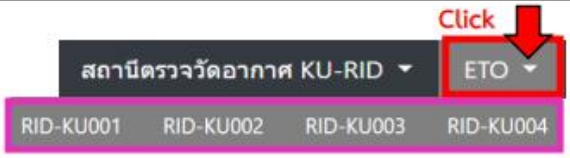
- Function 7 days graph : แสดงกราฟข้อมูลเฉลี่ยย้อนหลังราย 7 วัน
- Function history : แสดงข้อมูลรายวัน
- Function ETo FAO Daily Calculation : แสดงรายการคำนวณค่า ETo รายวันด้วยสมการ Penman-Monteith
- Function sort : สำหรับการเรียบเรียงข้อมูล

Daily Data

date	time	temperature(°C)	humidity(%)	solar radiation(W/m²)	wind speed(m/s)	wind direction	rainfall(mm)
13-05-2021	15:54	30.90	72.89	803.86	2.41	116	0.00
13-05-2021	15:53	30.94	72.11	779.83	2.82	168	0.00
13-05-2021	15:52	31.09	71.26	432.48	6.44	130	0.00
13-05-2021	15:51	31.29	70.10	515.54	4.43	140	0.00
13-05-2021	15:50	31.52	70.81	659.01	4.43	178	0.00
13-05-2021	15:49	31.63	69.90	302.73	3.22	99	0.00
13-05-2021	15:48	32.11	70.00	264.29	3.22	163	0.00
13-05-2021	15:47	32.45	70.66	224.48	3.62	141	0.00
13-05-2021	15:46	32.58	69.74	193.58	4.43	190	0.00
13-05-2021	15:45	32.63	68.38	144.16	3.22	152	0.00
13-05-2021	15:44	32.78	67.01	116.7	2.82	181	0.00
13-05-2021	15:43	32.91	66.59	97.48	4.83	155	0.00
13-05-2021	15:42	33.11	66.83	79.63	6.04	170	0.00
13-05-2021	15:41	33.25	66.36	74.83	2.82	149	0.00
13-05-2021	15:40	33.37	66.36	65.9	1.61	106	0.00
13-05-2021	15:39	33.59	65.44	58.35	3.22	113	0.00

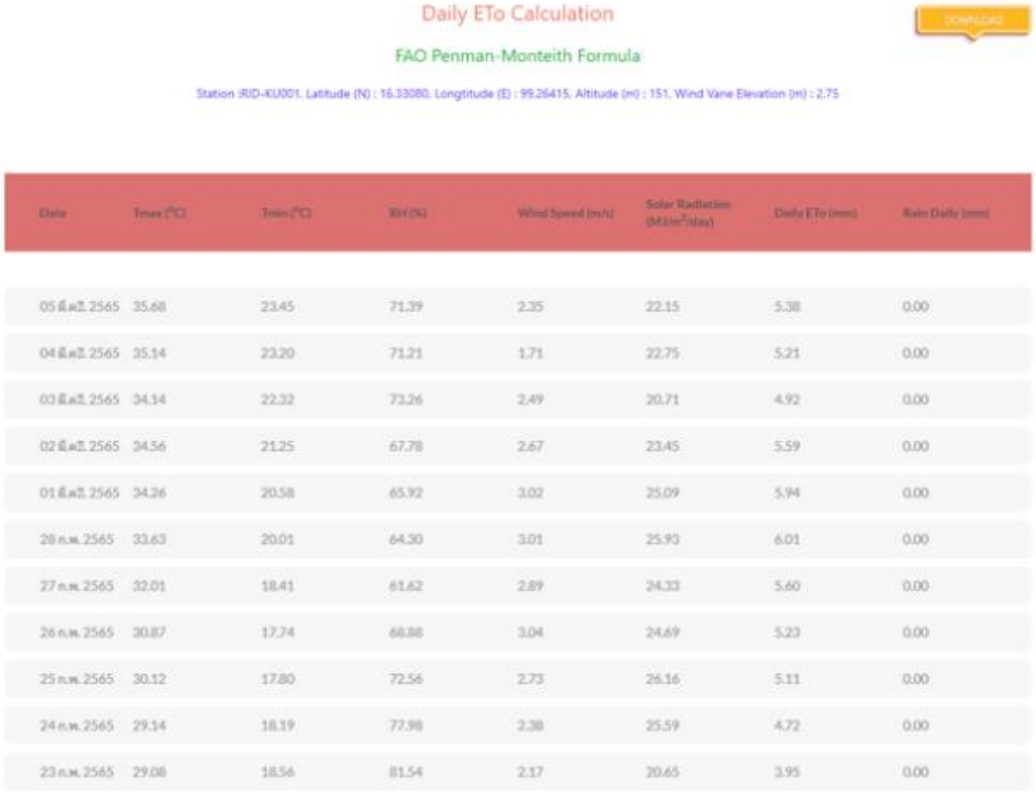
2. Function ETO ประกอบด้วย

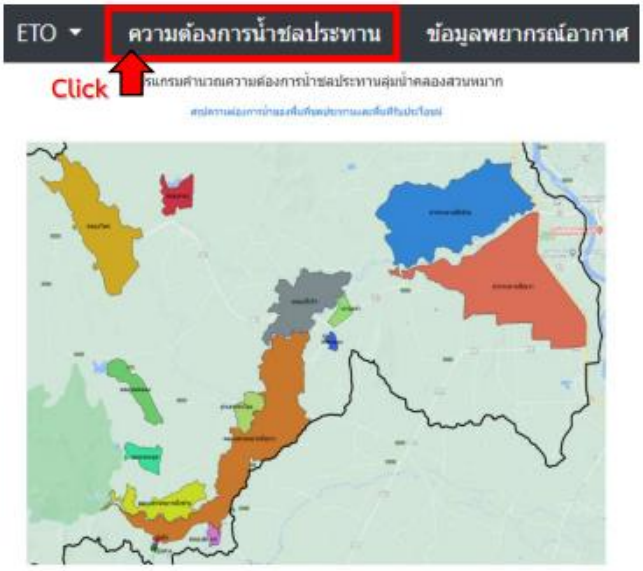
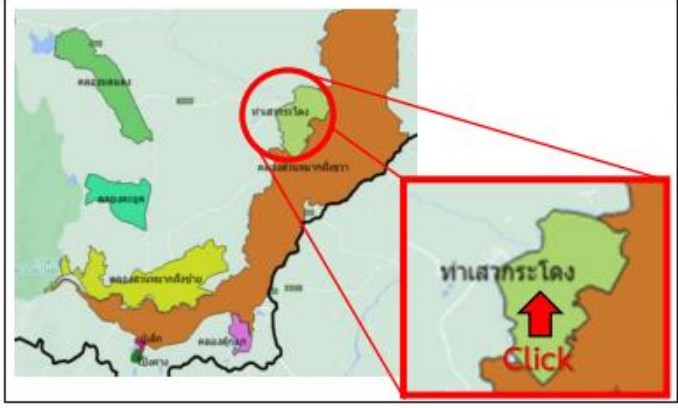
สถานี RID-KU001 สถานี RID-KU001 สถานี RID-KU001 สถานี RID-KU001



2.1. Click ที่สัญลักษณ์ เพื่อแสดงตัวเลือกสถานีตรวจวัดอากาศ KU-RID (กรอบสีชมพู)

2.2. ปรากฏหน้าเว็บไซต์ ดังรูป แสดงข้อมูล ETo รายวัน ที่ได้จากการคำนวณของ FAO Penman-Monteith Formula ซึ่งสามารถ Dowload (สีเหลือง)ข้อมูลเป็นไฟล์ .excel ได้



3. Function ความต้องการน้ำชลประทาน	
	3.1. Click กรอบสีแดง จะปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป
	3.2. Click พื้นที่ที่ต้องการทราบค่าความต้องการน้ำชลประทาน

3. Function ความต้องการน้ำชลประทาน (ต่อ)

3.3. เมื่อปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป จะแสดงข้อมูล

- **พื้นที่ชลประทาน**
- **ค่า ETo ที่ได้จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ**
- **ประสิทธิภาพชลประทาน**
- **ตารางแสดงค่าต่าง ๆ ดังรูป**

สามารถป้อนค่าที่ ช่องป้อนค่าประสิทธิภาพชลประทาน (ลูกศรสีแดง) ได้

ความต้องการน้ำชลประทานที่ประตูระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาฝายคลองสวนหมาก

พื้นที่ชลประทาน = 13815 ไร่, Kc (6 มี.ค. 2565) = 0.556814, Kc2 (14 มี.ค. 2565) = 0.547852

ค่า ETo ที่ได้จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ RID-KU001 (มม./วัน) = 4.40 (2022-03-21)

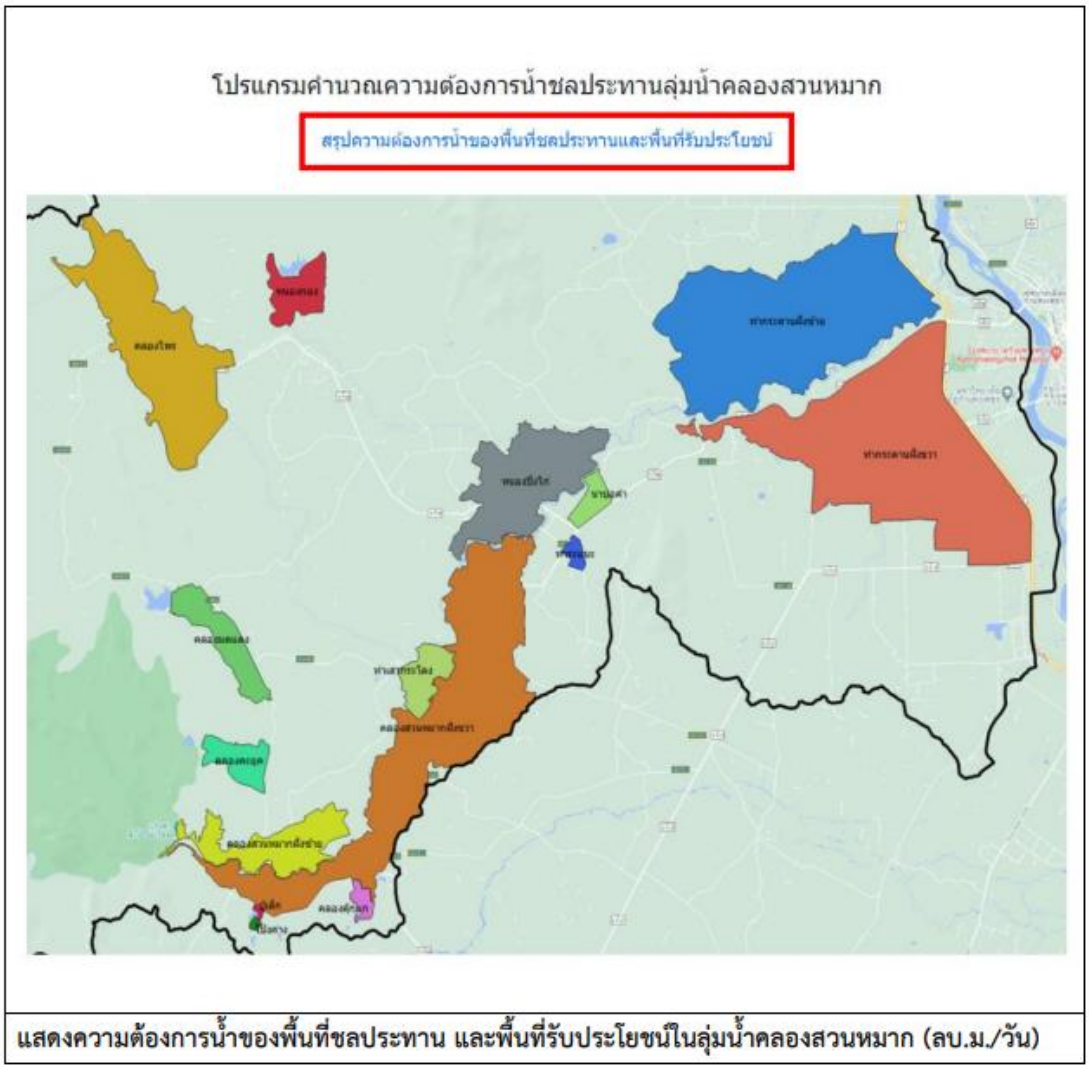
ฝนที่ตกเมื่อวาน (มม.) = 0.00 (2022-03-21) , ฝนที่เหลือจากเมื่อวานขัน (มม.) = 0.00 (2022-03-20)

ป้อนค่าประสิทธิภาพชลประทาน

ประสิทธิภาพชลประทาน (%) = 60 (ค่าเริ่มต้น)

วันที่	ET_o (IrriSAT) (มม.)	ET_c (มม.)	ฝน (TMD Forecast) (มม.)	ความน่าจะเป็นในการเกิดฝน (IrriSAT) (%)	ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (ล.ม./วัน)	น้ำชลประทานที่ต้องส่ง (ลบ.ม./วินาที)	ผลการตรวจวัดน้ำที่ประตูระบายคลอง (ลบ.ม./วินาที)
21 มี.ค. 2565	4.80	3.63	1.9	69	2.319	0.989	0.77
22 มี.ค. 2565	4.60	3.42	0	86	3.420	1.458	
23 มี.ค. 2565	4.20	3.12	0	87	3.120	1.330	
24 มี.ค. 2565	4.20	3.12	33.1	79	0.000	0.000	
25 มี.ค. 2565	4.80	3.57	5.8	32	1.714	0.731	
26 มี.ค. 2565	5.30	3.94	0	0	3.940	1.680	
27 มี.ค. 2565	5.80	4.31	0	0	4.310	1.838	
28 มี.ค. 2565	5.30	3.94	8.6	49	0.000	0.000	
29 มี.ค. 2565	4.10	3.05	0	76	3.050	1.300	

3.4 หน้าต่างสรุปความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทาน และพื้นที่รับประโยชน์



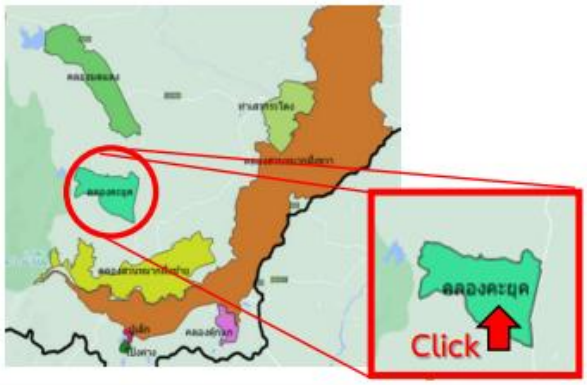
แสดงความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทาน และพื้นที่รับประโยชน์ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ลบ.ม./วัน)

สรุปความต้องการน้ำของพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก (ลบ.ม./วัน)

ประสิทธิภาพชลประทาน (%) = 60 (ค่าในตัน)

พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่ (ไร่)	22 มี.ค. 2565	23 มี.ค. 2565	24 มี.ค. 2565	25 มี.ค. 2565	26 มี.ค. 2565	27 มี.ค. 2565	28 มี.ค. 2565	29 มี.ค. 2565	รวม
1.ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย	2568	31295	28556	0	22701	36911	39650	11765	27803	198681
2.ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา	13815	125993	114941	0	63144	145150	158780	0	112362	720370
3.ฝายท่ากระดานฝั่งซ้าย	14371	164021	143710	0	100559	180500	200811	16019	143710	949330
4.ฝายท่ากระดานฝั่งขวา	15909	170544	145684	0	128714	187938	208726	0	149332	990938
5.อ่างเก็บน้ำคลองไพร	7398	59381	53857	0	42810	73191	78715	20497	56619	385070
รวมพื้นที่ชลประทาน	54061	551234	486748	0	357928	623690	686682	48281	489826	3244389
พื้นที่รับประโยชน์										
6.ฝายท่าสากรโตง	1299	16385	14583	0	10392	18879	20645	4579	14237	99700
7.ฝายหนองปึงใก้ พื้นที่ต้นคลอง	560	8243	7217	0	6009	9498	10394	3205	7347	51913
8.ฝายหนองปึงใก้ นาคง	2084	30899	27692	0	22240	35567	38957	12148	27509	195012
9.ฝายหนองปึงใก้ ตะพา	67	672	613	0	379	774	847	21	599	3905
10.ฝายหนองปึงใก้ ห้วยเล่า	2416	28863	26351	0	18503	33244	36337	6095	25706	175099

ประกอบด้วย พื้นที่ชลประทาน 5 พื้นที่ และพื้นที่รับประโยชน์ 14 พื้นที่

<table>
<tr><th colspan="2">4. Function ข้อมูลพยากรณ์อากาศ</th></tr>
<tr><td>
</td><td>4.1. Click กรอบสีแดง จะปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>4.2. Click พื้นที่ที่ต้องการทราบค่าข้อมูลพยากรณ์อากาศจากคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง 7 วันล่วงหน้า</td></tr>
</table>

4. Function ข้อมูลพยากรณ์อากาศ (ต่อ)

4.3. ปรากฏข้อมูลพยากรณ์อากาศจากคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง 7 วันล่วงหน้า ของพื้นที่ที่ทำการเลือกดังรูป

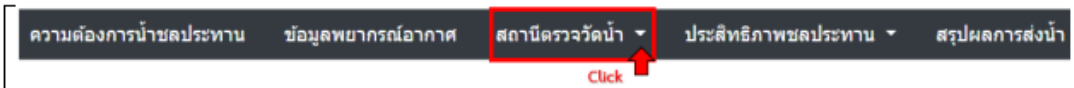
ข้อมูลพยากรณ์อากาศจากคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง 7 วันล่วงหน้า

Open Data TMD กรมอุตุนิยมวิทยา

Latitude (N) : 16.351944, Longtitude (E) : 99.293976

สำหรับพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองคะยุค (KKY)

Date	Tmax (°C)	Tmin (°C)	RH (%)	Rain (mm)	WS10m (m/s)	WD10m (degree N)	CloudLow (%)	CloudMed (%)	CloudHigh (%)	SWdown (W/m^2)	Cond	ETo (mm/day)
20 พ.ค. 2564	32.75	26.02	70.79	7.8	5.08	257	50	22.08	3.25	628.56	มีฝนบางส่วน	6.96
19 พ.ค. 2564	33.3	26.47	71.72	11.5	3.86	250.95	47.75	22.08	0.25	639.21	มีฝนบางส่วน	6.92
18 พ.ค. 2564	34.53	26.33	66.49	0	3.81	249.72	34.38	22.08	0	643.15	ท้องฟ้าแจ่มใส	7.24
17 พ.ค. 2564	35	26.93	64.03	2.1	3.14	267.07	30.38	22.08	0	644.47	ท้องฟ้าแจ่มใส	7.25
16 พ.ค. 2564	34.45	27.14	60.51	0.5	4.55	260.75	29.75	22.08	0	646.53	ท้องฟ้าแจ่มใส	7.71
15 พ.ค. 2564	37.75	27.47	50.35	0	5.73	256.75	0.21	22.08	0	649.21	ท้องฟ้าแจ่มใส	9.04
14 พ.ค. 2564	37.2	28.28	50.66	0	6.54	252.82	3.71	8.17	0	647.88	ท้องฟ้าแจ่มใส	9.32
13 พ.ค. 2564	36.5	27.38	51.04	0	6.46	253.78	4.23	19.32	0.86	646.98	ท้องฟ้าแจ่มใส	9.09



5.1 ปัจจุบันประกอบด้วย 9 สถานี ได้แก่

RID-KU WL000 อาคารวัดน้ำ iGEAR คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

RID-KU WL001 ฝายคลองสวนหมาก

RID-KU WL002 BCW ท้าย ปตร. คลองสวนหมากฝั่งซ้าย

RID-KU WL003 BCW ท้าย ปตร. คลองสวนหมากฝั่งขวา

RID-KU WL004 อ่างเก็บน้ำคลองไพร

RID-KU WL005 BCW ท้าย ปตร.คลองไพร

RID-KU WL006 ฝายหนองปิ้งไก่

RID-KU WL007 แตรนาดง แตรลงนา แตรห้วยเต่า แตรมอเจริญ

RID-KU WL008 ฝายท่ากระตาน

5.2 เมื่อปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป จะแสดงข้อมูล

- ระดับ sensor (ม.รทก.)
- ระดับสันฝาย (ม.รทก.)
- ระยะ d1 (ม.) คือ ระยะระดับสันฝาย ถึง ระดับsensor
- วันที่ เวลา(ทุก15นาที)
- ระยะ d2 (ม.) คือ ระดับน้ำเหนือสันฝาย ถึง ระดับsensor
- h1 (ม.) คือ ระดับน้ำเหนือสันฝาย
- Q(ลบ.ม./วินาที) คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านฝาย

เพื่อใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน ในพื้นที่นั้น ๆ

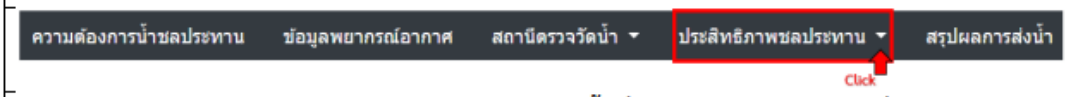
สถานีตรวจวัดน้ำ

ฝายคลองสวนหมาก

Station :RID-KU WL001, ระดับ Sensor เหนือน้ำ (ม.รทก.) = 148.373 , ระดับ Sensor ท้ายน้ำ (ม.รทก.) = 145.576 , ระดับสันฝาย (ม.รทก.) = 144.148 , d1 เหนือน้ำ = 4.225, d1 ท้ายน้ำ = 1.428

Date	Time	US.d2 (ม.)	DS.d2 (ม.)	US.WL (ม.รทก.)	DS.WL (ม.รทก.)	h1 (ม.)	Q (ลบ.ม./วินาที)
06 มี.ค. 2565	22:00	4.158	1.421	144.215	144.155	0.067	4.940
06 มี.ค. 2565	21:45	4.157	1.422	144.216	144.154	0.068	5.019
06 มี.ค. 2565	21:30	4.158	1.421	144.215	144.155	0.067	4.940
06 มี.ค. 2565	21:15	4.158	1.421	144.215	144.155	0.067	4.940
06 มี.ค. 2565	21:00	4.159	1.422	144.214	144.154	0.066	4.861
06 มี.ค. 2565	20:45	4.157	1.422	144.216	144.154	0.068	5.019
06 มี.ค. 2565	20:15	4.161	1.423	144.212	144.153	0.064	4.704
06 มี.ค. 2565	20:00	4.162	1.423	144.211	144.153	0.063	4.625
06 มี.ค. 2565	19:45	4.162	1.423	144.211	144.153	0.063	4.625
06 มี.ค. 2565	19:30	4.162	1.424	144.211	144.152	0.063	4.625
06 มี.ค. 2565	19:15	4.163	1.424	144.210	144.152	0.062	4.547

6. Function ประสิทธิภาพชลประทาน



6.1 ปัจจุบันได้ทำการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน 7 พื้นที่ ได้แก่ 1.คลองสวนหมากฝั่งซ้าย 2.คลองสวนหมากฝั่งขวา 3.อ่างเก็บน้ำคลองไพร 4.แตรนาดง 5.แตรลงนา 6.แตรห้วยเต่า 7.แตรมอเจริญ

6.2 เมื่อปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป จะแสดงข้อมูล

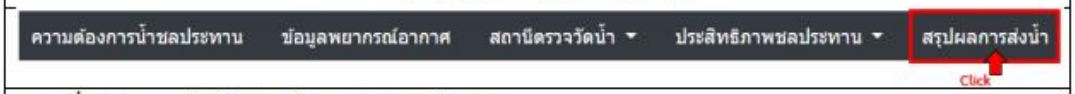
- วันที่
- ปริมาณความต้องการน้ำ ปริมาณน้ำที่ต้องส่ง ปริมาณน้ำที่ส่งจริง หน่วย (ลบ.ม./วินาที)
- ค่า DPR
- ปริมาณความต้องการน้ำสะสม ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม หน่วย (ลบ.ม.)
- Ei คือ ประสิทธิภาพชลประทาน (%)
- สถานการณ์ส่งน้ำ (เพียงพอ/ไม่เพียงพอ)

ประสิทธิภาพชลประทาน

คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ฝ่ายคลองสวนหมาก

Date	Qnet (m^3/s)	Qtarget (m^3/s)	Qdelivered (m^3/s)	DPR	Cumu.Qnet (m^3)	Cumu.Qtarget (m^3)	Cumu.Qdelivered (m^3)	Ei1 (%)	Delivery Status	Cumu.Qnet2 (m^3)	Cumu.Qdelivered2 (m^3)	Ei2 (%)
23 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.250	0.000	0	0	21641	0.0	OK	0	21641	0.0
24 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
25 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
26 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
27 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
28 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
29 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
30 ก.ย. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
01 ต.ค. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
02 ต.ค. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21641	0.0	Shortage	0	21641	0.0
03 ต.ค. 2564	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	21642	0.0	OK	0	21642	0.0

7. Function สรุปผลการส่งน้ำ



7.1 เมื่อปรากฏหน้าเว็บไซต์ดังรูป จะแสดงข้อมูล

- พื้นที่คลอง (ไร่) พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
- วันที่เริ่มส่งน้ำ
- วิเคราะห์ถึงวันที่ จะแบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้ง (16 พ.ค. – 15 พ.ย.) ฤดูฝน (16 พ.ย. – 15 พ.ค.)
- จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ
- จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ
- ปริมาณความต้องการน้ำสะสม (ลบ.ม.)
- ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)
- ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)
- ประสิทธิภาพ (%)
- Deliver Performance Ration (DPR)
- ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)
- ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)
- ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)
- ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)
- ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)
- ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)
- ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)
- ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก.)

ในส่วนนี้ จะนำไปประเมินผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.) ต่อไป

สรุปผลการส่งน้ำ ฤดูแล้ง 2564/2565 16 พฤศจิกายน 2564 - 15 พฤษภาคม 2565

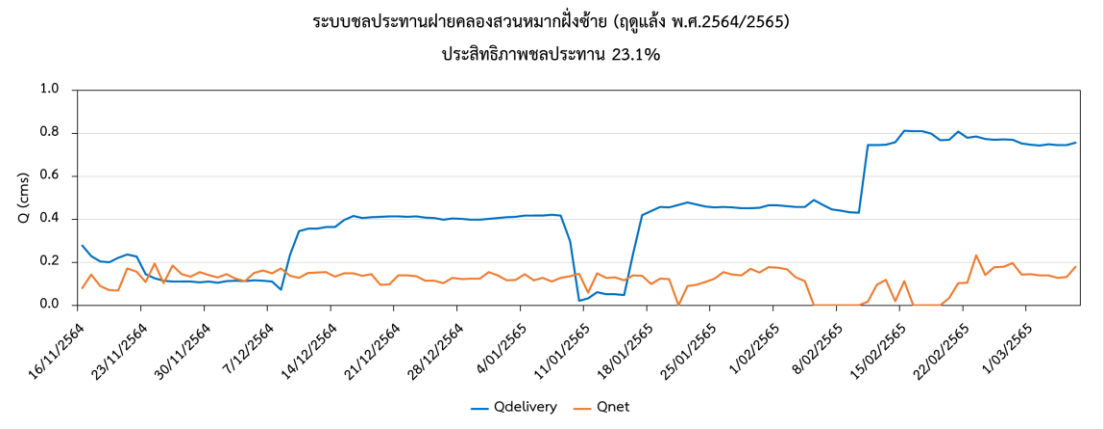
รายงานผลการส่งน้ำ ฤดูฝน 2564 16 พฤษภาคม 2564 - 15 พฤศจิกายน 2564

ข้อมูลผลการส่งน้ำ	ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย	ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา	ระบบชุดประทานล่างเก็บน้ำคลองไพร	แตรนาคง	แตรลองนา	แตรห้วยเต่า	แตรมอเจริญ
พื้นที่คลอง (ไร่)	2568.13	13815.2	7398.21	2084	66.55	2416	200
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2568.13	11052.2	3248.52	1667	66.55	1691.2	200
วันที่เริ่มส่งน้ำ	16 พ.ย. 2564	16 พ.ย. 2564	16 พ.ย. 2564	16 พ.ย. 2564	16 พ.ย. 2564	16 พ.ย. 2564	16 พ.ย. 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	10 พ.ค. 2565	10 พ.ค. 2565	10 พ.ค. 2565	10 พ.ค. 2565	10 พ.ค. 2565	10 พ.ค. 2565	10 พ.ค. 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	176	176	176	176	176	176	176
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	9	9	77	1	0	0	0
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	1840290	6192520	1959610	1235210	53511.4	1320140	170436
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	3067150	10476000	3709020	2133760	89319.4	2340300	284056
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	9624700	11833400	5295070	6442820	290861	4338890	521705
ประสิทธิภาพ (%)	18.1067	49.3033	17.3334	18.9368	18.3976	30.4258	32.6691

ภาคผนวก ฉ7
การประเมินระบบชลประทานในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้ายช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 20 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-1 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.23 ลบ.ม./วินาที อยู่ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 แต่มีปริมาณน้ำที่ส่งจริงมากกว่าความต้องการน้ำในปริมาณมาก ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.81 ลบ.ม./วินาที อยู่ในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-1 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 1.132 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.845 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 23.1% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.97 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 13.49 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ยถึง 3 เท่า มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 3.22 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-1 ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

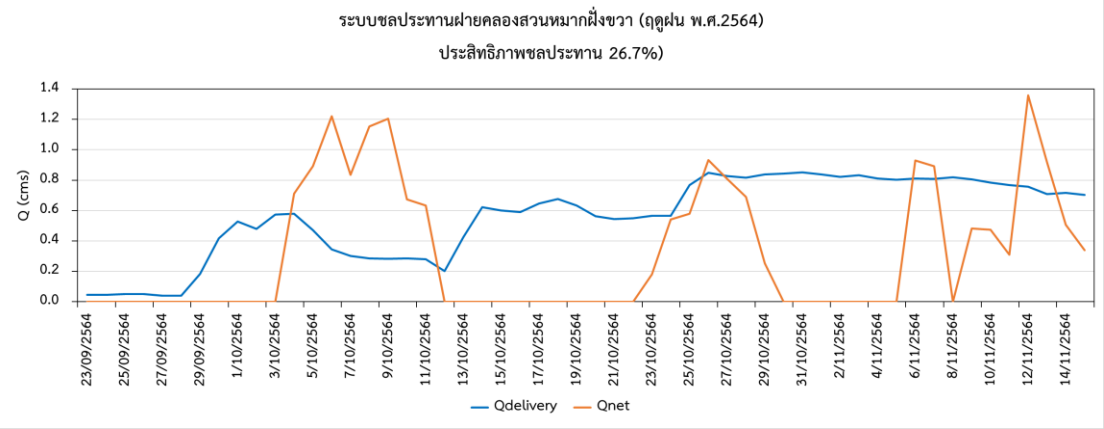
ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-1 ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย
(ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย	
พื้นที่คลอง (ไร่)	2,568.13
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,568.13
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	16 พฤศจิกายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	6 มีนาคม 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	20
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	1,132,280.69
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	887,624.12
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	3,845,276.87
ประสิทธิภาพ (%)	23.08
Deliver Performance Ratio (DPR)	4.33
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	440.90
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	345.63
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	1,497.31
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.97
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.11
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	13.49
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งขวาช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 54 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 23 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-2 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 1.36 ลบ.ม./วินาที ในวันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.85 ลบ.ม./วินาที ในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึง ต้นเดือนพฤศจิกายน เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-2 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 1.513 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.594 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 26.73% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.03 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 3.48 ลบ.ม./ไร่/วัน เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกฝายคลองสวนหมากฝั่งขวาจำนวน 13,815.24 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 809.61 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 25.87 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-2 ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-2 ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

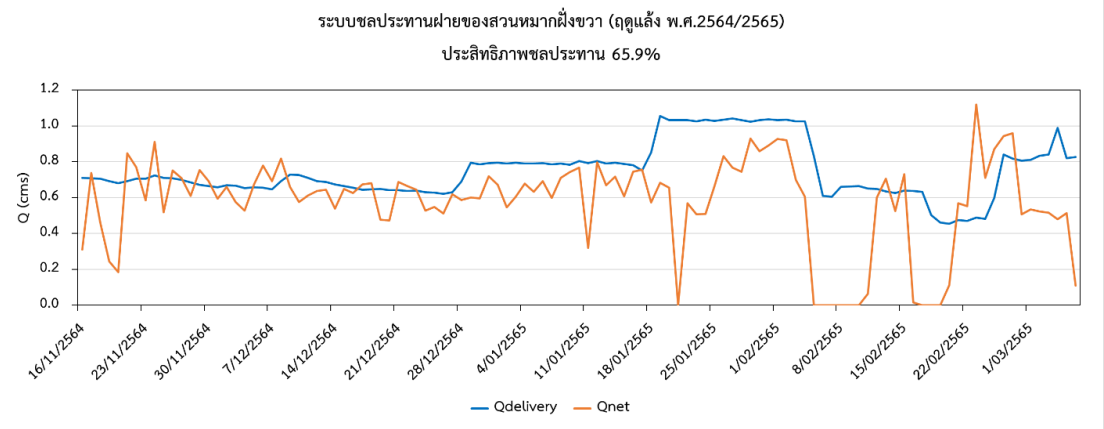
ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา	
พื้นที่คลอง (ไร่)	13,815.24
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	13,815.24
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	23 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	54
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	13
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	1,513,174.25
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	2,521,957.08
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	2,593,934.87
ประสิทธิภาพ (%)	26.73
Deliver Performance Ratio (DPR)	1.03
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	109.53
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	182.55
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	187.76
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.03
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.38
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.48
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	11,185.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	809.61
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)**	8.62

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งขวาช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 20 วัน จากรูปภาคผนวกที่ 14.5-4 แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 1.12 ลบ.ม./วินาที อยู่ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 1.05 ลบ.ม./วินาที อยู่ในวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2565 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ 14.5-6 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 5.497 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 7.192 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 65.9% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.58 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 4.69 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการน้ำ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 9.33 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-3 ระบบชลประทานฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-3 ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา

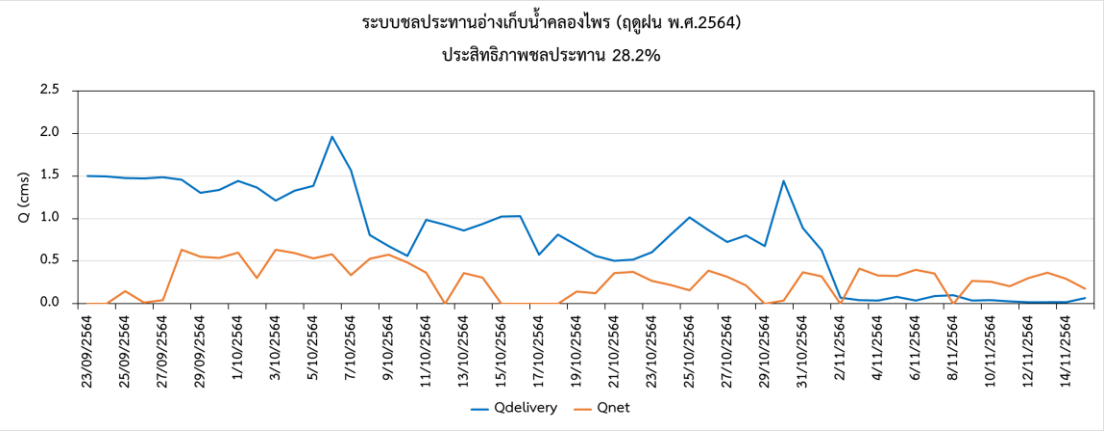
(ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา	
พื้นที่คลอง (ไร่)	13,815.24
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	13,815.24
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	11/16/2021
วิเคราะห์ถึงวันที่	3/6/2022
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	27
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	5,496,686.62
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	9,161,144.37
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	7,191,783.95
ประสิทธิภาพ (%)	65.87
Deliver Performance Ratio (DPR)	0.79
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	397.87
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	663.12
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	520.57
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.58
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	5.97
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.69
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

ระบบชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองไพรช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 54 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 12 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-4 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.63 ลบ.ม./วินาที ในช่วงปลายเดือนกันยายนถึงต้นเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 1.97 ลบ.ม./วินาที ในวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2564 โดยรวมแล้วมีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบเพียงพอต่อปริมาณความต้องการน้ำ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ 14.5-7 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 1.305 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.664 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 28.21% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.27 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 9.17 ลบ.ม./ไร่/วัน เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกอ่างเก็บน้ำคลองไพรจำนวน 7,398.21 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 1,004.03 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 14.19 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-4 ระบบชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองไพร (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-4 ผลการส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองไพร (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

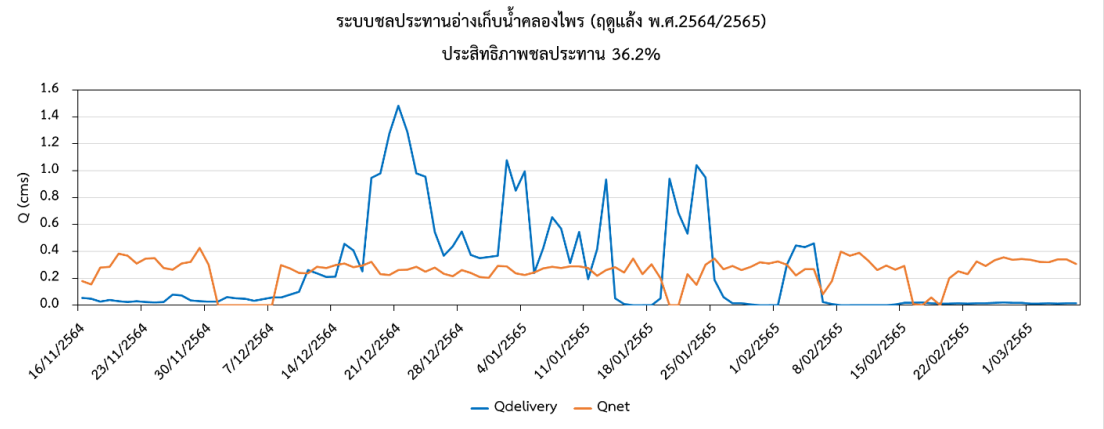
ผลการส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองไพร	
พื้นที่คลอง (ไร่)	7,398.21
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	7,398.21
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	23 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	54
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	12
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	1,304,682.02
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	2,174,470.04
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	3,664,491.63
ประสิทธิภาพ (%)	28.21
Deliver Performance Ratio (DPR)	1.69
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	176.35
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	293.92
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	495.32
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.27
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	5.44
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	9.17
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	7,428.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	1,004.03
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)**	4.73

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

ระบบชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองไพรช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 64 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-5 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.43 ลบ.ม./วินาที ในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน และต้นเดือนกุมภาพันธ์ ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 1.48 ลบ.ม./วินาที อยู่ในวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2564 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-5 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 2.385 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.430 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 36.15% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.90 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 2.96 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการน้ำ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 21.39 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-5 ระบบชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองไพร (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-8 ผลการส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองไพร

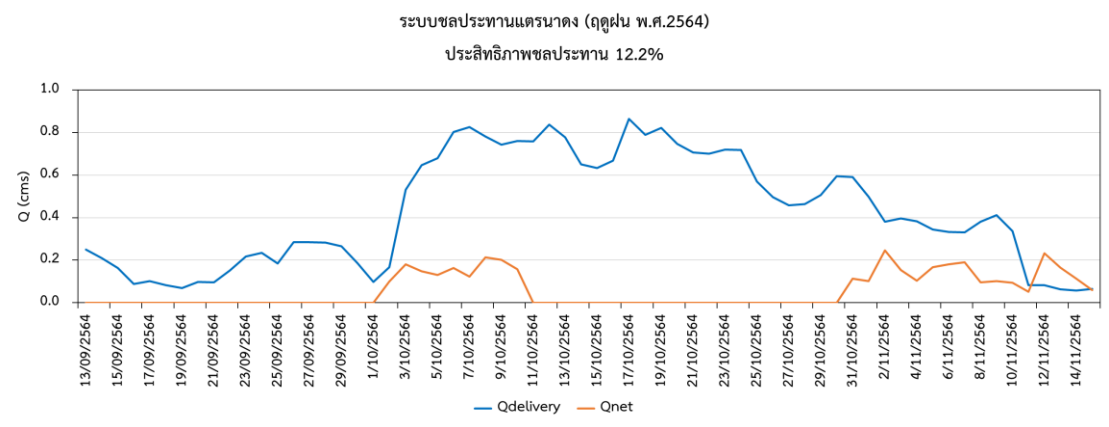
(ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองไพร	
พื้นที่คลอง (ไร่)	7,398.21
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	7,398.21
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	16 พฤศจิกายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	6 มีนาคม 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	64
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	2,384,655.97
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	3,974,426.61
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	2,430,414.88
ประสิทธิภาพ (%)	36.15
Deliver Performance Ratio (DPR)	0.61
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	322.33
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	537.21
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	328.51
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.90
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.84
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.96
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำนาดงช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 64 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 3 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-6 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.25 ลบ.ม./วินาที มีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่างมาก สูงสุด 0.86 ลบ.ม./วินาที ทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-6 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 309,367.74 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.375 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสมถึง 7 เท่า ส่งผลให้มีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 12.20% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.32 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 17.18 ลบ.ม./ไร่/วัน เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกแตรส่งน้ำนาดง จำนวน 2,084.00 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 631.48 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 3.32 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-6 ระบบชลประทานแตรนาดง (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-6 ผลการส่งน้ำแตรนาดง (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

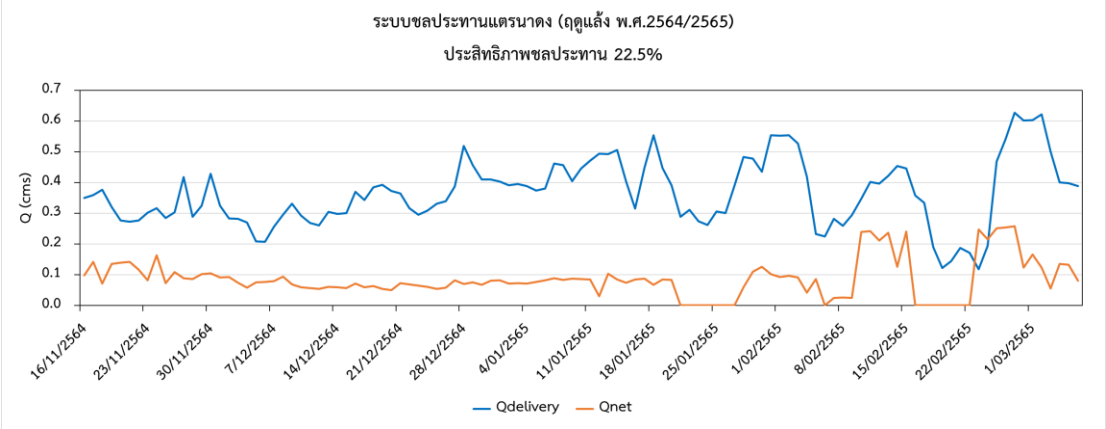
ผลการส่งน้ำแตรนาดง	
พื้นที่คลอง (ไร่)	2,084.00
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,084.00
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	13 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	64
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	3
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	309,367.74
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	515,612.90
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	2,375,439.14
ประสิทธิภาพ (%)	12.20
Deliver Performance Ratio (DPR)	4.61
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	148.45
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	247.42
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	1,139.85
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.32
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.87
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	17.81
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	1,316.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	631.48
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)**	1.11

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำนาดงช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 2 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-7 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.26 ลบ.ม./วินาที ในช่วงต้นเดือนมกราคม พ.ศ.2565 ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.63 ลบ.ม./วินาที ในช่วงเวลาเดียวกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-7 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 823,333.19 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.502 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 22.54% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.56 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 15.14 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่างมาก มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 2.25 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-7 ระบบชลประทานแตรนาดง (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

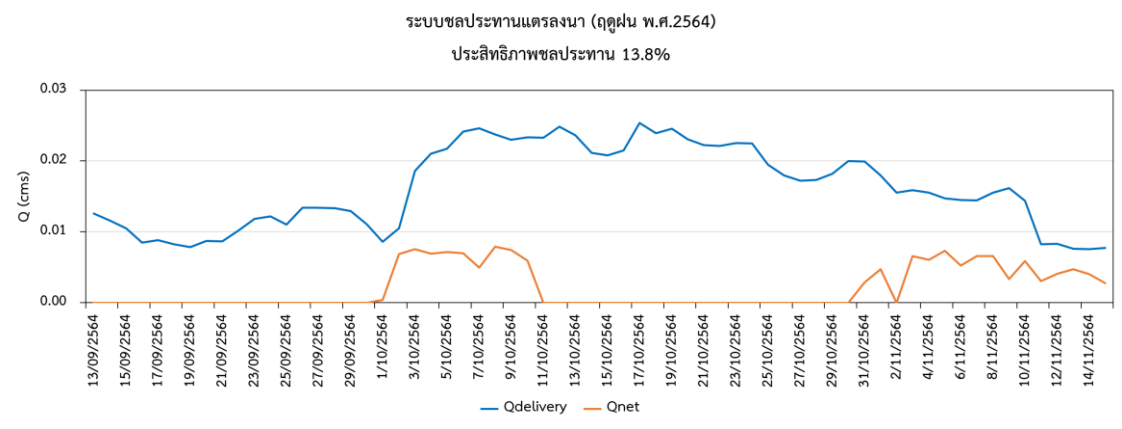
ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-7 ผลการส่งน้ำแตรนาดง (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำแตรนาดง	
พื้นที่คลอง (ไร่)	2,084.00
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,084.00
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	16 พฤศจิกายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	6 มีนาคม 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	2
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	823,333.19
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	1,372,221.98
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	3,502,802.46
ประสิทธิภาพ (%)	22.54
Deliver Performance Ratio (DPR)	2.55
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	395.07
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	658.46
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	1,680.81
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.56
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	5.93
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	15.14
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำลงนาช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 64 วัน พบว่า มีการส่งน้ำเพียงพอต่อพื้นที่ จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-8 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.01 ลบ.ม./วินาที มีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่าง สูงสุด 0.03 ลบ.ม./วินาที ทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-8 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 11,747.83 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 89,861.12 ลบ.ม. ส่งผลให้มีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 13.84% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.76 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 21.10 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ยถึง 10 เท่า เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกแตรส่งน้ำลงนาจำนวน 66.55 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 1,307.29 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 5.81 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-8 ระบบชลประทานแตรลงนา (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-8 ผลการส่งน้ำแตรลงนา (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

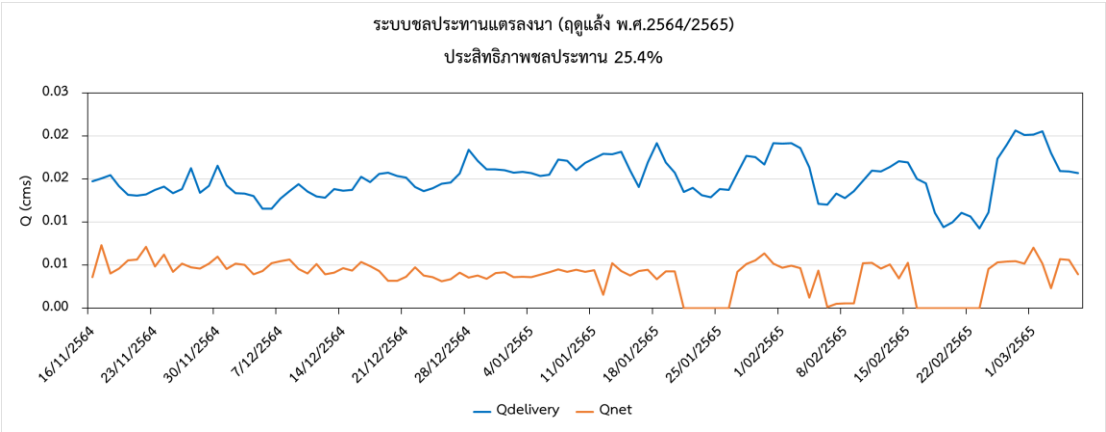
ผลการส่งน้ำแตรลงนา	
พื้นที่คลอง (ไร่)	66.55
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	66.55
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	13 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	64
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	0
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	11,747.83
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	19,579.71
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	89,861.12
ประสิทธิภาพ (%)	13.84
Deliver Performance Ratio (DPR)	4.59
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	176.53
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	294.21
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	1,350.28
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.76
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.60
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	21.10
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	87.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	1,307.29
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)**	1.94

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำลงนาช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำเพียงพอต่อพื้นที่ จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-9 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.01 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.02 ลบ.ม./วินาที เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-9 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 36,790.77 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 145,095.79 ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 25.36% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 4.98 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 19.64 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่างมาก มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 3.60 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-9 ระบบชลประทานแตรลงนา (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

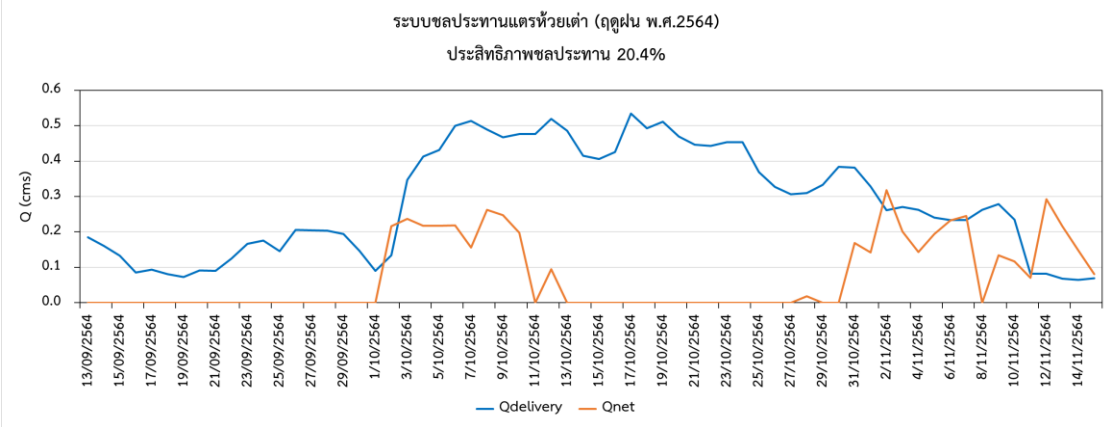
ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-9 ผลการส่งน้ำแตรลงนา (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำแตรลงนา	
พื้นที่คลอง (ไร่)	66.55
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	66.55
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	16 พฤศจิกายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	6 มีนาคม 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	0
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	36,790.77
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	61,317.95
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	145,095.79
ประสิทธิภาพ (%)	25.36
Deliver Performance Ratio (DPR)	2.37
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	552.83
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	921.38
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	2,180.25
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.98
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	8.30
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	19.64
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำห้วยเต่าช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 64 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 7 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-10 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.32 ลบ.ม./วินาที มีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่างมาก สูงสุด 0.54 ลบ.ม./วินาที ทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-10 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 413,340.79 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 1.584 ล้าน ลบ.ม. ส่งผลให้มีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 20.39% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.67 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 10.25 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ยถึง 5 เท่า เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกแตรส่งน้ำห้วยเต่าจำนวน 2,416.00 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 871.27 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 7.97 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-10 ระบบชลประทานแตรห้วยเต่า (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-10 ผลการส่งน้ำแตรห้วยเต่า (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

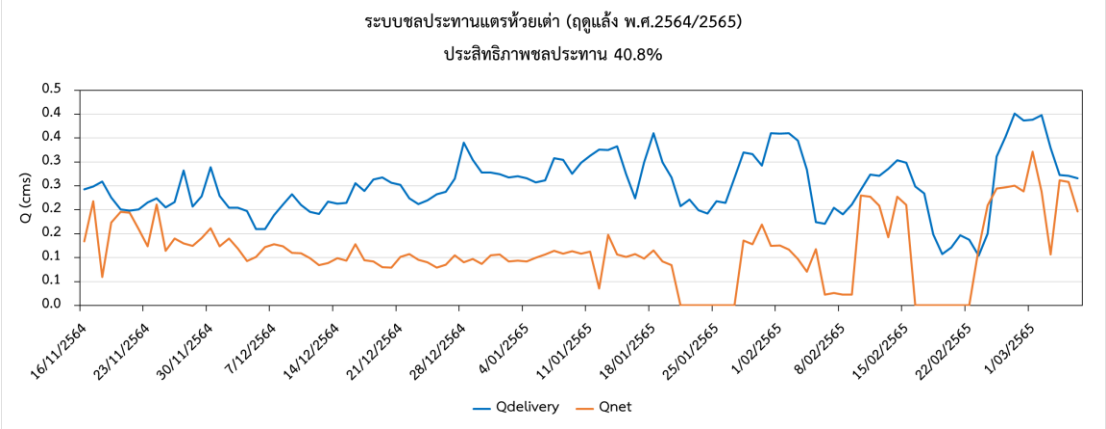
ผลการส่งน้ำแตรห้วยเต่า	
พื้นที่คลอง (ไร่)	2,416.00
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,416.00
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	13 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	64
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	7
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	413,340.79
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	688,901.32
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	1,584,147.01
ประสิทธิภาพ (%)	20.39
Deliver Performance Ratio (DPR)	2.30
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	171.08
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	285.14
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	655.69
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	2.67
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.46
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	10.25
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	2,105.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	871.27
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)**	2.66

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำห้วยเต่าช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวน 2 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-11 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.35 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.43 ลบ.ม./วินาที เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-11 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 1.087 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.416 ล้าน ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 40.78% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 4.05 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 9.01 ลบ.ม./ไร่/วัน มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 5.23 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-11 ระบบชลประทานแตรห้วยเต่า (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

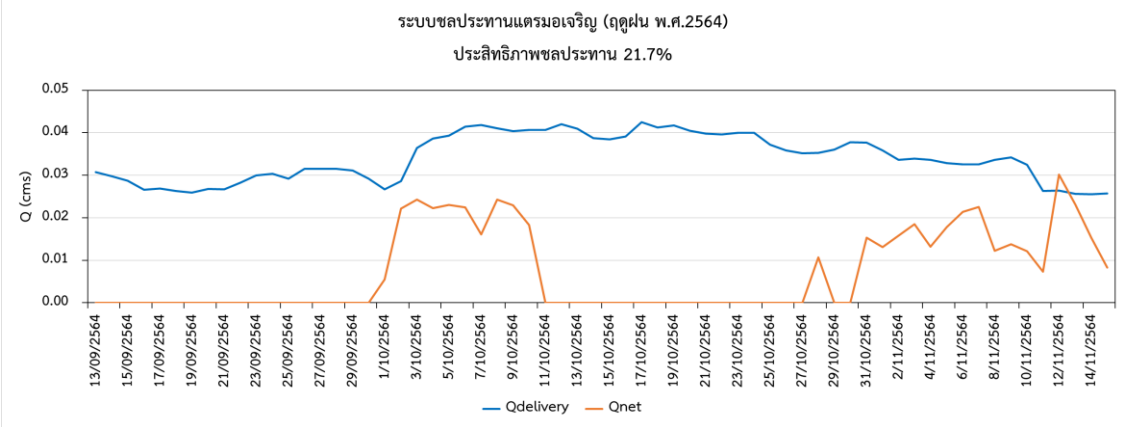
ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-11 ผลการส่งน้ำแตรห้วยเต่า (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำแตรห้วยเต่า	
พื้นที่คลอง (ไร่)	2,416.00
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	2,416.00
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	16 พฤศจิกายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	6 มีนาคม 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	2
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	1,087,024.46
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	1,811,707.44
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	2,416,480.57
ประสิทธิภาพ (%)	40.78
Deliver Performance Ratio (DPR)	1.33
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	449.93
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	749.88
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	1,000.20
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.05
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	6.76
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	9.01
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำมอเจริญช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2564

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 64 วัน พบว่า มีการส่งน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่จำนวนทั้งสิ้น 1 วัน จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-12 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.03 ลบ.ม./วินาที มีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่าง สูงสุด 0.04 ลบ.ม./วินาที ทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-12 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 40,763.24 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 188,437.94 ลบ.ม. ส่งผลให้มีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 21.70% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.18 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 14.72 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ยถึง 5 เท่า เมื่อพิจารณาผลิตภาพน้ำของพื้นที่เพาะปลูกแตรส่งน้ำมอเจริญจำนวน 200.00 ไร่ พบว่า มีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 785.00 กก./ไร่ มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 5.00 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-12 ระบบชลประทานแตรมอเจริญ (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-12 ผลการส่งน้ำแตรมอเจริญ (ฤดูฝน พ.ศ.2564)

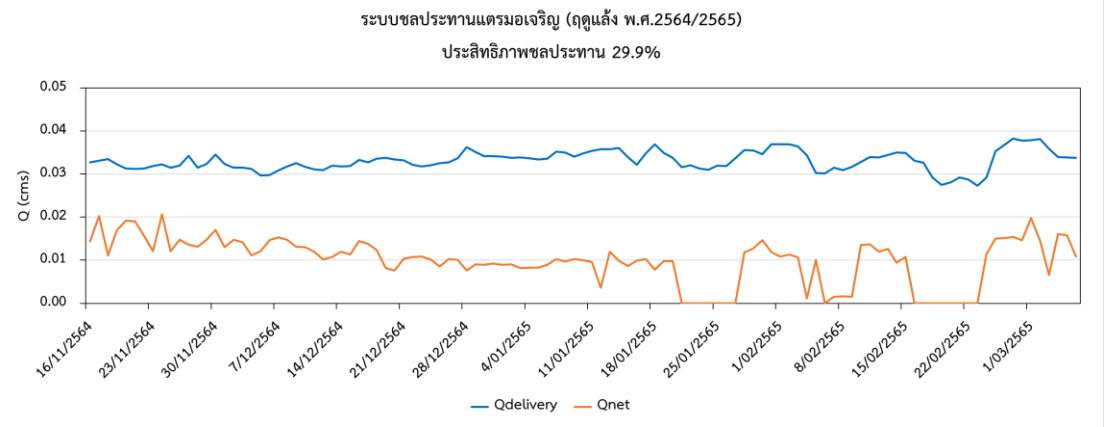
ผลการส่งน้ำแตรมอเจริญ	
พื้นที่คลอง (ไร่)	200.00
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	200.00
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	13 กันยายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	15 พฤศจิกายน 2564
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	64
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	1
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	40,763.24
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	67,938.74
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	188,437.94
ประสิทธิภาพ (%)	21.70
Deliver Performance Ratio (DPR)	2.77
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	203.82
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	339.69
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	942.19
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	3.18
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	5.31
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	14.72
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	157.00
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	785.00
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)**	1.67

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

** วิเคราะห์เพียง 1/3 ของฤดูกาล

ระบบชลประทานแตรส่งน้ำมอเจริญช่วงฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565

เริ่มทำการวิเคราะห์ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 111 วัน พบว่า มีการส่งน้ำเพียงพอต่อพื้นที่ จากรูปภาคผนวกที่ ฉ7-13 แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.021 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบสูงสุด 0.038 ลบ.ม./วินาที เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการส่งน้ำแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ฉ7-13 พบว่ามีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 95,076.81 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 318,125.25 ลบ.ม. โดยมีประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 29.89% พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 4.28 ลบ.ม./ไร่/วัน ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 14.33 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำอย่างมาก มีผลิตภาพน้ำเท่ากับ 2.96 บาท/ลบ.ม.



รูปภาคผนวกที่ ฉ7-13 ระบบชลประทานมอเจริญ (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ตารางภาคผนวกที่ ฉ7-13 ผลการส่งน้ำแตรมอเจริญ (ฤดูแล้ง พ.ศ.2564/2565)

ผลการส่งน้ำแตรมอเจริญ	
พื้นที่คลอง (ไร่)	200.00
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	200.00
วันที่เริ่มส่งน้ำ*	16 พฤศจิกายน 2564
วิเคราะห์ถึงวันที่	6 มีนาคม 2565
จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	111
จำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอ	0
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม (ลบ.ม.)	95,076.81
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม (ลบ.ม.)	158,461.36
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม (ลบ.ม.)	318,125.25
ประสิทธิภาพ (%)	29.89
Deliver Performance Ratio (DPR)	2.01
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ (ลบ.ม./ไร่)	475.38
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งตามแผน (ลบ.ม./ไร่)	792.31
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่)	1,590.63
ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	4.28
ปริมาณที่ต้องส่งตามแผนเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	7.14
ปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย (ลบ.ม./ไร่/วัน)	14.33
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (ตัน)	-
ผลผลิตเทียบเป็นข้าว (กก./ไร่)	-
ผลิตภาพน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	-

หมายเหตุ : * วันที่เริ่มตรวจวัดน้ำ

เมื่อทำการพิจารณาภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก พบว่า ช่วงฤดูฝนพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานสูงสุด คือ ท้าย ปตร.อ่างเก็บน้ำคลองไพร มีค่าประสิทธิภาพชลประทานอยู่ที่ 28.21% เริ่มทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 23 กันยายน พ.ศ.2564 จนถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 1.304 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม 2.174 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.644 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีจำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอทั้งสิ้น 12 วัน พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.27 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 9.17 ลบ.ม./ไร่/วัน ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการน้ำในพื้นที่ ส่วนพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานน้อยที่สุด คือ แตรนาดง ที่มีค่าประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 12.20% ทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 309,367.74 ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม 515,612.90 ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.375 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีจำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอทั้งสิ้น 3 วัน พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 2.32 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 17.81 ลบ.ม./ไร่/วัน จะเห็นได้ว่ามีการส่งน้ำเกินต่อความต้องการน้ำของพื้นที่เป็นปริมาณมาก ซึ่งส่งผลให้สิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ และประสิทธิภาพชลประทาน อย่างไรก็ตามการประเมินประสิทธิภาพชลประทานในฤดูฝนของ 7 พื้นที่ ยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 60% อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณฝนตกเพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ แต่ระบบชลประทานยังมีการส่งน้ำให้แก่พื้นที่ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ส่งจริงมีค่ามากกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่ดังกล่าว

ช่วงฤดูแล้ง พื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานสูงสุด คือ ฝายคลองสวนหมากฝั่งขวา โดยมีค่าประสิทธิภาพชลประทานอยู่ที่ 65.87% เริ่มทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 จนถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 4.496 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งสะสม 9.161 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 7.191 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีจำนวนวันที่ส่งน้ำไม่พอทั้งสิ้น 27 วัน พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.58 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 4.69 ลบ.ม./ไร่/วัน ส่วนพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพชลประทานน้อยที่สุด คือ แตรนาดง ที่มีค่าประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ 22.54% ทำการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 จนถึงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสะสม 0.823 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ต้อง

ส่งสะสม 1.372 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 3.502 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเฉลี่ย 3.56 ลบ.ม./ไร่/วัน และมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงเฉลี่ย 15.14 ลบ.ม./ไร่/วัน

ส่วนของการวิเคราะห์ผลิตภาพน้ำ พบว่า ในช่วงฤดูฝนสูงสุดเท่ากับ 10.67 บาท/ลบ.ม. ในพื้นที่ฝายคลองสวนหมากฝั่งซ้าย ที่มีพื้นที่เพาะปลูก 2,568.13 ไร่ โดยมีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 803.31 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 386,616.89 ลบ.ม. ส่วนพื้นที่แตรนาดงมีผลิตภาพน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 1.11 บาท/ลบ.ม. ที่มีพื้นที่เพาะปลูก 2,084.00 ไร่ โดยมีผลผลิตเทียบเป็นข้าวเท่ากับ 631.48 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ส่งจริงสะสม 2.375 ล้าน ลบ.ม. ส่วนช่วงฤดูแล้งยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้

ภาคผนวก ช1
ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์ และประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุ

ความเป็นมา

คลองสวนหมากช่วงต้นและช่วงกลางเป็นทางน้ำที่มีความลาดชันสูง ขณะที่ช่วงปลายน้ำระหว่างฝายท่ากระดานและแม่น้ำปิงมีความลาดชันน้อย ในช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำจะไหลบ่าอย่างรวดเร็วทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในหลายพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณฝายที่ไม่มีประตูระบายน้ำ เช่น ฝายหนองปิ้งไก่จะเกิดน้ำล้นตลิ่งได้ง่าย และถ้าระบายน้ำลงแม่น้ำปิงไม่ทันเนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำปิงสูง จะเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองนครชุมซึ่งตั้งอยู่ที่ปากแม่น้ำคลองสวนหมาก กรมชลประทานจึงได้อนุมัติสร้างประตูระบายน้ำปลายคลองสวนหมาก 2 แห่ง คือ ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์ และประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุ ตั้งแต่ปี 2558 แต่การก่อสร้างมีปัญหาจึงยังก่อสร้างไม่เสร็จ

วัตถุประสงค์ของการก่อสร้างประตูระบายน้ำ

กรมชลประทานได้กำหนดวัตถุประสงค์สำหรับการก่อสร้างประตูระบายน้ำปลายคลองสวนหมากที่แยกออกเป็นสองสายก่อนไหลลงแม่น้ำปิง ทั้งสองแห่ง ไว้ดังนี้คือ

1.เพื่อการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่
2.เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำสำหรับพื้นที่เกษตร
3.เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว ช่วยสร้างงานและอาชีพเสริม ลดปัญหาการทิ้งถิ่นฐานภูมิลำเนาเข้าสู่เขตเมืองหลวง
4.เพื่อเป็นสถานที่ศึกษา เรียนรู้ศิลปวัฒนธรรม วิถีชีวิตชาวนครชุมและจังหวัดกำแพงเพชร
5.เพื่อเป็นสถานที่แสดงผลงานศิลปะ วัฒนธรรม ดนตรีจากทั่วประเทศ

ลักษณะโดยทั่วไปของประตูระบายน้ำทั้งสองแห่ง ประกอบด้วยบานระบาย พร้อม สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าแบบสูบน้ำกลับจากแม่น้ำปิงมาสู่คลองสวนหมาก ประตูระบายจะทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณน้ำลงสู่แม่น้ำปิงในช่วงฤดูน้ำหลากเพื่อการป้องกันน้ำท่วมเทศบาลเมืองนครชุม และทำหน้าที่รักษาระดับน้ำในพื้นที่ปลายคลองคลองสวนหมากโดยการสูบน้ำจากแม่น้ำปิงกลับสู่คลองสวนหมากเพื่อให้ประชาชนบริเวณนี้มีน้ำใช้ในการประกอบอาชีพ และช่วยพัฒนาระบบนิเวศปากแม่น้ำเพื่อส่งเสริม

การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมสำหรับชาวตำบลนครชุมซึ่งเป็นเมืองเก่ามีประวัติศาสตร์และความเป็นมาที่น่าสนใจได้อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

ประตูระบายน้ำปลายคลองสวนหมาก

ประตูระบายปลายคลองสวนหมากประกอบไปด้วย ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์ซึ่งอยู่ในคลองสวนหมากสายหลัก และประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุซึ่งมีรายละเอียดดังจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์พร้อมสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า

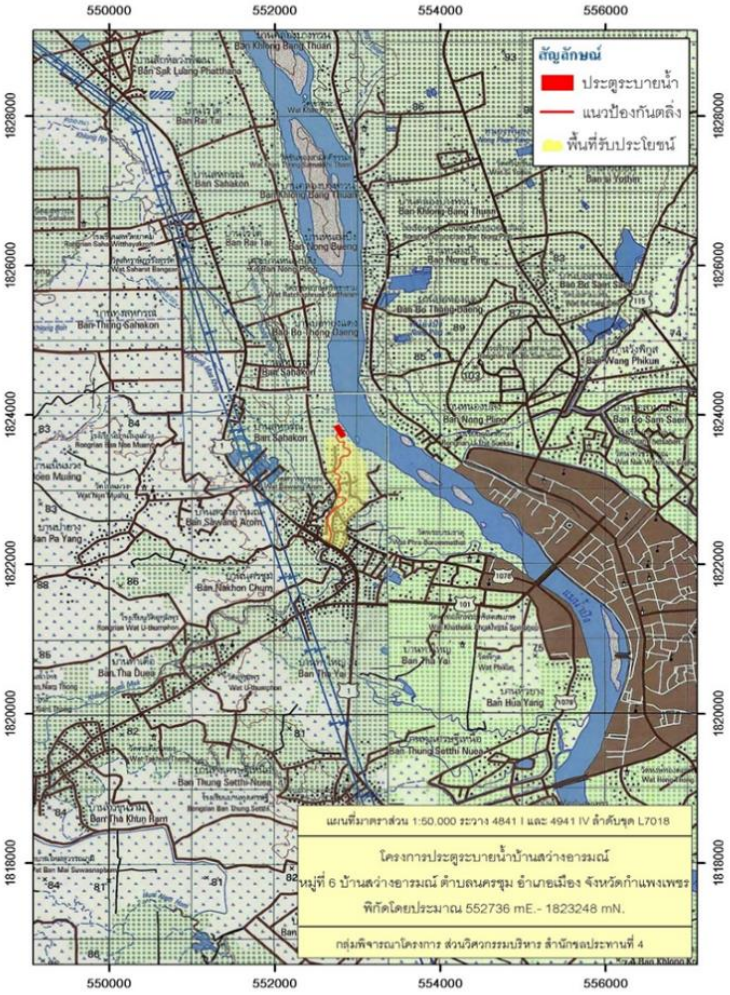
ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 6 บ้านสว่างอารมณ์ ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร พิกัดตำแหน่งอาคาร 552535E ,1823639N เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กประกอบด้วยบานระบายสี่เหลี่ยมตรง จำนวน 3 ช่อง ขนาดกว้าง x สูง เท่ากับ 6.0 x 5.0 ม.อัตราการไหลสูงสุดเข้าประตูระบาย เท่ากับ 225 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาที ด้านข้างทั้ง 2 ฝั่งของประตูระบายมีฝายสันมน (โอกี) ที่มีลักษณะสันฝายยาวเป็นเส้นโค้งรัศมี 12.00 ม.สันฝายมีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ 21.60 ม. ตัวฝายมีความสูงจากพื้น 3.00 ม. ระดับสันฝายเท่ากับ +74.500 ม.รทก. ระดับพื้นฝายด้านเหนือน้ำ เท่ากับ + 71.500 ม.รทก. ด้านตลิ่งฝั่งขวาบริเวณเหนือน้ำของตัวอาคารประตูระบายเป็นอาคารโรงสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจำนวน 1 แห่ง ประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมการระบายน้ำจากคลองสวนหมากที่ไหลออกแม่น้ำปิงช่วงแยกออกเป็นลำน้ำสาขาด้านฝั่งซ้ายของคลองสวนหมาก ซึ่งจะเป็นการชะลอน้ำหลากในภาพรวมลุ่มน้ำเจ้าพระยา กรณีเกิดอุทกภัยในพื้นที่ตอนล่าง รวมทั้ง ในกรณีแม่น้ำปิงมีระดับสูง สามารถควบคุมการไหลย้อนกลับจากแม่น้ำปิงเข้าสู่คลองสวนหมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อน้ำเอ่อล้นตลิ่งท่วมพื้นที่ชุมชน

นอกจากนี้ประตูระบายยังช่วยควบคุมให้มีปริมาณน้ำขังอยู่ในคลองสวนหมากในช่วงฤดูแล้งด้วย

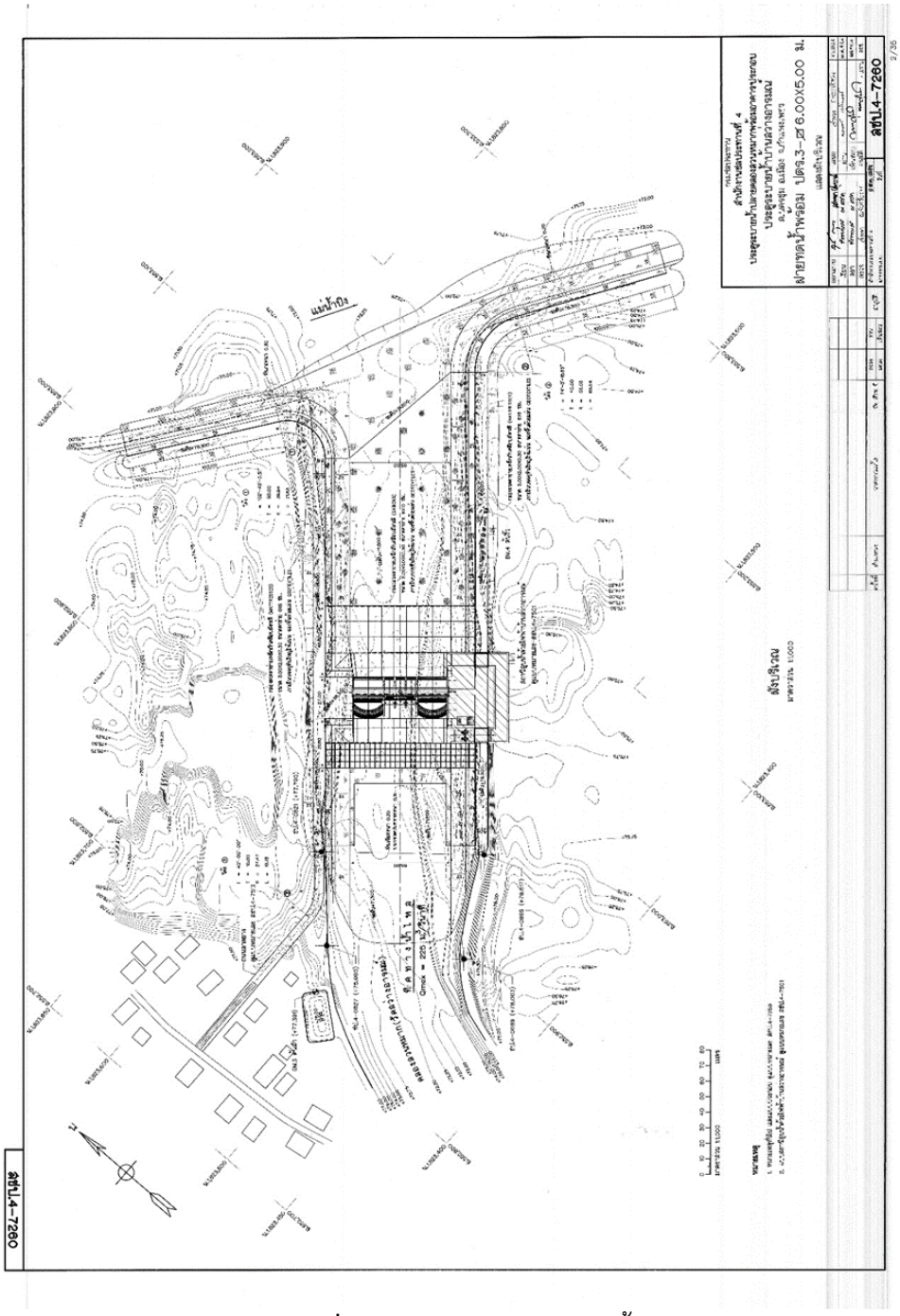
โรงสูบน้ำของประตูระบายบ้านสว่างอารมณ์ ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่สูบน้ำจากแม่น้ำปิงกลับมาสู่คลองสวนหมากในกรณีที่ปริมาณน้ำในคลองสวนหมากบริเวณปลายคลองนี้มีน้อย ทางชักน้ำเข้าสู่เครื่องสูบน้ำลักษณะทำเป็นทางน้ำหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าคอนกรีตเสริมเหล็กฝั่งหนึ่งต่อเชื่อมกับคลองสวนหมากทางด้านท้ายประตูระบายอีกฝั่งหนึ่งไปเชื่อมกับทางน้ำที่ไปไหลลงแม่น้ำปิง สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้านี้ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำแบบ Submersible จำนวน 2 เครื่อง อัตราการสูบน้ำได้สูงสุดต่อเครื่องเท่ากับ

3 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาที ลักษณะการเดินเครื่องจะสูบเพียง 1 เครื่อง อีก 1 เครื่องสำรองไว้กรณีเครื่องสูบอีกตัวเกิดการชำรุด

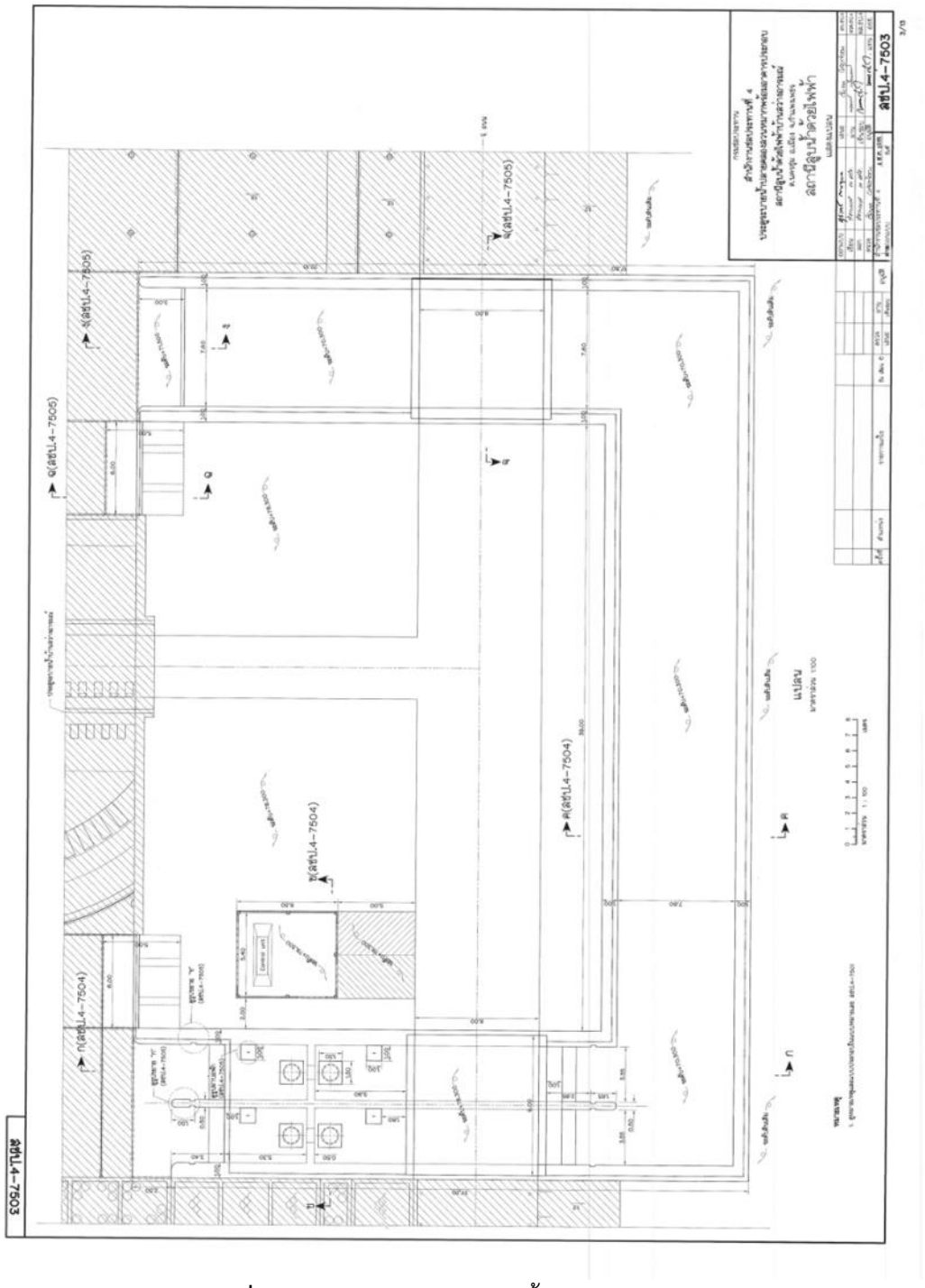
ผังบริเวณตำแหน่งการก่อสร้างประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์พร้อมสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าและแนวคันป้องกันน้ำล้นตลิ่งคลองสวนหมากบริเวณด้านเหนือน้ำ แสดงดังรูปภาคผนวกที่ ช1-1 ส่วนแบบแปลนอาคาร และแบบแปลนสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า แสดงไว้ในรูปภาคผนวกที่ ช1-2 และ รูปภาคผนวกที่ ช1-3



รูปภาคผนวกที่ ช1-1 ตำแหน่งของประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์ และแนวป้องกันตลิ่งด้านเหนือน้ำ



รูปภาคผนวกที่ ช1-2 แปลนประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์



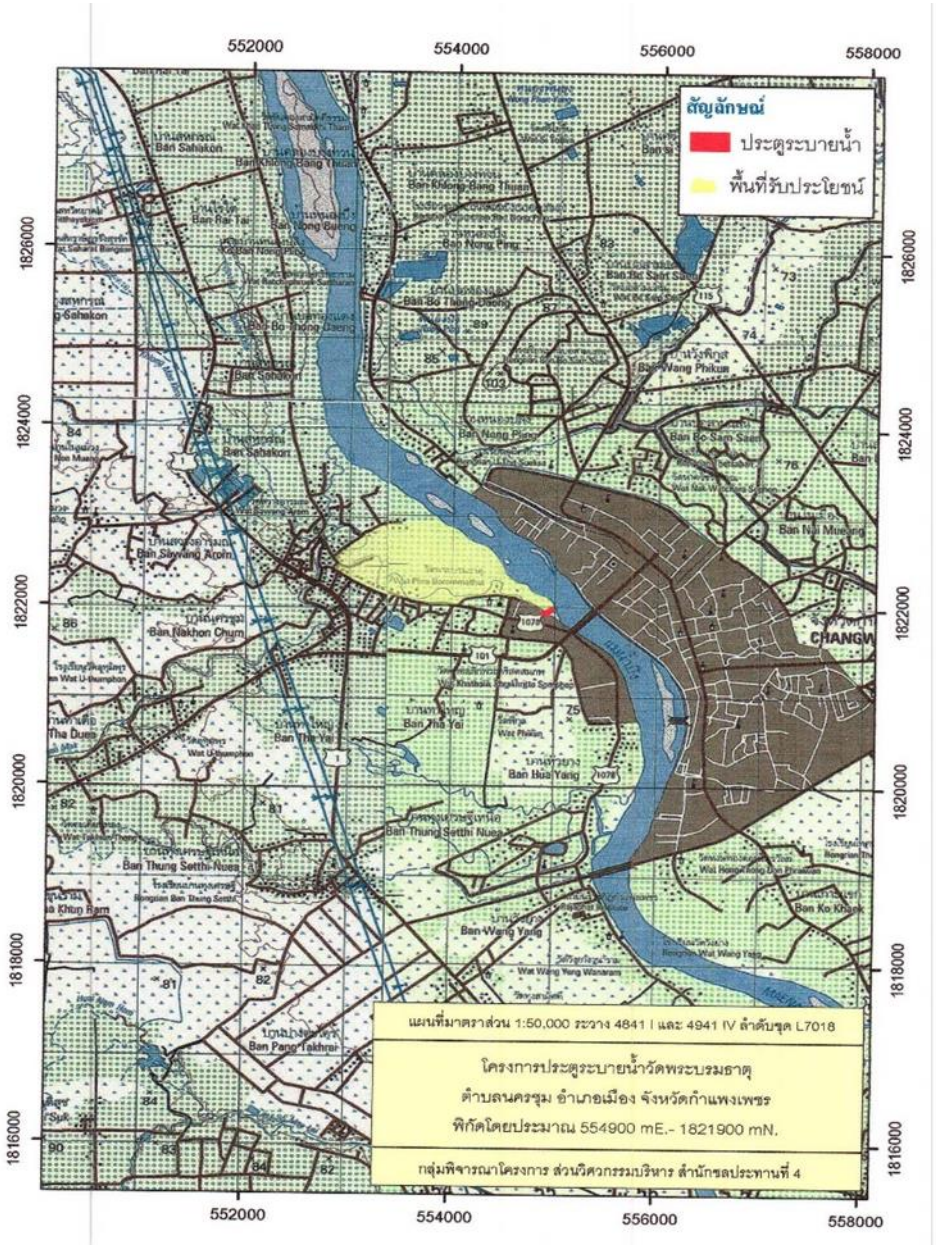
รูปภาคผนวกที่ ช1-3 แบบแปลนสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าของปตร.บ้านสว่างอารมณ์

ประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุพร้อมสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า

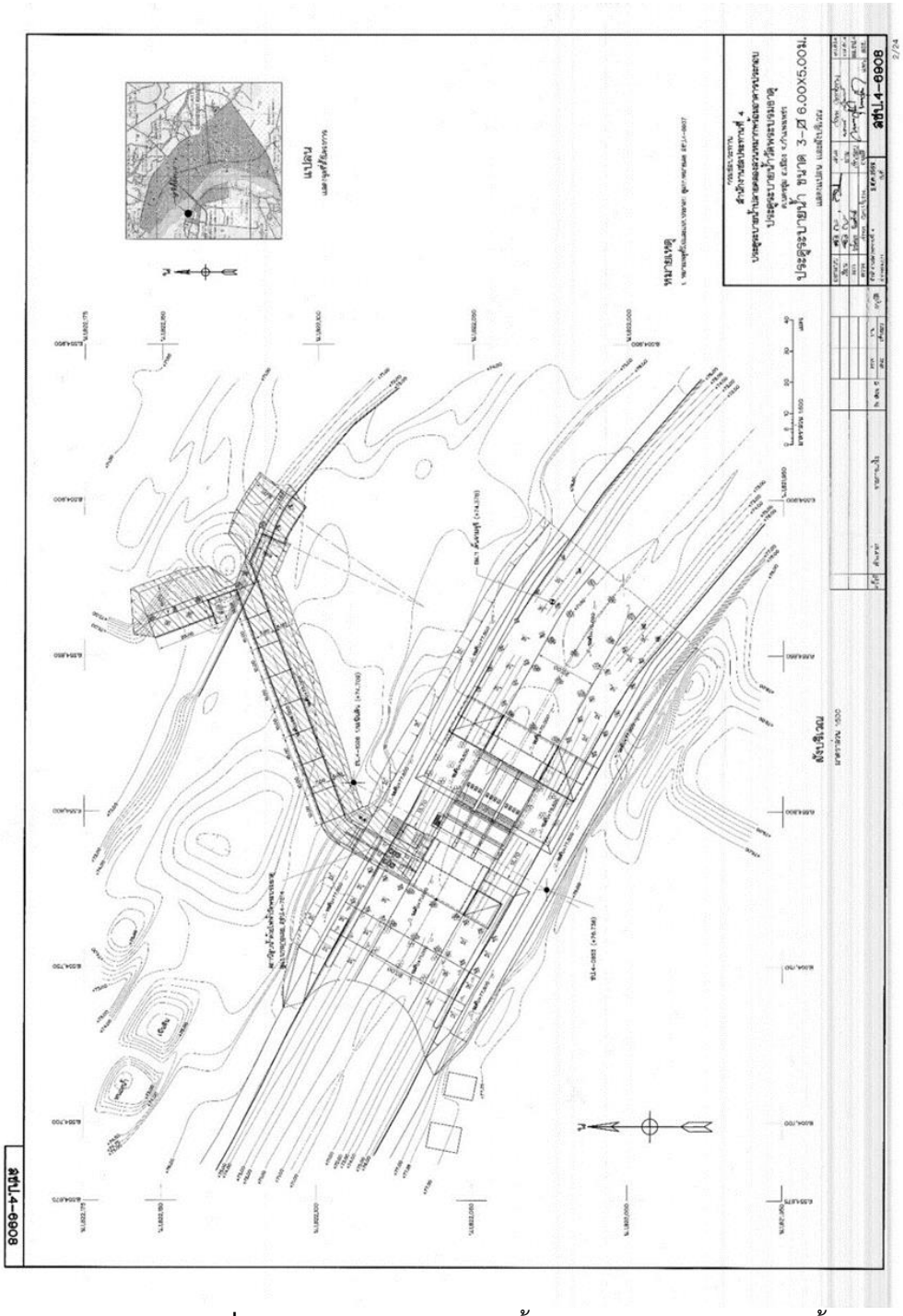
ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 9 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร พิกัดตำแหน่งอาคาร 554810E ,1822036N ลักษณะเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีประตูระบายน้ำสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 6.00 ม. สูง 5.00 ม. จำนวน 3 ช่อง ประตูระบายตัวนี้ไม่มีฝายประกอบอยู่ด้วย ด้านหน้าของประตูระบาย บริเวณตลิ่งด้านซ้ายมีโรงสูบน้ำด้วยไฟฟ้า1 แห่ง พร้อมทางรับน้ำจากแม่น้ำปิงมายังโรงสูบ ประตูน้ำนี้ทำหน้าที่ควบคุมการระบายน้ำจากคลองสวนหมากไหลออกแม่น้ำปิงช่วงแยกออกเป็นลำน้ำสาขาด้านฝั่งขวาของคลองสวนหมาก ซึ่งจะเป็นการชะลอน้ำหลากในภาพรวมลุ่มน้ำเจ้าพระยา กรณีเกิดอุทกภัยในพื้นที่ตอนล่างรวมทั้ง ในกรณีแม่น้ำปิงมีระดับสูง สามารถควบคุมการไหลย้อนกลับจากแม่น้ำปิงเข้าสู่คลองสวนหมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อน้ำเอ่อล้นตลิ่งท่วมพื้นที่ชุมชน เช่นเดียวกับประตูระบายน้ำบ้านสว่างอารมณ์

ลักษณะของโรงสูบน้ำของประตูระบายวัดพระบรมธาตุมีลักษณะเหมือนกับโรงสูบน้ำประตูระบายบ้านสว่างอารมณ์ กล่าวคือทำหน้าที่สูบน้ำจากแม่น้ำปิงกลับเข้าสู่คลองสวนหมากเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่น้ำในคลองสวนหมากบริเวณปลายคลองนี้มีน้อย ก็จะทำงานเดินเครื่องสูบร่วมกับเครื่องสูบน้ำของสถานีสูบประตูระบายบ้านสว่างอารมณ์ เพื่อสูบน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าสู่คลองสวนหมาก ลักษณะสถานีพร้อมอาคารควบคุมตั้งอยู่ทางฝั่งขวาของประตูระบาย ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำจำนวน 2 ตัว อัตราการสูบน้ำสูงสุดตัวละ 3 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาทีเช่นเดียวกับของประตูระบายบ้านสว่างอารมณ์

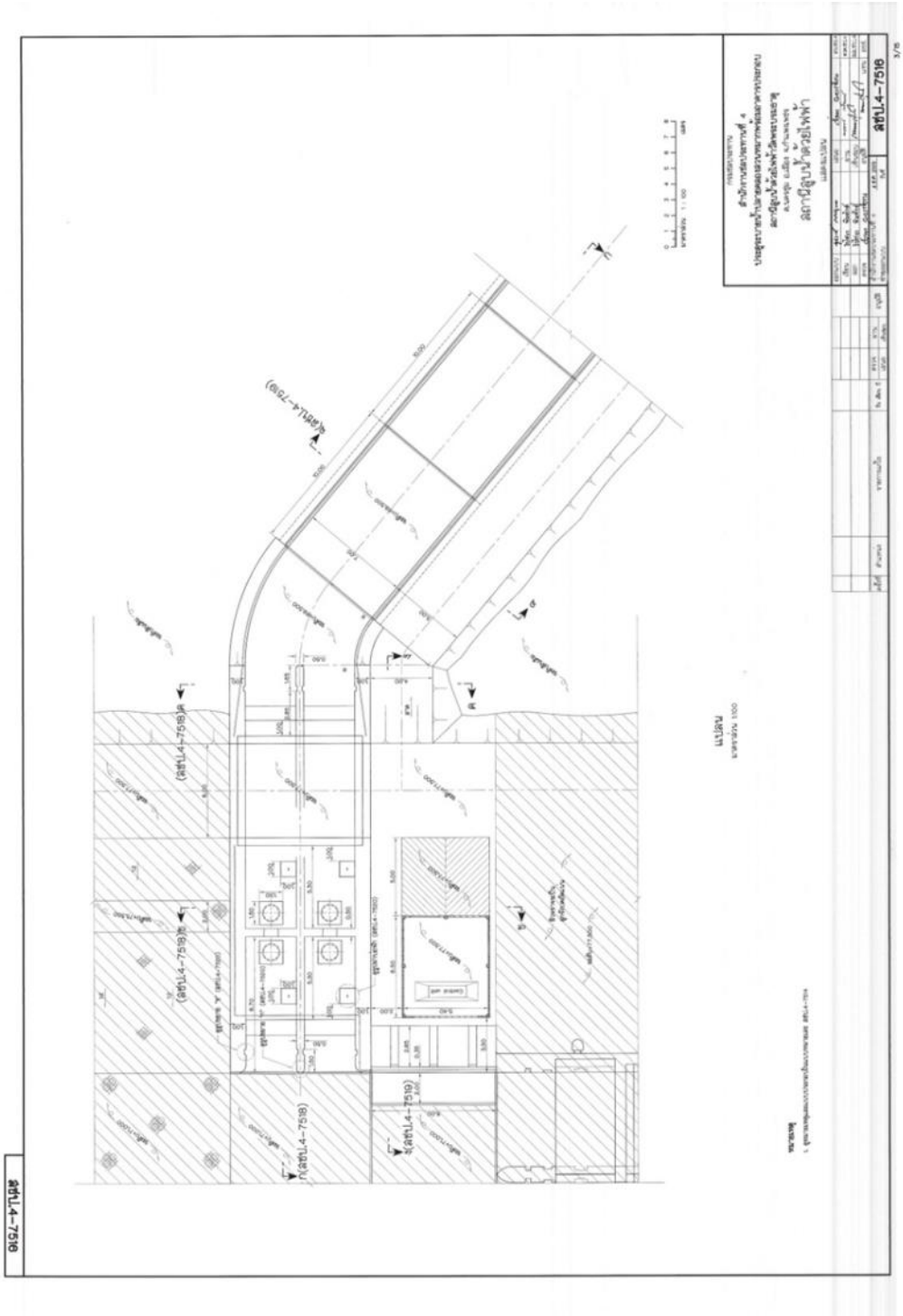
ผังบริเวณตำแหน่งการก่อสร้างประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุพร้อมสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า และแนวคันป้องกันน้ำล้นตลิ่งคลองสวนหมากบริเวณด้านเหนือน้ำ แสดงดังรูปภาคผนวกที่ ช1-4 ส่วนแบบแปลนอาคาร และแบบแปลนสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า แสดงไว้ในรูปภาคผนวกที่ ช1-5 และรูปภาคผนวกที่ ช1-6



รูปภาคผนวกที่ ช1-4 ตำแหน่งของประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุ และแนวป้องกันตลิ่งด้านเหนือน้ำ



รูปภาคผนวกที่ ช1-5 แปลนประตูระบายน้ำวัดพระบรมธาตุและโรงสูบน้ำ



รูปภาคผนวกที่ ช1-6 แบบแปลนสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าของปตร.บ้านสว่างอารมณ์

ภาคผนวก ช2
การวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์ในการ Operate
ประตูระบายปลายคลอง และเกณฑ์การสูบน้ำจากแม่น้ำปิง

การวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์ในการ Operate ประตูระบายปลายคลอง และเกณฑ์การสูบน้ำจากแม่น้ำปิง

(1) สภาพพื้นที่และแนวคลองบริเวณปลายคลองสวนหมาก ซึ่งได้จากการวิเคราะห์แผนที่เส้นชันความสูง Digital Elevation Model ขนาดความละเอียด 5x5 เมตร ซึ่งกำหนดจุดสำคัญ 4 จุด คือ จุด A,B,C และD ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จุด A คือ ตำแหน่งที่ตั้ง ปตร.บ้านสว่างอารมณ์

จุด B คือ ตำแหน่งที่ตั้ง ปตร.พระบรมธาตุ

จุด C คือ ตำแหน่งจุดแยกของทางน้ำซึ่งจะแยกเป็น 2 ทางได้แก่ บ้านสว่างอารมณ์ และพระบรมธาตุ

จุด D คือ จุดที่เริ่มต้นกักเก็บน้ำตามการวิเคราะห์จากแผนที่เส้นชันความสูง

รูปภาคผนวกที่ ช2-1 แสดงตำแหน่งจุดสำคัญสำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์ในการ Operate ประตูระบายปลายคลอง

(2) การหาความจุในลำน้ำบริเวณปลายคลองสวนหมาก โดยการวิเคราะห์ด้วยสมการ Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(ช2-1)}$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)

n คือ manning coefficient

A คือ พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.)

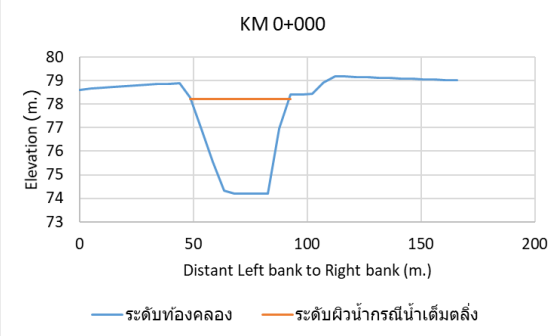
R คือ พื้นที่หน้าตัด(ตร.ม.)/เส้นขอบเปียก(ม.)

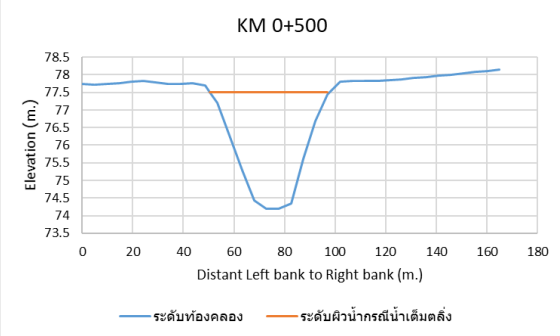
S คือ ความชัน

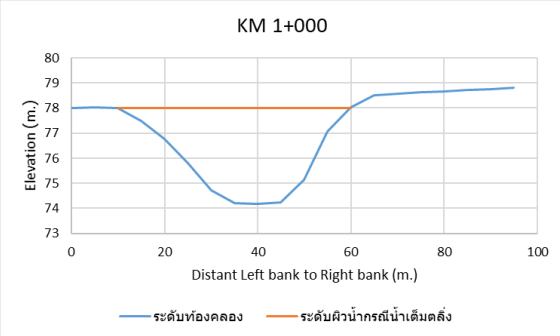
แบ่งหน้าตัดช่วงออกเป็น 15 หน้าตัด ดังรูปภาคผนวกที่ ช2-2 แล้วหาขนาดหน้าตัดจากข้อมูลแผนที่เส้นชันความสูงดังแสดงในรูปภาคผนวกที่ ช2-3 และผลการคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดและเส้นขอบเปียก ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ ช2-1

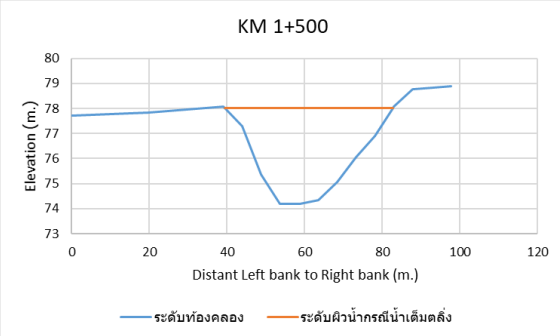
โดยใช้ค่า n = 0.025 (ลำน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นทราย) ขนาดหน้าตัดและเส้นขอบเปียกใช้ค่าเฉลี่ยของลำน้ำคลองสวนหมากช่วงจากจุด D ไปยังจุด C (0.000 KM.- 2.700 KM.) และความชันใช้ค่าระดับความชันที่ 1:3000 ซึ่งได้มาจากการหาระดับท้องน้ำเฉลี่ยจากจุด D ถึงจุด B (0.000 KM.- PBRT 2.950 KM.) จะได้ค่าปริมาณอัตราการไหลที่ลำน้ำสามารถรับได้สูงสุด Q river capacity = 130 ลบ.ม./วินาที

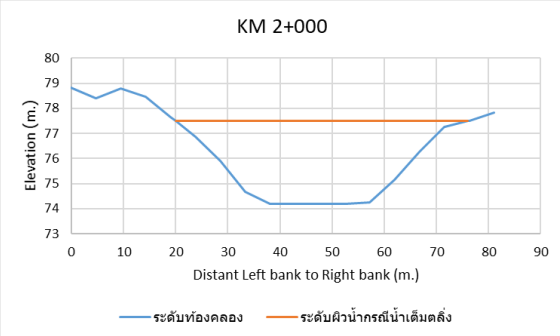
รูปภาคผนวกที่ ช2-2 แสดงตำแหน่งที่กำหนดเพื่อหาขนาดหน้าตัด

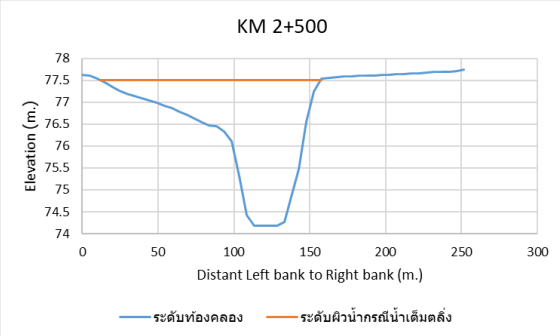

KM 0+000
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

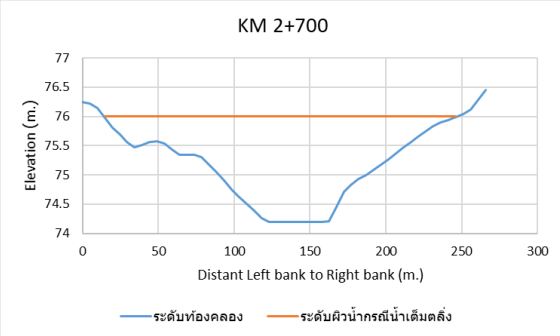

KM 0+500
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

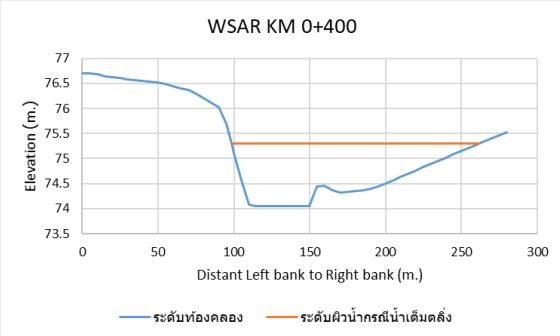

KM 1+000
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

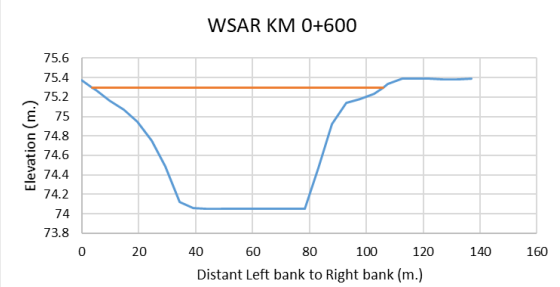

KM 1+500
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

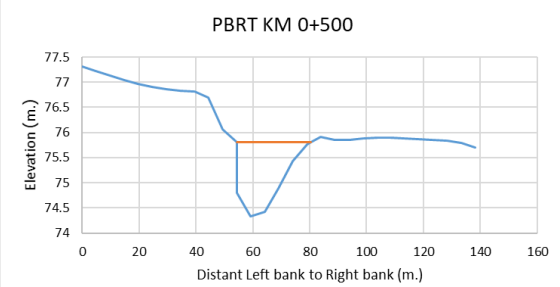

KM 2+000
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

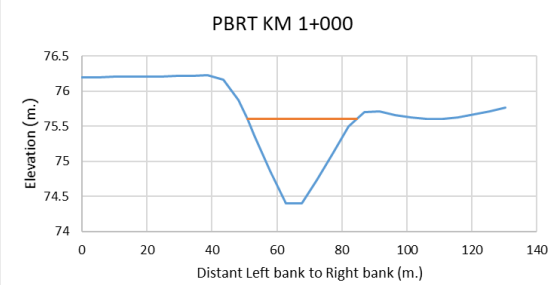

KM 2+500
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

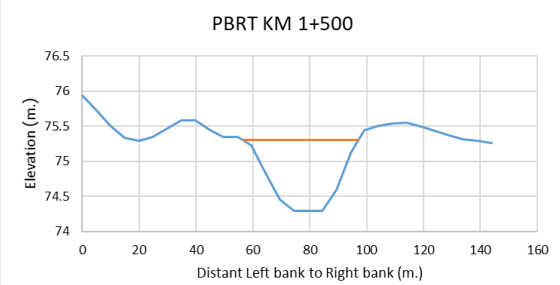

KM 2+700
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

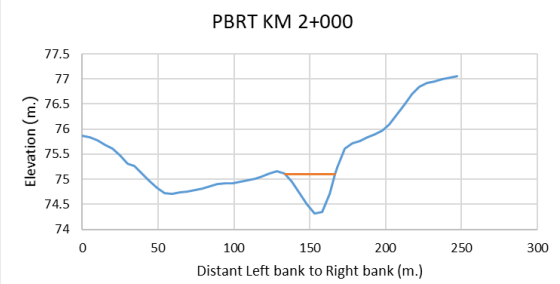

WSAR KM 0+400
Elevation (m.)
Distant Left bank to Right bank (m.)
ระดับท้องคลอง
ระดับผิวน้ำกรณีน้ำเต็มตลิ่ง

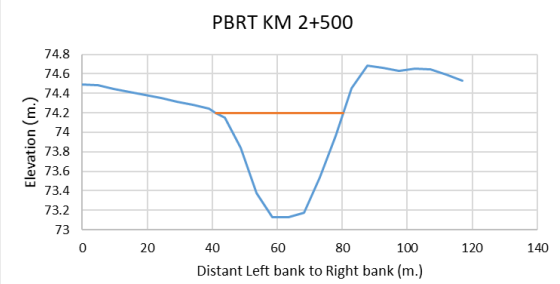


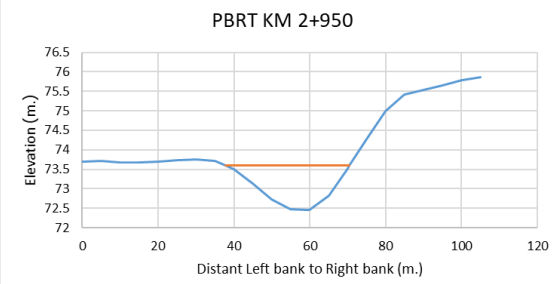












รูปภาคผนวกที่ ช2-3 แสดงรูปร่างหน้าตัดที่ตำแหน่งต่าง ๆ

ตารางภาคผนวกที่ ช2-1 ขนาดหน้าตัดและเส้นขอบเปียก

ตำแหน่ง	ขนาดหน้าตัด (ตร.ม.)	เส้นขอบเปียก (ม.)
KM 0+000	121.58	47.07
KM 0+500	93.37	52.77
KM 1+000	111.85	54.06
KM 1+500	100.20	47.87
KM 2+000	120.52	61.23
KM 2+500	193.35	152.42
KM 2+700	217.72	236.11
WSAR KM 0+400	127.01	179.74
WSAR KM 0+600	78.53	107.52
PBRT KM 0+500	24.75	34.27
PBRT KM 1+000	22.41	43.28
PBRT KM 1+500	25.83	49.55
PBRT KM 2+000	14.65	39.48
PBRT KM 2+500	25.10	48.61
PBRT KM 2+950	22.15	35.41
KM 0+000 – KM 2+700 (จากจุดD ถึงจุด C)	136.94	93.08

(3) การคำนวนปริมาตรน้ำที่ทำให้น้ำเต็มตลิ่ง จากช่วงจุด D ถึงจุดบรรจบแม่น้ำปิง A และ B ปริมาตรน้ำที่ทำให้น้ำในช่วงปลายคลองสวนหมากเต็มตลิ่ง(ช่วง D-C-A และช่วง C-B) ซึ่งคำนวณจากจากพื้นที่หน้าตัด ในตารางภาคผนวกที่ ช2-1 คูณด้วยระยะทางระหว่างหน้าตัด พบว่าปริมาตรน้ำที่ทำให้น้ำเต็มตลิ่งจากจุด D ถึงจุด C (คลองสวนหมาก) ซึ่งมีความยาว 2.7 กิโลเมตร ปริมาตร 332,806 ลบ.ม. จากจุด C ถึงจุด A (บ้านสว่างอารมณ์) ซึ่งมีความยาว 0.6 กิโลเมตร ปริมาตร 89,499 ลบ.ม. และจากจุด C

ถึงจุด B (วัดพระบรมธาตุ)ซึ่งมีความยาว 2.9 กิโลเมตร ปริมาตร 92,404 ลบ.ม. ซึ่งรวมทั้งหมดเท่ากับ 514,709 ลบ.ม.

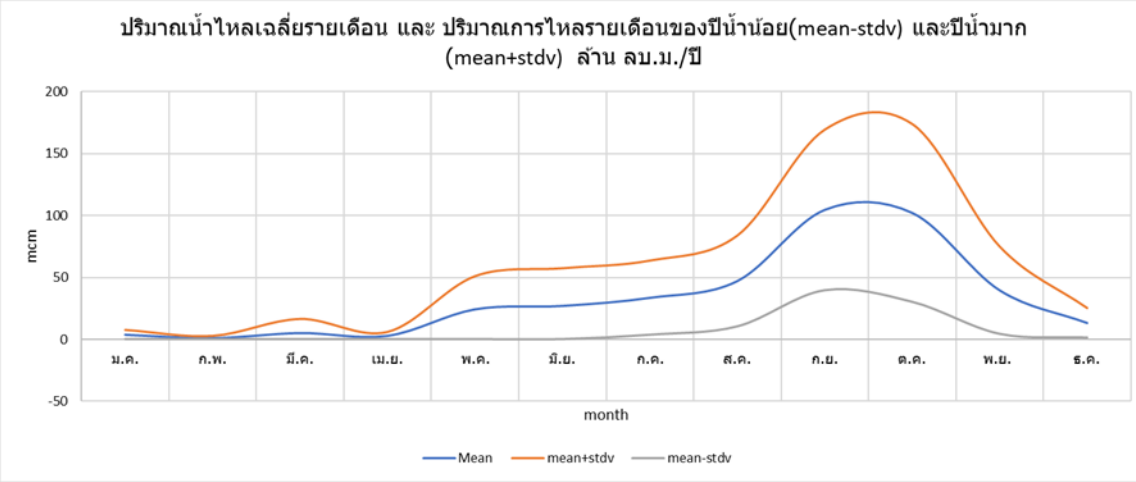
(4) การวิเคราะห์ปริมาณการไหลของน้ำที่จุด C จากข้อมูลผลการจำลองด้วยแบบจำลอง Mike Hydro Basin พบว่า ปริมาณการไหลของน้ำรายปีผ่านจุด C ช่วงปี พ.ศ.2536 – 2563 มีค่าดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ ช2-2 พบว่าที่จุด C มีปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปี 405.60 ล้าน ลบ.ม./ปี และค่า Standard Deviation มีค่า 224.86 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งสามารถนำมาคำนวณปริมาณการไหลรายปีช่วง ปีน้ำน้อย ปีน้ำปกติ และปีน้ำมาก โดยกำหนดให้ ปีน้ำน้อยเท่ากับ mean - standard deviation ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 180.74 ล้าน ลบ.ม./ปี ปีน้ำมากเท่ากับ mean + standard deviation ซึ่งมีค่ามากกว่า 630.46 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ช2-2 กราฟแสดงปริมาณการไหลของน้ำที่จุด C รายเดือนเฉลี่ยแสดงอยู่ในรูปภาคผนวกที่ ช2-3 พร้อมกับค่าปริมาณการไหลรายเดือนของปีน้ำน้อยและปีน้ำมาก

ตารางภาคผนวกที่ ช2-2 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าจุด C .ในแต่ละปี

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
2536	139.93
2537	533.36
2538	795.15
2539	747.81
2540	147.72
2541	153.07
2542	602.02
2543	616.04
2544	612.50
2545	468.38
2546	379.10
2547	159.33
2548	367.44
2549	684.86
2550	137.04

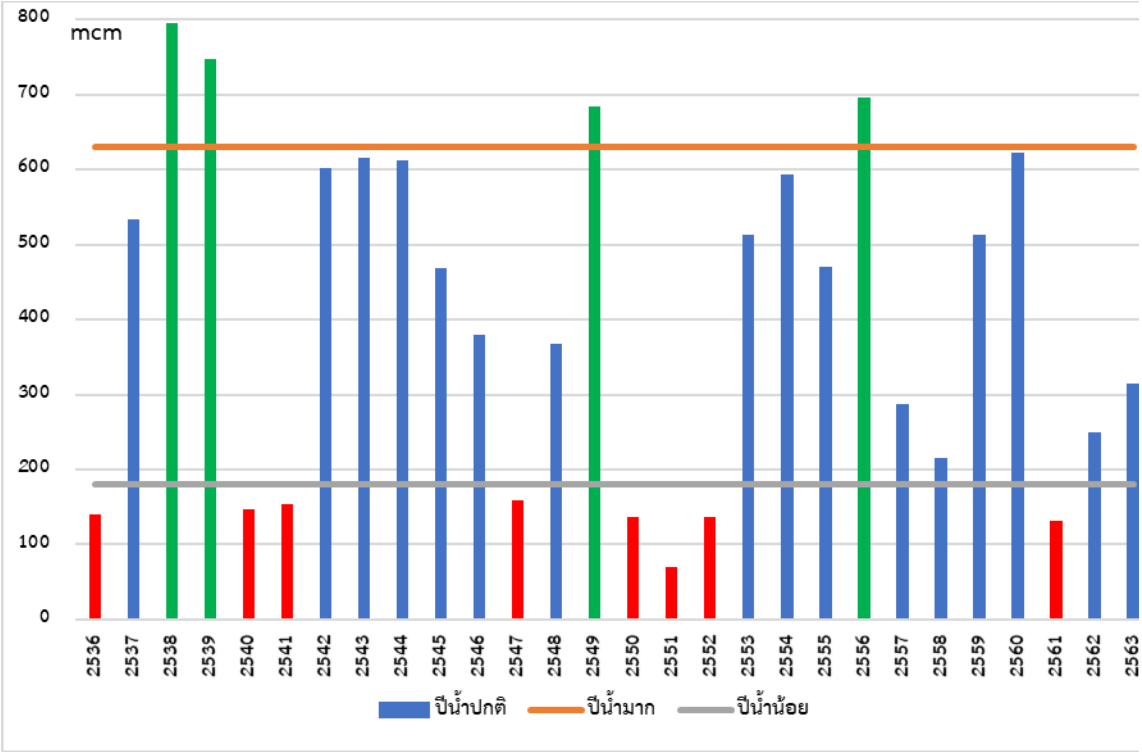
ตารางภาคผนวกที่ ช2-2 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าจุด C .ในแต่ละปี

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
2551	70.80
2552	135.99
2553	513.40
2554	593.07
2555	469.60
2556	696.09
2557	286.94
2558	214.90
2559	512.26
2560	623.13
2561	131.56
2562	250.29
2563	314.94
Mean	405.60
standard deviation	224.86
mean + standard deviation	630.46
mean - standard deviation	180.74

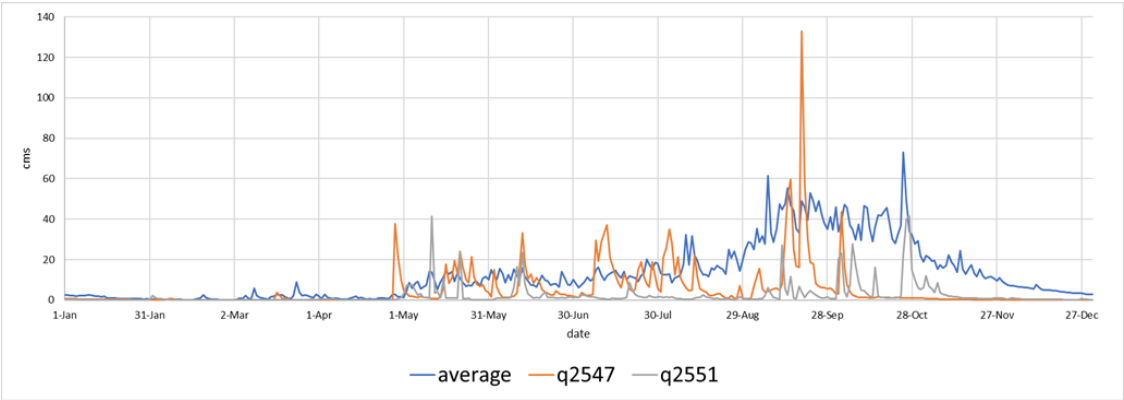


รูปภาคผนวกที่ ช2-4 กราฟแสดงปริมาณน้ำไหลเฉลี่ยรายเดือน และ ปริมาณการไหลรายเดือนของปีน้ำน้อย(mean-stdv) และปีน้ำมาก(mean+stdv) ล้าน ลบ.ม./ปี

จากตารางภาคผนวกที่ ช2-2 ช่วงปีน้ำมากคือช่วงปีที่มีค่าปริมาณน้ำไหลผ่านรายปีสูงกว่า 630.46 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมี 4 ปี ได้แก่ พ.ศ. 2538 2539 2549 และปี 2556 ช่วงปีน้ำน้อยคือช่วงปีที่มีค่าปริมาณน้ำไหลผ่านรายปีต่ำกว่า 180.74 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมี 8 ปี ได้แก่ พ.ศ. 2536 2540 2541 2547 2550 2551 2552 และ 2561 และช่วงปีปกติคือช่วงปีที่มีค่าปริมาณน้ำไหลผ่านรายปีระหว่าง 630.46 – 180.74 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมี 16 ปี ได้แก่ พ.ศ. 2537 2542 2543 2544 2545 2546 2548 2553 2554 2555 2557 2558 2559 2560 2562 และ 2563 ซึ่งปีที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านรายปีใกล้เคียงกับค่าปริมาณน้ำของปีน้ำน้อยที่สุดคือปี พ.ศ. 2547 ที่ 159.33 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลผ่านน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2551 ที่ 70.80 ล้าน ลบ.ม. แสดงดังรูปภาคผนวกที่ ช2-5 และรูปภาคผนวกที่ ช2-6

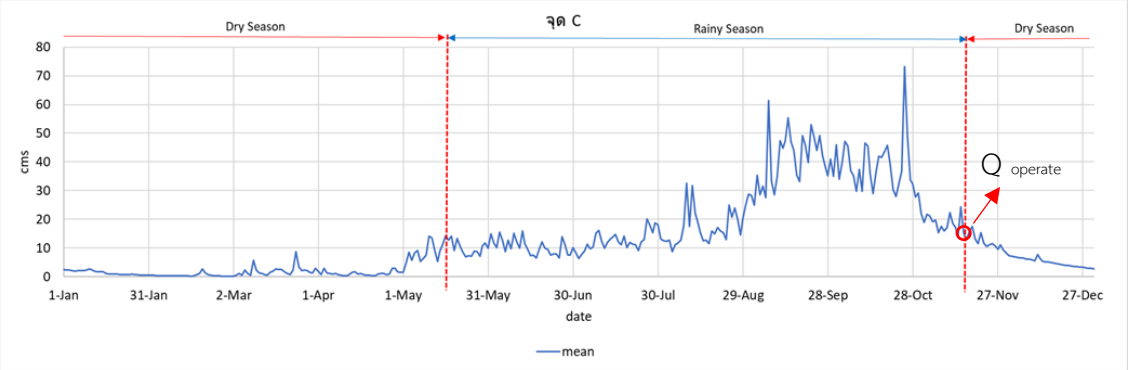


รูปภาคผนวกที่ ช2-5 กราฟแสดงปริมาณน้ำไหลผ่านรายปี และช่วงกำหนดแบ่งปีน้ำน้อยและปีน้ำมาก



รูปภาคผนวกที่ ช2-6 กราฟแสดงปริมาณน้ำไหลผ่านรายวัน(ลบ.ม./วินาที) ของค่าเฉลี่ย 30 ปี, ปี พ.ศ. 2551 (q2551 = mean – standard deviation) และปี พ.ศ. 2547 (q2547 ปริมาณน้ำไหลผ่านต่ำสุดของช่วงปี พ.ศ.2536-2563)

การ Operation ปตร.ปลายคลอง จะวิเคราะห์หาช่วงที่จะเริ่ม Operate จากกราฟปริมาณการไหลเฉลี่ยที่จุดทางแยกของน้ำหรือจุด C ดังรูปภาคผนวกที่ ช2-7 ซึ่งการแบ่งช่วงฤดูฝน(Rainy Season) จะเริ่มจาก 16 พ.ค. – 15 พ.ย. ช่วงฤดูแล้ง(Dry Season) จะเริ่มจาก 16 พ.ย. – 15 พ.ค.



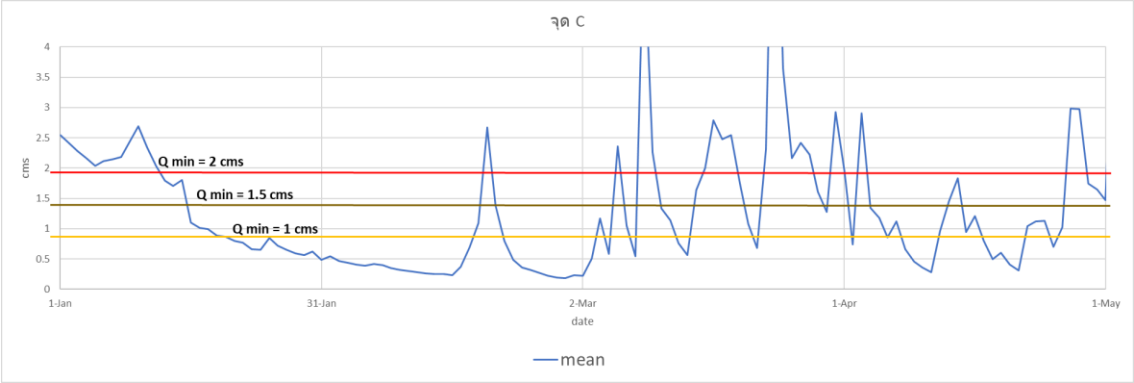
รูปภาคผนวกที่ ช2-7 กราฟแสดงปริมาณการไหลเฉลี่ยที่จุดทางแยกของน้ำหรือจุด C (ลบ.ม./วินาที)

(5) หลักเกณฑ์การบริหารจัดการประตูระบายน้ำ

การ Operation ปตร.ปลายคลอง จะวิเคราะห์หาช่วงที่จะเริ่ม Operate จากกราฟปริมาณการไหลเฉลี่ยที่จุดทางแยกของน้ำหรือจุด C โดยแบ่งช่วงฤดูฝน(Rainy Season) ช่วง 16 พ.ค. – 15 พ.ย. ช่วงฤดูแล้ง(Dry Season) ช่วง 16 พ.ย. – 15 พ.ค. จากรูปภาคผนวกที่ ช2-7 อัตราการไหลของน้ำที่จุด C เฉลี่ยเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้ง เท่ากับ 15 ลบ.ม./วินาที และจะใช้ค่านี้ในการ Operate ประตูระบายปลายคลอง การ Operate ประตูระบายปลายคลองจะแบ่งออกเป็น 2 โหมด โหมดที่ 1 โหมดเก็บกัก และโหมดที่ 2 โหมดการระบายน้ำตามธรรมชาติ โหมดที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 โหมดย่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

โหมดที่ 1.1 โหมดเริ่มเก็บกัก จะทำการ Operate ปตร.ปลายคลองจากช่วงที่เริ่มต้นฤดูแล้ง(Dry Season) จากรูปภาคผนวกที่ 15.4.2-7 จะได้ปริมาณการไหลเฉลี่ย หรือ Q operate ที่ประมาณ 15 ลบ.ม./วินาที นั่นคือเมื่ออัตราการไหลลดลงจนอยู่ที่ 15 ลบ.ม./วินาที จะเริ่มทำการลดการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิงเพื่อรักษาระดับน้ำให้เต็มคลองในช่วงฤดูแล้ง

โหมดที่ 1.2 โหมดสูบน้ำ ทำการการสูบน้ำจากแม่น้ำปิงกลับสู่ลำน้ำคลองสวนหมากให้เกิดการไหลเวียนของน้ำเพื่อรักษาคุณภาพน้ำ และป้องกันน้ำเน่าเสีย จากความสามารถในการสูบน้ำของ ปตร. ปลายคลอง 3 ลบ.ม./วินาที โดยกำหนดให้ต้องมีอัตราการไหลขั้นต่ำ(Q min) 2 ลบ.ม./วินาที เพื่อรักษาคุณภาพน้ำ ผลการวิเคราะห์การสูบน้ำเมื่ออัตราการไหลของน้ำที่จุด C ต่ำกว่า 2 ลบ.ม./วินาที จะต้องทำการสูบน้ำเพื่อรักษาการไหลเวียนของน้ำขั้นต่ำด้วยอัตราการสูบ 3 ลบ.ม./วินาที จำนวน 9.5 ชั่วโมง/วัน เป็นเวลา 91 วัน คิดเป็นปริมาตรน้ำที่ต้องสูบ 103,245 ลบ.ม./วัน ดังแสดงอยู่ในตารางภาคผนวกที่ ช2-4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการรักษาอัตราการไหลขั้นต่ำ 2.0 ลบ.ม./วินาที จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำสูงมาก ดังนั้นถ้าพิจารณาให้อัตราการไหลเวียนขั้นต่ำน้อยกว่า 2.0 ลบ.ม./วินาที เช่น 1.5 หรือ 1.0 ลบ.ม./วินาที จะสามารถลดปริมาตรน้ำที่ต้องสูบดังรูปภาคผนวกที่ ช2-8 และลดจำนวนชั่วโมงสูบน้ำลงได้มาก รายละเอียดการสูบน้ำแสดงอยู่ในตารางภาคผนวกที่ ช2-5 นอกจากนี้จะต้องมีการติดตั้งจุดวัดคุณภาพน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ประกอบการกำหนดแผนการสูบน้ำ กรณีที่มีปัญหาคุณภาพน้ำต้องมีมาตรการอื่นในการบำบัดน้ำเช่น การเติมอากาศเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ในระยะยาวเทศบาลนครชุมและประชานชนสองฝั่งคลองต้องจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยน้ำลงสู่คลองสวนหมาก



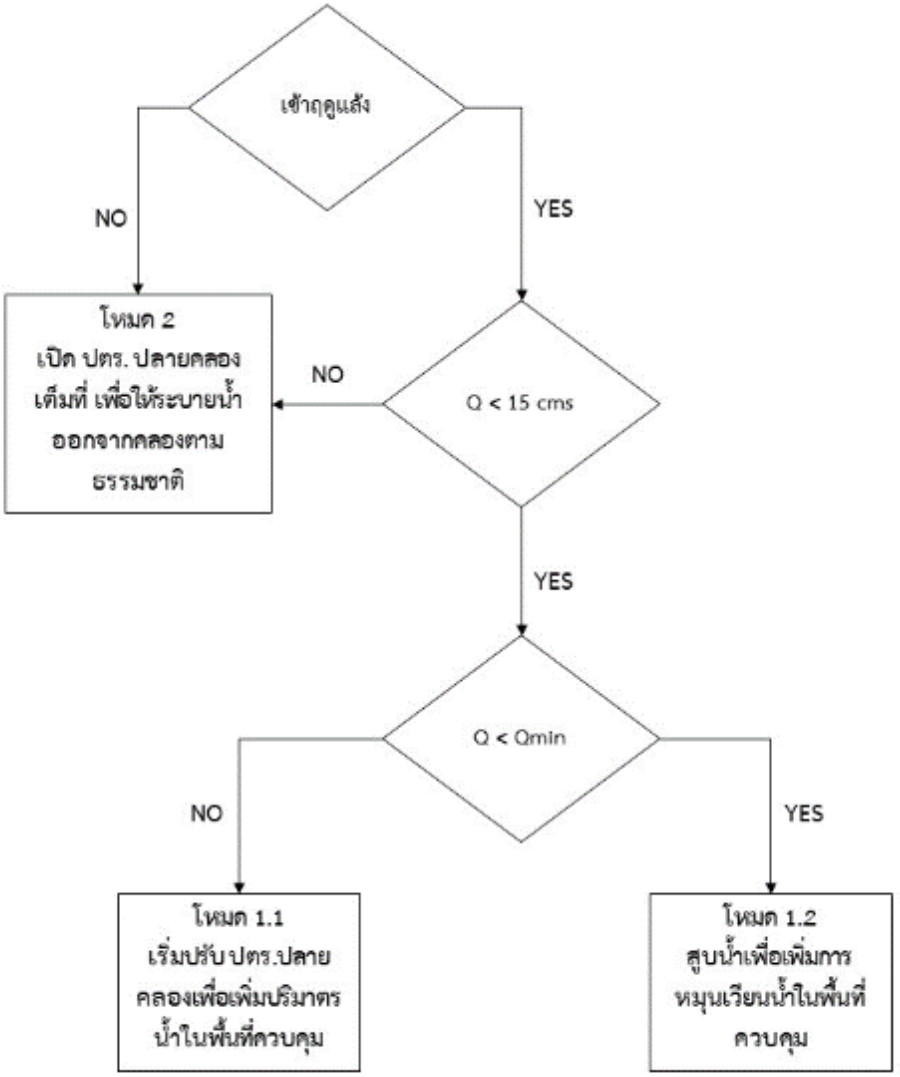
รูปภาคผนวกที่ ช2-8 กราฟแสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C ในช่วงที่ต้องมีการสูบน้ำกลับเพื่อรักษาระบบนิเวศที่อัตราการสูบต่าง ๆ

ตารางภาคผนวกที่ ช2-4 สรุปอัตราการสูบน้ำ จำนวนวันที่ต้องสูบน้ำ และปริมาณน้ำที่ต้องสูบทั้งหมด

Q min (ลบ.ม./วินาที)	No. of pumping days	Q pump rate (ลบ.ม./วินาที)	Volume (ลบ.ม./วัน)	ชั่วโมงการสูบน้ำ/วัน
2.0	91	3	103,245	9.5
1.5	81	3	70,896	6.5
1.0	61	3	41,018	4

โหมดที่ 2 การระบายน้ำตามธรรมชาติ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะทำการเปิดประตูระบายปลายคลอง 100% เพื่อให้การระบายน้ำเป็นไปตามธรรมชาติ

Flow chart การ Operate ประตูระบายปลายคลอง และสถานีสูบน้ำแสดงอยู่ในรูปภาคผนวกที่ ช2-9



หมายเหตุ : Qmin คือ อัตราการไหลต่ำสุดเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในพื้นที่ควบคุม
โดยมีค่าเท่ากับ 2.0ลบ.ม./วินาที 1.5 ลบ.ม./วินาที และ1.0 ลบ.ม./วินาที

รูปภาคผนวกที่ ช2-10 Flow chart การ Operate ประตูระบายปลายคลอง

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
1-Jan	0	0	0	2.549371
2-Jan	0	0	0	2.422081
3-Jan	0	0	0	2.280416
4-Jan	0	0	0	2.160229
5-Jan	0	0	0	2.040212
6-Jan	0	0	0	2.115764
7-Jan	0	0	0	2.143387
8-Jan	0	0	0	2.182795
9-Jan	0	0	0	2.443623
10-Jan	0	0	0	2.692509
11-Jan	0	0	0	2.335443
12-Jan	0	0	0	2.03668
13-Jan	0	0	0.205241	1.794759
14-Jan	0	0	0.291483	1.708517
15-Jan	0	0	0.195027	1.804973
16-Jan	0	0.395475	0.895475	1.104525
17-Jan	0	0.483124	0.983124	1.016876
18-Jan	0.007284	0.507284	1.007284	0.992716
19-Jan	0.109281	0.609281	1.109281	0.890719
20-Jan	0.134087	0.634087	1.134087	0.865913
21-Jan	0.198459	0.698459	1.198459	0.801541
22-Jan	0.227177	0.727177	1.227177	0.772823
23-Jan	0.33596	0.83596	1.33596	0.66404

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
24-Jan	0.347337	0.847337	1.347337	0.652663
25-Jan	0.151782	0.651782	1.151782	0.848218
26-Jan	0.284208	0.784208	1.284208	0.715792
27-Jan	0.348333	0.848333	1.348333	0.651667
28-Jan	0.409135	0.909135	1.409135	0.590865
29-Jan	0.438277	0.938277	1.438277	0.561723
30-Jan	0.374114	0.874114	1.374114	0.625886
31-Jan	0.512225	1.012225	1.512225	0.487775
1-Feb	0.457686	0.957686	1.457686	0.542314
2-Feb	0.536779	1.036779	1.536779	0.463221
3-Feb	0.561488	1.061488	1.561488	0.438512
4-Feb	0.59201	1.09201	1.59201	0.40799
5-Feb	0.60905	1.10905	1.60905	0.39095
6-Feb	0.582546	1.082546	1.582546	0.417454
7-Feb	0.606089	1.106089	1.606089	0.393911
8-Feb	0.648146	1.148146	1.648146	0.351854
9-Feb	0.67869	1.17869	1.67869	0.32131
10-Feb	0.697643	1.197643	1.697643	0.302357
11-Feb	0.721268	1.221268	1.721268	0.278732
12-Feb	0.733683	1.233683	1.733683	0.266317
13-Feb	0.750639	1.250639	1.750639	0.249361
14-Feb	0.747173	1.247173	1.747173	0.252827
15-Feb	0.767453	1.267453	1.767453	0.232547

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
16-Feb	0.626489	1.126489	1.626489	0.373511
17-Feb	0.312679	0.812679	1.312679	0.687321
18-Feb	0	0.407754	0.907754	1.092246
19-Feb	0	0	0	2.669206
20-Feb	0	0.116963	0.616963	1.383037
21-Feb	0.205467	0.705467	1.205467	0.794533
22-Feb	0.513152	1.013152	1.513152	0.486848
23-Feb	0.63825	1.13825	1.63825	0.36175
24-Feb	0.683299	1.183299	1.683299	0.316701
25-Feb	0.726517	1.226517	1.726517	0.273483
26-Feb	0.773726	1.273726	1.773726	0.226274
27-Feb	0.806685	1.306685	1.806685	0.193315
28-Feb	0.81158	1.31158	1.81158	0.18842
1-Mar	0.766733	1.266733	1.766733	0.233267
2-Mar	0.776197	1.276197	1.776197	0.223803
3-Mar	0.491687	0.991687	1.491687	0.508313
4-Mar	0	0.328935	0.828935	1.171065
5-Mar	0.413712	0.913712	1.413712	0.586288
6-Mar	0	0	0	2.355142
7-Mar	0	0.450816	0.950816	1.049184
8-Mar	0.453724	0.953724	1.453724	0.546276
9-Mar	0	0	0	5.845207
10-Mar	0	0	0	2.259754

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
11-Mar	0	0.160242	0.660242	1.339758
12-Mar	0	0.356194	0.856194	1.143806
13-Mar	0.235712	0.735712	1.235712	0.764288
14-Mar	0.43184	0.93184	1.43184	0.56816
15-Mar	0	0	0.365588	1.634412
16-Mar	0	0	0	2.000467
17-Mar	0	0	0	2.784869
18-Mar	0	0	0	2.47388
19-Mar	0	0	0	2.549332
20-Mar	0	0	0.256056	1.743944
21-Mar	0	0.420649	0.920649	1.079351
22-Mar	0.314036	0.814036	1.314036	0.685964
23-Mar	0	0	0	2.306583
24-Mar	0	0	0	8.795624
25-Mar	0	0	0	3.6484
26-Mar	0	0	0	2.161037
27-Mar	0	0	0	2.416111
28-Mar	0	0	0	2.224117
29-Mar	0	0	0.393136	1.606864
30-Mar	0	0.225545	0.725545	1.274455
31-Mar	0	0	0	2.920736
1-Apr	0	0	0.046024	1.953976
2-Apr	0.259818	0.759818	1.259818	0.740182

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
3-Apr	0	0	0	2.902038
4-Apr	0	0.15494	0.65494	1.34506
5-Apr	0	0.324547	0.824547	1.175453
6-Apr	0.141038	0.641038	1.141038	0.858962
7-Apr	0	0.377318	0.877318	1.122682
8-Apr	0.335881	0.835881	1.335881	0.664119
9-Apr	0.544609	1.044609	1.544609	0.455391
10-Apr	0.636631	1.136631	1.636631	0.363369
11-Apr	0.715487	1.215487	1.715487	0.284513
12-Apr	0.03591	0.53591	1.03591	0.96409
13-Apr	0	0.049515	0.549515	1.450485
14-Apr	0	0	0.167046	1.832954
15-Apr	0.05781	0.55781	1.05781	0.94219
16-Apr	0	0.291833	0.791833	1.208167
17-Apr	0.199214	0.699214	1.199214	0.800786
18-Apr	0.501087	1.001087	1.501087	0.498913
19-Apr	0.396649	0.896649	1.396649	0.603351
20-Apr	0.589058	1.089058	1.589058	0.410942
21-Apr	0.693727	1.193727	1.693727	0.306273
22-Apr	0	0.459959	0.959959	1.040041
23-Apr	0	0.375619	0.875619	1.124381
24-Apr	0	0.365706	0.865706	1.134294
25-Apr	0.303089	0.803089	1.303089	0.696911

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
26-Apr	0	0.480075	0.980075	1.019925
27-Apr	0	0	0	2.984164
28-Apr	0	0	0	2.969761
29-Apr	0	0	0.256076	1.743924
30-Apr	0	0	0.3571	1.6429
1-May	0	0.024272	0.524272	1.475728
2-May	0	0	0	4.728081
3-May	0	0	0	8.602159
4-May	0	0	0	5.812641
5-May	0	0	0	8.304107
6-May	0	0	0	9.187507
7-May	0	0	0	5.450117
8-May	0	0	0	6.42666
9-May	0	0	0	7.553741
10-May	0	0	0	14.25084
11-May	0	0	0	13.655
12-May	0	0	0	9.192576
13-May	0	0	0	5.440092
14-May	0	0	0	8.926602
15-May	0	0	0	11.35137
sum	28.96	65.71	108.74	
No. of pumping days.	61	81	91	
ปริมาตรน้ำที่ต้องสูบทั้งหมด	2,502,100	5,677,256	9,395,288	

ตารางภาคผนวกที่ ช2-5 แสดงอัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C และ อัตราการสูบน้ำที่ Q min ต่าง ๆ

Date	ปริมาณอัตราการสูบน้ำที่ต้องการรายวันของแต่ละช่วงอัตราการไหลขั้นต่ำ (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการไหลเฉลี่ยที่จุด C
	Q min 1.0 cms	Q min 1.5 cms	Q min 2.0 cms	
(ลบ.ม.)				
ปริมาตรน้ำที่ต้องสูบ (ลบ.ม./วัน)	41,018	70,090	103,245	
จำนวนชั่วโมงที่ต้องสูบ (ชั่วโมง/วัน)	4.00	6.50	10.00	