รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

The Development of groundwater management system for planning improvement to improve conjunctive use water management in the north of the lower central plain

โดย รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2564

สิงหาคม 2565

สัญญาเลขที่ กม.54/2564

รายงานการวิจัย

โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง”

The Development of groundwater management system for planning improvement to improve conjunctive use water management in the north of the lower central plain

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
4. ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
5. ดร.พิเชษฐ์ สืบสายพรหม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
6. ดร.ธัญดร ออกวะลา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
7. ร้อยโทอนุมัติ อิงคนินันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
8. ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์	สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
10. Dr. Pham Van Tuan	Chulalongkorn University
10. นางสาวนภาพร นพคุณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2564

คำนำ

รายงานการวิจัยของโครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง” โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 10 เดือน (15 มิถุนายน 2564 - 16 เมษายน 2565) ซึ่งประกอบด้วย สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์สภาพน้ำผิวดิน การจัดสรรน้ำและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล การศึกษาสภาพน้ำบาดาล การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล การสำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำร่วม: กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร และผลการศึกษาน้ำบาดาลได้เสนอไว้ในรายงานการวิจัยฉบับนี้

ทางโครงการฯ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่ภาคสนาม และเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นต่อโครงการฯ ซึ่งทางโครงการฯ ก็ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงในความร่วมมือ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือในการวิจัยระยะต่อไป เพื่อให้งานวิจัยในครั้งนี้มีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศและหากท่านใดมีข้อคิดเห็นประการใดต่อการวิจัยในครั้งนี้ สามารถแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านต่อทางโครงการฯ ได้ทางอีเมล watercu@eng.chula.ac.th และติดตามผลงานวิจัยได้ทางเว็บไซต์ www.watercu.eng.chula.ac.th

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2565

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง” สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรในพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเจ้าเจ็ด-บางยี่หน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เจ้าหน้าที่โครงการชลประทานส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตร โครงการฯ พื้นที่ส่งน้ำและบำรุงรักษาชลประทานในเขตจังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดอ่างทอง และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ได้ให้ข้อมูล และข้อคิดเห็นในระหว่างการศึกษา ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถนำข้อมูล และข้อคิดเห็นมาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยได้การศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับนสนุนเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มโครงการฯ จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 2

ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณหน่วยงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ และเกษตรกรดังกล่าวข้างต้นที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติสำหรับเงินสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2564

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2565

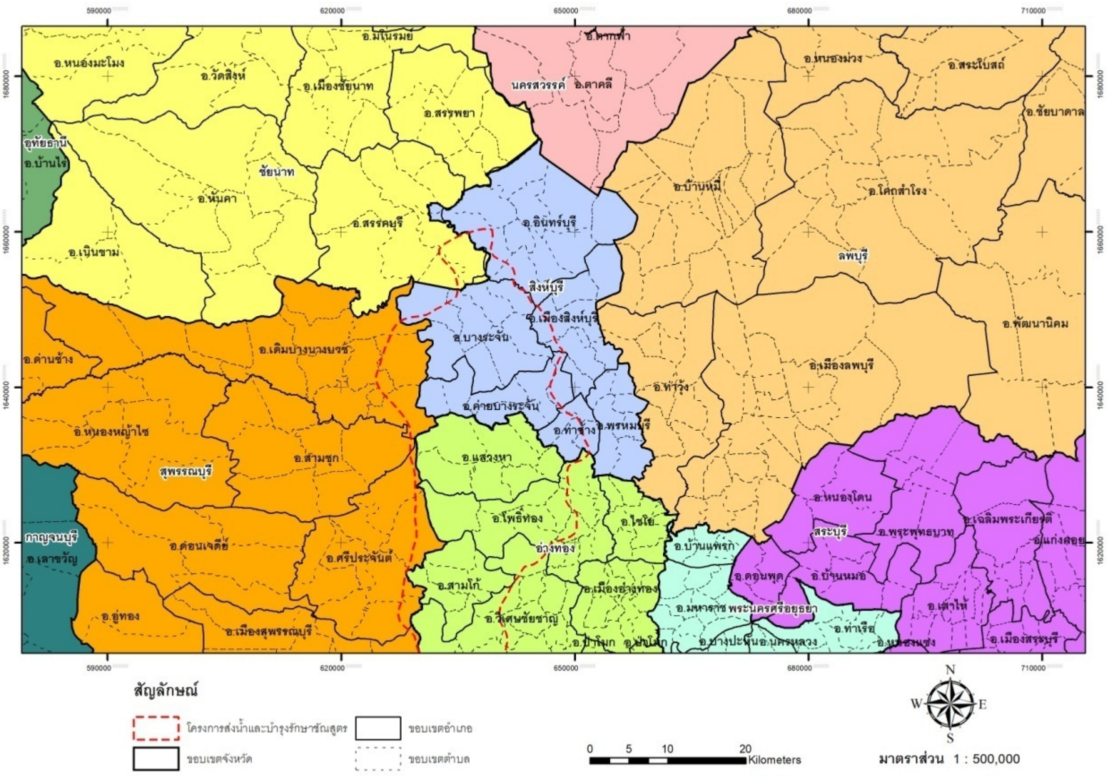
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. บทนำ

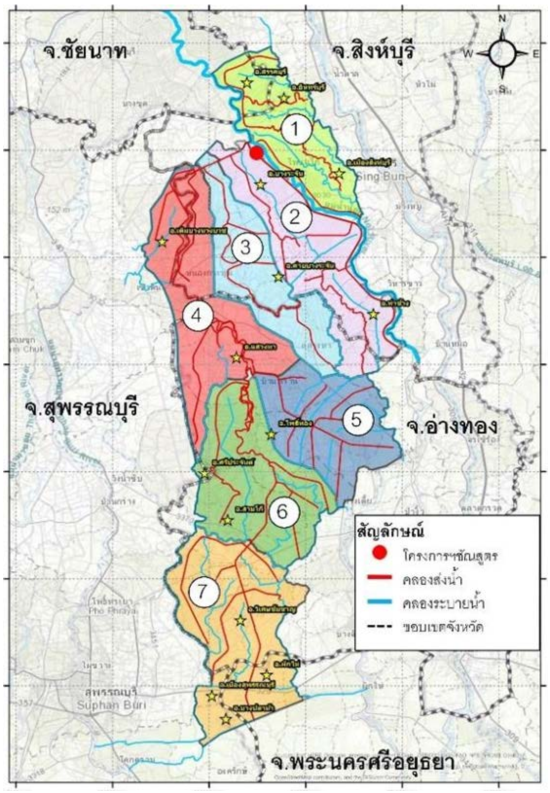
น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรม และน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปีและนาปรังซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลนน้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 600-800 ล้าน ลบ.ม. (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตร แต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะประสานเชื่อมโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ 2) รูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

พื้นที่ศึกษาได้แก่ พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างโดยพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำใต้ดิน จะประกอบด้วยจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน) (รูปที่ 1) และพื้นที่ศึกษาระดับโครงการตัวอย่าง ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรพื้นที่ชลประทานรวม 454,313 ไร่แบ่งพื้นที่เป็น 7 ฝ่ายส่งน้ำ ดังแสดงใน (รูปที่ 2) อยู่ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี และอ่างทอง รวมทั้งบางส่วนของพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี และสระบุรี



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2 แผนที่ฝ่ายส่งน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

2. วัตถุประสงค์

2.1 การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่างๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่

2.2 กำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ระเบียบวิธีวิจัยในโครงการ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 13 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อัตราการระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักจากอ่างเก็บน้ำ และการจัดสรรน้ำ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ สภาพน้ำท่า สภาพการจัดสรรน้ำนี้จะถูกนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำส่วนข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะและสภาพชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลติดตามระดับน้ำบาดาล และสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่ทบทวนรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2. ทบทวนและวิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาข้อมูลการจัดสรรน้ำจากผลการศึกษาของโครงการศึกษาปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ระยะที่ 1 ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล และประมาณการใช้น้ำ
3. ประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลจากข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างผิวดินและน้ำบาดาลจากการศึกษาที่ผ่านมา (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549)
4. สำรวจและกำหนดสถานีที่จะใช้เป็นระบบติดตามระดับน้ำบาดาลและระดับน้ำคลอง
5. สำรวจภาคสนามทดลองหาอัตราการการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำเพื่อประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นและสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำต่างๆ ในพื้นที่ตัวอย่าง (เช่น คบ.ชัณสูตร)
6. ติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลแบบ real time ในสถานีที่คัดเลือกว่าเหมาะสม
7. ติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำในคลองและในแปลงนาในพื้นที่ต้นแบบของ คบ.ชัณสูตร
   7.1) พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนาแบบอัตโนมัติผ่านระบบ IoT ซึ่งสามารถติดตามรายงานผลระดับน้ำตามเวลาจริง
   7.2) พัฒนาระบบ Cloud และต้นแบบ UI สำหรับแสดงผลและติดตามตรวจสอบระดับน้ำในคลองและในแปลงนาและรายงานผลตามเวลาจริง

7.3) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนาในพื้นที่ทดสอบ

7.4) สรุปผลและรายงานผลการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ

8. พัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับแบบจำลองเชิงภูมิภาค (พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง) และเชิงโครงการ (คบ.ชัณสูตร) โดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล MODFLOW โดยรายละเอียดของโปรแกรม MODFLOW แสดงในหัวข้อทฤษฎีและแบบจำลองที่ใช้

8.1) จัดเตรียมข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลชั้นน้ำบาดาลเพื่อจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาล

i. ข้อมูลสภาพชั้นน้ำ คุณสมบัติชั้นน้ำบาดาล

ii. ข้อมูลการติดตามระดับน้ำบาดาลที่ผ่านมาและที่จะมีการติดตามรายเดือนของโครงการ

8.2) ออกแบบแบบจำลองน้ำบาดาล โดยขนาดกริดที่ใช้ขึ้นอยู่กับสภาพของข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 1 โดยกำหนดขนาดกริดเบื้องต้น 2 กม.* 2 กม.

8.3) ปรับเทียบแบบจำลองน้ำบาดาล (จะใช้ข้อมูลช่วงปีพ.ศ. 2546-2560 หรือตามสภาพความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้)

8.4) สอบเทียบแบบจำลองน้ำบาดาล (จะใช้ข้อมูลช่วงปีพ.ศ. 2546-2560 หรือตามสภาพความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้)

8.5) จำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลในกรณีเงื่อนไขการจัดการน้ำบาดาล

8.6) สรุปสภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในรูปแบบปีน้ำแบบต่างๆ

โดยรายละเอียดของโปรแกรม MODFLOW แสดงในหัวข้อทฤษฎีและแบบจำลองที่ใช้

9. พัฒนาระบบรวบรวมข้อมูล real time และระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำ

10. จำลองสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นและพิจารณา hotspot ของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเพื่อใช้ในการควบคุมจัดการทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน

11. พัฒนาแบบจำลองประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ จากผลการศึกษาจากแบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นและเตรียมใช้ในการ co-run กับโครงการอื่นในแผนงานที่ 3

12. ทำการทบทวนการศึกษาที่มีมาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลประกอบการจัดทำแนวทางการจัดการน้ำร่วมเพื่อกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพน้ำ

13. สรุปรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพปีน้ำและคุณภาพน้ำบาดาลโดยคำนึงทั้งจากผู้ควบคุมและผู้ใช้ตามวัตถุประสงค์การใช้และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้น้ำแต่ละพื้นที่เพื่อนำเสนอนโยบายในการจัดการน้ำร่วมที่เหมาะสมตามสภาพปีน้ำ

4. สรุปผลการศึกษา

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของบริเวณภาคกลางตอนบนที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัด อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 2,234 2,000 และ 1,655 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับเมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 60 47 และ 34 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุโขทัยพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 516 374 และ 354 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 494 490 และ 368 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิจิตรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 554 520 และ 396 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดกำแพงเพชรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 315 282 และ 267 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดนครสวรรค์พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 295 283 และ 236 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 1,002 804 และ 604 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 302 242 และ 182 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 320 257 และ 193 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 238 191 และ 143 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับและสำหรับชั้นที่ 4 มีค่าเท่ากับ 142 114 และ 86 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดชัยนาทพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 158 126 และ 95 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสิงห์บุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 128 99 และ 73 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดอ่างทองพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 56 42 และ 31 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 122 101 และ 77 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดลพบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 63 48 และ 35 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสระบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 72 62 และ 47 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 404 327 และ 246 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 77.9 64.5 และ 49.1 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้ในช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 35.8 39.0 และ 52.3 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนและแม่น้ำในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 25.8 20.2 และ 19.2 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆ จากการขาดแคลนน้ำ
2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัด เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย

4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืนมีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย

5. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงานควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วมดังต่อไปนี้

1. พัฒนาระบบฐานข้อมูล
2. ศึกษาวิจัยรายละเอียดถึงสภาพกลไกการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติ
3. ศึกษาวิจัยการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
4. ปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล
5. ศึกษาวิจัยการเติมน้ำบาดาล
6. จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
7. เผยแพร่ข้อมูลและแจ้งข้อมูลเตือนภัยล่วงหน้าต่อสาธารณะ
8. ศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล

Executive Summary

1. Introduction

Groundwater is an important water resource to every water use sector such as comsumptive use, industrial use and agricultural use particularly during the period that the surface water resource from irrigation water or storage pond is insufficient in dry seasons. In the north of lower central region of Thailand in irrigation areas, there are rice cropping activities both in wet and dry seasons, encountering water shortage particularly in dry seasons. The farmers dug groundwater wells to be water reserve during the surface water is shortage. It is found that the potential groundwater in this region to be developed for uses amounts on annual average not less than 600-800 million cu.m. (Chulalongkorn university, 2015). Department of groundwater resource, by Office of groundwater resource conservation and rehabilitation, set up the project of monitoring groundwater conditions, to check and watch out the change of groundwater quantity and quality, including the impact assessment of groundwater pumping from shallow wells. However, the development of groundwater modeling for estimating groundwater quantities in various scenarios is not done (Department of groundwater resource, 2018). This situation causes unable to estimate the groundwater quantity to be developed for use with reliability due to lack of developing a system for estimating groundwater quantity and management according to water year types. This system, if developed, will be an important tool for Department of groundwater resource to estimate available groundwater for use and then coordinate with Royal irrigation department to set up a clear condition in providing groundwater to be conjunctive use with surface water appropriately and sustainably.

This research aims to develop a tool and technology containing 2 components

1. Develop a groundwater management system for estimating potential groundwater and planning for improving water management in conjunctive use with surface water to reduce damage of agricultural areas due to water shortage in dry seasons.

2. Develop appropriate conjunctive use with surface water according to groundwater conditions and water quantity in reservoirs.

The study area is the north of lower central region considering groundwater hydrogeology covering 7 provinces as Chainat, Singburi, Lopburi, Angthong, Ayutthaya,

Suphanburi and Saraburi (Figure 1). Also, the study area on one irrigation project example as Channasutre irrigation project covering area of 454,313 rais containing 7 water zones (Figure 2) locating in the provinces of Chainat, Singburi, Angthong, Ayutthaya and Suphanburi.

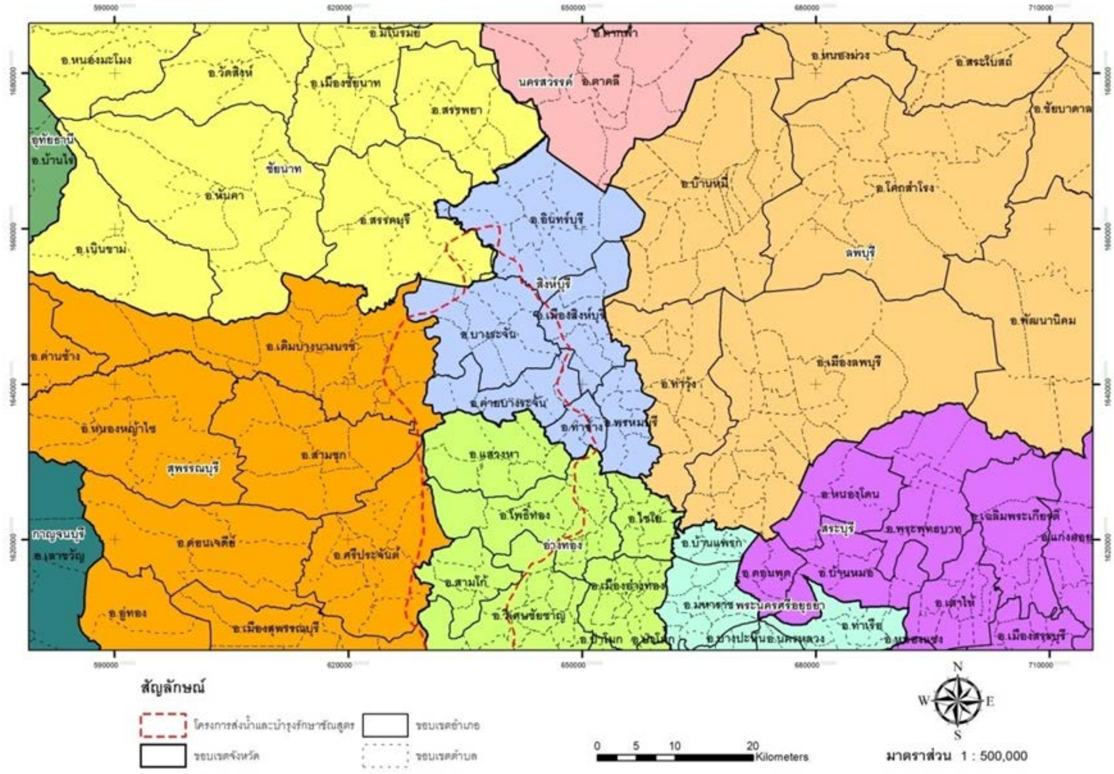


Figure 1 study area

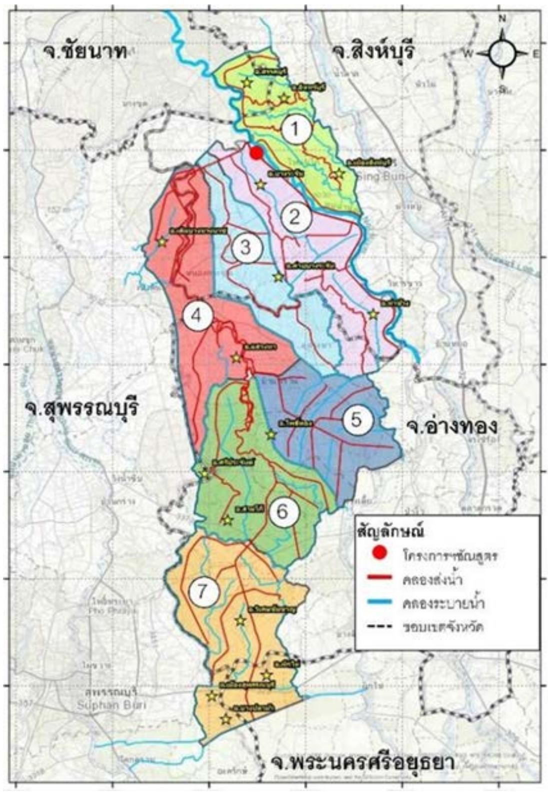


Figure 2 Channasutre irrigation project

2. Objectives

1) Develop a groundwater management system for estimating potential groundwater and planning for improving water management in conjunctive use with surface water to estimate available groundwater for use in various scenarios and groundwater management pattern for area development support.
2) Develop appropriate conjunctive use of groundwater and surface water according to groundwater conditions and water quantity in reservoirs.

3. Project methodology

Research methodology consists of 13 steps having details and techniques in each step as follows

1) Collect data and review previous studies such as climate data containing rainfall, highest temperature, lowest temperature, mean temperature, evaporation, runoff data, reservoir water storage and water allocation. The data will be analyzed to estimate water demand. In addition, the hydrogeological data such as characteristics of aquifers, groundwater

level data and proportion of groundwater use will be collected and reviewed from previous studies.

2) Review and analyze meteorological and hydrological data, water allocation data from from study result from Project study on water resources (runoff, surface water and groundwater) in lower Chaophraya basin Phase 1.
3) Estimate groundwater use based on data of proportion rate of conjunctive use between surface and groundwater from previous studies (Department of groundwater resource, 2006).
4) Survey and select stations to be monitoring systems of groundwater level and channel water level data.
5) Field survey of groundwater pumping rates and characteristics of groundwater use for estimating groundwater use quantities and proportion of groundwater use in water year types in Channasutre irrigation project.
6) Install real time groundwater monitoring system in selected stations.
7) Install monitoring system of water levels in channels and cropping areas in Channasutre irrigation project.
   a) Develop device prototype to guage water levels in channels and cropping areas automatically using IOT as able to monitor and report real time data
   b) Develop Cloud system and device prototype UI to present result and monitor real time data of water levels in channels and cropping areas and real time report result.
   c) Install device prototype to guage water levels in channels and cropping areas in selected areas.
   d) Summarise result and report performance of device prototype.
8) Develop groundwater models for north of lower central region and Channasutre irrigation projects. The groundwater models use groundwater flow simulation program namely MODFLOW in which the governing equations are shown in the theory topic relating to groundwater flow equations.
   a) Prepare hydrogeological data, aquifer data and groundwater level data.
   b) Design groundwater model in which grid size is 2km * 2km.
   c) Calibrate groundwater model using data during years 2001-2017.
   d) Verify groundwater model using data during years 2001-2017.

   e) Simmulate groundwater flow in cases of future and specified groundwater management scenarios.
   f) Summarise available groundwater quantity for use in water year types.

9) Develop real time data collection system and groundwater modeling system according to water year types.
10) Simulate groundwater conditions according to surface water conditions using the developed systems and consider the hotspot areas of excessive uses of surface water and groundwater in order to control both surface water and groundwater management.
11) Develop groundwater model to estimate groundwater quantity in water year types using the developed groundwater model and apply the model in co-run with other projects in plan 3.
12) Review the previous studies of Department of groundwater resource to set up appropriate conjunctive use of groundwater and surface water according to water conditions.
13) Summarise appropriate conjunctive use of groundwater and surface water according to water year and water quality conditions. Consider both water regulators and users according to objectives and economic benefits from water use in each area in order to propose appropriate conjunctive water use policy.

4. Summary of the study

Upper central region

The study results on available or potential groundwater in the upper central region covering provinces such as Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok, Phichit, Kham Khaeng Phet and Nakhonn Sawan were studied and classified according to the water years. The average annual available groundwater volumes were 2,234 2,000 and 1,655 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Classified according to the provinces, the average annual available groundwater volumes in Uttaradit were 60 47 and 34 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Sukhothai were 516 374 and 354 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Phitsanulok were 494 490 and 368 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Phichit were 554 520 and 396 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Kham Khaeng Phet were 315 282 and 267 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Nakhonn Sawan were 295 283 and 236 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The north of the lower central plain

The study results on available or potential groundwater in the lower central region covering provinces such as Chainat, Singburi, Angthong, Ayutthaya, Lopburi, Saraburi and Suphanburi were studied and classified according to the water years. The average annual available groundwater volumes were 1,002 804 and 604 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Classified according to the aquifer depths, the average annual available groundwater volumes in the first aquifer were 302 242 and 182 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual available groundwater volumes in the second aquifer were 320 257 and 193 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual available groundwater volumes in the third aquifer were 238 191 and 143 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual available groundwater volumes in the fourth aquifer were 142 114 and 86 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Channasut irrigation project

The study results on available or potential groundwater in Channasut irrigation project were studied and classified according to the water years. The average annual available groundwater volumes were 77.9 64.5 and 49.1 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual groundwater abstraction volumes during the years 2010 – 2020 were 35.8 39.0 and 52.3 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual groundwater recharge

volumes from rainfall and rivers during the years 2010 – 2020 were 25.8 20.2 and 19.2 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Classified according to the provinces, the average annual available groundwater volumes in Chainat were 158 126 and 95 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Singburi were 128 99 and 73 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Angthong were 56 42 and 31 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Ayutthaya were 122 101 and 77 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Lopburi were 63 48 and 35 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Saraburiwere 72 62 and 47 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Suphanburi were 404 327 and 246 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Groundwater management criteria

The study result on groundwater management criteria to manage conjunctive use of ground water and surface water appropriately and sustainably is set up as follows

1. Specify groundwater to be water resource reserve to be used during the period that the surface water is insufficient to meet the water demand in order to reduce the damages to the crop production and other water use activities from water deficit.
2. Estimate the seasonal groundwater abstraction from the graphs of relationship between groundwater level and seasonal groundwater abstraction developed for each province. Compare the groundwater abstraction to the available groundwater in order to determine the remaining groundwater for further use.
3. Use groundwater not exceeding the available or potential groundwater, based on the criteria that the groundwater depth does not exceed 20 m from the ground surface. Recommend to use groundwater only in the dry years of low

surface water and rainfall, then encountering the risk of water deficit. This groundwater use limitation helps to prevent the loss of groundwater balance and recover the groundwater back to the normal level. The study result indicates the amount of available groundwater for each province in each water year classified as wet, normal and dry water years.

4. Use groundwater not exceeding the groundwater recharge from rain, rivers and nearby aquifers in order to maintain the groundwater balance between the ground water use and groundwater recharge, leading to sustainable groundwater use. The study result indicates the amount of groundwater recharge for each province in each water year classified as wet, normal and dry water years.

5. Recommendation

To achieve more efficient groundwater management and conjunctive water use between groundwater and surface water and utilize data and study results usefully to the public in the area, significant measures are needed. The measures are to support work operation in practice, study research and monitor work performance affecting to conjunctive water use. The measures are recommended as follows

1. Develop data system
2. Study in detail on groundwater recharge mechanism naturally
3. Study research on conjunctive water use between groundwater and surface water
4. Improve and apply groundwater model
5. Study research on groundwater recharge
6. Develop criteria of conjunctive water use between groundwater and surface water
7. Publish groundwater data and public warning in advance
8. Study groundwater bank application

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : ODU017

ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

ชื่อนักวิจัย :

รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.พิเชษฐ์ สืบสายพรหม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.ธัญดร ออกวะลา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
ร้อยโทอนุมัติ อิงคนินันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์	สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
Dr. Pham Van Tuan	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
นางสาวนภาพร นพคุณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาโครงการ : 15 มิถุนายน 2564 – 16 เมษายน 2565

คำสำคัญ : แบบจำลองน้ำบาดาล ศักยภาพน้ำบาดาล การจัดการน้ำบาดาล การบริหารน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรม และน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปีและนาปรัง

ซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลนน้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 600-800 ล้าน ลบ.ม. (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตร แต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะประสานเชื่อมโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ 2) รูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

พื้นที่ศึกษาได้แก่ พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างโดยพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำใต้ดิน จะประกอบด้วยจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน) และพื้นที่ศึกษาระดับโครงการตัวอย่างได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรพื้นที่ชลประทานรวม 454,313 ไร่แบ่งพื้นที่เป็น 7 ฝ่ายส่งน้ำอยู่ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา และสุพรรณบุรี

สรุปผลการศึกษา

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของบริเวณภาคกลางตอนบนที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 2,234 2,000 และ 1,655 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับเมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดอุตรดิตถ์พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 60 47 และ 34 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุโขทัยพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 516 374 และ 354 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 494 490 และ 368 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิจิตรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 554 520 และ 396 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดกำแพงเพชรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 315 282 และ 267 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดนครสวรรค์พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 295 283 และ 236 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 1,002 804 และ 604 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 302 242 และ 182 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 320 257 และ 193 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 238 191 และ 143 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับและสำหรับชั้นที่ 4 มีค่าเท่ากับ 142 114 และ 86 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดชัยนาทพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 158 126 และ 95 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสิงห์บุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 128 99 และ 73 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดอ่างทองพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 56 42 และ 31 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 122 101 และ 77 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดลพบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 63 48 และ 35 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสระบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 72 62 และ 47 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 404 327 และ 246 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตรตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 77.9 64.5 และ 49.1 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้ในช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2563ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 35.8 39.0 และ 52.3 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนและแม่น้ำในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 25.8 20.2 และ 19.2 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆ จากการขาดแคลนน้ำ
2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัด เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย
4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงานควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วมดังต่อไปนี้

1. พัฒนาระบบฐานข้อมูล
2. ศึกษาวิจัยรายละเอียดถึงสภาพกลไกการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติ
3. ศึกษาวิจัยการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
4. ปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล
5. ศึกษาวิจัยการเติมน้ำบาดาล
6. จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
7. เผยแพร่ข้อมูลและแจ้งข้อมูลเตือนภัยล่วงหน้าต่อสาธารณะ
8. ศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล

Abstract

Project code : ODU017

Project Title : The Development of groundwater management system for planning improvement to improve conjunctive use water management in the north of the lower central plain

Researcher Team :

Assoc. Prof. Tuantan Kitpaisalsakul, D.Eng.	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Dr.Chokchai Suthithammachit	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Assoc. Prof. Phatcharasak ArlaiD.Eng.	CENTER OF EXCELLENCE IN SUSTAINABLE WATER RESOURCE MANAGEMENT, Nakhon PathomRajabhat University
Dr.Chuphan Chompuchan	Faculty of Engineering, KamphaengSaen Campus
Dr.Pichet Suebsaiprom	Faculty of Engineering, KamphaengSaen Campus
Dr.Tahndonn Okwala	Faculty of Engineering, KamphaengSaen Campus
Mr.Anumat Engkaninan	Faculty of Engineering, KamphaengSaen Campus
Dr.Tussanee Nettasana	Bureau of Groundwater Conservation and Restoration, Department of Groundwater Resources
Dr.Pham Van Tuan	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Miss Napaporn Noppakhun	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Project Duration : 15th June 2021– 16th April 2022

Keywords : groundwater model, groundwater management, conjunctive use of groundwater and surface water, the north of the lower central plain

Groundwater is an important water recource to every water use sector such as comsumptive use, industrial use and agricultural use particularly during the period that the surface water resource from iriigation water or storage pond is insufficient in dry seasons. In the north of lower central region of Thailand in irrigation areas, there are rice

cropping activities both in wet and dry seasons,encountering water shortage particularly in dry seasons. The farmers dug groundwater wells to be water reserve during the surface water is shortage. It is found that the potential groundwater in this region to be developed for uses amounts on annual average not less than 600-800 million cu.m. (Chulalongkorn university, 2015). Department of groundwater resource, by Office of groundwater resource conservation and rehabilitation, set up the project of monitoring groundwater conditions, to check and watch out the change of groundwater quantity and quanlity, including the impact assessment of groundwater pumping from shallow wells. However, the development of groundwater modeling for estimating groundwater quantities in various scenarios is not done(Department of groundwater resource, 2018). This situation causes unable to estimate the groundwater quantity to be developed for use with reliability due to lack of developing a system for estimating groundwater quantity and management according to water year types. This system, if developed, will be an important tool for Department of groundwater resource to estimate available groundwater for use and then coordinate with Royal irrigation department to set up a clear condition in providing groundwater to be conjunctive use with surface water appropriately and sustainably.

This research aims to develop a tool and technology containing 2 components

1. Develop a groundwater management system for estimating potential groundwater and planning for improving water management in conjunctive use with surface water to reduce damage of agricultural areas due to water shortage in dry seasons.

2. Develop appropriate conjunctive use with surface water according to groundwater conditions and water quantity in reservoirs.

The study area is the north of lower central region considering groundwater hydrogeology covering 7 provinces as Chainat, Singburi, Lopburi, Angthong, Ayutthaya, Suphanburi and Saraburi. Also, the study area on one irrigation project example as Channasutre irrigation project covering area of 454,313 rais containing 7 water zones locating in the provinces of Chainat, Singburi, Angthong, Ayutthaya and Suphanburi.

Summary of the study

Upper central region

The study results on available or potential groundwater in the upper central region covering provinces such as Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok, Phichit, Kham Khaeng Phet and Nakhonn Sawan were studied and classified according to the water years. The average annual available groundwater volumes were 2,234 2,000 and 1,655 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Classified according to the provinces, the average annual available groundwater volumes in Uttaradit were 60 47 and 34 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Sukhothai were 516 374 and 354 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Phitsanulok were 494 490 and 368 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Phichit were 554 520 and 396 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Kham Khaeng Phet were 315 282 and 267 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Nakhonn Sawan were 295 283 and 236 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The north of the lower central plain

The study results on available or potential groundwater in the lower central region covering provinces such as Chainat, Singburi, Angthong, Ayutthaya, Lopburi, Saraburi and Suphanburi were studied and classified according to the water years. The average annual available groundwater volumes were 1,002 804 and 604 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Classified according to the aquifer depths, the average annual available groundwater volumes in the first aquifer were 302 242 and 182 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual available groundwater volumes in the second aquifer were 320 257 and 193 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual available groundwater volumes in the third aquifer were 238 191 and 143 million cu.m. in the wet year, normal

year and dry year respectively. The average annual available groundwater volumes in the fourth aquifer were 142 114 and 86 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Classified according to the provinces, the average annual available groundwater volumes in Chainat were 158 126 and 95 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Singburi were 128 99 and 73 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Angthong were 56 42 and 31 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Ayutthaya were 122 101 and 77 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Lopburi were 63 48 and 35 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Saraburiwere 72 62 and 47 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

The average annual available groundwater volumes in Suphanburi were 404 327 and 246 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Channasut irrigation project

The study results on available or potential groundwater in Channasut irrigation project were studied and classified according to the water years. The average annual available groundwater volumes were 77.9 64.5 and 49.1 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual groundwater abstraction volumes during the years 2010 – 2020 were 35.8 39.0 and 52.3 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively. The average annual groundwater recharge volumes from rainfall and rivers during the years 2010 – 2020 were 25.8 20.2 and 19.2 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively.

Groundwater management criteria

The study result on groundwater management criteria to manage conjunctive use of ground water and surface water appropriately and sustainably is set up as follows

1. Specify groundwater to be water resource reserve to be used during the period that the surface water is insufficient to meet the water demand in order to reduce the damages to the crop production and other water use activities from water deficit.
2. Estimate the seasonal groundwater abstraction from the graphs of relationship between groundwater level and seasonal groundwater abstraction developed for each province. Compare the groundwater abstraction to the available groundwater in order to determine the remaining groundwater for further use.
3. Use groundwater not exceeding the available or potential groundwater, based on the criteria that the groundwater depth does not exceed 20 m from the ground surface. Recommend to use groundwater only in the dry years of low surface water and rainfall, then encountering the risk of water deficit. This groundwater use limitation helps to prevent the loss of groundwater balance and recover the groundwater back to the normal level. The study result indicates the amount of available groundwater for each province in each water year classified as wet, normal and dry water years.
4. Use groundwater not exceeding the groundwater recharge from rain, rivers and nearby aquifers in order to maintain the groundwater balance between the ground water use and groundwater recharge, leading to sustainable groundwater use. The study result indicates the amount of groundwater recharge for each province in each water year classified as wet, normal and dry water years.

Recommendation

To achieve more efficient groundwater management and conjunctive water use between groundwater and surface water and utilize data and study results usefully to the public in the area, significant measures are needed. The measures are to support work operation in practice, study research and monitor work performance affecting to conjunctive water use. The measures are recommended as follows

1. Develop data system
2. Study in detail on groundwater recharge mechanism naturally
3. Study research on conjunctive water use between groundwater and surface water
4. Improve and apply groundwater model
5. Study research on groundwater recharge
6. Develop criteria of conjunctive water use between groundwater and surface water
7. Publish groundwater data and public warning in advance
8. Study groundwater bank application

สารบัญ

หน้า

รายชื่อคณะวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง
คำนำ
กิตติกรรมประกาศ
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
Executive Summary
บทคัดย่อไทย
บทคัดย่ออังกฤษ
สารบัญ
สารบัญรูป
สารบัญตาราง

บทที่ 1	**บทนำ**	**1-1**
1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
1.2	วัตถุประสงค์	1-1
1.3	เป้าหมาย	1-2
1.4	พื้นที่ศึกษา	1-3
1.5	ระเบียบวิธีวิจัย	1-4
1.6	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-13
1.7	องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์	1-14
บทที่ 2	**สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา**	**2-1**
2.1	สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน	2-1
2.2	ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา	2-3
2.3	สภาพการใช้ที่ดิน	2-5
2.4	สภาพอุทกวิทยา	2-7
2.5	สภาพน้ำท่า	2-8
2.6	แหล่งน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ	2-11

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
2.7	สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา	2-12
2.8	สภาพอุทกธรณีวิทยา	2-15
2.9	สภาพเศรษฐกิจสังคม	2-21
บทที่ 3	**การวิเคราะห์สภาพน้ำผิวดินการจัดสรรน้ำและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล**	**3-1**
3.1	โครงข่ายพื้นที่ย่อยของการใช้น้ำ	3-1
3.2	การใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา	3-1
	3.2.1 การใช้น้ำเพื่อการเกษตร	3-3
	3.2.2 การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค	3-5
	3.2.3 การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม	3-6
3.3	การจัดสรรน้ำ	3-7
3.4	สัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล	3-8
3.5	สรุปการศึกษาสภาพน้ำผิวดิน	3-10
บทที่ 4	**การศึกษาสภาพน้ำบาดาล**	**4-1**
4.1	ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา	4-1
	4.1.1 บ่อบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร	4-1
	4.1.2 บ่อสังเกตการณ์	4-3
4.2	การแบ่งชั้นน้ำบาดาล	4-4
4.3	คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล	4-9
	4.3.1 การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล	4-9
	4.3.2 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	4-10
	4.3.3 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล	4-18
4.4	สรุปสภาพน้ำบาดาล	4-22

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล 5-1

5.1 การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล 5-1

5.1.1 ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล (Regional model and Local model) 5-1

5.1.2 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด 5-1

5.1.3 การออกแบบแบบจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ 5-2

5.1.4 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต 5-4

5.1.5 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลอง 5-5

5.1.6 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล 5-9

5.1.7 การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลอง 5-10

5.1.8 การวิเคราะห์สมดุลน้ำบาดาล 5-11

5.2 การวางระบบติดตามน้ำบาดาล 5-17

5.2.1 หลักเกณฑ์การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล 5-17

5.2.2 ตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล 5-17

5.2.3 การพัฒนาระบบวัด และรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time Recorded Groundwater Monitoring System 5-21

5.3 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ 5-38

บทที่ 6 การสำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำร่วม : กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร 6-1

6.1 งานสำรวจภาคสนาม: ศึกษาเฉพาะการใช้น้ำบาดาลระดับตื้นในภาคการเกษตร 6-1

6.1.1 กิจกรรมการเพาะปลูก 6-2

6.1.2 รูปแบบการสูบน้ำบาดาลในแต่ละช่วงของปี 6-2

6.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของบ่อบาดาล 6-4

6.1.4 การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำบาดาล 6-5

6.2 งานสำรวจข้อมูลภาพดาวเทียม: ศึกษาข้อมูลการใช้น้ำพืชย้อนหลัง 6-6

6.2.1 คุณสมบัติทางการภาพของบ่อบาดาล 6-4

6.2.2 การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำภาคสนาม 6-6

6.3 งานพัฒนาระบบติดตามระดับน้ำในคลองและในแปลงนา 6-9

6.3.1 การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา 6-9

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.3.2 การพัฒนาระบบ Cloud และแบบ UI สำหรับติดตามและแสดงผลการวัดระดับน้ำ 6-13

6.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนา 6-14

บทที่ 7 ผลการศึกษาน้ำบาดาล 7-1

7.1 สภาพน้ำผิวดิน 7-1

7.2 สภาพน้ำบาดาล 7-1

7.3 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล 7-2

7.4 เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน 7-2

7.5 การวางระบบติดตามน้ำบาดาล 7-3

7.6 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ 7-3

7.7 สำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำโดยลงไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ คบ.ชัณสูตร 7-5

7.8 การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา 7-6

บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 8-1

8.1 สรุปผลการดำเนินงาน 8-1

8.2 ข้อเสนอแนะ 8-3

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สถานีอุตุนิยมวิทยา และสถานีอุทกวิทยา

ภาคผนวก ข การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล

ภาคผนวก ค แบบสำรวจและข้อมูลการสำรวจการใช้น้ำ

ภาคผนวก ง การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา

ภาคผนวก จ เอกสารนำเสนอ (ร่าง) รายงานฉบับสมบูรณ์ วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2565

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฉ เอกสารนำเสนอทางวิชาการในการประชุมนานาชาติ
วันที่ 22-26 สิงหาคม พ.ศ. 2565
ภาคคผนวก ฉ-1 Potential of groundwater abstractions in the north part of lower central plain, thailand
ภาคผนวก ฉ-2 Sustainable groundwater pumping in the upper central plain, thailand and ANN application for abailable gw pumping

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.4-1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	1-3
1.4-2	แผนที่ฝ่ายส่งน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	1-4
1.5.1	ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง MODFLOW	1-8
1.5.2	ชุดระบบวัดระดับน้ำใต้ดินผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย	1-10
1.5.3	ระบบการวัดและส่งข้อมูลของชุดระบบวัดระดับน้ำใต้ดินผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย	1-11
2.1-1	สภาพภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง	2-2
2.3-1	สัดส่วนการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2560-2562 ในพื้นที่ศึกษา	2-6
2.3-2	แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2560-2562 ในพื้นที่ศึกษา	2-6
2.4-1	แผนที่ปริมาณน้ำฝนและการคายระเหยน้ำอ้างอิง (ETo) เฉลี่ยรายปี	2-7
2.4-2	ค่าเฉลี่ยรายปีปริมาณน้ำฝนและการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ในพื้นที่ศึกษา	2-8
2.5-1	ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่า	2-8
2.5-2	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีวัดน้ำท่า	2-9
2.6-1	ปริมาณน้ำกักเก็บ ณ วันที่ 1 พฤศจิกายนของอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลักระหว่าง ปี พ.ศ. 2555-2564	2-11
2.7-1	แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษา	2-13
2.8-1	แผนที่แสดงหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา	2-17
2.8-2	แผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา	2-20
3.1-1	แผนที่แสดงหน่วยย่อยในการวิเคราะห์การใช้น้ำโดยใช้พื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดิน ซ้อนทับกับขอบเขตจังหวัดและขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	3-1
3.2-1	แผนที่ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร (บน) การอุปโภคบริโภค (กลาง) และ การอุตสาหกรรม (ล่าง)	3-2
3.3-1	สัดส่วนการจัดสรรน้ำตามกิจกรรมการใช้น้ำ	3-8
3.4-1	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่จังหวัด	3-9
3.4-2	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่โครงการชลประทาน	3-10
4.2-1	แผนที่แสดงดัชนีน้ำบาดาลที่หาได้และตำแหน่งภาพตัดขวางของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา	4-6
4.2-2	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว A-A’	4-7
4.2-3	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว B-B’	4-7
4.2-4	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว C-C’	4-8

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.2-5	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว D-D’	4-8
4.3-1	แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง	4-20
4.3-2	แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นตะกอนที่ความลึกพัฒนาอยู่ในช่วง น้อยกว่า 50 เมตร	4-21
4.3-3	แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นตะกอนที่ความลึกพัฒนา อยู่ในช่วง 50-100 เมตร	4-22
5.1-1	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล	5-2
5.1-2	แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)	5-3
5.1-3	มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์	5-3
5.1-4	เงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองชั้นน้ำที่ 1-4	5-4
5.1-5	การแบ่ง Recharge zone ในการประมาณค่าอัตราการเติมน้ำจากฝน	5-4
5.1-6	ค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ ในช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2553	5-11
5.1-7	สมดุลน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2564	5-12
5.1-8	สภาพสมดุลน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2564 (ค.ศ. 2010-2021)	5-12
5.1-9	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลในช่วงปี ค.ศ. 2010-2020 (พ.ศ. 2553-2563)	5-14
5.1-10	มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์ของแบบจำลองเชิงโครงการคบ.ชัณสูตร	5-15
5.1-11	สมดุลน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2563	5-16
5.1-12	สภาพสมดุลน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2563 (ค.ศ. 2010-2020)	5-16
5.1-13	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ชัณสูตรรายชั้นน้ำในช่วงปี ค.ศ. 2010-2020 (พ.ศ. 2553-2563)	5-17
5.2-1	ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์ และคณะพบปรึกษาหารือ กับผู้อำนวยการ และ ผู้บริหารโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร ในวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564	5-18
5.2-2	ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดชัยนาท	5-19
5.2-3	ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี	5-19
5.2-4	ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดอ่างทอง	5-20
5.2-5	ตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	5-20
5.2-6	ระบบการวัดและส่งข้อมูลของชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	5-21
5.2-7	เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาล	5-22

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.2-8	การติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดิน	5-23
5.2-9	ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต พร้อมชุดส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายโทรศัพท์และสายอากาศ	5-24
5.2-10	จอแสดงผลแอลซีดี และการเก็บข้อมูล	5-24
5.2-11	ชุดตู้ควบคุมขนาด 40x60x25 เซนติเมตร	5-25
5.2-12	การทดสอบความถูกต้องของเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ก่อนติดตั้ง	5-27
5.2-13	การทดสอบการวัดระดับน้ำบาดาล	5-28
5.2-14	การแสดงผลการรับข้อมูลและส่งข้อมูลแสดงผลระดับน้ำบาดาลผ่านระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์	5-29
5.2-15	ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 1 ติดตั้งที่พิกัด 14.968825, 100.271280 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล	5-30
5.2-16	สถานีวัดที่ 1 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อ พร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์บนเสาเหล็กกัลวาไนซ์	5-31
5.2-17	ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 2 ติดตั้งที่พิกัด 14.968825, 100.271280 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล	5-32
5.2-18	สถานีวัดที่ 2 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อ พร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์บนเสาเหล็กกัลวาไนซ์	5-33
5.2-19	ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 3 ติดตั้งที่พิกัด 14.643451, 100.255009 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล	5-34
5.2-20	สถานีวัดที่ 3 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อ พร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์	5-35
5.2-21	ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 4 ติดตั้งที่พิกัด 14.460936, 100.266480 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล	5-36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.2-22	สถานีวัดที่ 4 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อ พร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์	5-37
5.3-1	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (available pumping) ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายจังหวัด	5-39
5.3-2	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping) ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายชั้นน้ำ	5-41
5.3-3	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping) ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายจังหวัด	5-41
5.3-4	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping) ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ ราย Zone ส่งน้ำของคบ.ชัณสูตร	5-44
5.3-5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลกับค่าระดับน้ำปลายฤดูกาล รายจังหวัดพื้นที่ภาคกลางตอนบน	5-45
5.3-6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลกับค่าระดับน้ำปลายฤดูกาล รายจังหวัดพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง	5-47
6.1-1	ตำแหน่งการสำรวจด้วยแบบสอบถามในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	6-1
6.1-2	ความถี่ในการสูบน้ำรายเดือน (a) และ ระยะเวลาการสูบน้ำรายเดือนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (b)	6-3
6.1-3	ร้อยละของจำนวนบ่อสูบในแต่ละช่วงความลึกในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	6-4
6.1-4	ร้อยละของเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยงโดยพิจารณาขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่ง (a) และร้อยละของเครื่องสูบน้ำชนิดซับเมอร์สโดยพิจารณาขนาดจากกำลังของเครื่องสูบ (b)	6-4
6.1-5	การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำบาดาล	6-5
6.2-1	กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตรในช่วงปี พ.ศ. 2557-2563	6-7
6.3-1	เซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB	6-10
6.3-2	ผัง Schematic ของบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวและแผ่นลายปรินท์ต้นแบบ	6-10
6.3-3	แผนภาพระบบโดยรวมการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ ปตร. และท้าย ปตร.	6-11
6.3-4	แผนภาพระบบโดยรวมการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา	6-12

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6.3-5	เว็ปแอพพลิเคชั่นและ Dashboard สำหรับเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ	6-13
6.3-6	การทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลการวัดระดับน้ำบน Dashboard ที่ได้ออกแบบไว้	6-14
6.3-7	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำปตร. ตามแนวคลอง 1 ขวา และอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา	6-16
6.3-8	จุดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำตรง ปตร. ในคลอง 1 ขวา	6-17
6.3-9	จุดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา	6-18
8-1	การกระจายตัวของน้ำใต้ดินสู่น้ำบาดาล	8-5
8-2	การเติมน้ำจากแม่น้ำ คลองดิน ทางน้ำเปิด หรือทะเลสาบ	8-5
8-3	ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการไหลของการเติมน้ำบาดาล และการไหลของน้ำบาดาล	8-5

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า

ตารางที่		หน้า
1.5-1	ชุดการคำนวณในแบบจำลอง MODFLOW	1-9
2.3-1	การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ศึกษา	2-5
3.1-1	แผนที่แสดงหน่วยย่อยในการวิเคราะห์การใช้น้ำโดยใช้พื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินซ้อนทับกับขอบเขตจังหวัดและขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	3-1
3.2-1	สรุปข้อมูลความต้องการน้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษารายจังหวัด	3-3
3.2-2	การคำนวณฝนใช้การสำหรับนาข้าว	3-4
3.2-3	อัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชนเมือง	3-5
3.3-1	ปริมาณการจัดสรรน้ำตามกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่ศึกษา	3-7
3.4-1	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่จังหวัด	3-8
3.4-2	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่โครงการชลประทาน	3-9
4.1-1	จำนวนบ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2545-2564	4-2
4.1-2	สรุปจำนวนบ่อน้ำตื้นบ่อตอกจากข้อมูลการสำรวจแยกเป็นรายจังหวัด	4-2
4.1-3	จำนวนข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในแต่ละช่วงระดับความลึก	4-3
4.1-4	จำนวนบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2564	4-3
4.3-1	จำนวนบ่อน้ำบาดาลที่ทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล แยกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	4-9
4.3-2	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดชัยนาท	4-10
4.3-3	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสิงห์บุรี	4-11
4.3-4	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดอ่างทอง	4-12
4.3-5	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดลพบุรี	4-13
4.3-6	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสระบุรี	4-13
4.3-7	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	4-14
4.3-8	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสุพรรณบุรี	4-15
4.3-9	สรุปผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านจำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	4-17
5.1-1	สรุปค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ (Hydraulic Conductivity, K) ในพื้นที่ศึกษา	5-6
5.1-2	ผลการสอบเทียบและสอบทานในชั้นน้ำที่ 1-4	5-10

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า

ตารางที่		หน้า
5.1-3	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายจังหวัด	5-13
5.2-1	ตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	5-18
5.3-1	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ของพื้นที่โครงการชลประทานฯ 9 โครงการ	5-40
5.3-2	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ของพื้นที่โครงการชลประทานฯ 20 โครงการ	5-42
5.3-3	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำปลายฤดูกาลและปริมาณ การสูบน้ำในฤดูกาล และค่า R2 รายจังหวัดพื้นที่ภาคกลางตอนบน	5-44
5.3-4	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำปลายฤดูกาลและปริมาณ การสูบน้ำในฤดูกาล และค่า R^2 รายจังหวัดพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง	5-46
6.1-1	ร้อยละของกิจกรรมการเพาะปลูกของเกษตรกรในกลุ่มตัวอย่าง	6-2
6.1-2	ผลการตรวจวัดอัตราการสูบภาคสนามด้วยวิธีกำหนดปริมาตรแล้วจับเวลา	6-6
6.2-1	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตรเฉลี่ยรายปี ช่วง พ.ศ. 2557-2563	6-7
6.2-2	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตรเฉลี่ยรายเดือน	6-8
6.3-1	รายชื่อเกษตรกรและพิกัดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา	6-15

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรม และน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปีและนาปรัง ซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลนน้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 600-800 ล้าน ลบ.ม. (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตร แต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561)เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะประสานเชื่อมโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ 2) รูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

1.2 วัตถุประสงค์

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่างๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่

2) กำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

1.3 เป้าหมาย

1.3.1) พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างโดยพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำใต้ดินประกอบด้วย จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน)

1.3.2) สำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำโดยลงไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ คบ.ชัณสูตร

1) งานสำรวจภาคสนาม: ศึกษาเฉพาะการใช้น้ำบาดาลในภาคการเกษตร โดยเน้นการสำรวจข้อมูลบ่อบาดาลระดับตื้น (บ่อตอก)

2) งานสำรวจข้อมูลภาพดาวเทียม: ศึกษาข้อมูลการใช้น้ำพืชย้อนหลังจากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา โดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Terra/MODIS ร่วมกับระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ (IrriSAT)

1.3.3) งานออกแบบและพัฒนาต้นแบบโครงข่ายและอุปกรณ์การติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

1) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวัดและติดตามระดับน้ำแบบ Real-time ผ่านระบบ IoT ณ ปตร. ที่สามารถรายงานผลระดับน้ำในคลองและในพื้นที่แปลงนาโดยเป็นชุดเครื่องมือต้นแบบสำหรับวัดระดับน้ำในคลองจำนวน 10 ชุดพิสัยการวัดไม่น้อยกว่า 10 ม. ความละเอียดในการวัดไม่น้อยกว่า 1 ซม. และชุดเครื่องมือสำหรับวัดน้ำในแปลงนาจำนวน 20 ชุดพิสัยการวัดไม่น้อยกว่า 30 ซม. ความละเอียดในการวัดไม่น้อยกว่า 0.1 ซม. สำหรับทดสอบและประเมินการทำงานของระบบ

2) ออกแบบและพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลบน Cloud Server พร้อมทั้งUI แสดงผลระดับน้ำที่ปตร. และระดับน้ำในแปลงนาแบบ Real-time โดยสามารถจัดเก็บข้อมูลและรายงานผลต่อเนื่องได้อย่างน้อย 1 ปี

1.3.4) พัฒนาแบบจำลองน้ำใต้ดินระดับภูมิภาค (พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง) และระดับโครงการตัวอย่าง (พื้นที่ คบ.ชัณสูตร) เพื่อใช้ประเมินศักยภาพในพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ที่ใช้น้ำบาดาลมาก

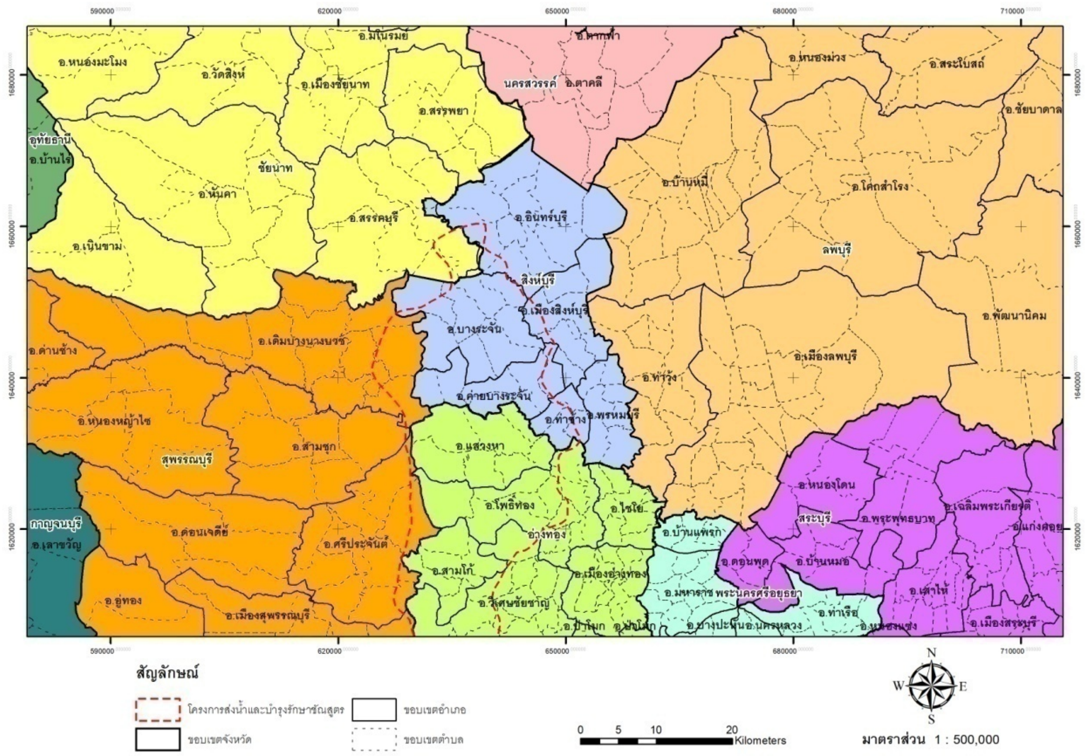
1.3.5) พัฒนาโครงข่ายการติดตามระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติเพื่อการวางแผนการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่โดยติดตั้งเครื่องจำนวน 4 ชุด

1.3.6) จัดทำข้อเสนอแนะและเกณฑ์การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาอย่างยั่งยืน

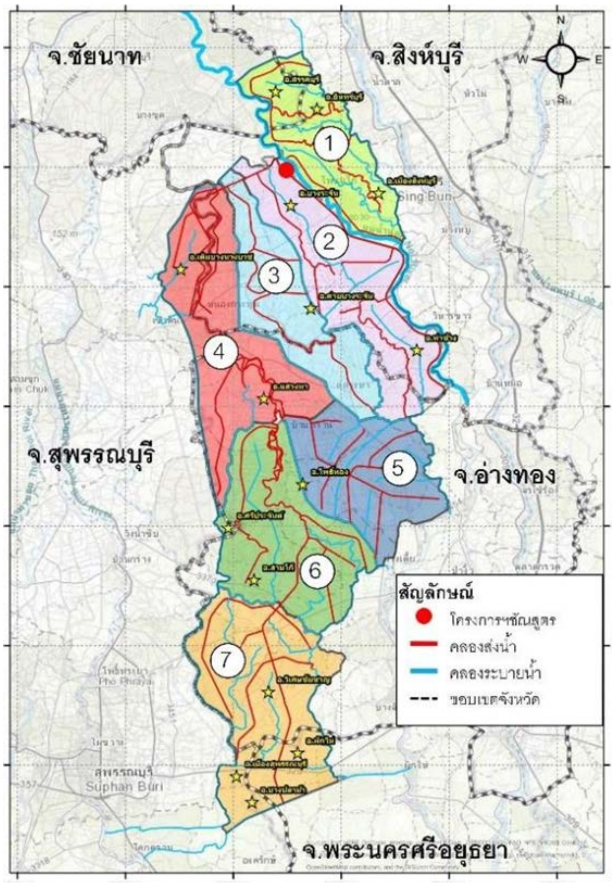
1.3.7) กำหนดเกณฑ์การใช้น้ำบาดาลแยกตามปีน้ำ (ทั้งระดับภูมิภาคและโครงการตัวอย่าง)

1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาได้แก่พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างโดยพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำใต้ดิน ประกอบด้วยจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน) (รูปที่ 1.4-1) และพื้นที่ศึกษาระดับโครงการตัวอย่างได้แก่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร มีพื้นที่ชลประทานรวม 454,313 ไร่ แบ่งพื้นที่เป็น 7 ฝ่ายส่งน้ำดังแสดงใน (รูปที่ 1.4-2) อยู่ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี และอ่างทอง รวมทั้งบางส่วนของพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี และสระบุรี



รูปที่ 1.4-1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 1.4-2 แผนที่ฝ่ายส่งน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

1.5.1 ขอบเขตการวิจัยและแนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

1.5.1.1 ขอบเขตการวิจัย

1) พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างโดยพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำใต้ดินประกอบด้วย จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน)

2) สำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำโดยลงไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ คบ.ชัณสูตร

   2.1) งานสำรวจภาคสนาม: ศึกษาเฉพาะการใช้น้ำบาดาลในภาคการเกษตร โดยเน้นการสำรวจข้อมูลบ่อบาดาลระดับตื้น (บ่อตอก)

   2.2) งานสำรวจข้อมูลภาพดาวเทียม: ศึกษาข้อมูลการใช้น้ำพืชย้อนหลังจากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา โดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Terra/MODIS ร่วมกับระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ (IrriSAT)

3) งานออกแบบและพัฒนาต้นแบบโครงข่ายและอุปกรณ์การติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

3.1) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวัดและติดตามระดับน้ำแบบ Real-time ผ่านระบบ IoT ณ ปตร. ที่สามารถรายงานผลระดับน้ำในคลองและในพื้นที่แปลงนาโดยเป็นชุดเครื่องมือต้นแบบสำหรับวัดระดับน้ำในคลองจำนวน 10 ชุดพิสัยการวัดไม่น้อยกว่า 10 ม. ความละเอียดในการวัดไม่น้อยกว่า 1 ซม. และชุดเครื่องมือสำหรับวัดน้ำในแปลงนาจำนวน 20 ชุดพิสัยการวัดไม่น้อยกว่า 30 ซม.ความละเอียดในการวัดไม่น้อยกว่า 0.1 ซม. สำหรับทดสอบและประเมินการทำงานของระบบ

3.2) ออกแบบและพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลบน Cloud Server พร้อมทั้ง UI แสดงผลระดับน้ำที่ปตร. และระดับน้ำในแปลงนาแบบ Real-time โดยสามารถจัดเก็บข้อมูลและรายงานผลต่อเนื่องได้อย่างน้อย 1 ปี

4) พัฒนาแบบจำลองน้ำใต้ดินระดับภูมิภาค (พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง) และระดับโครงการตัวอย่าง (พื้นที่ คบ.ชัณสูตร) เพื่อใช้ประเมินศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ที่ใช้น้ำบาดาลมาก

5) พัฒนาโครงข่ายการติดตามระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติเพื่อการวางแผนการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่โดยติดตั้งเครื่องจำนวน 4 ชุด

6) จัดทำข้อเสนอแนะและเกณฑ์การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาอย่างยั่งยืน

7) กำหนดเกณฑ์การใช้น้ำบาดาลแยกตามปีน้ำ (ทั้งระดับภูมิภาคและโครงการตัวอย่าง)

1.5.1.2 แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

1) ทฤษฎีเกี่ยวกับสมการการไหลของน้ำบาดาล

สมการพื้นฐานในการอธิบายการไหลของของเหลวผ่านตัวกลางรูพรุน ซึ่งในที่นี้คือการไหลของน้ำใต้ดินอาศัยสมการการไหลของ Darcy จากการทดลองของ Darcy พบว่า ความเร็วของการไหลของน้ำผ่านตัวกลางรูพรุน จะแปรผันตามความแตกต่างของระดับน้ำ (head) และจะแปรผกผันกับระยะทางที่น้ำเคลื่อนที่ เขียนเป็นสมการการไหลของน้ำใต้ดินผ่านตัวกลางรูพรุน หรือ Darcy’s Equation ดังนี้

$$V = -K \frac{\Delta h}{\Delta l} \qquad (1)$$

โดยที่ V เป็นความเร็วของการไหลของน้ำใต้ดิน (LT^{-1})

K เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน (hydraulic conductivity) (LT^{-1})

Δh เป็นความแตกต่างของระดับน้ำหรือ piezometric head (L)

Δl เป็นระยะทางวัดตามทิศทางความเร็วเฉลี่ยของการไหล (L)

จากสมการของ Darcy จะได้ว่า การไหลของน้ำใต้ดินที่มีความหนาแน่นคงที่ ผ่านตัวกลางรูพรุนที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneous porous media) ภายใต้สภาวะการไหลแบบไม่คงตัว คือ สภาพการไหลที่มีระดับน้ำใต้ดินแปรเปลี่ยนตามเวลา (unsteady flow) ประกอบกับการไหลที่ขึ้นกับทิศทาง (anisotropic) สามารถอธิบายด้วยสมการ สมการพื้นฐานที่สามารถนำมาเขียนในรูปของสมการอนุพันธ์ย่อย (partial-differential) สำหรับกรณีการไหลแบบ 3 มิติ ได้แล้วใช้ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลข (numerical method) มาช่วยในการแก้ชุดสมการเพื่อหาค่าคำตอบ เนื่องจากวิธีการเชิงตัวเลขเป็นวิธีที่เหมาะกับปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยใช้การแก้ปัญหาแบบ Finite-difference แบบ Implicit

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right)-W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad (2)$$

โดยที่ K_{xx}, K_{yy}และ K_{zz} เป็นค่าของ hydraulic conductivity ตามแนวแกน x, y และ z ตามลำดับ ขนานกับแกนหลักของ hydraulic conductivity (LT^{-1})

h เป็นระดับน้ำ (potentiometric head) (L)

W เป็น volumetric flux ต่อหน่วยปริมาตร และเป็นตัวแทนของ sources หรือ sinks ของน้ำ (T^{-1})

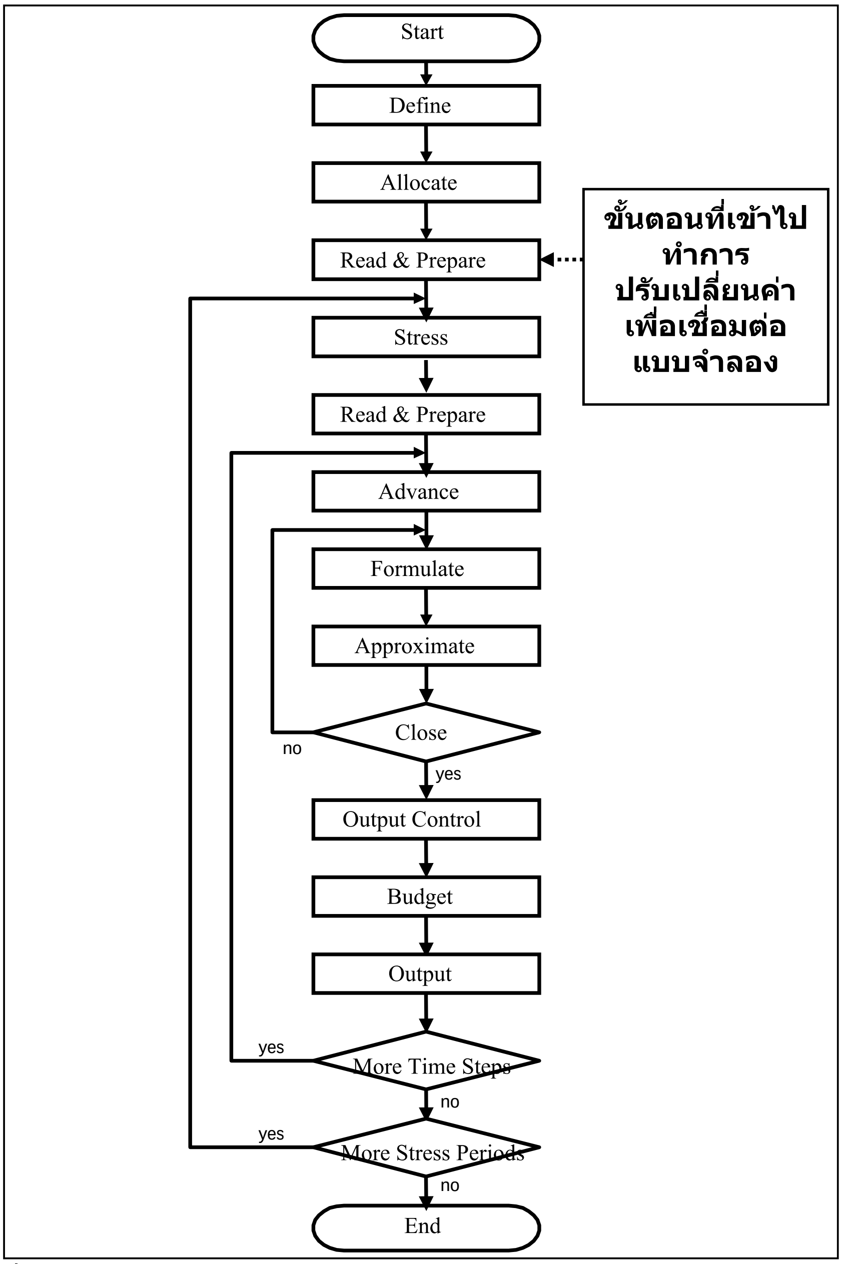
S_s เป็น specific storage ของวัสดุรูพรุน (L^{-1}) และ

T เป็นเวลา (T)

2) แบบจำลอง MODFLOW-2000

โปรแกรมแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลที่ใช้ในการศึกษานี้คือ MODFLOW เป็นชุดการคำนวณการไหลของน้ำใต้ดินด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Modular Three-dimensional Finite-difference Groundwater Flow Model) ได้รับการพัฒนาโดย USGS ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2531 โดยใช้โปรแกรม GMS เป็นโปรแกรมสร้างข้อมูลนำเข้าและอ่านผลการคำนวณให้อยู่ในรูปของแผนภูมิ แผนภาพโครงสร้าง 2 และ 3 มิติบนแผนที่ โดยถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัย Brigham Young ประเทศสหรัฐอเมริกา

ชุดคำนวณ MODFLOW สามารถทำการคำนวณการไหล 3 มิติของน้ำใต้ดินที่ความหนาแน่นคงที่ผ่านตัวกลางรูพรุน (porous media) โดยอาศัยสมการ Darcy และสมการการไหลต่อเนื่องเป็นสมการหลักในการคำนวณประกอบกับเงื่อนไขขอบเขตต่างๆ สร้างเป็นแบบจำลองสำหรับการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่แล้วทำการคำนวณ โดยอาศัยระเบียบวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการคำนวณเชิงอนุพันธ์ย่อย (finite difference) เพื่อแก้สมการดังกล่าวให้ได้คำตอบโดยประมาณด้วยเทคนิค วิธีการ คำนวณซ้ำ 2 วิธี คือ วิธี Strongly Implicit Procedure เป็นการแก้ปัญหาการทดลองหาค่าโดยการคำนวณซ้ำ (iterative) บนสมการเส้นตรงด้วยตารางเมตริก 2 มิติและวิธี Slice successive overrelaxation แก้ปัญหาการทดลองหาค่าบนสมการเส้นตรงขนาดใหญ่แบบ 3 มิติโดยขั้นตอนการคำนวณการไหลของน้ำใต้ดินของ แบบจำลอง MODFLOW แสดงในรูปที่ 1.5-1



ที่มา: Brigham Young University, 1996

รูปที่ 1.5-1 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง MODFLOW

การจำลองสภาพโดยแบบจำลอง MODFLOW สามารถจำลองสภาพทางอุทกธรณีวิทยาได้ทั้งแบบที่เป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน และไม่มีความดัน และสามารถคำนวณชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ อาทิเช่น อัตราการสูบน้ำ การเติมน้ำ การคายระเหย การระบายน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในทางน้ำเปิดกับน้ำใต้ดิน

แบบจำลอง MODFLOW ประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณที่มีหน้าที่จัดการข้อมูลต่างๆ กัน ทั้งหมด 10 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 1.5-1 ซึ่งในการคำนวณทั่วไป ชุดการคำนวณ Basic และชุดการคำนวณ Block Centered Flow เป็นชุดการคำนวณพื้นฐานของการคำนวณทุกครั้ง ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณทั้ง 10 ชุดซึ่งต้องการข้อมูลและพารามิเตอร์แตกต่างกัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดการคำนวณหลัก 7 ชุด ได้แก่ ชุดการคำนวณพื้นฐาน ชุดพารามิเตอร์การไหล ชุดข้อมูลการสูบน้ำ ชุดข้อมูลการเติมน้ำ ชุดข้อมูลทางน้ำ ชุดข้อมูลระดับน้ำและชุดควบคุมระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์โดยแต่ละชุดใช้ข้อมูลตามรายการที่แสดงในตารางที่ 1.5-1 โดยการเชื่อมต่อแบบจำลองนั้นจะทำการแลกเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในชุดการคำนวณ Recharge และชุดการคำนวณ River

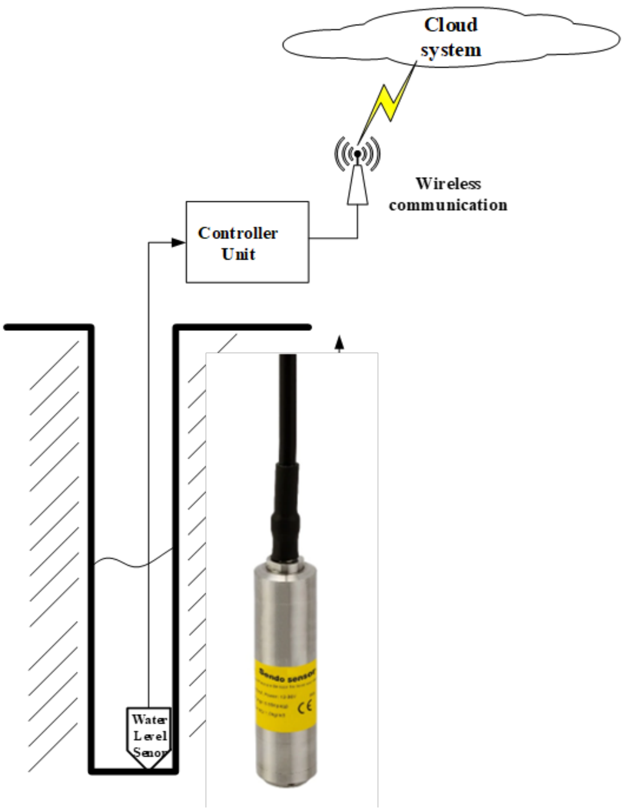
อย่างไรก็ตาม การพิจารณาค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาที่ใช้แบบจำลองนั้นควรคำนึงเสมอว่า ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองเป็นค่าตัวแทนหรือเป็นค่าเฉลี่ยของสภาพพื้นที่ในบริเวณที่เรากำหนดไว้ ฉะนั้นค่าที่วัดได้ในสนามนั้น อาจแตกต่างกับค่าที่ใช้ในการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติของดิน คุณสมบัติของชั้นน้ำ ระดับน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 1.5-1 ชุดการคำนวณในแบบจำลอง MODFLOW

ชื่อชุดการคำนวณ	**หน้าที่**
Basic	จัดการพื้นฐานของแบบจำลอง เช่น การกำหนดขอบเขต, ระบบกริด, ช่วงเวลาในการคำนวณ, เงื่อนไขตั้งต้น และรูปแบบการนำเสนอผลลัพธ์
Block Centered Flow	กำหนดค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณสมการเชิงอนุพันธ์ของการไหลในตัวกลางรูพรุนในแต่ละกริดเซลล์ เช่น ค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำ
Well	จัดการข้อมูลการสูบน้ำ ที่ตั้งบ่อน้ำใต้ดิน และพจน์ที่เกี่ยวข้องในสมการเชิงอนุพันธ์
*Recharge **(ใช้ในการเชื่อมต่อแบบจำลอง)**	จัดการข้อมูลการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน และพจน์ที่เกี่ยวข้องในสมการ (เชื่อมโยงค่าพารามิเตอร์เพื่อเชื่อมต่อแบบจำลอง)
*River **(ใช้ในการเชื่อมต่อ**	จัดการข้อมูลทางน้ำ และระดับน้ำในทางน้ำ ซึ่งมีผลต่อการไหลของน้ำใต้ดิน (เชื่อมโยงค่าพารามิเตอร์เพื่อเชื่อมต่อแบบจำลอง)

ชื่อชุดการคำนวณ	หน้าที่
แบบจำลอง)	
Drain	จัดการข้อมูลการระบายน้ำ
Evapotranspiration	จัดการข้อมูลการคายระเหย
General Head Boundary	กำหนดระดับน้ำใต้ดินในชั้นน้ำต่างๆ ในการคำนวณสมการเชิงอนุพันธ์
Strongly Implicit Procedure	ควบคุมระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาระบบสมการ Finite Difference โดยการคำนวณซ้ำแบบ Implicit
Slice Successive Overrelaxation	ควบคุมระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาระบบสมการ Finite Difference

ระบบวัดระดับน้ำใต้ดินผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย



รูปที่ 1.5-2 ชุดระบบวัดระดับน้ำใต้ดินผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

คุณลักษณะของชุดระบบวัดระดับน้ำผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

1) มีเซนเซอร์วัดระดับน้ำใต้ดินที่ความลึกระยะก้นบ่อส่งสัญญาณระดับน้ำมายังชุดควบคุม (controller unit)

2) มีชุดควบคุม (controller unit) รับข้อมูลจากเซนเซอร์ประมวลผลและแสดงผลส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายไปยังระบบ cloud สำหรับเก็บข้อมูล

ชุดระบบวัดระดับน้ำใต้ดินผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ประกอบด้วย

1) เซนเซอร์วัดระดับน้ำใต้ดิน (underground liquid level sensor) หลักการวัดระดับน้ำใต้ดินของเซนเซอร์แสดงดังสมการที่(3)

$$P = P_0 + \rho g h \quad (3)$$

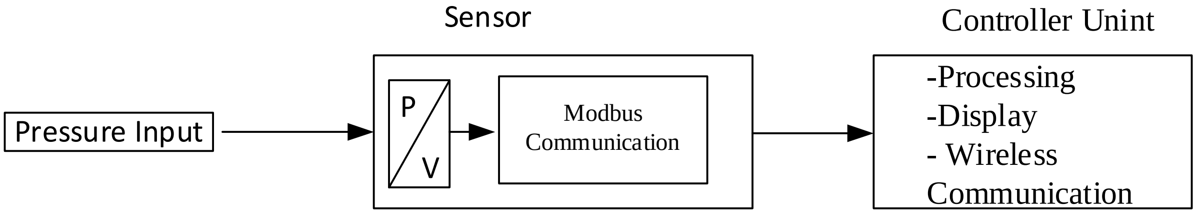
เมื่อ P คือ ความดันที่เซนเซอร์วัดได้ (Pressure on the sensor)

P_0 คือ ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure)

ρ คือ ความหนาแน่นของเหลว (Density of liquid)

h คือ ความลึกของระดับน้ำทำการวัด (Depth of sensor input)

การวัดความลึกระดับน้ำโดยอาศัยความสัมพันธ์ของการวัดความดันของตัวเซนเซอร์ (P) โดยที่ความดันของน้ำที่วัดได้จะแปรผันตรงกับความดันของตัวเซนเซอร์ โดยค่าความดันที่ทำการวัดจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐานเพื่อส่งข้อมูลไปยังตัวควบคุมและแสดงผลการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังตัวประมวลผลด้วยการส่งสัญญาณแบบ Modbus RS-485 ตัวประมวลผลจะรับข้อมูลและแสดงผลดังรูปที่ 1.5-3



รูปที่ 1.5-3 ระบบการวัดและส่งข้อมูลของชุดระบบวัดระดับน้ำใต้ดินผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

2) ชุดควบคุม (controller unit) ชุดควบคุมประกอบด้วยตัวประมวลผล (processing unit) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านระบบ Modbus RS-485 และแสดงผลออกทางหน้าจอเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องณจุดวัดระดับน้ำใต้ดินและการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้สัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตสำหรับส่งข้อมูลเข้าระบบคราวด์สำหรับการเก็บข้อมูลและการแสดงผล

1.5.2 รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานจริงตามแผนการดำเนินงาน

ระเบียบวิธีวิจัยในโครงการ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 13 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อัตราการระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักจากอ่างเก็บน้ำ และการจัดสรรน้ำ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ สภาพน้ำท่า สภาพการจัดสรรน้ำนี้จะถูกนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำส่วนข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะและสภาพชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลติดตามระดับน้ำบาดาล และสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่ทบทวนรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2. ทบทวนและวิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาข้อมูลการจัดสรรน้ำจากผลการศึกษาของโครงการศึกษาปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ระยะที่ 1 ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล และประมาณการใช้น้ำ
3. ประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลจากข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างผิวดินและน้ำบาดาลจากการศึกษาที่ผ่านมา (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549)
4. สำรวจและกำหนดสถานีที่จะใช้เป็นระบบติดตามระดับน้ำบาดาลและระดับน้ำคลอง
5. สำรวจภาคสนามทดลองหาอัตราการการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำเพื่อประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นและสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำต่างๆ ในพื้นที่ตัวอย่าง (เช่น คบ.ชัณสูตร)
6. ติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลแบบ real time ในสถานีที่คัดเลือกว่าเหมาะสม
7. ติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำในคลองและในแปลงนาในพื้นที่ต้นแบบของ คบ.ชัณสูตร
    - 7.1) พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนาแบบอัตโนมัติผ่านระบบ IoT ซึ่งสามารถติดตามรายงานผลระดับน้ำตามเวลาจริง
    - 7.2) พัฒนาระบบ Cloud และต้นแบบ UI สำหรับแสดงผลและติดตามตรวจสอบระดับน้ำในคลองและในแปลงนาและรายงานผลตามเวลาจริง
    - 7.3) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนาในพื้นที่ทดสอบ
    - 7.4) สรุปผลและรายงานผลการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ
8. พัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับแบบจำลองเชิงภูมิภาค (พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง) และเชิงโครงการ (คบ.ชัณสูตร) โดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล MODFLOW โดยรายละเอียดของโปรแกรม MODFLOW แสดงในหัวข้อทฤษฎีและแบบจำลองที่ใช้
    - 8.1) จัดเตรียมข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลชั้นน้ำบาดาลเพื่อจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาล

i. ข้อมูลสภาพชั้นน้ำ คุณสมบัติชั้นน้ำบาดาล

ii. ข้อมูลการติดตามระดับน้ำบาดาลที่ผ่านมาและที่จะมีการติดตามรายเดือนของโครงการ

8.2) ออกแบบแบบจำลองน้ำบาดาล โดยขนาดกริดที่ใช้ขึ้นอยู่กับสภาพของข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 1 โดยกำหนดขนาดกริดเบื้องต้น 2 กม.* 2 กม.

8.3) ปรับเทียบแบบจำลองน้ำบาดาล (จะใช้ข้อมูลช่วงปีพ.ศ. 2546-2560 หรือตามสภาพความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้)

8.4) สอบเทียบแบบจำลองน้ำบาดาล (จะใช้ข้อมูลช่วงปีพ.ศ. 2546-2560 หรือตามสภาพความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้)

8.5) จำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลในกรณีเงื่อนไขการจัดการน้ำบาดาล

8.6) สรุปสภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในรูปแบบปีน้ำแบบต่างๆ

โดยรายละเอียดของโปรแกรม MODFLOW แสดงในหัวข้อทฤษฎีและแบบจำลองที่ใช้

9. พัฒนาระบบรวบรวมข้อมูล real time และระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำ
10. จำลองสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นและพิจารณา hotspot ของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเพื่อใช้ในการควบคุมจัดการทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน
11. พัฒนาแบบจำลองประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ จากผลการศึกษาจากแบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นและเตรียมใช้ในการ co-run กับโครงการอื่นในแผนงานที่ 3
12. ทำการทบทวนการศึกษาที่มีมาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลประกอบการจัดทำแนวทางการจัดการน้ำร่วมเพื่อกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพน้ำ
13. สรุปรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพปีน้ำและคุณภาพน้ำบาดาลโดยคำนึงทั้งจากผู้ควบคุมและผู้ใช้ตามวัตถุประสงค์การใช้และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้น้ำแต่ละพื้นที่เพื่อนำเสนอนโยบายในการจัดการน้ำร่วมที่เหมาะสมตามสภาพปีน้ำ

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ได้ข้อมูล และทบทวนรายงานการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล
2) ผลวิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา การจัดสรรน้ำและการใช้น้ำ
3) ผลวิเคราะห์ข้อมูลอุทกวิทยาน้ำบาดาล

4) ผลการประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาล
5) ผลสำรวจภาคสนามทดลองหาอัตราการการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ
6) ได้สถานีที่จะใช้ติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำบาดาล
7) สถานีที่ได้ติดตั้งระบบติดตามข้อมูล real time ระดับน้ำบาดาล
8) ระบบติดตามระดับน้ำในคลองและในแปลงนาในพื้นที่ต้นแบบของคบ.ชัณสูตร
    8.1) ต้นแบบอุปกรณ์ฯ
    8.2) ระบบ Cloud และต้นแบบ UIฯ
    8.3) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำเรียบร้อย
    8.4) สรุปผลการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ
9) แบบจำลองน้ำบาดาลทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโครงการ
10) ระบบรวบรวมข้อมูล real time และระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำ
11) ผลการจำลองสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อประกอบการ co –run
12) แบบจำลองสำหรับประเมินการใช้น้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ
13) ผลสรุปสภาพการรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่เหมาะสมในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ

1.7 องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 8 บท ประกอบด้วยเนื้อหา รายงานฉบับสมบูรณ์การดำเนินงานในช่วง 10 เดือน (15 มิถุนายน 2564 –16 เมษายน 2565)

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึง หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ เป้าหมาย พื้นที่ศึกษา ระเบียบวิธีวิจัย ผลที่คาดว่าจะได้รับ และองค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์
- **บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา** กล่าวถึง สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา สภาพการใช้ที่ดิน สภาพอุทกวิทยา สภาพน้ำท่า แหล่งน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา สภาพอุทกธรณีวิทยา และสภาพเศรษฐกิจสังคม
- **บทที่ 3 การวิเคราะห์สภาพน้ำผิวดินการจัดสรรน้ำและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล** กล่าวถึง โครงข่ายพื้นที่ย่อยของการใช้น้ำ การใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษาการจัดสรรน้ำ สัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลและสรุปการศึกษาสภาพน้ำผิวดิน
- **บทที่ 4 การศึกษาสภาพน้ำบาดาล** กล่าวถึง ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา การแบ่งชั้นน้ำบาดาล คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล และสรุปสภาพน้ำบาดาล

- **บทที่ 5 การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล** กล่าวถึง การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล การวางระบบติดตามน้ำบาดาล และการพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ
- **บทที่ 6 การสำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำร่วม : กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร** กล่าวถึง งานสำรวจภาคสนาม: ศึกษาเฉพาะการใช้น้ำบาดาลระดับตื้นในภาคการเกษตร งานสำรวจข้อมูลภาพดาวเทียม: ศึกษาข้อมูลการใช้น้ำพืชย้อนหลัง และงานพัฒนาระบบติดตามระดับน้ำในคลองและในแปลงนา
- **บทที่ 7 ผลการศึกษาน้ำบาดาล** กล่าวถึง สภาพน้ำผิวดิน สภาพน้ำบาดาล การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาลเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน การวางระบบติดตามน้ำบาดาลการพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ สำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำโดยลงไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ คบ.ชัณสูตรและการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา
- **บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ**

บทที่ 2
สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

2.1 สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน

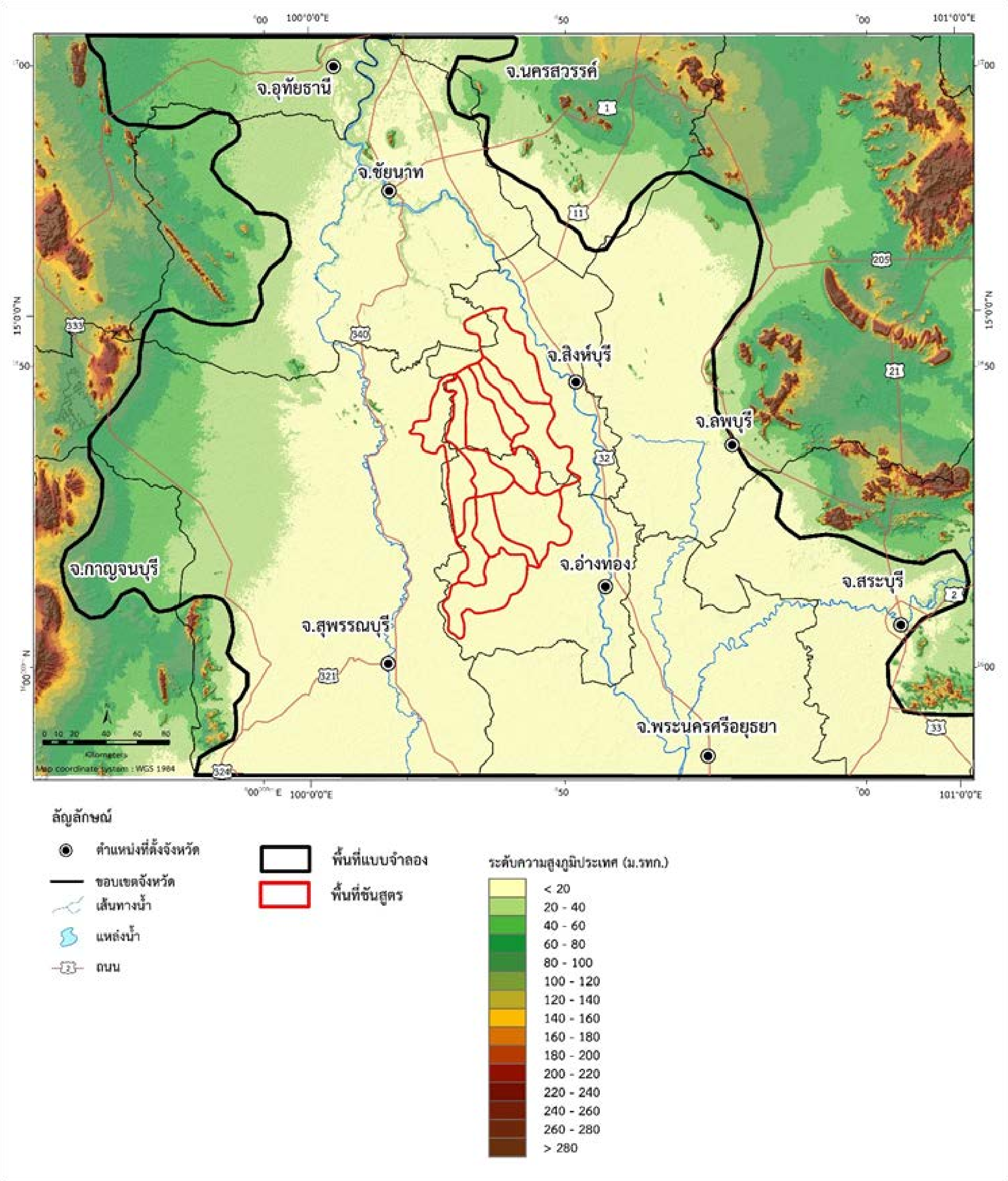
ขอบเขตของบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างครอบคลุมพื้นที่ตอนล่างของจังหวัดนครสวรรค์ ตั้งแต่บริเวณปากน้ำโพเรื่อยลงมาจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดสมุทรปราการ (ดูรูปที่ 2.1-1) ระดับความสูงของบริเวณนี้ต่ำกว่าที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน และแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น ขอบตลิ่งแม่น้ำเจ้าพระยา ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นระดับความสูงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 2.5 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างบริเวณที่อยู่ใกล้แม่น้ำเจ้าพระยาจะเห็นร่องรอยของการเคลื่อนที่ของแม่น้ำสายนี้จากลักษณะของทะเลสาบรูปแอก (oxbow lake) และรอยทางน้ำโค้งตวัด (meander scar) ตั้งแต่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลงมาจนถึงกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 21 กิโลเมตร มีระดับความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยทั่วไปบริเวณนี้มีลักษณะแบนราบแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างเกิดจากการไหลบ่าเข้ามาของทะเลโบราณ แล้วถอยร่นออกไปในช่วงเวลาต่อมา จากหลักฐานของชนิดตะกอนที่มาสะสมตัวและลักษณะภูมิประเทศพบว่าในที่ราบนี้ยังประกอบไปด้วยที่ลุ่มชื้นแฉะ (marsh) ที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (tidal flat) ดินดอนสามเหลี่ยม (delta) เช่น ที่จังหวัดนครปฐมและทางทิศใต้ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา หาดทราย (beach) และสันดอนทราย (sand bar) ซึ่งส่วนใหญ่จะพบเห็นได้เด่นชัดในบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและบางบริเวณของกรุงเทพมหานคร (ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี)

กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่าง ประกอบด้วยจังหวัดชัยนาท พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สระบุรี สิงห์บุรี และอ่างทอง โดยกำหนดให้จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นที่ตั้งศูนย์ปฏิบัติการกลุ่มจังหวัด เพื่อเป็นศูนย์กลางในการประสานงานและขับเคลื่อนยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดไปสู่การปฏิบัติให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่างตั้งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทยบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา และลุ่มน้ำป่าสัก มีพื้นที่รวม 16,593.43 ตารางกิโลเมตร หรือ 10,378,776.50 ไร่ประกอบด้วย

1. จังหวัดชัยนาท มีพื้นที่ เท่ากับ 2,469.75 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,543,591 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.81 ของพื้นที่
2. จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่ เท่ากับ 2,556.64 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,597,900 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.41 ของพื้นที่
3. จังหวัดลพบุรี มีพื้นที่ เท่ากับ 6,199.70 ตารางกิโลเมตร หรือ 10,378,776.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.36 ของพื้นที่
4. จังหวัดสระบุรี มีพื้นที่ เท่ากับ 3,576.49 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,235,304 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 21.55 ของพื้นที่

5. จังหวัดสิงห์บุรี มีพื้นที่ เท่ากับ 822.48 ตารางกิโลเมตร หรือ 514,049 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.96 ของพื้นที่
6. จังหวัดอ่างทอง มีพื้นที่ เท่ากับ 968.37 ตารางกิโลเมตร หรือ 613,120 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.91 ของพื้นที่

(ที่มา: กลุ่มงานบริหารยุทธศาสตร์ กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน)



รูปที่ 2.1-1 สภาพภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง

2.2 ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบริเวณภาคกลางตอนล่างครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน) ประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก 5 ลุ่มน้ำได้แก่ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำสะแกกรังลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำท่าจีน และลุ่มน้ำแม่กลอง ในแต่ละลุ่มน้ำมีรายละเอียดดังนี้

- ลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 20,125 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ 11 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ สิงห์บุรี พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรปราการ กรุงเทพฯ สระบุรี ชัยนาท ลพบุรี และอ่างทอง ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 212 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200 มม./ปี เนื่องจากการศึกษาลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้ดำเนินการควบคู่ไปพร้อมกับลุ่มน้ำท่าจีน ดังนั้นปริมาณความต้องการใช้น้ำ ในปัจจุบันที่ศึกษาเป็นปริมาณ ความต้องการใช้น้ำของทั้ง 2 ลุ่มน้ำคือ 12,150 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งยังมีปริมาณน้ำที่ขาดแคลนอยู่ประมาณ 1,500 - 2,500 ล้าน ลบ.ม./ปี

ในปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่-ขนาดกลางรวม 14 โครงการ สามารถเก็บกักน้ำได้ 26 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 0.14 ล้านไร่ และโครงการขนาดเล็ก 119 โครงการ มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 0.37 ล้านไร่ ส่วนแผนพัฒนาแหล่งน้ำในระยะสั้นคือให้ปรับปรุงระบบชลประทานเดิม ลุ่มน้ำเจ้าพระยาไม่มีศักยภาพ ในการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่

- ลุ่มน้ำสะแกกรังมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 5,192 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ อุทัยธานี กำแพงเพชร และชัยนาท ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 78 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,190 มม./ปี ในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำทั้งสิ้น 877 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งยังมีปริมาณน้ำที่ขาดแคลนอยู่ประมาณ 658 ล้าน ลบ.ม./ปี และจากการประเมินความต้องการน้ำในอนาคต พบว่าในระยะยาวถึงปี 2549 การขาดแคลนน้ำจะลดลง 451 ล้าน ลบ.ม./ปี

ในปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่-ขนาดกลาง รวม 6 โครงการ สามารถเก็บกักน้ำได้ 160 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 0.24 ล้านไร่ และโครงการขนาดเล็ก 78 โครงการ มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 0.31 ล้านไร่ ส่วนแผนพัฒนาแหล่งน้ำระยะสั้นจะมีโครงการขนาดเล็ก 1,725 โครงการ ไม่มีรายละเอียดเงินลงทุนที่ใช้สำหรับแผนพัฒนาแหล่งน้ำในระยะยาวจะมีโครงการขนาดใหญ่ 3 โครงการ คือ โครงการอ่างฯ ห้วยแม่วงศ์ ใช้เงินลงทุน 920 ล้านบาท โครงการคลองโพธิ์ ใช้เงินลงทุน 1,325 ล้านบาท และโครงการห้วยหรั่ง ใช้เงินลงทุน 356 ล้านบาท โครงการขนาดเล็ก 2 โครงการ ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้นประมาณ 410 ล้านบาท

- ลุ่มน้ำป่าสัก มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 16,292 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ เพชรบูรณ์ ลพบุรี สระบุรี และพระนครศรีอยุธยา ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 12 ลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 127 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,150 มม./ปี ในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำทั้งสิ้น 946 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งยังมีปริมาณน้ำที่ขาดแคลนอยู่ในบางลุ่มน้ำ แต่ตัวเลขไม่ชัดเจน

ในปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่-ขนาดกลางรวม 17 โครงการ สามารถเก็บกักน้ำได้ 108 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 0.45 ล้านไร่ โครงการขนาดเล็ก 167 โครงการ มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 0.23 ล้านไร่ และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 22 โครงการ มีพื้นที่ส่งน้ำ 71,060 ไร่ ส่วนแผนพัฒนาแหล่งน้ำระยะสั้นมีโครงการขนาดกลาง 6 โครงการ ใช้เงินลงทุน 302 ล้านบาท และโครงการขนาดเล็ก 1 โครงการ ใช้เงินลงทุน 32 ล้านบาท สำหรับแผนพัฒนาแหล่งน้ำในระยะยาวจะมีโครงการขนาดใหญ่เกิดขึ้น 9 โครงการ ใช้เงินลงทุน 747 ล้านบาท โครงการขนาดกลาง 2 โครงการ ใช้เงินลงทุน 747 ล้านบาท และโครงการขนาดเล็ก 2 โครงการ ใช้เงินลงทุน 111 ล้านบาท

- ลุ่มน้ำท่าจีน มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 13,682 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ อุทัยธานี ชัยนาท อ่างทอง สุพรรณบุรี และนครปฐม ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 2 ลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 143 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,075 มม./ปี เนื่องจากการศึกษาลุ่มน้ำท่าจีนได้ดำเนินควบคู่พร้อมกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา ดังนั้นปริมาณความต้องการ ใช้น้ำในปัจจุบัน ที่ศึกษาถึงเป็นปริมาณความต้องการใช้น้ำของทั้ง 2 ลุ่มน้ำ คือ 12,510 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งยังมีปริมาณน้ำที่ขาดแคลนอยู่ประมาณ 1,500 - 2,500 ล้าน ลบ.ม./ปี

ในปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่-ขนาดกลางรวม 20 โครงการสามารถเก็บกักน้ำได้ 401 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 2.38 ล้านไร่ โครงการขนาดเล็ก 128 โครงการ มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 0.36 ล้านไร่ และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 5 โครงการ ส่วนแผนพัฒนาแหล่งน้ำระยะสั้นคือให้ปรับปรุงระบบชลประทานเดิม ลุ่มน้ำท่าจีน ไม่มีศักยภาพในการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่

- ลุ่มน้ำแม่กลอง มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 30,837 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ราชบุรี สมุทรสงคราม สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสาคร อุทัยธานี และตาก ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 14 ลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 49 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,550 มม./ปี

ในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำทั้งสิ้น 6,644 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งยังมีปริมาณ น้ำที่ขาดแคลนอยู่ประมาณ 1 ล้าน ลบ.ม./ปี และจากการประเมินความต้องการน้ำในอนาคต พบว่าในระยะสั้นถึงปี พ.ศ. 2539 การขาดแคลนน้ำจะเพิ่มขึ้นเป็น25 ล้าน ลบ.ม./ปี และในระยะยาวถึงปี พ.ศ. 2549 การขาดแคลนน้ำจะเพิ่มขึ้นเป็น 274 ล้าน ลบ.ม./ปี

ในปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่-ขนาดกลางรวม 20 โครงการ สามารถเก็บกักน้ำได้ 26,671 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 3.24 ล้านไร่ โครงการขนาดเล็ก 76 โครงการ มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 73,052 ไร่ และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 28 โครงการ มีพื้นที่ส่งน้ำ 83,600 ไร่ ส่วนแผนพัฒนาแหล่งน้ำระยะสั้นมีโครงการ ขนาดใหญ่-ขนาดกลาง 19 โครงการ โครงการขนาดเล็ก 76 โครงการ โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 36 โครงการ ไม่ระบุเงิน ลงทุนที่ใช้ สำหรับแผนพัฒนาแหล่งน้ำในระยะยาวจะมีโครงการขนาดใหญ่-ขนาดกลาง 2 โครงการไม่ระบุเงินลงทุนที่ใช้ (ที่มา : https://www.dnp.go.th/Research/watershade/centre.html)

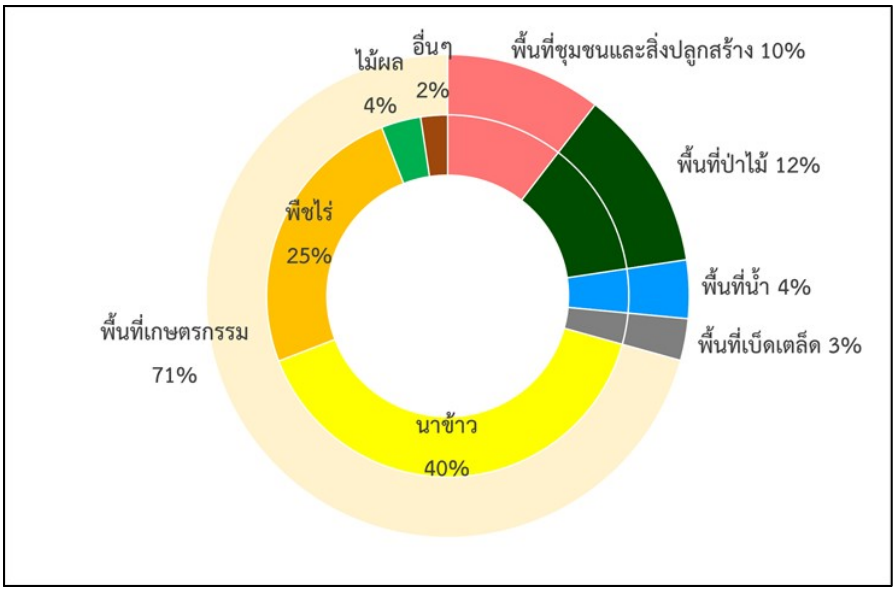
2.3 สภาพการใช้ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2560-2562 ในพื้นที่ศึกษา 7 จังหวัด ได้แก่ อยุธยา อ่างทอง ลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท สระบุรี และสุพรรณบุรี พบว่าลักษณะการใช้ที่ดินส่วนใหญ่คือ พื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดร้อยละ 70.69 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 9.7 ล้านไร่ โดยสัดส่วนของพื้นที่เกษตรกรรม เป็นพื้นที่นาข้าวมากที่สุด ร้อยละ 39.84 ของพื้นที่ (5.47 ล้านไร่) รองลงมาคือพืชไร่ ร้อยละ 24.92 ของพื้นที่ (3.42 ล้านไร่) ดังแสดงในตารางที่ 2.3-1 และรูปที่ 2.3-1 รวมทั้งแสดงการใช้ที่ดินตามรายจังหวัด ดังแสดงในรูปที่ 2.3-2

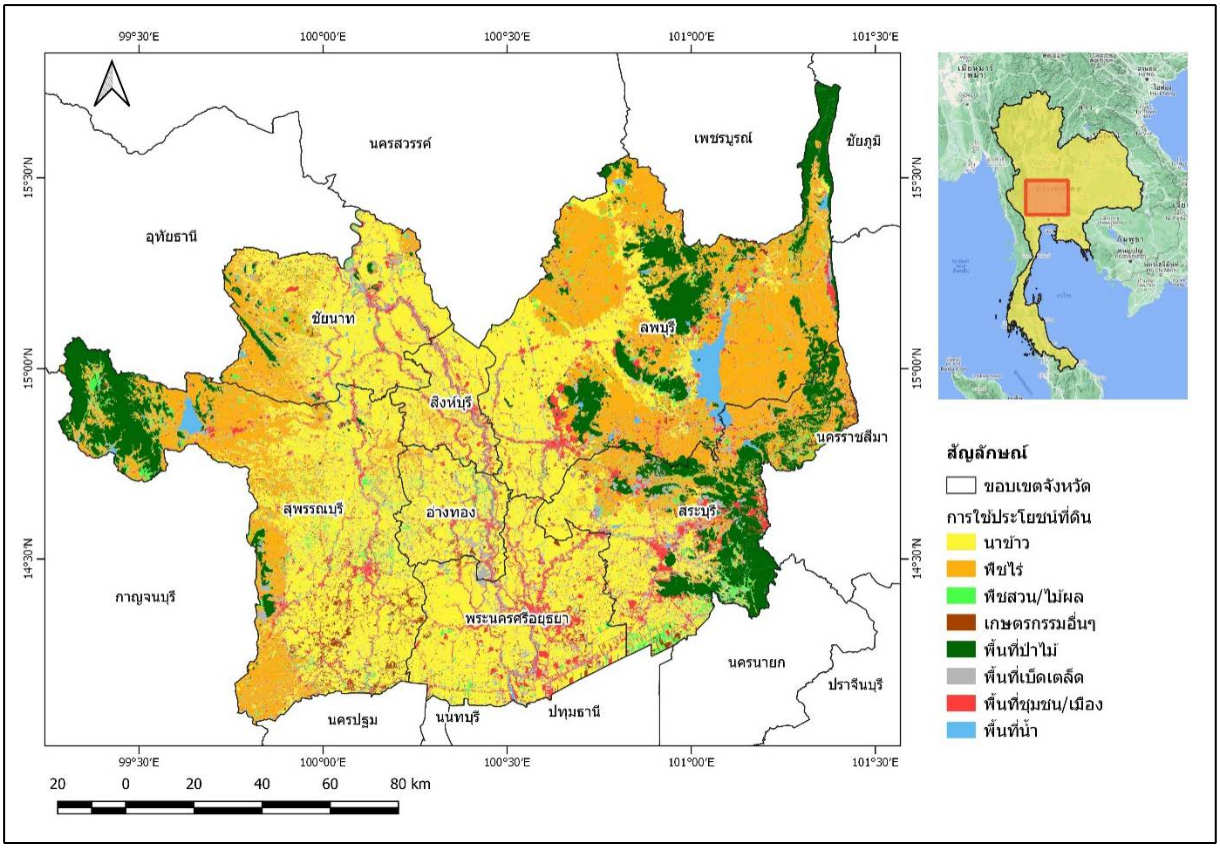
ตารางที่ 2.3-1 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2560-2562 ในพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน)

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
	ไร่	**ร้อยละ**
พื้นที่เกษตรกรรม	**9,699,117**	**70.69%**
พื้นที่นา	5,465,504	39.84%
พืชไร่	3,418,913	24.92%
ไม้ยืนต้น ไม้ผล	485,761	3.54%
เกษตรกรรมอื่นๆ*	328,939	2.40%
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	**1,433,308**	**10.45%**
พื้นที่ป่าไม้	**1,667,288**	**12.15%**
พื้นที่น้ำ	**536,112**	**3.91%**
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	**383,852**	**2.80%**
รวม	**13,719,677**	**100.00%**

หมายเหตุ: * เกษตรกรรมอื่นๆ ได้แก่ พืชสวน พืชน้ำ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทุ่งหญ้าและโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ และเกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม



รูปที่ 2.3-1 สัดส่วนการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2560-2562 ในพื้นที่ศึกษา



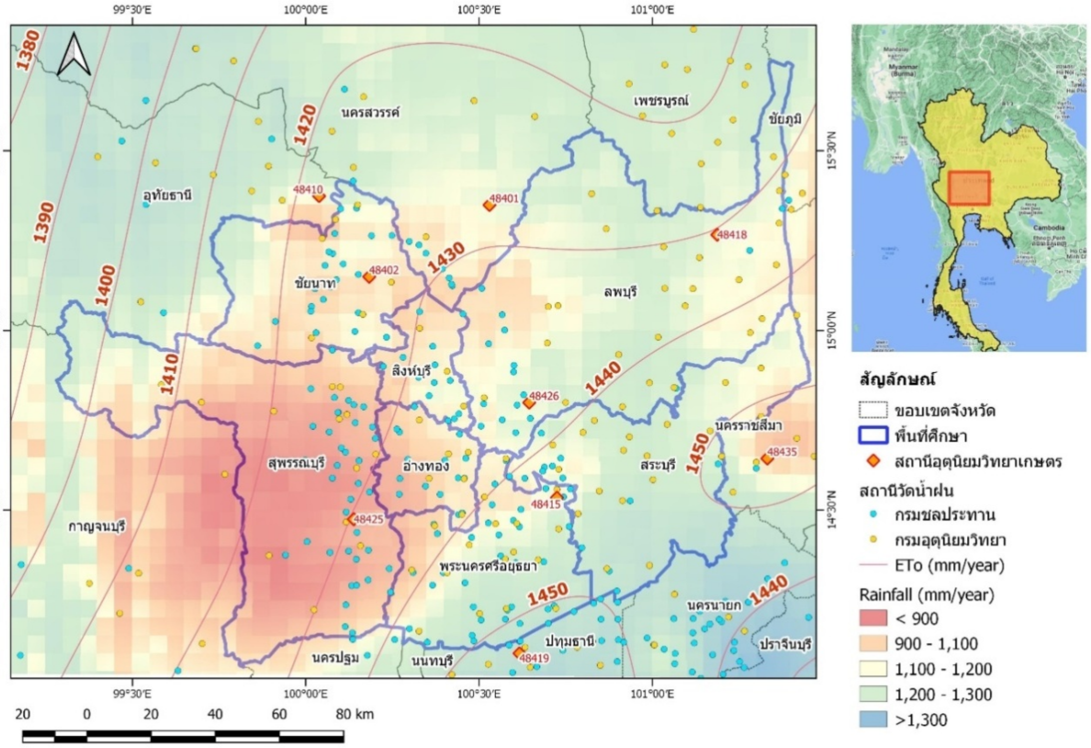
รูปที่ 2.3-2 แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2560-2562 ในพื้นที่ศึกษา

2.4 สภาพอุทกวิทยา

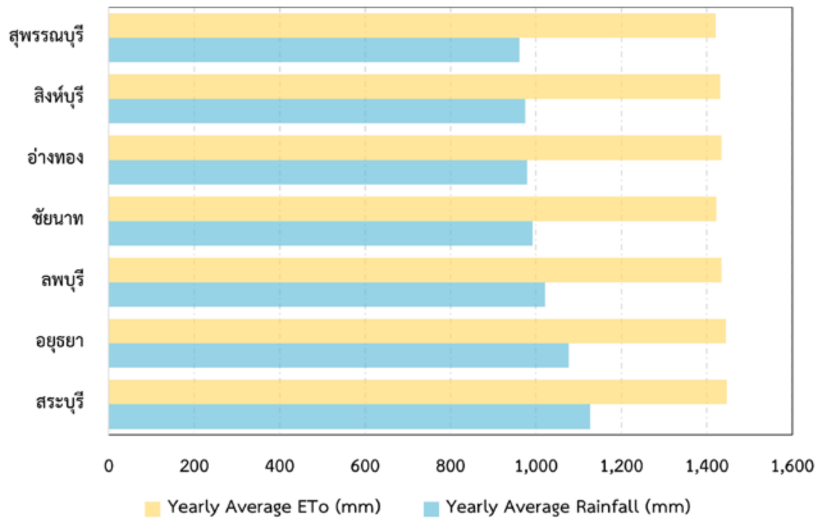
ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวบรวมจากสถานีวัดน้ำฝนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยมีจำนวนสถานีในพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 252 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 2.4-1 รวมทั้งใช้ข้อมูลฝนจากรายงานวิจัย *“การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”* โดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ได้สนับสนุนข้อมูลฝนในรูปแบบข้อมูลชนิด ASCII ราสเตอร์ขนาดจุดภาพ 5x5 กม. ช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2564 โดยได้จากการประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยใช้วิธี Inverse Distance Weight (IDW) จากข้อมูลฝนตรวจวัดรายวันของสถานีวัดน้ำฝนกรมอุตุนิยมวิทยา

สำหรับข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration; ETo) ใช้ข้อมูลจากรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง(ระยะที่ 1)”* ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลค่าเฉลี่ยภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา คำนวณค่า ETo โดยวิธี Penman-Monteith จากนั้นใช้วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่แบบ Simple Kriging เพื่อจัดทำเป็นแผนที่ข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วงระหว่าง 960.7 – 1,127.7 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงอยู่ในช่วงระหว่าง 1,420.9 – 1,446.7 มิลลิเมตรต่อปี (รูปที่ 2.4-2)



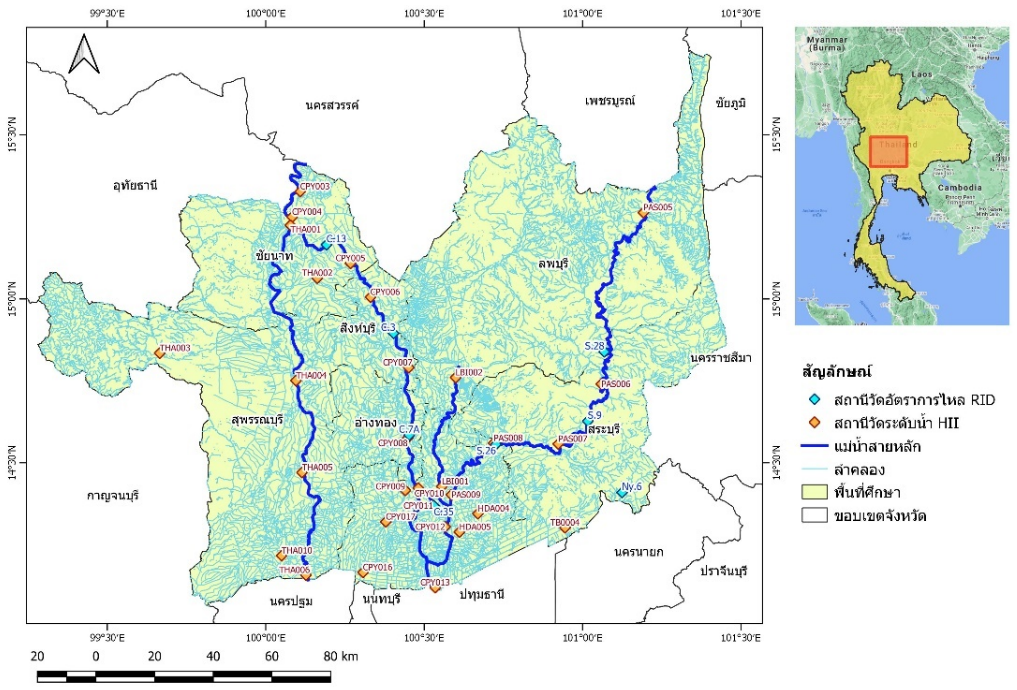
รูปที่ 2.4-1 แผนที่ปริมาณน้ำฝนและการคายระเหยน้ำอ้างอิง (ETo) เฉลี่ยรายปี



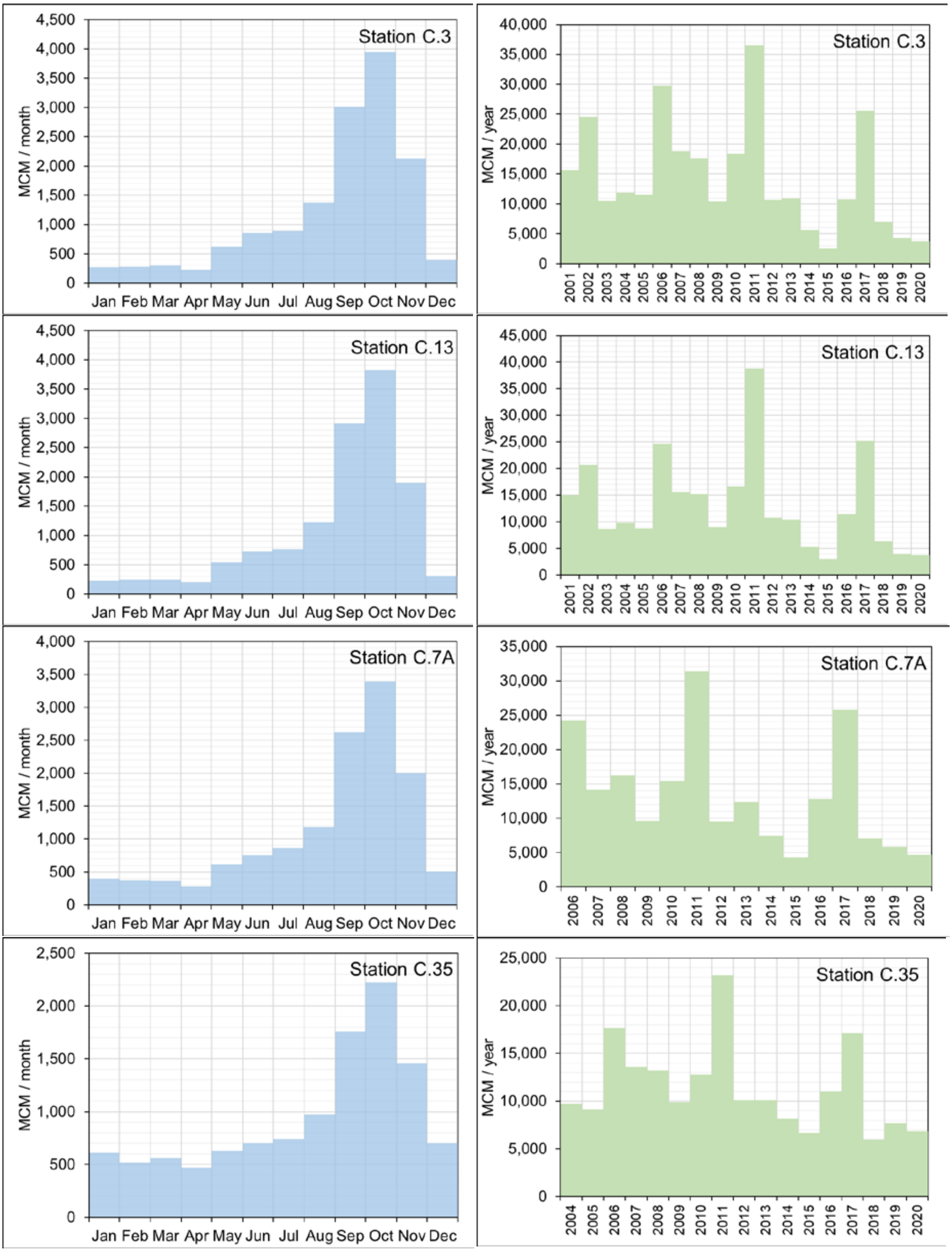
รูปที่ 2.4-2 ค่าเฉลี่ยรายปีปริมาณน้ำฝนและการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ในพื้นที่ศึกษา

2.5 สภาพน้ำท่า

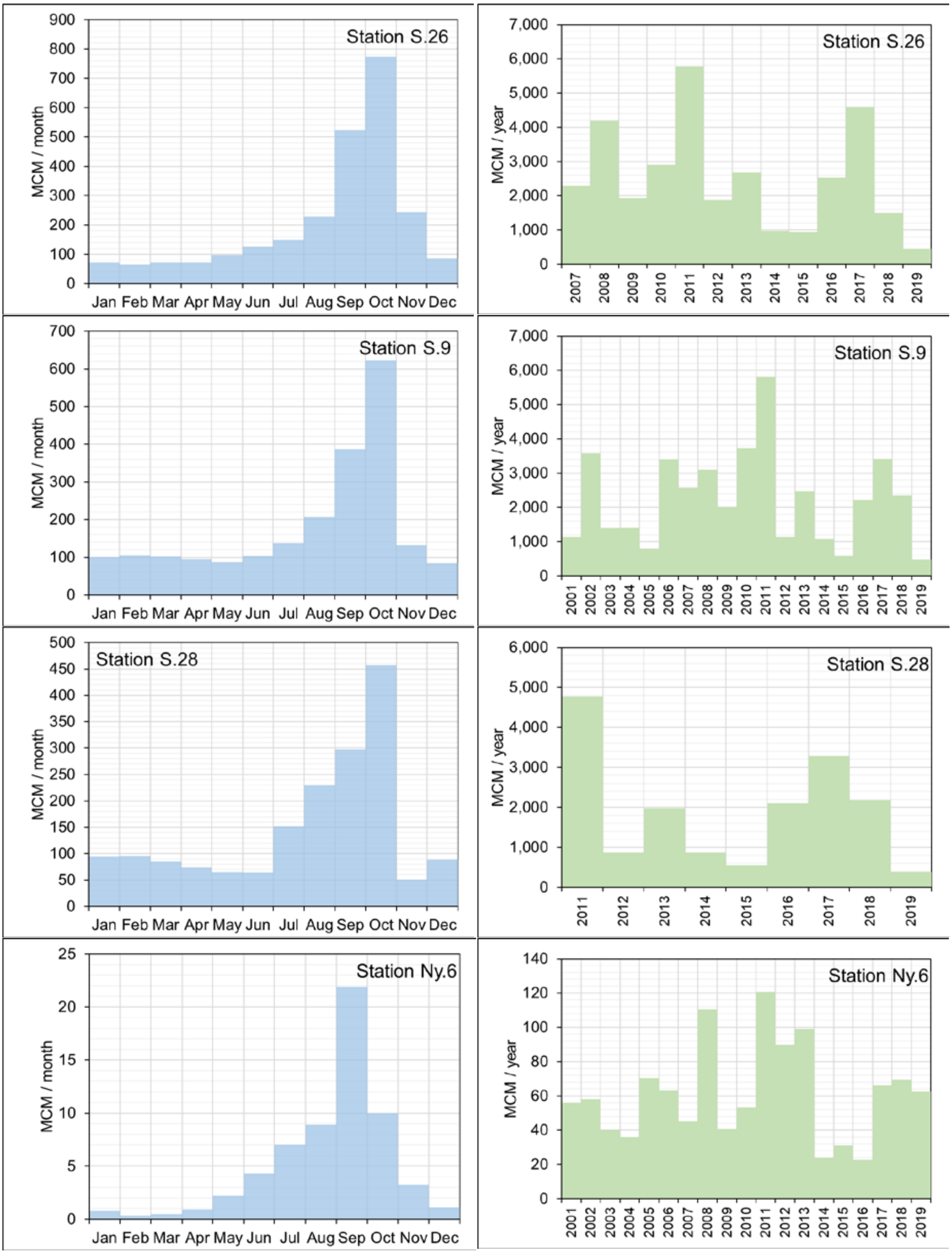
ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา มีจำนวน 20 สถานี แบ่งเป็นสถานีวัดน้ำท่า (วัดอัตราการไหล) ของกรมชลประทาน 8 สถานี และสถานีวัดน้ำท่า (วัดระดับน้ำในแม่น้ำ) ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) จำนวน 30 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 2.5-1 สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่ารายเดือน และปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทานแสดงในรูปที่ 2.5-2



รูปที่ 2.5-1 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่า



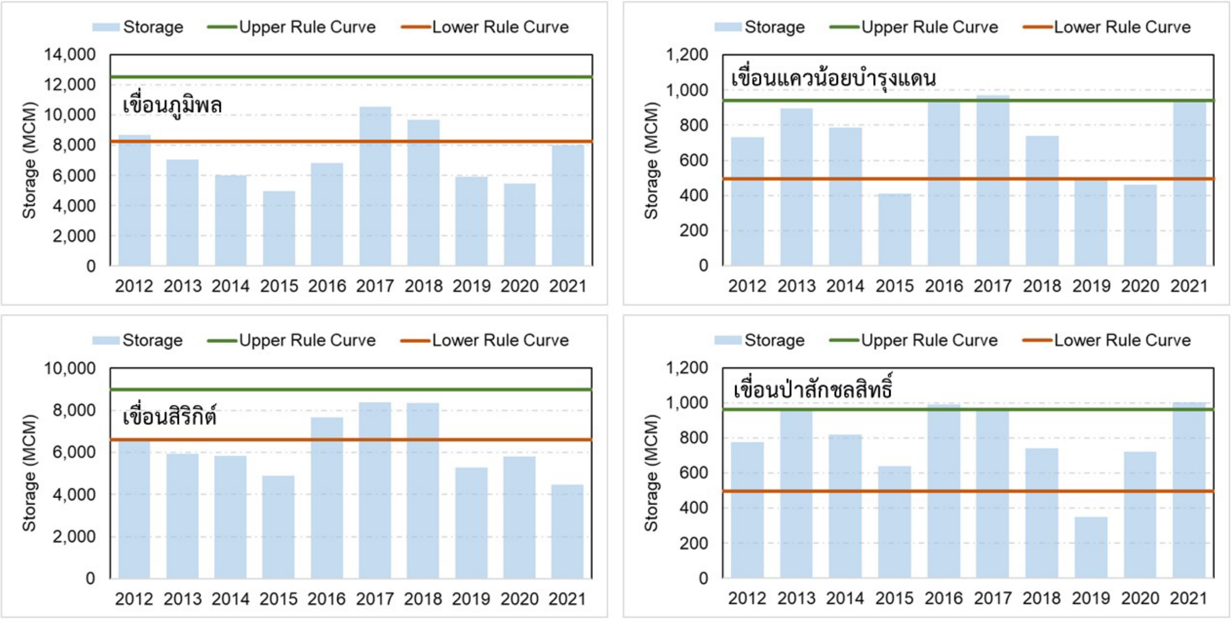
รูปที่ 2.5-2 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีวัดน้ำท่า (กรมชลประทาน)



รูปที่ 2.5-2 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีวัดน้ำท่า (กรมชลประทาน) (ต่อ)

2.6 แหล่งน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ

แหล่งน้ำต้นทุนหลักที่ถูกนำมาจัดสรรในพื้นที่ศึกษามาจากอ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่ 4 แห่ง ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ โดยแผนการบริหารจัดการน้ำฤดูแล้งในเขตชลประทาน จะพิจารณาจากปริมาตรน้ำใช้การได้ของเขื่อนหลักทั้ง 4 แห่ง ณ วันที่ 1 พฤศจิกายนของทุกปี ดังแสดงในรูปที่ 2.6-1 โดยในช่วง 10 ปีย้อนหลังที่ผ่านมา (พ.ศ. 2555 – 2564) พบว่าปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่เกิดภัยแล้งในระดับวิกฤติและมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทั้ง 4 แห่งรวมกันเพียง 10,942 ล้าน ลบ. ม. นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2562 เป็นปีที่มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งเช่นกันโดยอ่างเก็บน้ำทั้ง 4 แห่งมีปริมาณน้ำรวมกัน 12,073 ล้าน ลบ.ม. และทุกอ่างเก็บน้ำอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve) ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน ส่วนปี พ.ศ. 2560 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำกักเก็บอยู่ในเกณฑ์บริหารจัดการน้ำที่ดี โดยทุกอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำกักเก็บสูงกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน และมีปริมาณน้ำกักเก็บรวมทั้ง 4 เขื่อน 20,883 ล้าน ลบ.ม.

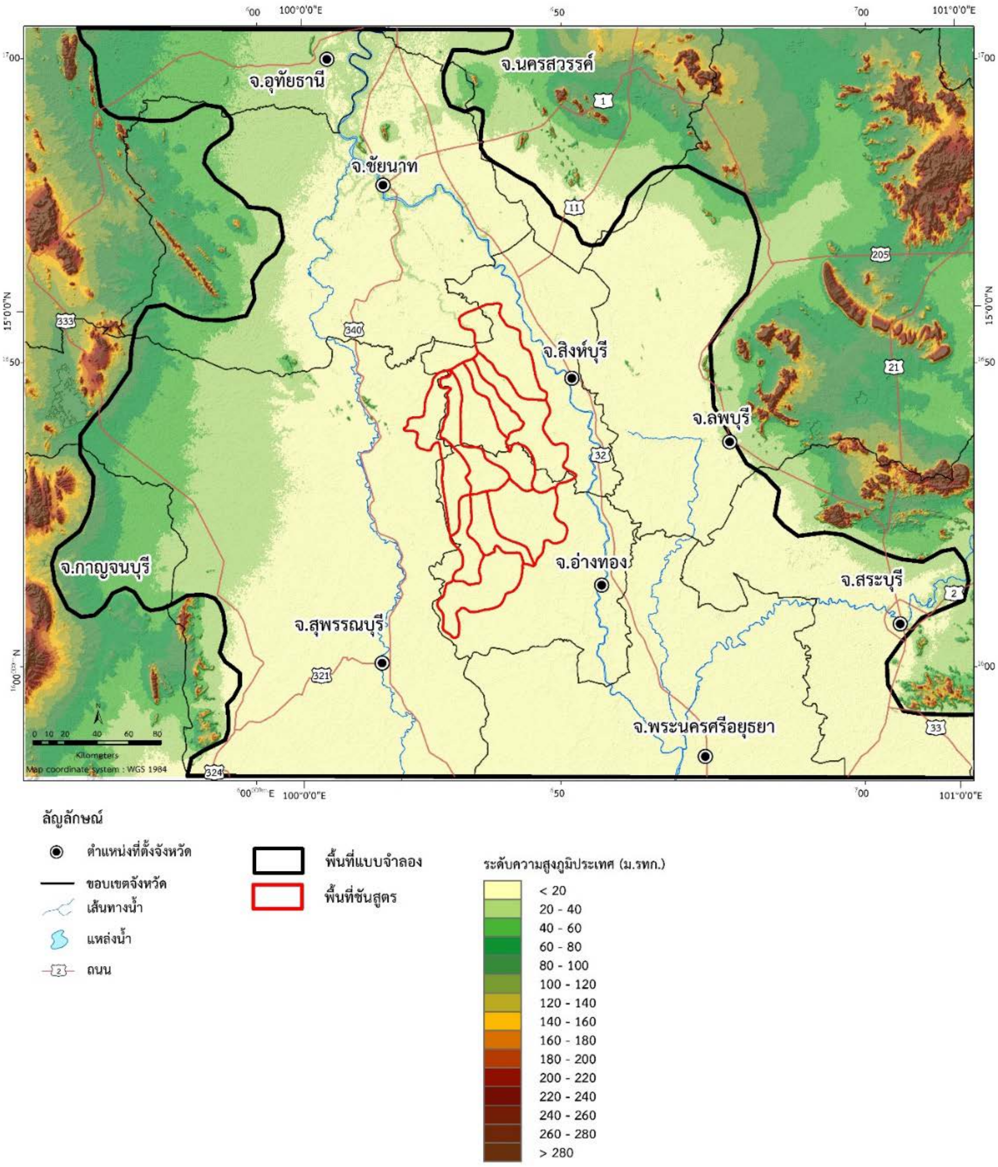


รูปที่ 2.6-1 ปริมาณน้ำกักเก็บ ณ วันที่ 1 พฤศจิกายนของอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลักระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564

2.7 สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา

พื้นที่ศึกษาได้แก่พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง โดยพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำใต้ดิน จะประกอบด้วยจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) และสระบุรี (บางส่วน) (รูปที่ 2.7-1) และพื้นที่ศึกษาระดับโครงการตัวอย่างได้แก่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร มีพื้นที่ชลประทานรวม 454,313 ไร่แบ่งพื้นที่เป็น 7 ฝ่ายส่งน้ำอยู่ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี และอ่างทอง รวมทั้งบางส่วนของพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี และสระบุรี

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำในตอนกลางของพื้นที่ศึกษาเกิดจากการทับถมของตะกอนแม่น้ำได้แก่พื้นที่ส่วนใหญ่ของทั้ง 7 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา และจะมีระดับความสูงที่มากขึ้นทางด้านตะวันตกและด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษาจะมีเทือกเขาเตี้ยๆ อยู่บ้างดังเช่นที่สร้างเป็นอ่างเก็บน้ำกระเสียว จ.สุพรรณบุรี และทางด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ บางส่วนของจจังหวัดสระบุรีและลพบุรี จะมีความสูงมากขึ้นเนื่องจากอยู่ใกล้กับที่ราบสูงโคราช ซึ่งอยู่ด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2.7-1 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษา

ลักษณะทางธรณีวิทยา

แอ่งเจ้าพระยาตอนล่างหรือที่ราบภาคกลางเป็นที่ราบลุ่มน้ำขัง ประกอบด้วยชั้นดินตะกอนหนา และบางส่วนเป็นที่ราบลูกฟูกและภูเขาโดด พื้นที่ส่วนใหญ่ของที่ราบภาคกลางในอดีตเคยอยู่ใต้ระดับน้ำทะเล ต่อมาระดับน้ำทะเลลดต่ำลง พื้นที่ดินยกสูงขึ้น ประกอบกับการกระทำของแม่น้ำหลายสาย จึงทำให้แอ่งเจ้าพระยาตอนล่างกลายเป็นที่ราบอันกว้างใหญ่ และเป็นแหล่งเกษตรกรรมสำคัญของประเทศ ขอบเขตของที่ราบภาคกลางตอนล่างด้านตะวันตกติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง ส่วนด้านตะวันออกถูกแยกออกจากที่ราบสูงโคราชด้วยเทือกเขาเพชรบูรณ์ ทางทิศเหนือคือ ที่ราบภาคกลางตอนบน ซึ่งถูกแบ่งด้วยแนวเขาขนาดเล็ก บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ และชัยนาท ส่วนทางทิศใต้จรดกับอ่าวไทย ระบบทางน้ำของแอ่งเจ้าพระยาตอนล่าง มีแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลัก โดยมีขอบเขตตั้งแต่บริเวณปากน้ำโพลงมาจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดสมุทรปราการ มีแม่น้ำป่าสักเป็นสาขาที่ไหลจากด้านตะวันออก

มารวมกันบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และไหลลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรปราการ นอกจากนี้ยังมีแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำท่าจีนที่ไหลลงสู่อ่าวไทยทางด้านตะวันตกเช่นกัน ส่วนทางด้านตะวันออกได้แก่ แม่น้ำบางปะกง ระดับความสูงของภูมิประเทศจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น ขอบตลิ่งแม่น้ำเจ้าพระยา ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 20 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.) จากนั้นระดับความสูงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 2.5 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนล่างส่วนที่อยู่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยาจะพบลักษณะทะเลสาบรูปแอก (Oxbow Lake) และรอยทางน้ำที่แสดงให้เห็นร่องรอยเคลื่อนที่ของแม่น้ำเจ้าพระยา

การลำดับชั้นหินในบริเวณพื้นที่ศึกษา เรียงลำดับชั้นหินจากอายุแก่ที่สุดคือ หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (อายุประมาณ 438-360 ล้านปี) ถัดขึ้นมาคือหินยุคเพอร์เมียน (อายุประมาณ 286-245 ล้านปี) หินยุคไทรแอสซิก-จูแรสซิก (อายุประมาณ 245-140 ล้านปี) หินยุคครีเทเชียส (อายุประมาณ 140-66.4 ล้านปี)และตะกอนยุคควอเทอร์นารี (1.6-0.01 ล้านปี) ขอบเขตการกระจายตัวของหินต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.7-2 มีรายละเอียดดังนี้

1. **หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian rocks : SD)**

ประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินตะกอนที่ถูกแปรสภาพ เช่น หินฟิลไลต์ หินดินดานเนื้อชนวน หินควอร์ตไซต์ หินที่พบเป็นส่วนใหญ่คือ หินทรายเนื้อควอตซ์ สีเทา สีน้ำตาลแดง และสีน้ำตาล เม็ดละเอียดถึงหยาบ พบในพื้นที่เทือกเขาทางด้านตะวันตกของจังหวัดชัยนาท บริเวณอำเภอหนองมะโมง อำเภอหันคา และอำเภอเนินขาม

2. **หินยุคเพอร์เมียน (Permian rocks : P)**

ประกอบด้วยหมวดหินย่อยๆ 3 หมวดหิน ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อปนโดโลไมต์ หินโดโลไมต์ สีเทาอ่อน-สีเทาปานกลาง แสดงชั้นบางถึงหนามาก เป็นชั้นดี มักมีก้อนเชิร์ตสีดำ แทรกอยู่ในเนื้อ บางบริเวณถูกแปรสภาพเป็นหินอ่อน หินแคลก์-ซิลิเกต มีซากดึกดำบรรพ์ฟิวซูลินิด ฟอแรมินิเฟอราขนาดเล็ก ไครนอยด์แบรคิโอพอด หินโผล่ของหินยุคเพอร์เมียน พบบริเวณวัดเขาแก้ว ตำบลเขาแก้ว อำเภอสรรพยา เขาแหลม อำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท และอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เป็นต้น และยังพบหินเชิร์ต หินดินดานแทรกสลับหินทรายแป้ง สีแดง หินปูนเลนส์ สีเทา หินทรายเกรย์แวก สีน้ำตาล หินทัฟฟ์ และหินกรวดมน บางแห่งแปรสภาพไปเป็นหินชนวน หินฟิลไลต์ และหินชีสต์ พบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรีย บริเวณเขาสรรพยา ตำบลสรรพยา อำเภอสรรพยา เป็นต้น

3. **หินยุคไทรแอสซิก-จูแรสซิก (Triassic - Jurassic rocks : TrJ)**

โดยทั่วไปประกอบด้วย หินทรายเกรย์แวก อาร์โคส ซับอาร์โคส หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายแป้ง หินกรวดมน หินดินดาน หินโคลน ชั้นหินบางถึงหนา เป็นชั้นอย่างดี หินส่วนใหญ่มีสารเชื่อมประสานเป็นซิลิกา หินกรวดมน ก้อนกรวดมีขนาด 2-5 มิลลิเมตร ประกอบด้วยหินทราย ควอตซ์ หินเชิร์ต หินดินดาน และหินควอร์ตไซต์ เม็ดตะกอนมีรูปร่างเหลี่ยมถึงกึ่งเหลี่ยม ในพื้นที่ศึกษา พบหน่วยหินอายุ

ไทรแอสซิก-จูแรสซิกเพียงแห่งเดียวเล็กๆ บริเวณยอดเขาแหลม ตำบลไร่พัฒนา อำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท

4. ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary : Q)

ตะกอนยุคควอเทอร์นารีพบแผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเกือบทั้งหมดของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ตะกอนเศษหินเชิงเขา ตะกอนร่องน้ำเก่า ตะกอนคันดินธรรมชาติ และตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง มีอายุ 1.6-0.01 ล้านปี การจำแนกลักษณะตะกอนยุคควอเทอร์นารีโดยทั่วไปใช้ลักษณะทางธรณีสัณฐาน สภาพแวดล้อมการสะสมตัว และชนิดของตะกอนเป็นหลัก การสะสมตัวของตะกอนยุคควอเทอร์นารี พบตามแนวลุ่มน้ำ แม่น้ำ และที่ราบทั่วไป

2.8 สภาพอุทกธรณีวิทยา

บริเวณพื้นที่ศึกษาประกอบไปด้วยหินแข็งและหินร่วน ซึ่งมีลักษณะการให้น้ำบาดาลแตกต่างกันออกไป น้ำบาดาลจะกักเก็บอยู่ในชั้นน้ำ (Aquifer) ที่มีรูพรุนหรือช่องว่าง ปริมาณการให้น้ำของชั้นน้ำแต่ละชั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นน้ำ ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ (Hydraulic Properties) และปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าไปเพิ่มเติมยังแหล่งน้ำบาดาล จากลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งแหล่งน้ำบาดาลออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers)

2) แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated Aquifers)

1) แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน

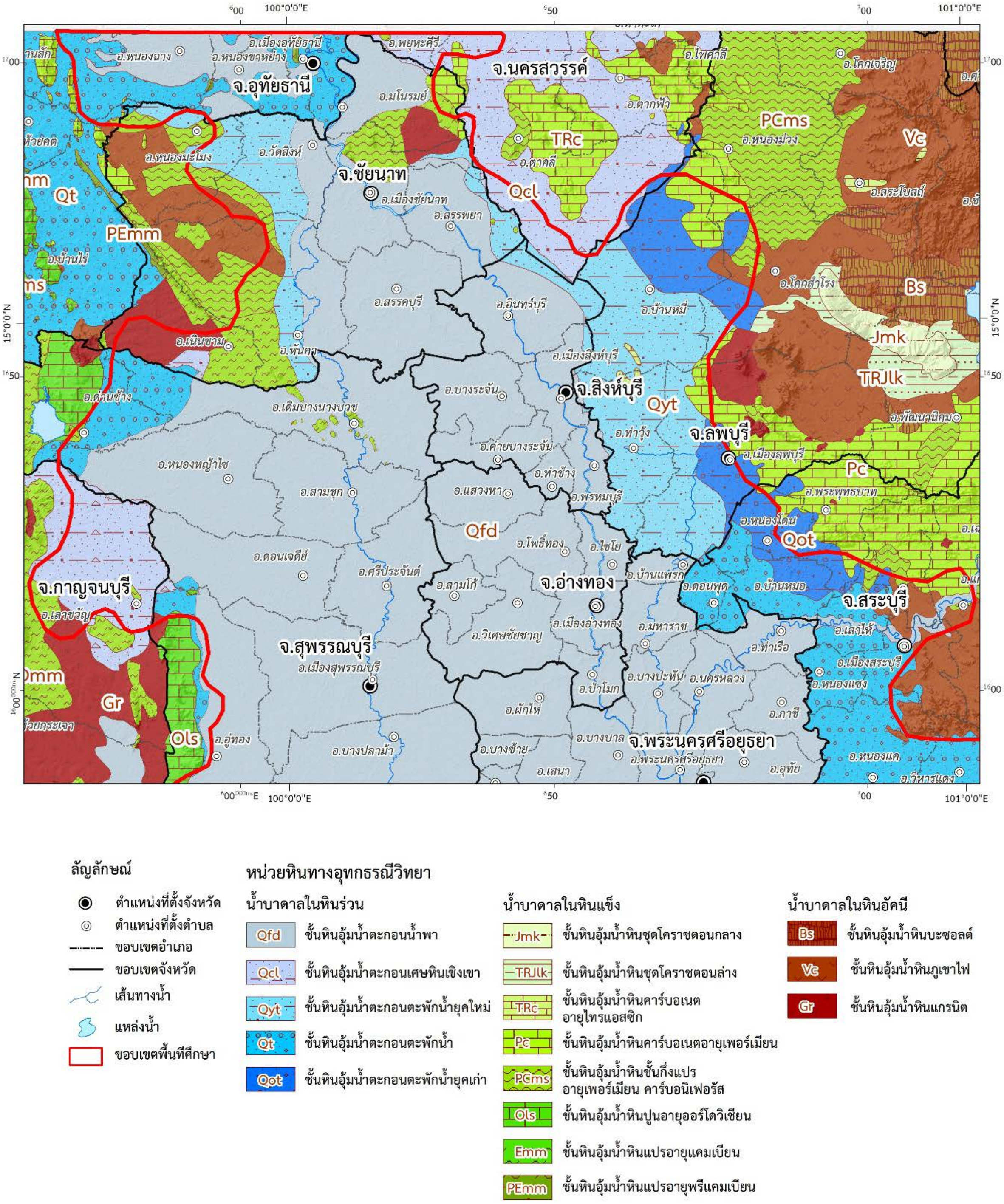
ในแหล่งน้ำหินร่วนสามารถแบ่งชั้นน้ำออกได้ตามลักษณะทางธรณีวิทยาและสภาพน้ำบาดาลออกเป็น 3 ชนิด แต่ละชนิดจะมีศักยภาพน้ำบาดาลต่างกัน โดยในแต่ละชั้นน้ำมีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

1. แหล่งน้ำในตะกอนลุ่มน้ำ (Flood Plain Aquifer Qcp) เป็นชั้นน้ำตะกอนหินร่วนที่เกิดจากการทับถมของแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นที่ราบวางตัวขนานกับสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่บริเวณเขื่อนเจ้าพระยา อ.เมือง อ.สรรคบุรี อ.สรรพยา จ.ชัยนาท อ.อินทร์บุรี อ.พรหมบุรี อ.บางระจัน อ.ท่าช้าง จ.สิงห์บุรี อ.แสวงหา อ.โพธิ์ทอง อ.ไชโย อ.สามโก้ และ อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง (รูปที่ 2.8-1) เป็นบริเวณที่มีชั้นกรวดทรายหนาแทรกสลับกับชั้นดินเหนียวที่ความลึก ตั้งแต่ 10-250 เมตร สามารถพัฒนาน้ำบาดาลระดับตื้น เฉลี่ย 20-50 เมตร ในชั้นตะกอนทราย กรวด ขนาดต่างๆ และทรายแป้ง สลับด้วยชั้นดินเหนียว ชั้นดินปนกรวด ซึ่งมีลักษณะความกลมมนปานกลางถึงดี มีการคัดขนาดปานกลางถึงดี พบตามสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำลพบุรี ให้ปริมาณน้ำบาดาลค่อนข้างสูงประมาณ 10 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในบางบริเวณอาจให้น้ำมากถึง 30-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

แต่ในชั้นน้ำที่ระดับลึกมากกว่า 60 เมตร เป็นแหล่งน้ำบาดาลมีศักยภาพสูง ให้ปริมาณน้ำในเกณฑ์ 60-150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คุณภาพน้ำโดยทั่วไปได้น้ำจืด ยกเว้นบริเวณด้านใต้ตั้งแต่

อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทองลงมาที่ระดับความลึก 50-100 เมตร จะได้น้ำกร่อยหรือเค็ม และในบริเวณอำเภอสามโก้ ชั้นน้ำที่ระดับความลึก 150 เมตร ก็ได้น้ำกร่อยถึงเค็ม

2. ชั้นน้ำบาดาลตะกอนเศษหินเชิงภูเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) มีลักษณะเป็นตะกอนเศษหินตามบริเวณพื้นที่ลาดเอียงเชิงเขาที่เกิดจากการผุพังทำลายของหินแข็งปะปนกับเศษหินร่วนในบริเวณพื้นที่หุบเขาหรือพื้นที่เชิงเขา มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนทรายคลุกเคล้าปะปนด้วยเศษหินแตก (Rock fragments) ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมขนาดแตกต่างกันไป ตั้งแต่ขนาดใหญ่จนถึงเล็ก ไม่มีการคัดขนาดของเม็ดตะกอน เป็นตะกอนหินร่วนที่มีความพรุนต่ำไม่เป็นชั้นน้ำบาดาลที่ดี ตะกอนหินร่วนประเภทที่ราบเชิงเขา เป็นแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค โดยทั่วไปมีความหนาประมาณ 10 – 40 เมตร ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ต่ำคือให้น้ำประมาณ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงพบชั้นน้ำชนิดนี้บริเวณพื้นที่เชิงเขาหลายแห่ง เช่น บริเวณตะวันออกของอำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท และตะวันออกของอำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี เป็นต้น



รูปที่ 2.8-1 แผนที่แสดงหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

3. ชั้นน้ำบาดาลตะกอนตะพักลำน้ำยุคใหม่ (Young Terrace Deposits หรือ Low Terrace Deposits, Qlt) เป็นบริเวณที่ราบวางตัวอยู่ติดกับที่ราบลุ่มตะกอนลำน้ำทั้งด้านตะวันออกและตะวันตกของพื้นที่ศึกษาเป็นตะกอนทรายขนาดต่างๆ แทรกสลับอยู่ระหว่างชั้นดินเหนียวกับดินเหนียวปนทราย ทรายแป้ง และกรวดขนาดต่างๆ ซึ่งตกสะสมในแอ่งภายใต้สภาพแวดล้อมธารน้ำพาและน้ำพารูปพัด (Fluviatile and Alluvial Fan Environment) โดยด้านตะวันตกคลุมพื้นที่อำเภอหันคา อำเภอสรรคบุรี

จังหวัดชัยนาท อำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอดอนเจดีย์ อำเภอศรีประจันต์ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอแสวงหา และบางบริเวณอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ด้านตะวันออกคลุมพื้นที่อำเภอบ้านหมี่ อำเภอท่าวุ้ง และบางบริเวณของอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี แผ่ขยายลงไปทางตอนใต้ อำเภอบ้านแพรก อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบางบริเวณของอำเภอพระพุทธบาท อำเภอเสาไห้ และอำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี

ตะกอนตะพักลุ่มน้ำใหม่ทางด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยดินเหนียวเป็นชั้นหนาและมีดินดานซึ่งเกิดจากการผุพังของหินปูนอยู่ในบริเวณด้านใต้ ชั้นกรวด ทราย ที่เป็นชั้นน้ำมีความหนาไม่มากนัก บางบริเวณไม่พบชั้นทราย แหล่งน้ำบาดาลในบริเวณนี้จะมีศักยภาพในการให้น้ำต่ำโดยเฉพาะในบริเวณอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จะให้ปริมาณน้ำในเกณฑ์ 2-5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่บริเวณด้านทิศใต้ลงไปซึ่งประกอบด้วยดินมาร์ลและรองรับด้วยหินปูน จะให้น้ำสูงขึ้นอยู่ในเกณฑ์ 5-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่ระดับความลึกไม่เกิน 50 เมตร

ตะกอนตะพักลุ่มน้ำใหม่ทางด้านตะวันตกซึ่งเกือบทั้งหมดอยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรีจะให้ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ 5-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และอาจให้น้ำในเกณฑ์สูงกว่านี้ถ้าเจาะพบกระเปาะทรายขนาดใหญ่ ในบริเวณตั้งแต่อำเภอสามชุก อำเภอศรีประจันต์ ถึงตัวเมืองจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นแนวขนานกับแม่น้ำสุพรรณบุรีที่จะเป็นบริเวณที่ให้ปริมาณน้ำมากอยู่ในเกณฑ์ 50-100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 50-200 เมตร

4. ชั้นน้ำบาดาลตะกอนตะพักลำน้ำยุคเก่า (Old Terrace Deposits หรือ High Terrace Deposits, Qht) ประกอบด้วยชั้นตะกอนทราย และกรวดขนาดต่างๆ ชั้นทรายปนดินเหนียวปนกรวด ชั้นทรายแป้งสลับชั้นดินเหนียวปนกรวด สลับด้วยกระเปาะหรือเลนซ์ของดินเหนียวปนทราย บางแห่งประกอบด้วย เศษหินเชิงเขา ลักษณะมีเหลี่ยมคม มีการแผ่กระจายตัวถัดจากบริเวณเชิงเขาถึงลาดเชิงเขา และยังวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่และตะกอนน้ำพา โดยทั่วไปลักษณะของการคัดขนาดของชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า มีการคัดขนาดไม่ดีถึงปานกลาง บริเวณกลางแอ่งจะมีการคัดขนาดดีกว่าบริเวณใกล้ขอบแอ่งเนื่องจากมีการตกสะสมตะกอนภายใต้สภาวะแวดล้อมธารน้ำพา (Fluviatile) เนินตะกอนรูปพัด (Alluvial Fan) และดินดอนสามเหลี่ยมรูปพัด (Fan Delta) บริเวณพื้นที่กลางแอ่งความหนาตั้งแต่ประมาณ 200 เมตร ถึงมากกว่า 500 เมตร ปริมาณน้ำมากกว่า 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงขอบแอ่งด้านทิศตะวันออก ความหนาของ High Terrace Deposits โดยเฉลี่ยประมาณ 100 เมตร สำหรับบริเวณพื้นที่กลางแอ่งของที่ราบภาคกลางตอนล่างซึ่งมีลักษณะพื้นผิวภูมิประเทศที่ราบเรียบเป็นที่ราบกวางใหญ่ ชั้นหินชุดนี้มักถูกปิดโดยตะกอนหินร่วนที่มีอายุอ่อนกว่า

2) แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated Rocks)

ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็งที่พบในบริเวณขอบแอ่งด้านตะวันออก ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สำคัญ 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มหินปูน กลุ่มหินภูเขาไฟ และกลุ่มหินแปร-อัคนี โดยในเขตจังหวัดสระบุรีและลพบุรี ชั้นน้ำบาดาลในหินปูนมีน้ำบาดาลถูกเก็บกักเป็นปริมาณมากในช่องว่าง หรือโพรงขนาดใหญ่ที่ต่อเนื่องกันให้น้ำได้ในเกณฑ์ 10-100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ความลึกตั้งแต่ 30-100 เมตร นอกจากนี้ ในหินปูน

ดังกล่าวยังมีหินดินดานและหินทรายแทรกสลับอยู่ และให้น้ำได้ในเกณฑ์ 5-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนชั้นน้ำบาดาลในหินภูเขาไฟในจังหวัดสระบุรี และลพบุรี ที่ต่อเนื่องมาถึงจังหวัดนครนายก ให้น้ำได้ในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ในบางบริเวณที่มีช่องว่างที่เกิดจากรอยแตก รอยแยก หรือรอยเลื่อนที่ต่อเนื่องกัน จะสามารถให้น้ำได้ในปริมาณที่สูงขึ้นถึง 30-40 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เช่น บริเวณอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี เป็นต้น

ส่วนชั้นน้ำบาดาลในหินแข็งที่พบในบริเวณขอบแอ่งด้านตะวันตก ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สำคัญ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหินปูน และกลุ่มหินแปร-อัคนี (ไม่มีกลุ่มหินภูเขาไฟเหมือนบริเวณขอบแอ่งด้านตะวันออก) ชั้นน้ำบาดาลในหินปูนให้น้ำได้ในเกณฑ์ที่ดีมาก ระหว่าง 10-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนชั้นน้ำบาดาลในกลุ่มหินแปร-อัคนี อันได้แก่ ชั้นน้ำบาดาลในหินชั้นกึ่งแปร (ยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส) หินแปร (ยุคแคมเบรียน-ดิโวเนียน) และหินแกรนิต ให้น้ำได้ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ระหว่าง 1-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

รูปที่ 2.8-2 แสดงแผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 2.8-2 แผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา

2.9 สภาพเศรษฐกิจสังคม

ประชากร

ในปี พ.ศ. 2564 กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่าง 7 จังหวัด มีประชากรทั้งสิ้น 3,830,703 คน แบ่งเป็นเพศชาย 1,859,978 คน และเพศหญิง 1,970,725 คน รายละเอียดดังนี้

จังหวัด	จำนวนประชากร (คน)		
	ชาย	หญิง	รวม
ชัยนาท	155,288	167,576	322,864
ลพบุรี	369,278	371,209	740,487
สระบุรี	312,814	324,708	637,522
สิงห์บุรี	96,991	107,243	204,234
สุพรรณบุรี	401,516	431,334	832,850
พระนครศรีอยุธยา	392,898	425,497	818,395
อ่างทอง	131,193	143,158	274,351
รวมทั้งสิ้น	**1,859,978**	**1,970,725**	**3,830,703**

ที่มา:สำนักทะเบียนกลางณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2564

สภาพทางเศรษฐกิจ

กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่าง 7 จังหวัดเรียงตามผลิตภัณฑ์จังหวัด ณ ราคาตลาดปัจจุบัน (GPP; Gross Provincial Product at Current Market Prices) ของแต่ละปี

(ล้านบาท)

อันดับ	จังหวัด	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562
1	พระนครศรีอยุธยา	336,205	408,123	371,109	418,340	398,904	405,636	412,773	399,621
2	สระบุรี	205,210	205,652	213,085	218,738	238,744	235,753	246,694	255,627
3	ลพบุรี	90,356	94,798	97,249	96,519	100,741	110,341	110,609	110,824
4	สุพรรณบุรี	84,623	82,382	79,516	83,862	81,939	86,930	92,309	91,294
5	ชัยนาท	35,124	35,239	29,456	27,792	28,504	31,877	35,191	36,325
6	อ่างทอง	27,317	25,964	24,356	24,796	26,434	28,648	30,419	31,430
7	สิงห์บุรี	28,676	27,749	25,647	24,364	25,194	26,596	27,554	28,069
รวม		**807,511**	**879,907**	**840,418**	**894,411**	**900,460**	**925,781**	**955,549**	**953,190**

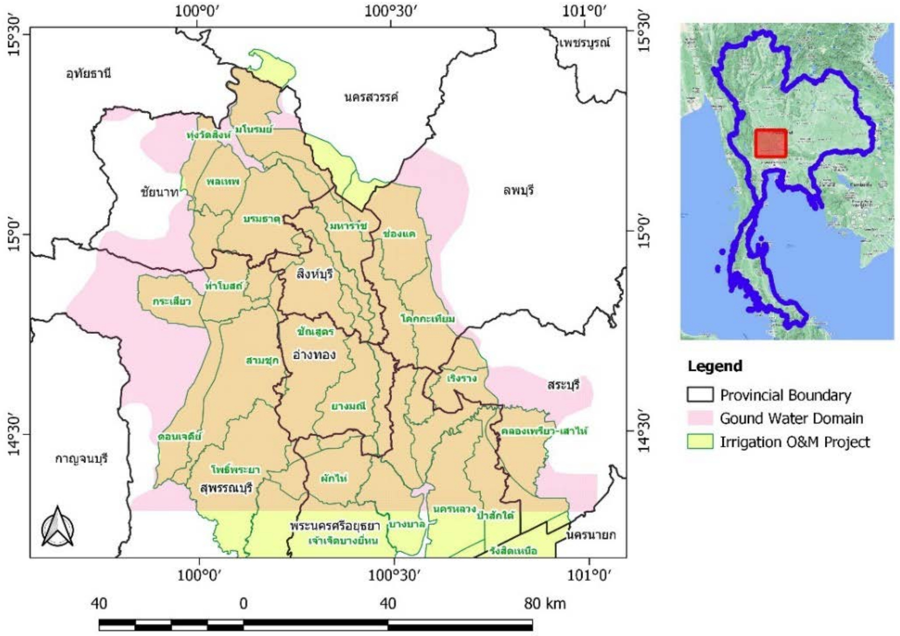
ที่มา :สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

สำนักนายกรัฐมนตรีสำนักนายกรัฐมนตรี. “ตารางสถิติผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด (2555-2562)”

บทที่ 3
การวิเคราะห์สภาพน้ำผิวดิน
การจัดสรรน้ำและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

3.1 โครงข่ายพื้นที่ย่อยของการใช้น้ำ

การวิเคราะห์สภาพน้ำผิวดิน การจัดสรรน้ำและการใช้น้ำ ได้กำหนดหน่วยย่อยของพื้นที่ศึกษา โดยใช้ขอบเขตพื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินซ้อนทับกับขอบเขตจังหวัดและขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ดังแสดงในรูปที่ 3.1-1 เพื่อนำไปสู่การศึกษาการใช้น้ำร่วม (Conjunctive Use) ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ทั้งนี้จากขอบเขตพื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินจะครอบคลุมพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาจำนวน 18 โครงการ

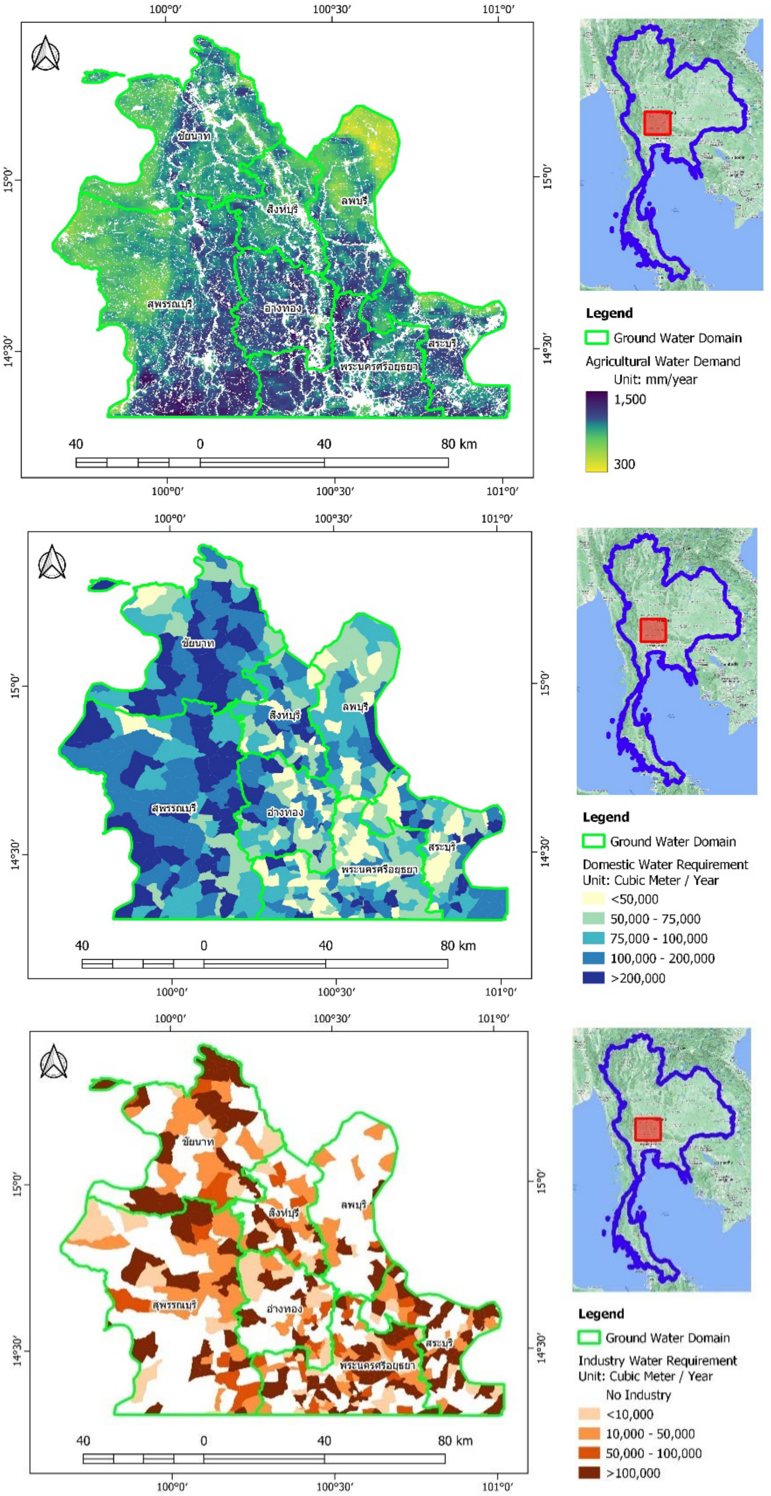


รูปที่ 3.1-1 แผนที่แสดงหน่วยย่อยในการวิเคราะห์การใช้น้ำโดยใช้พื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินซ้อนทับกับขอบเขตจังหวัดและขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

3.2 การใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา

การคำนวนการใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษาภายใต้โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดิน ประกอบด้วยการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อการอุตสาหกรรม โดยใช้ผลการศึกษาจากรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง(ระยะที่ 1)”* และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรจากผลการศึกษาในรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา”* แสดงผลดังในรูปที่ 3.2-1 และสรุปผลการศึกษา

ดังตารางที่ 3.2-1 โดยปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมดเฉลี่ยปีละ 6,032.81 ล้าน ลบ.ม. โดยเป็นปริมาณความต้องการน้ำในภาคการเกษตรเฉลี่ยปีละ 5,548.33 ล้าน ลบ.ม. หรือคิดเป็น 91.97%



รูปที่ 3.2-1 แผนที่ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร (บน) การอุปโภคบริโภค (กลาง) และการอุตสาหกรรม (ล่าง)

ตารางที่ 3.2-1 สรุปข้อมูลความต้องการน้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษารายจังหวัด (หน่วย:ล้าน ลบ.ม.)

จังหวัด	เกษตรกรรม	อุปโภคบริโภค	อุตสาหกรรม	รวม
สุพรรณบุรี	1,640.31	18.35	12.66	1,671.32
ชัยนาท	1,037.78	8.58	4.30	1,050.67
อยุธยา	774.47	18.15	98.69	891.31
สระบุรี	489.23	16.12	253.75	759.10
ลพบุรี	658.13	14.40	8.17	680.70
อ่างทอง	510.95	6.99	6.48	524.42
สิงห์บุรี	437.48	5.18	12.65	455.30
รวม	**5,548.33**	**87.77**	**396.70**	**6,032.81**

3.2.1 การใช้น้ำเพื่อการเกษตร

การใช้น้ำภาคการเกษตร ประเมินจากปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (Net Irrigation Requirement, NIR) คำนวณได้จากปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยพิจารณาปริมาณฝนใช้การด้วย ส่วนกรณีนาข้าวจะพิจารณาการสูญเสียรั่วซึมเลยเขตรากพืชและปริมาณน้ำที่ใช้เตรียมแปลงด้วย ดังสมการต่อไปนี้

$$NIR = ET_c - R_e + (DP + LP)$$ สมการที่ 1

โดย ET_c = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration)

R_e = ฝนใช้การ (Effective Rainfall)

DP = ค่าการรั่วซึมน้ำ (Deep Percolation) คิดเฉพาะกรณีนาข้าว

LP = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง (Land Preparation) คิดเฉพาะกรณีนาข้าว

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) คำนวณจากผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient; K_c) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_o) ดังสมการต่อไปนี้

$$ET_c = K_c \times ET_o$$ สมการที่ 2

โดยปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ใช้ข้อมูลจากรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง(ระยะที่ 1)”* ซึ่งคำนวณค่า ETo โดยวิธี Penman-Monteith ส่วนสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ใช้ผลการศึกษาจากรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา”* โดยเป็นการประเมินจากค่าดัชนีพืชพรรณแบบ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่าย

ดาวเทียมในระบบ MODIS จากผลิตภัณฑ์ MOD09A1 ซึ่งเป็นภาพผสมราย 8 วัน จากดาวเทียม Terra ขนาดจุดภาพประมาณ 500 x 500 เมตรโดยมีรูปสมการดังต่อไปนี้

ข้าว	$Kc = (0.46 \times NDVI) + 0.81; NDVI \geq 0.4$	สมการที่ 3
พืชไร่ สวนผลไม้	$Kc = (1.25 \times NDVI) + 0.20; NDVI \geq 0.4$	สมการที่ 4
พื้นที่ผิวน้ำ	$Kc = 1.05$	สมการที่ 5

สำหรับฝนใช้การ ใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา กรณีที่เป็นนาข้าวใช้วิธีคำนวณของกรมชลประทานตามคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)เล่มที่ 6/16 การคำนวณฝนใช้การ (กรมชลประทาน, 2554) ดังแสดงในตารางที่ 3.2-2 สำหรับพืชชนิดอื่นใช้วิธีของ US. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA-SCS) ดังสมการต่อไปนี้

กรณีฝนรายเดือน (R_{tot}) น้อยกว่า 250 mm; $Re = R_{tot} [(125 - 0.2 R_{tot}) /125$ สมการที่ 6

กรณีฝนรายเดือน (R_{tot}) มากกว่า 250 mm; $Re = 125 + (0.1 R_{tot})$ สมการที่ 7

ตารางที่ 3.2-2 การคำนวณฝนใช้การสำหรับนาข้าว

Rainfall (mm/month)	Effective Rainfall (mm/month)
0 – 10	0
11 – 100	0.8 * Rainfall
101 – 200	0.7 * Rainfall
201 – 250	0.6 * Rainfall
251 – 300	0.55 * Rainfall
301 up	0.5 * Rainfall

สำหรับปริมาณการรั่วซึม (DP) ในแปลงนา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าการรั่วซึมของน้ำในแปลงนาตามเกณฑ์ของกรมชลประทานซึ่งได้กำหนดค่าการรั่วซึมเป็นรายภาค โดยภาคกลางใช้อัตราการรั่วซึมเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนปริมาณน้ำเตรียมแปลง (LP) ใช้ผลการศึกษาจากรายงานวิจัยพบว่ามีค่าประมาณ 280 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อฤดูเพาะปลูก

ในการระบุพื้นที่เพาะปลูก (Cultivated Area) ตามผลการศึกษาในรายงานวิจัยได้ใช้แผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินมาคัดเลือกเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรม จากนั้นใช้เกณฑ์การตัดสินใจกำหนดขีดแบ่ง (Threshold Values) แบบลำดับขั้น (Decision Tree) จากค่าดัชนีสามชนิดที่คำนวณจากผลิตภัณฑ์ MOD09A1 ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณแบบ NDVI, ดัชนีน้ำแบบ NDWI (Normalized Difference Water Index) และดัชนีน้ำท่วม NDFI (Normalized Difference Flood Index) เพื่อกำหนดพื้นที่เพาะปลูก

ผลจากการศึกษา พบว่าสามารถติดตามพื้นที่เพาะปลูกได้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษารวมทั้งประเมินความต้องการน้ำได้ทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน โดยสามารถสรุปเป็นปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (NIR) ดังแสดงในตารางที่ 3.2-1 และรูปที่ 3.2-1 โดยในพื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินพบว่าจังหวัดสุพรรณบุรีมีความต้องการน้ำชลประทานสุทธิมากที่สุด เฉลี่ยประมาณปีละ 1,640.31 ล้าน ลบ.ม. ส่วนจังหวัดสิงห์บุรีมีความต้องการน้ำชลประทานสุทธิน้อยที่สุด เฉลี่ยประมาณปีละ 437.48 ล้าน ลบ.ม.

3.2.2 การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

การหาปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคในระดับครัวเรือน (Domestic Water Requirement, Wd) คำนวณจากจำนวนประชากรทั้งหมดที่อาศัยในแต่ละตำบลหรือในเขตเทศบาล ดังสมการต่อไปนี้

$$W_d = P \times W_c \qquad \text{สมการที่ 8}$$

โดย W_d คือ ปริมาณความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภค (ลิตร/วัน)
P คือ จำนวนประชากร (คน)
W_c คือ อัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค (ลิตร/คน/วัน)

ทั้งนี้ อัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคในแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกันไปตามความหนาแน่นของประชากร โดยอัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชนเมืองตามเกณฑ์ของกรมทรัพยากรน้ำ (2549) ซึ่งได้ใช้ข้อมูลการใช้น้ำจากการประปาภูมิภาคในอดีตย้อนหลัง 14 ปี (ปี พ.ศ. 2529-2542) เพื่อประเมินเป็นเกณฑ์อัตราการใช้น้ำดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2-3 อัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชนเมือง (กรมทรัพยากรน้ำ, 2549)

จำนวนประชากรในเขตชุมชนเมือง (คน)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
3,000-10,000	120
10,001-20,000	170
20,001-30,000	200
30,001-50,000	250
มากกว่า 50,000	300

สำหรับอัตราการใช้น้ำในเขตชนบทจะมีค่าประมาณ 50 ลิตร/คน/วัน ซึ่งอัตราดังกล่าวได้ถูกกำหนดขึ้นโดยอาศัยความจำเป็นขั้นพื้นฐาน (จปฐ) อย่างไรก็ตาม จากรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง(ระยะที่ 1)”* ซึ่งได้สำรวจข้อมูลการใช้น้ำในพื้นที่ตำบลตัวอย่างในเขตที่ราบภาคกลางตอนบน พบว่ามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 242 ลิตร/คน/วัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำอัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคในระดับครัวเรือนที่ได้จากการสำรวจมาใช้ในการประเมิน โดยใช้ข้อมูลประชากรรายตำบลปี พ.ศ. 2564 เป็นข้อมูลพื้นฐาน

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3.2-1 และรูปที่ 3.2-1 โดยในพื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินพบว่าจังหวัดสุพรรณบุรีมีความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคมากที่สุด เฉลี่ยประมาณปีละ 18.35 ล้าน ลบ.ม. ส่วนจังหวัดสิงห์บุรีมีความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคน้อยที่สุด เฉลี่ยประมาณปีละ 5.18 ล้าน ลบ.ม.

3.2.3 การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม (Industrial Water Requirement, Wi) ประเมินได้จากปริมาณความต้องการน้ำจากกำลังผลิตของโรงงานแต่ละประเภท ร่วมกับอัตราการใช้น้ำต่อกำลังการผลิตในแต่ละประเภทของโรงงาน ดังสมการต่อไปนี้

$$W_i = H_p \times W_{hp} \qquad \text{สมการที่ 91}$$

โดย W_i = ปริมาณความต้องการน้ำเพื่ออุตสาหกรรม (ลบ.ม. ต่อวัน)
H_p = กำลังการผลิตของโรงงานแต่ละประเภท (แรงม้า)
W_{hp} = อัตราการใช้น้ำต่อกำลังการผลิตในแต่ละประเภทโรงงาน (ลบ.ม.ต่อวันต่อแรงม้า)

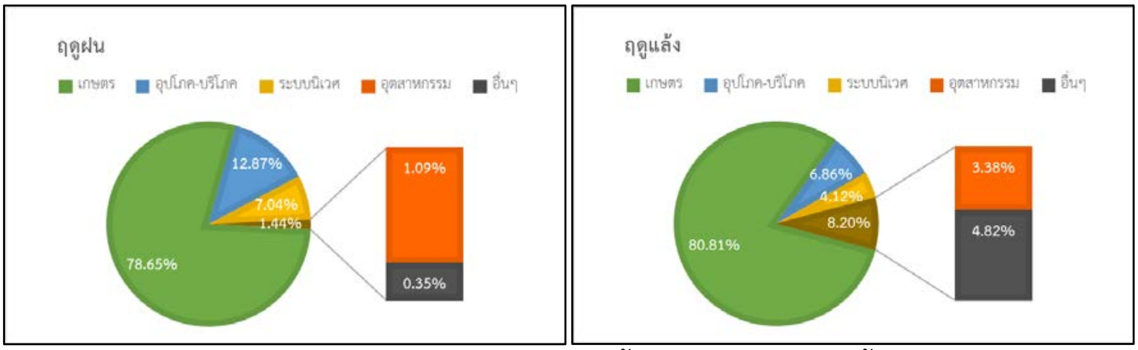
ข้อมูลประเภทโรงงานและกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อพิจารณาประเภทโรงงาน ขนาดโรงงาน และการกระจายของปริมาณการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมรายพื้นที่ตำบลโดยกำหนดอัตราการใช้น้ำตามตารางหน่วยการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท 107 ประเภท (สุจริต, 2549) ร่วมกับค่าปรับแก้อัตราการใช้น้ำในบางประเภทอุตสาหกรรมซึ่งได้ปรับปรุงเพิ่มเติมจากรายงานวิจัย *“การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง(ระยะที่ 1)”* ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3.2-1 และรูปที่ 3.2-1 โดยในพื้นที่โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินพบว่าจังหวัดสระบุรีมีความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคมากที่สุด เฉลี่ยประมาณปีละ 253.75 ล้าน ลบ.ม. โดยเป็นสัดส่วนความต้องการน้ำมากที่สุดจากประเภทโรงงาน 057 ซึ่งเป็นโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ส่วนจังหวัดชัยนาทมีความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมน้อยที่สุด เฉลี่ยประมาณปีละ 4.30 ล้าน ลบ.ม.

3.3 การจัดสรรน้ำ

ข้อมูลด้านการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษา ตามแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทานในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน-เมษายน) ในช่วงปี พ.ศ. 2559-2563 เป็นดังตารางที่ 3.3-1 และรูปที่ 3.3-1 ปริมาณน้ำที่จัดสรรในช่วงฤดูฝนเฉลี่ยประมาณ 6,804.08 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่จัดสรรในช่วงฤดูแล้งเฉลี่ยประมาณ 2,635.27 ล้าน ลบ.ม. อัตราส่วนน้ำที่จัดสรรตามแผนระหว่างฤดูฝน:ฤดูแล้งมีค่าประมาณ 72:28 โดยภาคการเกษตรได้รับจัดสรรน้ำมากกว่า 80% ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงกว่ากิจกรรมการใช้น้ำในด้านอื่น

ตารางที่ 3.3-1 ปริมาณการจัดสรรน้ำตามกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่ศึกษา

ฤดู / ปี		ปริมาณการจัดสรรน้ำตามแผน (ล้าน ลบ.ม.)					
		เกษตร	อุปโภค-บริโภค	ระบบนิเวศ	อุตสาหกรรม	อื่นๆ	รวม
ฤดูฝน	2559	5,060.54	655.01	497.40	113.47	1.10	**6,327.52**
	2560	5,444.07	296.53	454.55	15.67	92.88	**6,303.70**
	2561	5,037.90	959.55	632.34	7.67	13.00	**6,650.46**
	2562	5,593.30	959.46	194.37	42.57	21.96	**6,811.66**
	2563	5,553.18	1,151.29	546.69	133.30	7.86	**7,392.32**
	2564	5,418.07	1,233.72	547.06	133.15	6.83	**7,338.83**
	Average	**5,351.18**	**875.93**	**478.74**	**74.31**	**23.94**	**6,804.08**
ฤดูแล้ง	2559/60	1,964.00	112.00	0.00	4.00	21.00	**2,101.00**
	2560/61	3,705.00	91.00	0.00	3.00	21.00	**3,820.00**
	2561/62	3,089.10	185.80	235.00	131.70	33.70	**3,675.30**
	2562/63	796.76	90.12	271.95	125.08	200.24	**1,484.15**
	2563/64	996.73	474.87	125.47	145.50	269.67	**190.78**
	2564/65	2,225.69	131.55	19.33	125.25	217.09	**2,718.91**
	Average	**2,129.55**	**180.89**	**108.63**	**89.09**	**127.12**	**2,635.27**



รูปที่ 3.3-1 สัดส่วนการจัดสรรน้ำตามกิจกรรมการใช้น้ำ

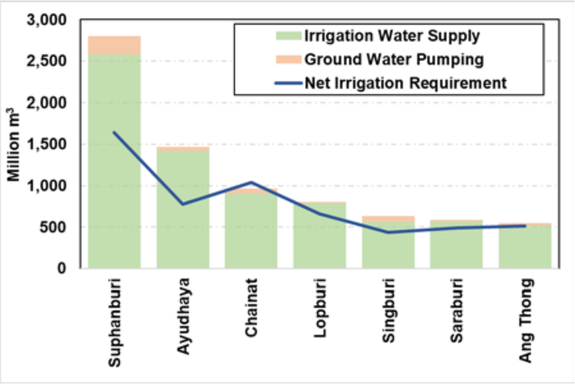
3.4 สัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

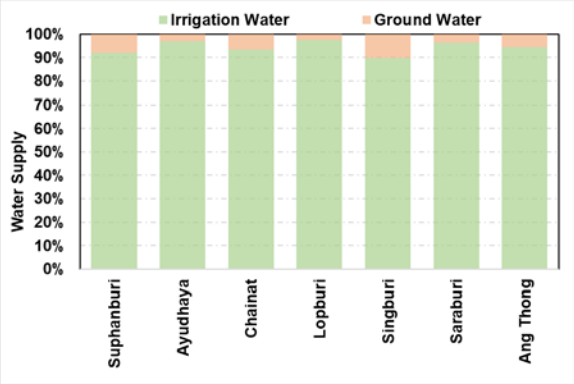
การประเมินสัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลที่ใช้เพื่อการเกษตรในพื้นที่ศึกษา พิจารณาแบ่งสัดส่วนจากปริมาณน้ำที่ในพื้นที่ได้รับ (Supply Water) ได้แก่ ปริมาณน้ำชลประทาน (Irrigation Water) ที่จัดสรรตามแผนการส่งน้ำของกรมชลประทานโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2559 – 2563 และปริมาณน้ำใต้ดิน (Ground Water) ที่สูบมาใช้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง สรุปข้อมูลตามพื้นที่จังหวัด ดังแสดงในตารางที่ 3.4-1 และรูปที่ 3.4-1 และสรุปข้อมูลตามพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ดังแสดงในตารางที่ 3.4-2 และรูปที่ 3.4-2 โดยจังหวัดสิงห์บุรีเป็นพื้นที่ที่มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินมากที่สุด 10.26% : 89.74% รองลงมาคือจังหวัดสุพรรณบุรีมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน 8.04% : 91.96% สำหรับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินมากที่สุด 12.38% : 87.62% รองลงมาคือโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน 11.16% : 88.84%

ตารางที่ 3.4-1 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่จังหวัด

จังหวัด		ปริมาณน้ำ Supply (ล้าน ลบ.ม.)			สัดส่วนการใช้น้ำร่วม	
		ชลประทาน IRR**	น้ำใต้ดิน GW	รวม	%IRR	%GW
สุพรรณบุรี	Suphanburi	2,577.35	225.45	2,802.80	91.96%	8.04%
อยุธยา	Ayudhaya	1,424.58	45.65	1,470.23	96.90%	3.10%
ชัยนาท	Chainat	905.68	63.05	968.73	93.49%	6.51%
ลพบุรี	Lopburi	786.42	20.68	807.10	97.44%	2.56%
สิงห์บุรี	Singburi	567.08	64.81	631.89	89.74%	10.26%
สระบุรี	Saraburi	564.32	20.68	585.00	96.47%	3.53%
อ่างทอง	Ang Thong	518.31	29.76	548.07	94.57%	5.43%
				เฉลี่ย	**94.37%**	**5.63%**

** Irrigation Water Allocation Plan from RID (Yearly average of 2016-2020)





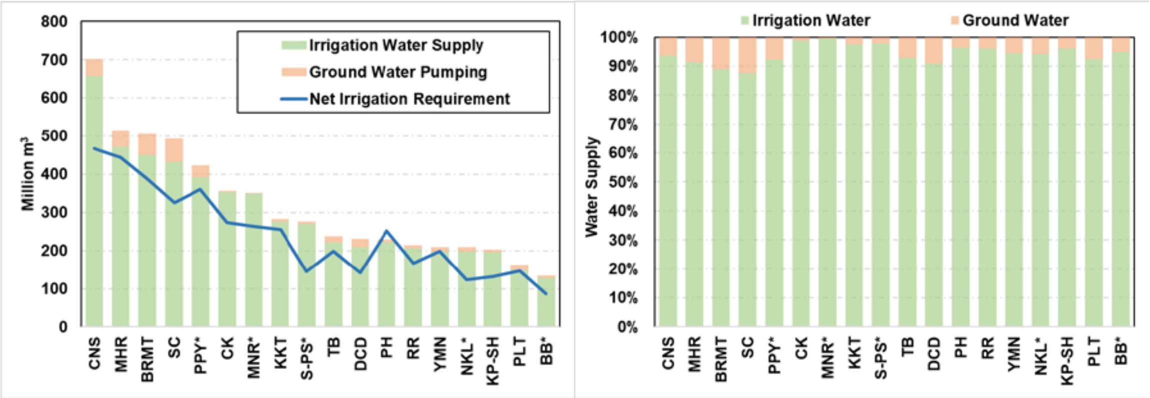
รูปที่ 3.4-1 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่จังหวัด

ตารางที่ 3.4-2 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่โครงการชลประทาน

โครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษา		ปริมาณน้ำ Supply (ล้าน ลบ.ม.)			สัดส่วนการใช้น้ำร่วม	
		ชลประทาน IRR**	น้ำใต้ดิน GW	รวม	%IRR	%GW
ชัณสูตร	CNS	656.31	45.65	701.96	93.50%	6.50%
มหาราช	MHR	471.39	44.38	515.78	91.39%	8.61%
บรมธาตุ	BRMT	449.58	56.49	506.07	88.84%	11.16%
สามชุก	SC	432.12	61.03	493.15	87.62%	12.38%
โพธิ์พระยา	PPY*	390.78	33.29	424.07	92.15%	7.85%
ช่องแค	CK	352.86	4.29	357.14	98.80%	1.20%
มโนรมย์	MNR*	350.31	1.51	351.82	99.57%	0.43%
โคกกะเทียม	KKT	275.99	7.31	283.30	97.42%	2.58%
ป่าสักใต้	S-PS*	269.65	6.05	275.70	97.80%	2.20%
ท่าโบสถ์	TB	221.14	16.90	238.03	92.90%	7.10%
ดอนเจดีย์	DCD	209.86	21.18	231.05	90.83%	9.17%
ผักไห่	PH	221.73	8.07	229.80	96.49%	3.51%
เริงราง	RR	205.72	8.32	214.04	96.11%	3.89%
ยางมณี	YMN	198.03	11.60	209.63	94.47%	5.53%
นครหลวง	NKL*	197.18	12.36	209.54	94.10%	5.90%
คลองเพรียว-เสาไห้	KP-SH	195.48	7.57	203.05	96.27%	3.73%
พลเทพ	PLT	149.96	12.10	162.07	92.53%	7.47%
บางบาล	BB*	127.97	6.81	134.78	94.95%	5.05%
				เฉลี่ย	**94.21%**	**5.79%**

* Ground Water Model domain not cover 30-50 % area of irrigation project

** Irrigation Water Allocation Plan from RID (Yearly average of 2013-2020)



รูปที่ 3.4-2 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำแนกตามพื้นที่โครงการชลประทาน

3.5 สรุปการศึกษาสภาพน้ำผิวดิน

สภาพน้ำผิวดินและการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษาภายใต้โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด 18 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา สรุปได้ว่าภาคการเกษตรได้รับจัดสรรน้ำกว่า 80% ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงกว่ากิจกรรมการใช้น้ำในด้านอื่นอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากความต้องการใช้น้ำในภาคการเกษตรซึ่งคิดเป็นสัดส่วนมากถึง 91.97% แสดงให้เห็นว่าในภาคการเกษตรมีโอกาสเกิดการขาดแคลนน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่นเสริม อาทิ คลองระบาย แหล่งน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ สระเก็บน้ำในไร่นา รวมทั้งการสูบน้ำใต้ดิน

จากการประเมินการใช้น้ำร่วมจำแนกตามพื้นที่จังหวัดซึ่งรวมพื้นที่ทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน พบว่าสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาล:น้ำผิวดิน คิดเป็น 5.63%: 94.37% และสัดส่วนการใช้น้ำร่วมจำแนกตามพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาซึ่งคิดเฉพาะในเขตพื้นที่ชลประทาน คิดเป็น 5.79% : 94.21%

บทที่ 4
การศึกษาสภาพน้ำบาดาล

4.1 ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2546 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 จากฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลหลักของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2 ระบบ ได้แก่ ระบบฐานข้อมูลพสุธาราของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล (ศทบ.) และระบบฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลสารสนเทศการประกอบกิจการน้ำบาดาล ของสำนักควบคุมกิจการน้ำบาดาล (สคบ.) และข้อมูล กชช.2ค ของกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2562 พบว่า มีบ่อน้ำตื้น (ใส่ปลอกซีเมนต์, ไม้, คอนกรีต และบ่อดิน) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 74,553 บ่อ จำแนกเป็นบ่อขุดส่วนตัว จำนวน 66,256 บ่อ และบ่อขุดสาธารณะ จำนวน 8,297 บ่อ และบ่อน้ำบาดาล (บ่อตอก บ่อเจาะ) จำนวน 83,727 บ่อ จำแนกเป็นบ่อบาดาลส่วนตัว จำนวน 74,513 บ่อ และบ่อบาดาลสาธารณะ จำนวน 9,214 บ่อได้สรุปประเภทของบ่อและความลึกในการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลได้ ดังนี้

4.1.1 บ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร

บ่อน้ำบาดาลที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรประกอบด้วยบ่อของหน่วยงานราชการที่เจาะเพื่อให้ประชาชนใช้ประโยชน์ และบ่อที่เจาะเองโดยประชาชนหรือเอกชน รวบรวมจากฐานข้อมูลสารสนเทศการประกอบกิจการน้ำบาดาล จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2564 สามารถสรุปจำนวนบ่อบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรรายจังหวัดได้ดังตารางที่ 4.1-1

จากข้อมูลบ่อน้ำตื้นของและบ่อตอกของเอกชน ซึ่งสำรวจโดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร กรมชลประทาน และจากข้อมูลการสำรวจของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล พบว่ามีบ่อตอกจำนวนทั้งสิ้น 2,111 บ่อ ดังแสดงในตารางที่ 4.1-2 จำนวณบ่อที่แสดงในตารางนี้คาดว่ามีจำนวนน้อยกว่าบ่อที่มีอยู่จริงในพื้นที่ค่อนข้างมาก แต่ยังไม่สามารถประเมินได้ว่ามีจำนวนที่แน่นอนเท่าไหร่

ตารางที่ 4.1-1 จำนวนบ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2564

จังหวัด	ฐานข้อมูลพสุธารา		ฐานข้อมูลการประกอบกิจการน้ำบาดาล			ข้อมูล กชช.2ค (ปี 2562)
	อุปโภคบริโภค	เกษตรกรรม	อุปโภคบริโภค	เกษตรกรรม	ธุรกิจ	
ชัยนาท	1,485	392	131	180	154	12,788
สิงห์บุรี	875	308	223	313	238	4,531
อ่างทอง	719	149	150	100	123	4,947
ลพบุรี	1,542	318	183	433	339	10,134
สระบุรี	896	105	256	215	648	10,965
พระนครศรีอยุธยา	906	36	558	85	382	3,791
สุพรรณบุรี	2,025	543	352	1,286	361	19,905
รวม	**8,448**	**1,851**	**1,853**	**2,612**	**2,245**	**67,061**

ตารางที่ 4.1-2 สรุปจำนวนบ่อน้ำตื้นบ่อตอกจากข้อมูลการสำรวจแยกเป็นรายจังหวัด

จังหวัด	ฐานข้อมูลโครงการฯ ชัณสูตร	ฐานข้อมูล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
ชัยนาท	25	171
สิงห์บุรี	727	87
อ่างทอง	555	34
ลพบุรี		234
สระบุรี		18
พระนครศรีอยุธยา	21	
สุพรรณบุรี		239
รวม	**1,328**	**783**

นอกจากนี้ยังได้รวบรวมจำนวนบ่อน้ำบาดาล แยกตามความลึกของบ่อน้ำบาดาลในแต่ละจังหวัด เฉพาะที่ทราบข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 4.1-3

ตารางที่ 4.1-3 จำนวนข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในแต่ละช่วงระดับความลึก

ลำดับ	จังหวัด	ช่วงความลึก (เมตร)						
		0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
1	ชัยนาท	1,043	1,133	29	1			
2	สิงห์บุรี	388	1,184	284	1	3	2	2
3	อ่างทอง	131	398	405	141	25	9	
4	ลพบุรี	1,148	1,016	433	27	7		1
5	สระบุรี	666	805	467	75	24	15	8
6	พระนครศรีอยุธยา	28	398	1,169	250	49	20	35
7	สุพรรณบุรี	1,235	1,249	882	175	95	90	12

4.1.2 บ่อสังเกตการณ์

บ่อสังเกตการณ์เพื่อใช้ติดตามตรวจสอบระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2564) ในพื้นที่ศึกษามีบ่อสังเกตการณ์ที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลใช้เป็นบ่อสำหรับตรวจวัดระดับน้ำเป็นประจำ จำนวน 244 บ่อ สรุปจำนวนบ่อตามรายจังหวัดดังตารางที่ 4.1-4

ตารางที่ 4.1-4 จำนวนบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2564

จังหวัด	จำนวนสถานี	จำนวนบ่อ
ชัยนาท	24	45
สิงห์บุรี	10	21
อ่างทอง	12	26
ลพบุรี	10	22
สระบุรี	5	9
พระนครศรีอยุธยา	19	58
สุพรรณบุรี	31	63
รวม	**111**	**244**

4.2 การแบ่งชั้นน้ำบาดาล

แหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาอยู่ในหินร่วนประเภทตะกอนน้ำพา ตะกอนตะพักลุ่มน้ำยุคใหม่และยุคเก่า ในระดับความลึกไม่เกิน 700 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2544) การกำหนดขอบเขตของชั้นน้ำบาดาลพิจารณาจากลักษณะการวางตัวและความต่อเนื่องของชั้นหินและชั้นตะกอนกรวดทราย การเรียงตัวของตะกอน คุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาล เช่น ศักยภาพของการให้น้ำ ค่าการไหลซึมผ่าน (Transmissivity) และสัมประสิทธิ์ในการกักเก็บ (Storage Coefficient)

จากการศึกษาขอบเขตของชั้นน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551) โดย บริษัท เมทริกซ์ แอสโซซิเอทซ์ จำกัด โดยใช้ข้อมูลบ่อบาดาล ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์บ่อน้ำบาดาล (Well Logging) ข้อมูลการสูบทดสอบ และผลการวิเคราะห์ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์ร่วมกับผลการศึกษาของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สุจริต และคณะ, 2545) กรมทรัพยากรธรณี (2544) แผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด และ JICA (1995) ซึ่งเน้นศึกษาชั้นน้ำบาดาลในช่วงความลึก 0 - 200 เมตรจากผิวดิน ได้จำแนกชั้นน้ำบาดาลออกเป็น 4 ชั้น แต่ละชั้นมีความลึกเฉลี่ยประมาณ 50 100 150 และ 200 เมตรจากผิวดิน ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ I: ทางตอนบนของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ บริเวณจังหวัดชัยนาทถึงจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบชั้นน้ำบาดาลชั้นแรกได้ที่ระดับความลึกประมาณ 30 - 50 เมตรจากผิวดิน มีความหนาประมาณ 50 เมตร ประกอบด้วยตะกอนทรายและกรวดที่มีการคัดขนาดไม่ดีถึงค่อนข้างดี โดยมีชั้นดินเหนียวแทรกอยู่ บางบริเวณพบชั้นหินอุ้มน้ำแบบปลอม (Perch Aquifer) ชั้นน้ำบาดาลนี้ต่อเนื่องกับชั้นน้ำบาดาลกรุงเทพ (Bangkok Aquifer) ในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษา คือบริเวณพระนครศรีอยุธยาและปทุมธานี ซึ่งชั้นน้ำบาดาลบริเวณนี้ถูกปิดทับด้วยชั้นดินเหนียวทะเล (MarineClay) ชั้นน้ำบาดาลประกอบด้วยทรายและกรวด มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำบาดาลปริมาณมาก แต่คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็ม

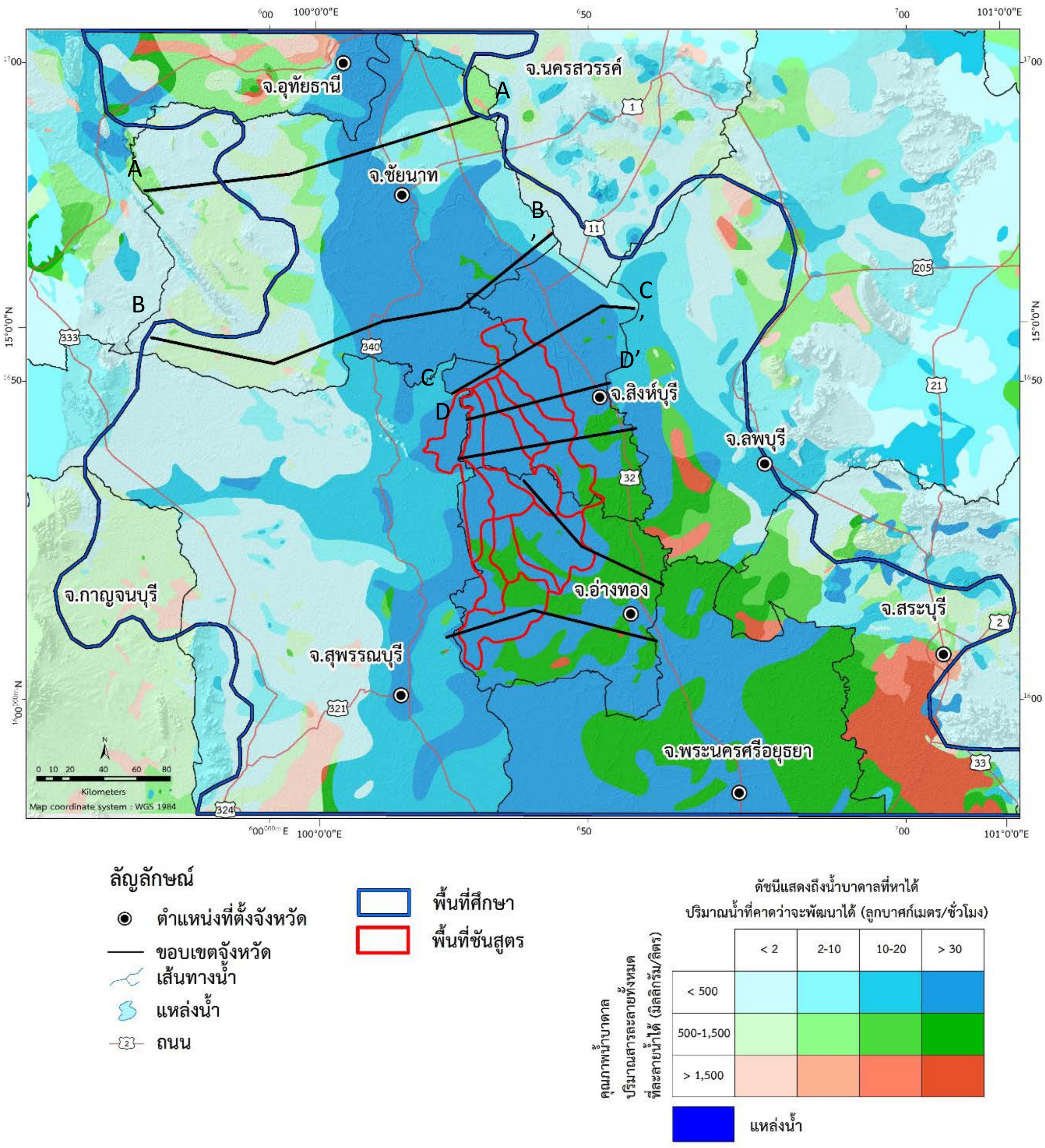
2) ชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ II: ทางตอนบนของพื้นที่ศึกษาพบชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ II วางตัวที่ระดับความลึกประมาณ 60 - 80 เมตรจากผิวดิน แยกจากชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ I โดยชั้นดินเหนียว ซึ่งมีบางบริเวณที่ชั้นดินเหนียวไม่หนา ทำให้มีการรั่วซึมระหว่างชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ I และชั้นที่ II ได้ เช่น บริเวณจังหวัดอ่างทอง ชั้นน้ำบาดาลมีความหนา 20 - 50 เมตร ประกอบด้วยกรวดและทราย มีดินเหนียวแทรกสลับชั้นน้ำบาดาลนี้ต่อเนื่องกับชั้นน้ำบาดาลพระประแดง (PhraPradaeng Aquifer) ในทางตอนล่างของพื้นที่ศึกษา โดยพบที่ระดับความลึก 60-120 เมตรจากผิวดินมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำมาก คุณภาพน้ำมีทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม

3) ชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ III: ทางตอนบนของพื้นที่ศึกษาพบชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ III วางตัวที่ระดับความลึก 100 - 140 เมตรจากผิวดิน โดยมีชั้นดินเหนียวกั้นระหว่างชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ II ชั้นดินเหนียวมีความหนาไม่สม่ำเสมอทำให้มีการรั่วซึมระหว่างชั้นน้ำบาดาลทั้งสองได้ เช่น บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดอ่างทองและบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ชั้นน้ำบาดาลมีความหนาประมาณ 50 - 70 เมตร ประกอบด้วยกรวดและทรายที่มีการคัดขนาดดีปานกลางถึงดี มีดินเหนียวแทรกสลับ ชั้นน้ำบาดาลนี้

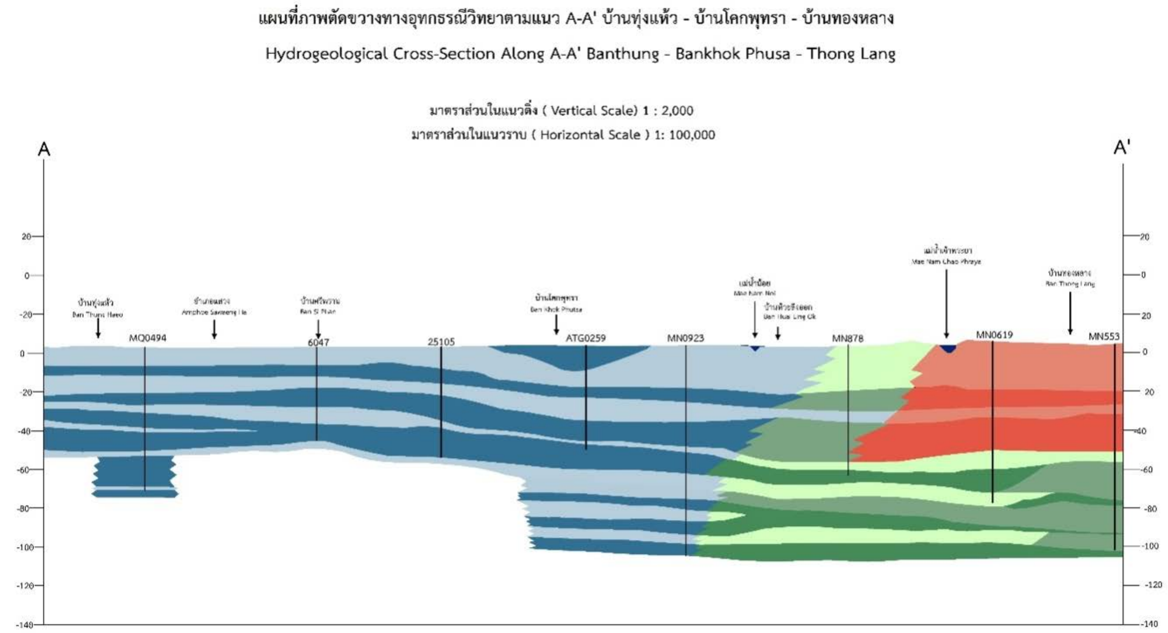
ต่อเนื่องกับชั้นน้ำบาดาลนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer) ในทางตอนล่างของพื้นที่ศึกษา โดยพบที่ระดับความลึก 120 - 180 เมตรจากผิวดิน ให้น้ำปริมาณมากและคุณภาพน้ำดี

4) ชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ IV: ทางตอนบนของพื้นที่ศึกษาพบที่ระดับความลึกประมาณ 150-200 เมตรจากผิวดิน มีชั้นดินเหนียวบางๆ คั่นชั้นน้ำบาดาลชั้นที่ IIIอยู่ชั้นน้ำบาดาลมีความหนา 30 - 70 เมตร ประกอบด้วยกรวดและทราย มีดินเหนียวแทรกสลับ ชั้นน้ำบาดาลนี้ต่อเนื่องกับชั้นน้ำบาดาลนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer) ในทางตอนล่างของพื้นที่ศึกษา โดยพบที่ระดับความลึก 180 - 280 เมตรจากผิวดิน ให้น้ำปริมาณมากและคุณภาพน้ำดี

จากข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยาและธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาพบว่าบริเวณขอบด้านทิศตะวันตกเป็นพื้นที่รับน้ำที่รองรับด้วยหินแข็งและหินที่มีรอยแตก และมีพื้นที่รับน้ำที่มีการสะสมตัวของตะกอนรูปพัด (Alluvial Fan) ส่วนทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่รับน้ำที่มีการสะสมตัวของตะกอนรูปพัดเช่นกัน โดยประกอบด้วยชั้นทรายสลับกับชั้นดินเหนียว ลักษณะโครงสร้างเรียงขนาดจากใหญ่ไปเล็ก (Coarsening Upward Sequence) พบที่ความลึกประมาณ 60 – 240 เมตรจากผิวดิน โดยมีแนวการสะสมตัวจากทิศเหนือลงมาสู่ทิศใต้ บริเวณทางด้านเหนือของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาขึ้นไปไม่พบชั้นดินเหนียวทะเล (Marine Clay) ปิดทับ พื้นที่นี้เป็นบริเวณที่รองรับด้วยทรายและกรวดปนดินเหนียว และสามารถรับน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินเป็นแหล่งเพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล บางพื้นที่ของจังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดอ่างทอง และจังหวัดสุพรรณบุรี มีชั้นดินเหนียวไม่หนา ส่วนบริเวณตอนใต้บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้น พื้นผิวถูกปกคลุมด้วยชั้นตะกอนดินเหนียวทะเล ลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลประเภทตะกอนชั้นหินร่วนแสดงในรูปที่ 4.2-1 ถึง รูปที่ 4.2-5

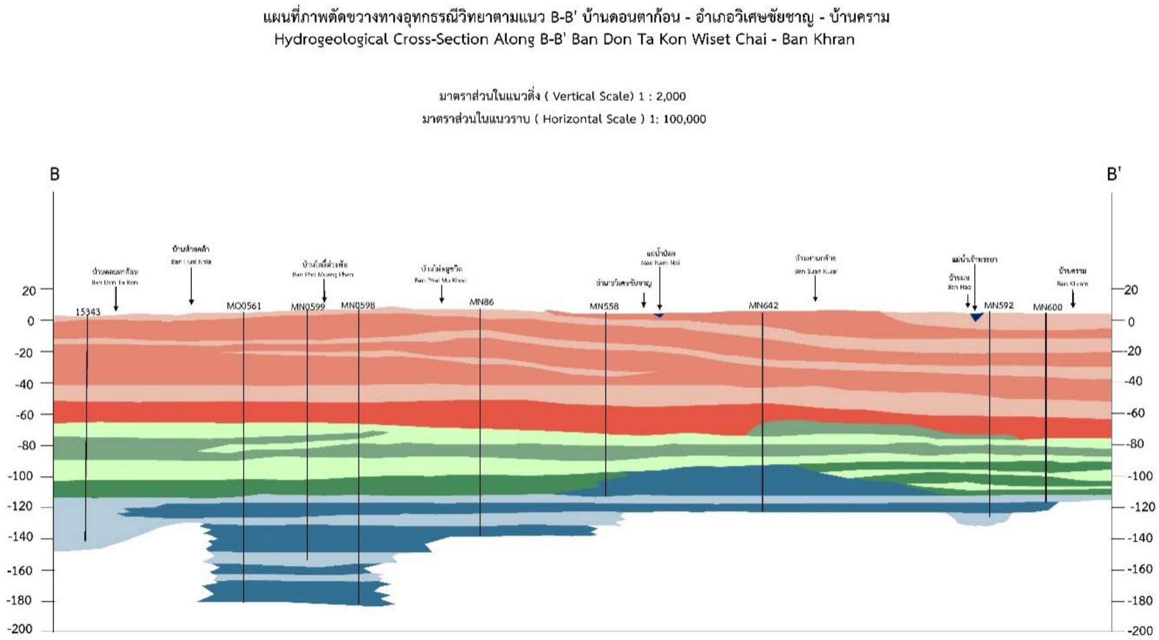


รูปที่ 4.2-1 แผนที่แสดงดัชนีน้ำบาดาลที่หาได้และตำแหน่งภาพตัดขวางของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา



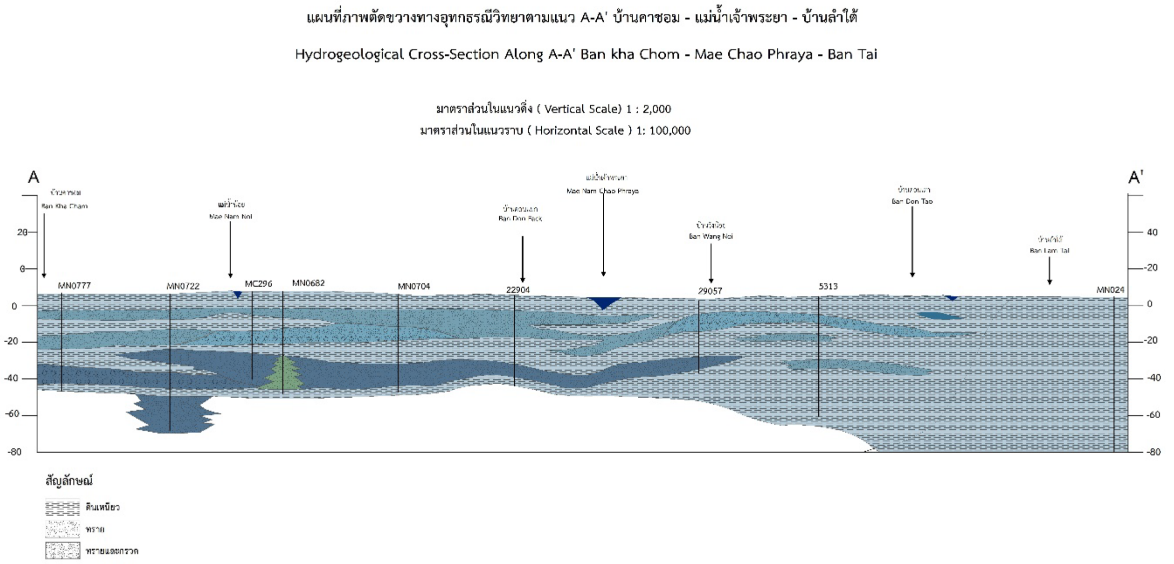
ที่มา : แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดชัยนาท, 2544

รูปที่ 4.2-2 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว A-A’



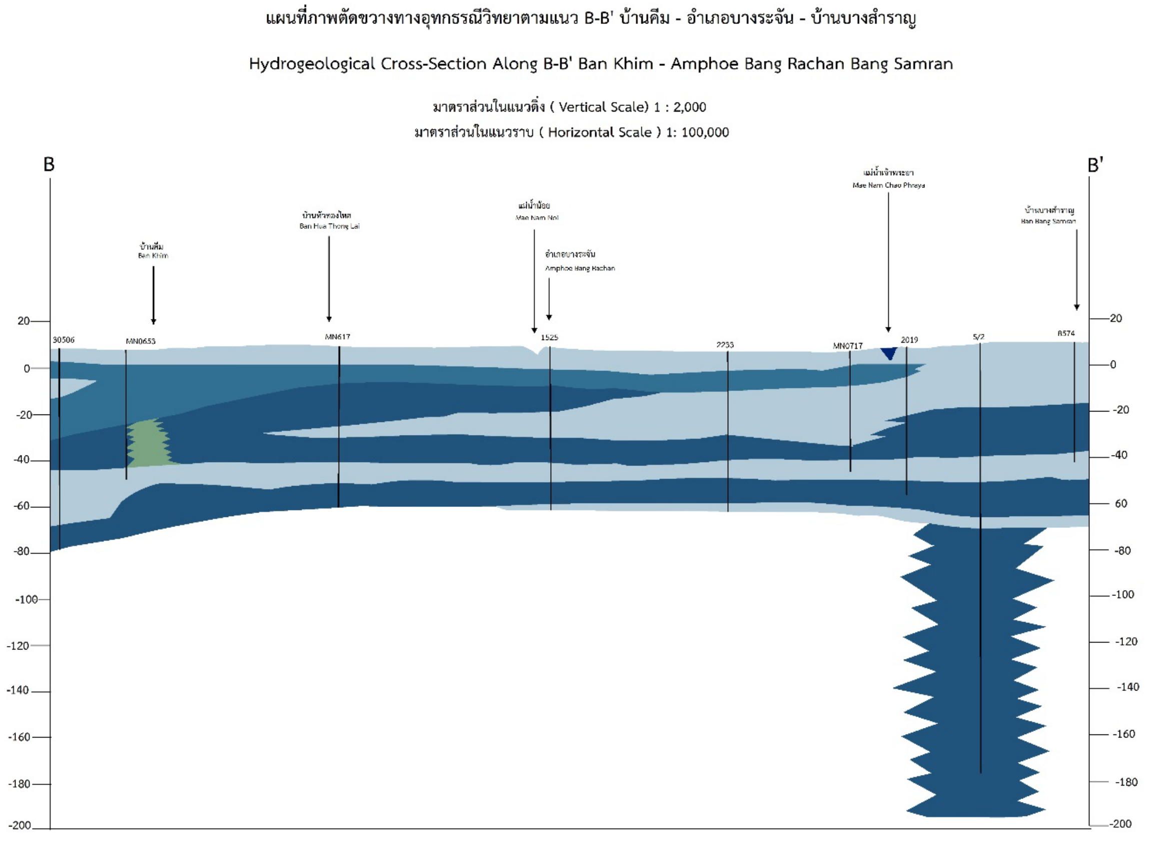
ที่มา : แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดชัยนาท, 2544

รูปที่ 4.2-3 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว B-B’



ที่มา : แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดสิงห์บุรี, 2544

รูปที่ 4.2-4 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว C-C’



ที่มา : แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดสิงห์บุรี, 2544

รูปที่ 4.2-5 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตามแนว D-D’

4.3 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล

คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาลที่สำคัญ ได้แก่ สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity: K), สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity: T) และสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S) การหาคุณสมบัติดังกล่าวอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลการสูบทดสอบชั้นน้ำบาดาล ซึ่งจะสามารถบ่งชี้ว่าน้ำจะไหลผ่านชั้นอุ้มน้ำด้วยเร็วหรือช้าเพียงใด จะสามารถสูบน้ำออกจากชั้นน้ำได้มากน้อยเท่าใด การคำนวณหาคุณสมบัติชั้นน้ำ จำเป็นต้องเลือกวิธีการคำนวณที่เหมาะสมกับประเภทชั้นน้ำอุ้มน้ำบาดาล ซึ่งมีทั้งชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) ชั้นหินอุ้มน้ำไร้แรงดัน (Unconfined aquifer) หรือชั้นหินอุ้มน้ำกึ่งมีแรงดัน (Semi-confined or semi-unconfined aquifer)

4.3.1 การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา 7 จังหวัด ได้แก่ ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สระบุรี พระนครศรีอยุธยา และสุพรรณบุรี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2550-2564 จำนวนทั้งสิ้น 214 บ่อ ซึ่งสรุปรายละเอียดจำนวนบ่อในแต่ละจังหวัด สามารถสรุปรายละเอียดดังตารางที่ 4.3-1 โดยผลการวิเคราะห์แยกตามรายจังหวัด แสดงในตารางที่ 4.3-2 ถึง ตารางที่ 4.3-9 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านจำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

ตารางที่ 4.3-1 จำนวนบ่อน้ำบาดาลที่ทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล แยกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

จังหวัด	จำนวนบ่อ	ความลึกถึงชั้นน้ำของบ่อสูบทดสอบ (ม.)
ชัยนาท	38	78-18
สิงห์บุรี	27	106-36
อ่างทอง	18	246-38
ลพบุรี	8	88-24
สระบุรี	28	150-34
พระนครศรีอยุธยา	17	234-30
สุพรรณบุรี	78	264-30
รวม	**214**	

4.3.2 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

ตารางที่ 4.3-2 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดชัยนาท

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	620564	1677188	วัดท่าชัย	ชัยนาท	62	Qfd-1	584	97.35
2	620564	1677188	วัดท่าชัย	ชัยนาท	21	Qfd-1	751	125
3	618071	1694714	วัดหนองม่วง	ชัยนาท	52	Qfd-1	749	331.5
4	618071	1694714	วัดหนองม่วง	ชัยนาท	27	Qfd-1	62.1	66.55
5	623133	1686610	บ.ดอนสำโรง	ชัยนาท	42	PCms	56.63	9.44
6	632754	1689986	บ.หนองกระทุ่ม 1	ชัยนาท	50	SDmm	12.04	1.5
7	630133	1690132	บ.หนองตาตน	ชัยนาท	32	Gr	13.7	3.43
8	635084	1690195	บ.หนองกระทุ่ม 2	ชัยนาท	80	Pc	0.39	0.07
9	613191	1683998	วัดสุวรรณโคตมาราม	ชัยนาท	58	Qfd-2	1.85	0.31
10	613191	1683998	วัดสุวรรณโคตมาราม	ชัยนาท	30	Qfd-1	62.1	10.35
11	613273	1676370	วัดทรงเสวย	ชัยนาท	54	Qfd-1	19.3	3.22
12	613273	1676370	วัดทรงเสวย	ชัยนาท	24	Qfd-1	20.2	3.38
13	618923	1660577	วัดกำแพง	ชัยนาท	80	Qfd-2	52.65	8.78
14	618923	1660577	วัดกำแพง	ชัยนาท	49.5	Qfd-1	109.5	18.25
15	618923	1660577	วัดกำแพง	ชัยนาท	21.5	Qfd-1	51.55	8.59
16	622440	1667934	บ.เที่ยงแท้ (ละบาด)	ชัยนาท	45	Qfd-1	9.9	1.65
17	619601	1662721	วัดบ.สระไม้แดง	ชัยนาท	39	Qfd-1	6.69	1.11
18	617988	1655271	บ.ทุ่งกระถิน	ชัยนาท	58	Qfd-1	5.76	0.72
19	623911	1660858	วัดศรีมหาโภช	ชัยนาท	45	Qfd-1	40.96	6.83
20	624675	1652583	วัดบ.หนองแขม	ชัยนาท	42	Qfd-1	24.21	8.07
21	634093	1655377	บ.โพธิ์งาม	ชัยนาท	36	Qfd-1	0.87	0.17
22	629911	1658381	บ.บางโพธิ์ศรี	ชัยนาท	78	Qfd-2	12.48	0.31
23	643969	1673596	บ.เขาแก้ว	ชัยนาท	30	SDmm	45.17	11.27
24	634630	1666281	บ.คลองยาง	ชัยนาท	45	Qfd-1	22.92	3.82
25	635841	1672001	วัดหาดอาสา	ชัยนาท	51	Qfd-1	83.8	13.9
26	634008	1674826	วัดยางศรีเจริญ	ชัยนาท	70	Qfd-1	125	20.83
27	634008	1674826	วัดยางศรีเจริญ	ชัยนาท	32	Qfd-1	67.75	11.29
28	634008	1674826	วัดยางศรีเจริญ	ชัยนาท	21	Qfd-1	47.1	7.85
29	592428	1633871	บ.ดงประดา	ชัยนาท	62	PCms	19.53	4.9
30	599128	1688240	บ.หนองชุมสาย	ชัยนาท	62	PCms	1	0.17

ตารางที่ 4.3-2 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดชัยนาท (ต่อ)

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
31	590392	1692113	บ.ทุ่งวัวแดง	ชัยนาท	120	Vc	1.37	0.34
32	602800	1658200	บ.ดอนบ่อ	ชัยนาท	55	SDmm	27.17	6.79
33	602691	1659861	บ.บุทางรถ	ชัยนาท	81	SDmm	0.82	0.14
34	605911	1654873	บ.เชี่ยน	ชัยนาท	152	SDmm	0.4	0.07
35	609113	1656479	วัดพึ่งคงคาราม	ชัยนาท	39	Qfd-1	2.09	0.26
36	605177	1671302	วัดอรัญญาวาศรี	ชัยนาท	104	PCms	0.84	0.14
37	610854	1670419	วัดโคกหมู	ชัยนาท	47	SDmm	1.12	0.14
38	609994	1658950	บ.หนองหวาย	ชัยนาท	37	SDmm	1.35	0.34

ตารางที่ 4.3-3 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสิงห์บุรี

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	648137	1645392	วัดยวด	สิงห์บุรี	220	Qfd-3	12.8	2.14
2	648137	1645392	วัดยวด	สิงห์บุรี	60	Qfd-2	19.3	3.23
3	648137	1645392	วัดยวด	สิงห์บุรี	46	Qfd-1	102	17.1
4	652973	1656289	ร.ร.วัดสามเกลียว	สิงห์บุรี	48	Qfd-1	5.7	0.95
5	633869	1640303	บ.หนองลี	สิงห์บุรี	88	Qfd-2	0.09	0.02
6	646253	1640477	บ.ม่วงใต้	สิงห์บุรี	98	Qfd-2	308.03	19.24
7	646974	1641337	บ.สิงห์ใต้	สิงห์บุรี	104	Qfd-2	688.67	18.2
8	648064	1640434	วัดพระแก้ว	สิงห์บุรี	108	Qfd-2	519.33	32.52
9	647849	1637156	บ.วิหารขาว	สิงห์บุรี	80	Qfd-2	40.03	10.01
10	645041	1643573	บ.ตลาดโพธิ์	สิงห์บุรี	62	Qfd-2	0.23	0.03
11	645716	1644038	บ.ตลาดโพธิ์	สิงห์บุรี	70	Qfd-2	173	21.63
12	640031	1647776	บ.บางวัว	สิงห์บุรี	66	Qfd-2	30.73	3.84
13	637202	1645491	บ.หัวทองโหลง	สิงห์บุรี	82	Qfd-2	11.63	2.92
14	632075	1651285	บ.พักทัน	สิงห์บุรี	80	Qfd-2	139.43	17.44
15	628659	1651814	บ.กร่าง	สิงห์บุรี	60	Qfd-2	35.23	4.41
16	630586	1646030	บ.ทุ่งว้า	สิงห์บุรี	60	Qfd-2	29.77	3.72
17	632148	1646721	บ.ดอนเจดีย์	สิงห์บุรี	64	Qfd-2	29.63	3.7
18	645223	1644579	บ.ตลาดโพธิ์	สิงห์บุรี	64	Qfd-2	50.33	6.29
19	642451	1645922	สวนเฉลิมพระเกียรติ	สิงห์บุรี	72	Qfd-2	191.37	47.6

ตารางที่ 4.3-3 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสิงห์บุรี (ต่อ)

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
20	657475	1633670	วัดหลวง	สิงห์บุรี	72	Qfd-2	47.2	11.8
21	658882	1632998	บ.หนองยาว	สิงห์บุรี	72	Qfd-2	36.87	9.21
22	648732	1656284	บ.ไผ่ขาด	สิงห์บุรี	100	Qfd-3	91.77	119.84
23	651728	1658434	บ.แหลมมะขามเทศ	สิงห์บุรี	78	Qfd-2	171.07	14.24
24	639535	1666667	บ.ระนาม	สิงห์บุรี	68	Qfd-2	61.6	5.13
25	641270	1667307	บ.ห่วงใหญ่	สิงห์บุรี	60	Qfd-2	153.33	38.37
26	643417	1662855	วัดเกราะแก้ว	สิงห์บุรี	80	Qfd-2	365	90.7
27	605969	1610674	วัดหนองสุ่ม	สิงห์บุรี	104	Qfd-3	343.67	42.83

ตารางที่ 4.3-4 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดอ่างทอง

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	657096	1617428	วัดแจ้ง	อ่างทอง	135	Qfd-3	59.2	9.87
2	657702	1617603	บ.ท้ายวัด	อ่างทอง	135	Qfd-3	89.17	14.86
3	658099	1613399	วัดไพวัลย์	อ่างทอง	135	Qfd-3	4.48	0.75
4	635669	1628626	บ.วังน้ำเย็น	อ่างทอง	138	Qfd-4	114.83	5.19
5	647706	1628926	ร.ร.วัดรัตนาราม	อ่างทอง	49	Qfd-1	103	17.2
6	615308	1628220	วัดจุฬามุนี	อ่างทอง	120	Qfd-5	34.25	5.71
7	650049	1618012	บ.น้ำอาบ	อ่างทอง	158	Qfd-5	185	15.42
8	660220	1617965	บ.ทองหลวง	อ่างทอง	152	Qfd-5	8.62	0.08
9	645934	1615042	บ.ใหม่พัฒนา	อ่างทอง	198	Qfd-5	12.6	2.1
10	645880	1610726	ร.ร.วัดโพธิ์ธรรมโชติยาราม	อ่างทอง	195	Qfd-5	26.2	4.37
11	635437	1608982	บ.ห้วยอีเขียว	อ่างทอง	236	Qfd-5	5.2	0.32
12	636340	1613174	บ.ดงกระถิน	อ่างทอง	168	Qfd-4	134	11.17
13	631958	1617298	บ.หนองถ้ำ	อ่างทอง	180	Qfd-4	11.4	0.95
14	637064	1613344	บ.เก่า	อ่างทอง	187	Qfd-4	2.04	0.17
15	632534	1614674	บ.สวนมะม่วง	อ่างทอง	181	Qfd-4	11.7	0.98
16	635972	1615018	วัดเกษทอง	อ่างทอง	195	Qfd-4	7.66	0.64
17	633894	1616546	บ.ดอนกระเบื้อง	อ่างทอง	171	Qfd-4	6.41	0.53
18	631088	1615293	บ.สามโก้	อ่างทอง	252	Qfd-5	6.16	0.51

ตารางที่ 4.3-5 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดลพบุรี

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	667252	1627339	วัดท่าข้าม	ลพบุรี	150	Qfd-2	39.9	6.65
2	667252	1627339	วัดท่าข้าม	ลพบุรี	57	Qyt-2	39.75	6.63
3	667252	1627339	วัดท่าข้าม	ลพบุรี	32	Qyt-1	35.9	5.98
4	660621	1649705	บ.พราน	ลพบุรี	20	TRc	109.07	24.17
5	657201	1647138	บ.หัวไผ่	ลพบุรี	54	SDmm	30.13	5.02
6	671613	1672514	วัดบ.สระมะเกลือ	ลพบุรี	114	Pc	0.99	0.16
7	670224	1673119	วัดบ.น้ำป่า	ลพบุรี	90	Pc	1.25	0.21
8	676936	1677506	บ.สระพัฒนา	ลพบุรี	120	Pc	1.57	0.26

ตารางที่ 4.3-6 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสระบุรี

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	708785	1614971	วัดบ.ลาดเขาปูน	สระบุรี	62	Vc	1.98	0.33
2	706193	1613340	วัดเพลียของ	สระบุรี	116	Vc	4.46	0.74
3	705640	1613758	บ.เพลียขวา	สระบุรี	62	Vc	3.55	0.59
4	700050	1616106	บ.ทุ่งมะส้าน	สระบุรี	120	PCms	0.13	0.02
5	713648	1618043	บ.หอนงน้อย	สระบุรี	60	Gr	25.2	4.2
6	713946	1618955	บ.พระบาทน้อย	สระบุรี	105	Gr	1.59	0.26
7	674770	1613168	ร.ร.ดอนพุดพิทยาคม	สระบุรี	80	Qt	16.8	2.1
8	670542	1613953	ร.ร.วัดช้าง	สระบุรี	120	Qt	12	2
9	688189	1619365	บ.คลองน้ำ	สระบุรี	118	Qt	1.17	0.1
10	691086	1611689	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวง	สระบุรี	84	Qot/Qfd	2.34	0.29
11	687273	1617126	บ.หมอ	สระบุรี	34	Qot	13.6	1.14
12	686821	1617397	บ.สะพานดำ	สระบุรี	130	Qot	5.03	0.84
13	688323	1618059	หน้าวัดสร่างโคก	สระบุรี	99	Qot	1.18	0.2
14	689475	1616907	คลองกระโดน	สระบุรี	89	Qot	5.03	0.84
15	687875	1620487	วัดโคกงาม	สระบุรี	107	Qot	2.84	2.05
16	643417	1662855	ปางหัวช้าง	สระบุรี	50	PC	2.95	0.49
17	694786	1596405	วัดโพนทอง	สระบุรี	130	Vc	9.38	1.56
18	700742	1590855	วัดหนองปลาหมอ	สระบุรี	150	Vc	0.31	0.05
19	700742	1590855	วัดหนองปลาหมอ	สระบุรี	111	Vc	20	3.33
20	700742	1590855	วัดหนองปลาหมอ	สระบุรี	60	Vc	36.6	6.11

ตารางที่ 4.3-6 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสระบุรี (ต่อ)

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
21	695153	1604332	บ.นาทุ่ง	สระบุรี	96	Qt	2.27	0.38
22	689260	1605206	ร.ร.วัดหนองกีบม้า	สระบุรี	68	Qt	6.91	1.15
23	695183	1604325	บ.โพน	สระบุรี	60	Qt	49.63	8.25
24	697997	1604275	บ.โคกสีดา	สระบุรี	66	Qt	6.8	1.13
25	697107	1604332	บ.ขาม	สระบุรี	78	Qt	30.44	5.04
26	699273	1605170	บ.โคกวัว	สระบุรี	57	Qt	130.1	16.3
27	692869	1599212	บ.หลังสวน	สระบุรี	62	Qt	1.82	0.3
28	681389	1628560	วัดสุวรรณคีรี	สระบุรี	85.5	PC	1.55	0.13
29	681389	1628560	วัดสุวรรณคีรี	สระบุรี	48	PC	2.38	0.4

ตารางที่ 4.3-7 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	651984	1583486	วัดบ.แพน	พระนครศรีอยุธยา	218	Qfd-5	0.87	0.1
2	651984	1583486	วัดบ.แพน	พระนครศรีอยุธยา	260	Qfd-5	269	29.95
3	651984	1583486	วัดบ.แพน	พระนครศรีอยุธยา	182	Qfd-4	48.2	5.36
4	651984	1583486	วัดบ.แพน	พระนครศรีอยุธยา	116	Qfd-3	568.5	63.15
5	685368	1610065	วัดไม้รวก	พระนครศรีอยุธยา	138	Qfd-2	1.5	0.25
6	685368	1610065	วัดไม้รวก	พระนครศรีอยุธยา	39	Qfd-1	6.03	1
7	676658	1598892	วัดบ.ชุ้ง	พระนครศรีอยุธยา	150	Qfd-3	1.1	0.18
8	676658	1598892	วัดบ.ชุ้ง	พระนครศรีอยุธยา	90	Qfd-2	26.1	4.36
9	676658	1598892	วัดบ.ชุ้ง	พระนครศรีอยุธยา	54	Qfd-2	6.54	1.09
10	642660	1598422	วัดจักราช	พระนครศรีอยุธยา	200	Qfd-4	1.33	0.22
11	642660	1598422	วัดจักราช	พระนครศรีอยุธยา	150	Qfd-3	31.05	5.18
12	648052	1599696	บ.อ้อ	พระนครศรีอยุธยา	138	Qfd-3	46.08	7.68
13	692300	1590920	วัดมาบโพธิ์	พระนครศรีอยุธยา	204	Qfd-4	1.36	0.23
14	692300	1590920	วัดมาบโพธิ์	พระนครศรีอยุธยา	168	Qfd-4	1.26	0.21
15	692300	1590920	วัดมาบโพธิ์	พระนครศรีอยุธยา	120	Qfd-3	31.37	5.23
16	692300	1590920	วัดมาบโพธิ์	พระนครศรีอยุธยา	72	Qfd-2	4.97	0.83
17	664387	1606886	บ.หัวไผ่	พระนครศรีอยุธยา	128	Qfd-3	19.81	2.48

ตารางที่ 4.3-8 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสุพรรณบุรี

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
1	621764	1644237	วัดดงพิกุล	สุพรรณบุรี	102	Qfd-3	0.8	0.55
2	621764	1644237	วัดดงพิกุล	สุพรรณบุรี	54	Qfd-2	13.9	15.6
3	623984	1598665	บ.ไผ่ขวาง	สุพรรณบุรี	0	Qfd-3	72.4	6.03
4	625481	1598861	บ.หนองตาลกาบ	สุพรรณบุรี	114	Qfd-3	19.73	2.46
5	620812	1600720	ร.ร.รางกระทุ่ม	สุพรรณบุรี	137	Qfd-3	632.67	39.5
6	629758	1608012	บ.ลาดตาล	สุพรรณบุรี	188	Qfd-4	391.67	195.97
7	607059	1608965	บ.หนองศาลา	สุพรรณบุรี	244	Qfd-4	0.45	0.06
8	606987	1610128	บ.หนองน้ำแดง	สุพรรณบุรี	250	Qfd-5	40	5
9	619858	1600118	วัดพระรูป	สุพรรณบุรี	266	Qfd-5	80.3	13.3
10	619858	1600118	วัดพระรูป	สุพรรณบุรี	211	Qfd-5	0.42	0.07
11	619858	1600118	วัดพระรูป	สุพรรณบุรี	174	Qfd-4	1.32	0.22
12	619858	1600118	วัดพระรูป	สุพรรณบุรี	120	Qfd-4	8.16	1.36
13	609210	1599016	วัดยางกุ้งเหนือ	สุพรรณบุรี	40	Qfd-1	1.25	0.16
14	616164	1611020	บ.ดงกระเชา	สุพรรณบุรี	256	Qfd-5	6.82	0.17
15	603538	1613697	บ.สำนักโก	สุพรรณบุรี	237	Qfd-5	2.03	0.05
16	605905	1614300	บ.จิกรากข่า	สุพรรณบุรี	237	Qfd-5	44.5	2.89
17	598333	1614489	บ.หนองแจ้ง	สุพรรณบุรี	55.5	Qfd-2	4.52	1.12
18	602811	1617399	บ.นารม	สุพรรณบุรี	173	Qfd-4	8.87	0.74
19	610298	1617952	วัดดอนเจดีย์	สุพรรณบุรี	256	Qfd-4	23.33	0.61
20	610380	1618209	วัดดอนเจดีย์	สุพรรณบุรี	236	Qfd-4	21.33	1.07
21	596443	1617805	บ.หัวนาหินแล้ง	สุพรรณบุรี	210	Qfd-4	1.84	0.23
22	588229	1619579	บ.ดอนกระเพรา	สุพรรณบุรี	84	Qcl	12.48	2.08
23	613696	1618681	บ.หนองสาหร่าย	สุพรรณบุรี	240	Qfd	59.93	3.52
24	577864	1645508	บ.ดอนแย้	สุพรรณบุรี	32	Qt	18	3.01
25	580260	1650430	บ.โป่งขาม	สุพรรณบุรี	39	Qt	2.26	0.38
26	625980	1582145	บ.กรอง	สุพรรณบุรี	118	Qfd-3	18.6	1.86
27	623173	1590919	ที่สาธารณะบ.ด่าน	สุพรรณบุรี	162	Qfd-4	567.5	94.58
28	620405	1591655	วัดโพธิ์ศรี	สุพรรณบุรี	207	Qfd-4	1.86	0.31
29	620405	1591655	วัดโพธิ์ศรี	สุพรรณบุรี	129	Qfd-3	3.18	0.53
30	620405	1591655	วัดโพธิ์ศรี	สุพรรณบุรี	105	Qfd-3	3.4	0.57
31	620405	1591655	วัดโพธิ์ศรี	สุพรรณบุรี	37	Qfd-1	15.25	2.54
32	612901	1586252	วัดท่าตลาด	สุพรรณบุรี	212	Qfd-4	0.77	0.13

ตารางที่ 4.3-8 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
33	612901	1586252	วัดท่าตลาด	สุพรรณบุรี	108	Qfd-2	54.66	9.13
34	629820	1582227	บ.สาลี	สุพรรณบุรี	160	Qfd-3	69.35	8.69
35	631442	1583772	วัดสาลี	สุพรรณบุรี	296	Qfd-5	1.45	0.24
36	631442	1583772	วัดสาลี	สุพรรณบุรี	207	Qfd-5	3.29	0.55
37	631442	1583772	วัดสาลี	สุพรรณบุรี	150	Qfd-4	474.5	79.15
38	631442	1583772	วัดสาลี	สุพรรณบุรี	95	Qfd-3	9.45	1.58
39	627876	1622601	บ.หนองอ้ายเกา	สุพรรณบุรี	108	Qfd-3	47.73	5.97
40	621113	1608441	วัดเขาพสุธาวาส	สุพรรณบุรี	109	Qfd-3	35.95	6
41	621110	1608458	วัดเทพสุธาวาสบ.ตึก	สุพรรณบุรี	116	Qfd-3	24.3	3.03
42	610698	1625251	บ.สระด่าน	สุพรรณบุรี	124	Qfd-3	20.57	2.57
43	606448	1625847	วัดโพธิ์สุวรรณ	สุพรรณบุรี	124	Qfd-3	5.9	2.95
44	620509	1629864	วัดลำพระยา	สุพรรณบุรี	154	Qfd-4	1.44	0.24
45	620509	1629864	วัดลำพระยา	สุพรรณบุรี	31	Qfd-1	24.35	4.06
46	620917	1631484	วัดนางพิมพ์	สุพรรณบุรี	218	Qfd-5	1.27	0.18
47	612148	1631801	วัดหนองผักนาก	สุพรรณบุรี	91	Qfd-2	15.95	1.5
48	603344	1634116	บ.หนองสะเดาล่าง	สุพรรณบุรี	110	Qfd-3	34.27	4.28
49	580764	1637199	บ.โป่งกระมัง	สุพรรณบุรี	20	Qfd-1	110.33	13.79
50	591034	1626433	บ.หนองสายแตง	สุพรรณบุรี	50	Qfd-2	25.23	3.15
51	581457	1632191	บ.ทุ่งส้มฟาก	สุพรรณบุรี	36	Qfd-1	101.73	12.72
52	590481	1635895	บ.โค้งบ่อแร่	สุพรรณบุรี	54	Qfd-5	256.53	32.02
53	588665	1637395	บ.ทุ่งหนองแก้ว	สุพรรณบุรี	30	Qfd-5	9.7	2.42
54	602587	1637619	บ.หนองจิกยาว	สุพรรณบุรี	108	Qfd-5	107.57	17.9
55	595865	1638493	บ.ต้นหว้า	สุพรรณบุรี	66	Qfd-5	21.77	2.72
56	598128	1640313	บ.ลำพันของ	สุพรรณบุรี	51	Qfd-5	20.77	2.6
57	600768	1640582	บ.ลำพันของ	สุพรรณบุรี	78	Qfd-5	57.27	7.14
58	596999	1642797	วัดหนองปล้อง	สุพรรณบุรี	54	Qfd-5	13.77	1.72
59	578402	1631731	บ.หนองขาม	สุพรรณบุรี	24	Qfd-5	183.33	22.91
60	574018	1633675	วัดหนองหว้า	สุพรรณบุรี	24	Qfd-5	2.75	0.69
61	572037	1635025	บ.หนองขาม	สุพรรณบุรี	39	Qfd-5	1.81	0.17
62	576545	1636362	ร.ร.บ.ราษฎร์บำรุง	สุพรรณบุรี	24	Qfd-5	143.87	17.98
63	601146	1600986	บ.หนองเต่าทอง	สุพรรณบุรี	80	Qfd-5	9.91	1.24
64	602347	1624489	บ.หนองกระทุ่ม	สุพรรณบุรี	80	Qfd-5	0.91	0.11

ตารางที่ 4.3-8 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ที่	พิกัด x	พิกัด y	สถานที่	จังหวัด	ความลึก (ม.)	ชั้นน้ำ	T (m^2/d)	K (m/d)
65	604024	1625781	บ.หนองคาง	สุพรรณบุรี	110	Qfd-5	5.14	0.85
66	599562	1626537	บ.หนองทราย	สุพรรณบุรี	80	Qfd-5	65.07	8.11
67	602095	1627925	บ.หนองราชวัตร	สุพรรณบุรี	80	Qfd-5	2.93	0.37
68	599288	1629933	บ.หนองระว้าง	สุพรรณบุรี	72	Qfd-5	279	46.57
69	597422	1629238	บ.หนองกอก	สุพรรณบุรี	57	Qfd-5	40.95	6.82
70	601604	1602015	บ.หนองดงคลอง	สุพรรณบุรี	78	Qfd-5	380.67	47.6
71	592150	1628394	บ.หนองสำโรง	สุพรรณบุรี	49	Qfd-5	5.16	0.65
72	591830	1633452	บ.ดอนกระเบื้อง	สุพรรณบุรี	60	Qfd-5	39.73	4.97
73	596586	1636181	บ.บ่อหว้า	สุพรรณบุรี	64	Qfd-5	1.55	0.19
74	596091	1637197	บ.บ่อหว้า	สุพรรณบุรี	64	Qfd-5	7.36	0.92
75	593421	1637242	บ.สำโรงเหนือ	สุพรรณบุรี	48	Qfd-5	6.45	1.61
76	596282	1639333	บ.หนองสำโรง	สุพรรณบุรี	48	Qfd-5	2.06	0.26
77	594045	1611608	วัดโพธิ์เขียวบ.ฟากห้วย	สุพรรณบุรี	50	Qfd-5	37.23	2.19
78	601793	1606536	ร.ร.บ.หนองกุฎิ	สุพรรณบุรี	410	Qfd-6	21.4	1.33

ตารางที่ 4.3-9 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านจำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา	**สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T, ตร.ม./วัน)**	**สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K, ม./วัน)**
ชั้นหินให้น้ำตะกอนหินร่วน (Unconsolidated rock)		
1. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา/ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำหลาก	0.9-751	0.1-196
2. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำ		
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำชั้นที่ 1/ชั้นบน	2.3-18	0.4-4
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำชั้นที่ 2/ชั้นล่าง	0.3-49.6	0.1-8.25
3. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า		
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 1	1.1-13.6	0.2-2.1
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 2	0.9-688	0.1-38

หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา	สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T, ตร.ม./วัน)	สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K, ม./วัน)
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 3	0.8-632	0.2-120
4. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qcl)	1.8-12.5	0.17-2.08
ชั้นหินให้น้ำตะกอนหินแข็ง (Consolidated rock)		
หินปูน	0.4-13.6	0.1-1.14
หินแกรนิต	1.5-25	0.2-4.2
PCms	0.1-57	0.02-9.4
SDmm	12.0-45.2	1.5-11.3
TRc	109.1	24.2
Vc	2.0-4.5	0.33-0.74

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2562) โดยได้แบ่งระดับน้ำตามประเภทของชั้นหินให้น้ำ แบ่งออกเป็น หินแข็งและหินร่วน ดังนี้

1. ระดับน้ำบาดาลในหินแข็ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลที่เป็นหินแข็ง บริเวณจังหวัดชัยนาท ความลึกของชั้นหินให้น้ำในหินแข็งอยู่ในช่วง 15-160 เมตร ระดับน้ำส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1-20 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ที่มีระดับน้ำลึกสุดอยู่บริเวณอำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท ระดับน้ำอยู่ในช่วง 20-35 เมตรจากผิวดิน ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ความลึกของชั้นหินให้น้ำอยู่ในช่วง 10-220 เมตร ระดับน้ำส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2-20 เมตรจากผิวดิน ส่วนด้านทิศตะวันออก ในจังหวัดลพบุรี สระบุรี สิงห์บุรี ความลึกของชั้นหินให้น้ำอยู่ในช่วง 20-180 เมตร ระดับน้ำส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2-20 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ที่มีระดับน้ำลึกสุดอยู่บริเวณอำเภอหนองแซง จังหวัดสระบุรี ระดับน้ำอยู่ในช่วง 20-54 เมตรจากผิวดิน แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง แสดงในรูปที่ 4.3-1

สำหรับทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในหินแข็ง จากข้อมูลการติดตามระดับน้ำบาดาลของโครงการศึกษาผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแอ่งเจ้าพระยาตอนล่างของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2562) พบว่ามีระบบการไหลและทิศทางการไหลสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ระบบการไหลภาพกว้างของพื้นที่จะมีการไหลของน้ำบาดาลจากพื้นที่สูงมาสู่พื้นที่ต่ำ และพบระบบการไหลเฉพาะแห่งบริเวณที่ราบหุบเขาขนาดเล็กๆ ที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปบริเวณทิศเหนือ ทิศตะวันตกและทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา มีการไหลในระดับตื้นมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางที่ไม่แน่นอน ระดับแรงดัน

ของน้ำบาดาลมีค่าอยู่ระหว่าง 10-100 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในหินแข็งส่วนใหญ่จะไหลจากทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเข้าสู่พื้นที่ลุ่มบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา

2. ระดับน้ำบาดาลในหินร่วน

ระดับน้ำบาดาลโดยแบ่งตามความลึก ได้ดังนี้

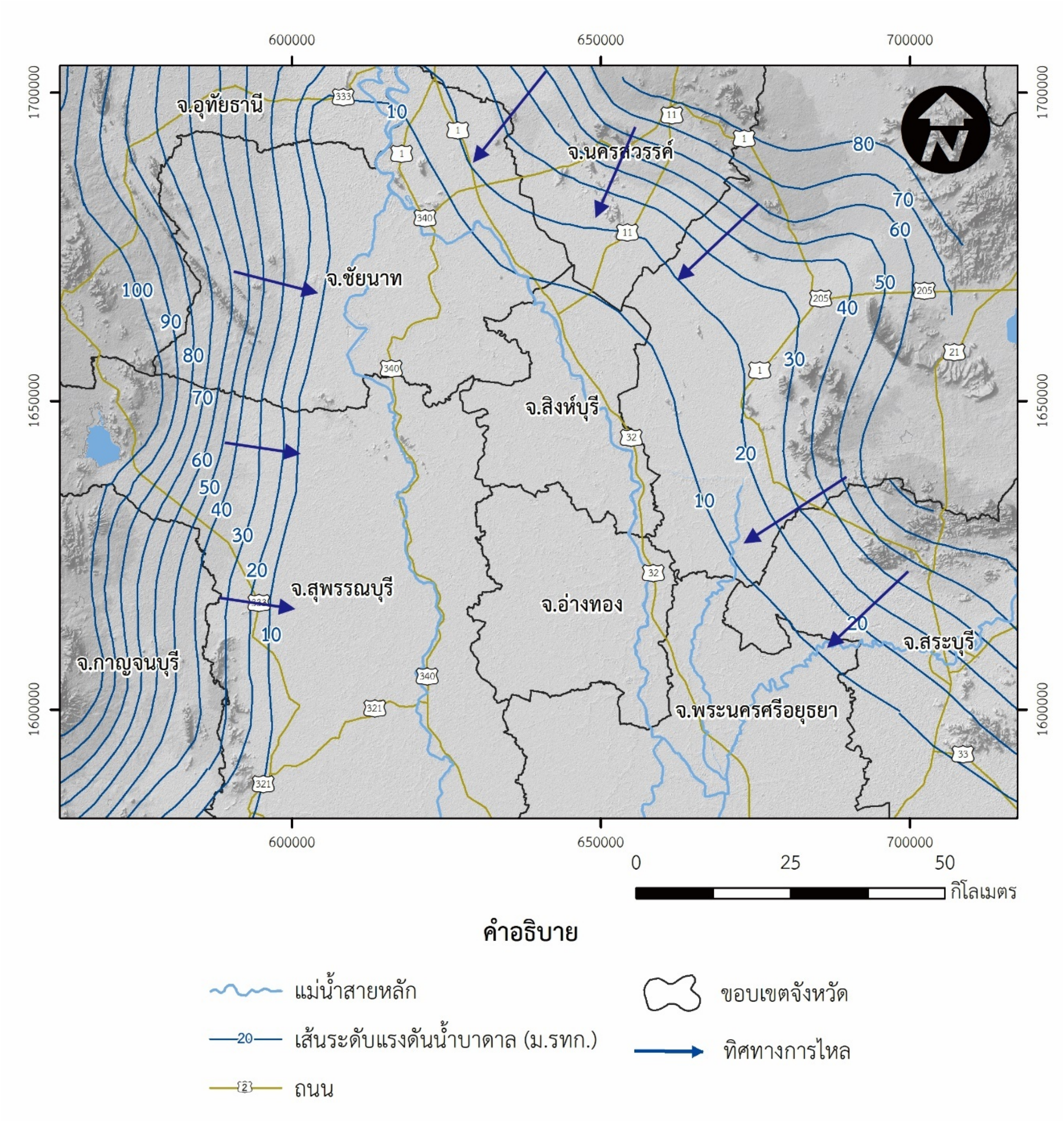
ชั้นที่ 1 ชั้นหินให้น้ำอยู่ในช่วงความลึก 0-50 เมตร ระดับน้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ที่ 0–20 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ที่มีระดับน้ำบาดาลลึกสุด คืออำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี ระดับน้ำอยู่ในช่วง 20-43 เมตรจากผิวดิน (รูปที่ 4.3-2)

ชั้นที่ 2 ชั้นหินให้น้ำอยู่ในช่วงความลึก 50-100 เมตร ระดับน้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ที่ 5–20 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ที่มีระดับน้ำบาดาลลึกสุด คือ อำเภอหนองแซง อำเภอหนองโดน จังหวัดสระบุรี ระดับน้ำอยู่ในช่วง 20-54 เมตรจากผิวดิน (รูปที่ 4.3-3)

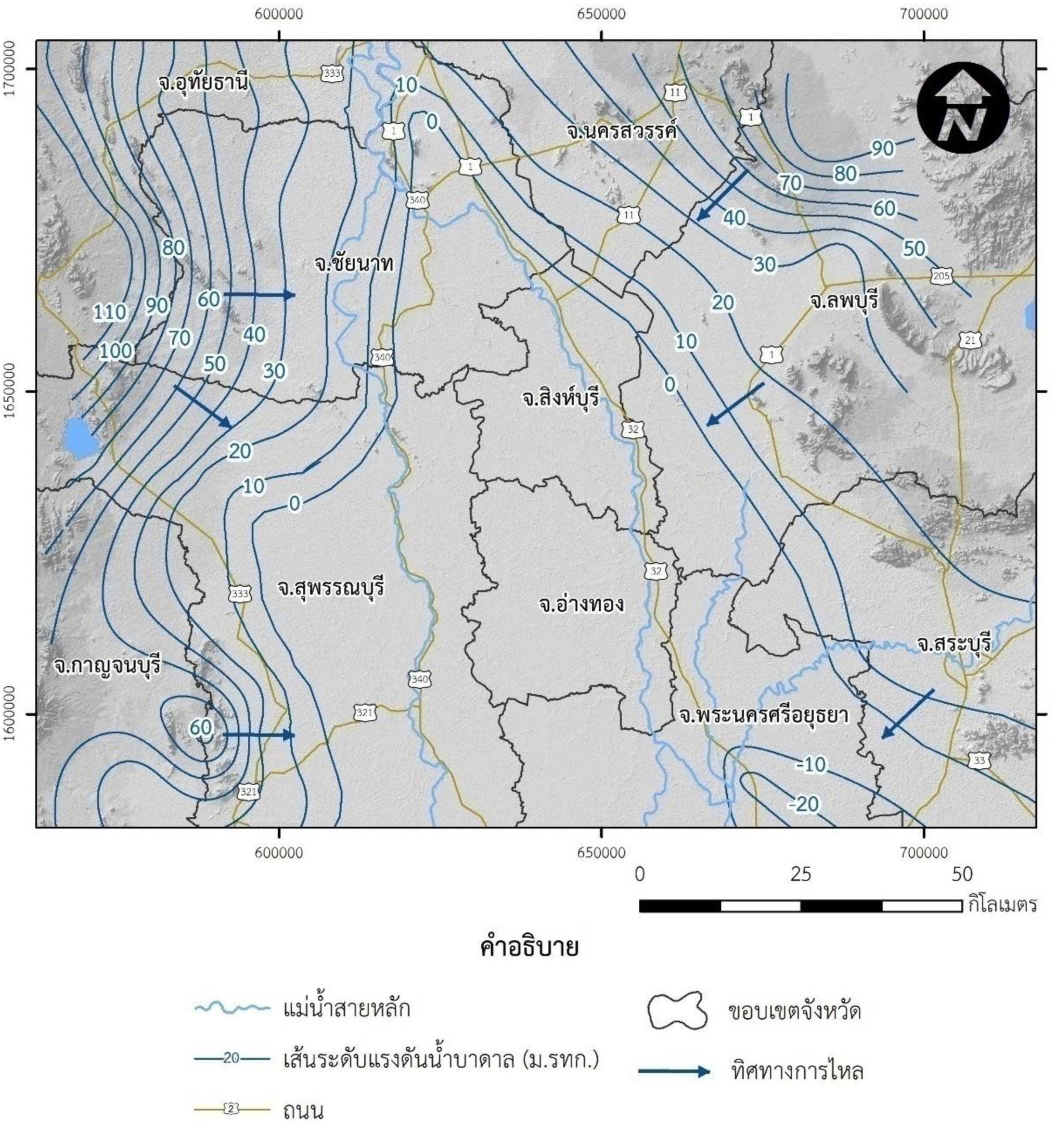
ชั้นที่ 3 ชั้นหินให้น้ำอยู่ในช่วงความลึก 100-150 เมตร ระดับน้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ที่ 10–30 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ที่มีระดับน้ำบาดาลลึกสุด คือ อำเภอดอนเจดีย์ อำเภอสามชุก อำเภอเมืองสุพรรณบุรี อำเภอสองพี่น้อง อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง ระดับน้ำอยู่ในช่วง 20-44 เมตรจากผิวดิน

ชั้นที่ 4 ชั้นหินให้น้ำอยู่ในช่วงความลึก 150-200 เมตร ระดับน้ำบาดาลอยู่ที่ 10-40 เมตรจากผิวดิน พื้นที่ที่มีระดับน้ำบาดาลลึกสุด คือ อำเภอศรีประจันต์ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง

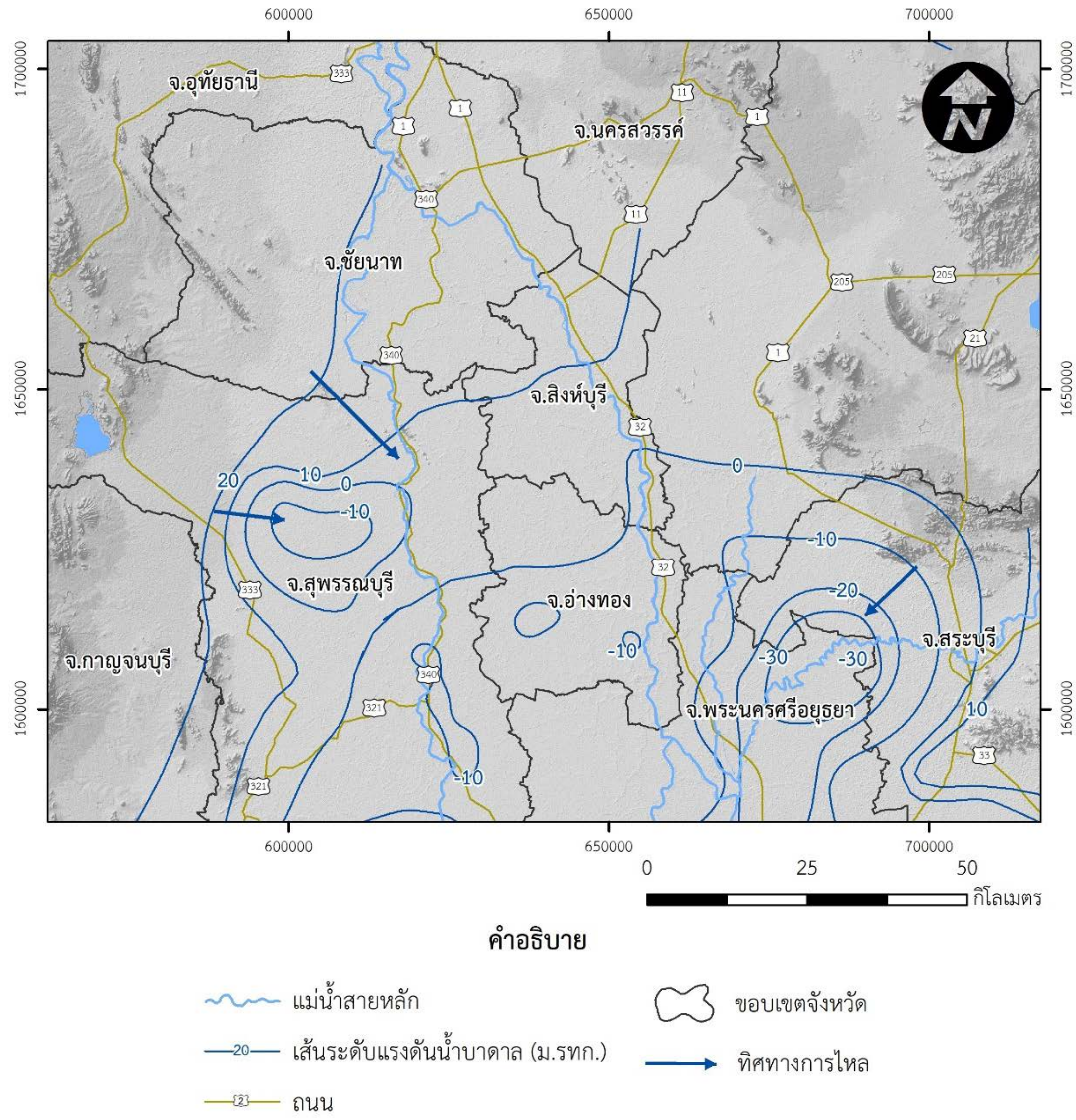
สำหรับทิศทางการไหลของชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วน จะไหลจากทางทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเข้าหาแอ่งน้ำบาดาลและไหลไปทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4.3-1 แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง



รูปที่ 4.3-2 แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นตะกอนที่ความลึกพัฒนา
อยู่ในช่วงน้อยกว่า 50 เมตร



รูปที่ 4.3-3 แผนที่แสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นตะกอนที่ความลึกพัฒนา อยู่ในช่วง 50-100 เมตร

4.4 สรุปสภาพน้ำบาดาล

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาล จากรายงานสถานการณ์น้ำบาดาลประจำปี พ.ศ. 2564 ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้รายงานการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาล โดยแยกตามจังหวัดได้ดังนี้

จังหวัดชัยนาท ระดับน้ำบาดาลในชั้นตะกอนกรวดทราย ปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 10-14 เมตร ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นพื้นที่ตำบลนางลือ อำเภอนางลือ ตำบลชัยนาท อำเภอเมืองชัยนาท ตำบลบ่อแร่ อำเภอวัดสิงห์ ตำบลดงคอน และตำบลเที่ยงแท้ อำเภอสรรคบุรี ตำบลหนองมะโมง อำเภอหนองมะโมง และตำบลหนองแซง อำเภอหันคา ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 8-15 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเฉลี่ย 2.35 เมตร/ปี

จังหวัดสิงห์บุรี ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 10-15 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยเฉลี่ย 1.06 เมตร/ปี ยกเว้นพื้นที่ตำบลโพทะเล อำเภอค่ายบางระจัน ตำบลวิหารขาว อำเภอท่าช้าง

อำเภอบางระจัน ตำบลเชิงกลัด และตำบลสิงห์ อำเภอบางระจัน ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 11-16 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเฉลี่ย 2.56 เมตร/ปี

จังหวัดอ่างทอง ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 6-13 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยเฉลี่ย 1.16 เมตร/ปี ยกเว้นพื้นที่ตำบลรำมะสัก อำเภอโพธิ์ทอง ตำบลคลองวัว อำเภอเมืองอ่างทอง และตำบลอมทม อำเภอสามโก้ ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 10-15 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเฉลี่ย 2.17 เมตร/ปี

จังหวัดลพบุรี

ในชั้นตะกอนกรวดทราย ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 11-14 เมตร พื้นที่ที่มีการเคลื่อนไหวค่อนข้างมากยกเว้นพื้นที่ตำบลโคกสลุด และตำบลบ้านเบิก อำเภอท่าวุ้ง และตำบลบางพึ่ง อำเภอบ้านหมี่ ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 13-20 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเฉลี่ย 2.61 เมตร/ปี

ในชั้นหินแข็ง ระดับน้ำบาดาลไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก การเคลื่อนไหวของระดับน้ำมักจะเป็นไปตามฤดูกาล โดยมีการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 4-10 เมตร

จังหวัดสระบุรี ระดับน้ำบาดาลในชั้นตะกอนกรวดทราย มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก มีการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 10-15 เมตร

ระดับน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จากข้อมูลบ่อสังเกตการณ์พบว่าระดับน้ำบาดาลมีการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 6-7 เมตร

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นที่ความลึกไม่เกิน 50 เมตร ระดับน้ำบาดาลไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก มีการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 6-11 เมตร ส่วนบ่อน้ำบาดาลระดับความลึกอยู่ระหว่าง 50-100 เมตร ระดับน้ำบาดาลมีการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 8-15 เมตร ยกเว้นพื้นที่ตำบลน้ำเต้า อำเภอมหาราช ตำบลบ้านซุ้ง อำเภอนครหลวง และตำบลธนู อำเภออุทัย ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 12-48 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย 1.19 เมตร/ปี ระดับน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลที่ลึกตั้งแต่ 100 เมตรขึ้นไป ระดับน้ำไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นพื้นที่ตำบลน้ำเต้า อำเภอมหาราช ตำบลสามกอ อำเภอเสนา ตำบลสามบัณฑิต อำเภออุทัย และอำเภอบางปะอิน ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวเฉลี่ย 22 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 1.30-1.35 เมตร/ปี

จังหวัดสุพรรณบุรี ระดับน้ำบาดาลในชั้นตะกอน โดยทั่วไปมีการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วง 20-29 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ยกเว้นพื้นที่อำเภอดอนเจดีย์ ศรีประจันต์ หนองหญ้าไซ สามชุก อู่ทอง และอำเภอเมืองสุพรรณบุรี ระดับน้ำบาดาลปัจจุบันเคลื่อนไหวอยู่ที่ 8-54 เมตร เปลี่ยนแปลงลดลงเฉลี่ย 3.48 เมตร/ปี

บทที่ 5
การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง 1) การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลทั้งแบบจำลองเชิงภูมิภาคและแบบจำลองเชิงโครงการ ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองและผลของสมดุลน้ำบาดาลในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563 2) การวางระบบติดตามน้ำบาดาลและ 3) การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ

5.1 การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

5.1.1 ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล (Regional model and Local model)

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับแบบจำลองเชิงภูมิภาค (พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง) และเชิงโครงการ (คบ.ชัณสูตร) มีดังนี้

1) จัดเตรียมข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลชั้นน้ำบาดาลเพื่อจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาล (บทที่ 4)

   i. ข้อมูลสภาพชั้นน้ำ คุณสมบัติชั้นน้ำบาดาล

   ii. ข้อมูลการติดตามระดับน้ำบาดาลที่ผ่านมาและที่จะมีการติดตามรายเดือนของโครงการ

2) พัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

3) ออกแบบแบบจำลองน้ำบาดาล โดยขนาดกริดที่ใช้ขึ้นอยู่กับสภาพของข้อมูลที่ได้

4) ปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองน้ำบาดาล

5) จำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลในกรณีเงื่อนไขการจัดการน้ำบาดาล

6) สรุปสภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในรูปแบบปีน้ำแบบต่างๆ

5.1.2 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิดเป็นการนำสภาพชั้นน้ำบาดาลตามความเป็นจริงมาสร้างเป็นแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อให้สามารถทำการคำนวณได้ เนื่องจากสภาพชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่จริงมีความซับซ้อนมาก ประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาไม่สามารถบอกลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลได้อย่างชัดแจ้งบอกได้เพียงได้อย่างหยาบ ว่าในพื้นที่บริเวณไหนควรมีการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลในลักษณะใด ทำให้การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิดให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงอย่างสมบูรณ์นั้นเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้เลย การสร้างแบบจำลองเชิงแนวคิดจึงต้องจำลองสภาพน้ำบาดาลให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย แต่ยังคงสามารถกำกับพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้ในการศึกษานี้

การแบ่งชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อการจำลองสภาพการไหล ได้อาศัยข้อมูลการแบ่งชั้นน้ำบาดาลจากส่วนการศึกษาสภาพน้ำบาดาลของโครงการการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดิน

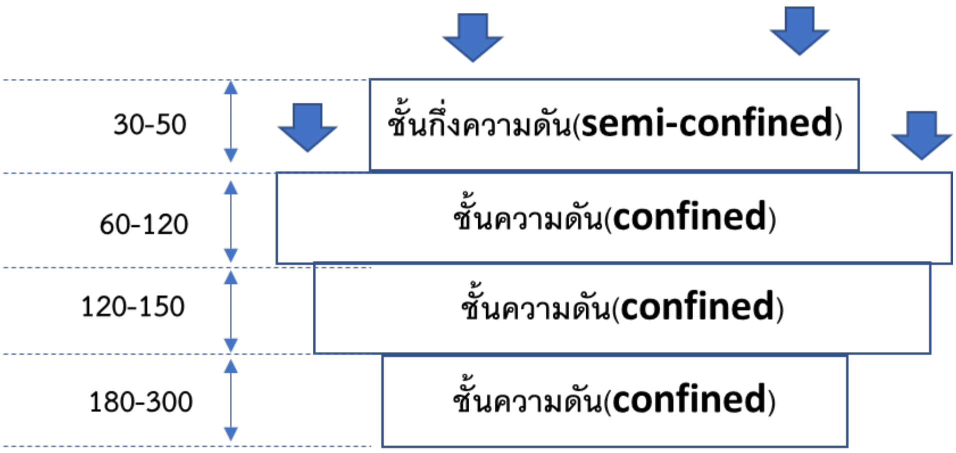
เพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ 2545) ซึ่งจัดกลุ่มของชั้นน้ำบาดาลตามลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาได้เป็น 4 ชั้นสำหรับการศึกษานี้หลังจากที่ได้ข้อมูลผลการเจาะบ่อสำรวจชั้นดินเพิ่มเติมจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จะพบว่าได้ปรับปรุงให้มีการจัดแบ่งชั้นน้ำดังแสดงในรูปที่ 5.1-1 ดังนี้

ชั้นน้ำบาดาลที่ 1 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 30-50 เมตร

ชั้นน้ำบาดาลที่ 2 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 60-120เมตร

ชั้นน้ำบาดาลที่ 3 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 120-150 เมตร

ชั้นน้ำบาดาลที่ 4 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 180-300เมตร

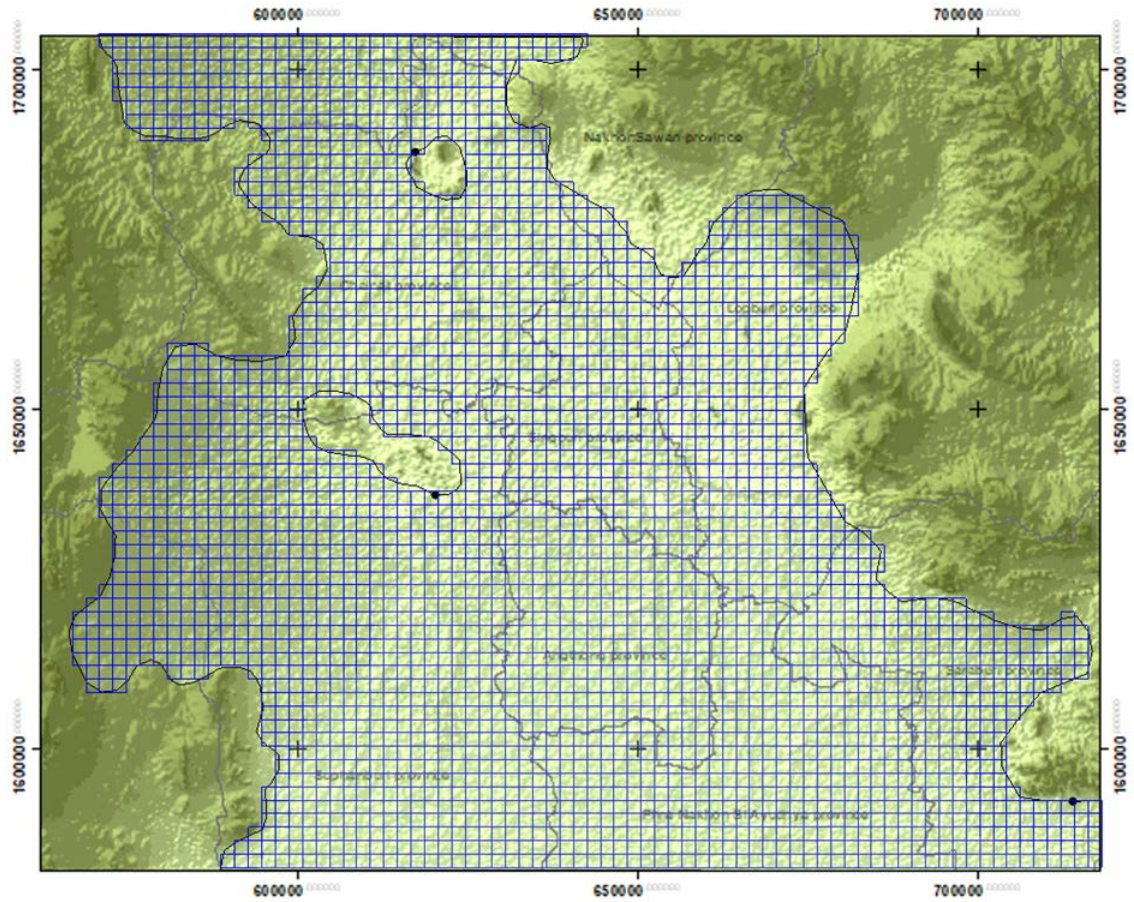


รูปที่ 5.1-1 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล

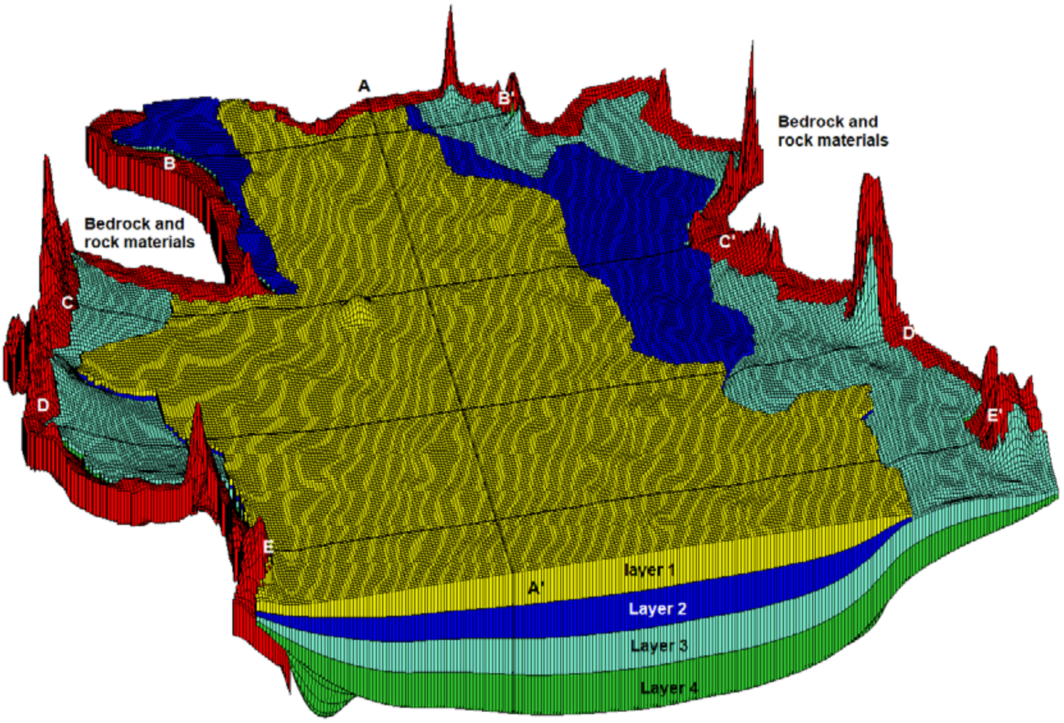
5.1.3 การออกแบบแบบจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ

ได้ออกแบบแบบจำลอง (Model Design) โดยประยุกต์จากแบบจำลองเชิงความคิดไปเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไข รวมถึงการนำข้อมูลภาคสนามแปลงเป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

การจำลองสภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการไฟไนดิฟเฟอรเรนต์ (Finite Difference) หน่วยย่อยในการคำนวณเชิงพื้นที่นั้นอยู่ในรูปของโครงสร้างที่ต่อกันด้วยรูปสี่เหลี่ยม โดยในการศึกษาที่ผ่านมาของพื้นที่นี้ (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ 2545) ได้จำลองสภาพชั้นน้ำบาดาลให้มีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีขนาด กว้าง 1 กม. ยาว 1 กม. จำนวนกริดรวมทั้งหมดกับ 78,720 กริดเซลล์ โดยมีความสูงตามความหนาของชั้นน้ำเฉลี่ยในบริเวณนั้น ซึ่งเรียกลูกบาศก์นี้ว่า 1 กริดเซลล์ และแบบจำลองน้ำบาดาลของการศึกษานี้ได้ใช้ขนาดกริดเดียวกันและแสดงดังรูปที่ 5.1-2 และรูปที่ 5.1-3



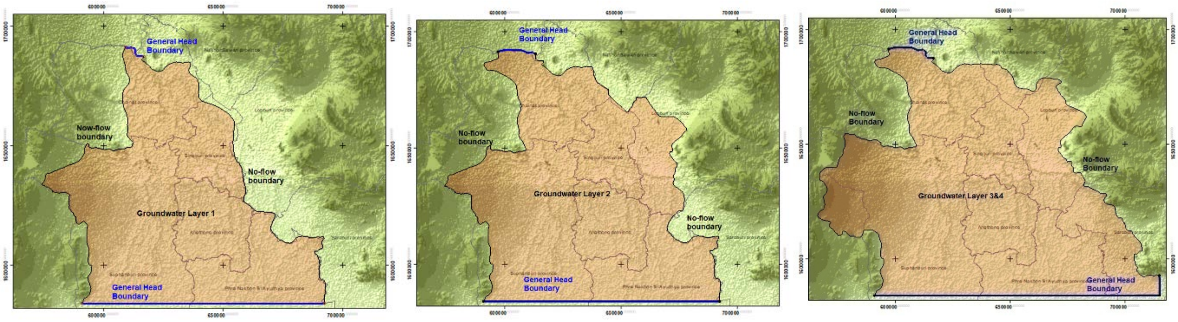
รูปที่ 5.1-2 แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)



รูปที่ 5.1-3 มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์

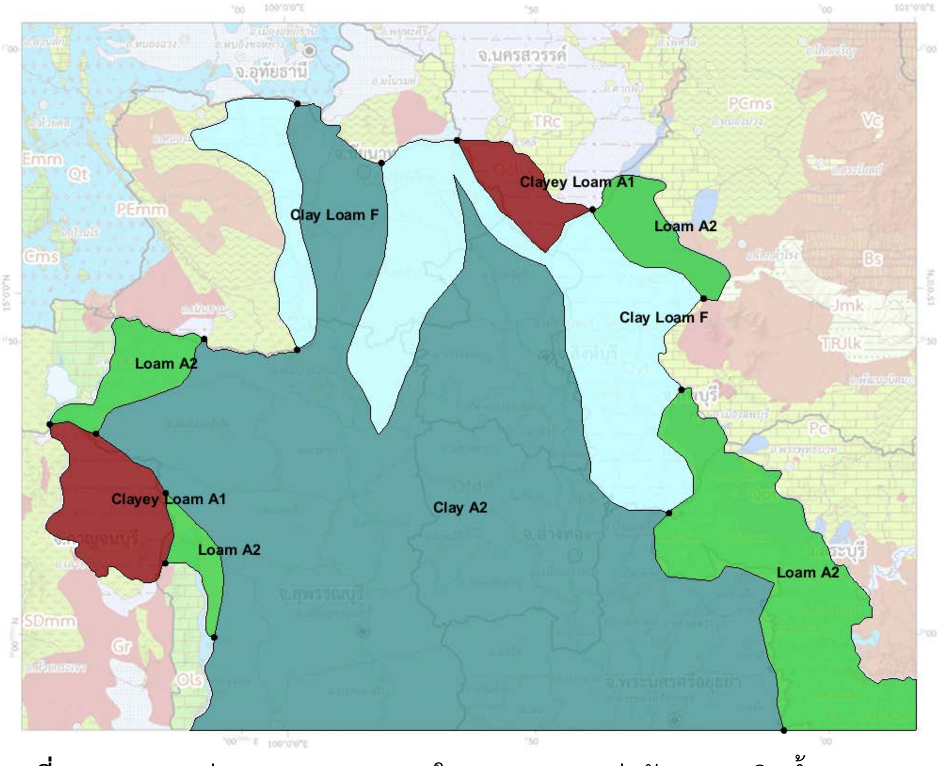
5.1.4 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองนั้น อาศัยข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาเรื่องการตัดแนวตัดขวาง พบว่าทางด้านแถบชัยนาทลงมาจนถึงกาญจนบุรีมีแนวหินแข็งซึ่งถือเป็นแนวเขตการจำลองน้ำบาดาลทางด้านตะวันตก และทางแถบจังหวัดลพบุรีลงมาถึงสระบุรีมีแนวหินแข็งเช่นกัน ดังนั้นทางแถบด้านตะวันออกนี้กำหนดให้เป็นขอบเขตการจำลองเช่นกัน ทางทิศเหนือและด้านทิศใต้ของแบบจำลองกำหนดให้เป็นขอบเขต general head boundary ด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เปิดสู่บรรยากาศ ด้านล่างกำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่านค่าอัตราการเติมน้ำจากฝน ดังแสดงการกำหนดขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลองในรูปที่ 5.1-4



รูปที่ 5.1-4 เงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองชั้นน้ำที่ 1-4

ได้ดำเนินการประมาณโดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาในระยะที่ 1 ที่มีการประมาณอัตราการเติมน้ำจากลักษณะของดินดังรูปที่ 5.1-5 โดยมีอัตราการเติมน้ำมีค่าเท่าอยู่ในช่วง 8-12% ของปริมาณฝนตก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563)



รูปที่ 5.1-5 การแบ่ง Recharge zone ในการประมาณค่าอัตราการเติมน้ำจากฝน

5.1.5 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลอง

ค่าพารามิเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลองเช่นค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ (Hydraulic Conductivity, K) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient) ได้ใช้ข้อมูลการสูบทดสอบที่รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดังแสดงในตารางตารางที่ 5.1-1 โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ อยู่ในช่วง 2×10^{-5} - 7×10^{-6} m/s ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ1.0×10^{-5} - 4.8×10^{-6}

ตารางที่ 5.1-1 สรุปค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ (Hydraulic Conductivity, K) ในพื้นที่ศึกษา

ที่	บ่อ หมายเลข	UTME	UTMN	ความลึก (ม.)	ระยะท่อ เซาะร่อง(ม.)	Hydraulic conductivity (K, m/d)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ระดับน้ำ ปกติ(ม.)	ระยะน้ำ ลด(ม.)	สถานที่	จังหวัด
1	MP186	613545	1671660	39	30-36	2.63	3.41	5.4	3.9	บ้านนางลือ	ชัยนาท
2	MC800	619601	1662721	39	30-36	6.69	10.29	2.19	1.55	วัดบ้านสระไม้แดง	ชัยนาท
3	MC802	624675	1652583	42	36-39	24.21	11.36	3	6	วัดบ้านหนองแขม	ชัยนาท
4	MN859	617988	1655271	58	46-54	5.76	18	9	46	บ้านทุ่งกระถิน	ชัยนาท
5	MP140	622440	1667934	45	36-42	9.90	24.01	7.27	1.02	บ้านเที่ยงแท้ (ละบาด)	ชัยนาท
6	MP242	634093	1655377	36	25-30	0.87	6	8.44	2.09	บ้านโพธิ์งาม	ชัยนาท
7	TA66	629911	1658381	78	36-48	12.48	22.73	10.5	9	บ้านบางโพธิ์ศรี	ชัยนาท
8	TA98	623911	1660858	45	33-39	40.96	17.2	4.98	1.02	วัดศรีมหาโภช	ชัยนาท
9	MP143	634630	1666281	45	36-42	22.92	24.01	7.5	0.8	บ้านคลองยาง	ชัยนาท
10	G1197	648052	1599696	138	132-138	46.08	18.01	10.07	11.69	บ้านอ้อ	พระนครศรีอยุธยา
11	MQ880	664387	1606886	128	116-124	19.81	9	24	10	บ้านหัวไผ่	พระนครศรีอยุธยา
12	TW36	700050	1616106	120	18-24	0.13	6.81	3	19	บ้านทุ่งมะส้าน	สระบุรี
13	DR17	697997	1604275	60	52-56	1.54	4.5	12	29	บ้านโคกสีดา	สระบุรี
14	DR20	697107	1604332	72	52-56	1.43	7	6	15	บ้านขาม	สระบุรี
15	DR21	688899	1605530	68	56-64	1.43	7	19	3	โรงเรียนวัดหนองกีบม้า	สระบุรี
16	DR23	699273	1605170	54	40-52	14.30	4	9	30	บ้านโคกวัว	สระบุรี

ที่	บ่อหมายเลข	UTME	UTMN	ความลึก (ม.)	ระยะท่อเซาะร่อง(ม.)	Hydraulic conductivity (K, m/d)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ระดับน้ำปกติ(ม.)	ระยะน้ำลด(ม.)	สถานที่	จังหวัด
17	MN1024	650208	1636186	63	54-60	10.62	14	6	38	วัดจำปาทอง	สิงห์บุรี
18	MN747	638540	1665853	57	48-54	68.08	23	9	14	บ้านม้า	สิงห์บุรี
19	MN42	621757	1647743	66	60-66	55.68	58.83	2.18	6.71	วัดสามเอก	สุพรรณบุรี
20	MN56	598803	1646916	30	18-30	1.73	5.75	2	18.89	วัดดอนเกล้า	สุพรรณบุรี
22	MN7	620253	1599560	264	255-264	8.31	50.62	4.7	12.91	โรงพยาบาลสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี
23	MN51	622567	1595922	147	138-144	11.94	7.12	4.4	20.74	วัดโพธิ์คอย	สุพรรณบุรี
24	MN52	633171	1600475	105	90-102	41.18	16.32	2.44	1.83	วัดหน่อสุวรรณ	สุพรรณบุรี
25	MN143	620559	1597130	123	114-120	27.00	6.49	4.99	0.61	วัดราษฎร์สามัคคี	สุพรรณบุรี
26	MN13	600061	1621821	63	57-63	3.70	14.03	6.87	19.72	วัดทะเลบก	สุพรรณบุรี
27	MT102	602385	1619856	99	90-96	3.40	6.82	6	15.6	บ้านหนองปีนแตก	สุพรรณบุรี
28	MT135	597035	1621010	54	48-54	15.80	9.09	9	7.2	บ้านสระหลวง	สุพรรณบุรี
29	MT136	601016	1623950	45	39-45	21.53	9.09	8.4	4.2	บ้านหนองทราย	สุพรรณบุรี
30	MN25	627527	1624536	48	42-45	59.85	12.47	2.49	1.76	ร.ร.สรวงสุทธาวิทยา	สุพรรณบุรี
31	MN26	628151	1625888	54	48-54	43.06	11.48	2.08	3.52	ร.ร.วัดดอนสุทธาวาส	สุพรรณบุรี
32	MN69	624663	1614846	90	84-90	23.01	16.33	3.13	3.69	ร.ร.ศรีประจันต์เมธีประมุข	สุพรรณบุรี
33	MN71	625069	1618862	39	33-39	66.64	16.33	2.09	0.74	วัดปลายนา	สุพรรณบุรี
34	DF36	610474	1628752	90	81-87	25.13	3.43	3.7	12.24	บ้านหนองสังข์ทอง	สุพรรณบุรี
35	MN55	612304	1639305	138	129-135	1.15	3.73	1.7	30.21	วัดกระเสียว	สุพรรณบุรี

ที่	บ่อหมายเลข	UTME	UTMN	ความลึก (ม.)	ระยะท่อเซาะร่อง(ม.)	Hydraulic conductivity (K, m/d)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ระดับน้ำปกติ(ม.)	ระยะน้ำลด(ม.)	สถานที่	จังหวัด
36	MT103	614308	1626068	123	114-120	0.20	6.82	0	14.4	บ้านดอนพุทรา	สุพรรณบุรี
37	MT140	608313	1635119	36	24-36	2.88	4.55	1.5	18	ร.ร.บรรหารแจ่มใสวิทยา 6	สุพรรณบุรี
38	MN27	588859	1636813	30	24-30	0.29	2.27	6	18	วัดทุ่งหนองแก้ว	สุพรรณบุรี
39	MN171	574128	1633553	24	12-18	2.30	2.28	4.38	12.65	ร.ร.บ้านหนองห้าง	สุพรรณบุรี
40	MT88	597422	1629238	57	48-54	40.95	9.09	7.8	11.1	บ้านหนองกอก	สุพรรณบุรี
41	MT344	593564	1596308	39	33-39	9.80	4	9	3	บ้านกระทุ่มทอง	สุพรรณบุรี
42	MN834	633931	1627054	57	45-53	17.21	22	5	11	บ้านยางขิง	อ่างทอง
43	MN761	640996	1633875	58.5	54-58	16.20	14	5	27	ร.ร.พวงทองอุปถัมภ์	อ่างทอง
44	MQ991	651310	1628220	60	48-56	0.68	30	6	1	วัดจุฬามณี	อ่างทอง

5.1.6 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

มีการวิเคราะห์ในการดำเนินการช่วงนี้ยังอยู่ระหว่างการวิเคราะห์และประเมินการใช้น้ำบาดาล โดยกำหนดกรอบการพิจารณาเป็น 3 หมวด ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

ข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค จำแนกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งคือพื้นที่ที่อยู่ในเขตให้บริการของระบบประปาขนาดใหญ่ ได้แก่ การประปาภูมิภาค ประปาเทศบาลและสัมปทานประปาเอกชนซึ่งขึ้นกับกรมโยธาธิการ การรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้มุ่งเน้นที่แหล่งน้ำดิบที่ใช้กำลังการผลิต และจำนวนผู้ใช้น้ำในเขตพื้นที่บริการ ส่วนที่สองคือพื้นที่นอกเขตการจ่ายน้ำของระบบประปาขนาดใหญ่ การใช้น้ำบาดาลในส่วนนี้มาจากบ่อส่วนตัวของประชาชน และระบบประปาหมู่บ้านซึ่งปัจจุบันนี้ขึ้นกับหลายหน่วยงาน อาทิ กรมโยธาธิการ กรมอนามัย กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมทรัพยากรธรณี การรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ เหล่านี้มุ่งเน้นที่จำนวนบ่อ ขนาดของบ่อ และอัตราการผลิตน้ำประปา

ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม รวบรวมจากข้อมูลการขออนุญาตเจาะบ่อบาดาล และการขอใช้น้ำบาดาลต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการบันทึกปริมาณใช้น้ำของผู้ขออนุญาต โดยข้อมูลส่วนนี้ทางโครงการได้รวบรวมจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด นอกจากนั้นทางโครงการยังทำการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบข้อมูล ซึ่งพบว่า ในความเป็นจริงมีการใช้บ่อบาดาลโดยยังไม่ได้ขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาลอยู่จำนวนหนึ่ง และข้อมูลส่วนนี้ไม่มีการบันทึกหรือรวบรวมโดยหน่วยงานราชการใดเลย ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำในหมวดอื่นๆ จึงทำการประเมินการใช้น้ำในส่วนที่มิได้ขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรธรณีโดยใช้การปรับเทียบจากข้อมูลระดับน้ำด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล แทนการสำรวจข้อมูลจริงซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายและเวลามากเกินความจำเป็น

การใช้น้ำเพื่อการเกษตรเป็นวัตถุประสงค์หลักของการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาแต่ข้อมูลในส่วนนี้มีความซับซ้อนมาก เพราะไม่มีการขออนุญาต และจดบันทึกปริมาณการใช้น้ำโดยหน่วยงานราชการ การประเมินอัตราการใช้น้ำในส่วนนี้ต้องอาศัยข้อมูลจากการสำรวจของการศึกษาโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนล่าง (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ 2545)

ได้ดำเนินการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และจากข้อมูล กชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวนประมาณ 17,000 บ่อและเพิ่มเติมจากข้อมูล กชช. 2ค อีกประมาณ 67,000 บ่อ รวมเป็นบ่อทั้งสิ้น 84,000 บ่อ จากการประเมินพบว่ามีการใช้น้ำในพื้นที่ศึกษาประมาณ 2,600,000 ลบ.ม/วัน

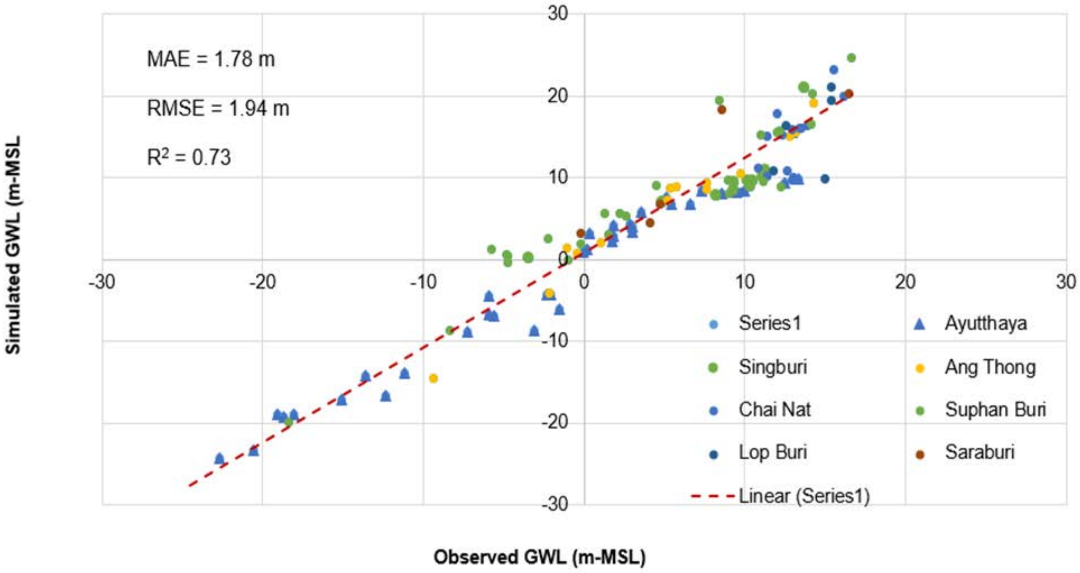
5.1.7 การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลอง

ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพน้ำบาดาลเพื่อการนำเข้าข้อมูล เพื่อดำเนินการปรับเทียบแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง การศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองทั้งในสภาวะการไหลแบบคงตัว (Steady State) และไม่คงตัว (Transient) โดยแบ่งแยกตัวแปรที่ใช้ในการปรับแก้ และสอบทานสำหรับการตรวจสอบในช่วงสุดท้าย โดยมีแบ่งแยกตัวแปรที่ใช้การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลองไว้ดังตารางที่ 5.1-2 โดยการพัฒนาแบบจำลองในเบื้องต้นได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ช่วงเพื่อการปรับแก้แบบจำลอง และมีรายละเอียดดังนี้

1. การจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2554 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความซึมได้ปรับอัตราการสูบและการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล
2. การจำลองการไหลในสภาวะไม่คงเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง เริ่มตัวตั้งแต่ฤดูฝนปี พ.ศ. 2554 ถึงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2560 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ
3. สอบทานระดับน้ำบาดาลของปี พ.ศ. 2561-2563 จากผลการจำลองในสภาวะไม่คงตัวเพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นผลของการประมวลผลในช่วงปรับเทียบมีค่า R2 อยู่ในช่วง 0.58-0.68 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 1.1-1.6 เมตร และในช่วงสอบทานมีค่า R2 อยู่ในช่วง 0.59-0.63 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 1.3-1.9 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 5.1-2 รูปที่ 5.1-6 เป็นรูปแสดงเปรียบเทียบค่าระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองน้ำบาดาลเทียบกับค่าจากบ่อสังเกตการณ์ในเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2553 ค่า R2 อยู่ในช่วง 0.73 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 1.94 เมตร

ตารางที่ 5.1-2 ผลการสอบเทียบและสอบทานในชั้นน้ำที่ 1-4

ชั้นน้ำที่	ปรับเทียบ (Calibration)		สอบทาน (Validation)	
	RMSE (m)	R^2	RMSE (m)	R^2
1	1.1	0.68	1.3	0.63
2	1.4	0.64	1.7	0.61
3	1.4	0.59	1.3	0.59
4	1.6	0.58	1.9	0.60



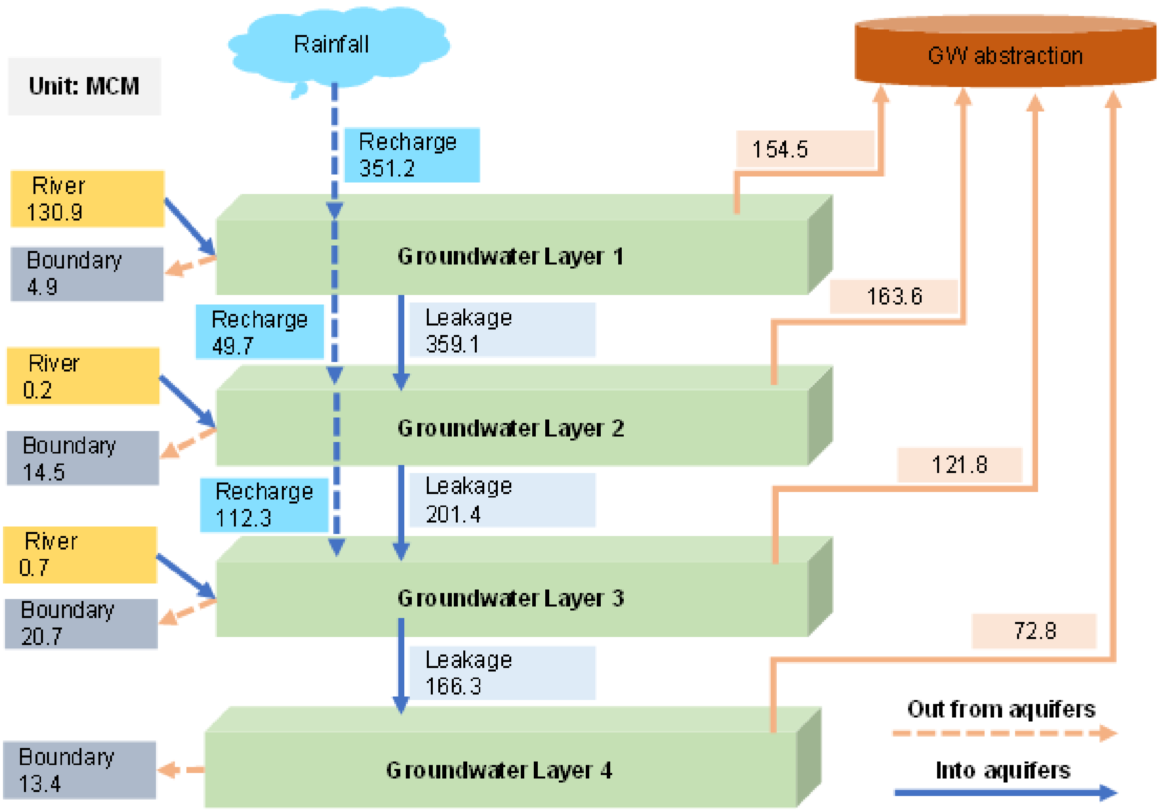
รูปที่ 5.1-6 ค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ ในช่วงเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2553

5.1.8 การวิเคราะห์สมดุลน้ำบาดาล

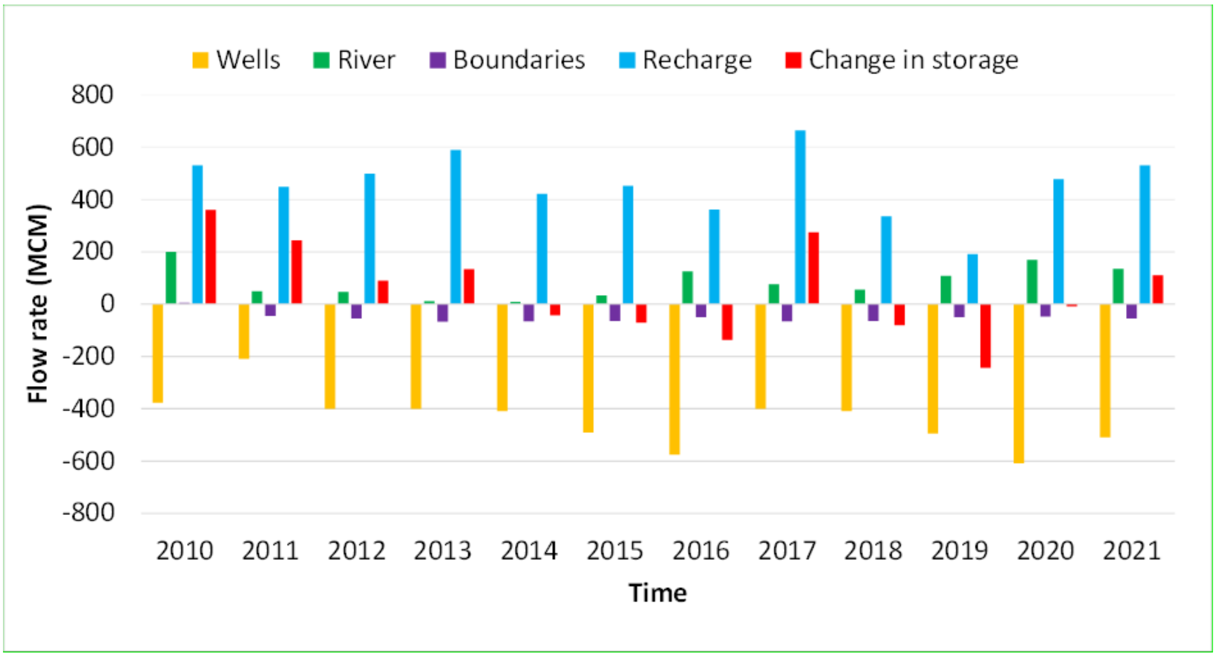
ผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำบาดาลในหัวข้อนี้สรุปสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง และพื้นที่โครงการ คบ.ชัณสูตร ดังนี้

ก) พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

จากผลของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสรุปสภาพของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2564 สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลและสมดุลของระบบน้ำบาดาลได้ ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าฤดูกาลมีส่วนสำคัญที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่คือในฤดูแล้งจะมีการสูบใช้น้ำบาดาลมาก เมื่อพิจารณาสมดุลน้ำบาดาลในภาพรวมทั้งปี ของปีพ.ศ. 2564 พบว่ามีค่าอัตราการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 513 ล้าน ลบ.ม.มีค่าเติมน้ำจากแม่น้ำเท่ากับ 131.8 ล้าน ลบ.ม.และมีค่าการสูบน้ำบาดาลโดยรวมเท่ากับ 512.7 ล้าน ลบ.ม.โดยสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 1 เท่ากับ 154.5 ล้าน ลบ.ม.ชั้นที่ 2 เท่ากับ 163.6 ล้าน ลบ.ม.สูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 3 เท่ากับ 121.8 ล้าน ลบ.ม.และสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 4 เท่ากับ 72.8 ล้าน ลบ.ม. และมีการไหลเข้าออกระหว่างชั้นน้ำต่างๆ ดังนี้ จากชั้นที่ 1 ไปชั้นที่ 2 เท่ากับ 359.1 ล้าน ลบ.ม.จากชั้นที่ 2 ไปชั้นที่ 3 เท่ากับ 201.4 ล้าน ลบ.ม. จากชั้นที่ 3 ไปชั้นที่ 4 เท่ากับ 166.3 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลออกจากระบบน้ำบาดาลในพื้นที่นี้มีปริมาณน้ำไหลออกเท่ากับ 4.9 14.5 20.7 และ 13.4 ล้าน ลบ.ม.ในชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.1-7 โดยสภาพสมดุลน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2553-2564 แสดงดังรูปที่ 5.1-8



รูปที่ 5.1-7 สมดุลน้ำบาดาลในปีพ.ศ. 2564 (หน่วย ล้าน ลบ.ม)



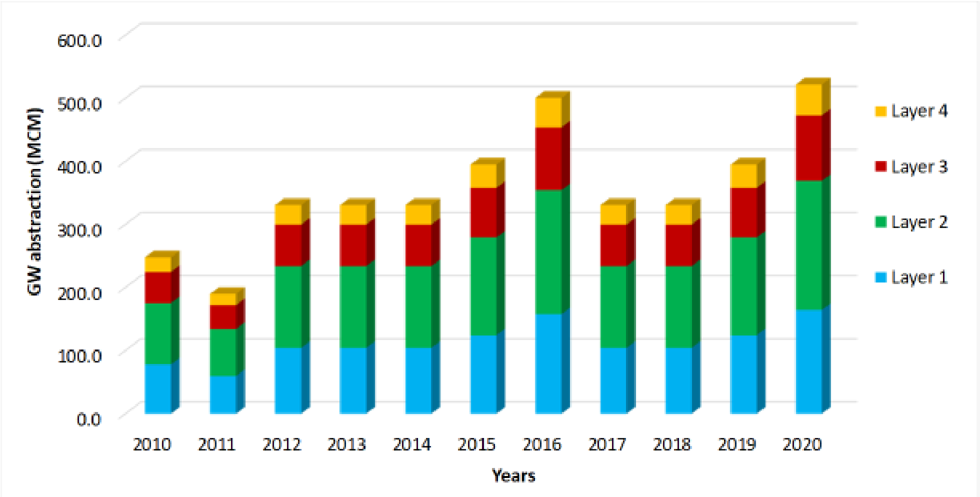
รูปที่ 5.1-8 สภาพสมดุลน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2564 (ค.ศ. 2010-2021)

ผลจากการจำลองสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา เมื่อพิจารณารายจังหวัด ผลการประเมินการสูบน้ำแสดงดังรูปที่ 5.1-9 และตารางที่ 5.1-3 มีค่าการสูบน้ำบาดาลทั้งพื้นที่อยู่ในช่วง 190-522 ล้าน ลบ.ม. โดยในจังหวัดสุพรรณบุรีจะเป็นพื้นที่ที่มีการสูบใช้น้ำมากที่สุด มีค่า 48-138 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี รองลงมาได้แก่ จังหวัดสิงห์บุรีมีค่า 38-103 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีจังหวัดสระบุรีมีค่า 22-60 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี จังหวัดอ่างทองมีค่า 22-60 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี จังหวัดพระนครศรีอยุธยามีค่า 21-58 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี จังหวัดลพบุรีมีค่า 26-54 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีจังหวัดชัยนาทมีค่า 18-48 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี

ตารางที่ 5.1-3 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายจังหวัด

ปี	**ปริมาณการสูบน้ำบาดาล (ล้าน ลบ.ม)**							
	ชัยนาท	**สิงห์บุรี**	**อ่างทอง**	**พระนครศรีอยุธยา**	**ลพบุรี**	**สระบุรี**	**สุพรรณบุรี**	**รวม**
2553	23	36	24	28	26	39	73	248
2554	18	38	22	21	20	22	48	190
2555	31	67	39	37	35	39	83	331
2556	31	67	39	37	35	39	83	331
2557	31	67	39	37	35	39	83	331
2558	37	80	46	44	42	46	99	395
2559	46	100	58	56	52	58	131	501
2560	31	67	39	37	35	39	83	331
2561	31	67	39	37	35	39	83	331
2562	37	80	46	44	42	46	99	395
2563	48	103	60	58	54	60	138	522
เฉลี่ย	**33**	**70**	**41**	**40**	**37**	**42**	**91**	**355**

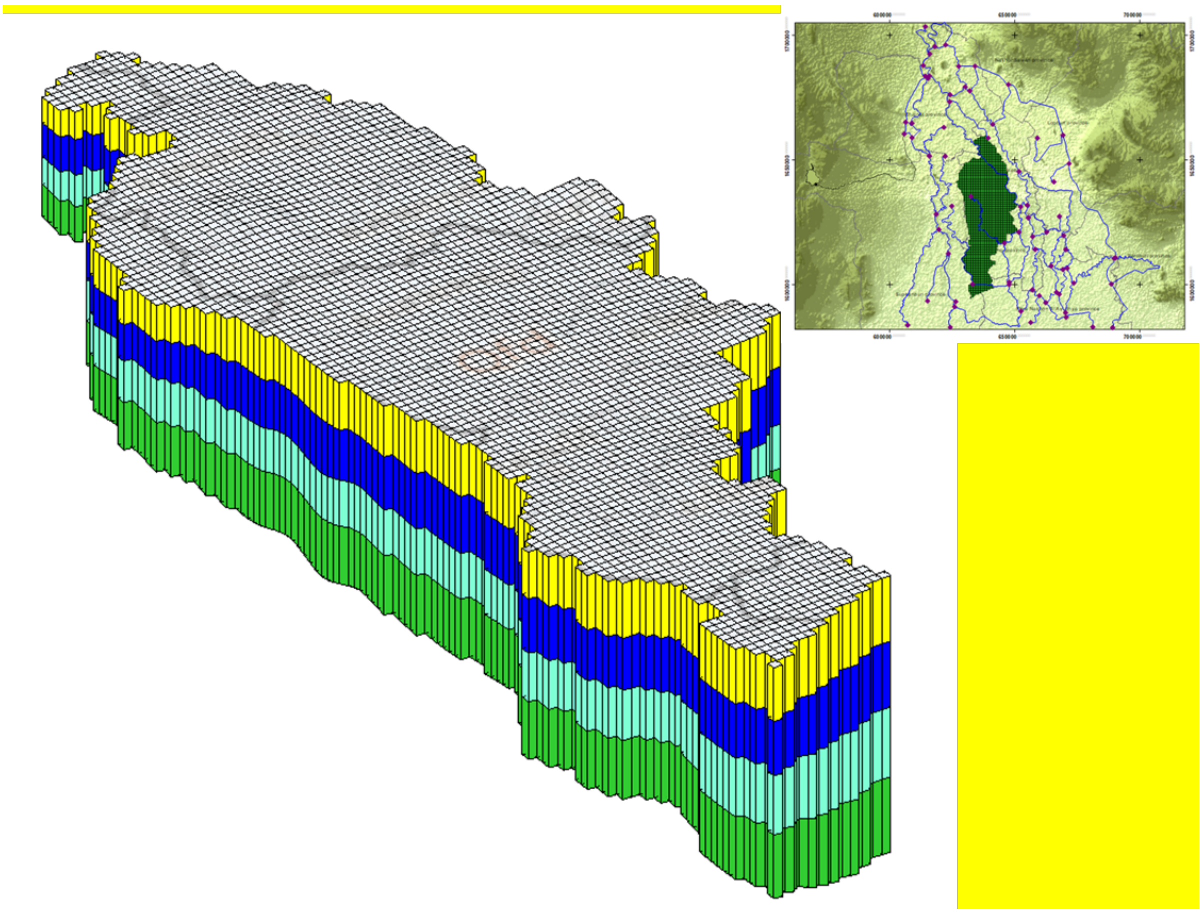
➢ **GW pumping distribution (2010 – 2020): by aquifer**



รูปที่ 5.1-9 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลในช่วงปี ค.ศ. 2010-2020 (พ.ศ. 2553-2563)

ข) พื้นที่ศึกษาเชิงโครงการ คบ.ชัณสูตร

หลังจากได้พัฒนาแบบจำลองเชิงภูมิภาคพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่โครงการ คบ.ชัณสูตร ซึ่งได้อาศัยค่าพารามิเตอร์ของชั้นน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองเชิงภูมิภาคที่ปรับเทียบและสอบทานมาเป็นค่านำเข้า โดยมีการออกแบบระบบของกริดในชั้นน้ำที่ 1-4 มีขนาดกว้าง 0.5 กม. ยาว 0.5 กม. จำนวนกริดรวมทั้งหมดกับ 78,720 กริดเซลล์ แสดงดังรูปที่ 5.1-10

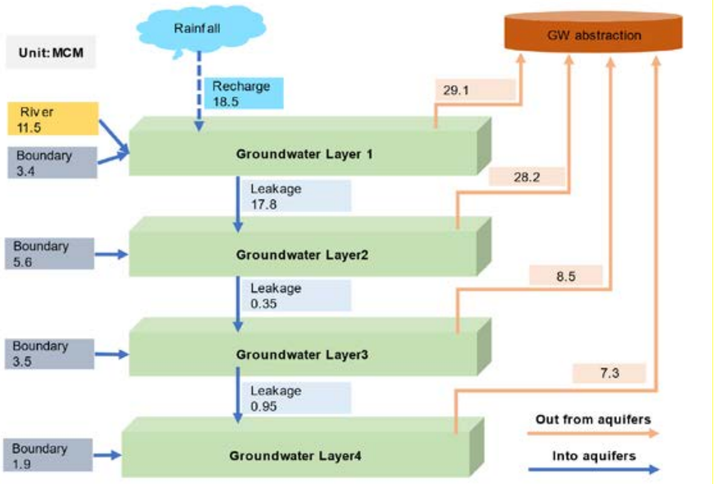


รูปที่ 5.1-10 มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์ของแบบจำลองเชิงโครงการ คบ.ชัณสูตร

จากผลของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสรุปสภาพของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ชัณสูตร ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563 สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลและสมดุลของระบบน้ำบาดาลได้ เมื่อพิจารณาสมดุลน้ำบาดาลในภาพรวมทั้งปี ของปี พ.ศ. 2563 พบว่ามีค่าอัตราการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 18.5 ล้าน ลบ.ม. มีค่าเติมน้ำจากแม่น้ำเท่ากับ 11.5 ล้าน ลบ.ม.และมีค่าการสูบน้ำบาดาลโดยรวมเท่ากับ 73.1ล้าน ลบ.ม. โดยสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 1 เท่ากับ 29.1 ล้าน ลบ.ม.ชั้นที่ 2 เท่ากับ 28.2 ล้าน ลบ.ม.สูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 3 เท่ากับ 8.5 ล้าน ลบ.ม.และสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 4 เท่ากับ 7.3 ล้าน ลบ.ม. และมีการไหลเข้าออกระหว่างชั้นน้ำต่างๆ ดังนี้ จากชั้นที่ 1 ไปชั้นที่ 2 เท่ากับ 17.8 ล้าน ลบ.ม.จากชั้นที่ 2 ไปชั้นที่ 3 เท่ากับ 0.35 ล้าน ลบ.ม. จากชั้นที่ 3 ไปชั้นที่ 4 เท่ากับ 0.95 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลออกจากระบบน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ มีปริมาณน้ำไหลเข้ามา เท่ากับ 3.45.6 3.5 และ 1.9 ล้าน ลบ.ม. ในชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.1-11 โดยสภาพสมดุลน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563 แสดงดังรูปที่ 5.1-12 รูปที่ 5.1-13 แสดงปริมาณการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ชัณสูตรรายชั้นน้ำ รายปีมีค่าปริมาณการสูบรวม 25-73 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี

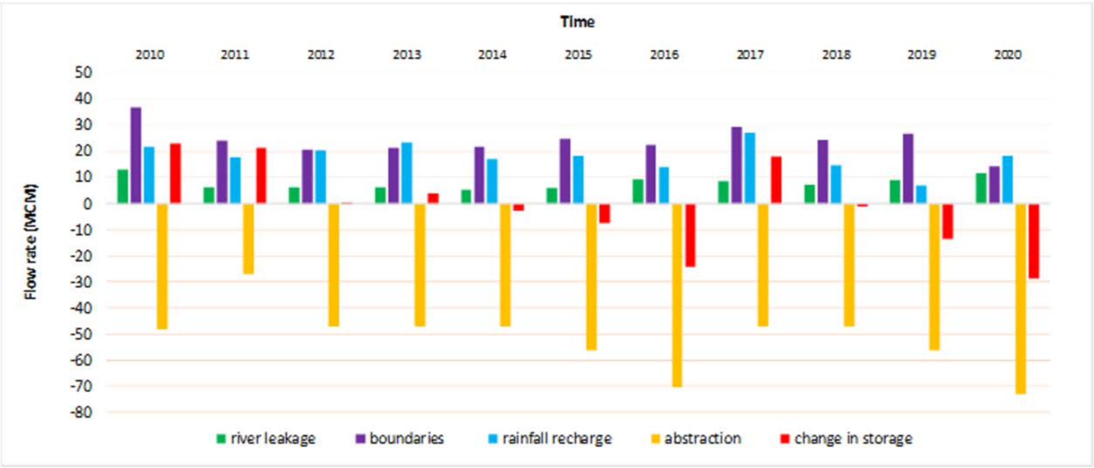
➢ **Groundwater balance analysis:**
Annual 2020

Component	Inflow		Outflow	
	MCM	%	MCM	%
Rainfall recharge	18.5	40%		
River leakage	11.5	25%		
Boundaries	16.3	35%	1.9	3%
GW abstraction			73.1	97%
Total	**46.3**		**75**	
Change in storage	-28.7			



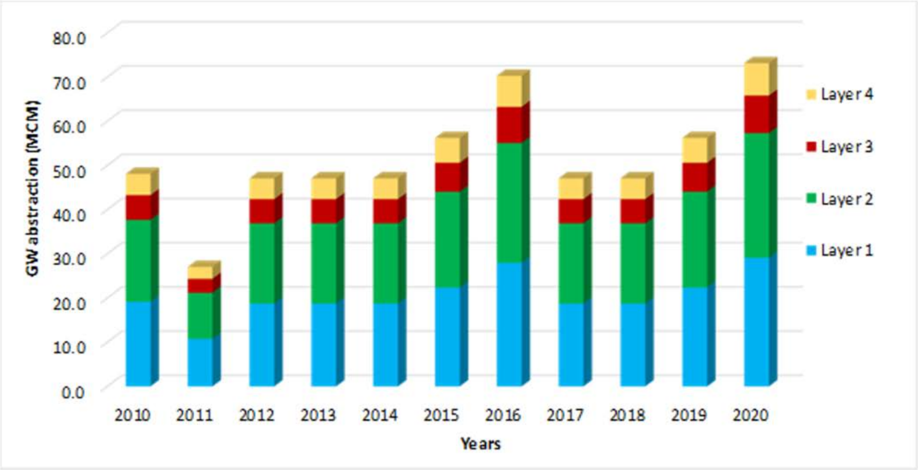
รูปที่ 5.1-11 สมดุลน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2563 (หน่วย ล้าน ลบ.ม.)

➢ Groundwater balance analysis (Channasut area)



รูปที่ 5.1-12 สภาพสมดุลน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2563 (ค.ศ. 2010-2020)

➢ GW pumping distribution (2010 – 2020): Channasut area



รูปที่ 5.1-13 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ชัณสูตรรายชั้นน้ำในช่วงปี ค.ศ. 2010-2020 (พ.ศ. 2553-2563)

5.2 การวางระบบติดตามน้ำบาดาล

5.2.1 หลักเกณฑ์การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล

1) เลือกตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่ที่เป็นตะกอนน้ำพา (Alluvial Deposit) สองฝั่งลำน้ำ ซึ่งเป็นชั้นน้ำบาดาลแบบไม่มีแรงดัน (Unconfined Aquifer) และพื้นที่ใช้น้ำบาดาล บ่อตื้นเพื่อการเกษตรกรรม หรือวัตถุประสงค์อื่นๆ

2) เลือกตำแหน่งที่เข้าถึง ดูแลรักษา และมีความปลอดภัยสำหรับการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time Recording Groundwater Monitoring Well

3) เลือกตำแหน่งที่สามารถวัดผลของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลอย่างชัดเจนและเป็นตำแหน่งที่มีบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีการวัดแบบไม่บันทึก (Non-Recording Groundwater Monitoring Well)

4) เลือกตำแหน่งที่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือดี

5) เลือกตำแหน่งที่ห่างจากต้นไม้ เพื่อให้ Solar cell สามารถรับแสงแดดได้ดี

5.2.2 ตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล

จากการทบทวนข้อมูลทุติยภูมิของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล พบว่าบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีระดับ Screen ค่อนข้างลึกมาก คือมากกว่า 50 เมตรจากผิวดิน บ่อสังเกตการณ์ดังกล่าวจะไม่สะท้อนโดยตรงต่อวัตถุประสงค์วิจัยนี้ที่จะเน้นการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาล และน้ำผิวดิน หรือน้ำจากระบบชลประทาน ดังนั้นทีมนักวิจัยที่รับผิดชอบงานในส่วนติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล ซึ่งประกอบด้วยนักวิจัยหลัก คือ ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์ และ รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย จึงได้ลงพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร เพื่อพบปะพูดคุยกับผู้อำนวยการโครงการฯ

หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำ และผู้บริหารที่เกี่ยวข้อง เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (รูปที่ 5.2-1) และลงพื้นที่ในโครงการฯที่อยู่ในจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี และอ่างทอง (รูปที่ 5.2-2 – 5.2-4) เพื่อที่จะหาตำแหน่งของจุดติดตั้ง ทำให้ได้ข้อสรุปว่า ในการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลจะเลือกจากบ่อน้ำบาดาลเอกชนที่เป็นบ่อตื้นมีระดับ Screen อยู่ในชั้นน้ำบาดาลแบบไม่มีแรงดันชั้นบน โดยทางผู้อำนวยการ หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร วิศวกรและเจ้าหน้าที่ ได้อำนวยความสะดวกในการลงสนามในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรที่จะคัดเลือกบ่อน้ำบาดาลตื้นของเกษตรกรเพื่อใช้ในการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง และพระนครศรีอยุธยา ซึ่งรายละเอียดการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลดังแสดงในตารางที่ 5.2-1 และรูปที่ 5.2-5

ตารางที่ 5.2-1 ตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

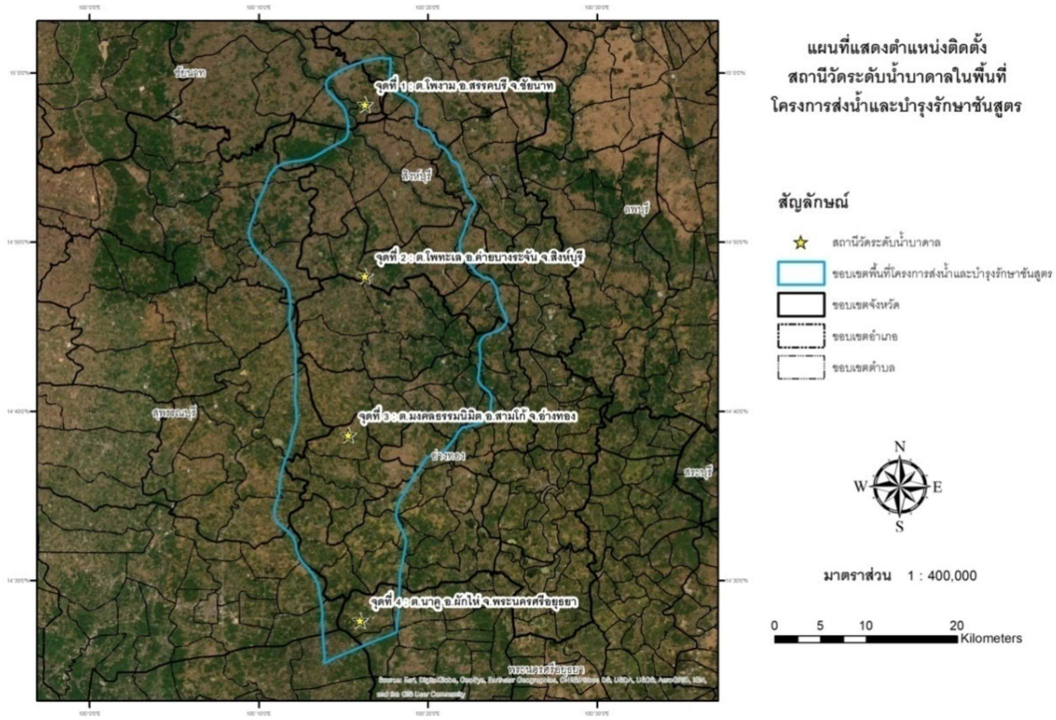
STA.	ที่อยู่	พิกัดตำแหน่งที่ตั้งบน Google Map
1	ต.โพงาม อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท	14.968825, 100.271280
2	ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี	14.799956, 100.271510
3	ต.มงคลธรรมนิมิต อ.สามโก้ จ.อ่างทอง	14.643451, 100.255009
4	ต.นาคู อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา	14.460936, 100.266480

รูปที่ 5.2-1 ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์ และคณะพบปรึกษาหารือกับผู้อำนวยการ และผู้บริหารโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรในวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

รูปที่ 5.2-2 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดชัยนาท

รูปที่ 5.2-3 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี

รูปที่ 5.2-4 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดอ่างทอง



รูปที่ 5.2-5 ตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

5.2.3 การพัฒนาระบบวัด และรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time Recorded Groundwater Monitoring System

การพัฒนาระบบวัด และรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time Recorded Groundwater Monitoring System ประกอบด้วยระบบดังนี้

1. Sensor วัดระดับน้ำบาดาล

เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาล (Underground Liquid Level Sensor) ใช้หลักการวัดระดับน้ำใต้ดินโดยใช้หลักการสถิตยชลศาสตร์ (Hydrostatics) ดังสมการที่ (1) และนำมาปรับเทียบกับค่าระดับน้ำบาดาล Drawdown ที่วัดได้จริง โดยเขียนเป็นสมการเข้าไปในการคำนวณให้ค่าความลึกน้ำบาดาลจากการวัดด้วย Sensor โดยหลักสถิตยชลศาสตร์ปรับเปลี่ยนค่าไปเป็นค่าระดับน้ำบาดาล Drawdown จากระดับปากบ่อ

$$P = P_0 + \rho g h \quad (1)$$

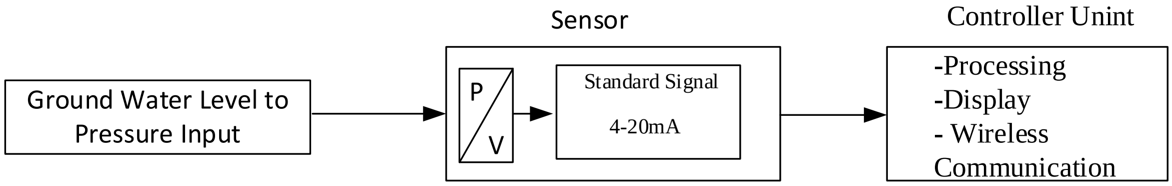
เมื่อ P คือ ความดันที่เซนเซอร์วัดได้ (Pressure on the sensor)

P_0 คือ ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure)

ρ คือ ความหนาแน่นของเหลว (Density of liquid)

h คือ ความลึกของระดับน้ำทำการวัด (Depth of sensor input)

การวัดความลึกระดับน้ำโดยอาศัยความสัมพันธ์ของการวัดความดันของตัวเซนเซอร์ (P) โดยที่ระดับของบ่อน้ำบาดาลที่ทำการวัดจะแปรผันตรงกับความดันของเซนเซอร์ สำหรับค่าความดันจากเซนเซอร์ที่ทำการวัดระดับน้ำจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20mA เพื่อส่งข้อมูลไปยังตัวประมวลผลสำหรับรับข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และส่งข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5.2-6



รูปที่ 5.2-6 ระบบการวัดและส่งข้อมูลของชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดินรุ่น HDL 300 (รูปที่ 5.2-7) สามารถวัดความลึกของระดับน้ำบาดาลที่ระยะ 20 เมตร ส่งสัญญาณระดับน้ำมายังชุดควบคุม (Controller Unit) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1.1 สามารถวัดระดับน้ำใต้ดินมีความลึก 20 เมตร

1.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24Vdc

1.3 สัญญาณเอาต์พุต 4-20mA

1.4 Accuracy0.1%F.S, 0.25%F.S

1.5 Sensitivity temperature drift±0.03%F.S/℃

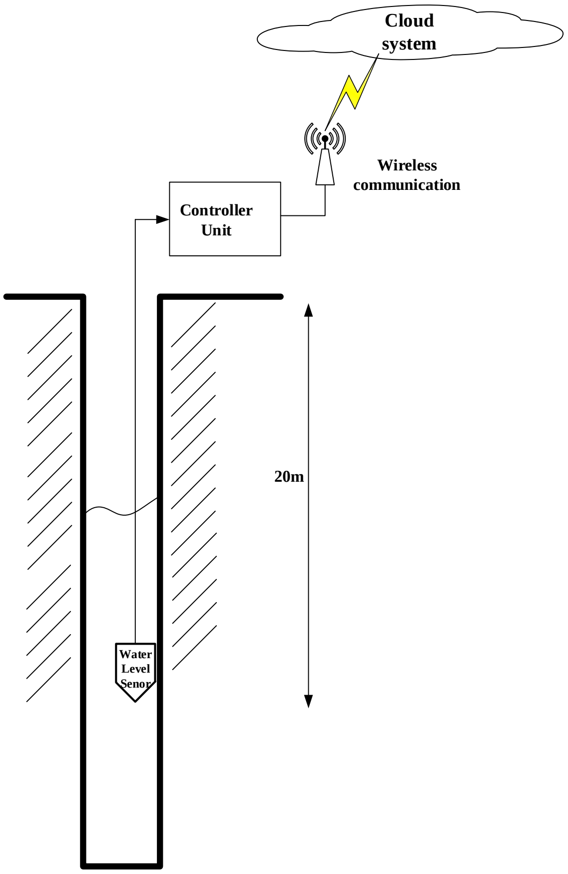
1.6 Material316L core&Rubber breathable cable

1.7 Long-term stability≤0.2%F.S/year

1.8 Protection grade IP67

รูปที่ 5.2-7 เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาล

การติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดินโดยการหย่อนเซนเซอร์ลงไปยังบ่อบาดาลที่ทำการวัด แสดงดังรูปที่ 5.2-8 โดยระดับน้ำที่ทำการวัดจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับความดัน ดังนั้นสำหรับการวัดระดับน้ำบาดาลนั้นต้องทำการแปลงสัญญาณเอาต์พุตจากเซนเซอร์เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า (4-20mA) โดยการส่งสัญญาณระดับน้ำบาดาลไปยังตัวควบคุมต้องแปลงสัญญาณ 4-20mA เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (0-5V) โดยเปลี่ยนแปลงตามระยะความลึกของระดับน้ำจากปากบ่อน้ำบาดาล แสดงดังรูปที่ 5.2-8



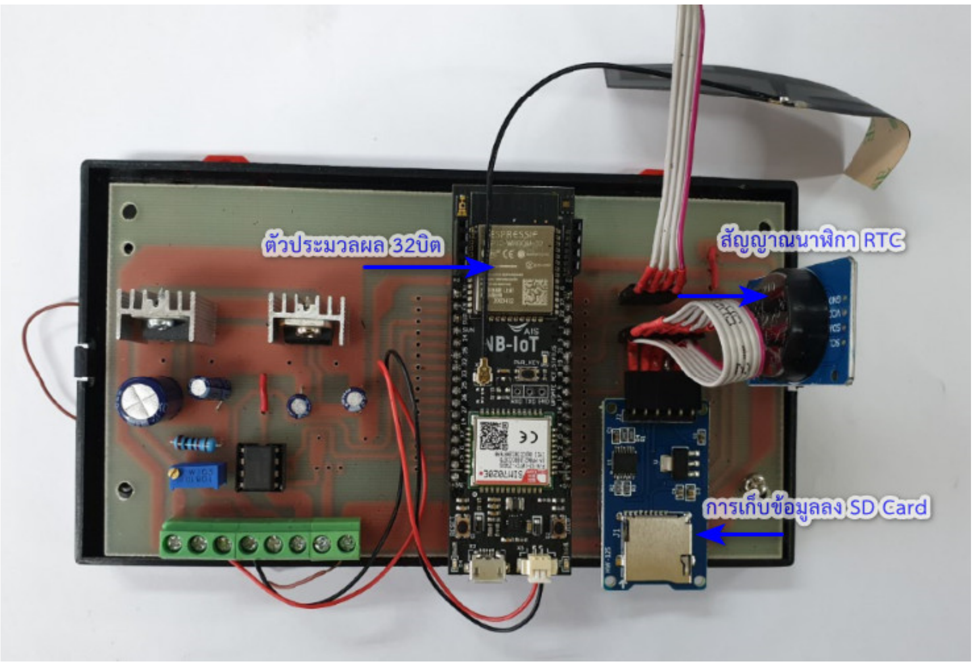
รูปที่ 5.2-8 การติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดิน

2. **ชุดควบคุม (controller unit)**

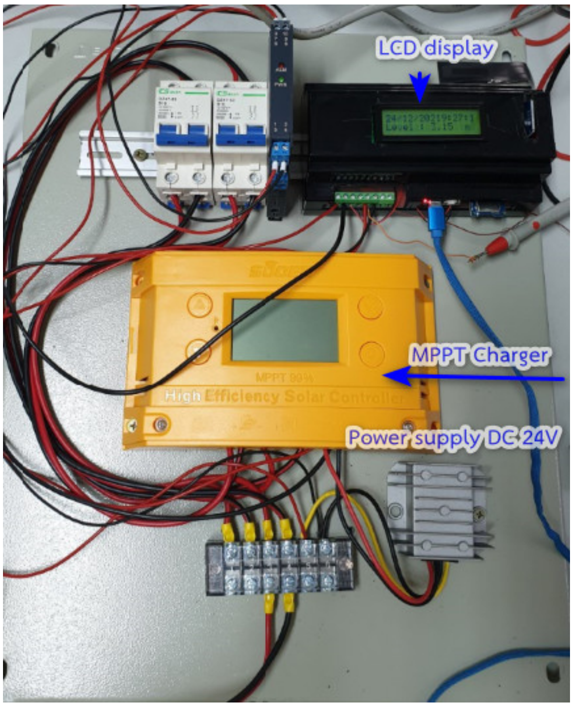
ชุดควบคุมทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ประมวลผลและแสดงผล ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับเก็บข้อมูล โดยชุดควบคุมมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 ตัวประมวลผลมีขนาด 32 บิต แสดงดังรูปที่ 5.2-9 พร้อมโมดูลสำหรับส่งข้อมูลจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

2.2 มีจอแสดงผลแบบแอลซีดี พร้อมชุดเก็บข้อมูล (Data Logger) แสดงดังรูปที่ 5.2-10 การเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาลลงบนการ์ดหน่วยความจำโดยหน่วยความจำมีขนาด32 GB



รูปที่ 5.2-9 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต พร้อมชุดส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายโทรศัพท์และสายอากาศ



รูปที่ 5.2-10 จอแสดงผลแอลซีดี และการเก็บข้อมูล

3. ตู้ควบคุมและแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์

3.1 ขนาดของตู้ควบคุมแสดงดังรูปที่ 5.2-11 ขนาดไม่น้อยกว่า กว้าง40x สูง 60 x ลึก 25 เซนติเมตร

3.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24Vdc อยู่ภายในสำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเซนเซอร์และตัวทรานสดิวเซอร์

รูปที่ 5.2-11 ชุดตู้ควบคุมขนาด 40x60x25 เซนติเมตร

4. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติประกอบด้วย

4.1 แผงโซลาเซลล์ขนาด 50W ชนิดโมโนคริสตัลไลน์เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวชาร์จเจอร์ เพื่อชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรีสำหรับจ่ายพลังงานสำหรับชุดคอนโทรลเลอร์และชุดเซนเซอร์

4.2 แบตเตอรีขนาด 12Ah พิกัดแรงดันไฟฟ้า 12V ทำหน้าที่จ่ายพลังงานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาล และส่วนต่างๆ ของวงจรของระบบวัดระดับน้ำบาดาล

4.3 วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 24V เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าสำหรับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

5.2.3.1 การทดสอบระบบวัดระดับน้ำบาดาล

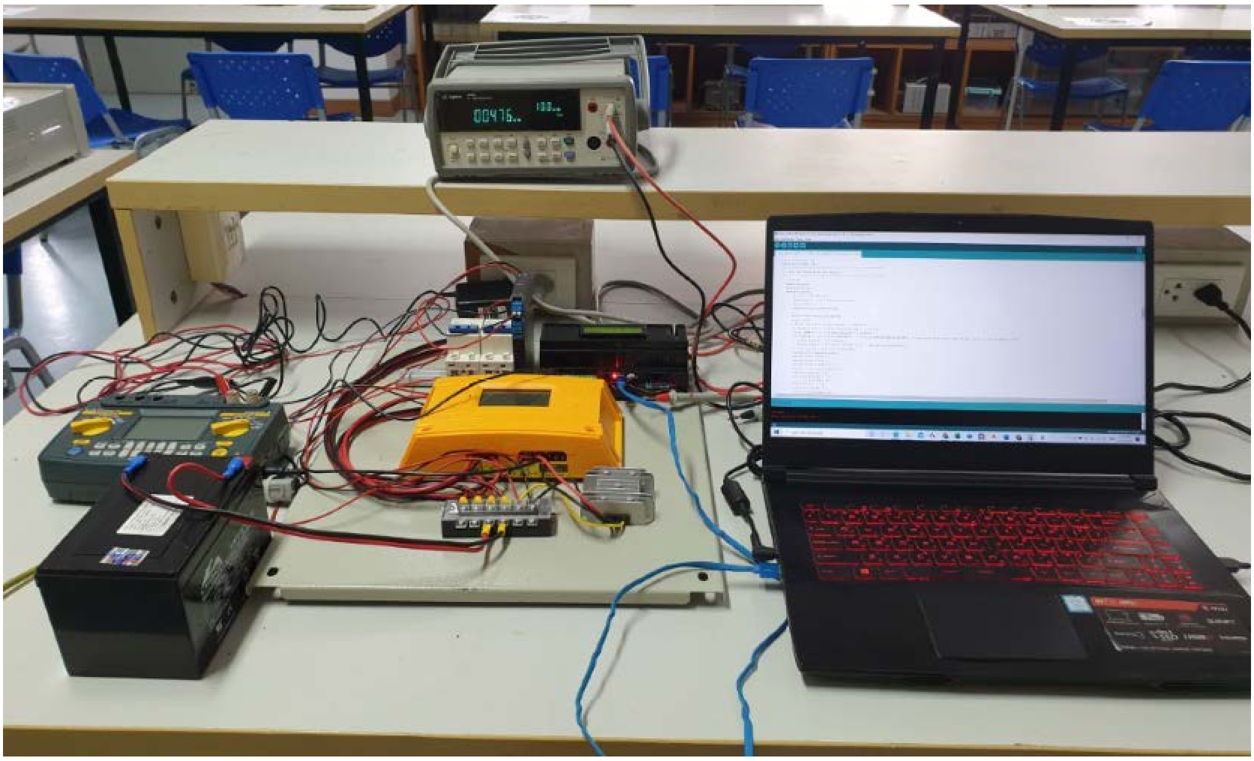
การทดสอบระบบวัดระดับน้ำบาดาลได้ทำการทดสอบเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) การทดสอบระบบวัดระดับน้ำบาดาลในห้องปฏิบัติการ และ 2) การปรับเทียบระบบวัดระดับน้ำบาดาลในสนาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบระบบวัดระดับน้ำบาดาลในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบความถูกต้องของเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 5.2-12 การทดสอบระบบการวัดระดับน้ำบาดาลโดยประกอบตัวชาร์จเจอร์ แบตเตอรี วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับตัวประมวลผลและการแสดงผล และใช้เครื่องสอบเทียบสัญญาณ รุ่น CA71 สำหรับจำลองสัญญาณ 4-20mA แทนสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการวัดระดับน้ำบาดาลโดยขั้นตอนการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1) ประกอบวงจรเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติสำหรับทดสอบการทำงานของส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้า ตัวชาร์จเจอร์ แหล่งจ่าย 24V
2) โปรแกรมการอ่านข้อมูลที่รับจากเซนเซอร์ การคำนวณการวัดระดับน้ำบาดาล การแสดงผล และการส่งข้อมูลเข้าระบบคราวด์
3) การสอบเทียบความถูกต้องของการวัดระดับน้ำบาดาลโดยใช้เครื่องสอบเทียบสัญญาณ รุ่น CA71 จ่ายสัญญาณ 4-20mA ซึ่งเป็นระดับสัญญาณที่ออกจากเซนเซอร์สำหรับการวัดระดับต่ำถึงระดับสูงสุด คือ ระดับสัญญาณ 4 mA คือ ระดับน้ำต่ำสุด (0m) และระดับสัญญาณ 20mA คือ ระดับน้ำสูงสุด (20m)
4) โปรแกรมการแสดงผลระดับน้ำบาดาล การสอบเทียบระดับน้ำบาดาล การส่งข้อมูล และการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

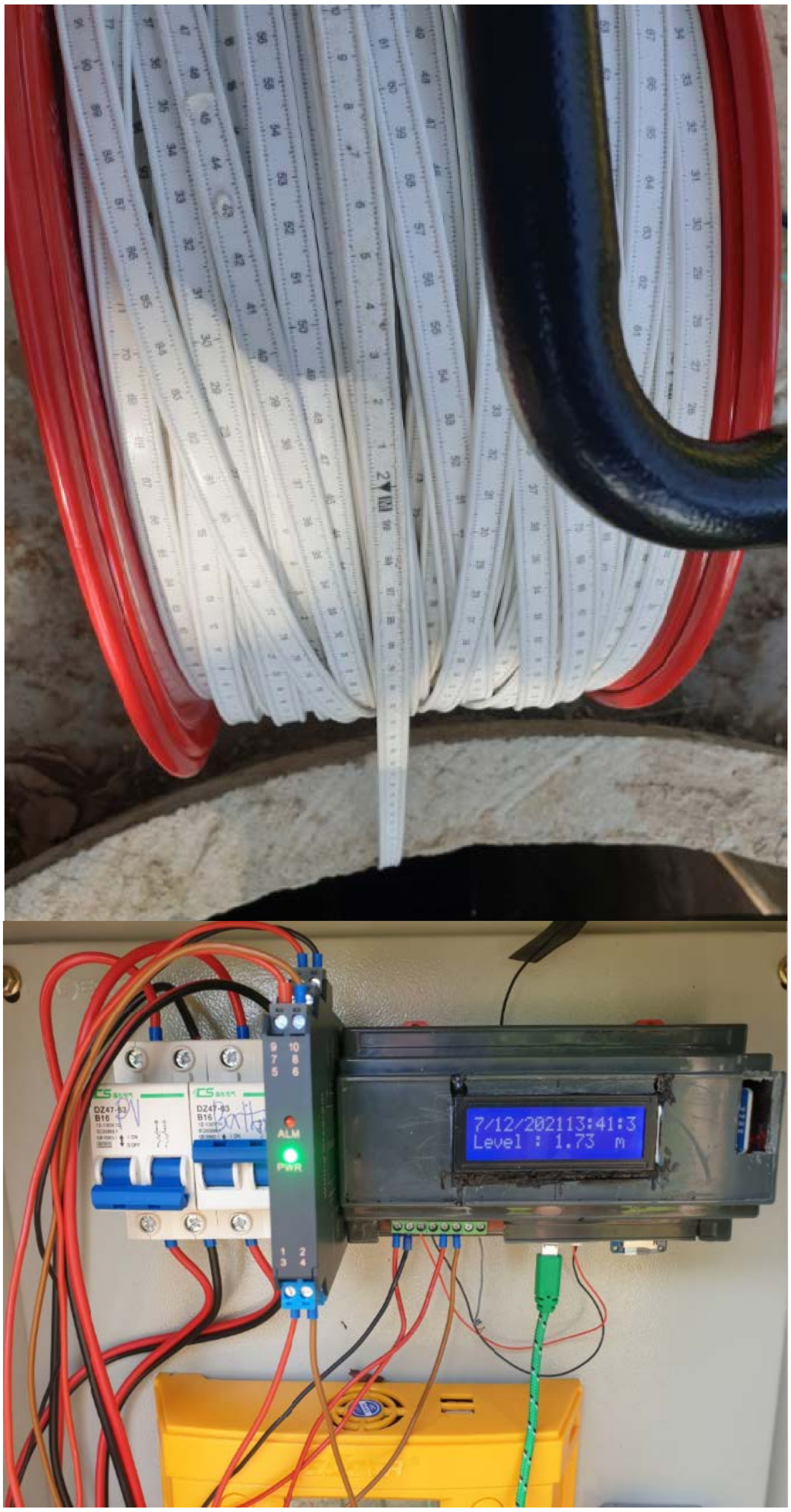
การตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติทั้งระบบในห้องปฏิบัติการ องค์ประกอบของระบบทำงานได้เป็นอย่างดี และสามารถวัดระดับความลึกของน้ำบาดาลโดยเป็นระดับที่วัดจากปากบ่อสามารถแสดงผลระดับน้ำที่จอแอลซีดีได้ นอกจากนั้นยังมีการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบนการ์ดความจำโดยการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยความจุหน่วยความจำขนาด 32GB การเก็บข้อมูลระดับน้ำสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างน้อย 1 ปี



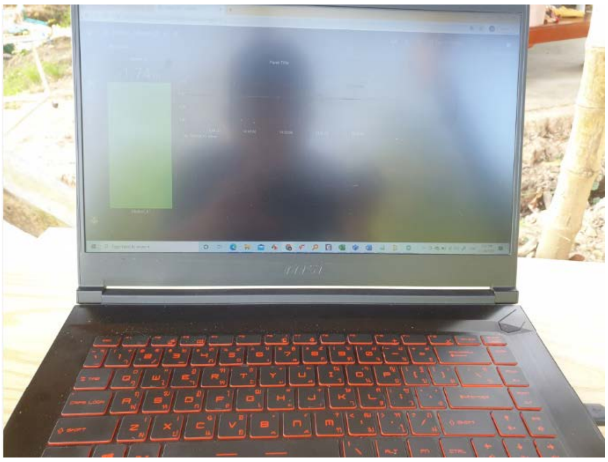
รูปที่ 5.2-12 การทดสอบความถูกต้องของเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติก่อนติดตั้ง

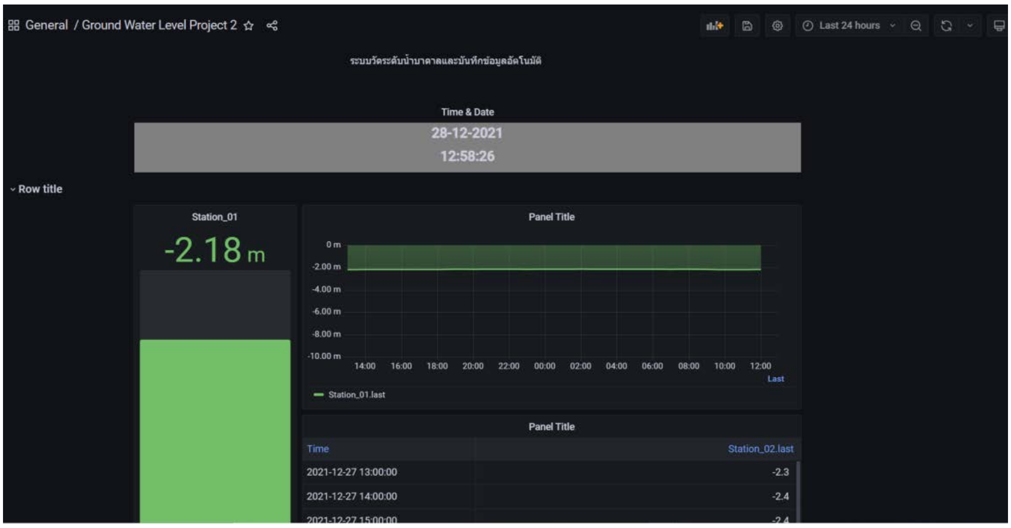
2. การปรับเทียบระบบวัดระดับน้ำบาดาลในสนาม

การปรับเทียบระบบวัดระดับน้ำบาดาลในสนาม คือ การทดสอบความถูกต้องการของการวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติหลังการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 5.2-13 โดยการเปรียบเทียบผลการวัดระดับน้ำบาดาลจากเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลที่ทำการติดตั้ง กับเทปวัดระดับน้ำบาดาลรุ่น Solinst Water Level Meter Model 101 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลมาตรฐาน และทำการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติให้ถูกต้องกับค่าที่วัดโดยเทปวัดระดับน้ำบาดาล หลังจากนั้นทำการวัดซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้งโดยได้ค่าที่ถูกต้องและตรวจสอบการแสดงผลค่าที่วัดได้จาก sensor บนระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.2-14 และตรวจสอบสัญญาณด้วยเครื่องทดสอบสัญญาณ CA71



รูปที่ 5.2-13 การทดสอบการวัดระดับน้ำบาดาล





รูปที่ 5.2-14 การแสดงผลการรับข้อมูลและส่งข้อมูลแสดงผลระดับน้ำบาดาลผ่านระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์

5.2.3.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลอัตโนมัติ

การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลอัตโนมัติ 4 จุด มีรายละเอียดการติดตั้งดังต่อไปนี้

1) สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 1 ต.โพงาม อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท

สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 1 ต.โพงาม อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท ได้ทำการติดตั้งชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ณ ต.โพงาม อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท โดยตำแหน่งสถานีอยู่ที่พิกัด 14.968825, 100.271280 บนแผนที่ Google Map

รูปที่ 5.2-15 ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 1 ติดตั้งที่พิกัด 14.968825, 100.271280 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล

หลังจากนั้นทำการติดตั้งฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์บนเสาเหล็กกัลวาไนซ์ เพื่อการรับแสงแดดได้ตลอดเวลาสำหรับการชาร์จพลังงานกับแบตเตอรีเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล ดังรูปที่ 5.2-16

รูปที่ 5.2-16 สถานีวัดที่ 1 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์บนเสาเหล็กกัลวาไนซ์

2) สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 2 ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี

สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 2 ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรีได้ทำการติดตั้งชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ณ ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี โดยตำแหน่งสถานีอยู่ที่พิกัด 14.799956, 100.271510 บนแผนที่ Google Map

รูปที่ 5.2-17 ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 2 ติดตั้งที่พิกัด 14.968825, 100.271280 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล

หลังจากนั้นทำการติดตั้งฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์บนเสาเหล็กกัลวาไนซ์ เพื่อการรับแสงแดดได้ตลอดเวลาสำหรับการชาร์จพลังงานกับแบตเตอรีเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล ดังรูปที่ 5.2-18

รูปที่ 5.2-18 สถานีวัดที่ 2 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์บนเสาเหล็กกัลวาไนซ์

3) สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 3 ต.มงคลธรรมนิมิต อ.สามโก้ จ.อ่างทอง

สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 3 ต.มงคลธรรมนิมิต อ.สามโก้ จ.อ่างทองได้ทำการติดตั้งชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ณ ต.มงคลธรรมนิมิต อ.สามโก้ จ.อ่างทอง โดยตำแหน่งสถานีอยู่ที่พิกัด 14.643451, 100.255009 บนแผนที่ Google Map

รูปที่ 5.2-19 ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 3 ติดตั้งที่พิกัด 14.643451, 100.255009 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล

หลังจากนั้นทำการติดตั้งฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์ เพื่อการรับแสงแดดได้ตลอดเวลาสำหรับการชาร์จพลังงานกับแบตเตอรีเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลดังรูปที่ 5.2-20

รูปที่ 5.2-20 สถานีวัดที่ 3 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์

4) สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 4 ต.นาคู อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา

สถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 4 ต.นาคู อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยาได้ทำการติดตั้งชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ณ ต.นาคู อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา โดยตำแหน่งสถานีอยู่ที่พิกัด 14.460936, 100.266480 บนแผนที่ Google Map

รูปที่ 5.2-21 ตำแหน่งการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลที่ 4 ติดตั้งที่พิกัด 14.460936, 100.266480 ในแผนที่ Google Map และสภาพบ่อน้ำตื้นก่อนการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล

หลังจากนั้นทำการติดตั้งฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์ เพื่อการรับแสงแดดได้ตลอดเวลาสำหรับการชาร์จพลังงานกับแบตเตอรีเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลดังรูปที่ 5.2-22

รูปที่ 5.2-22 สถานีวัดที่ 4 ฐานรองรับชุดเครื่องมือกับบ่อน้ำตื้นสังเกตการณ์ และติดตั้งตู้ควบคุมบนบ่อพร้อมประกอบอุปกรณ์ระบบเซนเซอร์ ชุดควบคุม ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์ และชุดแผงโซลาเซลล์

5.3 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ

จำลองสภาพเหตุการณ์ของสภาพการไหลของน้ำบาดาลในสภาพปีน้ำต่างๆ โดยการกำหนดปีน้ำใช้เกณฑ์ปริมาณฝนที่ตก ได้จัดแบ่งออกเป็น 3 ปีน้ำ 1) ปีน้ำมาก ค่าปริมาณฝนที่ตกมากกว่า 1,400 มม/ปี 2) ปีน้ำปกติ ค่าปริมาณฝนอยู่ระหว่าง 1,000-1,400 มม/ปี และ 3) ปีน้ำน้อย ค่าปริมาณฝนตกน้อยกว่า 1,000 มม/ปี เพื่อหาปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้โดยสภาพระดับน้ำบาดาลไม่ต่ำกว่าความลึกที่กำหนด(ต่ำจากผิวดินไม่เกิน 20 เมตร) โดยในหัวข้อนี้นำเสนอผลของการจำลองเชิงภูมิภาคพื้นที่ภาคกลางตอนบน ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างและแบบจำลองเชิงโครงการพื้นที่ คบ.ชัณสูตร โดยพื้นที่ภาคกลางตอนบนนั้นนำผลมาจากโครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน” ระยะที่ 1 และโครงการ “ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง” มีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (Available pumping)

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของบริเวณภาคกลางตอนบนที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ดังแสดงในรูปที่ 5.3-1 พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 2,234 2,000 และ 1,655 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับเมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดอุตรดิตถ์พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 60 47 และ 34 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

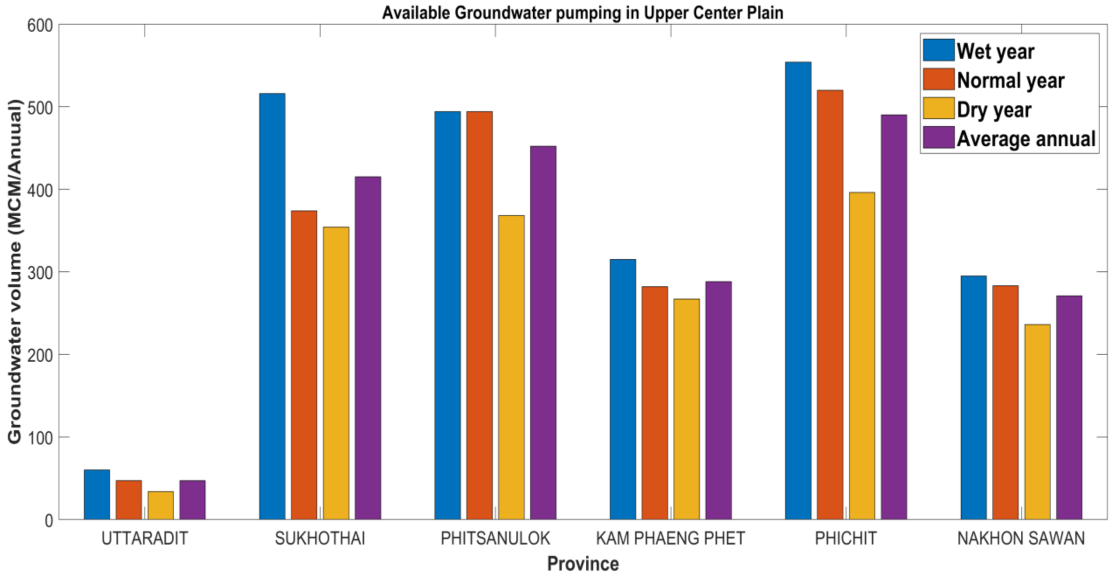
สำหรับจังหวัดสุโขทัยพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 516 374 และ 354 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 494 490 และ 368 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิจิตรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 554 520 และ 396 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดกำแพงเพชรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 315 282 และ 267 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 295 283 และ 236 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ



รูปที่ 5.3-1 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping)
ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายจังหวัด

เมื่อพิจารณาในพื้นที่เขตชลประทาน ซึ่งประกอบ 9 โครงการชประทานส่งน้ำและบำรุงรักษา(คบ) ได้แก่ 1) ดงเศรษฐี 2) ท่าบัว 3) พลายชุมพล 4) เขื่อนนเรศวร 5) เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน 6) ยมน่าน 7) ท่อทองแดง 8) วังบัวและ 9) วังยาง-หนองขวัญโดยปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ในเขตชลประทานรวมทั้งสิ้นมีค่าเท่ากับ 1,320 1,109 และ 858 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับโดยในเขต คบ.ที่มีค่าปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้มากที่สุด 3 ลำดับแรกได้แก่ คบ.ท่าบัว คบ.พลายชุมพล และ คบ.ท่อทองแดง

โดยในเขต คบ.ท่าบัว มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 219 184 และ 142 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

โดยในเขต คบ.พลายชุมพล มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 214 180 และ 139 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

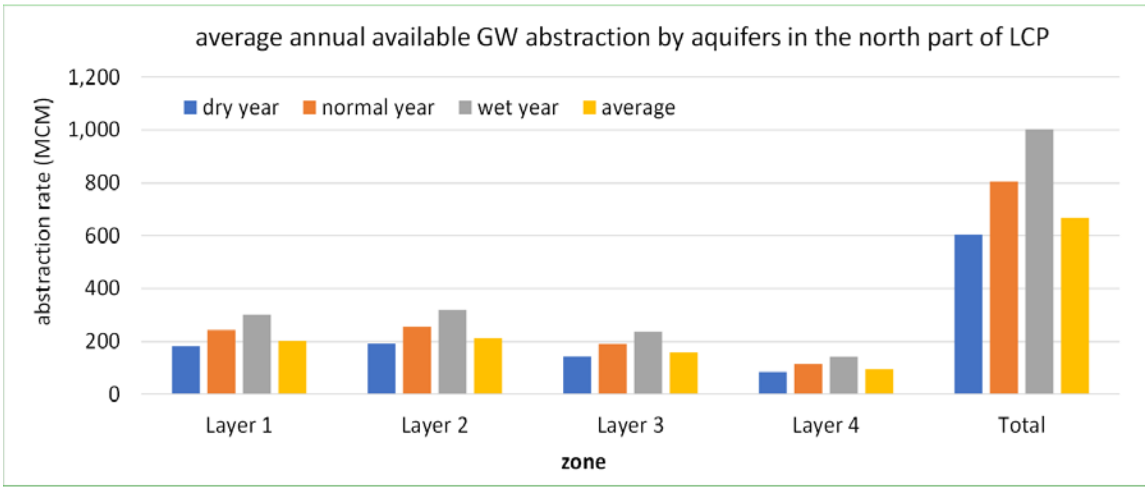
โดยในเขต คบ.ท่อทองแดง มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 206 173 และ 134 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

ตารางที่ 5.3-1 ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ของพื้นที่โครงการชลประทานฯ 9 โครงการ

ลำดับ	เขตโครงการชลประทาน	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)			
		ปีน้ำน้อย	**ปีน้ำปกติ**	**ปีน้ำมาก**	**เฉลี่ย**
1	คบ.ดงเศรษฐี	104	135	160	133
2	คบ.ท่าบัว	63	81	97	80
3	คบ.พลายชุมพล	139	180	214	178
4	คบ.เขื่อนนเรศวร	28	36	43	35
5	คบ.เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	61	79	95	78
6	คบ.ยมน่าน	61	79	95	78
7	คบ.ท่อทองแดง	134	173	206	171
8	คบ.วังบัว	142	184	219	181
9	คบ.วังยาง-หนองขวัญ	125	161	192	159
รวม		**858**	**1,109**	**1,320**	**1,096**

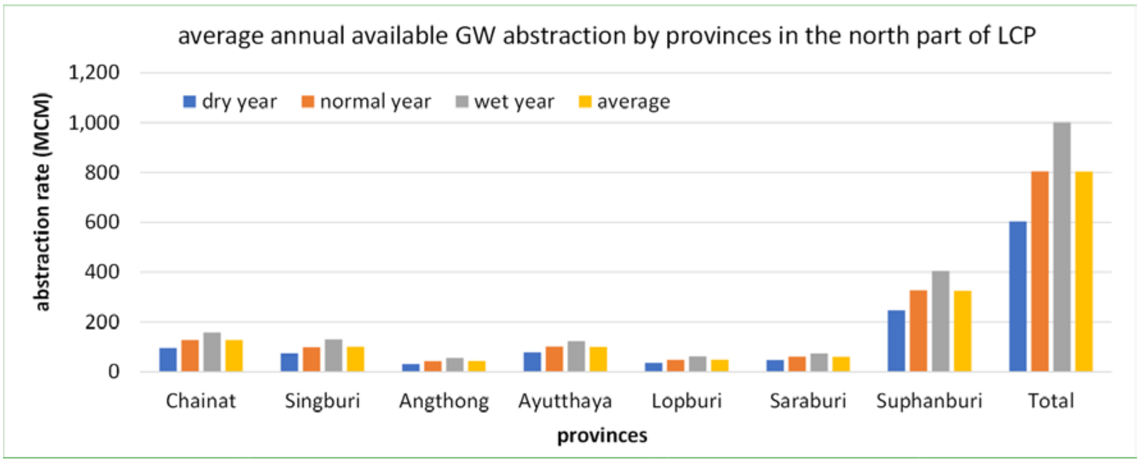
พื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ แสดงรูปที่ 5.3-2 โดยมีค่าเท่ากับ 1,002 804 และ 604 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 302 242 และ 182 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 320 257 และ 193 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 238 191 และ 143 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับและสำหรับชั้นที่ 4 มีค่าเท่ากับ 142 114 และ 86 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ



รูปที่ 5.3-2 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping)
ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายชั้นน้ำ

เมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดชัยนาทรูปที่ 5.3-3 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 158 126 และ 95 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ



รูปที่ 5.3-3 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping)
ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายจังหวัด

เมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดชัยนาทรูปที่ 5.3-3 พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 158 126 และ 95 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสิงห์บุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 128 99 และ 73 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดอ่างทองพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 56 42 และ 31 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 122 101 และ 77 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดลพบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 63 48 และ 35 ล้าน ลบ.ม. ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสระบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 72 62 และ 47 ล้าน ลบ.ม. ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 404 327 และ 246 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในพื้นที่เขตชลประทาน ซึ่งประกอบด้วย 20 โครงการชลประทานส่งน้ำและบำรุงรักษา(คบ) ได้แก่ 1) คลองเพรียว-เสาไห้ 2) ป่าสักใต้ 3) นครหลวง 4) เริงราง 5) โคกกะเทียม 6) บางบาล 7) ช่องแค 8) ยางมณี 9) ชัณสูตร 10) ผักไห่ 11) มโนรมย์ 12) บรมธาตุ 13) ท่าโบสถ์ 14) โพธิ์พระยา 15) ทุ่งวัดสิงห์ 16) สามชุก 17) ดอนเจดีย์ 18) กระเสียว 19) มหาราช และ 20) พลเทพ

ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่โครงการชลประทานฯต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.3-2 โดยปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ในเขตชลประทานรวมทั้งสิ้นมีค่าเท่ากับ 836 663 และ 494 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับโดยในเขต คบ. ที่มีค่าปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้มากที่สุด 3 ลำดับแรกได้แก่ คบ.บรมธาตุ มหาราช และสามชุก

โดยในเขตคบ.บรมธาตุ มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 125 96 และ 70 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

โดยในเขตคบ.มหาราช มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 110 83 และ 61 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

โดยในเขตคบ.สามชุกมีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 106 82 และ 60 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

ตารางที่ 5.3-2 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ของพื้นที่โครงการชลประทานฯ 20 โครงการ

ลำดับ	เขตโครงการชลประทาน	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)			
		ปีน้ำน้อย	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำมาก	เฉลี่ย
1	คลองเพรียว-เสาไห้	16	21	28	21
2	ป่าสักใต้	11	14	18	14
3	นครหลวง	21	28	34	28
4	เริงราง	14	19	23	19
5	โคกกะเทียม	14	19	22	18
6	บางบาล	11	14	17	14

ลำดับ	เขตโครงการชลประทาน	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)			
		ปีน้ำน้อย	**ปีน้ำปกติ**	**ปีน้ำมาก**	**เฉลี่ย**
7	ช่องแค	8	11	13	11
8	ยางมณี	15	20	26	21
9	ชัณสูตร	49	64	78	64
10	ผักไห่	10	14	18	14
11	มหาราช	61	83	110	84
12	มโนรมย์	2	3	4	3
13	บรมธาตุ	70	96	125	97
14	พลเทพ	21	28	32	27
15	ท่าโบสถ์	17	24	31	24
16	โพธิ์พระยา	39	51	64	51
17	ทุ่งวัดสิงห์	6	8	11	8
18	สามชุก	60	82	106	83
19	ดอนเจดีย์	25	33	38	32
20	กระเสียว	23	31	38	31
รวม		**494**	**663**	**836**	**665**

พื้นที่เชิงโครงการ คบ.ชัณสูตร

คบ.ชัณสูตรมีพื้นที่ zone ส่งน้ำทั้งหมด 7 zone ส่งน้ำ สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาเชิงโครงการ คบ.ชัณสูตรตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ แสดงรูปที่ 5.3-4 โดยมีค่าเท่ากับ 77.9 64.5 และ 49.1 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

zone ที่ 1 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 13.8 11.6 และ 8.7 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

zone ที่ 2 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 18.1 15.2 และ 11.4 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

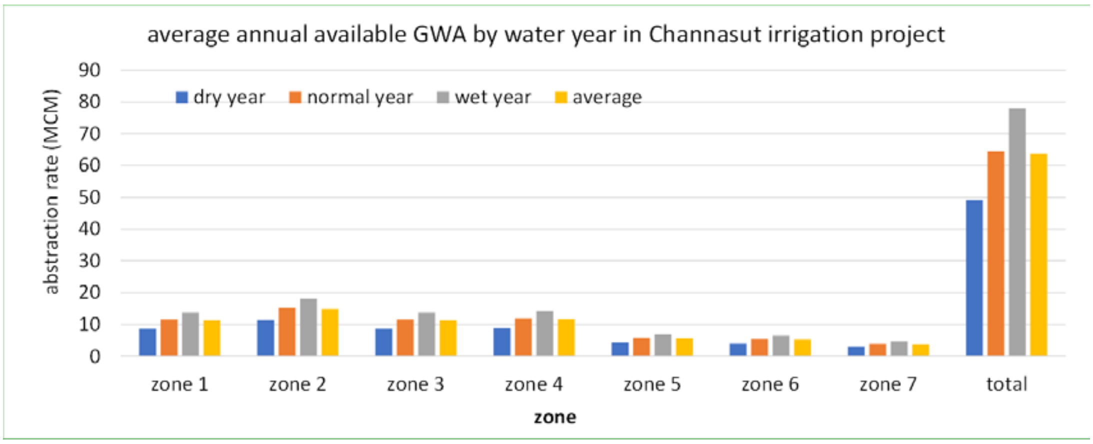
zone ที่ 3 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 13.8 11.6 และ 8.7 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

zone ที่ 4 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 14.2 11.9 และ 9.0 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

zone ที่ 5 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 6.9 5.8 และ 4.3 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

zone ที่ 6 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 6.5 5.4 และ 4.1 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

zone ที่ 7 มีปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 4.7 4.0 และ 3.0 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ



รูปที่ 5.3-4 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (available pumping) ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ ราย Zone ส่งน้ำของคบ.ชัณสูตร

2) การประมาณค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาล

เมื่อนำค่าระดับน้ำบาดาลต้นเดือนพฤษภาคม (ปลายฤดูแล้ง) และพฤศจิกายน (ปลายฤดูฝน) ของสถานีตัวแทนนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าการสูบน้ำรายฤดูกาล เพื่อคาดการณ์การสูบน้ำบาดาลในฤดูกาลนั้นๆ ดังสมการ (1)

$$\text{GW Pumping}_{\text{in season}} = a*\text{GWL}_{\text{end of season}}+b \quad (1)$$

โดยที่ค่า GW Pumping $_{\text{in season}}$ คือ ค่าการสูบน้ำบาดาลในฤดูที่ต้องการทราบค่า

$\text{GWL}_{\text{end of season}}$ คือ ค่าระดับน้ำบาดาลปลายฤดูของสถานีตัวแทนใน zone ที่ต้องการทราบ

a, b คือ ค่าสัมประสิทธ์ความสัมพันธ์

2.1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน

ได้ความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงดังตารางที่ 5.3-3 และรูปที่ 5.3-5 ซึ่งที่มีค่า coefficient of determination (R^2) อยู่ระหว่าง 0.4-0.8 ซึ่งสามารถนำค่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลในฤดูกาลนั้นๆ ได้

ตารางที่ 5.3-3 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำปลายฤดูกาลและปริมาณการสูบน้ำในฤดูกาล และค่า R^2 รายจังหวัดพื้นที่ภาคกลางตอนบน

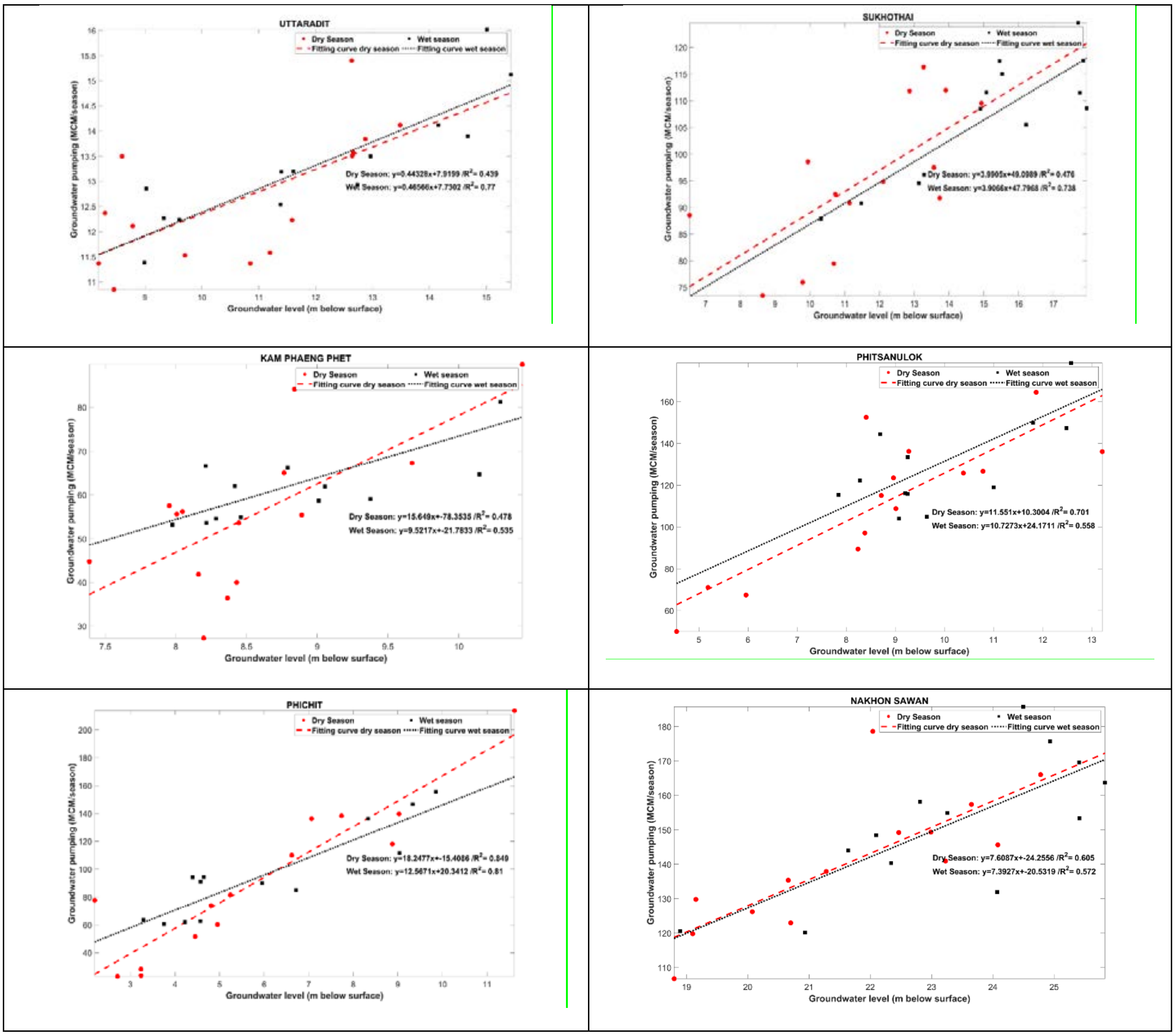
	อุตรดิตถ์			สุโขทัย			พิษณุโลก		
	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
Dry season	0.443	7.92	0.439	3.99	49.1	0.476	11.55	10.3	0.701
Wet season	0.466	7.73	0.77	3.907	47.8	0.738	10.73	24.17	0.558

	กำแพงเพชร			พิจิตร			นครสวรรค์		
	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
Dry season	15.65	-78.4	0.478	18.25	-15.4	0.849	7.609	-24.3	0.605
Wet season	9.522	-21.8	0.535	12.57	20.34	0.81	7.393	-20.5	0.572

R^2 is coefficient of determination

a is the constant term or the y intercept.

b is the coefficient of the independent variable



รูปที่ 5.3-5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลกับค่าระดับน้ำปลายฤดูกาล รายจังหวัดพื้นที่ภาคกลางตอนบน

2.2 พื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

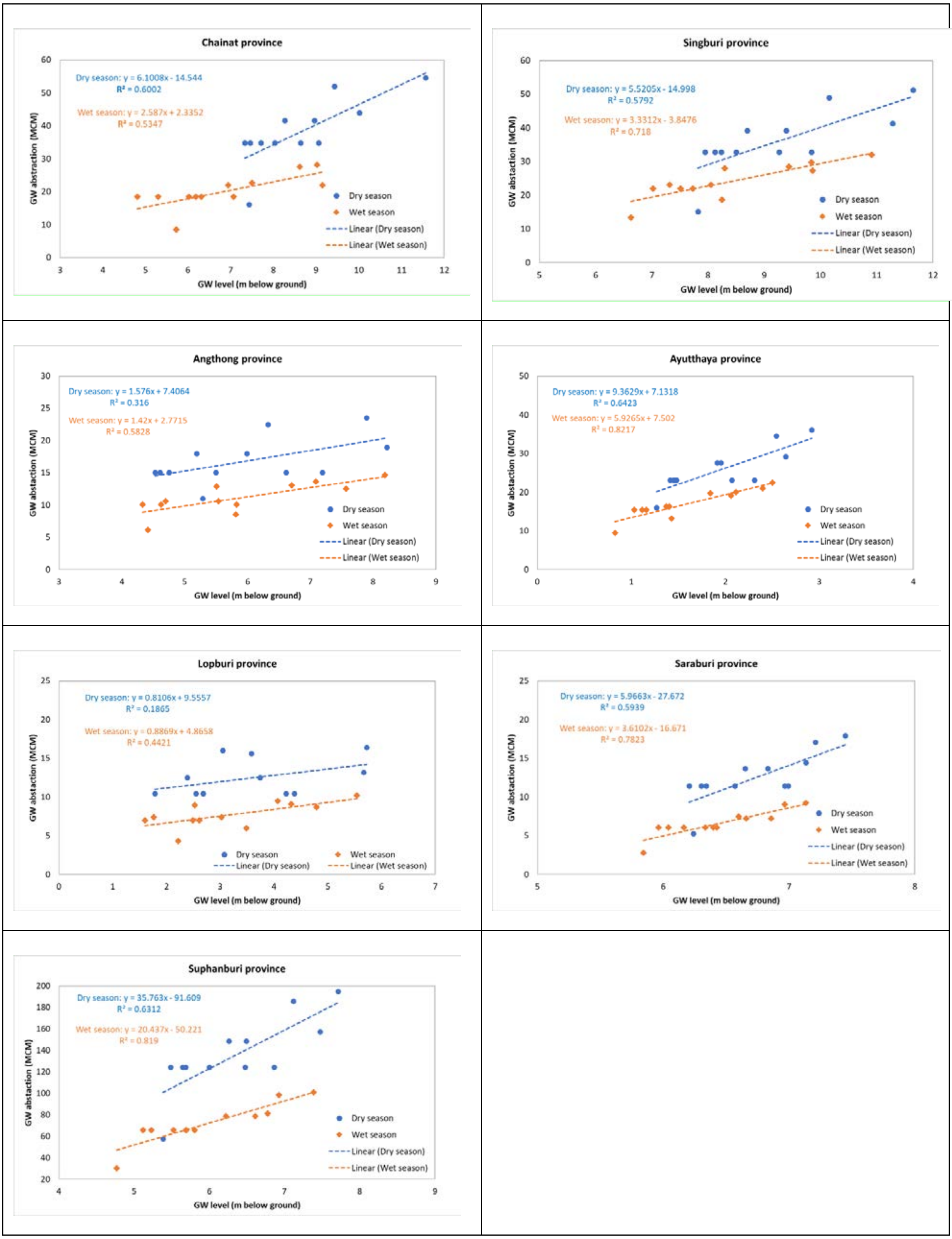
ได้ความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงดังตารางที่ 5.3-4 และรูปที่ 5.3-6 ซึ่งที่มีค่า coefficient of determination (R^2) อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ซึ่งสามารถนำค่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลในฤดูกาลนั้นๆ ได้

ตารางที่ 5.3-4 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำปลายฤดูกาลและปริมาณการสูบน้ำในฤดูกาล และค่า R^2 รายจังหวัดพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

	ชัยนาท			**สิงห์บุรี**			**อ่างทอง**		
	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
Dry season	6.100	-14.544	0.6	5.520	-14.99	0.57	1.576	-7.0	0.31
Wet season	2.587	2.335	0.534	3.331	-3.84	0.71	1.42	2.77	0.58

	พระนครศรีอยุธยา			**ลพบุรี**			**สระบุรี**		
	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
Dry season	9.362	7.131	0.64	0.810	9.55	0.18	5.966	-27.6	0.59
Wet season	5.926	7.50	0.8	0.886	4.865	0.44	3.61	-16.67	0.78

	สุพรรณบุรี		
	a	b	R^2
Dry season	35.76	-91.6	0.63
Wet season	20.43	-50.2	0.82

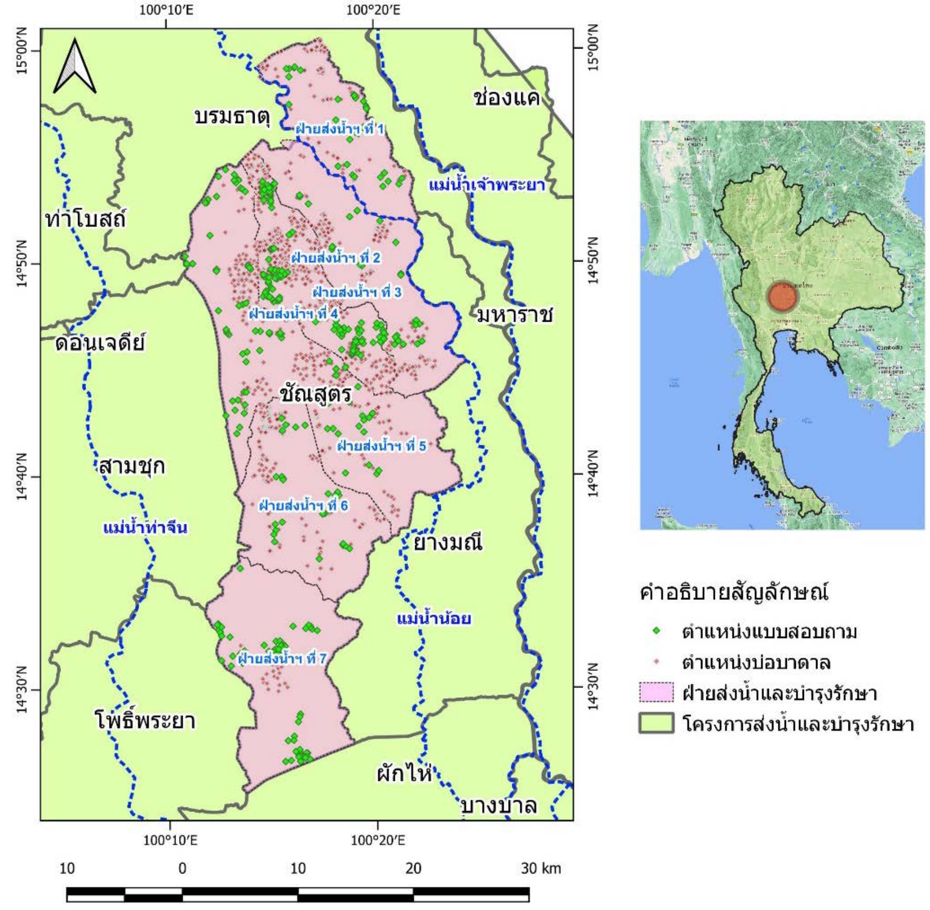


รูปที่ 5.3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลกับค่าระดับน้ำปลายฤดูกาล รายจังหวัดพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

บทที่ 6
การสำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำร่วม : กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

6.1 งานสำรวจภาคสนาม: ศึกษาเฉพาะการใช้น้ำบาดาลระดับตื้นในภาคการเกษตร

จากข้อมูลพิกัดที่ตั้งของบ่อบาดาลน้ำตื้นของเกษตรในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร รวบรวมจากรายงานวิจัย *“โครงการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”* พบว่ามีจำนวน 1,328 บ่อ จากจำนวนบ่อดังกล่าวสามารถกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการสำรวจแบบสอบถามเพื่อหาข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำบาดาล โดยประมาณจำนวนแบบสอบถามจากวิธี Taro Yamane ได้จำนวน 307 ชุด +10% รวมจำนวน 338 ชุด ซึ่งการสำรวจครั้งนี้ได้แจกจ่ายแบบสอบถามรวมจำนวน 467 ชุด กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาไปตามสัดส่วนของจำนวนบ่อบาดาลในแต่ละฝ่ายส่งน้ำของโครงการ และได้รับแบบสอบถามกลับมาจำนวน 416 ชุด โดยมีการกระจายตำแหน่งของแบบสอบถามตามตำแหน่งของบ่อบาดาลในพื้นที่โครงการ ดังแสดงในรูปที่ 6.1-1



รูปที่ 6.1-1 ตำแหน่งการสำรวจด้วยแบบสอบถามในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

6.1.1 กิจกรรมการเพาะปลูก

จากการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม พบว่าเกษตรกรทั้งหมดใช้น้ำบาดาลร่วมกับการใช้น้ำผิวดินและน้ำชลประทาน กิจกรรมการเพาะปลูกส่วนใหญ่ในพื้นที่เป็นการทำนาข้าวโดยแบ่งเป็น ข้าวนาปี 60.3% และนาปรัง 39.7% นอกจากนี้เกษตรกรบางส่วนมีการเพาะปลูกพืชไร่ โดยส่วนใหญ่ปลูกอ้อย และพืชสวน โดยส่วนใหญ่ปลูกมะม่วง ประมาณ 12.7% และ 1.8% ตามลำดับ

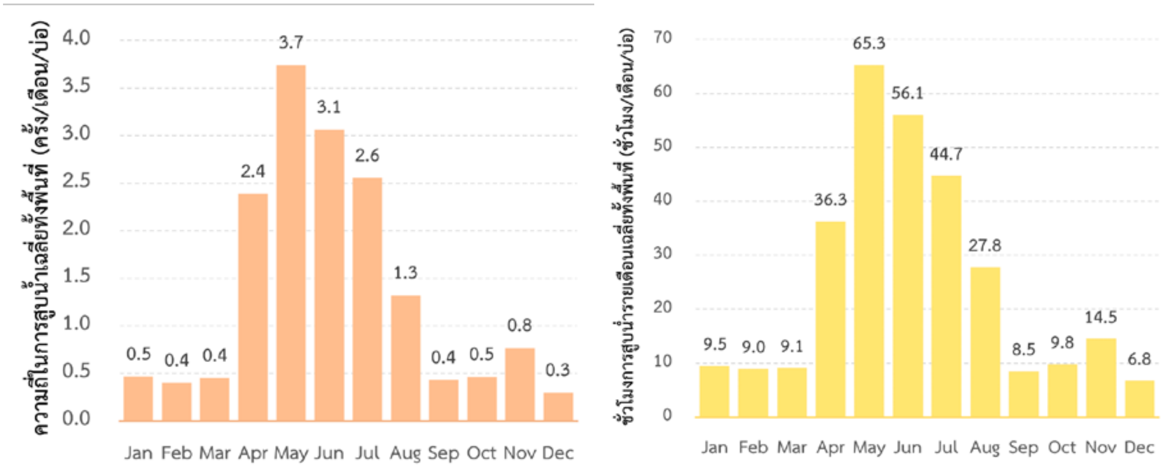
ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามจำแนกตามพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาดังแสดงในตารางที่ 6.1-1 จะเห็นได้ว่าพื้นที่ทางตอนล่างของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร (ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 7) ไม่มีการเพาะปลูกข้าวนาปี ซึ่งจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่พบว่าช่วงเวลาเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ตอนล่างไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในคลองชลประทาน และเนื่องด้วยปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งมาถึงพื้นที่ตอนล่างมักมีปริมาณจำกัด ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่พึ่งพาน้ำจากบ่อบาดาลเป็นหลัก ดังนั้นช่วงเวลาการเพาะปลูกจึงมักจะเป็นการปลูกข้าวนอกฤดูเป็นหลัก

ตารางที่ 6.1-1 ร้อยละของกิจกรรมการเพาะปลูกของเกษตรกรในกลุ่มตัวอย่าง

พื้นที่	กิจกรรมการเพาะปลูก (%)			
	ข้าว		พืชไร่	พืชสวน
	นาปี	นาปรัง		
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1	90.0	66.7	3.3	0.0
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2	51.4	45.9	2.7	0.0
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3	93.0	0.8	22.7	2.3
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 4	55.3	38.2	19.7	0.0
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 5	77.8	38.9	5.6	0.0
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 6	56.7	23.3	6.7	13.3
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 7	0.0	100.0	1.3	0.0
รวม	**60.3**	**39.7**	**12.7**	**1.8**

6.1.2 รูปแบบการสูบน้ำบาดาลในแต่ละช่วงของปี

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อหาค่าความถี่ในการสูบน้ำรายเดือนเฉลี่ยรายบ่อ ด้วยการหาค่าความถี่ในแต่ละเดือนมาเฉลี่ยตามจำนวนบ่อในพื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 6.1-2 จะเห็นได้ว่าความถี่ของการสูบน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม โดยความถี่ในการสูบน้ำจะสูงสุดในเดือนพฤษภาคม มีค่าเฉลี่ยประมาณ 3.74 ครั้ง/เดือน/บ่อ ส่วนในช่วงเดือนกันยายนถึงมีนาคมความถี่ของการสูบน้ำจะลดลงต่ำกว่า 1 ครั้ง/เดือน/บ่อ โดยจะมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.12 ครั้ง/เดือน/บ่อ



(a) (b)

รูปที่ 6.1-2 ความถี่ในการสูบน้ำรายเดือน (a) และระยะเวลาการสูบน้ำรายเดือนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ (b)

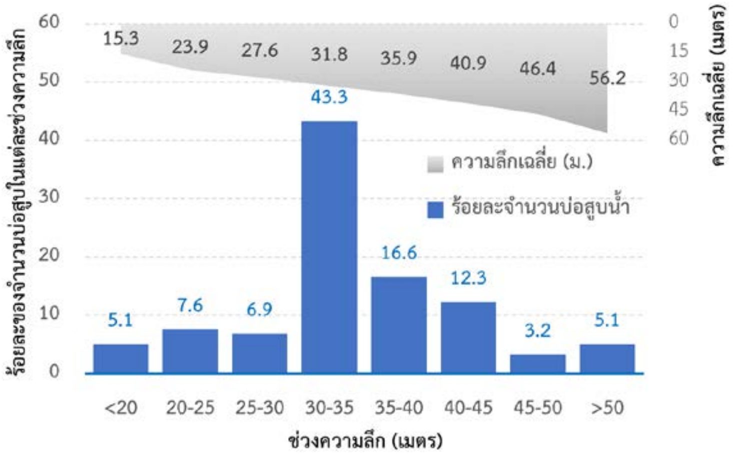
หากพิจารณาในบริบทของระยะเวลาการสูบน้ำ รูปแบบของระยะเวลาการสูบน้ำในแต่ละเดือนสอดคล้องกับรูปแบบของความถี่ในการสูบน้ำในแต่ละเดือน กล่าวคือจำนวนชั่วโมงการสูบน้ำเฉลี่ยต่อเดือนต่อบ่อจะเพิ่มสูงในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม และจะลดต่ำลงในช่วงกันยายนถึงมีนาคม โดยจำนวนชั่วโมงการสูบน้ำเฉลี่ยต่อเดือนต่อบ่อจะมีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ยประมาณ 65.3 ชั่วโมง/เดือน/บ่อ และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เฉลี่ยประมาณ 6.75 ชั่วโมง/เดือน/บ่อดังรูปที่ 6.2-2

จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ชลประทานและเกษตรกรในพื้นที่ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า เหตุผลที่ความถี่ของการสูบในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมเพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เกษตรกรจะทำการเพาะปลูกข้าวนาปี ทำให้มีความต้องการน้ำสูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากเกษตรกรมีการทำนาแบบต่อเนื่องซึ่งมีการปลูกข้าวทั้งข้าวพันธุ์เบา (อายุข้าวประมาณ 95 วัน) อาทิ กข41 กข61 กข85 และข้าวพันธุ์หนัก (อายุข้าวประมาณ 120 วัน) อาทิ ข้าวหอมปทุม ซึ่งทำให้รูปแบบการปลูกข้าวไม่พร้อมกันและไม่เป็นไปตามปฏิทินการส่งน้ำของโครงการฯ ทำให้มีปัญหาความขัดแย้งในการแย่งใช้น้ำชลประทาน ดังนั้นเกษตรกรส่วนมากจึงหันมาสูบน้ำบาดาลเพื่อลดปัญหาความขัดแย้ง

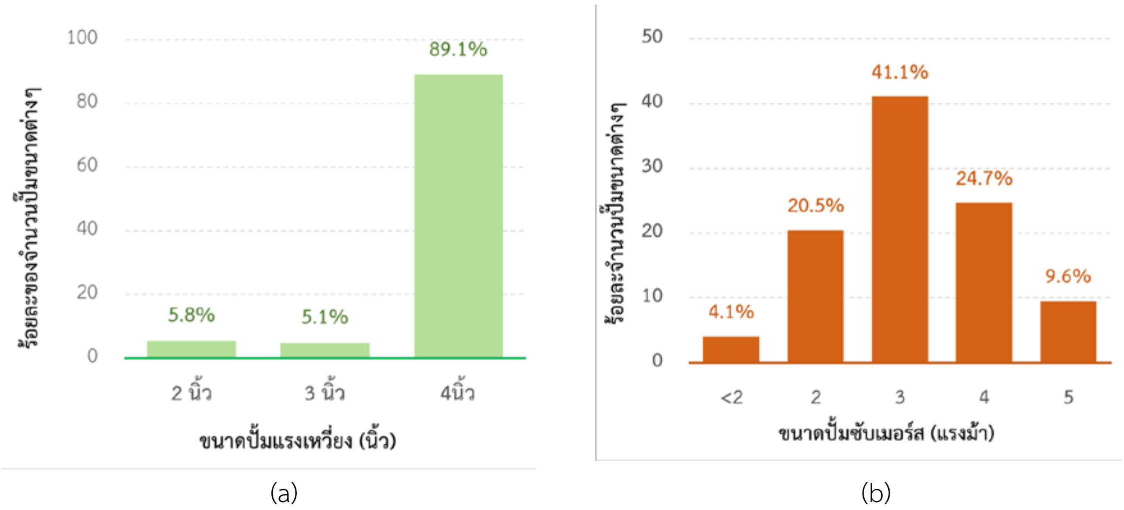
จากการสำรวจภาคสนามและสัมภาษณ์เกษตรกรเพิ่มเติม ทำให้ทราบข้อมูลว่าปริมาณน้ำบาดาลที่สูบได้มีปริมาณน้ำสม่ำเสมอซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถกำหนดการให้น้ำพืชที่เหมาะสมกับช่วงเวลาที่พืชต้องการโดยไม่จำเป็นต้องรอน้ำชลประทานส่งมา โดยเกษตรกรที่มีบ่อบาดาลในพื้นที่ของตนเองในมุมมองของเกษตรกรถือว่าเป็นการสร้างหลักประกันความมั่นคงด้านน้ำในพื้นที่ของตน อีกทั้งกรณีที่แปลงนาอยู่ห่างจากคลองส่งน้ำ การสูบน้ำเข้านาผ่านทางคูส่งน้ำจำเป็นต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการสูบอยู่แล้ว ดังนั้นหากมีบ่อบาดาลจะเป็นการเข้าถึงแหล่งน้ำได้ง่ายและใช้งานได้สะดวกกว่าการรับน้ำผ่านทางคลองส่งน้ำ

6.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของบ่อบาดาล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม พบว่า ความลึกเฉลี่ยของบ่อบาดาลในพื้นที่ประมาณ 33.6 ม. จากผิวดิน (ลึกสุด 67 ม. และตื้นสุด 4 ม.) โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความลึก 30 ถึง 35 เมตร (รูปที่ 6.1-3) การสูบน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่จะใช้เครื่องสูบน้ำ 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องสูบชนิดแรงเหวี่ยง 53.9% และเครื่องสูบชนิดซับเมอร์ส 42.1% โดยจากผลการสำรวจพบว่าขนาดของเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยงแบ่งได้ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่ง ออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาด 2 นิ้ว, 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว โดย 89.1% ของเครื่องสูบชนิดนี้เป็นเครื่องสูบน้ำขนาด 4 นิ้ว สำหรับเครื่องสูบน้ำชนิดซับเมอร์ส สามารถแบ่งตามกำลังของเครื่องสูบน้ำได้เป็น 4 ขนาด คือ ต่ำกว่า 2 แรงม้า, 2 แรงม้า, 3 แรงม้า และ 4 แรงม้า โดยส่วนใหญ่ของเครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีขนาด 3 แรงม้า (41.1%) ดังรูปที่ 6.1-4



รูปที่ 6.1-3 ร้อยละของจำนวนบ่อสูบในแต่ละช่วงความลึกในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร



รูปที่ 6.1-4 ร้อยละของเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยงโดยพิจารณาขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่ง (a) และร้อยละของเครื่องสูบน้ำชนิดซับเมอร์สโดยพิจารณาขนาดจากกำลังของเครื่องสูบ (b)

6.1.4 การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำบาดาล

การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำบาดาลมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงอัตราการสูบน้ำจริงของเกษตรกรในภาคสนามเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินต่อไป โดยประเมินกลุ่มตัวอย่างให้กระจายครอบคลุมชนิดของเครื่องสูบ กำลังงานเครื่องสูบและขนาดท่อส่ง สำหรับวิธีการตรวจวัดอัตราการสูบน้ำจะใช้วิธีกำหนดปริมาตรแล้วจับเวลาโดยใช้ถังความจุ 200 ลิตร ภาพตัวอย่างการลงพื้นที่ตรวจวัดข้อมูลในสนามดังแสดงในรูปที่ 6.1-5 ผลจากการตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 6.1-2 ทั้งนี้จะเห็นว่าอัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal) จะขึ้นอยู่กับขนาดของท่อส่ง ส่วนอัตราการสูบของเครื่องสูบชนิดซับเมอร์สจะขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องสูบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ขนาดของท่อส่งเป็นเกณฑ์ในการแบ่งขนาดของเครื่องสูบชนิดแรงเหวี่ยง ส่วนเครื่องสูบชนิดซับเมอร์สจะใช้กำลังของเครื่องสูบเป็นเกณฑ์ในการแบ่งขนาดซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอัตราการสูบของเครื่องสูบชนิดแรงเหวี่ยงที่มีขนาดท่อส่ง 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว มีค่าเท่ากับ 6.19 และ 10.81 ลิตร/วินาที ตามลำดับ สำหรับอัตราสูบของเครื่องสูบชนิดซับเมอร์สขนาดกำลังของเครื่องสูบ 2 และ 3 แรงม้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และ 9.56 ลิตร/วินาที ตามลำดับ

รูปที่ 6.1-5 การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำบาดาล

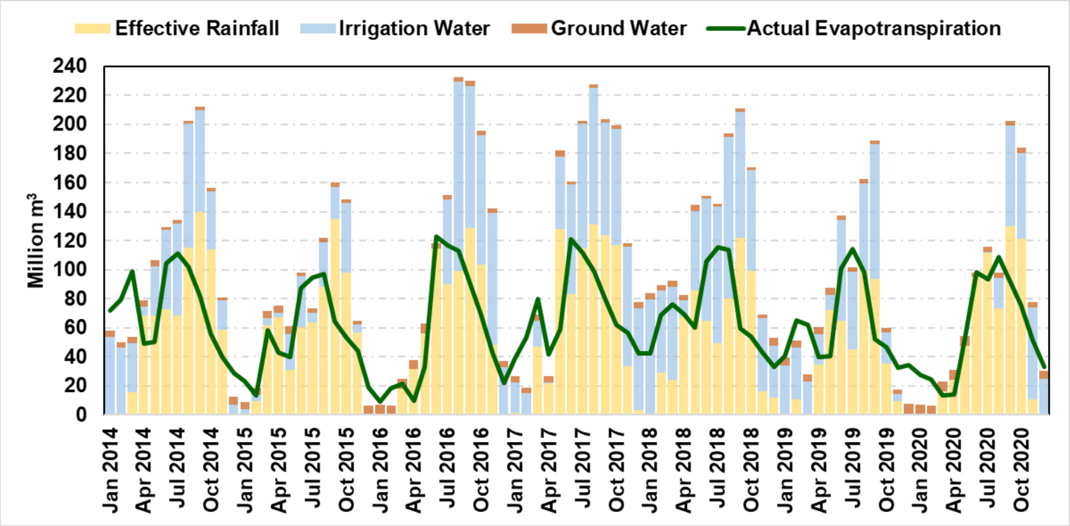
ตารางที่ 6.1-2 ผลการตรวจวัดอัตราการสูบภาคสนามด้วยวิธีกำหนดปริมาตรแล้วจับเวลา

ลำดับที่	รายละเอียด			ตำแหน่งตรวจวัด		Q
	ชนิดปั๊ม	ขนาด (แรงม้า)	ขนาดท่อ (นิ้ว)	N	E	(L/Min)
1	Submerse	3	3	14.7730	100.3102	654.31
2	Submerse	2	2	14.7680	100.3045	240.38
3	Submerse	3	3	14.7998	100.2718	506.90
4	Submerse	2	2	14.8000	100.2715	222.69
5	Centrifugal	18	3	14.7704	100.3175	371.11
6	Centrifugal	11	4	14.7693	100.3224	648.88
7	Submerse	2	2	14.7672	100.3085	285.49
8	Submerse	3	3	14.7671	100.3089	559.96

6.2 งานสำรวจข้อมูลภาพดาวเทียม: ศึกษาข้อมูลการใช้น้ำพืชย้อนหลัง

การศึกษาข้อมูลการใช้น้ำพืชในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร ได้รวบรวมข้อมูลตรวจวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชในรูปแบบของการคายระเหยน้ำที่แท้จริง (Actual Evapotranspiration, ETa) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมและวิธีการประเมินด้วยหลักการสมดุลพลังงานที่พื้นผิว (Surface Energy Balance) ซึ่งมีหลายวิธี อาทิ วิธี Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) วิธี Simplified-Surface Energy Balance Index (S-SEBI) วิธี Surface Energy Balance System (SEBS) โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกผลิตภัณฑ์ชุดข้อมูล ETa ที่ใช้วิธี Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) ดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของ USGS FEWS NET Data Portal (URL https://earlywarning.usgs.gov/fews) โดยผลิตภัณฑ์ SSEBop มีข้อมูลราย 10 วัน (Dekadal Data) และรายเดือน (Monthly Data)

ข้อมูลการคายระเหยน้ำที่แท้จริงในพื้นที่โครงการฯ ชันสูตร ถูกนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่โครงการฯ ได้รับ ได้แก่ ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) ที่ประเมินจากงานวิจัยของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), ปริมาณน้ำชลประทาน (Irrigation Water Supply) คำนวณจากข้อมูลตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำชลประทานที่ส่งเข้าคลองผ่านประตูระบายน้ำ และปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน (Ground Water Pumping) ที่ประเมินจากแบบจำลองในงานวิจัยนี้ ผลการเปรียบเทียบข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 6.2-1 จะเห็นว่า ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชที่แท้จริงในช่วงฤดูแล้งบางเดือนมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำที่โครงการฯ ได้รับ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในพื้นที่โครงการฯ อาจจะมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่น อาทิ คลองระบาย แหล่งน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ สระเก็บน้ำในไร่นา



รูปที่ 6.2-1 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตรในช่วงปี พ.ศ. 2557-2563

เมื่อนำข้อมูลปริมาณการจัดส่งน้ำชลประทานและปริมาณการสูบน้ำใต้ดินมาสรุปผลเป็นค่าเฉลี่ยรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2557-2563 และค่าเฉลี่ยรายเดือนรวมทั้งคำนวณสัดส่วนการใช้น้ำร่วม (Conjunctive Use) ดังแสดงในตารางที่ 6.2-1 และ 6.2-2 พบว่าในปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่มีสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินสูงที่สุด (20.1 : 79.9) ซึ่งจากสถิติภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2558 เป็นปีแล้งที่สุด ปริมาณน้ำต้นทุนในเขื่อนหลักอยู่ในระดับวิกฤตและทางโครงการฯ ได้ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรทราบถึงสถานการณ์น้ำรวมทั้งขอความร่วมมือให้งดการทำนาปรัง/ทำนาต่อเนื่อง ในขณะที่ปี พ.ศ. 2561 เป็นปีที่มีสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินน้อยที่สุด (4.7 : 95.3) เนื่องจากเป็นปีน้ำมาก มีปริมาณฝนตกชุกโดยทั่วไปและมีน้ำต้นทุนในเขื่อนหลักเพียงพอ ค่าเฉลี่ยในรอบ 7 ปี สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเฉลี่ย 11.0 : 89.0

ตารางที่ 6.2-1 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตรเฉลี่ยรายปี ช่วง พ.ศ. 2557-2563

Year	Ground Water Pumping (MCM)	Irrigation Water Supply (MCM)	%GW	%IRR
2014	39.42	514.52	7.1%	92.9%
2015	47.36	188.56	20.1%	79.9%
2016	55.48	499.79	10.0%	90.0%
2017	38.59	669.47	5.4%	94.6%
2018	39.42	794.77	4.7%	95.3%
2019	47.68	427.65	10.0%	90.0%
2020	58.64	238.77	19.7%	80.3%
Average	**46.65**	**476.22**	**11.0%**	**89.0%**

สำหรับสัดส่วนการใช้น้ำร่วมเฉลี่ยรายเดือน (ตารางที่ 6.2-2) พบว่าช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงที่มีสัดส่วนการสูบน้ำบาดาลสูงกว่าช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพอากาศของพื้นที่ โดยในเดือนธันวาคมเป็นต้นไปจะเป็นช่วงที่มีฝนใช้การน้อยมาก ประกอบกับมีการปรับลดปริมาณการส่งน้ำชลประทานจึงทำให้เกษตรกรมีความต้องการสูบน้ำสำหรับการปลูกข้าวนาปรังมากขึ้น ในขณะที่เดือนเมษายน-พฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีฝนจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เกษตรกรส่วนใหญ่จะเร่งทำการเตรียมแปลงเพื่อปลูกข้าวนาปี/นาปรังต่อเนื่อง แต่ปริมาณการจัดส่งน้ำชลประทานในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคมยังมีน้อย เกษตรกรจึงเปลี่ยนมาใช้การสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ของตนเองหรือพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อลดความขัดแย้งระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำที่สูบน้ำชลประทานจากคลองส่งน้ำ จึงทำให้เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินสูงที่สุด (45.18 : 54.82) ส่วนในช่วงฤดูฝนเนื่องจากมีฝนใช้การเป็นปริมาณน้ำหลักที่พื้นที่ได้รับ ทำให้เดือนสิงหาคม-กันยายนเป็นช่วงเดือนที่มีสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินน้อยที่สุด (3.45 : 96.55)

ตารางที่ 6.2-2 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชันสูตรเฉลี่ยรายเดือน

Month	Ground Water Pumping (MCM)	Irrigation Water Supply (MCM)	%GW	%IRR
Jan	5.19	27.30	15.96%	84.04%
Feb	4.68	22.39	17.30%	82.70%
Mar	5.19	20.41	20.26%	79.74%
Apr	5.02	6.09	45.18%	54.82%
May	5.19	24.75	17.32%	82.68%
Jun	2.63	45.57	5.46%	94.54%
Jul	2.72	51.69	5.00%	95.00%
Aug	2.72	76.13	3.45%	96.55%
Sep	2.63	73.73	3.45%	96.55%
Oct	2.72	58.09	4.47%	95.53%
Nov	2.63	45.52	5.46%	94.54%
Dec	5.35	24.54	17.89%	82.11%

6.3 งานพัฒนาระบบติดตามระดับน้ำในคลองและในแปลงนา

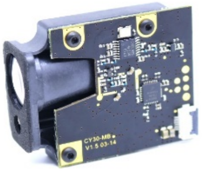
การพัฒนาระบบโครงข่ายและอุปกรณ์การติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการวางแผนการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำบาดาล โดยสามารถออกแบบการทำงานผ่านระบบโครงข่ายการสื่อสารแบบอินเทอร์เน็ตและทำงานร่วมกันเซนเซอร์ตรวจวัดผ่านระบบ IoT ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการแสดงผล และการประมวลผลข้อมูลผ่านระบบ Cloud Server งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวัดและติดตามระดับน้ำแบบ Real-time ผ่านระบบ IoT ณ ประตูระบายน้ำ (ปตร.) ที่สามารถรายงานผลระดับน้ำในคลองและในพื้นที่แปลงนา รวมทั้งออกแบบและพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลบน Cloud Server พร้อมทั้ง UI แสดงผลระดับน้ำที่ ปตร. และระดับน้ำในแปลงนาแบบ Real-time ระบบติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติจะสามารถเพิ่มความคล่องตัว ความแม่นยำ ในการวิเคราะห์ข้อมูล การตัดสินใจ และการตอบสนองต่อสถานการณ์เพื่อการวางแผนการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรได้อย่างทันทีทันใด ซึ่งจะก่อให้เกิดระบบการบริหารจัดการคลองระบายน้ำ ประตูระบายน้ำและการใช้น้ำในแปลงนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3.1 การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา

การพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการตรวจวัดระดับน้ำในคลองชลประทานและการวัดระดับน้ำในแปลงนาแบบไอโอที อาศัยหลักการการสะท้อนของเซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB (รูปที่ 6.3-1) ซึ่งสามารถวัดระยะทางสูงสุดได้ 40 m ที่ความละเอียด 0.01 mm ระดับความแม่นยำในการวัด ±2 mm โดยมีรายละเอียดคุณลักษณะดังนี้

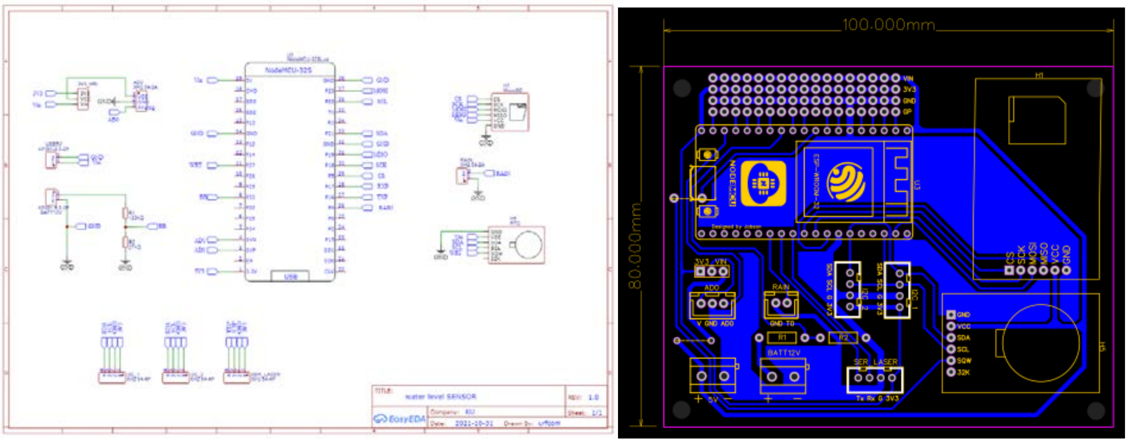
- Measuring range: 0.045-D (D is the maximum range) currently module D = 40, D = 70, D = 80, D = 100, and other specifications
- Resolution: 0.01 mm (0.00001 m)
- Measurement accuracy (standard deviation): ± 2.mm (within 10 m). More than 10m the formula is ± 2 + 0.05 * (D-10), D is the distance
- Distance Unit: meter
- Laser Type: 620-690nm
- Laser Class: II grade, <1 mW (secondary safety)
- Single measurement time: 0.25s
- Spot diameter: 6mm @ 10m,
- Working temperature: -0 ~ + 40°C
- Storage temperature: -20 ~ + 60°C
- Weight: 60g
- Dimensions (length × width × thickness): 4.8cm X 3.7cm X 1.8cm
- Supply voltage: DC 3.0v-3.3v

- IO voltage: TTL level compatible 3v-5v voltage

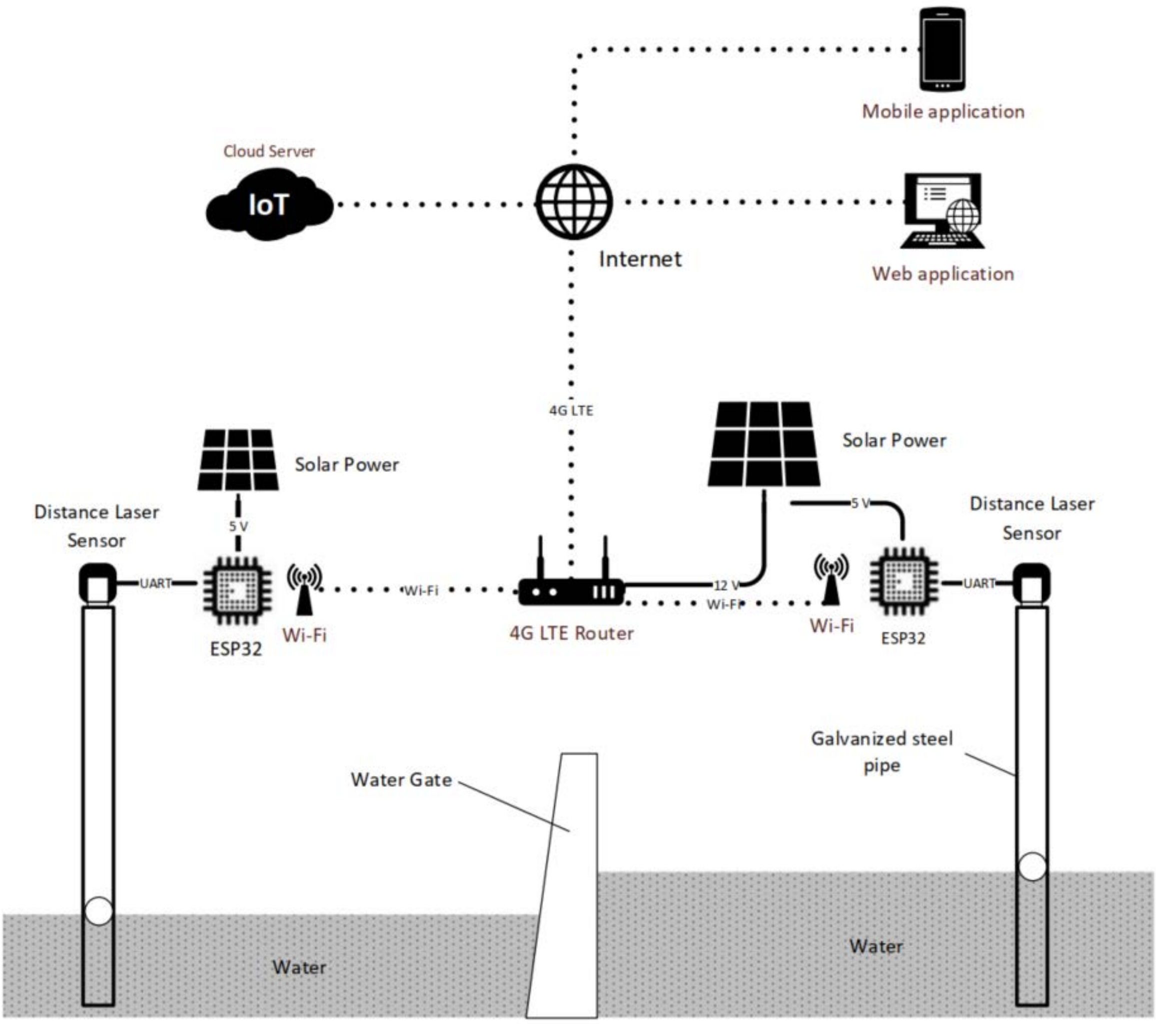


รูปที่ 6.3-1 เซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB

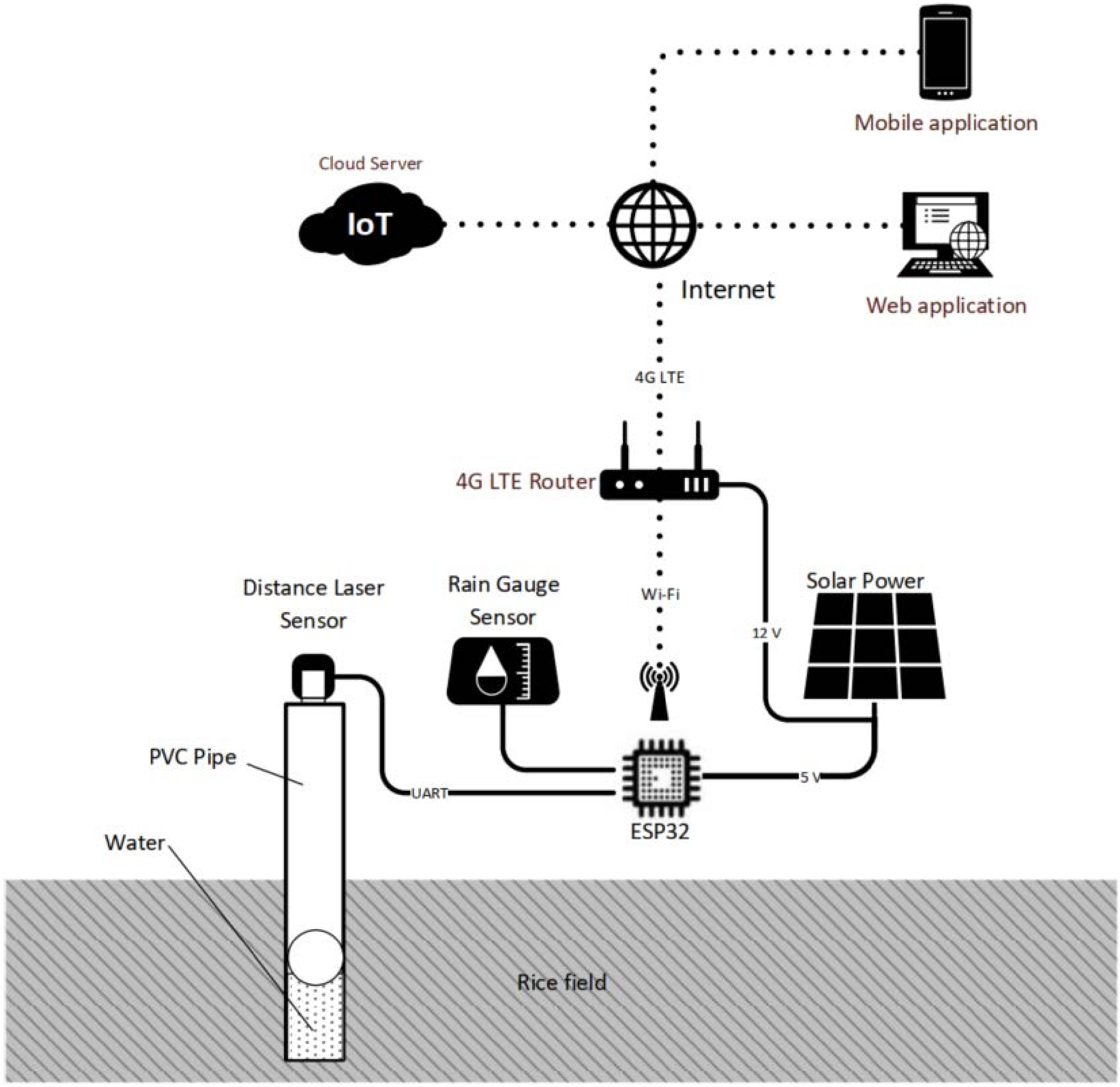
สำหรับการออกแบบบอร์ดคอมพิวเตอร์ฝังตัว ได้จัดทำผัง Schematic และส่งแบบลายปรินท์เพื่อจัดทำเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 6.3-2 โดยเซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB ถูกเชื่อมต่อกับบอร์ดคอมพิวเตอร์ฝังตัว เพื่ออ่านค่าระยะทางและทำการประมวลผลพร้อมคำนวณระดับน้ำเหนือประตูระบายน้ำและระดับน้ำในแปลงนาดังรูปที่ 6.3-3 บอร์ดคอมพิวเตอร์ฝังตัวจะรับค่าจากเซนเซอร์เลเซอร์นำมาประมวลผลคำนวณค่าระดับน้ำแล้วส่งค่าระดับน้ำในคลองเหนือ ปตร. แล้วส่งค่าระดับน้ำเหนือ ปตร. ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย 3G/4G ขึ้นสู่ระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลสำหรับการแสดงผลและประมวลผลกลุ่มข้อมูลต่อไป ส่วนของอุปกรณ์วัดค่าระดับน้ำในแปลงนาจะอาศัยหลักการเดียวกันในการวัดค่าและคำนวณผล โดยอุปกรณ์จะรายงานผลระดับน้ำ ณ จุดตรวจวัดไปยังระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูล สำหรับการแสดงผลและประมวลผลกลุ่มข้อมูลเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 6.3-4



รูปที่ 6.3-2 ผัง Schematic ของบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวและแผ่นลายปรินท์ต้นแบบ



รูปที่ 6.3-3 แผนภาพระบบโดยรวมการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ ปตร. และท้าย ปตร.

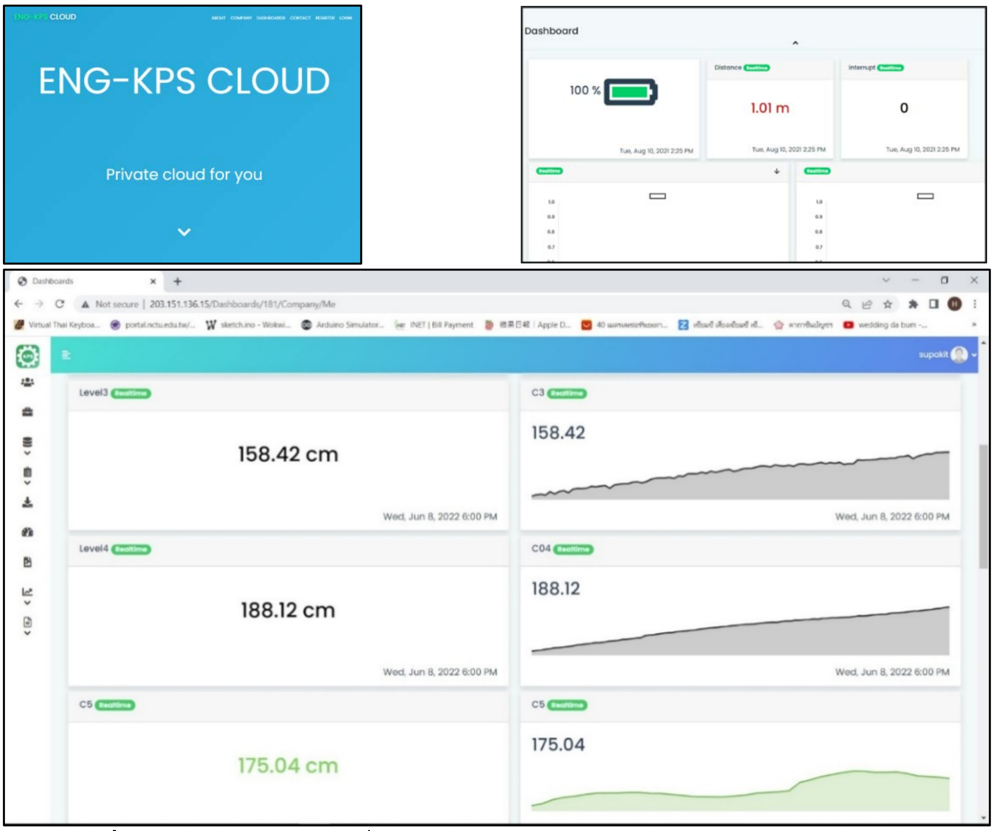


รูปที่ 6.3-4 แผนภาพระบบโดยรวมการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา

6.3.2 การพัฒนาระบบ Cloud และแบบ UI สำหรับติดตามและแสดงผลการวัดระดับน้ำ

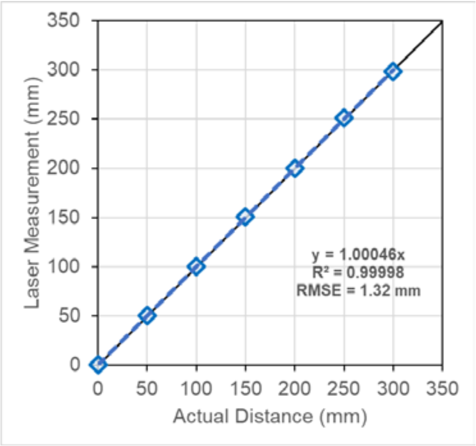
การพัฒนาระบบ Cloud และ UI สำหรับติดตามและแสดงผลการวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนาในรูปแบบเว็ปแอพพลิเคชั่น (web application) ซึ่งสามารถใช้งานได้ในหลากหลายแพลตฟอร์ม เช่น บนคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ หรือแทปเลต เป็นต้น ระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองหรืออุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา ผ่านเครือข่ายผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ 3G/4G คอมพิวเตอร์ฝังตัวภายในอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำทั้งสองแบบจะเรียกใช้ web service ที่ได้ทำการออกแบบไว้เพื่อส่งข้อมูลระดับน้ำในคลอง/ระดับน้ำในแปลงนาขึ้นไปจัดเก็บในฐานข้อมูลแบบ NoSQL (MongoDB) บนเว็ปแอพพลิเคชั่น

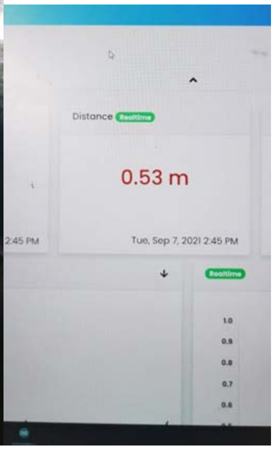
บนเว็ปแอพพลิเคชั่นจะทำการออกแบบส่วนแสดงผลข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลแบบ NoSQL โดยมี service ติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อดึงค่าข้อมูลออกมาแสดงผลบน Dashboard การแสดงผลสามารถแสดงผลได้หลากหลายลักษณะ เช่น ข้อความแสดงผล เกจแสดงผล รวมถึงกราฟแสดงผลที่สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังแบบ รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปีได้ ค่าที่แสดงผลบนกราฟสามารถส่งออกในรูปแบบไฟล์ excel เพื่อให้ผู้ใช้นำไปสรุปหรือประมวลผลต่อได้ดังแสดงในรูปที่ 6.3-5



รูปที่ 6.3-5 เว็ปแอพพลิเคชั่นและ Dashboard สำหรับเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ

สำหรับการทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลการวัดระดับน้ำบน Dashboard ที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6.3-6 ได้ทดสอบการวัดระดับน้ำเทียบกับระยะจริงเพื่อประเมินความคลาดเคลื่อนของการตรวจวัดของเซนเซอร์ CY-30MB ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเซนเซอร์สามารถวัดระดับน้ำได้แม่นยำ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 และมีค่า RMSE เท่ากับ 1.32 มิลลิเมตร ค่าระดับน้ำที่อ่านได้สามารถบันทึกเก็บไว้บน Cloud และเรียกแสดงผลบน Dashboard ผ่านเว็ปแอพพลิเคชั่นได้แบบ Real-time





รูปที่ 6.3-6 การทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลการวัดระดับน้ำบน Dashboard ที่ได้ออกแบบไว้

6.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนา

การกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ คณะนักวิจัยได้ประชุมร่วมกับเจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดสรรน้ำของโครงการฯ ชัณสูตร ได้ข้อสรุปเบื้องต้นสำหรับกำหนดพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

1. อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลอง ได้ทำการคัดเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมตรงประตูระบายน้ำ (ปตร.) ตามแนวคลอง 1 ขวา ซึ่งเป็นคลองส่งน้ำสายหลักในพื้นที่ฝั่งขวาของโครงการฯ ชัณสูตร ทำหน้าที่ส่งน้ำครอบคลุมพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2-7 และจากการลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งที่เหมาะสมมีอยู่ 5 ตำแหน่ง ประกอบด้วย

- ปตร.ปากคลอง 1 ขวา กม.0+100
- ปตร.สระแจง กม.6+030
- ปตร.บ้านยางกลาง กม.27+200
- ปตร.ท่าตะโก กม.40+400
- ปตร.ดอนกระโดน กม.56+000

โดยแต่ละตำแหน่ง จะทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ 2 จุด คือด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำอย่างละจุด

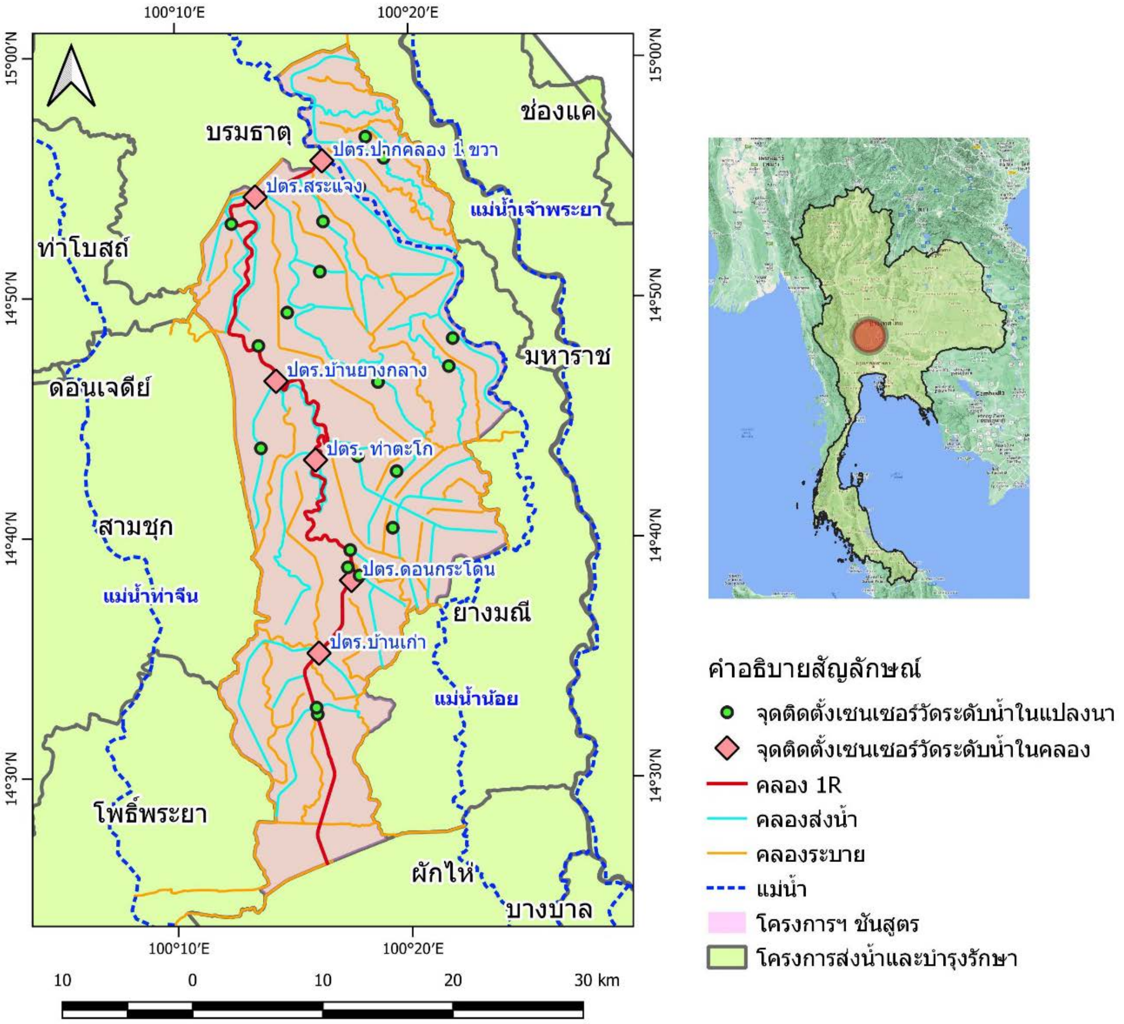
2. อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในแปลงนา ได้มีการประสานงานกับฝ่ายส่งน้ำต่างๆ เพื่อคัดเลือกเกษตรกรอาสาสมัคร เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ในแปลงนารวมทั้งสิ้น 20 จุด ตามรายชื่อและพิกัดในตารางที่ 6.3-1 โดยกำหนดจุดติดตั้งในแต่ละฝ่ายส่งน้ำ ให้กระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และกระจายกลุ่มตัวอย่าง

ให้ครอบคลุมการใช้น้ำจากคลองส่งน้ำสายซอย คลองระบาย คลองธรรมชาติ แหล่งน้ำอื่นๆ เพื่อให้เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่หลากหลาย

ตารางที่ 6.3-1 รายชื่อเกษตรกรและพิกัดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา

รายชื่อเกษตรกร	ที่อยู่	ฝ่ายส่งน้ำ	Lat-N	Lon-E
นายสำรวย น่วมนิ่ม	13 ม.4 ต.แม่ลา อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี	1	14.944747	100.302740
นางพายัพ ฟักโต	4 ม.5 ต.แม่ลา อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี	1	14.92997	100.315647
นางสมพิศ ร่วมรักษ	51 ม.3 ต.โพชนไก่ อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี	1	14.909672	100.298244
นายประพันธ์กลับฝั่ง	35/5 ม.7 ต.บ้านจ่า อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี	2	14.886043	100.272196
นายสมศักดิ์ทรัพย์เพิ่มพูล	1/1 ม.2 ต.โพสังโฆ อ.ค่ายบางจัน จ.สิงห์บุรี	2	14.804600	100.364200
นางน้ำทิพย์โตสงัด	10 ม.2 ต.โพประจักษ์ อ.ท่าช้าง จ.สิงห์บุรี	2	14.785200	100.361300
นางใบเตย ยิ้มกระจ่าง	1 ม.9 ต.แสวงหา อ.แสวงหา จ.อ่างทอง	3	14.774379	100.310756
นายบันทึก วิจารณ์ปรีชา	9/3 ม.3 ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี	3	14.822929	100.246301
นายเกษม หอมเทียน	35 ม.7 ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี	3	14.851224	100.269727
นายมนตรีพงษ์ชุบ	107 หมู่ 6 ต.วังน้ำเย็น อ.แสวงหา จ.อ่างทอง	4	14.728800	100.227000
นายธวัชแสงสว่าง	39/2 หมู่ 7 ต.ทุ่งคลี อ.เดิมบางนางบวช จ.สุพรรณบุรี	4	14.884600	100.206800
นายเกริ่นเชื้อนิล	54 หมู่ 5 ต.หนองกระทุ่ม อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี	4	14.799900	100.225600
นายอัครเดช โอรสแก้ว	23/2 ม.5 ต.ศรีพราน อ.แสวงหา จ.อ่างทอง	5	14.712466	100.323654
นายเฉลียว สีโสด	174/2 ม.2 ต.วังน้ำเย็น อ.แสวงหา จ.อ่างทอง	5	14.723115	100.296149
นายสุนทร ช่างประดิษฐ	79 ม.2 บ้านหัวงิ้ว ต.คำหยาด อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง	5	14.673197	100.320697
นางละมาย มูลมนัส	62/1 ม.4 ต.ยางช้าย อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง	6	14.657928	100.290268
นายสมาน โกฏแก้ว	144 ม.3 ต.ยางช้าย อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง	6	14.645859	100.288502
นายเสรีเปรมโปรย	59 ม.2 ต.ยางช้าย อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง	6	14.640202	100.296817
นางชำเรือง ขลังธรรมเนียม	ม.5 ห้วยคันแหลน อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง	7	14.543992	100.266453
นางจำเนียร ไหลสงวนงาม	ม.5 ห้วยคันแหลน อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง	7	14.548619	100.265706

สำหรับจุดพิกัดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนา ดังแสดงในแผนที่ในรูปที่ 6.3-7 และตัวอย่างภาพการติดตั้งในคลองและในแปลงนาดังแสดงในรูปที่ 6.3-8 และรูปที่ 6.3-9 ตามลำดับ



รูปที่ 6.3-7 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำปตร. ตามแนวคลอง 1 ขวา และ
อุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา

รูปที่ 6.3-8 จุดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำตรง ปตร. ในคลอง 1 ขวา

รูปที่ 6.3-9 จุดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา

บทที่ 7
ผลการศึกษาน้ำบาดาล

โครงการนี้มีผลการศึกษาในแต่ละด้าน ได้แก่ สภาพน้ำผิวดิน สภาพน้ำบาดาล การประเมินอัตราปริมาณการใช้น้ำบาดาล เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน การวางระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ สำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำโดยลงไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ คบ.ชัณสูตร และการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา สรุปได้ดังนี้

7.1 สภาพน้ำผิวดิน

สภาพน้ำผิวดินและการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษาภายใต้โดเมนการวิเคราะห์น้ำใต้ดินซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด 18 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา สรุปได้ว่าภาคการเกษตรได้รับจัดสรรน้ำกว่า 80% ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงกว่ากิจกรรมการใช้น้ำในด้านอื่นอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากความต้องการใช้น้ำในภาคการเกษตรซึ่งคิดเป็นสัดส่วนมากถึง 91.97% แสดงให้เห็นว่าในภาคการเกษตรมีโอกาสเกิดการขาดแคลนน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่นเสริม อาทิ คลองระบาย แหล่งน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ สระเก็บน้ำในไร่นา รวมทั้งการสูบน้ำใต้ดิน จากการประเมินการใช้น้ำร่วมจำแนกตามพื้นที่จังหวัดซึ่งรวมพื้นที่ทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน พบว่าสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาล:น้ำผิวดินคิดเป็น 5.63%: 94.37% และสัดส่วนการใช้น้ำร่วมจำแนกตามพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาซึ่งคิดเฉพาะในเขตพื้นที่ชลประทาน คิดเป็น 5.79% : 94.21%

7.2 สภาพน้ำบาดาล

1) ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 จากฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลหลักของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2 ระบบ ได้แก่ ระบบฐานข้อมูลพสุธาราของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล (ศทบ.) และระบบฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลสารสนเทศการประกอบกิจการน้ำบาดาล ของสำนักควบคุมกิจการน้ำบาดาล (สคบ.) และข้อมูล กชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2562 พบว่า มีบ่อน้ำตื้น (ใส่ปลอกซีเมนต์, ไม้, คอนกรีต และบ่อดิน) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 74,553 บ่อ จำแนกเป็นบ่อขุดส่วนตัว จำนวน 66,256 บ่อ และบ่อขุดสาธารณะ จำนวน 8,297 บ่อ และบ่อน้ำบาดาล (บ่อตอก บ่อเจาะ) จำนวน 83,727 บ่อ จำแนกเป็น บ่อบาดาลส่วนตัว จำนวน 74,513 บ่อ และบ่อบาดาลสาธารณะ จำนวน 9,214 บ่อได้

2) การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

ได้ดำเนินการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และจากข้อมูล กชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวนประมาณ 17,000 บ่อและเพิ่มเติมจากข้อมูล กชช. 2ค อีกประมาณ 67,000 บ่อ รวมเป็นบ่อทั้งสิ้น 84,000 บ่อ จากการประเมินการใช้น้ำในพื้นที่ศึกษาประมาณ 2,600,000 ลบ.ม/วัน

7.3 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

ได้ดำเนินการวิเคราะห์และประเมินการใช้น้ำบาดาล โดยกำหนดกรอบการพิจารณาเป็น 3 หมวด ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

ได้ดำเนินประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และจากข้อมูล กชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวนประมาณ 17,000 บ่อและเพิ่มเติมจากข้อมูล กชช. 2ค อีกประมาณ 67,000 บ่อ รวมเป็นบ่อทั้งสิ้น 84,000 บ่อ จากการประเมินการใช้น้ำในพื้นที่ศึกษาประมาณ 2,600,000 ลบ.ม/วัน

7.4 เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆ จากการขาดแคลนน้ำ
2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัด เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย

4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย

7.5 การวางระบบติดตามน้ำบาดาล

ทางโครงการฯ ได้ดำเนินการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ จำนวน 4 จุด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังนี้

1) ต.โพงาม อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท
2) ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี
3) ต.มงคลธรรมนิมิต อ.สามโก้ จ.อ่างทอง
4) ต.นาคู อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา

โดยประโยชน์จากข้อมูลการติดตามระดับน้ำในจุดดังกล่าวสามารถนำมาประมาณปริมาณการสูบน้ำรายฤดูการ โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและปริมาณการสูบน้ำบาดาลของจังหวัดนั้นๆ เพื่อการบริหารจัดการน้ำร่วมได้

7.6 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่างๆ

จำลองสภาพเหตุการณ์ของปริมาณน้ำบาดาลในสภาพปีน้ำต่างๆ โดยการกำหนดปีน้ำใช้เกณฑ์ปริมาณฝนรายปีที่ตก ได้จัดแบ่งออกเป็น 3 ปีน้ำ 1) ปีน้ำมาก ค่าปริมาณฝนที่ตกมากกว่า 1,400 มม/ปี 2) ปีน้ำปกติ ค่าปริมาณฝนอยู่ระหว่าง 1,000-1,400 มม/ปี และ 3) ปีน้ำน้อย ค่าปริมาณฝนตกน้อยกว่า 1,000 มม/ปี เพื่อหาปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้โดยระดับน้ำบาดาลไม่ต่ำกว่าความลึกที่กำหนด (ต่ำจากผิวดินไม่เกิน 20เมตร) โดยในหัวข้อนี้นำเสนอผลของการจำลองเชิงภูมิภาคพื้นที่ภาคกลางตอนบน ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างและแบบจำลองเชิงโครงการพื้นที่ คบ.ชัณสูตร โดยพื้นที่ภาคกลางตอนบนนั้นนำผลมาจากโครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”ระยะที่ 1 และโครงการ “ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง” มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของบริเวณภาคกลางตอนบนที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 2,234 2,000 และ 1,655 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับเมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดอุตรดิตถ์พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาล

ที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 60 47 และ 34 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุโขทัยพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 516 374 และ 354 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 494 490 และ 368 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิจิตรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 554 520 และ 396 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดกำแพงเพชรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 315 282 และ 267 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 295 283 และ 236 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 1,002 804 และ 604 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 302 242 และ 182 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 320 257 และ 193 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 238 191 และ 143 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ และสำหรับชั้นที่ 4 มีค่าเท่ากับ 142 114 และ 86 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดชัยนาทพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 158 126 และ 95 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสิงห์บุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 128 99 และ 73 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดอ่างทองพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 56 42 และ 31 ล้านลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 122 101 และ 77 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดลพบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 63 48 และ 35 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสระบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 72 62 และ 47 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 404 327 และ 246 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 77.9 64.5 และ 49.1 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้ในช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 35.8 39.0 และ 52.3 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนและแม่น้ำในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 25.8 20.2 และ 19.2 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

7.7 สำรวจติดตามการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อประเมินการใช้น้ำโดยลงไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ คบ.ชัณสูตร

จากข้อมูลพิกัดที่ตั้งของบ่อบาดาลน้ำตื้นของเกษตรในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร รวบรวมจากรายงานวิจัย *“โครงการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”* พบว่ามีจำนวน 1,328 บ่อ จากจำนวนบ่อดังกล่าวสามารถกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการสำรวจแบบสอบถามเพื่อหาข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำบาดาล โดยประมาณจำนวนแบบสอบถามจากวิธี Taro Yamane ได้จำนวน 307 ชุด +10% รวมจำนวน 338 ชุด ซึ่งการสำรวจครั้งนี้ได้แจกจ่ายแบบสอบถามรวมจำนวน 467 ชุด กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาไปตามสัดส่วนของจำนวนบ่อบาดาลในแต่ละฝ่ายส่งน้ำของโครงการ และได้รับแบบสอบถามกลับมาจำนวน 416 ชุด โดยมีการกระจายตำแหน่งของแบบสอบถามตามตำแหน่งของบ่อบาดาลในพื้นที่โครงการ

ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามจำแนกตามพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา จะเห็นได้ว่าพื้นที่ทางตอนล่างของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร (ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 7) ไม่มีการเพาะปลูกข้าวนาปี ซึ่งจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่พบว่าช่วงเวลาเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ตอนล่างไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในคลองชลประทาน และเนื่องด้วยปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งมาถึงพื้นที่ตอนล่างมักมีปริมาณจำกัด ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่พึ่งพาน้ำจากบ่อบาดาลเป็นหลัก ดังนั้นช่วงเวลาการเพาะปลูกจึงมักจะเป็นการปลูกข้าวนอกฤดูเป็นหลัก

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อหาค่าความถี่ในการสูบน้ำรายเดือนเฉลี่ยรายบ่อ ด้วยการหาค่าความถี่ในแต่ละเดือนมาเฉลี่ยตามจำนวนบ่อในพื้นที่ จะเห็นได้ว่าความถี่ของการสูบน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม โดยความถี่ในการสูบน้ำจะสูงสุดในเดือนพฤษภาคม มีค่าเฉลี่ยประมาณ

3.74 ครั้ง/เดือน/บ่อ ส่วนในช่วงเดือนกันยายนถึงมีนาคม ความถี่ของการสูบน้ำจะลดลงต่ำกว่า 1 ครั้ง/เดือน/บ่อ โดยจะมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.12 ครั้ง/เดือน/บ่อ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม พบว่า ความลึกเฉลี่ยของบ่อบาดาลในพื้นที่ประมาณ 33.6 ม. จากผิวดิน (ลึกสุด 67 ม. และตื้นสุด 4 ม.) โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความลึก 30 ถึง 35 เมตร การสูบน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่จะใช้เครื่องสูบน้ำ 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องสูบชนิดแรงเหวี่ยง 53.9% และเครื่องสูบชนิดซับเมอร์ส 42.1% โดยจากผลการสำรวจพบว่าขนาดของเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยง แบ่งได้ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่ง ออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาด 2 นิ้ว, 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว โดย 89.1% ของเครื่องสูบชนิดนี้เป็นเครื่องสูบน้ำขนาด 4 นิ้ว สำหรับเครื่องสูบน้ำชนิดซับเมอร์สสามารถแบ่งตามกำลังของเครื่องสูบน้ำได้เป็น 4 ขนาด คือ ต่ำกว่า 2 แรงม้า, 2 แรงม้า, 3 แรงม้า และ 4 แรงม้า โดยส่วนใหญ่ของเครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีขนาด 3 แรงม้า (41.1%)

7.8 การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา

การพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการตรวจวัดระดับน้ำในคลองชลประทานและการวัดระดับน้ำในแปลงนาแบบไอโอที อาศัยหลักการการสะท้อนของเซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB และได้ดำเนินการพัฒนาระบบคลาวด์และ UI สำหรับติดตามและแสดงผลการวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนา ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (web application) ซึ่งสามารถใช้งานได้ในหลากหลายแพลตฟอร์มสำหรับกำหนดพื้นที่ติดตั้ง อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองได้ทำการคัดเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมตามแนวคลอง 1 ขวา ซึ่งเป็นคลองส่งน้ำสายหลักในพื้นที่ฝั่งขวาของโครงการชัณสูตร ทำหน้าที่ส่งน้ำครอบคลุมพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำที่ 2-7 และจากการลงพื้นที่สำรวจเบื้องต้นตำแหน่งที่เหมาะสมมีอยู่ 5 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่ง จะทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ 2 จุด คือด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำอย่างละจุด ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในแปลงนา เบื้องต้นได้มีการประสานงานกับฝ่ายส่งน้ำต่างๆ เพื่อคัดเลือกเกษตรกรอาสาสมัคร เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ในแปลงนารวมทั้งสิ้น 20 จุด โดยกำหนดจุดติดตั้งในแต่ละฝ่ายส่งน้ำ ให้กระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และกระจายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมการใช้น้ำจากคลองส่งน้ำสายซอย คลองระบาย คลองธรรมชาติ แหล่งน้ำอื่นๆ เพื่อให้เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่หลากหลาย

บทที่ 8
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

โครงการ การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง ทั้งนี้ได้สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

8.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ได้เครื่องมือการบริหารจัดการปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถคาดการณ์ปริมาณศักยภาพน้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาล ปีน้ำและน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยคาดการณ์ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในการใช้น้ำบาดาล โดยสรุปผลการศึกษา ดังนี้

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของบริเวณภาคกลางตอนบนที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 2,234 2,000 และ 1,655 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับเมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดอุตรดิตถ์พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 60 47 และ 34 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุโขทัยพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 516 374 และ 354 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 494 490 และ 368 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพิจิตรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 554 520 และ 396 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดกำแพงเพชรพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 315 282 และ 267 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 295 283 และ 236 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 1,002 804 และ 604 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับโดยเมื่อพิจารณาจากสภาพปี พ.ศ. 2563

ที่มีการสูบน้ำบาดาลรวม 522 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีพบว่ายังมีปริมาณการสูบน้ำบาดาลทียังสูบได้อีกเท่ากับ 480 282 และ 82 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 302 242 และ 182 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 320 257 และ 193 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 238 191 และ 143 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ และสำหรับชั้นที่ 4 มีค่าเท่ากับ 142 114 และ 86 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณารายจังหวัดสำหรับจังหวัดชัยนาทพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 158 126 และ 95 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสิงห์บุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 128 99 และ 73 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดอ่างทองพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 56 42 และ 31 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 122 101 และ 77 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดลพบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 63 48 และ 35 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสระบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 72 62 และ 47 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 404 327 และ 246 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

พื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

สำหรับปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 77.9 64.5 และ 49.1 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้ในช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 35.8 39.0 และ 52.3 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนและแม่น้ำในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 25.8 20.2 และ 19.2 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติและน้ำน้อย ตามลำดับ

เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆ จากการขาดแคลนน้ำ
2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัด เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย
4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย

8.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงานควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วมดังต่อไปนี้

1. พัฒนาระบบฐานข้อมูล
    1) ควรมีบ่อสังเกตการณ์วัดระดับน้ำบาดาลกระจายทั่วพื้นที่อย่างเพียงพอและมีการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์อย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์หรือทุกเดือน เพื่อติดตามสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลให้ทันเหตุการณ์ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับแบบจำลองน้ำบาดาลให้ทันเหตุการณ์
    2) ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล แบบ Real-Time กระจายทั้งพื้นที่ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าเชื่อมโยงกับแบบจำลองน้ำบาดาลให้ทันเหตุการณ์

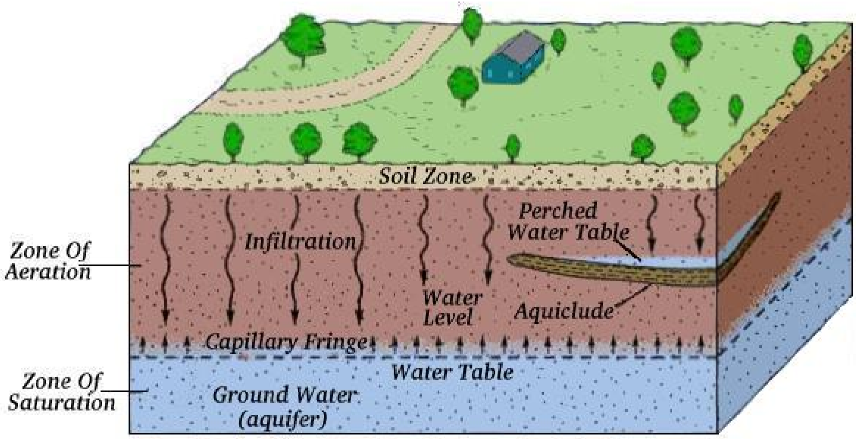
3) ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับในแม่น้ำแบบ Real-Time กระจายตลอดความยาวแม่น้ำ หรือคลองที่สำคัญในพื้นที่ศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์น้ำผิวดินในพื้นที่ให้ทันเหตุการณ์และประเมินการเติมน้ำจากแม่น้ำสู่น้ำบาดาล

4) ควรติดตั้งเครื่องมือวัดข้อมูลการใช้น้ำของการเพาะปลูกพืชด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เครื่องมือวัดความชื้นในดิน เครื่องมือวัดระดับน้ำในแปลงนา ภาพถ่ายดาวเทียมประเมินพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น

2. ศึกษาวิจัยรายละเอียดถึงสภาพกลไกการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติเช่นแหล่งน้ำที่เติมเช่นจากฝนในพื้นที่ หรือจากแหล่งน้ำผิวดินอื่นๆ ระยะเวลาที่เดินทางมาเติมเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล

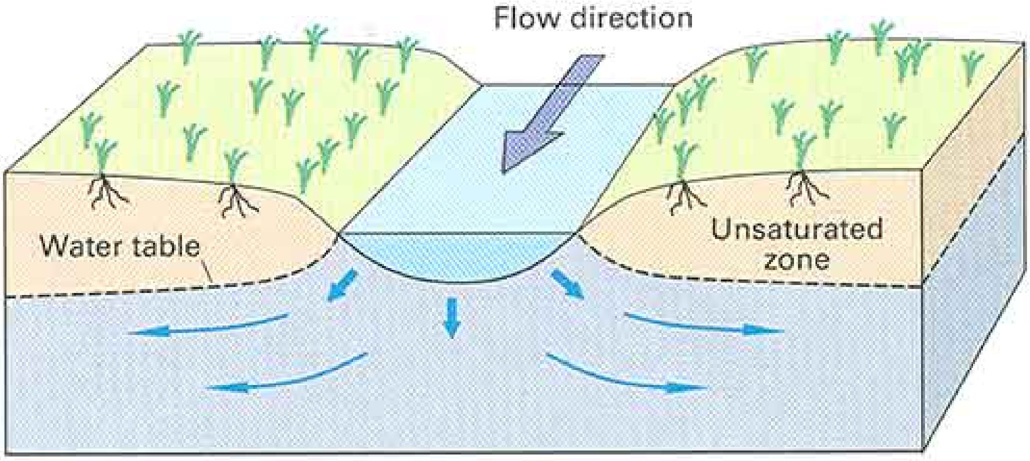
1) กลไกการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติในประเทศไทย

การเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติเกิดจากฝนไหลซึมจากผิวดินไปสู่ใต้ผิวดินไปสู่ชั้น Aeration Zone ชั้น Saturation Zone และชั้นน้ำบาดาล ดังรูปที่ 8-1 นอกจากนั้นน้ำฝนแล้ว ยังมีน้ำที่เติมจากแม่น้ำ คลองดิน สระน้ำ หรือทะเลสาบ (รูปที่ 8-2) เป็นต้น เมื่อน้ำผิวดินเติมเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลจะมีปัจจัยที่มีผลต่อการไหลจากการเติมน้ำผิวดิน คือ ปริมาณการเติมน้ำ (Recharge Quantity) ระดับความสูงของสภาพภูมิประเทศ (Topography Altitude Variation) สภาพการใช้ที่ดิน (Land Uses) สภาพธรณีวิทยา (Geology) คุณสมบัติของหิน (Porous Media Properties) เป็นต้น จากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ทำให้น้ำผิวดินที่เติมลงมาสู่น้ำบาดาล จะมีการไหลแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ (รูปที่ 8-3) คือ (1) การไหลแบบ Local Flow System คือการไหลน้ำบาดาลในช่วงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งขนาดเล็ก เมื่อเติมน้ำจากด้านเหนือน้ำของแอ่งหรือ Local R (Local Recharge) จะมีการไหลตื้นๆ จากผิวดิน และมาไหลออกที่ด้านท้ายน้ำของแอ่ง Local D (Local Discharge) (2) การไหลแบบ Intermediate Flow System คือการไหลน้ำบาดาลผ่านช่วงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งหลายแอ่ง เมื่อมีการไหลเติมน้ำ (Intermediate R) น้ำบาดาลจะไหลลึกขึ้น และการไหลจะยาวขึ้นกว่าการไหลแบบ Local Flow System และไหล และมาไหลออกสู่ผิวดิน (Intermediate D) และ (3) การไหลแบบ Regional Flow System คือการไหลน้ำบาดาล ผ่านช่วงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งหลายแอ่ง จากจุดสูงสุด หรือด้านเหนือน้ำของสภาพภูมิประเทศตรงนั้น ไปสู่ด้านภูมิประเทศ



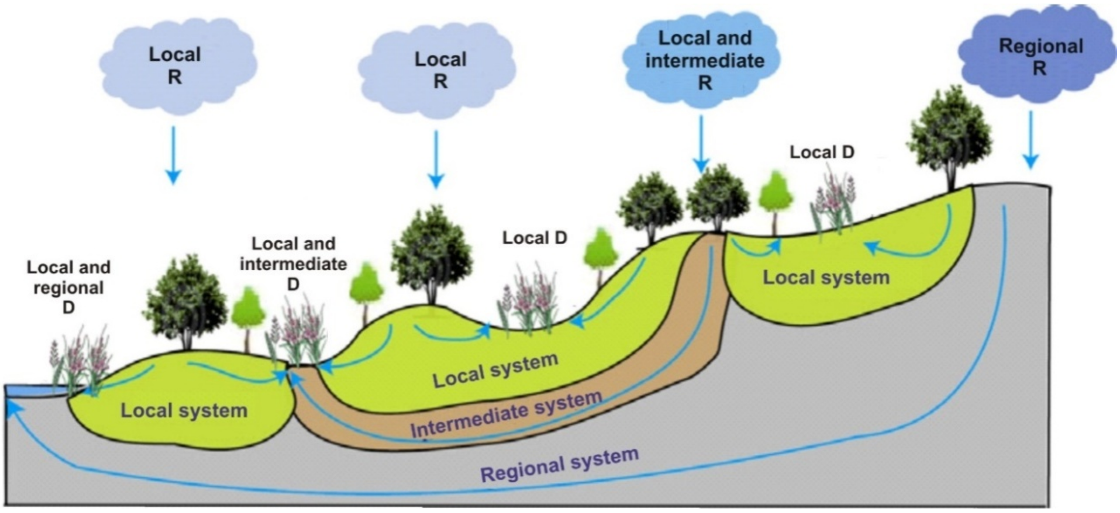
(พัชรศักดิ์ อาลัย, 2557)

รูปที่ 8-1 การกระจายตัวของน้ำใต้ดินสู่น้ำบาดาล



(Cureriver.org: https://www.cureriver.org/2014/07/22/groundwater-101-where-does-groundwater-come-from-where-does-it-go/)

รูปที่ 8-2 การเติมน้ำจากแม่น้ำ คลองดิน ทางน้ำเปิด หรือทะเลสาบ



(IAH: https://regionalgwflow.iah.org/regional-groundwater-flow)

รูปที่ 8-3 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการไหลของการเติมน้ำบาดาล และการไหลของน้ำบาดาล

ระดับต่ำสุด หรือด้านท้ายน้ำของสภาพภูมิประเทศตรงนั้น เมื่อมีการเติมน้ำ (Regional R) น้ำบาดาลจะไหลลึกที่สุดในระบบการไหลน้ำบาดาลตรงนั้น การไหลจะยาวขึ้นกว่าการไหลแบบ Intermediate Flow System และไหลออกสู่ผิวดิน (Regional D) ซึ่งการที่น้ำที่เติมลงไปจะไหลช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่กล่าวข้างต้น

2) วิธีการประมาณการการเติมน้ำมี 2 วิธีหลักคือ วิธีทางกายภาพ (Physical Method) และวิธี Tracer (Tracer Method)

3. ศึกษาวิจัยการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
   1. ควรมีการสำรวจสอบถามผู้ใช้น้ำในพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลปริมาณและรูปแบบการใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
   2. ควรมีการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดินอย่างต่อเนื่องทุกช่วงเวลา ทุกเดือน ทุกฤดูกาลเพาะปลูกหรือทุกปีเปรียบเทียบกับความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ โดยการสำรวจสอบถามผู้ใช้น้ำในพื้นที่และการคำนวณด้วยแบบจำลองน้ำบาดาลร่วมกับแบบจำลองน้ำผิวดิน
   3. ประเมินสมดุลน้ำระหว่างความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่ได้รับและสัดส่วนการใช้น้ำระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
4. ปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล
   1) ปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลอย่างสม่ำเสมอให้เป็นปัจจุบัน (update model) โดยใช้ข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องตามสภาพพื้นที่และการใช้น้ำบาดาลให้เป็นปัจจุบัน
   2) ควรประยุกต์ใช้แบบจำลองที่เชื่อมโยงระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ และที่เกิดขึ้นจริงเพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลเพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำและการเติมน้ำในชั้นน้ำบาดาลระดับต่างๆ
   3) นำผลการจำลองและข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาจัดทำเป็นฐานข้อมูลสถานการณ์น้ำแบบต่างๆเพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำบาดาลและน้ำผิวดินในปัจจุบันและอนาคต เพื่อที่จะลดปัญหาการขาดแคลนน้ำและความเสียหายต่อผลผลิตจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่
5. ศึกษาวิจัยการเติมน้ำบาดาล
   1) ควรมีการศึกษาวิจัยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจากน้ำฝนและน้ำท่ารวมทั้งการใช้โครงสร้างเช่น บ่อเติมน้ำบาดาล สระเติมน้ำบาดาล สูบน้ำเข้าบ่อเติมน้ำบาดาลให้มีความถูกต้องมากขึ้น
   2) ติดตามประสิทธิผลของการเติมน้ำบาดาลจากวิธีการต่างๆ

6. จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
   1) จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาภายใต้สถานการณ์น้ำแบบต่างๆ
   2) ติดตามประสิทธิผลของการใช้เกณฑ์การใช้น้ำร่วมที่มีผลต่อการลดลงของการขาดแคลนน้ำ
7. เผยแพร่ข้อมูลและแจ้งข้อมูลเตือนภัยล่วงหน้าต่อสาธารณะ
   1) รายงานข้อมูลระดับน้ำบาดาลต่อสาธารณะ สม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง ทุกสัปดาห์หรือทุกเดือน เช่นเดียวกับข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า ผ่านช่องทางสื่อสารต่างๆ ที่ผู้ใช้น้ำ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่สามารถรับข้อมูลได้สะดวกและทันเหตุการณ์เช่น website mobile application LINE เป็นต้น
   2) แจ้งข้อมูลเตือนภัยล่วงหน้าถึงสถานการณ์น้ำบาดาลเช่นเดียวกับเตือนภัย น้ำท่วม น้ำหลาก เพื่อให้ทราบว่าระดับน้ำบาดาลมีค่าลดลงจนใกล้เคียงหรือต่ำกว่าระดับน้ำวิกฤติที่ความลึกน้ำบาดาลวัดจากระดับพื้นดินเกิน 20 เมตรหรือไม่ หากเกินควรแจ้งเตือนให้งดหรือลดการใช้น้ำบาดาลเพื่อให้ประชาชนเตรียมตัวและลดการใช้น้ำบาดาลลง ลดปริมาณการเพาะปลูกลง ช่วยให้ลดความเสียหายต่อผลผลิตจากการขาดแคลนน้ำเนื่องจากเพาะปลูกมากเกินไป เพื่อให้น้ำบาดาลไม่เสียสมดุลและสามารถฟื้นตัวคืนสู่ระดับน้ำปกติได้ในฤดูกาลหรือปีถัดไป
   3) หากพบว่าระดับน้ำบาดาลมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 10 – 20 ปี แสดงว่ามีปริมาณการใช้น้ำบาดาลมากกว่าปริมาณการเติมน้ำบาดาล ดังนั้น ควรหาทางแก้ไขไม่ให้ระดับน้ำบาดาลลดลงต่อไปอีกโดยการลดการใช้น้ำบาดาล ใช้น้ำจากแหล่งอื่นและหาทางเติมน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นจากน้ำฝน น้ำท่าและมาตรการการเติมน้ำบาดาลต่างๆ
8. ศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล

ในการศึกษาในอนาคต ควรมีการศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล (Groundwater Bank) (พัชรศักดิ์ อาลัย, 2563) แนวคิดที่ถูกต้องของธนาคารน้ำบาดาลคือ แนวคิดของธนาคารนั้นเอง คือ “ต้องคำนวณให้ได้ว่าฝากน้ำจากผิวดินไปสู่ชั้นน้ำบาดาลเท่าไร บัญชีหรือปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลที่สามารถเก็บน้ำได้มีปริมาตรเท่าไร และสุดท้ายสามารถเบิกน้ำมาใช้ได้เท่าไรที่ไม่ทำให้บัญชีน้ำบาดาลติดลบในช่วงที่น้ำอุปทานจากน้ำผิวดินไม่เพียงพอเพื่อวัตถุประสงค์การใช้” ในประเทศสหรัฐอเมริกามีความก้าวหน้าในการประยุกต์ใช้ธนาคารน้ำบาดาล คือประชาชนสามารถบริหารจัดการการใช้ธนาคารน้ำบาดาลได้ ผ่านการซื้อหรือขายน้ำบาดาลตามสิทธิในทรัพยากรของน้ำบาดาลที่ตนเองมีสิทธิ

สำหรับการศึกษาการประยุกต์ใช้ธนาคารน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ต้องมีการศึกษาการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้เท่าไรอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลเหลือในการเก็บกักน้ำจากผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินในฤดูฝนที่มีน้ำมาก แล้วสามารถนำน้ำบาดาลที่เก็บกักไว้นี้มาเสริมใช้ในช่วงปีหรือฤดูกาลที่มีน้ำไม่เพียงพอจากการใช้น้ำผิวดิน มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมของแม่น้ำยม เพื่อเป็น

กลไกในการบริหารจัดการในการเพิ่มความมั่นคงของน้ำด้านอุปทานโดยใช้น้ำบาดาลมาเสริมน้ำจากชลประทานหรือน้ำผิวดิน โดยการศึกษานี้จะดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาสมดุลน้ำในระบบที่พิจารณาทั้งหมด เช่น น้ำฝน การระเหย น้ำไหลเข้า น้ำไหลออกจากผิวดิน แหล่งน้ำผิวดินทั้งจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำในระบบชลประทานทั้งหมด
2) ศึกษารอบการเกิดซ้ำของน้ำท่วม หรือภัยแล้งของพื้นที่ศึกษา
3) ศึกษาแนวคิดของความจุของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา คือ ต้องมีการศึกษาตั้งแต่ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ชลศาสตร์ของน้ำบาดาล และอื่นๆ เป็นต้น
4) วิธีการของธนาคารน้ำบาดาลที่จะนำมาประยุกต์ใช้
5) วิธีการที่เหมาะสมในการเติมน้ำ และการบริหารจัดการพื้นที่เพาะปลูก
6) บัญชีธนาคารน้ำบาดาล
7) การบริหารจัดการทางด้านทรัพยากรน้ำ กฎหมาย วิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม
8) ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์
9) การทดลองประยุกต์ใช้จริงควรมีระยะเวลาการศึกษาอย่างน้อยในระยะเวลาที่ได้ผลการศึกษาจากข้อ 2 เพื่อให้เห็นทั้งปีแล้งหรือปีน้ำท่วม

ในการทำงานไม่ว่าจะเป็นการลงพื้นที่เพื่อสำรวจข้อมูลภาคสนามนั้นเป็นช่วงที่เกิดสถานการณ์โควิด-19 แพร่ระบาด ทำให้ประสบปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานโครงการ มีดังนี้

- ไม่สามารถลงพื้นที่ได้ จึงได้ประชุมกับหัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรแบบออนไลน์แทนแต่ในช่วงที่สถานการณ์โควิดดีขึ้น รัฐบาลอนุญาติให้ลงพื้นที่จึงค่อยสามารถลงสนามเพื่อสำรวจและติดตั้งเครื่องมือได้จึงทำให้งานมีความล่าช้าและติดขัด

- ปัญหาการแพร่ระบาดของ COVID-19 ทำให้การสำรวจข้อมูลภาคสนาม (สำรวจการสูบน้ำและการสำรวจพื้นที่เพื่อติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ) ไม่สามารถดำเนินการได้สะดวก คาดว่าจะล่าช้าไปอีกประมาณ 1-2 เดือนนอกจากนี้ ในขั้นตอนการพัฒนาอุปกรณ์วัดระดับน้ำต้นแบบและระบบ Cloud สำหรับจัดเก็บและติดตามข้อมูล จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงและเครื่องมือในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัย ซึ่งทางมหาวิทยาลัยมีมาตรการให้ Work from Home สลับกับการมาปฏิบัติราชการแบบวันเว้นวัน จึงทำให้การทำวิจัยมีความล่าช้ากว่าแผน อย่างไรก็ตาม แนวทางการแก้ไขในการดำเนินการสำรวจข้อมูลการสูบน้ำ ได้ประสานขอความร่วมมือให้ทางเจ้าหน้าที่ของโครงการฯ ชัณสูตรในแต่ละฝ่ายส่งน้ำช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากเกษตรกรในพื้นที่มาให้

- ปัญหาการ Logistics สินค้าจากต่างประเทศ ซึ่งในโครงการต้องสั่งซื้อนำเข้าเซนเซอร์เลเซอร์คุณภาพสูงจากต่างประเทศและสั่งทำบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวจากต่างประเทศ ซึ่งคาดว่าเป็นผลกระทบต่อเนื่องจาก COVID-19 ที่ทำให้ขั้นตอนการขนส่งนำเข้าสินค้าล่าช้า นอกจากนี้เนื่องจากสินค้าที่สั่งซื้อมีจำนวนชิ้นส่วนมากและราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูงคาดว่าปัญหาด้านกระบวนการภาษีศุลกากร

จะทำให้ขั้นตอนการนำเข้าสินค้ามาใช้ในงานวิจัยล่าช้าด้วย แนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นคือจะทำการทดลองใช้เซนเซอร์อื่นที่คุณภาพพอใช้งานได้และมีจำหน่ายในท้องตลาดในประเทศเป็นการชั่วคราว เมื่อเซนเซอร์ที่สั่งนำเข้ามาถึงจึงจะนำไปสลับเปลี่ยนเพื่อใช้งานต่อไป

- ปัญหาการติดตั้งอุปกรณ์วัดน้ำในคลองมีความล่าช้า เนื่องจากต้องประสานขออนุญาตใช้สถานที่และสำรวจจุดติดตั้งร่วมกับทางโครงการฯ ชัณสูตร นอกจากนี้ทางโครงการฯ ได้เสนอแนะให้ปรับการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อวัดระดับน้ำทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของ ปตร. เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมินอัตราการไหลของน้ำผ่าน ปตร.ด้วย อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจภาคสนาม พบว่าจุดตำแหน่งติดตั้งด้านท้ายน้ำจะเป็นอุปสรรคเนื่องจากไม่มีโครงสร้างรองรับยึดติดกับชุดอุปกรณ์ซึ่งอาจมีความเสี่ยงต่อการถูกน้ำพัดพาเสียหายได้ แนวทางแก้ไขเบื้องต้นคือจะทดลองการออกแบบการติดตั้งท่อในแนวเอียงตามความลาดเอียงของหน้าตัดคลองและปรับเทียบค่าระดับน้ำตามความลาดเอียงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. รายงานหลักงานศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นโครงการศึกษาวิธีการเพิ่มศักยภาพน้ำใต้ดิน จังหวัดสุโขทัย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2540.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาประเมินศักยภาพแอ่งน้ำบาดาล (แอ่งเชียงใหม่ แอ่งเจ้าพระยาตอนบน และแอ่งแม่กลอง).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1“การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย”.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาและแก้ไขภัยแล้งและบรรเทาน้ำท่วมโดยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ระยะที่ 2).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก 2544, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2554, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาทดลองการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินผ่านระบบสระน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่าง จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และพิจิตร.

กรมพัฒนาที่ดิน. การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 2547.

กรมพัฒนาที่ดิน. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคกลางของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 54/03/48 สำนักสำรวจและวางแผน. 2548.

กรมพัฒนาที่ดิน. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 53/03/48 สำนักสำรวจและวางแผน. 2548.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคกลางตอนบน. เมษายน 2549.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง. สิงหาคม 2545.

เจริญ เชื่อมไธสง. กำเนิดน้ำบาดาล และแหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทย. กรมทรัพยากรธรณี. 2522.

เจริญ เพียรเจริญ. น้ำบาดาล-บ่อบาดาล. กองควบคุมกิจการน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี. 2540.

ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมายด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ ระยะที่ 1 ตุลาคม 2563.

นิพันธ์ ช่อผกา, บุญยงค์ ภูผาเรือง. การกำหนดลักษณะและวินิจฉัยความเหมาะสมของชุดดินในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย. กองสำรวจและจำแนกดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 2536.

บริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด, และบริษัท วิศวชาญ 2002 จำกัด. (2554). โครงการศึกษา สำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 3 : จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดตาก จังหวัดกำแพงเพชร. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บริษัท ธารา คอนซัลแตนท์ จำกัด, และบริษัท ทรานส์ เอเชีย คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2555). โครงการศึกษา สำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 1 : จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดลำปาง. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2548). โครงการประเมินศักยภาพแอ่งน้ำบาดาล (แอ่งเชียงใหม่ แอ่งเจ้าพระยาตอนบน และแอ่งแม่กลอง). รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ กรุ๊ป จำกัด, และบริษัท องศา คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2554). โครงการศึกษา สำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 2 : จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ปณต ศิริพุทธิชัยกุล. สุจริต คูณธนกุลวงศ์.   การประมาณค่าพารามิเตอร์ของชั้นน้ำใต้ดิน จากข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินพื้นฐาน. เอกสารประกอบการประชุมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7. หน้า WRE 61 – 68. 2544.

ปณต ศิริพุทธิชัยกุล. การจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 2545.

ภูริภัส สุนทรนนท์ และวีรยุทธ ประทุมไชย 2561. โครงการการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน ในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำท่วมถึง บริเวณลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง.

วจี รามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์. ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย. วารสารชมรมนักอุทกวิทยา ปีที่ 2 ฉบับที่ 2-2541.

วินัย เชาวน์วิวัฒน์. การจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การศึกษาความเหมาะสมด้านวิศวกรรม โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินจังหวัดพิจิตร. กุมภาพันธ์ 2541.

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.   การศึกษาความเหมาะสมด้านวิศวกรรม โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินจังหวัดสุโขทัย. มีนาคม 2541.

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.   การศึกษาความเหมาะสมด้านวิศวกรรม โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินจังหวัดกำแพงเพชร. เมษายน 2541.

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำ จ.พิษณุโลก. สถานะการณ์ระดับน้ำ. http://203.150.73.19/hydro2/mainframe.htm. 2548.

สนฑ์ จินดาสงวน. การจำลองสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540.

สุชาติ ศิริจังสกุล. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.

อรนุช หล่อเพ็ญศรี. 2542. การศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลจังหวัดชัยนาท. กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

Bejranonda W., Koontanakulvong S., Suthidhummajit, C. 2008. Study of the Interaction between Streamflow and Groundwater toward the Conjunctive use Management: a Case Study in an Irrigation Project. 1st NPRU Academic Conference, Oct. Annals. pp. 59-67.

Bejranonda W., Koontanakulvong, S., Koch, M. and Suthidhummajit, C. 2007b. Aquifer Systems Management: Darcys Legacy in a World of Impending Water Shortage. Taylor & Francis, London, pp 161-174.

Bejranonda, W., Koch, M. and Koontanakulvong, S. 2011. Surface water and groundwater dynamic interaction models as guiding tools for optimal conjunctive water use policies in the central plain of Thailand. Environ Earth Sci, 8p.

Bejranonda, W., Koontanakulvong, S. and Koch, M. 2007a. Surface and groundwater dynamic interactions in the Upper Great Chao Phraya Plain of Thailand: semi-coupling of SWAT and MODFLOW. In: Proceed. of the IAH2007, Groundwater and Ecosystems, Lisbon, Portugal.

Chaowiwat, W. 2013. Adaptation of reservoir operation to Climate Change conditions: Sirikit Dam, Thailand, Doctoral dissertation, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

Chatdarong, V. 2009. Past, Present and Future Characteristics of Thai Meteorological Variables and Impacts on Water Resources Management, The first China-Thailand Joint Seminar on Climate Change, Thailand Research Fund, Mar 23-24.

Chatdarong, V., Koontanakulvong, S. and Jarernkul, W.2009. Behaviors of Average Temperature and Monthly Rainfall in Thailand as a Result of Global Climate

Change, The 14th National Convention on Civil Engineering, Suranaree University, May 13-15.

Chen Y, Chen J, Xevi E et al. 2010. GIS-based spatial hydrological zoning for sustainable water management of irrigation areas. In: International Congress on Environmental Modelling and Software. Modelling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada, International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs).

Chulalongkorn University. 2005. Groundwater Use and Potential Study in the Lower Central Plain submitted to the Thailand Research Fund.

Chulalongkorn University. 2006. The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, submitted to the Department of Groundwater.

Chulalongkorn University. 2008. Potential Groundwater Study of Phaichumphol Irrigation Project. Technical Report.

Chulalongkorn University. 2010. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok, Jan 26.

Chulalongkorn University. 2011. The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin, Final Report, submitted to Thailand Research Fund,

Chulalongkorn University. 2014. The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin-Water Management Simulation for Strategic Recommendations-, Draft Final Report, submitted to Thailand Research Fund.

Chulalongokorn University. 1998. Engineering Feasibility Study for Groundwater Rehabitating in Sukhothai province.

Chulalongokorn University. 1998. Engineering Feasibility Study for Groundwater Rehabitating in Kampangpet Province.

Chun, R.Y.D., Mitchell, L.R. andMido, K.W. 1964. Ground water management for the nation's future – optimum conjunctive operation of ground water basin. J. Hydraul. Div., ASCE 90 (4), pp. 79–95.

Crosbie, R.S., Davies, P., Harrington, N. and Lamontagne, S. 2015. Ground truthing groundwater recharge estimates derived from remotely sensed evapotranspiration: a case in South Australia. Hydrogeol. J. 23(2), 335-350.

Department of Groundwater Resource. 2005. The Study of Groundwater Basin Potential Evaluation. (In Thai).

Desbarats, Logan, Hinton et al. 2002. On the kriging of water table elevations using collateral information from a digital elevation model. J Hydrol 255:25–38.

DeWrachien, D. andFasso, C.A.2002. Conjunctive use of surface and groundwater: overview and perspective. Irrig. Drain. 51,1–15.doi:10.1002/ird.43.

DHI. 2012. MIKE BASIN User's Guide.

Döll, P. 2009. Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: A global scale assessment. Environmental Research Letters, Vol. 4.

Döll,P., Hoffmann-Dobrev,H., Portmann,F.T., Siebert,S., Eicker, A., Rodell, M.,et.al. 2012. Impact of water withdrawals from groundwater and surface water on continental waterstorage variations. J.Geodyn. 59–60,143–156.doi: 10.1016/j.jog.2011.05.001

Hanson, R. T., Schmid, W., Faunt, C. C., and Lockwood, B. 2010. Simulation and analysis of conjunctive use with MODFLOW's farm process. Ground Water 48, 674–689. doi: 10.1111/j.1745-6584.2010.00730.x

Harbaugh, A.W. 2005. MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

Haruyama. 1993. Geomorphology of the central plain of Thailand and its relationship with recent flood conditions. Geo J 31(4):327–334.

Iwasaki, Y., et al. (2014). "Assessment of factors influencing groundwater-level change using groundwater flow simulation, considering vertical infiltration from rice-planted and crop-rotated paddy fields in Japan." Hydrogeology Journal 22(8): 1841-1855.

J. Shimada, K.Ichiyanagi, M. Kagabu, S.Saita, K.Mori (2012), Effect of artificial recharge using abandoned rice paddies for the sustainable groundwater management in Kumamoto, Japan.

J. Shimada, K.Ichiyanagi, M. Kagabu, S.Saita, K. Mori 2012. Effect of artificial recharge using abandoned rice paddies for the sustainable groundwater management in Kumamoto, Japan.

Jain A.K., Murali krishna, Rao B.M., Rama Mohana Rao, M.S., Venkataswamy, M. 2009. Groundwater scenario in Andhra Pradesh. WASHCost-CESS working paper no. 3. Centre for Economic and Social Studies, Hyderabad.

JIID. 2010. Impact Study on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Phichumpol Irrigation Project-case study), Final Report, February.

JIID. 2012. Impact Study on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Regional Office 12 case study), Final Report, February.

JIID. 2013. Impact Study on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Dam Operation Analysis), Final Report, February.

Jindasagnon, S. 1997. Groundwater Modeling in the Kampangphet province, Master's Thesis, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Kitipausalsakul, T., Koontanakulvong, S. and Chaowiwat, W. 2016. Impact of climate change on reservoir operation in Central Plain Basin of Thailand, Journal of Thai Interdisciplinary Research, vol.11 No.2 March-April 2016, ISSN 2465-3837, pp.13-19.

Koontanakulvong S., Chaowiwat, W. and Mizayato, T. 2013. Climate change's impact on irrigation system and farmers' response: a case study of the Plaichumpol Irrigation Project, Phitsanulok province, Thailand. Paddy and Water Environ. doi: 10.1007/s10333-013-0389-8.

Koontanakulvong S., et al. 2006. The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report. Department of Groundwater Resources. Chulalongkorn University.

Koontanakulvong, S. and Siriputtichaikul P. 2003. Groundwater Modeling In the North Part of the Lower Central Plain, Thailand, International Conference On Water and Environment, Bhopal, India, Vol.Ground Water Pollution No.19, pp. 180–187.

Koontanakulvong, S. and Siriputtichaikul, P. 2002. Determination of Recharge Rate from Soil Classification Map in GW Modeling. 17th World Congress of Soil Sciences, Bangkok, Symposium No.4, Paper No.1845, pp. 1845.1–6.

Koontanakulvong, S. and Suthidhummajit, C. 2000. Groundwater Recharge Study and Simulation—Kamphaeng Phet Case Study— Groundwater Updates, pp. 301-306: Springer.

Koontanakulvong, S. and Suthidhummajit, C. 2015. The Role of Groundwater to mitigate the drought and as an Adaptation to Climate Change in the Phitsanulok Irrigation Project, in the Nan Basin, Thailand, In Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), Vol76:1No.15, 89–95.

Koontanakulvong, S. et al. 2002. Groundwater Potential and Demand Study for Groundwater Management in the Northern Part of Lower Central Plain, Chulalongkorn University.

Kumar, C.P. 2012. Groundwater Modelling Software - Capabilities and Limitations: IOSR (International Organization of Scientific Research) Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), ISSN: 2319-2402, Volume 1, Issue 2 (September - October 2012), pp. 46-57.

Land Development Department. 2009a. Thailand Land Use Map of 2009. Thailand Government.

Land Development Department. 2009b. Thailand Soil Map. Thailand Government

Pratoomchai, W., Kazama, S., Hanasaki, N., Ekkawatpanit, C. and Komori, D. 2014. A projection of groundwater resources in the Upper Chao Phraya River basin in Thailand. Hydrological Research Letters 8(1), 20–2.6

Pwint Phyu Aye, et al. (2019). “Deep Percolation Characteristics Via Field Soil Moisture Sensors – Case Study in Phitsanulok, Thailand –.” Taiwan Water Conservancy Vol. 67,(No. 1,).

RID. 2005. Feasibility study for improvement of the irrigation sys- tem in Phitsanulok Area, Kingdom of Thailand: Interim Report, Eurostudio, Spanish Development Assistance Fund.

Ruangrassamee, P., et al. 2015. Assessment of precipitation simulations from CMIP5 climate models in Thailand. The 3rd EIT International Conference on water Resource Engineering.

Soonthornnonda, P., Chuenchooklin, S., Pratoomchai, W., Saraphirom, P., Saenchai, P.(2019. Assessments of Groundwater–Surface Water Connectivity for the Lower Yom and Nan Rivers, THA2019.

Srisuk and Nettasana, 2017. Climate change and groundwater resources in Thailand. Journal of Groundwater Science and Engineering, vol.5 no.1. May.

Suthidhummajit, C. 2016, THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON GROUNDWATER RESOURCES SYSTEM UNDER CONJUNCTIVE USE IN THE UPPER CENTRAL PLAIN. Doctoral dissertation, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

Takaya. 1971. Physiography of rice land in the Chao Phraya Basin of Thailand. Southeast Asian Stud 9(3):375–397.

Takehide Hama , Toshio Fujimi, Takeo Shima, Kei Ishida, Yasunori Kawagoshi and HiroakiIto (2019), Evaluation of groundwater recharge by rice and croprotation fields in Kumamoto, Japan.

Tebakari. 2004. APPILIED HYDROINFORMATICS -A CASE STUDY IN CHAO PHRAYA RIVER BASIN, KINGDOM OF THAILAND. Hydroinformatics Workshop in Bangkok 10 September.

Tran Thanh Long, Sucharit Koontanakulvong and Chokchai Suthidhummajit (2022). Sustainable Groundwater Pumping in the Upper Central Plain, Thailand and ANN Application for Available GW Pumping. (2022, August 23). Bangkok.

Tran Thanh Long, Koontanakulvong S. 2020. Groundwater and River Interaction Impact to Aquifer System in Saigon River Basin, Vietnam. ENGINEERING JOURNAL Volume 24 Issue 5. 30 September 2020. Online at https://engj.org/.

Tuan Pham Van, Tussanee Nettasana and Sucharit Koontanakulvong (2022). "Potential of groundwater abstractions in the North Part of Lower Central Plain, Thailand". (2022, August 22-26). Bangkok & Kanchanaburi.

Vasconcelos, V.V., Koontanakulvong, S., Suthidhummajit, C., Junior, P.P.M. and Hadad, R.M. 2017. Analysis of Spatial-temporal Patterns of Water Table Change as a tool for Conjunctive Water Management in the Upper Central Plain of the Chao Phraya River Basin, Thailand, Appl Water Sci, DOI 10.1007/s13201-014-0240-4.

Wurbs, R., Muttiah, R., and Felden, F. 2005. Incorporation of climate change in water availability modeling. J. Hydrol. Eng. 10, 375–385.doi:10.1061/(ASCE) 1084-0699(2005)10:5(375).

Yumi Iwasaki & Kimihito Nakamura & Haruhiko Horino & Shigeto Kawashima, Hydrogeology Journal (2014), Assessment of factors influencing groundwater-level change using groundwater flow simulation, considering vertical infiltration from rice-planted and crop-rotated paddy fields in Japan.

Zhang, X. 2015. Conjunctive surface water and groundwater management under climate change. Front. Environ.Sci.3:59.doi: 10.3389/fenvs.2015.00059 Journal of Hydrology 301:216–234.

ภาคผนวก ก

สถานีอุตุนิยมวิทยา และสถานีอุทกวิทยา

ตารางที่ ก-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	สถานี	ประเภทของสถานี	หน่วยงาน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)												ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ลุ่มน้ำปิง																
1	12042	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.4	20.6	31.5	44.3	154.9	135.3	117.4	154.9	258.2	165.9	27.9	2.9	1,116.1
2	26062	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.4	9.4	24.5	51.8	127.7	127.0	109.4	139.7	203.2	156.9	26.9	0.9	982.7
ลุ่มน้ำยม																
3	12032	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	0.7	10.0	26.3	40.9	165.4	153.4	144.4	169.8	224.3	153.5	38.1	6.0	1,132.7
4	39022	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	0.8	3.9	20.0	50.3	149.2	151.8	153.3	179.0	211.2	113.9	22.8	4.9	1,061.2
5	59022	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	1.1	7.5	10.5	39.6	162.5	144.4	105.8	198.8	264.3	126.2	23.2	4.7	1,088.4
6	59042	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.8	12.0	14.4	56.9	185.1	180.0	147.4	220.3	271.6	151.1	31.1	3.3	1,275.9
7	59062	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	3.8	8.2	16.0	54.1	209.8	147.7	118.6	140.7	249.3	163.9	37.7	7.6	1,157.4
8	59082	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.6	11.5	27.1	61.7	193.2	170.7	132.6	185.7	263.2	168.7	32.2	6.5	1,258.6
9	59092	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.5	8.9	18.5	70.8	203.7	131.2	100.3	149.7	235.0	152.4	31.9	2.0	1,106.8
10	59121	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมชลประทาน	3.1	6.8	18.0	51.5	187.1	145.0	129.9	183.4	240.4	138.5	25.5	3.0	1,132.3
11	59162	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.2	4.3	11.6	49.2	195.3	150.1	141.6	157.1	217.9	99.4	16.9	7.6	1,053.1

ตารางที่ ก-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	สถานี	ประเภทของสถานี	หน่วยงาน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)												ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ลุ่มน้ำน่าน																
12	38022	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	1.3	2.7	17.1	52.0	147.9	120.3	122.2	157.2	209.4	123.8	22.6	0.4	976.9
13	38042	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.5	17.0	29.3	54.7	163.3	137.6	153.1	211.3	248.8	113.5	23.9	4.7	1,162.7
14	38072	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.8	17.4	37.7	68.9	176.8	178.9	201.0	239.1	267.4	121.2	30.4	5.5	1,347.3
15	39032	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	7.6	13.0	34.6	66.2	199.0	182.1	202.9	218.5	288.6	138.3	31.2	5.8	1,387.7
16	39042	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.0	16.0	49.0	78.3	191.9	186.1	205.4	240.5	215.9	99.6	11.3	5.6	1,304.5
17	39052	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	3.5	6.6	18.5	41.1	177.6	186.0	180.5	250.5	257.9	109.3	27.5	4.7	1,263.5
18	39062	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.8	10.1	33.0	52.9	181.6	161.4	167.6	232.4	245.7	109.4	23.3	0.7	1,222.7
19	39072	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.4	11.6	24.4	61.5	191.5	184.0	171.7	227.6	265.6	152.7	35.5	3.8	1,334.2
20	39082	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	8.6	15.2	35.6	69.2	185.1	186.5	206.7	248.6	294.0	148.1	36.8	5.1	1,439.5
21	39132	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	6.4	24.7	39.2	91.6	206.0	197.6	180.2	218.5	253.3	151.8	26.2	10.0	1,405.5
22	39142	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.3	13.6	33.0	88.5	201.0	224.8	211.3	284.1	308.8	117.7	23.6	4.3	1,515.1
23	39151	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมชลประทาน	4.2	11.3	27.5	50.9	166.9	174.2	181.0	256.6	238.7	149.3	34.6	8.0	1,303.1
24	70022	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.1	10.2	28.4	83.3	202.9	169.8	171.8	225.2	226.8	88.7	17.9	9.1	1,239.2
25	70062	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.9	11.9	28.0	79.1	204.2	188.6	182.8	259.5	227.4	71.0	23.0	4.2	1,284.6

ตารางที่ ก-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	สถานี	ประเภทของสถานี	หน่วยงาน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)												ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
26	70072	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.8	10.2	33.1	77.2	159.8	144.5	142.6	190.8	213.1	68.9	17.8	4.6	1,067.4
27	70192	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.0	11.1	23.7	75.5	212.5	190.6	180.2	240.8	222.9	79.7	27.6	4.4	1,270.7
ลุ่มน้ำเจ้าพระยา																
28	26032	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	3.9	7.9	33.2	70.0	158.1	128.1	127.3	166.1	214.2	128.0	25.0	2.3	1,064.2
29	26092	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.8	8.9	28.1	64.9	161.0	135.2	154.0	169.6	228.9	126.3	25.8	3.6	1,109.2
30	26102	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	0.0	6.9	34.7	72.8	162.1	136.0	113.9	162.7	202.4	113.5	11.7	4.1	1,021.0
ลุ่มน้ำสะแกกรัง																
31	12081	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมชลประทาน	4.9	15.5	36.5	57.5	155.2	140.9	140.7	157.2	233.1	166.8	50.2	2.9	1,161.5
32	26072	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.3	15.5	42.6	59.5	145.0	113.7	93.1	112.0	207.7	162.8	33.2	1.0	990.4

ตารางที่ ก-2 ช่วงสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาที่ยังมีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

ลำดับ	สถานี	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.)	ความยาวข้อมูล (ปี)
1	C.2	2499-2561	63
2	C.2A		0
3	C.52A		0
4	Ct.4	2518-2531, 2546-2547, 2550-2561	28
5	Ct.5A	2512-2522, 2525-2561	48
6	Ct.5B		0
7	Ct.7	2518-2523, 2525-2561	49
8	N.10A	2538-2562	25
9	N.12A	2509-2562	54
10*	N.14A	2515-2562	48
11	N.22	2506-2562	50
12*	N.24		0
13	N.27A	2523-2562	40
14	N.36	2512-2530, 2532, 2534-2562	49
15	N.37	2550, 2553-2561	10
16*	N.40		0
17	N.55	2537-2562	26
18*	N.58		0
19*	N.59		0
20	N.5A	2509-2562	54
21	N.60	2530-2562	33
22*	N.62		0
23*	N.66		0
24	N.67	2542-2561	21
25	N.68	2543-2562	21

ลำดับ	สถานี	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.)	ความยาวข้อมูล (ปี)
26*	N.69		0
27*	N.70		0
28*	N.74		0
29	N.7A	2509-2562	54
30	N.8	2544-2562	19
31	P.15	2520-2562	43
32	P.16	2522-2562	41
33	P.17		42
34*	P.26A		0
35*	P.47		0
36*	P.50A		0
37*	P.78		0
38	P.7A	2509-2562	54
39*	Reg.1		0
40	Y.14	2507-2562	56
41	Y.16	2510-2511,2538-2539,2542-2554,2560-2561	19
42	Y.17	2510-2518,2520-2521,2523,2533-2534,2537-2539, 2542-2545,2550-2555,2560-2561	29
43*	Y.29		0
44	Y.33	2533-2540,2543-2545,2547-2551,2554,2556-2557, 2560-2561	21
45	Y.3A	2510-2555,2561-2562	48
46	Y.40	2542-2543,2545,2547,2550	5
47*	Y.6		0
48*	91401		0
49*	91502		0
50*	91603		0

หมายเหตุ:*หมายถึงไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีนั้นๆ

ภาคผนวก ข
การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล

การติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง และพระนครศรีอยุธยา

STA.	ที่อยู่	พิกัดตำแหน่งที่ตั้งบน Google Map
1	ต.โพงาม อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท	14.968825, 100.271280
2	ต.โพทะเล อ.ค่ายบางระจัน จ.สิงห์บุรี	14.799956, 100.271510
3	ต.มงคลธรรมนิมิต อ.สามโก้ จ.อ่างทอง	14.643451, 100.255009
4	ต.นาคู อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา	14.460936, 100.266480

รูปที่ ข-1 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดชัยนาท

รูปที่ ข-2 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี

รูปที่ ข-3 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดอ่างทอง

รูปที่ ข-4 ลงพื้นที่สำรวจตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ภาคผนวก ค

แบบสำรวจและข้อมูลการสำรวจการใช้น้ำ

แบบสำรวจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร ในเขตพื้นที่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

วัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจประมาณการสูบน้ำเพื่อการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปประเมินสัดส่วนการสูบน้ำร่วมกับการใช้น้ำจากคลองชลประทาน และประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

1) ข้อมูลทั่วไป : เกษตรกรชื่อ (นาย/นาง/นางสาว) .... นามสกุล .... วันที่ .... เดือน .... ปี พ.ศ. ....

แปลงเพาะปลูกอยู่ในเขตพื้นที่ หมู่ .... ตำบล .... อำเภอ .... จังหวัด ....

2) ข้อมูลการเพาะปลูก : ❑ ข้าว ❑ นาปี พื้นที่เพาะปลูก .... ไร่ เริ่มเพาะปลูกเดือน .... เก็บเกี่ยวเดือน ....

❑ นาปรัง พื้นที่เพาะปลูก .... ไร่ เริ่มเพาะปลูกเดือน .... เก็บเกี่ยวเดือน ....

❑ พืชไร่ ระบุ .... พื้นที่เพาะปลูก .... ไร่ เริ่มเพาะปลูกเดือน .... เก็บเกี่ยวเดือน ....

❑ พืชสวน ระบุ .... พื้นที่เพาะปลูก .... ไร่ เริ่มเพาะปลูกเดือน .... เก็บเกี่ยวเดือน ....

3) ข้อมูลบ่อสูบ : พิกัดจุดสูบน้ำ E .... N ....

แหล่งสูบ : ❑บ่อตอก/ความลึก .... ม. ❑บ่อบาดาล/ความลึก .... ม. ❑สระ/บึง ❑คลองส่ง ❑คลองระบาย ❑อื่นๆ (ระบุ)................

ชนิดของเครื่องสูบ : ❑ ปั๊มซับเมอร์ส ขนาดปั๊ม .... (แรงม้า) ขนาดท่อ .... (นิ้ว) จำนวน .... (เครื่อง)

❑ ปั๊มแรงเหวี่ยง (หอยโข่ง) ขนาดปั๊ม .... (แรงม้า) ขนาดท่อ .... (นิ้ว) จำนวน .... (เครื่อง)

❑ ปั๊มชัก ขนาดปั๊ม .... (แรงม้า) ขนาดท่อ .... (นิ้ว) จำนวน .... (เครื่อง)

❑ อื่นๆ (ระบุ) .... ขนาดปั๊ม .... (แรงม้า) ขนาดท่อ .... (นิ้ว) จำนวน .... (เครื่อง)

4) ข้อมูลการเพาะปลูกที่ใช้น้ำจากการสูบน้ำ

พืชที่ใช้น้ำจากการสูบน้ำ		พื้นที่เพาะปลูก* (ไร่)	ข้อมูลการใช้เครื่องสูบน้ำ			ค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ ❑ ต่อเดือน ❑ ต่อครั้ง		
			ช่วงเวลาที่ใช้เครื่องสูบน้ำ* (เดือน)	จำนวนวันที่ใช้เครื่องสูบน้ำ (โดยประมาณ)	ระยะเวลาการสูบในแต่ละวัน (ชั่วโมง/วัน)	ค่าน้ำมัน (บาท)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	รวม (บาท)
ข้าว	❑ นาปี (ฤดูฝน)		❑ เม.ย. ❑ พ.ค. ❑ มิ.ย. ❑ ก.ค. ❑ ส.ค. ❑ ก.ย. ❑ ต.ค. ❑ พ.ย.					
	❑ นาปรัง (ฤดูแล้ง)		❑ ต.ค. ❑ พ.ย. ❑ ธ.ค. ❑ ม.ค. ❑ ก.พ. ❑ มี.ค. ❑ เม.ย. ❑ พ.ค.					
❑ พืชไร่			❑ ม.ค. ❑ ก.พ. ❑ มี.ค. ❑ เม.ย. ❑ พ.ค. ❑ มิ.ย. ❑ ก.ค. ❑ ส.ค. ❑ ก.ย. ❑ ต.ค. ❑ พ.ย. ❑ ธ.ค.					
❑ พืชสวน			❑ ม.ค. ❑ ก.พ. ❑ มี.ค. ❑ เม.ย. ❑ พ.ค. ❑ มิ.ย. ❑ ก.ค. ❑ ส.ค. ❑ ก.ย. ❑ ต.ค. ❑ พ.ย. ❑ ธ.ค.					

หมายเหตุ: * เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

หน้า 1

5) ข้อมูลคุณภาพน้ำ : ความใสสะอาด ❑ ใสสะอาดตลอดทั้งปี ❑ ขุ่นเล็กน้อย ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

❑ ขุ่นมาก ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

ความเค็ม(มีคราบเกลือบนผิวดิน) ❑ ไม่พบปัญหา ❑ พบเพียงเล็กน้อย ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

❑ พบมาก ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

หินปูน (น้ำมีฝ้าขาว) ❑ ไม่พบปัญหา ❑ พบเพียงเล็กน้อย ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

❑ พบมาก ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

สนิม (น้ำมีสีส้มแดง) ❑ ไม่พบปัญหา ❑ พบเพียงเล็กน้อย ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

❑ พบมาก ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

อื่นๆ (ระบุ) .... ❑ พบเพียงเล็กน้อย ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

❑ พบมาก ❑ ตลอดทั้งปี ❑ เฉพาะช่วงเดือน (ระบุ) .... ถึงเดือน ....

หน้า 2

รูปที่ ค-1 ตัวอย่างแบบสำรวจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

ภาคผนวก ง
การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำในคลองและแปลงนา

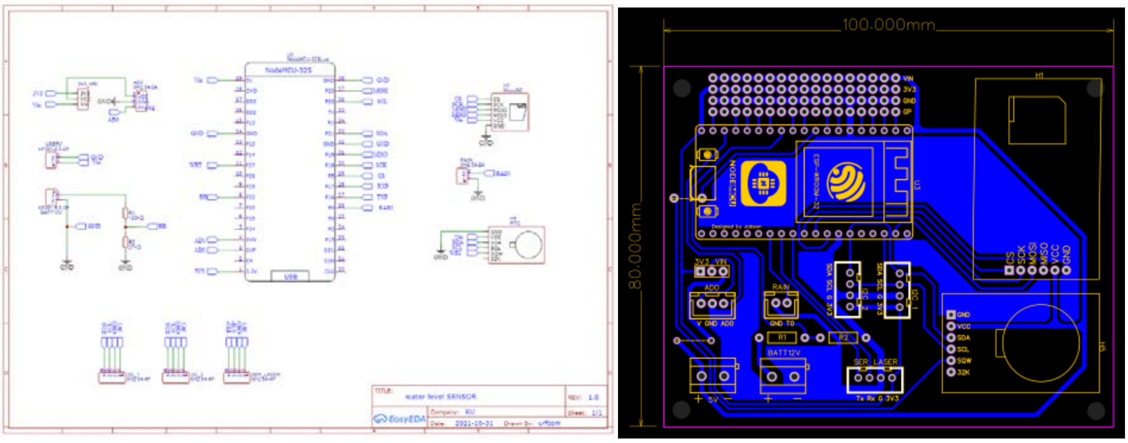
การพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการตรวจวัดระดับน้ำในคลองชลประทานและการวัดระดับน้ำในแปลงนาแบบไอโอที อาศัยหลักการการสะท้อนของเซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB (รูปที่ ง-1) ซึ่งสามารถวัดระยะทางสูงสุดได้ 40 m ที่ความละเอียด 0.01 mm ระดับความแม่นยำในการวัด ±2 mm โดยมีรายละเอียดคุณลักษณะดังนี้

- Measuring range: 0.045-D (D is the maximum range) currently module D = 40, D = 70, D = 80, D = 100, and other specifications
- Resolution: 0.01 mm (0.00001 m)
- Measurement accuracy (standard deviation): ± 2.mm (within 10 m). More than 10m the formula is ± 2 + 0.05 * (D-10), D is the distance
- Distance Unit: meter
- Laser Type: 620-690nm
- Laser Class: II grade, <1 mW (secondary safety)
- Single measurement time: 0.25s
- Spot diameter: 6mm @ 10m,
- Working temperature: -0 ~ + 40^{o}C
- Storage temperature: -20 ~ + 60^{o}C
- Weight: 60g
- Dimensions (length × width × thickness): 4.8cm X 3.7cm X 1.8cm
- Supply voltage: DC 3.0v-3.3v
- IO voltage: TTL level compatible 3v-5v voltage

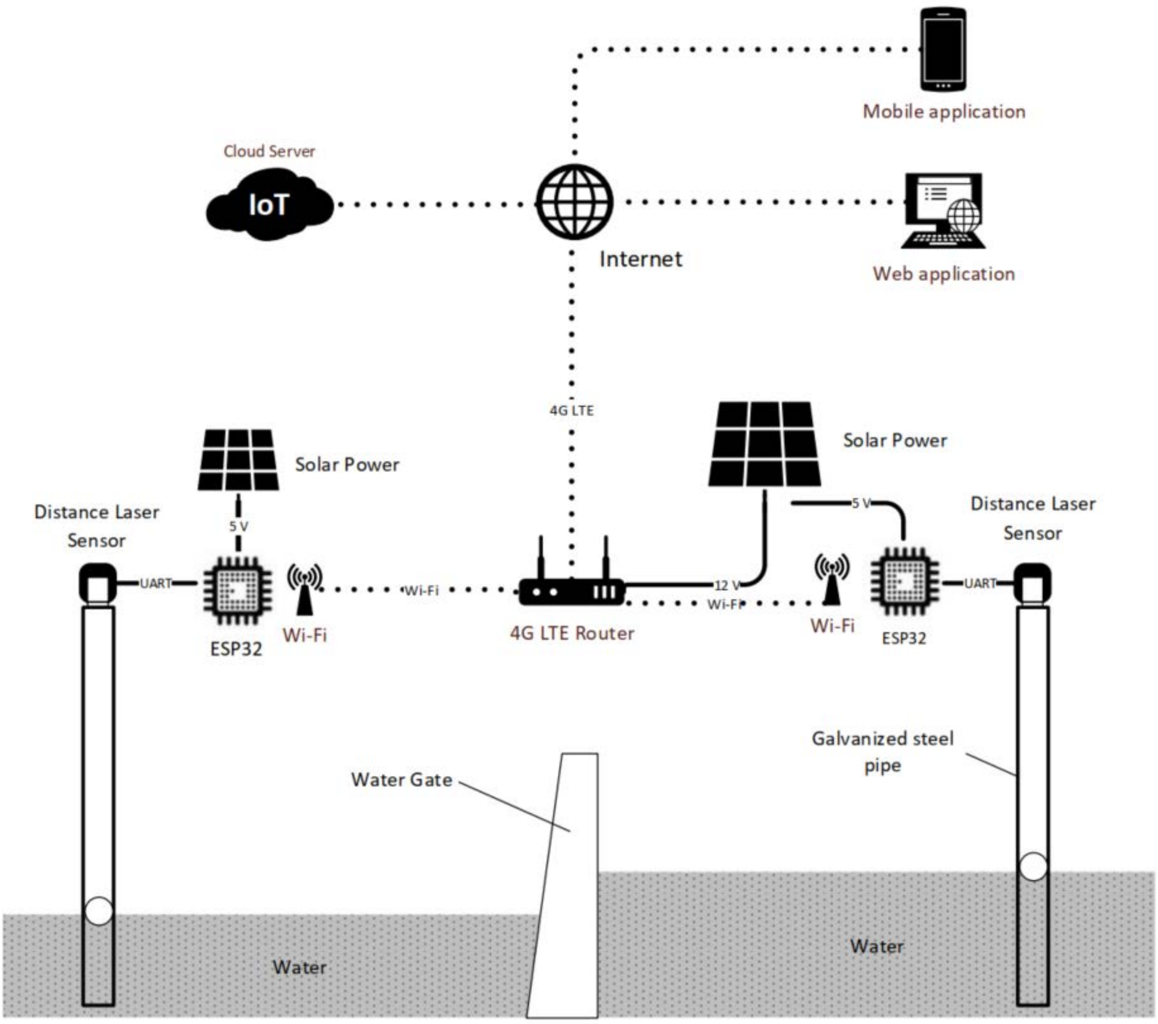
รูปที่ ง-1 เซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB

สำหรับการออกแบบบอร์ดคอมพิวเตอร์ฝังตัว ได้จัดทำผัง Schematic และส่งแบบลายปรินท์เพื่อจัดทำเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ ง-2 โดยเซนเซอร์วัดระยะทางแบบเลเซอร์ CY-30MB ถูกเชื่อมต่อกับบอร์ดคอมพิวเตอร์ฝังตัว เพื่ออ่านค่าระยะทางและทำการประมวลผลพร้อมคำนวณระดับ

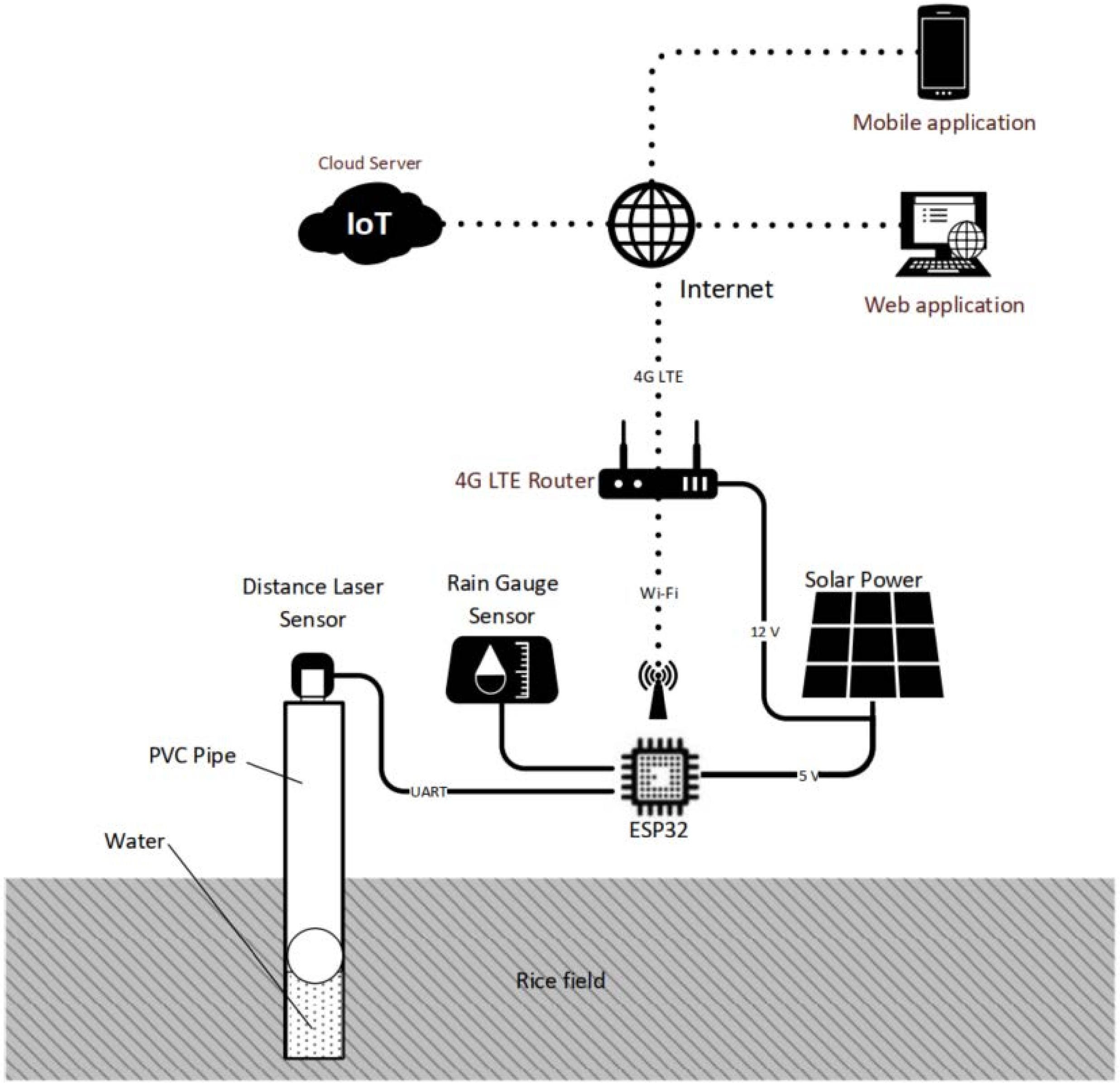
น้ำเหนือประตูระบายน้ำและระดับน้ำในแปลงนาดังรูปที่ ง-3 บอร์ดคอมพิวเตอร์ฝังตัวจะรับค่าจากเซนเซอร์เลเซอร์นำมาประมวลผลคำนวณค่าระดับน้ำแล้วส่งค่าระดับน้ำในคลองเหนือ ปตร. แล้วส่งค่าระดับน้ำเหนือ ปตร. ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย 3G/4G ขึ้นสู่ระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลสำหรับการแสดงผลและประมวลผลกลุ่มข้อมูลต่อไป ส่วนของอุปกรณ์วัดค่าระดับน้ำในแปลงนาจะอาศัยหลักการเดียวกันในการวัดค่าและคำนวณผล โดยอุปกรณ์จะรายงานผลระดับน้ำ ณ จุดตรวจวัดไปยังระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูล สำหรับการแสดงผลและประมวลผลกลุ่มข้อมูลเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ ง-4



รูปที่ ง-2 ผัง Schematic ของบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวและแผ่นลายปรินท์ต้นแบบ



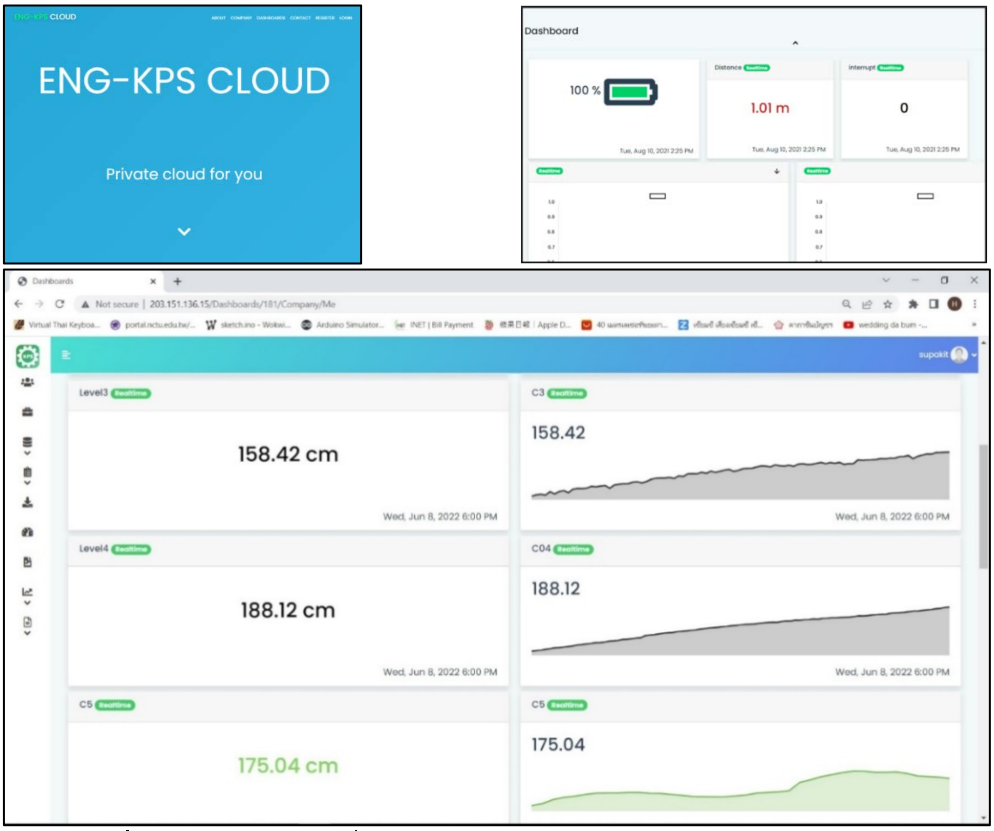
รูปที่ ง-3 แผนภาพระบบโดยรวมการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ ปตร. และท้าย ปตร.



รูปที่ ง-4 แผนภาพระบบโดยรวมการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา

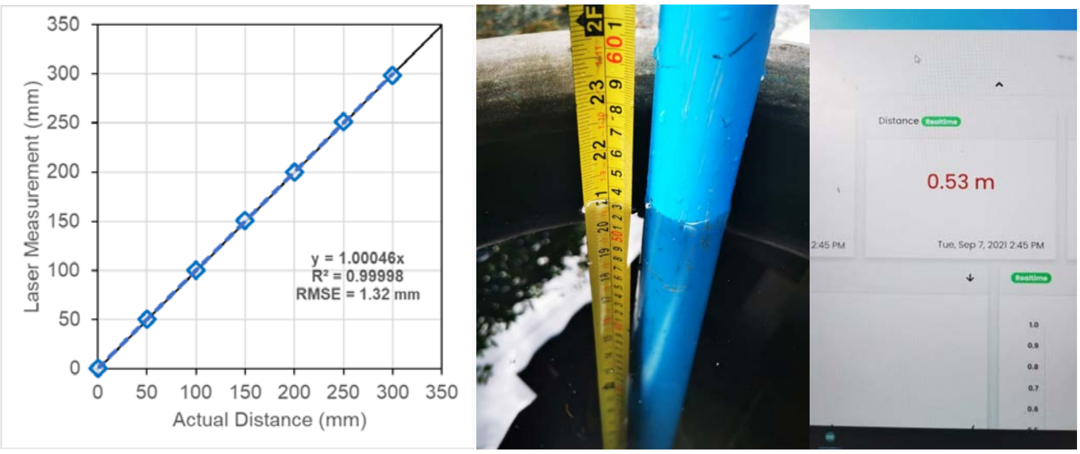
การพัฒนาระบบ Cloud และ UI สำหรับติดตามและแสดงผลการวัดระดับน้ำในคลองและในแปลงนาในรูปแบบเว็ปแอพพลิเคชั่น (web application) ซึ่งสามารถใช้งานได้ในหลากหลายแพลตฟอร์ม เช่น บนคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ หรือแทปเลต เป็นต้น ระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลองหรืออุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา ผ่านเครือข่ายผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ 3G/4G คอมพิวเตอร์ฝังตัวภายในอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำทั้งสองแบบจะเรียกใช้ web service ที่ได้ทำการออกแบบไว้เพื่อส่งข้อมูลระดับน้ำในคลอง/ระดับน้ำในแปลงนาขึ้นไปจัดเก็บในฐานข้อมูลแบบ NoSQL (MongoDB) บนเว็ปแอพพลิเคชั่น

บนเว็ปแอพพลิเคชั่นจะทำการออกแบบส่วนแสดงผลข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลแบบ NoSQL โดยมี service ติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อดึงค่าข้อมูลออกมาแสดงผลบน Dashboard การแสดงผลสามารถแสดงผลได้หลากหลายลักษณะ เช่น ข้อความแสดงผล เกจแสดงผล รวมถึงกราฟแสดงผลที่สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังแบบ รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปีได้ ค่าที่แสดงผลบนกราฟสามารถส่งออกในรูปแบบไฟล์ excel เพื่อให้ผู้ใช้นำไปสรุปหรือประมวลผลต่อได้ดังแสดงในรูปที่ ง-5



รูปที่ ง-5 เว็ปแอพพลิเคชั่นและ Dashboard สำหรับเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ

สำหรับการทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลการวัดระดับน้ำบน Dashboard ที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ง-6 ได้ทดสอบการวัดระดับน้ำเทียบกับระยะจริงเพื่อประเมินความคลาดเคลื่อนของการตรวจวัดของเซนเซอร์ CY-30MB ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเซนเซอร์สามารถวัดระดับน้ำได้แม่นยำ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 และมีค่า RMSE เท่ากับ 1.32 มิลลิเมตร ค่าระดับน้ำที่อ่านได้สามารถบันทึกเก็บไว้บน Cloud และเรียกแสดงผลบน Dashboard ผ่านเว็ปแอพพลิเคชั่นได้แบบ Real-time



รูปที่ ง-6 การทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลการวัดระดับน้ำบน Dashboard ที่ได้ออกแบบไว้

ภาคผนวก จ

เอกสารนำเสนอ (ร่าง) รายงานฉบับสมบูรณ์ วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2565

นำเสนอ (ร่าง)รายงานฉบับสมบูรณ์

“โครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง”

วันพุธที่ 20 กรกฎาคม 2565 เวลา 09.30 – 11.30 น. การประชุมออนไลน์ (ZOOM)

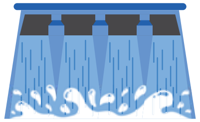
คณะนักวิจัย

รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล (หัวหน้าโครงการ)	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.พิเชษฐ์ สืบสายพรหม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.ธัญดร ออกวะลา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ร้อยโทอนุมัติ อิงคนินันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์	สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
Dr. Pham Van Tuan	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่างๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่

กำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกันน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน



2

การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

การแสดงผลการรับข้อมูลและแสดงผลในช่วงราย 7 วัน

3

ผลการสำรวจภาคสนาม กำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์

จุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในคลอง

ติดตั้งตามแนวคลอง 1 ขวา ซึ่งเป็นคลองส่งน้ำสายหลักในพื้นที่ฝั่งขวาของโครงการขัณสูตร ทำหน้าที่ส่งน้ำครอบคลุมพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำที่ 2-7

- ปตร.ปากคลอง 1 ขวา กม.0+100
- ปตร.สระแจง กม.6+030
- ปตร.บ้านยางกลาง กม.27+200
- ปตร.ดอนกระโดน กม.56+000
- ปตร.บ้านเก่า กม.62+640

จุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในแปลงนา

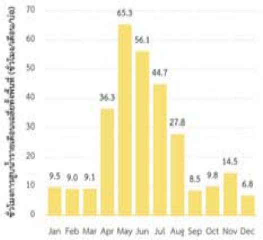
ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ฝ่ายส่งน้ำ	LAT	LON
1	นายสำรวย น่วมนิ่ม	1	14.944747	100.302740
2	นางพายัพ ฟักโต	1	14.929970	100.315647
3	นางสมพิศ ร่วมรักษ	1	14.909672	100.298244
4	นายประพันธ์ กลับฝั่ง	2	14.886043	100.272196
5	นายสมศักดิ์ ทรัพย์เพิ่มพูล	2	14.804600	100.364200
6	นางน้ำทิพย์ โตสจัด	2	14.785200	100.361300
7	นางใบเตย ยิ้มกระจ่าง	3	14.774379	100.310756
8	นายบันทึก วิจารณ์ปรีชา	3	14.822929	100.246301
9	นายเกษม หอมเทียน	3	14.851224	100.269727
10	นายมนตรี พงษ์ชุบ	4	14.728800	100.227000
11	นายธวัช แสงสว่าง	4	14.884600	100.206800
12	นายเกริน เชื้อนิล	4	14.799900	100.225600
13	นายอัครเดช โอรสแก้ว	5	14.712466	100.323654
14	นายเฉลียว สีโสด	5	14.723115	100.296149
15	นายสุนทร ช่างประดิษฐ	5	14.673197	100.320697
16	นางละมาย มูลมนัส	6	14.657928	100.290268
17	นายสมาน โกฏแก้ว	6	14.645859	100.288502
18	นายเสรี เปรมโปรย	6	14.640202	100.296817
19	นางชำเรือง ขลังธรรมเนียม	7	14.543992	100.266453
20	นางจำเนียร ไหลสงวนงาม	7	14.548619	100.265706

4

ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม และสำรวจภาคสนาม ทดสอบการสูบน้ำ

พื้นที่ทดสอบการสูบน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

- บ่อบาดาลน้ำตื้นของเกษตรกร มีจำนวน 1,328 บ่อ
- ส่งแบบสอบถามตามพื้นที่โครงการฯ ทั้ง 7 ฝ่าย สบ. ได้รับแบบสอบถามกลับมาจำนวน 452 ชุด
- ออกภาคสนามทดสอบการสูบน้ำด้วยวิธีจับเวลา+ถังน้ำ 200 ลิตร



ผลการสำรวจภาคสนาม ทดสอบการสูบน้ำ

ลำดับที่	รายละเอียด			ตำแหน่งตรวจวัด		Q
	ชนิดปั๊ม	ขนาด (แรงม้า)	ขนาดท่อ (นิ้ว)	N	E	(L/Min)
1	Submerse	3	3	14.7730	100.3102	654.31
2	Submerse	2	2	14.7680	100.3045	240.38
3	Submerse	3	3	14.7998	100.2718	506.90
4	Submerse	2	2	14.8000	100.2715	222.69
5	Centrifugal	18	3	14.7704	100.3175	371.11
6	Centrifugal	11	4	14.7693	100.3224	648.88
7	Submerse	2	2	14.7672	100.3085	285.49
8	Submerse	3	3	14.7671	100.3089	559.96

ผลจากแบบสอบถามการสูบน้ำ

- ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่สูบน้ำตลอดปี ประมาณ 22 วัน
- ชั่วโมงการสูบน้ำสูงสุดในเดือนพฤษภาคม (65.3 ชั่วโมง/เดือน/บ่อ)
- เม.ย. – ส.ค. เป็นช่วงข้าวนาปี เกิดการแย่งน้ำชลประทาน เกษตรกรจึงหันมาสูบน้ำบาดาลเพื่อลดปัญหาความขัดแยง

ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลางตอนบน

ACTUAL GROUNDWATER PUMPING							
UNIT (MCM/annual)	UTTARADIT	SUKHOTHAI	PHITSANULOK	KAM PHAENG PHET	PHICHIT	NAKHON SAWAN	REGIONAL
WET YEAR	11	133	241	63	86	171	705
NORMAL YEAR	20	198	265	89	197	174	943
DRY YEAR	27	233	311	140	317	192	1220
AVERAGE ANNUAL	19	188	272	97	200	179	956

ACTUAL GROUNDWATER RECHARGE							
UNIT (MCM/annual)	UTTARADIT	SUKHOTHAI	PHITSANULOK	KAM PHAENG PHET	PHICHIT	NAKHON SAWAN	REGIONAL
WET YEAR	58	214	257	102	256	117	1004
NORMAL YEAR	42	123	200	55	165	100	685
DRY YEAR	36	87	168	58	99	84	532
AVERAGE ANNUAL	46	141	208	72	174	101	740

AVAILABLE GROUNDWATER PUMPING							
UNIT (MCM/annual)	UTTARADIT	SUKHOTHAI	PHITSANULOK	KAM PHAENG PHET	PHICHIT	NAKHON SAWAN	REGIONAL
WET YEAR	60	516	494	315	554	295	2234
NORMAL YEAR	47	374	494	282	520	283	2000
DRY YEAR	34	354	368	267	396	236	1655
AVERAGE ANNUAL	47	415	452	288	490	271	1963

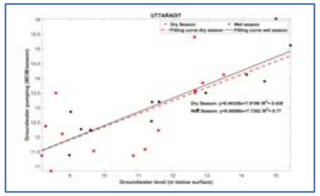
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้จริง (Actual GW pumping)
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนน้ำท่า (GW recharge)
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่มี (Available GW)

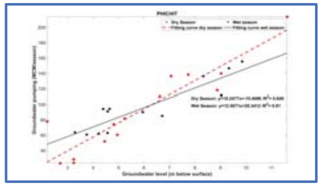
ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้จริงในเขตชลประทาน

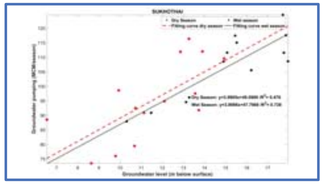
Actual groundwater pumping in irrigation project

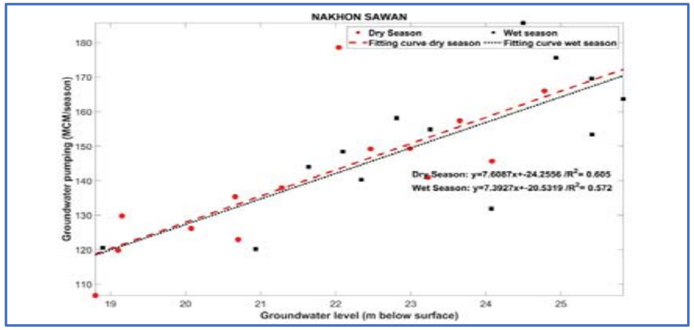
#	Unit (MCM/ annual)	Dry year	Normal year	Wet year	Average year
1	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาดงเศรษฐี	70	33	15	39
2	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าบัว	42	24	16	27
3	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล	94	70	59	74
4	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนนเรศวร	19	15	13	15
5	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	41	33	29	34
6	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษายมน่าน	41	33	29	34
7	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	73	32	31	45
8	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาวังบัว	96	41	34	57
9	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาวังยาง-หนองขวัญ	84	45	40	56

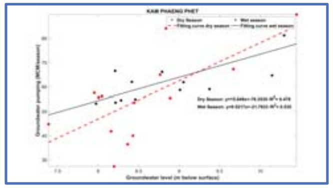
คาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาล

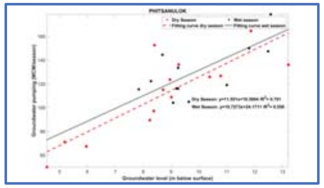












ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง

- o ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้จริง (Actual GW pumping)
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่มี (Available GW)
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนน้ำท่า (GW recharge)

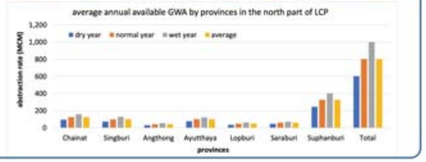
**พื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง ประกอบด้วย จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา (บางส่วน) สุพรรณบุรี (บางส่วน) สระบุรี (บางส่วน)

1. Current GWA in the north part of LCP

Water year	Annual GWA by water year (MCM) in the north part of LCP							
	Chainat	Singburi	Angthong	Ayutthaya	Lopburi	Saraburi	Suphanburi	Total
dry year	72	74	34	52	24	24	258	546
normal year	54	56	26	39	18	18	192	404
wet year	50	52	24	36	16	16	178	328
average	59	60	28	42	19	19	209	440

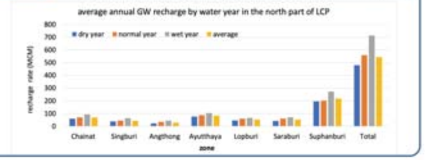
2. Available GWA in the north part of LCP by provinces

Water year3	Annual available GWA (MCM) in the north part of LCP							
	Chainat	Singburi	Angthong	Ayutthaya	Lopburi	Saraburi	Suphanburi	Total
dry year	95	73	31	77	35	47	246	604
normal year	126	99	42	101	48	62	327	804
wet year	158	128	56	122	63	72	404	1,002
average	126	100	43	100	48	60	326	804



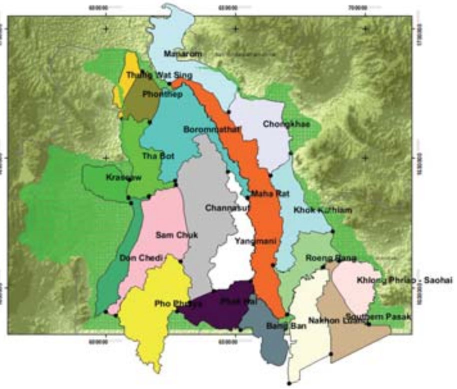
3. GW recharge in the north part of LCP by provinces (consider as sustainable GWA)

Water year	Annual GW recharge (MCM) in Channasut Irrigation Project							
	Chainat	Singburi	Angthong	Ayutthaya	Lopburi	Saraburi	Suphanburi	Total
dry year	59	38	23	76	46	42	196	480
normal year	70	45	34	87	60	61	201	559
wet year	93	63	44	103	66	70	273	713
average	68	43	28	83	52	52	218	544

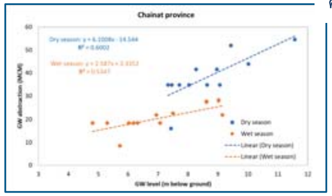


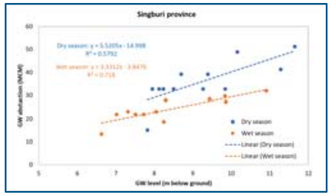
ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้จริงในเขตชลประทานพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง

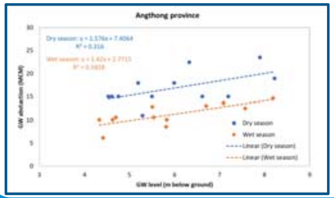
No.	Irrigation project	annual GW abstraction (MCM)			
		dry year	normal year	wet year	average
1	คลองเพรียว-เสาไห้	9	6	5	7
2	ป่าสักใต้	7	5	4	5
3	นครหลวง	14	11	9	11
4	เริงราง	10	7	6	7
5	โคกกะเทียม	8	6	5	7
6	บางบาล	8	6	5	6
7	ช่องแค	5	4	3	4
8	ยางมณี	13	10	8	10
9	ชัณสูตร	52	39	32	41
10	ผักไห่	9	7	6	7
11	มหาราช	51	38	31	40
12	มโนรมย์	2	1	1	1
13	บรมธาตุ	65	48	39	51
14	พลเทพ	14	10	8	11
15	ท่าโบสถ์	21	16	13	16
16	โพธิ์พระยา	38	28	23	30
17	ทุ่งวัดสิงห์	5	3	3	4
18	สมจุก	75	56	46	59
19	ดอนเจดีย์	26	20	16	21
20	กระเสียว	23	17	14	18
Total		455	339	275	356

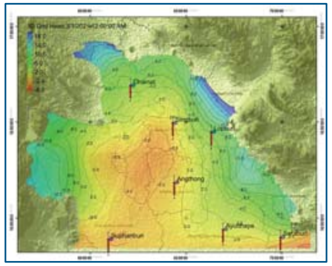


คาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาล

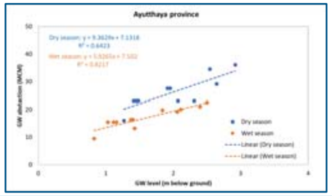


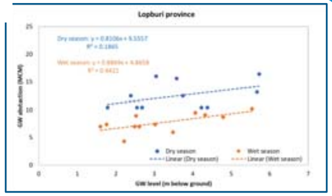


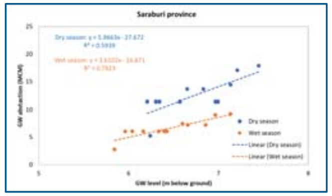


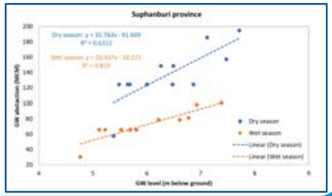


- **Components:** Seasonal GW abstraction (total) and GW level (average)
- **Dry season:** December to May
- **Wet season:** June to November
- **Simulated duration:** 1/2010 – 12/2021
- **GW level** at 7 control points of 7 provinces

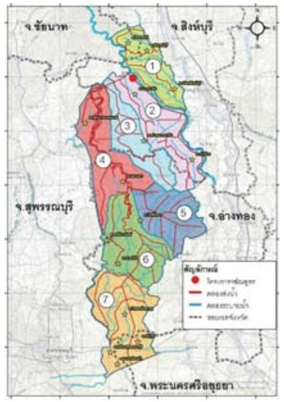








ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร



- o ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบใช้จริง (Actual GW pumping)
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่มี (Available GW)
- o ปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากน้ำฝนน้ำท่า (GW recharge)

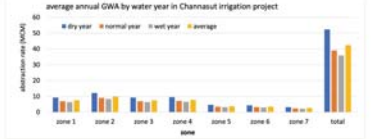
**พื้นที่ศึกษาระดับโครงการตัวอย่าง ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร อยู่ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี และอ่างทอง รวมทั้งบางส่วนของพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี และสระบุรี

1. Current GWA in Channasut Irrigation Project

Year	Annual GWA (MCM) in Channasut Irrigation Project							
	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5	zone 6	zone 7	total
2010	-6.4	-8.4	-6.4	-6.6	-3.2	-3.0	-2.2	-36.3
2011	-3.6	-4.7	-3.6	-3.7	-1.8	-1.7	-1.2	-20.2
2012	-6.8	-9.0	-6.8	-7.0	-3.4	-3.2	-2.3	-38.6
2013	-6.8	-9.0	-6.8	-7.0	-3.4	-3.2	-2.3	-38.6
2014	-7.0	-9.1	-7.0	-7.2	-3.5	-3.3	-2.4	-39.4
2015	-8.4	-11.0	-8.4	-8.6	-4.2	-3.9	-2.9	-47.4
2016	-9.8	-12.9	-9.8	-10.1	-4.9	-4.6	-3.4	-55.5
2017	-6.8	-9.0	-6.8	-7.0	-3.4	-3.2	-2.3	-38.6
2018	-7.0	-9.1	-7.0	-7.2	-3.5	-3.3	-2.4	-39.4
2019	-8.4	-11.1	-8.4	-8.7	-4.2	-4.0	-2.9	-47.7
2020	-10.4	-13.6	-10.4	-10.7	-5.2	-4.9	-3.6	-58.6
2021	-8.5	-11.2	-8.5	-8.8	-4.3	-4.0	-2.9	-48.3

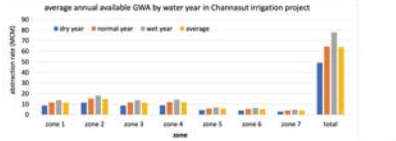
1. Current GWA in Channasut Irrigation Project

Water year	Annual GWA by water year (MCM) in Channasut Irrigation Project							
	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5	zone 6	zone 7	total
dry year	-9.2	-12.1	-9.2	-9.5	-4.6	-4.3	-3.2	-52.3
normal year	-6.9	-9.1	-6.9	-7.1	-3.4	-3.2	-2.4	-39.0
wet year	-6.3	-8.3	-6.3	-6.5	-3.2	-3.0	-2.2	-35.8
average	-7.5	-9.8	-7.5	-7.7	-3.7	-3.5	-2.6	-42.4



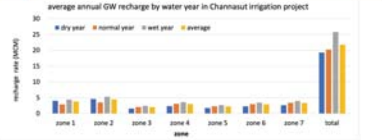
2. Available GWA in Channasut Irrigation Project

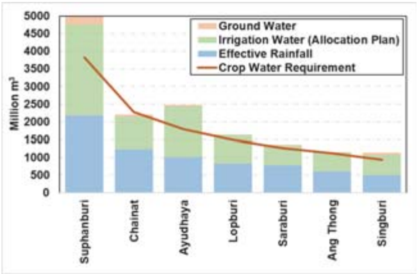
Water year	Annual available GWA (MCM) in Channasut Irrigation Project							
	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5	zone 6	zone 7	total
dry year	8.7	11.4	8.7	9.0	4.3	4.1	3.0	49.1
normal year	11.6	15.2	11.6	11.9	5.8	5.4	4.0	64.5
wet year	13.8	18.1	13.8	14.2	6.9	6.5	4.7	77.9
average	11.3	14.9	11.3	11.7	5.7	5.3	3.9	63.8

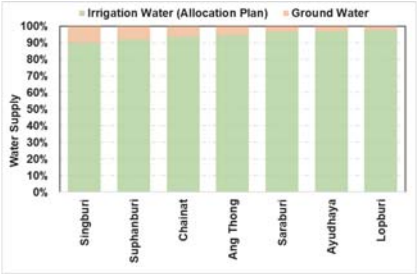


3. GW recharge in Channasut Irrigation Project (consider as sustainable GWA)

Water year	Annual GW recharge (MCM) in Channasut Irrigation Project							
	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5	zone 6	zone 7	total
dry year	4.0	4.6	1.6	2.4	1.8	2.3	2.6	19.2
normal year	2.9	3.5	2.1	3.1	2.3	3.0	3.4	20.2
wet year	4.4	5.3	2.4	3.6	2.7	3.5	4.0	25.8
average	3.8	4.5	2.0	3.0	2.2	2.9	3.3	21.7







ผลการประเมินการใช้น้ำร่วม (Conjunctive Use) รายจังหวัด

Province		Total Supply (MCM)	GW (MCM)	IRR (MCM) **	%GW	%IRR
Singburi	สิงห์บุรี	631.89	64.81	567.08	10.26%	89.74%
Suphanburi	สุพรรณบุรี	2,802.80	225.45	2,577.35	8.04%	91.96%
Chainat	ชัยนาท	968.73	63.05	905.68	6.51%	93.49%
Ang Thong	อ่างทอง	548.07	29.76	518.31	5.43%	94.57%
Saraburi	สระบุรี	585.00	20.68	564.32	3.53%	96.47%
Ayudhaya	อยุธยา	1,470.23	45.65	1,424.58	3.10%	96.90%
Lopburi	ลพบุรี	807.10	20.68	786.42	2.56%	97.44%
Average		1,116.26	67.15	1049.11	5.63%	94.37%

** Irrigation Water Allocation Plan from RID (Yearly average of 2016-2020)

เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆจากการขาดแคลนน้ำ
2. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงาน ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วม ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาระบบฐานข้อมูล
2. ศึกษาวิจัยการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
3. ปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล
4. ศึกษาวิจัยการเติมน้ำบาดาล
5. จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
6. เผยแพร่ข้อมูลและแจ้งข้อมูลเตือนภัยล่วงหน้าต่อสาธารณะ

ภาคผนวก ฉ

เอกสารนำเสนอทางวิชาการในการประชุมนานาชาติ วันที่ 22-26 สิงหาคม พ.ศ. 2565

ภาคผนวก ฉ-1 Potential of groundwater abstractions in the north part of lower central plain, thailand

ภาคผนวก ฉ-2 Sustainable groundwater pumping in the upper central plain, thailand and ANN application for abailable gw pumping

"Potential of groundwater abstractions in the North Part of Lower Central Plain, Thailand"

August 2022

Present by: Dr. Tuan Pham Van[1]
Dr. Tussanee Nettasana[2]
Dr. Sucharit Koontanakulvong[1]

[1]Water Resources System Research Unit
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.
[2]Department of Groundwater Resources

Outlines

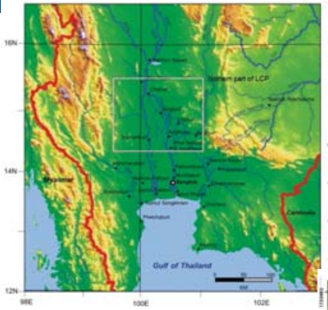
- Introduction
- Study area conditions
- Methodologies
- Results and discussion
- Conclusion
- References
- Acknowledgement

1. INTRODUCTION

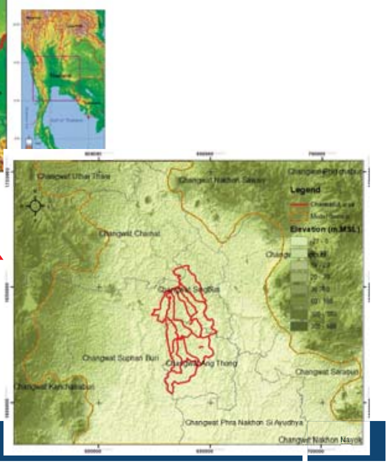
- Water and food security are among the most important pillars supporting socio-economic development of Thailand (Silalertruksa, T., & Gheewala, S. H., 2018)
- The growing abstraction of underground water is not properly monitored, and the concerned agencies are not empowered with sufficient technical, human and legal means to control these challenges (Molle, Chompadist et al. 2001).
- The north part of Lower Central Plain (LCP) constitutes a key area in the Central Plain agriculture and its economy as whole, with potential of groundwater resources (Koontanakulvong and Siriputtichaikul 2003, Gupta and Babel 2005, Worakul, Painmanakul et al. 2015, Tanachaichoksirikun and Seeboonruang 2020).
- The LCP with intensive groundwater abstraction has led to water resource sustainability concerns, for example groundwater overdraft and land subsidence (Tanachaichoksirikun, Seeboonruang et al. 2020).

1. INTRODUCTION

- **Scopes of the study**
  - Estimate GW pumping distribution
  - Develop a regional groundwater flow model
  - Assess current situation of the aquifer system
  - Estimate potential GWA based on different definition and climate conditions

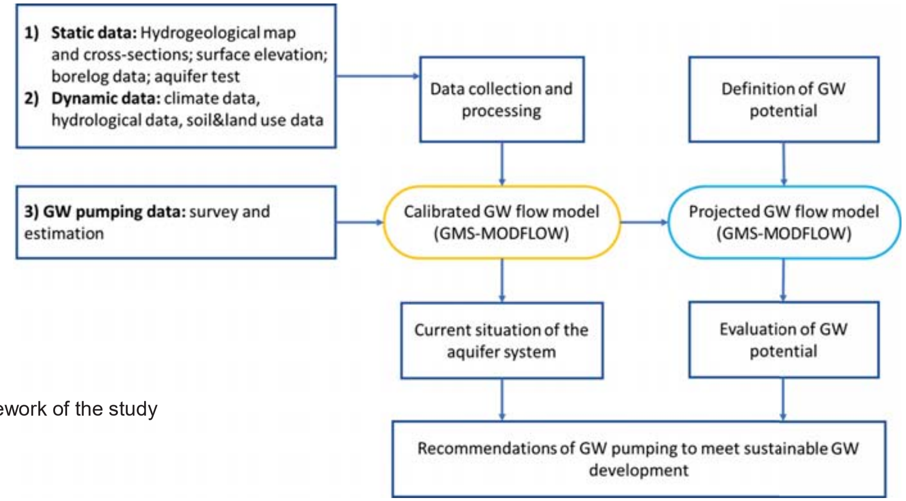


Lower Central Plain (LCP)



Model area
(the north part of LCP)

3. METHODOLOGIES



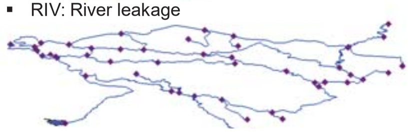
➢ Framework of the study

3. METHODOLOGIES

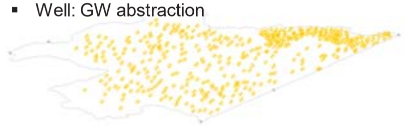
➢ **Packages**

- RCH: rainfall recharge

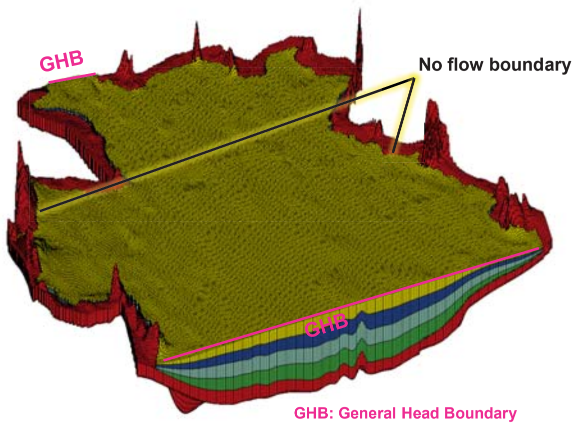
- RIV: River leakage



- Well: GW abstraction



➢ **Active cells and 3D model view**



3. METHODOLOGIES

➢ **Layer classification**

The absolute elevation file of 859 points and 92 boreholes is inputted into the model via the "2D scatter Data" module. This module allows the use of different interpolation methods (in this report using the natural neighbour interpolation method) to construct topographic elevation maps for the study area. The hydrogeological conceptual model consists of 4 layers as below:

- **Layer 1** represents groundwater layer 1 and is defined as semi-confined aquifer (6,163 active cells) which cover an area of 6,853.5 km^2. The groundwater layer 1 mainly distributed along Chao Phraya river network and show a non-distribution in the hill or mountain area.
- **Layer 2** represents groundwater layer 2 and is defined as confined aquifer (7,863 active cells) which cover an area of 8,015.4 km^2. The groundwater layer 2 mainly distributed along river network and show a non-distribution in the hill or mountain area.
- **Layer 3 and layer 4** represents groundwater layer 3 and 4 are defined as confined aquifer (9,763 active cells) which cover an area of 9,996.6 km^2. The groundwater layer 3 and 4 distributed on the whole study area.

3. METHODOLOGIES

◆ *Flow components: GW abstraction*

- Statistic of groundwater pumping wells from DGR (2021) including 7 provinces: Ang Thong, Chai Nat, Ayutthaya, Sing Buri, Lop Buri, Saraburi, and Suphan Buri is about 55,168 wells
- *DGR well: Wells were constructed by DGR*

No	province	number of GW wells			
		by DGR*	by GW Control & Legislation Information System	by National Community Development	Total
1	Chai Nat	395	459	12,393	13,247
2	Sing Buri	389	761	4,142	5,292
3	Anghong	182	365	4,765	5,312
4	Ayutthaya	37	1,011	3,754	4,802
5	Lop Buri	544	947	9,590	11,081
6	Saraburi	129	1,110	10,836	12,075
7	Suphanburi	3,720	1,993	16,185	21,898
total		4,612	5,426	45,130	55,168

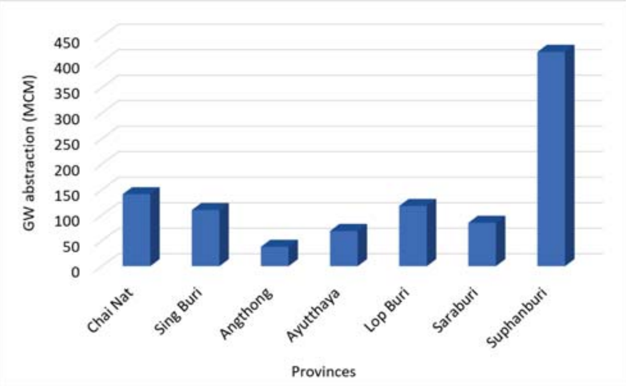
3. METHODOLOGIES

Data collection | Conceptual model | **Data input** | Calibration & validation | Potential GWA

◆ *Flow components: GW abstraction*

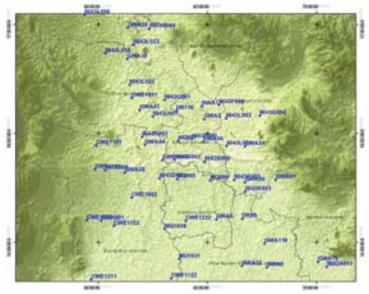
- Because some area of Suphanburi, Lopburi, Saraburi, and Ayutthaya provinces is not included in the model domain, so about one third of GW pumping was reduced based on screening the distribution of GW abstraction by districts of 7 provinces.

➢ GW abstraction of 7 provinces in 2020



3. METHODOLOGIES

Data collection | Conceptual model | Data input | **Calibration & validation** | Potential GWA

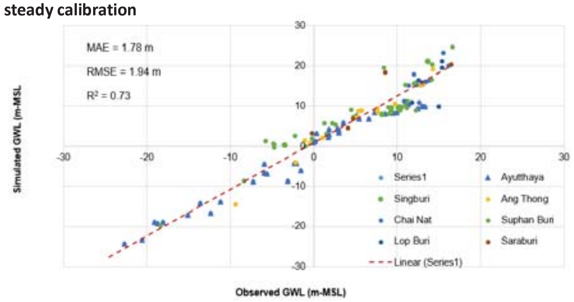


- 137 monitoring wells of the 4 GW layers (monthly data from 1/2010 to 12/2021)
- Hydraulic conductivity, river conductance, recharge rate are used for clibration

➢ **transient calibration**

Layer	Number of wells	Calibration		Validation	
		RMSE (m-MSL)	R^2	RMSE (m-MSL)	R^2
1	47	0.92	0.74	1.14	0.67
2	44	1.01	0.72	1.23	0.69
3	25	1.26	0.69	1.32	0.66
4	21	1.31	0.68	1.42	0.64

➢ **steady calibration**

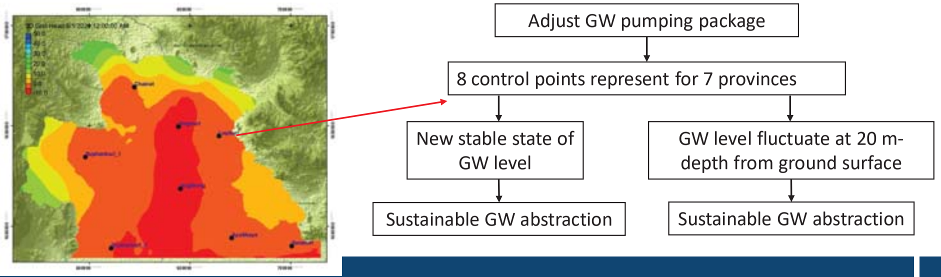


3. METHODOLOGIES

Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | **Potential GWA**

➢ **Sustainable GW abstraction:** The sustainable criterion is proposed to enable the aquifer system to meet a new equilibrium state in time. By applying this criterion, the GW level will be stable and change in GW storage will reduce to approximately zero

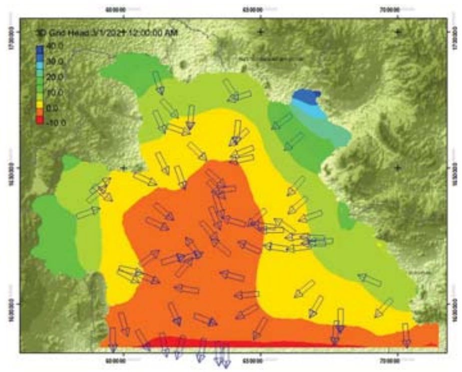
➢ **Available GW abstraction:** Available GW abstraction refers to the amount of GW that can be extracted from an aquifer on a sustained basis, economically and legally, without deteriorating the native GW quality or creating an undesirable effect, such as environmental damage



4. RESUTLS

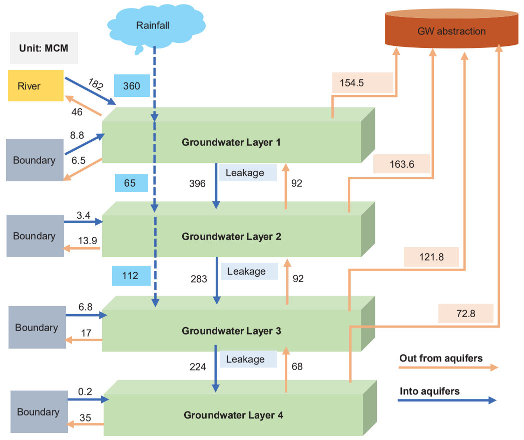
Current situation ◆

➢ GW level distribution in March, 2021



Annual GW storage change: -13 MCM
- +141 MCM in wet season
- - 154 MCM in dry season

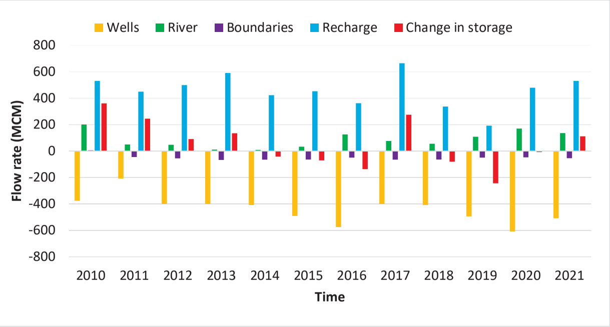
➢ Groundwater balance analysis in 2021



4. RESUTLS

➤ **Groundwater balance analysis**

- The rainfall recharge was main recharge source to aquifers in the period from 2010 and 2021 with an average annual recharge is about 459 MCM per year
- In wet years such as 2010, 2011 and 2017, the natural recharge including rainfall recharge and river leakage were much higher than the discharge by pumping and boundaries flow, so the change in storage show a positive value.
- In these situations, knowledge of GW storage is important for managing GW development and for assessing sustainable and available yield of GW pumping.



➤ Time series of GW components from 2010 to 2021

4. RESUTLS

➤ **By province**

- Three climate scenarios are developed based on analysis of annual rainfall from 2010 to 2021. Dry, normal and wet year are defined as annual rainfall in range of <1,200 mm/year, 1,200 – 1,600 mm/year and >1,600 mm/year, respectively.

Province	annual sustainable GW abstraction (MCM)				annual available GW abstraction (MCM)			
	dry	normal	wet	average	dry	normal	wet	average
Chainat	67	80	91	79	95	126	158	126
Singburi	69	82	93	81	73	99	128	100
Angthong	32	38	55	42	31	42	56	43
Ayutthaya	48	58	66	57	77	101	122	100
Lopburi	9	14	21	15	35	48	63	48
Saraburi	9	14	21	15	47	62	72	60
Suphanburi	239	286	324	283	246	327	404	326
Total	472	572	671	572	604	804	1002	804

4. RESUTLS

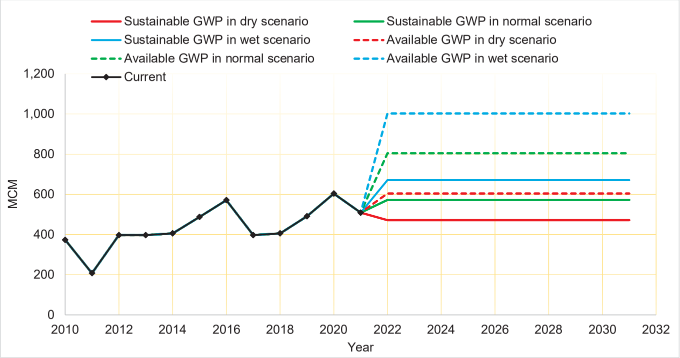
➤ **By irrigation project**

Irrigation projects	annual sustainable GW abstraction (MCM)			annual available GW abstraction (MCM)		
	dry scenario	normal scenario	wet scenario	dry scenario	normal scenario	wet scenario
Khlong Phriao - Saohai	3.2	5.5	7.6	15.7	21.3	27.5
Southern Pasak	6.1	7.4	8.5	10.9	14.5	17.9
Nakhon Luang	13.1	15.7	17.8	21.5	28.2	34.1
Roeng Rang	7.7	9.5	11.1	14.1	18.6	23.4
Khok Kathiam	3.7	5.9	7.8	14.2	18.7	21.8
Bang Ban	7.2	8.6	9.8	10.7	14.2	17.5
Chongkhae	2.3	3.5	4.6	8.0	10.6	13.2
Yangmani	12.3	16.5	20.1	15.4	20.5	25.7
Channasut	48.3	61.9	73.7	49.1	64.5	77.9
Phak Hai	8.5	10.3	11.7	10.1	13.6	17.6
Maha Rat	42.0	52.4	61.3	60.9	82.5	110.0
Manarom	1.6	1.9	2.2	2.2	3.0	4.0
Borommathat	59.8	71.7	81.4	69.7	95.6	125.4
Phonthep	12.8	15.4	17.4	20.9	27.6	32.1
Tha Bot	19.2	23.0	26.2	17.1	23.5	30.8
Pho Phraya	35.3	42.2	47.9	38.6	51.4	64.1
Thung Wat Sing	4.3	5.1	5.8	6.3	8.4	10.5
Sam Chuk	69.4	83.2	94.5	60.4	81.9	105.9
Don Chedi	24.3	29.1	33.1	25.1	33.1	38.5
Kraseaw	21.6	25.9	29.4	23.4	31.1	38.5

4. RESUTLS

➤ **Comparison of sustainable and available GW abstraction**

- Available GWA shows a higher amount than sustainable GWA in all three case of climate scenarios (can explain by different in GW level distribution)
- The current amount of GWA need to maintain or reduce lightly (about 60 MCM) to meet the sustainable GWA in the normal and dry scenario, respectively.
- About 70 MCM of groundwater can be extracted more to meet sustainable GWA in wet season, or available GWA in dry season



5. CONCLUSIONS

- In 2021, groundwater consumption is estimated 981 MCM (~2.69 MCM/d) in which the exploited amount in the GW layer 1, 2, 3 and 4 are 154.5 MCM, 163.6 MCM, 121.8 MCM and 72.8 MCM, respectively. GW is exploited mainly for agriculture in Suphanburi, Chainat, Singburi provinces, about 75 % of total GW consumption in the north part of Lower Central Plain.
- 3D transient groundwater flow was developed to assess current groundwater exploitations and to estimate GW potential in the north part of Lower Central Plain under various climate scenarios. The results revealed that groundwater has been overexploited resulting in continues decline of groundwater levels in dry years and in recover in increasing groundwater level in wet seasons.
- Available GW estimation suggested that the north part of Lower Central Plain can sustain abstraction rates up to 197% (~1,002 MCM for four top aquifer), 158% (~804 MCM), 119% (604 MCM) of the current extraction rates in 2021 for a 20 m drawdown threshold. .

5. CONCLUSIONS

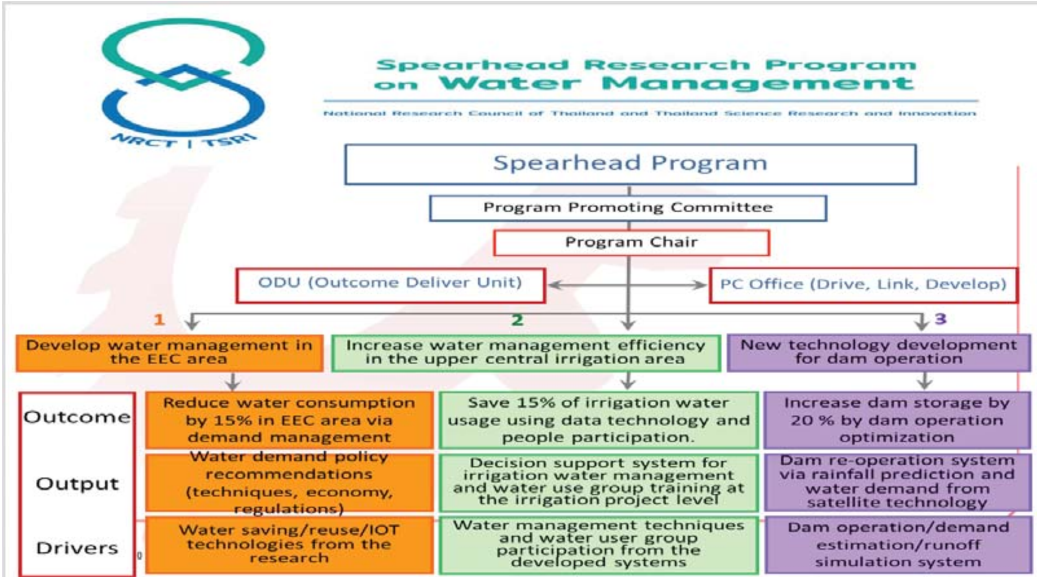
- Overall, the groundwater potential of four top aquifers in the north part of LCP is generally in good condition, however indicating a crisis may occur if groundwater of the basin is not properly managed or without controlled use.
- In order to meet the sustainable GW pumping of the north part of Lower Central Plain, current GW pumping in 2021 need to be reduced 8% in case of dry condition or increased lightly from 10 to 15% in case of normal and wet conditions.
- Although the numerical model of the regional groundwater system presented in this study was satisfactorily calibrated and validated and able to capture the transient head trends, it was clear that the model did not develop some scenarios to redistribute location of wells. The model should consider the optimization of groundwater pumping distribution then be used with caution

6. REFERENCES

- DGR (2012). Effect of underground structure due to the restoration of water pressure in Bangkok and vicinity. Thai Department of Groundwater Resources, Bangkok, Thailand.
- Gupta, A. D. and M. Babel (2005). "Challenges for sustainable management of groundwater use in Bangkok, Thailand." International Journal of Water Resources Development **21**(3): 453-464.
- Koontanakulvong, S. and P. Siriputtichaikul (2003). Groundwater Modeling In the North Part of the Lower Central Plain, Thailand. International Conference On Water and Environment, Bhopal, India, Vol. Ground Water Pollution.
- Molle, F., et al. (2001). Dry-season water allocation and management in the Chao Phraya Delta, International Water Management Institute.
- Silalertruksa, Thapat, and Shabbir H. Gheewala. "Land-water-energy nexus of sugarcane production in Thailand." Journal of Cleaner Production 182 (2018): 521-528.
- Tanachaichoksirikun, P. and U. Seeboonruang (2020). "Groundwater vulnerability of Thailand's Lower Chao Phraya Basin." International Journal **18**(69): 88-96.
- Tanachaichoksirikun, P., et al. (2020). "Improving Groundwater Model in Regional Sedimentary Basin Using Hydraulic Gradients." KSCE Journal of Civil Engineering: 1-15.
- Worakul, M., et al. (2015). "Groundwater issues and hydrogeological survey of the Mekong River Basin in Thailand." Current status issues of groundwater in the Mekong River Basin: 85-91.

6. REFERENCES

The authors wish to thank the Water Resources System Research Unit, Chulalongkorn University (CU_WRSRU) staff. We also acknowledge the assistance of the RID, DGR and field officers in the Upper Central Plain for providing helpful information of the study area and also to NRCT for research grant under the Spearhead Research Program on Water Management.



Thank You
For Your Attention
Any question?

Address:
254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330

Contact number:
(+66) 636 501 004

Email address:
phamtuanld8@gmail.com

SUSTAINABLE GROUNDWATER PUMPING IN THE UPPER CENTRAL PLAIN, THAILAND and ANN APPLICATION FOR AVAILABLE GW PUMPING

Tran Thanh Long[1,2], Sucharit Koontanakulvong[3], Chokchai Suthidhummajit[3]

[1]Faculty of Civil Engineering, Hochiminh City University of Technology, 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

[2]Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

[3]Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

**Corresponding Author: Sucharit.K@chula.ac.th*

Bangkok, August 23, 2022

Outline

I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS

The farmers in the Upper Central Plain Basin of Thailand have adapted conjunctive water use to meet the high demand for rice cultivation. Conjunctive water management is an optimal tool for groundwater pumping guidelines under reservoir water release conditions for sustainable development. However, under the water stress in the recent dry years, the farmers tend to overexploit groundwater pumping, which leads to the rapid drawdown decline. To take advantage of the available surface water and groundwater, conjunctive water management was explored in the Upper Central Plain for various stakeholders.

However, the practice of conjunctive water management contained difficulties due to the complex processes of modeling techniques, time consuming and unavailable survey data to estimate groundwater budget. Therefore, this study aims to estimate available groundwater pumping and develop available groundwater pumping estimation tool in the Upper Central Plain Thailand under three water year patterns.

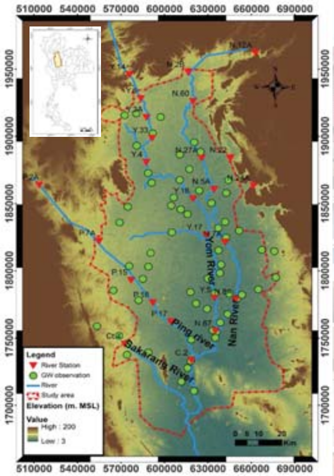
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

This study aims to estimate available groundwater pumping in the Upper Central Plain Thailand under extreme weather scenarios.

First, the regional groundwater model was developed via a survey monthly pumping pattern, hydrogeology map, river stage, and rain. Then, Younger Terrace Aquifer's groundwater level was calibrated from 1993 to 2010 and validated from 2011 to 2020.

Second, the sustainable groundwater pumping was estimated based on three water year patterns under set drawdown criteria: wet year (rain >1400 mm), average year (1200mm< rain <1400 mm), dry year (rain <1200 mm). *The sustainable drawdown criteria is set to be 20 meters depth below the surface.*

Final, the rainfall, groundwater level, and dam storage data from three water year scenarios were trained via the artificial neural network for the estimated available groundwater pumping. As a result, the ANN tool could guide properly the region's available groundwater pumping for planning by utilizing the relatively surface water data, less laborious, and more cost effective.



Estimation Sustainable Groundwater Pumpage

- River stage
- Land recharge
- Estimated groundwater pumping (Survey well and registration well)
- Regional groundwater modeling
- Calibration groundwater level in 6 provinces
- Verification regional groundwater modeling ← Maximum rainfall/ Minium rainfall/ Average rainfall pattern (2010-2020)

Develop GW Availability Tool

- Estimation sustainable groundwater (groundwater level/ pumpage/ reccharge) flow budget and available groundwater each scenarios
- Training ANN tool for estimation groundwater pumping and prediction groundwater available via automatic monitor groundwater level
- Developed groundwater availability tool with certain criteria groundwater level/ Rainfall/ Dam storage

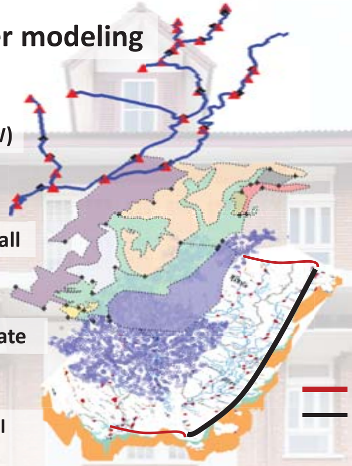
Conceptual regional groundwater modeling

River recharge=conductive*(hriver-hGW)

Land recharge =recharge ratio*effective rainfall

Weekly groundwater use=well * monthly pump rate

Regional groundwater model grid-size 2 km X 2 km.

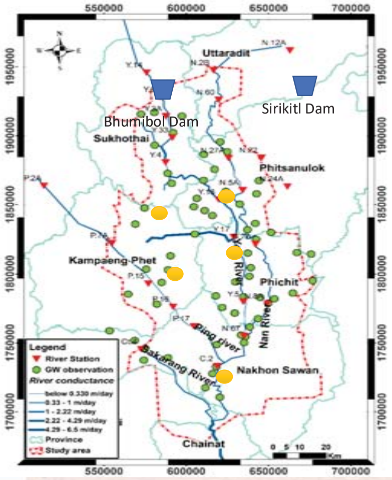


Monitoring network for parameter calibration

- Monitor runoff stage: 15 stations
- Monitor groundwater level: 112 monitoring wells
- The conductance estimated from the field experiments varied from 0.2 to 6.5 m^2/day/m

Automatic monitoring network for prediction available groundwater pumpage

- Automatic monitoring well/rainfall
- Recorded dam storage



Criteria for estimating sustainable groundwater pumping

The sustainable groundwater pumping was estimated under three water years

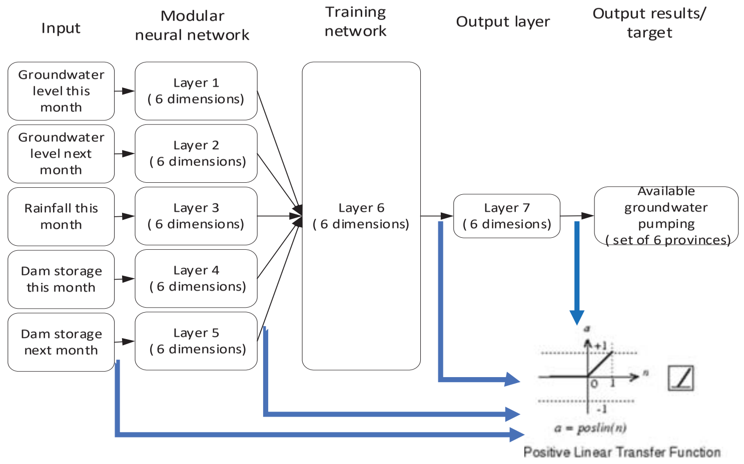
	Drought year (2016)	Normal year (2009)	Flood year (2011)
Rainfall (mm)	Below 1000	1000-1400	above 1400

The criteria sustainable groundwater pumping

	Utraladit	Sukhothai	Kampheangphet	Phitsanulok	Pichit	Nakhonsawan
Drawdown	20m	20m	20m	20m	20m	20m

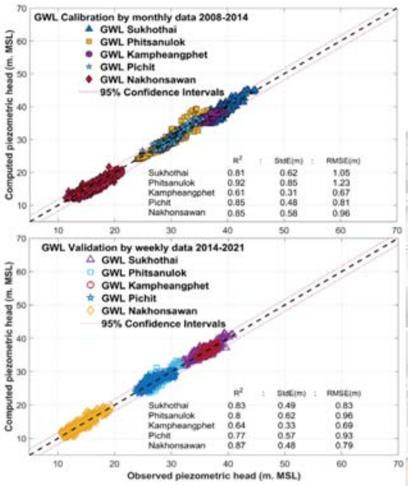
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

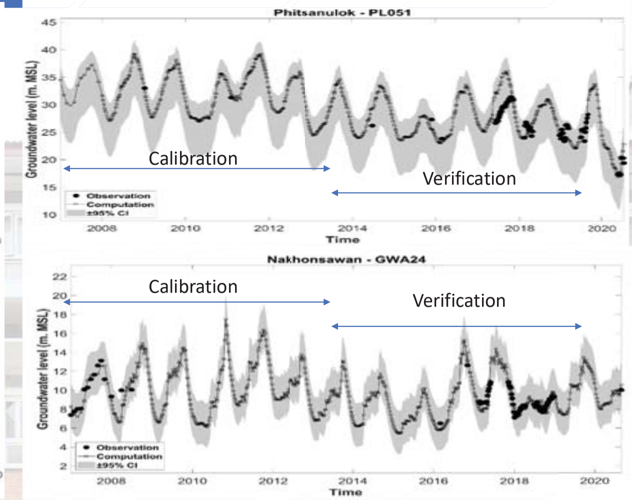
Modular neural network (MNN) Development



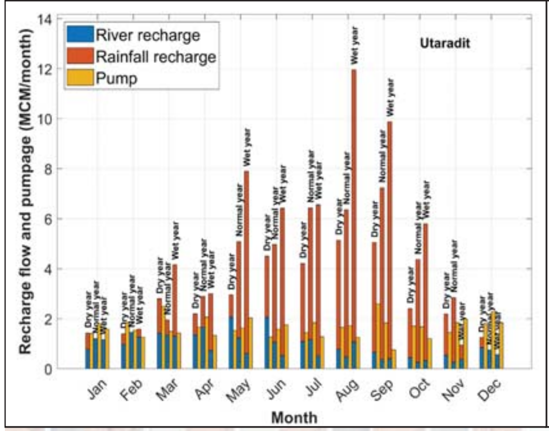
*The input utilized database generated from the groundwater modelling

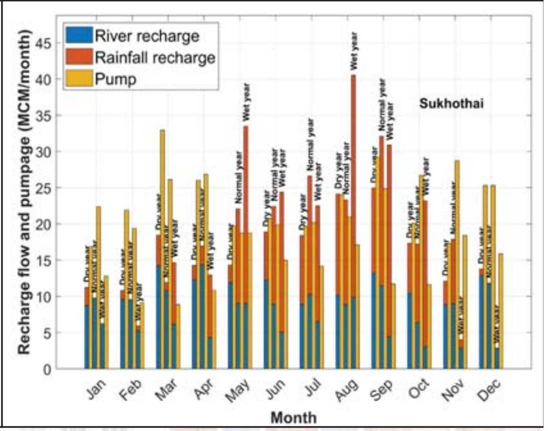
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS



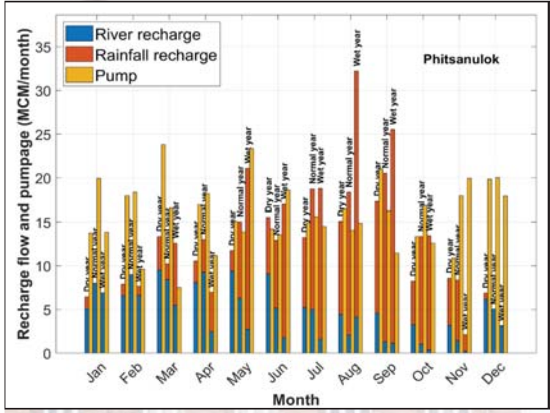


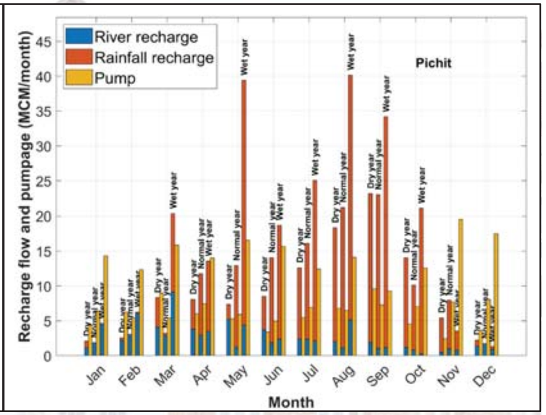
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

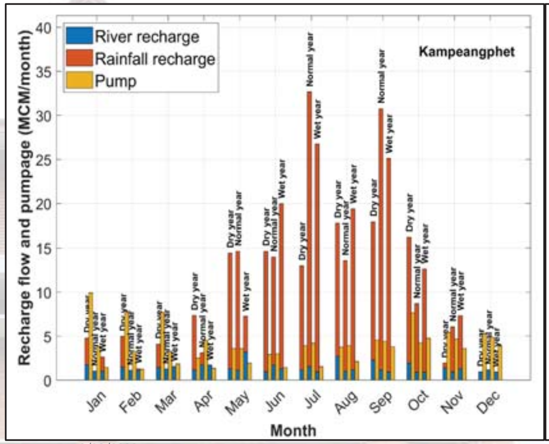


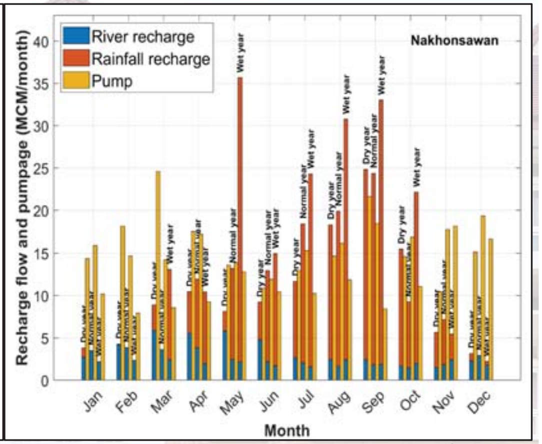


I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS



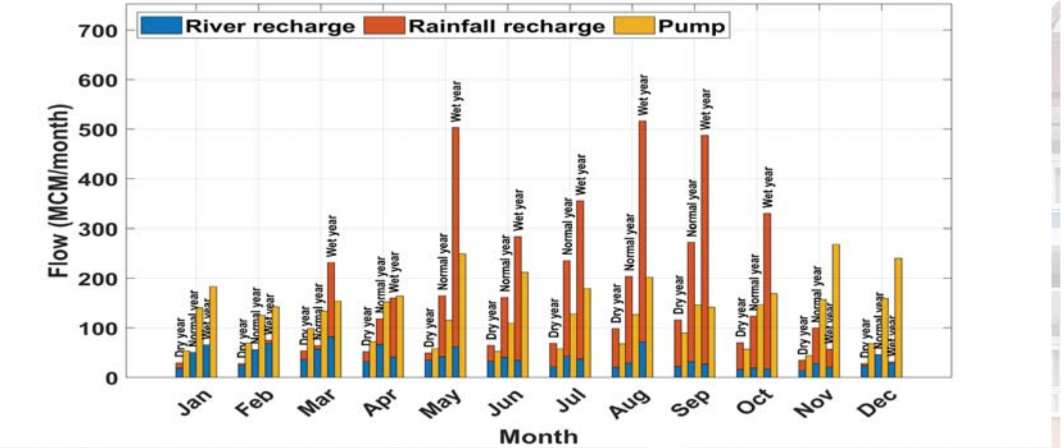






I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

Groundwater Pumping and Groundwater Recharge in the UPPER CENTRAL PLAIN, THAILAND



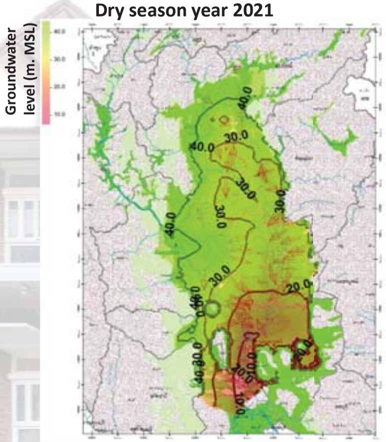
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

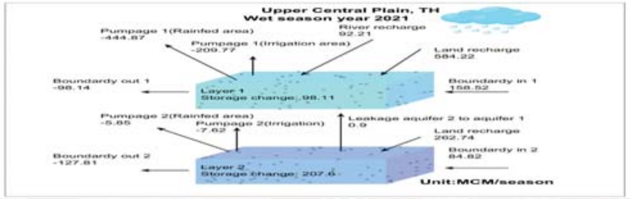
ACTUAL GROUNDWATER PUMPING									
UNIT (MCM/SEASON)		UTTARADIT	SUKHOTHAI	PHITSANULOK	KAM PHAENG PHET	PHICHIT	NAKHON SAWAN	REGIONAL
DRY YEAR	DRY SEASON	13.7	119.5	148.1	62.4	174.6	93.1	611.4
	WET SEASON	13.4	113.6	162.9	77.6	142.5	98.8	608.8
NORMAL YEAR	DRY SEASON	5.2	85.7	114.1	27.7	82.2	69.9	384.8
	WET SEASON	6.4	112.1	150.6	34.6	114.2	90.9	508.8
WET YEAR	DRY SEASON	6.5	48.6	80.5	29.6	28.7	57.1	251
	WET SEASON	13	84.1	160	59.2	57.7	113.6	487.6

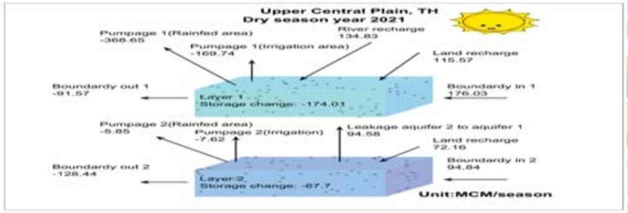
SUSTAINABLE GROUNDWATER PUMPING								
UNIT (MCM/SEASON)		UTTARADIT	SUKHOTHAI	PHITSANULOK	KAM PHAENG PHET	PHICHIT	NAKHON SAWAN	REGIONAL
DRY YEAR	DRY SEASON	8	121	126	62	144	74	535
	WET SEASON	26	253	242	205	252	162	1140
NORMAL YEAR	DRY SEASON	30	197	251	116	301	146	1041
	WET SEASON	30	157	243	166	253	137	986
WET YEAR	DRY SEASON	24	270	263	141	283	139	1120
	WET SEASON	23	246	231	174	237	156	1067

I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

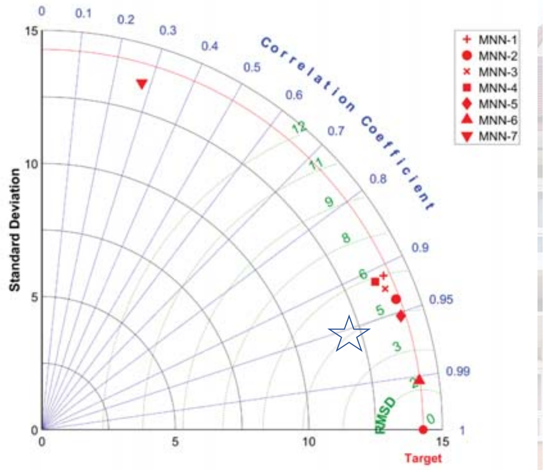
Dry season year 2021



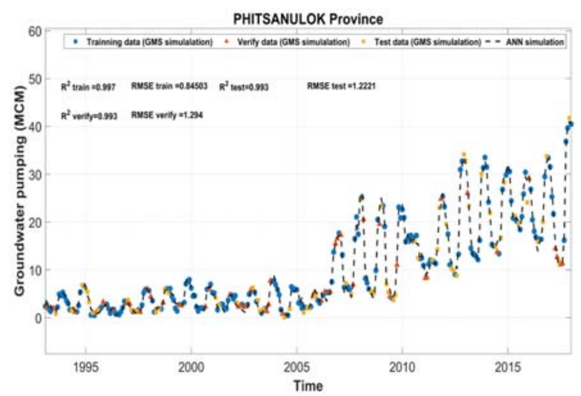


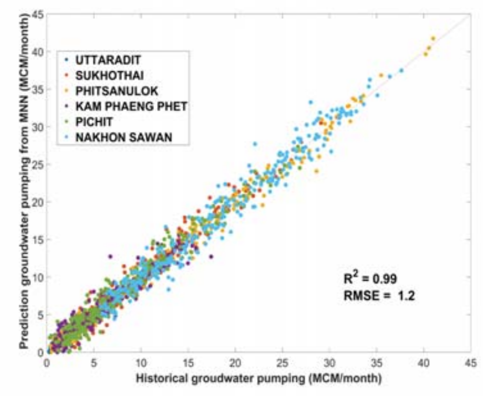


#	Name	ANN structure
1	MNN_1	Without pre-processing data
2	MNN_2	Pre-processing groundwater level only
3	MNN_3	Pre-processing rainfall only
4	MNN_4	Pre-processing dam storage only
5	MNN_5	Pre-processing all data (rainfall, GWL, dam storage)
6	MNN_6	Pre-processing all data plus one hidden layer
7	MNN_7	Pre-processing all data plus two hidden layers



Calibration and verification ANN tool





Weight coefficients of ANN tool

	Weights of input 1 (D^t)					
	Input GWL Utaradit	Input GWL Sukhothai	Input GWL Phitsanulok	Input GWL Kamphengphet	Input GWL Pichit	Input GWL Nakhonsawan
Weights of output Pump Utaradit	0.124	-0.26	2.395	-1.899	0.511	-0.456
Weights of output Pump Sukhothai	-4.619	15.479	-10.848	-0.036	3.363	-0.559
Weights of output Pump Phitsanulok	1.529	0.078	-0.07	2.946	1.256	0.161
Weights of output Pump Kamphengphet	-2.084	1.37	21.365	-0.114	0.053	-12.368
Weights of output Pump Pichit	-4.17	4.028	8.151	-5.578	1.135	-10.705
Weights of output Pump Nakhonsawan	2.143	7.022	0.032	3.918	-0.731	-10.026

	Weights of input 2 (D^{t+1})					
	Input GWL Utaradit	Input GWL Sukhothai	Input GWL Phitsanulok	Input GWL Kamphengphet	Input GWL Pichit	Input GWL Nakhonsawan
Weights of output Pump Utaradit	-0.357	-0.3	0.062	0.19	0.588	-0.176
Weights of output Pump Sukhothai	-0.023	-0.058	0.153	-0.158	0.05	-0.017
Weights of output Pump Phitsanulok	0.197	0.562	-0.08	-0.012	-0.09	0.022
Weights of output Pump Kamphengphet	-1.024	-0.393	0.711	0.256	-1.33	0.592
Weights of output Pump Pichit	-0.206	0.875	0.132	-0.363	0.144	0.016
Weights of output Pump Nakhonsawan	-0.925	-0.017	0.247	0.087	0.367	0.385

Weight coefficients of ANN tool

	Weights of input 3 (R^t)					
	Input GWL Utaradit	Input GWL Sukhothai	Input GWL Phitsanulok	Input GWL Kamphengphet	Input GWL Pichit	Input GWL Nakhonsawan
Weights of output Pump Utaradit	-1.889	0.355	-0.226	-1.756	-0.854	2.548
Weights of output Pump Sukhothai	-1.519	-1.013	0.55	2.278	2.602	-0.089
Weights of output Pump Phitsanulok	0.386	0.222	-0.129	0.956	0.643	0.688
Weights of output Pump Kamphengphet	-1.007	1.012	-1.093	4.09	2.18	6.705
Weights of output Pump Pichit	-0.701	1.154	-0.375	-2.707	-0.053	11.963
Weights of output Pump Nakhonsawan	0.122	0.244	-0.143	0.643	-0.051	0.186

	Weights of input 4 (WD^t)	
	Input dam storage bhumibol	Input dam storage Sirikit
Weights of output Pump Utaradit	0.337	0.039
Weights of output Pump Sukhothai	0.337	0.039
Weights of output Pump Phitsanulok	-0.0004	0.0007
Weights of output Pump Kamphengphet	0.0006	0.0006
Weights of output Pump Pichit	-0.0007	0.001
Weights of output Pump Nakhonsawan	0.001	0.0001

	Weights of input 5 (WD^{t+1})	
	Input dam storage bhumibol	Input dam storage Sirikit
Weights of output Pump Utaradit	0.006	0.007
Weights of output Pump Sukhothai	0.006	0.007
Weights of output Pump Phitsanulok	0.0003	-0.0004
Weights of output Pump Kamphengphet	-0.0006	0.0002
Weights of output Pump Pichit	0.0002	0.0002
Weights of output Pump Nakhonsawan	-0.0006	0.0002

Future applications (with next 3 months rainfall forecasted data which will determine weather pattern in next three months)

<u>Input</u>

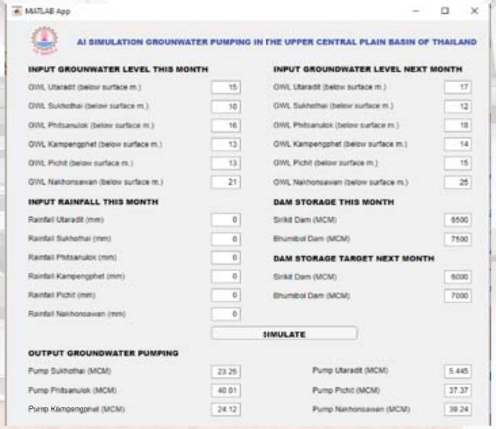
- groundwater level (this month, targeted next month)
- rainfall (this month)
- dam storage (this month, targeted next month)

<u>Output</u> groundwater pumping next month (in each province)

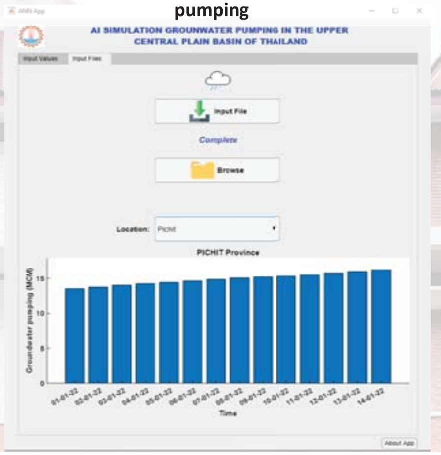
The estimated available groundwater pumping in next month = Sustainable groundwater pumping (based on the water year pattern) – predicted next month groundwater pumping)

The PAGP will be used for water allocation decision (both SW and GW) in next 1-3 months.

The available groundwater pumping = sustainable groundwater pumping – current groundwater pumping



Estimated sample of weekly available groundwater pumping



The sustainable groundwater of Sukhothai, Phitsanulok, Kamphengphet, Pichit, Nakhonsawan, Utaradit and the whole region varies from 325- 432MCM/ year, 348-521MCM/year, 160-226MCM/year, 294-416MCM/year, 305-549MCM/year, 40-72MCM/year and 1472-2106 MCM/ year. As a result, sustainable groundwater pumping proposed could be used as a guide to sustainably manage the regional groundwater resources in the study area.

From the verification results, the developed modular of neural network (MNN) can reliably predict the next month's pumping and available groundwater pumping by using relatively fewer input data, less laborious, and more cost-effective. The MNN then can illustrate the available groundwater pumping in each provinces and guides water allocation alternatives for groundwater pumping in the area.

Due to the good performance, the MNN can reliably predict the available groundwater pumping by using relatively fewer input data, less laborious, and more cost-effective. The modular of neural network also illustrates the available groundwater pumping in the regions, Therefore, for water planning in the future the MNN tool is a helpful guide to assist in the proper conjunctive management, especially in the crisis drought year using forecasted weather data (in next three months).

In future, the accuracy of MNN tool can be improved via remote sensing data applications to include farmers' water use behavior, cultivated area the existing irrigation surface water allocations, the groundwater-well conditions with local groundwater sustainable pumping for water shortage mitigation and better water policy decision on water allocations of both surface and groundwater in the study area.

Acknowledgment

The authors wish to thank the Water Resources System Research Unit, Chulalongkorn University (CU_WRSRU) staff. We also acknowledge the assistance of the RID, DGR and Upper Central plain officers for providing helpful information of the study area and research grant from NRCT under Spearhead Research Program.

References

Koontanakulvong, S., and Suthidhummajit, C., 2015, The role of groundwater to mitigate the drought and as an adaptation to climate change in the Phitsanulok irrigation project, in the Nan basin, Thailand.

Koontanakulvong, S. J. D. o. G. R. C. U., 2006, The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report.

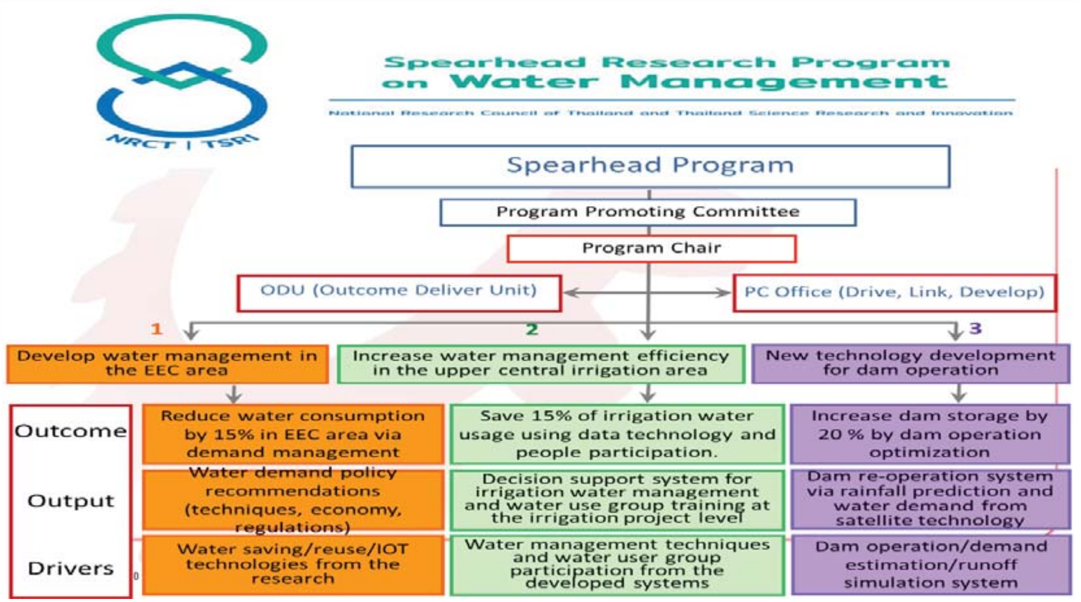
Kourakos, G., and Mantoglou, A., 2009, Pumping optimization of coastal aquifers based on evolutionary algorithms and surrogate modular neural network models: Advances in water resources, v. 32, no. 4, p. 507-521.

Suthidhummajit, C., and Koontanakulvong, S., 2011, Climate Change Impact on Ground Water and Farmer's response (The Wang Bua Irrigation Project, Kampheng Phet Province, Thailand: Case Study).

Suthidhummajit, C., and Koontanakulvong, S. J. E. J., 2018, Flow Budget Change of Groundwater System under Climate Change in the Upper Central Plain, Thailand, v. 22, no. 1, p. 289-298.

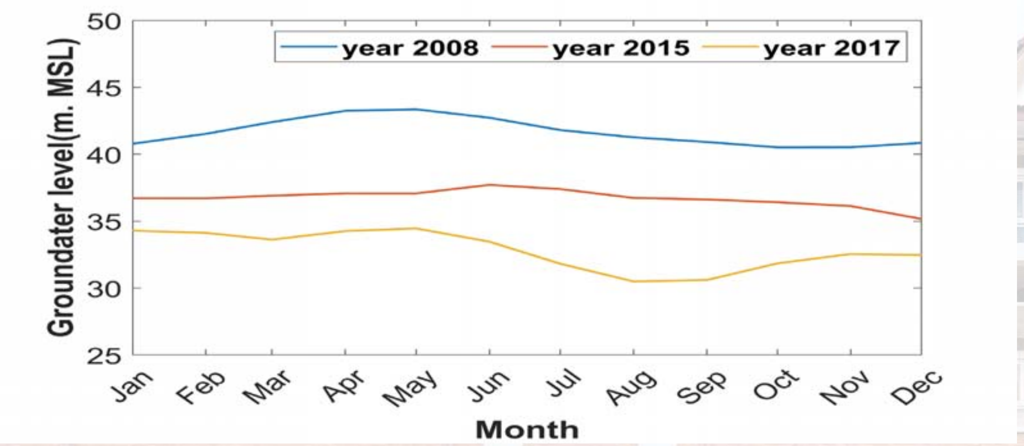
Vasconcelos, V. V., Koontanakulvong, S., Suthidhummajit, C., Junior, P. P. M., and Hadad, R. M. J. A. W. S., 2017, Analysis of spatial–temporal patterns of water table change as a tool for conjunctive water management in the Upper Central Plain of the Chao Phraya River Basin, Thailand, v. 7, no. 1, p. 245-262.

Koontanakulvong S., Tran Thanh Long, Suthidhummachit, Groundwater Availability Prediction in the Upper Chao Phraya Basin Via Artificial Neural Network Technique, Proc. KWRA 2022, Korea, May 20, 2022.



Q&A

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION



year 2008
year 2015
year 2017
Groundater level(m. MSL)
50
45
40
35
30
25
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month

รายนามหัวหน้าโครงการ

1. หัวหน้าโครงการ

   ชื่อ-สกุล : รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล

   หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

   สถานที่ติดต่อ : ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์

   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

   โทรศัพท์ : 02-2186426 โทรสาร : 02-2816425

   โทรศัพท์มือถือ : 087-0761119 E-mail : Tuantan.K@chula.ac.th

2. ผู้ร่วมงานวิจัย

   ชื่อ-สกุล : ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต

   หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

   สถานที่ติดต่อ : ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

   ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

   โทรศัพท์ : 02-2186426 โทรสาร : 02-2816425

   โทรศัพท์มือถือ : 085-8437666 E-mail :chokchai.s@chula.ac.th

3. ชื่อ-สกุล : รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย

   หน่วยงาน : ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน

   มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

   สถานที่ติดต่อ : 85 ถนนมาลัยแมน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

   โทรศัพท์ : 034-261053 โทรสาร : 034-261053

   โทรศัพท์มือถือ : 085-3847299 E-mail : riverine_eng@yahoo.com

4. ชื่อ-สกุล : ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์

   หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

   สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

   โทรศัพท์มือถือ : 081-765-2503 E-mail : fengcpcc@ku.ac.th

5. ชื่อ-สกุล : ดร.พิเชษฐ์ สืบสายพรหม

   หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

   สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

   โทรศัพท์มือถือ : 082-556-1645 E-mail : pichet.s@ku.ac.th

6. ชื่อ-สกุล : ดร.ธัญดร ออกวะลา
หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
โทรศัพท์มือถือ : 085-808-5859 E-mail : fengtdo@ku.ac.th
7. ชื่อ-สกุล : ร้อยโทอนุมัติ อิงคนินันท์
หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
โทรศัพท์มือถือ : 083-090-8564 E-mail : fengame@ku.ac.th
8. ชื่อ-สกุล : ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์
หน่วยงาน : สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
สถานที่ติดต่อ : 26/83 ซอยท่านผู้หญิงพหล (ซอยงามวงศ์วาน 54) ถนนงามวงศ์วาน แขวง
ลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ : 02-6667283 โทรสาร : 02 6667283
โทรศัพท์มือถือ : 081-9139768 E-mail: n_thassanee@yahoo.com,
tussanee.n@dgr.mai.go.th