รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการ “ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง”

The assessing the groundwater potential and groundwater use for Planning of conjunctive use water management system in Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project

โดย รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2564

สิงหาคม 2565

สัญญาเลขที่ กม.50/2564

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง”

The assessing the groundwater potential and groundwater use for planning of conjunctive use water management system in Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. Dr. Pham Van Tuan	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. Dr. Tran Thang Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นางจิราภา หวิงปัด	สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 กำแพงเพชร
6. นางสาวนภาพร นพคุณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2564

คำนำ

(รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง” โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยา ได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 1 ปี (15 มิถุนายน 2564 - 16 เมษายน 2565) ซึ่งประกอบด้วย สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา คบ.ท่อทองแดงการศึกษาสภาพน้ำบาดาล การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง เพื่อประเมินสภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมตามปีน้ำ การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน ได้เสนอไว้ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้

ทางโครงการฯ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 กำแพงเพชร เจ้าหน้าที่ภาคสนาม และเกษตรกรผู้ให้ข้อมูล และข้อคิดเห็นต่อโครงการ ซึ่งทางโครงการฯ ก็ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงในความร่วมมือ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือในการวิจัยระยะต่อไป เพื่อให้งานวิจัยในครั้งนี้มีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ และหากท่านใดมีข้อคิดเห็นประการใดต่อการวิจัยในครั้งนี้ สามารถแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านต่อทางโครงการฯ ได้ทางอีเมลล์ waterCU@eng.chula.ac.th และติดตามผลงานวิจัยได้ทางเว็บไซต์ www.watercu.eng.chula.ac.th

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2565

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ “ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง” สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรในพื้นที่สำนักงานทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 จังหวัดกำแพงเพชร โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ที่ได้ให้ข้อมูล และข้อคิดเห็นในระหว่างการศึกษา ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถนำข้อมูล และข้อคิดเห็นมาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยได้การศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มโครงการฯ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 2

ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณหน่วยงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ และเกษตรกรดังกล่าวข้างต้นที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติสำหรับเงินสนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2564

คณะผู้วิจัย

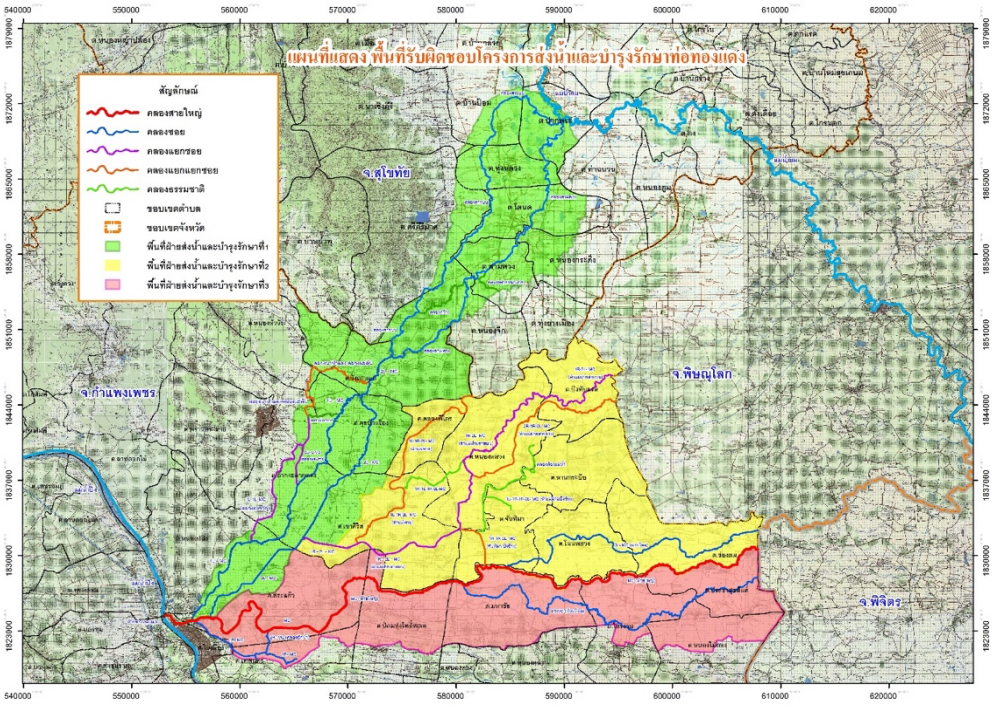
สิงหาคม 2565

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. บทนำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเป็นโครงการชลประทานรับน้ำนอง (ดูรูปที่ 1) โดยรับน้ำมาจากแม่น้ำปิงเข้าพื้นที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดกำแพงเพชร ใช้ระบบการส่งน้ำโดยคลองธรรมชาติมีอาคารบังคับน้ำและอาคารอัดน้ำตามคลองธรรมชาติ โดยรับน้ำเข้าโครงการผ่าน ปตร. ปากคลองท่อทองแดง ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานรวม 552,403.93 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นในเขต อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร และ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก และผลจากการดำเนินงานวิจัยในระยะที่ 1 โครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน พบว่าในพื้นที่บริเวณนี้มีการสูบน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำเสริมซึ่งมีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำมีไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งทำให้ประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 600 – 800 ล้าน ลบ.ม. (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558) เนื่องจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการประเมินรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ และจะเชื่อมโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประเมินศักยภาพน้ำบาดาลระดับพื้นที่โครงการส่งน้ำฯ และจังหวัด ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาล กำหนดเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ให้กลุ่มผู้ใช้น้ำ สำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในระดับโครงการส่งน้ำชลประทาน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้



รูปที่ 1 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

2. วัตถุประสงค์

2.1 หาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

2.2 ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ระเบียบวิธีวิจัยในโครงการ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 8 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย และอัตราการระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักจากอ่างเก็บน้ำและการจัดสรรน้ำ (โดยประสานงานรับข้อมูลด้านน้ำผิวดินจากโครงการ 2.2.4 โครงการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านการบริหารจัดการน้ำชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อผลักดันสู่การเสนอแผนนโยบายการจัดการน้ำชุมชนในระดับพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร)

2. วิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลการจัดสรรน้ำ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลและประมาณการใช้น้ำ (โดยประสานงานรับข้อมูลจากโครงการ 2.2.4 โครงการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านการบริหารจัดการน้ำชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อผลักดันสู่การเสนอแผนนโยบายการจัดการน้ำชุมชนในระดับพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร)
3. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (ประสานงานรับข้อมูลจากโครงการ 2.2.4 โครงการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านการบริหารจัดการน้ำชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อผลักดันสู่การเสนอแผนนโยบายการจัดการน้ำชุมชนในระดับพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร) เพื่อประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตามปีน้ำต่างๆ และนำมาสอบเทียบกับปริมาณการสูบน้ำจากแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง (Local model) ที่พัฒนาขึ้น
4. สำรวจและกำหนดสถานีที่จะใช้เป็นสถานีตัวแทนโซนส่งน้ำและติดตามระดับน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลระดับตื้นในพื้นที่โครงการชลประทานรายเดือน
5. ปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน (Regional model) ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์ เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run กับโครงการอื่นในแผนงานที่ 3 ช่วยจัดการน้ำในพื้นที่ภาคกลาง โดยมีการประสานงานกับโครงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในแผนงานที่ 3
    - รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและนำเข้าข้อมูลที่ได้ผ่านประสานงานกับโครงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในแผนงานที่3 แบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 เพื่อเตรียมนำเข้าแบบจำลองน้ำบาดาล
    - ปรับปรุงให้แบบจำลองน้ำบาดาลที่ประมวลผลแบบรายเดือนเป็นรายสัปดาห์ และนำเข้าข้อมูล (ปรับเทียบแบบจำลองที่ปรับปรุง)
    - จำลองสภาพการของสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน
    - สร้างแบบจำลองการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำโดยการหาความสัมพันธ์โดยใช้ผลจากการจำลองสถานการณ์น้ำแบบต่างๆข้างต้นเพื่อประเมินหาอัตราการสูบน้ำเมื่อทราบค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณฝน และค่าปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network : ANN)

6. พัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง (Local model) เพื่อประเมินสภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมตามปีน้ำ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้
    - รวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจในพื้นที่ศึกษาของโครงการ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนดเงื่อนไขและค่าตัวแปรต่างๆในการสร้างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และสร้างแบบจำลองในเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลอุทกธรณี ข้อมูลบ่อบาดาล และข้อมูลแหล่งน้ำ
    - สร้างแบบจำลองเชิงความคิด (Conceptual Model) จากสภาพของน้ำบาดาลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาและข้อมูลภาคสนาม และนำไปสร้างลักษณะของชั้นน้ำบาดาล
    - ออกแบบแบบจำลอง (Model Design) โดยประยุกต์จากแบบจำลองเชิงความคิดไปเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไข รวมถึงการนำข้อมูลภาคสนามแปลงเป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ
    - การปรับเทียบแบบจำลองในเบื้องต้น (Initial Calibration) โดยนำแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ในสภาวะการไหลคงตัว (Steady State) เพื่อทำการปรับค่าขอบเขตเงื่อนไข เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่
    - การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) โดยใช้ข้อมูลอัตราการสูบย้อนหลัง 10 ปี ในรูปแบบการไหลไม่คงตัว (Transient State) เพื่อให้สภาพการไหลสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของระดับน้ำในพื้นที่ให้มากที่สุด
    - สอบเทียบแบบจำลอง (Model Verification) จากข้อมูลอัตราการสูบน้ำบาดาลและระดับน้ำที่มีการบันทึกข้อมูลไว้เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และทดสอบการตอบสนองของตัวแปรในแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) เพื่อตรวจสอบผลกระทบจากความไม่แน่นอนของตัวแปรที่มีต่อผลของแบบจำลอง และทำการวิเคราะห์หาสมดุลน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาการไหลเข้าและไหลออกของน้ำบาดาล
    - ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ปรับเทียบเสร็จแล้วไปใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล เพื่อนำแบบจำลองไปใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล
7. จำลองสภาพการของสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน
8. สรุปเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในภาวะที่น้ำผิวดินขาดแคลน

4. สรุปผลการศึกษา

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ผลการศึกษาน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโครงการชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง สำหรับปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – 2564 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 43, 66 และ 88 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 65 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 17, 29 และ 19 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 17, 18 และ 30 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 206, 173 และ 134 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 171 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 45, 75 และ 50 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 42, 64 และ 65 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 78, 65 และ 53 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 64 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 44, 15 และ 5 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 21, 26 และ 17 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

ผลการศึกษาน้ำบาดาลจากการปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 ในพื้นที่ภาคกลางตอนบน สำหรับปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – 2564 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 705, 943 และ 1220 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 956 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีการใช้น้ำบาดาล ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์ มีค่าเฉลี่ยรายปี 97, 200, 19, 272 และ179 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 2234, 2000 และ 1633 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 1963 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่

สามารถใช้ได้ ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์มีค่าเฉลี่ยรายปี 288, 490, 47, 415, 452 และ 271 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 532, 685 และ 1004 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 740 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์มีค่าเฉลี่ยรายปี 72, 174, 46, 141, 208 และ 101 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการสูบน้ำ เป็นตัวช่วยประเมินอัตราการสูบที่ยังใช้ได้และใช้เป็นเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลได้

5. เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆจากการขาดแคลนน้ำ
2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัดเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย
4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่า และชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงาน ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วมดังต่อไปนี้

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

Executive Summary

1. Introduction

Thorthongdaeng irrigation project is water storage pond type, receiving water from Ping river to agricultural areas in provinces of Sukhothai, Phitsanulok and Khampaengphet through the flow system of natural channels having water control structures along the channels. The project receives water through water control gates at entrance of Thorthongdaeng channel, supplying water to irrigation areas of 552,403.93 rais, at present, expanding irrigation areas into Wachirabaramee district, Pichit, and Bangrakam district, Phitsanulok. From the study project in phase 1, development of groundwater management system for improving efficiency of conjunctive use of groundwater and surface water, it was found that in this region there was groundwater pumping to be water reserve 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 to estimate potential groundwater in levels of area, irrigation project and province, provide groundwater management criteria from groundwater level data, define groundwater observation well network to water user groups, 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.

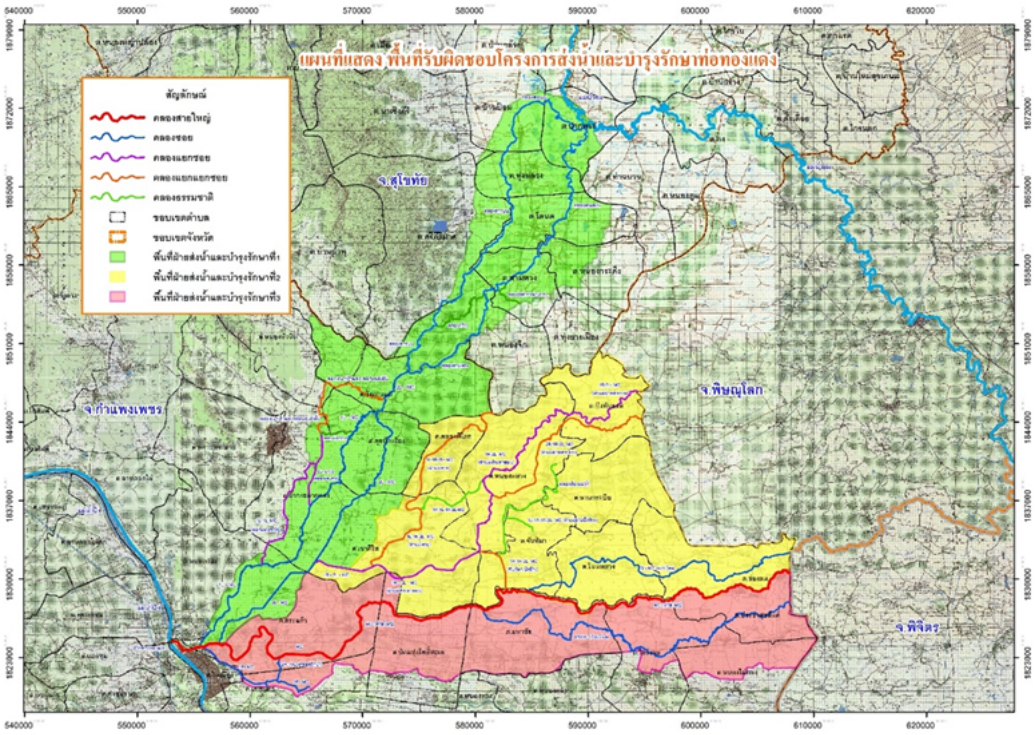


Figure 1 Thorthongdaeng irrigation project

2. Objectives

a) Estimate potential groundwater and planning for improving water management in conjunctive use with surface water.

b) Develop criteria of groundwater management according to groundwater conditions.

3. Project methodology

Research methodology consists of 8 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 project will collect water surface data through coordination with project 2.2.4, development of geographic information system on community water management with participation for promoting to community water management policy in level of Khampaengphet province
2) Analyze meteorological data, hydrological data, water allocation data, hydrogeological data and estimate water use. The project will collect data through coordination with project 2.2.4, development of geographic information system on community water management with participation for promoting to community water management policy in level of Khampaengphet province
3) Analyze data from field survey of groundwater pumping rates and characteristics of groundwater use. The project will collect data through coordination with project 2.2.4, development of geographic information system on community water management with participation for promoting to community water management policy in level of Khampaengphet province. The data was used to estimate groundwater use quantities in water year types and used to calibrate the groundwater pumping quantity from the developed local groundwater model.
4) Survey and select representative observation stations of each water zone for monitoring monthly shallow groundwater level in the irrigation project.
5) Improve regional groundwater model developed in Phase 1 for upper central region for supporting weekly water management and co-run with other study projects in work plan 3 water management in central region. Coordinate with project on estimation of water demand and surface water for water management in Chao phraya basin in work plan 3
    a) Collect and analyze data including data from coordination with project on estimation of water demand and surface water for water management in

Chao phraya basin in work plan 3. Input these data into regional groundwater model developed in Phase 1.

b) Improve regional groundwater model from processing on monthly to be weekly. Calibrate the improved model.

c) Simulate groundwater conditions according to surface water conditions using the developed system to set up the criteria of conjunctive use of surface water and groundwater.

d) Develop model to estimate groundwater use quantity according to groundwater conditions and water year types. Develop relationship using groundwater simulation results to estimate groundwater pumping rate according to groundwater level, rainfall depth and water storage in Bhumibol and Sirikit dams using Artificial Neuron Network (ANN).

6) Develop local groundwater model for Thorthongdaeng irrigation project to estimate available groundwater according to water year types with steps as follows

a) Collect related groundwater data such as hydrogeological data, groundwater well data and water source data. Input these data to develop preliminary groundwater model.

b) Develop conceptual model from groundwater data and set up aquifer characteristics.

c) Design groundwater model applying conceptual model to be mathematical model. Specify boundary conditions and assumptions. Input data to parameters used in computation.

d) Calibrate groundwater model in case of steady state to adjust boundary conditions to conform to the area.

e) Calibrate groundwater model in case of transient state to adjust groundwater flow to conform to actual groundwater levels.

f) Verify groundwater model according to groundwater pumping data and groundwater level data to determine model error and test sensitivity analysis of model parameters. Analyze groundwater balance considering inflow and outflow of groundwater.

g) Simulate groundwater flow conditions. Apply groundwater model to be a tool to assess impact on groundwater sources.

7) Simulate groundwater conditions according to water surface conditions using the developed system to set up criteria of conjunctive use of surface water and groundwater.

8) Set up criteria of conjunctive use of surface water and groundwater during surface water shortage.

4. Summary of study results.

Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project

The study results on groundwater in Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project during the years 2010 – 2021 are as follows. Classified according to the water years, the average annual actual groundwater uses were 43, 66 and 88 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 65 million cu.m. Classified according to the aquifer depths, the average annual actual groundwater uses were 17, 29 and 19 million cu.m. in the first, second and third aquifers respectively. Classified according to the irrigation zones, the average annual actual groundwater uses were 17, 18 and 30 million cu.m. in the first, second and third irrigation zones respectively.

The study results on available or potential groundwater as classified according to the water years, the average annual available groundwater volumes were 206, 173 and 134 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 171 million cu.m. Classified according to the aquifer depths, the average annual available groundwater volumes were 45, 75 and 50 million cu.m. in the first, second and third aquifers respectively. Classified according to the irrigation zones, the average annual available groundwater volumes were 42, 64 and 65 million cu.m. in the first, second and third irrigation zones respectively.

The study results on groundwater recharge from rainfall, rivers and nearby aquifers as classified according to the water years, the average annual groundwater recharge volumes were 78, 65 and 53 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 64 million cu.m. Classified according to the aquifer depths, the average annual groundwater recharge volumes were 44, 15 and

5 million cu.m. in the first, second and third aquifers respectively. Classified according to the irrigation zones, the average annual groundwater recharge volumes were 21, 26 and 17 million cu.m. in the first, second and third irrigation zones respectively.

Upper Central Region

The study results on groundwater from the improvement of groundwater model developed in the study phase 1 for the upper central region during the years 2010 – 2021 are as follows. Classified according to the water years, the average annual actual groundwater uses were 705, 943 and 1220 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 956 million cu.m. Classified according to the provinces, the average annual actual groundwater uses were 97, 200, 19, 272 and 179 million cu.m. in Khampaengphet, Pichit, Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok and Nakhon Sawan respectively.

The study results on available or potential groundwater as classified according to the water years, the average annual available groundwater volumes were 2234, 2000 and 1655 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 1963 million cu.m. Classified according to the provinces, the average annual available groundwater volumes were 288, 490, 47, 415, 452 and 271 million cu.m. in Khampaengphet, Pichit, Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok and Nakhon Sawan respectively.

The study results on groundwater recharge from rainfall, rivers and nearby aquifers as classified according to the water years, the average annual available groundwater volumes were 532, 685 and 1004 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 740 million cu.m. Classified according to the provinces, the average annual groundwater recharge volumes were 72, 174, 46, 141, 208 and 101 million cu.m. in Khampaengphet, Pichit, Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok and Nakhon Sawan respectively.

Graph of the relationship between water level and pumping volume. It can be used to estimate the pumpable pumping rate and can be used as a groundwater management criterion.

5. 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.

6. 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 : ODU013

ชื่อโครงการ : ประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ชื่อนักวิจัย :

รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dr. Pham Van Tuan	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dr. Tran Thang Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางจิราภา หวิงปัด	สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 กำแพงเพชร
นางสาวนภาพร นพคุณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาโครงการ : 15 มิถุนายน 2564 – 16 เมษายน 2565

คำสำคัญ : แบบจำลองน้ำบาดาล ศักยภาพน้ำบาดาล การจัดการน้ำบาดาล การบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเป็นโครงการชลประทานรับน้ำนอง โดยรับน้ำมาจากแม่น้ำปิงเข้าพื้นที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดกำแพงเพชร ใช้ระบบการส่งน้ำโดยคลองธรรมชาติมีอาคารบังคับน้ำและอาคารอัดน้ำตามคลองธรรมชาติ โดยรับน้ำเข้าโครงการผ่าน ปตร. ปากคลองท่อทองแดง ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานรวม 552,403.93 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นในเขต อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร และ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก และผลจากการดำเนินงานวิจัยในระยะที่ 1 โครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน พบว่าในพื้นที่บริเวณนี้มีการสูบน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำเสริมซึ่งมีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำมีไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งทำให้ประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 600 – 800 ล้าน ลบ.ม. (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558) เนื่องจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำ

บาดาลในการประเมินรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ และจะเชื่อมโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประเมินศักยภาพน้ำบาดาลระดับพื้นที่โครงการส่งน้ำฯ และจังหวัด ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาล กำหนดเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ให้กลุ่มผู้ใช้น้ำ สำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในระดับโครงการส่งน้ำชลประทาน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้

วัตถุประสงค์

1) หาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน
2) ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี

สรุปผลการศึกษา

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ผลการศึกษาน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโครงการชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง สำหรับปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – 2564 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 43, 66 และ 88 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 65 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 17, 29 และ 19 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 17, 18 และ 30 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 206, 173 และ 134 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 171 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 45, 75 และ 50 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 42, 64 และ 65 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 78, 65 และ 53 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 64 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 44, 15 และ 5 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็น

รายโซนส่งน้ำ พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 21, 26 และ 17 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

พื้นที่ภาคกลางตอนบน

ผลการศึกษาน้ำบาดาลจากการปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 ในพื้นที่ภาคกลางตอนบน สำหรับปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – 2564 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 705, 943 และ 1220 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 956 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีการใช้น้ำบาดาล ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์ มีค่าเฉลี่ยรายปี 97, 200, 19, 272 และ179 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 2234, 2000 และ 1633 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 1963 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์มีค่าเฉลี่ยรายปี 288, 490, 47, 415, 452 และ 271 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 532, 685 และ 1004 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 740 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์มีค่าเฉลี่ยรายปี 72, 174, 46, 141, 208 และ 101 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการสูบน้ำ เป็นตัวช่วยประเมินอัตราการสูบที่ยังใช้ได้และใช้เป็นเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลได้

เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1) กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆจากการขาดแคลนน้ำ
2) ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัดเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร

3) ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย
4) ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงาน ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วมดังต่อไปนี้

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

Abstract

Project code : ODU013

Project Title : The assessing the groundwater potential and groundwater use for planning of conjunctive use water management system in Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project

Researcher Team :

Assoc. Prof. Tuantan Kitpaisalsakul, D.Eng.	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Dr. Chokchai Suthithammachit	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Dr. Pham Van Tuan	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Dr. Tran Thang Long	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Mrs. Jirapa Hwingpad	Bureau of Groundwater Resources Regional 7 Kamphaengphet
Miss Napaporn Noppakhun	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

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

Keywords : groundwater model, potential of groundwater, groundwater management, conjunctive use of groundwater and surface water, Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project.

Thorthongdaeng irrigation project is water storage pond type, receiving water from Ping river to agricultural areas in provinces of Sukhothai, Phitsanulok and Khampaengphet through the flow system of natural channels having water control structures along the channels. The project receives water through water control gates at entrance of Thorthongdaeng channel, supplying water to irrigation areas of 552,403.93 rais, at present, expanding irrigation areas into Wachirabaramee district, Pichit, and Bangrakam district, Phitsanulok. From the study project in

phase 1, development of groundwater management system for improving efficiency of conjunctive use of groundwater and surface water, it was found that in this region there was groundwater pumping to be water reserve 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 to estimate potential groundwater in levels of area, irrigation project and province, provide groundwater management criteria from groundwater level data, define groundwater observation well network to water user groups, 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.

Summary of study results.

Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project

The study results on groundwater in Thorthongdaeng Operation and Maintenance Project during the years 2010 – 2021 are as follows. Classified according to the water years, the average annual actual groundwater uses were 43, 66 and 88 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 65 million cu.m. Classified according to the aquifer depths, the average annual actual groundwater uses were 17, 29 and 19 million cu.m. in the first, second and third aquifers respectively. Classified according to the irrigation zones, the average annual actual groundwater uses were 17, 18 and 30 million cu.m. in the first, second and third irrigation zones respectively.

The study results on available or potential groundwater as classified according to the water years, the average annual available groundwater volumes were 206, 173 and 134 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 171 million cu.m. Classified according to the aquifer depths, the average annual available groundwater volumes were 45, 75 and 50 million cu.m. in the first, second and third aquifers respectively. Classified according to the irrigation zones, the average annual available groundwater volumes were 42, 64 and 65 million cu.m. in the first, second and third irrigation zones respectively.

The study results on groundwater recharge from rainfall, rivers and nearby aquifers as classified according to the water years, the average annual groundwater recharge volumes were 78, 65 and 53 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 64 million cu.m. Classified according to the aquifer depths, the average annual groundwater recharge volumes were 44, 15 and 5 million cu.m. in the first, second and third aquifers respectively. Classified according to the irrigation zones, the average annual groundwater recharge volumes were 21, 26 and 17 million cu.m. in the first, second and third irrigation zones respectively.

Upper Central Region

The study results on groundwater from the improvement of groundwater model developed in the study phase 1 for the upper central region during the years 2010 – 2021 are as follows. Classified according to the water years, the average annual actual groundwater uses were 705, 943 and 1220 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively

and the average annual volume of all water years was 956 million cu.m. Classified according to the provinces, the average annual actual groundwater uses were 97, 200, 19, 272 and 179 million cu.m. in Khampaengphet, Pichit, Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok and Nakhon Sawan respectively.

The study results on available or potential groundwater as classified according to the water years, the average annual available groundwater volumes were 2234, 2000 and 1655 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 1963 million cu.m. Classified according to the provinces, the average annual available groundwater volumes were 288, 490, 47, 415, 452 and 271 million cu.m. in Khampaengphet, Pichit, Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok and Nakhon Sawan respectively.

The study results on groundwater recharge from rainfall, rivers and nearby aquifers as classified according to the water years, the average annual available groundwater volumes were 532, 685 and 1004 million cu.m. in the wet year, normal year and dry year respectively and the average annual volume of all water years was 740 million cu.m. Classified according to the provinces, the average annual groundwater recharge volumes were 72, 174, 46, 141, 208 and 101 million cu.m. in Khampaengphet, Pichit, Uttaradit, Sukhothai, Phitsanulok and Nakhon Sawan respectively.

Graph of the relationship between water level and pumping volume. It can be used to estimate the pumpable pumping rate and can be used as a groundwater management criterion.

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 1-2
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย 1-3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1-11
1.7 องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์ 1-11

บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา (คบ.ท่อทองแดง) **2-1**
2.1 สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน 2-1
2.2 ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา 2-2
2.3 สภาพการใช้ที่ดิน 2-2
2.4 สภาพอุตุ-อุทกวิทยา 2-5

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
2.5	สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา	2-7
2.6	สภาพอุทกธรณีวิทยา	2-11
	2.6.1 การเกิดชั้นน้ำบาดาล	2-11
	2.6.2 ลักษณะของชั้นน้ำบาดาล	2-14
2.7	สภาพเศรษฐกิจสังคม	2-17
บทที่ 3	**การศึกษาสภาพน้ำบาดาล**	**3-1**
3.1	ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา	3-1
	3.1.1 บ่อบาดาล	3-1
	3.1.2 บ่อสังเกตการณ์	3-2
3.2	การแบ่งชั้นน้ำบาดาล	3-7
3.3	คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล	3-13
	3.3.1 การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล	3-13
	3.3.2 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	3-15
	3.3.3 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล	3-15
	3.3.4 ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาล และสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (จากโครงการ 2.2.4)	3-18
บทที่ 4	**การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล**	**4-1**
4.1	ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล	4-1
4.2	ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา	4-2
	4.2.1 ข้อมูลภูมิประเทศและการปกครอง	4-2
	4.2.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน	4-2
	4.2.3 ข้อมูลด้านธรณีวิทยา และอุทกวิทยาน้ำบาดาล	4-2
	4.2.4 ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ และความต้องการใช้น้ำ	4-3

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
4.3	การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด	4-4
4.4	การออกแบบการจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ	4-5
4.5	ค่าคุณลักษณะของชั้นน้ำและการประมวณอัตราการเติมน้ำ	4-8
4.6	การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล	4-9
4.7	การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลอง	4-11
4.8	การวิเคราะห์สมดุน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง	4-17
4.9	การปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run	4-21
บทที่ 5	**ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงและเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล**	**5-1**
5.1	การวิเคราะห์สภาพการใช้น้ำบาดาลพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง ราย zone ที่ผ่านมา	5-1
5.2	ปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้ในสภาพปีน้ำต่างๆ	5-5
5.3	เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน	5-7
บทที่ 6	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	**6-1**
6.1	สภาพน้ำบาดาล	6-1
6.2	การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล	6-2
6.3	ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (จากโครงการ 2.2.4)	6-2
6.4	การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง	6-3
6.5	สรุปผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง	6-3
6.6	การปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run	6-4
6.7	สรุปผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลางตอนบน	6-5
6.8	เกณฑ์การใช้น้ำบาดาล (การสูบน้ำที่ยอมรับได้) จากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี	6-5

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.9 เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน 6-6
6.10 ข้อเสนอแนะ 6-7

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สถานีสังเกตการณ์ ก-1
ภาคผนวก ข รายงานภาคสนาม และเข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ ข-1
ภาคผนวก ค เอกสารการประชุมนำเสนอผลการศึกษา ค-1
ภาคผนวก ง เอกสารนำเสนอทางวิชาการในการประชุมนานาชาติ ง-1

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	1-3
1-2	ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง MODFLOW	1-6
2.1	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)	2-4
2-2	แผนที่แสดงลักษณะธรณีวิทยา	2-10
2-3	แผนที่แสดงลักษณะอุทกธรณีวิทยา	2-13
3-1	แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล บ่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล บ่อสังเกตการณ์และบ่อเอกชน	3-3
3-2	ระดับน้ำสถานี UCKPT016 บ้านหนองตะเข้ หมู่ 16 ตำบลเขาคีริส อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร	3-6
3-3	ระดับน้ำสถานี UCKPT017 บ้านวังมะค่า หมู่ 9 ตำบลวังตะแบก อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร	3-6
3-4	แสดงระวางแผนที่และตำแหน่งภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา	3-8
3-5	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4941I อำเภอไทรงาม มาตราส่วน 1:50,000	3-9
3-6	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4941IV จังหวัดกำแพงเพชร มาตราส่วน 1:50,000	3-9
3-7	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4942I อำเภอคีรีมาศ มาตราส่วน 1:50,000	3-10
3-8	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4942II อำเภอบานกระบือ มาตราส่วน 1:50,000	3-11
3-9	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4941III อำเภอพรานกระต่าย มาตราส่วน 1:50,000	3-12
3-10	แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลระดับตื้น	3-16

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-11	แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลระดับลึก	3-17
3-12	ประมาณการใช้น้ำบาดาลคิดเป็นร้อยละ	3-18
3-13	ชนิดของเครื่องสูบน้ำคิดเป็นร้อยละ	3-18
4-1	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล	4-5
4-2	แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)	4-6
4-3	มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์	4-7
4-4	แสดงระบบกริดในชั้นน้ำที่ 1-3	4-7
4-5	ค่า Hydraulic conductivities distribution by using Kriging Interpolation	4-8
4-6	การแบ่ง Recharge zone ในการประมาณค่าอัตราการเติมน้ำจากฝน	4-9
4-7	การกระจายตัวของบ่อน้ำบาดาลสาธารณะในแต่ละชั้นน้ำ	4-9
4-8	การกระจายตัวของบ่อน้ำบาดาลเอกชนในแต่ละชั้นน้ำ	4-10
4-9	ตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง	4-11
4-10	ผลการปรับเทียบของแบบจำลอง (ปี 2553-2559)	4-13
4-11	ผลการสอบทานของแบบจำลอง (ปี 2560-2563)	4-13
4-12	เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นที่ 1 เดือนมีนาคม 2563	4-14
4-13	เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นที่ 2 เดือนมีนาคม 2563	4-15
4-14	เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นที่ 3 เดือนมีนาคม 2563	4-16
4-15	สมดุลน้ำบาดาลในปี 2563 (หน่วย ล้าน ลบ.ม)	4-17
4-16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกับค่าระดับน้ำปลายฤดูของสถานีตัวแทน zone1	4-19
4-17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกับค่าระดับน้ำปลายฤดูของสถานีตัวแทน zone2	4-19

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกับค่าระดับน้ำปลายฤดูของสถานีตัวแทน zone3	4-20
4-19	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาลบริเวณจังหวัดพิษณุโลก	4-21
4-20	แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells) ภาพตัดขวางแบบจำลองน้ำบาดาล ระดับชั้นน้ำส่วนบนและล่างและการกำหนดขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลอง	4-22
4-21	สถานีวัดระดับน้ำในแม่น้ำสายหลักและบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่	4-24
4-22	บ่อบาดาลที่กระจายตัวในพื้นที่ภาคกลางตอนบน	4-25
4-23	ผลการปรับเทียบและสอบทานของแบบจำลองน้ำบาดาลของพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางที่ปรับปรุงขึ้น	4-26
4-24	เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วกับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดสุโขทัย	4-27
4-25	เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วกับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดกำแพงเพชร	4-27
4-26	เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วกับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดพิษณุโลก	4-28
4-27	เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วกับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดพิจิตร	4-28
4-28	เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วกับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดนครสวรรค์	4-29
4-29	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน	4-30
4-30	หน้าตาของ user interface ของโปรแกรมการคาดการณ์การสูบน้ำบาดาล	4-34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5-1	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายพื้นที่ส่งน้ำในช่วงปี 2010-2020 (พ.ศ. 2553-2563)	5-2
5-2	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับน้ำบาดาลกับค่าการสูบน้ำบาดาลรายพื้นที่ส่งน้ำรายปี	5-3
5-3	ค่าปริมาณการสูบน้ำเฉลี่ยตามปีน้ำ ตามรายzone ส่งน้ำ	5-4
5-4	ค่าปริมาณการเติมน้ำ (Gw recharge) เฉลี่ยตามปีน้ำ ตามรายzone ส่งน้ำ	5-5
5-5	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (available pumping) ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายชั้นน้ำ	5-6
5-6	ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (available pumping) รายZone ส่งน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายชั้นน้ำ ราย zoneส่งน้ำ	5-6
6-1	การกระจายตัวของน้ำใต้ดินสู่น้ำบาดาล	6-8
6-2	การเติมน้ำจากแม่น้ำ คลองดิน ทางน้ำเปิด หรือทะเลสาบ	6-8
6-3	ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการไหลของการเติมน้ำบาดาล และการไหลของน้ำบาดาล	6-9

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ชุดการคำนวณในแบบจำลอง MODFLOW	1-8
2-1	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2561 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2661)	2-3
2-2	สถานีวัดน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษา (ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง (พิษณุโลก) สำนักบริหารจักการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน)	2-6
2-3	จำนวนประชากรรายตำบลในปี พ.ศ. 2563	2-18
2-4	พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ศึกษา	2-19
3-1	ข้อมูลสถานีบ่อสังเกตการณ์	3-4
3-2	สถานีวัดระดับน้ำบ่อสังเกตการณ์	3-5
3-3	ข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล	3-14
3-4	สรุปผลการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์จำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	3-15
3-5	อัตราการสูบน้ำของปั๊มซับเมอร์ส	3-19
3-6	อัตราการสูบน้ำของปั๊มแรงเหวี่ยง (หอยโข่ง)	3-19
4-1	การประมาณการสูบน้ำในปี 2563	4-10
4-2	การสอบเทียบแบบจำลองในขั้นตอนต่างๆ	4-12
4-3	ผลการสอบเทียบและสอบทานในชั้นน้ำที่ 1-3	4-12
4-4	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระดับน้ำปลายฤดูและปริมาณการสูบน้ำในฤดูนั้นๆ และค่า R^2ของ Zone การส่งน้ำ	4-18
4-5	ค่า weight ของ input D^t ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด	4-31
4-6	ค่า weight ของ input D^{t+1} ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด	4-31
4-7	ค่า weight ของ input R^t (ฝน)รายจังหวัด	4-32
4-8	ค่า weight ของ input WD^t (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน)รายจังหวัด	4-32
4-9	ค่า weight ของ input WD^{t+1} (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน)รายจังหวัด	4-33
5-1	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายพื้นที่ส่งน้ำ	5-1

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเป็นโครงการชลประทานรับน้ำนอง โดยรับน้ำมาจากแม่น้ำปิงเข้าพื้นที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดกำแพงเพชร ใช้ระบบการส่งน้ำโดยคลองธรรมชาติมีอาคารบังคับน้ำและอาคารอัดน้ำตามคลองธรรมชาติ โดยรับน้ำเข้าโครงการผ่าน ปตร. ปากคลองท่อทองแดง ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานรวม 552,403.93 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นในเขต อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร และ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก และผลจากการดำเนินงานวิจัยในระยะที่ 1 โครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน พบว่าในพื้นที่บริเวณนี้มีการสูบน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำเสริมซึ่งมีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำมีไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งทำให้ประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 600 – 800 ล้าน ลบ.ม. (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558) เนื่องจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการประเมินรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ และจะเชื่อมโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประเมินศักยภาพน้ำบาดาลระดับพื้นที่โครงการส่งน้ำฯ และจังหวัด ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาล กำหนดเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ให้กลุ่มผู้ใช้น้ำ สำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในระดับโครงการส่งน้ำชลประทาน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้

1.2 วัตถุประสงค์

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) หาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน
2) ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี

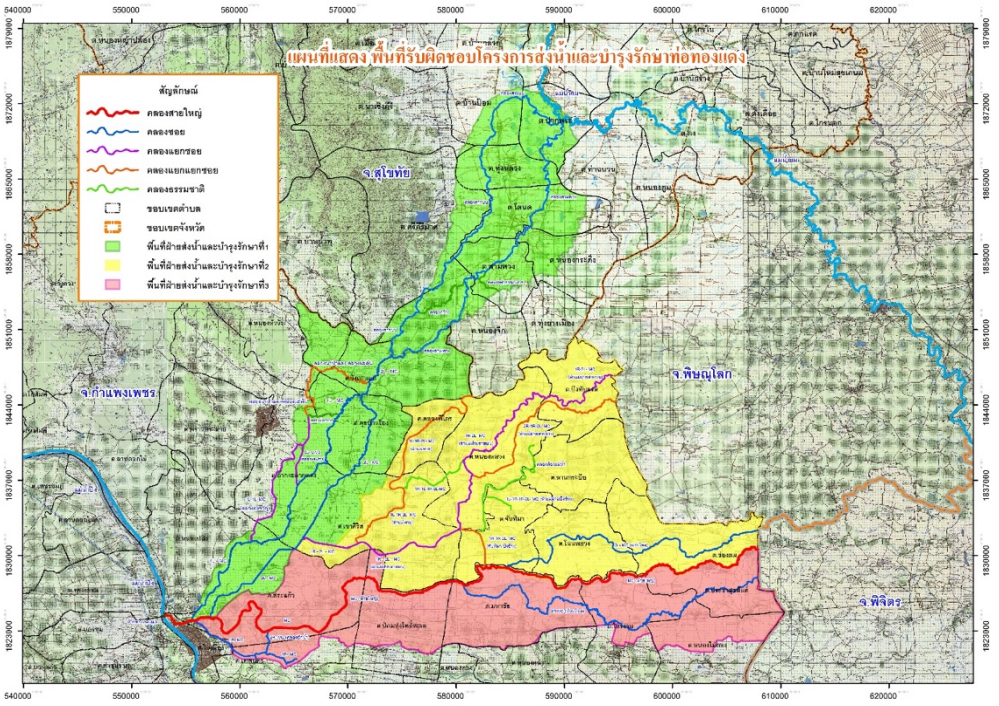
1.3 เป้าหมาย

1) ได้ข้อมูลและผลการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมา
2) ได้ผลวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
3) สถานีที่ใช้ติดตามระดับน้ำบาดาลเพื่อรู้สภาพน้ำบาดาล
4) ผลวิเคราะห์การสำรวจอัตราการสูบน้ำบาดาลและลักษณะการใช้น้ำบาดาลในโครงการชลประทานฯ
5) แบบจำลองน้ำบาดาลพื้นที่ภาคกลางตอนบน Regional model ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
6) ระบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง Local model ที่ปรับเทียบเสร็จแล้ว
7) ระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ
8) รูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสม

1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาได้แก่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเป็นโครงการชลประทานรับน้ำนอง โดยรับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าพื้นที่เพาะปลูกในเขต จ.กำแพงเพชร จ.สุโขทัย จ.พิจิตร และ จ.พิษณุโลก ใช้ระบบส่งน้ำโดยคลองธรรมชาติมีอาคารบังคับน้ำและอาคารอัดน้ำตามคลองธรรมชาติ โดยรับน้ำเข้าโครงการผ่าน ปตร.ปากคลองท่อทองแดง ขนาด 2.00 x 2.40 เมตร จำนวน 4 ช่อง ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานรวม 552,403.93 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นในเขต อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร และ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

การกำหนดแผนการส่งน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงได้กำหนดตามปริมาณน้ำที่ขึ้นอยู่กับน้ำต้นทุนของเขื่อนภูมิพลในพื้นที่ต้นน้ำและปริมาณน้ำท่าควบคุมที่สถานีน้ำท่าท้ายน้ำ P.17 ที่ อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ โดยรับน้ำเข้าโครงการชลประทานใช้การยกระดับน้ำของแม่น้ำปิงเข้าอาคาร ทรบ.ปากคลองส่งน้ำสายหลักท่อทองแดง (Main Canal, MC) เพื่อกระจายน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา 3 ฝ่าย โดยมีคลองส่งสายหลัก MC ท่อทองแดง จำนวน 1 สาย (สีแดง) ทำหน้าที่ในการส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 3 และมีคลองส่งน้ำสายรองและคลองส่งน้ำสายแยกซอยส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 1 และ 2 โดยลักษณะคลองส่งน้ำของ คบ.ท่อทองแดงเป็นคลองธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรใช้ระบบการสูบน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม และใช้ระบบเครื่องจักรกลในการควบคุมบานประตูระบายน้ำ แสดงลักษณะโครงการดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

1.5.1 ขอบเขตการวิจัยและแนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

1.5.1.1 ขอบเขตการวิจัย

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงเป็นโครงการชลประทานรับน้ำนอง โดยรับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าพื้นที่เพาะปลูกในเขต จ.กำแพงเพชร จ.สุโขทัย จ.พิจิตร และ จ.พิษณุโลก ใช้ระบบส่งน้ำโดยคลองธรรมชาติมีอาคารบังคับน้ำและอาคารอัดน้ำตามคลองธรรมชาติ โดยรับน้ำเข้าโครงการผ่าน ปตร.ปากคลองท่อทองแดง ขนาด 2.00 x 2.40 เมตร จำนวน 4 ช่อง ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานรวม 552,403.93 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นในเขต อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร และ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

การกำหนดแผนการส่งน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงได้กำหนดตามปริมาณน้ำที่ขึ้นอยู่กับน้ำต้นทุนของเขื่อนภูมิพลในพื้นที่ต้นน้ำและปริมาณน้ำท่าควบคุมที่สถานีน้ำท่าท้ายน้ำ P.17 ที่ อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ โดยรับน้ำเข้าโครงการชลประทานใช้การยกระดับน้ำของแม่น้ำปิงเข้าอาคาร ทรบ.ปากคลองส่งน้ำสายหลักท่อทองแดง (Main Canal, MC) เพื่อกระจายน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา 3 ฝ่าย โดยมีคลองส่งสายหลัก MC ท่อทองแดง จำนวน 1 สาย (สีแดง) ทำหน้าที่ในการส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 3 และมีคลองส่งน้ำสายรองและคลองส่งน้ำสายแยกซอยส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 1 และ 2 โดยลักษณะคลองส่งน้ำของ คบ.

ท่อทองแดงเป็นคลองธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรใช้ระบบการสูบน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม และใช้ระบบเครื่องจักรกลในการควบคุมบานประตูระบายน้ำ

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

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

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})

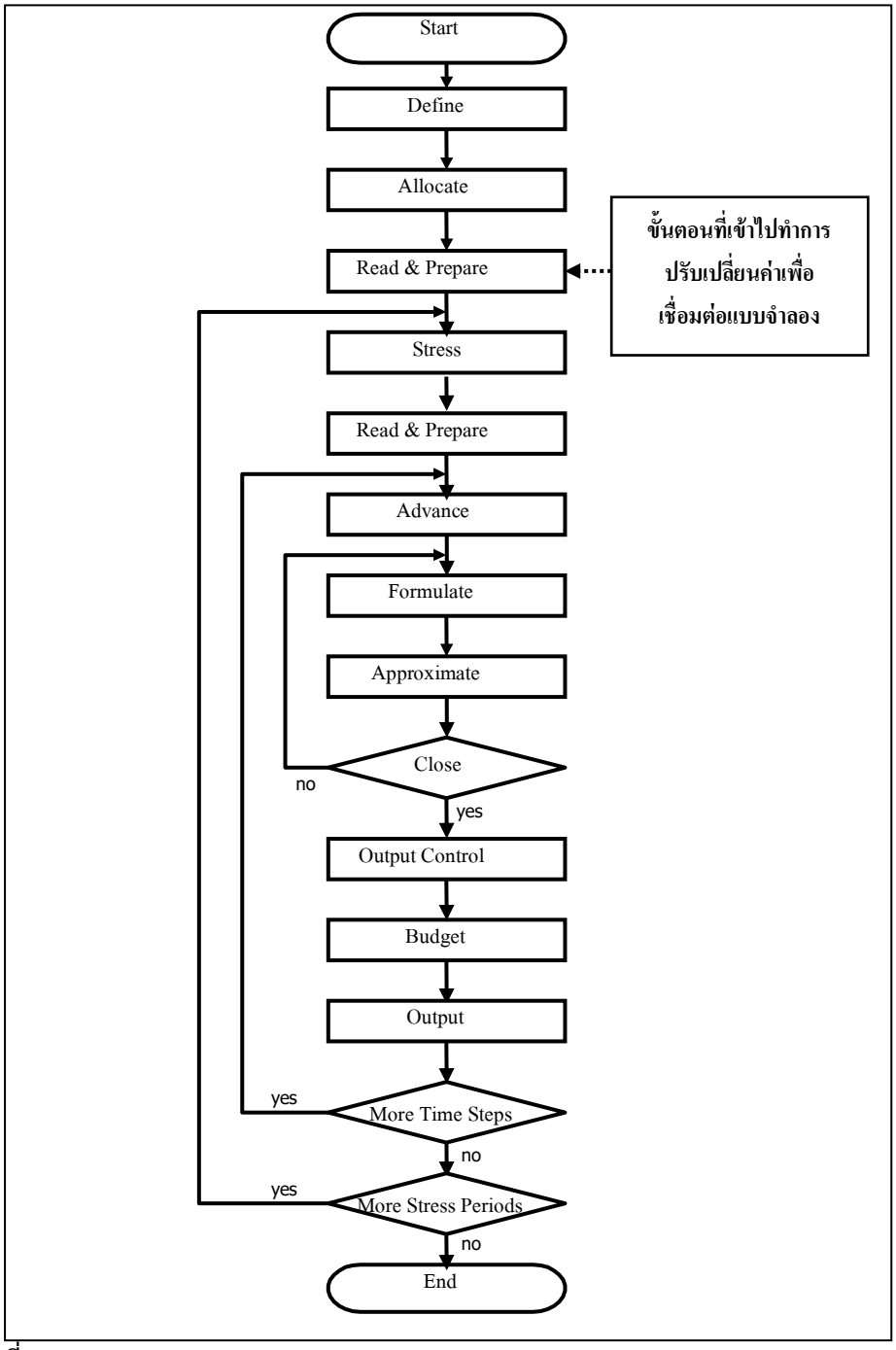
S_s เป็น specific storage ของวัสดุรูพรุน (L^{-1}) และ

T เป็น เวลา (T)

2) แบบจำลอง MODFLOW-2000

โปรแกรมแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลที่ใช้ในการศึกษานี้คือ MODFLOW เป็นชุดการคำนวณการไหลของน้ำใต้ดินด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Modular Three-dimensional Finite-difference Groundwater Flow Model) ได้รับการพัฒนาโดย USGS ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2531 โดยใช้โปรแกรม GMS เป็นโปรแกรมสร้างข้อมูลนำเข้าและอ่านผลการคำนวณให้อยู่ในรูปของแผนภูมิแผนภาพโครงสร้าง 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 1-2



ที่มา: Brigham Young University, 1996

รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง MODFLOW

การจำลองสภาพโดยแบบจำลอง MODFLOW สามารถจำลองสภาพทางอุทกธรณีวิทยาได้ทั้งแบบที่เป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน และไม่มีความดัน และสามารถคำนวณชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ อาทิเช่น อัตราการสูบน้ำ การเติมน้ำ การคายระเหย การระบายน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในทางน้ำเปิดกับน้ำใต้ดิน

แบบจำลอง MODFLOW ประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณที่มีหน้าที่จัดการข้อมูลต่างๆ กัน ทั้งหมด 10 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 1-1 ซึ่งในการคำนวณทั่วไป ชุดการคำนวณ Basicและชุดการคำนวณ Block Centered Flow เป็นชุดการคำนวณพื้นฐานของการคำนวณทุกครั้ง ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณทั้ง 10 ชุด ซึ่งต้องการข้อมูลและพารามิเตอร์แตกต่างกัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดการคำนวณหลัก 7 ชุด ได้แก่ ชุดการคำนวณพื้นฐาน ชุดพารามิเตอร์การไหล ชุดข้อมูลการสูบน้ำ ชุดข้อมูลการเติมน้ำ ชุดข้อมูลทางน้ำ ชุดข้อมูลระดับน้ำและชุดควบคุมระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์โดยแต่ละชุดใช้ข้อมูลตามรายการที่แสดงในตารางที่ 1-1 โดยการเชื่อมต่อแบบจำลองนั้น จะทำการแลกเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในชุดการคำนวณ Recharge และชุดการคำนวณ River

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาที่ใช้แบบจำลองนั้นควรคำนึงเสมอว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองเป็นค่าตัวแทนหรือเป็นค่าเฉลี่ยของสภาพพื้นที่ในบริเวณที่เรากำหนดไว้ ฉะนั้นค่าที่วัดได้ในสนามนั้น อาจแตกต่างกับค่าที่ใช้ในการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติของดิน คุณสมบัติของชั้นน้ำ ระดับน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 1-1 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 (ใช้ในการเชื่อมต่อแบบจำลอง)**	จัดการข้อมูลทางน้ำ และระดับน้ำในทางน้ำ ซึ่งมีผลต่อการไหลของน้ำใต้ดิน (เชื่อมโยงค่าพารามิเตอร์เพื่อเชื่อมต่อแบบจำลอง)
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

1.5.2 รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานจริงตามแผนการดำเนินงาน

ระเบียบวิธีวิจัยในโครงการ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 8 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย และอัตราการระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักจากอ่างเก็บน้ำและการจัดสรรน้ำ (โดยประสานงานรับข้อมูลด้านน้ำผิวดินจากโครงการ 2.2.4 โครงการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านการบริหารจัดการน้ำชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อผลักดันสู่การเสนอแผนนโยบายการจัดการน้ำชุมชนในระดับพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร)

2) วิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลการจัดสรรน้ำ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลและประมาณการใช้น้ำ (โดยประสานงานรับข้อมูลจากโครงการ 2.2.4 โครงการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านการบริหารจัดการน้ำชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อผลักดันสู่การเสนอแผนนโยบายการจัดการน้ำชุมชนในระดับพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร)

3) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (ประสานงานรับข้อมูลจากโครงการ 2.2.4 โครงการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศด้านการบริหารจัดการน้ำชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อผลักดันสู่การเสนอแผนนโยบายการจัดการน้ำชุมชนในระดับพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร) เพื่อประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตามปีน้ำต่างๆ และนำมาสอบเทียบกับปริมาณการสูบน้ำจากแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง (Local model) ที่พัฒนาขึ้น

4) สำรวจและกำหนดสถานีที่จะใช้เป็นสถานีตัวแทนโซนส่งน้ำและติดตามระดับน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลระดับตื้นในพื้นที่โครงการชลประทานรายเดือน

5) ปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน (Regional model) ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์ เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run กับโครงการอื่นในแผนงานที่ 3 ช่วยจัดการน้ำในพื้นที่ภาคกลาง โดยมีการประสานงานกับโครงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในแผนงานที่ 3

- รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและนำเข้าข้อมูลที่ได้ผ่านประสานงานกับโครงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในแผนงานที่ 3 แบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 เพื่อเตรียมนำเข้าแบบจำลองน้ำบาดาล
- ปรับปรุงให้แบบจำลองน้ำบาดาลที่ประมวลผลแบบรายเดือนเป็นรายสัปดาห์ และนำเข้าข้อมูล (ปรับเทียบแบบจำลองที่ปรับปรุง)
- จำลองสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน
- สร้างแบบจำลองการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำโดยการหาความสัมพันธ์โดยใช้ผลจากการจำลองสถานการณ์น้ำแบบต่างๆข้างต้นเพื่อประเมินหาอัตราการสูบน้ำเมื่อทราบค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณฝน และค่าปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network : ANN)

6) พัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง (Local model) เพื่อประเมินสภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมตามปีน้ำ

โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

- รวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจในพื้นที่ศึกษาของโครงการ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนดเงื่อนไขและค่าตัวแปรต่างๆในการสร้างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และสร้างแบบจำลองในเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลอุทกธรณี ข้อมูลบ่อบาดาล และข้อมูลแหล่งน้ำ
- สร้างแบบจำลองเชิงความคิด (Conceptual Model) จากสภาพของน้ำบาดาลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาและข้อมูลภาคสนาม และนำไปสร้างลักษณะของชั้นน้ำบาดาล
- ออกแบบแบบจำลอง (Model Design) โดยประยุกต์จากแบบจำลองเชิงความคิดไปเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไข รวมถึงการนำข้อมูลภาคสนามแปลงเป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ
- การปรับเทียบแบบจำลองในเบื้องต้น (Initial Calibration) โดยนำแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ในสภาวะการไหลคงตัว (Steady State) เพื่อทำการปรับค่าขอบเขตเงื่อนไข เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่
- การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) โดยใช้ข้อมูลอัตราการสูบย้อนหลัง 10 ปี ในรูปแบบการไหลไม่คงตัว (Transient State) เพื่อให้สภาพการไหลสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของระดับน้ำในพื้นที่ให้มากที่สุด
- สอบเทียบแบบจำลอง (Model Verification) จากข้อมูลอัตราการสูบน้ำบาดาลและระดับน้ำที่มีการบันทึกข้อมูลไว้เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และทดสอบการตอบสนองของตัวแปรในแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) เพื่อตรวจสอบผลกระทบจากความไม่แน่นอนของตัวแปรที่มีต่อผลของแบบจำลอง และทำการวิเคราะห์หาสมดุลน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาการไหลเข้าและไหลออกของน้ำบาดาล
- ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ปรับเทียบเสร็จแล้วไปใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล เพื่อนำแบบจำลองไปใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล

7) จำลองสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่างๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน

8) สรุปเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดการน้ำบาดาลในภาวะที่น้ำผิวดินขาดแคลน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ได้ข้อมูลและผลการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมา
2) ผลการวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
3) สถานีที่ใช้ติดตามระดับน้ำบาดาลเพื่อรู้สภาพน้ำบาดาล
4) ผลวิเคราะห์การสำรวจอัตราการสูบน้ำบาดาลและลักษณะการใช้น้ำบาดาลในโครงการชลประทานฯ
5) แบบจำลองน้ำบาดาลพื้นที่ภาคกลางตอนบน(Regional Model) ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
6) ระบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง (Local Model) ที่ปรับเทียบเสร็จแล้ว
7) ระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ
8) รูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสม

1.7 องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 6 บทประกอบด้วย เนื้อหา รายงานฉบับสมบูรณ์การดำเนินงานในช่วง 1 ปี

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึง หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ เป้าหมาย พื้นที่ศึกษา ระเบียบวิธีวิจัย ผลที่คาดว่าจะได้รับและองค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์
- **บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา** กล่าวถึง สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา สภาพการใช้ที่ดิน สภาพอุตุ-อุทกวิทยา สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา สภาพอุทกธรณีวิทยาและสภาพเศรษฐกิจสังคม
- **บทที่ 3 การศึกษาสภาพน้ำบาดาล** กล่าวถึง ข้อมูบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา บ่อบาดาล บ่อสังเกตการณ์ การแบ่งชั้นน้ำบาดาล คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (จากโครงการ 2.2.4)
- **บทที่ 4 การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล** กล่าวถึง ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลภูมิประเทศและการปกครอง ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยาน้ำบาดาล ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำและความต้องการใช้

น้ำ การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด ค่าคุณลักษณะของชั้นน้ำและการประมาณอัตราการเติมน้ำ การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลอง การวิเคราะห์สมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง การปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run

- **บทที่ 5 ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงและเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล** กล่าวถึงการวิเคราะห์สภาพการใช้น้ำบาดาลพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง ราย zone ที่ผ่านมา ปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้ในสภาพปีน้ำต่างๆ และเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

- **บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ** กล่าวถึง สภาพน้ำบาดาล การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (จากโครงการ 2.2.4) การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง สรุปผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง การปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run สรุปผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลางตอนบน เกณฑ์การใช้น้ำบาดาล (การสูบน้ำที่ยอมรับได้) จากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน และข้อเสนอแนะ

บทที่ 2
สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา (คบ.ท่อทองแดง)

2.1 สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน

พื้นที่ท่อทองแดงครอบคลุมทั้งหมด 4 จังหวัด คือ กำแพงเพชร สุโขทัย พิจิตร และพิษณุโลก พื้นที่ 1,347.50 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย อำเภอเมือง อำเภอลานกระบือ อำเภอพรานกระต่าย อำเภอไทรงาม อำเภอกงไกรลาศ อำเภอคีรีมาศ อำเภอเมืองสุโขทัย และอำเภอวชิรบารมี อำเภอบางระกำ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอเมืองสุโขทัย อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย
ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอเมืองกำแพงเพชร อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร
ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก อำเภอวชิรบารมี จังหวัดพิจิตร
ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย

ภูมิประเทศมีลักษณะเป็นภูเขาสูง ประมาณ 5% ของพื้นที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารสำคัญ ทางทิศตะวันตกเชื่อมต่อจังหวัดตากและค่อยๆ ลาดเทลงมาในลักษณะที่ราบสลับเนินเขาอีกประมาณ 15% ของพื้นที่ ซึ่งจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

2.1.1 พื้นที่เขาสูง พื้นที่เขาสูง ประกอบด้วย พื้นที่เนินเขาเป็นหย่อม และพื้นที่ภูเขา

1) พื้นที่เนินเขาเป็นหย่อม เป็นพื้นที่ตั้งอยู่ในด้านตะวันตกของพื้นที่ แสดงลักษณะโดดๆ ของเนินเขา หรือกลุ่มเขาเป็นหย่อมๆ ในที่ราบ มีความสูงประมาณ 70-100 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

2) พื้นที่ภูเขาสูง เป็นเทือกเขาสูงด้านตะวันตกของพื้นที่ ติดต่อกันในแนวทิศเหนือและทิศใต้ เป็นเขตแดนกั้นระหว่างจังหวัดตากกับจังหวัดกำแพงเพชร มีความสูงตั้งแต่ 800 – 2,050 เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

2.1.2 พื้นที่ราบ เป็นพื้นที่ราบครอบคลุมตอนกลางและด้านตะวันออกของพื้นที่ บริเวณอำเภอเมืองกำแพงเพชร อำเภอลานกระบือ อำเภอพรานกระต่าย อำเภอไทรงาม อำเภอกงไกรลาศ ด้านทิศตะวันออกของอำเภอคีรีมาศ อำเภอเมืองสุโขทัย อำเภอวชิรบารมี และอำเภอบางระกำ มีระดับความสูงผิวดิน ที่ระดับประมาณ 40-70 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

2.2 ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

ระบบทางน้ำ ระบบทางน้ำแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยมีสายน้ำหลัก คือ แม่น้ำปิง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน

ระบบน้ำพื้นที่ 1 เป็นทางน้ำ ห้วย คลอง สายย่อย ดังนี้ คลองห้วยแหน คลองหนองหมี คลองยาง คลองแห้ง และคลองสามพวง บริเวณตำบลบ้านป้อม อำเภอเมืองสุโขทัย ไหลจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกไหลรวมแม่น้ำยม บริเวณอำเภอเมืองสุโขทัย และมีคลองน้อย คลองห้วยยั้ง คลองห้วยยังน้อย คลองหมอหลวง คลองใหญ่ คลองไผ่เงิน คลองกว้าง คลองพุ บริเวณตำบลบ้านน้ำพุ อำเภอคีรีมาศ ไหลจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกรวมกับแม่น้ำยม บริเวณตำบลปากพระ อำเภอเมืองสุโขทัย มีคลองใหญ่ที่มีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ ไหลรวมกับแม่น้ำปิง บริเวณอำเภอเมืองกำแพงเพชร

ระบบน้ำพื้นที่ 2 เป็นระบบทางน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำยม เช่น คลองคนที ห้วยมาบไทร ในเขตอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร มีทางน้ำไม่หนาแน่น ลักษณะของทางน้ำในส่วนนี้คล้ายรูปพัดโดยมีตอนหัวอยู่ในอำเภอทิศตะวันออกของอำเภอพรานกระต่าย ตอนปลายกระจายอยู่ในทุ่งราบผ่านอำเภอบางระกำสู่แม่น้ำยม เขตอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

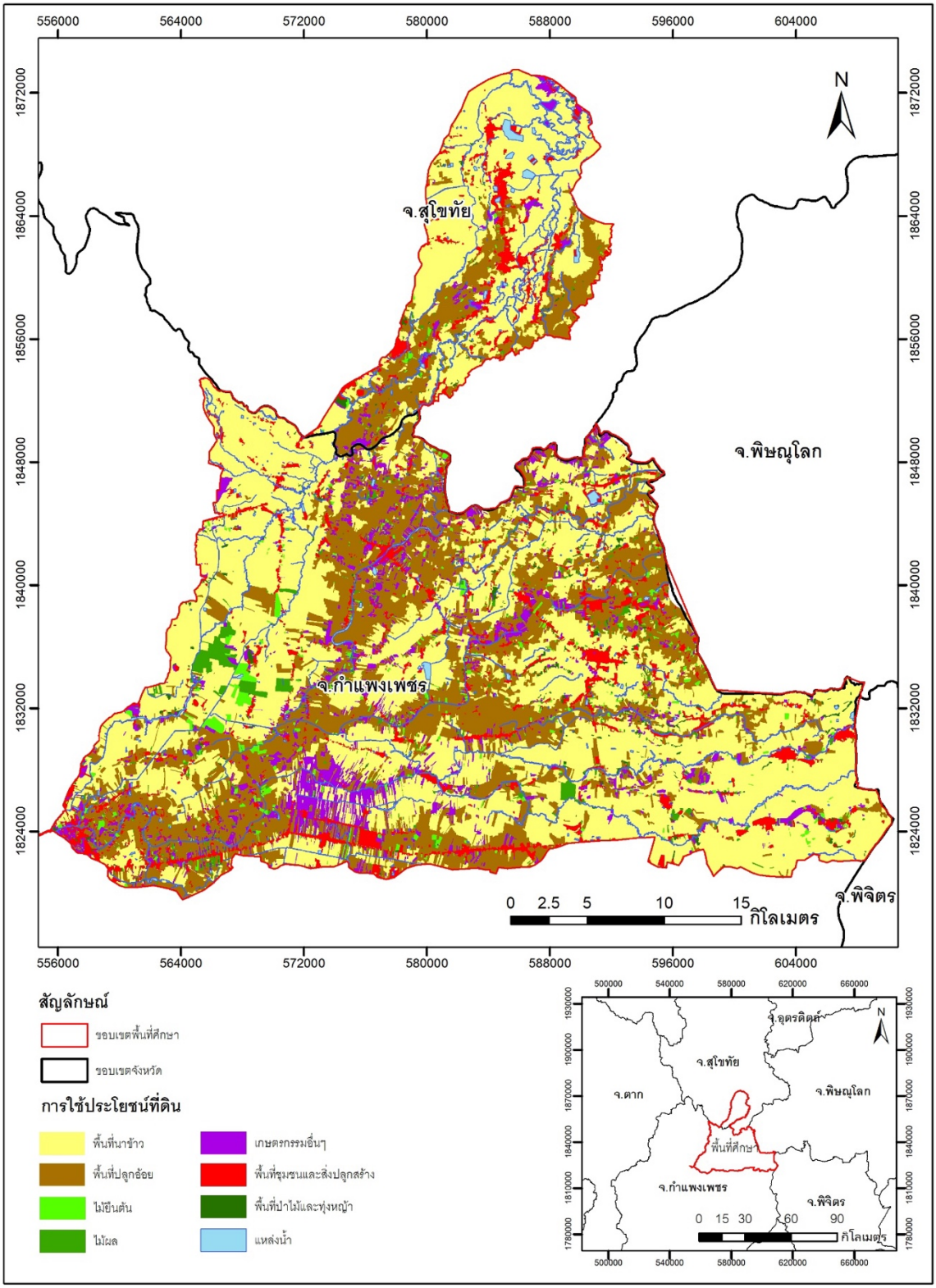
ระบบน้ำพื้นที่ 3 เป็นระบบทางน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำน่าน เช่น ห้วยน้อย คลองคด ห้วยทุ่ง ในเขตอำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร มีทางน้ำไม่หนาแน่น ลักษณะของทางน้ำในส่วนนี้คล้ายรูปพัดโดยมีตอนหัวอยู่ในอำเภอทิศตะวันออกของอำเภอไทรงาม ตอนปลายกระจายอยู่ในทุ่งราบผ่านอำเภอวชิรบารมีสู่แม่น้ำน่าน เขตจังหวัดพิจิตร

2.3 สภาพการใช้ที่ดิน

จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2-1 และรูปที่ 2-1 พบว่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่คือ พื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 89.85 พื้นที่ชุมชนเมืองและอื่นๆร้อยละ 6.59 พื้นที่แหล่งน้ำคิดเป็นร้อยละ 2.62 พื้นที่ป่าคิดเป็นร้อยละ 0.84 พื้นที่เลี้ยงสัตว์คิดเป็นร้อยละ 0.14 สัดส่วนของประเภทของเกษตรกรรมที่พบมากที่สุดคือ นาข้าว (ร้อยละ 53.24) รองลงมาคือ อ้อย (ร้อยละ 27.69)

ตารางที่ 2-1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2561 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	สัดส่วน (%)
พื้นที่ป่าไม้	10.90	0.84
พื้นที่เกษตรกรรม		
นาข้าว	689.00	53.24
อ้อย	358.32	27.69
ไม้ยืนต้น	13.70	1.06
ไม้ผล	65.42	5.06
เกษตรกรรมอื่นๆ	37.95	2.93
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	84.86	6.56
แหล่งน้ำ	33.91	2.62
รวม	1,294.06	100.00



รูปที่ 2-1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

2.4 สภาพอุตุ-อุทกวิทยา

ปริมาณน้ำฝน

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร และตาก พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนอยู่ทั้งหมด 6 สถานี (ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง(พิษณุโลก) สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน) ดังแสดงในตารางที่ 2-2 ได้ทำการคัดเลือกสถานีที่อยู่ในพื้นที่ศึกษามีข้อมูล 1 ปี ในช่วงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2563- เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2564

ตารางที่ 2-2 สถานีวัดน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษา (ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง(พิษณุโลก) สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน)

ลำดับ	สถานี	ลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ปริมาณฝน (มม.) ปี 2563								ปริมาณฝน (มม.) ปี 2564						รวมระยะเวลา 12 เดือน (มม.)
					มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	รวม	
1	P.7A	ปิง	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	86.4	77.3	175.3	204.3	104.9	6	0	654.2	0	3.1	44.7	163	86.9	297.7	951.90
2	อุตุฯ จ.สุโขทัย	ยม	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	186	82.6	258.2	124.6	72.5	24.6	0	748.5	0	2.1	65.8	183.1	122.8	373.8	1,122.30
3	ไทรงาม	ปิง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	83.6	145.7	141.8	93.8	64.5	6.1	0	535.5	0	1.3	93.5	174.8	28.5	298.1	833.60
4	ลานกระบือ	ปิง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	75.9	109.1	71.7	118.4	91.3	23.3	0	489.7	0	10.1	0	198	77.5	285.6	775.30
5	พรานกระต่าย	ปิง	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	176.9	95.5	125.1	97.5	86.9	46.8	0	628.7	0	4.6	0.3	135.7	75.3	215.9	844.60
6	Y.4 (โทรมาตรขนาดเล็ก)	ยม	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	60	130	198.5	49.5	1	0	0	439	0	4.5	8	114.5	80.5	207.5	646.50

2.5 สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา

2.5.1 สภาพธรณีวิทยา ลักษณะทางธรณีวิทยาจังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วยหินหลายชนิดตั้งแต่หินตะกอน หินแปร หินอัคนี และตะกอนร่วน ที่มีอายุตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียนจนถึงยุคควอเทอร์นารี(อายุมากกว่า 570 ล้านปี-ปัจจุบัน) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณตอนกลางและตะวันออกของจังหวัดเป็นตะกอนร่วนที่สะสมตัวโดยทางน้ำ ตะกอนเชิงเขา ตะกอนที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ และบริเวณตะวันตกของพื้นที่ประกอบด้วยหินแปรในมหายุคพรีแคมเบรียน ยุคแคมเบรียน หินตะกอนยุคออร์โดวิเชียน ยุคดีโวเนียน-ไซลูเรียน หินตะกอนที่สะสมตัวในทะเลบรรพกาลในมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลายหรือยุคเพอร์เมียน หินตะกอนที่มีการสะสมตัวทั้งในทะเลและบนบก และหินอัคนียุคจูแรสซิก ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่ท่อทองแดงประกอบด้วยหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน(Carboniferous-Permian rocks; C) หินตะกอนและหินชั้น (Silurian-Devonian; SD) และตะกอนอายุควอเทอร์นารี(Quaternary) โดยเรียงลำดับอายุจากแก่ไปอ่อนดังนี้

2.5.1.1 หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน(Carboniferous-Permian rocks; C) บริเวณพื้นที่จังหวัดกาแพงเพชรพบหินโผล่กระจายตัวอยู่เล็กน้อยบริเวณเทือกเขาเล็กๆ ทางตอนเหนือของอำเภอพรานกระต่าย บริเวณเขายอดเหล็ก อำเภอโกสัมพีนครเป็นหินชุดด่านลานหอยซึ่งเทียบได้กับกลุ่มหินแม่ทาในส่วนที่มีหินทรายและหินดินดานสีน้ำตาลปนแดงเหมือนกัน แต่กลุ่มหินด่านลานหอยมีหน่วยหินภูเขาไฟปะปนอยู่ด้วย กลุ่มหินด่านลานหอย ประกอบด้วย หินกรวดภูเขาไฟเนื้อแอนดีไซต์ ชั้นหินสีแดง และหินกรวดภูเขาไฟเนื้อไรโอไลต์ ที่เขาหลวงซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของอำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย มีความหนาประมาณ 1,600 เมตร ตะกอนสะสมตัวของกลุ่มหินด่านลานหอย และกลุ่มหินแม่ทาต่างก็เกิดอยู่ในบริเวณด้านหลังของแนวภูเขาไฟในทะเล กลุ่มหินด่านลานหอย สามารถแบ่งออกเป็น 3 หมวดหินจากล่างขึ้นบน คือ 1) หมวดหินไพโรคลาสติกเขาขี้ม้า 2) หมวดหินลานหอย และ 3) หมวดหินไพโรคลาสติกเขาหลวง หมวดหินลานหอยเป็นหินตะกอนสีเทาและสีแดง วางตัวอยู่บนหินหมวดไพโรคลาสติกเขาขี้ม้าแบบรอยสัมผัสต่อเนื่องหินแบบฉบับอยู่ในลำห้วยทางฝั่งเนินเขาพระธาตุ อยู่ห่างจากยอดสูงสุดของเทือกเขาหลวงไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 10 กิโลเมตร ซึ่งหมวดหินนี้พบแผ่กระจายตัวในพื้นที่เขาทางตอนเหนือของจังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วย หินทรายเนื้อเถ้าภูเขาไฟ หินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลปนแดง หินทรายแป้งเนื้อปูน และหินดินดาน สีน้ำตาลปนแดง สภาพแวดล้อมในการตกตะกอนของหมวดหินลานหอยเป็นแบบสะสมในทะเล หรือส่วนหนึ่งเป็นทะเลเกิดในบริเวณปากแม่น้ำที่เป็นที่ตื้น

2.5.1.2 หินตะกอนและหินชั้น (Silurian-Devonian; SD) หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา หินยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียน พบว่ากระจายตัวทางตอนใต้บริเวณเนินเขาบ้านปางสุด และเป็นแนวเนินเขาบริเวณบ้านปางพระยา ประกอบด้วย หินแปรเกรดต่ำ หินดินดานเนื้อฟิลไลต์ หินทรายเนื้ออาร์โคสแปรสภาพ หินทรายเนื้อเฟลด์สปาร์แปรสภาพ และบางบริเวณเป็นหินทรายแปรสภาพสลับด้วยหินดินดาน พบแพร่กระจายบริเวณเทือกเขาตอนกลางของพื้นที่ ได้แก่ บริเวณเขาน้ำอุ่น เนินเขาเล็กๆ บริเวณบ้านเพชรเจริญ บ้านท่าข้าม จากรายงานแผนที่ธรณีวิทยา ระวางจังหวัดพิษณุโลก มาตราส่วน 1:250,000 โดยสงัด พันธุ์

โอภาส (2519) จัดเป็นหมวดหินเขาเขียว โดยอยู่ตอนบนสุดในกลุ่มหินพรานกระต่าย ในระวางจังหวัดนครสวรรค์ เป็นหมวดหินบ้านไร่ หินยุคนี้สามารถ แบ่งได้เป็น 3 หมวดหิน เรียงจากแก่สุดไปยังอ่อนสุดคือ หมวดหินเขาเขียว หมวดหินปูนทุ่งเสลี่ยม และหมวดหินขาณุเชิร์ต แต่ต่อมาค้นพบซากดึกดำบรรพ์ที่พิสูจน์ว่าหมวดหินขาณุเชิร์ตอยู่ในยุคเพอร์เมียน จึงตัดออกจากกลุ่มหินนี้ ทั้ง 3 หมวดหินแต่เดิมให้ชื่อกลุ่มว่า กลุ่มหินพรานกระต่ายต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น กลุ่มหินทุ่งเสลี่ยม ซึ่งต่อมาในการปรับปรุงการเทียบสัมพันธ์ชุดหินทั้งประเทศโดยหมวดหินเขาเขียว หรือหมวดหินทัฟฟ์เขาเขียวพบแผ่กระจายตัวข้ามภูเขาจากตะวันตกถึงตะวันออกใกล้อำเภอพรานกระต่าย หินที่บริเวณชั้นหินแบบฉบับเป็นชั้นหินที่วางตัวซ้ำๆ กัน และแยกจากกันได้ยากของหินเกรย์แวก หินปูนเนื้อโคลน หินทราย หินชนวน หินฟิลไลต์เนื้อทัฟฟ์ หินทัฟฟ์เนื้อควอตซ์ และเฟลด์สปาร์ หินทัฟฟ์เนื้อแอนดีไซต์ หินลิทิกทัฟฟ์ และหินคริสตัลทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟหินส่วนมาก เมื่อสดมีสีเขียวถึงเทา และเมื่อผุมีสีน้ำตาลถึงสีเหลือง เนื้อของหินทัฟฟ์ส่วนมากเป็นควอตซ์ผสมเฟลด์สปาร์ และตอนบนของชั้นหินจะมีหินปูนเพิ่มมากขึ้น หินหมวดนี้วางตัวรองรับหินปูนในหน่วยหินที่มีอายุอ่อนกว่า ความหนาของชั้นหินจากที่ลาดเขาด้านตะวันตก ถึงส่วนกลางของภูเขาประมาณว่ามีความหนามากกว่า 1,800 เมตร จากการสำรวจเท่าที่ผ่านมายังไม่พบซากดึกดำบรรพ์ในกลุ่มหินนี้ หมวดหินปูนทุ่งเสลี่ยม แต่เดิมในแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ระวางจังหวัด พิษณุโลกเรียกว่าหมวดหินอ่อนเขาสว่าง โผลให้เห็นตามบริเวณภูเขาในพื้นที่ด้านตะวันตกของอำเภอทุ่งเสลี่ยม ตอนเหนือของจังหวัดสุโขทัย แผ่กระจายอย่างต่อเนื่องผ่านจังหวัดกำแพงเพชรถึงบริเวณตะวันตกของจังหวัดนครสวรรค์ เป็นระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร ทางใต้ของอำเภอทุ่งเสลี่ยม หมวดหินนี้ ประกอบด้วยหินปูน สีเทา มีการตกผลึกใหม่ หินดินดานเนื้อทัฟฟ์หินทราย และหินอ่อนสีขาว หมวดหินทั้งหมดหนาประมาณ 900 เมตร หมวดหินนี้รวมถึงหินอ่อนที่รู้จักกันในชื่อหินอ่อนเขาสวรรค์ที่อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร และหินอ่อนเขามะโน ที่บริเวณตะวันตกของจังหวัดนครสวรรค์

2.5.1.3 ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ตะกอนยุคควอเทอร์นารี พบสะสมตัวแผ่กระจายมากกว่า 90% ของพื้นที่ จากลักษณะของตะกอน ลักษณะภูมิประเทศ และกระบวนการสะสมตัว สามารถจำแนกหน่วยตะกอนย่อย ได้ดังนี้

ตะกอนหินผุ (Residual deposits) พบแผ่กระจายตามเชิงแนวเขาด้านตะวันตก ลาดไปทางตะวันออก และตามที่ลาดเชิงเขาของเขาชนกัน โดยทั่วไปมักลำดับชั้นจากชั้นบนเป็นทรายร่วน สีน้ำตาลอ่อน ขนาดปานกลาง การคัดขนาดดีมาก ถัดลงไปเป็นชั้นลูกรังซึ่งเป็นดินเหนียว เนื้อค่อนข้างแน่นสีน้ำตาลแกมเหลืองถึงเทาจาง ต่อจากนั้นเป็นชั้นดินเหนียวที่มีเศษหินแตกหักปนอยู่ในเนื้อ ดินเหนียวชนิดของหินแตกหักเป็นชนิดเดียวกันกับหินดานแล้วเป็นดานหิน ความหนาของแต่ละชั้นแปรไปตามลักษณะภูมิประเทศ บางบริเวณเริ่มลำดับชั้นที่ชั้นลูกรัง โดยไม่มีชั้นทรายปิดทับตอนบน

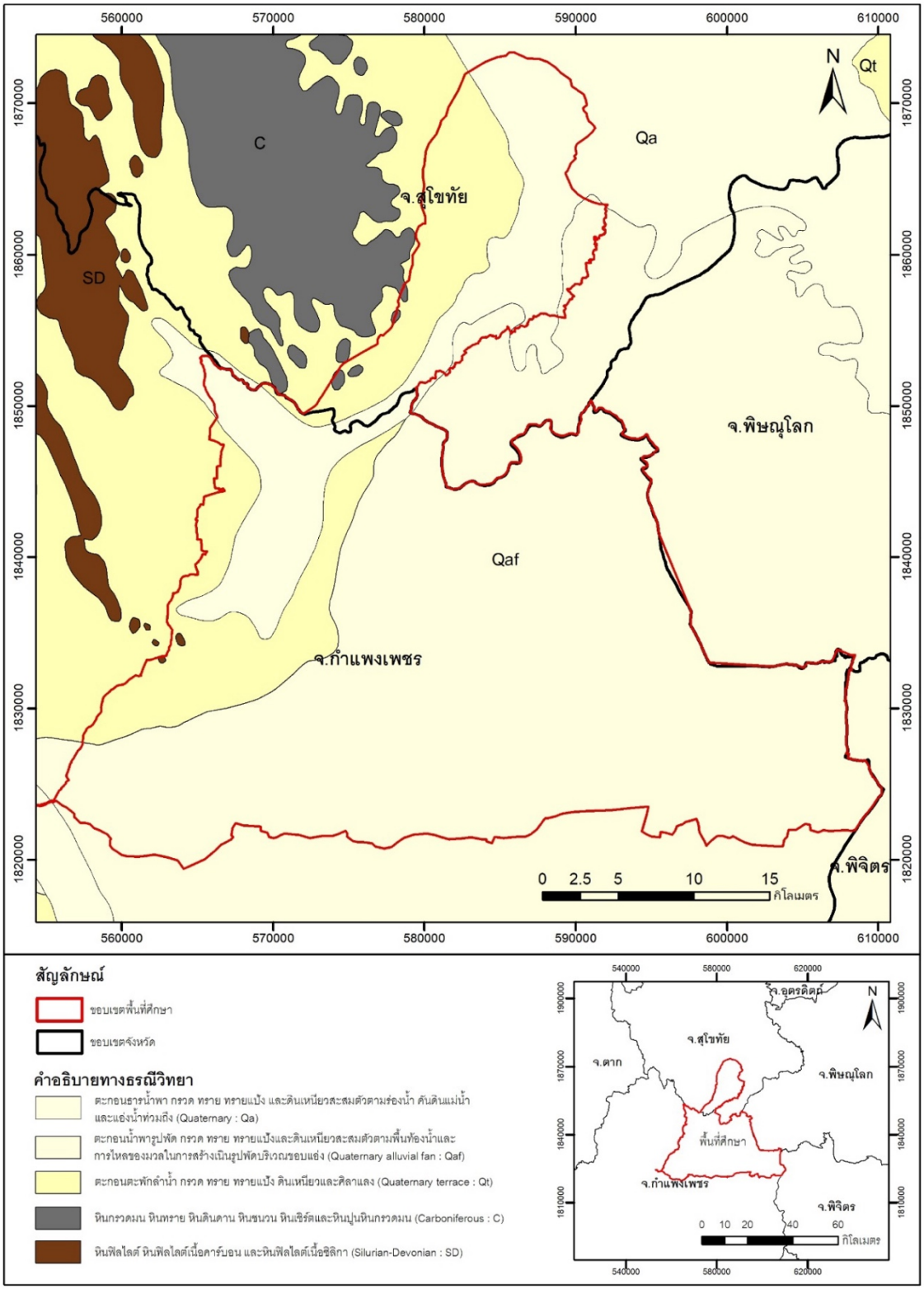
ตะกอนตะพักลำน้ำ (Terrace deposits) พบแพร่กระจายในตอนกลางด้านตะวันตกและตอนใต้ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดกำแพงเพชร ลักษณะเป็นเนิน ชั้นตะกอนตอนบนเป็นทรายร่วนแล้วเปลี่ยนสลับด้วยชั้นดินเหนียวลูกรัง และชั้นดินเหนียวลูกรังปนกรวด บางบริเวณมีมวลพวกของเหล็กออกไซด์ และ

แมงกานีสปนบ้าง แล้วเป็นชั้นเศษหินแตกหักของหินทราย ยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียน หินโคลนยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน และหินทรายสีแดง ยุคจูแรสซิก

ตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial fan deposits) พบแพร่กระจายในตอนกลางด้านตะวันตกและต่อเนื่องลงไปตามน้ำ และแผ่ออกจากน้ำแม่วงก์ ทั้งสองฝั่งตามทิศทางน้ำไหลจากตะวันออกเฉียงเหนือลงสู่ตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนมากเป็นชั้นทรายมากกว่าชั้นกรวด ในชั้นทรายบางชั้นมีชั้นกรวดบางๆ แทรกมีชั้นดินเหนียวและชั้นดิน แทรกสลับบ้าง

ตะกอนน้ำพา (Alluvial deposits) แพร่กระจายเป็นส่วนมากของจังหวัดกำแพงเพชรเป็นการสะสมตะกอนแบบตะกอนน้ำพา ซึ่งลักษณะของตะกอนแต่ละบริเวณจะแตกต่างกันไป จะเป็นตะกอนท้องทรายร่องน้ำ สีน้ำตาลปนแดง เม็ดขนาดละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี พบก้อนกรวดค่อนข้างเหลี่ยม กรวดส่วนมากเป็นควอตซ์ สีขาว บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงที่ไกลจากแม่น้ำ การตกตะกอนของตะกอนขนาดใหญ่ต่อเนื่องจนถึงตะกอนขนาดละเอียด ชั้นล่างสุดเป็นทรายละเอียด สีขาวปนเขียวเนื้อร่วน ประกอบด้วย ตะกอนควอตซ์เป็นส่วนมาก ขนาดของตะกอนจะหยาบมากขึ้น เป็นตะกอนทรายขนาดปานกลาง สีเหลืองปนเทา เนื้อปนดินเหนียวเล็กน้อย การคัดขนาดปานกลาง แล้วค่อยเปลี่ยนชั้นเป็นตะกอนดินเหนียว สีน้ำตาล เนื้อปนทรายเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2-2

ธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดรอยแยกและรอยแตกในหินแข็ง พบแนวรอยแยกและรอยแตกส่วนใหญ่มี 2 ทิศทาง คือ ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ(กรมทรัพยากรธรณี, 2555)



รูปที่ 2-2 แผนที่แสดงลักษณะธรณีวิทยา

2.5.2 สภาพธรณีสัณฐาน ลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ลอนลาด(undulating terrain) มีความสูงโดยเฉลี่ยระหว่าง 30-70 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประกอบด้วย ตะกอนที่เกิดจากการกัดกร่อน(erosion) และผุพัง(weathering) ของหินเดิม หลังจากนั้นถูกพัดพา(transport) มาสะสมตัว (deposition) โดยแม่น้ำสายหลัก เกิดเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง(flood plain) ตะพักลุ่มน้ำ(terrace) และที่ลุ่มน้ำขัง(swamp) โดยทั่วไปตะกอนที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนบนส่วนมากเป็นตะกอนน้ำพา และตะกอนธารน้ำพาที่สะสมตัวอยู่บนหินดาน(bed rock) ซึ่งหินดานในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนบนอยู่ที่ระดับตื้นกว่าตอนล่าง จึงทำให้ตะกอนยุคควอเทอร์นารีในบริเวณนี้หนาน้อยกว่าบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง ตะกอนเหล่านี้มีรายละเอียดแตกต่างกันไปในแต่ละที่ส่วนมากประกอบด้วย กรวด ทรายหยาบ ดินเคลย์หรือดินเหนียว ตะกอนทั้งสามชนิดนี้จะมีกระบวนการสะสมตัวทางธรณีวิทยา ทั้งที่เกิดเป็นชั้นสลับกันและเป็นเลนส์ และเห็นได้ตามพื้นผิวทั่วไปแล้วลาดเอียงลงไปเป็นแอ่งลึกสู่ที่ราบภาคกลางตอนล่าง ภูเขาสูงจะพบเป็นแนวฝั่งตะวันตกของพื้นที่ ลักษณะลาดเอียงไปทางทิศตะวันออก และที่ราบลุ่มน้ำจากทิศเหนือไปทางทิศใต้

2.6 สภาพอุทกธรณีวิทยา

2.6.1 การเกิดชั้นน้ำบาดาล

จากข้อมูลชนิดหิน คุณสมบัติในการเก็บน้ำและการให้น้ำไหลผ่าน โครงสร้างทางธรณีวิทยา ตามหัวข้อนั้นสามารถนำมาแบ่งกลุ่มใหม่เป็นหน่วยย่อยทางอุทกธรณีวิทยา หรือชั้นน้ำบาดาลและอธิบายใหม่ โดยเรียงตามอายุทางธรณีวิทยาจากอ่อนกว่าไปถึงอายุแก่กว่า (รูปที่ 2-3)

2.6.1.1 ชั้นน้ำตะกอนร่วน ประกอบด้วยชั้นน้ำที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนมหายุคซีโนโซอิก ได้แก่

1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา (Qfd) เป็นชั้นน้ำที่ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียวที่สะสมตัวตามท้องน้ำและการไหลของมวลสร้างตะกอนรูปพัดตามพื้นที่ขอบแอ่ง น้ำบาดาลสะสมตัวในช่องว่างของเม็ดกรวด และทราย ความหนาของหินให้น้ำส่วนใหญ่น้อยกว่า 20 เมตร เป็นแนวโดยแผ่กระจายคลุมพื้นที่ทางด้านทิศเหนือของพื้นที่ท่อทองแดง บริเวณอำเภอเมืองสุโขทัย เนื่องจากชั้นน้ำชนิดนี้เกิดจากการสะสมตัวของกรวดทรายท้องน้ำ ซึ่งมีการคัดขนาดและมีการเรียงตัวกันค่อนข้างดี โดยกระแสน้ำที่มีความเร็วปานกลาง จึงทำให้มีการไหลซึมจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลได้โดยตรง บ่อบาดาลระดับตื้นที่เจาะหรือขุดถึงชั้นน้ำนี้ให้น้ำบาดาลในอัตราที่มากเพียงพอทำการเกษตรขนาดเล็ก หรือใช้เป็นแหล่งน้ำเสริมในช่วง และใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค เนื่องจากคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม

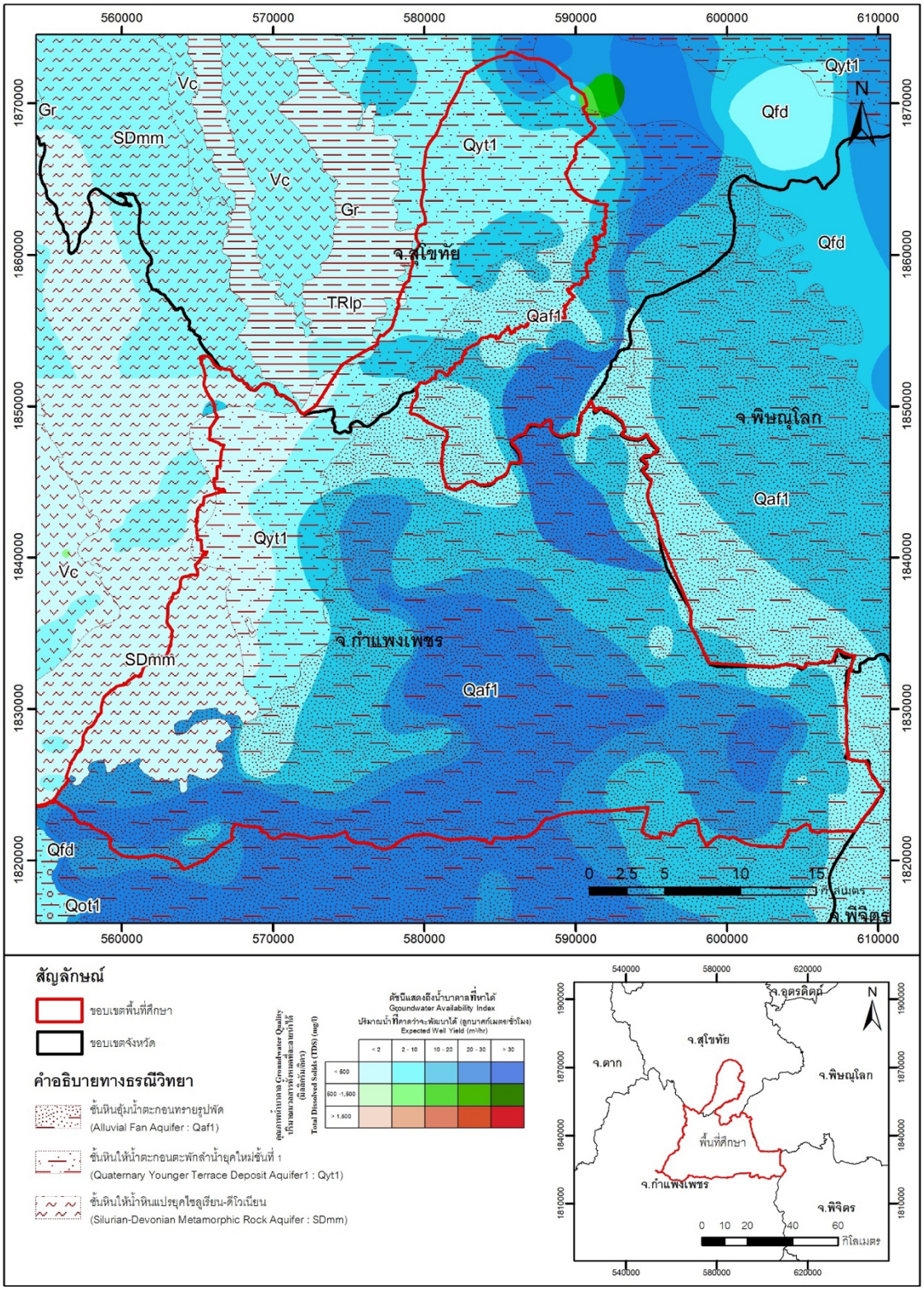
2) หินให้น้ำตะพักน้ำยุคใหม่ส่วนบน (Qyt1) เป็นชั้นน้ำที่ประกอบด้วย ตะกอนกรวดและทรายปนดินเหนียว ตะกอนกรวดทรายมีความกลมมนดี มีการคัดขนาดไม่ดีถึงดีปานกลาง ส่วนใหญ่เป็นชั้นดินเหนียวปนทราย หรือชั้นดินเหนียวค่อนข้างหนา สลับด้วยชั้นทรายปนกรวดค่อนข้างบางหรือมีลักษณะเป็นเลนส์ น้ำบาดาลสะสมตัวในช่องว่างของเม็ดกรวด และทราย ความหนาของชั้นหินให้น้ำอยู่ระหว่าง 5-35 เมตร แผ่

กระจายตัวทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ทองแดง บริเวณอำเภอพรานกระต่าย และอำเภอคีรีมาศ ชั้นน้ำมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันออก โดยหนาเพิ่มขึ้นไปในทางทิศตะวันออกเข้าสู่กลางแอ่ง ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

3) หินให้น้ำตะกอนทรายรูปพัดยุคใหม่(Qaf1) ประกอบด้วย กรวด ทราย และดินเหนียว ที่สะสมตัวตามท้องน้ำและการไหลของมวลสารตะกอนรูปพัดตามพื้นที่ขอบแอ่ง น้ำบาดาลสะสมตัวในช่องว่างของเม็ดกรวด และทราย ความหนาของชั้นหินให้น้ำอยู่ระหว่าง 0-40 เมตร โดยชั้นหินให้น้ำมีความเอียงเทไปทางด้านทิศตะวันตก มีความหนามากที่สุด 40 เมตร และจะเริ่มบางไปทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ ทางด้านอำเภอไทรงาม มีความหนาระหว่าง 6-25 เมตร

2.6.1.2 ชั้นน้ำในหินแข็ง

1) หินให้น้ำหินแปรยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน(SDmm) ประกอบด้วย หินดินดานเนื้อฟิลไลต์ สีเทาแกมเขียว หินทรายอาร์โคสแปรสภาพสีเทาจาง หินทรายเนื้อเฟลด์สปาร์แปรสภาพสีเทาจาง และหินทรายเนื้ออาร์โคสสีเทาจาง สลับด้วยหินโคลนสีขาว น้ำบาดาลสะสมตัวในรอยแตกและรอยแยก



รูปที่ 2-3 แผนที่แสดงลักษณะอุทกธรณีวิทยา

2.6.2 ลักษณะของชั้นน้ำบาดาล

ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลจังหวัดสุโขทัย

การกำหนดศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลสำหรับอำเภอต่างๆ ในจังหวัดสุโขทัย สามารถแบ่งศักยภาพด้านปริมาณน้ำ โดยอาศัยข้อมูลการจ่ายน้ำในอัตราต่างๆ ซึ่งมี 4 ช่วง คือมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. 10-20 ลบ.ม./ชม. 2-10 ลบ.ม./ชม. และน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม พร้อมทั้งคุณภาพน้ำในรูปของความเค็ม ความกระด้าง และสารละลายเหล็ก ดังนี้

1) อำเภอเมืองสุโขทัย

1.1) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรามากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บริเวณบ้านบางคลอง ตำบลปาแคว บ้านสวนเหนือ ตำบลบ้านสวน จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา

1.2) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรา 10-20 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บ้านวังทองแดง ตำบลวังทองแดง บ้านวังหิน ตำบลปากแคว จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา

1.3) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรา 2-10 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะพักยุคใหม่ได้แก่ บ้านตาลเตี้ย บ้านยางเอน ตำบลตาลเตี้ย บ้านคลองยอ บ้านราวรังงาม ตำบลวังทองแดง นอกจากนี้ได้น้ำในอัตราน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม.

คุณภาพน้ำส่วนใหญ่ มีเหล็กสูงและฟลูโอไรด์สูงในเขตตำบลปากแควและตำบลบ้านกล้วย

2) อำเภอกงไกรลาศ

2.1) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรามากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านหนองกลางนา บ้านบางสนิม บ้านถ้ำไม้ไกร บ้านเนินหว้า ตำบลกง บ้านในดง บ้านกกแรต บ้านคลองตะเข้ ตำบลกกแรต บ้านดงเดือย บ้านดอนสำโรง ตำบลดงเดือย บ้านโฉงต้นเหง้า บ้านหนองเสาเสถียร ตำบลไกรใน บ้านหนองหลอด บ้านดอนสัก ตำบลไกรกลาง บ้านวัดโบสถ์ ตำบลไกรนอก บ้านหางตลาด บ้านหนองแม่ลอน ตำบลท่าฉนวน

2.2) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรา 10-20 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บ้านเหนือ บ้านข่อมตาล บ้านลานม่วง บ้านคลองยาง ตำบลท่าฉนวน บ้านเกาะทับผึ้ง ตำบลกกแรต บ้านหนองไผ่ล้อม ตำบลไกรใน บ้านวังศรีไพร ตำบลดงเดือย จากชั้นน้ำตะพักยุคเก่า

2.3) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรา 2-10 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บ้านหนองกาสลัก บ้านหนองกระทุ่ม บ้านหนองเทโพ บ้านวังขวัญ ตำบลไกรใน บ้านบางปะ บ้านเนินหว้า บ้านหนองถ้ำ ตำบลกง บ้านยางมวน ตำบลดงเดือย จากชั้นน้ำตะพักยุคใหม่ หมู่บ้านที่ไม่ได้กล่าวถึงได้น้ำในอัตราไม่เกิน 2 ลบ.ม./ชม.

คุณภาพน้ำบาดาลในอำเภอกงไกรลาศ คุณภาพน้ำดี มีเหล็กสูงและมีฟลูโอไรด์สูงในตอนใต้ของอำเภอที่บ้านหนองตูม บ้านครุยสมอ ตำบลหนองตูม และที่บ้านคลองยาง บ้านน้ำเรื่อง บ้านหนองบัว ตำบลท่าฉนวน

3) อำเภอคีรีมาศ

3.1) บริเวณที่ได้น้ำมากว่า 20 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บ้านเนินพยอม บ้านหนองกระดิ่ง ตำบลหนองกระดิ่ง บ้านวังชุมแสง บ้านปากคลองเรือ ตำบลโตนด จากชั้นน้ำตะพักยุคเก่า

3.2) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรา 10-20 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บ้านอานม้า บ้านปลายนาทอง ตำบลสามพวง บ้านทุ่งยางเมือง ตำบลทุ่งยางเมือง บ้านหลุมแห้ว ตำบลศรีคีรีมาศ จากชั้นน้ำตะพักยุคเก่า

3.3) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลในอัตรา 2-10 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บ้านหนองกระทุ่ม บ้านบึงหญ้า ตำบลหนองจิก บ้านหนองปรือ บ้านป้อม ตำบลบ้านป้อม บ้านน้ำลาด ตำบลนาเชิงคีรี จากชั้นน้ำตะพักยุคใหม่ที่เหลือนอกจากนี้ได้น้ำน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม.

คุณภาพน้ำในบริเวณอำเภอคีรีมาศส่วนใหญ่มีสารละลายเหล็กสูงและมีสารฟลูโอไรด์สูงในเขตบ้านหนองกก บ้านบนคุย บ้านหนองกระแสน บ้านเนินประดู่ บ้านทรายทอง บ้านวังชุมแสง บ้านเนินพยอม ตำบลโตนด บ้านสามพวง ตำบลสามพวง และมีความกระด้างสูงที่บ้านหนองหมี ตำบลทุ่งหลวง

ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลจังหวัดกำแพงเพชร

การกำหนดศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลสำหรับอำเภอต่างๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร แบ่งศักยภาพด้านปริมาณ โดยใช้ข้อมูลการจ่ายน้ำในอัตราต่างๆ ซึ่งมี 4 ช่วง คือ มากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. 10–20 ลบ.ม./ชม. 2–10 ลบ.ม./ชม. และน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม. พร้อมทั้งคุณภาพน้ำในรูปของความเค็ม ความกระด้าง และสารละลายเหล็ก

1) อำเภอเมืองกำแพงเพชร

พื้นที่ด้านตะวันตกคลุมด้วยภูเขาหินอัคนี และหินแปรชนิดต่างๆ โดยเฉพาะในเขตตำบลนาบ่อคำ ตำบลคลองแม่ลาย และบางส่วนของตำบลท่าขุนราม ตำบลทรงธรรม และตำบลวังทอง พื้นที่ราบจะมีด้านตะวันออกของอำเภอ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำบาดาลในตะกอนร่วนที่ระดับลึกต่างๆ ตั้งแต่ชั้นน้ำระดับตื้น ที่ 25–30 เมตร ชั้นลึกปานกลาง 60–70 เมตร และจากชั้นลานตะพักยุคเก่าที่ความลึก 120–130 เมตร

1.1) บริเวณที่ได้น้ำบาดาล มากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านสระเตย บ้านใหม่ศรีอุบล บ้านหนองบัวทอง บ้านบ่อทอง บ้านวังอ้อ บ้านศรีบุญส่ง ตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล บ้านบ่อสามแสน บ้านหนองกรด ตำบลหนองปลิง บ้านวังทองหลาง บ้านสระสิงห์โต ตำบลเทพนคร บ้านธำมรงค์ บ้านโนนโก ตำบลไตรตรึงษ์ บ้านปางเรือ บ้านคลองแม่ลาย ตำบลแม่ลาย บ้านท่าขุนราม ตำบลท่าขุนราม บ้านหนองแดน ตำบลนาบ่าดำ บ้านท่าเสลียง ตำบลคณฑี บ้านโนนม่วง ตำบลนครชุม

1.2) บริเวณที่ได้น้ำบาดาล 10–20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านสระแก้ว บ้านไตรตรึงษ์ บ้านตีนดง ตำบลไตรตรึงษ์ บ้านใหม่ บ้านเนินสำราญ บ้านโคกหม้อ ตำบลท่าขุนราม บ้านคลองห้วยทราย ตำบลหนองปลิง บ้านในเมือง ตำบลในเมือง บ้านดงมะนาว บ้านไทรย้อย บ้านไร่ ตำบลเทพนคร บ้านพิณเมืองทอง ตำบลคลองแม่ลาย บ้านเกาะน้ำโจน ตำบลลานดอกไม้ บ้านหนองขาม ตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล

หมู่บ้านที่เหลือจะได้น้ำบาดาลในอัตรา 2–10 ลบ.ม./ชม. คุณภาพทั้งอำเภอน้ำดี แต่มีสารละลายเหล็กมาก และมีฟลูโอไรด์สูงในด้านตะวันตกของอำเภอ เช่น ในตำบลวังทองที่บ้านวังทอง บ้านมอสมบัติ บ้านมอสูง บ้านมอมะนาว บ้านทุ่งเฉียง และที่บ้านเกาะสะบ้า ตำบลหนองปลิง

2) อำเภอไทรงาม

เป็นพื้นที่ราบด้านตะวันออกของจังหวัด ประกอบด้วย ที่ราบลานตะพักยุคใหม่ และที่ราบตะกอน น้ำพาที่อยู่ตามสาขาของลำน้ำที่ไหลไปลงแม่น้ำยม เช่น ห้วยเตารัง คลองวังโขน คลองอ่อนใจ เป็นต้น

2.1) บริเวณที่ได้น้ำบาดาล มากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านโป่งตะคอง บ้านวังโขน บ้านปลวกดำ บ้านหนองคล้า บ้านหัวยาง บ้านมหาชัย ตำบลหนองคล้า บ้านเนินสำราญ บ้านไทรงาม บ้านไทรงามใต้ ตำบลไทรงาม บ้านแม่ยื้อ บ้านทุ่งรวงทอง ตำบลหนองไม้กอง บ้านตอรัง บ้านตลิ่งชัน บ้านประดู่งาม บ้านไผ่ตาสุ่ม บ้านหนองแม่แตง ตำบลหนองแม่แตง บ้านป่าถั่ว บ้านห้วยน้อย บ้านแก้วสุวรรณ บ้านศรีวิไล ตำบลมหาชัย บ้านโคกเจริญ บ้านหนองทอง บ้านใหม่เจริญพร ตำบลหนองทอง บ้านพานทอง บ้านแก้วสระ บ้านหนองโดน ตำบลพานทอง

2.2) บริเวณที่ได้น้ำบาดาล 10–20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านไร่นาขวัญ บ้านใหม่ท้ายวัง ตำบลหนองคล้า บ้านสี่หลัง บ้านหนองทอง ตำบลหนองทอง บ้านดงเย็น บ้านหนองไม้แดง ตำบลไทรงาม บ้านแก้วสุวรรณ ตำบลมหาชัย หมู่บ้านที่เหลือจะได้น้ำบาดาลในอัตรา 2–10 ลบ.ม./ชม.

ความลึกของบ่อบาดาลบริเวณไทรงาม อยู่ที่ระดับ 40 และ 60 เมตร และในระยะหลังได้เจาะลึก 110–120 เมตร เพื่อใช้น้ำในการทำการเกษตร

คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ ยกเว้นมีสารละลายเหล็กและฟลูโอไรด์สูงในเขตบ้านแม่ยื้อ บ้านจิกราด บ้านทุ่งรวงทอง ตำบลหนองไม้กอง

3) อำเภอพรานกระต่าย

พื้นที่ด้านตะวันตกของอำเภอ ประกอบด้วย ภูเขา และที่สูงที่ราบมีอยู่ตอนกลางเขตตำบลท่าไม้ และด้านตะวันออก เขตตำบลวังตะแบก คลองพิไกร คุยบ้านโองและเขาคีริส ซึ่งประกอบด้วยตะกอนตะพักยุคใหม่และที่ราบตะกอนน้ำพาที่สะสมตัวกันในร่องน้ำเก่า เช่น คลองวังชะโอน คลองพิไกร ชั้นน้ำด้านตะวันตกจะตื้นเพราะรองรับด้วยหินแข็งและให้น้ำน้อย ชั้นน้ำตะกอนร่วนจะมีความหนาเพิ่มขึ้นไปทางด้านตะวันออก โดยมีความต่อเนื่องกับชั้นน้ำของอำเภอลานกระบือ โดยมีความลึกของชั้นน้ำอยู่ที่ 40 เมตร และ 75 เมตร

1) บริเวณที่ได้น้ำมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านคุยปอขาว บ้านคุยป่ายาง บ้านหนองตะเข้ บ้านทุ่งรวงทอง บ้านบึงลูกนก ตำบลเขาคีริส บ้านห้วยน้ำไส บ้านทุ่งมะหว้า บ้านวังตะแบก ตำบลวังตะแบก บ้านขอนทองคำ บ้านบ่อมะเฟือง ตำบลถ้ำกระต่ายทอง บ้านหนองแขน บ้านดงชะอม ตำบลคลองพิไกร บ้านคลองห้วยยั้ง ตำบลห้วยยั้ง บ้านไร่ปรือ ตำบลคุยบ้านโอง

2) บริเวณที่ได้น้ำ 10–20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านโพธิ์สวัสดิ์ บ้านหนองปล้อง บ้านหนองโสน ตำบลเขาคีริส บ้านพรานกระต่าย ตำบลพรานกระต่าย บ้านลานหิน ตำบลท่าไม้ บ้านคุยบ้าน

โอง ตำบลคุยบ้านโอง บ้านใหม่สวรรค์พัฒนา ตำบลคลองพิไกร บ้านหนองเสือโฮก ตำบลวังตะแบก บ้านบ่อฟ้า ตำบลถ้ำกระต่ายทอง บ้านลานช้างท่าว ตำบลห้วยยั้ง

หมู่บ้านนอกจากนี้ได้น้ำในอัตรา 2–10 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา คุณภาพทั้งอำเภอได้น้ำดี เว้นแต่มีสารละสายเหล็กสูง และมีค่าฟลูโอไรด์สูงในเขตบ้านลานหิน บ้านวังชะโอน บ้านไร่พัฒนา ตำบลท่าไม้ บ้านทุ่งพริ้ม ตำบลลานดอกไม้ บ้านคุยมะม่วงหอม ตำบลวังควง บ้านหนองราง บ้านเขาแก้ว ตำบลพรานกระต่าย

4) อำเภอลานกระบือ

เป็นพื้นที่ราบด้านตะวันออกของจังหวัด ส่วนใหญ่เป็นที่ราบอันเกิดจากการสะสมตัวของลานตะพักน้ำยุคใหม่ ที่ต่อเนื่องมาจากอำเภอพรานกระต่าย และอำเภอไทรงาม น้ำบาดาลจะอยู่ที่ระดับลึก 40 และ 70 เมตร

1) บริเวณที่ได้น้ำบาดาลมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่ บ้านดงกระทิง บ้านห่ายการ้อง บ้านประชาสุขสันต์ บ้านหนองปลาไหล บ้านหนองกรด ตำบลประชาสุขสันต์ บ้านเกาะสีเขียว บ้านเพชรไพรวัลย์ บ้านฟากทุ่ง บ้านหนองจิก บ้านจันทิมา บ้านตะเคียนงาม ตำบลโนนพลวง บ้านหนองหลวง บ้านลำมะโกรก บ้านใหม่สามัคคี บ้านสุเดชสามัคคี บ้านบึงม่วง บ้านหนองไม้แดง ตำบลหนองหลวง บ้านหนองตาสังข์ บ้านนิคม บ้านปลักไม้ดำ บ้านโนนตากแดด บ้านหนองแขม ตำบลลานกระบือ บ้านช่องลม บ้านเกศกาสร ตำบลช่องลม บ้านหนองละมั่งทอง ตำบลทับแรต

2) บริเวณที่ได้น้ำบาดาล 10–20 ลบ.ม./ชม. จากชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ได้แก่บ้านปรือพันไถ ตำบลช่องลม บ้านหนองเดื่อ บ้านรุ่งโรจน์ ตำบลหนองหลวง บ้านเกาะไผ่ล้อม บ้านลานตาบัว ตำบลประชาสุขสันต์ บ้านทุ่งเกลา บ้านเด่นพระ ตำบลบึงทับแรต บ้านอาชานุสรณ์ บ้านนิคมบางระกำ ตำบลลานกระบือ

หมู่บ้านที่เหลือได้น้ำในอัตรา 2–10 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีเหล็กสูงเกินค่ามาตรฐาน และมีค่าฟลูโอไรด์สูงในเขตตำบลประชาสุขสันต์ เช่น ที่บ้านท้าวเจริญพร บ้านดงกระทิง บ้านห่ายการ้อง บ้านลานตาบัว บ้านประชาสุขสันต์ บ้านพรานอบ

2.7 สภาพเศรษฐกิจสังคม

2.7.1 ประชากร จากการรวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรจากกรมการปกครองในปี พ.ศ. 2563 พบว่าในพื้นที่ท่อทองแดง มีจำนวนประชากรรวมทั้งสิ้น 148,415 คน แบ่งเป็น ประชากรชาย จำนวน 73,017 คน และประชากรหญิง จำนวน 75,398 คน จำนวนหลังคาเรือน 53,056 หลังคาเรือน สรุปจำนวนประชากรรายตำบลในปี พ.ศ. 2563 ได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 จำนวนประชากรรายตำบลในปี พ.ศ. 2563

ลำดับ	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ชาย	หญิง	รวม	จำนวนบ้าน (หลังคาเรือน)
1	กำแพงเพชร	ไทรงาม	ไทรงาม	2,393	2,601	4,994	2,458
2	กำแพงเพชร	ไทรงาม	ประชาสุขสันต์	3,744	3,796	7,540	2,273
3	กำแพงเพชร	ไทรงาม	มหาชัย	3,512	3,545	7,057	2,516
4	กำแพงเพชร	พรานกระต่าย	เขาคีริส	4,044	4,030	8,074	2,895
5	กำแพงเพชร	พรานกระต่าย	คลองพิไกร	2,884	3,045	5,929	2,229
6	กำแพงเพชร	พรานกระต่าย	คุยบ้านโอง	2,263	2,339	4,602	1,577
7	กำแพงเพชร	พรานกระต่าย	วังตะแบก	2,622	2,588	5,210	1,647
8	กำแพงเพชร	พรานกระต่าย	ห้วยยั้ง	2,592	2,671	5,263	1,579
9	กำแพงเพชร	เมืองกำแพงเพชร	นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล	4,511	4,693	9,204	3,613
10	กำแพงเพชร	เมืองกำแพงเพชร	สระแก้ว	7,722	8,228	15,950	6,420
11	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	จันทิมา	2,155	2,086	4,241	1,348
12	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	ช่องลม	2,868	2,865	5,733	1,770
13	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	ถ้ำกระต่ายทอง	2,274	2,505	4,779	1,882
14	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	โนนพลวง	602	645	1,247	551
15	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	บึงทับแรต	1,649	1,670	3,319	1,151
16	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	ลานกระบือ	1,516	1,521	3,037	1,941
17	กำแพงเพชร	ลานกระบือ	หนองหลวง	4,776	4,703	9,479	3,078
18	สุโขทัย	คีรีมาศ	คีรีมาศ	2,670	2,667	5,337	1,626
19	สุโขทัย	คีรีมาศ	โตนด	1,425	1,607	3,032	1,602
20	สุโขทัย	คีรีมาศ	ทุ่งยางเมือง	1,071	1,132	2,203	681
21	สุโขทัย	คีรีมาศ	ทุ่งหลวง	3,414	3,722	7,136	2,382
22	สุโขทัย	คีรีมาศ	บ้านป้อม	2,298	2,389	4,687	1,493
23	สุโขทัย	คีรีมาศ	ปากพระ	1,815	1,919	3,734	1,234
24	สุโขทัย	คีรีมาศ	สามพวง	2,524	2,617	5,141	1,663
25	สุโขทัย	คีรีมาศ	หนองกระดิ่ง	1,598	1,747	3,345	1,008
26	สุโขทัย	คีรีมาศ	หนองจิก	4,075	4,067	8,142	2,439
รวม				73,017	75,398	148,415	53,056

2.7.2 เกษตรกรรม พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ 808,804.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 89.97 ของพื้นที่ศึกษา พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด ได้แก่ ข้าว อ้อยโรงงาน ไม้ยืนต้น ไม้ผล และเกษตรกรรมอื่นๆ เป็นต้น พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวมีพื้นที่ปลูก 431,895.17 ไร่ อ้อยมีพื้นที่ปลูก 223,951.41 ไร่ ไม้ยืนต้นมีพื้นที่ปลูก 34,803.63 ไร่ ไม้ผลมีพื้นที่ปลูก 28,416.36 ไร่ และเกษตรกรรมอื่นๆ มีพื้นที่ปลูก 7,270.47 ไร่ รายละเอียดดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ศึกษา

พืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)
นาข้าว	430,622.97	**ประเภทไม้ผล (ต่อ)**	
นาข้าว+ข้าวโพด	292.47	ลางสาด ลองกอง	521.58
นาข้าว+พริก	68.45	ลำไย	889.64
นาข้าว+ยาสูบ	435.71	มะม่วงหิมพานต์	10.74
พื้นที่ลุ่ม+นาข้าว	475.57	ไม้ผลผสม	945.43
รวม	**431,895.17**	ไม้ผลร้าง/เสื่อมโทรม	1,348.69
		รวม	**28,416.36**
อ้อย	**223,951.41**		
		ประเภทไม้ยืนต้น	
ประเภทไม้ผล		ไม้ยืนต้นผสม	91.46
กระท้อน	7.12	ไม้ยืนต้นร้าง/เสื่อมโทรม	85.31
กฤษณา	158.01	ประดู่	150.89
กล้วย	4,489.19	จามจุรี	22.12
กล้วย/ฝรั่ง	12.37	ตะกู	40.60
กล้วย/พืชผัก	8.54	ไผ่ปลูกเพื่อการค้า	46.72
กล้วย/มะนาว	81.66	หมาก	1.58
กล้วย/มะปราง มะยงชิด	10.62	ปาล์มน้ำมัน	749.38
กล้วย/ลำไย	25.84	ยางพารา	3,815.22
กล้วย/ส้มโอ	8.78	ยางพารา/มะนาว	73.83
แก้วมังกร	2.02	ยางพารา/มะม่วง	19.10
ขนุน	147.53	ยูคาลิปตัส	1,728.97
ชมพู่	1.36	ยูคาลิปตัส/สัก	11.19
ฝรั่ง	652.08	สะเดา	28.04
ฝรั่ง/กระท้อน	4.62	สัก	3,985.84

พืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)
ฝรั่ง/มะนาว	4.38	สัก/กล้วย	15.80
ฝรั่ง/ส้มโอ	6.03	สัก/ประดู่	35.93
มะขาม	10.89	สัก/มะม่วง	14.82
มะขาม/ส้มโอ	6.11	สัก/ลำไย	1.05
มะขามเทศ	35.00	มันสำปะหลัง	23,219.04
มะนาว	13,129.47	พื้นที่ลุ่ม	659.96
มะปราง มะยงชิด	18.74	พื้นที่ลุ่ม+มันสำปะหลัง	2.66
มะพร้าว	20.98	สนประดิพัทธ์	4.15
มะพร้าว/กล้วย	10.20	**รวม**	**34,803.63**
มะพร้าว/มะม่วง	36.38	**เกษตรกรรมอื่นๆ**	
มะพร้าว/ลำไย	631.98	ถั่วเขียว	143.04
มะม่วง	1,166.08	ถั่วเหลือง	5.67
มะม่วง/กระท้อน	2.56	ข้าวโพด	3,814.70
มะม่วง/กล้วย	264.93	หม่อน	25.07
มะม่วง/ฝรั่ง	10.57	งา	16.98
มะม่วง/มะนาว	6.39	พริก	5.50
มะม่วง/มะปราง มะยงชิด	6.81	พืชผัก	2,156.10
มะม่วง/มะละกอ	87.90	เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	549.51
มะม่วง/ลำไย	126.90	แตงโม	57.98
มะม่วง/ส้มโอ	12.48	มะละกอ	296.73
ส้ม	3,328.87	มะละกอ/มะนาว	8.76
ส้ม/กล้วย	125.65	ไม้ดอก ไม้ประดับ	190.44
ส้มโอ	41.26	**รวม**	**7,270.47**

บทที่ 3
การศึกษาสภาพน้ำบาดาล

3.1 ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาสภาพน้ำบาดาลนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของประเภทและจำนวนบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา แยกตามประเภทบ่อน้ำบาดาล เพื่อให้เป็นพื้นฐานในการศึกษาศักยภาพน้ำบาดาล จากการทบทวนและรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมา บ่อที่ทางราชการเจาะไว้เพื่อให้ประชาชนใช้ในการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร รายการระเบียนข้อมูลบ่อเหล่านี้ได้เก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2563 โดยมีรายละเอียด เช่น ความลึก ขนาดบ่อ ปริมาณน้ำ เป็นต้น บ่อเอกชนที่ดำเนินการขออนุญาต ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแหล่งน้ำบาดาลในเบื้องต้น โดยสามารถสรุปจำนวนบ่อบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร รายละเอียดตามภาคผนวก ก

3.1.1 บ่อบาดาล (การรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ท่อทองแดง เพื่อประเมินปริมาณการสูบในพื้นที่)

1) ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลจากฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลพสุธารา บ่อน้ำบาดาลที่อยู่ในพื้นที่ท่อทองแดงและอยู่นอกเขตพื้นที่ท่อทองแดง รัศมี 5 กิโลเมตร จำนวนทั้งสิ้น 956 บ่อ โดยมีการตัดข้อมูลบ่อตอกน้ำตื้น บ่อที่ใช้งานไม่ได้ปิดกลบบ่อ ใช้ไม่ได้น้ำแห้ง ใช้งานไม่ได้สาเหตุอื่นๆ บ่อชำรุด และบ่อที่ไม่มีพิกัดออก ตัดบ่อน้ำบาดาลที่ไม่ใช้งาน จำพวก กก,จช ออก ซึ่งเป็นบ่อเก่าเลิกใช้งาน จำนวน 310 บ่อ เหลือจำนวนบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่จำนวน 646 บ่อ (รายละเอียดตามภาคผนวก ก)

จากจำนวนบ่อน้ำบาดาลดังกล่าว สามารถแยกเป็นบ่อสูบมือโยก ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 30 ปี ปัจจุบันเลิกใช้งาน ชำรุดหรือทิ้งร้าง เป็นบ่อของกรมทรัพยากรธรณี กรมโยธาธิการ กรมอนามัย ซึ่งทำการตรวจสอบการใช้งานบ่อจากฐานข้อมูลพสุธารา แสดงรูปถ่ายของบ่อน้ำบาดาล โดยถ้าเป็นบ่อสูบมือโยกไม่มีการติดตั้งเครื่องสูบจะคัดออกจากกลุ่มบ่อน้ำบาดาล จะถือว่าไม่มีการใช้งาน และบ่อชำรุด ทิ้งร้าง ไม่พบบ่อ

2) ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลเอกชน ที่มีการขออนุญาตเจาะใช้ สำหรับเกษตรกรรม อุปโภค-บริโภค ธุรกิจและอุตสาหกรรมในพื้นที่ท่อแดง และบ่อน้ำบาดาลที่อยู่นอกเขตพื้นที่ท่อทองแดง รัศมี 5 กิโลเมตร จากพื้นที่ท่อทองแดง จำนวน 1,033 บ่อ (รายละเอียดตามภาคผนวก ก) โดยมีรายละเอียดดังนี้

บ่อน้ำบาดาลเกษตรกรรม และบ่อน้ำบาดาลอุปโภค-บริโภค มีการขออนุญาต ใบคำขอจะมีการประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วัน ในเขตพื้นที่ท่อทองแดง จำนวนทั้งหมด 886 บ่อ ดังนี้

- บ่อน้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรม จำนวน 786 บ่อ
- บ่อน้ำบาดาลเพื่ออุปโภค-บริโภค จำนวน 100 บ่อ

บ่อน้ำบาดาลธุรกิจ และบ่อน้ำบาดาลอุตสาหกรรม มีปริมาณการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/เดือน ซึ่งบ่อดังกล่าวมีการเก็บค่าใช้น้ำ ในเขตพื้นที่ท่อทองแดง จำนวนทั้งหมด 147 บ่อ ดังนี้

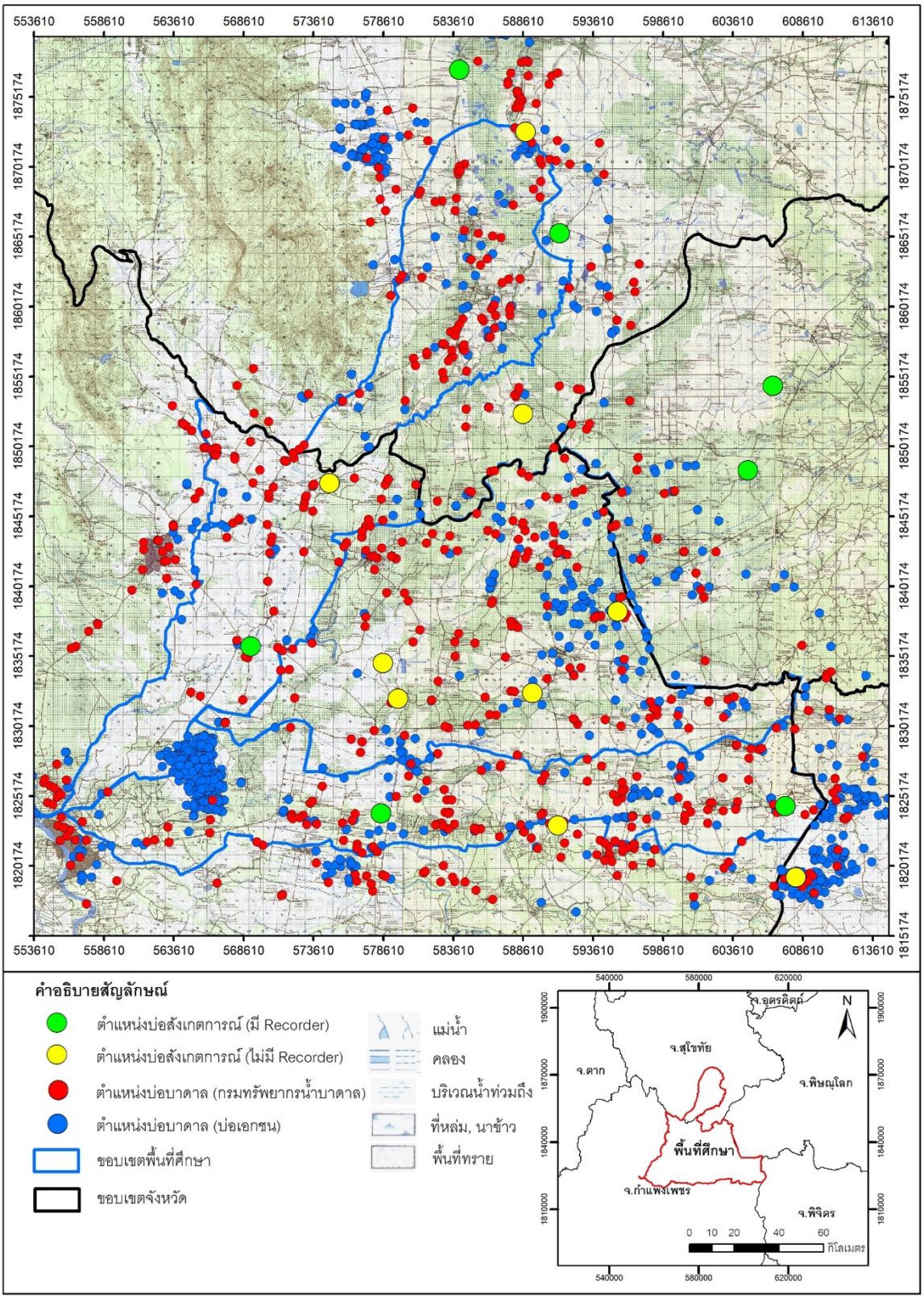
- บ่อน้ำบาดาลเพื่อธุรกิจ จำนวน 94 บ่อ
- บ่อน้ำบาดาลเพื่ออุตสาหกรรม จำนวน 53 บ่อ

ดังนั้นจะสามารถสรุปได้ว่า ในเขตพื้นที่ท่อทองแดง มีจำนวนบ่อบาดาลทั้งสิ้น 1,989 บ่อ ซึ่งเป็นบ่อของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวน 956 บ่อ และเป็นบ่อเอกชนที่มีการลงทะเบียนไว้กับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจำนวน 1,033 บ่อ

3.1.2 บ่อสังเกตการณ์ ข้อมูลระดับน้ำบาดาล จากบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ท่อทองแดงและพื้นที่โดยรอบ จำนวน 16 สถานี จำแนกได้ดังนี้

- สถานีที่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ(Recorder) จำนวน 7 สถานี
- สถานีที่ไม่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ จำนวน 9 สถานี

โดยสถานีที่ไม่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ จะทำการวัดระดับน้ำทุกสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2563 จนถึงเมษายน ปี พ.ศ. 2564 เพื่อเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาล ส่วนสถานีที่มีการติดเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ สามารถเรียกดูระดับน้ำได้จากโปรแกรม TGMS ซึ่งดูแลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาลเพื่อวิเคราะห์การเพิ่มและลดของระดับน้ำบาดาลดังแสดงในรูปที่ 3-1 และตารางที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล บ่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล บ่อสังเกตการณ์ และบ่อเอกชน

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลสถานีบ่อสังเกตการณ์

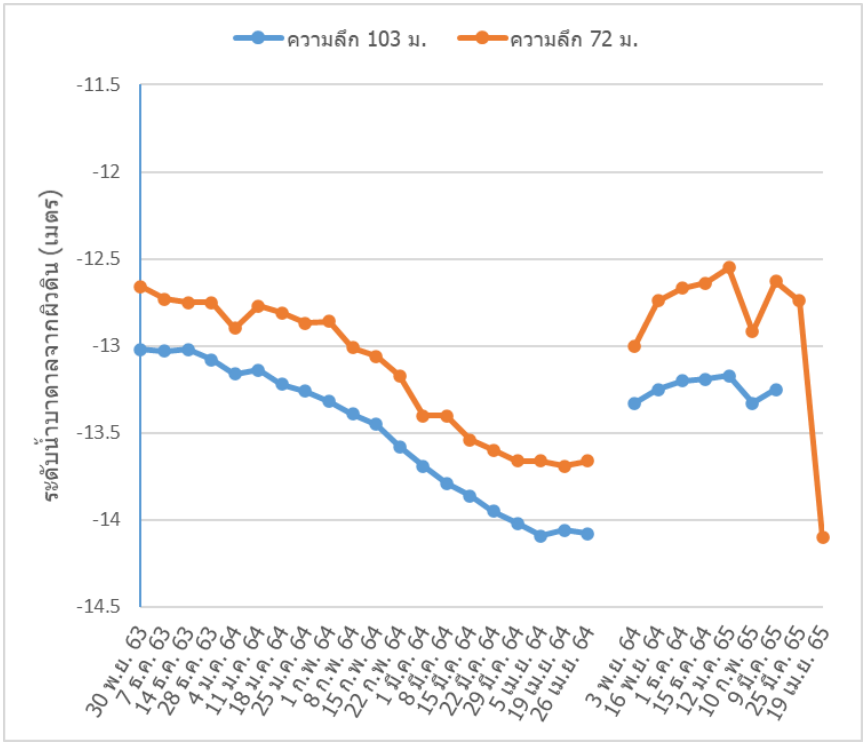
ลำดับ	หมายเลขสถานี	หมายเลขบ่อใหม่	โซน	พิกัด E	พิกัด N	สถานที่	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ความลึกเจาะ (ม.)	ความลึกพัฒนา (ม.)	ระดับท่อกรอง (ม.)	วันที่เริ่มเจาะ	วันที่เจาะเสร็จ	ระดับน้ำบาดาล (ม.)	โครงการ	สถานะ	ประเภทสถานีวัด
1	UCKPT010	6043Q021	47 N	591061	1823061	ที่สาธารณะหลังวัด โป่งทะลอง	7	หนองพ้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	91	90	82-86	4/2/2018	5/2/2018	8.81	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
2	UCKPT010	6043Q022	47 N	591061	1823061	ที่สาธารณะหลังวัด โป่งทะลอง	7	หนองพ้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	70	70	54-66	6/2/2018	6/2/2018	8.85	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
3	UCKPT011	6043Q025	47 N	607343	1824415	ที่สาธารณะหลังบ้านผู้ใหญ่บ้าน	5	หนองไม้กอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	84	82	70-78	7/2/2018	8/2/2018	20.15	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	มี Recorder
4	UCKPT011	6043Q026	47 N	607343	1824415	ที่สาธารณะหลังบ้านผู้ใหญ่บ้าน	5	หนองไม้กอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	48	48	36-44	8/2/2018	8/2/2018	5.06	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	มี Recorder
5	UCKPT016	6043Q016	47 N	579647	1832129	ที่ดินนางกำไร สมบ	16	เขาทิศ	พรหมภักดี	กำแพงเพชร	104	103	91-99	30/1/2018	3/2/2018	10.3	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
6	UCKPT016	6043Q017	47 N	579647	1832129	ที่ดินนางกำไร สมบ	16	เขาทิศ	พรหมภักดี	กำแพงเพชร	72	72	60-68	4/2/2018	5/2/2018	10	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
7	UCKPT006	KP06	47 N	569092	1835860	วัดเขาทิศ	1	เขาทิศ	พรหมภักดี	กำแพงเพชร	58	54	45-51	18/10/1962	24/10/1962	3.5		ใช้งานได้	มี Recorder
8	UCKPT017	6043Q027	47 N	574732	1847527	ที่ดินนางสันเทิพา วันโน	9	วังทะแบก	พรหมภักดี	กำแพงเพชร	102	100	88-96	14/3/2018	16/3/2018	10.69	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
9	UCKPT017	6043Q028	47 N	574732	1847527	ที่ดินนางสันเทิพา วันโน	9	วังทะแบก	พรหมภักดี	กำแพงเพชร	61	61	53-57	17/3/2018	18/3/2018	10.71	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
10	UCKPT017	6043Q029	47 N	574732	1847527	ที่ดินนางสันเทิพา วันโน	9	วังทะแบก	พรหมภักดี	กำแพงเพชร	28	28	20-24	19/3/2018	19/3/2018	4.1	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
11	UCKPT018	6043Q037	47 N	578414	1823983	วัดเปดน้อย	7	ในสุ่งโพธิ์ทะเล	เมือง	กำแพงเพชร	91	84	72-80	19/2/2018	20/2/2018	9.2	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	มี Recorder (online)
12	UCKPT018	6043Q038	47 N	578414	1823983	วัดเปดน้อย	7	ในสุ่งโพธิ์ทะเล	เมือง	กำแพงเพชร	50	50	34-46	20/2/2018	20/2/2018	8	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	มี Recorder (online)
13	UCKPT013	6043Q032	47 N	589240	1832543	วัดสวนหลวงพลญาณ	7	โนนพลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	103	103	92-100	14/3/2018	15/3/2018	13.22	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
14	UCKPT013	6043Q033	47 N	589240	1832543	วัดสวนหลวงพลญาณ	7	โนนพลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	50	50	42-46	16/3/2018	16/3/2018	8	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
15	UCKPT014	6043Q030	47 N	595333	1838350	สาธารณะ	5	ลานกระบือ	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	133	76	64-72	14/3/2018	16/3/2018	13	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
16	UCKPT014	6043Q031	47 N	595333	1838350	สาธารณะ	5	ลานกระบือ	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	38	38	30-34	17/3/2018	19/3/2018	5.84	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
17	UCKPT015	6043Q018	47 N	578564	1834662	ที่ดินนายสำเนา นาสวัสดิ์	2	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	98	98	86-94	30/1/2018	1/2/2018	8.28	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
18	UCKPT015	6043Q019	47 N	578564	1834662	ที่ดินนายสำเนา นาสวัสดิ์	2	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	70	70	58-66	2/2/2018	2/2/2018	5.93	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
19	UCKPT015	6043Q020	47 N	578564	1834662	ที่ดินนายสำเนา นาสวัสดิ์	2	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	19	19	11-15	3/2/2018	3/2/2018	3.96	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
20	UCPCK024	6043E016	47 N	608105	1819356	ศูนย์เรียนรู้การฉีดประสิทธิภาพการผลิตพืชพันธุ์เกษตร (ศพก)	5	บึงบัว	วังบากี	พิจิตร	60	60	52-56	9/3/2017	9/3/2017	22.27	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
21	UCPCK024	6043E017	47 N	608105	1819356	ศูนย์เรียนรู้การฉีดประสิทธิภาพการผลิตพืชพันธุ์เกษตร (ศพก)	5	บึงบัว	วังบากี	พิจิตร	30	30	18-22	10/3/2017	10/3/2017	15.16	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
22		6043E018	47 N	608105	1819356	ศูนย์เรียนรู้การฉีดประสิทธิภาพการผลิตพืชพันธุ์เกษตร (ศพก)	5	บึงบัว	วังบากี	พิจิตร	96	96	80-92	9/3/2017	9/3/2017	28.7	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
23	UCPLK004	GWA127	47 N	606457	1854502	วัดแพน	5	ชุมแสงสงคราม	บางระกำ	พิษณุโลก	408	408	372-402	1/7/1962	31/7/1962	24		ใช้งานไม่ได้	มี Recorder
24	UCPLK004	GWA128	47 N	606457	1854502	วัดแพน	5	ชุมแสงสงคราม	บางระกำ	พิษณุโลก	161	161	149-161	11/12/1962	20/12/1962	9		ใช้งานได้	มี Recorder
25	UCPLK004	GWA129	47 N	606457	1854502	วัดแพน	5	ชุมแสงสงคราม	บางระกำ	พิษณุโลก	65	65	53-65	21/12/1962	28/12/1962	9		ใช้งานได้	มี Recorder
26	UCPLK015	6043F014	47 N	604648	1848456	ที่ดินนายพนมรมาสมาธุดาลาภปัญญา (ผลูบ)	8	บึงกอก	บางระกำ	พิษณุโลก	81	81	69-77	18/3/2017	22/3/2017	20.97	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	มี Recorder
27	UCPLK015	6043F015	47 N	604648	1848456	ที่ดินนายพนมรมาสมาธุดาลาภปัญญา (ผลูบ)	8	บึงกอก	บางระกำ	พิษณุโลก	42	42	30-38	23/3/2017	23/3/2017	19.29	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	มี Recorder
28	UCSTI011	5407A031	47 N	591189	1865421	โรงเรียนวัดหางพลาด	3	ท่าฉนวน	คงไกรลาศ	สุโขทัย	150	142	132-138	10/7/2011	17/7/2011	14.16	โครงการวางเครือข่ายปี 2554	ใช้งานได้	มี recorder
29	UCSTI011	5407A032	47 N	591189	1865421	โรงเรียนวัดหางพลาด	3	ท่าฉนวน	คงไกรลาศ	สุโขทัย	68	68	56-64	17/7/2011	22/7/2011	15.95	โครงการวางเครือข่ายปี 2554	ใช้งานได้	มี recorder
30	UCSTI016	6043Q014	47 N	588578	1852481	ลานหกล้างอนามัยสะสงค์	2	ท่ายางเมือง	พิธีมาศ	สุโขทัย	66	64	48-60	6/3/2018	9/3/2018	12.45	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
31	UCSTI016	6043Q015	47 N	588578	1852481	ลานหกล้างอนามัยสะสงค์	2	ท่ายางเมือง	พิธีมาศ	สุโขทัย	94	94	82-90	10/3/2018	11/3/2018	11.5	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
32	UCSTI012	5407D026	47 N	584017	1877117	สถาบันพละศึกษาวิทยาเขตสุโขทัย	7	บ้านกล้วย	เมือง	สุโขทัย	151	151	142-148	11/5/2011	21/5/2011	3.84	โครงการวางเครือข่ายปี 2554	ใช้งานได้	มี Recorder
33	UCSTI012	5407D027	47 N	584017	1877117	สถาบันพละศึกษาวิทยาเขตสุโขทัย	7	บ้านกล้วย	เมือง	สุโขทัย	126	120	113-117	22/5/2011	26/5/2011	9.7	โครงการวางเครือข่ายปี 2554	ใช้งานได้	มี Recorder
34	UCSTI012	5407D028	47 N	584017	1877117	สถาบันพละศึกษาวิทยาเขตสุโขทัย	7	บ้านกล้วย	เมือง	สุโขทัย	51	51	44-48	29/5/2011	1/6/2011	4.38	โครงการวางเครือข่ายปี 2554	ใช้งานได้	มี Recorder
35	UCSTI019	6043Q010	47 N	588755	1872656	ที่นาของนางประทุม ชำนาจ	2	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	81	80	68-76	19/1/2018	26/1/2018	6.43	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder
36	UCSTI019	6043Q011	47 N	588755	1872656	ที่นาของนางประทุม ชำนาจ	2	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	48	48	36-44	24/1/2018	26/1/2018	13	โครงการฉีดแล้ง 59-60	ใช้งานได้	ไม่มี Recorder

ผลการวัดระดับน้ำรายเดือน

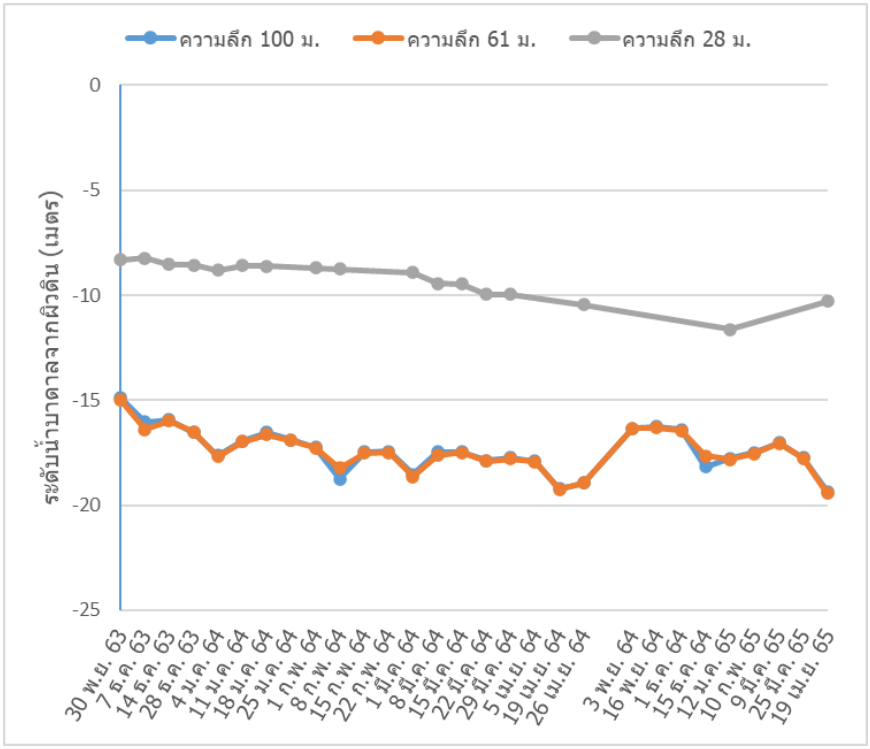
ผลการวัดระดับน้ำเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่ เริ่มทำการวัดระดับน้ำจากสถานีสังเกตการณ์ที่ไม่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติทั้งหมด 9 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 3-2 โดยทำการวัดระดับน้ำด้วยเทปวัดระดับน้ำ(electric tape) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2564 และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565 จากผลการวัดระดับน้ำบาดาลพบว่าระดับน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นและในบ่อน้ำบาดาลระดับลึกมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยแนวโน้มของระดับน้ำบาดาลจะลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนเมษายน และระดับน้ำบาดาลจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน ระดับน้ำบาดาลที่ลดลงมากที่สุดเปรียบเทียบกับระดับน้ำปกติหลังเจาะบ่อสังเกตการณ์พบว่าลดลงอยู่ในช่วง 3-9 เมตร พื้นที่ที่ระดับน้ำบาดาลลดลงมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ตำบลเขาคีริส ตำบลวังตะแบก อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร และตำบลบึงบัว อำเภอวชิรบารมี จังหวัดพิจิตร ส่วนระดับน้ำบาดาลในรอบระหว่างปีลดลงอยู่ในช่วง 1.5- 3 เมตร และอาจลดลงถึงช่วง 4-12 เมตรได้ หากมีการสูบน้ำจากบ่อบาดาลใกล้เคียง ดังแสดงในรูปที่ 3-2 ถึง รูปที่ 3-3

ตารางที่ 3-2 สถานีวัดระดับน้ำบ่อสังเกตการณ์

ลำดับที่	หมายเลขสถานี	หมายเลขบ่อ	Zone	UTM E	UTM N	สถานที่	หมู่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ความลึกพัฒนา (ม.)	ระยะท่อกรอง (ม.)	ระดับน้ำหลังเจาะ (ม.)	ความสูงปากบ่อ ณ วันที่สำรวจ(ม.)
1	UCKPT010	6043Q021	47Q	591061	1823061	บ.โป่งตะคลอง	7	หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	90	82-86	8.81	1.05
		6043Q022				บ.โป่งตะคลอง	7	หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	70	54-66	8.85	1.09
2	UCKPT016	6043Q016	47Q	579647	1832129	บ.หนองตะเข้	16	เขาคีริส	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	103	91-99	10.30	1.20
		6043Q017				บ.หนองตะเข้	16	เขาคีริส	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	72	60-68	10.00	1.14
3	UCKPT017	6043Q027	47Q	574732	1847527	บ.วังมะค่า	9	วังตะแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	100	88-96	10.69	1.01
		6043Q028				บ.วังมะค่า	9	วังตะแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	61	53-57	10.71	1.05
		6043Q029				บ.วังมะค่า	9	วังตะแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	28	20-24	4.10	0.68
4	UCKPT013	6043Q032	47Q	589240	1832543	วัดสวนทศพลญาณ	7	โนนพลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	103	92-100	13.22	1.04
		6043Q033				วัดสวนทศพลญาณ	7	โนนพลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	50	42-46	8.00	1.03
5	UCKPT014	6043Q030	47Q	589240	1832543	บ.บิ๊กคมบางระกำ5	5	ลานกระบือ	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	76	64-72	13.00	0.99
		6043Q031				บ.บิ๊กคมบางระกำ5	5	ลานกระบือ	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	38	30-34	5.84	0.95
6	UCKPT015	6043Q018	47Q	578564	1834662	บ.ลำมะโกรก	2	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	98	86-94	8.28	1.06
		6043Q019				บ.ลำมะโกรก	2	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	70	58-66	5.93	1.03
		6043Q020				บ.ลำมะโกรก	2	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	19	11-15	3.96	1.02
7	UCPCK024	6043E015	47Q	608105	1819356	บ.หนองขาว	5	บึงบัว	วชิรบารมี	พิจิตร	96	80-92	28.7	-
		6043E016				บ.หนองขาว	5	บึงบัว	วชิรบารมี	พิจิตร	60	52-56	22.27	-
		6043E017				บ.หนองขาว	5	บึงบัว	วชิรบารมี	พิจิตร	30	18-22	15.16	0.98
8	UCPCK019	6043Q010	47Q	588755	1872656	บ.ลัดทรายมูล	2	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	80	68-76	6.43	0.99
		6043Q011				บ.ลัดทรายมูล	2	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	48	36-44	13.00	1.01
9	UCSTI016	6043Q014	47Q	588578	1852481	ท่งยางเมือง	2	ท่งยางเมือง	คีรีมาศ	สุโขทัย	94	82-90	11.50	1.08
		6043Q015				ท่งยางเมือง	2	ท่งยางเมือง	คีรีมาศ	สุโขทัย	64	48-60	12.45	1.06



รูปที่ 3-2 ระดับน้ำสถานี UCKPT016 บ้านหนองตะเข้ หมู่ 16 ตำบลเขาคีริส อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร



รูปที่ 3-3 ระดับน้ำสถานี UCKPT017 บ้านวังมะค่า หมู่ 9 ตำบลวังตะแบก อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร

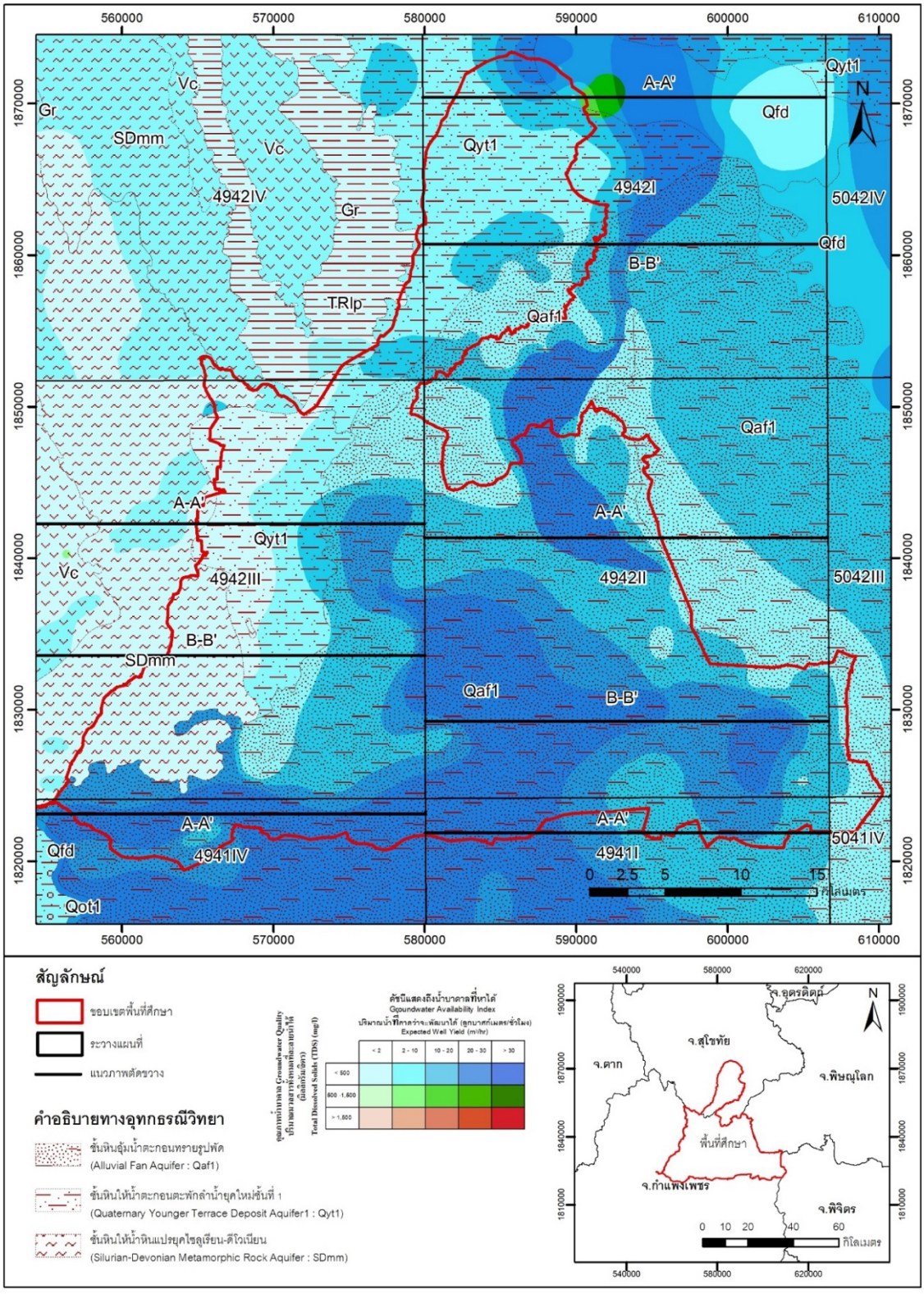
3.2 การแบ่งชั้นน้ำบาดาล

จากลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาแสดงเป็นแผนที่ ดังในรูปที่ 3-4 ดังนั้นสามารถจำแนกชั้นหินให้น้ำที่พบในพื้นที่ศึกษาออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ชั้นหินให้น้ำในชั้นหินร่วน(Unconsolidated Rock) ซึ่งจะพบ 5 หน่วยหินอุ้มน้ำ(Aquifers) ประกอบด้วย (1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน(Floodplain aquifer/ Alluvial aquifer: Qfd/Qa) ซึ่งมักพบเป็นชั้นบนสุดของชั้นหินให้น้ำประเภทชั้นตะกอนหินร่วน ส่วนใหญ่พบพื้นที่ทุ่งน้ำหลากของทางน้ำสำคัญต่างๆ ของแม่น้ำปิง ยม และน่าน เป็นตะกอนกรวดทรายที่มีเม็ดตะกอนกลมมนดี มีการคัดขนาดดีแทรกสลับด้วยชั้นดินเหนียวหรือดินทรายแป้ง ความหนาโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 10-30 เมตร (2) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพารูปพัด(Alluvial fan aquifer: Qaf) ส่วนใหญ่พบกระจายตัวบริเวณขอบแอ่งน้ำบาดาลตามที่ลาดเชิงเขา ได้แก่ จังหวัด เพชรบูรณ์ พิจิตร และ พิษณุโลก เป็นต้น มักเป็นชั้นกรวดทรายปะปนด้วยดินเหนียวหนา ไม่มีการแยกชั้นระหว่างทรายและชั้นดินเหนียวอย่างชัดเจน ความหนาโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 20-50 เมตร (3) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่(Young terrace aquifer: Qyt) จะพบวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา ซึ่งในชั้นหินตะกอนอุ้มน้ำหน่วยนี้ สามารถพบได้ทั้ง 2 แบบ คือ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่แบบลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ(Low terrace: Qlt/Qcr) และชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ลานตะพักลำน้ำระดับสูง(High terrace: Qht/Qcm) มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 80-100 เมตร สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบน(Qyt1) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นทรายปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย และทรายละเอียด มีความหนาประมาณ 25-50 เมตร ส่วนตอนล่าง(Qyt2) มักพบเป็นกรวดทราย หรือกรวดทรายปนดินเหนียว มีความหนาประมาณ 20-40 เมตร โดยชั้นนบนและชั้นล่างมักถูกคั่นกลางด้วยชั้นดินเหนียวที่ค่อนข้างหนา ดังนั้นบางพื้นที่อาจพบแค่ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่แบบใดแบบหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องพบทั้ง 2 ชั้นหินอุ้มน้ำ และมักพบว่าบริเวณกลางแอ่งจะมีการคัดขนาดของตะกอนดีกว่าบริเวณขอบแอ่ง นอกจากนั้นยังพบว่าด้านทิศตะวันตกของแอ่งพบเป็นตะกอนกรวดทรายมากกว่าด้านทิศตะวันออกของแอ่งเนื่องจากความลึกของขอบแอ่งด้านทิศตะวันตกมีมากกว่าด้านทิศตะวันออก (4) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า(Old terrace aquifer: Qot) เป็นชั้นตะกอนหนาแทรกสลับระหว่างตะกอนกรวดทรายและตะกอนดินเหนียวหลายๆ ชั้นก่อให้เกิดเป็นกลุ่มชั้นหินอุ้มน้ำหลากชั้นในตะกอนยุคเดียวกัน ดังนั้นถ้าเจาะบ่อน้ำบาดาลพบชั้นหินอุ้มน้ำชนิดนี้มักจะมีการกำหนดระยะรับน้ำหรือท่อกรองน้ำ (Slot/Screen) หลายๆ ชั้นด้วยกัน

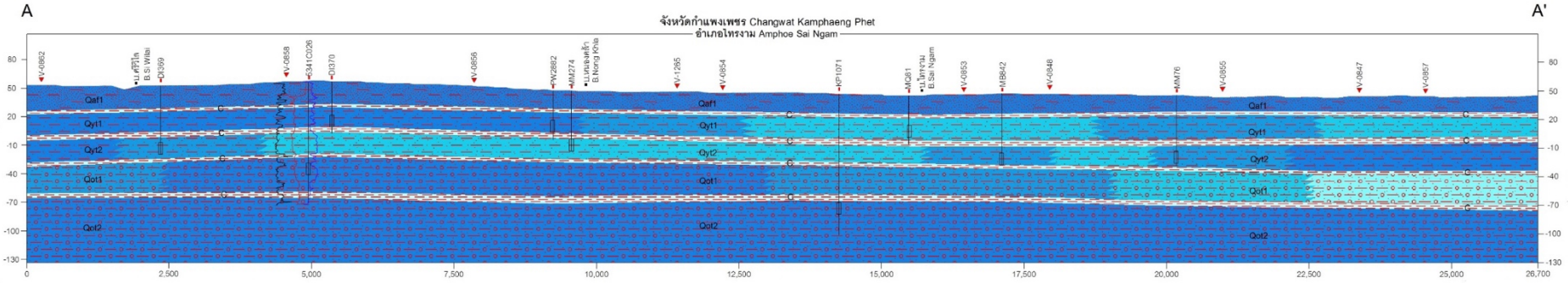
ส่วนแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นหินแข็ง พื้นที่ศึกษาจะพบแหล่งน้ำใต้ดินในหินแข็งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มหินให้น้ำกลุ่มหินชั้นกึ่งหินแปร(Metasedimentary rocks aquifers) และ (2) กลุ่มหินให้น้ำหินแปรและหินอัคนี โดยในพื้นที่ศึกษาจะพบกลุ่มหินให้น้ำหินแปรเป็นส่วนใหญ่

จากแผนที่น้ำบาดาล มาตราส่วน 1:50,000 ระวาง 4942IV บ้านลานหอย 4942I อำเภอคีรีมาศ 4942III อำเภอพรานกระต่าย 4942II อำเภอลานกระบือ 4941IV จังหวัดกำแพงเพชร 4941I บ้านทุ่งทราย โดยการเทียบข้อมูลบ่อน้ำบาดาลกับภาคตัดขวาง และกำหนดช่วงของชั้นน้ำซึ่งแบ่งเป็น 3 ชั้น ดังนี้ ชั้นที่ 1 ชั้นหินให้น้ำตะกอนน้ำพา(Qfd) ชั้นที่ 2 ชั้นหินให้น้ำตะกอนตะพักลำน้ำยุคใหม่(Qyt1) และชั้นที่ 3 ชั้นหินให้น้ำตะกอนตะพักลำน้ำยุคเก่า(Qot1) จำนวนบ่อน้ำบาดาลที่นำมาแบ่งชั้นน้ำโดยจะเลือกบ่อตัวแทนในพื้นที่

ตัวแทนชั้นน้ำ ให้กระจายคลุมพื้นที่ ทั้งสิ้น 160 บ่อ โดยลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดินได้แสดงในรูปที่ 3-5 ถึงรูปที่ 3-9 แสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนชั้นหินร่วนของแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

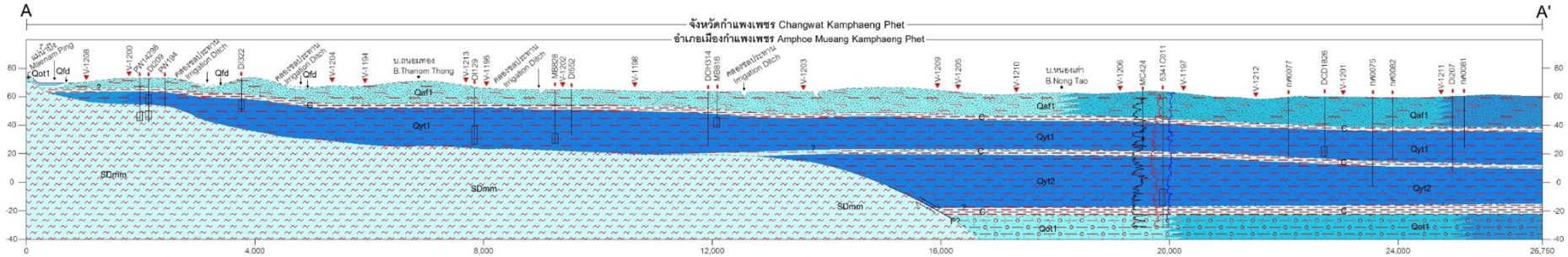


รูปที่ 3-4 แสดงระวางแผนที่และตำแหน่งภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา



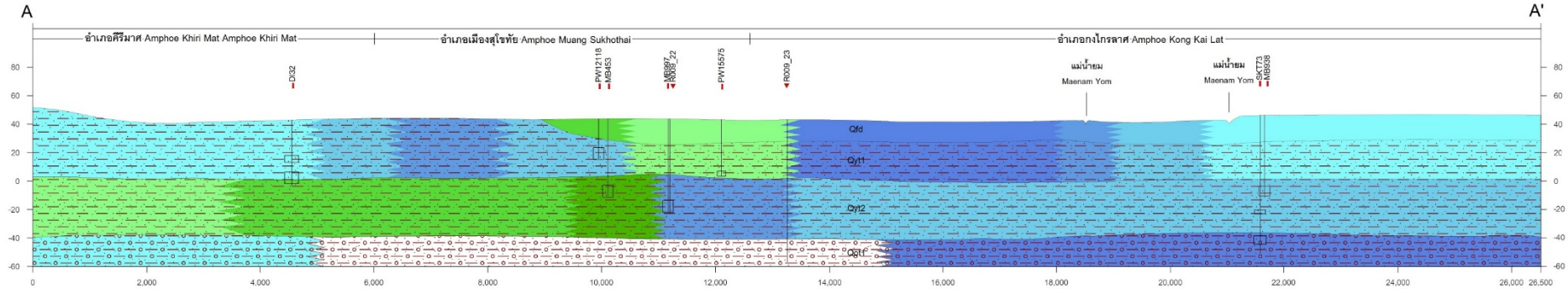
แนวภาพตัดขวาง A-A’

รูปที่ 3-5 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4941I อำเภอไทรงาม มาตราส่วน 1:50,000

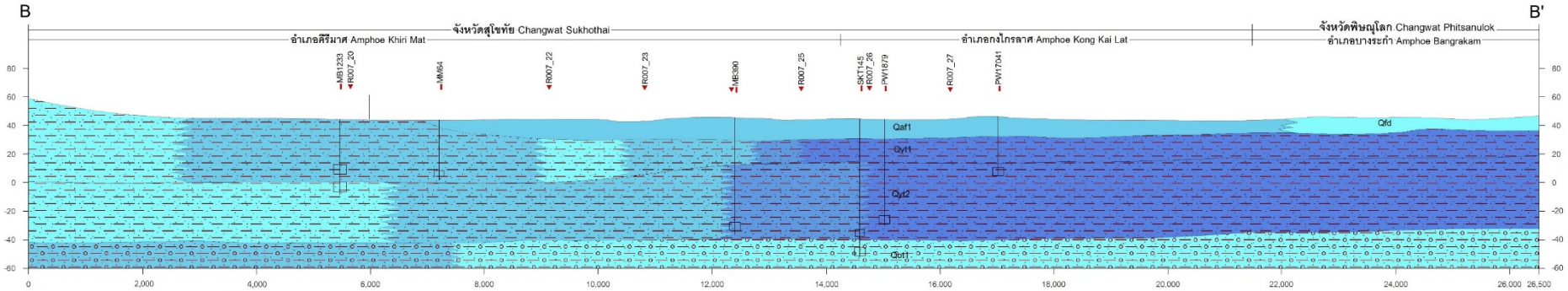


แนวภาพตัดขวาง A-A’

รูปที่ 3-6 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4941IV จังหวัดกำแพงเพชร มาตราส่วน 1:50,000

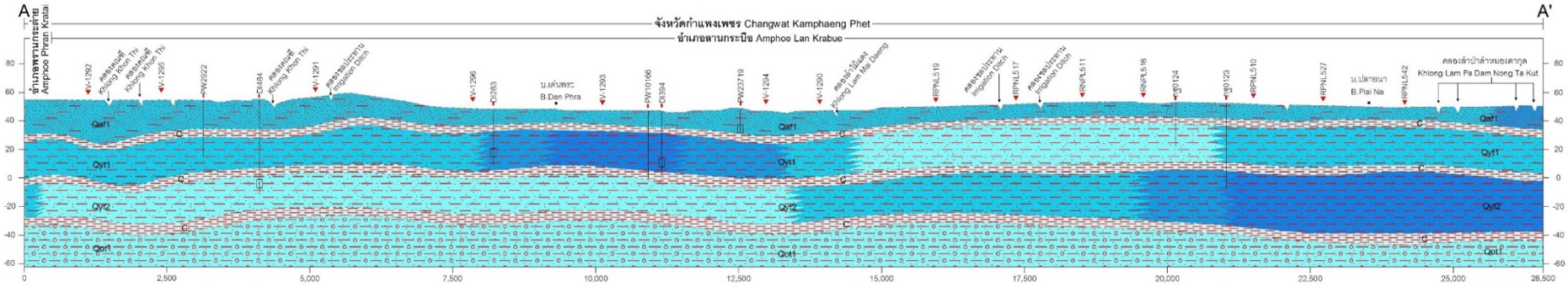


แนวภาพตัดขวาง A-A’

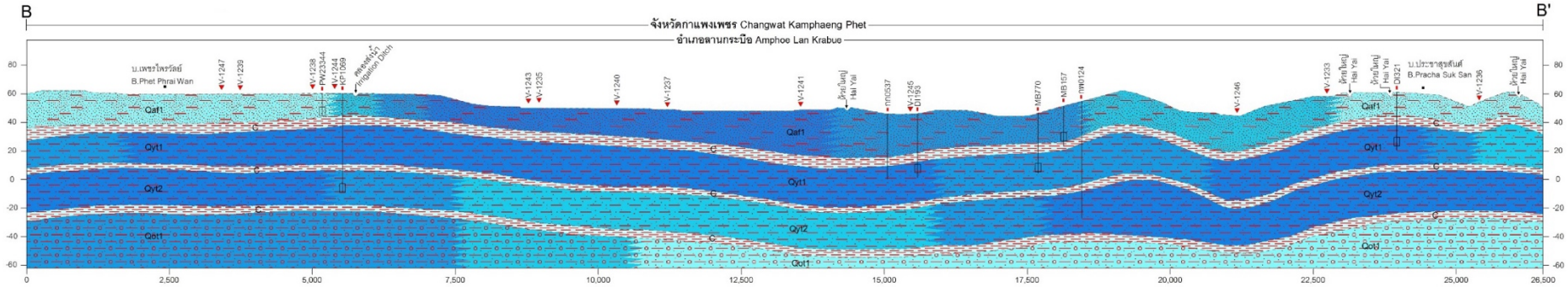


แนวภาพตัดขวาง B-B’

รูปที่ 3-7 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4942I อำเภอศรีมาศ มาตราส่วน 1:50,000

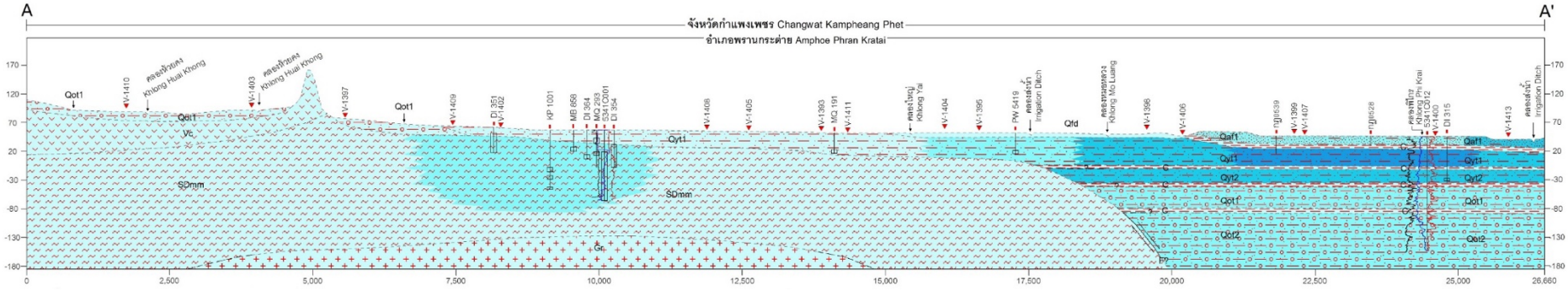


แนวภาพตัดขวาง A-A’

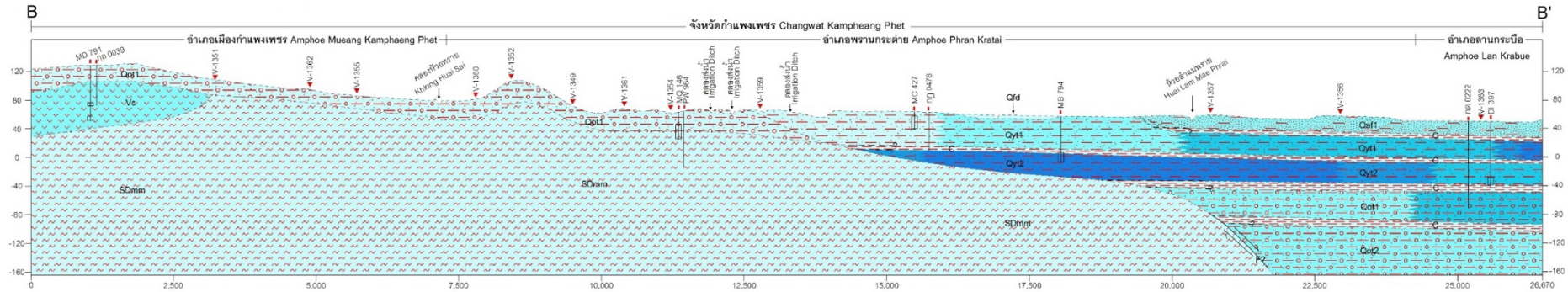


แนวภาพตัดขวาง B-B’

รูปที่ 3-8 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4942II อำเภอลานกระบือ มาตราส่วน 1:50,000



แนวภาพตัดขวาง A-A’



แนวภาพตัดขวาง B-B’

รูปที่ 3-9 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล ระวาง 4942III อำเภอพรานกระต่าย มาตราส่วน 1:50,000

3.3 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล

การดำเนินการวิเคราะห์ แปลความหมาย เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่สำคัญของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในชั้นตะกอนร่วนที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาหมายถึงลักษณะทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเกิด การแผ่ การกระจายตัว การไหลของน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล ส่วนประกอบของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยาต่างๆ รวมถึงขนาด รูปร่างปริมาณ การวางตัวของรูพรุนหรือช่องว่างที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ที่เอื้ออำนวยต่อคุณสมบัติในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่างๆ เป็นต้น สภาพทางธรณีวิทยาเหล่านี้ นับได้ว่าเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำบาดาลที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล หรือที่มักเรียกรวมๆ กันว่า“คุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrologic behavior/Hydraulic properties)” ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล ได้แก่ คุณสมบัติในการกักเก็บน้ำ คุณสมบัติการยอมให้น้ำซึมผ่าน และคุณสมบัติการจ่ายน้ำ โดยนำคุณสมบัติดังกล่าวนี้มาช่วยในการเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญเพื่อการจัดกลุ่มชั้นหินให้น้ำบาดาล (Aquifer units) โดยการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล (Pumping test) ในบ่อบาดาลที่เจาะในชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนหินร่วนด้วยอัตราสูบคงที่ทั้งแบบระยะยาวและระยะสั้น และนำค่าที่ได้จากการสูบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ ซึ่งหน่วยหินอุ้มน้ำบาดาลแต่ละหน่วยหินย่อมมีค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่จำเพาะอยู่ในช่วงค่าหนึ่งซึ่งอาจเป็นช่วงค่าที่แคบหรือกว้างและอาจใกล้เคียงหรือแตกต่างจากช่วงค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลชั้นอื่นๆ รวมถึงเป็นเครื่องบ่งชี้ที่สำคัญถึงความแตกต่างในลักษณะทางกายภาพของเนื้อหินหรือตะกอนของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลแต่ละชั้นด้วย ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่หรือการไหลของน้ำใต้ดินในแอ่งน้ำบาดาล

3.3.1 การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

จากการรวบรวมข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจากโครงการต่างๆ ที่เคยดำเนินการในพื้นที่ศึกษา โดยคัดเลือกเฉพาะที่ทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลในชั้นน้ำใต้ดินประเภทชั้นหินตะกอนร่วนเท่านั้น ซึ่งจะสามารถจำแนกชั้นน้ำบาดาลทั้งหมด 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา (Qfd) และชั้นหินอุ้มน้ำ ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 1/ชั้นบน (Qyt1) จำนวนทั้งสิ้น 26 บ่อ และได้สรุปรายละเอียดข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล รายบ่อดังแสดงไว้ในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

ลำดับ	E	N	Elev.	หมายเลขบ่อ	สถานที่	หมู่ที่	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	วันที่เริ่มเจาะ	วันที่เจาะเสร็จ	ประเภทบ่อ	ความลึกเจาะ (เมตร)	ความลึกพัฒนา (เมตร)	ระยะเจาะร่อง (เมตร)	ชั้นน้ำ	ระดับน้ำปกติ (เมตร)	ปริมาณน้ำจากการทดสอบเบื้องต้น (ลบ.ม./ชม.)	ปริมาณ จากการสูบทดสอบ (ลบ.ม./ชม.)	ระยะน้ำลด จากการสูบทดสอบ (เมตร)	ชั้นน้ำบาดาล	ระดับชั้นน้ำบาดาล	Transmissivity	Hydraulic conductivity	Storage coefficient
1	591058	1823060	56.482	6043Q021	ที่ทำธารณะหลังวัด โป่งชะคลอง	7	โป่งชะคลอง	หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	04/02/2561	05/02/2561	บ่สังเกตการณ์	91	90	82.86	ชั้นที่ 3	8.81	4	2.05	50.39	Qyt	ความลึกไม่เกิน 100m.	0.675	0.169	0.00764
2	591062	1823056	56.505	6043Q022	ที่ทำธารณะหลังวัด โป่งชะคลอง	7	โป่งชะคลอง	หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	06/02/2561	06/02/2561	บ่สังเกตการณ์	70	70	54.66	ชั้นที่ 2	8.85	>20	20.57	7.43	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	6.77	0.564	0.0767
3	607342	1824445	48.762	6043Q025	ที่ทำธารณะหลังบ้านผู้ใหญ่บ้าน	5	หนองยาง	หนองไม้กอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	07/02/2561	08/02/2561	บ่สังเกตการณ์	84	82	70.78	ชั้นที่ 2	20.15	5	4.8	11.72	Qyt	ความลึกไม่เกิน 100m.	7.52	0.94	0.051
4	607344	1824441	48.664	6043Q026	ที่ทำธารณะหลังบ้านผู้ใหญ่บ้าน	5	หนองยาง	หนองไม้กอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	08/02/2561	08/02/2561	บ่สังเกตการณ์	48	48	36.44	ชั้นที่ 1	5.06	10	16	15.03	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	25.6	3.19	0.00643
5	579651	1832128	62.497	6043Q016	ที่ดินนางกำไร สนอ	16	หนองตะแบ	เขาศิริส	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	30/01/2561	03/02/2561	บ่สังเกตการณ์	104	103	91.99	ชั้นที่ 3	10.3	10	7.2	21.58	Qfd	ความลึกไม่เกิน 100m.	7.24	0.905	0.0000952
6	579653	1832131	62.577	6043Q017	ที่ดินนางกำไร สนอ	16	หนองตะแบ	เขาศิริส	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	04/02/2561	05/02/2561	บ่สังเกตการณ์	72	72	60.68	ชั้นที่ 2	10	10	12	0.92	Qfd	ความลึกไม่เกิน 50m.	370	46.2	0.0127
7	574734	1847529	56.353	6043Q027	ที่ดินนางนันทิตา วินใน	9	วังมะค่า	วังหมแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	14/03/2561	16/03/2561	บ่สังเกตการณ์	102	100	88.96	ชั้นที่ 3	10.69	1	0.75	74.36	Qyt	ความลึกไม่เกิน 100m.	0.173	0.0216	0.00132
8	574737	1847529	56.321	6043Q028	ที่ดินนางนันทิตา วินใน	9	วังมะค่า	วังหมแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	17/03/2561	18/03/2561	บ่สังเกตการณ์	61	61	53.57	ชั้นที่ 2	10.71	8	11.07	3.49	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	101	25.4	0.000488
9	574738	1847529	56.309	6043Q029	ที่ดินนางนันทิตา วินใน	9	วังมะค่า	วังหมแบก	พรานกระต่าย	กำแพงเพชร	19/03/2561	19/03/2561	บ่สังเกตการณ์	28	28	20.24	ชั้นที่ 1	4.1	4	10.28	17.32	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	9.06	2.26	0.294
10	578411	1823939	61.121	6043Q037	วัดแปดอ้อม	7	แปดอ้อม	โคลงทุ่งโพธิ์ทะเล	เมือง	กำแพงเพชร	19/02/2561	20/02/2561	บ่สังเกตการณ์	94	84	72.80	ชั้นที่ 2	9.2	5-6	9	12.1	Qfd	ความลึกไม่เกิน 100m.	17	2.13	0.0065
11	578412	1823938	60.956	6043Q038	วัดแปดอ้อม	7	แปดอ้อม	โคลงทุ่งโพธิ์ทะเล	เมือง	กำแพงเพชร	20/02/2561	20/02/2561	บ่สังเกตการณ์	50	50	34.46	ชั้นที่ 2	8	>20	18	2.83	Qfd	ความลึกไม่เกิน 50m.	183	15.3	0.00396
12	589243	1832549	58.287	6043Q032	วัดสามหทศญาณ	7	หนองตะเตียย	โนนหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	14/03/2561	15/03/2561	บ่สังเกตการณ์	103	103	92.100	ชั้นที่ 3	13.22	40	24	4.72	Qfd	ความลึกไม่เกิน 100m.	154	19.2	0.00448
13	589247	1832548	58.303	6043Q033	วัดสามหทศญาณ	7	หนองตะเตียย	โนนหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	16/03/2561	16/03/2561	บ่สังเกตการณ์	50	50	42.46	ชั้นที่ 2	8	20	24	16.35	Qfd	ความลึกไม่เกิน 50m.	27.6	6.91	0.5
14	595335	1838349	53.185	6043Q030	สวนสาธารณะ	5	บึงบางระกำ 5	ลานกระบือ	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	14/03/2561	16/03/2561	บ่สังเกตการณ์	133	76	64.72	ชั้นที่ 2	13	30	24	10.78	Qyt	ความลึกไม่เกิน 100m.	59.2	7.41	0.003
15	595338	1838345	53.332	6043Q031	สวนสาธารณะ	5	บึงบางระกำ 5	ลานกระบือ	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	17/03/2561	19/03/2561	บ่สังเกตการณ์	38	38	30.34	ชั้นที่ 1	5.84	5	5.53	21.87	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	6.54	1.63	0.000591
16	578565	1834657	58.197	6043Q018	ที่ดินนายสำเนา นาคสวัสดิ์	2	ลำนะโกรก	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	30/01/2561	01/02/2561	บ่สังเกตการณ์	98	98	86.94	ชั้นที่ 3	8.28	4	5.14	24.74	Qyt	ความลึกไม่เกิน 100m.	3.72	0.465	0.0221
17	578564	1834659	58.223	6043Q019	ที่ดินนายสำเนา นาคสวัสดิ์	2	ลำนะโกรก	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	02/02/2561	02/02/2561	บ่สังเกตการณ์	70	70	58.66	ชั้นที่ 2	5.93	10	14.4	12.1	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	19.4	2.42	0.5
18	578567	1834660	58.258	6043Q020	ที่ดินนายสำเนา นาคสวัสดิ์	2	ลำนะโกรก	หนองหลวง	ลานกระบือ	กำแพงเพชร	03/02/2561	03/02/2561	บ่สังเกตการณ์	19	19	11.15	ชั้นที่ 1	3.96	>20	24	0.33	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	28.20	704	0.000759
19	608105	1819357	49.112	6043E016	ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในด้านเกษตร	5	หนองขาว	ปึกบัว	วชิรบารมี	พิจิตร	09/03/60	09/03/60	บ่สังเกตการณ์	60	60	52.56	ชั้นที่ 2	22.27	10	9.09	2.83	Qyt		100	25.1	0.584
20	608105	1819357	49.034	6043E017	ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในด้านเกษตร	5	หนองขาว	ปึกบัว	วชิรบารมี	พิจิตร	10/03/60	10/03/60	บ่สังเกตการณ์	30	30	18.22	ชั้นที่ 1	15.16	5-10	2	5.28	Qyt		4.47	1.12	0.196
21	604638	1848453	47.903	6043F014	ที่การเกษตรนายมกรุต ลาภปัญญา (ผญบ.)	8	ประตา	บึงกอก	บางระกำ	พิษณุโลก	18/03/60	22/03/60	บ่สังเกตการณ์	81	81	69.77	ชั้นที่ 2	20.97	> 10	28.75	6.36	Qyt		191	23.9	0.000105 95
22	604641	1848454	48.003	6043F015	ที่การเกษตรนายมกรุต ลาภปัญญา (ผญบ.)	8	ประตา	บึงกอก	บางระกำ	พิษณุโลก	23/03/60	23/03/60	บ่สังเกตการณ์	42	42	30.38	ชั้นที่ 1	19.29	6-7	26.6	7.07	Qyt		132	16.5	0.000151
23	585579	1852479	51.981	6043Q014	สวนสาธารณประโยชน์	2	หุ่นยางเมือง	หุ่นยางเมือง	คีรีมาศ	สุโขทัย	06/03/2561	09/03/2561	บ่สังเกตการณ์	66	64	48.60	ชั้นที่ 2	12.45	4-5	4.5	50.68	Qyt	ความลึกไม่เกิน 50m.	0.377	0.0314	0.00000293
24	585580	1852478	52.187	6043Q015	สวนสาธารณประโยชน์	2	หุ่นยางเมือง	หุ่นยางเมือง	คีรีมาศ	สุโขทัย	10/03/2561	11/03/2561	บ่สังเกตการณ์	94	94	82.90	ชั้นที่ 3	11.5	1	0.654	51.91	Qyt	ความลึกไม่เกิน 100m.	1.2	0.151	0.0824
25	588754	1872659	49.402	6043Q010	ที่นาของนางประทุม ข้าขจร	2	อัศวรายสูง	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	19/01/2561	26/01/2561	บ่สังเกตการณ์	81	80	68.76	ชั้นที่ 2	6.43	2	0.757	63.73	Qfd	ความลึกไม่เกิน 100m.	0.269	0.0673	0.000102
26	588752	1872658	49.662	6043Q011	ที่นาของนางประทุม ข้าขจร	2	อัศวรายสูง	ปากพระ	เมืองสุโขทัย	สุโขทัย	24/01/2561	26/01/2561	บ่สังเกตการณ์	48	48	36.44	ชั้นที่ 1	13	30	19.2	2.83	Qfd	ความลึกไม่เกิน 50m.	133	16.6	0.5

3.3.2 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

จากข้อมูลคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity,T) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) และค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K) ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลของแต่ละหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาจากการรวบรวมข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล โครงการระบบติดตามเฝ้าระวังระดับน้ำบาดาลและคุณภาพน้ำบาดาลทั่วประเทศ ที่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา และครบถ้วนทุกชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหลักทั้ง 2 หน่วย

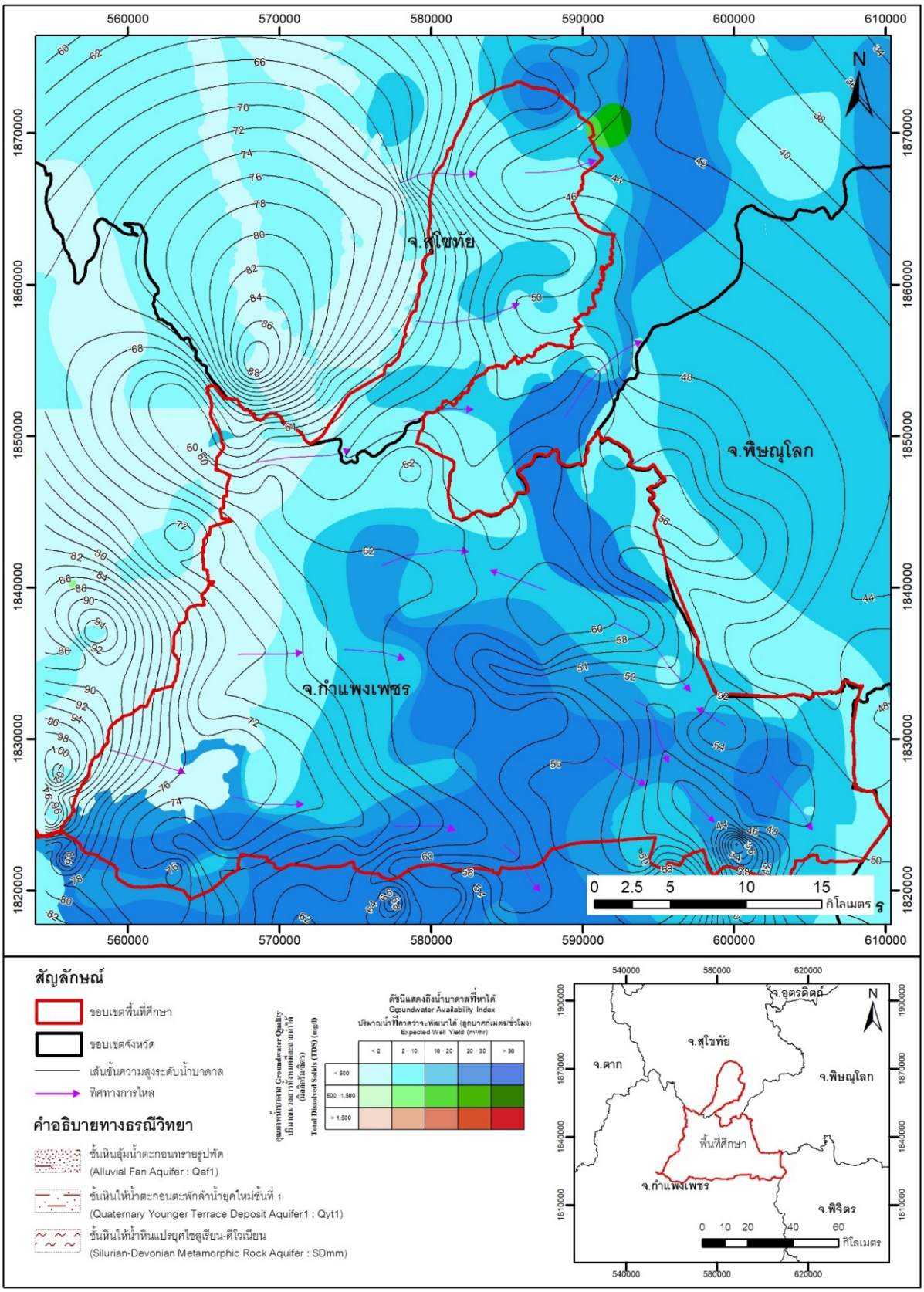
พบว่าบางหน่วยหินให้น้ำบาดาลจะมีช่วงค่าค่อนข้างกว้าง และมีค่าค่อนข้างแตกต่าง แล้วแต่พื้นที่ จึงสามารถจัดเป็นกลุ่มหรือโซนได้อย่างน้อย 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ 1 บริเวณอำเภอไทรงาม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอวชิรบารมี จังหวัดพิจิตร พื้นที่ 2 บริเวณอำเภอพรานกระต่าย อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พื้นที่ 3 บริเวณอำเภอคีรีมาศ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย แต่พบว่าบางหน่วยหินอุ้มน้ำมีข้อมูลน้อยมากหรือไม่มีการเจาะพัฒนาน้ำบาดาลในชั้นดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ค่าเท่าที่มีข้อมูลประเมินเป็นค่าตัวแทนของของหน่วยหินอุ้มน้ำนั้นๆ

ตารางที่ 3-4 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์จำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

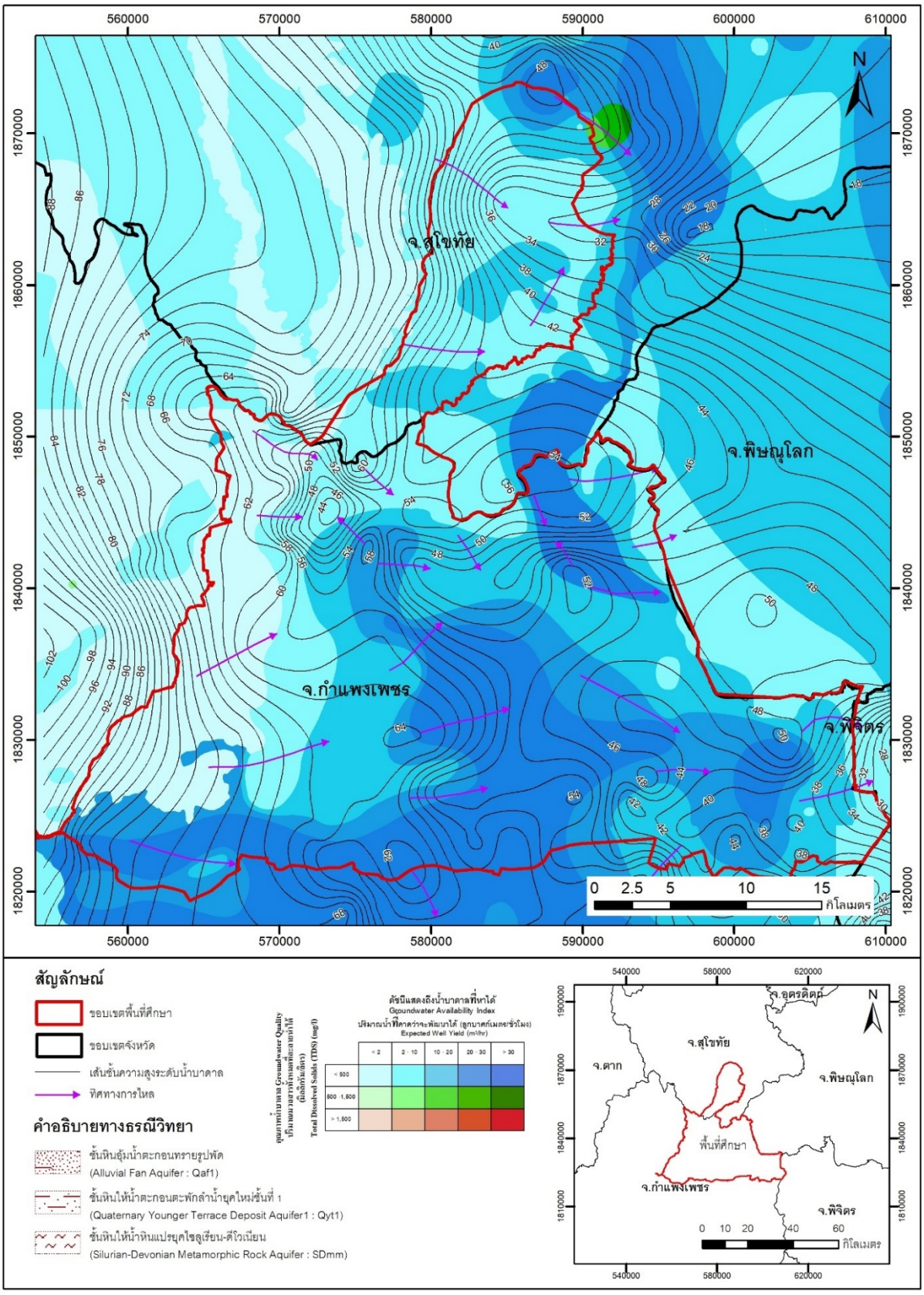
ประเภทหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา/ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	สัญลักษณ์	ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล		
		ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K, m/d)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T, m^2/d)	ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S,-)
1. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา	Qfd	0.0673-46.2	0.269-370	$1.02x10^{-4}$-0.5
2. ชั้นหินอุ้มน้ำ ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 1/ชั้นบน	Qyt1	0.0216-704	0.173-2,820	$2.93X10^{-6}$-0.584

3.3.3 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

จากการรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจำนวน 646 บ่อ ที่มีข้อมูลระดับน้ำบาดาลหลังการเจาะ เพื่อให้เข้าใจถึงระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่นี้ข้อมูลระดับน้ำจากบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่รวบรวมมาได้นำมาทำการสร้างเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำ ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3-10 และ รูปที่ 3-11 ซึ่งแสดงเส้นชั้นความลึกจากผิวดินของระดับน้ำของพื้นที่ศึกษาในชั้นหินอุ้มน้ำระดับตื้นและระดับลึก ทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่จะมีลักษณะเป็นภูเขา ส่วนทางด้านทิศตะวันออกเป็นที่ราบ ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจึงไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ระดับน้ำใต้ดินที่ลึกที่สุดคือบริเวณพื้นที่ราบ คือระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าพื้นดิน 22 เมตร อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ระดับน้ำใต้ดินที่ตื้นที่สุดตั้งอยู่ที่ตำบลเทพนคร อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยมีความลึก 2 เมตรจากพื้นดิน



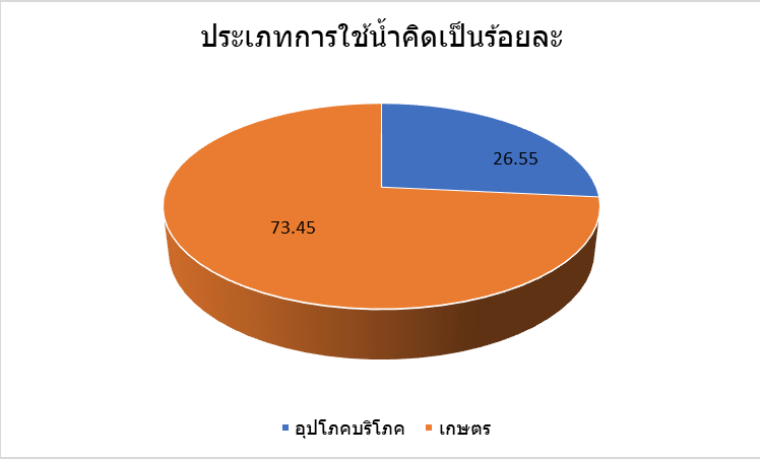
รูปที่ 3-10 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลระดับตื้น



รูปที่ 3-11 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลระดับลึก

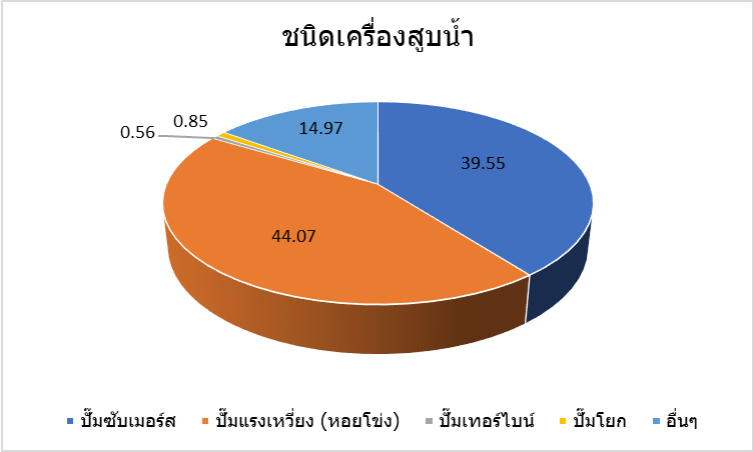
3.3.4 ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (จากโครงการ 2.2.4)

จากแบบสำรวจการใช้น้ำบาดาลจากโครงการ 2.2.4 จำนวน 354 บ่อ พบว่าเป็นบ่อที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค จำนวน 94 บ่อ หรือคิดเป็นร้อยละ 26.55 เพื่อการเกษตร จำนวน 290 บ่อ หรือคิดเป็นร้อยละ 73.45 มีความถี่ในการสูบน้ำในช่วงเดือน มกราคมถึงเดือนมิถุนายน โดยมีจำนวนการสูบต่อวันเฉลี่ยวันละ 15 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 ประเภทการใช้น้ำบาดาลคิดเป็นร้อยละ

เครื่องสูบน้ำที่สามารถแยกประเภทได้จากแบบสอบถามแบ่งออกเป็นเครื่องสูบชนิดเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำหรือซับเมอร์สซิเบิลปั๊ม จำนวน 140 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 39.55 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยง (ปั๊มหอยโข่ง) จำนวน 156 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 44.07 เครื่องสูบน้ำเทอร์ไบน์ จำนวน 2 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 0.56 สูบมือโยก จำนวน 3 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 0.85 และเครื่องสูบน้ำอื่นๆ เช่นเครื่องสูบน้ำต้นกำลังรถไถเดินตาม จำนวน 53 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 14.97 ดังแสดงในรูปที่ 3-13



รูปที่ 3-13 ชนิดของเครื่องสูบน้ำคิดเป็นร้อยละ

อัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบแต่ละชนิดสามารถแยกได้ตามชนิดเครื่องสูบ กำลังแรงม้า และขนาดท่อดูดน้ำโดยมีแนวการคิด 2 วิธีด้วยกันคือ 1. การเทียบอัตราการสูบน้ำจากตารางประสิทธิภาพของเครื่องสูบแต่ละชนิด แต่ละกำลังแรงม้า และ 2. การใช้อัตราการสูบเทียบเคียงจากผลการทดสอบวัดในภาคสนาม ดังแสดงในตารางที่ 3-5 และตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 อัตราการสูบน้ำของปั๊มซับเมอร์ส

ขนาดแรงม้า (Hp)	ความลึกท่อดูด (เมตร)	ขนาดท่อดูด (นิ้ว)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ช.ม.)	หมายเหตุ
1	18-40	2	6	คิดจากประสิทธิภาพปั๊ม
1.5	30-60	2	6.6	คิดจากประสิทธิภาพปั๊ม
2	20-60	2	14.98	อัตราทดสอบจากภาคสนาม
3	20-60	2	34.42	อัตราทดสอบจากภาคสนาม
5	45-60	2	12	คิดจากประสิทธิภาพปั๊ม

ตารางที่ 3-6 อัตราการสูบน้ำของปั๊มแรงเหวี่ยง (หอยโข่ง)

ขนาดแรงม้า (Hp)	ขนาดท่อดูด (นิ้ว)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ช.ม.)	หมายเหตุ
0.5	1	2.4	จากประสิทธิภาพปั๊ม
1	1	6	จากประสิทธิภาพปั๊ม
1.5	3	24	จากประสิทธิภาพปั๊ม
2	2	34.42	อัตราทดสอบจากภาคสนาม
2	3	12	อัตราทดสอบจากภาคสนาม
3	3	57	อัตราทดสอบจากภาคสนาม

บทที่ 4
การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล

4.1 ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล

มีการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

- สร้างแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลทางคณิตศาสตร์
- รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล
- การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิด เป็นการนำสภาพชั้นน้ำบาดาลตามความเป็นจริงมาสร้างแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อให้สามารถทำการคำนวณได้
- การออกแบบการจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ การจำลองสภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการไฟไนดิฟเฟอร์เรนต์ (Finite Difference)
- Conceptual model ของพื้นที่ท่อทองแดง โดยแบ่งโมเดลออกเป็น 3 ชั้นตามชั้นน้ำบาดาล มีรายละเอียด ดังนี้

ผลการดำเนินการในส่วนงานด้านการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูล ผลการศึกษาที่ผ่านมา และวิเคราะห์ข้อมูลด้านสภาพน้ำบาดาลเพื่อจัดเตรียมการนำเข้าแบบจำลองน้ำบาดาล การแบ่งชั้นน้ำ กำหนดแบบจำลองเชิงแนวคิด การออกแบบจำลอง ขนาดกริด เงื่อนไขขอบเขตแบบจำลองและการกำหนดช่วงการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองน้ำบาดาล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในการศึกษาสภาพและกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและแบบจำลองน้ำบาดาล จากแอ่งน้ำบาดาลประกอบกับการทบทวนข้อมูลน้ำบาดาลและลักษณะ ทำให้เข้าใจถึงสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ จากนั้นจึงเริ่มทำการสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจในพื้นที่ศึกษาของโครงการ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนดเงื่อนไขและค่าตัวแปรต่างๆในการสร้างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และสร้างแบบจำลองในเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลอุทกธรณี ข้อมูลบ่อบาดาล และข้อมูลแหล่งน้ำ

2) สร้างแบบจำลองเชิงความคิด (Conceptual Model) จากสภาพของน้ำบาดาลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาและข้อมูลภาคสนาม และนำไปสร้างลักษณะของชั้นน้ำบาดาล

3) ออกแบบแบบจำลอง (Model Design) โดยประยุกต์จากแบบจำลองเชิงความคิดไปเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไข รวมถึงการนำข้อมูลภาคสนามแปลงเป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

4) การปรับเทียบแบบจำลองในเบื้องต้น (Initial Calibration) โดยนำแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ในสภาวการณ์ไหลคงตัว (Steady State) เพื่อทำการปรับค่าขอบเขตเงื่อนไข เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่

5) การปรับเทียบแบบจำลอง (Transient Calibration) โดยใช้ข้อมูลอัตราการสูบย้อนหลังในรูปแบบการไหลไม่คงตัว (Transient State) เพื่อให้สภาพการไหลสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของระดับน้ำในพื้นที่ให้มากที่สุด

6) สอบเทียบแบบจำลอง (Model Verification) จากข้อมูลอัตราการสูบน้ำบาดาลและระดับน้ำที่มีการบันทึกข้อมูลไว้เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และทดสอบการตอบสนองของตัวแปรในแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) เพื่อตรวจสอบผลกระทบจากความไม่แน่นอนของตัวแปรที่มีต่อผลของแบบจำลอง และทำการวิเคราะห์หาสมดุลน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาการไหลเข้าและไหลออกของน้ำบาดาล

7) ประยุกต์ใช้แบบจำลองสมบูรณ์ไปใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล เพื่อนำแบบจำลองไปใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล

4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมีทั้งในส่วนที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ ที่ได้ทำการสำรวจและจัดทำแผนที่ไว้ และข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้มีการศึกษาและรวบรวมไว้

ข้อมูลในการศึกษาที่ได้ทำการรวบรวมซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 ข้อมูลภูมิประเทศและการปกครอง

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ระดับความสูงของพื้นที่ ขอบเขตการปกครอง และจำนวนประชากร ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากกรมแผนที่ทหาร กรมพัฒนาชุมชน และกรมการปกครอง

4.2.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาน้ำผิวดินรวบรวมได้จาก กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมเจ้าท่า และกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ ข้อมูลฝน อัตราการระเหย คุณสมบัติของดิน และข้อมูลเกี่ยวกับแม่น้ำสายหลักในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยผลการรวบรวมและการวิเคราะห์จากงานศึกษาสภาพน้ำผิวดิน

4.2.3 ข้อมูลด้านธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยา

ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาที่ใช้ในการศึกษาด้านแหล่งน้ำบาดาลเป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากข้อมูลบ่อบาดาล การแบ่งชั้นน้ำบาดาล และการทดสอบทางอุทกธรณีวิทยา ดังที่ได้แสดงรายละเอียดของการศึกษาส่วนนี้ไว้รายงานหลัก ในบทนี้จะได้กล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโดยเฉพาะ ทั้งในด้านธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยา

ในด้านธรณีวิทยา นอกจากข้อมูลการเกิดของแหล่งน้ำบาดาล คุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลและศักยภาพการเติมน้ำบาดาลโดยธรรมชาติ ดังกล่าวแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกชนิดดิน (Soil Type) ซึ่งดินแต่ละประเภทจะมีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำที่ไม่เท่ากัน ชนิดดินจึงมีส่วนในการพิจารณาแหล่งที่เติมน้ำให้กับชั้นน้ำบาดาล และใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาคุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลบางส่วนด้วย

ข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาที่สำคัญได้แก่ ระดับน้ำบาดาลในอดีตและปัจจุบัน คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ และอัตราการให้น้ำบาดาลของบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ต่าง ๆ ข้อมูลเหล่านี้ ได้จากการศึกษาในภาคสนาม โดยการสูบทดสอบในพื้นที่ศึกษา และฐานข้อมูลและการสูบทดสอบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและเก็บรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลรายละเอียดของบ่อบาดาลเหล่านี้ ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับที่ตั้ง วันที่ก่อสร้าง ความลึก ระยะช่วงสกรีน ระดับน้ำ อัตราการให้น้ำ ระดับน้ำลด และคุณภาพน้ำ เป็นต้น

นอกจากบ่อบาดาลของหน่วยงานราชการต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ประชาชนในพื้นที่ศึกษาได้ทำการเจาะบ่อบาดาลของตนเองเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้อุปโภคบริโภคและทำการเกษตรในยามขาดแคลนน้ำผิวดิน บ่อเหล่านี้แม้จะมีอัตราการสูบน้ำไม่สูงมาก แต่มีจำนวนมากและมีความสำคัญโดยตรงต่อประชาชนในพื้นที่ ข้อมูลพื้นฐานในส่วนนี้ได้จาก กชช. 2 ค.

4.2.4 ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ และความต้องการใช้น้ำ

การประเมินการใช้น้ำบาดาล กำหนดกรอบการพิจารณาเป็น 3 หมวด ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

ข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค จำแนกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งคือพื้นที่ที่อยู่ในเขตให้บริการของระบบประปาขนาดใหญ่ ได้แก่ การประปาภูมิภาค ประปาเทศบาลและสัมปทานประปาเอกชน ซึ่งขึ้นกับกรมโยธาธิการ การรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้มุ่งเน้นที่แหล่งน้ำดิบที่ใช้ กำลังการผลิต และจำนวนผู้ใช้น้ำในเขตพื้นที่บริการ ส่วนที่สองคือพื้นที่นอกเขตการจ่ายน้ำของระบบประปาขนาดใหญ่ การใช้น้ำบาดาลในส่วนนี้มาจากบ่อส่วนตัวของประชาชน และระบบประปาหมู่บ้านซึ่งปัจจุบันนี้ขึ้นกับหลายหน่วยงาน อาทิ กรมโยธาธิการ กรมอนามัย กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมทรัพยากรธรณี การรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ เหล่านี้มุ่งเน้นที่จำนวนบ่อ ขนาดของบ่อ และอัตราการผลิตน้ำประปา

ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม รวบรวมจากข้อมูลการขออนุญาตเจาะบ่อบาดาล และการขอใช้น้ำบาดาลต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการบันทึกปริมาณใช้น้ำของผู้ขออนุญาต โดยข้อมูลส่วนนี้ทางโครงการได้รวบรวมจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด นอกจากนั้นทางโครงการยังทำการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบข้อมูล ซึ่งพบว่า ในความเป็นจริงมีการใช้บ่อบาดาลโดยยังไม่ได้ขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล อยู่จำนวนหนึ่ง และข้อมูลส่วนนี้ไม่มีการบันทึกหรือรวบรวมโดยหน่วยงานราชการใดเลย ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำในหมวดอื่น ๆ จึงทำการประเมินการใช้น้ำในส่วนที่มิได้ขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรธรณีโดยใช้การ

ปรับเทียบจากข้อมูลระดับน้ำด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล แทนการสำรวจข้อมูลจริงซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายและเวลามากเกินความจำเป็น

การใช้น้ำเพื่อการเกษตรเป็นวัตถุประสงค์หลักของการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา แต่ข้อมูลในส่วนนี้มีความซับซ้อนมาก เพราะไม่มีการขออนุญาต และจดบันทึกปริมาณการใช้น้ำโดยหน่วยงานราชการ การประเมินอัตราการใช้น้ำในส่วนนี้ต้องอาศัยข้อมูลจากการสำรวจของการศึกษาโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนล่าง (สุจริต คูณธนกุลวงศ์และคณะ 2545)

4.3 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิดเป็นการนำสภาพชั้นน้ำบาดาลตามความเป็นจริงมาสร้างเป็นแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อให้สามารถทำการคำนวณได้ เนื่องจากสภาพชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่จริงมีความซับซ้อนมาก ประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาไม่สามารถบอกลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลได้อย่างชัดแจ้ง บอกได้เพียงได้อย่างหยาบ ว่าในพื้นที่บริเวณไหนควรมีการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลในลักษณะใด ทำให้การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิดให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงอย่างสมบูรณ์นั้นเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้เลย การสร้างแบบจำลองเชิงแนวคิดจึงต้องจำลองสภาพน้ำบาดาลให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย แต่ยังคงสามารถกำกับพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้ในการศึกษานี้ใน

การแบ่งชั้นน้ำในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงเพื่อการจำลองสภาพการไหล ได้อาศัยข้อมูลการแบ่งชั้นน้ำบาดาลจากส่วนการศึกษาโครงการ“การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”(ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ 2563) ซึ่งจัดกลุ่มของชั้นน้ำบาดาลตามลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาได้เป็น 2 ชั้น สำหรับการศึกษานี้หลังจากที่ได้ข้อมูลผลการเจาะบ่อสำรวจชั้นดินเพิ่มเติมจากสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลที่ 7 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ปรับปรุงให้มีการจัดแบ่งชั้นน้ำเป็น 3 ชั้นน้ำดังนี้

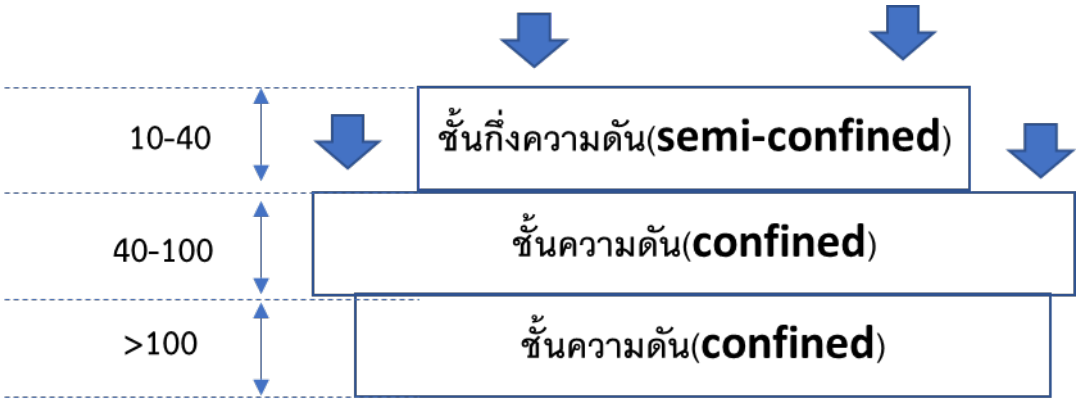
ชั้นน้ำบาดาลที่ 1 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 10-40 เมตร

ชั้นน้ำบาดาลที่ 2 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 40-100 เมตร

ชั้นน้ำบาดาลที่ 3 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณมากกว่า 100 เมตร

ซึ่งชั้นน้ำส่วนบนประกอบด้วยสภาพทางอุทกธรณีวิทยาของสองส่วนหลักได้แก่ ชั้นดินให้น้ำยุคตะกอนพัดพาและชั้นดินให้น้ำตะกอนตะพักยุคใหม่ และชั้นน้ำส่วนล่างประกอบด้วยชั้นดินให้น้ำตะกอนตะพักยุคเก่าเป็นหลัก

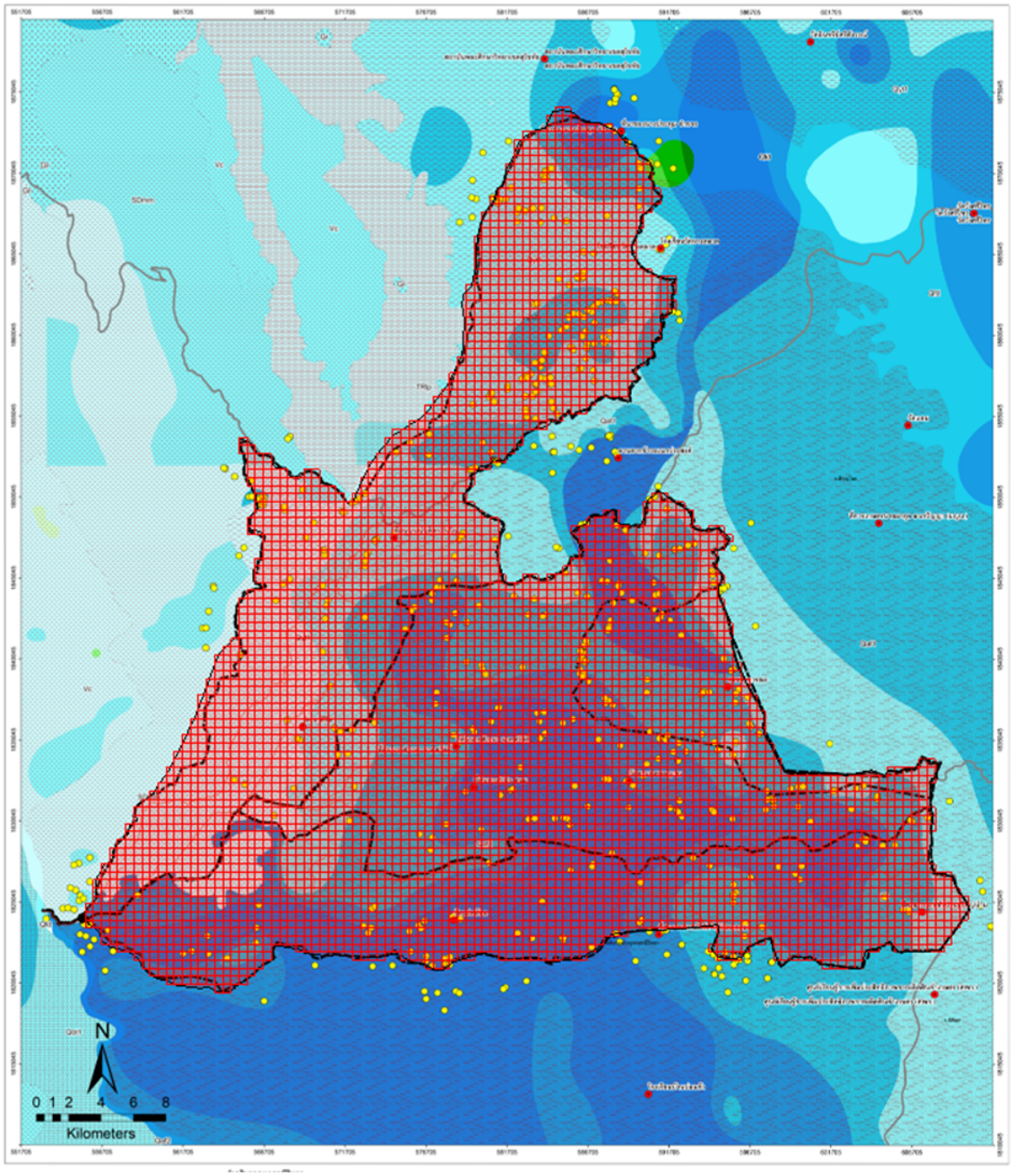
จากการแบ่งชั้นน้ำตามแนวคิดนี้ ประกอบกับค่าตัวแปรทางอุทกธรณีวิทยา แบบจำลองแอ่งน้ำบาดาลในการศึกษาครั้งนี้จึงจัดสร้างเป็นส่วนบน เป็นชั้นกึ่งความดันและชั้นล่างเป็นชั้นความดัน และมีการเติมน้ำจากผิวดินลงสู่แอ่งน้ำโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 4-1



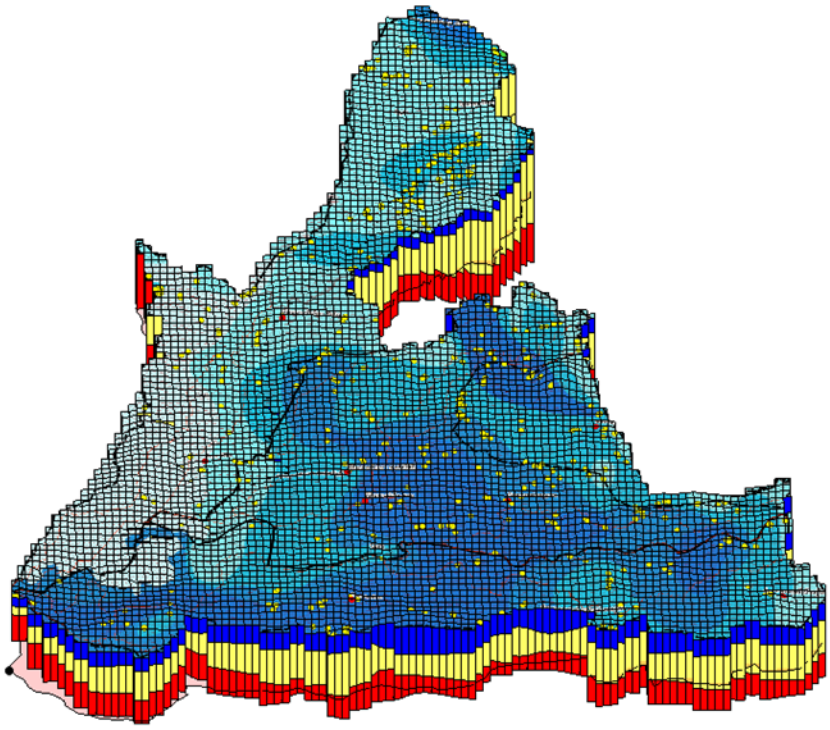
รูปที่ 4-1 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล

4.4 การออกแบบการจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ

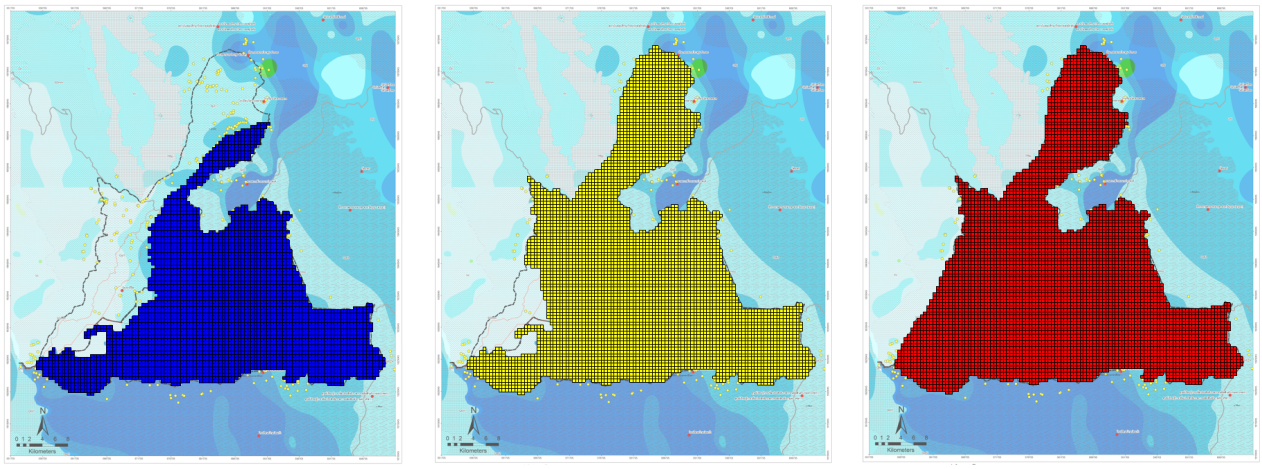
การจำลองสภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการไฟไนดิฟเฟอร์เรนต์ (Finite Difference) หน่วยย่อยในการคำนวณเชิงพื้นที่นั้นอยู่ในรูปของโครงสร้างที่ต่อกันด้วยรูปสี่เหลี่ยม โดยในการศึกษาที่ผ่านมาของพื้นที่นี้ (สุจริต คูณธนกุลวงศ์และคณะ 2545) ได้จำลองสภาพชั้นน้ำบาดาลให้มีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีขนาด กว้าง 0.5 กม. ยาว 0.5 กม.จำนวนกริดรวมทั้งหมดกับ 13,897 กริดเซลล์ โดยมีความสูงตามความหนาของชั้นน้ำเฉลี่ยในบริเวณนั้น ซึ่งเรียกลูกบาศก์นี้ว่า 1 กริดเซลล์ และแบบจำลองน้ำบาดาลของการศึกษานี้ได้ใช้ขนาดกริดเดียวกันและแสดงดังรูปที่ 4-2 แบบจำลองกริดเซลล์ของชั้นน้ำบาดาลเป็นตัวแทนลักษณะของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ที่กริดเซลล์ครอบคลุมอยู่ โดยแต่ละกริดเซลล์ได้กำหนดคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำบาดาลไว้ รวมไปถึงระดับน้ำบาดาลและปริมาณการไหลเข้า-ออกของน้ำของชั้นน้ำบริเวณนั้น



รูปที่ 4-2 แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)



รูปที่ 4-3 มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์

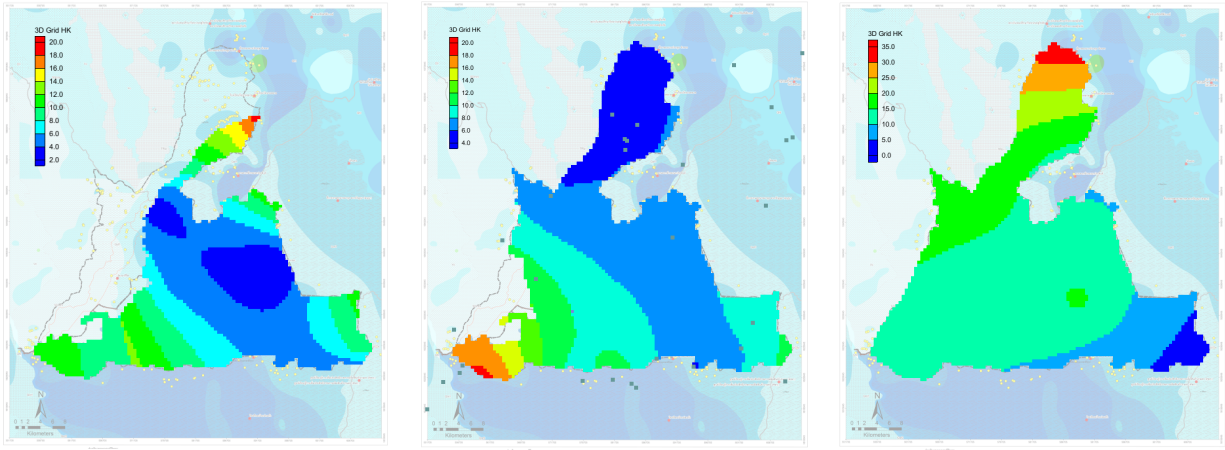


a) ชั้นน้ำที่ *1* *b)* ชั้นน้ำที่ *2* *c)* ชั้นน้ำที่ *3*

รูปที่ 4-4 แสดงระบบกริดในชั้นน้ำที่ 1-3

ระบบของกริดในชั้นน้ำที่ 1-3 แสดงดังรูปที่ 4-3 และรูปที่ 4-4 โดยชั้นน้ำที่ 1 เป็นชั้นน้ำ Flood Plain aquifer (Q_{fd}) มีจำนวน 3,639 กริดเซลครอบคลุมพื้นที่ 909.8 ตาราง กม. ชั้นน้ำที่ 2 เป็นชั้นน้ำ Young Terrace aquifer (Q_{yt}) มีจำนวน 4,938 กริดเซลครอบคลุมพื้นที่ 1,234.5 ตาราง กม. ชั้นน้ำที่ 3 แทนชั้นน้ำ the Older Terrace aquifer (Q_{ot}) มีจำนวน 5,320 กริดเซลครอบคลุมพื้นที่ 1,288 ตาราง กม.

จากข้อมูลสูบทดสอบที่รวบรวมได้จำนวน 147 บ่อได้ทำการสร้างข้อมูลค่า Hydraulic conductivities กระจายลงในแต่ละชั้นน้ำโดยวิธี Kriging Interpolation แสดงดังรูปที่ 4-5



a) ชั้นน้ำที่ *1* *b)* ชั้นน้ำที่ *2* *c)* ชั้นน้ำที่ *3*

รูปที่ 4-5 ค่า Hydraulic conductivities distribution by using Kriging Interpolation

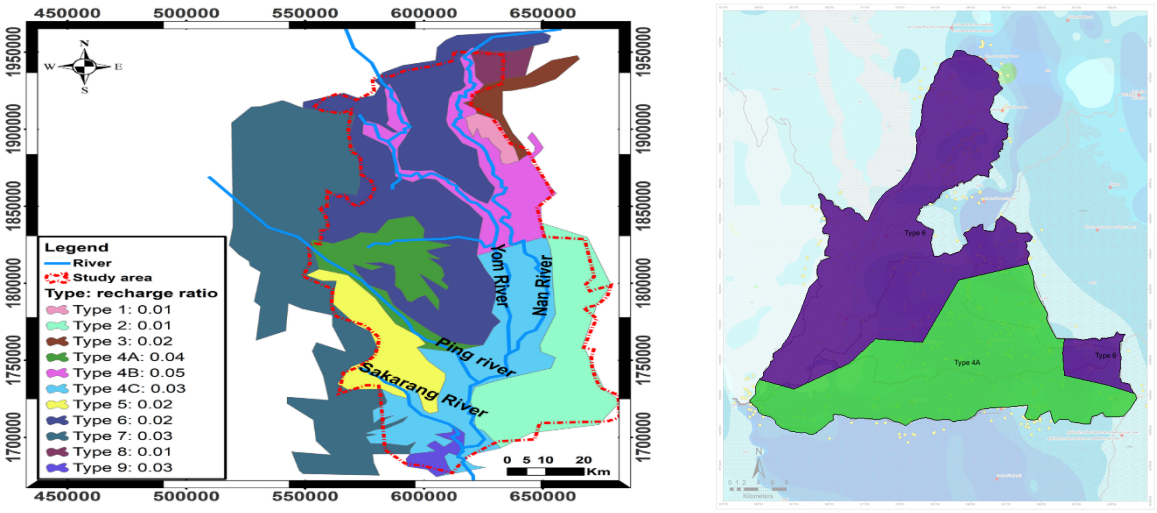
4.5 ค่าคุณลักษณะของชั้นน้ำและการประมาณอัตราการเติมน้ำ

ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity,T) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) และค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K) ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลของแต่ละหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาจากการรวบรวมข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล โครงการระบบติดตามเฝ้าระวังระดับน้ำบาดาลและคุณภาพน้ำบาดาลทั่วประเทศ ที่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 3.3.2 ซึ่งจะนำเข้าในแบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน(K) 0.0216-704 m/d

ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ(T) 0.173-2,820m^2/d ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ(S,) 2.93X10^{-6}-0.584

ค่าอัตราการเติมน้ำจากฝน

ได้ดำเนินการประมาณโดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาในระยะที่ 1 ที่มีการประมาณอัตราการเติมน้ำจากลักษณะของดินดังรูปที่ 4-6 โดยในพื้นที่ท่อทองแดงมีลักษณะของดิน 2 ประเภทแสดงดังรูปที่ 4-6 โดยมีอัตราการเติมน้ำมีค่าเท่ากับ 6.96 % และ 8.13 %ของปริมาณฝน



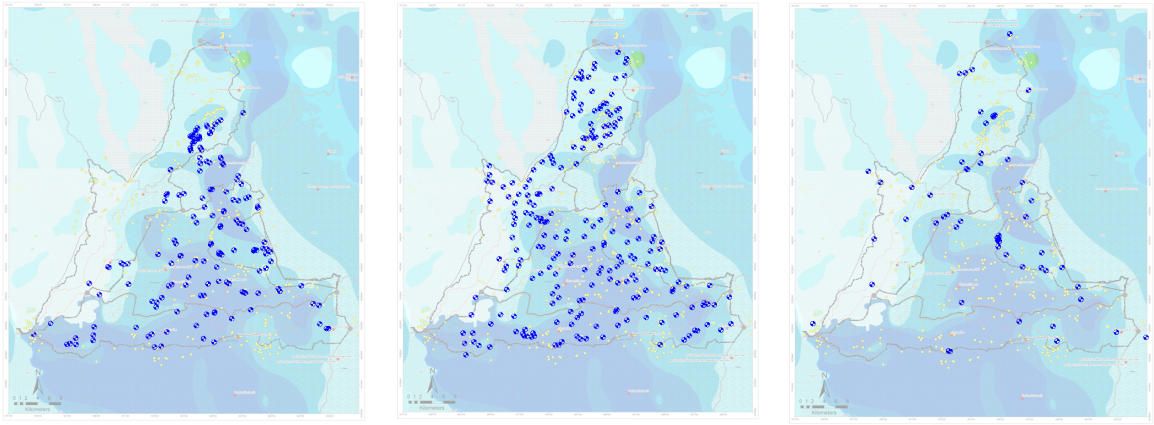
a) Recharge zones in UCP b) Recharge zones in TTD

รูปที่ 4-6 การแบ่งRecharge zone ในกรประมาณค่าอัตราการเติมน้ำจากฝน

4.6 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

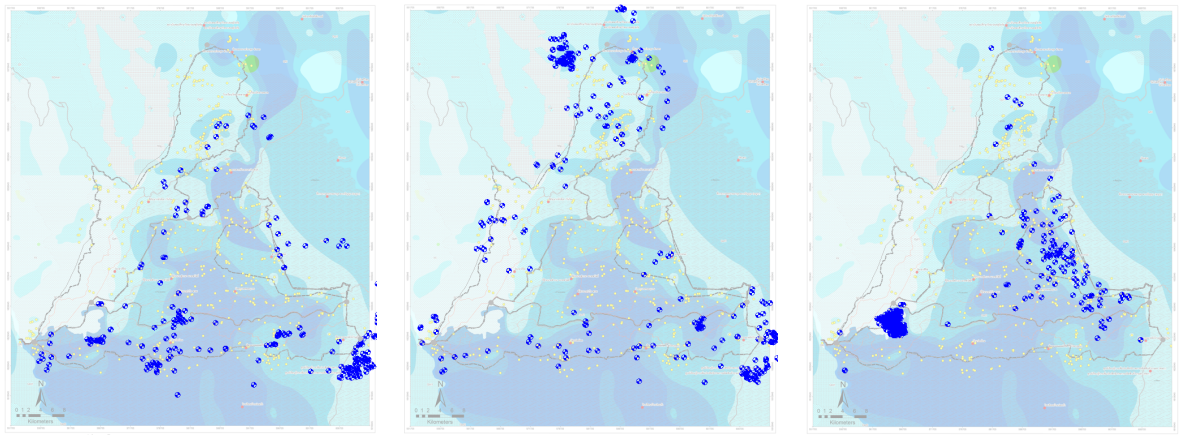
การประเมินอัตราการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ได้ใช้ผลการรวมรวมข้อูลจากของบ่อน้ำบาดาลจากบทที่ 3 และผลการสำรวจการใช้น้ำในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงมาประมาณอัตราการใช้น้ำบาดาลเพื่อนำเข้าแบบจำลองน้ำบาดาล

จากข้อมูลบ่อน้ำบาดาลได้กระจายการสูบน้ำบาดาลลงในแบบจำลอง การกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-8



a) layer 1 *b) layer 2* *c) layer 3*

รูปที่ 4-7 การกระจายตัวของบ่อน้ำบาดาลสาธารณะในแต่ละชั้นน้ำ



a) layer 1 *b) layer 2* *c) layer 3*

รูปที่ 4-8 การกระจายตัวของบ่อบาดาลเอกชนในแต่ละชั้นน้ำ

ผลการประมาณการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่แสดงในตารางที่ 4-1 โดยมีการสูบน้ำรวมเท่ากับ 127,924 ลบ.มต่อวัน ในภาคเกษตรกรรมมีการสูบน้ำสูงสุด96,790 ลบ.มต่อวัน ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมเท่ากับ 6,383 ลบ.มต่อวัน 20,363 ลบ.มต่อวัน 4,388 ลบ.มต่อวัน ตามลำดับ

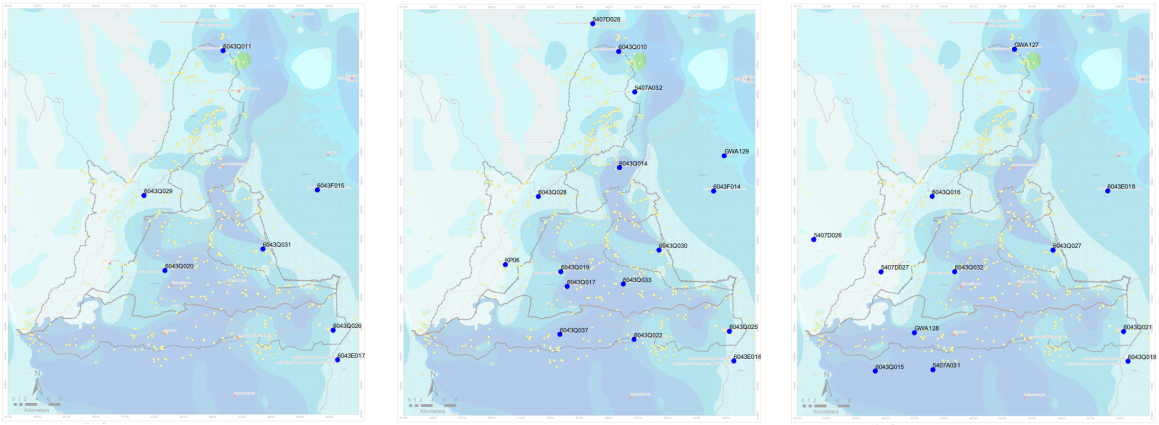
ตารางที่ 4-1 การประมาณการสูบน้ำในปี พ.ศ. 2563

ประเภทการใช้น้ำ	**อัตราการใช้น้ำบาดาล (m^3/d)**			
	zone 1	*zone 2*	*zone 3*	*Total*
ธุรกิจ	5,091	7,127	8,145	20,363
อุตสาหกรรม	2,194	1,317	878	4,388
เกษตรกรรม	29,037	19,358	48,395	96,790
ครัวเรือน	1,915	2,553	1,915	6,383
รวม	**38,237**	**30,355**	**59,333**	**127,924**

4.7 การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลอง

ข้อมูลการติดตามระดับน้ำ

บ่อน้ำบาดาลที่ใช้เป็นบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงที่กำหนดไว้เนื่องจากที่มีข้อมูลค่อนข้างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 - ธันวาคม พ.ศ. 2563 มีจำนวน 16 บ่อการกระจายเป็นไปตามรูปที่ 4-9



a) layer 1 *b) layer 2* *c) layer 3*

รูปที่ 4-9 ตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง

การดำเนินงานในช่วงนี้ได้ดำเนินการปรับเทียบแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง การศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองทั้งในสภาวะการไหลแบบคงตัว (Steady State) และไม่คงตัว (Transient) โดยแบ่งแยกตัวแปรที่ใช้ในการปรับแก้ และสอบทานสำหรับการตรวจสอบในช่วงสุดท้าย โดยมีแบ่งแยกตัวแปรที่ใช้การปรับเทียบและการสอบเทียบแบบจำลองไว้ดังตารางที่ 4-2 โดยการพัฒนาแบบจำลองในเบื้องต้นได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ช่วงเพื่อการปรับแก้แบบจำลอง และมีรายละเอียดดังนี้

1. การจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในฤดูแล้ง ปี 2553 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความซึมได้ ปรับอัตราการสูบและการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล
2. การจำลองการไหลในสภาวะไม่คง เริ่มตั้งแต่ฤดูฝนปี 2553 ถึงฤดูแล้งปี 2559 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ
3. เปรียบเทียบระดับน้ำของปี 2560 - 2563 จากผลการจำลองในสภาวะไม่คงตัว เพื่อหาความความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น

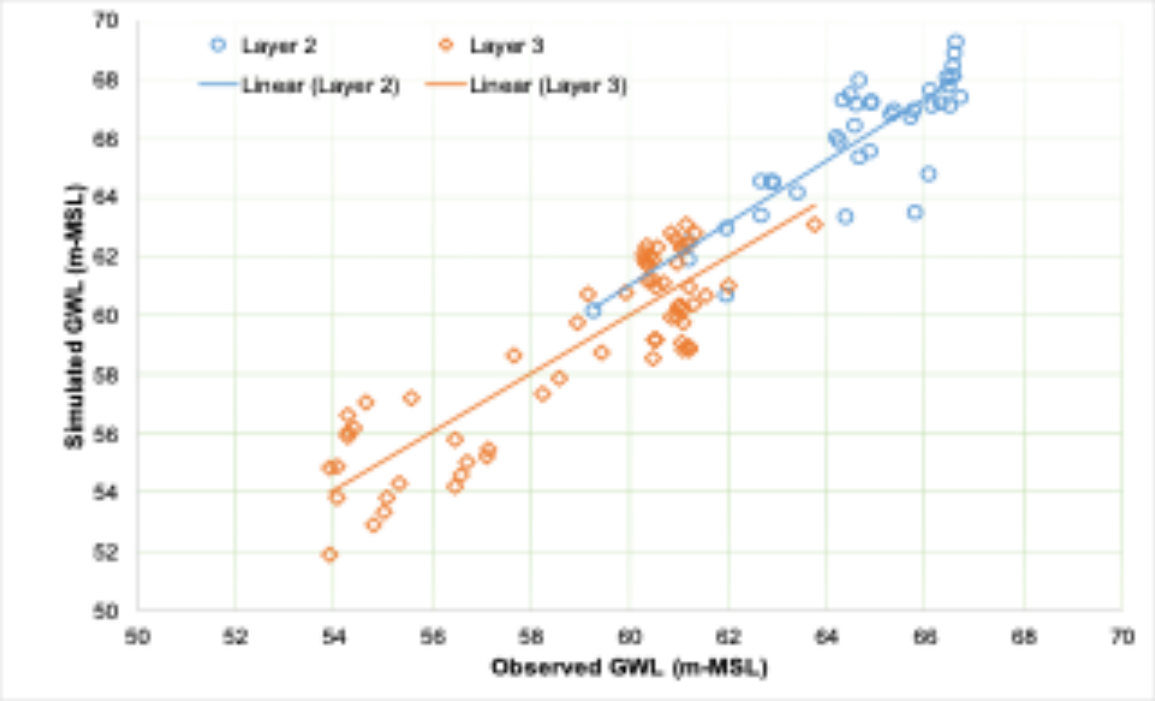
ตารางที่ 4-2 การสอบเทียบแบบจำลองในขั้นตอนต่าง ๆ

ขั้นตอน	ข้อมูล	ตัวแปร
การปรับเทียบในสภาวะคงตัว	ค่าระดับน้ำบาดาลเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2553	ปรับแก้ อัตราการสูบ/เติมน้ำเฉลี่ย ค่าการนำทางสัมประสิทธิ์ความซึมได้
การปรับเทียบในสภาวะไม่คงตัว	ค่าระดับน้ำบาดาลรายเดือน ในปี พ.ศ. ช่วงปี 2553-2559	สัมประสิทธิ์การกักเก็บ สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ
สอบเทียบแบบจำลองในสภาวะไม่คงตัว	ค่าระดับน้ำบาดาลรายเดือนในปี 2560–2563	

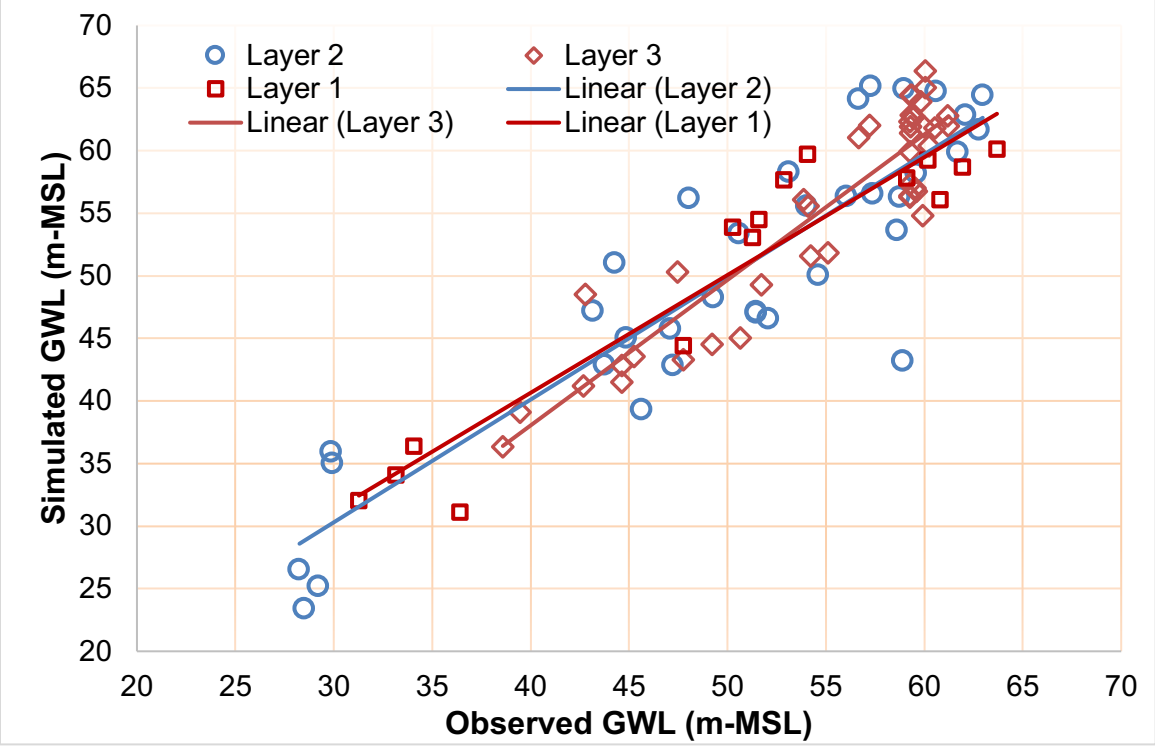
ผลของการประมวลผลในช่วงปรับเทียบมี. ค่า R^2 มากกว่า 0.7 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.96 – 1.02 เมตร และในช่วงสอบทานมีค่า R^2 มากกว่า 0.7 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 1.04 – 1.36 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4-3 โดยรูปที่ 4-10 และ รูปที่ 4-11 แสดงค่าเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์ช่วงปรับเทียบ (ปี 2553-2559) และช่วงสอบทาน(ปี 2560-2663)

ตารางที่ 4-3 ผลการสอบเทียบและสอบทานในชั้นน้ำที่ 1-3

ชั้นน้ำที่	ช่วงปรับเทียบ		ช่วงสอบทาน	
	RMSE (m)	R^2	RMSE (m)	R^2
1	1.12	0.71	1.36	0.71
2	0.96	0.77	1.04	0.73
3	1.02	0.76	1.12	0.70

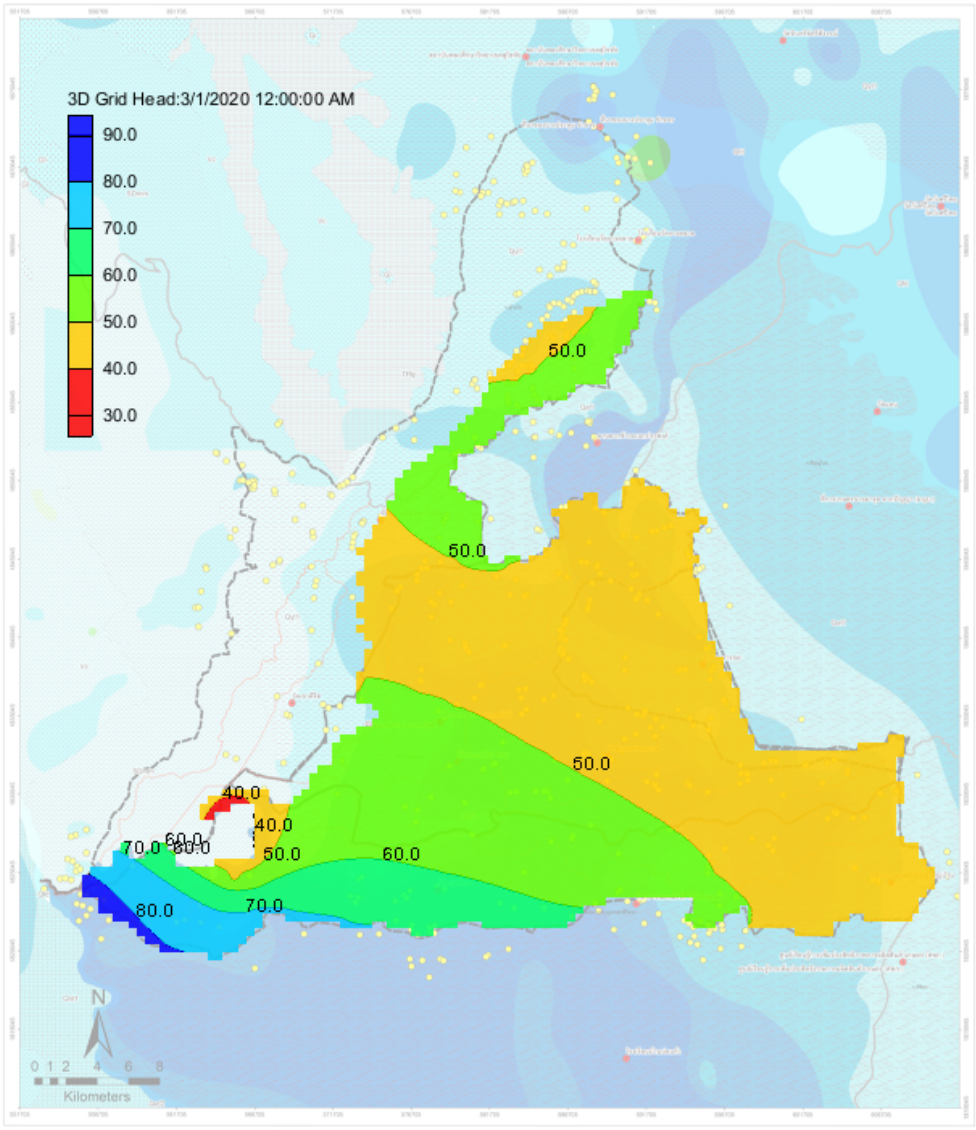


รูปที่ 4-10 ผลการปรับเทียบของแบบจำลอง (ปี 2553-2559)

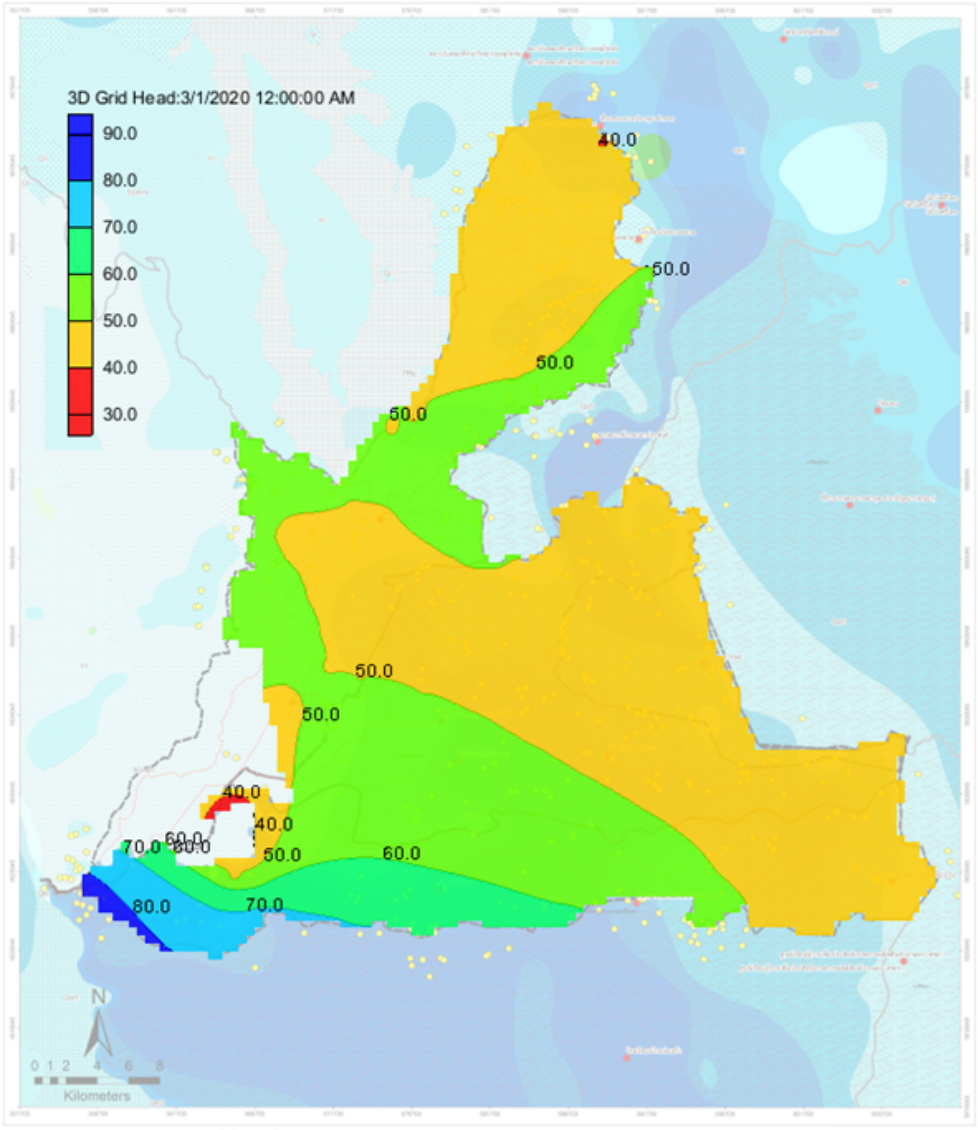


รูปที่ 4-11 ผลการสอบทานของแบบจำลอง (ปี 2560-2563)

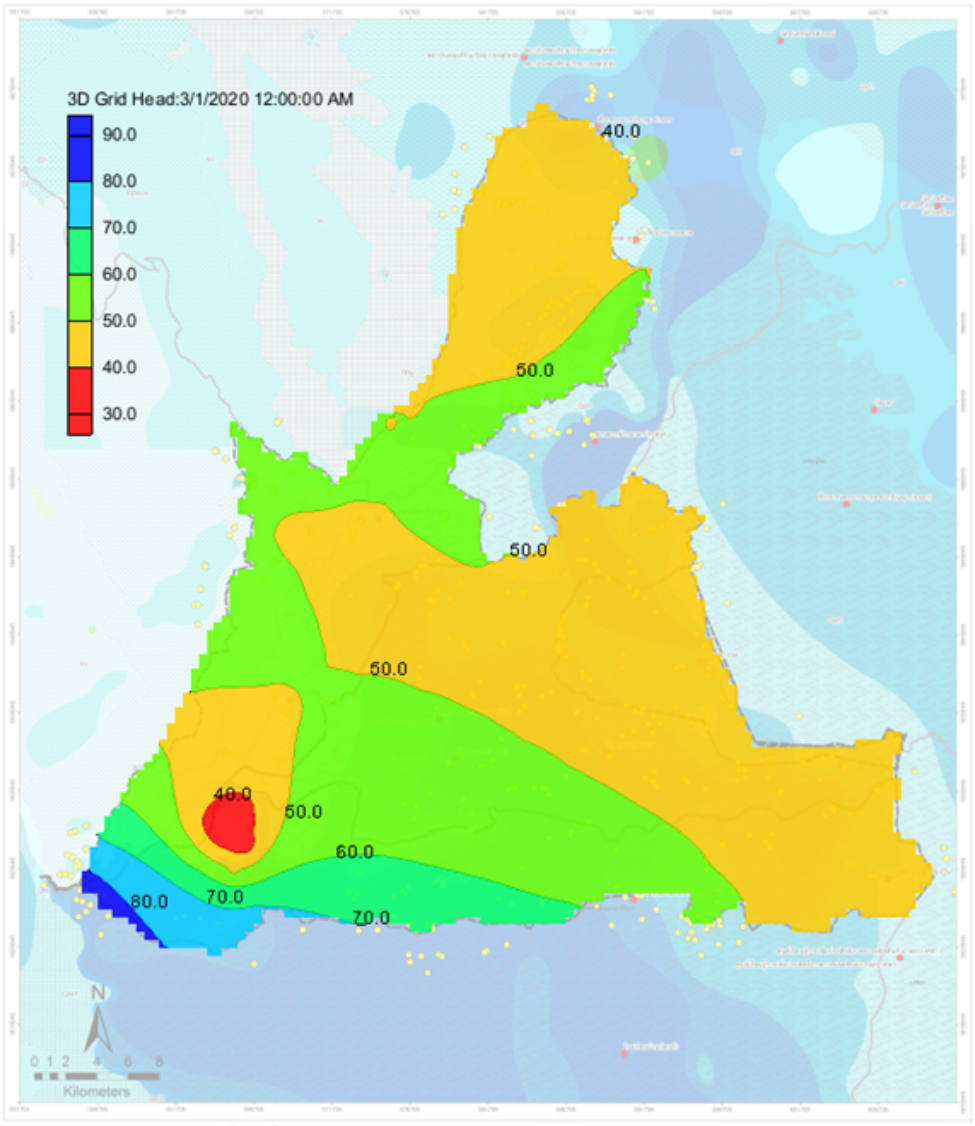
ผลจากการพัฒนาแบบจำลองหลังที่ได้ดำเนินการปรับเทียบและสอบทานแล้ว สภาพของการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ จะไหลจากด้านตะวันตกไปยังตะวันออกเฉียงเหนือตามทิศทางการไหลของแม่น้ำปิงและสภาพของภูมิประเทศในพื้นที่นี้ดังแสดงสภาพเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นน้ำที่ 1-3 ในรูปที่ 4-12 ถึงรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-12 เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นที่ 1 เดือนมีนาคม 2563



รูปที่ 4-13 เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นที่ 2 เดือนมีนาคม 2563

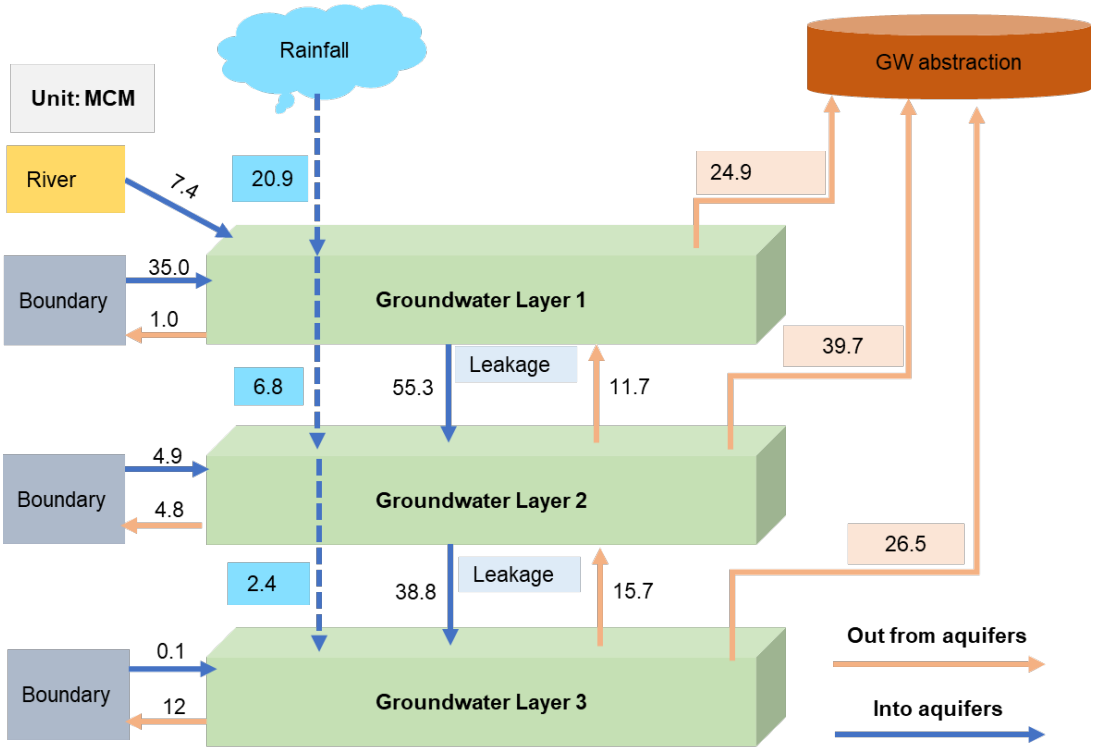


รูปที่ 4-14 เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำบาดาลในชั้นที่ 3 เดือนมีนาคม 2563

4.8 การวิเคราะห์สมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง

1) สมดุลน้ำบาดาล

จากผลของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสรุปสภาพของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง ในช่วงปี 2553-2563 สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลและสมดุลของระบบน้ำบาดาลได้ ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าฤดูกาลมีส่วนสำคัญที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่คือในฤดูแล้งจะมีการสูบใช้น้ำบาดาลมาก เมื่อพิจารณาสมดุลน้ำบาดาลในภาพรวมทั้งปี ของปี 2563 พบว่ามีค่าอัตราการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 30.1 ล้าน ลบ.ม มีค่าเติมน้ำจากแม่น้ำเท่ากับ 7.4 ล้าน ลบ.ม และมีค่าการสูบน้ำบาดาลโดยรวมเท่ากับ 91.1 ล้าน ลบ.ม โดยสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 1 เท่ากับ 24.9 ล้าน ลบ.ม ชั้นที่ 2 เท่ากับ 39.7 ล้าน ลบ.ม และสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 3 เท่ากับ 26.5 ล้าน ลบ.ม. และมีการไหลเข้าออกระหว่างชั้นน้ำต่างๆดังนี้ จากชั้นที่ 1 ไปชั้นที่ 2 เท่ากับ 43.6 ล้าน ลบ.ม จากชั้นที่ 2 ไปชั้นที่ 3 เท่ากับ 23.1 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลเข้าจากระบบน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 เท่ากับ 34.0 ล้าน ลบ.ม และ 0.1 ล้าน ลบ.ม ตามลำดับ น้ำไหลออกจากระบบน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ในชั้นที่ 3 เท่ากับ 11.9 ล้าน ลบ.ม ดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4-15 สมดุลน้ำบาดาลในปี 2563 (หน่วย ล้าน ลบ.ม)

2) การประมาณค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดู

เมื่อนำค่าระดับน้ำบาดาลต้นเดือนพฤษภาคม(ปลายฤดูแล้ง)และพฤศจิกายน(ปลายฤดูฝน)ของสถานีตัวแทนใน 3 zone นำมาหาความสัมพันธ์กับค่าการสูบน้ำรายฤดู เพื่อคาดการณ์การสูบน้ำบาดาลในฤดูนั้นๆ ดังสมการ

$$GW\ Pumping_{\ in\ season} = a*GWL_{end\ of\ season}+b \qquad (3)$$

โดยที่ค่า $GW\ Pumping_{\ in\ season}$ คือค่าการสูบน้ำบาดาลในฤดูที่ต้องการทราบค่า

$GWL_{end\ of\ season}$คือค่าระดับน้ำบาดาลปลายฤดูของสถานีตัวแทนใน zone ที่ต้องการทราบ

a, b คือค่าสัมประสิทธ์ความสัมพันธ์ที่ได้จากตารางที่ 4.8-1

ได้ความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงดังตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-16 - 4-18 ซึ่งที่มีค่า coefficient of determination (R^2) อยู่ระหว่าง 0.53-0.67 ซึ่งสามารถนำค่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลในฤดูนั้นๆได้

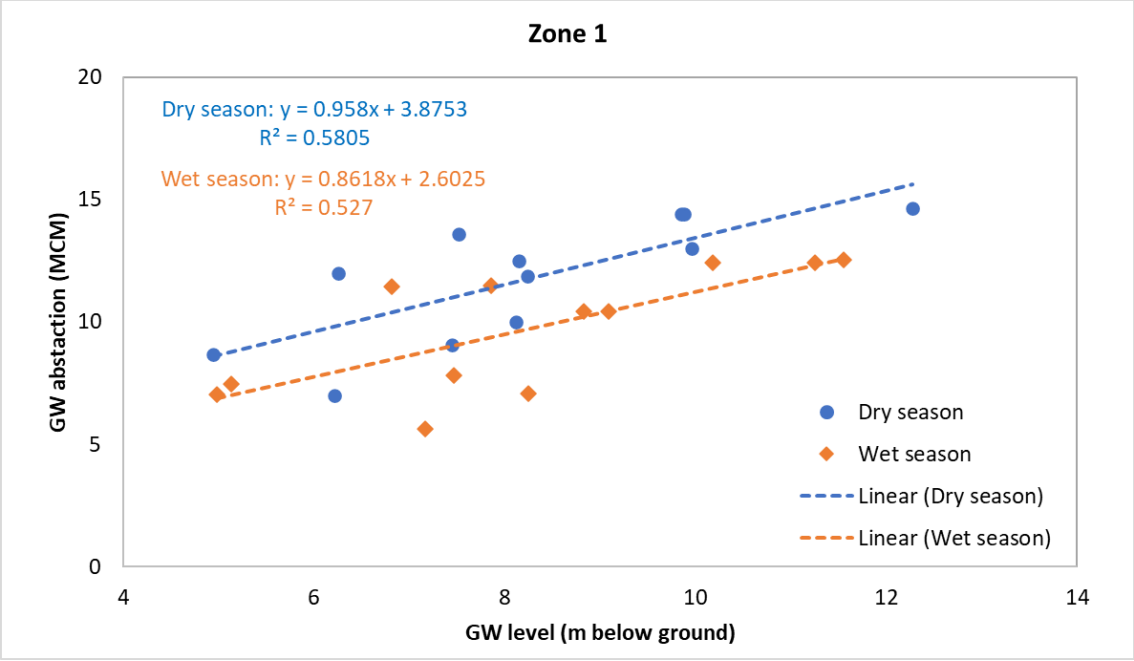
ตารางที่ 4-4 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำปลายฤดูและปริมาณการสูบน้ำในฤดูนั้นๆ และค่า R^2ของ Zone การส่งน้ำ

season	Zone 1			Zone 2			Zone 3		
	R^2	*a*	*b*	R^2	*a*	*b*	R^2	*a*	*b*
Dry season	0.581	0.96	3.88	0.553	0.960	5.87	0.669	0.91	6.03
Wet season	0.527	0.862	2.60	0.601	0.690	6.27	0.638	0.633	6.72

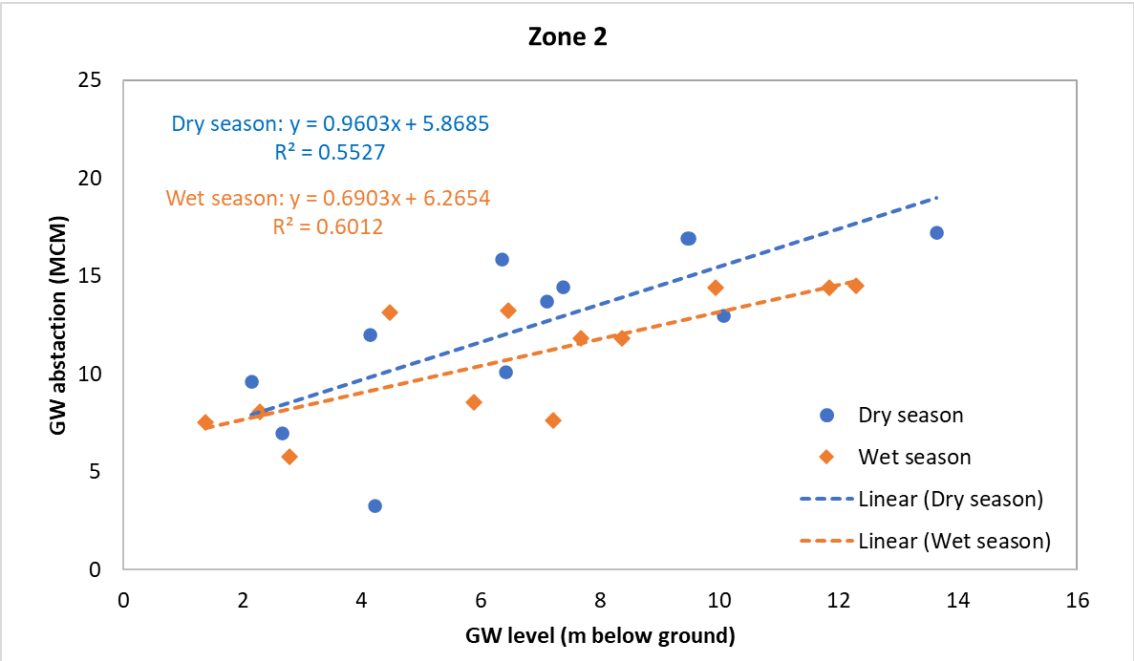
R^2 is coefficient of determination

a is the constant term or the y intercept.

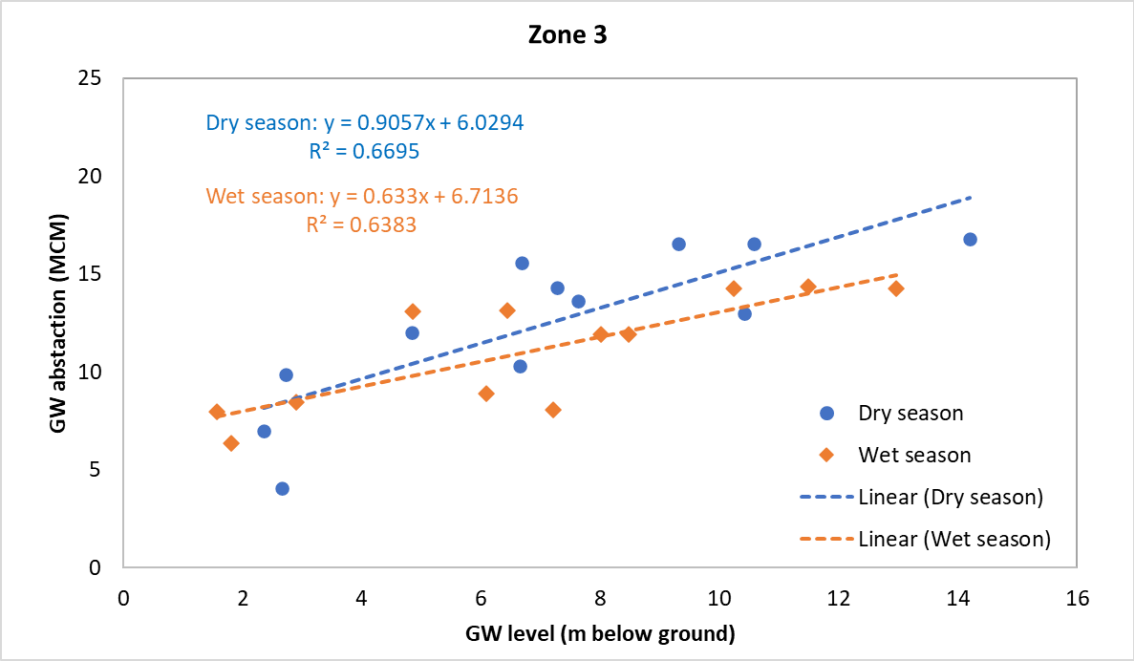
b is the coefficient of the independent variable



รูปที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกับค่าระดับน้ำปลายฤดูของสถานีตัวแทน zone1



รูปที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกับค่าระดับน้ำปลายฤดูของสถานีตัวแทน zone2



รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกับค่าระดับน้ำปลายฤดูของสถานีตัวแทน zone3

4.9 การปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน ให้รองรับกับการจัดาการน้ำรายสัปดาห์เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run

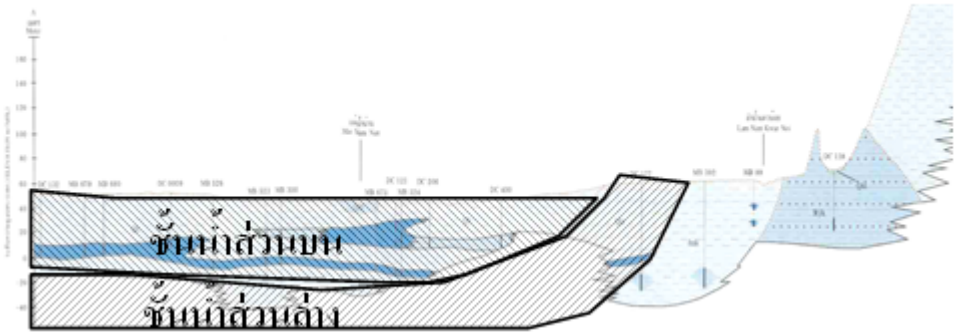
ผลการดำเนินการปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 (Regional GW-model improvement) เตรียมการ co-run กับโครงการอื่นในแผนงานที่ 3

ในการปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางจากการศึกษาที่ผ่านมาของโครงการ“การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”(ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ 2563) ซึ่งพื้นที่แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้น โดยมีการนำข้อมูลผลการศึกษาด้านน้ำผิวดินจากโครงการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่างในระยะที่ 1 และมีการประสานงานกับโครงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในแผนงานที่ 3 แบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 สรุปได้ดังนี้

การแบ่งชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อการจำลองสภาพการไหล ได้อาศัยข้อมูลการแบ่งชั้นน้ำบาดาลจากส่วนการศึกษาสภาพน้ำบาดาลของโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน บริเวณภาคกลางตอนบน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มของชั้นน้ำบาดาลได้เป็น 2 ชั้น (รูปที่ 4-19) ดังนี้

ชั้นน้ำส่วนบน มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 10 - 80 เมตร

ชั้นน้ำส่วนล่าง มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 90 – 120 เมตร

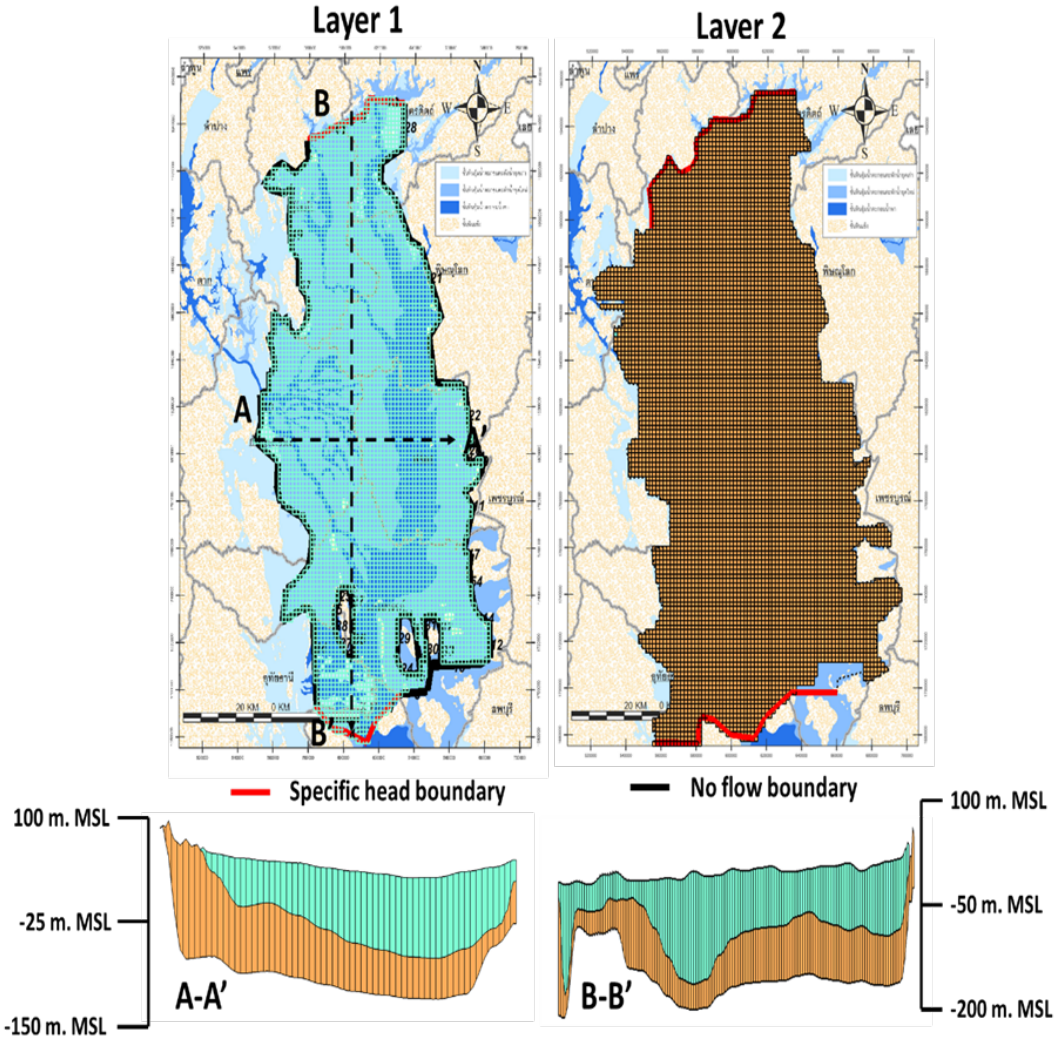


รูปที่ 4-19 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาลบริเวณจังหวัดพิษณุโลก

ซึ่งชั้นน้ำส่วนบนประกอบด้วยสภาพทางอุทกธรณีวิทยาของสองส่วนหลักได้แก่ ชั้นดินให้น้ำยุคตะกอนพัดพาและชั้นดินให้น้ำตะกอนตะพักยุคใหม่ และชั้นน้ำส่วนล่างประกอบด้วยชั้นดินให้น้ำตะกอนตะพักยุคเก่าเป็นหลัก

จากการแบ่งชั้นน้ำตามแนวคิดนี้ ประกอบกับค่าตัวแปรทางอุทกธรณีวิทยา แบบจำลองแอ่งน้ำบาดาลในการศึกษาครั้งนี้จึงจัดสร้างเป็นส่วนบน เป็นชั้นกึ่งความดันและชั้นล่างเป็นชั้นความดัน และมีการเติมน้ำจากผิวดินลงสู่แอ่งน้ำโดยตรง

การจำลองสภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการไฟไนดิฟเฟอร์เรนต์ (Finite Difference) หน่วยย่อยในการคำนวณเชิงพื้นที่นั้นอยู่ในรูปของโครงสร้างที่ต่อกันด้วยรูปสี่เหลี่ยม โดยในการศึกษาที่ผ่านมาของพื้นที่นี้ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2549)) ได้จำลองสภาพชั้นน้ำบาดาลให้มีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีขนาด กว้าง 10 กม. ยาว 10 กม. โดยมีความสูงตามความหนาของชั้นน้ำเฉลี่ยในบริเวณนั้น ซึ่งเรียกลูกบาศก์นี้ว่า 1 กริดเซลล์ ดังรูปที่ 4-20 แบบจำลองกริดเซลล์ของชั้นน้ำบาดาลเป็นตัวแทนลักษณะของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ที่กริดเซลล์ครอบคลุมอยู่ โดยแต่ละกริดเซลล์ได้กำหนดคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำบาดาลไว้ รวมไปถึงระดับน้ำบาดาลและปริมาณการไหลเข้า-ออกของน้ำของชั้นน้ำบริเวณนั้น โดยในการศึกษานี้จะจำลองสภาพโดยมีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีขนาดละเอียดมากขึ้นเป็น กว้าง 2 กม. ยาว 2 กม.



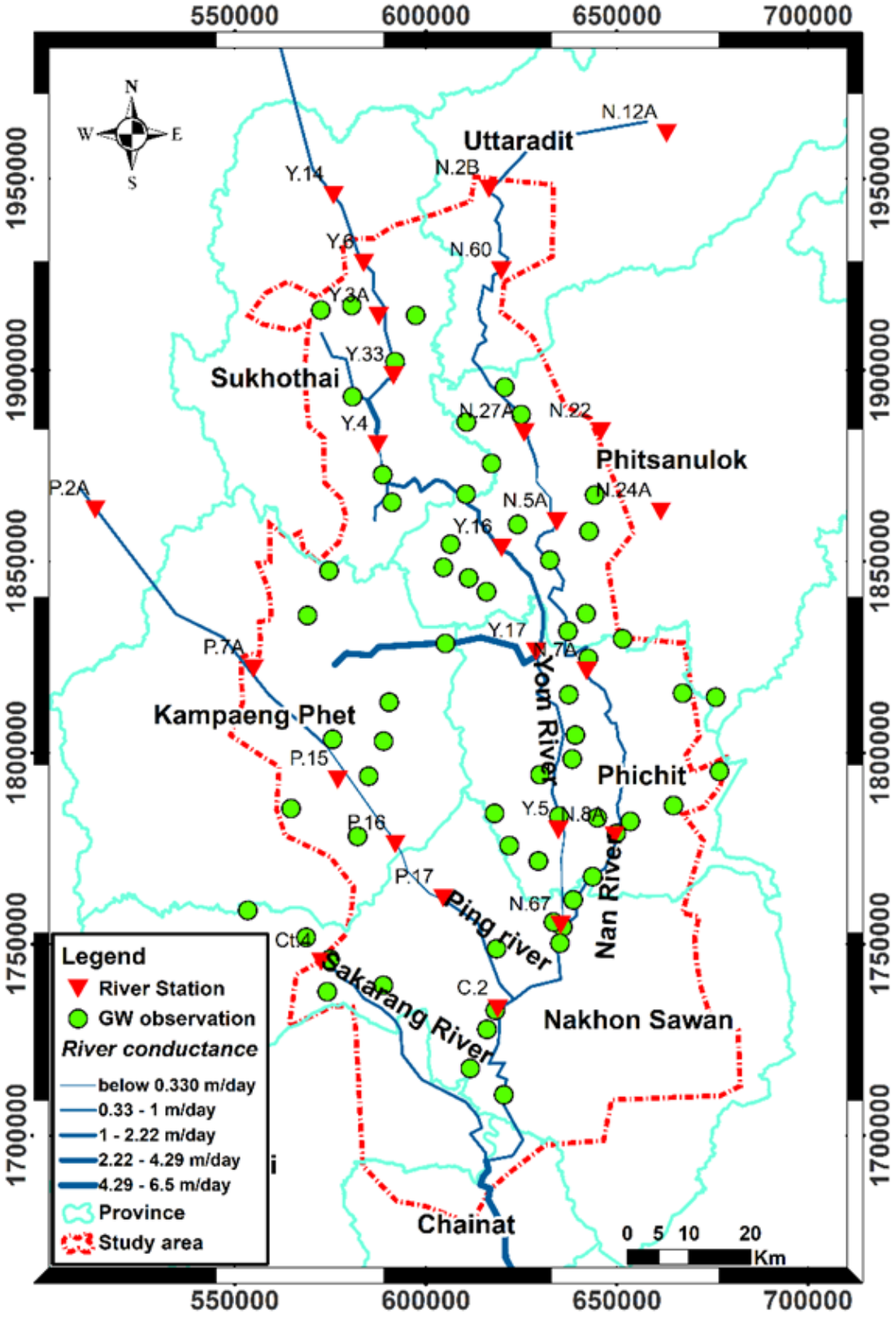
รูปที่ 4-20 แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells) ภาพตัดขวางแบบจำลองน้ำบาดาลระดับของชั้นน้ำส่วนบนและล่างและการกำหนดขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลอง

สำหรับการปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถนำไปร่วมในการวางแผนการปล่อยน้ำจากเขื่อนเพื่อให้เกิดการเพิ่มน้ำต้นทุน ตามเป้าหมายของแผนงาน โดยให้มีแบบจำลองสามารถประมาณค่าอัตราการสูบน้ำบาดาลในราย 2 สัปดาห์ได้ มีรายละเอียดของการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

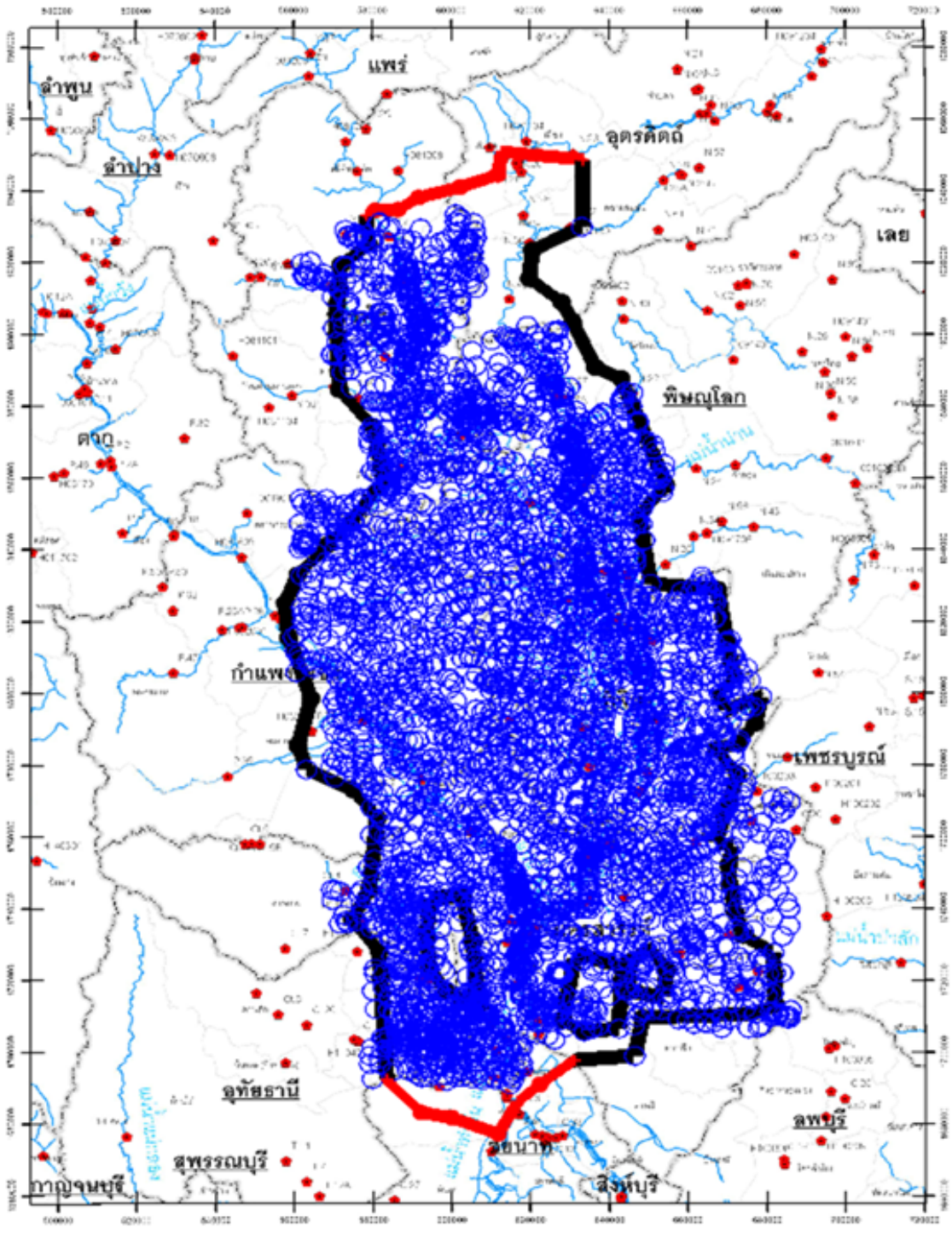
การปรับปรุงให้แบบจำลองน้ำบาดาลที่ประมวลผลแบบรายเดือนเป็นรายสัปดาห์ โดยการนำเข้าข้อมูลเช่นปริมาณฝน ระดับน้ำในแม่น้ำสายหลัก ระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์และการสูบน้ำบาดาลเพิ่มเติม เป็นต้น (รูปที่ 4-20 ถึง 4-21) ดังนี้

a. ระดับน้ำจากสถานีในแม่น้ำสายหลัก 15 สถานี
b. ข้อมูลการติดตามระดับน้ำในพื้นที่
c. ข้อมูลการประมาณการสูบน้ำบาดาลรายสัปดาห์
d. ข้อมูลการประมาณการเติมน้ำรายสัปดาห์

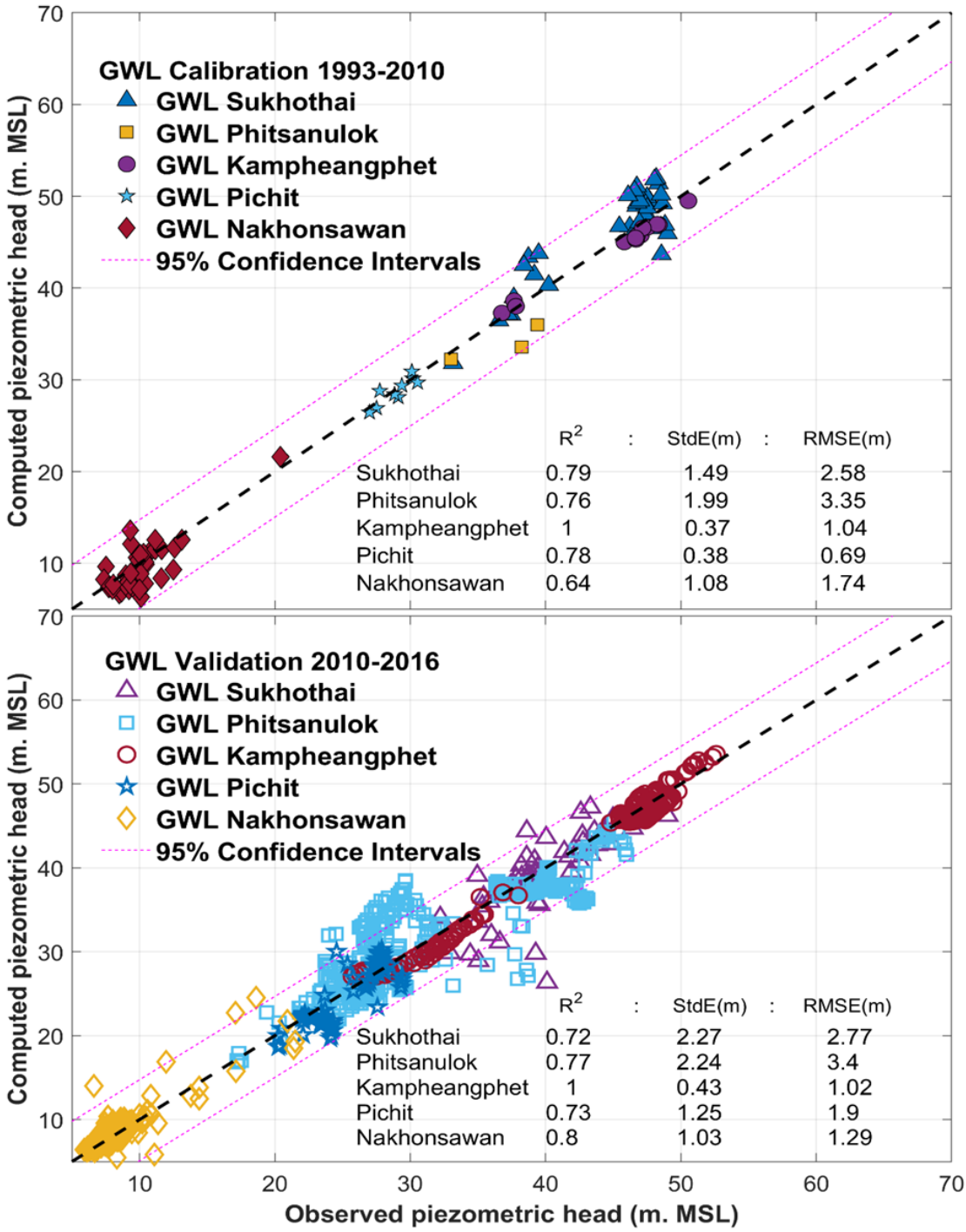
ผลของการปรับการประมวลผลเป็นรายสัปดาห์ในช่วงปรับเทียบและสอบทานมี. ค่า R^2 มากกว่า 0.6-0.92 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.69 – 1.23 เมตร แบบจำลองที่ปรับปรุงดังกล่าวอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในรูป 4-23 โดยรูปที่ 4-24 – รูปที่ 4-28 แสดงค่าเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์ของจังหวัด กำแพงเพชร พิจิตร สุโขทัย พิษณุโลก นครสวรรค์ในช่วงปี 2551-2563 ที่ค่าระดับน้ำบาดาลจากแบบจำลองที่ปรับปรุงดังกล่าวอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95%



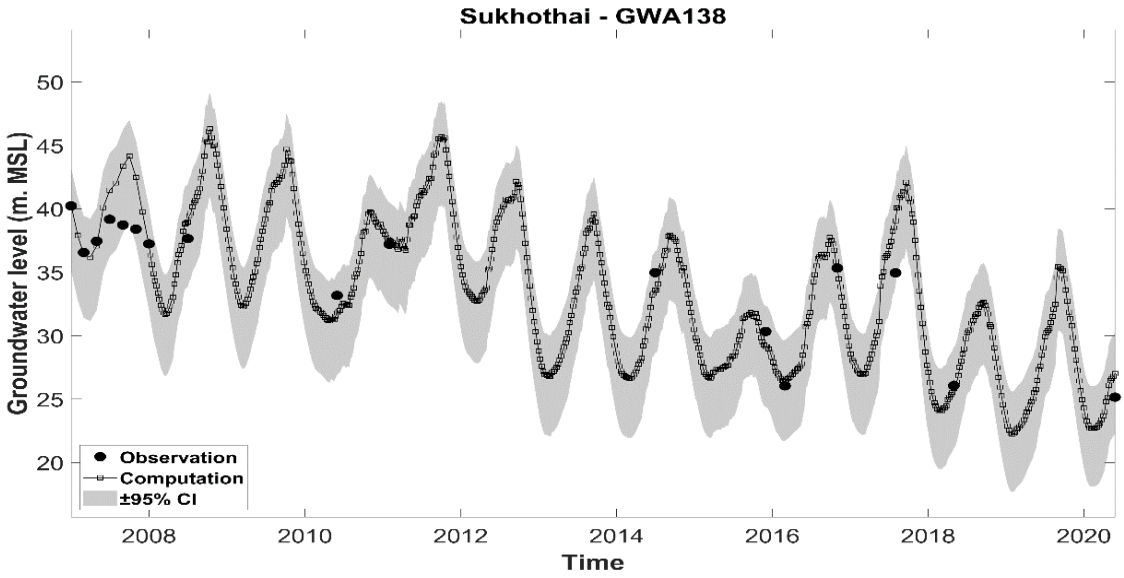
รูปที่ 4-21 สถานีวัดระดับน้ำในแม่น้ำสายหลักและบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่



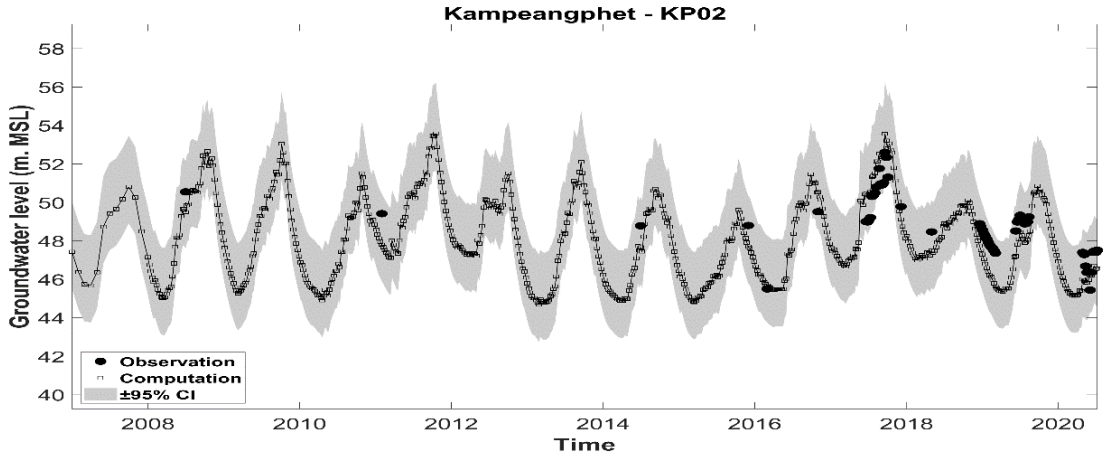
รูปที่ 4-22 บ่อบาดาลที่กระจายตัวในพื้นที่ภาคกลางตอนบน



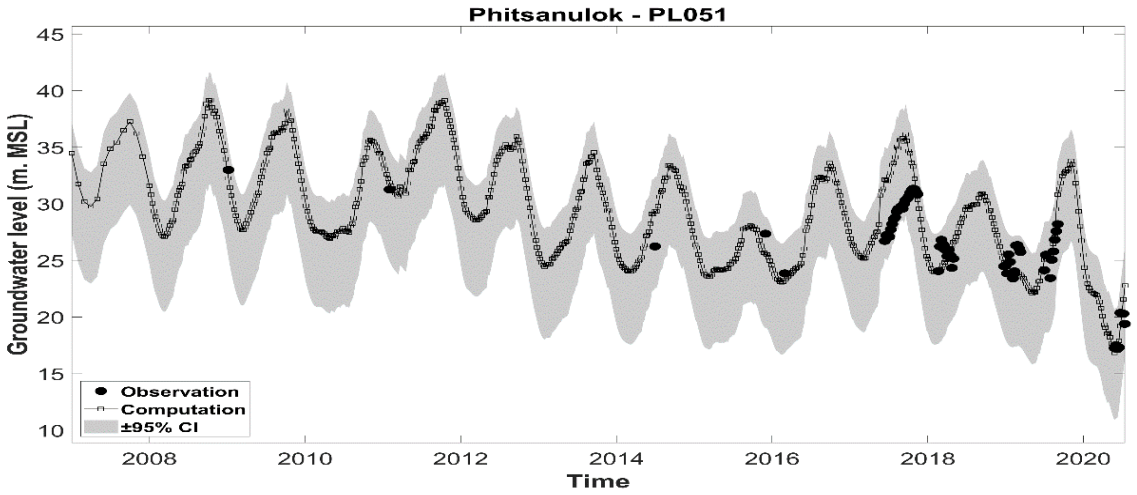
รูปที่ 4-23 ผลการปรับเทียบและสอบทานของแบบจำลองน้ำบาดาล
ของพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางที่ปรับปรุงขึ้น



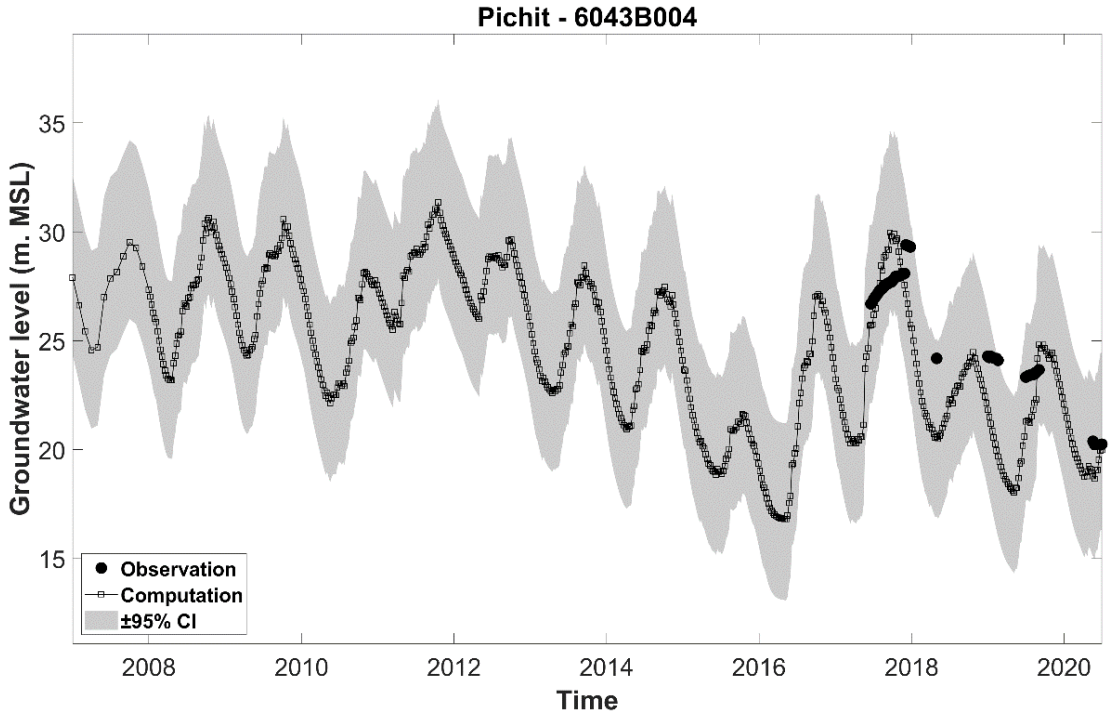
รูปที่ 4-24 เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว กับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดสุโขทัย



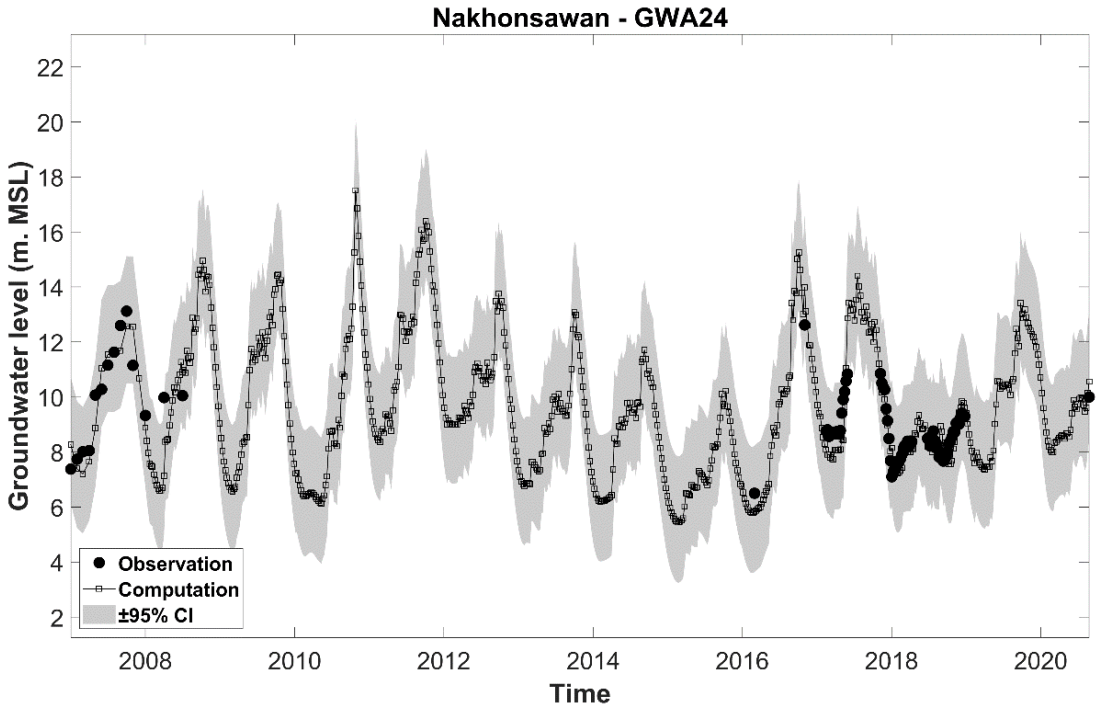
รูปที่ 4-25 เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว กับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดกำแพงเพชร



รูปที่ 4-26 เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว กับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดพิษณุโลก

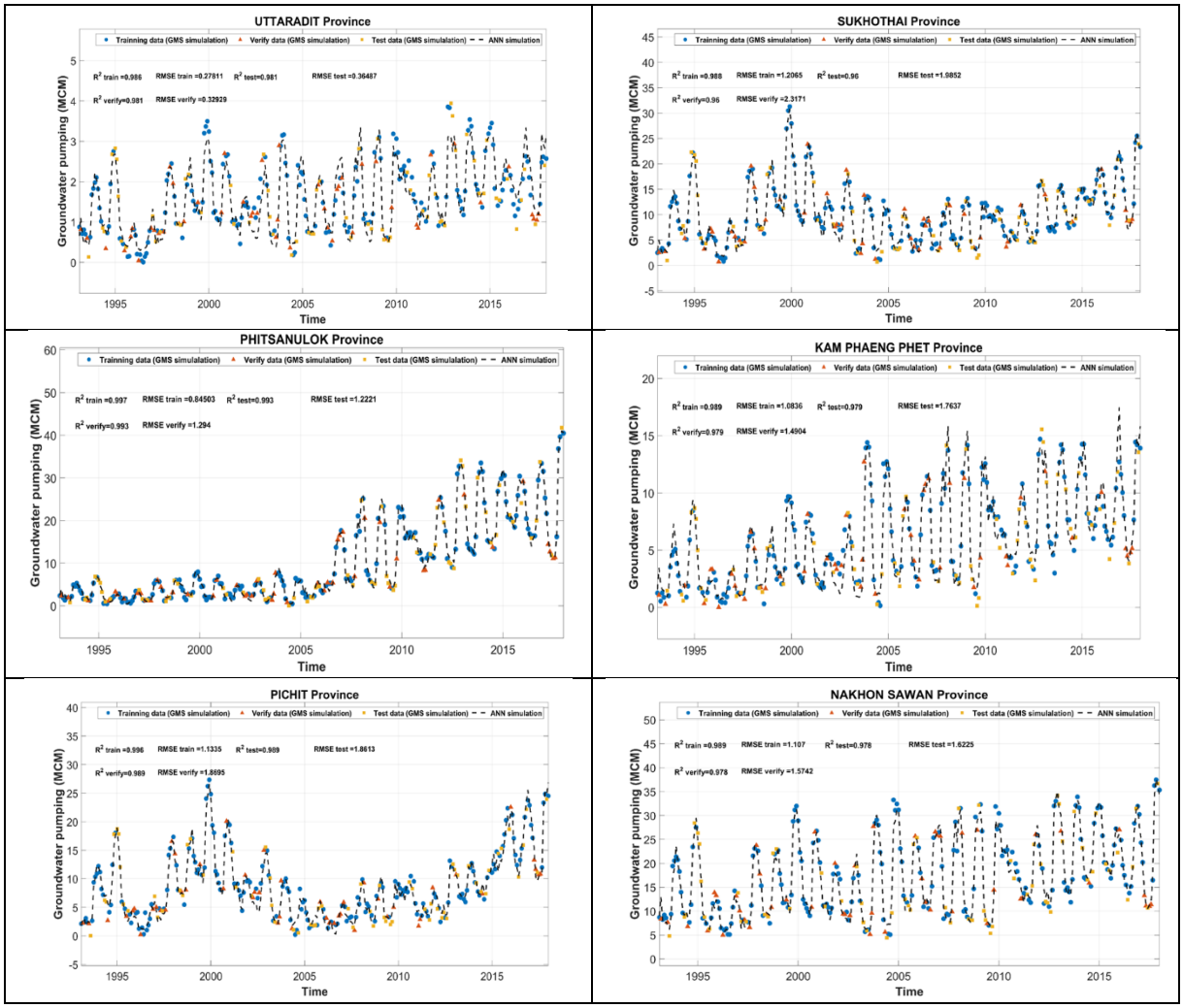


รูปที่ 4-27 เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว กับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดพิจิตร



รูปที่ 4-28 เปรียบเทียบผลการจำลองระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว กับค่าสังเกตการณ์ จังหวัดนครสวรรค์

เมื่อนำข้อมูลจากการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลที่ปรับปรุงแล้วดังกล่าวข้างต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2560 นำชุดข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ เพื่อประเมินหาอัตราการสูบน้ำเมื่อทราบค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณฝน และค่าปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network : ANN) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของทางด้านปัญญาประดิษฐ์(Artificial Intelligence : AI) มีรูปแบบโครงสร้างและการทำงานของการประมวลผลเหมือนกับสมองของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีปรับเปลี่ยนตัวเองต่อการตอบสนองของอินพุตตามกฎของการเรียนรู้ (learning rule)หลังจากที่โครงข่ายได้เรียนรู้สิ่งที่ต้องการแล้ว (อาทิตย์ ศรีแก้ว. 2552) ดังที่ได้ดำเนินการในโครงการระยะที่ 1 ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอดีตรายเดือนมีจำนวน 2,300 ชุด โดยใช้ในระยะ train (จำนวนร้อยละ70) แสดงเป็นจุดสีน้ำเงิน ข้อมูลที่ใช้ในระยะ verify (จำนวนร้อยละ 15) แสดงด้วยจุดสีส้ม ส่วนข้อมูลในระยะ test (จำนวนร้อยละ 15) แสดงด้วยจุดสีเหลือง รูปที่ 4-29 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือนรายจังหวัดพบว่าข้อมูลที่มีการกระจายค่อนข้างต่ำค่า R^2 ทั้งช่วง train verify และ test ของ 6 จังหวัด มีค่ามากกว่า 0.9 ซึ่งผลของค่า weight ของ input และ bias ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-5 ถึงตารางที่ 4-9 ซึ่งสามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำรายเดือนต่อไปได้



รูปที่ 4-29 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน

ตารางที่ 4-5 ค่า weight ของ input D^t ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด

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

ตารางที่ 4-6 ค่า weight ของ input D^{t+1} ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด

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

ตารางที่ 4-7 ค่า weight ของ input R^t (ฝน) รายจังหวัด

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

ตารางที่ 4-8 ค่า weight ของ input WD^t (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน) รายจังหวัด

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

ตารางที่ 4-9 ค่า weight ของ input WD^{t+1} (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน) รายจังหวัด

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

และได้นำมาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆมาจัดทำเป็นโปรแกรมที่สามารถให้เจ้าหน้าที่สามารถใช้ได้อย่างง่าย เพียงกรอกค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำในเขื่อนภูมพลและสิริกิติ์ ดังแสดงหน้าตาของ user interface ดังรูปที่ 4-30

รูปที่ 4-30 หน้าตาของ user interface ของโปรแกรมการคาดการณ์การสูบน้ำบาดาล

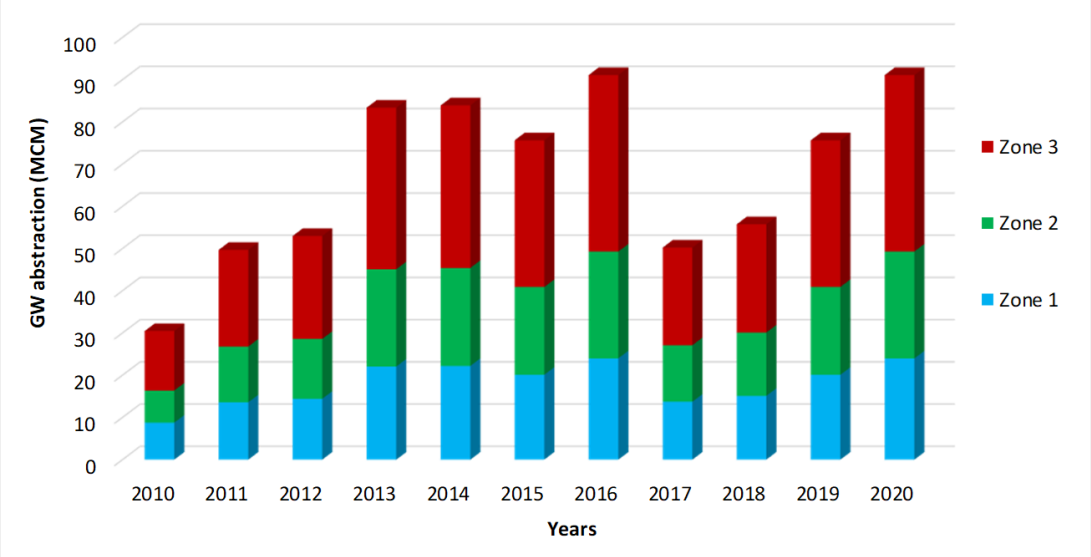
บทที่ 5
ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงและเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

5.1 การวิเคราะห์สภาพการใช้น้ำบาดาลพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง ราย zone ที่ผ่านมา

เพื่อที่จะได้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของการใช้น้ำและระดับน้ำบาดาลเพื่อกำหนดกรอบการใช้น้ำที่เหมาะสมในพื้นที่ส่งน้ำทั้ง 3 zone จึงได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองแบบจำลองน้ำบาดาลพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง เพื่อประเมินสภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมตามปีน้ำต่างๆ โดยผลจากการจำลองสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ เมื่อพิจารณารายพื้นที่ส่งน้ำ(Zone) ซึ่งใน คบ.ท่อทองแดงมี 3 พื้นที่ส่งน้ำ มีผลการประเมินการสูบน้ำแสดงดังตารางที่ 5-1 และรูปที่ 5-1 มีค่าการสูบน้ำบาดาลทั้งพื้นที่อยู่ในช่วง 30-91 ล้าน ลบ.ม. โดยใน zone 3 จะเป็นพื้นที่ที่มีการสูบใช้น้ำมากที่สุด มีค่า 14-42 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ส่วน zone 1 จะมีค่าการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 9-24 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี zone 2 มีค่าการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 8-25ล้าน ลบ.ม.ต่อปี

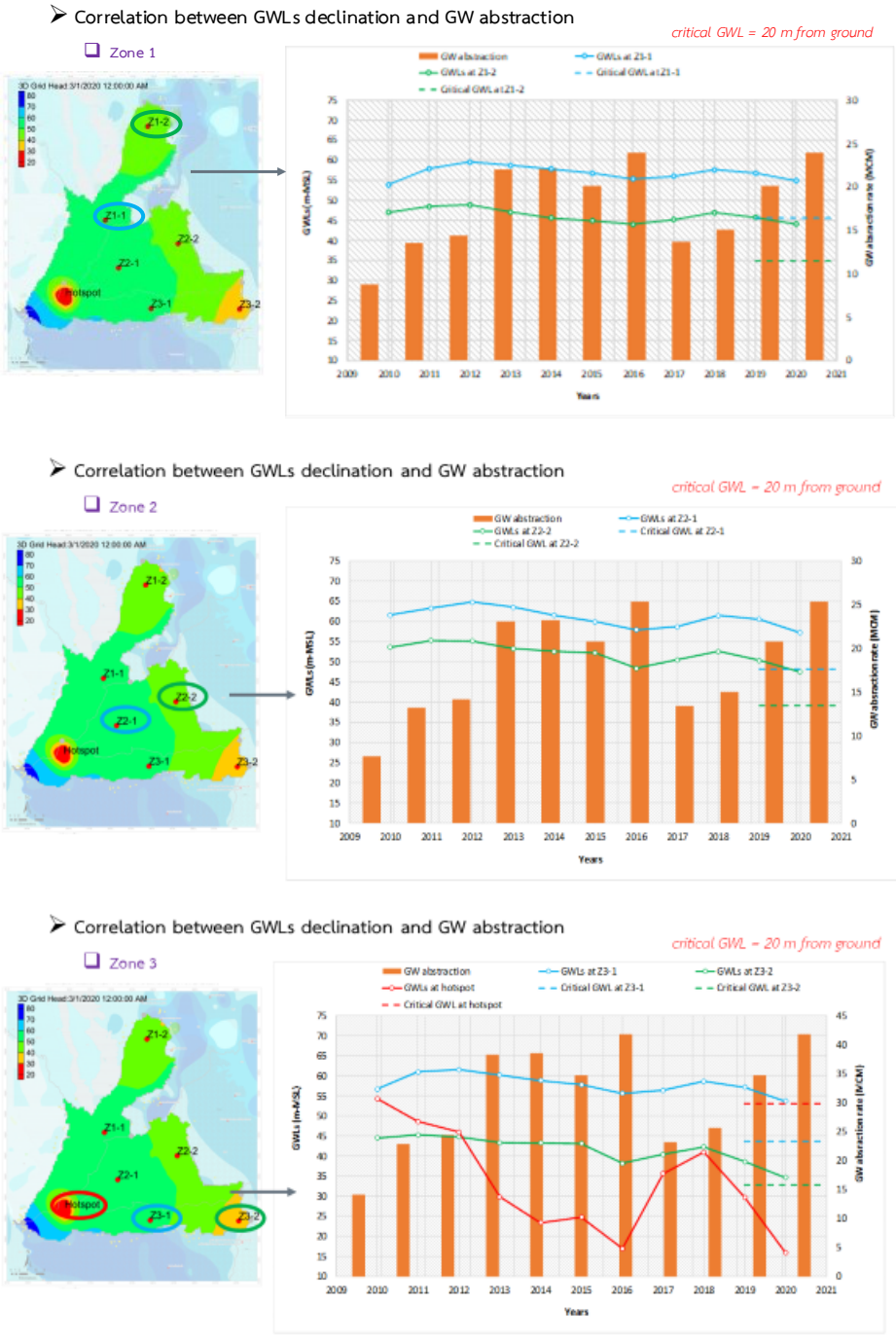
ตารางที่ 5-1 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายพื้นที่ส่งน้ำ

ปี	ปริมาณการสูบน้ำบาดาล(ล้าน ลบ.ม.)			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Total
2553	9	8	14	30
2554	14	13	23	50
2555	14	14	24	53
2556	22	23	38	83
2557	22	23	39	84
2558	20	21	35	76
2559	24	25	42	91
2560	14	13	23	50
2561	15	15	26	56
2562	20	21	35	76
2563	24	25	42	91



รูปที่ 5-1 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายพื้นที่ส่งน้ำในช่วงปี 2010-2020 (พ.ศ. 2553-2563)

เมื่อนำค่าระดับน้ำบาดาลในสถานีตัวแทนและค่าอัตราการสูบน้ำรายพื้นที่ส่งน้ำมาแสดงในรูปที่ 5-2 ซึ่งเมื่อกำหนดให้ค่าระดับน้ำบาดาลต้องไม่ต่ำกว่าพื้นดิน 20 เมตร ตามสภาพที่เกษตรกรจะสามารถดึงน้ำมาใช้ได้จะพบว่าใน zone1-3 จะยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อที่รู้สภาพปริมาณที่สามารถดึงน้ำมาใช้ได้ในสภาพการณ์ของปีน้ำจึงได้ดำเนินใช้แบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นจำลองสภาพเพื่อหาปริมาณการสูบน้ำดังกล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 5-2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับน้ำบาดาลกับค่าการสูบน้ำบาดาลรายพื้นที่ส่งน้ำรายปี

จากข้อมูลสภาพน้ำบาดาลที่ผ่านมาสามารถสรุปปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามราย zone และรายชั้นน้ำตามสภาพปีน้ำต่างๆ (รูปที่ 5-3) โดยเกณฑ์การแบ่งปีน้ำ เป็นดังนี้

ปีน้ำมาก ค่าปริมาณฝนตกมากกว่า 1,400 มม/ปี

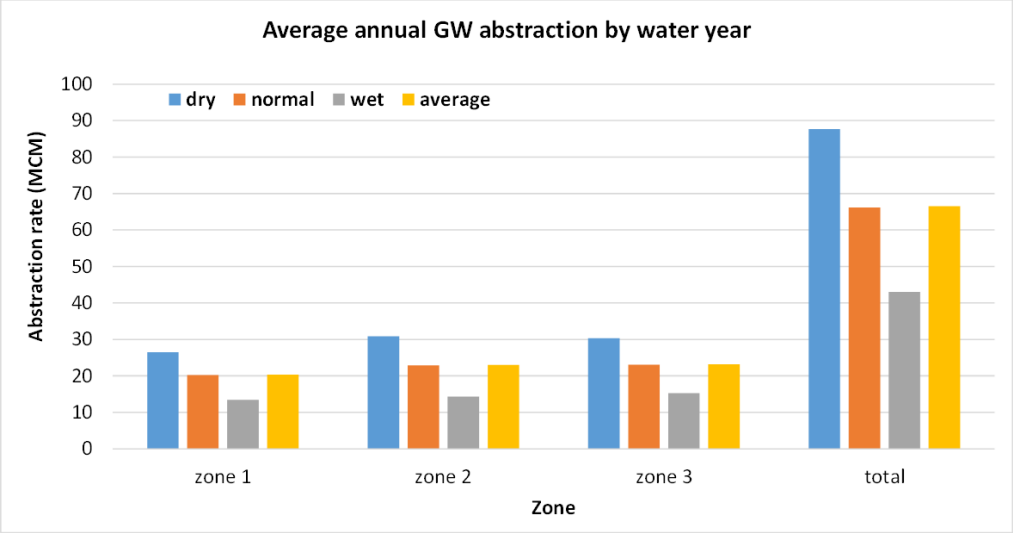
ปีน้ำปกติ ค่าปริมาณฝนอยู่ในช่วง 1,000-1,400 มม/ปี

ปีน้ำน้อย ค่าปริมาณฝนน้อยกว่า 1,000 มม/ปี

ค่าการสูบน้ำของ zone1 มีค่าเท่ากับ 13.4 20.2 และ26.5 ล้าน ลบ.ม. ในปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 20.3 ล้าน ลบ.ม.

ค่าการสูบน้ำของ zone2 มีค่าเท่ากับ 14.3 22.9 และ30.9 ล้าน ลบ.ม. ในปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 23.0 ล้าน ลบ.ม.

ค่าการสูบน้ำของ zone3 มีค่าเท่ากับ 15.22 23.1 และ30.3 ล้าน ลบ.ม. ในปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 23.2 ล้าน ลบ.ม.



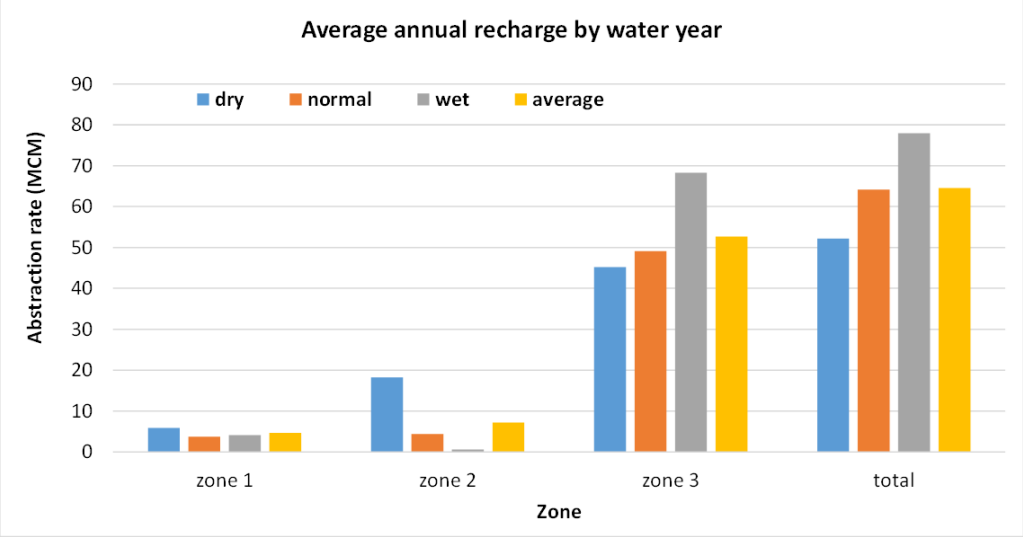
รูปที่ 5-3 ค่าปริมาณการสูบน้ำเฉลี่ยตามปีน้ำ ตามรายzone ส่งน้ำ

สรุปค่าการการเติมน้ำ (จากน้ำฝนและแม่น้ำ) ผลจากแบบจำลองตามราย zone และรายชั้นน้ำตามสภาพปีน้ำต่างๆ (รูปที่ 5-4)

ค่าการเติมน้ำของ zone1 มีค่าเท่ากับ 4.1 3.8 และ5.9 ล้าน ลบ.ม. ในปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 4.6 ล้าน ลบ.ม.

ค่าการเติมน้ำของ zone2 มีค่าเท่ากับ 0.6 4.4 และ18.2 ล้าน ลบ.ม. ในปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 7.2 ล้าน ลบ.ม.

ค่าการเติมน้ำของ zone3 มีค่าเท่ากับ 68.3 49.1 และ45.2 ล้าน ลบ.ม. ในปีน้ำมาก ปีน้ำปกติและปีน้ำน้อย ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 52.1 ล้าน ลบ.ม.



รูปที่ 5-4 ค่าปริมาณการเติมน้ำ (Gw recharge) เฉลี่ยตามปีน้ำ ตามรายzone ส่งน้ำ

5.2 ปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้ในสภาพปีน้ำต่างๆ

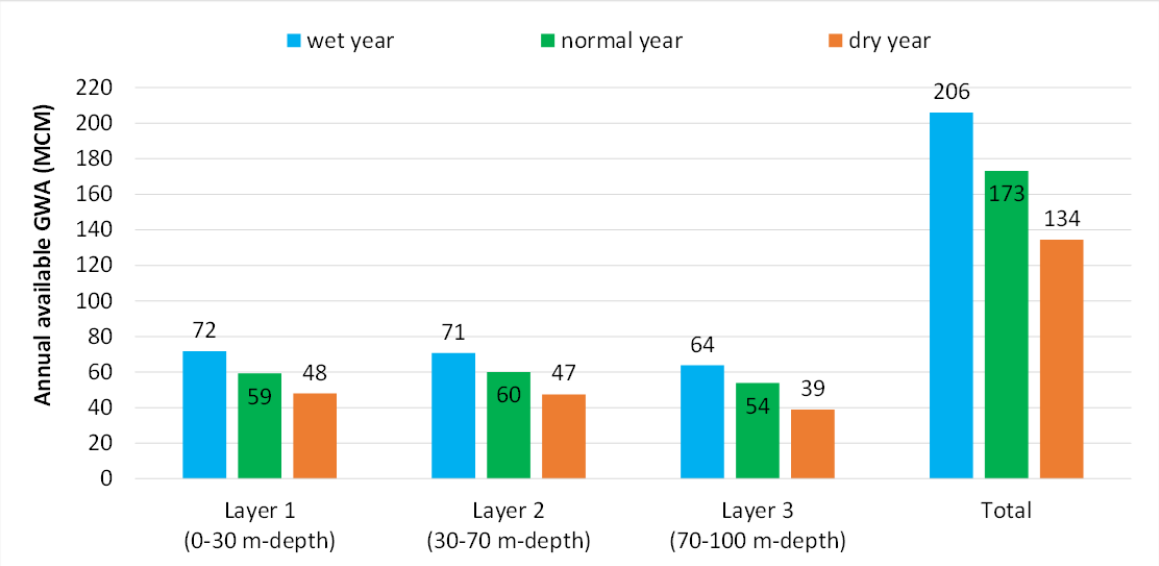
จำลองสภาพเหตการณ์ของสภาพการไหลของน้ำบาดาลในสภาพปีน้ำต่างๆได้แก่ สภาพปริมาณปีที่ฝนมากสุด ปีที่ฝนตกน้อยสุดและฝนเฉลี่ยจากข้อมูลอดีต 30 ปี เพื่อหาปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้โดยสภาพระดับน้ำบาดาลไม่ต่ำกว่าความลึกที่กำหนด(ต่ำจากผิวดินไม่เกิน 20เมตร) โดยเกณฑ์การแบ่งปีน้ำเป็นดังนี้

ปีน้ำมาก ค่าปริมาณฝนตกมากกว่า 1,400 มม/ปี

ปีน้ำปกติ ค่าปริมาณฝนอยู่ในช่วง 1,000-1,400 มม/ปี

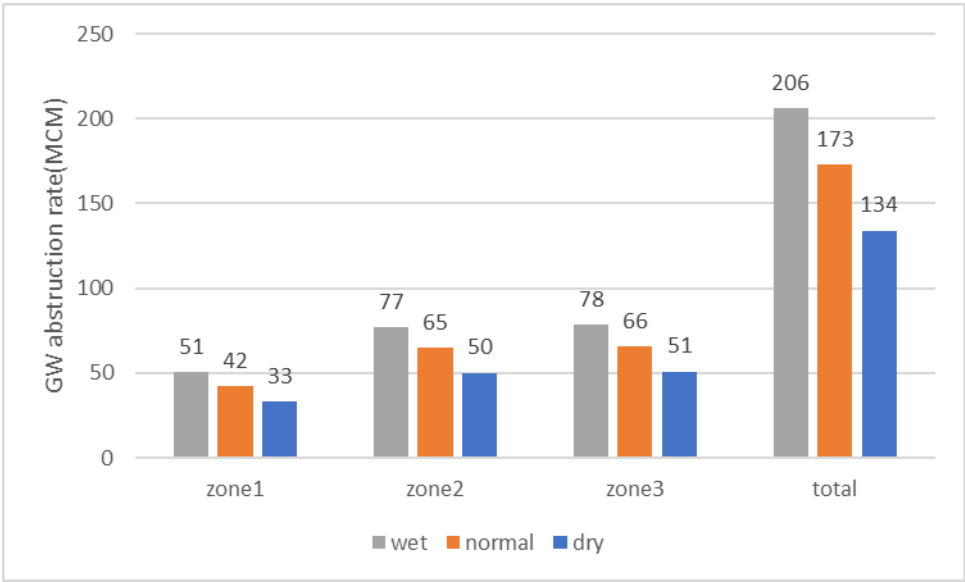
ปีน้ำน้อย ค่าปริมาณฝนน้อยกว่า 1,000 มม/ปี

สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆรายชั้นน้ำแสดงรูปที่ 5-5 โดยมีค่ารวมทุกชั้นน้ำเท่ากับ 206 173 และ 134 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 72 59 และ 48 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 71 60 และ 47 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 64 54 และ 39 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ



รูปที่ 5-5 ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (available pumping)
ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายชั้นน้ำ

เมื่อพิจารณาราย zone สำหรับ zone1 รูปที่ 5-6 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 51 42 และ 33 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาราย zone สำหรับ zone2 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 77 65 และ 50 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาราย zone สำหรับ zone3 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 78 66 และ 51 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ



รูปที่ 5-6 ปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ (available pumping) รายZone ส่งน้ำ
ในสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ รายชั้นน้ำ ราย zoneส่งน้ำ

5.3 เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆ จากการขาดแคลนน้ำ

2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัดเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร

3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย

4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่า และชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย

บทที่ 6
บทสรุปและข้อมูลเสนอแนะ

6.1 สภาพน้ำบาดาล

1. ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลจากฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลพสุธารา บ่อน้ำบาดาลที่อยู่ในพื้นที่ท่อทองแดง และอยู่นอกเขตพื้นที่ท่อทองแดง รัศมี 5 กิโลเมตร จำนวนทั้งสิ้น 956 บ่อ โดยมีการตัดข้อมูลบ่อตอกน้ำตื้น บ่อที่ใช้งานไม่ได้ปิดกลบบ่อ ใช้ไม่ได้น้ำแห้ง ใช้งานไม่ได้สาเหตุอื่นๆ บ่อชำรุด และบ่อที่ไม่มีพิกัดออก ตัดบ่อน้ำบาดาลที่ไม่ใช้งาน จำพวก กก,จช ออก ซึ่งเป็นบ่อเก่าเลิกใช้งาน จำนวน 310 บ่อ เหลือจำนวนบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่จำนวน 646 บ่อ ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลเอกชน ที่มีการขออนุญาตเจาะใช้ สำหรับเกษตรกรรม อุปโภค-บริโภค ธุรกิจ และอุตสาหกรรมในพื้นที่ท่อแดง และบ่อน้ำบาดาลที่อยู่นอกเขตพื้นที่ท่อทองแดง รัศมี 5 กิโลเมตร จากพื้นที่ท่อทองแดง จำนวน 1,033 บ่อ เป็นบ่อ น้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรม จำนวน 786 บ่อ เพื่ออุปโภค-บริโภค จำนวน 100 บ่อ เพื่อธุรกิจ จำนวน 94 บ่อ และเพื่ออุตสาหกรรม จำนวน 53 บ่อ สรุปได้ว่า ในเขตพื้นที่ท่อทองแดง มีจำนวนบ่อบาดาลทั้งสิ้น 1,989 บ่อ ซึ่งเป็นบ่อของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวน 956 บ่อ และเป็นบ่อเอกชนที่มีการลงทะเบียนไว้กับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจำนวน 1,033 บ่อ

สำหรับบ่อสังเกตการณ์ข้อมูลระดับน้ำบาดาล จากบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ท่อทองแดงและพื้นที่โดยรอบ จำนวน 16 สถานี จำแนกเป็นสถานีที่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ(Recorder) จำนวน 7 สถานีและสถานีที่ไม่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ จำนวน 9 สถานี

2. ระดับน้ำรายเดือน

ผลการวัดระดับน้ำเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่ เริ่มทำการวัดระดับน้ำจากสถานีสังเกตการณ์ที่ไม่มีเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติทั้งหมด 9 สถานี โดยทำการวัดระดับน้ำด้วยเทปวัดระดับน้ำ (electric tape) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2564 และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565 จากผลการวัดระดับน้ำบาดาลพบว่าระดับน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นและในบ่อน้ำบาดาลระดับลึกมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยแนวโน้มของระดับน้ำบาดาลลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนเมษายน และระดับน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน ระดับน้ำบาดาลที่ลดลงมากที่สุดเปรียบเทียบกับระดับน้ำปกติหลังเจาะบ่อสังเกตการณ์ พบว่าลดลงอยู่ในช่วง 3-9 เมตร พื้นที่ที่ระดับน้ำบาดาลลดลมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ตำบลเขาคีริส ตำบลวังตะแบก อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร

และตำบลบึงบัว อำเภอวชิรบารมี จังหวัดพิจิตร ส่วนระดับน้ำบาดาลในรอบระหว่างปีลดลงอยู่ในช่วง 1.5- 3 เมตร และอาจลดลงถึงช่วง 4-12 เมตรได้ หากมีการสูบน้ำจากบ่อบาดาลใกล้เคียง

3. <u>การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล</u>

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

6.2 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

การประเมินการใช้น้ำบาดาล โดยกำหนดกรอบการพิจารณาเป็น 3 หมวด ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

ได้ดำเนินประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และจากข้อมูล กชช.2 ค. ของกรมพัฒนาชุมชน พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ผลการประมาณการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ โดยมีการสูบน้ำรวมเท่ากับ 127,924 ลบ.มต่อวัน ในภาคเกษตรกรรมมีการสูบน้ำสูงสุด96,790 ลบ.มต่อวัน ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมเท่ากับ 6,383 ลบ.มต่อวัน 20,363 ลบ.มต่อวัน 4,388 ลบ.มต่อวัน ตามลำดับ

6.3 ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนามทดลองหาอัตราการสูบน้ำบาดาลและสำรวจลักษณะการใช้น้ำ (จากโครงการ 2.2.4)

จากแบบสำรวจการใช้น้ำบาดาลจากโครงการ 2.2.4 จำนวน 354 บ่อ พบว่าเป็นบ่อที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค จำนวน 94 บ่อ หรือคิดเป็นร้อยละ 26.55 เพื่อการเกษตร จำนวน 290 บ่อ หรือคิดเป็นร้อยละ 73.45 มีความถี่ในการสูบน้ำในช่วงเดือน มกราคมถึงเดือนมิถุนายน โดยมีจำนวนการสูบต่อวันเฉลี่ยวันละ 15 ชั่วโมง เครื่องสูบน้ำที่สามารถแยกประเภทได้จากแบบสอบถามแบ่งออกเป็นเครื่องสูบชนิดเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำหรือซับเมอร์สซิเบิลปั๊ม จำนวน 140 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 39.55 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยง (ปั๊มหอยโข่ง) จำนวน 156 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 44.07 เครื่องสูบน้ำเทอร์ไบน์ จำนวน 2 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 0.56 สูบมือโยก

จำนวน 3 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 0.85 และเครื่องสูบน้ำอื่นๆ เช่นเครื่องสูบน้ำต้นกำลังรถไถเดินตาม จำนวน 53 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 14.97

6.4 การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง

ได้ดำเนินการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานต่างๆ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่และข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองเชิงภูมิภาคของการศึกษาในระยะที่ 1 โดยผลของการประมวลผลแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในช่วงปรับเทียบ(ปี 2553-2559) มีค่า R^2 มากกว่า 0.7 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.96 – 1.02 เมตร และในช่วงสอบทาน(ปี 2560-2663) มีค่า R^2 มากกว่า 0.7 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 1.04 – 1.36 เมตร

จากผลของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสรุปสภาพของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง ในช่วงปี 2553-2563 สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลและสมดุลของระบบน้ำบาดาลได้ ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าฤดูกาลมีส่วนสำคัญที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่คือในฤดูแล้งจะมีการสูบใช้น้ำบาดาลมาก เมื่อพิจารณาสมดุลน้ำบาดาลในภาพรวมทั้งปี ของปี 2563 พบว่ามีค่าอัตราการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 30.3 ล้าน ลบ.ม มีค่าเติมน้ำจากแม่น้ำเท่ากับ 7.4 ล้าน ลบ.ม และมีค่าการสูบน้ำบาดาลโดยรวมเท่ากับ 91.1 ล้าน ลบ.ม โดยสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 1 เท่ากับ 24.9 ล้าน ลบ.ม ชั้นที่ 2 เท่ากับ 39.7 ล้าน ลบ.ม และสูบน้ำบาดาลในชั้นที่ 3 เท่ากับ 26.5 ล้าน ลบ.ม. และมีการไหลเข้าออกระหว่างชั้นน้ำต่างๆดังนี้ จากชั้นที่ 1 ไปชั้นที่ 2 เท่ากับ 43.6 ล้าน ลบ.ม จากชั้นที่ 2 ไปชั้นที่ 3 เท่ากับ 23.1 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลเข้าจากระบบน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 เท่ากับ 34.0 ล้าน ลบ.ม และ 0.1 ล้าน ลบ.ม ตามลำดับ น้ำไหลออกจากระบบน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ในชั้นที่3 เท่ากับ 11.9 ล้าน ลบ.ม.

6.5 สรุปผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ คบ.ท่อทองแดง

ผลการศึกษาน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโครงการชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง สำหรับปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – 2564 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 43, 66 และ 88 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 65 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 17, 29 และ 19 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 17, 18 และ 30 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 206, 173 และ 134 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง

ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 171 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 45, 75 และ 50 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 42, 64 และ 65 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 78, 65 และ 53 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 64 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายชั้นให้น้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในชั้นที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 44, 15 และ 5 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ แบ่งเป็นรายโซนส่งน้ำ พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในในโซนส่งน้ำที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรายปี 21, 26 และ 17 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามลำดับ

6.6 การปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 พื้นที่ภาคกลางตอนบน ให้รองรับกับการจัดการน้ำรายสัปดาห์เพื่อเตรียมใช้ในการ co-run

ได้ปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางจากการศึกษาที่ผ่านมาของโครงการ“การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”(ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ 2563) ซึ่งพื้นที่แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้น โดยมีการนำข้อมูลผลการศึกษาด้านน้ำผิวดินจากโครงการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่างในระยะที่ 1 และมีการประสานงานกับโครงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในแผนงานที่3 แบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาขึ้นในระยะ 1 โดยมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถนำไปร่วมในการวางแผนการปล่อยน้ำจากเขื่อนเพื่อให้เกิดการเพิ่มน้ำต้นทุน ตามเป้าหมายของแผนงาน โดยให้มีแบบจำลองสามารถประมาณค่าอัตราการสูบน้ำบาดาลในราย 2 สัปดาห์ได้ ซึ่งผลของการปรับการประมวลผลเป็นรายสัปดาห์ในช่วงปรับเทียบและสอบทานมี. ค่า R^2 มากกว่า 0.6-0.92 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.69 – 1.23 เมตร แบบจำลองที่ปรับปรุงดังกล่าวอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95%

และได้ใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network : ANN) สร้างความสัมพันธ์นำไปใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยในที่นี้จะเป็นการคาดการณ์การใช้น้ำของทั้ง 6 จังหวัด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือนรายจังหวัดพบว่าข้อมูลที่มีการกระจายค่อนข้างต่ำค่า R^2 ทั้งช่วง train และ verify ของ 6 จังหวัด มีค่ามากกว่า 0.9 จึงสามารถนำผลของ

ความสัมพันธ์นี้ ได้แก่ ค่า weight ของ input และ bias ที่ได้ ซึ่งสามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำรายเดือนต่อไปได้ โดยได้จัดทำเป็นโปรแกรมให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย

6.7 สรุปผลการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลางตอนบน

ผลการศึกษาน้ำบาดาลจากการปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลที่ได้พัฒนาในระยะที่ 1 ในพื้นที่ภาคกลางตอนบน สำหรับปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – 2564 ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 705, 943 และ 1220 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 956 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีการใช้น้ำบาดาล ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์ มีค่าเฉลี่ยรายปี 97, 200, 19, 272 และ179 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 2234, 2000 และ 1633 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 1963 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์มีค่าเฉลี่ยรายปี 288, 490, 47, 415, 452 และ 271 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามลำดับ

ผลการศึกษาสำหรับปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง ตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 532, 685 และ 1004 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำแล้ง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยรายปี 740 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี แบ่งเป็นรายจังหวัด พบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาล ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก และ นครสวรรค์มีค่าเฉลี่ยรายปี 72, 174, 46, 141, 208 และ 101 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ตามลำดับ

นอกจากนี้กราฟความสัมพันธ์ ระดับน้ำกับอัตราการสูบน้ำ (จากรายงานโครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง รูปที่ 5.3-5 หน้า 5-47) โดยข้อมูลระดับน้ำบาดาลสามารถใช้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำอัตโนมัติที่ทางโครงการได้ติดตั้งแล้วในระยะที่ 1และของทางกรมน้ำบาดาลที่มี เป็นตัวช่วยประเมินอัตราการสูบที่ยังสูบและใช้เป็นเกณฑ์ได้

6.8 เกณฑ์การใช้น้ำบาดาล(การสูบน้ำที่ยอมรับได้)จากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี

ผลจากการจำลองสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ เมื่อพิจารณารายพื้นที่ส่งน้ำ(Zone)ซึ่งใน คบ.ท่อทองแดงมี 3 พื้นที่ส่งน้ำ มีผลการประเมินการสูบน้ำ มีค่าการสูบน้ำบาดาลทั้งพื้นที่อยู่ในช่วง 30-91 ล้าน ลบ.ม. โดยใน zone3 จะเป็นพื้นที่ที่มีการสูบใช้น้ำมากที่สุด มีค่า 14-42 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ส่วน zone 1 จะมีค่าการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 9-24 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี zone2 มีค่าการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 8-25 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี เมื่อกำหนดให้

ค่าระดับน้ำต้องไม่ต่ำกว่าพื้นดิน 20 เมตร ตามสภาพที่เกษตรกรจะสามารถดึงน้ำมาใช้ได้จะพบว่าใน zone1-3 จะยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว และเพื่อหาเกณฑ์ปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่จะสามารถใช้ได้โดยสภาพระดับน้ำบาดาลไม่ต่ำกว่าความลึกที่กำหนด(ต่ำจากผิวดินไม่เกิน 20เมตร)จำลองสภาพเหตการณ์ของสภาพการไหลของน้ำบาดาลในสภาพปีน้ำต่างๆได้แก่ สภาพปริมาณปีที่ฝนมากสุด ปีที่ฝนตกน้อยสุดและฝนเฉลี่ยจากข้อมูลอดีต 30 ปี สำหรับปริมาณการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้ของพื้นที่ คบ.ท่อทองแดงตามสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ โดยมีค่าเท่ากับ 206 173 และ 134 ล้าน ลบ.มต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำแล้ง ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 72 59 และ 48 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ น้ำน้อยและน้ำน้อน ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 71 60 และ 47 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ สำหรับชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ 64 54 และ 39 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาราย zone สำหรับ zone1 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 51 42 และ 33 ล้าน ลบ.มต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาราย zone สำหรับ zone2 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 77 65 และ 50 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาราย zone สำหรับ zone3 พบว่ามีค่าการสูบน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 78 66 และ 51 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีตามสถานการณ์ปีน้ำมาก น้ำปกติ และน้ำน้อย ตามลำดับ

นอกจากนี้กราฟความสัมพันธ์ ระดับน้ำกับอัตราการสูบน้ำ รายโซนส่งน้ำ (รูปที่ 4-16 ถึงรูปที่ 4-18) (หน้า 4-19 ถึง 4-20) เป็นตัวช่วยประเมินอัตราการสูบที่ยังสูบและใช้เป็นเกณฑ์ได้

6.9 เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆ จากการขาดแคลนน้ำ
2. ประเมินปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลกับปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายฤดูกาล ที่สร้างขึ้นสำหรับแต่ละจังหวัดเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้ทราบว่ายังมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาได้อีกเท่าไร
3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาด

แคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้ มีการศึกษาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้สำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย

4. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่า และชั้นน้ำบาดาลข้างเคียงเป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน มีผลการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลสำหรับแต่ละจังหวัด ในแต่ละปีน้ำ แยกเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำน้อย

6.10 ข้อเสนอแนะ

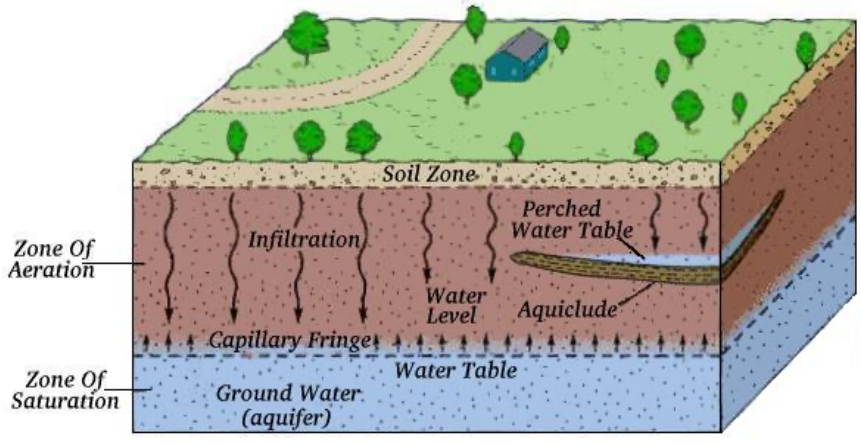
เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงานควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วมดังต่อไปนี้

1. <u>พัฒนาระบบฐานข้อมูล</u>
   1) ควรมีบ่อสังเกตการณ์วัดระดับน้ำบาดาลกระจายทั่วพื้นที่อย่างเพียงพอและมีการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตุการณ์อย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์หรือทุกเดือนเพื่อติดตามสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลให้ทันเหตุการณ์เพื่อเป็นข้อมูลให้กับแบบจำลองน้ำบาดาลให้ทันเหตุการณ์
   2) ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล แบบ Real-Time กระจายทั้งพื้นที่ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าเชื่อมโยงกับแบบจำลองน้ำบาดาลให้ทันเหตุการณ์
   3) ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับในแม่น้ำแบบ Real-Time กระจายตลอดความยาวแม่น้ำ หรือคลองที่สำคัญในพื้นที่ศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์น้ำผิวดินในพื้นที่ให้ทันเหตุการณ์และประเมินการเติมน้ำจากแม่น้ำสู่น้ำบาดาล
   4) ควรติดตั้งเครื่องมือวัดข้อมูลการใช้น้ำของการเพาะปลูกพืชด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เครื่องมือวัดความชื้นในดิน เครื่องมือวัดระดับน้ำในแปลงนา ภาพถ่ายดาวเทียมประเมินพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น

2. ศึกษาวิจัยรายละเอียดถึงสภาพกลไกการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติเช่นแหล่งน้ำที่เติมเช่นจากฝนในพื้นที่ หรือจากแหล่งน้ำผิวดินอื่นๆ ระยะเวลาที่เดินทางมาเติมเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล

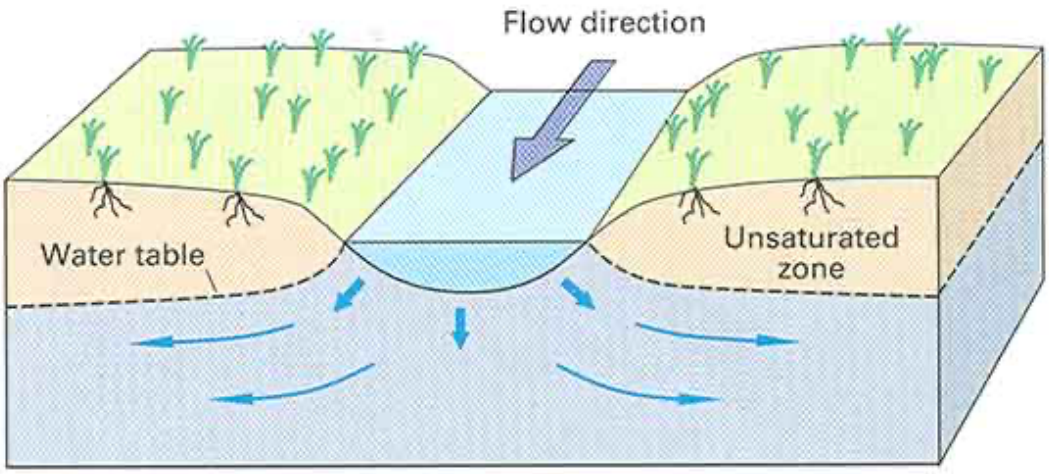
1) กลไกการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติในประเทศไทย

การเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติเกิดจากฝนไหลซึมจากผิวดินไปสู่ใต้ผิวดิน ไปสู่ชั้น Aeration Zone ชั้น Saturation Zone และชั้นน้ำบาดาล ดังรูปที่ 6-1 นอกจากนั้นน้ำฝนแล้ว ยังมีน้ำที่เติมจากแม่น้ำ คลองดิน สระน้ำ หรือทะเลสาบ (รูปที่ 6-2) เป็นต้น เมื่อน้ำผิวดินเติมเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลจะมีปัจจัยที่มีผลต่อการไหลจากการเติมน้ำผิวดิน คือ ปริมาณการเติมน้ำ (Recharge Quantity) ระดับความสูงของสภาพภูมิประเทศ (Topography Altitude Variation) สภาพการใช้ที่ดิน (Land Uses) สภาพธรณีวิทยา (Geology) คุณสมบัติของหิน (Porous Media Properties) เป็นต้น จากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ทำให้น้ำผิวดินที่เติมลงมาสู่น้ำบาดาล จะมีการไหลแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ (รูปที่ 6-3) คือ (1) การไหลแบบ Local Flow System คือการไหลน้ำบาดาลในช่วงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งขนาดเล็ก เมื่อเติมน้ำจากด้านเหนือน้ำของแอ่งหรือ Local R (Local Recharge) จะมีการไหลตื้นๆ จากผิวดิน และมาไหลออกที่ด้านท้ายน้ำของแอ่ง Local D (Local Discharge) (2) การไหลแบบ Intermediate Flow System คือ การไหลน้ำบาดาลผ่านช่วงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งหลายแอ่ง เมื่อมีการไหลเติมน้ำ (Intermediate R) น้ำบาดาลจะไหลลึกขึ้น และการไหลจะยาวขึ้นกว่าการไหลแบบ Local Flow System และไหล และมาไหลออกสู่ผิวดิน (Intermediate D) และ (3) การไหลแบบ Regional Flow System คือการไหลน้ำบาดาล ผ่านช่วงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งหลายแอ่ง จากจุดสูงสุด หรือด้านเหนือน้ำของสภาพภูมิประเทศตรงนั้น ไปสู่ด้านภูมิประเทศ



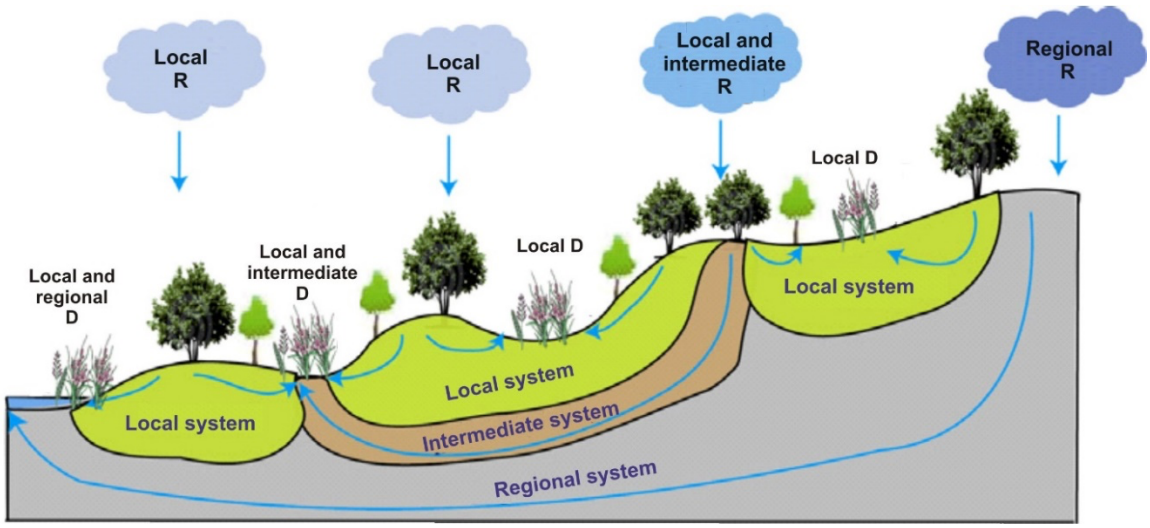
(พัชรศักดิ์ อาลัย, 2557)

รูปที่ 6-1 การกระจายตัวของน้ำใต้ดินสู่น้ำบาดาล



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

รูปที่ 6-2 การเติมน้ำจากแม่น้ำ คลองดิน ทางน้ำเปิด หรือทะเลสาบ



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

รูปที่ 6-3 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการไหลของการเติมน้ำบาดาล และการไหลของน้ำบาดาล

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

2) วิธีการประมาณการการเติมน้ำ มี 2 วิธีหลักคือ วิธีทางกายภาพ (Physical Method) และวิธี Tracer (Tracer Method)

3. ศึกษาวิจัยการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

1) ควรมีการสำรวจสอบถามผู้ใช้น้ำในพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลปริมาณและรูปแบบการใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดิน
2) ควรมีการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดินอย่างต่อเนื่องทุกช่วงเวลาทุกเดือน ทุกฤดูกาลเพาะปลูกหรือทุกปีเปรียบเทียบกับความต้องการใช้น้ำในพื้นที่โดยการสำรวจสอบถามผู้ใช้น้ำในพื้นที่และการคำนวณด้วยแบบจำลองน้ำบาดาลร่วมกับแบบจำลองน้ำผิวดิน
3) ประเมินสมดุลน้ำระหว่างความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่ได้รับและสัดส่วนการใช้น้ำระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

4. ปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล

1) ปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาลอย่างสม่ำเสมอให้เป็นปัจจุบัน (update model) โดยใช้ข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องตามสภาพพื้นที่และการใช้น้ำบาดาลให้เป็นปัจจุบัน
2) ควรประยุกต์ใช้แบบจำลองที่เชื่อมโยงระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ และที่เกิดขึ้นจริงเพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลเพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำและการเติมน้ำในชั้นน้ำบาดาลระดับต่างๆ
3) นำผลการจำลองและข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาจัดทำเป็นฐานข้อมูลสถานการณ์น้ำแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำบาดาลและน้ำผิวดินในปัจจุบันและอนาคต เพื่อที่จะลดปัญหาการขาดแคลนน้ำและความเสียหายต่อผลผลิตจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่

5. ศึกษาวิจัยการเติมน้ำบาดาล

1) ควรมีการศึกษาวิจัยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจากน้ำฝนและน้ำท่ารวมทั้งการใช้โครงสร้าง เช่น บ่อเติมน้ำบาดาล สระเติมน้ำบาดาล สูบน้ำเข้าบ่อเติมน้ำบาดาล ให้มีความถูกต้องมากขึ้น
2) ติดตามประสิทธิผลของการเติมน้ำบาดาลจากวิธีการต่างๆ

6. จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

1) จัดทำเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาภายใต้สถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ
2) ติดตามประสิทธิผลของการใช้เกณฑ์การใช้น้ำร่วมที่มีผลต่อการลดลงของการขาดแคลนน้ำ

7. <u>เผยแพร่ข้อมูลและแจ้งข้อมูลเตือนภัยล่วงหน้าต่อสาธารณะ</u>

1) รายงานข้อมูลระดับน้ำบาดาลต่อสาธารณะ สม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง ทุกสัปดาห์หรือทุกเดือน เช่นเดียวข้อมูลน้ำฝน 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 ควรหาทางแก้ไขไม่ให้ระดับน้ำบาดาลลดลงต่อไปอีก โดยการลดการใช้น้ำบาดาล ใช้น้ำจากแหล่งอื่นและหาทางเติมน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นจากน้ำฝน น้ำท่าและมาตรการการเติมน้ำบาดาลต่างๆ

8. <u>ศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล</u>

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

สำหรับการศึกษาการประยุกต์ใช้ธนาคารน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ต้องมีการศึกษาการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้เท่าไรอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลเหลือในการเก็บกักน้ำจากผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินในฤดูฝนที่มีน้ำมาก แล้วสามารถนำน้ำบาดาลที่เก็บกักไว้นี้มาเสริมใช้ในช่วงปี หรือฤดูกาลที่มีน้ำไม่เพียงพอจากการใช้น้ำผิวดิน มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมของแม่น้ำยม เพื่อเป็นกลไกในการบริหารจัดการในการเพิ่ม

ความมั่นคงของน้ำด้านอุปทานโดยใช้น้ำบาดาลมาเสริมน้ำจากชลประทานหรือน้ำผิวดิน 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

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน,(2540). รายงานหลักงานศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นโครงการศึกษาวิธีการเพิ่มศักยภาพน้ำบาดาล จังหวัดสุโขทัย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, (2544). แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, (2554). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาทดลองการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดินผ่านระบบสระน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่าง จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และพิจิตร.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, (2548). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาประเมินศักยภาพแอ่งน้ำบาดาล (แอ่งเชียงใหม่ แอ่งเจ้าพระยาตอนบน และแอ่งแม่กลอง).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, (2556). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาและแก้ไขภัยแล้งและบรรเทาน้ำท่วมโดยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ระยะที่ 2).

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

กรมพัฒนาที่ดิน, (2547). การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน. สำนักสำรวจดินและการวางแผนการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน, (2548). ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 53/03/48. สำนักสำรวจและวางแผน.

กรมพัฒนาที่ดิน, (2548). ลักษณะและสมบัติของชุดินในภาคกลางของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 54/03/48. สำนักสำรวจและวางแผน.

เจริญ เชื่อมไธสง, (2522). กำเนิดน้ำบาดาล และแหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทย. กรมทรัพยากรธรณี.

เจริญ เพียรเจริญ, (2540). น้ำบาดาล-บ่อบาดาล. กองควบคุมกิจการน้ำบาดาล. กรมทรัพยากรธรณี.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2545). รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง. (สิงหาคม).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2549). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคกลางตอนบน. (เมษายน).

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

นิพลธ์ ช่อผกา, บุญยงค์ ภูผาเรือง, (2536). กำหนดลักษณะและวินิจฉัยความเหมาะสมของชุดินในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย. กองสำรวจและจำแนกดิน. กรมพัฒนาที่ดิน.

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

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

บริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด, และบริษัท วิศวชาญ 2002 จำกัด. (2554). โครงการศึกษา สำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยา ตอนบน) 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 (พื้นที่แอ่งน้ำ บาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 1 : จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดลำปาง. รายงาน ฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

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

ปณต ศิริพุทธิชัยกุล. (2545). การจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

ภูริภัส สุนทรนนท์ และวีรยุทธ ประทุมไชย 2561 โครงการการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำบาดาล และน้ำผิวดิน ในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำท่วมถึง บริเวณลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

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

วจี รามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์ . ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย. วารสารชมรมนักอุทกวิทยา ปีที่ 2 ฉบับที่ 2-2541.2541

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. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.

อรนุช หล่อเพ็ญศรี . 2542 . การศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลจังหวัดชัยนาท . กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

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.

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., 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., 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.

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., 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.

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.

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).

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

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

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.

Chun, R.Y.D., Mitchell, L.R. and Mido, 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 vapotranspiration: a case in South Australia. Hydrogeol. J. 23(2), 335-350.

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

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.

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

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

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 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., 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., 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. 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.

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.

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

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

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.

TakehideHama , Toshio Fujimi, Takeo Shima, Kei Ishida,YasunoriKawagoshi and Hiroakilto (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, 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/

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

Tuan Pham Van and Jirapa Hwingpad (2022). "Propose groundwater abstraction scenarios in the Thorthongdaeng Irrigation Project, 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, HydrogeologyJournal (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

ภาคผนวก ก
สถานีสังเกตการณ์

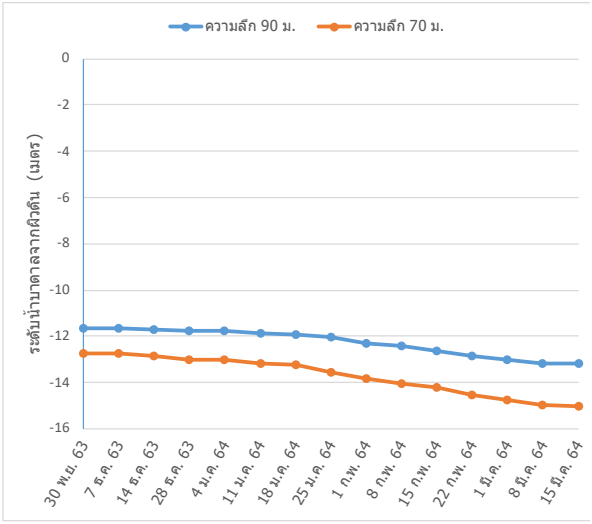
ภาคผนวก ก

สถานีสังเกตการณ์

รูปที่ 1 บ้านลัดทรายมูล หมู่ที่ 2 ตำบลปากพระ อำเภอเมืองสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย

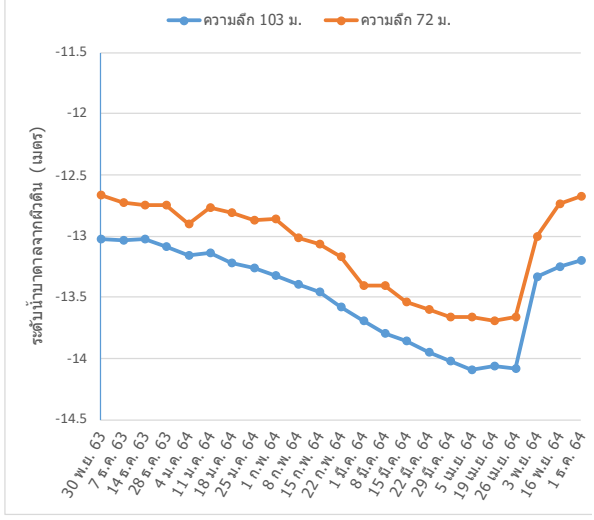
หมายเหตุ บ่อข้างเคียงมีการสูบน้ำในช่วงวันที่ 16 พฤศจิกายน 2564

รูปที่ 2 บ้านโปร่งตะคลอง หมู่ที่ 7 ตำบลหนองคล้า อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร

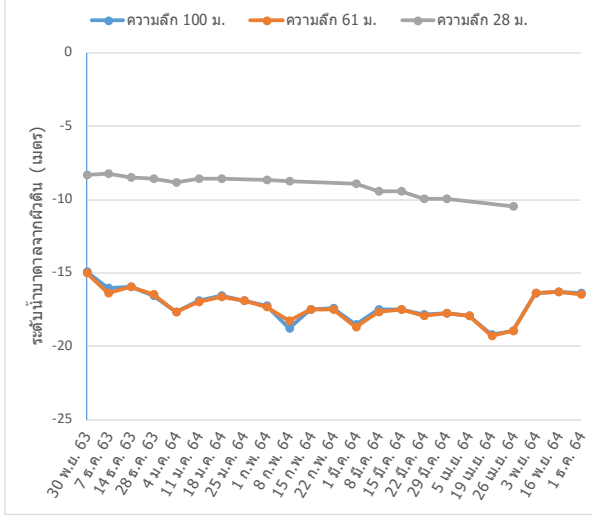


หมายเหตุ มีการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติตั้งแต่เดือนมีนาคม 2564

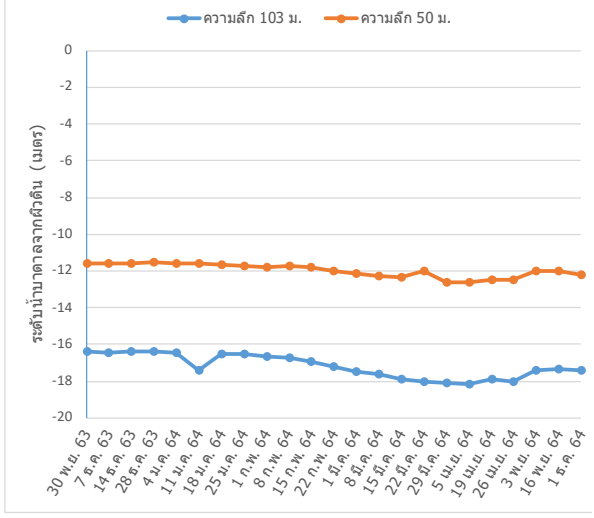
รูปที่ 3 บ้านหนองตะเข้ หมู่ที่16 ตำบลเขาศิริส อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร



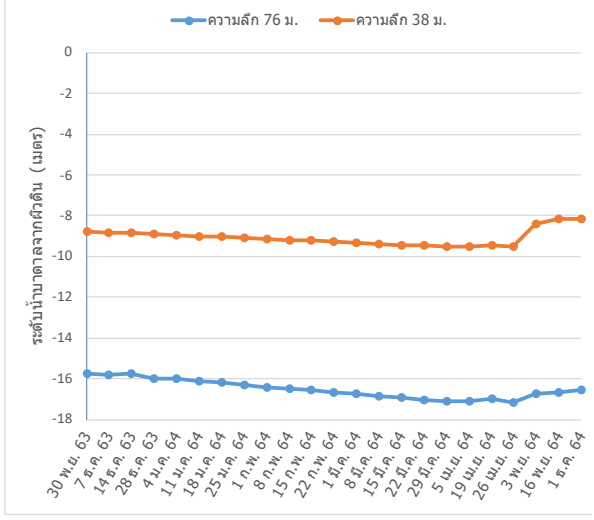
รูปที่ 4 บ้านวังมะค่า หมู่ที่ 9 ตำบลวังตะแบก อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร



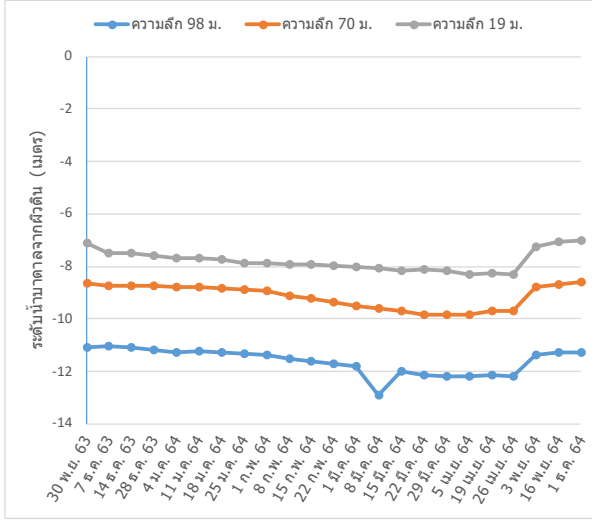
รูปที่ 5 วัดสวนทศพลญาณ หมู่ที่ 7 ตำบลโนนพลวง อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร



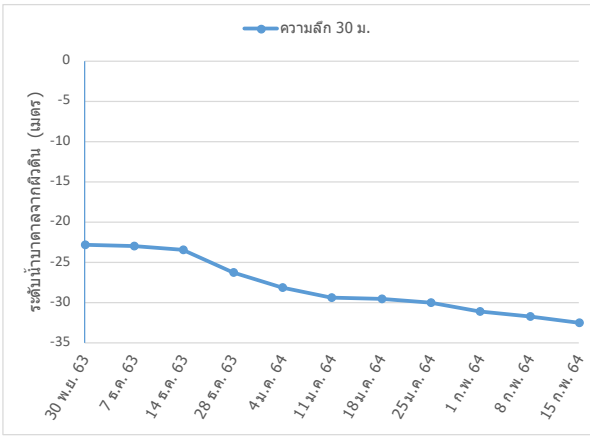
รูปที่ 6 บ้านนิคมบางระกำ 5 หมู่ที่ 5 ตำบลลานกระบือ อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร



รูปที่ 7 บ้านลำมะโกรก หมู่ที่ 2 ตำบลหนองหลวง อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร

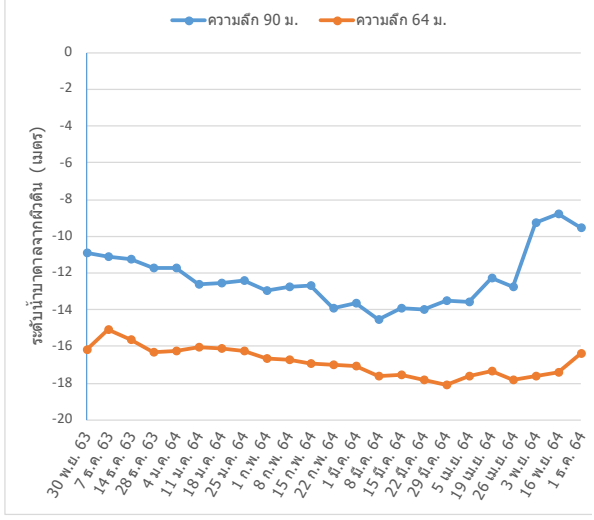


รูปที่ 8 บ้านหนองขาว หมู่ที่ 5 ตำบลบึงบัว อำเภอวชิรบารมี จังหวัดพิจิตร



<u>หมายเหตุ</u> มีการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติในบ่อระดับลึก และมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อระดับตื้นตั้งแต่เดือนมีนาคม 2564

รูปที่ 9 บ้านทุ่งยางเมือง หมู่ที่ 2 ตำบลทุ่งยางเมือง อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย



ภาคผนวก ข

รายงานสนาม

และเข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ

ภาคผนวก ข

การลงพื้นที่ และร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ

วันที่ 14 – 15 มิถุนายน 2565

วัตถุประสงค์

1. ลงพื้นที่ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย
2. ร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ “การใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยสู่การวางแผนจังหวัด”

วันจันทร์ที่ 14 มิถุนายน 2565

สถานที่ 1. องค์การบริหารส่วนตำบลถ้ำกระต่ายทอง จังหวัดกำแพงเพชร
2. พื้นที่สร้างสระเก็บน้ำชุมชน อบต.ถ้ำกระต่ายทอง
3. พื้นที่การเพาะเลี้ยงแหนแดง อบต.ถ้ำกระต่ายทอง
4. พื้นที่ปลูกตะไคร้ โคกหนองนา ต.สระแก้ว

การดำเนินการลงพื้นที่ตัวอย่าง

สรุปการลงพื้นที่

1. ประชุมสรุปผลโครงการวิจัยร่วมกับชลประทานและตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ – อบต.ถ้ำกระต่ายทอง

ผู้เข้าร่วมประชุม – คุณชิษณุวัฒน์ มณีศรีขำ, รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์, รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล, ผู้แทนจาก คบ.ท่อทองแดง (พี่บอย) และตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ

มีการประชุมที่ อบต.ถ้ำกระต่ายทอง อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร (ดูรูปที่ ข-1) สรุปผลถึงความเปลี่ยนแปลงที่ผ่านมา ตั้งแต่โครงการวิจัยเข้ามาจนถึงปัจจุบัน นำเสนอการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ตรวจวัดและรายงานข้อมูลสถานการณ์น้ำอย่างรวดเร็ว จัดตั้งภาคีเครือข่ายรวมกลุ่มผู้ใช้น้ำติดต่อประสานงานระหว่างกันและกับโครงการชลประทานท่อทองแดง พบว่าการจัดสรรน้ำมีพัฒนาการที่ดีขึ้น ลดความขัดแย้งเรื่องน้ำ ปัจจุบันปัญหาความขาดแคลนน้ำลดลง คบ.ท่อทองแดง สามารถส่งน้ำได้อย่างทั่วถึงตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ เนื่องจากชาวบ้านปฏิบัติตามกฎ กติกาที่ได้ตั้งไว้ มีการพูดคุยติดต่อประสานงานกันสม่ำเสมอ มีการกำหนดรอบเวรการใช้น้ำ โดย คบ.ท่อทองแดง จะส่งน้ำให้กับผู้ที่อยู่ปลายน้ำก่อน แล้วค่อยไล่ขึ้นมาถึงผู้ที่อยู่ต้นน้ำ ซึ่งแตกต่างจากอดีตที่ผู้ที่อยู่ต้นน้ำมักจะใช้น้ำก่อน ทำให้ผู้ที่อยู่ปลายน้ำไม่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ปัจจุบันมีการติดตั้งระบบ IoT ที่ประตูน้ำ ทำให้กลุ่มผู้ใช้น้ำสามารถรับข้อมูลน้ำได้ทาง Line ทำให้กลุ่มผู้ใช้น้ำรู้ถึงสถานการณ์จริงจึงไม่เกิดการแย่งใช้น้ำกัน

อีกทั้งในปัจจุบันการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้กลุ่มผู้ใช้น้ำสามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกจากเดิมได้ถึง 10% และเมื่อโครงการวิจัยปิดไปแล้ว กลุ่มผู้ใช้น้ำยังยืนยันว่าจะปฏิบัติตามกฎ กติกา และขยายผลไปยังพื้นที่อื่นต่อไป

2. ดูพื้นที่ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

1) พื้นที่สร้างสระเก็บน้ำชุมชน – อบต.ถ้ำกระต่ายทอง ทำหน้าที่เป็นแก้มลิงช่วยเก็บกักน้ำในฤดูน้ำหลาก และเป็นแหล่งน้ำใช้ในฤดูแล้ง (ดูรูปที่ ข-2)
2) พื้นที่การเพาะเลี้ยงแหนแดง – อบต.ถ้ำกระต่ายทอง แหนแดงเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ ใช้เป็นปุ๋ยให้กับการเพาะปลูกและใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ เป็นต้น (ดูรูปที่ ข-3)
3) พื้นที่ปลูกตะไคร้ โคกหนองนา – ต.สระแก้ว ตะไคร้เป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือก มีข้อดีคือต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำเทียบกับการปลูกข้าวที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง ลดความเสี่ยงในการขาดทุน สามารถสร้างรายได้สม่ำเสมอ (ดูรูปที่ ข-4)

วันอังคารที่ 15 มิถุนายน 2565

สถานที่ หอประชุมใหญ่ ศูนย์ราชการจังหวัดกำแพงเพชร

การประชุมเชิงปฏิบัติการ "การใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยสู่การวางแผนของจังหวัด"

1) วัตถุประสงค์

1) เพื่อเกิดตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม (Best Practice) ในการปรับตัวระดับพื้นที่เกษตรกรรมด้วยการใช้งานการวิจัยสร้างนวัตกรรม สร้างระบบเทคโนโลยีและใช้ข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการสูญเสียในการบริหารจัดการน้ำ (น้ำผิวดินในระบบชลประทานและน้ำใต้ดิน) และงานวิจัยภาคสังคมเพื่อให้เกิดการปรับตัวลดความเสี่ยงภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความแปรปรวนสูง โดยการสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนตลอดสายน้ำ รวมทั้งการสร้างต้นแบบองค์กรผู้ใช้น้ำ สร้างฐานข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการเพาะปลูกเพื่อลดการใช้น้ำ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และเพิ่มมูลค่า และเพิ่มขีดความสามารถของเกษตรกร นำไปสู่ความยั่งยืน

2) เพื่อพัฒนากลไกการวางแผนการบริหารจัดการการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำจากระบบชลประทาน น้ำใต้ดิน และน้ำเก็บกัก) ของเกษตรกรในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง (กลไกการเชื่อมโยงแนวราบ คน-เครื่องมือ-ข้อมูล-กระบวนการ)

3) เพื่อพัฒนารูปแบบการทำงานร่วมกันระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำกับตัวแทนหน่วยงานในจังหวัดและกลไกจัดการที่เชื่อมโยงระดับพื้นที่ในระดับจังหวัด ที่เชื่อมโยงกับการบริหารการผลิตทางการเกษตรและการตลาดของจังหวัดกำแพงเพชร (กลไกการเชื่อมโยงแนวดิ่ง น้ำ-ผลิต-ตลาด)

2) กำหนดการ

08.30-09.00 น. **ลงทะเบียนเข้าร่วมการประชุม**

09.00-09.30 น. **กล่าวรายงานการประชุม**
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ ประธานกรรมการแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กล่าวเปิดงานประชุม
โดย นางสาวสุพัตรา คล้ายทิม รองผู้ว่าราชการจังหวัดกำแพงเพชร

09.30-10.00 น. **ประเด็นการอภิปรายหัวข้อที่ 1: การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล**
นำเสนอข้อเสนอแนะ
โดย นางจิราภา หวิงปัด นักธรณีวิทยาชำนาญการ /
สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 (กำแพงเพชร)
ตอบข้อซักถาม
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.00-10.30 น. **ประเด็นการอภิปรายหัวข้อที่ 2: การบริหารจัดการน้ำชลประทานด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่**
นำเสนอข้อเสนอแนะ
โดย นายสมเกียรติ อุปการะ หัวหน้างานจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง
ตอบข้อซักถาม
โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

10.30-10.45 น. **พักรับประทานอาหารว่าง**

10.45-11.15 น. **ประเด็นการอภิปรายหัวข้อที่ 3: ตัวอย่างองค์กรผู้ใช้น้ำ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรมูลค่าสูง นำเสนอข้อเสนอแนะ**
โดย นายศักดิ์เดชน์ แก้ววิเศษ เกษตรจังหวัดกำแพงเพชร
ตอบข้อซักถาม โดย คุณชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ บริษัท สร้างสรรค์ปัญญา จำกัด

11.15-11.45 น. **ประเด็นการอภิปรายหัวข้อที่ 4: การวางแผนด้านการเกษตรโดยใช้ฐานข้อมูลระดับตำบล นำเสนอข้อเสนอแนะ**
โดย นายอดิศร์ ศิริสุทธิ์ นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร
ตอบข้อซักถาม โดย คุณชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ บริษัท สร้างสรรค์ปัญญา จำกัด

11.45-12.30 น. **สรุปผลการประชุม**
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น มหาวิทยาลัยนเรศวร
นำเสนอข้อคิดและกล่าวปิดงาน
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ ประธานกรรมการแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) สรุปผลการประชุม

- **นางจิราภา หวิงปัด** นักธรณีวิทยาชำนาญการ / สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 (กำแพงเพชร) ได้นำเสนอผลการศึกษาการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินโครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบ พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง มีการรวบรวมข้อมูลบ่อบาดาลและบ่อสังเกตุการณ์ มีการตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาล มีการจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาล พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2564 ในจังหวัดกำแพงเพชรมีปริมาณน้ำบาดาล

เพียงพอต่อความต้องการ มีศักยภาพน้ำบาดาลมากกว่าปริมาณน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมาใช้จริง ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง โซนส่งน้ำที่ 3 มีบ่อสูบน้ำบาดาลมากที่สุดและมีการใช้น้ำบาดาลมากที่สุด พบว่าในปีแล้ง ระดับน้ำบาดาลลดลงจนมีความลึกน้ำบาดาลวัดจากระดับพื้นดินมากกว่า 20 ม. ข้อเสนอแนะ ควรมีการติดตามข้อมูลระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่อง ควรมีการจัดการน้ำบาดาลอย่างยั่งยืน

- **นายสมเกียรติ อุปการะ** หัวหน้างานจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ได้นำเสนอเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยสู่การวางแผนของจังหวัดในประเด็นการบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ มีการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นในดิน ทำให้ทราบปริมาณความต้องการน้ำจากการเพาะปลูกพืช ปลูกข้าว ที่แท้จริง พบว่าช่วยลดการส่งน้ำช่วยประหยัดน้ำ สามารถนำน้ำที่ประหยัดได้เพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้เพิ่มขึ้น ในโครงการวิจัยนี้ ได้มีการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นในดินจำนวน 20 แห่ง
- **กลุ่มผู้แทนจากเกษตร** ได้กล่าวถึงการทำแผนน้ำชุมชน การสร้างอาชีพทางเลือกเพื่อลดการใช้น้ำในพื้นที่ พบว่าได้รับการจัดสรรน้ำได้ดีขึ้น ทั่วถึง ลดความขัดแย่งเรื่องน้ำ มีการติดต่อสื่อสารด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ ช่วยให้ทราบสถานการณ์น้ำทันเหตุการณ์ มีการควบคุมการปิดเปิดประตูควบคุมน้ำอัตโนมัติโดยกรมชลประทาน เป็นที่ยอมรับของทุกกลุ่มผู้ใช้น้ำ **มีการอบรมถ่ายทอด** อาชีพทางเลือก ปลูกพืชทางเลือก พืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ นอกเหนือจากการปลูกข้าว ทำให้มีรายได้ที่มั่นคงมากขึ้น
- **รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น มหาวิทยาลัยนเรศวร** ได้สรุปผลการประชุม ดังนี้

งานวิจัยครั้งนี้ช่วยในการแก้ไขปัญหาด้านน้ำในจังหวัด คือ

1) มีการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล
2) มีการศึกษาการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่
3) จัดตั้งเครือข่ายกลุ่มผู้ใช้น้ำ และ
4) เข้าถึงแหล่งข้อมูล

ส่วนงานวิจัยที่ช่วยยกระดับรายได้ให้จังหวัด ดังนี้

1) เข้าถึงแหล่งข้อมูลของผลผลิตการเกษตร
2) แนะนำให้ปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าสูง
3) ลดความเสี่ยงที่ผลผลิตการเกษตรล้นตลาด

ภาคผนวก ข 1.1

เอกสารนำเสนอ

การนำเสนอรายงานการศึกษา

โครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาล
เพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน
พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

วันพุธที่ 15 มิถุนายน 2565 เวลา 9.00 – 12.30 น.

จังหวัดกำแพงเพชร

รศ.ดร.ทวนทัน กิจโพศาลสกุล (หัวหน้าโครงการ)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะนักวิจัย

ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dr. Pham Van Tuan	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dr. Tran Thanh Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณจิราภา หวิงปัด	สำนักงานทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 จ.กำแพงเพชร

2

วัตถุประสงค์

1. หาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน
2. ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี

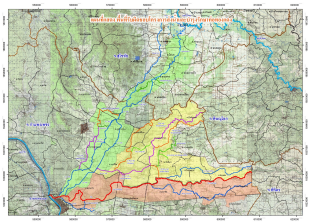
3

ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ครอบคลุมทั้งหมด 4 จังหวัด คือ

- จังหวังกำแพงเพชร
- จังหวัดสุโขทัย
- จังหวัดพิจิตร
- จังหวัดพิษณุโลก

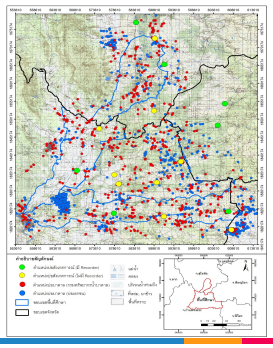
พื้นที่ 1,294.06 ตารางกิโลเมตร



4

ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

- รวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ ทั้งหมด 646 บ่อ
- รวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชน จำนวน 1,033 บ่อ
  - บ่อเกษตร จำนวน 786 บ่อ
  - บ่ออุปโภคบริโภค จำนวน 100 บ่อ
  - บ่อธุรกิจ จำนวน 147 บ่อ
- ข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 16 สถานี (อยู่ในพื้นที่โครงการฯ 12 สถานี)



5

TTD GW model development

Data collection → Conceptual model → Data input → Calibration & validation → Output analysis

- *Flow components: GW abstraction (conduct the survey)*
- *Wells under registration at BGR7*

Water use purpose	Number of registration well			Average consumption (m³/d)
	PC well*	GC well**	In total	
Business	108	68	176	40
Industry	54	34	88	40
Agriculture	794	497	1,291	20
Domestic	77	48	125	30
In total	1,033	646	1,679	

*PC wells: wells are constructed by private drilling companies
**GC wells: wells are constructed by DGR and other government drilling companies

- *People wells (under processing survey data)*

Water use purpose	Number of well		
	Registration wells	People wells	In total
Zone 1	419	2418	2,919
Zone 2	507	2923	3,527
Zone 3	752	4336	5,232
Total	1,679	8,000	9,679

*Pre-assume around 8,000 people wells in the TTD area

6

น้ำบาดาลในพื้นที่โครงการชลประทานท่อทองแดง

- ระดับน้ำบาดาลจริง (Actual GW level)
- ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบจริง (Actual GW pumping)
- ระดับน้ำบาดาลควบคุม (Control GW level < 20 m)
- ปริมาณน้ำบาดาลควบคุม (Control or Potential GW)

7

I. Introduction → II. Objective → III. Flameworks → IV. Calibration GWM → V. Evaluated pumping → VI. Available groundwater → III. Structure ANN

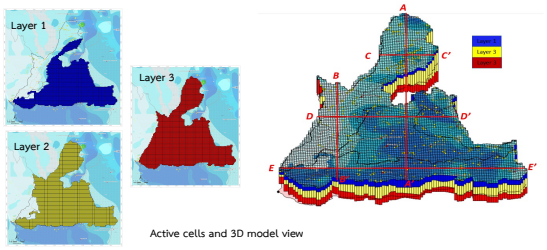
The criteria is maximum available groundwater pump:

The drawdown of automatic monitor well is not below surface 20 meters. Except the Sukhothai station, the groundwater can not below 13meters, since the monitor station is far from the groundwater drawdown hotspot. When the groundwater level at Sukhothai station meet the drawdown 13 meters below the surface, the lowest drawdown of Sukhothai reach to 20 meters depth.

8

TTD GW model development

Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Output analysis



Active cells and 3D model view

9

TTD GW model development

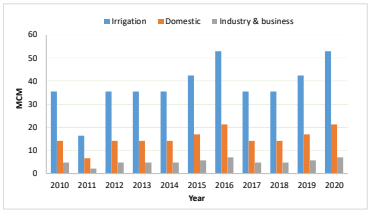
Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Output analysis

◆ *Flow components: GW abstraction (conduct the survey)*

Refer GW pumping ratio by water years (Panot, 2003)

Water year	Coefficient
flood	31%
normal	67%
dry	80%
very dry	100%

Seasonal	Coefficient
wet/dry	40% - 60%



10

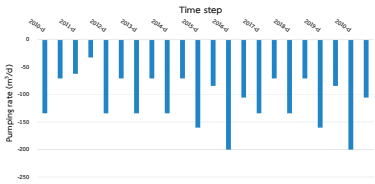
TTD GW model development

Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Output analysis

◆ *Flow components: Input to model*

- *Distribute wells to aquifers*
- *Example of one well input*

Zone	Pumping ratio		
	Layer 1	Layer 2	Layer 3
Zone 1	2%	40%	10%
Zone 2	37%	23%	24%
Zone 3	61%	36%	66%
Total	23%	39%	38%

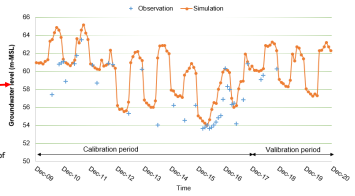


11

TTD GW model development

Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Output analysis

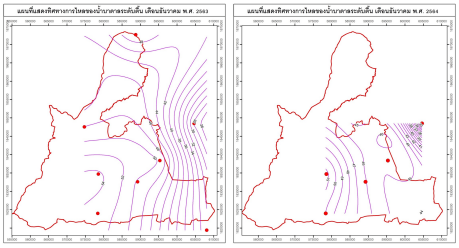
➢ Transient calibration



- A lightly decreasing trend in GWLs of TTD in the period of 2010 and 2020
- GWLs fluctuation mainly depends on distribution of GW abstraction and GW recharge
- In some drought years as 2016, 2020, low GW recharge together with high GW abstraction led GWLs drop 4-6 m in comparison with average GWLs in 10 years

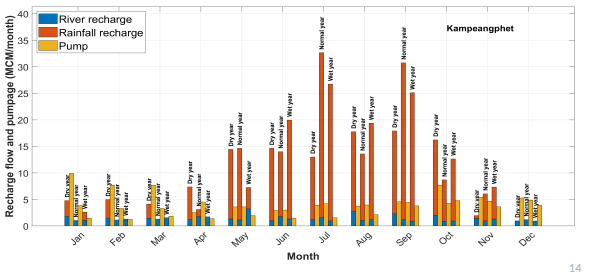
12

ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลระดับตื้น



13

I. Introduction | II. Objective | III. Flameworks | IV. Calibration GWM | V. Evaluated pumping | VI. Available groundwater | III. Structure ANN



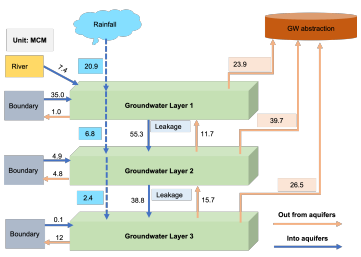
14

TTD GW model development

Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Output analysis

➢ Groundwater balance analysis

Flow components	Flow rate (MCM)					
	in dry season		in wet season		in whole year	
	in	out	in	out	in	out
WELLS	n/a	-51	n/a	-39	n/a	-90
RIVER LEAKAGE	4	0	4	0	7	0
HEAD DEP BOUNDS	20	-9	20	-9	40	-18
RECHARGE	5	n/a	25	n/a	30	n/a
Change in storage	-32		1		-31	

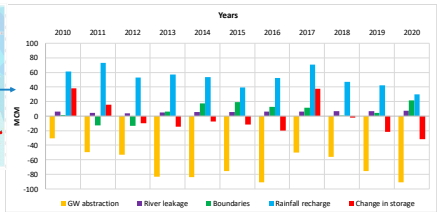


15

TTD GW model development

Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Output analysis

➢ Groundwater balance analysis



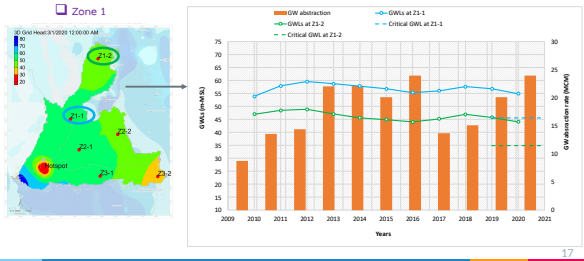
16

TTD GW model development

Data collection › Conceptual model › Data input › Calibration & validation › Output analysis

➢ Correlation between GWLs declination and GW abstraction — *critical GWL = 20 m from ground*

❑ Zone 1



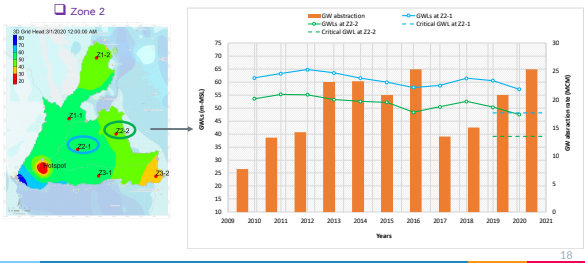
17

TTD GW model development

Data collection › Conceptual model › Data input › Calibration & validation › Output analysis

➢ Correlation between GWLs declination and GW abstraction — *critical GWL = 20 m from ground*

❑ Zone 2



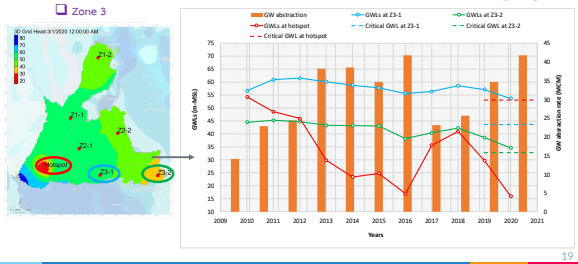
18

TTD GW model development

Data collection › Conceptual model › Data input › Calibration & validation › Output analysis

➢ Correlation between GWLs declination and GW abstraction — *critical GWL= 20 m from ground*

❑ Zone 3



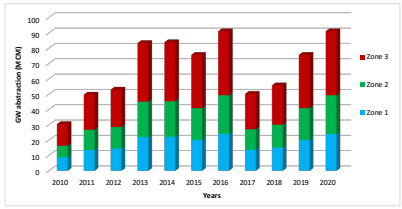
19

TTD GW model development

Data collection › Conceptual model › Data input › Calibration & validation › Output analysis

➢ GW pumping distribution (2010 – 2020)

Year	Annual GW abstraction (MCM)			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	TTD area
2010	8.7	7.6	14.1	30.5
2011	13.6	13.2	22.9	49.7
2012	14.4	14.2	24.4	53.0
2013	22.0	23.1	38.3	83.4
2014	22.2	23.2	38.5	83.9
2015	20.1	20.8	34.7	75.6
2016	24.0	25.3	41.8	91.1
2017	13.7	13.4	23.1	50.2
2018	15.1	15.0	25.7	55.8
2019	20.1	20.8	34.7	75.6
2020	24.0	25.3	41.8	91.1
Average	18.0	18.4	30.9	67.3



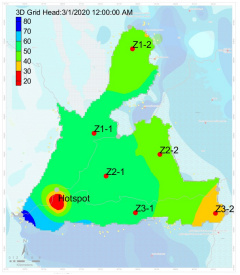
20

TTD GW model development

Data collection › Conceptual model › Data input › Calibration & validation › Output analysis

➢ Estimate available GW abstraction

- Each zone select 02 control point to represent GWLs of the zone
- Lowest average GWLs have to maintain < 20 m (critical GWL) from ground surface in next 10 years (2020-2030)
- GW abstraction is increased/decreased until GWLs at the control point drop/grow to ~ 20m from surface
- The amount of GW abstraction that make the GWLs at 7 control points fluctuate approximately 20m from ground, is considered as available groundwater abstraction



21

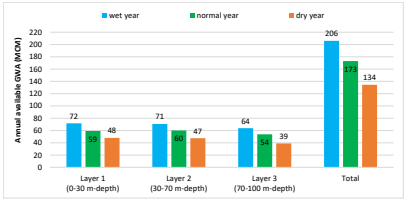
TTD GW model development

Data collection › Conceptual model › Data input › Calibration & validation › Output analysis

➢ Available GWA

Zone	annual sustainable GWA (MCM)		
	dry scenario	normal scenario	wet scenario
1	34	43	49
2	51	64	77
3	49	66	80
Total	134	173	206

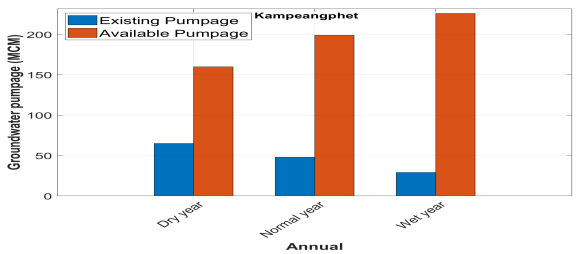
▪ by zones



▪ by layers

22

I. Introduction › II. Objective › III. Flameworks › IV. Calibration GWM › V. Evaluated pumping › VI. Available groundwater › III. Structure ANN



23

เปรียบเทียบน้ำบาดาลที่มีกับน้ำที่ใช้ โครงการชลประทานท่อทองแดง

น้ำบาดาลที่มี = 173 ล้าน ลบ.ม./ปี

น้ำบาดาลที่ใช้ = 67 ล้าน ลบ.ม./ปี

เหลือ = 106 ลบ.ม./ปี

24

เปรียบเทียบน้ำบาดาลที่มีกับน้ำที่ใช้ จังหวัดกำแพงเพชร

น้ำบาดาลที่มี = 200 ล้าน ลบ.ม./ปี

น้ำบาดาลที่ใช้ = 50 ล้าน ลบ.ม./ปี

เหลือ = 150 ลบ.ม./ปี

25

สรุปปริมาณน้ำบาดาลในจังหวัดกำแพงเพชร

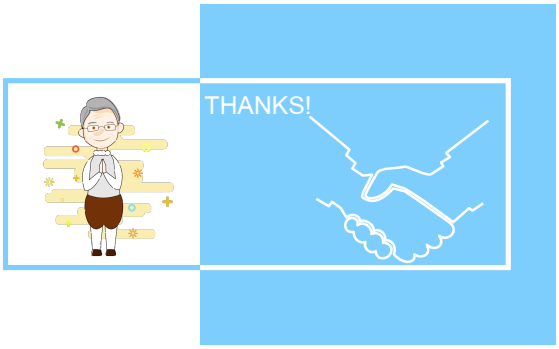
1) มีปริมาณน้ำบาดาลเพียงพอต่อความต้องการ

2) พื้นที่ในโซนส่งน้ำที่ 3โครงการชลประทานท่อทองแดงมีการสูบน้ำบาดาลมากที่สุด ในปีแล้ง น้ำ บาดาลลดลงจนมีความลึกมากกว่า 20 เมตร

3) ควรมีการติดตามระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่อง

4) ควรจัดการน้ำบาดาลอย่างยั่งยืน

26



ภาคผนวก ข 1.2

กำหนดการลงพื้นที่และร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ
วันที่ 14 – 15 มิถุนายน 2565 ณ จังหวัดกำแพงเพชร

วันจันทร์ที่ 14 มิถุนายน 2565

07.00 – 12.00 น.	ออกเดินทางจากกรุงเทพมหานครไปจังหวัดกำแพงเพชร
12.00 – 13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 14.00 น.	ประชุมสรุปผลโครงการวิจัยร่วมกับชลประทานและตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ ณ อบต.ถ้ำกระต่ายทอง
14.00 – 15.00 น.	ลงพื้นที่สร้างสระเก็บน้ำ ต.ถ้ำกระต่ายทอง
15.00 – 16.00 น.	ลงพื้นที่การเพาะเลี้ยงแหนแดง ต.ถ้ำกระต่ายทอง
16.00 – 17.00 น.	ลงพื้นที่ปลูกตะไคร้ พืชเศรษฐกิจ โคกหนองนา ต.สระแก้ว
17.00 น.	เดินทางเข้าที่พัก

วันอังคารที่ 15 มิถุนายน 2565

08.00 – 12.30 น.	ร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ “การใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยสู่การวางแผนจังหวัด” ณ หอประชุมใหญ่ ศูนย์ราชการจังหวัดกำแพงเพชร
12.30 – 13.30 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.30 น.	เดินทางกลับกรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข 1.3

รายนามคณะร่วมลงพื้นที่ และร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ

การลงพื้นที่และร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ วันที่ 14 – 15 มิถุนายน 2565 ณ ตำบลถ้ำกระต่ายทอง, ตำบลสระแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดแพงเพชร และร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ ณ หอประชุมใหญ่ ศูนย์ราชการจังหวัดกำแพงเพชร มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 7 คน รายละเอียดดังนี้

ลำดับ	หน่วยงาน	จำนวน (คน)
1	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	7 คน
	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์	
	2. รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	
	3. นายศักย์ สกุลไทย	
	4. นายธรณินทร์ เป่าสง่า	
	5. นางสาวเดือนเพ็ญ ปุณยางกูร	
	6. นางสาววิชุตา เหมเสถียร	
	7. นางสาวนภาพร นพคุณ	
	รวมทั้งสิ้น	**7 คน**

ภาคผนวก ข 1.4

ประมวลภาพลงพื้นที่

รูปที่ ข-1 ประชุมสรุปผลโครงการวิจัยร่วมกับชลประทานและตัวแทนกลุ่มผู้ใช้น้ำ อบต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ประมวลภาพลงพื้นที่

รูปที่ ข-2 พื้นที่สร้างสระเก็บน้ำ ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ประมวลภาพลงพื้นที่

รูปที่ ข-3 พื้นที่การเพาะเลี้ยงแหนแดง ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ประมวลภาพลงพื้นที่

รูปที่ ข-4 พื้นที่ปลูกตะไคร้ พืชเศรษฐกิจ โคกหนองนา ต.สระแก้ว อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ประมวลภาพบรรยากาศการประชุม

ประมวลภาพบรรยากาศการประชุม

ประมวลภาพบรรยากาศการประชุม

ภาคผนวก ค

เอกสารการประชุม

นำเสนอผลการศึกษา

ภาคผนวก ค

เอกสารการประชุมนำเสนอผลการศึกษา

นำเสนอ (ร่าง) รายงานฉบับสมบูรณ์

"โครงการประเมินศักยภาพและการใช้น้ำบาดาลเพื่อการวางแผนระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง"

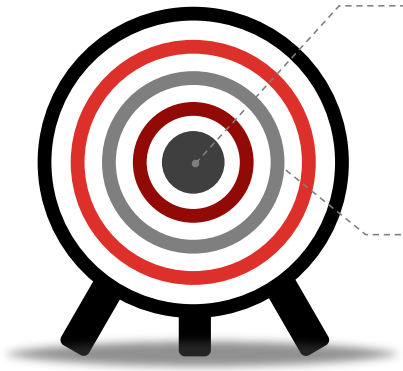
วันพุธที่ 20 กรกฎาคม 2565 เวลา 09.30 – 11.30 น. การประชุมออนไลน์ (ZOOM)

รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล (หัวหน้าโครงการ)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะนักวิจัย

ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dr. Pham Van Tuan	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dr. Tran Thanh Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณจิราภา หวิงปัด	สำนักงานทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 กำแพงเพชร

วัตถุประสงค์

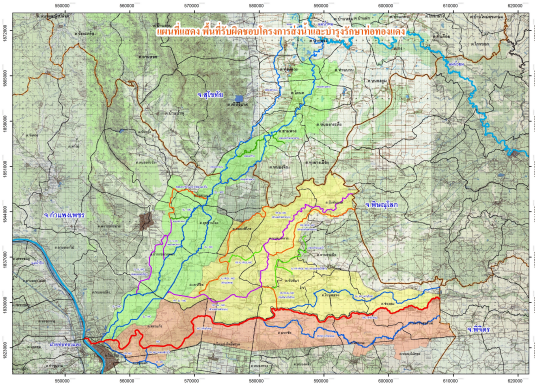


1 หาศักยภาพน้ำบาดาลสำหรับการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

2 ให้เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มี

2

พื้นที่ศึกษา



พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ครอบคลุมทั้งหมด 4 จังหวัด คือ

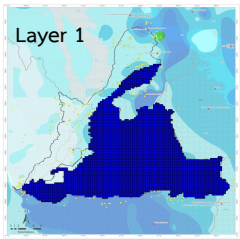
- จังหวัดกำแพงเพชร
- จังหวัดสุโขทัย
- จังหวัดพิจิตร
- จังหวัดพิษณุโลก

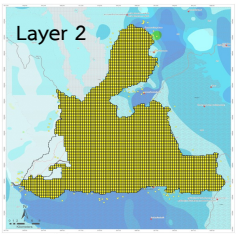
พื้นที่ 1,294.06 ตารางกิโลเมตร

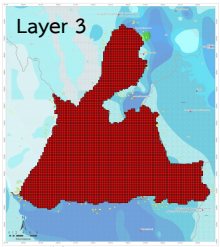
3

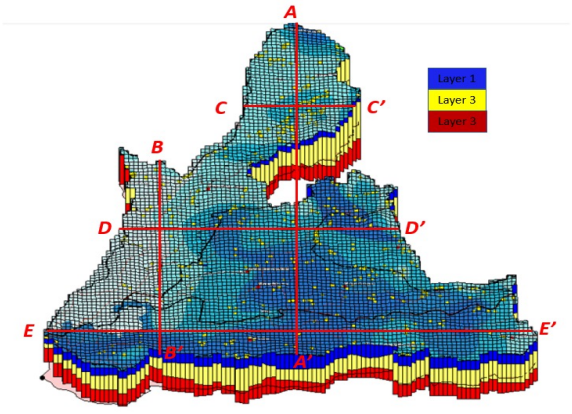
TTD GW model development

Conceptual model









Active cells and 3D model view

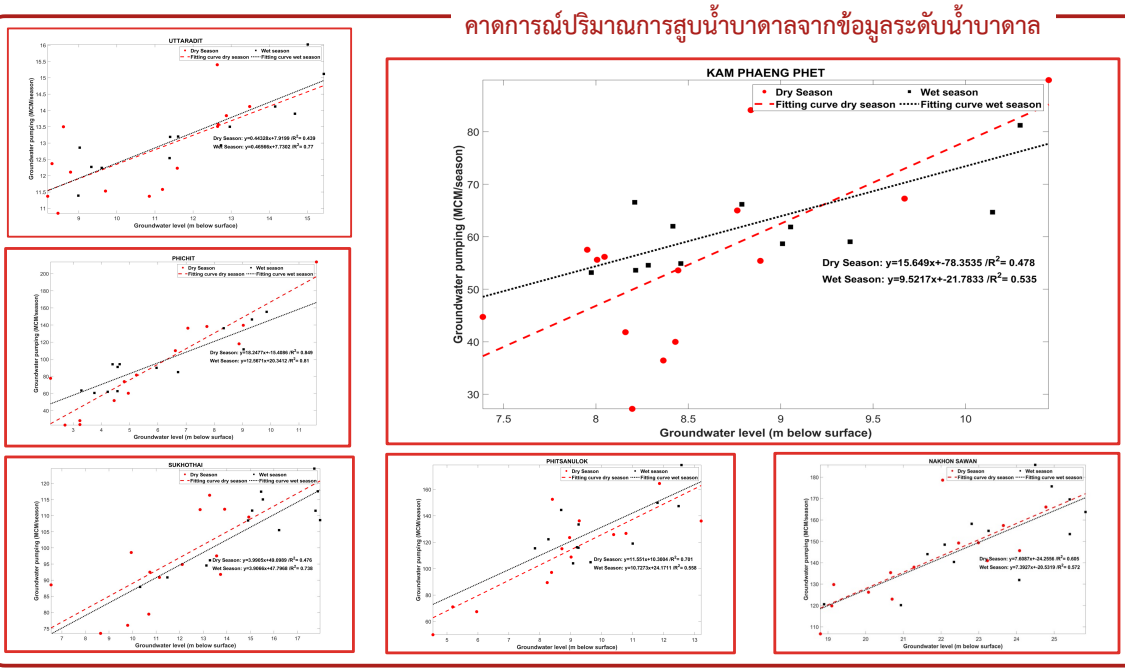
4

ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

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

5

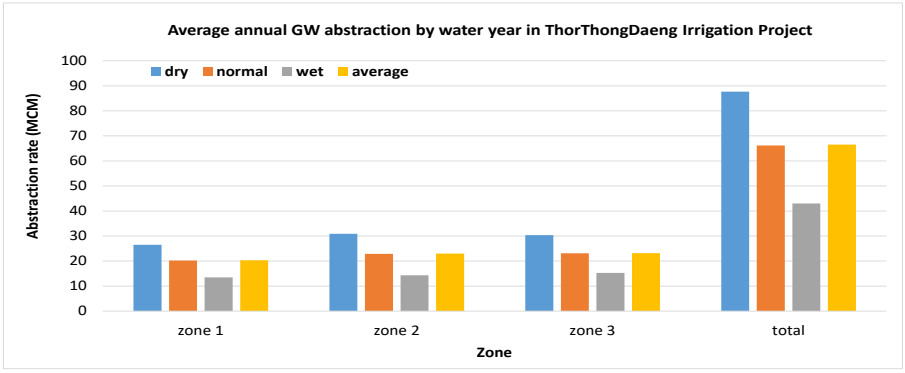
คาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาล



6

Current GW abstraction in Thorthongdaeng Irrigation Project

Water year	GW abstraction (MCM) in Thorthongdaeng Irrigation Project			
	zone 1	zone 2	zone 3	total
dry	26.5	30.9	30.3	87.7
normal	20.2	22.9	23.1	66.2
wet	13.4	14.3	15.2	43.0
average	20.3	23.0	23.2	66.5



7

Available GWA in Thorthongdaeng Irrigation Project

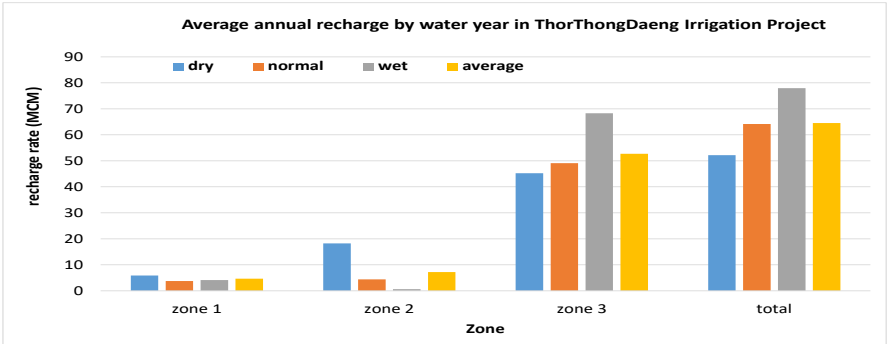
Time	Available GW abstraction (MCM) by zone in Thorthongdaeng Irrigation Project			
	zone 1	zone 2	zone 3	total
dry	34	51	49	134
normal	43	64	66	173
wet	49	77	80	206
average	42	64	65	171

Time	Available GW abstraction (MCM) by layer in Thorthongdaeng Irrigation Project			
	Layer 1	Layer 2	Layer 3	total
dry	35	59	39	134
normal	46	76	51	173
wet	54	90	60	206
average	45	75	50	171

8

GW recharge (consider as sustainable GW abstraction) in Thorthongdaeng Irrigation Project

Water year	GW recharge (MCM) by zone in Thorthongdaeng Irrigation Project			
	zone 1	zone 2	zone 3	total
dry	5.9	18.2	45.2	52.6
normal	3.8	4.4	49.1	64.5
wet	4.1	0.6	68.3	77.9
average	4.6	7.2	52.7	64.7



9

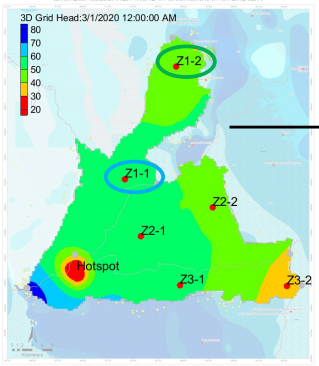
TTD GW model development

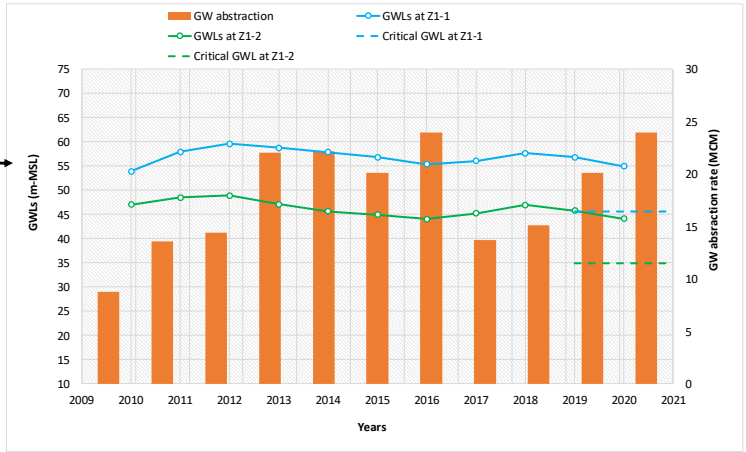
Output Analysis

➢ Correlation between GWLs declination and GW abstraction

critical GWL = 20 m from ground

❑ Zone 1





10

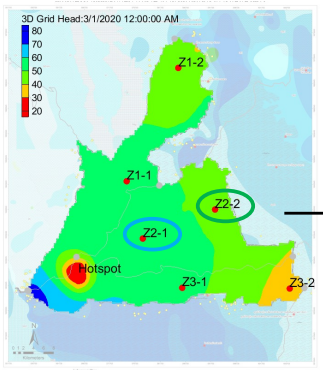
TTD GW model development

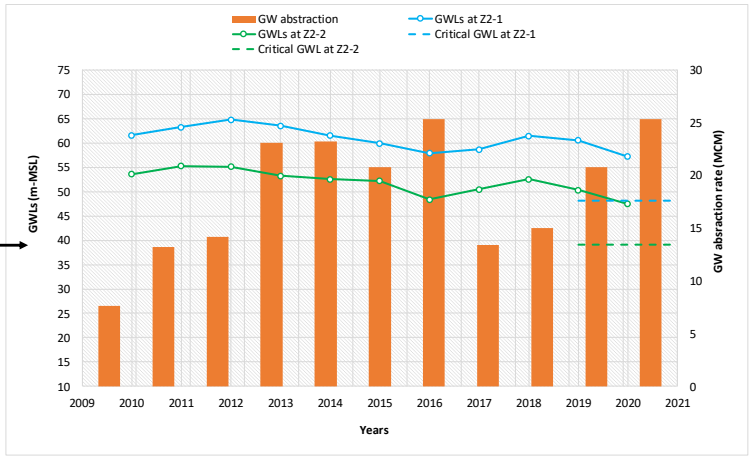
Output Analysis

➢ Correlation between GWLs declination and GW abstraction

critical GWL = 20 m from ground

❑ Zone 2





11

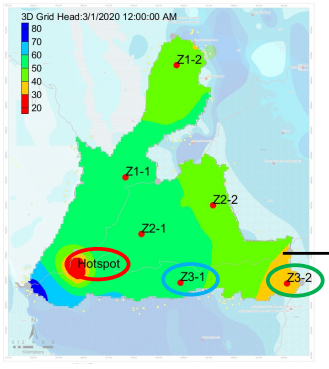
TTD GW model development

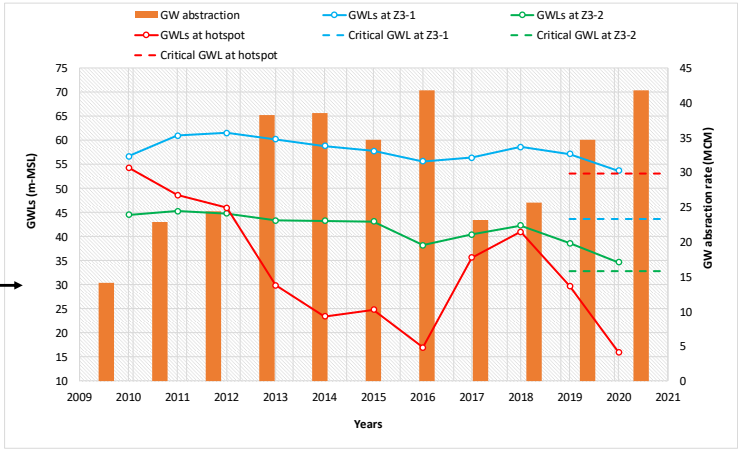
Output Analysis

➢ Correlation between GWLs declination and GW abstraction

critical GWL = 20 m from ground

❑ Zone 3





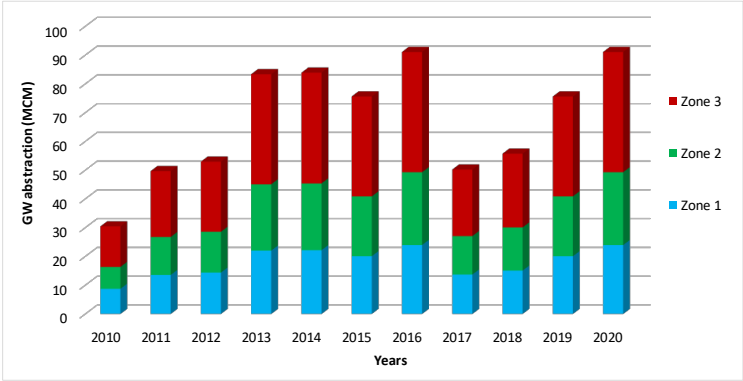
12

TTD GW model development

Output Analysis

➢ GW pumping distribution (2010 – 2020)

Year	Annual GW abstraction (MCM)			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	TTD area
2010	8.7	7.6	14.1	30.5
2011	13.6	13.2	22.9	49.7
2012	14.4	14.2	24.4	53.0
2013	22.0	23.1	38.3	83.4
2014	22.2	23.2	38.5	83.9
2015	20.1	20.8	34.7	75.6
2016	24.0	25.3	41.8	91.1
2017	13.7	13.4	23.1	50.2
2018	15.1	15.0	25.7	55.8
2019	20.1	20.8	34.7	75.6
2020	24.0	25.3	41.8	91.1
Average	**18.0**	**18.4**	**30.9**	**67.3**



13

เกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล

ผลการศึกษาเกณฑ์การจัดการน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินให้เหมาะสมและยั่งยืน กำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่น้ำผิวดินขาดแคลนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตการเพาะปลูกและกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆจากการขาดแคลนน้ำ

2. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้หรือศักยภาพน้ำบาดาล ในเงื่อนไขที่ระดับน้ำบาดาลมีความลึกไม่เกิน 20 เมตรจากผิวดิน ควรใช้เฉพาะในปีที่มีน้ำผิวดินน้อย ปีฝนแล้ง มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ เพื่อให้ระดับน้ำบาดาลไม่เสียสมดุล สามารถฟื้นตัวคืนสภาพกลับมาสู่ระดับน้ำปกติได้

3. ใช้น้ำบาดาลไม่เกินปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่าและชั้นน้ำบาดาลข้างเคียง เป็นการสมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับปริมาณน้ำที่เติม เป็นการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน

14

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้มีการจัดการน้ำบาดาลและการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และมีการใช้ข้อมูลและผลการศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในพื้นที่ ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงาน ควรมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและติดตามผลของโครงการในพื้นที่นี้ที่มีผลต่อการใช้น้ำร่วม ดังต่อไปนี้

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

15

ภาคผนวก ง
เอกสารการสำเนอทางวิชาการ
ในการประชุมนานาชาติ

ภาคผนวก ง

เอกสารนำเสนอทางวิชาการในการประชุมนานาชาติ

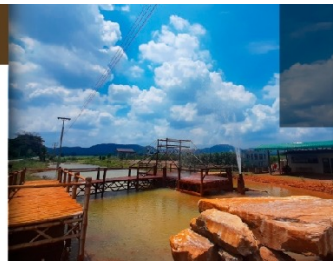
The1st THAILAND Groundwater Symposium: Key to Water Security and Sustainability

BANGKOK & KANCHANABURI

(22 – 26 AUGUST 2022)

ภาคผนวก ง-1.1

"Propose groundwater abstraction scenarios in the Thorthongdaeng Irrigation Project, Thailand"



The 1st THAILAND Groundwater Symposium: Key to Water Security and Sustainability

BANGKOK & KANCHANABURI
(22 - 26 AUGUST 2022)

"Propose groundwater abstraction scenarios in the Thorthongdaeng Irrigation Project, Thailand"

August 2022

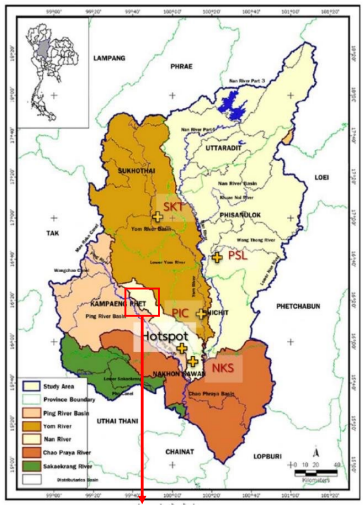
Present by: Dr. Tuan Pham Van[1]
Ms. Jirapa Hwingpad[2]

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

1. INTRODUCTION

- The Upper Central Plain of Thailand, which means Northern part of Chao Phraya Plain, covers the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanilok, Kampangphet, Pichit, and Nakornsawan Provinces, where farmers depended on **both surface water and groundwater**.
- Water allocated from the Bhumibol and Sirikit Dams are limited and caused **water shortage** in the dry years. Most farmers turn to use groundwater to supplement irrigation water in the dry years.
- **How much groundwater should be extracted in a certain time?**
- The research project is a part of **Spearhead Research Program on Water Management** funded by NRCT.
- The overall objectives of the program are to use new technologies for better water management especially dam operation to save water in the rainy season for next dry season and GW is another source to be managed conjunctively.

Upper Central Plain, Thailand

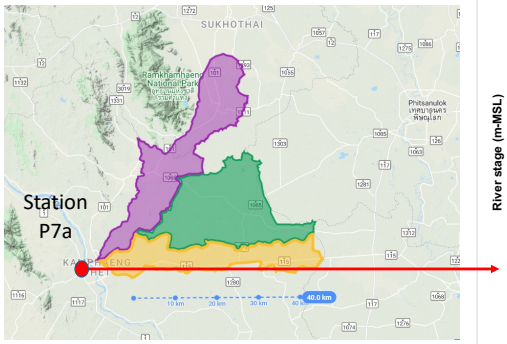


Thorthongdaeng Irrigation project

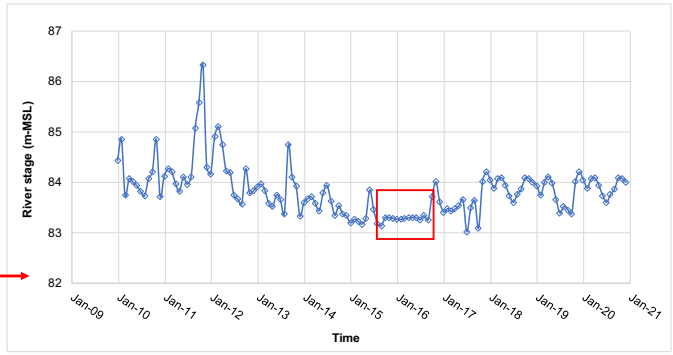
2

1. INTRODUCTION

- need to understand groundwater use pattern and distribution in irrigation areas as well as potential of GW abstraction in the irrigation area.
- need to develop a sustainable groundwater system for the conjunctive water management system.



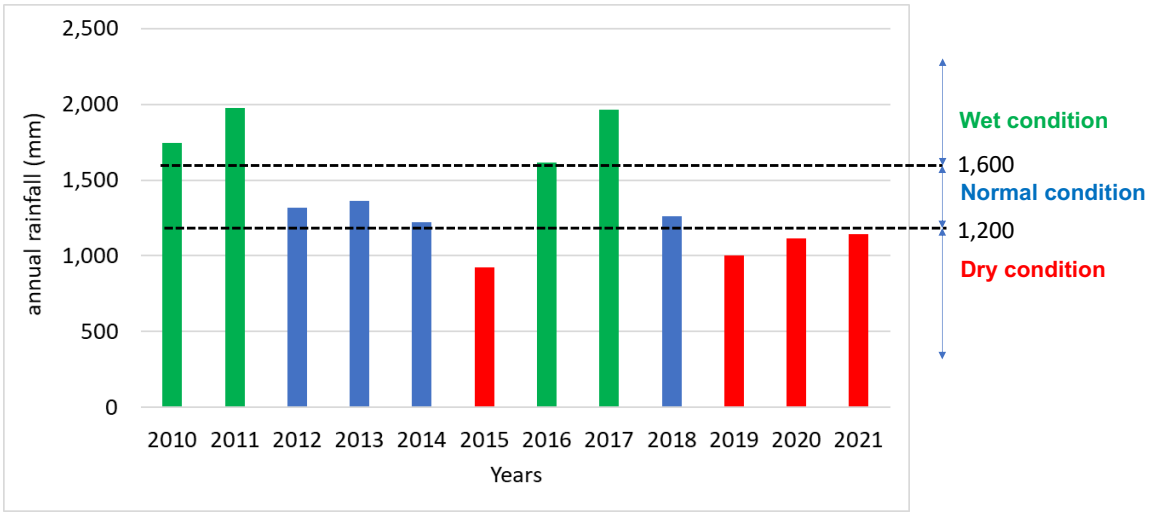
➢ Thorthongdaeng Irrigation Project Area



Water level at P7a station

3

1. INTRODUCTION

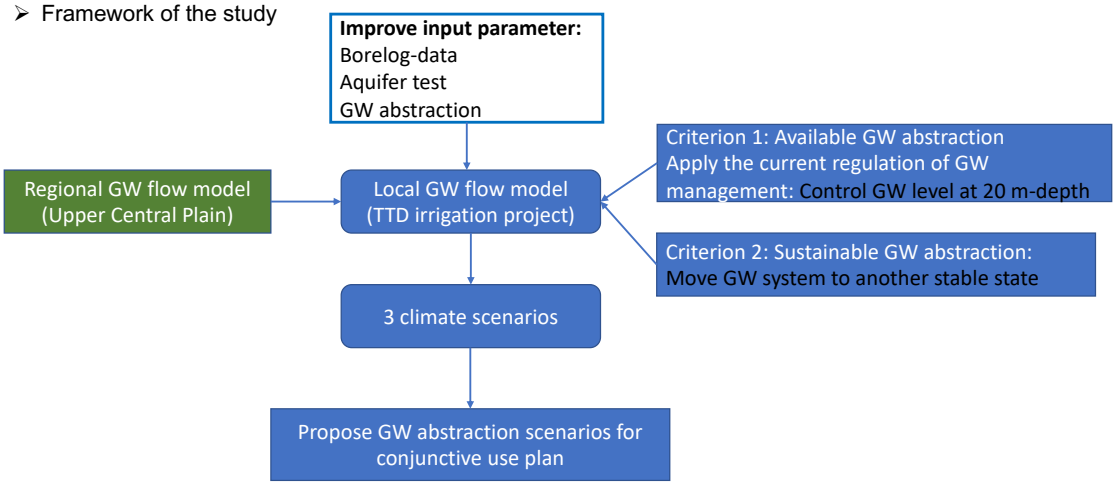


Annual rainfall in Khambangphet Province

4

2. METHODOLOGIES

➢ Framework of the study

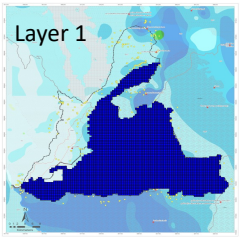


5

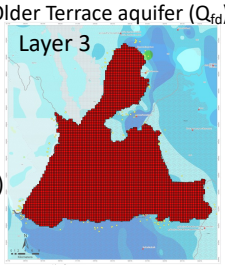
2. METHODOLOGIES

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

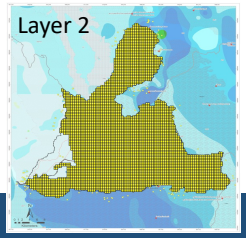
Flood Plain aquifer (Q_{fd})



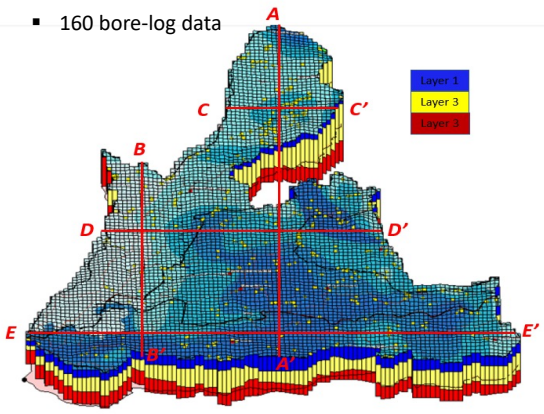
Older Terrace aquifer (Q_{fd})



Young Terrace aquifer (Q_{fd})



- 160 bore-log data



Active cells and 3D model view

6

3. METHODOLOGIES

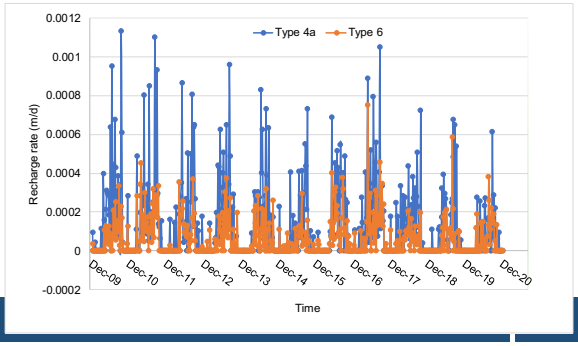
Data collection | Conceptual model | Data input | Calibration & validation | Potential GWA

- **Layer properties:** Based on the dataset of 147 well data from the DGR (2021) (Appendix 1), horizontal HC (K_h) and storage coefficient distribution (S_s) and specified storage yield of aquifers was estimated using the Kriging Tools in GMS software
- **Land recharge:** Recharge zone estimates of Upper Central Plain (the regional model) and extracted recharge zone in TTD
- **River package:** Then river stage of nodes were estimated/interpolated from the stages in the station P7a and observed points of canal network

➢ **Parameters of GW model layers**

Layer	Aquifer	Parameter adjustment			
		K_x (m/d)	K_y (m/d)	S_s (1/m)	S_y
1	Q_{fd}	12 - 22	1.2 - 2	0.000016	0.074
2	Q_{yt}	10 - 20	1.0 - 2.0	0.000016	0.163
3	Q_{ot}	8.0 - 16	0.8 - 1.6	0.000014	0.163

➢ **GW recharge rate by zones**

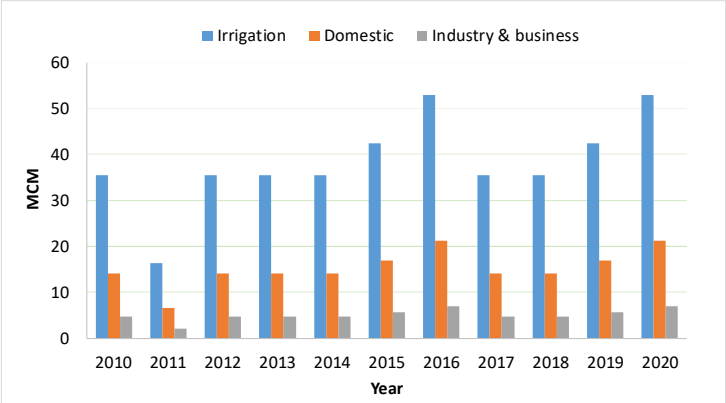


3. METHODOLOGIES

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

- *Distribute wells to aquifers*

Zone	Pumping ratio		
	Layer 1	Layer 2	Layer 3
Zone 1	2%	40%	10%
Zone 2	37%	23%	24%
Zone 3	61%	36%	66%
Total	23%	39%	38%

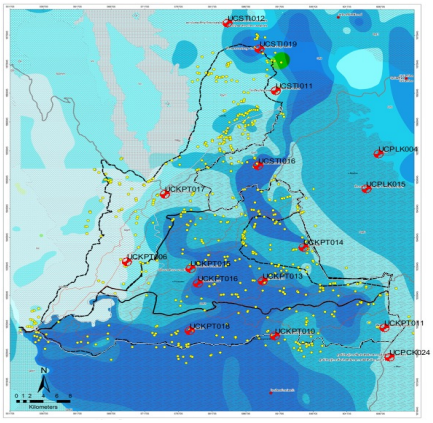


8

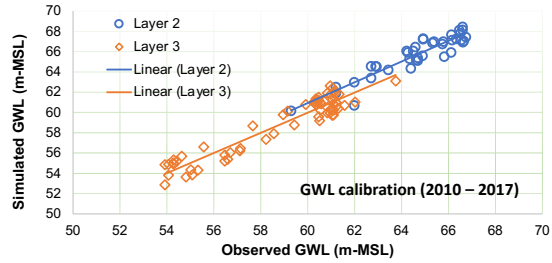
2. METHODOLOGIES

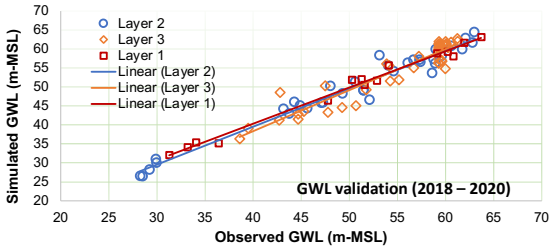
Data collection → Conceptual model → Data input → Calibration & validation → Potential GWA

➢ **Transient calibration**



➢ Distribution of observed wells



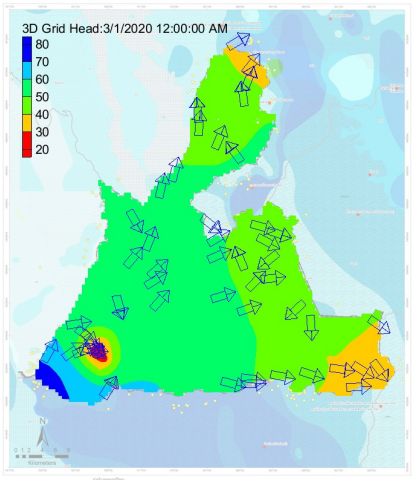


9

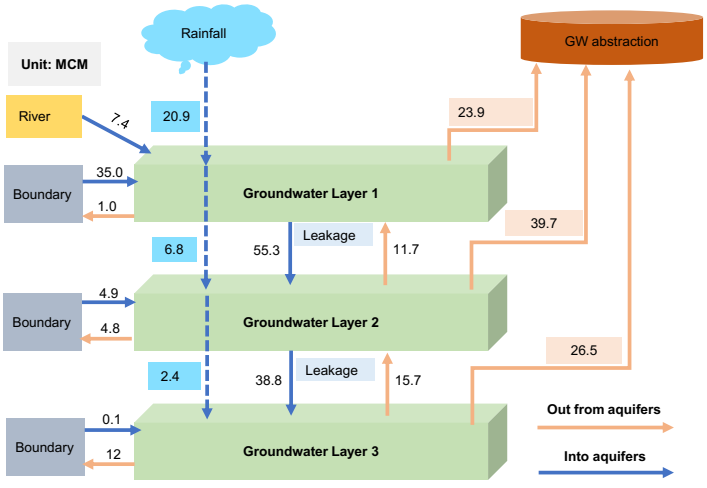
3. RESUTLS

Current situation ◆

➢ GW level distribution in March 2020



➢ GW balance analysis in 2020

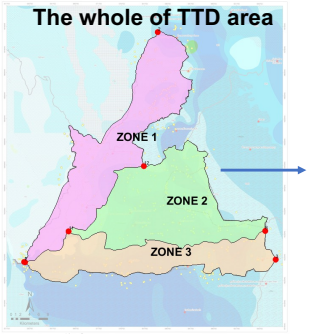


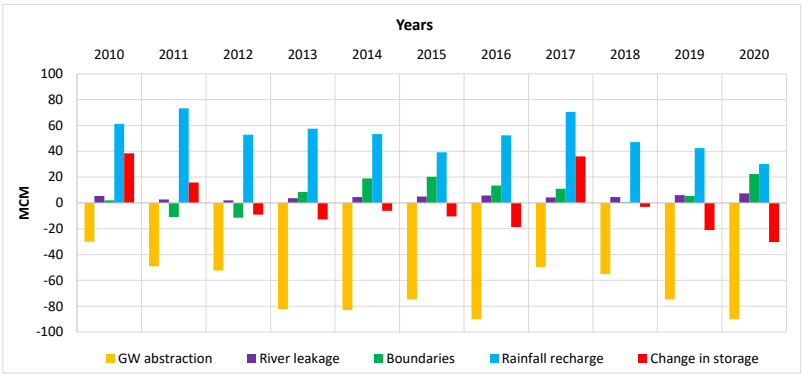
10

3. RESUTLS

Current situation ◆

➢ **Groundwater balance analysis**





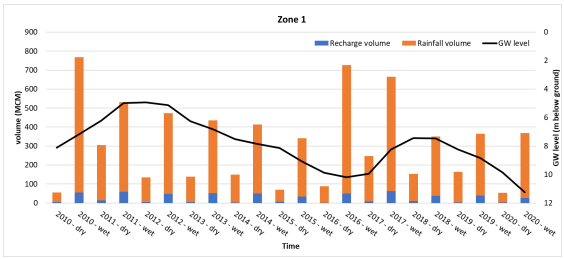
Time series of GW components from 2010 to 2020

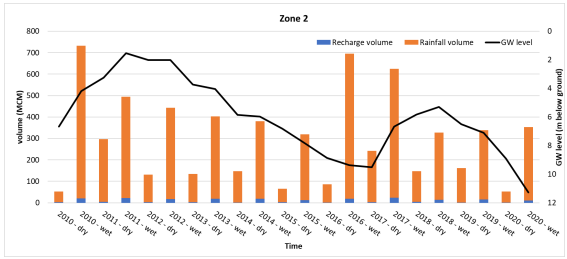
11

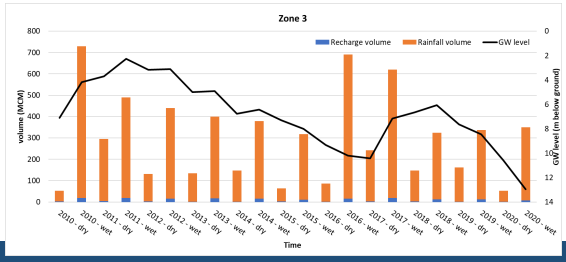
3. RESUTLS

Correlation analysis ◆

➢ **Annual distribution of rainfall recharge, rainfall, and GW level**



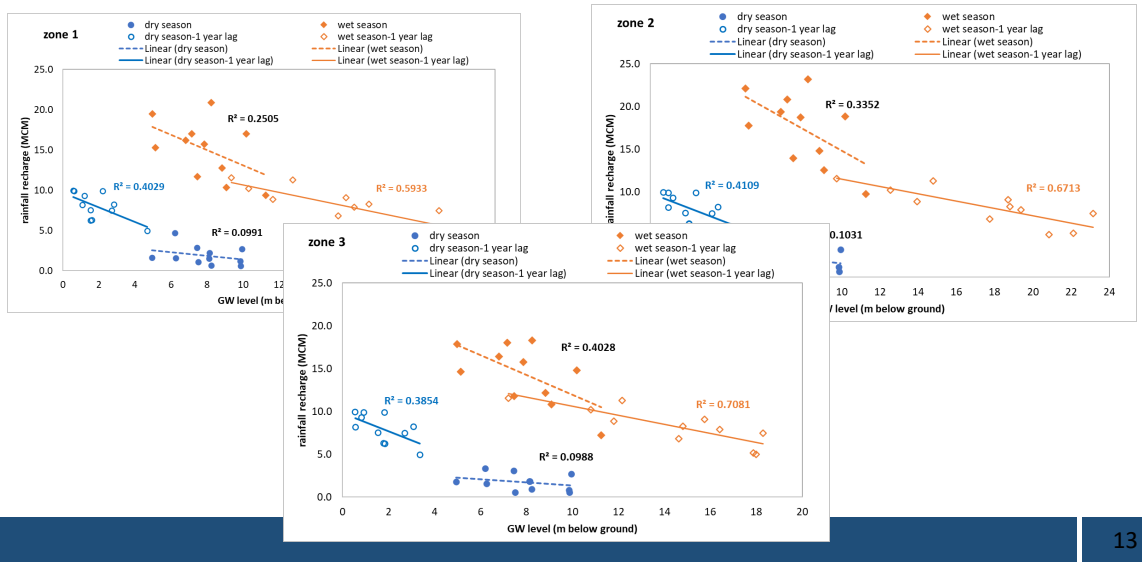




12

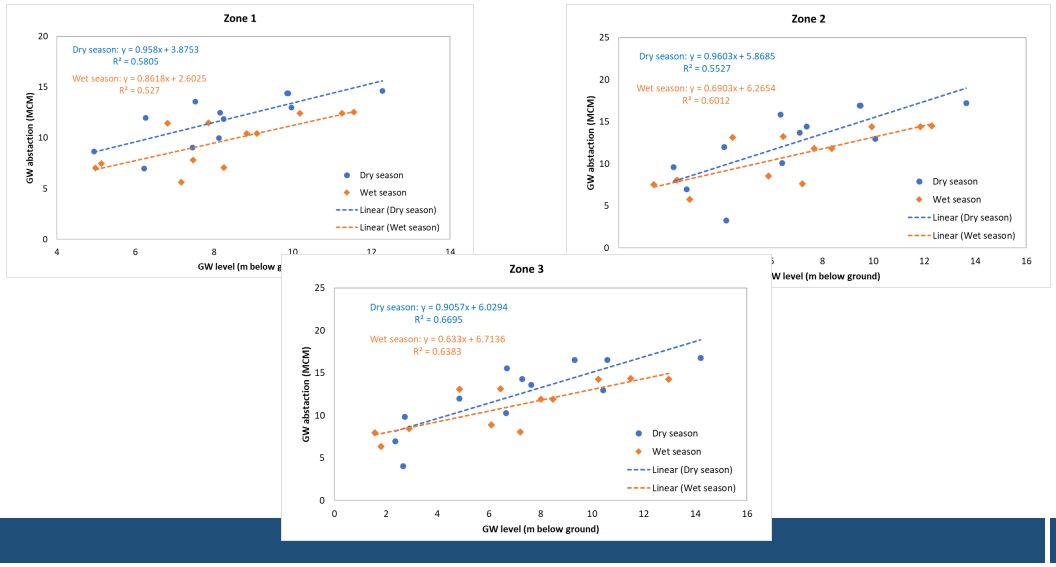
3. RESUTLS — Correlation analysis

➢ **Annual distribution of rainfall recharge, rainfall, and GW level**



3. RESUTLS — Correlation analysis

➢ **Correlation analysis (GW abstraction and GW level)**

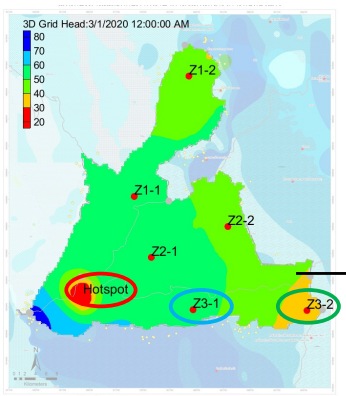


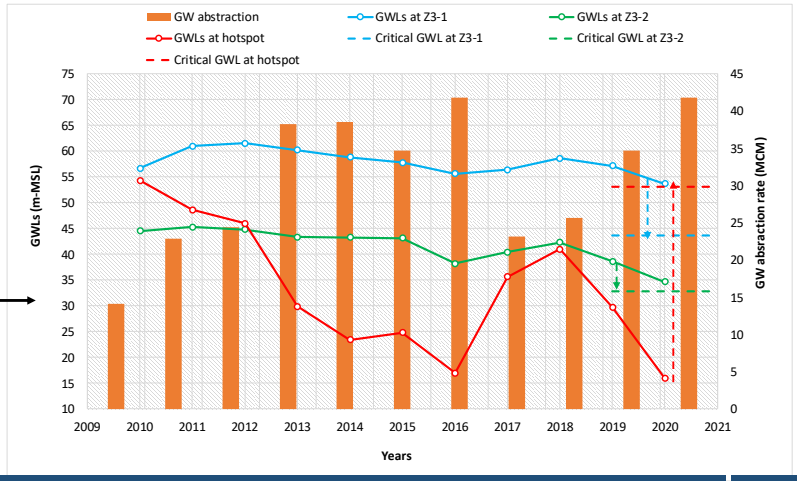
4. RESUTLS — Potential GW abstraction

➢ **Available GWA**

critical GWL= 20 m from ground

❑ **Zone 3**

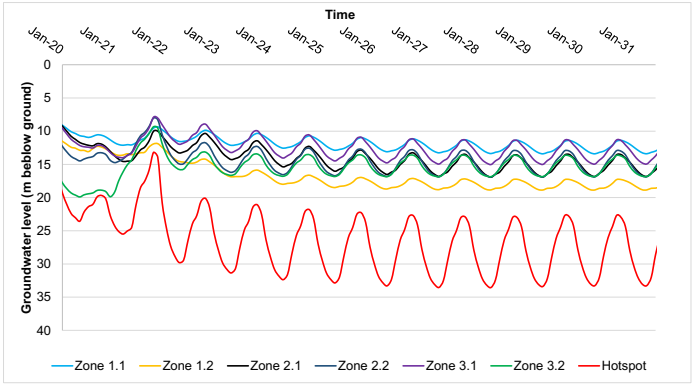


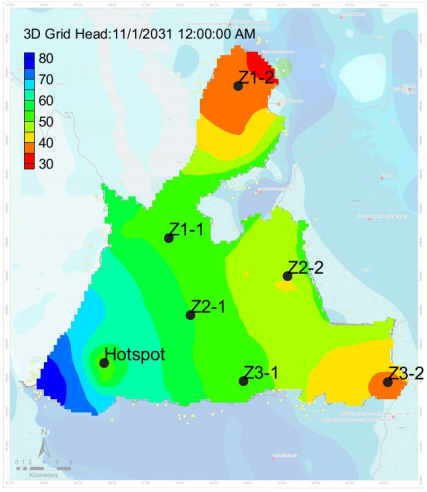


15

3. RESUTLS — Potential GW abstraction

➢ **Sustainable GW abstraction**





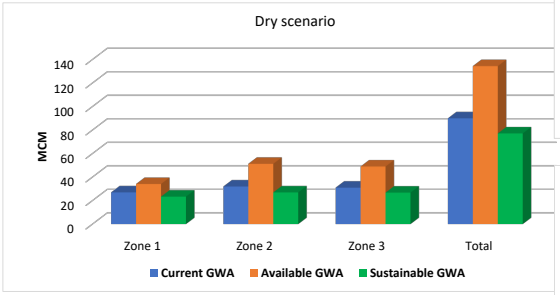
GWLs distribution in new stable state (dry scenario)

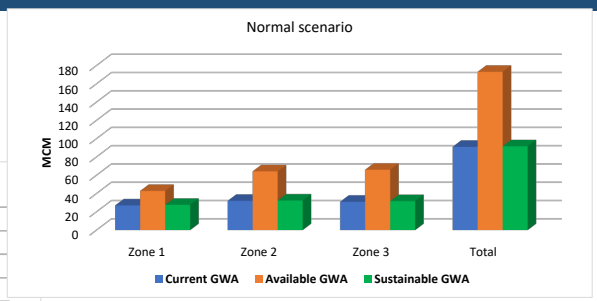
16

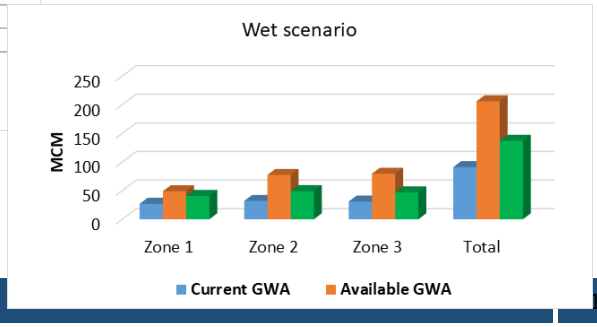
3. RESUTLS

Discussion

➢ **Comparison of sustainable and available GW abstraction by zones**







17

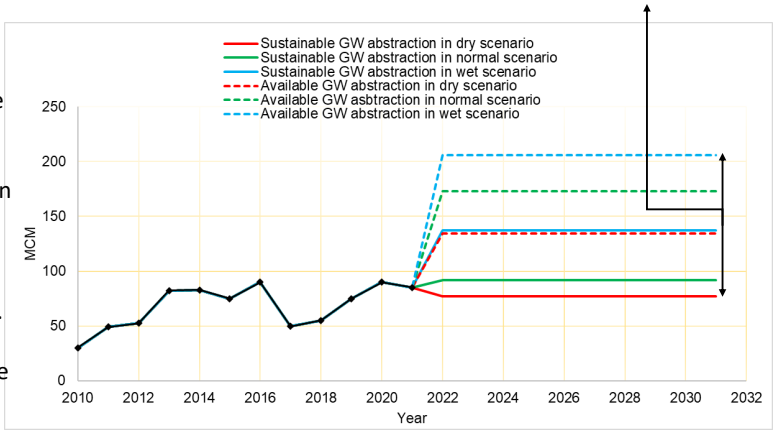
3. RESUTLS

Discussion

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

Recommend GW abstraction

- Available GW abstraction shows a higher amount than sustainable GW abstraction in all three case of climate scenarios
- The current amount of GW abstraction need to maintain or reduce lightly (about 20 MCM) to meet the sustainable GW abstraction in the normal and dry scenario, respectively.
- About 50 MCM of groundwater can be extracted more to meet sustainable GW abstraction in wet season, or available GW abstraction in dry season



18

4. CONCLUSIONS

- Overall, the groundwater potential of three aquifers in the TTD area is generally in good condition, however indicating a crisis may occur if groundwater abstraction is not properly managed.
- Based on current GW abstraction regulation, TTD can sustain abstraction rates up to 128% (~116 MCM for three top aquifer), 92% (~83 MCM), 50% (44 MCM) of the current extraction rates in 2020 for a 20 m drawdown threshold in wet, normal and dry scenarios, respectively
- In order to meet the sustainable GW abstraction of the TTD area, current GW abstraction in 2021 need to be reduced 15% in case of dry condition or maintained in case of normal condition and increased lightly to 20% in case of wet conditions.
- Not consider to redistribute location of wells. The model should consider the optimization of groundwater pumping distribution then be used with caution

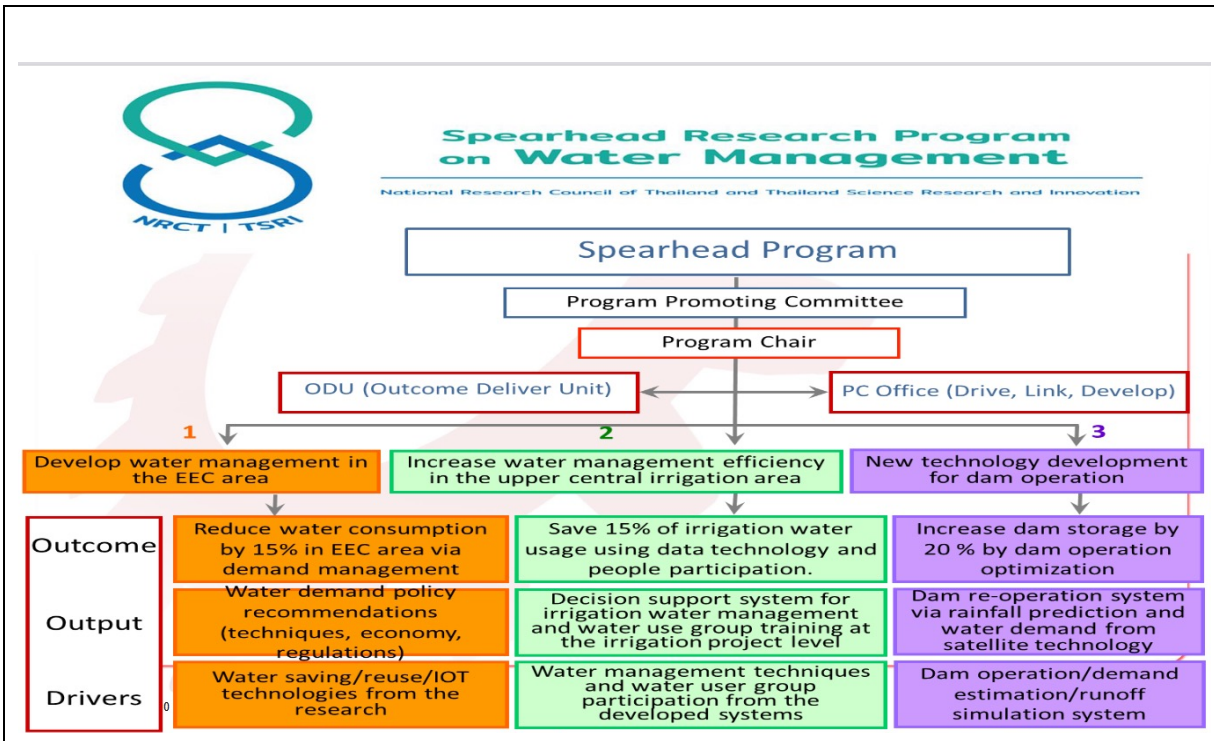
19

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 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.

9/24/22

20



Thank You
For Your Attention
Any question?

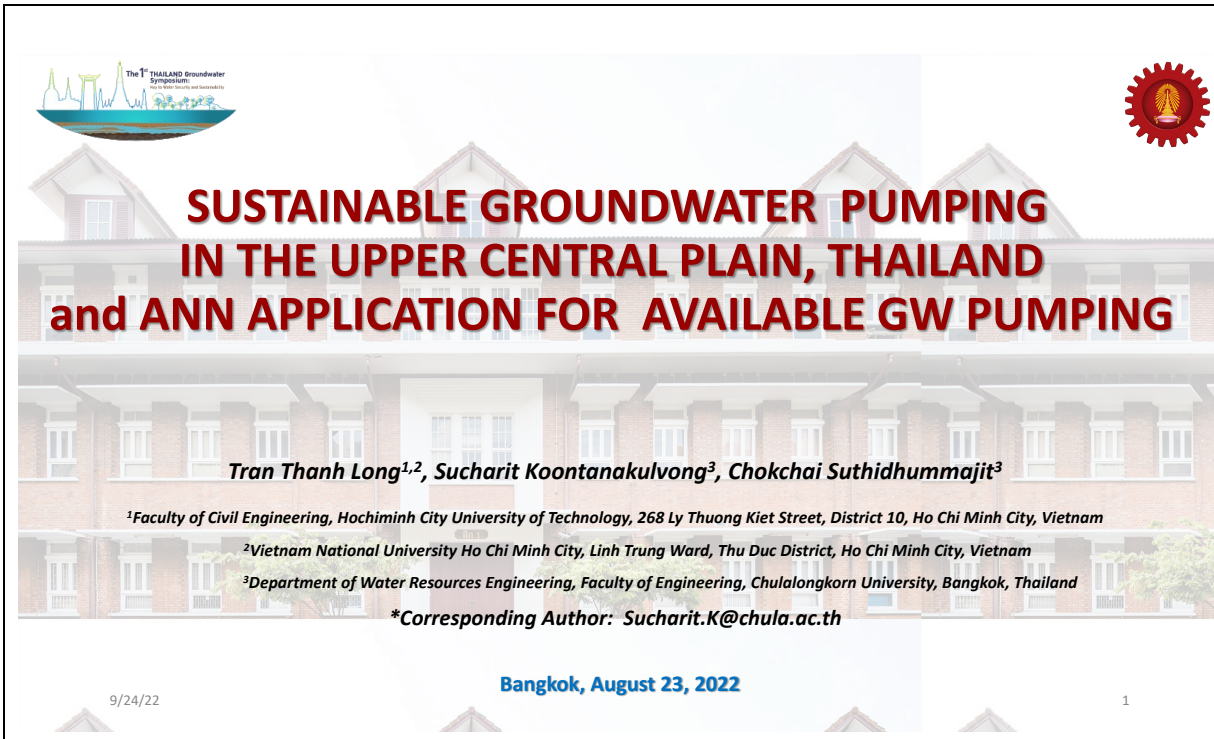
Address:
254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330

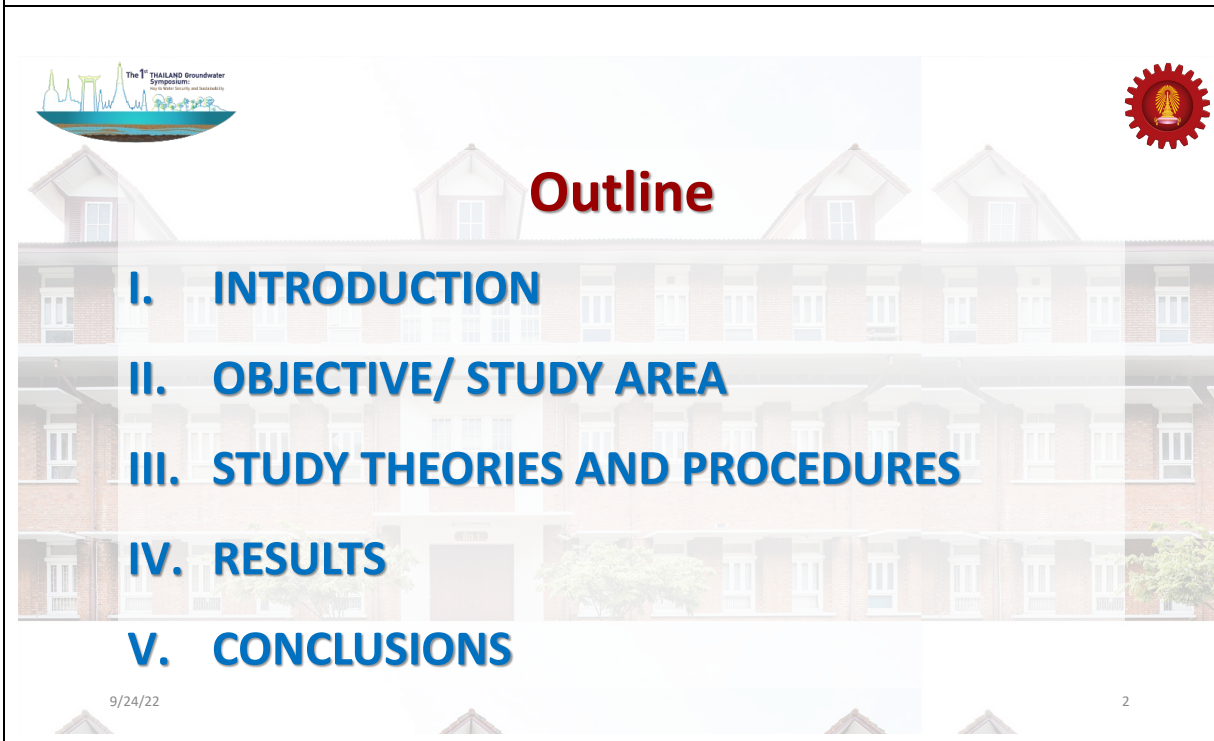
Contact number:
(+66) 636 501 004

Email address:
phamtuanld8@gmail.com

ภาคผนวก ง-1.2

"Sustainable Groundwater Pumping in the Upper Central Plain, Thailand and ANN Application for Available GW Pumping"





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.

9/24/22 3

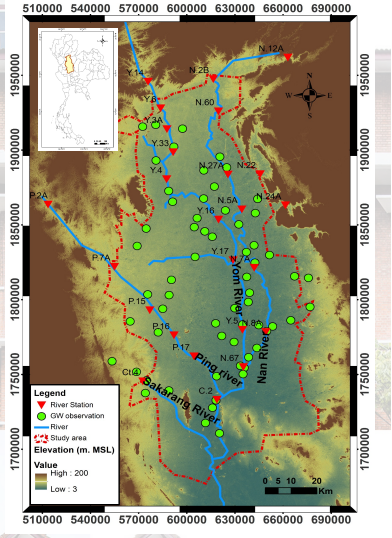
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

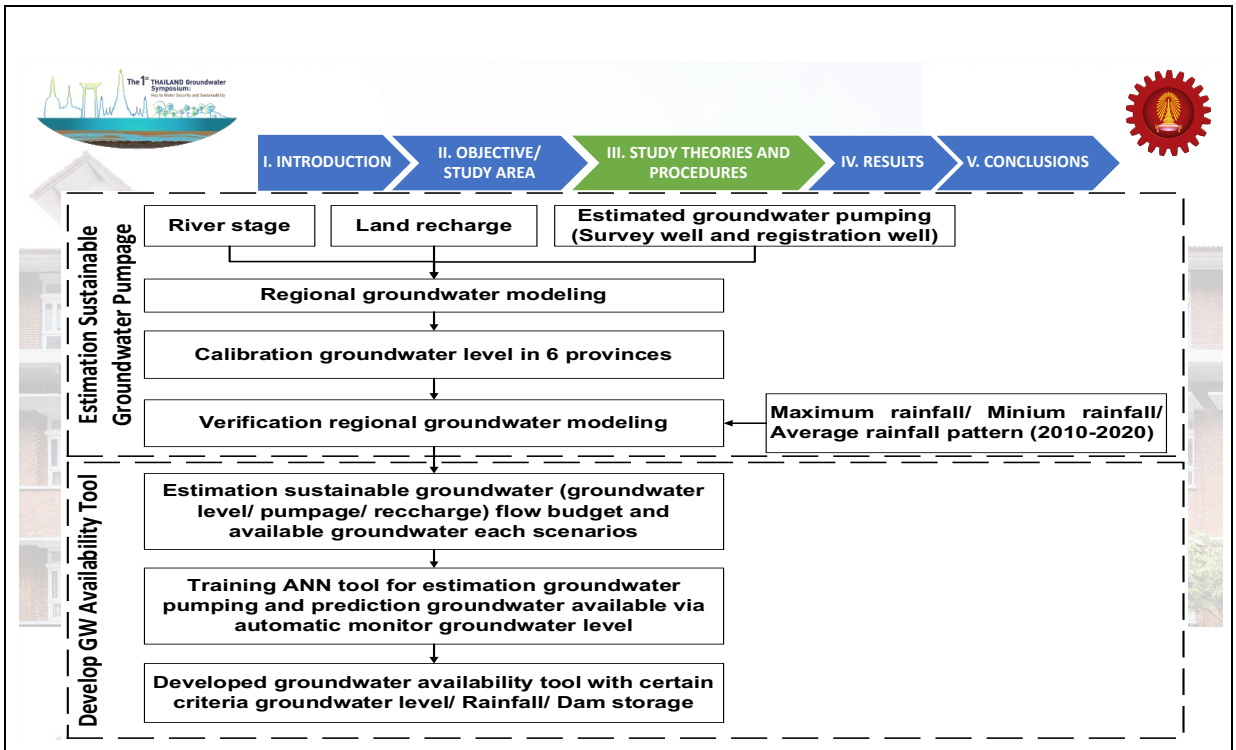
This study aims to estimate available groundwater pumping in the Upper Central Plain Thailand under extreme weather scenarios.

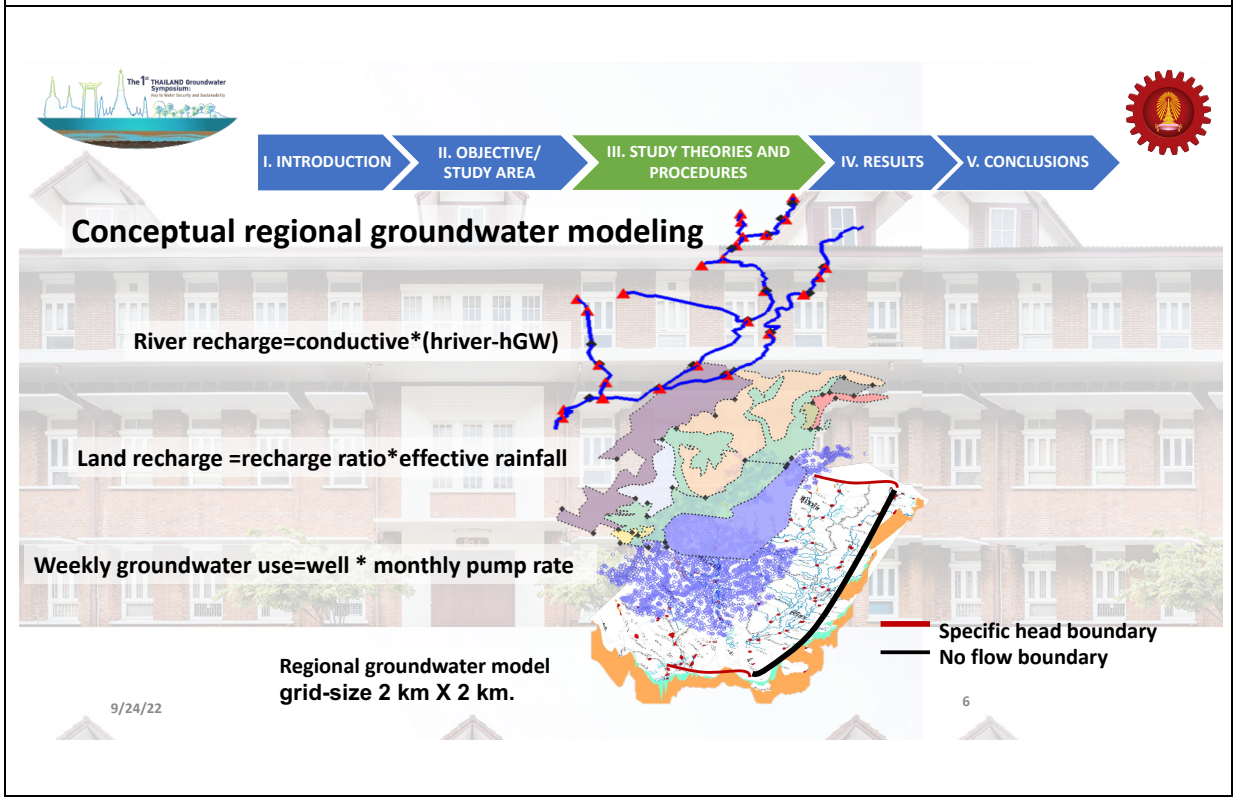
First, the regional groundwater model was developed via a survey monthly pumping pattern, hydrogeology map, river stage, and rain. Then, Younger Terrace Aquifer's groundwater level was calibrated from 1993 to 2010 and validated from 2011 to 2020.

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.




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


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
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.
Specific head boundary
No flow boundary
9/24/22
6

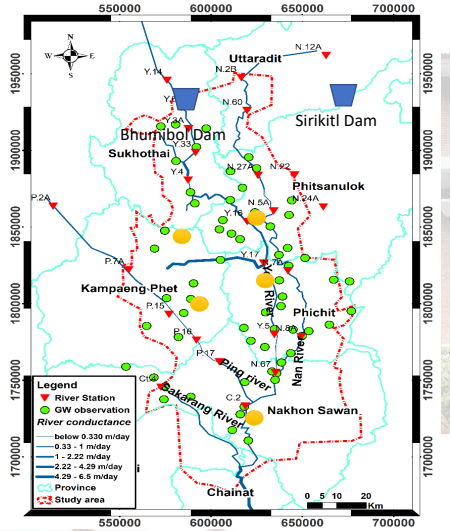
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

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



9/24/22

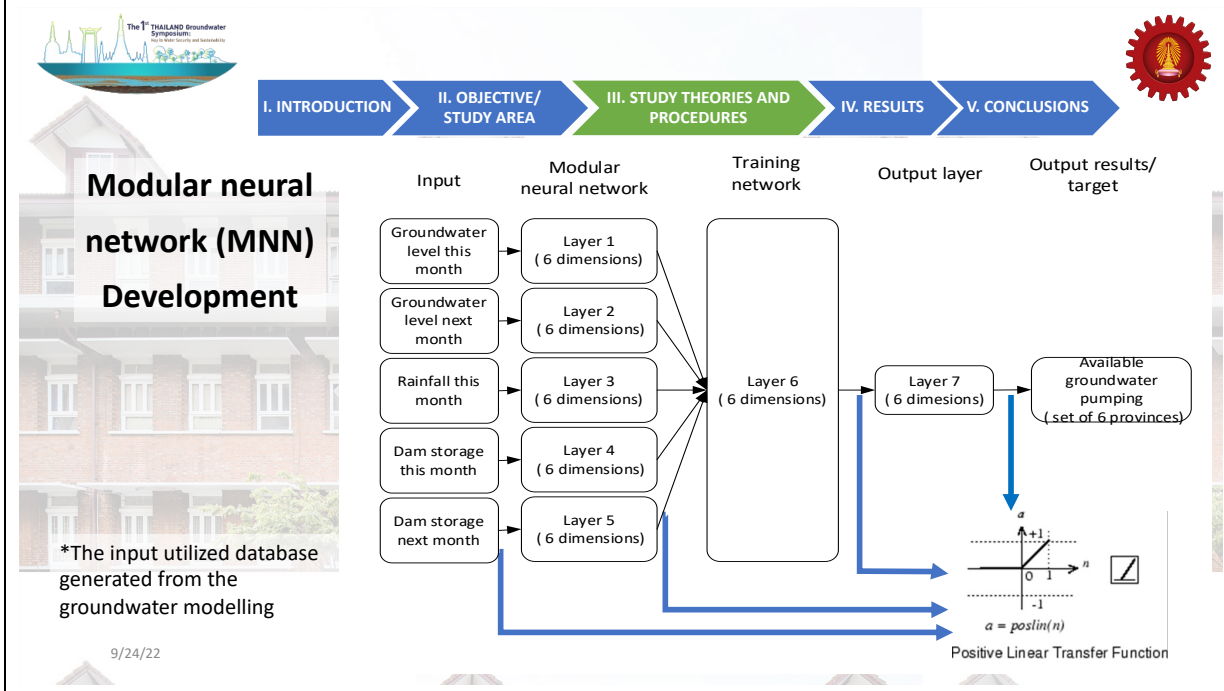
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

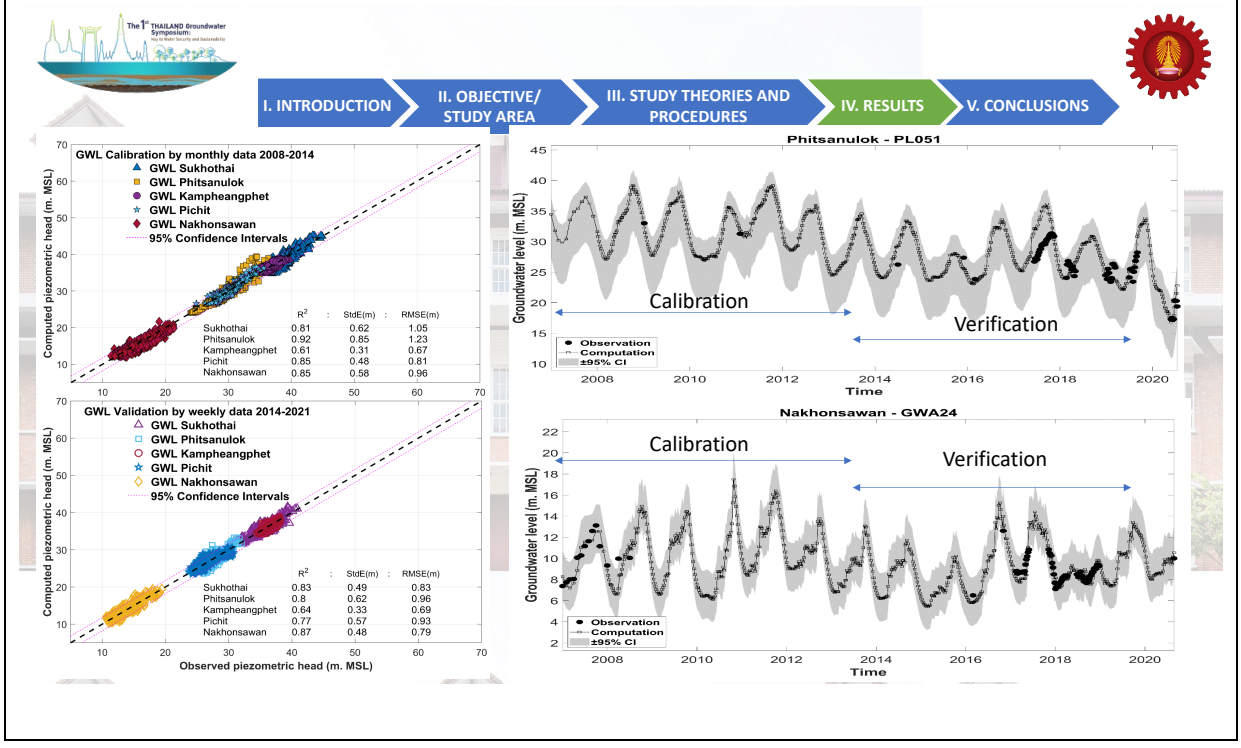
Criteria for estimating sustainable groundwater pumping

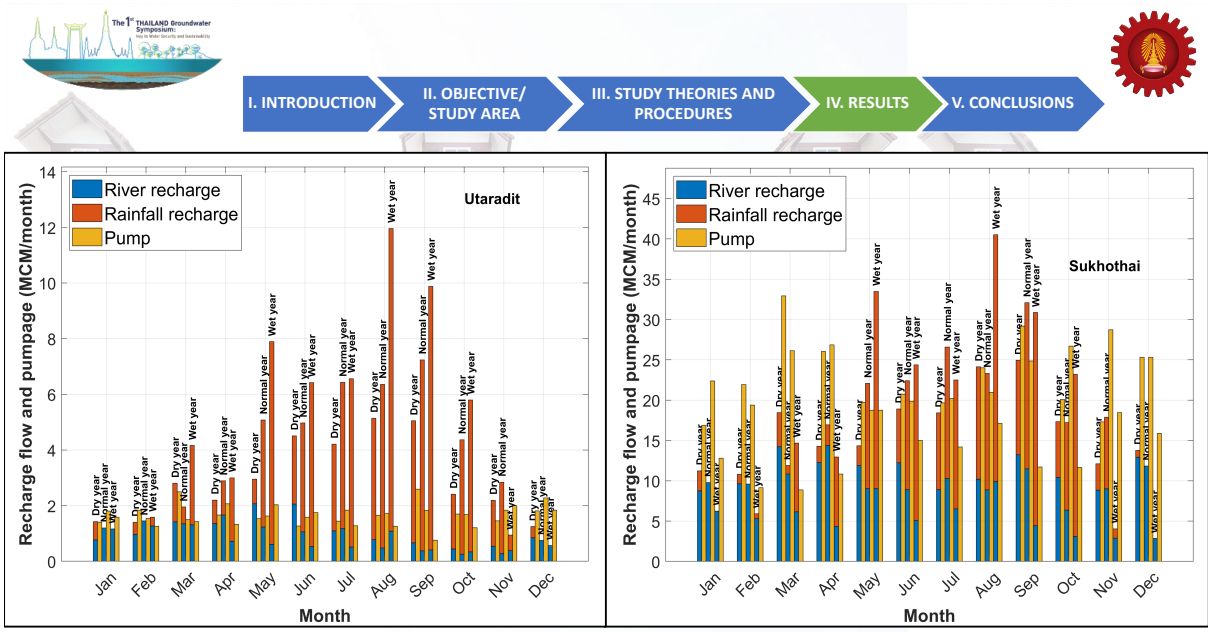
The sustainable groundwater pumping was estimated under three water years			
	Drought year (2016)	Normal year (2009)	Flood year (2011)
Rainfall (mm)	Below 1000	1000-1400	above 1400

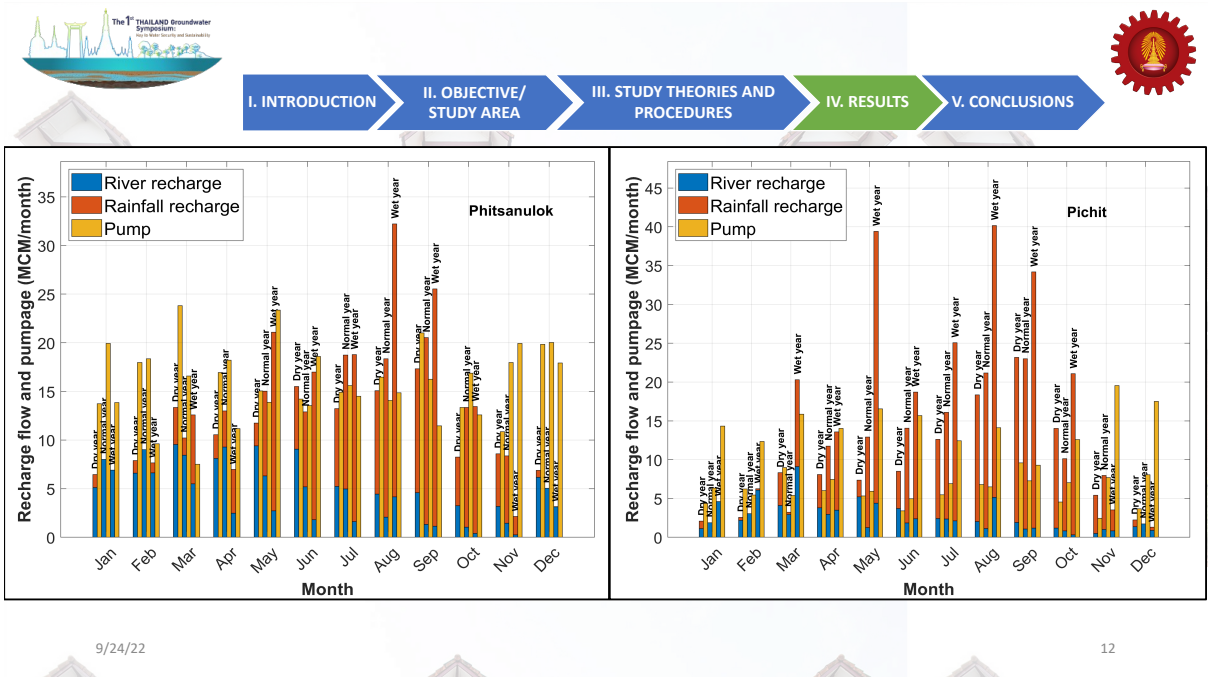
The criteria sustainable groundwater pumping						
	Utraladit	Sukhothai	Kampheangphet	Phitsanulok	Pichit	Nakhonsawan
Drawdown	20m	20m	20m	20m	20m	20m

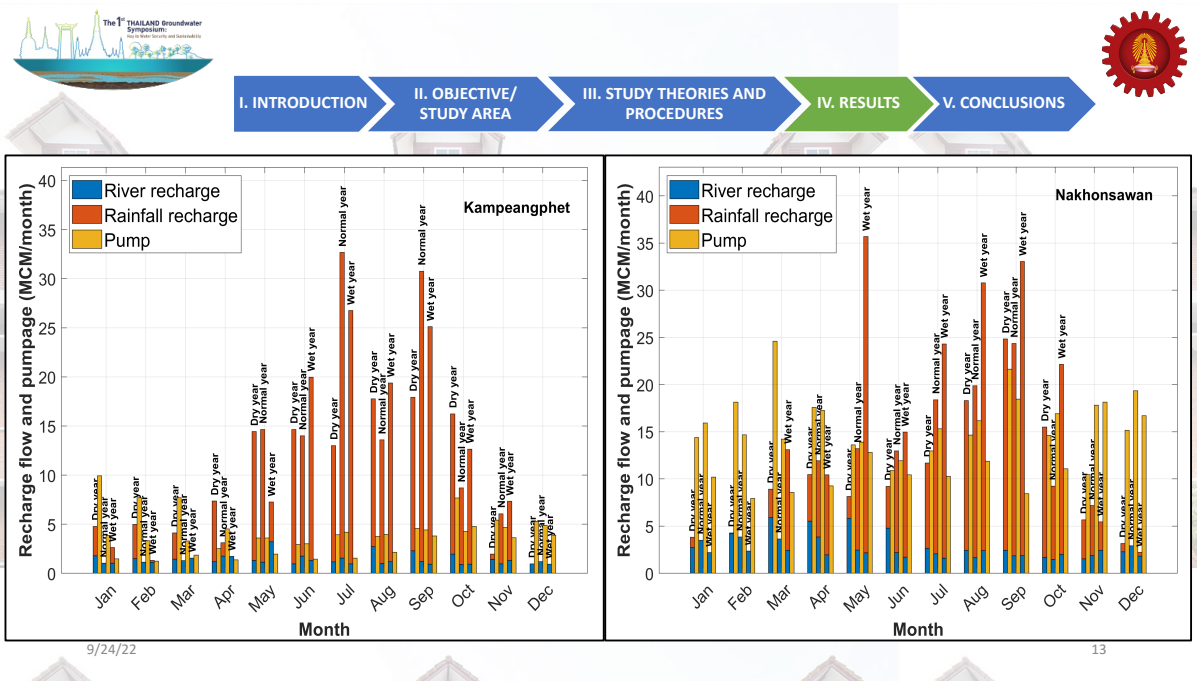
9/24/22 8

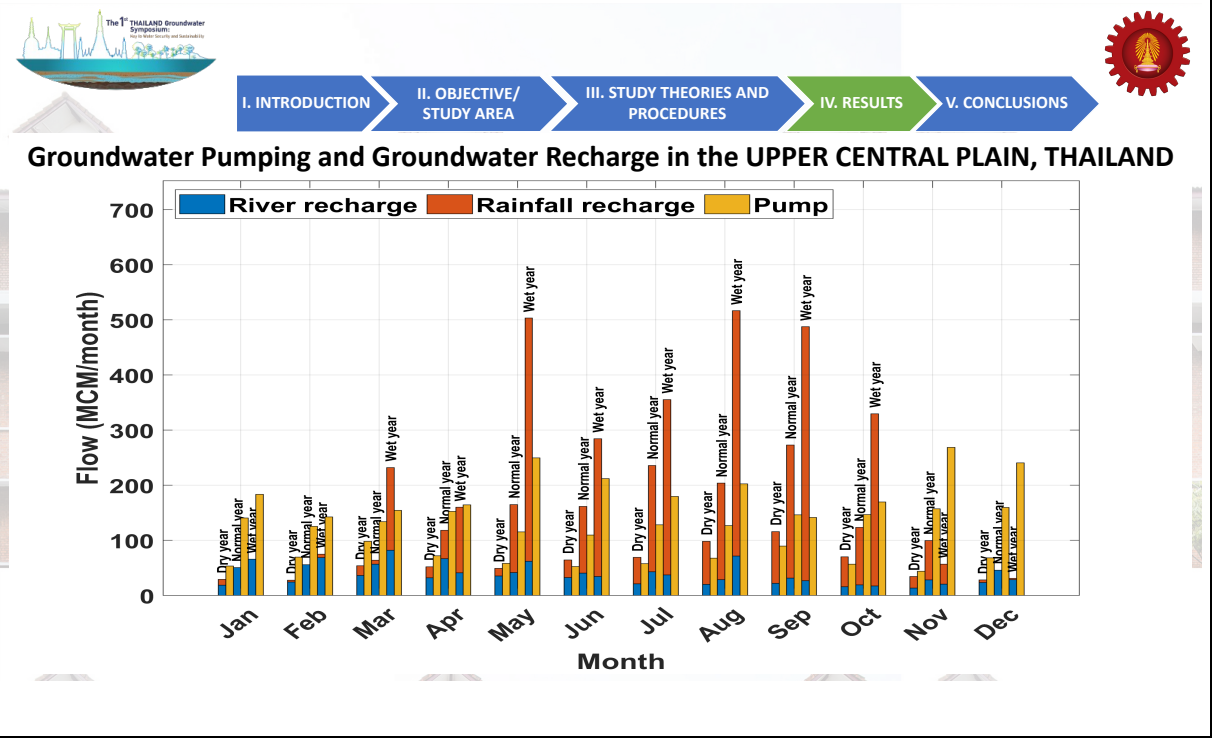

I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
Modular neural network (MNN) Development
Input
Modular neural network
Training network
Output layer
Output results/ target
Groundwater level this month
Groundwater level next month
Rainfall this month
Dam storage this month
Dam storage next month
Layer 1 (6 dimensions)
Layer 2 (6 dimensions)
Layer 3 (6 dimensions)
Layer 4 (6 dimensions)
Layer 5 (6 dimensions)
Layer 6 (6 dimensions)
Layer 7 (6 dimesions)
Available groundwater pumping (set of 6 provinces)
*The input utilized database generated from the groundwater modelling
a = poslin(n)
Positive Linear Transfer Function
9/24/22


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
GWL Calibration by monthly data 2008-2014
GWL Validation by weekly data 2014-2021
Computed piezometric head (m. MSL)
Observed piezometric head (m. MSL)
Phitsanulok - PL051
Nakhonsawan - GWA24
Groundwater level (m. MSL)
Calibration
Verification
Time


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
River recharge
Rainfall recharge
Pump
Utaradit
Sukhothai
Recharge flow and pumpage (MCM/month)
Month
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
9/24/22
11


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
River recharge
Rainfall recharge
Pump
Phitsanulok
Pichit
Recharge flow and pumpage (MCM/month)
Month
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
9/24/22
12


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
River recharge
Rainfall recharge
Pump
Kampeangphet
Nakhonsawan
Recharge flow and pumpage (MCM/month)
Month
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
9/24/22
13


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
River recharge
Rainfall recharge
Pump
Flow (MCM/month)
Month
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec

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

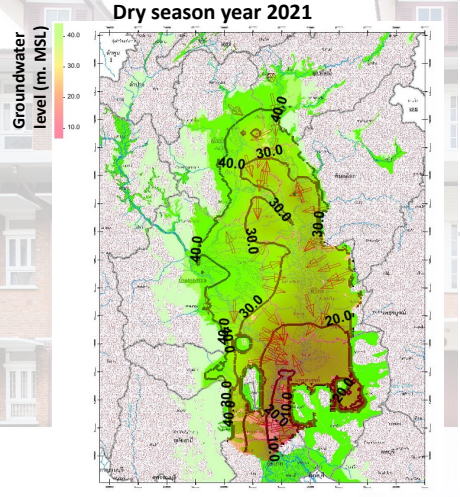
SUSTAINABLE GROUNDWATER PUMPING

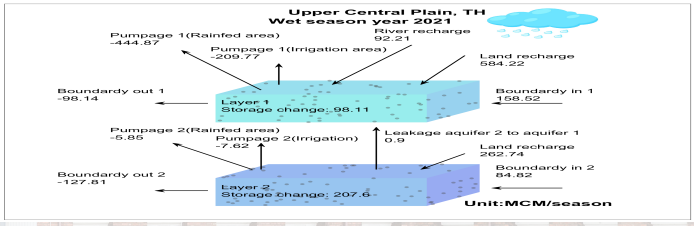
UNIT (MCM/SEASON)		UTTARADIT	SUKHOTHAI	PHITSANULOK	KAM PHAENG PHET	PHICHIT	NAKHON SAWAN	REGIONAL
DRY YEAR	DRY SEASON	8	121	126	62	144	74	535
	WET SEASON	26	253	242	205	252	162	1140
NORMAL YEAR	DRY SEASON	30	197	251	116	301	146	1041
	WET SEASON	30	157	243	166	253	137	986
WET YEAR	DRY SEASON	24	270	263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

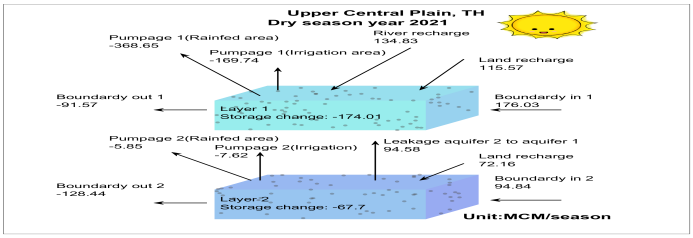
9/24/22 15

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

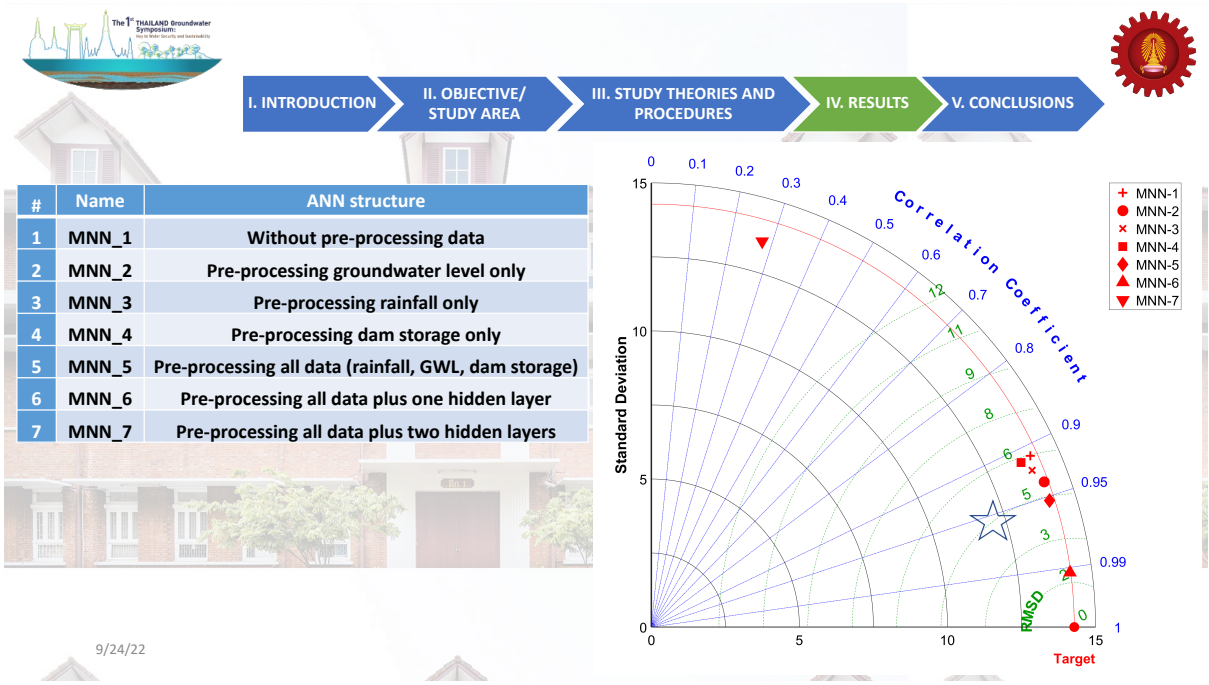
Dry season year 2021

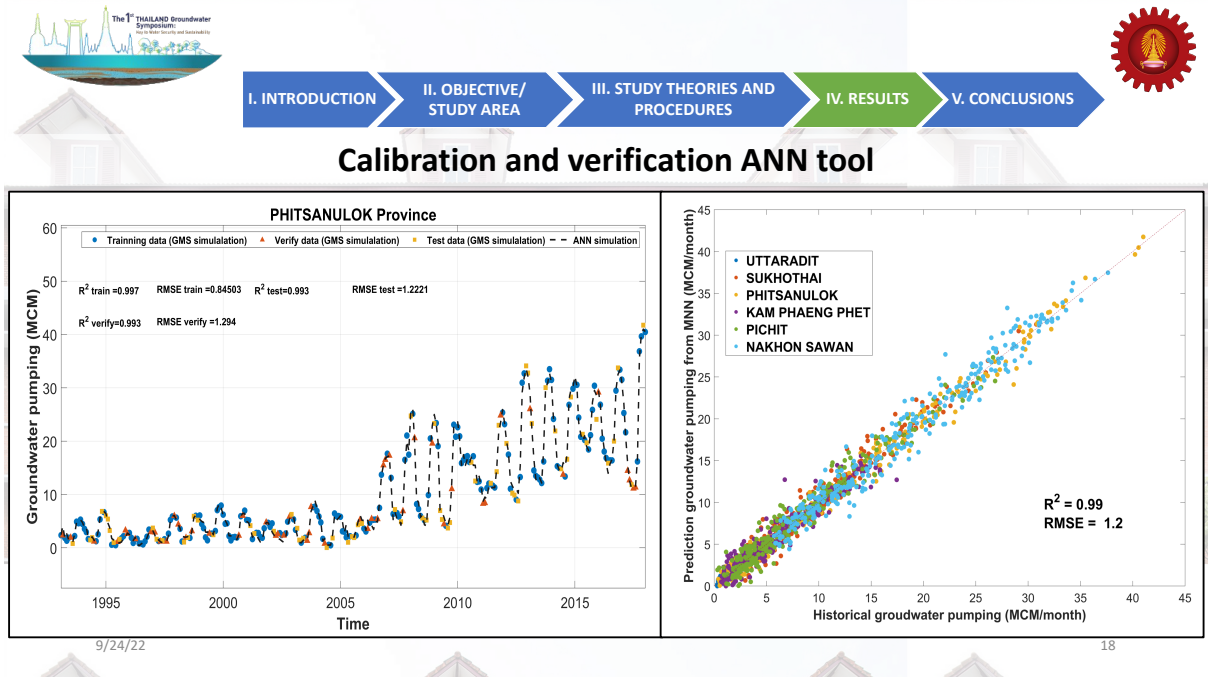


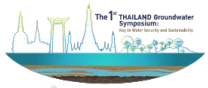




9/24/22 16


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
| 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
Correlation Coefficient
Standard Deviation
RMSD
Target
MNN-1
MNN-2
MNN-3
MNN-4
MNN-5
MNN-6
MNN-7
9/24/22


I. INTRODUCTION
II. OBJECTIVE/ STUDY AREA
III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES
IV. RESULTS
V. CONCLUSIONS
Calibration and verification ANN tool
PHITSANULOK Province
Trainning data (GMS simulalation)
Verify data (GMS simulalation)
Test data (GMS simulalation)
ANN simulation
R2 train =0.997
RMSE train =0.84503
R2 test=0.993
RMSE test =1.2221
R2 verify=0.993
RMSE verify =1.294
Groundwater pumping (MCM)
Time
UTTARADIT
SUKHOTHAI
PHITSANULOK
KAM PHAENG PHET
PICHIT
NAKHON SAWAN
R2 = 0.99
RMSE = 1.2
Prediction groundwater pumping from MNN (MCM/month)
Historical groudwater pumping (MCM/month)
9/24/22
18

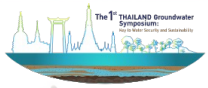


I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

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



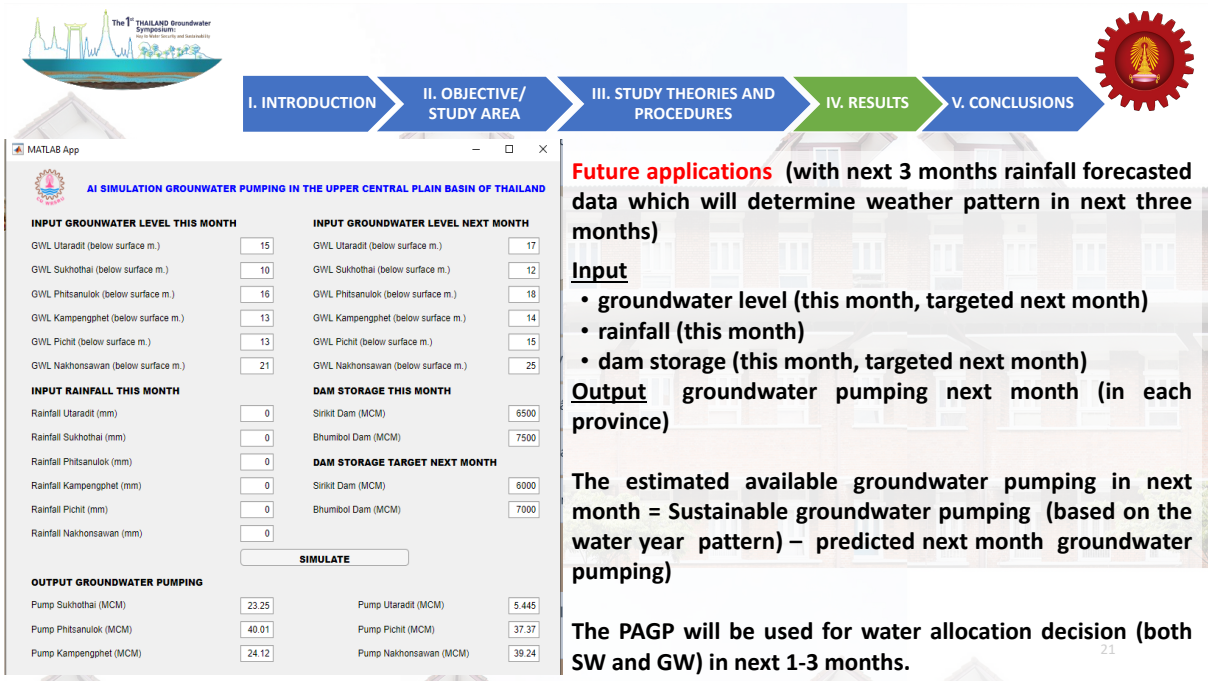
I. INTRODUCTION | II. OBJECTIVE/ STUDY AREA | III. STUDY THEORIES AND PROCEDURES | IV. RESULTS | V. CONCLUSIONS

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)

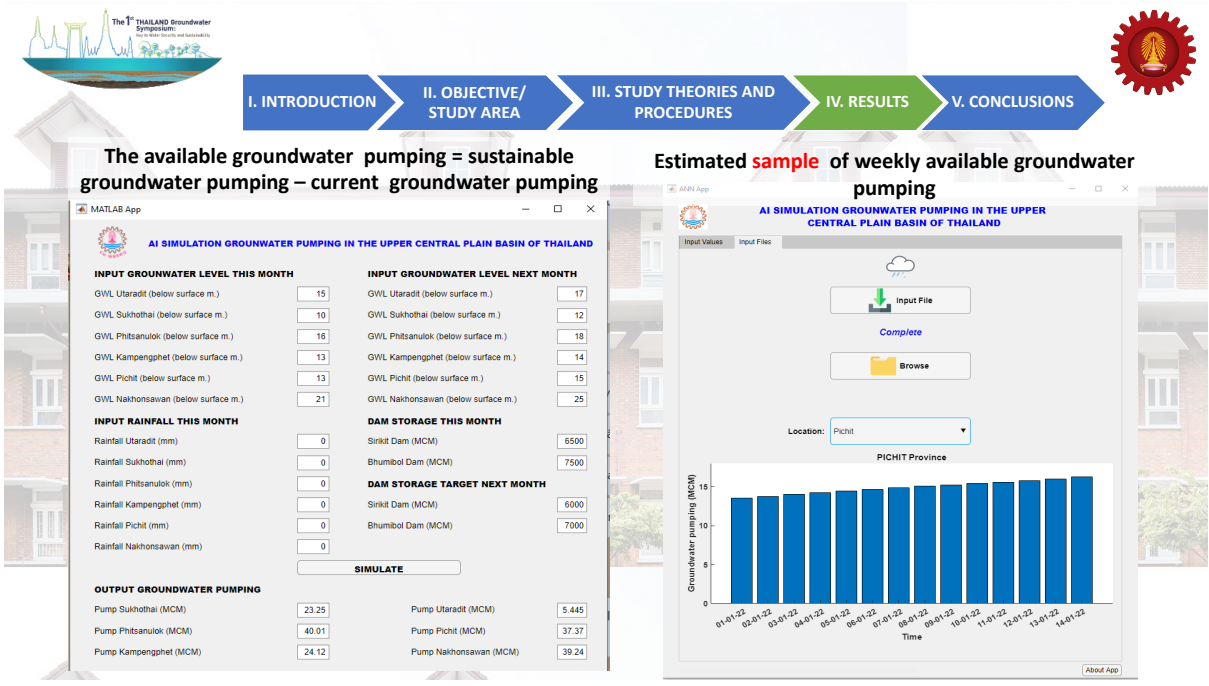
Input

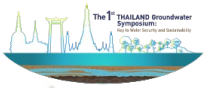
- groundwater level (this month, targeted next month)
- rainfall (this month)
- dam storage (this month, targeted next month)

Output 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.





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

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.

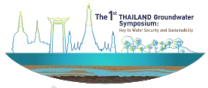
9/24/22 23

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

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.

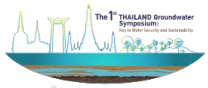
9/24/22 24



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.

9/24/22 25



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.

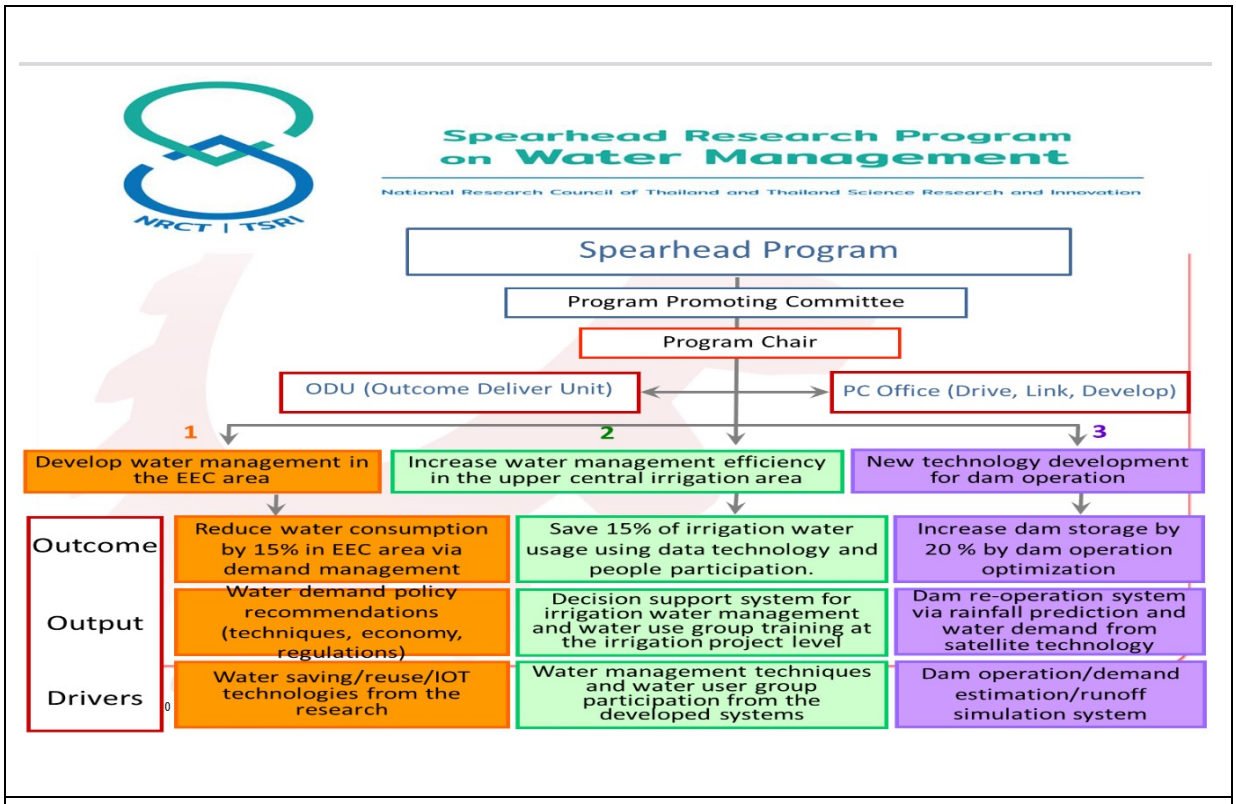
Suthidhummajit, C., and Koontanakulvong, S., 2011, Climate Change Impact on Ground Water and Farmer's response (The Wang Bua Irrigation Project, Kampheng Phet Province, Thailand: Case Study).

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.

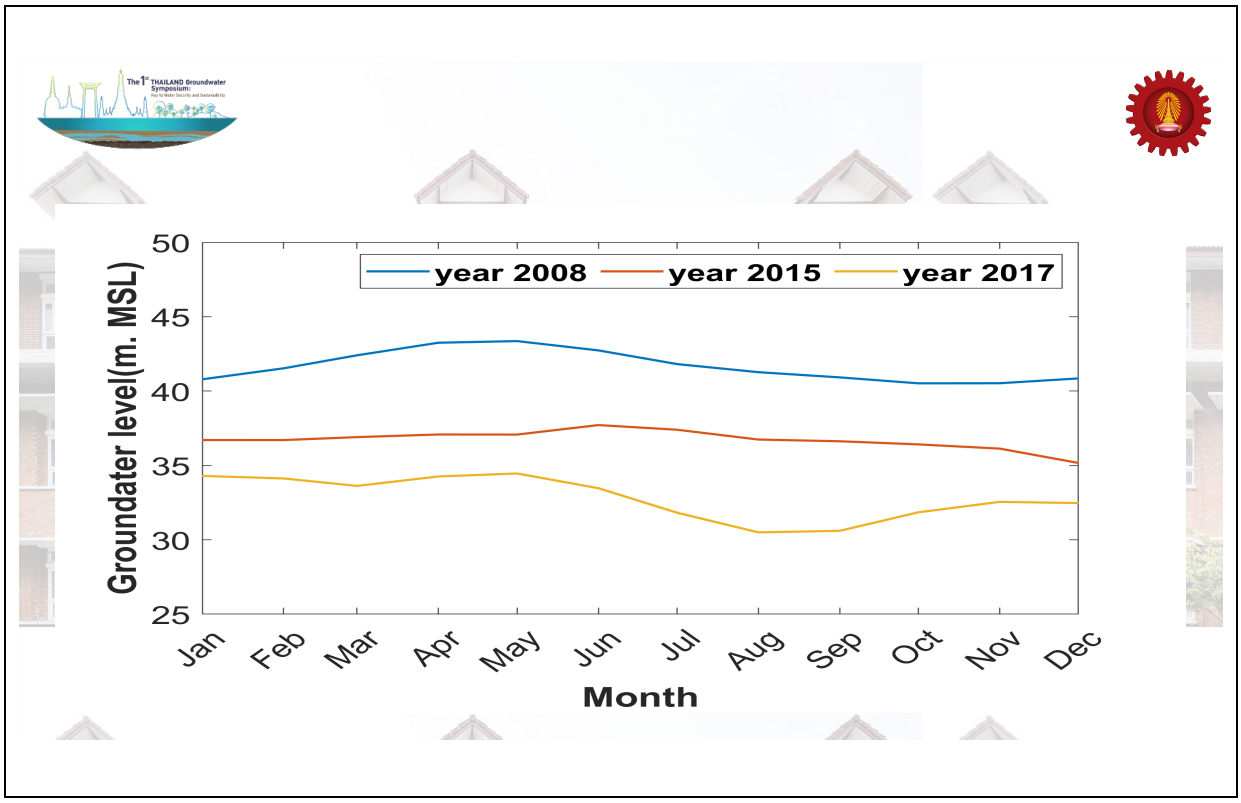
Vasconcelos, V. V., Koontanakulvong, S., Suthidhummajit, C., Junior, P. P. M., and Hadad, R. M. J. A. W. S., 2017, Analysis of spatial–temporal patterns of water table change as a tool for conjunctive water management in the Upper Central Plain of the Chao Phraya River Basin, Thailand, v. 7, no. 1, p.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

9/24/22 26


Spearhead Research Program on Water Management
National Research Council of Thailand and Thailand Science Research and Innovation
NRCT | TSRI
Spearhead Program
Program Promoting Committee
Program Chair
ODU (Outcome Deliver Unit)
PC Office (Drive, Link, Develop)
1
2
3
Develop water management in the EEC area
Increase water management efficiency in the upper central irrigation area
New technology development for dam operation
Outcome
Output
Drivers
Reduce water consumption by 15% in EEC area via demand management
Water demand policy recommendations (techniques, economy, regulations)
Water saving/reuse/IOT technologies from the research
Save 15% of irrigation water usage using data technology and people participation.
Decision support system for irrigation water management and water use group training at the irrigation project level
Water management techniques and water user group participation from the developed systems
Increase dam storage by 20 % by dam operation optimization
Dam re-operation system via rainfall prediction and water demand from satellite technology
Dam operation/demand estimation/runoff simulation system

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 : Dr. Pham Van Tuan

   ตำแหน่งในโครงการ : นักวิจัยพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล Local model

   ที่อยู่ : หน่วยปฏิบัติการระบบการจัดการแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
   คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
   เบอร์โทรศัพท์ที่ติดต่อ 09-5354-2389 E-mail : phamtuanld8@gmail.com

4. ชื่อ-สกุล : Dr. Tran Thanh Long

   ตำแหน่งในโครงการ : นักวิจัยปรับปรุงแบบจำลองน้ำบาดาล Regional model

   ที่อยู่ : 79 Ly Chinh Street, Ward 08, District 3, HCMC, Vietnam
   เบอร์โทรศัพท์ที่ติดต่อ (+84) 862616861 E-mail : ttlongdc@gmail.com

5. ชื่อ-สกุล : คุณจิราภา หวิงปัด

   ตำแหน่งในโครงการ : นักวิจัยภาคสนาม และประสานงานพื้นที่

   ที่อยู่ : ผอ.ส่วนวิชาการ สำนักงานทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 กำแพงเพชร
   เบอร์โทรศัพท์ที่ติดต่อ 08-5051-6039 E-mail : jirapa.k@dgr.mail.go.th