

เอกสารแบบ 9
รายงานการฝึกหัดภาพลกระทบต่อระดับน้ำบาดาล

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงาน.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ระยะเวลาดำเนินงานโครงการ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ข้อมูลพื้นฐาน.....	4
2.1 ลักษณะภูมิประเทศ.....	4
2.2 สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา.....	5
2.3 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา.....	6
2.4 ฐานน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา.....	7
2.5 ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	10
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	14
3.1 ดำเนินการศึกษาในระดับน้ำบาดาล.....	14
3.2 การจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล.....	14
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	17
4.1 แบบจำลองเชิงโมโนไดนามิกอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่.....	17
4.2 ผลระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล.....	21
4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของน้ำบาดาล.....	24
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	45
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	45
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	48

รายงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษผลกระทบระดับน้ำบาดาลจากการทำเหมืองบริเวณบ่อ A
(A pit) บริเวณเหมืองแร่ทองคำอัครา

เสนอต่อ

บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน)

โดย

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

21 มิถุนายน 2566

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 25 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึก พ.ศ. 2564	37
รูปที่ 26 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึกในแบบจำลองบริเวณ	38
บ่อเหมือง A ช่วงปี พ.ศ. 2559 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่	
รูปที่ 27 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลองบริเวณ	38
บ่อเหมือง A ช่วงปี พ.ศ. 2559 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่	
รูปที่ 28 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึกในแบบจำลอง	39
บริเวณบ่อ A ช่วงปี พ.ศ. 2564	
รูปที่ 29 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลอง	39
บริเวณบ่อ A ช่วงปี พ.ศ. 2560 – 2564 ในขณะที่ไม่มีการดำเนินงานในเหมือง	
รูปที่ 30 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2566 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก	40
รูปที่ 31 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2569 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก	41
รูปที่ 32 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2572 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก	42
รูปที่ 33 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2575 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก	43
รูปที่ 34 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึกในแบบจำลอง	44
บริเวณบ่อ A ช่วงปี พ.ศ. 2575 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่	
รูปที่ 35 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลอง	44
บริเวณบ่อ A ช่วงปี พ.ศ. 2566 – 2575 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่	
รูปที่ 36 ภาพแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการลดระดับน้ำในบริเวณ บ่อ P1 A รัศมี 2.0 กิโลเมตร	46
รูปที่ 37 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลอง	47
บริเวณบ่อ A ใช้ปีหน้า ก) อัตราการสูบน้ำที่ 650 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง ข) อัตราการสูบน้ำที่ 450 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง ค) อัตราการสูบน้ำที่ 200 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาเหมืองแห่งคำอัครา	1
รูปที่ 2 ลักษณะภูมิประเทศ บริเวณพื้นที่ศึกษา	4
รูปที่ 3 สภาพธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษา	6
รูปที่ 4 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษา	7
รูปที่ 5 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยา	9
รูปที่ 6 ตำแหน่งและการกระจายตัวของบ่อบาดาลระดับต้นในพื้นที่ศึกษา	13
รูปที่ 7 ตำแหน่งและการกระจายตัวของบ่อบาดาลระดับลึกในพื้นที่ศึกษา	13
รูปที่ 8 แผนการออกแบบเส้นชั้นความสูงบริเวณบ่อเหมือง A	16
รูปที่ 9 แบบจำลองเชิงโมเดลทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	18
รูปที่ 10 การออกแบบกริดในแบบจำลองของพื้นที่ศึกษา	19
รูปที่ 11 การออกแบบกริดในแนวตั้งนั้นได้แบ่งไว้ทั้งสิ้น 4 ชั้น	19
รูปที่ 12 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับต้น 1) พ.ศ. 2555 2) พ.ศ. 2564	22
รูปที่ 13 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึก 1) พ.ศ. 2555 2) พ.ศ. 2564	23
รูปที่ 14 ขอบเขตความดันน้ำคงที่ (Constant Head) ในพื้นที่ศึกษา	26
รูปที่ 15 สถานีวิวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ศึกษา	27
รูปที่ 16 ปริมาณน้ำฝนรายเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564	27
รูปที่ 17 อัตราการระเหยเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564	28
รูปที่ 18 การกระจายตัวของคลอง คลองส่งน้ำ ในพื้นที่ศึกษา	29
รูปที่ 19 Scattered Plot การเปรียบเทียบ Calibration สำหรับ Steady Stage ของระดับน้ำบาดาลจาก	30
บ่อสังเกตการณ์ (แกน x) และระดับน้ำบาดาลจากการคำนวณ (แกน y)	
รูปที่ 20 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับต้น พ.ศ. 2555	31
รูปที่ 21 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึก พ.ศ. 2555	31
รูปที่ 22 Scattered Plot การเปรียบเทียบ Calibration สำหรับในสภาพผันแปรตามเวลา	33
(Transient calibration) ของระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ (แกน x) และระดับน้ำบาดาลจากการคำนวณ (แกน y)	
รูปที่ 23 Scattered Plot การเปรียบเทียบ Calibration สำหรับในสภาพผันแปรตามเวลา	36
(Transient calibration) ของระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ (แกน x) และระดับน้ำบาดาลจากการคำนวณ (แกน y)	
รูปที่ 24 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึก พ.ศ. 2555	37

สารบัญตาราง

บรรทัดที่	หน้า
1 ชั้นนํ้าบาดาลในพื้นที่ศึกษา.....	8
2 บ่อบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	10
3 การกำหนดความละเอียดของแบบจำลอง.....	20
4 ชั้นนํ้าบาดาลในพื้นที่ศึกษา.....	24
5 ค่าสภาพการนำไหลของดินแบบจำลองก่อนทำการปรับแก้.....	25
6 ค่าความพรุนประสิทธิผล ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ และค่าอัตราการให้นํ้าเฉพาะ.....	25
ที่กําหนดในแบบจำลองก่อนทำการปรับแก้ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)	
7 สถิติวัดอัตราการระเหยของกรมอุตุนิยมวิทยาของสถานีใกล้เคียงในพื้นที่ศึกษา.....	28
8 ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ และผลการปรับเทียบแบบจำลอง.....	35

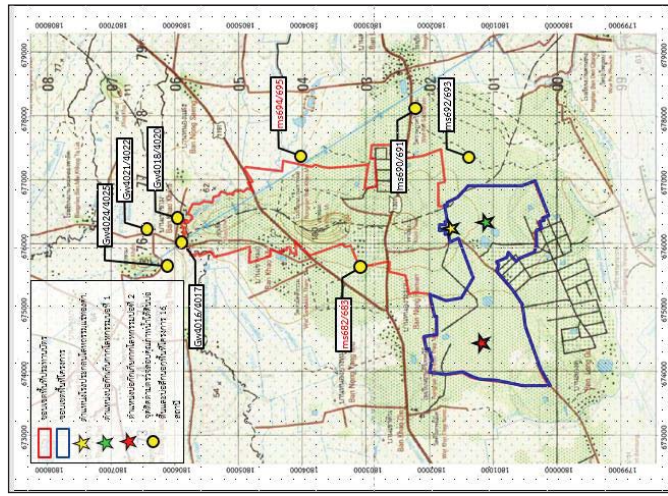
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

สืบเนื่องจากทางบริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) ผู้ประกอบการกิจการเหมืองแร่ทองคำและเงินในพื้นที่จังหวัดพิจิตร และจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งประกอบไปด้วยประทานบัตรจำนวน 14 แปลง ซึ่งได้รับอนุญาตจากกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ มีความประสงค์จะศึกษาผลกระทบต่อนํ้าบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา จากการทำเหมืองบริเวณบ่อ A (A pit) ทางคณะศึกษาจึงได้นำเสนอข้อเสนอโครงการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการไหลและระดับของนํ้าบาดาล บริเวณพื้นที่ศึกษา ของเหมืองทองคำอัครา บริเวณพื้นที่ศึกษา

แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาเหมืองแร่ทองคำอัครา

ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบแบบจำลอง และการจำลองผลกระทบ

- 6) ดำเนินการจำลองการไหลของน้ำบาดาลโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MODFLOW
- 7) ดำเนินการเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อสังเกตการณ์ในพื้นที่ร่วมกับข้อมูลการสำรวจในสนามเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกับข้อมูลในช่วง 5 ปีย้อนหลังระหว่างปี 2016-2020
- 8) จำลองผลกระทบที่เกิดขึ้นในอนาคตและภายหลังการปิดโครงการ
- 9) แผนที่จะศึกษาการไหลของน้ำบาดาลจากข้อสังเกตการณ์ต่างๆ รอบพื้นที่ศึกษา
- 10) ทำแผนที่แสดงผลกระทบของระดับน้ำที่ลดลงจากการทำโครงการ

ระยะที่ 3 รายงานผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

- 11) จัดทำรายงานผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.5 ระยะเวลาดำเนินโครงการ

ระยะเวลา 270 วัน (9 เดือน) นับตั้งแต่วันที่บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) ออกเอกสาร Letter of Intent (LOI) ให้ทางสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

- 1) ผลการศึกษาความก้าวหน้าโครงการ 60 วันนับตั้งแต่ออก LOI (ไม่มีเล่มรายงาน)
- 2) รายงานผลการศึกษา 270 วัน นับตั้งแต่ออก LOI

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) แผนที่แสดงระดับน้ำบาดาลของน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา
- 2) รายงานผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบของการทำเหมืองบริเวณบ่อ A (A-pit) ต่อระดับน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่เหมืองทองคำอัครา

1.3 ขอบเขตของงาน

ทางคณะผู้จัดทำขอเสนอขอบเขตการศึกษาดังนี้

- 1) ในการศึกษาจะใช้ข้อมูลหลายๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ สมบัติทางพลศาสตร์ของน้ำ แฉกที่ภูมิประเทศ ฐานข้อมูลสภาพแสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล เป็นต้น ได้จากการรวบรวมจากทางบริษัท
- 2) การดำเนินการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การไหลของน้ำบาดาลจากการทำเหมืองบริเวณบ่อ A (A-pit) โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์
- 3) ในการศึกษาจะไม่พิจารณาของการทำเหมืองฯ ต่อคุณภาพน้ำบาดาล
- 4) ขอบเขตพื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณพื้นที่เหมืองทองคำอัคราเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การตรวจสอบข้อมูลและการสร้างแบบจำลองด้านอุทกธรณีวิทยา

- 1) รวบรวม ทบทวนและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ต่างๆ เพิ่มเติมจากการศึกษาที่ผ่านมา อาทิ
 - ข้อมูลสภาพอุทกวิทยา รวมถึงข้อมูลปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่
 - ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา
 - ข้อมูลตำแหน่งบ่อดังกล่าวในน้ำบาดาล พร้อมพิกัด และระดับความลึกของบ่อด
 - ชั้นดินและชั้นหินในพื้นที่ศึกษา
- รายละเอียดแผนงานการทำเหมืองบริเวณบ่อ A (A-pit) พร้อมรายงานการออกแบบขุดบ่อด
- รายงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาพร้อมกับพิกัด UTM ในรูปไฟล์ AutoCAD หรือ Shape files
- รายงานการประเมินและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) ศึกษาแบบจำลองโมโนทัศน์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการไหลของน้ำบาดาลจากการศึกษาที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแผนในการพัฒนา ปรับปรุงในระยะที่ 2 ต่อไป
- 3) ดำเนินการเยี่ยมชมสถานที่เพื่อรวบรวมข้อมูลอุทกธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้อง (หากจำเป็น)
- 4) จัดเตรียมข้อมูลต่างๆ ที่มีความสำคัญให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไป
- 5) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเชิงโมโนทัศน์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น

2.2 สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 3 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดพิจิตร จังหวัดพิษณุโลกและ จังหวัดเพชรบูรณ์ สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาได้รับรวมจากข้อมูลเดิมที่มีการศึกษาไว้ ดังแสดงในแผนที่ ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 3 สามารถสรุปลักษณะทางธรณีวิทยบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

1) ตะกอนที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณที่ราบของจังหวัดพิษณุโลก มีวิวัฒนาการมาจากสมัยไพลโอซีนต่อกับไพลสโตซีน ประมาณ 1.8 ล้านปี หลังการเกิดรอยเลื่อนแบบบลิอก จึงทำให้ส่วนที่เป็นขอบแอ่งด้านทิศตะวันออกยกตัวสูงขึ้นเป็นภูเขา ตะกอนที่สะสมตัวอยู่ตามขอบแอ่งในรูปลานตะกอนที่พัฒนายุดเก่า คาดไว้ว่าอายุของตะกอนเหล่านี้จะอยู่ในยุคไพลสโตซีนด้วย ตะกอนที่สะสมตัวในที่ราบ ตลอดจนถึงตะกอนที่สะสมตัวแบบน้ำพา อายุอ่อนกว่าไพลสโตซีนตามลำดับไปจนถึงตะกอนน้ำไหลจาก อายุโฮโลซีน อายุประมาณ 10,000 ปี กำหนดลำดับขั้นและหน่วยตะกอน จากอายุอ่อนไปอายุแก่กว่า แบ่งได้ 2 หน่วย ดังนี้

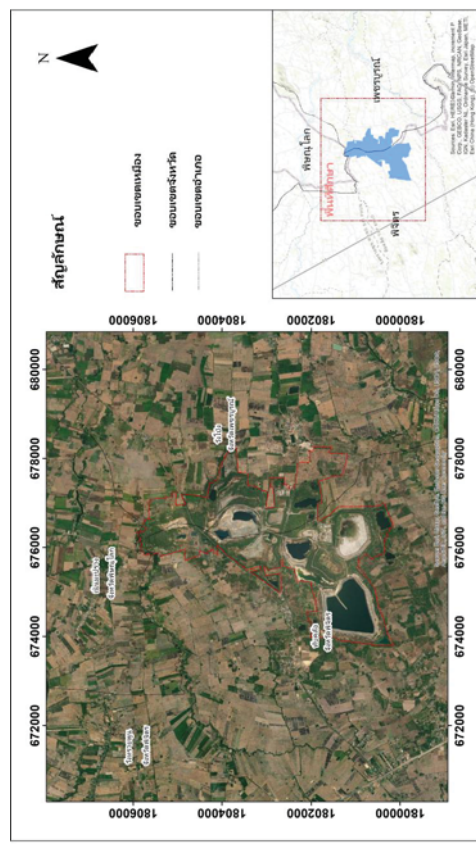
- 1.1) Qa ตะกอนธารน้ำพา กรวด หทราย หทรายแป้ง ดินเหนียว สะสมตัวตามร่องน้ำ ค้นดินแม่น้ำ และที่ราบน้ำท่วมถึง
- 1.2) Ql ตะกอนตะกั่ว น้ำ กรวด หทราย หทรายแป้ง ดินเหนียว และศิลาแลง
- 2) หินภูเขาไฟยุคเพอร์มีไทรเอสสิก (Permo-Triassic Volcanic Rocks) พบเป็นหินภูเขาไฟประเภทแอนดีไซต์ (Andesite) ไรโอไลต์ (Rhyolite) และหินที่พัฟฟ์ (Tuff) มีหินกรวดภูเขาไฟ (Agglomerate) และหินชั้นภูเขาไฟ (Pyroclastic rock) แทรกอยู่เป็นบางแห่ง มักพบเป็นเนินเขาโดดๆ แทรกอยู่ประปรายในบริเวณเพอร์เมียนคาร์บอนิเฟอรัสและหินยุคไทรแอสสิกตอนบน ถึงจูแรสสิกตอนบน ถึงจูแรสสิกตอนล่าง ปิดเหนือของอำเภอลพบุรีและอำเภอน้ำหนาว พบแทรกอยู่ในหินยุคเพอร์เมียน ถึงคาร์บอนิเฟอรัส และหินยุคไทรแอสสิกตอนบน ถึงจูแรสสิกตอนล่างบางส่วน พบแทรกอยู่ในหินยุคเพอร์เมียน ถึงคาร์บอนิเฟอรัส ในบริเวณอำเภอลพบุรี อำเภอนนแดน และอำเภอนนท่งไม่ ที่พบแทรกในหินยุคเพอร์เมียน ถึงคาร์บอนิเฟอรัส และหินยุคไทรแอสสิกตอนบน ถึงจูแรสสิกตอนล่าง พบในอำเภอบึงสามพัน และอำเภอดิยารุ

บทที่ 2

ข้อมูลพื้นฐาน

2.1 ลักษณะภูมิประเทศ

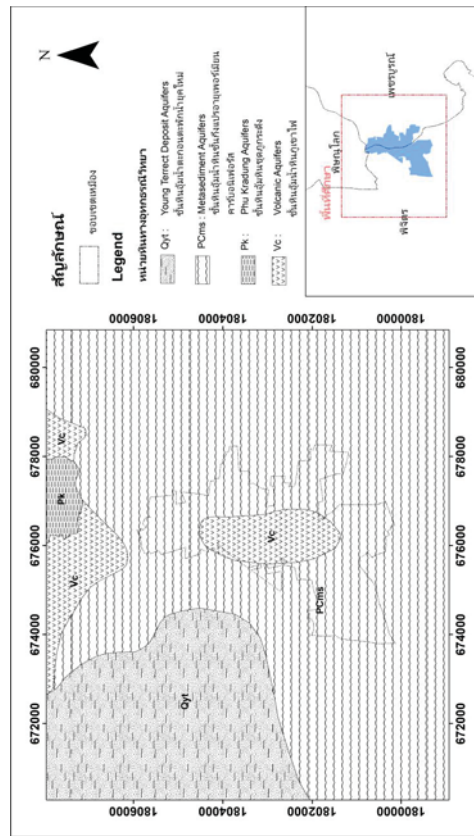
พื้นที่ศึกษาคอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด โดยทิศตะวันตกของโครงการอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดพิจิตร ประกอบด้วย อำเภอทับคล้อและอำเภอลพบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอทับคล้อเป็นที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขา เป็นที่เนินเหมาะแก่การทำไร่ ส่วนที่ราบลุ่มเหมาะแก่การทำนา บางส่วนเป็นป่าทึบ มีพันธุ์ไม้จำนวนมาก ซึ่งพื้นที่ในบริเวณนี้เป็นที่อุดมสมบูรณ์จึงมีประชาชนเข้ามาบุกเบิกที่ดินทำกินเป็นจำนวนมาก มีการตั้งบ้านเรือนจนกลายเป็นชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนตำบลหนองพระตั้งอยู่ทางทิศใต้ของอำเภอลพบุรีพุนภูมิประเทศมีลักษณะเป็นที่ราบ ในฤดูแล้งขาดแคลนน้ำ ส่วนในฤดูน้ำมีน้ำไหลหลากแต่ไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ส่วนมากเป็นพื้นที่ทำนา สำหรับพื้นที่ทางตอนเหนือของโครงการซึ่งเป็นพื้นที่ตอนล่างของจังหวัดพิษณุโลก อำเภอเนินมะปราง มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบเหมาะแก่การทำเกษตร มีพื้นที่ที่เป็นภูเขาบางส่วน คือเขาเขียวและเขาจากและพื้นที่ทางทิศตะวันออกของโครงการมีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม และที่ราบเชิงเขา มีลำคลองไหลผ่าน โดยเป็นพื้นที่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดเพชรบูรณ์ บริเวณอำเภอลพบุรี



รูปที่ 2 ลักษณะภูมิประเทศ บริเวณพื้นที่ศึกษา

2.2) ชั้นน้ำชั้นกึ่งหินแปร (Carboniferous metasedimentary aquifer: PCms) ประกอบด้วยหินทรายกึ่งหินควอร์ตไซต์ (Quartzitic sandstone) หินดินดานกึ่งชนวน (Phyllitic to Slaty shale) หินกรวดมน พบน้ำบาดาลในรอยแตกและรอยแยกของหินเท่านั้น ความลึกที่พัฒนา น้ำบาดาลในพื้นที่ประมาณ 10-60 เมตร

3) **ชั้นน้ำหินอัคนี (Igneous rock aquifers: Gr)** ในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นชั้นน้ำหินภูเขาไฟ (Volcanic aquifer: Vc) ประกอบด้วยหินแอนดีไซต์ (Andesite) ไรโอไคต์ (Rhyolite) และหินทัฟฟ์ (Tuff) และกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ สีขาว เหลือง เทา น้ำตาล พบน้ำบาดาลตามรอยแตกของหินและบริเวณหินที่มีความลึก 10-30 เมตร

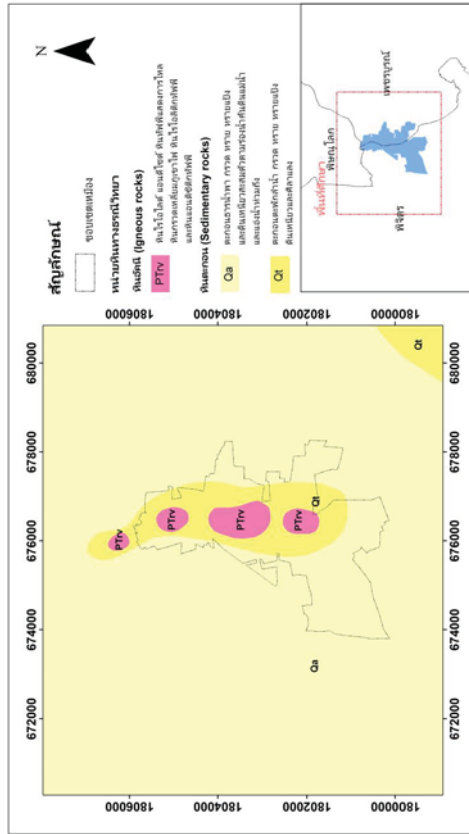


ข้อมูลจาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554)
รูปที่ 4 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษา

2.4 ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2554 (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) และข้อมูลจากภาพถ่ายทางธรณีวิทยาแนวตั้งจำนวน 8 แนว โดยบริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) ปี พ.ศ. 2558 ดังรูปที่ 5 พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยหินทางอุทกธรณีวิทยา 5 หน่วย ดังนี้

- 1) ตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ยุคควอเตอร์นารี (Quaternary Floodplain deposits, Qrd) เป็นหน่วยหินร่วน (Unconsolidated) ที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (Alluvium deposits) ประกอบด้วยดินเหนียวเป็นหลัก และมีตะกอนขนาดทราย และทรายแป้งเป็นองค์ประกอบรอง



ข้อมูลจาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณีวิทยา 1:250,000
รูปที่ 3 สภาพธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษา

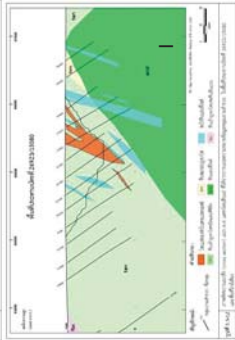
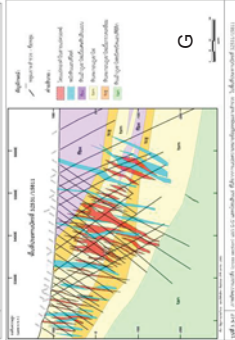
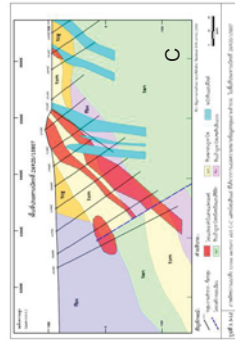
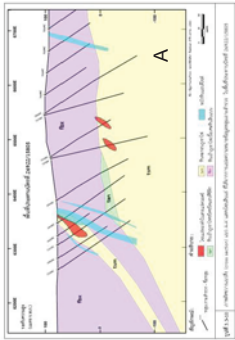
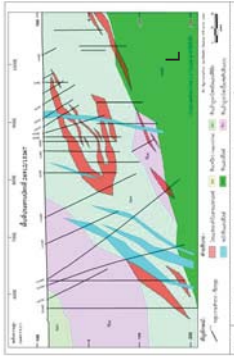
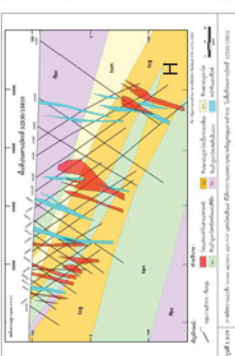
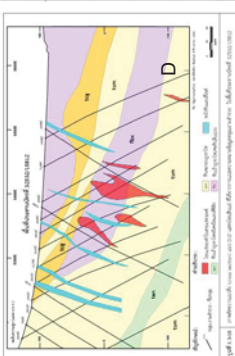
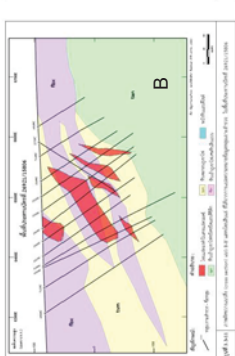
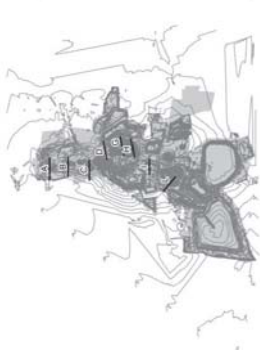
2.3 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา

น้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่มีศักยภาพและความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์แตกต่างกันตามลักษณะของชั้นน้ำ เช่น ความลึก วัสดุชั้นน้ำ ปริมาณและคุณภาพของน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษาพบชั้นน้ำ 2 ลักษณะ คือ ชั้นน้ำในหินร่วน (Unconsolidated rocks) และชั้นน้ำในหินแข็ง (Consolidated rocks) ดังแสดงในรูปที่ 4

- 1) **ชั้นน้ำตะกอนร่วน (Unconsolidated aquifers)** แหล่งน้ำบาดาลบริเวณนี้พบชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะกั่วยุคใหม่ (Young Tectonic Deposits Aquifer: Yt) ประกอบด้วยตะกอนของกรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียวที่มีการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ทำให้น้ำบาดาลแทรกซึมอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนปริมาณน้ำที่เก็บในชั้นตะกอนขึ้นกับความหนาแน่นของชั้นตะกอน การวัดขนาดรูปร่างของเม็ดตะกอนนั้นๆ

- 2) **ชั้นน้ำในหินชั้น (Sedimentary rock aquifers)**

- 2.1) **ชั้นน้ำภูกระดึง (Phu Thung Khung aquifer: Pk)** ประกอบด้วยหินปูนเนื้อแน่นถึงเป็นชั้นหินสีเทา มีกระเปาะหินเวสิคูลีตึ๊ดๆ แทรกสลับด้วยหินดินดานลักษณะเป็นชั้นบางสีเทา ของหมวดหินผาเมก้า พบน้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ในโพรงถ้ำ รอยแตกและรอยเลื่อนในชั้นหินปูน ความลึกถึงชั้นน้ำเฉลี่ย 5-25 เมตร



รูปที่ 5 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยา

ข้อมูลจาก บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) (2558)

- 2) ตะกอนตะกั่วยุคควอเทอร์นารี (Quaternary Young Terrace deposits, Qyt) เป็นหน่วยหินส่วน (Unconsolidated) ที่เกิดจากตะกอนตะกั่วลำน้ำ (Terrace deposits) ประกอบด้วยตะกอนศิลาแลง กรวด หยาบ หยาบแข็งและดินเหนียว
- 3) หินอัคนีที่ฟูฟุ้ง (Volcanic Weathered Rocks, Vw) เป็นหน่วยหินที่เกิดจากการผุพังของหินฐาน (Basement rock) ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟเป็นหลัก ในบางบริเวณเกิดจากการผุพังของหินตะกอนที่แปรสภาพไปกับตะกอนยุคควอเทอร์นารี
- 4) หินอัคนีที่ร่อยแตก (Volcanic Fractured Rocks, Vf) เป็นหน่วยหินแข็งที่มีการผุพังเล็กน้อย มีรอยแตกและให้น้ำเฉพาะบริเวณ (Local aquifer) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และหินแอนดีติกที่ฟูฟุ้ง (Andesitic tuff)
- 5) หินอัคนีเนื้อแน่น (Volcanic Massive Rocks, Vm) เป็นหน่วยหินแข็งที่น้ำที่น้ำ (Aquifuge) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และแอนดีไซต์ (Andesite) เป็นหลัก ในบางบริเวณพบหินแกรนิต (Granite) และแกรไนต์ไดไรท์ (Granodiorite)

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าว รวมทั้งภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 5 สามารถกำหนดชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาจำนวน 4 ชั้นน้ำ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

ลำดับชั้นน้ำ	ประเภท	หน่วยหิน
ชั้นน้ำที่ 1	Unconfined Aquifer	Qtd, Qyt
ชั้นน้ำที่ 2	Confined Aquifer	Vw
ชั้นน้ำที่ 3	Confined Aquifer	Vf
ชั้นน้ำที่ 4	Aquifuge	Vm

ตารางที่ 2 ป๋อบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขบ่	ประเภทบ่	UTMZone	พิกัดตะวันออก (เมตร)	พิกัดเหนือ (เมตร)	ความลึกบ่จากผิวดิน (เมตร)
28	TSF6534	ระดับตื้น	47N	675624.00	1801028.00	10
29	TSF6656	ระดับตื้น	47N	673989.04	1801984.14	10
30	TSF6658	ระดับตื้น	47N	673949.75	1801420.42	10
31	TSF6660	ระดับตื้น	47N	675037.24	1800565.08	10
32	TSF6662	ระดับตื้น	47N	673775.08	1800146.22	10
33	TSF6663	ระดับตื้น	47N	673841.37	1800925.98	10
34	TSF699	ระดับตื้น	47N	676779.20	1800698.15	10
35	RG6672	ระดับลึก	47N	676420.20	1799483.60	30
36	MS5992	ระดับลึก	47N	674395.88	1800388.34	60
37	MS5994	ระดับลึก	47N	677203.26	1801778.04	60
38	MS5995	ระดับลึก	47N	677359.62	1802252.07	60
39	MS5997	ระดับลึก	47N	677276.29	1802509.95	60
40	MS5998	ระดับลึก	47N	677280.44	1802512.26	60
41	MS5999	ระดับลึก	47N	677092.74	1804272.08	60
42	MS6081	ระดับลึก	47N	677333.43	1804223.97	60
43	MS6083	ระดับลึก	47N	677689.27	1803779.47	60
44	MS6085	ระดับลึก	47N	676578.44	1804087.36	60
45	MS6647	ระดับลึก	47N	675941.99	1805004.33	60
46	MS6649	ระดับลึก	47N	676761.32	1804627.49	60
47	MS6651	ระดับลึก	47N	676809.13	1804813.24	60
48	MS6653	ระดับลึก	47N	676706.98	1805293.97	60
49	MS6666	ระดับลึก	47N	675865.99	1804429.95	60
50	MS679	ระดับลึก	47N	677473.70	1801815.67	60
51	RG4017	ระดับลึก	47N	676010.07	1806048.78	18
52	RG4018	ระดับลึก	47N	676535.86	1805882.78	18
53	RG4020	ระดับลึก	47N	676538.66	1805888.44	70
54	RG4021	ระดับลึก	47N	676129.68	1806318.43	70
55	RG4022	ระดับลึก	47N	676135.57	1806316.20	18
56	RG4024	ระดับลึก	47N	675503.48	1806028.16	70
57	RG4025	ระดับลึก	47N	675503.98	1806033.42	18
58	RG690	ระดับลึก	47N	678332.38	1802265.80	30
59	RG692	ระดับลึก	47N	677619.26	1801272.82	30
60	TSF5249	ระดับลึก	47N	675629.17	1801034.71	60

2.5 ข้อมูลบ่อบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลบ่อบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย บ่อบาดาลระดับตื้น จำนวน 34 บ่อบ่ มีความลึกของบ่เฉลี่ยอยู่ที่ 9 เมตรจากผิวดิน และบ่อบาดาลระดับลึก จำนวน 44 บ่อบ่ มีความลึกของบ่เฉลี่ยอยู่ที่ 52 เมตรจากผิวดิน รวมจำนวนบ่อบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา จำนวน 78 บ่อบ่

ตารางที่ 2 ป๋อบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	หมายเลขบ่	ประเภทบ่	UTMZone	พิกัดตะวันออก (เมตร)	พิกัดเหนือ (เมตร)	ความลึกบ่จากผิวดิน (เมตร)
1	MS5991	ระดับตื้น	47N	674399.91	1800389.86	10
2	MS5993	ระดับตื้น	47N	677197.80	1801777.33	10
3	MS5996	ระดับตื้น	47N	677356.91	1802256.42	10
4	MS6000	ระดับตื้น	47N	677096.68	1804274.74	10
5	MS6082	ระดับตื้น	47N	677338.03	1804221.48	10
6	MS6084	ระดับตื้น	47N	677692.54	1803775.27	10
7	MS6086	ระดับตื้น	47N	676573.19	1804088.15	10
8	MS6648	ระดับตื้น	47N	675946.88	1805005.24	10
9	MS6650	ระดับตื้น	47N	676759.69	1804630.95	10
10	MS6652	ระดับตื้น	47N	676806.02	1804809.48	10
11	MS6654	ระดับตื้น	47N	676706.96	1805290.00	10
12	MS6665	ระดับตื้น	47N	675871.01	1804429.86	10
13	MS678	ระดับตื้น	47N	677468.59	1801814.63	10
14	RG691	ระดับตื้น	47N	678329.39	1802263.14	10
15	RG693	ระดับตื้น	47N	677622.95	1801271.30	10
16	TSF1991	ระดับตื้น	47N	676231.25	1800417.66	13
17	TSF1992	ระดับตื้น	47N	676225.19	1800415.17	7
18	TSF5250	ระดับตื้น	47N	675626.10	1801031.09	6
19	TSF5336	ระดับตื้น	47N	675724.64	1800633.35	11
20	TSF5337	ระดับตื้น	47N	675760.62	1800591.20	10
21	TSF5339	ระดับตื้น	47N	675755.76	1800080.02	10
22	TSF5351	ระดับตื้น	47N	676871.95	1801294.80	11
23	TSF6464	ระดับตื้น	47N	676644.24	1800600.53	12
24	TSF6465	ระดับตื้น	47N	676638.71	1800597.32	5
25	TSF6468	ระดับตื้น	47N	676413.93	1800515.89	5
26	TSF6471	ระดับตื้น	47N	675883.53	1800177.91	6
27	TSF6473	ระดับตื้น	47N	675587.27	1799977.45	5

- 3) จัดทำแบบจำลองการไหลน้ำบาดาล โดยการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ปอสต์การณ์
- 4) การแก้ไขและการสอบเทียบแบบจำลองอีกครั้งกับเงื่อนไขพื้นฐาน (ก่อนปี 2565)
- 5) การจำลองสภาพการดำเนินงานในอดีตโดยผสมผสานข้อมูลชั่วคราวจากการขุดครั้งแรกก่อนกิจกรรมและการใช้ช่องว่างเป็นที่ยึดเหนี่ยว (พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564)
- 6) การทำนายผลกระทบของน้ำบาดาลในช่วงอายุของเหมืองที่เหลือนอยู่ตามอายุของเหมืองในปัจจุบันกำหนดการ (2566 ถึง 2576)
- 7) การทำนายการฟื้นตัวของระดับน้ำบาดาลหลังการทำเหมืองจนถึงภาวะคงที่

3.2.2 การออกแบบและสร้างแบบจำลอง

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก

- 1) การปรับเทียบแบบจำลองในสภาพไม่ผันแปรตามเวลา (Steady state calibration)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลในขั้นตอนนี้เป็นารจำลองแบบ Steady State เป็นระยะเวลา 20 ปีโดยใช้เครื่องคำนวณของ MODFLOW 6 ซึ่งกำหนดให้วิธีการประมาณค่าสมการอนุพันธ์แบบ Node Property Flow (NPF)

- 2) การปรับเทียบแบบจำลองในสภาพผันแปรตามเวลา (Transient calibration)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลในขั้นตอนนี้เป็นารจำลองแบบ Transient Operational Model เป็นแบบจำลองนี้ใช้เพื่อจำลองช่วงระยะเวลาในการประกอบกิจการของเหมือง ดังต่อไปนี้

- ระยะเวลาการดำเนินงานในอดีตจนถึงปัจจุบันเป็นเวลา 10 ปีที่ผ่านมา (2555 ถึง 2565) ในกรณี Transient Calibration Mode
- ระยะเวลาการดำเนินงานในอนาคตเป็นเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2566 ถึง พ.ศ. 2576) ในกรณี Transient Prediction Mode โดยมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นระดับความสูงบริเวณเหมือง A ตามแผนผังโครงการของบริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) ดังรูปที่ 8

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

3.1 ดำเนินการศึกษาระดับน้ำบาดาล

ระยะการดำเนินการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ประกอบด้วยการทบทวนและรวบรวมข้อมูลทุทธิของพื้นที่ศึกษาและการปรับปรุงของน้ำบาดาลจำลองให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2549 พร้อมจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ระยะที่ 2 จัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลและรายงานทางเทคนิคที่อธิบายถึงผลกระทบจากการระดับของน้ำบาดาลบริเวณ A (A pit) โดยรายละเอียดของผลการศึกษาก่อให้เกิดในส่วนถัดไป

3.2 การจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

3.2.1. การจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เพื่อทำความเข้าใจระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ ในการศึกษาได้จำลองการไหล โดยใช้ข้อมูลระหว่างการศึกษาปี 2555 เป็นจุดเริ่มต้น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล ModelMuse version 5.1.1: U.S. Geological Survey Software ModelMuse ซึ่งพัฒนาโดยสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) รุ่น MODFLOW 6 โดยมุ่งเน้นที่สร้างและทบทวนแบบจำลองโมเดล (Conceptual model) และการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ นำเข้าพารามิเตอร์ (Input) อาทิ ปริมาณการเพิ่มเติมน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศ ค่าการนำชลศาสตร์ (Hydraulic conductivity) เพื่อดูการตอบสนองของระดับและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำบาดาลจากปอสต์การณ์ ภายหลังได้นำเข้าข้อมูลต่างๆ เรียบเรียงดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นโมเดลที่แก้ไขจะต้องผ่านการปรับเทียบและทดสอบ (Calibration and validation) อีกครั้ง โดยใช้ชุดข้อมูลการตรวจสอบทั้งหมดที่ขยายระหว่างปี 2555 ถึง 2564 โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยการคำนวณดังนี้

- 1) ประเมินคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของพื้นที่ต่างๆ โดยดำเนินการนำข้อมูลผลการจำแนกพื้นที่น้ำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำ
- 2) ทบทวนและจัดทำแบบจำลองเชิงโมเดล (Conceptual hydrogeological model) แสดงความสัมพันธ์ของระบบการไหลของน้ำบาดาลโดยอาศัยข้อมูลรายละเอียดภาพตัดขวางแนวตั้งในพื้นที่ศึกษา (ที่ได้รับจากบริษัท) เพื่อแสดงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาและนำข้อมูลไปใช้ในการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

บทที่ 4

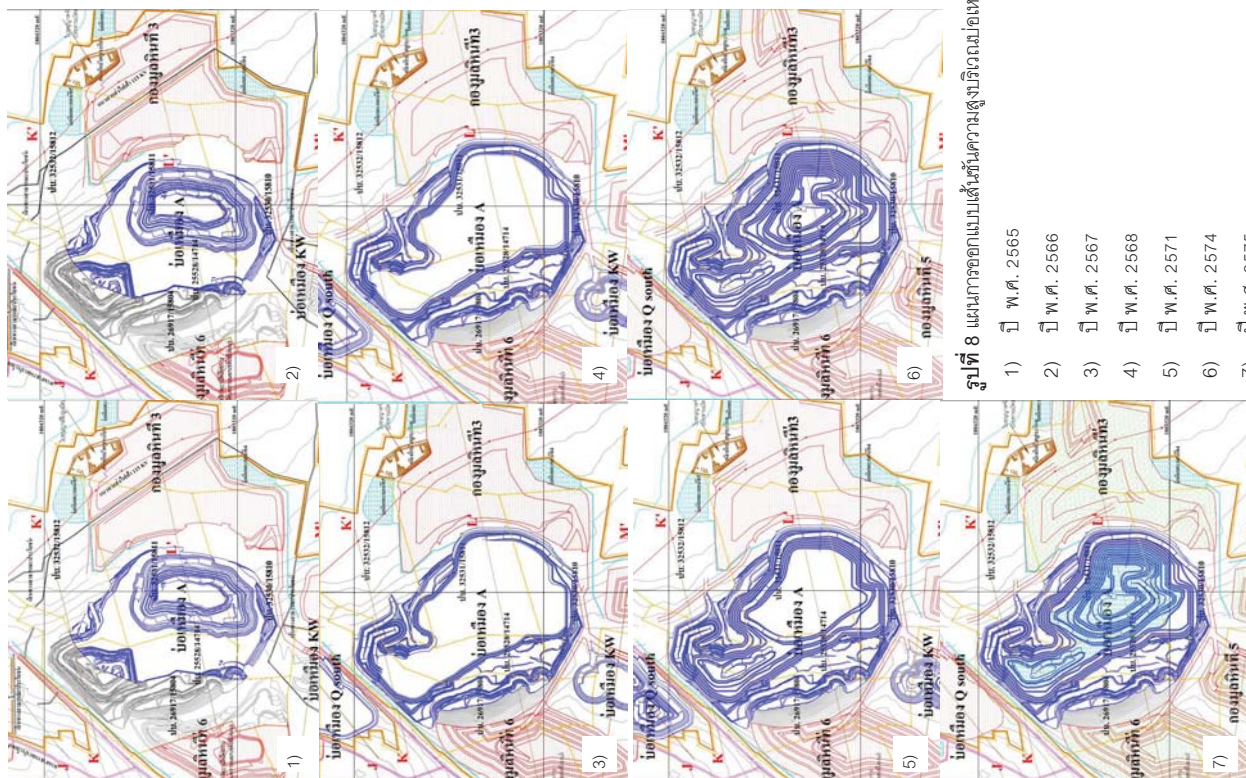
ผลการศึกษา

4.1 แบบจำลองเชิงโมโนทัศน์ทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่

แบบจำลองเชิงโมโนทัศน์ทางอุทกธรณีวิทยา คือ แบบจำลองที่แสดงลักษณะทางกายภาพและระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน อุทกธรณีวิทยา อุทกวิทยา สภาพภูมิประเทศ การใช้ป่าบดล สภาพดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลที่ได้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข แผนที่ และภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ซึ่งจะนำไปใช้ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและตรวจสอบผลการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่โครงการของบริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านบริเวณแม่น้ำน่านตอนล่าง ซึ่งในการมองโครงสร้างของแอ่งน้ำบาดาลให้ครอบคลุมนั้น ได้ขยายขอบเขตออกไปจากพื้นที่ศึกษามากประมาณ 5 กิโลเมตร ซึ่งมีพื้นที่กว้างกว่าพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพื้นที่มีอาณาเขตต่อเนื่องไปนอกพื้นที่โครงการ จากการรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งพื้นที่ในแผนที่ศึกษาออกเป็น 4 ชั้น เป็นแบบที่มีทิศทางการไหลไม่เท่ากัน (Heterogeneity and Anisotropy) ดังแสดงในรูปที่ 9

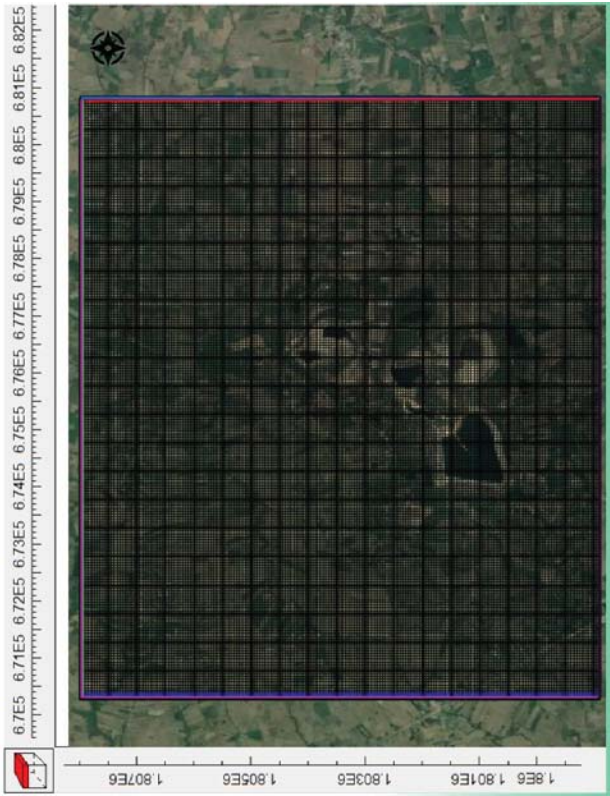
- 1) ชั้นน้ำที่ 1 ชั้นน้ำไร้แรงดัน (Unconfined aquifer) ประกอบด้วยระยะที่ราบน้ำท่วมถึง ยุคควอเทอร์นารี (Quaternary Flood Terrace deposits, Qfd) และ ตะกอนตะกักยุคควอเทอร์นารี (Quaternary Young Terrace deposits, Qyt) เป็นชั้นน้ำบาดาล
- 2) ชั้นน้ำที่ 2 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) ประกอบด้วยหินอัคนีพุที่ผุพัง (Volcanic Weathered Rocks, Vw) ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟเป็นหลัก ในบางบริเวณเกิดการผุพังของหินตะกอนแข็งแปร มักพบปะปนกับตะกอนยุคควอเทอร์นารี
- 3) ชั้นน้ำที่ 3 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) ประกอบด้วยหินอัคนีพุที่มีรอยแตก (Volcanic Fractured Rocks, Vf) เป็นหน่วยหินแข็งที่มีการผุพังเล็กน้อย มีรอยแตกและให้น้ำเฉพาะบริเวณ (Local aquifer) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และหินแอนดีไซต์ที่ฟุ้ง (Andesitic tuff)
- 4) ชั้นน้ำที่ 4 ชั้นน้ำที่บ้น้ำ (Aquifuge) หินอัคนีพุเนื้อแน่น (Volcanic Massive Rocks, Vm) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และแอนดีไซต์ (Andesite) เป็นหลัก ในบางบริเวณพบหินแกรนิต (Granite) และแกรโนไดโอไรต์ (Granodiorite)



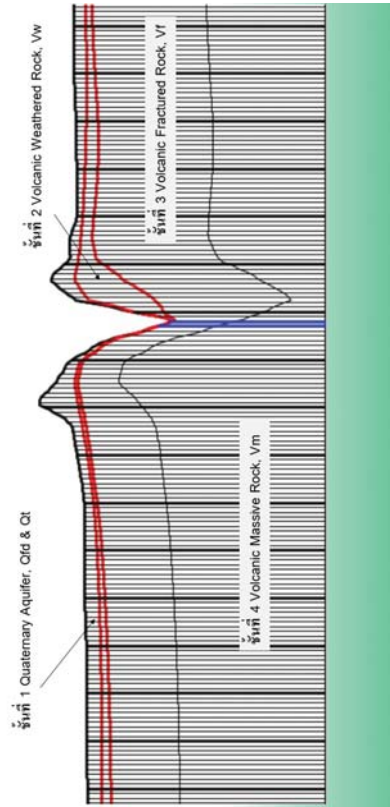
รูปที่ 8 แผนการออกแบบเส้นความสูงบริเวณบ่อน้ำ A

- 1) ปี พ.ศ. 2565
- 2) ปี พ.ศ. 2566
- 3) ปี พ.ศ. 2567
- 4) ปี พ.ศ. 2568
- 5) ปี พ.ศ. 2571
- 6) ปี พ.ศ. 2574
- 7) ปี พ.ศ. 2575

ข้อมูลจาก บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) (2558)



รูปที่ 10 การออกแบบกริดในแบบจำลองของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 11 การออกแบบกริดในแนวตั้งนั้นได้แบ่งไว้ทั้งสิ้น 4 ชั้น



รูปที่ 9 แบบจำลองเชิงโมโนด้านทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

แบบจำลองถูกสร้างขึ้นระบบพิกัด UTM เพื่อความสะดวกในการเชื่อมโยงกับข้อมูลนำเข้าซึ่งถูกจัดเก็บในระบบพิกัดนี้ทั้งสิ้น พื้นที่ศึกษาได้ถูกแบ่งให้มีความละเอียดของกริดหรือขนาดของเซลล์ (Cell) เท่ากับ 50 x 50 เมตร ตามแนวตอนและแนวตั้ง ส่วนกริดในแนวดิ่งนั้นได้แบ่งไว้ทั้งสิ้น 4 ชั้น ดังนั้น แบบจำลองนี้มี 182 แถว และ 221 คอลัมน์ เมื่อรวมกริดในแนวดิ่ง แบบจำลองมีเซลล์รวมทั้งสิ้น 38,402 เซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 ทั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดของแบบจำลองแสดงในตารางที่ 3

4.2 ผลระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

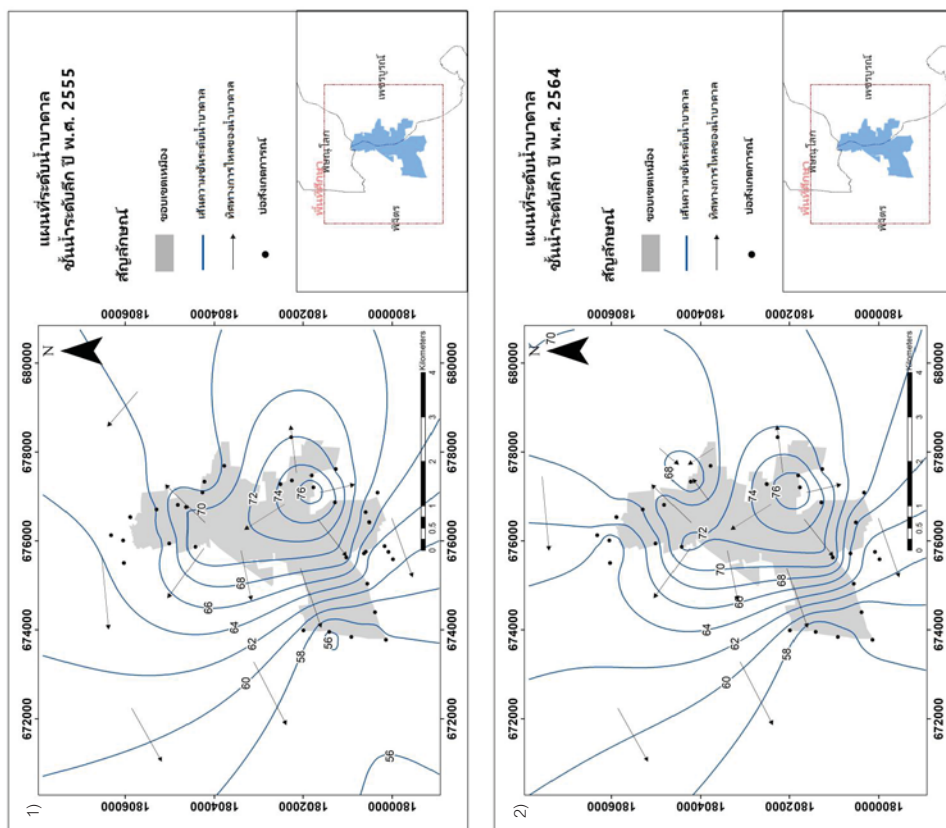
จากข้อมูลพบว่าระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ สามารถแบ่งออกได้เป็นเบื้องต้นเป็น 2 ชั้นน้ำ คือ ชั้นน้ำบาดาลระดับต้น และชั้นน้ำบาดาลระดับลึก โดยข้อมูลที่น่าเชื่อถือระดับลึก โดยทิศทางการไหลเป็นข้อมูลระดับน้ำบาดาลเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2555 และ ธันวาคม ปี พ.ศ. 2564 ดังรูปที่ 12 และรูปที่ 13

โดยชั้นน้ำบาดาลระดับต้น พบว่าระดับน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย และทิศทางการไหลในภาพรวมยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยในปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2564 ช่วงเดือนธันวาคม น้ำบาดาลส่วนใหญ่ของพื้นที่ทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ไปยังทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา มีระดับน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2555 และในปี พ.ศ. 2564 ช่วงเดือนธันวาคม อยู่ในช่วงที่ 60-70 เมตร รทก.

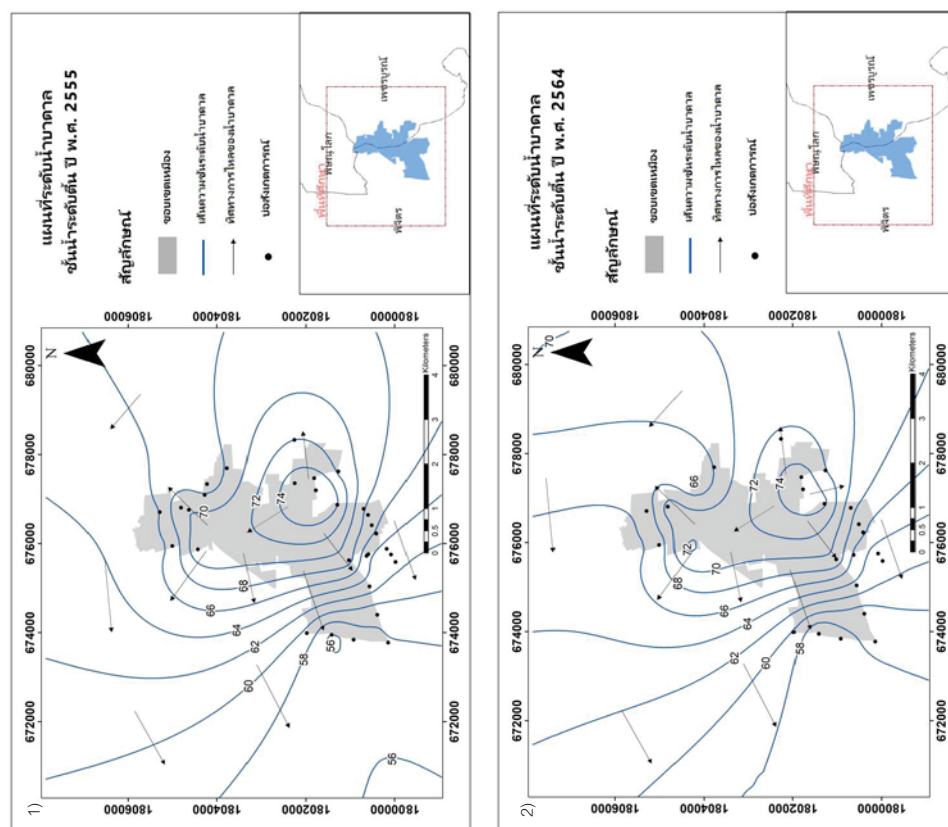
ชั้นน้ำบาดาลระดับลึก ไม่พบว่าระดับน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย และทิศทางการไหลยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยในภาพรวมมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ไปยังทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ระดับน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2555 และในปี พ.ศ. 2564 ช่วงเดือนธันวาคม อยู่ในช่วงที่ 60-70 เมตร รทก.

ตารางที่ 3 การกำหนดความละเอียดของแบบจำลอง

รายการ	คำกำหนดในแบบจำลอง
1) ขนาดแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา ความกว้างพิกัด UTM ตะวันออก ความยาวพิกัด UTM เหนือ ความหนาตามแนวตั้งเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง	670,280 - 680,820 เมตร 1,798,900 - 1,808,000 เมตร 125 เมตร รทก. ถึง - 300 เมตร รทก.
2) ขนาดความละเอียดของแบบจำลอง ขนาดปริมาตรเริ่มต้นความกว้าง (ตะวันออก- ตะวันตก) ขนาดปริมาตรเริ่มต้นความกว้าง (เหนือ - ใต้) จำนวนสดมภ์ (Column) จำนวนแถว (Row)	50 เมตร 50 เมตร 211 ช่อง 182 ช่อง
3) การจัดแบ่งชั้นในแบบจำลอง ชั้นน้ำชั้นที่ I ชั้นน้ำไร้แรงดัน (Unconfined aquifer) ชั้นน้ำชั้นที่ II ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) ชั้นน้ำชั้นที่ III ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) ชั้นน้ำชั้นที่ IV ชั้นน้ำขังน้ำ (Aquifuge)	ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 ชั้นที่ 4
4) จำนวนปริมาตรรวม	38,402 กริดเซลล์
5) หน่วยที่ใช้ในแบบจำลอง (ระบบเมตริก) ระยะทาง -Length เวลา -Time ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ อัตราการสูบน้ำ อัตราการเติมน้ำ (Recharge)	เมตร - meters วินาที - second เมตรวินาที -m/s ลูกบาศก์เมตรวินาที - m ³ /s เมตรวินาที -m/s
6) กำหนดระยะเวลาเทียบกับวันในแบบจำลอง วันที่เริ่มต้นของแบบจำลอง วันที่เทียบเคียงในแบบจำลองเริ่มต้น (1 มกราคม 2552) วันที่เทียบเคียงในแบบจำลองสิ้นสุด (31 ธันวาคม 2564)	1 (วันที่ 1) 311,040,001 (วันที่ 3,600)
7) จำนวนบ่อ บ่อสูบน้ำ บ่อสังเกตการณ์ระดับแรงดันน้ำบาดาล	12 บ่อ 80 บ่อ



รูปที่ 13 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึก 1) พ.ศ. 2555 2) พ.ศ. 2564



รูปที่ 12 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น 1) พ.ศ. 2555 2) พ.ศ. 2564

การสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด สำหรับสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด สำหรับสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด

ตารางที่ 5 ค่าสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด สำหรับสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด

ตารางที่ 5 ค่าสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด สำหรับสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาที่ขึ้นมาจากข้อมูลค่ามาตรฐานของชนิดดินแต่ละชนิด

ชั้น	หน่วยหิน	ค่าสภาพการณ์ทางธรณีวิทยา (Hydraulic conductivity, K, m/s)			
		Kx	Ky	Kz	
1	Qd & Qt	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-06	4.00E-06
2	Vw	5.00E-06	5.00E-06	5.00E-07	5.00E-07
3	Vf	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-07	1.00E-07
4	Vm	5.0E-07	5.0E-07	5.0E-07	5.0E-08

3) ความพรุน (Porosity)

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินชั้นนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญทางธรณีวิทยาทางกายภาพ คือ ปริมาณของช่องว่างภายในหินชั้นนี้ และความสามารถในการกักเก็บน้ำในหินชั้นนี้ (Porosity) โดยน้ำ คือ อนุภาคของน้ำที่ซึมผ่านชั้นหินชั้นนี้ ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำในหินชั้นนี้ (Porosity) โดยน้ำ สามารถเคลื่อนที่ไประหว่างเม็ดแร่ในหิน หรือรอยแตก หรือรอยแยก หรือรอยต่อระหว่างชั้นหิน ดังแสดงในตารางที่ 6

4) ค่าสัมประสิทธิ์ในการกักเก็บน้ำของชั้นหินชั้นนี้ (Storage Coefficient)

คุณสมบัติการกักเก็บน้ำที่กำหนดในแบบจำลองประกอบด้วย ค่าการกักเก็บน้ำเฉพาะ (Specific storage, Ss) อัตราการให้น้ำเฉพาะ (Specific yield, Sy) และความพรุนประสิทธิผล (Effective porosity, ne)

สำหรับค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำที่กำหนดในแบบจำลองก่อนทำการปรับแก้ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) ได้สรุปไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าความพรุนประสิทธิผล ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ และค่าอัตราการให้น้ำเฉพาะที่กำหนดในแบบจำลองก่อนทำการปรับแก้ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)

ชั้น	หน่วยหิน	ความพรุนประสิทธิผล (Effective porosity, n, [-])	การกักเก็บน้ำเฉพาะ (Specific storage, Ss, 1/m)	อัตราการให้น้ำเฉพาะ (Specific yield, Sy, [-])
1	Qd & Qt	0.30	0.20	0.10
2	Vw	0.20	0.10	0.10
3	Vf	0.30	0.296	0.20
4	Vm	0.05	0.001	0.001

4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของน้ำบาดาล

4.3.1 พารามิเตอร์ทางอุทกธรณีวิทยา

ในการจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของน้ำบาดาล จำเป็นต้องประเมินค่าพารามิเตอร์แต่ละชั้นน้ำ รวมถึงพารามิเตอร์ที่ความอ่อนไหว สมมติฐานหรือเงื่อนไขขอบเขต ในกรณีของแบบจำลองพื้นฐาน พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความอ่อนไหวมากที่สุด คือ อัตราการเติมน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่สูง อัตราการระเหยของน้ำในพื้นที่ลุ่ม และค่าสภาพการณ์ทางธรณีวิทยา (Hydraulic conductivity, K)

พารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในแบบจำลองการไหลมีดังต่อไปนี้ ได้แก่ ชนิดของชั้นน้ำ (Aquifer type) สภาพการณ์ทางธรณีวิทยา (K) ความพรุน (Porosity) ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นหินชั้นนี้ (Storage Coefficient) ค่าระดับน้ำคงที่ (Constant head) อัตราการเติมน้ำ (Recharge rate) โดยในชั้นนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษา และข้อมูลอัตราการระเหยของน้ำในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา เพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองในการประเมินอัตราการเติมน้ำต่อไป และการระบายน้ำ (Drain) ซึ่งแต่ละพารามิเตอร์มีรายละเอียด ดังนี้

1) ชนิดของชั้นน้ำ (Aquifer type)

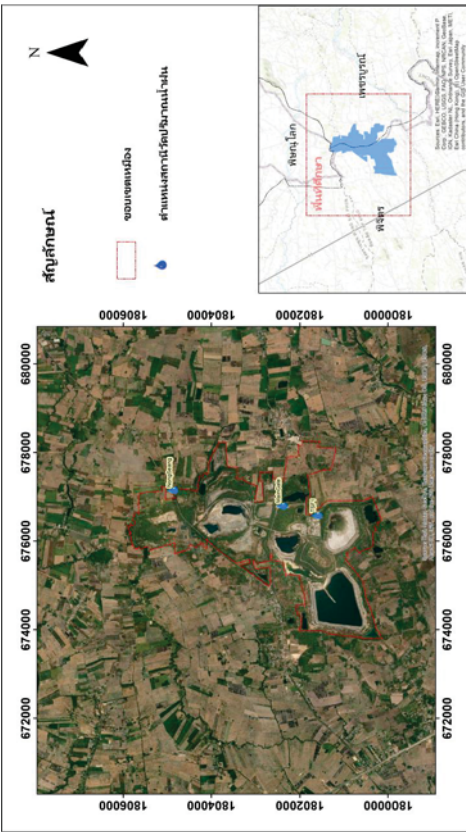
ชนิดของชั้นน้ำในแบบจำลองได้กำหนดให้ชั้นตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ยุคควอเตอร์นารี (Quaternary Floodplain deposits, Qd) และตะกอนตะพักยุคควอเตอร์นารี (Quaternary Terrace deposits, Qt) (ชั้น 1) ซึ่งเป็นชั้นตะกอนที่อยู่บนสุด กำหนดให้เป็นชั้นน้ำเปิดหรือชั้นน้ำไร้แรงดัน (Unconfined aquifer) ส่วนชั้นน้ำได้ตะกอนตั้งแต่ชั้นน้ำที่ 2 หินอัคนีพุที่ผุพัง (Volcanic Weathered Rocks, Vw) ถึงชั้นน้ำที่ 3 หินอัคนีพุที่มีรอยแตก (Volcanic Fractured Rocks, Vf) กำหนดให้เป็นชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) และชั้นน้ำที่ 4 ซึ่งเป็นหินอัคนีพุเนื้อแน่น (Volcanic Massive Rocks, Vm) กำหนดให้เป็นชั้นน้ำที่น้ำ (Aquifuge) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

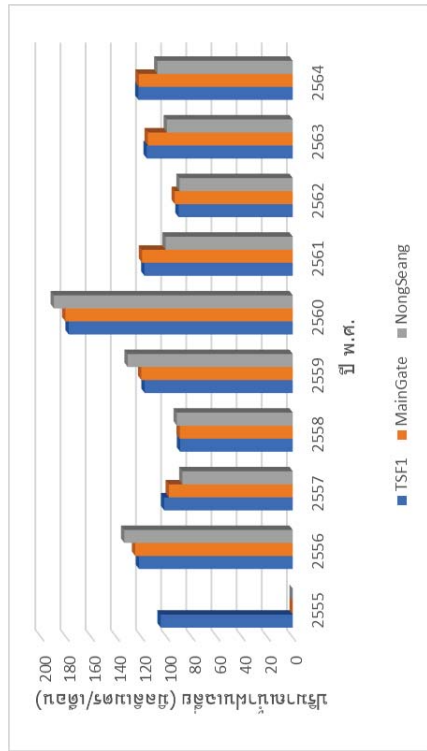
ลำดับชั้นน้ำ	ประเภท	หน่วยหิน
ชั้นน้ำที่ 1	Unconfined Aquifer	Quaternary aquifer (Qd & Qt)
ชั้นน้ำที่ 2	Confined Aquifer	Volcanic weathered rock (Vw)
ชั้นน้ำที่ 3	Confined Aquifer	Volcanic fractures rock (Vf)
ชั้นน้ำที่ 4	Aquifuge	Volcanic massive rock (Vm)

2) สภาพนำไหลศาสตร์ (Hydraulic conductivity)

โดยปกติการประเมินสภาพการณ์ทางธรณีวิทยาสามารถประเมินได้จากข้อมูลจากปอดสอบ แต่เนื่องจากข้อมูลปอดสอบนั้นมีข้อมูลไม่เพียงพอ และไม่ครอบคลุมพื้นที่แบบจำลอง จึงได้มีการบูรณา



รูปที่ 15 สถานที่วัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

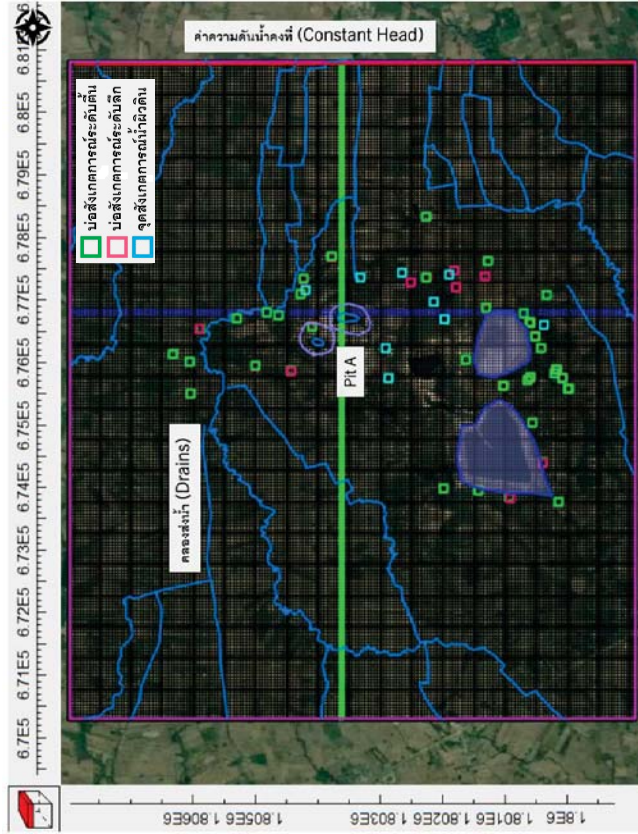


รูปที่ 16 ปริมาณน้ำฝนรายเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564

5) ค่าระดับน้ำคงที่ (Constant Head)

แบบจำลองได้ถูกกำหนดให้มีขอบเขตความดันน้ำคงที่ (Constant Head) บริเวณ ทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล โดยกำหนดให้มีขนาดลดลงจากเหนือไปใต้ตามลักษณะของระดับน้ำบาดาลที่ปรากฏจริง ดังแสดงในรูปที่ 14

ตอนเริ่มต้นได้ทำการกำหนดค่าความดันน้ำคงที่ 80 เมตร รทก. เป็นการตั้งสมมติฐานว่าน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้รับการเติมอย่างต่อเนื่องจากทิศตะวันออกและระดับน้ำที่บริเวณนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง



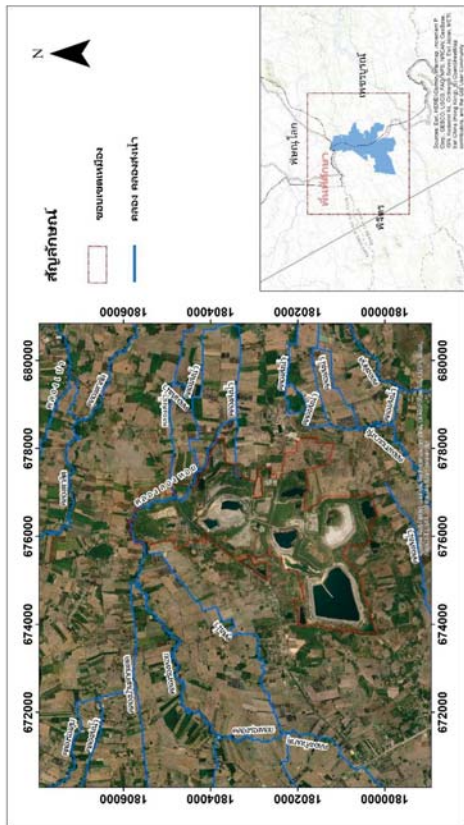
รูปที่ 14 ขอบเขตความดันน้ำคงที่ (Constant Head) ในพื้นที่ศึกษา

6) ปริมาณน้ำฝน / การเติมน้ำ (Recharge)

ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในพื้นที่ศึกษา ใช้ข้อมูลของสถานีการเก็บค่าข้อมูลของเหมือง 3 สถานี คือ สถานี TSF1 สถานี MainGate และสถานี NongSeang ดังรูปที่ 15 โดยข้อมูลที่นำเข้ามาจำลองให้ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี พ.ศ. 2564 ทั้งนี้สามารถสรุปปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในแต่ละปี ได้ดังรูปที่ 16

8) การระบายน้ำ (Drain)

แบบจำลองได้มีการกำหนดให้มีการระบายน้ำตามลักษณะเส้นทางของลำห้วย ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ โดยแต่ละกริดจะมีค่าการระบายน้ำ (Conductance) 10 ตารางเมตร/วินาที ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณพื้นที่ผิวของลำน้ำประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดิน จากการรวบรวมข้อมูลแม่น้ำ คลอง คลองส่งน้ำ พบว่าในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นคลองส่งน้ำ ซึ่งมีการกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 การกระจายตัวของคลอง คลองส่งน้ำ ในพื้นที่ศึกษา

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

1) การเปรียบเทียบแบบจำลองในสภาพไม่ผันแปรตามเวลา (Steady state calibration)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลในขั้นตอนนี้เป็นจำลองแบบ Steady state ณ เริ่มต้นเมื่อปี พ.ศ. 2555 โดยใช้เครื่องคำนวณของ MODFLOW 6 ซึ่งกำหนดให้ใช้วิธีการประมาณค่าสมการอนุพันธ์แบบ Node Property Flow (NPF) จากรูปที่ 12 และรูปที่ 13 จะเห็นได้ว่าการไหลของน้ำบาดาล จากทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ไปยังทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา

ผลที่ได้จากการจำลองการไหลของน้ำบาดาล ภายหลังการปรับแก้ค่าแล้วนั้น แสดงไว้ใน รูปที่ 20 และรูปที่ 21 ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับน้ำและทิศทางการไหลมีลักษณะเป็นไปตามทางจากทิศตะวันออก ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่

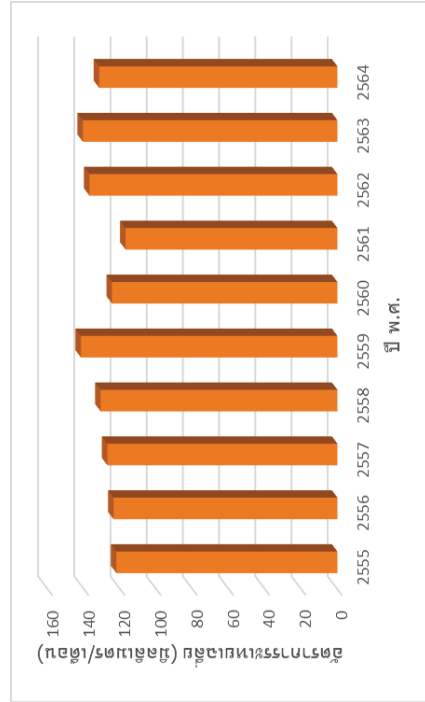
ในการปรับแก้ค่าในแบบจำลองนั้นทำให้ผลการเปรียบเทียบผลของการจำลองกับค่าระดับน้ำคงที่ (Static groundwater level) ที่ทำการตรวจวัดจากบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่เป็นหลัก เมื่อทำการ

7) อัตราการระเหย

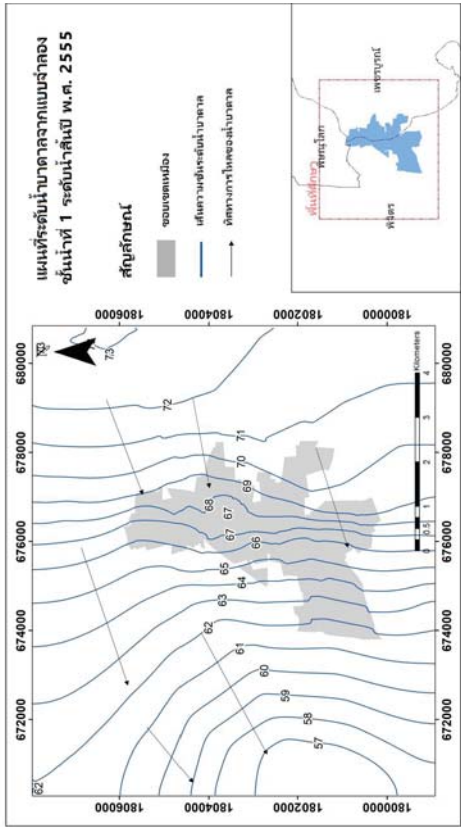
อัตราการระเหยของปริมาณน้ำในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูล ดังนั้นจึงมีการใช้ข้อมูลหอบนอกบริเวณพื้นที่ศึกษา และทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้อัตราการระเหยรายเดือนที่เป็นตัวแทนของข้อมูลในพื้นที่ศึกษา โดยใช้สถานีวัดอัตราการระเหยของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังตารางที่ 7 และสามารถสรุปเป็นข้อมูลรายปีได้ดังรูปที่ 17

ตารางที่ 7 สถานีวัดอัตราการระเหยของกรมอุตุนิยมวิทยาของสถานีใกล้เคียงในพื้นที่ศึกษา

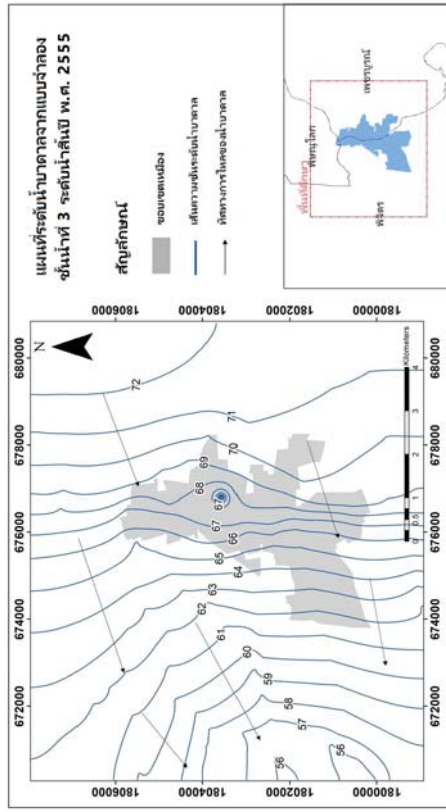
ลำดับ	รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	พิกัดตะวันออก (เมตร)	พิกัดเหนือ (เมตร)
1	378201-พิษณุโลก จ.พิษณุโลก	635979.824	1857459.165
2	379201-เพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์	729781.194	1818244.152
3	379401-หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	739327.737	1855901.711
4	379402-วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์	725697.529	1732133.217
5	380201-กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	556255.603	1822848.530
6	386301-พิจิตร สกษ. จ.พิจิตร	646023.286	1806887.494
7	400201-นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์	621355.655	1732959.918
8	400301-ตากฟ้า สกษ. จ.นครสวรรค์	664256.819	1697585.063



รูปที่ 17 อัตราการระเหยเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564

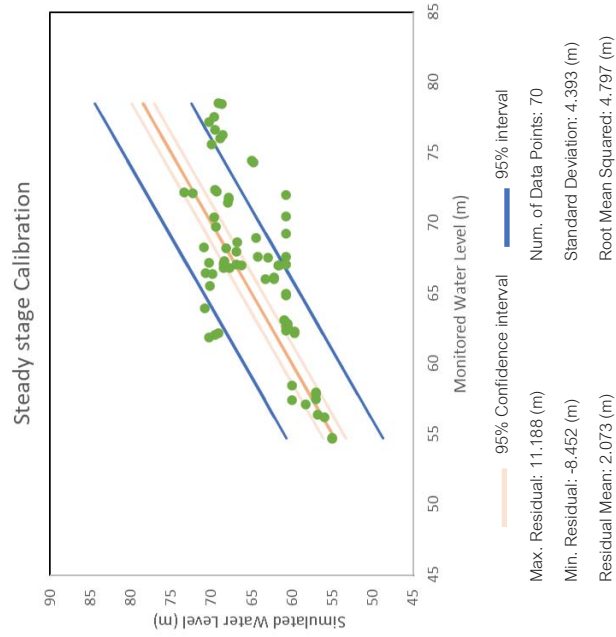


รูปที่ 20 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางน้ำของพื้นที่น้ำบาดาลระดับต้น พ.ศ. 2555



รูปที่ 21 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางน้ำของพื้นที่น้ำบาดาลระดับลึก พ.ศ. 2555

จำลองการไหลของน้ำบาดาลในเบื้องต้นก่อนการปรับแก้ค่า พบว่า ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ และค่า RMSE (Root Mean Square Error) แสดงความแตกต่างไม่เกิน 10% (แนะนำโดย ASTM D5981 / D5981M-18, Standard Guide for Calibrating a Groundwater Flow Model Application) อย่างไรก็ตาม เพื่อให้แบบจำลองมีความสามารถในการจำลองสภาพจริงได้ดีที่สุด เพื่อให้ทำการวิเคราะห์และทำนายผลให้ได้แม่นยำที่สุดในกรณีนี้ ค่า RMSE สามารถทำได้ถึง 4.80 เมตร (ไม่เกิน 10%) ตามที่แสดงไว้ใน รูปที่ 19 โดยมีระดับน้ำที่คำนวณได้ส่วนใหญ่อยู่ในความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้



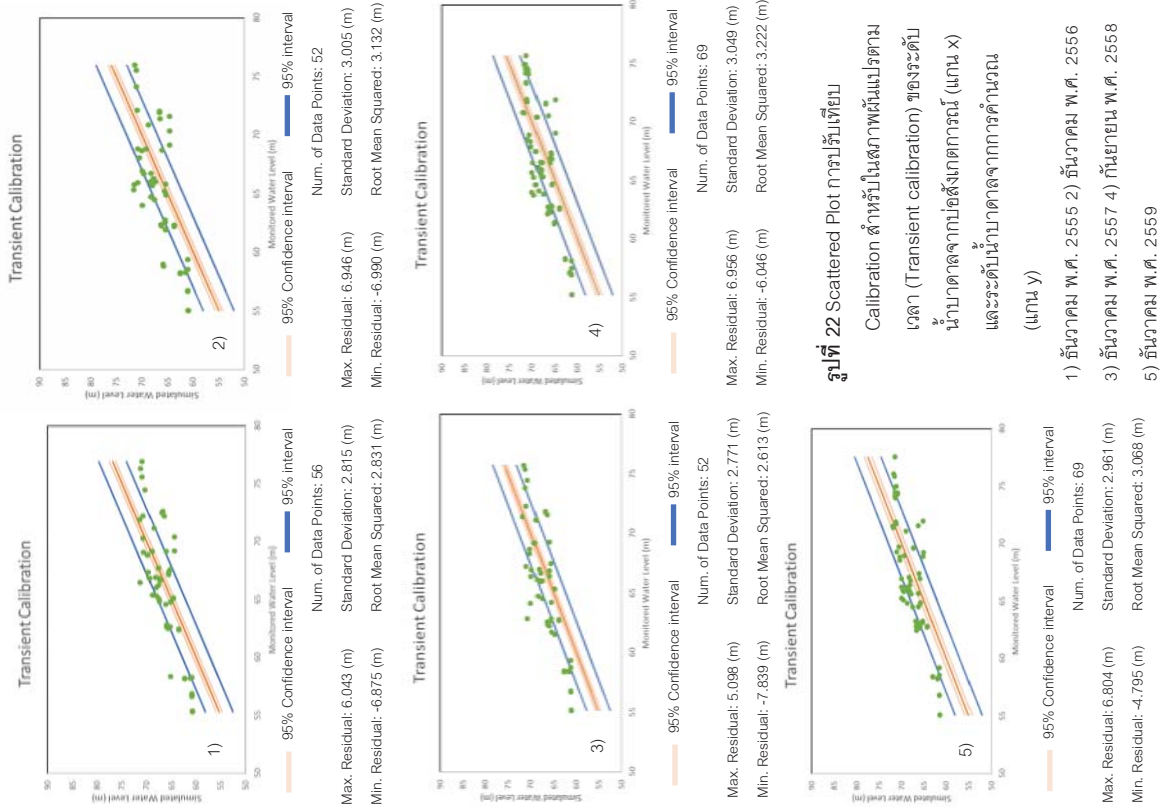
รูปที่ 19 Scattered Plot การปรับเทียบ Calibration สำหรับ Steady Stage ของระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ (แกน x) และระดับน้ำบาดาลจากการคำนวณ (แกน y)

2) การปรับเทียบแบบจำลองในสภาพผันแปรตามเวลา (Transient calibration)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลในขั้นตอนนี้เป็นารจำลองแบบ Transient Operational Model เป็นแบบจำลองนี้เพื่อให้จำลองช่วงระยะเวลาในการประกอบกิจการของเหมือง ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา (2555 ถึง 2565) ในกรณี Transient Calibration Mode ในการปรับแก้ค่าในแบบจำลองนั้นทำโดยการเปรียบเทียบผลของการจำลองสภาพผันแปรตามเวลา (Transient calibration) โดยทำการแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ พ.ศ. 2555 – 2559 ในระหว่างที่มีการใช้ขี้มูลน้ำเพื่อการดำเนินการอยู่

โดยการตรวจวัดระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่เป็นหลัก เมื่อทำการจำลองการไหลของน้ำบาดาลภายหลังการปรับแก้ค่า พบว่า ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ และค่า RMSE (Root Mean Square Error) เพื่อให้ทำการวิเคราะห์และทำนายผลให้ได้แม่นยำที่สุดในกรณีนี้ ค่า RMSE รวมในช่วงเวลาดังกล่าว (พ.ศ. 2555-2559) มีค่าเท่ากับ 3.74 เมตร โดยค่า RMSE ในเดือนธันวาคม ระหว่างปี 2555-2559 แสดงไว้ในรูปที่ 22 มีค่า RMSE อยู่ระหว่าง 2.83 – 3.13 เมตร และมีระดับน้ำที่คำนวณได้ส่วนใหญ่อยู่ในความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นของแบบจำลองในระดับที่ยอมรับได้



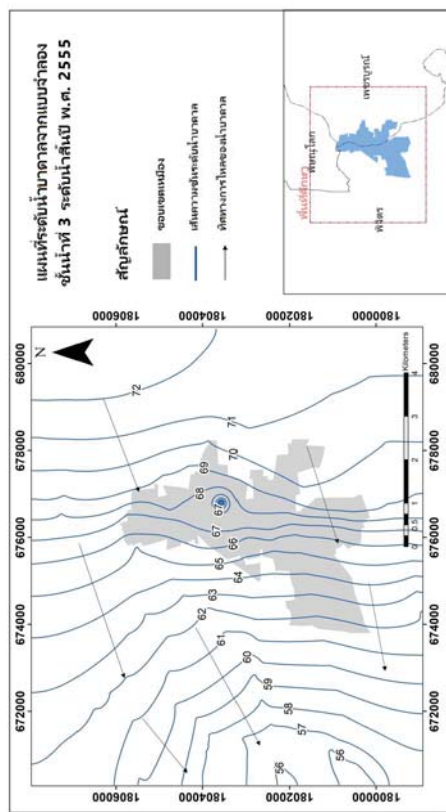
ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ และผลการเปรียบเทียบจำลอง

ลำดับ	ตัวแปร	คำอธิบายตัวแปร	หน่วยหิน	ค่าตั้งต้นที่ใช้	ผลการเปรียบเทียบ
1	Kx_1	ค่า K ในแกน x ของชั้นที่ 1	Qrd และ Qt	4.00E-05	1.18E-04
2	Ky_1	ค่า K ในแกน y ของชั้นที่ 1	Qrd และ Qt	4.00E-05	1.18E-04
3	Kz_1	ค่า K ในแกน z ของชั้นที่ 1	Qrd และ Qt	4.00E-06	1.18E-05
4	Kx_2	ค่า K ในแกน x ของชั้นที่ 2	Vw	5.00E-06	1.19E-06
5	Ky_2	ค่า K ในแกน y ของชั้นที่ 2	Vw	5.00E-06	1.19E-06
6	Kz_2	ค่า K ในแกน z ของชั้นที่ 2	Vw	5.00E-07	1.19E-07
7	Kx_3	ค่า K ในแกน x ของชั้นที่ 3	Vf	1.00E-06	5.10E-05
8	Ky_3	ค่า K ในแกน y ของชั้นที่ 3	Vf	1.00E-06	5.10E-05
9	Kz_3	ค่า K ในแกน z ของชั้นที่ 3	Vf	1.00E-07	5.10E-06
10	Kx_4	ค่า K ในแกน x ของชั้นที่ 4	Vm	5.00E-07	5.00E-09
11	Ky_4	ค่า K ในแกน y ของชั้นที่ 4	Vm	5.00E-07	5.00E-09
12	Kz_4	ค่า K ในแกน z ของชั้นที่ 4	Vm	5.00E-08	5.00E-10
13	EVT	อัตราการผลิตน้ำใน Qrd และ Qyt	Qrd และ Qyt	(20% of Rainfalls)	(10% of Rainfalls)
14	Ss_1	ค่าการกักเก็บน้ำเฉพาะของชั้นที่ 1	Qrd และ Qyt	0.2	6.39E-03
15	Ss_2	ค่าการกักเก็บน้ำเฉพาะของชั้นที่ 2	Vw	0.1	5.00E-04
16	Ss_3	ค่าการกักเก็บน้ำเฉพาะของชั้นที่ 3	Vf	0.296	1.85E-03
17	Ss_4	ค่าการกักเก็บน้ำเฉพาะของชั้นที่ 4	Vm	0.001	1.00E-05
18	Sy_1	ปริมาณน้ำเฉพาะของชั้นที่ 1	Qrd และ Qt	0.1	0.2
19	Sy_2	ปริมาณน้ำเฉพาะของชั้นที่ 2	Vw	0.1	0.2
20	Sy_3	ปริมาณน้ำเฉพาะของชั้นที่ 3	Vf	0.2	0.2
21	Sy_4	ปริมาณน้ำเฉพาะของชั้นที่ 4	Vm	0.001	0.001

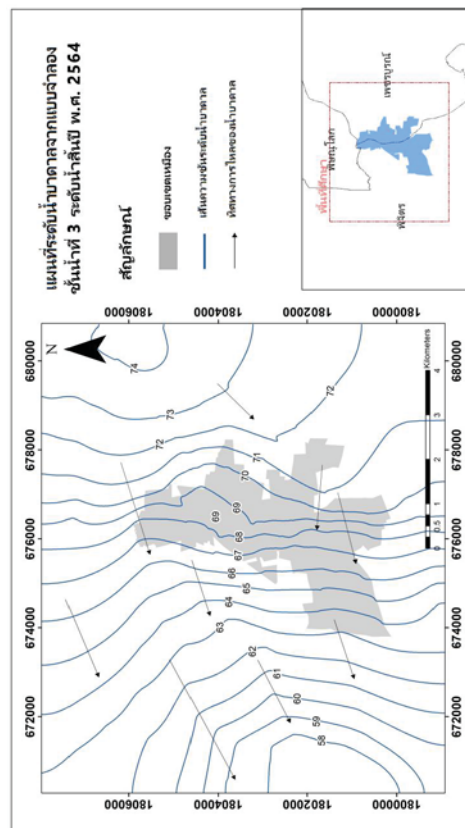
ช่วงที่ 2 ตั้งแต่ พ.ศ. 2560 – 2564 ในระหว่างไม่มีการดำเนินการและไม่มีการใช้มีสมบนำ การตรวจวัดจากบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่เป็นหลัก เมื่อทำการจำลองการไหลของน้ำบาดาลในเบื้องต้นก่อนการรับแก้ค่า พบว่า ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับระดับที่ตรวจวัดได้ และค่า RMSE (Root Mean Square Error) เพื่อให้ทำการวิเคราะห์และทำนายผลให้ได้แม่นยำที่สุดในกรณีนี้ ค่า RMSE รวมในช่วงเวลาดังกล่าว (พ.ศ.2560-2564) มีค่าเท่ากับ 3.96 เมตร โดยค่า RMSE ในเดือน ธันวาคมระหว่างปี 2560-2564 ในแต่ละปีแสดงไว้ในรูปที่ 23 มีค่า RMSE อยู่ระหว่าง 3.01 – 3.31 เมตร และมีระดับน้ำที่คำนวณได้ส่วนใหญ่อยู่ในความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นของแบบจำลองในระดับที่ยอมรับได้

ภายหลังการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ตามที่วิเคราะห์แล้วนั้น เมื่อทำการลงตำแหน่งข้อมูลระหว่างระดับน้ำที่คำนวณได้กับระดับน้ำที่ตรวจวัดในพื้นที่ จะเห็นว่าผลการคำนวณของแบบจำลองมีความน่าพอใจในระดับดี RMSE อยู่ในช่วงระหว่าง 2.77 – 3.74 เมตร ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ตามลำดับ ซึ่งปกคดียอมรับที่ตรวจสอบความแตกต่างไม่เกิน 10% ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำจาก ASTM D5981 / D5981M-18, Standard Guide for Calibrating a Groundwater Flow Model Application โดยมีระดับน้ำที่คำนวณได้ส่วนใหญ่อยู่ในความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้ ดังค่าพารามิเตอร์ที่ทำการปรับเทียบและสอบทานใน 2 ช่วงเวลาข้างต้น ดังแสดงในตารางที่ 8

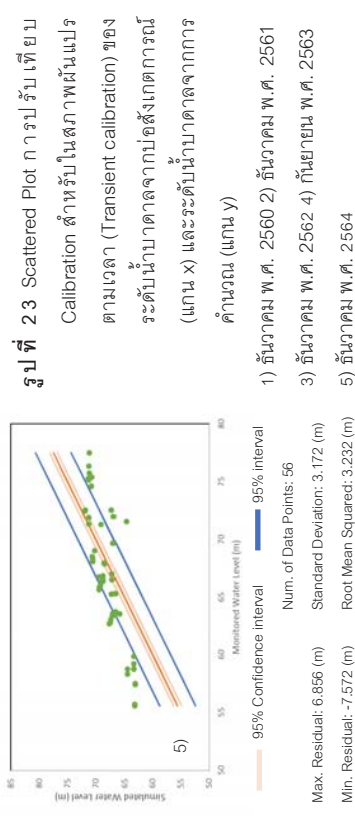
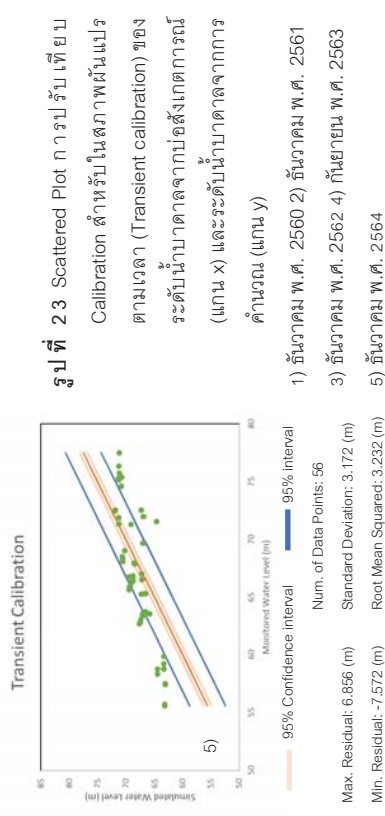
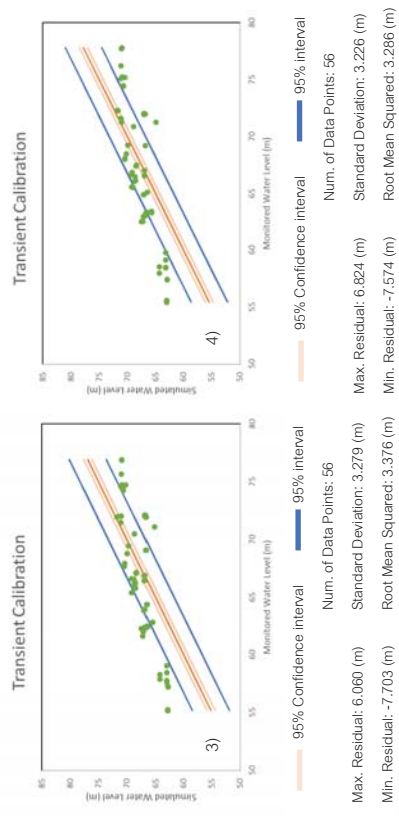
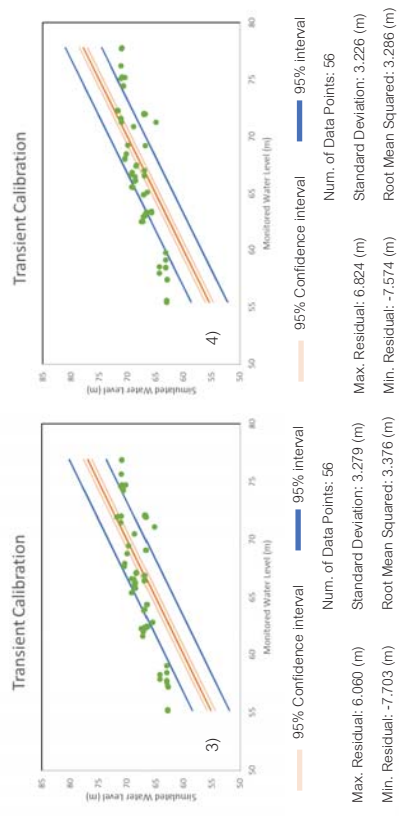
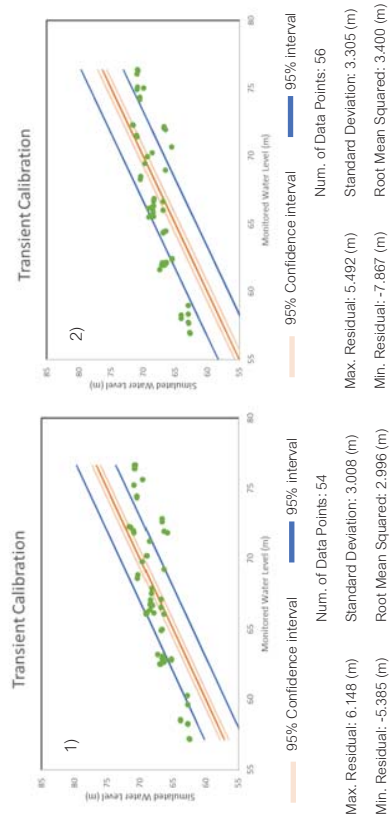
ผลที่ได้จากการจำลองการไหลของน้ำบาดาล ภายหลังการปรับเทียบและสอบทานแล้วนั้น แสดงไว้ในรูปที่ 24 และรูปที่ 25 ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับน้ำและทิศทางการไหลมีลักษณะเป็นไปตามทางจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปสู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตามแนวทางที่ศึกษากฎมีประเพณีและบริเวณเหมืองทองคำ



รูปที่ 24 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับปี พ.ศ. 2555



รูปที่ 25 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับปี พ.ศ. 2564



รูปที่ 23 Scattered Plot การปรับเทียบ

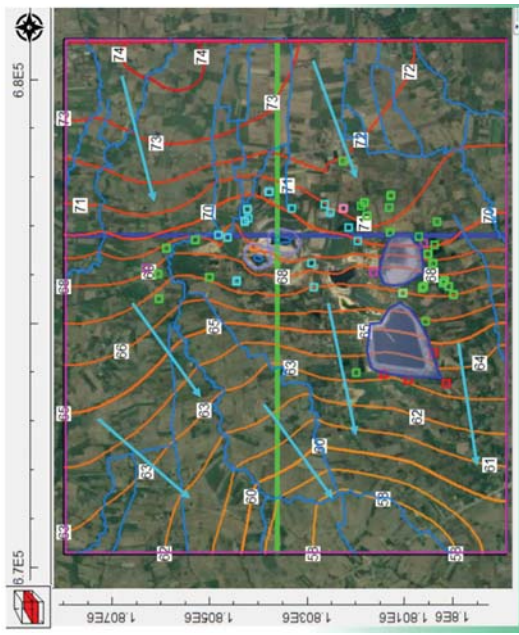
Calibration สำหรับในสภาพผันแปรตามเวลา (Transient calibration) ของระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ (แกน x) และระดับน้ำบาดาลจากการคำนวณ (แกน y)

1) ธันวาคม พ.ศ. 2560 2) ธันวาคม พ.ศ. 2561

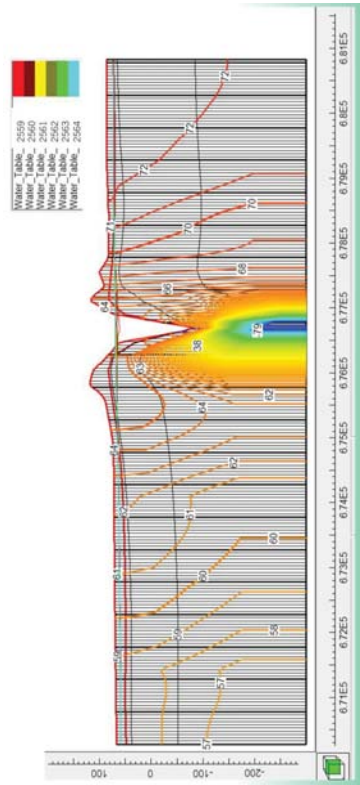
3) ธันวาคม พ.ศ. 2562 4) กันยายน พ.ศ. 2563

5) ธันวาคม พ.ศ. 2564

ในช่วงปี พ.ศ. 2560 – 2564 ในขณะที่เมืองหยุดการดำเนินงานอยู่นั้น ระดับน้ำในบ่อ A มีการคืนตัวขึ้นมาจนถึงระดับ 64 - 71 ม. จกก. และจากแบบจำลองไม่พบผลกระทบของการลดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่ข้างเคียงดังแสดงในรูปที่ 28 และรูปที่ 29

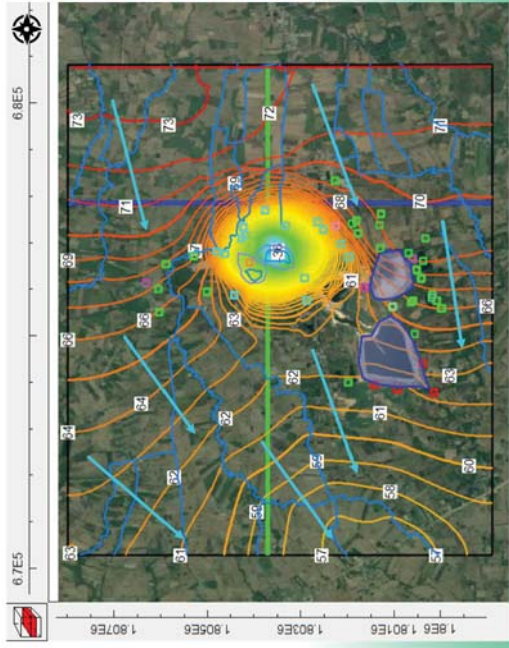


รูปที่ 28 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึกในแบบจำลองบริเวณบ่อ A ช่วงปี พ.ศ. 2564

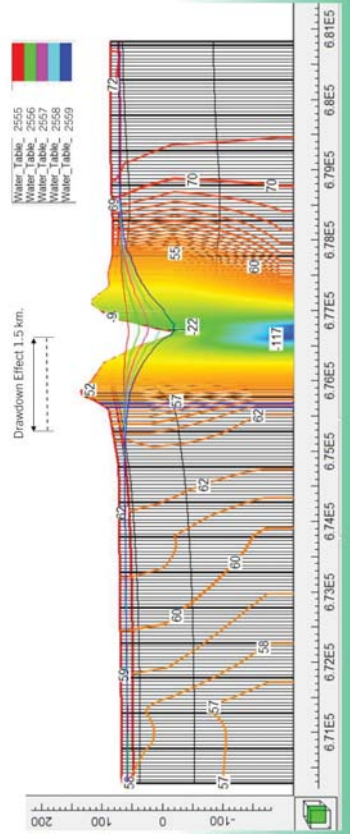


รูปที่ 29 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลองบริเวณบ่อ A ช่วงปี พ.ศ. 2560 – 2564 ในขณะที่ไม่มีการดำเนินงานในเมือง

ช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2559 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเมืองอยู่นั้นมีการใช้ปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำให้ทันบ่อแห้งเพื่อทำการดำเนินการได้ ด้วยอัตราการสูบน้ำประมาณ 800 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 1.50 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 26 และรูปที่ 27



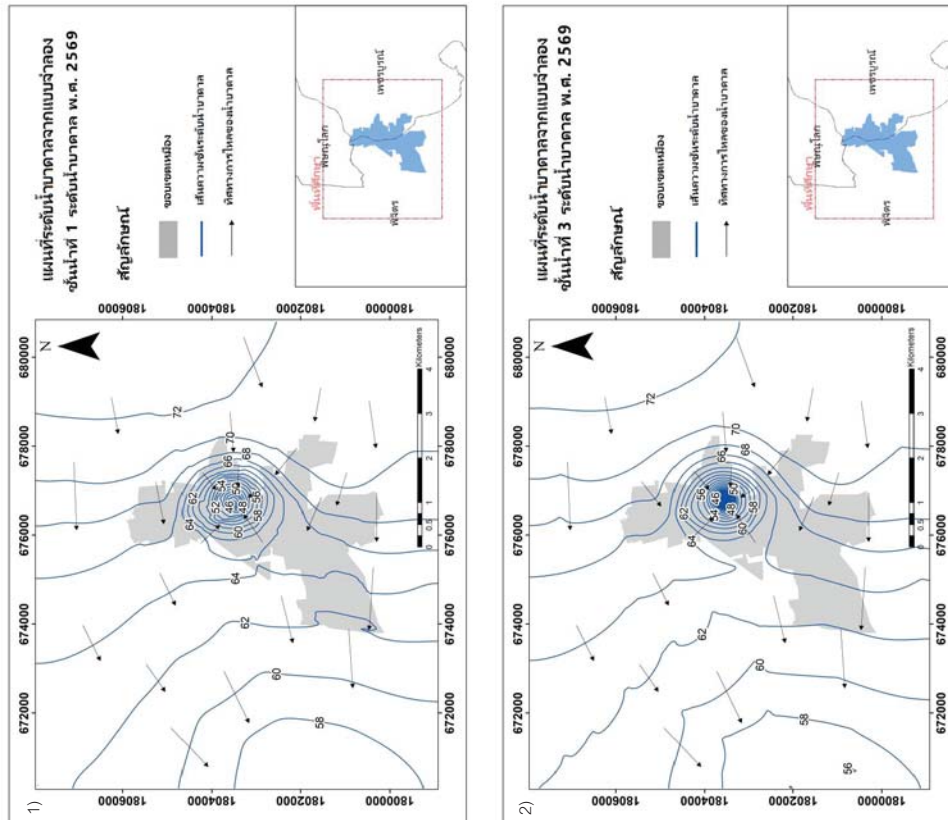
รูปที่ 26 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับลึกในแบบจำลองบริเวณบ่อเมือง A ช่วงปี พ.ศ. 2559 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเมืองอยู่



รูปที่ 27 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลองบริเวณบ่อเมือง A ช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2559 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเมืองอยู่

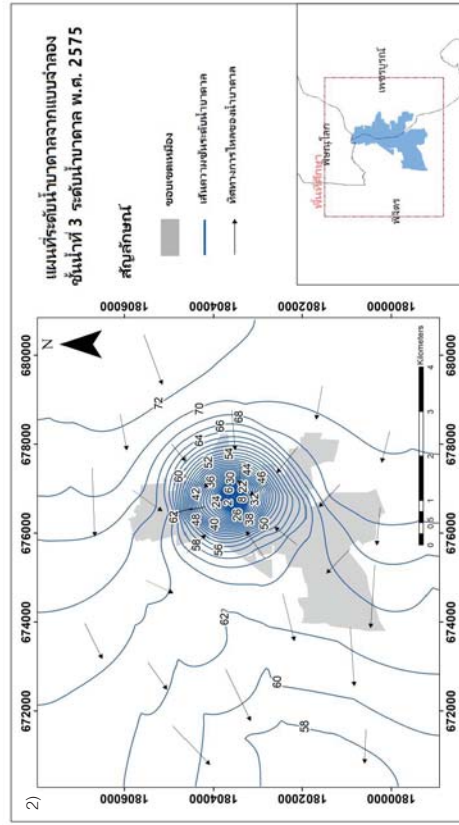
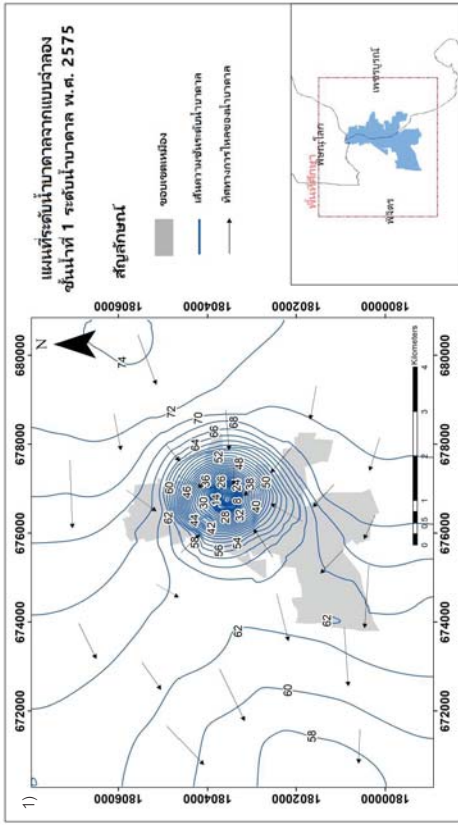
4.3.3 ผลกระทบที่คาดการณ์ในขนาดต่อระดับน้ำบาดาลในช่วง 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2566 - 2576

วัตถุประสงค์ของการจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลในครั้งนี้ เพื่อการคาดการณ์ในอนาคต เพื่อนำมาวิเคราะห์การกำหนดมาตรการติดตามและป้องกันที่เหมาะสม ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับน้ำและทิศทางการไหลมีลักษณะเป็นไปตามทางจากทิศตะวันออก ไปสู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตามแนวทางที่สภาพภูมิประเทศและบริเวณแหล่งทองคำ มีการลดระดับของน้ำบาดาลตามแผนการดำเนินงานในปี พ.ศ. 2566 – 2575 ดังแสดงในรูปที่ 30 ถึงรูปที่ 33 สำหรับปี 2566 2569 2572 และ 2575 ตามลำดับ



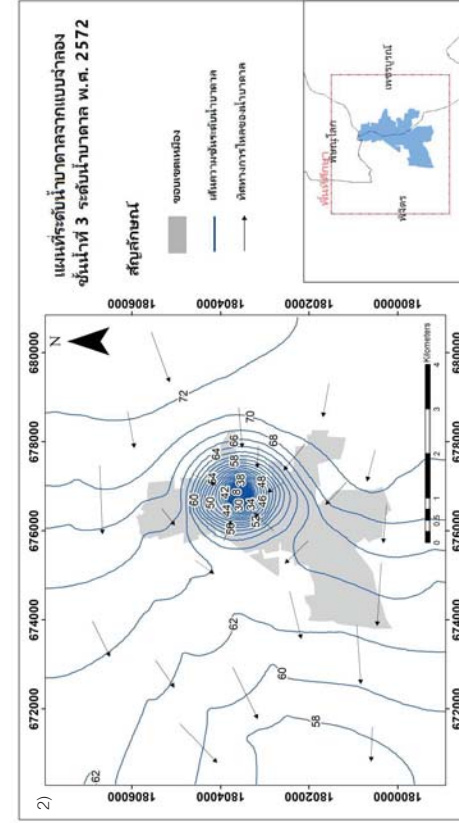
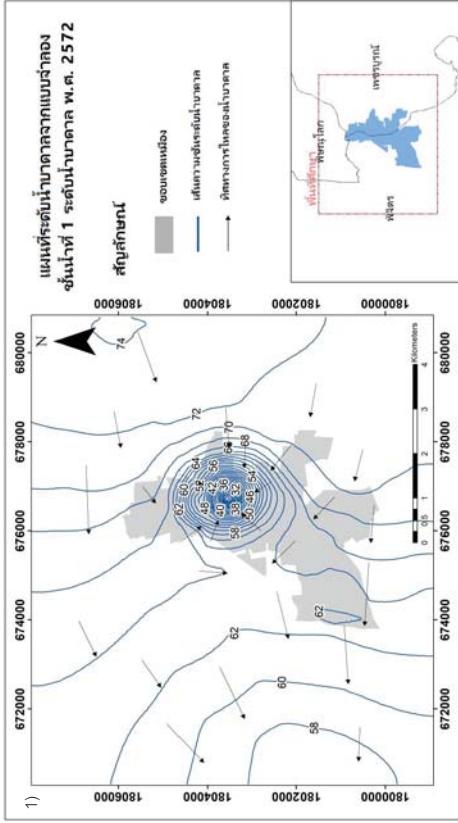
รูปที่ 31 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2569 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก

รูปที่ 30 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2566 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก



รูปที่ 33 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2575 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก

ช่วงปี พ.ศ. 2566 – 2575 ในขณะที่มีการดำเนินการดำเนินงานในเหมืองอยู่นั้นมีการใช้มีน้ำเพื่อสูบน้ำให้กับบ่อแห้งเพื่อ จนถึงระดับ – 169 ม. จก. มีผลกระทบกับหมู่บ้านใกล้เคียงหรือไม่ ขณะที่ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองนั้นได้ อัตราการสูบน้ำ 99 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 2.0 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 34 และรูปที่ 35



รูปที่ 32 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาล พ.ศ. 2572 1) ระดับต้น 2) ระดับลึก

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

1) ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่

ระดับน้ำและทิศทางการไหลมีลักษณะเป็นไปตามทางจากทิศตะวันออก ไปสู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามแนวทางที่สภาวะภูมิประเทศและบริเวณเหมืองทองคำ

ผลการจำลองการเปรียบเทียบแบบจำลองในสภาพไม่ผันแปรตามเวลา (Steady state calibration)

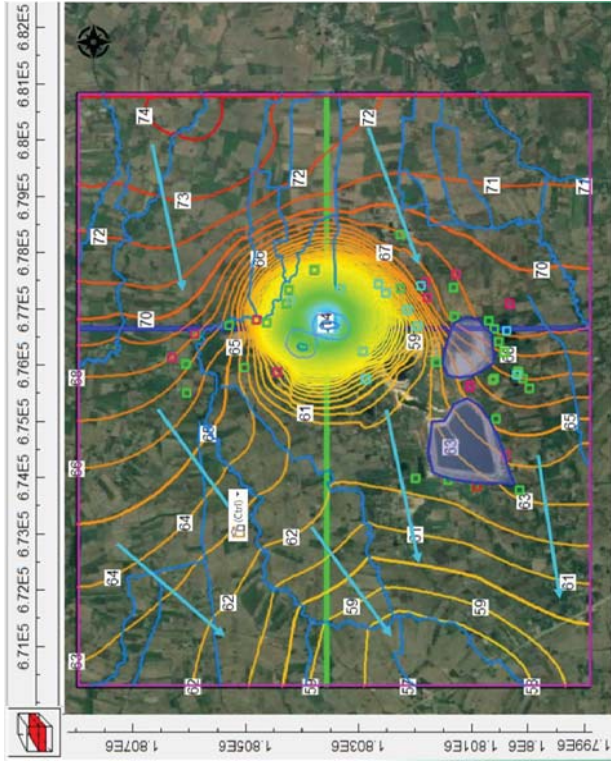
ผลที่ได้จากการจำลองการไหลของน้ำบาดาล ภายหลังการปรับแก้ค่าแล้วนั้น พบว่าระดับน้ำและทิศทางการไหลมีลักษณะเป็นไปตามทางจากทิศตะวันออก ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ ในการปรับแก้ค่าในแบบจำลองนั้นทำโดยการเปรียบเทียบผลการจำลองกับค่าระดับน้ำคงที่ (Static groundwater level) ค่า RMSE สามารถทำได้ถึง 4.80 เมตร โดยมีระดับน้ำที่คำนวณได้ส่วนใหญ่อยู่ในความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้

ผลการจำลองการเปรียบเทียบแบบจำลองในสภาพผันแปรตามเวลา (Transient calibration)

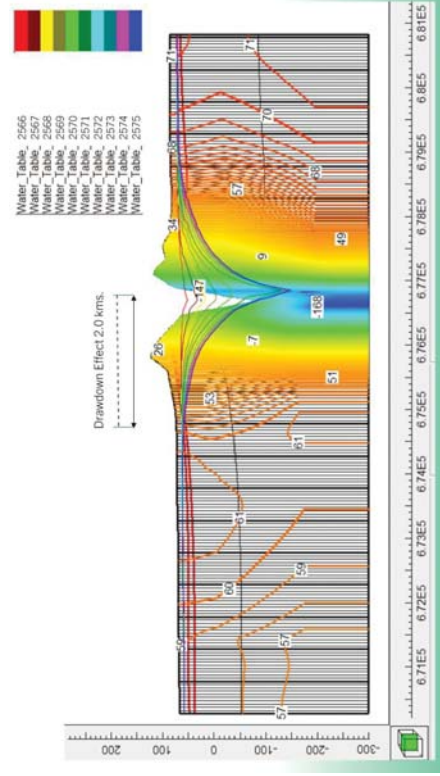
ในการปรับแก้ค่าในแบบจำลองนั้นทำโดยการเปรียบเทียบผลการจำลองสภาพผันแปรตามเวลา (Transient calibration) ตั้งแต่ พ.ศ. 2555 – 2559 ในระหว่างที่มีการใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำเพื่อการดำเนินกิจการอยู่ และตั้งแต่ พ.ศ. 2560 – 2564 ในระหว่างไม่มีการดำเนินกิจการและไม่มีการใช้ปั๊มน้ำ จากเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดจากบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่เป็นหลัก พบว่า ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ และ ผลการคำนวณของแบบจำลองมีความน่าพอใจในระดับดี มีค่า RMSE อยู่ในช่วงระหว่าง 2.77 – 3.74 เมตร ซึ่งบ่งชี้ยอมรับได้ควรแสดงความแตกต่างไม่เกิน 10% โดยมีระดับน้ำที่คำนวณได้ส่วนใหญ่อยู่ในความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้

2) วิเคราะห์ผลกระทบจากการดำเนินงานในเหมือง ช่วงปี พ.ศ. 2566 – 2575

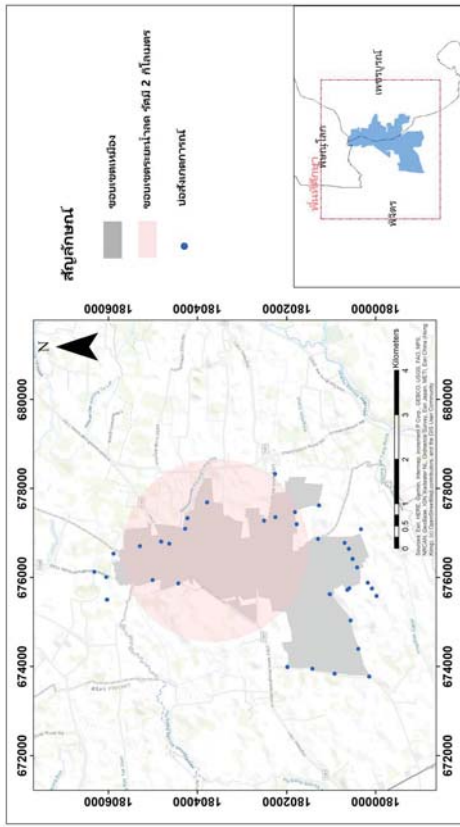
ช่วงปี พ.ศ. 2566 – 2575 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่นั้นมีการใช้ปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำให้แก่น้ำเพื่อ จนถึงระดับ – 169 ม. รก. มีผลกระทบกับหมู่บ้านใกล้เคียงหรือไม่ ขณะที่ผลการวิเคราะห์จากการแบบจำลองนั้นได้ อัตราการสูบน้ำปี 997 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 2.0 กิโลเมตร



รูปที่ 34 ระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับที่ในแบบจำลองบริเวณข้อ A ช่วงปี พ.ศ. 2575 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่



รูปที่ 35 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลองบริเวณข้อ A ช่วงปี พ.ศ. 2566 – 2575 ในขณะที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่

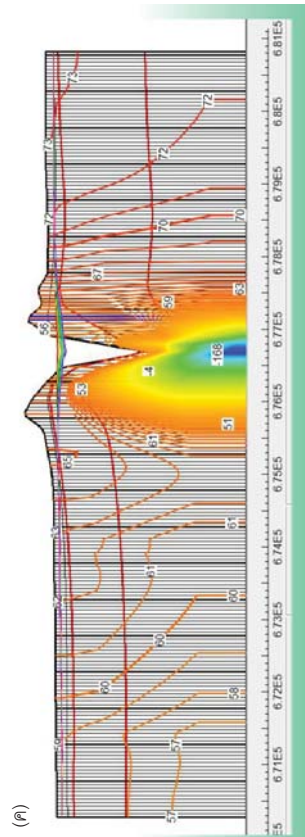
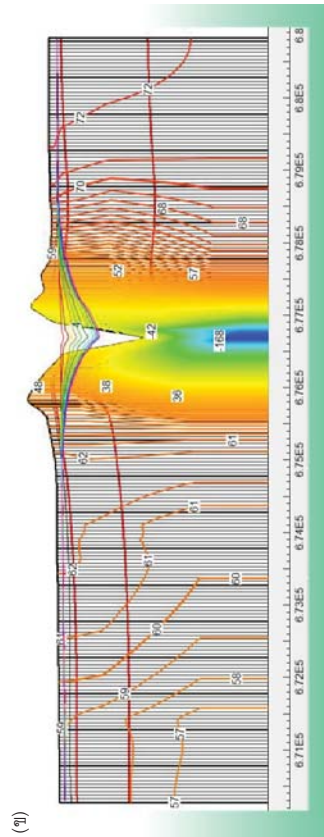
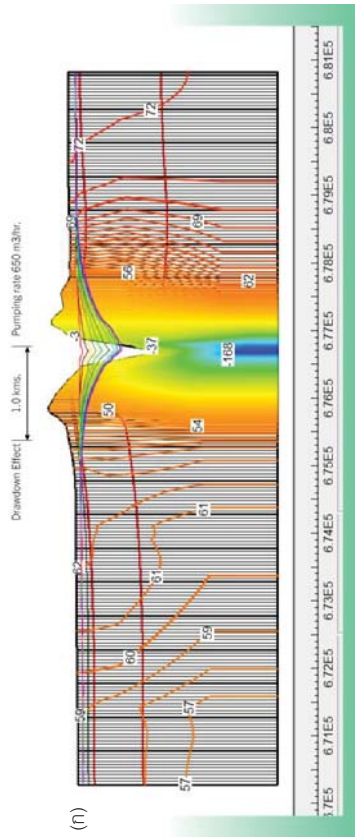


รูปที่ 36 ภาพแสดงพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการลดระดับน้ำในบริเวณ ปด Pt.A รัศมี 2.0 กิโลเมตร

3) ผลการจำลองวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ปริมาณการสูบน้ำที่แตกต่างกันในเหมืองบริเวณ บ่อ A

ช่วงปี พ.ศ. 2566 – 2575 ในกรณีที่มีการดำเนินงานในเหมืองอยู่ให้มีการใช้ปริมาณน้ำเพื่อสูบน้ำในบ่อ A ผลการวิเคราะห์จากการแบบจำลองนั้นได้ อัตราการสูบน้ำที่แตกต่างกันใน 5 กรณี ดังนี้

- กรณีที่ 1 อัตราการสูบน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยผลการจำลองพบว่า ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 2 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 35
- กรณีที่ 2 อัตราการสูบน้ำ 800 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยผลการจำลองพบว่า ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 1.5 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 27
- กรณีที่ 3 อัตราการสูบน้ำ 650 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยผลการจำลองพบว่า ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 1 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 37 (ก)
- กรณีที่ 4 อัตราการสูบน้ำ 450 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยผลการจำลองพบว่า ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 0.7 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 37 (ข)
- กรณีที่ 5 อัตราการสูบน้ำ 200 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยผลการจำลองพบว่า ผลกระทบที่เกิดจากการสูบน้ำนั้น เกิดขึ้นในรัศมีประมาณ 0.4 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 37 (ค)



รูปที่ 37 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลองบริเวณบ่อ A ใช้ปริมาณ ก) อัตราการสูบน้ำที่ 650 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ข) อัตราการสูบน้ำที่ 450 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ค) อัตราการสูบน้ำที่ 200 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. โครงการศึกษากาปนเปื้อนและกาวางเครือข่ายเฝ้าระวังกาปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่อำเภอทับคล้อ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554.

Anderson, M.P., Woessner, W.W., Hunt, R.J., 2015, Applied Groundwater Modeling—Simulation of flow and advective transport: Academic Press, Inc., San Diego, Calif., 630 p.

ASTM D5447-17, Standard Guide for Application of a Numerical Groundwater Flow Model to a Site-Specific Problem, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org

ASTM D5490-93(2014)e1, Standard Guide for Comparing Groundwater Flow Model Simulations to Site-Specific Information, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org

ASTM D5981 / D5981M-18, Standard Guide for Calibrating a Groundwater Flow Model Application, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org

Reilly, T.E., and Harbaugh, A.W., 2004, Guidelines for evaluation ground-water flow models: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2004-5038, 30 p.

ModelMuse Version 5.1.1

Version 4 Documentation: Winston, R.B., 2019, ModelMuse version 4—A graphical user interface for MODFLOW 6: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2019-5036, 10 p., <https://doi.org/10.3133/sir20195036>

Winston, R.B., 2022, ModelMuse version 5.1.1: U.S. Geological Survey Software Release, 15 November 2022, <https://doi.org/10.5066/P90QQ94D>.

อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองข้างต้นสามารถให้เป็นแนวทางในการบริหารการดำเนินการใช้ทรัพยากรอุปน้ำที่เหมาะสม ในทางปฏิบัติควรมีการตรวจสอบระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่โดยการทำเป็นแผนการตรวจสอบน้ำบาดาลที่ได้รับการอนุมัติตามความเหมาะสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

เมื่อโครงการริเริ่มได้ดำเนินไปด้วยผู้ใช้ น้ำบาดาลที่สูบน้ำบาดาลส่วนใหญ่มากจาก ชั้นหินอุ้มน้ำจากชั้นหินดานนี้ ที่มีรอยแตกที่ระดับความลึกน้ำบาดาลจากบ่อและบ่อน้ำเหล่านี้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในครัวเรือนและการเกษตร เนื่องจากความยาวตัวของ drawdown cone อาจเป็นช่วงต้นปี 2567 จากการดำเนินการสำรวจการเหมืองของบ่อ A pit ส่งผลต่อพื้นที่โดยรอบของบ่อดังกล่าว เสนอให้ติดตั้งปลั๊กเกตการเพิ่มเติมบริเวณรอบ pit A ในระยะ 500, 1000, 1500 และ 2,000 เมตร โดยเฉพาะทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ pit A เนื่องจากไม่มีปลั๊กเกตการนี้ในบริเวณดังกล่าว และอาจจะพิจารณาเพิ่มเติมปลั๊กเกตการนี้ในทิศทางอื่นในระยะดังกล่าว เพื่อติดตามผลกระทบกับชุมชนข้างเคียงต่อไป