กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โครงการศึกษาการปนเปื้อนและการวางเครือข่ายเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำใต้ดิน ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary Report

(เล่มที่ 3/4)

ดำเนินการศึกษาโดย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธันวาคม 2554

โครงการศึกษาการปนเปื้อนและการวางเครือข่ายเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำใต้ดิน ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

รายงานสรุปฉบับผู้บริหาร

(เล่มที่ 3/4)

เสนอ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

ดำเนินการศึกษาโดย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธันวาคม 2554

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		ก
สารบัญรูป		ข
สารบัญตาราง		ค
1	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
2	ความอ่อนไหวของชั้นน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะ	1
3	สภาพการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อม	5
4	ความเสี่ยงของชั้นน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะ	17
5	การจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	19
6	การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน	22
7	แนวทางการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำใต้ดิน	23
8	การมีส่วนร่วมของประชาชน	28
9	การสร้างเครือข่ายอนุรักษ์เฝ้าระวังทรัพยากรน้ำใต้ดิน	29

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1	พื้นที่ศึกษาของโครงการ	2
รูปที่ 2	แผนที่ความอ่อนไหวทางอุทกธรณีวิทยาต่อการเกิดมลภาวะ (DRASTIC MAP)	4
รูปที่ 3	การวิเคราะห์คุณสมบัติและธาตุองค์ประกอบดิน	8
รูปที่ 4	การกระจายตัวของสารหนูในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ	9
รูปที่ 5	การกระจายตัวของแคดเมียมในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ	10
รูปที่ 6	การกระจายตัวของแมงกานีสในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ	11
รูปที่ 7	การกระจายตัวของตะกั่วในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ	12
รูปที่ 8	การกระจายตัวของสารหนูในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณพื้นที่โครงการ	13
รูปที่ 9	การกระจายตัวของไซยาไนด์ในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณพื้นที่โครงการ	14
รูปที่ 10	แผนที่ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารพิษ (สารหนูและแมงกานีส) ในพื้นที่ศึกษา	18
รูปที่ 11	ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลองระดับภูมิภาค (ข้อมูลจากพิกัดแนว 1803250N แถวที่ 32 Vertical exaggeration 50)	20
รูปที่ 12	ผลการจำลองการเคลื่อนย้ายของมวลสาร (สารหนู)	21
รูปที่ 13	แนวทางการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำใต้ดิน	26

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	รายชื่อหมู่บ้านที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวของน้ำบาดาลระดับสูง	3
ตารางที่ 2	หมายเลขบ่อสังเกตการณ์หลัก และบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม	22
ตารางที่ 3	หมายเลขบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม และหมายเลขบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมพิเศษ	24
ตารางที่ 4	ค่ากำหนดความเข้มข้นที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน	24
ตารางที่ 5	ความถี่ในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน	25

บทคัดย่อ

จากการร้องเรียนเรื่องคุณภาพน้ำใต้ดินของชุมชนบริเวณเหมืองแร่ทองคำชาตรี ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร อำเภอเนินมะปรางจังหวัดพิษณุโลก และอำเภอวังโป่งจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยอ้างว่าพบไซยาไนด์และสารหนูสูงเจือปนในน้ำใต้ดินจนไม่สามารถใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ ซึ่งการปนเปื้อนของสารพิษอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ผิวดิน น้ำใต้ดิน ระบบนิเวศ ของแหล่งน้ำและการเกษตรกรรมและอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชน

จากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่ามีปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และแคดเมียมสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทำเหมืองซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติตามสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่แหล่งแร่ และพบว่าแคดเมียมและตะกั่วน้ำใต้ดินมีการปนเปื้อนเช่นเดียวกันกับในดิน สำหรับสารหนูซึ่งพบในดินตามธรรมชาติในปริมาณที่สูงอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนมีเหมืองทองคำ โดยกระจายอยู่ทั่วไปโดยรอบโครงการ จากการศึกษา ไม่พบว่ามีสารหนูในดินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำใต้ดินพบการปนเปื้อนของสารหนูเกินมาตรฐานเพียง 3 บ่อจากจุดเก็บตัวอย่างรอบพื้นที่ 43 บ่อ เนื่องจากสารหนูจะเกาะตัวกับโคลนและอินทรีย์วัตถุในดินมากกว่าลอยไปกับน้ำในกรณีสารไซยาไนด์ซึ่งใช้ในกิจกรรมของเหมืองแร่ทองคำนั้น พบว่ามีปรากฏอยู่ในสิ่งแวดล้อมอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนทำเหมือง จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินพบว่าไม่เกินค่าที่ได้ศึกษามาก่อนอย่างมีนัยสำคัญ โดยตรวจพบไซยาไนด์เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินในฤดูแล้ง 3 สถานี คือ อ่างเก็บน้ำเขาหม้อ คลองส่งน้ำบ้านหนองย่างหมู และคลองร่องกอก เนื่องจากไซยาโนไฟต้าหรือสาหร่ายน้ำเงินแกมเขียวดึงคาร์บอนจากซากพืชหรือเถ้าถ่านจากการเผาพืชและดึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนไตรต์และไนเตรต นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียสและค่า pH สูงกว่า 7 จะทำให้ไซยาไนด์ละลายในน้ำได้ดี สำหรับการตกค้างของ ไซยาไนด์ในปลาพบสูงสุด 0.514 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ที่คลองส่งน้ำดงหลวงโดยไม่พบว่าสถานีดังกล่าวมีการปนเปื้อนของไซยาไนด์เกินค่ามาตรฐาน (ระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ 0.5-3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และในพืชน้ำ 2.53 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ที่คลองร่องกอกโดยปริมาณไซยาไนด์ตกค้างในพืชน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ในน้ำผิวดิน ส่วนสารหนูพบในปลามากที่สุดที่อ่างเก็บน้ำในเหมืองแร่อัครา (0.3087 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วนแหล่งน้ำสาธารณะพบมากที่สุดที่คลองล่าหมีตาย โดยพบในปลา 0.0939 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในพืชน้ำ 0.0955 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ระดับสารหนูที่อันตราย 2.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งสารหนูที่ตกค้างในปลาและพืชน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับสารหนูที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำผิวดิน จากการตรวจสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง 46 คน ที่อาศัยโดยรอบเหมือง พบว่ามีปริมาณไซยาไนด์สะสมในร่างกายเกินค่าอ้างอิง 2 คน ซึ่งโดยทั่วไปไซยาไนด์สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการสัมผัสตามผิวหนัง และการหายใจ เช่น การสูบบุหรี่ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนการบริโภคน้ำหรือพืชที่มีส่วนประกอบของไซยาไนด์ เช่น หน่อไม้หรือมันสำปะหลัง ซึ่งจากการสอบถามประกอบการตรวจเลือด พบว่าในผู้ที่พบไซยาไนด์ในเลือดเกินค่าอ้างอิง 2 คนนั้น 1 คน สูบบุหรี่ ส่วนการบริโภคน้ำดื่มพบว่าใช้น้ำดื่มจากถังและทั้ง 2 คน บริโภคหน่อไม้ 2-3 ครั้ง/ปี ไม่ได้บริโภคมันสำปะหลัง สำหรับปริมาณสารหนูพบเกินค่ามาตรฐาน 8 คน ซึ่งจากการสอบถามพบเพียง 1 คน ที่มีสารหนูเกินค่าอ้างอิงและบริโภคน้ำใต้ดิน มาเป็นเวลาประมาณ 10 ปี

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

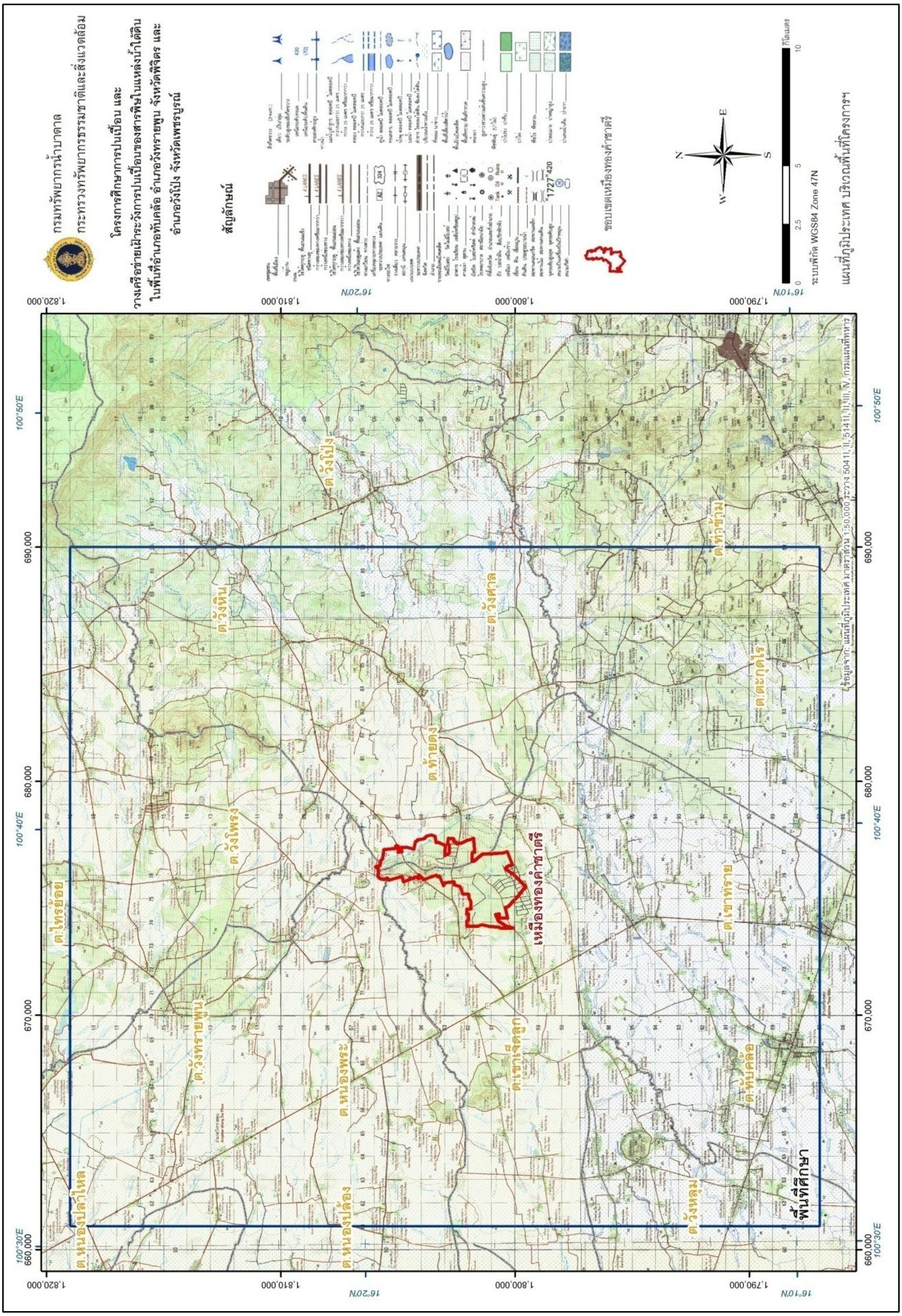
1. ความเป็นมาและความสำคัญ

จากที่มีการร้องเรียนเรื่องคุณภาพน้ำใต้ดินของชุมชนบริเวณรอบเหมืองแร่ทองคำ ชาตรี ของบริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยอ้างว่าพบไซยาไนด์ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตแร่ทองคำเจือปนในน้ำใต้ดินจนไม่สามารถใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ อีกทั้งยังมีปริมาณสารหนูสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำใต้ดินที่ใช้บริโภคได้ ซึ่งการปนเปื้อนของสารพิษดังกล่าวในแหล่งน้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินอาจ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ การเกษตรกรรม รวมทั้ง สุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการศึกษาเพื่อให้ทราบแหล่งที่มาของการปนเปื้อนของสารพิษที่ดขึ้นกับแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา (**รูปที่ 1**) และหาแนวทางการแก้ไขปัญหาในระยะเร่งด่วนและระยะยาว รวมทั้งเฝ้าระวังและป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษที่เกิดขึ้นกับแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมตลอดจนการสร้างความเข้าใจแก่ประชาชน

2. ความอ่อนไหวของชั้นน้ำใต้ดินต่อการเกิดมลภาวะ

การประเมินความอ่อนไหวของชั้นน้ำใต้ดินต่อการเกิดมลภาวะ ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี DRASTIC ซึ่งเป็นการจำแนกพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน บริเวณที่มีความอ่อนไหวของชั้นน้ำใต้ดินมากจึงเป็นบริเวณที่เสี่ยงที่มลสารจะสามารถเคลื่อนที่ไปสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้เร็ว ยิ่งกว่านั้นหากมีปริมาณมลสารมากอยู่ในพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากด้วย การเคลื่อนที่ของมลสารที่เร็วและมีปริมาณที่มากก็จะลงไปก่อสภาวะมลพิษ(Pollution) ให้แหล่งน้ำใต้ดินนั้นมีการปนเปื้อน ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของชั้นน้ำใต้ดินทำให้สามารถระบุพื้นที่ความอ่อนไหวของชั้นน้ำใต้ดินว่ามีภาวะความอ่อนไหวมากน้อยอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ และบริหารจัดการน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต รวมถึงการประเมินพื้นที่ความเสี่ยงต่อการเกิดมลภาวะในน้ำใต้ดินได้อีกด้วย

วิธีการประเมินพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินด้วยวิธี DRASTIC ประกอบด้วยปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการน้ำใต้ดิน 7 ปัจจัย ได้แก่ ความลึกของระดับน้ำปกติ (Depth of Water: D) การเพิ่มเติมน้ำ (Net Recharge: R) วัสดุในชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer Media: A) ชนิดดิน (Soil Media : S) ภูมิประเทศ /ความลาดชัน (Topography : T) ผลกระทบในชั้นไม่อิ่มตัว (Impact of Vadose Zone : I) และค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity of the Aquifer; C) จากการวิเคราะห์ ผลแต่ละปัจจัยกำหนดถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ และให้ค่าของแต่ละช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 10 หลังจากนั้น นำค่าคะแนนที่ได้มาคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5



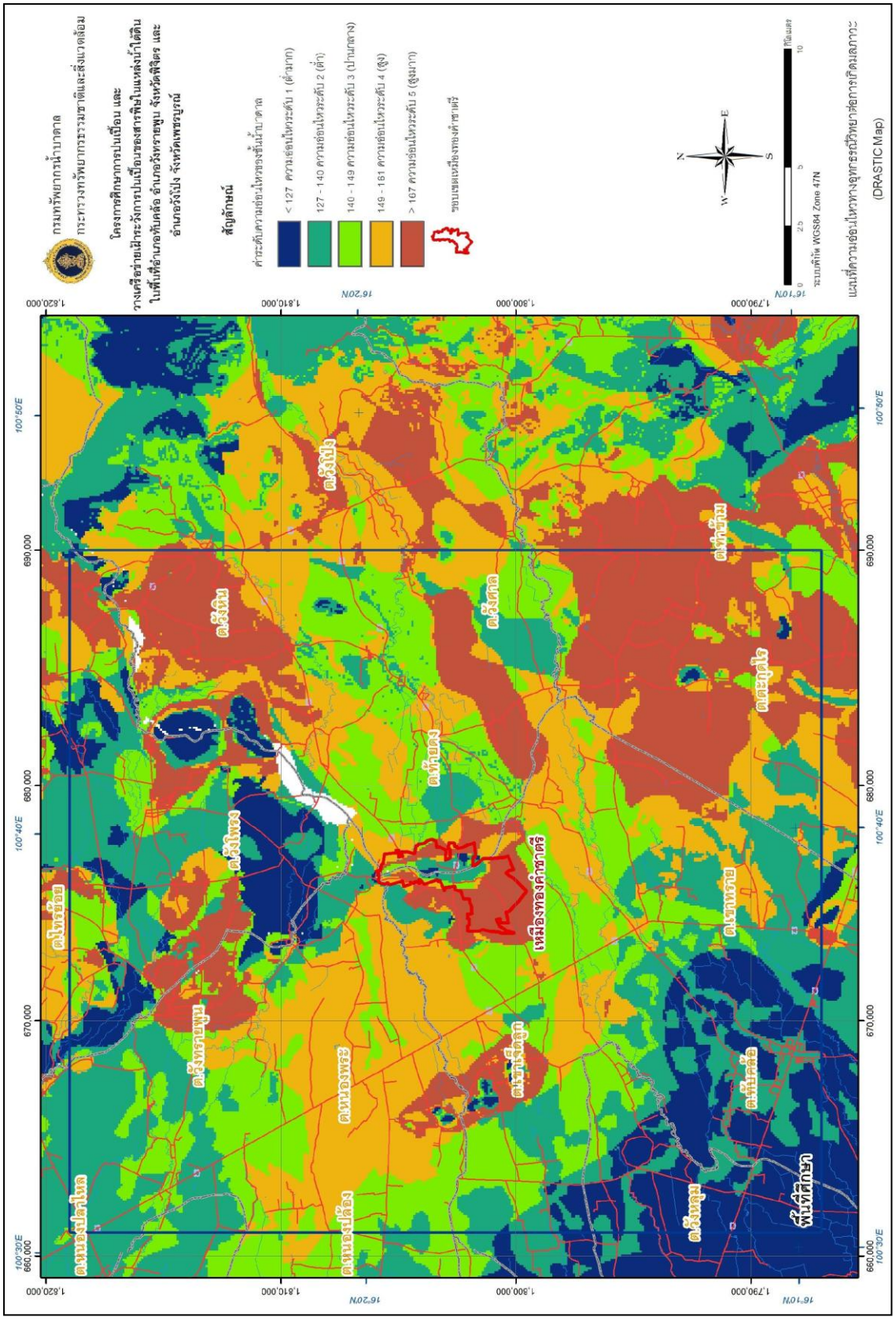
รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาของโครงการ

ผลจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของชั้นน้ำบาดาล โดยวิธี DRASTIC ทำให้สามารถระบุพื้นที่ความอ่อนไหวของชั้นน้ำบาดาลสูงมาก (ระดับความอ่อนไหว 5) ดัง**ตารางที่ 1** และ**รูปที่ 2** โดยมีหมู่บ้านจำนวน 17 หมู่บ้านใน 6 ตำบล ที่มีพื้นที่อยู่บริเวณความอ่อนไหวของน้ำบาดาลในระดับสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบระดับความอ่อนไหวกับลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่นั้น บริเวณที่มีระดับความอ่อนไหวที่สูงมากดังกล่าวจะอยู่ในบริเวณลานตะพักลำน้ำ (Qt) ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ให้น้ำ (Recharge area) ที่มีลักษณะตะกอนค่อนข้างร่วน หยาบ และมีระดับน้ำบาดาลตื้นกว่าในบริเวณอื่น ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีการซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ง่าย บริเวณดังกล่าวจึงเป็นบริเวณที่มีโอกาสที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษต่าง ๆ ลงสู่น้ำบาดาลได้มากกว่าในบริเวณอื่น

อย่างไรก็ตาม การประเมินคว ามอ่อนไหวของชั้นน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะด้วยวิธี DRASTIC เป็นข้อมูลหนึ่งที่จะนำไปใช้ในการประเมินพื้นที่เพื่อทำการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษ จากข้อมูลที่ บ่งบอกว่าเป็นพื้นที่อ่อนไหวมากนั้น ไม่ได้หมายความว่าห้ามมีการรบกวนพื้นที่ หากแต่จะต้องมีการบริหารจัดการพื้นที่ที่ดี การปลูกพืชและใช้ยาปราบศัตรูพืชที่เหมาะสม จึงน่าจะเป็นทางออกที่ดีที่จะใช้พื้นที่ดังกล่าวและรักษาคุณภาพของน้ำบาดาลไว้อย่างยั่งยืน

ตารางที่ 1 รายชื่อหมู่บ้านที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวของน้ำใต้ดินระดับสูงมาก

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
1. จังหวัดพิจิตร	อำเภอทับคล้อ	ตำบลเขาเจ็ดลูก	บ้านเนินพวง บ้านเขาหม้อ และบ้านเขาดิน
	อำเภอวังทรายพูน	ตำบลวังทรายพูน	บ้านหนองยาง
		ตำบลหนองปลาไหล	บ้านทับไทร
2. จังหวัดเพชรบูรณ์	อำเภอชนแดน	ตำบลตะกุดไร	บ้านหนองกลอย บ้านร่องกอก บ้านเขาสัก
		ตำบลท่าข้าม	บ้านก.ม.39 บ้านตะกุดจั่น บ้านดงแขวน บ้านโคกสูง และบ้านตะกุดเป้า
	อำเภอวังโป่ง	ตำบลวังหิน	บ้านเนินสวรรค์ บ้านวังหินซองเหนือ บ้านเนินศิลาเพชร และบ้านใหม่วังตะเคียน



รูปที่ 2 แผนที่ความอ่อนไหวทางอุทกธรณีวิทยาต่อการเกิดมลภาวะ (DRASTIC MAP)

3. สภาพการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อม

3.1 การปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน

การศึกษาในครั้งนี้ได้ให้คำนิยามการปนเปื้อนไว้ว่า การที่หน่วยสิ่งแวดล้อม (น้ำ อากาศ ดิน หรืออาหาร) มีสารที่ไม่พึงประสงค์อยู่ หรือมีปริมาณสารไม่พึงประสงค์มากกว่าปกติในสิ่งแวดล้อม ซึ่งคำว่าการปนเปื้อนนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นคำพ้องความหมายกับคำว่า มลพิษ หรือ Pollution แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้แยกความหมายของ "การปนเปื้อน" กับ "มลพิษ" ออกจากกัน เนื่องจากคำว่า ก ารปนเปื้อน หมายถึงการที่มลสารในสิ่งแวดล้อมนั้นมีค่ามากกว่าค่าปกติในสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมหรือมนุษย์ได้หรือไม่ก็ได้ แต่คำว่า "มลพิษ" เป็นคำที่บ่งบอกว่ามลสารเหล่านั้นได้มีค่าเกินมาตรฐานและอยู่ในระดับที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ได้แล้ว

ในส่วนของคำว่า "สารพิษ" ของการศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษา ธาตุหรือสารเคมี จำนวน 9 ตัวด้วยกัน คือ สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ตะกั่ว (Lead) แมงกานีส (Manganese) ซีลีเนียม (Selenium) ปรอท (Mercury) นิกเกิล (Nickel) และไซยาไนด์ (Cyanide and compounds) ซึ่งโลหะหนัก และสารประกอบเหล่านี้ เป็นผลลัพธ์โดยตรงจากการทำเหมืองที่สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยโลหะหนักทั้งหมดจะมีค่าสูงขึ้นจากการเปิดหน้าเหมือง โดยทำให้หินต่างๆ มีพื้นที่ผิวมากขึ้น ก่อให้เกิดการ ชะล้างที่มากขึ้น สามารถทำให้มลสารเหล่านี้แพร่กระจายสู่หน่วยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ดีขึ้น ส่วนสารประกอบไซยาไนด์นั้น เป็นสารเคมีหลักในกระบวนการแต่งแร่ ที่จะทำการแยกทองและเงินออกมาจากหิน ซึ่งสารไซยาไนด์นี้หากมีความเข้มข้นที่สูงในระดับหนึ่งจะเป็นสารพิษต่อผู้ที่ ได้รับสาร ซึ่งเป็นสารพิษที่ออกฤทธิ์ได้ทั้งแบบเฉียบพลัน(Acute effect) และสะสมในร่างกาย(Chronic effect)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณมลสารในดิน พบว่ามีปริมาณตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) ที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในก่อนการทำเหมือง ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้เป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติตามสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่ที่เป็นแหล่งแร่ เมื่อสายแร่โผล่ขึ้นสู่ผิวดิน ความไม่เสถียรของสายแร่ทำให้เกิดการผุพัง โลหะหนักที่ถูกชะล้างออกมาจะถูกดูดยึดโ ดยดินเหนียวหรืออินทรียสารที่อยู่ในดินได้มากขึ้น จึงตรวจพบว่าปริมาณโลหะหนักจำพวกตะกั่ว แมงกานีส และแคดเมียมนั้น มีปริมาณที่สูงขึ้น และจากผลการวิเคราะห์น้ำใต้ดิน พบว่ามีสารพิษที่ปนเปื้อน คือ แคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว ซึ่งแคดเมียมและตะกั่วนั้น พบว่ามีการปนเ ปื้อนเช่นเดียวกันกับการปนเปื้อนในดิน โดยมีความเป็นไปได้ที่ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วในน้ำใต้ดินที่สูงขึ้น เป็นผลมาจากปริมาณของแคดเมียมและตะกั่วที่สูงขึ้นในสายแร่เช่นกัน เมื่อน้ำใต้ดินไหลผ่านรอยแตกหรือแนวอ่อนแอ เนื่องจากสายแร่ที่แทรกในรอยแตกจะไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับหินเดิม ส่วนนี้สามารถผุพังได้ดี เมื่อน้ำไหลผ่านจะชะพาโลหะหนักไปกับน้ำด้วย

สำหรับตรวจพบสารหนู (As) ในดิน เนื่องจากสารหนูเป็นธาตุที่พบในธรรมชาติในปริมาณที่สูงอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนมีเหมือง แร่ทองคำในบริเวณนี้ เนื่องจากในสายแร่มีสารหนูเป็นธาตุที่เป็นองค์ประ กอบอยู่ในกลุ่มแร่ซัลไฟด์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่อาร์เซโนไพไรท์(FeAsS) เมื่อหินมีการผุพังกลายเป็นเศษหินและดิน แร่จะ

มีการแตกตัวเป็นอาร์ซิเนต และอาร์ซิไนต์ซึ่งเป็นอนุมูลลบจะถูกดูดยึดอยู่ในดิน ซึ่งจากการตรวจวิเคราะห์ในการศึกษาไม่พบว่ามีปริมาณสารหนูในดินที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งปริมาณสารหนูที่พบในดินมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับสารหนูที่พบในหินด้วย จึงมีความเป็นไปได้ที่ปริมาณของสารหนูในดินจะไม่มีความเข้มข้นสูงขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม จากการเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินเพื่อการเกษตรและอยู่อาศัย พบว่าปริมาณสารหนูสูงกว่าค่ามาตรฐานค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในบริเวณใกล้ขอบเขตเหมืองซึ่งเป็นไปตามลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์แผนที่ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำใต้ดิน บริเวณดังกล่าวจึงมีความเสี่ยงสูงมากที่จะมีการปนเปื้อ นลงสู่ชั้นน้ำ โดยผลการวิเคราะห์ น้ำใต้ดิน พบว่ามีการปนเปื้อนของสารหนูเกินมาตรฐานเพียง 3 บ่อ จากจุดเก็บตัวอย่างที่กระจายโดยรอบพื้นที่โครงการ 43 บ่อ ในขณะที่พบสารหนูเกินมาตรฐานในดินกระจายอยู่ทั่วไปโดยรอบโครงการ สาเหตุดังกล่าวเนื่องจากสารหนูจะเกาะตัวอยู่กับโคลนและอินทรียวัตถุในดินมากกว่าลอยไปกับน้ำ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่า บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่พบสารหนูเกินค่ามาตรฐานในดินนั้น มีปริมาณสารหนูในน้ำใต้ดินไม่เกินค่ามาตรฐาน และ ตำแหน่งสถานี ที่สารหนูเกินมาตรฐานในดินอยู่ห่างจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่พบสารหนูเกินค่ามาตรฐ าน สำหรับในน้ำผิวดินตรวจพบสารหนูเกินมาตรฐานเพียงจุดเดียวคือ อ่างเก็บน้ำเขาหม้อ ในขณะที่น้ำใต้ดินบริเวณนั้นไม่เกินค่ามาตรฐาน และบริเวณที่พบสารหนูเกินมาตรฐาน คุณภาพดิน ไม่พบว่าคุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณนั้นมีสารหนูเกินค่ามาตรฐานด้วยเช่นกัน

ในกรณีสารไซยาไนด์ (CN) ซึ่งมีที่มาจากกิจกรรมของเหมืองแร่ทองคำนั้น จากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเหมืองทองคำชาตรีเหนือและใต้ พบว่ามีไซยาไนด์ปรากฏอยู่ในสิ่งแวดล้อมอยู่แล้ว จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินและเปรียบเทียบค่าในเชิงสถิติ ก็พบว่าไม่มีค่าไซยาไนด์ในหน่วยสิ่งแวด ล้อมใดเกินกว่าค่าที่ได้ศึกษามาก่อนอย่างมีนัยสำคัญ โดยในการศึกษาของโครงการตรวจพบ ไซยาไนด์เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้ง 3 สถานี คือ อ่างเก็บน้ำเขาหม้อ คลองส่งน้ำบ้านหนองย่างหมู และคลองร่องกอก เนื่องจากฤดูดังกล่าวเป็นช่วงที่น้ำนิ่งไม่มีการไหลหรือเป็นน้ำ ที่ขังอยู่เป็นช่วงๆ ของลำคลอง มีสภาพตื้นเขิน มีสาหร่ายปกคลุม มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดยึดไนโตรเจนจากอากาศของสาหร่ายและแบคทีเรีย ซึ่งกลุ่มสาหร่ายที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดไซยาไนด์ คือ ไซยาโนไฟต้า ซึ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรียที่รู้จักกันในชื่อสาหร่ายน้ำเงิน แกมเขียวหรือแบคทีเรียน้ำเงินแกมเขียว โดยสาหร่ายหรือแบคทีเรียจะมีการสังเคราะห์แสงและดึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ ซึ่งต้องอาศัยปริมาณเหล็กและสังกะสีในน้ำ นอกจากนี้สาหร่ายยังมีการดักจับคาร์บอนจากซากพืช หรือจากเถ้าถ่านที่เกิดจากการเผาพืช หรือตอซังข้าวในฤดูหลังเก็บ เกี่ยว เมื่อไนโตรเจนถูกดักจับจากอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนไตรต์ และไนเตรต นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงฤดูฝนอุณหภูมิของน้ำไม่เหมาะสมที่จะดูดยึดไนโตรเจนได้ จึงทำให้ในฤดูฝนตรวจไม่พบปริมาณไซยาไนด์ อีกปัจจัย คือ ค่าความเป็นกรด- ด่าง โดยที่ถ้าน้ำมีสภาพเป็นเบส หรือค่า pH สูงกว่า 7 จะทำให้ไซยาไนด์ละลายในน้ำได้ดี แต่ถ้าน้ำมีสภาพเป็นกรด หรือค่า pH ต่ำกว่า 7 ไซยาไนด์จะ

กลายเป็นก๊าซระเหยออกไป ซึ่งการป้องกันไม่ให้เกิดสารไซยาไนด์ในน้ำผิวดินนั้ น จากเหตุผลข้างต้นที่ว่าปริมาณของไซยาไนด์จะสูงขึ้นเนื่องจากลักษณะของแหล่งน้ำที่เป็นน้ำนิ่งและมีปริมาณสาหร่ายมาก เพื่อเป็นการป้องกันปริมาณสารไซยาไนด์ที่จะสูงเกินมาตรฐานนั้นจะต้องทำการปรับปรุงระบบระบายในพื้นที่ โดยให้มีการหมุนเวียนน้ำในหน้าแล้ง โดยต้องมีการจัดการระบบชลประทานที่ดี ไม่ให้มีพื้นที่ใดมีลักษณะเป็นหนองน้ำนิ่ง และต้องมีการขุดลอกคลองระบายน้ำ เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของน้ำโดยการเติมอากาศให้ดียิ่งขึ้น

รูปที่ 3 ถึง **9** แสดงแผนที่แสดงการกระจายตัวของคุณภาพดิน คุณภาพน้ำใต้ดิน และคุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา

นอกจากการพิจารณาด้านคุณภาพน้ำใต้ดินแล้ว ได้พิจารณาด้านผลกระทบของเหมืองต่อปริมาณน้ำใต้ดิน พบว่าเหมืองไม่ได้ใช้น้ำใต้ดินเนื่องจากเหมืองไม่มีบ่อน้ำใต้ดินที่สูบใช้ โดยน้ำที่ใช้ในกระบวนการทำเหมืองทั้งหมดปริมาณ 160 ลูกบาศก์เมตร /ชั่วโมง นั้น ม าจากสองแหล่ง คือ จากบ่อเก็บกากแร่ที่นำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) ปริมาณ 82 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และน้ำที่อยู่ในบ่อเหมืองเก่าทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ ปริมาณ 78 ลูกบาศก์เมตร /ชั่วโมง ทั้งนี้ น้ำที่อยู่ในบ่อเหมืองเก่านั้น จัดเป็นน้ำผิวดินที่ไม่มีความเชื่อม โยงกับระบบน้ำใต้ดิน เนื่องจากคุณภาพของน้ำที่อยู่ในบ่อเหมือง (ซึ่งมีคุณภาพไม่ดี) ไม่สอดคล้องกับคุณภาพน้ำใต้ดินที่ตรวจสอบได้จากบ่อน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียงโดยรอบ (ซึ่งมีคุณภาพดี) และระดับน้ำบริเวณเหมืองที่ตรวจวัดได้ไม่บ่งบอกถึงการใช้น้ำในปริมาณที่มากตามที่เห มืองมีความจำเป็นต้องใช้

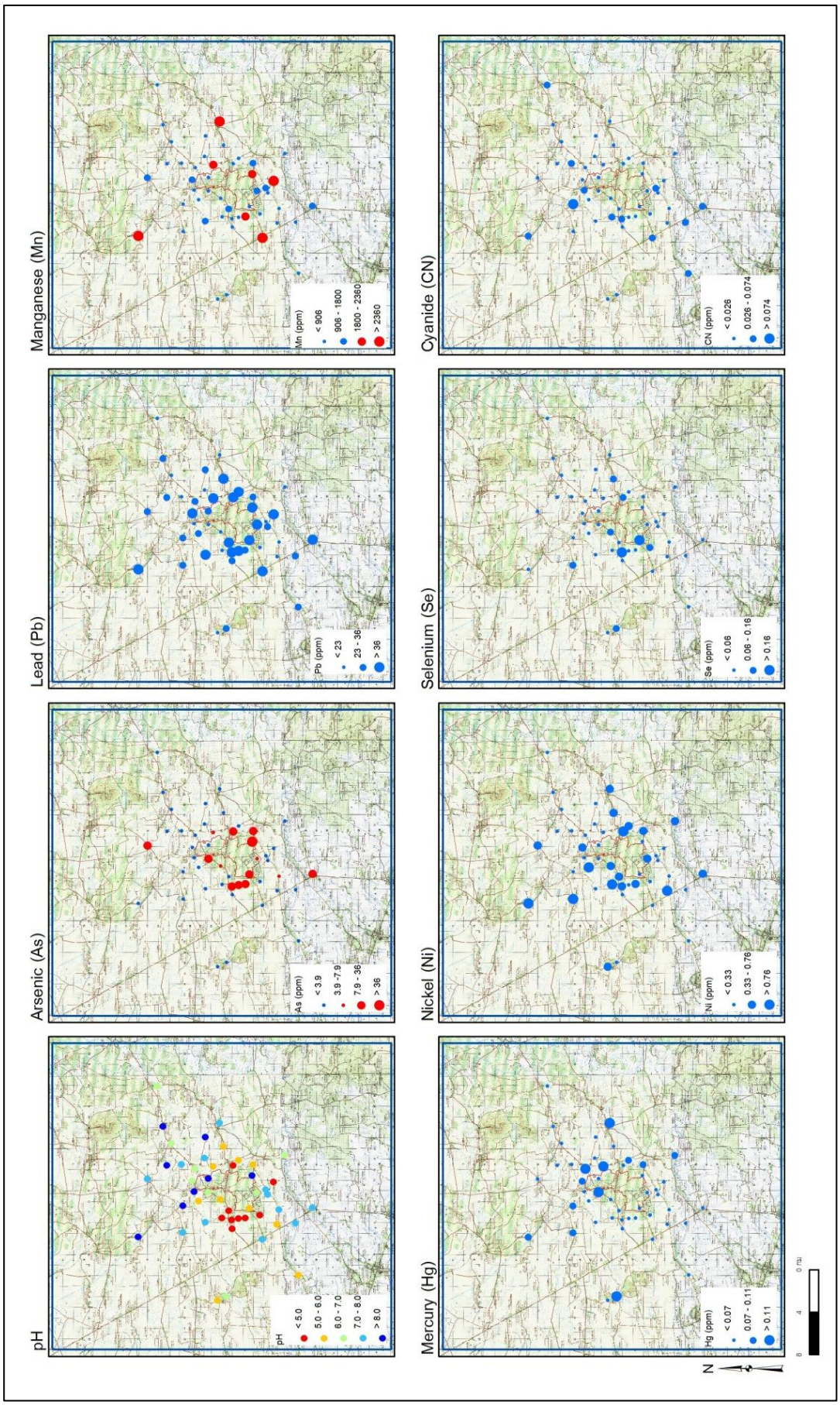
3.2 ผลกระทบจากการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินนั้น หากแหล่งน้ำดังกล่าวมีการปนเปื้อนของสารพิษ อาจส่งผลกระทบต่อการปนเปื้อนของสารพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

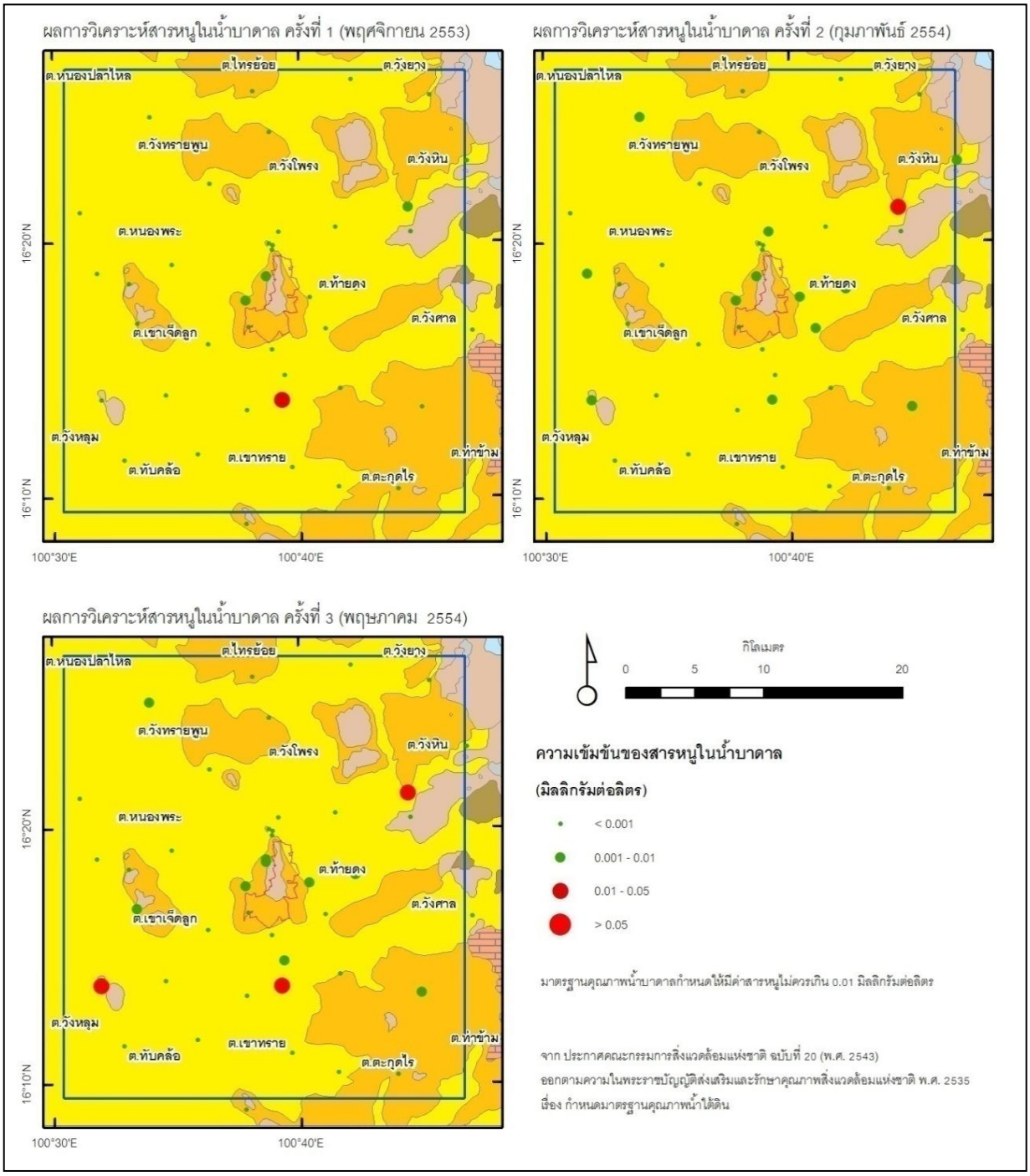
3.2.1 ผลกระทบต่อนิเวศวิทยาทางน้ำ

(1) การปนเปื้อนของสารหนู

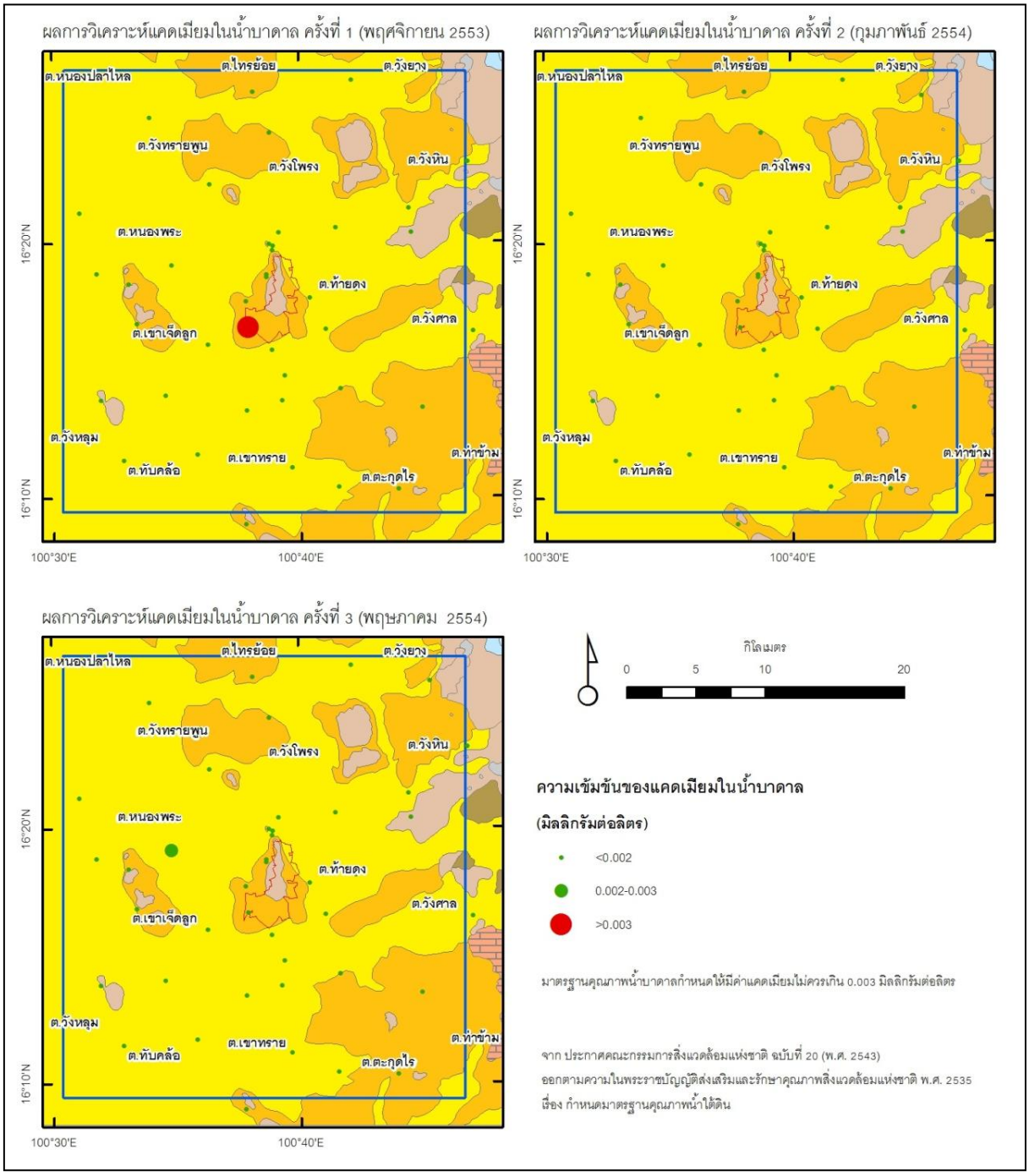
จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดิน พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารหนู ส่วนในแหล่งน้ำผิวดินพบการปนเปื้อนของสารหนูเพียงแห่งเดียว คือ สถานีอ่างเก็บน้ำเขาหม้อ ในขณะที่การวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารหนูในสัตว์น้ำ พบมากที่สุด บริเวณ สถานีเหมืองแร่ทองคำอัคราไมนิ่ง มีปริมาณ 0.0508-0.3087 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และแหล่งน้ำสาธารณะที่ตรวจพบสารหนูในสัตว์น้ำมากที่ สุด คือ สถานีคลองล่าหมีตาย เท่ากับ 0.0939 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นคนละจุดกับการปนเปื้อนในน้ำผิวดิน ดังนั้น สารหนูที่พบในปลาจึงไม่มีความสัมพันธ์กับสารหนู ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำผิวดินแต่อย่างใด สำหรับปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในอาหารปริมาณน้อยที่สุดที่สามารถทำให้คนตายได้เท่ากับ 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งผลการวิเคราะห์ไม่พบสถานีใดที่มีปริมาณสารหนูในปลาเกินค่าดังกล่าว



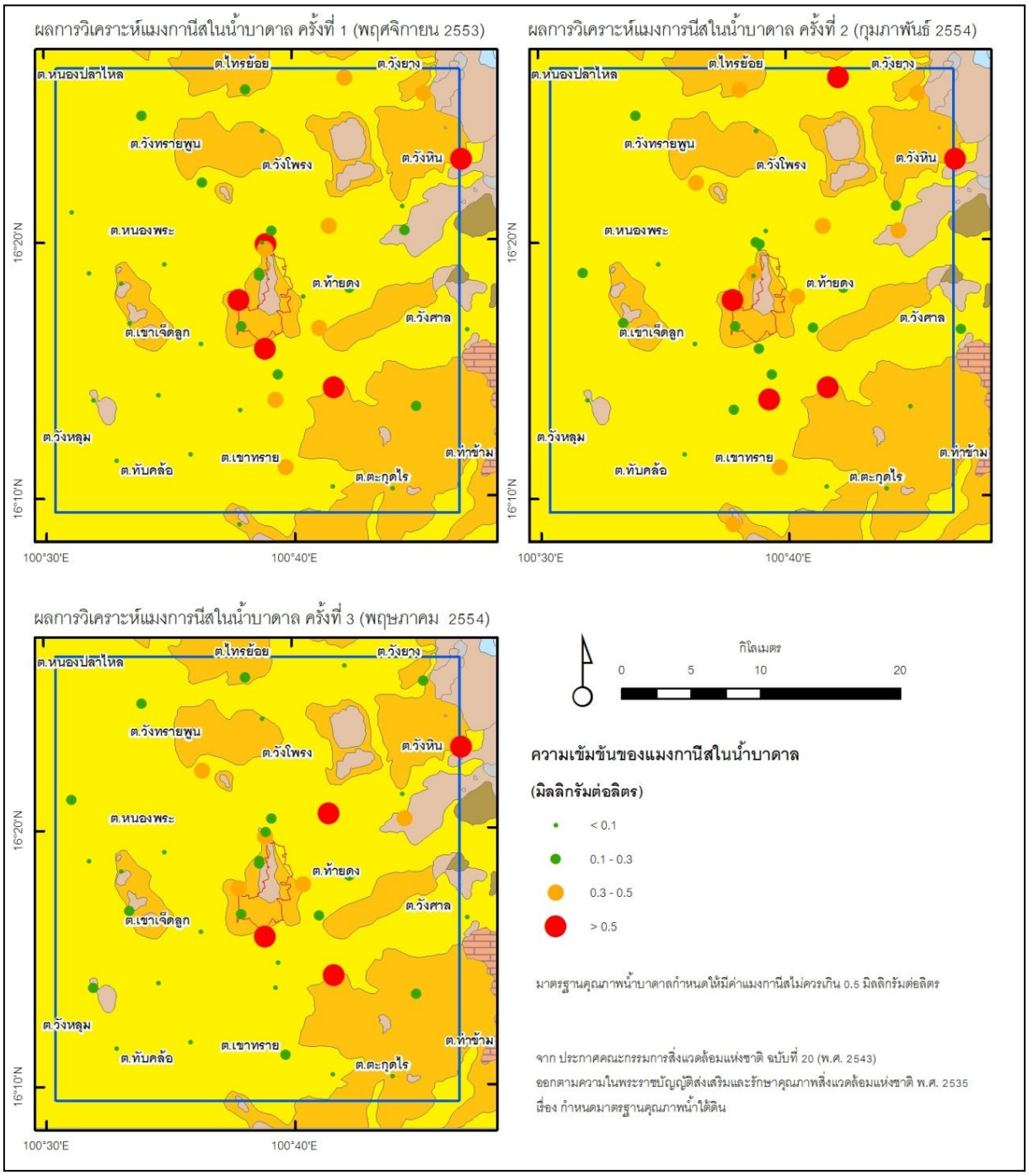
รูปที่ 3 การวิเคราะห์คุณสมบัติ และธาตุองค์ประกอบดิน



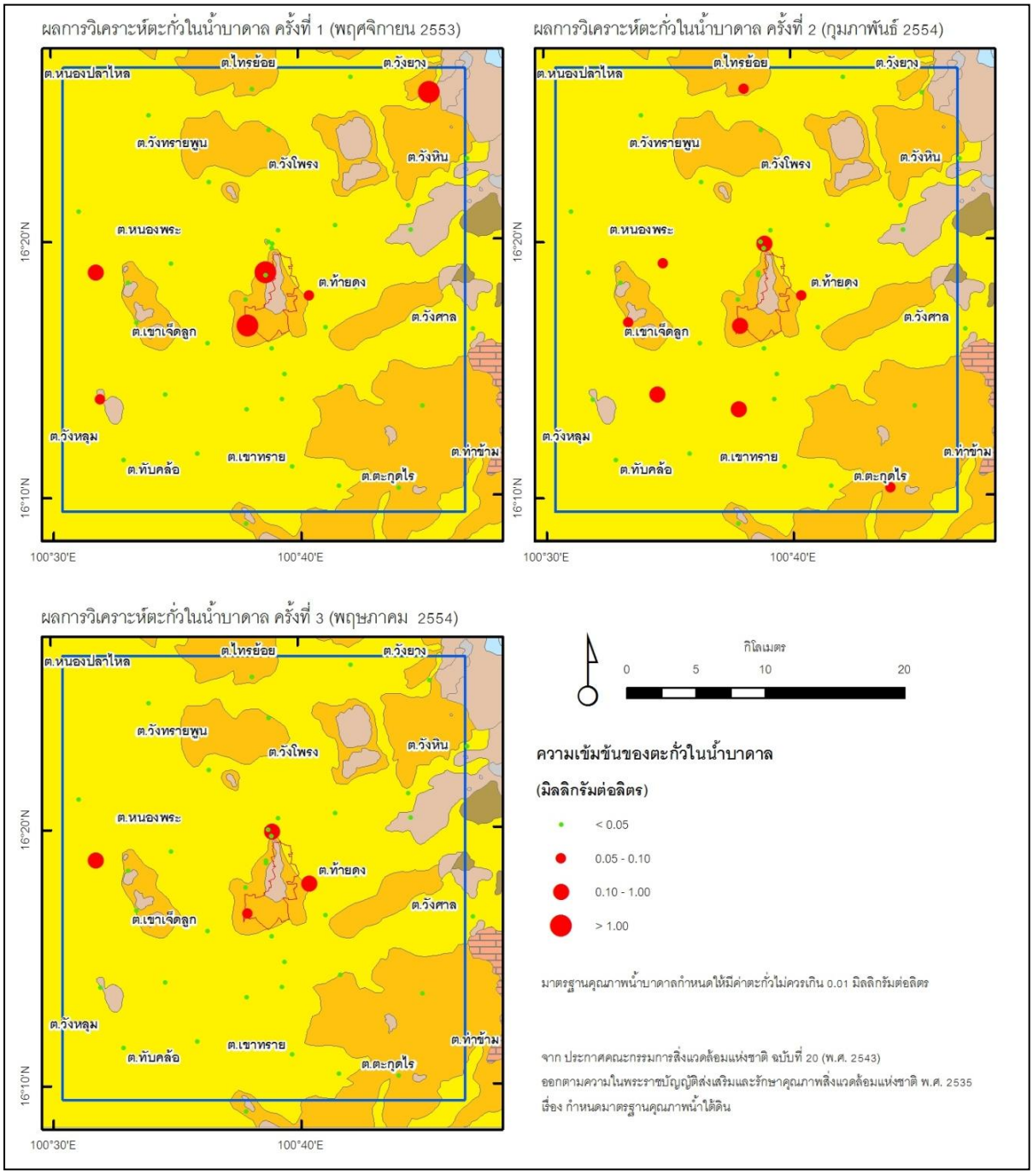
รูปที่ 4 การกระจายตัวของสารหนูในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ



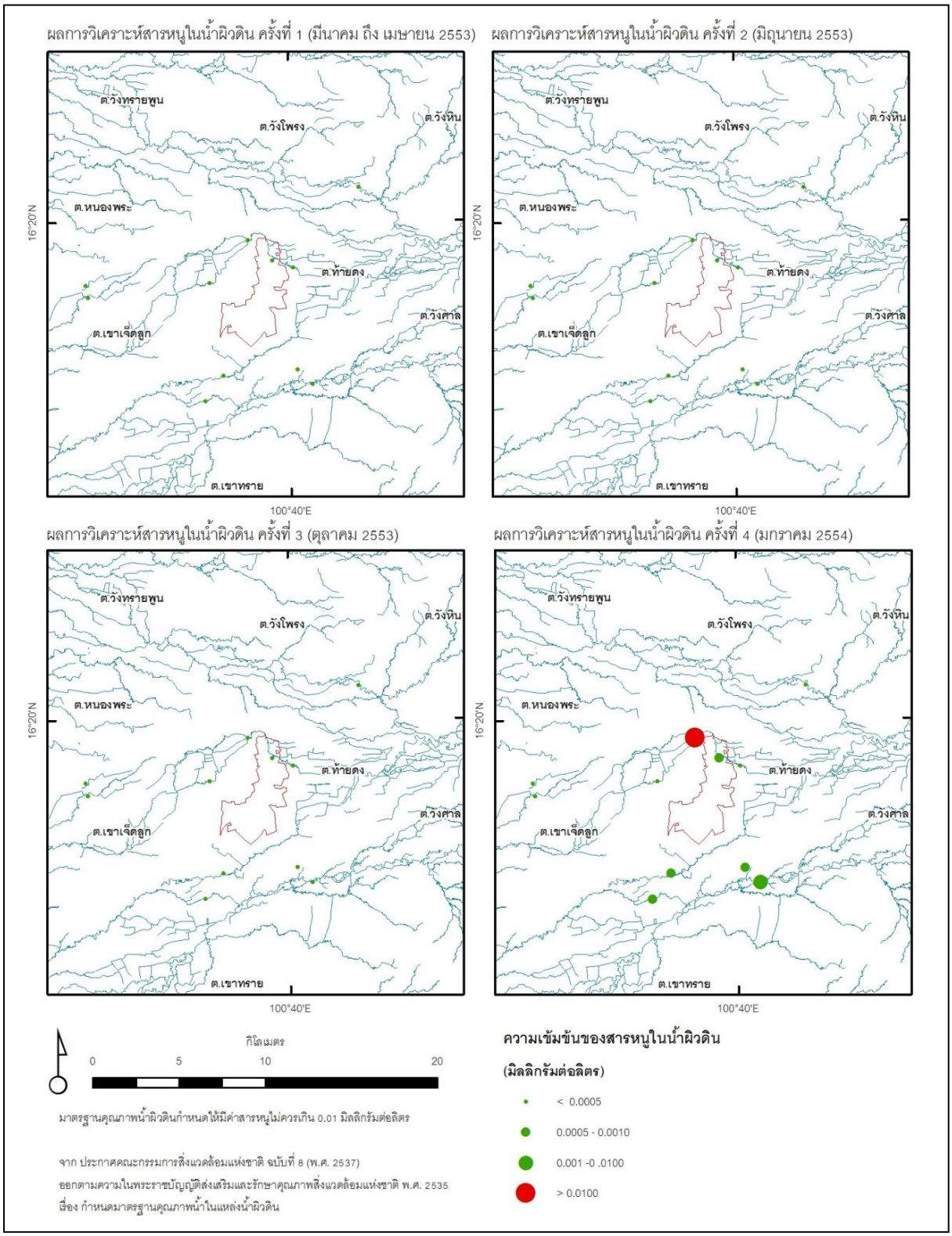
รูปที่ 5 การกระจายตัวของแคดเมียมในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ



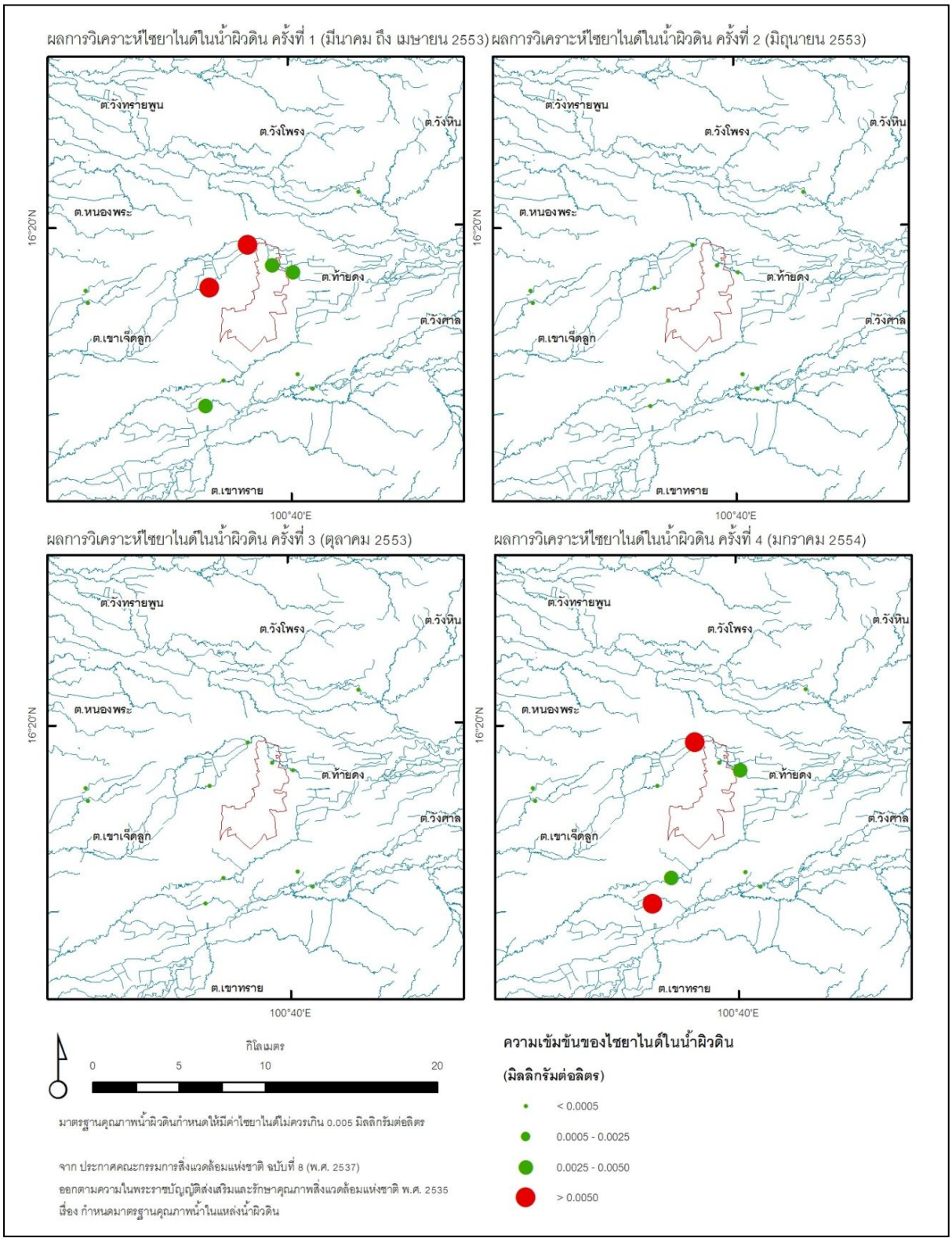
รูปที่ 6 การกระจายตัวของแมงกานีสในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ



รูปที่ 7 การกระจายตัวของตะกั่วในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่โครงการ



รูปที่ 8 การกระจายตัวของสารหนูในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณพื้นที่โครงการ



รูปที่ 9 การกระจายตัวของไซยาไนด์ในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณพื้นที่โครงการ

จากการเก็บตัวอย่างพรรณไม้น้ำที่ ใช้เป็นอาหารของมนุษย์เพื่อนำมาวิเคราะห์การปนเปื้อน พบว่า สถานีที่มีสารหนูตกค้างในพืชน้ำมากที่สุด คือ สถานีคลองล่าหมีตาย พบว่ามีปริมาณสารหนู 0.0308-0.0955 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณสารหนูในอาหารน้อยที่สุดที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ คือ 2.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อพิจารณาการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำผิวดิน พบว่า สถานีที่มีสารหนูตกค้างในพืชน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารหนูปนเปื้อนในแหล่งน้ำผิวดินแต่อย่างใด

(2) การปนเปื้อนของไซยาไนด์

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินพบว่าไม่มีการปนเปื้อนของไซยาไนด์ ส่วนในแหล่งน้ำผิวดิน พบการปนเปื้อนของไซยาไนด์ 3 สถานี คือ สถานีอ่างเก็บน้ำเขาหม้อ สถานีคลองส่งน้ำบ้านหนองย่างหมู และสถานีคลองร่องกอก ในขณะที่การวิเคราะห์กา รปนเปื้อนของไซยาไนด์ในสัตว์น้ำ พบว่า มีปริมาณไซยาไนด์ตกค้างในปลาที่มีความสัมพันธ์กับ การปนเปื้อน ไซยาไนด์ในน้ำผิวดินเพียงสถานีเดียว คือ สถานีอ่างเก็บน้ำเขาหม้อ แต่พบในปริมาณต่ำโดยไม่เกินค่าที่เป็นพิษ (Lethal dose) ต่อมนุษย์ (ค่าที่เป็นพิษต่อมนุษย์ เท่ากับ 0.5-3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) คือ 0.328 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับระดับปริมาณการปนเปื้อนไซยาไนด์ในปลาที่เป็นพิษต่อมนุษย์ พบว่ามีเพียงครั้งเดียว ที่ปริมาณไซยาไนด์ในปลาสูงถึง 0.514 มิลลิกรัม/กิโลกรัม คือ บริเวณสถานีคลองส่งน้ำดงหลง แต่สถานีดังกล่าวมีการปนเปื้อนของไซยาไนด์ในน้ำผิวดินเกินค่ามาตรฐานแต่อย่างใด

จากการเก็บตัวอย่างพรรณไม้น้ำที่เป็นอาหารของมนุษย์เพื่อนำมาวิเคราะห์การปนเปื้อน พบว่า สถานีที่มีสารไซยาไนด์ตกค้างในพืชน้ำมากที่สุด คือ สถานีคลองร่องกอก มีปริมาณไซยาไนด์ 1.38-2.530 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสถานีเหมืองแร่ทองคำ อัคราไมนิ่ง 2.020 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยปริมาณไซยาไนด์ตกค้างในพืชน้ำที่มีความสัมพันธ์กับ สถานีที่พบการปนเปื้อน ไซยาไนด์ในน้ำผิวดินเพียงสถานีเดียว คือ สถานีคลองร่องกอก ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าว แสดงว่าสัตว์น้ำและพืชน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติบางแห่งบริเวณพื้นที่โครงการมีการปนเปื้อนไซยาไนด์ จึงควรนำไปผ่านความร้อนหรือปรุงสุกก่อนนำไปบริโภคเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ

3.2.2 ผลกระทบต่อการเกษตรกรรม

ในการศึกษาด้านการเกษตรกรรม เนื่องจากในบริเวณพื้นที่ศึกษามีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม โดยมีการปลูกนาข้าว พืชสวน พืชไร่ โดยในการทำการเกษตรมีการนำน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ มาใช้ หากน้ำดังกล่าวมีการปนเปื้อนของสารพิษอาจส่งผลกระทบต่อพืช และอาจส่งผลต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของประชาชนได้ ซึ่งการจากการศึกษาสภาพการเกษตรกรรมโดยสำรวจและสอบถาม พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในบริเวณนี้จะใช้ทำการเกษตร พืชที่ปลูกมาก ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด และมีการทำสวนผลไม้บ้าง เช่น มะม่วง กล้วย มะขาม น้อยหน่า เป็นต้น การทำการเกษตรของชุมชนโดยรอบเหมืองแร่ทองคำอัครา มีฤดูกาลการเพาะปลูกที่แ ตกต่างตามชนิดของพืชที่ปลูก มีการใช้สารเคมีหลายชนิดเพื่อกำจัดวัชพืช กำจัดศัตรูพืช รวมถึงให้ฮอร์โมน และปุ๋ย เพื่อ

บำรุงพืชพรรณให้เจริญเติบโต แหล่งน้ำใช้เพื่อการเกษตรส่วนใหญ่ใช้น้ำฝน รองลงมาคือน้ำในแม่น้ำลำคลอง และน้ำบาดาล

(1) การปนเปื้อนของสารหนู

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินพบว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารหนู ส่วนในแหล่งน้ำผิวดินพบการปนเปื้อนของสารหนูเพียงแห่งเดียว คือ สถานีอ่างเก็บน้ำเขาหม้อ ซึ่งพบว่าเกินค่ามาตรฐานเพียงครั้งเดียวจากการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง จาก 10 สถานี โดยสถานีอื่นๆ ไม่พบว่ามีสารหนูเกินมาตรฐาน ดังนั้น การนำน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินไปใช้เพื่อการเกษตรจึงไม่ส่งผลกระทบต่อพืช

(2) การปนเปื้อนของไซยาไนด์

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินพบว่าไม่มีการปนเปื้อนของไซยาไนด์ ส่วนในแหล่งน้ำผิวดิน พบ ไซยาไนด์เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้งและฤดูหนาว 3 สถานี คือ อ่ างเก็บน้ำเขาหม้อ คลองส่งน้ำบ้านหนองย่างหมู และคลองร่องกอก เนื่องจากฤดูดังกล่าวเป็นช่วงที่น้ำนิ่งไม่มีการไหล มีสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวปกคลุม มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดยึดไนโตรเจนจากอากาศของสาหร่าย จึงทำให้ไซยาไนด์ละลายในน้ำได้ดี ซึ่งจากการที่ไซยาไนด์ที่เกิดขึ้นไม่ได้มาจากเหมือง รวมทั้งการเกิดไซยาไนด์ในน้ำสามารถป้องกันได้ โดยการปรับปรุงระบบระบายหรือการขุดลอกคลองระบายน้ำในพื้นที่ให้มีการหมุนเวียนน้ำในหน้าแล้ง จะช่วยลดการเกิดไซยาไนด์ปนเปื้อนได้ ดังนั้น การนำน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินไปใช้เพื่อการเกษตรจึงไม่ส่งผลกระทบต่อพืช

3.3.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

(1) การปนเปื้อนของสารหนู

จากการตรวจปัสสาวะกลุ่มตัวอย่างโดยรอบพื้นที่โครงการ พบว่ามีปริมาณสารหนูสะสมในร่างกายเกินค่ามาตรฐานจำนวน 8 คน ซึ่งจากการสอบถามพบเพียง 1 คน ที่มีปริมาณสารหนูเกินค่ามาตรฐานและบริโภคน้ำใต้ดินมาเป็นเวลาประมาณ 40 ปี นอกนั้นบริโภคน้ำดื่มถัง แต่จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินพบว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารหนู ส่วนในแหล่งน้ำผิวดิน พบการปนเปื้อนของสารหนูเพียงแห่งเดียว คือ สถานีอ่างเก็บน้ำเขาหม้อ ซึ่งบริ เวณดังกล่าวไม่พบว่ามีผู้ที่พบสารหนูสะสมในร่างกายเกินค่ามาตรฐาน และจากการวิเคราะห์แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างประกอบการตรวจปัสสาวะ พบว่า ผู้ที่พบสารหนูในเลือดเกินค่าอ้างอิง 7 คนนั้น ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คือ ความดันโลหิตสูง ต้องกินยาลดความดันเป็นประจำติดต่อกันเ ป็นระยะเวลา 1-6 ปี ซึ่งในทางการแพทย์พบว่ามีการนำอาร์เซนิคไทรออกไซด์ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ในยาบางกลุ่ม

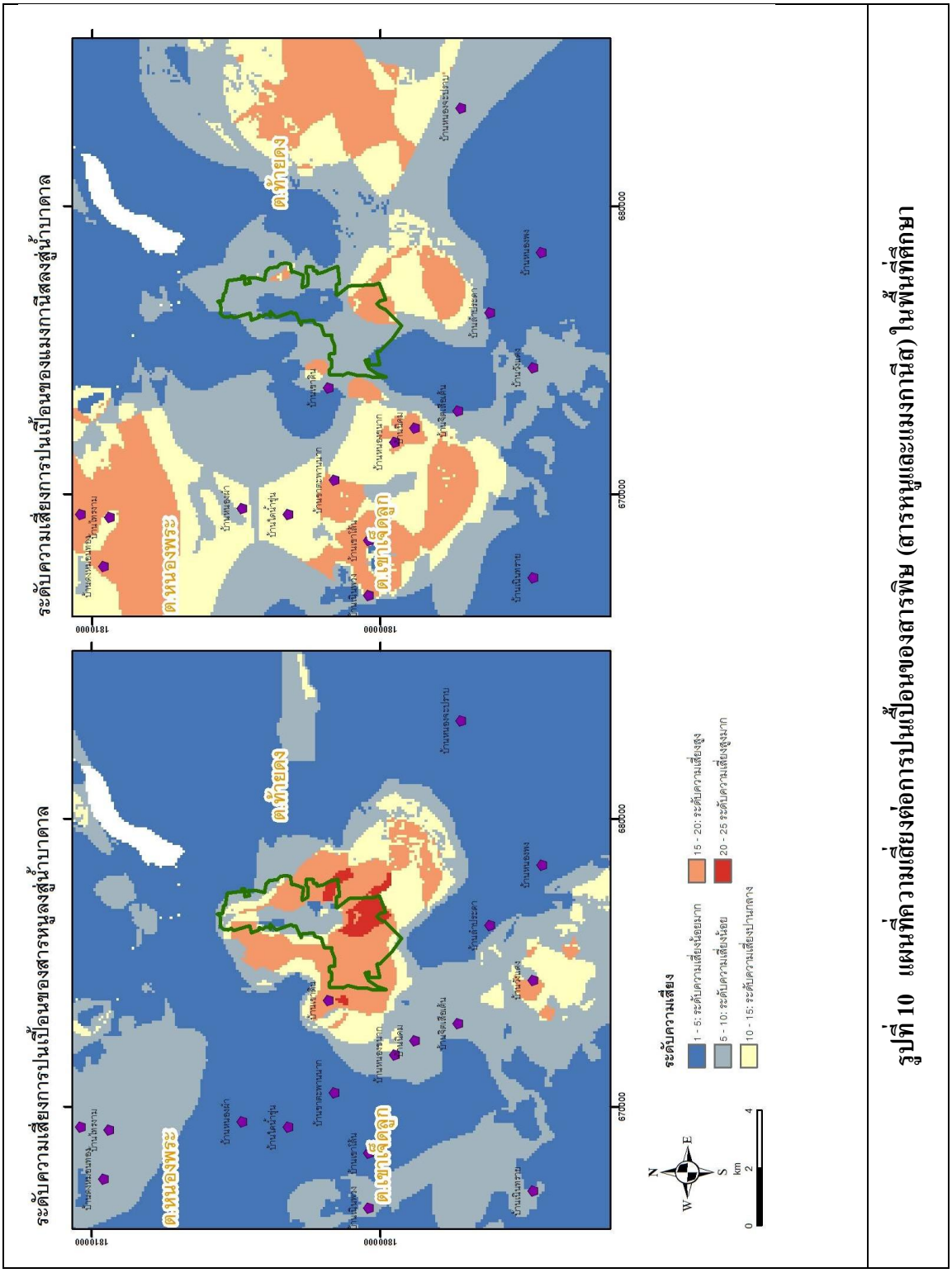
(2) การปนเปื้อนของไซยาไนด์

จากการตรวจสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง 46 คน ที่อาศัยอยู่โดยรอบเหมืองทองคำ พบว่ามีปริมาณไซยาไนด์ในร่างกายเกินค่ามาตรฐาน 2 คน ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดิน พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของไซยาไนด์ ส่วนในแหล่งน้ำผิวดินพบการปนเปื้อนของไซยาไนด์ 3 สถานี คือ สถานีอ่างเก็บน้ำเขาหม้อ สถานีคลองส่งน้ำบ้านหนองย่างหมู และสถานีคลองร่องกอก ซึ่งผู้ที่ตรวจพบว่ามีไซยาไนด์ในร่างกายเกินค่ามาตรฐานทั้ง 2 คน อยู่ที่บ้านหนองระมาน ตำบลเขาเจ็ดลูก บริเวณ ดังกล่าวไม่มีลำน้ำมีเพียงบ่อเก็บน้ำ โดยทั่วไปไซยาไนด์สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการสัมผัสตามผิวหนังและการหายใจ เช่น การสูบบุหรี่ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนการบริโภคน้ำหรือพืชที่มีส่วนประกอบของไซยาไนด์ เช่ น หน่อไม้หรือมันสำปะหลัง ซึ่งจากการตรวจสอบจากแบบสอบถามสัมภาษณ์ประกอบการตรวจเลือด พบว่า ในผู้ที่พบไซยาไนด์ในเลือดเกินค่าอ้างอิง 2 คนนั้น 1 คน สูบบุหรี่วันละ 10 มวน อีกคนไม่สูบ ส่วนการบริโภคน้ำดื่มพบว่า ทั้ง 2 คนใช้น้ำดื่มจากถัง ดังนั้น จึงคาดการณ์ว่าปริมา ณไซยาไนด์ในร่างกายของประชนในบริเวณพื้นที่โครงการจึงไม่ได้รับผลกระทบมาจากการปนเปื้อนของแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน

อย่างไรก็ตาม จากผลการตรวจสุขภาพข้างต้นจำเป็นต้องดำเนินการติดตามผลการตรวจสุขภาพ และทำการศึกษาวิจัยต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบที่มาของการสัมผัสสารดังกล่าวอย่างชัดเจน

4. ความเสี่ยงของชั้นน้ำใต้ดินต่อการเกิดมลภาวะ

ความเสี่ยงของชั้นน้ำใต้ดินต่อการเกิดมลภาวะ คือ โอกาสหรือความเป็นไปได้ที่น้ำใต้ดินจะถูกปนเปื้อนจากมลสาร ซึ่งปัจจัยที่นำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยง ได้แก่ ความอ่อนไหวของชั้นน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะและค่าศักยภาพของมลสาร โดยทำการวิเคราะห์ศักยภาพของมลสารที่จะสามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้ ซึ่งจากการศึกษาการวิเคราะห์มลสารจากดิน พบว่า มีค่าของสารหนูและแมงกานีสที่มีค่าสูงเกินมาตรฐาน สันนิษฐานได้ว่าสารหนูและแมงกานีสนี้ มีความน่าจะเป็นที่จะกระจายลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้มากกว่ามลสารตัวอื่นๆ จากการศึกษาดังกล่าว จึงได้นำมาทำการวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งสารพิษสองชนิด คือ สารหนูและแมงกานีส โดยพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของชั้นน้ำใต้ดินอยู่บนระดับความเสี่ยงสูงต่อการเกิดมลภาวะที่มีการปนเปื้อนสารหนูลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน และความเสี่ยงสูงอยู่บริเวณ บ้านเขาดิน ตำบลเขาเจ็ดลูก อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และ บ้านวังแดง ตำบลเขาทราย อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร ส่วนบริเวณที่อยู่บนระดับความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนแมงกานีสลงสู่ชั้นน้ำ ใต้ดินอยู่บริเวณบ้านเนินพวง บ้านเขาโล้น บ้านตะพานนาก บ้านหนองขนาก บ้านนิคม บ้านนิคม ตำบลเขาเจ็ดลูก อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร บ้านดงหมอนทอง และบ้านเนินตูม ตำบลหนองพระ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร ไม่พบความเสี่ยงสูงมากของแมงกานีสในบริเวณพื้นที่ศึกษา (**รูปที่ 10**)



รูปที่ 10 แผนที่ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารพิษ (สารหนูและแมงกานีส) ในพื้นที่ศึกษา

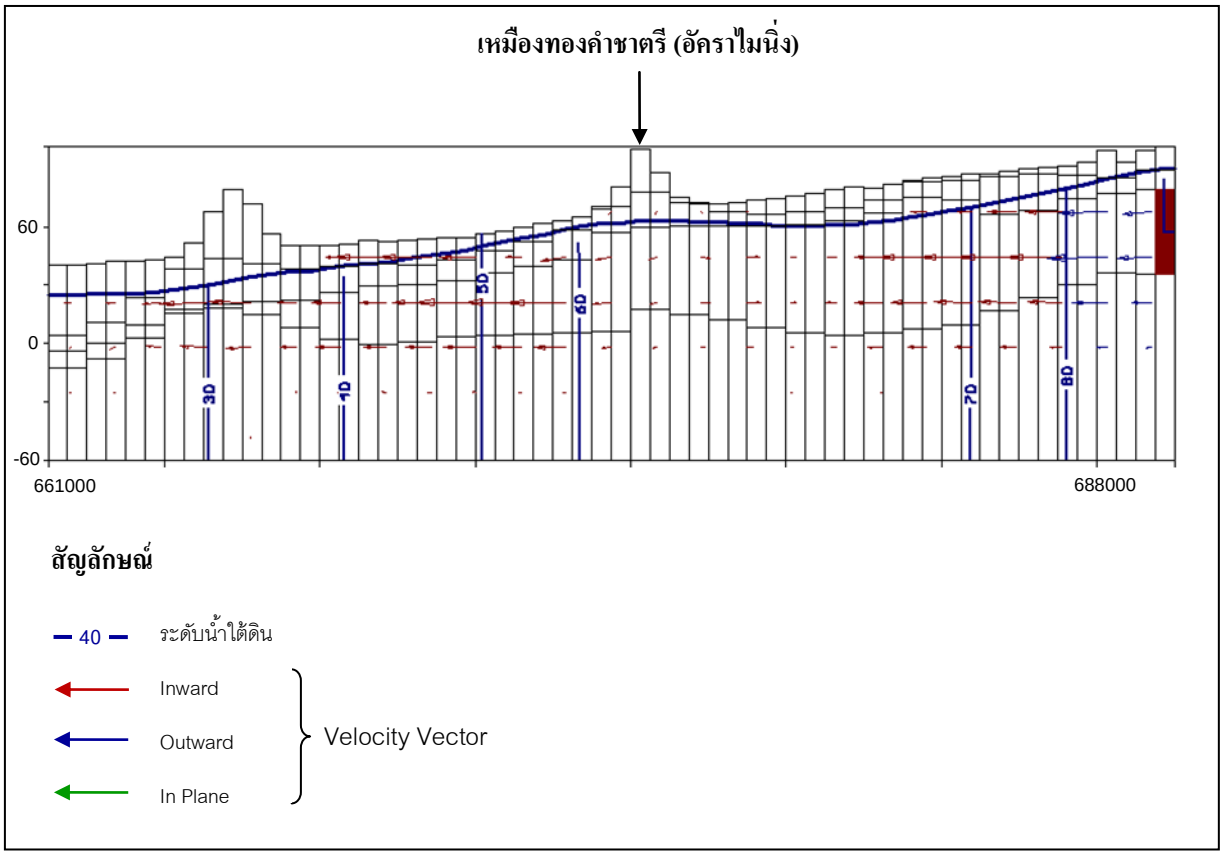
การประเมินพื้นที่เสียงต่อการปนเปื้อนดังกล่าวไม่ได้เป็นการบ่งบอกว่าน้ำใต้ดินได้ถูกปนเปื้อนไปแล้ว แต่เป็นการประเมินความน่าจะเป็นว่าบริเวณไหนในพื้นที่ศึกษานั้นจะเป็นต้นกำเนิด ทำให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้ แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงและผลวิเคราะห์น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันของความเสี่ยงที่ได้วิเคราะห์มากับผลวิเคราะห์น้ำ ใต้ดินอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นเพราะแหล่งกำเนิดของมลสารในน้ำบาดาลไม่ได้เกิดบริเวณผิวดินแล้วไหลสู่ชั้นน้ำ แต่เป็นเพราะลักษณะเฉพาะตัวของชั้นหินอุ้มน้ำในพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่แหล่งแร่ มี ปริมาณของโลหะหนักและมลสารหลากหลายในตัวอยู่แล้ว

5. การจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

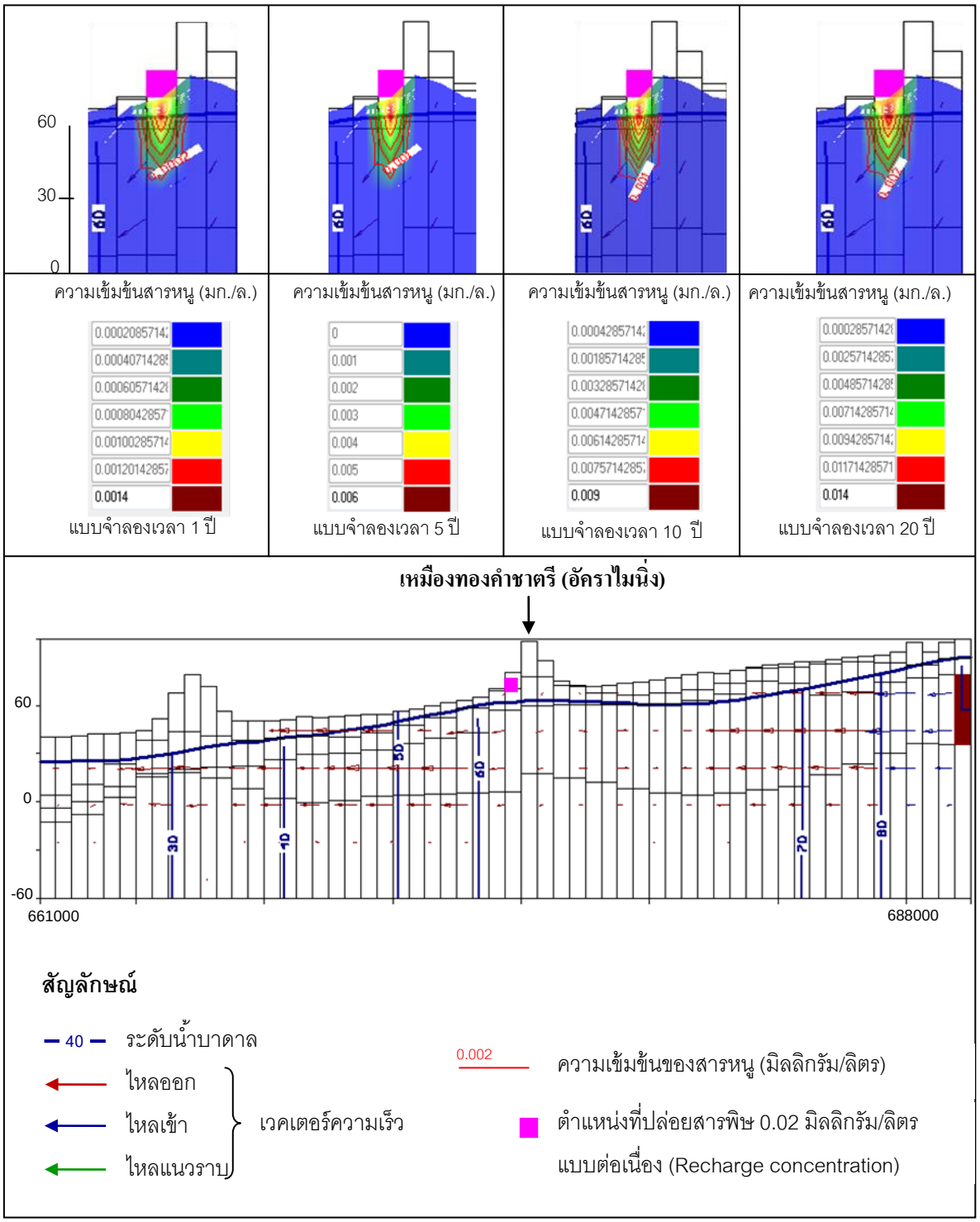
การจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Visual MODFLOW Premium 2010.1 โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ การจัดทำแบบจำลองของการไหล และการจัดทำแบบจำลองของการแพร่กระจายมวลสาร การจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการไหลของน้ำใต้ดินมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองในระดับภูมิภาคซึ่งที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา 928 ตารางกิโลเมตร (ความกว้าง 29 กิโลเมตร และยาว 32 กิโลเมตร) ข้อมูลที่ใช้ในทุกขั้นตอนเป็ นค่าเฉลี่ยตลอดรายปี ดังนั้นข้อจำกัดของแบบจำลองนี้ คือ ไม่สามารถแสดงลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินแยกสำหรับแต่ละฤดูกาลได้ การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในขั้นตอนนี้เป็นการจำลองแบบ Steady state เป็นระยะเวลา 20 ปี ผลที่ได้จากการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน ดังแสดงใน**รูปที่ 11**

จากผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อม พบว่าน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษใดๆ ดังนั้น แบบจำลองการเคลื่อนย้ายมวลสารนี้จึงจัดทำเพียงเพื่อใช้ในการทำนายพฤติกรรมการเคลื่อนย้ายของสารพิษซึ่งถูกตั้งขึ้นเป็นสมมุติฐาน คือ สารหนู ซึ่งจำลองโดยกำหนดให้มีการเคลื่อนที่ตามการไหลของน้ำ (Dispersion) เท่านั้น กล่าวคือ สารพิษจะไม่มีการทำปฏิกิริยา (Reaction) หรือแพร่ (Diffusion) หรือดูดซับ (Sorption) ในระหว่างที่เคลื่อนที่ ความเข้มข้นของสารหนูถูกกำหนดให้มีค่าตั้งต้น 0 มิลลิกรัม/ลิตร ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาและกำหนดให้มีการปนเปื้อนแบบเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินอย่างต่อเนื่อง (Recharge concentration) ณ จุดศูนย์กลางของพื้นที่ศึกษา (ตำแหน่งของเหมือง) ด้วยปริมาณ 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 20 ปี

การจำลองการเคลื่อนย้ายมวลสาร นั้นกระทำโดยใช้เครื่องมือ MT3DMS กำหนดให้มีการคำนวณการไหลแบบ Upstream finite difference และใช้การแก้สมการอนุพันธ์แบบ Generalized Conjugate Gradient (GCG) โดยทำการจำลองแบบ Transient เป็นระยะเวลา 20 ปี โดยใช้ระดับน้ำเริ่มต้น (Initial head) ผลการจำลองการเคลื่อนย้ายของสารหนูแสดงใน**รูปที่ 12** ซึ่งจะเห็นได้ว่าการกระจายของสารพิษนั้นเป็นไปอย่างช้ามาก เนื่องจากสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในบริเวณนี้มีความเร็วต่ำ จึงทำให้ความเข้มข้นของสารหนูเพิ่มขึ้นไม่มากเมื่อเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลานาน



รูปที่ 11 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในแบบจำลองระดับภูมิภาค (ข้อมูลจากพิกัดแนว 1803250N แถวที่ 32 Vertical exaggeration 50)



รูปที่ 12 ผลการจำลองการเคลื่อนย้ายของมวลสาร (สารหนู)

6. การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน

เนื่องจากพื้นที่ โครงการ เป็นพื้นที่ที่มีพื้นที่ประทานบัตรเหมืองแร่ทองคำ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เพื่อการเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 86.43 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งประชาชนในพื้นที่ศึกษา ใช้ทรัพยากรน้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ การวางแนวทางการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินจึงเน้นที่คุณภาพชีวิตของชุมชน ดังนั้น การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) การติดตามตรวจสอบเบื้องต้น คือ การติดตามตรวจสอบโดยการสังเกต หรือการใช้เครื่องมือภาคสนาม2) การติดตามตรวจสอบเชิงรายละเอียด คือ การติดตามตรวจสอบโดยการเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์มลสารในห้องปฏิบัติ การ และใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินเพื่อการบริโภคและเกณฑ์อนามัยโลก มากำหนดค่าการปนเปื้อน สำหรับการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากบ่อสังเกตการณ์ โดยกำหนดจากข้อมูลการวิเคราะห์ตัวอย่างของโครงการ และลักษณะการเคลื่อนที่ของมลสาร ดังนี้

(1) การติดตามตรวจสอบบ่อสังเกตการณ์หลัก

การติดตามตรวจสอบเบื้องต้น เป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่เสี่ยง โดยกำหนดให้มีบ่อสังเกตการณ์หลัก จำนวน 7 บ่อ ดัง**ตารางที่ 2** ดำเนินการเก็บตัวอย่าง และตรวจวิเคราะห์ ตามฤดูกาล หากพบการปนเปื้อนของมลสารไม่เกินเกณฑ์กำหนด แต่ถ้าพบการปนเปื้อนของมลสารเกินเกณฑ์กำหนด จะต้องเพิ่มจำนวนบ่อสังเกตการณ์โดยรอบบ่อสังเกตการณ์หลัก ดัง **ตารางที่ 2** เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของมลสารที่สนใจต่อไป

ตารางที่ 2 หมายเลขบ่อสังเกตการณ์หลัก และบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม

บ่อสังเกตการณ์หลัก	บ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม
GWDP-02	GWS-16-1, GWS-18, GWS-28 และ GWS-33
GWS-20	GWDP-10, GWS-18, GWS-33
GWS-25	GWDP-10, GWS-12 และ GWS-37
GWDP-01	GWDP-12, GWS-28 และ GWS-37
GWS-30	GWDP-12, GWS-36 และ GWS-37
A-5	GWS-32, GWS-33 และ GWS-36
A-3	GWDP-07, GWS-32 และ GWS-36

(2) การติดตามตรวจสอบบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม

การติดตามตรวจสอบบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม เป็นการติดตามการแพร่กระจายการปนเปื้อนของมลสารในแหล่งน้ำใต้ดิน โดยกำหนดให้มีบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม จำนวน 11 บ่อ ดัง **ตารางที่ 3** ดำเนิน การเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง หากพบการปนเปื้อนของมลสารเกินเกณฑ์กำหนดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 เดือน จะทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมพิเศษ ดัง **ตารางที่ 3** เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของมลสารที่สนใจต่อไป

(3) การติดตามตรวจสอบบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมพิเศษ

การติดตามตรวจสอบเพิ่มเติมพิเศษ เป็นการติดตามตรวจคุณภาพน้ำใต้ดินที่มีความเข้มข้นมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่มีการปนเปื้อนของมลสารในแหล่งน้ำใต้ดินเป็นระยะเวลานาน 4 เดือน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของชุมชน จึงทำการติดตามตรวจสอบบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมพิเศษ

ในการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จะคำนึงถึงกิจกรรมของพื้นที่ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงการปนเปื้อนของโลหะหนัก จำนวน 9 ชนิด ด้วยกัน คือ สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ตะกั่ว (Lead) แมงกานีส (Manganese) ซีลีเนียม (Selenium) ปรอท (Mercury) นิกเกิล (Nickel) และไซยาไนด์ (Cyanide and compounds) ซึ่งโลหะหนักและสารประกอบเหล่านี้ จะมีปริมาณ สูงขึ้นจากกิจกรรม การเปิดหน้าเหมือง โดยทำให้หินต่างๆ มีพื้นที่ผิวมากขึ้น ก่อให้เกิดการชะล้ างที่มากขึ้น สามารถทำให้มลสารเหล่านี้แพร่กระจายสู่หน่วยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ดีขึ้น ส่วนสารประกอบไซยาไนด์ เป็นสารเคมีหลักในกระบวนการแต่งแร่ ที่จะทำการแยกทองและเงินออกมาจากสินแร่ ซึ่งหากไซยาไนด์มีความเข้มข้นสูงในระดับหนึ่งจะเป็นสารพิษต่อผู้ที่ได้รับ

ในการเก็ บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำใต้ดินเพื่อติดตามคุณภาพน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง พื้นที่ประทานบัตร เหมืองแร่ทองคำ มีความถี่ในการเก็บตัวอย่างตามฤดูกาล (ปีละ 4 ครั้ง) คือ ฤดูร้อน (เมษายน) ต้นฤดูฝน (มิถุนายน) ปลายฤดูฝน (ตุลาคม) และฤดูหนาว (มกราคม) หากผลวิเคราะห์การปนเปื้อนของมลสารมีค่าเกินมาตรฐานน้ำใต้ดินเกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัยดัง **ตารางที่ 4** การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินจะมีความถี่มากขึ้น โดยมีรายละเอียดดัง**ตารางที่ 5**

7. แนวทางการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำใต้ดิน

การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน หากพบว่าพื้นที่บริเวณใดคุณภาพน้ำมีการปนเปื้อนของมลสารเกินมาตรฐานน้ำใต้ดินที่กำหนดไว้ในคู่มือการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน จะต้อง ทำการบำบัดและฟื้นฟูทรัพยากรน้ำใต้ดิน เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรน้ำใต้ดินอย่างยั่งยืน ขั้นตอนก่อนการตัดสินใจให้มีการฟื้นฟูจนดำเ นินการฟื้นฟู เรียบร้อย นอกจากต้องอาศัยความรู้ด้าน ต่างๆ แล้ว จะต้องคำนึงถึง การมีส่วนร่วมของประชาชน กฎหมายสิ่งแวดล้อม และกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีแผนผังขั้นตอนก่อนการฟื้นฟูและการฟื้นฟูพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนมลสารในระดับต่างๆ ดังแสดงใน**รูปที่ 13** จะเห็นได้ว่าต้องมีการศึกษา

ตารางที่ 3 หมายเลขบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม และหมายเลขบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมพิเศษ

บ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติม	บ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมพิเศษ
GWDP-07	GWS-27, GWS-32 และ GWS-35-1
GWDP-10	GWS-33, GWS-34 และ GWS-37
GWDP-12	GWDP-04, GWDP-09 และ GWS-39
GWS-16-1	A-3, GWS-18, GWS-23 และ GWS-30
GWS-18	GWS-33, GWS-34 และ GWS-37
GWS-19	GWDP-07, GWS-32 และ GWS-33
GWS-28	GWS-29, GWS-34 และ GWS-37
GWS-32	GWDP-06, GWS-36 และ GWS-40
GWS-33	GWDP-12, GWS-34 และ GWS-37
GWS-36	GWDP-04, GWDP-12 และ GWS-37
GWS-37	GWDP-09, GWS-34 และ GWS-39

ตารางที่ 4 ค่ากำหนดความเข้มข้นที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน

มลสาร	มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค เกณฑ์อนุโลมสูงสุด (มก./ล.) [1/]	มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม องค์การอนามัยโลก (2006) (มก./ล.)	เกณฑ์กำหนด ระดับเตือนภัย (มก./ล.)
สารหนู	0.05	0.01	< 0.01
แคดเมียม	0.01	0.003	< 0.003
โครเมียม	0.1	< 0.05	< 0.05
ทองแดง	1.5	2.0	< 1.5
เหล็ก	1.0	< 0.3	< 0.3
แมงกานีส	0.5	0.4	< 0.4
ตะกั่ว	0.1	0.01	< 0.01
ซีลีเนียม	0.01	< 0.01	< 0.01
เงิน	0.1	< 0.05	< 0.05
สังกะสี	15	3	< 3.0
ไซยาไนด์	0.1	0.07	< 0.07
ไนเตรท	45	50	< 45
ซัลเฟต	250	250	< 250

หมายเหตุ 1/ ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง ลงวันที่ 21 พฤษภาคม 2552

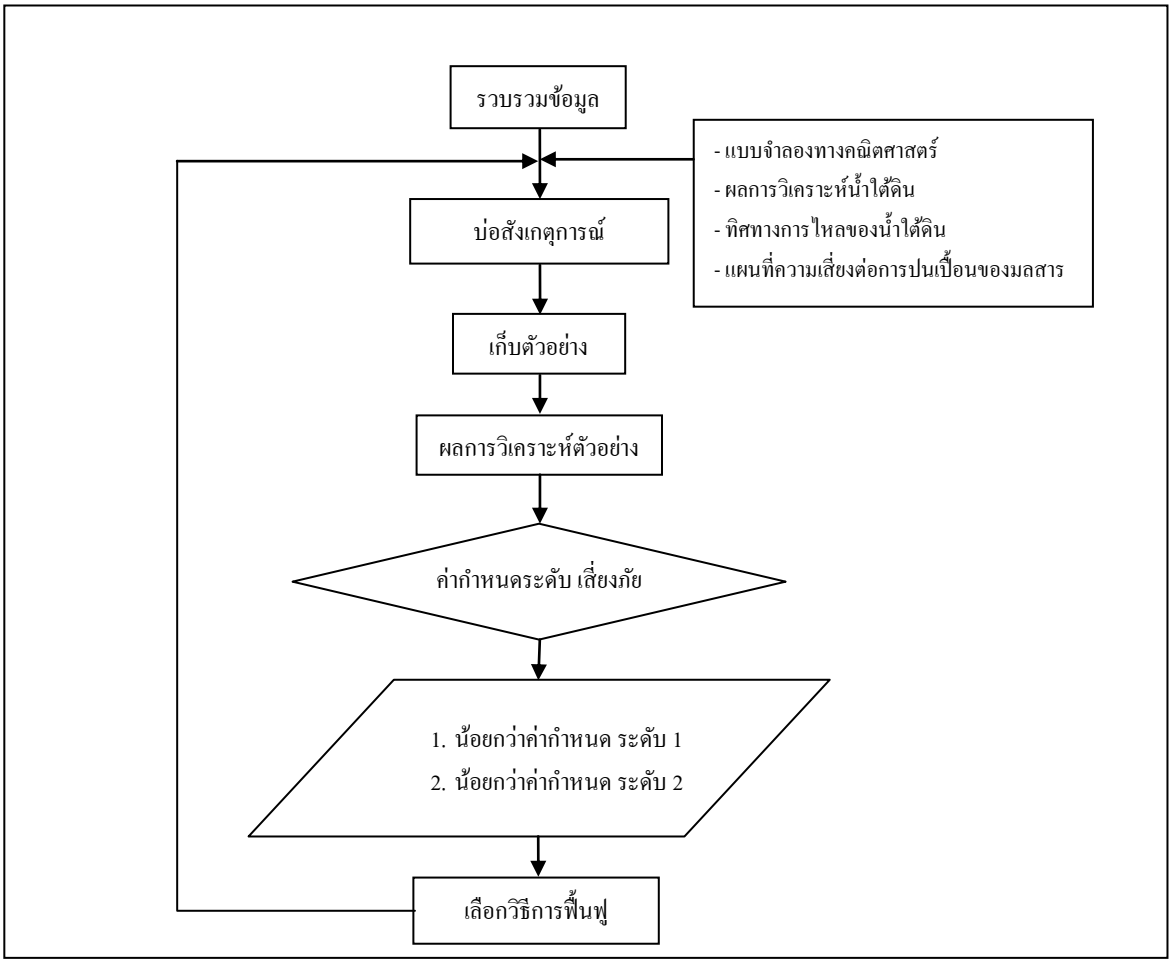
2/ องค์การอนามัยโลก. 2006. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม.

ตารางที่ 5 ความถี่ในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน

การติดตามตรวจสอบ	ความถี่	ช่วงเวลา	เกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย	การฟื้นฟู
1. ตามฤดูกาล	ฤดูกาลละ 1 ครั้ง (ปีละ 4 ครั้ง)	ตามฤดูกาล	ค่าเกินมาตรฐานน้ำใต้ดิน เกินเกณฑ์ กำหนดระดับเตือนภัย (ใน**ตารางที่ 4**)	ไม่ต้องดำเนินการฟื้นฟู
2. การติดตามตรวจสอบเพิ่มเติม (กรณี ข้อ 1. เกิน เกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย)	ทุกเดือน	จนกว่าความเข้มข้นจะลดลงต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย		ดำเนินการฟื้นฟู หากเกินเกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย เป็นระยะเวลา 4 เดือน
3. การติดตามตรวจสอบเพิ่มเติมพิเศษ (กรณี ข้อ 1. และข้อ 2. เกินเกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย)	ทุก 15 วัน	จนกว่าความเข้มข้นจะลดลงต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย		ดำเนินการฟื้นฟูทันที หากเกิน เกณฑ์กำหนดระดับเตือนภัย

รายละเอียดของแต่ละพื้นที่ เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะความเป็นพิษ และการคงอยู่ในระบบนิเวศของมลสารแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทำให้การคัดเลือกวิธีที่จะนำมาใช้ในการฟื้นฟูจึงมีความแตกต่างกันแต่ละพื้นที่ที่ได้รับการปนเปื้อนของมลสาร

การปนเปื้อนของมลสาร ในแหล่งน้ำใต้ดินไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง ต้องผ่านการวิเคราะห์การปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำใต้ดิน หากพบการปนเปื้อนในระดับที่อาจก่อให้เกิดความ เสี่ยงต่อสุขภาพของชาวบ้านใน ชุมชนจึงต้องมีการฟื้นฟูคุณภาพน้ำใต้ดิน การฟื้นฟู คุณภาพ น้ำใต้ดินเป็นการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนคุณภาพน้ำใต้ดิน จะสามารถดำเนินการฟื้นฟูได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ต้องมีการติดตามตรวจสอบหลังการฟื้นฟู ซึ่ง จะต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และ ชาวบ้านในชุมชน อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการ ดำเนินการฟื้นฟู เพื่อให้คุณภาพน้ำใต้ดินกลับสู่สภาพปกติหรือ อยู่ในระดับที่ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของ คนในชุมชน และติดตามผลการฟื้นฟู โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 13 แนวทางการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำใต้ดิน

(1) จัดตั้งคณะกรรมการ เพื่อประเมินและแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน โดยประกอบด้วยหน่วยงาน และองค์กรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1) องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นที่ดูแล และเกี่ยวข้องกับพื้นที่ปนเปื้อน และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ
2) ผู้แทนกรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่
3) ผู้แทนกรมทรัพยากรธรณี
4) ผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำใต้ดิน
5) ผู้แทนกรมควบคุมมลพิษ
6) ผู้แทนสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแว ดล้อม
7) นักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบบำบัดฟื้นฟู
8) ผู้แทนชุมชนใกล้เคียงที่ได้รับผลกระทบหรือมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบ
9) บริษัทที่ปรึกษา และหรือบริษัทบำบัดและฟื้นฟูพื้นที่

(2) กำหนดหน้าที่ และความรับผิดชอบของคณะกรรมการที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังต่อไปนี้

1) ศึกษาและประเ มินขอบเขตการปนเปื้อน และผลกระทบที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน (Site Characterization) โดยครอบคลุมถึงชนิด ประเภทของมลพิษ ความเข้มข้น และทิศทางการเคลื่อนที่และขอบเขตของมลพิษ (Plume)

2) วางแผนกระบวนการบำบัด และฟื้นฟูในระยะสั้น และระยะยาว โดยพิจารณาจากผลกระทบ และการกระจายตัวของมลพิษเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อลดความเสี่ยง และผลกระทบร้ายแรงที่ต้องใช้มาตรการการจัดการที่เร่งด่วน และการกำหนดแผนงานระยะยาว เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ให้กลับสู่สภาพเดิมและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยรอบ

3) คัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาทั้งในระยะสั้น และระยะยาวให้เหมาะสม

4) ประชาสัมพันธ์ และให้ข้อมูลแก่ชุมชน และผู้ที่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อน รวมถึงการจัดหาแนวทางและมาตรการเพื่อบรรเทาและลดผลกระทบที่เหมาะสม กรณีมีผลกระทบร้ายแรง และในกรณีเร่งด่วนต่อการแก้ไข

(3) จัดตั้งคณะทำงาน เพื่อติดตามแนวทางการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามขั้นตอนต่างๆ ของการกำหนดหน้าที่ และความรับผิดชอบของคณะกรรมการ ทั้งนี้คณะทำงานชุดนี้ควรประกอบด้วยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคณะกรรมการที่จัดตั้ง โดยประเด็นหลักในการประเมินและติดตามปัญหาการปนเปื้อน มีดังนี้คือ

1) การติดตาม และเฝ้าระวังความเข้มข้นของมลพิษจากสถานี และบ่อเฝ้าระวังตามที่มีการดำเนินงานในการจัดทำ Site Characterization

2) การประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีที่คัดเลือกมาใช้ในการบำบัดว่ามีความเหมาะสมหรือมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาหรือไม่ ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป รวมถึงเพื่อการปรับปรุงแผนงานให้มีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหามากยิ่งขึ้น ซึ่งการบำบัดและฟื้นฟูทรัพยากรทรัพยากรน้ำใต้ดิน แบ่งเป็น 2 ทาง คือ การบำบัดโดยวิธีทางกายภาพ/เคมี และการบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพ

สำหรับกฎหมายที่เกี่ยวข้องที่จะป้องกันและควบคุมที่จะไม่ให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและน้ำใต้ดินตลอดจนกฎหมายที่จะให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการดูแลทรัพยากรน้ำใต้ดิน โดยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้อง คือ กฎหมายสิ่งแวดล้อม กฎหมายน้ำใต้ดิน และกฎหมายการมีส่วนร่วมในการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งกฎหมายการมีส่วนร่วมในการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมนั้น การเฝ้าระวังที่จะทำให้เกิดผลอย่างแท้จริงจะต้องได้รับความร่วมมือจากชุมชนในพื้นที่ และการวางเครือข่าย การมีส่วนร่วมทุกขั้นตอน ตั้งแต่การวิเคราะห์ร่วมกับวางแผนทำกิจกรรมและร่วมกันประเมินผลการปฏิบัติงาน การให้ความรู้แก่ประชาชนในพื้นที่ให้มีความเข้าใจคุณสมบัติของสารพิษที่จะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำใต้ดิน สำหรับกฎหมายที่เกี่ยวกับการมีส่วน

ร่วมของประชาชนด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย พ.ร.บ.ส่งเสริม และรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 และระเบียบกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ว่าด้วยอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน พ.ศ. 2550

8. การเสริมสร้างความเข้าใจและแนวคิดด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาลให้แก่ชุมชนในพื้นที่ศึกษา

(1) การเสริมสร้างความเข้าใจและแนวคิดด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาล

โครงการได้ดำเนินการการมีส่วนร่วมของประชาชนในการเสริมสร้างความเข้าใจและแนวคิดด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาล ประกอบด้วย การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย การจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์ และดำเนินการการมีส่วนร่วมของประชาชน คือ การปฐมนิเทศ การประชุมกลุ่มย่อย และการปัจฉิมนิเทศ รวมทั้งการปรึกษาหารือแบบไม่เป็นทางการ โดยในระหว่างดำเนินการศึกษาของ โครงการได้เปิดโอกาสให้ประชาชนในพื้นที่เข้าร่วมสังเกตการณ์และเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ เช่น การเก็บตัวอย่างน้ำ และดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการปนเปื้อน เป็นต้น นอกจากนั้น ที่ปรึกษาได้จัดทำเว็บไซต์ของโครงการสำหรับเป็นการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูลแก่ผู้ที่สนใจทั่วไป ซึ่งจากการจัดประชุมทั้งการรับฟังข้อสงสัย และการนำเสนอข้อมูลผลการศึกษาของโครงการ พบว่า ประชาชนในพื้นที่มีความ รู้ความเข้าใจมากขึ้น ทั้งด้านคุณภาพน้ำใต้ดินและคุณภาพน้ำผิวดินในปัจจุบัน สภาพปัญหาการปนเปื้อนในแหล่งน้ำว่าเกิดขึ้นจากสาเหตุใดและแตกต่างจากอดีตอย่างไร รวมทั้งข้อเสนอะแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อโรงการและต่อชุมชน

(2) การสร้างเครือข่ายอนุรักษ์เฝ้าระวังทรัพยากรน้ำบาดาล

จากการเสริมสร้างความเข้าใจโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน โครงการได้จัดให้มีการฝึกอบรมเครือข่ายอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาล เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำบาดาล แนวทางการอนุรักษ์และเฝ้าระวังทรัพยากรน้ำบาดาล ตลอดจนกฎหมายเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น โดยจัดให้มีการฝึกอบรมแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ เยาวชน 66 คน และบุคคลทั่วไป 57 คน ได้มีกิจกรรมร่วมคิดแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ นำไปสู่การหาแนวทางการอนุรักษ์และเฝ้าระวังทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ร่ วมกัน ผลจากการประเมิน พบว่า ก่อนการฝึกอบรมผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล การใช้ประโยชน์ และการอนุรักษ์ เฝ้าระวัง ทรัพยากรน้ำบาดาลของชุมชน ในระดับปานกลาง (คะแนนเฉลี่ย 11.67 คะแนน) และหลังฝึกอบรม มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.24 (ระดับมาก) ซึ่งจากการฝึกอบรมเครือข่ายอนุรักษ์น้ำบาดาล ได้มีการจัดตั้งองค์กรและเครือข่ายภาคประชาชนในเบื้องต้นจำนวน 5 คน ประกอบด้วยประธาน รองประธาน และเหรัญญิก

9. ข้อเสนอแนะของโครงการ

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบประเด็นปัญหาในการศึกษา และข้อสังเกตจากการสำรวจความคิดเห็นของชาวบ้านในชุมชน สามารถสรุปได้ 3 ประเด็น คือ การให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล การปนเปื้อนของมลสารในแหล่งน้ำใต้ดิน และการเฝ้าระวังทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ เพื่ อให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำใต้ดิน จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. จัดอบรม/ประชุม เพื่อให้ความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล เช่น แหล่งกำเนิด กระบวนการเกิด การนำมาใช้ และการอนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น
2. สำรวจสภาพการใช้งานของบ่อน้ำตื้น หรือบ่อบาดาลในความรับผิดชอบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หากพบว่ามีสภาพเสื่อมโทรม ให้ประสานงานกับส่วนซ่อมแซม
3. จัดตั้งองค์กร หรือเครือข่ายอนุรักษ์ และเฝ้าระวังทรัพยากรน้ำบาดาล ในพื้นที่ ป ระสานร่วมกับหน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะกลุ่มเครือข่ายอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาลที่ผ่านการฝึกอบรมเบื้องต้นจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2554)
4. เปิดช่องทางรับเรื่องร้องเรียนเกี่ยวกับคุณภาพน้ำบาดาล และอุปกรณ์ติดตั้ง ให้สะดวก มากขึ้น เช่น การร้องขอเจาะบ่อบาดาลเพื่อสูบน้ำบาดาลมาใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค การประปา และการเกษตร เป็นต้น การส่งตรวจ
5. จัดตั้งกลุ่มงานมวลชนสัมพันธ์ เข้าพบปะประชาชนเพื่อรับฟังความคิดเห็น หรือข้อร้องเรียน (มวลชนสัมพันธ์เชิงรุก)
6. ปรับปรุง ซ่อมแซมหรือปิดบ่อน้ำตื้ นหรือบ่อบาดาล หากพบการชำรุดหรือได้รับการร้องเรียน
7. ตรวจวัดระดับน้ำ และเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินทางกายภาพ และเคมี ทุกๆ 1-3 เดือน เช่น สารหนู และไซยาไนด์ เป็นต้น
8. เผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล เช่น ระดับน้ำ และคุณภาพน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้
9. จัดกิจกรรมสันทนาการ เพื่อให้ความรู้ และปลูกจิตสำนึกให้เยาวชนมีความหวงแหนทรัพยากรน้ำบาดาล
10. นำเสนอข้อมูลด้านสาธารณสุขของโครงการฯ ให้กับหน่วยงานสาธารณสุข (สาธารณสุขจังหวัด หรือสาธารณสุขอำเภอ) หรือหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด กรมอุตสาหกรรมและการเหมืองแร่ เป็นต้น ให้จัดสรรงบประมาณในการศึกษาวิจัยด้านสาธารณสุขเพิ่มเติม เพื่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่

11. ให้ความสนับสนุนเครื่องมือ บุคลลากร ในการให้ความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล เมื่อมีการร้องขอจากหน่วยงาน องค์กร หรือโรงเรียน

12. จัดกิจกรรมให้กับเยาวชนที่เป็นการเสริมสร้างทักษะหรือความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำบาดาล ในงานประจำจังหวัด เช่น งานวัดเด็ก งานกาชาด เป็นต้น

13. ทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมด้านปริมาณสารตกค้างในพืชไร่ พืชสวน บริเวณพื้นที่โครงกา ร เช่น ข้าว มันสำปะหลัง เป็นต้น

14. ทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณสารตกค้างในสัตว์ที่กินได้ เช่น ไก่ เป็ด หมู เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. 2554. **จำนวนประชากร ครัวเรือนในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2551.**

กรมชลประทาน. 2539. **ค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงที่จังหวัดพิษณุโลก**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

กรมชลประทาน. 2539. **ค่าสัมประสิทธิ์ของพืช โดยวิธี Penman-Montieth (K_c)**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

กรมชลประทาน . 2550. **สถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน สถานีคลองบุษบง บ้านพุทธบาท จังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 – 25**49. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

กรมชลประทาน. 2552**. สถิติข้อมูลน้ำฝน 30 ปี ย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ .ศ. 2522 – 2551.** กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. **การประเมินปริมาณน้ำท่า สถานีคลองวังโป่ง อำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ (N.54)**. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. **พื้นที่ชลประทานขนาดเล็กในเขตโครงการ**. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. **ปริมาณน้ำท่ารายเดือน ตั้งแต่ ปี พ .ศ. 2542–2552 สถานีคลองวังโป่ง บ้านวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ (N.54)**. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. **ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝน** . กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. **สถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายปี ตั้งแต่ปี พ .ศ. 2542 – 255**2. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. **ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน และรายปีของสถานีอำเภอวังทรายพูน (38072) จังหวัดพิจิตร.** กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน . 2553. **ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน และรายปีของสถานีอำเภอวังโป่ง (36172) จังหวัดเพชรบูรณ์.** กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองน้ำบาดาล. (2542). **ฐานข้อมูลพสุธารา** [ข้อมูลดิจิตอล]. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

กองน้ำบาดาล . (2544ก). **แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก มาตราส่วน 1: 100,000**. กรุงเทพฯ : กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

กองน้ำบาดาล . (2544ข). **แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1: 100,000**. กรุงเทพฯ : กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

กองน้ำบาดาล . (2544ค). **แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิจิตร มาตราส่วน 1: 100,000**. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเทศไทย.

กองเศรษฐธรณี . 2542. **แผนที่แสดงตำแหน่งอาร์เซนิกในประเทศไทย** . กรมทรัพยากรธรณี . กรุงเทพฯ. ประเทศไทย.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2545. **แผนที่ทิศทางของลมมรสุม พายุจร และตำแหน่งของร่องความกดอากาศที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย.** กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ

กรมอุตุนิยมวิทยา . 2545 . **ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สถานีตรวจอากาศ จังหวัดพิษณุโลก ในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514 – 2543).** กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. **ข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550.**

ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร. 2543. **ปัจจัยเสี่ยงและขนาดความเสี่ยงต่อสุขภาพของชาวบ้านในตำบลร่อนพิบูลย์ จากการรับสัมผัสสารหนู** วารสารส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม . ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2543.

ชุมนุม พรหมขัติแก้ว. 2554**. รายงานสรุปผลการตรวจสุขภาพทั่วไปของพนักงานเหมืองแร่ทองคำชาตรีเหนือ บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด** ในโครงการการประเมินผลกระทบสุขภาพ ระยะที่ 1 โครงการเหมืองแร่ทองคำชาตรีเหนือ บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด.

บริษัท เลน (ประเทศไทย) จำกัด. (2544ก). **คู่มือการใช้แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิจิตร (เอกสารประกอบการใช้แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิจิตร มาตราส่วน 1:100, 000)**. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

บริษัท เลน (ประเทศไทย) จำกัด . (2544 ข). **คู่มือการใช้แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดเพชรบูรณ์ (เอกสารประกอบการใช้แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:100, 000)**. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

บริษัท เอทอปเทคโนโลยี จำกัด. (2544). **คู่มือการใช้แผนที่น้ำบาดา ลจังหวัดพิษณุโลก (เอกสารประกอบการใช้แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก มาตราส่วน 1:100, 000)**. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

บริษัท เอส.พี.เอส คอนซัลติ้งเซอร์วิส จำกัด . 2548. **รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการเหมืองแร่ทองคำ “ชาตรีเหนือ” ของบริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด.**

พลยุทธ ศุขสมิติ และวิวัฒน์ โตธิรกุล. 2550. **กรณีศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมเหมืองแร่ทองคำของบริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด ในท้องที่ จ.พิจิตร และ เพชรบูรณ์ การที่น้ำมีปริมาณแมงกานีสและสารหนูปะปน.** กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม

วจี รามณรงค์ และ สมชัย วงค์สวัสดิ์ . 2541. **ทรัพยากรน้ำใต้ดินในประเทศไทย** . วารสารชมรม นักอุทกวิทยา.

เสรี พงศ์พิศ. 2548. เครือข่าย : ยุทธวิธีเพื่อประชาชนเข้มแข็ง ชุมชนเข้มแข็ง . สถาบันส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุพรรณบุรี. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการประเมินความเสี่ ยงและค่าความปลอดภัยของสารหนูในพื้นที่อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี.**

องค์การอนามัยโลก. 2006. **มาตรฐานน้ำดื่ม.**

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R.J., and Hackett G., 1987, DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings: NWWA/EPA Series, EPA-600/2-87-035.

Brassington R, 1988. Field Hydrogeology. Geological Society of London Handbook Series. Open University Press.

Buffetaut, E., Suteethorn, V., Tong. H., Chaimanee, Y., and Khunsubha, S., 1997, New dinosayr discoveries in the Jurassic and Cretaceous opf Northeastern Thailnad, *in* P. Dheeradilok, C. Hinthong, P. Chaodumrong, P. Putthaphiban, W. Tansathien, C. Utha-aroon, N. Sattayarak, T. Nuchanong, and S. Techawan, eds., Proceeding of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and The South Pacific (Geothai97), Bangkok, Thailand: 1997, v. 1, p. 177-187.

Commonwealth of Australia. 1998. Report on Environmental Impact Assessment "CHATREE GOLD PROJECT". Volume 2 Report Text. September, 1999.

Creighton, Jame L. 2501. คู่มือการมีส่วนร่วมของประชาชนในการตัดสินใจของชุมชน แปลโดย วันชัย วัฒนศัพท์. สถาบันพระปกเกล้า. นนทบุรี. หน้า 25-28.

Gonzalez, et.al, 1997. **Hydrology and Groundwater Pollution of Yaqui Valley**, Sonora, Mexico, Geof Sica International, Vol. 36, Num. 1, pp. 49-54.

Integrated Risk Information System. 1998. Arsenic inorganic CASRN 7440-38-2. http://www.epa.gov/ngispgm3/iris/subst/0275.htm

Iwai, J., Asama, K., Veeraburus, M., and Hongnusonthi, A. 1966. Straigraphy of the so-called Khorat Series and a note on the fossil plant-bearing Paleozoic strata in Thailand: Geology and Palaeontology of SE Asia, Tokyo University Press. v. 2, p. 179-196.

Longsdon et al., 1999. อ้างถึงใน ปริยา จารุวาระกุล . 2550. ไซยาไนด์กับอุตสาหกรรมเหมืองแร่ทองคำ . กรมอุตสาหกรรมพื้นที่ 4 สำนักอุตสาหกรรมพื้นที่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ . กรุงเทพฯ.

Maranate, S., 1982, Paleomagnetism of the Khorat Group, Mesozoic, Northeast Thailand: Journal of southeast Asian Earth Sciences, v. 1, p. 23-31.

McDonald, M.G., Harbaugh, A.W., 1988. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model, U.S. Geological Survey, Open-File Report 83-875, Book 6, Chapter A1.

Mineral Council of Australia. 2005. Fact Sheet-Cyanide and Its use by the Minerals Industry.

Osborn, N. I., Eckenstein, E., and Koon, K. Q., (1998), Vulnerability Assessment of Twelve Major Aquifers in Oklahoma: Oklahoma Water Resources Board Technical Report 98-5, 36 p.

Smith, A.C.S & Mudder, T.I. (1998) The Environmental Geochemistry of Cyanide in The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits Part A Processes, Techniques and Health Issues, eds Plumlee and Logsdon. Review in Economic Geology Volume 6A, Society of Economic Geologists.