การจ้างวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี

งานจ้างเหมาบริการด้านการรวบรวมและประมวลข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ทางธรณีเคมี

ตามใบสั่งจ้างเลขที่ 03/20/2564

งานสำรวจวิจัยการกระจายตัวของธาตุสารหนูในสิ่งแวดล้อม อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี

กรมทรัพยากรธรณี

กรกฎาคม 2564

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายสมหมาย เตชวาล

หน่วยงานเจ้าของโครงการ

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี

นางอัปสร สะอาดสุด ผู้อำนวยการกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี

จัดพิมพ์โดย กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี

พิมพ์ครั้งที่ 1 กรกฎาคม 2564

จำนวน 5 เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี

งานสำรวจวิจัยการกระจายตัวของธาตุสารหนูในสิ่งแวดล้อม อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี / โดย กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี: กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี, 2564

81 หน้า : ภาพประกอบ : แผนที่ : ตาราง ; 30 ซม.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VI
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	VII
Executive Summary	VIII
คำขอบคุณ	IX
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของงาน	2
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
พื้นที่ดำเนินการ	3
สภาพภูมิประเทศและการใช้ที่ดิน	6
ธรณีวิทยาและทรัพยากรแร่	6
การดำเนินงานที่ผ่านมา	11
การดำเนินงานก่อนปี 2562	11
การดำเนินงานในปี 2562	11
ผลการศึกษาวิจัยและแปลความหมาย	13
ผลการตรวจสุขภาพอนามัยประชากร	23
การดำเนินงานเพิ่มเติม	25
การเก็บตัวอย่าง	25
ผลการศึกษาและแปลความหมาย	27
กลุ่มที่ 1 อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น	27
กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง	27
กลุ่มที่ 3 ตัวอย่างจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข	31
กลุ่มที่ 4 ตัวอย่างจากแหล่งน้ำและการเก็บเพิ่มเติม	31
สรุปและข้อคิดเห็น	35
เอกสารอ้างอิง	37

หน้า

ภาคผนวก

ก ข้อมูลพื้นฐานของธาตุสารหนู 41
ข ศัพท์วิชาการและหน่วยวัด 49
ค วิธีการเก็บ เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ 53
ง รายการตัวอย่างและผลวิเคราะห์ 59

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1. พื้นที่ศึกษา ตำบลหนองจอกและหนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี 4
2. เขตการปกครองและการคมนาคมของพื้นที่ศึกษา 5
3. สภาพภูมิประเทศ สันปันน้ำและทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษา 7
4. แผนที่ธรณีวิทยาและทรัพยากรแร่ของพื้นที่ศึกษา 8
5. จุดเก็บตัวอย่างดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดินและตะกอนธารน้ำ/สระน้ำ ก่อนปี 2562 12
6. จุดเก็บตัวอย่างดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดินและตะกอนธารน้ำ/สระน้ำ ในปี 2562 14
7. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในตะกอนธารน้ำ 15
8. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน 16
9. พื้นที่เสี่ยงการปนเปื้อนธาตุสารหนูในน้ำผิวดิน/ใต้ดินและจุดที่อาจเป็นแหล่งกำเนิดสารหนู 18
10. อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นซึ่งพบหินแกรนิตผุและมีแร่โลหะซัลไฟด์ในหิน พร้อมผลการตรวจสอบแร่โลหะซัดไฟด์ 20
11. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในน้ำผิวดิน/ใต้ดิน บริเวณบ้านพุตะเคียนและห้วยหนองจอก (ข้อมูลถึงปี 2562) 21
12. ภาพจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของสารหนูในน้ำ บริเวณบ้านพุตะเคียน อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี 22
13. จุดเก็บตัวอย่างน้ำในปี 2563-2564 แบ่งเป็น 4 กลุ่มตามวัตถุประสงค์ 26
14. ผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำที่อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น ณ เวลาต่าง ๆ 28
15. ผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง จากบ้านพุตะเคียนเป็นระระทางประมาณ 12.6 กิโลเมตร 29
16. ภาพเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง ณ เวลาต่าง ๆ 30
17. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในน้ำของกลุ่มที่ 3 และก่อนปี 2563 32
18. จุดเก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำ (กลุ่มที่ 4) พร้อมผลวิเคราะห์สารหนู 33

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน ตะกอน น้ำและพืช ในพื้นที่ศึกษาก่อนปี 2562 13
2. ผลการตรวจปัสสาวะประชากรกลุ่มเสี่ยง ในท้องที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี 23

งานสำรวจวิจัยการกระจายตัวของธาตุสารหนูในสิ่งแวดล้อม อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

งานสำรวจวิจัยนี้เป็นความร่วมมือกับสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี เพื่อเสริมสร้างองค์ความรู้ด้านการกระจายตัวของสารหนูจากแหล่งกำเนิดในธรรมชาติและเป็นการวิจัยต่อเนื่องจากผลการสำรวจเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงการปนเปื้อนสารหนูในน้ำและค้นหาแหล่งกำเนิดสารหนู ในท้องที่ตำบลหนองจอก-หนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี โดยเป็นการตรวจสอบอัตราการละลายของสารหนูในน้ำบริเวณอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นซึ่งวางตัวอยู่บนแหล่งสารหนู (พบแร่อาร์ซิโนไพไรต์ฝังประในหินแกรนิตผุ) และเป็นการตรวจสอบระยะทางการกระจายตัวของสารหนูจากแหล่งใต้ดิน (?) บริเวณบ้านพุตะเคียนไปตามลำห้วยพุตะเคียน-หนองจอก-หนองโรง

ผลการติดตามเก็บตัวอย่างน้ำวิเคราะห์สารหนูที่อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น จำนวน 4 ครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี 8 เดือน (12 กรกฎาคม 2562, 24 ธันวาคม 2562, 21 กรกฎาคม 2563 และ 18 มีนาคม 2564) รวม 7 ตัวอย่าง พบว่าค่าสารหนูในน้ำขึ้นและลดลงตามปริมาณของน้ำที่สะสมในอ่างเก็บน้ำ แต่อนุมาณได้ว่า ค่าวิเคราะห์สารหนูเพิ่มขึ้นประมาณ 20-30 ppb ในระยะเวลา 6 เดือน

ผลการรวบรวมข้อมูลและเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 3 ครั้ง (เมษายน 2562, ธันวาคม 2562 และมีนาคม 2564) รวม 62 ตัวอย่าง จากบ้านพุตะเคียนไปตามลำห้วยพุตะเคียน หนองจอกและหนองโรง เป็นระยะทางประมาณ 12.6 กิโลเมตร พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวเหมือนกัน กล่าวคือ มีค่าต่ำ (<10 ppb) ที่ต้นน้ำของลำห้วยพุตะเคียน แล้วสูงขึ้นเมื่อไหลผ่านบ้านพุตะเคียนเป็นค่า 10-50 ppb ต่อมาค่าก็สูงขึ้นมาก (>100 ppb) ที่ระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตรจากบ้านพุตะเคียน หลังจากนั้น ค่าวิเคราะห์ค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับจนถึงบริเวณปลายน้ำ ค่าวิเคราะห์ก็ลดลงมาเป็นต่ำ (<10-20 ppb) อีกครั้งหนึ่ง รูปแบบนี้บ่งชี้ว่ามีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณบ้านพุตะเคียน และเมื่อพิจารณาค่าวิเคราะห์ในรายละเอียดแล้ว อนุมาณว่า สารหนูมีค่าลดลงประมาณ 50 ppb เมื่อเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทาง 8 กิโลเมตร

ผลการสำรวจวิจัยในครั้งนี้ เป็นองค์ความรู้ที่อาจนำไปใช้เป็นแนวทางกับพื้นที่อื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสภาพธรณีวิทยา ภูมิประเทศและอุทกธรณีวิทยาคล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ: สารหนู การกระจายตัว สิ่งแวดล้อม อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ธรณีเคมี การสำรวจ

Survey Studies On Arsenic Distribution In Environment Banrai District, Uthai Thani Province

Executive Summary

The studies cooperated with Uthai Thani Provincial Public Health Office to strengthen knowledge of the arsenic distribution in the environment from natural sources or arsenic deposits. They were a continuation of a systematic water sampling program outlining arsenic risk areas and sources identification at Nongjok-Nongbomklouy sub-district, Banrai district, Uthai Thani province. The studies emphasized on arsenic partition rate at Ban Nongmaikean water reservoir which sit on top of an arsenic source (arsenopyrite disseminated in altered granite) and to test the spreading of an underground arsenic source (?) at Phutakien village along Putakien-Nongjok-Nongrong stream line.

Total 4 dates (12 July 2019, 24 December 2019, 21 July 2020 and 18 March 2021) and 7 water samples of arsenic assays at the Nongmaikean water reservoir showed that the arsenic assays varied on water levels. However, it can be postulated that arsenic assays will increase about 20-30 ppb within 6 months period.

Total 3 sets of water compilation and sampling (April 2019, December 2019 and March 2021) and 62 water samples of arsenic assays from Putakien village along 12.6 kilometers Putakien-Nongjok-Nongrong stream line showed similar distribution pattern. At Putakien, the upstream assays were low at <10 ppb. Assays increased after passed Putakien village to 10-50 ppb and afterward, climbed up to >100 ppb at around 3 kilometers from Putakien village. Then, the assays gradually lower to the downstream direction, back to <10-20 ppb again. This pattern suggested arsenic source at Putakien village. Detail considering assays values from all 3 sets, it was assumed that arsenic assays will decrease around 50 ppb for the distance of 8 kilometers.

Results of these studies may utilize as guidelines for arsenic distribution in the environment on other areas and particularly in similar geology, topography and hydrology.

Keywords: arsenic, distribution, environment, Banrai district, Uthaithani province, geochemistry, exploration

คำขอบคุณ

ผู้ดำเนินงานโครงการ ขอขอบคุณ กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี ที่ให้โอกาสและความไว้วางใจในการทำงานนี้ โดยเฉพาะคุณอัปสร สะอาดสุด ผู้อำนวยการกอง ขอขอบคุณกรรมการตรวจการจ้างที่ประกอบด้วยคุณศศิธร แซ่ลี้ คุณพีรพร นิคมชัยประเสริฐ และคุณรุ่งระวี กิ่งสวัสดิ์ที่ช่วยกรุณาตรวจสอบผลการดำเนินงานและให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ พร้อมทั้งให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจำเป็น ทั้งที่เป็นเอกสารและดิจิตัล

ขอขอบคุณ คุณสุกัญญา ไผทโสภณและเจ้าหน้าที่จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี ที่ให้ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์สารหนูในประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดำเนินการ รวมถึงนายอำนาจ ค้ายาดี ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลบ้านใหม่โพธิ์งาม และเจ้าหน้าที่ประจำ รพ.สต. บ้านใหม่โพธิงาน รวมถึงอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านทัพไฟไหม้ พุตะเคียน ใหม่โพธิ์งาม หนองไม้แก่น แก่นเพชรไพลิน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี ที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างในสนามและวิเคราะห์ตัวอย่างให้ทั้งหมด

บทนำ

กรมทรัพยากรธรณีและสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี กระทรวงสาธารณสุข ร่วมมือกันศึกษาวิเคราะห์การปนเปื้อนของธาตุสารหนู (As) ในตัวอย่างน้ำและดิน รวมถึงข้อมูลด้านสุขอนามัยของประชาชน ในพื้นที่ตำบลหนองจอกและหนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี พบว่าแหล่งน้ำต่าง ๆ มีค่าวิเคราะห์สารหนูสูง (มากกว่า 50 ไมโครกรัม/ลิตร หรือ >50 ppb) อีกทั้งผลการตรวจปัสสาวะของประชาชนในพื้นที่ระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2561 พบว่ามีค่าสารหนูสูงกว่าปกติเป็นจำนวนมาก บางหมู่บ้านเกินกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนประชากรที่เข้ารับการตรวจ ปริมาณสารหนูที่พบดังกล่าวอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่ในระยะยาวได้

ต่อมาในปี 2562 กรมทรัพยากรธรณี โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี ได้จัดตั้งโครงการศึกษาวิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานีขึ้น โดยเป็นการสำรวจศึกษาปริมาณสารหนูในตัวอย่างน้ำผิวดิน (น้ำในลำห้วย น้ำในอ่างเก็บน้ำและน้ำในสระ) น้ำใต้ดิน (น้ำบาดาลระดับตื้น และน้ำบาดาลระดับลึก) น้ำประปาชุมชน รวมถึงตะกอนธารน้ำ แต่ไม่รวมถึงตัวอย่างพืช สัตว์น้ำและข้อมูลทางสาธารณสุข เพื่อใช้องค์ความรู้ทางธรณีวิทยาและธรณีเคมีศึกษาถึงแหล่งกำเนิดการแพร่กระจายของสารหนูในพื้นที่ดังกล่าว โดยได้จ้างนายจิติศักดิ์ เปรมมณี ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านนี้ เป็นผู้สนับสนุนให้คำปรึกษาการดำเนินงานต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดทำรายงานวิชาการฉบับที่ 2/2562 เรื่อง โครงการศึกษาวิเคราะห์วิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายของสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

ผลการศึกษาภายใต้โครงการข้างต้น ทำให้จำกัดขอบเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงและมีปริมาณสารหนูในน้ำสูง และอาจจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว ครอบคลุม 13 หมู่บ้าน เนื้อที่ประมาณ 40,000 ไร่ ในตำบลหนองจอกและหนองบ่มกล้วย และบริเวณข้างเคียงในตำบลวังคัน อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี และตำบลสุขเดือนห้า อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท และมีคำแนะนำในการลดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนว่า ในเขตที่มีความเสี่ยงดังกล่าว ควรมีการเฝ้าระวังด้วยการตรวจวัดปริมาณสารหนูในน้ำใช้และในประชากรที่อาศัยอยู่อย่างต่อเนื่อง และให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดหาน้ำบริโภคที่มีปริมาณสารหนูต่ำ (<10 ppb) เพื่อการบริโภคให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่เสี่ยง ซึ่งการดำเนินงานภายใต้โครงการนี้จะได้อธิบายอย่างย่อ ๆ ในหัวข้อผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

ในการศึกษาข้างต้นได้อนุมานแหล่งกำเนิดสารหนูได้ 4 แห่ง คือ (1) บริเวณเขาโคกตุงกุง (2) บริเวณวัดหนองไม้ตาย (3) ด้านตะวันตกของบ้านหนองไม้แก่น และ (4) ตะวันตกของบ้านพุตะเคียน ซึ่งแหล่งที่ (3) บ้านหนองไม้แก่นนี้พบภายหลังว่ามีหินแกรนิตผุที่มีสายแร่ควอตซ์และแร่โลหะซัลไฟด์ (Metal sulfides) ซึ่งมีสารหนูเป็นส่วนประกอบบริเวณอ่างเก็บน้ำที่กำลังก่อสร้างในเขตบ้านหนองไม้แก่น ตำบลหนองจอก ทำให้คาดคะเนว่า แนวของแหล่งกำเนิดสารหนูน่าจะวางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ เอียงไปทางตะวันตกเล็กน้อย เริ่มจากเขาโคกตุงกุงไปถึงตอนใต้ของเขาพุกร่าง

นอกจากการพบแหล่งแร่ซัลไฟด์ที่มีสารหนูสูงบริเวณอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นแล้ว ยังมีข้อสังเกตของผลวิเคราะห์สารหนูที่แตกต่างกันมากในตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน บริเวณบ้านพุตะเคียน ตำบลหนองจอกด้วย อีกทั้งตัวอย่างน้ำในลำน้ำที่ไหลจากบริเวณบ้านพุตะเคียนลงในห้วยหนองจอก ก็มีค่าวิเคราะห์สารหนูที่มากกว่าปกติ ทำให้คาดว่าอาจจะมีแหล่งกำเนิดสารหนูฝังตัวอยู่ใต้ดินในบริเวณนี้ ซึ่งจากผลการสำรวจและข้อสังเกตทั้ง 2 แห่งดังกล่าว นำไปสู่ประเด็นปัญหาของการวิจัยในครั้งนี้ เกี่ยวกับพฤติกรรมของสารหนูในสิ่งแวดล้อม 2 ประเด็น คือ (1) จะใช้เวลามากน้อยเพียงใดที่สารหนูในสายแร่จะละลายปะปนในน้ำของอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น และ (2) หากมีแหล่งสารหนูใต้ดินบริเวณบ้านพุตะเคียนจริง สารหนูจะกระจายตัวไปตามทางน้ำได้ไกลมากน้องเพียงใด ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยการแพร่กระจายตัวของสารหนูโดยใช้องค์ความรู้ด้านธรณีวิทยา (Geology) และการสำรวจธรณีเคมี (Geochemical exploration) เป็นสำคัญ และได้ว่าจ้างนายจิติศักดิ์ เปรมมณี ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนี้โดยเฉพาะ ให้คำปรึกษาการดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งจัดทำรายงาน

ในเอกสารฉบับนี้ได้จัดทำข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับธาตุสารหนู (Arsenic หรือ As) รวมถึงศัพท์วิชาการและหน่วยวัดต่าง ๆ ไว้ใน **ภาคผนวก ก** (ข้อมูลพื้นฐานของธาตุสารหนู) และ **ภาคผนวก ข** (ศัพท์วิชาการและหน่วยวัด) เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระยะเวลาของการละลายของสารหนูจากสายแร่โลหะซัลไฟด์ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ บริเวณบ้านหนองไม้แก่น ตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และศึกษาระยะทางของการกระจายตัวของสารหนูจากแหล่งกำเนิดใต้ดิน (หากมีแหล่งจริง) จากบริเวณบ้านพุตะเคียนไปตามทางน้ำตามธรรมชาติ (ห้วยหนองจอก-หนองโรง) ด้วยเทคนิคการสำรวจธรณีเคมี

ขอบเขตของงาน

โครงการศึกษาวิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการการแพร่กระจายสารหนูครั้งนี้ เป็นการวิจัยต่อเนื่องจากการดำเนินงานในปี 2562 และเกี่ยวกับพฤติกรรมของสารหนูในธรรมชาติ จึงมีขอบเขตของงานเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนธารน้ำที่อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นและตามทางน้ำ (ห้วยหนองจอก-หนองโรง) ซึ่งไหลมาจากบ้านพุตะเคียนไปลงอ่างเก็บน้ำห้วยหนองโรง ตำบลกะบกเตี้ย อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท รวมถึงการประมวลผลข้อมูลและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานตามรูปแบบของกรมทรัพยากรธรณี

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาวิจัยในโครงการนี้เป็นการศึกษาเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับการกระจายตัวของสารหนูในสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ ดังนั้น ผลที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1. ระยะเวลาการละลายของธาตุสารหนูในแหล่งน้ำเมื่อมีเปลี่ยนสภาพพื้นที่ และเป็นการช่วยเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารหนูในแหล่งน้ำให้กับประชาชนในพื้นที่
2. ระยะทางของการกระจายตัวสารหนูตามทางน้ำตามธรรมชาติ

3. สภาพการปนเปื้อนสารหนูในสิ่งแวดล้อมทางวิชาการ โดยเฉพาะด้านธรณีวิทยา/ธรณีเคมี ที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาในบริเวณอื่น ๆ อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงการศึกษาวิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายของสารหนูในครั้งนี้ เป็นการดำเนินงานต่อเนื่องจากปี 2562 ในประเด็นที่เกี่ยวกับการกระจายตัวของสารหนูในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา เช่น ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา ทรัพยากรแร่ ผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุทางธรณีวิทยา (ดิน หิน น้ำ)

2. ศึกษาสภาพภูมิศาสตร์และธรณีวิทยาของพื้นที่ แล้ววางแผนการดำเนินงานรายละเอียด เช่น ชนิดของตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่าง เป็นต้น

3. สำรวจเก็บตัวอย่างภาคสนาม

4. วิเคราะห์ตัวอย่างทางธรณีวิทยาที่เก็บได้ทั้งหมดในห้องปฏิบัติการ ให้ถูกต้องตามมาตรฐานสากล

5. ศึกษาและประมวลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด และแปลความหมาย

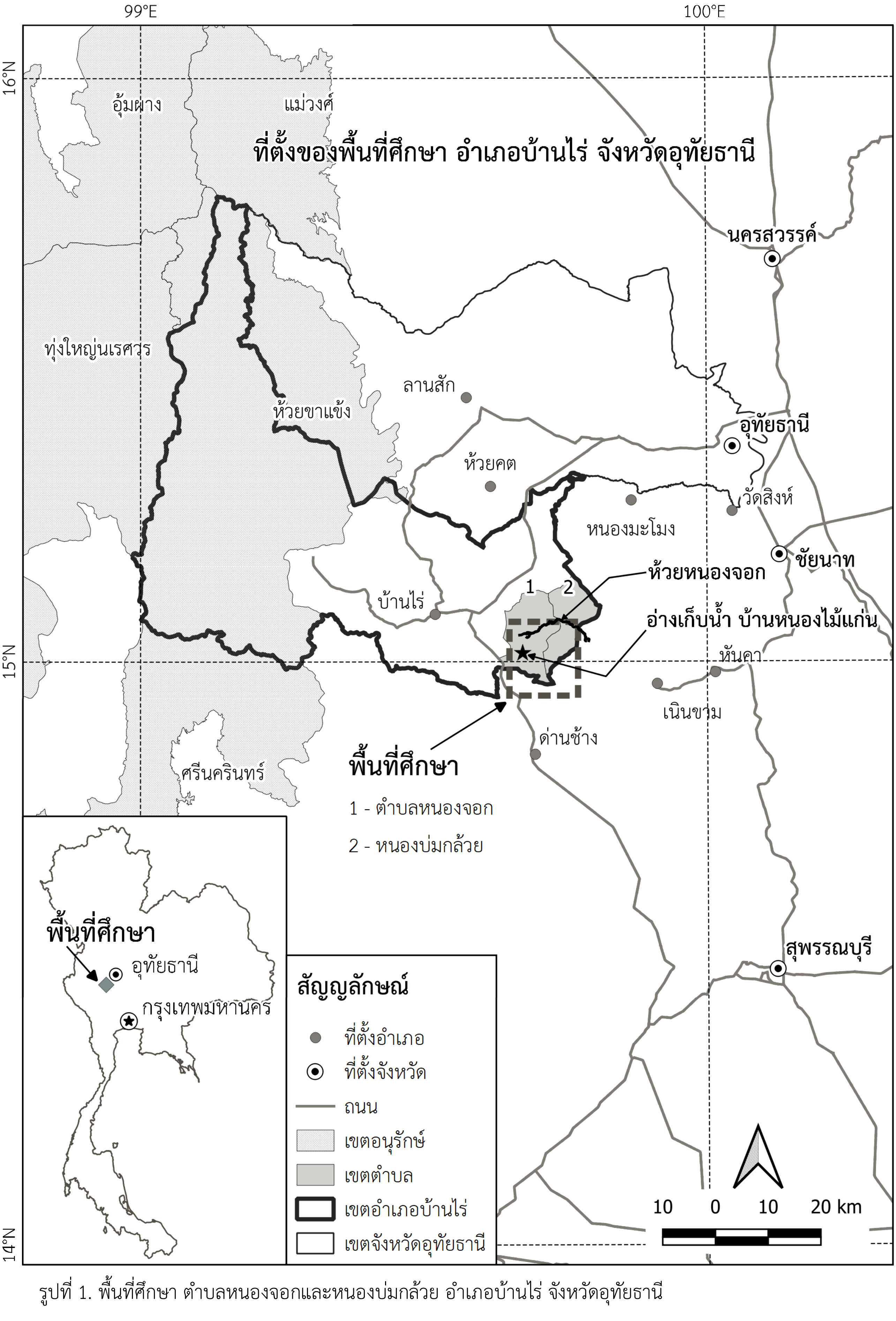
6. จัดทำรายงานผลการศึกษาทางวิชาการให้เข้าใจง่ายและทำรายงานฉบับสมบูรณ์ตามรูปแบบของกรมทรัพยากรธรณี

พื้นที่ดำเนินการ

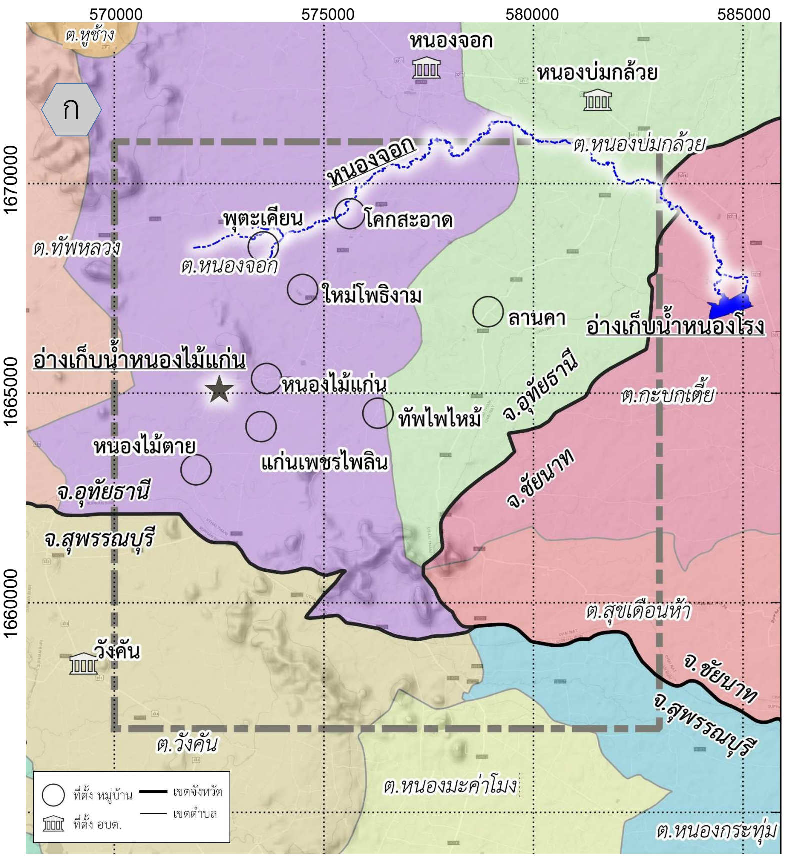
พื้นที่ศึกษา (รูปที่ 1) มีเนื้อที่ประมาณ 180 ตารางกิโลเมตร อยู่บริเวณรอยต่อของจังหวัดอุทัยธานี สุพรรณบุรีและชัยนาท เนื้อที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในท้องที่ตำบลหนองจอก/หนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และบางส่วนอยู่ใน ตำบลทัพหลวง อำเภอบ้านไร่ ตำบลวังคัน/หนองมะค่าโมง อำเภอด่านช้าง ตำบลหนองกระทุ่ม อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี และตำบลสุขเดือนห้า/กะบกเตี้ย อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท (รูปที่ 2ก) พื้นที่ศึกษาอยู่ห่างจากตัวอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานีมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 25 กิโลเมตร จากตัวอำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาทมาทางทิศตะวันตกประมาณ 25 กิโลเมตร และอยู่ทางทิศเหนือของตัวอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ประมาณ 20 กิโลเมตร (รูปที่ 2ข)

เส้นทางคมนาคมของพื้นที่ศึกษาค่อนข้างสะดวก (รูปที่ 1 และ 2ข) หากเริ่มต้นจากกรุงเทพมหานคร ไปตัวจังหวัดสุพรรณบุรี แล้วต่อไปยังอำเภอด่านช้าง หรืออีกเส้นทางหนึ่งจากจังหวัดสุพรรณบุรีไปยังอำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท ซึ่งทั้ง 2 เส้นทางใช้เวลาเดินทางเท่ากันประมาณ 3 ชั่วโมง ในพื้นที่ศึกษามีถนนหลายสายผ่านพื้นที่ เช่น หมายเลข 333, 3026, 4026, 3211 เป็นต้น ส่วนภายในพื้นที่ศึกษาถนนค่อนข้างดี มีทั้งถนนลาดยางและถนนลูกรังทั่วถึงทั้งพื้นที่

อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น (รูปที่ 2ก) ได้รับงบประมาณและก่อสร้างแล้วเสร็จประมาณเดือน กรกฎาคม 2562 ตั้งอยู่ทางด้านตะวันออกของบ้านหนองไม้แก่น ชิดกับสันปันน้ำด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ส่วนห้วยหนองจอก-หนองโรง (รูปที่ 2ก) อยู่ทางตอนบนของพื้นที่ศึกษา น้ำไหลจากทิศตะวันตกบริเวณบ้านพุตะเคียน (เรียกชื่อห้วยบริเวณนี้ว่า ห้วยพุตะเคียน) ไปทางทิศตะวันออก ผ่านบ้านโคกสะอาด



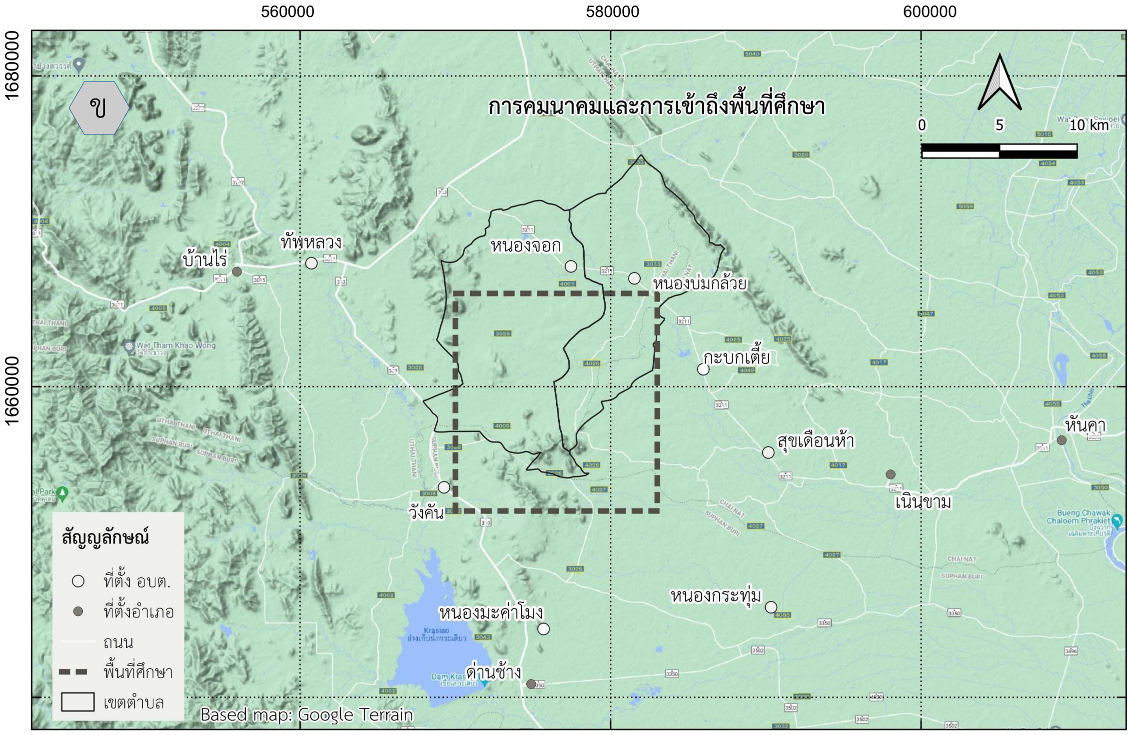
รูปที่ 1. พื้นที่ศึกษา ตำบลหนองจอกและหนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี



เขตปกครองของพื้นที่ศึกษา

1. จังหวัดอุทัยธานี
   อำเภอบ้านไร่
      ตำบลหนองจอก
      ตำบลหนองบ่มกล้วย
      ตำบลทัพหลวง
2. จังหวัดสุพรรณบุรี
   อำเภอด่านช้าง
      ตำบลวังคัน
      ตำบลหนองมะค่าโมง
   อำเภอเดิมบางนางบวช
      ตำบลหนองกระทุ่ม
3. จังหวัดชัยนาท
   อำเภอเนินขาม
      ตำบลกะบกเตี้ย
      ตำบลสุขเดือนห้า

ห้วยหนองจอก-หนองโรง ไหลจากบ้านพุตะเคียน ตำบลหนองจอก ผ่านตำบลหนองบ่มกล้วยแล้วไหลลงอ่างเก็บน้ำหนองโรงในเขตตำบลกะบกเตี้ย อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท



รูปที่ 2. เขตการปกครองและการคมนาคมของพื้นที่ศึกษา

ตอนใต้ของ อบต. หนองจอกและหนองบ่มกล้วย แล้วบรรจบกับห้วยคลองใหญ่ เปลี่ยนชื่อเป็นห้วยหนองโรง แล้วไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยหนองโรงในเขตตำบลกะบกเตี้ย อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท (รูปที่ 2ก) เกือบตลอดลำห้วยนี้ มีการขุดลอก/ขยายลำน้ำและทำฝายขนาดเล็กกั้นน้ำเป็นระยะ ๆ เพื่อใช้ในการเกษตร

สภาพภูมิประเทศและการใช้ที่ดิน

ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีความลาดชั้นต่ำและคล้ายหลังเต่า (รูปที่ 3) โดยมีแกนกลางซึ่งเป็นสันปันน้ำ (หลัก) อยู่ด้านซ้ายของพื้นที่และวางตัวในแนวเกือบเหนือใต้ ตอนล่างของพื้นที่เป็นกลุ่มของภูเขาที่มีลักษณะเป็นวงกลมประกอบด้วย เขาโคกตุงกุง เขาพุชีและเขาโป่งขาม มีความสูงประมาณ 120-390 เมตร รทก. (ระดับน้ำทะเลปานกลาง) และเป็นรอยต่อของท้องที่หลายตำบล ตามรูปที่ 2ก ตอนบนของพื้นที่เป็นภูเขาที่มีความลาดชันสูง ประกอบด้วยเขาพุกร่างและเขาพุอีควาย มีความสูงประมาณ 140-415 เมตร รทก.

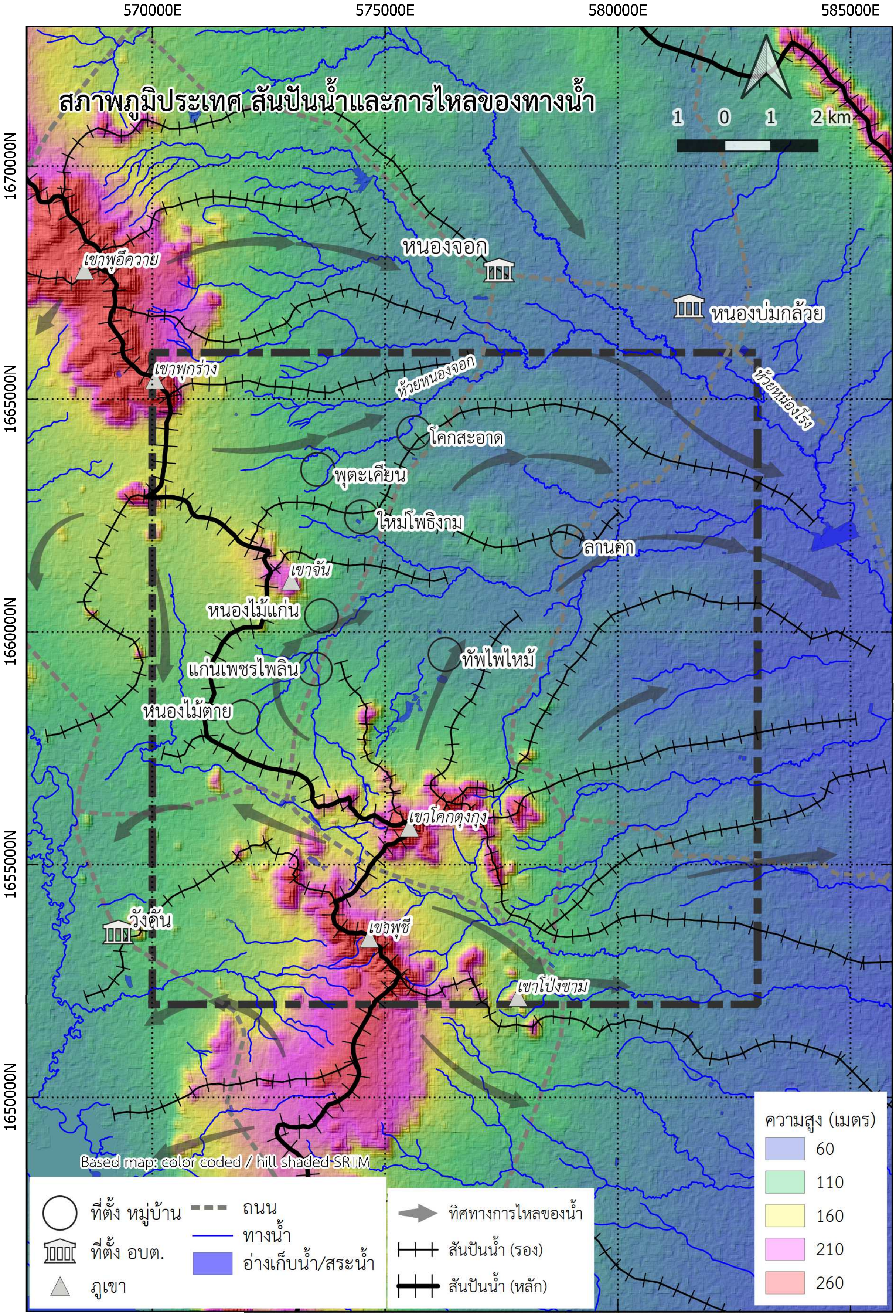
แกนกลางสันปันน้ำ (หลัก) แบ่งการไหลของน้ำออกเป็น 2 ด้านคือ ซีกด้านตะวันตกไหลไปทางทิศตะวันตกและใต้ลงห้วยกระเสียวซึ่งไหลมาจากตัวอำเภอบ้านไร่ที่อยู่ทางทิศเหนือ แล้วไปรวมกันที่อ่างเก็บน้ำกระเสียวติดกับตัวอำเภอด่านช้าง ส่วนซีกทางด้านตะวันออกไหลไปทางทิศตะวันออกลง ห้วยยาง หนองจอก หนองโรง เป้า สุขเดือนห้าและลงแม่น้ำท่าจีนในที่สุด ทางน้ำส่วนใหญ่เป็นแบบรูปกิ่งไม้ (Dendritic pattern) ทางน้ำหลัก (ห้วยกระเสียว หนองโรง เป้า สุขเดือนห้า) จะไหลตามโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

รูปที่ 3 นอกจากแสดงสันปันน้ำ (หลัก) แล้ว ยังแสดงสันปันน้ำ (รอง) ด้วย ซึ่งจะแบ่งพื้นที่รับน้ำของแต่ละลำห้วยออกจากกันเพื่อช่วยในการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารหนูในสิ่งแวดล้อม ซึ่งไหลไปพร้อมกับน้ำตามลำห้วยต่าง ๆ ซึ่งโดยธรรมชาติน้ำฝนและน้ำผิวดินไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ค่อย ๆ รวมตัวกันเป็นลำห้วย เมื่อมีปริมาณน้ำมากขึ้นก็กลายเป็นลำน้ำใหญ่และแม่น้ำ น้ำจะไม่ไหลขึ้นที่สูงตัดสันปันน้ำหรือข้ามพื้นที่รับน้ำของแต่ละลำห้วย ส่วนน้ำใต้ดินมักมีธรรมชาติของการไหลเหมือนกัน จากบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงกว่าไปยังบริเวณที่ต่ำกว่า และมักอนุมานว่ามีการไหลเหมือนกับน้ำบนผิวดิน

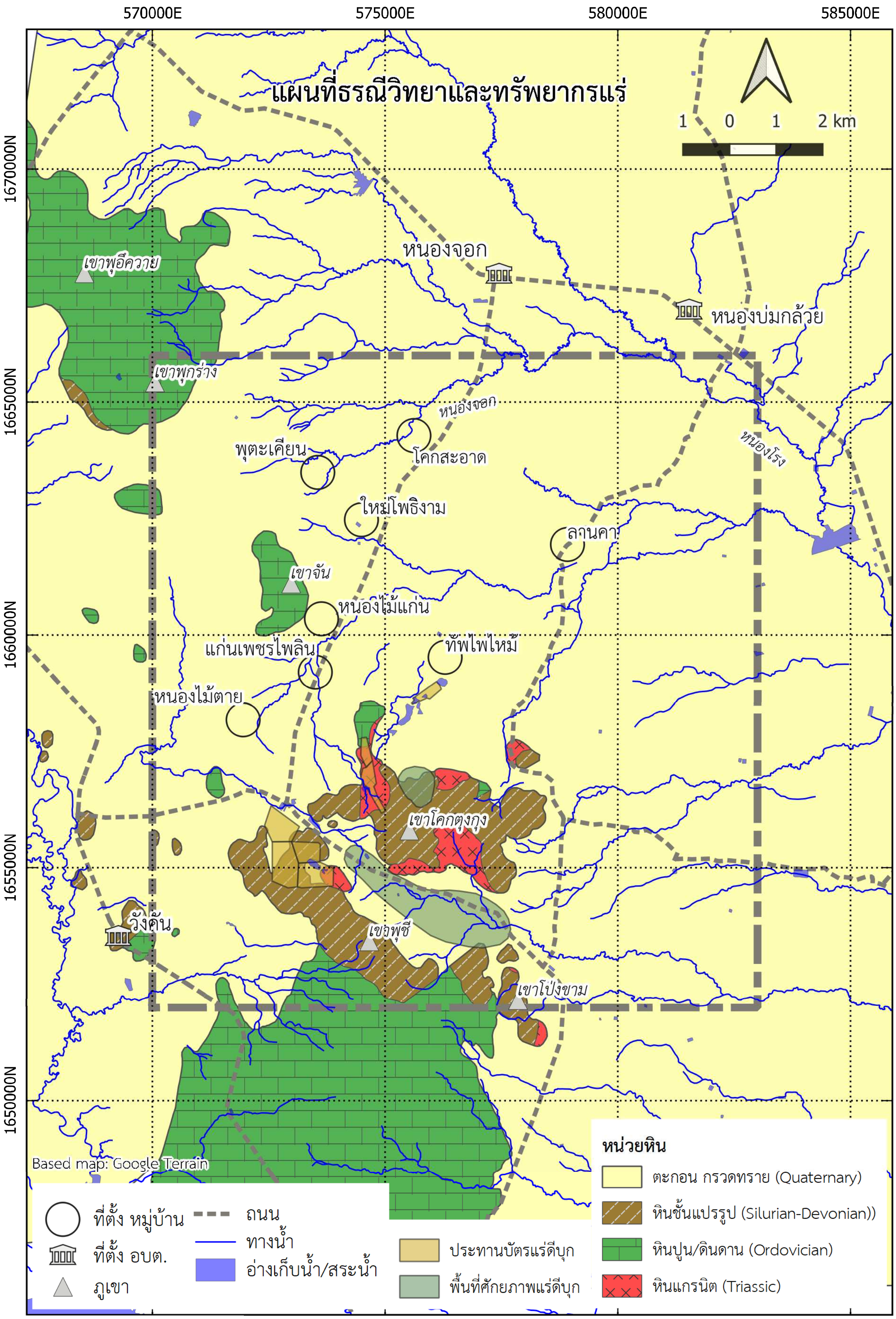
สภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อนและแห้งแล้ง ทำให้ประชาชนขุดสระน้ำเก็บไว้ใช้ในฤดูแล้งเป็นจำนวนมาก มีต้นไม้ปกคลุมเฉพาะบริเวณที่เป็นภูเขาและมีความลาดชันสูง ส่วนในที่ราบจะปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น ปลูกข้าวไม่มากนัก อ้อยจะปลูกกันมากในพื้นที่ เนื่องมีโรงงานน้ำตาลถึง 2 โรง ในเขตตำบลทัพหลวง อำเภอบ้านไร่ และใกล้กับตัวอำเภอด่านช้าง จากการสังเกตในสนามพบว่าประชาชนในพื้นที่มีการใช้น้ำใต้ดินเพื่อทำไร่เป็นจำนวนมาก มีการใช้ระบบน้ำหยดปลูกอ้อย มันสำปะหลังด้วย

ธรณีวิทยาและทรัพยากรแร่

รูปที่ 4 แสดงแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วยหินชั้น (Sedimentary rocks) และหินอัคนีแทรกซอน (Intrusive igneous rocks) โด หินชั้นจะมี 3 ยุค (จากยุคที่มีอายุมากไปหาอายุน้อย) คือ (1) หินปูน/หินดินดาน ยุคออโดวิเชียน (2) หินชั้นแปรรูป ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และ (3) ตะกอนกรวด ทราย ดินในยุคควอเทอร์นารี ส่วนหินอัคนีแทรกซอนเป็นหินแกรนิตยุคไทรแอสสิก



รูปที่ 3. สภาพภูมิประเทศ สันปันน้ำและทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4. แผนที่ธรณีวิทยาและทรัพยากรแร่ของพื้นที่ศึกษา

ชุดหินปูน/หินดินดาน (ประกอบด้วย หินดินดาน หินทรายแป้ง หินปูน หินแคลก์ซิลิเกต หินอ่อน) จะตกตะกอนในทะเลโบราณก่อน ในยุคออโดวิเชียน (ประมาณ 480-440 ล้านปี) หลังจากนั้น หินชั้นแปรรูป (ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินดินดาน หินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ หินทราย) จะตกตะกอนในระยะต่อมา คือยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (ประมาณ 440-360 ล้านปี) หลังจากนั้น ในยุคไทรแอสสิก (ประมาณ 250-200 ล้านปี) หินแกรนิตซึ่งเคยเป็นหินหลอมละลาย (Magma) ใต้เปลือกโลก ก็จะแทรกดันหินทั้ง 2 ยุคที่เกิดก่อน แล้วเกิดการยกตัวของเปลือกโลก ตะกอนที่ทับถมมานานและกลายเป็นหินแข็งแล้วก็จะโผล่ขึ้นมาสัมผัสกับอากาศในยุคซีโนโซอิก (ประมาณ 65 ล้านปี ถึงปัจจุบัน) แล้วก็จะเกิดการชะล้างผุพัง (Weathering and erosion) จากอากาศและน้ำ ทำให้เกิดตะกอนกรวด ทราย ดิน ในยุคควอเทอนารี (ประมาณ 3 ล้านปี ถึงปัจจุบัน) ปกคลุมเป็นเปลือกดิน แล้วไหลไปตกตะกอนรวมกันอีกครั้งหนึ่ง ตามลำน้ำ แม่น้ำต่าง ๆ แล้วลงทะเลในที่สุด

การแทรกตัวของหินแกรนิตที่มีความร้อนในหินชั้นที่มีอายุมากกว่า ทำให้หินมีการแตกร้าวและเกิดการไหลเวียนของน้ำและสารละลายต่าง ๆ มีการแปรสภาพของหินที่เกิดก่อนกลายเป็นหินชั้นแปรรูป ทำให้หินปูนมีคุณภาพที่ดีขึ้นและเกิดการสะสมตัวของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มากับสารละลาย เกิดสะสมตัวเป็นแหล่งแร่ชนิดต่าง ๆ เช่น แร่ดีบุก-ทังสเตน (หรือวุลแฟรม) แร่เหล็กที่มีสารหนูเป็นส่วนประกอบหรืออาร์ซิโนไพไรต์ (FeAsS,) เป็นต้น แร่อาร์ซิโนไพไรต์นี้น่าจะเป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนสารหนูในดินและน้ำบริเวณนี้ เนื่องจากพบที่บริเวณอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นและมีผลวิเคราะห์สารหนูสูงถึง 4,890 ppm ในตัวอย่างหินแกรนิต/แร่ควอตซ์ที่มีแร่เหล็กปะปน

แร่ดีบุก-ทังสเตนบริเวณนี้ เกิดร่วมกับสายควอตซ์หรือฝังประใกล้กับแนวสัมผัสของหินแกรนิตกับหินชนิดอื่น ๆ และเคยมีการทำเหมืองแร่ระหว่างปี 2525-2539 บริเวณเขาโคกตุงกุงและบ้านทัพไฟไหม้ตามแปลงประทานบัตรที่หมดอายุแล้วในรูปที่ 4 พัชระ จริยาวัฒน์ (2539) รายงานว่า แร่ดีบุกบริเวณเขาโคกตุงกุง เกิดในสายควอตซ์ขนาดเล็ก (ขนาด 1-10 เซนติเมตร) อยู่หินแกรนิตและหินชั้น มีการทำเหมืองจากแหล่งแร่แบบทุติยภูมิที่เรียกว่า แร่พลัดไหล่เขา (Eluvial deposits) อย่างไรก็ตาม กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี (2562) รายงานว่า ไม่พบสายแร่แบบปฐมภูมิและแร่อาร์ซิโนไพไรต์ในบริเวณนี้ แม้ว่าจะมีค่าวิเคราะห์สารหนูสูงมาก (2,713 ppb) ในน้ำซึ่งเก็บจากลำธารเล็ก ๆ ที่ไหลมาจากเขาโคกตุงกุงทางทิศใต้ของบ้านทัพไฟไหม้

การดำเนินงานที่ผ่านมา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการทำงานต่อเนื่องจากโครงการศึกษาวิเคราะห์วิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ที่ดำเนินงานในปี 2562 ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนธารน้ำและหิน ในบริเวณที่คาดว่ามีสารหนูสูง เพื่อจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของสารหนูและจำกัดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงซึ่งอาจมีผลกระทบกับสุขภาพของประชาชน และได้รับความร่วมมืออย่างดีจากหน่วยงานในท้องถิ่น เช่น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) หนองจอก/บ้านใหม่โพธิ์งาม องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) หนองจอก/หนองบ่มกล้วย เป็นต้น โดยเป็นการรวบรวมข้อมูลผลวิเคราะห์สารหนูในพื้นที่ศึกษาบริเวณตำบลหนองจอกและหนองบ่มกล้วยที่มีมาก่อนปี 2562 และเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนธารน้ำ/สระน้ำและหินเพิ่มเติม ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลและจัดทำแผนที่ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถจำกัดพื้นที่เสี่ยงหรือแหล่งกำเนิดของสารหนู

การดำเนินงานก่อนปี 2562

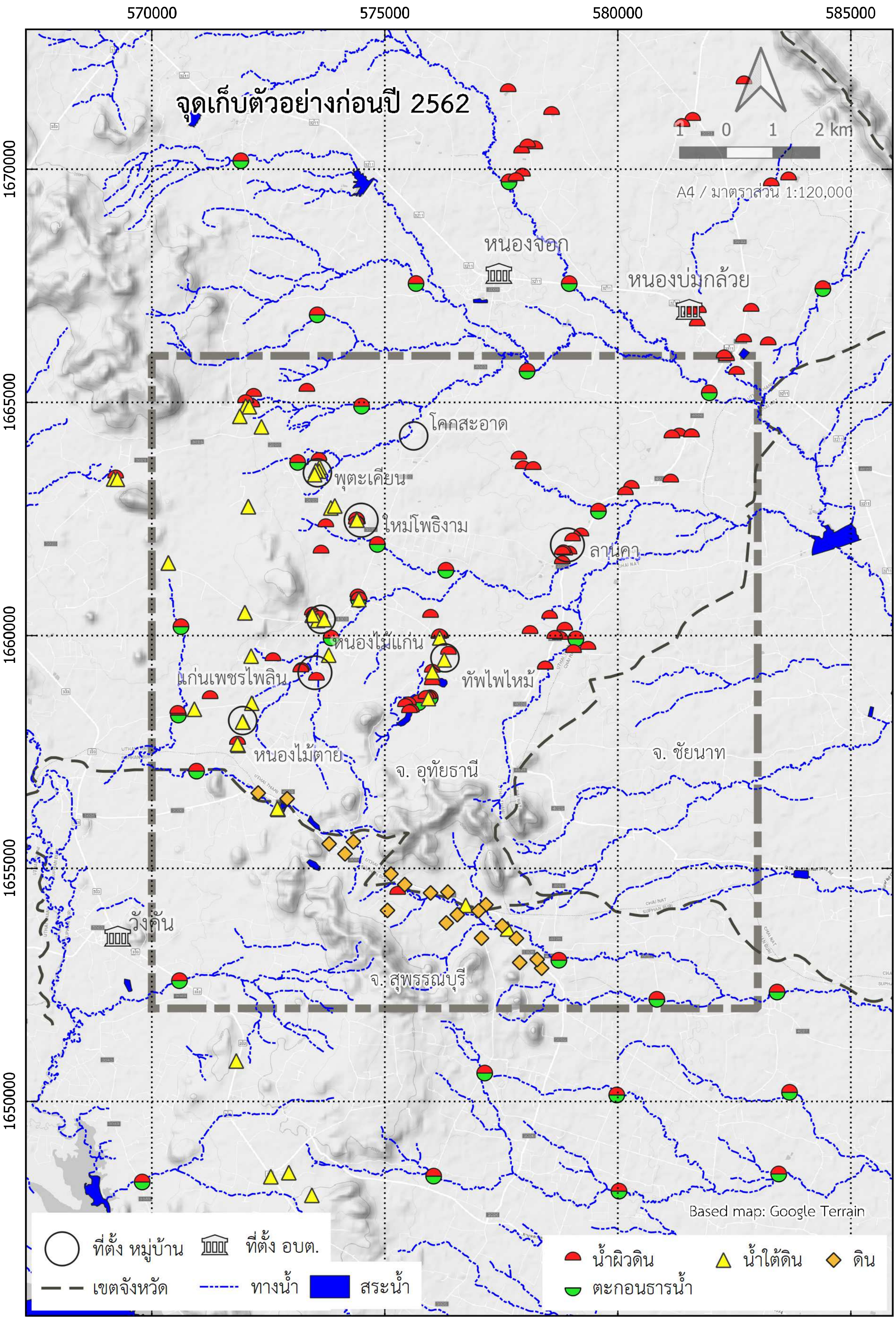
รวบรวมข้อมูลผลการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ ตะกอนธารน้ำและพืชในพื้นที่ศึกษา จำนวน 290 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ตามที่แสดงในตารางที่ 1 (กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี, 2562) ประกอบด้วย ดิน (20 ตัวอย่าง) ตะกอนธารน้ำ/สระน้ำ (32 ตัวอย่าง) น้ำผิวดิน (165 ตัวอย่าง มีตัวอย่าง ณ จุดเดียวกัน 26 ตัวอย่าง) น้ำใต้ดิน (51 ตัวอย่าง มีตัวอย่าง ณ จุดเดียวกัน 1 ตัวอย่าง) พืช (20 ตัวอย่าง) และน้ำฝน (2 ตัวอย่าง)

แต่เนื่องจากมีตัวอย่างที่เก็บ ณ จุดเดียวกันหลายตัวอย่าง จึงนำค่าวิเคราะห์นั้นมาคำนวณค่าเฉลี่ยก่อนนำไปประมวลผลและจัดทำแผนที่ ดังนั้น จึงมีจุดเก็บตัวอย่างดิน ตะกอนธารน้ำ น้ำผิวดินและใต้ดินที่นำไปลงแผนที่ได้จำนวน 20, 32, 139 และ 50 ตัวอย่างตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 241 ตัวอย่าง (รูปที่ 5) โดยไม่รวมตัวอย่างพืชและน้ำฝน

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่า ตัวอย่างน้ำหนาแน่นในหมู่บ้าน 5 แห่ง ในตำบลหนองจอก (บ้านทัพไฟไหม้ หนองไม้ตาย แก่นเพชรไพลิน หนองไม้แก่นและบ้านใหม่โพธิงาม) และ 1 แห่งในตำบลหนองบ่มกล้วย (บ้านลานคา) เนื่องจากประเมินว่าเป็นหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ดีบุก-ทังสะเตน บริเวณเขาโคกตุงกุง อีกทั้ง มีตัวอย่างน้ำและตะกอนธารน้ำกระจายตัวในท้องที่จังหวัดอุทัยธานีและสุพรรณบุรี แต่ไม่มีในท้องที่อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท เนื่องจากกรมทรัพยากรธรณีได้มีโครงการเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนธารน้ำครอบคลุมเฉพาะจังหวัดอุทัยธานีและสุพรรณบุรีแต่ไม่มีการดำเนินงานในจังหวัดชัยนาท

การดำเนินงานในปี 2562

การดำเนินงานในปี 2562 เป็นการเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด คำนึงถึงผลการสำรวจศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมด เน้นหนักในเขตตำบลหนองจอก-หนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี มีบางส่วนอยู่ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรีและ



รูปที่ 5. จุดเก็บตัวอย่างดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และตะกอนธารน้ำ/สระน้ำ ก่อนปี 2562

ตารางที่ 1. การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน ตะกอน น้ำและพืช ในพื้นที่ศึกษาก่อนปี 2562

ระยะเวลา	คำอธิบาย
1. ปี 2549	กรมทรัพยากรธรณีร่วมมือกับกรมควบคุมโรค ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตำบลวังคัน อำเภอด่านช้าง
2. ปี 2552a 3. ปี 2552b	กรมควบคุมโรคร่วมมือกับกรมทรัพยากรธรณี ภายใต้โครงการตรวจสอบการปนเปื้อนสารหนูในสิ่งแวดล้อมบริเวณที่เคยมีการทำเหมืองแร่ดีบุกมาก่อน ดำเนินการในปีงบประมาณ 2552 โดยข้อมูลในปี 2552a อยู่ในตำบลวังคัน อำเภอด่านช้าง และ ปี 2552b อยู่ในตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่
4. ปี 2553 - 2558	ข้อมูลจาก สนง. สาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานีซึ่งดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์โดยหน่วยงานในกระทรวงสาธารณสุข ในท้องที่ตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่
5. ปี 2555	เป็นโครงการเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนธารน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งจังหวัดอุทัยธานี (แสดงข้อมูลเฉพาะที่มีในพื้นที่ดำเนินการ)
6. ปี 2556	เป็นโครงการเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนธารน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งจังหวัดสุพรรณบุรี (แสดงข้อมูลเฉพาะที่มีในพื้นที่ดำเนินการ)
7. ปี 2557	กรมทรัพยากรธรณีร่วมมือกับ สนง. สาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่
8. ปี 2559	วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9. ปี 2560	กรมทรัพยากรธรณีร่วมมือกับ สนง. สาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่
10. ปี 2561	กรมทรัพยากรธรณีร่วมมือกับ สนง. สาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานีตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตำบลหนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่

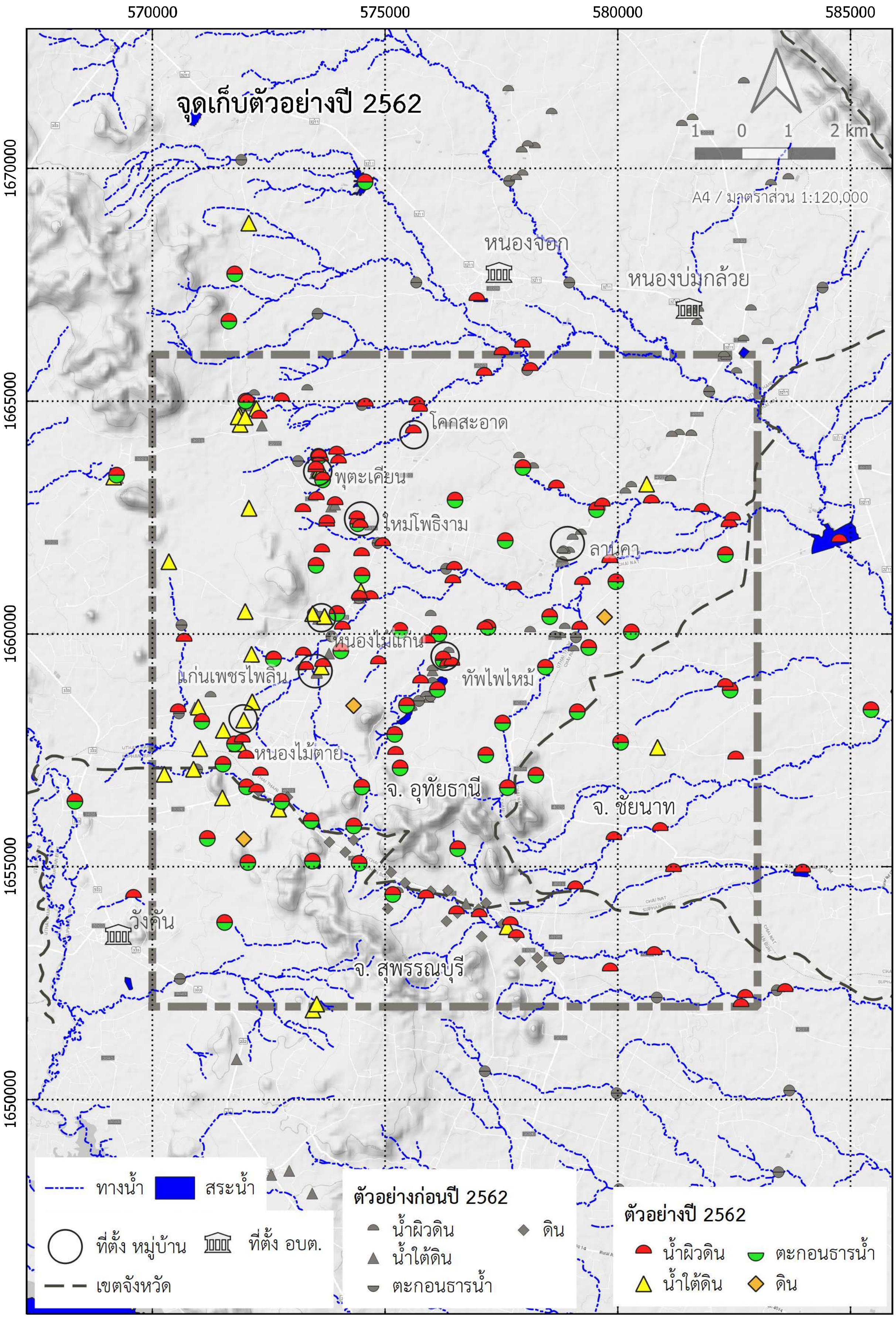
ชัยนาทด้วย ตามลักษณะของพื้นที่รับน้ำ/สันปันน้ำ และบริเวณที่มีค่าวิเคราะห์สารหนูสูง เพื่อให้ทราบการกระจายตัวหรือแหล่งที่มาของธาตุสารหนูในสิ่งแวดล้อมให้ชัดเจน

รูปที่ 6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดในปี 2562 (รูปนี้แสดงจุดเก็บตัวอย่างก่อนปี 2562 ด้วยเพื่อเปรียบเทียบ) ประกอบด้วยดิน ตะกอนธารน้ำ น้ำผิวดินและใต้ดินที่นำไปลงแผนที่ได้จำนวน 3 56 142 และ 38 ตัวอย่างตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 239 ตัวอย่าง ทั้งนี้ ไม่รวมตัวอย่างน้ำที่เก็บจากน้ำประปาหมู่บ้านที่ผ่านการกรองแล้ว

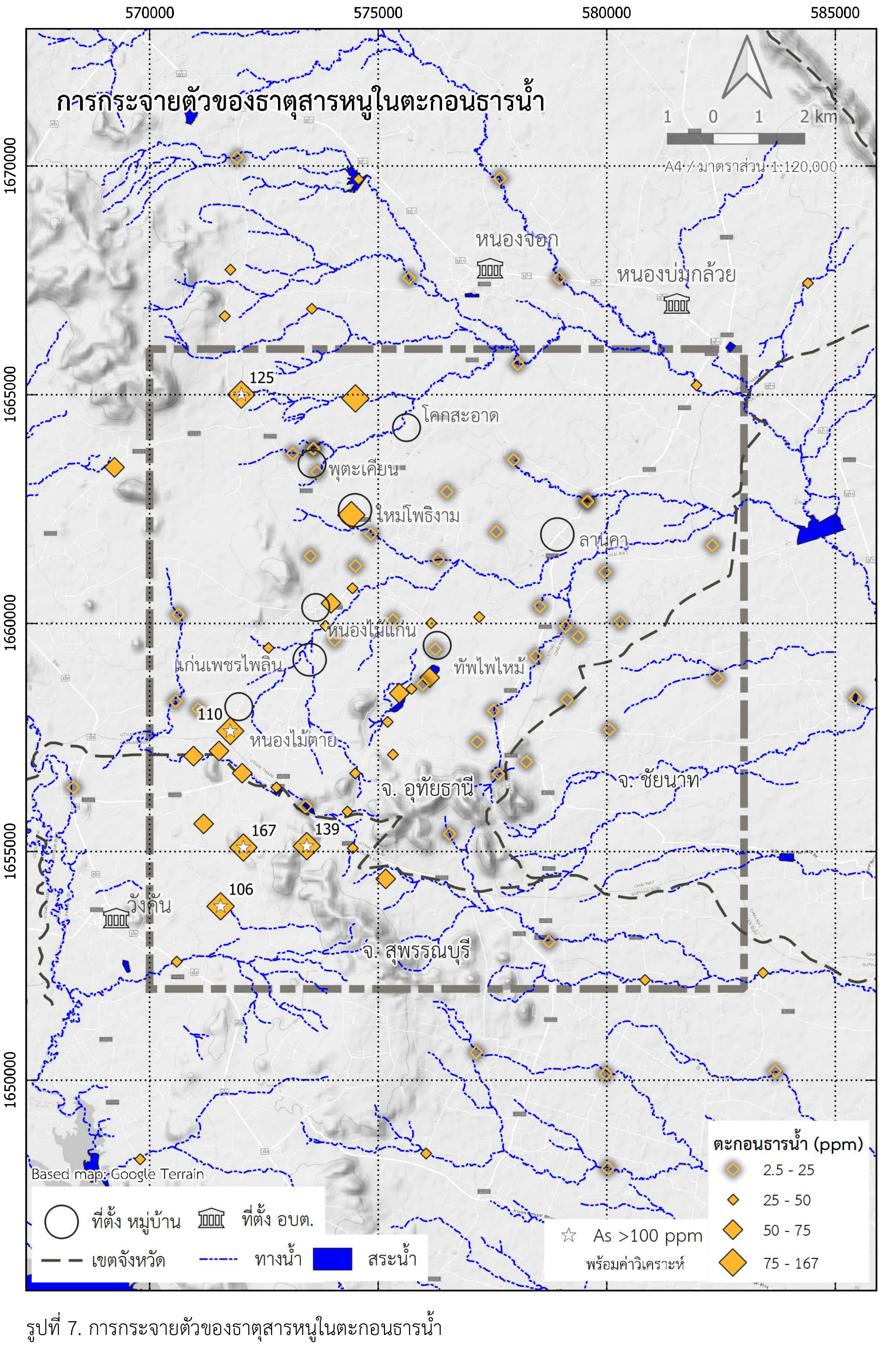
ผลการศึกษาวิจัยและแปลความหมาย

เนื่องจากตัวอย่างพืชและดินมีจำนวนน้อย อีกทั้งตัวอย่างชนิดนี้เป็นตัวแทนได้เฉพาะตรงจุดที่เก็บตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างตะกอนธารน้ำและน้ำที่มีการเคลื่อนตัวและเป็นตัวแทนของตะกอนและน้ำที่อยู่บริเวณต้นน้ำ/เหนือน้ำได้ ดังนั้น จึงประมวลผลและจัดทำแผนที่การกระจายตัวของธาตุสารหนูในตะกอนธารน้ำ/สระน้ำและน้ำ (น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน) ตามรูปที่ 7 และ 8

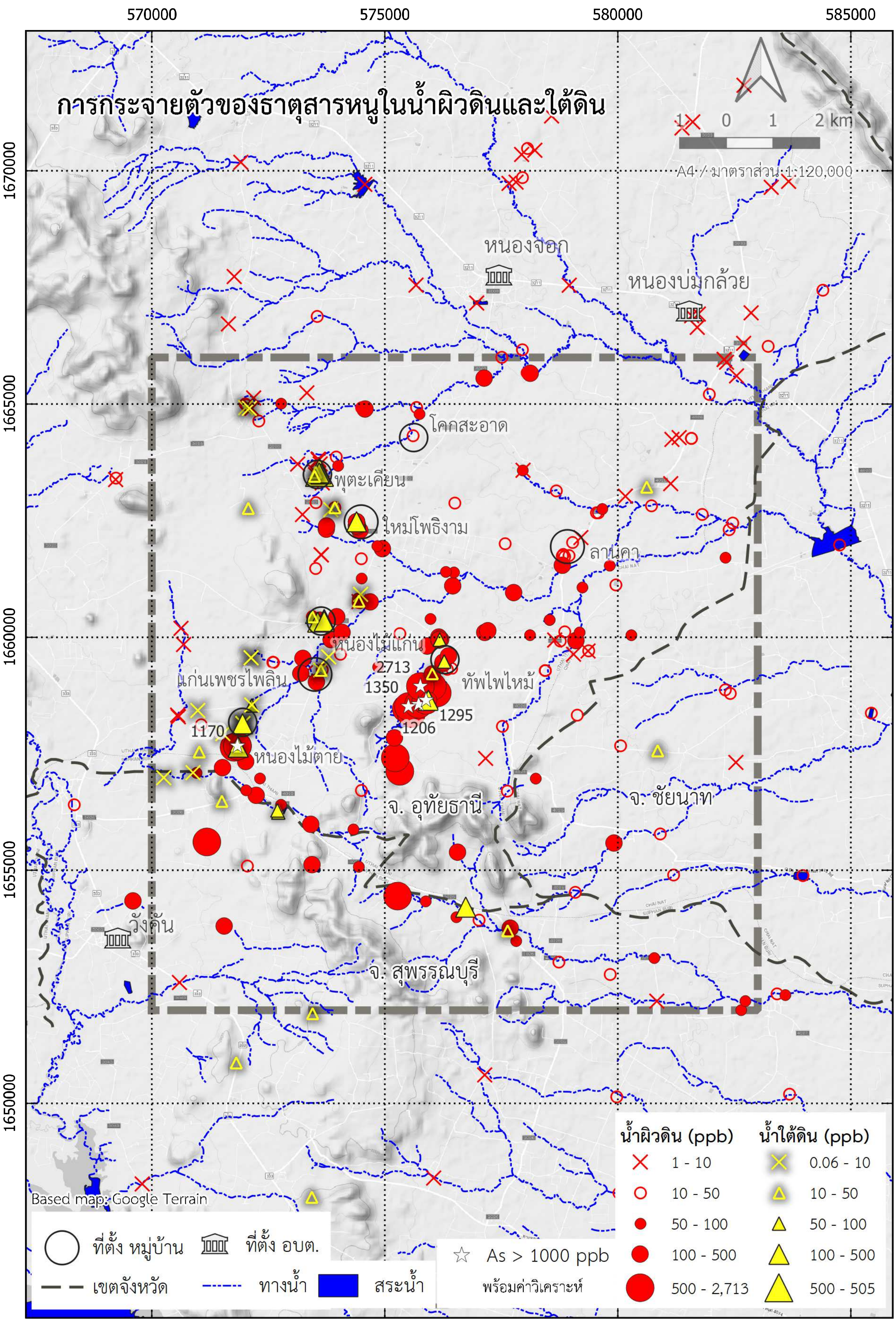
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลและแผนที่การกระจายตัวของธาตุสารหนูระหว่างตะกอนธารน้ำ/สระน้ำกับน้ำผิวดิน/ใต้ดินแล้ว พบว่าไม่สอดคล้องกันมากนัก เช่น บริเวณตอนใต้ของบ้านทัพไฟไหม้มีค่าสารหนูในน้ำสูงมากแต่ค่อนข้างต่ำในตะกอนธารน้ำ เป็นต้น และเมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่า ค่าวิเคราะห์สารหนูในน้ำ (ทั้งน้ำผิวดินและใต้ดิน) มีการกระจายตัวเกาะกลุ่มกันดีกว่าในตะกอน อีกทั้ง น้ำเป็น



รูปที่ 6. จุดเก็บตัวอย่างดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และตะกอนธารน้ำ/สระน้ำ ในปี 2562



รูปที่ 7. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในตะกอนธารน้ำ



รูปที่ 8. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน

ตัวกลางที่สำคัญซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนและเป็นสิ่งที่นำมาใช้อุปโภคบริโภคโดยตรง ดังนั้น หากมีการปนเปื้อนก็อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ได้ ดังนั้น จึงใช้ผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำเป็นตัวชี้วัดเพื่อกำหนดเขตพื้นที่การปนเปื้อน

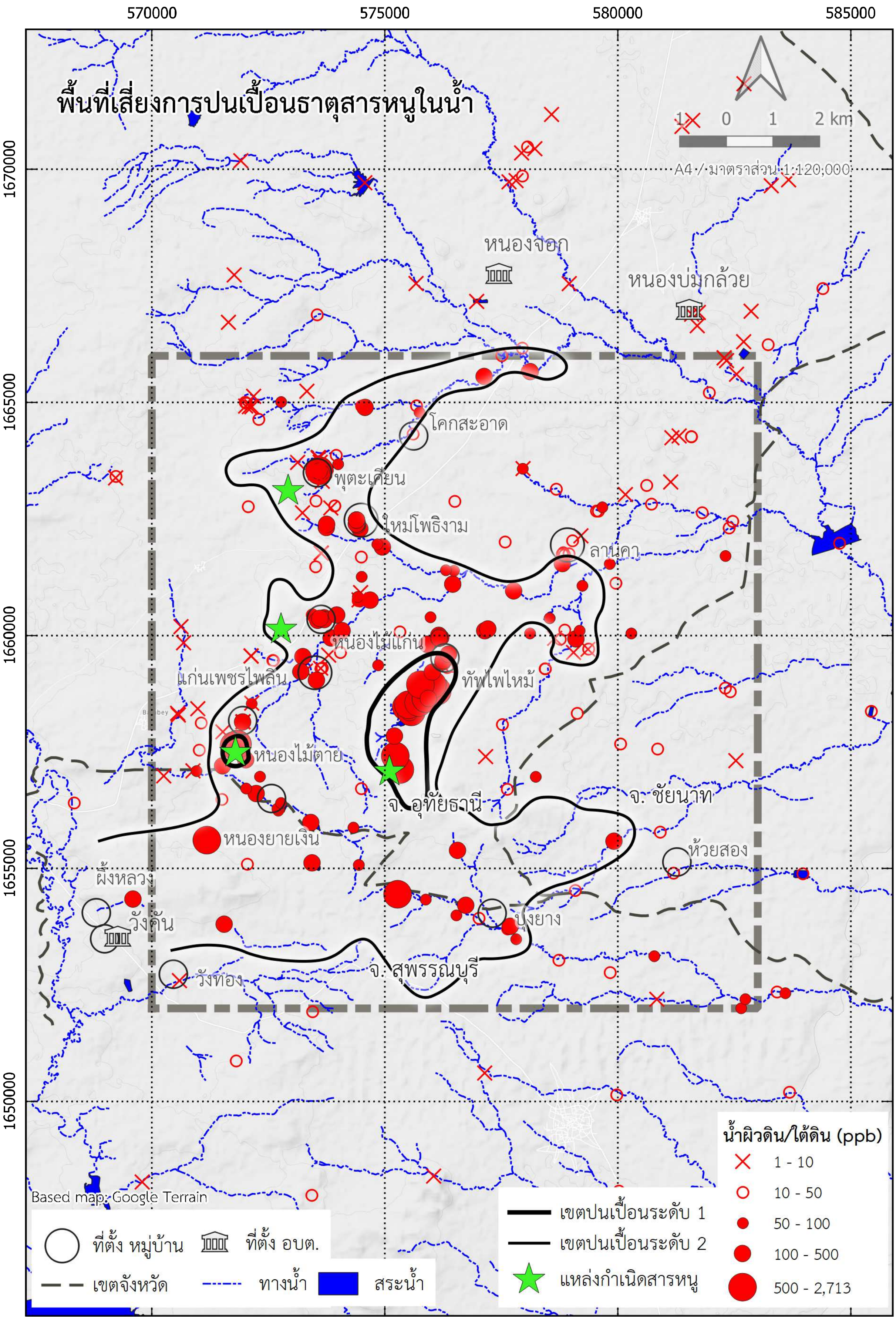
เมื่อพิจารณาค่าวิเคราะห์สารหนูทั้งหมดในน้ำจำนวน 370 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ <2 – 2,713 ppb เฉลี่ยที่ 110 ppb ค่าเฉลี่ยนี้สูงกว่าค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก (10 ppb ในน้ำดื่ม) ประมาณ 11 เท่า หรือสูงว่าค่ามาตรฐานน้ำบริโภคของไทย (50 ppb) ประมาณ 2 เท่า และสูงกว่าค่าเฉลี่ยในน้ำผิวดิน (5 ppb) จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี (ภาคผนวก ก) ประมาณ 22 เท่า ซึ่งแสดงว่าพื้นที่ศึกษานี้ มีการปนเปื้อนของธาตุสารหนูในน้ำผิวดิน

เพื่อให้สามารถจำกัดขอบเขตของการปนเปื้อนได้ชัดเจนในพื้นที่ศึกษาวิจัยนี้ จึงได้กำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold value) ที่ค่าวิเคราะห์สารหนู 100 ppb เพราะพิจารณาว่าเป็นค่าที่เหมาะสม จำง่ายและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ แล้วนำไปเขียนเป็นขอบเขตพื้นที่เสี่ยงของการปนเปื้อนสารหนูตามสภาพภูมิประเทศ รูปร่างของพื้นที่รับน้ำ/สันปันน้ำ ทิศทางการไหลของน้ำ ทั้งนี้ ยังพบว่าบางแห่งมีค่าวิเคราะห์สูงมาก จึงได้แบ่งเขตการปนเปื้อนสูงเพิ่มอีก 1 ระดับ ที่ค่าวิเคราะห์สารหนู 300 ppb (รูปที่ 9) โดยมีคำอธิบายดังนี้

ระดับที่ 1 มีค่าวิเคราะห์สารหนู ≥300 ppb ครอบคลุมพื้นที่ 2 แห่ง คือบริเวณทางทิศใต้ของบ้านทัพไฟไหม้ และบริเวณวัดหนองไม้ตาย บ้านหนองไม้ตาย ตำบลหนองจอก เนื้อที่รวมประมาณ 4 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,500 ไร่

ระดับที่ 2 มีค่าวิเคราะห์สารหนู ≥100 ppb ครอบคลุมบริเวณบ้านพุตะเคียน ใหม่โพธิ์งาม โคกสะอาด หนองไม้แก่น ทัพไฟไหม้ แก่นเพชรไพลิน หนองไม้ตาย ตำบลหนองจอก บ้านลานคา ตำบลหนองบ่มกล้วย อำเภอบ้านไร่ บ้านหนองยายเงิน บุ่งยาง วังทอง วังคัน ผึ้งหลวง ตำบลวังคัน อำเภอด่านช้าง และบ้านห้วยสอง ตำบลสุขเดือนห้า อำเภอเนินขาม รวม 14 หมู่บ้าน เนื้อที่ประมาณ 65 ตารางกิโลเมตร หรือ 40,000 ไร่ อนึ่ง ในเขตการปนเปื้อนระดับ 2นี้ไม่ได้กำหนดเขตสิ้นสุดบริเวณบ้านวังคัน/ผึ้งหลวง ตำบลวังคัน เนื่องจากมีข้อมูลไม่เพียงพอกล่าวคือ ไม่มีตัวอย่างที่ไม่มีค่าสารหนูทางด้านตะวันตกของบริเวณนี้

ผลการศึกษาเชิงพื้นที่ดังกล่าว นำไปสู่คำแนะนำในการลดผลกระทบหรือแก้ไขปัญหาว่า ในเขตพื้นที่ความเสี่ยงระดับที่ 1 ควรมีการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ ตรวจสอบปริมาณสารหนูในน้ำอุปโภคบริโภคและในประชากรทุกคนที่อาศัยอยู่อย่างต่อเนื่อง ส่วนระดับที่ 2 ควรมีการเฝ้าระวัง สุ่มตรวจสอบปริมาณสารหนูในน้ำใช้และในประชากรที่อาศัยอยู่เป็นระยะ ๆ โดยในพื้นที่ทั้ง 2 ระดับ ควรให้ความรู้กับชุมชนเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้น้ำ (โดยเฉพาะน้ำใต้ดิน) ภายในหมู่บ้านของตนเองเพื่อการอุปโภคบริโภค ควรสนับสนุนให้จัดหาน้ำบริโภคที่ปลอดภัย (มีสารหนูในน้ำ <10 ppb) ให้กับประชาชน เช่น มีถัง/แท้งเก็บน้ำฝนในแต่ละบ้าน หาแหล่งน้ำใต้ดินหรือผิวดินขนาดใหญ่เพื่อทำประปาชุมชนนอกเขตพื้นที่เสี่ยงระดับที่ 1 เป็นต้น ทั้งนี้ บริเวณที่น่าสนใจในการสร้างแหล่งน้ำได้แก่ บริเวณเขาพุควายซึ่งตั้งอยู่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของบ้านจัน เนื่องจากเป็นพื้นที่สูง (ประมาณ 120-130 รทก) อาจจะมีระดับความสูงเพียงพอในการต่อท่อส่งน้ำไปบริเวณบ้านพุตะเคียน ใหม่โพธิ์งาม หนองไม้แก่น แก่นเพชรไพลิน หนองไม้ตาย และทัพไฟไหม้ได้



รูปที่ 9. พื้นที่เสี่ยงการปนเปื้อนธาตุสารหนูในน้ำผิวดิน/ใต้ดิน และจุดที่อาจเป็นแหล่งกำเนิดสารหนู

จากสภาพธรณีวิทยา ธรรมชาติของการเกิดแร่ สภาพภูมิประเทศ การไหลของน้ำ และการกระจายตัวของสารหนูในน้ำ นำไปสู่การประเมินแหล่งกำเนิดได้ 4 แห่ง คือ (1) บริเวณเขาโคกตุงกุง (2) บริเวณวัดหนองไม้ตาย (3) ตะวันตกของบ้านหนองไม้แก่น และ (4) ตะวันตกของบ้านพุตะเคียน/ใหม่โพธิ์งาม เรียงลำดับจากด้านทิศใต้ขึ้นไปทางทิศเหนือ (รูปที่ 9) แหล่งที่เขาโคกตุงกุงเป็นบริเวณที่เคยมีการทำเหมืองแร่ดีบุกมาก่อนและน่าจะทำให้มีสารหนูในน้ำสูงมากในเขตความเสี่ยงที่ 1 บริเวณด้านทิศใต้ของบ้านทัพไฟไหม้ ส่วนอีก 3 แห่ง เป็นแหล่งกำเนิดที่ไม่มีการทำเหมืองแร่

ผลการสำรวจในสนามไม่พบแร่ที่อาจเป็นต้นกำเนิดสารหนู 3 แห่ง คือ แหล่งที่ (1) (2) และ (4) แต่พบที่ (3) บ้านหนองไม้แก่น พบหินแกรนิตผุและพบสายแร่ควอตซ์/แร่โลหะซัลไฟด์ผุ ฝังประ/แทรกในหิน (รูปที่ 10) บริเวณอ่างเก็บน้ำที่ก่อสร้างใหม่ด้านตะวันตกของหมู่บ้าน ซึ่งผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหินแกรนิตที่มีแร่ควอตซ์และแร่โลหะซัลไฟด์ปะปนทางเคมี ด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductive coupled plasma optical emission spectrometry) พบว่ามีสารหนู 4,490 และ 1,200[1] ppm ขณะที่ตัวอย่างหินแกรนิตผุมีสารหนู 25 และ 31[1] ppm และเมื่อตรวจสอบทางกายภาพด้วยเครื่อง EDX (Energy Dispersive X-Ray Analysis) ซึ่งเป็นการฉายรังสี X-Ray ไปตรงจุดที่พบเห็นตัวอย่างแร่โลหะซัลไฟด์นั้น พบว่ามีธาตุสารหนูอยู่ด้วย (รูปที่ 10)

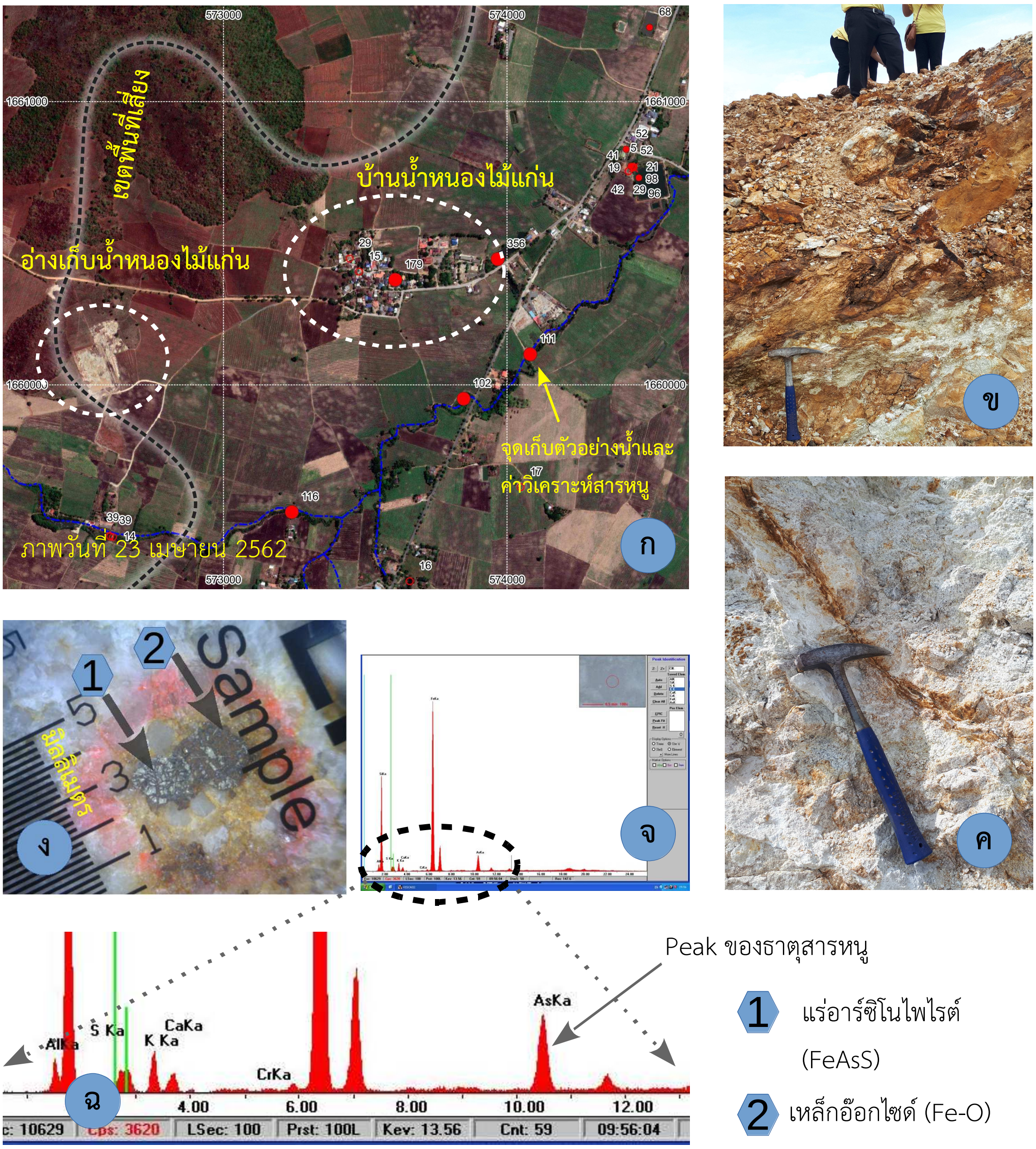
ผลการตรวจสอบข้างต้น ยืนยันว่าแร่โลหะซัลไฟด์นั้น มีธาตุสารหนูปะปนและมีแร่อาร์ซิโนไพไรต์เป็นส่วนประกอบด้วย ดังนั้น บริเวณนี้จึงเป็นแหล่งกำเนิดสารหนูซึ่งสอดคล้องกับ การประเมินแหล่งกำเนิดสารหนูจากผลวิเคราะห์น้ำตามลำห้วยต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว แต่จากผลวิเคราะห์น้ำ 2 ตัวอย่างมีค่าสารหนู 23 และ 20 ppb ซึ่งเป็นค่าปกติ จึงคาดว่า น่าจะเป็นน้ำที่พึ่งเริ่มสะสมในอ่างเก็บน้ำทำให้สารหนูยังไม่ละลายออกมาในน้ำ และคาดว่าจะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยต่อเนื่องในรายงานฉบับนี้ว่าจะใช้เวลาเท่าไหร่ สารหนูจึงจะเข้ามาปนเปื้อนในน้ำและมีผลวิเคราะห์สูงกว่าปกติ

ดังนั้น แหล่งกำเนิดสารหนูบริเวณนี้น่าจะอยู่ในรูปของแร่อาร์ซิโนไพไรต์เกิดปะปนกับสายแร่ควอตซ์/ไพไรต์ แทรก/ฝังประ ในหินแกรนิต/หินท้องที่ (หินปูน ดินดาน) ใกล้กับรอยแตก สายแร่หรือแหล่งกำเนิดดังกล่าว ส่วนใหญ่แทรกในหินฝังตัวอยู่ใต้ดิน บางส่วนอยู่ในที่สูงบนภูเขาใกล้กับสันปันน้ำ เช่น บริเวณเขาโคกตุงกุง อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น เป็นต้น เมื่อถูกชะล้างผุพังทำลายก็กระจายตัวออกไปปะปนในสิ่งแวดล้อมโดยรอบทั้งในดินและน้ำ การเปิดหน้าดินเพื่อทำอย่างเก็บน้ำที่บ้านหนองไม้แก่นและทำเหมืองแร่ดีบุกบริเวณเขาโคกตุงกุงเป็นการช่วยกระจายสารหนูไปในสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง

ผลการสำรวจที่น่าสนใจอีกแห่งหนึ่งในพื้นที่ศึกษาและนำมาสู่การศึกษาวิจัยต่อเนื่องในรายงานฉบับนี้ คือ บริเวณบ้านพุตะเคียน ซึ่งพบว่าค่าวิเคราะห์สารหนูในน้ำผิวดินค่อนข้างต่ำ (<10 ppb) แต่สูงมาก (>100 ppb) ในน้ำใต้ดิน (รูปที่ 11) อีกทั้ง พบค่าวิเคราะห์สารหนูในน้ำผิวดินสูงถึงสูงมาก (As = 59, 72, 135 และ 128 ppb ตามลำดับ) ในบริเวณท้ายน้ำ (ห้วยหนองจอก-หนองโรง) ด้วย ทำให้คาดว่า น่าจะมีแหล่งสารหนูใต้ดินใกล้ ๆ บ้านพุตะเคียน ซึ่งทำให้เกิดการปนเปื้อนสารหนูบริเวณท้ายน้ำตามภาพจำลองในรูปที่ 12 ซึ่งนำไปสู่ข้อสันนิษฐานว่า สารหนูอาจจะถูกชะล้างไหลไปตามลำน้ำได้ระยะทางหนึ่ง (ประเมินเบื้องต้น

---

[1] ผลวิเคราะห์เพิ่มเติมจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 วันที่ 24 ธันวาคม 2562 (คำขอที่ 0139/2563)



(ก) ภาพ Google Earth บริเวณบ้านหนองไม้แก่นและใกล้เคียงแสดงอ่างเก็บน้ำ (ขณะก่อสร้าง)

(ข) แร่โลหะซัลไฟล์ที่มีสารหนูปะปน (Fe-As-S) ผุเป็นเหล็กอ๊อกไซด์ (Fe-O) สีน้ำตาลแดง

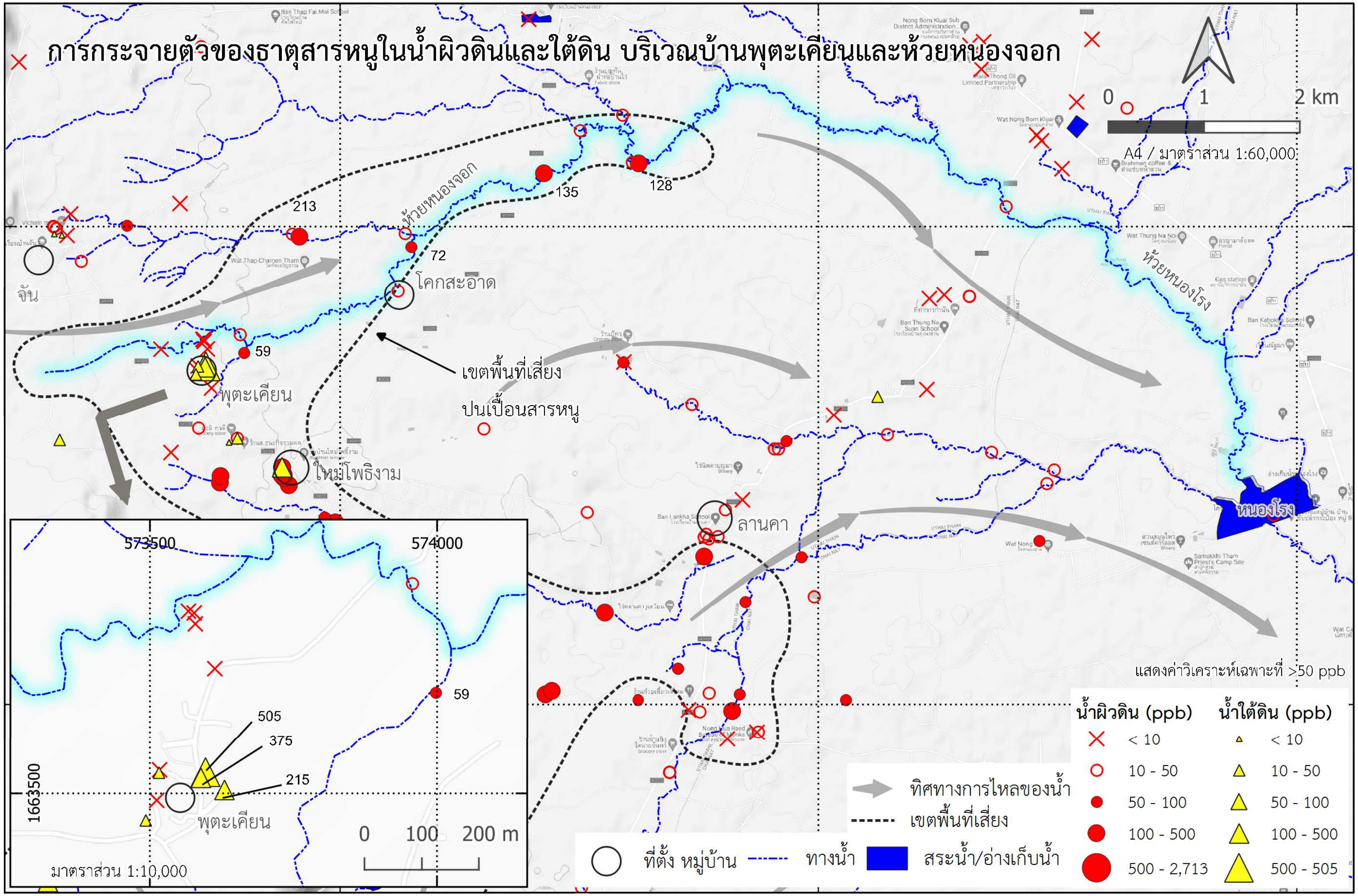
(ค) หินแกรนิตผุสีขาวมีสายแร่ควอตซ์ขนาด 1 ซม แทรก และมีแร่โลหะซัลไฟด์ผุอยู่ตรงขอบสายแร่

(ง) ภาพถ่ายแร่อาร์ซิโนไพไรต์ (FeAsS) ในสายแร่ควอตซ์ ขนาด 1.5x3 มิลลิเมตร

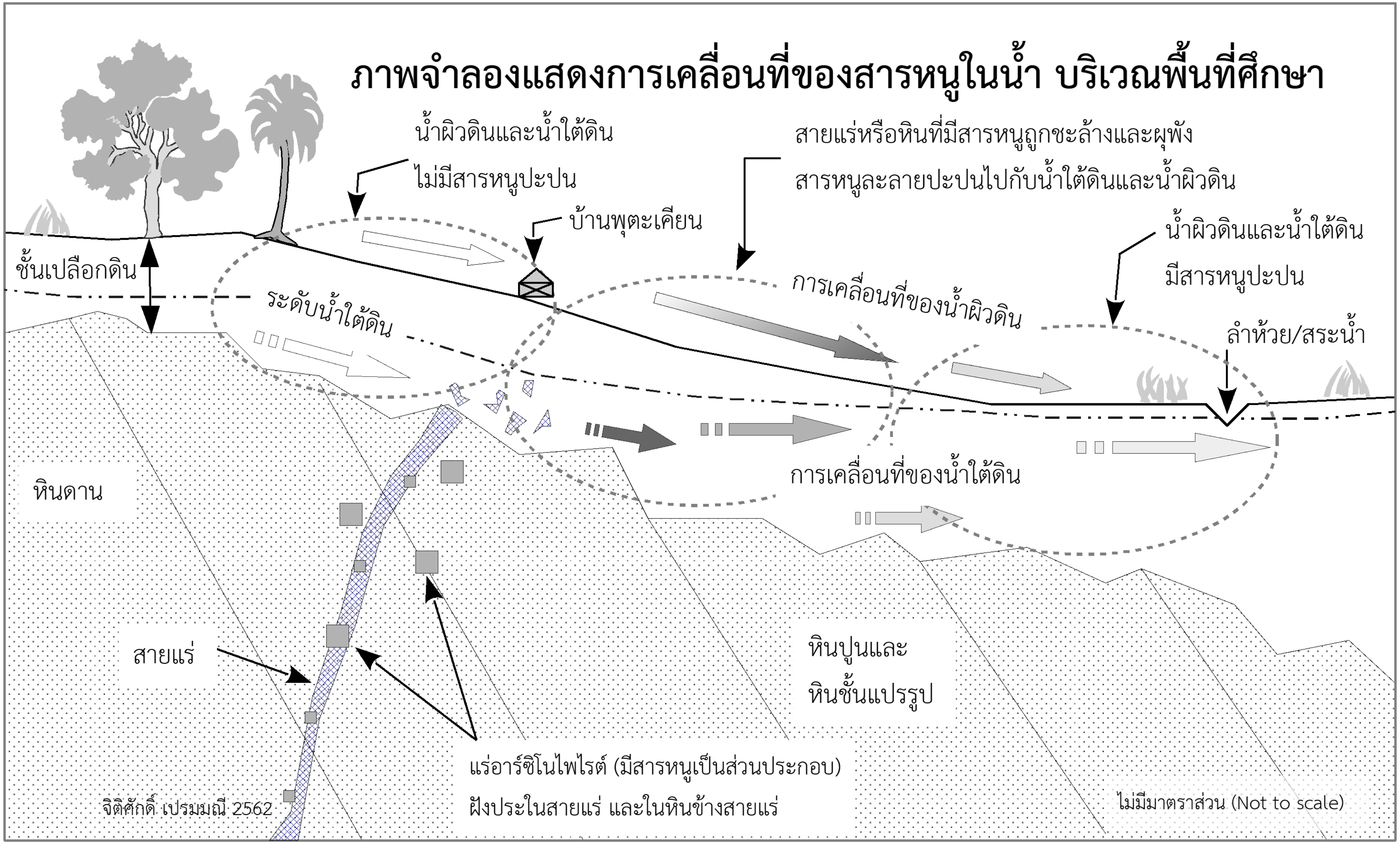
(จ) ผลการตรวจด้วยเครื่อง EDX แสดงพีคของธาตุต่าง ๆ ตรงแร่อาร์ซิโนไพไรต์

(ฉ) ภาพขยายแสดงพีคของธาตุสารหนู

รูปที่ 10. อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นซึ่งพบหินแกรนิตผุและมีแร่โลหะซัลไฟด์ในหิน พร้อมผลการตรวจสอบแร่โลหะซัลไฟด์



รูปที่ 11. การกระจายตัวของธาตุสารหนูในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน บริเวณบ้านพุตะเคียน และห้วยหนองจอก (ข้อมูลถึงปี 2562)



รูปที่ 12. ภาพจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของสารหนูในน้ำบริเวณบ้านพุตะเคียน อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

ว่า 10 กิโลเมตร) จากแหล่งกำเนิด และเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยต่อเนื่องในรายงานฉบับนี้ ว่าสารหนูจะถูกชะล้าง/ละลายแล้วไหลไปตามลำห้วยได้ไกลเท่าใดจากแหล่งกำเนิด

ผลการตรวจสุขภาพอนามัยประชากร

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานีตระหนักถึงปัญหาสุขภาพของประชากรที่อาจเกิดจากการบริโภคน้ำที่มีการปนเปื้อนสารหนู จึงมีการตรวจสุขภาพประชากรในพื้นที่เสี่ยงเป็นระยะ ๆ ตั้งแต่ปี 2554 - 2562 โดยการตรวจวัดปริมาณสารหนูในปัสสาวะ ในหมู่บ้านที่มีความเสี่ยงจำนวน 6 หมู่บ้านในตำบลหนองจอกและอีก 1 หมู่บ้านในตำบลหนองบ่มกล้วย (ตารางที่ 2, ดูที่ตั้งของหมู่บ้านในรูปที่ 7 8 และ 9) ทั้งนี้ ผลการตรวจในปี 2562 จะใช้อ้างอิงได้ดีเพราะมีจำนวนตัวอย่างมาก ประมาณ 3-7 เท่าของปีอื่น ๆ

ผลการตรวจในปี 2562 คล้องจองกับผลการสำรวจเก็บตัวอย่างน้ำและพื้นที่เสี่ยงตามที่ปรากฏในรูปที่ 9 กล่าวคือ ประชากรบ้านทัพไฟไหม้ (หมู่ 4) พุตะเคียน (หมู่ 13) และหนองไม้แก่น (หมู่ 3) ร้อยละ 17.9 17.2 และ 12.4 มีค่าสูงเกินมาตรฐานตามลำดับ ทั้งนี้ บ้านทัพไฟไหม้อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงระดับที่ 1 และมีค่าวิเคราะห์สารหนูในน้ำสูงมาก ส่วนบ้านพุตะเคียนและบ้านหนองไม้แก่นก็ปรากฏว่ามีแหล่งกำเนิดอยู่ใกล้หมู่บ้าน

ตารางที่ 2. ผลการตรวจปัสสาวะประชากรกลุ่มเสี่ยง ในท้องที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

ปีที่ตรวจ		ต.หนองจอก /หมู่ที่						ต.หนองบ่มกล้วย	รวม
		2	3	4	7	13	16	หมู่ที่ 3	
2554	จำนวนทั้งหมด	43	48	40	38		33		202
	จำนวนที่เกินมาตรฐาน	13	14	19	17		10		73
	ร้อยละ (%)	30.2	29.2	47.5	44.7		30.3		36.1
2556	จำนวนทั้งหมด	17	17	21	15		16		86
	จำนวนที่เกินมาตรฐาน	10	7	12	12		8		49
	ร้อยละ (%)	58.8	41.2	57.1	80.0		50.0		57.0
2558	จำนวนทั้งหมด	19	21	25	20		16		101
	จำนวนที่เกินมาตรฐาน	16	19	21	18		12		86
	ร้อยละ (%)	84.2	90.5	84.0	90.0		75.0		85.1
2560	จำนวนทั้งหมด	24	14	20	19		19	75	171
	จำนวนที่เกินมาตรฐาน	10	5	7	11		5	42	80
	ร้อยละ (%)	41.7	35.7	35.0	58.0		26.3	56.0	46.8
2562	จำนวนทั้งหมด	109	105	173	98	99	69		653
	จำนวนที่เกินมาตรฐาน	9	13	31	7	17	4		81
	ร้อยละ (%)	8.2	12.4	17.9	7.1	17.2	5.8		12.4

หมายเหตุ: (1) วิเคราะห์ตัวอย่างปี 2554 และ 2558 โดยสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 นครสวรรค์, ปี 2556, 2560 และ 2562 โดย ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี

(2) หมู่ที่: 2-ใหม่โพธิ์งาม, 3-หนองไม้แก่น, 4-ทัพไฟไหม้, 7-หนองไม้ตาย, 13-พุตะเคียน, 16-แก่นเพชรไพลิน, หมู่ที่ 3-ลานคา

(3) ตรวจหมู่ที่ 13 เพิ่มเติมตามคำแนะนำของกรมทรัพยากรธรณีหลังจากทราบผลการสำรวจและเก็บตัวอย่างในปี 2562 แล้ว

การดำเนินงานเพิ่มเติม

การดำเนินงานเพิ่มเติมเป็นการสำรวจเก็บตัวอย่างในปี 2563 และ 2564 เพื่อประเมินระยะเวลาการละลายของสารหนูในแอ่งน้ำที่ตั้งอยู่บริเวณที่ทีแหล่งกำเนินสารหนู (อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น) และระยะทางของการกระจายตัวของสารหนูไปตามทางน้ำตามธรรมชาติ จากจุดที่คาดว่าเป็นแหล่งกำเนิดใต้ดิน (บ้านพุตะเคียน) ไปตามห้วยหนองจอกและหนองโรง ดังนี้

การเก็บตัวอย่าง

ภาคผนวก ค อธิบายขั้นตอน การเก็บและเตรียมตัวอย่าง รวมถึงการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการอย่างย่อซึ่งคงเดิมและเป็นไปตามมาตรฐานสากลของการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ/ตะกอน

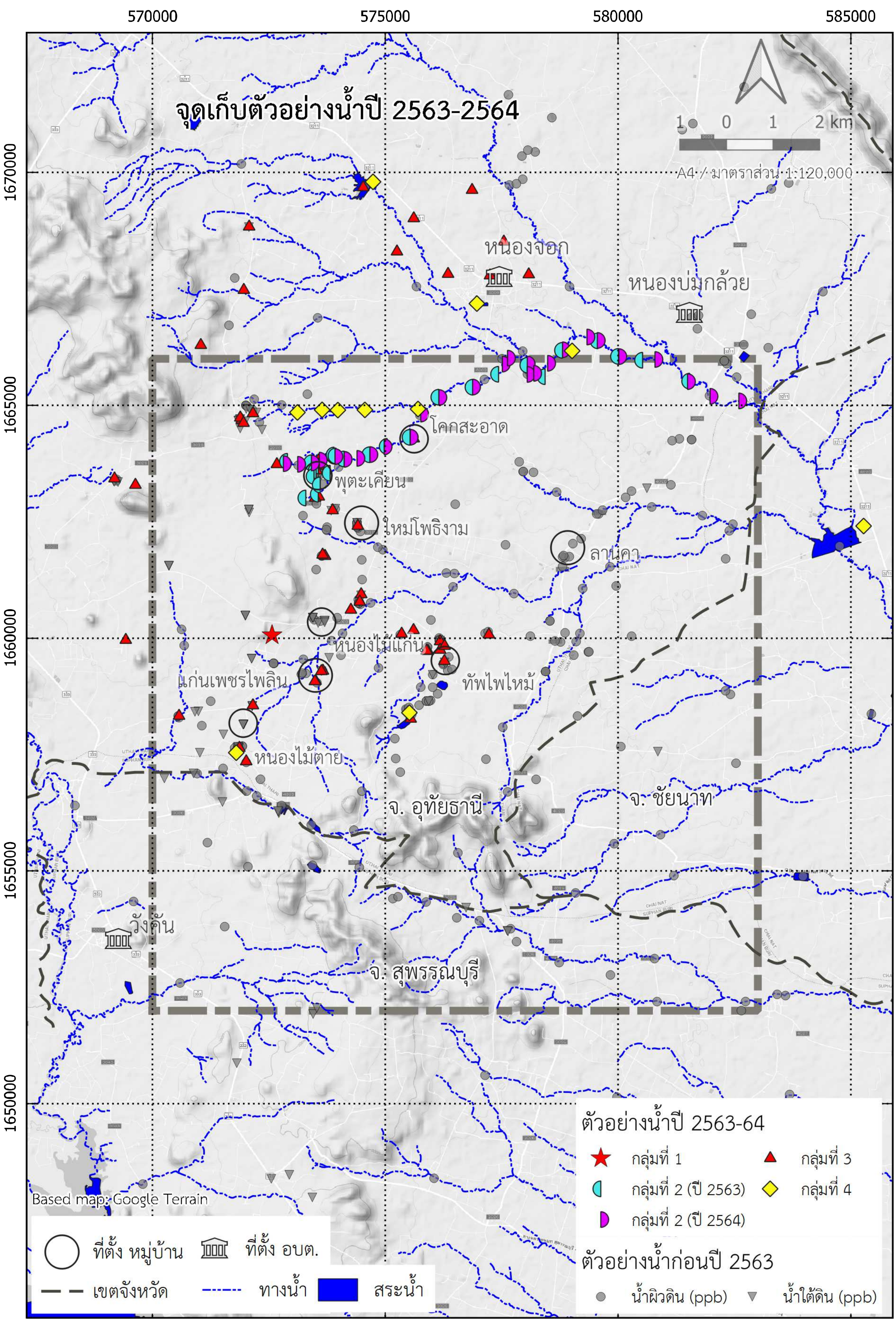
การเก็บตัวอย่างครั้งนี้แบ่ง เป็น 4 กลุ่ม ตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน ตามแผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างในรูปที่ 13 และแสดงผลวิเคราะห์ในภาคผนวก ง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำในอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่นอีก 3 ครั้ง วันที่ 24 ธันวาคม 2562, 21 กรกฎาคม 2563 และ 18 มีนาคม 2564 จำนวน 7 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณสารหนูในน้ำตามระยะเวลา อนึ่ง มีการเก็บตัวอย่างครั้งแรกในวันที่ 12 กรกฎาคม 2562 รวมเป็น 4 ครั้ง

กลุ่มที่ 2 เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำตามลำห้วยพุตะเคียน บริเวณบ้านพุตะเคียนและห้วยหนองจอก-หนองโรง 2 ครั้ง วันที่ 24-25 ธันวาคม 2562 (จำนวน 26 ตัวอย่าง) และ 17-18 มีนาคม 2564 (จำนวน 27 ตัวอย่าง) รวม 53 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาระยะทางการกระจายตัวของสารหนูตามทางน้ำธรรมชาติ (ห้วยหนองจอก-หนองโรง) จากแหล่งกำเนิดซึ่งสันนิษฐานว่าอยู่ใต้ดินบริเวณบ้านพุตะเคียน

กลุ่มที่ 3 เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำโดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุข จาก รพ. สต. บ้านใหม่โพธิงาม และ รพ.สต. หนองจอก ในวันที่ วันที่ 24 ธันวาคม 2562 จำนวน 53 ตัวอย่างเนื่องจากต้องการทราบค่าวิเคราะห์สารหนูในแหล่งน้ำในจุดที่ตนเองต้องการเพื่อจะได้ประเมินความเสี่ยงของตนเองได้อย่างเหมาะสม

กลุ่มที่ 4 เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำ (สระน้ำ/อ่างเก็บน้ำ) ที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาและเก็บตัวอย่างเพิ่มเติม โดยคัดเลือกจากแหล่งน้ำที่พบแล้วว่ามีค่าสารหนูสูงและค่าต่ำ และให้กระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ อีก 6 แห่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์น้ำที่จุดอื่น ๆ อีกทั้ง มีการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมอีก 5 ตัวอย่าง ในลำห้วยที่อยู่ทางทิศเหนือของบ้านพุตะเคียนเพื่อตรวจสอบค่าวิเคราะห์สารหนูเพิ่มเติมเพราะมีจุดเก็บตัวอย่างน้อยเกินไป



รูปที่ 13. จุดเก็บตัวอย่างน้ำในปี 2563-2564 แบ่งเป็น 4 กลุ่มตามวัตถุประสงค์

ผลการศึกษาและแปลความหมาย

ผลการศึกษาและแปลความหมายมีดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น

รูปที่ 14 แสดงกราฟผลวิเคราะห์ทั้ง 4 ครั้งและแสดงภาพอ่างเก็บน้ำในวันที่เก็บตัวอย่างจะเห็นว่าการเก็บตัวอย่างในครั้งแรกและเริ่มมีน้ำขังเล็กน้อยในอ่างเก็บน้ำ มีค่าวิเคราะห์สารหนูที่ 20 และ 23 ppb ซึ่งเป็นค่าปกติ (หมายถึงค่าวิเคราะห์สารหนู <50 ppb) แล้วสูงขึ้น 3-6 เท่า เป็น 65 และ 150 ppb ในระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ทั้งนี้พบว่ามีน้ำเพิ่มในอ่างเก็บน้ำน้อยมากเพราะมีฝนตกน้อยในช่วงระยะเวลาดังกล่าว (ก.ค. 62 - ธ.ค. 62) แต่เมื่อมีน้ำมากขึ้นก็ทำให้ผลการวิเคราะห์สารหนูครั้งที่ 3 ในระยะเวลา 7 เดือนต่อมา (ก.ค. 63) มีค่าสารหนูลดลงเหลือ 36 ppb ผลการเก็บวิเคราะห์น้ำครั้งที่ 4 อีก 8 เดือนถัดมา มีค่าสารหนูเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า เป็น 60 ppb โดยที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงขึ้นเล็กน้อย

จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นว่า แหล่งสารหนูใต้ดินบริเวณนี้ค่อย ๆ แยกตัวออกจากแร่ต้นกำเนิด (แร่อาร์ซิโนไพไรต์) ละลายเข้าไปในน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างช้า ๆ ทั้งนี้ ปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและระยะเวลา ซึ่งในกรณีนี้ ค่าวิเคราะห์ยังไม่สูงมาก (หมายถึงยังไม่มากกว่า 100 ppb) และอนุมาณว่าค่าวิเคราะห์สารหนูเพิ่มขึ้นประมาณ 20-30 ppb ในระยะเวลา 6 เดือน

นอกจากปริมาณน้ำและระยะเวลาแล้ว ปัจจัยที่สำคัญด้านธรณีวิทยา คือ ปริมาณของสารหนูที่อยู่ใต้ดินและพื้นที่สัมผัสของแหล่งสารหนูกับน้ำและอากาศที่ทำให้สารหนูในแร่อาร์ซิโนไพไรต์สลายตัวเข้าไปในสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจัยด้านนี้ประเมินได้ยากเพราะอยู่ใต้ดิน

กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง

ผลการศึกษาตามที่แสดงในรูปที่ 12 และ 13 ได้นำมาปรับเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอใหม่ให้เหมาะสมและชัดเจนขึ้นตามรูปที่ 15 และเพิ่มผลการสำรวจอีก 2 ครั้ง ในรูปที่ 16 เพื่อเปรียบเทียบ โดยทั้งหมดเริ่มจากจุดอ้างอิงเดียวกัน (E572660/N1663730, ต้นน้ำ) ในลำห้วยพุตะเคียน ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของบ้านพุตะเคียนประมาณ 1 กิโลเมตร มีจุดเติมสารหนูจากลำห้วยที่อยู่ด้านทิศเหนือและไหลลงห้วยหนองจอกทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของบ้านโคกสะอาด (เพราะผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในลำห้วยดังกล่าวมีค่าสารหนูค่อนข้างสูง, As-213 ppb) ไปจนถึงจุดเก็บตัวอย่างหมายเลข W64-39 (E582592/N1665096, ปลายน้ำ) ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ อบต.หนองบ่มกล้วยประมาณ 2 กิโลเมตร ใกล้เขตจังหวัดชัยนาท เป็นระยะทางตามลำห้วยทั้งสิ้น ประมาณ 12.6 กิโลเมตร

แม้ว่าผลการสำรวจแต่ละครั้งมีจำนวนตัวอย่างและค่าวิเคราะห์สารหนูแตกต่างกัน ครั้งที่ 1 2 และ 3 มีจำนวน 9 16 และ 27 ตัวอย่าง เฉลี่ยที่ 50 24 และ 32 ppb ตามลำดับ แต่ก็มีลักษณะหรือรูปแบบคล้ายกัน กล่าวคือ ผลวิเคราะห์บริเวณต้นน้ำจนถึงบ้านพุตะเคียนมีค่าต่ำ (<10 ppb) ซึ่งถือว่าเป็นค่าปกติ (หมายถึงค่าที่น้อยกว่า 50 ppb) แล้วสูงขึ้นเป็นค่า >10-50 ppb ต่อมาค่าวิเคราะห์ก็สูงขึ้นมาก (>100 ppb) หลังจากนั้น ค่าวิเคราะห์ค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับจนถึงบริเวณปลายน้ำ ค่าวิเคราะห์ก็กลับมาเป็นค่าต่ำอีกครั้งหนึ่ง ความแตกต่างของค่าวิเคราะห์แต่ละครั้ง น่าจะขึ้นกับปริมาณและการไหลของน้ำ ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง

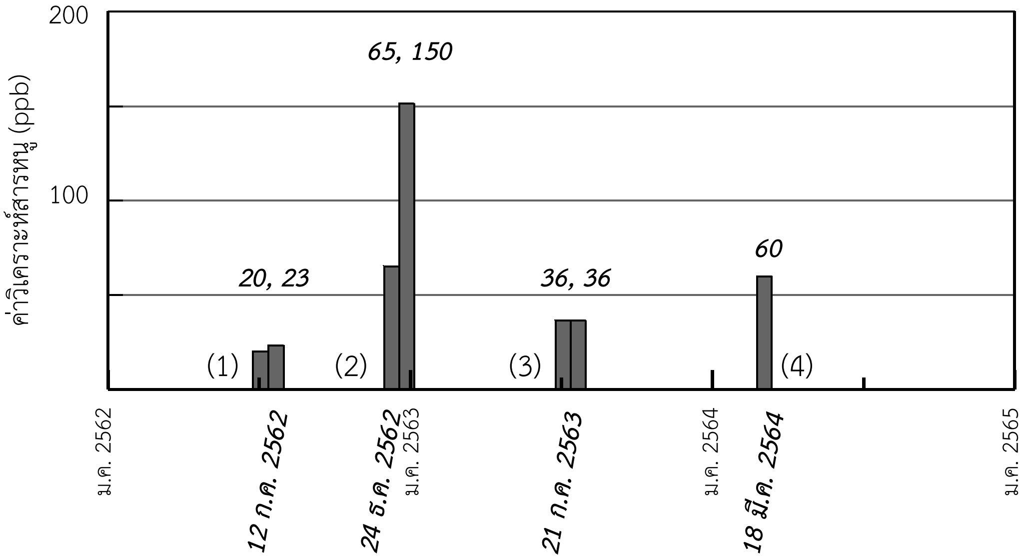
ผลวิเคราะห์ธาตุสารหนูในน้ำและภาพถ่ายอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น ตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

(1) วันที่ 12 กรกฎาคม 2562

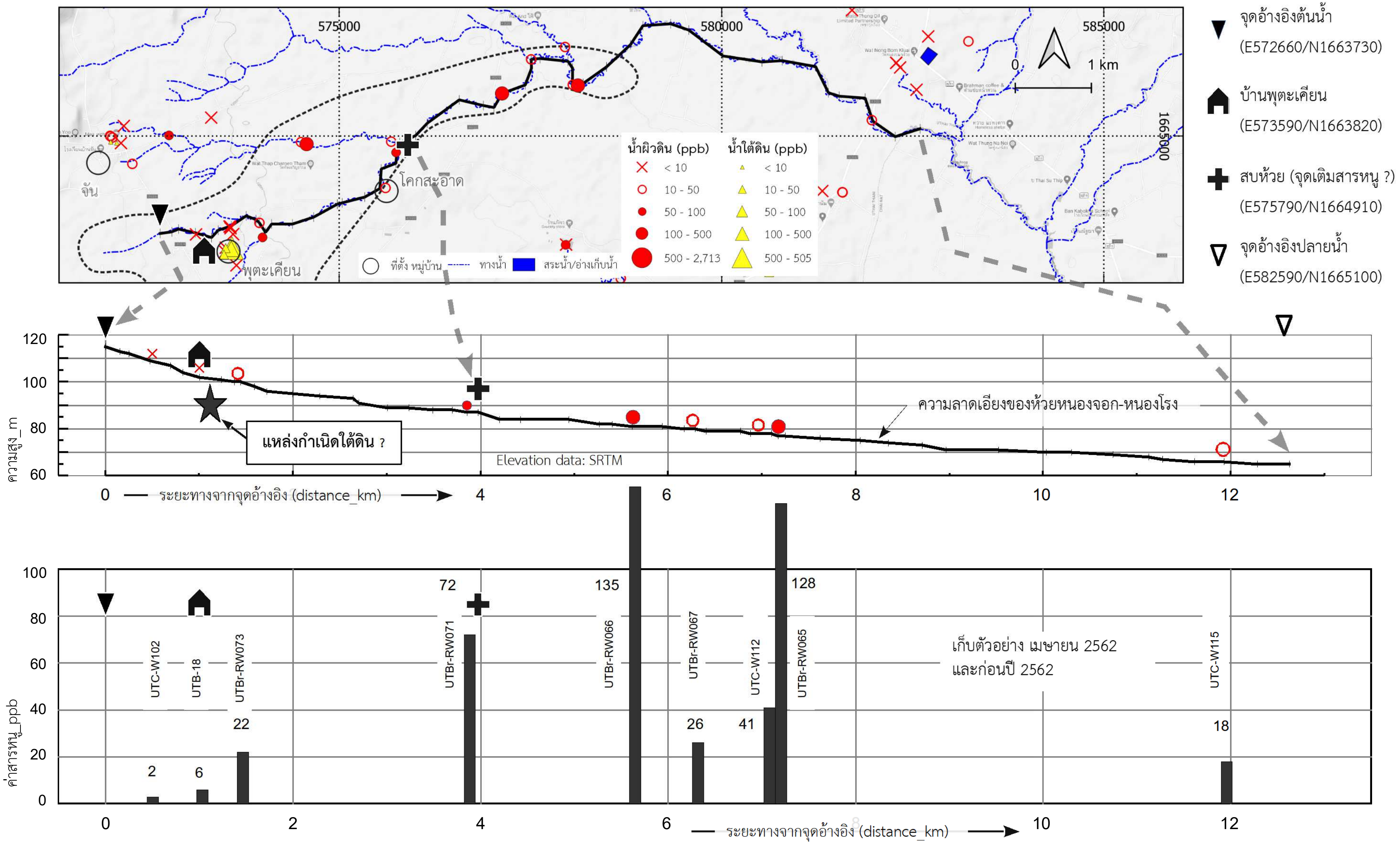
(2) วันที่ 24 ธันวาคม 2562

(3) วันที่ 21 กรกฎาคม 2563

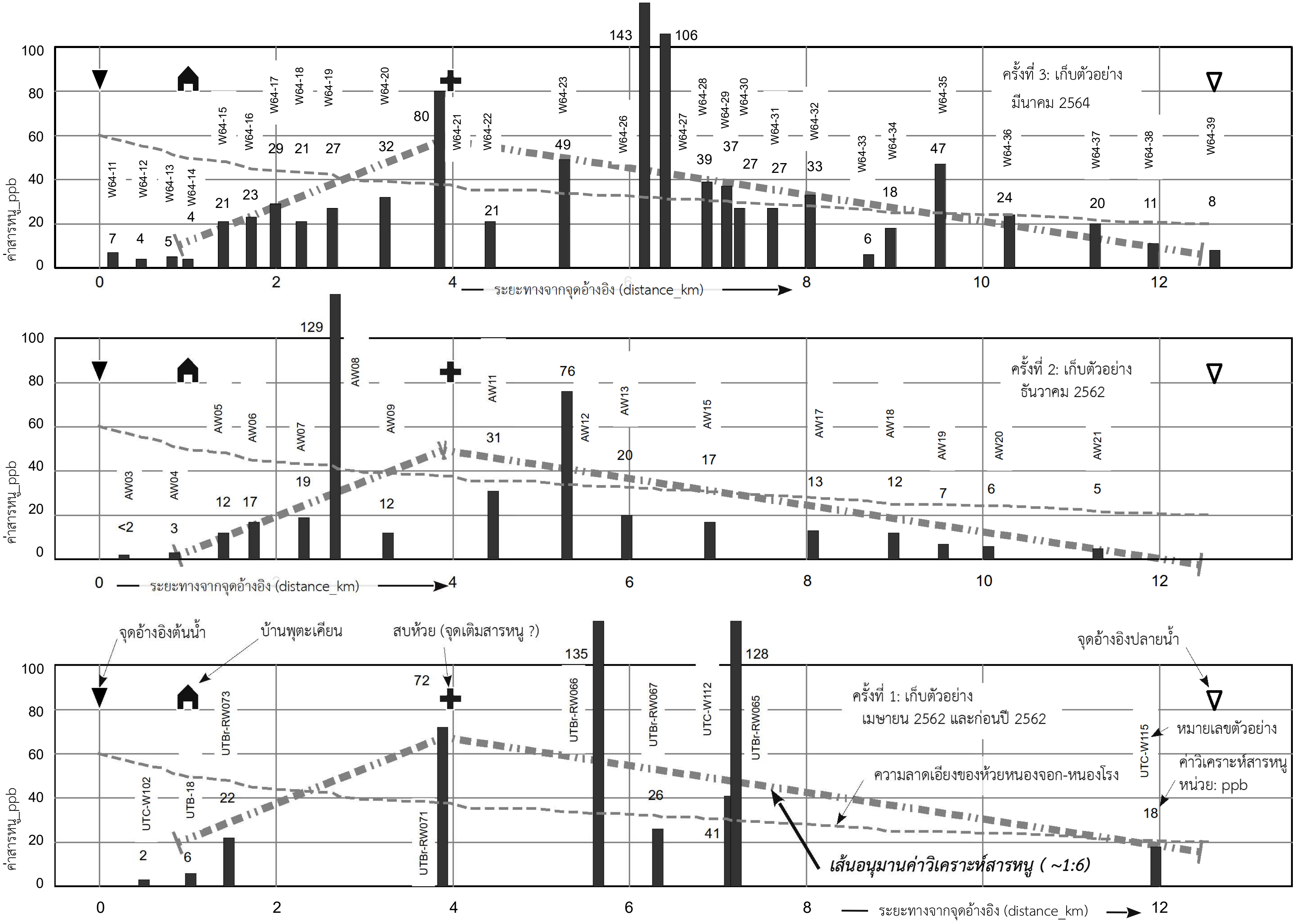
(4) วันที่ 18 มีนาคม 2564



รูปที่ 14. ผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำที่อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น ณ เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 15. ผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง จากบ้านพุตะเคียนเป็นระยะทางประมาณ 12.6 กิโลเมตร



รูปที่ 16. ภาพเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรงจากบ้านพุตะเคียน ณ เวลาต่าง ๆ

หรือกล่าวได้ว่าเป็นไปตามฤดูกาล รูปแบบการกระจายตัวลักษณะนี้บ่งชี้ว่า มีแหล่งกำเนิดสารหนูอยู่ใต้ดินบริเวณบ้านพุตะเคียนตามรูปที่ 12 และ 15

ดังนั้น จึงอนุมาณหรือประเมินค่าวิเคราะห์ที่ควรจะเป็นตามที่แสดงในรูปที่ 16 (ทั้งนี้ ค่าวิเคราะห์สารหนูอยู่ในช่วงประมาณ <10 - 200 ppb และสภาพธรณีวิทยาที่เป็นชั้นตะกอนดินทรายวางตัวอยู่บนหินปูนและหินชั้นแปรรูป ยุคออโดวิเชียนและยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน มีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (Caliche) ปะปนอยู่ในชั้นตะกอนดินทรายด้วย) สารหนูในน้ำมีค่าเริ่มสูงขึ้นจากแหล่งกำเนิดประมาณกิโลเมตรแรกจากจุดอ้างอิง และสูงสุดประมาณกิโลเมตรที่ 4 ตรงจุดนี้คาดว่ามีการเติมสารหนูจากลำห้วยที่อยู่ทางทิศเหนือ หลังจากนั้นก็ค่อย ๆ ลดลงจนเป็นค่าปกติตรงประมาณกิโลเมตรที่ 12 จากการอนุมาณค่าวิเคราะห์นี้พอจะกล่าวได้ว่า สารหนูมีค่าลดลงประมาณ 50 ppb เมื่อเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทาง 8 กิโลเมตร

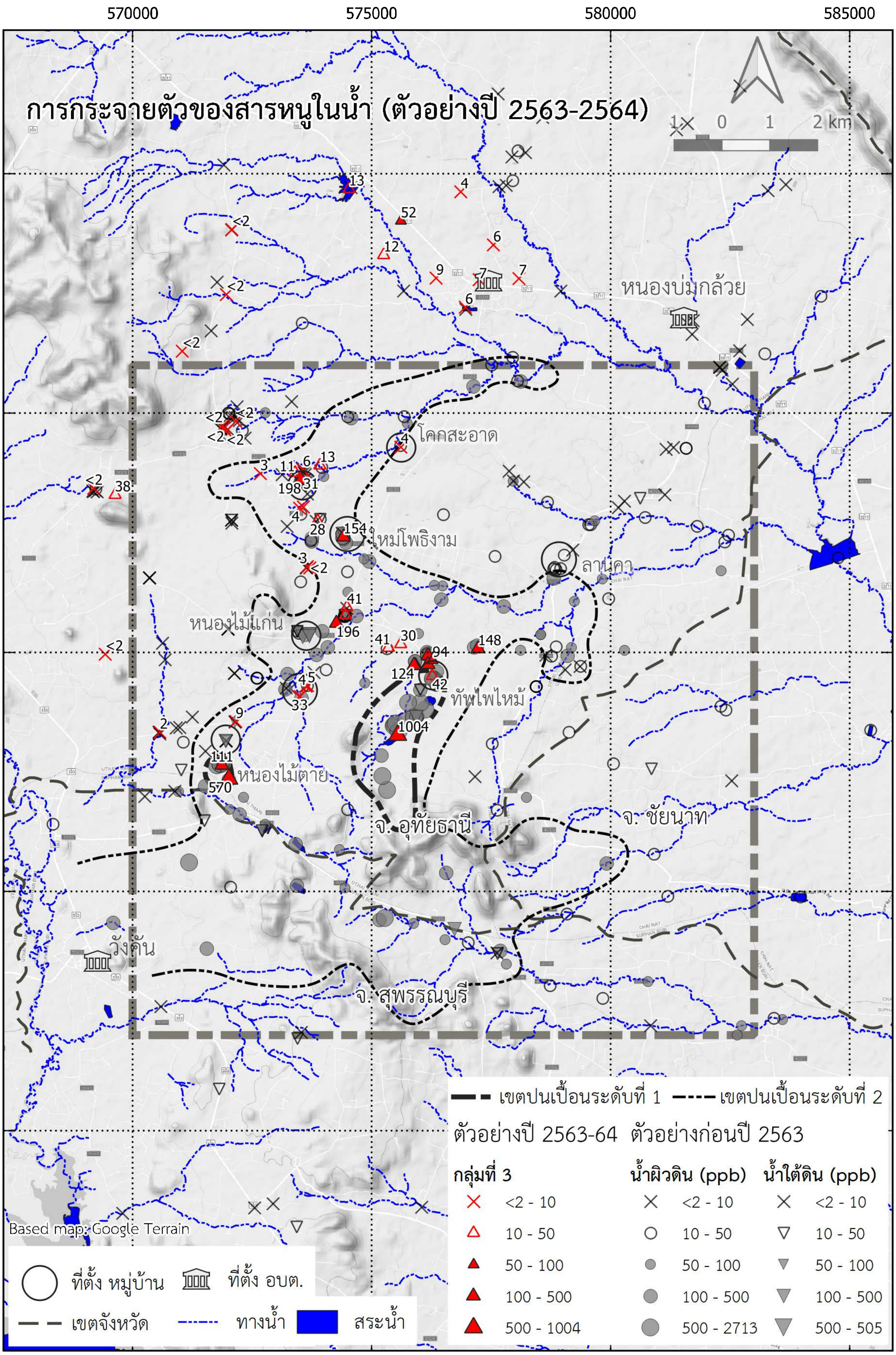
กลุ่มที่ 3 ตัวอย่างจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข

รูปที่ 17 แสดงการกระจายตัวของสารหนูในน้ำทั้งที่เก็บเพิ่มเติมและของเดิม พบว่าส่วนใหญ่สารหนูกระจายตัวคล้ายกับผลการสำรวจเดิม ค่าสูงสุดที่ 1,004 ppb พบที่บ่อน้ำด้านทิศใต้ของบ้านทัพไฟไหม้ รองลงมาที่ 570 ppb อยู่ติดกับวัดหนองไม้ตาย ทั้ง 2 แห่ง ยังคงอยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงระดับที่ 1 เหมือนเดิม มีผลวิเคราะห์ 1 จุด บริเวณด้านตะวันตกเฉียงเหนือของ อบต.หนองจอก ที่แตกต่างไปจากเดิม มีค่าวิเคราะห์ 52 ppb แต่ล้อมรอบด้วยค่าวิเคราะห์ที่ต่ำทั้งหมด อาจเป็นไปตามธรรมชาติจากปริมาณน้ำขณะเก็บตัวอย่าง เกิดจากความผิดพลาดของการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง หรืออาจมีแหล่งกำเนิดสารหนูอยู่ใกล้เคียงก็ได้ (แต่น่าจะมีปริมาณน้อย) และยังไม่มีผลต่อการกำหนดพื้นที่เสี่ยงเดิม

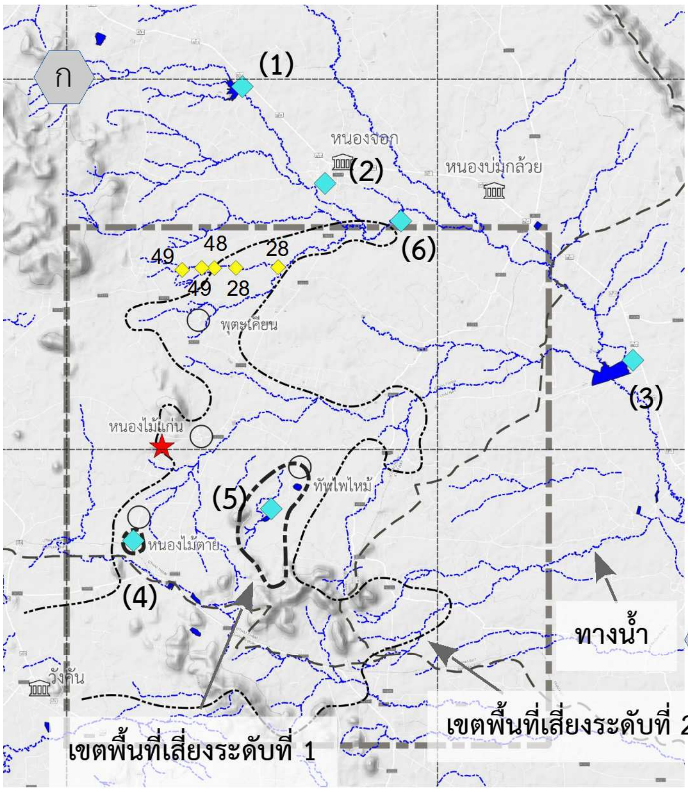
เจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีการเก็บตัวอย่างน้ำซ้ำหลายครั้งในแหล่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคหรือแหล่งน้ำสำคัญของหมู่บ้านด้วย เช่น ที่สระน้ำประปาของบ้านใหม่โพธิงาม มีค่าวิเคราะห์เดิม 108-184 ppb วิเคราะห์อีกครั้งเป็น 154 ppb, ที่สระน้ำประปาด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ รร. บ้านหนองจอก มีค่าวิเคราะห์เดิม 10 ppb วิเคราะห์อีกครั้งเป็น 6 ppb, ที่อ่างเก็บน้ำห้วยกะบกด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของ อบต.หนองจอก มีวิเคราะห์เดิม 5 ppb วิเคราะห์อีกครั้งเป็น 13 ppb, ที่แหล่งน้ำดิบสำหรับประปาหมู่บ้านที่บ้านพุตะเคียน ในห้วยพุตะเคียน-หนองจอก มีค่าวิเคราะห์เดิม <2-7 ppb วิเคราะห์อีกครั้งเป็น 6 ppb, ที่บริเวณบ้านจัน มีค่าวิเคราะห์เดิม <2-40 ppb วิเคราะห์อีกครั้งเป็น <2 ppb (4 ตัวอย่าง), แหล่งน้ำหลายแห่งบริเวณบ้านทัพไฟไหม้ มีค่าวิเคราะห์เดิม 36-297 ppb วิเคราะห์อีกครั้งเป็น 42-275 ppb (6 ตัวอย่าง) เป็นต้น จะเห็นว่าค่าวิเคราะห์ส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงจากเดิมไม่มากนัก

กลุ่มที่ 4 ตัวอย่างจากแหล่งน้ำและการเก็บเพิ่มเติม

แหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างมี 6 แห่ง (รูปที่ 18) คือ (1) อ่างเก็บน้ำห้วยกะบก (2) สระเก็บน้ำ อบต.หนองจอก (3) อ่างเก็บน้ำห้วยหนองโรง (4) สระน้ำวัดหนองไม้ตาย (5) บ่อเหมืองเก่าบ้านทัพไฟไหม้ และ (6) สระน้ำห้วยหนองจอก โดยแหล่งน้ำที่ (1) และ (2) เป็นน้ำสำหรับทำน้ำประปาของ อบต. หนองจอก อ่างเก็บน้ำหนองโรงเป็นแหล่งน้ำเอนกประสงค์ขนาดใหญ่ในพื้นที่นี้ ส่วนแหล่งน้ำที่ (4) และ (5) เป็นแหล่งน้ำที่พบว่ามีค่าสารหนูสูงไม่ควรนำมาใช้อุปโภคบริโภค ส่วนแหล่งน้ำที่ (6) ใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์กับการเก็บตัวอย่างในลำห้วยหนองจอก-หนองโรง



รูปที่ 17. การกระจายตัวของสารหนูในน้ำ ของกลุ่มที่ 3 และ ก่อนปี 2563



สัญญลักษณ์

- แหล่งน้ำ
  - (1) อ่างเก็บน้ำหนองกะบก
  - (2) สระน้ำ อบต. หนองจอก
  - (3) อ่างเก็บน้ำห้วยหนองโรง
  - (4) สระน้ำวัดหนองไม้ตาย
  - (5) บ่อเหมืองเก่าบ้านทัพไฟไหม้
  - (6) สระน้ำห้วยหนองจอก
- จุดเก็บตัวอย่างน้ำเพิ่มเติม พร้อมผลวิเคราะห์สารหนู
- อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น

ก จุดเก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำ จุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติม (มีค.64) และที่ตั้งอ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น

ข ภาพถ่าย Google Earth แสดงแหล่งน้ำทั้ง 6 แห่ง พร้อมผลวิเคราะห์ทั้งหมด โดยกากะบาดสีเหลืองเป็นผลวิเคราะห์สารหนูล่าสุด (มี.ค. 2564, หน่วยเป็น ppb)

รูปที่ 18. จุดเก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำ (กลุ่มที่ 4) พร้อมผลวิเคราะห์สารหนู

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าแหล่งน้ำที่ (1) (2) และ (3) มีค่าสารหนูอยู่ในระดับต่ำ (<10 ppb) ผลวิเคราะห์ล่าสุดอยู่ที่ 5 8 และ 8 ppb ตามลำดับ ในอดีตที่ผ่านมาอาจมีค่าวิเคราะห์มากกว่า 10 ppb บ้าง อาจเป็นเพราะเก็บตัวอย่างในขณะที่มีปริมาณน้ำน้อยหรือเกิดความผิดพลาดในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง แหล่งน้ำที่ (4) และ (5) มีค่าสารหนูในระดับที่สูงมาก (>100 ppb) ผลวิเคราะห์ล่าสุดอยู่ที่ 252 และ 432 ppb ตามลำดับ แต่ก็มีค่าต่ำกว่าผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมา บริเวณวัดหนองไม้ตายเคยมีค่าวิเคราะห์สูงสุดถึง 1,170 ppb ส่วนที่บ่อเหมืองแร่เก่าบ้านทัพไฟไหม้เคยมีค่าวิเคราะห์สูงสุดถึง 1,350 ppb ทั้งนี้ บริเวณใกล้เคียงที่เป็นบ่อเหมืองแร่เก่าหลายแห่งมีค่าวิเคราะห์สารหนูในน้ำสูงมาก ๆ (>1,000 ppb) ส่วนแหล่งน้ำที่ (6) มีค่าวิเคราะห์ที่ 19 ppb ซึ่งน้อยกว่าค่าวิเคราะห์ในลำห้วยตามธรรมชาติซึ่งอยู่ที่ 33 ppb ทำให้คาดคิดได้ว่า การขุดสระน้ำใกล้ ๆ กับทางน้ำหรือลำห้วยที่มีค่าวิเคราะห์สารหนูสูงและปล่อยให้น้ำกรองผ่านชั้นดินทรายตามธรรมชาติเป็นการช่วยลดระดับความเข้มข้นของสารหนูได้

ผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจำนวน 5 ตัวอย่างในลำห้วยทางทิศเหนือของบ้านพุตะเคียน พบว่ามีค่าสารหนู 49 49 48 28 และ 28 ppb (เรียงจากด้านตะวันตกไปตะวันออก หรือ หมายเลขตัวอย่าง W64-76, W64-75, W64-74, W64-73 และ W64-71 ตามลำดับ) ตามรูปที่ 18ก ค่าวิเคราะห์ดังกล่าว <100 ppb ดังนั้น จึงไม่มีผลกระทบกับเขตพื้นที่ความเสี่ยงระดับที่ 1 ตามที่กำหนดไว้แต่แรก เพียงแต่ค่าที่ได้แตกต่างจากผลวิเคราะห์เดิมที่ 35 และ 213 ppb ค่าวิเคราะห์เดิมที่สูงถึง 213 ppb อาจเป็นไปตามธรรมชาติจากปริมาณน้ำที่ไหลผ่านขณะที่เก็บตัวอย่าง หรือ ข้อผิดพลาดจากการเก็บหรือวิเคราะห์ตัวอย่างก็ได้

สรุปและข้อคิดเห็น

การศึกษาด้านธรณีเคมีนี้เป็นงานวิจัยเสริมสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการกระจายตัวของธาตุสารหนูตามธรรมชาติจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นงานต่อเนื่องจากที่เคยทำมาก่อน ซึ่งพบว่า การเก็บตัวอย่าง “น้ำ” ใช้บ่งชี้แหล่งกำเนิดได้ดีกว่าตัวอย่าง “ตะกอนธารน้ำ” เนื่องจากสารหนูละลายน้ำได้ และ “น้ำ” ยังเป็นปัจจัยของการดำรงชีวิตของประชากร ดังนั้น “น้ำ” จึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ผลการศึกษาเดิมได้อนุมานเขตพื้นที่เสี่ยงของการปนเปื้อนสารหนูไว้ 2 ระดับ ตามผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ สภาพภูมิประเทศและธรณีวิทยา คลุมเนื้อที่ประมาณ 65 ตารางกิโลเมตร หรือ 40,000 ไร่ และคาดว่ามีแหล่งกำเนิดสารหนู 4 แห่ง คือ (1) บริเวณเขาโคกตุงกุง (2) บริเวณวัดหนองไม้ตาย (3) ตะวันตกของบ้านหนองไม้แก่น และ (4) ตะวันตกของบ้านพุตะเคียน/ใหม่โพธิ์งาม โดยแหล่งเขาโคกตุงกุงเป็นบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ดีบุกในอดีต ส่วนแหล่งบ้านหนองไม้แก่น พบแร่อาร์ซิโนไพไรต์แทรกในสายแร่คอตซ์อยู่ในหินแกรนิตผุ บริเวณอ่างเก็บน้ำที่ก่อสร้างใหม่ และแหล่งบ้านพุตะเคียนซึ่งคาดว่ามีแหล่งสารหนูอยู่ใต้ดินโดยอนุมาณจากค่าวิเคราะห์สูงในน้ำใต้ดินแต่ต่ำในน้ำผิวดิน อีกทั้ง มีค่าสารหนูสูงในน้ำผิวดินบริเวณปลายน้ำ ตามลำห้วยพุตะเคียน-หนองจอก-หนองโรง อนึ่ง ผลการสำรวจศึกษานี้ คล้องจองกับผลการตรวจวัดปริมาณสารหนูในปัสสาวะของประชากรในหมู่บ้านในปี 2562 ที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานีด้วย โดยประชากรของบ้านทัพไฟไหม้และพุตะเคียนประมาณร้อยละ 17 มีค่าสารหนูเกินค่ามาตรฐานและมีอัตรา (หรือ ร้อยละ) สูงสุดในพื้นที่ศึกษาของ ต.หนองจอก อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี

การสำรวจศึกษาในครั้งนี้ เป็นงานต่อเนื่องในแหล่งที่ (3) บ้านหนองไม้แก่น และแหล่งที่ (4) บ้านพุตะเคียน โดยที่บ้านหนองไม้แก่นเป็นการตรวจสอบอัตราการละลายของสารหนูซึ่งพบบริเวณอ่างเก็บน้ำและเริ่มมีการเก็บกักน้ำ แม้ว่าไม่ทราบปริมาณของสารหนูที่อยู่ในหินใต้ดิน แต่ผลการติดตามเก็บตัวอย่างวิเคราะห์สารหนูจำนวน 4 ครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี 8 เดือน พบว่าค่าสารหนูในน้ำขึ้นและลดลงตามปริมาณของน้ำที่สะสมในอ่างเก็บน้ำ แต่พอจะอนุมาณในชั้นนี้ได้ว่า ค่าวิเคราะห์สารหนูเพิ่มขึ้นประมาณ 20-30 ppb ในระยะเวลาประมาณ 6 เดือน

ผลการรวบรวมข้อมูลและเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 3 ครั้ง รวม 62 ตัวอย่าง จากบ้านพุตะเคียนที่มีแหล่งสารหนูอยู่ใต้ดิน ไปตามลำห้วยพุตะเคียนซึ่งอยู่ทิศเหนือของหมู่บ้าน ห้วยหนองจอกและหนองโรง เป็นระยะทางประมาณ 12.6 กิโลเมตร พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวเหมือนกัน กล่าวคือ มีค่าต่ำ (<10 ppb) แล้วสูงขึ้นเมื่อไหลผ่านบ้านพุตะเคียนเป็นค่า 10-50 ppb ต่อมาค่าวิเคราะห์ก็สูงขึ้นมาก (>100 ppb) ที่ระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตรจากบ้านพุตะเคียน หลังจากนั้น ค่าวิเคราะห์ค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับจนถึงบริเวณปลายน้ำ ค่าวิเคราะห์ก็ลดลงมาต่ำอีกครั้งหนึ่ง รูปแบบนี้บ่งชี้ว่ามีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณบ้านพุตะเคียน และเมื่อพิจารณาค่าวิเคราะห์ในรายละเอียดแล้ว อนุมาณว่า สารหนูมีค่าลดลงประมาณ 50 ppb เมื่อเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทาง 8 กิโลเมตร

ผลการสำรวจวิจัยในครั้งนี้ น่าจะเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสภาพธรณีวิทยา ภูมิประเทศและอุทกธรณีวิทยาคล้ายคลึงกัน

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี (2562), โครงการศึกษาวิเคราะห์วิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี, รายงานวิชาการ ฉบับที่ กวท 2/2562. -กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 71 หน้า

พัชระ จริยาวัฒน์ (2539), แหล่งแร่ดีบุกภาคกลางของประเทศไทย, ใน การประชุมผลงานทางวิชาการ กองเศรษฐธรณีวิทยา ประจำปี 2539, กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 132-143.

ภาคผนวก

ก ข้อมูลพื้นฐานของธาตุสารหนู

ข ศัพท์วิชาการและหน่วยวัด

ค วิธีการเก็บ เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ง รายการตัวอย่างและผลวิเคราะห์

ภาคผนวก ก

ข้อมูลพื้นฐานของธาตุสารหนู

ข้อมูลพื้นฐานของธาตุสารหนู (Arsenic) ต่อไปนี้ ส่วนใหญ่นำมาจากรายงานวิชาการฉบับที่ กวท 2/2562 โครงการศึกษาวิเคราะห์วิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายของสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี และปรับปรุงข้อความและเพิ่มเติมข้อมูลใหม่บ้างเล็กน้อย แล้วนำมาประกอบเอกสารฉบับนี้เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงกับผลการสำรวจวิจัย ประกอบด้วย ข้อมูลเบื้องต้น สารหนูในแร่ ในหิน/ดิน/น้ำ ประโยชน์ พิษและค่ามาตรฐานในสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

ข้อมูลเบื้องต้น

สารหนูเป็นธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) มีสีเทามันวาวแบบโลหะ สัญลักษณ์ทางเคมี As เลขอะตอม 33 มวลอะตอม 74.92 ความหนาแน่น 5.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีสภาวะออกซิเดชั่นที่พบมากมี 3 ค่า คือ -3 (arsenides) +3 (arsenites) และ +5 (arsenate) สารหนูนับเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษ 1 ใน 5 ชนิดที่มีในสิ่งแวดล้อมและอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อประชาชนได้ โดยธาตุที่เหลืออีก 4 ชนิด คือ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท (Tchounwou and others, 2014)

สารประกอบของธาตุสารหนูที่มีอยู่ในธรรมชาติจะเป็นแร่ชนิดต่าง ๆ ที่เกิดหรือพบในหินแทบทุกชนิด โดยแร่ที่มีสารหนูมักมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบสำคัญ ดังนั้น เมื่อสัมผัสกับน้ำและ/หรืออากาศก็จะผุพังย่อยสลายได้ง่าย กลายเป็นสารประกอบเกลือหรือออกไซด์ของสารหนูซึ่งละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้น น้ำจะเป็นตัวกลางที่สำคัญนำพาสารหนูไปสะสมปะปนในสิ่งแวดล้อม ดินและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ หากเป็นน้ำผิวดินที่มีปริมาณออกซิเจนสูง สารหนูมักจะอยู่ในรูปของ Arsenates (As^{+5}) ส่วนน้ำใต้ดินที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ สารหนูจะอยู่ในรูปของ Arsenites (As^{+3}) อนึ่ง สารหนู As^{+3} มีพิษมากกว่า As^{+5} (ศิริลักษณ์ ไทยเจริญและวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์, 2551) ดังนั้น สารหนูในน้ำใต้ดินจึงมักมีผลกระทบกับคนมากกว่าน้ำผิวดิน

สารหนูที่พบในธรรมชาติข้างต้น จัดอยู่ในกลุ่มของสารหนูในสิ่งไม่มีชีวิตหรือสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic) ซึ่งเป็นพิษต่อมนุษย์มากกว่าสารหนูในสิ่งที่มีชีวิตหรือสารหนูอินทรีย์ (Organic arsenic) ซึ่งพบได้ในอาหารทั่วๆ ไป โดยเฉพาะในอาหารทะเล นอกจากนี้ ศิริลักษณ์ ไทยเจริญและวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์ (2551) ให้ข้อมูลว่า โรคพิษสารหนูจากสภาวะแวดล้อมส่วนใหญ่เกิดจากการดื่มน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อนสูงมากกว่าการรับประทานอาหาร

สารหนูในแร่

ในธรรมชาติสารหนูพบเป็นองค์ประกอบในแร่หลายชนิดและมักเป็นสารประกอบรวมกับธาตุกำมะถัน (Sulfur, S) และ/หรือโลหะ (เช่น เหล็ก นิกเกิล ทองแดง โคบอลต์ เป็นต้น) Smedley and Kinniburgh (2002) รายงานว่า แร่ที่มีสารหนูเป็นส่วนประกอบโดยตรงมีมากกว่า 200 ชนิด แต่ที่มีมากในเปลือกโลกคือ แร่อาร์ซิโนไพไรต์ (arsenopyrite, FeAsS) ส่วนแร่อื่นๆ พบน้อย เช่น Enargite (Cu_3AsS_4) Cobaltite

(CoAsS) Niccolite (NiAs) Orpiment (As_2S_3) Realgar (AsS) เป็นต้น โดยทั่วไปแร่ที่มีสารหนูเป็นส่วนประกอบตามที่กล่าวมักพบอยู่ร่วมกับแหล่งแร่โลหะเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ เช่น ทองคำ ทองแดง นิกเกิล โคบอลต์ เป็นต้น รวมถึงแหล่งที่มีความร้อนจากใต้ผืนดิน เช่น น้ำพุร้อน ภูเขาไฟ เป็นต้น สำหรับแร่อาร์ซิโนไพไรต์ พบได้ในหินเกือบทุกชนิดแต่มีปริมาณน้อย

นอกจากสารหนูที่พบเป็นองค์ประกอบในแร่ชนิดต่างๆ ดังกล่าวแล้ว Smedley and Kinniburgh (2002) รายงานว่า มีธาตุสารหนูในปริมาณเล็กน้อย (Trace element) ในแร่ชนิดต่างๆ ด้วย เช่น ในแร่ไพไรต์ (Pyrite, FeS_2) ประมาณ 100-77,000 ppm ในแร่ฮีมาไทต์ (Hematite, Fe_2O_3) ประมาณ 0-160 ppm ในแร่ควอตซ์ (Quartz, SiO_2) ประมาณ 0.4-1.3 ppm ในแร่แคลไซต์ (Calcite, $CaCO_3$) ประมาณ 1-8 ppm เป็นต้น ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า สารหนูมีในแร่เกือบทุกชนิดเพียงแต่มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันเท่านั้น

สารหนูในหิน/ดิน/น้ำ

สารหนูพบอยู่ทั่วไปในเปลือกโลกมีปริมาณมากเป็นลำดับที่ 55 (จากทั้งหมด 78 ธาตุ) เฉลี่ย 1.5-2 ppm (Wikipedia, 2020) Smedley and Kinniburgh (2002) รายงานว่า หินอัคนี (Igneous rocks) มีประมาณ 1.5-6 ppm หินแปร (Metamorphic rocks) 5 ppm .หินชั้น (Sedimentary rocks) 5-10 ppm อย่างไรก็ตาม สารหนูจะพบมากในหินชั้นที่มีเนื้อละเอียดมากกว่า (เช่น หินดินดาน หินโคลน) ที่ 13 ppm แต่หากเป็นหินที่มีสารกำมะถัน เหล็กหรือสารอินทรีย์สูงก็จะพบปริมาณสารหนูเพิ่มมากขึ้นด้วยเป็นหลายร้อย ppm ในตะกอนดินทราย (Unconsolidated sediment) มีสารหนูประมาณ 3-10 ppm หากมีตะกอนเนื้อละเอียดมากค่าสารหนูก็จะมากขึ้นด้วย ค่าสารหนูปกติในดิน (Soil) ประมาณ 5-10 ppm แต่หากตรวจวิเคราะห์ดินในบริเวณที่เป็นกรดหรือสารอินทรีย์สูง จะพบปริมาณสารหนูมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม หากมีการตรวจวิเคราะห์ดินในบริเวณที่มีการปนเปื้อนสารหนูจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ก็จะพบค่าสารหนูมากกว่าค่าต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว เช่น ดินหรือตะกอนดินทรายในบริเวณที่เกี่ยวข้องกับโรงงานอุตสาหกรรมที่สารหนูปะปนในวัตถุดิบ/กระบวนการผลิตหรือการทำเหมืองแร่โลหะ ก็อาจจะมีค่าสารหนูในระดับ 1,000 หรือ 10,000 ppm ได้

สารหนูที่พบในน้ำมาจากแหล่งต้นกำเนิดที่เป็นหินหรือดินตามธรรมชาติ จะมีค่าแตกต่างกันมากน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่เป็นต้นกำเนิดและสภาพแวดล้อมทางธรณีเคมี ในน้ำใต้ดินจะมีค่าสารหนูที่แตกต่างกันมากและอาจมีค่าสูงมากได้ ในน้ำฝนมีค่าปกติของสารหนูที่ประมาณ <0.03 ppb ส่วนน้ำในแม่น้ำลำคลองหรืออ่างเก็บน้ำ ค่าปกติจะอยู่ที่ 0.1-0.8 ppb แต่หากมีแหล่งน้ำพุร้อนอยู่ใกล้ ๆ อาจมีค่ามากกว่านี้หลายสิบเท่า หรือแหล่งน้ำนั้นได้รับผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ ก็จะทำให้มีค่าสูงมากตามไปด้วย น้ำทะเลหรือน้ำกร่อยจะมีค่าสูงกว่าในน้ำจืดอยู่ที่ 1.5 ppb แต่หากมีสภาพแวดล้อมทางธรณีเคมีที่เหมาะสมอาจมีสารหนูในระดับ 4 ppb ได้ ในน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลจะพบค่าสารหนูในอยู่ที่ <10 ppb แต่หากมีสภาพแวดล้อมทางธรณีเคมีที่เหมาะสมอาจมีสารหนูมากกว่าน้ำหลายร้อยเท่าได้ (Smedley and Kinniburgh, 2002)

หลายประเทศทั่วโลกพบว่ามีปริมาณสารหนูในน้ำบาดาลสูงกว่าปกติ, As >50 ppb, (Smedley and Kinniburgh, 2002) เช่น อาร์เจนติน่า บังคลาเทศ ชิลี อินเดีย แมกซิโก จีน เวียดนาม สหรัฐอเมริกา เป็นต้น โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นที่ราบลุ่มของแม่น้ำขนาดใหญ่ เนื่องจากมีการสะสมเป็นระยะเวลานานมาก แต่หน่วยงานนานาชาติหลายแห่งให้ความสนใจประเทศบังคลาเทศ เนื่องจากประชาชนจำเป็นต้อง

บริโภคน้ำใต้ดินที่มีสารหนูสูง และพื้นที่ราบลุ่มทางตอนใต้ของประเทศเนื้อที่เกือบ 1 ใน 4 ของประเทศ มีค่าสารหนูในน้ำใต้ดิน >50 ppb มีประชาชนได้รับผลกระทบมากกว่า 19 ล้านคน (WHO, 2019)

กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ตะกอนธารน้ำและดิน ในจังหวัดต่างๆ ภายใต้โครงการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติเพื่อประเมินสภาพการกระจายตัวของสารพิษในธรรมชาติตั้งแต่ปี 2550 - 2558 (ตารางที่ 1) โดยเฉลี่ยแล้วพบว่ามีสารหนูในน้ำผิวดิน 5 ppb ตะกอนธารน้ำ 12 ppm และดิน 13 ppm นอกจากนี้ กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ได้รายงานค่าเฉลี่ยของสารหนูที่ 6.8 ppm ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ดินในพื้นที่เกษตรกรรมจำนวน 3,186 ตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของกรมพัฒนาที่ดินอยู่ในช่วงเดียวกับที่ปรากฏใน Smedley and Kinniburgh (2002) แต่ของกรมทรัพยากรธรณีมีค่าเฉลี่ยในตัวอย่างชนิดต่าง ๆ สูงกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเป็นผลจากสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยหินหลากหลายชนิด ทั้งหินอัคนีแทรกซอน หินภูเขาไฟ หินชั้นและหินแปร รวมทั้งมีแหล่งแร่และแหล่งน้ำพุร้อนหลายแห่งในแต่ละพื้นที่ด้วย ทำให้มีค่าสารหนูมากกว่า

ประโยชน์ของสารหนู

ความเป็นพิษของสารหนูต่อแมลงและเชื้อราต่าง ๆ ทำให้มีการนำสารหนูไปทำเป็นส่วนประกอบของน้ำยาทาไม้เพื่อรักษาสภาพให้คงทนถาวรซึ่งทำให้มีสัดส่วนการใช้สารหนูในอัตราที่สูง รวมถึงการผสมในยาฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ ในการเกษตรกรรมหรือเป็นส่วนประกอบในสารเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงด้วย นอกจากนี้ สารหนูยังถูกใช้ทางการแพทย์เพื่อรักษาโรคมะเร็งและใช้ทางการทหารเป็นก๊าซพิษด้วย แต่ปัจจุบันมีการคิดค้นและนำสารชนิดอื่น ๆ เข้ามาทดแทนได้เป็นส่วนใหญ่ทำให้อัตราการใช้สารหนูข้างต้นลดลงมาก (USGS, 2020)

คุณสมบัติพิเศษของสารหนูทำให้มีการนำไปใช้เป็นโลหะผสม (Alloy) ชนิดต่าง ๆ เช่น ผสมกับสารตะกั่วเพื่อทำแบตเตอรี่ให้มีคุณภาพดีขึ้น เป็นต้น และที่น่าสนใจคือนำไปทำเป็นโลหะผสมกับสารแกลเลี่ยม (Gallium, Ga) เรียกว่า GaAs ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ทำให้แผงวงจรนั้นมีคุณภาพดีขึ้นโดยเฉพาะที่ใช้ในโทรศัพท์มือถือปัจจุบัน แต่ก็มีการคิดค้นสารทดแทนกันมากทำให้มีอัตราการใช้สารหนูลดลง (USGS, 2020)

สำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey) คาดการณ์ว่า ในโลกมีการผลิตสารหนูทั้งหมดประมาณ 35,000 ตัน ในปี 2018 โดยประเทศจีนผลิตมากที่สุดประมาณ 24,000 ตัน รองลงมาคือ ประเทศโมรอกโคประมาณ 6,000 ตัน ซึ่งรวมแล้วมากกว่าร้อยละ 85 ของทั้งหมด นอกนั้นเป็น ประเทศ นามิเบีย รัสเซีย เบลเยี่ยม อิหร่าน เป็นต้น (USGS, 2020)

พิษของสารหนู

สารหนูเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ การหายใจ การดูดซึมที่ผิวหนังและการกินน้ำหรืออาหารที่ปนเปื้อน (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2562) โดยใน 2 ทางแรกมักเกิดในสถานที่ทำงาน ส่วนแบบหลังเกิดในสภาพแวดล้อมของการใช้ชีวิตปกติในบริเวณที่มีสารหนูปนเปื้อน ทั้งนี้ โรคพิษของสารหนูแบบนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการดื่มน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อนสูง สารหนูจะถูกดูดซึมผ่านทางเดินอาหาร แล้วเข้าไปในกระแสเลือดแล้วจับกับโปรตีนบนเม็ดเลือดแดงและไหลไปตามอวัยวะต่าง ๆ หลังจากนั้น ตับจะกรองเอาสารหนู

ตารางที่ 1 ปริมาณของสารหนูในตัวอย่างน้ำผิวดิน ตะกอนธารน้ำและดิน ในจังหวัดต่างๆ

จังหวัด	น้ำผิวดิน (ppb)		ตะกอนธารน้ำ (ppm)		ดิน (ppm)	
	จำนวน ตย.	ค่าเฉลี่ย	จำนวน ตย.	ค่าเฉลี่ย	จำนวน ตย.	ค่าเฉลี่ย
เชียงใหม่	752	2.76	782	7.98	146	9
เชียงราย	697	2.76	697	9.01	367	13
ลำปาง	542	4.6	619	17.73	103	14.7
ลำพูน	306	4.32	391	24.13		
เพชรบูรณ์	579	2	631	3.16		
พิษณุโลก	636	5.75	680	9.92		
ราชบุรี	426	13.5	503	19.2	410	14.7
สุพรรณบุรี	428	5.18	439	15.62		
อุทัยธานี	362	7.59	396	11.97		
รวม/เฉลี่ย	4,728	4.94	5,138	12.25	1,026	13.28

หมายเหตุ: ข้อมูลต่าง ๆ ในตารางนี้นำมาหรือประมวลผลเพิ่มเติมจากรายงานของโครงการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติในจังหวัดต่างๆ ของกรมทรัพยากรธรณี ดังนี้

กรมทรัพยากรธรณี (2550), พื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดราชบุรี/ โดย โครงการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี. – กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 194 หน้า

______ (2551), พื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดเชียงราย/ โดย โครงการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 312 หน้า

______ (2552), พื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดเชียงใหม่/ โดย โครงการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 270 หน้า

______ (2553), โครงการกำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดลำปาง/ โดยสำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 124 หน้า

______ (2553), โครงการกำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดลำพูน/ โดยสำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 112 หน้า

______ (2555), โครงการกำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดอุทัยธานี/ โดยสำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 202 หน้า

______ (2556), โครงการสำรวจพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี/ โดยสำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 174 หน้า

______ (2557), โครงการสำรวจพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดพิษณุโลก/ โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 223 หน้า

______ (2558), โครงการสำรวจพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติ จังหวัดเพชรบูรณ์/ โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.–กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 208 หน้า

ออกจากเลือดแล้วขับออกทางปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ และออกทางอุจจาระเป็นส่วนน้อย ประมาณร้อยละ 45-75 ของสารหนูที่ร่างกายได้รับจะถูกขับออกมาภายใน 2-7 วัน ซึ่งแสดงว่าสารหนูบางส่วนยังคงหลงเหลือในร่างกาย สารหนูที่สะสมในร่างกายนี้มักอยู่ในเนื้อเยื่อที่มี Keratin เป็นส่วนประกอบ เช่น ผิวหนัง ผม เล็บ ดังนั้นการได้รับสารหนูจึงทำให้เกิดรอยโรคที่ผิวหนังและมีผลให้เกิดมะเร็งผิวหนังและมะเร็งอวัยวะภายใน (ศิริลักษณ์ ไทยเจริญและวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์, 2551) ผู้ป่วยประเภทนี้ มักมีอาการเรื้อรัง ผิวหนังหนา ผิวหนังเปลี่ยนสีมีสีเข้มขึ้นและอ่อนลงเป็นจุดทั่วร่างกาย มีลักษณะเหมือนจุดจากฝนตก (Raindrop appearance) ในระบบโลหิตอาจพบภาวะเลือดจาง ความดันโลหิตสูง ส่วนในระบบประสาท มีอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ชาตามปลายมือปลายเท้า (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2562)

ศิริลักษณ์ ไทยเจริญและวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์ (2551) ได้ศึกษาผลกระทบของสารหนูต่อสภาวะสุขภาพของประชาชนทุกคนจำนวน 6,167 คน ใน 3 หมู่บ้าน ที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ประชาชนมีประวัติใช้น้ำบ่อ (หรือบ่อน้ำตื้น) ในการดื่มและปรุงอาหารจำนวน 2,344 ราย มีอาการแสดงทางผิวหนังจากการได้รับสารหนูจำนวน 551 ราย (ร้อยละ 24) พบผู้ป่วยเป็นมะเร็งผิวหนังทั้งหมด 44 ราย (ร้อยละ 8) และมีผู้เสียชีวิตจากมะเร็งผิวหนังลุกลามไปยังอวัยวะภายใน 3 ราย (ร้อยละ 0.13) อย่างไรก็ตาม พื้นที่ศึกษานี้เป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนสารหนูสูงมากแห่งหนึ่ง จากการทำเหมืองแร่ดีบุกที่มีแร่อาร์ซิโนไพไรต์ปะปนมานานมากกว่า 100 ปี มีผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำผิวดินค่อนข้างสูง ตั้งแต่ <10–1,005 ppb เฉลี่ย 200 ppb (อนงค์ ไพจิตรประภาภรณ์, 2540)

ค่ามาตรฐานของสารหนูในสิ่งแวดล้อม

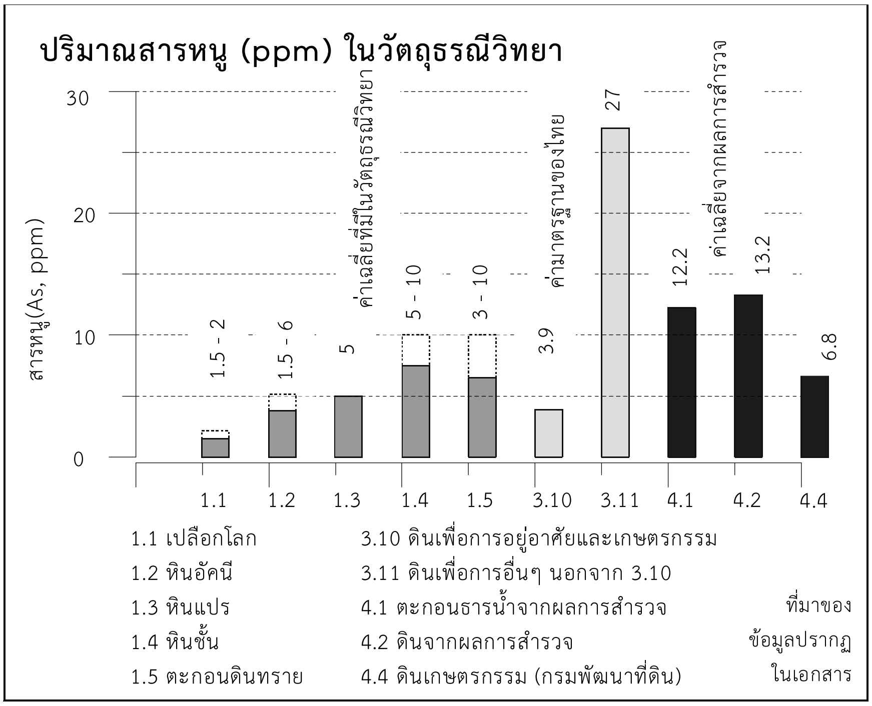
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้เผยแพร่ข้อมูลค่ามาตรฐานของปริมาณสารหนูในดินและน้ำ (ตารางที่ 2) และมีค่ามาตรฐานของสารหนูในน้ำบริโภคที่ 50 ppb ซึ่งแตกต่างจากองค์การอนามัยโลก (WHO, 2019) ซึ่งได้กำหนดค่าที่ควรจะเป็นหรือค่าแนะนำ (Guideline value) ที่ 10 ppb ในน้ำดื่ม แต่ WHO ก็ชี้แจงเพิ่มเติมว่า มีประชากรหลายล้านคนที่บริโภคน้ำซึ่งมีค่าสูงมากกว่า 50 ppb เนื่องจากความจำเป็นและสภาพแวดล้อมในประเทศนั้น ๆ ดังนั้นประเทศต่าง ๆ ควรกำหนดค่ามาตรฐานของตนเองให้เหมาะสมตามความเป็นจริงเพื่อลดความเสี่ยงจากพิษของสาหนู

รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารหนูในวัตถุทางธรณีวิทยาต่างๆ รวมทั้งค่ามาตรฐานของไทยและผลการสำรวจวิเคราะห์ปริมาณสารหนูที่มีในธรรมชาติของกรมทรัพยากรธรณี (ตารางที่ 1) จะเห็นว่าสารหนูในดิน/หิน มีมากกว่าในน้ำหลายร้อยเท่า (จากหน่วยวัดที่เป็น ppb ในน้ำกับ ppm ในดิน/หิน) ดังนั้น ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารหนูในธรรมชาติจึงควรระมัดระวังการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่อาจมีการปนเปื้อนของดินซึ่งแขวนลอยในน้ำ ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง จากรูปยังแสดงให้เห็นอีกว่า ค่ามาตรฐานของสารหนูในดินของไทย (หมายถึง ค่าสูงสุดที่ให้มีได้หรือ maximum permissible limit) เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (3.9 ppm) และเพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (27 ppm) อาจจะเป็นค่าที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่มีในดิน/หินอยู่แล้ว (1.5-10 ppm) และใกล้เคียงกับค่าที่พบตามปกติในธรรมชาติ ซึ่งค่าที่ควรเป็นน่าจะประมาณ 5 เท่าของค่าปกติหรือประมาณ >50 ppm ในดินเพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และประมาณ 10 เท่าหรือประมาณ >100 ppm ในดินเพื่อการอื่น ๆ ส่วนค่า

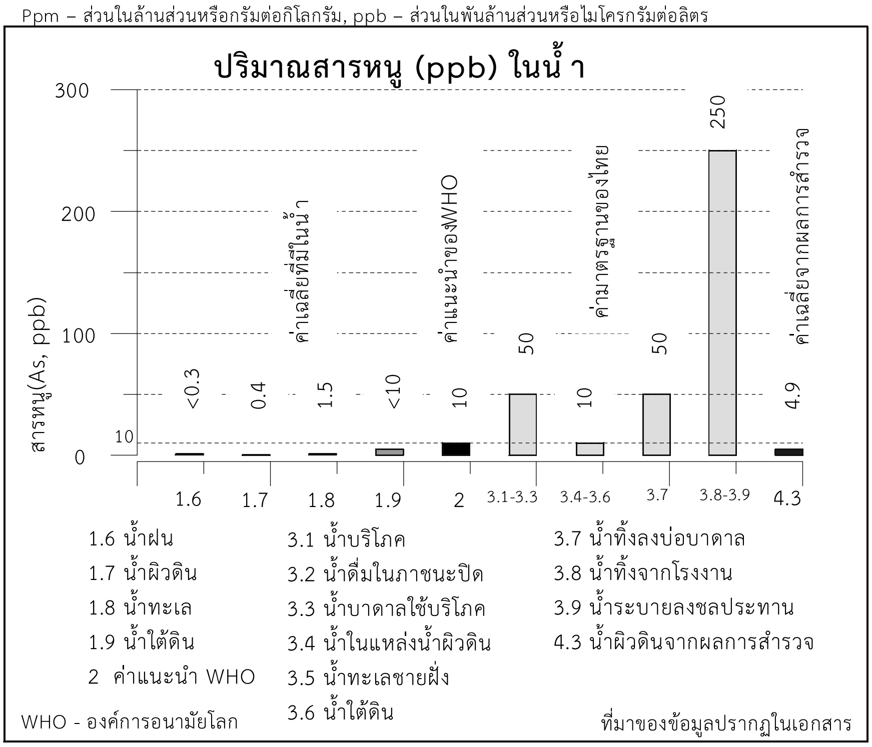
ตารางที่ 2 ปริมาณของสารหนูปกติในธรรมชาติและค่ามาตรฐานต่างๆ

ประเภท	ปริมาณของสารหนู (As)		อ้างอิง
	ppm	ppb	
1. ปริมาณสารหนูในธรรมชาติ			
1.1 ในเปลือกโลก	1.5-2		Smedley and Kinniburgh (2002)
1.2 หินอัคนี	1.5-6		
1.3 หินแปร	5		
1.4 หินชั้น	5-10		
1.5 ตะกอนดินทราย	3-10		
1.6 น้ำฝน		<0.03	
1.7 น้ำผิวดิน		0.1-0.8	
1.8 น้ำทะเล		1.5	
1.9 น้ำใต้ดิน		<10	
2. ค่าแนะนำในน้ำดื่มของ WHO (guideline value for drinking water)		10	WHO (2019)
3. ค่ามาตรฐาน*ของประเทศไทย			
3.1 น้ำบริโภค	0.05	50	กรมควบคุมมลพิษ (2562ก)
3.2 น้ำดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท	0.05	50	
3.3 น้ำบาดาลที่ใช้บริโภค	0.05	50	
3.4 น้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	0.01	10	
3.5 น้ำทะเลชายฝั่ง		10	
3.6 น้ำใต้ดิน	0.01	10	
3.7 น้ำทิ้งลงบ่อบาดาล	0.05	50	
3.8 น้ำทิ้งจากโรงงาน	0.25	250	
3.9 น้ำที่ระบายลงน้ำชลประทาน	0.25	250	
3.10 ดินเพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม	3.9		กรมควบคุมมลพิษ (2562ข)
3.11 ดินเพื่อการอื่น นอกเหนือจาก 3.10	27		

* ค่ามาตรฐาน หมายถึง ค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ หรือ maximum permissible limit



Ppm – ส่วนในล้านส่วนหรือกรัมต่อกิโลกรัม, ppb – ส่วนในพันล้านส่วนหรือไมโครกรัมต่อลิตร



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบค่าสารหนูในวัตถุธรณีวิทยา/ในน้ำ และค่ามาตรฐาน (Maximum permissible limit)

มาตรฐานของสารหนูที่อนุญาตให้มีได้ในน้ำดื่มควรกำหนดตาม WHO ที่ 10 ppb ส่วนน้ำประเภทอื่นๆ อาจจะกำหนดที่ 50 ppb ได้ หรือประมาณ 10 เท่าของค่าเฉลี่ยที่มีในน้ำผิวดินตามปกติในธรรมชาติ (5 ppb)

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี (2562), โครงการศึกษาวิเคราะห์วิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายของสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี, รายงานวิชาการ ฉบับที่ กวท 2/2562, โดย กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี. – กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 71 หน้า

กรมควบคุมมลพิษ (2562ก), มาตรฐานคุณภาพน้ำ, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water.html เมื่อวันที่ 8 พ.ค. 2562

________ (2562ข), มาตรฐานคุณภาพดิน, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil.html เมื่อวันที่ 8 พ.ค. 2562

กรมพัฒนาที่ดิน (2558), สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย/ โดย กรมพัฒนาที่ดิน. – กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 304 หน้า

ศิริลักษณ์ ไทยเจริญและวิไลวรรณ พุทธพฤกษ์ (2551), ผลกระทบของสารหนูต่อสภาวะสุขภาพ: ลักษณะทางคลินิกและระบาดวิทยา ในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช, วารสารควบคุมโรค ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย.2551, หน้า 99-108.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม (2562), 1.8 โรคจากสารหนู, กรมควบคุมโรค, กระทรวงสาธารณสุข, สืบค้นจาก http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/64 เมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2562.

อนงค์ ไพจิตรประภาภรณ์ (2540), การศึกษาติดตามปัญหาและการแก้ไขการแพร่กระจายของสารหนู อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช, กองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี, 91 หน้า.

Smedley P.L. and Kinniburgh D.G. (2002), A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural water, Applied Geochemistry 17 (2002), page 517-568.

Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J., (2014), Heavy Metals Toxicity and the Environment, access at https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4144270/ on Jan. 17, 2021.

WHO (2019), Arsenic Fact Sheet, accessed at https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic, on June 12, 2019.

Wikipedia (2021), Abundance of elements in Earth's crust, accessed at https://en.wikipedia.org/wiki/Abundance_of_elements_in_Earth%27s_crust , on Jan 17, 2021.

USGS (2021), Arsenic, Mineral Commodity Summaries 2020, accessed https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020 /mcs2020-arsenic.pdf, on Jan 17, 2021

ภาคผนวก ข

ศัพท์วิชาการและหน่วยวัด

คำอธิบายศัพท์

คำศัพท์วิทยาศาสตร์ต่อไปนี้ คัดลอกมาจาก รายงานวิชาการฉบับที่ 2/2562 เรื่อง โครงการศึกษาวิเคราะห์วิจัยข้อมูลด้านธรณีวิทยากับการแพร่กระจายของสารหนูในพื้นที่ต้นแบบ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี จัดพิมพ์โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี ดังนี้

การทำเหมือง (Mining) หมายถึง การกระทำด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ แร่ ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ โดยภาพรวมของการดำเนินงานนั้นจะต้องคุ้มค่ากับการลงทุนและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนน้อยที่สุด

การปนเปื้อน (Contamination) หมายถึง สารพิษที่กระจายตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยปริมาณที่พบเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ การปนเปื้อนอาจเกิดตามธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ก็ได้ และบริเวณที่มีการปนเปื้อนสารพิษมีความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบต่อประชากรในบริเวณนั้น

การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) หมายถึง การประเมินว่าจะมีผลกระทบต่อสุขภาพประชากรหรือไม่ ในการประเมินความเสี่ยงจากสารพิษตามธรรมชาติ มักใช้วิธีทางสถิติโดยเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่างหรือกับค่ามาตรฐาน

การแพร่กระจาย (Dispersion) หมายถึงการแพร่กระจายของธาตุหรือสารประกอบ (เช่น ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียม ทองแดงสารหนู) ในสิ่งแวดล้อม ทั้งในรูปสารละลาย ฝุ่นในอากาศ หรือของแข็ง/ตะกอนในน้ำ โดยกระบวนการผุพัง (weathering) และแตกสลาย (erosion) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการตามธรรมชาติ จากแหล่งต้นกำเนิด แล้วถูกนำพาไปโดยตัวกลางต่าง ๆ ในธรรมชาติ เช่น น้ำ ลม ตะกอน เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่การแพร่กระจายมักจะอยู่ในพื้นที่จำกัด ไม่ไกลจากแหล่งต้นกำเนิดมากนัก ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของธาตุหรือสารประกอบนั้น เช่น การละลายน้ำ ความถ่วงจำเพาะ ขนาดรูปร่าง ความคงทน เป็นต้น

การสำรวจธรณีเคมี (Geochemical exploration or prospecting) หมายถึง การนำความรู้ด้านธรณีเคมีมาช่วยเสาะหาแหล่งของธาตุหรือสารประกอบที่ต้องการ โดยการเก็บตัวอย่างทางธรณีวิทยาที่มีในธรรมชาติ เช่น หิน ดิน น้ำ อากาศ พืช ตะกอนธารน้ำ/สระน้ำ เป็นต้น ตามจุดต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาธาตุหรือสารประกอบที่ต้องการหรือที่เกี่ยวข้องกัน แล้วนำมาประเมินหาบริเวณที่มีแหล่งของธาตุหรือสารประกอบนั้น ๆ มักใช้ในการสำรวจหาแหล่งแร่เศรษฐกิจต่าง ๆ แหล่งน้ำมัน หรือหาบริเวณที่มีสารพิษในสิ่งแวดล้อมและอาจมีผลกระทบต่อคน/สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบริเวณนั้น ๆ อีกทั้ง ควรเป็นกระบวนการที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้เวลาน้อยและได้ผลตามที่ต้องการ

การสำรวจแร่ (Mineral prospecting) หมายถึง การกระทำด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อค้นหาบริเวณหรือจุดที่ปรากฏ แร่ ซึ่งหมายถึงแร่ที่มีความสนใจเชิงวิชาการหรือเชิงเศรษฐกิจ อาจดำเนินการโดยใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ หรือการตรวจดูด้วยตาก็ได้ ควรดำเนินการอย่างมีขั้นตอนตามหลักวิชาการเพื่อให้เกิดความมั่นใจของผลการสำรวจ

ความเสี่ยง (Risk) หมายถึง ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำที่มีโอกาสจะได้รับทุกข์หรืออันตราย ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ แต่มักมองว่าผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากความเสี่ยงนี้เป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์

ค่าขีดแบ่ง (Threshold) หมายถึง ค่าที่ใช้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ ทั้งนี้ มักได้จากการคำนวณทางสถิติหรือการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

ค่ามาตรฐาน หมายถึง ขีดจำกัดที่ใช้ในการกำหนดปริมาณของสารพิษที่ปรากฏในสิ่งแวดล้อม หากบริเวณใดมีค่าสารพิษนั้นมากกว่าค่ามาตรฐานจะสันนิษฐานว่า บริเวณนั้นอาจมีผลกระทบต่อประชากรที่อาศัยอยู่ ค่ามาตรฐานมักเป็นการพิจารณาผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และมักกำหนดโดยองค์กรตามกฎหมายหรือหน่วยงานที่น่าเชื่อถือได้ หรืออาจเรียกว่า ค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ (Maximum permissible limit)

จุดพบแร่ (Mineral occurrence) หมายถึง จุดหรือตำแหน่งที่พบแร่สะสมตัวอยู่และมีความน่าสนใจในเชิงวิชาการ ส่วนมากจะหมายถึงแร่เศรษฐกิจหรือแร่ที่มีคุณค่าเชิงพาณิชย์

ธรณีเคมี (Geochemistry) หมายถึง วิชาที่นำความรู้ด้านเคมีมาช่วยอธิบายหรือช่วยศึกษาความรู้ด้านธรณีวิทยา มักเกี่ยวกับองค์ประกอบของวัตถุทางธรณีวิทยาที่มีธาตุหรือสารประกอบเป็นส่วนประกอบของวัตถุนั้น เช่น ทราย ที่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ ที่มีส่วนประกอบสำคัญเป็นธาตุ Si และ O มีสูตรทางเคมีว่า SiO_2 เป็นต้น

ธรณีวิทยา (Geology) หมายถึง วิชาว่าด้วยความรู้เกี่ยวกับประวัติ โครงสร้างและสภาพของโลก มักเป็นการศึกษาการเกิด การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของวัตถุต่าง ๆ ที่มีในธรรมชาติ (มักหมายถึงสิ่งที่ไม่มีชีวิต) ทั้งใต้ดินและบนดิน เช่น หิน ดิน น้ำ แร่ เป็นต้น รวมทั้งการเคลื่อนที่/การผุพังของวัตถุต่าง ๆ เหล่านั้น

ธาตุ (Element) หมายถึง สิ่งที่มีองค์ประกอบเป็นเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยอะตอมที่มีจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสเท่ากัน มีสมบัติเฉพาะของตนเอง ไม่สามารถแบ่งแยกออกไปได้ มักเป็นคำที่ใช้เรียกในเชิงวิทยาศาสตร์หรือวิชาการ เช่น ธาตุโพแทสเซียม ธาตุไนโตรเจน ธาตุสารหนู เป็นต้น

พื้นที่เสี่ยง หมายถึง บริเวณ/พื้นที่ ที่มีค่าของผลวิเคราะห์สารพิษในตัวอย่างเกินกว่าปกติหรือมากกว่าบริเวณข้างเคียง โดยทั่วไปค่าของผลวิเคราะห์ที่พบมักจะมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศโดยองค์กรตามกฎหมายหรือหน่วยงานที่น่าเชื่อถือได้

แร่ (Mineral) หมายถึง ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีสูตรเคมีและสมบัติอื่น ๆ ที่แน่นอนหรือเปลี่ยนแปลงได้ในวงจำกัด เช่น *แร่ดีบุก* ชนิดหนึ่งมีสูตรเคมีว่า SnO_2 มีชื่อเรียกว่า แคสซิเทอร์ไรต์ (cassiterite) ประกอบด้วยธาตุดีบุก (Sn) และธาตุออกซิเจน (O) เป็นแร่เศรษฐกิจสำคัญและสามารถนำมาถลุงเป็นโลหะดีบุกนำไปใช้ประโยชน์ได้ *แร่ควอตซ์* มีสูตรเคมีว่า SiO_2 ประกอบด้วยธาตุซิลิคอน (Si) และธาตุออกซิเจน (O) เป็นแร่ที่พบมากในโลก เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในหินและดิน *แร่อาร์ซิโนไพไรต์* มีสูตรเคมีว่า FeAsS ประกอบด้วยธาตุเหล็ก (Fe) และธาตุสารหนู (As) และธาตุกัมมะถัน (S) เป็นแร่ที่มักเกิดร่วมกับหินและแร่เศรษฐกิจหลายชนิด เป็นต้น นอกจากนี้ แร่มักจะรวมถึง หินหรือดิน ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสามารถทำเหมืองแร่หรือขุดมาขายได้

แร่เศรษฐกิจ (Economic Mineral) หมายถึง แร่ หินหรือดิน ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสามารถทำเหมืองแร่หรือขุดมาขายได้ เช่น หินปูน หินแกรนิต ดินมาร์ล ดินดำ เป็นต้น

สันปันน้ำ (Drainage Divide) หมายถึง สันเขาหรือบริเวณที่สูงซึ่งแบ่งน้ำให้ไหลออกไปทั้ง 2 ด้านของบริเวณที่สูงนั้น มักเป็นแนวบนสุดของเนินเขา/ภูเขา เมื่อฝนตกน้ำจะไหลไปแต่ละด้านออกจากกันและไปสะสมในลำน้ำแต่ละด้านของเขา น้ำจะไม่ไหลย้อนขึ้นสันปันน้ำไปลงอีกด้านหนึ่งอย่างเด็ดขาด

พื้นที่รับน้ำ (Water Catchment Area) หมายถึง บริเวณที่มีการสะสมน้ำโดยมีขอบเขตที่ชัดเจนเป็นสันปันน้ำของพื้นที่รับน้ำนั้น ๆ พื้นที่รับน้ำเล็กที่สุดจะมีทางน้ำอยู่ภายใน 1 เส้นและมีจุดที่น้ำไหลออก 1 แห่ง หากพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ก็จะมีทางน้ำหลายเส้นไหลรวมกันเป็นทางน้ำขนาดใหญ่

แอ่งรับน้ำ (Drainage Basin/Area) หมายถึง บริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายแอ่งและมีพื้นที่รับน้ำหลายแห่งต่อเนื่องรวมเป็นผืนเดียวกัน มีขอบเขตเป็นสันปันน้ำที่ต่อเนื่องกันและมีทางน้ำอยู่ภายในหลายสาย

พื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed area) หมายถึง บริเวณที่ลุ่มเป็นแอ่งรับน้ำซึ่งมีทางน้ำใหญ่และทางน้ำสาขาไหลอยู่ภายใน โดยมักมีขอบเขตเป็นสันปันน้ำในที่ที่เป็นต้นน้ำและขอบเขตเป็นบริเวณที่น้ำไหลออกในที่ที่เป็นปลายน้ำ มักมีทางน้ำและแอ่งรับน้ำหลายหน่วยรวมกันเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ลุ่มน้ำมีการขยายความหมายครอบคลุมทรัพยากรต่าง ๆ ที่ปรากฏหรือพบในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ ด้วย อีกทั้งมีความหมายเฉพาะด้านกฎหมายและระเบียบต่าง ๆ อีกด้วย เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 2 3 4 5 เป็นต้น

ทางน้ำ/ห้วย/ลำธาร (Water Way/ Water Channel/Stream Line/Stream) หมายถึง เส้นทางที่น้ำไหล ลำน้ำ/ร่องน้ำขนาดเล็ก มักอยู่บนภูเขาหรือที่ที่มีความลาดชันเล็กน้อย มักจะไม่ไหลตลอดทั้งปีมากในฤดูฝนหรือแห้งในฤดูแล้ง

แม่น้ำ/ลำน้ำ (River) หมายถึง เส้นทางที่น้ำไหลขนาดใหญ่ เกิดจากการไหลรวมกันของห้วย ลำธาร ลำน้ำขนาดเล็กจำนวนมาก มักพบในที่ราบ มีลักษณะคดเคี้ยวไปมา มีน้ำไหลตลอดทั้งปี

สระน้ำ (Pond) หมายถึง แอ่งน้ำขนาดเล็กที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเก็บน้ำไว้ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและการบริโภคเฉพาะในครัวเรือนหรือชุมชนขนาดเล็ก

อ่างเก็บน้ำ (Water Resevoir) หมายถึง แอ่งน้ำขนาดใหญ่ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเก็บน้ำไว้ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและการบริโภค ในชุมชนขนาดใหญ่

โลหะหนัก (Heavy Metals) หมายถึง กลุ่มโลหะ/กึ่งโลหะ ที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 เช่น นิกเกิล สังกะสี ทองแดง เงิน ทองคำ โครเมียม แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว สารหนู เหล็ก เป็นต้น (Wikipedia, 2019a)

โลหะหนักที่เป็นพิษ หมายถึงโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกาย หากมีการสะสมในปริมาณที่มาก ทั้งนี้ องค์การอนามัยโลก(WHO) ได้ให้ความสำคัญกับโลหะ 4 ชนิดคือ แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว สารหนู มากกว่าโลหะหนักที่เป็นพิษชนิดอื่น ๆ เช่น แมงกานีส โครเมียม โคบอลต์ นิกเกิล ทองแดง สังกะสี ซิลิเนียม เงิน พลวง แทลเลียม เป็นต้น (Wikipedia, 2019b)

สายแร่ (Ore vein) หมายถึง แร่ชนิดใดชนิดหนึ่งที่วางตัวต่อเนื่องกันยาวทำให้มองเห็นเป็นสาย อย่างไรก็ตาม หากมองสายแร่ด้านหนึ่งแล้วเห็นเป็นสาย แต่เมื่อมองอีกมุมหนึ่งอาจมีลักษณะเป็นแผ่นได้ ก็เรียกว่าเป็นสายแร่ด้วยเช่นกัน

สาร (Substance) หมายถึง สิ่งที่มีส่วนประกอบเป็นอย่างเดียวกัน มีสมบัติเฉพาะของตนเอง มักเป็นคำที่ใช้เรียกโดยทั่วไปและอาจใช้เรียกแทน ธาตุ ได้ เช่น สารโพแทสเซียม สารไนโตรเจน สารสารหนู เป็นต้น

สารประกอบ (Compound) หมายถึง สารที่เกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกันโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีและมีอัตราส่วนผสมคงที่เสมอ

สารพิษ หมายถึง สารที่เป็นธาตุหรือสารประกอบ ซึ่งหากเข้าไปอยู่ในคนหรือสัตว์แล้วมีโทษต่อร่างกาย โดยโทษหรืออันตรายที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นกับชนิด ปริมาณ และช่องทางที่ได้รับสารพิษนั้น ๆ

สารพิษตามธรรมชาติ หมายถึง ธาตุหรือสารประกอบที่เกิดในธรรมชาติอยู่ปะปนในหิน ดิน น้ำ และมีปริมาณสูงเพียงพอที่อาจมีความเสี่ยงก่อให้เกิดอันตรายต่อคน มักเป็นธาตุโลหะ (เช่น โครเมียม แคดเมียม โคบอลต์ ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส) หรือ กึ่งโลหะ (เช่น สารหนู) สารพิษเหล่านี้มีการสะสมตัวกันมากกว่าปกติจากกระบวนการธรรมชาติ เช่น ในบริเวณที่เป็นแหล่งแร่ (ซึ่งมักหมายถึงบริเวณที่มีปริมาณมากพอในเชิงพาณิชย์) หรือ อาจไม่เป็นแหล่งแร่ก็ได้

เหมืองแร่ (Mine) หมายถึง บริเวณ/ตำแหน่ง/ที่ตั้ง ที่มีกิจกรรมการขุดแร่/หิน/ดิน ออกมาขายเชิงพาณิชย์

แหล่งแร่ (Mineral deposit) หมายถึง บริเวณที่มีแร่มาสะสมตัวอยู่มากกว่าปกติ ไม่จำเป็นต้องมีขนาดหรือปริมาณในเชิงพาณิชย์ ส่วนมากจะหมายถึง แร่เศรษฐกิจหรือแร่ที่มีคุณค่าเชิงพาณิชย์

แหล่งแร่แบบทุติยภูมิ (Secondary mineral deposit) หมายถึง แหล่งแร่ที่มีการสะสมตัวจากกระบวนการทางธรณีวิทยาบนผิวโลก เช่น การผุพัง (Erosion) การผุกร่อน (Weathering) การสะสมตัว (Deposition) เป็นต้น โดยมีตัวกลาง เช่น น้ำ อากาศ รวมถึงสภาพภูมิประเทศ นำพาแร่เศรษฐกิจที่เป็นแหล่งแร่แบบปฐมภูมิมาสะสมตัวกันในบริเวณที่เหมาะสม แหล่งแร่แบบนี้มักพบในชั้นเปลือกดินหรือชั้นตะกอนที่วางตัวอยู่บนหินแข็ง

แหล่งแร่แบบปฐมภูมิ (Primary mineral deposit) หมายถึง แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยาใต้ผิวโลกหรือใต้ดิน แหล่งแร่แบบนี้มักมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับหินอัคนีแทรกซอน/หินภูเขาไฟ โดยความร้อนจากหินเหล่านี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารละลายต่าง ๆ นำพาแร่เศรษฐกิจมาสะสมตัวกันในบริเวณที่เหมาะสม แหล่งแร่แบบนี้มักพบในหินแข็ง

หน่วยวัด

ในเอกสารต่าง ๆ มีหน่วยวัดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่มีน้อยมากหลายแบบ เรียกแตกต่างกันไป แต่มีความหมายเหมือนหรือใกล้เคียงกัน จึงได้พยายามรวมรวมไว้เพื่อให้เข้าใจง่าย ดังนี้

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (milligram per kilogram, mg/kg) หรือ **ไมโครกรัมต่อกรัม (microgram per gram, µg/g)** มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นของแข็ง แสดงให้เห็นปริมาณของสารนั้น ๆ ที่ชัดเจนว่ามีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ เช่น ตรวจพบสารหนู 10 mg/kg แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 10 mg ต่อตัวอย่างดิน/หิน จำนวน 1 kg

มิลลิกรัมต่อลิตร (milligram per liter, mg/l) มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นของเหลว แสดงให้เห็นปริมาณของสารนั้น ๆ ที่ชัดเจนว่ามีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ เช่น ตรวจพบสารหนู 10 mg/l แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 10 mg ต่อตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร

ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (microgram per kilogram, µg/kg) มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นของแข็ง แสดงให้เห็นปริมาณของสารนั้น ๆ ที่ชัดเจนว่ามีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ เช่น ตรวจพบสารหนู 10 µg/kg แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 10 µg ต่อตัวอย่างดิน/หิน จำนวน 1 kg

ไมโครกรัมต่อลิตร (microgram per liter, µg /l) มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นของเหลว แสดงให้เห็นปริมาณของสารนั้น ๆ ที่ชัดเจนว่ามีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ เช่น ตรวจพบสารหนู 10 µg/l แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 10 µg ต่อตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร

ส่วนในพันล้านส่วน (part per billion, ppb) มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลว แสดงให้เห็นว่าสารนั้นมีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ หรือ จำนวนกี่ส่วนต่อพันล้าน เช่น ตรวจพบสารหนู 10 ppb แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 10 ส่วน ต่อตัวอย่างน้ำ หรือดิน หรือหิน 1,000,000,000 ส่วน

ส่วนในล้านส่วน (part per million, ppm) มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลว แสดงให้เห็นว่าสารนั้นมีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ หรือ จำนวนกี่ส่วนต่อล้าน เช่น ตรวจพบสารหนู 10 ppm แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 10 ส่วน ต่อตัวอย่างน้ำ หรือดิน หรือหิน 1,000,000 ส่วน

ส่วนในร้อยส่วน หรือ ร้อยละ (percent, pct, %) มักใช้กับผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลว แสดงให้เห็นว่าสารนั้นมีอยู่เป็นสัดส่วนเท่าไหร่ หรือ จำนวนกี่ส่วนต่อร้อย หรือ ร้อยละ เช่น ตรวจพบสารหนู 1 % แสดงว่าตรวจพบสารหนูจำนวน 1 ส่วน ต่อตัวอย่างน้ำ หรือดิน หรือหิน 100 ส่วน

หน่วยวัดข้างต้นเปรียบเทียบกันได้ ดังนี้

1 mg/kg = 1 mg/l = 1000 µg/kg = 1000 µg/l = 1000 ppb = 1 ppm = 0.0001 %

10,000 mg/kg = 10,000 mg/l = 10,000,000 µg/kg = 10,000,000 µg/l = 10,000,000 ppb = 10,000 ppm = 1 %

ภาคผนวก ค

วิธีการเก็บ เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

วิธีการเก็บ เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการที่จะอธิบายพอสังเขปต่อไปนี้ เป็นวิธีการมาตรฐานตามคำแนะนำที่ปรากฏใน Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (https://www.standardmethods.org/, 28 May 2019) และ Hazardous Waste Test Methods / SW-846 (https://www.epa.gov/hw-sw846, 28 May 2019) ทั้งนี้ “ตัวอย่าง” หมายถึงสิ่งที่นำมาอ้างเพื่อแสดงให้เห็นลักษณะที่เป็นส่วนรวมทั้งหมด เป็นการเก็บวัตถุหรือสิ่งนั้นจำนวนน้อยที่สุดแต่เป็นตัวแทนของวัตถุทั้งหมด โดยปกติการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งต้องได้ผลลัพธ์เหมือนกัน ดังนั้น การดำเนินการต่างๆ ต้องให้ความระมัดระวังอย่างมากมิให้มีการปนเปื้อนกันระหว่างตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บหรือเตรียมตัวอย่างจะต้องสะอาดปราศจากสาร/ธาตุที่มีผลกับการวิเคราะห์เพราะเป็นการวิเคราะห์หาธาตุหรือสารที่มีปริมาณน้อยมากระดับ ppm หรือ ppb อีกทั้ง ตัวอย่างก่อนที่จะส่งเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อย่อยสลายและวัดด้วยเครื่องมือจะต้องเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenized) ก่อน

ในที่นี้แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ (1) การใช้ App ใน Smartphone ช่วยบันทึกตำแหน่งและข้อมูลจุดเก็บตัวอย่าง (2) การเก็บและเตรียมตัวอย่างก่อนส่งห้องปฏิบัติการ (3) การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติงาน และ (4) แบบบันทึกข้อมูล ดังนี้

1. การใช้ App ใน Smartphone ช่วยบันทึกตำแหน่งและข้อมูลจุดเก็บตัวอย่าง

เนื่องจากเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปมากในปัจจุบัน โทรศัพท์ Smartphone มีใช้กันอย่างแพร่หลายและมักมี GPS (Global positioning system) เป็นส่วนประกอบด้วย GPS นี้จะแสดงตำแหน่งหรือพิกัดหรือจุดที่เป็นค่าสากล สามารถแสดงและลงในแผนที่ได้ทั่วโลก มีความแม่นยำสูง (±5 เมตร) นอกจากนี้ โทรศัพท์ยังมี App แผนที่แสดงข้อมูลต่างๆ ด้วย เช่น ถนน สถานที่สำคัญ ภูมิประเทศ ภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นต้น

ปัจจุบันจึงมีการเขียน App ที่ใช้ประโยชน์จาก GPS และ App แผนที่ เพื่อแสดงตำแหน่ง/พิกัด GPS ลงบนแผนที่และให้ผู้ใช้บันทึกข้อมูล ณ ตำแหน่งและเวลานั้นลงใน App โทรศัพท์ได้ง่าย เช่น Google My Map, Save Location GPS, MAPS.ME, Map Marker, UTM Geo Map, GPS Locations เป็นต้น ทั้งหมดมีหลักการที่คล้ายกันแต่มีรายละเอียดในการใช้และข้อจำกัดแตกต่างกันไป

สำหรับโครงการนี้ใช้ App ชื่อ Map Marker (ที่มีสัญลักษณ์เป็นพื้นสีขาวมีหมุดสีเขียวและจุดดำตรงกลางหมุด) ซึ่งมีทั้งในโทรศัพท์ระบบ Android และ IPhone และใน Web Browser ด้วย Map Marker สามารถนำเข้าและส่งออกข้อมูลเพื่อแสดงในแผนที่ได้ใน Format ของ KML, KMZ (เป็นไฟล์ที่ใช้ซ้อนทับข้อมูลบน Google Earth, Google Map) และ CSV (Comma separated values เป็นข้อมูลตัวเลข/ตัวอักษร สามารถนำข้อมูลไปใช้กับโปรแกรม Spreadsheet ได้) หลักการเบื้องต้นของการใช้ Map Marker มีดังนี้

1. วางจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดใน Google Earth ด้วยคอมพิวเตอร์แล้ว Export จุดดังกล่าวในรูปของ KML ไฟล์

2. Import KML ไฟล์เข้าใน Map Marker ของโทรศัพท์ ดังนั้น เจ้าหน้าที่ที่เก็บตัวอย่างก็มีแผนที่แสดงจุดที่จะเก็บทั้งหมด ข้อมูลจะปรากฏเป็น Layer หนึ่งใน Map Marker

3. เมื่อเดินทางถึงจุดเก็บตัวอย่าง ก็จะบันทึกข้อมูลของจุดเก็บลงในโทรศัพท์ในอีก Layer หนึ่งเพื่อไม่ให้ซ้ำซ้อนกัน เช่น ชื่อตัวอย่าง ตำแหน่ง/เวลา (บันทึกเองโดยอัตโนมัติ) ถ่ายรูปจุดเก็บตัวอย่าง และบันทึกข้อมูลอื่นๆ ตามความเหมาะสม

4. เมื่อเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูลเสร็จแล้ว ก็ Export ออกจากโทรศัพท์เป็น KMZ/KML/CSV ไฟล์ เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นเพื่อทำแผนที่ต่อไป

2. การเก็บและเตรียมตัวอย่างก่อนส่งห้องปฏิบัติการ

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินงานหลังจากที่ได้วางแผนงานการสำรวจแล้ว ซึ่งเป็นงานเก็บตัวอย่างในสนามและจัดเตรียมตัวอย่างส่งให้ห้องปฏิบัติการดำเนินการต่อไป ซึ่งจะอธิบายวิธีการต่างๆ อย่างย่อดังต่อไปนี้

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำประกอบด้วย น้ำในลำห้วย/ลำธาร น้ำในสระน้ำ น้ำในบ่อน้ำตื้น และน้ำจากบ่อน้ำบาดาลที่ขุดเจาะในระดับลึก มีวิธีการเหมือนกัน ดังนี้

1. เตรียมขวดเก็บตัวอย่างซึ่งเป็นขวดพลาสติกสีขาว (polypropylene หรือ polyethylene) ขนาดบรรจุ 1 ลิตร มีฝาเกลียวปิดสนิทให้มีจำนวนเพียงพอกับตัวอย่างที่วางแผนไว้

2. ทำความสะอาดขวดเก็บตัวอย่างก่อนที่จะนำไปใส่ตัวอย่าง ด้วยการแช่ค้างคืนด้วยกรดไนทริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 แล้วล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ให้แห้งสนิท

3. ก่อนการบรรจุตัวอย่างน้ำใส่ขวด ต้องล้างขวดด้วยตัวอย่างน้ำที่จะเก็บ 2–3 ครั้ง ก่อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

4. เก็บตัวอย่างน้ำให้เต็มขวดและปิดฝาให้สนิท โดยเก็บจากบริเวณตรงกลางแหล่งน้ำ (น้ำห้วย น้ำสระ/อ่างเก็บน้ำ) เพื่อไม่ให้มีวัตถุอื่นๆ ปะปนในตัวอย่าง หรือการเปิดน้ำจากก๊อกน้ำในกรณีที่เป็นบ่อน้ำตื้น/บ่อบาดาลที่มีเครื่องสูบน้ำ โดยเปิดน้ำทิ้งก่อนประมาณ 5-10 วินาที แล้วจึงใส่ขวดเก็บตัวอย่าง และไม่เก็บหากไม่มีเครื่องสูบน้ำ

5. เทตัวอย่างน้ำออกเล็กน้อย แล้วเติมกรดไนทริก 1:1 ประมาณ 5 มิลลิลิตร หรือ 5 ซีซี เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่างน้ำก่อนวิเคราะห์ หาปริมาณของธาตุที่ต้องการในห้องปฏิบัติการ

6. เขียนหมายเลขตัวอย่างลงบนขวดให้ชัดเจนและคงทนถาวร และบันทึกตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างและสภาพแวดล้อมของตัวอย่าง ตามแบบบันทึกข้อมูล

7. ตัวอย่างน้ำที่เก็บนี้ สามารถส่งเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์เคมีได้โดยไม่ต้องเตรียมเพิ่มเติม

2.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนธารน้ำและตะกอนท้องสระน้ำ

เป็นการเก็บตัวอย่างตะกอนที่สะสมอยู่บริเวณท้องน้ำของลำห้วย สระน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ ตะกอนดังกล่าวจะมีการสะสมโลหะหรือธาตุต่างๆ ที่อยู่ในน้ำหรือที่ถูกชะล้างมาจากดิน หิน ทราย ที่อยู่ใกล้เคียงแล้วน้ำเป็นตัวกลางนำพามาสะสม หากเป็นตะกอนธารน้ำก็จะเป็นตัวแทนของวัตถุที่อยู่สูงกว่าจุดที่เก็บตัวอย่าง ดังนี้

1. หากเป็นลำน้ำหรือสระน้ำที่ตื้นซึ่งใช้มือเอื้อมถึงท้องน้ำ ก็จะใช้มือกอบตะกอนดินทรายหรือใช้อุปกรณ์การตักจากหลายๆ จุด ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 7x10 นิ้ว 2 ชั้น ให้ได้ประมาณ 1-2 กิโลกรัม ทั้งนี้ให้หลีกเลี่ยงตัวอย่างที่เป็นก้อนกรวดหรือหินที่มีขนาดมากกว่า 2-5 มิลลิเมตร

2. หากเป็นลำน้ำหรือสระน้ำที่ลึกมากใช้มือเอื้อมไม่ถึงท้องน้ำ ก็จะใช้อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างที่เป็นกระบอกผูกเชือกทำด้วยท่อพีวีซี โยนลงไปตรงกลางน้ำ ปล่อยให้จมถึงท้องน้ำที่เป็นตะกอน แล้วจึงค่อยลากเพื่อให้

ตะกอนเข้าไปในกระบอกตัวอย่าง เมื่อได้ตัวอย่างแล้วก็ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 7x10 นิ้ว 2 ชั้น ให้ได้ประมาณ 1-2 กิโลกรัม ทั้งนี้ให้หลีเลี่ยงตัวอย่างที่เป็นก้อนกรวดหรือหินที่มีขนาดมากกว่า 2-5 มิลลิเมตร

3. เขียนหมายเลขตัวอย่างให้ชัดเจนและคงทนถาวร และบันทึกตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างและสภาพแวดล้อมของตัวอย่าง ตามแบบบันทึกข้อมูล

2.3 การเตรียมตัวอย่างตะกอนธารน้ำและท้องสระน้ำ

ตัวอย่างตะกอนธารน้ำและท้องสระน้ำ ที่อยู่ในถุงตัวอย่างต้องนำมาเตรียมให้พร้อมก่อนส่งเข้าห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการที่เหมือนกันเพื่อให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนี้

1. นำตัวอย่างในถุงพลาสติกมาเทใส่ถาดถาดตากตัวอย่าง (มักเป็นอลูมิเนียม) แล้วคลึงเบาๆ เพื่อให้ก้อนดิน/ตะกอนแตกออกจากกัน จนเป็นดิน/ตะกอนร่วน เก็บเศษซากพืช/สัตว์ที่ปะปนในตัวอย่างออกทิ้ง แล้วผึ่งให้แห้ง

2. อบในตู้อบ ที่อุณหภูมิประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 วัน ให้ตัวอย่างแห้งสนิท

3. เมื่อตัวอย่างแห้งแล้ว นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 เมช หรือประมาณ 2 มิลลิเมตร และทิ้งตัวอย่างกรวดที่มีขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งค้างบนตะแกรง

4. นำตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านตะแกรงแล้วมาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยใช้เครื่องแบ่งแบ่งตัวอย่าง (Riffle splitter) หรือ วิธี Coning and Quartering ให้ส่วนที่ 1 ที่มีประมาณ 200 กรัม ที่เหลือเป็นส่วนที่ 2 เก็บสำรองไว้

5. ตัวอย่างส่วนที่ 1 นำมาบดโดยเครื่องบดละเอียดทั้งหมดให้มีขนาดเล็กกว่า 200 เมช ตัวอย่างที่ได้นี้พร้อมที่จะส่งเข้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต่อไป

3. การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการในห้องปฏิบัติการที่ต้องมีเครื่องมือครบถ้วน เป็นการจัดเตรียมตัวอย่างทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็งให้เป็นสารละลายและวัดด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูง เช่น AAS (Atomic Absorption Spectrometer) ICP (Inductively Coupled Plasma) เป็นต้น ดังนี้

3.1 การย่อยสลายตัวอย่างดิน/ตะกอน และวัดค่าด้วยเครื่อง inductively coupled plasma-Optical emission spectrometer (ICP-OES)

ตัวอย่างดิน/ตะกอนที่เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว นำมาย่อยสลายเป็นสารละลาย ด้วยวิธี Method 3050B ตาม SW-846 USEPA ดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1.000 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ PTFE ขนาด 100 มิลลิลิตร และเตรียมบีกเกอร์ PTFE ขนาด 100 มิลลิลิตร สำหรับทำ method blank อีก 1 อัน

2. เปิดสวิทช์ hot plate และปรับอุณหภูมิใช้ย่อยตัวอย่างให้ร้อน 90-95 องศาเซลเซียส

3. นำบีกเกอร์พร้อมตัวอย่างที่ชั่งเสร็จแล้วและบีกเกอร์ method blank อีกใบ เติมด้วยกรดไนทริกเจือจาง 1:1 จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยกระจก แล้วนำบีกเกอร์ทั้งหมดวางบน hot plate ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ โดยใช้เวลาย่อยและไม่เดือดประมาณ 10-15 นาที

4. นำบีกเกอร์ทั้งหมดลงจาก hot plate ทิ้งไว้ให้เย็น จึงเติมกรดไนทริก จำนวน 5 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจก และปล่อยให้ย่อยอีกครั้งบน hot plate 30 นาที ระหว่างนี้ถ้าปฏิกิริยามีควันสีน้ำตาล ให้เติมกรดไนทริก 5

มิลลิลิตร ซ้ำอีกจนควันสีน้ำตาลไม่มี ย่อยสารละลายโดยไม่ให้เดือดจนเหลือประมาณ 5 มิลลิลิตร หรือนาน 2 ชั่วโมง จึงนำลงทิ้งไว้ให้เย็น

5. เติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร และ 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ และปิดด้วยกระจก นำวางบน hot plate อีกครั้ง ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงและมีฟองมาก จึงควรปฏิบัติอย่างระมัดระวัง หลังจากปฏิกิริยาเสร็จสิ้นและฟองไม่เกิดขึ้นจึงยกลงตั้งให้เย็น

6. เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อีก 1 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ปิดด้วยกระจก นำวางบน hot plate ปฏิกิริยาจะไม่รุนแรงมีฟองเกิดเล็กน้อย ข้อควรระวังไม่ควรเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ให้มีปริมาณสะสมมากกว่า 10 มิลลิลิตร

7. ย่อยสารละลายตัวอย่างบน hot plate อีกครั้งโดยไม่เดือดให้เหลือประมาณ 5 มิลลิลิตร หรือ 2 ชั่วโมง จึงยกลงตั้งให้เย็น

8. เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ปิดด้วยกระจก วางบน hot plate อีกครั้ง ย่อยสารละลายตัวอย่าง 15 นาที จึงยกลงวางให้เย็น

9. กรองสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41 ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ปิดจุก เขย่า

10. ผลที่ได้เป็นสารละลายที่มาจากตัวอย่างดิน/ตะกอน และพร้อมที่จะเข้าเครื่อง ICP-OES เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำด้วยเทคนิค GF-AAS

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณธาตุสารหนู ด้วยวิธี 3113B ตาม Standard Method for Examination of Water and Wastewater ด้วยเทคนิค GF-AAS (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer) มีขั้นตอนดังนี้

1. ปิเปตต์ตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เติมกรด HNO_3 เข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร และ 30% H_2O_2 1 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างน้ำพร้อมทั้งปิดฝา เพื่อป้องกันการปนเปื้อนตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม นำไปวางบนเตาไฟฟ้าที่ตั้งไว้ใน fume hood ปรับอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 85℃ (สังเกตจากการนำบีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ไว้กลางเตาไฟฟ้าให้รักษาอุณหภูมิประมาณ 85℃ แต่ถ้าปิดฝาบีกเกอร์จะได้อุณหภูมิเพิ่มเป็นประมาณ 95℃) ระวังอย่าให้สารละลายเดือด

3. ตั้งตัวอย่างทิ้งไว้บนเตาไฟฟ้าจนปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 25 มิลลิลิตร ยกบีกเกอร์ลงจากเตาไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็น

4. นำมากรองใส่ในขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 6 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

5. นำสารละลายตัวอย่างไปตรวจวัดด้วยเครื่อง GF-AAS เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

4. แบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลที่ใช้ในโครงการนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>ใบบันทึกตัวอย่าง</u>

โครงการ...รหัสตัวอย่าง...

ประเภทของตัวอย่าง ( ) น้ำผิวดิน ( ) น้ำสระ ( ) น้ำใต้ดิน ( ) อื่นๆ...............................

สถานที่เก็บ ....

บ้านเลขที่ ....

....

พิกัดจุดเก็บ ....

ชื่อ-สกุลผู้เก็บ ....

เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ ....

การรักษาสภาพตัวอย่าง...

ภาคผนวก ง

รายการตัวอย่างและผลวิเคราะห์

รายการตัวอย่างและผลวิเคราะห์ต่อไปนี้ แบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามรายงาน เพื่อให้สามารถอ้างอิงได้และเป็นข้อมูลผลวิเคราะห์ใหม่ในปี 2563 และ 2564 มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 141 ตัวอย่าง

ง-1 กลุ่มที่ 1 อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น .... จำนวน 7 ตัวอย่าง

ง-2 กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง .... จำนวน 70 ตัวอย่าง

ก) ประกอบด้วยตัวอย่างน้ำและตะกอนธารน้ำ/ท้องสระน้ำ (มีตารางของตัวอย่างเก่าด้วย จำนวน 9 ตัวอย่าง แต่ไม่นับรวม หากนับรวมแล้วจะมีผลวิเคราะห์แสดงทั้งสิ้น 79 ตัวอย่าง)

ข) ตะกอนธารน้ำ/ท้องสระน้ำ เก็บในเดือนธันวาคม 2562 เพื่อเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์กับตัวอย่างน้ำ แต่ผลวิเคราะห์น้ำใช้เปรียบเทียบได้ดีกว่า จึงไม่ได้นำเสนอในรายงาน แต่ได้ทำกราฟเปรียบเทียบไว้ในภาคผนวกนี้ ต่อจากผลวิเคราะห์

ค) ตัวอย่างที่เก็บในเดือนธันวาคม 2562 มีทั้งที่อยู่และไม่อยู่บนลำห้วย แต่ได้นำเสนอข้อมูลในรายงานเฉพาะที่อยู่บนลำห้วย และเพื่อให้มีข้อมูลบันทึกไว้จึงนำข้อมูลผลวิเคราะห์ตัวอย่างที่ไม่อยู่บนลำห้วยมาแสดงในภาคผนวกนี้ด้วย

ง) ข้อมูลระยะทางและความสูง (รทก.) จากจุดอ้างอิง เป็นการคำนวณโดยใช้ Plug-in ใน Qgis 3.10 โดยความสูงได้จากข้อมูล SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) ซึ่งได้จัดทำเป็นตารางข้อมูลต่อท้ายภาคผนวกนี้ด้วย

ง-3 กลุ่มที่ 3 ตัวอย่างจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข .... จำนวน 53 ตัวอย่าง

ง-4 กลุ่มที่ 4 ตัวอย่างจากแหล่งน้ำและการเก็บเพิ่มเติม .... จำนวน 11 ตัวอย่าง

เทคนิคการวิเคราะห์และค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (DL-Detection limits)

ตัวอย่างน้ำ: As = 2 ppb / ทดสอบด้วย GF - AAS (AWWA Method 3113B)

ตัวอย่างน้ำ: Ba = 0.01 ppm; Be=0.01 ppm; Ca=0.50 ppm, Cd =0.003 ppm; Co=0.01 ppm; Cr=0.01 ppm; Cu=0.01 ppm; Fe=0.05 ppm; K=0.50 ppm; Mg=0.05 ppm; Mn=0.005 ppm; Na=0.50 ppm; Ni=0.01 ppm; Pb=0.03 ppm; Zn=0.05 ppm / ทดสอบ Total recoverable metal ด้วยวิธี USEPA M 200.7 โดย ICP-OES

ตัวอย่างตะกอนธารน้ำ/ท้องสระน้ำ: As = 5 ppm; / ทดสอบด้วย ICP-OES (USEPA Method 3050B)

วิเคราะห์โดย: กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี

ส่วนวิเคราะห์ดินและตะกอนธารน้ำ / ผู้รับรองผล: นางสาวสายสวาท สีลอ

ผู้ทดสอบ: นางอรอุมา คำแผลง นายวิโรจน์ ขยันหา และนางสาวดุษฎี ร่วมสนิท

ส่วนวิเคราะห์แร่และหิน / ผู้รับรองผล: นางสาวพิกุลทอง ประเสริฐศักดิ์

ผู้ทดสอบ: นายอุบลชัย แพรสมบูรณ์

กลุ่มที่ 1 อ่างเก็บน้ำบ้านหนองไม้แก่น							DL::	2	0.01	0.01	0.5	0.003
No	SampleID	Easting	Northing	EC_µS/cm	pH	TDS_ppm	Salinity_ppt	As_ppb	Ba_ppm	Be_ppm	Ca_ppm	Cd_ppm
1	UTBr-P067	572,569	1,660,070					20				
2	UTBr-P067/2	572,569	1,660,070					23				
3	UTBr-P067/3	572,586	1,659,994	150	8.42	74	0.1	65				
4	UTBr-P067/4	572,586	1,659,994	231	7.47	113	0.1	150				
5	58	572,569	1,660,070	166	8.32	81	0.1	36				
6	59	572,569	1,660,070	167	8.31	82	0.1	36				
7	W64-06	572,542	1,659,978	308	8.11	151	0.1	63	0.03	<0.01	44.11	<0.003
		หมายเหตุ	No 1, 2 /เก็บวันที่ 12 กรกฎาคม 2562									
			No 3, 4 /เก็บวันที่ 24 ธันวาคม 2562 /เลขที่คำขอ 0136/2563									
			No 5, 6 /เก็บวันที่ 21 กรกฎาคม 2563 /เลขที่คำขอ 0510/2563									
			No 7 /เก็บวันที่ 18 มีนาคม 2564 /เลขที่คำขอ 0343/2564									

กลุ่มที่ 1 อ่างเก็บน้ำบ้านหน		0.01	0.01	0.01	0.05	0.5	0.05	0.005	0.5	0.01	0.03	0.05
No	SampleID	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_ppm	K_ppm	Mg_ppm	Mn_ppm	Na_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm
1	UTBr-P067											
2	UTBr-P067/2											
3	UTBr-P067/3											
4	UTBr-P067/4											
5	58											
6	59											
7	W64-06	<0.01	<0.01	<0.01	0.16	1.6	7.62	0.03	4.11	<0.01	<0.03	<0.05

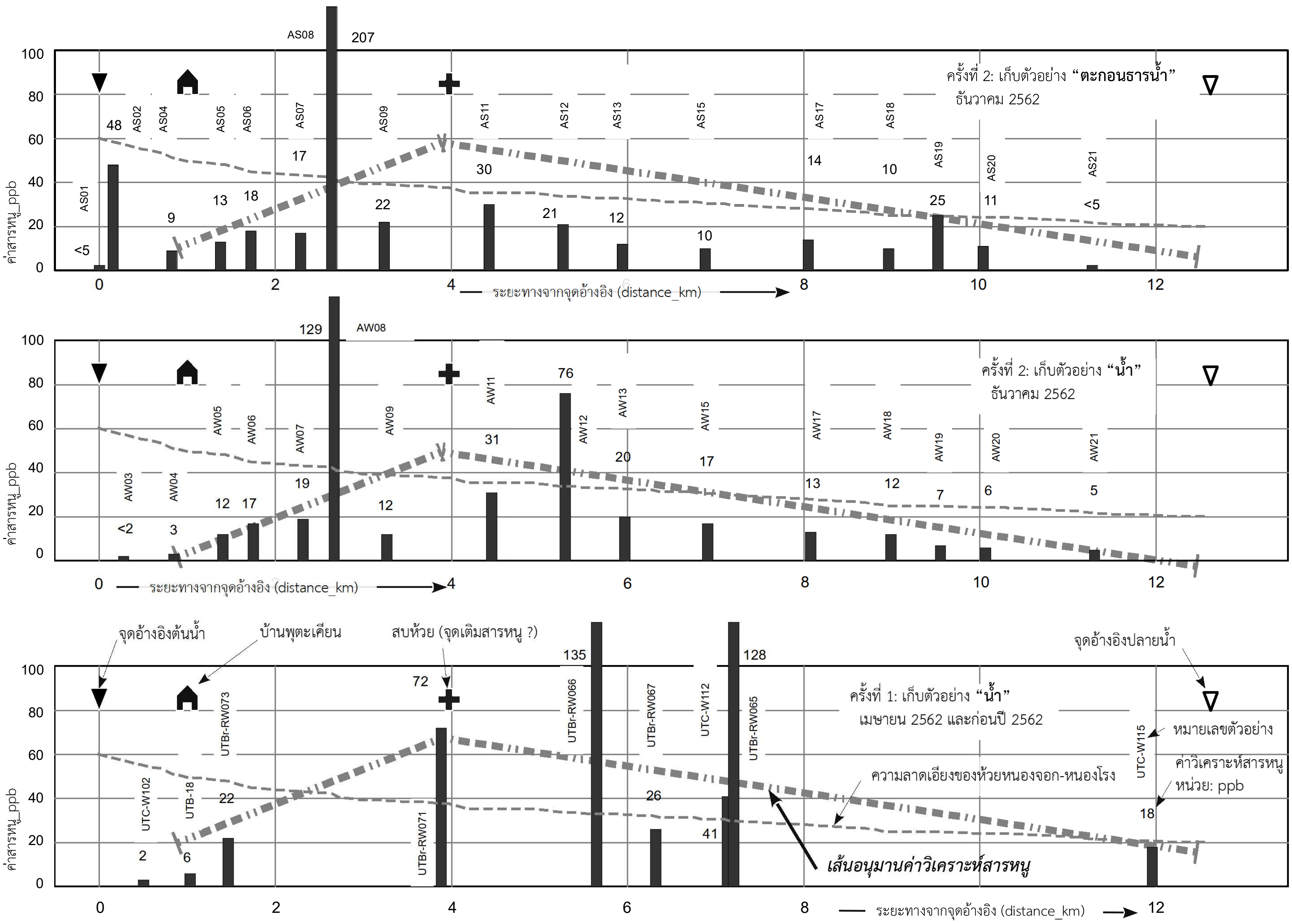
กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง							DL::	2	0.01	0.01	0.5	0.003
No	SampleID	Easting	Northing	EC_µS/cm	pH	TDS_ppm	Salinity_ppt	As_ppb	Ba_ppm	Be_ppm	Ca_ppm	Cd_ppm
1. ตัวอย่างน้ำ (ก่อนปี 2562 และ เมษายน 2562)												
1	UTC-W102	573,129	1,663,715					2				
2	UTB-18	573,577	1,663,815					6				
3	UTBr-RW073	573,957	1,663,866					22				
4	UTBr-RW071	575,744	1,664,786					72				
5	UTBr-RW066	577,129	1,665,557					135				
6	UTBr-RW067	577,509	1,666,002					26				
7	UTC-W112	578,052	1,665,671					41				
8	UTBr-RW065	578,119	1,665,661					128				
9	UTC-W115	581,961	1,665,208					18				
2. ตัวอย่างน้ำ (ธันวาคม 2562) / คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0136/2563												
1	AW03	572899	1663800	373	7.42	183	0.2	<DL				
2	AW04	573418	1663769	432	7.68	212	0.2	3				
3	AW05	573912	1663909	380	7.66	186	0.2	12				
4	AW06	574117	1663851	470	7.81	230	0.2	17				
5	AW07	574667	1663941	409	7.8	200	0.2	19				
6	AW08	575041	1664120	533	7.07	261	0.3	129				
7	AW09	575532	1664315	444	7.27	217	0.2	12				
8	AW11	576149	1665176	496	7.23	243	0.2	31				
9	AW12	576883	1665390	354	7.1	173	0.2	76				
10	AW13	577432	1665668	414	7.59	204	0.2	20				
11	AW15	578060	1665864	360	7.34	177	0.2	17				
12	AW17	578805	1666181	359	7.51	176	0.2	13				
13	AW18	579568	1666385	413	7.56	202	0.2	12				
14	AW19	580007	1666052	311	8.2	152	0.2	7				
15	AW20	580525	1665969	346	7.82	170	0.2	6				
16	AW21	581535	1665521	285	7.54	139	0.1	5				

กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง							DL::	2	0.01	0.01	0.5	0.003
No	SampleID	Easting	Northing	EC_µS/cm	pH	TDS_ppm	Salinity_ppt	As_ppb	Ba_ppm	Be_ppm	Ca_ppm	Cd_ppm
3. ตัวอย่างน้ำ (มีนาคม 2564) / คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0343/2564												
1	W64-11	572,813	1,663,749	545	7.68	267	0.3	7	0.08	<DL	91.62	<DL
2	W64-12	573,120	1,663,736	501	7.68	246	0.3	4	0.07	<DL	89.95	<DL
3	W64-13	573,414	1,663,765	554	7.58	271	0.3	5	0.06	<DL	99.93	<DL
4	W64-14	573,584	1,663,825	485	7.75	238	0.2	4	0.06	<DL	82.49	<DL
5	W64-15	573,920	1,663,901	479	7.71	235	0.2	21	0.11	<DL	74.01	<DL
6	W64-16	574,119	1,663,842	620	7.89	304	0.3	23	0.1	<DL	73.32	<DL
7	W64-17	574,393	1,663,863	620	7.55	304	0.3	29	0.12	<DL	84.56	<DL
8	W64-18	574,671	1,663,944	588	7.82	288	0.3	21	0.09	<DL	74.45	<DL
9	W64-19	574,976	1,664,111	545	8.53	267	0.3	27	0.04	<DL	60.51	<DL
10	W64-20	575,537	1,664,317	440	6.96	215	0.2	32	0.1	<DL	52.43	<DL
11	W64-21	575,761	1,664,813	869	7.63	426	0.4	80	0.21	<DL	114.5	<DL
12	W64-22	576,152	1,665,169	403	8.63	197	0.2	21	0.02	<DL	46	<DL
13	W64-23	576,875	1,665,393	723	8.09	354	0.4	49	0.16	<DL	84.99	<DL
14	W64-26	577,514	1,665,886	665	7.76	326	0.3	143	0.17	<DL	91.72	0.004
15	W64-27	577,625	1,666,014	541	7.93	264	0.3	106	0.14	<DL	80.25	<DL
16	W64-28	578,049	1,665,888	576	8.01	283	0.3	39	0.08	<DL	63.25	<DL
17	W64-29	578,048	1,665,664	563	8.13	275	0.3	37	0.08	<DL	71.1	<DL
18	W64-30	578,188	1,665,688	540	7.88	265	0.3	27	0.06	<DL	65.37	<DL
19	W64-31	578,487	1,665,904	771	8.33	378	0.4	27	0.08	<DL	52.56	<DL
20	W64-32	578,806	1,666,194	484	7.93	237	0.2	33	0.11	<DL	58.46	<DL
21	W64-33	579,331	1,666,467	568	8.02	278	0.3	6	0.46	<DL	69.5	<DL
22	W64-34	579,553	1,666,394	450	7.96	220	0.2	18	0.16	<DL	44.81	<DL
23	W64-35	580,015	1,666,047	806	9.44	395	0.4	47	0.08	<DL	10.58	<DL
24	W64-36	580,791	1,665,985	524	8.33	257	0.3	24	0.19	<DL	68.85	<DL
25	W64-37	581,490	1,665,510	481	8.54	236	0.2	20	0.13	<DL	45.59	<DL
26	W64-38	581,974	1,665,195	510	8.24	250	0.2	11	0.17	<DL	53.7	<DL
27	W64-39	582,592	1,665,096	393	8.29	192	0.2	8	0.17	<DL	48.53	<DL
4. ตัวอย่างตะกอนธารน้ำ (ธันวาคม 2562) / คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0136/2563								**As_ppm**				
1	AS01	573561	1663095					<DL				
2	AS02	573816	1663545					48				
3	AS04	573459	1663787					9				

กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง							DL::	2	0.01	0.01	0.5	0.003
No	SampleID	Easting	Northing	EC_µS/cm	pH	TDS_ppm	Salinity_ppt	As_ppb	Ba_ppm	Be_ppm	Ca_ppm	Cd_ppm
4	AS05	573912	1663909					13				
5	AS06	574117	1663851					18				
6	AS07	574667	1663941					17				
7	AS08	575041	1664120					207				
8	AS09	575532	1664315					22				
9	AS11	576149	1665176					30				
10	AS12	576883	1665390					21				
11	AS13	577432	1665668					12				
12	AS15	578060	1665864					10				
13	AS17	578805	1666181					14				
14	AS18	579568	1666385					10				
15	AS19	580007	1666052					25				
16	AS20	580525	1665969					11				
17	AS21	581535	1665521					<DL				
								DL:: 5 ppm				
5. ตัวอย่างน้ำอื่น ๆ (ธันวาคม 2562) / คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0136/2563								As_ppb				
1	AW01	573,561	1,663,095	520	7.64	255	0.3	5				
2	AW02	573,816	1,663,545	483	7.59	237	0.2	22				
3	AW16	578,432	1,665,617	158	9.31	77	0.1	4				
4	UTBr-P068	573,562	1,663,700	730	6.89	361	0.4	105				
5	UTBr-P069	573,515	1,663,599	1170	6.9	573	0.6	254				
6	UTBr-P070	573,900	1,663,935	734	6.99	360	0.4	23				
7	UTBr-P071	573,941	1,663,916	696	7.12	341	0.3	6				
8	UTBr-P072	573,470	1,663,477	566	7.26	278	0.3	7				
9	UTBr-P073	573,294	1,663,013	444	7.51	218	0.2	4				
10	UTBr-P074	573,603	1,663,294	472	6.94	231	0.2	6				

กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจ		0.01	0.01	0.01	0.05	0.5	0.05	0.005	0.5	0.01	0.03	0.05
No	SampleID	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_ppm	K_ppm	Mg_ppm	Mn_ppm	Na_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm
1. ตัวอย่างน้ำ (ก่อนปี 2562												
1	UTC-W102											
2	UTB-18											
3	UTBr-RW073											
4	UTBr-RW071											
5	UTBr-RW066											
6	UTBr-RW067											
7	UTC-W112											
8	UTBr-RW065											
9	UTC-W115											
2. ตัวอย่างน้ำ (ธันวาคม 25												
1	AW03											
2	AW04											
3	AW05											
4	AW06											
5	AW07											
6	AW08											
7	AW09											
8	AW11											
9	AW12											
10	AW13											
11	AW15											
12	AW17											
13	AW18											
14	AW19											
15	AW20											
16	AW21											

กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจ		0.01	0.01	0.01	0.05	0.5	0.05	0.005	0.5	0.01	0.03	0.05
No	SampleID	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_ppm	K_ppm	Mg_ppm	Mn_ppm	Na_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm
3. ตัวอย่างน้ำ (มีนาคม 256												
1	W64-11	<DL	<DL	<DL	0.27	5.9	4.83	0.478	2.61	<DL	<DL	0.06
2	W64-12	<DL	0.01	<DL	0.37	1.1	5.52	0.201	2.65	<DL	<DL	0.05
3	W64-13	<DL	<DL	<DL	0.08	1.4	6.24	0.124	2.52	<DL	<DL	0.05
4	W64-14	<DL	<DL	<DL	0.12	1.1	8.23	0.064	3.77	<DL	<DL	<DL
5	W64-15	<DL	<DL	<DL	0.18	1.1	9.78	0.19	7.36	<DL	<DL	<DL
6	W64-16	<DL	<DL	<DL	0.1	1.1	14.72	0.044	23.81	<DL	<DL	0.06
7	W64-17	<DL	<DL	<DL	0.36	1	11.03	2.112	23.25	<DL	<DL	0.05
8	W64-18	<DL	<DL	<DL	0.3	1.1	10.31	0.19	27.25	<DL	<DL	0.06
9	W64-19	<DL	<DL	<DL	0.11	2.1	8.69	0.141	31.54	<DL	<DL	0.06
10	W64-20	<DL	<DL	<DL	0.63	2.9	8.96	1.721	16.53	<DL	<DL	0.06
11	W64-21	<DL	<DL	<DL	1.99	3.2	12.35	5.88	28.68	<DL	<DL	0.07
12	W64-22	<DL	<DL	<DL	0.29	1.3	10.03	0.057	16.36	<DL	<DL	0.06
13	W64-23	<DL	<DL	<DL	0.22	1.9	11.44	0.741	39.85	<DL	<DL	<DL
14	W64-26	<DL	<DL	<DL	1.07	3.9	12.42	2.784	20.94	<DL	<DL	<DL
15	W64-27	<DL	<DL	<DL	0.28	2.09	10.3	0.423	19.65	<DL	<DL	0.05
16	W64-28	<DL	<DL	<DL	0.28	3.2	10.55	0.529	35.5	<DL	<DL	<DL
17	W64-29	<DL	<DL	<DL	0.35	2.1	11.34	0.266	26.6	<DL	<DL	<DL
18	W64-30	<DL	<DL	<DL	0.29	4.06	10.19	0.802	23.72	<DL	<DL	<DL
19	W64-31	<DL	<DL	<DL	0.88	2.52	11.82	1.207	76.8	<DL	<DL	<DL
20	W64-32	<DL	<DL	<DL	0.5	3.96	8.09	0.534	23.52	<DL	<DL	<DL
21	W64-33	<DL	<DL	<DL	0.59	1.51	7.84	0.318	34.9	<DL	<DL	0.05
22	W64-34	<DL	<DL	<DL	0.44	2.26	8.04	0.257	33.38	<DL	<DL	<DL
23	W64-35	<DL	<DL	0.01	1.51	3.41	6.3	0.4	148.5	<DL	<DL	<DL
24	W64-36	<DL	<DL	<DL	0.35	2.1	8.45	0.298	18.52	<DL	<DL	0.05
25	W64-37	<DL	<DL	<DL	3.41	2.63	10.73	0.859	30.81	<DL	<DL	0.08
26	W64-38	<DL	<DL	<DL	0.26	2.75	9.16	0.135	29.24	<DL	<DL	0.05
27	W64-39	<DL	<DL	0.01	1.11	2.69	7.46	0.366	16.31	<DL	<DL	0.07
4. ตัวอย่างตะกอนธารน้ำ (												
1	AS01											
2	AS02											
3	AS04											



ภาพเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารหนูในน้ำกับในตะกอนธารน้ำ ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรงจากบ้านพุตะเคียน (ธันวาคม 2562)

กลุ่มที่ 2 ตามลำห้วยหนองจอก-หนองโรง / สภาพภูมิประเทศ						Sample_Numbers		
No	PointID	Easting	Northing	Distance_m	Height_m	Pre2562 & 2562	Dec_2562	Mar_2564
1	P01	572,660	1,663,727	0	115			
2	P02	572,813	1,663,749	154	113			W64-11
3	P03	572,899	1,663,785	248	112		AW03	
4	P04	573,120	1,663,736	474	109	UTC-W102		W64-12
5	P05	573,331	1,663,674	694	107			
6	P06	573,418	1,663,769	822	104		AW04	W64-13
7	P07	573,591	1,663,827	1,004	102	UTB-18		W64-14
8	P08	573,784	1,663,958	1,238	101			
9	P09	573,912	1,663,909	1,375	100		AW05	W64-15
10	P10	573,957	1,663,866	1,437	100	UTBr-RW073		
11	P11	574,038	1,663,742	1,585	98			
12	P12	574,117	1,663,851	1,720	96		AW06	W64-16
13	P13	574,389	1,663,850	1,993	95			W64-17
14	P14	574,667	1,663,941	2,285	94		AW07	W64-18
15	P15	574,976	1,664,111	2,637	93		AW08	W64-19
16	P16	575,039	1,664,127	2,702	91			
17	P17	575,334	1,664,203	3,007	89			
18	P18	575,532	1,664,315	3,234	89		AW09	W64-20
19	P19	575,550	1,664,570	3,490	88			
20	P20	575,741	1,664,644	3,696	88			
21	P21	575,754	1,664,800	3,852	87	UTBr-RW071		W64-21
22	P22	575,790	1,664,914	3,972	87			
23	P23	575,999	1,665,006	4,200	84			
24	P24	576,152	1,665,169	4,424	84		AW11	W64-22
25	P25	576,570	1,665,473	4,940	84			
26	P26	576,885	1,665,399	5,264	82		AW12	W64-23
27	P27	577,023	1,665,373	5,404	82			
28	P28	577,129	1,665,557	5,617	81	UTBr-RW066		
29	P29	577,432	1,665,668	5,939	81		AW13	
30	P30	577,514	1,665,886	6,172	80			W64-26
31	P31	577,509	1,666,002	6,288	80	UTBr-RW067		
32	P32	577,625	1,666,014	6,405	79			W64-27
33	P33	577,989	1,665,977	6,771	79			
34	P34	578,049	1,665,888	6,879	78		AW15	W64-28
35	P35	578,048	1,665,664	7,103	78	UTC-W112		W64-29
36	P36	578,119	1,665,661	7,174	77	UTBr-RW065		
37	P37	578,188	1,665,688	7,248	77			W64-30
38	P38	578,493	1,665,905	7,622	76			W64-31
39	P39	578,806	1,666,194	8,048	75		AW17	W64-32
40	P40	578,969	1,666,442	8,345	74			
41	P41	579,331	1,666,467	8,708	73			W64-33
42	P42	579,568	1,666,385	8,959	71		AW18	W64-34
43	P43	580,015	1,666,047	9,519	71		AW19	W64-35
44	P44	580,525	1,665,969	10,035	70		AW20	
45	P45	580,791	1,665,985	10,302	70			W64-36
46	P46	581,226	1,665,908	10,743	69			
47	P47	581,394	1,665,566	11,125	68			
48	P48	581,535	1,665,521	11,273	67		AW21	W64-37
49	P49	581,874	1,665,495	11,612	66			
50	P50	581,974	1,665,195	11,929	66	UTC-W115		W64-38
51	P51	582,266	1,664,992	12,285	65			
52	P52	582,592	1,665,096	12,627	65			W64-39
1. UTM: WGS84 zone 47N or EPSG:32647								
2. Height_m extracted from SRTM data with some editing to smotth the slope.								

กลุ่มที่ 3 ตัวอย่างจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข							DL::	2
No	SampleID	Easting	Northing	EC_µS/cm	pH	TDS_ppm	Salinity_ppt	As_ppb
1	V01	576,959	1,667,211	327	6.85	160	0.2	6
2	V02	575,612	1,664,289	300	8.18	147	0.1	4
3	V03	572,077	1,668,835	647	6.84	317	0.3	<DL
4	V04	571,962	1,667,476	643	7.15	316	0.3	<DL
5	V05	574,526	1,669,680	248	7.61	122	0.1	13
6	V06	578,081	1,667,810	205	7.03	101	0.1	7
7	V07	577,546	1,668,513	147	8.46	72	0.1	6
8	V08	577,248	1,667,787	254	8.67	124	0.1	7
9	V09	576,864	1,669,622	83	7.31	40	0	4
10	V10	575,251	1,668,301	233	8.9	114	0.1	12
11	V11	575,612	1,669,014	408	8.04	200	0.2	52
12	V12	576,348	1,667,820	187	7.73	92	0.1	9
13	V13	573,870	1,662,747	756	7.32	370	0.4	28
14	V14	574,411	1,662,414	856	7.96	420	0.4	154
15	V15	573,573	1,663,040	514	7.53	252	0.2	10
16	V16	576,177	1,659,935	557	7.9	273	0.3	151
17	V17	575,546	1,658,268	270	7.38	132	0.1	1,004
18	V18	577,225	1,660,080	309	8.43	152	0.2	148
19	V19	575,916	1,659,727	923	6.94	453	0.5	275
20	V20	575,887	1,659,734	703	7.08	342	0.3	124
21	V21	575,607	1,660,176	1012	7.47	496	0.5	30
22	V22	576,178	1,659,753	325	7.5	159	0.2	160
23	V23	576,269	1,659,512	1223	6.8	600	0.6	42
24	V24	575,352	1,660,098	669	7.33	327	0.3	41
25	V25	576,275	1,659,837	189	7.54	92	0.1	94
26	V26	569,186	1,663,430	531	7.19	260	0.3	<DL
27	V27	569,635	1,663,293	134	7.38	66	0.1	38
28	V28	571,039	1,666,294	623	7.02	306	0.3	<DL
29	V29	571,917	1,664,688	600	7.11	294	0.3	<DL
30	V30	571,886	1,664,736	586	7.02	288	0.3	<DL
31	V31	571,868	1,657,642	872	7.08	427	0.4	111
32	V32	572,158	1,658,555	614	7.4	302	0.3	9
33	V33	569,428	1,659,965	642	6.92	314	0.3	<DL
34	V34	572,014	1,657,353	621	7.72	304	0.3	570
35	V35	571,956	1,664,622	572	7.11	280	0.3	<DL
36	V36	572,159	1,664,829	551	7.33	272	0.3	<DL
37	V37	573,570	1,663,704	267	7.49	131	0.1	31
38	V38	573,524	1,663,604	1058	7.57	518	0.5	198
39	V39	573,564	1,663,819	392	7.57	192	0.2	6
40	V40	573,916	1,663,908	377	7.54	185	0.2	13
41	V41	572,673	1,663,737	405	7.11	198	0.2	3
42	V42	573,493	1,663,015	383	7.47	187	0.2	4
43	V43	573,399	1,663,757	551	7.21	270	0.3	11
44	V44	573,707	1,661,767	55	7.63	27	0	<DL
45	V45	573,655	1,661,795	574	7.21	282	0.3	3
46	V46	574,262	1,660,612	866	7.39	424	0.4	196
47	V47	574,483	1,660,945	773	7.41	377	0.4	41
48	V49	573,661	1,659,305	644	7.29	316	0.3	5
49	V50	573,504	1,659,079	627	7.61	307	0.3	3
50	V51	573,628	1,659,295	372	7.93	183	0.2	4
51	V52	574,452	1,660,784	538	7.93	263	0.3	38
52	V53	573,489	1,659,072	622	7.41	305	0.3	3
53	V57	570,572	1,658,330	467	7.4	229	0.2	2
ตัวอย่างน้ำ (ธันวาคม 2562) /คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0510/2563								
SampleID ปรับเปลี่ยนจากที่เป็นตัวเลข ให้มีอักษร V นำหน้าเพื่อไม่ให้สับสนกับข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นตัวเลข								

กลุ่มที่ 4 ตัวอย่างจากแหล่งน้ำและการเก็บเพิ่มเติม							DL::	2	0.01	0.01	0.5	0.003
No	SampleID	Easting	Northing	EC_µS/cm	pH	TDS_ppm	Salinity_ppt	As_ppb	Ba_ppm	Be_ppm	Ca_ppm	Cd_ppm
1. ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ / คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0343/2564												
1	W64-01	574737	1669798	423	7.94	207	0.2	5	0.05	<DL	47.12	<DL
2	W64-02	576967	1667185	450	7.67	220	0.2	8	0.1	<DL	41.68	<DL
3	W64-03	585271	1662411	338	7.92	166	0.2	8	0.15	<DL	38.29	<DL
4	W64-04	575518	1658399	313	10.06	153	0.2	432	0.11	<DL	27.28	0.009
5	W64-05	571800	1657540	310	7.92	152	0.2	252	0.11	<DL	14.79	0.006
6	W64-07	579012	1666170	381	8.36	186	0.2	19	0.13	<DL	40.11	<DL
2. ตัวอย่างน้ำเพิ่มเติม / คำขอวิเคราะห์เลขที่ 0343/2564												
1	W64-71	575703	1664922	525	7.96	257	0.3	28	0.17	<DL	73.22	<DL
2	W64-73	574562	1664903	537	7.92	263	0.3	28	0.09	<DL	72.32	<DL
3	W64-74	573982	1664899	557	7.85	273	0.3	48	0.11	<DL	76.13	<DL
4	W64-75	573644	1664904	571	7.81	250	0.3	49	0.09	<DL	88.8	<DL
5	W64-76	573114	1664849	615	7.84	301	0.3	49	0.12	<DL	100.3	<DL

กลุ่มที่ 4 ตัวอย่างจากแหล่ง		0.01	0.01	0.01	0.05	0.5	0.05	0.005	0.5	0.01	0.03	0.05
No	SampleID	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_ppm	K_ppm	Mg_ppm	Mn_ppm	Na_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm
1. ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ												
1	W64-01	<DL	<DL	<DL	0.18	2	10.24	0.034	22.8	<DL	<DL	<DL
2	W64-02	<DL	<DL	<DL	0.09	3.6	10.36	0.06	27.35	<DL	<DL	<DL
3	W64-03	<DL	<DL	<DL	0.18	2.7	6.52	0.098	15.51	<DL	<DL	<DL
4	W64-04	<DL	<DL	<DL	0.13	6.1	6.25	0.089	19.05	<DL	<DL	<DL
5	W64-05	<DL	<DL	<DL	0.29	2.3	11.1	0.047	33.05	<DL	<DL	<DL
6	W64-07	<DL	<DL	<DL	1.47	2.6	8.17	0.679	23.83	<DL	<DL	<DL
2. ตัวอย่างน้ำเพิ่มเติม / คำข												
1	W64-71	<DL	<DL	<DL	0.31	1.75	8.68	0.91	12.64	<DL	<DL	0.05
2	W64-73	<DL	<DL	<DL	0.23	1.23	9.64	0.235	16.33	<DL	<DL	0.1
3	W64-74	<DL	0.01	<DL	0.32	1.24	11	0.481	17.08	<DL	<DL	0.08
4	W64-75	<DL	<DL	<DL	0.26	2.62	10.14	0.328	11.39	<DL	<DL	0.05
5	W64-76	<DL	<DL	<DL	0.5	2.07	10.97	0.343	10.24	<DL	<DL	<DL