



รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการย่อยที่ 2

ฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนจากการหาโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินด้วย
การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าระดับลึกละเอียดสูง
เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว

Recovery Hot Spring Resources from Subsurface Geological
Structure Investigation with High Resolution Deep Resistivity
Measurements for Tourism Development

โดย

ผศ. ดีเชลล์ สวนบุรี และคณะ

กรกฎาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัย ด้วยการประยุกต์วิธีการทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อการฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง บริเวณบ้านโป่งช้าง อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว จนได้สำเร็จลุล่วง นั้นจากความร่วมมือและช่วยเหลือจากหลายฝ่าย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ฝ่ายต่างๆ ดังนี้

สถาบันวิจัยแห่งชาติ (วช) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

ทีมงานวิจัยของหน่วยวิจัยสำรวจธรณีประยุกต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ช่วยเหลือด้านเทคนิคการสำรวจและการประมวลผลข้อมูล

เจ้าหน้าที่ท้องถิ่น และราษฎรชาวบ้านโป่งช้างที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในการศึกษาภาคสนาม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ใหญ่ชาติรี ภูเจริญ ผู้ใหญ่บ้านโป่งช้าง นายกฯ สุรสีห์ สงเจริญ (นายก อบต.หนองปรือ) ปลัดสุพจน์ บำรุงกลาง (ปลัด อบต.หนองปรือ) และ คุณสำราญ บัวหลวง เจ้าหน้าที่ อบต. หนองปรือ ที่ให้ความช่วยเหลือ ประสานงานด้านต่างๆ ตลอดช่วงเวลาการทำการวิจัยภาคสนาม

แบบสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง

โครงการย่อยที่ 2

(ภาษาไทย) การฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนจากการหาโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินด้วยการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าระดับลึกละเอียดสูงเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว

(ภาษาอังกฤษ) Recovery Hot Spring Resources from Subsurface Geological Structure Investigation with High Resolution Deep Resistivity Measurements for Tourism Development.

แผนงานวิจัย

(ภาษาไทย) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งน้ำพุร้อนในภาคตะวันตกของประเทศไทย

(ภาษาอังกฤษ) Community Participatory Action Research for Hot Spring Tourism Development in the Western Thailand.

1.2. ชื่อคณะวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ ผศ.ดิเชลล์ สวนบุรี
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 02-5625444, 02-5625555 โทรสาร 02-5793711
E-mail fscidss@ku.ac.th

ผู้ร่วมงานวิจัย

ชื่อ ผศ.ดร.พรสวาท วัฒนกุล
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 02-562-5555 โทรสาร 02-579-3711
E-mail fscipww@ku.ac.th

ชื่อ รศ.ดร.มิ่งขวัญ มิ่งเมือง
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 02-562-5555 โทรสาร 02-579-3711
E-mail fscimkm@ku.ac.th

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 งบประมาณที่ได้รับ 488,224 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปีตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556

2. สรุปโครงการวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อการฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอีกครั้ง ด้วยการประยุกต์วิธีการทางธรณีฟิสิกส์ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง ตั้งอยู่บริเวณ บ้านโป่งช้าง อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่มีน้ำพุขึ้นมาตามธรรมชาติ ไกล่ทางน้ำไหลธรรมชาติ เคยเป็นแหล่งน้ำพุร้อน (อุณหภูมิต่ำ) คือ ประมาณ 43 องศาเซลเซียส เมื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเพื่อเสริมรายได้ให้กับท้องถิ่น อบต. หนองปรือ ได้ทำการปรับปรุงสถานที่ ในปี พ.ศ. 2548 เช่น การทำฐานรากมั่นคงของสิ่งก่อสร้างรอบบ่อน้ำร้อนที่พิกัดแอ่ง 3 หลัง เป็นต้น หลังจากนั้นพบว่าธรรมชาติของน้ำพุร้อนเปลี่ยนไป คือ ไม่มีน้ำอุ่นไหลออกจากบ่อ คุณภาพน้ำจากใสกลายเป็นสีแดงอิฐ อุณหภูมิเป็นน้ำผิวดินปกติ และถูกปล่อยทิ้งรกร้างขาดการดูแลในปัจจุบัน

การฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างให้กลับมาเป็นแหล่งท่องเที่ยวอีกครั้ง สามารถทำได้โดยการประยุกต์ทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ดินที่สัมพันธ์กับการเกิดของน้ำพุร้อน เมื่อเข้าใจธรรมชาติของแหล่งน้ำพุร้อนระดับลึก กว่า 200 เมตร การเจาะเพื่อพาน้ำร้อนขึ้นมาและกันไม่ให้ถูกรบกวนจากน้ำใต้ดินระดับตื้น และเมื่อมีการอบรมเรื่องการจัดการที่ถูกต้อง ก็จะเป็นการฟื้นฟูและพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาวิจัยด้วยการประยุกต์วิธีการทางธรณีฟิสิกส์เพื่อฟื้นฟูศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง มีวัตถุประสงค์ดังนี้

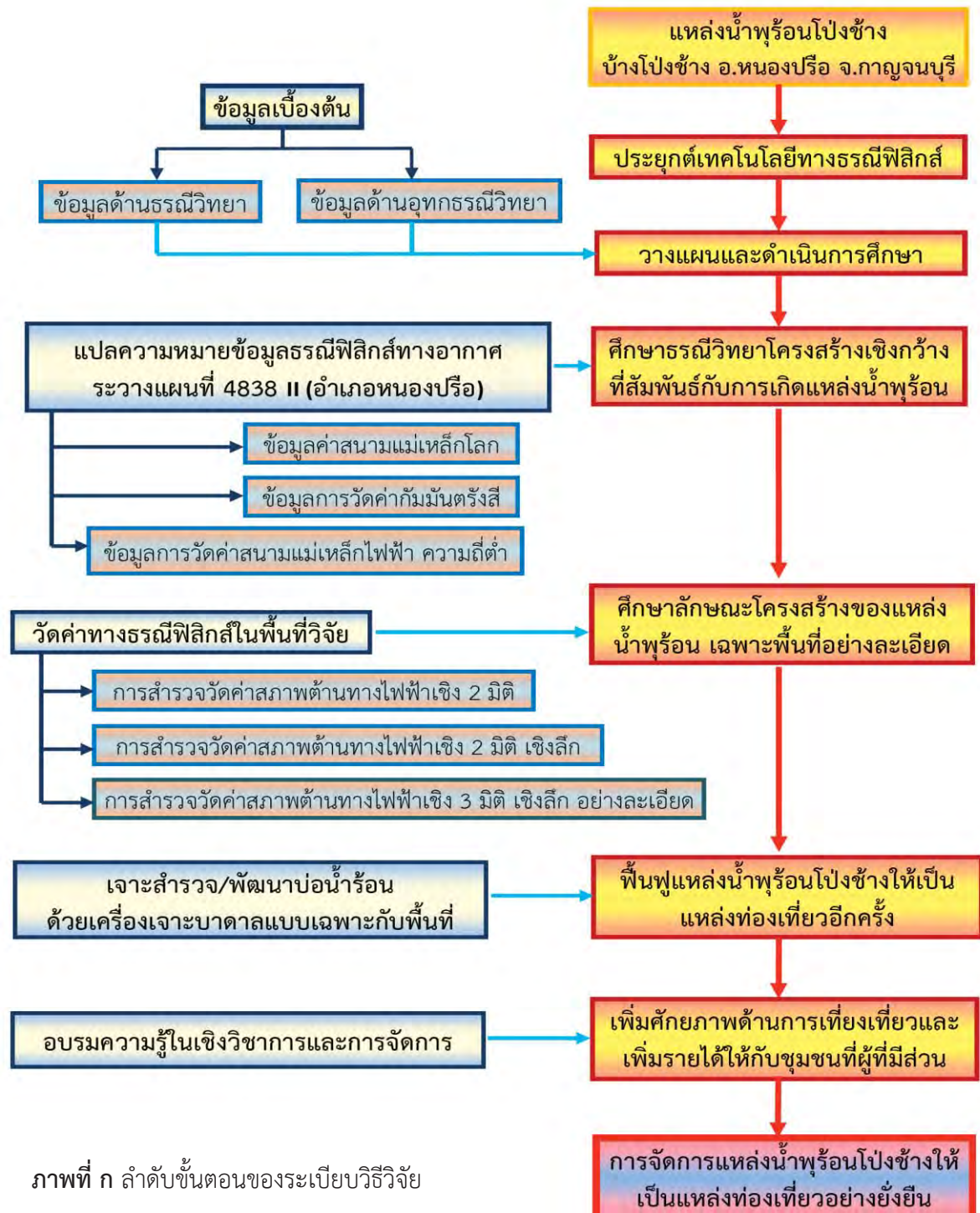
2.2.1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการฟื้นฟูศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อน จากการศึกษาธรรมชาติ ลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินของแหล่งน้ำพุร้อน ระบบน้ำใต้ดินที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาในระดับลึกถึง 200 เมตรที่เกี่ยวข้องกับการเกิด ของน้ำพุร้อน ณ แหล่งที่มีสภาพเสื่อมศักยภาพแล้ว ซึ่งสัมพันธ์กับศักยภาพของแหล่ง เพื่อปรับปรุงสร้างโอกาส ให้กลับมาเป็นแหล่งน้ำพุร้อนเกิดประสิทธิผลสูง และได้ประโยชน์ทางด้านพลังงานทดแทน จากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าซึ่งได้พัฒนาเทคนิคและอุปกรณ์ของการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าให้มีระดับลึก มีความละเอียดของข้อมูลและความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ศึกษาวิจัยและเพิ่มความมั่นใจในประสิทธิภาพการตรวจสอบ

2.2.2 ประเมินศักยภาพของบ่อน้ำร้อนที่ได้ โดยเมื่อนำผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แล้วทำการเจาะศึกษาสถานภาพหาน้ำแร่ร้อนตามหลักวิชาการ ความลึกประมาณ 150 เมตร (ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ทำการศึกษาความหมายแล้ว) รวมทั้งการประเมินอัตราการให้น้ำจากการสูบน้ำทดสอบ (pumpng test) เพื่อช่วยในการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน เช่นการจัดการเรื่องการสูบน้ำด้วยปริมาณปลอดภัย (save yields) กำหนดอัตราการสูบที่เหมาะสม เป็นต้น

2.2.3 ถ่ายทอดความรู้ทางวิชาการ เช่น ธรณีวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อนใต้ผิวดิน โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้อง การจัดการอย่างยั่งยืน สู่ชุมชนและนักท่องเที่ยว จัดทำเอกสารเผยแพร่ ทำบอร์ดประชาสัมพันธ์ และจัดอบรมให้กับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและท้องถิ่น โดยช่วยจัดการให้เป็นบ่อน้ำพุร้อนที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวิชาการ

2.3 ระเบียบวิธีการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยสามารถสรุปลำดับขั้นตอนไว้ในภาพที่ ก ประกอบด้วย



ภาพที่ ก ลำดับขั้นตอนของระเบียบวิธีวิจัย

2.3.1. การแปลความข้อมูลสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ

คลุมแผนที่ภูมิประเทศ ราว 4838 II (อำเภอหนองปรือ) ประกอบด้วยข้อมูล 3 ประเภท คือ

1. ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field)
2. ค่าความเข้มกัมมันตรังสี (radiometric data)
3. ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (very low frequency electromagnetic field)

2.3.2. การวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์ภาคสนาม

คลุมพื้นที่บ่อน้ำร้อนโป่งช้างและบริเวณใกล้เคียง ประกอบด้วย

1. การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็ก ทำการวัดค่าจากเส้นสำรวจ 6 เส้นสำรวจ มีทิศแนวสำรวจเป็น ตะวันออก – ตะวันตก ระยะห่างระหว่างเส้นสำรวจ 100 เมตร ระยะห่างจุดวัดค่า 10 เมตร
2. การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ (2D Resistivity imaging survey)
เป็นการสำรวจด้วยวิธีการสร้างภาพจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า เป็นการหาขอบเขตและความหนาของชั้นถ่านหินในเชิง 2 มิติ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเป็น 10 เมตร ประกอบด้วย 7 เส้นสำรวจ เส้นสำรวจ 5 เส้นวางในแนวตะวันออก-ตะวันตก และอีก 2 เส้นสำรวจ วางในแนวเหนือ-ใต้
3. การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ ในเชิงลึก (Deep 2D Resistivity imaging survey)

วิธีการศึกษาลำดับกับข้อ 2.3.2 แต่ออกแบบระบบเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือ ทำการวัดค่าให้ระยะทางเส้นสำรวจยาวกว่า (จำนวนขั้วไฟฟ้า มากกว่า คือประมาณ 100 ขั้วไฟฟ้า) และสามารถวัดใต้ดินได้ลึกกว่า คือมากกว่า 150 เมตร ระยะห่างขั้วไฟฟ้าเท่ากัน คือ 10 เมตร ทำการวัดค่า 2 เส้นสำรวจ

4. การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 3 มิติเชิงลึกอย่างละเอียด (Detail deep 3D offset Pole –Dipole Resistivity survey)

เป็นการวัดค่าแบบ 3 มิติ กำหนดวิธีการวางระบบขั้วไฟฟ้าเป็นแบบ ออฟเซต โพล-ไดโพล (Resistivity 3D offset pole – dipole) ให้แนวสำรวจวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (R_{xr} line) จำนวน 24 ขั้วรับสัญญาณ ระยะห่าง 25 เมตร ระยะห่างของแต่ละเส้นสำรวจ 100 เมตร และแนวปล่อยกระแสไฟฟ้า (Tx Line) อยู่ระหว่าง Rx Line แต่ละเส้น Tx มีจุดปล่อยกระแสไฟฟ้า จำนวนทั้งหมด 17 ตำแหน่ง ระยะห่าง 50 เมตร และให้จุดปล่อยกระแสไฟฟ้าระยะไกลที่ระยะประมาณ 1 กิโลเมตรทางด้านเหนือ

2.3.3. การประมวลผลข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล

- 1 การประมวลผลข้อมูลค่าสนามแม่เหล็ก

การประมวลผลข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ได้เป็นแผนที่ค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง (residual map) จำแนกสัญญาณจากการรบกวนพังก์ชัน 3 แกน (Analytic signal) เขตค่าสูงเป็นตำแหน่งผิดปกติทางแม่เหล็ก และการคำนวณ ทางคณิตศาสตร์ย้ายตำแหน่งไปที่ขั้วโลกเพื่อช่วยในการแปลความให้ถูกต้องมากขึ้น

2. การประมวลผลข้อมูลค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2-3 มิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าถูกนำไปทำการประมวลผลและแปลความหมายข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RES2DINV Version. 3.55 ด้วยวิธีผกผันเชิงสองมิติ (2D inversion) โดยใช้วิธีการสร้างรูปแบบจำลองใต้ผิวดิน (model) ในเชิงสองมิติ (2D) โดยนำค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า

(Resistivity) ที่ได้จากการสำรวจจริงในสนามมาเปรียบเทียบกับค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Resistivity) ที่ได้จากการคำนวณ โปรแกรมจะทำการคำนวณจำนวนชั้นและค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ออกมาเป็นรูปภาคตัดขวาง (section) ใต้ผิวดินด้วยวิธีการประมวลผลแบบผกผัน

2.3.4. การเจาะบ่อน้ำใต้ดิน เพื่อการศึกษาสภาพแหล่งน้ำพุร้อนและการพ่นน้ำร้อนขึ้นที่ผิวดิน

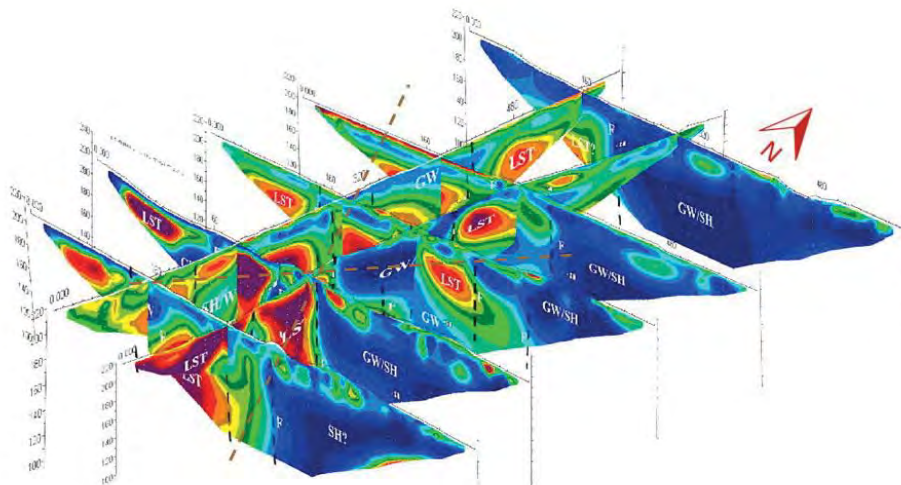
วางแผนการเจาะบ่อเป็นแบบระบบปิด (cased well) เพื่อกันน้ำใต้ดินระดับตื้นปนกับน้ำร้อนระดับลึก ความลึกขึ้นอยู่กับชั้นน้ำร้อนที่ศึกษาได้ โดยประมาณจากผลการสำรวจ น่าจะทำเจาะที่ความลึกไม่เกิน 100 เมตร ลักษณะการขุดเจาะ คือ การขุดเจาะบ่อดัวยระบบ Direct Rotary ใช้หัวเจาะ 9" เฉพาะช่วงบริเวณที่เป็นชั้นดิน/ตะกอนทราย แล้วใส่ท่อ PVC ขนาด $\varnothing$ 6" เพื่อรักษาบ่อให้คงทน ส่วนช่วงที่เป็นชั้นหินดานแข็ง ทำการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลด้วยระบบ Down The Hole ขนาด $\varnothing$ 5.5" เมื่อสร้างบ่อ ทำการเชื่อมต่อ PVC 8.5 ขนาด $\varnothing$ 4" ตลอดความลึก เพื่อป้องกันหลุมเจาะพังและเศษหิน เศษหินเข้าบ่อ รักษาสภาพบ่อให้คงทน

2.4 ผลการวิจัย

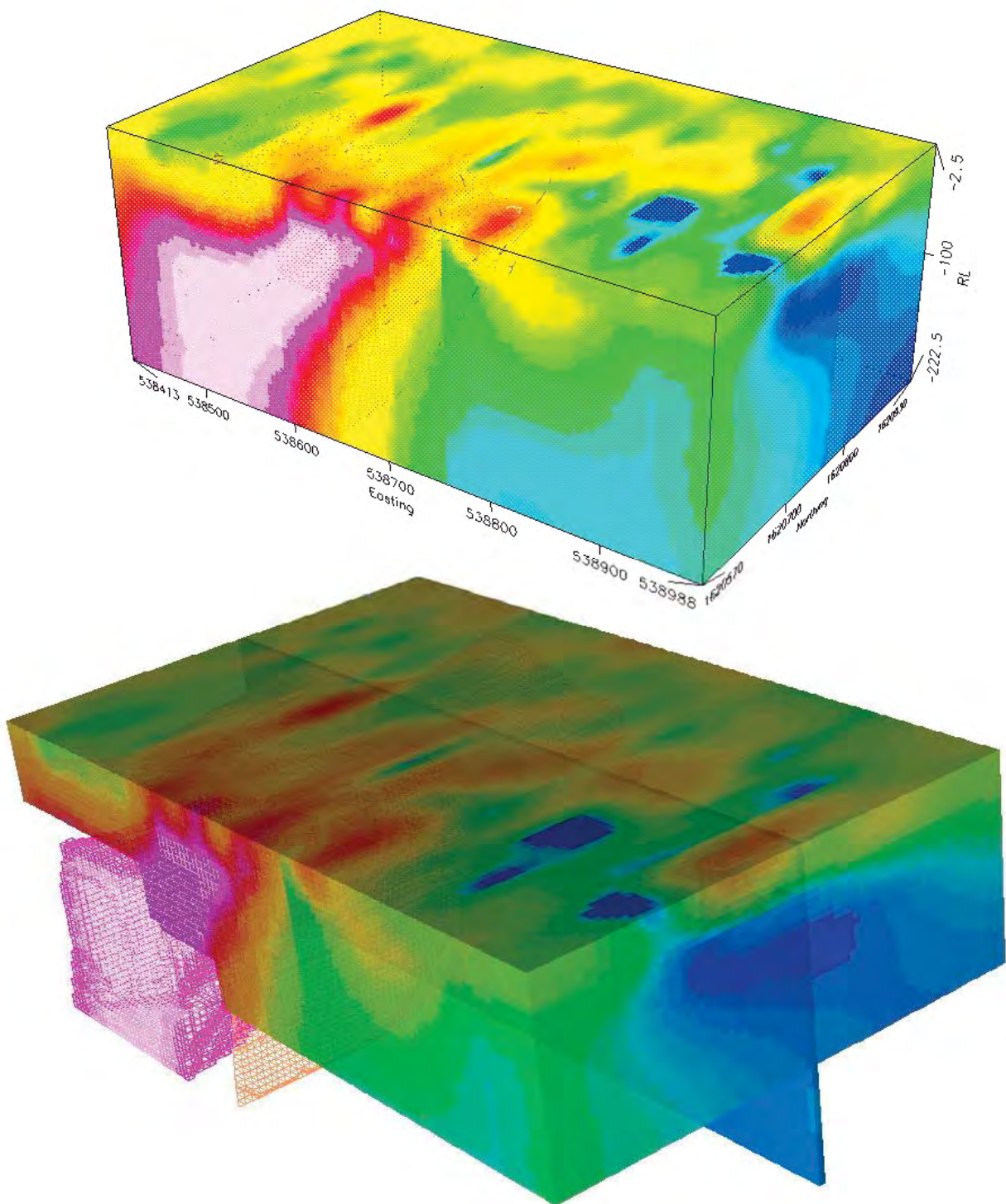
ผลจากการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าทั้งในเชิง 2-3 มิติ สามารถแสดงตำแหน่งและทิศทางของรอยเลื่อนมีแนวหลักวางตัว NW-SE และอีกแนว NE-SW ตัดกับบริเวณประมาณใกล้บ่อน้ำพุร้อน (ภาพที่ ข-ค) ที่สัมพันธ์กับการเกิดของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างโดยอธิบายได้ในแบบจำลองเชิงโมโนโทน (ภาพที่ ง)

จากการเจาะน้ำใต้ดิน 3 บริเวณ (ภาพที่ จ) ทำให้ทราบทางธรณีวิทยาใต้ดินที่บ่งบอกถึงศักยภาพของน้ำพุร้อน ว่ายังมีอยู่จากโครงสร้างทางธรณีวิทยา บริเวณที่เป็นเขตระหว่างหินปูนกับหินดินดาน ยังพบหินอ่อนกับหินชนวน ที่เกิดจากแรงบีบอัดจากหินแกรนิตระดับลึก

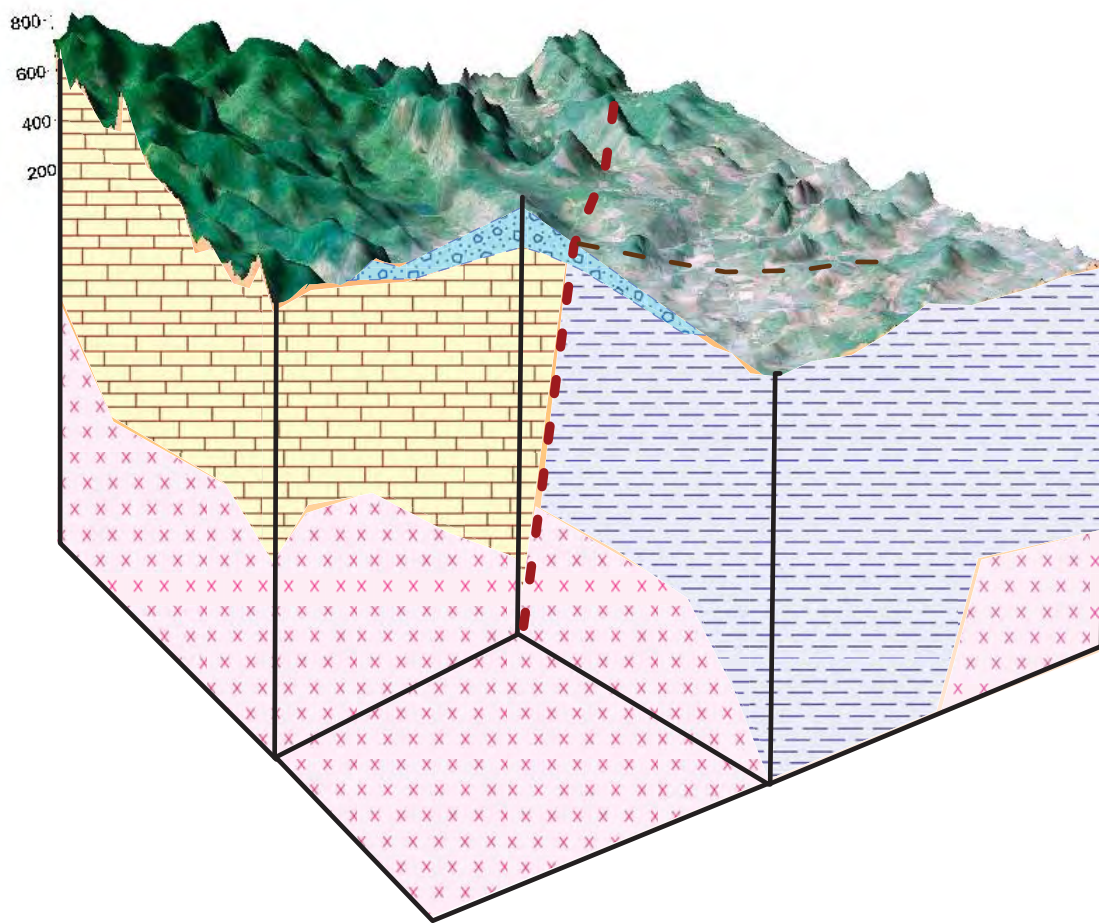
น้ำที่ได้จากการเจาะเป็นน้ำใต้ดินระดับตื้นมีปริมาณ มากกว่า 10 ลบ.ม./ชม. โดยไม่สามารถเจาะได้ลึกตามข้อมูลที่ศึกษาได้ เนื่องจากปัจจัยทางธรณีวิทยาใต้ดินบริเวณพื้นที่ศึกษาเองและด้านเทคนิคของเครื่องเจาะเองด้วย รวมทั้งปัจจัยด้านกรอบของเวลาของการวิจัย



ภาพที่ ข แสดงแบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าทั้ง 7 เส้นสำรวจ ในเชิง 3 มิติ แสดงตำแหน่งและทิศทางของรอยเลื่อนสัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง



ภาพที่ ค ผลการประมวลผลค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 3 มิติ พบความต่อเนื่องของรอยเลื่อนลงระดับลึก กว่า 200 เมตร เขตของหินปูน (สีแดง) และหินดินดาน (สีน้ำเงิน) แนวรอยเลื่อน (สีส้ม)



ภาพที่ ง แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง แสดงแนวของรอยเลื่อนจากความไม่ต่อเนื่อง
ระหว่างหินปูน กับหินดินดาน โดยมีหินแกรนิตรองรับระดับลึก



ภาพที่ จ ตำแหน่งการเจาะน้ำใต้ดินทั้งหมด 3 ตำแหน่งและการวางเครื่องเจาะซึ่งจุดเจาะที่ 3 มีการ
ขยับเปลี่ยนตำแหน่งหลายครั้งเนื่องจาก พบชั้นตะกอนเศษหินแข็งเขาไม่สามารถเจาะต่อได้

2.5. ประโยชน์ที่ได้รับ

2.5.1. เป็นข้อมูลทางวิชาการทั้งจากการพัฒนาเทคนิควิธีการศึกษาด้านการวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์ ที่สามารถหาลักษณะแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างที่ประสบผลสำเร็จค่อนข้างดี เช่น แสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ดินระดับลึกกว่า 200 เมตร ได้อย่างละเอียด

2.5.2. แนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างที่เสื่อมสภาพให้สามารถมีศักยภาพเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว ถึงแม้ว่าผลจากการเจาะน้ำใต้ดิน ไม่สามารถเจาะได้ลึกตามผลการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ ได้น้ำเย็นปริมาณมาก (> 10 ลบ.ม./ชม.) บริเวณที่เป็นรอยเลื่อน ยังถือประสบผลสำเร็จระดับหนึ่ง ซึ่งควรมีการศึกษาต่อยอดเพื่อสามารถฟื้นฟูให้แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างเป็นแหล่งท่องเที่ยวตามแผนที่วางไว้

2.6. การนำไปใช้ประโยชน์

2.6.1. เทคนิคและวิธีการศึกษาด้านการวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อศึกษาแหล่งน้ำพุร้อน เป็นผลการศึกษาที่ประสบผลสำเร็จค่อนข้างดี สามารถนำไปประยุกต์กับแหล่งน้ำพุร้อนอื่นหรือหาแหล่งใหม่ รวมทั้งหาแหล่งน้ำใต้ดินอื่น ที่ต้องการหาน้ำระดับลึกและที่ต้องการความถูกต้องสูง

2.6.2. ความรู้ด้าน เทคนิค และผลการวิจัยสามารถ ถ่ายทอดเทคโนโลยี ความรู้จากการวิจัยเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำพุร้อนในเชิงธรณีวิทยาแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง กับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยเบื้องต้นได้ให้ความรู้กับ เจ้าหน้าที่ อบต. หนองปรือ ที่รับผิดชอบกับพื้นที่บริเวณนี้

2.6.3. การเผยแพร่งานวิจัยเป็นเรื่องสำคัญ เช่น การนำเสนอผลงานทางวิชาการ โดยวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ยังสามารถนำไปใช้ได้หลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมชลประทาน หรือกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น

2.7. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ผลจากการศึกษาวิจัยทำให้มีข้อเสนอแนะดังนี้

2.7.1 จากการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ดินแหล่งน้ำพุร้อนความร้อนโป่งช้าง เพื่อฟื้นฟูศักยภาพน้ำพุร้อน ดำเนินการมาอย่างถูกทางแล้ว การพัฒนาเทคนิคด้านธรณีฟิสิกส์ ทั้ง 2-3 มิติ ลึกกว่า 200 เมตร แต่อาจมีการสำรวจเพิ่มในรายละเอียด โดยเฉพาะบริเวณบ่อน้ำร้อน รวมทั้งควรมีการศึกษาเฉพาะระดับตื้นไม่เกิน 10 เมตร แต่ต้องละเอียดมาก เช่น ระยะห่างขั้วไฟฟ้า 1 เมตร เป็นต้น เพื่อศึกษาขอบเขตชั้นกรวด ก่อนที่จะทำการเจาะ

2.7.2 โอกาสและศักยภาพของน้ำพุร้อนยังมีอย่างแน่นอน คือในช่วงที่ทำการเจาะบ่อน้ำที่ 3 มีการสูบน้ำในบ่อน้ำพุร้อนเดิม (น้ำเย็น) ออกเกือบหมด หลังจากนั้น 1 วัน พบว่าน้ำที่ไหลเข้าในบ่อมีอุณหภูมิอุ่นขึ้นมาเล็กน้อย ยืนยันถึงศักยภาพของบ่อน้ำร้อน แต่เนื่องจากน้ำเย็นระดับตื้นมีปริมาณมากกว่ามาก ๆ จึงทำให้น้ำที่มีอยู่ไม่ร้อน โครงการนี้จึงควรให้ได้รับการสนับสนุนวิจัยต่อยอด เพื่อให้แหล่งน้ำพุร้อนเป็นแหล่งท่องเที่ยวอย่างสมบูรณ์

2.7.3 การพัฒนาบ่อน้ำพุร้อนเป็นแหล่งท่องเที่ยว และการจัดการตามหลักวิชาการเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อช่วยเหลือเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ยังเป็นเป็นการพัฒนาเพิ่มศักยภาพที่มีอยู่ในธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ แหล่งน้ำพุร้อนความร้อนโป่งช้างถ้าสามารถฟื้นฟูได้สำเร็จ นอกจาก เป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเพิ่มอาชีพ เช่น ขายผลผลิตทางการเกษตร ผลิตน้ำแร่ธรรมชาติ (ต้องศึกษาคุณภาพน้ำก่อน) หรือ โฮมสเตย์กับธรรมชาติสวยงาม

ชื่อโครงการวิจัย

ฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนจากการหาโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินด้วยการวัดค่า
สภาพต้านทานไฟฟ้าระดับลึกละเอียดสูงเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว

Recovery Hot Spring Resources from Subsurface Geological
Structure Investigation with High Resolution Deep Resistivity
Measurements for Tourism Development.

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี...2555... จำนวนเงิน...488,224... บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย...1...ปี ตั้งแต่...1...พฤษภาคม...2555...ถึง...30...สิงหาคม...2556
ชื่อผู้วิจัย ผศ. ดีเชลล์ สนวนบุรี¹ ผศ.ดร. พรสวาท วัฒนกุล¹ และ รศ.ดร. มิ่งขวัญ มิ่งเมือง¹

บทคัดย่อ

การพัฒนาบ่อน้ำพุร้อนโป่งช้าง บ้านโป่งช้าง อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ให้เป็นแหล่ง
ท่องเที่ยว น้ำพุร้อนที่เคยเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เปลี่ยนไปเป็นน้ำขุ่นสีแดงอิฐ อุณหภูมิของน้ำเป็นปกติ การ
ประยุกต์เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ดินเพื่อฟื้นฟูและพัฒนาศักยภาพของบ่อ
น้ำพุร้อนโป่งช้างให้เป็นกลับมาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวอีกครั้ง วิจัยเริ่มด้วยการแปลความหมายข้อมูลธรณี
ฟิสิกส์ทางอากาศเพื่อศึกษาเชิงกว้างคลุมแผนที่ระวาง 4838 II ข้อมูลที่ใช้ศึกษา คือ ค่าความเข้ม
สนามแม่เหล็ก ค่าความเข้มกัมมันตรังสี และค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ได้ตำแหน่งและลักษณะรอย
เลื่อนและเขตหินแกรนิตที่สัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง และยังช่วยในการวางแผนวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์
บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง โดยการวัดค่าสนามแม่เหล็กภาคสนาม (5 เส้นสำรวจ) วัดค่าสภาพต้าน
ไฟฟ้า 2 มิติ อ่านค่าด้วย 60 ขั้วไฟฟ้าพร้อมกัน (7 เส้นสำรวจ ยาวเส้นละ 600 เมตร) ได้ข้อมูลลึกกว่า 100
เมตร วัดค่าสภาพต้านไฟฟ้า 2 มิติ เชิงลึกอ่านค่าด้วย 90 ขั้วไฟฟ้าพร้อมกัน (2 เส้นสำรวจ ยาวเส้นละ 900
เมตร ตัดกันบริเวณบ่อน้ำพุร้อน ได้ข้อมูลลึกกว่า 150 เมตร) และทำการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3D
วางขั้วไฟฟ้าแบบ offset Pole-Dipole ได้ความลึกกว่า 200 เมตร ผลการศึกษาสอดคล้องกันคือสามารถ
กำหนดตำแหน่งและทิศทางของรอยเลื่อนระหว่างหินปูน (ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่า 100 โอห์มเมตร) กับ
หินดินดาน (ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ประมาณ 10 โอห์มเมตร) มี 2 ทิศทางคือ NW-SE และ NE-SW ตัด
กันบริเวณประมาณบ่อน้ำพุร้อน มีมุมเอียงเทในทิศที่ต่างกัน การเจาะน้ำใต้ดินเพื่อพัฒนาน้ำพุร้อน โดยทำการ
เจาะจาก 3 ตำแหน่งในพื้นที่โครงการ ได้น้ำใต้ดินมากกว่า 10 ลบ.ม./ชม. จากช่วงรอยต่อชั้นหินชนวนกับหิน
อ่อน ระยะ 10 เมตร เป็นน้ำอุณหภูมิปกติ ผลที่คาดหวังจะนำน้ำร้อนระดับลึก (ประมาณ 100 เมตร) จากบ่อ
ระบบปิดเพื่อกันไม่ให้ น้ำใต้ดินเย็นผสม ยังไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากปัญหา ด้านลักษณะทางธรณีวิทยา (ชั้น
กรวดหนาตั้งแต่ 3 เมตร เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้เจาะ เวลาที่ใช้ปฏิบัติงาน และงบประมาณ

คำสำคัญ น้ำพุร้อนโป่งช้าง การฟื้นฟู การท่องเที่ยว ธรณีฟิสิกส์ ธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ผิวดิน

¹ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ABSTRACT

The development of Pongchang hot spring situated at Ban Pongchang, Nongprue district, Kanchanaburi province for tourism purpose had changed the nature of hot spring to become red-brown colour and normal temperature. The application of geophysics technology to study subsurface geological structure may recovery and develop the potential of Pongchang hot spring to become tourism place. Initial research approach was an interpretation of airborne geophysical data, e.g. total magnetic intensity, Radiometric intensity and VLF-EM field for regional geological structure covering map sheet 4838 II. The positions and aspects of fault zones and granite boundary which may relative to Pongchang hot spring occurrence, were obtained. As a result, further ground geophysical measurements at hot spring area were achieved. Field procedures include ground magnetic measurement, 2D resistivity imaging with 60 multi-electrode for target depth of > 100m, deep 2D resistivity imaging with 90 multi-electrode for target depth of > 150m and 3D offset Pole-Dipole resistivity imaging for detailed target depth of > 200m. The result confirm to previous concept with locating main and minor fault zones in NW-SE and NE-SW direction by crossing at about hot spring location. The fault were set between Limestone (high resistivity > 100 Ω m) and Shale (low resistivity $\approx$ 10 Ω m). Groundwater drilling was performed at 3 positions inside Pongchang hot spring project area. The high yield of normal ground water found more than 10 m²/hr at Position 3 obtain from the contract zone of slate and marble layers at 10 m deep. It is unsuccessful to produce deep close well ($\approx$ 100 m) for preventing the disturbance of shallow groundwater which may cause from geological feature from thick gravel and boulder layer, technique and equipment drilling, operation time, and budget.

Keywords Pongchang hot spring, Recovery, Tourism, Geophysics, Subsurface geological structure

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2-ก
แบบสรุปสำหรับผู้บริหาร	2-ข
บทคัดย่อ	2-ฉ
สารบัญ	2-ฐ
สารบัญภาพ	2-ท
สารบัญตาราง	2-ด
บทที่ 1 บทนำ	2-1
ความนำ	2-1
วัตถุประสงค์	2-2
พื้นที่ศึกษาวิจัย	2-2
ธรณีวิทยา	2-5
อุทกธรณียาน้ำใต้ดิน	2-6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	2-12
อุทกธรณียาน้ำใต้ดิน	2-12
เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์	2-15
งานสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่ศึกษาวิจัยที่ได้ทำก่อนนี้	2-21
บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย	2-23
การแปลงข้อมูลสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ	2-24
การวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์ภาคสนาม	2-28
การประมวลข้อมูล	2-35
การเจาะน้ำใต้ดิน	2-37
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	2-39
ผลการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์	2-39
ผลการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์บริเวณพื้นที่ศึกษาวิจัย	2-53
ผลการเจาะน้ำใต้ดิน	2-71
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	2-73
เอกสารอ้างอิง	2-75
ภาคผนวก	
ก บทความสำหรับเผยแพร่	2-77
ข กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ประโยชน์	2-86
ค ตารางเปรียบเทียบกิจกรรม	2-88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	สภาพพื้นที่ทั่วไปบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุร้อนโป่งช้าง อ.หนองปรือ จ.กาญจนบุรี ในปัจจุบัน	2-1
1-2	ที่ตั้งพื้นที่วิจัย น้ำพุร้อนโป่งช้าง บ้านโป่งช้าง หมู่ที่ 5 ตำบลหนองปรือ อำเภอนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี	2-3
1-3	ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบเชิงเขาถ่ายจากเนินเขากลางพื้นที่เมื่อมองไปด้านเหนือ (รูป ก) และรูป ข มองจากกลางพื้นที่ไปทางด้านใต้ เห็นเทือกหินปูนอยู่ด้านหน้าและหินแกรนิตปรากฏด้านหลังที่เป็นแหล่งเติมน้ำระบบน้ำใต้ดินบริเวณที่เป็นที่ราบเชิงเขาทางด้านเหนือ การใช้ที่ดินด้านการเกษตร ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง สลับปลูกข้าวโพดเป็นส่วนใหญ่	2-4
1-4	ลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นที่ราบเชิงเขาสูงเฉลี่ยประมาณ 200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ปรากฏเทือกหินปูนด้านตะวันตกเฉียงใต้	2-5
1-5	แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ระวาง 4838 II (อำเภอนองปรือ)	2-7
1-6	ลักษณะธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาน้ำพุร้อนบ้านโป่งช้าง อำเภอนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ประกอบด้วย หินปูน หินแกรนิต (ด้านใต้) หินดินดาน และหินทราย (ด้านเหนือ)	2-8
1-7	โครงสร้างทางธรณีวิทยา (ได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ) แสดงรอยเลื่อนหลักๆ วางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียง	2-9
1-8	แผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่ระวาง 4838 II (อำเภอนองปรือ)	2-10
1-9	แผนที่น้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา	2-11
2-1	วัฏจักรของน้ำ	2-12
2-2	กระบวนการการเกิดน้ำพุร้อน	2-14
2-3	แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง	2-14
2-4	กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวกลางรูปทรงกระบอกของสสารเอกพันธ์	2-15
2-5	การไหลของกระแสไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าเดียว	2-15
2-6	การวางขั้วไฟฟ้าในการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า	2-15
2-7	ระบบขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือแบบ Wenner-Schlumberger และ Dipole-Dipole	2-16
2-8	การออกแบบการอ่านข้อมูลของการสำรวจในเชิง 2 มิติ	2-16
2-9	อธิบายการวัดค่าและประมวลผลแบบหยั่งลึกและแบบการสร้างภาพในเชิง 2 มิติ	2-16
2-10	การเปรียบเทียบความหนาแน่น การไหลของกระแสไฟฟ้าและตำแหน่งที่อ่านค่าจากระบบการวางขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ	2-17
2-11	การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านชั้นดิน	2-17
2-12	ช่วงค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน ตะกอน น้ำ และหิน รวมทั้งค่าของชั้นน้ำร้อน ดัดแปลงจาก (Telford <i>et al.</i> , 1990)	2-17
2-13	เส้นแรงสนามแม่เหล็กธรณี	2-18
2-14	สนามแม่เหล็กธรณีในรูปเวกเตอร์ เมื่อมีค่าผิดปกติทางแม่เหล็กเสริมสนามแม่เหล็ก	2-18
2-15	ลักษณะความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณที่มีค่าผิดปกติทางแม่เหล็กผิดปกติทางแม่เหล็ก	2-19

สารบัญภาพ (ต่อ)

2-16	ผลการศึกษา แบบจำลองค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าตามแนวสำรวจ 2 มิติ สามารถกำหนดเขตรอยเลื่อนบริเวณบ่อน้ำร้อนโป่งช้าง	2-21
2-17	ผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดย กัมปนาท แหลมลทรัพย์ และ วิไลวรรณ เวชกามา (2553) แสดงแนวรอยเลื่อนจากการวัดวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบโพล – โพล บริเวณน้ำพุร้อนบ้านโป่งช้าง	2-22
3-1	ขั้นตอนของวิธีการวิจัย	2-23
3-2	สรุปขั้นตอนการจัดการข้อมูลเพื่อการแปลความหมายข้อมูล	2-24
3-3	แสดงการปลดปล่อยพลังงานรังสีแกมมาของธาตุกัมมันตรังสีใช้ในการแปลความหมายธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ	2-26
3-4	Iris Instrument Syscal R1 Multi-electrode	2-28
3-5	การจัดวางเครื่องมือสำรวจวัดค่าสภาพต้านทาน ไฟฟ้า WDA-1	2-28
3-6	การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กด้วยเครื่องมือที่สามารถวัดค่าแบบ เกรเดียน โดยใช้ sensor 2 ตัว พร้อมกัน เริ่มอ่านค่าที่ Base Station แล้วทำการอ่านค่าตามเส้นสำรวจโดยมี GPS บันทึกตำแหน่งพร้อมกัน	2-29
3-7	ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กภาคสนาม	2-30
3-8	ลักษณะการอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า จากการวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (รูป ก) แบบขลัมเบอร์เจอร์ (รูป ข)	2-31
3-9	ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ ทั้ง 7 เส้นสำรวจคลุมพื้นที่วิจัย	2-32
3-10	ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงลึก (สี่สัณ)	2-33
3-11	ลักษณะการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล เพื่อใช้ในการอ่านค่า 3 มิติ	2-34
3-12	ตำแหน่งการกำหนดขั้วไฟฟ้าวิธีการวัดค่าแบบ 3D อ่านค่าแบบโพล-ไดโพล	2-35
3-13	ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้า	2-36
3-14	ตำแหน่งเจาะน้ำใต้ดิน 3 ตำแหน่ง	2-37
3-15	เครื่องเจาะที่ใช้เป็นแบบเฉพาะ คือมีขนาดเล็ก สามารถเข้าเจาะบริเวณที่แคบ บริเวณที่ก่อสร้างแหล่งท่องเที่ยวได้ และสามารถขยับย้ายตำแหน่งการเจาะสะดวก จากรูปเป็นการย้ายและตั้งเครื่องเจาะ ณ ตำแหน่งที่ 2	2-38
4-1	แผนที่ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กรวม (Total magnetic field map) คลุมระวางแผนที่ 4838 II อำเภอหนองปรือ	2-40
4-2	การแปลความหมายข้อมูลจากแผนที่ค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง (residual magnetic map) ของระวางแผนที่ 4838 II อำเภอหนองปรือ แสดงตำแหน่งและทิศทางที่เป็นรอยเลื่อน รวมทั้งเขตของหินแกรนิตระดับลึก ที่อาจสัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง	2-41
4-3	การแปลความหมายข้อมูลจากแผนที่ Analytic Signal ของระวางแผนที่ 4838 II อำเภอหนองปรือ แสดงบริเวณที่เป็นค่าผิดปกติ (เขตสีแดง) แสดงตำแหน่งและทิศทางที่เป็นรอยเลื่อน รวมทั้งเขตของหินแกรนิตระดับลึก	2-42
4-4	การแปลความหมายข้อมูลจาก แผนที่ Reduction to the Magnetic Pole map (RTP) แสดงตำแหน่งและทิศทางที่เป็นรอยเลื่อน รวมทั้งเขตของหินแกรนิตระดับลึก	2-43

สารบัญภาพ (ต่อ)

4-5	แบบจำลองของค่าสนามแม่เหล็ก ตามแนว Profiles แสดงการวางตัวของรอยเลื่อนที่มีมุมเทไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ และตัวหินแกรนิต (สีฟ้า) ที่ปรากฏด้านตะวันตกเฉียงใต้	2-44
4-6	แบบจำลองของค่าสนามแม่เหล็ก ตามแนว Profiles แสดงการวางตัวของรอยเลื่อนที่มีมุมเทไปทางตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ และตัวหินแกรนิต (สีฟ้า) ในเชิง 3 มิติ	2-44
4-7	แบบจำลองของค่าสนามแม่เหล็ก เมื่อเทียบกับแผนที่ Residual Map	2-45
4-8	แบบจำลองของค่าสนามแม่เหล็ก เมื่อเทียบกับแผนที่ Residual Map และแผนที่ภูมิประเทศ	2-45
4-9	แผนที่ข้อมูลค่าความเข้มกัมมันตรังสีรวม แสดงการแผ่กัมมันตรังสีค่อนข้างสูงบริเวณที่เป็นรอยเลื่อนซึ่งส่วนใหญ่วางตัวตามแนวNW-SE	2-46
4-10	การแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มกัมมันตรังสีในรูป Ternary map จากที่ปรากฏอย่างชัดเจนว่าการแผ่กัมมันตรังสีค่อนข้างสูงบริเวณที่เป็นรอยเลื่อนซึ่งส่วนใหญ่วางตัวตามแนว NW-SEและสามารถแยกเขตที่เป็นหินที่แตกต่างกัน	2-47
4-11	ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ จาก Line Station	2-49
4-12	ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ จาก Orthogonal Station	2-50
4-13	ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ที่ผ่านการกรองแบบ Fraser ของ Line Station	2-51
4-14	ข้อมูลสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ที่ผ่านการกรองแบบ Fraser จาก Orthogonal Station	2-52
4-15	แผนที่สนามแม่เหล็กรวมจากการเดินสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา พบความไม่ต่อเนื่องของรอยเลื่อนแต่ยังคงมีทิศทางเช่นเดียวกับข้อมูลการบินสำรวจ	2-53
4-16	แผนที่ Analytic Signal ที่ได้จากการประมวลผลสนามแม่เหล็กรวมจากการเดินสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา พบแนวเขตผิดปกติทางแม่เหล็กที่น่าจะสัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อน	2-54
4-17	แผนที่ Reduction to the Magnetic Pole จากการประมวลผลค่าสนามแม่เหล็กรวมจากการเดินสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา พบแนวของรอยเลื่อน 2 แนวหลัก (เขตสีน้ำเงิน)	2-54
4-18	ข้อมูลดิบค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการอ่านค่า แบบแบบขลัมเบอร์เจอร์ ตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 730E</u> และ <u>เส้นสำรวจ LINE 720N</u>	2-56
4-19	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ ไโดโพล-ไดโพล เชิงละเอียดและ แบบแบบขลัมเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 600E</u>	2-58
4-20	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ ไโดโพล-ไดโพล เชิงละเอียดและ แบบแบบขลัมเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 600N</u>	2-59
4-21	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ ไโดโพล-ไดโพล เชิงละเอียดและ แบบแบบขลัมเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 720N</u>	2-60
4-22	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ ไโดโพล-ไดโพล เชิงละเอียดและ แบบแบบขลัมเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 730E</u>	2-61

สารบัญภาพ (ต่อ)

4-23	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ โดโพล-โดโพล เชนละเอียดและ แบบแบบขลิ้มเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 800N</u>	2-62
4-24	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ โดโพล-โดโพล เชนละเอียดและ แบบแบบขลิ้มเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 970N</u>	2-63
4-25	แบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าของวางขั้วไฟฟ้าแบบ โดโพล-โดโพล เชนละเอียดและ แบบแบบขลิ้มเบอร์เจอร์ที่ได้ข้อมูลที่ลึกกว่า กำหนดเขตที่เป็นรอยเลื่อน ชั้นน้ำใต้ดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำตาม <u>เส้นสำรวจ LINE 1100N</u>	2-64
4-26	แสดงแบบจำลองทางธรณีไฟฟ้าทั้ง 7 เส้นสำรวจ ในเชิง 3 มิติ และทิศทางของรอยเลื่อนไฟฟ้าต่ำตาม ลักษณะการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-โดโพล เพื่อใช้ในการอ่านค่า 3 มิติ	2-65
4-27	ผลการวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ เชนลึก พบความต่อเนื่องของรอยเลื่อนลงระดับลึก กว่า 150 เมตร เขตของหินปูน (สีแดง) และหินดินดาน (สีน้ำเงิน)	2-66
4-28	ผลการประมวลผลค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 3 มิติ พบความต่อเนื่องของรอยเลื่อนลงระดับลึก กว่า 200 เมตร เขตของหินปูน (สีแดง) และหินดินดาน (สีน้ำเงิน) แนวรอยเลื่อน (สีส้ม)	2-67
4-29	มุมมองจากด้านใต้ดิน แสดงตำแหน่งและทิศทางของรอยเลื่อน (สีส้ม) ลงระดับลึก กว่า 200 เมตร เขตของหินปูน (สีแดง) และหินดินดาน (สีน้ำเงิน)	2-68
4-30	ภาคตัดขวางตามแนว ตะวันตก-ตะวันออก เรียงจากใต้ไปทางเหนือ จากผลการประมวลผลค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 3 มิติ แสดงแนวของรอยเลื่อนจากความไม่ต่อเนื่องระหว่างหินปูน (สีแดง) กับหินดินดาน (สีน้ำเงิน)	2-69
4-31	plan view ที่ระดับความลึกต่างๆ ลึกกว่า 200 เมตร จากผลการประมวลผลค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 3 มิติ แสดงแนวของรอยเลื่อนจากความไม่ต่อเนื่องระหว่างหินปูน (สีแดง) กับหินดินดาน (สีน้ำเงิน)	2-70
4-32	ตำแหน่งการจุดเจาะน้ำใต้ดินทั้งหมด 3 ตำแหน่งและการวางเครื่องเจาะซึ่งจุดเจาะที่ 3 มีการขยับเปลี่ยนตำแหน่งหลายครั้งเนื่องจาก พบชั้นตะกอนเศษหินเชิงเขาไม่สามารถเจาะต่อได้	2-72
ช-1	บทคัดย่อจากการเผยแพร่บทความทางวิชาการ	2-86
ช-2	การเผยแพร่บทความทางวิชาการ ในงานประชุมวิชาการ The International Kasetsart University Science and Technology Annual Research Symposium	2-87

สารบัญตาราง

ภาพที่		หน้า
3-1	ตารางสรุปพิกัดและความยาวเส้นสำรวจ วัดค่าสนามแม่เหล็ก	2-30
3-2	ตารางสรุปพิกัดและความยาวเส้นสำรวจ 2D	2-31
3-3	สรุปพิกัดและความยาวเส้นสำรวจ 2D (เชิงลึก)	2-33
3-4	พิกัดและความยาวเส้นสำรวจแบบ 3D	2-34
ค-1	เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	2-88

บทที่ 1

บทนำ

แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง ตั้งอยู่บริเวณหมู่ที่ 5 บ้านโป่งช้าง อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่มีน้ำพุขึ้นมาตามธรรมชาติ จำนวน 3 บ่อ อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน เป็นบริเวณใกล้ทางน้ำไหลธรรมชาติ เป็นแหล่งน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิของน้ำประมาณ 43 องศาเซลเซียส จากการประเมินศักยภาพเบื้องต้นจากความร้อนและปริมาณน้ำร้อนที่ได้ ตามธรรมชาติมีไม่มาก เมื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวอาจเป็นพื้นที่ที่สร้างรายได้ให้กับท้องถิ่นได้ ดังนั้นทางองค์การบริหารส่วนตำบล อำเภอหนองปรือจึงได้พัฒนาปรับปรุงสถานที่โดยรอบบ่อน้ำร้อนให้เป็นพื้นที่ท่องเที่ยว ในปี พ.ศ. 2548 เมื่อทำการพัฒนา เป็นสิ่งก่อสร้าง มีการทำฐานรากมั่นคง มีที่พัก แล้วพบว่า ปริมาณน้ำและความร้อนเปลี่ยนไป น้ำที่ไหลออกมาเพียงน้อยนิดก็เป็นสีแดงอิฐ จนในที่สุดไม่มีน้ำร้อนไหลออกมาอีก อุณหภูมิเป็นขนาดปกติ

การที่จะพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างให้สามารถกลับมาเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้ นั้น สามารถทำได้โดยการศึกษาวิจัยทางธรณีฟิสิกส์ ทั้งจากแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศแบบกว้าง ซึ่งในกรณีนี้เป็นการแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก และความเข้มสนามตึงเครียด เพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาในเชิงกว้าง จากนั้นทำการสำรวจด้วยเทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างและใกล้เคียง เพื่อฟื้นฟูและพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สามารถให้น้ำร้อน และทำการเจาะเพื่อนำน้ำร้อนกลับขึ้นมา

ข้อสันนิษฐานจากผลที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้บ่อน้ำร้อนไม่มีน้ำร้อนขึ้นมา เช่น

- อาจเป็นผลเกิดจากแผ่นดินไหวเมื่อประมาณปี 2551 พร้อมกับบ่อที่อยู่ใกล้เคียงกัน ที่ได้รับข้อมูลจากชุมชนท้องถิ่นว่ามีบ่อน้ำร้อนที่อยู่ใกล้เคียงกันน้ำร้อนไม่ไหลมา และผลเกิดจากแผ่นดินไหวยังปรากฏแนวรอยแตกเป็นร่องยาวทางทิศตะวันตกจากบริเวณเทือกเขาหินปูนผาลงขอบของพื้นที่สำรวจ
- หรืออาจเกิดจากนำเอาหินมาทับถมบริเวณบ่อน้ำร้อนที่เป็นลำธารธรรมชาติ เพื่อก่อสร้างเป็นแหล่งท่องเที่ยวการทำให้เกิดการกีดกันปิดกั้นช่องทางที่น้ำร้อนดันแทรกขึ้นมา



ภาพที่ 1-1 สภาพพื้นที่ทั่วไปในปัจจุบันบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุร้อนโป่งช้าง อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี

วัตถุประสงค์

การประยุกต์วิธีการทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาเพิ่มศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อนบ้านโป่งช้าง โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการฟื้นฟูศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อน จากการศึกษาธรรมชาติ ลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินของแหล่งน้ำพุร้อน ระบบน้ำใต้ดินที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาระดับลึกถึง 200 เมตรที่เกี่ยวข้องกับการเกิด ของน้ำพุร้อน ณ แหล่งที่มีสภาพเสื่อมศักยภาพแล้ว ซึ่งสัมพันธ์กับศักยภาพของแหล่ง เพื่อปรับปรุงสร้างโอกาส ให้กลับมาเป็นแหล่งน้ำพุร้อนเกิดประสิทธิผลสูง และได้ประโยชน์ทางด้านพลังงานทดแทน จากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าซึ่งได้พัฒนาเทคนิคและอุปกรณ์ของการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าให้มีระดับลึก มีความละเอียดของข้อมูล และความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาวิจัยและเพิ่มความมั่นใจในประสิทธิภาพการตรวจสอบ

2 ประเมินศักยภาพของบ่อน้ำร้อนที่ได้ โดยเมื่อนำผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ แล้วทำการเจาะศึกษาสภาพหาน้ำแร่ร้อนตามหลักวิชาการ ความลึกประมาณ 150 เมตร (ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ทำให้การแปลความหมายแล้ว) รวมทั้งการประเมินอัตราการให้น้ำจากการสูบทดสอบ (pumping test) เพื่อช่วยในการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน เช่นการจัดการเรื่องการสูบน้ำด้วยปริมาณปลอดภัย (save yields) กำหนดอัตราการสูบที่เหมาะสม เป็นต้น

3 ถ่ายทอดความรู้ทางวิชาการ เช่น ธรณีวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อนใต้ผิวดิน โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้อง การจัดการอย่างยั่งยืน สู่ชุมชนและนักท่องเที่ยว จัดทำเอกสารเผยแพร่ ทำบอร์ดประชาสัมพันธ์ และจัดอบรมให้กับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและท้องถิ่น โดยช่วยจัดการให้เป็นบ่อน้ำพุร้อนที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวิชาการ

พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาวิจัยบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง บ้านโป่งช้าง อำเภอนองปรี จังหวัดกาฬจนบุรี ตำแหน่งพิกัดที่เป็นที่พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวอยู่แล้วคือ 538715E, 1620720N โดยพื้นที่วิจัยมีตำแหน่งพิกัด ประมาณระหว่างเส้นกริดตั้งที่ 538200 – 539500 ตะวันออก และพิกัดนอนที่ 1620300 – 1621500 เหนือ ครอบคลุมพื้นที่สำรวจประมาณ 1 กม x 1.5 กม (ดูภาพที่ 1-2) ปรากฏอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 บ้านหนองปรี ระวัง 4838 II ลำดับชุด L7018 WGS84

ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศ เป็นที่ราบเชิงเขา มีความสูงประมาณ 200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ทางด้านทิศเหนือมีห้วยกระพริ้อยไหลผ่าน และเป็นทางหลวงหมายเลข 3480 บริเวณด้านทิศตะวันออก เป็นทำการเกษตรบางส่วน มีการปลูกอ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดเฉพาะบางฤดู มีการเลี้ยง เช่น วัว แพะ เป็นต้น พื้นที่บริเวณที่เน้นทำการวิจัยส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา ส่วนบริเวณทางทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้มีภูมิประเทศเป็นเทือกเขาหินงอกเป็นเขาหินปูน ดินชั้นบนปกคลุมด้วยดินปนทราย พบแนวรอยเลื่อน/รอยแตกในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ อย่างน้อย 2 แนวผ่านบริเวณแหล่งบ่อน้ำพุร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการศึกษาและการพัฒนาฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อนบริเวณนี้ (ดูภาพที่ 1-3 และ 1-4)





ภาพที่ 1-3 ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบเชิงเขาถ่ายจากเนินเขากลางพื้นที่เมื่อมองไปด้านเหนือ (ภาพ ก) และ ภาพ ข มองจากกลางพื้นที่ไปทางด้านใต้ เห็นเทือกหินปูนอยู่ด้านหน้าและหินแกรนิตปรากฏด้านหลังที่เป็นแหล่งเติมน้ำระบบน้ำใต้ดินบริเวณที่เป็นที่ราบเชิงเขาทางด้านเหนือ การใช้ที่ดินด้านการเกษตร ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง สลับปลูกข้าวโพดเป็นส่วนใหญ่



ภาพที่ 1-4 ลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นที่ราบเชิงเขาสูงเฉลี่ยประมาณ 200 เมตร
จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ปรากฏเทือกหินปูนด้านตะวันตกเฉียงใต้

3. การเดินทางเข้าสู่พื้นที่

การเดินทางเข้าสู่พื้นที่โดยรถยนต์ สามารถเดินทางตามทางหลวงหมายเลข 3086 จากอำเภอบ่อพลอย เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ทางหลวงหมายเลข 3480 หรือเดินทางตามทางหลวงหมายเลข 3086 จากอำเภอเลาขวัญ มุ่งตรงสู่ทางหลวงหมายเลข 3480

ธรณีวิทยา

ลักษณะธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาวิจัย (ด้านตะวันตกของ อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี) บริเวณที่เป็นที่ราบเชิงเขา เป็นตะกอนน้ำพาและตะกักรุ่นน้ำ ดิน กรวด หินทราย พบก้อนหินปูนมวลใหญ่โผล่ทางทิศใต้ของบ่อน้ำร้อนโป่งช้าง ปรากฏหินดินดานสีดำในลำห้วยกระพริยบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ศึกษา และมีหินทรายหินควอตซ์ไซต์รองรับอยู่ด้านล่าง ทางทิศตะวันออกเป็นเนินเขาหินฟิลไลต์

โครงสร้างทางธรณีวิทยาวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (ตามแนวทิศทางของลำห้วยกระพริย) ตำแหน่งของน้ำพุร้อนที่เคยปรากฏในอดีต หลายบ่อเรียงกันเป็นแนวในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวรอยเลื่อนเล็กๆ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ปรากฏแนวตักกันที่ตำแหน่งประมาณใกล้เคียงกับแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง

หน่วยหินบริเวณพื้นที่ศึกษา

หน่วยหิน O ปรากฏเป็นแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มี 2 ลักษณะ คือ

- หินอ่อน (สีขาว) ประกอบด้วยแร่แคลไซต์ พบริ้วขนาน (foliation) และกระเปาะเชิร์ต (chert nodule)

- หินปูนเนื้อดิน (สีเทาดำ มวลหนา) ประกอบด้วยแร่แคลไซต์ พบชั้นดินแร่ดินบางๆ แทรกในหินปูน บางส่วนตกผลึกใหม่ (recrystallization) ผลจากการแทรกดันตัวของหินอัคนีระดับตื้น

หน่วยหิน SD เป็นหน่วยหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน วางตัวต่อเนื่องปิดทับหน่วยหิน O พบบริเวณด้านเหนือ มีแนววางตัวตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบด้วยหินดินดาน (shale) วางต่อเนื่องกับหินทรายแป้ง (siltstone) ชั้นบนสุดเป็นหินดินดานแทรกสลับหินปูน และยังปรากฏ หินควอตซ์ไมกาชีสต์ (quartz mica schist) และหินฟิลไลต์ (phyllite) บริเวณใกล้ๆหินอัคนีแทรกดัน

หน่วยหิน Ot เป็นตะกอนที่เกิดการฝังของหินแกรนิต (เป็นตะกอนทรายหยาบถึงละเอียด) และหินปูนเนื้อดิน (เป็นตะกอนดินปนทราย มีพวกกรวดและเศษหินดินดานขนาดเล็กปนอยู่)

หน่วยหิน R_gr@P+Rgr และการกระจายตัวของหน่วยหินอัคนี เป็นหินแกรนิตปรากฏเนื้อหินต่างกัน คือ เนื้อหยาบ (สีขาวเทาและสีดำปน) ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ (quartz) และเฟลด์สปาร์ (feldspar) เนื้อละเอียด (สีขาว จากมีแร่เฟลด์สปาร์) มาก และเนื้อสองขนาด (สีขาวปนเทาแกมส้ม) เป็นเนื้อหยาบ-เนื้อดอก) มี แร่อัลคาไลน์เฟลด์สปาร์ (alkaline feldspar)

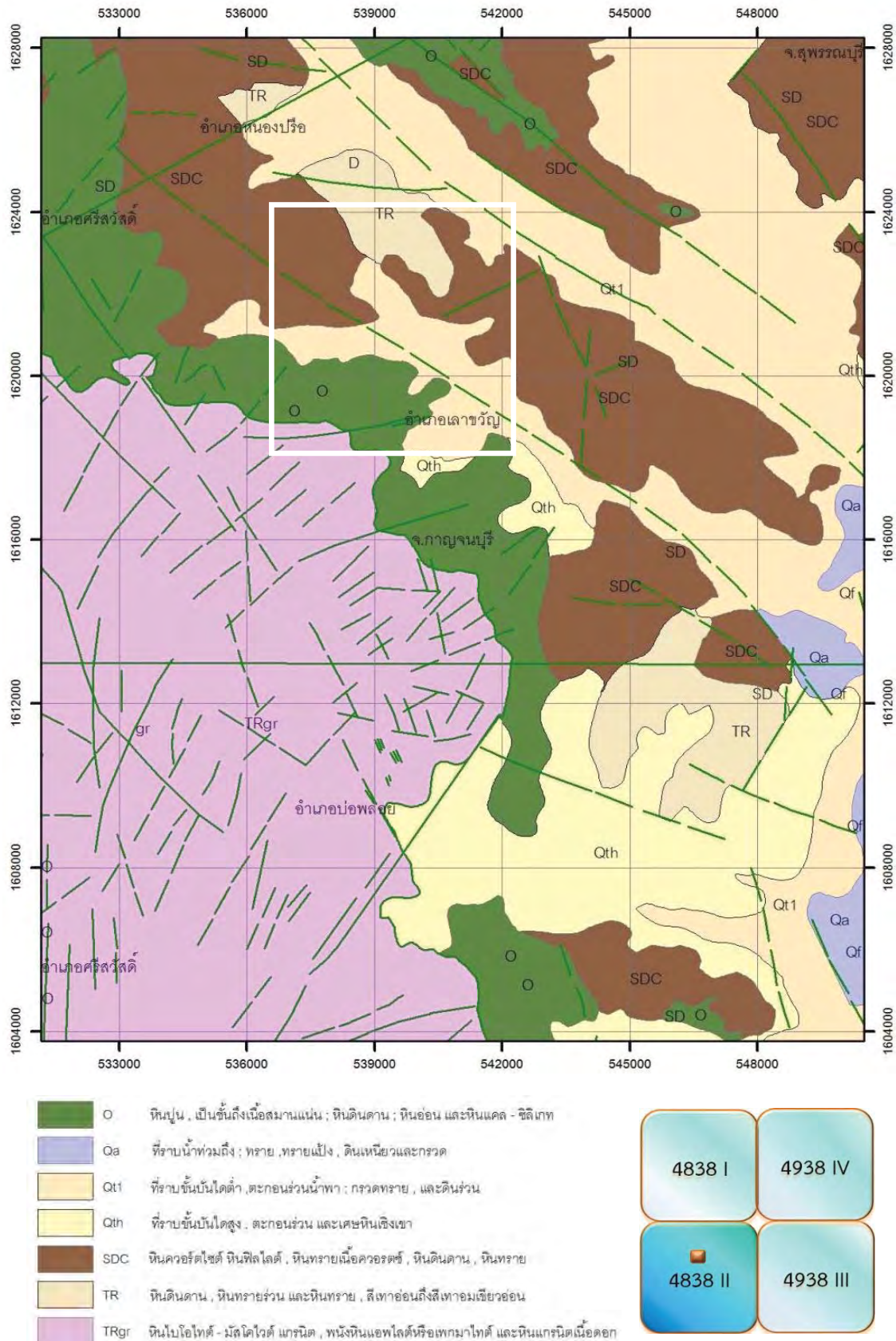
อุทกธรณีวิทยาน้ำใต้ดิน

ลักษณะอุทกธรณีวิทยาน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา พบ ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ชั้นน้ำตะกอนหินร่วน กึ่งแข็งตัว และชั้นน้ำตะกอนเศษหินแข็งเขา แม้กระจายตัวบริเวณที่ราบเชิงเขาทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นชั้นน้ำระดับตื้น โดยเฉพาะบางบริเวณ เช่นด้านเหนือของพื้นที่ศึกษา บริเวณ มีศักยภาพของน้ำใต้ดินต่ำมาก ส่วนที่เป็นระดับลึก ชั้นน้ำหินปูนยุคออร์โดวิเซียน บางส่วนด้านตะวันตกของพื้นที่ ชั้นน้ำหินแปรยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ชั้นน้ำหินแกรนิตเป็นชั้นน้ำที่สำคัญเพื่อหาความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำร้อน จาก แผนที่น้ำบาดาล (ภาพที่ 1-9) พบเขตชั้นน้ำหินแกรนิตทั้งจากด้านใต้ ยังพบบริเวณด้านเหนือใกล้ๆกับพื้นที่ศึกษาอีกด้วย

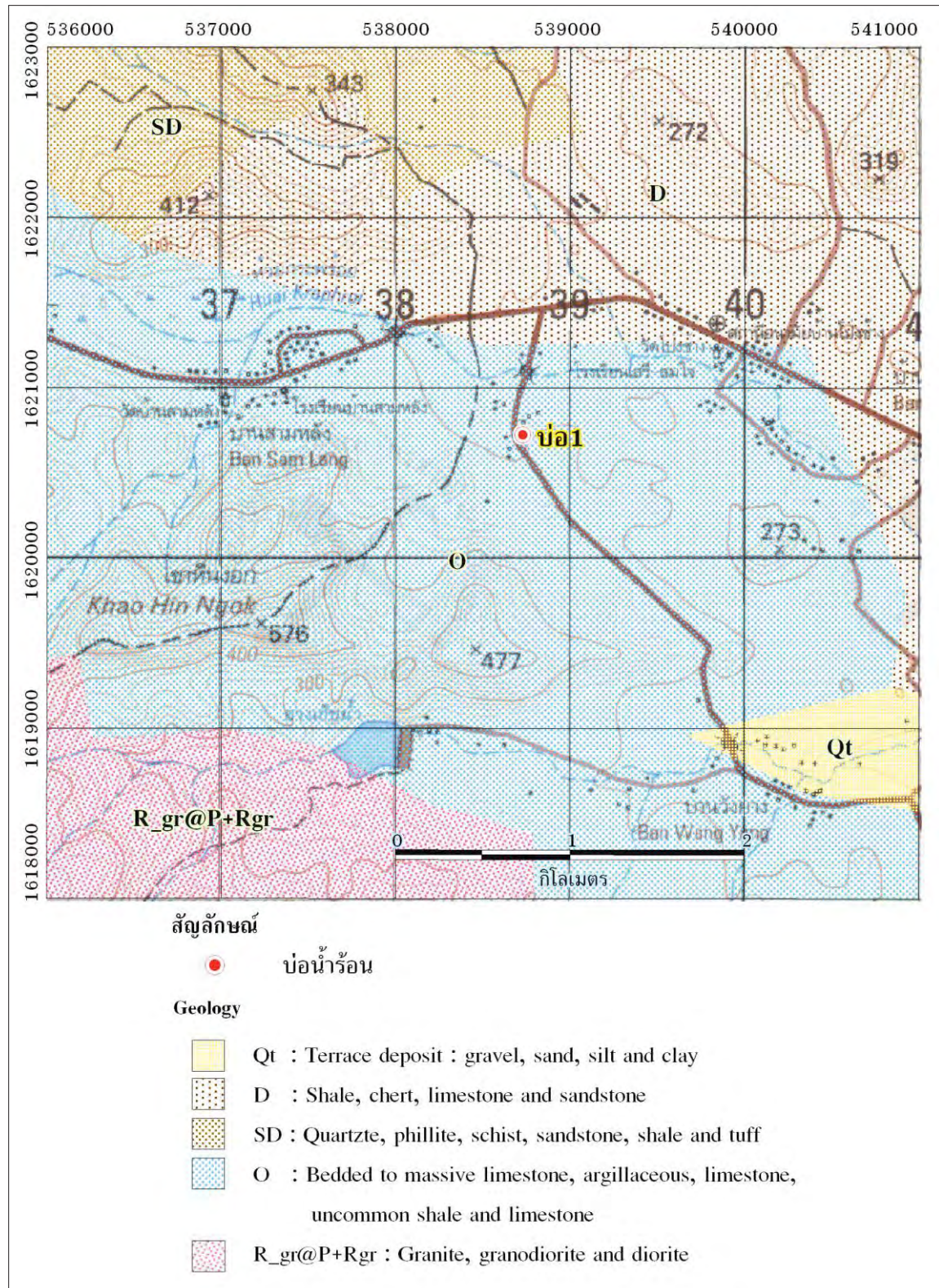
ศักยภาพและคุณภาพของแหล่งน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ถูกรองรับด้วยชั้นน้ำหินร่วน ให้น้ำในเกณฑ์ 2-5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และมีระดับ น้ำบาดาลลึก 15 - 40 เมตร พื้นที่ที่ถูกรองรับด้วยชั้นน้ำหินแข็ง ให้น้ำในเกณฑ์ น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีระดับความลึกของชั้นหินดานน้อยกว่า 10 เมตร และมีระดับน้ำบาดาลลึก 15 - 40 เมตร

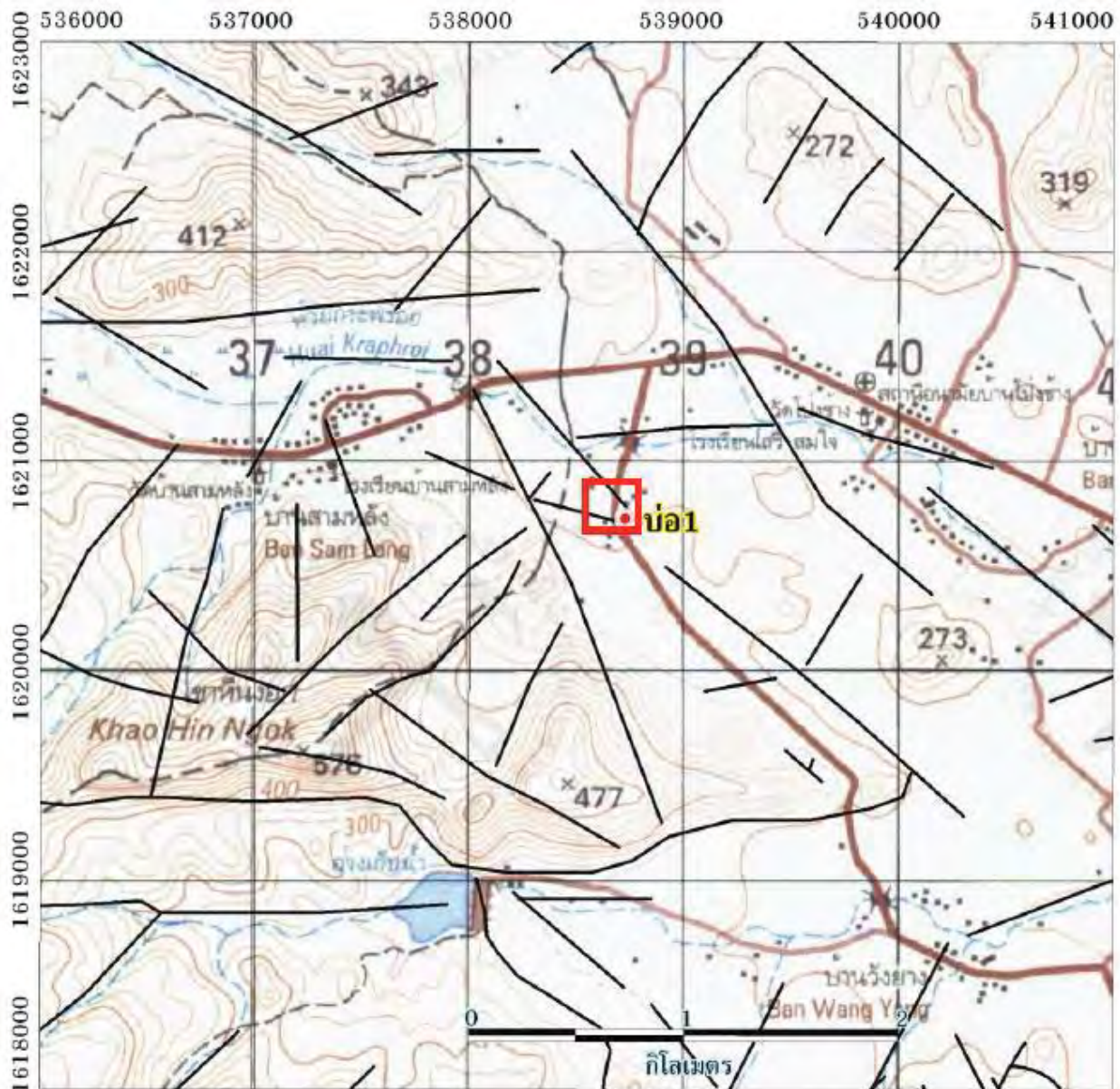
คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี มีปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ 500 – 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าปริมาณคลอไรด์ ปริมาณความกระด้าง และปริมาณเหล็กอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยทั่วไปมีปริมาณคลอไรด์น้อยกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีปริมาณความกระด้าง 300 – 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณเหล็ก น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นบริเวณที่มีชุมชนหนาแน่นจะมีปริมาณเหล็กเกินมาตรฐาน มีปริมาณเหล็กมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร



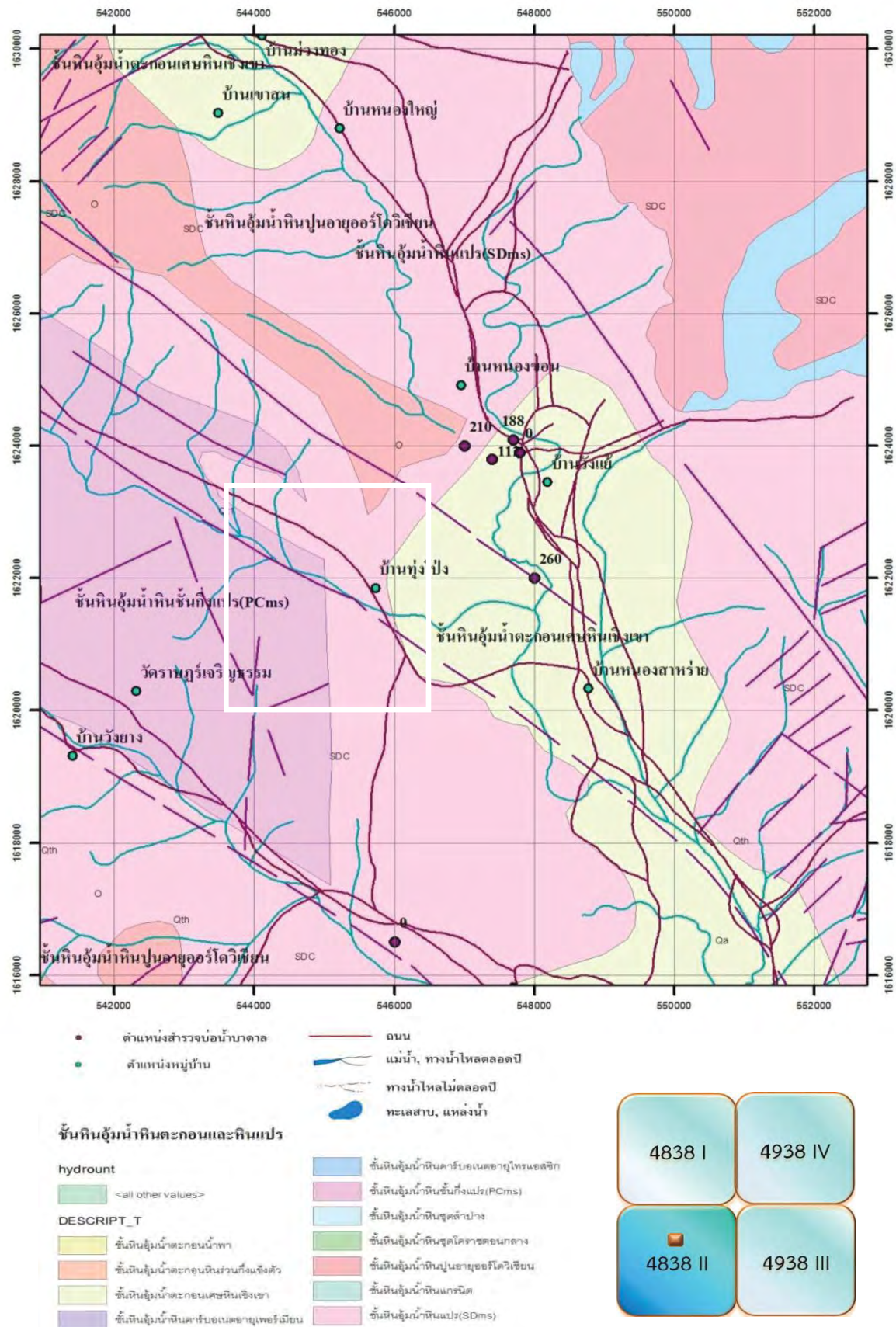
ภาพที่ 1-5 แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ระหว่าง 4838 II (อำเภอหนองปรือ)
ที่มา (ฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี)



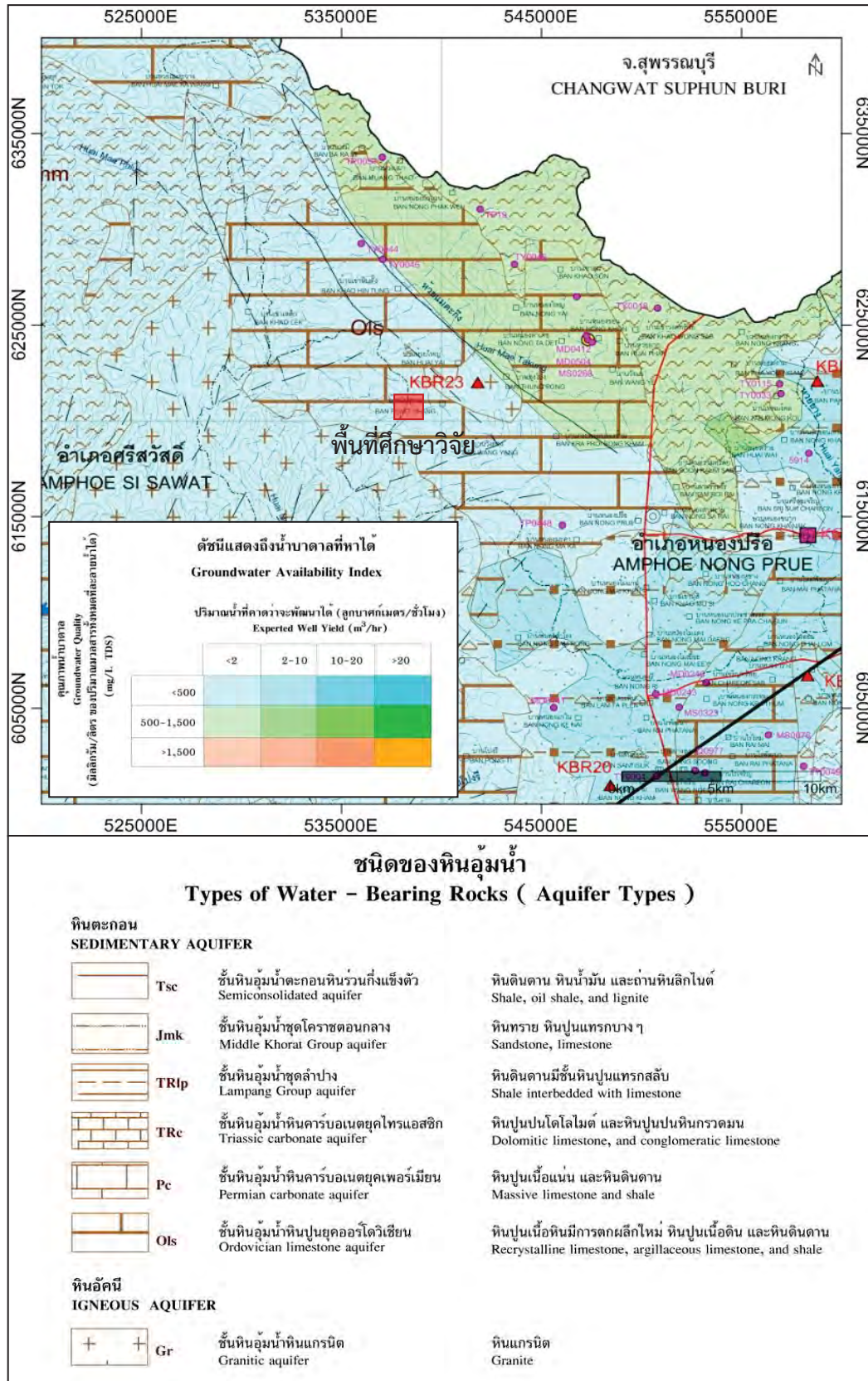
ภาพที่ 1-6 ลักษณะธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาน้ำพุร้อนบ้านโป่งช้าง อำเภอนองปรี จังหวัด
กาญจนบุรี ประกอบด้วย หินปูน หินแกรนิต (ด้านใต้) หินดินดาน และหินทราย (ด้านเหนือ)
คัดลอกจาก (กัมปนาท แหลมพุลทรัพย์ และวิไลวรรณ เวชกามา : 2553)



ภาพที่ 1-7 โครงสร้างทางธรณีวิทยา (ได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ) แสดงรอยเลื่อนหลักๆ
วางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียง
คัดลอกจาก (กัมปนาท แหลมพูลทรัพย์ และวิไลวรรณ เวชกามา : 2553)



ภาพที่ 1-8 แผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่ระวาง 4838 II (อำเภอหนองปรือ)
ที่มา (ฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล)



ภาพที่ 1-9 แผนที่น้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา
ที่मा (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล)

บทที่ 2

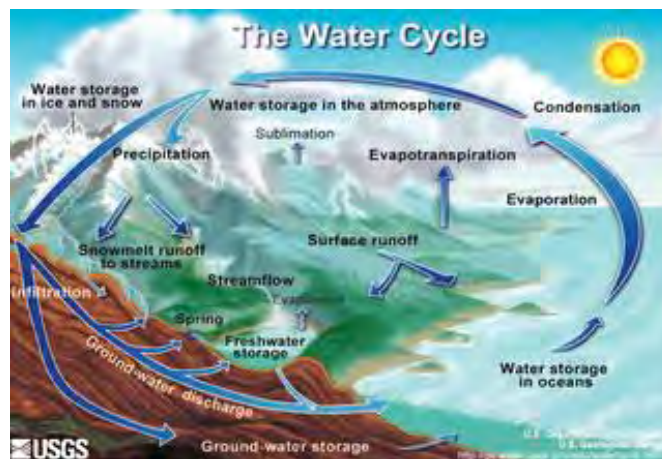
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการลักษณะทางธรณีวิทยาวิทยาใต้ผิวดินบริเวณบ่อน้ำร้อน เพื่อหาแนวทางในการฟื้นฟูแหล่งบ่อน้ำร้อนด้วยเทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์ โดยมีทฤษฎีและนิยามที่เกี่ยวข้องดังนี้

อุทกธรณีวิทยาน้ำใต้ดิน

วัฏจักรของน้ำ

วัฏจักรของน้ำเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกิด หมุนเวียนต่อเนื่องกันอย่างเป็นระบบและสมดุล ตั้งแต่ น้ำฟ้า (ฝน) เติมน้ำในระบบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน แล้วระเหยกลับสู่บรรยากาศ



ภาพที่ 2-1 วัฏจักรของน้ำ

ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/File:Water_cycle.png

แหล่งน้ำใต้ดิน

แหล่งน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุทกธรณีและโครงสร้างทางธรณีวิทยาแบ่งได้เป็น (เจริญเพียรเจริญ, 2540).

1. แหล่งน้ำใต้ดินในหินร่วน น้ำใต้ดินที่กักเก็บอยู่ในหินร่วนทั้งหมด โดยแตกต่างกันทั้งปริมาณและคุณภาพ ขึ้นอยู่กับชนิดของตะกอน ลักษณะการเกิด และลักษณะโครงสร้าง ของพื้นที่ลุ่มแอ่ง การสะสมตะกอน เช่น

แหล่งน้ำใต้ดินตะกอนน้ำพา (Alluvial Deposits) กรวดทรายของตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน มีความหนาไม่มาก เป็นทางน้ำขนาดเล็ก และมีความยาวสั้นๆ ความหนาเฉลี่ย 5 – 20 เมตร อยู่บริเวณสองข้างฝั่งแม่น้ำหรือทางน้ำเท่านั้น มีศักยภาพน้ำใต้ดินอยู่ในเกณฑ์ 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คุณภาพจัด

แหล่งน้ำใต้ดินกรวดทราย (Gravel Sand Deposits) ประกอบด้วยทรายหยาบ กรวด ทรายละเอียดและดินเหนียว และตะกอนชุดนี้มักจะสะสมตัวไม่เป็นระเบียบ (poorly sorted) จึงไม่ค่อยมีช่องว่างให้น้ำกักเก็บได้มากนัก ปริมาณน้ำที่ได้เฉลี่ย 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2. แหล่งน้ำใต้ดินในหินแข็ง สะสมในรอยแตกของหินแข็งที่เป็นหินดานของพื้นที่ (bedrock) ถ้าเป็นหินแกรนิต กักเก็บน้ำใต้ดินต่ำ ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 1 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือถ้าเป็นหินปูน อาจได้น้ำมากกว่าถึง 10 – 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็นต้น

การไหลของน้ำใต้ดิน

น้ำฝนเมื่อซึมลงไปอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำแล้ว มีการเคลื่อนที่ไหลไปตามช่องว่างที่มีอยู่ การเคลื่อนที่หรือการไหลของน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ความดันและความซึมได้ของน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำนั้นๆ ความเร็วของการไหลขึ้นอยู่กับสภาพซึมผ่านได้ของน้ำและความลาดชันของระดับน้ำบาดาลตาม Darcy's Law สมการ (1) และ (2) (ทวิศักดิ์, 2546)

$$Q = Av$$

โดย
----- (1)

Q = ปริมาณน้ำไหล (ลบ.ม./วัน)

A = พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน (ตร.ม.)

k = ค่าคงที่ (มม./วัน)

i = ความลาดชัน ($h_1 - h_2$)

v = ความเร็วการไหลของน้ำใต้ดิน (มม./วัน)

$$v = ki$$

----- (2)

สภาพซึมผ่านได้ของน้ำ (permeability)

ขึ้นอยู่กับช่องว่างในเนื้อหินหรือเม็ดทรายหรือมีความพรุนแสดงความสามารถเก็บกักน้ำไว้เป็นความสามารถของหินในการปล่อยให้ น้ำไหลซึมผ่าน ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นหน่วยความเร็ว เช่น ซม./วินาที

ระบบสมดุลของน้ำ

การวิเคราะห์ระบบสมดุลของน้ำในระบบของพื้นที่ลุ่มแอ่ง ต้องใช้ข้อมูล ดังนี้

1. ปริมาณน้ำฝน Q_P
2. ปริมาณน้ำท่า Q_R
3. ปริมาณการคายระเหย Q_E
4. ปริมาณการใช้น้ำผิวดิน
5. ปริมาณการใช้น้ำบาดาล
6. ปริมาณการซึมลงสู่ชั้นน้ำหรือปริมาณการเติมน้ำลงชั้นน้ำบาดาล Q_{GWR}

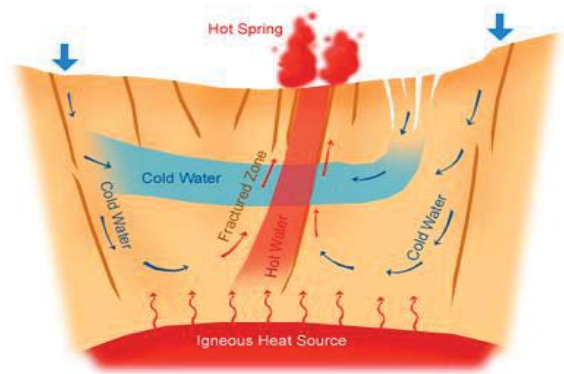
$$Q_P = Q_R + Q_E + Q_W + Q_{GWR} \quad \text{..... (3)}$$

แหล่งน้ำพุร้อน (Hot Springs resources)

แหล่งน้ำพุร้อนเป็นแหล่งพลังงานความร้อนของน้ำใต้ดินเหมือนแหล่งความร้อนใต้พิภพ (geothermal spring) อุณหภูมิอ้างอิงจากอุณหภูมิปกติในร่างกายเรา 36.5 and 37.5 °C คือถ้าเป็นน้ำแร่ร้อนคืออุณหภูมิสูงกว่า 36.7 °C อาจสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 6.5 °C อุณหภูมิสูงกว่านี้มากจนถึงกลายเป็นไอ (ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Hot_spring)

กระบวนการการเกิดน้ำพุร้อน

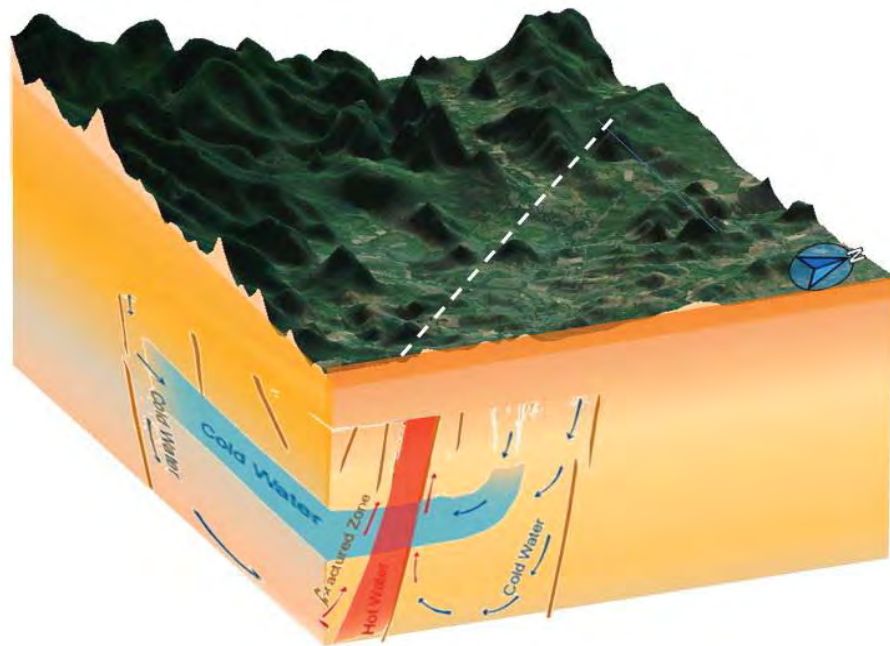
น้ำพุร้อนเกิดจากเคลื่อนที่ของน้ำผิวดินลงใต้ผิวโลกระดับลึก แล้วได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนจากหินฐานที่อยู่ใต้ผิวดินระดับลึกได้รับพลังงานจากกระบวนการเกิดภูเขาไฟและยังรักษาความร้อนไว้เป็นหลายหมื่นปี เมื่อน้ำใต้ดินผ่านก็จะได้รับความร้อนจากหินฐานที่กักเก็บความร้อน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้น ทั้งจากแมกมาหรือการถ่ายเทพลังงานจากหินแกรนิตที่กำลังเย็นตัวลง รวมทั้งการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี จากยูเรเนียม และทอเรียม ในหินแกรนิตที่แทรกตัวขึ้นมาใกล้ผิวโลก เมื่อน้ำร้อนขึ้น ความดันเพิ่มขึ้นเคลื่อนที่ขึ้นมาที่ผิวโลกตามรอยเลื่อนหรือรอยแตก



ภาพที่ 2-2 กระบวนการการเกิดน้ำพุร้อน
ที่มา <http://ns.ist.cmu.ac.th/>

ลักษณะแหล่งกักเก็บน้ำพุร้อนโป่งช้าง

แหล่งกักเก็บน้ำพุร้อนมีความสัมพันธ์กับธรณีวิทยาโครงสร้างได้แก่รอยเลื่อน รอยแตก หรือรอยแยก มีช่องว่างที่ให้น้ำร้อนไหลซึมขึ้นมาสู่ผิวดิน โดยเฉพาะรอยเลื่อนมีพลัง (active fault) ต่อเนื่องจากรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และสัมพันธ์กับหินหินแกรนิต รอยสัมผัสของหินแกรนิตกับหินชั้นปูนและหินดินดาน ซึ่งบริเวณผิวดินเป็นชั้นของตะกอนเศษหินเชิงเขา



ภาพที่ 2-3 แบบจำลองเชิงโมโนทัศน์ของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง

เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์

ที่ประยุกต์ในงานวิจัยนี้เป็นการเน้นเพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา ช่วยในการตรวจสอบรอยแตก/รอยเลื่อน ที่เป็นแหล่งน้ำพุร้อน

การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า

การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในดินผ่านทางขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และวัดศักย์ไฟฟ้าบนผิวดิน ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีการกระจายตัวสัมพันธ์กับสภาพต้านทานไฟฟ้าใต้ผิวดิน การวัดค่าสภาพความต้านทานของชั้นดิน ชะยะหรือหินที่มีความชื้นหรือมีน้ำประกอบอยู่ไม่เท่าจะมีค่าที่แตกต่างกัน

การส่งผ่านกระแสไฟฟ้าลงสู่ใต้ผิวดินเพื่อหาความแตกต่างของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในดิน หินหรือแร่ หาได้จากความต้านทานระหว่างผิวด้านตรงข้ามของแท่งลูกบาศก์ของสาร กรณีของทรงกระบอกที่มีความต้านทานไฟฟ้า R ความยาว L พื้นที่หน้าตัด A (ภาพที่ 2-4) และค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ρ (Telford et al, 1990) สมการ (3)

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad \dots\dots\dots(3)$$

กระแสไฟฟ้า I เดินทางจากขั้วไฟฟ้าตามแนวรัศมีและกระจายสม่ำเสมอบนเส้นขอบครึ่งทรงกลมหรือพื้นผิวของศักย์ไฟฟ้าที่มีขั้วไฟฟ้าอยู่ที่จุดศูนย์กลาง ที่ระยะ r พื้นที่ของเส้นขอบครึ่งทรงกลมเป็น $2\pi r^2$ แสดงตามสมการ (4)

$$V_r = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad \dots\dots\dots(4)$$

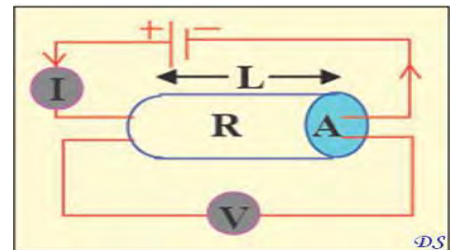
ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าประกอบด้วย

- ขั้ววัดศักย์ไฟฟ้า (potential electrodes, P_M และ P_N)
- ขั้วกระแสไฟฟ้า (current electrodes, C_A และ C_B)

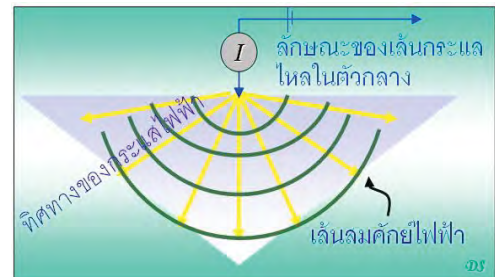
เมื่อกระแสไฟฟ้าถูกปล่อยลงสู่ผิวดินโดยผ่านทางขั้วกระแสไฟฟ้าแล้ววัดค่าศักย์ไฟฟ้าบนผิวดิน ศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุดที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถคำนวณค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าได้จากสมการ (5)

$$\rho = \frac{2\pi V_{MN}}{i} \left(\frac{1}{M_A} - \frac{1}{M_B} - \frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_B} \right) \quad \dots\dots\dots(5)$$

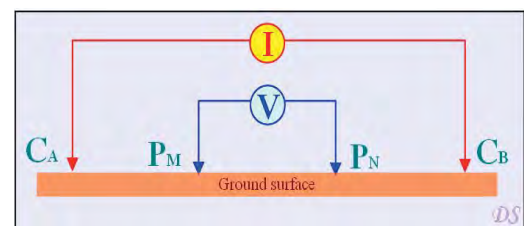
เมื่อ M_A และ M_B เป็นระยะห่างจาก P_M กับ C_A และ C_B ตามลำดับ
 N_A และ N_B เป็นระยะห่างจาก P_N กับ C_A และ C_B ตามลำดับ



ภาพที่ 2-4 กระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านตัวกลางรูปทรงกระบอกของสารเอกพันธ์



ภาพที่ 2-5 การไหลของกระแสไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าเดียว



ภาพที่ 2-6 การวางขั้วไฟฟ้า ในการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า

การประมวลผลข้อมูล ต้องทำการคำนวณเป็นค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent resistivity, ρ_a) มีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร ($\Omega.m$) จากค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในการแปลความหมาย โดยสมการ (6)

$$\rho_a = \left(\frac{V_{MN}}{I} \right) \times K \quad \text{..... (6)}$$

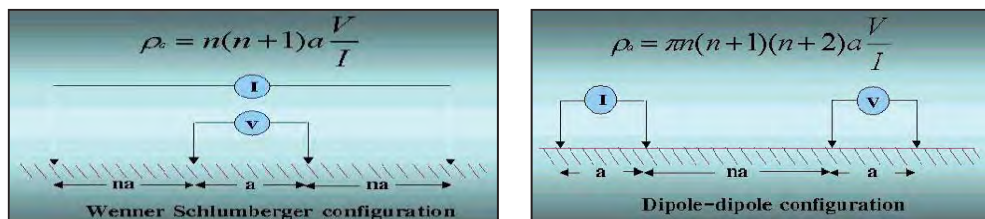
เมื่อ K เป็นค่าคงที่ของระบบขั้วไฟฟ้าและขึ้นอยู่กับระยะห่างของขั้วไฟฟ้า

เทคนิคในการวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า

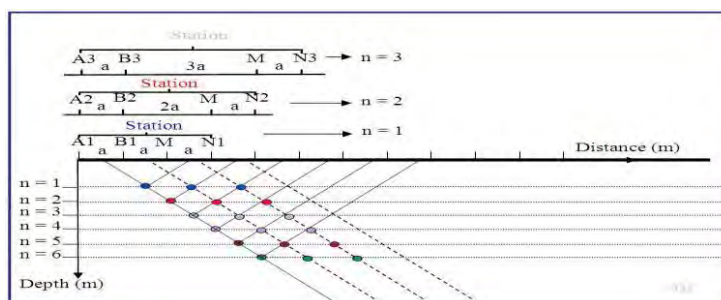
เป็นการวัดค่าแบบการสร้างภาพจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ โดยใช้ระบบการอ่านเครื่องแบบหลายขั้ว ออกแบบระบบการเก็บข้อมูลอย่างอัตโนมัติหลายขั้ว กำหนดการวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole) (ภาพที่ 2.6) คำนวณค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏ ρ_a ได้ตามสมการ (8)

$$\rho_a = 2\pi(n-1)n(n+1)l \frac{\Delta V}{I} \quad \text{..... (8)}$$

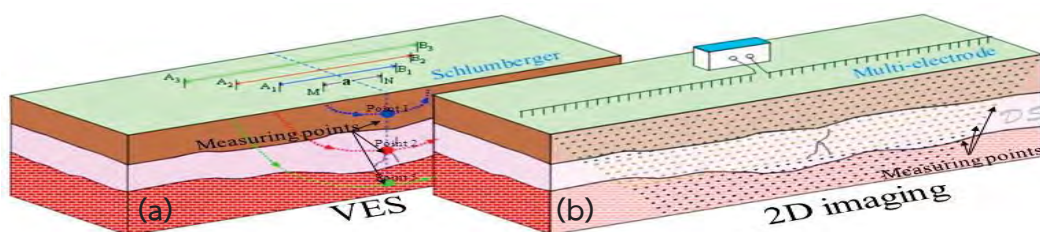
การออกแบบในการวัดในรูปภาคตัดขวาง หรือในเชิง 2 มิติ คือการเพิ่มค่า n คือ ระดับความลึกของข้อมูลจากนั้นก็ขยายระยะขั้วไฟฟ้าคือการเพิ่มค่า a เป็น 2a และ 3a ตามลำดับ (ดูการอธิบายในภาพที่ 2.7 ประกอบ)



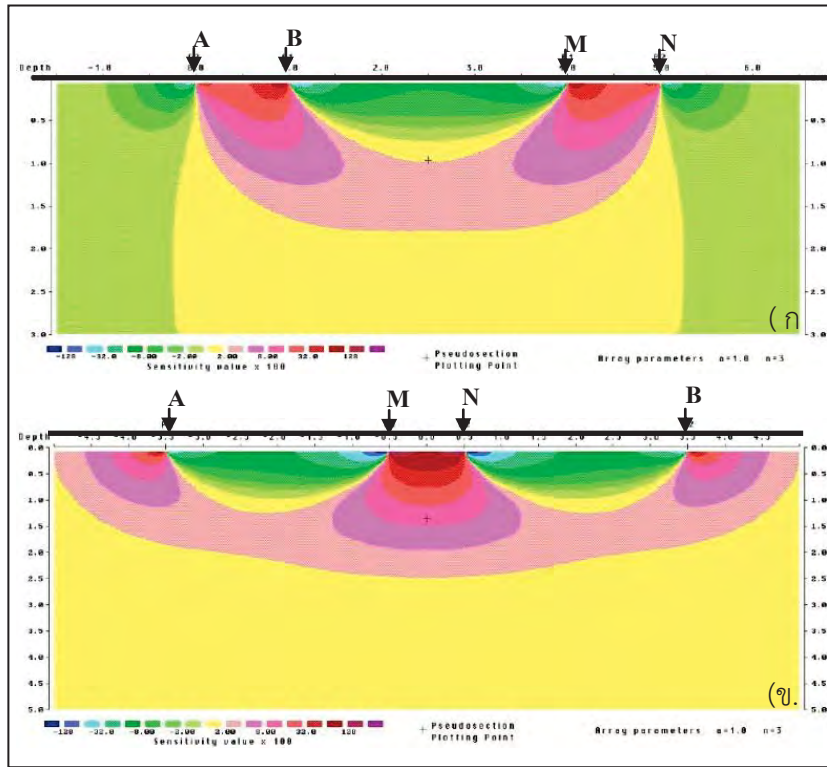
ภาพที่ 2-7 ระบบขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือแบบ Wenner-Schlumberger และ Dipole-Dipole (Telford et al, 1990)



ภาพที่ 2-8 การออกแบบการอ่านข้อมูลของการสำรวจในเชิง 2 มิติ



ภาพที่ 2-9 อธิบายการวัดค่าและประมวลผลแบบหยั่งลึกและแบบการสร้างภาพในเชิง 2 มิติ



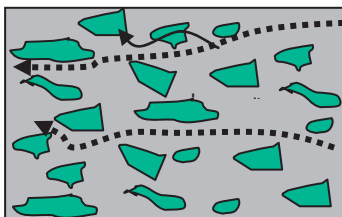
ภาพที่ 2-10 การเปรียบเทียบความหนาแน่น การไหลของกระแสไฟฟ้าและตำแหน่งที่อ่านค่าจากระบบการวางขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ
(ก.) ระบบขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล
(ข.) ระบบขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ - ชลัมเบอร์เจอร์

ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของ ชั้นดิน ชั้นหิน และน้ำ

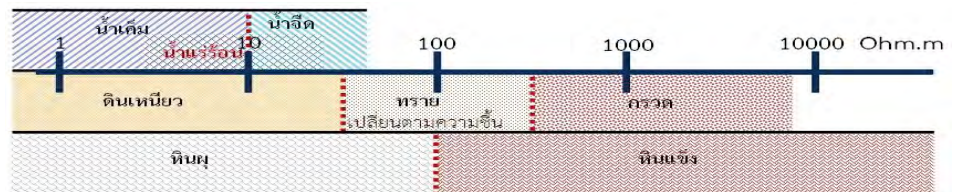
การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นการวัดอ้อมของเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งอาจแทรกอยู่ในช่องว่างของดิน หรือตามรอยแตกของหิน (ภาพที่ 2.9) ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความพรุน (Porosity) และสภาพการยอมให้น้ำซึมผ่านได้ (Permeability) ตามกฎของอาร์ชี (Archie's law) (Telford and et al, 1990) แสดงตามสมการ (15) ช่วงค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน/น้ำ/หิน ที่น่าเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ แสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 2.10

$$\rho = a\phi^{-b}f^{-c}\rho_w \quad \text{..... (15)}$$

โดยที่ ϕ เป็นความพรุน (Porosity)
 f เป็นสัดส่วนของช่องว่างในหินที่น้ำแทรกอยู่
 ρ_w ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของน้ำ
 (ขึ้นอยู่กับปริมาณและความนำไฟฟ้าของสารละลายในน้ำ)
 a, b และ c เป็นค่าคงที่



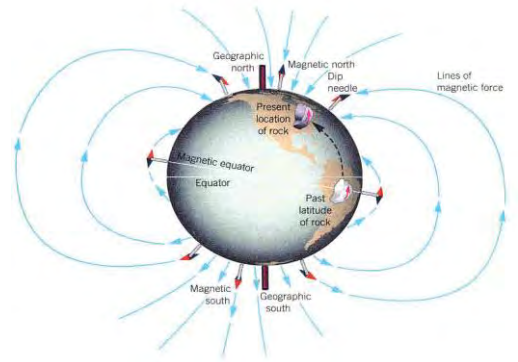
ภาพที่ 2-11 การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านชั้นดิน



ภาพที่ 2-12 ช่วงค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน ตะกอน น้ำ และหิน รวมทั้งค่าของชั้นน้ำร้อน ดัดแปลงจาก (Telford et al., 1990)

การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็ก

การสำรวจวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวม อาศัยค่าความแตกต่างของสภาพรับได้ของความเป็นแม่เหล็ก (Magnetic Susceptibility) ที่เป็นสมบัติเฉพาะในหินหรือแร่เขตที่มีค่าสภาพรับได้ความเป็นแม่เหล็กแตกต่าง (สูงหรือต่ำกว่า) จากพื้นที่แวดล้อมมาก จึงเป็นบริเวณที่น่าสนใจอาจเป็นตำแหน่งของแหล่งแร่เหล็ก



ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็ก

ภาพที่ 2-13 เส้นแรงสนามแม่เหล็กธรณี

ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในกรณีทั่วไปคือ , $B = \mu_0 H$
เมื่อ H คือค่าสนามเหล็กในทิศทางระนาบขนานกับพื้นโลกและ μ_0 คือ permeability of vacuum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$)

แต่เมื่อมีสารที่ให้ค่าแม่เหล็กสูง วางตัวอยู่ในสนามแม่เหล็กธรณี สามารถอธิบายได้คือ

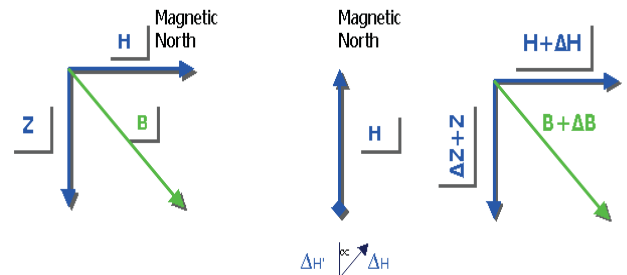
$$B = \mu_0 H + \mu_0 k H$$

เมื่อ k คือ สภาพรับได้ของความเป็นแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility)

ค่าผิดปกติมีทิศทางเดียวกันบนสนามแม่เหล็ก ใช้อธิบายสนามแม่เหล็กธรณี โดยส่วนประกอบต่างๆของสนามแม่เหล็กธรณีมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$B^2 = H^2 + Z^2$$

ค่าผิดปกติทางแม่เหล็กจะทำให้ ความเข้มสนามรวม B เปลี่ยนแปลงไป ส่วนประกอบในแนวตั้ง ΔZ และส่วนประกอบในแนวราบ ΔH เปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งทำมุม α กับ H ,



$$H' = \Delta H \cos \alpha$$

ภาพที่ 2-14 สนามแม่เหล็กธรณีในรูปเวกเตอร์ เมื่อมีค่าผิดปกติทางแม่เหล็กเสริมสนามแม่เหล็ก

ลักษณะการเกิดค่าผิดปกติทางแม่เหล็ก

(Magnetic anomaly)

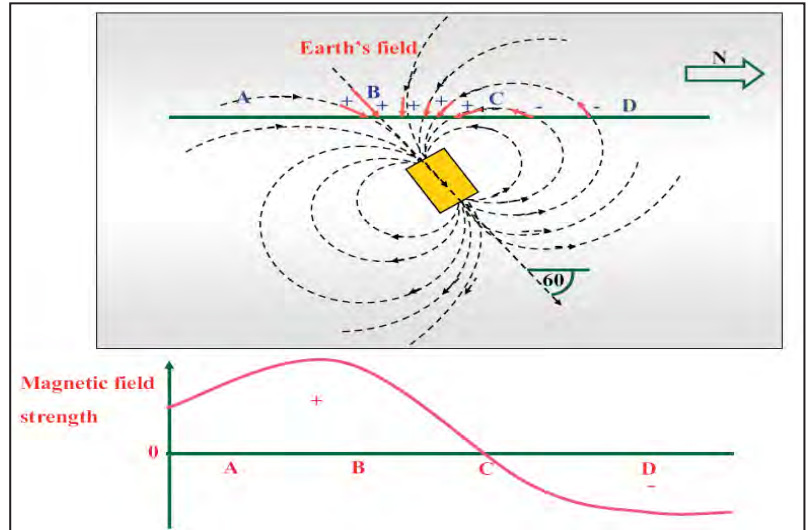
รูปร่างของค่าผิดปกติทางค่าสนามแม่เหล็กเกิดจาก ขนาดรูปร่าง ตำแหน่งที่ทำการสำรวจและการกระจายตัวของชิ้นส่วนเล็กๆ (grain) ของสารแมกนีไทต์ (magnetite) มีอิทธิพลต่อสมบัติทางแม่เหล็กของหินนั้นๆ สารทุกชนิดเป็นแม่เหล็กในระดับอะตอมโดยอะตอมแต่ละตัวประพฤติตัวเป็นไดโพล เนื่องจากการหมุนของอิเล็กตรอนในอะตอม และการโคจรของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส แร่ที่มีบทบาทในการทำให้เกิดค่าผิดปกติทางแม่เหล็ก เมื่อสารแม่เหล็กส่วนใหญ่ คือสารเฟอร์ริแมกเนติก (ferrimagnetic materials) เช่น magnetite การเข้าสู่ของไดโพล มีทิศทางขนานกันและมีทิศทางตรงกันข้าม (antiparallel) แต่จำนวนไดโพลในทิศทางทั้งสองไม่เท่ากัน สารเฟอร์ริแมกเนติกจึงมีการเป็นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นอย่างแรงและมีค่าสภาพรับได้ของความเป็นแม่เหล็กสูง

ในการสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็ก หินที่มีแร่เหล็กถูกเหนี่ยวนำโดยสนามแม่เหล็กภายนอกทำให้ค่าสนามแม่เหล็กนั้นมีทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กภายนอก เป็นการทำให้เกิดแม่เหล็กโดยการเหนี่ยวนำ

(Induced magnetization) หรือ การทำให้เป็นขั้วทางแม่เหล็ก (magnetic polarization) ซึ่งเป็นสัดส่วน
กับความเข้มของแรงทำให้เป็นแม่เหล็ก H

$$J = kH \quad \text{เมื่อ } k \text{ คือสภาพรับได้ของความเป็นแม่เหล็ก}$$

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากหินหรือแร่ที่ไม่สามารถกลับมายังตำแหน่งและทิศทางเดิมของหิน (ถ้าไม่
รบกวนจากสนามแม่เหล็กภายนอก) ทำ
ให้หิน/แร่ชนิดนั้นมีทิศทางเดียวกับ
สนามแม่เหล็กภายนอก เรียกว่า สภาพ
แม่เหล็กตกค้าง (J_r)
สาเหตุหลักของค่าผิดปกติทางแม่เหล็ก
ได้แก่ พนัก (dykes) รอยเลื่อน (fault)
รอยคดโค้ง (fold) และ lava flow การ
แทรกซอนของหินอัคนีชนิดเบส หินฐาน
ซึ่งเป็นหิน แปร และ แหล่งแร่
magnetite ค่าผิดปกติทางแม่เหล็กมี
แอมพลิจูด ตั้งแต่ 10-20 nT บนหิน
ฐานซึ่งเป็นหินแปรระดับลึก และค่า
หลายพันนาโนเทสลาเหนือแหล่งแร่
magnetite



ภาพที่ 2-15 ลักษณะความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณที่มีค่าผิดปกติ
ทางแม่เหล็กผิดปกติทางแม่เหล็ก

การประยุกต์ทางธรณีฟิสิกส์กับแหล่งน้ำพุร้อน

ลักษณะธรรมชาติการเกิดของแหล่งบ่อน้ำร้อนกับแหล่งความร้อนใต้พิภพคล้ายกัน คือมีต้นกำเนิด
ความร้อนที่ถ่ายเทพลังงานให้น้ำใต้ดินเหมือนกัน มีโครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นตัวเชื่อมหรือกักเก็บ โดย
ต่างกันที่ระดับความร้อนของอุณหภูมิ ความลึกและขนาดของพื้นที่เป็นแหล่งศักยภาพ แหล่งความร้อนใต้
พิภพอาจลึก 1-2 กิโลเมตร คลุมพื้นที่กว้าง เป็น 100 ตารางกิโลเมตร อุณหภูมิสูงมากจนบางครั้งเป็นไอน้ำ
ส่วนบ่อน้ำร้อนที่พบที่ผิวดินได้จากต้นแทรกขึ้นของน้ำร้อนที่อยู่ใต้ดิน อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกาย
ชนิดน้อย พื้นที่เฉพาะแหล่ง อาจมีบ่อน้ำพุร้อนขึ้นมาเป็นกระจุกหลายบ่อ คลุมพื้นที่ 2-3 ตารางกิโลเมตร

ดังนั้นในการสำรวจหาศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อนก็เป็นวิธีเดียวกันที่ใช้สำรวจแหล่งความร้อนใต้
พิภพคือใช้เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์หาโครงสร้างทางธรณีวิทยาและขอบเขตที่เป็นแหล่งศักยภาพใต้ดิน
โดยมีวิธีการหลายวิธี การศึกษาที่ผ่านมา มีการเลือกวิธีการวัดค่าสนามแม่เหล็กเทลเลอร์ลิก
(magnetotelluric - MT) เป็นการวัดค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ แล้ว
เหนี่ยวนำเกิดกระแสในชั้นเปลือกโลก สามารถศึกษาลึกเป็นหลายกิโลเมตรซึ่งคำนวณแปรผันตามความถี่
การประยุกต์ MT กับแหล่งความร้อนใต้พิภพ เช่น

Aiken and Ander (1981) ได้ทำการสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพ ด้วย MT จำนวน 200 แห่ง
ระยะห่าง 15-20 km ในรัฐ New Mexico and Arizona สหรัฐอเมริกา แสดงเป็นภาคตัดขวางทางธรณี
ไฟฟ้า เมื่อประมวลผลแบบหัยย์ลึกแลพบแบบจำลองเชิงผกผัน ได้เป็นแผนที่บริเวณแหล่งศักยภาพของหิน
ร้อนแห้ง (Hot dry rock) ที่ใหญ่ที่สุด

Cumming and Mackie (2010) สํารวจด้วยการวัดค่า MT แหล่งหินกักเก็บความร้อนใต้พิภพ (geothermal reservoirs) ที่ Glass Mountain ประเทศอินโดนีเซีย ในแบบจำลองเชิง 1D, 2D and 3D พบชั้น smectite clay ให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ค่าสภาพให้ซึมผ่านได้ต่ำ เป็นชั้นกั้นแหล่งหินกักเก็บความร้อนใต้พิภพ

การประยุกต์เทคนิคการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในการสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพ เช่น

Suanburi (1997) ได้ศึกษาแหล่งความร้อนใต้พิภพ the Hathobaru Geothermal area, Central of Kyushu, ประเทศญี่ปุ่น โดยการวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ Mise-a-la-Masse โดยใช้บล็อกท่อหลุมเจาะที่ลึกใช้แล้วลึก 500 เมตร เป็นขั้วไฟฟ้า C1 ส่วน C2 อยู่ห่าง 5 กิโลเมตร จุดวัดค่า เป็นแบบรัศมียาว 1 กิโลเมตร จำนวน 18 เส้นสำรวจ และทำการวัดค่า MT ด้วยบริเวณใกล้เคียง พบรอยเลื่อนใหญ่ 2 แนววางตัว NW-SE และเขตแหล่งความร้อน จากค่าสภาพไฟฟ้าต่ำ สอดคล้องกับ แบบจำลอง MT ที่ค่าสภาพไฟฟ้าต่ำบริเวณเดียวกันลึกกว่า 500 เมตร

Gad El-Qady (2006) ทำการสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพและแหล่งน้ำใต้ดิน ทางไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (vertical electrical soundings - VES) โดยวางระบบขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger ขยายระยะห่างขั้วไฟฟ้า AB/2 ถึง 1000 เมตร จำนวน 19 แห่ง ที่ Hammam Mousa, Sinai ประเทศ Egypt พบการกระจายของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำที่น่าจะเป็นน้ำพุร้อน

Bibby *et al.*, (2009) วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าระดับลึก ที่ Wairakei geothermal field New Zealand ด้วยการวางระบบขั้วไฟฟ้าแบบ Wenner ระยะขั้วไฟฟ้า ($a \sim 550$ เมตร) และแบบ Schlumberger array ($AB/2 = 500$ เมตร and 1000 เมตร) แสดงความแตกต่างของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงจากชั้นบนช่วงความลึก 500 เมตร เป็นน้ำเย็นด้านล่าง พบเขตที่เป็นค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ($5-10 \Omega m$) เป็นชั้นน้ำร้อนและเค็ม ในช่องว่างหินที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำ

การสำรวจหาคัญภาพของแหล่งน้ำพุร้อนเป็นนิยามเดียวกับการสำรวจหาน้ำใต้ดิน แต่ต้องมีการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแหล่งน้ำร้อนและน้ำเย็น การประยุกต์วิธีการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าการสำรวจแบบหยั่งลึกมักจะนำมาใช้ในการหาชั้นน้ำบาดาล (ได้ข้อมูลเฉพาะตำแหน่งสำรวจตามแนวตั้ง) (Kollert, 1969) โดยเฉพาะในประเทศไทยส่วนมากใช้วิธีการนี้เป็นข้อมูลในการเจาะหาน้ำบาดาล ประเทศไทยได้มีการประยุกต์เทคนิคการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2-3 มิติ หาชั้นน้ำบาดาลสามารถกำหนดเขตศักยภาพของน้ำบาดาล บริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกอย่างได้ผลมาแล้ว เช่น ทำการศึกษาแหล่งทรัพยากรน้ำใต้ดิน บริเวณวิทยาเขตศรีราชา มก. สามารถกำหนดเขตศักยภาพน้ำใต้ดินที่ให้น้ำมากหรือให้น้ำจากรอยแตกของหินแกรนิตได้ (ดิเชลล์ สวนบุรี, 2549) และบริเวณเป็นเขตของหินแกรนิตมีศักยภาพน้ำใต้ดินต่ำเช่น บริเวณสวนสัตว์เปิดเขาเขียว อำเภอศรีราชา ศึกษากระบวนการน้ำบาดาลกำหนดจุดเจาะน้ำใต้ดินได้ผลดี (ดิเชลล์ สวนบุรี และคณะ, 2550). เมื่อปรับปรุงวิธีการให้ข้อมูลที่ลึกและละเอียดมากขึ้น เพื่อการศึกษาหาแหล่งน้ำใต้ดินของหินปูน จนพัฒนาวิธีการ เรียกว่า resistivity scanning (Suanburi and Wathanaku. 2009) ที่สามารถศึกษาลักษณะน้ำใต้ดินได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะชั้นน้ำใต้ดินที่อยู่ใกล้ชายทะเลหรือบนเกาะเพื่อการจัดการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ และหลีกเลี่ยงการถูกล้างจากน้ำเค็มเข้าผสมน้ำจืด (Suanburi, 2010)

ดังนั้น เมื่อประยุกต์ต่อยอดจากการพัฒนาจากระบบและวิธีการสำรวจหาน้ำใต้ดินที่ประสบผลสำเร็จมาแล้ว เพื่อศึกษาศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อนจึงเป็นงานวิจัยที่น่าจะได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

งานสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่ศึกษาวิจัยที่ได้ทำก่อนนี้

กัมปนาท แหยมลทรัพย์ และ วิไลวรรณ เวชกามา (2553) ได้ประยุกต์ วิธีการทางธรณีฟิสิกส์ในการหาแหล่งน้ำพุร้อนบ้านโป่งช้าง คือวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า มีการวางขั้วกระแสไฟฟ้าหลายรูปแบบในการสำรวจหาแหล่งน้ำพุร้อนนี้ สามารถสำรวจได้ลึกประมาณ 100 เมตร

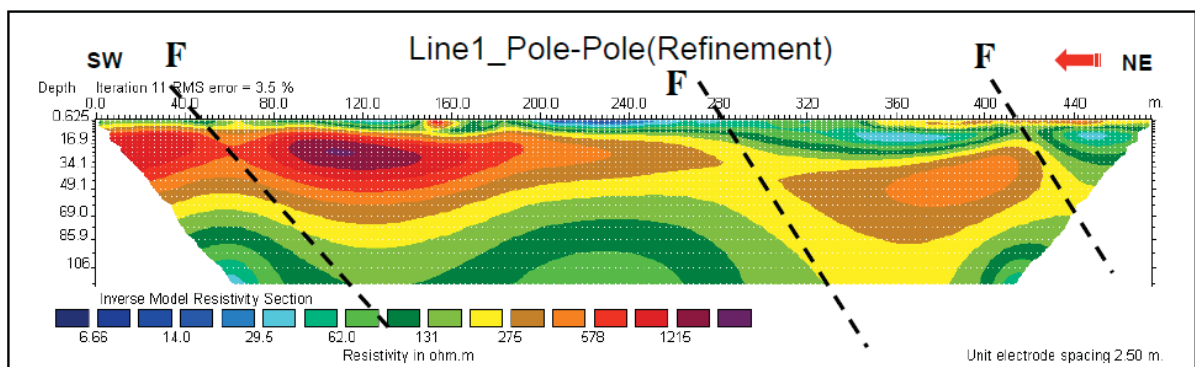
การสำรวจนี้ใช้ 2 รูปแบบ คือ

1). วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบโพล - โพลในเชิง 2 มิติ เพื่อดูโครงสร้างที่เป็นรอยแตกได้ลึก 0 - 110 เมตร โดยทำการวางแนวสำรวจ 2 แนว มีทิศทางประมาณเหนือ - ใต้ เพื่อดูารอยแตกลึกลงและเอียงเทไปในทิศทางใด มี 2 แนวคือ L1 ยาว 0 - 475 เมตร และ L2 ยาว 0-235 เมตร เมื่อได้ทิศทางของแนวรอยแตกแล้วจึงกำหนดตำแหน่ง ในข้อ 2

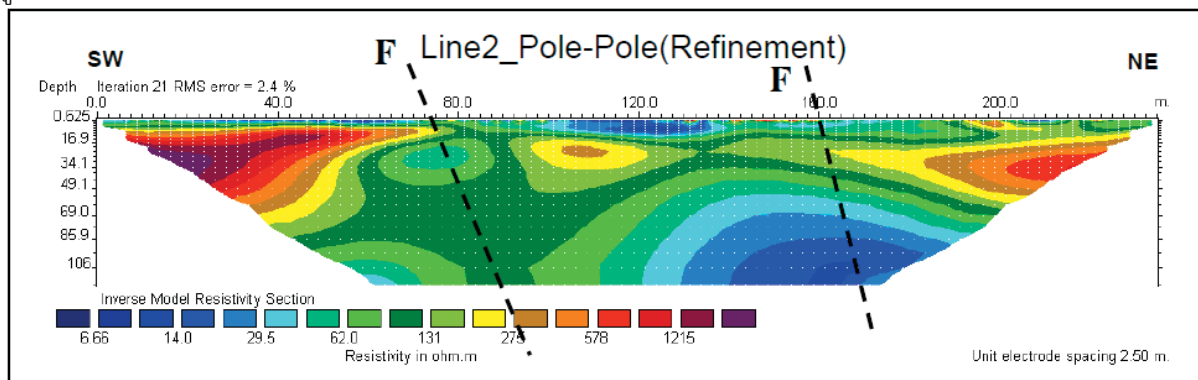
2). วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (VES) วางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ เป็นวิธีการวัดค่าจุดๆ เพื่อหาศักยภาพของชั้นน้ำตามรอยแตก และความลึก วิธีการนี้ได้ความลึกถึง 200 เมตร ทำการสำรวจ 13 จุด

ผลจากการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบไดโพล - ไดโพลทั้ง 2 แนวสำรวจ (ภาพที่ 2-16) และ 13 จุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (ภาพที่ 2-17)

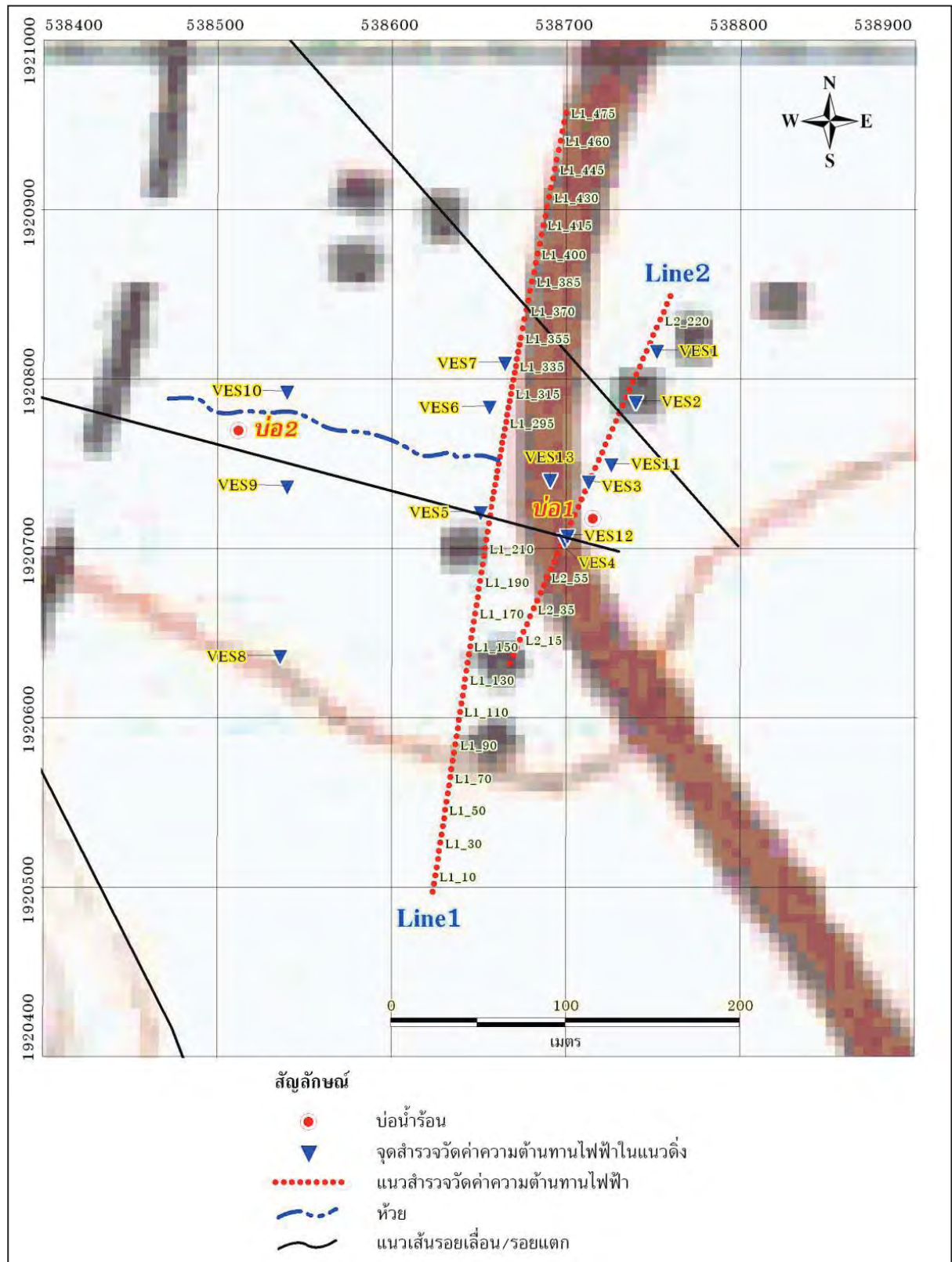
จากการแปลความข้อมูล แสดงพื้นที่ที่มีระดับน้ำ ใต้ดินลึก 4 เมตรจากผิวดิน ดินชั้นบนปกคลุมด้วยดินทราย ไม่พบหินแข็งโผล่ให้เห็นในบริเวณพื้นที่สำรวจ ดังนั้นโพรงช่องว่างต่างๆและรอยแตกในหินแข็งใต้ดินจะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน การแปลความหมายค่าความต้านทานไฟฟ้าของช่องว่างในหินแข็งและรอย แตก จะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ



รูปแบบจำลองค่าความต้านทานไฟฟ้าตามแนวสำรวจ 2 มิติ ของแนวสำรวจ L1



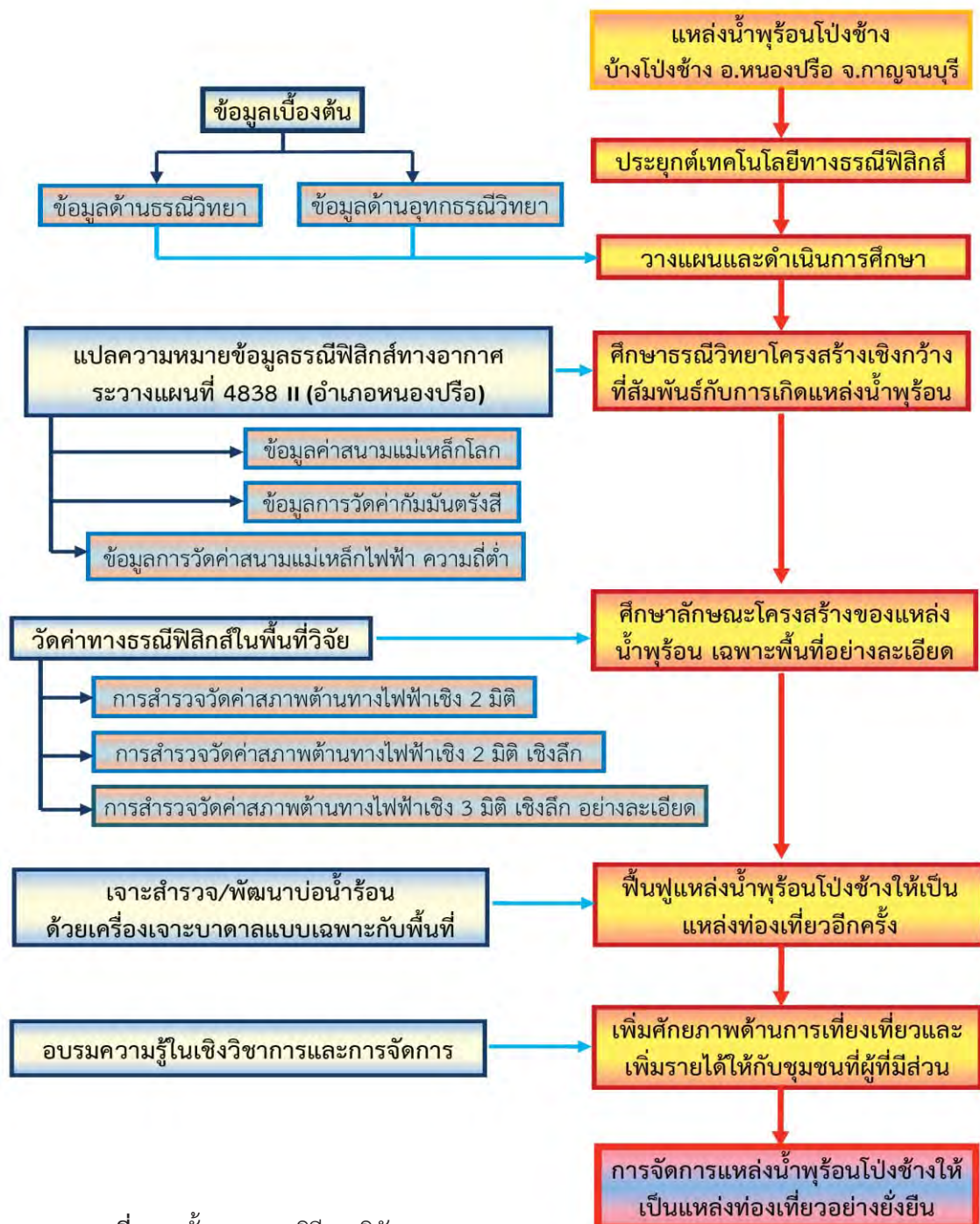
ภาพที่ 2-16 ผลการศึกษา แบบจำลองค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าตามแนวสำรวจ 2 มิติ สามารถกำหนดเขตรอยเลื่อนบริเวณบ่อน้ำร้อนโป่งช้าง



ภาพที่ 2-17 ผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดย กัมปนาท แหลมลทรัพย์ และ วิไลวรรณ เวชกามา (2553) แสดงแนวรอยเลื่อนจากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบโพล – โพล บริเวณน้ำพุร้อนบ้านโป่งช้าง

บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง ตั้งอยู่บริเวณหมู่ที่ 5 บ้านโป่งช้าง อำเภอนองปรี จังหวัด
กาญจนบุรี เพื่อที่จะฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอีกครั้ง โดยมีลำดับของการวิจัย
สรุปไว้ในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนของวิธีการวิจัย

จากภาพที่ 3-1 อธิบายขั้นตอนต่างๆ ของการประยุกต์เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อพัฒนาแหล่ง
ท่องเที่ยวพุร้อนโป่งช้าง คือ

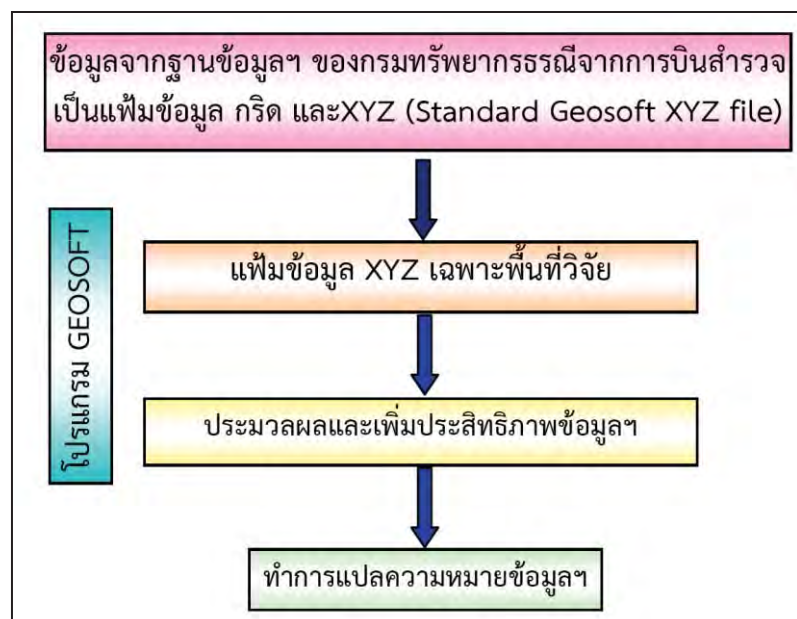
1. คือเริ่มการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศแบบกว้าง ซึ่งในกรณีนี้เป็นการแปลความหมาย
ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ค่าความเข้มกัมมันตรังสี และค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเพื่อ
ศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาในเชิงกว้าง เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะใช้ในการวางแผนการศึกษาในขั้นตอน
ต่อไป
2. จากนั้นทำการสำรวจวิจัยด้วยเทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างและใกล้เคียง
เพื่อฟื้นฟูและพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่
สามารถให้น้ำร้อน
3. ผลการศึกษา จากข้อ 2 เมื่อทราบระบบน้ำใต้ดินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อน ที่คาดหวัง คือ ทำการเจาะด้วย
เครื่องเจาะที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว คือต้องเป็นรถเจาะขนาดเล็กถึงจะเข้าเจาะบริเวณที่
ต้องการได้
4. จากผลสำเร็จในข้อ 3 จะเป็นการฟื้นฟู โดยเฉพาะการนำน้ำร้อนกลับขึ้นมาพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว
5. อบรมเพื่อให้ความรู้ด้านวิชาการทางธรณีวิทยาแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง และ การจัดการแหล่งพุร้อนน้ำพุ
ร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การแปลความข้อมูลสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ

ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา คลุมแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน
1:50,000 ทั้งระวาง 4838 II อำเภอหนองปรือ เป็นข้อมูลตัวเลขที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี ซึ่งได้
นำมาทำการจัดระบบข้อมูลและประมวลผลด้วยกระบวนการต่างๆ เพื่อการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทาง
อากาศ โดยข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาและทำการแปลความหมายข้อมูลประกอบด้วย
ข้อมูล 3 ประเภท คือ

- ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field)
- ค่าความเข้มกัมมันตรังสี (radiometric data)
- ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (very low frequency electromagnetic field)

ขั้นตอนการดำเนินการจัดการข้อมูลและประมวลผล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลในการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศนั้น มีขั้นตอนสรุปไว้ในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 สรุปขั้นตอนการจัดการข้อมูลเพื่อการแปลความหมายข้อมูล

การแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ

ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศที่ใช้ในการแปลความหมายมีขนาดกริดเซลล์ 1,000 เมตร (จากการบินสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี คือมีระยะห่างของแนวการบินสำรวจ 1 กิโลเมตร)

การจัดการ การประมวลผลและการเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูล มีขั้นตอนเพื่อการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก

1. การแปลความหมายเชิงคุณภาพ ในการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศใช้แผนที่ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศในแนวมรวม (total magnetic field) จำแนกเป็นเขตหรือหน่วยทางแม่เหล็ก (magnetic unit) ตามสัญญาณความเข้มสนามแม่เหล็กที่แสดงค่าสูงต่ำขนาดของสัญญาณ ช่วงกว้างของสัญญาณ (pattern) และรูปแบบสัญญาณโดยให้เป็นความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านแม่เหล็กสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยาและเทียบเคียงกับหน่วยหิน

การศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา ได้ประมวลผลและแปลจากข้อมูลที่เกิดจากวัตถุจริง (Residual magnetic map) (การข้อมูลให้อยู่ในรูปของ shade relief แสดงตำแหน่ง ทิศทางและความสูงของเงาให้มีทิศทางเดียวกันและ/หรือตั้งฉากกับทิศทางของโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งมีแนว NW-SE ได้กำหนดตำแหน่งแสงมาจาก 45° และ 135° จากทิศเหนือตามลำดับ ให้ความสูงเป็น 45° จากระดับผิวดิน)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางคณิตศาสตร์ เช่น แบบ analytic signal คือเป็นการศึกษาข้อมูลโดยการประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการอนุพันธ์ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศทั้ง 3 แกน คือแกน X Y และ Z แล้วนำมารวมกัน เพื่อจัดลักษณะข้อมูลใหม่ซึ่งเป็นการช่วยในการชี้ตำแหน่งบริเวณที่เป็นเขตผิดปกติทางแม่เหล็ก และการคำนวณย้ายตำแหน่งข้อมูลไว้ที่ขั้วโลก (Reduction to the magnetic pole) เพื่อเปลี่ยนฟอร์มของค่าผิดปกติที่ไร้ผลกระทบจากค่า แพลเตอร์ส่วนประกอบสนามแม่เหล็กโลก เช่น inclination และ declination เป็นต้น

2. การแปลความหมายเชิงปริมาณ ทำการเลือกบริเวณที่มีค่าผิดปกติที่น่าสนใจ คือผ่านบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง เพื่อทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมในเชิงผกผัน (inversion magnetic modeling) เพื่อดูลักษณะรูปร่างและทิศทางการวางตัวของของรอยเลื่อนที่เป็นช่องทางของน้ำร้อนและหินที่น่าจะเป็นหินให้ความร้อนกับระบบน้ำใต้ดิน

เริ่มจากการตัดข้อมูลตาม profiles ที่กำหนดให้วางกับทิศทางการวางตัวของธรณีวิทยาโครงสร้าง แล้วนำเข้า โปรแกรมสร้างแบบจำลองเชิงผกผัน โดยกำหนด รูปแบบจำลองเป็นแบบ Tabular จำนวน 6 ตำแหน่งแบบจำลองที่ได้เป็นตัวแทนของรอยเลื่อนที่พบในพื้นที่และหินแกรนิตระดับลึกปรากฏบริเวณใกล้พื้นที่ศึกษาวิจัย

การแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสีทางอากาศ

ข้อมูลของค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสีประกอบด้วย 3 ชนิด คือ ค่าความเข้มข้นของรังสีแกมมาที่เกิดจากยูเรเนียม ทอเรียมและโพแทสเซียม ซึ่งจะนำมาประมวลผลเพื่อใช้ในการแปลความหมายข้อมูลโดยใช้โปรแกรม GEOSOFT ประกอบด้วยแผนที่เส้นชั้นค่ากัมมันตรังสีรวม และจากแผนที่ ternary map ที่ประกอบด้วยค่าโพแทสเซียม (K) ยูเรเนียม (eU) และทอเรียม (eTh) อยู่ด้วยกันโดยแทนค่าด้วยสีที่ต่างกัน คือ สีแดงแทนโพแทสเซียม สีน้ำเงินแทนยูเรเนียม และสีเหลืองแทนทอเรียม ทั้งนี้เพื่อหาบริเวณที่มีค่าความผิดปกติของแร่กัมมันตรังสีทั้ง 3 ชนิด

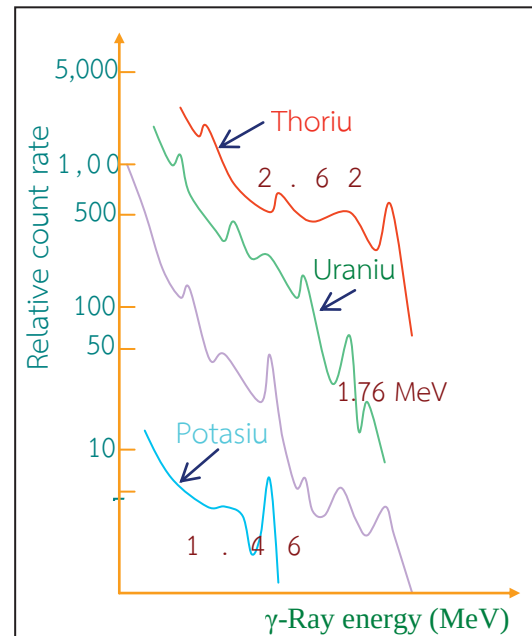
ธาตุกัมมันตรังสี สลายตัวโดยกระบวนการ gamma ray และ atomic disintegration ให้ผลผลิตคือ daughter products ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีและค่าครึ่งชีวิต (half-life) ที่แตกต่างไปจากตัวของมัน ค่ากัมมันตรังสีรวม (total count) มีค่าพลังงานแกมมาอยู่ในช่วง 0.4-2.82 million electron volt (MeV.) ธาตุกัมมันตรังสีที่ใช้ในการสำรวจได้แก่

โพแทสเซียม (potassium) ประกอบด้วย isotope K^{40} ประมาณ 20 ppm ซึ่งมี ค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 1.3×10^9 ปีและมีพลังงานเท่ากับ 1.30 million electron volt (MeV.)

ยูเรเนียม (uranium-238) (eU^{238}) สลายตัวให้ bismuth-214 ($Bi214$) มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 19.7 นาที และมีพลังงานเท่ากับ 1.76 million electron volt (MeV).

ทอเรียม (thorium-232) (eTh^{232}) สลายตัวให้ thallium-208 (Tl^{208}) ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 3.1 นาที และพลังงานเท่ากับ 2.62 million electron volt (MeV) ดังภาพที่ 3-3

การจัดการและประมวลผลข้อมูลข้อมูลค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสี ในการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มข้นได้จัดข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่เทอร์นารี (ternary map) ซึ่งเป็นแผนที่แสดงข้อมูลทั้ง 3 ค่าของยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม และแผนที่ค่ากัมมันตรังสีรวม บริเวณที่เป็นรอยเลื่อนมีโอกาที่จะพบค่ากัมมันตรังสีสูงกว่าบริเวณอื่น จึงน่าจะช่วยเสริมข้อมูลทางสนามแม่เหล็กได้



ภาพที่ 3-3 แสดงการปลดปล่อยพลังงานรังสีแกมมาของธาตุกัมมันตรังสีใช้ในการแปลความหมายธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ (ที่มา: Telford (1984))

การแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (VLF-EM)

เป็นวิธีการศึกษาธรณีโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเป็นข้อมูลที่ได้จากการรับสัญญาณคลื่นจากสถานีส่งสัญญาณจากกิจกรรมของเรือดำนํ้า 2 สถานีคือ

1. สถานี NWC เรียกว่า line station มีสถานีส่งอยู่ที่ Northwest Cave ประเทศออสเตรเลีย อยู่ห่างจากพื้นที่สำรวจประมาณ 4000 กิโลเมตร ทำมุมระหว่างกันเทียบกับทิศเหนืออาซิมุตเป็นมุม 159° ส่งสัญญาณความถี่ 22.3 กิโลเฮิร์ต ด้วยกำลังส่ง 1000 กิโลวัตต์
2. สถานี NDT เรียกว่า orthogonal station มีสถานีส่งอยู่ที่ Yosami ประเทศญี่ปุ่น อยู่ห่างจากพื้นที่สำรวจประมาณ 4500 กิโลเมตร และทำมุมระหว่างกันเทียบกับทิศเหนืออาซิมุตเป็นมุม 53° ส่งสัญญาณความถี่ 17.4 กิโลเฮิร์ต ด้วยกำลังส่ง 50 กิโลวัตต์

ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. สนามรวม (total field) เป็นผลลัพธ์จากสัญญาณรวมของความเข้มสนามแม่เหล็กใน 3 ทิศทางคือ แนวระหว่างสถานีรับ-ส่งสัญญาณ (longitudinal component) แนวราบตั้งฉากกับสัญญาณแรก (lateral component) และแนวตั้งตั้งฉากกับสัญญาณในแนวราบ (vertical component)
 2. สัญญาณทศนิยม (quadrature) เป็นผลจากการเหนี่ยวนำกระแสและความเข้มสนามแม่เหล็กในตัวนำไฟฟ้าพื้นผิว อัตราส่วนของสัญญาณความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวตั้งกับผลลัพธ์ของสนามรวมในแนวนอน
- ค่าผิดปกติของข้อมูลสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเป็นผลจากบริเวณที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะตามการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Wright, 1980) คือ

1. แบบ vortex current เป็นค่าผิดปกติขนาดเล็ก ผลจากตัวนำไฟฟ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมด้วยหินที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง มีลักษณะโดดเด่นและสัมพันธ์กับแหล่งแร่โลหะพื้นฐาน รวมทั้งผลจากสิ่งปลูกสร้าง
2. แบบ galvanic current เป็นค่าผิดปกติที่เกิดเป็นแนวแบบไพศาล โดยจะสัมพันธ์กับโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น รอยเลื่อนหรือรอยแตกที่มีความชื้น (น้ำ) แทรกอยู่หรือชั้นน้ำใต้ดินที่แผ่ขยายเป็นแนวกว้าง ทำให้แสดงคุณสมบัติเป็นตัวนำอ่อนๆ เป็นบริเวณกว้าง

การประมวลผลข้อมูลค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ด้วยเทคนิค Fraser Filter เพื่อช่วยในการแสดงตำแหน่งที่เป็นค่าผิดปกติ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า เช่นบริเวณเขตของรอยเลื่อน เป็นต้น

การวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์ภาคสนาม

เป็นขั้นตอนการประยุกต์เทคโนโลยีบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างและพื้นที่ใกล้เคียง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัยในสนาม ประกอบด้วย

1. เครื่องมือสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า จำนวน 2 ชุด และส่วนอุปกรณ์เสริม เช่น แท่งเหล็ก
ขั้วไฟฟ้า แบตเตอรี่ เป็นต้น

1.1. ผลิตภัณฑ์ของบริษัท IRIS Instrument รุ่น Syscal R1 48 switching multi-electrode
(ภาพที่ 3-4)

1.2. เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็น WDA-1 Super Multi-
electrode Resistivity Surveying System กับคอมพิวเตอร์พกพา (PDA) ที่ทำหน้าที่ควบคุม ใช้ส่งการผ่าน
ระบบ บลูทูธ (Bluetooth) ระบบสายเคเบิลอจิริยะ (ภาพที่ 3-5)

2. โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลและแปลความหมายข้อมูล

2.1. RES2DINV Version 3.55 สำหรับทำการประมวลผลข้อมูลเชิง 2 มิติ

2.2. WinSev Version 6.2 สำหรับทำการประมวลผลข้อมูลเชิง 1 มิติ



ภาพที่ 3-4 Iris Instrument Syscal R1
Multi-electrode



ภาพที่ 3-5 การจัดวางเครื่องมือสำรวจวัดค่าสภาพต้านทาน
ไฟฟ้า WDA-1

การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็ก

การสำรวจวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ต้องทำการเลือกตำแหน่งในบริเวณพื้นที่สำรวจในการตั้งสถานีฐาน (base station) เพื่อใช้วัดค่าสำหรับเพื่อใช้วัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในรอบวัน (Diurnal change) แล้วนำไปใช้ในการแก้ค่าที่อ่านได้จากได้ดำเนินการอ่านค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งจุดสำรวจต่างๆ ตามแนวเส้นสำรวจ โดยใช้เทคนิคในการสำรวจแบบเป็นครบรอบ (loop) แต่ละรอบจะต้องใช้เวลาให้สั้นที่สุด ในการสำรวจนี้ใน 1 รอบ ประมาณ 2 ชั่วโมง

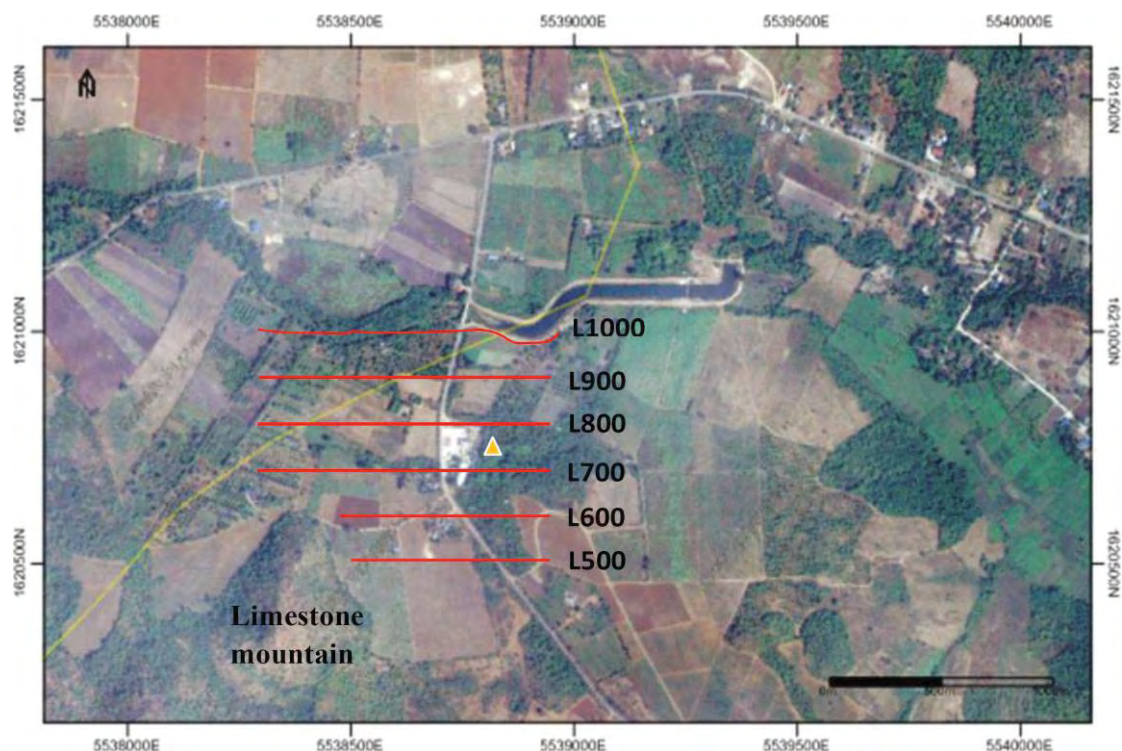
การกำหนดเส้นสำรวจในการวัดค่าสนามแม่เหล็ก (Ground Magnetic) โดยได้กำหนดเส้นสำรวจ 6 เส้นสำรวจ มีทิศแนวสำรวจเป็น ตะวันออก – ตะวันตก ระยะห่างระหว่างเส้นสำรวจ 100 เมตร ระยะห่างจุดวัดค่า 10 เมตร ความยาวและตำแหน่งแต่ละแนวเส้นสำรวจ ตามตารางที่ 3-1 ตำแหน่งของเส้นสำรวจแสดงไว้ในภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-6 การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กด้วยเครื่องมือที่สามารถวัดค่าแบบ เกรเดียน โดยใช้ sensor 2 ตัวพร้อมกัน เริ่มอ่านค่าที่ Base Station แล้วทำการอ่านค่าตามเส้นสำรวจโดยมี GPS บันทึกตำแหน่งพร้อมกัน

ตารางที่ 3-1 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจของการวัดค่าสนามแม่เหล็ก

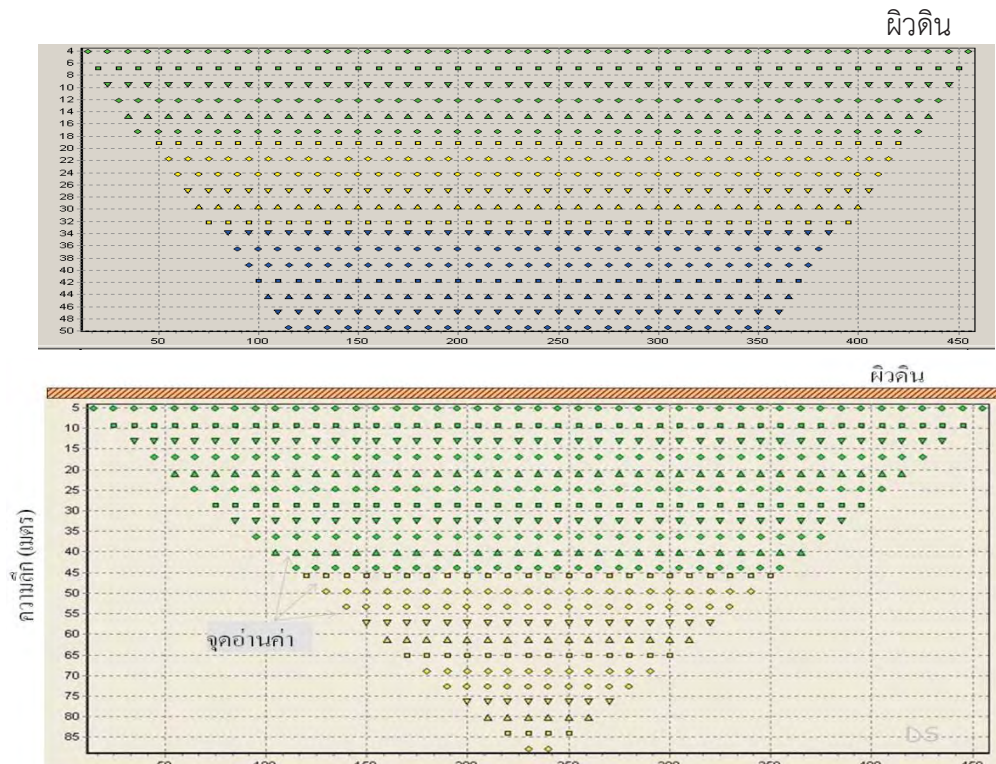
แนวเส้นสำรวจ	พิกัดต้นแนว		พิกัดสุดท้าย		ระยะสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
L1000	538465	1621000	539015	1621000	600
L900	539025	1620900	538425	1620900	600
L800	538385	1620800	539005	1620800	620
L700	538360	1620700	539030	1620700	660
L600	539020	1620600	538430	1620600	600
L500	538450	1620500	539020	1620500	600



ภาพที่ 3-7 ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กภาคสนาม

การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Resistivity imaging survey)

เป็นการสำรวจด้วยวิธีการสร้างภาพจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า เป็นการหาขอบเขตและความหนาของชั้นหิน และรอยเลื่อนในแบบ 2 มิติ โดยใช้ระบบการอ่านเครื่องแบบหลายขั้ว (60 ขั้วไฟฟ้า) ออกแบบระบบการเก็บข้อมูลอย่างอัตโนมัติหลายขั้ว กำหนดวิธีการวางระบบขั้วไฟฟ้าเป็นทั้ง 2 แบบ คือแบบไดโพล-ไดโพล และแบบชลัมเบอร์เจอร์ อ่านค่าในตำแหน่งเดียวกัน ทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Electre II) ทำการวัดค่าแบบหลายขั้วด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ และระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเป็น 10 เมตร มีตำแหน่งการอ่านข้อมูลใต้ผิวดิน ได้ความลึกประมาณ 50 เมตร สำหรับแบบไดโพล-ไดโพล และได้ลึกประมาณ 100 เมตร (ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วไฟฟ้า) สำหรับแบบชลัมเบอร์เจอร์ (ดูภาพที่ 3-8)

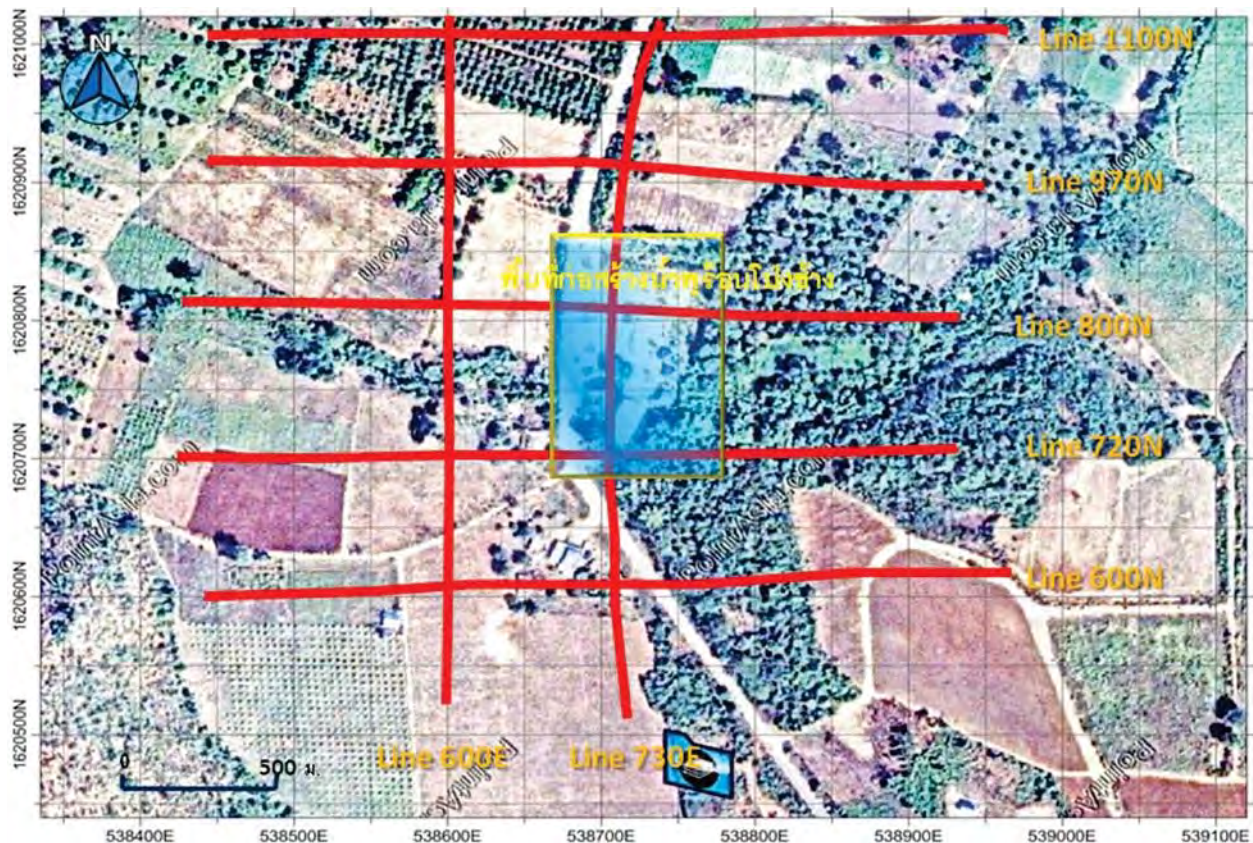


ภาพที่ 3-8 ลักษณะการอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า จากการวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (ภาพ ก) แบบชลัมเบอร์เจอร์ (ภาพ ข)

กำหนดเส้นสำรวจให้คลุมพื้นที่บ่อน้ำร้อนโป่งช้างและบริเวณใกล้เคียง สำหรับการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ ประกอบด้วย 7 เส้นสำรวจ เส้นสำรวจ 5 เส้นวางในแนวตะวันออก-ตะวันตก และอีก 2 เส้นสำรวจ วางในแนวเหนือ-ใต้ ตำแหน่งเส้นสำรวจดูภาพที่ 3-9

ตารางที่ 3-2 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจของการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ

Line	พิกัด ต้นแนวสำรวจ		พิกัด ปลายแนวสำรวจ		ระยะสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
600N	538400	1620600	539000	1620600	590
720N	538400	1620720	539000	1620720	590
800N	538400	1620800	539000	1620800	590
970N	538400	1620970	539000	1620970	590
1100N	538400	1621100	539000	1621100	590
600E	538600	1620550	538600	1621150	590
730E	538730	1620550	538730	1621150	590



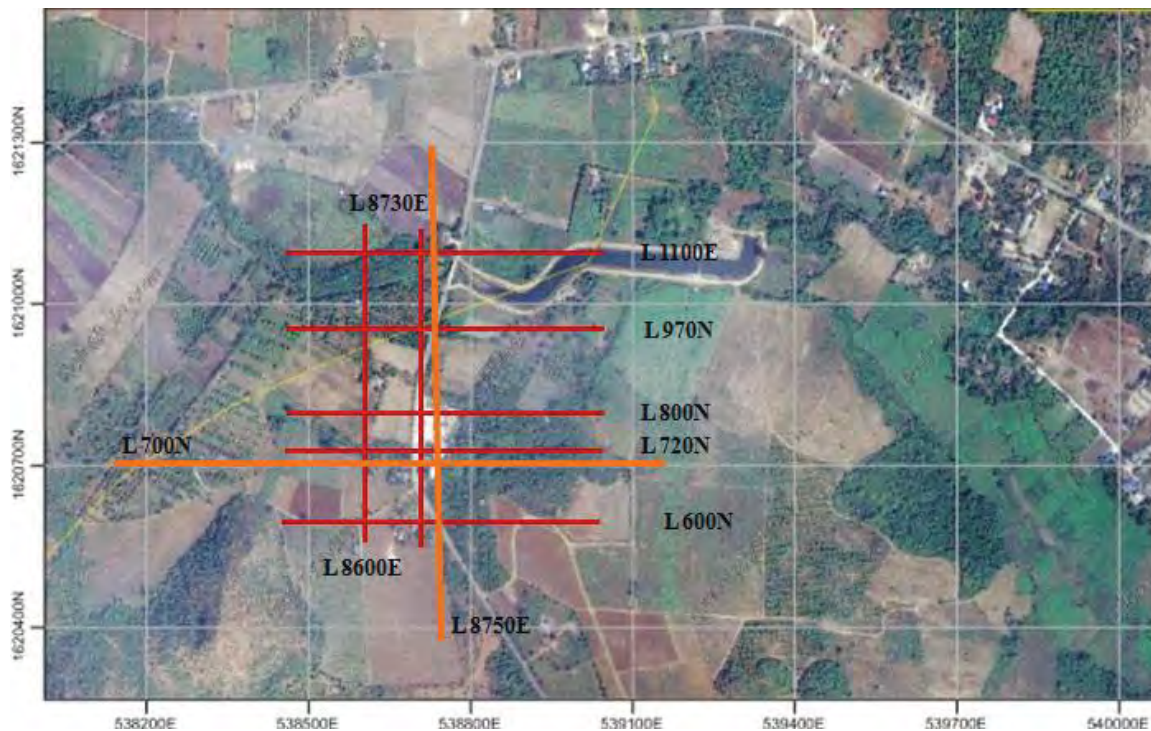
ภาพที่ 3-9 ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ ทั้ง 7 เส้นสำรวจคลุมพื้นที่วิจัย

การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ เชิงลึก (Deep 2D Resistivity imaging survey)

วิธีการศึกษาลักษณะการค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติที่ผ่านมาแต่ออกแบบระบบเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือทำการวัดค่าให้ได้ระยะทางเส้นสำรวจยาวกว่า (จำนวนขั้วไฟฟ้า มากกว่า คือประมาณ 100 ขั้วไฟฟ้า) และสามารถวัดได้ดินได้ลึกกว่า คือมากกว่า 150 เมตร ระยะห่างขั้วไฟฟ้าเท่ากัน คือ 10 เมตร ทำการวัดค่า 2 เส้นสำรวจ คือ Line 8750EN และ Line 720E ตัดกันประมาณ บริเวณตำแหน่งบ่อน้ำพุร้อน ดูภาพที่ 3-10

ตารางที่ 3-3 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจของการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (เชิงลึก)

Line	พิกัด ต้นแนวสำรวจ		พิกัด ปลายแนวสำรวจ		ความยาวแนวสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
8750E	538725	1620370	538760	1621335	960
720N	538225	1620790	539162	1620709	960



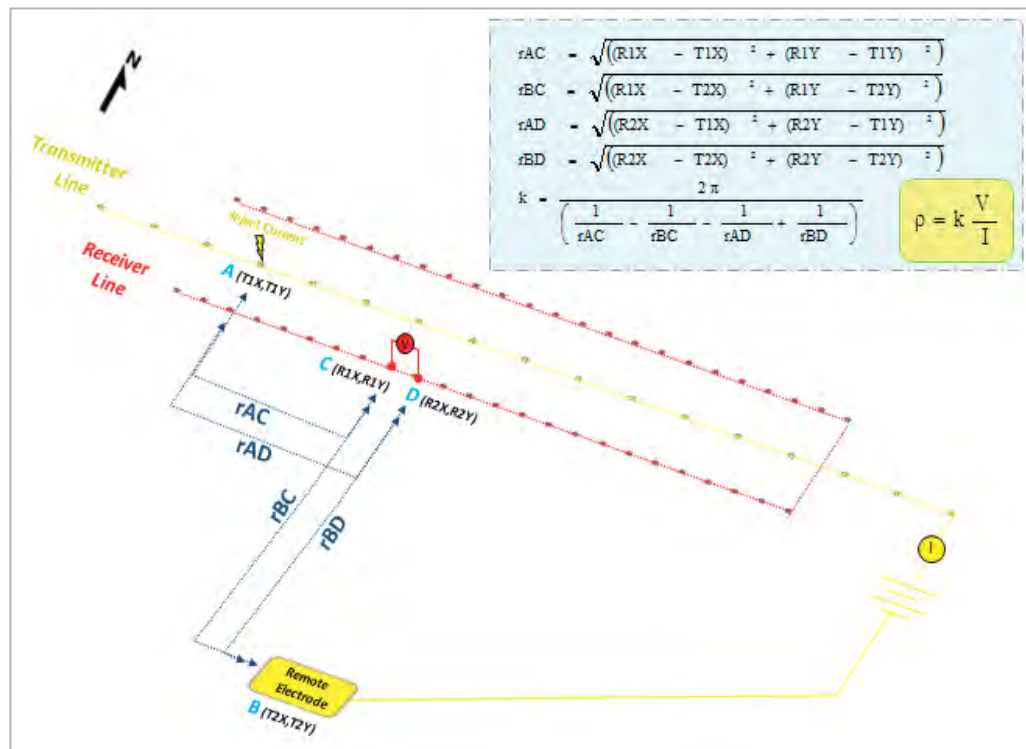
ภาพที่ 3-10 ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงลึก (สีส้ม)

การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ (3D offset Pole –Dipole Resistivity survey)

กำหนดระบบขั้วไฟฟ้าของอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ แบบ ออฟเซต โพล-ไดโพล (offset pole – dipole array) ออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Electre II) และทำการวัดค่าแบบหลายขั้วอย่างอัตโนมัติ การกำหนดเส้นสำรวจของการวัดค่าดังนี้

1. เส้นสำรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้า (Receiver survey line - Rx) ประกอบด้วย 24 ขั้วรับสัญญาณ ระยะห่างระหว่างขั้วคือ 25 เมตร โดยระยะห่างของแต่ละเส้นสำรวจคือ 100 เมตร
2. เส้นสำรวจปล่อยกระแสไฟฟ้า (Transmitter survey line - Tx) เป็นตำแหน่งระหว่างเส้นสำรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้า โดยกำหนดตำแหน่งปล่อยกระแสไฟฟ้า จำนวน 17 ตำแหน่ง แบ่งเป็น ระหว่างแนวเส้นวัดค่าศักย์ไฟฟ้า 13 ขั้ว ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า 50 เมตร และเพิ่มขยายอีก 2 ขั้วไฟฟ้าออกไปทั้ง 2 ด้าน ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า 100 เมตร
3. ตำแหน่งสถานีปล่อยกระแสไฟฟ้าระยะไกล (Remote current electrode station) ควรมีระยะที่ห่างจากเส้นสำรวจแรก ไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของความยาวของเส้นสำรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้า

ตำแหน่งเส้นสำรวจให้คลุมพื้นที่บ่อน้ำร้อนโป่งช้างและบริเวณใกล้เคียง สำหรับการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ ประกอบด้วย เส้นสำรวจ Rx จำนวน 5 เส้นสำรวจ ในแนวตะวันออก-ตะวันตก และเส้นสำรวจ Tx จำนวน 4 เส้นสำรวจ ตำแหน่งพิกัด แสดงไว้ในตารางที่ 3-4 (ภาพที่ 3-9)

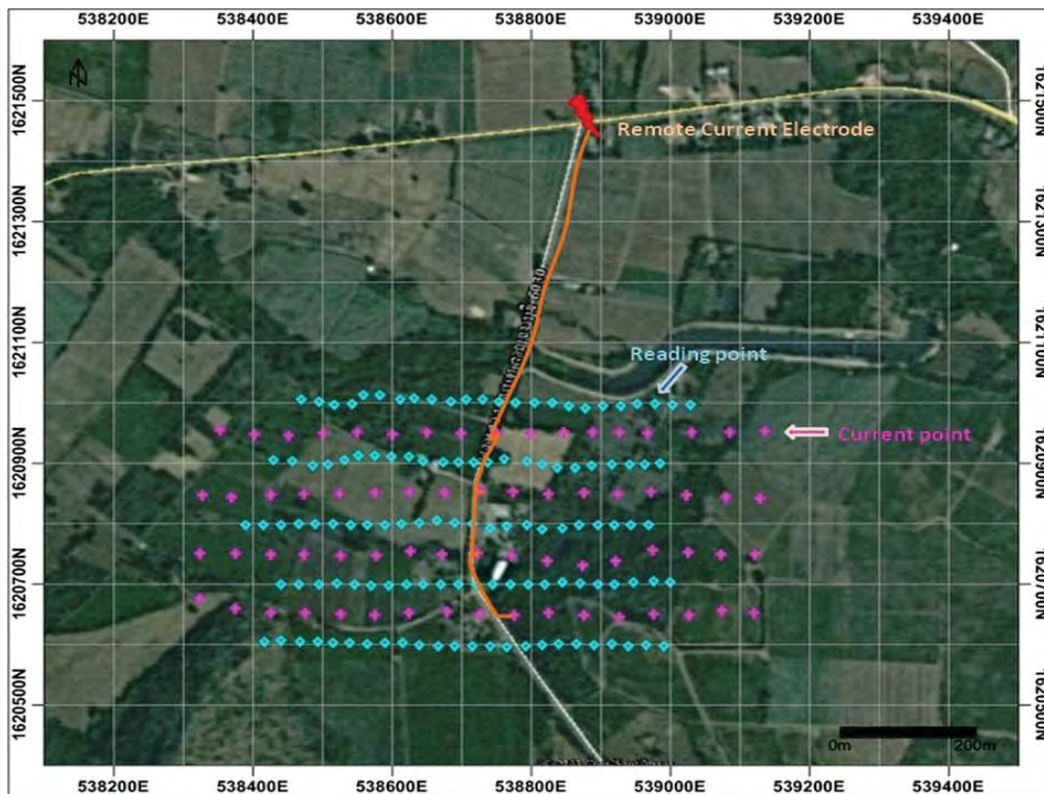


ภาพที่ 3-11 ลักษณะการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล เพื่อใช้ในการอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ

ตารางที่ 3-4 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ เซิงลึก

Line	พิกัด ต้นแนวสำรวจ		พิกัด ปลายแนวสำรวจ		ความยาวแนวสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
1000N	538470	1621007	539029	1620997	575
900N	538429	1620906	538985	1620900	575
800N	538390	1620798	538972	1620853	575
700N	538440	1620701	539000	1620704	575
600N	538417	1620606	538991	1620599	575

ภาพที่ 3-12 ตำแหน่งเส้นสำรวจ Rx ทั้ง 5 เส้น สำหรับอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ โดยการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล



ภาพที่ 3-12 ตำแหน่งเส้นสำรวจ Rx ทั้ง 5 เส้น สำหรับอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ โดยการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล

การประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลข้อมูลค่าสนามแม่เหล็ก

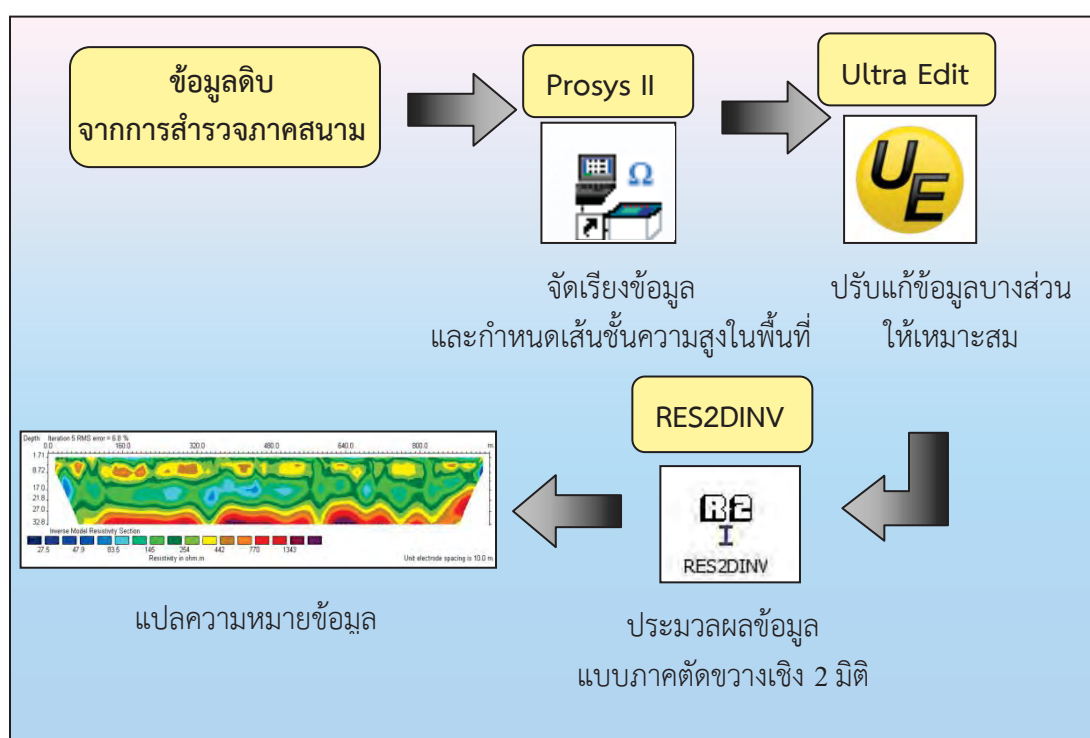
จากค่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้จากการสำรวจในสนาม การประมวลผลข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กนั้น ได้ทำการปรับค่าข้อมูลดิบของสนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนไปตามเวลาของการสำรวจ โดยใช้จากเส้นสำรวจอ้างอิง (Base Line) จากนั้นทำการกำจัดอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลก ด้วยการแก้ไขค่า เช่น แก้ค่า diurnal correction และ ค่า higher base different เป็นต้น และทำการเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม GEOSOFT ซึ่งได้ทำการแปลความหมายข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

การคำนวณ ค่าสนามแม่เหล็กโลกอ้างอิง โดยใช้โปรแกรม IGRF Version 11 ได้ค่า 42,651 nT ค่า Inclination 16.45° และ Declination -0.76° ปรับค่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้จากค่าสนามแม่เหล็กโลกอ้างอิง และทำการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง (Residual magnetic field) ซึ่งใช้ในการแปลความหมายข้อมูล

จากค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง นำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Geosoft ด้วยวิธีการจำแนกสัญญาณ (Analytic signal) เป็นการรวมกันของสนามในแนวนอนและแนวตั้ง ค่าสูงสุดของการจำแนกสัญญาณเกิดอยู่เหนือตำแหน่งของวัตถุที่มีความเป็นแม่เหล็ก ทำให้ง่ายต่อการหาดำแหน่งของวัตถุที่มีความเป็นแม่เหล็ก จากนั้นนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นแผนที่

การประมวลผลข้อมูลค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าถูกนำไปทำการประมวลผลและแปลความหมายข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RES2DINV Version. 3.55 ด้วยวิธีผกผันเชิงสองมิติ (2D inversion) โดยใช้วิธีการสร้างรูปแบบจำลองใต้ผิวดิน (model) ในเชิงสองมิติ โดยนำค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ที่ได้จากการสำรวจจริงในสนามมาเปรียบเทียบกับค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Resistivity) ที่ได้จากการคำนวณ โปรแกรมจะทำการคำนวณจำนวนชั้นและค่าสภาพต้านทานไฟ ออกมาเป็นรูปภาพตัดขวาง (section) ใต้ผิวดิน ด้วยวิธีการประมวลผลแบบผกผัน



ภาพที่ 3-13 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้า

การเจาะน้ำใต้ดิน

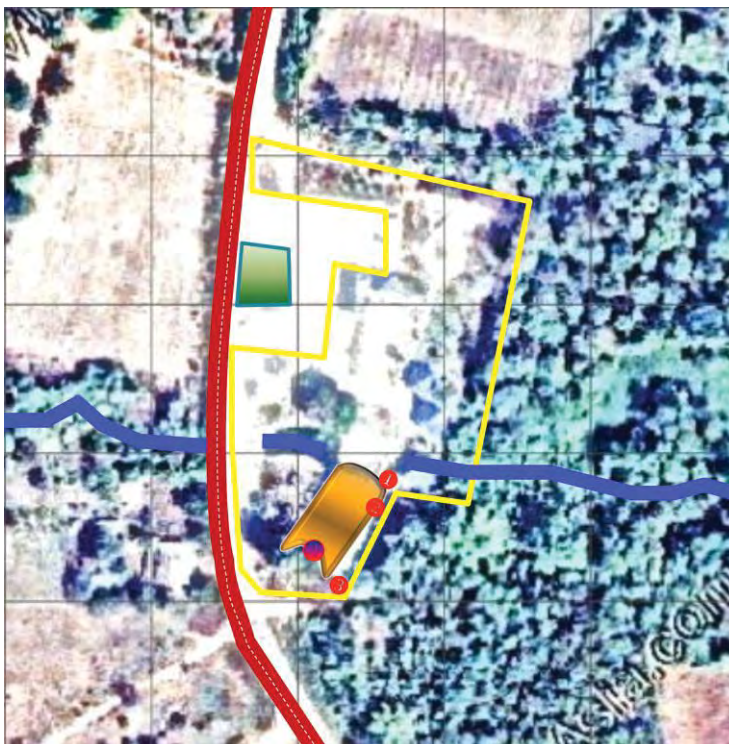
วิธีการเจาะบ่อน้ำใต้ดินและการกำหนดตำแหน่ง ออกแบบการเจาะบ่อเป็นแบบ cased well เพื่อกันน้ำ
เย็นระดับต้นขำปนกับน้ำร้อน ความลึกขึ้นอยู่กับชั้นน้ำร้อนที่ได้ โดยประมาณจากผลการสำรวจ น่าจะทำเจาะที่
ความลึกไม่เกิน 100 เมตร ลักษณะการขุดเจาะ คือ

1. ทำการขุดเจาะบ่อด้วยระบบ Direct Rotary ใช้หัวเจาะ 9" เฉพาะช่วงบริเวณที่เป็นชั้นดิน/ตะกอน
ทราย แล้วใส่ท่อ PVC ขนาด $\varnothing$ 6" เพื่อรักษาบ่อให้คงทน
2. ส่วนช่วงที่เป็นชั้นหินดานแข็ง ทำการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลด้วยระบบ Down The Hole ขนาด $\varnothing$
5.5" เมื่อสร้างบ่อ ทำการซ้อนท่อ PVC 8.5 ขนาด $\varnothing$ 4" ตลอดความลึก เพื่อป้องกันหลุมเจาะพังและเศษดิน
เศษหินเข้าบ่อ รักษาสภาพบ่อให้คงทน
3. เก็บตัวอย่างดิน ทราย หิน ที่ระยะความลึกต่างๆ เพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ดิน

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เมื่อทำการเจาะบ่อน้ำใต้ดินและได้น้ำในปริมาณที่ต้องการแล้วจึงทำการพัฒนา
บ่อ ดังนี้

1. ท่อกรุ ท่อเซาะร่อง ใช้ท่อ PVC ความหนาชั้น 13.5 ขนาด $\varnothing$ 6 " นิ้วหรือขนาด $\varnothing$ 4 " ความหนา
ชั้น 8.5 ยาวท่อนละ 4 เมตร ตามสภาพชั้นน้ำบาดาล
2. กรูกรวดรอบท่อกรอง ด้วยกรวดคัดขนาด (ที่มีขนาดที่เหมาะสม กับขนาดของเม็ดทรายที่เป็นชั้นน้ำ)
เพื่อป้องกันทรายชั้นน้ำไหลเข้าบ่อ โดยใส่จนสูงเหนือท่อกรอง ประมาณ 5 เมตรหรือตามสภาพของ
ชั้นน้ำ
3. อุดผนึกข้างบ่อ เหนือชั้นกรวดกรู แล้วอุดด้วยซีเมนต์จนถึงปากบ่อ เพื่อป้องกันน้ำผิวดินไหลลงบ่อ
4. เป่ากวน ด้วยเครื่องอัดลม และสลับเป่าดูด จนได้น้ำสะอาดพร้อมใช้งาน
5. สุ่มทดสอบปริมาณน้ำ

ดำเนินการเจาะน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษาวิจัย 3 ตำแหน่งตามภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 ตำแหน่งเจาะ
น้ำใต้ดิน 3 ตำแหน่ง



ภาพที่ 3-15 เครื่องเจาะที่ใช้เป็นแบบเฉพาะ คือมีขนาดเล็ก สามารถเข้าเจาะบริเวณที่แคบ บริเวณที่ก่อสร้าง
แหล่งท่องเที่ยวได้ และสามารถขยับย้ายตำแหน่งการเจาะสะดวก จากภาพเป็นการย้ายและตั้งเครื่อง
เจาะ ณ ตำแหน่งที่ 2

บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย

ผลจากการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ดินแหล่งน้ำพุร้อนความร้อนโป่งช้าง มีดังนี้

ผลการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์

ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์เมื่อนำมาการประมวลผลและแปลความหมายในเชิงธรณีวิทยาใต้ผิวดินสามารถแสดงตามลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ผลการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ

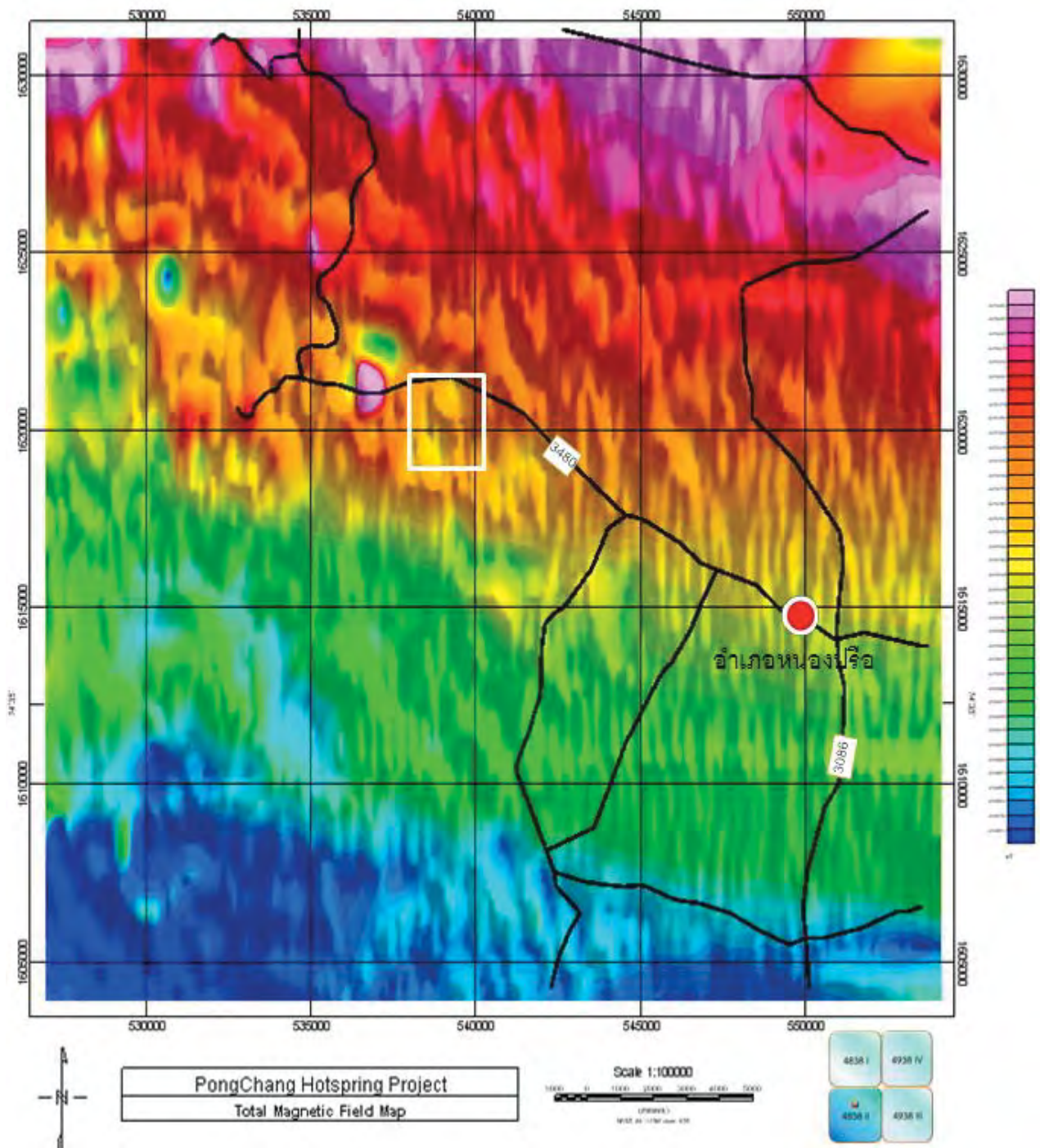
ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศที่นำมาใช้ในการแปลความหมายในเชิงกว้างคลุมพื้นที่ทั้งระวาง พื้นที่ระวาง แผนที่ 4838 II (อำเภอหนองปรือ) ประกอบด้วย 3 อย่าง คือ

1. ผลการแปลความข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field)

ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศในเชิงปริมาณ (qualitative interpretation) ใช้แผนที่ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กรวม (total magnetic field map) ตามภาพที่ 4-1 และผลการแปลความหมายข้อมูลจากแผนที่ค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง (residual magnetic map) ตามภาพที่ 4-2 แยกเขตค่าผิดปกติของข้อมูลบริเวณตอนตะวันตกเฉียงใต้ของแผนที่ระวาง 4838 II เป็นขอบเขตของหินแกรนิต (GR) ซึ่งคาดว่าจะน่าจะเป็นแหล่งให้ความร้อนของน้ำพุร้อนที่กำลังศึกษาอยู่นี้ ส่วนลักษณะของธรณีวิทยาโครงสร้าง มีความสอดคล้องกับข้อมูลทางธรณีวิทยา มีแนวรอยเลื่อนปรากฏใน 2 ทิศทาง คือ NW-SE และ NE-SW โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำพุร้อนพบรอยเลื่อนทั้ง 2 ทิศทางตัดกัน ซึ่งเป็นผลทำให้มีน้ำพุร้อนเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ

ผลจากการประมวลผล ทั้งแบบ Analytic Signal map (ภาพที่ 4-3) และ Reduction to the Magnetic Pole map (ภาพที่ 4-4) ช่วยเสริมการแปลความหมายจาก Residual Map ได้เป็นอย่างดี

ผลการแปลความหมายข้อมูลในเชิงคุณภาพ (quantitative interpretation) ได้รูปแบบจำลองจากบริเวณที่มีค่าผิดปกติบริเวณพื้นที่ศึกษา และคำนวณด้วยเทคนิคแบบผกผัน (inversion technique) พบลักษณะรูปร่างของหินแกรนิต ที่ปรากฏด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแผนที่ มีการเอียงเทไปทางตะวันออกเฉียงใต้ พบรอยเลื่อนหลายเขต วางตัวใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนใหญ่ ใน NW-SE มีมุมเท ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ และแนวที่ตัดกันคือวางตัวประมาณ N-S



ภาพที่ 4-1 แผนที่ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กกรวม (Total magnetic field map) กลุ่ม
ระวางแผนที่ 4838 II อำเภอหนองปรือ