



การจัดการความรู้ (Knowledge Management : KM)
เรื่อง
การสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลโดยธรณีฟิสิกส์



สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ปีงบประมาณ 2554

คำนำ

รายงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการความรู้ (Knowledge Management: KM) ซึ่งเป็นกระบวนการจัดทำตัวชี้วัดของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ได้จัดการความรู้เรื่องการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลโดยธรณีฟิสิกส์ โดยการรวบรวมองค์ความรู้จากเอกสาร คู่มือและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้มารวบรวมเป็นองค์ความรู้ของสำนักฯ ที่จะเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ในการปฏิบัติงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อหาแหล่งน้ำบาดาลให้เกิดผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ รายละเอียดของรายงานฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาทฤษฎี วิธีการ หลักการและขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ของการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบการสำรวจวัดค่าต้านทานไฟฟ้า (Resistivity survey) และการสำรวจวัดค่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic survey) อีกทั้งยังได้รวบรวมองค์ความรู้ จากประสบการณ์และเทคนิคในการสำรวจ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลด้วย

ทั้งนี้คณะทำงานฯ ขอขอบคุณคุณอดิสร้อย จารุรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาลและคุณเทิดศักดิ์ ทรัพย์ทวีวัง นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ความรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ฯ เพื่อการจัดทำรายงานในครั้งนี้ ผู้จัดทำรายงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานด้านการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและผู้สนใจทั่วไป

คณะผู้จัดทำ
กันยายน 2554

สารบัญ

หน้า

คำนำ	
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	I-1
1.1 หลักการและเหตุผล	I-1
1.2 วัตถุประสงค์	I-1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินการ	I-1
1.4 ระยะเวลาดำเนินการ	I-2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	I-2
บทที่ 2 การสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์	I-3
2.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์	I-3
2.1.1 วัตถุประสงค์ของการสำรวจธรณีฟิสิกส์	I-3
2.1.2 วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์	I-3
2.1.3 การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์	I-5
2.1.4 ข้อดีและข้อเสียของการประยุกต์สำรวจธรณีฟิสิกส์	I-6
2.2 การสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์	I-7
2.2.1 การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-7
1. คุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของวัสดุในเปลือกโลก	I-7
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-8
3. ทฤษฎีของการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-9
4. หลักการการสำรวจโดยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-10
5. รูปแบบการสำรวจ	I-11
6. รูปแบบการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้า	I-12
7. เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจ	I-14
8. การแปลความหมาย	I-15
9. ข้อจำกัดของการสำรวจและสิ่งรบกวน	I-15
2.2.2 การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	I-16
1. ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	I-17
2. ทฤษฎีการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	I-17
3. หลักการการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	I-21
4. รูปแบบการสำรวจ	I-22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. รูปแบบการจัดวางขดลวดสัญญาณ	I-24
6. เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจ	I-25
7. การแปลความหมาย	I-25
8. ข้อจำกัดของการสำรวจและสิ่งรบกวน	I-26
บทที่ 3 ชนิดเครื่องมือสำรวจและวิธีการใช้เครื่องมือ	I-27
3.1 เครื่องมือสำหรับสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-27
3.1.1 เครื่อง IRIS รุ่น SYSCAL R-1 Plus	I-27
1. คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่อง	I-28
2. ส่วนประกอบของแผงควบคุม	I-28
3. วิธีการใช้เครื่องมือสำรวจ	I-30
3.1.2 เครื่อง SuperString TM R8/IP	I-31
1. คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่อง	I-32
2. ส่วนประกอบของแผงควบคุม	I-33
3. วิธีการใช้เครื่องมือสำรวจ	I-34
3.2 เครื่องมือสำหรับสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	I-37
3.2.1 เครื่อง EM-34	I-37
1. คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่อง	I-38
2. วิธีการใช้เครื่องมือสำรวจ	I-38
บทที่ 4 เกร็ดความรู้เพิ่มเติม	I-42
4.1 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-42
4.2 การสำรวจสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	I-44

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของการหาสภาพต้านทานไฟฟ้าจริงและปรากฏ	I-10
รูปที่ 2.2 วงจรไฟฟ้าของการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	I-11
รูปที่ 2.3 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์	I-12
รูปที่ 2.4 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบซลัมเบอร์เจ	I-13
รูปที่ 2.5 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล	I-13
รูปที่ 2.6 เครื่องมือ และอุปกรณ์การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่สำคัญ	I-15
รูปที่ 2.7 การเกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำและทิศทางการไหล	I-18
รูปที่ 2.8 กฎมือขวา	I-18
รูปที่ 2.9 แสดงช่วงความถี่ต่างๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	I-19
รูปที่ 2.10 กราฟแสดง Sine function และความต่างเฟส (ϕ)	I-20
รูปที่ 2.11 รูปแบบการเกิดการเหนี่ยวนำคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลาง	I-22
รูปที่ 2.12 รูปแบบสัญญาณของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งจาก Transmitters	I-23
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของสัญญาณในการสำรวจแบบ FDEM	I-23
รูปที่ 2.14 รูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณแบบ Coplanar	I-24
รูปที่ 2.15 รูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณแบบ Coaxial	I-24
รูปที่ 2.16 ขดลวดส่งสัญญาณ และขดลวดรับสัญญาณ	I-25
รูปที่ 3.1 เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรุ่น SYSCAL	I-27
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของแผงควบคุม ของเครื่องสำรวจ SYSCAL R-1 Plus	I-29
รูปที่ 3.3 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะโดยเครื่อง IRIS รุ่น SYSCAL R-1 Plus เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง	I-30
รูปที่ 3.4 เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ SuperString TM R8/IP	I-32
รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของแผงควบคุม ของเครื่องสำรวจ SuperString TM R8/IP	I-33
รูปที่ 3.6 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 1 มิติ โดยเครื่อง SuperString TM R8/IP เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง	I-34
รูปที่ 3.7 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 2 มิติ โดยเครื่อง SuperString TM R8/IP	I-35
รูปที่ 3.8 เครื่องมือสำรวจ EM-34	I-37
รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อ Transmitter และ Receiver เข้ากับห่วง	I-39
รูปที่ 3.10 แสดงแผงหน้าจอของเครื่อง TransmitterและReceiver	I-39
รูปที่ 3.11 การสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม	I-40

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 2.1 วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ พร้อมการวัดความผิดปกติ และสาเหตุของการเกิดความผิดปกติทางกายภาพ	4
ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการสำรวจประเภทที่วัดจากสนามธรรมชาติโดยตรง และประเภทที่สร้างสนามขึ้นมาเพื่อตรวจวัด	5
ตารางที่ 2.3 การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์	5

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management : KM) เป็นการดำเนินการตามตัวชี้วัดของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่จัดให้หน่วยงานภายใน จัดทำองค์ความรู้ของตนเอง ซึ่งในปี 2554 นี้สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ได้เลือกหัวข้อในการจัดทำองค์ความรู้ เรื่องการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลโดยธรณีฟิสิกส์ เนื่องจากการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลเป็นภารกิจของสำนักฯ ที่จะต้องมีการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาล เพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลสำหรับการอุปโภค บริโภค ซึ่งปัจจุบันการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล ด้วยวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ มีด้วยกันหลายวิธีด้วยกัน ส่วนการสำรวจวิธีใดที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ

สำหรับเครื่องมือการสำรวจ ในปัจจุบันได้มีบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัทด้วยกัน ซึ่งจำเป็นที่ผู้ใช้เครื่องมือต้องมีการเรียนรู้ และใช้เครื่องมือแต่ละประเภทให้เกิดความชำนาญ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจถูกต้องและแม่นยำ และยังเป็นการรักษาเครื่องมือให้คงใช้งานได้นาน แต่ในความเป็นจริงการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล แม้ว่าจะมีเครื่องมือสำรวจที่ทันสมัยเพียงใดก็ตาม หากผู้สำรวจขาดความรู้ ความเข้าใจ สภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ และประสบการณ์ความชำนาญการแปลความหมาย อาจทำให้การแปลความหมายของข้อมูลผิดพลาด หรือขาดความแม่นยำ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล และความเชื่อมั่นของผู้นำข้อมูลที่แปลความหมายไปใช้

สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลจึงเห็นความสำคัญ ที่จะจัดทำองค์ความรู้ เรื่องการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล ด้วยวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อจะเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ หรือเกร็ดความรู้จากผู้มีประสบการณ์ ที่ผ่านการปฏิบัติ และมีความเชี่ยวชาญการใช้เครื่องมือ การแปลความหมาย ตลอดจนองค์ความรู้อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ความรู้ที่จะได้รับการถ่ายทอด ได้รับการจดบันทึก ที่จะรวบรวมเป็นแหล่งความรู้ นอกเหนือจากตำรา และคู่มือของเครื่องการสำรวจที่มีอยู่

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อรวบรวมองค์ความรู้ วิธีการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล ที่ใช้กันในสำนักสำรวจและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล
2. เพื่อรวบรวมองค์ความรู้ ที่จะใช้กับการปฏิบัติงาน พร้อมคู่มือของเครื่องมือ
3. เพื่อนำความรู้ที่ได้รวบรวม ถ่ายทอดเป็นองค์ความรู้ แก่เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในด้านนี้ต่อไป
4. เพื่อรวบรวมองค์ความรู้จากผู้มีประสบการณ์ถ่ายทอดแก่ผู้ปฏิบัติงาน

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. แต่งตั้งคณะทำงานการจัดองค์ความรู้ของสำนักฯ ประกอบด้วย 4 คณะย่อย ได้แก่
 - คณะรวบรวมความรู้
 - คณะสำรวจธรณีฟิสิกส์
 - คณะประสานงานและฝึกอบรม
 - คณะจัดทำรายงานและประสานงานทั่วไป
2. ประชุมฯ เพื่อพิจารณาเลือกหัวข้อในการจัดทำองค์ความรู้ และมอบหมายงานคณะย่อย
3. รวบรวมองค์ความรู้ จากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ โดยวิธีการสัมภาษณ์ หรือเล่าสู่การฟัง และจัดทำเป็นเอกสาร

4. ประชุมฯ เพื่อจัดทำเอกสาร และเตรียมประชุมฯ เพื่อถ่ายทอดความรู้
5. การสำรวจโดยใช้เครื่องมือในสนาม จำนวน พื้นที่ และจัดทำรายงานการสำรวจในสนาม
6. ประชุมฯ ถ่ายทอดองค์ความรู้
7. สรุปการประชุมฯ และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.4 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะเวลาการดำเนินงาน เป็นไปตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรมการจัดการความรู้	ระยะเวลา							
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ตั้งคณะทำงาน								
2. ประชุมคณะทำงาน								
3. ประมวลความรู้และบ่งชี้ความรู้								
4. ประมวลผลและสังเคราะห์กลั่นกรองความรู้								
5. การเข้าถึงความรู้และการเรียนรู้								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มประสิทธิภาพขององค์กร ในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล ด้วยวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์
2. รวบรวมองค์ความรู้ ที่เป็นความรู้ของแต่ละบุคคล ทั้งบุคคลภายในและภายนอก ในเรื่องการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล ไปด้วยกัน
3. เพิ่มประสิทธิภาพ และลดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน

บทที่ 2

การสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์

การสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ เป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ซึ่งเป็นงานพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานวิชาการน้ำบาดาลด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจเพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาล การสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา และแผนที่น้ำบาดาล หรือการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น การศึกษาวิจัยการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยการปนเปื้อนแหล่งน้ำบาดาล เป็นต้น

สำหรับสำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ได้ทำการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาล จัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา และแผนที่น้ำบาดาล และการศึกษาวิจัยการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลเป็นหลัก โดยใช้วิธีการสำรวจวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity method) และการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์เป็นการศึกษาเพื่อสำรวจส่วนต่างๆ ที่ซ่อนอยู่ใต้ผิวโลก หรือองค์ประกอบของโลก โดยอาศัยหลักการที่ว่า วัตถุต่างชนิดกันย่อมมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกัน โดยทั่วไปลักษณะของการสำรวจธรณีฟิสิกส์จะทำการตรวจวัดที่ผิวดิน โดยเครื่องมือที่มีการออกแบบมาเพื่อให้สามารถตรวจวัดความแตกต่างทางกายภาพเฉพาะตัวของวัตถุต่างๆ ได้ และแปลความหมายไปที่ระดับความลึกต่างๆ ใต้ผิวดิน

2.1.1 วัตถุประสงค์ของการสำรวจธรณีฟิสิกส์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ได้พัฒนาขึ้นมาช่วยในการสำรวจ เพื่อลดค่าใช้จ่ายของการสำรวจใต้ผิวดินให้ลดน้อยลง วัตถุประสงค์หลักของการสำรวจธรณีฟิสิกส์ คือ เพื่อต้องการทราบลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

2.1.2 วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์มีหลายวิธี (ตารางที่ 2.1) การที่จะพิจารณาใช้วิธีใดในการสำรวจขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของชั้นดิน-หินที่ต้องการสำรวจ หัวใจของการสำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ คือ การตรวจวัดความผิดปกติ (Anomaly) ที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างทางกายภาพ โดยนำเอาค่าความผิดปกติ (Anomaly) มาแปลความหมายหาสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

ตารางที่ 2.1 วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ พร้อมการวัดความผิดปกติ และสาเหตุของการเกิดความผิดปกติทางกายภาพ

วิธีการสำรวจ	การวัดความผิดปกติ	สาเหตุของการเกิดความผิดปกติทางกายภาพ
1. การสำรวจวัดสนามแม่เหล็ก (Magnetic)	ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก	ความแตกต่างของแร่ที่มีสภาพรับไว้ได้เชิงแม่เหล็ก
2. การสำรวจวัดค่าความเร่งโน้มถ่วง (Gravity)	ค่าความเร่งโน้มถ่วง	ความแตกต่างทางความหนาแน่นของแร่ต่างชนิดที่ประกอบในหิน
3. การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity)	ค่าของสภาพต้านทานไฟฟ้า	ความแตกต่างสภาพความต้านทานไฟฟ้าหรือสภาพนำไฟฟ้าของชั้นดิน-หิน
4. การสำรวจวัดค่าความจุไฟฟ้า (Induced polarization)	ค่าของสภาพความจุไฟฟ้า	ความแตกต่างทางการเก็บประจุทางไฟฟ้าของแร่ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี
5. การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic)	ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	ความแตกต่างทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อถูกเหนี่ยวนำของสายแร่ หรือแร่ประกอบหินของพวกแร่ดินเหนียว
6. การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือน (Seismic)	เวลาที่คลื่นใช้เดินทาง/ค่าความเร็วคลื่น	ความแตกต่างทางเวลาหรือค่าความเร็วคลื่นของชั้นดิน-หิน เมื่อเกิดการสะท้อนและหักเหกลับสู่ผิวดิน
7. การสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสี (Radioactive)	อัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	ความแตกต่างของแร่ยูเรเนียม (Uranium) หรือทอเรียม (Thorium) และโพแทสเซียม (Potassium) ที่ประกอบอยู่ในหิน
8. การสำรวจวัดค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (Self-potential)	ค่าสนามความต่างศักย์ทางไฟฟ้า	ความแตกต่างทางสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ เนื่องจากมีสารละลายทางเคมีที่มีผลให้เกิดกระแสไฟฟ้า
9. การสำรวจด้วยเรดาร์ (Ground-penetrating radar)	เวลาของคลื่นเรดาร์ที่สะท้อนกลับ	ความแตกต่างของค่าคงตัวไดอิเล็กตริกส์ (Dielectric constant) ของแร่องค์ประกอบที่อยู่ในดินหิน

รูปแบบของการสำรวจธรณีฟิสิกส์จัดแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ประเภทที่ตรวจวัดค่าความผิดปกติโดยตรงจากสนามธรรมชาติหรือสนามปฐมภูมิ เช่น วัดค่าความเร่งโน้มถ่วง วัดสนามแม่เหล็ก และประเภทที่ตรวจวัดโดยการสร้างสนามจำลองขึ้นมา เช่น ปล่องกระแสไฟฟ้าลงไปในดิน เพื่อวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ซึ่งข้อดีและข้อเสียของแต่ละรูปแบบดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการสำรวจประเภทที่วัดจากสนามธรรมชาติโดยตรง และประเภทที่สร้างสนามขึ้นมาเพื่อตรวจวัด

วัดจากสนามที่สร้างขึ้น		วัดจากสนามธรรมชาติ	
ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
ควบคุมสิ่งรบกวนที่เกิดจากสนามที่สร้างขึ้นได้ดี	ต้องมีแหล่งกำเนิดสนามที่ต้องการวัดและตัววัด	มีเพียงเครื่องวัดสนามที่สนใจเท่านั้น	ควบคุมสิ่งรบกวนจากสนามธรรมชาติได้น้อย
ควบคุมระดับความลึกที่ต้องการวัดได้	การสำรวจในสนามค่อนข้างยุ่งยาก และใช้เวลามาก	การสำรวจในสนามใช้เวลาน้อยกว่า และยุ่งยากน้อยกว่า	แทบจะไม่สามารถควบคุมผลของค่าที่วัดได้
สามารถออกแบบเพื่อตรวจหาความผิดปกติที่สนใจได้เฉพาะจุด	ค่าใช้จ่ายสูง	ค่าใช้จ่ายต่ำ	ได้ผลในภาพกว้าง ไม่สามารถเจาะจงเฉพาะจุดได้
ข้อมูลสามารถแปลความหมายได้ชัดเจน	ต้องสำรวจเก็บข้อมูลจำนวนมาก และต้องวิเคราะห์และแปลความหมายด้วยข้อมูลจำนวนมาก	แปลความหมายด้วยข้อมูลที่น้อย จึงใช้เวลาในการแปลความหมายและวิเคราะห์ผลน้อย	ข้อมูลน้อย อาจแปลความหมายได้เพียงคร่าวๆ

2.1.3 การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์

การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีต่างๆ ที่มีการรายงานแล้วว่า สามารถนำไปประยุกต์ตรวจสอบสภาพใต้ผิวดิน และเป็นที่ยอมรับว่าเหมาะสม มีดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์

งานที่ต้องการศึกษา	การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์
หาชั้นหินฐาน หาความหนาของชั้นดินหิน	■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ■ การสำรวจด้วยเรดาร์ ■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
หาชนิดหรือประเภทของชั้นดินหิน-ที่อยู่ใต้ผิวดิน	■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ■ การสำรวจด้วยเรดาร์ ■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
หาความแข็งแรงของชั้นดิน-หิน	■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห
หาอุโมงค์เก่าและโพรง	■ การสำรวจวัดค่าความเร่งโน้มถ่วง ■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ■ การสำรวจด้วยเรดาร์ ■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

งานที่ต้องการศึกษา	การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์
หาแนวท่อ หรือแนวของสายเคเบิล	■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ■ การสำรวจวัดสนามแม่เหล็ก ■ การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
หาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินและชั้นหิน	■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
หาทิศทางการรั่วซึมของน้ำ	■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ■ การวัดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า ■ การสำรวจวัดสภาพน้ำไฟฟ้า
หาระดับน้ำบาดาล	■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ■ การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ■ การสำรวจวัดค่าความจุทางไฟฟ้า
หาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล	■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ■ การวัดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า
หาสารพิษปนเปื้อนของน้ำบาดาล	■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ■ การสำรวจวัดค่าความจุทางไฟฟ้า ■ การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
ติดตาม ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพดิน-หิน	■ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ■ การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.4 ข้อดีและข้อเสียของการประยุกต์สำรวจธรณีฟิสิกส์

การประยุกต์สำรวจธรณีฟิสิกส์มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดี คือ ทำให้ได้รูปลักษณะความผิดปกติทางกายภาพในพื้นที่กว้างๆ ที่สามารถแปลความหมายสัมพันธ์กับสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ใช้เวลาในการศึกษาน้อย และประหยัดค่าใช้จ่าย ส่วนข้อเสีย คือ ข้อมูลที่ได้สามารถแปลความหมายไปสู่ลักษณะทางธรณีวิทยาได้หลายรูปแบบ ทำให้เกิดความคลุมเครือไม่ชัดเจน (Ambiguity) และการแปลความหมายทางธรณีวิทยาจะได้รูปแบบที่คร่าวๆ ไม่ว่าจะเป็นการแปลความหมายเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ

การแก้ไขข้อเสียทำได้โดย เลือกประยุกต์สำรวจหลายๆ วิธี เพื่อหาข้อมูลทางกายภาพมาสนับสนุน และแปลความหมายร่วมกันแบบบูรณาการ การแปลความหมายควรสร้างรูปแบบจำลองทั้งแบบการทำนายจากรูปลักษณะทางธรณีวิทยา เพื่อให้ได้ข้อมูลตรวจวัดทางธรณีฟิสิกส์ (Forward model) และจากการนำข้อมูลมาแปลย้อนกลับหารูปลักษณะทางธรณีวิทยา (Invert model)

2.2 การสำรวจจตุกธรณีวิทยาด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์

สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ได้ใช้วิธีการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity method) และการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic method) สำหรับการสำรวจจตุกธรณีวิทยา โดยทั้ง 2 วิธี มีหลักการสำรวจ ดังต่อไปนี้

2.2.1 การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity Survey)

การสำรวจโดยวิธีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ปัจจุบันนิยมทำการสำรวจแพร่หลายในระดับพื้นที่นั้น ซึ่งส่วนใหญ่ประยุกต์สำรวจที่ระดับความลึกไม่เกิน 1 กิโลเมตร การประยุกต์สำรวจธรณีวิทยาใต้ผิวดินด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ อาศัยเงื่อนไขของสภาพใต้ผิวดิน คือ สภาพใต้ผิวดินต้องไม่เป็นฉนวนไฟฟ้า โดยทั่วไปเป็นที่ทราบกันดีว่า แร่ประกอบหินในเปลือกโลกมีลักษณะเป็นฉนวนไฟฟ้า แต่เนื่องจากเนื้อหินมีช่องว่างอันประกอบด้วย รูพรุน รอยแยก รอยเลื่อน หรือรอยแตกเฉือน โดยที่ในช่องว่างมีน้ำที่มีไอออนหรือประจุไฟฟ้าต่างๆ ปะปนอยู่ ไอออนหรือประจุไฟฟ้าในน้ำ จะเคลื่อนไหลระหว่างช่องว่างต่อช่องว่าง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลใต้ผิวดิน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะนี้ เป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจจตุกธรณีวิทยามากที่สุดวิธีหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากมีความเหมาะสมหลายด้าน เช่น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับสภาพจตุกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจเกือบทุกรูปแบบ มีสิ่งรบกวนการสำรวจจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจน้อยกว่าวิธีการสำรวจอื่นๆ มีวิธีการสำรวจหลายวิธีให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม รวมทั้งสามารถสำรวจข้อมูลความเค็มของน้ำบาดาลในชั้นน้ำและชั้นดินเค็มใต้ผิวดิน อย่างไรก็ตามการสำรวจจตุกธรณีวิทยา โดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหลายกรณีจำเป็นต้องอาศัยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีการอื่นควบคู่ไปด้วย

1. คุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของวัสดุในเปลือกโลก

สภาพดิน-หินประกอบด้วยแร่ และแร่ประกอบในดิน-หิน ส่วนใหญ่เป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulator) มีเฉพาะแร่โลหะ และกราไฟท์เท่านั้น ที่เป็นพวกตัวนำไฟฟ้าที่ดี โดยทั่วไปแร่โลหะ และกราไฟท์พบเป็นสายแร่ (Ore body) ในบางพื้นที่เท่านั้น ดังนั้นการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจึงเป็นการประยุกต์สำรวจเพื่อวัดการถลายเท หรือแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าในช่องว่างของชั้นดิน-หิน ที่มีน้ำเข้าไปแทรกเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าช่องว่างของดิน-หิน มีน้ำแทรก แต่หากเป็นน้ำบริสุทธิ์ ไม่มีลักษณะเป็นตัวนำที่จะนำพากระแสไฟฟ้าเคลื่อนไหลได้ ถ้ากระแสไฟฟ้าเคลื่อนไหลไม่ได้ การประยุกต์สำรวจด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะไม่สามารถทำได้เช่นกัน ในธรรมชาติส่วนใหญ่พบว่าน้ำที่บรรจุในช่องว่างของดิน-หิน มีสารละลายที่มีองค์ประกอบเป็นประจุไฟฟ้าอยู่ในน้ำ จึงทำให้ชั้นดิน-หิน เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ค่าความพรุน และลักษณะของช่องเหลวในช่องว่างของดิน-หิน เป็นปัจจัยหลักของการสำรวจด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ กรณีของหินแข็ง รูพรุนและรอยแตกในเนื้อหินทำให้เกิดการนำไฟฟ้า (Conductor) ที่เกิดจากกระบวนการอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic conduction) และจากการที่มีแร่บางตัวที่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Matrix conduction) รวมอยู่ ส่งผลให้สภาพดิน-หิน เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ซึ่งกระบวนการอิเล็กโทรไลต์ หมายถึง ช่องว่างหรือรอยแตกที่มีน้ำ ที่ประกอบด้วยอนุภาคของไอออนละลายอยู่ เมื่อมีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้น อนุภาคไอออนจะเคลื่อนที่นำพากระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ ทำให้ตัวกลางดิน-หิน มีสภาพเป็นตัวนำไฟฟ้า

ส่วนแร่บางชนิดที่เป็นตัวนำไฟฟ้า แสดงว่า กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านทะลุเข้าไปในเนื้อแร่ได้ แร่ที่จัดว่าเป็นตัวนำไฟฟ้า เช่น กราไฟท์ (Graphite) ไพโรลูไซต์ (Pyrolusite) ไพไรต์ (Pyrite) ชาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) กาลีน (Galena) แมกนีไทต์ (Magnetite) และแร่ดินเหนียว (Clay minerals) ในธรรมชาติแร่ที่กล่าวมาแล้วนั้น แร่ดินเหนียวพบมากและกระจายตัวมากที่สุด ดังนั้น หากดิน-หิน มีแร่ดินเหนียวประกอบอยู่ จะสามารถประยุกต์สำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะได้ ค่าของความต้านทาน

ไฟฟ้าจำเพาะของแร่และหิน มีค่าที่เปลี่ยนแปลงมาก ทั้งนี้เนื่องจากแร่และหินตัวอย่างที่ศึกษา มีรูพรุน และของเหลวที่บรรจุอยู่ในรูพรุนมีขนาดแตกต่างกัน ต่างจากธาตุที่มีค่าคงที่

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินมีปัจจัยควบคุมต่างๆ หลายประการ ไม่ใช่แต่เพียงชนิดและประเภทของหินเท่านั้น ที่สำคัญ คือ ปัจจัยเหล่านั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อกัน ปัจจัยที่สำคัญๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ได้แก่

1. ปริมาณของสารละลายที่แทรก หรือถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่าง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความพรุนตลอดจนสถานะที่หินนั้นอยู่ กล่าวคือ อยู่เหนือหรือต่ำกว่าระดับน้ำบาดาล จากการศึกษาพบว่า ถ้าหินนั้นอยู่เหนือระดับน้ำบาดาล หินที่สามารถกักเก็บความชื้นไว้มากกว่า จะมีค่าของสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า หินที่กักเก็บความชื้นได้น้อยกว่า ดังนั้น ดินเหนียวก็จะมีค่าของสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าทรายและกรวด ในขณะเดียวกัน กรณีที่หินนั้นอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำบาดาล หินที่สามารถอุ้มสารละลายเกลือแร่และดึงดูดไอออนอิสระได้ดีกว่า ก็จะมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าหินที่ไม่สามารถดึงดูดไอออนอิสระไว้ กรณีนี้ ดินเหนียวก็จะมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าทรายและกรวด

2. ชนิดของแร่ดินเหนียว และปริมาณของแร่ดินเหนียว มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะหากมีความชื้นประกอบอยู่ในหิน (กรณีเนื้อหินแห้งไม่มีความชื้นเลย แม้มีแร่ดินเหนียวก็ไม่ทำให้ค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินนั้นเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด) ทั้งนี้เพราะแร่ดินเหนียวมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity, CEC) เนื่องจากแร่ดินเหนียวในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดในลักษณะที่เป็นการสลายตัวของแร่อื่น เช่น แร่ในกลุ่มเฟลด์สปาร์ (Feldspar) แร่ในกลุ่มไมกา (Mica) ตัวอย่างเช่น แร่ออร์โทเคลสเฟลด์สปาร์ (Orthoclase feldspar) สลายเป็นแร่คาโอลิไนต์ (Kaolinite) ซึ่งในระหว่างที่สลายตัวจะมีไอออนอิสระทั้งไอออนบวกและไอออนลบสำหรับไอออนบวกส่วนใหญ่ถูกดูดหรือเกาะที่ผิวของผลึกแร่ดินเหนียวอย่างหลวมๆ สามารถแลกเปลี่ยนหรือถูกดึงไปจับผลึกหรือประกอบเป็นสารใหม่ได้ คุณสมบัตินี้เรียกว่า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกนั่นเอง

3. เนื้อหิน กรณีของหินตะกอนที่มีแร่ประกอบหินเหมือนกันทุกประการ แต่เม็ดตะกอนมีขนาดแตกต่างกัน หินที่มีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนดี (Well sorted) จะมีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำกว่า หินที่มีการคัดขนาดไม่ดี (Poorly sorted) การคัดขนาดบ่งบอกถึงควมมีรูพรุน หินตะกอนที่มีการคัดขนาดดีจะมีความพรุนสูงกว่าหินที่มีการคัดขนาดของตะกอนไม่ดี ส่วนกรณีของหินอัคนี ถ้ามีรอยแตก รอยแตกเฉือน หรือรอยเลื่อนมาก ค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำกว่าหินที่ไม่มีรอยแตก หรือกรณีของหินบะซอลต์ หากมีรูพรุนแต่รูพรุนไม่เชื่อมต่อกันเลย หินบะซอลต์นั้นมีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูง เพราะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ยาก เพราะการเชื่อมต่อของช่องว่างส่งผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า

4. กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา มีผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหิน โดยทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินนั้นต่ำลงถ้าผ่านกระบวนการผุกร่อน กระบวนการผุสลายอยู่กับที่ การละลายหรือการเปลี่ยนแปลงออกไปของแร่บางชนิด กระบวนการเลื่อนหรือการเฉือน ส่วนกระบวนการที่มีผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหิน โดยทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินสูงขึ้น คือ กระบวนการเชื่อมประสานหรือกระบวนการทำให้หินแข็งตัวเพิ่มขึ้น และกระบวนการตกผลึก เป็นต้น ส่วนกระบวนการแปร ทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการแปรและชนิดของหิน เช่น กรณีมีการแปรแบบไดนามิก ซึ่งทำให้หินที่ถูกแปรมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำ กรณีมีการแปรแบบสัมผัส จะทำให้หินที่ถูกแปรมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูงขึ้น เป็นต้น

5. อุณหภูมิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ คือ จากการที่น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความหนืดของน้ำลดลง ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายของไอออนที่อยู่ในของเหลวเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น เมื่อไอออนเคลื่อนที่ได้เร็ว การไหลของประจุไฟฟ้าย่อมเคลื่อนที่ได้เร็ว ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำลง

3. ทฤษฎีของการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

กฎของโอห์ม กล่าวว่า “กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำหนึ่ง มีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น” เขียนได้ คือ

$$I \propto V$$

และ $I \propto 1/R$

ดังนั้น $I = V/R$ หรือ $V = IR$

เมื่อ V คือ ความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt)

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere)

R คือ ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม

จากกฎของโอห์มสามารถวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของวัตถุต่างๆ ได้ดังนี้ คือนำเอาวัสดุที่ต้องการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ มาปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไป วัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไปด้วยเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า หรือแอมมิเตอร์ แล้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ด้วยเครื่องมือวัดความต่างศักย์ หรือโวลต์มิเตอร์ (รูปที่ 2.1)

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะขึ้นอยู่กับ ผลคูณของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของตัวกลาง กับค่าความยาวของตัวกลางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หากด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวกลาง ดังสมการ

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

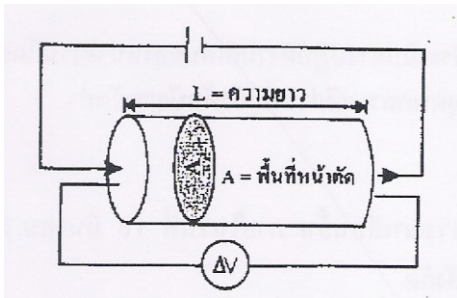
หรือเขียนได้ใหม่ว่า $\rho = R \frac{A}{L}$

เมื่อ ρ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า หรือความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ มีหน่วยเป็น โอห์ม-เมตร

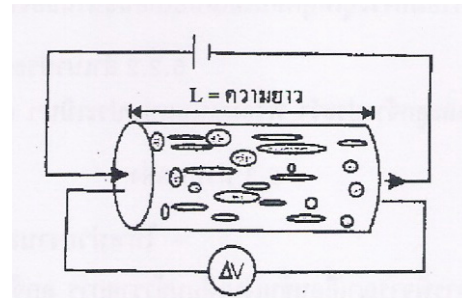
R คือ ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โวลต์

A คือ พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น เมตร

L คือ ความยาว มีหน่วยเป็น เมตร



(ก)



(ข)

จากกฎของโอห์ม $V = IR$ และ $R = \rho \frac{L}{A}$

ดังนั้น $\rho = \frac{\Delta V A}{I L}$

ρ = ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

จากกฎของโอห์ม $V = IR$ และ $R = \rho_a \frac{L}{A}$

ดังนั้น $\rho_a = \frac{\Delta V A}{I L}$

ρ_a = ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

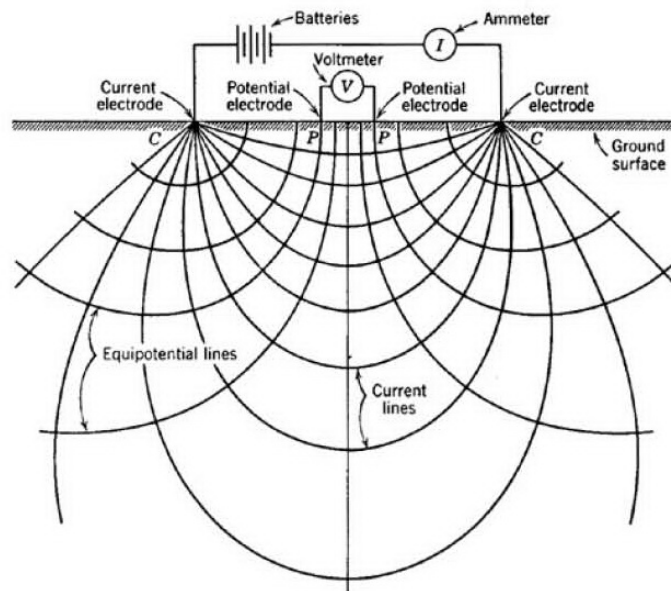
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของการหาความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริงและปรากฏ (ก) กรณีตัวกลางมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว จะได้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง (True resistivity) หรือเรียกสั้นๆ ว่า สภาพต้านทานไฟฟ้า (ข) กรณีตัวกลางมีเนื้อผสม ค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่วัดได้จะเป็นค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (Apparent resistivity)

4. หลักการการสำรวจโดยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ประยุกต์จากหลักการที่แสดงดังรูปที่ 2.1 โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าลงสู่ดิน กระแสไฟฟ้าจะไหลออกไปจากจุดที่ปล่อย (รูปที่ 2.2) หากได้ผิวดินเป็นตัวนำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ย่อมสามารถวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากผลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน และเมื่อทราบค่าของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไป และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ย่อมสามารถหาความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะได้ตามกฎของโอห์ม และจากความต้านทานไฟฟ้าซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดิน-หินใต้ผิวดิน ในบริเวณที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า และความยาวของระยะทางที่กระแสไฟฟ้าไหลต่อพื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่กระแสไฟฟ้าไหล

5. รูปแบบการสำรวจ

การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปัจจุบันมีรูปแบบการสำรวจตั้งแต่ 1 มิติ 2 มิติ 3 มิติ และ 4 มิติ โดยที่การสำรวจแบบ 1 มิติ เป็นการสำรวจแบบหยั่งลึก (Sounding) เพื่อให้ได้สภาพใต้ผิวดินในแนวตั้ง ส่วนการสำรวจแบบ 2 มิติ เป็นการสำรวจสร้างภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน (Profiling) ในรูปแนวตั้งและแนวนอน การสำรวจแบบ 3 มิติ เป็นการสำรวจแบบสร้างสภาพใต้ผิวดินเสมือนเป็นแท่งสี่เหลี่ยมที่มีขนาดกว้าง ยาว และลึก จึงสามารถสร้างภาพตัดขวางได้ในทุกๆ แนว ไม่ว่าจะเป็นแนวตรง แนวหักมุม หรือแนวคดโค้ง และทุกๆ ความลึกของการสำรวจ สามารถแสดงสภาพการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะได้ทุกระดับความลึก ส่วนการสำรวจแบบ 4 มิติ เป็นการสำรวจในลักษณะของการเพิ่มแกนการพิจารณาขึ้นมาอีก 1 แกน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแกนของเวลา เพื่อใช้เปรียบเทียบสภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินเมื่อเวลาผ่านไป การสำรวจแบบ 4 มิติ ยังมีการสำรวจไม่แพร่หลายนัก เป็นการศึกษาทดลอง เช่น ใช้ติดตามดูการขยายตัวของโพรงใต้ผิวดิน เป็นต้น



รูปที่ 2.2 วงจรไฟฟ้าของการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (จาก Todd, 1980)

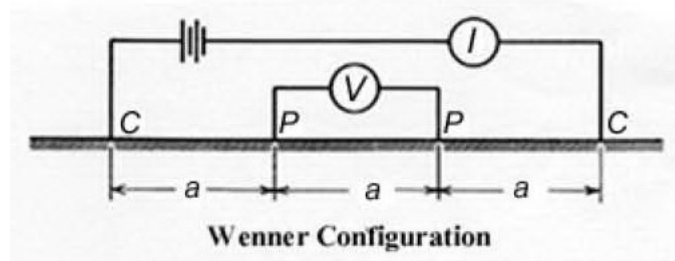
การเลือกรูปแบบการสำรวจว่าควรทำการสำรวจแบบ 1 มิติ 2 มิติ 3 มิติ หรือ 4 มิติ ขึ้นอยู่กับสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน โดยทั่วไปรูปแบบของการสำรวจในปัจจุบันแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ เป็นที่นิยมทำการสำรวจ ข้อดีของการสำรวจแบบ 1 มิติ คือ ทำได้รวดเร็วว่าการสำรวจแบบ 2 มิติ แต่สำหรับการแปลความหมายแล้ว การสำรวจแบบ 2 มิติ แปลความหมายได้ง่ายกว่าการสำรวจแบบ 1 มิติ ค่อนข้างมาก เพราะมีการเก็บข้อมูลที่ทำให้ได้เป็นภาพตัดขวาง สามารถมองเห็นค่าความผิดปกติชัดเจนและต่อเนื่องกว่าการสำรวจแบบ 1 มิติ ที่เป็นการสำรวจแบบหยั่งลึก ได้ข้อมูลเป็นตัวแทนเพียงตำแหน่งเดียว

6. รูปแบบการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้า

วิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้า (Electrode configuration หรือ Electrode array) คือ วิธีการจัดขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลัก โดยทั่วไปการสำรวจโดยวิธีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จะมีหลักหรือขั้วไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current electrode, CC) 2 ขั้ว และขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential electrode, PP) 2 ขั้ว วิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลักมีหลายวิธี แต่สำหรับการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยา ตามมาตรฐาน ASTM D6431-99 Reapproved 2005 กำหนดให้ใช้วิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้าเพียง 3 วิธี คือ การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration) การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เกอร์ (Schlumberger configuration) และการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration) ซึ่งรายละเอียดวิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแต่ละวิธีมีดังนี้

(1) การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration)

โดยจัดให้ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทุกตัวมีค่าเท่ากันหมด (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (จาก Todd, 1980 ; Fetter, 2001)

ข้อดีของการวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์

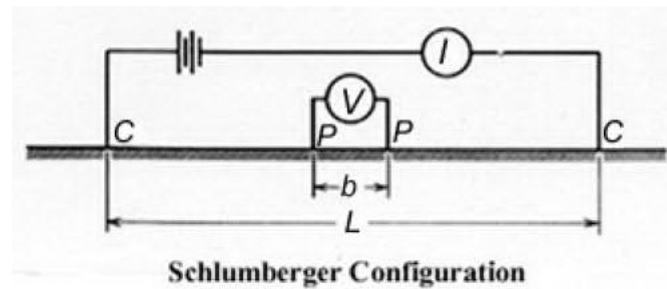
- สามารถสำรวจได้ลึกกว่าวิธีการอื่นๆ โดยใช้แรงดันกระแสไฟฟ้าที่เท่ากัน เนื่องจากทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของการตรวจวัด คู่ของขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าจะขยายตัวออกไป พร้อมกับคู่ของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้ากระแส ด้วยระยะการขยายตัวที่เท่าๆ กันเสมอ
- ความผิดพลาดจากตำแหน่งการปักหลักขั้วไฟฟ้าในสนามจะมีน้อยมาก เนื่องจากทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของการตรวจวัด หลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลัก จะขยายตัวออกไปพร้อมๆ กัน ด้วยระยะการขยายตัวที่เท่าๆ กันเสมอ
- สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินในแนวดิ่งได้ดี นั่นคือ เหมาะสำหรับการหาชั้นหินวางตัวแนวราบ (Horizontal structure)
- อัตราส่วนของสัญญาณ (Signal) ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ต่อสิ่งรบกวน (Noise) ค่าอื่นๆ ที่มีผลต่อสัญญาณ หรือ Signal-to-noise ratio (S/N) สูงมากกว่ารูปแบบอื่นๆ (S/N สูงที่สุด)

ข้อเสียของการวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์

- ไม่เหมาะในการตรวจหาโครงสร้างทางธรณีวิทยาแนวดิ่ง เช่น โพรง พนัง (Dike) หรือแหล่งสะสมตัวของแร่ (Ore)

(2) การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration)

โดยกำหนดให้ระยะ L ระหว่างขั้วไฟฟ้า CC มีค่ามากๆ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะ b ซึ่งเป็นระยะระหว่างขั้ว PP โดยอย่างน้อย L ต้องมากกว่า 5 เท่าของระยะ b ($L \geq 5b$) (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (จาก Todd, 1980 ; Fetter, 2001)

ข้อดีของการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ

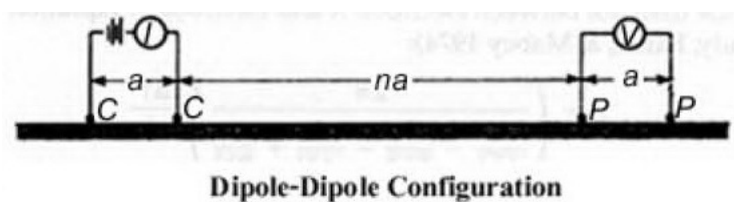
- ลดปัญหาด้าน Lateral resistivity variation ในการสำรวจในพื้นที่ที่ชั้นหินใต้ผิวดินไม่ได้วางตัวอยู่ในแนวระนาบ หรือใกล้แนวระนาบ
- ใช้เวลาในการสำรวจน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ ในการสำรวจที่ความลึกเดียวกัน และภายใต้สภาพอุทกธรณีวิทยาแบบเดียวกัน
- เหมาะสำหรับการสำรวจสภาพธรณีวิทยาที่มีโครงสร้างการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ
- อัตราส่วนของสัญญาณ (Signal) ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ต่อสิ่งรบกวน (Noise) ค่าอื่นๆ ที่มีผลต่อสัญญาณ หรือ Signal-to-noise ratio (S/N) ดีกว่ารูปแบบไดโพล-ไดโพล

ข้อเสียของการวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ

- อัตราส่วนของสัญญาณ (Signal) ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ต่อสิ่งรบกวน (Noise) ค่าอื่นๆ ที่มีผลต่อสัญญาณ หรือ Signal-to-noise ratio (S/N) น้อยกว่ารูปแบบเวเนเนอร์
- ความผิดพลาดจากตำแหน่งการปักหลักขั้วไฟฟ้าในสนามมีมาก

(3) การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration)

โดยจัดให้ระยะห่างระหว่าง CC = PP = a และระยะห่างระหว่างชุดของขั้ว CC และ PP ห่างเท่ากับ na (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (จาก Todd, 1980 ; Fetter, 2001)

ข้อดีของการวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล

- ใช้สายไฟในการสำรวจสั้นกว่าวิธีการอื่น ในการสำรวจที่ความลึกใกล้เคียงกัน
- การใช้สายไฟฟ้าสั้น จะลดปัญหากระแสไฟฟ้ารั่วได้ดี
- สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินในแนวราบได้ดี นั่นคือ เหมาะสำหรับการตรวจหาโครงสร้างทางธรณีวิทยาแนวตั้ง เช่น โพรง พังของหินอัคนี รอยเลื่อน หรือแหล่งการสะสมตัวของแร่

ข้อเสียของการวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล

- ไม่เหมาะในการตรวจหาชั้นหินวางตัวแนวราบ
- อัตราส่วนของสัญญาณ (Signal) ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ต่อสิ่งรบกวน (Noise) ค่าอื่นๆ ที่มีผลต่อสัญญาณ หรือ Signal-to-noise ratio (S/N) ต่ำมากกว่ารูปแบบอื่นๆ (S/N ต่ำที่สุด)

7. เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจ

เครื่องมือ และอุปกรณ์การสำรวจที่สำคัญในการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (รูปที่ 2.6) ประกอบด้วย

1. เครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity meter) ซึ่งเป็นเครื่องวัด ประกอบด้วยตัวกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่เป็นได้ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับชนิดความถี่ต่ำ มีเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้า ประกอบรวมกันอยู่ในตัวเครื่อง
2. แท่งโลหะสำหรับปล่อยกระแสไฟฟ้า และวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า หรือเรียกสั้นๆ ว่า แท่งอิเล็กโทรดหรือหลักขั้วไฟฟ้า ซึ่งแท่งอิเล็กโทรดควรทำด้วยโลหะ เช่น ทองแดง เหล็ก อะลูมิเนียม หรือโลหะผสม เช่น เหล็กกล้า (Steel) ที่มีส่วนผสมของเหล็กและคาร์บอน ทำให้มีความแข็งแรงกว่าแท่งเหล็กธรรมดา หรือสแตนเลส สตีล (Stainless steel) ที่เป็นโลหะผสมของเหล็ก โครเมียม และคาร์บอน ทำให้มีความแข็งแรง ไม่เป็นสนิมและผุกร่อนได้ง่าย ความยาวของแท่งอิเล็กโทรดประมาณ 40-50 เซนติเมตร
3. สายไฟม้วนเก็บได้ ความยาวขึ้นอยู่กับความลึกที่ต้องการสำรวจ อย่างไรก็ตาม สายไฟฟ้าควรทำเป็นม้วน ความยาวม้วนละ 100 200 หรือ 300 เมตร ไม่ควรยาวมากกว่านี้ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการม้วนเก็บและดูแลรักษา และในแต่ละม้วนควรที่จะเชื่อมต่อกันได้ง่าย เพราะเมื่อต้องการสำรวจที่ความลึกมากขึ้นระยะห่างของการวางขั้วอิเล็กโทรดจะกว้างมากขึ้น สายไฟฟ้าต้องยาวมากขึ้นตามไปด้วย
4. ข้อนสำหรับตอกแท่งอิเล็กโทรดหรือหลักขั้วไฟฟ้า
5. GPS
6. กระดาษบันทึกข้อมูลในสนาม (field curve)



ก. เครื่องมือวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
ยี่ห้อ IRIS



ข. แท่งโลหะ



ค. ม้วนสายไฟ



ง. ช้อนตอกแท่งอิเล็กโทรด

รูปที่ 2.6 เครื่องมือ และอุปกรณ์การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่สำคัญ

8. การแปลความหมาย

การแปลความหมายผลการสำรวจด้านความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ได้มีการศึกษาโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หลายลักษณะ การแปลความหมายที่ง่ายที่สุด คือ การค้นหาค่าผิดปกติตามแนวสำรวจ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสัญญาณรบกวน การแปลความหมายขั้นที่มีรายละเอียดมากขึ้น คือ การสร้างแบบจำลอง 1 มิติ และเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญสามารถแสดงให้เห็นได้ในรูปแบบที่ง่ายๆ สามารถแสดงให้เห็นถึงความหนาของชั้นหินแต่ละชั้น ตรวจสอบความลึกของระดับน้ำบาดาล หรือข้อมูลที่จำเป็นอื่นๆ ในทางวิศวกรรมธรณี

การแปลความหมายโดยใช้แบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ เป็นการแปลความหมายขั้นถัดไปที่มีความซับซ้อนมากขึ้น มักใช้ในกรณีที่ใต้ผิวดินมีสมบัติที่ไม่เป็นเนื้อเดียว หรือการแปลความหมายโครงสร้างทางธรณีวิทยาระดับลึก

9. ข้อจำกัดของการสำรวจและสิ่งรบกวน

1. การสำรวจเป็นการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงสู่พื้นดิน หากกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลลงพื้นดินได้ จะไม่สามารถทำการสำรวจได้
2. การมีตัวนำไฟฟ้าอยู่ใกล้ๆ พื้นที่สำรวจ เช่น มีท่อน้ำเป็นโลหะ หรือลวด กระแสไฟฟ้าจะไหลไปในตัวนำมากกว่าไหลไปในตัวกลางที่มีสภาพความนำไฟฟ้าน้อยกว่า
3. ค่าของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ต่ำกว่าผิวดิน อาจเป็นตัวที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหลลงไปในระดับลึก เช่น มีชั้นดินเหนียว หรือชั้นน้ำที่เป็นกระเปาะ อาจเป็นตัวกั้นไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลลึกลงไป
4. การเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน-หิน ที่มีชั้นความหนาไม่เท่ากัน มีผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกัน

5. การแปลความหมาย จะแปลความได้สภาพธรณีวิทยาโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน (Simple structural geology) และความลึกมากที่สุดที่สำรวจได้ประมาณ 1 กิโลเมตร ความลึกจากการแปลความหมายเป็นความลึกโดยประมาณเท่านั้น

6. ความแม่นยำของการแปลความหมาย อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเทียบกับการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือน เพราะมีปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยที่ทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเปลี่ยนแปลง จะบ่งบอกชนิดของหิน โดยอาศัยค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเพียงอย่างเดียว บ่งบอกชนิดของหินนั้นไม่เหมาะสม เพราะค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินมีขอบเขตกว้างและมีช่วงคาบเกี่ยวกัน (Overlap) กับหินชนิดอื่น

7. ความสูง-ต่ำของพื้นที่มีผลต่อการบิดเบี้ยวของการไหลของกระแสไฟฟ้า อาจส่งผลให้ตำแหน่งของค่าความผิดปกติผิดรูปไปได้ ดังนั้นต้องทำการปรับแก้สภาพความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ ในกรณีที่พื้นที่ที่มีความแตกต่างค่าความลาดชันเกิน 5-10 องศา

8. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในลวดสายไฟฟ้าต่อไปยังขั้วอิเล็กโทรดสำหรับปล่อยกระแสไฟฟ้า หากอยู่ใกล้กับลวดสายไฟฟ้า สำหรับวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า อาจเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในลวดสายไฟฟ้า ที่ใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ ทำให้ค่าที่อ่านได้สูงขึ้นกว่าปกติ วิธีแก้ไข คือ วางห่างกันประมาณ 1-2 เมตร

9. ขั้วอิเล็กโทรดหรือหลักขั้วไฟฟ้าที่ทำด้วยทองแดง เหล็ก อลูมิเนียม หรือโลหะอื่นๆ เมื่อสัมผัสกับสารอิเล็กโทรไลต์ ที่ไม่ใช่สารละลายที่เป็นอนุภาคของตัวเอง จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น ทำให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าวัดได้เมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้า ทำให้มีค่าสูงขึ้นกว่าปกติ วิธีแก้ไข คือ ไม่ให้ใช้อิเล็กโทรดหรือขั้วไฟฟ้าที่สามารถเกิดกระบวนการโพลาไรเซชัน (Polarization) หรือทำการสลับขั้วกระแสไฟฟ้าบวกและลบไปมาบ่อยๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระบวนการโพลาไรเซชัน หรือเมื่อเกิดกระบวนการนี้ ถ้ากลับขั้วกระแสไฟฟ้า กระบวนการนี้จะถูกทำลายไป

2.2.2 การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Survey)

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยอาศัยหลักการของการเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งอยู่ใต้ผิวดิน และสามารถวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้นได้ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการสำรวจหาบริเวณหรือวัตถุเป้าหมายที่อยู่ใต้ดินลงไปซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาวิธีหนึ่ง

1. ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

1. ความถี่ของสนามเริ่มต้น โดยทั่วไปไฟฟ้ากระแสตรงจะให้ความถี่สูง ความถี่ที่สูงเกิน 4,000 เฮิร์ตซ์ ไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากจะเกิดการดูดซับ (Absorption) ปริมาณการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ความถี่ที่ใช้ในการสำรวจวัดแม่เหล็กไฟฟ้ามักจะเป็น Long wave

2. ความแรงของสนามเริ่มต้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ

- จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ การพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากเกิดสนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจำนวนรอบน้อยการเกิดสนามแม่เหล็กก็น้อยตามไปด้วย

- ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากสนาม แม่เหล็กเกิดขึ้นมาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กเกิดน้อย

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก เพอร์ไรท์ เป็นต้น สารเหล่านี้จะช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กในขดลวดทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น

- ขนาดของแกนแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า แกนที่มีขนาดใหญ่จะให้สนามแม่เหล็กมาก ส่วนแกนที่มีขนาดเล็กจะให้สนามแม่เหล็กน้อย

3. การนำไฟฟ้าของตัวนำ การนำไฟฟ้าของหินและแร่ นั้น โลหะบริสุทธิ์ โลหะอัลลอยด์ (ยกเว้น สฟาเลอไรต์ (Sphalerite) แมกนีไทต์ กราไฟต์ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ฮีมาไทต์ (Hematite) โครไมต์ (Chromite) หินอ่อน (Marble) หินควอตซ์ไซด์ (Quartzite) หินแกรนิต (Granite) และหินบะซอลต์ (Basalt) เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี เคลย์ (Clay) บางชนิด และตะกอนเป็นตัวนำที่ต่ำ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ โดยทั่วไปตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะเป็นสาเหตุของความผิดปกติ อย่างไรก็ตามรอยแตกที่มีน้ำอยู่ ก็สามารถทำให้เกิดค่าความผิดปกติได้ ค่าความผิดปกติอาจเกิดจากสายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ ทางรถไฟ เพราะสิ่งเหล่านี้เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี

4. ระยะห่างจากสนามเริ่มต้น ความเข้มของสนามจะลดลงอย่างมาก เมื่อระยะห่างจากแหล่งมีมาก ปัจจัยนี้จะขึ้นกับความลึกตามแนวตั้งฉาก (Depth of penetration)

2. ทฤษฎีการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

(1) สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

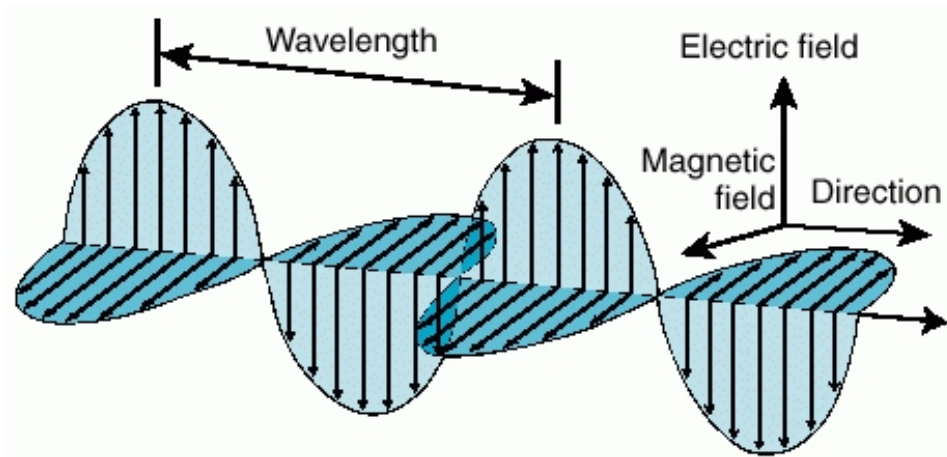
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยเกิดขึ้นในระนาบตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น (รูปที่ 2.7)

เมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ เส้นลวด ซึ่งเรียกว่าการเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎมือขวา ซึ่งกฎมือขวากล่าวว่าทิศทางของสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวด อยู่ในแนวนิ้วมือขวาที่กำรอบเส้นลวด โดยที่นิ้วหัวแม่มือชี้ไปตามทิศทางของกระแสในเส้นลวด (รูปที่ 2.8)

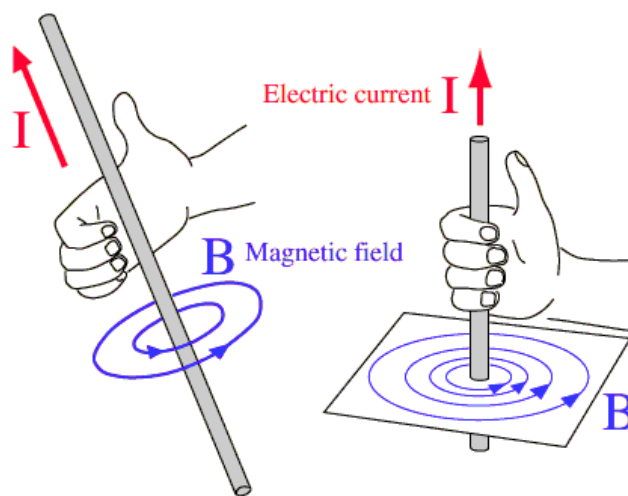
$$H = B/\mu$$

เมื่อ H คือ ความเข้มสนามแม่เหล็ก (แอมแปร์/เมตร)

B คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือความเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก



รูปที่ 2.7 การเกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำและทิศทางการไหลของกระแส



รูปที่ 2.8 แสดงทิศทางสนามแม่เหล็กและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าตามกฎมือขวา

(2) กฎของฟาราเดย์-เฮนรี (Faraday-Henry Law)

การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กตามเวลา จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E) เป็นไปดังสมการ

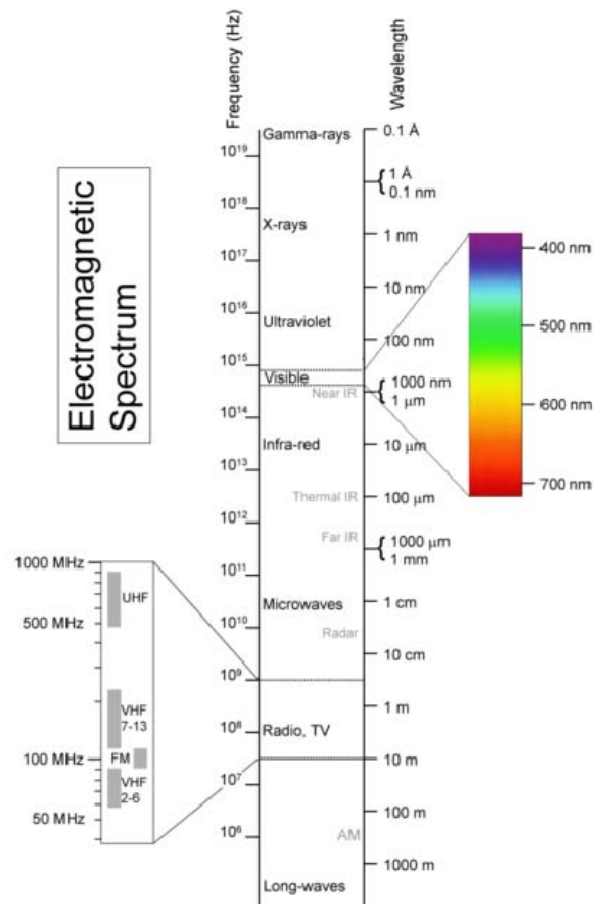
$$E = -\partial\phi_B/\partial t$$

เมื่อ ϕ_B คือ เส้นสนามแม่เหล็กที่ล้อมรอบตัวนำหรือขดลวด (มีค่าเป็นลบ เพราะมีทิศทางตรงกันข้ามตรงข้ามสนามแม่เหล็กเดิม)

E คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รูปที่ 2.9) จะมีคุณสมบัติคล้ายกับคลื่นทั่วไปยกเว้นคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ

1. ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
2. มีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง
3. เป็นคลื่นตามขวาง
4. คลื่นมีการสะท้อน หักเห แทรกสอดและเลี้ยวเบน
5. มีอัตราความเร็วในสุญญากาศที่ 300,000 กิโลเมตร /วินาที ซึ่งเท่ากับความเร็วของแสง
6. ไม่มีประจุไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 แสดงช่วงความถี่ต่างๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(3) Sine function

กระแสไฟฟ้าแบบสลับ (Alternating current) ที่ใช้ในการสำรวจซึ่งมีความถี่เป็น f และมีคาบ (Period) เป็น T มีค่าเท่ากับ $1/f$ สามารถแทนด้วย Function ได้ดังนี้

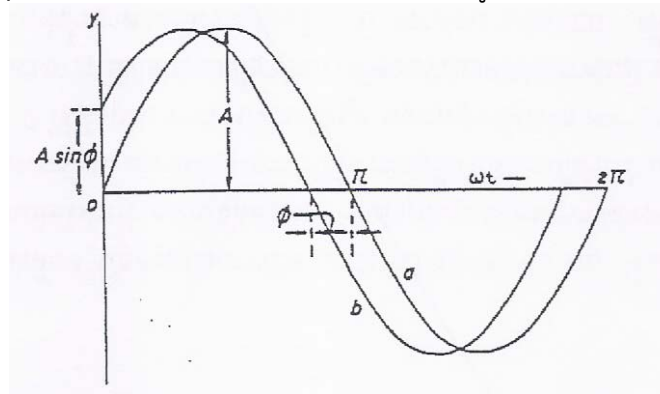
$$y = A \sin \omega t$$

เมื่อ t คือ เวลา

A คือ ความสูงช่วงคลื่น (Amplitude)

ω คือ ความถี่เชิงมุม (Angular frequency) $= 2\pi f$

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ ณ เวลาต่างกัน เฟสเลื่อนไปเท่ากับ ϕ ทำให้ตำแหน่งของ Amplitude แตกต่าง กันเป็น $y = A \sin \phi$ เรียกความต่างนี้ว่า Phase difference (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 กราฟแสดง Sine function และความต่างเฟส (ϕ)

(4) Propagation constant

การเดินทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความถี่ของคลื่น ค่าความต้านทานของตัวกลาง ค่า Magnetic permeability ค่า Permeability เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้นำมารวมกัน เรียกว่า Propagation constant หรือ Wave number ซึ่งมีค่าดังนี้

$$\gamma^2 = \omega\mu(\omega\epsilon + i\sigma)$$

เมื่อ ω คือ ความถี่เชิงมุม $= 2\pi f$

f คือ Frequency in hertz

μ คือ Magnetic permeability of the medium in henry/metre

ϵ คือ Permeability in farad/metre

σ คือ Conductivity in simens/metre

i คือ $\sqrt{-1}$

ในสมการข้างบนค่า Propagation constant จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น Real part ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Displacement current และส่วนที่เป็น Imaginary part ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Conduction current และยังใช้อธิบายถึงค่า Amplitude ของคลื่นจะลดลงเมื่อเดินทางใน Conductive media ซึ่งเกี่ยวกับ Skin depth

(5) Skin depth หรือ Depth of penetration

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเดินทางเข้าไปในผิวโลก ความเข้มหรือความแรงของคลื่นจะลดลงเป็น Exponential curve เนื่องจาก Skin effect และค่า Skin depth ซึ่งหมายถึง ความลึกที่ทำให้ความเข้มหรือความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าลดลงเหลือ 37% จากทั้งหมด ซึ่ง Skin depth มีค่าดังนี้

$$\text{Skin depth } (\delta) = \sqrt{2/\omega\mu\sigma}$$

จากค่า Skin depth จะเห็นว่าถ้าตัวกลางที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้า (σ) สูง อำนาจการทะลุทะลวงก็จะต่ำ ซึ่งหมายความว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางได้ไม่ลึก แต่ถ้าเกี่ยวกับความถี่ (ω) ถ้าความถี่ต่ำ อำนาจการทะลุทะลวงก็สูง คือ คลื่นเดินทางได้ลึกขึ้นนั่นเอง

(6) Response parameter

การสำรวจโดยวิธีวัดค่าความซึมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนมากจะวัดค่า Secondary field ออกมาเป็น 2 ค่า คือ In-phase และ Quadrature และค่าทั้งสองนี้จะมีความสัมพันธ์กับค่าต่างๆ หลายอย่าง เช่น ความถี่เชิงมุม ความสามารถในการนำไฟฟ้า (σ) Permeability (μ) รูปร่าง (Geometry) ของตัวนำไฟฟ้า และระยะห่างระหว่างตัวส่งกับตัวรับสัญญาณ ตัวแปรทั้งหมดนี้จะเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการวัดความซึมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทั้งหมดรวมกันเรียกว่า Response parameter (θ) มีค่าดังนี้

$$\theta = \sigma \mu \omega l^2$$

$$= \sigma \mu t s \quad \text{ในกรณีที่ เป็น Thin tabular body}$$

เมื่อ l คือ หน่วยของความยาวขึ้นอยู่กับรูปร่างของตัวนำไฟฟ้า

t คือ ความหนาของตัวนำไฟฟ้า

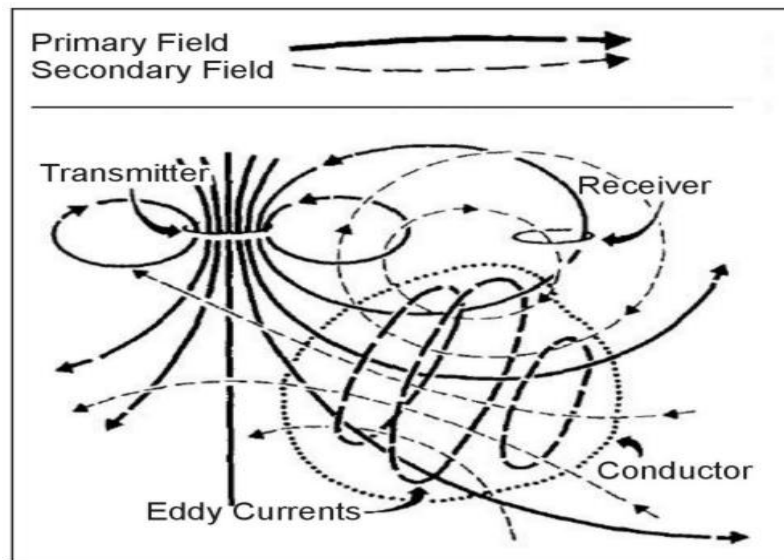
s คือ ระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับสัญญาณ

σt คือ ค่าความนำไฟฟ้า (Conductance) ซึ่งเป็นผลรวม Conductivity และความหนา และใช้เป็นค่าความผิดปกติของการสำรวจวัดค่าความซึมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3. หลักการการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้หลักการสร้างกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดส่งสัญญาณ (Transmitter coil) ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กปฐมภูมิ (Primary magnetic field) และก่อให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โดยการเหนี่ยวนำนี้จะก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นในชั้นดินชั้นหินซึ่งเป็นตัวนำทางไฟฟ้า และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสลับไหลวน (Eddy Current) ไปในตัวกลางนั้นแบบต่อเนื่อง กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ก็เหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอันที่สอง (Secondary Magnetic field) เกิดขึ้น ในทิศทางตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอันแรก (รูปที่ 2.11) และเดินทางมายังขดลวดรับสัญญาณ (Receiver Coil) ขดลวดรับสัญญาณ จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากทั้ง Transmitter (Primary Magnetic field) และสัญญาณกระแสที่เหนี่ยวนำจากชั้นดินชั้นหิน (Secondary Magnetic field) ซึ่งเกิดการรวมกันและแทรกสอดกัน โดยสัญญาณที่ตรวจวัดจะมีขนาดของ Phase และ Amplitude ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขนาดและความสามารถในการแผ่กระจายของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับขนาดพลังงาน ความถี่จากเครื่องส่งกระแสเหนี่ยวนำ (Transmitter) และลักษณะชั้นดินชั้นหินที่เป็นตัวนำไฟฟ้านั้นๆ เป็นสำคัญ

การเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลของกระแสเป็นผลจากส่วนประกอบสนามแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่มีความจำเป็นที่ขดลวดส่งสัญญาณและขดลวดรับสัญญาณจะต้องสัมผัสกับพื้นดินโดยตรง การสำรวจวัดค่าแม่เหล็กไฟฟ้าภาคพื้นดินจึงทำได้อย่างรวดเร็วกว่าการสำรวจด้านไฟฟ้าอื่นๆ นอกจากนี้ในการทำสำรวจ ยังสามารถติดตั้งขดลวดส่งสัญญาณ และขดลวดรับสัญญาณบนเครื่องบินหรือ เฮลิคอปเตอร์ได้ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่ดีกว่าการสำรวจด้านไฟฟ้าซึ่งต้องอาศัยขั้วไฟฟ้า



รูปที่ 2.11 รูปแบบการเกิดการเหนี่ยวนำคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลาง (Klein and Lajoie, 1980)

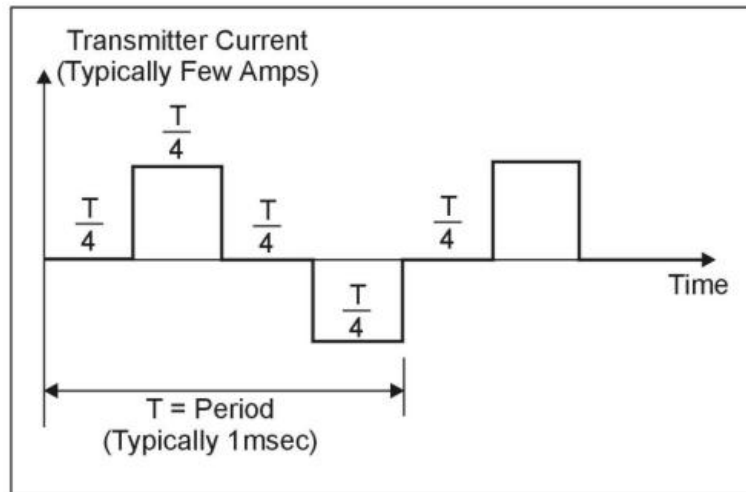
4. รูปแบบการสำรวจ

ประเภทของระบบการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีหลายประเภท ดังนี้

(1) แบ่งตามลักษณะการตรวจวัดสัญญาณ สามารถแบ่งได้ 2 แบบ ได้แก่

1. ระบบการวัดแบบอิงเวลา (Time-domain electromagnetic, TEM)

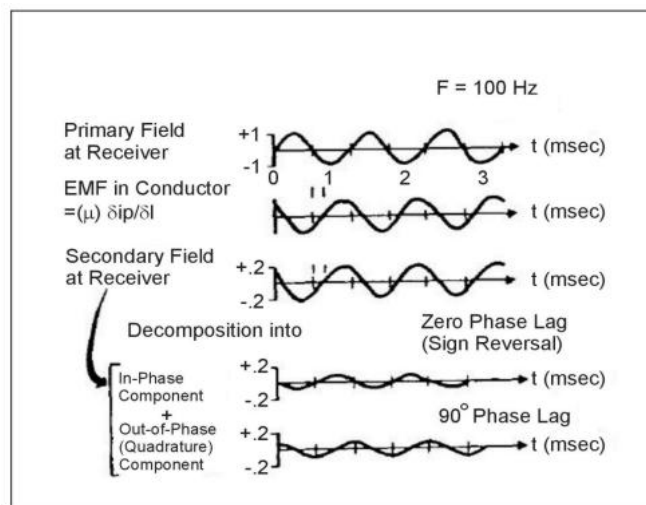
ระบบการวัดแบบอิงเวลา คือ ระบบที่ส่งกระแสไฟฟ้าไปที่ตัวส่งสัญญาณ เป็นจังหวะๆ ในระยะเวลาสั้นๆ ที่เท่ากัน สัญญาณที่ส่งไปจะไม่เต็มช่วงคลื่น ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น เป็นรูปฟันเลื่อย เป็นรูปสี่เหลี่ยม หรือเป็นรูปครึ่งหนึ่ง (ทางบวก) ของ Sine wave ที่เรียกว่า Half sinusoidal waveform ก็ได้ และวัดสัญญาณที่ขดลวดรับสัญญาณ ในเวลาเป็นช่วงๆ ที่เท่ากัน ในขณะที่หยุดส่งกระแสไฟฟ้า (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 รูปแบบสัญญาณของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งจาก Transmitter

2. ระบบการวัดแบบอิงความถี่ (Frequency-domain electromagnetic, FDEM)

ระบบการวัดแบบอิงความถี่ คือ ระบบที่ใช้ความถี่ที่เครื่องส่งและเครื่องรับเหมือนกัน แต่เฟสจะต่างกัน และคลื่นจะอยู่ในรูปของ Sinusoidal waveform คือ ขึ้นและลงเท่ากันในรูปของ Sine wave (รูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของสัญญาณในการสำรวจแบบ FDEM (Klein and Lajoie 1980)

(2) แบ่งตามลักษณะของสัญญาณ สามารถแบ่งได้ 2 แบบได้แก่

1. แบบ Passive

คือ การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแหล่งกำเนิดสัญญาณ เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าธรรมชาติ เช่น สนามแม่เหล็กโลก (Magnetosphere) ตัวอย่างของการสำรวจวิธีนี้ เช่น การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กแบบ Magnetotelluric

2. แบบ Active

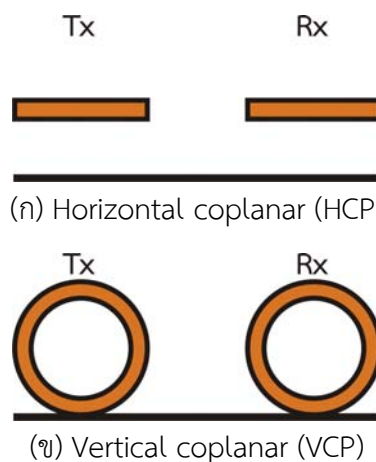
คือ การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแหล่งกำเนิดสัญญาณ เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมา แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- Near-field คือ ตัวส่งสนามแม่เหล็กปฐมภูมิอยู่ใกล้กับตัวรับคลื่น เช่น การสำรวจหาตัวนำไฟฟ้าที่อยู่ในพื้นดิน
- Far-field คือ ตัวส่งสนามแม่เหล็กปฐมภูมิอยู่ไกลกับตัวรับคลื่น เช่น การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยความถี่ต่ำ (Very low frequency, VLF EM)

5. รูปแบบการจัดวางขดลวดสัญญาณ

การจัดรูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณ (Coil configuration) มีการจัดดังนี้

1. Coplanar คือ ขดลวดส่งสัญญาณ และขดลวดรับสัญญาณ อยู่ในระนาบเดียวกัน เช่น Horizontal coplanar (HCP) และ Vertical coplanar (VCP) (รูปที่ 2.14)



รูปที่ 2.14 รูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณแบบ Coplanar

2. Coaxial คือ การจัดให้แกนของขดลวดสัญญาณทั้งสองอยู่ในเส้นเดียวกัน เช่น Vertical coaxial (VCA) (รูปที่ 2.15)



รูปที่ 2.15 รูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณแบบ Coaxial

3. Multicoil system คือ การติดตั้งขดลวดสัญญาณหลายๆ คู่ ในการสำรวจ ทั้งความถี่สูงและต่ำปนกัน โดยจัดทั้งแบบ Coplanar และ Coaxial เพราะว่าความถี่สูงจะไวต่อการตอบสนองในระดับต่ำ ส่วนความถี่ต่ำจะดีในระดับลึก

6. เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจ

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็ก (Transmitter) และอุปกรณ์ตรวจรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็ก (Receiver) ทำหน้าควบคุมการส่งและรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กตามลำดับ (รูปที่ 2.16)
2. ขดลวดส่งสัญญาณ เป็นขดลวดวงกลมเดี่ยว หรือขดลวดคู่ ซึ่งเชื่อมต่อด้วยสายไฟฟ้า ทำหน้าที่ให้กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าปฐมภูมิ โดยสามารถผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นต่างๆ หลายช่วงคลื่น (รูปที่ 2.16)
3. ขดลวดรับสัญญาณ เป็นเครื่องตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถปรับให้รับสัญญาณที่ช่วงคลื่นต่างๆ ได้ มักมีลักษณะคล้ายกับขดลวดส่งสัญญาณ โดยทั่วไป ขดลวดรับสัญญาณ มักถูกจัดวางในทิศทางที่แน่นอนที่สอดคล้องกับสนามที่ต้องการวัด (รูปที่ 2.16)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.16 (ก) เครื่องส่งสัญญาณ (Transmitter) และเครื่องรับสัญญาณ (Receiver)
(ข) ขดลวดส่งสัญญาณ (Tx Coil) และขดลวดรับสัญญาณ (Rx Coil)

4. Bucking loop ทำหน้าที่ขจัดสัญญาณของ Primary field ที่ขดลวดรับสัญญาณ และสัญญาณของ Bucking loop ได้จาก Balancing network

5. Reference loop ทำหน้าที่แยกสัญญาณจากขดลวดรับสัญญาณให้เป็น in-phase และ Out of Phase (quadrature)

7. การแปลความหมาย

ขั้นตอนแรกของการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คือ การประเมินเชิงปริมาณของลักษณะพารามิเตอร์ของวัตถุตัวนำ เช่น มุมเท ความลึก ความกว้าง และสภาพนำไฟฟ้า จากนั้นหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เหล่านี้กับข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์วิธีอื่น ขั้นตอนต่อมาซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด คือ การสร้างสภาพทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์เหล่านี้

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบทางทฤษฎี สำหรับเครื่องมือแต่ละชนิดที่ใช้ เพื่อบอกถึงรูปร่างของวัตถุตัวนำต่างๆ และสภาพการนำไฟฟ้า การคำนวณการตอบสนองทางทฤษฎีในลักษณะนี้มีความหมายซับซ้อนมาก และเหมาะสมกับรูปทรงเรขาคณิตอย่างง่ายเท่านั้น เช่น ทรงกลม ทรงกระบอก แผ่นบาง และชั้นหินในแนวราบ

8. ข้อจำกัดของการสำรวจและสิ่งรบกวน

การสำรวจด้านแม่เหล็กไฟฟ้ามีความคล่องตัว (Versatile) และมีประสิทธิภาพ แต่ก็มีข้อด้อยหลายประการ ค่าผิดปกติแม่เหล็กไฟฟ้าอาจเกิดจากแหล่งที่ไม่มีผลทางเศรษฐกิจ เช่น แกรไฟต์ บริเวณ shear-zone ที่มีน้ำอยู่เต็ม แหล่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ชั้นผิวดินที่มีการนำไฟฟ้าสูง เช่น ชั้นดินเหนียวเปียก และหินที่มีแกรไฟต์อาจปิดกั้นผลของตัวนำที่อยู่ระดับลึกลงไป ความลึกในการสำรวจขึ้นอยู่กับช่วงความถี่ของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ หากใช้สนามธรรมชาติความลึกในการสำรวจอยู่ที่ระดับประมาณ 500 เมตร และประมาณ 50 เมตร เมื่อสำรวจทางอากาศ และสุดท้าย การแปลความหมายเชิงปริมาณสำหรับค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความซับซ้อน

บทที่ 3

ชนิดเครื่องมือสำรวจและวิธีการใช้เครื่องมือ

วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ที่สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลใช้เพื่อสำรวจอุทกธรณีวิทยาปัจจุบัน มี 2 วิธี คือ วิธีสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และวิธีสำรวจแม่เหล็กไฟฟ้า ดังที่ได้กล่าวหลักการไว้ในบทที่ 2 สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในปัจจุบันเพื่อสำรวจในแต่ละวิธีนั้น มีดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือสำหรับสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

3.1.1 เครื่อง IRIS รุ่น SYSCAL R-1 Plus

เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรุ่น SYSCAL ของบริษัท Iris instrument (รูปที่ 3.1) เป็นเครื่องมือสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบอัตโนมัติ ออกแบบมาสำหรับการสำรวจบนผิวดินโดยใช้กระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC electrical) เครื่องมือสำรวจนี้สามารถสำรวจได้ทั้งการหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (Vertical electrical sounding) และสำรวจการหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวราบ (Electrical profiling) นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณค่าเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า (Chargeability) หรือการเหนี่ยวนำโพลาไรเซชัน (Induced Polarization) ของผิวดินได้ด้วย



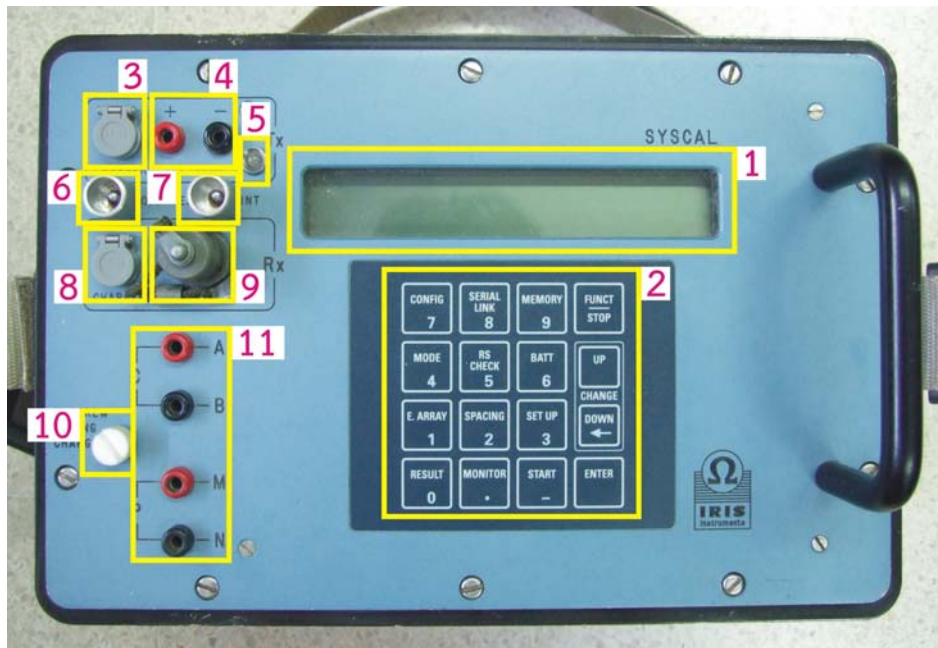
รูปที่ 3.1 เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรุ่น SYSCAL

1. คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่อง

- สะดวกสำหรับการทำงานในภาคสนาม เนื่องจากมีขนาดที่กระทัดรัด
- เครื่องสำรวจนี้มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน 2 ก้อน แบตเตอรี่ 1 ก้อน ใช้สำหรับหล่อเลี้ยงวงจรของเครื่อง (Circuitry supplying) และอีก 1 ก้อน ใช้สำหรับเป็นแหล่งปล่อยกระแสไฟฟ้า (Injection current) และสามารถเชื่อมต่อแบตเตอรี่จากภายนอกขนาด 12 โวลท์ (แบตเตอรี่รถยนต์) ได้
- สำหรับการส่งกระแสไฟฟ้าลงไปในพื้นดิน เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะนี้ ใช้ตัวแปลงภายใน (Internal converter) ซึ่งจะแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 12 โวลท์ ของแบตเตอรี่ (จากภายในหรือภายนอก) ให้มีค่ามากขึ้น
- การควบคุมการทำงานทั้งหมดจะทำผ่านแผงควบคุมที่อยู่ด้านหน้าของเครื่อง
- การตรวจวัดค่าของเครื่องสำรวจจะเป็นแบบอัตโนมัติ โดยผ่านการควบคุมจากหน่วยประมวลผลกลาง (Microprocessor) โดย
 - มีการปรับแก้ค่าโพลาไรเซชันแบบเกิดขึ้นเอง (Spontaneous polarization, Sp) โดยอัตโนมัติ
 - การจัดลำดับอัตโนมัติ (Automatic ranging)
 - มีระบบการปรับค่า Digital stacking เพื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณ
 - แสดงค่าผิดพลาดขึ้นที่หน้าจอของเครื่องสำรวจ ในกรณีเกิดปัญหาขณะดำเนินการสำรวจ
- ตัวแปรต่างๆ เช่น ความเข้มของสัญญาณ (Intensity) ศักย์ไฟฟ้า (Voltage) ตัวแปรทางเรขาคณิต (Geometrical parameters) ตลอดจนหมายเลขจุดสำรวจ เป็นต้น จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง ข้อมูลเหล่านี้สามารถโอนถ่ายมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยผ่านสาย Serial link
- เครื่องสำรวจนี้รวมแหล่งพลังงานเข้าไว้ด้วยกัน ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) และตัวรับสัญญาณ (Receiver) จะอยู่ในที่เดียวกัน
- เซลล์แห้งลิเทียมอายุการทำงาน 10 ปี ถูกติดตั้งอยู่ที่หน่วยประมวลผลกลาง ทั้งนี้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานหล่อเลี้ยงวงจร ป้องกันการสูญหายของข้อมูลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำของเครื่อง ในกรณีที่แบตเตอรี่หมดหรือแบตเตอรี่ไม่เพียงพอ
- แบตเตอรี่ภายใน จะสามารถทำการสำรวจได้ประมาณ 10 ชั่วโมง(กรณีแบตเตอรี่ใหม่) ส่วนแบตเตอรี่ภายนอก (ขนาด 40 แอมแปร์-ชั่วโมง) จะสามารถทำการสำรวจได้ประมาณ 12 ชั่วโมง
- เครื่องสำรวจรุ่น SYSCAL นี้ ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับการสำรวจในระดับความลึกปานกลาง สามารถใช้ได้ในงานวิศวกรรมโยธาต่างๆ และงานด้านน้ำบาดาล เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ เช่น การหาความลึกถึงชั้นหิน การหาตำแหน่งของหินผุ การแยกชั้นดินเหนียวกับชั้นกรวด การหาความลึกและความหนาของชั้นหินให้น้ำระดับตื้น การควบคุมน้ำเค็ม และการติดตามเฝ้าระวังด้านการปนเปื้อน

2. ส่วนประกอบของแผงควบคุม

สำหรับเครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้านี้ การควบคุมการทำงานทั้งหมดจะทำผ่านแผงควบคุม (Panel) ที่อยู่ด้านหน้าของเครื่อง ในส่วนของแผงควบคุมนี้จะประกอบด้วย (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของแผงควบคุม ของเครื่องสำรวจ SYSCAL R-1 Plus

1. หน้าจอ LCD เป็นจอแสดงผลแบบ 2 แถว สามารถแสดงตัวเลขและตัวอักษรได้ 20 ตัว
2. แป้นพิมพ์ 16 ปุ่ม ซึ่งประกอบด้วย แป้นพิมพ์กำหนดฟังก์ชัน (Function keypad) และ แป้นพิมพ์ตัวเลข (Numeric keypad)
 - แป้นพิมพ์กำหนดฟังก์ชัน ใช้สำหรับตั้งค่าการทำงานของเครื่อง การเริ่มการวัดค่าและหยุดการวัดค่าของเครื่อง รวมทั้งการจัดการหน่วยความจำภายใน
 - แป้นพิมพ์ตัวเลข ใช้สำหรับตั้งค่าข้อมูลที่เป็นตัวเลข เช่น หมายเลขจุดสำรวจ ความยาวของแนวสำรวจ เป็นต้น
3. ช่องเชื่อมต่อ Tx สำหรับชาร์ตแบตเตอรี่ของตัวปล่อยกระแสไฟฟ้า
4. ช่องเชื่อมต่อ 2 ช่อง สำหรับเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่จากภายนอก
5. สัญญาณไฟเตือนสำหรับแบตเตอรี่ของตัวส่งกระแสไฟฟ้า
6. ปุ่มเปิดและปิดเครื่องสำรวจ
7. ปุ่มเลือกการใช้แบตเตอรี่ ระหว่างแบตเตอรี่จากภายนอกและแบตเตอรี่จากภายในเครื่องสำรวจ
8. ช่องเชื่อมต่อ Rx สำหรับชาร์ตแบตเตอรี่ของระบบเครื่อง
9. ขั้วเชื่อมต่อแบบ 3 เข็ม (Three pins plug) สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
10. ช่องตะปูเกลียวระบายอากาศ (Ventilation screw) ส่วนประกอบนี้ใช้สำหรับปล่อยแก๊สที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะที่ทำการชาร์ตแบตเตอรี่ ในกรณีที่แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ดังนั้นในระหว่างการชาร์ตแบตเตอรี่ ผู้ใช้งานจะต้องหมุนคลายตะปูเกลียวระบายอากาศออกเล็กน้อย (ซึ่งในรูตะปูเกลียวจะมีตัวล็อกไม่ให้ตะปูเกลียวหลุดออกมาจากแผงควบคุม) ตะปูเกลียวระบายอากาศนี้ จะต้องถูกหมุนให้แน่นในขณะที่ปฏิบัติงานในภาคสนาม เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้าไปในวงจร

11. ช่องสำหรับเชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้า A และ B สำหรับขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า M และ N สำหรับขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

3. วิธีการใช้เครื่องมือสำรวจ

เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรุ่น SYSCAL R-1 Plus นี้ มีโหมดการทำงานหลายโหมด ขึ้นกับการใช้งาน และวัตถุประสงค์ของการสำรวจ ซึ่งรายละเอียดของการทำงานในโหมดต่างๆ สามารถศึกษาได้จากคู่มือการใช้งานของเครื่องสำรวจนี้ สำหรับวิธีการใช้เครื่องสำรวจที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นขั้นตอนการใช้เครื่องสำรวจ SYSCAL R-1 Plus เพื่อสำรวจหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (รูปที่ 3.3) เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาของสำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะโดยเครื่อง IRIS รุ่น SYSCAL R-1 Plus เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง

1. วางเครื่องสำรวจในบริเวณที่ต้องการสำรวจ โดยควรวางไว้บริเวณที่แห้ง และไม่ควรให้เครื่องได้รับแสงแดดโดยตรง
2. เชื่อมต่อเครื่องสำรวจเข้ากับขั้วไฟฟ้า โดยใช้ช่องเชื่อมต่อ A B M และ N โดยช่องเชื่อมต่อ A และ B สำหรับขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า M และ N สำหรับขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า
3. ทำการเลือกว่าจะใช้แบตเตอรี่จากภายในหรือภายนอกเครื่องสำรวจ ถ้าใช้แบตเตอรี่ภายในเครื่อง ให้สวิตช์ปุ่มมาที่ “INT” ถ้าใช้แบตเตอรี่จากภายนอกเครื่องสำรวจ ให้สวิตช์ปุ่มมาที่ “EXT”
4. ทำการเปิดเครื่อง โดยสวิตช์ปุ่มไปที่ “ON”
5. เช็คแบตเตอรี่ โดยกดที่ปุ่ม “BATT”
6. ทำการเลือกโหมดการทำงานของเครื่องสำรวจโดยกดที่ปุ่ม “MODE” ซึ่งแต่ละโหมดมีรูปแบบของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกไปแตกต่างกัน

7. กดที่ปุ่ม “SET UP” เพื่อทำการตั้งค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาของเครื่องสำรวจ การตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องสำรวจ จะสามารถตั้งค่าได้ก็ต่อเมื่อกดปุ่ม “MODE” ในขั้นตอนที่ 6 แล้วเลือก โหมด Rho หรือ Rho and IP เท่านั้น
8. กดที่ปุ่ม “CONFIG” เพื่อเลือกอุปกรณ์หรือชนิดของตัวแปรซึ่งจะแสดงระหว่างการสำรวจ
9. เลือกรูปแบบการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้า โดยกดที่ปุ่ม “E. ARRAY”
10. หลังจากทีเลือกรูปแบบการวางตำแหน่งของขั้วไฟฟ้าแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “SPACING” เพื่อกำหนด ตัวแปรที่เป็นตัวเลขต่างๆ
11. ก่อนที่จะทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปยังพื้นดิน ให้กดที่ปุ่ม “RS CHECK” เพื่อตรวจสอบ การเชื่อมต่อระหว่างขั้วไฟฟ้ากับเครื่องสำรวจ
12. กดที่ปุ่ม “MONITOR” เพื่อตรวจสอบระดับของสัญญาณรบกวน ระหว่างขั้ววัดความต่าง ศักย์ไฟฟ้า (MN) ก่อนที่จะทำการวัดค่า
13. เมื่อตั้งค่าต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม “START” เพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าลงสู่พื้นดิน
14. หลังจากทีปล่อยกระแสไฟฟ้าเสร็จแล้ว กดปุ่ม “RESULT” เพื่อแสดงค่าที่ได้จากการสำรวจ
15. บันทึกค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่ได้ลงในตารางบันทึกค่า (รูปแบบของตาราง บันทึกค่า สามารถดูได้จากมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล) หรือบันทึกไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง โดยกดที่ปุ่ม “MEMORY” จากนั้นทำการย้ายขั้วไฟฟ้าไปตามระยะที่ต้องการ
16. ข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องสำรวจ สามารถโอนถ่ายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยผ่านสายเชื่อมต่อ RS232 ซึ่งการโอนถ่ายข้อมูลนี้จะควบคุมโดยปุ่ม “SERIAL LINK”
17. เมื่อทำการสำรวจเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการปิดเครื่องสำรวจ โดยสวิตช์ปุ่มไปที่ “OFF” และนำค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่ได้ไปแปลความหมายต่อไป

3.1.2 เครื่อง SuperString™ R8/IP

เครื่องสำรวจ SuperString โดยหลักแล้วออกแบบมาสำหรับการสำรวจ Resistivity imaging แต่ก็สามารถใช้เป็นเครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และการเหนี่ยวนำโพราไรเซชัน (IP) สำหรับการหาค่าการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง สำหรับเครื่องสำรวจ SuperString แบบ 8 ช่องสัญญาณนี้ (รูปที่ 3.4) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะบนผิวดิน โดยมีช่องรับสัญญาณทั้งหมด 8 ช่อง ดังนั้น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของการปล่อยกระแสไฟฟ้าแต่ละครั้งระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 9 สามารถวัดได้ในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 3.4 เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ SuperStringTM R8/IP

1. คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่อง

- เครื่อง SuperString เป็นเครื่องมือสำรวจแบบ Multi-electrode systems สามารถใช้ได้กับหลักขั้วไฟฟ้าจำนวนมาก โดยปกติประมาณ 20-100 หลัก
- ใช้แบตเตอรี่กระแสตรงจากภายนอกเครื่อง ขนาด 12 โวลต์ โดยมีช่องรับสัญญาณ 8 ช่องภายใน และตัวปล่อยกระแสไฟฟ้า 1 ตัว
- การควบคุม การแสดงผล และตัวเชื่อมต่อ ทั้งหมดตั้งอยู่บนแผงควบคุม
- ข้อมูลในหน่วยความจำจะไม่สูญหายเมื่อเครื่องมือปิดตัวลง หรือไม่ได้เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่
- เครื่องสำรวจนี้มี Electrode switching system อยู่ 2 ประเภท คือ Distributed switching system และ Central switching system โดยเครื่องสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท
- เพื่อเป็นการประหยัดแบตเตอรี่ เครื่องจะทำการปิดตัวลงโดยอัตโนมัติหากไม่มีการทำงานผ่านแป้นพิมพ์ภายใน 5 นาที การปิดตัวของเครื่องโดยอัตโนมัตินี้จะไม่ทำให้ข้อมูลหรือการตั้งค่าต่างๆ สูญหาย ระยะเวลาของการปิดตัวของเครื่องสามารถตั้งค่าได้ระหว่าง 1-60 นาที
- Power supply จะถูกใช้เมื่อเครื่อง SuperString ถูกใช้ในสำนักงาน ตัวอย่างเช่น ถูกเชื่อมต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับโอนถ่ายข้อมูล Command file upload หรือ Flash memory upload
- ไฟล์ของเครื่อง SuperString มีทั้งหมด 5 นามสกุล ดังนี้
 - Firmware software มีนามสกุลเป็น .agi
 - Command file มีนามสกุลเป็น .cmd
 - Data file มีนามสกุลเป็น .stg
 - Calibration file มีนามสกุลเป็น .crs
 - Binary file มีนามสกุลเป็น .bin

■ ห้ามใช้เครื่องในขณะที่ใกล้จะมีฝนฟ้าคะนอง หรือในขณะที่ฟ้าร้อง ก่อนที่จะเริ่มการทำงานของเครื่อง ต้องแน่ใจว่าไม่มีใครสัมผัสกับสายเคเบิลหรือหมุดหลักไฟฟ้า

2. ส่วนประกอบของแผงควบคุม

เครื่อง SuperSting เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของผิวโลก การควบคุม การแสดงผล และตัวเชื่อมต่อ ทั้งหมดตั้งอยู่บนแผงควบคุมด้านหน้า ซึ่งในส่วนของแผงควบคุมนี้ประกอบด้วย (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของแผงควบคุม ของเครื่องสำรวจ SuperString™ R8/IP

1. ตัวเชื่อมต่อแหล่งพลังงาน
2. Fuse holder
3. ปุ่มเปิดปิดเครื่อง
4. ปุ่มใช้ให้แสงสว่างของหน้าจอระหว่างสภาพแสงต่ำ
5. ตัวเชื่อมต่อสำหรับตัวส่งสัญญาณภายนอก
6. แสดงแสดงสำหรับโหมดหลักและโหมดสนับสนุน
7. ตัวเชื่อมต่อสำหรับการสื่อสารกับสัญญาณภายนอก รวมทั้งใช้สำหรับ Firmware upload
8. หน้าจอ LCD ขนาด 16 บรรทัด บรรทัดละ 30 ตัวอักษร
9. แป้นพิมพ์
10. ตัวเชื่อมต่อสำหรับ Swift cable 1 และ 2 หรือเพื่อเชื่อมต่อ Switch boxes 1 และ 2
11. ช่องเชื่อมต่อสำหรับขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (A และ B)
12. ช่องเชื่อมต่อสำหรับขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (M และ N)
13. ขั้วปลายสายไฟฟ้าทดสอบ
14. ตัวเชื่อมต่อ ใช้สำหรับ Serial communication กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้สำหรับ Data download และ Command file upload
15. เป็นตัวเชื่อมต่อสำหรับการพัฒนาในอนาคต

3. วิธีใช้เครื่องมือสำรวจ

เครื่องสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรุ่น SuperString™ R8/IP นี้ มีโหมดการทำงานหลายโหมดขึ้นกับการใช้งาน และวัตถุประสงค์ของการสำรวจ เช่นเดียวกับเครื่อง IRIS รุ่น SYSCAL R-1 Plus ซึ่งรายละเอียดของการทำงานและการตั้งค่าต่างๆ สามารถศึกษาได้จากคู่มือการใช้งานของเครื่องสำรวจนี้ สำหรับการใช้เครื่องสำรวจ SuperString™ R8/IP เพื่อการสำรวจอุทกธรณีวิทยาของสำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลนั้น นิยมใช้สำรวจสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง และใช้สำรวจสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ

การสำรวจแบบ 1 มิติ

ในการใช้เครื่อง SuperString™ R8/IP สำหรับการสำรวจแบบ 1 มิตินั้น นิยมใช้สำรวจเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง (รูปที่ 3.6) โดยมีขั้นตอนการใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.6 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 1 มิติ โดยเครื่อง SuperString™ R8/IP เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง

1. วางเครื่องสำรวจในบริเวณที่ต้องการสำรวจ โดยควรวางไว้บริเวณที่แห้ง และไม่ควรให้เครื่องได้รับแสงแดดโดยตรง
2. เชื่อมต่อเครื่องสำรวจเข้ากับหลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลัก
3. เชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องสำรวจ จากนั้นทำการเปิดเครื่อง โดยสวิตช์ปุ่มมาที่ตำแหน่ง I
4. กดปุ่มหมายเลข 6 เพื่อเข้าไปยัง “System settings” จากนั้นกดปุ่มหมายเลข 1 สำหรับการตั้งค่า
5. กดปุ่ม F2 จนกระทั่งคำว่า FACTORY แสดงบนหน้าจอ ค่าทั้งหมดของ FACTORY เป็นค่าเริ่มต้นที่ถูกตั้งค่าไว้แล้ว ซึ่งค่าเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้สำรวจต้องการ

6. เมื่อทำการตั้งค่าที่ FACTORY เสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม F3 เพื่อบันทึกค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นกดปุ่ม MEN 2 ครั้ง เพื่อกลับไปยัง “Main menu”
7. กดปุ่มหมายเลข 2 เพื่อเข้าไปยัง “Manual mode” จากนั้นเลือกรูปแบบการจัดวางหลัก ขั้วไฟฟ้าที่ต้องการ
8. กดปุ่มหมายเลข 2 สำหรับสร้างไฟล์เพื่อเป็นที่เก็บข้อมูล
9. กดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อทำการตั้งชื่อไฟล์ ตัวอักษรหรือตัวเลขสามารถใช้สำหรับตั้งชื่อไฟล์ได้ แต่ห้ามเกิน 8 ตัว
10. ทำการกำหนดค่าระยะ AB และ MN จากนั้นตรวจสอบดูแนวสำรวจว่ามีความเรียบร้อยและไม่มีใครสัมผัสขั้วไฟฟ้า
11. กดปุ่ม MEA เพื่อทำการวัดค่า ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงบนหน้าจอ LCD โดยค่าที่ได้จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำโดยอัตโนมัติ และสามารถโอนถ่ายข้อมูลมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ในภายหลังได้
12. เมื่อบันทึกค่าเรียบร้อยแล้ว ย้ายขั้วไฟฟ้าไปตามระยะที่ต้องการ ทำการกำหนดค่า AB และ MN จากนั้นกดปุ่ม MEA เพื่อทำการวัดค่า ทำเช่นนี้จนกว่าจะเสร็จสิ้นตามระยะที่ต้องการสำรวจ
13. เมื่อสำรวจเสร็จสิ้นแล้ว ทำการปิดเครื่อง โดยสวิตช์ปุ่มมาที่ตำแหน่ง O และนำค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่ได้ไปแปลความหมายต่อไป

การสำรวจแบบ 2 มิติ

ในการใช้เครื่อง SuperString™ R8/IP สำหรับการสำรวจแบบ 2 มิตินั้น (รูปที่ 3.7) มีขั้นตอนการใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 2 มิติ โดยเครื่อง SuperString™ R8/IP

1. ทำการสร้าง Command file แล้วโอนถ่ายไปยังหน่วยความจำของเครื่อง SuperSting สำหรับวิธีการสร้างและโอนถ่าย Command file นั้น สามารถอ่านได้ในคู่มือการใช้เครื่องสำรวจ
2. ทำการเชื่อมต่อเครื่องสำรวจ สายเคเบิล ขั้วไฟฟ้า และ Switch box เข้าด้วยกัน
3. กดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเข้าไปยัง “Automatic mode” จากเมนูหลัก เพื่อเตรียมสำหรับการสำรวจแบบอัตโนมัติ จากนั้นกดปุ่มหมายเลข 2 สำหรับสร้างไฟล์เพื่อเป็นที่เก็บข้อมูล พร้อมกับตั้งชื่อไฟล์
4. เลือก Command file ที่ทำการโหลดไว้แล้ว
5. เลือกหน่วยของการสำรวจ (ฟุตหรือเมตร)
6. กำหนดค่าระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า
7. กำหนดค่าพิกัด x, y และ z สำหรับขั้วไฟฟ้าหลักแรกของแนวสำรวจ
8. กดปุ่ม ENTER เพื่อเริ่ม Command line = 1 ซึ่งหมายความว่าเครื่อง SuperSting จะเริ่มที่ First command line ใน Command file ถ้าหากต้องการเริ่มที่จุดอื่นที่ไม่ใช่แนวที่ 1 ใน Command file สามารถพิมพ์ตัวเลขของแนวที่ต้องการได้
9. เลือกการสำรวจแบบ Roll-along ถ้าหากต้องการสำรวจแบบ Roll-along ให้กดที่ปุ่ม + หากไม่ต้องการให้กดที่ปุ่ม - การสำรวจแบบ Roll-along เป็นเทคนิคการสำรวจซึ่งจะใช้เมื่อแนวสำรวจมีความยาวมากกว่าสายเคเบิล
10. กดปุ่ม ENTER เพื่อทำการตั้งค่าต่อ หรือกดปุ่ม MEN เพื่อออกจากการตั้งค่า การตั้งค่าของแนวการสำรวจที่ 2 จะเหมือนกับการตั้งค่าของแนวการสำรวจแรก ดังนั้น ถ้าเป็นแนวการสำรวจที่ 2 ค่าต่างๆ ได้ถูกกำหนดไว้แล้ว จึงสามารถออกจากการตั้งค่าได้ โดยกดปุ่ม MEN แต่ถ้าเป็นการตั้งค่าของแนวสำรวจแรกให้กดปุ่ม ENTER เพื่อทำการตั้งค่าต่อไป
11. กดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเข้าไปยัง Switch box ถ้าหากมีการใช้ Switch box 1 หรือมากกว่า 1 เครื่อง ต้องทำการเลือกประเภทของ Switch box ที่กำลังจะใช้ในการสำรวจ กดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเพิ่ม Switch box และกดปุ่ม + และ - เพื่อเลือกประเภทของ Switch box เมื่อเสร็จแล้วให้กดปุ่ม MEN
12. ทำการกำหนดช่วงของสายเคเบิลและขั้วไฟฟ้าที่กำลังจะทำการสำรวจ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากมีขั้วไฟฟ้าทั้งหมด 56 ขั้ว ก็สามารถแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 14 หลักขั้วไฟฟ้า ในการกำหนดก็จะเป็นดังนี้ 1-14, 15-28, 29-42 และ 43-56 ซึ่งเรียกว่า Cable address โดยเครื่องสำรวจจะใช้ Cable address ในการสำรวจแบบ Roll-along เมื่อกำหนดค่าแล้ว กดปุ่ม MEN
13. จากนั้นกำหนดการวัดค่า เลือก Factory default setting โดยกดปุ่มหมายเลข 9 จนกระทั่งคำว่า FACTORY ปรากฏขึ้นบนหน้าจอ จากนั้นกดปุ่ม MEN
14. จากนั้นเมนู Contact resistance test จะปรากฏขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าหลักขั้วไฟฟ้าแรกจนถึงหลักขั้วสุดท้ายและสายเคเบิลได้ทำการเชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้ว โดยกดปุ่ม F1 จากนั้นกดปุ่ม MEN เมื่อการทดสอบได้เสร็จสิ้นลง
15. กดปุ่ม MEA เพื่อทำการสำรวจ
16. เมื่อสำรวจเสร็จสิ้นแล้ว ทำการปิดเครื่อง โดยสวิตช์ปุ่มมาที่ตำแหน่ง O และนำค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่ได้ไปแปลความหมายต่อไป

3.2 เครื่องมือสำหรับสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ในปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มีการใช้เครื่องมือสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เป็นเครื่องสำรวจแบบ Electromagnetic conductivity หรือ Terrain conductivity รุ่น EM-34 (รูปที่ 3.8) ซึ่งผลิตโดยบริษัท Geonics Limited ประเทศออสเตรเลีย

เครื่องสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารุ่น EM 34 นี้เหมาะสำหรับใช้สำรวจในงานด้านการสำรวจทำแผนที่ด้านธรณีวิทยา หรืองานสำรวจด้านการปนเปื้อนในน้ำบาดาล โดยการสำรวจจะวัดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าบนพื้นผิว (Terrain Conductivity) ซึ่งจะไม่ใช้ขั้วไฟฟ้าปักลงไปในดิน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Inductive Methods โดยผลการวัดจะออกมาเป็นหน่วย millisiemens/metre (mS/m)

การสำรวจจะทำได้ในทุกสภาพพื้นผิว ทั้งในบริเวณพื้นที่ที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูงเช่น เป็นชั้นกรวดหรือชั้นทรายเป็นต้น โดยในการสำรวจจะใช้คนประมาณ 2-3 คน โดยสามารถทำการสำรวจได้ถึงความลึก 200 เมตร สามารถประยุกต์ใช้สำรวจในงานที่หลากหลาย เช่น งานสำรวจวิเคราะห์จำแนกชั้นกรวดทราย และชั้นหิน งานติดตามการปนเปื้อนในน้ำบาดาล งานสำรวจทางธรณีวิทยาและวิเคราะห์โครงสร้างรอยเลื่อน รอยแตกในชั้นหิน ตลอดจนงานสำรวจด้านโบราณคดี เป็นต้น

ข้อดีของการใช้เครื่องมือสำรวจสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำรวจ คือ สามารถทำการสำรวจได้รวดเร็วกว่าการสำรวจแบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า มีความถูกต้องแม่นยำสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เหมาะสมสำหรับงานสำรวจทางธรณีเทคนิคและงานด้านการติดตามการปนเปื้อนในน้ำบาดาล



ก. Transmitter and Receiver Console



ข. Transmitter and Receiver Coil

รูปที่ 3.8 (ก)-(ข) อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องมือสำรวจ EM-34

1. คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่อง

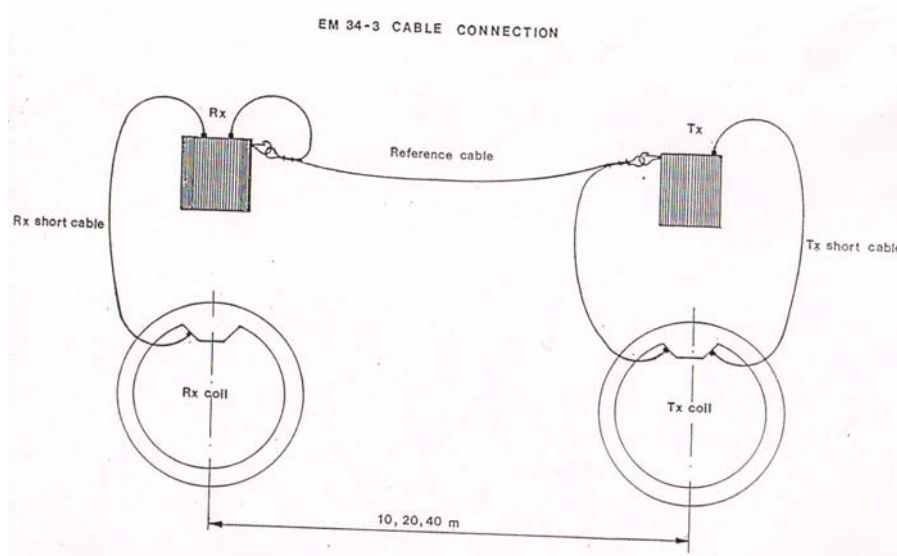
- เป็นเครื่องมือตรวจวัดค่า Apparent Conductivity ซึ่งเป็นแบบระบบการวัดแบบอิงความถี่ โดยผลการวัดค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้าจะออกมาในหน่วย millicemens per metre (mS/m)
- ชุดเครื่องมือประกอบด้วยตัวส่งสัญญาณคลื่นเหนี่ยวนำ (Dipole Transmitter) และตัวรับสัญญาณ (Dipole Receiver)
- ชุดเครื่องมือมีน้ำหนักเบา (20.5 กิโลกรัม)
- มีช่วงของการวางระยะห่างของห่วงเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Intercoil Spacing) ที่ระยะต่างๆ ได้แก่
 - ระยะ 10 เมตร ที่ความถี่ 6.4 kHz
 - ระยะ 20 เมตร ที่ความถี่ 1.6 kHz
 - ระยะ 40 เมตร ที่ความถี่ 0.4 kHz
- ช่วงการวัดค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Conductivity Ranges) ที่ 10, 100, 1,000 mS/m
- ความละเอียดของการวัด (Resolution) 0.1 % of full scale
- ความถูกต้องการวัด (Accuracy) $\pm 5\%$ at 20 mS/m
- ระดับคลื่นสัญญาณรบกวน (Noise) 0.2 mS/m (อาจมากกว่านี้ในกรณีอยู่ในบริเวณที่มีสายไฟฟ้าแรงสูง)
- ขนาดของเครื่องมือ
 - Transmitter (Tx) 15.5 X 8 X 26 เซนติเมตร
 - Receiver (Rx) 19 X 13.5 X 26 เซนติเมตร
 - ห่วงเหนี่ยวนำสัญญาณ Receiver & Transmitter coil มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 เซนติเมตร และห่วงเหนี่ยวนำสัญญาณ EM34-3XL Transmitter coil เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 cm.

2. วิธีการใช้เครื่องมือสำรวจ

1. การจัดวางเครื่องมือและการตั้งค่าเริ่มต้น

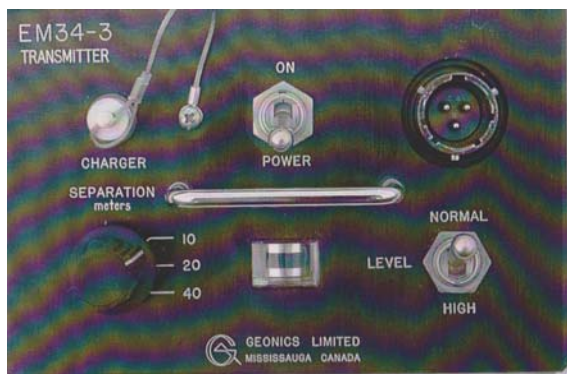
เมื่อเริ่มต้นการสำรวจต้องแน่ใจว่าพื้นที่นั้นต้องปราศจากสิ่งก่อสร้างต่างๆที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ท่อใต้ดิน ตึกอาคาร หรือคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นต้น โดยการจัดวางเครื่องมือเพื่อการสำรวจแสดงไว้ดังรูปที่ 3.9 ขั้นตอนการจัดวางเครื่องมือเพื่อเตรียมก่อนการสำรวจ จะดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- วางเครื่องมือทั้งหมดลงบนพื้น แล้วทำการต่อสายเคเบิล (10, 20 หรือ 30 เมตร) โดยให้ปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับหัวต่อ 8 เซมบนห่วง Transmitter (TX) และปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับหัวต่อ “Reference” บนเครื่อง Receiver
- เชื่อมต่อเครื่อง Transmitter เข้ากับห่วง Transmitter โดยใช้สายเคเบิลสั้น
- ปรับสวิตช์ “LEVEL” บนเครื่อง Transmitter ไปที่ตำแหน่ง “NORMAL”
- จัดตำแหน่งห่วง Transmitter และ Receiver ไปยังระยะห่างที่เลือกไว้ โดยดูที่วงกลมสีแดงบนห่วงซึ่งจะต้องหันไปในทิศทางเดียวกัน
- ปรับสวิตช์ “SEPARATION” ของเครื่อง Transmitter ไปยังค่าที่เลือกไว้ แล้วเปิดเครื่อง Transmitter (ปรับสวิตช์ POWER ไปที่ตำแหน่ง “ON”)



รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อ Transmitter และ Receiver เข้ากับห้วง (Coil)

- ตรวจสอบค่าแบตเตอรี่จากมิเตอร์ที่อยู่บนเครื่อง Transmitter ซึ่งค่าปกติจะอยู่ที่ตำแหน่งสี่ตำแหน่ง ถ้าไม่อยู่ตำแหน่งสี่ตำแหน่งก็แสดงว่าแบตเตอรี่อ่อนหรืออาจขั้วแบตเตอรี่หลวม โดยระหว่างเช็คค่าแบตเตอรี่ควรให้ห้วง Transmitter อยู่ห่างจากวัตถุที่เป็นโลหะ หรือพื้นที่เป็นคอนกรีต
- ทำการเช็คค่าแบตเตอรี่ของเครื่อง Receiver โดยปรับปุ่มสวิทช์ “SEPARATION” ไปที่ตำแหน่ง “BATT+” และปรับปุ่มสวิทช์พลังงานไปที่ตำแหน่ง “POWER ON” ถ้าค่าที่อ่านได้น้อยกว่า $+4.5\text{ V}$ ให้เช็คดูว่าขั้วแบตเตอรี่สะอาดหรือหลวมหรือไม่ ในกรณีที่แบตเตอรี่ใหม่ค่าที่อ่านได้ควรอยู่ระหว่าง $+6.00\text{ V}$
- ปรับสวิทช์ “SEPARATION” ของเครื่อง Receiver ไปยังค่าที่เลือก (รูปที่ 3.10)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.10 แสดงแผงหน้าจอยของเครื่อง Transmitter (ก) และ Receiver (ข)

2. การดำเนินการสำรวจ

ในการดำเนินการสำรวจจะใช้การวางแนวของขดลวดส่งสัญญาณและขดลวดรับสัญญาณ (Transmitter and Receiver Coil) ในทั้ง 2 โหมด คือ Horizontal Dipole Mode (ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับพื้น) กับ Vertical Dipole Mode (ระนาบของขดลวดขนานกับพื้น) ในการสำรวจจะเดินตามแนวทิศทางที่กำหนดไว้ โดยกำหนดระยะห่างของขดลวดทั้งสอง (Intercoil Spacing) เป็นค่าที่ต้องการค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นความลึกที่ต้องการตรวจวัดข้อมูล ค่าที่ทำการตรวจวัดจากเครื่องจะอ่านค่าออกมาเป็นค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ซึ่งจะวัดออกมาในหน่วย mS/m

- ค่าผิดพลาดจากผลการวางแนวและระยะห่างของขดลวดส่ง/รับสัญญาณ (Coil Mis-alignment and spacing error)

ในขณะที่เป็น Horizontal Dipole Mode ซึ่งการจัดตำแหน่งของห้วงที่อาจผิดทิศทางนิดหน่อยแต่ไม่มีผลต่อค่าที่วัดมากนัก โดยจากโหมดนี้ สนามแม่เหล็กอันที่ 2 ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นจะตั้งฉากกับระนาบของห้วง Receiver และค่าผิดพลาด (Error) เล็กน้อยที่เกิดขึ้นจากการที่ทิศทางของห้วงผิดนิดหน่อย (θ) ก็จะทำให้เกิดค่าความนำไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Conductivity) ที่ผิดพลาดเท่ากับ $(1 - \cos \theta)$

ในขณะที่ใช้ Vertical Dipole Mode สนามแม่เหล็กไฟฟ้าอันที่ 2 ที่เกิดขึ้นจะทำมุมประมาณ 45° กับแนวระนาบและทิศทางออกจาก Transmitter ซึ่งในกรณีนี้ค่าผิดพลาด θ จะมากกว่า $(\cos \theta + 45^\circ)$ เนื่องจากจะอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของทิศทางมากกว่าแบบ Horizontal Dipole Mode ดังนั้น ผู้ทำการสำรวจต้องถือห้วงให้ขนานในระนาบเดียวกันตลอดเวลาขณะทำการสำรวจ (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 การสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม

- การรบกวนจากกระแสไฟฟ้า (Electrical Interference)

ในการดำเนินการสำรวจอาจมีโอกาสที่จะถูกรบกวนจากกระแสไฟฟ้า เช่นจากสายไฟแรงสูง จากโรงงานอุตสาหกรรม หรือจากไฟฟ้าจากบรรยากาศ ซึ่งสิ่งรบกวนเหล่านี้จะเห็นได้ชัดจาก การอ่านที่ต่ำลงจาก มิเตอร์อ่านค่า ซึ่งจะต้องนำมาหาค่าเฉลี่ยอีกที

ในพื้นที่ที่สงสัยว่าจะมีสิ่งรบกวน (Noise) เพิ่มขึ้น ควรทำการปรับค่าสวิตช์เครื่องมือที่จะช่วยลดความเข้มของสิ่งรบกวนเหล่านั้น เช่นปรับค่า Conductivity Range ให้สูงขึ้นและเช็คว่าค่าการอ่านจะยังคงเท่าเดิม

3. การอ่านค่า (Taking a Reading)

เครื่องมือสำรวจฯ ที่กำลังทำงาน เครื่องจะทำการอ่านค่าความเหนี่ยวนำพื้นผิวที่ปรากฏ (Apparent Terrain Conductivity) ออกมาในหน่วย mS/m ทั้งในโหมดการอ่านแบบ Vertical Dipole และ Horizontal Dipole ซึ่งได้จากสมการ

$$\alpha_a = \frac{4}{w\mu_0 S^2} \left(\frac{H_s}{H_p} \right)$$

เมื่อ H_p คือ Primary Magnetic Field

H_s คือ Secondary Magnetic Field

W คือ $2\pi f$, f = Frequency (Hz)

μ_0 คือ Permeability of free space

α_a คือ Apparent Conductivity

S คือ ระยะห่างระหว่างขดลวด Tx / Rx

ระยะห่างระหว่างขดลวด Tx กับขดลวด Rx จะเป็นตัวกำหนดระยะความลึกลงใต้ดิน โดยความลึกจะแปรผันตามระยะห่างระหว่างขดลวดทั้งสอง

- ในการวัดค่าแต่ละครั้งผู้ทำการสำรวจจะเคลื่อนที่ไป โดยที่อุปกรณ์สำรวจจะอยู่ที่เดิม ขณะที่ผู้ถือห้วง Receiver จะต้องรักษาระยะโดยให้มิเตอร์ “SEPARATION” มีค่าประมาณ “0” (0 +- 300)

- ปุ่มสวิตช์ “SENSITIVITY RANGE” ควรตั้งค่าให้สอดคล้องกับค่า Conductivity ที่อ่านได้ซึ่งควรให้เกินกว่า 70% ของสเกลสูงสุด

ข้อสำคัญ เพื่อที่จะลดค่าผิดพลาด (Errors) ให้เหลือน้อยที่สุด จำเป็นที่จะต้องให้ระยะห่างของ Transmitter กับห้วงของ Transmitter และเครื่อง Receiver กับห้วงของ Receiver เป็นระยะ 0.7 – 1 เมตร

บทที่ 4 เกร็ดความรู้เพิ่มเติม

การสำรวจธรณีฟิสิกส์เป็นการหาข้อมูลลักษณะทางโครงสร้างทางธรณีวิทยาในระดับพื้นผิว (Sub surface geological structure) โดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินเป็นสิ่งสำคัญ บางกรณีอาจต้องอาศัยความชำนาญในการวางแผนตั้งแต่เริ่มทำการสำรวจและรวมถึงขั้นตอนการแปลความหมายข้อมูลผลการสำรวจ ดังนั้นในบางครั้งอาจต้องอาศัยการเรียนรู้จากเทคนิคและประสบการณ์ของผู้ดำเนินการสำรวจที่มีเทคนิคและประสบการณ์ที่แตกต่างกันออกไป

ในการประมวลผลองค์ความรู้ด้านการสำรวจน้ำบาดาลโดยใช้ธรณีฟิสิกส์ในครั้งนี้ได้รับความเอื้อเฟื้อในการถ่ายทอดองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านงานสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจำนวน 2 ท่าน ได้แก่

1. นายอดิสร จารุรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาล
2. นายเทิดศักดิ์ ทรัพย์ทวีวัง นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ



รูปที่ 4.1 ผู้เชี่ยวชาญงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ขณะถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์

โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ท่านได้ถ่ายทอดเกร็ดความรู้และเทคนิคเกี่ยวกับการปฏิบัติงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ในการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาล ตลอดจนประสบการณ์ที่ได้ผ่านการทำงานด้านนี้มาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รับการถ่ายทอดจากผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกแยะได้เป็นประเด็นปลีกย่อยที่เป็นเกร็ดความรู้สำหรับผู้ปฏิบัติงานสำรวจและการแปลความหมายทางธรณีฟิสิกส์ ดังต่อไปนี้

4.1 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจะมีขั้นตอนการทำงานที่ต้องอาศัยความละเอียดและจะต้องรู้จักสังเกตลักษณะต่างๆประกอบด้วย ในขณะเดียวกันการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในสนามจะต้องมีหลักการในการแปลความหมายที่ถูกต้อง จะทำให้ผลการแปลความหมายมีความถูกต้อง แม่นยำยิ่งขึ้น ดังนั้น ในการปฏิบัติงานสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ควรคำนึงถึงข้อเสนอแนะหรือหลักเกณฑ์เพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. ก่อนทำการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าควรสำรวจข้อมูลสภาพพื้นที่เบื้องต้นจากแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) ก่อน เพื่อดูลักษณะทางธรณีสัณฐาน (Geomorphology) และลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา ที่อาจพบปรากฏในแผนที่ เช่น โครงสร้างแนวเส้น (Linearment) ต่างๆ อาจแสดงให้เห็นสภาพของแนวรอยเลื่อน รอยแยก เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกพื้นที่ หรือบริเวณที่จะดำเนินการสำรวจที่เหมาะสมได้

2. การสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าควรทำการสำรวจหลายๆจุด ไม่ควรทำการสำรวจน้อยจุดแล้วแปลความหมายเลย ซึ่งอาจทำให้ผลการแปลความหมายข้อมูลอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ทางที่ดีควรทำการวางแนวสำรวจให้ครอบคลุมพื้นที่ก่อน แล้วนำผลการสำรวจมาทำการวิเคราะห์ในเชิงการกระจายของข้อมูลเชิงพื้นที่ เมื่อได้บริเวณที่น่าสนใจจึงจะทำการสำรวจเพิ่มเติมในบริเวณนั้นเพิ่มเติมอีก ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจเชิงพื้นที่อาจทำการวิเคราะห์ค่าข้อมูลในแต่ละระดับความลึกแล้วนำมาวมซ้อนกันในแนวดิ่ง พร้อมทั้งวิเคราะห์ในลักษณะการทำเป็นภาพตัดขวาง (Pseudo section) ประกอบด้วย

3. การลากสายไฟสำรวจควรให้ขนานกับทิศทางการวางตัวของชั้นหิน หรือลากสายไฟไปตามแนวภูมิประเทศ กล่าวคือไม่ควรให้เกิดความแตกต่างของระดับความสูงและความแตกต่างทางลักษณะชั้นหินระหว่างหลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ข้าง ซึ่งจะทำให้ผลการสำรวจให้ค่าความถูกต้องของความลึก หรือจุดศูนย์กลางที่ทำการสำรวจอาจผิดเพี้ยนไป

4. ในการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ จะใช้ค่าความต้านทานปรากฏ (Appearance Resistivity) เป็นหลัก ซึ่งจะให้ค่าระดับความลึก และความหนาของแต่ละชั้นดิน ชั้นหิน (Layer) ที่มีความเที่ยงตรงกว่า

5. ในการทำการสำรวจเมื่อค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏที่อ่านได้ยังไม่ข้อผิดพลาด หรือยังสามารถอ่านค่าได้อยู่ ก็ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนระยะขั้วความต่างศักย์ (Potential Electrode) กล่าวคือตามหลักการสำรวจแล้ว ยิ่งขั้วความต่างศักย์แคบเท่าไร จะทำให้ความเที่ยงตรงของระยะความลึกของการสำรวจมีค่าที่เที่ยงตรงมากขึ้น

6. การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีความต้านทานไฟฟ้านี้ ไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีชั้นน้ำเค็ม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ วิธีการสำรวจความต้านทานไฟฟ้านี้ ใช้ได้ไม่ดีกับพื้นที่ที่มีความแตกต่างของคุณสมบัติทางไฟฟ้า ที่มีความแตกต่างกันมาก เพราะจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าไปในชั้นที่มีความนำไฟฟ้าได้ดีกว่าจนไม่สามารถวัดค่าในชั้นที่มีความนำไฟฟ้าต่ำกว่าได้

4.2 การสำรวจสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการสำรวจอีกวิธีหนึ่งที่มีความนิยม เนื่องจากเป็นวิธีสำรวจที่สามารถดำเนินการได้ในเวลาที่รวดเร็ว และครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการสำรวจทางไฟฟ้าวิธีอื่น ทั้งยังใช้บุคลากรในการทำการสำรวจไม่มาก แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อเสนอแนะหรือข้อยกเว้นบางประการที่ควรคำนึงในขณะทำการสำรวจ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการสำรวจมีค่าความถูกต้องในปริมาณที่เชื่อถือได้สูง ในขณะเดียวกัน ในการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจยังต้องอาศัยเทคนิคการแปลที่ถูกต้อง ตลอดจนต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ มาประกอบด้วย ซึ่งข้อเสนอแนะและหลักเกณฑ์การสำรวจที่ควรพิจารณาให้ความสำคัญ ได้แก่

1. ก่อนทำการเริ่มการสำรวจจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือสำรวจโดยการสอบเทียบค่าเครื่องมือ ทั้งนี้เพราะอาจมีการผิดพลาดของอุปกรณ์บางอย่างเกิดขึ้นได้ เช่น อุปกรณ์ส่งสัญญาณ อุปกรณ์ตรวจรับสัญญาณ หรือเครื่องประมวลผลข้อมูล ซึ่งอาจมีผลต่อการส่งหรือรับค่าตรวจรับข้อมูลของอุปกรณ์ส่งและตรวจรับสัญญาณข้อมูลซึ่งนำไปสู่การแปลผลที่ผิดพลาด ทำให้เป็นการเสียเวลาและสิ้นเปลืองงบประมาณไปโดยไม่ได้ประโยชน์

2. เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องยิ่งขึ้น ในการสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอาจจะทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์วิธีอื่นๆร่วมด้วยในบางบริเวณ เช่นสำรวจความต้านทานไฟฟ้าร่วมด้วย หรือบางกรณีอาจทำการเจาะสำรวจด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เพื่อยืนยันผลการสำรวจให้เกิดความถูกต้องมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เพียตาสา สาทรรักษ์, 2550, ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน, ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- บุญรวม สงกรานต์, 2539, การสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ (Airborne Geophysical Surveys),
กองพัฒนาทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่ 2/10) ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้าน
การสำรวจอุทกธรณีวิทยา และแผนที่น้ำบาดาล มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550
โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาระบบน้ำบาดาล
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่ 3/10) ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการ
สำรวจอุทกธรณีวิทยา และแผนที่น้ำบาดาล มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550
โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาระบบน้ำบาดาล
- SYSCAL (v 11.5++) Resistivity-meter with automatic voltage switch, Multi-Electrode
Mode, User's manual, 2005, France
- The SuperStingTM with SwiftTM automatic resistivity and IP system, Instruction Manual,
Advanced Geosciences, Inc., Austin, Texas
- it.geol.science.cmu.ac.th/gs/courseware/.../Geophysics1_Intro.htm
- it.geol.science.cmu.ac.th/gs/staff/pisanu/.../NewBook4x-Electromag.doc
- www.engr.uconn.edu/~lanbo/G228378Lect0510EM1.pdf

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	II-1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของการสำรวจ	II-3
2.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity Method)	II-3
2.1.1 หลักการสำรวจ	II-4
2.1.2 การจัดขั้วไฟฟ้าในการสำรวจ	II-5
2.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ	II-6
2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Method)	II-8
2.2.1 หลักการสำรวจ	II-8
2.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ	II-11
พื้นที่ทดสอบความรู้โดยการนำวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้กับงานวิชาการน้ำบาดาล	II-12
พื้นที่สำรวจที่ 1 ต.บางระกำ จ.พิษณุโลก สำรวจหาชั้นตะกอนหินร่วน ระดับต้นสำหรับเลือกพื้นที่เติมน้ำใต้ดินผ่านระบบสระเติมน้ำ	
1.1 พื้นที่สำรวจ	II-14
1.2 วิธีการสำรวจ	II-14
1.3 วัตถุประสงค์	II-14
1.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	II-14
1.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม	II-16
1.6 การแปลความหมาย	II-18
1.6.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบหยั่งลึก	II-18
1.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบ การสร้างภาพเชิง 2 มิติ	II-19
1.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ	II-22
พื้นที่สำรวจที่ 2 ต.น้ำพอง อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น สำรวจหาชั้นหินอุ้มน้ำ น้ำบาดาลในบริเวณที่มีชั้นน้ำบาดาลเค็ม	
2.1 พื้นที่สำรวจ	II-25
2.2 วิธีการสำรวจ	II-25
2.3 วัตถุประสงค์	II-25

สารบัญ

	หน้า
2.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	II-25
2.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม	II-27
2.6 การแปลความหมาย	II-28
2.6.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบหยั่งลึก	II-28
2.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบ	
การสร้างภาพเชิง 2 มิติ	II-30
2.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ	II-31
พื้นที่สำรวจที่ 3 ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร สำหรับจำแนกความแตกต่างระหว่างตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว สำหรับกำหนดความลึกที่เหมาะสมในการเจาะพัฒนาน้ำบาดาล ระดับต้นความลึกไม่เกิน 50 เมตร	
3.1 พื้นที่สำรวจ	II-33
3.2 วิธีการสำรวจ	II-33
3.3 วัตถุประสงค์	II-33
3.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	II-33
3.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม	II-35
3.6 การแปลความหมาย	II-36
3.6.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบหยั่งลึก	II-36
3.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบ	
การสร้างภาพเชิง 2 มิติ	II-38
3.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ	II-39
พื้นที่สำรวจที่ 4 อ.แม่ทะ จ.ลำปาง สำรวจแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ที่ถูกควบคุมด้วยธรณีวิทยาโครงสร้าง	
4.1 พื้นที่สำรวจ	II-42
4.2 วิธีการสำรวจ	II-42
4.3 วัตถุประสงค์	II-42
4.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	II-42
4.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม	II-45
4.6 การแปลความหมาย	II-47

สารบัญ

	หน้า
4.6.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบหยั่งลึก	II-47
4.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบ การสร้างภาพเชิง 2 มิติ	II-49
4.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ	II-49
พื้นที่สำรวจที่ 5 เกาะพะลวย อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานีสำรวจหาชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่เกาะ	
5.1 พื้นที่สำรวจ	II-53
5.2 วิธีการสำรวจ	II-53
5.3 วัตถุประสงค์	II-53
5.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	II-53
5.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม	II-55
5.6 การแปลความหมาย	II-57
5.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ	II-58
พื้นที่สำรวจที่ 6 ต.หน้าเมือง อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี สำรวจชั้นน้ำบาดาลในตะกอนหินร่วนลูกที่รองรับด้วยชั้นหินแข็งระดับต้น	
6.1 พื้นที่สำรวจ	II-61
6.2 วิธีการสำรวจ	II-61
6.3 วัตถุประสงค์	II-61
6.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	II-61
6.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม	II-63
6.6 การแปลความหมาย	II-65
6.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ	II-69
บทที่ 3 สรุปและข้อเสนอแนะ	II-71
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดิน ชั้นหิน	II-4
รูปที่ 2-2 รูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าตามวิธีของชลัมเบอร์เจอร์	II-5
รูปที่ 2-3 รูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล	II-6
รูปที่ 2-4 (ก)-(ณ) เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	II-7
รูปที่ 2-5 การเกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำและทิศทางการไหลของกระแส	II-9
รูปที่ 2-6 รูปแบบการเกิดการเหนี่ยวนำคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลาง (Klein and Lajoie, 1980)	II-10
รูปที่ 2-7 แสดงรูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณแบบ Horizontal loop EM	II-10
รูปที่ 2-8 เครื่องมือสำรวจ EM MaxMin	II-11
พื้นที่ทดสอบความรู้โดยการนำวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้กับงานวิชาการน้ำบาดาล	
รูปที่ 1-1 สภาพภูมิประเทศ บ้านหนองเขาควาย ตำบลบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	II-14
รูปที่ 1-2 แผนที่ธรณีวิทยา บ้านหนองเขาควาย ตำบลบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	II-15
รูปที่ 1-3 แผนที่น้ำบาดาล บ้านหนองเขาควาย ตำบลบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	II-16
รูปที่ 1-4 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ตัวอย่างการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger	II-17
รูปที่ 1-5 รูปแบบการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบ dipole-dipole	II-17
รูปที่ 1-6 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ จัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole	II-18
รูปที่ 1-7 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบยังลิ๊ก	II-19
รูปที่ 1-8 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) จากผลการสำรวจแบบ 2 มิติ	II-19
รูปที่ 1-9 (ก)-(ฉ) ตัวอย่างชั้นดิน ชั้นหินจากบ่อเจาะสำรวจ	II-20
รูปที่ 1-10 ผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ	II-21
รูปที่ 2-1 พื้นที่ดำเนินการ	II-26
รูปที่ 2-2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของที่ศึกษา	II-27

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-3 ลักษณะทางอุทกธรณีของพื้นที่ศึกษา	II-27
รูปที่ 2-4 แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ตัวอย่างการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger	II-27
รูปที่ 2-5 แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ จัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole	II-27
รูปที่ 2-6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบหยั่งลึก โดยใช้โปรแกรม IP2Win	II-28
รูปที่ 2-7 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) จากผลการสำรวจแบบ 2 มิติ	II-30
รูปที่ 3-1 สภาพภูมิประเทศบ้านคลองตัน ตำบลสำนักขุนเณร กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร	II-33
รูปที่ 3-2 แผนที่น้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษา	II-34
รูปที่ 3-3 (ก)-(ข) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ตัวอย่างการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger	II-35
รูปที่ 3-4 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ จัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole	II-36
รูปที่ 3-5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบหยั่งลึก	II-36
รูปที่ 3-6 ผลสำรวจธรณีฟิสิกส์ บ้านคลองตัน ตำบลสำนักขุนเณร กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร	II-39
รูปที่ 4-1 พื้นที่ดำเนินการ	II-42
รูปที่ 4-2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ	II-43
รูปที่ 4-3 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ	II-45
รูปที่ 4-4 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการหาค่าเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง และแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ในพื้นที่	II-46
รูปที่ 4-5 (ก)-(ข) การสำรวจในภาคสนาม โดยวิธีหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง	II-46
รูปที่ 4-6 (ก)-(ง) การสำรวจในภาคสนาม โดยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ	II-47
รูปที่ 4-8 (ก)-(ฐ) ข้อมูลความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏในรูปของ Pseudo section โดยโปรแกรม Surfer8	II-48

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 9 (ก)-(ง) โพรไฟล์ที่ได้จากการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ	II-49
รูปที่ 5-1 พื้นที่ดำเนินการ	II-53
รูปที่ 5-2 สภาพทางธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา	II-54
รูปที่ 5-3 (ก)-(ง) การสำรวจธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาภาคสนาม	II-55
รูปที่ 5-4 (ก)-(ข) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger	II-56
รูปที่ 5-5 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติในสนาม โดยจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole	II-56
รูปที่ 5-6 แสดงการแปรผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Rinvert	II-57
รูปที่ 5-7 แสดงข้อมูลการสำรวจและการแปรผลข้อมูล โดยใช้โปรแกรม AGI Earth Imager 2D	II-57
รูปที่ 6-1 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา	II-62
รูปที่ 6-2 แผนที่อุทกธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา	II-63
รูปที่ 6-3 แสดงจุดสำรวจธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	II-64
รูปที่ 6-4 แสดงจุดสำรวจธรณีฟิสิกส์ โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin	II-65
รูปที่ 6-5 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (Pseudo section) บ้านมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี	II-66
รูปที่ 6-6 แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ โดยใช้โปรแกรม Rinvert 3.2	II-66
รูปที่ 6-7 แสดงการวิเคราะห์ค่าใน Response parameter diagram บริเวณจุดสำรวจที่ 5-15 บ้านมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี	II-68
รูปที่ 6-8 รูปตัดที่ได้จากการสำรวจ Geophysics Profile บริเวณบ้านมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี	II-69

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี	II-22
ตารางที่ 2-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล	II-28
ตารางที่ 2-2 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี	II-31
ตารางที่ 3-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล	II-37
ตารางที่ 3-2 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี	II-40
ตารางที่ 4-1 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี	II-51
ตารางที่ 5-1 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี	II-58
ตารางที่ 6-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล	II-67
ตารางที่ 6-2 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี	II-70

บทที่ 1

บทนำ

การสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลหรือบริเวณที่มีชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลโดยการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (Surface geophysical survey) เพื่อใช้ในการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลนั้นมีมากมายหลายวิธีด้วยกัน แต่ในการจัดการความรู้ของสำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ประจำปีงบประมาณ 2554 ครั้งนี้ เลือกวิธีการสำรวจด้วยธรณีฟิสิกส์จำนวน 3 วิธี ดังที่ได้กล่าวหลักการและทฤษฎีเบื้องต้นไว้แล้วในส่วนที่ 1 แล้วนั้น เนื่องจากการสะสมตัวของตะกอนชั้นดิน-หิน การวางตัว การแพร่กระจายของชั้นหินน้ำ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการสำรวจภาคสนาม ลักษณะของสภาพภูมิประเทศ ทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่เหมาะสม สามารถสำรวจและแปลความหมายลักษณะการลำดับชั้นตะกอนดิน-หิน เพื่อที่จะสามารถจำแนกชั้นน้ำบาดาลในเบื้องต้นในภาคสนามได้ กำหนดจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสมและนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านน้ำบาดาลอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นในส่วนที่ 2 ของรายงานฉบับนี้จึงได้ทดสอบความรู้โดยการนำวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทั้ง 3 วิธี ออกไปทดสอบในภาคสนามที่มีลักษณะสภาพภูมิประเทศ และสภาพลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่แตกต่างกันไป เช่น การสะสมตัวของของน้ำบาดาลในแบบตะกอนที่ได้จากการพัดพาและสะสมตัวอยู่ตามร่องน้ำเก่าในพื้นที่ภาคกลางตอนบน การสะสมตัวของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็งที่ได้จากรอยแตกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น โดยในแต่ละพื้นที่จะดำเนินการสำรวจเปรียบเทียบวิธีการสำรวจอย่างน้อย 2 วิธีการ โดยคณะทำงานได้คัดเลือกพื้นที่ๆ ทดสอบความรู้จำนวนทั้งสิ้น 6 พื้นที่ ได้แก่

- พื้นที่ 1: ต.บางระกำ จ.พิษณุโลก; สำรวจหาชั้นตะกอนหินร่วนระดับตื้นสำหรับเลือกพื้นที่เติมน้ำใต้ดินผ่านระบบสระเติมน้ำ
- พื้นที่ 2: บ้านหนองหารจาง ม. 8 ต.น้ำพอง อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น; สำรวจหาชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในบริเวณที่มีชั้นน้ำบาดาลเค็ม
- พื้นที่ 3: บ้านหนองบัว ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร; สำหรับจำแนกความแตกต่างระหว่างตะกอนกรวด หินทราย และดินเหนียว สำหรับกำหนดความลึกที่เหมาะสมในการเจาะพัฒนาน้ำบาดาลระดับตื้นความลึกไม่เกิน 50 เมตร
- พื้นที่ 4: อ.แม่ทะ จ.ลำปาง; สำรวจแอ่งตะกอนยุค Tertiary ที่ถูกควบคุมด้วยธรณีวิทยาโครงสร้าง
- พื้นที่ 5: เกาะพะลวย อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี; สำรวจชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่เกาะ เพื่อกำหนดพื้นที่ที่คาดว่าจะมีการสะสมตัวของน้ำบาดาล ตามรอยแตก และรอยต่อระหว่างชั้นหินทรายและหินดินดาน
- พื้นที่ 6: ต.หน้าเมือง อ. เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี; สำรวจชั้นน้ำบาดาลในตะกอนหินร่วนที่รองรับด้วยชั้นหินแกรนิตเนื้อแน่น เพื่อใช้ในการวางแผนการก่อสร้างแนวแกนเขื่อนใต้ดิน

โดยในการสำรวจพื้นที่ 1 ถึง พื้นที่ 5 เลือกใช้วิธีที่จะนำผลการสำรวจมาเปรียบเทียบคือ (1) วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES) และ (2) วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Imagine) แต่ในส่วนของพื้นที่ 6 เลือกใช้วิธีสำรวจระหว่างวิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES) กับวิธีใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ Max-Min (Electromagnetic method) หลังจากนั้นจะทำการแปลผลและเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อย รวมถึงเพื่อหาข้อจำกัดข้อแต่ละวิธี เพื่อสรุปวิธีที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่ภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นหลักการเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกวิธีการสำรวจที่เหมาะสมในการสำรวจต่อไป

บทที่ 2

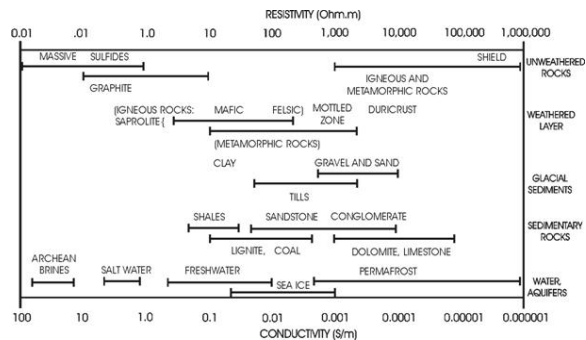
ทฤษฎีและหลักการของการสำรวจ

2.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity Method)

การสำรวจน้ำบาดาลด้วยวิธีการทางธรณีฟิสิกส์ เป็นการสำรวจหาคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ของชั้นหินต่างๆ ใต้ผิวดิน ด้วยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์แบบต่างๆ ทำการสำรวจบนผิวดินเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นหิน ที่ระดับความลึกต่างๆ และจากข้อมูลการสำรวจดังกล่าว จะนำมาแปลค่าและจัดทำเป็น geophysical model ซึ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบกับ geological model ที่ได้จัดเตรียมไว้แล้ว ในขั้นตอนการสำรวจทางธรณีวิทยา ก็พอที่จะกำหนดตำแหน่งความลึกความหนา และลักษณะการแผ่ขยายตัวของชั้นน้ำบาดาลได้ การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ มีหลายวิธี เช่น การสำรวจด้วยวิธี surface electrical-resistivity ,method seismic ,method gravity ,method electro-magnetic method และ magnetic method ในเอกสารนี้จะกล่าวเพียง 2 วิธีคือ การสำรวจด้วยวิธี surface electrical-resistivity method และ การสำรวจด้วยวิธี electro-magnetic method เท่านั้น

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์หรือธรณีกายภาพ (Geophysics Method) เป็นการสำรวจโดยอาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของหินและแร่ประกอบหินเป็นสำคัญ และนำข้อมูลที่ได้มาแปลความหมายถึงคุณสมบัติและสภาพทางธรณีวิทยาของชั้นดินชั้นหินในบริเวณที่ทำการสำรวจ คุณสมบัติทางกายภาพดังกล่าวได้แก่ ความยืดหยุ่น ความหนาแน่น คุณสมบัติทางแม่เหล็ก คุณสมบัติทางไฟฟ้าและระดับของการแผ่กัมมันตภาพรังสี

สภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของดิน-หิน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักๆ 2 ประการคือ 1) การนำไฟฟ้าของน้ำหรือสารละลายที่แทรกอยู่หรือถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือแร่ที่ละลายอยู่ และ 2) ปริมาณของสารละลายที่แทรกหรือกักเก็บอยู่ในช่องว่างซึ่งขึ้นอยู่กับความพรุนของดิน-หิน ขนาดและรูปร่างของช่องว่าง ตลอดจนสถานะที่หินนั้นอยู่ (เหนียวหรือต่ำกว่าระดับน้ำบาดาล) ความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้าจะทำให้เกิดค่าผิดปกติที่สามารถตรวจสอบได้ และค่าผิดปกติที่เกิดขึ้นย่อมสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาใต้พื้นที่สำรวจ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของชนิดหิน หรือโครงสร้างทางธรณีวิทยา (รูปที่ 2-1)



รูปที่ 2-1 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดิน ชั้นหิน

2.1.1 หลักการสำรวจ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินและหินอาศัยคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของชั้นดินและหิน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความชื้นของชั้นดินและหินที่มีน้ำแทรกอยู่ในช่องว่างของเม็ดตะกอนหรือเนื้อหิน คุณสมบัตินี้สะท้อนออกมาเป็นค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Conductivity) และค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity) ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกัน ดังนั้นการตรวจสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินและชั้นหินที่มีสมบัติแตกต่างกันจากการสำรวจ ย่อมแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาใต้พื้นผิวบริเวณที่ทำการสำรวจที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงชนิดของดิน หิน และโครงสร้างทางธรณีวิทยา การสำรวจโดยวิธี surface electrical-resistivity method เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลาย มีความได้เปรียบในด้านที่สามารถค้นหาข้อมูลความกร่อย-เค็ม ของน้ำบาดาลในชั้นน้ำด้วย ทั้งนี้เนื่องจากน้ำกร่อย-น้ำเค็ม มีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity) ต่ำกว่าน้ำจืดมาก ดังนั้นชั้นน้ำบาดาลที่เป็นน้ำบาดาลกร่อย-เค็ม จึงมักจะให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำมากๆ เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นน้ำบาดาลจืด อย่างไรก็ตาม การสำรวจน้ำบาดาลโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ หลายๆ กรณี มีความจำเป็นต้องอาศัย การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีการอื่นๆ ควบคู่ด้วย

การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จะใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Meter) โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านผิวดินลงไปในพื้นที่ดิน-หินผ่านขั้วกระแสไฟฟ้า (Current electrodes) แล้ววัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (ΔV) ด้วยขั้วศักย์ไฟฟ้า (Potential electrodes) เครื่องมือจะนำค่ากระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไปคำนวณกับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ จะเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistance, R) ซึ่งจะแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดของวัตถุตัวกลาง จากความสัมพันธ์นี้เราสามารถคำนวณหาค่าคงที่ (K) จากระยะห่างของขั้วไฟฟ้าทั้งหมดที่ฝังลงบนดิน เมื่อนำมาคำนวณกับค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่อง จะให้ผลลัพธ์เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ρ) ของแต่ละระดับความลึก จากสมการค่าความต้านทานไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม (Ohm laws)

$$R = \Delta V / I \quad (1)$$

เมื่อ R คือความต้านทานไฟฟ้า (Resistances), [มิลลิโอห์ม]

V คือความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส, [มิลลิโวลต์]

I คือค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวกลาง, [มิลลิแอมแปร์]

ดังนั้นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ρ) = KR หน่วยเป็นโอห์ม-เมตร โดยค่า K เป็นค่าคงที่ (Constant) เรียกว่า Geometric factor ซึ่งคำนวณจากระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าจากจุดกึ่งกลาง โดยค่า K จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า หรือตามรูปแบบการจัดขั้วไฟฟ้า (Electrode configuration)

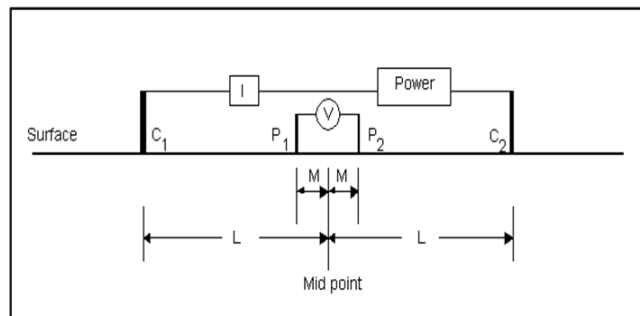
2.1.2 การจัดขั้วไฟฟ้าในการสำรวจ

วิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้า (pegging procedures or electrode configurations or electrode arrays or electrode layouts) คือวิธีการจัดหลักขั้วไฟฟ้า (electric poles) ซึ่งโดยทั่วไป การสำรวจโดยวิธี resistivity method จะมีหลักหรือขั้วไฟฟ้า ซึ่ง ประกอบด้วยขั้วกระแส หรือ current electrodes 2 ขั้ว (คือ C1 และ C2) และ potential electrodes อีก 2 ขั้ว (คือ P1 และ P2) วิธีการจัดวางหลักในการสำรวจปัจจุบันเท่าที่รวบรวมได้ มี 7 วิธีด้วยกัน แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวเพียง 2 วิธีเท่านั้น ที่ได้รับความนิยมในการใช้ในการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดังได้กล่าวไว้แล้วในส่วนที่ 1 (Part I) สามารถสรุปคร่าวๆ ดังนี้

1. การจัดแบบ Schlumberger (Schlumberger)

โดยกำหนดให้ระยะ L ระหว่างขั้ว AB มีค่ามาก ๆ เมื่อเทียบกับระยะ b ซึ่งเป็นระยะระหว่างขั้ว MN โดยอย่างน้อย L ต้องมากกว่า 5 เท่าของระยะ b ($L \geq 5b$) (รูปที่ 2-2) ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) จะมีค่าเท่ากับ

$$\rho_a = \pi \frac{(L/2)^2 - (b/2)^2}{b} \frac{V}{I} \quad (2)$$

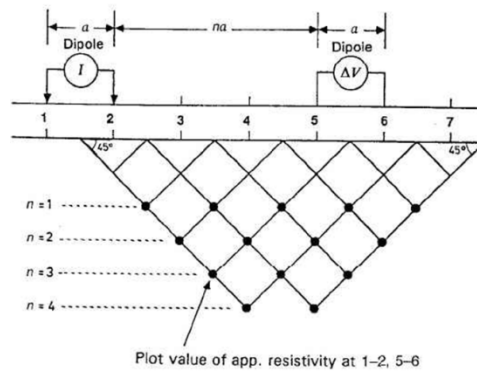


รูปที่ 2-2 รูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าตามวิธีของ Schlumberger

2. การจัดแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole)

โดยกำหนดให้ระยะห่าง AB = MN = a และ ระยะห่างระหว่างชุดของขั้ว AB และ MN = na (รูปที่ 2-3) ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) จะมีค่าเท่ากับ

$$\rho_a = n(n+1)(n+2) \frac{\pi V}{I} \quad (3)$$



รูปที่ 2-3 รูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล

2.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหิน (รูปที่ 2-4) มีดังนี้

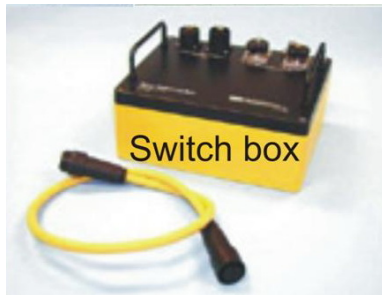
1. เครื่องมือวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity meter) Super Sting R8/IP
2. สายเคเบิลที่ออกแบบเพื่อใช้กับการอ่านแบบหลายขั้ว (Multi-electrode system) จำนวน 4 สาย ความยาวรวม 1,375 เมตร
3. Switch box
4. เครื่องมือวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity meter) IRIS รุ่น SYSCAL R-1 plus
5. ม้วนสายไฟความยาว ม้วนละ 300 เมตร จำนวน 2 ม้วน
6. ค้อนตอกหลัก 4 อัน
7. หลักเหล็ก (Electrode) 56 หลัก
8. วิทยุสื่อสาร 4 เครื่อง
9. เครื่องตรวจวัดค่าพิกัดภูมิศาสตร์พื้นผิวโลกโดยระบบดาวเทียม (GPS)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)



(ณ)

รูปที่ 2-4 (ก)-(ณ) เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Method)

การสำรวจน้ำบาดาลโดยวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยเฉพาะการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลตามโครงสร้างทางธรณีวิทยา ที่มีลักษณะการวางตัวตามแนวยาว เช่น แหล่งน้ำบาดาลตามแนวรอยแตกรอยเลื่อนของชั้นหินแข็ง หรือแหล่งน้ำบาดาลตามแนวลำน้ำเก่า (paleo-channels) ในชั้นหินผุหรือชั้นหินร่วนประเภทอื่นๆ ทั้งนี้แหล่งน้ำบาดาลดังกล่าวจะต้องเป็นแหล่งน้ำระดับตื้น ลึกจากผิวดินไม่เกิน 50 เมตร อาจใช้วิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือคลื่นวิทยุความถี่ต่ำ หรือ very low frequency electro-magnetic (VLF-EM) wave โดยส่วนใหญ่มักเป็นการสำรวจนาร่องเพื่อค้นหาพื้นที่ผิดปกติ (anomaly areas) ในบริเวณพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่ และสำรวจธรณีฟิสิกส์อื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อหาข้อมูลรายละเอียดในพื้นที่ผิดปกตินั้น เช่น การสำรวจโดยวิธี electrical-resistivity method หรือ seismic refraction เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากการสำรวจโดยใช้ EM method สามารถจัดเก็บข้อมูลในสนามได้อย่างรวดเร็ว (แต่ได้ข้อมูลรายละเอียดไม่มากนัก) รวมทั้งสามารถใช้ผู้สำรวจเพียงสองคน ไม่ต้องตอกหลักขั้วไฟฟ้า ไม่ต้องมีแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง และสามารถกำหนดพื้นที่ผิดปกติ ของพื้นที่สำรวจได้ทำให้สามารถตัดพื้นที่บางส่วนออกไป ประหยัดเวลาและงบประมาณค่าใช้จ่ายในการสำรวจ แต่มีข้อด้อยคือความลึกในการสำรวจขึ้นอยู่กับช่วงความถี่ของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ การแปลความหมายค่อนข้างยุ่งยากและต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจสภาพของพื้นที่ๆ จะดำเนินการสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ข้อมูลที่วัดค่าได้มีความไวต่อสิ่งรบกวนภายนอก เช่น การสำรวจในพื้นที่ที่มีสายไฟฟ้า หรือเสาอากาศ ก็จะทำให้เกิดการรบกวนของการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (noises) ไม่สามารถแปลผลข้อมูลได้

2.2.1 หลักการสำรวจ

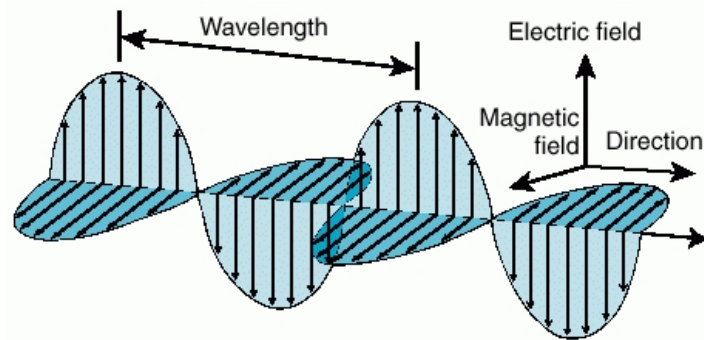
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยเกิดขึ้นในระนาบตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

เมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ เส้นลวด ซึ่งเรียกว่า การเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎมือขวา ซึ่งกฎมือขวากล่าวว่าทิศทางของสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวด อยู่ในแนวนิ้วมือขวาที่กำรอบเส้นลวด โดยที่นิ้วหัวแม่มือชี้ไปตามทิศทางของกระแสในเส้นลวด (รูปที่ 2-5)

$$H = B/\mu$$

เมื่อ H คือ ความเข้มสนามแม่เหล็ก (แอมแปร์/เมตร)

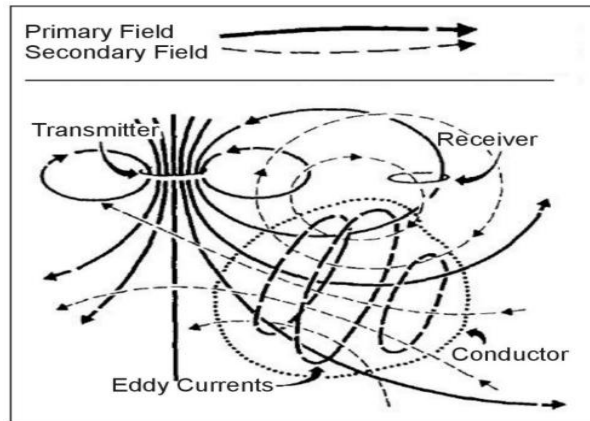
B คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือความเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก



รูปที่ 2-5 การเกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำและทิศทางการไหลของกระแส

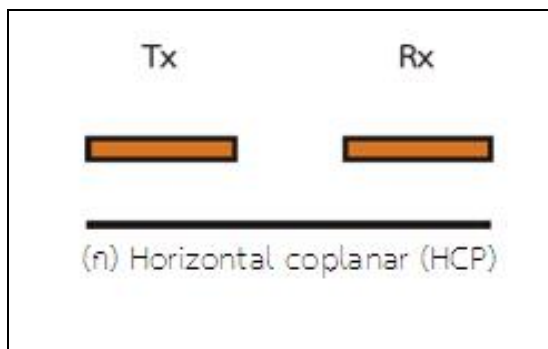
การสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้หลักการสร้างกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดส่งสัญญาณ (Transmitter coil) ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กปฐมภูมิ (Primary magnetic field) และก่อให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โดยการเหนี่ยวนำนี้จะก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นในชั้นดินชั้นหินซึ่งเป็นตัวนำทางไฟฟ้า และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสลับไหลวน (Eddy Current) ไปในตัวกลางนั้นแบบต่อเนื่อง กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอันที่สอง (Secondary Magnetic field) เกิดขึ้น ในทิศทางตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอันแรก (รูปที่ 2-6) และเดินทางมายังขดลวดรับสัญญาณ (Receiver Coil) ขดลวดรับสัญญาณ จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากทั้ง Transmitter (Primary Magnetic field) และสัญญาณกระแสที่เหนี่ยวนำจากชั้นดินชั้นหิน (Secondary Magnetic field) ซึ่งเกิดการรวมกันและแทรกสอดกัน โดยสัญญาณที่ตรวจวัดจะมีขนาดของ Phase และ Amplitude ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขนาดและความสามารถในการแผ่กระจายของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับขนาดพลังงาน ความถี่จากเครื่องส่งกระแสเหนี่ยวนำ (Transmitter) และลักษณะชั้นดินชั้นหินที่เป็นตัวนำไฟฟ้านั้นๆเป็นสำคัญ

การเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลของกระแสเป็นผลจากส่วนประกอบสนามแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่มีความจำเป็นที่ขดลวดส่งสัญญาณและขดลวดรับสัญญาณจะต้องสัมผัสกับพื้นดินโดยตรง การสำรวจวัดค่าแม่เหล็กไฟฟ้าภาคพื้นดินจึงทำได้อย่างรวดเร็วกว่าการสำรวจด้านไฟฟ้าอื่นๆ นอกจากนี้ในการทำการสำรวจ ยังสามารถติดตั้งขดลวดส่งสัญญาณ และขดลวดรับสัญญาณบนเครื่องบินหรือ เฮลิคอปเตอร์ได้ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่ดีกว่าการสำรวจด้านไฟฟ้าซึ่งต้องอาศัยขั้วไฟฟ้า



รูปที่ 2-6 รูปแบบการเกิดการเหนี่ยวนำคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลาง (Klein and Lajoie, 1980)

การสำรวจครั้งนี้เลือกใช้การวัดแบบระบบการวัดแบบอิงความถี่(Frequency-domain electromagnetic, FDEM) คือ ระบบที่ใช้ความถี่ที่เครื่องส่งและเครื่องรับเหมือนกัน แต่เฟสจะต่างกัน และคลื่นจะอยู่ในรูปของ Sinusoidal waveform คือ ขึ้นและลงเท่ากันในรูปแบบของ Sine wave โดยใช้ลักษณะของสัญญาณแบบ Active โดยแหล่งกำเนิดสัญญาณ เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมาแบบประเภท Near-field คือ ตัวส่งสนามแม่เหล็กปฐมภูมิอยู่ใกล้กับตัวรับคลื่น เช่น การสำรวจหาตัวนำไฟฟ้าที่อยู่ในพื้นดิน การจัดรูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณ (Coil configuration) ในครั้งนี้เลือกแบบจัดวางขดลวดสัญญาณแบบ Horizontal loop EM ดังรูปที่ 2-7



(ก)

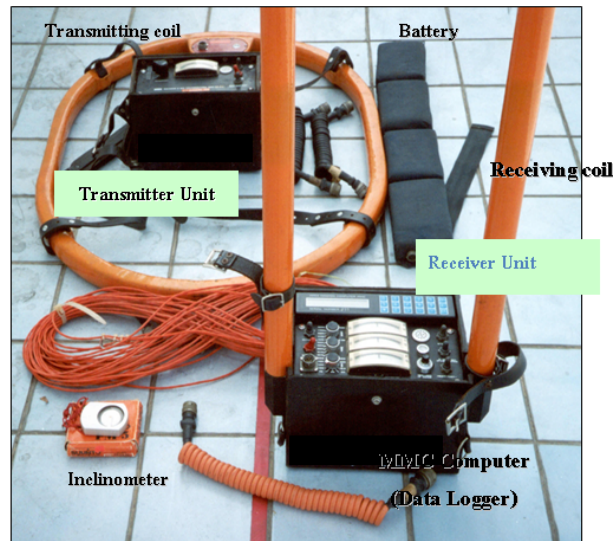


(ข)

รูปที่ 2-7 แสดงรูปแบบการวางตัวของขดลวดสัญญาณแบบ Horizontal loop EM

2.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจวัดค่าคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหิน (รูปที่ 2-8) มีดังนี้



รูปที่ 2-8 เครื่องมือสำรวจ EM MaxMin

พื้นที่ทดสอบความรู้
โดยการนำวิธีการสำรวจกรณีฟิลิกส์ มาประยุกต์ใช้กับงาน
วิชาการน้ำบาดาล

พื้นที่สำรวจที่ 1

ต.บางระกำ จ.พิษณุโลก

สำรวจหาชั้นตะกอนหินร่วนระดับต้นสำหรับเลือกพื้นที่เติมน้ำใต้ดินผ่านระบบสระเติมน้ำ

1.1 พื้นที่สำรวจ

บ้านหนองเขาควาย ตำบลบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก (โครงการเติมน้ำใต้ดินด้วยระบบสระเติมน้ำ)

1.2 วิธีการสำรวจ

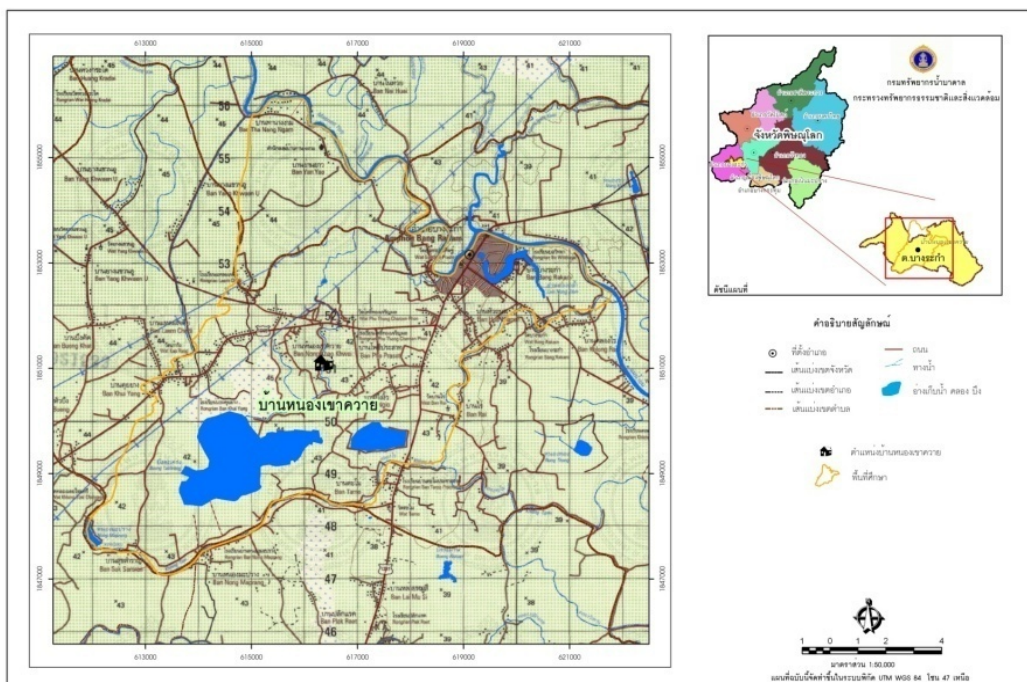
- วิธีวัดค่าสภาพต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES)
- วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Imagine)

1.3 วัตถุประสงค์

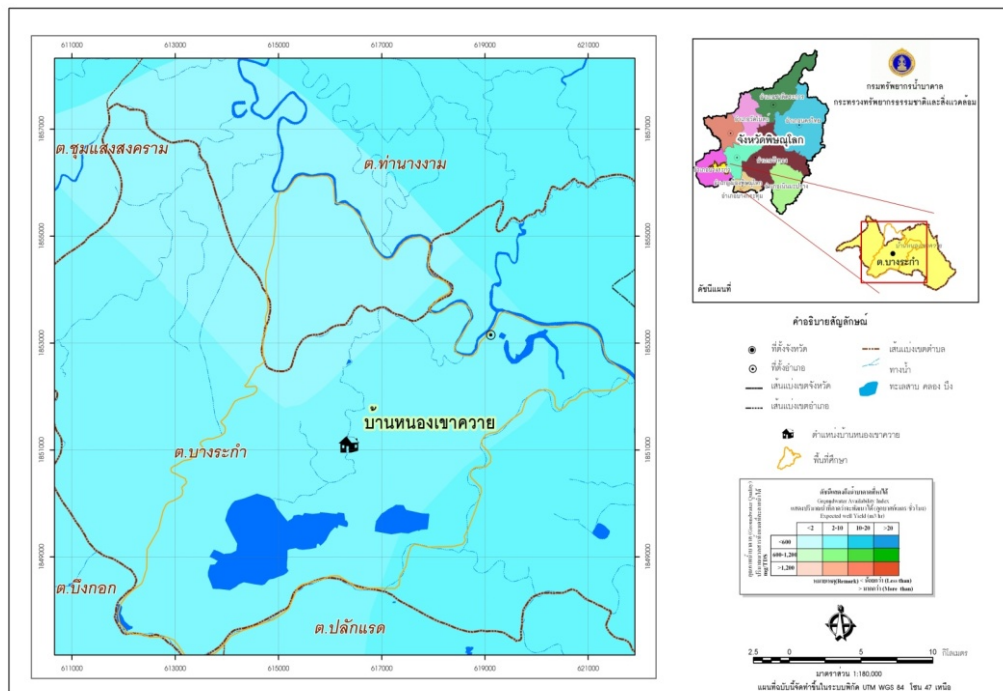
เพื่อจำแนกสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นหินร่วนระดับตื้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการ ศึกษาโครงการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระเติมน้ำ เนื่องจากชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นความลึกไม่เกิน 30 เมตร ปัจจุบันไม่ค่อยพัฒนาน้ำบาดาลในชั้นดังกล่าว ทำให้ข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาในชั้นแรกขาดหายไป

1.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

จากสภาพพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นที่ราบลุ่ม ตอนบนและตอนล่างเป็นที่สูง หรือมีลักษณะเหมือนท้องกระทะ และเป็นพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง มีแม่น้ำไหลผ่านทางด้านเหนือของพื้นที่ชุมชนเมื่อถึงฤดูฝนจะมีน้ำท่วมไหลบ่าล้นฝั่งท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำยมไปสู่นพื้นที่ไร่นาทำให้น้ำท่วมทุกปี ส่วนฤดูแล้งแม่น้ำจะตื้นเขิน ลักษณะความลาดเอียงของพื้นที่จะค่อยๆ ลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 1-1)



รูปที่ 1-1 สภาพภูมิประเทศ บ้านหนองเขาควาย ตำบลบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 1-3 แผนที่น้ำบาดาล บ้านหนองเขาควาย ตำบลบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

1.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม

ในการสำรวจในภาคสนามได้วางแผนการสำรวจออกเป็น 2 วิธี คือ การสำรวจแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES) ทำการจัดวางขั้วแบบซลัมเบอร์เจอร์ โดยวางแต่ละจุดสำรวจถึงระยะ $AB/2$ เท่ากับ 50 เมตร (รูปที่ 1-4) และการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบไดโพล-ไดโพล กำหนดระยะห่างระหว่างขั้ว (electrode) 2 และ 4 เมตร ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถวัดค่าที่ระดับความลึก 2 เมตรลงไป ความลึกประมาณ 30-40 เมตร ซึ่งในการวางสาย 1 ครั้ง หรือ 56 ขั้ว จะได้ระยะทาง 112 เมตร และการทำแบบ roll along โดยการย้ายขั้วเพื่อให้ได้ระยะทางเพิ่มขึ้น 56 เมตร (รูปที่ 1-5 และ รูปที่ 1-6)



(ก)



(ข)

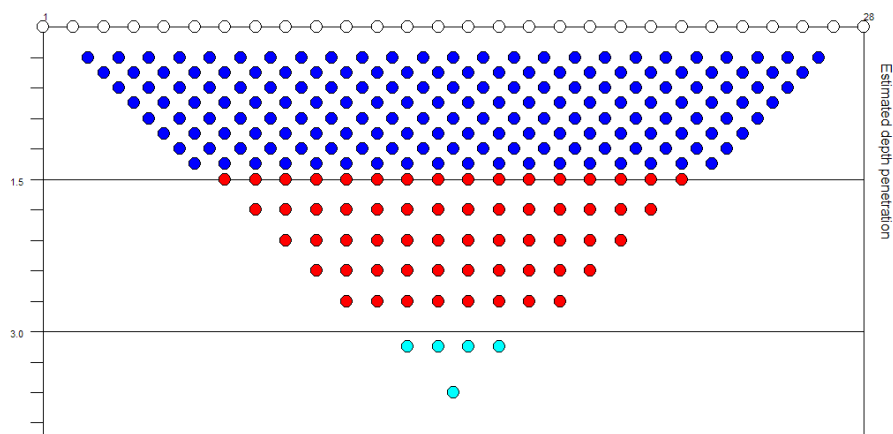


(ค)



(ง)

รูปที่ 1-4 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ตัวอย่างการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger



รูปที่ 1-5 รูปแบบการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบ dipole-dipole



(ก)



(ข)



(ค)



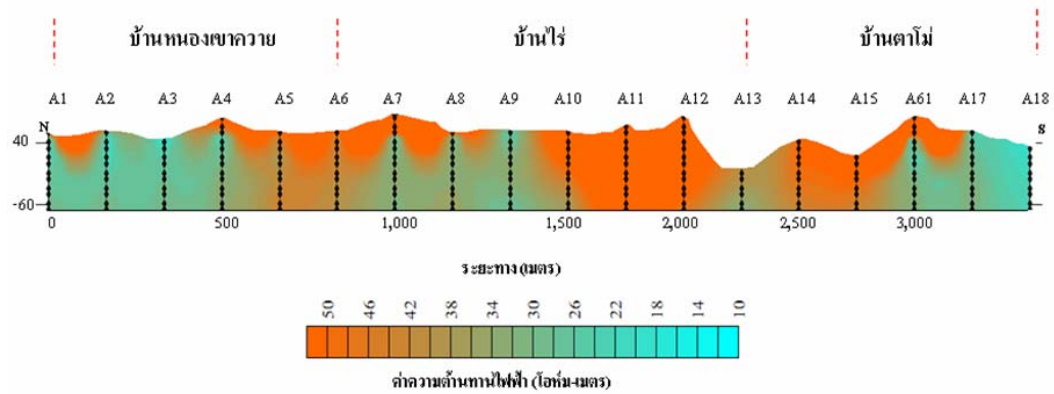
(ง)

รูปที่ 1-6 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ จัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole

1.6 การแปลความหมาย

1.6.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบหยั่งลึก

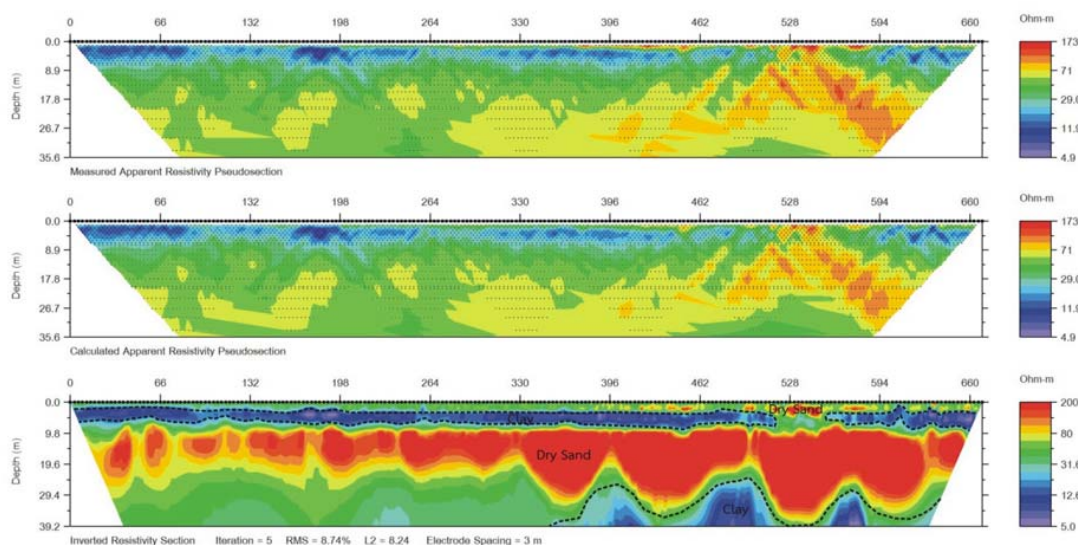
ผลที่ได้จากการสำรวจแบบหยั่งลึก การเก็บข้อมูลจะอยู่ในรูปของกราฟ log-log scale ซึ่งแนวแกน X แสดงความลึกของการสำรวจ และแนวแกน Y แสดงค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดยจะนำข้อมูลในแต่ละจุดมาแสดงในรูปของภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) (รูปที่ 1-7) สามารถจำแนกสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหิน โดยสีส้มแสดงบริเวณที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง ระหว่าง 30-50 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นพวก กรวด หินทราย ส่วนสีฟ้าแสดงบริเวณที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ระหว่าง 10-20 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นพวกดินเหนียว โดยบริเวณบ้านหนองเขาควาย จะแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำเป็นส่วนใหญ่ ที่จุดสำรวจ A1-A4



รูปที่ 1-7 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบหยั่งลึก

1.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ

ผลที่ได้จากการสำรวจแบบ 2 มิติ จะใช้ โปรแกรม AGI Advanced Geosciences, Inc และ EarthImager 2D จัดการและการแปลความหมายข้อมูล (รูปที่ 1-8) โดยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จากภาคสนาม อยู่ระหว่าง 4.9-143 โอห์ม-เมตร เมื่อทำ inversion ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 5-200 โอห์ม-เมตร โดยพบค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ระหว่าง 30-50 โอห์ม-เมตร ที่ความลึกตั้งแต่ผิวดิน-3 เมตร คาดว่าช่วงความลึกดังกล่าวจะรองรับด้วยดินชั้นบนและทรายแห้ง ส่วนความลึก 3-8 เมตร ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำลง ระหว่าง 5-12 โอห์ม-เมตร คาดว่าชั้นนี้จะพบชั้นดินเหนียว ความลึก 9-28 เมตร ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง ระหว่าง 100-200 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะพบชั้นทรายแห้งที่ได้รับอิทธิพลของการลดลงของระดับน้ำบาดาล และที่ความลึก 28-40 เมตร บริเวณทิศเหนือของพื้นที่คาดว่าจะรองรับด้วยชั้นดินเหนียวหนา เนื่องจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 5-10 โอห์ม-เมตร ส่วนทางทิศใต้ของพื้นที่น่าจะรองรับด้วยชั้นทรายมีความชื้น ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 30-50 โอห์ม-เมตร



รูปที่ 1-8 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) จากผลการสำรวจแบบ 2 มิติ



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

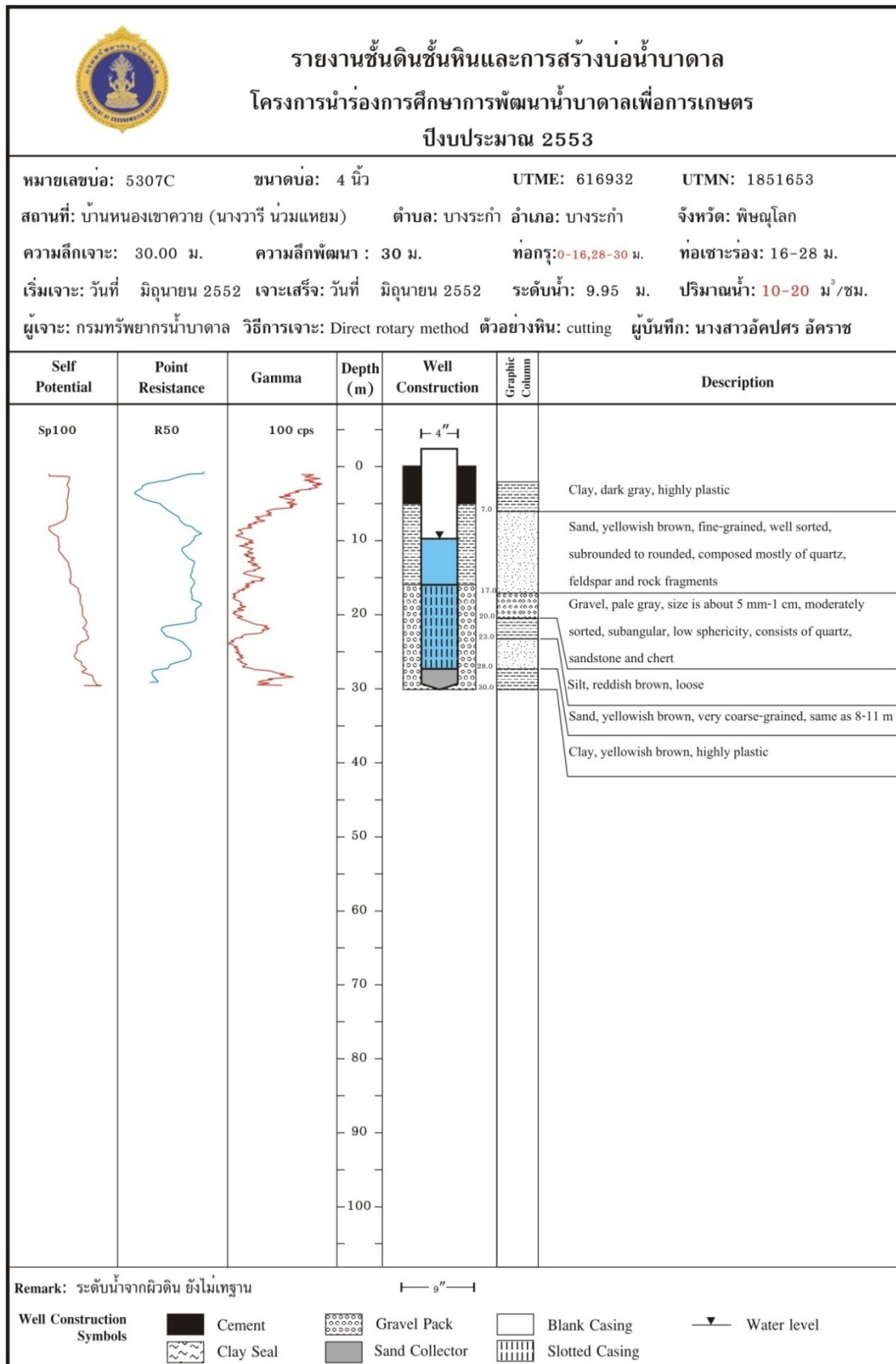


(จ)



(ฉ)

รูปที่ 1-9 (ก)-(ฉ) ตัวอย่างชั้นดิน ชั้นหินจากบ่อเจาะสำรวจ



รูปที่ 1-10 ผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ

จากข้อมูลชั้นดินชั้นหินและข้อมูลยังธรณีหลุมเจาะ (รูปที่ 1-9 และ รูปที่ 1-10) ที่ได้จากโครงการนำร่องการศึกษาการพัฒนาหน้าบาดาลเพื่อการเกษตร ปี 2553 พบกรวด หวาย หวายแป้ง และดินเหนียว ที่สะสมตัวอยู่ในที่ราบลุ่มน้ำหลาก และบริเวณแนวคดโค้งของทางน้ำ ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาล ประมาณ 25-30 เมตร ตะกอนมีการตกสะสมตัวแบบเรียงลำดับชั้นจากขนาดใหญ่ไปหาเล็ก (fining upward sequences) จะพบดินเหนียวสีน้ำตาลเทาถึงสีเทาดำ มีความหนาประมาณ 5-8 เมตร ปิดทับอยู่ด้านบน ถัดลงไปทีระดับความลึกตั้งแต่ 8-25 เมตร จะพบตะกอนทรายขนาดตั้งแต่ทรายละเอียดถึงทรายหยาบ มีการคัดขนาดดี มีความกลมมนสูง ความหนาของชั้นกรวด หวาย ประมาณ 15-20 เมตร บางบริเวณจะพบกรวดขนาด 1-2 เซนติเมตร มีการคัดขนาดดี มีความเป็นเหลี่ยมคมบ้างเล็กน้อย ระดับน้ำปกติในช่วงหน้าฝนประมาณ 8-10 เมตร และช่วงหน้าแล้งประมาณ 12-15 เมตร ชั้นหินอุ้มน้ำชั้นนี้ถือว่าเป็นแหล่งน้ำบาดาลระดับต้นที่สำคัญ ในอดีตชั้นหินอุ้มน้ำชั้นนี้คาดว่าจะจะเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน แต่เมื่อมีการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการทำนาและการทำเกษตรกรรมอย่างกว้างขวาง ทำให้ระดับน้ำลดต่ำลงอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบไร้แรงดัน (unconfined aquifer) ในที่สุด

1.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ

สำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบยังลิคและแบบ 2 มิติ สามารถจำแนกสภาพต้านทานไฟฟ้าและเทียบเคียงกับ ดินเหนียว กรวด และ หวาย โดยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำระหว่าง 5-15 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นดินเหนียว ส่วนสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 30-50 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นชั้นกรวด หวายมีความชื้น และ ชั้นทรายแห้ง ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจะสูงมาก ระหว่าง 100-200 โอห์ม-เมตร

การสำรวจธรณีฟิสิกส์อย่างน้อย 2 วิธี ในพื้นที่เดียวกัน จะทำให้ผลการสำรวจมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยวิธีการหนึ่งอาจเหมาะสมในสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งสภาพพื้นที่ศึกษาว่ามีสิ่งปลูกสร้าง ถนน ซึ่งเป็นสิ่งรบกวนภายนอก ทำให้การสำรวจและการแปลผลมีความยุ่งยากมากขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปข้อดีและข้อด้อยของทั้ง 2 วิธีการได้ ดังตารางที่ 1-1 ดังนี้

ตารางที่ 1-1 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี

VES	2D Imagine
ข้อดี	
- สำรวจได้ระยะที่ลึกมากกว่า 200 เมตร - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ทีมงานการสำรวจน้อย - อุปกรณ์การสำรวจมีความคงทนสูง ถ้าอุปกรณ์เกิดการเสียหาย เช่น สายไฟขาด สามารถซ่อมแซมได้ในสนาม เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถดำเนินงานต่อได้ทันที	- สามารถแสดงความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นชั้นๆ อย่างต่อเนื่อง ระหว่างดินเหนียว กรวดทรายแห้งและกรวดทรายความชื้นได้ดี - การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถใช้โปรแกรม Earthimager 2D ที่ใช้ได้ง่าย และแสดงผลในรูปภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ 2 มิติ มองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน การนำเสนอมีความน่าสนใจ

ตารางที่ 1-1 (ต่อ)

ข้อดี	
- ไม่สามารถสำรวจได้ในบริเวณที่มีชั้นดินเหนียวหนา หรือมีชั้นน้ำเค็มปิดทับด้านบนได้ - ค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉพาะปรากฏ ต้องนำไปแปลความหมายและคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉพาะจริง - ต้องใช้เวลาพอสมควรในการแปลความหมาย นอกจากนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉพาะของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนตายตัวได้ ดังนั้น จึงยากต่อการตัดสินใจในการแปลความหมาย - ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูง จึงจะได้ผลที่ยอมรับได้ และมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร	- มีอุปกรณ์ต่อพ่วงมาก - ต้องใช้ทีมงานจำนวนมากและเวลานาน ทำให้สามารถสำรวจได้จำนวนพื้นที่น้อยกว่าการสำรวจแบบหยั่งลึก - มีอุปกรณ์การสำรวจมีราคาแพง ไม่สามารถใช้ได้กับสภาพอากาศร้อนจัด - การซ่อมแซมไม่สามารถทำได้ในสนาม ต้องส่งให้บริษัทตัวแทนจำหน่ายซ่อมแซม

พื้นที่สำรวจที่ 2

ต.น้ำพอง อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

สำรวจหาชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในบริเวณที่มีชั้นน้ำบาดาลเค็ม

2.1 พื้นที่สำรวจ

โรงเรียนบ้านหนองหารจาง หมู่ที่ 8 ตำบลน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

2.2 วิธีการสำรวจ

- วิธีวัดค่าสภาพต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES)
- วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Imagine)

2.3 วัตถุประสงค์

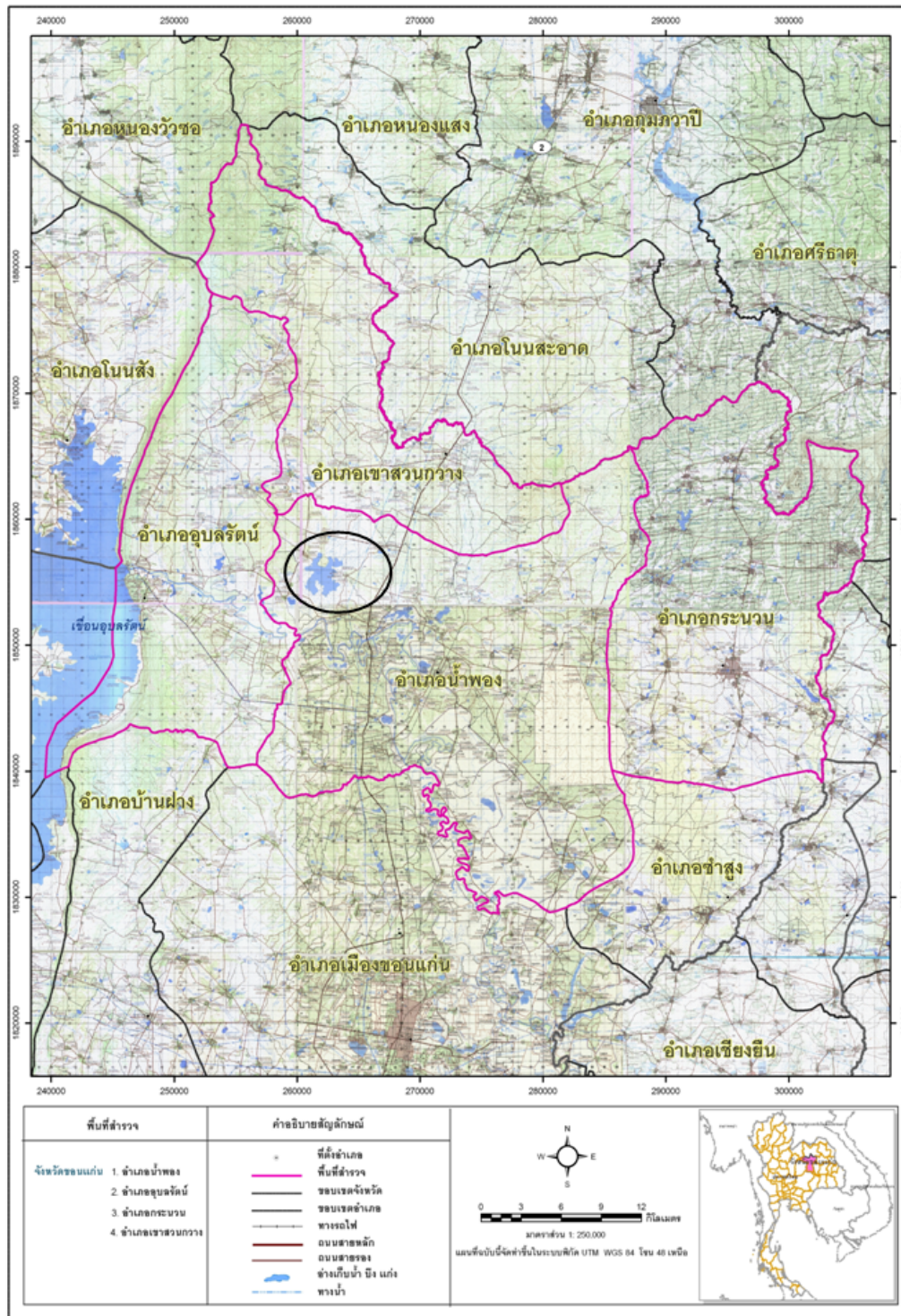
เพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างตะกอนกรวด หินทราย และหินดินดาน หรือหินดินดานเค็ม เพื่อกำหนดความลึกที่เหมาะสมที่เหมาะสมในการเจาะพัฒนาน้ำบาดาล

2.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่

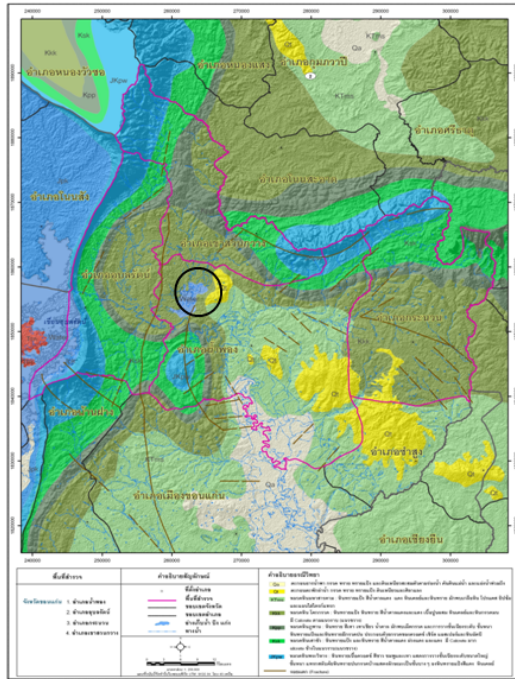
เป็นที่ราบลุ่มสลับเนินลอนราบ โดยมีหนองโถก ซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินขนาดใหญ่อยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ และมีความสูงเฉลี่ยของพื้นที่อยู่ที่ 200 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (รูปที่ 2-1)

จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว พบว่าสภาพธรณีวิทยาประกอบด้วยหน่วยหินหลัก 2 หน่วย คือ หินมหาดินมหาสารคาม ประกอบด้วยหินโคลน หินทรายแป้งและเกลือหินอยู่สลับกัน หินมหาดินมีความหนาประมาณ 610 เมตร แต่คาดว่าในบางแห่งอาจหนาถึง 1,000 เมตร พบแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างบริเวณแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร และ ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ที่ตกสะสมตัวบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ (Qa) (รูปที่ 2-2)

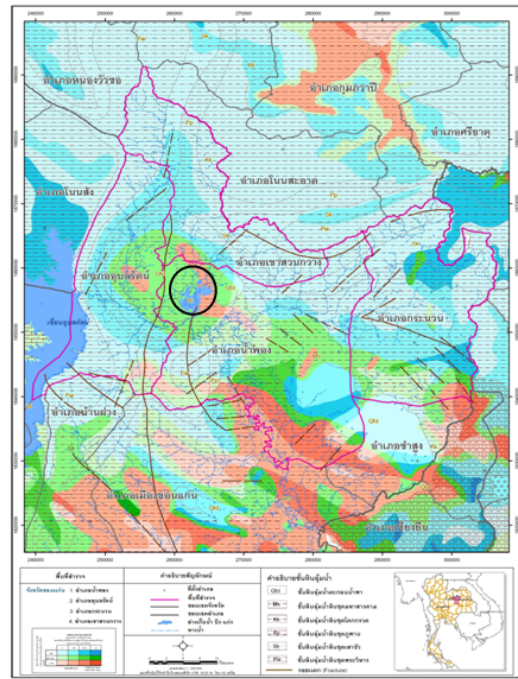
อุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่ในพื้นที่แอ่งโคราชตอนบน ซึ่งรองรับด้วยชั้นหินให้น้ำมหาดินมหาสารคาม น้ำบาดาลถูกกักเก็บบริเวณรอยแตกในเนื้อหิน บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นหิน และหินผุให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง คุณภาพน้ำบาดาลกร่อยเค็ม ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่า 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 2-3)



รูปที่ 2-1 พื้นที่ดำเนินการ



รูปที่ 2-2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของที่ศึกษา



รูปที่ 2-3 ลักษณะทางอุทกธรณีของพื้นที่ศึกษา

2.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม

ในการสำรวจในภาคสนามได้วางแผนการสำรวจออกเป็น 2 วิธี คือ การสำรวจแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES) ทำการจัดวางขั้วแบบสลัมเบอร์เจอร์ โดยวางแต่ละจุดสำรวจถึงระยะ AB/2 เท่ากับ 150-200 เมตร (รูปที่ 2-4) และการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบไดโพล-ไดโพล กำหนดระยะห่างระหว่างขั้ว (electrode) 9 เมตร ความลึกรวมประมาณ 70-80 เมตร ซึ่งในการวางสาย 1 ครั้ง หรือ 56 ขั้ว จะได้ระยะทาง 495 เมตร (รูปที่ 2-5)



รูปที่ 2-4 แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ตัวอย่าง การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger

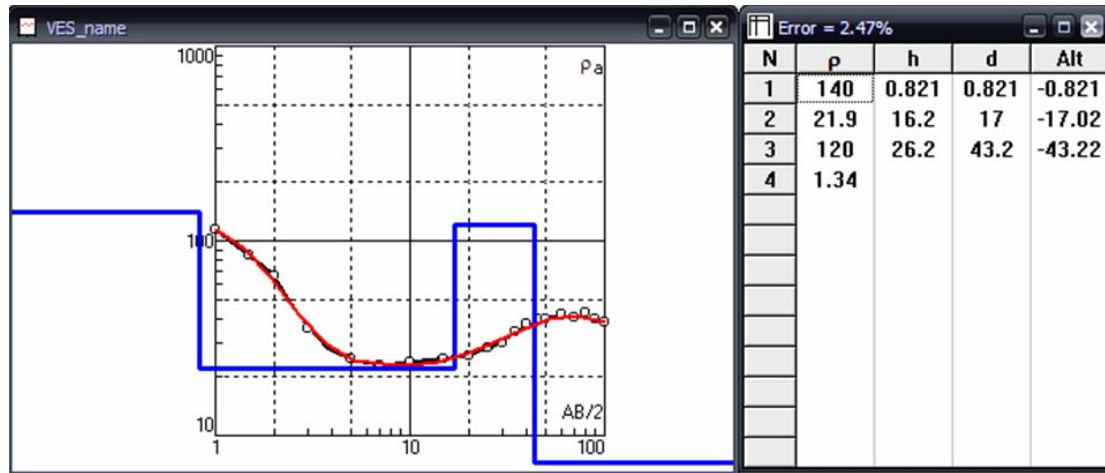


รูปที่ 2-5 แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ จัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole

2.6 การแปลความหมาย

2.6.1 การสำรวจแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES)

ทำการสำรวจครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 7 จุด จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ในช่วง 30-370 โอห์ม-เมตร และเมื่อทำ inversion ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IP2Win (รูปที่ 2-6 และ ตารางที่ 2-1)



รูปที่ 2-6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบหยั่งลึก โดยใช้โปรแกรม IP2Win

ตารางที่ 2-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล

จุดสำรวจที่	ความลึก (ม.)	ความหนา (ม.)	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	การแปลความหมายข้อมูล
NJ1	0-1.49	1.49	427	ทรายแห้ง
	1.49-20.9	19.4	41.4	ทราย
	20.9-43	22.1	103	กรวด
	43-	17.4		หินดินดาน
NJ2	0-0.29	0.29	88.2	ดินชั้นบน
	0.29-0.93	0.63	656	ทรายแห้ง
	0.93-2.31	1.38	9.06	ทราย
	2.31-91.2	88.9	46.5	กรวด
	91.2-		4.61	หินดินดาน
NJ3	0-0.93	0.93	467	ทรายแห้ง
	0.93-6	5.06	33.6	ทราย
	6-56.7	50.7	50.4	กรวด

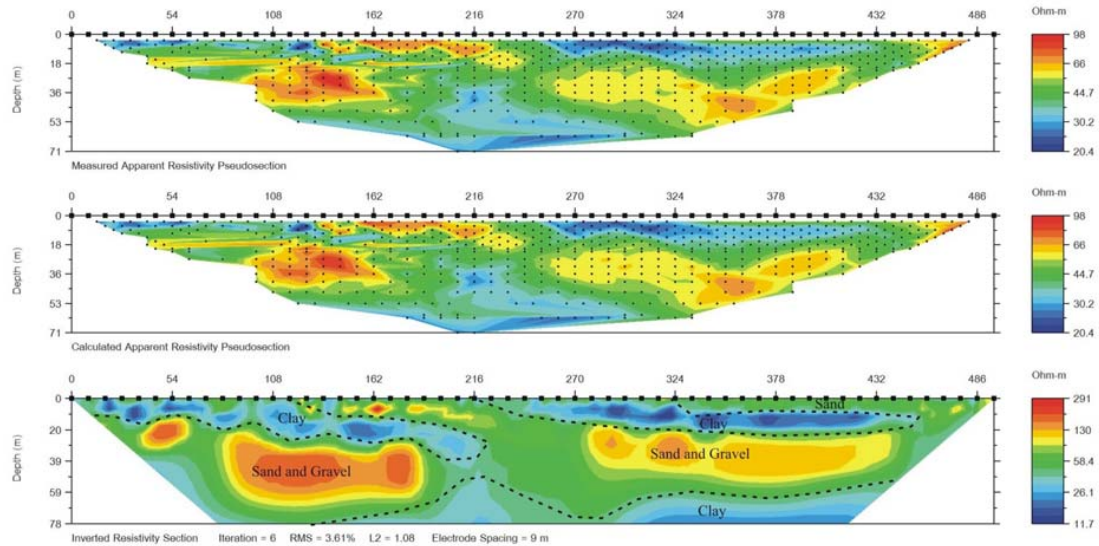
ตารางที่ 2-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล (ต่อ)

จุดสำรวจที่	ความลึก (ม.)	ความหนา (ม.)	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	การแปลความหมายข้อมูล
	50.7-		24.6	หินดินดานผุ
NJ4	0-0.39	0.39	24,742	ทรายแห้ง
	0.39-2.29	1.98	466	ทราย
	2.29-5.59	3.3	8.99	ดินเหนียว
	5.59-12.7	7.09	200	กรวด
	12.7-		29.1	หินดินดานผุ
NJ5	0-0.32	0.32	236	ดินชั้นบน
	0.32-12.6	12.3	51.1	ทราย
	12.6-20.1	7.51	17.7	ทรายมีความชื้น
	20.1-46.8	26.7	121	กรวด
	46.8-		0.22	หินดินดานผุ
NJ6	0-0.30	0.30	165	ดินชั้นบน
	0.30-0.85	0.55	569	ทรายแห้ง
	0.85-5.97	5.12	68.8	ทรายมีความชื้น
	5.97-12.1	6.14	14	ดินเหนียว
	12.1-53	40.9	85.9	กรวด
	53-		0.14	หินดินดานผุ
NJ7	0-0.82	0.82	140	ทรายแห้ง
	0.82-17	16.2	21.9	ทรายมีความชื้น
	17-43.2	26.2	120	กรวด
	43.2		1.34	หินดินดานผุ

ระดับความลึกตั้งแต่ผิวดินถึง 3 เมตร ค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-500โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นทรายมีค่าความชื้นต่ำ ซึ่งจากการเปรียบเทียบข้อมูลภาคสนามบริเวณดังกล่าวจะพบชั้นทรายแห้ง ถัดลงไปทีระดับความลึกตั้งแต่ 3-7 เมตร ค่าความต้านทานไฟฟ้าค่อยๆ ต่ำลง อยู่ในช่วง 40-90 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นชั้นดินเหนียวปนทรายที่มีความชื้น ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 7-40 เมตร ค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 100-200 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะพบชั้นทรายที่มีความชื้น และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 40 เมตรลงไป ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดต่ำลงประมาณ 1-5 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นพวกดินเหนียวหรือหินดินดานผุ

2.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ

บริเวณทิศตะวันออก-ตะวันตก ระยะห่างระหว่าง electrode เท่ากับ 9 เมตร จำนวน 56 จุด สามารถกำหนดความลึกได้ 85 เมตร ความยาวใน 1 ระบบการอ่านข้อมูลเท่ากับ 492 เมตร สามารถอธิบายผลการสำรวจได้ดังต่อไปนี้ (รูปที่ 2-7)



รูปที่ 2-7 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (pseudo cross section) จากผลการสำรวจแบบ 2 มิติ

จากข้อมูลสำรวจ ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏที่วัดได้จะมีค่าระหว่าง 20-100 โอห์ม-เมตร และเมื่อทำการ inversion ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 10-300 โอห์ม-เมตร ระดับความลึกตั้งแต่ผิวดินถึง 20 เมตร มีค่าความต้านทานไฟฟ้า ระหว่าง 20-30 โอห์ม-เมตร ดินเหนียวมีความชื้น ถัดลงไปที่ระดับความลึกตั้งแต่ 20-60 เมตร ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้มีค่า ประมาณ 40-60 โอห์ม-เมตร ซึ่งคาดว่าบริเวณดังกล่าวจะเป็นพวกกรวด หิน และที่ความลึกตั้งแต่ 60 เมตรลงไป ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะมีค่าลดลง ระหว่าง 10-20 โอห์ม-เมตร คาดว่าบริเวณดังกล่าวจะพบดินเหนียว หรือหินดินดาน

โดยได้ทำการกำหนดจุดที่เหมาะสมในการขุดเจาะน้ำบาดาล ตามความสำคัญเชิงโอกาส คือจุดสำรวจที่ NHJ-3 ความลึกเจาะประมาณ 60 เมตร

จากผลการเจาะน้ำบาดาล การวิเคราะห์ข้อมูลชั้นดิน-หิน และข้อมูลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ พบว่า ที่ระดับความลึก 0-14 เมตร พบชั้นทรายเม็ดละเอียดถึงปานกลาง ความลึก 16-25 และ 35-47 เมตร พบชั้นทรายหยาบ และกรวดขนาด 2 มิลลิเมตร และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 47 เมตรลงไป พบชั้นหินดินดาน ฝู สีนํ้าตาลม่วงถึงสีแดงม่วง ซึ่งได้ทำการพัฒนานํ้าบาดาลในชั้นกรวดทราย คุณภาพนํ้าบาดาลจัด ปริมาณนํ้า ประมาณ 3 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

2.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ

จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยังส์ลิกและแบบ 2 มิติ สามารถจำแนกสภาพต้านทานไฟฟ้าและเทียบเคียงกับข้อมูลชั้นดินชั้นหินได้ โดยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำระหว่าง 1-5 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นดินเหนียวหรือหินดินดาน ส่วนสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 30-50 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นทรายมีความชื้น สภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 100-200 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นกรวด และ ชั้นทรายแห้ง ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจะสูงมากระหว่าง 300-500 โอห์ม-เมตร ซึ่งจากสภาพต้านทานไฟฟ้างกล่าว สามารถกำหนดความลึกของการเจาะพัฒนาน้ำบาดาลได้ความลึกไม่เกิน 40 เมตรจากชั้นกรวด ทราย โดยพบชั้นหินดินดานสีน้ำตาลแดงผุเป็นชั้นกั้นน้ำเค็มและน้ำจืด

ดังนั้นสามารถสรุปข้อดีและข้อด้อยของทั้ง 2 วิธีการได้ดังตารางที่ 2-2 ดังนี้

ตารางที่ 2-2 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี

VES	2D Imagine
ข้อดี	
- สามารถแยกแยะระหว่างชั้นตะกอนและชั้นหินหรือชั้นน้ำเค็มที่อยู่ด้านล่างได้อย่างชัดเจน - สำรวจได้ระยะที่มากกว่า 200 เมตร - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ทีมงานการสำรวจน้อย	- สามารถแสดงความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ-สูงได้อย่างชัดเจน - สามารถหลีกเลี่ยงบริเวณที่คาดว่าจะป็นน้ำเค็มได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
ข้อด้อย	
- ไม่สามารถสำรวจได้ในบริเวณที่มีชั้นดินเหนียวหนา หรือมีชั้นน้ำเค็มปิดทับด้านบนได้ - ค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ ต้องนำไปแปลความหมายและคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง - ต้องใช้เวลาพอสมควรในการแปลความหมาย นอกจากนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนตายตัวได้ ดังนั้น จึงยากต่อการตัดสินใจในการแปลความหมาย - ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูง จึงจะได้ผลที่ยอมรับได้ และมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร	- มีอุปกรณ์ต่อพ่วงมาก - ต้องใช้ทีมงานจำนวนมากและเวลานาน ทำให้สามารถสำรวจได้จำนวนพื้นที่น้อยกว่าการสำรวจแบบหยังส์ลิก - มีอุปกรณ์การสำรวจมีราคาแพง ไม่สามารถใช้ได้กับสภาพอากาศร้อนจัด - การซ่อมแซมไม่สามารถทำได้ในสนาม ต้องส่งให้บริษัทตัวแทนจำหน่ายซ่อมแซม - จำเป็นต้องมีพื้นที่ในการสำรวจมากและจากพื้นที่ศึกษาโรงเรียนบ้านหนองหารจาก มีพื้นที่จำกัด ทำให้ต้องสำรวจบริเวณใกล้เคียงและนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการสำรวจแบบหยังส์ลิก

พื้นที่สำรวจที่ 3

ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร

สำหรับจำแนกความแตกต่างระหว่างตะกอนกรวด หินทราย และดินเหนียว
สำหรับกำหนดความลึกที่เหมาะสมในการเจาะพัฒนาน้ำบาดาล
ระดับต้นความลึกไม่เกิน 50 เมตร

3.1 พื้นที่สำรวจ

บ้านคลองตัน ตำบลสำนักขุนเณร กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร

3.2 วิธีสำรวจ

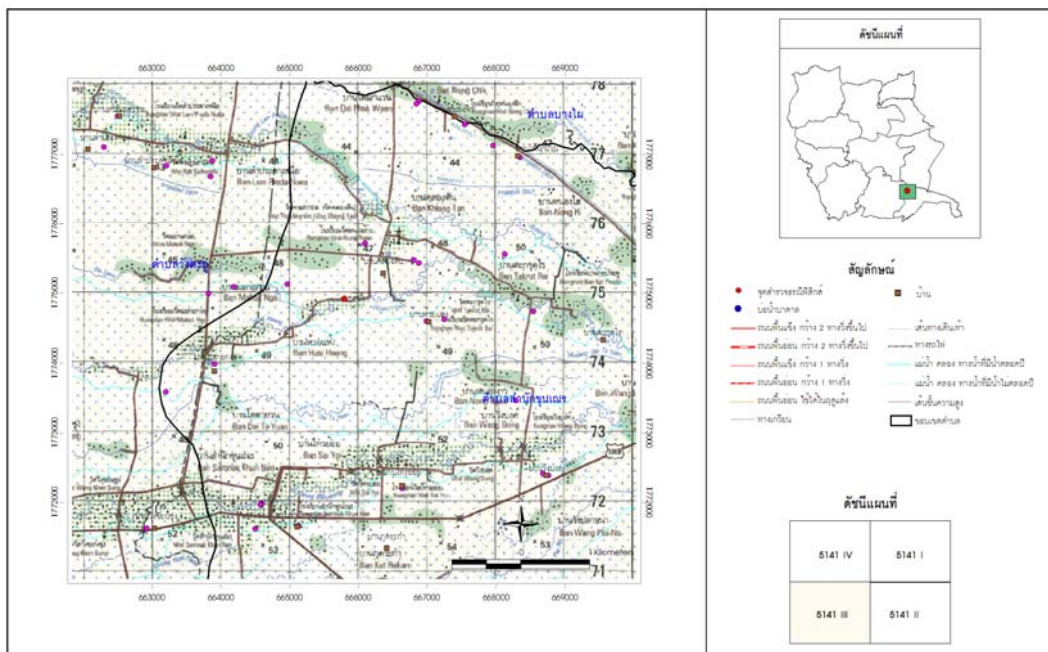
- วิธีวัดค่าสภาพต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES)
- วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Imagine)

3.3 วัตถุประสงค์

เพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว สำหรับกำหนดความลึกที่เหมาะสมในการเจาะพัฒนาน้ำบาดาล ระดับต้นความลึกไม่เกิน 50 เมตร

3.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่

บริเวณบ้านคลองตัน เป็นที่ราบลุ่ม มีคลองห้วยแห้งไหลผ่าน ตามที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ตรงจุดพิกัด 0664238 E 1774256 N ของแผนที่ภูมิประเทศกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1: 50,000 ราว 5141 III อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 45 เมตร (รูปที่ 3-1)

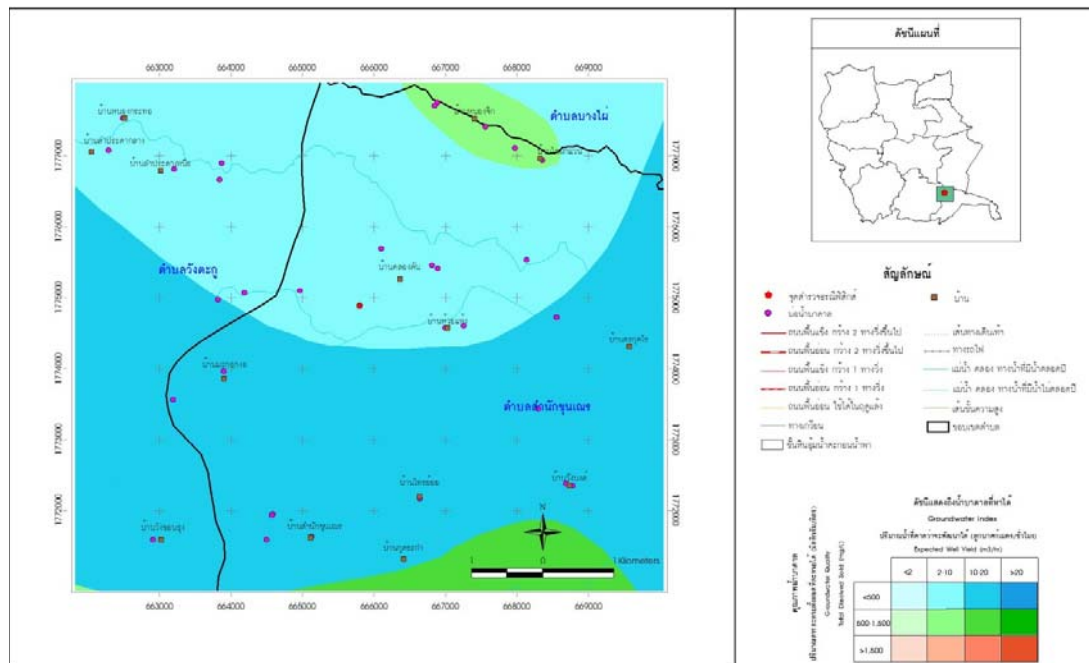


รูปที่ 3-1 สภาพภูมิประเทศบ้านคลองตัน ตำบลสำนักขุนเณร กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร

จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว พบว่าสภาพธรณีวิทยาประกอบด้วยหน่วยหินหลัก 2 หน่วย คือ ตะกอนตะกอนน้ำ (Terrace sediment) มีการตกสะสมตัวระหว่าง 1.6 ล้านปี ถึงประมาณ 100,000 ปีที่ผ่านมา ประกอบด้วยตะกอนทรายปนกรวดปนดินเหนียว และทรายแป้ง สะสมตัวภายใต้สภาพแวดล้อมตะกอนน้ำพา และตะกอนรูปพัด (Fluvial and alluvial fan environment) ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนตอนปลายถึงสมัยโฮโลซีน พบในบริเวณที่มีภูมิประเทศเป็นตะพักระดับสูง และลาดต่ำลงสู่ใจกลางแอ่งทั้งสองด้าน แผ่ขยายตัวอยู่ในบริเวณทางด้านตะวันออกและตะวันตก ตะกอนตะกอนน้ำพาวางตัวอยู่ใต้ตะกอนน้ำพาที่ความลึกประมาณ 30-60 เมตร ใต้ผิวดิน และตะกอนน้ำพา (Alluvial sediments) ได้แก่

ตะกอนที่มีการสะสมตัวประมาณ 10,000 ปีที่ผ่านมา ประกอบด้วยชั้นตะกอนทราย กรวด ทรายแป้ง และดินเหนียว ซึ่งสะสมตัวตามบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง และลำน้ำ (Flood plain, channels) และบริเวณเนินตะกอนรูปพัด (Alluvial fan) หรือบริเวณที่มีการเปลี่ยนระดับของทางน้ำจากหุบเขาชันลงสู่ที่ราบ ตะกอนชุดนี้มีการสะสมตัวตั้งแต่สมัยโฮโลซีนถึงปัจจุบัน มีความหนาประมาณ 30-60 เมตร ตะกอนน้ำพาแผ่ขยายตัวอยู่ที่ทั้งสองฝั่งของจังหวัด

อุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่บริเวณกลางแอ่งเจ้าพระยาตอนบนซึ่งเป็นแอ่งสะสมตะกอนขนาดใหญ่ ดังนั้นบ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่จึงได้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำจำพวกตะกอนหินร่วน ซึ่งในทางอุทกธรณีวิทยาพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน จำแนกตะกอนหินร่วนออกเป็น 6 ประเภท แต่สำหรับบริเวณพื้นที่ศึกษาจะพบชั้นหินอุ้มน้ำที่สำคัญคือ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา(Qfd) ประกอบไปด้วยกรวด หินทราย หินทรายแป้ง และดินเหนียว ที่สะสมตัวอยู่ในที่ราบลุ่มน้ำหลาก และบริเวณแนวคดโค้งของทางน้ำ ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาล ประมาณ 25-30 เมตร ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 10-20 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (รูปที่ 3-2)



รูปที่ 3-2 แผนที่น้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษา

3.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม

ในการสำรวจในภาคสนามได้วางแผนการสำรวจออกเป็น 2 วิธี คือ การสำรวจแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES) ทำการจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจอร์ โดยวางแต่ละจุดสำรวจถึงระยะ $AB/2$ เท่ากับ 150-200 เมตร (รูปที่ 3-3) และการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบไดโพล-ไดโพล เพื่อจำแนกความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหินระดับตื้น ความยาวประมาณ 100-200 เมตร โดยกำหนดระยะห่างระหว่างขั้ว (electrode) 2 และ 4 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวัดค่าที่ระดับความลึก 2 เมตรลงไป ความลึกประมาณ 30-40 เมตร ซึ่งในการวางสาย 1 ครั้ง หรือ 56 ขั้ว จะได้ระยะทาง 112 เมตร และการทำแบบ roll along โดยการย้ายขั้วเพื่อให้ได้ระยะทางเพิ่มขึ้น 56 เมตร (รูปที่ 3-4)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-3 (ก)-(ข) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ตัวอย่างการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger



(ก)



(ข)



(ค)



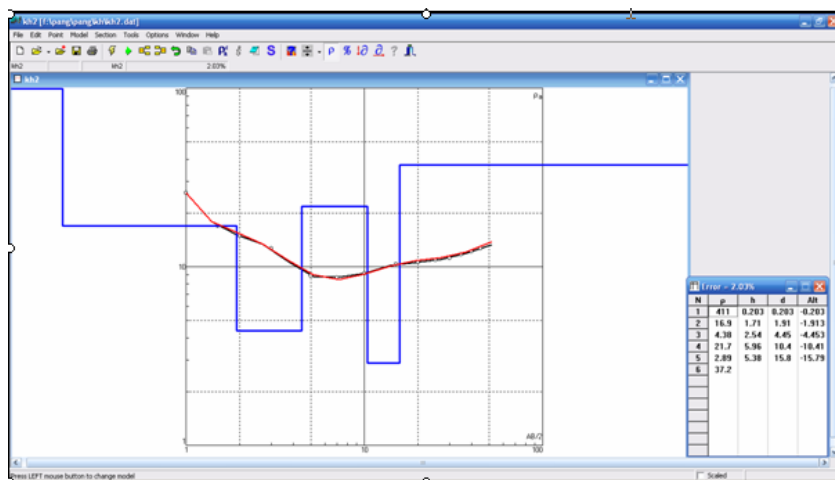
(ง)

รูปที่ 3-4 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ จัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole

3.6 การแปลความหมาย

3.6.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่ง

ทำการสำรวจครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 11 จุด จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ในช่วง 30 - 370 โอห์ม-เมตร และเมื่อทำ inversion ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IP2Win (รูปที่ 3-5 และ ตารางที่ 3-1)



รูปที่ 3-5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบหยั่งลึก

ตารางที่ 3-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล

จุดสำรวจที่	ความลึก (ม.)	ความหนา (ม.)	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	การแปลความหมายข้อมูล
KH1	0-2.44	2.44	28.9	ดินชั้นบน
	2.44-5.432	2.992	3.792	ดินเหนียว
	5.432-14.72	9.289	38.48	ทราย
	14.72	*inf	12.58	ดินเหนียว
KH2	0-1.91	1.91	16.9	ดินชั้นบน
	1.91-4.45	2.54	4.38	ดินเหนียว
	4.45-10.4	5.96	21.7	ทราย
	10.4-15.8	5.38	2.89	ดินเหนียว
	15.8	*inf	37.2	ทราย
KH3	0-0.345	0.345	104	ดินชั้นบน
	0.345-4.59	4.25	4.49	ดินเหนียว
	4.59-10.9	6.34	10.1	ดินเหนียวปนทราย
	10.9-46	35.1	20.5	ทราย
	46	*inf	1.89	ดินเหนียว
KH4	0-1.08	1.08	64.3	ดินชั้นบน
	1.08-12.8	11.7	7.32	ดินเหนียว
	12.8-29.8	17	20.2	ทราย
	29.8	*inf	7.63	ดินเหนียว
KH5	0-0.6	0.6	9.16	ดินชั้นบน
	0.6-2.67	2.07	6.23	ดินเหนียว
	2.67-5.63	2.96	27.3	ทราย
	5.63-12.2	6.53	4.21	ดินเหนียว
	12.2	*inf	16.1	ทราย
KH6	0-1.44	1.44	38.5	ดินชั้นบน
	1.44-3.46	2.02	6.18	ดินเหนียว
	3.46-10.1	6.62	26.6	ทราย
	10.1-21.5	11.5	2.8	ดินเหนียว
	21.5	*inf	44.9	ทราย
KH7	0-2.02	2.02	0.982	ดินเหนียว
	2.02-6.77	4.76	17.3	ทราย
	6.77-28	21.2	10.1	ดินเหนียวปนทราย

ตารางที่ 3-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล (ต่อ)

จุดสำรวจที่	ความลึก (ม.)	ความหนา (ม.)	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	การแปลความหมายข้อมูล
	>28	*inf	26.1	ทราย
KH8	0-0.82	0.82	140	ดินชั้นบน
	0.82-17	16.2	21.9	ดินเหนียวปนทราย
	17-43.2	26.2	120	ทราย
	43.2		1.34	ดินเหนียว
KH9	0-1.967	1.967	37.41	ดินชั้นบน
	1.967-20.13	18.16	9.8	ดินเหนียวปนทราย
	20.13	*inf	34.41	ทราย
KH10	0-1.12	1.12	27.7	ดินชั้นบน
	1.12-2.28	1.16	5.01	ดินเหนียวปนทราย
	2.28-9.91	7.63	19.5	ทราย
	9.91-20.1	10.2	10.5	ดินเหนียวปนทราย
	20.1	*inf	15.3	ทราย

ระดับความลึกตั้งแต่ผิวดินถึง 6 เมตร ค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 20-30 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นดินชั้นบนความชื้น ถัดลงไปที่ระดับความลึกตั้งแต่ 6-25 เมตร ค่าความต้านทานไฟฟ้าค่อยๆ เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 40-80 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นชั้นทราย และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 25 เมตรลงไป ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดต่ำลงประมาณ 5-10 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นพวกดินเหนียว

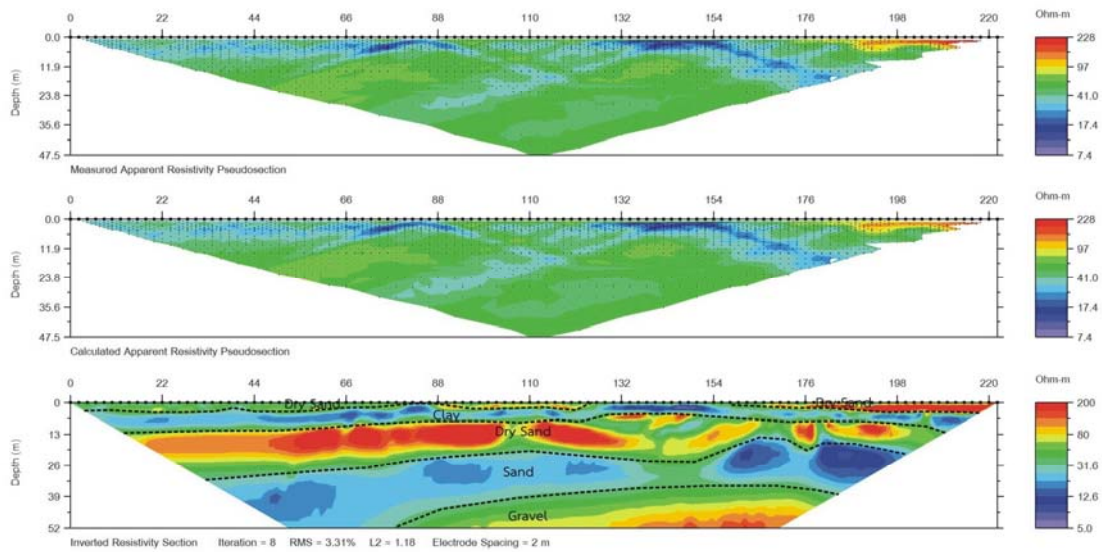
3.6.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ

การสำรวจสำรวจธรณีฟิสิกส์บริเวณคลองตะกวดไร โดยแหล่งน้ำผิวดินเป็นคลองระบายน้ำออกจากพื้นที่ในช่วงน้ำหลาก ชาวบ้านในพื้นที่พัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในการทำนา ความลึก 35-40 เมตร ส่วนใหญ่จะใช้สูบน้ำในการสูบน้ำจึงไม่มีข้อมูลการทรุดบ่อ

จากการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ระยะทาง 222 เมตร สภาพต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้ในสนาม ระหว่าง 7.4-228 โอห์ม-เมตร

จากผล inversion (รูปที่ 3-6) พบว่า ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 5-200 โอห์ม-เมตร แบ่งออกเป็น ตั้งแต่ระดับผิวดินถึง 2 เมตร สภาพต้านทานไฟฟ้า ระหว่าง 50-100 โอห์ม-เมตร คาดว่าช่วงความลึกดังกล่าวรองรับด้วยดินชั้นบนและทราย ถัดลงไปที่ระดับความลึก 2-13 เมตร สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำระหว่าง 5-10 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะรองรับด้วยดินเหนียวมีความชื้น ที่ระดับความลึก 13-30 เมตร สภาพต้านทานไฟฟ้าสูง ระหว่าง 80-200 โอห์ม-เมตร คาดว่าช่วงความลึกดังกล่าวรองรับด้วยชั้นทรายและกรวดแห้ง ถัดลงไปสภาพต้านทานทางไฟฟ้าจะลดต่ำลง ระหว่าง 25-30 โอห์ม-เมตร คาดว่าช่วงความลึกดังกล่าวรองรับด้วยชั้นทรายและกรวด มีความชื้น

จากการสอบถามข้อมูลชั้นดิน ชั้นหิน กับชาวบ้านในพื้นที่ พบว่า บริเวณดังกล่าวรองรับด้วยดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย ความลึกตั้งแต่ผิวดิน -12 เมตร ถัดลงไปจะพบทรายเม็ดละเอียดถึงหยาบ และพบกรวด มีการคั่นขนาดดี ความลึกตั้งแต่ 12-40 เมตร



รูปที่ 3-6 ผลสำรวจธรณีฟิสิกส์ บ้านคลองตัน ตำบลสำนักขุนเณร กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร

3.7. สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ

สำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกและแบบ 2 มิติ สามารถจำแนกสภาพต้านทานไฟฟ้าและเทียบเคียงกับข้อมูลชั้นดินชั้นหินได้ โดยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำระหว่าง 1-5 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นดินเหนียว ส่วนสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 30-50 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นทรายมีความชื้น สภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 10-15 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นดินเหนียวปนทราย สามารถกำหนดความลึกของการเจาะพัฒนาน้ำบาดาลได้ความลึกไม่เกิน 40 เมตร จากชั้นกรวด ทราย

ดังนั้นสามารถสรุปข้อดีและข้อด้อยของทั้ง 2 วิธีการได้ดังตารางที่ 3-2 ดังนี้

ตารางที่ 3-2 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี

VES	2D Imagine
ข้อดี	
- สำรวจได้ระยะที่ลึกมากกว่า 200 เมตร - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ที่มืองานการสำรวจน้อย - อุปกรณ์การสำรวจมีความคงทนสูง ถ้าอุปกรณ์เกิดการเสียหาย เช่น สายไฟขาด สามารถซ่อมแซมได้ในสนาม เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถดำเนินงานต่อได้ทันที	- สามารถแสดงความแตกต่างของสภาพด้านทานไฟฟ้าเป็นชั้นๆ อย่างต่อเนื่อง ระหว่างดินเหนียว กรวดทรายแห้งและกรวดทรายความชื้นได้ดี - การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถใช้โปรแกรม Earthimager 2D ที่ใช้ได้ง่าย และแสดงผลในรูปภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ 2 มิติ มองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน การนำเสนอมีความน่าสนใจ
ข้อด้อย	
- ค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ ต้องนำไปแปลความหมายและคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง - ต้องใช้เวลาพอสมควรในการแปลความหมาย นอกจากนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนตายตัวได้ ดังนั้น จึงยากต่อการตัดสินใจในการแปลความหมาย - ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูง จึงจะได้ผลที่ยอมรับได้ และมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร	- มีอุปกรณ์ต่อพ่วงมาก - ต้องใช้ทีมงานจำนวนมากและเวลานาน ทำให้สามารถสำรวจได้จำนวนพื้นที่น้อยกว่าการสำรวจแบบหยั่งลึก - มีอุปกรณ์การสำรวจมีราคาแพง ไม่สามารถใช้ได้กับสภาพอากาศร้อนจัด - การซ่อมแซมไม่สามารถทำได้ในสนาม ต้องส่งให้บริษัทตัวแทนจำหน่ายซ่อมแซม

พื้นที่สำรวจที่ 4

อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

สำรวจแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ที่ถูกควบคุมด้วยธรณีวิทยาโครงสร้าง

4.1 พื้นที่สำรวจ

พื้นที่แอ่งแม่เมาะ โครงการวางเครือข่ายสังเกตการณ์น้ำบาดาล เพื่อติดตามสถานการณ์น้ำบาดาลทั่วประเทศ (การศึกษาอุทกธรณีวิทยาขั้นพื้นฐาน และวางเครือข่ายเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำใต้ดิน) จังหวัดลำปาง

4.2 วิธีการสำรวจ

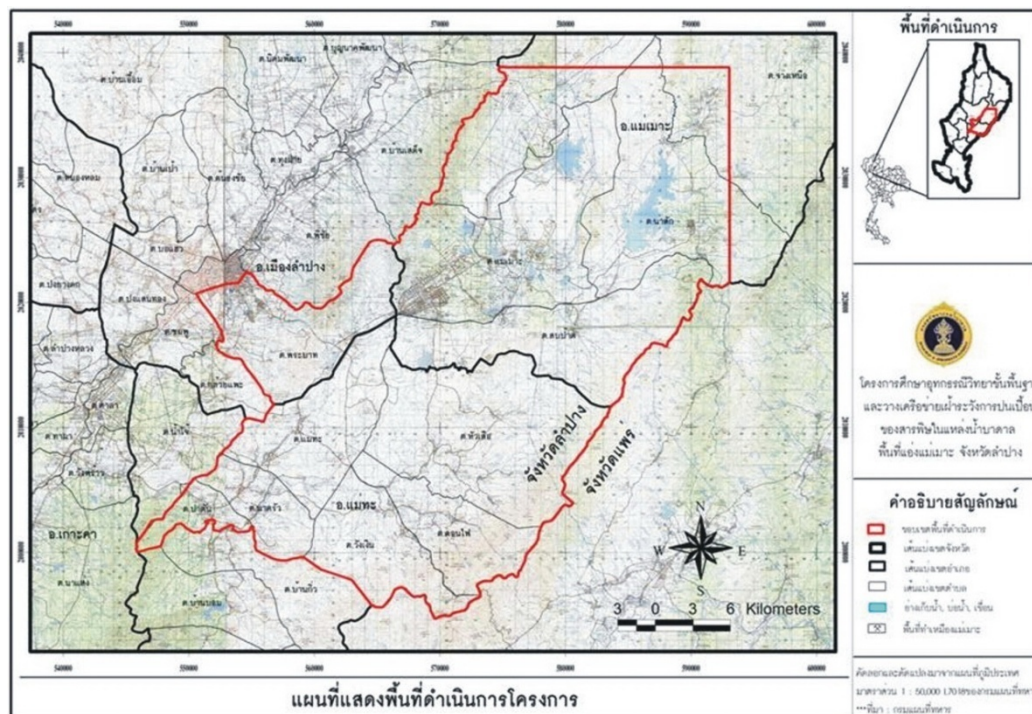
- วิธีวัดค่าสภาพต้านทานกระแสปะทะไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES)
- วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสปะทะไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Imagine)

4.3 วัตถุประสงค์

หาขอบเขตและความหนาของตะกอนหินร่วนที่กระจายอยู่ในพื้นที่ และกำหนดจุดที่เหมาะสมในการเจาะบ่อสำรวจและบ่อสังเกตการณ์

4.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอำเภอแม่เมาะ และอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ระดับผิวดินของพื้นที่ศึกษาอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 320 เมตร ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของแอ่งถูกโอบล้อมด้วยเทือกเขาที่มีความสูง 400-1,100 เมตร ส่วนทางด้านทิศใต้เป็นเนินเขา (รูปที่ 4-1)



รูปที่ 4-1 พื้นที่ดำเนินการ

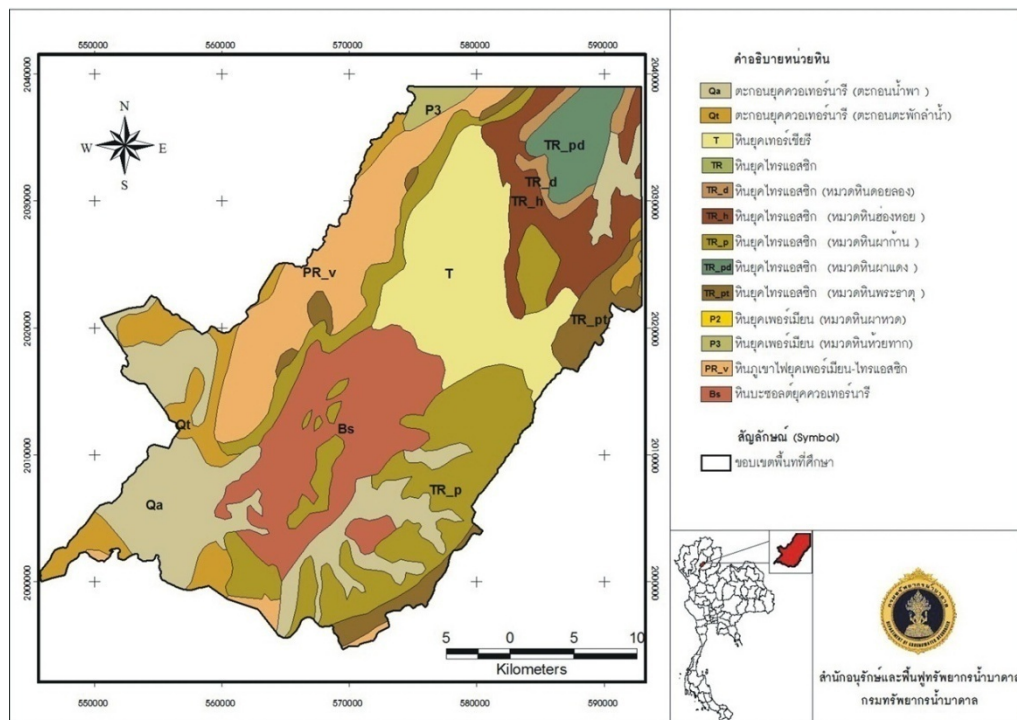
แอ่งแม่เกาะเป็นแอ่งแบบกราเบน (Graben) ที่มีรอยเลื่อนขนานทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านตะวันตกและด้านตะวันออก มีรอยเลื่อนปกติ (Normal fault) ในแนวเหนือ-ใต้ หลายแนวตัดผ่าน มีผลทำให้ชั้นหินบริเวณขอบแอ่งโผล่บนผิวดิน ในขณะที่เดียวกันก็ทำให้ชั้นหินบริเวณกลางแอ่งทรุดลงไปใต้ผิวดินมากยิ่งขึ้น ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาซึ่งสำรวจโดยกรมทรัพยากรธรณีนั้น ได้จัดแบ่งหน่วยหินออกเป็น 13 หน่วยหิน โดยเรียงลำดับจากหน่วยหินที่มีอายุแก่ไปหาอ่อน (รูปที่ 4-2) ดังนี้

หน่วยหิน P2 มีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน คือ หมวดหินผาหวด ประกอบด้วย หินปูน แทรกสลับด้วยหินดินดาน และหินทราย

หน่วยหิน P3 มีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน คือ หมวดหินห้วยทาก ประกอบด้วย หินดินดาน หินโคลน หินทราย และหินปูน

หน่วยหิน TR_pt มีอายุอยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิก คือ หมวดหินพระธาตุ ประกอบด้วย หินทราย หินโคลน หินทรายแป้ง และหินกรวดมน

หน่วยหิน TR_p มีอายุอยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิก คือ หมวดหินผาก้าน ประกอบด้วย หินปูน หินทราย และหินโคลน



รูปที่ 4-2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ

หน่วยหิน TR_h มีอายุอยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิก คือ หมวดหินฮ่องหอย ประกอบด้วย หินโคลน แทรกสลับด้วยหินทราย

หน่วยหิน TR_d มีอายุอยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิก คือ หมวดหินดอยลอง ประกอบด้วย หินปูน

หน่วยหิน TR_pd มีอายุอยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิก คือ หมวดหินผาแดง ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน และหินกรวดมน

หน่วยหิน T มีอายุอยู่ในช่วงยุคเทอร์เชียรี ประกอบด้วย หินกึ่งแข็งตัว หินเคลย์ หินทรายแป้ง ลิกไนต์ หินเคลย์เนื้อปูนผสม หินปูนผสมหินโคลน หินเคลย์ปนลิกไนต์มีเนื้อปูนผสม หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินดินดาน และหินปูน

หน่วยหิน Qt มีอายุอยู่ในช่วงยุคควอเทอร์นารี คือ ตะกอนตะกัปลำน้ำ ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และศิลาแลง

หน่วยหิน Qa มีอายุอยู่ในช่วงยุคควอเทอร์นารี คือ ตะกอนน้ำพา ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

หน่วยหิน PR_v มีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก ประกอบด้วย หินโรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ หินโรโอซิติกทัฟฟ์ และหินแอนดีซิติกทัฟฟ์

หน่วยหิน Bs มีอายุอยู่ในช่วงยุคควอเทอร์นารี คือ ตะกอนตะกัปลำน้ำ ประกอบด้วย หินแอลคาไลน์โอสิวินบะซอลต์ ฮาวายไต์ มูรอร์ไรต์ เนฟิลีน บาซาไนต์ และหินเนฟิลีนฮาวายไต์

ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ประกอบไปด้วย ชั้นหินให้น้ำเป็นตะกอนหินร่วน หินร่วนกึ่งแข็ง และหินแข็ง (รูปที่ 3) ซึ่งทั้ง 3 ประเภท มีศักยภาพในการให้น้ำบาดาลแตกต่างกันไป ดังนี้

ชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วน

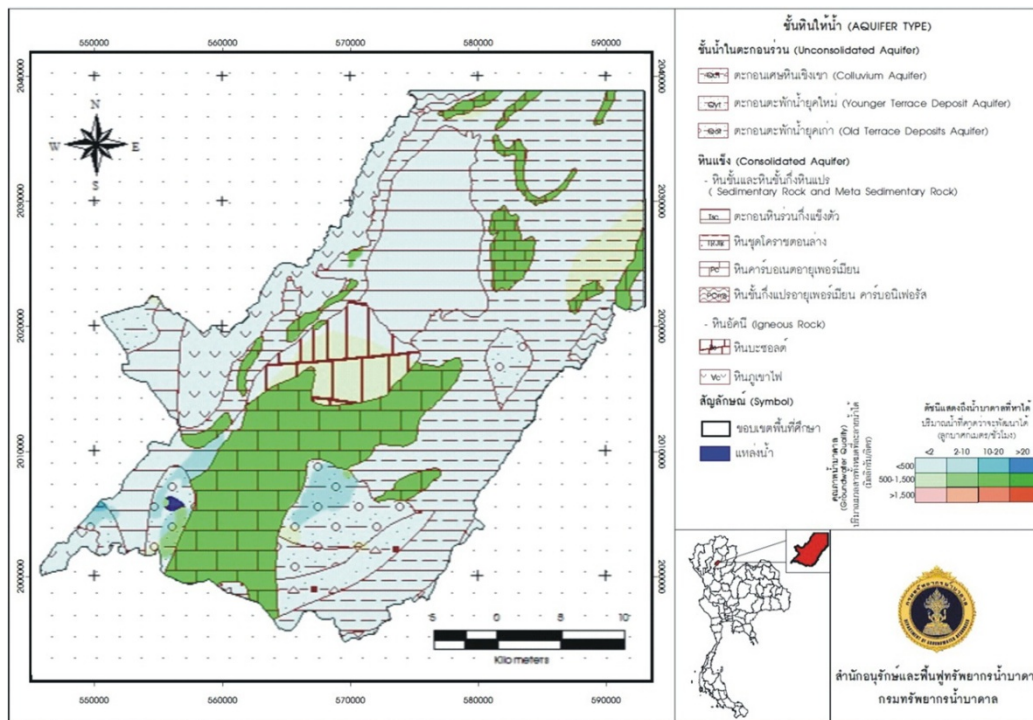
ชั้นหินให้น้ำ Qcl ประกอบด้วย กรวด ทราย เศษหิน และดินเหนียว ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 15-40 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชั้นหินให้น้ำ Qyt ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และลูกรัง ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-40 เมตร ปริมาณน้ำที่พัฒนาได้โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชั้นหินให้น้ำ Qot ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และลูกรัง ชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 90-120 เมตร และบางแห่งลึกถึง 150 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ในบางพื้นที่ให้น้ำมากกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชั้นหินให้น้ำหินร่วนกึ่งแข็ง

ชั้นหินให้น้ำ Tsc ประกอบด้วย หินดินดาน หินน้ำมัน หินโคลน หินทราย และลิกไนต์ ความลึกถึงชั้นหินให้น้ำบาดาลอยู่ในช่วง 20-60 เมตร และโดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4-3 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ

ชั้นหินให้น้ำหินแข็ง

ชั้นหินให้น้ำ Pc ประกอบด้วย ความลึกถึงชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 20-60 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ในกรณีที่พบโพรงหรือ ถ้ำขนาดใหญ่ก็อาจให้น้ำได้ในเกณฑ์ที่มากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

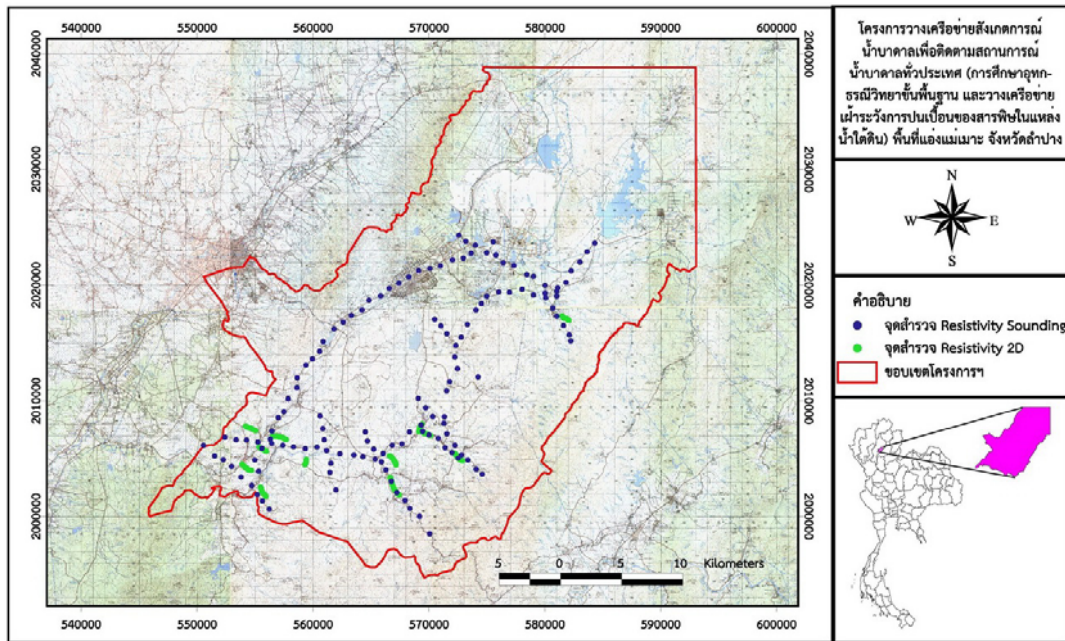
ชั้นหินให้น้ำ Pcms ประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินปูน หินชนวน หินโคลน หินควอร์ตไซต์ และหินฟิลโลส ความลึกถึงชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 20-70 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และบางแห่งไม่มีเลย

ชั้นหินให้น้ำ Bs ประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินปูน หินชนวน หินโคลน หินควอร์ตไซต์ และหินฟิลโลส ความลึกถึงชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 20-70 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และบางแห่งไม่มีเลย

ชั้นหินให้น้ำ Vc ประกอบไปด้วย หินโรโอไรต์ หิน แอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดมนภูเขาไฟ ความลึกที่พัฒนาน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 40-60 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำบาดาลน้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม

ในการสำรวจในภาคสนามได้วางแผนการสำรวจออกเป็น 2 วิธี คือ การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding, VES) ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบซลัมเบอร์เจอร์ โดยวางแต่ละจุดสำรวจถึงระยะ AB/2 เท่ากับ 200 เมตร จำนวน 156 จุด และการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบไดโพล-ไดโพล โดยกำหนดระยะห่างระหว่างขั้ว (Electrode) 9 เมตร ซึ่งในการวางสาย 1 ครั้ง หรือ 56 ขั้ว จะได้ระยะทาง 504 เมตร และทำการสำรวจ roll along จำนวน 12 แนว (รูปที่ 4-4 ถึง รูปที่ 4-6)



รูปที่ 4-4 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการหาค่าเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง
และแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ในพื้นที่



(ก)



(ข)

รูปที่ 4-5 (ก)-(ข) การสำรวจในภาคสนาม โดยวิธีหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง



(ก)



(ข)



(ค)



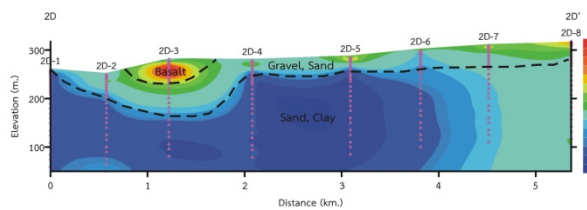
(ง)

รูปที่ 4-6 (ก)-(ง) การสำรวจในภาคสนาม โดยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ

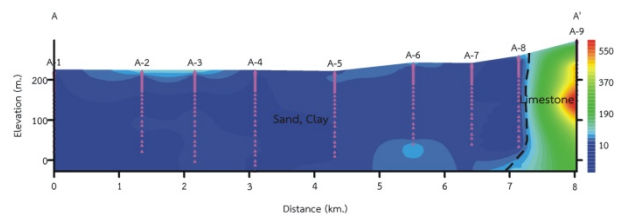
4.6 การแปลความหมาย

4.6.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง

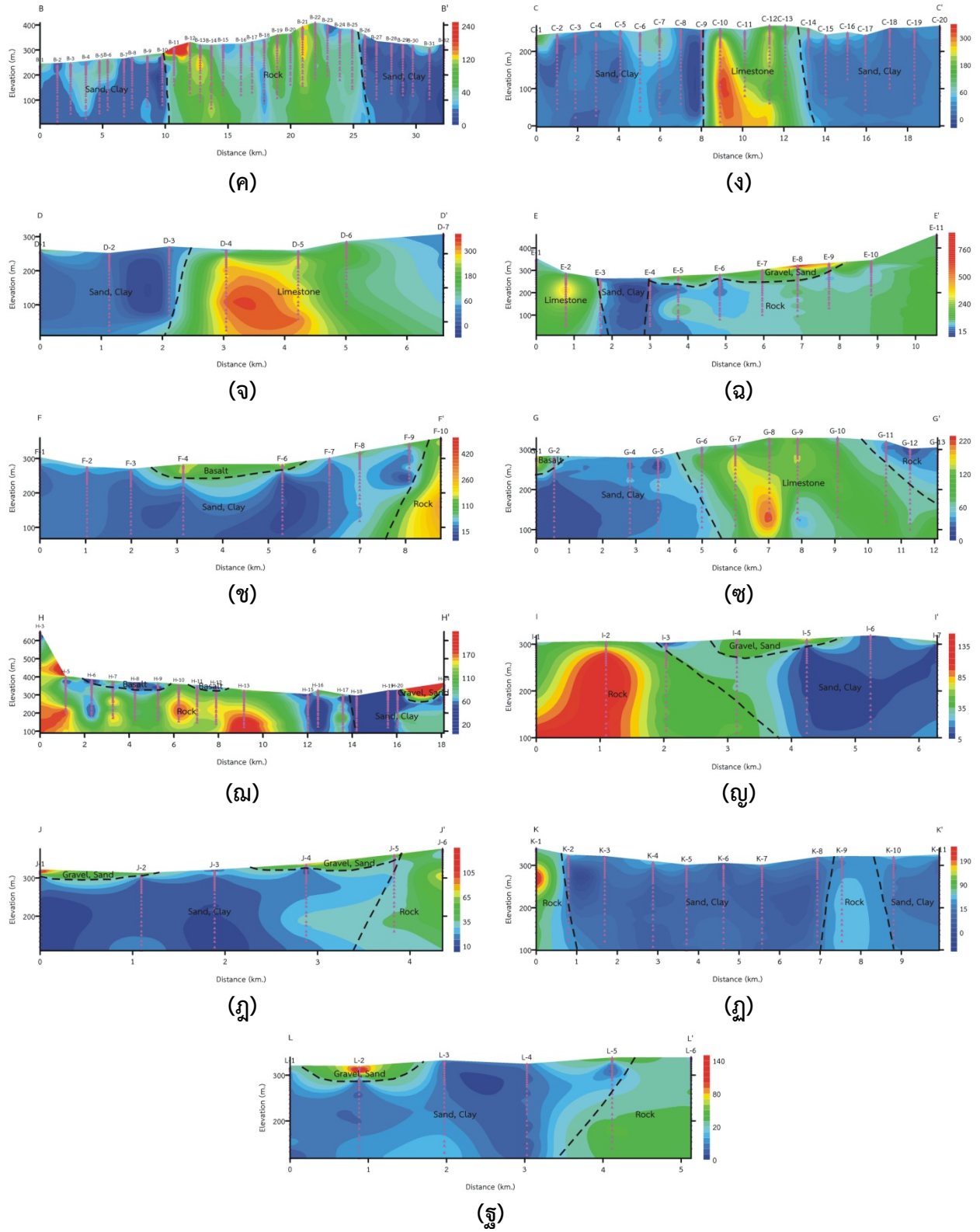
ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ได้จากการสำรวจหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง จำนวน 156 จุด เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ จำเป็นต้องนำไปวิเคราะห์ และคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริงอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปแปลความหมาย ซึ่งในครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Ipi2win เนื่องจากมีความยุ่งยากในการวิเคราะห์ข้อมูลน้อยกว่าโปรแกรมอื่นๆ นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ข้อมูลความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏในรูปของ Pseudo section โดยใช้โปรแกรม Surfer8 เพื่อศึกษา ลักษณะของค่าความผิดปกติ บริเวณรอยต่อระหว่างหินร่วนและหินแข็ง จำนวน 13 แนว (รูปที่ 4-7)



(ก)



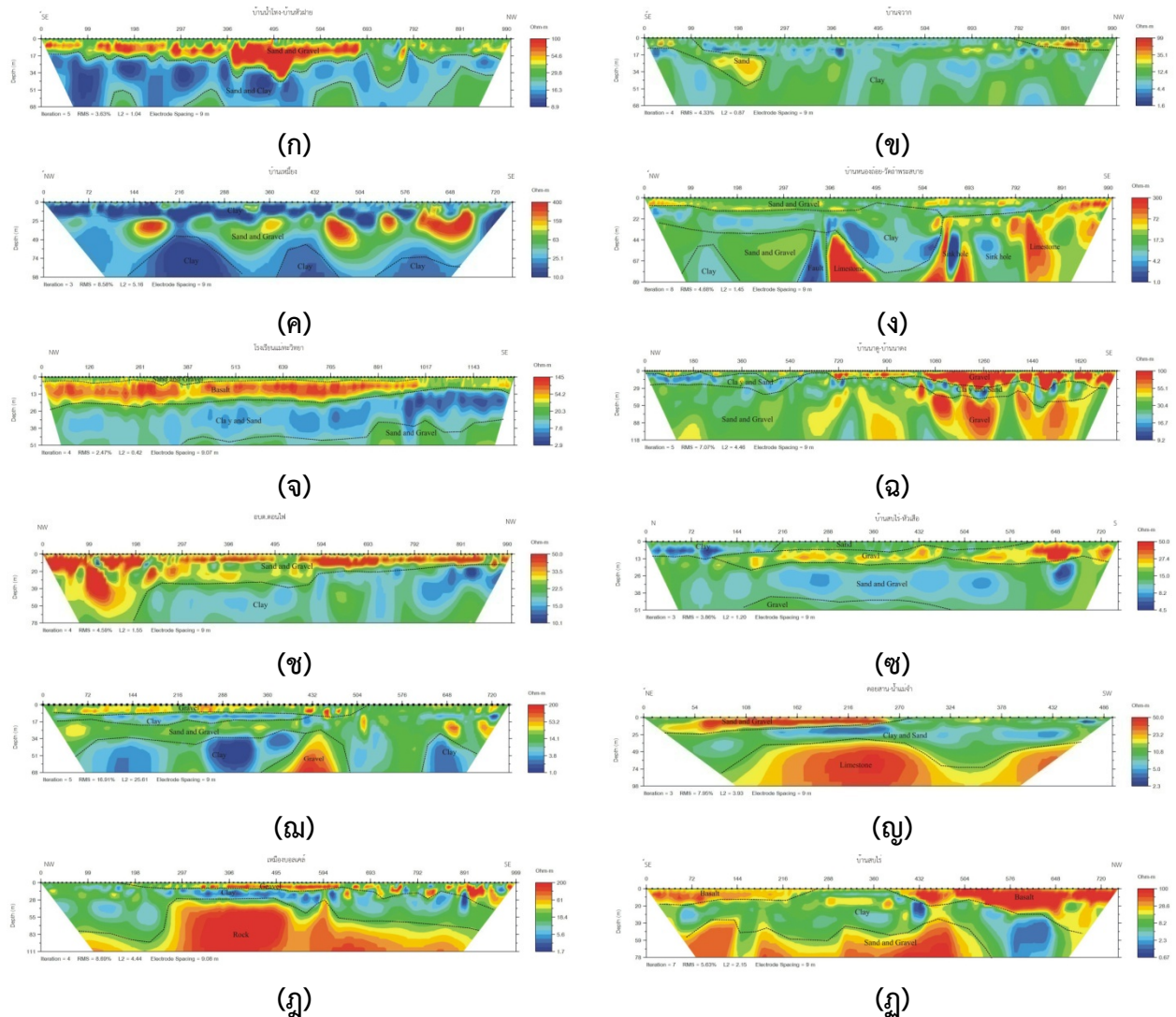
(ข)



รูปที่ 4-8 (ก)-(ฐ) ข้อมูลความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏในรูปของ Pseudo section โดยโปรแกรม Surfer8

4.6.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ

ผลที่ได้จากการสำรวจแบบ 2 มิติ จะใช้โปรแกรม AGI Advanced Geosciences, Inc และ EarthImager 2D จัดการและการแปลความหมายข้อมูล โดยการสร้างแบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะออกมาในรูปของโปรไฟล์ จำนวน 12 แนว (รูปที่ 4-8)



รูปที่ 9 (ก)-(ญ) โปรไฟล์ที่ได้จากการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ

4.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ

จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ซึ่งทำการสำรวจ 2 แบบ คือ สำรวจหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง จำนวน 156 จุด และการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ จำนวน 12 แนว สามารถสรุปผลการสำรวจได้ดังนี้

- บริเวณที่รองรับด้วยตะกอนหินร่วน ได้แก่ ดินเหนียวในแอ่งสะสมตะกอน ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจะต่ำมาก ประมาณ 1-15 โอห์ม-เมตร พวกกรวดทรายแห้ง ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจะสูง ประมาณ 100-200 โอห์ม-เมตร ส่วนกรวดทรายมีความชื้น ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจะอยู่ระหว่าง 20-50 โอห์ม-เมตร

- บริเวณที่รองรับด้วยหินแข็ง ได้แก่ หินปูน ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่วัดได้ ประมาณ 100-200 โอห์ม-เมตร โดยบริเวณที่คาดว่าจะมีแนวรอยแตก โพรงหรือโคงง้ำที่มีน้ำอยู่ภายใน ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจะต่ำลง ประมาณ 50-70 โอห์ม-เมตร หินบะซอลต์ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่วัดได้ ประมาณ 70-150 โอห์ม-เมตร ส่วนมากจะแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง ลักษณะเป็นแถบต่างๆ บริเวณผิวดินความลึกไม่เกิน 20 เมตร ยกเว้นบริเวณใกล้แหล่งภูเขาไฟ พื้นที่ศูนย์ราชการลำปาง จะมีความหนา มากกว่า 100 เมตร ส่วนบริเวณที่รองรับด้วยหินทราย และหินดินดาน ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่วัดได้จะต่ำ ประมาณ 10-50 โอห์ม-เมตร เนื่องจากค่าความต้านทานไฟฟ้าใกล้เคียงกับตะกอนหินร่วน ทำให้เกิดปัญหาการแบ่งขอบเขตระหว่างหินร่วนและหินแข็งชุดนี้ ซึ่งต้องใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยา ข้อมูลชั้นดินหิน และการตรวจสอบภาคสนามประกอบผลการแปลความหมาย

จากการสำรวจธรณีสัณฐานด้วยวิธีวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง และแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ สามารถจำแนกสภาพต้านทานไฟฟ้าและเทียบเคียงข้อมูลต่างๆ เพื่อแปลความหมายถึงลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ ได้ดังนี้

- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 1-15 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นดินเหนียว
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 20-50 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นกรวดทรายมีความชื้น
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 100-200 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นกรวดทรายแห้ง
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 10-50 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นหินทราย หินดินดาน
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 50-70 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นหินปูนที่มีรอยแตก โพรงหรือโคงง้ำที่มีน้ำอยู่ภายใน
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 70-150 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นหินบะซอลต์
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 100-200 โอห์ม-เมตร คาดว่าจะเป็นหินปูน

ดังนั้นสามารถสรุปข้อดีและข้อด้อยของทั้ง 2 วิธีการได้ดังตารางที่ 4-1 ดังนี้

ตารางที่ 4-1 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี

VES	2D Imagine
ข้อดี	
- สำรวจได้ระยะที่ลึกมากกว่า 200 เมตร - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ที่มงานการสำรวจน้อย - อุปกรณ์การสำรวจมีความคงทนสูง ถ้าอุปกรณ์เกิดการเสียหาย เช่น สายไฟขาด สามารถซ่อมแซมได้ในสนาม เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถดำเนินงานต่อได้ทันที	- สามารถแสดงความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นชั้นๆ อย่างต่อเนื่อง ระหว่างดินเหนียว กรวดทรายแห้ง กรวดทรายความชื้นได้ดี และหินแข็ง - การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถใช้โปรแกรม Earthimager 2D ที่ใช้ได้ง่าย และแสดงผลในรูปภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ 2 มิติ มองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน การนำเสนอมีความน่าสนใจ
ข้อด้อย	
- ไม่สามารถสำรวจได้ในบริเวณที่มีชั้นดินเหนียวหนา บริเวณแอ่งสะสมตะกอนระดับลึกได้ - ค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ ต้องนำไปแปลความหมายและคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง - ต้องใช้เวลาพอสมควรในการแปลความหมาย นอกจากนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนตายตัวได้ ดังนั้น จึงยากต่อการตัดสินใจในการแปลความหมาย - ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูง จึงจะได้ผลที่ยอมรับได้ และมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร	- มีอุปกรณ์ต่อพ่วงมาก - ต้องใช้ทีมงานจำนวนมากและเวลานาน ทำให้สามารถสำรวจได้จำนวนพื้นที่น้อยกว่าการสำรวจแบบหยั่งลึก - มีอุปกรณ์การสำรวจมีราคาแพง ไม่สามารถใช้ได้กับสภาพอากาศร้อนจัด - การซ่อมแซมไม่สามารถทำได้ในสนาม ต้องส่งให้บริษัทตัวแทนจำหน่ายซ่อมแซม

พื้นที่สำรวจที่ 5

เกาะพะลวย อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี
สำรวจหาชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่เกาะ

5.1 พื้นที่สำรวจ

เกาะพะลวยตั้งอยู่ในอ่าวไทย มีขอบเขตการปกครองขึ้นกับตำบลอ่างทอง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยตัวเกาะอยู่ห่างจากชายฝั่งด้านตะวันออกของอำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นระยะทางประมาณ 10 กิโลเมตร ห่างจากเกาะสมุยไปทางทิศตะวันตกประมาณ 20 กิโลเมตร โดยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 15 ตารางกิโลเมตร

5.2 วิธีการสำรวจ

- วิธีวัดค่าสภาพต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Vertical Electrical Sounding; VES)
- วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Imagine)

5.3 วัตถุดิบประสงค์

หาแนวรอยแตกและรอยต่อระหว่างชั้นหินที่คาดว่าจะเป็แหล่งสะสมตัวของน้ำบาดาลในหินทรายและหินดินดาน เพื่อกำหนดจุดที่เหมาะสมในการเจาะบ่อสำรวจและบ่อสังเกตการณ์

5.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่

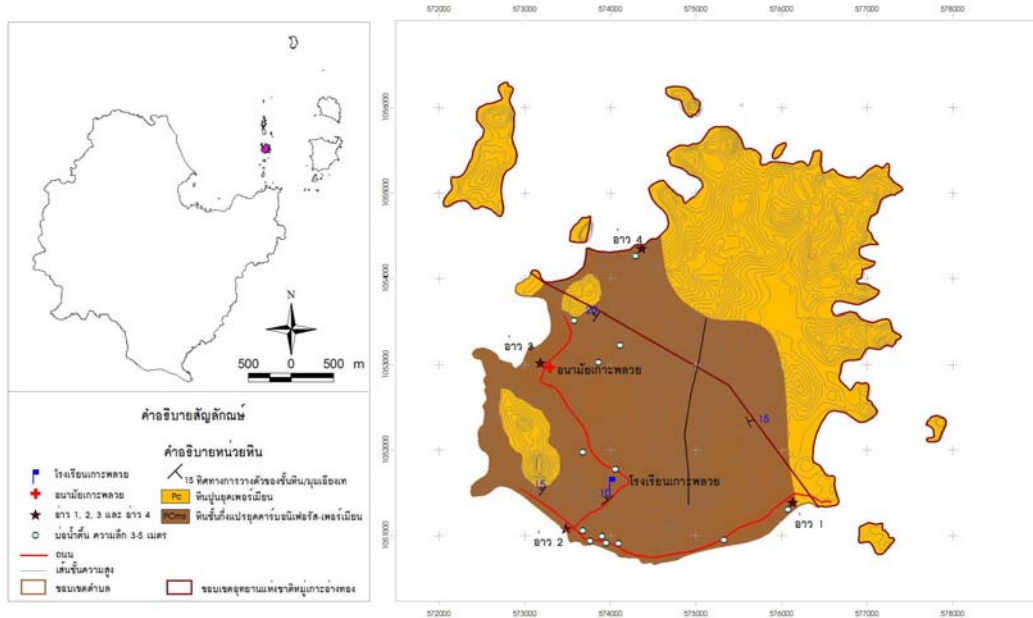
ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป มีลักษณะเป็นภูเขาสูงชันคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด โดยเฉพาะทางตอนกลางและตอนเหนือของพื้นที่เกาะ มียอดเขาสูงที่สุดอยู่ตอนกลางของพื้นที่ โดยมีระดับความสูง 343 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง บางแห่งพบเป็นลักษณะภูเขาหินปูนลูกโดดมียอดแหลม โดยเฉพาะบริเวณขอบพื้นที่ด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือ นอกจากนี้พื้นที่บางส่วนพบเป็นที่ราบแคบๆตามแนวชายฝั่งทะเลและที่ราบระหว่างหุบเขาด้านทิศใต้พื้นที่รวมประมาณ 2 ตารางกิโลเมตร มีระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ 30 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (รูปที่ 5-1)



รูปที่ 5-1 พื้นที่ดำเนินการ

ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย เทือกเขาหินชั้นกึ่งแปรยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส และ เขาหินปูนยุคเพอร์เมียน วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงลักษณะรูป ประทุนคว่ำ (Anticline) มุมเอียงเทประมาณ 10-25 องศา ระดับความสูงเทียบจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย สูงสุด 343 เมตร (รูปที่ 5-2)

น้ำบาดาลในบริเวณเกาะพลวยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือน้ำบาดาลที่สะสมตัวในชั้นกรวดทราย และหินผุ เป็นน้ำบาดาลระดับตื้น คุณภาพน้ำบาดาลดี แต่มีศักยภาพน้ำบาดาลต่ำ กล่าวคือสามารถพัฒนาได้ไม่เกิน 2 ลบ.ม. ต่อ ชม. ส่วนน้ำบาดาลอีกประเภทคือน้ำบาดาลที่สะสมตัวอยู่ในรอยแตก และรอยแยกของหินแข็ง จำพวกหิน Quartzitic sandstone และ Limestone ซึ่งหากเจาะพบรอยแตกใหญ่และมีความต่อเนื่องก็จะพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาได้ในปริมาณสูง โดยเฉพาะในหินปูน แต่หินปูนส่วนใหญ่อยู่บนยอดเขาสูง ยากต่อการเข้าถึงพื้นที่ ดังนั้นการสำรวจและพัฒนาน้ำบาดาลในบริเวณนี้มีเป้าหมายที่จะพัฒนาน้ำบาดาลจากรอยแตกของหิน Quartzitic sandstone ซึ่งโดยทั่วไปคุณภาพน้ำบาดาลจะดี เหมาะที่จะนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคต่อไป (รูปที่ 5-3)



รูปที่ 5-2 สภาพทางธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 5-3 (ก)-(ง) การสำรวจธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาภาคสนาม

5.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม

ในการสำรวจในภาคสนามได้วางแผนการสำรวจออกเป็น 2 วิธี คือ การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding, VES) ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจอร์ โดยวางแต่ละจุดสำรวจถึงระยะ $AB/2$ เท่ากับ 200 เมตร จำนวน 50 จุด และการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบการสร้างภาพเชิง 2 มิติ ใช้ระบบการจัดวางขั้วแบบไดโพล-ไดโพล โดยกำหนดระยะห่างระหว่างขั้ว (Electrode) 9 เมตร ซึ่งในการวางสาย 1 ครั้ง หรือ 56 ขั้ว จะได้ระยะทาง 504 เมตร และทำการสำรวจ roll along จำนวน 2 แนว (รูปที่ 5-4 ถึง รูปที่ 5-6)



(ก)



(ข)

รูปที่ 5-4 (ก)-(ข) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger



(ก)



(ข)



(ค)

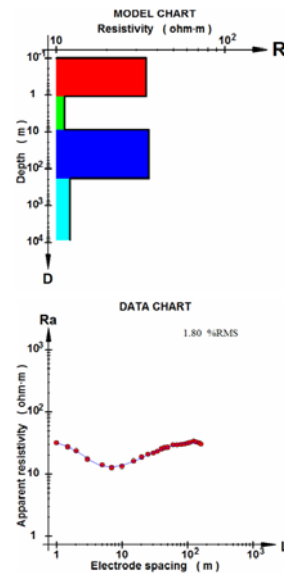


(ง)

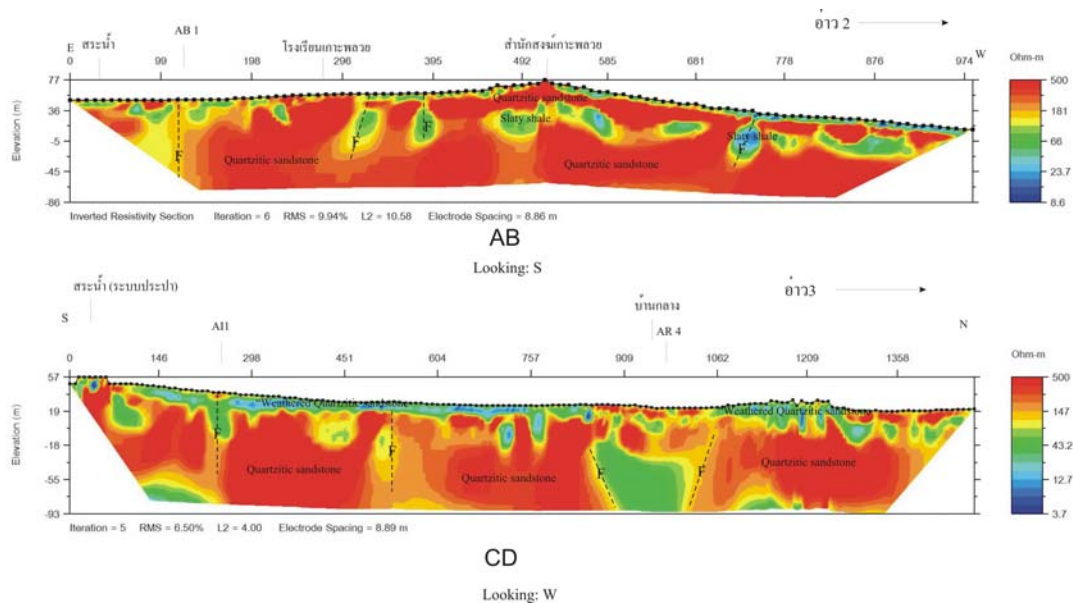
รูปที่ 5-5 (ก)-(ง) แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติในสนาม โดยจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบ dipole-dipole

5.6 การแปลความหมาย

การแปลความหมายข้อมูลโดยการนำผลข้อมูลจากโปรแกรม Rinvert 3.2 มาเปรียบเทียบกับกราฟในสนามเพื่อหาความสัมพันธ์ของชั้นดิน ชั้นหิน และเปรียบเทียบกับผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ ใช้โปรแกรม Earth Imager 2D เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดบริเวณที่จะพัฒนาน้ำบาดาลต่อไป (รูปที่ 5-6 และ รูปที่ 5-7)



รูปที่ 5-6 แสดงการแปลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Rinvert



รูปที่ 5-7 แสดงข้อมูลการสำรวจและการแปลผลข้อมูล โดยใช้โปรแกรม AGI Earth Imager 2D

5.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ

จากผลการสำรวจและแปลความหมาย พบว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้ส่วนใหญ่จะมีค่าระหว่าง 100-500 โอห์ม-เมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นหิน จากการสำรวจทางธรณีวิทยาในพื้นที่จะพบหินทรายแทรกสลับกับดินดานและพบบริเวณที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าผิดปกติ (anomaly) ที่คาดว่าจะ เป็น รอยแตก (fracture zone) หรือแนวรอยเลื่อน (fault Zone) ได้แก่ บริเวณจุดสำรวจที่ 29-30 (574351E, 1052046N) หรือบริเวณร่องน้ำที่มีการขุดบ่อน้ำตื้น, จุดสำรวจที่ 60 (574105E, 1052182N) และ จุดสำรวจที่ 97-106 (573908E, 1052445N-573866E, 1052514 N) หรือบริเวณบ้านกลาง และเมื่อทำการสำรวจด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกในพื้นที่ที่พบค่าความผิดปกติ ที่ระดับความลึก 40-60 และ 100-110 เมตร ตามลำดับ ซึ่งคาดว่า บริเวณดังกล่าวน่าจะมีการสะสมตัวของน้ำบาดาล

จากผลการเจาะบ่อสำรวจ พบว่าสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ในรอยแตกของหินทราย และรอยต่อระหว่างชั้นหินทรายและหินดินดาน ที่ระดับความลึก 42-65 เมตร ปริมาณน้ำระหว่าง 2-8 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง

ในการสำรวจครั้งนี้ได้ใช้วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ 2 มิติ เพื่อคัดเลือกว่าบริเวณใดพบค่าความผิดปกติ สามารถแสดงภาพโดยรวมของค่าความต้านทานไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นจะใช้การสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบหยั่งลึก ตรวจสอบความลึกของค่าความผิดปกตินั้น เพื่อกำหนดจุดและความลึกเจาะที่เหมาะสม โดยตัดพื้นที่ที่คาดว่าไม่น่าสนใจออก ทำให้ลดเวลาในการสำรวจได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธียังมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี

VES	2D Image
ข้อดี	
- สำรวจได้ระยะที่ลึกมากกว่า 200 เมตร - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ทีมงานการสำรวจน้อย - อุปกรณ์การสำรวจมีความคงทนสูง ถ้าอุปกรณ์เกิดการเสียหาย เช่น สายไฟขาด สามารถซ่อมแซมได้ในสนาม เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถดำเนินงานต่อได้ทันที	- สามารถแสดงความแตกต่างของสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่างหินแข็งเนื้อแน่นและหินแข็งมีรอยแตกได้ชัดเจน - การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถใช้โปรแกรม Earthimager 2D ที่ใช้ได้ง่าย และแสดงผลในรูปภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ 2 มิติ มองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน การนำเสนอมีความน่าสนใจ

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

VES	2D Imagine
ข้อดี	
- ค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ ต้องนำไปแปลความหมายและคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง - ต้องใช้เวลาพอสมควรในการแปลความหมาย - นอกจากนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนตายตัวได้ ดังนั้น จึงยากต่อการตัดสินใจในการแปลความหมาย - ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูง จึงจะได้ผลที่ยอมรับได้ และมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร	- มีอุปกรณ์ต่อพ่วงมาก - ต้องใช้ทีมงานจำนวนมากและเวลานาน ทำให้สามารถสำรวจได้จำนวนพื้นที่น้อยกว่าการสำรวจแบบหยั่งลึก - มีอุปกรณ์การสำรวจมีราคาแพง ไม่สามารถใช้ได้กับสภาพอากาศร้อนจัด - การซ่อมแซมไม่สามารถทำได้ในสนาม ต้องส่งให้บริษัทตัวแทนจำหน่ายซ่อมแซม

พื้นที่สำรวจที่ 6

ต.หน้าเมือง อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี

สำรวจชั้นน้ำบาดาลในตะกอนหินร่วนที่ถูกที่รองรับด้วยชั้นหินแข็งระดับตื้น

6.1 พื้นที่สำรวจ

ตำบลหน้าเมือง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี (โครงการสำรวจและประเมินศักยภาพชั้นรายละเอียด พื้นที่เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี) ดูรูปที่ 1 ประกอบ

6.2 วิธีการสำรวจ

- วิธีวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (Resistivity Sounding Method)
- วิธีใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin (Electromagnetic Method)

6.3 วัตถุประสงค์

เพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างตะกอนกรวด หินทราย และหินแกรนิตเพื่อกำหนดความลึกที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างแนวแกนเขื่อนและระบบกักเก็บน้ำใต้ดิน

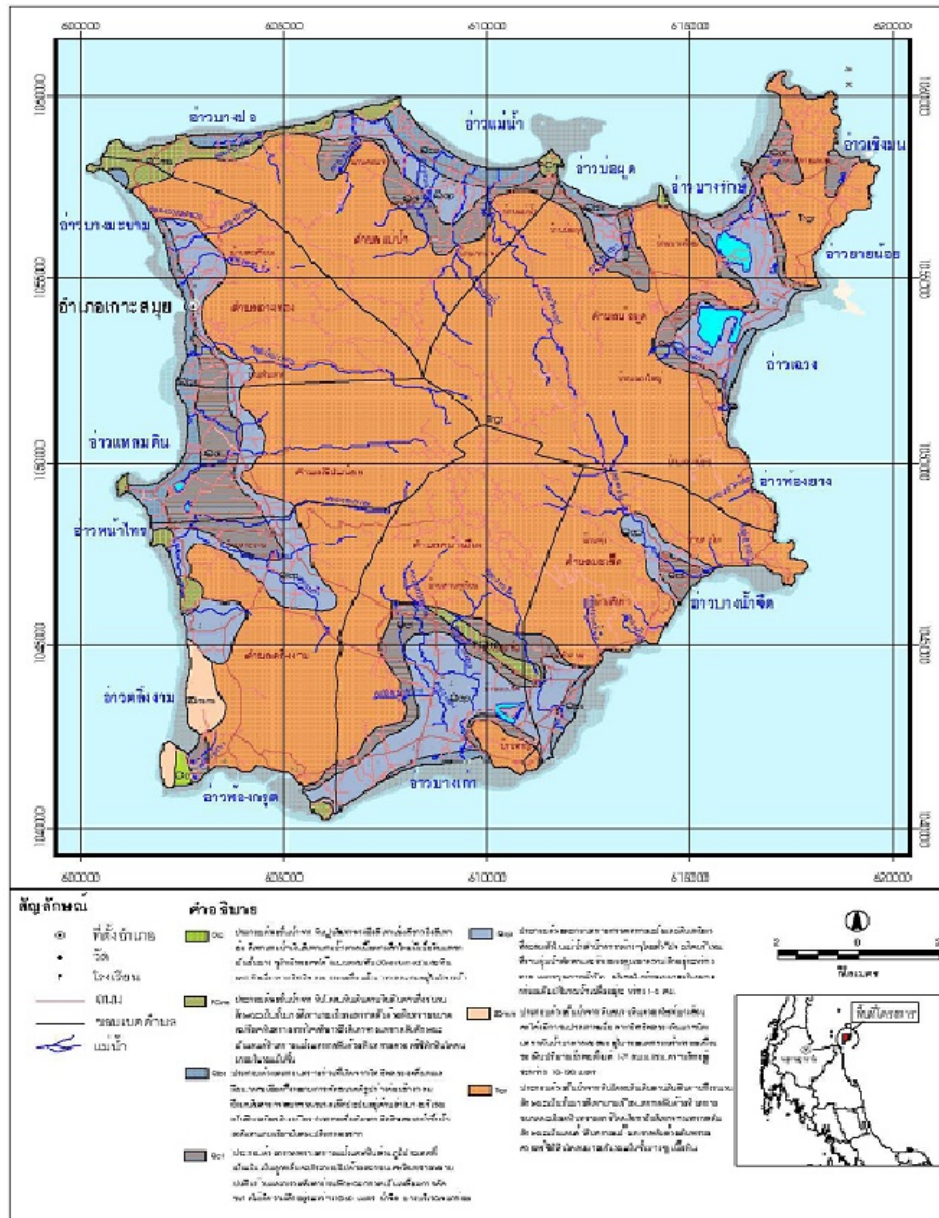
6.4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

จากสภาพพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นเกาะที่ตั้งอยู่บนไหล่ทวีป ซึ่งตั้งอยู่บริเวณอ่าวไทย เป็นอำเภอหนึ่งในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี ห่างจากสุราษฎร์ธานีไปทางทิศตะวันออก ประมาณ 48 กิโลเมตร สภาพพื้นที่ 1 ใน 3 ของเกาะเป็นพื้นราบ และส่วนที่เหลือเป็นภูเขา บริเวณพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่การเกษตร เช่น นาข้าว สวนทุเรียน สวนมะพร้าว และสวนยางพารา เป็นต้น นอกจากนั้นจะเป็นที่อยู่อาศัย สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และป่าดิบชื้น โดยมีคลองหลายสายไหลผ่าน เช่น คลองเขาขวาง คลองเหลง คลองบ้านทะเล และคลองสวนทุเรียน

ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหน่วยหินหลัก 3 หน่วย คือ ตะกอนยุคควอเทอร์ ซึ่งในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งตะกอนออกได้เป็น 2 หน่วย ได้แก่ ตะกอนทรายชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของคลื่น พบได้บริเวณหาดทรายชายทะเล ตามอ่าวและหาดต่างๆ ส่วนมากเป็นตะกอนทรายร่วน ตะกอนเศษหินเชิงเขา และตะกอนของหินที่ผุพังอยู่กับที่ โดยมากมักพบอยู่บริเวณเชิงเขา ประกอบด้วยตะกอนพวก กรวด ทราย และดินกรวดขนาดเล็ก - ใหญ่ หินตะกอนหรือหินชั้นประกอบด้วย หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัส ประกอบด้วยหินดินดาน และหินทราย หน่วยสุดท้ายคือ หินอัคนี อายุไทรแอสซิกเป็นหินอัคนีแทรกซอน โดยแยกออกเป็น หินไปโอไทต์แกรนิต ซึ่งจะพบอยู่ทางตอนบนของพื้นที่ระหว่างเกาะสมุย และ หินไปโอไทต์ มัสโคไวต์แกรนิต (รูปที่ 6-1)

อุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา จากการสำรวจพบว่า ลักษณะการสะสมตัวของแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาแบ่งได้ 2 ประเภท คือ เกิดการสะสมตัวตามรอยแตกในหินแข็งที่รองรับในพื้นที่ (Consolidated aquifers) และเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนกรวดทรายที่ถูกพัดพาจากแม่น้ำ ลำคลองสายสั้นๆ และจากการผุพังอยู่กับที่แล้วถูกกัดเซาะและเลื่อนไหลมาจากที่สู่มายังบริเวณที่ต่ำกว่า ในบริเวณที่ราบลาดเชิงเขา (Unconsolidated aquifers) เนื่องจากพื้นที่โครงการส่วนใหญ่รองรับด้วยหินแข็ง ปรากฏให้เห็นบริเวณตรงกลางของพื้นที่ศึกษาแสดงลักษณะเป็นภูเขาสูง ดังนั้นน้ำบาดาลจะถูกกักเก็บบริเวณรอยแตกในเนื้อหิน และบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นหินและหินผุ ซึ่งรองรับด้วยหินอัคนีช่วงยุคไทรแอสซิก และหินชั้นกึ่งหินแปร (รูปที่ 6-2)

รูปที่ 6-1 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 6-2 แผนที่อุทกธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา

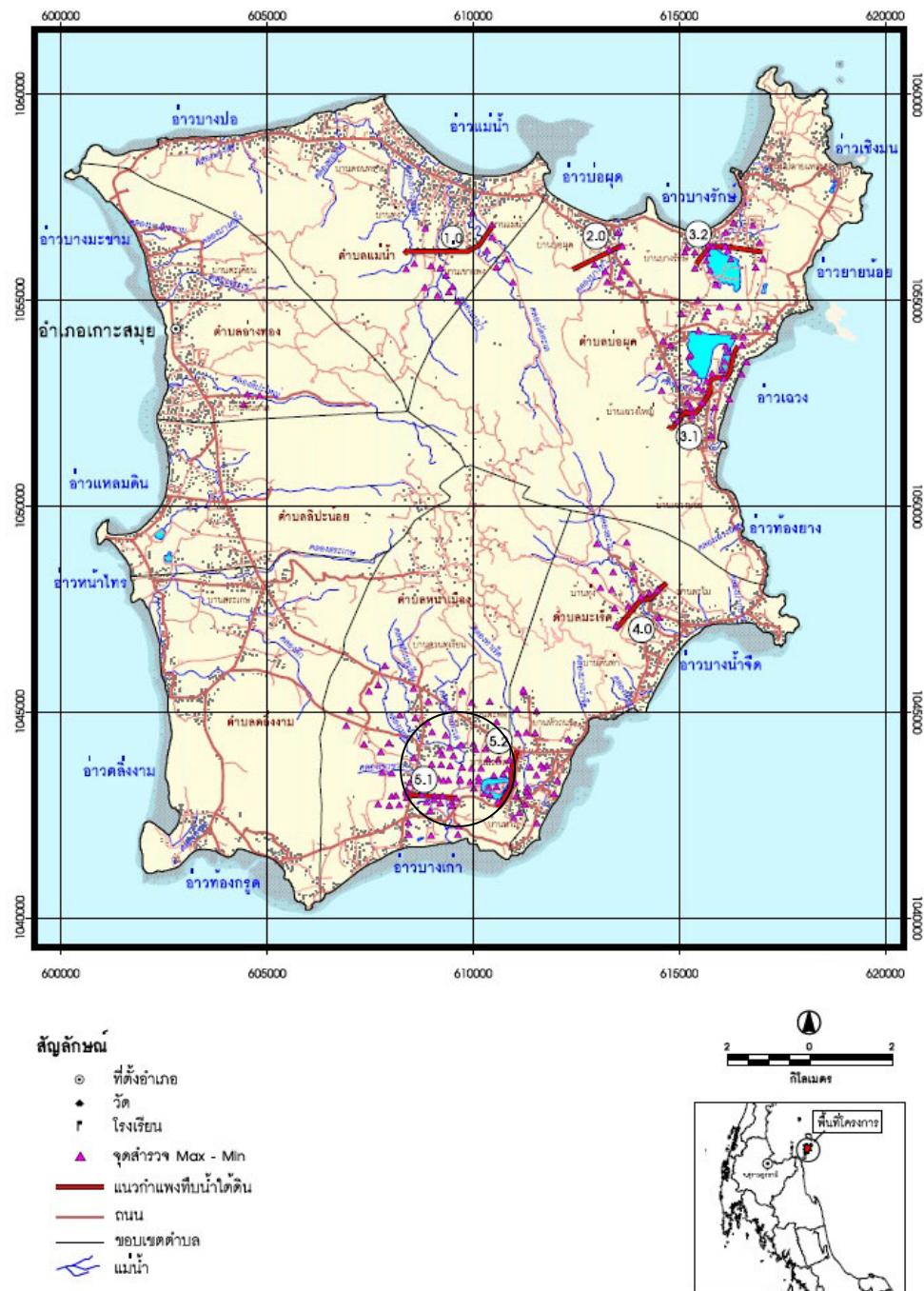
6.5 การวางแผนสำรวจภาคสนาม

การสำรวจในภาคสนามได้วางแผนการสำรวจออกเป็น 2 วิธี คือ การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบการหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding, VES) เพื่อตรวจสอบความหนาของตะกอนหินร่วน และรอยต่อของหินแกรนิต ตามแนวที่คาดว่าจะสร้างแนวแกนเขื่อนใต้ดินจำนวน 14 จุด โดยความลึกของการสำรวจ เท่ากับ 100 เมตร ระยะห่างระหว่างจุด ประมาณ 100 เมตร และสำรวจโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin จำนวน 5 จุด ทำการกำหนดจุดสำรวจและจัดทำแนวสำรวจ ซึ่งมีระยะห่าง Transmitter และ Receiver เท่ากับ 100 เมตร โดยมีการเคลื่อนที่แต่ละจุดของการปล่อยสนามแม่เหล็กในการสำรวจ ห่างกัน 10 เมตร ซึ่งจะมีความลึกของการสำรวจมากกว่า 60 เมตร โดยใช้ความถี่ในการสำรวจ 8 ความถี่ ทำการสำรวจแบบ Horizontal loop EM โดยใช้เครื่องมือ MaxMin I EM ระยะห่างระหว่าง Tx-Rx 100 เมตร (coil separation) พร้อมบันทึกภาพธรณีวิทยาผิวดิน จากสภาพ

ธรณีวิทยาผิวดินและการคำนวณ สามารถจัดทำเป็น Geophysical cross section ของแต่ละจุดสำรวจได้ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลหลุมเจาะสำรวจบริเวณใกล้เคียง (รูปที่ 6-3 และ รูปที่ 6-4)



รูปที่ 6-3 แสดงจุดสำรวจธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

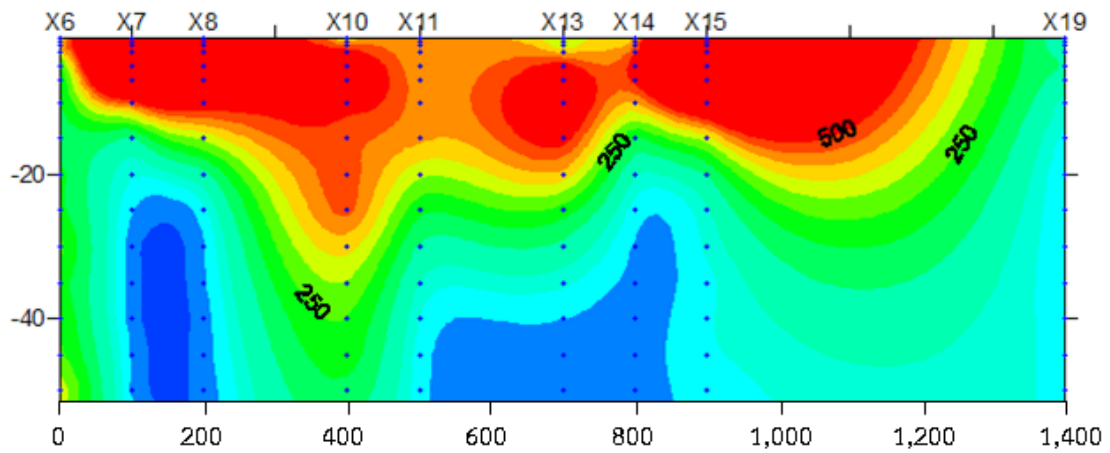


รูปที่ 6-4 แสดงจุดสำรวจธรณิฟิสิกส์ โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin

6.6 การแปลความหมาย

6.6.1 การแปลความหมายจากการสำรวจด้วยวิธีการวัดค่าความต้านไฟฟ้าแบบหยั่งลึก โดยวิเคราะห์ข้อมูลความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏในรูปของภาพตัดขวางทางธรณิฟิสิกส์ (Pseudo section) โดยใช้โปรแกรม Surfer8 เพื่อศึกษาลักษณะของค่าความผิดปกติ บริเวณรอยต่อระหว่างหินร่วนและหินแกรนิต และใช้โปรแกรม Rinvert 3.2 เพื่อสร้างแบบจำลองทางธรณิฟิสิกส์ เพื่อศึกษาความลึกถึงหินแกรนิต (รูปที่ 6-5 และ ตารางที่ 6-1)

6.6.2 การแปลความหมายจากการสำรวจโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin สามารถนำมาวิเคราะห์ในรูปของ Response parameter diagram เพื่อพิจารณาว่าค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ในช่วงใดระดับความลึกระดับต่างๆ (รูปที่ 6-7 และ รูปที่ 6-8)



รูปที่ 6-5 ภาพตัดขวางทางธรณีฟิสิกส์ (Pseudo section) บ่านมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง อำเภอกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี

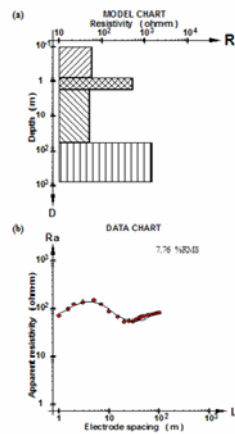


Figure 2. Forward modelling for model <v19.mdi> in comparison with data <v19.dat> - Schlumberger array at "XA".

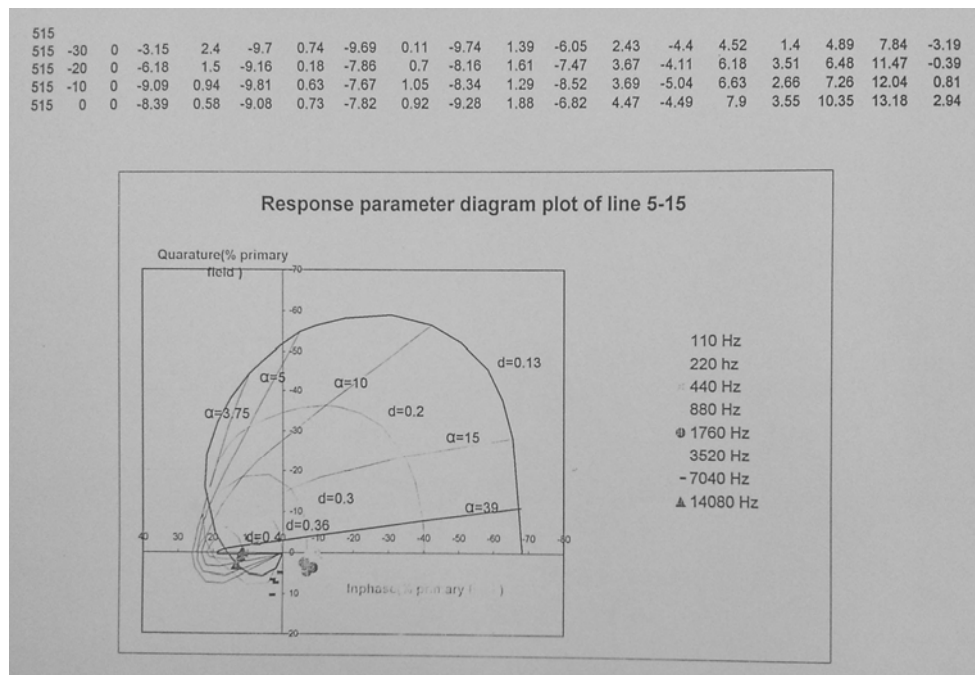
รูปที่ 6-6 แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ โดยใช้โปรแกรม Rinvert 3.2

ตารางที่ 6-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล

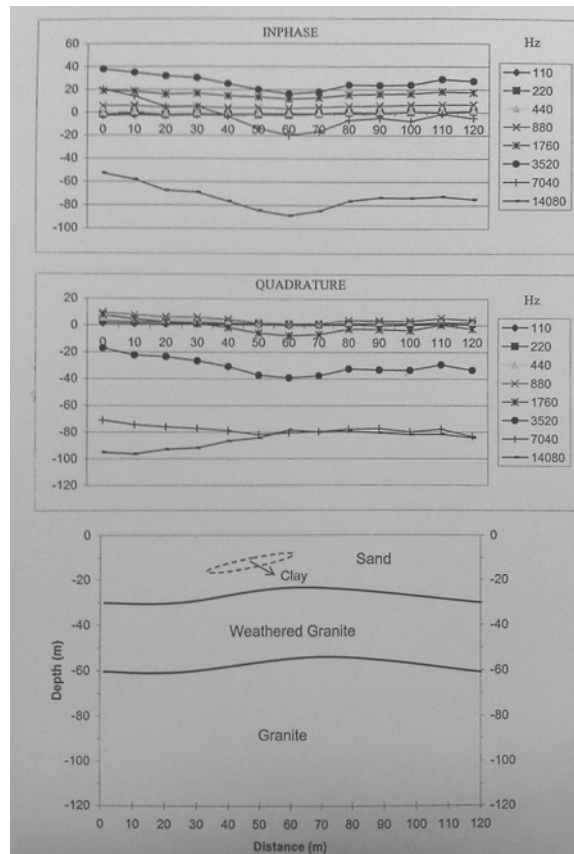
จุดสำรวจที่	ความลึก (ม.)	ความหนา (ม.)	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	การแปลความหมายข้อมูล
X5	0-0.67	0.67	831.1	ดินชั้นบน
	0.67-2.3	1.64	1516	ทรายแห้ง
	2.3-2.84	0.54	19.48	ดินเหนียว
	2.84-33.56	30.72	789.2	ทรายปนกรวด
	33.56	*inf	12	ดินเหนียว
X6	0-0.28	0.28	213.5	ดินชั้นบน
	0.28-1.12	0.83	630.8	ทรายแห้ง
	1.12-13.6	12.5	153.4	ดินเหนียว
	13.6-41.34	27.7	560	ทรายปนกรวด
	41.34	*inf	23	ดินเหนียว
X7	0-0.34	0.34	1223	ดินชั้นบน
	0.34	3.94	1533	ทรายแห้ง
	3.94-44.14	40.2	37.53	ดินเหนียว
	44.14	*inf	205.6	หินแกรนิต
X8	0-0.74	0.74	473.6	ดินชั้นบน
	0.74-4.07	3.33	1530	ทรายแห้ง
	4.07-94.72	90.65	33.4	ดินเหนียวหรือหินผุ
	94.72	*inf	215.4	หินแกรนิต
X10	0-0.76	0.76	232.7	ดินชั้นบน
	0.76-1.05	0.29	5567	ทรายแห้ง
	1.05-19.2	18.14	461.2	ทรายแห้ง
	19.19	*inf	77.56	ทรายปนดินเหนียว
X11	0-12.89	12.89	437.6	ดินชั้นบน
	12.89-28.31	15.42	13.95	ดินเหนียว
	28.31	*inf	282	หินแกรนิต
X13	0-1.28	1.28	243.7	ดินชั้นบน
	1.28-6.5	5.2	1205	ทรายแห้ง
	6.5-16.27	9.77	5.6	ดินเหนียว
	16.27	*inf	281.8	หินแกรนิต
X14	0-1.42	1.42	363	ดินชั้นบน
	1.42-3.7	2.28	1203	ทรายแห้ง

ตารางที่ 6-1 ผลการแปลความหมายข้อมูล (ต่อ)

จุดสำรวจที่	ความลึก (ม.)	ความหนา (ม.)	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	การแปลความหมายข้อมูล
	3.7-50.55	46.84	34.37	ดินเหนียว
	50.55	*inf	299.5	หินแกรนิต
X15	0-0.13	0.13	490	ดินชั้นบน
	0.13-4.42	4.28	1659	ทรายแห้ง
	4.42-34.47	30.05	70.4	ทรายมีความชื้น
	34.47-48.18	13.71	15.28	ดินเหนียวหรือหินผุ
	48.18	*inf	453.1	หินแกรนิต
X19	0-0.69	0.69	58.1	ดินชั้นบน
	0.69-1.69	0.99	465.3	ทรายแห้ง
	1.69-54.98	53.29	50.85	ดินเหนียว
	54.98	*inf	1463	หินแกรนิต



รูปที่ 6-7 แสดงการวิเคราะห์ค่าใน Response parameter diagram บริเวณจุดสำรวจที่ 5-15 บ้านมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 6-8 รูปตัดที่ได้จากการสำรวจ Geophysics Profile บริเวณบ้านมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง อำเภอกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี

6.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการสำรวจ

จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้ามากกว่า 250 โอห์ม-เมตร ความลึก 20-30 เมตร คาดว่าจะเป็นทรายแห้ง ถัดลงไปค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 50-250 โอห์ม-เมตร ความลึก 30-50 เมตร คาดว่าจะรองรับด้วยทรายมีความชื้นสูงหรือหินแกรนิตผุ

การสำรวจโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin จุดสำรวจที่ 5/27 สามารถแปลผลการสำรวจได้ คือ ที่ความลึก 0-30 เมตร ค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.03-0.47 ซีเมนส์/เมตร ถัดลงไปความลึก 40-60 เมตร คาดว่าจะรองรับด้วยแกรนิตผุ ค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.01-0.39 ซีเมนส์/เมตร และจะพบหินแกรนิตเนื้อแน่นที่ความลึกมากกว่า 60 เมตรลงไป ค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.23-0.33 ซีเมนส์/เมตร ดังนั้นสามารถสรุปข้อดีและข้อด้อยของทั้ง 2 วิธีการได้ดังตารางที่ 6-2 ดังนี้

ตารางที่ 6-2 สรุปผลเปรียบเทียบการสำรวจทั้ง 2 วิธี

VES	2D Imagine
ข้อดี	
- สำรวจได้รวดเร็ว - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ทีมงานการสำรวจน้อย - อุปกรณ์การสำรวจมีความคงทนสูง ถ้าอุปกรณ์เกิดการเสียหาย เช่น สายไฟขาด สามารถซ่อมแซมได้ในสนาม เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถดำเนินงานต่อได้ทันที	- สำรวจได้ความลึกมากกว่า 200 เมตร - อุปกรณ์การสำรวจสามารถขนย้ายได้สะดวก ใช้ทีมงาน 4-5 คน - อุปกรณ์การสำรวจมีความคงทนสูง ถ้าอุปกรณ์เกิดการเสียหาย เช่น สายไฟขาด สามารถซ่อมแซมได้ในสนาม เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถดำเนินงานต่อได้ทันที
ข้อด้อย	
- การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลค่อนข้างยุ่งยาก ผู้สำรวจและแปลความหมายต้องมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร - การวัดค่าใกล้บริเวณสิ่งปลูกสร้าง จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย - สำรวจได้ความลึกจำกัด ความลึกไม่เกิน 50 เมตร	- ค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ ต้องนำไปแปลความหมายและคำนวณออกมาเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง - ต้องใช้เวลาพอสมควรในการแปลความหมาย นอกจากนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนตายตัวได้ ดังนั้น จึงยากต่อการตัดสินใจในการแปลความหมาย - ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูง จึงจะได้ผลที่ยอมรับได้ และมีความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่นั้นๆ พอสมควร

บทที่ 3

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการนำวิธีการสำรวจธรณีสัณฐานทั้ง 3 วิธี ออกไปทดสอบในภาคสนามที่มีลักษณะสภาพภูมิประเทศ และสภาพลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่แตกต่างกันไป สามารถสรุปผลการสำรวจได้ดังต่อไปนี้

3.1 การสำรวจธรณีสัณฐาน ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่เป็นหินแข็งเนื้อแน่น เพื่อตรวจสอบค่าความผิดปกติหรือโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่คาดว่าจะเป็น รอยเลื่อน รอยแตก หรือรอยต่อระหว่างชั้นหิน หรือบริเวณที่ต้องการทราบความลึกของตะกอนกรวด หิน และหินแข็งเนื้อแน่นรองรับ หรือบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นน้ำบาดาลจืดและชั้นน้ำบาดาลเค็ม ในกรณีที่น้ำเค็มสะสมตัวอยู่ด้านล่างน้ำบาดาลจืด โดยสามารถสำรวจที่ระดับความลึก 200-300 เมตร แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดในบางพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่สำรวจรองรับด้วยชั้นดินเหนียวหนาหรือน้ำเค็มปิดทับด้านบน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะไหลวนในบริเวณที่น้ำไฟฟ้าได้ดีทำให้ไม่สามารถทะลุผ่านไปยังชั้นอื่นๆ ได้ หรือบริเวณที่มีกรวด หิน หินแข็ง ดินเกาะตัวกันหลวม เช่น บริเวณข้างทางที่มีดินถมใหม่ๆ ลานตะพักระดับสูง ทางภาคเหนือหรือบริเวณหินแกรนิตผุ บริเวณภาคตะวันออกและตะวันตกของประเทศไทย กระแสไฟฟ้าวิ่งไม่ครบวงจร ยากต่อการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

3.2 การสำรวจธรณีสัณฐาน ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ ซึ่งเป็นการพัฒนาอุปกรณ์สำรวจ ให้สามารถแสดงผลในรูปของภาพตัดขวางธรณีสัณฐาน สามารถใช้ได้คล่องตัว กับการสำรวจแบบหยั่งลึก แต่จะสามารถทราบความต่อเนื่องของชั้นดินชั้นหินได้ดีกว่า สามารถแยกความแตกต่างของค่าต้านทานไฟฟ้าของกรวด หิน หินแข็ง หินเหนียว และหินแข็งได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องของอุปกรณ์สำรวจ โดยความลึกที่สำรวจได้จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายเคเบิล และอุปกรณ์สำรวจมีความเปราะบางโดยเฉพาะสายเคเบิล ซึ่งมีสายไฟเส้นเล็กๆ ข้างใน ง่ายต่อการฉีกขาด ดังนั้นผู้ทำการสำรวจต้องใช้ความระมัดระวังสูง วิธีการนี้ไม่เหมาะที่จะสำรวจในบริเวณแหล่งชุมชนที่มีรถผ่านเข้า-ออก ตลอดเวลา

3.3 การสำรวจโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ MaxMin เพื่อตรวจสอบโครงสร้างทางธรณีวิทยา ที่มีลักษณะการวางตัวตามแนวยาว เช่น แหล่งน้ำบาดาลตามแนวรอยแตกหรือรอยเลื่อนของชั้นหินแข็ง หรือแหล่งน้ำบาดาลตามแนวลำน้ำเก่า ในชั้นหินผุหรือชั้นหินร่วนประเภทอื่นๆ ความลึกที่สำรวจได้ไม่เกิน 50 เมตร สามารถจัดเก็บข้อมูลในสนามได้อย่างรวดเร็ว ใช้คนสำรวจน้อย ประหยัดเวลาและงบประมาณค่าใช้จ่ายในการสำรวจ แต่มีข้อจำกัดคือความลึกในการสำรวจขึ้นอยู่กับช่วงความถี่ของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ การแปลความหมายค่อนข้างยุ่งยากและต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจสภาพของพื้นที่ นอกจากนี้ข้อมูลที่วัดค่าได้มีความไวต่อสิ่งรบกวนภายนอก เช่น การสำรวจในพื้นที่ที่มีสายไฟฟ้า หรือเสาอากาศ ก็จะทำให้เกิดการรบกวนของการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (noises) ไม่สามารถแปลผลข้อมูลได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2544, ธรณีวิทยาประเทศไทยฉบับเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคล เฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ, พิมพ์ครั้งที่ 2, กระทรวงอุตสาหกรรม, 328 หน้า
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551 รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่6/10): ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 ถึง 7000-2550 โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 59 หน้า
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551 รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่7/10): ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550 โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 241 หน้า
- ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546 น้ำบาดาล. เชียงใหม่ : ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 373 หน้า.