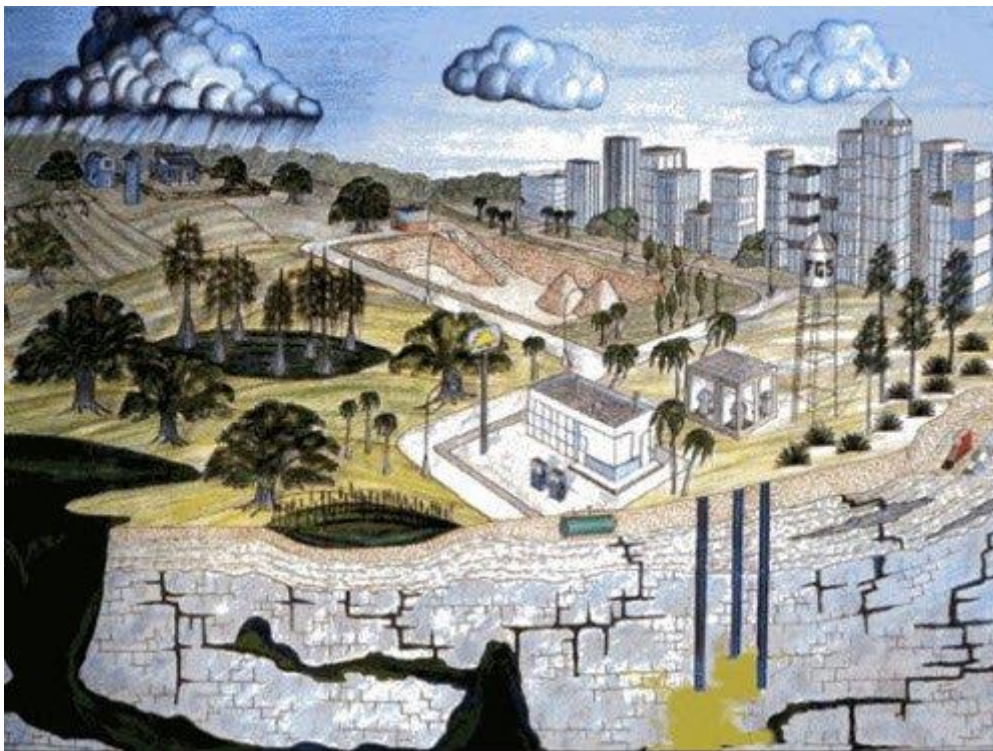


## การสำรวจน้ำบาดาล (Groundwater Exploration)

หลาย ๆ คนอาจจะสงสัยใช่ไหมว่า เราจะรู้ได้อย่างไรว่าน้ำบาดาลในบริเวณที่ดินของเราอยู่ลึกแค่ไหน และเราจะสามารถสูบน้ำมาใช้ได้วันละเท่าไร และเขามีวิธีการสำรวจอย่างไร

ในอดีตคนเราพยายามจะเอาชนะธรรมชาติมาโดยตลอด ซึ่งก็แพ้บ้าง ชนะบ้างเป็นธรรมดา และการหาแหล่งน้ำมาทดแทนน้ำผิวดินก็เหมือนกัน เราก็มีวิวัฒนาการมาโดยตลอด

สมัยก่อนน้ำบาดาลค่อนข้างตื้น ดังนั้นเราสามารถขุดบ่อลึกประมาณไม่ถึงสิบเมตร ก็ถึงชั้นน้ำบาดาลและเราก็มีน้ำใช้ได้ตลอดทั้งปี ปัจจุบันจำนวนคนมากขึ้น ความต้องการใช้น้ำก็มากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นระดับน้ำบาดาลก็ลดลงไปเรื่อย ๆ กล่าวคือเราต้องขุดลึกลงไปหลายสิบเมตรจึงจะเจอน้ำ และมันก็เกินกำลังของคนที่จะขุดด้วยจอบกับเสียม จึงต้องใช้เครื่องมือใหญ่ๆเข้ามาช่วย เช่น เครื่องเจาะน้ำบาดาล เป็นต้น

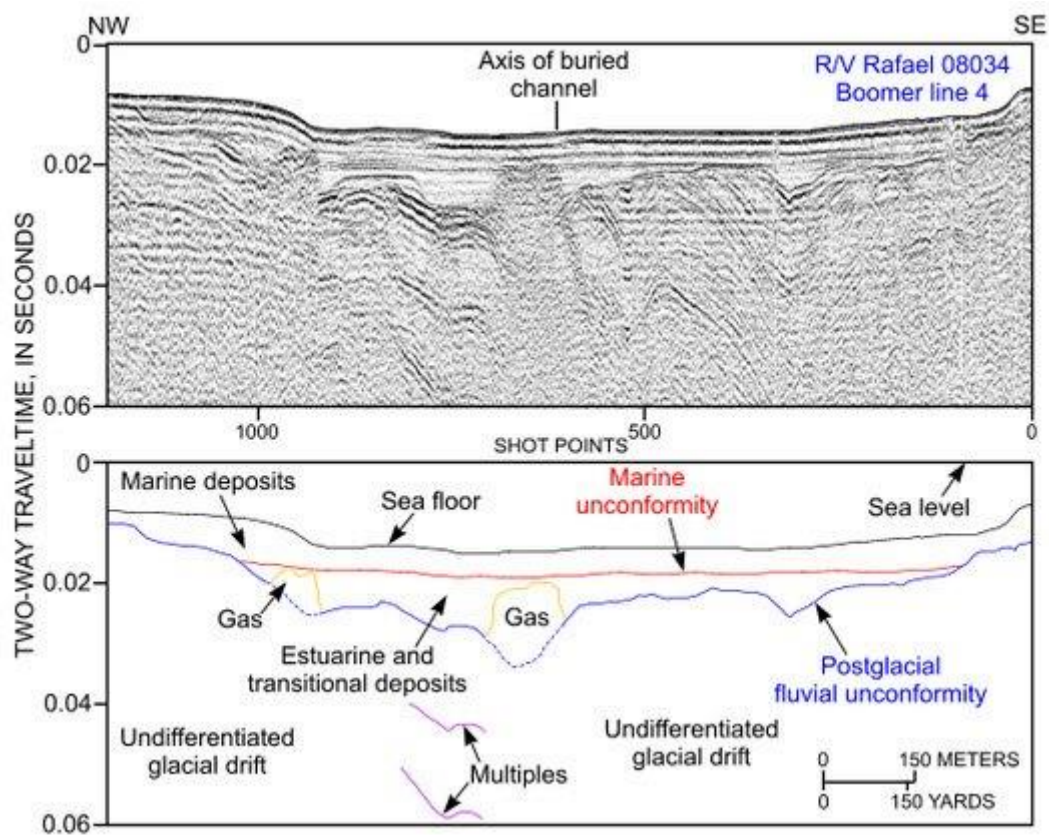


การสำรวจน้ำบาดาลในปัจจุบัน เป็นการสำรวจที่ใช้หลักการง่ายๆ คือ น้ำเป็นตัวนำไฟฟ้า ดังนั้นเราก็จะปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในชั้นดินและหินข้างล่าง แล้ววัดค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า จากนั้นก็จะนำมาคำนวณตามสูตร  $V = IR$  (กฎของโอห์ม) เมื่อเราปล่อยกระแสไฟฟ้า ( $I$ ) ซึ่งเราทราบค่า แล้ววัดความต่างศักย์ ( $V$ ) ได้เท่าไร เราก็คำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้า ( $R$ ) ได้ ซึ่งวิธีการนี้

เรียกว่าการสำรวจน้ำบาดาลแบบ รีซิสติวิตี (Resistivity Survey) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ซึ่งความน่าจะเป็นของการสำรวจด้วยวิธีนี้ ก็ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการอื่นๆ ก็ยังมีอยู่แต่ว่าไม่ค่อยได้รับความนิยม อีกทั้งยังมีข้อผิดพลาดสูง และไม่เป็นไปตามหลักวิชาการ เช่นการนั่งทางใน การใช้กะลาครอบ การเสี่ยงทาย การใช้สมาธิ รวมไปถึงวิธีการที่เราเรียกว่า "เด้าซิง" ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีความน่าจะเป็นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่บางคนยังนิยมวิธีการเหล่านี้อยู่ เพราะ ประหยัดค่าใช้จ่าย ง่าย และรวดเร็ว แต่ข้อเสียคือหาข้อพิสูจน์ไม่ได้เวลาชุดลงไปแล้วไม่เจอน้ำ แหล่งน้ำบาดาล เป็นสิ่งที่อยู่ใต้พื้นดินมองไม่เห็น การสำรวจจึงต้องอาศัยความรู้ทางด้านธรณีวิทยา และอุทกวิทยาเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะน้ำบาดาลมีความสัมพันธ์กับสภาพธรณี และลักษณะอุทกวิทยาอย่างใกล้ชิด เมื่อทราบลักษณะสภาวะแวดล้อมทางธรณีวิทยา สภาพธรณีวิทยา โครงสร้าง ตลอดจนลักษณะแวดล้อมทางอุทกวิทยาของชั้นน้ำและชั้นหินอุ้มน้ำแล้ว จะทำให้สามารถทราบถึงคุณสมบัติการให้น้ำของชั้นหินนั้นๆ ได้ การสำรวจแหล่งน้ำบาดาลมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพอุทกธรณีของพื้นที่นั้นๆ บางวิธีอาจใช้ได้ผลดีเฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง บางพื้นที่ต้องใช้หลายๆวิธีรวมกัน การตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสม จะทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับธรณีวิทยาของพื้นที่พัฒนา ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม ลักษณะลำน้ำพุ บ่อน้ำบาดาล ประกอบด้วยที่ตั้ง ความลึกของชั้นน้ำ ระดับน้ำบาดาล ปริมาณน้ำบาดาล คุณภาพทางเคมีของน้ำบาดาล ข้อมูลหลุมเจาะ และข้อมูลอื่นๆ เพื่อสรุปสภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลนั้นๆ ก่อนที่จะดำเนินการสำรวจวิธีอื่นๆ ต่อไป
2. การสำรวจข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในสนาม(Hydrogeology Investigation) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ที่จะพัฒนาน้ำบาดาล ตรวจสอบควบคู่ไปกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รวบรวมไว้ เช่น ตำแหน่งที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล ลักษณะหินและโครงสร้างทางธรณีวิทยา เป็นต้น ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาจะให้ภาพคร่าวๆ เกี่ยวกับลักษณะชั้นหินหรือชั้นดินอุ้มน้ำ (Aquifer) ชั้นกั้นน้ำ (Aquiclude) ขอบเขตของชั้นน้ำบาดาล พื้นที่รับน้ำบาดาล (Recharge Area) ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับน้ำบาดาลในพื้นที่ที่จะเจาะบ่อน้ำบาดาล นับแต่ความลึกของบ่อ ความลึกระดับน้ำบาดาล เครื่องสูบน้ำ ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ ตลอดจนระบบไฟฟ้าที่ใช้ในบริเวณนั้น สามารถจะให้ภาพที่ดีเกี่ยวกับน้ำบาดาลจากแหล่งน้ำดังกล่าวทั้งด้านการนำไปใช้ประโยชน์ การขุดเจาะและออกแบบบ่อน้ำบาดาล และเครื่องสูบน้ำ

### 3. การสำรวจธรณีฟิสิกส์ (Geophysics Investigation)



3.1 การสำรวจด้วยธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน(surface Geophysics) การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เป็นวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินและหิน เพื่อค้นหาการสะสมตัวของแหล่งแร่ แหล่งน้ำมันปิโตรเลียม หรือลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา วิธีธรณีฟิสิกส์เป็นการตรวจวัดหรือตรวจจับหาค่าความแตกต่างหรือค่าผิดปกติ (Anomaly) เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพภายใต้ผิวโลก ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) สนามแม่เหล็ก (Electromagnetic) ความยืดหยุ่น (Seismic) และความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) คุณสมบัติทางกายภาพที่ตอบสนองแตกต่างกัน นำมาแปลความหมายโครงสร้างธรณีวิทยา ชนิดของหิน ช่องว่าง ความชื้นและคุณภาพของน้ำ เป็นต้น วิธีทางธรณีฟิสิกส์ที่ได้ผลดีในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล ได้แก่

## วิธีสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Electrical resistivity method)

ความต้านทานไฟฟ้าของหินเป็นตัวจำกัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านชั้นหินนั้นๆ เมื่อเราให้ศักย์ไฟฟ้า ผ่านลงไปในชั้นหิน ปกติในทางปฏิบัติกระแสจะถูกส่งลงสู่ดิน ผ่านขั้วไฟฟ้าสองขั้วแล้ววัดค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ซึ่งอยู่แนวเส้นตรงนั้น จากขนาดของค่าความต่างศักย์ที่ลดลง เราสามารถคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินได้ ความต้านทานไฟฟ้าของหินแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ชนิดของแร่ที่ประกอบขึ้นเป็นหิน คุณภาพของน้ำที่แทรกอยู่ในเนื้อหินและอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปชั้นหินจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงหินร่วนที่มีขนาดตะกอนใหญ่กว่าจะมีความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าชนิดที่มีเม็ดตะกอนเล็กกว่า แต่ปริมาณน้ำที่แทรกและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้ความต้านทานไฟฟ้าของหินเปลี่ยนแปลงไป

3.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ใต้ผิวดิน(Subsurface Geophysics Investigation) เป็นวิธีการสำรวจโดยการหย่อนอุปกรณ์สำหรับวัดค่าทางฟิสิกส์ไปในหลุมเจาะ เพื่อหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินและชั้นหิน คุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำ ความลึกและความหนาของชั้นน้ำหรือโครงสร้างทางกายภาพของหลุมเจาะ การหยั่งธรณีฟิสิกส์ ใต้ผิวดินอาจจะประกอบด้วยเทคนิคมากมายหลายวิธี ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลต่อเนื่องจากผิวดินถึงก้นหลุมเจาะ สามารถหาความสัมพันธ์หรือเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บจากหลุมเจาะนั้น ข้อมูลสามารถแสดงออกเป็นกราฟในจอคอมพิวเตอร์หรือเก็บบันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ แล้วนำไปแปลความได้ง่ายและสะดวก

ก. การหยั่งความต้านทานไฟฟ้าหลุมเจาะ(Borehole Resistivity log) ขั้วกระแสไฟฟ้าและขั้วต่างศักย์ไฟฟ้าสามารถหย่อนลงในหลุมเจาะที่ยังไม่ได้ลงท่อกรุหรือท่อกันพัง เพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุที่อยู่รอบๆ หลุมเจาะ ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า การหยั่งความต้านทานไฟฟ้าหลุมเจาะ (resistivity log)

ข. การหยั่งศักย์ไฟฟ้า( Spontaneous Potential) ศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ (Natural Potential) ของชั้นหินหรือชั้นดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางฟิสิกส์ของสสารต่างกันสองชนิดที่สัมผัส

เมื่อสำรวจทราบแน่ชัดแล้วว่าที่ใดมีแหล่งน้ำบาดาล และตัดสินใจที่จะพัฒนานำมาใช้สอย ควรคำนึงถึงปริมาณน้ำ คุณภาพ และความลึกของแหล่งน้ำบาดาล ตลอดจนสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่ทำให้คุณภาพน้ำบาดาลด้อยลง ส่วนตำแหน่งที่ควรเจาะบ่อนั้น อาจไม่ต้องศึกษามากนัก ถ้าบริเวณนั้นมีบ่อ

อยู่แล้ว แต่ถ้าเป็นพื้นที่ใหม่ จำเป็นจะต้องสำรวจและศึกษารายละเอียดตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว เพื่อหาตำแหน่งเจาะบ่อดีที่สุด (Optimum well sites)

การสำรวจเบื้องต้น เป็นการศึกษาธรณีอุทก (Hydrogeology) ของภูมิภาคนั้นๆ โดยใช้แผนที่ ธรณี ภาพถ่ายทางอากาศ การวัดทางภาคพื้นดิน (Groundwater observation) เพื่อค้นหาชั้นดินที่น้ำซึมง่าย (Permeable strata) ที่มากพอโดยอาศัยเปรียบเทียบระดับความสูง (Elevation) กับที่ลุ่ม (Depression) ประวัติธรณีวิทยา การศึกษาอุทกวิทยา ซึ่งอาจประกอบด้วยการหาปริมาณน้ำเข้าในพื้นที่ (Input) และปริมาณน้ำออก (Output) ซึ่งเป็นสถานที่เติมน้ำสำหรับชั้นน้ำเหล่านั้น สถานที่น้ำเข้าหรือออก ได้แก่ Alluvial fans ชายทะเล ดินที่ซึมน้ำง่ายอยู่ลึก พื้นที่รับน้ำผิวดิน (Outcrops permeable) ชั้นหินร่วน และชั้นหินแข็ง เป็นต้น อัตราการเติมน้ำบาดาลอาจหาได้จากความแตกต่างระหว่างน้ำไหลเข้าและน้ำไหลออกในพื้นที่นั้น การเติมน้ำบาดาลอาจมาจาก Less permeable surface material โดยเฉพาะถ้าเป็นที่กว้างและฝนตกเบาๆ เป็นเวลานาน หินร่วน (Unconsolidated material) ชั้นน้ำที่เป็นหินร่วนหรือวัตถุที่ยังไม่แข็งเป็นก้อน เช่น ตะกอนที่น้ำพัดพามา (Alluvial deposit) ตะกอนที่น้ำแข็งพัดพามา (Glacial deposit) หรือตะกอนที่ลมพามา (Aeolian deposit) เป็นแหล่งกำเนิดของน้ำบาดาลเป็นส่วนมาก ตะกอนน้ำหรือตะกอนน้ำแข็งที่อยู่ในหุบเขาที่ทับถมแล้ว (Buried valleys) หรือท้องน้ำที่เก่าแก่จะเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดีที่สุด แม่น้ำเก่าแก่โบราณหรือหุบเขาหลายแห่ง แต่เดิมเป็นกรวดและทรายและภายหลังถูกทับด้วยตะกอนละเอียด เช่น ตะกอนละเอียดที่น้ำแข็งพามา (Glacial till) เป็นต้น ตะกอนหินร่วนของแม่น้ำโบราณมักจะรองรับด้วยหินดินดาน (Bedrock) เพราะมวลเหตุจากการกัดเซาะมาก่อน ด้วยเหตุเหล่านี้ ปริมาณน้ำที่ได้จากชั้นน้ำในบริเวณหุบเขา โดยทั่วไปจึงให้น้ำมาก ในบางกรณี ลักษณะพื้นผิวภายนอกจะแสดงว่าที่ใดเป็นหุบเขาที่ทับถมอยู่ แต่โดยปกติจะใช้การสำรวจชั้นหินด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์

### การให้น้ำของบ่อบาดาลต่างๆ (Well yield) จากวัสดุธรณีต่างๆ (Various geologic materials)

ทรายหยาบและกรวด บาซอลท์ 1,000 - 20,000 ม<sup>3</sup>/วัน

โพรงหินปูน 500 - 5,000 ม<sup>3</sup>/วัน

ทรายและกรวดผสมวัตถุเม็ดละเอียด หินทราย 100 - 2,000 ม<sup>3</sup>/วัน

รอยแตกและหินผุ 100 - 500 ม<sup>3</sup>/วัน

ค่าเหล่านี้เป็นเพียงประมาณไว้เป็นแนวทางเท่านั้น การให้น้ำของบ่อจะขึ้นอยู่กับ Transmissivity , specific yield or Storage Coefficient ของชั้นน้ำ ความลึกของตะกอนบ่อ ระยะน้ำลดในบ่อ ขนาดแผ่กว้างของชั้นน้ำ การสร้างและสภาพของบ่อ บ่อที่อยู่ในหินแข็ง น้ำทั้งหมดจะได้จากรอยแตก (Cracks) รอยร้าว (Fissures) โพรงลำธาร (Solution channel) หรืออื่นๆที่เรียกว่า Secondary porosity

การสำรวจผิวดิน เป็นการสำรวจด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ เพื่อช่วยเสริมให้ข้อมูลถูกต้องยิ่งขึ้น โดยอาศัย ความแตกต่างของคุณสมบัติของหิน และแร่ที่ประกอบหินเป็นสำคัญ

**คุณสมบัติทางกายภาพของหินที่สำคัญที่ถือเป็นพื้นฐานของการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ คือ**

- คุณสมบัติทางไฟฟ้า ได้แก่ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Electrical resistivity) ใช้เป็นพื้นฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ Earth Resistivity method
- ความยืดหยุ่นและความหนาแน่นของหิน (Electricity and density of rocks) จะมีผลต่อความเร็วของคลื่นสั่นสะเทือน (Seismic wave) เมื่อผ่านชั้นหินและดินต่างๆเป็นคุณสมบัติที่ใช้เป็นพื้นฐานของการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ seismic method
- ความหนาแน่นของหิน (Density of rocks) มีผลต่อขนาดและแรงดึงดูดของโลก คุณสมบัติทางกายภาพที่ใช้เป็นพื้นฐานของการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ Gravitational method
- คุณสมบัติทางแม่เหล็กของแร่ประกอบหิน (magnetic properties) จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งต่างๆกัน คุณสมบัติทางกายภาพที่ใช้เป็นพื้นฐานของการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบ Magnetic method

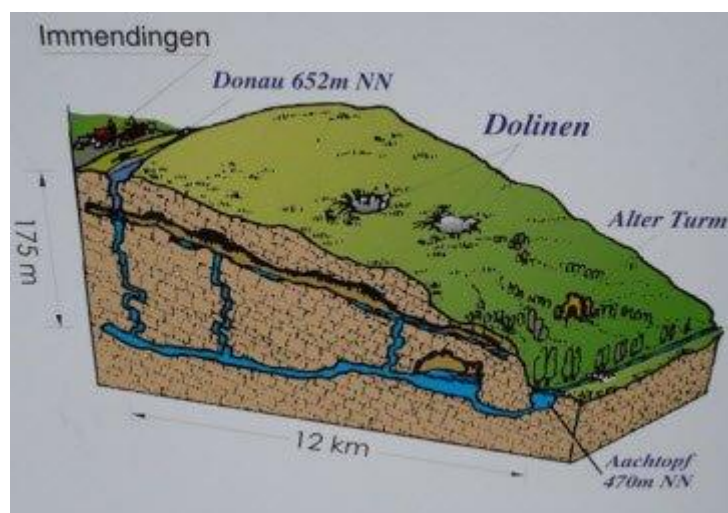
การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ทั้ง 4 วิธีนี้ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะวิธี Resistivity และ Seismic method ใช้สำรวจแหล่งน้ำบาดาลกันมาก เพราะส่วนใหญ่ต้องการข้อมูลไม่ลึกจากผิวดินมากนัก ส่วนวิธี Magnetic และ Gravitational method นั้น มักจะใช้ในการสำรวจหาแหล่งน้ำมัน ซึ่งต้องการทราบข้อมูล และสภาพธรณีวิทยาที่ระดับความลึกมากๆ

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ สามารถทำได้ทั้งบนผิวดิน (Surface survey) บนอากาศ (Air - borne survey) หรือในหลุมเจาะที่เรียกว่า การหยั่งธรณีในหลุมเจาะ (Well logging)



## ลักษณะของน้ำใต้ดิน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำใต้ดิน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่ากำเนิดของน้ำใต้ดินจะมาจากน้ำในบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลซึมลงดิน โดยจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ ช่วงเวลาที่มีฝนตก (Time) หมายถึง ถ้าช่วงเวลาที่มีฝนตกสั้น น้ำจะไหลผ่านผิวดินไปอย่างรวดเร็ว ปริมาณการไหลซึมลงดินของน้ำจะต่ำ และซึมลงได้น้อย แต่ถ้ามีฝนตกเป็นเวลานาน และเบา ๆ อัตราการไหลซึมจะมีมากกว่า ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) ถ้าพื้นที่ที่มีความลาดชันมากน้ำจะไหลไปบนดินมากกว่าที่จะซึมลงดิน ความพรกตัวของดินและหิน (Porosity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของช่องว่างในหินก้อนหนึ่งกับปริมาตรทั้งหมดของหินก้อนนั้น โดยค่าความพรกตัว แสดงเป็นร้อยละ ความพรกตัวจะขึ้นอยู่กับรูปร่าง ขนาด การวางตัวของหินและเศษแร่ที่ประกอบตัวกันเป็นหิน ความฟามของดินและหิน (Permeability) หมายถึง ความสามารถในการที่ยอมให้น้ำไหลผ่านหินที่มีความฟามสูง คือ หินที่น้ำไหลผ่านได้เร็ว รือความฟามขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่าง ไม่ใช่ปริมาตรของช่องว่าง ปริมาณของต้นไม้ ต้นไม้จะช่วยชะลอการไหลของน้ำผิวดินให้ช้าลง ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณน้ำไหลซึมลงดินได้มากขึ้น ความลาดเทของชั้นหิน ที่น้ำใต้ดินไหลอยู่ น้ำใต้ดินจะไหลได้ดีไปตามชั้นหินที่มีความฟามสูง โดยเฉพาะถ้าชั้นหินที่อยู่ถัดไปมีความแน่นทึบสูง น้ำจะไหลเฉพาะชั้นหินเนื้อฟามนั้น และถ้าชั้นหินมีความลาดเทมากน้ำจะไหลได้เร็ว

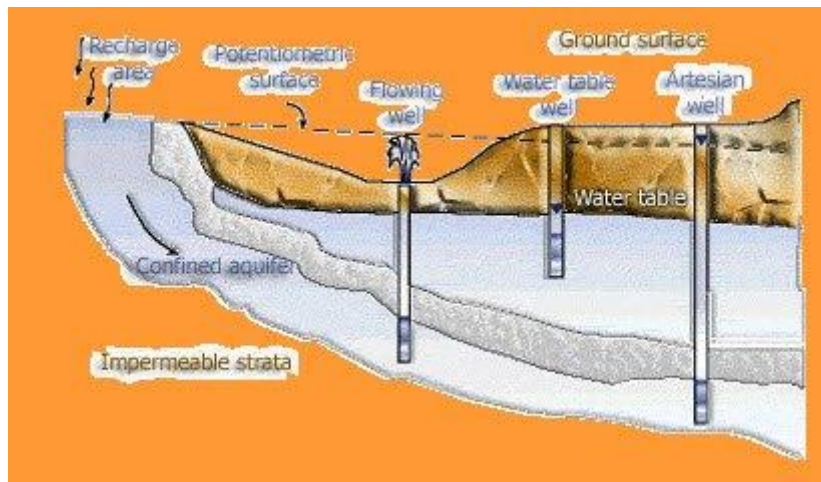


ลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดิน เราแบ่งน้ำใต้ดิน หรือ เขตน้ำใต้ดิน (Zone of Subsurface water) ออกเป็นสองเขต คือ เขตมีอากาศแทรกในชั้นหิน และเขตอิ่มตัว โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้ เขตที่มีอากาศแทรกในชั้นหิน (Zone of Aeration) เป็นเขตที่ปริมาณของน้ำใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินในระดับตื้น ระดับน้ำจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เช่น ฤดูแล้ง

ระดับน้ำจะลึกกว่าฤดูฝน จัดเป็นประเภทชั้นให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เขตนี้เป็นตอนที่น้ำจากผิวดินไหลผ่านลงสู่เบื้องล่าง โดยเขตนี้เราสามารถแบ่งออกเป็น 3 เขตย่อย คือ เขตความชื้นในดิน (Belt of Soil Moisture) ซึ่งเป็นบริเวณที่รากพืชหยั่งราก และสามารถดูดซึมน้ำไปใช้ได้ โดยพืชดูดซึมน้ำความชื้นจากดิน แล้วปล่อยให้ระเหยกลายเป็นไอสู่บรรยากาศ หรือบางครั้งความชื้นในดินจะระเหยสู่บรรยากาศโดยตรง เขตชั้นกลาง อยู่ระหว่างเขตความชื้นในดิน และเขตน้ำซึม น้ำในเขตนี้จะเกาะ ดินด้วยแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค จึงมีการเคลื่อนไหวยของน้ำน้อยมาก เว้นแต่ในระยะที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ช่วงกลางจึงเป็นทางผ่านของน้ำไปสู่เขตที่ลึกกว่า เขตน้ำซึม (Capillary Fringe) เป็นบริเวณที่ได้รับน้ำจากเขตอิมตัวมีความหนาตั้งแต่ 2-3 เซนติเมตร ถึง 2-3 เมตร ลักษณะคล้ายกระดาษซับน้ำที่จะมีน้ำจากเขตที่อยู่เบื้องล่างซึมขึ้นมาตามแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของดินหรือหิน กับน้ำเขตอิมตัว (Zone of Saturation) เป็นเขตที่มีน้ำได้ดินซึ่งอยู่เต็มทุกช่องว่างในเนื้อดิน เราเรียกน้ำในเขตนี้ว่าเป็นน้ำได้ดิน โดยยึดระดับบนสุดของระดับน้ำ ณ เขตนี้เป็นระดับน้ำได้ดิน (Water Table) โดยชั้นดินหรือชั้นหินที่มีปริมาณน้ำมากจนอิมตัวและมีปริมาณมากพอที่พืชสามารถนำขึ้นมาใช้ได้ ชั้นให้น้ำในเขตอิมตัวนี้เราเรียกว่า ชั้นให้น้ำแบบปิด (Confined Aquifers) มักอยู่ในระดับลึก มีชั้นหินหนาปิดปกคลุมด้านบนไว้ ทำให้น้ำในชั้นนี้มีความดัน มลพิษจากพื้นดินไม่สามารถปนเปื้อนลงไปได้ แต่อาจมีแร่ธาตุบางอย่างปะปนอยู่ ชั้นให้น้ำแบบปิดนี้อาจมีหลายชั้นสลับกันไป

ระดับน้ำได้ดิน (Water Table) คือผิวนบนของเขตอิมตัว หมายถึงระดับของน้ำได้ดินที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมน้ำได้ดินที่ไม่อาจซึมต่อไปได้ แต่ระดับน้ำได้ดินจะไม่คงที่แน่นอน สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล เช่น ในบริเวณภูเขาที่มีฝนตกสม่ำเสมอ ระดับน้ำได้ดินอาจอยู่ลึก 2-3 เมตร ถึงหลายร้อยเมตรใต้ผิวดิน ส่วนในแถบภูมิอากาศร้อนและแห้งแล้งที่มีฝนตกน้อยและมีการระเหยกลายเป็นไอบ่อย ระดับน้ำได้ดินจะอยู่ลึกมาก ส่วนบริเวณใกล้ลำธารแม่น้ำ ทะเลสาบหรือแหล่งน้ำอื่นๆ ระดับน้ำได้ดินจะอยู่ใกล้ผิวดินมาก และระดับน้ำได้ดินจะลาดเอียงใกล้แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้มาก





ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Ground water Aquifers) ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) คือ หิน หรือ ตะกอนที่น้ำบาดาลสามารถซึมผ่านได้ เช่น ชั้นกรวด ทราย เนื่องจากการวางเรียงตัวของเม็ดทรายมีช่องว่างขนาดเล็กๆ กว่าช่องว่างของการเรียงตัวของชั้นกรวด การสะสมตัวของน้ำจึงน้อยกว่า ส่วนหินอัคนีและ หินแปร หินดินดาน เนื้อหินแน่นเกินกว่าจะเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นหินอุ้มน้ำมี 2 ประเภท ดังนี้ ชั้นหินให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เป็นชั้นหินที่มีน้ำบาดาลอยู่ในเขตอู่มีระดับผิวน้ำเป็นระดับน้ำใต้ดิน และไหลไปตามแนวของชั้นหิน สำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล และใช้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำปกตินี้ ถ้าขุดบ่อน้ำบาดาลตื้นเกินไป มีโอกาสจะขาดแคลนน้ำได้ แต่ถ้าขุดลึกจะได้น้ำใช้ตลอดปี ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของหิน และรอยแตกในเนื้อหิน เช่น ถ้าเป็นหินอัคนีแบบเนื้อสมานแน่น และหินแปร แม้ว่าจะเป็นหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน แต่ถ้ามีรอยแตกในหินมากเป็นที่สะสมตัวของน้ำ บ่อน้ำใต้ดินจะมีน้ำใช้ เป็นต้น

ชั้นหินให้น้ำแบบปิด (Confine Aquifer) เป็นชั้นหินให้น้ำภายใต้แรงดัน โดยชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ระหว่างชั้นหินเนื้อทึบที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน ประกอบอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่าง จัดเป็นชั้นหินที่อยู่ภายใต้ความกดดันอันเนื่องมาจากน้ำหนักของหินที่กดทับ และน้ำหนักของน้ำในชั้นหินเดียวกันที่อยู่ต่างระดับกัน บางครั้งแรงดันมาก เมื่อเจาะจะมีน้ำไหลพุ่งมาเหนือปากบ่อ เรียกว่าบ่อน้ำพุ (Flowing Well) และเนื่องจากน้ำบาดาลจากชั้นหินอุ้มน้ำประเภทนี้มักอยู่ในระดับลึก สามารถนำมาใช้บริโภคได้ แต่อาจมีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุละลายปนอยู่มาก

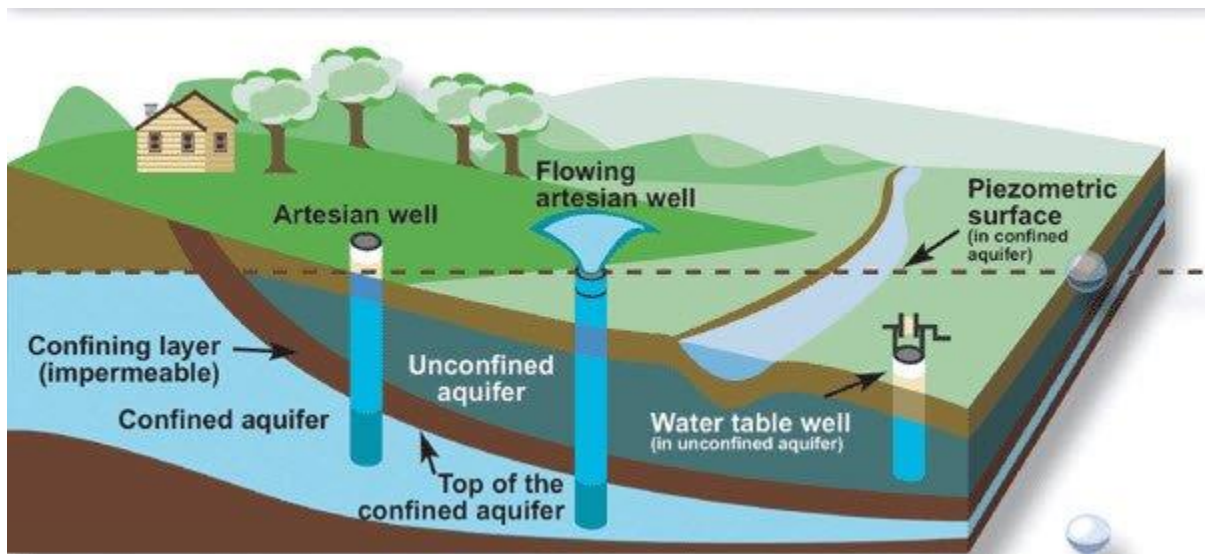
สำหรับชนิดของหินที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำนั้น เนื่องจากหินทุกชนิดมีความสามารถในการให้น้ำแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยาที่มีความแตกต่างกัน สามารถแยกพิจารณาได้ ดังนี้ หินตะกอน เป็นหินที่ไม่มีการประสานตัวแน่นเป็นหินแข็ง เช่น ตะกอนที่สะสมตัวตามแอ่ง ที่ราบ หุบเขา

ธารน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ชั้นหินอุ้มน้ำทั่วโลกร้อยละ 90 เป็นพวกตะกอนร่วน เช่น ทราย กรวด และพวกตะกอนเศษหินริมน้ำ เป็นต้น

หินกรวดมน มักมีทรายและเศษหินแทรกระหว่างช่องว่าง หินกรวดขนาดใหญ่ จึงอุ้มน้ำไม่ได้ ยกเว้นแต่น้ำที่แทรกตามรอยแตกของหิน และขึ้นอยู่กับการประสานของเนื้อหินด้วย ถ้าการประสานตัวมีไม่มากอาจจะพอน้ำบ้างไม่มากนัก หินทราย โดยทั่วไปมีความพรุนและสภาพการซึมน้ำมีมาก เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บน้ำน้อย ไม่จัดเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ แต่น้ำบาดาลที่พบในหินทรายส่วนใหญ่ได้จากรอยแตกและรอยต่อของชั้นหิน ถ้ามีขนาดใหญ่และมีแนวยาวต่อเนื่องกันจะให้น้ำได้มาก หินดินดาน มีรูพรุนในเนื้อหินมาก แต่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อย น้ำจึงไหลผ่านไม่ได้ จึงไม่จัดเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ยกเว้นเนื้อหินดินดานที่มีเนื้อแข็งและเปราะ จึงมีรอยแตกระหว่างเนื้อหินมากพอที่จะดักน้ำบาดาลได้มาก หินปูน เป็นหินแข็ง เปราะ ที่มีเนื้อสमानแน่น ในบางกรณีเมื่อถูกแรงบีบอัดก็จะเกิดรอยแตกในเนื้อหิน หรือเป็นโพรงระหว่างชั้นหิน ถ้ามีน้ำสะสมตัวอยู่สามารถขุดเจาะน้ำมาใช้ได้

ดังนั้นน้ำบาดาลจึงเป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ตามโพรงหินปูนมากกว่า หินแปร หินชนวน และหินชีสต์ เป็นหินที่มีการวางตัวของเนื้อหินเป็นแผ่น มีลักษณะเป็นแผ่นๆ เมื่อถูกแรงบีบอัดให้โค้งงอและแน่น จะทำให้ช่องว่างระหว่างแผ่นมีน้อยมาก จึงมีการสะสมตัวของน้ำน้อย และจากปัญหาความแข็งของชั้นหินจึงยากต่อการขุดเจาะน้ำบาดาลมาก หินอัคนี เช่น หินแกรนิต เนื้อสमानแน่น ไม่มีความพรุน จึงไม่มีการสะสมตัวของน้ำในเนื้อหิน ยกเว้นแต่ตามรอยแตกของหิน แต่ถ้ามีโพรงอากาศที่เกิดในขณะที่หินมีการเย็นตัวลง อาจเป็นโพรงที่น้ำสะสมตัวอยู่ได้

## การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน



การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้ การไหลตามแนวดิ่ง ซึ่งเป็นการไหลซึมลงดินตามแนวดิ่ง อัตราการไหลจะเร็วหรือ ช้าขึ้นอยู่กับโครงสร้างของชั้นดินและหินว่ามีช่องว่างในเนื้อหินและความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่าน การไหลตามแนวระดับ เป็นการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก เช่น การไหลจาก ระดับสูงลงไปสู่ระดับที่ต่ำกว่า อัตราการไหลจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และเนื้อหิน เช่น หินเนื้อละเอียดมากอัตราการไหลของน้ำจะไหลได้ช้ามาก แต่ถ้าไหลผ่านโพรง เช่น ถ้ำ ที่ติดต่อกันเป็นทางยาวน้ำใต้ดินจะไหลได้เร็วพอๆ กับการไหลของน้ำผิวดิน โดยสรุป อัตราการไหลจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับความพรุนของเนื้อหิน (Porosity) และความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านชั้นหิน (Permeability) นอกจากนี้ การยอมให้น้ำไหลซึมผ่านจะเป็นสัดส่วนกับความลึกเนื่องจากมีแรงกดดันสูง และความลาดชันของพื้นที่ด้วยเช่นกัน

## การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน

กฎของดาร์ซี (Darcy's Law)

$$V = kS$$

V คือ ความเร็วของการไหล

S คือ ความลาดเทของ hydraulic gradient

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์มีหน่วยเช่นเดียวกับความเร็ว

ประมาณการไหลของน้ำ  $q$  ก็คือ ( ผลคูณของความเร็ว ( $v$ ) และพื้นที่หน้าตัดสุทธิ ) พื้นที่หน้าตัดสุทธิ (effective area) คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (gross area) คูณด้วยค่าของ porosity ( $p$ ) ของตัวกลาง (media)

$$q = kpAS = KAS$$

$K$  เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของความซึมผ่านได้ (coefficient of permeability) หรือความนำชลศาสตร์ (hydraulic conductivity) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำหรือของไหล และคุณสมบัติของตัวกลางที่ไหลผ่าน

$$K = K_i \frac{\gamma}{\mu} = Cd^2 \frac{\gamma}{\mu}$$

$K$  คือค่า intrinsic permeability คือ specific weight ของน้ำหรือของของไหล

$\mu$  คือ absolute viscosity

$C$  เป็นแฟคเตอร์เกี่ยวกับรูปร่าง (shape) การเรียงตัว (packing) ความพรุน และลักษณะอย่างอื่นของตัวกลาง

$d$  คือ ค่าเฉลี่ยของขนาดช่องว่างของตัวกลาง

ค่าสัมประสิทธิ์ของการผ่าน (transmissibility) คือผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของความซึมผ่าน และความหนา  $y$  ของ aquifer

$$T = Ky$$

ถ้าให้  $B$  เป็นความกว้างของ aquifer จะได้

$$q = KByS = TBS$$