

### 3.5.1.2 ความต่างศักย์การแพร่

ความแตกต่างของความเข้มข้นไอออน (ions) ในน้ำใต้ดินสามารถทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เรียกว่า ความต่างศักย์การแพร่ (diffusion potential) ไอออนจะแพร่ไปในทิศทางที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นกระแสการแพร่  $J_D$  (diffusion current density) จะถูกสร้างขึ้นจากการไหลของไอออนจนกระทั่งถึงสภาวะที่สมดุลกับกระแสที่เกิดจากการนำไฟฟ้าที่มีทิศทางตรงกันข้าม NaCl เป็นตัวถูกละลายตัวหนึ่งที่มีจะพบในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในธรรมชาติ และความหนาแน่นกระแสการแพร่สุทธิ  $J_D$  สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$J_D = e^o \nabla C (D_{Na} - D_{Cl}) \quad (3.5-9)$$

เมื่อ  $e^o$  เป็น elementary electric charge และ C เป็นความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์,  $D_{Na}$  และ  $D_{Cl}$  คือความสามารถในการแพร่ของไอออนบวกและไอออนลบ สำหรับ Na และ Cl ตามลำดับ โดยปกติแล้วสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในธรรมชาติจะมีตัวถูกละลายมากมายหลายชนิดส่งผลให้มีความซับซ้อนมากขึ้น ถ้าความเข้มข้นของสารละลายได้พื้นดินแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ความผิดปกติภูมิหลังของศักย์ไฟฟ้า (background SP anomalies) จะอยู่ในระดับไม่มีกัมมันตภาพรังสีระดับสิบมิลลิโวลต์ (Parasnis, 1997) บางครั้งอาจจะไม่มีความผิดปกติภูมิหลังในบริเวณที่ความเข้มข้นของสารละลายไม่แตกต่างกันเนื่องจากการไหลของไอออนอยู่ในสภาวะสมดุล แต่ในความเป็นจริงจะเห็นได้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเกิดขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นในการสำรวจ SP ส่วนใหญ่จึงมีศักย์ที่เกิดจากการแพร่รวมอยู่ในผลการสำรวจด้วย ปรากฏการณ์นี้ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนทั้งหมด แต่เป็นไปได้ว่าความแตกต่างของความเข้มข้นเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reactions) ที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจนจากบรรยากาศ

### 3.5.1.3 แหล่งกำเนิดอื่นๆ ของ SP

อิทธิพลที่เกิดจากลักษณะภูมิประเทศที่เกิดขึ้นในการสำรวจ SP จะต้องได้รับการปรับแก้ในขั้นตอนการแปลความ อิทธิพลดังกล่าวสามารถสังเกตได้จากข้อมูล SP ซึ่งมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น พบว่าค่า SP จะมีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้นในทิศทางที่ความสูงของภูมิประเทศต่ำลง Ernstson และ Scherer (1986) แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 80mV ต่อความสูงที่แตกต่างกัน 100m นอกจากนี้ความผิดปกติ SP ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ที่รวมอยู่ในค่า SP ที่ได้จากการวัด ได้แก่ 1) cultural activity ได้แก่ การไหลของกระแสจากสายส่งไฟฟ้า การกร่อนของท่อลำเลียงที่ฝังอยู่ในดิน ฯลฯ 2) แหล่งสะสมแร่ตัวนำ เช่น แร่ไพไรต์ (pyrite), ไพโรไทต์ (pyrotite), แคลโคไพไรต์ (Chalcopyrite), และแมกนีไทต์ (magnetite) ฯลฯ ซึ่งจะให้ค่า SP เป็นลบเหนือบริเวณแหล่งแร่ดังกล่าว 3) กระบวนการทางชีววิทยาของรากพืชที่จะสร้าง SP ที่มีช่วงความยาวคลื่นสั้น (0.1-1m) และมีแอมพลิจูดสูงถึง 150mV (Ernstson et al., 1986) 4) การกระจายของสภาพความต้านทานใต้ผิวดินที่ทำให้ค่า SP ที่เป็นบวกสำหรับตัวกลางที่มีสภาพความต้านทานต่ำและมีค่าเป็นลบสำหรับตัวกลางที่มีสภาพความต้านทานสูง ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดปกติ SP ที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ไม่กี่เมตร ถึงหลายสิบเมตรและมีแอมพลิจูดตั้งแต่ 2-3 มิลลิโวลต์ถึงหลายสิบมิลลิโวลต์ (Ernstson et al., 1986)

### 3.5.2 การเปลี่ยนแปลงความเวลาของ SP

รูปแบบของค่า SP จะได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของแหล่งกำเนิด การเปลี่ยนแปลง geohydraulic เช่น หยาดน้ำฟ้า, การละลายของหิมะ, การละลายของน้ำแข็ง ฯลฯ จะส่งผลต่อ streaming potential และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าตามเวลาด้วย ซึ่งจะทำให้รูปแบบของ SP ผิดเพี้ยนไป อย่างไรก็ตามแม้ว่ารูปแบบของศักย์ไฟฟ้าตามธรรมชาติอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากตลอดทั้งปี แต่สามารถที่จะกลับมามีรูปแบบเหมือนเดิมได้หากสภาวะที่

เกิดจาก geohydraulic มีการเปลี่ยนแปลงกลับมาเหมือนเดิมอีก (Bergström, 1998) การเปลี่ยนแปลงเพียงชั่วขณะของค่า SP ตามเวลา (drift) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของขั้วไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงความชื้น และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีในดินก็สามารถส่งผลต่อค่า SP ได้ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของกระแสเทลลูริก (telluric currents) ซึ่งสามารถกำเนิดสัญญาณรบกวนค่า SP ที่อาจมีค่าสูงหลายร้อย  $mV/km$  ในบริเวณที่ดินมีความต้านทานสูง (Keller and Frischknecht; in Corwin, 1979)

### 3.5.3 การวัดค่า SP ในภาคสนาม

การวัดค่า SP ได้ใช้ขั้วไฟฟ้าคอปเปอร์ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper-copper sulphate electrode) กับโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลที่มีความต้านทานขาเข้าสูง ( $22 \times 10^6$  Ohm) และมีความละเอียดในการวัด  $0.01 mV$  ณ ตำแหน่งจุดวัดแต่ละจุด จะกำจัดวัชพืชชอกและขุดหลุมให้มีความลึกประมาณ 20cm เพื่อลดอิทธิพลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นและกระบวนการทางเคมีของดินชั้นบน ขั้วไฟฟ้าขั้วหนึ่งจะปักไว้เป็นจุดอ้างอิง ส่วนอีกขั้วหนึ่งจะย้ายไปตามจุดวัดต่างๆ ตลอดแนววัด โดยจะทำการวัดจนกระทั่งค่า SP ที่วัด ณ จุดเดียวกันมีค่าเปลี่ยนแปลงมาก (โดยปกติแล้วจะเกิดขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างขั้วอ้างอิงกับขั้วที่เคลื่อนที่มากกว่า 500m) จากนั้นจะทำการย้ายตำแหน่งของจุดอ้างอิงใหม่ การวัดที่ใช้จุดอ้างอิงใหม่จะต้องทำการวัดค่า SP ที่จุดอ้างอิงใหม่เทียบกับจุดอ้างอิงเดิมก่อน แล้วจึงทำการวัดค่า SP ที่จุดวัดอื่นๆ ที่เหลือเทียบกับจุดอ้างอิงใหม่ ทำการวัดในลักษณะเดียวกันนี้เพื่อต้องการให้ค่า SP ที่วัดได้จากจุดวัดทั้งหมดในพื้นที่เทียบกับจุดอ้างอิงเพียงจุดเดียว การวัดจะทำการวัดเป็นวงรอบ (loop) เหมือนกับการวัดค่าสนามโน้มถ่วงจนกระทั่งครอบคลุมพื้นที่วิจัย



รูปที่ 3.5-2 The SP measurement system consists of two unpolarized electrodes, electrical wires and a terra meter SAS 300 C. One operator at the centre controls the measurements.

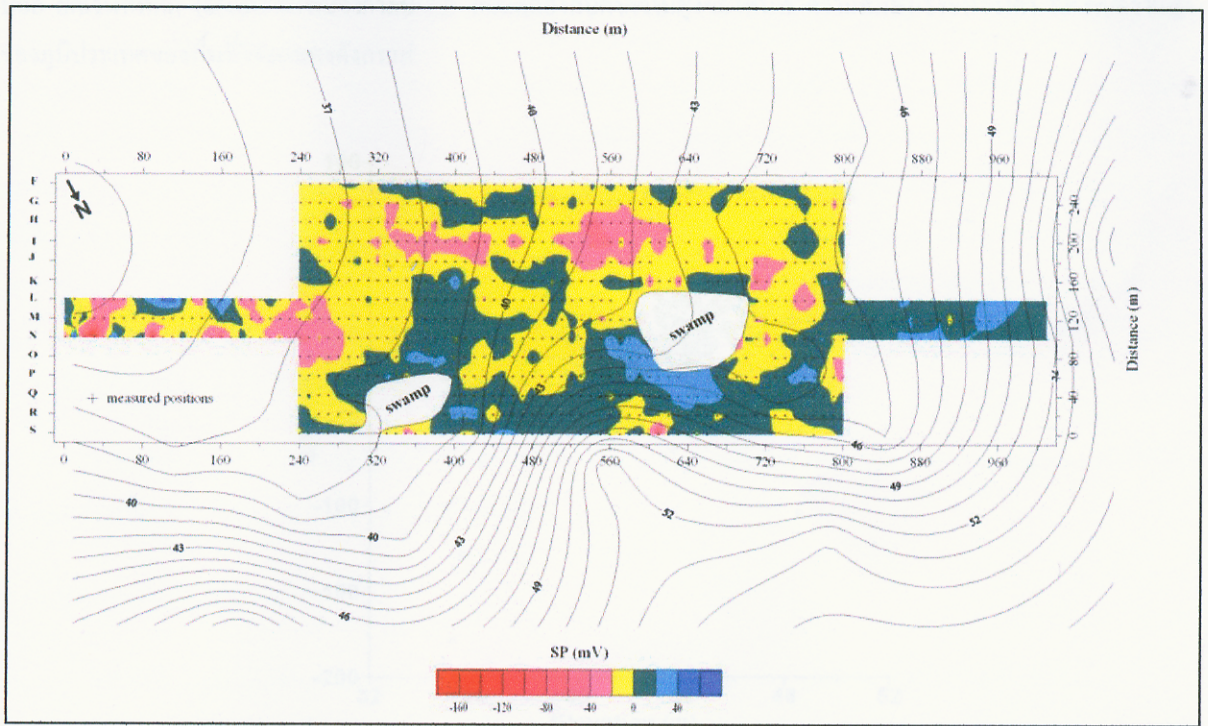
ในการสำรวจครั้งนี้ใช้จุดอ้างอิง 4 จุด จุดอ้างอิง R ใน รูปที่ 2-4 ปักอยู่บนตำแหน่งที่เป็นหินแกรนิตในยุค Triassic ซึ่งอยู่ใกล้กับพื้นที่วิจัย เพื่อลดอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของชั้นหินเชิงภูมิภาคซึ่ง

อาจจะมีสาเหตุมาจากความแตกต่างกันขององค์ประกอบของหิน ณ จุดอ้างอิงนี้จะสมมติให้มีค่า SP เป็นศูนย์ ดังนั้นที่ทุกๆ จุดอ้างอิงและทุกๆ จุดวัดจะต้องเป็นค่า SP ที่เทียบกับจุด R ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ที่จุดวัดต่างๆ คือค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านได้สามครั้งแรกไม่เกิน  $5 mV$  ค่าเฉลี่ยถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าค่าดังกล่าวเป็นตัวแทนค่า SP ของตำแหน่งนั้น หลังจากการวัดแต่ละครั้งจะต้องมีการทำความสะอาดขั้วไฟฟ้าและจะต้องจุ่มขั้วไฟฟ้าไว้ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (รูปที่ 3.5-2) เพื่อลดอิทธิพลจากการโพลาไรเซชัน และเพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงครีฟท์จึงต้องทำการวัดซ้ำที่จุดเดิมทุกๆ 2 ชั่วโมงโดยประมาณ

### 3.5.4 การประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลข้อมูลค่า SP ที่ได้จากการวัดเพื่อต้องการหาความผิดปกติ SP ที่มีสาเหตุมาจาก streaming potential ซึ่งเกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่วิจัย โดยเริ่มต้นด้วยการปรับแก้ครีฟท์ ตามด้วยการกำจัดอิทธิพลจากลักษณะภูมิประเทศ ส่วนความผิดปกติ SP จากแหล่งรบกวนอื่นจะถือว่ามิต้าน้อยมากจนไม่มีผลต่อข้อมูลที่ได้จากการวัด

### 3.5.5 ผลและการวิเคราะห์

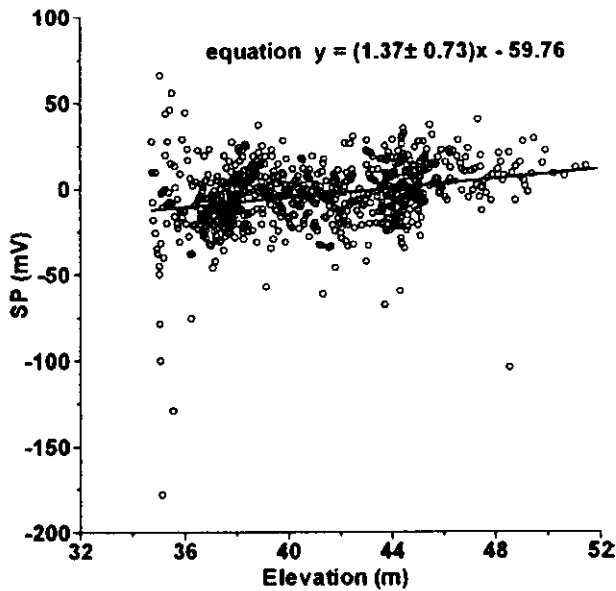


รูปที่ 3.5-3 The result of SP survey is plotted on the topography of the area

ผลการวัดศักย์ไฟฟ้าตามธรรมชาติครอบคลุมพื้นที่วิจัยแสดงเป็นภาพคอนทัวร์ค่า SP ดังรูปที่ 3.5-3 พบว่าพื้นที่วิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนตามค่า SP คือ พื้นที่ด้านบนมีค่า SP เป็นบวก และพื้นที่ด้านล่างมีค่า SP เป็นลบ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าปริมาณความเข้มข้นของไอออนภายใต้ผิวดินมีความแตกต่างกัน บริเวณที่มีความต่อเนื่องของค่า SP ที่เป็นบวก ซึ่งระบุด้วยสีเขียว-น้ำเงินตั้งอยู่ตรงบริเวณที่ราบเชิงเขาสรวงจันทร์ มีธารน้ำเล็กๆ ไหลผ่านในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณดังกล่าวจึงเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังเป็นไปได้ว่าค่า SP ที่เป็นบวกในพื้นที่นี้ส่วนหนึ่งอาจจะมีผลมาจากการไหลของน้ำใต้ดิน (streaming potential) ซึ่งน้ำน่าจะไหลจากที่สูงคือภูเขาสรวงจันทร์สู่พื้นที่ราบเชิงเขาอันเป็นพื้นที่ที่ปรากฏค่า SP เป็นบวก

สำหรับพื้นที่ที่มีค่าบวก SP ขนาดเล็กซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความสูงและความชันของพื้นที่พบกระจุกกระจายทางด้านล่างของพื้นที่วิจัย ส่วนพื้นที่ที่มีค่า SP เป็นลบค่อนข้างสูงและปรากฏชัดเจนมีอยู่ 4 บริเวณ ซึ่งแสดงด้วยสีแดง-ชมพู ๓ พิกัด (540,200), (720,160), (760,140) และ (610,0) ตำแหน่งเหล่านี้สอดคล้องกับพื้นที่ที่ค่อนข้างแห้ง สำหรับค่าลบ SP ที่พิกัด (540,200) น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีจากแร่ที่ตกค้างจากการทำเหมืองแร่ในอดีต เพราะพบว่าที่ตำแหน่งนี้มีสระน้ำ อันเกิดจากการทำเหมืองแร่ สาเหตุอื่นๆ ที่เป็นไปได้อาจจะเกิดจากการแพร่ (diffusion potential) หรืออาจจะเกิดจากแร่ซัลไฟด์ภายใต้ผิวดิน นอกจากนี้แร่ซัลไฟด์น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าลบ SP ที่พิกัด (420,200) และ (460,200) เพราะบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นหุบเหวไม่ใหญ่นักที่เกิดจากกิจกรรมการทำเหมืองแร่ในอดีต ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะต้องมีเศษแร่ตกค้างอยู่ใต้ผิวดิน สำหรับบริเวณอื่นๆ ที่มีค่าลบ SP ได้แก่ พิกัด (240,100) และ (30,100) ซึ่งบริเวณรอบพิกัดนี้บนพื้นดินมีกองเศษหินและเศษแร่กระจายอยู่ทั่วไป ดังนั้นค่าลบ SP จึงน่าจะเกิดจากเศษแร่ (mineral potential) ที่ตกค้างจากการทำเหมืองแร่

รูปแบบของบริเวณที่ให้ค่าผิดปกติของ SP ไม่ค่อยมีความสอดคล้องกับความสูงของภูมิประเทศของพื้นที่วิจัยนัก ซึ่งโดยปกติค่าลบ SP จะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีค่าความสูงมาก ส่วนค่าบวก SP จะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีค่าความสูงน้อย ยกเว้นที่พิกัด (660,0) ซึ่งพบว่าค่าลบ SP สอดคล้องกับค่าความสูงของพื้นที่ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า SP กับความสูงของภูมิประเทศของพื้นที่วิจัยแสดงดังกราฟ



รูปที่ 3.5-4 Correlation between SP values and elevations of measuring positions within the study area.

จากรูปที่ 3.5-4 จะเห็นว่าค่า SP กับความสูงของจุดวัดในพื้นที่วิจัยมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงความสัมพันธ์  $r = 0.26$  ค่าความชันของกราฟแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์ของค่า SP ปรากฏที่เป็นผลมาจากการไหลของน้ำใต้ดิน (apparent streaming potential coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.37 \pm 0.73 \text{ mV/m}$  เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SP กับความสูงของจุดวัดในพื้นที่วิจัยที่พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์กันน้อยมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับความสูงในพื้นที่วิจัยมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นค่า SP ที่เกิดจากการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่วิจัยนี้น่าจะเกิดจากการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณรอบนอกซึ่งมีความสูงของภูมิประเทศสูงกว่าสู่พื้นที่วิจัย