

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน ส่วนที่สองคือผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา

จากข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี (2550) แอ่งถ่านหินในประเทศไทยสามารถจำแนกตามอายุทางธรณีวิทยาได้เป็น 2 ช่วงอายุ คือแอ่งถ่านหินที่เกิดในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Period) และแอ่งถ่านหินที่เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Peiod) โดยส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 99 จัดเป็นแอ่งถ่านหินในยุคเทอร์เชียรี

แอ่งถ่านหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส

เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านหรือทั่วโลกพบว่าแอ่งถ่านหินในประเทศไทยนี้เกิดในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย (Upper Carboniferous) ซึ่งเทียบได้กับหน่วยหินวังสะพุง และหน่วยหินห้วยส้ม จัดอยู่ในชั้น Coal Measure ซึ่งชั้นถ่านหินนี้จะแทรกสลับอยู่ในหินดินดาน (Shale) หินทราย (Sandstone) และหินกรวดมน (Conglomerate) และมีการสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำตอนล่าง (Lower delta plain) พบซากดึกดำบรรพ์ชนิด brachiopod, gastropod และ crinoids stems เป็นต้น ส่วนแอ่งถ่านหินที่ผลิตถ่านหินในยุคนี้มีอยู่ 2 เหมืองคือ เหมืองนาด้วง จังหวัดเลย และเหมืองนากลาง จังหวัดอุดรธานี

แอ่งถ่านหินยุคเทอร์เชียรี

แอ่งสะสมตะกอนส่วนใหญ่มักมีรูปร่างยาวรีวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ และมักมีแนวรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ – ใต้หรือใกล้เคียงกำกับอยู่ ส่วนใหญ่เป็นรอยเลื่อนแบบปกติ (normal fault) และมีลักษณะเป็นแอ่ง (basin) แบบกึ่งกราเบน (half – garben basin) มีบางแอ่งที่อาจได้รับอิทธิพลจากแรงเฉือนจากรอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike slip fault) ซึ่งเป็นผลให้เกิดแอ่งแบบถูกดึงให้แยก (pull – apart basin) หน่วยหินยุคเทอร์เชียรีแบ่งเป็น 3 หน่วย เรียงลำดับตามอายุแก่ไป

หาอ่อน คือหน่วยหิน A หน่วยหิน B และหน่วยหิน C โดยหน่วยหิน A ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย หินโคลน (Mudstone) สีนํ้าตาล สีนํ้าตาลแดง บางครั้งสีเขียวเทา มีถ่านหินชั้นบาง (Coal Laminae) แทรกสลับเล็กน้อย หน่วยหิน B ส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินดินดานชั้นบาง แทรกสลับด้วยหินทราย หินทรายแป้ง (Siltstone) ชั้นไม่หนานัก และมีถ่านหินแทรกสลับ หรือบางพื้นที่มีหินน้ำมัน (oil shale) แทรกสลับ และหน่วยหิน C ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน หรือหินโคลนชั้นหนา บางชั้นมีถ่านหินชั้นบางแทรกด้วย จากการสำรวจถ่านหินทุกภูมิภาคของประเทศไทยประมาณ 45 พื้นที่ พบแอ่งตะกอนที่มีการสะสมตัวของถ่านหินประมาณ 27 พื้นที่ เป็นแหล่งถ่านหินในภาคเหนือ 21 พื้นที่ และจังหวัดลำปางมีพื้นที่สะสมตัวของแหล่งถ่านหินมากที่สุดถึง 7 พื้นที่ รองลงมาคือบริเวณจังหวัดตาก 5 พื้นที่ และจังหวัดเชียงใหม่ 4 พื้นที่ ดังแสดงในภาคผนวก ก. โดยข้อมูลตะกอนและลำดับชั้นหินที่ตกสะสมภายในพื้นที่แต่ละแอ่งแสดงในตารางที่

4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงลำดับชั้นหินภายในแอ่งสะสมของตะกอนที่

แอ่งงาว	แอ่งวังเหนือ	แอ่งแจ่ม	แอ่งเสริมงาม	แอ่งแม่ทะ
ชั้นหินตอนล่าง; หินทราย หินโคลนสีน้ำตาลแดง เกิดจากตะกอนจากแม่น้ำ และตะกอนรูปพัด (Fluvial & Fan Deposit)	ชั้นหินตอนล่าง; หินโคลนแทรกสลับด้วยหินทราย เนื้อดินเหนียว ชั้นหินตอนกลาง; หินทราย มีชั้นถ่านแทรกสลับ ถูกปิดทับด้วยหินโคลนมีเหล็กออกไซด์แทรกสลับ ชั้นหินตอนบน; หินทราย พบชั้นถ่านหินบาง มีชั้นถ่านหินเหนียว	ชั้นหินตอนล่าง; หินดินดาน หินโคลน ถ่านหิน หินดินดานปนถ่านหิน และหินน้ำมัน ชั้นหินตอนบน; หินกรวด มน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน	ชั้นหินตอนล่าง; หินดินดาน หินน้ำมัน หินโคลน มีชั้นดินดานปนถ่านหิน ชั้นดินเหนียว และชั้นถ่านหินเกิดแทรกสลับ ชั้นหินตอนบน; หินกรวด หินทรายแป้ง หินโคลน หินปูน น้ำจืด และชั้นตะกอนร่วม	ชั้นหินตอนล่าง; ชั้นดินเบา (Diatomite) หินเคลย์เนื้อ ดินเบา (Diatomaceous claystone) ชั้นหินตอนบน; ตะกอนลานตะพักลำน้ำ (Terrace deposit) และตะกอนลำน้ำพา (Alluvial deposit)
มีน้ำจืด (Lacustrine & Swamp Deposit) ชั้นหินตอนบน; หินกรวดมน หินทราย และหินโคลน เกิดจากการทับถมของ ตะกอนแม่น้ำและรูปพัด (Fluvial & Fan Deposit)	ชั้นหินตอนล่าง; หินทราย เนื้อดินเหนียว ชั้นหินตอนกลาง; หินทราย มีชั้นถ่านแทรกสลับ ถูกปิดทับด้วยหินโคลนมีเหล็กออกไซด์แทรกสลับ ชั้นหินตอนบน; หินทราย พบชั้นถ่านหินบาง มีชั้นถ่านหินเหนียว	ชั้นหินตอนล่าง; หินดินดาน หินโคลน ถ่านหิน หินดินดานปนถ่านหิน และหินน้ำมัน ชั้นหินตอนบน; หินกรวด มน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน	ชั้นหินตอนล่าง; หินดินดาน หินน้ำมัน หินโคลน มีชั้นดินดานปนถ่านหิน ชั้นดินเหนียว และชั้นถ่านหินเกิดแทรกสลับ ชั้นหินตอนบน; หินกรวด หินทรายแป้ง หินโคลน หินปูน น้ำจืด และชั้นตะกอนร่วม	ชั้นหินตอนล่าง; ชั้นดินเบา (Diatomite) หินเคลย์เนื้อ ดินเบา (Diatomaceous claystone) ชั้นหินตอนบน; ตะกอนลานตะพักลำน้ำ (Terrace deposit) และตะกอนลำน้ำพา (Alluvial deposit)

4.1.1 ข้อมูลธรณีวิทยาถ่านหินของแหล่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง

แอ่งงาว

แหล่งถ่านหินแอ่งงาวเป็นที่ลุ่มอยู่กลางหุบเขา ในชั้นถ่านหินประกอบด้วยลิกไนต์ ลิกเนียสเคลย์ (Lignite Ligneous Clay) และคาร์บอนีเชียส เคลย์ (Carbonaceous Clay) ชั้นถ่านหินมี 2 ชั้น คือตอนบนมีความหนา 2 – 50 เมตร และชั้นตอนล่างหนาระหว่าง 8 – 18 เมตร อยู่ที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.2 (วอเตอ์รีชอร์ซ เอ็นจีเนียริง จำกัด, 2540)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งงาว (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	บ้านแหงเหนือ	บ้านแหงใต้	บ้านบ่อฮ่อม	เจดีย์
ชนิดของถ่านหิน	Lig B – Subb A	Lig B – Subb B	Lignite B	Lig B – Subb B
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,041 – 3,896	1,190 – 3,972	1,143 – 1,302	1,041 – 3,972
ปริมาณคาร์บอน (%)	3.12 – 27.40	3.06 – 29.60	5.81 – 6.11	3.06 – 29.60
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	1.83 – 8.85	0.90 – 6.57	1.91 – 4.87	0.90 – 8.85
ปริมาณสารระเหย (%)	12.31 – 39.01	19.33 – 37.07	19.11 – 23.11	12.31 – 39.01
ความชื้น (%)	8.10 – 37.41	9.27 – 29.69	9.00 – 13.06	8.10 – 37.41
เถ้า (%)	14.45 – 66.01	8.90 – 62.77	59.87 – 64.48	8.90 – 66.01
ความถ่วงจำเพาะ	1.2 – 1.9	1.3 – 1.7	1.9 – 2.0	1.2 – 2.0

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A	6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์	Sub-bituminous A	10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์
Lignite B	น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์	Sub-bituminous B	9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์
		Sub-bituminous C	8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งวังเหนือ

แหล่งถ่านหินแอ่งวังเหนือสามารถแบ่งเป็นบริเวณที่มีศักยภาพได้ 3 แหล่ง คือ แหล่งบ้านแจ้คอน อยู่ทางตอนใต้ของแอ่ง แหล่งบ้านดอนแก้ว อยู่ทางตอนใต้ด้านตะวันออกของแอ่ง และแหล่งบ้านแม่พริก อยู่ทางตะวันตกของแอ่ง พบถ่านหินในระดับตื้น การวางตัวของถ่านหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ แต่ละแอ่งกว้าง 2 ตารางกิโลเมตร สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.3 (ฐปณี อุ๋นอารีกุล, 2548)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งวังเหนือ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	บ้านแจ้คอน	บ้านดอกแก้ว	บ้านแม่พริก	เฉลี่ย
ชนิดของถ่านหิน	Lig A – Subb A	Lignite A	Lignite A	Lig A – Subb A
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,545 – 4,824	2,510 – 3,315	2,174 – 3,332	1,545 – 4,824
ปริมาณคาร์บอน (%)	5.10 – 42.42	15.05 – 20.83	13.26 – 19.96	5.10 – 42.42
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.94 – 9.95	0.92 – 3.10	1.39 – 1.73	0.92 – 9.95
ปริมาณสารระเหย (%)	19.62 – 38.67	25.89 – 31.45	24.12 – 32.90	19.62 – 38.67
ความชื้น (%)	8.82 – 46.34	21.47 – 23.46	13.11 – 30.43	8.82 – 46.34
เถ้า (%)	10.21 – 27.30	24.94 – 27.59	17.75 – 39.11	10.21 – 39.11
ความถ่วงจำเพาะ	1.33 – 1.89	1.47 – 1.60	1.39 – 1.73	1.33 – 1.89

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์

Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งแจ้ห่ม

แหล่งถ่านหินแอ่งแจ้ห่มแบ่งเป็นแหล่งถ่านหินในเขตอำเภอแจ้ห่ม และแหล่งถ่านหินในเขตอำเภอเมืองปาน พื้นที่ศักยภาพถ่านหินแบ่งเป็น 6 แหล่ง ลักษณะถ่านหินเป็นชั้นบางๆ สลับกับชั้นหินโคลนหรือหินดินดานปนถ่านหิน มีความหนาโดยรวมประมาณ 0.1 – 1.5 เมตร ที่ระดับความลึกประมาณ 20 – 220 เมตร สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.4 (อัศวิน ไตรญาณ และอดุลย์ ใจตาบุตร, 2530)

แอ่งเสริมงาม

บริเวณแอ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มล้อมรอบด้วยเทือกเขาสูง มีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยม ชั้นถ่านหินที่พบเกิดร่วมกับหินโคลน และหินดินดาน มีความหนาตั้งแต่ 0.05 – 2.7 เมตร และมีความหนารวม 0.3 – 5.5 เมตร พบที่ความลึก 5.5 – 360.7 เมตร สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.5 (อัศวิน ไตรญาณ และอดุลย์ ใจตาบุตร, 2534)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งเสริมงาม (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	ห้วยหลวง	บ้านศรีลังกา	บ้านดอนแก้ว	บ้านนาเดา	เจดีย์
ชนิดของถ่านหิน	Lig A – Subb B	Lig B – Subb C	Lig A – Subb B	Subb A	Lig A – Subb C
ค่าความร้อน (Cal/g)	2,060 – 4,915	2,172 – 4,160	1,798 – 4,234	2,358– 2,857	1,798 – 4,915
ปริมาณคาร์บอน (%)	11.91 – 39.65	12.91 – 33.51	10.92 – 32.46	17.13– 21.98	10.92 – 39.65
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.53 – 5.70	1.74 – 3.51	0.99 – 2.60	0.74 – 1.68	0.53 – 5.70
ปริมาณสารระเหย (%)	21.89 – 38.92	23.78 – 32.31	20.07 – 32.47	21.30– 24.31	20.07 – 38.92
ความชื้น (%)	9.09 – 36.92	15.76 – 34.05	11.45 – 26.80	5.75 – 8.36	5.75 – 36.92
เถ้า (%)	9.75 – 53.52	13.24 – 52.89	11.84 – 51.18	48.68– 55.82	9.75 – 55.82
ความถ่วงจำเพาะ	1.29 – 1.87	1.34 – 1.64	1.36 – 1.73	1.63 – 1.77	1.29 – 1.87

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A	6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์	Sub-bituminous A	10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์
Lignite B	น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์	Sub-bituminous B	9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์
		Sub-bituminous C	8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งแม่ทะ

แอ่งแม่ทะมีลักษณะเป็นแอ่งเปิด (Opened Basin) เกิดจากการทรุดตัวลงจากแนวรอยเลื่อนบริเวณแอ่งหลายแนว เกิดเป็นชั้นถ่านหินชั้นบาง และมีชั้นดินแทรกสลับค่อนข้างสูง โดยชั้นถ่านหินมีลักษณะเป็นชั้นบางหลายชั้น ที่ความลึกตั้งแต่ 10.8 – 423.24 เมตร ที่ช่วงความลึก 0 – 100 เมตร ชั้นถ่านหินจะมีความหนาน้อยกว่า 1 เมตร และที่ความลึกมากกว่า 100 เมตร ความหนา

จะมากกว่า 1 เมตร ซึ่งจะพบบริเวณตอนกลางและบริเวณขอบแอ่งด้านใต้ สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.6 (ฐปณี อุ๋นอารีกุล, 2548)

ตารางที่ 4.6 แสดงคุณภาพถ่านหินของแอ่งแม่ทะ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	คุณภาพถ่าน
ชนิดของถ่านหิน	Lignite A – Sub – bituminous B
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,466 – 5,542
ปริมาณคาร์บอน (%)	11.14 – 46.84
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.53 – 14.09
ปริมาณสารระเหย (%)	11.08 – 56.13
ความชื้น (%)	4.23 – 41.57
เถ้า (%)	7.07 – 69. 06
ความถ่วงจำเพาะ	1.25 – 2.38

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์

Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

โดยสรุปคุณภาพถ่านหิน จำนวนชั้น และความหนาของชั้นถ่านหินแต่ละแอ่งที่กล่าวมาข้างต้นแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปคุณภาพถ่านหินของแต่ละแอ่งในจังหวัดลำปาง

รายการ/แอ่ง	แอ่งงาว	แอ่งวังเหนือ	แอ่งแจ้ห่ม	แอ่งเสริมงาม	แอ่งแม่ทะ
ชนิดของถ่านหิน	Lig B – Subb B	Lig A – Subb A	Lig A – Subb C	Lig A – Subb C	Lig A – Subb B
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,041 – 3,972	1,545 – 4,824	1,013 – 4,427	1,798 – 4,915	1,466 – 5,542
ปริมาณคาร์บอน (%)	3.06 – 29.60	5.10 – 42.42	0.30 – 31.65	10.92 – 39.65	11.14 – 46.84
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.90 – 8.85	0.92 – 9.95	1.17 – 7.96	0.53 – 5.70	0.53 – 14.09
ปริมาณสารระเหย (%)	12.31 – 39.01	19.62 – 38.67	14.28 – 39.36	20.07 – 38.92	11.08 – 56.13
ความชื้น (%)	8.10 – 37.41	8.82 – 46.34	11.05 – 24.09	5.75 – 36.92	4.23 – 41.57
เถ้า (%)	8.90 – 66.01	10.21 – 39.11	12.00 – 70.54	9.75 – 55.82	7.07 – 69.06
ความถ่วงจำเพาะ	1.2 – 2.0	1.33 – 1.89	1.39 – 2.29	1.29 – 1.87	1.25 – 2.38
ความหนา (เมตร)	2 – 50	N	0.1 – 1.5	0.3 – 5.5	1, > 1
จำนวนชั้น	2	N	N	N	หลายชั้น
องค์ประกอบอื่นๆ	คาร์บอน	โคลน, ดินดาน	ชั้นเหล็กออกไซด์	โคลน, ดินดาน	ดิน

หมายเหตุ: Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 ปีทิว/บอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 ปีทิว/บอนด์
 Lignite B น้อยกว่า 6,300 ปีทิว/บอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 ปีทิว/บอนด์ Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 ปีทิว/บอนด์

4.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของเหมืองถ่านหิน

เหมืองถ่านหินและดินบอลเคลย์บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง (บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด, 2552)

พื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งถ่านหินในแอ่งย่อยแม่ทะซึ่งเป็นแอ่งย่อยหนึ่งของแอ่งลำปาง ซึ่งเกิดจากการ ยุบตัวลงของชั้นหินเปลือกโลกในยุคเทอร์เทียรี (Tertiary) ในลักษณะของกราเบน (Graben) และกึ่งกราเบน (Half Graben) ซึ่งเกิดอยู่ในโครงสร้างรูปประทุนหงาย (Synclinal Basin) วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ เอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความกว้างประมาณ 4-5 กิโลเมตร ยาว 10-12 กิโลเมตร การเรียงลำดับของชั้นหินเทียบเคียงได้กับกลุ่มหินแม่เกาะและแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ส่วนล่างสุดวางตัวแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง อยู่บนหินภูเขาไฟและหินของกลุ่มหินลำปางประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง สีออกน้ำตาลแดง และหินกรวดมน เป็นส่วนใหญ่ ลำดับชั้นหินส่วนกลางเกิดการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบหนองน้ำ และบึง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินโคลน หินทราย มีถ่านหินชั้นหนาแทรกสลับ ถ่านหินเป็นชนิดลิกไนต์ เอ (Lignite A) ถึงซับบิทูมินัส ซี (Sub-bituminous C) ส่วนบนเป็นตะกอนยุคเทอร์เทียรี บริเวณด้านใต้ของแอ่งส่วนใหญ่มีถ่านหิน 2 ชั้น ความหนาของชั้นถ่านหินจะหนาออกไปทางทิศตะวันออกเฉียงของแอ่ง ด้านทิศตะวันตกล้อมรอบด้วยเทือกเขาของหินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic Tuff) สีขาว อายุไทรแอสสิก (Triassic) ที่ถูกยกตัวขึ้นมาปิดกั้นทางด้านตะวันออก รองรับด้วยหินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Basement Rocks) ลำดับชั้นของชั้นดินและชั้นถ่านหินเรียงจากบนลงล่างได้แก่ชั้นเปลือกดิน (Overburden) ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball Clay) ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I) ชั้นระหว่างถ่านหิน (Interburden) ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal II) ชั้นใต้ถ่านหิน (Underburden) และชั้นหินรองรับ (Basement rocks) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ชั้นเปลือกดิน (Overburden)

ตอนบนเป็นชั้นหินกึ่งแข็งตัว (Unconsolidated Sediments) สีน้ำตาลแดง มีความหนาประมาณ 6-9 เมตร ประกอบด้วยกรวดขนาดใหญ่พวกหินทราย (Sandstone) หินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic tuff) และหิน ควอร์ตไซต์ (Quartzite) ซึ่งมีขนาดประมาณ 1-10 เซนติเมตร ตอนล่างเป็นชั้นหินตะกอนสีน้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง เทาเขียว และเทา มีความหนาประมาณ 80-162 เมตร ประกอบด้วยการแทรกสลับของหินโคลน (Mudstone) หินทราย (Sandstone) และหินกรวดมน (Conglomerate) จับตัวกันแน่น ความแข็งปานกลาง พบเหล็กออกไซด์ (Iron oxide) และแคลกริต

(Calcrete) สะสมตัวแทรกสลั และบางบริเวณพบแร่ซิดอไรต์ (Siderite) สะสมตัวอยู่ในลักษณะเลนส์ (Lens)

ชั้นแร่บอลเคลย์ (Ball clay)

สีน้ำตาลเทาสลักับน้ำตาล มีความหนาประมาณ 11 เมตร มีความเหนียวและความละเอียดของเนื้อดินสูง เกิดเป็นชั้นไม่ต่อเนื่องซึ่งแทรกสลัด้วยหินโคลน (Mudstone) หินทราย (Sandstone) และหินเคลย์ที่มีส่วนผสมคาร์บอนสูง (Carbonaceous Claystone) พบเหล็กออกไซด์ (Iron oxide) แทรกตามรอยแตก และแร่ซิดอไรต์แทรกบางบริเวณโดยมีขนาด 5-10 เซนติเมตร สะสมตัวในลักษณะเป็นเลนส์

ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I)

สีน้ำตาลดำถึงดำ มีความหนาประมาณ 1-3 เมตร ความแข็งน้อยถึงปานกลาง แทรกสลัด้วยหินเคลย์ที่มีส่วนผสมคาร์บอนสูง (Carbonaceous Claystone) โดยบางบริเวณพบเป็นชั้นหินเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอนสูงทั้งชั้น คุณภาพของถ่านหินโดยรวมค่อนข้างต่ำ

ชั้นหินระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden)

สีน้ำตาลเทาสลัเทาอ่อน มีความหนาประมาณ 2-6 เมตร ประกอบด้วยหินโคลน (Mudstone) หินทราย (Sandstone) และหินเคลย์ (Claystone) ที่มีความเหนียวปานกลางถึงสูง และเนื้อดินละเอียด บางบริเวณสามารถใช้เป็นดินอุตสาหกรรมได้

ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal II)

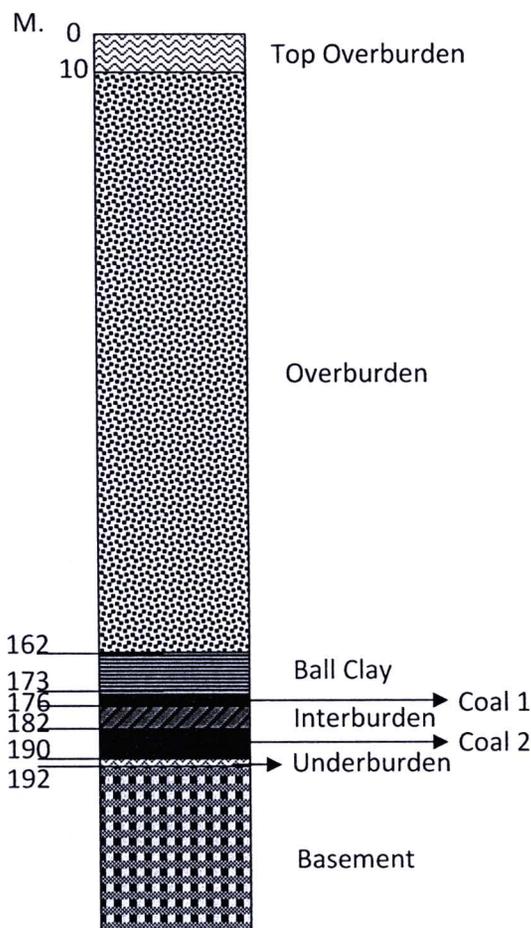
สีน้ำตาลดำถึงดำ ค่อนข้างแข็ง มีความหนาประมาณ 2-8 เมตร เนื้อถ่านหินมีการแตกเป็นชั้นๆ ในบางบริเวณมีซิดอไรต์แทรกในเนื้อถ่านหินบางชั้น และพบไพไรต์ (Pyrite) แทรกตามรอยแตก พบชั้นดินเนื้อละเอียดแทรกสลัในบางบริเวณ

ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden)

หินโคลน (Mudstone) สีเทาอ่อนถึงเทา มีความหนาประมาณ 1-2 เมตร มีความเหนียวต่ำ เนื้อแน่น มีทรายปนในปริมาณสูง พบชั้นหินทรายและหินทรายแป้งแทรกเป็นบางบริเวณ

หินภูเขาไฟโรโอไลต์ (Basement rock)

เป็นหินรองรับของแอ่ง มีสีเทาอ่อนถึงสีเทาฟ้า มีการผุพังสูง เนื้อละเอียดปนเม็ดควอตซ์ (Quartz) ขนาดทรายหยาบประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ บางบริเวณพบเนื้อผลึกดอก (Porphyry Texture) และหินกรวดเหลี่ยม (Breccia) เนื้อหินมีความแข็งปานกลาง



รูปที่ 4.1 ลำดับชั้นหินพื้นที่ศึกษาบริเวณเหมืองถ่านหินและดินบอลเคลย์บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

เหมืองถ่านหินบ้านโฮ้ง อ.ลี้ จ. ลำพูน (บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2541)

พื้นที่เป็นแอ่งถ่านหินขนาดเล็ก (Sub Basin) วางตัวอยู่ด้านใต้ของแอ่งขนาดใหญ่ รูปประทุนหงาย (Synclinal Basin) เป็นหินในชุดแม่มาะ (Mae Mo Group) อายุระหว่างไพลโอซีนถึงไมโอซีน (Pliocene – Miocene) แอ่งถ่านหินบ้านโฮ้งวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ ประกอบด้วยการสะสมตัวของตะกอนเคลย์ขนาดละเอียด (Fine grain – Silt grain) สลับกับตะกอนหยาบ (Very fine – Very Coarse sand) หินตะกอนในแอ่งนี้มีอายุอยู่ในช่วงเทอเชียรี (Tertiary) และได้มาจากขบวนการผุพังของหินควอตไซต์ (Quartzite) และหินควอร์ต-ชีส (Quartz – Schist) ของชุดหินเด่นชัย (Denchai) อายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian – Devonian) ซึ่งกระจายตัวอยู่ด้านตะวันออกและด้านเหนือของพื้นที่ วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ มุมเอียงเทประมาณ 40 องศา ไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนด้านตะวันตกเป็นหินปูน (Limestone) ชุดทุ่งสง

(Thungsong Group) วางตัวแนวเดียวกับหินชุดเด่นชัย (Denchai) และมักพบเศษหิน (Rock fragments) เป็นหินตะกอนชั้นล่าง (Basement) ที่รองรับตะกอนในแอ่งนี้

ลำดับชั้นดินและชั้นถ่านหินเรียงจากอายุอ่อน (Quaternary) จนถึงแก่ (Tertiary) ได้แก่ ชั้นดินปกคลุม (Top Soil) ชั้นเปลี่ยนแปลงก่อนชั้นถ่านหินชั้นบน (Transition – Zone C) ชั้นถ่านหินชั้นบน (Seam C) ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นบนกับชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Transition – Zone B) ชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Seam B) ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นกลางและชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Transition – Zone A) ชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Seam A) ชั้นดินปนทราย (Clayey sandstone) ชั้นหินกรวดมน (Sandstone Conglomerate) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ชั้นดินปกคลุม (Top Soil)

ชั้นดินปนทรายละเอียดปริมาณทราย 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นเศษหินพวก ควอร์ต ควอร์ตไซต์ สีน้ำตาลแดง สีแดงอ่อน และสีเหลืองแดง ด้านเหนือและด้านตะวันออกเป็นดิน และดินลูกรัง (Lateritic Soil) ปะปนอยู่ มีความหนาตั้งแต่ 2.0 – 6.1 เมตร ส่วนใหญ่ด้านเหนือและด้านตะวันออกจะหนามากกว่าด้านใต้และด้านตะวันตกของพื้นที่

ชั้นเปลี่ยนแปลงก่อนชั้นถ่านหินชั้นบน (Transition – Zone C)

ชั้นดินปนทรายสีเหลืองเทา สีเทาอ่อน สีขาวขุ่น และสีน้ำตาล จับตัวกันไม่ดี มีปริมาณ ทราย 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นปริมาณของดิน ขนาดตะกอนมีตั้งแต่เล็กมากจนถึงใหญ่มาก มักพบแร่ควอตซ์สีขาวขุ่น (Milky Quartz) ขนาดใหญ่ปะปนอยู่ ชั้นมีความหนา 1.0 – 38.9 เมตร พบปรากฏตั้งแต่บริเวณตอนกลางของพื้นที่และจะหนาขึ้นทางด้านใต้และด้านตะวันตก และพบ ชั้นถ่านหินชั้นบาง (Coal Lamination) และชั้นถ่านหิน (Coal Bed) หนาประมาณ 10 – 40 เซนติเมตร และชั้นดินสีน้ำตาลเข้มแทรกสลับประมาณ 1 – 5 เปอร์เซ็นต์

ชั้นถ่านหินชั้นบน (Seam C)

ถ่านหินสีดำและสีน้ำตาลแดงเข้ม แฉียงปานกลางถึงแข็งมาก ไม่มีความวาวถึงวาวเล็กน้อย (Dull to Low Luster) มีความหนาตั้งแต่ 0.6 – 7.9 เมตร พบเฉพาะบริเวณด้านใต้และตะวันตกเฉียงใต้ มีความหนามากขึ้นมาทางด้านใต้และตะวันตก

ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นบนกับชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Transition – Zone B)

ลักษณะคล้ายกับชั้น Transition – Zone C คือ เป็นชั้นดินปนทราย ทรายมีขนาดเล็กมาก ปริมาณทราย 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ มีสีเหลืองเทา สีน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาล จับตัวกันไม่ดี ชั้นมี

ความหนา 1.5 – 38.0 เมตร อาจมีชั้นถ่านหินชั้นบาง และชั้นหินเคลย์ (Claystone) แทรกสลับอยู่บ้าง บางบริเวณจะพบการสลับกันระหว่างชั้นทรายละเอียดและชั้นหินเคลย์ ซึ่งชั้นหินจะหนา 5 – 10 เซนติเมตร

ชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Seam B)

ถ่านหินที่มีลักษณะคล้ายถ่านหินชั้นบน ถ่านหินชั้นนี้มีคุณภาพดี มีปริมาณดินแทรกปนประมาณ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาตั้งแต่ 0.55 – 6.30 เมตร พบเฉพาะบริเวณด้านใต้และด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ โดยจะมีความหนาเพิ่มขึ้นมาทางด้านใต้และตะวันตก

ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นกลางและชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Transition – Zone A)

ลักษณะคล้ายกับ Transition – Zone B สีนํ้าตาล เหลืองนํ้าตาล เขียวเข้ม และสีนํ้าตาลเข้ม จับตัวกันดี เป็นชั้นดินปนทราย ทรายมีขนาดเล็กมาก มีปริมาณ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ ชั้นนี้มีความหนาตั้งแต่ 1.15 – 28.75 เมตร กระจายครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ โดยจะมีความหนาเพิ่มขึ้นไปทางด้านใต้ ในชั้นนี้จะมีชั้นดินหนาประมาณ 0.5 – 2 เซนติเมตร และชั้นถ่านหินบางๆ (Coal lamination) แทรกสลับอยู่ในชั้นดินปนทราย บริเวณด้านใต้ของพื้นที่จะมีชั้นดิน (Claystone) สีเขียวเข้มถึงสีเขียวนํ้าตาล หนาประมาณ 4 – 20 เมตร แทรกสลับกับชั้นดินปนทรายละเอียด

ชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Seam A)

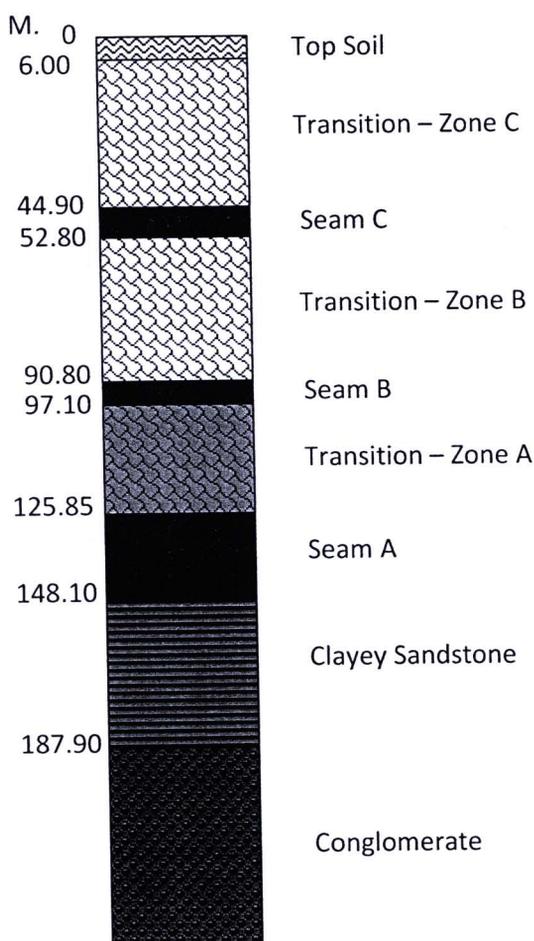
ลักษณะทั่วไปคล้ายถ่านหินชั้นบน มีความหนาตั้งแต่ 0.50 – 22.25 เมตร โดยมีความหนาเพิ่มขึ้นมาทางด้านใต้และตะวันตก และจะพบในระดับลึกเพิ่มขึ้นจากด้านเหนือและตะวันออกมาทางด้านใต้และตะวันตก ตอนบนของชั้นถ่านหินเป็นถ่านหินคุณภาพดี ไม่มีดินแทรกปนหนาประมาณ 2 – 5 เมตร ตอนล่างเป็นชั้นถ่านหินมีดินแทรกประมาณ 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะบางและหนา 0.3 – 1.0 เมตร สลับกับชั้นดิน

ชั้นดินปนทราย (Clayey sandstone)

ประกอบด้วยทรายละเอียดถึงละเอียดมาก 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ จับตัวกันดี มีสีเทาอ่อน นํ้าตาลอ่อน และสีเขียวนํ้าตาล บางบริเวณเป็นชั้นดิน (Claystone) สีเขียวเข้มถึงนํ้าตาลเข้ม ชั้นนี้มีความหนาตั้งแต่ 1.85 – 39.80 เมตร อาจพบชั้นถ่านหินบางๆ ความหนาตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร จนถึง 20 เซนติเมตร แทรกสลับบ้างในบางบริเวณ

ชั้นหินกรวดมน (Sandstone Conglomerate)

เป็นชั้นล่างสุดของหินตะกอนในแอ่งถ้ำหิน มีสีเทาอ่อนถึงน้ำตาล ประกอบด้วย เศษหินทรายละเอียด ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่กว่า 3 เซนติเมตร ถูกล้อมรอบด้วยทรายละเอียด (Matrix) การจับตัวหรือตัวเชื่อมประสาน (Cementing) ไม่ดี



รูปที่ 4.2 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองถ้ำหินบ้านโง้ง อ.ลี้ จ.ลำปาง

เหมืองถ้ำหินแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง (พิธา ศรีบุญยัติ, 2553)

แอ่งแม่เมาะเป็นแอ่งระหว่างหุบเขาสะสมตะกอนยุคเทอร์เชียรี วางตัวแนวเหนือ-ใต้ ด้านตะวันตกของพื้นที่ตามแนวเทือกเขาแม่ทะ-ผาลาด พบหินอัคนียุคเพอร์โม-ไทรแอสสิก (Permo-Triassic Volcanic Rocks) ประกอบด้วยหินแอนดีไซต์ (Andesite) หินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolite Tuff) และหินกรวดภูเขาไฟ ถูกปิดทับแบบชั้นไม่ต่อเนื่องด้วยหินตะกอนที่สะสมตัวในทะเลของกลุ่มหินลำปางยุคไทรแอสสิก (Marine Triassic Sediment) ซึ่งพบเป็นเนินเขาและภูเขาสูงล้อมรอบ

แอ่งแม่เมาะทั้งทางด้านเหนือ ด้านตะวันออก และด้านตะวันตก ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินกรวดมน ของหมวดหินพระธาตุ (Phra That Formation) หินปูนมีสีเทาถึงเทาเข้มสลับด้วยหินดินดานสีเทาเขียวในหมวดหินผาก้าน (Pha Kan Formation) พบเป็นแนวอยู่ทางตะวันตกของแอ่ง หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินอาร์จิลไลต์ ของหมวดหินฮ้อย (Hong Hoi Formation) ที่พบทั้งด้านเหนือ ตะวันออก และตะวันตกเฉียงใต้ของแอ่ง หินปูนเนื้อละเอียดสีเทาถึงเทาขาวของหมวดหินดอยลอง (Doi Long Formation) พบทางด้านเหนือและด้านตะวันออกของแอ่ง หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินกรวดมน สีแดงถึงสีม่วงแดงของหมวดหินผาแดง (Pha Daeng Formation) พบทางตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่ง กลุ่มหินลำปางวางตัวเป็นหินฐานรองรับแอ่งสะสมตะกอนแบบชั้นไม่ต่อเนื่องของกลุ่มหินแม่เมาะยุคเทอร์เชียรี ซึ่งประกอบด้วย หินโคลน หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน และชั้นถ่านหิน ด้านใต้ของแอ่งถูกปิดทับด้วยตะกอนตะกั่ว น้ำ และตะกอนน้ำพา พวกกรวดทรายสมัยปัจจุบัน ชั้นหินยุคเทอร์เชียรีของแอ่งจัดอยู่ในกลุ่มหินแม่เมาะ (Mae Moh Group) แบ่งออกเป็น 3 หมวดหิน เรียงลำดับจากอายุแก่ไปหาอ่อน (รูปที่ 4.3) ได้แก่

หมวดหินห้วยคิง (Huai King Formation)

หนาประมาณ 15-320 เมตร วางตัวแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่องกับหินดินดาน หินทราย หินปูน และหินอาร์จิลลาเซียส (Argillaceous) ของกลุ่มหินลำปาง หินหมวดห้วยคิงประกอบด้วย หินโคลน หินทราย หินทรายแป้ง และหินกรวดมน มีหลายสีทั้งสีน้ำตาล สีแดง สีเทา และสีเทาอมเขียว มีลักษณะเด่นคือ ขนาดของตะกอนจะมีขนาดเล็กลงเมื่อไล่ขึ้นสู่ส่วนบน (Fining Upward)

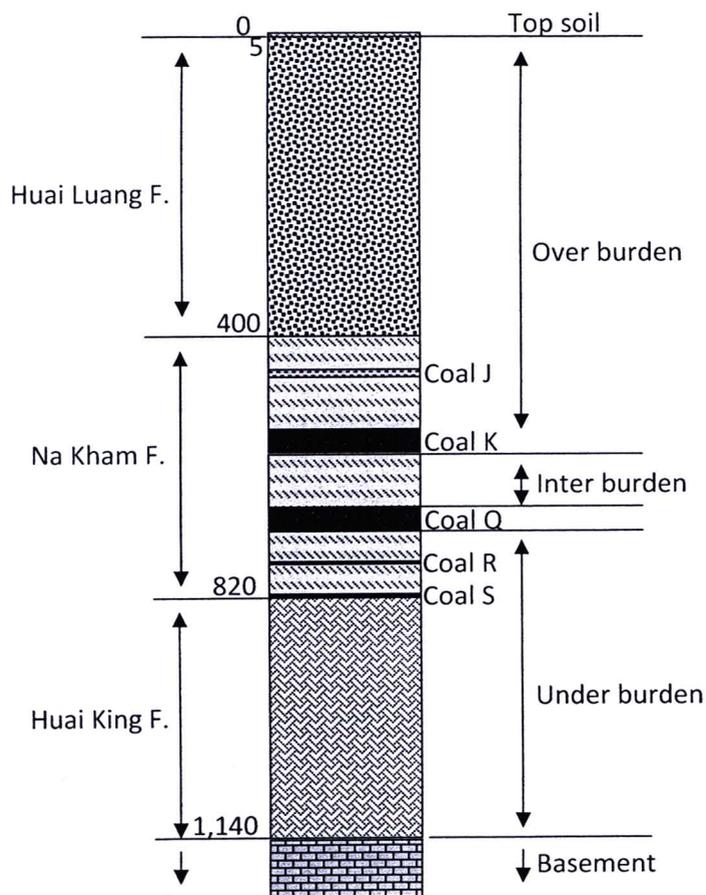
หมวดหินนาแวม (Na Kham Formation)

หนาประมาณ 300-420 เมตร ส่วนใหญ่เป็นหินโคลนสีเทาถึงสีน้ำตาลเทา เนื้อหินมีสารปูนปน ลักษณะของหินหมวดนี้คือมีสีเทา ในทางการทำเหมืองจึงนิยมเรียกหินหมวดนี้ว่า ชั้นดินสีเทา (Grey Bed) มีชั้นถ่านหินชนิดลิกไนต์ถึงซับบิทูมินัสแทรกสลับอยู่ 5 โชน มีชื่อเรียกจากล่างขึ้นบน คือ ถ่านหินชั้น S R Q K และ J ซึ่งถ่านหินที่คุ้มค่าต่อการทำเหมืองคือ

ถ่านหินชั้น Q หนาประมาณ 25-30 เมตร ซึ่งเป็นถ่านหินชั้นหลักที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำเหมืองทางด้านเหนือของพื้นที่ ลักษณะเป็นชั้นหนาชั้นเดียวต่อเนื่องกัน (Compact Seam) มีชั้นหินโคลนแทรกสลับบาง ๆ อยู่บ้าง จากนั้นถ่านหินชั้น Q จะค่อย ๆ แยกออกเป็นชั้นย่อย (Split Seam) คือ Q1 Q2 Q3 และ Q4 โดยมีชั้นหินโคลนแทรกสลับหนามากขึ้นเมื่อไปทางใต้ของพื้นที่

ถ่านหินชั้น K หนาประมาณ 25-30 เมตร ซึ่งเป็นถ่านหินชั้นหลักอีกชั้นหนึ่งที่มีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำเหมือง พบถัดขึ้นมาจากถ่านหินชั้น Q โดยมีชั้นหินโคลนสีเทาถึงสีเทาเขียวหนาประมาณ 25-30 เมตร คั่นอยู่ตรงกลาง (Interburden) ถ่านหินชั้น K ทางด้านเหนือจะพบเป็นชั้นหนาชั้นเดียวต่อเนื่องกัน มีชั้นหินโคลนแทรกสลับบาง ๆ อยู่บ้าง จากนั้นถ่านหินชั้น K จะค่อย ๆ แยกออกเป็นชั้นย่อย คือ K1 K2 K3 และ K4 โดยมีชั้นหินโคลนแทรกสลับหนามากขึ้นเมื่อไปทางใต้ของพื้นที่เหมือนกับถ่านหินชั้น Q

ถ่านหินชั้น J พบเห็นเป็นแนวทางด้านตะวันตกของพื้นที่ ถ่านหินชั้นนี้เป็นถ่านชั้นบาง ๆ หลายชั้นหนาประมาณ 0.15-1.0 เมตร และแทรกสลับด้วยหินโคลน ถ่านหิน J บริเวณนี้ไม่ได้ทำเหมืองเนื่องจากเป็นถ่านหินชั้นบางและมีคุณภาพต่ำ



รูปที่ 4.3 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

หมวดหินห้วยหลวง (Huai Luang Formation)

หนาประมาณ 5-400 เมตร โดยหนามากที่สุดบริเวณกลางแอ่ง หินส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินโคลนและหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง มีหินทรายและหินกรวดมนบ้างบางแห่ง ด้านบนสุดถูกปิดทับด้วยตะกอนกรวดทราย อายุควอเทอร์นารี แบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ในหมวดหินนี้พบชั้นถ่านหินบาง 1 ชั้น เรียกว่าถ่านหินชั้น I ลักษณะเด่นของหินหมวดนี้คือมีสีน้ำตาลแดง เรียกว่า ชั้นดินแดง (Red Bed)

4.2 ผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหิน ลิกไนต์และดินบอแลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

ผลการทดลองที่นำเสนอในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างจากพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 199 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองจำนวน 139 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3.1) จากกองหินทิ้งจำนวน 60 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3.2) โดยตัวอย่างทั้งหมดจะนำมาทำการทดลองด้วยวิธี ABA Test ได้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของดินหลังจากทำปฏิกิริยากับน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ค่า NP และค่า AP จากการทำปฏิกิริยาของกรดกับตัวอย่างได้ค่าอยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันหิน ($\text{kg CaCO}_3 / \text{t}$) และทำการทดสอบด้วยวิธี NAG Test โดยการนำตัวอย่างมาเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เพื่อเร่งปฏิกิริยาการเกิดกรด ได้ค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) แล้วทำการไทเทรตหาค่าปริมาณกรด (NAG) ในรูปของกิโลกรัมของกรดซัลฟิวริกต่อตันของหิน ($\text{Kg H}_2\text{SO}_4 / \text{t}$) แล้วนำค่า ABA Test เปรียบเทียบกับ NAG Test เพื่อหาข้อสรุปที่แน่นอน

4.2.1 ผลการทดสอบด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH)

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 7 ($\text{pH} > 7$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.10 – 10.09 ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างสูงสุดคือ 10.11 และค่าต่ำสุดคือ 3.26 โดยมีรายละเอียดของค่าความเป็นกรดต่างในแต่ละชั้นหินดังแสดงในตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่บ่อเหมือง

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
เปลือกดินชั้นบน (Top Over burden, TOB)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	1
	7.10 - 10.09	16
	10.10 - 14.00	0
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden, OB)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	0
	7.10 - 10.09	34
	10.10 - 14.00	2
ชั้นแร่ดินบอลเคลย์ (Ball Clay, BC)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	12
	7.10 - 10.09	6
	10.10 - 14.00	0
ชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1, C I)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	13
	7.10 - 10.09	2
	10.10 - 14.00	0
ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden, IB)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	3
	7.10 - 10.09	11
	10.10 - 14.00	0
ชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2, C II)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	10
	7.10 - 10.09	3
	10.10 - 14.00	0

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
ชั้นล่างชั้นถ่านหิน (Underburden, UB)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	10
	7.10 - 10.09	9
	10.10 - 14.00	0

ตารางที่ 4.9 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่กองหินทิ้ง

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
กองหินทิ้งด้านทิศใต้ (West dump, WS)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	0
	7.10 - 10.09	9
	10.10 - 14.00	0
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านทิศใต้ (Inside pit south dump, InS)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	1
	7.10 - 10.09	8
	10.10 - 14.00	0
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านทิศตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	0
	7.10 - 10.09	10
	10.10 - 14.00	0
กองหินทิ้งด้านทิศตะวันออก (East dump, ED)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	0
	7.10 - 10.09	10
	10.10 - 14.00	0
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	0
	7.10 - 10.09	9
	10.10 - 14.00	0

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	1
	7.10 - 10.09	9
	10.10 - 14.00	0

ศักยภาพความเป็นกลางและความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินชั้นหิน (NP and AP)

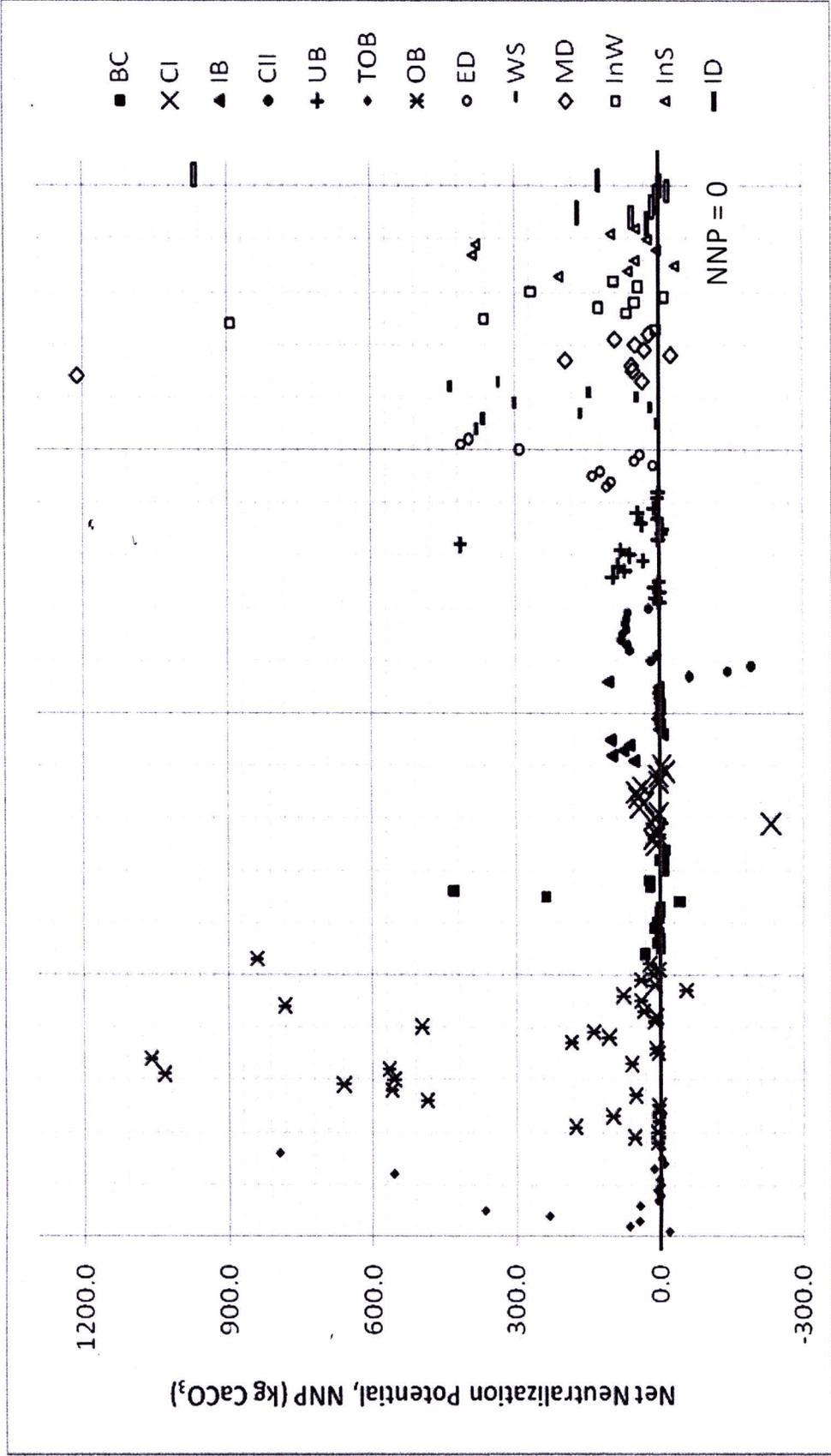
ผลการทดสอบตัวอย่างในบ่อเหมืองพบว่าค่าเฉลี่ยของค่าศักยภาพการเกิดกรดสูงสุด (AP) มีค่า 9.88 กิโลกรัมคาร์บอนเนตต่อตันหิน (Kg CaCO₃ / t) และมีค่าเฉลี่ยของศักยภาพความเป็นกลาง (NP) เท่ากับ 73.80 กิโลกรัมคาร์บอนเนตต่อตันหิน ส่วนตัวอย่างจากกองหินทิ้งนั้นมีค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุด (AP) เฉลี่ยเท่ากับ 3.22 กิโลกรัมคาร์บอนเนตต่อตันหิน และมีค่าเฉลี่ยของศักยภาพความเป็นกลาง (NP) เท่ากับ 170.31 กิโลกรัมคาร์บอนเนตต่อตันหิน โดยค่าเฉลี่ยจำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่างและชั้นหินแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าศักยภาพความเป็นกลาง (NP) และศักยภาพการเกิดกรดสูงสุด (AP) ของแต่ละชั้นหินและกองหินทิ้ง

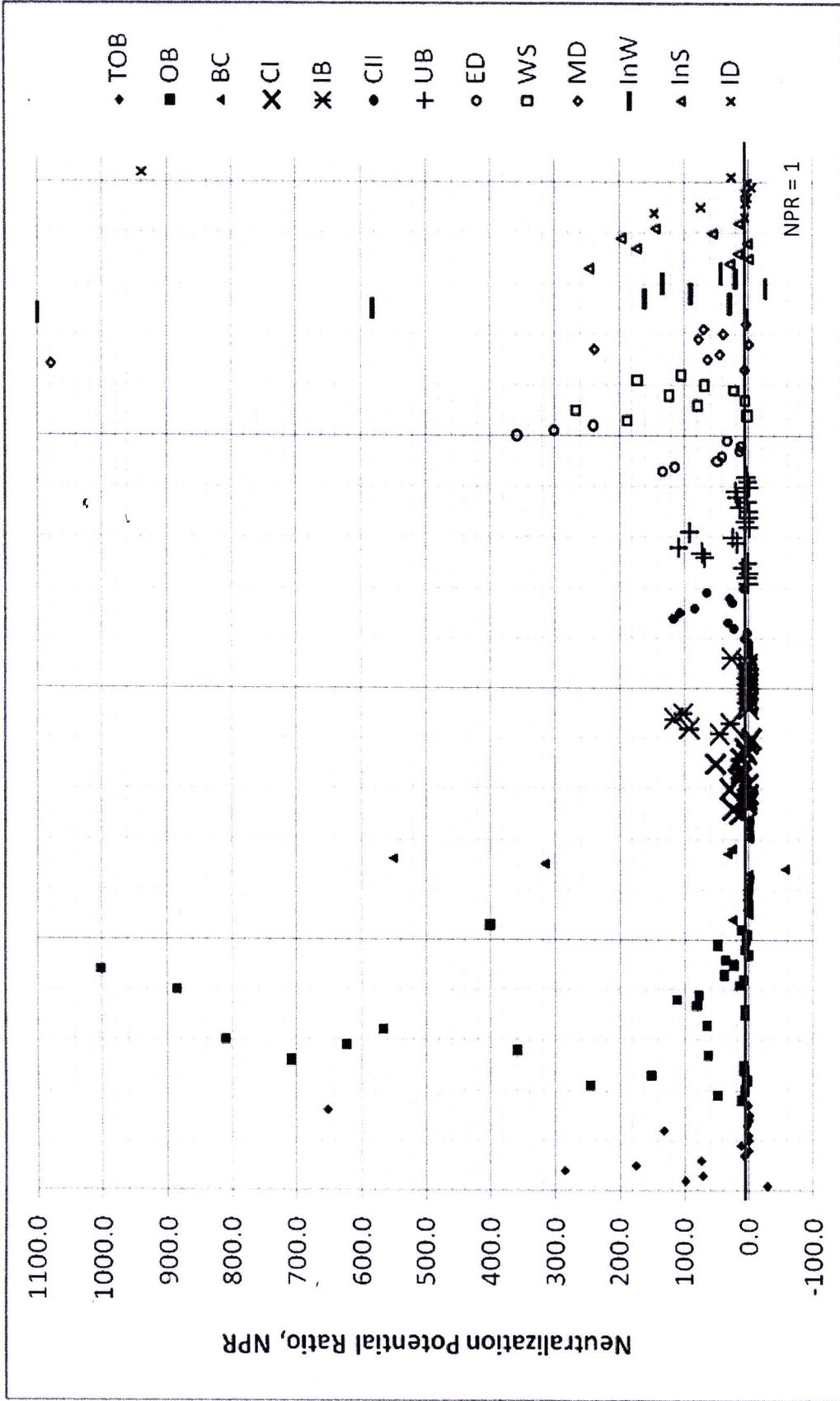
ชื่อชั้นหิน	ค่าเฉลี่ย NP (Kg CaCO ₃ / t)	ค่าเฉลี่ย AP (Kg CaCO ₃ / t)
เปลือกดินชั้นบน (Top Overburden, TOB)	125.93	2.03
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden, OB)	230.53	3.87
ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball Clay, BC)	34.84	5.22
ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1, CI)	19.30	18.27
ชั้นหินระหว่างชั้นถ่านหิน (Inter burden, IB)	37.29	3.20
ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2, CII)	48.87	34.07
ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Under burden, UB)	19.81	2.47

ชื่อชั้นหิน	ค่าเฉลี่ย NP (Kg CaCO ₃ / t)	ค่าเฉลี่ย AP (Kg CaCO ₃ / t)
กองหินทิ้งทิศใต้ (West dump, WS)	221.47	2.53
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (Inside pit south dump, InS)	127.75	5.33
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	190.63	1.46
กองหินทิ้งด้านตะวันออก (East dump, ED)	169.05	1.84
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	175.52	4.77
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	137.44	3.40

เมื่อนำผลจากการทดลองในส่วนของ NP และ AP มาคำนวณและแบ่งตามเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพการเกิดกรดด้วยค่าศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (NNP) (จากผลต่างของปริมาณ NP กับ AP) และอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (NPR) (จากอัตราส่วนของ NP ต่อ AP) ตามเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้วนำมาพล็อตกราฟดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าผลต่างของปริมาณเบสกับกรด (Net Neutralization Potential, NNP)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR)

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าตัวอย่างโดยส่วนมากไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด โดยพิจารณาจากเกณฑ์ของค่า NNP และ NPR พบว่ามีจำนวนหินตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดจำนวน 31 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15.58 ของทั้งหมด โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าเหมืองจำนวน 26 ตัวอย่าง คิดเป็น 13.07 เปอร์เซ็นต์ และเป็นตัวอย่างจากกองหินทิ้ง 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 2.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดแบ่งเป็นตัวอย่างจากหน้าเหมืองคือ จากชั้นเปลือกดินชั้นบน (TOB) 3 ตัวอย่าง จากชั้นเปลือกดินชั้นล่าง (OB) 1 ตัวอย่าง จากชั้นแร่บอเคลย์ (BC) จำนวน 8 ตัวอย่าง จากถ่านหินชั้นที่ 1 (C I) และถ่านหินชั้นที่ 2 (C II) ชั้นละ 3 ตัวอย่าง จากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) และชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (UB) ชั้นละ 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากกองหินทิ้งที่มีศักยภาพในการเกิดกรด จำแนกเป็นตัวอย่างจากกองหินทิ้งในบ่อเหมือง (ID) 2 ตัวอย่าง และจากกองหินทิ้งหลัก (MD) กองหินทิ้งในบ่อด้านตะวันตก (InW) และกองหินทิ้งในบ่อด้านใต้ (InS) แห่งละ 1 ตัวอย่าง โดยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของแต่ละชั้นหินและพื้นที่กองหินทิ้งแสดงในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละพื้นที่

Location	NAG pH		NAG		%S		NAPP		NNP		NPR	
	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max
Top Overburden, TOB	9.46 \pm 2.27	6.13, 12.22	0.48 \pm 1.13	0.00, 3.35	0.065 \pm 0.079	0.019, 0.311	-123.93 \pm 233.75	-793.59, 18.07	123.89 \pm 233.75	-18.09, 793.56	88.04 \pm 166.89	-27.93, 652.13
Overburden, OB	9.56 \pm 1.56	6.86, 11.90	0.02 \pm 0.10	0.00, 0.61	0.124 \pm 0.500	0.012, 3.040	-226.74 \pm 323.34	1061.27, 52.70	226.66 \pm 323.39	-54.60, 1061.26	255.23 \pm 395.92	0.43, 1380.91
Ball Clay, BC	6.93 \pm 1.86	4.54, 9.67	15.05 \pm 24.43	0.00, 73.64	0.176 \pm 0.180	0.021, 0.496	-34.58 \pm 108.08	-430.63, 40.70	34.48 \pm 108.11	-40.71, 430.61	21.90 \pm 142.75	-55.64, 552.18
Coal 1, C I	4.20 \pm 1.37	2.75, 7.85	77.30 \pm 73.47	0.00, 192.63	0.585 \pm 1.940	0.011, 7.830	-1.39 \pm 63.97	-49.17, 228.05	1.03 \pm 65.13	-232.94, 49.15	11.73 \pm 14.04	-3.94, 51.74
Interburden, IB	7.35 \pm 1.48	4.23, 9.52	1.72 \pm 3.03	0.00, 11.13	0.102 \pm 0.095	0.017, 0.420	-30.57 \pm 43.31	-105.56, 8.17	30.50 \pm 43.34	-8.43, 105.47	28.29 \pm 41.68	0.36, 116.45
Coal 2, C II	4.79 \pm 1.45	2.73, 6.53	55.84 \pm 59.06	3.36, 190.64	1.090 \pm 2.196	0.022, 6.780	-15.48 \pm 85.73	-79.52, 187.90	14.80 \pm 87.06	-192.14, 79.50	36.05 \pm 40.93	0.09, 116.64
Underburden, UB	7.00 \pm 1.67	4.12, 9.43	1.40 \pm 2.49	0.00, 9.82	0.087 \pm 0.066	0.014, 0.223	-45.07 \pm 90.69	-413.30, 7.62	45.02 \pm 90.71	-7.75, 413.30	23.28 \pm 33.62	-0.14, 108.64

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละพื้นที่กองหินทิ้ง

Location	NAG pH		NAG		%S		NAPP		NNP		NPR	
	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max
Main dump, MD	9.64 \pm 2.20	3.87, 11.48	0.64 \pm 2.03	0.00, 6.42	0.153 \pm 0.265	0.012, 0.875	-170.75 \pm 370.62	-1212.89, 26.17	170.75 \pm 370.62	-26.17, 1212.89	162.93 \pm 329.41	0.04, 1079.13
East dump, ED	9.89 \pm 0.83	7.82, 10.73	0.00	0.00	0.054 \pm 0.041	0.026, 0.151	-167.21 \pm 146.22	-412.23, -12.31	167.21 \pm 146.22	12.31, 412.13	129.80 \pm 127.12	11.92, 359.05
West south dump, WS	10.01 \pm 1.28	6.97, 11.14	0.00	0.00	0.081 \pm 0.027	0.044, 0.140	-218.94 \pm 162.97	-433.74, -5.35	218.94 \pm 162.97	5.35, 433.74	103.28 \pm 86.57	2.78, 267.43
Inside pit dump, ID	8.76 \pm 2.56	4.67, 11.03	0.61 \pm 1.93	0.00, 6.10	0.109 \pm 0.090	0.012, 0.328	-134.04 \pm 299.14	-967.96, 18.24	134.04 \pm 299.14	-18.24, 967.96	119.96 \pm 291.82	-5.14, 939.63
Inside pit west dump, InW	10.05 \pm 1.85	5.43, 11.84	0.00	0.00	0.047 \pm 0.028	0.015, 0.081	-189.17 \pm 273.77	-892.35, 13.00	189.17 \pm 273.77	-13.00, 892.35	213.42 \pm 357.10	-26.73, 1099.27
Inside pit south dump, InS	8.59 \pm 2.46	3.56, 11.77	1.53 \pm 3.24	0.00, 8.01	0.171 \pm 0.248	0.013, 0.770	-122.42 \pm 152.64	-388.60, 34.93	122.42 \pm 152.64	-34.23, 388.60	88.01 \pm 93.28	-0.45, 247.12

4.2.2 ผลการทดสอบด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

ผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างทั้งหมดจากเหมืองมีค่ากรดเฉลี่ยเท่ากับ 12.05 กิโลกรัม ซัลฟิวริกต่อตันของหิน (H_2SO_4/t) โดยตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองมีค่ากรดเฉลี่ย 20.65 กิโลกรัม ซัลฟิวริกต่อตันของหิน และตัวอย่างจากกองหินทิ้งมีค่ากรดเฉลี่ย 0.46 กิโลกรัมซัลฟิวริกต่อตันของ หิน โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละชั้นหินแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของแต่ละชั้นหิน

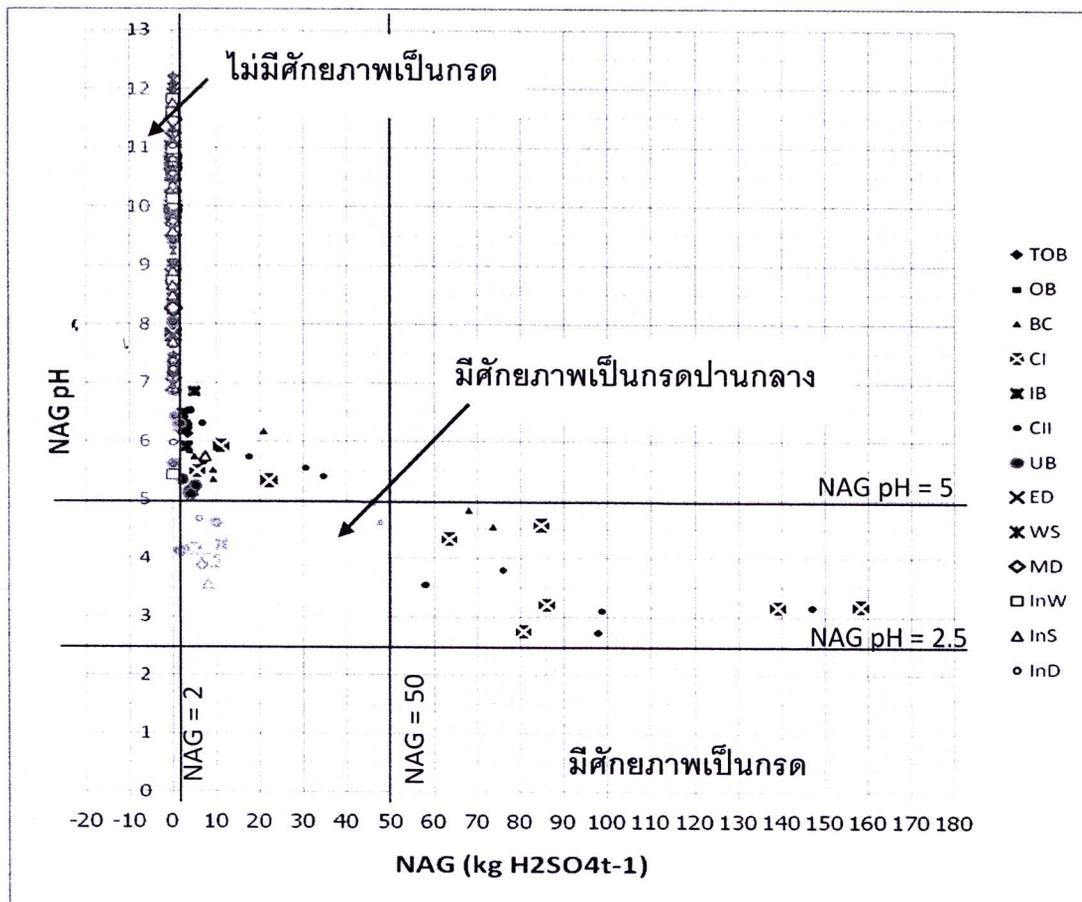
ชื่อชั้นหิน	ปริมาณกรด (kg H_2SO_4/t)			
	เฉลี่ย	± SD	มากที่สุด	น้อยสุด
เปลือกดินชั้นบน (Tob Overburden, TOB)	0.48	1.13	3.35	0.00
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden, OB)	0.02	0.10	0.61	0.00
ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball Clay, BC)	22.66	24.43	73.64	0.00
ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1, CI)	77.30	73.41	192.63	0.00
ชั้นหินระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden, IB)	1.44	3.03	11.13	0.00
ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2, CII)	40.01	59.09	190.64	3.36
ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden, UB)	2.64	2.49	9.82	0.00

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของพื้นที่กองหินทิ้ง

ชื่อชั้นหิน	ปริมาณกรด (kg H ₂ SO ₄ /t)			
	เฉลี่ย	± SD	มากที่สุด	น้อยสุด
กองหินทิ้งทิศใต้ (West dump, WS)	0.00	0.00	0.00	0.00
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (Inside pit south dump, InS)	0.00	3.22	8.01	0.00
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	0.64	0.00	0.00	0.00
กองหินทิ้งด้านตะวันออก (East dump, ED)	0.00	0.00	0.00	0.00
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	1.53	2.03	6.42	0.00
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	0.61	1.93	6.10	0.00

จากเกณฑ์การพิจารณาของ Laio et al. (2007) ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 เมื่อนำค่า ความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ของตัวอย่างที่ทำการทดลองมาพล็อตกับปริมาณค่าความเป็นกรดของตัวอย่าง (NAG) จะได้ว่าตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด โดยมีจำนวนตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดทั้งสิ้น 55 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 27.64 แบ่งเป็นตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดจำนวน 17 ตัวอย่าง (8.54 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มาจากหน้าบ่อเหมืองทั้งหมด ได้แก่ จากชั้นดินบอเคลย์ (BC) จำนวน 2 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (CI) จำนวน 9 ตัวอย่าง และจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (CII) จำนวน 6 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดกรดปานกลางจำนวน 38 ตัวอย่าง (19.10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นตัวอย่างจากชั้นเปลือกดินชั้นบน (TOB) จำนวน 2 ตัวอย่าง จากชั้นดินบอเคลย์ (BC) จำนวน 7 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (CI) จำนวน 6 ตัวอย่าง จากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) จำนวน 6 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (CII) จำนวน 8 ตัวอย่าง จากชั้นล่างชั้นถ่านหิน (UB) จำนวน 5 ตัวอย่าง จากกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (InS) จำนวน 2 ตัวอย่าง จากกองหินทิ้งหลัก (MD)

และกองหินทิ้งในบ่อเหมือง (ID) แห่งละจำนวน 1 ตัวอย่าง และเมื่อนำตัวอย่างทั้งหมดมาพล็อตระหว่างค่า NAG pH และค่า NAG จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.6



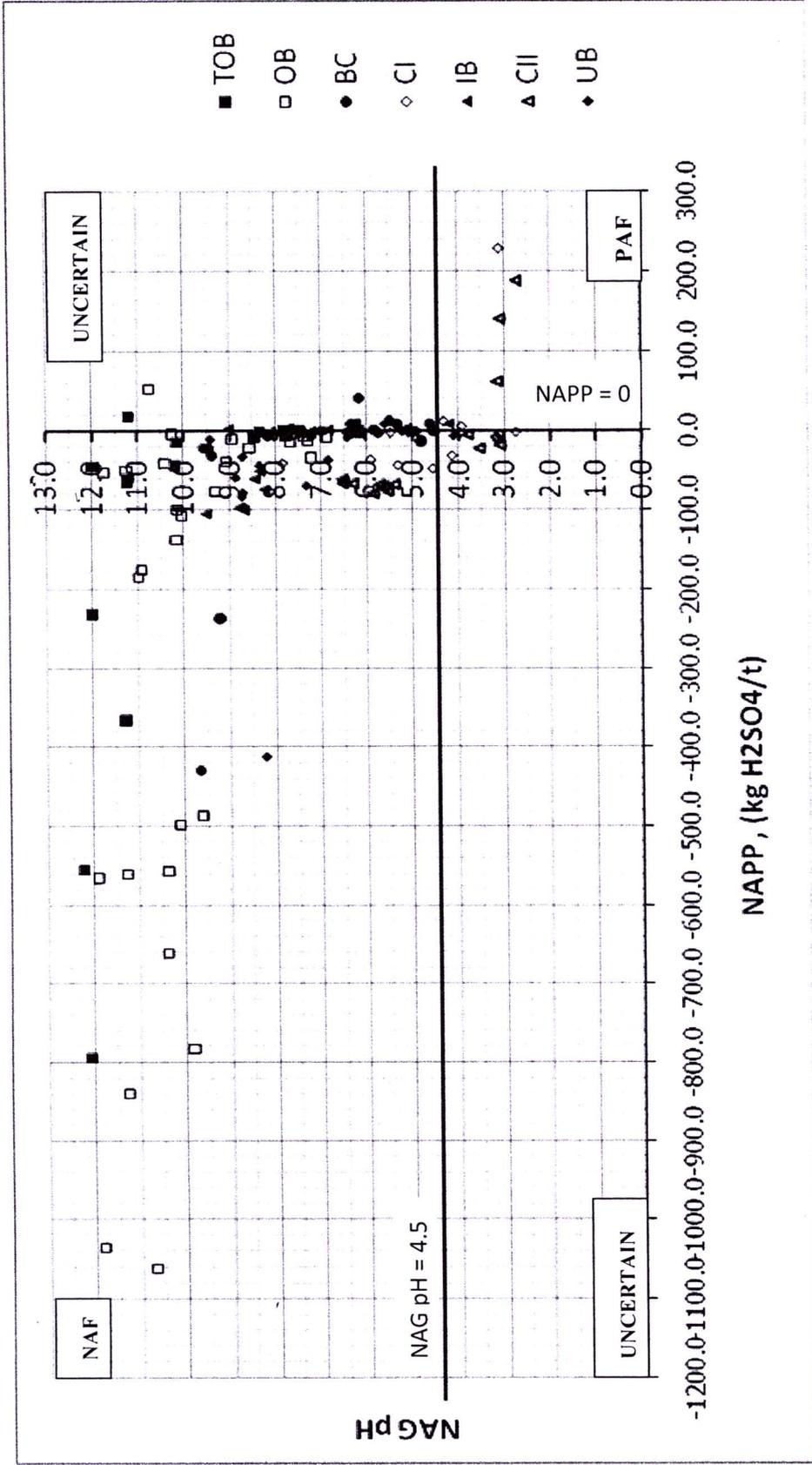
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) กับปริมาณกรด (NAG)

4.2.3 ผลการพิจารณาศักยภาพการเกิดกรดจากวิธี Net Acid Generation (NAG Test) และวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

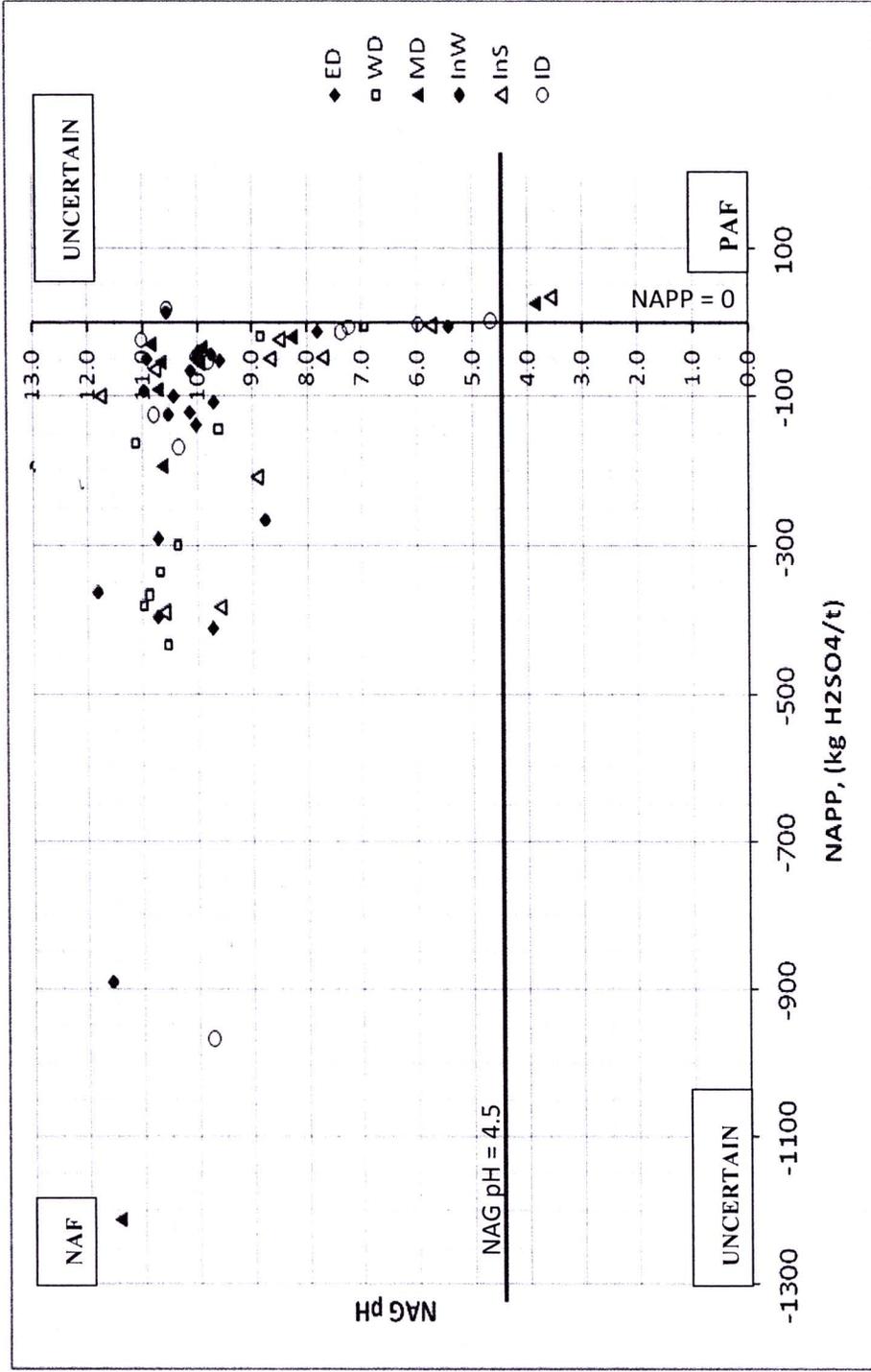
จากตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาทำการทดสอบด้วย ABA Test และ NAG Test สามารถนำผลการทดสอบทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาหาศักยภาพการเกิดกรดที่แน่นอน ซึ่งจะได้ค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) จาก ABA Test และค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) จาก NAG Test โดยจากการพิจารณาตามเกณฑ์ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ตารางที่ 3.7 เมื่อนำผลมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 โดยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด

ของแต่ละชั้นหินและพื้นที่กองหินทิ้งแสดงในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 และผลการวิเคราะห์ของแต่ละตัวอย่างแสดงในตารางภาคผนวก ค.

ผลการพิจารณาพบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด (NAF) จำนวน 157 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นร้อยละ 78.89 ของทั้งหมด ส่วนตัวอย่างที่มีศักยภาพความเป็นกรด (PAF) มีทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4.55 โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองจำนวน 7 ตัวอย่าง (3.54 เปอร์เซ็นต์) จำแนกเป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านชั้นที่ 1 (CI) จำนวน 3 ตัวอย่าง จากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) จำนวน 1 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (CII) จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างจากกองหินทิ้งจำนวน 2 ตัวอย่าง (1.01 เปอร์เซ็นต์) จำแนกเป็นตัวอย่างจากกองหินทิ้งหลัก (MD) และจากกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านทิศใต้ (InS) แห่งละจำนวน 1 ตัวอย่าง และที่เหลือเป็นตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้ (Uncertain) จำนวน 33 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 16.58 ของทั้งหมด



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณบ่อเหมือง



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณกองหินทิ้ง

4.3 อภิปรายผลการศึกษา

4.3.1 อภิปรายผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา

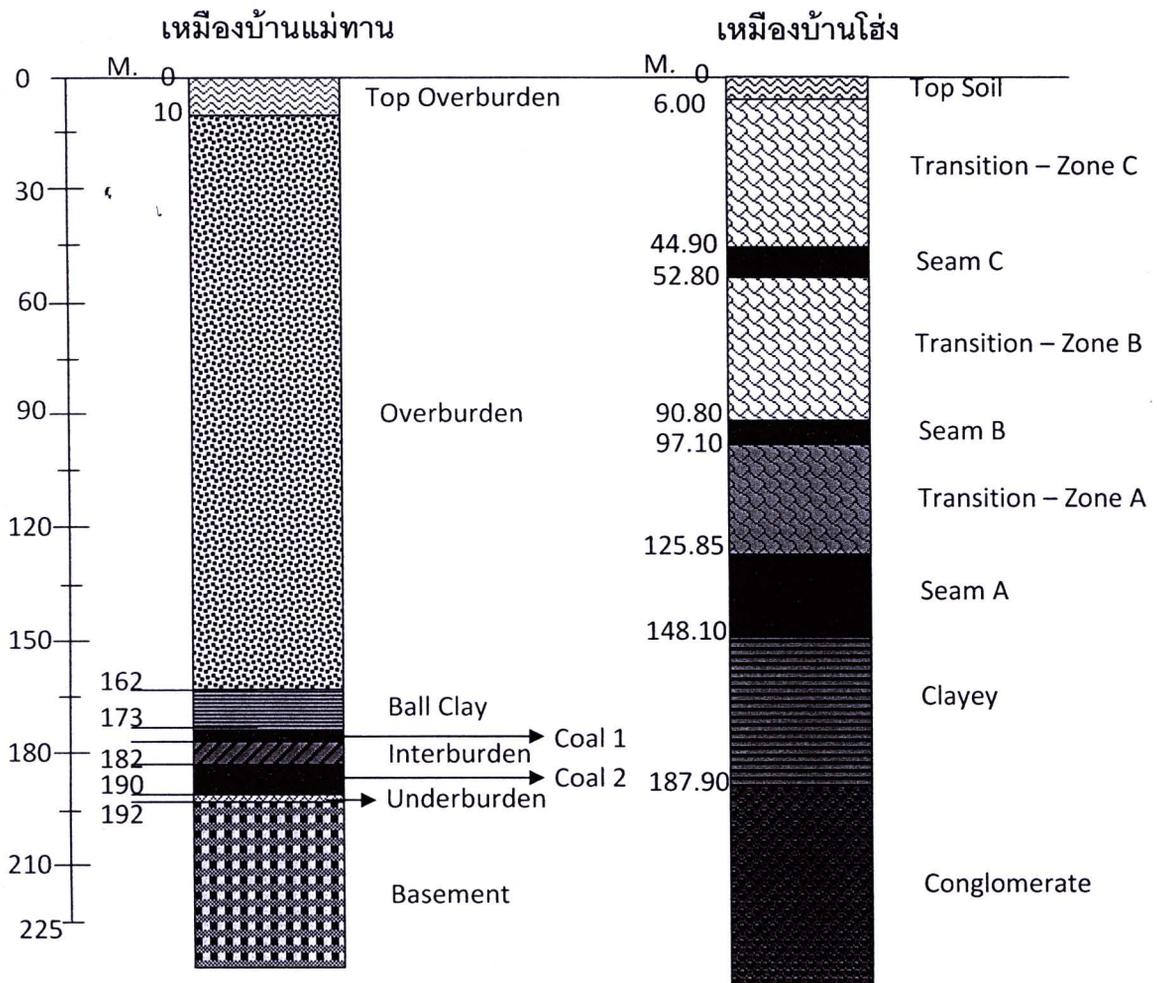
แร่ดิน (Clay minerals) นั้นเป็นองค์ประกอบที่เป็นอุปสรรคต่อการลดการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (Nugraha et al., 2009) และหินที่มีขนาดละเอียดมักจะมีแร่ไพไรต์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแร่ไพไรต์นั้นมีผลโดยตรงกับค่าของซัลเฟอร์ในหินเนื่องจากเป็นสารประกอบซัลไฟด์ของถ่านหิน (Pope et al., 2010) โดยแร่ซัลไฟด์ในเปลือกดินเป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (นุชนาท นาคำ, 2550) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ชนิดหินที่มีขนาดละเอียด จะมีปริมาณของซัลไฟด์สูง อันส่งผลโดยตรงต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด จากพื้นที่ศึกษาจะพบว่าชนิดหินที่มีลักษณะดังกล่าวในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ถ่านหิน (Coal) แร่บอลเคลย์ (Ball Clay) หินโคลน (Mudstone) หินเคลย์ (Claystone) และหินทรายแป้ง (Siltstone) ซึ่งหินเหล่านี้มักสะสมตัวอยู่ในชั้นใต้ชั้นเปลือกดินได้แก่ ชั้นดิบบอลเคลย์ (BC) ชั้นถ่านหิน (C) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) และชั้นล่างชั้นถ่านหิน (UB) โดยพบว่าชั้นหินที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดกรดมากที่สุดคือชั้นถ่านหินทั้ง 2 ชั้น (CI และ CII) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากในชั้นถ่านหินมีองค์ประกอบของแร่ไพไรต์ซึ่งเป็นแร่ซัลไฟด์เกิดแทรกสลับในเนื้อถ่านหินส่งผลให้มีปริมาณซัลไฟด์สูงกว่าชั้นอื่นๆ ดังนั้นการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดจะเริ่มที่ชั้นถ่านหินและขยายวงกว้างไปยังชั้นใกล้เคียง ประกอบกับชั้นโดยรอบชั้นถ่านหินได้แก่ ชั้นดิบบอลเคลย์ (BC) ชั้นถ่านหิน (C) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) และชั้นล่างชั้นถ่านหิน (UB) ซึ่งเป็นหินตะกอนขนาดละเอียดจำพวก หินโคลน (Mudstone) หินเคลย์ (Claystone) และหินทรายแป้ง (Siltstone) ดังที่ได้กล่าวมา ทำให้บริเวณดังกล่าวมีศักยภาพในการเกิดกรดตามไปด้วย

สภาพแวดล้อมการสะสมตัวของแหล่งถ่านหินส่วนใหญ่จะเกิดจากตะกอนในทะเลสาบ (Lacustrine Deposit) ตะกอนที่ราบลุ่มมีน้ำขัง (Swamp Deposit) ตะกอนจากแม่น้ำ (Fluvial Deposit) และตะกอนรูปพัด (Fan Deposit) ซึ่งตะกอนที่สะสมในสภาพแวดล้อมดังกล่าวมักเป็นตะกอนขนาดละเอียด จำพวกดินโคลน ทรายแป้ง และตะกอนที่มีสีเข้มมีส่วนผสมของคาร์บอน ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะก่อให้เกิดกรดได้ง่าย โดยมักจะพบตะกอนเหล่านี้บริเวณช่วงรอยต่อระหว่างชั้นถ่านหิน และกันแอ่ง จากการเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งถ่านหินพบว่าแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน และแหล่งถ่านหินบ้านโง่ง มีลักษณะการวางตัวของแอ่ง และความลึกที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.9 เริ่มจากชั้นเปลือกดินด้านบน (Top soil) ถัดมาเป็นชั้นก่อนชั้นถ่านหิน (Overburden) ชั้นถ่านหิน (Coal) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden) และชั้นใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden) โดยชั้นถ่านหินแหล่งบ้านโง่งจะมีชั้นก่อนชั้นถ่านหินที่บางกว่าของแหล่ง

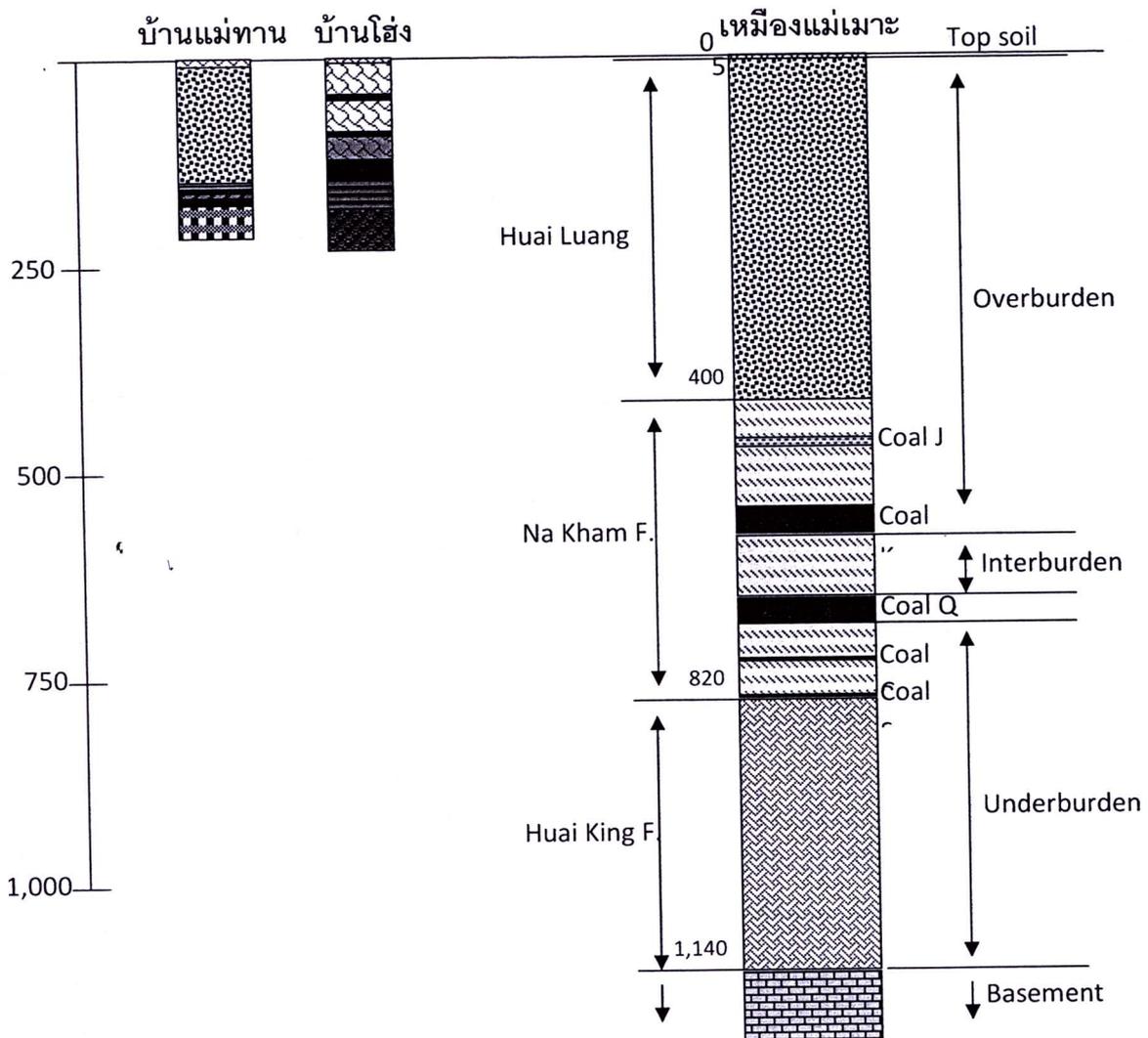
ถ่านหินบ้านแม่ทาน และมีจำนวนชั้นถ่านหินและชั้นระหว่างชั้นถ่านหินมากกว่าแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน ได้แก่ ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นบนกับชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Transition – Zone B) และชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นกลางกับชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Transition – Zone A) ส่วนชั้นก่อนชั้นถ่านหินนั้นมีลักษณะของตะกอนดินปนทรายที่แสดงลักษณะรอยต่อการเปลี่ยนแปลงที่เข้าสู่ชั้นถ่านหิน โดยเรียกชั้นนี้ว่า ชั้นเปลี่ยนแปลงก่อนชั้นถ่านหินชั้นบน (Transition – Zone C) ในขณะที่ชั้นก่อนชั้นถ่านหินของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน เป็นชั้นหินกรวดทรายขนาดใหญ่ หินไรโอไลต์ ทัพพี และหินควอร์ตไซต์ นอกจากนี้ยังพบแคลกริต (Calcareous) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการผสมหรือปกคลุมบนหินทิ้งที่มีซัลเฟอร์เพื่อเป็นการลดผลิตพันธ์ที่จะก่อให้เกิดกรด (U.S. Environmental Protection Agency, 1994: online) กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณหน้าเหมือง ส่วนชั้นล่างชั้นถ่านหินนั้นเป็นการสะสมตัวของตะกอนที่ขนาดละเอียดถึงละเอียดมากจำพวกเคลย์ หรือโคลนคล้ายกัน ดังนั้นจากการเปรียบเทียบที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าแหล่งถ่านหินบ้านโง้งมีศักยภาพในการเกิดกรดมากกว่าแหล่งถ่านหินแม่ทาน ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของบ้านโง้งที่ต่ำกว่าของแม่ทานประมาณ 0.5 – 1.0 (ภาคผนวก ข)

การเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน แหล่งถ่านหินบ้านโง้ง กับแหล่งถ่านหินแม่เมาะ พบว่าแหล่งถ่านหินแม่เมาะนั้นเกิดสะสมตัวในช่วงระยะเวลาเดียวกับแหล่งถ่านหินทั้งสองแหล่งข้างต้นที่ได้กล่าวมา แต่แหล่งถ่านหินแม่เมาะนั้นจะมีความลึกและการตกสะสมของชั้นถ่านหินที่มากกว่าทั้งสองแหล่ง (รูปที่ 4.10) โดยชั้นก่อนชั้นถ่านหินของแหล่งถ่านหินแม่เมาะมีความหนาโดยประมาณเท่ากับความหนาทั้งหมดของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน และแหล่งถ่านหินบ้านโง้ง โดยเป็นชั้นหินแข็งประเภทหินโคลนและหินทรายแบ่งในหมวดหินห้วยหลวง ส่วนชั้นถ่านหินนั้นเป็นชั้นหินในหมวดหินนาแวมซึ่งมีชั้นถ่านหินหลายชั้นแต่เป็นชั้นบางๆ และแทรกสลับด้วยโคลน (Interburden) และมีชั้นล่างชั้นถ่านหินเป็นหินดินดาน หินทราย หินปูน และหินอาร์จิลไลต์ในหมวดหินห้วยคิงของกลุ่มหินลำปาง จากลักษณะทางกายภาพของชั้นหินของแหล่งถ่านหินแม่เมาะที่เป็นชั้นหินตะกอนแข็งตัว (Consolidated) เกือบทั้งหมด จึงมีโอกาสเกิดการแตกหักได้ยากกว่าตะกอนกึ่งแข็งตัว (Semi-Consolidated) ของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน และบ้านโง้ง ซึ่งหินที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกหักได้ง่ายทำให้เกิดพื้นที่ผิวรวมที่สัมผัสอากาศได้ง่าย อันเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (Nugraha et al., 2009) ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าแหล่งถ่านหินแม่เมาะมีโอกาสในการเกิดกรดได้น้อยกว่าสองแหล่งที่กล่าวมา ประกอบกับชั้นหินฐานเป็นหินปูนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นวัสดุที่ใช้ในการบำบัดเหมืองเป็นกรด (นุชนาถ นาคำ, 2550) จึงทำให้แหล่งถ่านหินแม่เมาะมีศักยภาพในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดได้ต่ำ

อย่างไรก็ตามการจัดการก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด ซึ่งอาจเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้แหล่งถ่านหินแม่เมาะไม่เกิดปัญหาน้ำเหมืองเป็นกรดในตอนี้ แต่หากต่อไปในระยะยาวหลังการปิดเหมืองไม่มีการจัดการดูแลที่ดีก็อาจเกิดปัญหาน้ำเหมืองเป็นกรดขึ้นได้ และจะแก้ไขได้ยากกว่าแหล่งแม่ทาน และบ้านโง้งเนื่องจากชั้นหินต้นกำเนิดนั้นอยู่ลึก และมีความหนามากกว่าทั้งสองแหล่งที่กล่าวมานี้มาก



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาแหล่งถ่านหินแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง และ แหล่งถ่านหินบ้านโง้ง อ.สี จ.ลำพูน



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน แหล่งถ่านหินบ้านโสัง กับแหล่งถ่านหินแม่เมาะ

4.3.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดตามเกณฑ์การทดสอบแต่ละวิธีทดสอบพบว่าตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดจากวิธีการทดสอบด้วย ABA Test นั้นมีจำนวน 31 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองจำนวน 26 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นบอลลเคลย์ ชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน โดยหินที่มีศักยภาพในการเกิดกรดส่วนใหญ่เป็นหินที่มีตะกอนขนาดเล็กเฉียดจำพวก หินโคลน หินเคลย์ และหินทรายแป้ง โดยเฉพาะหินเคลย์ที่มีคาร์บอนสูงนั้นมีศักยภาพในการเกิดกรดเกือบทุกตัวอย่างหิน โดยตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดทั้ง 31 ตัวอย่างนี้ให้ผลตามเกณฑ์ศักยภาพการเกิดกรดของ NNP และ NPR ที่ตรงกัน แต่จะมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้ตามเกณฑ์ของ NNP

มากกว่าจำนวนตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้ตามเกณฑ์ของ NPR โดยตัวอย่างที่ให้ผลของ NNP กับ NPR ไม่ตรงกันส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างหินทราย หินกรวดมน ถ่านหินชั้นที่ 1 และหินภูเขาไฟไรโอไลต์ เนื่องจากมีค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุด (AP) และค่าศักยภาพความเป็นกลาง (NP) ที่ใกล้เคียงกันมาก

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NAG Test พบว่าตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดมีจำนวน 17 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดนี้จะมีปริมาณกรดซัลฟูริก (NAG) มากกว่า 50 กิโลกรัมซัลฟูริกต่อตันของหินตามเกณฑ์ของ Liao et al., 2007 แต่จะมีค่าความเป็นกรดต่างที่สูงกว่าเกณฑ์ของศักยภาพการเกิดกรด ($\text{pH} > 2.5$) ซึ่งหินที่มีศักยภาพดังกล่าวนี้เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินทั้งหมด บางตัวอย่างเป็นถ่านหินที่มีไพไรต์/ซีเดอไรต์แทรก และบางตัวอย่างเป็นหินเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอน และตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดปานกลางจำนวน 38 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างถ่านหินที่มีแร่ไพไรต์/ซีเดอไรต์แทรกของชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ตัวอย่างหินเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในชั้นบอลเคลย์ และบางส่วนจากตัวอย่างหินโคลน และหินเคลย์ของชั้นระหว่างชั้นถ่านหินและชั้นใต้ชั้นถ่านหิน ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพเกิดกรดปานกลางนี้ส่วนมากจะมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่สูงกว่าเกณฑ์ ($2.5 \leq \text{pH} < 5$) เช่นเดียวกับตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรด โดยคาดว่าประการแรกเป็นผลจากชั้นถ่านหินที่มีดินแทรกสลัอยู่มาก ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรดต่างของชั้นดิน และประการที่สองเนื่องจากแร่ซีเดอไรต์ที่แทรกอยู่ในชั้นถ่านหิน เนื่องจากแร่ซีเดอไรต์มีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ชั่วคราวที่ให้ค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5 ($\text{pH} = 5$) (Molson et al., 2004)

จากการเปรียบเทียบวิธีทดสอบแบบ ABA Test และ NAG Test พบตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดจำนวน 9 ตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ส่วนและตัวอย่างที่ไม่มีศักยภาพเป็นกรดจำนวน 157 ตัวอย่าง ส่วนที่เหลือเป็นตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุแน่นอนได้ (Uncertain) จำนวน 33 ตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหิน และตัวอย่างเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในชั้นบอลเคลย์ และตัวอย่างบางส่วนที่เป็นหินโคลน และหินทรายแป้งของชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน และชั้นล่างชั้นถ่านหิน ซึ่งตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้นี้เป็นตัวอย่างที่มีศักยภาพความเป็นกรด จากการทดสอบด้วย NAG Test แต่ไม่สามารถระบุได้ใน การทดสอบแบบ ABA Test และตัวอย่างที่มีศักยภาพความเป็นกรดปานกลาง จากการทดสอบด้วย NAG Test แต่มีศักยภาพเป็นกรดในการทดสอบแบบ ABA Test ทั้งนี้เนื่องจากในการทดสอบ

ด้วยวิธี NAG Test นี้จะพิจารณาปริมาณกรด (NAG) ร่วมกับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างของพื้นที่ศึกษานั้นมีค่าค่อนข้างสูงกว่าความเป็นจริงเนื่องจากเหตุผล ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และเมื่อนำค่าจากการทดสอบ NAG Test มาเปรียบเทียบกับ การทดสอบ ABA Test จึงได้ผลที่ไม่ตรงกันจึงกลายเป็นตัวอย่างที่มีศักยภาพอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถระบุได้ (Uncertain)

ตัวอย่างที่ไม่มีศักยภาพการเกิดกรดเลยทั้งการทดสอบแบบ ABA Test และ NAG Test นั้นส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างของชั้นเปลือกดินชั้นบน (TOB) และชั้นเปลือกดิน (OB) ซึ่งเป็นหิน จำพวกตะกอนกึ่งแข็งตัว หินควอร์ต หินทราย หินกรวดมน หินโคลน และแคลกริต และตัวอย่างหิน ทรายบดลงส่วนจากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน และชั้นล่างชั้นถ่านหิน ซึ่งหินเหล่านี้มีตะกอนขนาดหยาบ มีการแตกหักเพื่อให้เกิดพื้นผิวช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย และมีปริมาณคาร์บอน และซัลเฟอร์ที่สะสมในชั้นหินต่ำจึงทำให้ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด ส่วนแคลกริตนั้นมีศักยภาพ เป็นเบส (Alkaline) หรือบัฟเฟอร์ที่ช่วยลดค่าความเป็นกรด

เนื่องจากชั้นเปลือกดิน (OB) ของพื้นที่ศึกษานั้นมีความหนามาก (ประมาณ 162 เมตร) ประกอบกับมีค่าเป็นด่าง (เฉลี่ย 226.66 กิโลกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ชั้นเปลือกดินจะถูกขูด ขนนำไปกองไว้ที่พื้นที่กองหินทิ้ง ดังนั้นกองหินทิ้งของเหมืองจึงมีวัสดุส่วนใหญ่เป็นหินทรายของชั้น เปลือกดินที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ ทำให้กองหินทิ้งโดยทั่วไปไม่มีศักยภาพในการเกิดกรดต่ำหรือไม่มี เลย ยกเว้นบางพื้นที่ที่ขณะนั้นเหมืองอยู่ในช่วงของการตักเก็บกองชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) ก่อนที่จะตักถ่านหินชั้นที่ 2 จึงทำให้กองหินทิ้งดังกล่าวมีตัวอย่างชั้นดินชั้นหินที่มีศักยภาพความ เป็นกรด เช่นกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (InS) และกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (InW) แต่ทั้งนี้เมื่อนำตัวอย่างจากชั้นระหว่างชั้นถ่านหินมากองรวมกับชั้นเปลือกดินทำให้ค่าศักยภาพ ความเป็นกรดลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่มีศักยภาพเป็นกรด (< 15 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากอัตราส่วน ปริมาณคาร์บอนในชั้นเปลือกดินทั้งหมดจะมีค่ามากกว่าปริมาณกรดของชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน รวมกับชั้นรองรับชั้นถ่านหิน

เนื่องจากแต่ละชั้นหินประกอบด้วยหินหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดหินมีค่าศักยภาพในการเกิด กรดที่แตกต่างกัน ดังนั้นส่งผลให้ภาพรวมด้านสถิติของผลการวิเคราะห์มีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยแต่ละชั้นหินดังที่พบในตารางที่ 4.11 – 4.14