

การชะละลายโลหะหนักของหินทิ้ง บริเวณเหมืองแร่ทองกุ่มบ่ฟ้า จังหวัดเลย



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LEACHING OF HEAVY METALS IN WASTE ROCKS FROM PHU TUB FAH GOLD MINE,
CHANGWAT LOEI

Miss Chutima Klongsamran



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2014
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การชะละลายโลหะหนักของหินทิ้ง บริเวณเหมืองแร่ทองภู ทับฟ้า จังหวัดเลย
โดย	นางสาวชุติมา คล่องสำราญ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุบล โชติพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร ชูตินทรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เพ็งปรีชา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุบล โชติพงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ ประไพรัชสิทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์ ชาญกุล)

ชุดิมา คล่องสำราญ : การชะละลายโลหะหนักของหินทิ้ง บริเวณเหมืองแร่ทองกูปัฟ้า จังหวัดเลย (LEACHING OF HEAVY METALS IN WASTE ROCKS FROM PHU TUB FAH GOLD MINE, CHANGWAT LOEI) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อรุบล โชติพงษ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, 111 หน้า.

หินทิ้งเป็นของเสียที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ และมีปริมาณที่มากกว่าสินแร่หลายเท่า ส่วนประกอบในหินทิ้งมีโลหะหนักชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นธาตุที่เกิดร่วมกับสายแร่ที่ปะปนอยู่ หากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้โลหะดังกล่าวรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เกิดจากสถานะน้ำทิ้งจากเหมืองเป็นกรด ทำให้เกิดการชะละลายโลหะหนักและแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในการศึกษานี้ได้ทดสอบการชะละลายของหินทิ้งทั้ง 3 กอง คือ กองออกไซด์ กองทรานซิชัน และกองซิลไฟด์ จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ หินปูน หินอ่อน หินแอนดิไซต์ หินเดไซต์ หินทรายแป้ง หินทรายหินโคลน หินสการ์น หินซิลไฟด์เนื้อแน่น และหินกอสแซนจากเหมืองแร่ทองคำ ด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SW-846: method 1312) ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยโลหะหนักที่ทำการศึกษได้แก่ สังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส สารหนูและปรอทพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาพบว่าโลหะหนักชะละลายออกมาจากหินที่ทุกพีเอช โดยที่พีเอช 2 มีการชะละลายออกมาสูงที่สุด รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ในกองออกไซด์พบความเข้มข้นของโครเมียม ทองแดง สารหนู ปรอท และตะกั่วในทุกพีเอช ส่วนนิกเกิลที่พีเอช 2 สูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินแต่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ส่วนความเข้มข้นของแมงกานีสที่พีเอช 2 สูงเกินค่าที่กำหนดไว้ทั้งสองมาตรฐาน ในกองทรานซิชันพบโครเมียม นิกเกิล แคดเมียม และตะกั่วที่พีเอช 2 ส่วนสารหนูในทุกพีเอช มีความเข้มข้นมากกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินแต่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ส่วนแมงกานีสและทองแดงที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นสูงเกินทั้งสองมาตรฐาน ในกองซิลไฟด์พบความเข้มข้นของ แมงกานีส นิกเกิล และตะกั่วที่พีเอช 2 ส่วนทองแดง สารหนู และปรอทในทุกพีเอชสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินแต่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

กองหินทิ้งที่ต้องมีการเฝ้าระวังในเรื่องการชะละลายเป็นพิเศษ ได้แก่ กองทรานซิชัน และกองซิลไฟด์ เนื่องจากกองทรานซิชันมีโลหะหนักชะละลายออกมาสูง และมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด ส่วนกองซิลไฟด์มีหินซิลไฟด์เนื้อแน่นซึ่งเป็นหินที่มีความเสถียรกับกรดแต่สามารถเกิดออกซิเดชันได้เมื่อทิ้งไว้ในที่โล่ง ทำให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด และโลหะหนักจะอยู่ในรูปที่ไม่เสถียรสามารถชะละลายออกมาได้ง่ายขึ้นโดยหินที่ควรระวังคือ หินกอสแซน หินสการ์น และหินซิลไฟด์เนื้อแน่น จึงควรมีการจัดการกองหินทิ้งที่เหมาะสมโดยบริเวณกองหินทิ้งบางส่วนที่ทิ้งหินเต็มแล้ว ควรนำดินเหนียวมาคลุม เพื่อไม่ให้หินได้สัมผัสกับน้ำและอากาศ หรือสัมผัสให้น้อยที่สุด และปลูกพืชคลุมไว้

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5487124320 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: LEACHING / WASTE ROCK / GOLD MINE / HEAVY METALS

CHUTIMA KLONGSAMRAN: LEACHING OF HEAVY METALS IN WASTE ROCKS FROM PHU TUB FAH GOLD MINE, CHANGWAT LOEI. ADVISOR: ASST. PROF. ARUBOL CHOTIPONG, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. CHAKKAPHAN SUTTHIRAT, Ph.D., 111 pp.

Waste rock is usually produced from mining processes. A huge amount of waste rock may have been remained during the ore processing. Waste rocks, which occurred in ore deposit, are commonly composed of various kinds of heavy metal. Unsuitable management for mining and environmental protection plans may lead to heavy metal contamination to the environment, especially in combination with acid mine drainage (AMD). To study the heavy metals leaching from waste rocks, the 10 types of rock i.e., limestone, marble, andesite, dacite, siltstone, sandstone, mudstone, skarn, massive sulfide, and gossan from 3 dumps, including oxide, transition, and sulfide dumps were selected. Each was conducted leaching test by the Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) at pH 2, 4, and 6. The concentrations of heavy metals including, zinc, chromium, copper, cadmium, lead, nickel, manganese, arsenic, and mercury were determined and compared with the Industrial Effluent Standards and the Surface Water Quality Standards.

The results indicate that the highest concentration of heavy metals were leached out at pH 2 followed by pH 4 and 6, respectively. In the oxide dump, Cr, Cu, As, Hg and Pb could be conducted at any dedicated pH were higher than the Surface Water Quality but lower than the Industrial Effluent Standards. At pH 2, the amount of Mn exceeded both standards while Ni was higher than the Surface Water Quality Standards. In transition dump, Cr, Ni, Cd and Pb were leached at pH 2. Whereas the amount of As drained at any given pH were higher than the Surface Water Quality but lower than the Industrial Effluent Standards. The concentration of Mn and Cu that leached out at pH 2 exceeded both standards. In the sulfide dump, Mn, Ni, Cu, and Pb were leached out at pH 2 while As and Hg were investigated at any given pH values. The concentrations of these metals exceeded the Surface Water Quality but lower than the Industrial Effluent Standards.

The transition and sulfide dumps should be under intensive investigation. The amount of heavy metal leaching and acid mine drainage from the transition dumps was prominent. In addition, massive sulfide from sulfide dump which is stable in the acidic condition, can be oxidized in the open air and cause acid mine drainage to leach out unstable heavy metal. Therefore, gossan, skarn and massive sulfide from these two waste dumps should be inspected. To prevent exposing to water and air, the heaps of waste dump should be covered with clay and local plant.

Field of Study: Environmental Science

Academic Year: 2014

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุบล โชติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ มาโดยตลอด จึงกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ ประไพรักษ์สิทธิ์ และอาจารย์ ดร. จุฬาลักษณ์ ชาญกุล ที่กรุณา สละเวลาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ตลอดจน รายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับ งานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณศิริพร สิงห์ทอง ผอ. ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิษวิทยา และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการเครื่องมือ ICP-MS และให้คำแนะนำในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณเจนศริน วิวัฒน์ภิญโญ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่าง

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องชายที่คอยให้ความช่วยเหลือ เป็น กำลังใจและสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างเสมอมา และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่และสหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดี มาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	2
1.4 กรอบแนวความคิด.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ความรู้เกี่ยวกับทองคำ.....	4
2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของแร่ทองคำ.....	4
2.1.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่และการกำเนิดแร่ทองคำ.....	5
2.1.3 แหล่งแร่ทองในประเทศไทย.....	7
2.2 แหล่งแร่ทองคำกัมพูชา.....	8
2.2.1 พื้นที่แหล่งแร่.....	8
2.2.2 ลักษณะภูมิประเทศ.....	9
2.2.3 ปริมาณน้ำฝน.....	11

2.2.4 ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยทั่วไป.....	11
2.2.4.1 หินตะกอน (Sedimentary Rocks)	11
2.2.4.2 หินอัคนีบาดาล (Intrusive igneous rocks)	12
2.2.4.3 หินแปร	12
2.2.4.4 หินเหล็กออกไซด์.....	12
2.2.5 ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ทองคำ.....	13
2.2.6 การกำเนิดของแหล่งแร่ (Ore Genesis)	14
2.2.7 ชนิดของสินแร่ (Ore type)	14
2.2.7.1 สินแร่ทองคำ	14
2.2.7.2 สินแร่เงินและทองแดง (Silver and Copper Ores).....	16
2.3 กระบวนการทำเหมืองแร่ทองคำ	17
2.4 หินทิ้ง (Waste Rocks)	18
2.4.1 ปริมาณและคุณสมบัติของมูลดินหิน	18
2.4.2 การประเมินอัตราการผลิตสินแร่และอัตราการดักมูลดินหิน.....	20
2.4.3 การเก็บกองมูลดินหิน.....	20
2.4.3.1 การเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ออกไซด์ (Oxide Waste Dump)	20
2.4.3.2 การเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิชัน (Transition Waste Dump)....	21
2.4.3.3 การเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ซัลไฟด์ (Sulphide Waste Dump).....	22
2.5 การชะละลาย (Leaching).....	23
2.5.1 นิยามศัพท์	23
2.5.2 กระบวนการชะละลาย (Leaching Process).....	23
2.5.2.1 การชะละลายโลหะด้วยกระบวนการทางชีวภาพ	24
2.5.2.2 การชะละลายโลหะด้วยกระบวนการทางเคมี	24

2.5.3 การทดสอบการชะละลาย (Leaching Test)	26
2.6 โลหะหนัก	29
2.6.1 อาร์ซีนิก (Arsenic).....	30
2.6.2 ตะกั่ว (Lead)	30
2.6.3 แคดเมียม (Cadmium)	31
2.6.4 โครเมียม (Chromium).....	31
2.6.5 ทองแดง (Copper).....	32
2.6.6 แมงกานีส (Manganese)	32
2.6.7ปรอท (Mercury).....	32
2.6.8 นิกเกิล (Nickel)	33
2.6.9 สังกะสี (Zinc)	33
2.7 ข้อร้องเรียนของชาวบ้านบริเวณใกล้เคียงเหมืองทองภูทับฟ้า	34
2.8 ผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนในพื้นที่	38
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	44
3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	44
3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	44
3.2.1 การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างหินทิ้ง	44
3.2.1.1 การเก็บตัวอย่างหินทิ้ง.....	44
3.2.1.2 การเตรียมตัวอย่างหินทิ้ง.....	46
3.2.2 การศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในหินทิ้งจากเหมืองแร่ทองคำในน้ำสกัดด้วยวิธี SW-846 EPA Method 1312 (Synthetic Precipitation Leaching Procedure; SPLP)	47
3.2.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	47

3.2.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	47
3.2.2.3 วิธีการทดลอง.....	48
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	48
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา.....	50
4.1 ผลการศึกษา.....	50
4.1.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักของหินทิ้งในกองออกไซด์	50
4.1.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักของหินทิ้งในกองทรานซิชั่น	60
4.1.3 ความเข้มข้นของโลหะหนักของหินทิ้งในกองซัลไฟด์	71
4.2 วิเคราะห์ผล	81
4.2.1 ชนิดหินที่มีผลต่อการชะละลาย	81
4.2.2 คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำทิ้งของกองหินทิ้ง	83
4.2.3 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) กับวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP)	86
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	89
5.1 สรุปผลการศึกษา	89
5.2 ข้อเสนอแนะ	90
รายการอ้างอิง	91
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก ชื่อตัวอย่างในภาคสนาม	97
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์หินทิ้ง.....	101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	111

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ปริมาณมูลดินหินที่เกิดจากการทำเหมืองของประทานบัตรที่ 26971/15558, 26972/15559, และ 26973/15560	19
ตารางที่ 2-2 แผนการผลิตสินแร่เหมืองทองคำภูทับฟ้า.....	20
ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบของการชะละลายในการทดสอบด้วยวิธีต่างๆ.....	27
ตารางที่ 3-1 แสดงชนิดและรหัสตัวอย่างของหินทิ้งที่เก็บมาจากกองหินทิ้ง	45
ตารางที่ 3-2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และ มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของโลหะหนักต่างๆ	49
ตารางที่ 4-1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทิ้งแต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีเอช 2.....	54
ตารางที่ 4-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทิ้งแต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีเอช 4.....	55
ตารางที่ 4-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทิ้งแต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีเอช 6.....	56
ตารางที่ 4-4 ตารางสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินและการจำแนกประเภทการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดของกองออกไซด์ .	60
ตารางที่ 4-5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทิ้งแต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชั่นที่พีเอช 2.....	65
ตารางที่ 4-6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทิ้งแต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชั่นที่พีเอช 4.....	66
ตารางที่ 4-7 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทิ้งแต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชั่นที่พีเอช 6.....	67
ตารางที่ 4-8 ตารางสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินและการจำแนกประเภทการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดของกองทรานซิชั่น.....	71

ตารางที่ 4-9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหินจากกอง ซัลไฟด์ที่พีเอช 2.....	75
ตารางที่ 4-10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหินจากกอง ซัลไฟด์ที่พีเอช 4.....	76
ตารางที่ 4-11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหินจากกอง ซัลไฟด์ที่พีเอช 6.....	77
ตารางที่ 4-12 ตารางสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินที่ถึงที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินและการ จำแนกประเภทการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดของกองซัลไฟด์ ...	81
ตารางที่ 4-13 การเปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนักจากหินที่ถึงกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำ ข้างกองหินที่เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกองออกไซด์.....	84
ตารางที่ 4-14 การเปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนักจากหินที่ถึงกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำ ข้างกองหินที่เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกองทรานซิชัน.....	85
ตารางที่ 4-15 การเปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนักจากหินที่ถึงกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำ ข้างกองหินที่เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกองซัลไฟด์.....	86
ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี TCLP ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับ วิธี SPLP ที่พีเอช 4 ของกองออกไซด์.....	87
ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี TCLP ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับ วิธี SPLP ที่พีเอช 4 ของกองทรานซิชัน.....	88
ตารางที่ 4-18 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี TCLP ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับ วิธี SPLP ที่พีเอช 4 ของกองซัลไฟด์.....	88
ตารางที่ ก-1 รหัสตัวอย่างในรายงานเทียบกับรหัสตัวอย่างในภาคสนามในกองออกไซด์.....	98
ตารางที่ ก-2 รหัสตัวอย่างในรายงานเทียบกับรหัสตัวอย่างในภาคสนามในกองทรานซิชัน.....	99
ตารางที่ ก-3 รหัสตัวอย่างในรายงานเทียบกับรหัสตัวอย่างในภาคสนามในกองซัลไฟด์.....	100
ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองออกไซด์ที่พีเอช 2.....	102

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองออกไซด์ที่พีเอช 4.....	103
ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองออกไซด์ที่พีเอช 6.....	104
ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองทรานซิชั่นที่พีเอช 2.....	105
ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองทรานซิชั่นที่พีเอช 4.....	106
ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองทรานซิชั่นที่พีเอช 6.....	107
ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองซัลไฟด์ที่พีเอช 2.....	108
ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินตั้งแต่ละชนิดหิน จากกองซัลไฟด์ที่พีเอช 4.....	109

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 การเกิดแหล่งแร่ทองคำ.....	7
รูปที่ 2-2 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งพื้นที่ประทานบัตรของเหมืองทองคำทับฟ้า.....	8
รูปที่ 2-3 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำผิวดิน.....	10
รูปที่ 2-4 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน	10
รูปที่ 2-5 ภาพตัดขวางแสดงรูปร่างสายแร่ทองคำของทับฟ้า.....	15
รูปที่ 2-6 พื้นที่การทำเหมืองในเขตประทานบัตรที่ 26968/15574, 26969/15575 และ 26970/15576 แสดงบ่อกักเก็บกากแร่ ขอบเขตพื้นที่การทำเหมืองในปี พ.ศ. 2549 อ่างเก็บน้ำธรรมชาติในปัจจุบันและพื้นที่ทิ้งมูลดินหินจากชั้นซัลไฟด์ ชั้นทรานซิชั่นและชั้นออกไซด์.....	21
รูปที่ 3-1 (ก) เครื่องย่อยจอร์ครัชเชอร์ (Jaw Crusher) และ (ข) ตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยจอร์ครัชเชอร์.....	46
รูปที่ 3-2 (ก) เครื่องย่อยดิสก์มิลล์ (Disc Mill) และ (ข) ตัวอย่างที่ได้จากการบดละเอียดด้วยดิสก์มิลล์.....	47
รูปที่ 3-3 เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)	48
รูปที่ 4-1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลายออกมาจากหินทิ้งกองออกไซด์ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP	57
รูปที่ 4-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลายออกมาจากหินทิ้งกองทรานซิชั่นที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP	68
รูปที่ 4-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลายออกมาจากหินทิ้งกองซัลไฟด์ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีศักยภาพของแร่ทองคำกระจายตัวอยู่เกือบทั่วประเทศ ยกเว้นบริเวณพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่หลักที่มีศักยภาพแร่ทองคำสูงมีอยู่ 2 แนว โดยแนวแรกพาดผ่านตั้งแต่จังหวัดเลย หนองคาย เพชรบูรณ์ พิจิตร นครสวรรค์ ลพบุรี ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี และระยอง ส่วนแนวที่สองพาดผ่านตั้งแต่จังหวัดเชียงราย แพร่ ลำปาง อุตรดิตถ์ สุโขทัย และตาก ดังนั้นกระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้ประกาศนโยบายว่าด้วยการสำรวจและพัฒนาแร่ทองคำ เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2530 (สมหมาย เตชวาล, 2546) และมีการกำหนดพื้นที่เพื่อการพัฒนาเหมืองแร่ทองคำเป็นโครงการใหญ่หลายบริเวณ และเปิดให้เอกชนเข้ามาสำรวจ และพบว่ามีเพียง 2 แหล่งเท่านั้นที่มีศักยภาพสูงในเชิงพาณิชย์สามารถลงทุนผลิตแร่ทองคำได้อย่างคุ้มค่า คือเหมืองทองคำตรี ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตรอยต่อของอำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ดำเนินงานโดยบริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด และเหมืองทองคำทับฟ้า ตั้งอยู่ที่ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ดำเนินงานโดยบริษัท ฟุงคำ จำกัด

เหมืองแร่ทองคำทับฟ้าซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศที่ตั้งอยู่ในหุบเขา ล้อมรอบโดยห้วยน้ำเหล็กและห้วยผุก และไหลผ่านหมู่บ้านต่างๆที่อยู่โดยรอบเหมือง จึงมีโอกาสน้ำซึ่งอยู่ในบริเวณเหมืองที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักจะไหลลงสู่น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินและปะปนกับแหล่งน้ำธรรมชาติที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์และเป็นเหตุให้ชาวบ้านที่ใช้น้ำเกิดอาการเจ็บป่วยได้ ดังที่ชาวบ้านร้องเรียนมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา เช่น มีสารไซยาไนด์เจือปนในกากแร่ก่อนนำไปกักเก็บในบ่อกักเก็บกากแร่และมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำใกล้กับเหมืองแร่ทองคำ (ประชาธรรม, 2550) ราษฎรกลุ่มคนรักบ้านเกิด ร้องเรียนว่ามีสารโลหะหนักปนเปื้อนในแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค (โครงการขับเคลื่อนสิทธิ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม, 2552) และ น้ำผุดจากผิวดินบริเวณด้านหลังเขื่อนกักเก็บกากแร่ มีปริมาณโลหะหนักสูงเกินมาตรฐานและมีกลิ่นของสารเคมีฟุ้งกระจายบริเวณเหนือพื้นที่บ่อกักเก็บน้ำเสียของเหมืองแร่ทองคำ พร้อมทั้งชาวบ้านมีการคัดค้านการขยายพื้นที่และขอประทานบัตรใหม่ (ผู้จัดการออนไลน์, 2553)

คณะรัฐมนตรีจึงมีมติในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2554 ให้กระทรวงอุตสาหกรรมชะลอการขยายพื้นที่ใหม่หรือการขอประทานบัตรของบริษัท ฟุงคำ จำกัด แปลงที่ 104/2538 และแปลงอื่นๆ จนกว่าจะจัดทำข้อสรุปหาสาเหตุการเกิดสารปนเปื้อน และให้จัดทำผลการประเมินความคุ้มค่าของฐานทรัพยากรธรรมชาติและค่าภาคหลวงแร่กับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของชาวบ้านตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน (สำนักบริหารงานสารสนเทศ, 2554) ซึ่งในปี พ.ศ. 2555 กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ได้มอบหมายให้ทางสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เข้ามาดำเนินการศึกษา “โครงการสำรวจการกระจายตัวและแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักในเขตพื้นที่แหล่งแร่ทองคำทับฟ้า ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย” ซึ่งผล

การศึกษาพบว่า มีโลหะหนักโดยเฉพาะสารหนูและแมงกานีส ปนเปื้อนทั้งในดิน ตะกอนท้องน้ำ น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน กากแร่ และหินทิ้ง

การร้องเรียนของชาวบ้านยังคงดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งเรื่องคันดินบ่อเก็บกากแร่เหมืองทองพังทลาย (วัชรภรณ์ วัฒนชา, 2555) และการคัดค้านการทำประชาพิจารณ์เรื่องการประทานครเพิ่มเติม (สำนักข่าวอิศรา, 2556) จนกระทั่งมีเหตุการณ์รุนแรงเกิดขึ้น เมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2557 กลุ่มชายฉกรรจ์นับ 100 เข้าจับชาวบ้านวังสะพุงที่ขัดขวางการขนแร่ทองคำยามวิกาล (คม ชัด ลึก, 2557)

สาเหตุการปนเปื้อนโลหะหนักการทำเหมืองแร่ทองเนื่องมาจากกระบวนการที่มีการระเบิดหินเพื่อนำสินแร่ไปถลุง ส่วนหินรอบข้างที่ไม่มีสินแร่ เรียกว่าหินทิ้ง (waste rock) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าสินแร่หลายเท่าและอาจมีโลหะหนักชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นธาตุที่เกิดรวมปะปนอยู่ ด้วย เช่น ทองแดง เหล็ก เงิน สังกะสี ปรอท สารหนู ตะกั่ว แมงกานีส และแคดเมียม เป็นต้น ซึ่งหินเหล่านี้ถูกคัดแยกออกไปกองทิ้งยังบริเวณที่เตรียมไว้ และหากการจัดการที่ไม่เหมาะสม โลหะดังกล่าวอาจรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เกิดจากน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด (Acid mine drainage, AMD) ที่มีพีเอชต่ำซึ่งสภาวะดังกล่าวเกิดจากหินทิ้งที่มีแร่ซัลไฟด์เป็นส่วนประกอบถูกสัมผัสกับน้ำและอากาศ ทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก จึงเป็นตัวเร่งให้เกิดการชะละลายของโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบในหินทิ้ง (Bell and Donnelly, 2006; Lottemoser, 2003) และอาจแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำใกล้เคียงต่อไปได้ นอกจากนี้การทำเหมืองแร่อาจก่อให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายโลหะหนักและมลพิษอื่นๆ เช่น อากาศ และเสียง ต่อสิ่งแวดล้อม และมีแนวโน้มที่ปริมาณของเสียจะเพิ่มขึ้นตามลำดับหากไม่มีการควบคุมดูแลให้เป็นไปอย่างถูกต้อง ของเสียที่เกิดขึ้นก็จะเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณโดยรอบได้

จากการสำรวจในบริเวณเหมืองทองภูทับฟ้าพบว่ากองหินทิ้งมีขนาดใหญ่และมีปริมาณมาก ซึ่งหินทิ้งถูกกองทิ้งไว้โดยไม่ได้ป้องกัน เมื่อเกิดสภาวะฝนกรดทำให้เกิดการชะละลายโลหะหนักที่มีอยู่ในหินทิ้งออกมาได้ ทำให้เป็นสาเหตุในการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการชะละลายของโลหะหนักที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมจากหินทิ้งของเหมืองแร่ทองคำเพื่อหาแนวโน้มที่อาจจะมีโลหะหนักเจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมในอนาคต รวมทั้งเปรียบเทียบผลการชะละลายของโลหะหนักกับมาตรฐานต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเห็นถึงความสำคัญ และหาแนวทางวิธีที่เหมาะสมในการจัดการหินทิ้งที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ทองคำต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการชะละลายโลหะหนักในหินทิ้งโดยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP)
2. เพื่อศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้ง

1.3 สมมติฐาน

หินทิ้งจากเหมืองแร่ทองภูทับฟ้า จังหวัดเลยมีโลหะหนักที่มีโอกาสชะละลายโดยน้ำที่มีสภาพเป็นกรด

1.4 กรอบแนวความคิด

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาการชะละลายของโลหะจากหินทิ้งเหมืองทองโดยใช้วิธี SPLP ที่ pH 2, 4 และ 6 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่โลหะหนักจะกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกเหมืองทอง โดยเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ

ในการศึกษากำหนดตัวแปรดังนี้

ตัวแปรต้น คือ หินทิ้ง

ตัวแปรตาม คือ ชนิดและปริมาณของโลหะ

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหินทิ้งเหมืองแร่ทองภูทับฟ้า ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย จังหวัดเลย โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี SPLP ในการย่อยสลายหินและตรวจวัดด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) เพื่อหาปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในหินทิ้งและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวโน้มปริมาณของโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมาจากหินทิ้งเหมืองแร่ทองที่จะออกไปสู่สิ่งแวดล้อม
2. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมบริเวณเหมืองทองคำ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับทองคำ

ทองคำเป็นที่รู้จักกันในสังคมมนุษย์มาเป็นเวลาเกือบห้าพันปีมาแล้ว คำว่า “Gold” นั้นมาจากคำภาษาอังกฤษ คือ “Geolo” ซึ่งแปลว่าเหลือง ส่วนสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ของธาตุทองคำ “Au” มาจากคำภาษาลาติน คือ “Aurum” แปลว่าทอง ในยุคโบราณทองคำได้นำมาใช้เป็นเครื่องตกแต่งในพิธีกรรมทางศาสนา หรือเพื่อเป็นสัญลักษณ์ของความมั่งคั่ง ความร่ำรวย ทองคำยังคงสามารถใช้เป็นเงินตราที่มีค่าสูงสุด และเป็นโลหะชนิดเดียวที่ได้รับการยอมรับในทุกหนทุกแห่ง

2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของแร่ทองคำ

ทองคำ เป็นธาตุลำดับที่ 79 สัญลักษณ์ Au มีสถานะเป็นของแข็ง น้ำหนักอะตอม 196.967 amu จุดเดือดที่ 2,970 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 1,064 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 19.3 ทองคำบริสุทธิ์มีสีเหลือง เป็นโลหะที่อ่อนและเหนียว เกิดเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติ ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาและทนทานต่อการขึ้นสนิมได้ดีเลิศ นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี ลักษณะที่พบเป็นเกล็ด เม็ดกลม แบน หรือรูปร่างคล้ายกิ่งไม้ รูปผลึกจัดอยู่ในระบบไอโซเมตริก (Isometric System) แบบลูกเต๋า (Cube) แบบออกตะฮีดรอน (Octahedron) หรือ แบบโดเดคาฮีดรอน (Dodecahedron) (สุพัตรา วุฒิชชาติวาณิช, 2523)

ทองคำมีคุณสมบัติพื้นฐาน 4 ประการซึ่งทำให้ทองคำเป็นที่ต้องการเหนือบรรดาโลหะมีค่าทุกชนิดในโลก คือ (สมาคมค้าทอง, 2555)

1. ความมั่งคั่งมันวาว (Lustre) มีสีส้มที่สวยงามตามธรรมชาติผสมกับความมันวาวก่อให้เกิดความงามอันเป็นอมตะ ทองคำสามารถเปลี่ยนเฉดสีทองโดยการนำทองคำไปผสมกับโลหะมีค่าอื่นๆ ช่วยเพิ่มความมั่งคั่งให้แก่ทองคำได้อีกทางหนึ่ง

2. ความคงทน (Durable) ทองคำไม่ขึ้นสนิม ไม่หมอง และไม่ผุกร่อน แม้ว่าเวลาจะผ่านไปนานเท่าไรก็ตาม

3. ความหายาก (Rarity) ทองคำเป็นแร่ที่หายาก กว่าจะได้ทองคำมาหนึ่งออนซ์ ต้องถลุงก้อนแร่ที่มีทองคำอยู่เป็นจำนวนหลายตัน และต้องขุดเหมืองลึกลงไปหลายสิบลเมตรจึงทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง เป็นสาเหตุให้ทองคำมีราคาแพงตามต้นทุนในการผลิต

4. การนำกลับไปใช้ประโยชน์ (Reuseable) ของค่าเหมาะสมที่สุดต่อการนำมาทำเป็นเครื่องประดับ เพราะมีทั้งความเหนียวและอ่อน สามารถนำมาทำขึ้นรูปได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการทำให้บริสุทธิ์ (Purified) ด้วยการหลอมได้อีกนับครั้งไม่ถ้วน

2.1.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่และการกำเนิดแร่ทองคำ

แหล่งแร่ทองคำพบในหินชนิดต่างๆได้มากมายหลายชนิด ทำให้ไม่สามารถจำกัดว่าทองคำสามารถเกิดร่วมกับหินชนิดใดชนิดหนึ่งได้โดยเฉพาะ อย่างไรก็ตามแหล่งแร่ทองคำที่พบบ่อยจะเกิดร่วมกับหินอัคนีชนิดที่มีความเป็นกรดมากกว่าชนิดที่มีความเป็นด่าง หรือในหินที่มีส่วนประกอบอยู่ระหว่างกลางของหินทั้งสองชนิด (Intermediate igneous rocks) เช่น หินแกรนิต (Granite), ควอตซ์มอนโซไนต์ (Quartz monzonite), แกรโนไดออไรต์ (Granodiorite) และแอนดิไซต์ (Andesite) เป็นต้น หรืออาจพบในหินชั้น หินแปร ชนิดที่มีซิลิกาและอะลูมินาเป็นส่วนประกอบ (สุภัตรา วุฒิชชาติวาณิช, 2523)

แหล่งแร่ทองคำจัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แหล่งแร่ปฐมภูมิ (primary deposits) เป็นแบบที่พบในหินต้นกำเนิดเดิม ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก 3 แบบ คือ

- แบบสายแร่ร้อนน้ำร้อน (Hydrothermal Deposits) โดยทองมีต้นกำเนิดมากับสายควอตซ์ (Gold quartz lode) สามารถแบ่งแยกออกไปได้อีกตามอุณหภูมิของการเกิด คือ สายแร่ร้อนอุณหภูมิต่ำ อยู่ในช่วง 50 - 200 องศาเซลเซียส สายแร่ร้อนอุณหภูมิมานกลางมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 200 -300 องศาเซลเซียส และสายแร่ร้อนอุณหภูมิสูงมีอุณหภูมิประมาณ 300 - 500 องศาเซลเซียส ทองที่มีกำเนิดแบบสายแร่ร้อนอุณหภูมิต่ำหรือที่เรียกกันว่า แบบบอนันซา (Epithermal “Bonanza” deposits) เป็นแบบที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่ผลผลิตจะมาจากแหล่งแร่แบบดังกล่าว แหล่งแร่ทองแบบสายแร่ร้อนอุณหภูมิต่ำที่ให้ทองอาจพบในลักษณะเป็นแบบ Gold-quartz veins, Argentite-gold-quartz veins, Gold telluride veins และ Gold selenide veins เป็นต้น สายแร่จะเข้ามาบรรจตามรอยแตก (Fracture) รอยเลื่อน (Fault) ภายในหิน ส่วนใหญ่แล้วที่พบจะเป็นหินภูเขาไฟ (Volcanic rocks) ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพอย่างรุนแรงและมีอายุอยู่ในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) หรือประมาณ 2 - 65 ล้านปีมาแล้ว เช่น หินไรโอไลต์ (Rhyolite) หินเดไซต์ (Dacite) และหินแอนดิไซต์ (Andesite) แหล่งแร่ชนิดนี้เกิดภายในระยะลึกใต้พื้นผิวดินเพียงไม่กี่ร้อยเมตร ค่าความสมบูรณ์ของแร่ทองภายในสายแร่ไม่แน่นอน

แหล่งแร่ทองแบบสายแร่ร้อนอุณหภูมิมานกลางและอุณหภูมิสูง จะพบแทรกตามช่องว่างในบริเวณที่มีรอยแตกในหินมาก และเกิดอยู่ในระดับลึกภายใต้พื้นผิวโลก ประมาณนับเกินกว่า 1,200 เมตรขึ้นไป การแปรสภาพของหินที่อยู่ข้างสายแร่ เนื่องจากการทำปฏิกิริยากับน้ำแร่หรือการแทนที่ (Replacement) บางบริเวณอาจพบเกิดเพียงเล็กน้อย บางบริเวณอาจแผ่ขยายกินอาณาเขตกว้าง ค่าความสมบูรณ์ของทองในสายแร่แบบอุณหภูมิสูงจะแปรผันไปตามท้องที่ ปกติจะมีค่าความสมบูรณ์อยู่ในช่วงประมาณ 0.3-0.6 ออนซ์ต่อตัน

- แบบแปรสัมผัส (Contact-Metamorphic or Pyrometasomatic deposits) มีพบน้อย เป็นส่วนประกอบในแหล่งแร่ชนิดซิลไฟด์ เช่น ไพไรต์ (Pyrrhotite), ไพไรต์ (Pyrite), อาร์ซีนไพไรต์ (Arsenopyrite) และซาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) เป็นต้น ส่วนแหล่งแร่แบบแปรสัมผัสชนิดที่ให้แต่ตระกูลเทลลูไรต์ ปกติจะหาได้ยาก และแหล่งแร่แปรสัมผัสชนิดที่มีการแทนที่ (Replacement) จะสามารถจำแนกออกเป็นแบบ Pyrometasomatic deposits, Base-metal replacement deposits และ Peripheral gold- silver deposits แต่ให้ทองน้อย

- แบบฝังประ (Deposits of disseminated gold) หรือเรียกว่าแบบคาร์ลีน (Calin-type deposits) เพราะพบที่เมืองคาร์ลีน ในรัฐเนวาดา แบบฝังประจะพบแร่ทองเป็นเม็ดละเอียด ฝังประอยู่ในหิน Silty and carbonaceous dolomitic limestone ที่บริเวณคาร์ลีนและคอร์เตซ เป็นหินที่มีอายุประมาณไซลูเรียน หรือ 395 - 435 ล้านปีมาแล้ว แร่ทองเกิดร่วมกับซิลิกา (Silica), ไพไรต์ (Pyrite), สติบไนต์ (Stibnite), รีอัลการ์ (Realgar), ซินนาบาร์ (Cinnabar) และแบไรต์ (Barite)

แบบฝังประ อาจจะจัดเป็นแบบที่มีการแทนที่ (Replacement) เป็นพิเศษได้แบบหนึ่ง โดยเหตุที่คาร์บอนเตในหินถูกแทนที่ด้วยซิลิกา ข้อแตกต่างก็คือ กลุ่มแร่ที่เกิดมีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบแทนที่จริงๆ โดยมีอุณหภูมิเหมือนกับสายแร่อุณหภูมิต่ำ และเชื่อว่าเกิดในระยะลึกเกินกว่า 600 เมตร มีค่าความสมบูรณ์ของทองประมาณ 0.3 ออนซ์ต่อตัน มีเงินปนบ้างเล็กน้อยซึ่งน้อยกว่า 10% ของปริมาณทองทั้งหมด มีร่องรอยของพวกอาร์ซีนิก พลวง พรอท และทังสแตนอยู่บ้าง แหล่งแร่บางแห่งมีอายุประมาณเทอร์เชียรี บางแห่งอาจมีอายุมากกว่าเล็กน้อย

2. แหล่งแร่ทุติยภูมิ (Secondary deposits) เป็นแบบที่หลุดไปจากต้นกำเนิดเดิมแล้ว เมื่อเกิดการผุพังสลายตัวตามธรรมชาติ ดังรูปที่ 2-1 แร่ทองคำจะถูกพัดพาไปและสะสมตัวตามบริเวณต่างๆ จะใกล้หรือไกลขึ้นอยู่กับความรุนแรงของน้ำและสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้นด้วย หากผุพังแล้วยังอยู่กับที่ ณ ที่เดิมเรียก แบบตกค้างที่เดิม (Residual deposits) หากถูกพัดพาออกไปไกลจากแหล่งเล็กน้อย และอยู่ตามไหลเขาเรียกว่า แบบตามไหลเขา (Eluvial deposits) หากสะสมตัวตามท้องธารเรียกว่า แบบสะสมตามท้องธาร (Stream deposits) และถ้าถูกพัดพาไกลออกไปสะสมตัวตามแอ่งที่ราบกว้างใหญ่ทั่วไปเรียกว่า ลานแร่ (Placer gold) ลานแร่จัดแบ่งออกได้เป็นสองแบบใหญ่ ๆ คือ ลานแร่บนบก และลานแร่ในทะเล

- แบบตกค้างที่เดิม (Residual deposits) พบได้โดยทั่วไปในบริเวณแหล่งแร่ทองคำที่มีต้นกำเนิดอยู่ในบริเวณนั้น และพบทองคำอยู่ในชั้นเปลือกดินที่คลุมทับตัวสายแร่ไว้

- แบบตามไหลเขา (Eluvial deposits) พบบริเวณสายแร่ตามไหลเขา เมื่อเกิดการผุพัง ทองจะถูกพัดพาให้เคลื่อนต่ำลงไปตามไหลเขา ลักษณะเม็ดทองจะค่อนข้างหยาบเป็นเหลี่ยม ขนาดเม็ดจะเล็กกว่าขนาดเม็ดทองที่พบอยู่ในสายแร่ดั้งเดิมเพียงเล็กน้อย

- แบบสะสมตามท้องธาร (Stream deposits) ทองจะถูกพัดมาโดยกระแสน้ำแล้วจมอยู่ภายในท้องธาร เนื่องจากทองมีความหนักจึงมักพบทองสะสมตัวอยู่ในชั้นล่างสุดติดกับชั้นหินดินดาน การพัดพาทองไปสะสมตัวตามที่ต่างๆ เป็นไปได้ง่ายหากมีกระแสน้ำเชี่ยวไหลบ่า

มาอย่างรุนแรง ขณะเดียวกันจะเกิดการขัดสี ทำให้เม็ดแร่ทองมีความมนมากขึ้น อาจเป็นเม็ดแบนๆ ช่วยให้เคลื่อนตัวไปสู่ที่ราบ ซึ่งไกลจากต้นกำเนิด จนไหลออกไปจมตามปากอ่าว ปากแม่น้ำ ที่ราบ หรือในทะเล

- ลานแร่ทองบนบกแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ลานแร่สมัยใหม่ (Young Placers) และลานแร่สมัยเก่า (Ancient “Fossil” Placers)

ลานแร่สมัยใหม่ ประกอบด้วยชั้นกรวดที่ยังไม่มีการจับตัวแข็งมากนัก มีแร่หนักชนิดอื่นๆ ปนกับแร่ทอง ส่วนใหญ่พบสะสมตามท้องห้วย หุบเขา บริเวณที่ร่องน้ำมีการคดโค้ง หรือตามชั้นบันไดธรรมชาติ (Terraces) ค่าความสมบูรณ์ของแหล่งแร่แปรผันไปตามพื้นที่

ลานแร่สมัยเก่า เป็นลานแร่ที่เกิดขึ้นในสมัยก่อนแคมเบรียน และในชั้นกรวดที่ให้แร่เกิดการจับตัวแข็งเป็นหินคองโกลเมอเรต (Conglomerate) จึงเรียกว่า Fossil Placers หินดังกล่าวประกอบด้วยก้อนกรวดของควอตซ์มนกลม ถูกเชื่อมและล้อมรอบด้วยแร่ไพไรต์ และแร่ไมกาชนิดต่างๆ

- ลานแร่ในทะเล ในชั้นดินพื้นท้องทะเลหลายแห่งในโลกมีทองปะปนอยู่จำนวนน้อย แร่ทองส่วนใหญ่จะถูกพัดมาจากแหล่งต้นกำเนิดบนบก บางแห่งอาจมีต้นกำเนิดในพื้นที่ทะเลเหล่านั้นแล้วเกิดการผุพังและสะสมตัวเป็นลานแร่ใหม่ในบริเวณนั่นเอง



รูปที่ 2-1 การเกิดแหล่งแร่ทองคำ

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2544a)

2.1.3 แหล่งแร่ทองในประเทศไทย

ประเทศไทยพบแหล่งแร่ทองคำในหลายจังหวัด ได้แก่ ภาคเหนืออยู่ที่ จังหวัดพิจิตร เพชรบูรณ์ สุโขทัย ลำปาง แพร่ และเชียงราย ภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ที่ จังหวัดเลย และภาคใต้ อยู่ที่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นราธิวาส

ปัจจุบันแหล่งแร่ที่ถูกสำรวจและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมเหมืองผลิตทองคำแล้วมี 2 แหล่งได้แก่ (อาทิตย์ ธรรมประชา, 2552)

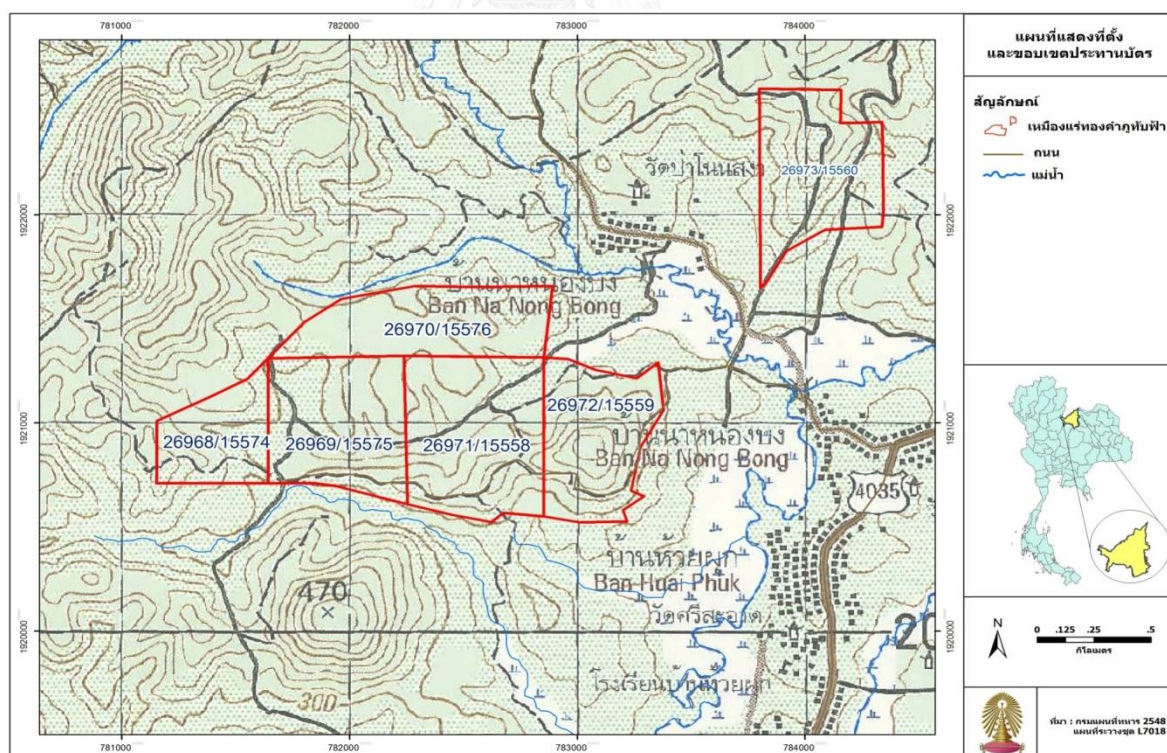
1. แหล่งแร่ทองคำชาติ โดยบริษัท อัครา ไมนิ่ง ได้รับประทานบัตรในพื้นที่ ตำบลเขาเจ็ดยอด อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นเขตรอยต่อกับ ตำบลท้ายดง อำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

2. แหล่งแร่ทองคำทับฟ้า โดยบริษัท หุ่นคำ ได้รับประทานบัตร ในพื้นที่ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย

2.2 แหล่งแร่ทองคำทับฟ้า

2.2.1 พื้นที่แหล่งแร่

เหมืองแร่ทองคำทับฟ้าตั้งอยู่เลขที่ 179 หมู่ 3 ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย มีพื้นที่กลุ่มประทานบัตรจำนวน 6 แปลง เริ่มดำเนินการกิจการของเหมืองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ตั้งอยู่ในเขตการปกครองตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย มีพื้นที่ทั้งหมด 1,291 ไร่ 64 ตารางวา ดังรูปที่ 2-2 (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)



รูปที่ 2-2 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งพื้นที่ประทานบัตรของเหมืองทองคำทับฟ้า

ที่มา: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

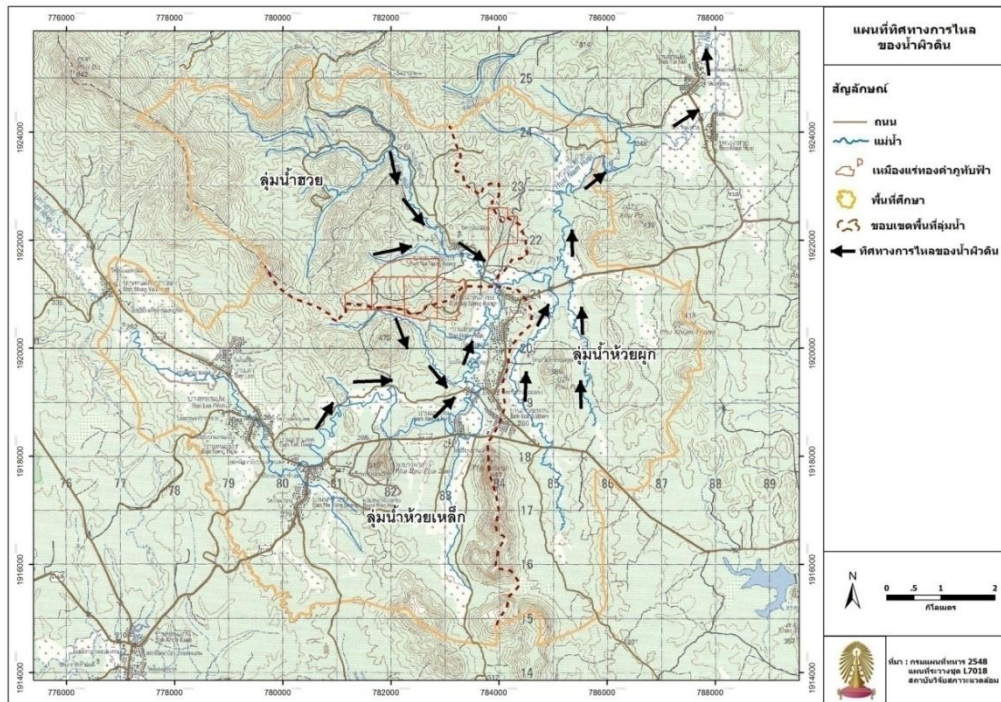
- ที่ตั้งประทานบัตรที่ 26968/15574, 26969/15575, 26970/15576, 26971/15558 และ 26972/15559 ตำแหน่งประทานบัตรนี้ตามแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ลำดับชุด L7018 ระวัง 5343 IV ของกรมแผนที่ทหาร และระหว่างค่าพิกัดฉากสากล (U.T.M.) แนวตั้งที่ 81500E ถึง 83800E และแนวนอนที่ 20200N ถึง 21350N กลุ่มประทานบัตรนี้มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 1,080 ไร่ 56 ตารางวา

- ที่ตั้งประทานบัตรที่ 26973/15560 อยู่ห่างจากประทานบัตรอื่นๆ มาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 800 เมตร ตำแหน่งประทานบัตรนี้ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ลำดับชุด L7018 ระวัง 5343 IV และระหว่างค่าพิกัดฉากสากล (U.T.M.) แนวตั้งที่ 84150E ถึง 84650E และแนวนอนที่ 21340N ถึง 22300N ประทานบัตรนี้มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 211 ไร่ 8 ตารางวา

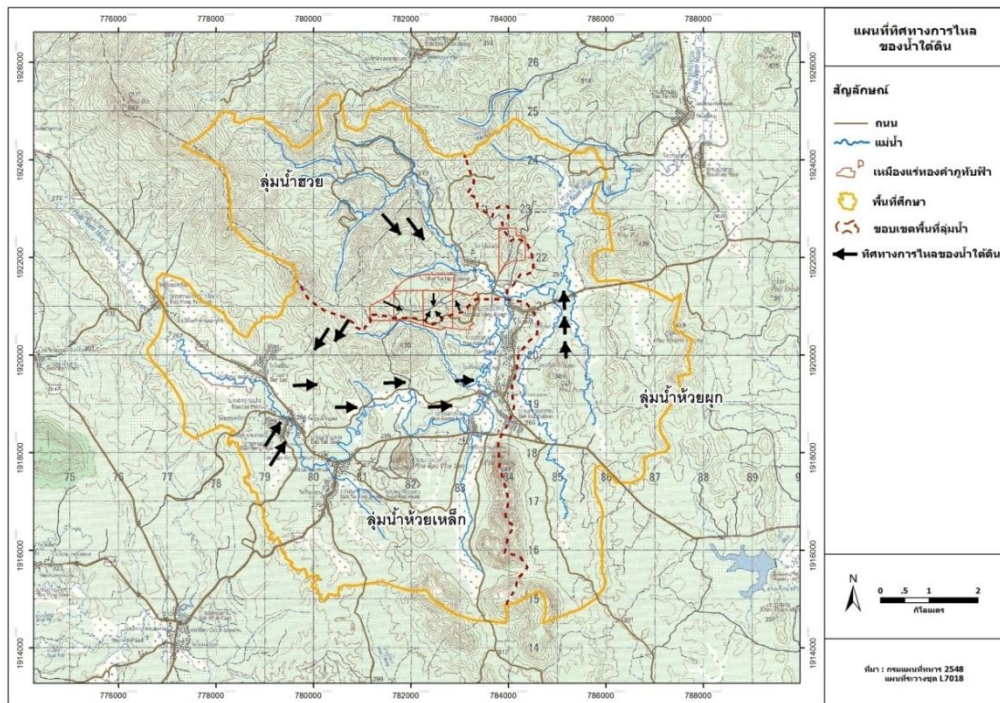
2.2.2 ลักษณะภูมิประเทศ

- ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มพื้นที่ประทานบัตรจำนวน 5 แปลง คือ ประทานบัตรที่ 26968/15574, 26969/15575, 26970/15576, 26971/15558, 26972/15559 และ 26973/15560 โดยทั่วไปเป็นภูเขาสลับหุบเขา และมีทางน้ำสายสั้นๆ ไหลจากหุบเขาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือลงสู่ทางน้ำ ส่วนพื้นที่นอกเขตประทานบัตร ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือต่อเนื่องไปจนถึงทิศตะวันออกเฉียงใต้ เป็นที่ราบลุ่มและพื้นที่เกษตรกรรม มีลำห้วยธรรมชาติ 2 สาย ได้แก่ ห้วยฝุ่ก และห้วยน้ำฮวย โดยห้วยฝุ่ก จะอยู่ห่างออกไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจากพื้นที่ประทานบัตรประมาณ 300 เมตร มีทิศทางการไหลจากเหนือลงใต้สู่ห้วยน้ำฮวย ซึ่งอยู่ห่างออกไปทางทิศตะวันออกจากพื้นที่ประทานบัตรประมาณ 700 เมตร และมีทิศทางการไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงดังรูปที่ 2-3 ส่วนน้ำใต้ดินมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงดังรูปที่ 2-4

- สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ประทานบัตรที่ 26973/15560 พื้นที่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ถึงด้านทิศใต้ของภูเขาป่าบอนมีลักษณะเป็นที่ราบหุบเขาและที่ราบลุ่มน้ำ มีทางน้ำธรรมชาติไหลผ่าน 1 สาย ได้แก่ ห้วยฝุ่ก อยู่ห่างออกไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จากพื้นที่ประทานบัตรประมาณ 500 เมตร และมีทิศทางการไหลของน้ำลงสู่ห้วยน้ำฮวย ซึ่งอยู่ห่างออกไปทางทิศใต้ประมาณ 800 เมตร (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)



รูปที่ 2-3 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำผิวดิน
 ที่มา: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)



รูปที่ 2-4 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน
 ที่มา: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

2.2.3 ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบ 30 ปี มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1237.5 มิลลิเมตร และจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 126.2 วัน เนื่องจากฤดูฝนของจังหวัดเลยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก เริ่มจากปลายเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม เป็นฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้ช่วงแรกเดือนพฤษภาคมมีฝนตกหนัก (มีปริมาณฝนตกในช่วง 1 วันมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 163.8 มิลลิเมตร) แล้วลดลงในเดือนกรกฎาคม ซึ่งมีฝนทิ้งช่วง จากนั้นจะเริ่มช่วงสอง ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงปลายเดือนตุลาคม จะเป็นฝนเนื่องมาจากพายุดีเปรสชันในทะเลจีนใต้ ทำให้มีปริมาณน้ำฝนตกสูงสุดของปีในเดือนกันยายน โดยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 219.9 มิลลิเมตร จากนั้นปริมาณน้ำฝนจะลดลงเมื่อสิ้นสุดฤดูในปลายเดือนตุลาคม ซึ่งปริมาณน้ำฝนจะน้อยสุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 5.9 มิลลิเมตร ส่วนเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด คือเดือนสิงหาคมเท่ากับ 19.2 วัน และเดือนมกราคม และเดือนธันวาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดเท่ากับ 1 วัน (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน, 2550)

2.2.4 ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยทั่วไป

ลักษณะทางธรณีวิทยาในเมืองทองคำภูทับฟ้า ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย พื้นที่ส่วนใหญ่จะครอบคลุมด้วยหินตะกอน (Sedimentary Rocks) ของหน่วยผาเต้อ (Pha Dua Formation) ในกลุ่มหินชุดราบุรี (Ratburi Group) มีอายุอยู่ในช่วงเพอร์เมียน (Permian) สามารถแบ่งหินเป็น 4 ประเภท ได้แก่ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)

2.2.4.1 หินตะกอน (Sedimentary Rocks)

ในเมืองทองคำภูทับฟ้า จังหวัดเลย ส่วนใหญ่จะเป็นหินตะกอนซึ่งหินตะกอนนี้จะมีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และมีมุมเทประมาณ 36° - 90° ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยหินตะกอนที่พบในพื้นที่เมืองทองคำมี 4 ชนิด ดังนี้

1. หินทราย (Sandstone) มีสีเทาขาวไปจนถึงสีเทาเข้ม เม็ดแร่มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดไปจนถึงหยาบ เนื่องจากประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดแตกต่างกัน เม็ดแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอทซ์ แต่อาจมีแร่อื่นและเศษหินดินปะปนอยู่ด้วย บางพื้นที่หินทรายจะเปลี่ยนองค์ประกอบเป็นหินทรายอาร์โคส (Arkosic Sandstone) โดยจะพบแร่เฟลด์สปาร์ และไม้แก้ว ชนิดมีสโคลไท์ เกิดร่วมกับแร่ควอทซ์

2. หินทรายแป้ง (Siltstone) มีสีเทาไปจนถึงสีเทาดำ เมื่อเทียบกับขนาดของอนุภาคของหินทรายแล้วจะความหยาบมากกว่า ซึ่งในพื้นที่นี้จะเกิดเป็นชั้นที่ไม่หนา

3. หินดินดาน (Shale) มีสีเทาไปจนถึงสีเทาดำ ประกอบด้วยแร่ดิน (clay minerals) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในพื้นที่นี้จะเกิดเป็นชั้นที่ไม่หนา

4. หินปูน (Limestone) มีสีเทาขาวไปจนถึงสีเทา เป็นหินตะกอนเนื้อแน่น ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ซึ่งในพื้นที่นี้จะเกิดเป็นเลนส์หรือชั้นบางๆ แทรกอยู่ในหินตะกอนชนิดอื่นที่กล่าวมาแล้ว

2.2.4.2 หินอัคนีบาดาล (Intrusive igneous rocks)

หินอัคนีที่พบเป็นชนิดแกรโนไดโอไรต์ (Granodiorite) ซึ่งเป็นหินแกรนิต (granite) ชนิดหนึ่ง ซึ่งผ่านการผุพังจนปรากฏเป็นลักษณะภูมิประเทศแบบเนินเขาเตี้ยคล้ายลูกคลื่น มีสีเทาเขียวไปจนถึงสีเทา เม็ดแร่มีลักษณะหยาบปานกลาง ประกอบด้วย ควอทซ์ เฟลด์สปาร์ ฮอว์นเบลนด์ เป็นส่วนใหญ่และในบางครั้งยังพบไบโอไทต์-แกรโนไดโอไรต์ ซึ่งมีธาตุเหล็กและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (บุญแสน เตียวบุญอุตรธรรม, 2548) และเกิดเป็นลำหินอัคนี (Stocks) ซึ่งมีลักษณะกลม เนื่องจากหินอัคนีชนิดนี้ได้แทรกตัวเข้ามาอยู่ในชั้นหินตะกอน นอกจากนี้ยังพบหินอัคนีแทรกซ้อนเนื้อดอก (Porphyritic Dikes/Sills) ขนาดเล็กแทรกอยู่ในชั้นหินตะกอน ซึ่งมีสีเทาเขียวไปจนถึงสีม่วงปนเขียว หินอัคนีชนิดนี้มักแสดงลักษณะเนื้อดอก (Porphyritic Texture) โดยสังเกตได้จากผลึกดอก (Phenocryst) ซึ่งประกอบด้วยแร่พลาจิโอเคลส (Plagioclase) และ ฮอว์นเบลนด์ (Hornblende)

2.2.4.3 หินแปร

หินแปรที่พบเป็นชนิดสการ์น (Skarn) มีสีเขียวและน้ำตาล เม็ดแร่มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดถึงหยาบ หนัก เนื้อแน่น เกิดจากการแทรกดันตัวของหินอัคนีแทรกซ้อนที่อุณหภูมิสูง มาสัมผัสกับพวกหินคาร์บอเนต เรียกว่ากระบวนการ Contact Metamorphism หรือ Metasomatism (วิกิพีเดีย, 2555) ดังนั้นจึงมักเกิดในบริเวณที่หินแกรโนไดโอไรต์สัมผัสกับหินตะกอน ซึ่งชนิดสการ์นที่พบจะเป็น Calcic Skarn เกิดจากการแทนที่หินปูนแล้วให้แร่พวกที่มีธาตุแคลเซียมหลักสูง เช่น การ์เน็ต (Garnet) และไพรอกซีน (Pyroxene)

2.2.4.4 หินเหล็กออกไซด์

หินเหล็กออกไซด์ที่พบเป็นชนิดกอสแซน (Gossan) มีสีน้ำตาลปนเหลือง เหลือง น้ำตาลปนแดงไปจนถึงน้ำตาลดำ เนื้อหินมีลักษณะเนื้อพรุนไปจนถึงเนื้อแน่นละเอียด เป็นผลผลิตจากกระบวนการผุพังทางเคมี (Chemical Weathering) ของแร่ชนิดซิลิเกตซึ่งเกิดแบบฝังประ (Disseminate) และเป็นสายแร่เล็กๆ (Vein) ไปจนถึงมวลเนื้อแน่น (Massive) อยู่ในหินเดิม กระบวนการผุพังเกิดจากแร่ซิลิเกตถูกออกซิไดส์ (Oxidize) ทำให้กำมะถันและโลหะอื่นถูกซึมชะ

ละลายออกไป เหลือเพียงสารประกอบจำพวกเหล็กออกไซด์ (ทีมงานธรณีไทย, 2555) แร่ประกอบหินที่สำคัญ ได้แก่ แร่ออกไซด์ชนิดลิโมนิต (Limonite) ฮีมาไทต์ (Hematite) และมีแร่แมกนีไทต์ (Magnetite) ปะปนอยู่เล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบเศษหินชนิดอื่น (Rock Fragment) อยู่ในเนื้อหิน กอสนแกนด้วย

2.2.5 ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ทองคำ

แหล่งแร่ต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดหินอัคนีบาดาล ซึ่งเป็นตัวนำน้ำแร่โลหะขึ้นมา และสะสมอยู่บนรอยแตกแบบ Open-space fillings เกิดเป็นสายแร่ เช่น สายควอทซ์ หรือน้ำแร่อาจเข้าไปแทนที่ในหินที่อยู่ข้างเคียงกับแกรโนไดโอไรต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของหินข้างเคียงนั้น (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)

แหล่งแร่ทองคำทุกประเภทก็มีลักษณะการเกิดที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

1) ลำหินแกรโนไดโอไรต์ (Granodiorite Stocks) ในรูปของสารละลายที่มีอุณหภูมิสูง จะแทรกเข้ามาในหินทราย หินดินดานและหินปูน ทำให้หินตะกอนข้างเคียงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น กลายเป็นหินแปร

2) หินปูนในเหมืองทองคำทุกประเภทเป็นหินที่มีคุณสมบัติไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีสามารถเกิดเป็นชั้นบางๆ แทรกอยู่ในหินตะกอนชนิดอื่นๆ ดังนั้นเมื่อมีสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงแทรกเข้าไปในหินปูน หินปูนบางส่วนจะทำปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายที่มีอุณหภูมิสูง และแปรสภาพกลายเป็นหินแปรชนิดสการ์น ซึ่งมีแร่การ์เนต (Garnet) เป็นส่วนประกอบหลัก

3) แร่โลหะต่างๆ ที่มาพร้อมกับสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงเกิดการตกผลึกอยู่ในหินสการ์น เช่น ไพไรต์ (Pyrrhotite) ไพไรต์ (Pyrite) ชาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) บอร์ไนต์ (Bornite) อาร์ซีนไพไรต์ (Arsenopyrite) บิสมัททินไนต์ (Bismuthinite) และโมลิบดีไนต์ (Molybdenite) และในสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงยังมีแร่ทองคำและเงินปนอยู่ ทำให้เกิดการตกผลึกสะสมของทองคำและเงินในตัวหิน ซึ่งในบางครั้งแร่โลหะอาจเกิดอยู่ในรูปซัลไฟด์เนื้อแน่น (Massive Sulphide) ซึ่งเมื่อซัลไฟด์เนื้อแน่นออกมาอยู่ใกล้ผิวดินก็จะเกิดการผุพังอยู่กับที่และแร่ซัลไฟด์จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้โลหะอื่นถูกชะละลายออกไป กลายเป็นแร่เหล็กออกไซด์ ที่เรียกว่ากอสนแกน (Gossan) โดยที่การสะสมตัวในชั้นดินจะทำให้มีแร่ทองคำบางส่วนหลุดมาสะสมกันอยู่ในชั้นดินตามไปด้วย

2.2.6 การกำเนิดของแหล่งแร่ (Ore Genesis)

การกำเนิดของแหล่งแร่บริเวณพื้นที่ประทานบัตร มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการแทรกตัวของลำหินอัคนีและหินอัคนีแทรกซอน ซึ่งแหล่งแร่เกิดขึ้นใน 2 ระยะ คือ (พีท หอมชื่น, 2552)

ระยะที่ 1 การแทรกตัวขึ้นมาของลำหินอัคนีชนิดแกรโนไดโอไรต์ ทำให้หินข้างเคียงเกิดการแปรสภาพโดยเฉพาะหินปูนน้ำร้อน (Hydrothermal Solution) ที่ขึ้นมากับหินแกรโนไดโอไรต์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับหินปูนและหินข้างเคียง ทำให้หินปูนบางส่วนเกิดการตกผลึกใหม่และแปรสภาพเป็นหินอ่อน (Marble) และหิน Calc-silicate บางส่วนเกิดการแปรสภาพโดยการแทนที่ (Metasomatism) และแปรสภาพเป็นหินสการ์น (Skarn) และหินฮอร์นเฟลส์ (Hornfels)

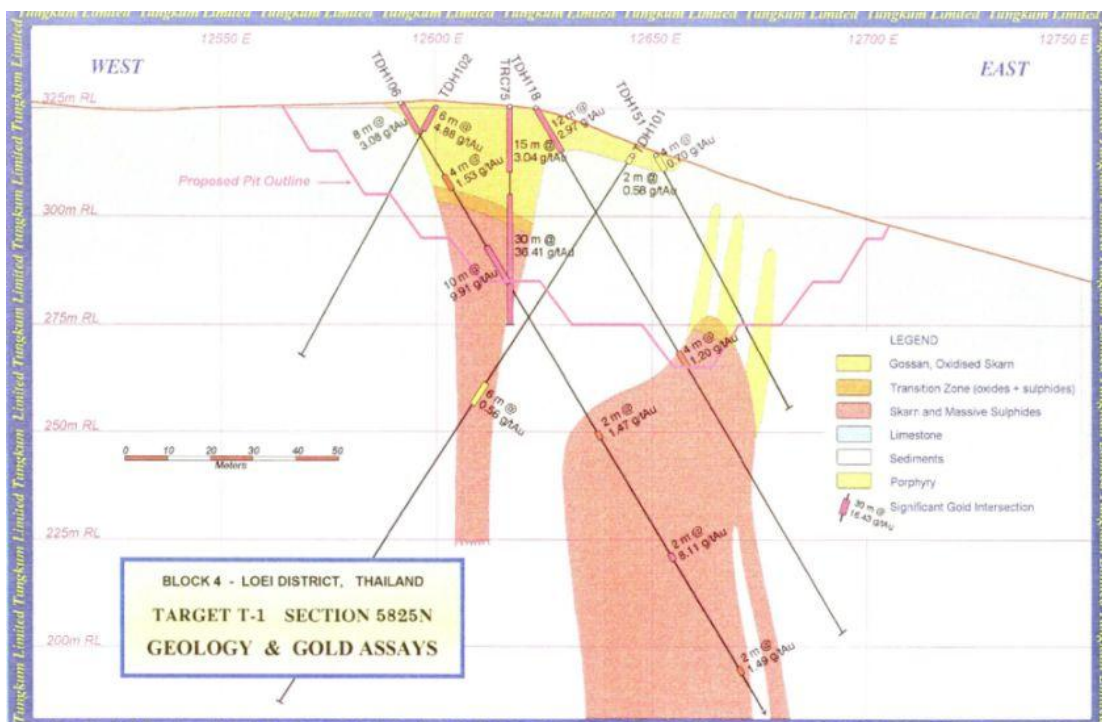
ระยะที่ 2 หลังจากหินเดิมได้แปรสภาพเป็นหินสการ์นแล้ว มีการแทรกตัวของหินอัคนีแทรกชั้นชนิด Porphyry และ Microdiorite น้ำร้อนที่ขึ้นมาพร้อมหินอัคนีแทรกชั้นทำให้หินสการ์นเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบ Retrograde alteration แร่ซิลไฟด์ชนิดต่างๆ รวมถึงแร่ทองคำที่ปนอยู่ในน้ำร้อนได้ตกผลึกสะสมตัวแทรกอยู่ในชั้นหิน Garnet-pyroxene skarn และบางส่วนแปรสภาพเป็นหิน Pyrrhotite skarn หรือ Massive sulphide และพบซิลิกาสะสมตัวตามรอยแตกของหินในรูป Quartz vein

2.2.7 ชนิดของสินแร่ (Ore type)

ชนิดของสินแร่ในบริเวณพื้นที่ประทานบัตร มีดังนี้ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)

2.2.7.1 สินแร่ทองคำ

ชนิดของสินแร่ทองคำในแหล่งแร่ทองคำภูทับฟ้า แสดงดังรูปที่ 2-5 แบ่งตามสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้



รูปที่ 2-5 ภาพตัดขวางแสดงรูปร่างสายแร่ทองคำของภูทับฟ้า
ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2544b)

1) แร่ออกไซด์ (Oxide Ores)

แร่ออกไซด์เป็นแร่ที่ผ่านกระบวนการผุพังตามธรรมชาติของหินเดิม ลักษณะของแร่ออกไซด์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย

- หินกอสแซนเกิดจากการผุพังทางเคมีของแร่ซิลิไฟด์ ซึ่งหินกอสแซนจะมีสีน้ำตาลแดงไปจนถึงสีน้ำตาลดำ มีลักษณะเป็นรูพรุน (Vuggy) หรือเนื้อแน่น (Massive) ไปจนถึงลักษณะคล้ายดินเหนียว (Clay) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่เหล็กออกไซด์ชนิดลิโมนิต (Limonite) และฮีมาไทต์ (Hematite) เป็นหลัก และมีแมกนีไทต์ (Magnetite) กับทองแดงออกไซด์ปะปนอยู่เล็กน้อย ในบางแห่งยังพบสายแร่ควอตซ์ขนาดเล็กแทรกอยู่ในหินกอสแซนด้วย

- หินสการ์นที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidized Skarn) จะมีสีน้ำตาลเข้ม

- ดินตะกอนที่มีแร่เหล็กออกไซด์ (Gossanous Sediment) เกิดจากการผุสลายของหินตะกอนที่มีเหล็กออกไซด์แทรกในรอยแตก หรือเกิดเป็นจุดประกระจาย (Dissemination) มักพบอยู่ตามขอบของสายแร่เล็กน้อย

2) แร่ซัลไฟด์ (Sulphide Ores)

แร่ซัลไฟด์ยังไม่มี การผุพังสลายตัวตามธรรมชาติกล่าวคือยังไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจึงไม่มีส่วนประกอบของสินแร่ออกไซด์ ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลง ประกอบด้วย

- หินสการ์นชนิดการ์เนต-ไพรอกซีน (Garnet-Pyroxene Skarn) มีสีน้ำตาลเข้ม เขียว และเขียวปนเทา

- หินสการ์นชนิดไพไรต์ (Pyrrhotite skarn) หรือมวลแร่ซัลไฟด์เนื้อแน่น (Massive Sulphide) ที่ยังไม่ผุสลาย (Unoxidized) มีลักษณะเป็นชั้นหรือเป็นเลนส์ที่มีปริมาณแร่ซัลไฟด์ห่อตัวรวมกันเป็นก้อน ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่ซัลไฟด์ ชนิดไพไรต์ (Pyrrhotite) เกิดร่วมกับแร่ซัลไฟด์ชนิดอื่น ได้แก่ ไพไรต์ (Pyrite) ชาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) และบอร์ไนต์ (Bornite) เป็นต้น

- มวลแร่ซัลไฟด์แบบฝั่ประ (Disseminated Sulphide) จะมีปริมาณแร่ซัลไฟด์น้อย ซึ่งมวลแร่ซัลไฟด์แบบฝั่ประนี้จะอยู่ในหินสการ์นและหินตะกอนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

- หินสการ์นที่บางส่วนมีการเปลี่ยนแปลงแบบถดถอย (Retrograde Alteration) สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของแร่การ์เนตสีแดง (Red Garnet) แมกนีไทต์ไปเป็นการ์เนตสีเขียว แอมฟีโบล (Amphibole) และอีพิโดท (Epidote)

3) แร่ทรานซิชั่น (Transition Ores)

แร่ทรานซิชั่นเป็นชั้นแร่ที่อยู่บริเวณรอยต่อของชั้นแร่ออกไซด์และชั้นแร่ซัลไฟด์ ซึ่งการผุพังทางกายภาพและทางเคมี (Weathering and Oxidization) ยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นแร่ชนิดนี้จึงมีลักษณะส่วนผสมของสินแร่ออกไซด์และแร่ซัลไฟด์เกิดปะปนกันในอัตราส่วนที่ไม่แน่นอน

2.2.7.2 สินแร่เงินและทองแดง (Silver and Copper Ores)

แร่เงินและแร่ทองแดงเป็นผลพลอยได้ (By-Product) จากการทำเหมืองทอง จากการศึกษาพบว่าปริมาณเพียงเล็กน้อยและมีความสมบูรณ์ต่ำ

2.3 กระบวนการทำเหมืองแร่ทองคำ

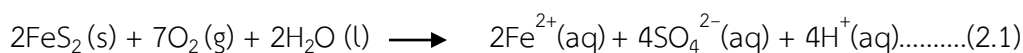
กระบวนการทำเหมืองของเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้า บริษัท ทุ่งคำ จำกัด เป็นการทำเหมืองโดยวิธีเหมืองหาบ (Open Pit) ลักษณะการทำเหมืองเป็นแบบขั้นบันได (Benching Method) ต้องมีการคำนวณความชันของขุมเหมืองให้มีความปลอดภัย ซึ่งการทำเหมืองจะมีการใช้วัตถุระเบิดเพื่อระเบิดหินออกมา สิ้นแร่จะถูกขนส่งและกองไว้ยังที่ลานกองวัตถุดิบที่เหมือง แล้วนำสินแร่ดังกล่าวไปคัดแยกแร่ทองคำออก ส่วนของเสียจากการทำเหมืองจะถูกขนส่งไปยังที่ทิ้งเศษหินหรือมูลดินหิน (บริษัท ทุ่งคา ฮาเบอร์ จำกัด, 2555)

หลังจากที่ทำการขุดและระเบิดสินแร่จากขุมเหมืองส่งไปยังโรงประกอบโลหกรรมแล้วสินแร่จะถูกป้อนเข้าเครื่องป้อนหินแบบสั้น (Grizzly Feeder) จากนั้นจะถูกป้อนเครื่องบดหยาบ (Jaw crusher) ที่มีขนาด 30 x 42 นิ้ว ขนาดของแร่ที่บดแล้วจะมีขนาดประมาณ 100 มิลลิเมตร และจะถูกส่งโดยสายพานลำเลียงไปยังตะแกรงร่อนเพื่อคัดขนาดแร่ที่มีขนาดเล็กกว่า 20 มิลลิเมตร และลำเลียงไปยังกองเก็บสินแร่ ส่วนแร่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 มิลลิเมตรจะนำไปบดใหม่ จากนั้นแร่จากกองเก็บสินแร่จะถูกลำเลียงเข้าสู่สายพานป้อนแร่เข้าสู่เครื่องบดละเอียด SAG Mill (Sami Autogenius Grinding Mill) และมีการเติมปูนขาวเพื่อควบคุมแร่ให้มี pH ประมาณ 10 (เพื่อป้องกันการระเหยเป็นไอของไซยาไนด์ในรูปของ HCN) ทำให้มีขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอน ส่วนแร่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 106 ไมครอนจะผ่านออกไปแล้วป้อนกลับโดยไฮดรอลิคโคลนเพื่อบดใหม่ต่อไป จากนั้นแร่จะถูกสูบไปยังถังละลายแร่เข้าสู่กระบวนการ Carbon-in-Pulp (CIP) ซึ่งแร่ที่บดละเอียดแล้วผสมน้ำดังกล่าวจะถูกเติมปูนขาวและโซเดียมไซยาไนด์ จากนั้นจะเติมถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ลงในถังและทำการกวนอย่างสม่ำเสมอในถังละลายแร่ และทำการแยกเม็ดถ่านที่อุ้มทอง (Loaded Carbon) ออกมาโดยตะแกรงและนำไปแยกทองออกโดยกระบวนการ Elution ถ่านอุ้มทองจะถูกชะล้างออกมาด้วยสารละลายผสมระหว่างโซเดียมไซยาไนด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้กลับอยู่ให้สภาพละลายอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส สารละลายที่ได้นี้จะถูกส่งผ่านเข้าไปในกระบวนการ Electrowinning ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กระแสไฟฟ้าจับทองคำออกจากสารละลาย ธาตุทองคำจะถูกจับที่ขั้วบวก เมื่อทองคำจับตัวอย่างเพียงพอแล้ว จะถูกยกออกจากถังและล้างด้วยน้ำฉีดความดันสูงเพื่อล้างเอาตะกอนทองคำ (Gold sludge) ออกมา นำตะกอนทองคำที่ได้ไปหลอมพร้อมฟลักซ์ (Flux) ซึ่งเป็นส่วนผสมของบอแรกซ์ (NaB_4O_7) ซิลิกา (SiO_2) และโซดาแอช (Na_2CO_3) ในเตาถลุง (Smelting furnace) ที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง จากนั้นทองคำจะถูกเทลงในแม่พิมพ์ซึ่งแยกออกจากตะกรัน ความบริสุทธิ์มีค่าตั้งแต่ 55-80 % ซึ่งแท่งโลหะผสมนี้มีชื่อเรียกในทางการค้าว่า Dore จากนั้นนำแท่งโลหะผสมที่ได้ดังกล่าวส่งไปทำให้บริสุทธิ์ (Refining) ต่อไป ส่วนกากแร่ที่ผ่านกระบวนการผลิตทองคำแล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการ INCO Process หรือ SO_2/Air Process ซึ่งเป็น

กระบวนการที่สามารถทำการบำบัดได้ทั้งไซยาไนด์และโลหะหนัก ก่อนส่งไปเขื่อนเก็บตะกอนกากแร่ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)

2.4 หินทิ้ง (Waste Rocks)

หินทิ้ง คือ หินที่ไม่มีทองหรือมีทองปริมาณน้อยเกินกว่าที่จะนำไปเข้ากระบวนการถลุง ซึ่งหินทิ้งจะได้รับการเปิดเหมืองและถูกนำไปไว้ในบริเวณที่ทิ้งหิน (dumps) (The superpit, 2009) โดยทั่วไปแล้วหินทิ้งจะมีแร่ซัลไฟด์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากแร่ไพไรต์ (Pyrite) เมื่อขุดหินขึ้นมาจากการทำเหมืองจะทำให้แร่สัมผัสกับน้ำและอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในสิ่งแวดล้อม ทำให้ได้สารละลายกรดออกมาชะละลายโลหะหนักที่มีอยู่ในหินทิ้ง ดังสมการที่ (2.1) (นุชนาท นาคำ, 2550)



2.4.1 ปริมาณและคุณสมบัติของมูลดินหิน

การทำเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า หลังจากใช้วัตุระเบิดเพื่อระเบิดหินออกมาแล้ว จะได้หินทิ้งออกมา ซึ่งจะถูกนำมาเก็บในกองมูลดินหิน (Waste Dump) การคำนวณปริมาณมูลดินหินที่จะเกิดจากการทำเหมืองจะอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายตัดขวางของหลุมเจาะที่วางเรียงตัวกันในแนวตะวันออก - ตะวันตก ซึ่งปริมาณของมูลดินหินในแต่ละชั้นแร่ของกลุ่มประทานบัตรที่ 26971/15558, 26972/15559 และ 26973/15560 แบ่งเป็น 3 ชั้นแร่ แสดงไว้ในตารางที่ 2-1 ได้แก่ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)

- ชั้นแร่ออกไซด์จำนวน 3,001,159 เมตริกตัน หรือประมาณ 76.3% โดยน้ำหนักของข้อมูลดินหินทั้งหมด

- ชั้นแร่ซัลไฟด์จำนวน 530,471 เมตริกตัน หรือประมาณ 13.5% โดยน้ำหนักของข้อมูลดินหินทั้งหมด

- ชั้นแร่ทรานซิชันจำนวน 403,646 เมตริกตัน หรือประมาณ 10.3% โดยน้ำหนักของข้อมูลดินหินทั้งหมด

ดังนั้นปริมาณมูลดินหินทั้งหมดเท่ากับ 3,935,276 เมตริกตัน

ตารางที่ 2-1 ปริมาณมูลดินหินที่เกิดจากการทำเหมืองของประทานบัตรที่ 26971/15558, 26972/15559, และ 26973/15560

บริเวณที่ทำเหมือง	มูลดินหินจากชั้นแร่ออกไซด์		มูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิซัน		มูลดินหินจากชั้นแร่ซิลไฟด์	
	เมตริกตัน	ลบ.ม.	เมตริกตัน	ลบ.ม.	เมตริกตัน	ลบ.ม.
26971/15558	1,658,910	674,450	382,830	140,380	510,430	182,450
26972/15559						
26973/15560	1,342,249	545,708	20,816	7,633	20,041	7,146
รวม	3,001,159	1,220,158	403,646	148,013	530,471	189,596
รวมทั้งหมด	3,935,276 เมตริกตัน					
	1,557,785 ลบ.ม.					

ที่มา: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของหินที่เป็นมูลดินหินในชั้นแร่ต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ชนิดที่ไม่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด (Non-Acid forming, NAF) ได้แก่ ส่วนในชั้นแร่ออกไซด์ทั้งหมด

2. ชนิดที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด (Potential acid forming, PAF) ได้แก่ ส่วนในชั้นแร่ซิลไฟด์ และชั้นแร่ทรานซิซัน

จากผลการศึกษาในเหมืองทองภูทับฟ้า พบว่า

1. มูลดินหินในชั้นแร่ออกไซด์ทั้งหมด และมูลดินหินในชั้นแร่อื่นที่ไม่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด คิดเป็น 76.3% ของปริมาณมูลดินหินทั้งหมด

2. มูลดินหินของสการ์น และซิลไฟด์ ในชั้นแร่ซิลไฟด์ มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด คิดเป็น 13.5% ของปริมาณมูลดินหินทั้งหมด

3. มูลดินหินของกอสแซน, สการ์น และซิลไฟด์ ในชั้นแร่ทรานซิซัน มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด คิดเป็น 10.3% ของปริมาณมูลดินหินทั้งหมด

ดังนั้นปริมาณมูลดินหินที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรดจะมีประมาณ 934,117 เมตริกตัน หรือประมาณ 23.7% ของปริมาณมูลดินหินทั้งหมด เพราะฉะนั้นการเก็บกองมูลดินหินของเหมืองทองภูทับฟ้าจะแยกตามปริมาณและคุณสมบัติของมูลดินหินดังที่กล่าวมาแล้ว ได้แก่ ชั้นแร่ออกไซด์ ชั้นแร่ซัลไฟด์ และชั้นแร่ทรานซิชัน ตามข้อเสนอแนะของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.4.2 การประเมินอัตราการผลิตสินแร่และอัตราการตักมูลดินหิน

จากการประเมินอัตราการผลิตสินแร่และอัตราการตักมูลดินหินของพื้นที่เหมืองทองภูทับฟ้าทั้งหมด พบว่าอัตราการผลิตสินแร่ทั้งหมดมี 1,804,010 เมตริกตัน และ อัตราการตักมูลดินหินทั้งหมดมี 3,935,276 เมตริกตัน คิดเป็นอัตราส่วน 1:2.18 ดังตารางที่ 2-2 (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552)

ตารางที่ 2-2 แผนการผลิตสินแร่เหมืองทองคำภูทับฟ้า

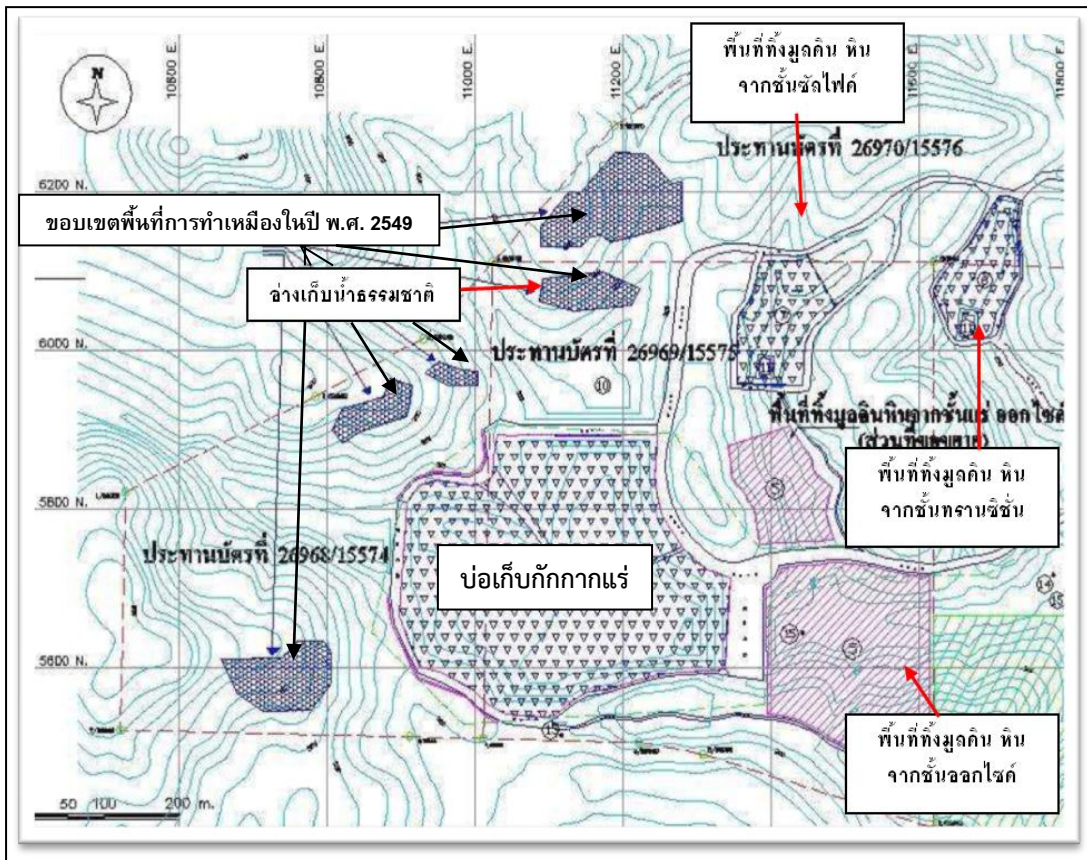
ปีที่	อัตราการผลิตสินแร่	อัตราการผลิตมูลดินหิน	รวมอัตราการผลิต	อัตราส่วนการผลิตสินแร่:มูลดินหิน
1	100,090	-	100,090	1:0
2	540,000	1,458,000	1,998,000	1:2.70
3	680,050	1,383,106	2,063,156	1:2.03
4	443,910	1,094,170	1,538,080	1:2.46
รวม	1,804,010	3,935,276	5,739,286	1:2.18

ที่มา: ดัดแปลงจาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2552)

2.4.3 การเก็บกองมูลดินหิน

2.4.3.1 การเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ออกไซด์ (Oxide Waste Dump)

พื้นที่เก็บกองมูลดินหินชนิดนี้ ตั้งอยู่ในเขตประทานบัตรที่ 26969/15575 ซึ่งอยู่ถัดจากพื้นที่บ่อกักเก็บกากแร่ (Tailings storage facility) มาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่บริเวณนี้ มีความยาวประมาณ 250 เมตร ความกว้างประมาณ 200 เมตร แสดงดังรูปที่ 2-6 ความจุของพื้นที่สำหรับเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ออกไซด์อยู่ที่ 1,830,237 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเพียงพอสำหรับปริมาณมูลดินหินทั้งหมดจากชั้นแร่ออกไซด์จำนวน 1,220,158 ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 2-6 พื้นที่การทำเหมืองในเขตประตวนบัตรที่ 26968/15574, 26969/15575 และ 26970/15576 แสดงบ่อเก็บกักกากแร่ ขอบเขตพื้นที่การทำเหมืองในปี พ.ศ. 2549 อ่างเก็บน้ำธรรมชาติในปัจจุบันและพื้นที่ที่ถมมูลดินหินจากชั้นซัลไฟด์ ชั้นทรานซิชันและชั้นออกไซด์

ที่มา: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

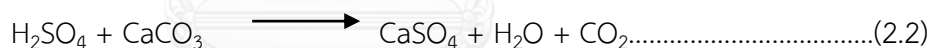
การจัดเตรียมพื้นที่เก็บกองมูลดินหินเริ่มจากการกำจัดพวกพืชผิวดินออกไปก่อนแล้ว จึงลอกหน้าดินออก จากนั้นบดอัดพื้นที่ดินเดิมโดย Sheep Foot Rollers ให้แน่นแล้วจึงตามด้วยการบดอัดชั้นดินเหนียวความหนา 0.50 เมตร เพื่อป้องกันการรั่วซึมอีกครั้งหนึ่งด้วย Sheep Foot Rollers และ Vibrating Rollers โดยที่ปริมาณดินเหนียวต่ำสุดที่ใช้ในการบดอัดพื้นที่กองมูลดินหินนี้ราว 27,500 ลูกบาศก์เมตร เนื่องจากมูลดินหินจากชั้นแร่ออกไซด์ไม่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด จึงไม่จำเป็นต้องปูรองพื้นด้วยชั้นหินปูนบด (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555)

2.4.3.2 การเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิชัน (Transition Waste Dump)

พื้นที่เก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิชัน ตั้งอยู่ในเขตค่าขอประตวนบัตรที่ 26970/15576 และ 26971/15558 พื้นที่ที่เตรียมไว้บริเวณนี้ยาว 200 เมตร ความกว้างประมาณ 120 เมตร ดังรูปที่ 2-6 ความจุของพื้นที่สำหรับกองมูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิชันมีค่าประมาณ

242,500 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถรองรับมูลดินหินจากการทำเหมืองชั้นแร่ทรานซิชันจำนวน 148,013 ลูกบาศก์เมตรได้เพียงพอ โดยการเก็บกองมูลดินหินนี้เริ่มกองจากด้านในหุบเขาลงมาทางปลายน้ำ ซึ่งเมื่อเก็บกองเสร็จแล้วจะมีความสูงประมาณ 25-35 เมตร จากระดับพื้นดินเดิม

การเตรียมพื้นที่เก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิชันเริ่มจากการกำจัดพวงวัชพืช ผิดิน หรือรากไม้ กิ่งไม้แห้ง ออกไปก่อน แล้วทำการลอกหน้าดินไปเก็บกองไว้ เพื่อนำกลับมาใช้ในชั้นตอน จากนั้นปิดทับพลาสติก HDPE แล้วตัดแต่งบ่อโดยให้ด้านข้างมีความลาดเอียงสูงประมาณ 70 องศาโดยรอบบ่อ ส่วนผนังส่วนล่างที่ติดกับพื้นบ่อจะสร้างให้มีคันดิน (Berm) ขนาดสูงประมาณ 1 เมตร และกว้างประมาณ 1 เมตร โดยรอบสำหรับใช้เป็นที่ยึดพลาสติก HDPE เพื่อทำหน้าที่ป้องกันน้ำที่ไหลผ่านกองมูลดินหินไม่ให้รั่วซึมออกนอกบริเวณ แล้วบดอัดพื้นบ่อด้วย Sheep Foot Rollers และ Vibration Rollers ให้เรียบ จากนั้นปูพลาสติก HDPE โดยรอบพื้นบ่อ และคันดินด้านข้าง ตรวจสอบไม่ให้มีรอยรั่ว แล้วปิดทับผิวบน HDPE ด้วยดินเหนียวให้มีความหนาประมาณ 30 เซนติเมตร บดอัดให้แน่นด้วย Sheep Foot Roller ดินเหนียวที่บดอัดนี้ช่วยป้องกันไม่ให้พลาสติก HDPE ฉีกขาดจากการเก็บกองมูลดินหิน ปิดทับชั้นดินเหนียวบดอัดด้วยหินปูนบดขนาด 1-4 นิ้ว ชั้นหินปูนบดนี้มีส่วนช่วยในการ Neutralization พวกร Acid Water ที่อาจเกิดจากน้ำทำปฏิกิริยากับแร่ซัลไฟด์ที่มีอยู่ในกองดินหินนี้ โดยกรดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นกรดซัลฟิวริก (Sulphuric Acid: H₂SO₄) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับหินปูน (CaCO₃) จะเกิดเกลือและอยู่ในสภาพเป็นกลางไป ดังสมการที่ (2.2)



มูลดินหินในชั้นแร่ทรานซิชันบางส่วนมีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด ดังนั้นในการเก็บ ที่บริเวณด้านข้างของกองต้องมีการป้องกันไม่ให้กองมูลดินหินสัมผัสกับผนังบ่อโดยตรง ด้วยการนำดินมาถมกันเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนที่ไหลบ่ากองมูลดินหินเล็ดลอดออกนอกบริเวณเก็บกอง นอกจากนี้จะทำการขุดร่องระบายน้ำความกว้างราว 1-1.5 เมตร โดยรอบพื้นที่เก็บกอง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนไหลเข้าไปในกองมูลดินหินชนิดนี้ ส่วนน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ด้านในของร่องระบายน้ำก็จะปล่อยให้ไหลลงสู่บ่อรับน้ำทางตอนปลายน้ำ บ่อรับน้ำนี้เป็นบ่อคอนกรีตกว้าง 20 เมตร ยาว 20 เมตร ลึก 5 เมตร ใช้เป็นบ่อบำบัดน้ำที่อาจมีสภาพเป็นกรดในเบื้องต้นโดยการเติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด และให้โลหะหนักบางส่วนที่อาจเจือปนอยู่ตกตะกอนก่อน จากนั้นจึงสูบน้ำจากบ่อนี้ส่งไปยังบ่อเก็บน้ำหลัก เพื่อสูบน้ำเข้าสู่วัฏจักรกระบวนการประกอบโลหกรรมต่อไป (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555)

2.4.3.3 การเก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ซัลไฟด์ (Sulphide Waste Dump)

พื้นที่เก็บกองมูลดินหินชนิดนี้ตั้งอยู่ในเขตประทานบัตรที่ 26969/15575 โดยอยู่ในหุบเขาเหนือพื้นที่เก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ออกไซด์ พื้นที่บริเวณนี้มีความยาวประมาณ 200 เมตร

ความกว้างประมาณ 130 เมตร ดังรูปที่ 2-6 ปริมาณความจุสูงสุดของพื้นที่มีค่าประมาณ 520,000 ลูกบาศก์เมตร สามารถรองรับมูลดินหินทั้งหมดจากการทำเหมืองในชั้นแร่ซัลไฟด์จำนวน 189,614 ลูกบาศก์เมตรได้เพียงพอ การเตรียมพื้นที่เก็บกองมูลดินหินจากโซนชั้นแร่ซัลไฟด์นั้นดำเนินการเหมือนกับพื้นที่เก็บกองมูลดินหินจากชั้นแร่ทรานซิชัน เนื่องจากมูลดินหินในชั้นแร่ซัลไฟด์บางส่วนมีศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาพเป็นกรด ดังนั้นในการเก็บกองที่บริเวณด้านข้างของกองต้องมีการป้องกันไม่ให้ออกมูลดินหินสัมผัสกับผนังบ่อโดยตรง ด้วยการนำดินมาถมกันเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนที่ไหลบ่ากองมูลดินหินเล็ดลอดออกนอกบริเวณเก็บกอง นอกจากนี้ต้องขุดร่องระบายน้ำความกว้างราว 1-1.5 เมตร โดยรอบพื้นที่เก็บกองเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนไหลเข้าไปในกองมูลดินหินชนิดนี้ ส่วนน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ด้านในของร่องระบายน้ำก็จะปล่อยให้ไหลลงสู่บ่อรับน้ำทางตอนปลายน้ำ บ่อรับน้ำนี้เป็นบ่อคอนกรีตกว้าง 20 เมตร ยาว 20 เมตร ลึก 5 เมตร ใช้เป็นบ่อบำบัดน้ำที่อาจมีสภาพเป็นกรดในเบื้องต้น โดยการเติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด และทิ้งให้โลหะหนักบางส่วนที่อาจเจือปนอยู่ตกตะกอน จากนั้นจึงสูบน้ำจากบ่อนี้ส่งไปยังบ่อรับน้ำทิ้งหลัก เพื่อสูบน้ำหมุนเวียนเข้าสู่กระบวนการประกอบโลหกรรมต่อไป (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555)

2.5 การชะละลาย (Leaching)

การชะละลายเกิดจากการสัมผัสระหว่างของแข็งกับของเหลวที่เป็นน้ำชะ (Leachant) ทำให้องค์ประกอบภายในของของแข็งเกิดการรั่วไหลและมีการกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก โดยจะได้เป็น Leachate (Spence and Shi, 2005)

2.5.1 นิยามศัพท์ (มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2551)

Leachant หมายถึง ของเหลวที่จะนำมาชะละลายของเสีย (ก่อนชะละลาย)

Leachate หมายถึง ของเหลวที่เกิดจากการชะละลาย หรือ Leachant ที่ปนเปื้อนแล้ว (เกิดหลังการชะละลาย)

Leaching หมายถึง การถ่ายเท/เคลื่อนย้ายของมลสารจากของเสียสู่ Leachant

2.5.2 กระบวนการชะละลาย (Leaching Process)

กระบวนการชะละลาย (Leaching Process) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ กระบวนการนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท (วรวิทย์ วงศ์นิรามัยกุล, 2544) ได้แก่

2.5.2.1 การชะละลายโลหะด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

กระบวนการทางชีวภาพเป็นกระบวนการชะละลายโลหะโดยอาศัยกระบวนการการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของจุลินทรีย์ (Micro-organism) ก่อให้เกิดกรดขึ้น แล้วกรดที่ได้จะไปชะละลายโลหะ จุลินทรีย์ที่ใช้คือ จุลินทรีย์ในตระกูล Thiobacillus เช่น Thiobacillus thiooxidans และ Thiobacillus ferrooxidans ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างอาหารเองได้ โดยใช้พลังงานจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชันของสาร กระบวนการสร้างและสลายพลังงานมี 2 แบบ คือ

- แบบทางตรง (Direct process) เป็นการเปลี่ยนโลหะซัลไฟด์ที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปโลหะซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ ดังสมการที่ (2.3)



- แบบทางอ้อม (Indirect process)

- โลหะซัลไฟด์จะถูกออกซิไดส์ด้วยเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ดังสมการที่ (2.4)



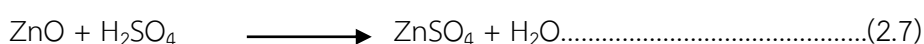
• แบคทีเรียออกซิไดส์ซัลเฟอร์และเฟอร์รัส (Fe(II)) ไอออน ดังสมการที่ (2.5) และ (2.6) แล้วปฏิกิริยาจะเริ่มต้นใหม่ในปฏิกิริยาที่ (2.4) เป็นวงจรต่อเนื่อง วิธีการนี้จะเกิดกรดซัลฟิวริกในปฏิกิริยาที่ (2.5) ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสลดลง

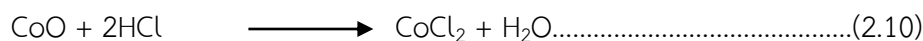
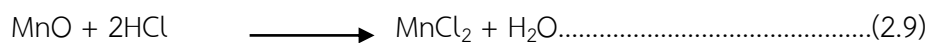
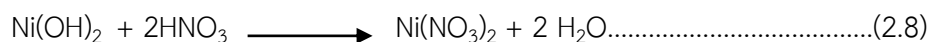


2.5.2.2 การชะละลายโลหะด้วยกระบวนการทางเคมี

กระบวนการทางเคมีเป็นกระบวนการชะละลายโลหะด้วยสารเคมี ตัวทำละลายที่ใช้คือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กรดไนตริก (HNO_3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และสารละลายไฮดรอกไซด์ คือ แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) เป็นต้น การเกิดการชะละลายของโลหะขึ้นกับตัวทำละลายและสมบัติทางเคมีของโลหะนั้นๆ สารละลายกรดเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ และสามารถละลายโลหะได้เป็นจำนวนมาก

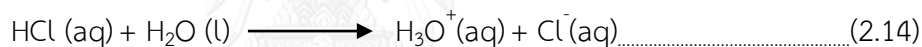
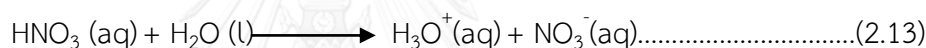
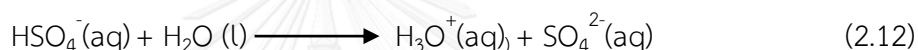
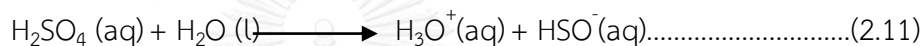
ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากการชะละลายโลหะชนิดต่างๆ แสดงตามสมการที่ (2.7) – (2.10)





ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการละลาย ได้แก่

1. ชนิดของกรด กรดที่ใช้ในการละลาย ได้แก่ คือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กรดไนตริก (HNO_3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งกรดเหล่านี้เป็นกรดที่ละลายโลหะได้ดีกว่ากรดอินทรีย์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากกรดเหล่านี้เป็นกรดแก่ที่แตกตัวได้ร้อยละ 100 สามารถแสดงสมการการแตกตัวของกรดทั้ง 3 ชนิดได้ดังสมการที่ (2.11) – (2.14)



2. ค่าความเป็นกรด-เบส ความสามารถในการละลายเพิ่มมากขึ้น เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสลดลง ค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-2

3. เวลาในการละลาย ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายชนิด เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส ชนิดของโลหะ เป็นต้น

4. ชนิดและความเข้มข้นของโลหะ โลหะจะละลายได้ง่ายขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโลหะในตะกอนมากขึ้น และโลหะแต่ละชนิดมีความสามารถในการถูกละลายได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสภาพของโลหะ ซึ่งโลหะส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีพันธะในการยึดเกาะน้อย เช่น สารประกอบไอออนิก เมื่ออยู่ในน้ำแล้วจะแตกตัวเป็นไอออนได้ง่าย และเร็วกว่าสารประกอบเชิงซ้อน

5. อุณหภูมิ ปฏิกริยาการละลายส่วนใหญ่ จะเป็นปฏิกริยาดูดความร้อน ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายจะมากขึ้น

6. ปริมาณตะกอน ค่าการละลายของโลหะจะน้อยลง เมื่อปริมาณตะกอนในกระบวนการเพิ่มขึ้น

7. ปริมาณกรดที่ใช้ในการชะละลาย ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะ
8. ขนาดอนุภาคของตะกอนโลหะ โลหะจะอยู่ในรูปของตะกอน หากตะกอนมีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับกรดน้อย ทำให้มีการชะละลายต่ำกว่าตะกอนที่มีขนาดเล็ก
9. ความชื้นของตะกอนโลหะ ตะกอนโลหะที่มีความชื้นน้อย จะทำให้อนุภาคที่อยู่ภายในตะกอนอยู่ชิดติดกันมากขึ้น ทำให้ตะกอนโลหะมีความเสถียร ค่าการชะละลายจึงลดลง

2.5.3 การทดสอบการชะละลาย (Leaching Test)

การทดสอบการชะละลาย (Leaching Test) คือ การตรวจสอบโอกาสความเป็นไปได้ของของเสียที่สามารถปล่อยสารเจือปนออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น แหล่งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน หรือบริเวณแหล่งเพาะปลูก ซึ่งจากการทดสอบ สารเจือปนจะถูกทำให้หลุดจากของเสียออกมาสู่น้ำชะ และปริมาณสารเจือปนในน้ำชะ จะถูกนำมาตรวจสอบและนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งการทดสอบการชะละลายนั้นมีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับข้อกำหนดที่พิจารณาถึงวัตถุประสงค์และรายละเอียดในการทดสอบนั้น (Mean et al., 1995) ดังตารางที่ 2-3

การทดสอบการชะละลาย จะทำการทดลองภายใต้สภาวะจำลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ผลเร็ว เนื่องจากในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ความคงทนของของเสียที่มีสารเจือปนต่อการถูกชะละลายมีมาก จึงใช้เวลาในการทดสอบมากตามไปด้วย ดังนั้นการทดสอบการชะละลายอาจใช้วิธีการทดสอบในสภาวะจำลองรูปแบบต่างๆ ได้หลายวิธี เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการชะละลาย วิธีการทดสอบส่วนใหญ่เป็นกระบวนการแบบ batch ซึ่งตัวอย่างของเสียต้องมีการบดละเอียดก่อนจะสัมผัสกับสารชะละลายช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยจะเขย่าส่วนผสมอย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้นจะแยกของแข็งออกจากของเหลว แล้วนำของเหลวไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบต่อ (มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2551)

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบของการชะละลายในการทดสอบด้วยวิธีต่างๆ

การทดสอบ	วิธี	วัตถุประสงค์	สารที่ใช้ในการชะละลาย	อัตราส่วนระหว่างของเหลวกับของแข็ง	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ใช้
Extraction Procedure Toxicity (EP Toxicity test)	EPA SW-846 Method 1310	ตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำชะละลายตามมาตรฐานของ RCRA*	0.04 M acetic acid (pH = 5)	16:1	< 9.5 ม. ม.	1	24 ชั่วโมง
Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)	EPA SW-846 Method 1311	ใช้แทน EP toxicity test เปรียบเทียบความเป็นพิษตามมาตรฐานของ RCRA*	acetic acid (pH = 3)	20:1	< 9.5 ม. ม.	1	18 ชั่วโมง
Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP)	EPA SW-846 Method 1312	สำหรับของเสียที่ละลาย ออกมาโดยฝนกรด	กรดซัลฟิวริก:กรดไนตริก ในอัตราส่วน 60:40 (pH = 5)	20:1	< 9.5 ม. ม.	1	18 ชั่วโมง
Multiple Extraction Procedure (MEP)	EPA SW-846 Method 1320	ทดสอบการชะของเสียซ้ำหลายครั้ง ด้วย การสัมผัสกับฝนกรด	กรดซัลฟิวริก:กรดไนตริก ในอัตราส่วน 60:40 % (pH = 3)	20:1	< 9.5 ม. ม.	1	24 ชั่วโมง ต่อครั้ง

ตารางที่ 2-3 (ต่อ) องค์ประกอบของการชะละลายในการทดสอบด้วยวิธีต่างๆ

การทดสอบ	วิธี	วัตถุประสงค์	สารที่ใช้ในการชะละลาย	อัตราส่วนระหว่างของเหลวกับของแข็ง	ขนาดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ใช้
Equilibrium Leach Test (ELP)	WTC,1991	หาปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS)	น้ำกลั่น	4:1	< 150 ไมครอน	1	7 วัน
Standard Test Method for Shake Extraction of Solid Waste with Water	ASTM D3987-85	ใช้ในอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่สถานะพิเศษ	น้ำกลั่น	20:1	ตามธรรมชาติ	1	18 ชั่วโมง

หมายเหตุ :* RCRA : Resource Conservation and Recovery Act

ที่มา: มติสภา ปญญาคะโป (2551)

Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) เป็นวิธีการทดสอบตามกฎหมายประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นการทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ที่ถูกชะละลายออกมา จากตัวอย่างของเสีย โดยใช้ กรดอะซิติก เป็นสารชะละลาย และนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐาน RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) แต่ภายหลังเกิดการวิจารณ์มากเกี่ยวกับการทดสอบ เพราะในขณะที่ทำการทดสอบได้มีการบดตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งจะมีแนวโน้มการชะละลายออกมาไม่เหมือนกับสภาพจริง และยังมีกรดเข้มข้นไปสกัดซึ่งไม่ตรงกับสภาพจริงในพื้นที่ฝังกลบ ทำให้สารปนเปื้อนถูกชะละลายออกมามากเกินจริง ดังนั้นจึงมีการเสนอวิธีใหม่ขึ้นมา คือ Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) โดยมีหลักการเดิมเพียงแต่เปลี่ยนสารชะละลายให้ลดความรุนแรงลง (มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2551)

U.S. EPA (1994) ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) : SW-846 Method 1312 เพื่อทำการทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในของเหลว ดิน และของเสีย การทดสอบใช้ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ผสมกับ กรดไนตริก (HNO_3) อัตราส่วน 60:40 เป็นสารชะละลาย และอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างกับสารชะละลาย เท่ากับ 1:20 เข้าเครื่องเขย่าแบบหมุนในอัตรา 30 รอบต่อนาที ใช้เวลาในทดสอบ 18 ชั่วโมง จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้สำหรับตรวจสอบสิ่งเจือปนในของเสียที่ละลายออกมาโดยฝนกรด

น้ำฝนตามธรรมชาติจะมีความเป็นกรดเล็กน้อย ประมาณ 5.6 - 6.0 ซึ่งเกิดจากการละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ แต่ในเขตอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซจำพวกสารประกอบของซัลเฟอร์และไนโตรเจนออกมา ทำให้น้ำฝนมี pH ต่ำกว่า 5.5 ซึ่งทำให้เกิดสภาวะฝนกรดขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2533) ซึ่งในเมืองทองมีหินที่มีส่วนประกอบของแร่ซัลไฟด์ เมื่อสัมผัสกับน้ำฝนจะส่งผลให้น้ำฝนมีความเป็นกรดมากขึ้น หรือมี pH ต่ำกว่า 5.5 ดังนั้นการใช้กรดซัลฟิวริก ผสมกับกรดไนตริก เป็นสารชะละลายก็เพื่อจำลองเลียนแบบสภาวะน้ำฝนเป็นกรด

2.6 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 ขึ้นไป มีอัตราการสลายตัวตามธรรมชาติค่อนข้างช้า จึงทำให้สะสมและตกค้างอยู่ในธรรมชาติได้นาน เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมระหว่าง 23-92 อยู่ในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ ตัวอย่างของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี เป็นต้น โลหะหนักที่พบมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) สมบัติทางกายภาพของโลหะคือ นำไฟฟ้า และความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ ส่วนสมบัติทางเคมีของโลหะคือ มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถรวมกับสารอื่นๆ กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายรูปแบบซึ่งมีความเสถียรมากกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมกับสารประกอบอินทรีย์ (Organometallic compound) ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดไปสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหารประกอบกับความเป็นพิษของโลหะหนักหลายชนิดเป็น

อันตรายร้ายแรงเมื่อมีการสะสมในร่างกายของมนุษย์ อาจมีผลทำให้พิการหรือเสียชีวิตได้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2552)

โลหะหนักมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงโลหะหนักที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่ ทองคำโดยตรงเท่านั้น

2.6.1 อาร์ซีนิก (Arsenic)

อาร์ซีนิกหรือสารหนูเป็นธาตุลำดับที่ 33 สัญลักษณ์ As มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) น้ำหนักอะตอม 74.9216 amu จุดเดือดที่ 613 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 817 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 5.72 อาร์ซีนิกในรูปธาตุอิสระจะเสถียรในอากาศแห้ง แต่ถ้าทิ้งไว้ในอากาศชื้นผิวจะเริ่มเปลี่ยนไปเป็นสีทองแดง และเปลี่ยนเป็นสีดำ หากตั้งทิ้งไว้นานๆ เนื่องจากเกิดเป็นออกไซด์ (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

อาร์ซีนิกมีเลขออกซิเดชันคือ -3, 0, +3 และ +5 สารประกอบของอาร์ซีนิกที่พบทั่วไปได้แก่ arsenic acid (H_3AsO_4) arsenous acid (H_3AsO_3) arsenic trioxide (As_2O_3) arsine (arsenic trihydride, AsH_3) และพบร่วมกับแร่ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีซัลไฟด์

2.6.2 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นธาตุลำดับที่ 82 สัญลักษณ์ Pb มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุโลหะ น้ำหนักอะตอม 207.19 amu จุดเดือดที่ 1749 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 327 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 11.34 ตะกั่วบริสุทธิ์มีสีเทา จัดเป็นโลหะค่อนข้างอ่อน สามารถตีเป็นแผ่นบางๆได้ แต่ดึงเป็นเส้นได้ไม่ค่อยดีนัก มีความสามารถในการนำไฟฟ้าไม่ดี ตะกั่วเป็นโลหะที่ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เป็นโลหะที่สามารถทนต่อการผุกร่อนได้ดี หากสัมผัสกับอากาศชื้นผิวของตะกั่วจะเป็นสีดำคล้ำ (tarnish) เพราะ PbO ไปเคลือบที่ผิว แต่ถ้าในบรรยากาศแห้ง หรือในน้ำที่ปราศจากออกซิเจน โลหะตะกั่วสามารถคงอยู่ได้อย่างเสถียร (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

ตะกั่วมีเลขออกซิเดชัน 0, +2 และ +4 โดยจะพบ +2 ได้มากที่สุด ดังนั้นตะกั่วจึงอยู่ในรูปสารประกอบได้หลายชนิด มีสถานะเป็นได้ทั้งของแข็ง ก๊าซ และไอออนละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว Pb^{2+} จะเกิดพันธะไอออน ในขณะที่ Pb^{4+} จะเกิดพันธะโคเวเลนต์ (มัลลิกา ปัญญาชนะ โป, 2551)

ตะกั่ว ทำให้อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ ความอยากอาหารลดลง ปวดกระดูก และกล้ามเนื้อ โลหิตจาง ซีดและปรากฏแนวเส้นตะกั่ว (lead line) ที่เหงือกเนื่องจากการเกาะของตะกั่วซัลไฟด์ หากได้รับสารตะกั่วมากๆ เป็นเวลานานจะทำให้กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดอ่อน

แรงลงจนปรากฏอาการมือห้อย (wrist drop) ในผู้ใหญ่ และเท้าห้อย (foof drop) ในเด็ก ซึ่งจะเกิดที่
 ละข้างไม่พร้อมกันข้างที่แข็งแรงหรือถนัดกว่าจะเกิดอาการก่อน (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช,
 2538)

2.6.3 แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นธาตุลำดับที่ 48 สัญลักษณ์ Cd มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุ
 โลหะ น้ำหนักอะตอม 112.40 amu จุดเดือดที่ 767 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 321 องศา
 เซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 8.65 มีเนื้ออ่อน แคดเมียมจะเสถียรในอากาศแห้ง แต่ถ้าทิ้งไว้ในอากาศ
 ชื้นจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ผิว เกิด CdO เคลือบที่ผิว ทำหน้าที่ปกป้องโลหะที่อยู่ข้างในไม่ให้
 ออกซิไดซ์ ละลายได้ในกรดอินทรีย์ทุกชนิดและกรดอินทรีย์บางชนิด แต่ไม่ละลายในสารละลายเบส
 (ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525)

มักพบในรูป Cd^{2+} เมื่ออยู่ในน้ำจะอยู่ในรูป $Cd(H_2O)_6^{2+}$ ในธรรมชาติมักพบในรูป
 CdS และมักพบร่วมกับสังกะสี ตะกั่ว และทองแดงในรูปสารประกอบซัลไฟด์

แคดเมียม ทำให้เกิดโรคอิไต อิไต มีอาการคือ ปวดบริเวณสะโพก แขน ขา บริเวณ
 ฟันติดกับเหงือก จะมีวงแหวนแคดเมียม ปวดกระดูกตามข้อ กระดูกเชิงกราน และหัวหน่าว เดินถ่าง
 ขาค่ายเป็ด ร่างกายเตี้ยค่อม กินไม่ได้ นอนไม่หลับ เบื่ออาหาร น้ำหนักลด อ่อนเพลีย หดแรง และ
 เสียชีวิต (วิชาญ มุงคุณ, 2551)

2.6.4 โครเมียม (Chromium)

โครเมียมเป็นธาตุลำดับที่ 24 สัญลักษณ์ Cr มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุโลหะ
 ทหรานซิซัน น้ำหนักอะตอม 51.996 amu จุดเดือดที่ 2671 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 1907
 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 7.19 เป็นโลหะสีขาวยาวปนน้ำเงิน แข็งแต่เปราะ (ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์
 , 2525)

โครเมียมเป็นโลหะทรานซิซันมีเลขออกซิเดชัน -2 ถึง +6 รูปแบบที่พบมากคือ +2,
 +3 และ +6 ส่วน -1 และ -2 พบน้อย ซึ่ง Cr^{6+} เป็นสารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาวะ
 แวดล้อมได้ ส่วน Cr^{3+} เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ

โครเมียม ทำให้เป็นแผลที่ผิวหนัง ผิวหนังอักเสบ เกิดแผลที่จมูกและคอ ผื่นคันจมูก
 ส่วนที่เป็นกระดูกอ่อนทะเลจุนจมูกโหว่ได้ บ่อยครั้งมีเลือดออกที่จมูก มีอาการไอและการเกร็งของ
 หลอดลม (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2538)

2.6.5 ทองแดง (Copper)

ทองแดงเป็นธาตุลำดับที่ 29 สัญลักษณ์ Cu มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 63.54 amu จุดเดือดที่ 2582 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 1803 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 8.94 มีเลขออกซิเดชันคือ +1 และ +2 ทองแดงบริสุทธิ์มีสีแดง มีความแวววาว มีความแข็งและเหนียว สามารถดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นบางๆได้ มีสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี (เป็นรองแค่อโลหะเงิน) ทองแดงเมื่อสัมผัสกับอากาศชื้นจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีเขียวที่ผิวเพราะเกิด $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ เคลือบที่ผิว ทำหน้าที่ป้องกันทองแดงข้างในไม่ให้ถูกออกซิไดซ์ (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

ทองแดง ทำให้เกิดโรค Wilson's Diseases มีอาการคือ ร่างกายส่วนเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดลำบาก (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา, 2548)

2.6.6 แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสเป็นธาตุลำดับที่ 25 สัญลักษณ์ Mn มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 54.938 amu จุดเดือดที่ 2097 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 1246 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 7.21 มีเลขออกซิเดชันคือ +2, +3, +4, +6 และ +7 แมงกานีสเป็นโลหะแข็งแต่เปราะ สามารถเกิดเป็นสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชันต่างๆ รวมทั้งถูกออกซิไดซ์และรีดิวซ์ได้ง่าย (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

แมงกานีส ทำให้มีอาการปวดหัว ง่วงนอน ซึมเศร้า มีตะคริวที่ขา การโต้ตอบทางประสาท (tendon reflex) เพิ่มขึ้น มีอารมณ์แปรปรวน ใบหน้าตึงเครียด (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2531)

2.6.7 ปรอท (Mercury)

ปรอทเป็นธาตุลำดับที่ 80 สัญลักษณ์ Hg มีสถานะเป็นของเหลว จัดเป็นธาตุโลหะ น้ำหนักอะตอม 200.59 amu จุดเดือดที่ 359.9 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ -38.87 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 13.546 เป็นโลหะที่มีความดันไอสูงสุด และสมบัติทางกายภาพแตกต่างกับโลหะอื่นๆมาก ถูกผลักโดยสนามแม่เหล็กได้ (diamagnetic) ละลายได้ไม่ตีในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไป ปรอททำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างช้าๆ ถ้ามีน้ำ (เล็กน้อย) เกิดเมอร์คิวริกออกไซด์ (HgO) มีสีแดง (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

ปรอทมีเลขออกซิเดชัน +1 และ +2 โดยทั่วไปพบได้ 3 รูปแบบ คือ ธาตุสารประกอบอนินทรีย์ และสารประกอบอินทรีย์ ปรอทสามารถอยู่ในรูปเกลือเมอร์คิวรัส

(Mercurous) และเกลือเมอร์คิวริก (Mercuric) สำหรับเกลือเมอร์คิวรัสละลายน้ำได้น้อยกว่าและมีความเป็นพิษต่ำกว่า

ปรอท ทำให้เกิดโรคมินามาตะมีอาการคือ เสียการควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของแขน ขา การพูด และยังทำให้ระบบประสาทรับรู้เสียไป เช่น การได้ยิน การมองเห็น ซึ่งอันตรายเหล่านี้ เมื่อเป็นแล้วไม่สามารถรักษาให้กลับคืนดังเดิมได้ อาการที่เป็นพิษมากเกิดจากการหายใจ ปอดอักเสบ มีอาการเจ็บหน้าอก มีไข้ แน่นหน้าอก หายใจไม่ออกและตายได้ (จิราภรณ์ อ่ำพันธ์, 2545)

2.6.8 นิกเกิล (Nickel)

นิกเกิลเป็นธาตุลำดับที่ 28 สัญลักษณ์ Ni มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 58.71 amu จุดเดือดที่ 2913 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 1453 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 8.908 เป็นโลหะที่มีโครงผลึกแบบ face-centered cubic สามารถตีเป็นแผ่นบางๆ และดึงเป็นเส้นได้ มีสีขาวยเงิน ปรากฏแวววาว สามารถทนต่อการผุกร่อนเป็นอย่างดีในตัวกลางหลายๆชนิด ที่อุณหภูมิห้องมีความเป็นแม่เหล็กสูง สามารถนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี มีความแข็งปานกลาง เหนียว (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

นิกเกิลมักพบในรูปที่มีเลขออกซิเดชันต่างๆอยู่ร่วมกัน ตั้งแต่ -1 ถึง +4 รูปที่พบมากในดินและน้ำคือ +2 มักอยู่ในรูปของเกลือ และสามารถละลายน้ำได้

นิกเกิล ทำให้ปวดศีรษะส่วนหน้า ง่วงนอน อาจมีอาการคลื่นไส้และอาเจียน ปวดหลัง ตัวเขียว ปวดร้าวที่หน้าอก ไอ หายใจไม่สะดวก อ่อนเพลีย ปวดท้องและท้องร่วง (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531)

2.6.9 สังกะสี (Zinc)

สังกะสีเป็นธาตุลำดับที่ 30 สัญลักษณ์ Zn มีสถานะเป็นของแข็ง จัดเป็นธาตุโลหะน้ำหนักอะตอม 65.37 amu จุดเดือดที่ 907 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 419.5 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 7.133 มีเลขออกซิเดชันคือ +2 สังกะสีบริสุทธิ์เป็นโลหะสีขาวปนน้ำเงินเล็กน้อย เป็นธาตุที่มีแนวโน้มเปลี่ยนจาก Zn^0 เป็น Zn^{2+} สูง (Electropositive) ทนต่อการผุกร่อนในอากาศแห้งได้ดี หากอยู่ในอากาศชื้นจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นเมื่อมี CO_2 และ SO_2 อยู่ด้วย และสังกะสีมีสมบัติเป็น amphoteric คือทำปฏิกิริยากับทั้งกรดและเบสได้ (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525)

สังกะสี ทำให้เกิดโรคผิวหนังที่เป็นแผลเรื้อรังหรือผิวหนังไวต่อการแพ้ เกิดความระคายที่ไช่นัสและคอ ไอเป็นเลือด หายใจลำบาก หากได้รับมากทำให้เกิดน้ำคั่งในปอดและปอดบวม คลื่นไส้ อาเจียน และท้องเสีย (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2538)

2.7 ข้อร้องเรียนของชาวบ้านบริเวณใกล้เคียงเหมืองทองภูทับฟ้า

ตั้งแต่เหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้าของบริษัท ทูงคำ จำกัด ได้รับอนุญาตให้เปิดทำเหมืองเมื่อวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2549 มีการร้องเรียนจากประชาชนเกี่ยวกับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้า ดังต่อไปนี้ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555)

พ.ศ. 2550

กุมภาพันธ์ 2550 หนังสือพิมพ์บางกอกโพสต์ ฉบับวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2550 เสนอข่าวเรื่องการตรวจพบสารไซยาไนด์ปนเปื้อนในแหล่งน้ำใกล้กับเหมืองแร่ทองคำ และกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) ได้ติดตามตรวจสอบการปฏิบัติตามเงื่อนไขในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ของบริษัทฯ พบว่าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทำใบอนุญาตและเงื่อนไขตามรายงาน EIA จำนวน 13 ข้อ และพบสารไซยาไนด์เจือปนในกากแร่ก่อนนำไปกักเก็บในบ่อกักเก็บกากแร่สูงถึง 62 มก./ล. (EIA กำหนดไว้ไม่เกิน 2 มก./ล.)

พ.ศ. 2551

มีนาคม 2551 รายการเปิดปมทางสถานีโทรทัศน์ไทย พี.บี.เอส. นำเสนอข่าว การทำเหมืองแร่ทองคำของ บริษัท ทูงคำ จำกัด ก่อให้เกิดมลพิษส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง

มิถุนายน 2551 กรมควบคุมมลพิษได้รับเรื่องร้องเรียนจากสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร ว่าประชาชนตำบลเขาหลวงได้รับผลกระทบจากสารไซยาไนด์ที่ใช้ในการทำเหมืองแร่ทองคำ ทำให้กรมควบคุมมลพิษ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดเลย และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 9 อุตรดิตถ์ ร่วมกันตรวจวัดเสียงและฝุ่นละออง และเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน น้ำในบ่อน้ำใช้ของประชาชน และบ่อสังเกตการณ์ภายในเหมืองแร่ โดยเก็บตัวอย่างน้ำรวมทั้งหมด 11 จุด ซึ่งผลการวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ ปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

พฤศจิกายน 2551 ประชาชนหมู่บ้านนาหนองบงและรอบเหมืองชุมชนมและยื่นหนังสือคัดค้านการขยายประทานบัตรไปยังภูเหล็ก ที่องค์การบริหารส่วนตำบลเขาหลวง

พ.ศ. 2552

กุมภาพันธ์ 2552 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องประชุมชี้แจงผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำบริเวณรอบเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า และได้แจ้งให้ประชาชนทราบว่าไม่ให้นำน้ำจากบ่อน้ำตื้นและบ่อน้ำบาดาลมาบริโภค เนื่องจากมีสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส เกินมาตรฐานของทางราชการ

มีนาคม 2552 กลุ่มคนรักบ้านเกิด ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ประมาณ 100 คน ได้มาร้องเรียนที่หน้าศาลากลางจังหวัดเลย เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องชี้แจงผลการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษ จากนั้นได้ยื่นข้อเรียกร้องของประชาชนในพื้นที่ตำบลเขาหลวงที่ได้รับผลกระทบจากการประกอบกิจการเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า ในพื้นที่ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ต่อนายกรัฐมนตรี

เมษายน 2552 นายสมัย ภัคมี ประธานกลุ่มคนรักบ้านเกิด ได้มีหนังสือถึงนายกรัฐมนตรี กรณีสืบประชาชนได้รับความเดือดร้อนจากการประกอบกิจการเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า ในพื้นที่ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย โดยแจ้งว่า มีประชาชน 6 หมู่บ้าน จำนวนประมาณ 3,000 คน ได้รับความเดือดร้อนเพราะมีการตรวจพบสารโลหะหนักปนเปื้อนในแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค และผลการตรวจเลือดของประชาชนจำนวน 200 คน พบสารไซยาไนด์ในเลือด 54 คน ซึ่งตรวจโดยสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเลย นอกจากนี้ผลผลิตทางการเกษตรก็ลดลง และมีการข่มขู่ชาวบ้านที่ทำการต่อต้าน

พ.ศ. 2553

มกราคม 2553 ได้มีการพบปะกับกลุ่มประชาชนบ้านนาหนองบง มีข้อร้องเรียน ซึ่งอุตสาหกรรมจังหวัดรับไปดำเนินการ ดังนี้

1. บริษัท ฟุงคำ จำกัด มีการขนมูลดินหินออกมาทิ้งนอกเขตประทานบัตร
2. มีเสียงดังรบกวนจากการทำงานในเวลากลางคืน
3. เคยมีหินปลิวจากการระเบิดมาตกในพื้นที่ทำการเกษตร
4. มีการนำมูลดินจากหางแร่ในบ่อเก็บตะกอนมาทำอิฐประสาน เกรงว่าจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ขอให้สั่งการให้ บริษัท ฟุงคำ จำกัด ทำการพิสูจน์ความปลอดภัยก่อนนำออกไปใช้งานและให้ดำเนินการให้ถูกต้องตามกฎหมาย

จากนั้นกลุ่มคนรักบ้านเกิด หมู่ที่ 3 บ้านนาหนองบง ได้มีหนังสือร้องเรียนต่อนายกรัฐมนตรี เกี่ยวกับผลกระทบจากเหมืองแร่ทองคำของ บริษัท ฟุงคำ จำกัด ว่าราษฎรบริเวณใกล้เคียงจำนวน 6

หมู่บ้านได้รับความเดือดร้อนในเรื่องน้ำอุปโภคบริโภค การเกษตร รวมทั้งผู้พลัดถิ่นจากการขุดแร่ เสียงดังจากการระเบิดสินแร่

มีนาคม 2553 ราษฎรตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย รวม 6 หมู่บ้าน จำนวน 150 คน เดินทางมายื่นร้องเรียนกับผู้ว่าราชการจังหวัดเลย เนื่องจากได้รับความเดือดร้อนจากการดำเนินกิจการเหมืองแร่ของ บริษัท หุ่นคำ จำกัด มีการละเมิดสิทธิชุมชน ทำลายทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่เดิม และในเดือนเดียวกัน เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 9 สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเลย พร้อมด้วยองค์การบริหารส่วนตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง ร่วมกับประชาชน ได้เก็บตัวอย่างน้ำใกล้บริเวณบ่อกักตะกอนกากแร่ ซึ่งชาวบ้านร้องเรียนว่ามีน้ำซึมไหลออกมาปนเปื้อนกับแหล่งน้ำต้นน้ำห้วยเหล็ก และอีกหลายจุดในหมู่บ้าน เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์หาสารปนเปื้อน ซึ่งก่อนหน้านี้ เคยตรวจพบสารไซยาไนด์ สารหนู แคดเมียม และโลหะหนักหลายชนิดในแหล่งน้ำสาธารณะเกินค่ามาตรฐาน

กรกฎาคม 2553 ซีแจ้งผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่อผู้ว่าราชการจังหวัดเลย และประชาชน รับทราบ พบว่า คุณภาพน้ำผิวดินจำนวน 5 จุด และคุณภาพน้ำใต้ดินจำนวน 1 จุด มีปริมาณไซยาไนด์รวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนโลหะหนักได้แก่ สารหนู แคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นบริเวณด้านหลังเขื่อนกักเก็บกากแร่ จำนวน 2 จุด ที่มีน้ำผุดขึ้นมาจากพื้นดินมีปริมาณโลหะหนักสูงเกินมาตรฐาน และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 9 อุดรธานี ซึ่งเสนอให้กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ดำเนินการพิสูจน์แหล่งที่มาของน้ำผุดดังกล่าวว่ามาจากการทำเหมืองแร่ทองคำหรือไม่

สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 2 อุดรธานี ตรวจสอบพื้นที่ ซึ่งไม่พบว่า มีน้ำผุดขึ้นมาจากพื้นดินในบริเวณด้านหลังเขื่อนกักเก็บกากแร่ และได้เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณรอบประตวนบัตร จำนวน 23 ตัวอย่าง ส่งผลตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำแล้วพบว่า น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีไซยาไนด์ปนเปื้อนน้อยมาก และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนโลหะหนัก พบว่ามีสารหนูปนเปื้อนในน้ำผิวดินเกินมาตรฐาน ในบริเวณปลายลำห้วยเหล็กก่อนลงห้วยฮวย ลำห้วยเหล็กบริเวณข้างสันเขื่อนกักเก็บกากแร่ และน้ำใต้ดินพบ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีสเกินค่ามาตรฐาน ส่วนบริเวณบ่อสังเกตการณ์ด้านข้างบ่อกักเก็บกากแร่ (GW1) พบแมงกานีสเกินค่ามาตรฐาน นอกจากนี้บริเวณบ่อสังเกตการณ์ด้านใต้บ่อกักเก็บกากแร่ (GW2) และบริเวณบ่อบาดาลของทางบริษัท หุ่นคำ จำกัด (GW4) ยังพบตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน

ตุลาคม 2553 กลุ่มคนรักบ้านเกิด ได้มีหนังสือแจ้งไปยัง รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม และอธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เรียกร้องให้ยกเลิกค่าขอประทานบัตรทั้งหมด และคัดค้านการอนุมัติประทานบัตรเพิ่มเติมของ บริษัท ฟุ่งคำ จำกัด

พ.ศ. 2554

กุมภาพันธ์ 2554 คณะรัฐมนตรี มีมติให้

1. กระทรวงอุตสาหกรรม ชะลอการขอประทานบัตรของบริษัท ฟุ่งคำ จำกัด แปลงที่ 104/2538 (ภูเหล็ก) และแปลงอื่นๆ จนกว่าจะได้ข้อสรุปการปนเปื้อน ผลการประเมินความคุ้มค่าของฐานทรัพยากรธรรมชาติค่าภาคหลวงแร่กับวิถีความเป็นอยู่แบบเศรษฐกิจพอเพียงของประชาชน และผล HIA

2. กระทรวงเกษตร กระทรวงมหาดไทย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงอุตสาหกรรม สั่งหน่วยงานในสังกัดร่วมมือกับจังหวัดเลยลงพื้นที่ตรวจวิเคราะห์น้ำ ตรวจและกำกับกระบวนการทำเหมืองของบริษัท ฟุ่งคำ จำกัด

3. จังหวัดเลยและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องชี้แจงให้ประชาชนเข้าใจ เรื่องการเกิดสารปนเปื้อนในพื้นที่ ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น เนื่องจากในปี พ.ศ. 2549 ที่มีการเปิดเหมือง ประชาชนไม่มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น

4. มอบหมายให้กระทรวงอุตสาหกรรมตรวจสอบผู้ประกอบการว่าเปลี่ยนแปลงเทคนิคประกอบการซึ่งอาจกระทบสิ่งแวดล้อมหรือไม่

ธันวาคม 2554 กรมควบคุมมลพิษ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เริ่มลงพื้นที่ตรวจสอบและเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในบริเวณและโดยรอบเหมืองแร่ทองคำของบริษัท ฟุ่งคำ จำกัด ซึ่งผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะวิเคราะห์แล้วเสร็จประมาณ 45 วันนับตั้งแต่วันที่เก็บตัวอย่าง

พ.ศ. 2555

พฤษภาคม 2555 กลุ่มคนรักบ้านเกิดพบปลัดจังหวัดบันทึกข้อตกลงร่วมกับหน่วยงานให้ประเมินความคุ้มค่าก่อนการทำเวทียประชาคม

พฤศจิกายน 2555 ชาวบ้านวังสะพุง จ.เลย ร้องเรียนต่อผู้ว่าราชการจังหวัดเลย เรื่องคันดินบ่อเก็บกากแร่เหมืองทองพังทลาย

ธันวาคม 2555 ชาวบ้านวังสะพุง จ.เลย คัดค้านการทำประชาพิจารณ์เรื่องการขอประทานบัตรแปลงที่ 104/2538 ภูเหล็ก ของบริษัท ฟุ่งคำ จำกัด

พ.ศ. 2556

กันยายน 2556 ชาวบ้านวังสะพุง จ.เลย คัดค้านการทำประชาพิจารณ์เรื่องการขอประทานบัตรแปลงที่ 76/2539 ต.นาโป่ง อ.เมือง จ.เลย ของ บริษัท ฟุ่งคำ จำกัด

พฤศจิกายน 2556 ชาวบ้าน 322 คน ร่วมกันเป็นโจทก์ยื่นฟ้องศาลปกครองกลาง 4 หน่วยงานรัฐ ได้แก่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ผู้ว่าราชการจังหวัดเลย และสำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (สปก.) ที่ละเลยการปฏิบัติหน้าที่ และกระทำการที่ไม่ชอบด้วยกฎหมายและให้เพิกถอนใบอนุญาตบัตรเลขที่ 26971/15558, 26972/15559, 26968/15574, 26969/15575 และ 26970/15576 ของบริษัท ฟุ่งคำ จำกัด และขอให้เพิกถอนใบอนุญาตประกอบโลหกรรม ที่ 1/2552 และคำขอต่ออายุใบอนุญาตประกอบโลหกรรม คำขอที่ 1/2555 ของบริษัท ฟุ่งคำ จำกัด รวมทั้งเพิกถอนหนังสือยินยอมให้เข้าใช้ที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดิน

พ.ศ. 2557

พฤษภาคม 2557 กลุ่มชายฉกรรจ์เข้าจับชาวบ้านวังสะพุง และชนแร่ทองแดงจากเหมืองทองออกนอกพื้นที่

2.8 ผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนในพื้นที่

การให้ข้อมูลพื้นฐานของชุมชนที่อยู่โดยรอบเหมือง ผลกระทบทางด้านต่างๆที่เกิดขึ้นจากโครงการพัฒนาทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพแก่ประชากรจำนวน 9,674 คน ใน 2,727 ครัวเรือน ใน 6 หมู่บ้านที่อยู่รอบเหมือง ไม่ว่าจะเป็นบ้านห้วยผุก บ้านกกสะทอน บ้านนาหนองบง บ้านแก่งหิน บ้านโนนผาพุฒพัฒนา และบ้านภูทับฟ้า ในตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ที่ต้องเผชิญกับชุมชนเหมือง โรงแต่งแร่และบ่อกักเก็บกากแร่ของบริษัทฟุ่งคำ จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่ภูทับฟ้า ซึ่งกระบวนการแต่งแร่เพื่อแยกแร่ทองคำ ส่งผลให้น้ำมีโลหะหนักปนเปื้อน จำพวกสารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีส ที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน โดยการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษและกรมทรัพยากรน้ำบาดาล สาธารณสุขจังหวัดเลย ที่อ้างผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำพบสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำกินน้ำใช้ ระบบประปาบาดาลของชาวบ้านนาหนองบง และเตือนประชาชนห้ามนำน้ำดังกล่าวมาใช้อุปโภคบริโภค โดยทางอำเภอแก้ไขปัญหาให้ชาวบ้านเบื้องต้นโดยนำรถบรรทุกน้ำวิ่งบริการจัดน้ำดื่มน้ำใช้ให้ชาวบ้านในพื้นที่ แต่ก็ไม่เพียงพอ

ชาวบ้าน จนชาวบ้านต้องรับภาระในการซื้อน้ำกินน้ำใช้เอง อีกทั้งพืชผักและปลาจากลำห้วยไม่สามารถนำมาบริโภคได้ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555)

ในปี พ.ศ. 2551 โรงพยาบาลวังสะพุง จังหวัดเลย เข้ามาสุ่มตรวจสารโซยาไนต์ในกระแสเลือดของชาวบ้านในพื้นที่ 6 หมู่บ้านรอบเมืองจำนวน 279 คน พบสารโซยาไนต์ในเลือด 54 คน ในจำนวนนี้มีค่าเกินมาตรฐาน 20 คน ทำให้รู้ว่ามีสารปนเปื้อนจากเหมืองแร่ลงสู่แหล่งน้ำและดินในพื้นที่ ปัญหาดังกล่าวนำไปสู่การทำงานเพื่อพัฒนาแนวทางการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพในพื้นที่โครงการเหมืองแร่ต่างๆของจังหวัดเลย

ในปี พ.ศ. 2553 สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเลย (สสจ.เลย) ร่วมกับ โรงพยาบาลวังสะพุง ได้ทำโครงการศึกษาวิจัย “การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนผู้อาศัยรอบเหมืองแร่ทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2552” โดยเจาะเลือดของประชาชนรอบเหมืองแร่ทองคำ ได้แก่ บ้านห้วยผุก บ้านกกสะท้อน บ้านนาหนองบง บ้านแก่งหิน บ้านโนนผาฟูง พัฒนา และบ้านภูทับฟ้า จำนวน 474 คน ระหว่างวันที่ 5 – 6 และวันที่ 19 - 21 มิถุนายน พ.ศ. 2553 และส่งตัวอย่างเพื่อตรวจหาสารโซยาไนต์ที่ รพ.รามธิบดี และส่งตรวจสารโลหะหนัก (ปรอทและตะกั่ว) ที่สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข จากผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า สารโลหะหนักโดยเฉพาะปรอทปนเปื้อนในเลือดของทุกคนและในกลุ่มตัวอย่างมีชาวบ้านจำนวน 38 คน ที่มีค่าปรอทในเลือดเกินค่ามาตรฐาน นอกจากนี้ยังพบว่ามีโซยาไนต์ในเลือดของกลุ่มคนตัวอย่างจำนวน 348 คน โดยในจำนวนนี้ 84 คนมีค่าเกินมาตรฐาน มีเพียง 103 คน ที่ไม่พบโซยาไนต์ในเลือด ขณะเดียวกันยังพบสารตะกั่วในเลือดของทุกคนอีกด้วย

ในปี พ.ศ. 2554 สัตว์เลี้ยงของชาวบ้าน เช่น ไก่ ปลา สุนัข ทอยตายโดยไม่ทราบสาเหตุ และในประชาชนทั้ง 6 หมู่บ้านรอบเหมืองแร่ทองคำ ยังตรวจพบสารโซยาไนต์ ปรอท ตะกั่ว ในเลือดทั้งเกินและไม่เกินมาตรฐาน บางคนพบทั้ง 3 สาร นอกจากนี้ยังตรวจพบในเด็กด้วย

ในปี พ.ศ. 2555 ประชาชนที่ทำนาข้าวบริเวณร่องห้วยเหล็ก อย่างน้อย 3 ราย มีอาการป่วยปรากฏเด่นชัด กล้ามเนื้ออ่อนแรง ชาลิบผิตปกติ หมดแรง ประสาทสั่งงานผิตปกติ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลักษณ์ ชาญกุล (2551) ได้ทำการศึกษาโลหะหนักทั้งหมดที่มีอยู่ในหินทิ้ง (waste rocks) เหมืองทองอัครา จังหวัดพิจิตร โดยทำการวิเคราะห์การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP, SW-846 method 1312) ที่ pH 2, 4 และ 6.5 โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อการเกษตรและมาตรฐานน้ำทิ้ง

อุตสาหกรรม พบโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู เงิน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และ สังกะสี โดย

1. แมงกานีส ตะกั่ว และทองแดง สามารถชะละลายออกมาได้ทุก pH และมีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้ง 2 มาตรฐาน
2. สังกะสี และนิกเกิล สามารถชะละลายออกมาได้ทุก pH และมีค่าเกินมาตรฐานน้ำผิวดินเพื่อการเกษตร
3. สารหนู และเงิน สามารถชะละลายออกมาได้ทุก pH และมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานทั้ง 2 มาตรฐาน
4. แคดเมียม และโครเมียม สามารถชะละลายออกมาได้ที่ pH 2 และ 4 โดยที่แคดเมียมมีค่าเกินมาตรฐานน้ำผิวดินเพื่อการเกษตร ส่วนโครเมียมมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน
5. โคบอลต์ สามารถชะละลายออกมาได้ที่ pH 2 เท่านั้น และมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

ศตวรรษ ไกรศรี (2543) ได้ทำการศึกษาปริมาณธาตุต่างๆ ในดินตัวอย่างจากเหมืองทองทองคำ บริเวณรอยต่อระหว่างตำบลเขาเจ็ดยอด อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และตำบลห้วยบง วังโปรง จังหวัดเพชรบูรณ์ (เหมืองทองอัครา) ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชัน แบบไม่ทำลายสารตัวอย่าง โดยใช้ Cf-252 และเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอน พบว่า

1. การใช้ Cf-252 สามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุทองคำในดินตัวอย่าง โดยใช้วิธีเต็มสารมาตรฐานพบว่าทองค้ำอยู่ในช่วง 0.15-0.53 ppm
2. เมื่อใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู แล้ววัดค่าความแรงของรังสีแกมมาที่เกิดจากไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Au-198, Sb-122, Fe-59, Sc-46 และ Co-46 เทียบกับดินมาตรฐานพบว่า มีปริมาณธาตุอยู่ในช่วง 0.1189-0.2244 ppm, 2.718-9.082 ppm, 8.447-16.27%, 20.92-30.11 ppm และ 5.23-36.3 ppm ตามลำดับ

วัฒนะชัย เข้ากุล (2550) ได้ทำการเฝ้าระวังคุณภาพในแม่น้ำฮวย จากสถานีเก็บตัวอย่าง 8 สถานี ในเดือนมีนาคม 2550 และเดือนสิงหาคม 2550 โดยทำการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry พบโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง โครเมียม ตะกั่ว นิกเกิล สังกะสี และแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.00-3.8888 มก./ล., 0.00-3.7573 มก./ล., 0.00-91.1692 มก./ล., 0.00-3.6047 มก./ล., 0.00-1.2593 มก./ล., 0.00-1.6142 มก./ล., 0.00-3.3668 มก./ล. และ 0.00-1.0333 มก./ล. ตามลำดับ

สุภารัตน์ ขามธาตุ (2550) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำบาดาล ในชุมชน โดยรอบเหมืองแร่ทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด ได้แก่ บ้านกกสะทอน (คุ้มห้วยเหล็ก) บ้านนาหนองบง (คุ้มน้อย) บ้านนาหนองบง (คุ้มใหญ่) บ้านกกสะทอน และโรงเรียนบ้านเล้า โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2550

1. การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry โดยวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี ทองแดง เหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว และแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.0000-0.1678 มก./ล., 0.0000-0.2727 มก./ล., 0.0000-14.6428 มก./ล., 0.0000-0.3829 มก./ล., 0.0000-15.3684 มก./ล. และ 0.0000-0.0830 มก./ล. ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์พบว่าปริมาณโลหะหนักในน้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีบางพารามิเตอร์ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ เหล็ก 4 จุด ได้แก่ บ้านกกสะทอน (คุ้มห้วยเหล็ก) บ้านนาหนองบง (คุ้มน้อย) บ้านนาหนองบง (คุ้มใหญ่) และบ้านกกสะทอน ตะกั่วมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานทุกจุด และแคดเมียม 2 จุด ในเดือนกันยายน ได้แก่ บ้านกกสะทอน (คุ้มห้วยเหล็ก) และ บ้านนาหนองบง (คุ้มน้อย) สำหรับการหาสัมประสิทธิ์การวิเคราะห์

3. การหาค่า LOD-LOQ ของสังกะสี ทองแดง เหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว และ แคดเมียม มีค่าเท่ากับ 0.0068-0.0152 มก./ล., 0.1222-0.2006 มก./ล., 0.7064-1.0116 มก./ล., 0.5927-0.6506 มก./ล., 0.3748-0.6842 มก./ล. และ 0.6287-0.6994 มก./ล. ตามลำดับ

เนตรนภา ตัญศักดิ์ดา (2551) ได้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำบาดาล บริเวณชุมชน โดยรอบเหมืองแร่ทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด ได้แก่ โรงเรียนบ้านเล้า โรงเรียนแก่งหินกกสะทอน บ้านกกสะทอน วัดศรีสว่างจอมแจ้ง บ้านนาหนองบง (คุ้มใหญ่) บ้านนาหนองบง (คุ้มน้อย) โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551

1. การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry โดยวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแคดเมียม พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0000-1.2491 มก./ล., 0.0000-1.1012 มก./ล., 0.0000-0.9780 มก./ล., 0.0000-0.5985 มก./ล., 0.0000-0.4952 มก./ล. และตรวจไม่พบ ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์พบว่า ทองแดง สังกะสี และแคดเมียมในน้ำบาดาลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่เหล็ก แมงกานีส และตะกั่วในน้ำบาดาล เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำใต้ดินทุกจุด จึงไม่ควรนำน้ำบาดาลมาบริโภค

3. การหาค่าสัมประสิทธิ์การวิเคราะห์ โดยหาค่า LOD-LOQ ของเหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว สังกะสี และแคดเมียม มีค่าเท่ากับ 0.1370-0.2210 มก./ล., 0.0510-0.1280 มก./ล., 0.0820-0.1730 มก./ล., 0.0570-0.1200 มก./ล., 0.077-0.0910 มก./ล. และ 0.3510-1.0510 มก./ล. ตามลำดับ

รัศมี นนที (2553) ได้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน 7 จุด และน้ำบาดาล 6 จุด ในชุมชน 5 ชุมชน ได้แก่ บ้านห้วยผุก บ้านกกสะทอน บ้านนาหนองบง บ้านแก่งหิน และบ้านภูทับฟ้าพัฒนา ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ฤดู คือ ฤดูฝน (มิถุนายน 2552) ฤดูหนาว (ธันวาคม 2552) และฤดูร้อน (มีนาคม 2553)

1. ในน้ำผิวดินวิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry โดยวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และ นิกเกิล พบว่าโลหะหนักในน้ำผิวดินมีค่าอยู่ในช่วง 0.0000-0.2867 มก./ล., 0.0455-1.7727 มก./ล., 0.0603-0.1652 มก./ล., 0.0000-0.0480 มก./ล., 0.0741-0.1111 มก./ล., 0.0000-0.0533 มก./ล. และตรวจไม่พบ ตามลำดับ ซึ่งโครเมียมเกินมาตรฐานทุกจุดและทุกฤดู มีทองแดงเกินมาตรฐาน 5 จุด ได้แก่ แม่น้ำฮวย คุ้มห้วยเหล็ก และฝายน้ำล้นแม่น้ำฮวย บ้านภูทับฟ้าพัฒนา ในฤดูฝน แม่น้ำฮวย บ้านกกสะทอน และแม่น้ำฮวย บ้านห้วยผุก ในฤดูหนาวและฤดูร้อน ส่วนลำห้วยเหล็ก บริเวณทุ่งนาเหนือเหมืองทองคำ ทองแดงเกินมาตรฐานทั้ง 3 ฤดู พบแมงกานีสเกินมาตรฐานในฤดูร้อน 2 จุด ได้แก่ ฝายน้ำล้นแม่น้ำฮวย บ้านภูทับฟ้าพัฒนาและลำห้วยผุกหน้าเหมืองทองคำ พบตะกั่วเกินมาตรฐานที่แม่น้ำฮวย บ้านห้วยผุก ในฤดูร้อน

2. น้ำบาดาลได้วิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry โดยวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคดเมียม และ ตะกั่ว พบว่าโลหะหนักในน้ำผิวดินมีค่าอยู่ในช่วง 0.6667-5.7778 มก./ล., 0.3737-1.1414 มก./ล., 0.1259-0.8741 มก./ล., 0.0272-0.2449 มก./ล., 0.0000-0.0258 มก./ล. และ ตรวจไม่พบ ตามลำดับ ซึ่งเหล็กเกินมาตรฐานทุกจุดและทุกฤดู แมงกานีสเกินมาตรฐานทุกจุดในฤดูฝนและฤดูหนาว นอกจากนี้พบแคดเมียมเกินมาตรฐาน 3 จุด ได้แก่ บ้านแก่งหิน ในฤดูร้อน บ้านนาหนองบง (คุ้มใหญ่) และบ้านนาหนองบง (คุ้มน้อย) ในฤดูฝน

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555) ได้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน 30 จุด ใน 3 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำห้วยเหล็ก ลุ่มน้ำห้วยผุก และลุ่มน้ำฮวย บริเวณเหมืองทองคำและรอบเหมืองทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย โดยเก็บตัวอย่าง 2 ฤดู คือ ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2555) และฤดูฝน (พฤษภาคม 2555) วิเคราะห์โลหะหนักได้แก่ สารหนู ตะกั่ว

แมงกานีส โปรท แคดเมียม และทองแดง พบว่าสารหนูเกินมาตรฐาน 6 จุด ได้แก่ ในเหมืองบริเวณ Tailings storage facility จุดที่ 2 ในเหมืองบริเวณ Sulphide dump ในฤดูแล้ง และ ห้วยน้ำขนาด เล็กอยู่ทางทิศใต้ของเหมือง ต้นน้ำของห้วยน้ำฮวยที่อยู่ติดเหมืองทางทิศเหนือ ในฤดูฝน ส่วนในเหมือง บริเวณ Tailings storage facility จุดที่ 1 เกินมาตรฐานทั้ง 2 ฤดู ส่วนแมงกานีสเกินมาตรฐาน 9 จุด ได้แก่ ต้นน้ำห้วยน้ำฮวยที่ไหลมาจากทิศตะวันตก, ห้วยน้ำฮวยสายหลักอยู่ทางตอนใต้ของเหมือง, บริเวณห้วยน้ำฮวยสายหลักที่ไหลผ่านเหมือง, กลางของห้วยน้ำฮวยสายหลัก ไหลจากทางฝั่งตะวันตก ไปออก, ปลายลำน้ำสาขาของห้วยน้ำฮวยสาขาย่อยที่ไหลผ่านเหมืองอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของ เหมือง ในฤดูแล้ง และจุดเก็บน้ำผิวดินในเหมืองบริเวณ Transition dump ในฤดูฝน ส่วนจุดเก็บน้ำ ผิวดินในเหมืองบริเวณ Sulphide dump, บริเวณห้วยน้ำฮวยสาขาย่อยที่อยู่ทางทิศตะวันออกของ เหมือง, ต้นน้ำของห้วยน้ำฮวยสายหลักไหลจากทิศตะวันออก เกินมาตรฐานทั้ง 2 ฤดู นอกจากนี้พบ ทองแดงเกินมาตรฐาน 2 จุด ได้แก่ จุดเก็บน้ำผิวดินในเหมืองบริเวณ Transition dump ในฤดูฝน ส่วนในเหมืองบริเวณ Tailings storage facility จุดที่ 1 เกินมาตรฐานทั้ง 2 ฤดู

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555) ได้ทำการประเมินการชะละลายของโลหะหนักจากหิน ทิ้งในบริเวณเหมืองทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ด้วยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) โดยวิเคราะห์โลหะหนักสำคัญ ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว โครเมียม โปรท แคดเมียม นิกเกิล ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส เปรียบเทียบกับมาตรฐาน คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แมงกานีส ทองแดง และสารหนู เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน โดยเฉพาะสารหนูและทองแดงเกิน มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมในหินบางชนิดด้วย

Pelo et al. (2009) ได้ทำการศึกษาการชะละลายโลหะมีพิษจากหินและของเสียในเหมือง ณ เหมืองทอง Furtei ใน Sardinia ประเทศอิตาลี พบว่าในหินที่มีแร่ทองและหินที่มีปริมาณซัลไฟด์ มาก ส่วนใหญ่มาจาก pyrite และ enargite ซึ่งมีความสามารถในการทำให้น้ำเหมืองมีสถานะเป็น กรดและชะละลายโลหะมีพิษคือ Cu, As, Ni, Co, Cr และ Cd

Kocourková et al. (2011) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของสารหนูที่ถูกชะละลายออกมา จากหินที่มีปริมาณซัลไฟด์สูงประมาณ 10-20% โดยน้ำหนัก และมีปริมาณคาร์บอนต่ำประมาณ 1-2% โดยน้ำหนัก ใน Dlouhá Ves สาธารณรัฐเช็ก โดยวิธีชะละลายด้วยน้ำกลั่นพบว่า jarosite และ arsenopyrite ถูกชะละลายทำให้มีสารหนูออกมามากที่สุดคือ มากกว่า 0.56 ppm ในขณะที่ beudantite และ scorodite ชะละลายสารหนูออกมาน้อยที่สุด นอกจากนี้ใน Melanterite ยังชะ ละลายทองแดงและสังกะสีออกมาด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งเหมืองทองคำที่บัพน้ำ เป็นการศึกษาวิจัยแบบงานทดลอง (Experimental research) ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการศึกษาดังนี้

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ทำการศึกษาค้นคว้า บริเวณพื้นที่เหมืองแร่ทองคำที่บัพน้ำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย โดยเก็บตัวอย่างจากกองหินทิ้งจำนวน 3 กอง คือ กองหินทิ้งออกไซด์, กองหินทิ้งทรานซิซัน และกองหินทิ้งซัลไฟด์

3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.2.1 การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างหินทิ้ง

3.2.1.1 การเก็บตัวอย่างหินทิ้ง

หินทิ้งจากการทำเหมืองในพื้นที่แหล่งแร่ทองคำที่บัพน้ำ ได้จากหินที่ถูกระเบิดบริเวณหน้าเหมืองและคัดสินแร่ออกไปแล้ว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามระดับความลึกของชั้นบ่อเหมือง ได้แก่ หินที่เกิดในชั้นของออกไซด์, ทรานซิซัน และซัลไฟด์ ซึ่งแต่ละส่วนจะถูกเก็บกองแยกไว้ ได้แก่ กองหินทิ้งออกไซด์, กองหินทิ้งทรานซิซัน และกองหินทิ้งซัลไฟด์

นักธรณีวิทยาได้เก็บตัวอย่างหินทิ้งจากกองหินทิ้งทั้ง 3 กอง โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างตามชนิดของหินที่มีอยู่ในแต่ละกองเพื่อให้ครอบคลุมตัวอย่างหินทุกชนิด รวมตัวอย่างจาก 3 กองได้หินทิ้งจำนวน 45 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3-1 โดยเก็บตัวอย่างละประมาณ 1-1.5 กิโลกรัม ใส่ในถุงพลาสติกซิปล็อค และเขียนรหัสไว้ข้างถุงเพื่อนำกลับมาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

ตารางที่ 3-1 แสดงชนิดและรหัสตัวอย่างของหินทิ้งที่เก็บมาจากกองหินทิ้ง

กองหินทิ้ง	รหัสตัวอย่าง	ชนิดของหินทิ้ง
กองออกไซด์	OX-1 ถึง OX-3	หินปูน (Limestone)
	OX-4	หินอ่อน (Marble)
	OX-5 และ OX-6	หินแอนดีไซต์ (Andesite)
	OX-7	หินเดไซต์ (Dacite)
	OX-8 ถึง OX-10	หินทรายแป้ง (Siltstone)
	OX-11 และ OX-12	หินทราย (Sandstone)
	OX-13 และ OX-14	หินโคลน (Mudstone)
	OX-15 ถึง OX-17	หินกอสแซน (Gossan)
กองทรานซิชัน	TR-1 และ TR-2	หินปูน (Limestone)
	TR-3 และ TR-4	หินอ่อน (Marble)
	TR-5 และ TR-6	หินเดไซต์ (Dacite)
	TR-7 ถึง TR-12	หินทรายแป้ง (Siltstone)
	TR-13 และ TR-14	หินโคลน (Mudstone)
	TR-15 และ TR-16	หินสการ์น (Skarn)
	TR-17 และ TR-18	หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (Massive Sulphide)
	TR-19	หินกอสแซน(Gossan)
กองซัลไฟต์	SU-1	หินอ่อน (Marble)
	SU-2 และ SU-3	หินทรายแป้ง (Siltstone)
	SU-4 ถึง SU-6	หินสการ์น (Skarn)
	SU-7 ถึง SU-9	หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (Massive Sulphide)

3.2.1.2 การเตรียมตัวอย่างหินทิ้ง

ก่อนที่จะนำตัวอย่างจากภาคสนามมาทำการทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการนั้นจำเป็นต้องให้ตัวอย่างทุกตัว อยู่ในสภาวะที่เหมือนกันเพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ขนาดอนุภาคและความชื้น เป็นต้น โดยรายละเอียดการเตรียมหินทิ้งทั้ง 45 ตัว มีดังนี้

1. ตัวอย่างหินทิ้งทั้งหมดที่เก็บมาจะผ่านการอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. นำตัวอย่างที่แห้งแล้วมาย่อยด้วยเครื่องย่อยจอร์ชเชอร์ (Jaw Crusher) เพื่อย่อยตัวอย่างให้มีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 3-1



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-1 (ก) เครื่องย่อยจอร์ชเชอร์ (Jaw Crusher) และ (ข) ตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยจอร์ชเชอร์

3. นำตัวอย่างไปบดต่อด้วยเครื่องย่อยดิสก์มิลล์ (Disc Mill) ยี่ห้อ Siebtechnik รุ่น TS 250 เพื่อบดตัวอย่างให้เป็นผงละเอียดขนาด 60 ไมโครเมตร ดังรูปที่ 3-2



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-2 (ก) เครื่องย่อยดิสก์มิลล์ (Disc Mill) และ (ข) ตัวอย่างที่ได้จากการบดละเอียดด้วยดิสก์มิลล์

4. เก็บตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกแบบซีปล็อค และใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรอการทดสอบการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้ง

3.2.2 การศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในหินทิ้งจากเหมืองแร่ทองคำในน้ำสกัดด้วยวิธี SW-846 EPA Method 1312 (Synthetic Precipitation Leaching Procedure; SPLP)

3.2.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. กรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก
2. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 95-97 โดยน้ำหนัก
3. น้ำกลั่น

3.2.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ขวดยาพลาสติก
2. เครื่องชั่ง (Analytical balance)
3. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Incl. sentix รุ่น pH 3210 SET4
4. เครื่องเขย่า (Shakers) ยี่ห้อ GFL รุ่น 3020
5. เครื่องดูดควัน (Hood)
6. กรวยกรอง (Funnel)
7. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 40 (Fiber filter)
8. ปีกเกอร์ (Beaker)
9. หลอดหยด (Dropper)
10. ปิเปตต์ (Pipette)
11. เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 7500 series

3.2.2.3 วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำสกัด โดยผสมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กับกรดไนตริก (HNO_3) ในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 โดยน้ำหนัก แล้วปรับพีเอชด้วยน้ำกลั่นจนค่าพีเอชของส่วนผสมมีค่าคงที่เท่ากับ 2
2. ชั่งตัวอย่างหินทิ้งที่ผ่านการบดแล้วหนัก 1 กรัมและเติมน้ำสกัดเตรียมได้จาก ข้อ 1 จำนวน 20 มิลลิลิตร
3. เขย่าด้วยเครื่องหมุนที่มีอัตราการหมุน 30 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 18 ชั่วโมง
4. กรองสารละลายจากข้อ 3 ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40
5. ทำซ้ำข้อ 1 ถึง 4 โดยปรับให้น้ำสกัดมีพีเอชเท่ากับ 4
6. ทำซ้ำข้อ 1 ถึง 4 อีกครั้งโดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำสกัด
7. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 4, 5 และ 6 ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก ดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลโดยเปรียบเทียบผลการชะละลายความเข้มข้นของโลหะหนักกับค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม และประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และ มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของโลหะหนักต่างๆ

โลหะหนัก	น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (มก./ล.)	น้ำผิวดิน (มก./ล.)
1. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0	ไม่เกิน 1.0
2. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr^{+6})	ไม่เกิน 0.25	ไม่เกิน 0.05
3. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0	ไม่เกิน 0.1
4. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03	ไม่เกิน 0.005
5. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2	ไม่เกิน 0.05
6. นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 0.1
7. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0	ไม่เกิน 1.0
8. อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25	ไม่เกิน 0.01
9.ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005	ไม่เกิน 0.002

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2555)



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในหินทิ้งเหมืองแร่ทองกุ่มบ่ฟ้า ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ซึ่งมีกองหินทิ้งทั้งหมด 3 กอง ได้แก่ กองออกไซด์ กองทรานซิชัน และกองซัลไฟด์ โดยวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักคือ สังกะสี (Zn) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) นิกเกิล (Ni) แมงกานีส (Mn) สารหนู (As) และปรอท (Hg) โดยการชะละลายด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ที่พีเอช 2, 4 และ 6 ผลการศึกษาของหินทิ้ง 3 กองมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษา

4.1.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักของหินทิ้งในกองออกไซด์

หินทิ้งที่พบในกองออกไซด์ ได้แก่ หินปูน (limestone) หินอ่อน (marble) หินแอนดีไซต์ (andesite) หินเดไซต์ (dacite) หินทรายแป้ง (siltstone) หินทราย (sandstone) หินโคลน (mudstone) และหินกอสแซน (gossan) ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ชะละลายออกมาจากหินทิ้งในกองออกไซด์แสดงดังตารางที่ 4-1 – 4-3 และผลการวิเคราะห์หินทิ้งทุกตัวอย่าง (ภาคผนวก ข) และการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) มีรายละเอียดดังนี้

โครเมียม (Cr)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโครเมียมที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0013 - 0.1615 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0007 - 0.1220 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0012 - 0.0819 มก./ล. โดยทุกพีเอชมีความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดที่หินเดไซต์ รองลงมาคือหินทรายและหินโคลน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ก

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโครเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของโครเมียมเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.05 มก./ล.) มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ หินเดไซต์ในทุกพีเอช หินทรายอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 และหินโคลนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 (การพิจารณานัยสำคัญพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานครอบคลุมในมาตรฐานถือว่าไม่มีนัยสำคัญ หากไม่ครอบคลุมถือว่ามีความสำคัญ) และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะโครเมียมออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้ง ที่พีเอช 2 และ 4 หินโคลนที่พีเอช 4 ดังรูปที่ 4-1ก

แมงกานีส (Mn)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของแมงกานีสที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1857 - 12.61 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2066 - 9.2370 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0692 - 5.4080 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดในหินกอสแซนรองลงมาคือ หินแอนดิไซต์และหินโคลนตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดในหินแอนดิไซต์ รองลงมาคือ หินโคลนและหินกอสแซน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ข

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแมงกานีส พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 1.0 มก./ล.) มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หินแอนดิไซต์อย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินโคลนอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินเดไซต์ในทุกพีเอช และหินกอสแซนอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะแมงกานีสออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินปูนและหินทรายแบ่งที่พีเอช 2 และ 4 ส่วนหินทั้งที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ค่ามาตรฐาน ≤ 5.0 มก./ล.) มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินแอนดิไซต์อย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 ส่วนหินกอสแซนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะแมงกานีสออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินแอนดิไซต์ที่พีเอช 6 ดังรูปที่ 4-1ข

นิกเกิล (Ni)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของนิกเกิลที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0095 - 0.1950 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0058 - 0.1071 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0043 - 0.0578 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของนิกเกิลสูงสุดในหินโคลนรองลงมาคือหินกอสแซนและหินเดไซต์ ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของนิกเกิลสูงสุดในหินโคลน รองลงมาคือหินเดไซต์ และหินกอสแซน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ค

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของนิกเกิล พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของนิกเกิลเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.1 มก./ล.) มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินโคลนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ หินกอสแซนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะนิกเกิลออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินโคลนที่พีเอช 4 ดังรูปที่ 4-1ค

ทองแดง (Cu)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของทองแดงที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 2.2430 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 1.0110 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.5662 มก./ล. โดยทุกพีเอชมีความเข้มข้นของทองแดงสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายและหินทรายแบ่งตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ง

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของทองแดง พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของทองแดงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.1 มก./ล.) มีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ หินทรายอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินกอสแซนอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินทรายแป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 หินเดโซต์ที่พีเอช 2 และหินโคลนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 แต่จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะทองแดงออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งที่พีเอช 6 และมีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะทองแดงออกมาเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ค่ามาตรฐาน ≤ 2.0 มก./ล.) เช่น หินกอสแซนที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-1ง

สังกะสี (Zn)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0027 - 0.6551 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0014 - 0.8331 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0016 - 0.6877 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 และ 4 มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินเดโซต์ และ หินแอนดิไซต์ ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินแอนดิไซต์และหินเดโซต์ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1จ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ไม่มีหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 1.0 มก./ล.) แสดงดังรูปที่ 4-1ฉ

สารหนู (As)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0018 - 0.2594 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0004 - 0.1545 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0015 - 0.0777 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของสารหนูสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินโคลน และหินทรายแป้ง ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของสารหนูสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินโคลน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ฉ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนู พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของสารหนูเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.01 มก./ล.) มีจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ หินแอนดิไซต์อย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินทรายแป้งอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 ไม่มีนัยสำคัญ หินทรายอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินโคลนอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินกอสแซนอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินอ่อนที่พีเอช 2 และหินเดโซต์ที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-1ฉ

แคดเมียม (Cd)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคดเมียมที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0012 - 0.0019 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0012 - 0.0014 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0001 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดเท่ากันในหินแอนดิไซต์ หินเดโซต์

และหินกอสแซน รองลงมาคือหินทรายและหินโคลนตามลำดับ ที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดเท่ากันในหินแอนดิไซต์และหินเดไซต์ รองลงมาคือหินกอสแซน ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินแอนดิไซต์ส่วนหินชนิดอื่นๆ มีค่าต่ำกว่าค่าจำกัดการวิเคราะห์ (Non Detect) แสดงดังรูปที่ 4-1ซ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ไม่มีหินทั้งที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.005 มก./ล.) แสดงดังรูปที่ 4-1ซ

ปรอท (Hg)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของปรอทที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0003 - 0.0029 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0005 - 0.0030 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0003 - 0.0025 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของปรอทสูงสุดในหินเดไซต์ รองลงมาคือ หินทรายและหินแอนดิไซต์ ตามลำดับ ที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของปรอทสูงสุดในหินทรายรองลงมาคือหินเดไซต์ และหินแอนดิไซต์ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากัน ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของปรอทสูงสุดในหินทรายรองลงมาคือหินเดไซต์ และหินแอนดิไซต์ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ซ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอท พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของปรอทเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.002 มก./ล.) มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินทรายอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 ส่วนที่พีเอช 6 ไม่มีนัยสำคัญหินเดไซต์ที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสจะปรอทออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินแอนดิไซต์ในทุกพีเอช หินโคลนและหินปูนที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-1ซ

ตะกั่ว (Pb)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่ว ที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0024 - 0.0964 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0788 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0011 - 0.0703 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 และ 4 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินเดไซต์ รองลงมาคือ หินแอนดิไซต์และหินโคลน ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินเดไซต์ รองลงมาคือ หินแอนดิไซต์และหินทรายแปง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-1ณ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่ว พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.05 มก./ล.) มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินเดไซต์ในทุกพีเอช และหินแอนดิไซต์อย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสจะตะกั่วออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินแอนดิไซต์ที่พีเอช 4 หินทรายแปงที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-1ณ

ตารางที่ 4-1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีเอช 2

ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินแอนดีไซต์ (andesite)	0.0185 ± 0.0221	6.1115 ± 5.4963	0.0241 ± 0.0025	0.0556 ± 0.0749	0.1621 ± 0.0012	0.0308 ± 0.0234	0.0017 ± 0.0002	0.0019 ± 0.0014	0.0660 ± 0.0237	
หินเดไซต์ (Dacite)	0.1615	2.1710	0.0735	0.1265	0.1796	0.0126	0.0017	0.0025	0.0964	
หินปูน (limestone)	0.0014 ± 0.0001	0.6194 ± 0.7238	0.0106 ± 0.0010	ND	0.0040 ± 0.0011	0.0021 ± 0.0003	0.0013 ± 0.0001	0.0013 ± 0.0007	0.0062 ± 0.0037	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0361 ± 0.0374	0.8495 ± 0.2998	0.0413 ± 0.0253	0.1215 ± 0.1253	0.0579 ± 0.0284	0.0815 ± 0.0514	0.0013 ± 0.0001	0.0011 ± 0.0009	0.0322 ± 0.0268	
หินทราย (sandstone)	0.0642 ± 0.0177	0.4127 ± 0.1903	0.0560 ± 0.0012	0.2152 ± 0.1666	0.0629 ± 0.0121	0.0694 ± 0.0648	0.0015 ± 0.0002	0.0023 ± 0.0001	0.0307 ± 0.0104	
หินโคลน (mudstone)	0.0546 ± 0.0321	4.5775 ± 0.1591	0.1222 ± 0.1020	0.1106 ± 0.0968	0.1348 ± 0.0906	0.1004 ± 0.0239	0.0014 ± 0.0000	0.0016 ± 0.0007	0.0404 ± 0.0062	
หินอ่อน (marble)	0.0013	0.3834	0.0139	ND	0.0036	0.0137	0.0013	0.0011	0.0058	
หินกอสแซน (gossan)	0.0173 ± 0.0071	9.5037 ± 4.6881	0.1096 ± 0.0795	1.7747 ± 0.4448	0.4590 ± 0.1861	0.1885 ± 0.0615	0.0017 ± 0.0002	0.0008 ± 0.0005	0.0225 ± 0.0074	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

ตารางที่ 4-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีไอเอช 4

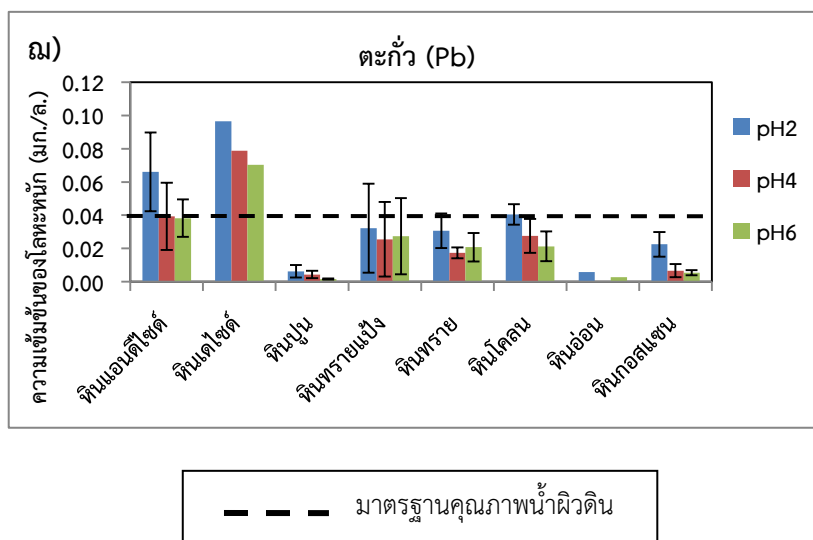
ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทิ้ง (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินแอนดีไซต์ (andesite)	0.0137 ± 0.0169	5.5085 ± 5.2729	0.0094 ± 0.0051	0.0475 ± 0.0657	0.1253 ± 0.0057	0.0273 ± 0.0143	0.0014 ± 0.0001	0.0018 ± 0.0016	0.0394 ± 0.0202	
หินไดไซต์ (dacite)	0.1220	1.7100	0.0556	0.0961	0.1319	0.0078	0.0014	0.0018	0.0788	
หินปูน (limestone)	0.0008 ± 0.0000	0.7597 ± 0.8275	0.0119 ± 0.0015	ND	0.0054 ± 0.0007	0.0005 ± 0.0002	0.0012 ± 0.0000	0.0012 ± 0.0004	0.0043 ± 0.0022	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0329 ± 0.0287	0.9114 ± 0.5019	0.0358 ± 0.0276	0.1303 ± 0.1130	0.0391 ± 0.0388	0.0759 ± 0.0769	0.0012 ± 0.0000	0.0010 ± 0.0005	0.0255 ± 0.0224	
หินทราย (sandstone)	0.0538 ± 0.0351	0.3779 ± 0.2411	0.0226 ± 0.0053	0.2573 ± 0.1461	0.0474 ± 0.0142	0.0161 ± 0.0014	0.0012 ± 0.0000	0.0025 ± 0.0001	0.0174 ± 0.0033	
หินโคลน (mudstone)	0.0400 ± 0.0237	3.6780 ± 0.5063	0.0749 ± 0.0455	0.0450 ± 0.0130	0.1050 ± 0.0826	0.0707 ± 0.0112	0.0012 ± 0.0000	0.0010 ± 0.0000	0.0276 ± 0.0102	
หินอ่อน (marble)	0.0007	0.3433	0.0120	ND	0.0014	0.0027	0.0012	0.0014	ND	
หินกอสแซน (gossan)	0.0085 ± 0.0074	2.7240 ± 1.0457	0.0426 ± 0.0308	0.7761 ± 0.2225	0.4289 ± 0.3500	0.0972 ± 0.0182	0.0013 ± 0.0000	0.0006 ± 0.0000	0.0067 ± 0.0039	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

ตารางที่ 4-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองออกไซต์ที่พีเอช 6

ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินที่ (มก./ล.)										
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb		
หินแอนดีไซต์ (andesite)	0.0080 ± 0.0087	3.1512 ± 3.1917	0.0058 ± 0.0021	0.0256 ± 0.0362	0.0958 ± 0.0200	0.0179 ± 0.0036	0.0001 ± 0.0001	0.0013 ± 0.0013	0.0382 ± 0.0112		
หินเดไซต์ (dacite)	0.0819	1.0620	0.0361	0.0621	0.0894	0.0067	ND	0.0015	0.0703		
หินปูน (limestone)	0.0012 ± 0.0000	0.3731 ± 0.4377	0.0081 ± 0.0009	ND	0.0026 ± 0.0009	0.0016 ± 0.0001	ND	0.0004 ± 0.0002	0.0016 ± 0.0004		
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0192 ± 0.0193	0.4050 ± 0.1260	0.0184 ± 0.0096	0.0725 ± 0.0675	0.0283 ± 0.0165	0.0422 ± 0.0379	ND	0.0007 ± 0.0005	0.0274 ± 0.0228		
หินทราย (sandstone)	0.0279 ± 0.0208	0.1724 ± 0.1460	0.0105 ± 0.0023	0.1249 ± 0.0490	0.0373 ± 0.0057	0.0141 ± 0.0055	ND	0.0020 ± 0.0007	0.0208 ± 0.0086		
หินโคลน (mudstone)	0.0234 ± 0.0146	1.8895 ± 0.0983	0.0404 ± 0.0246	0.0242 ± 0.0080	0.0635 ± 0.0427	0.0396 ± 0.0073	ND	0.0008 ± 0.0001	0.0213 ± 0.0090		
หินอ่อน (marble)	0.0012	0.2013	0.0089	ND	0.0020	0.0031	ND	0.0009	0.0027		
หินกอสแซน (gossan)	0.0060 ± 0.0037	1.3297 ± 0.5286	0.0226 ± 0.0166	0.4228 ± 0.1275	0.4265 ± 0.3261	0.0643 ± 0.0184	ND	0.0003 ± 0.0001	0.0054 ± 0.0016		
มาตรฐานที่จากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2		
มาตรฐานพื้นดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05		

หมายเหตุ: ND = Non Detect



รูปที่ 4-1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะละลายออกมาจากหินทิ้งกอง ออกไซด์ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP (ต่อ)

จากการศึกษาของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555) ที่ได้ทำการประเมินศักยภาพของหินทิ้งในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดโดยการทดลองแบบสถิติ พบว่าหินทิ้งจากกองออกไซด์ที่ส่วนใหญ่มีค่าคาร์บอนเนตค่อนข้างสูงคือ หินแอนติไซด์ หินปูน หินโคลน และหินอ่อน จึงแสดงศักยภาพการเป็น NAF ส่วนหินทรายมีแนวโน้มที่อาจจะก่อให้เกิดกรดได้เนื่องจากหินทรายอาจมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำ แต่ก็มีปริมาณคาร์บอนเนตค่อนข้างต่ำเช่นกัน เมื่อค่าความสามารถในการผลิตกรดกับความสามารถในการสะเทินกรดใกล้เคียงกัน ทำให้ผลในการทดสอบไม่อาจแสดงผลที่เด่นชัดออกมาได้ จึงจัดให้กลุ่มนี้เป็น UC ในขณะที่หินกอสแซนแสดงศักยภาพเป็น PAF อย่างชัดเจน แสดงว่ากองออกไซด์มีหินทิ้งที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดต่ำ โดยสามารถสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่พีเอชต่างๆ และศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ตารางสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินและการจำแนกประเภทการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดของกองออกไซด์

ประเภทของหิน	ชนิดหินทิ้ง	การจำแนกประเภท*	โลหะหนักที่ชะละลายเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน		
			pH2	pH4	pH6
หินอัคนี	หินแอนดีไซต์	NAF	Mn As Pb	Mn As Pb	Mn As Pb
	หินเดไซต์	NAF	Cr Mn Cu As Hg Pb	Cr Mn Pb	Cr Mn Pb
หินตะกอน	หินปูน	NAF	-	-	-
	หินทรายแป้ง	UC, NAF	Cu As	As Cu	As
	หินทราย	UC	Cr Cu As Hg	Cr As Cu Hg	As Cu Hg
	หินโคลน	NAF	Cr Mn Cu As Ni	Mn As	Mn As
หินแปร	หินอ่อน	NAF	As	-	-
สายแร่	หินกอสแซน	UC, PAF	Mn Cu As Ni	Mn As Cu	Mn As Cu

หมายเหตุ: NAF (Non Acid Forming) คือ ไม่มีมีศักยภาพทำให้เกิดกรด

PAF (Potentially Acid Forming) คือ มีศักยภาพทำให้เกิดกรด

UC (Uncertainty) คือ ไม่สามารถจำแนกแน่นอนได้

*การจำแนกประเภทมาจากสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555

ตัวอักษรที่ขีดเส้นใต้ หมายถึง เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

4.1.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักของหินทิ้งในกองทรานซิชัน

หินทิ้งในกองทรานซิชัน ได้แก่ หินปูน (limestone) หินอ่อน (marble) หินเดไซต์ (dacite) หินทรายแป้ง (siltstone) หินโคลน (mudstone) หินสการ์น (skarn) หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide) และหินกอสแซน (gossan) ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ชะละลายออกมาจากหินทิ้งในกองทรานซิชันแสดงดังตารางที่ 4-5 - 4-7 และผลการวิเคราะห์หินทิ้งทุกตัวอย่าง (ภาคผนวก ข) และการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) มีรายละเอียดดังนี้

โครเมียม (Cr)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโครเมียมที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0013 - 0.0856 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0006 - 0.0548 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0011 - 0.0373 มก./ล. โดยที่ทุกพีเอชมีความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดในหินเดไซต์ รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินโคลน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ก

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโครเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของโครเมียมเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.05 มก./ล.) มีจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ หินเดโชต์อย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะโครเมียมออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ก

แมงกานีส (Mn)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของแมงกานีสที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3794 - 13.15 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1637 - 6.4500 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0964 - 4.6060 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินปูน และหินกอสแซน ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินกอสแซนและหินปูน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ข

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแมงกานีส พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 1.0 มก./ล.) มีจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ หินปูนอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 ไม่มีนัยสำคัญ หินโคลนอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 ไม่มีนัยสำคัญ หินสการ์นอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 ไม่มีนัยสำคัญ หินกอสแซนในทุกพีเอช หินเดโชต์อย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 หินทรายแป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 ส่วนหินอ่อนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมมีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินปูนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และหินสการ์นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะแมงกานีสออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินซัลไฟด์เนื้อแน่นที่พีเอช 2 ส่วนหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ค่ามาตรฐาน ≤ 5.0 มก./ล.) มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินปูนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และหินสการ์นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะแมงกานีสออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งที่พีเอช 2 หินสการ์นที่พีเอช 4 ดังรูปที่ 4-2ข

นิกเกิล (Ni)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของนิกเกิลที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1897 - 0.0073 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0024 - 0.0782 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0027 - 0.0656 มก./ล. โดยทุกพีเอชมีความเข้มข้นของนิกเกิลสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ค

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของนิกเกิล พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของนิกเกิลเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.1 มก./ล.) มีจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ หินกอสแซนที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะนิกเกิลออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งและหินซัลไฟด์เนื้อแน่นที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ค

ทองแดง (Cu)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของทองแดงที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 3.4760 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 1.5240 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 1.3410 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของทองแดงสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของทองแดงสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินสการ์น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ง

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของทองแดง พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของทองแดงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.1 มก./ล.) มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หินทรายแป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช หินกอสแซนในทุกพีเอช หินสการ์นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และหินซัลไฟด์เนื้อแน่น อย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะทองแดงออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินปูนที่พีเอช 2 ส่วนหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของทองแดงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ค่ามาตรฐาน ≤ 2.0 มก./ล.) มีจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ หินกอสแซนที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ข

สังกะสี (Zn)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0025 - 0.9390 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0017 - 0.9545 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0003 - 0.9141 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 และ 6 มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินเดไซด์ ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2จ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ไม่มีหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 1.0 มก./ล.) แสดงดังรูปที่ 4-2ค

สารหนู (As)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0018 - 0.1824 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0004 - 0.1696 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0014 -

0.1668 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของสารหนูสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินโคลน และ หินทรายแป้ง ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของสารหนูสูงสุดในหินโคลน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินสการ์น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ฉ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนู พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของสารหนูเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.01 มก./ล.) มีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ หินทรายแป้งอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 ไม่มีนัยสำคัญ หินโคลนอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 ไม่มีนัยสำคัญ หินสการ์นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 หินซิลไฟด์เนื้อแน่นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และหินกอสแซนที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ฉ

แคดเมียม (Cd)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคดเมียมที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0012 - 0.0096 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0012 - 0.0039 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0018 มก./ล. โดยที่ พีเอช 2 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินเตโชต์ ตามลำดับ ที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซิลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินกอสแซน รองลงมาคือ หินทรายแป้งส่วนหินชนิดอื่นๆ มีค่าต่ำกว่าค่าจำกัดการวิเคราะห์ (Non Detect) แสดงดังรูปที่ 4-2ช

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.005 มก./ล.) มีจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ หินกอสแซนที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสจะแคดเมียมออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ช

ปรอท (Hg)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของปรอทที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002 - 0.0032 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0005 - 0.0018 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002 - 0.0019 มก./ล. โดยทุกพีเอชมีความเข้มข้นของปรอทสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินเตโชต์ และหินปูน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ช

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอท พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ไม่มีหินทั้งที่มีความเข้มข้นของปรอทเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.002 มก./ล.) แต่จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสจะปรอทออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ช

ตะกั่ว (Pb)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0028 - 0.2132 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0914 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0007 - 0.0903 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินโคลนรองลงมาคือ หินทรายแป้งและ หินเด็ชต์ ตามลำดับ ที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินเด็ชต์ รองลงมาคือ หินทรายแป้ง และหินสการ์น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินเด็ชต์ รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-2ณ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่ว พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมา คือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของตะกั่วเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่า มาตรฐาน ≤ 0.05 มก./ล.) มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หินเด็ชต์อย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 หินทราย แป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 หินโคลนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และหินซัลไฟด์เนื้อแน่นอย่าง ไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะตะกั่ว ออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินสการ์นที่พีเอช 2 หินเด็ชต์และหินทรายแป้งที่พีเอช 4 และ 6 และมี หินบางชนิดที่มีโอกาสชะตะกั่วออกมาเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม อุตสาหกรรม (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.2 มก./ล.) เช่น หินโคลนที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-2ณ

ตารางที่ 4-5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชันที่ฟิเอช 2

ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินเดไซด์ (Dacite)	0.0790 ± 0.0094	2.0085 ± 0.5706	0.0375 ± 0.0031	0.0832 ± 0.0003	0.0912 ± 0.0025	0.0078 ± 0.0004	0.0015 ± 0.0000	0.0013 ± 0.0003	0.0729 ± 0.0234	
หินปูน (limestone)	0.0015 ± 0.0003	5.4080 ± 0.7000	0.0144 ± 0.0038	0.0687 ± 0.0972	0.0158 ± 0.0188	0.0021 ± 0.0005	0.0015 ± 0.0003	0.0008 ± 0.0005	0.0046 ± 0.0027	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0337 ± 0.0196	2.8635 ± 3.3940	0.0900 ± 0.0625	0.2962 ± 0.2652	0.2489 ± 0.2352	0.1034 ± 0.0613	0.0032 ± 0.0032	0.0015 ± 0.0010	0.0950 ± 0.0599	
หินโคลน (mudstone)	0.0290 ± 0.0005	3.1315 ± 0.3840	0.0493 ± 0.0182	0.0901 ± 0.0124	0.0293 ± 0.0068	0.1103 ± 0.0875	0.0015 ± 0.0000	0.0006 ± 0.0002	0.1210 ± 0.1106	
หินอ่อน (marble)	0.0013 ± 0.0000	1.4060 ± 0.0099	0.0148 ± 0.0009	ND	0.0047 ± 0.0002	0.0042 ± 0.0014	0.0012 ± 0.0000	0.0008 ± 0.0006	0.0040 ± 0.0011	
หินสการ์น (skarn)	0.0046 ± 0.0039	8.5260 ± 6.5393	0.0101 ± 0.0039	0.1317 ± 0.0439	0.0130 ± 0.0014	0.0193 ± 0.0175	0.0013 ± 0.0001	0.0007 ± 0.0005	0.0437 ± 0.0395	
หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide)	0.0038 ± 0.0006	0.8609 ± 0.2887	0.0586 ± 0.0611	0.1602 ± 0.1522	0.0440 ± 0.0183	0.0139 ± 0.0166	0.0015 ± 0.0001	0.0004 ± 0.0002	0.0647 ± 0.0249	
หินกอสแซน (gossan)	0.0105	4.1370	0.1596	3.4760	0.9390	0.1129	0.0054	0.0004	0.0325	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

ตารางที่ 4-6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองพารานไซต์ที่พีเอช 4

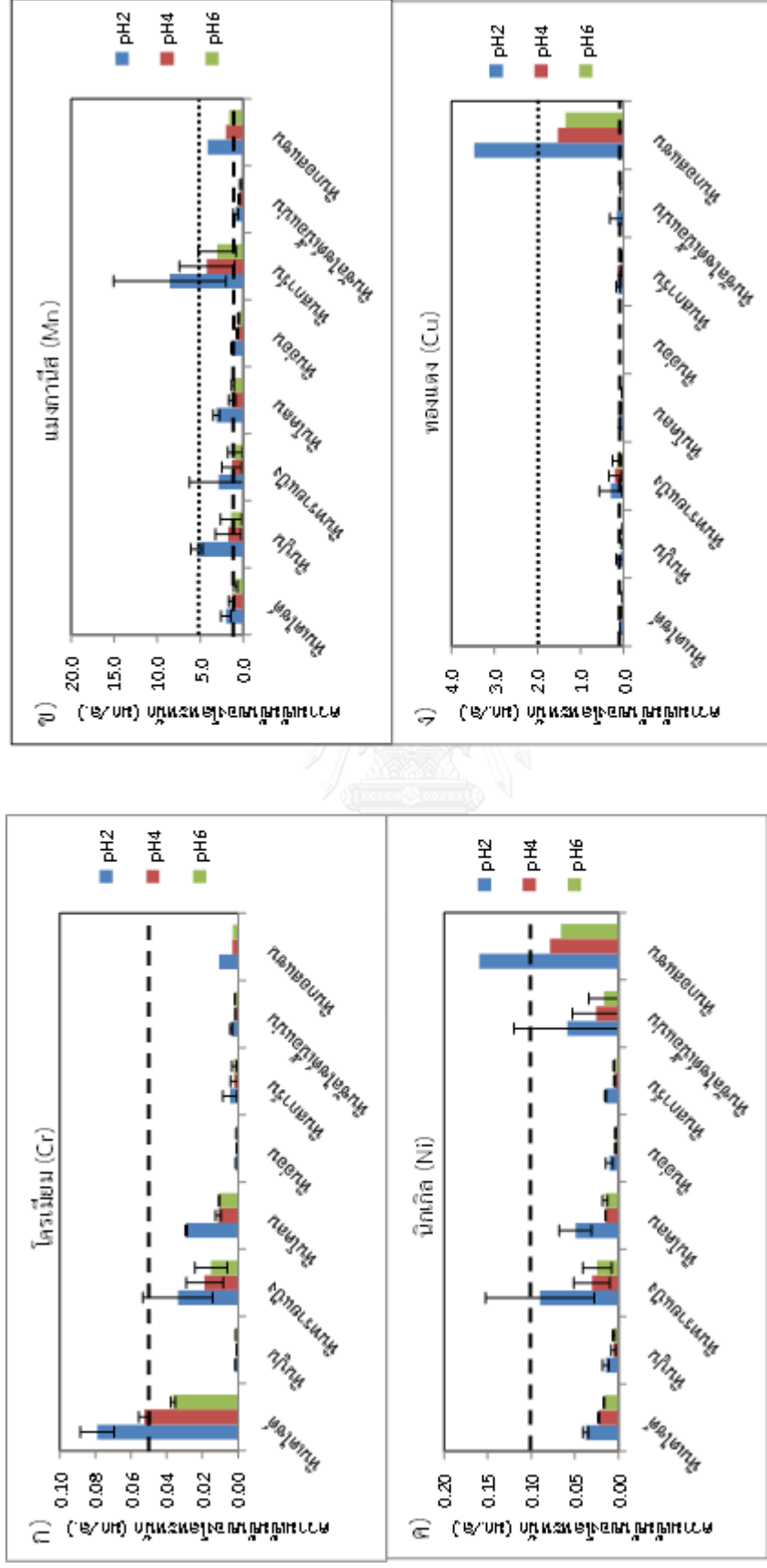
ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินไดไซต์ (Dacite)	0.0526 ± 0.0030	1.3385 ± 0.3302	0.0225 ± 0.0006	0.0544 ± 0.0046	0.0654 ± 0.0151	0.0050 ± 0.0002	0.0013 ± 0.0000	0.0011 ± 0.0000	0.0453 ± 0.0276	
หินปูน (limestone)	0.0007 ± 0.0002	1.7444 ± 1.4914	0.0055 ± 0.0027	0.0234 ± 0.0331	0.0073 ± 0.0078	0.0006 ± 0.0003	0.0012 ± 0.0001	0.0008 ± 0.0004	0.0029 ± 0.0014	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0187 ± 0.0103	1.3514 ± 1.1445	0.0303 ± 0.0207	0.1968 ± 0.1412	0.1976 ± 0.2188	0.0505 ± 0.0515	0.0019 ± 0.0010	0.0013 ± 0.0004	0.0451 ± 0.0359	
หินโคลน (mudstone)	0.0112 ± 0.0015	1.2812 ± 0.4084	0.0146 ± 0.0002	0.0388 ± 0.0018	0.0088 ± 0.0058	0.0929 ± 0.1085	0.0012 ± 0.0000	0.0006 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0043	
หินอ่อน (marble)	0.0007 ± 0.0001	0.6552 ± 0.1043	0.0042 ± 0.0006	ND 0.0006	0.0098 ± 0.0078	0.0011 ± 0.0007	0.0012 ± 0.0001	0.0005 ± 0.0000	ND	
หินสการ์น (skarn)	0.0021 ± 0.0020	4.1970 ± 3.1862	0.0031 ± 0.0010	0.0821 ± 0.0207	0.0102 ± 0.0032	0.0054 ± 0.0065	0.0012 ± 0.0000	0.0007 ± 0.0003	0.0211 ± 0.0181	
หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide)	0.0016 ± 0.0002	0.4502 ± 0.1163	0.0257 ± 0.0274	0.0024 ± 0.0003	0.0696 ± 0.0680	0.0048 ± 0.0059	0.0013 ± 0.0001	0.0005 ± 0.0000	0.0186 ± 0.0089	
หินกอสเซน (gossan)	0.0030	2.0160	0.0782	1.5240	0.9545	0.0009	0.0031	0.0005	0.0134	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

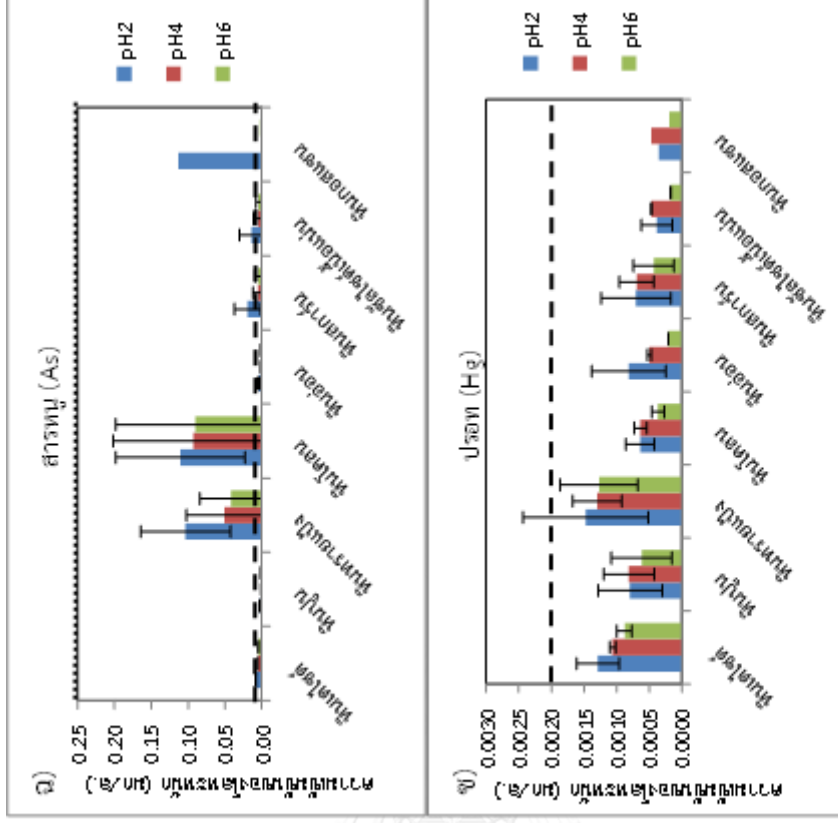
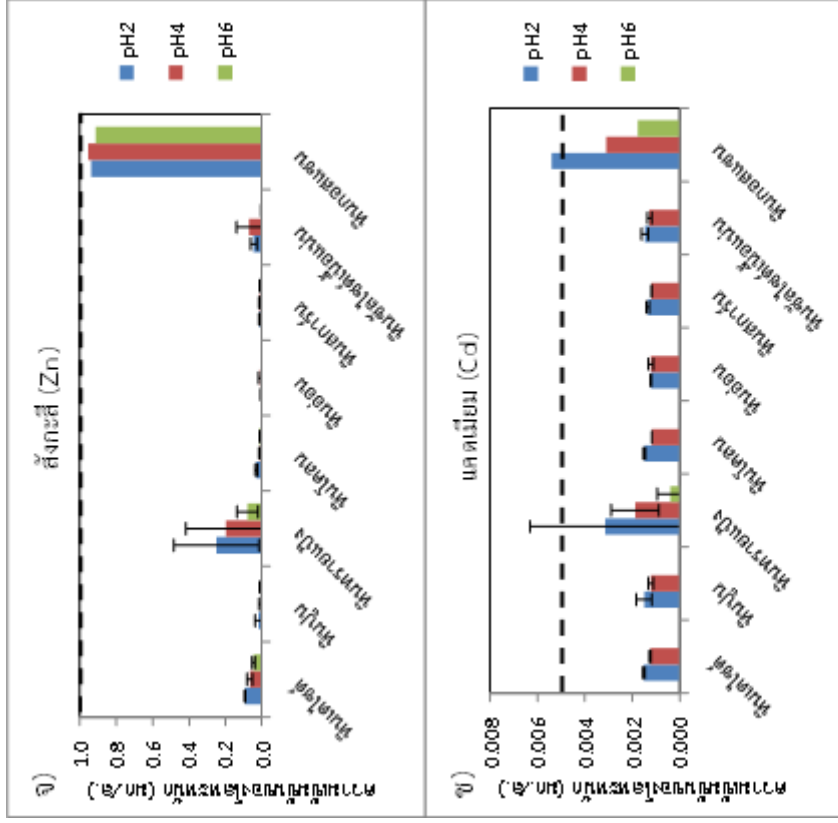
ตารางที่ 4-7 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้งแต่ละชนิดที่หินจากกองทรานซิชันที่พีเอช 6

ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้ง (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินไดไซต์ (dacite)	0.0365 ± 0.0012	0.8830 ± 0.2107	0.0166 ± 0.0004	0.0375 ± 0.0031	0.0453 ± 0.0075	0.0046 ± 0.0002	ND	0.0009 ± 0.0001	0.0449 ± 0.0233	
หินปูน (limestone)	0.0013 ± 0.0001	1.4090 ± 1.2007	0.0055 ± 0.0015	0.0165 ± 0.0234	0.0046 ± 0.0061	0.0016 ± 0.0003	ND	0.0006 ± 0.0005	0.0010 ± 0.0001	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0151 ± 0.0091	0.9376 ± 0.8396	0.0242 ± 0.0163	0.1544 ± 0.1006	0.0776 ± 0.0576	0.0418 ± 0.0426	0.0004 ± 0.0006	0.0013 ± 0.0006	0.0444 ± 0.0342	
หินโคลน (mudstone)	0.0106 ± 0.0003	1.2115 ± 0.1747	0.0152 ± 0.0027	0.0378 ± 0.0037	0.0117 ± 0.0014	0.0902 ± 0.1084	ND	0.0004 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0070	
หินอ่อน (marble)	0.0011 ± 0.0000	0.5550 ± 0.0709	0.0049 ± 0.0005	ND	0.0013 ± 0.0002	0.0017 ± 0.0003	ND	0.0002 ± 0.0000	0.0009 ± 0.0002	
หินสการ์น (skarn)	0.0022 ± 0.0014	3.0455 ± 2.2069	0.0034 ± 0.0009	0.0418 ± 0.0173	0.0068 ± 0.0034	0.0049 ± 0.0045	ND	0.0004 ± 0.0003	0.0040 ± 0.0029	
หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide)	0.0017 ± 0.0001	0.2695 ± 0.1059	0.0167 ± 0.0173	0.0369 ± 0.0345	0.0041 ± 0.0003	0.0043 ± 0.0038	ND	0.0002 ± 0.0000	0.0200 ± 0.0103	
หินกอสแซน (gossan)	0.0028	1.6480	0.0656	1.3410	0.9141	0.0022	0.0018	0.0002	0.0130	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

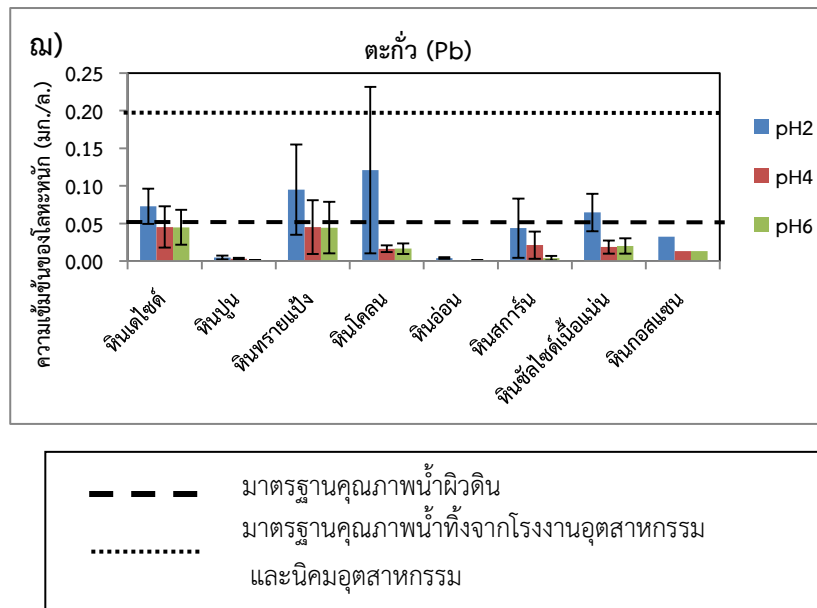


รูปที่ 4-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลอยออกมาจากหินทิ้งกองทรานซีซัน ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP



----- มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน
 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
 และน้ำชุมชนอุตสาหกรรม

รูปที่ 4-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลายออกมาจากหินที่กองทรานซิชัน ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP (ต่อ)



รูปที่ 4-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลายออกมาจากหินทิ้งกองทรานซิชั่นที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP (ต่อ)

จากการศึกษาของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555) ที่ได้ทำการประเมินศักยภาพของหินทิ้งในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดโดยการทดลองแบบสถิต พบว่ากองทรานซิชั่นมีหินทิ้งที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด คือหินซัลไฟด์เนื้อแน่นซึ่งจัดเป็น PAF อย่างชัดเจนส่งผลให้มีความเสี่ยงในการก่อให้เกิดกรดในน้ำชะ แล้วเป็นตัวเร่งให้ตัวอื่นเกิดกรดต่อไป ส่วนหินทรายแป้งมีทั้ง PAF, NAF และ UC ในขณะที่หินโคลน และหินกอสแซนจัดเป็นกลุ่ม UC ส่วนหินชนิดอื่นๆ แสดงศักยภาพการเป็น NAF แสดงว่ากองทรานซิชั่นมีหินทิ้งที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด โดยสามารถสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่พีเอชต่างๆ และศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดได้ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ตารางสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินและการจำแนกประเภทการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดของกองทรานซิชัน

ประเภทของหิน	ชนิดหินทิ้ง	การจำแนกประเภท*	โลหะหนักที่ชะละลายเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน		
			pH2	pH4	pH6
หินอัคนี	หินเดไซด์	NAF	Cr Mn Pb	Cr Mn	-
หินตะกอน	หินปูน	NAF	Mn	Mn	Mn
	หินทรายแป้ง	NAF, UC, PAF	Mn Cu As Pb	Mn Cu As	Cu As
	หินโคลน	UC	Mn As Pb	Mn As	Mn As
หินแปร	หินอ่อน	NAF	Mn	-	-
	หินสการ์น	NAF	Mn Cu As	Mn	Mn
สายแร่	หินซัลไฟด์เนื้อแน่น	PAF	Cu As Pb	-	-
	หินกอสแซน	UC	Mn Cu As Cd Ni	Mn Cu	Mn Cu

หมายเหตุ: NAF (Non Acid Forming) คือ ไม่มีมีศักยภาพทำให้เกิดกรด

PAF (Potentially Acid Forming) คือ มีศักยภาพทำให้เกิดกรด

UC (Uncertainty) คือ ไม่สามารถจำแนกแน่นอนได้

*การจำแนกประเภทมาจากสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555

ตัวอักษรที่ขีดเส้นใต้ หมายถึง เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

4.1.3 ความเข้มข้นของโลหะหนักของหินทิ้งในกองซัลไฟด์

หินทิ้งในกองซัลไฟด์ ได้แก่ หินอ่อน (marble) หินทรายแป้ง (siltstone) หินสการ์น(skarn) และหินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide) ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ชะละลายออกมาจากหินทิ้งในในกองออกไซด์แสดงดังตารางที่ 4-9 – 4-11 และผลการวิเคราะห์หินทิ้งทุกตัวอย่าง (ภาคผนวก ข) และการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) มีรายละเอียดดังนี้

โครเมียม (Cr)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโครเมียมที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0013 - 0.0256 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0006 - 0.0110 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0011 - 0.0090 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 และ 6 มีความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินสการ์นและหินซัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินซัลไฟด์เนื้อแน่น และหินสการ์น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ก

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโครเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับไม่มีหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของโครเมียมเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.05 มก./ล.) แสดงดังรูปที่ 4-3ก

แมงกานีส (Mn)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของแมงกานีสที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4547 - 3.2940 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1775 - 1.7830 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1080 - 1.1580 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 และ 4 มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซิลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินอ่อน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ข

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแมงกานีส พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 1.0 มก./ล.) มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หินสการ์นอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 ไม่มีนัยสำคัญ หินอ่อนที่พีเอช 2 หินทรายแป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ หินซิลไฟด์เนื้อแน่นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-3ข

นิกเกิล (Ni)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของนิกเกิลที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0108 - 0.2566 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0037 - 0.1180 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0041 - 0.0939 มก./ล. โดยทุกพีเอชมีความเข้มข้นของนิกเกิลสูงสุดในหินซิลไฟด์เนื้อแน่น รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินสการ์น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ค

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของนิกเกิล พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของนิกเกิลเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.1 มก./ล.) มีจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ หินซิลไฟด์เนื้อแน่นอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 4 ไม่มีนัยสำคัญ และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสสะสมแมงกานีสออกมาเกินมาตรฐาน เช่น หินทรายแป้งที่พีเอช 4 และ 6 ดังรูปที่ 4-3ข

ทองแดง (Cu)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของทองแดงที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 1.8280 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 1.0640 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.8460 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของทองแดงสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินซิลไฟด์เนื้อแน่น และ หินทรายแป้ง ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของทองแดงสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซิลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ง

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของทองแดง พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของทองแดงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.1 มก./ล.) มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ หินทรายแป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช และหินสการ์นอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช ส่วนหินซิลไฟด์เนื้อแน่นอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 ส่วนที่พีเอช 6 ไม่มีนัยสำคัญดังรูปที่ 4-3ง

สังกะสี(Zn)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0072 - 0.1848 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0007 - 0.1132 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0764 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินสการ์นและหินชัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 และ 6 มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินชัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3จ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ไม่มีหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 1.0 มก./ล.) แสดงดังรูปที่ 4-3จ

สารหนู (As)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0001 - 0.1149 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0004 - 0.1125 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0014 - 0.0146 มก./ล. โดยทุกพีเอชมีความเข้มข้นของสารหนูสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินสการ์นและหินชัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ข

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนู พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทิ้งที่มีความเข้มข้นของสารหนูเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.01 มก./ล.) มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หินทรายแป้งอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช และหินสการ์นอย่างมีนัยสำคัญในทุกพีเอช ดังรูปที่ 4-3ข

แคดเมียม (Cd)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคดเมียมที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0013 - 0.0026 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0012 - 0.0016 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0001 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินชัลไฟด์เนื้อแน่น รองลงมาคือ หินสการ์นและหินทรายแป้ง ตามลำดับ ที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินชัลไฟด์เนื้อแน่น และหินทรายแป้ง ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินสการ์นและหินชัลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ค

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ ไม่มีหินทิ้งที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.005 มก./ล.) ดังรูปที่ 4-3ค

ปรอท (Hg)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของปรอทที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002 - 0.0049 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0005 - 0.0056 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002 - 0.0046 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 และ 6 มีความเข้มข้นของปรอทสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินทรายแป้ง

และหินอ่อน ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของปรอทสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินอ่อนและหินทรายแป้ง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ซ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอท พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 4 รองลงมาคือ พีเอช 2 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของปรอทเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.002 มก./ล.) มีจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ หินสการ์นอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกพีเอช ดังรูปที่ 4-3ซ

ตะกั่ว (Pb)

- ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วที่พีเอช 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0023 - 0.2444 มก./ล. พีเอช 4 มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.0915 มก./ล. พีเอช 6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0017 - 0.0397 มก./ล. โดยที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินซิลไฟด์เนื้อแน่น รองลงมาคือ หินสการ์น และหินทรายแป้ง ตามลำดับ ที่พีเอช 4 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินสการ์น รองลงมาคือ หินทรายแป้งและหินซิลไฟด์เนื้อแน่น ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 6 มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงสุดในหินทรายแป้ง รองลงมาคือ หินซิลไฟด์เนื้อแน่นและหินสการ์น ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-3ณ

- เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่ว พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่พีเอช 2 รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ หินทั้งที่มีความเข้มข้นของตะกั่วเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.05 มก./ล.) มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ หินสการ์นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และ 4 หินทรายแป้งอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 และหินซิลไฟด์เนื้อแน่นอย่างมีนัยสำคัญที่พีเอช 2 แต่จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงว่ามีหินบางชนิดที่มีโอกาสชะตะกั่วออกมาเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจาก โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ค่ามาตรฐาน ≤ 0.2 มก./ล.) เช่น หินซิลไฟด์เนื้อแน่นที่ พีเอช 2 ดังรูปที่ 4-3ณ

ตารางที่ 4-9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากองค์ลไฟด์ที่พีเอช 2

ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0205 ± 0.0071	1.8744 ± 2.0077	0.0454 ± 0.0360	0.3425 ± 0.3995	0.1570 ± 0.0394	0.0702 ± 0.0633	0.0015 ± 0.0001	0.0005 ± 0.0001	0.0592 ± 0.0012	
หินอ่อน (marble)	0.0013	1.2240	0.0108	0.0000	0.0072	0.0018	0.0013	0.0004	0.0023	
หินสการ์น (skarn)	0.0072 ± 0.0041	1.9737 ± 0.3519	0.0176 ± 0.0057	1.1241 ± 0.6750	0.1329 ± 0.0377	0.0197 ± 0.0034	0.0019 ± 0.0003	0.0031 ± 0.0017	0.1177 ± 0.0733	
หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide)	0.0070 ± 0.0034	1.5403 ± 0.5074	0.2130 ± 0.0411	0.5983 ± 0.4556	0.0963 ± 0.0481	0.0018 ± 0.0016	0.0020 ± 0.0005	0.0003 ± 0.0000	0.1468 ± 0.0863	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

ตารางที่ 4-10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองซัลไฟด์ที่พีเอช 4

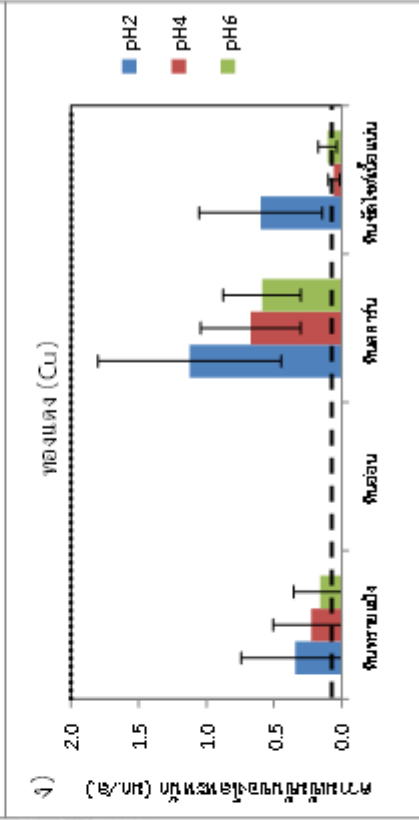
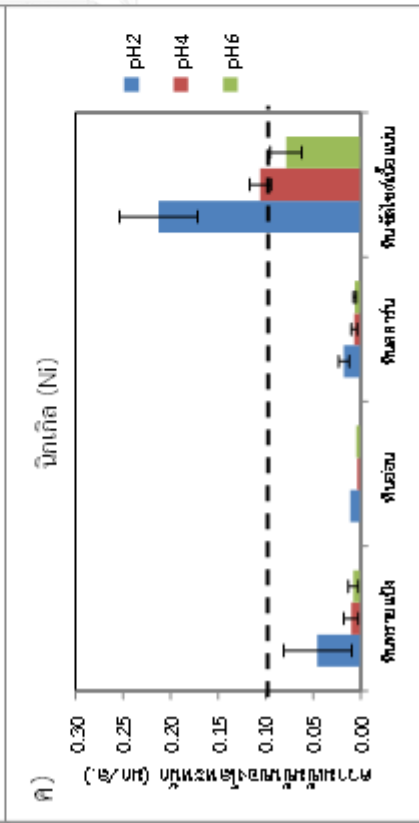
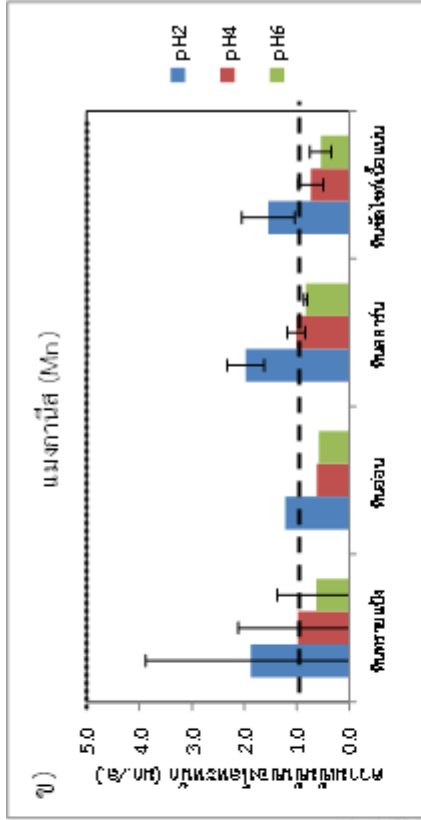
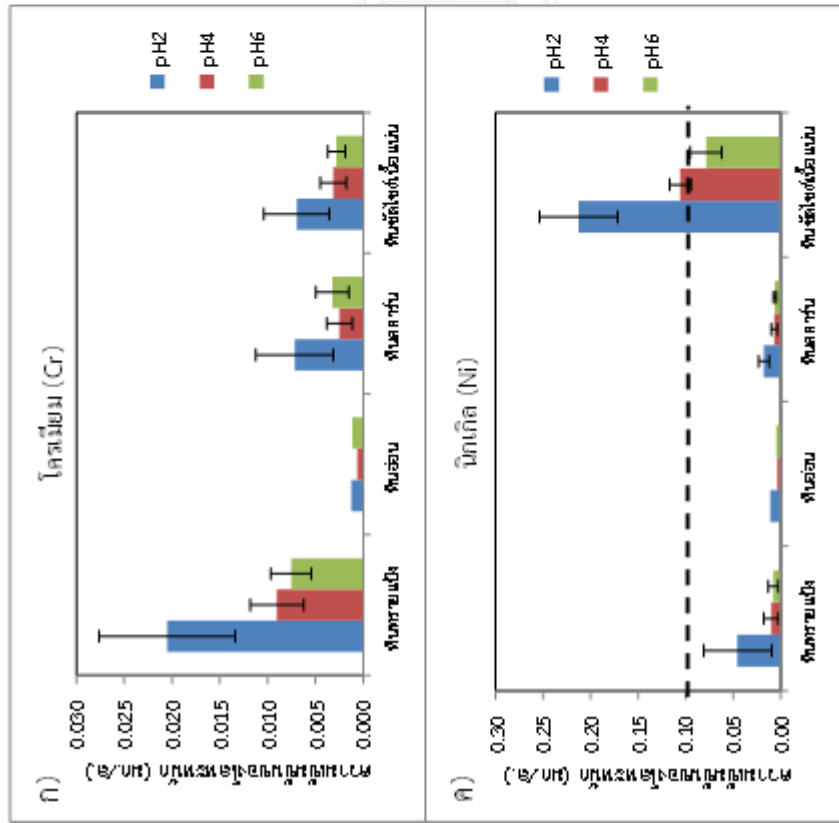
ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0090 ± 0.0028	0.9803 ± 1.1353	0.0103 ± 0.0077	0.2251 ± 0.2820	0.0760 ± 0.0063	0.0658 ± 0.0660	0.0013 ± 0.0001	0.0007 ± 0.0000	0.0300 ± 0.0116	
หินอ่อน (marble)	0.0006	0.6188	0.0037	ND	0.0007	0.0004	0.0012	0.0009	ND	
หินสการ์น (skarn)	0.0025 ± 0.0013	1.0085 ± 0.1690	0.0068 ± 0.0029	0.6726 ± 0.3690	0.0768 ± 0.0321	0.0126 ± 0.0025	0.0015 ± 0.0002	0.0032 ± 0.0022	0.0578 ± 0.0351	
หินซัลไฟด์เนื้อแน่น (massive sulphide)	0.0031 ± 0.0014	0.7332 ± 0.2348	0.1057 ± 0.0112	0.0577 ± 0.0423	0.0511 ± 0.0146	0.0016 ± 0.0014	0.0014 ± 0.0002	0.0005 ± 0.0000	0.0234 ± 0.0114	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect

ตารางที่ 4-11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทั้งแต่ละชนิดหินจากกองซิลไฟต์พีเอช 6

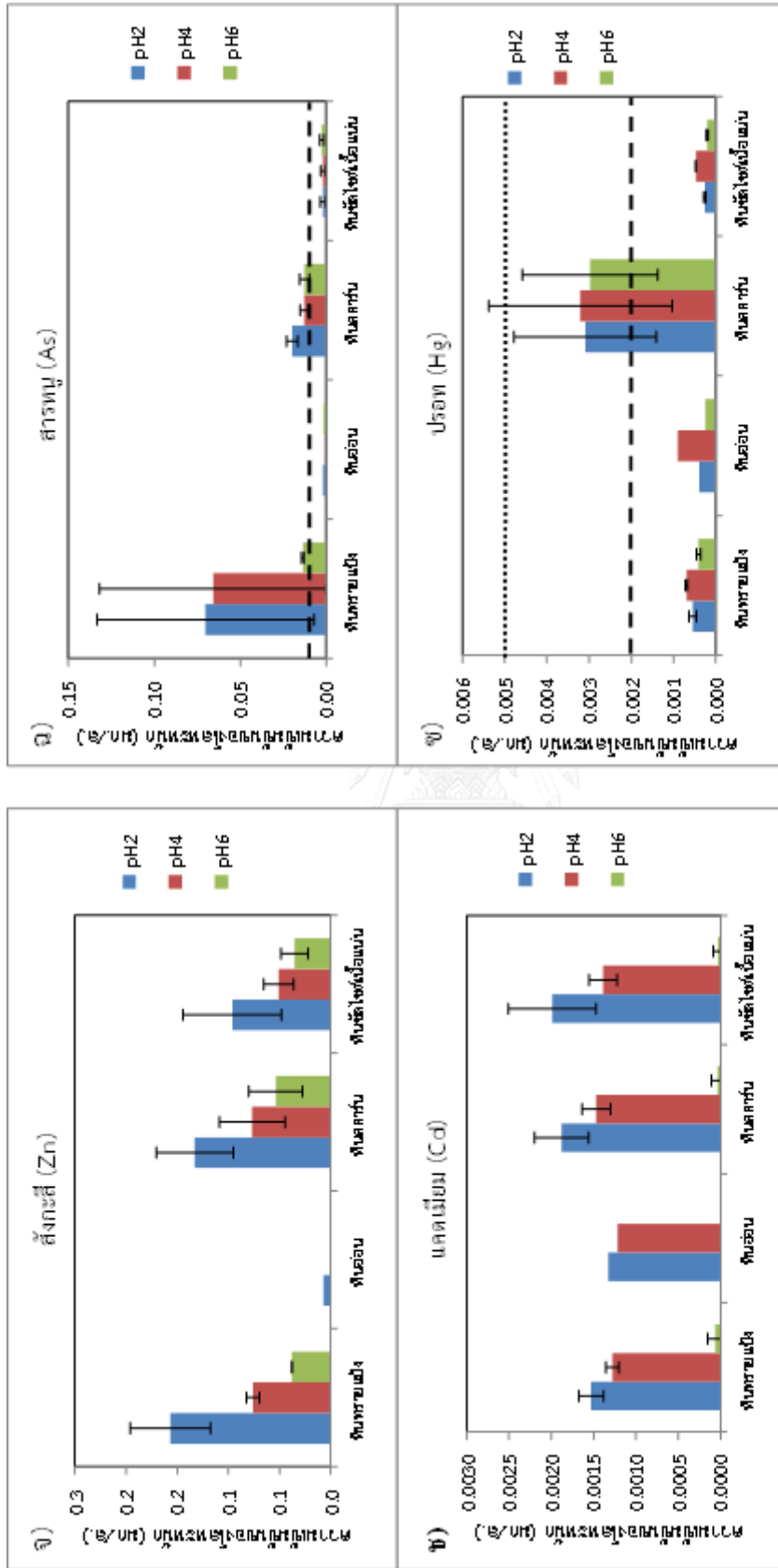
ชนิดหิน	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายจากหินทั้ง (มก./ล.)									
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
หินทรายแป้ง (siltstone)	0.0075 ±	0.6330 ±	0.0078 ±	0.1577 ±	0.0380 ±	0.0135 ±	0.0001 ±	0.0004 ±	0.0295 ±	
	0.0021	0.7425	0.0053	0.1975	0.0003	0.0009	0.0001	0.0000	0.0144	
หินอ่อน (marble)	0.0011	0.5820	0.0044	ND	ND	0.0014	ND	0.0002	0.0017	
หินสการ์น (skarn)	0.0033 ±	0.8295 ±	0.0064 ±	0.5871 ±	0.0539 ±	0.0125 ±	0.0000 ±	0.0030 ±	0.0129 ±	
	0.0017	0.0314	0.0016	0.2858	0.0264	0.0029	0.0001	0.0016	0.0024	
หินซิลไฟต์เนื้อแน่น (massive sulphide)	0.0028 ±	0.5463 ±	0.0786 ±	0.1041 ±	0.0354 ±	0.0025 ±	0.0000 ±	0.0002 ±	0.0237 ±	
	0.0009	0.2035	0.0166	0.0683	0.0133	0.0011	0.0001	0.0000	0.0119	
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มาตรฐานน้ำผิวดิน	0.25	5.0	1.0	2.0	5.0	0.25	0.03	0.005	0.2	
	0.05	1.0	0.1	0.1	1.0	0.01	0.005	0.002	0.05	

หมายเหตุ: ND = Non Detect



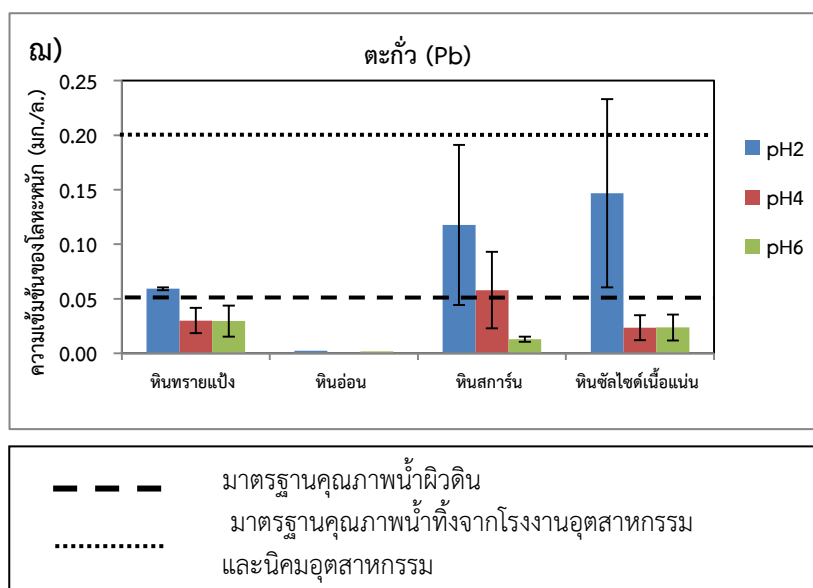
----- มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน
 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
 และน้ำคอกอุตสาหกรรม

รูปที่ 4-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะลายออกมาจากหินทิ้งกองซัลไฟด์ ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP



.....
 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน
 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
 และน้ำคนอุตสาหกรรม

รูปที่ 4-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะละลายออกมาจากหินที่กองซัดไฟได้ ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP (ต่อ)



รูปที่ 4-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ถูกชะละลายออกมาจากหินทิ้งกองซัลไฟด์
ที่พีเอช 2, 4 และ 6 โดยวิธี SPLP (ต่อ)

จากการศึกษาของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555) ที่ได้ทำการประเมินศักยภาพของหินทิ้งในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดโดยการทดลองแบบสถิติ พบว่ากองซัลไฟด์มีหินทิ้งที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดอย่างชัดเจน คือ หินซิลิเกตเนื้อแน่นถูกจัดให้เป็น PAF ในขณะที่หินอ่อนจัดเป็น NAF ส่วนหินทรายแป้งเป็นหินที่แสดงผลไม่สอดคล้องกันจัดเป็น UC และหินสกรีนไม่มีทิศทางในการแสดงศักยภาพที่แน่นอนจึงจัดเป็นทั้ง NAF และ UC แสดงว่ากองซัลไฟด์มีหินทิ้งที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดสูง โดยสามารถสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่พีเอชต่างๆ และศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดได้ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ตารางสรุปการชะละลายโลหะหนักจากหินทิ้งที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินและการจำแนกประเภทการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรดของกองซัลไฟด์

ประเภทของหิน	ชนิดหินทิ้ง	การจำแนกประเภท*	โลหะหนักที่ชะละลายเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน		
			pH2	pH4	pH6
หินตะกอน	หินทรายแป้ง	NAF, UC, PAF	Mn Cu As Pb	Cu As	Cu As
หินแปร	หินอ่อน	NAF	Mn	-	-
	หินสการ์น	NAF, UC	Mn Cu As Pb Hg	Mn Cu As Hg Pb	Cu As Hg
สายแร่	หินซัลไฟด์เนื้อแน่น	PAF	Mn Cu Pb Ni	Ni	Cu

หมายเหตุ: NAF (Non Acid Forming) คือ ไม่มีศักยภาพทำให้เกิดกรด

PAF (Potentially Acid Forming) คือ มีศักยภาพทำให้เกิดกรด

UC (Uncertainty) คือ ไม่สามารถจำแนกแน่นอนได้

*การจำแนกประเภทมาจากสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

4.2 วิเคราะห์ผล

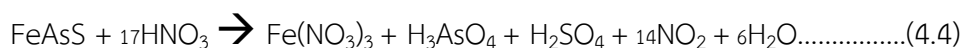
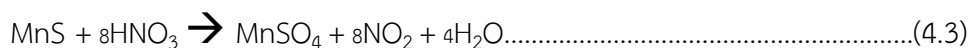
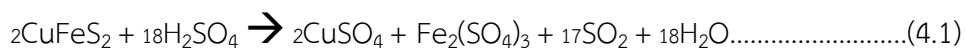
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักต่างๆ จากกองหินทิ้งต่างๆ พบว่าส่วนใหญ่แล้ว ความเข้มข้นของโลหะหนักมีค่าความเข้มข้นสูงสุดที่พีเอช 2 รองลงมาคือพีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ เนื่องจากความสามารถในการละลายของโลหะหนัก (solubility constant) มีค่าสูงขึ้นเมื่อพีเอชต่ำลง ทำให้โลหะหนักที่มีอยู่ในหินทิ้งชะละลายออกมาได้มากขึ้น เมื่อค่าพีเอชลดลง (Jang et al., 2002; Van der Sloot and Van Zomeren, 2012) ซึ่งหินแต่ละก้อนมีปริมาณโลหะหนักไม่เท่ากัน แม้จะเป็นหินชนิดเดียวกัน เกิดในบริเวณเดียวกันทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูงในแต่ละธาตุ

4.2.1 ชนิดหินที่มีผลต่อการชะละลาย

จากการศึกษาพบว่า มีเพียงหินบางประเภทในกองหินทิ้งทั้ง 3 กองที่โลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบถูกชะละลายออกมาได้โดยเฉพาะพีเอช 2 ที่ชะละลายออกมาได้มากที่สุด ได้แก่ หินสการ์น หินกอสแซน และหินซัลไฟด์เนื้อแน่น โดยหินแต่ละประเภทมีส่วนประกอบ และปฏิกิริยาในการการชะละลายด้วยกรด ดังต่อไปนี้

4.2.1.1 หินซัลไฟด์เนื้อแน่น ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ซัลไฟด์ ชนิด Pyrrhotite ($Fe_{1-x}S$ ($x = 0$ to 0.2)) เกิดร่วมกับแร่ซัลไฟด์ชนิดอื่น เช่น Pyrite (FeS_2) Chalcopyrite ($CuFeS_2$) Arsenopyrite ($FeAsS$) (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) และอาจมีแร่รอง (minor minerals) คือ Alabandite (MnS) เกิดร่วมอยู่ ซึ่งหินซัลไฟด์เนื้อแน่นมีการชะละลายต่ำที่ทุกพีเอช เนื่องจากแร่

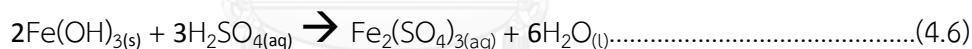
ซัลไฟด์มีความเสถียร (Hawkes and Webb, 1962; Peter, 1978) โลหะหนักจึงชะออกมาได้น้อยแม้ในสภาวะเป็นกรดดังสมการ (4.1) – (4.4)



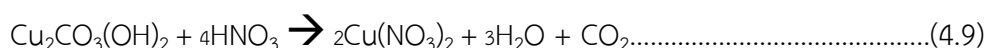
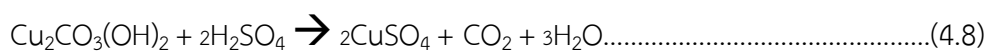
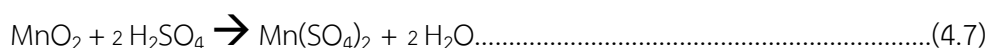
จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าการชะละลายโลหะหนักต้องใช้กรดจำนวนมากในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นโลหะหนักที่ถูกชะออกมาจึงมีน้อย แต่หากปล่อยไว้ในที่โล่งโดยไม่มีการจัดการที่ดี แร่ซัลไฟด์ที่อยู่ในหินซัลไฟด์เนื้อแน่นจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ทำให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองเป็นกรด (AMD) และโลหะหนักจะอยู่ในรูปที่ไม่เสถียรสามารถชะละลายออกมาได้ง่ายขึ้น (Nordstrom, 1982) ดังสมการ (4.5)



เมื่อ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ทำปฏิกิริยากับกรดต่อจะได้ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ซึ่งละลายน้ำ ดังสมการ (4.6)

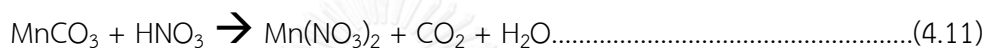


4.2.1.2 หินกอสแซน เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแร่ชนิดซัลไฟด์ประกอบด้วยแร่เหล็กออกไซด์ชนิด Goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$) และ Magnetite (Fe_3O_4) (สถาบันวิจัยสถานะแวดล้อม, 2555) และอาจมีแร่รองคือ Malachite ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) และ Pyrolusite (MnO_2) เกิดร่วมอยู่ด้วย (Atapour and Aftabi, 2007) ซึ่งหินกอสแซนมีการชะละลายโลหะหนักออกมาได้มาก เนื่องจากมีแร่ออกไซด์และแร่คาร์บอเนต ซึ่งไม่เสถียรสามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้ง่ายดังสมการ (4.7) – (4.9)



จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าแร่เหล่านี้ชะละลายได้ง่าย เนื่องจากใช้กรดในการดำเนินการทำปฏิกิริยาไม่มาก หินกอสแซนจึงชะละลายโลหะหนักออกมา

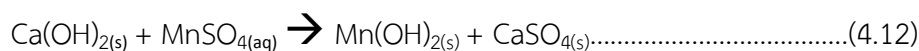
4.2.1.3 หินสการ์น เกิดจากสารละลายร้อนแทรกเข้าไปในหินปูน ทำให้หินปูนบางส่วนจะทำปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายร้อน และแปรสภาพเป็นหินแปร มีแร่การ์เนต (garnet) ไพโรอกซีน (pyroxene) และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) เป็นส่วนประกอบหลัก (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) จะเห็นได้ว่าแร่หลักของหินสการ์นไม่มีธาตุที่จะให้โลหะหนัก แต่หินสการ์นมีโลหะหนักชะละลายออกมา จึงคาดว่าโลหะหนักน่าจะออกมาจากร่อง ซึ่งแร่ที่น่าจะเป็นร่อง เช่น Chalcopyrite (CuFeS₂) Rhodochrosite (MnCO₃) (Zhou et al., 2007) การที่หินสการ์นมีการชะละลายโลหะหนักออกมามาก เนื่องจากมีแร่ออกไซด์และแร่คาร์บอเนต ซึ่งไม่เสถียรสามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้ง่าย ดังสมการ (4.10) – (4.11)



4.2.2 คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำทิ้งของกองหินทิ้ง

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักจากหินทิ้งกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งในฤดูแล้งและฤดูฝน (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) พบว่า

4.2.2.1 กองออกไซด์ คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งออกไซด์ไม่พบโลหะหนักที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินทั้งสองฤดู เมื่อเทียบกับหินทิ้งที่ชะละลายโลหะหนักออกมามากเช่น แมงกานีส สารหนู และทองแดง ดังตารางที่ 4-13 อาจเนื่องมาจากทางเหมืองซึ่งมีมาตรการเติมปูนขาวลงในบ่อเพื่อบำบัดน้ำในเบื้องต้นตามรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (บริษัท เอส.พี.เอส คอนซัลติ้ง เซอร์วิส จำกัด, 2541) โดยปรับสภาพกรดให้เป็นกลางทำให้พีเอชของน้ำในบ่อของฤดูแล้งมีพีเอช 6.51 และฤดูฝนมีพีเอช 6.4 และปูนขาวยังทำให้โลหะหนักตกตะกอนดังสมการ (4.12) และโลหะหนักบางส่วนอาจจับตัวกับหินปูนที่อยู่ในกองทำให้โลหะหนักตกตะกอน ดังสมการ (4.13) ขณะที่กำลังไหลลงบ่อเก็บน้ำเมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงพบโลหะหนักน้อย ไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินทั้งสองฤดู



ตารางที่ 4-13 การเปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้งกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งเทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกองออกไซด์

โลหะหนัก	การชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้ง (เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน)			คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้ง (เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน)	
	pH2	pH4	pH6	ฤดูแล้ง (pH6.51)*	ฤดูฝน (pH6.4)*
Mn (มาตรฐาน > 1.0 มก./ล.)	XX	XX	XX	-	-
As (มาตรฐาน > 0.01 มก./ล.)	XXX	XX	XX	-	-
Pb (มาตรฐาน > 0.05 มก./ล.)	X	X	X	-	-
Hg (มาตรฐาน > 0.002 มก./ล.)	X	X	X	-	-
Cu (มาตรฐาน > 0.1 มก./ล.)	XXX	XX	XX	-	-

หมายเหตุ: *สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

- ไม่เกินมาตรฐาน

x เกินเล็กน้อย (น้อยกว่า 1 เท่า)

xx เกิน 1-10 เท่า

xxx เกินมากกว่า 10 เท่า

4.2.2.2 *กองทรานซิชั่น* คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งทรานซิชั่นไม่พบโลหะหนักที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินในฤดูแล้ง เมื่อเทียบกับหินทิ้งที่ชะละลายโลหะหนักออกมา ดังตารางที่ 4-14 อาจเนื่องมาจากทางเหมืองได้ใส่ปูนขาวลงในบ่อเพื่อปรับสภาพกรดให้เป็นกลางทำให้น้ำในบ่อมีพีเอช 6.49 และทำให้โลหะหนักตกตะกอนและโลหะหนักบางส่วนอาจจับตัวกับหินปูนที่ปูพื้นกองหินทิ้งทำให้โลหะหนักตกตะกอนเมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงพบโลหะหนักน้อย ไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินในฤดูแล้ง ส่วนในฤดูฝนพบแมงกานีสและทองแดงเกินมาตรฐาน และพีเอชของน้ำในบ่ออยู่ที่ 4.7 แสดงว่าช่วงที่ไปตรวจสอบทางเหมืองมีฝนตกมาก และหินปูนที่ปูพื้นมีไม่เพียงพอต่อการปรับสภาพน้ำให้เป็นกลางและทางเหมืองยังไม่ได้เติมปูนขาวลงในบ่อทำให้โลหะหนักบางส่วนสามารถละลายน้ำได้

ตารางที่ 4-14 การเปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้งกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งเทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกองทรานซิชั่น

โลหะหนัก	การชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้ง (เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน)			คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้ง (เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน)	
	pH2	pH4	pH6	ฤดูแล้ง (pH6.49)*	ฤดูฝน (pH4.7)*
Mn (มาตรฐาน > 1.0 มก./ล.)	XX	XX	XX	-	XX
As (มาตรฐาน > 0.01 มก./ล.)	XX	XX	XX	-	-
Pb (มาตรฐาน > 0.05 มก./ล.)	X	-	-	-	-
Cd (มาตรฐาน > 0.005 มก./ล.)	X	-	-	-	-
Cu (มาตรฐาน > 0.1 มก./ล.)	XXX	XXX	XXX	-	XXX

หมายเหตุ: *สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

- ไม่เกินมาตรฐาน

x เกินเล็กน้อย (น้อยกว่า 1 เท่า)

xx เกิน 1-10 เท่า

xxx เกินมากกว่า 10 เท่า

4.2.2.3 *กองซัลไฟต์* คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งซัลไฟต์พบแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำผิวดินในทั้งสองฤดู และสารหนูเกินมาตรฐานน้ำผิวดินในฤดูแล้ง ซึ่งสารหนูที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 0.0133 มก./ล. ถือว่าเกินในปริมาณน้อยมาก ส่วนโลหะหนักอื่นๆไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินดังตารางที่ 4-15 อาจเนื่องมาจากทางเหมืองได้ใส่ปูนขาวลงในบ่อเพื่อปรับสภาพกรดให้เป็นกลางทำให้น้ำในบ่อมีพีเอช 6.13 ในฤดูแล้งและ 6.2 ในฤดูฝนและปูนขาวทำให้โลหะหนักตกตะกอน และโลหะหนักบางส่วนอาจจับตัวกับหินปูนที่ปูพื้นกองหินทิ้งทำให้โลหะหนักตกตะกอนเมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงพบโลหะหนักน้อย ส่วนที่แมงกานีสเกินมาตรฐาน เนื่องจากพีเอชที่แมงกานีสเริ่มตกตะกอนคือ 6 (Silva et al., 2012) ทำให้ยังมีแมงกานีสละลายอยู่ในบ่อมาก และมีหินชนิดอื่นในกองซัลไฟต์ที่มีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบและถูกชะละลายออกมาได้มาก จึงทำให้แมงกานีสที่พบในบ่อมีความเข้มข้นสูง

ตารางที่ 4-15 การเปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้งกับคุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้งเทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกองซัลไฟด์

โลหะหนัก	การชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้ง (เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน)			คุณภาพน้ำในบ่อเก็บน้ำข้างกองหินทิ้ง (เทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน)	
	pH2	pH4	pH6	ฤดูแล้ง (pH6.13)*	ฤดูฝน (pH6.2)*
Mn (มาตรฐาน > 1.0 มก./ล.)	X	X	-	XX	XX
As (มาตรฐาน > 0.01 มก./ล.)	XX	XX	X	X	-
Pb (มาตรฐาน > 0.05 มก./ล.)	XX	X	-	-	-
Cu (มาตรฐาน > 0.1 มก./ล.)	XX	XX	XX	-	-
Hg (มาตรฐาน > 0.002 มก./ล.)	X	X	X	-	-

หมายเหตุ: *สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม (2555)

- ไม่เกินมาตรฐาน

x เกินเล็กน้อย (น้อยกว่า 1 เท่า)

xx เกิน 1-10 เท่า

4.2.3 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) กับวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP)

เมื่อเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ที่พีเอช 4 ของกองหินทิ้งทั้ง 3 กอง พบว่า

กองออกไซด์ พบความแตกต่างการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี SPLP มากกว่า TCLP อย่างมีนัยสำคัญ ในหินแอนดีไซต์ หินปูน หินทราย หินโคลน หินอ่อน และหินกอสแซน ในขณะที่หินเดไซด์ หินทรายแป้ง ไม่พบการชะละลายของโลหะด้วยวิธีทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4-16

กองทรานซิชัน พบความแตกต่างการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP มากกว่า SPLP อย่างมีนัยสำคัญ ในหินอ่อน และหินกอสแซน ความแตกต่างการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี SPLP มากกว่า TCLP อย่างมีนัยสำคัญ ในหินเดไซด์ หินปูน และหินทรายแป้ง ในขณะที่หินโคลน หินสการ์น และหินซัลไฟด์เนื้อแน่น ไม่พบการชะละลายของโลหะด้วยวิธีทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4-17

กองซัลไฟด์ พบความแตกต่างการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี SPLP มากกว่า TCLP อย่างมีนัยสำคัญ ในหินทรายแปง หินอ่อน และหินสการ์น ในขณะที่หินซัลไฟด์เนื้อแน่นไม่พบการชะละลายของโลหะด้วยวิธีทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4-18

เมื่อเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ที่พีเอช 4 ของกองหินทั้งทั้ง 3 กอง พบว่าความแตกต่างระหว่างการชะละลายด้วยวิธี TCLP กับ วิธี SPLP ค่อนข้างน้อย ดังตารางที่ 4-16 – 4-18 วิธี SPLP สำหรับกองออกไซด์และกองซัลไฟด์มีแนวโน้มการชะละลายมากกว่าวิธี TCLP ส่วนกองทรานซิชันวิธี TCLP มีแนวโน้มการชะละลายสูงกว่าวิธี SPLP อาจเนื่องมาจากแร่รองที่มีโลหะหนักมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ทำให้เกิดข้อจำกัดในการชะละลาย เช่น แร่ที่มีโลหะหนักที่อยู่ในรูปซัลเฟต (SO_4^{2-}) จะไม่ละลายในกรดซัลฟิวริก (Özverdi and Erdem, 2010) และความแตกต่างในการทำปฏิกิริยากับสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะระหว่างกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ (Parsons et al., 2001; Rajapaksha et al., 2012) จึงทำให้มีโลหะหนักชะออกมาน้อยดั่งนั้นในการเลือกใช้วิธีการชะละลายโลหะหนักจากหินทั้งสามสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 วิธี แต่วิธีที่ควรใช้ในการตรวจสอบการชะละลายจากหินคือ วิธี SPLP เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วมีการชะละลายโลหะหนักออกมาจากวิธี TCLP และวิธีนี้เหมาะสมสำหรับของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำเหมืองเพราะมีโอกาสในการเกิดสภาวะของฝนกรดมากกว่า (Guo et al., 2014)

ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี TCLP ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับ วิธี SPLP ที่พีเอช 4 ของกองออกไซด์

โลหะหนัก	ชนิดของหิน							
	หินแอนดีไซต์	หินเดไซต์	หินปูน	หินทรายแปง	หินทราย	หินโคลน	หินอ่อน	หินกอสแซน
Cr	x	x	x	x	x	x	x	x
Mn	x	x	x	x	x	xx	xx	x
Ni	/	x	x	x	x	x	xx	x
Cu	x	x	x	x	x	xx	x	xx
As	/	x	x	x	x	x	/	x
Pb	xx	x	xx	x	xx	xx	x	x
Zn	xx	x	xx	/	x	x	x	x

หมายเหตุ: / การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP > SPLP อย่างไม่มีนัยสำคัญ

// การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP > SPLP อย่างมีนัยสำคัญ

x การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP < SPLP อย่างไม่มีนัยสำคัญ

xx การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP < SPLP อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี TCLP ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับ วิธี SPLP ที่พีเอช 4 ของกองทรานซิชัน

โลหะหนัก	ชนิดของหิน							
	หินเดไซด์	หินปูน	หินทรายแป้ง	หินโคลน	หินอ่อน	หินสการ์น	หินซัลไฟด์เนื้อแน่น	หินกอสแซน
Cr	xx	x	xx	x	x	x	x	//
Mn	x	x	/	/	//	x	/	//
Ni	xx	/	/	//	//	//	x	//
Cu	xx	x	x	x	x	xx	/	//
As	x	/	x	/	//	/	x	x
Pb	xx	xx	x	xx	x	x	x	x
Zn	/	x	x	/	x	/	/	x

หมายเหตุ: / การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP > SPLP อย่างไม่มีนัยสำคัญ

// การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP > SPLP อย่างมีนัยสำคัญ

x การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP < SPLP อย่างไม่มีนัยสำคัญ

xx การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP < SPLP อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4-18 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักระหว่างวิธี TCLP ที่พีเอช 4.9 (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2555) กับ วิธี SPLP ที่พีเอช 4 ของกองซัลไฟด์

โลหะหนัก	ชนิดของหิน			
	หินทรายแป้ง	หินอ่อน	หินสการ์น	หินซัลไฟด์เนื้อแน่น
Cr	xx	xx	xx	x
Mn	/	xx	/	//
Ni	/	xx	/	x
Cu	x	x	/	/
As	x	x	xx	x
Pb	xx	x	xx	xx
Zn	/	x	/	/

หมายเหตุ: / การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP > SPLP อย่างไม่มีนัยสำคัญ

// การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP > SPLP อย่างมีนัยสำคัญ

x การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP < SPLP อย่างไม่มีนัยสำคัญ

xx การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี TCLP < SPLP อย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

(1) การทดสอบการชะละลายโลหะหนักจากตัวอย่างหินทิ้งด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure: SW-846 Method 1312 หรือ SPLP มีโลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส สารหนู และปรอท ชะละลายออกมา ซึ่งที่พีเอช 2 โลหะหนักจะชะละลายออกมาได้มากที่สุด รองลงมาคือ พีเอช 4 และ 6 ตามลำดับ

(2) การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมพบว่า

- *กองออกไซด์* ความเข้มข้นของโลหะจากการชะละลาย พบว่า โครเมียม ทองแดง สารหนู ปรอท และตะกั่วในทุกพีเอช ส่วนนิกเกิลที่พีเอช 2 เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินแต่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ส่วนความเข้มข้นของแมงกานีสที่พีเอช 2 เกินค่าที่กำหนดไว้ทั้งสองมาตรฐาน

- *กองทรานซิชั่น* ความเข้มข้นของโลหะจากการชะละลาย พบว่า โครเมียม นิกเกิล แคดเมียม และตะกั่วที่พีเอช 2 ส่วนสารหนูในทุกพีเอช เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน แต่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ส่วนแมงกานีสและทองแดงที่พีเอช 2 มีความเข้มข้นสูงเกินทั้งสองมาตรฐาน

- *กองซัลไฟด์* ความเข้มข้นของโลหะจากการชะละลาย พบว่า แมงกานีส นิกเกิล และตะกั่วที่พีเอช 2 ส่วนทองแดง สารหนู และปรอทในทุกพีเอช เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินแต่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

(3) กองหินทิ้งที่อาจก่อให้เกิดการชะละลายโลหะหนัก คือ กองทรานซิชั่นและกองซัลไฟด์ เนื่องจากกองทรานซิชั่นมีโลหะหนัก เช่น แมงกานีส ทองแดง สารหนู ชะละลายออกมามาก และมีศักยภาพในการก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด ส่วนกองซัลไฟด์มีหินซัลไฟด์เนื้อแน่นซึ่งเป็นหินที่มีความเสถียรกับกรดแต่สามารถเกิดออกซิเดชันได้เมื่อทิ้งไว้ในที่โล่ง ทำให้เกิดน้ำทิ้งจากเหมืองในสภาพเป็นกรด และโลหะหนักจะอยู่ในรูปที่ไม่เสถียรสามารถชะละลายออกมาได้ง่ายขึ้น

(4) จากการเปรียบเทียบการชะละลายหินทิ้งด้วยวิธี SPLP และ TCLP พบว่าสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 วิธี แต่วิธีที่ควรใช้ในการตรวจสอบการชะละลายจากหินคือ วิธี SPLP เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วมีการชะละลายโลหะหนักออกมามากกว่าวิธี TCLP และวิธีนี้เหมาะสมสำหรับของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำเหมืองเพราะมีโอกาสในการเกิดสภาวะของฝนกรดมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) การป้องกันและเฝ้าระวังการชะละลายจากตัวอย่างหินทิ้งในพื้นที่เหมืองระหว่างเหมืองดำเนินการ ได้แก่ การบดอัดดินเหนียวรองพื้นและปูทับด้วยหินปูนโดยตลอดพื้นที่ทิ้งหิน และจัดให้มีคูระบายน้ำล้อมรอบพื้นที่ทิ้งหินไปยังบ่อรับน้ำ และบ่อรับน้ำควรปูด้วยคอนกรีตเพื่อป้องกันการซึมของโลหะหนักลงสู่พื้นดินด้านล่าง พร้อมทั้งมีการนำน้ำจากบ่อดังกล่าวมาตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักเพื่อหาทางป้องกันการชะละลายในกรณีที่เกิดการปนเปื้อน

(2) การป้องกันและการเฝ้าระวังการชะละลายจากตัวอย่างหินทิ้งในพื้นที่เหมืองภายหลังปิดเหมือง ได้แก่ การนำดินเหนียวมาคลุมบริเวณที่ทิ้งหิน เพื่อไม่ให้หินได้สัมผัสกับน้ำและอากาศ หรือสัมผัสให้น้อยที่สุด โดยให้มีชั้นความหนาประมาณ 50 ซม. พร้อมทั้งมีการนำน้ำจากบ่อดังกล่าวมาตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักเป็นระยะ ทุก 6 เดือน

(3) หากมีการขยายหรือทำกองหินทิ้งใหม่ควรบดอัดดินเหนียวรองพื้นและปูทับด้วยหินปูนในทุกกองหินทิ้ง และจัดทำคูระบายน้ำล้อมรอบพื้นที่ทิ้งหินไปยังบ่อกักตะกอนเนื่องจากมีหินบางชนิดที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดกรดและมีโลหะหนักชะละลายออกมาอยู่ในทุกกองหินทิ้ง

(4) ความขัดแย้งจากของเสียที่เกิดจากการดำเนินการของเหมืองทองภูทับฟ้าในปัจจุบันทำให้เหมืองต้องหยุดดำเนินการลง ซึ่งส่งผลให้การจัดการของเสียในปัจจุบันภายในเมืองชะงักลงไปด้วย ซึ่งของเสียดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบต่อชาวบ้านที่อยู่โดยรอบเหมืองในระยะยาว เช่น มีโลหะหนักปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่เข้าไปดูแลและจัดการของเสียที่เกิดขึ้นตามมาตรการการปิดเหมือง

รายการอ้างอิง

- Atapour, H., and Aftabi, A. (2007). The geochemistry of gossans associated with Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: Implications for exploration and the environment. *Journal of Geochemical Exploration*, 93(1), 47-65.
- Bell, F.G., and Donnelly, L.J. (2006). *Mining and its impact on the environment*. New York: Taylor & Francis.
- Guo, X., Wang, K., He, M., Liu, Z., Yang, H., and Li, S. (2014). Antimony smelting process generating solid wastes and dust: Characterization and leaching behaviors. *Journal of Environmental Sciences*, 26, 1549-1556.
- Hawkes, H.E., and Webb, J.S. (1962). *Geochemistry in Mineral Exploration*. New York: Harper and Row.
- Jang, Y. T., Townsend, M.W., and Bitton, G. (2002). Leaching of arsenic, chromium, and copper in a contaminated soil at a wood preserving site. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 69, 808-816.
- Kocourková, E., Sracek, O., Houzar, S., Cempírek, J., Losos, Z., Filip, J., and Hřselová, P. (2011). Geochemical and mineralogical control on the mobility of arsenic in a waste rock pile at Dlouhá Ves, Czech Republic. *Journal of Geochemical Exploration*, 110, 61-73
- Lottermoser, B.G. (2003). *Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts*. Berlin: Springer.
- Mean, J.L., Smith, L.A., Nehring, K.W., Brauning, S.E., Gavaskar, A.R., and Sass, B.M. (1995). *The application of Solidification/Stabilization to Waste Material*. America: Lewis Publishers.
- Nordstrom, D. K. (1982). Aqueous pyrite oxidation and the consequent formation of secondary iron minerals. In Kittrick J.A., Fanning D.S. & Hosner L.R. (Eds.), *Acid Sulfate Weathering* (pp. 37-56). America: Soil Science Society
- Özverdi, A., and Erdem, M. (2010). Environmental risk assessment and stabilization/solidification of zinc extraction residue: I. Environmental risk assessment. *Journal of Hydrometallurgy* 100, 103-109.
- Parsons, M.B., Bird, D.K., Einaudi, M.T., and Alpers, C.N. (2001). Geochemical and mineralogical controls on trace element release from the Penn Mine base-metal slag dump, California. *Applied Geochemistry*, 16, 1567-1593.

- Pelo, S.D., Musu, E., Cidu, R., Frau, F., and Lattanzi, P. (2009). Release of toxic elements from rocks and mine wastes at the Furtei gold mine (Sardinia, Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, 100, 142-152.
- Peter, W.C. (1978). *Exploration and mining geology*. USA: Wiley.
- Rajapaksha, A.U., Vithanage, M., Oze, C., Bandara, W.M.A.T., and Weerasooriya, R. (2012). Nickel and manganese release in serpentine soil from the Ussangoda Ultramafic Complex, Sri Lanka. *Geoderma*, 189-190, 1-9.
- Silva, A.M., Cunha, E.C., Silva, F.D.R., and Leão, V.A. (2012). Treatment of high-manganese mine water with limestone and sodium carbonate. *Journal of Cleaner Production*, 29-30, 11-19.
- Spence, R., and Shi, C. (2005). *Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes*: CRC Press.
- The superpit. (2009). Waste Rock [online]. from <http://www.superpit.com.au/Environment/Waste/WasteRock/tabid/136/Default.aspx> [2012, September 17]
- Van der Sloot, H.A., and Van Zomeren, A. (2012). Characterisation leaching tests and associated geochemical speciation modeling to assess long term release behavior from extraction wastes. *Mine Water and the Environment* 31, 92-103.
- Zhou, T., Yuan, F., Yue, S., Liu, X., Zhang, X., and Fan, Y. (2007). Geochemistry and evolution of ore-forming fluids of the Yueshan Cu–Au skarn- and vein-type deposits, Anhui Province, South China. *Ore Geology Reviews*, 31(1–4), 279-303.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2555). มาตรฐานคุณภาพน้ำ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water.html [15 กันยายน 2555]
- กรมทรัพยากรธรณี. (2544a). การเกิดแร่ทองคำ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dmr.go.th/download/poster/04_gold.pdf [17 กันยายน 2555]
- กรมทรัพยากรธรณี. (2544b). แหล่งแร่ทองคำ"ภูทับฟ้า"ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dmr.go.th> [18 กันยายน 2555]
- คม ชัด ลึก. (2557). ไอ้โม่บุกอุ้มแกนนำต้านเหมืองทองคำเลย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.komchadluek.net/mobile/detail/20140516/184790.html> [29 พฤษภาคม 2557]
- โครงการขับเคลื่อนสิทธิด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม. (2552). เสียงจากคนชายขอบ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://globalgrassroots.files.wordpress.com/2011/02/ciee-gold-mine-hr-report-thai-smallfile.pdf> [17 กันยายน 2555]

- จิราภรณ์ อ่ำพันธ์. (2545). อันตรายจากปรอท [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=79 [20 ตุลาคม 2555]
- จุฬาลักษณ์ ชาญกุล. (2551). โลหะหนักและศักยภาพในการทำให้เกิดน้ำทิ้งสภาวะกรดจากของทิ้งจากเหมืองบริเวณพื้นที่เหมืองทองคำอัครา จังหวัดพิจิตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขา) คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. (2525). สารานุกรมธาตุ. กรุงเทพฯ: O.S. Printing House.
- ทีมงานธรณีไทย. (2555). ศัพทธรณีวิทยา [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://geothai.net/gneiss/?cat=123> [17 ตุลาคม 2555]
- นุชนาท นาคำ. (2550). การตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง ของเปลือกดินชั้นหิน (Acid-Base Accounting : ABA) เพื่อประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด. กรุงเทพฯ: กลุ่มอุตสาหกรรมพื้นฐาน 4 สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน.
- เนตรนภา ต้อยศักดิ์ดา. (2551). การวิเคราะห์ไฮยาไนต์ในน้ำฝนและโลหะหนักในน้ำบาดาลในชุมชนรอบเหมืองทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- บริษัท ฟุงคา ฮาเบอร์ จำกัด. (2555). บริษัท ฟุงคา จำกัด (Gold Mining) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.tongkahharbour.com/tongkah/TH/company_TKL_th.html [17 กันยายน 2555]
- บริษัท เอส.พี.เอส คอนซัลต์ติ้ง เซอร์วิส จำกัด. (2541). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ฉบับเพิ่มเติม) โครงการเหมืองแร่ทองคำ (คำขอประทานบัตร 62-67/2538) ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย. กรุงเทพฯ.
- บุญแสน เตียวนุกุลธรรม. (2548). Soil Science [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
[http://www.nsrุ.ac.th/e-learning/soil/lesson.php](http://www.nsrु.ac.th/e-learning/soil/lesson.php) [17 กันยายน 2555]
- ประชาธรรม. (2550). เตรียมตั้ง กก.สอบเข้มเหมืองทองฟุงคา [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://prachatham.com/detail.htm?code=n1_28062007_01 [17 กันยายน 2555]
- ผู้จัดการออนไลน์. (2553). เผยผลตรวจน้ำใกล้เหมืองทองคำ จ.เลย พบปนเปื้อนโลหะหนักเกินมาตรฐาน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9530000097586> [17 กันยายน 2555]
- พีท หอมชื่น. (2552). การเก็บกลับคืนทองคำและทองแดงจากสินแร่ซัลไฟด์ของแหล่งแร่ภูทับฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (2552). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EIA) ฉบับสมบูรณ์. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2538). เอกสารการสอนชุดวิชา 56205 พิษวิทยาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

- มัลลิกา ปัญญาคะโป. (2551). การจัดการของเสียอันตราย. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- ไมตรี สุทธิจิตต์. (2531). สารพิษรอบตัวเรา. เชียงใหม่: ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัศมี นนที. (2553). การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในชุมชนรอบเหมืองทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- วรวิทย์ วงศ์นิรามัยกุล. (2544). การละลายของสังกะสีออกจากตะกอนน้ำเสียอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรภรณ์ วัฒนชา. (2555). เหมืองทองคำทำบ่อเก็บกากไซยาไนด์แตก [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://e-shann.com/?p=1326> [30 มีนาคม 2556]
- วัฒนะชัย เข้ากุล. (2550). การเฝ้าระวังคุณภาพในแม่น้ำฮวย. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- วิกิพีเดีย. (2555). สการ์น [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/สการ์น> [16 ตุลาคม 2555]
- วิชาญ มุงคุณ. (2551). ธรณีเคมีสิ่งแวดล้อมแหล่งแร่ทองคำ บริเวณตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย. กรุงเทพฯ: สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี.
- ศตภิชช์ ไกรษี. (2543). การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในดินตัวอย่างจากเหมืองทองคำโดยวิธีวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาการสอนเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. (2548). ความเป็นพิษของทองแดง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=296 [20 ตุลาคม 2555]
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. (2550). ปริมาณน้ำฝน จังหวัดเลย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.khonkaen.tmd.go.th/home.php> [20 กันยายน 2555]
- สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2555). โครงการสำรวจการกระจายตัวและแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักในเขตพื้นที่แหล่งแร่ทองคำภูทับฟ้า ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย. กรุงเทพฯ: บริษัท จรัสสินทวงศ์ การพิมพ์ จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ (2533). หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 6 ว 035 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมหมาย เตชวาล. (2546). สถานการณ์การพัฒนาแหล่งแร่ทองคำในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.
- สำนักข่าวอิศรา. (2556). 'PUBLIC SCOPING' กับความล้มเหลวประทานบัตรเหมืองแร่ทองคำ จ.เลย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://goo.gl/UHJ3LG> [11 พฤศจิกายน 2556]
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2552). การศึกษาการชะละลายสารปนเปื้อนโลหะหนักในเพสต์ผสมวัสดุพอลิโพรพิลีน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: eng.sut.ac.th/ce/ccbm/files/54.doc [17 กันยายน 2555]

- สำนักบริหารงานสารสนเทศ. (2554). สรุปสาระสำคัญมติคณะรัฐมนตรีตามนโยบายรัฐบาลนาย อภิสิทธิ์ เวชชาชีวะ นายกรัฐมนตรี (๔ มกราคม – ๒๘ มีนาคม ๒๕๕๔). กรุงเทพฯ: สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี.
- สุพัตรา วุฒิชชาติวานิช, พงษ์ศักดิ์ วิชิต และ บุญศิริ สุวรรณเวส. (2523). ทองคำ. กรุงเทพฯ: กองเศรษฐศาสตร์วิทยา กรมทรัพย์สินทางปัญญา.
- สุภารัตน์ ขามธาดุ. (2550). การหาปริมาณโลหะหนักในน้ำบาดาลในชุมชนรอบเหมืองทองคำ ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- อาทิตย์ ธรรมประชา. (2552). ทองคำ : ชุมทรัพย์ใต้ผืนดินเขาหม้อ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://prachatai.com/journal/2009/10/26352> [16 ตุลาคม 2555]





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ตารางที่ ก-1 รหัสตัวอย่างในรายงานเทียบกับรหัสตัวอย่างในภาคสนามในกองออกไซด์

รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่างในภาคสนาม	ชนิดหินทิ้ง
OX-1	TKW-2	Limestone
OX-2	TKW-4	Limestone
OX-3	TKW-6	Limestone
OX-4	TKW-7	Marble
OX-5	TKW-9	Andesite
OX-6	TKW-12	Andesitic
OX-7	TKW-11	Dacite
OX-8	TKW-16	Siltstone
OX-9	TKW-13	Siltstone
OX-10	TKW-18	Siltstone
OX-11	TKW-14	sandstone
OX-12	TKW-15	sandstone
OX-13	TKW-19	Mudstone
OX-14	TKW-17	Mudstone
OX-15	TKW-20	Gossan
OX-16	TKW-21	Gossan
OX-17	TKW-22	Gossan

ตารางที่ ก-2 รหัสตัวอย่างในรายงานเทียบกับรหัสตัวอย่างในภาคสนามในกองทรานซิชัน

รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่างในภาคสนาม	ชนิดหินทิ้ง
TR-1	TKW-30	Limestone
TR-2	TKW-55	Limestone
TR-3	TKW-53	Marble
TR-4	TKW-54	Marble
TR-5	TKW-25	Dacite
TR-6	TKW-26	Dacite
TR-7	TKW-56	Siltstone
TR-8	TKW-27	Siltstone
TR-9	TKW-28	Siltstone
TR-10	TKW-29	Siltstone
TR-11	TKW-24	Siltstone
TR-12	TKW-52	Siltstone
TR-13	TKW-50	Mudstone
TR-14	TKW-51	Mudstone
TR-15	TKW-63	Skarn
TR-16	TKW-66	Skarn
TR-17	TKW-60	Massive sulphide
TR-18	TKW-62	Massive sulphide
TR-19	TKW-23	Gossan

ตารางที่ ก-3 รหัสตัวอย่างในรายงานเทียบกับรหัสตัวอย่างในภาคสนามในกองซัลไฟด์

รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่างในภาคสนาม	ชนิดหินทิ้ง
SU-1	TKW-45	Marble
SU-2	TKW-44	Siltstone
SU-3	TKW-46	Siltstone
SU-4	TKW-41	Skarn
SU-5	TKW-42	Skarn
SU-6	TKW-43	Skarn
SU-7	TKW-31	Massive sulphide
SU-8	TKW-33	Massive sulphide
SU-9	TKW-37	Massive sulphide



ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์หีนทิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้งแต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีเอช 2

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้ง (มก./ล.)												
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb				
limestone	OX-1	0.001393	0.1857	0.009543	ND	0.00462	0.002484	0.001381	0.001246	0.009774				
	OX-2	0.001498	0.2175	0.01074	ND	0.004669	0.001812	0.001295	0.002103	0.006621				
	OX-3	0.001269	1.455	0.01152	ND	0.002714	0.002061	0.001249	0.000688	0.002353				
marble	OX-4	0.001327	0.3834	0.01391	ND	0.003623	0.01368	0.001282	0.001094	0.005756				
	OX-5	0.03415	2.225	0.02232	0.1086	0.1612	0.04731	0.00181	0.00293	0.08274				
Andesite	OX-6	0.002915	9.998	0.025878	0.002622	0.1629	0.01424	0.001541	0.000938	0.04928				
	OX-7	0.1615	2.1710	0.0735	0.1265	0.1796	0.0126	0.0017	0.0025	0.0964				
Siltstone	OX-8	0.03069	1.168	0.06134	0.1142	0.09055	0.1109	0.001344	0.000881	0.03986				
	OX-9	0.07594	0.5728	0.04974	0.2502	0.04423	0.1113	0.001369	0.002133	0.05438				
	OX-10	0.001737	0.8078	0.01294	ND	0.03901	0.02215	0.001248	0.000342	0.002443				
sandstone	OX-11	0.07669	0.5472	0.0551	0.09745	0.07139	0.02357	0.001363	0.002344	0.03804				
	OX-12	0.05172	0.2781	0.05682	0.333	0.05434	0.11519	0.00158	0.002261	0.02331				
Mudstone	OX-13	0.03193	4.465	0.1943	0.17898	0.07079	0.1173	0.001426	0.001146	0.03609				
	OX-14	0.07732	4.69	0.05004	0.04214	0.1989	0.08352	0.001387	0.002138	0.0448				
Gossan	OX-15	0.02372	11.79	0.195	1.723	0.6551	0.2594	0.00187	0.001341	0.02128				
	OX-16	0.009735	4.111	0.03768	2.243	0.43716	0.15667	0.001464	0.000487	0.0305				
	OX-17	0.01845	12.61	0.09619	1.358	0.28475	0.1493	0.001704	0.000474	0.01578				

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองออกไซด์ที่พีไอช 4

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)										
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb		
limestone	OX-1	0.0008	0.3616	0.0135	ND	0.0057	0.0007	0.0012	0.0014	0.0064		
	OX-2	0.0007	0.2066	0.0105	ND	0.0047	0.0005	0.0012	0.0016	0.0047		
	OX-3	0.0007	1.7110	0.0116	ND	0.0060	0.0004	0.0012	0.0007	0.0019		
marble	OX-4	0.0007	0.3433	0.0120	ND	0.0014	0.0027	0.0012	0.0014	ND		
	OX-5	0.02563	1.78	0.01303	0.09395	0.1293	0.03741	0.001443	0.002998	0.05368		
Andesite	OX-6	0.001765	9.237	0.005803	0.001083	0.1212	0.017202	0.0013	0.000665	0.02508		
	OX-7	0.122	1.71	0.05561	0.09612	0.1319	0.007801	0.001354	0.001846	0.07878		
Siltstone	OX-8	0.04134	1.447	0.06458	0.1902	0.0794	0.1545	0.001221	0.000965	0.03358		
	OX-9	0.05641	0.4519	0.03346	0.2007	0.03581	0.07238	0.001225	0.001592	0.04285		
sandstone	OX-10	0.000861	0.8354	0.009434	0	0.001989	0.000802	0.001159	0.000544	0.000191		
	OX-11	0.07864	0.5483	0.02629	0.154	0.05745	0.01708	0.001217	0.002427	0.01973		
Mudstone	OX-12	0.02894	0.2074	0.01881	0.3606	0.03741	0.01514	0.001252	0.00253	0.01507		
	OX-13	0.02323	3.32	0.1071	0.05413	0.04661	0.07861	0.001214	0.001003	0.02042		
Gossan	OX-14	0.05681	4.036	0.04269	0.03581	0.1634	0.06279	0.001239	0.001006	0.03486		
	OX-15	0.0169	3.925	0.07804	1.011	0.8331	0.1048	0.00129	0.000632	0.008617		
	OX-16	0.002752	2.232	0.02239	0.7489	0.22326	0.07635	0.001267	0.000552	0.009261		
	OX-17	0.005823	2.015	0.02737	0.5685	0.23042	0.1103	0.001243	0.000566	0.002186		

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้งแต่ละชนิดหินจากกองออกไซต์ที่พีเอช 6

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้ง (มก./ล.)										
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb		
limestone	OX-1	0.0012	0.1303	0.0088	ND	0.0016	0.0017	ND	0.0003	0.0013		
	OX-2	0.0013	0.1107	0.0071	ND	0.0032	0.0017	ND	0.0007	0.0021		
	OX-3	0.0012	0.8784	0.0082	ND	0.0029	0.0015	ND	0.0003	0.0015		
marble	OX-4	0.0012	0.2013	0.008869	ND	0.001987	0.003082	ND	0.000908	0.002705		
Andesite	OX-5	0.01421	0.8943	0.007264	0.05125	0.1099	0.02044	ND	0.00221	0.04614		
	OX-6	0.001889	5.4080	0.004333	ND	0.08163	0.015286	0.000112	0.000372	0.03024		
Dacite	OX-7	0.08185	1.0620	0.03608	0.06209	0.08944	0.006674	ND	0.001486	0.07027		
Siltstone	OX-8	0.01662	0.5269	0.02527	0.08396	0.04037	0.07674	ND	0.000713	0.03856		
	OX-9	0.03966	0.2752	0.02247	0.1335	0.03511	0.04836	ND	0.001201	0.04244		
	OX-10	0.001245	0.4130	0.007352	ND	0.009482	0.001612	ND	0.000299	0.0011		
sandstone	OX-11	0.04256	0.2756	0.01219	0.09024	0.0413	0.01026	ND	0.001564	0.02688		
	OX-12	0.01319	0.06917	0.008905	0.1595	0.0332	0.018005	ND	0.002501	0.01474		
Mudstone	OX-13	0.01313	1.8200	0.05778	0.02989	0.03325	0.04474	ND	0.000717	0.01494		
	OX-14	0.03371	1.9590	0.023	0.01859	0.09366	0.03445	ND	0.000905	0.02762		
Gossan	OX-15	0.01004	1.9400	0.04175	0.5662	0.06101	0.07766	ND	0.000357	0.006498		
	OX-16	0.002788	1.0220	0.01213	0.3799	0.5307	0.04336	ND	0.000257	0.003568		
	OX-17	0.00503	1.0270	0.01399	0.3223	0.6877	0.0719	ND	0.000325	0.006259		

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชันที่พีเอช 2

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
limestone	TR-1	0.001722	5.903	0.01711	0.1374	0.02903	0.002412	0.001741	0.001146	0.006521	
	TR-2	0.001289	4.913	0.01168	ND	0.002509	0.001755	0.001275	0.000449	0.002759	
	TR-3	0.0013	1.3990	0.0155	0.0000	0.0048	0.0052	0.0013	0.0012	0.0033	
	TR-4	0.0013	1.4130	0.0141	0.0000	0.0046	0.0032	0.0012	0.0004	0.0048	
Dacite	TR-5	0.08563	2.412	0.03974	0.08342	0.08949	0.008125	0.001489	0.001522	0.05631	
	TR-6	0.07233	1.605	0.03531	0.08305	0.09297	0.00756	0.001555	0.001062	0.08942	
	TR-7	0.01382	2.198	0.01217	0.1952	0.1382	0.01264	0.001822	0.000939	0.05723	
	TR-8	0.06351	9.444	0.1897	0.5137	0.7155	0.118383	0.009575	0.001611	0.2132	
Siltstone	TR-9	0.009878	3.289	0.07416	0.2116	0.2096	0.1824	0.002115	0.003191	0.0671	
	TR-10	0.03781	0.7566	0.05273	0.1148	0.2032	0.1511	0.002306	0.001773	0.09191	
	TR-11	0.03861	1.114	0.1319	0.7195	0.1697	0.09402	0.001706	0.000659	0.0866	
	TR-12	0.0388	0.3794	0.07953	0.02257	0.05701	0.06187	0.001376	0.00069	0.0538	
Mudstone	TR-13	0.02936	2.86	0.06217	0.09887	0.03417	0.1722	0.001529	0.000798	0.0428	
	TR-14	0.02871	3.403	0.03637	0.08134	0.02452	0.04843	0.00147	0.00049	0.1992	
Skarn	TR-15	0.001789	13.15	0.01291	0.10062	0.01204	0.006938	0.001392	0.00033	0.01582	
	TR-16	0.00734	3.902	0.007349	0.1627	0.01403	0.03172	0.001306	0.001084	0.07163	
Massive sulfide	TR-17	0.004164	1.065	0.1018	0.2678	0.05695	0.002154	0.001386	0.00022	0.04705	
	TR-18	0.003344	0.6567	0.01537	0.05255	0.03101	0.02568	0.001577	0.000553	0.08228	
Gossan	TR-19	0.01047	4.137	0.1596	3.476	0.939	0.112947	0.005416	0.000353	0.03246	

ตารางที่ ๕-5 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชันที่พีเอช 4

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)										
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb		
limestone	TR-1	0.0009	2.7990	0.0074	0.0469	0.0128	0.0008	0.0013	0.0011	0.0039		
	TR-2	0.0006	0.6898	0.0035	0.0000	0.0017	0.0004	0.0012	0.0005	0.0019		
	TR-3	0.00061	0.5814	0.003789	ND	0.004257	0.001532	0.001158	0.000521	ND		
	TR-4	0.000691	0.7289	0.004593	ND	0.01525	0.000574	0.001309	0.000479	ND		
Dacite	TR-5	0.05476	1.572	0.02208	0.05109	0.05473	0.004828	0.001231	0.001099	0.02585		
	TR-6	0.05046	1.105	0.02297	0.05762	0.07603	0.005126	0.001281	0.001032	0.06484		
	TR-7	0.009641	1.298	0.005358	0.148	0.08332	0.00644	0.001274	0.000933	0.01575		
Siltstone	TR-8	0.03174	3.127	0.0509	0.2616	0.6305	0.014202	0.003868	0.001431	0.09143		
	TR-9	0.004872	2.295	0.04029	0.1365	0.17149	0.1219	0.001723	0.001812	0.02358		
	TR-10	0.02501	0.5949	0.02904	0.1329	0.17461	0.1023	0.00194	0.001505	0.09065		
	TR-11	0.02506	0.6297	0.05016	0.4503	0.08857	0.05434	0.001346	0.00079	0.03041		
Mudstone	TR-12	0.01562	0.1637	0.005829	0.05134	0.03689	0.003678	0.001221	0.001316	0.01897		
	TR-13	0.01009	0.9924	0.0145	0.03752	0.004721	0.1696	0.001194	0.000703	0.01943		
	TR-14	0.01224	1.57	0.01478	0.04007	0.01288	0.01613	0.001187	0.000569	0.01335		
	TR-15	0.000674	6.45	0.003844	0.06746	0.007972	0.000846	0.001194	0.000513	0.008325		
Massive sulfide	TR-16	0.003511	1.944	0.002375	0.09674	0.01247	0.01004	0.001205	0.000882	0.033916		
	TR-17	0.001724	0.5324	0.04507	0.002611	0.11766	0.000577	0.001221	0.000469	0.01225		
	TR-18	0.001496	0.3679	0.006333	0.002222	0.02153	0.008974	0.001341	0.000476	0.02488		
Gossan	TR-19	0.003034	2.016	0.07824	1.524	0.9545	0.0009	0.003119	0.00047	0.01338		

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองทรานซิชันที่พีเอช 6

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินทั้ง (มก./ล.)										
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb		
limestone	TR-1	0.001357	2.258	0.006518	0.03303	0.008898	0.001837	ND	0.000946	0.000868		
	TR-2	0.001194	0.56	0.004431	ND	0.000336	0.001425	ND	0.000291	0.00106		
	TR-3	0.001134	0.6051	0.005248	ND	0.001169	0.001915	ND	0.000208	0.000709		
	TR-4	0.001121	0.5049	0.004568	ND	0.001459	0.001478	ND	0.000208	0.001044		
Dacite	TR-5	0.03562	1.032	0.01632	0.03535	0.03996	0.004476	ND	0.000965	0.02848		
	TR-6	0.0373	0.734	0.01694	0.03971	0.05058	0.004809	ND	0.000801	0.0614		
	TR-7	0.004829	0.6974	0.003602	0.08898	0.05855	0.004903	ND	0.000699	0.01374		
Siltstone	TR-8	0.02563	2.318	0.04156	0.2238	0.1908	0.014851	0.001401	0.001869	0.08577		
	TR-9	0.005186	1.577	0.03245	0.1099	0.05713	0.09962	0.000459	0.001941	0.02904		
	TR-10	0.02365	0.5189	0.02666	0.1559	0.06733	0.08831	0.000585	0.001519	0.09027		
	TR-11	0.01936	0.4181	0.0363	0.3131	0.06699	0.03957	ND	0.000552	0.02701		
Mudstone	TR-12	0.01172	0.0964	0.004852	0.03448	0.02479	0.003573	ND	0.001071	0.02071		
	TR-13	0.01082	1.088	0.01712	0.04043	0.01266	0.1668	ND	0.000439	0.0214		
	TR-14	0.01044	1.335	0.01325	0.0352	0.01069	0.01353	ND	0.0003	0.01154		
Skarn	TR-15	0.001149	4.606	0.004065	0.02958	0.004447	0.001708	ND	0.000215	0.001938		
	TR-16	0.003155	1.485	0.002722	0.054112	0.009233	0.008052	ND	0.000655	0.006087		
Massive sulfide	TR-17	0.001786	0.3444	0.02894	0.061301	0.004373	0.001596	ND	0.000178	0.01277		
	TR-18	0.001583	0.1946	0.004518	0.01258	0.003881	0.006925	ND	0.000174	0.02727		
Gossan	TR-19	0.002843	1.648	0.06562	1.341	0.9141	0.002155	0.00179	0.00019	0.01303		

ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองขุดไฟใต้พิภพ 2

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ขุด (มก./ล.)									
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
marble	SU-1	0.001261	1.224	0.01082	0	0.007153	0.001821	0.001329	0.000388	0.002266	
	SU-2	0.0155	3.294	0.02001	0.625	0.1291	0.114933	0.001634	0.000606	0.06007	
Skarn	SU-3	0.02555	0.4547	0.07086	0.06002	0.1848	0.0254	0.001424	0.000483	0.05832	
	SU-4	0.002735	1.574	0.01248	1.062	0.1044	0.01971	0.001939	0.001516	0.12433	
	SU-5	0.008156	2.237	0.02366	1.828	0.1757	0.01635	0.002165	0.004868	0.04133	
Massive sulfide	SU-6	0.01067	2.11	0.01664	0.4823	0.1187	0.02306	0.001534	0.002899	0.1874	
	SU-7	0.007703	1.262	0.175	0.07986	0.05402	0.002444	0.001733	0.00027	0.2444	
Massive sulfide	SU-8	0.003249	1.233	0.2566	0.9352	0.1486	0.000058	0.002588	0.000226	0.1153	
	SU-9	0.009995	2.126	0.2074	0.7798	0.08639	0.003022	0.001649	0.000279	0.08062	

ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่แต่ละชนิดหินจากกองซิลิเฟอิตที่พีเอช 4

ชนิดหิน	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกละลายจากหินที่ (มก./ล.)									
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	
marble	SU-1	0.000622	0.6188	0.003719	ND	0.000656	0.000404	0.001215	0.000895	ND	
	SU-2	0.007074	1.783	0.004887	0.4245	0.0804	0.112477	0.001333	0.000709	0.03819	
Siltstone	SU-3	0.01102	0.1775	0.01575	0.02569	0.07152	0.01909	0.001223	0.00067	0.02176	
	SU-4	0.001437	0.8314	0.004004	0.6227	0.06436	0.01202	0.001515	0.001438	0.06054	
Skarn	SU-5	0.004024	1.168	0.009865	1.064	0.1132	0.01048	0.001608	0.005621	0.02148	
	SU-6	0.002066	1.026	0.006631	0.331	0.05282	0.01534	0.001281	0.002547	0.09147	
Massive sulfide	SU-7	0.003858	0.656	0.0962	0.01657	0.03505	0.000671	0.001256	0.000479	0.01379	
	SU-8	0.001562	0.5467	0.118	0.05529	0.06346	0.003243	0.001573	0.000474	0.02051	
	SU-9	0.003997	0.9969	0.1028	0.1011	0.05479	0.000926	0.001334	0.000466	0.03603	



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชุตติมา คล่องสำราญ เกิดเมื่อวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2532 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 ในระหว่างการศึกษได้เข้าร่วมเสนอผลงานวิจัย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ โดยได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่ผลงานดังต่อไปนี้

ชุตติมา คล่องสำราญ, อรุบล โชติพงษ์ และ จักรพันธ์ สุทธิรัตน์. ผลของพีเอชที่มีต่อการชะละลายของโลหะหนักจากหินทิ้งของเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 52. 4-7 กุมภาพันธ์ 2557 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

