



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ลักษณะเฉพาะและธรรมเนียมของ
แหล่งแร่เหล็ก-ทองแดงเขาทับควาย จังหวัดลพบุรี

โดย

นายภัทรพล รอดท่าไม้
เลขประจำตัวนิสิต 5932722023

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

ลักษณะพิเศษและธรรมเนียมของแหล่งแร่เหล็ก-ทองแดง
เขาทับควาย จังหวัดลพบุรี

นายภัทรพล รอดท่าไม้

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชา
ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562

CHARACTERISTICS AND GEOCHEMISTRY OF KHAO THAP KWAI IRON-COPPER
DEPOSIT

Mr. Pattarapon Rodtamai

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Bachelor of Science Program in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2019

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	ลักษณะเฉพาะและธรณีเคมีของแหล่งแร่เหล็ก-ทองแดงเขาทับควาย จังหวัดลพบุรี
(English)	CHARACTERISTICS AND GEOCHEMISTRY OF KHAO THAP KWAI IRON - COPPER DEPOSIT, LOPBURI PROVINCE
ชื่อนิสิตหัวหน้าโครงการ	นายภัทรพล รอดท่าไม้
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาลำ

วันที่ส่ง/...../.....

วันที่อนุมัติ/...../.....

.....
(อาจารย์ ดร. อภิสิทธิ์ ซาลำ)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานวิจัย

ลักษณะพิเศษและธรณีเคมีของแหล่งแร่เหล็ก-ทองแดง

เขাতับควาย จังหวัดลพบุรี

ผู้วิจัย : นายภัทรพล รอดท่าไม้

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาลำ

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะพิเศษและธรณีเคมีของแหล่งแร่เหล็ก-ทองแดง เขাতับควาย จังหวัดลพบุรี แบ่งเป็น 2 วิธีคือ 1.ศึกษาโดยซิลิการรณาและวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่อง EPMA โดยมีตัวอย่างคือหิน ท้องที่ หินแทรกซ้อน และสินแร่ โดยนำตัวอย่างไปทำ polish mount และ thin-section เพื่อหา องค์ประกอบแร่และเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง ทำให้ทราบว่าเป็นแหล่งแร่เหล็กที่เกิดแบบ skarn 2.ศึกษาทางเคมี โดยนำตัวอย่าง หินท้องที่ หินทิ้ง หินแทรกซ้อน และสินแร่ นำไปทดลองการชะละลายด้วยวิธี Microwave total digestion แล้วนำไปวิเคราะห์หาธาตุโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-OES)พบว่า ค่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของหินที่เลือกนำไปวิเคราะห์ทั้ง 12 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นหินท้องที่ 1 ตัวอย่าง หินทิ้ง 7 ตัวอย่าง หินแทรกซ้อน 1 ตัวอย่าง และสินแร่ 3 ตัวอย่าง จากผลการตรวจหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-OES ทำให้เราทราบว่า หินท้องที่พบธาตุโลหะหนักที่เกิน ค่ามาตรฐาน คือ สารหนู (As) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพ น้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ปริมาณของสารหนู (As) เกินในตัวอย่าง หินทิ้ง หินท้องที่ และสินแร่ ปริมาณโครเมียม (Cr) เกินในตัวอย่างหินทิ้ง ปริมาณทองแดง (Cu) เกินในตัวอย่างสินแร่ หินทิ้ง และหินแทรกซ้อน และปริมาณ แมงกานีส (Mn) เกินในตัวอย่าง สินแร่ ดังนั้นควรเฝ้าระวังโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐานที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้น และสามารถจัดเก็บดูแล หินท้องที่ หินทิ้ง หินแทรกซ้อนและสินแร่ตามลำดับได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม หน่วยงานวิจัยนี้สามารถนำไปสู่การวางแผนการจัดการจัดเก็บหินท้องที่ หินทิ้ง หินแทรกซ้อนและสินแร่ ที่ สมัยก่อนได้จากการทำเหมืองและไม่มีการจัดเก็บที่เพียงพอ เพื่อในอนาคตมีการวางแผนการจัดการกับปัญหา ดังกล่าวที่จะตามมาอาจจะส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบเหมืองเก่า

CHARACTERISTICS AND GEOCHEMISTRY OF KHAO THAP KWAI IRON-COPPER DEPOSIT

Researcher : Pattarapon Rodtamai

Advisor : Dr. Abhisit Salam

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract:

The study of special characteristics and chemical minerals of iron-copper ore, Khao Thap Khwai, Lop Buri Province, can be divided into 2 methods which are 1. Study by Sila Wanna and analyze the properties by EPMA. The samples are to polish the mountains and parts to find minerals and compare with the location where the sample is known as a source of skarn iron ore 2. Study chemistry by taking samples Leachate by microwave degradation method and then analyzed for the metal content received by inductively plasma mass spectrometry (ICP-OES). Found that the concentration by rock formation 7 discarded samples, 1 ironstone, and 3 ores. Based on the results of the detection of the amount of metal released by the ICP-OES, we know how much precious stone (Cu) and manganese (Mn) that Exceeds the water quality standards in surface water sources, the amount of organic matter (As) exceeds the rock samples Reduction of excess mineral content (Cr) in discarded samples, excess copper (Cu) in the mineral samples, and excess manganese (Mn) minerals in minerals and minerals Pre-informed and able to properly store the remaining stones from the excavation of rocks and debris. From mining and not having enough storage for the future, planning to deal with such problems that may follow may affect the community and environment around the old mine.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงงานวิจัยเรื่อง ลักษณะพิเศษและธรณีเคมีของแหล่งแร่เหล็ก-ทองแดงเขาทับควาย จังหวัดลพบุรี เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานวิจัย (Senior project) ซึ่งเป็นรายวิชาของนิสิตชั้นปีที่ 4 ที่ได้เรียนรู้ประสบการณ์เพิ่มเติมจากงานวิจัยในครั้งนี้

โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการชื่อ อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาลา ที่คอยให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนให้ความรู้ คำปรึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูล จนถึงวันนำเสนอข้อมูลเป็นเล่มรายงานนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาธรณีวิทยา ทุกท่านที่ให้ความรู้ ตลอดจนให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ขอขอบพระคุณพี่ไศภิต พุ่มพวง ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ด้วยเครื่อง EPMA การชะละลายโลหะหนัก จนได้ผลวิเคราะห์ที่เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณพี่ๆบุคลากรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาใช้ห้องปฏิบัติการในครั้งนี้มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ รวมถึงน้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจให้และคอยช่วยเหลือมาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
หัวข้อภาษาไทย	ก
หัวข้อภาษาอังกฤษ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ณ
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1	1
1.1 ข้อความเบื้องต้น	1
1.2 นิยามปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.4 สมมติฐาน	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
1.6 พื้นที่ศึกษา	2
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	4
2.1 ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี	4
2.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่	8
บทที่ 3	9
3.1 ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	9
3.2 รวบรวมข้อมูลภาคสนาม	10
3.3 วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	11
บทที่ 4	14
4.1 การวิเคราะห์สีลาพรรณนาของแร่ซัลไฟด์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง	14

สารบัญ

	หน้า
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่ซิลไฟด์	16
4.3 การวิเคราะห์การชะละลายโลหะหนัก	18
บทที่ 5	25
5.1 อภิปรายผลการศึกษา	25
5.2 สรุป	25
5.3 ข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27

สารบัญรูปรภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งจุดศึกษา (google earth, 2020)	2
รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดลพบุรี (DMR, 2550)	7
รูปที่ 2-2 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่บริเวณเขาทับควาย แสดงลักษณะและพื้นที่การสะสมตัว	8
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างหินทิ้ง	9
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างหินทองที่	9
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างสินแร่	9
รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง(google earth, 2020)	10
รูปที่ 3.5 ภาพแสดงตัวอย่างลงในขวดเก็บตัวอย่าง	11
รูปที่ 3.6 เครื่องมือการวิเคราะห์ตัวอย่าง ICP-OES	12
รูปที่ 3.8 เครื่องขัดมันขนาด 3 μ m	13
รูปที่ 3.9 กล้องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	13
รูปที่ 3.10 เครื่องตัดหิน	13
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างหินอ่อน และแสดงแร่องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ calcite, ตัวอย่าง Tk-1	14
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างหิน diorite ที่มีแร่ garnet และ pyroxene อยู่รวมกัน (ก) และแร่ pyroxene (ข และ ค)ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ppl และ cross nicol ตามลำดับ	15
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างหินที่มีแร่ garnet ปริมาณมากและมี copper oxides (สีเขียวและฟ้า)	15
รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงสะท้อน ก ถึง ค แสดงแร่ Magnetite (mag) และ ง แสดงแร่ Magnetite และ pyrite (py).	16
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก สารหนู (As)	22
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก แคดเมียม (Cd)	22
รูปที่ 4.7 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Cr)	22
รูปที่ 4.8 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก คอปเปอร์ (Cu)	23
รูปที่ 4.9 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก แมงกานีส (Mn)	23
รูปที่ 4.10 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก นิกเกิล (Ni)	23
รูปที่ 4.11 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก ตะกั่ว (Pb)	24
รูปที่ 4.12 แผนภูมิแห่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก สังกะสี (Zn)	24
รูปที่ 5.1 zoneการเกิดแร่ของ skarn deposit	25

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA	16
ตารางที่ 4.2 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA	17
ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA	18
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างเทียบกับค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	21

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ข้อความเบื้องต้น

การทำเหมืองแร่อย่างไม่เป็นระบบ ในประเทศไทยมีเหมืองแร่เก่าที่ถูกทิ้งร้างไม่ได้รับการดูแลหลายที่ และในบางพื้นที่เหมืองได้หยุดการผลิตและปิดทำการ แต่หินทิ้งและตะกอนดินที่ได้จากการทำเหมืองถูกกองทับถมอยู่บริเวณเหมืองหลายแห่ง โดยไม่มีการดูแลอย่างถูกต้องและเป็นระบบ เมื่อเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลานาน หินทิ้งและตะกอนดินจากการทำเหมืองเหล่านี้มีการผุพัง ซึ่งจะทำให้โลหะหนักชนิดต่าง ๆ ปนเปื้อนลงสู่ทางน้ำและอาจเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนในบริเวณใกล้เคียง (Mahawat, 1988)

พื้นที่สำรวจเขาทับควายตั้งอยู่ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ในบริเวณนี้เป็นเหมืองเหล็กเก่า ซึ่งตั้งอยู่บริเวณของเขาทับควาย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 0.48 ตารางกิโลเมตร เป็นเหมืองแร่เหล็กเก่า (อำนาจ ส่งอุไรล้ำ, 2536) ที่เดิมบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ได้รับประทานบัตร และหมดอายุประทานบัตรในปี พ.ศ.2553 และยังพบว่ามีสารลึกลับหลุดแร่เหล็กออกไปจากพื้นที่เขาทับควาย ตั้งแต่ประมาณเดือน ธ.ค.55 จนถึงเดือน มี.ค.56 ปัจจุบันเป็นพื้นที่ที่มีหินทิ้งและตะกอนดินจากเหมืองเก่าทับถมกันอยู่และขาดการจัดเก็บที่ ถูกต้อง พื้นที่แห่งนี้แม่เคยมีการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาแหล่งแร่อยู่บ้างแต่ยังไม่เคยมีการศึกษาวิจัยด้าน สิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะความเป็นไปได้ของการก่อให้เกิดกรดของหินทิ้งที่ และปริมาณโลหะหนักจากหิน ทิ้งและตะกอนที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและคนในชุมชนที่ใกล้เหมืองเก่า

ดังนั้นโครงการนี้ต้องการศึกษาธรณีเคมีของหินทิ้งที่ หินทิ้งและตะกอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับโอกาสการเกิดปริมาณโลหะหนักในหินทิ้งที่ หินทิ้งและตะกอน เพื่อหาทางป้องกันการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

1.2 นิยามปัญหา

โลหะหนักที่สะสมในหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน จะมากเกินมาตรฐานที่จะส่งผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณเหมืองและพื้นที่โดยรอบ

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.3.1 การเกิดปริมาณโลหะหนักในหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอนในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่า
- 1.3.2 จำแนกลักษณะการเกิดของเหมืองแร่เหล็กเขาทับควาย

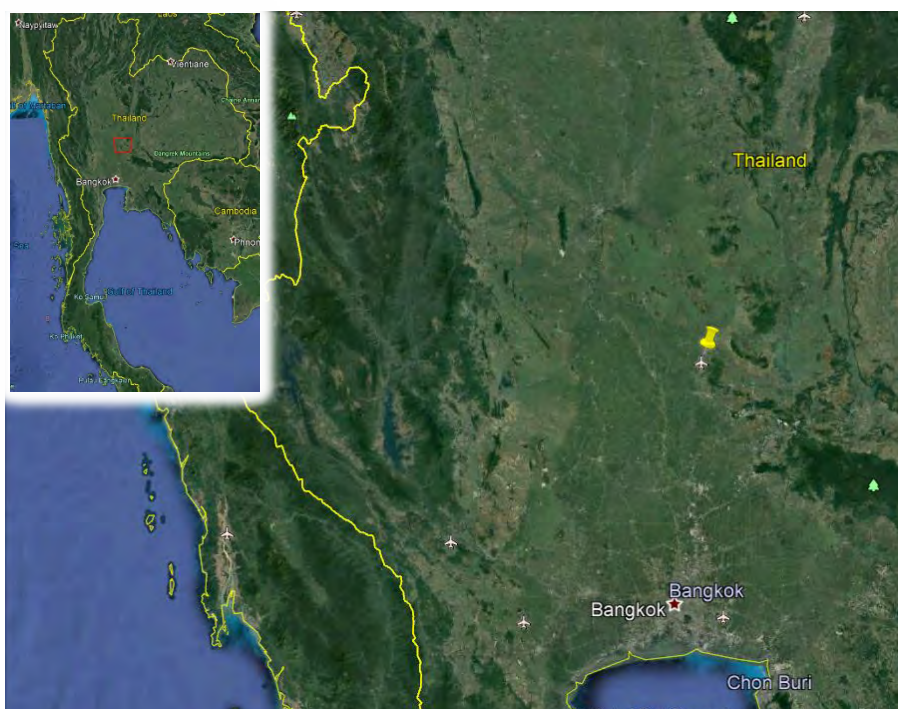
1.4 สมมติฐาน

เหมืองเหล็กเขาทับควาย จังหวัดลพบุรี ที่ปิดทำการเหมือง และมีการลักลอบทำเหมืองเถื่อนอาจก่อให้เกิด ปริมาณโลหะหนักจากหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอน ภายใต้สภาวะความเป็นกรดค่าเดียวกัน จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพื้นที่บริเวณโดยรอบ

1.5 ขอบเขตการศึกษา

วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมาจากหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน จากพื้นที่เหมืองเก่า จำนวน 12 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างหินทิ้งที่ ตัวอย่างหินทิ้ง intrusion และตัวอย่างแร่โลหะ โดยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP): SW-846 EPA Method 1312 (U.S. EPA, 1994) และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-OES)และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของดิน

1.6 พื้นที่ศึกษา



รูปที่ 1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งจุดศึกษา (google earth, 2020)

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ด้านความรู้และประสบการณ์

1.7.1.1 ได้ประสบการณ์และความรู้การทำภาคปฏิบัติการทางเคมีในห้องปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง

1.7.1.2 ได้ประสบการณ์การฝึกใช้เครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้อง

1.7.1.3 ได้นำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ในการพิจารณาสภาพการเกิดของเหมืองแร่ในพื้นที่

1.7.2 ความรู้ ความเข้าใจที่นำไปสู่การแก้ปัญหาของสังคมหรือสภาพแวดล้อม

1.7.2.1 ทราบปริมาณโลหะหนักในหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน มีปริมาณมากน้อยเพียงใด

1.7.2.2 ในกรณีที่มีปริมาณโลหะหนักมาก ที่มาจากการผุพังของหินทิ้งในพื้นที่สามารถนำข้อมูลไปแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้เข้ามาแก้ไขปัญหาหินทิ้งที่ก่อให้เกิดโลหะหนักและส่งผลกระทบต่อชุมชน

บทที่ 2

ธรณีวิทยา (Geology)

2.1 ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี

ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดลพบุรีเป็นภูเขาสูงบริเวณตอนบนและด้านตะวันออกของจังหวัด โดยภูเขาทางด้านตะวันออกเป็นส่วนหนึ่งของแนวขอบที่ราบสูงโคราช ทางด้านตะวันตกของจังหวัดเป็นที่ราบบริเวณกว้างซึ่งมีแม่น้ำลพบุรีไหลผ่าน ส่วนทางด้านตะวันตกมีลักษณะเป็นแอ่งที่ล้อมรอบด้วยภูเขา พื้นที่จังหวัดรองรับด้วยหินแข็งอายุตั้งแต่ 286 ล้านปีจนถึงตะกอนปัจจุบัน มีทั้งหินตะกอน หินอัคนีและตะกอนร่วน

พื้นที่จังหวัดลพบุรีร้อยละ 65 รองรับด้วยตะกอนร่วนและหินตะกอน สามารถจำแนกย่อยเป็นหินตะกอน 4 หน่วย และตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี 7 หน่วย(รูปที่ 2.1) หินตะกอนเกิดจากการสะสมและตกตะกอนทับถมของเศษหิน ดิน ทราย ที่แตกหลุดหรือ ถูกชะละลายออกมาจากหินเดิมโดยตัวการตามธรรมชาติเช่น น้ำ ลม ธารน้ำแข็ง น้ำทะเล พัดพาตะกอนไป ทับถมในแอ่งสะสมตัว ตะกอนที่สะสมตัวมากขึ้นมีการกดทับอัดตัวกันแน่น การเชื่อมประสานและกลายเป็นหิน ในที่สุด หินตะกอนบางประเภทเกิดจากการตกตะกอนโดยปฏิกิริยาทางเคมีเช่น หินปูน หินโดโลไมต์

2.1.1 หินยุคเพอร์เมียน (P)

ประกอบด้วยหินชนิดต่างๆ จากกลุ่มหินสระบุรีพบกระจายตัวเป็นแนวยาวทางด้านตะวันออกของจังหวัด วางตัวขนานกับกลุ่มหินโคราชในแนวเหนือ-ใต้ เป็นส่วนหนึ่งของแนวขอบที่ราบสูงโคราช และพบกระจายตัวเป็นเขาโดดบริเวณด้านตะวันตกและด้านใต้ของจังหวัด

1) หมวดหินเขาขวาง (Pkg) ประกอบด้วยหินปูน และหินโดโลไมต์แทรกสลับด้วยหินดินดาน หินทราย หินทรายปนทัฟฟ์และหินภูเขาไฟบ้าง หินปูนมีสีดำและสีเทา มีหินเชิร์ตแทรกเป็นกะเปาะ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซิลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง ไครนอยด์และสาหร่าย หินดินดาน หินทราย และหินทรายปนทัฟฟ์มีสีน้ำตาลอ่อน และสีเทาแกมเขียว

2) หมวดหินหนองโป่ง (Pn) ประกอบด้วยหินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินโดโลไมต์แทรกด้วยหินดินดานและหินทราย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินโดโลไมต์มีสีเทา แสดงลักษณะเป็นชั้นดี ชั้นบางถึงหนามาก มีหินเชิร์ตแทรกเป็นกะเปาะและเป็นชั้น พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซิลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง ฟองน้ำและสาหร่าย ในบางบริเวณมีการแปรสภาพไปเป็นหินอ่อนและหินแคลซ์ซิลิเกต

3) หมวดหินปางอศอก (Ppa) ประกอบด้วย หินดินดาน หินดินดานกึ่งหินชนวน และหินชนวน แทรกด้วยหินทรายเป็นเลนซ์และชั้นหินปูน หินดินดาน หินดินดานกึ่งหินชนวน และหินชนวน มีสีเทา สีซีมัว และสีน้ำตาล แสดงลักษณะเป็นชั้นบาง

4) หมวดยีนเซาซาด (Pkd) ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์แทรกด้วย หินดินดาน หินทราย และหินทรายแป้ง หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์ มีสีเทาแสดงลักษณะเป็น ชั้นดี เป็นชั้นบางถึงหนามาก มักมีหินเชิร์ตแทรกอยู่เป็นกระเปาะและเป็นชั้น พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซูลี นิด แบรคิโอพอด ปะการัง ฟองน้ำ และสาหร่าย ในบางบริเวณมีการแปรสภาพไปเป็นหินอ่อนและหินแคลซิลิเกต

(5) หมวดยีนซับบอน (Ps) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดานเนื้อเชิร์ต และหินเชิร์ต แทรกสลับด้วยหินปูนสีเทา มีหินฟิลไลต์และหินชีสต์บ้าง

2.1.2 หินยุคไทรแอสซิก (TR)

หมวดยีนห้วยหินลาด (TRhl) ประกอบด้วย หินกรวดมนฐาน หินทราย หินดินดานเนื้อปูน และหินโคลนเนื้อปูน บางส่วนแทรกสลับด้วยหินแก้วภูเขาไฟ หินกรวดมนฐานมีเม็ดกรวดเป็นหินปูน หินทราย และหินภูเขาไฟ หินทรายมีสีเทาและสีน้ำตาลแกมแดง หินดินดานเนื้อปูนมีสีเทาลงสีเทาเข้ม หินโคลนเนื้อปูนมีสีเทาถึงเทาเข้ม แสดงลักษณะเป็นชั้นบาง พบกระจายตัวเป็นแนวเล็กๆ ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอลำสนธิ

2.1.3 หินยุคจูแรสซิก (J)

หมวดยีนภูกระดึง (Jpk) ประกอบด้วย หินทรายแป้ง หินทราย และหินดินดาน หินทราย แป้งมีสีแดงปนม่วงและสีน้ำตาลแกมแดง เนื้อไมกา หินทรายและหินดินดานมีสีน้ำตาล สีเทา และสีเหลืองเนื้อไมกา แสดงการวางชั้นเฉียงระดับขนาดเล็ก พบเม็ดหินปูนเล็กน้อย หมวดยีนนี้อายุประมาณ 210-140 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นแนวยาวจากด้านเหนือจดใต้ของอำเภอลำสนธิ เป็นส่วนหนึ่งของขอบที่ราบสูงโคราช

2.1.4 หินยุคจูแรสซิก-ครีเทเชียส (JK)

หมวดยีนพระวิหาร (JKpw) ประกอบด้วย หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทราย และหินทราย กรวดมน แทรกสลับด้วยหินทรายแป้ง หินทรายเนื้อควอตซ์และหินทรายมีสีขาวแกมเทา หินทรายกรวดมน มีสีส้มจาง และสีแดงแกมน้ำตาล ไม่แสดงลักษณะเป็นชั้นถึงเป็นชั้น มีการวางชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ การประสานตัวดี หมวดยีนนี้อายุประมาณ 200-65 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นแนวยาวถัดจากหมวดยีนภูกระดึงออกมาทางด้าน ตะวันออก

2.1.5 ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Q)

ประกอบด้วยตะกอนชนิดต่างๆ ที่มีอายุประมาณ 1.6-0.01 ล้านปี สามารถแบ่งย่อยตามชนิดและสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวได้เป็น 3 หน่วยตะกอน

1) ตะกอนน้ำพา (Qa) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เกิดจากน้ำพัดพา กรวด หิน ดิน ทราย ไปสะสมตัวอย่างไม่เป็นระบบ มีอิทธิพลของความลาดชันและน้ำผิวดินปะปนบ้างจึงได้ตะกอน หลากหลายชนิดปนกัน ลักษณะเป็นภูมิประเทศที่ราบริมแม่น้ำ พื้นที่ราบนี้มักเป็นแหล่งสะสมตัวของชั้นทราย แม่น้ำ

2) ตะกอนตะพัก (Qt) ประกอบด้วย กรวด และทราย เกิดจากแม่น้ำกัดเซาะทางดิ่งมากขึ้นปรากฏ เป็นภูมิประเทศขั้นบันได ดินมีธาตุอุดมสมบูรณ์พอสมควรปลูกพืชได้บางชนิด พื้นที่บริเวณนี้ไม่อยู่ในเขตน้ำท่วมซึ่งเหมาะสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยแต่อาจประสบกับการไหลหลากของทางน้ำ

3) ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนผุพังอยู่กับที่ (Qc) เศษหินประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ หินทราย หินทรายแป้ง หินแกรนิต ทราย ทรายแป้ง ดินลูกรัง และศิลาแลง เกิดจากการผุพังของหินเดิม ตะกอนถูกพัดพาไม่ไกลจึงมักพบตามเชิงเขาหรือขอบแอ่ง หน่วยตะกอนนี้ใช้เป็นแหล่งดินถมสำหรับการก่อสร้างได้ และเป็นหลักฐานสำหรับแสดงถึงการเกิดแผ่นดินถล่มในอดีตเนื่องจากการปรับตัวสู่สมดุลของธรรมชาติ ซึ่งหลายพื้นที่ยังคงมีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้อีกจึงไม่เหมาะสำหรับการตั้งที่

อยู่อาศัย

2.1.6 หินอัคนี

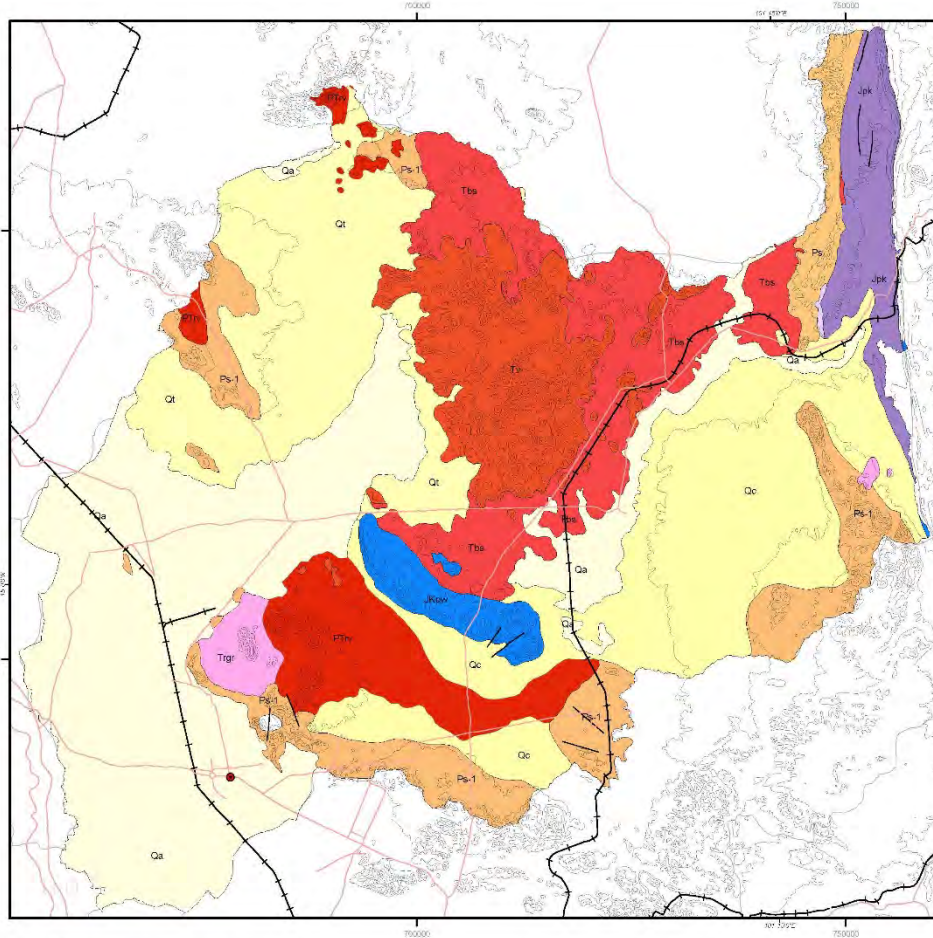
หินอัคนีที่พบในจังหวัดลพบุรีสามารถจำแนกโดยอาศัยชนิดหินและช่วงอายุของการเกิดได้เป็น 4 หน่วยหิน คือ หินภูเขาไฟแยกประเภทไม่ได้ ยุคเพอร์เมียน - ไทรแอสซิก (PTRv), หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต ยุคไทรแอสซิก (TRgr), หินภูเขาไฟยุคเทอร์เชียรี (Tqte ,Tbsa และ Tv) และหินบะซอลต์ปลายยุคเทอร์เชียรีถึงควอเทอร์นารี (bs)

-หินภูเขาไฟแยกประเภทไม่ได้ ยุคเพอร์เมียน - ไทรแอสซิก (PTRv) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินถ้ำภูเขาไฟ และหินกรวดภูเขาไฟ หินยุคนี้ อายุประมาณ 260-220 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นแนวจากด้านเหนือของอำเภอเมืองไปจนถึงอำเภอพัฒนานิคม บริเวณเขาวงพระจันทร์ เขาวง และด้านเหนือของอำเภอโคกเจริญ

-หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต ยุคไทรแอสซิก (TRgr)ประกอบด้วย หินแกรนิต หินไบโอไทต์ แกรนิต หินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต หินแกรโน ไดโอไรต์ และหินลูโครแกรนิต หินแกรนิต หินไบโอไทต์แกรนิต หินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต และหินแกรโนไดโอไรต์ มีสีเทาจาง หินยุคนี้ อายุประมาณ 245-210 ล้านปี พบกระจายตัวทางด้านเหนือของอำเภอเมือง บริเวณเขาพุกาและเขาพุกอน

-หินภูเขาไฟยุคเทอร์เชียรี (Tqte ,Tbsa และ Tv)ประกอบด้วย หินควอตซ์เทรโคต์ หินแอนดีไซต์ เนื้อบะซอลต์ หินไรโอไรต์ หินแอนดีไซต์ หินควอร์ตซ์เลไทต์ และหินทัฟฟ์เนื้อไรโอไลต์ หินควอตซ์เทรโคต์มีสีเทาดำถึงสีแดงแกมเทา เนื้อละเอียดมาก เนื้อเป็นดอก แตกเป็นเหลี่ยม หินแอนดีไซต์เนื้อบะซอลต์มีสีเขียวแกมเทา เป็นรูพรุน ปกติก่อตัวเป็นที่สูง หินไรโอไรต์มีสีแดงแกมเทาถึงสีมารูน เนื้อละเอียดและเนื้อดอก หินแอนดีไซต์เนื้อดอกมีสีเขียวแกมเทา หินควอร์ตซ์เลไทต์และหินทัฟฟ์เนื้อไรโอไลต์มีสีขาวถึงสีขาวแกมเทา เนื้อละเอียดมาก หินยุคนี้ อายุประมาณ 65-1.8 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นกลุ่มเขาทางด้านเหนือและตะวันออกของอำเภอสระโบสถ์

-หินบะซอลต์ปลายยุคเทอร์เชียรีถึงควอเทอร์นารี (bs)ประกอบด้วย หินบะซอลต์ สีเทาเข้มถึงสีดำ มีเนื้อละเอียดถึงเนื้อดอก เป็นรูพรุน มีผลึกของแร่โอลิวีน และมักมีโพรงที่มีแร่โอปอตผลึกอยู่ (รูปที่ 3-4) บางแห่งแสดงรอยแตกแบบเส้า หินยุคนี้ อายุประมาณ 20-0.8 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างทางด้านเหนือของจังหวัด บริเวณอำเภอโคกเจริญ โคกสำโรง และชัยบาดาล



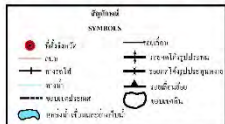
แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดดพบุรี

คำอธิบาย EXPLANATION



กรมทรัพยากรธรณี
อภิชัย ขวเจริญพันธ์ อธิบดี
สำนักธรณีวิทยา
เบญจวรรณ จรุงกุลีส ผู้อำนวยการสำนัก

แผนภาพแสดงตำแหน่งที่ตั้ง



หินตะกอนและหินแปร Sedimentary and Metamorphic rocks

- Ga** ตะกอนทรายน้ำกรวด หินทรายแป้ง และหินทรายระยะต้นด้วยกรวดน้ำ หินดินเหนียวและทรายที่มีชั้นถึง
- Qc** ตะกอนทรายหิมะและตะกอนภูเขาไฟ หินทราย หินแป้ง หินแข็งและหิน
- Qs** ตะกอนและหินที่น้ำกรวด หินทราย หินแป้ง หินแข็งและหิน
- Ps-1** หินทรายสีออกแดงหรือขาว หินทรายและหินทรายหิมะชั้นบนใหม่ หินทรายหิมะชั้นบนเดิม
- Tba** หินทรายสีออกแดงหรือขาว หินทรายและหินทรายหิมะชั้นบนใหม่ หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม
- Tbr** หินทรายสีออกแดงหรือขาว หินทรายและหินทรายหิมะชั้นบนใหม่ หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม
- Tr** หินทรายสีออกแดงหรือขาว หินทรายและหินทรายหิมะชั้นบนใหม่ หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม
- Ps-2** หินทรายสีออกแดงหรือขาว หินทรายและหินทรายหิมะชั้นบนใหม่ หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม
- Ps** หินรูปไข่สีออกแดงหรือขาว หินทรายและหินทรายหิมะชั้นบนใหม่ หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม หินทรายหิมะชั้นบนเดิม

หินอัคนี Igneous rocks

- Tba** หินบะซอลต์จากหินอัคนีดำ ในภูเขาและ โดกรับน้ำร้อน โอลิโกซีนในภูเขาหิน
- Tv** หินบะซอลต์จากหินอัคนีดำ ในภูเขาและ โดกรับน้ำร้อน โอลิโกซีนในภูเขาหิน
- Tgr** หินบะซอลต์จากหินอัคนีดำ ในภูเขาและ โดกรับน้ำร้อน โอลิโกซีนในภูเขาหิน
- Tbr** หินบะซอลต์จากหินอัคนีดำ ในภูเขาและ โดกรับน้ำร้อน โอลิโกซีนในภูเขาหิน

รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดดพบุรี (DMR, 2550)

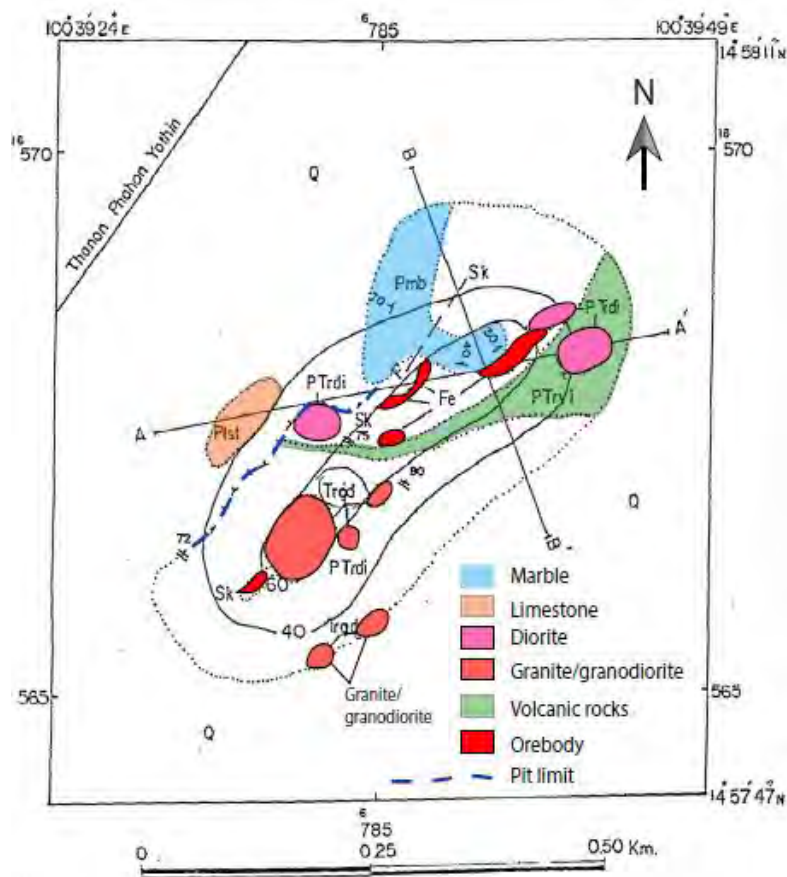
2.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่

จังหวัดลพบุรีมีทรัพยากรแร่ที่สำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด ได้แก่ ทองคำ เหล็ก ทองแดง เบนทอนิต์ ดินขาว โพลลาสโทไนต์ คาลซิโดนี เพอร์ไลต์ โดโลไมต์ หินปูน หินอ่อน ดินมาร์ล และ หินประดับชนิดหินกรวดมน โดยทรัพยากรแร่เหล่านี้มีพื้นที่แหล่งแร่รวมกันประมาณ 343.33 ตารางกิโลเมตร (รูปที่ 6-1) ทรัพยากรแร่ดังกล่าวสามารถจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มแร่เพื่อการพัฒนาสาธารณูปโภคพื้นฐานและโครงการขนาดใหญ่ของรัฐ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ แร่เพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ ได้แก่ หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ และแร่เพื่อการก่อสร้าง ได้แก่ หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง หินอ่อน และหินประดับชนิดหินกรวดมน

2) กลุ่มแร่เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย คือ แร่โลหะ มีค่า ได้แก่ ทองคำ แร่โลหะ ได้แก่ แร่เหล็ก และแร่ทองแดง แร่อุตสาหกรรม ได้แก่ เบนทอนิต์ ดินขาว โพลลาสโทไนต์ หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมี หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมอื่นๆ และแร่รัตนชาติ ได้แก่ คาลซิโดนี

3) กลุ่มแร่เพื่อการเกษตร ได้แก่ โดโลไมต์ ดินมาร์ล และเพอร์ไลต์



รูปที่ 2-2 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่บริเวณเขาทับควาย แสดงลักษณะและพื้นที่การสะสมตัว

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

3.1 ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

รวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา หรือพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ธรณีวิทยาในพื้นที่อำเภอทองผาภูมิ วิธีการสำรวจแหล่งแร่ วิธีการออกภาคสนาม วิธีการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม วิธีการเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ และวิธีการวิเคราะห์ทางธรณีเคมี

- 1) หินทอ้งที่ (Volcanic rock) เราจะเก็บหินเดิมที่อยู่ตามพื้นและตามผนังหน้าผา โดยเก็บตัวอย่างของหินทอ้งที่ จำนวน 5 ตัวอย่าง
- 2) หินทิ้ง (Waste rocks) เราจะเก็บตัวอย่างของหินทิ้งที่ได้จากการทำเหมืองและกองทิ้งไว้อยู่หลายตำแหน่ง โดยเราจะเปิดหน้าดินลึกลงไป 30-40 cm ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ เนื่องจากหินดังกล่าวได้ถูกกองทิ้งไว้นานแล้ว จึงต้องเปิดหน้าดินลึกลงไปมาก จำนวน 7 ตัวอย่าง
- 3) สินแร่ (Ores) เราจะเก็บตัวอย่างของสินแร่จากตัวore body โดยเก็บตัวอย่างของสินแร่ จำนวน 3 ตัวอย่าง
- 4) หินแทรกซ้อน (intrusion)) เราจะเก็บหินที่อยู่ตามผนังหน้าผา โดยเก็บตัวอย่างของหินแทรกซ้อนที่ จำนวน 1 ตัวอย่าง



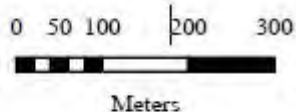
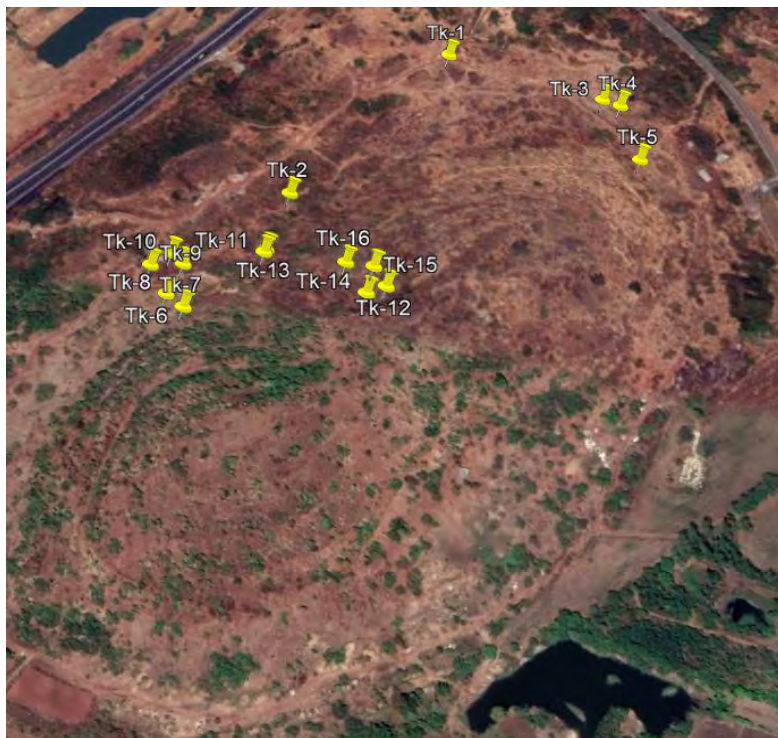
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างหินทิ้ง



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างหินทอ้งที่



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างสินแร่



รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง
(google earth, 2020)

3.2 รวบรวมข้อมูลภาคสนาม

เก็บตัวอย่างหินท้องที่ หินทิ้ง หินแทรกซ้อนและสินแร่ เพื่อทดสอบการชะละลายโลหะหนัก, วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ด้วยเครื่อง EPMA

- 1) หินท้องที่ (Volcanic rock) เราจะเก็บหินเดิมที่อยู่ตามหน้าผา โดยเปิดหน้าดิน ลึกลงไปประมาณ 30 cm จากนั้นค่อยทำการเก็บตัวอย่างของหินท้องที่ จำนวน 1 ตัวอย่าง
- 2) หินทิ้ง (Waste rocks) เราจะเก็บตัวอย่างของหินทิ้งที่ได้จากการขุดทำเหมืองและกองทิ้งไว้อยู่หลายตำแหน่ง โดยเราจะเปิดหน้าดิน ลึกลงไป 30 cm ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ เนื่องจากหินดังกล่าวได้มีการขุดออกมานานแล้ว จำนวน 4 ตัวอย่าง
- 3) intrusion เก็บจากหน้าเหมือง อยู่ติดกับหินท้องที่จำนวน 1 ตัวอย่าง.
- 4) ตะกอนดิน บริเวณพื้นด้านล่างของหน้าผาเหมือง โดยขุดลึกลงไป 30 cm ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ จำนวน 3 ตัวอย่าง

3.3 วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 วิเคราะห์ทางเคมี

1)เตรียมตัวอย่างที่เก็บมาจากการไปออกภาคสนามทั้งหมด 12 ตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

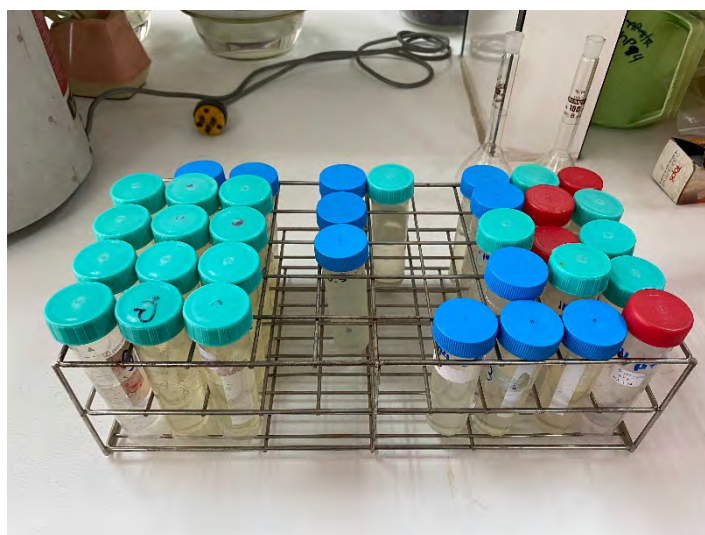
- นำตัวอย่างหินท้องที่ หินทิ้ง หินแทรกซ้อนและสินแร่ไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด
- นำตัวอย่างที่บดเสร็จแล้วไปบดด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำมาแบ่งเป็น 4 ส่วน นำส่วนที่ตรงข้ามกันปริมาณ 10 กรัม เพื่อนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

- เตรียมนำตัวอย่างที่บดแล้วทั้งหมด 12 ตัวอย่าง นำมาทำให้อยู่ในรูปสารละลายด้วยวิธี Microwave total digestion โดยมีขั้นตอนดังนี้

การสกัดให้อยู่ในรูปสารละลาย

- นำตัวอย่าง 0.5 g เติม กรดไนตริกเข้มข้น 9 ml และกรดไฮโดรฟลูออริกซ์เข้มข้น 3 ml ลงในภาชนะสำหรับเครื่อง microwave

- เติมน้ำเครื่อง Microwave โดยใช้การตั้งค่าตาม METHOD 3052
- นำตัวอย่างที่ได้มาตั้งบนเตาเพื่อระเหยHFออก
- นำของแข็งที่เหลือมาละลายด้วยไนตริก 1% เติมให้ครบ 100 ml



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงตัวอย่างลงในขวดเก็บตัวอย่าง

-นำตัวอย่างที่เก็บใส่ขวดไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry(ICP-OES) (รูปที่ 3.6) เพื่อหาปริมาณโลหะหนักในแต่ละตัวอย่าง ธาตุที่ทำการตรวจวัดได้แก่ โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) แคดเมียม(Cd)ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb)



รูปที่ 3.6 เครื่องมือการวิเคราะห์ตัวอย่าง ICP-OES

ในที่นี้เราจะแบ่งชนิดของตัวอย่างที่นำไปตรวจวัดด้วยกัน 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ หินทองที่จำนวน 1 ตัวอย่าง หินทิ้ง จำนวน 7 ตัวอย่าง หินแทรกซ้อน จำนวน 1 ตัวอย่างและสินแร่ จำนวน 3 ตัวอย่าง

- หลังจากนั้นนำผลความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม กับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

pH	Concentration of heavy metals (mg/l)								
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
*Industrial Effluent Standards	0.25	5	1	2	5	0.25	0.03	0.005	0.2
**Surface Water Quality Standards Class 3	0.05	1	0.1	0.1	1	0.01	0.005	0.002	0.05

รูปที่ 3.7 ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

3.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบแร่ด้วยเครื่อง Electron Microprobe Analysis (EPMA)

- นำตัวอย่างหินทอ้งที่ และสินแร่ เข้าเครื่องตัดหิน และเครื่องขัดหยาบ เพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับดูด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ถ่ายรูปและเลือกตำแหน่งสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA



รูปที่ 3.8 เครื่องขัดมันขนาด 3 μ m



รูปที่ 3.9 กล้องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง



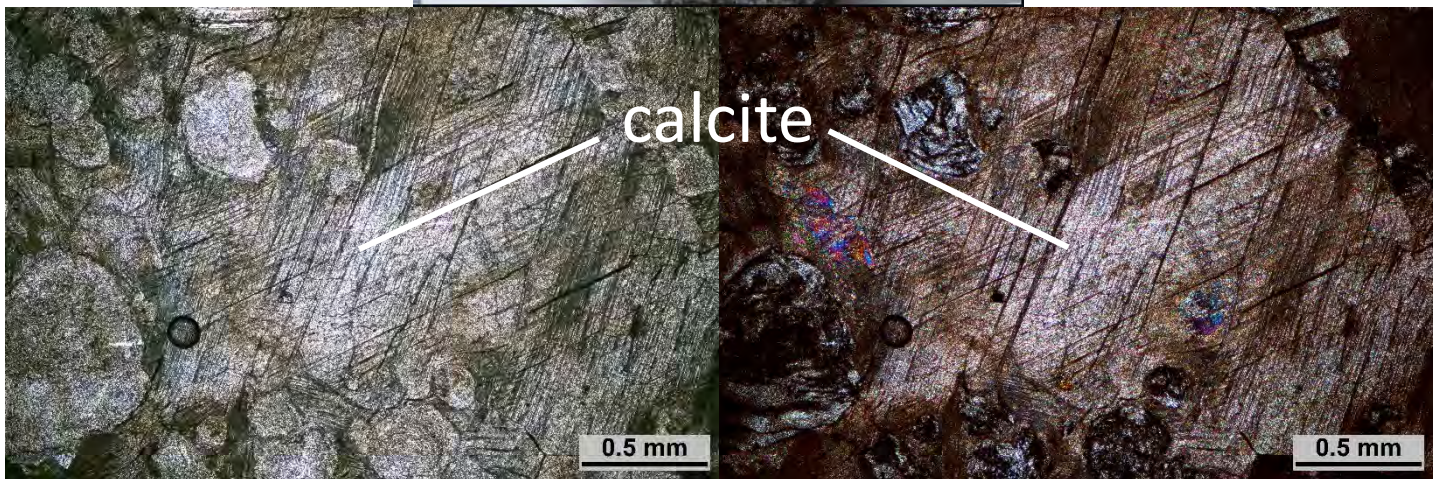
รูปที่ 3.10 เครื่องตัดหิน

บทที่ 4

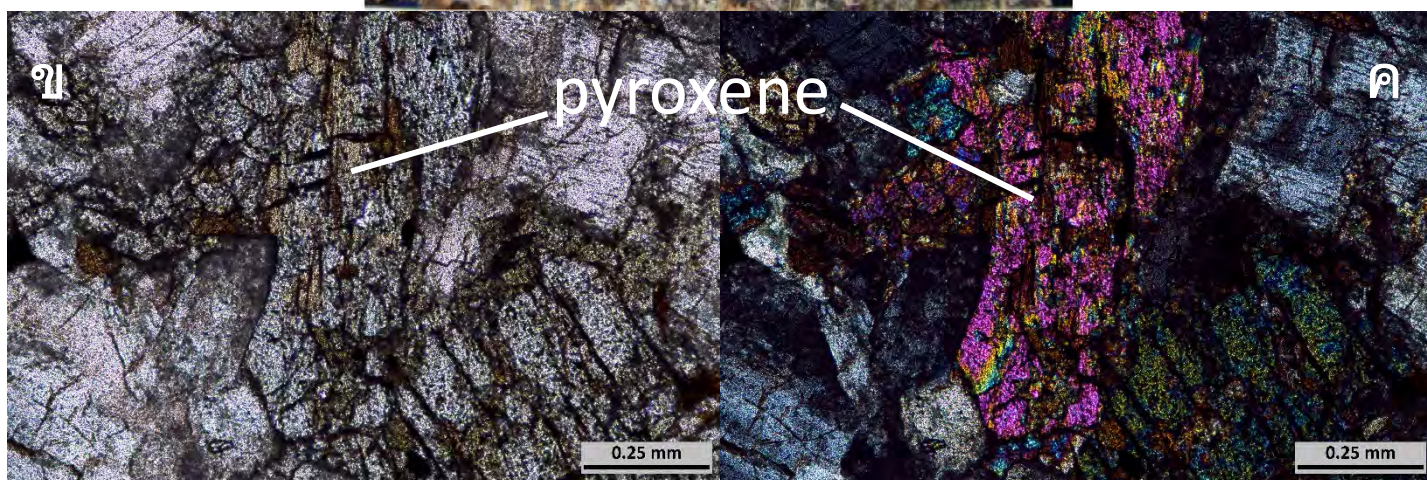
ผลการศึกษาและการตีความข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์สีลาบรรณของแร่ซัลไฟด์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง

นำตัวอย่างหิน ได้แก่ หินทองที่ และสินแร่ นำมาวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง



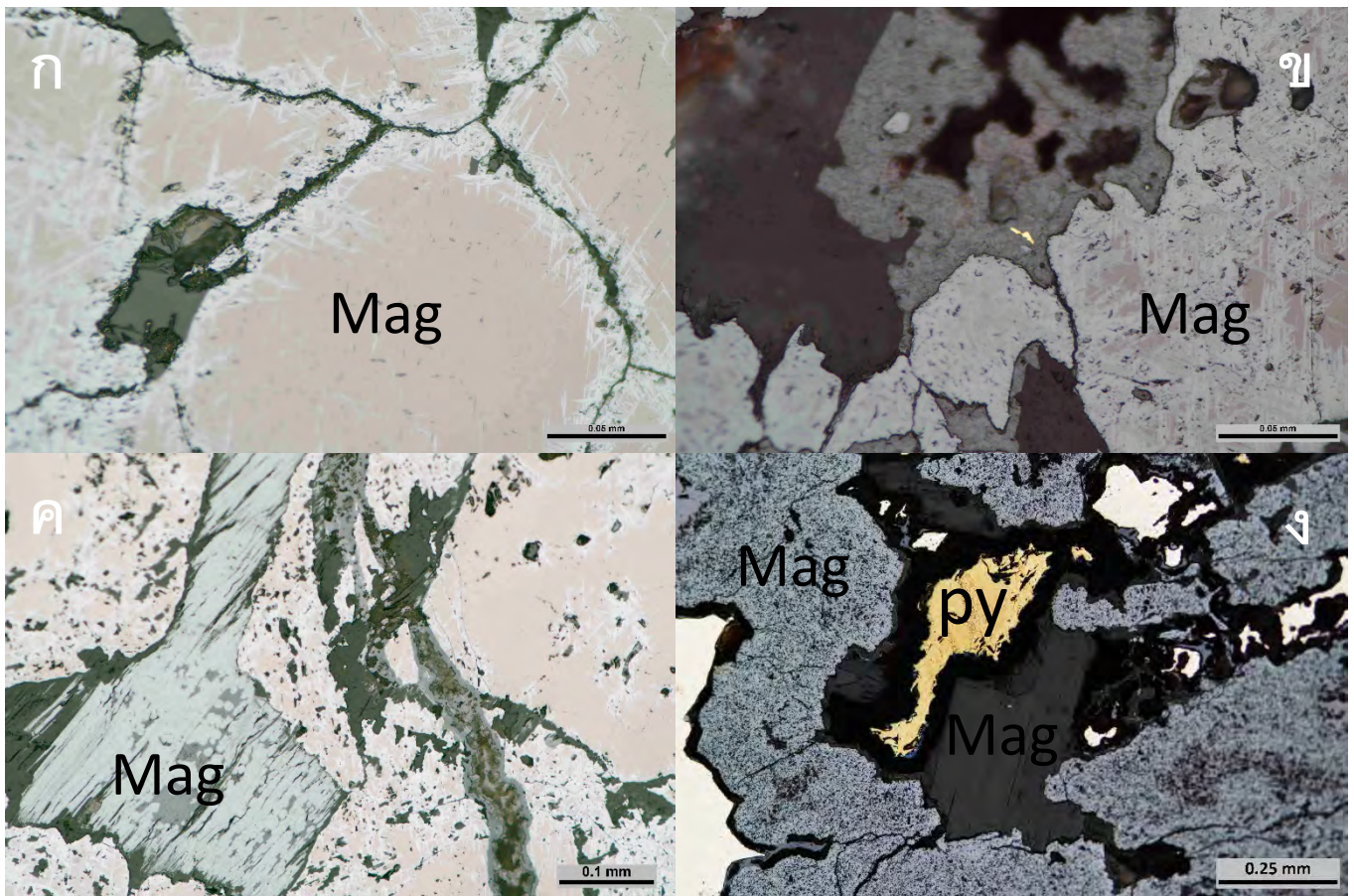
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างหินอ่อน และแสดงแร่ที่ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ calcite, ตัวอย่าง Tk-1



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างหิน diorite ที่มีแร่ garnet และ pyroxene อยู่รวมกัน (ก) และแร่ pyroxene (ข และ ค) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ppl และ cross nicol ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างหินที่มีแร่ garnet ปริมาณมากและมี copper oxides (สีเขียวและฟ้า)



รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงสะท้อน ก ถึง ค แสดงแร่ Magnetite (mag) และ ง แสดงแร่ Magnetite และ pyrite (py).

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่ซัลไฟด์

4.2.1 องค์ประกอบหลักและรอง

แร่ Magnetite จากแหล่งแร่เหล็กเขาทับควาย มีแร่ที่โดดเด่นคือ มี FeO สูง ซึ่งมีองค์ประกอบของ FeO

98.44 %w

sample	MgO	TiO ₂	MnO	FeO	Total
2.2A-mag1-1	0.635	0.109	0.258	98.443	99.445
2.2A-mag1-2	0.696	0.307	0.368	97.006	98.377
2.2A-mag1-3	0.589	0.655	0.545	97.846	99.635
2.2A-mag2-1	0.654	0.161	0.342	98.092	99.249
2.2A-mag2-2	0.641	0.094	0.267	98.273	99.275
2.2A-mag2-3	0.645	0.11	0.277	97.88	98.912

ตารางที่ 4.1 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA

sample	MgO	TiO2	MnO	FeO	Total
2.2A-mag3-1	0.626	0.098	0.339	98.292	99.355
2.2A-mag3-2	0.526	0.886	0.255	98.002	99.669
2.2A-mag3-3	0.569	0.196	0.357	97.888	99.01
2.2B-mag1-1	0.873	0.168	0.279	97.512	98.832
2.2B-mag1-2	0.834	0.155	0.305	97.042	98.336
2.2B-mag1-3	0.789	0.162	0.387	97.909	99.247
2.2B-mag2-1	0.508	0.301	0.409	97.774	98.992
2.2B-mag2-2	0.655	0.401	0.504	97.965	99.525
2.2B-mag2-3	0.54	0.287	0.417	97.702	98.946
2.1A-mag1-1	0.649	0.09	0.255	98.124	99.118
2.1A-mag1-2	0.632	0.04	0.226	97.792	98.69
2.1A-mag1-3	0.639	0.062	0.226	98.205	99.132
2.1A-mag2-1	0.669	0.162	0.349	97.487	98.667
2.1A-mag2-2	0.542	0.09	0.24	97.949	98.821
2.1A-mag2-3	0.645	0.096	0.228	97.697	98.666
2.1A-mag3-1	0.596	0.137	0.341	97.69	98.764
2.1A-mag3-2	0.611	0.072	0.238	97.443	98.364
2.1A-mag3-3	0.304	0.019	0.198	98.201	98.722
2.1B-mag1-1	0.026	0.034	0.012	97.55	97.622
2.1B-mag1-2	0.079	0.082	0	98.259	98.42
2.1B-mag1-3	0.241	0.044	0	98.289	98.574
2.1B-mag2-1	0.261	0.049	0.022	97.449	97.781
2.1B-mag2-2	0.053	0	0.025	97.43	97.508
2.1B-mag2-3	0.035	0.032	0.006	97.46	97.533
2.1B-mag3-1	0.489	0.113	0.264	98.127	98.993
2.1B-mag3-2	0.439	0.093	0.284	97.6	98.416
2.1B-mag3-3	0.495	0.148	0.275	97.466	98.384
1.1A-mag1-1	0.01	0.015	0.01	97.964	97.999
1.1A-mag1-2	0.009	0	0	98.168	98.177
1.1A-mag1-3	0.001	0	0	98.151	98.152

ตารางที่ 4.2 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA

sample	MgO	TiO ₂	MnO	FeO	Total
1.1A-mag2-1	0.093	0	0.027	97.528	97.648
1.1A-mag2-2	0.281	0	0.038	97.55	97.869
1.1A-mag2-3	0.149	0.009	0.02	98.295	98.473
1.1A-mag3-1	0.015	0.013	0	98.15	98.178
1.1A-mag3-2	0.019	0.021	0.033	97.39	97.463
1.1A-mag3-3	0.011	0	0.025	97.495	97.531

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA

sample	Fe	Cu	S	Pb	Total
2.2B-pyr1-1	44.198	0.255	55.018	0.075	99.546
2.2B-pyr1-2	44.655	0.377	55.009	0.048	100.089

ตารางที่ 4.4 แสดงผลจากการวิเคราะห์ EPMA

4.3 การวิเคราะห์การชะละลายโลหะหนัก

เมื่อนำตัวอย่างที่ถูกการชะละลายด้วยวิธี Microwave total digestion แล้วไปวิเคราะห์ตรวจหาธาตุโลหะหนักทั้ง 8 ธาตุ ได้แก่ Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, และ Mn ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-OES) พบว่า ค่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของหินที่เลือกนำไปวิเคราะห์ทั้ง 12 ตัวอย่าง หินทองที่ จำนวน 1 ตัวอย่าง หินทิ้ง จำนวน 7 ตัวอย่าง หินแทรกซ้อน จำนวน 1 ตัวอย่าง และสินแร่ จำนวน 3 ตัวอย่าง จากผลการตรวจหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง

ICP-OES (ตารางที่ 4.1) ทำให้เราทราบว่า

หินทองที่

ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 16.88 mg/l

ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 19.59 mg/l

ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 53.49 mg/l

ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 71.45 mg /l

ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 29.12 mg /l

ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.97 mg /l

ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง n/b mg /l

ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 555.53 mg /l

หินทิ้ง

ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 15.91-374.6 mg/l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 89.42143

ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 5.44-126.8 mg/l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 42.74571

ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 3.88-1935.52 mg/l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 802.4271

ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 71.9-442.78mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 172.7286

ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-22.7 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 3.252857

ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-1.71 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.272857

ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-32.23 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 11.54143

ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 461.57-1352.15 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 7 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 802.6971

สินแร่

ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 17.4-23.79mg/l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 19.61667

ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 7.64-41.54 mg/l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 24.89333

ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 65.91-197.6 mg/l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 125.1033

ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 119.26-113.6 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 128.62

ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 1.15-62.26 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 32.57667

ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 1.06-2.28 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 1.523333

ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-7.82 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 2.606667

ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 555.53-5462 mg /l โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 2603.327

หินแทรกซ้อน

ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 48.01 mg/l

ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 10.78 mg/l

ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 138.41 mg/l

ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 135.3 mg /l

ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 4.22 mg /l

ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.2 mg /l

ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง 12.99 mg /l

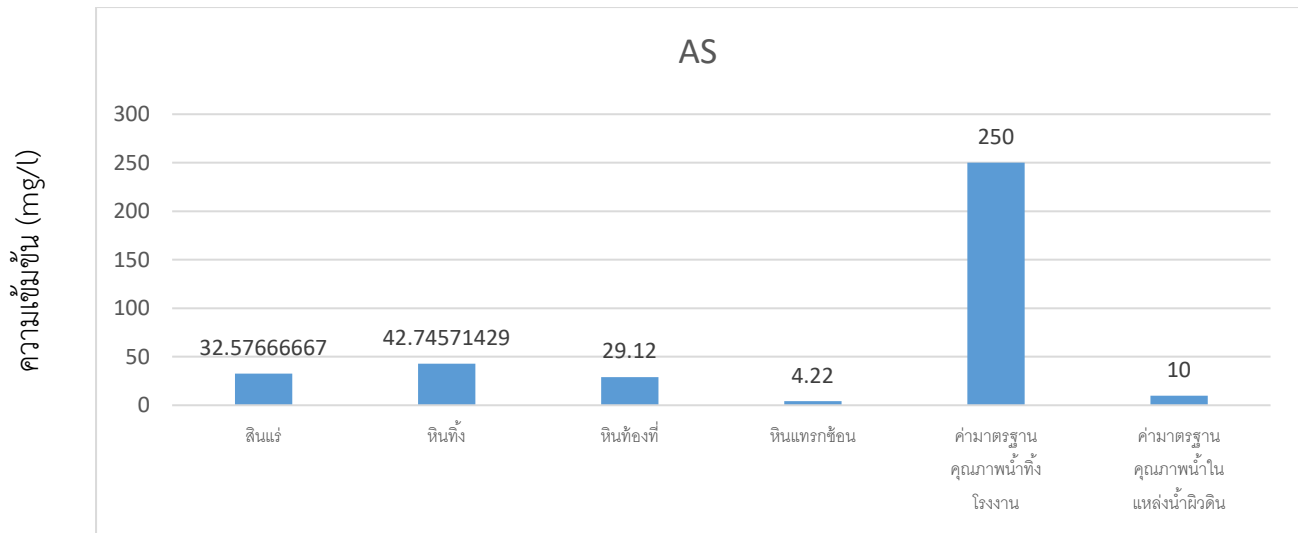
ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 420.84 mg /l

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
โรงงานอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

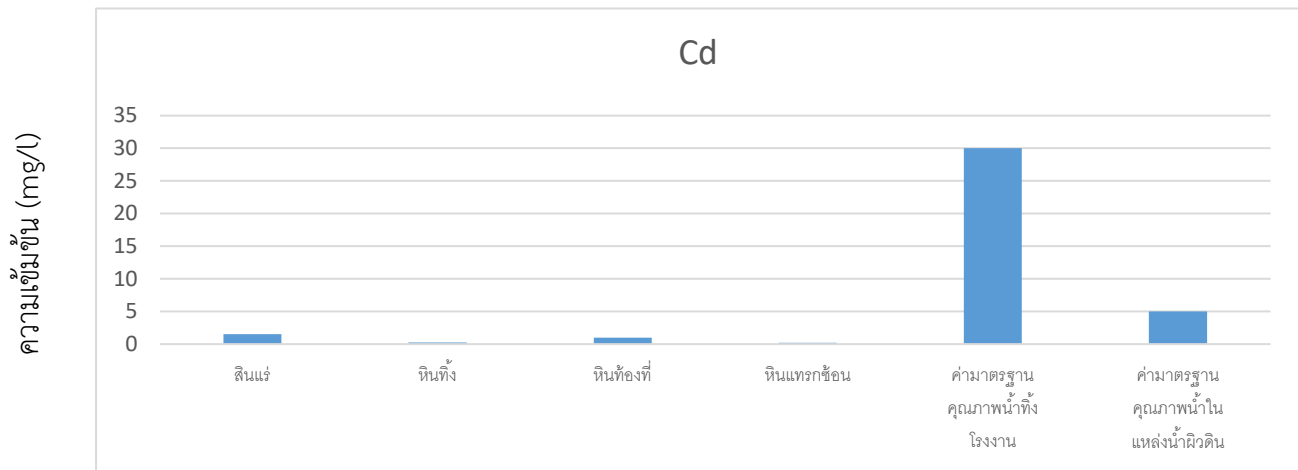
ตัวอย่าง		ความเข้มข้นของโลหะหนัก (mg/l)							
		As	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
สินแร่	Tk-4	34.32	1.06	17.66	65.91	555.53	25.5	7.82	119.26
	Tk-11	62.26	2.28	23.79	197.6	1792.45	7.64	n/b	133
	Tk-12	1.15	1.23	17.4	111.8	5462	41.54	n/b	133.6
หินทิ้ง	Tk-7	55.13	1.71	71.67	1382.32	1352.15	55.13	32.23	442.78
	Tk-8	31.73	0.2	36.62	1667.46	1232.17	31.73	3.55	146.73
	Tk-9	5.44	n/b	15.39	3.88	470.47	5.44	15.09	71.9
	Tk-10	28.38	n/b	45.59	67.06	461.57	28.38	n/b	85.64
	Tk-13	29.45	n/b	27.46	1935.52	959.96	29.45	19.54	221.26
	Tk-15	126.8	n/b	374.6	33.49	619.81	126.8	5.62	109.14
	Tk-16	22.29	n/b	54.62	527.26	522.75	22.29	4.76	131.65
หินท้องถิ่น	Tk-5	29.12	0.97	16.88	53.49	555.53	19.59	n/b	71.45
หินแทรกซ้อน	Tk-14	4.22	0.2	48.01	138.41	420.84	10.78	12.99	135.3
ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำทิ้ง โรงงาน อุตสาหกรรม		250	30	250	2000	5000	1000	200	5000
ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำใน แหล่งน้ำผิวดิน		10	5	50	100	1000	100	50	1000

n/b คือ ต่ำกว่าค่าประมาณของขีดจำกัดการตรวจวัด (Limits of detection)

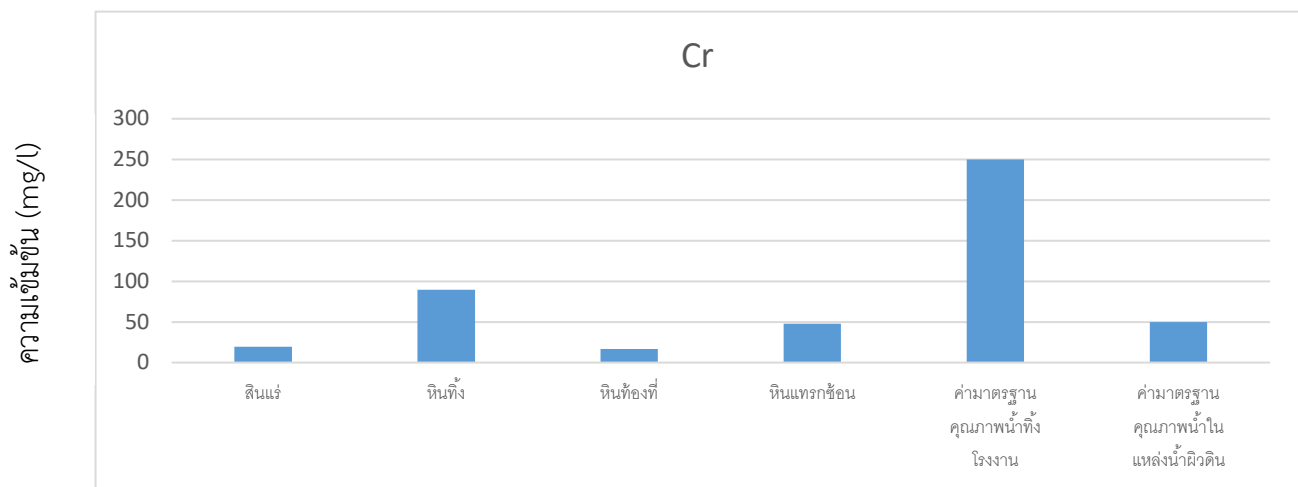
Cr 10, Mn 20, Cu 10, Zn 20, As 10, Cd 5, Pb 10, Ni 20 หน่วย $\mu\text{g/l}$



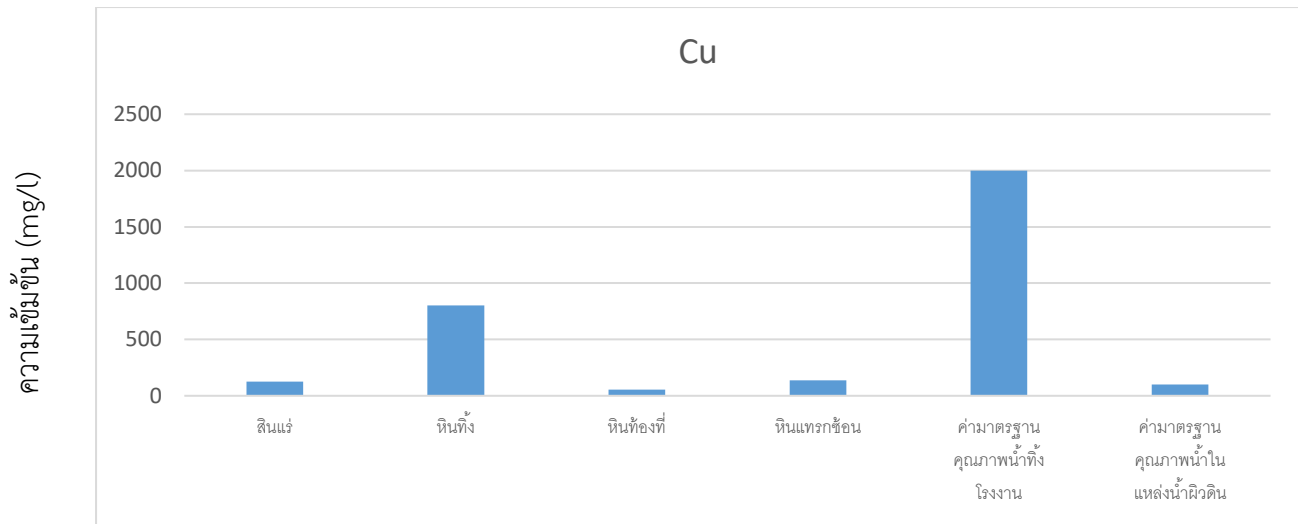
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (As)



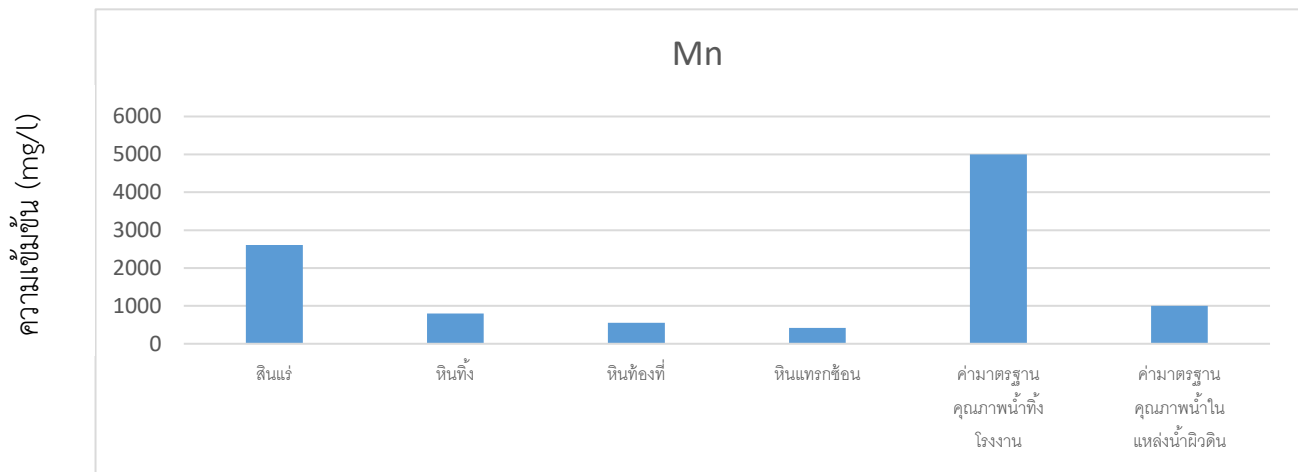
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Cd)



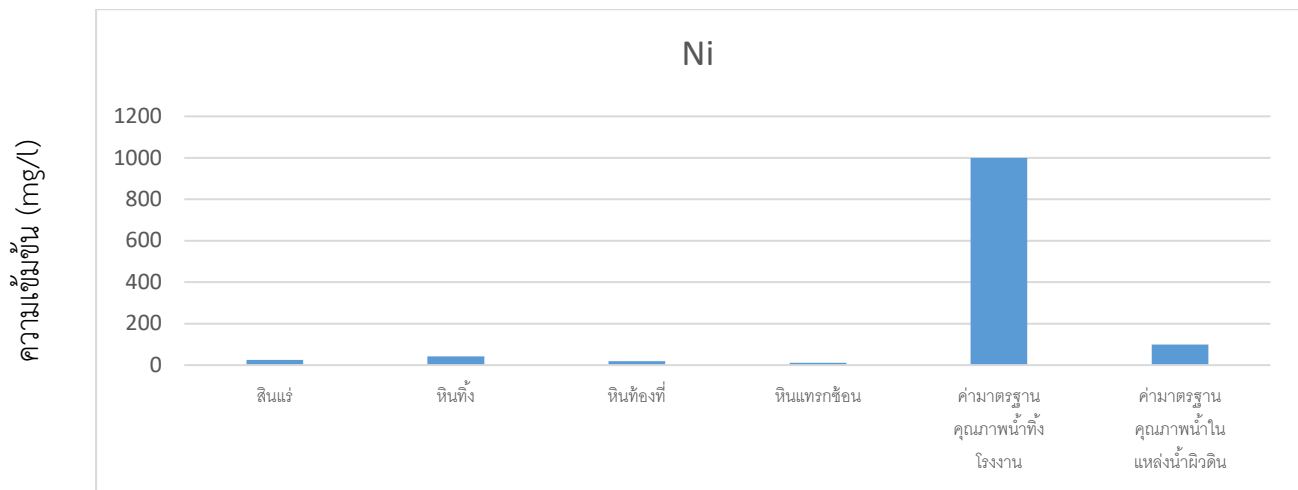
รูปที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Cr)



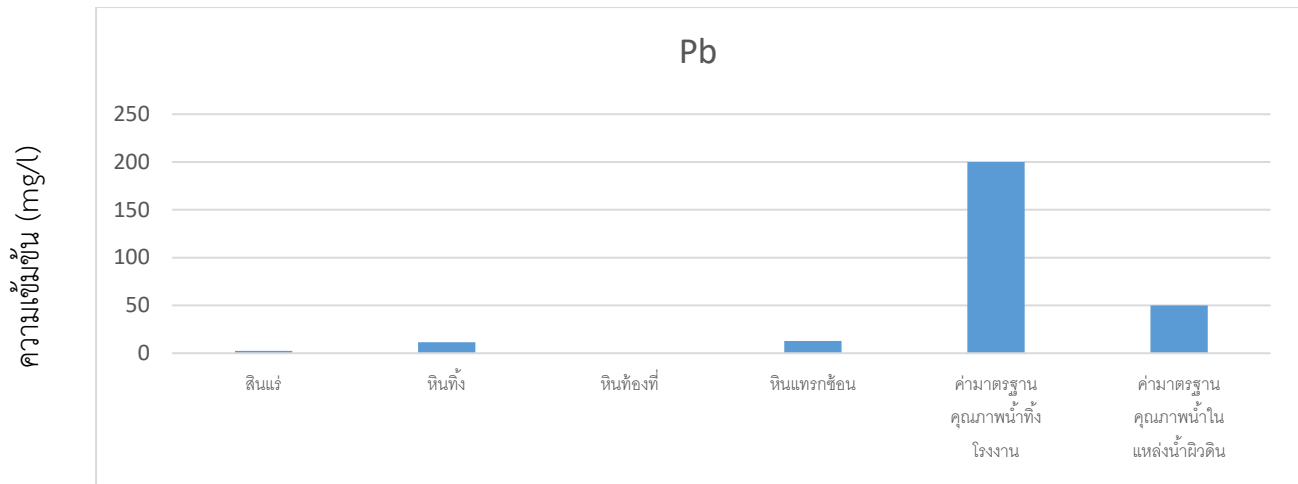
รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Cu)



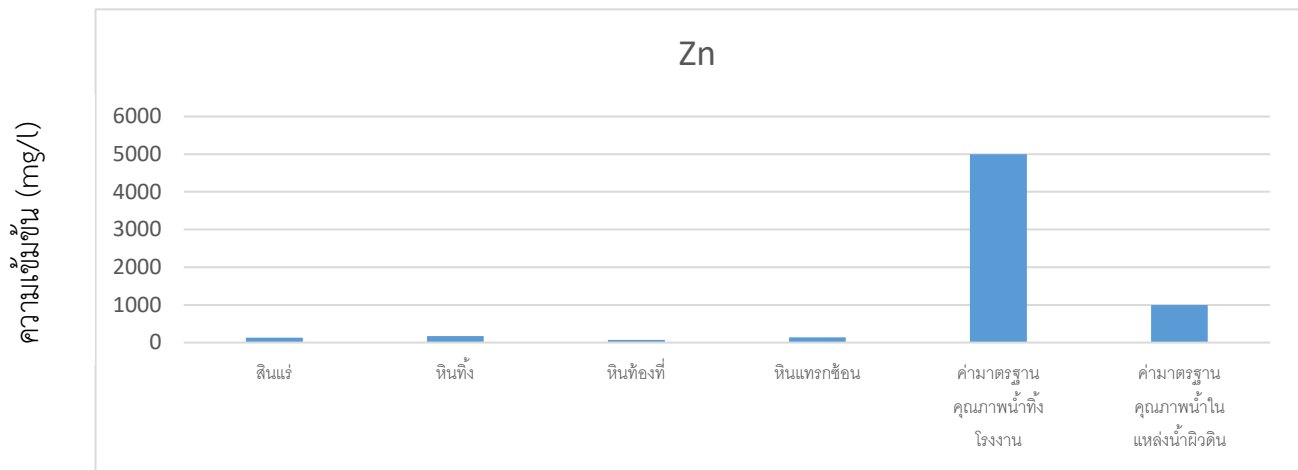
รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Mn)



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Ni)



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Pb)



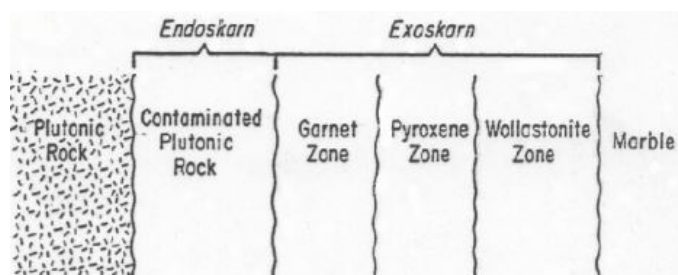
รูปที่ 4.12 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก โครเมียม (Zn)

บทที่ 5

อภิปрайและสรูปผล

5.1 อภิปрайผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ด้วยเครื่อง Electron Microprobe Analysis (EPMA) และศึกษาจากศิลาวรรณทำให้ทราบว่าแหล่งแร่เหล็กเขาทับควาย มีการเกิดแร่แบบ skarn พบ zone ของ garnet, pyroxene และ marble เรียงต่อกัน



รูปที่ 5.1 zoneการเกิดแร่ของ skarn deposit

ผลการวิเคราะห์การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี Microwave total digestion จากตัวอย่างหินทองที่จำนวน 1 ตัวอย่าง หินทิ้ง จำนวน 7 ตัวอย่าง หินแทรกซ้อน จำนวน 1 ตัวอย่างและสินแร่ จำนวน 3 ตัวอย่าง แล้วนำไปตรวจหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-OES) ทำให้เราทราบว่า โลหะหนักที่มีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ สินแร่พบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As, Cr, Mn ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และTk-12 ที่มีค่า Mn เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม หินทิ้งที่พบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As, Cr, Cu, Mn และNi ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และTk-15ที่มีค่า Cr เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม หินทองที่พบธาตุโลหะหนักที่เกินมาตรฐาน คือ As, Cr และCu ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

5.2 สรูป

การทดสอบการชะละลายโลหะหนักจากตัวอย่างหินทองที่ หินทิ้ง หินแทรกซ้อนและสินแร่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าโลหะหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐานทุกชนิดตัวอย่าง ได้แก่ นิกเกิล (Ni) สังกะสี

(Zn) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ยกเว้น สารหนู (As) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) ในหินท้องถิ่น หินทิ้ง และสินแร่ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นโลหะหนักที่ควรเฝ้าระวัง คือ สารหนู (As) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) จากข้อมูลผลการชะละลายในแต่ละตัวอย่างสามารถจัดลำดับความสำคัญของการจัดเก็บได้ดังนี้ อันดับแรกสุดคือ หินทิ้ง ตามด้วย สินแร่ หินท้องถิ่น และหินแทรกซ้อน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักที่พบในเหมืองแร่ดิบๆก็ถือว่าไม่น้อย เมื่อเทียบกับแหล่งแร่อื่นๆที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงที่ยังไม่มีการศึกษาตรวจหาปริมาณโลหะหนัก โดยโครงการวิจัยนี้ นำไปสู่การวางแผนเฝ้าระวังโลหะหนักและป้องกันผลกระทบในอนาคตได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรมีการศึกษาต่อว่าการกระจายตัวของโลหะหนักกว้างขนาดไหน และควรตรวจหาปริมาณโลหะหนักในบริเวณใกล้เคียงด้วย ตลอดจนหาวิธีแนวทางป้องกันผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนรอบข้าง

5.2 ควรมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาจัดการให้มีความปลอดภัยต่อผู้ที่อาศัยและใช้น้ำในบริเวณใกล้เคียง

5.3 ควรเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมอื่นเพื่อนำมาตรวจวัด เช่น ตัวอย่างน้ำ เป็นต้น เพื่อที่จะได้มีผลปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างมาเปรียบเทียบได้ครอบคลุมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water.html [1 ตุลาคม 2558]
- กรมทรัพยากรธรณี. 2550. แผ่นที่ธรณีวิทยาจังหวัดลพบุรี[แผนที่]. กรุงเทพฯ:สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- อำนาจ ส่งอุไรล้ำ. 2536. ผลสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นกึ่งรายละเอียดในพื้นที่เขาทับควาย อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี. ใน:รายงานฝ่ายสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่และประเมินผล ฉบับที่ 10/2537
- Anonymous., 1996. SW-846 Test Method 3052: Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices.
- CHNIPAJ PANASAMPOL.,2015. LEACHING OF HEAVY METAL FROM ROCK AND SEDIMENTS FROM KHAO PHANOM PHA GOLD MINE.
- Oyman, T., 2010. Geochemistry, mineralogy and genesis of the Ayazmant Fe–Cu skarn deposit in Ayvalik, (Balikesir), Turkey. Ore Geology Reviews, p. 175-201
- YODMANAS KERDBOUY., 2017. GEOCHEMISTRY OF HOST-ROCKS, WASTE-ROCK AND SEDIMENTS IN ABANDANCED TIN MINE, PILOK SUBDISTRICT, KANCHANABURI PROVINCE

