รายงานการสำรวจ
ฉบับสมบูรณ์

การสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ ขั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง

สำนักทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี

รายงานการสำรวจ ฉบับสมบูรณ์ การสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ ขั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี

รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

การสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช
ธนัช วัชรมัย
ฐิติวรดา อินศรี

สำนักทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายปราณีต ร้อยบาง

ผู้อำนวยการสำนักทรัพยากรแร่

นายเลิศสิน รักษาสกุลวงศ์

ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ นายรชต วรรณพีระ

จัดพิมพ์โดย สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2621-9782

พิมพ์ครั้งที่ 1 กันยายน 2556
จำนวน 100 เล่ม

ข้อมูลการลงรายงานการบรรณานุกรม

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช, ธนัช วัชรมัย และ ฐิติวรดา อินศรี
รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์ งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง กรุงเทพฯ : สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. 2556.
84 หน้า : ภาพประกอบ : แผนที่ : ตาราง ; 30 ซม.
รายงานฉบับสมบูรณ์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ iii

สารบัญรูป v

สารบัญตาราง vii

บทคัดย่อ viii

คำขอบคุณ x

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 กิจกรรมการดำเนินงาน 2

1.4 ผู้ปฏิบัติงานภาคสนาม 2

1.5 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ 3

1.6 พื้นที่ดำเนินการและการเข้าถึง 4

บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป 11

2.1 ลำดับชั้นหิน 11

2.2 หินอัคนี 14

2.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง 14

บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่หนัก-ธาตุหายาก 17

3.1 แร่หนัก 17

3.2 ธาตุหายาก 24

3.3 รูปแบบแหล่งธาตุหายากที่สำคัญ 25

3.4 การใช้ประโยชน์ของธาตุหายาก 27

บทที่ 4 ธรณีวิทยาแหล่งแร่เฉพาะแหล่ง 29

4.1 ธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย 33

4.1.1 พื้นที่ “หาดส้มแป้น” 33

4.1.2 พื้นที่ “ทรายแดง” 33

4.1.3 พื้นที่ “หงาว” 33

4.1.4 พื้นที่ “บางนอน” 35

หน้า

4.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่โดยรอบพื้นที่เป้าหมาย 35
4.2.1 ลักษณะการกระจายตัวของแร่หนัก 35
4.2.2 ลักษณะการกระจายตัวของธาตุหายาก 37
บทที่ 5 การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด 43
5.1 พื้นที่เลือกสรรที่ 1 “เขาทรายแดง” 43
5.1.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิว 43
5.1.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน 45
5.2 พื้นที่เลือกสรรที่ 2 “บางสังตี” 49
5.2.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิว 49
5.2.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน 50
5.3 ผลวิเคราะห์เคมีธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร 54
5.3.1 พื้นที่เลือกสรรที่ 1 “เขาทรายแดง” 55
5.3.2 พื้นที่เลือกสรรที่ 2 “บางสังตี” 56
5.4 รูปแบบการเกิดแหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร 57
บทที่ 6 การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ 59
6.1 การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก 59
6.2 การจำแนกประเภทแหล่งแร่ตามหลัก UNFC 62
6.3 การประเมินและจำแนกเขตแหล่งแร่ 63
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ 65
7.1 สรุป 65
7.2 ข้อเสนอแนะ 65
7.3 พื้นที่แหล่งแร่สำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน 65
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก ก: ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง 71
ภาคผนวก ข: ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี 78

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แผนที่ภูมิประเทศและเขตการปกครองของจังหวัดระนอง 5

2 แผนที่พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของกฎหมาย มติคณะรัฐมนตรี และกฎ ระเบียบต่าง ๆ ของจังหวัดระนอง 6

3 แผนที่แสดงการกระจายตัวของพื้นที่แหล่งแร่ พื้นที่ศักยภาพทางแร่ จุดพบแร่ ในบริเวณจังหวัดระนองและกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก 8

4 แผนที่แสดงกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก ซ้อนทับบนชั้นข้อมูลพื้นที่แหล่งแร่ พื้นที่ศักยภาพทางแร่ จุดพบแร่ และพื้นที่เขตหวงห้ามทางกฎหมายประเภทต่าง ๆ บริเวณจังหวัดระนอง 9

5 แผนที่ภูมิประเทศแสดงขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกและดินขาว พร้อมกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นในจังหวัดระนอง สำหรับดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลสนามเบื้องต้นและกรอบพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” และ “บางสังตี” สำหรับดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ และธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน..... 10

6 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดระนอง 13

7 ภาพดาวเทียมแสดงผลการแปลความหมายโครงสร้างแนวเส้นที่ตัดผ่านเข้ามาในชั้นหิน..... 15

8 แผนภาพตารางธาตุแสดงตำแหน่งของกลุ่มธาตุหายาก 25

9 แสดงตำแหน่งโดยประมาณของแหล่งแร่ดีบุกย่อยที่สำคัญโดยรอบพื้นที่เป้าหมาย 32

10 แผนที่ธรณีวิทยาระวางจังหวัดระนองและระวางกิ่งอำเภอพะโต๊ะซ้อนทับบนภาพดาวเทียม พร้อมโครงสร้างลายเส้นทางธรณีวิทยาที่ได้จากการแปลความหมาย..... 34

11 ตำแหน่งเก็บตะกอนจากชั้นกระสะพร้อมปริมาณหัวแร่หนักรวมที่ได้จากการร่อนเลียงตัวอย่าง 38

12 ตำแหน่งเก็บตะกอนจากชั้นดิน/หินผุพร้อมปริมาณหัวแร่หนักรวมที่หลงเหลือตกค้างอยู่ในเนื้อดิน/หินผุ 39

13 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ พร้อมผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากรวม 40

14 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ พร้อมช่วงค่าวิเคราะห์ปริมาณ P_2O_5..... 41

15 แสดงลักษณะหน้าตัดดิน PSx01 ที่มาสายควอตซ์ผุและรอยเลื่อนตัดผ่านเข้ามาในเนื้อหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์ผุยุ่ย 45

16 ตำแหน่งสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกและแนวสำรวจวัดค่าแบบภาพตัดขวางไฟฟ้าในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” 45

หน้า

17 ภาพจำลองสามมิติที่ได้จากการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก..... 46
18 ผลการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวางสองมิติ LINE 3 และ LINE 8..... 46
19 แสดงจุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่ย่อยเขาทรายแดงและรูปแบบการแผ่กระจายของค่ากัมมันตรังสีที่วัดได้ของธาตุ K, Th และ U..... 48
20 ตำแหน่งสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าและตำแหน่งขุดหลุมทดลอง/เซาะร่องเก็บตัวอย่างในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” และภาพตัดขวางสองมิติจากการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกทั้ง 10 แนว..... 49
21 แสดงลักษณะหน้าตัดชั้นหินผุบริเวณเหมืองชวาลาที่มีสายเฟลด์สปาร์ซึ่งเปลี่ยนสภาพไปเป็นโซนดินขาวแล้ว ตัดแทรกเข้ามาบริเวณแนวสัมผัสของมวลหินมัสโควไต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกกับมวลหินทัวร์มาลีนแกรนิตเนื้อละเอียด..... 50
22 ตำแหน่งสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกและค่ากัมมันตรังสี และตำแหน่งหลุมทดลอง/เซาะร่องหน้าตัดชั้นดิน พร้อมจุดเก็บตัวอย่างจากชั้นดิน/หินผุในพื้นที่เลือกสรร “บางสังตี” และภาพตัดขวางสองมิติจากการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกทั้ง 10 แนว..... 51
23 แสดงจุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่ย่อยบางสังตี และรูปแบบการแผ่กระจายของค่ากัมมันตรังสีที่วัดได้ของธาตุ K, Th และ U..... 53
24 แสดงรูปแบบจำลองของการเกิดแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่สำรวจ..... 58

สารบัญตาราง

			หน้า
ตารางที่	1	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของสารเหลวหนักชนิดต่าง ๆ	18
	2	ข้อมูลพื้นฐาน และความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก ที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโลก (Bulk Earth) และในชั้นเปลือกโลก	26
	3	แสดงการใช้ประโยชน์หลักๆ ของธาตุหายากแต่ละชนิด	28
	4	พื้นที่แหล่งแร่ดีบุกและดินขาวในจังหวัดระนอง	30
	5	ค่าน้ำหนักหัวแร่ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการแยกด้วยเครื่อง Frantz	36
	6	แสดงช่วงค่าปริมาณธาตุหายากรวมและสัดส่วนระหว่างปริมาณธาตุหาเบากับธาตุหายากหนักของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง	37
	7	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและช่วงค่ากัมมันตรังสีที่ได้จากการวัดค่ากัมมันตรังสีระดับผิวดินในแต่ละพื้นที่ย่อย	47
	8	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและช่วงค่าปริมาณธาตุหายากแต่ละชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์เคมีของแต่ละกลุ่มตัวอย่างในแต่ละพื้นที่เลือกสรร	54
	9	แสดงผลการคำนวณความหนาเฉลี่ยและปริมาตรตะกอนของแต่ละชั้นตะกอนของแต่ละพื้นที่	59
	10	แสดงผลการคำนวณปริมาณทรัพยากรของธาตุหายากในเบื้องต้น	61
	11	แสดงราคาและมูลค่าทรัพยากรแร่ในพื้นที่คัดสรร	62

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง

บทคัดย่อ

งานสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง เป็นส่วนหนึ่งของโครงการเร่งจัดทำแนวเขตการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรณี ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจรวบรวมข้อมูลทรัพยากรแร่สำหรับเป็นข้อมูลฐานในการบริหารจัดการทรัพยากรแร่อย่างมีประสิทธิภาพ และกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่หรือพื้นที่ศักยภาพทางแร่สูงและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่เพื่อโอกาสในการลงทุนพัฒนาเป็นเหมืองแร่ในอนาคต

ในการดำเนินงาน ได้ทำการสำรวจศึกษาธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นในพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น 4 พื้นที่ ในเขตอำเภอเมืองระนอง ประกอบด้วย พื้นที่ “หาดส้มแป้น” “ทรายแดง” “หงาว”และ “บางนอน” พร้อมกำหนดขอบเขตพื้นที่ย่อยสำหรับการสำรวจในขั้นรายละเอียดไว้ 2 พื้นที่ย่อย ประกอบด้วย 1) พื้นที่คัดสรร “เขาทรายแดง” ในเขตตำบลทรายแดง และ 2) พื้นที่คัดสรร “บางสังตี” ในเขตตำบลหาดส้มแป้น ซึ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่ในพื้นที่เลือกสรรทั้งสอง ส่วนใหญ่เป็นการทำการเกษตรปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน เป็นหลัก และมีบางส่วนคาบเกี่ยวกับเขตพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ

ผลการสำรวจเบื้องต้นในชั้นตะกอนทางน้ำโดยรอบพื้นที่เป้าหมายเป้าหมายเบื้องต้น พบว่าในพื้นที่ “หาดส้มแป้น” มีแร่หนักจำพวกแร่ทัวร์มาลีน ดีบุก และโมนาไซต์ ± ซีโนไทม์ สะสมตัวอยู่ สำหรับพื้นที่ “ทรายแดง” จะเป็น โมนาไซต์ และเซอร์คอน ± ดีบุก และซีโนไทม์ ส่วนพื้นที่ “บางนอน”จะเป็น ดีบุก ± โมนาไซต์ และพื้นที่ “หงาว” จะเป็น ทัวร์มาลีน และดีบุก ± การ์เนต และโมนาไซต์

ผลการสำรวจในพื้นที่คัดสรร “เขาทรายแดง” และ “บางสังตี” พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพการให้ธาตุหายากสูงจะเป็นแหล่งทุติยภูมิที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของมวลหินแกรนิต ที่มีธาตุหายาก (15 ชนิดธาตุ) สะสมร่วมกัน ใน 2 ลักษณะย่อยผสมผสานกันอยู่ในชั้นดิน/หินผุ คือ จากส่วนถูกดูดซับไว้ด้วยผลึกแร่ดิน (ion-adsorbed) และจากส่วนที่ยังคงสภาพเป็นเม็ดแร่หนักหายากตกค้าง (residual grains) ทั้งนี้กระบวนการดูดซับไอออนจะอิทธิพลต่อการให้ธาตุหายากเหนือกว่า โดยสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่เบื้องต้นในพื้นที่ “เขาทรายแดง” ได้ประมาณ 4 ตร.กม. ส่วนในพื้นที่ “บางสังตี” ได้กำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่เบื้องต้นไว้ 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาดพื้นที่ประมาณ 1 ตร.กม. (รองรับด้วยผลวิเคราะห์เคมีและผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์) และส่วนที่สองประมาณ 2.5 ตร.กม. (รองรับด้วยผลวิเคราะห์เคมีเพียงอย่างเดียว)

พื้นที่ “เขาทรายแดง” มีชั้นดิน/หินผุเหนือดานหินแกรนิตหนา 0.7 - 23.2 เมตร เฉลี่ย 5 เมตร มีค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) 153 – 1,222 ppm ประกอบด้วย 4 ธาตุหลัก ได้แก่ Ce, La, Nd และ Y ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 232, 67, 87 และ 29 ppm ตามลำดับ สามารถประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุ

หายากรวมเบื้องต้นได้ประมาณ 19,000 เมตริกตันโลหะ ที่ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย 469.6 ppm ที่ระดับความเชื่อมั่น 332 มีสัดส่วน LREEs:HREYs เทียบเท่า 9:1 ประเมินเป็นมูลค่าทรัพยากรแฝงในเบื้องต้นได้ประมาณ 16,900 ล้านบาท

พื้นที่ “บางสังตี” มีชั้นดิน/หินผุเหนือดานหินแกรนิตหนา 0.8 - 22.5 เมตร เฉลี่ย 5.3 เมตร มีค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) 98 – 903 ppm ประกอบด้วย 4 ธาตุหลัก ได้แก่ Y, Ce, La, และ Nd ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 91, 90, 42 และ 40 ppm ตามลำดับ สามารถประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวมเบื้องต้นได้ประมาณ 1,900 เมตริกตันโลหะ (ประเมินเฉพาะในพื้นที่แหล่งแร่ส่วนที่หนึ่ง ~1 ตร.กม.) ที่ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย 336.7 ppm ที่ระดับความเชื่อมั่น 332 มีสัดส่วน LREEs:HREYs เทียบเท่า 6:4 ประเมินเป็นมูลค่าทรัพยากรแฝงในเบื้องต้นได้ประมาณ 2,200 ล้านบาท

คำสำคัญ: **ธาตุหายาก REE แร่หนัก แหล่งแร่แบบตะกอนตกค้าง ion adsorption** ระนอง

คำขอบคุณ

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนองนี้ได้สำเร็จลงด้วยดี ซึ่งคณะผู้สำรวจขอขอบคุณในความสนับสนุนและการเอื้อเฟื้อด้านต่างๆ จากหลายๆท่าน อาทิ ดร.อดิชาติ สุรินทร์คำ อดีตผู้อำนวยการสำนักทรัพยากรแร่ ที่ให้คำแนะนำและแนวทางการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คุณรชต วรรณพีระ ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ ที่คอยกำกับดูแลและให้คำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ คุณถนัด สร้อยซา คุณวนิดา ระงับพิศม์ และคณะ จากสำนักเทคโนโลยีธรณีวิทยา สำหรับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่สำรวจ คุณศักดา ขุนดี และคณะ จากสำนักเทคโนโลยีธรณีวิทยา สำหรับงานแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม เจ้าหน้าที่จากสำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี โดยเฉพาะคุณสุชาดา ศรีไพโรจน์ธิกูล คุณเบญจมา คมวงษ์เทพ และคุณปิยนันท์ อำนาจสกุลฤทธิ์ สำหรับงานวิเคราะห์เคมี คุณเจษ จิรเจษฎา คุณยิ่งรัก สวัสดิมงคล คุณบุญทวี ศรีประเสริฐ และคุณเสาวนีย์ เสียมไหม สำหรับงานตรวจสอบแร่หนัก

นอกจากนี้คณะผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในส่วนแร่โลหะ ได้แก่ คณะสำรวจภาคสนาม ซึ่งประกอบด้วย คุณวิชัย นุชนาง คุณถนอมศักดิ์ พัฒน์ฤกษ์สินธุ์ คุณบุญถม กัณณิการ์ และคุณวิฑูรย์ อรรถโยโค ที่ได้ร่วมกันปฏิบัติงานอย่างแข็งขัน คุณอุดร จ้อยชู คุณอุดม จำรัสไว และคุณนพพร แซ่อึ้ง ที่กรุณามาช่วยงานภาคสนามในบางช่วงเวลา คุณพัชรินทร์ จรุงจันทร์ ที่ช่วยในงานเอกสารต่าง ๆ รวมถึงคุณวรรณพร ปัญญาไวที่ช่วยเป็นแม่แรงในการจัดประชุมเผยแพร่ผลสำรวจ และท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ พ่อแม่ และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนให้วิชาความรู้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

จากปัญหาสถานการณ์เศรษฐกิจของประเทศในปัจจุบัน การกำหนดต้นทุนและแนวทางการบริหารจัดการด้านทรัพยากรแร่ มีความจำเป็นในขั้นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต การกำหนดแนวทางการใช้วัตถุดิบทรัพยากรแร่ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีความจำเป็นอย่างมากต่อประเทศในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและการควบคุมสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรแร่ที่ไม่ถูกต้องไม่คุ้มประโยชน์เป็นการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่มีหนทางจะหามาทดแทนได้อีก ประกอบกับสภาวการณ์เปลี่ยนแปลงของโลกในด้านต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือการนำทรัพยากรแร่มาใช้ประโยชน์ในทางที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้สาเหตุจากการที่ไม่มีแนวทางการบริหารจัดการที่ถูกต้อง

กรมทรัพยากรธรณี มีภารกิจหลักในการสงวน อนุรักษ์ ฟื้นฟู และบริหารจัดการด้านธรณีวิทยา และทรัพยากรธรณี โดยการสำรวจตรวจสอบสภาพธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี การประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณี การกำหนด และกำกับดูแลเขตพื้นที่สงวน และอนุรักษ์ทรัพยากรธรณี เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรณี คุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมอย่างยั่งยืน

ในการบริหารจัดการทรัพยากรธรณี นั้น จะต้องมีข้อมูลที่พอเพียงที่จะดำเนินการ จะต้องทราบต้นทุนศักยภาพแร่และมีการประเมินในมติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงจะต้องมีการสำรวจข้อมูลแร่ที่เกี่ยวข้องทั้งในภาพรวมของพื้นที่กว้างในลักษณะการสำรวจแบบไพศาลและมีการสำรวจข้อมูลในขั้นรายละเอียดของแหล่งแร่ในแต่ละแหล่ง ประกอบกับมิติด้านสังคม สิ่งแวดล้อม เพื่อผนวกกันกำหนดเป็นแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรแร่

การสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง เป็นส่วนหนึ่งในโครงการการสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ขั้นรายละเอียดในปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ของสำนักทรัพยากรแร่ ซึ่งเป็นแผนงานต่อเนื่องที่เริ่มดำเนินการในปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ประกอบไปด้วยพื้นที่ดำเนินการ ดังนี้

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

1) แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง

2) แร่ดีบุก จังหวัดพังงา

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

1) แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี

2) แร่ดีบุก จังหวัดราชบุรี และเพชรบุรี

1.2 วัตถุประสงค์

งานสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่จังหวัดระนอง เพื่อใช้ในการบริหารและจัดการทรัพยากรแร่อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สำรวจประเมินพื้นที่แหล่งแร่หรือพื้นที่ศักยภาพทางแร่สูงที่โอกาสสำหรับการลงทุนพัฒนาเป็นเหมืองในอนาคต

1.3 กิจกรรมการดำเนินงาน

1. รวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลฐาน กำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น และเตรียมความพร้อมสำหรับงานสำรวจ

2. สำรวจธรณีวิทยา และธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น พร้อมกำหนดพื้นที่คัดสรรสำหรับสำรวจขั้นรายละเอียด

3. สำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่คัดสรร ขุดหลุมทดลอง เพื่อตรวจสอบและกำหนดขอบเขตแหล่งแร่ และเก็บตัวอย่างตะกอน/หิน จากหลุมทดลองและบริเวณใกล้เคียง

4. วิเคราะห์เคมีตัวอย่างและตรวจวินิจฉัยชนิดแร่หนักจากการสำรวจภาคสนาม

5. งานประมวลผลการสำรวจ และประเมินปริมาณสำรองแร่ ความสมบูรณ์ และมูลค่าแหล่งแร่ พร้อมศึกษาวิจัยศึกษาการกระจายตัวในแนวดิ่งของธาตุหายากในชั้นตะกอนผุพังอยู่ของมวลหินแกรนิต จัดประชุมรายงานความก้าวหน้า/ผลการสำรวจพร้อมระดมความคิดเห็น สรุปผลเสนอต่อผู้บริหาร และจัดทำรายงานผลการสำรวจพร้อมจัดพิมพ์เผยแพร่

1.4 ผู้ปฏิบัติงานภาคสนาม

1. นายรชต วรรณพีระ	ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ
2. นายธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช	นักธรณีวิทยาชำนาญการ
3. นายธนัช วัชรมัย	นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ
4. นางสาวฐิติวรดา อินศรี	นักธรณีวิทยา
5. นายวิชัย นุชนาง	พนักงานพัสดุ ระดับ ส. 3
6. นายถนอมศักดิ์ พัฒน์ฤกษ์สินธุ์	ช่างสำรวจ
7. นายบุญถม กัณณิการ์	พนักงานประจำห้องทดลอง ระดับ ส. 2
8. นายวิฑูรย์ อรรถโยโค	พนักงานขับรถยนต์ ระดับ ส. 2

1.5 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

1.5.1 ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศ

ระนอง เป็นจังหวัดภาคใต้ตอนบน มีลักษณะรูปร่างเรียวยาว แคบ จากทิศเหนือสุดจดใต้สุดยาว 169 กิโลเมตร มีส่วนที่กว้างที่สุดประมาณ 25 กิโลเมตร และมีส่วนที่แคบที่สุด 9 กิโลเมตร มีเนื้อที่ 3,298.045 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,061,278 ไร่ (รูปที่ 1) เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากเป็น อันดับที่ 60 ของประเทศไทย ที่ประกอบด้วยบริเวณที่เป็นพื้นที่ราบ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณร้อยละ 14 และบริเวณภูเขา คิดเป็นเนื้อที่ประมาณร้อยละ 86 มีเกาะใหญ่น้อย ในเขตทะเลอันดามัน จำนวน 62 เกาะ และมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดและประเทศใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดชุมพร

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดพังงา

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดชุมพร และ สุราษฎร์ธานี

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ประเทศสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า

จังหวัดระนองมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนทางด้านตะวันออกของจังหวัด พื้นที่ลาดเอียงลงสู่ทะเลอันดามันทางทิศตะวันตก เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นที่ตั้งของแหล่งชุมชน ภูเขาที่สูงที่สุดของจังหวัด คือ ภูเขาพ่อตาโชงโดง สูง 1,700 ฟุต

1.5.2 ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของจังหวัดระนอง แบ่งได้เป็น 3 ฤดูกาลของ คือ **ฤดูร้อน** เริ่มตั้งแต่กลางเดือน กุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม **ฤดูฝน** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และ **ฤดูหนาว** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยจังหวัดระนองจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตลอดทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว ทำให้ให้ได้รับไอน้ำและความชุ่มชื้นมาก ส่งผลให้จังหวัดมีความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นเวลานาน โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณร้อยละ 77.05 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 95 ต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 46.90 และมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.01 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 35.13 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.16 องศาเซลเซียส

1.5.3 การคมนาคม

การเดินทางจากกรุงเทพมหานครไปยังจังหวัดระนองสามารถเลือกเดินทางได้ในหลายลักษณะ กล่าวคือ

1) รถยนต์ ใช้เส้นทางสายพระรามสอง (ธนบุรี-ปากท่อ) แยกซ้ายเข้าทางหลวงหมายเลข 4 (ถนนเพชรเกษม) ผ่านเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ถึงสี่แยกปฐมพร (ชุมพร) เลี้ยวขวาไปจนถึงจังหวัดระนอง รวมระยะทาง 568 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทางประมาณ 7-8 ชั่วโมง

2) รถโดยสารประจำทาง มีรถจากสถานีขนส่งสายใต้ไปจังหวัดระนองทุกวัน ในสองช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า ตั้งแต่เวลา 07.00-9.00 น. และช่วงค่ำ ตั้งแต่เวลา 18.00-20.30 น. ใช้เวลาเดินทางประมาณ 10 ชั่วโมง

3) รถไฟ แม้ว่าไม่มีรถไฟสายตรงจากกรุงเทพฯ สู่จังหวัดระนอง แต่สามารถเลือกเดินทางได้โดยรถไฟสายใต้หลายขบวนไปลงที่สถานีชุมพร แล้วต่อรถโดยสารประจำทางชุมพร-ระนอง เป็นระยะทางอีกประมาณ 122 กิโลเมตร

4) เครื่องบิน สามารถเดินทางตรงจากท่าอากาศยานกรุงเทพฯ ไปยังท่าอากาศยานจังหวัดระนอง (โดยสายการบินนกแอร์) หรือเลือกเดินทางจากท่าอากาศยานกรุงเทพฯ ไปยังท่าอากาศยานจังหวัดชุมพร หรือ ท่าอากาศยานจังหวัดสุราษฎร์ธานี จากนั้นโดยสารรถประจำทางต่อไปยังจังหวัดระนอง ทั้งนี้เส้นทางสุราษฎร์ธานี-ระนองมีระยะทางประมาณ 219 กิโลเมตร

1.5.4 การปกครอง

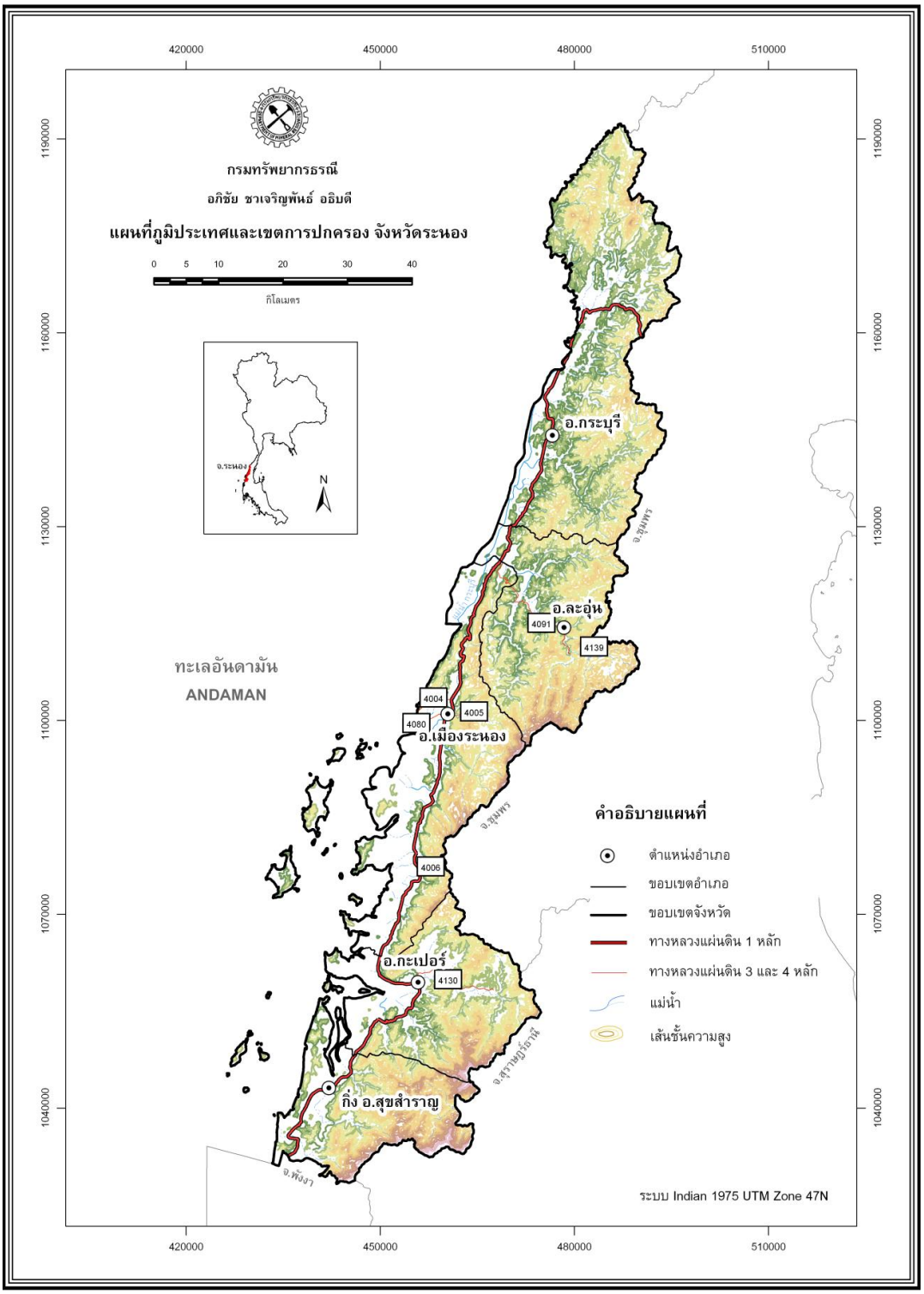
เขตการปกครองส่วนภูมิภาคในจังหวัดระนอง ประกอบด้วย 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองกระบุรี ละอุ่น กะเปอร์ และ สุขสำราญ 30 ตำบล และ 178 หมู่บ้าน โดยการปกครองส่วนท้องถิ่น แบ่งเป็นองค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาล 6 แห่ง เทศบาลตำบล 25 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 26 แห่ง

1.5.5 พื้นที่ประกาศของทางราชการ

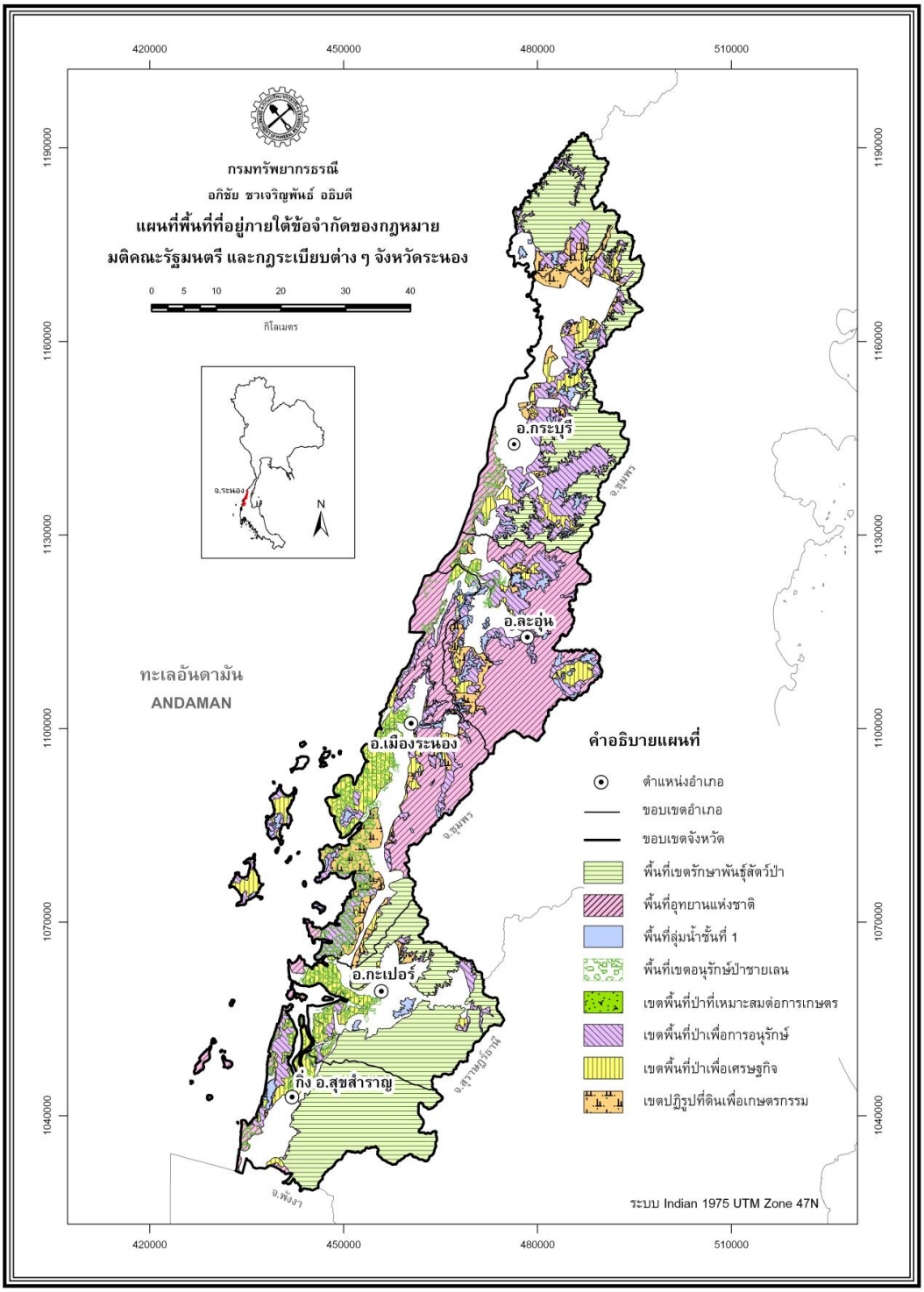
จังหวัดระนองมีพื้นที่ประกาศทางราชการ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ส่วนราชการต่างๆ กำหนดขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ตามกฎหมายและมติคณะรัฐมนตรี ประกอบด้วย เขตอุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เขตพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 เขตอนุรักษ์ป่าชายเลน เขตพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ เขตพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ แขตพื้นที่ป่าที่เหมาะสมต่อการเกษตร และเขตปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร ดังแสดงขอบเขตพื้นที่เหล่านี้ไว้ในรูปที่ 2 รวมถึงเขตพื้นที่แหล่งแร่ตามมาตรา 6 ทวิ แห่งพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 และพื้นที่ราชพัสดุ โดยข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้ประกอบการประเมินศักยภาพในการพัฒนาของแหล่งแร่ต่อไป

1.6 พื้นที่ดำเนินการและการเข้าถึง

จากการรวบรวมศึกษาและและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ได้กำหนดกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับการสำรวจไว้ 5 พื้นที่ ประกอบด้วย “พื้นที่กระบุรี (~40 ตร. กม.)” “พื้นที่ทรายแดง (~40 ตร. กม.)” “พื้นที่บางนอน (~20 ตร. กม.)” “พื้นที่หาดส้มแป้น (~32 ตร. กม.)” และ “พื้นที่หงาว (~16 ตร. กม.)” ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกี่ยวโยงกับพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกและแหล่งดินขาว (รูปที่ 3) และในการศึกษาประเมินข้อมูลธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ในเบื้องต้น ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์พื้นที่ ได้จัดลำดับความน่าสนใจของพื้นที่ที่มีศักยภาพและความเหมาะสมสำหรับดำเนินการต่อไป ดังนี้ (1) “พื้นที่หาดส้มแป้น” (2) “พื้นที่ทรายแดง” (3) “พื้นที่หงาว” (4) “พื้นที่บางนอน” และ (5) “พื้นที่กระบุรี” (รูปที่ 4)



รูปที่ 1 แผนที่ภูมิประเทศและเขตการปกครองจังหวัดระนอง (คัดลอก จาก กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



รูปที่ 2 แผนที่พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของกฎหมาย มติคณะรัฐมนตรี และกฎระเบียบต่างๆ จังหวัดระนอง(คัดลอก จาก กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

ทั้งนี้ได้คัดเลือกพื้นที่ลำดับ (1) – (4) เป็นพื้นที่สำหรับดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามเบื้องต้นเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เลือกสรรสำหรับการสำรวจและประเมินศักยภาพแร่ขั้นรายละเอียดต่อไป โดยแต่ละพื้นที่เป้าหมายที่ได้คัดเลือกไว้มีขอบเขตและสามารถเข้าถึงได้ (รูปที่ 5) ดังนี้

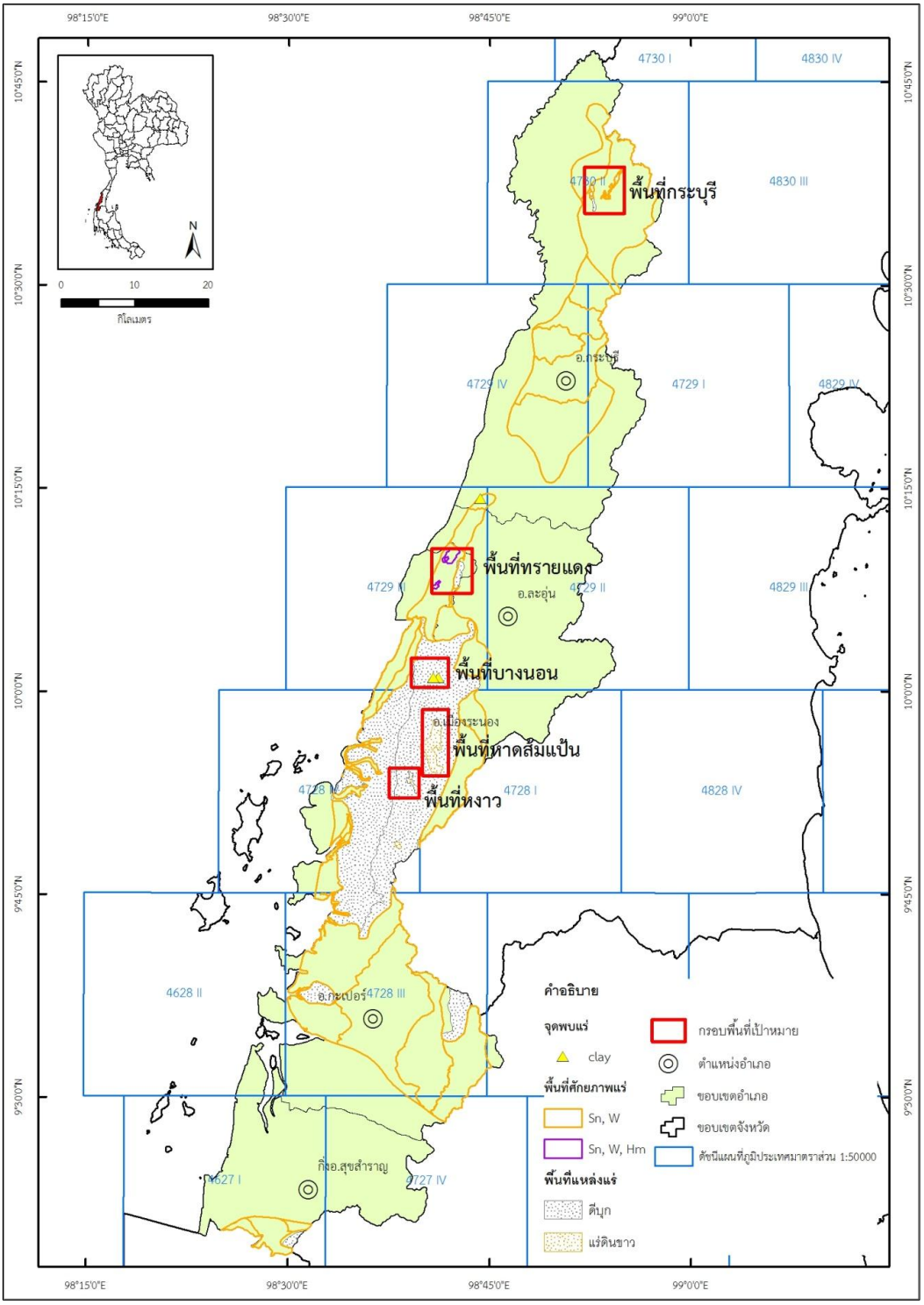
พื้นที่ดำเนินการ “หาดส้มแป้น” มีขอบเขตอยู่ในตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมืองระนอง ครอบคลุมพื้นที่บ้านบางสังตี บ้านหาดส้มแป้น บ้านทุ่งคา บ้านทอนเรียน และบ้านขุนหลวงยา ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารลำดับชุด L7018 ระวาง 4728 I (อำเภอพะโต๊ะ) และสามารถเข้าถึงได้โดยเดินทางจากอำเภอเมืองระนอง ไปตามทางหลวงหมายเลข 4005 เป็นระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตร เลียบคลองหาดส้มแป้น ผ่านบ่อน้ำพุร้อนรักษะวาริน เข้าสู่พื้นที่สำรวจทางซีกตะวันตก

พื้นที่ดำเนินการ “พื้นที่ทรายแดง” มีขอบเขตอยู่ในตำบลทรายแดง อำเภอเมืองระนอง ครอบคลุมพื้นที่บ้านท่าโพธิ์ บ้านทรายแดง บ้านท่าคลอน บ้านในไร่ และบ้านสีกิ้ม ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารลำดับชุด L7018 ระวาง 4729 III (บ้านทรายแดง) และสามารถใช้ทางหลวงหมายเลข 4 จากออกตัวเมือง เลยผ่านพื้นที่บางนอน ขึ้นไปทางทิศเหนือ เป็นระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร เข้าสู่พื้นที่สำรวจทางด้านใต้

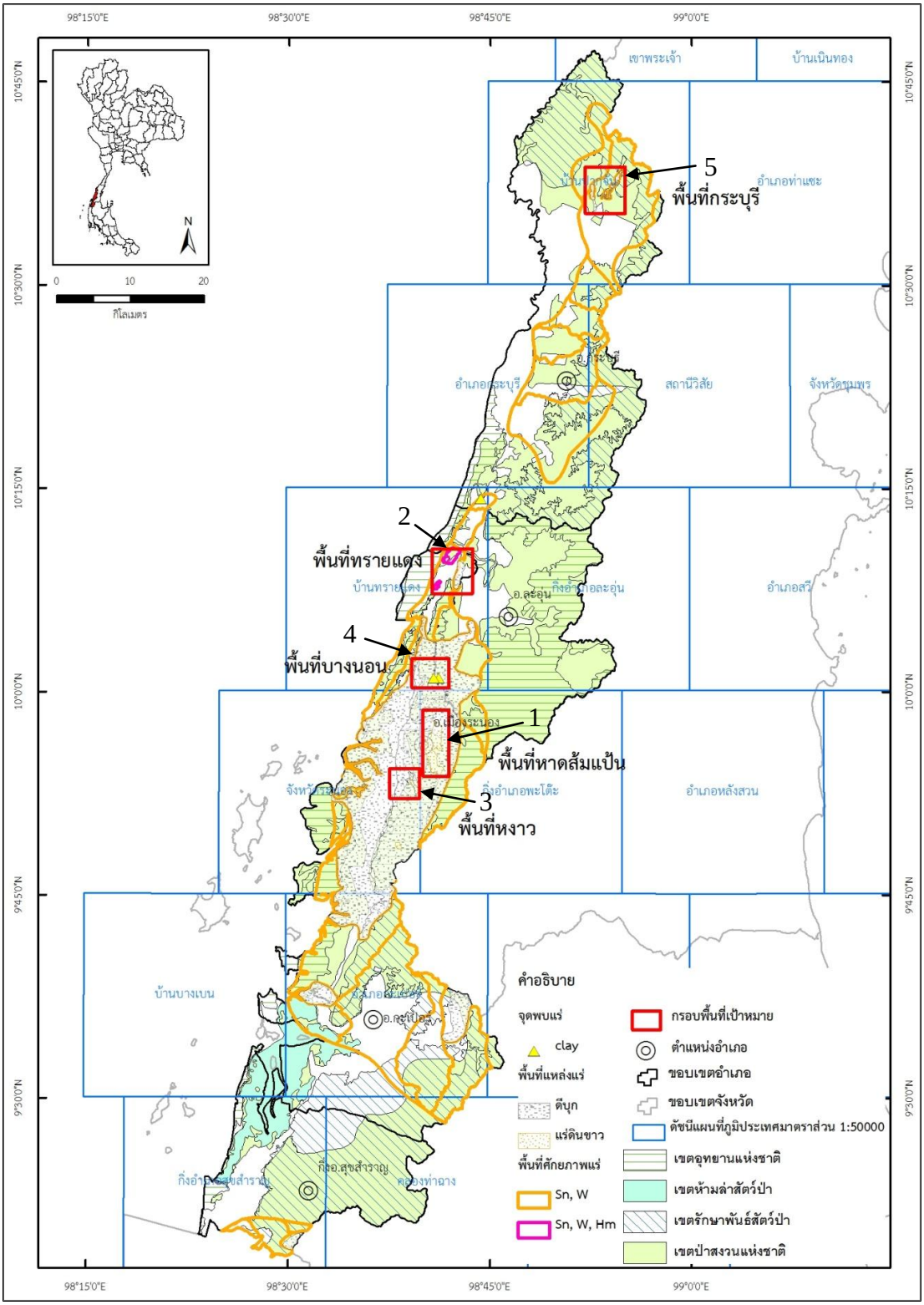
พื้นที่ดำเนินการ “พื้นที่หงาว” มีขอบเขตอยู่ในตำบลบางริ้น และตำบลหงาว อำเภอเมืองระนอง ครอบคลุมพื้นที่บ้านบางริ้น บ้านพรรั้ง และบ้านทุ่งหงาว ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารลำดับชุด L7018 ระวาง 4728 IV (จังหวัดระนอง) และสามารถใช้ทางหลวงหมายเลข 4 จากออกตัวเมือง ลงไปทางทิศใต้ไปทางบ้านทุ่งหงาว เป็นระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตร

พื้นที่ดำเนินการ “พื้นที่บางนอน” มีขอบเขตอยู่ในตำบลบางนอน อำเภอเมืองระนอง และ ตำบลบางพระใต้ อำเภอละอุ่น ครอบคลุมพื้นที่บ้านบางนอน บ้านทรายทอง บ้านห้วยค้างคาว และบ้านบางธรรมะ ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารลำดับชุด L7018 ระวาง 4729 III (บ้านทรายแดง) และสามารถใช้ทางหลวงหมายเลข 4 จากออกตัวเมือง ขึ้นไปทางทิศเหนือ เป็นระยะทางประมาณ 19 กิโลเมตร เข้าสู่พื้นที่สำรวจทางด้านใต้

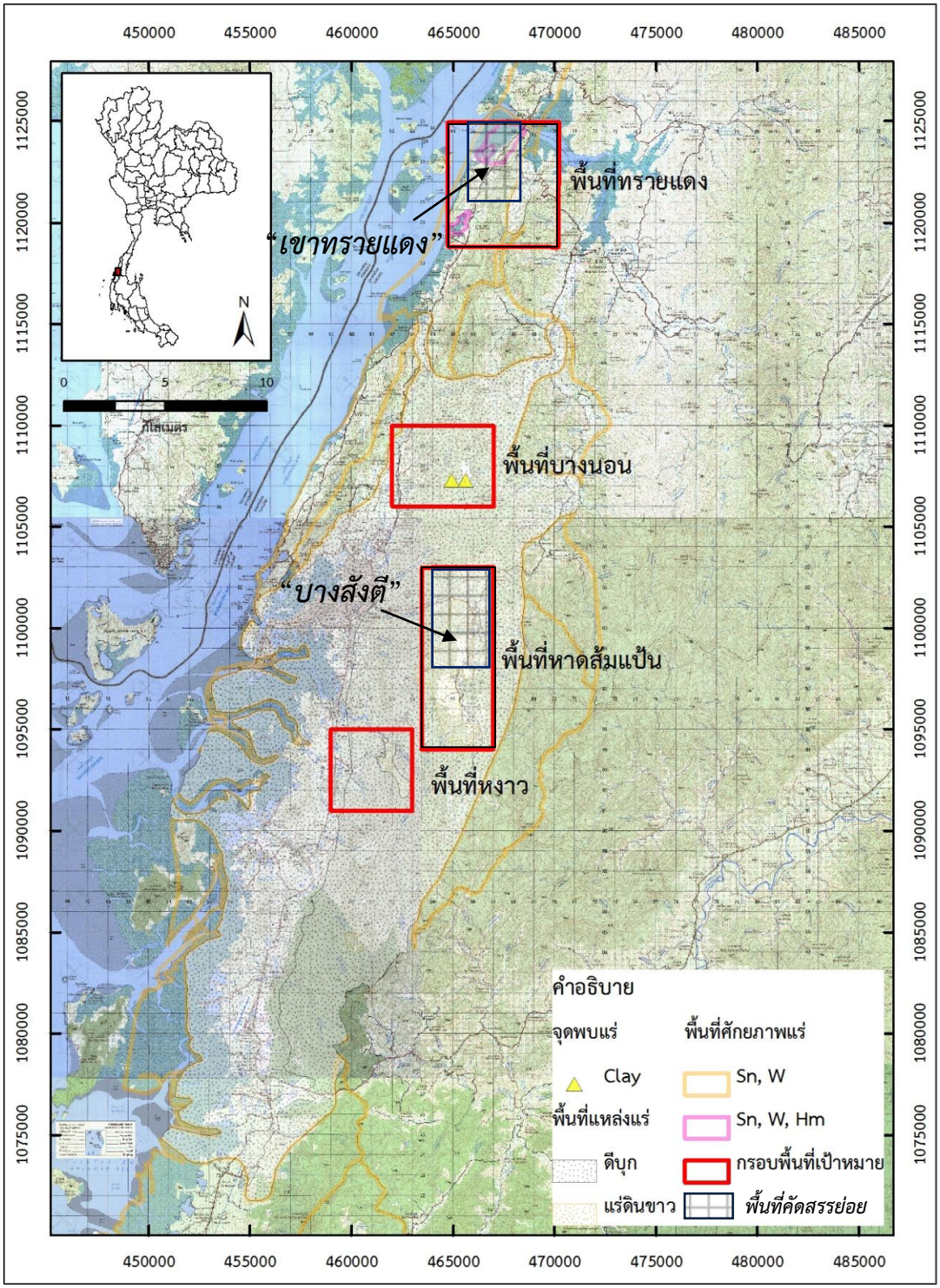
ผลจากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นในและโดยรอบบริเวณพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นทั้ง 4 พื้นที่ข้างต้น (ดูรายละเอียดในส่วนถัดไป) ได้คัดเลือกพื้นที่สำหรับดำเนินการสำรวจต่อในรายละเอียดไว้ 2 พื้นที่ คือ พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น “บ้านทรายแดง” และ “หาดส้มแป้น” ทั้งนี้ได้กำหนดกรอบพื้นที่ย่อยสำหรับดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์และธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน โดยให้ชื่อใหม่ว่า พื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” และ “บางสังตี” (รูปที่ 5) ตามลำดับ



รูปที่ 3 แผนที่แสดงการกระจายตัวของพื้นที่แหล่งแร่ พื้นที่ศักยภาพทางแร่ จุดพบแร่ ในบริเวณจังหวัดระนองและกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก



รูปที่ 4 แผนที่แสดงกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก ซ้อนทับบนชั้นข้อมูลพื้นที่แหล่งแร่ พื้นที่ศักยภาพทางแร่ จุดพบแร่ และพื้นที่เขตหวงห้ามทางกฎหมายประเภทต่าง ๆ บริเวณจังหวัดระนอง



รูปที่ 5 **แผนที่ภูมิประเทศแสดงขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกและดินขาว พร้อมกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นในจังหวัดระนอง (ลำดับ 1 ถึง 4) สำหรับดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลสนามเบื้องต้น และกรอบพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” และ “บางสังตี” สำหรับดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์และธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน**

บทที่ 2
ธรณีวิทยาทั่วไป

พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระนองมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูง ซึ่งเป็นส่วนตอนใต้ของเทือกเขาตะนาวศรี ที่มีแนวการวางตัวของเทือกเขาอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีพื้นที่ราบเป็นแนวแคบ ๆ ตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันด้านตะวันตกของจังหวัด พื้นที่จังหวัดรองรับด้วยหินแข็งอายุตั้งแต่ 360 ล้านปี ที่มีทั้งหินตะกอน หินแปร และหินอัคนี จนถึงตะกอนร่วนยุคปัจจุบัน ชนิดหินที่พบในจังหวัดระนองประกอบด้วย หินตะกอน หินแปร และหินอัคนี นอกจากนี้ยังพบตะกอนอีกหลากหลายชนิด (รูปที่ 6) โครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่ประกอบด้วย แนวรอยเลื่อน รอยแตก และรอยคดโค้งในชั้นหิน โดยมีรายละเอียดที่ประมวลสรุปจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตรส่วน 1:250,000 และ 1:50,000 และรายงานการสำรวจธรณีวิทยาของหลายท่าน (อาทิ สุวิทย์ โคสุวรรณ และสมชาย นาคะผดุงรัตน์, 2535; พงศ์พจน์ เจียมตน, 2542; ทรงกรด ประเสริฐทรง และภควัติ ศรีวังพล, 2548; ทรงกรด ประเสริฐทรง และจรวย โกจานันท์, 2549 เป็นต้น) มาพอสังเขป ดังนี้

2.1 ลำดับชั้นหิน

ชุดหินตะกอน หินแปร และดินตะกอน ที่พบในจังหวัดระนองสามารถเรียงลำดับชั้นหินจากอายุแก่ไปหาอายุอ่อน ได้ดังนี้

2.1.1 หินตะกอนและหินแปรยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน (CP)

หินยุคนี้เป็นกลุ่มหินแก่งกระจาน (ประมาณ 350-245 ล้านปี) พบกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่จังหวัดประมาณร้อยละ 75 เป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนทางด้านตะวันออกของจังหวัด วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และกระจายตัวในบริเวณที่เป็นเกาะในทะเลอันดามันทางด้านตะวันตกของจังหวัด ในพื้นที่จังหวัดระนอง สามารถพบหน่วยหินย่อยของกลุ่มหินแก่งกระจานจำนวน 3 หมวดหิน คือ

1) **หมวดหินแหลมไม้ไผ่ (CPlp)** ประกอบด้วย หินโคลน แทรกสลับกับหินทราย และหินทรายเนื้อเฟลด์สปาร์ หินโคลนมีสีเทา แสดงลักษณะเป็นชั้นบางชัดเจน หินทรายมีสีขาวขุ่น เนื้อละเอียด เม็ดกึ่งกลม ความมนน้อย หินทรายเนื้อเฟลด์สปาร์มีสีขาว เนื้อปานกลาง ความมนน้อย

2) **หมวดหินเกาะเฮ (CPkh)** ประกอบด้วย หินทราย และหินโคลนเนื้อปนกรวด สีเทาแกมเขียว สีเทา เนื้อละเอียดถึงปานกลาง เนื้อแน่น แข็ง เม็ดกรวดเรียงตัวไม่เป็นระบบ ลักษณะกรวดกึ่งเหลี่ยมถึงกึ่งกลม ความมนน้อยถึงปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี กรวดประกอบด้วยแร่ควอตซ์ หินทราย หินปูน และหินแกรนิต บริเวณใกล้แนวรอยเลื่อนหินจะแสดงการแตกออกเป็นกาบและมีการเรียงตัวของ

เม็ดกรวด บริเวณแนวสัมผัสกับหินแกรนิตพบว่ามีการแปรสภาพเป็นหินควอร์ตไซต์ หินฮอร์นเฟลส์ และหินทรายแปรสภาพ

3) **หมวดหินเขาพระ (CPkp)** ประกอบด้วย หินโคลน แทรกสลับด้วยหินทรายเนื้อควอตซ์ หินโคลนมีสีเทาแกมเขียวและสีเทา แสดงลักษณะเป็นแถบชั้นบางชัดเจน มีเลนส์ของหินทรายเนื้อละเอียด หินโคลนแสดงแนวแตกเรียบในบริเวณที่ใกล้แนวรอยเลื่อน หินทรายเนื้อควอตซ์มีสีขาวและสีขาวขุ่น เนื้อละเอียดถึงปานกลาง เม็ดกึ่งกลม ความกลมมนปานกลาง และมีเลนส์ของหินกรวดมนตอนบน แสดงลักษณะเป็นชั้นบางถึงหนา

นอกจากหินตะกอนแล้ว กลุ่มหินแก่งกระจานยังมีอีกหนึ่งหน่วยที่เป็นหินแปร (CPm) ประกอบด้วย หินชีสต์ หินควอตซ์ชีสต์ หินไบโอไทต์-ควอตซ์-เซอริไซต์ชีสต์ สีเทาถึงสีเทาปนเขียว ซึ่งหินแปรเหล่านี้พบได้ในบริเวณแนวสัมผัสกับมวลหินแกรนิต

2.1.2 หินตะกอนและหินแปรยุคเพอร์เมียน (P)

หินยุคนี้เป็นกลุ่มหินราชบุรี ที่มีแนวแพร่กระจายอยู่ตั้งแต่อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เรื่อยลงมาจนถึงจังหวัดยะลา ส่วนมากมีลักษณะเป็นเขาโดด ซึ่งกลุ่มหินราชบุรี ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์ แทรกสลับด้วยหินทรายและหินดินดาน หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์ มีสีเทาถึงสีเทาเข้ม ไม่แสดงลักษณะเป็นชั้น มีหินเชิร์ตเป็นกระเปาะ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซูลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง แอมโมนอยด์ และไครนอยด์ สำหรับในเขตจังหวัดระนองจะพบกระจายตัวเป็นเขาโดดลูกเล็กๆ ด้านตะวันออกของอำเภอเมืองระนองติดต่อกับเขตจังหวัดชุมพร ทั้งนี้หินปูนส่วนใหญ่มักแสดงลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (karst)

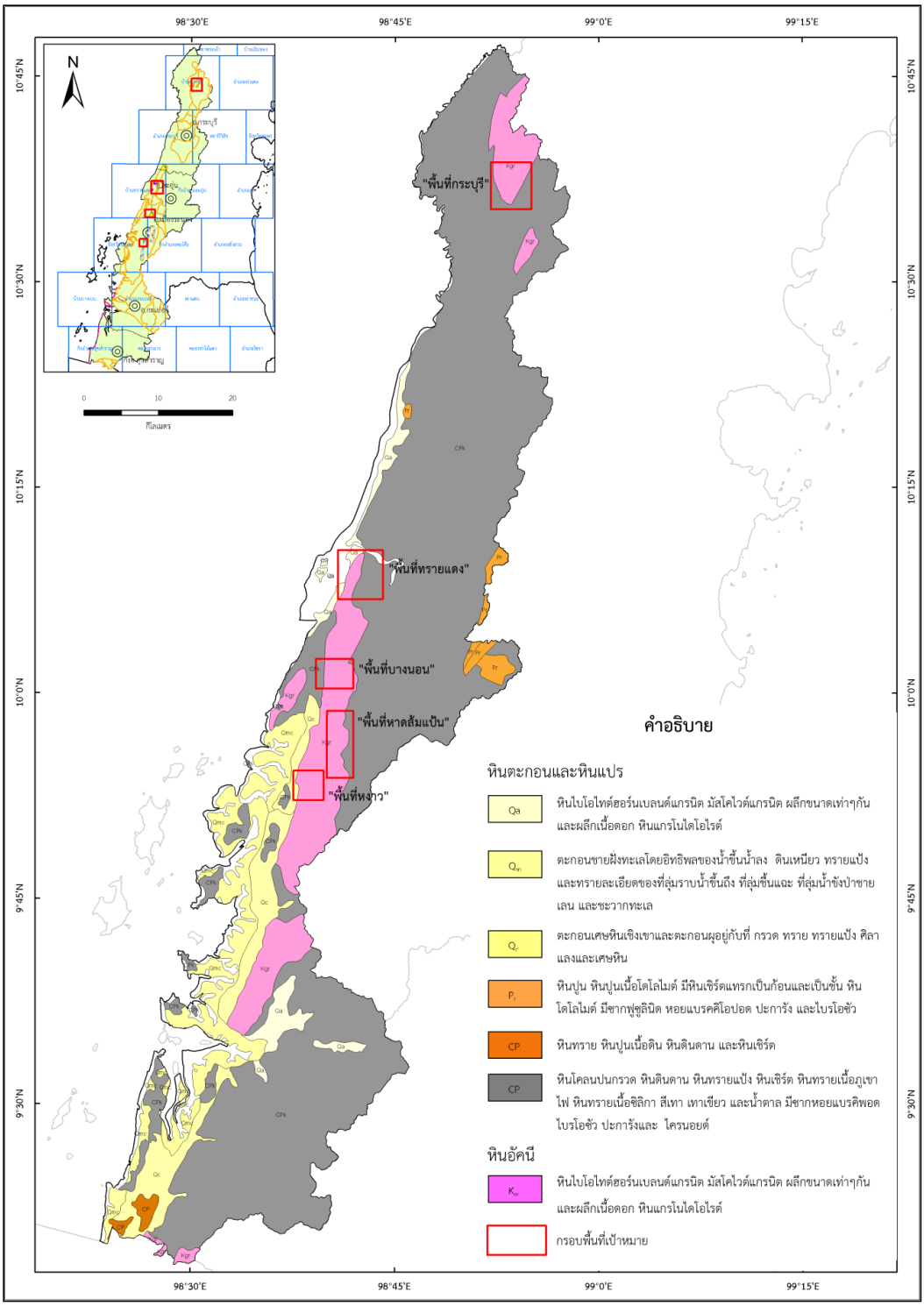
2.1.3 ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Q)

ตะกอนยุคนี้ ประกอบด้วย ตะกอนชนิดต่างๆ ที่มีอายุประมาณ 1.8 ล้านปีก่อนจนถึงปัจจุบัน ตะกอนควอเทอร์นารีจะพบเป็นแนวที่ราบแคบๆ ตามแนวชายฝั่งด้านตะวันตกของจังหวัด ส่วนใหญ่จะเป็นที่ตั้งของแหล่งชุมชน สามารถจำแนกตะกอนร่วนในพื้นที่โดยอาศัยชนิดของตะกอนและสภาวะแวดล้อมของการตกตะกอนออกเป็น 7 หน่วยตะกอนย่อย คือ

1) **ตะกอนน้ำพา (Qa)** ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เกิดจากน้ำพัดพา กรวด หิน ดิน ทราย ไปสะสมตัวอย่างไม่เป็นระบบ มีอิทธิพลของความลาดชันและน้ำผิวดินปะปนบ้างจึงได้ตะกอนหลากหลายชนิดปนกัน ลักษณะเป็นภูมิประเทศที่ราบริมแม่น้ำ

2) **ตะกอนตะพัก (Qt)** ประกอบด้วย กรวด และทราย เกิดจากแม่น้ำกัดเซาะทางดิ่งมากขึ้นปรากฏเป็นภูมิประเทศขั้นบันได

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



รูปที่ 6 **แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดระนอง**

4) **ตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำ (Qff)** ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

5) **ตะกอนที่ลุ่มป่าชายเลน (Qmp)** ประกอบด้วย พีต ดินเหนียวปนพีต ทรายเม็ดละเอียด ดินเหนียวเนื้อปนทรายแป้ง

6) **ตะกอนสันทรายเก่า (Qbo)** ประกอบด้วย ทราย เนื้อปานกลางถึงหยาบ การคัดขนาดปานกลาง ความกลมมนดี มีเศษเปลือกหอยปน

7) **ตะกอนชายหาด (Qb)** ประกอบด้วย ทราย ทรายแป้ง มีเปลือกหอย เศษปะการัง และเศษซากพืช

2.2 หินอัคนี

พื้นที่จังหวัดระนองอยู่ในเขตป่าร้อนชื้นหินอัคนีจึงถูกกระบวนการผุพังได้ง่าย ทำให้เกิดชั้นดินหนาสะสมตัวอยู่บนยอดเขา เมื่อมีฝนตกเป็นจำนวนมากดินเหล่านี้จะไหลถล่มลงมา ดังนั้น พื้นที่ที่อยู่ใกล้ภูเขาหินอัคนีจึงมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มมาก โดยหินอัคนีที่พบในจังหวัดระนอง คือ หินแทรกซอนตระกูลหินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr) อายุประมาณ 140-65 ล้านปี ดังนี้

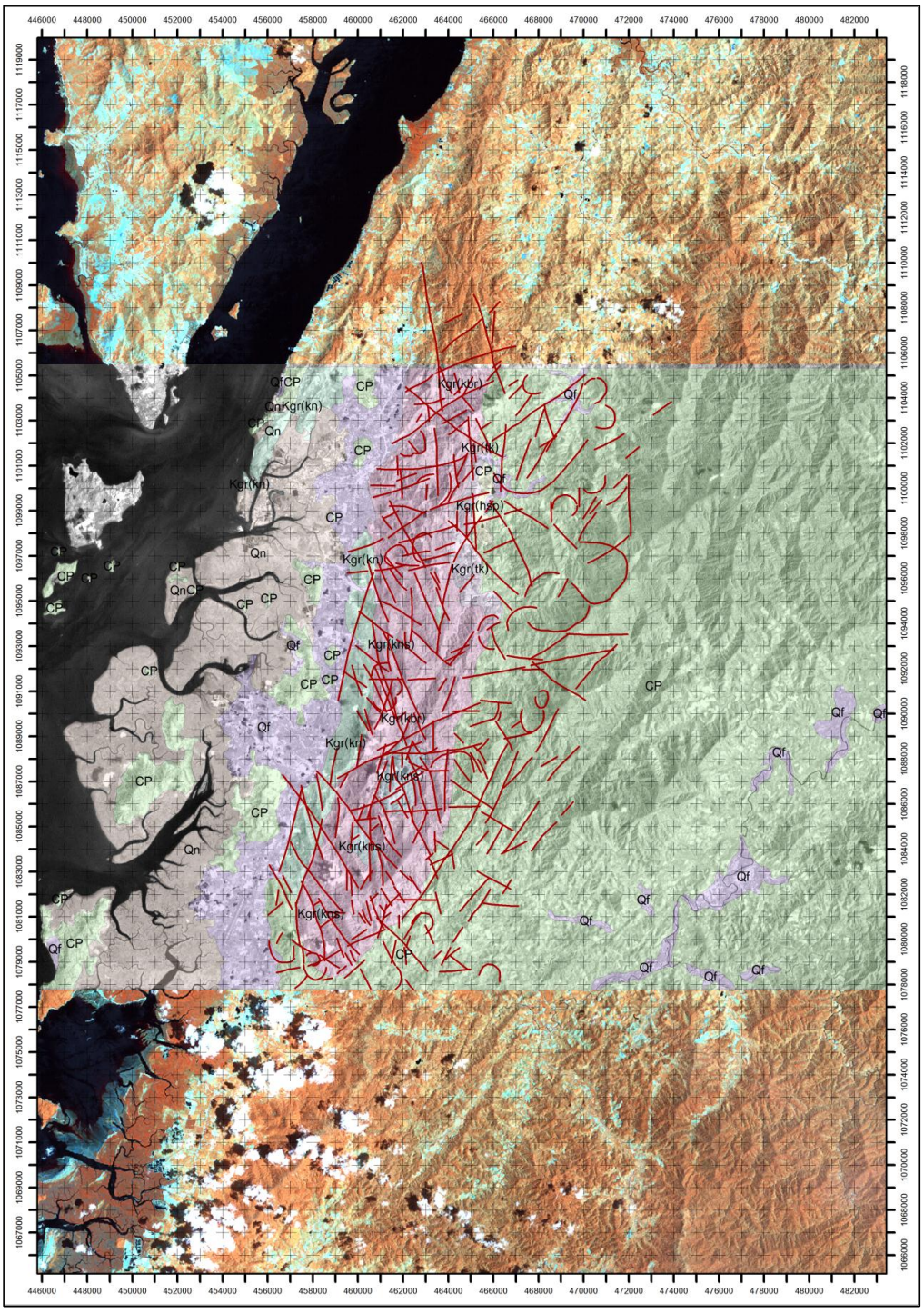
หินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr)

หินแกรนิตยุคครีเทเชียส ประกอบด้วย หินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต เป็นหลัก มีลักษณะเนื้อตั้งแต่ เนื้อดอก ถึง เนื้อสม่ำเสมอ ที่มีเนื้อหยาบถึงหยาบปานกลาง บางบริเวณมีการเรียงตัวของเม็ดแร่ (stress granite) อันเนื่องมาจากแนวแรงเฉือน หินยุคนี้จะพบวางตัวทอดยาวเป็นแนวต่อเนื่องอยู่บริเวณพื้นที่ตอนกลางของจังหวัด ตั้งแต่ อำเภอละอุ่นไปจนถึงอำเภอกะเปอร์ บนเกาะนอกชายฝั่ง เช่น เกาะช้าง เป็นต้น และพบที่อำเภอกระบุรีต่อเนื่องเข้าไปในเขตจังหวัดชุมพร ซึ่งเนื้อหินแกรนิตบางบริเวณ เช่น บริเวณบ้านทุ่งคา-หาดส้มแป้น บริเวณคลองบางริ้น และบริเวณน้ำพุร้อนพรรั้ง มีการกลายสภาพด้วยกระบวนการไอร้อน (Pnuematolytic process) เป็นหินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์แกรนิต ทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิต ไปจนถึง ทัวร์มาลีนแกรนิต ซึ่งกลายเป็นแหล่งดินขาวและแร่ดีบุกที่สำคัญของจังหวัดระนอง และของประเทศ และในบริเวณที่หินแกรนิตแทรกดันเข้ามาในกลุ่มหินแก่งกระจาน จะทำให้เนื้อหินบริเวณแนวสัมผัสเกิดการแปรสภาพและเกิดแหล่งแร่ดีบุกกระจายตัวอยู่โดยรอบแนวสัมผัส นอกจากนี้ยังพบสายเพกมาไทต์ แอไพลต์ และสายแร่ควอตซ์ ตัดแทรกเข้ามาทั้งในส่วนที่เป็นหินแกรนิต และส่วนที่เป็นหินตะกอน

2.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่จังหวัดระนอง เกิดจากอิทธิพลของขบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก โดยสามารถสังเกตได้จากลักษณะโครงสร้างรอยคดโค้ง รอยเลื่อน และรอยแตกมากมายในกลุ่มหินแก่งกระจาน รวมถึงแนวรอยเลื่อนที่ตัดผ่านมวลหินแกรนิตในพื้นที่ ซึ่งรอยเลื่อนที่สำคัญที่พบในพื้นที่จังหวัดระนองได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนระนอง ที่เป็นกลุ่มรอยเลื่อนตามแนวระดับ วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตะเฉียงใต้ ประกอบด้วยรอยเลื่อนต่างๆ แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขนานกัน พาดผ่านตั้งแต่ทะเลอันดามัน จังหวัดระนอง ไปยังอ่าวไทยในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จนถึงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์และจังหวัดชุมพร ยาวประมาณ 300 กิโลเมตร โดยกลุ่มรอยเลื่อนระนองจัดเป็น

รอยเลื่อนที่ยังมีพลังอยู่โดยมีการเคลื่อนตัวไปทางขวา รอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงบางส่วนอยู่ในแนวประมาณเหนือ-ใต้ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ภาพดาวเทียมแสดงผลการแปลความหมายโครงสร้างแนวเส้นที่ตัดผ่านเข้ามาในชั้นหิน

บทที่ 3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่หนัก-ธาตุหายาก

3.1 แร่หนัก (Heavy minerals)

3.1.1 ลักษณะทั่วไป

แร่หนักในทางศิลาวิทยา หมายถึง แร่ประกอบหินที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.9 และในทางตะกอนวิทยา จัดเป็นเศษแร่จากหินชั้น ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.85 มักเกิดเป็นแร่ส่วนน้อยในหิน เช่น แมกนีไทต์ อิลเมไนต์ เซอร์คอน รูไทล ไคยาไนต์ การ์เนต ทัวร์มาลีน สฟีน อะพาไทต์ ไบโอไทต์ ซึ่งโดยทั่วไปพบมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 ในดินทราย (พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2544) นอกจากนี้แร่หนักยังมีความคงทนต่อการสึกกร่อนผุพังจากสภาพดินฟ้าอากาศ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสภาวะปกติ ซึ่งแร่หนักส่วนใหญ่จะเกิดเป็นแร่รอง (accessory mineral) ในหินอัคนีชนิดต่างๆ โดยแหล่งแร่หนักส่วนใหญ่เป็นแหล่งแร่ทุติยภูมิ ทั้งแบบลานแร่ (placer deposits) ที่เกิดจากการผุพังของหินที่มีแร่หนักปะปนอยู่ ทำให้แร่หลุดออกจากหินและเคลื่อนตัวไปสะสมยังที่ต่ำกว่าโดยมีน้ำเป็นตัวพัดพาไป แบบสะสมตัวตามชายหาดและชายหาดเดิม (beach and old beach deposits) เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเล และแบบแหล่งแร่ในทะเล (off-shore deposits) ที่คาดว่าแต่เดิมน่าจะเกิดจากการสะสมตัวแบบลานแร่บนบกก่อนที่จะจมตัวอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น การเลื่อนตัวของแผ่นดิน หรือการรุกคืบของระดับน้ำทะเล และบางส่วนอาจเกิดจากการผุพังของหินพื้นทะเลที่มีแร่หนักฝังประอยู่แล้วเกิดการสะสมตัวใหม่จากอิทธิพลของกระแสคลื่น

แร่หนักที่เป็นผลผลิตสำคัญของประเทศไทยในอดีต ได้แก่ แร่ดีบุก โดยมีแร่หนักชนิดที่ให้ธาตุหายาก เช่น โมนาไซต์ และซีโนไทม์ และแร่หนักชนิดอื่นที่มักพบร่วม อาทิ อิลเมไนต์ เซอร์คอน การ์เนต แมกนีไทต์ ทัวร์มาลีน วุลแฟรมไมต์ รูไทล์ ลูโคซีน โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ และสตรูเวอไรต์ เป็นต้น เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก

ในการจำแนกกลุ่มชนิดแร่หนักด้วยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะ สามารถใช้สารละลายที่เรียกว่า “สารเหลวหนัก (heavy liquids)” ซึ่งแต่ละชนิดจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมาตรฐานที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางข้างล่างนี้ ซึ่งจะช่วยแยกกลุ่มชนิดแร่หนักกว่าออกจากแร่ที่เบากว่า โดยแร่เบาจะลอยค้างอยู่บนผิวของสารเหลวหนัก ขณะที่แร่หนักจะแยกตัวจมลงสู่เบื้องล่าง สารเหลวหนักชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ สารประกอบโบรโมฟอร์ม (Bromoform) แต่ด้วยโบรโมฟอร์มมีความเป็นพิษสูง ในปัจจุบันจึงเริ่มมีการนิยมใช้สารประกอบในกลุ่ม โพลีทังสเตทส์ (Polytungstates) เช่น โซเดียมโพลีทังสเตทส์ หรือลิเทียมโพลีทังสเตทส์ ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับโบรโมฟอร์มแต่มีระดับความเป็นพิษต่ำมาใช้ทดแทน

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกกลุ่มชนิดแร่หนักตามคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยเครื่องแยกแร่ที่เรียกว่า “ฟรานซ์ (Frantz)” โดยใช้หลักการปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องเพื่อไป

สร้างพลังสนามแม่เหล็กในระดับความเข้มต่าง ๆ เพื่อแยกแร่หนักออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กของแร่หนักแต่ละชนิดที่มีไม่เท่ากัน

ตารางที่ 1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของสารเหลวหนักชนิดต่าง ๆ

	ความหนาแน่น ที่อุณหภูมิ 20°เซลเซียส
Bromoform (tribromoethane)	2.89
Tetrabromoethane (acetylene tetrabromide)	2.96
Methylene (di-iodomethane)	3.32
Clerici's solution	4.24

3.1.2 ลักษณะทางกายภาพของแร่หนักที่พบมากในประเทศไทย

1. โมนาไซต์ (monazite: (Ce,La,Th) PO_4**)** เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟตที่มีกลุ่มธาตุหายากเบา ได้แก่ ซีเรียม (Ce) แลนทานัม (La) เป็นส่วนประกอบหลัก และมักมีธาตุทอเรียม (Th) เกิดร่วมในโครงสร้างแร่ ซึ่งสามารถมีสัดส่วนของทอเรียมไดออกไซด์ (ThO_2) ได้สูงถึงประมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ***การกำเนิด*** โดยทั่วไปแร่โมนาไซต์พบเป็นแร่รองในหินแกรนิต ไนส์ แอไพลต์ และเพกมาไทต์ มักพบในลักษณะเป็นเม็ดขนาดเม็ดทราย แสดงรอยถูกครูดเพราะการผุสลายของหินที่กล่าวข้างต้น แล้วถูกพัดพามาสะสมตัวอยู่ร่วมกับแร่หนักชนิดอื่น ๆ เช่น แมกนีไทต์ ดีบุก โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ รูไทล์ การ์เนต ซีโนโทม์ และเซอร์คอน แหล่งในประเทศส่วนใหญ่พบในแหล่งลานแร่ดีบุกเกือบทุกแหล่ง พบตามหาดทรายและตามท้องน้ำลำธารทั่วไปที่ใกล้ภูเขาหินแกรนิต หรือไนส์ ประโยชน์ โมนาไซต์เป็นแร่สำคัญที่ให้ทอเรียมออกไซด์ รวมถึงธาตุโลหะหายากชนิดเบา ได้แก่ ซีเรียม และแลนทานัม ทอเรียมเป็นธาตุกัมมันตรังสี คือ ^{232}Th โลหะทอเรียมและทอเรียมออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่สูงมาก จึงนำมาใช้ทำวัสดุที่ทนความร้อนสูง เช่น ไส้หลอดไฟฟ้า ไส้หลอดตะเกียงเจ้าพายุ ทำขั้วถ่านกำเนิดแสงจากการนำประจุไฟฟ้ามาชนกัน (arc light) สำหรับธาตุซีเรียมส่วนใหญ่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เป็นตัวเร่งปฏิกริยาการแตกตัวของปิโตรเลียมเหลว ในกระบวนการกลั่นปิโตรเลียม และโลหะผสม ส่วน ธาตุแลนทานัม ใช้ทำสารเร่งปฏิกิริยา ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ไฮบริด และโลหะผสม ผลผลิตโมนาไซต์เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก เช่นเดียวกับแร่หนัก หรือแร่หายากชนิดอื่น ๆ ในอดีตเคยมีการผลิตแร่โมนาไซต์โดยการแต่งแร่ดีบุกจากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ชุมพร สุราษฎร์ธานี ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง ระยอง และเชียงใหม่ จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำมาก (Very low magnetic) ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับกระแสไฟฟ้า 0.7-1.2 แอมแปร์ และไม่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Non-conductor)

2. ซีโนไทม์ (xenotime: YPO_4**)** เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟตที่มีอิตเทียม (Y) ซึ่งมักจัดรวมในกลุ่มของธาตุโลหะหายากหนักเป็นส่วนประกอบหลัก ประกอบด้วย Y_2O_3 และ P_2O_5 ประมาณร้อยละ 61.4 และ 38.6 โดยน้ำหนักตามลำดับ บ่อยครั้งที่ธาตุอิตเทรียมถูกแทนที่ด้วยธาตุหายากหนัก ชนิดเออร์เบียม (Er) เป็นจำนวนมาก และอาจถูกแทนที่ด้วยธาตุซีเรียม ซิลิคอน หรือ ทอเรียมได้บ้างเล็กน้อย

แร่ซีโนไทม์ มีรูปผลึกระบบเททราโกนาล เช่นเดียวกับแร่ดีบุก และเซอร์คอน แข็ง 4-5 ถ.พ. 4.45-4.56 วาวแบบแก้วจนถึงวาวแบบยางสน สีน้ำตาลเหลืองถึงน้ำตาลแดง แดงเรื่อ ขาวอมเทา เหลืองแบบไวน์เหลืองซีดคล้ายกับแร่โมนาไซต์แต่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กสูงกว่า จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำ (Low magnetic) ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับกระแสไฟฟ้า 0.4-0.7 แอมแปร์ และไม่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Non-conductor) มีผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองหรืออมแดง ***การกำเนิด*** แร่ซีโนไทม์ส่วนใหญ่เกิดเป็นแร่รองในหินเพกมาไทต์ หรืออาจพบได้บ้างในหินแกรนิต และหินไนส์ มักพบร่วมกับแร่เซอร์คอน เมื่อหินให้แร่ดังกล่าวข้างต้นผุพัง แร่ซีโนไทม์จะถูกนำพาไปสะสมตัวตามแอ่งหรือที่ราบต่าง ๆ ร่วมกับแร่หนักชนิดอื่น ๆ แหล่งในประเทศไทยพบในลานแร่ดีบุกในจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต ประจวบ คีรีขันธ์ ระนอง ราชบุรี และ เชียงใหม่ เป็นต้น **ประโยชน์** ซีโนไทม์เป็นแร่ที่สำคัญในการนำมาสกัดเอาธาตุอิตเทรียมซึ่งส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมสีให้สีแดง สารเรืองแสงในหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในอุตสาหกรรมเซรามิก และโลหะผสม ส่วนธาตุเออร์เบียม จะใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารเรืองแสง การผลิตแร่ซีโนไทม์ในประเทศไทยนั้นเป็นผลพลอยได้จากการแต่งแร่ดีบุก เช่นเดียวกับแร่หนักและแร่หายากชนิดอื่น ๆ จากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ประจวบคีรีขันธ์ และระนอง

3. อิลเมไนต์ (ilmenite: $FeTiO_3$**)** เป็นหนึ่งในสามของแร่เศรษฐกิจที่สำคัญของโลหะไทเทเนียม ที่เหลืออีก 2 ชนิด ได้แก่ แร่รูไทล์ (rutile) และลูโคซีน (leucoxene) มี Fe ร้อยละ 36.8 Ti ร้อยละ 31.6 และ O ร้อยละ 31.6 ปริมาณของไทเทเนียมกับเหล็กอาจแปรเปลี่ยนได้เนื่องจากมลทินของโลหะอื่น แร่อิลเมไนต์ มีรูปผลึกระบบเฮกซะโกนาล ผลึกมักจะเป็นแผ่นหนาหรือเป็นชั้น ปกติจะมีเนื้อสมานแน่นหรือเป็นเม็ดขนาดเท่าเม็ดทราย แข็ง 5.5-6.0 ถ.พ. 4.7 ความวาวคล้ายโลหะหรือกึ่งโลหะ สีดำ ผงละเอียดสีดำหรือแดงน้ำตาล อาจมีคุณสมบัติแม่เหล็กสูงได้โดยไม่ต้องเผาให้ร้อน เนื้อทึบแสง (opaque) ***การกำเนิด*** แร่อิลเมไนต์เกิดเป็นแร่รองในหินอัคนีและหินแปรหลายชนิดโดยเฉพาะหินแกบโบร และหินไดออไรต์ โดยการแยกตัวหรือตกผลึกในช่วงต้น ๆ ของหินหนืด มีส่วนสัมพันธ์กับแร่แมกนีไทต์ พบปนอยู่ในทรายร่วมกับ แมกนีไทต์ รูไทล์ เซอร์คอน และโมนาไซต์ ในแหล่งดีบุก นอกจากนี้ อิลเมไนต์ มักพบได้ในแหล่งพลอยทับทิม-แซปไฟร์หลายแหล่ง แร่อิลเมไนต์ในแหล่งดีบุกจะมีขนาดเท่าเม็ดทราย เป็นขี้แร่ที่ชาวหมองมักเรียกว่า “อามัง” ส่วนในแหล่งพลอยมักพบเป็นก้อนหรือผลึกขนาดโต (megacryst) **ประโยชน์** ใช้เป็นแร่ที่ให้ธาตุไทเทเนียมที่สำคัญ ไทเทเนียมเป็นโลหะสีเทาเงิน น้ำหนักเบา ความหนาแน่น 4.5 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทนทานต่อการกัดกร่อน นำความร้อนและไฟฟ้าต่ำ ผิวขัดขึ้นเงามีคุณสมบัติทางแม่เหล็กอ่อน การใช้ไทเทเนียมนั้นประมาณร้อยละ 95 ใช้ในรูปสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 5 จะนำไปใช้ทางด้านโลหะกรรม สารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์มีสีขาว ทึบแสง สะท้อนแสงดี และไม่เป็นพิษ นำมาใช้เป็นสารสีในอุตสาหกรรมผลิตสี กระดาษ พลาสติก ยาง และวัสดุต่างๆ ด้วยคุณสมบัติที่เด่นใน ทนความร้อน น้ำหนักเบา และต้านการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยมของโลหะไทเทเนียม จึงถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม อากาศยาน นับตั้งแต่โครงเครื่องบินจนถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่น สำหรับทำภาชนะที่เกี่ยวข้องกับ

สารเคมีที่มีความกัดกร่อนสูง จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีเป็นแม่เหล็กค่อนข้างสูง ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงระดับกระแสไฟฟ้า 0.4 แอมแปร์

4. เซอร์คอน (zircon: $ZrSiO_4$**)** หรือเพทาย สูตรเคมี มี ZrO_2 ร้อยละ 67.2 และ SiO_2 ร้อยละ 32.8 มีรูปผลึกระบบเททราโกนาล ลักษณะเป็นแท่งยาวมียอดแหลมปิดหัวและท้าย แข็ง 7.5 ถ . พ. 4.68 วาวแบบเพชร ใสไม่มีสี หรืออาจมีสีน้ำตาล เทา เขียว แดง ผงละเอียดไม่มีสี ปกติจะแสดงคุณสมบัติโปร่งแสงแต่บางครั้งก็โปร่งใส ***การกำเนิด*** แร่เซอร์คอนเป็นแร่รองในหินอัคนีแทรกซอนแทบทุกชนิดโดยเฉพาะชนิดกรด เช่น หินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไซอีไนต์ พบมากในหินเนฟิลีนไซอิไนต์ เซอร์คอนเป็นแร่ซิลิเกตตัวแรกที่ตกผลึกจากหินหนืดที่เย็นตัว นอกจากนี้ยังอาจพบได้ในหินไนส์ ชีสต์ หรือพบเป็นเมล็ดกลม ๆ หรือผลึกเล็ก ๆ ตามลำธาร และชายฝั่งทะเล แหล่งในประเทศไทย แร่เซอร์คอนชนิดผลึกละเอียดพบในเหมืองลานแร่ดีบุกทุกแห่ง และตามชายทะเลฝั่งทะเลทั่วไป ที่สำคัญได้แก่ ชายทะเลที่ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ และชุมพร ส่วนชนิดที่เป็นรัตนชาติ หรือผลึกโต ๆ มักพบเกิดร่วมกับหินภูเขาไฟ ชนิดหินบะซอลต์ที่จังหวัดจันทบุรี ตราด อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และแพร่ **ประโยชน์** เซอร์คอนที่มีคุณสมบัติโปร่งใสใช้เป็นรัตนชาติ เรียกว่า เพทาย โดยปกติแล้วจะมีสีน้ำตาล และส้มแดง ซึ่งเรียกว่า ไฮยาซินต์ (hyacinth) หรือจาซินต์ (jacinth) สำหรับเพทายหุงจะมีสีฟ้า สำหรับเซอร์คอนที่มีคุณสมบัติไม่เข้าข่ายรัตนชาตินั้น สามารถนำมาใช้ทางด้านอุตสาหกรรมได้หลายชนิด โลหะเซอร์โคเนียม มีสีขาวอ่อน เหนียว ความหนาแน่น 6.505 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จุดหลอมตัวและจุดเดือด 1,852 และ 3,700 $^{\circ}C$ ตามลำดับ การใช้เซอร์โคเนียมในทางอุตสาหกรรมนั้นประมาณร้อยละ 95 ใช้ในรูปของแร่เซอร์คอนโดยตรงและสารประกอบเซอร์โคเนียม ได้แก่ ใช้แร่เซอร์คอนในการทำวัสดุทนไฟ เซรามิก ฉาบผิวหน้าแบบหล่อและฉนวนกันความร้อน สารประกอบเซอร์โคเนียมใช้ในเคมีภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เช่น ยาสีฟัน น้ำยาขัดเลนส์ สีกันสนิม หมึกชนิดถาวร สารย้อมและฟอกหนัง ส่วนโลหะเซอร์โคเนียมนั้นใช้ในรูปของโลหะผสมทำชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องกำเนิดปฏิกรณ์ปรมาณู อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ทำให้กรดเข้มข้นและแม่เหล็กเหนี่ยวนำพิเศษ **ผลผลิต** เซอร์คอนส่วนใหญ่เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกจากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ประจวบคีรีขันธ์ และระนอง มีคุณสมบัติไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Non-conductor) และจัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่ไม่ติดแม่เหล็กไฟฟ้า (Non-magnetic)

5. การ์เนต (Garnet: $A_3B_2(SiO_4)_3$) นั้นมาจากภาษาละติน Granatus มีความหมายว่าเหมือนเมล็ด (Seed-like) ที่ว่าเหมือนเมล็ดนั้นหมายถึงเหมือนเมล็ดสีแดงในผลทับทิม ทั้งนี้เนื่องจากมักจะได้พบผลึกพลอยโกเมนสีแดงฝังอยู่ในเนื้อหิน โดยมีลักษณะการฝังตัวเหมือนเมล็ดในผลทับทิม โดยทั่วไปถ้ากล่าวถึงโกเมนจะหมายถึงการ์เนตสีแดง ซึ่งจะเป็นการ์เนตชนิดไพโรป แต่ในธรรมชาตินั้น แร่นี้มีสีสรรได้หลายสี ยกเว้นสีน้ำเงิน ในทางแร่วิทยา ผลึกแร่นี้จัดอยู่ในระบบไอโซเมตริก (Isometric system) รูปร่างของผลึก (ก่อนการเจียระไน) มีลักษณะกลม ๆ คล้ายตะกร้อ ส่วนประกอบทางเคมีเป็นพวกซิลิเกต (Silicate) โดยที่ในสูตรเคมี A อาจเป็นแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) หรือ แมงกานีส (Mn) และ B อาจเป็นอลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) ไทเทเนียม (Ti) หรือ โครเมียม (Cr) ส่วนจะมีธาตุอย่างใดเป็นส่วนประกอบเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแหล่งที่เกิดของแต่ละแหล่ง มีความแข็ง 6.5-7.5 ความ

ถ่วงจำเพาะ 3.6-4.2 มีการแบ่งแร่ชนิดนี้ออกเป็นชนิดย่อย ๆ อีกหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีสีและคุณสมบัติทางฟิสิกส์อื่น ๆ ที่แตกต่างออกไปด้วย ***การกำเนิด*** แร่การ์เนตในประเทศไทยนั้น มักพบในหินแปร ชนิดหินไนส์ (Gneiss) และหินชิสต์ (Schist) เป็นหลัก ส่วนในหินอัคนีจะพบได้บ้างในหินแกรนิต หรือในหินแกรโบร บริเวณอำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ สำหรับชนิดผลึกโต ๆ ที่สามารถใช้เป็นรัตนชาติได้นั้น พบได้ในบริเวณหินบะซอลต์ ในเขตอำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กค่อนข้างสูง ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับกระแสไฟฟ้า 0.4 แอมแปร์

6. ดีบุก (Tin: SnO_2**)** ที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ แคสซิเทอไรต์ (cassiterite) ซึ่งพบเป็นแร่เศรษฐกิจเพียงชนิดเดียว โดยมีส่วนประกอบของ Sn และ O ประมาณร้อยละ 78.6 และ 21.4 ตามลำดับ อีกชนิดหนึ่งคือ สแตนไนต์ (stannite) พบน้อยมากและไม่มีการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพของแคสซิเทอไรต์ มีรูปผลึกระบบเททราโกนาลแข็ง 6-7 ทนทานต่อการสึกกร่อนได้ดี ความถ่วงจำเพาะ 6.8-7.1 วาวอโลหะแบบเพชรหรือกึ่งโลหะ สีของแร่ส่วนมากที่พบมักจะมีสีน้ำตาลดำหรือดำ สีน้ำผึ้ง เหลือง แดง และม่วงคล้ายเปลือกมังคุดสีจำปา ผงละเอียดสีขาว หรือเหลืองจาง ***การกำเนิด*** แร่ดีบุกในประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินอัคนีแทรกซอนชนิดกรด (acid rock) โดยทั่วไปแล้วจะเกิดอยู่ในสายแร่แบบน้ำร้อนแทรกในหินพวกแกรนิตหรือหินชั้นที่อยู่ข้างเคียง และอาจเกิดเป็นก้อนหรือผลึกเล็กๆ ฝังในหินเพกมาไทต์ หินสการ์น รวมถึงในหินแกรนิตที่อยู่ใกล้กับบริเวณเขตสัมผัสกับหินข้างเคียงด้วย เนื่องจากดีบุกเป็นแร่ที่มีความทนทานต่อการสึกกร่อนทางกายภาพสูง เมื่อหินต้นกำเนิดผุพังจึงมักจะถูกนำพาไปสะสมตามเชิงเขาหรือแอ่งและที่ราบลุ่มต่าง ๆ เกิดเป็นแหล่งแร่ดีบุกแบบลานแร่ (placer) สายแร่ดีบุกโดยปกติมักมีแร่ที่มีฟลูออรีนหรือโบรอนอยู่ด้วย เช่น ทัวร์มาลีน โทแพช ฟลูออไรต์ และอะพาไทต์ ส่วนแร่อื่นที่พบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก เช่น วุลแฟรไมต์ ชีไลต์ แร่ตระกูลไนโอเบียม-แทนทาลัม อิลเมไนต์ โมนาไซต์ ซีโนไทม์ และเซอร์คอน แหล่งในประเทศส่วนใหญ่พบทางซีกด้านตะวันตกของประเทศติดกับชายแดนประเทศสหภาพพม่า โดยพบในภาคใต้ทุกจังหวัด ภาคกลางมีที่จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สุพรรณบุรี ระนอง ราชบุรี และเพชรบุรี ภาคเหนือพบในจังหวัดกำแพงเพชร ตาก เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ส่วนภาคตะวันออกพบที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี **ประโยชน์** ใช้เป็นสินแร่ที่สำคัญของโลหะดีบุก เนื่องจากโลหะดีบุกมีคุณสมบัติในด้านการทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและสารละลายต่างๆ ไม่เป็นสนิม ผสมเป็นเนื้อเดียวกับโลหะอื่นได้ดี และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย จึงถูกนำมาใช้ในการเคลือบโลหะต่าง ๆ ที่ทำเป็นภาชนะบรรจุอาหารเป็นส่วนใหญ่ ใช้ผสมตะกั่ว เงิน หรือทองแดงเป็นโลหะบัดกรี ผสมกับโลหะอื่นทำภาชนะประดับและศิลปวัตถุต่างๆ เช่น พิวเตอร์และบรอนซ์ ผสมกับเงินและปรอททำสารอุดฟันทางทันตกรรม นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมยานยนต์ สารประกอบของดีบุกสามารถใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกหลายอย่าง ได้แก่ การผลิตแก้วเนื้อทึบ เครื่องปั้นดินเผา เครื่องเคลือบ สิ่งทอ กระจกแผ่นเรียบ พลาสติก สีทาบ้าน ยากำจัดพยาธิในสัตว์ ยาสีฟัน และใช้ในการฟอกน้ำตาล เป็นต้น ผลผลิตการทำเหมืองแร่ดีบุกในประเทศไทยนั้นคาดว่าได้มีมาช้านานแล้ว โดยเริ่มมีการทำเหมืองผลิตแร่ดีบุกที่ภาคใต้ก่อน แล้วค่อย ๆ ขยับขึ้นมาทางภาคกลาง เหนือ และตะวันออกตามลำดับ จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่ไม่ติดแม่เหล็กไฟฟ้า

7. แมกนีไทต์ (magnetite: Fe_3O_4**)** มี Fe 72% เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กในตัวเอง มีสีดำ สีผงละเอียดสีดำ มีความวาวแบบโลหะ ความแข็ง 6 ความถ่วงจำเพาะ 4.9-5.2 ประโยชน์การใช้แร่เหล็กภายในประเทศส่วนใหญ่ ใช้ในโรงงานถลุงเหล็กเพื่อการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า โดยที่ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้าดังกล่าว จะใช้แร่เหล็กเปอร์เซ็นต์สูง ส่วนแร่เหล็กเปอร์เซ็นต์ต่ำ จะนำไปใช้ในการทำซีเมนต์ จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง ที่เป็นแม่เหล็กในตัวเอง

8. ทัวร์มาลีน (Tourmaline: $Na(Mg, Fe, Li, Al)_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH, F)_4$**)** เป็นแร่ในกลุ่มซิลิเกต มีสีดำ น้ำตาล ม่วง เขียว ชมพู สีผงละเอียด สีขาว รูปผลึกระบบไตรโกนัล ค่าความแข็ง 7–7.5 ความถ่วงจำเพาะ 3.00-3.26 มีความแววววาวแบบแก้ว โปร่งแสงจนถึงโปร่งใส ***การกำเนิด*** แร่ทัวร์มาลีนที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่มีสีดำพบได้ในสายเพกมาไทต์ทั่วไป นอกจากนี้สามารถพบทัวร์มาลีนสีเขียวได้ที่จังหวัดเชียงใหม่ ทัวร์มาลีนสีเขียวแกโสพบได้ที่จังหวัดจันทบุรี และทัวร์มาลีนสีชมพูพบได้ที่ตำบลปากทรง อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กปานกลางจนถึงต่ำ ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงระดับกระแสไฟฟ้า 0.7 - 1.2 แอมแปร์

9. รูไทล์ (Rutile: TiO_2**)** ชื่อมาจากภาษาลาติน rutilus หมายถึงสีแดง สีทองแดง มี Ti ร้อยละ 60 และ O ร้อยละ 4.0 มีรูปผลึกระบบเตตระโกนาล มักเกิดเป็นแท่งคล้ายรูปเข็ม วาวคล้ายเพชรหรือกึ่งโลหะ สีแดง น้ำตาลแดง ถึงดำ สีผงละเอียด สีน้ำตาล สีแดง ***การกำเนิด*** แร่รูไทล์พบเกิดในหินแกรนิต เพกมาไทต์ ไนส์ ไมกาชีสต์ อาจจะเกิดเป็นแร่ไม่สำคัญในหิน หรือสายแร่ควอตซ์ โดยแทรกในเนื้อหรือตัดผ่าน บางครั้งก็เกิดเป็นเสี้ยน เป็นรูปเข็มแทรกฝังในแร่ควอตซ์ ที่เรียกว่า Rutilated Quartz นอกจากนี้ยังพบปนในทรายร่วมกับแมกนีไทต์ เซอร์คอน และโมนาไซต์ เป็นจำนวนไม่น้อย นอกจากเกิดในธรรมชาติแล้ว ยังสังเคราะห์ขึ้นได้ด้วยกรรมวิธีเวอร์เนียล (Verneuil process) แร่ที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติเป็นรัตนชาติ สังเคราะห์ที่มีน้ำ (fire) ดี แววเหลือบรุ้งยิ่งกว่าเพชร มีการจำหน่ายกันในชื่อต่าง ๆ กันที่รู้จักกันดีคือ ไททาเนีย (Titania) พลอยเคนยา (Kenya gem) และมิริดิส (Miridis) **ประโยชน์** แร่รูไทล์ผลิตขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมลวดเหล็กเชื่อม (welding rod) ใช้ทำโลหะผสม ใช้เป็น electrode ใน arc light ทำให้ porcelain มีสีเหลืองทำฟันปลอม และทำสี (paint pigment) เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า

10. โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ (columbite-tantalite: $Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$**)** เป็นแร่ที่มีธาตุไนโอเบียม (โคลัมเบียม) และแทนทาลัม เป็นส่วนประกอบหลัก มีส่วนประกอบของธาตุไนโอเบียมและแทนทาลัมจะมีผลในการเรียกชื่อแร่ โดยจะเรียกแร่โคลัมไบต์เมื่อแร่นั้นมี ธาตุไนโอเบียมมากกว่าแทนทาลัม และเรียกแทนทาไลต์ เมื่อแร่นั้นมีธาตุแทนทาลัมมากกว่าไนโอเบียม แร่โคลัมไบต์- แทนทาไลต์มีรูปผลึกระบบออร์โทรอมบิก รอยแตกกึ่งเว้าแบบก้นหอยไปจนกระทั่งแตกแบบไม่เรียบ เปราะ โดยปกติมีสีดำ เทาเข้ม น้ำตาลดำ และมีส่วน ของน้ำตาลแดงให้เห็นตามขอบเศษชิ้นแร่บางๆ ผงแร่สีแดงเข้มไปจนกระทั่งดำ ความวาวกึ่งโลหะถึงกึ่งยางสน แร่โคลัมไบต์แข็ง 6 ถ.พ. ประมาณ 5.2 ส่วนแร่แทนทาไลต์แข็ง 6.0-6.5 ถ.พ. ประมาณ 7.95 น้ำหนักของแร่จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนของแทนทาลัมปนมากขึ้น ***การกำเนิด*** แร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์นั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินแกรนิต และหินคาร์บอเนไทต์ แต่ในประเทศ

ไทยจะพบเกิดร่วมอยู่กับแร่ดีบุก มัสโคไวต์ ทัวร์มาลีน เบริล โมนาไซต์ และซีโนไทม์ ในหินเพกมาไทต์ แหล่งในประเทศส่วนใหญ่พบในลานแร่ดีบุก ภาคเหนือพบที่จังหวัดเชียงใหม่ ภาคกลางที่จังหวัด อุทัยธานี ระยอง ราชบุรี ภาคใต้ที่จังหวัด ระนอง พังงา ภูเก็ต สงขลา และตรัง ประโยชน์แร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ เป็นสินแร่ที่สำคัญของโลหะไนโอเบียมและแทนทาลัม ไนโอเบียมเป็นโลหะอ่อนและเหนียวสีเทาเงินวาว โลหะ คล้ายเหล็กกล้าถ้าขัดผิวแล้วจะคล้ายกับแพลทินัม ความแข็งและถ.พ.ใกล้เคียงกับทองแดง คุณสมบัติพิเศษของโลหะชนิดนี้ คือมีจุดหลอมตัวสูง (2,487°C) ทนต่อการกรัดกร่อนของสารละลายและกรดต่าง ๆ ได้ดี แปรรูปได้ง่าย เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี ส่วนใหญ่นำมาใช้ในรูปของเฟอร์โรไนโอเบียม ในการผลิตเหล็กกล้าชนิดต่างๆ สำหรับผลิตชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ของเครื่องบินไอพ่น ทำผนังกั้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู นอกจากนี้ยังใช้โลหะไนโอเบียมในกิจการด้านอวกาศ อิเล็กทรอนิกส์ พลังงาน และยานยนต์ แทนทาลัมเป็นโลหะสีเทาเงิน มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และไฟฟ้า ที่เด่นเฉพาะคือเป็นโลหะที่แข็งแต่เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเกือบทุกชนิด นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี แปรรูปและเชื่อมได้ง่าย แทนทาลัมส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า เช่น ทำชิ้นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดจิ๋วสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคำนวณ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องแปลงกระแส เครื่องควบคุมอุปกรณ์สัญญาณระบบเตือนภัย และอุปกรณ์ตั้งเวลา ส่วนที่เหลือใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล ทำชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งและเหนียวเป็นพิเศษ ใช้ทำวัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในกิจการด้านขนส่งอวกาศ เคมี และการทหาร ผลผลิตโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ในประเทศไทยเป็นเพียงแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกเท่านั้น ไม่มีเหมืองแร่ที่ทำการผลิตแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์โดยตรง ผลผลิตแร่จึงขึ้นอยู่กับการผลิตแร่ดีบุก ผลผลิตแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์เคยขึ้นสูงสุดในปี พ. ศ. 2522 จำนวน 262 เมตริกตัน มูลค่า 66.4 ล้านบาท จากนั้นผลผลิตได้ลดลงตามสถานการณ์ของแร่ดีบุก จนถึงปีพ.ศ. 2533 มีการผลิตแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์เพียง 3 เมตริกตัน มูลค่า 1.8 ล้านบาท หลังจากนั้นเป็นต้นมาไม่มีสถิติการผลิตอีกเลย

11. วุลแฟรมไมต์ (Wolframite: Fe Mn (WO_4)) เป็นคำที่มาจากภาษาเยอรมันดั้งเดิม มีรูปผลึกระบบโมโนคลีนิก รูปผลึกมักจะแตกเป็นแผ่นๆ พบได้ทั้งแบบเป็นแผ่นซ้อนกันบางๆ คล้ายใบมีดโกนซ้อนเรียงกัน (Bladed) แบบเป็นแผ่นซ้อนกันค่อนข้างหนา แต่ลอกออกจากกันไม่ได้ (Lamellar) เป็นแท่งเรียงกัน (Columnar) และแบบมวลเมล็ดเนื้อสมานแน่น (Massive granular) มีรอยแยกแนวเรียบที่สมบูรณ์แนวหนึ่งอยู่เสมอ ความแข็ง 4-4.5 ความถ่วงจำเพาะ 7.0-7.5 น้ำหนักจะมากขึ้นตามเปอร์เซนต์ของเหล็ก มีความวาวกึ่งโลหะไปจนถึงวาวเหมือนยางสน สีดำ น้ำตาลดำ เทาดำ สีผงละเอียดสีน้ำตาลแดง ***การกำเนิด*** พบเกิดในสายแร่เพกมาไทต์ หรือเกิดในสายแร่ควอตซ์ ชนิดอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นสายแร่ที่ตัดผ่านในหินแกรนิตหรือหินชั้นก็ได้ มักจะพบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก ชีไลต์ อาร์เซโนไพไรต์ ไพไรต์ กาลีนา และสฟาเลอไรต์ ในสายแร่บางแห่งอาจพบเกิดเป็นเนื้อวุลแฟรมทั้งหมดซึ่งมีลักษณะแบนเป็นกระเปาะ โดยปกติไม่ค่อยพบวุลแฟรมในบริเวณที่เป็นแหล่งลานแร่ ในประเทศไทยมักพบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก พบได้ในบริเวณหมู่เหมืองแม่ลามา อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เขาศูน อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช คลองศก จังหวัดสุราษฎร์ธานี นอกจากนี้ยังพบที่จังหวัดเชียงราย .เชียงใหม่ ประจวบคีรีขันธ์ พังงา และระนอง เป็นต้น

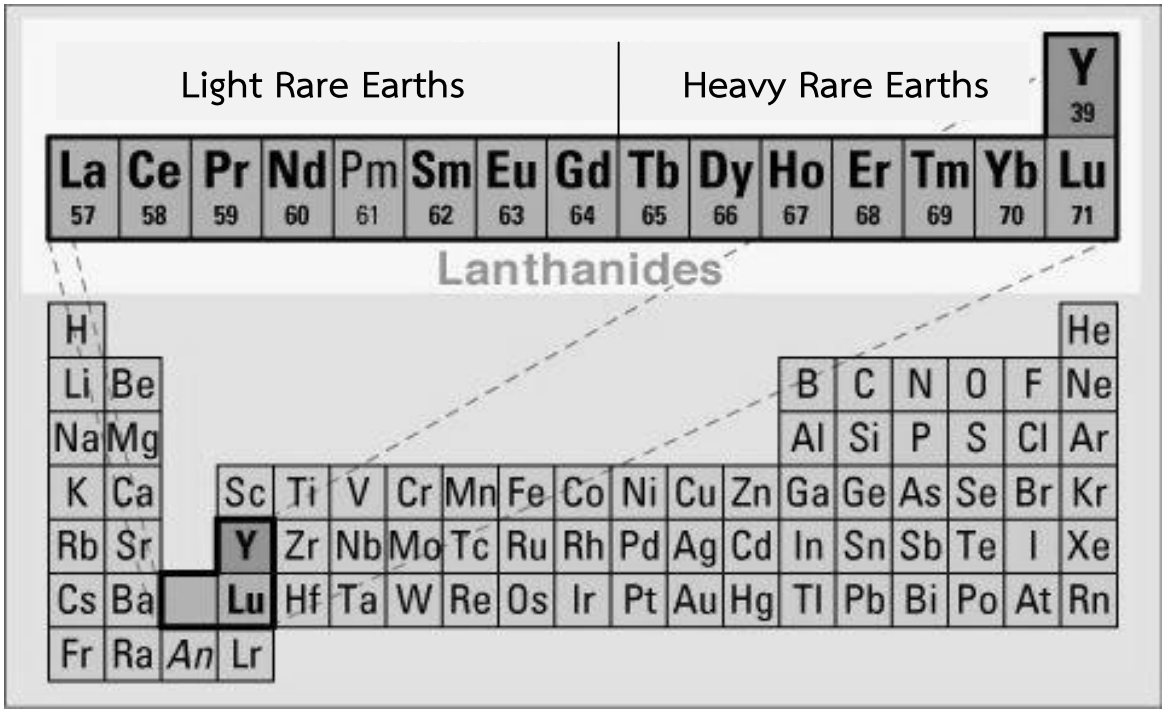
ประโยชน์ ใช้เป็นสินแร่ทังสเตนที่สำคัญอันดับหนึ่ง ใช้ทำไส้หลอดไฟฟ้า ผสมเหล็กให้มีความแข็งแกร่ง เพื่อใช้ทำอุปกรณ์เครื่องจักรกล เช่น ทำเกราะ มีด มีดโกน หัวเจาะ ตะไบ และใบเลื่อย ถ้าผสมกับคาร์บอน นิคเกิล และโคบอลต์ จะมีความคมเป็นพิเศษใช้ทำเป็นวัตถุสำหรับตัดเหล็กกล้าที่ใช้ความเร็วสูง นอกจากนี้ บรอนซ์ซึ่งเป็นสารประกอบของทังสเตนจะมีสีสันสวยงาม ทำสีเขียว สีเหลือง สำหรับย้อมไหม ใช้ตกแต่ง ผสมแก้วและเครื่องเคลือบดินเผา

3.2 ธาตุหายาก (Rare earth elements)

ธาตุหายาก หรือ “rare earths” ตั้งขึ้นโดย Johann Gadolin ในปี ค.ศ. 1794 เป็นกลุ่มโลหธาตุที่อยู่ในอนุกรมธาตุแลนทาไนด์ (lanthanide series) บางครั้งอาจเรียกว่า กลุ่มแลนทานันส์ (lanthanous) หรือ กลุ่มแลนทานอยด์ (lanthanoids) ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 15 ธาตุ มีเลขอะตอมตั้งแต่ 57 ถึง 71 ธาตุ ทั้งหมดนี้มีตำแหน่งตามตารางธาตุจัดอยู่ในกลุ่ม III A (รูปที่ 8) นอกจากนี้ ธาตุอิตเทรียม (Y) เลขอะตอม 39 และ ธาตุสแกนเดียม (Sc) เลขอะตอม 21 มักนับรวมไว้ในกลุ่มของธาตุหายากด้วย เพราะมีคุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงมาก ธาตุหายากสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มธาตุหายากเบา (light rare earth elements: LREE) หรือกลุ่มซีเรียม (Cerium group) และกลุ่มธาตุหายากหนัก (heavy rare earth elements: HREE) หรือกลุ่มอิตเทรียม (Yttrium Group) ซึ่งเกณฑ์การแบ่งจำนวนธาตุตามกลุ่มนั้นมีหลากหลาย แต่ตามหลักการที่ USGS ยึดถือนั้น จะพิจารณาจากลักษณะและจำนวนอิเลคตรอนที่อยู่ในวงชั้น 4f เป็นเกณฑ์ โดยกลุ่มธาตุหายากเบา ประกอบด้วย 8 ธาตุที่มีเลขอะตอม 57 ถึง 64 ได้แก่ แลนทานัม (La) ซีเรียม (Ce) เพรซีโอดิเมียม (Pr) นีโอดิเมียม (Nd) โพรมีเทียม (Pm) ซาแมเรียม (Sm) ยูโรเพียม (Eu) และ แกโดลิเนียม (Gd) ซึ่งมีอิเล็คตรอนเดี่ยว (unpaired electron; 0-7 electron) ที่หมุนตัวตามเข็มนาฬิกา (clockwise spinning) ในวงชั้น 4f และกลุ่มธาตุหายากหนักประกอบด้วย 8 ธาตุที่มีเลขอะตอม 65 ถึง 71 ได้แก่ เทอร์เบียม (Tb) ดีสโพรเซียม (Dy) โฮลเมียม (Ho) เออร์เบียม (Er) ทูเลียม (Tm) อิตเทอร์เบียม (Yb) ลูทีเทียม (Lu) และ อิตเทรียม (Y) ซึ่งมีความเป็นอิเล็คตรอนคู่ (paired electron) ที่มีการหมุนตัวทั้งตามและทวนเข็มนาฬิกา (clockwise & counter-clockwise spinning) ส่วนสแกนเดียม (Sc) นั้นไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มหนึ่งกลุ่มใดได้

ธาตุหายากมีกระจายตัวอยู่ทั่วไปในหินชนิดต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของชั้นเปลือกโลกในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยปริมาณของธาตุหายากเบาแต่ละชนิดจะพบได้ในมากกว่าธาตุหายากหนัก คิดเป็นปริมาณรวมกันประมาณ 180 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 2) ซึ่งปริมาณนี้เมื่อเทียบกับปริมาณของธาตุโลหะอื่นที่เรารู้จักกันดีในชีวิตประจำวัน เช่น สังกะสีหรือทองแดง จัดได้ว่ามีปริมาณน้อยกว่าไม่มากนัก และหากเปรียบเทียบกับเงินหรือทองคำแล้ว ธาตุหายากนับได้ว่ามีปริมาณมากกว่ามากทีเดียว (Taylor, 1964) ทั้งนี้มีแร่กว่า 200 ชนิด ที่มีธาตุหายากเป็นส่วนประกอบในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป สำหรับแร่หายาก (REE Minerals) คือ แร่ที่มีกลุ่มธาตุหายากเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในโครงสร้างผลึก ในธรรมชาตินั้นพบราว 73 ชนิดแร่เท่านั้น แต่มีเพียงแร่หลัก 4 ชนิด คือ แบสต์นีไซต์ (bastnaesite: $(Ce,La)(CO_3)F$) โมนาไซต์ (monazite: $(Ce,La,Th)PO_4$) ซีโนไทม์ (xenotime: YPO_4) และ อะพาไทต์ที่

ให้ธาตุหายาก (REE-bearing apatite: $(Ca,Ce)_5(PO_4)_3(F,OH,Cl)_3$) ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง (กิ่งดาว เคลือบทอง และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังมีแร่อื่น ๆ ที่ให้ธาตุหายากเป็นผลพลอยได้ เช่น **บรานเนอไรต์ (Brannerite)** ที่เป็นแร่ที่เกิดในเพกมาไทต์ ให้ธาตุยูเรเนียมและมีธาตุอิตเทรียมเป็นธาตุพลอยได้จากกระบวนการแต่งแร่ และ แร่ดินตระกูลเคโอลินในชั้นหินแกรนิตผุ ที่ดูดซับธาตุหายากไว้ที่ผิวผลึก เป็นต้น



รูปที่ 8 แผนภาพตารางธาตุแสดงตำแหน่งของกลุ่มธาตุหายาก (ดัดแปลงจาก Hexel and others, 2002)

3.3 รูปแบบแหล่งธาตุหายากที่สำคัญ

ในธรรมชาติแหล่งธาตุหายาก มีรูปแบบการกำเนิดอยู่หลายลักษณะ แต่แบบที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มี 3 ลักษณะ กล่าวคือ

แหล่งแร่แบบหินแอลคาไลและคาร์บอเนไทต์ (Alkaline and carbonatite rocks) โดยพบในหินอัคนีประเภทหินแอลคาไลหลายชนิดและโดยเฉพาะอย่างยิ่งหินคาร์บอเนไทต์ที่เกิดร่วมจะมีธาตุโลหะหายากอยู่ในปริมาณค่อนข้างมาก ทั้งในรูปแบบของแร่โลหะหายาก และโดยการแทนที่ธาตุในส่วนประกอบของแร่อื่น เช่น อะพาไทต์ และไพโรคลอร์

แหล่งแร่แบบลานแร่ (Placer Deposits) โดยพบแร่โมนาไซต์และซีโนไทม์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง คือ 5.0 และ 4.8 และมีความทนทานต่อการผุสลายตัว เกิดเป็นแร่หนักสะสมตัวอยู่ในแหล่ง

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นฐาน และความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก ที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของโลก (Bulk Earth) และในชั้นเปลือกโลก (ดัดแปลงจาก จำรูญ อุ้ยศิริไพศาล, 2535 และ Long, K.R., et. al, 2010)

ข้อมูลพื้นฐานของธาตุหายาก		ความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก								
รายชื่อธาตุ	เลขอะตอม	Bulk Earth		Crust						
		Ganapathy and Anders (1974)	Smith (1977)	Taylor (1964)	Mason and Moore (1982)	Jackson and Christiansen (1993)	Sabot and Maestro (1995)	Wedephol (1995)	Lide (1997)	McGill (1997)
กลุ่มธาตุหายากเบา (La-Eu)		3.15	4.47	133.40	133.40	154.30	100.50	130.30	165.25	
แลนทานัม (Lanthanum; La)	57	0.48	0.78	30.00	30.00	29.00	18.00	30.00	39.00	5 - 18
ซีเรียม (Cerium; Ce)	58	1.28	2.20	60.00	60.00	70.00	46.00	60.00	66.50	20 - 46
เพรซีโอดิเมียม (Praseodymium; Pr)	59	0.16	-	8.20	8.20	9.00	5.50	6.70	9.20	3.5 - 5.5
นีโอดิเมียม (Neodymium; Nd)	60	0.87	1.20	28.00	28.00	37.00	24.00	27.00	41.50	12 - 24
โพรมีเทียม (Promethium; Pm)	61	-	-	-						
ซาแมเรียม (Samarium; Sm)	62	0.26	0.22	6.00	6.00	8.00	6.50	5.30	7.05	4.5 - 7
ยูโรเพียม (Europium; Eu)	63	0.10	0.07	1.20	1.20	1.30	0.50	1.30	2.00	0.14 - 1.1
กลุ่มธาตุหายากหนัก (Gd-Lu)+Y		1.661	0.668	50.28	72.7	50.9	59.4	54	76.92	
แกโดลิเนียม (Gadolinium; Gd)	64	0.37	0.35	5.4	5.4	8	6.4	4	6.2	4.5 - 6.4
เทอร์เบียม (Terbium; Tb)	65	0.067	-	0.9	0.9	2.5	0.9	0.65	1.2	0.7 - 1
ดีสโพรเซียม (Dysprosium; Dy)	66	0.45	0.21	3	3	5	5	3.8	5.2	4.5 - 7.5
โฮลเมียม (Holmium; Ho)	67	0.101	-	1.2	1.2	1.7	1.2	0.8	1.3	0.7 - 1.2
เออร์เบียม (Erbium; Er)	68	0.29	0.093	2.8	2.8	3.3	4	2.1	3.5	2.5 - 6.5
ทูเลียม (Thulium; Tm)	69	0.044	-	0.48	0.5	0.27	0.4	0.3	0.52	0.2 - 1
อิตเทอร์เบียม (Ytterbium; Yb)	70	0.29	-	3	3.4	0.33	2.7	2	3.2	2.7 - 8
ลูทีเทียม (Lutetium; Lu)	71	0.049	0.015	0.5	0.5	0.8	0.8	0.35	0.8	0.8 - 1.7
สแกนเดียม (Scandium; Sc)	21	-	-	-	22	-	10	16	22	5 - 10
อิตเทรียม (Yttrium; Y)	39	-	-	33	33	29	28	24	33	28 - 70
Total rare earth elements		4.81	5.13	183.68	206.10	205.20	159.90	184.30	242.17	0.00

แร่แบบลานแร่ร่วมกับแร่หนักชนิดอื่นๆ เช่น อิลเมไนต์ เซอร์คอน รูไทล์ และแคสซิเทอไรต์ (ดีบุก) ซึ่งประเทศไทยเคยมีการผลิตแร่หายากประเภทนี้เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกในอดีต

แหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ (In situ Deposits) ที่เกิดจากการผุพังทางเคมีของหินต้นกำเนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีความสมบูรณ์ของธาตุหายาก (REE-rich host rocks) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความชุมชื้นสูง มีฝนตกชุกและมีธรณีแปรสัณฐานที่เสถียรเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เนื้อหินมีอัตราการผุพังอยู่กับที่กลายเป็นชั้นดินปิดทับชั้นเนื้อหินที่มีความผุสูง ซึ่งแร่ให้ธาตุหายากในเนื้อหินบางส่วนที่ไม่สามารถทนต่อการผุพังทางเคมีจะปลดปล่อยอะตอมของธาตุหายากออกจากโครงสร้างแร่นั้น ๆ และถูกจับยึดไว้ที่ผิวผลึกของแร่ดินที่เป็นผลมาจากการผุพังของแร่อื่น ๆ ในเนื้อหินต้นกำเนิดในรูปแบบของ**การดูดซับไอออน (Ion-adsorption type)** ในขณะที่แร่ให้ธาตุหายากบางส่วนที่ยังทนต่อสภาพการผุพังทางเคมีได้จะคงลักษณะเม็ดแร่เกิดเป็นส่วนของ**แร่ตกค้างสะสม (Residual REE minerals)** ร่วมอยู่ในชั้นดิน/หินผุเดียวกัน การสะสมตัวในลักษณะนี้สมารถทำให้มีปริมาณธาตุหายากในชั้นดิน/หินผุเข้มข้นมากขึ้นได้ 1-5 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับในเนื้อหินต้นกำเนิด และสามารถแยกธาตุหายากออกมาจากแร่ดินได้ด้วยกรดอ่อน (Wu et al., 1990; Bao and Zhao, 2008) โดยเฉลี่ยแล้วแหล่งแร่แบบดูดซับไอออนมีความสมบูรณ์อยู่ในช่วง 300-2,000 ppm โดยประมาณ แตกต่างกันไปตามชนิดของหินต้นกำเนิด (Wu et al., 1996; Bao and Zhao, 2008; Murakami and Ishihara, 2008)

สำหรับประเทศไทยนั้น มีศักยภาพสูงที่จะสามารถพบแหล่งธาตุหายากได้ 2 แบบ คือ แหล่งแร่แบบลานแร่ และแหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ที่สัมพันธ์กับมวลหินแกรนิต ส่วนแหล่งแร่แบบชนิดหินแอลคาไลหรือแบบชนิดหินคาร์บอเนไทต์ นั้นมีโอกาสเป็นไปได้ยาก

สำหรับพื้นที่ศักยภาพแร่หนัก-ธาตุหายากในเขตจังหวัดระนองนั้น มีโอกาสพบแหล่งธาตุหายากได้ทั้ง 2 ลักษณะ ประกอบกัน คือ แหล่งแร่แบบลานแร่ และแหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ แต่ในแผนการสำรวจในครั้งนี้จะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่พื้นที่ที่มีศักยภาพให้แหล่งแร่แบบหลัง เนื่องจากมีโอกาสเป็นแหล่งแร่ที่ยังคงความสมบูรณ์ของธาตุหายากได้ดีกว่า ในขณะที่พื้นที่แหล่งแร่แบบลานแร่นั้นส่วนใหญ่ผ่านการฉีดล้างจากการทำเหมืองแร่ดีบุกในอดีตไปแล้ว โอกาสที่พื้นที่แหล่งแร่จะยังคงความสมบูรณ์ของธาตุหายากถือได้ว่าต่ำ

3.4 การใช้ประโยชน์ของธาตุหายาก

โดยรวมธาตุโลหะหายากกลุ่มนี้ถือเป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหลากประเภท อาทิ การผลิตแม่เหล็กถาวรกำลังสูง (permanent magnet) สำหรับรถยนต์ hybrid และกังหันลมผลิตไฟฟ้า การทำแบตเตอรีประสิทธิภาพสูง (rechargeable battery) รวมถึงอุปกรณ์อิเลคโทรนิคชั้นสูงและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จอภาพต่าง ๆ หลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ สารเร่งปฏิกิริยา (catalysts) แว่นตาสำหรับใช้งานในเวลากลางคืน และอาวุธยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการความแม่นยำสูง เป็นต้น ซึ่งธาตุหายากแต่ละตัวต่างมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ดังแสดงสรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการใช้ประโยชน์หลักๆ ของธาตุหายากแต่ละชนิด (อ้างอิงจาก U.S. Department of the Interior (DOI), U.S. Geological Survey (USGS), *Minerals Yearbook, Volume 1*, 2007, Rare Earths)

รายชื่อธาตุ	การใช้ประโยชน์หลักๆ ของแต่ละธาตุ
แลนทานัม (La)	เครื่องยนต์ไฮบริด, โลหะผสม
ซีเรียม (Ce)	ตัวเร่งปฏิกิริยาอัตโนมัติ (auto catalyst), การกลั่นปิโตรเลียม, โลหะผสม
เพรซีโอดิเมียม (Pr)	แม่เหล็ก
นีโอดิเมียม (Nd)	ตัวเร่งปฏิกิริยาอัตโนมัติ (auto catalyst), การกลั่นปิโตรเลียม, ฮาร์ดดิสก์, หูฟัง, เครื่องยนต์ไฮบริด
ซาแมเรียม (Sm)	แม่เหล็ก
ยูโรเพียม (Eu)	สีแดงในจอโทรทัศน์และจอคอมพิวเตอร์
แกโดลิเนียม (Gd)	แม่เหล็ก
เทอร์เบียม (Tb)	สารเรืองแสง, แม่เหล็กถาวร
ดีสโพรเซียม (Dy)	แม่เหล็กถาวร, เครื่องยนต์ไฮบริด
โฮลเมียม (Ho)	สีของเครื่องแก้ว, เลเซอร์
เออร์เบียม (Er)	สารเรืองแสง
ทูเลียม (Tu)	เครื่องเอ็กซเรย์ทางการแพทย์ (medical x-ray units)
อิตเทอร์เบียม (Yb)	เลเซอร์, เหล็กผสม
ลูทีเทียม (Lu)	ตัวเร่งปฏิกิริยาในการกลั่นปิโตรเลียม
อิตเทรียม (Y)	สีแดง, หลอดฟลูออเรสเซนต์, เซรามิก, โลหะผสม
สแกนเดียม (Sc)	โลหะผสม เช่น ไม้เบสบอล

บทที่ 4

ธรณีวิทยาแหล่งแร่เฉพาะแหล่ง

ในอดีตการผลิตแร่หนักที่ให้ธาตุหายากนั้น มักเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก ซึ่งเมื่อมีการยุติการทำเหมืองดีบุกเนื่องจากราคาแร่ตกต่ำ การผลิตแร่หนักดังกล่าวจึงยุติไปด้วย แต่ด้วยความต้องการใช้ประโยชน์จากธาตุหายากที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและข้อจำกัดของแหล่งผลิต ส่งผลให้มีความพยายามสำรวจหาแหล่งธาตุหายากแบบใหม่ๆขึ้น สำหรับประเทศไทยการกำหนดพื้นที่ที่เป็นศักยภาพแร่หนัก-ธาตุหายาก จึงสัมพันธ์กับแหล่งแร่ดีบุกและแนวหินแกรนิต เป็นหลัก ซึ่งในบริเวณจังหวัดระนองพบพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกจำนวน 6 พื้นที่ และแหล่งแร่ดินขาว 4 พื้นที่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550; ตารางที่ 4) โดยพื้นที่แหล่งแร่ดีบุก ประกอบด้วย แหล่งปากจั่น แหล่งบ้านทรายแดง แหล่งหาดส้มแป้น แหล่งบ้านม่วงกลาง แหล่งกะเปอร์ และแหล่งสุขสำราญ มีพื้นที่แหล่งแร่รวม 439.4 ตร.กม. มีปริมาณทรัพยากรแร่ดีบุกรวม 61,940 เมตริกตัน และพื้นที่แหล่งแร่ดินขาว ประกอบด้วย แหล่งหาดส้มแป้น แหล่งบางริ้น แหล่งหงาว และแหล่งบางพระเหนือ มีพื้นที่แหล่งแร่รวม 18.04 ตร.กม. มีปริมาณทรัพยากรแร่ดินขาวรวม 172.37 ล้านเมตริกตัน ซึ่งพื้นที่แหล่งแร่ดินขาวทั้ง 3 แหล่งจะพบวางตัวซ้อนอยู่ภายในพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกหาดส้มแป้น ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุดครอบคลุมบริเวณกว่า 400 ตร.กม. โดยสถานการณ์การผลิตแร่ในจังหวัด ณ ปัจจุบัน มีเฉพาะการผลิตดินขาวในเขตตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมืองระนองเท่านั้น ส่วนแร่ดีบุกมีผลผลิตเล็กน้อยโดยได้จากการร่อนเลียงของชาวบ้านในพื้นที่

สำหรับข้อมูลแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากนั้น มีการกล่าวถึงอย่างกว้างๆ เพียงว่าสามารถพบแร่หนักหลายชนิด อาทิ ทังสเตน อิลเมไนต์ โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ โมนาไซต์ ซีโนไทม์ และการ์เนต เกิดร่วมกับแหล่งแร่ดีบุกเหล่านี้ โดยเฉพาะในแหล่งหาดส้มแป้น (พัชระ จริยาวัฒน์, 2546) โดยไม่มีการลงในรายละเอียด นอกจากนี้ Aranyaganon and colleagues (1980) ได้เอ่ยถึงแร่หนัก ชนิด อนาเทส โมนาไซต์ เซอร์คอน ซีโนไทม์ ฟลูออไรต์ และกิลเบอร์ไทต์ (gilbertite) ว่าพบได้อย่างกว้างขวางในบริเวณแหล่งแร่ดีบุกหาดส้มแป้น และเป็นหนึ่งในข้อบ่งชี้ว่าเนื้อหินแกรนิตที่ถูกแปรสภาพ (altered granite) ในบริเวณนี้เป็นผลมาจากกระบวนการไอระเหยร้อน (pnuematolytic process) ซึ่งจากฐานข้อมูลของสำนักทรัพยากรแร่พบว่ามีการกำหนดพื้นที่ศักยภาพแร่หนักในจังหวัดระนองไว้ 2 พื้นที่ ในเขตตำบลทรายแดง อำเภอเมือง มีพื้นที่ศักยภาพแร่หนักรวม 3.74 ตร.กม. แต่ไม่มีการประเมินปริมาณทรัพยากร (รูปที่ 1-3)

สถานการณ์การผลิตแร่ในจังหวัด ณ ปัจจุบัน มีเฉพาะการผลิตดินขาวในเขตตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมืองระนอง ส่วนแร่ดีบุกมีผลผลิตเล็กน้อยโดยได้จากการร่อนเลียงของชาวบ้านเท่านั้น แต่ไม่มีรายงานการผลิตแร่หนักใด ๆ

ตารางที่ 4 พื้นที่แหล่งแร่ดีบุกและดินขาวในจังหวัดระนอง (คัดลอกและดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

ชื่อแหล่ง	ที่ตั้ง	เนื้อที่ (ตร.กม.)	ปริมาณทรัพยากร (เมตริกตัน)
<u>แหล่งแร่ดีบุก</u>			
1. ปากจั่น	บริเวณคลองน้ำขาว และคลองรังแตน ตำบลจปร. อำเภอกระบุรี	3	3,100
2. บ้านทรายแดง	บริเวณคลองบ้านสีกิ้ม ตำบลทรายแดง อำเภอเมือง และบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนปากคลองละอุ่น ด้านตะวันตกของโรงเรียนบ้านทรายแดง	3.5	1,095
3. หาดส้มแป้น	บริเวณบ้านน้ำตก ตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จนถึงท้องที่บ้านห้วยน้ำใส ตำบลราชกรูด อำเภอเมือง	235 (ทิศตะวันออก) 169 (ทิศตะวันตก)	36,685 (ทิศตะวันออก) 5,679 (ทิศตะวันตก)
4. บ้านม่วงกลาง	บริเวณคลองไผ่และบ้านม่วงกลาง ตำบลราชกรูด อำเภอเมือง	10.7	2,527
5. กะเปอร์	บริเวณคลองทองหลาง ตำบลบ้านนา อำเภอกะเปอร์	16.3	7,711
6. สุขสำราญ	บริเวณเขาพระหมี อำเภอสุขสำราญ	1.9	5,143
<u>แหล่งแร่ดินขาว</u>			
1. หาดส้มแป้น	บริเวณบ้านบางสังตี บ้านหาดส้มแป้น และบ้านท่งุคา ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง	11.7	161.6 ล้าน
2. บางริ้น	บริเวณบ้านบางริ้น บ้านทุ่งยอ และบ้านพรรั้ง ตำบลบางริ้น อำเภอเมือง	1.7	7 ล้าน
3. หงาว	บริเวณบ้านทุ่งหงาว ตำบลหงาว อำเภอเมือง	0.64	2.6 ล้าน
4. บางพระเหนือ	บริเวณเทือกเขาจอมแหลมตอนใต้ ตำบลบางพระเหนือ อำเภอละอุ่น	4	1.17 ล้าน

แหล่งแร่ดีบุก

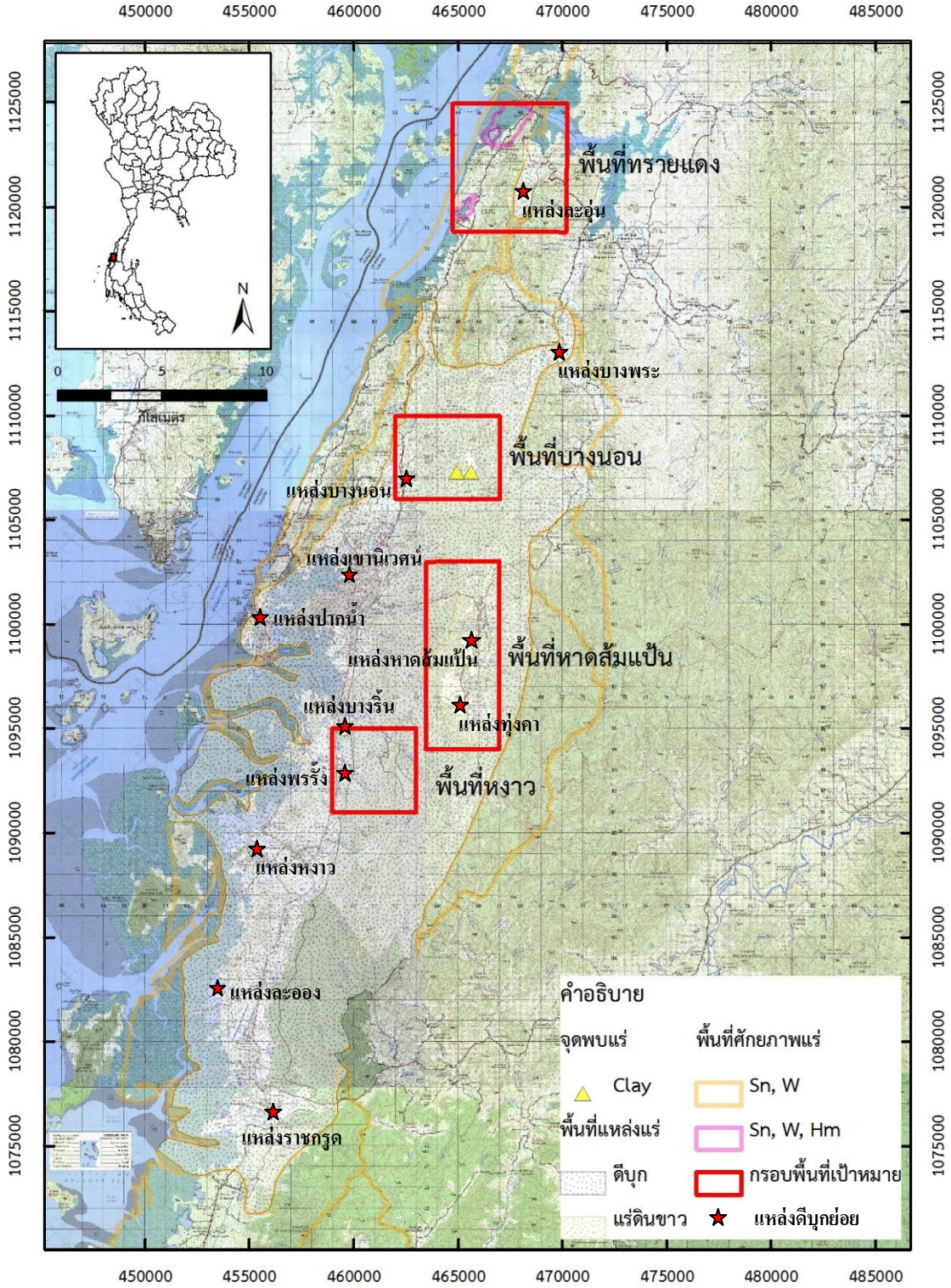
แหล่งแร่ดีบุกโดยรอบบริเวณพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นทั้งสี่พื้นที่ คือ แหล่งบ้านทรายแดง และแหล่งหาดส้มแป้น แหล่งบ้านม่วงกลาง ซึ่งพื้นที่แหล่งแร่ทั้งสองกระจายตัวอยู่ในบริเวณเทือกเขาระนองที่ทอดตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ โดยมีเทือกหินแกรนิตเป็นแกนกลางขนาบสองข้างด้วยชั้นหินของกลุ่มหินแก่งกระจานที่ประกอบด้วยหินตะกอนเนื้อละเอียดกึ่งแปรสภาพและหินแปรยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) โดยด้านตะวันออกมีแหล่งแร่ดีบุกย่อยที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งบางพระ หาดส้มแป้น และทุ่งคา และด้านตะวันตกมีแหล่งย่อยบางนอน เขานิเวศน์ บางริ้น พรรั้ง หงาว ละออง และราชกรูด (รูปที่ 9)

แหล่งแร่ดีบุกที่กระจายตัวโดยรอบพื้นที่เป้าหมาย พบได้ทั้งแบบปฐมภูมิ และแบบทุติยภูมิ ซึ่งแหล่งแร่ทั้งสองแบบส่วนใหญ่จะพบอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยแหล่งแร่แบบปฐมภูมิ เช่น แหล่งย่อยหาดส้มแป้น ทุ่งคา บางพระ และละอุ่น นั้นจะพบแร่ดีบุกเกิดในสายเพกมาไทต์ หรือสายแร่ “คลา” ตามภาษาถิ่น และเกิดฝังประในเนื้อแกรนิตที่แปรสภาพโดยกระบวนการน้ำแร่ร้อน และ/หรือไอระเหยร้อน (hydrothermal/pnuematolytic alteration) ซึ่งมักอยู่ในเขตของการเกิดแร่มัสโคไวต์ (muscovitization zone) ที่เป็นเปลือกนอกของมวลหินแกรนิตแปรสภาพและขยายลึกลงไปในเขตการเกิดแร่ทัวร์มาลีน (tourmalinization zone) โดยเฉพาะในเนื้อหินทัวร์มาลีนแกรนิตมักพบดีบุกฝังประมากเป็นพิเศษ (ไพรัช ศุทธากรณ์, 2534) ส่วนแหล่งแร่แบบทุติยภูมิ มี 2 แบบย่อย คือ แบบแร่พลัด (colluvial deposits) เช่น แหล่งย่อยหาดส้มแป้น ทุ่งคา และบางพระ จะสะสมตัวในบริเวณที่ไม่ไกลจากสายแร่ปฐมภูมิมากนัก โดยเฉพาะบริเวณร่องเขา หรือเกิดเป็นชั้นตะกอนปิดทับอยู่บนแหล่งปฐมภูมิ แหล่งแบบนี้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ชั้นกะสะให้แร่หนาไม่เกิน 2 เมตร มีความสมบูรณ์แร่สูง และ แบบลานแร่ (placer deposits) เช่น แหล่งแร่ย่อยบางนอน เขานิเวศน์ ปากน้ำ บางริ้น พรรั้ง ละออง และราชกรูด จะมีการสะสมตัวในหลายบริเวณ ทั้งในบริเวณที่ราบในหุบเขา ที่ราบลุ่มแม่น้ำและลำคลอง และปากแม่น้ำ

แหล่งแร่ดินขาว

แหล่งแร่ดินขาวบริเวณพื้นที่เป้าหมาย นับเป็นแหล่งที่ใหญ่ที่สุดแหล่งหนึ่งของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งดินขาวหาดส้มแป้น ซึ่งแหล่งนี้ได้เคยมีผู้ทำการสำรวจศึกษาหลายราย อาทิ Aranyakano (1961) Sudo (1997) Takasawa (1971) จุมพล คืนตัก (2535) อดุลย์ ใจตาบุตร (2540) Sakimoto and Yokart (2005) และบุญส่ง โยกาส (2551) โดยถือเป็นแหล่งแร่แบบปฐมภูมิที่มีการกำเนิดแบบผุพังอยู่กับที่ ในบริเวณที่หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกซึ่งเป็นหินดั้งเดิมถูกแปรสภาพด้วยกระบวนการน้ำแร่ร้อน (hydrothermal alteration) และ/หรือกระบวนการไอระเหยร้อน (pnuematolytic alteration) ในระดับที่แตกต่างกัน กลายเป็นหินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต หินมัสโคไวต์แกรนิต และหินทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิต และทำให้แร่เฟลด์สปาร์ในเนื้อหินแกรนิตเปลี่ยนเป็นแร่ดินในกลุ่มเคโอลิไนต์ ชนิดแร่ฮาลอยไซต์ (Halloysite) เป็นหลัก โดยชั้นหินแกรนิตผุจะมีความหนามากบริเวณยอดเขา และความหนาจะลดลงตามบริเวณลาดไหล่เขา (อดุลย์ ใจตาบุตร, 2535) โดยมีความหนา

เฉลี่ยประมาณ 28 เมตร มีความสมบูรณ์ของเนื้อดินขาวประมาณร้อยละ 20-35 ซึ่งดินขาวที่แต่งแล้ว (ขนาด 200 – 325 เมช) จะมีปริมาณอะลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 35 – 38 และมีปริมาณเหล็กออกไซด์เฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 1



รูปที่ 9 แสดงตำแหน่งโดยประมาณของแหล่งแร่ดีบุกย่อยที่สำคัญโดยรอบพื้นที่เป้าหมาย

ทั้งนี้กระบวนการแต่งแร่นั้นจะไม่มีการใช้สารเคมี จะใช้น้ำธรรมชาติเป็นตัวฉีดล้าง แล้วปล่อยให้น้ำดินไหลเข้าสู่ถังเก็บ จากนั้นจะใช้ระบบรางซิกแซก หรือ ระบบไฮโดรไซโคลน เพื่อคัดขนาดให้อยู่ในช่วง 200 – 300 เมช ก่อนทำการรีดน้ำออกด้วยระบบ filterpress แล้วนำไปตากผึ่งลมหรืออบแห้งให้เนื้อดินมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 15

4.1 ธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย

4.1.1 พื้นที่ “หาดส้มแป้น”

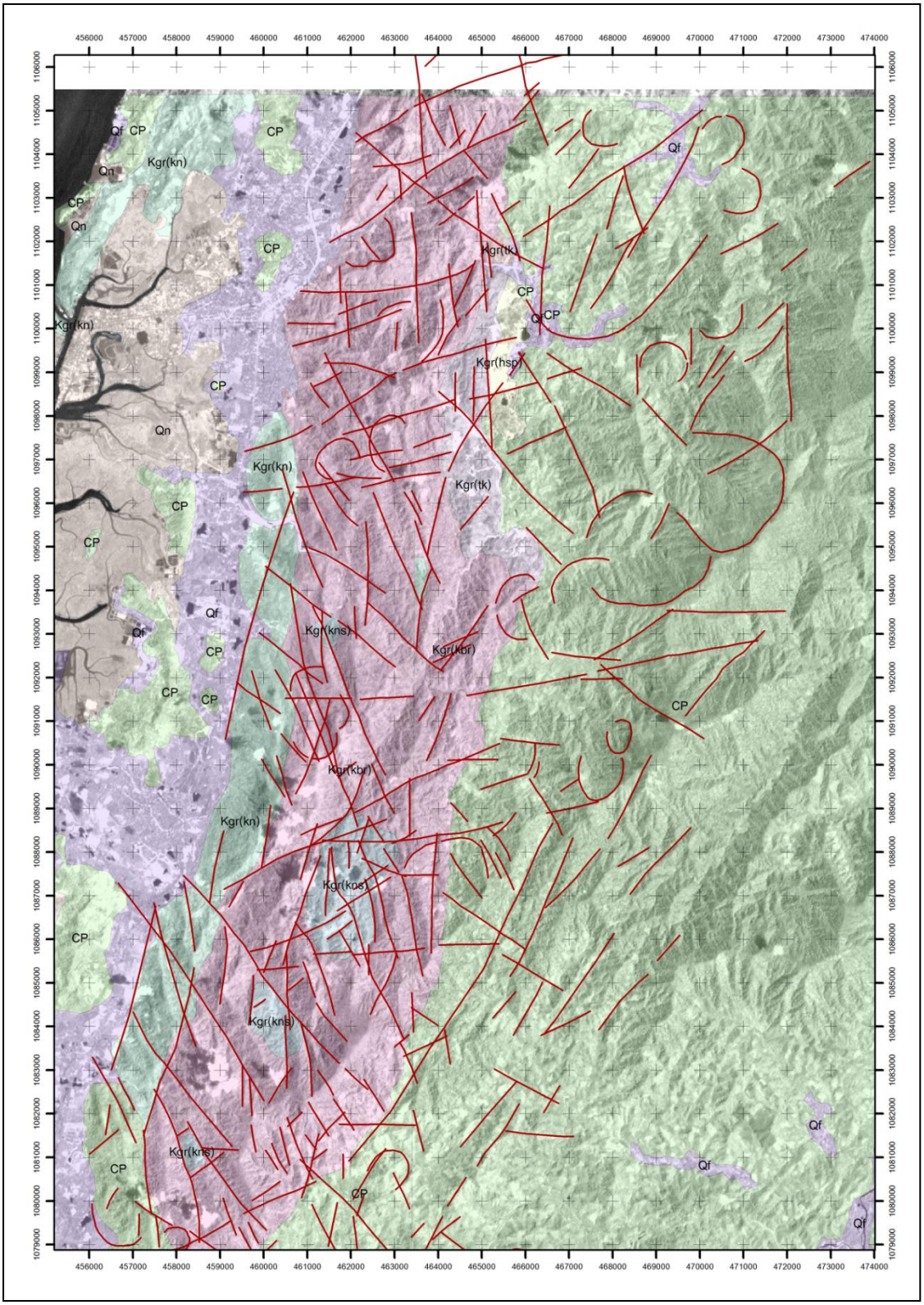
จากแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 50,000 (4728 I) ระวางกิ่งอำเภอพะโต๊ะ (สุวิทย์ โคสุวรรณ และสมชาย นาคะผดุงรัตน์, 2535; รูปที่ 10) ของสำนักธรณีวิทยา พื้นที่เป้าหมาย “หาดส้มแป้น” รองรับด้วยหินอัคนียุคครีเตเชียส ชนิดหินแกรนิต ที่แทรกดันผ่านเข้ามาในชั้นหินตะกอนของกลุ่มหินแก่งกระจานยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน โดยหินแกรนิตในพื้นที่มีอยู่ด้วยกัน 4 หน่วยย่อย คือ (1) หินลูโคเคติกแกรนิต (Kgr_l) ที่เป็นหินมัสโคไวต์แกรนิต เนื้อสม่ำเสมอสีขาว เม็ดแร่ละเอียดถึงปานกลาง (2) หินแกรนิตหาดส้มแป้น (Kgr_{hsp}) ที่เป็นหินทัวร์มาลีนแกรนิต และ หินทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิต เนื้อสม่ำเสมอ เม็ดแร่ละเอียดถึงปานกลาง (3) หินแกรนิตทุ่งคา (Kgr_{tk}) ที่เป็นหินทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิต เนื้อสม่ำเสมอ เม็ดแร่หยาบปานกลาง มีไบโอไทต์ปนเล็กน้อย และ (4) หินแกรนิตคลองบางริ้น (Kgr_{kbr}) ที่เป็นหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิต เนื้อดอก เม็ดแร่หยาบปานกลาง พบทัวร์มาลีนปนบ้างในบางบริเวณ ขณะที่ชุดหินตะกอนที่โผล่ปรากฏในบริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่เป้าหมาย ประกอบด้วยหินโคลนปนกรวด หินทรายแป้ง และหินทรายเกรย์แวก สีเทา ถึงสีเทาปนน้ำตาล

4.1.2 พื้นที่ “ทรายแดง”

จากแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 50,000 (4729 III) ระวางบ้านทรายแดง (ทรงกลด ประเสริฐทรง และภควัติ ศรีวังพล, 2548) ของสำนักธรณีวิทยา พื้นที่เป้าหมาย “ทรายแดง”รองรับพื้นที่ส่วนใหญ่ด้วยหินแกรนิตยุคครีเตเชียส ซึ่งเป็นหินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิตที่มีทั้งเนื้อสม่ำเสมอและเนื้อดอก เม็ดแร่ละเอียดถึงหยาบ โดยบริเวณที่ใกล้กับรอยเลื่อนจะพบการเรียงตัวของเม็ดแร่ และชั้นหินตะกอนหมวดหินเกาะเฮ ของกลุ่มหินแก่งกระจานยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนที่โผล่ปรากฏในบริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่เป้าหมาย ประกอบด้วย หินทรายปนกรวด หินทรายแป้งปนกรวด และหินโคลนปนกรวด สีเทาแกมเขียว ถึงสีเทาปานกลาง

4.1.3 พื้นที่ “บางนอน”

จากแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 50,000 (4729 III) ระวางบ้านทรายแดง (ทรงกลด ประเสริฐทรง และภควัติ ศรีวังพล, 2548) ของสำนักธรณีวิทยา พื้นที่เป้าหมาย “บางนอน”รองรับพื้นที่ส่วนใหญ่ด้วยหินแกรนิตยุคครีเตเชียส ซึ่งเป็นหินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิตที่มีทั้งเนื้อสม่ำเสมอและเนื้อดอก



รูปที่ 10 แผนที่ธรณีวิทยาระวางจังหวัดระนองและระวางกิ่งอำเภอพะโต๊ะ (ดัดแปลงจาก สุวิทย์ โคสุวรรณ และสมชาย นาคะผดุงรัตน์, 2535) ซ้อนทับบนภาพดาวเทียม พร้อมลายเส้นสร้างโครงทางธรณีวิทยาที่ได้จากการแปลความหมาย

เม็ดแร่ละเอียดถึงหยาบ โดยบริเวณที่ใกล้กับรอยเลื่อนจะพบการเรียงตัวของเม็ดแร่ ส่วนชั้นหินตะกอนหมวดหินเกาะเฮ ของกลุ่มหินแก่งกระจานยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนที่โผล่ปรากฏในบริเวณขอบพื้นที่ด้านตะวันออก ประกอบด้วย หินทรายปนกรวด หินทรายแป้งปนกรวด และหินโคลนปนกรวด สีเทาแกมเขียว ถึงสีเทาปานกลาง

4.1.4 พื้นที่ “หงาว”

จากแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 50,000 (4728 IV) ระวางจังหวัดระนอง (สุวิทย์ โคสุวรรณ และสมชาย นาคะผดุงรัตน์, 2535; รูปที่ 10) พื้นที่เป้าหมาย “หงาว”รองรับด้วยหินอัคนี ชนิดหินแกรนิต ยุคครีเตเชียสที่แทรกดันผ่านเข้ามาในชั้นหินตะกอนของกลุ่มหินแก่งกระจาน โดยหินแกรนิตในพื้นที่มีอยู่ 2 หน่วยย่อย คือ (1) หินแกรนิตคลองหงาว (Kgr_{kn}) ที่เป็นหินไบโอไทต์แกรนิต เนื้อดอก เม็ดแร่หยาบปานกลาง ถึง หยาบ มีการเรียงตังของเม็ดแร่ และ (2) หินแกรนิตคลองบางริ้น (Kgr_{kbr}) ที่เป็นหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์ เนื้อดอก เม็ดแร่หยาบปานกลาง พบทัวร์มาลีนปนบ้างในบางบริเวณ

4.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่โดยรอบพื้นที่เป้าหมาย

ในการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นในพื้นที่เป้าหมายเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตพื้นที่คัดสรรสำหรับการสำรวจขั้นรายละเอียด ได้ศึกษาลักษณะและขอบเขตการกระจายตัวของแร่หนักด้วยการร่อนเลียงเก็บตัวอย่างตะกอนในชั้นกะสะตามทางน้ำในพื้นที่ทั้งหมด 60 จุด (รูปที่ 11) พร้อมเก็บตัวอย่างชั้นดิน/หินผุและตะกอนในลักษณะต่างๆ เพื่อศึกษาปริมาณแร่หนักที่ยังคงหลงเหลือตกค้างในชั้นตะกอน 94 ตัวอย่าง (รูปที่ 12) รวมถึงลักษณะทางเคมีของหินและธรรมชาติการสะสมตัวของธาตุหายาก เพื่อศึกษาลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของธาตุหายากที่สะสมตัวอยู่ในชั้นดิน/หินผุในแต่ละบริเวณนั้น โดยตัวอย่างดินที่เก็บมาจะมีขั้นตอนวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างในรูปแบบเดียวกัน คือ แต่ละจุดเก็บจะทำการเซาะเก็บตัวอย่าง เป็นช่วงระยะ 50 ซม. ให้ได้ตัวอย่าง 2 ส่วน ส่วนแรก (ใช้ปริมาตรตะกอนประมาณ 10 ลิตรต่อตัวอย่าง) นำไปร่อนเลียงเพื่อดูชนิดและปริมาณแร่หนักที่ยังตกค้างในชั้นดิน/หินผุ และส่วนที่สอง (ใช้ปริมาตรตะกอนประมาณ 5 ลิตรต่อตัวอย่าง) สำหรับนำไปเตรียมส่งวิเคราะห์เคมี ซึ่งตัวอย่างส่วนที่สองที่เก็บมานี้จะนำมาผึ่งแห้งและผสมคลุกเคล้าตะกอนตัวอย่างให้เข้ากันก่อนจะทำการสุ่มชักตัวอย่างโดยใช้หลัก Quartering ให้ได้ตะกอนตัวแทน (ปริมาณเต็มถุงซิปขนาด 4”x6”) เพื่อส่งบดละเอียดทั้งหมดก่อนจะสุ่มชักผงตัวอย่างอีกครั้ง จำนวน 50 ตัวอย่าง เพื่อทำส่งวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี ICP-MS หาปริมาณธาตุหายาก และธาตุร่องรอยอื่น ๆ และวิธี XRF หาปริมาณธาตุองค์ประกอบออกไซด์หลัก

4.2.1 ลักษณะการกระจายตัวของแร่หนัก

ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนในชั้นกะสะตามทางน้ำในพื้นที่ ทั้งหมด 69 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งในและโดยรอบพื้นที่เป้าหมายทั้ง 4 พื้นที่ พบว่ามีปริมาณหัวแร่หนักรวมเฉลี่ยทั้งพื้นที่ประมาณ 5.15 กรัม/ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร มีปริมาณสูงสุด 38.6 กรัม/ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร โดยจะ

พบแร่หนักปริมาณมากเป็นบางบริเวณ โดยเฉพาะบริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่บ้านทรายแดง บริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่บางนอน และบริเวณทางตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่หาดส้มแป้น และผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนหัวแร่หนักรวมที่ตกค้างในชั้นดิน/หินผุในพื้นที่ ทั้งหมด 94 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งในและโดยรอบพื้นที่เป้าหมายทั้ง 4 พื้นที่ พบว่ามีปริมาณหัวแร่หนักรวมเฉลี่ยทั้งพื้นที่ประมาณ 1.73 กรัม/ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร มีปริมาณสูงสุด 18 กรัม/ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร (จากชั้นหินมัสโคไวต์แกรนิตผุในเหมืองชวาลา บริเวณบ้านทุ่งคา) โดยจะพบว่าบริเวณทางตะวันตกของพื้นที่บางนอนมีปริมาณแร่หนักเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าพื้นที่เป้าหมายอื่น

จากผลการแยกหัวแร่หนักออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กไฟฟ้า (Frantz) ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแร่หนักที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง(0.4A: อาทิ อิลเมไนต์ การเนต) กลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กปานกลาง (0.4 – 0.7A: อาทิ แทนทาไลต์-โคลัมไบต์ วุลแฟรม ซีโนไทม์ ทัวร์มาลีน) กลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำ (0.7-1.2A: อาทิ ทัวร์มาลีน โมนาไซต์ สตรูเวอไรต์ ลิวโคซีน ไมกา) และ กลุ่มที่ไม่มีความเป็นแม่เหล็ก (1.2A: อาทิ ดีบุก เซอร์คอน รูไทล์) จำนวน 60 ตัวอย่าง จาก 69 ตัวอย่างของตะกอนทางน้ำ และ จำนวน 56 ตัวอย่าง จาก 94 ตัวอย่างของตัวอย่างจากชั้นดิน/หินผุ พบว่า ปริมาณหัวแร่หนักเฉลี่ยจากตะกอนทางน้ำจะประกอบด้วยแร่หนักในกลุ่มที่ไม่มีความเป็นแม่เหล็ก (1.98 กรัม/10 ลิตรตะกอน) ในสัดส่วนที่สูงสุด ตามมากลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง (1.14 กรัม/10 ลิตรตะกอน) กลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กปานกลาง (1.02 กรัม/10 ลิตรตะกอน) และกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำ (0.77 กรัม/10 ลิตรตะกอน) ในขณะที่ปริมาณหัวแร่หนักเฉลี่ยจากชั้นดิน/หินผุจะประกอบด้วยแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กปานกลาง (1.1 กรัม/10 ลิตรตะกอน) ในสัดส่วนที่สูงสุด ตามมากลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำ (0.58 กรัม/10 ลิตรตะกอน) กลุ่มที่ไม่มีความเป็นแม่เหล็ก (0.4 กรัม/10 ลิตรตะกอน) และกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง (0.33 กรัม/10 ลิตรตะกอน) ดังแสดงเพิ่มเติมในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักหัวแร่ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการแยกด้วยเครื่อง Frantz

นน.หัวแร่รวม (กรัม/10 ลิตรตะกอน)		**นน.หัวแร่ของกลุ่มที่มีระดับความเป็นแม่เหล็ก**			
		สูง (0.4A)	**ปานกลาง (0.4-0.7A)**	**ต่ำ (0.7-1.2A)**	**ไม่เป็น (1.2A)**
ตะกอนทางน้ำ (69 ต.ย.)		(60 ต.ย.)			
ค่าเฉลี่ย	**5.15**	**1.14**	**1.02**	**0.77**	**1.98**
ค่าสูงสุด	**38.64**	**20.71**	**8.59**	**7.08**	**13.54**
ตะกอนดิน/หินผุ (94 ต.ย.)		(56 ต.ย.)			
ค่าเฉลี่ย	**1.73**	**0.33**	**1.10**	**0.58**	**0.40**
ค่าสูงสุด	**18.0**	**1.3**	**5.5**	**9.4**	**2.9**

จากการศึกษาชนิดแร่หนักโดยรวมในเบื้องต้นพบว่าประกอบด้วย แร่ทัวร์มาลีน ดีบุก อิลเมไนต์ และแมงกานีสไฮดรอกไซด์ เป็นหลัก โดยแร่โมนาไซต์ ซีโนไทม์ เซอร์คอน และ การ์เนต พบได้ในบางจุด โดย

ในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย ***หาดส้มแป้น*** สามารถพบแร่หนักชนิด ทัวร์มาลีน ดีบุก โมนาไซต์ ± ซีโนไทม์ ในพื้นที่เป้าหมาย ***ทรายแดง*** สามารถพบแร่หนักชนิด โมนาไซต์ เซอร์คอน ± ซีโนไทม์ ดีบุก ในพื้นที่เป้าหมาย ***บางนอน*** สามารถพบแร่หนักชนิด ดีบุก ± โมนาไซต์ และในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย ***หงาว*** สามารถพบแร่หนักชนิด ทัวร์มาลีน ดีบุก ± โมนาไซต์

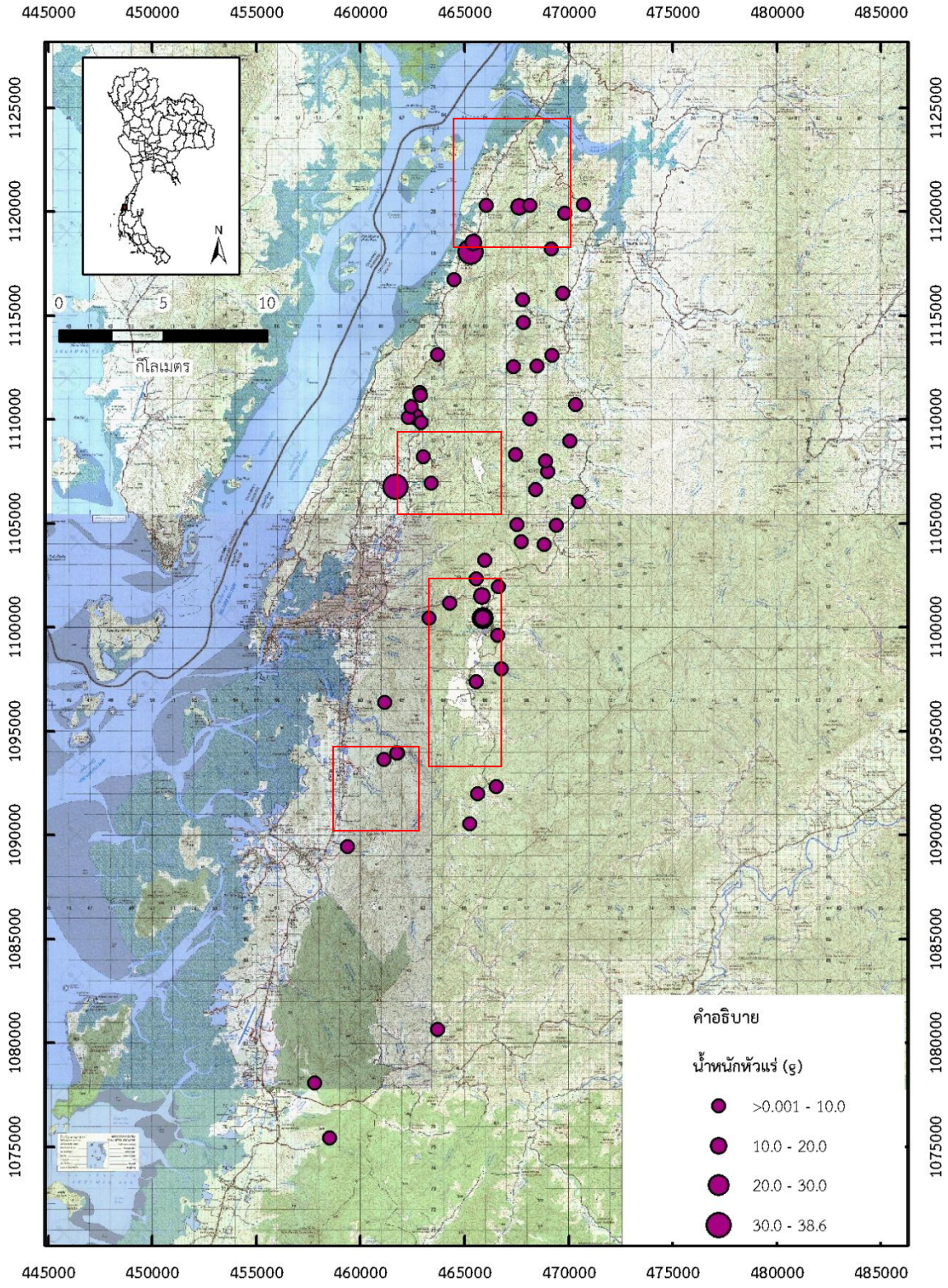
4.2.2 ลักษณะการกระจายตัวของธาตุหายาก

จากการผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างตะกอนดิน/หินผุ หินสด ตะกอนละเอียดจากคลองหาดส้มแป้น และหางแร่ รวมจำนวน 50 ตัวอย่าง พบว่า ค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) ในชั้นดิน/หินแกรนิต มีค่าเฉลี่ย (327 ส่วนในล้านส่วน) สูงกว่าของชั้นดิน/หินตะกอนเนื้อละเอียดของกลุ่มหินแก่งกระจาน (277 ส่วนในล้านส่วน) ในขณะที่ ตะกอนละเอียดจากคลองหาดส้มแป้น (2 ต.ย.) ให้ค่าเฉลี่ยที่สูงถึง 1,128 ส่วนในล้านส่วน และหางแร่ที่เหลือจากการแยกดีบุกออกไปแล้วของชาวบ้านในบริเวณหาดส้มแป้นมีค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) สูงกว่า 13,000 ส่วนในล้านส่วน โดยตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบาเทียบกับธาตุหายากหนักแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นดินผุพังอยู่กับที่และหินจะให้ค่าสัดส่วนของปริมาณธาตุหายากเบาสูงกว่าธาตุหายากหนัก ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตะกอนพัดพา โดยเฉพาะส่วนที่เป็นกองขี้แร่ของชาวบ้านที่เหลือจากการแยกแร่ดีบุกออกไปแล้ว จะให้ค่าสัดส่วนของปริมาณธาตุหายากหนักสูงกว่าธาตุหายากเบา

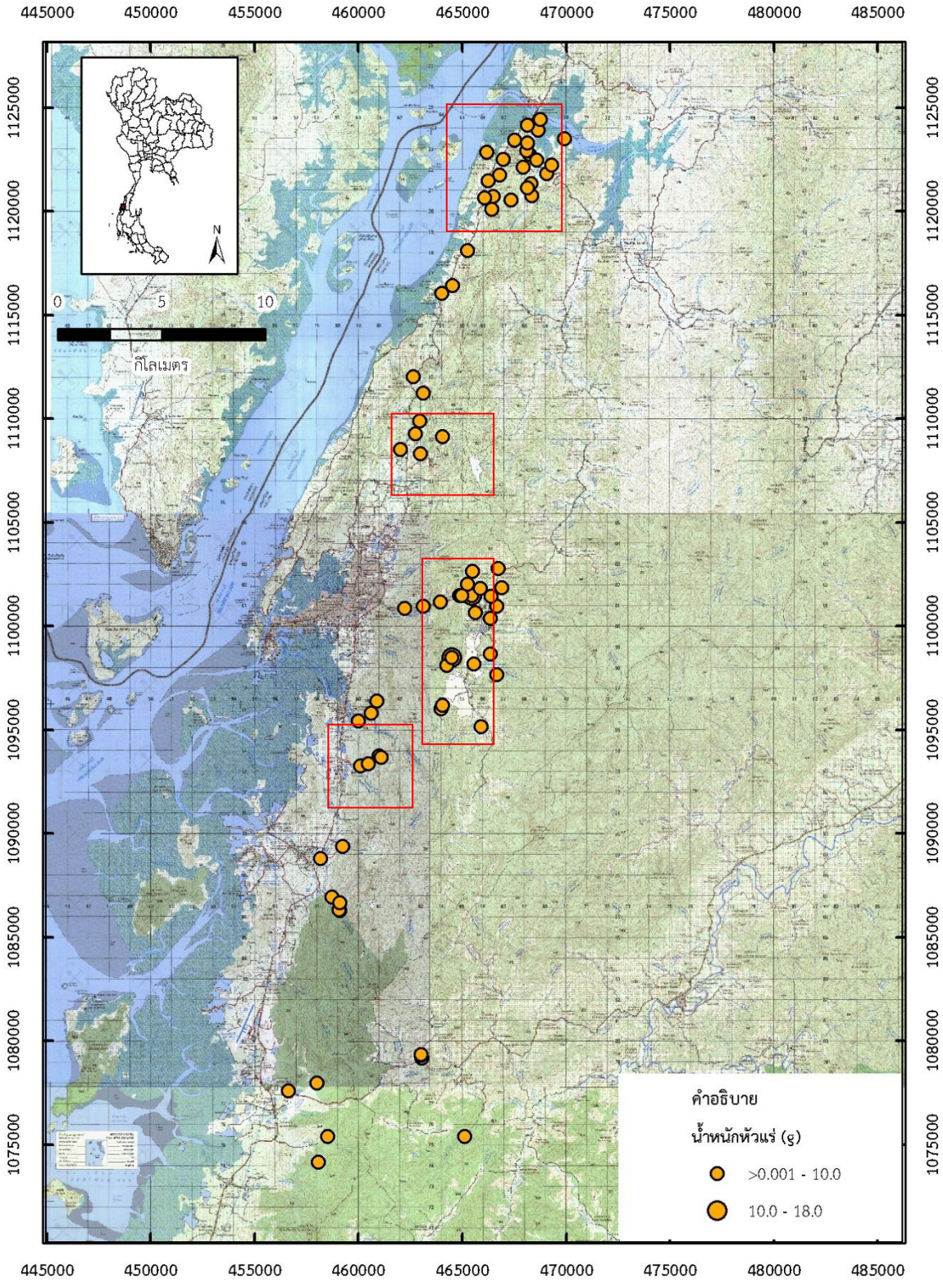
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) กับค่าออกไซด์หลัก สามารถสังเกตเห็นว่ามีความสัมพันธ์ในเบื้องต้นกับปริมาณ P_2O_5 โดยจุดที่มีค่าธาตุหายากรวมสูงจะมีค่า P_2O_5 สูงตามไปด้วย (รูปที่ 13 และ14) แต่ความสัมพันธ์แบบแปรผันตามดังกล่าวยังไม่เป็นไปในเชิงเส้นตรงที่ชัดเจนนัก

ตารางที่ 6 แสดงช่วงค่าปริมาณธาตุหายากรวมและสัดส่วนระหว่างปริมาณธาตุหาเบากับธาตุหายากหนักของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

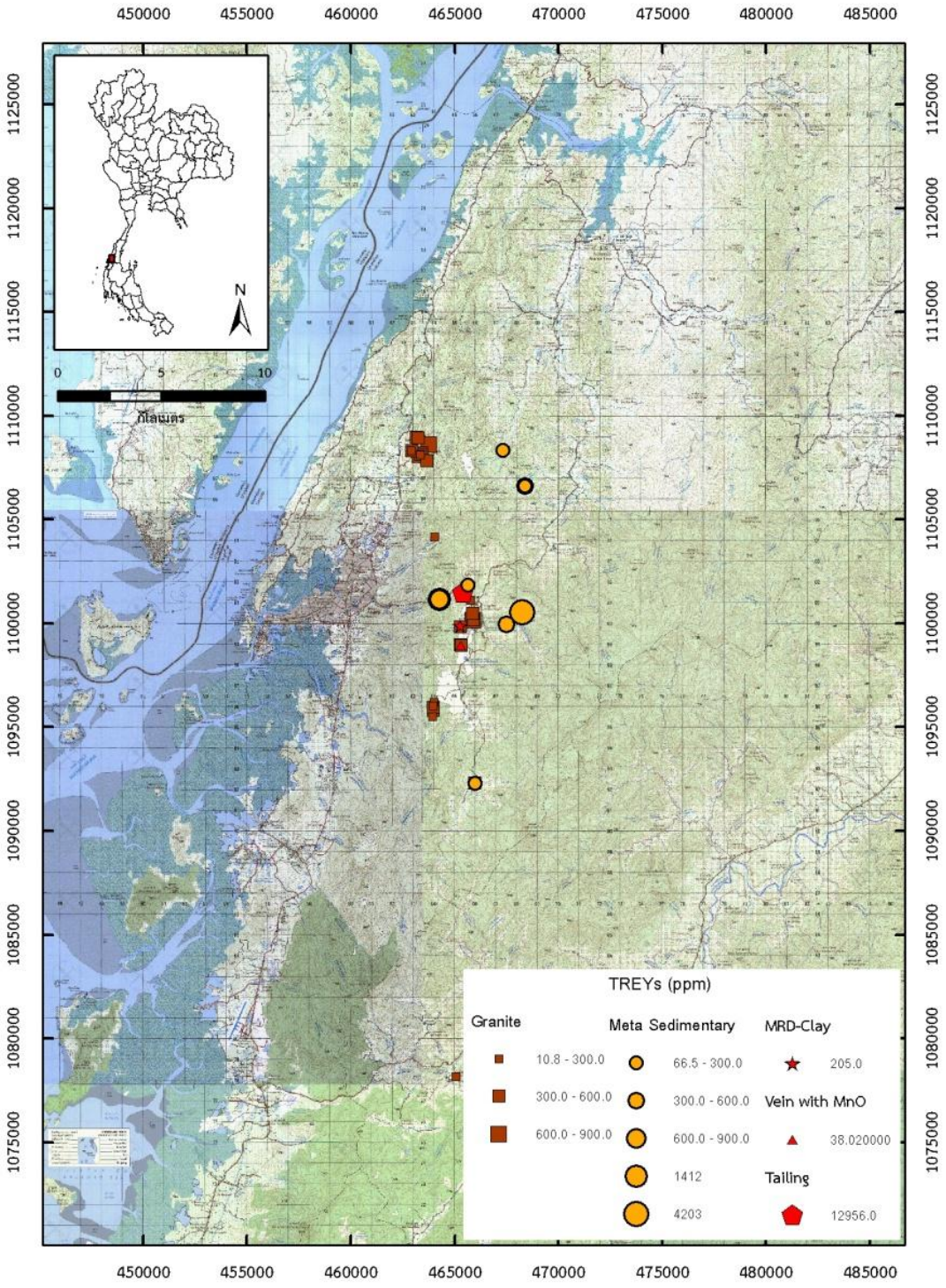
ชนิดตัวอย่าง	**ปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs: ppm)**			**LREEs:HREYs**
	ค่าเฉลี่ย	**ค่าต่ำสุด**	**ค่าสูงสุด**	
ดิน/หินแกรนิต	**327**	**11**	**879**	**63:37**
ดิน/หินตะกอน	**277**	**65**	**475**	**78:22**
ตะกอนท้องน้ำ	**1,128**	**841**	**1,416**	**44:56**
ขี้แร่	**-**	**-**	**>13,000**	**91:9**



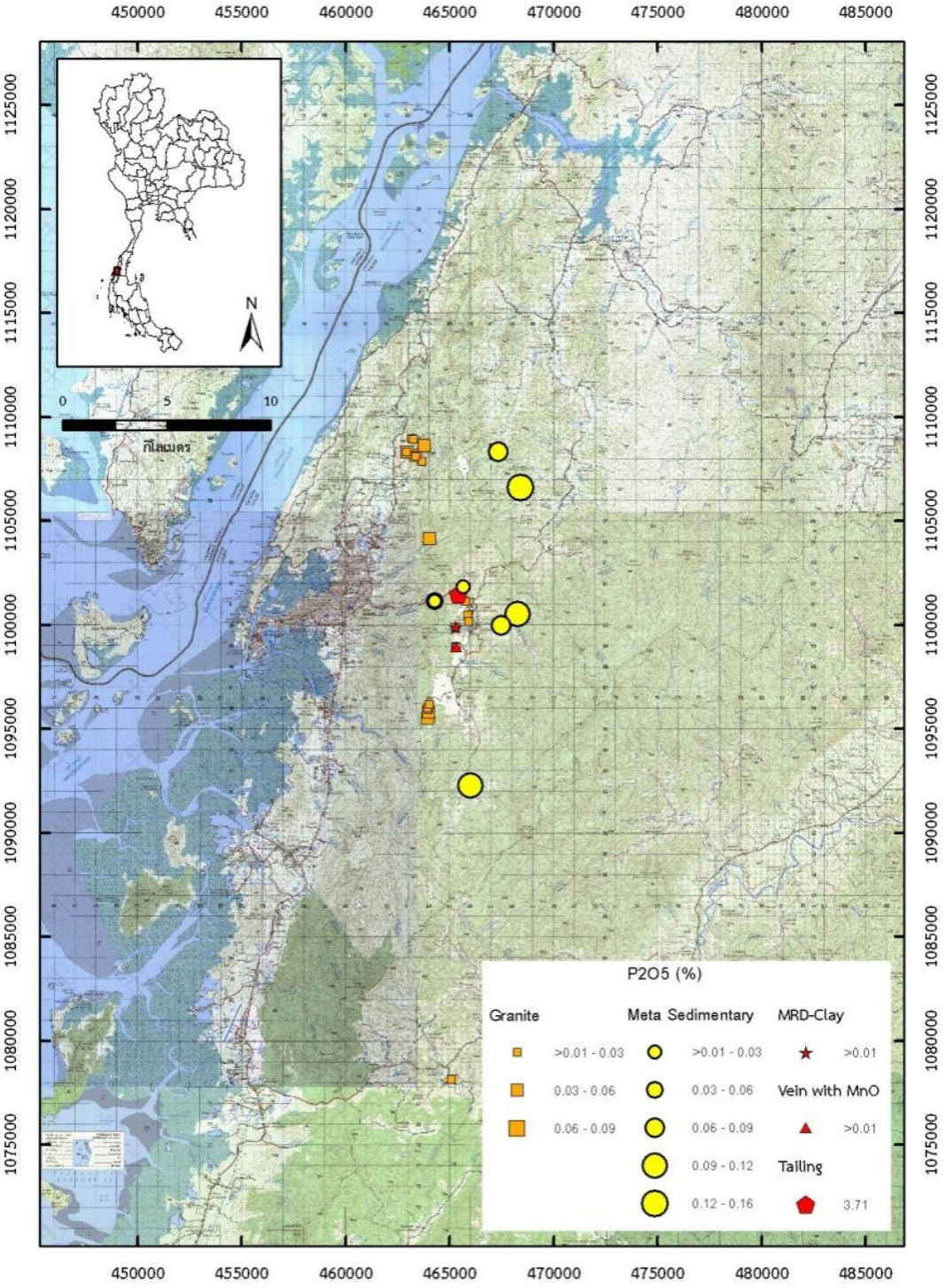
รูปที่ 11 ตำแหน่งเก็บตะกอนจากชั้นกระสะพร้อมปริมาณหัวแร่หนักรวมที่ได้จากการร่อนเลียงตัวอย่าง ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร/จุดเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 12 ตำแหน่งเก็บตะกอนจากชั้นดิน/หินผุพร้อมปริมาณหัวแร่หนักรวมที่หลงเหลือตกค้างอยู่ในเนื้อดิน/หินผุ (ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร/จุดเก็บตัวอย่าง)



รูปที่ 13 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ พร้อมผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากรวม



รูปที่ 14 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ พร้อมช่วงค่าวิเคราะห์ปริมาณ P_2O_5

จากการประมวลผลที่ได้ทั้งหมดในเบื้องต้น พบว่าพื้นที่เป้าหมาย “หาดส้มแป้น” และ “ทรายแดง” เป็นพื้นที่ที่เหมาะสำหรับดำเนินการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นรายละเอียด และธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน เพื่อประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากต่อไป โดยในชั้นต้นได้ให้ความสำคัญกับพื้นที่เป้าหมาย “ทรายแดง” เป็นลำดับแรก และ พื้นที่เป้าหมาย “หาดส้มแป้น” เป็นลำดับถัดไป

บทที่ 5
การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด

ในการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด เพื่อศึกษาการกระจายตัวของธาตุหายากในขอบเขตของพื้นที่เลือกสรร ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินตามหน้าตัดชั้นดินในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นช่วง 50 เซนติเมตรตลอดระยะความสูงของแต่ละหน้าตัดชั้นดิน เพื่อส่งวิเคราะห์เคมีหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุหายากแต่ละชนิดด้วยวิธี ICP-MS (ด้วยปริมาตรตะกอนตัวอย่าง 5 ลิตร) ควบคู่กับร่อนเลียงตะกอนชั้นดิน/หินผุ (ด้วยปริมาตรตะกอนตัวอย่าง 10 ลิตร เทียบเท่า 0.1 ลบ.ม. โดยปริมาตร) เพื่อหาปริมาณและชนิดแร่หนักที่ตกค้างในชั้นดิน/หินผุดังกล่าว ส่วนการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน ได้เลือกที่วิธีการสำรวจ 2 ลักษณะประกอบกัน คือ (1) สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยเลือกใช้ 2 วิธีการ คือ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (sounding resistivity method) และการวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน (ground radiometric method) โดยกำหนดระยะห่างระหว่างจุดวัดค่าตามแนวสำรวจแต่ละจุดประมาณ 200 เมตร และระยะห่างระหว่าแนวสำรวจแต่ละแนวประมาณ 400 เมตร และ (2) ขุดหลุมทดลอง/เซาะร่อง เลือกวางตำแหน่งขุด ณ จุดเดียวกัน (หรือใกล้เคียง) กับตำแหน่งที่ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก โดยทำการขุดเป็นหลุมสี่เหลี่ยม 1x1 เมตร ลึกไปจนกว่าจะไม่สามารถขุดต่อได้ เพื่อศึกษาลักษณะของชั้นตะกอนพร้อมกับตรวจสอบผลการแปลความหมายระดับตื้นจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ณ ตำแหน่งดังกล่าว จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างตะกอนในหลุมทุกระยะ 0.5 เมตร ด้วยวิธีเซาะร่อง 20x10 เซนติเมตร (ด้วยปริมาตรตะกอนตัวอย่าง 10 ลิตร) ไปร่อนเลียงหาแร่หนักตกค้าง และเก็บตัวอย่างอีกประมาณ 5 ลิตร ทุกช่วงระยะ 50 เซนติเมตร เพื่อคัดเลือกส่งวิเคราะห์เคมีพื่อหาปริมาณธาตุหายากเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ย่อยสำหรับดำเนินการสำรวจธรณีฟิกส์ เพื่อศึกษาธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน โดยให้ชื่อว่า พื้นที่เลือกสรรที่ 1 “เขาทรายแดง” และ พื้นที่เลือกสรรที่ 2 “บางสังตี” โดยแต่ละพื้นที่ย่อยจะมีเนื้อที่ดำเนินการที่อยู่นอกเขตหวงห้ามทางกฎหมาย พื้นที่ละประมาณ 9 และ 10 ตร.กม. ตามลำดับ

5.1 พื้นที่เลือกสรรที่ 1 “เขาทรายแดง”

5.1.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิว

ในการสำรวจธรณีวิทยาขั้นรายละเอียดบริเวณพื้นที่เลือกสรรที่ 1 “เขาทรายแดง” ครอบคลุมเนื้อที่สำรวจรวมประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร พบหินฐานที่รองรับพื้นที่ทางซีกตะวันตกของพื้นที่สำรวจ (เนื้อที่ประมาณ 6 ตารางกิโลเมตร) ส่วนใหญ่ เป็นหินแกรนิต อายุครีเทเชียส เนื้อมัสโคไวต์-ไบโอไทต์ และ ไบโอไทต์ (±มัสโคไวต์) มีขนาดเม็ดแร่หยาบปานกลาง ที่ส่วนใหญ่แสดงให้เห็นลักษณะการเรียงตัวของเม็ดแร่อย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากแรงเฉือนในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ที่เกิดภายหลังจากการเย็นตัวเป็นหินของมวลหินหนืดแกรนิตที่แทรกดันขึ้นมาและก่อตัวเป็นแนวเขาทรายแดง

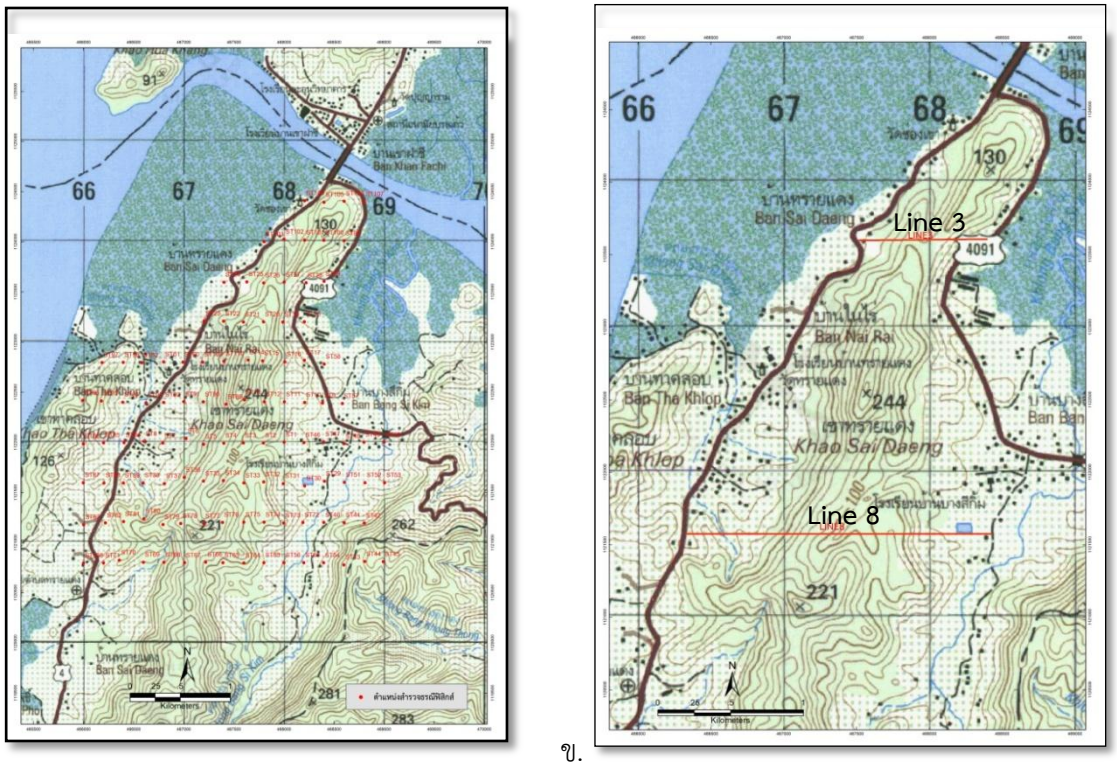
ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่สำรวจแล้ว และจากการสำรวจชั้นหน้าตัดดิน (quarry) พบว่าบริเวณลาดไหล่เขาฝั่งตะวันตกของแนวเขาทรายแดงจะมีชั้นดินค่อนข้างหนากว่าลาดไหล่เขาฝั่งตะวันออก รวมถึงเนื้อหินแกรนิตที่ปรากฏแสดงระดับการผุพังทางเคมีทางลึกที่มากกว่า โดยจะสังเกตพบการตัดแทรกของมวลหินแกรนิตและสายเพกมาไทต์เข้ามาในชั้นหินตะกอนเนื้อละเอียดของกลุ่มหินแก่งกระจาน ยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน และในบางจุดจะพบชั้นดิน/หินผุของหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อริ้ววางตัวปิดทับแบบไม่ต่อเนื่องเหนือชั้นหินผุของหินตะกอนเนื้อละเอียดดังกล่าว ทั้งนี้ ชั้นหินตะกอนของกลุ่มหินแก่งกระจานจะโผล่ปรากฏกว้างขวางเป็นหินฐานหลักในบริเวณซีกตะวันออกของพื้นที่สำรวจ

จากการสำรวจในพื้นที่พบว่าในหลายจุด โดยเฉพาะจุดที่มีการปาดตัดชั้นดินใหม่ๆ จะสามารถสังเกตเห็นสายควอตซ์ และ/หรือสายหรือกะเปาะเพกมาไทต์รูปเลนส์ที่เกิดจากแรงเฉือน และ/หรือแนวรอยเลื่อนทั้งแบบรอยเลื่อนปกติและแบบย้อนมุมที่ตัดผ่านเข้ามาในชั้นหินผุได้ชัดเจน ซึ่งบ่งชี้ชัดว่าบริเวณพื้นที่ย่อยเขาทรายแดงนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของเทคโทนิคที่ค่อนข้างรุนแรงกว่าพื้นที่ย่อยบางสังตีอาทิ ที่จุดหน้าตัดชั้นดิน PSx01 (รูปที่ 15) ซึ่งสูงประมาณ 6.5 เมตร นั้น พบว่ามีชั้นเปลือกดินหนาประมาณ 1.6 เมตร ปิดทับมวลหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตที่ผุยุ่ย โดยมีสายแร่ควอตซ์หนาประมาณ 0.5 เมตร ตัดแทรกเข้ามาในทิศทาง 40/45° และมีรอยเลื่อนแบบปกติ (normal fault) ตัดขวางในทิศทางประมาณ 330/40° โดยมีระยะเลื่อนตัวประมาณ 2.5 เมตร

รูปที่ 15 แสดงลักษณะหน้าตัดดิน PSx01 ที่มาสายควอตซ์ผุ (เส้นไข่ปลาสีขาว) และรอยเลื่อนตัดผ่าน (เส้นประสีดำ) เข้ามาในเนื้อหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์ผุยุ่ย

5.1.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน

ในพื้นที่ย่อยเขาทรายแดงนี้ ได้กำหนดจุดสำรวจธรณีฟิสิกส์ตามแนวสำรวจ 10 แนว เพื่อแยกแยะและศึกษาระดับความหนาของชั้นดิน ชั้นหินผุ และชั้นหินสด ด้วยวิธีการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก จำนวน 110 จุดสำรวจ (รูปที่ 16ก) และด้วยวิธีการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวาง 2 แนว (รูปที่ 16ข) พร้อมกับศึกษาระดับความเข้มและลักษณะการแผ่กระจายของธาตุกัมมันตรังสี 3 ธาตุ คือ U Th และ K ในชั้นตะกอนระดับตื้น ด้วย วิธีการสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสีระดับพื้นผิว ตามจุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

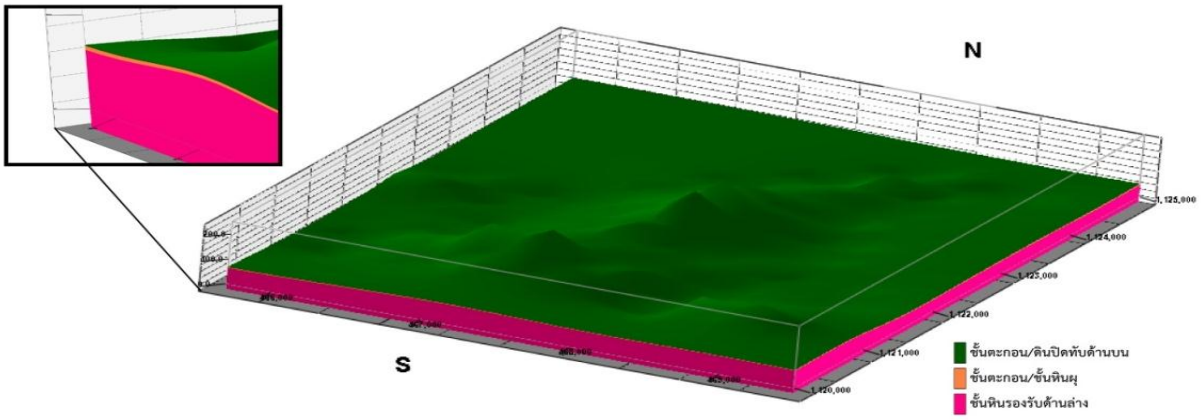


ก. ข.

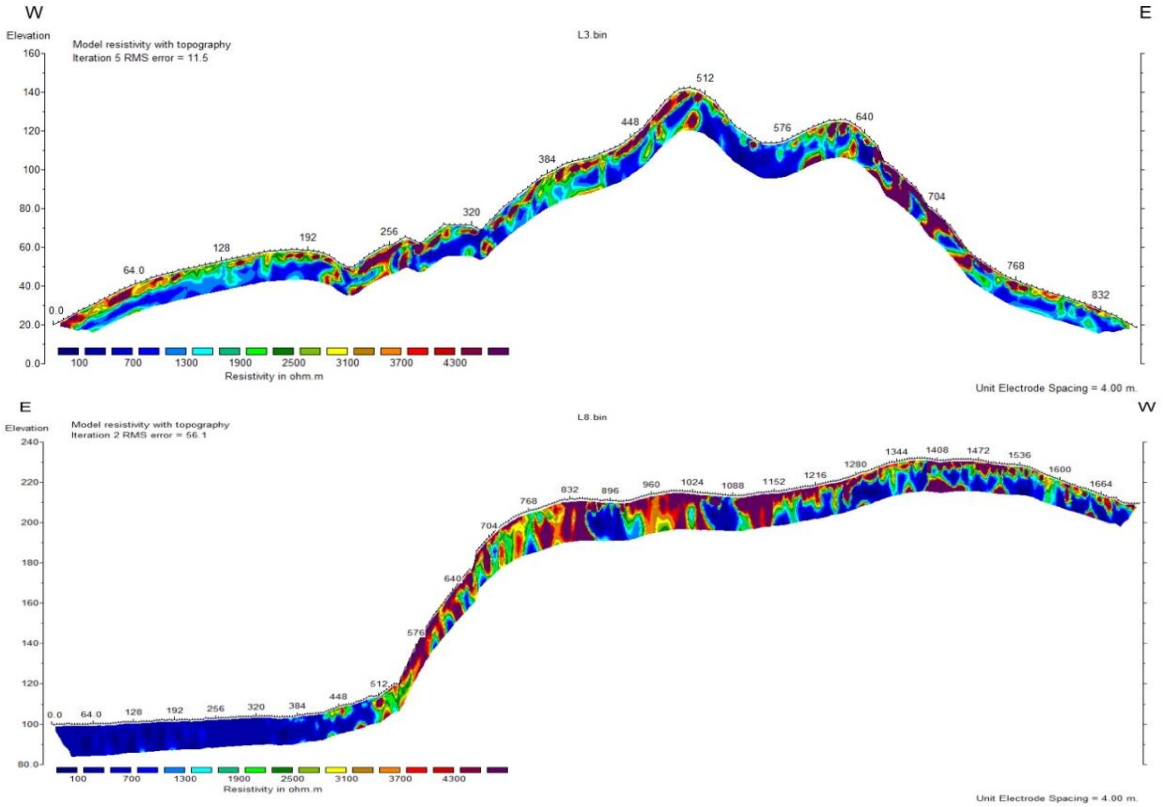
รูปที่ 16 (ก) ตำแหน่งสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก และ (ข) แนวสำรวจวัดค่าแบบภาพตัดขวางไฟฟ้าในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง”

ผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าทั้งแบบหยั่งลึก (รูปที่ 17) ***และแบบภาพตัดขวาง*** (รูปที่ 18) พบว่าโดยส่วนใหญ่ลักษณะชั้นดิน/หิน ประกอบด้วย 3 ชั้นส่วนหลัก ชั้นส่วนบนที่มีลักษณะเป็นชั้นตะกอนปิดทับมีเศษวัชพืชปะปนมาก มีค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าแปรเปลี่ยนจากค่าต่ำสุดและสูงสุดค่อนข้างมาก ซึ่งขึ้นอยู่การสมตัวของน้ำในชั้นส่วนนี้และลักษณะธรณีวิทยา ณ บริเวณตำแหน่งจุดสำรวจ ถ้าเป็นบริเวณที่เป็นดินตะกอนทรายร่วนมีน้ำสะสมน้อยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าสูงมาก แต่ถ้าเป็นบริเวณที่เป็นตะกอนดินเหนียวมีน้ำสะสมตัวมากจะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ชั้นส่วนที่สองโดยส่วนใหญ่มีลักษณะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าค่อนข้างต่ำกว่าชั้นส่วนแรกแปลความหมายว่าเป็นชั้นหินผุหรือชั้นตะกอนดินที่มีความชื้นสูง ทำให้ชั้นส่วนที่สามเป็นชั้นที่รองรับอยู่ด้านล่าง โดยส่วนใหญ่มีค่าสภาพต้านทาน

ไฟฟ้าสูงซึ่งแปลความหมายว่าเป็นชั้นหินแข็ง ได้แปลความหมายในเบื้องต้นว่า ชั้นที่คาดว่าเป็นเปลือกดิน มีช่วงความหนา 0.25 – 2.75 เมตร เฉลี่ย 0.96 เมตร ชั้นที่คาดว่าเป็นหินผุ มีช่วงความหนา 0.32 – 21.19 เมตร เฉลี่ย 3.99 เมตร และชั้นที่คาดว่าเป็นหินแข็งมีระดับความลึกจากผิวดิน 0.7 – 23.2 เมตร เฉลี่ย 4.95 เมตร จากผิวดิน



รูปที่ 17 **ภาพจำลองสามมิติที่ได้จากการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก**



รูปที่ 18 ผลการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวางสองมิติ LINE 3 (รูปบน) และ LINE 8 (รูปล่าง)

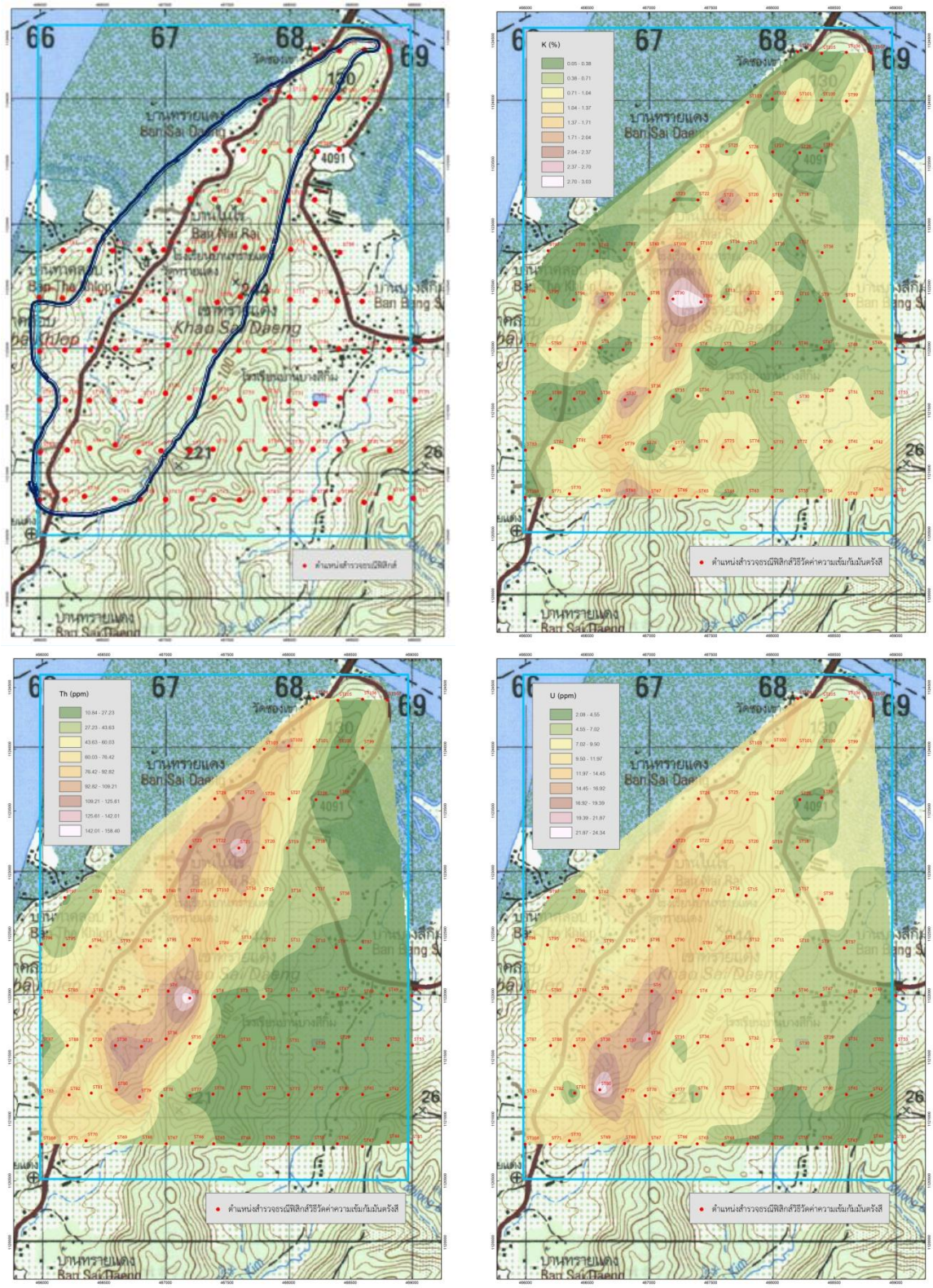
ผลการวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน (รูปที่ 19) ในภาพรวมพบว่ามีค่ากัมมันตรังสีธาตุโปแตสเซียม (K) อยู่ในช่วงร้อยละเทียบเท่า (%equivalent) 0 – 4.15 เฉลี่ยเทียบเท่าร้อยละ 1.03 ค่ากัมมันตรังสีธาตุทอเรียม (Th) อยู่ในช่วง 8.47 – 159.99 เฉลี่ยเทียบเท่า 46.56 ส่วนในล้านส่วน (ppm equivalent) และค่ากัมมันตรังสีธาตุยูเรเนียม (U) อยู่ในช่วง 1.3 – 30.35 เฉลี่ยเทียบเท่า 9.95 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งในบริเวณที่มีหินฐานหลักรองรับด้วยหินแกรนิตจะให้ค่ากัมมันตรังสีเฉลี่ยของทั้ง 3 ธาตุ (โดยเฉพาะ Th) สูงกว่าในบริเวณรองรับด้วยหินตะกอน (ตารางที่ 7) โดยจะเห็นขอบเขตการกระจายตัวของค่าความเข้มข้นสูงซึ่งเป็นบริเวณที่แสดงค่าผิดปกติของค่ากัมมันตรังสีของแต่ละธาตุแยกกันเป็นหย่อม ๆ ในบริเวณซีกตะวันตกของพื้นที่ที่รองรองรับด้วยหินไบโอไทต์ (±มัสโคไวต์) แกรนิตเนื้อปานกลางที่เม็ดแร่แสดงแนวการเรียงตัว เป็นหลัก โดยหย่อมค่าผิดปกติของทั้ง 3 ธาตุ จะกระจายตัวเป็นแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เกาะเลาะตามลาดไหล่เขาฝั่งตะวันตกของแนวเขาทรายแดง

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและช่วงค่ากัมมันตรังสีที่ได้จากการวัดค่ากัมมันตรังสีระดับผิวดินในแต่ละพื้นที่ย่อย

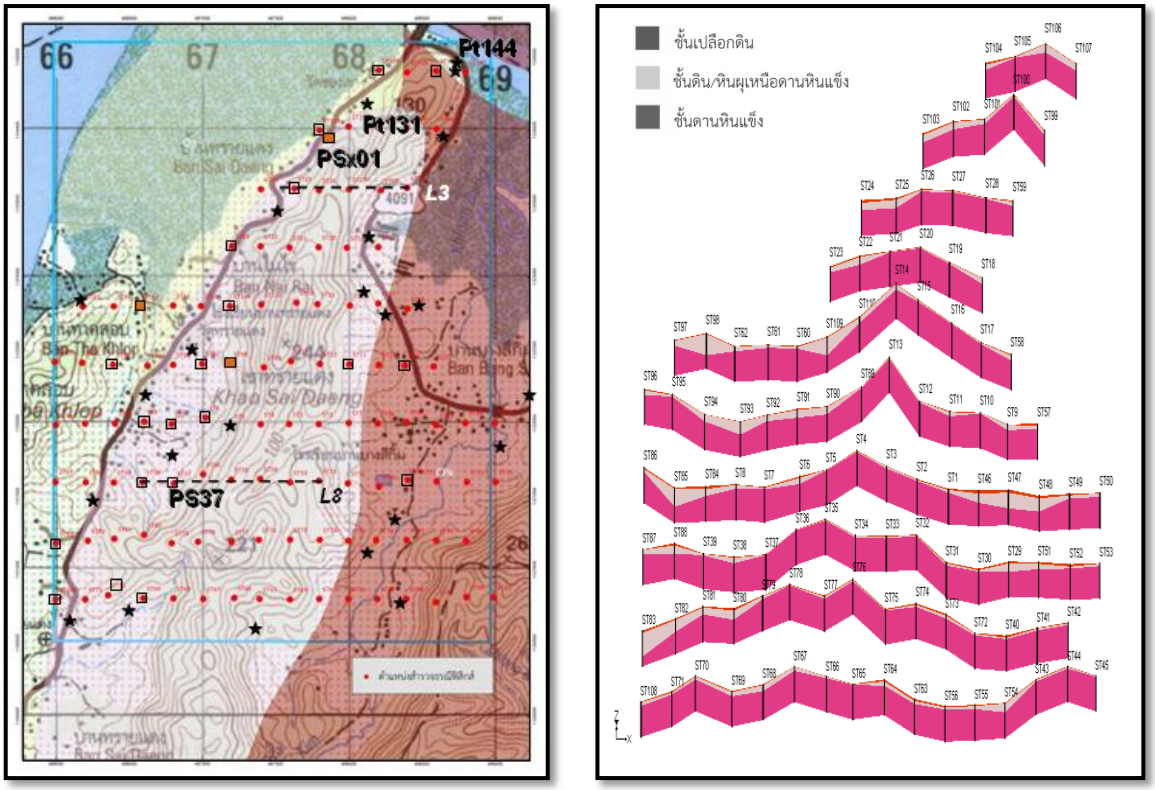
ชนิดหินฐาน	K (equiv. %)		Th (equiv. ppm)		U (equiv. ppm)	
	ช่วงค่า	เฉลี่ย	ช่วงค่า	เฉลี่ย	ช่วงค่า	เฉลี่ย
<u>เขาทรายแดง</u>						
หินแกรนิต (75 จุด)	0.0-4.15	1.14	13.64-159.99	59.73	1.51-30.35	12.03
หินตะกอน (35 จุด)	0.12-2.46	0.81	8.47-32.88	18.33	1.3-12.41	5.49
<u>บางสังตี</u>						
หินแกรนิต (19 จุด)	0.14- 2.72	1.15	20.72-76.49	37.43	2.89-21.85	9.64
หินตะกอน (63 จุด)	0.0-1.81	0.69	7.02-22.49	15.24	0.0-10.00	3.39

ผลการขุดหลุมทดลอง ได้ดำเนินการขุดหลุมทดลองและเซาะร่องเก็บตัวอย่างจากหน้าตัดชั้นดิน รวมทั้งสิ้นจำนวน 24 ตำแหน่ง (รูปที่ 20) โดยพบว่าระยะที่มีการเปลี่ยนชั้นของลักษณะตะกอนส่วนใหญ่สอดคล้องใกล้เคียงกับผลการแปลความหมายที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และส่วนใหญ่สามารถระบุชนิดหินฐานได้ ยกเว้น 4 หลุมทดลอง (PS09, 29, 83 และ 108) ที่ไม่สามารถระบุชนิดหินฐานได้อย่างมั่นใจ เนื่องจากเป็นชั้นดินกึ่งลูกรังซึ่งไม่พบเศษหินลอยใด ๆ โดยรอบตำแหน่งขุดที่จะช่วยบ่งชี้ถึงชนิดหินฐานได้ชัดเจน แต่จากข้อมูลผลวิเคราะห์เคมีสามารถใช้บ่งชี้ชนิดหินฐานที่ควรจะเป็นได้ คือ PS09 และ 29 น่าจะเป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพ และ PS83 และ 108 น่าจะเป็นหินแกรนิต ตามลำดับ

จากการประมวลผลการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิวร่วมกับการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดินที่กล่าวมาข้างต้นสามารถกำหนดขอบเขตแหล่งแร่ของธาตุหายากในพื้นที่คัดสรรเขาทรายแดงได้พื้นที่แหล่งแร่เบื้องต้นรวมประมาณ 4 ตร.กม. (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 แสดงจุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่ย่อยเขาทรายแดง (รูปบนซ้าย) และรูปแบบการแผ่กระจายของค่ากัมมันตรังสีที่วัดได้ของธาตุ K (รูปบนขวา) ธาตุ Th (รูปล่างซ้าย) และธาตุ U (รูปล่างขวา)



รูปที่ 20 **(ซ้าย) ตำแหน่งสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าและตำแหน่งขุดหลุมทดลอง/เซาะร่องเก็บตัวอย่างในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” โดยจุด Pt131, PS37, Pt144 และ PSx01 เป็นจุดที่ให้ค่า TREYs สูงที่สุดในพื้นที่ (1,222, 934, 856 และ 802 ppm ตามลำดับ) (ขวา) ภาพตัดขวางสองมิติจากการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกทั้ง 10 แนว**

5.2 พื้นที่เลือกสรรที่ 2 “บางสังตี”

5.2.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิว

ในการสำรวจธรณีวิทยาขั้นรายละเอียดบริเวณพื้นที่เลือกสรรที่ 2 “บางสังตี” ครอบคลุมเนื้อที่สำรวจรวมประมาณ 10 ตารางกิโลเมตร พบว่าหินฐานที่รองรับพื้นที่ซีกตะวันตก (≈5 ตารางกิโลเมตร) เป็นหินแกรนิตอายุครีเทเชียส ที่มีเนื้อหินแตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ มัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิต เนื้อดอก ทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์ แกรนิต เนื้อปานยาบปานกลางสม่ำเสมอปนแร่ไบโอไทต์เล็กน้อยและทัวร์มาลีน (±มัสโคไวต์) แกรนิต เนื้อละเอียดถึงปานกลาง ซึ่งเนื้อหินทั้ง 3 ลักษณะ มักไม่แสดงการเรียงตัวของเม็ดแร่ที่ชัดเจน ส่วนหินฐานที่รองรับพื้นที่ซีกตะวันออก (≈5 ตารางกิโลเมตร) จะเป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพของกลุ่มหินแก่งกระจาน ที่ส่วนใหญ่เป็นหินโคลนปนกรวด และบางบริเวณเป็นหินทรายกึ่งแปรสภาพ จากการสำรวจในพื้นที่พบว่าในหลายจุด (อาทิ Pt115 Pt53 และ Pt116) จะพบสายแร่เฟลด์สปาร์ (ปัจจุบันเปลี่ยนสภาพไปเป็นสายแร่ดินขาวเรียบร้อยแล้ว) ตั้งแต่ขนาดไม่กี่มิลลิเมตรไปจนถึงหนากว่าหนึ่งเมตรตัดแทรกเข้ามาในเนื้อหินแกรนิตชนิดต่าง ๆ ควบคู่กับสายแร่ควอตซ์ ซึ่งในบางจุดจะพบเห็นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อหินเดิมในบริเวณข้าง ๆ สายแร่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเนื้อหินเดิม

เป็นไบโอไทต์แกรนิตหรือไบโอไทต์มัสโคไวต์แกรนิต อาทิ ที่ในบริเวณเหมืองดินขาวของคุณชวาลา ปริยานนท์ (Pt116; รูปที่ 21) ที่พบสายเฟลด์สปาร์กว้างกว่า 1 เมตร (ซึ่งได้เปลี่ยนสภาพไปเป็นโซนดินขาวแล้ว) ตัดแทรกอยู่ระหว่างแนวสัมผัสของมวลหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกกับมวลหินทัวร์มาลีนแกรนิตเนื้อละเอียด จะพบว่าเนื้อหินในส่วนของหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนคือปริมาณของแร่มัสโคไวต์จะเพิ่มมากเมื่อยิ่งเข้าใกล้บริเวณสัมผัสกับสายเฟลด์สปาร์ และปริมาณของแร่ไบโอไทต์ในเนื้อหินจะยิ่งลดลงจนแทบจะสังเกตไม่เห็นเมื่อเข้าใกล้แนวสัมผัส ในขณะที่ยังคงสภาพของความเป็นเนื้อดอกอยู่อย่างชัดเจน บ่งชี้ว่าการตัดแทรกเข้ามาของสายแร่เฟลด์สปาร์นี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางแร่ขึ้นในเนื้อหินด้วยกระบวนการน้ำร้อน (hydrothermal alteration)

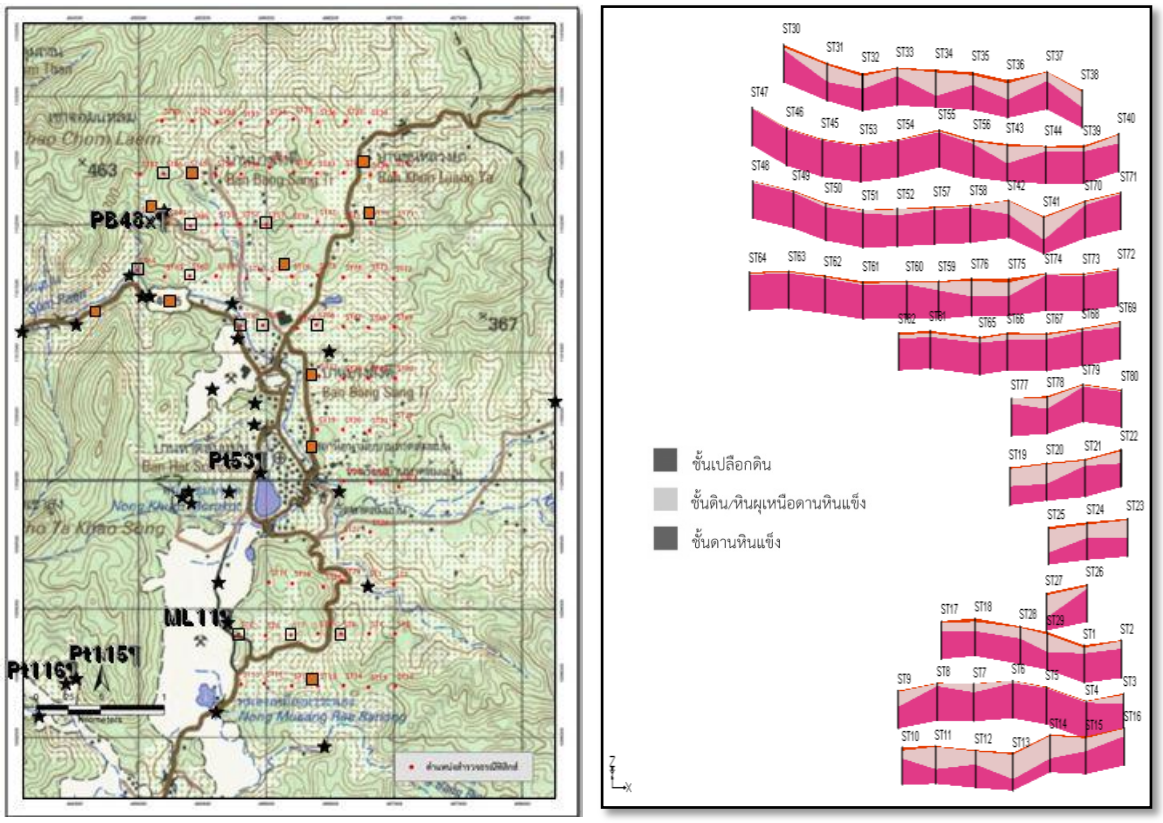
รูปที่ 21 แสดงลักษณะหน้าตัดชั้นหินผุบริเวณเหมืองชวาลา (Pt116) ที่มีสายเฟลด์สปาร์ซึ่งเปลี่ยนสภาพไปเป็นโซนดินขาวแล้ว (ระหว่างแนวเส้นประไข่ปลา) ตัดแทรกเข้ามาบริเวณแนวสัมผัสของมวลหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก (ใต้แนวประเส้นล่าง) กับมวลหินทัวร์มาลีนแกรนิตเนื้อละเอียด (เหนือแนวประเส้นบน)

5.2.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน

ในพื้นที่ย่อยบางสังตี นี้ ได้วางแผนดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ไว้ 2 วิธี คือ วิธีการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกเพื่อแยกแยะและศึกษาระดับความหนาของชั้นดิน ชั้นหินผุ และชั้นหินสด จำนวน 82 จุดสำรวจ และวิธีการสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสีระดับพื้นผิวเพื่อศึกษาระดับความ

เข้มและลักษณะการแผ่กระจายของธาตุกัมมันตรังสี 3 ธาตุ คือ U Th และ K ในชั้นตะกอนระดับตื้นตามจุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าดังกล่าว

ผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (รูปที่ 22) พบว่ามีลักษณะการเปลี่ยนชั้นค่าความต้านทานไฟฟ้าในลักษณะเดียวกันกับที่สังเกตเห็นในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ชั้นส่วนบนที่มีลักษณะเป็นชั้นตะกอนปิดทับมีเศษวัชพืชปะปนมาก มีค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าแปรเปลี่ยนจากค่าต่ำสุดและสูงสุดค่อนข้างมาก ซึ่งขึ้นอยู่การสมตัวของน้ำในชั้นส่วนนี้และลักษณะธรณีวิทยา ณ บริเวณตำแหน่งจุดสำรวจ ถ้าเป็นบริเวณที่เป็นดินตะกอนทรายร่วนมีน้ำสะสมน้อยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าสูงมาก แต่ถ้าเป็นบริเวณที่เป็นตะกอนดินเหนียวมีน้ำสะสมตัวมากจะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ชั้นส่วนที่สองโดยส่วนใหญ่มีลักษณะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าค่อนข้างต่ำกว่าชั้นส่วนแรกแปลความหมายว่าเป็นชั้นหินผุหรือชั้นตะกอนดินที่มีความชื้นสูง ทำให้ชั้นส่วนที่สามเป็นชั้นที่รองรับอยู่ด้านล่าง โดยส่วนใหญ่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงซึ่งแปลความหมายว่าเป็นชั้นหินแข็ง ได้แปลความหมายในเบื้องต้นว่า ชั้นที่คาดว่าเป็นเปลือกดิน มีช่วงความหนา 0.25 – 3.52 เมตร เฉลี่ย 1.26 เมตร



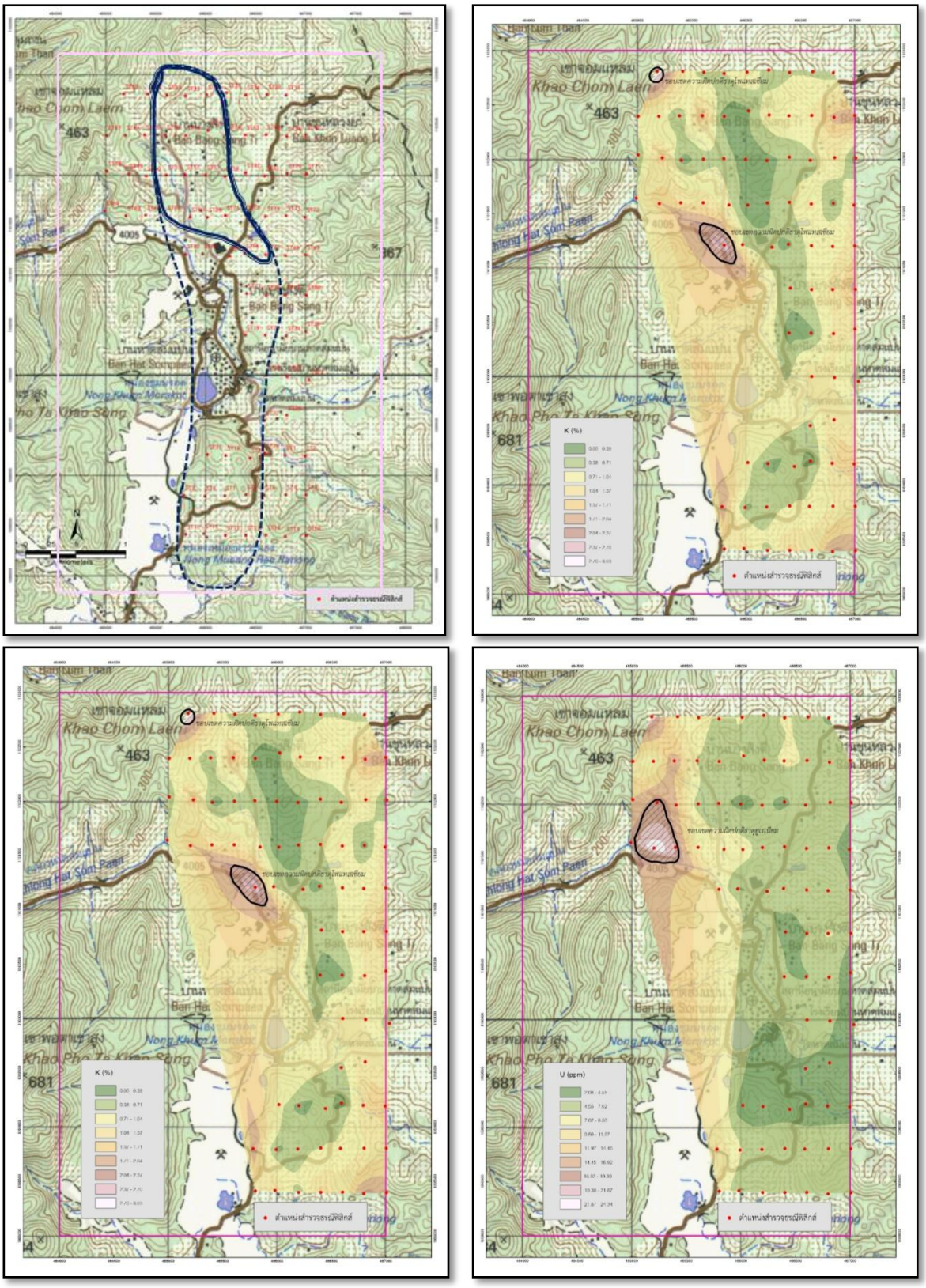
รูปที่ 22 (ซ้าย) ตำแหน่งสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกและค่ากัมมันตรังสี และตำแหน่งหลุมทดลอง/เซาะร่องหน้าตัดชั้นดิน พร้อมจุดเก็บตัวอย่างจากชั้นดิน/หินผุ ในพื้นที่เลือกสรร “บางสังตี” โดยจุด ML11, Pt115, Pt53 และ Pt116 เป็นจุดที่ให้ค่า TREYs สูงที่สุดในพื้นที่ (903, 882, 754 และ 566 ppm ตามลำดับ) (ขวา) ภาพตัดขวางสองมิติจากการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกทั้ง 10 แนว

ชั้นที่คาดว่าเป็นหินผุ มีช่วงความหนา 0.44 – 21.12 เมตร เฉลี่ย 6.78 เมตร และชั้นที่คาดว่าเป็นหินแข็งมีระดับความลึกจากผิวดิน 0.76 – 22.5 เมตร เฉลี่ย 8.04 เมตรจากผิวดิน

ผลการวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน (ตารางที่ 7 และรูปที่ 23) พบว่าค่ากัมมันตรังสีธาตุโปแตสเซียม (K) อยู่ในช่วงร้อยละเทียบเท่า (%equivalent) 0.0 – 2.72 เฉลี่ยเทียบเท่าร้อยละ 0.80 ค่ากัมมันตรังสีธาตุทอเรียม (Th) อยู่ในช่วง 7.02 – 76.49 เฉลี่ยเทียบเท่า 20.38 ส่วนในล้านส่วน (ppm equivalent) และ ค่ากัมมันตรังสีธาตุยูเรเนียม (U) อยู่ในช่วง 0 – 21.85 เฉลี่ยเทียบเท่า 4.84 ส่วนในล้านส่วน โดยบริเวณที่แสดงค่าผิดปกติของค่ากัมมันตรังสีธาตุโพแทสเซียม (มีค่ามากกว่า 1.5 %) อยู่บริเวณตอนกลางและด้านทิศเหนือของพื้นที่ โดยย่อมค่าความผิดปกติบริเวณตอนกลางนี้สันนิษฐานว่าจะเป็นผลจากการสะสมของตะกอนแร่เฟลด์สปาร์ที่เหลือหรือมีการพัดพามาจากการทำเหมืองที่อยู่ทางด้านทิศใต้ร่วมกับตะกอนจากการล้างทรายของโรงล้างที่อยู่ถัดลงมาอีกฟากหนึ่งของคลองหาดส้มแป้นทางซีกตะวันออกเฉียงใต้ของจุดสำรวจ ซึ่งบ่งชี้โดยลักษณะชั้นตะกอนใต้จุดสำรวจนี้เป็นชั้นทรายปนกรวดที่เกิดจากการพัดพามาของทางน้ำ สำหรับบริเวณผิดปกติของค่ากัมมันตรังสีธาตุยูเรเนียมที่มีค่ามากกว่า 15 ppm พบปรากฏอยู่บริเวณตอนกลางค่อนมาทางทิศตะวันตกของพื้นที่สำรวจซึ่งปรากฏในบริเวณที่เป็นเนินเขาติดกับทางน้ำ และบริเวณผิดปกติของค่ากัมมันตรังสีธาตุทอเรียม เป็นบริเวณที่มีหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตผุ เนื้อดอกโผล่เป็นหินฐานร่วมกับทัวร์มาลีน (±มัสโคไวต์) แกรนิต

ผลการขุดหลุมทดลอง ได้ดำเนินการขุดหลุมทดลองและเซาะร่องเก็บตัวอย่างจากหน้าตัดชั้นดิน รวมทั้งสิ้นจำนวน 22 ตำแหน่ง (รูปที่ 22) โดยพบว่าระยะที่มีการเปลี่ยนชั้นของลักษณะตะกอนส่วนใหญ่สอดคล้องใกล้เคียงกับผลการแปลความหมายที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และส่วนใหญ่สามารถระบุชนิดหินฐานได้ โดยพบว่าจุด PB48x ซึ่งเป็นหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิต เนื้อหยาบปานกลาง จะมีเม็ดแร่ดีบุกขนาดเม็ดทรายละเอียดถึงปานกลางฝังปะทั่วไปในเนื้อหิน (เป็นผลที่พิสูจน์ได้จากการนำเอาเนื้อหินผุยุ่ยไปร่อนเลียง) และผลึกแร่เฟลด์สปาร์ในเนื้อหินส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่ดินขาวแล้ว จุดนี้จึงเป็นจุดที่มีความน่าสนใจในการขยายผลต่อยอดการสำรวจสำหรับประเมินแหล่งแร่ดินขาวและดีบุกต่อไป

จากการประมวลผลการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิวร่วมกับการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดินที่กล่าวมาข้างต้นสามารถกำหนดขอบเขตแหล่งแร่ของธาตุหายากในพื้นที่คัดสรรบางสังตีได้พื้นที่แหล่งแร่เบื้องต้นรวมประมาณ 3.5 ตร.กม. (รูปที่ 23) โดยสามารถแบ่งพื้นที่แหล่งแร่นี้ออกเป็นสองส่วนย่อยตามระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลการสำรวจที่ได้ดำเนินการ ซึ่งส่วนแรกจะมีขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ประมาณ 1 ตร.กม. (เฉพาะพื้นที่ส่วนนี้ที่จะนำไปประเมินหาปริมาณทรัพยากรธาตุหายากต่อไป) และส่วนที่สองจะมีขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ประมาณ 2.5 ตร.กม. โดยพื้นที่ส่วนนี้จะยังไม่นำไปคำนวณหาปริมาณทรัพยากรธาตุหายากในขณะนี้ เนื่องจากเป็นพื้นที่เหมืองดินขาวเปิดทำการและยังขาดข้อมูลธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดินสนับสนุนที่เพียงพอ



รูปที่ 23 แสดงจุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่ย่อยบางสังตี (รูปบนซ้าย) และรูปแบบการแผ่กระจายของค่ากัมมันตรังสีที่วัดได้ของธาตุ K (รูปบนขวา) ธาตุ Th (รูปล่างซ้าย) และธาตุ U (รูปล่างขวา)

5.3 ผลวิเคราะห์เคมีธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร

ในการสำรวจเก็บข้อมูลรายละเอียดในพื้นที่เลือกสรร เพื่อศึกษาลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของธาตุหายากที่สะสมตัวอยู่ในชั้นดิน/หินผุในแต่ละบริเวณนั้น ตัวอย่างที่เก็บมาจะมีขั้นตอนวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างในรูปแบบเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งค่าผลวิเคราะห์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างดิน/หินผุของเนื้อหินต่างประเภทกันจะมีปริมาณธาตุหายากรวมต่างกันด้วย (ตารางที่ 8) โดยมีรายละเอียดของตัวอย่างในแต่ละพื้นที่เลือกสรร ดังนี้

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและช่วงค่าปริมาณธาตุหายากแต่ละชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์เคมีของแต่ละกลุ่มตัวอย่างในแต่ละพื้นที่เลือกสรร

ชนิดหินฐาน	TREYs	LREEs	HREYs	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
เขาหรายแดง: ส่วนพื้นที่หินแกรนิต (124 ตัวอย่าง)				LREEs							HREYs							
ค่าเฉลี่ย	469.6	425.9	43.7	87.1	232.1	20.5	65.9	11.8	0.7	7.9	29.0	1.2	5.8	1.1	2.9	0.5	2.8	0.5
ค่าสูงสุด	1222.5	1095.2	357.6	301.0	561.0	97.9	334.0	66.0	5.9	41.8	249.0	6.6	38.9	8.7	24.3	3.7	22.7	6.6
ค่าต่ำสุด	152.9	128.3	7.2	12.7	60.1	3.1	10.9	2.0	0.2	1.6	4.5	0.2	1.0	0.2	0.5	0.1	0.6	0.1
เขาหรายแดง: ส่วนพื้นที่หินตะกอน (21 ตัวอย่าง)																		
ค่าเฉลี่ย	168.0	139.5	28.5	31.3	73.4	6.5	21.0	3.8	0.5	3.0	18.7	0.5	3.2	0.7	2.1	0.4	2.4	0.4
ค่าสูงสุด	259.0	230.1	45.0	57.9	139.0	12.9	40.6	6.5	0.9	4.7	30.0	0.8	5.0	1.1	3.4	0.6	3.6	0.6
ค่าต่ำสุด	90.1	72.0	14.2	16.0	32.5	3.4	11.8	2.2	0.2	1.8	9.5	0.3	1.5	0.3	1.0	0.2	1.0	0.3
บางสังคี: ส่วนพื้นที่หินแกรนิต (51 ตัวอย่าง)																		
ค่าเฉลี่ย	336.7	206.3	130.4	42.1	89.8	11.5	40.2	11.4	0.3	11.1	91.5	2.2	13.5	2.6	7.9	1.4	9.7	1.6
ค่าสูงสุด	903.2	656.3	530.3	170.0	265.0	44.1	161.0	37.9	4.9	36.1	421.0	6.4	37.9	7.1	21.3	4.2	28.8	4.3
ค่าต่ำสุด	98.4	73.0	25.4	14.6	16.6	3.9	13.1	3.0	0.1	2.3	15.6	0.5	2.9	0.5	1.4	0.3	2.0	0.3
บางสังคี: ส่วนพื้นที่หินตะกอน (44 ตัวอย่าง)																		
ค่าเฉลี่ย	164.0	140.4	23.6	26.3	87.9	5.2	15.8	2.8	0.5	2.1	15.3	0.4	2.5	0.6	1.8	0.3	2.2	0.5
ค่าสูงสุด	248.8	221.5	45.5	66.7	182.0	12.2	37.9	6.4	1.2	4.9	31.6	0.9	4.7	1.1	3.2	0.6	3.8	1.2
ค่าต่ำสุด	66.5	41.7	5.2	6.2	19.6	1.2	3.8	0.7	0.2	0.7	2.9	0.1	0.7	0.1	0.5	0.1	0.7	0.1
บางสังคี: ส่วนตะกอนทางน้ำพัดพา (8 ตัวอย่าง)																		
ค่าเฉลี่ย	822.7	425.7	397.0	72.6	181.7	24.1	86.5	29.5	0.2	31.1	272.2	6.7	42.1	8.5	25.7	4.7	32.1	5.1
ค่าสูงสุด	2,275.4	1340.6	934.8	230.0	570.0	82.3	287.0	89.5	0.4	81.4	630.0	17.4	101.0	21.2	62.0	11.4	79.1	12.7
ค่าต่ำสุด	291.4	148.2	143.3	25.7	64.7	7.8	28.0	9.7	0.2	11.0	95.7	2.5	15.8	3.3	9.9	1.7	12.3	2.0

5.3.1 พื้นที่เลือกสรรที่ 1 “เขาทรายแดง”

ในพื้นที่ย่อยเขาทรายแดง นี้ ได้ดำเนินการคัดเลือกตัวอย่างส่งวิเคราะห์เคมี จำนวนทั้งสิ้น 147 ตัวอย่าง จาก 42 จุดตำแหน่ง ประกอบด้วย 121 ตัวอย่างดิน/หินผุจาก 21 หลุมทดลอง/เซาะร่อง และ 26 ตัวอย่างดิน/หินผุจาก 21 จุดเก็บตัวอย่างที่กระจายโดยรอบพื้นที่สำรวจ ในจำนวนนี้มี 126 ตัวอย่างที่เก็บจากชั้นดิน/หินผุในบริเวณที่มีหินฐานหลักเป็นหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อริ้ว (ซึ่งมี 2 ตัวอย่างเป็นก้อนควอตซ์สีขาวขุ่นที่เกิดเป็นกะเปาะแทรกอยู่ในชั้นดิน) และส่วนที่เหลือเก็บจากชั้นดิน/หินผุในบริเวณที่มีหินฐานรองรับเป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพเนื้อละเอียด

จากข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากของตัวอย่างตะกอนที่เก็บจากหลุมทดลองและจุดใกล้เคียงในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง พบว่าในภาพรวมของทุกตัวอย่างมีค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) อยู่ในช่วง 90.1 – 1,222.5 ส่วนในล้านส่วน (ppm) (ไม่นับรวมตัวอย่างกะเปาะควอตซ์ 2 ตัวอย่างที่มีค่าปริมาณธาตุหายากรวมต่ำมากเพียง 8.4 และ 27.8 ppm เท่านั้น) ซึ่งในจำนวนนี้กลุ่มตัวอย่าง (125 ตัวอย่าง) จากบริเวณที่มีหินฐานหลักเป็นหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อริ้ว ให้ค่าปริมาณธาตุหายากรวม อยู่ในช่วง 152.9 – 1,222.5 ppm ให้ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 469.6 ppm โดยมีสัดส่วนของปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 90:10 และพบว่ามีถึง 4 จุดสำรวจ (Pt131, PS37, Pt144 และ PSx01) ที่ให้ค่า TREYs สูงมากกว่า 800 ppm (1222, 934, 856 และ 802 ppm ตามลำดับ) ขณะที่กลุ่มตัวอย่าง (20 ตัวอย่าง) จากชั้นดิน/หินผุในบริเวณที่มีหินฐานรองรับเป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพเนื้อละเอียด ให้ค่าปริมาณธาตุหายากรวมที่ต่ำกว่า ในช่วง 90.1 – 259 ppm มีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 168 ppm แต่มีสัดส่วนของปริมาณธาตุหายากหนักเพิ่มสูงขึ้น เฉลี่ยอยู่ที่ 80:20 โดยประมาณ

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุหายากแยกเป็นรายชนิดจากทั้งสองกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ย่อยเขาทรายแดง พบว่ากว่าร้อยละ 85 ของปริมาณธาตุหายากรวม ประกอบด้วยธาตุหลัก 4 ชนิด คือ ซีเรียม (Ce) มีที่ปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็น แลนทานัม (La) นีโอดิเมียม (Nd) และอิตเทรียม (Y) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคิดเป็นสัดส่วน จะได้ดังนี้ โดยกลุ่มตัวอย่างจากบริเวณหินแกรนิตจะให้มีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุซีเรียม แลนทานัม นีโอดิเมียม และอิตเทรียม เทียบเท่า 232, 87, 66 และ 29 ppm ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย Ce:La:Nd:Y:others อยู่ที่ 49:19:14:6:12 ขณะที่กลุ่มตัวอย่างจากบริเวณหินตะกอนจะเป็น 73, 31, 21 และ 19 ppm ตามลำดับ โดยสัดส่วนค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุอิตเทรียมเมื่อเทียบกับของธาตุหลักอื่น (Ce:La:Nd:Y:others) จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แม้ว่าค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยจริงจะน้อยลง คือ 44:19:12:11:14 ทั้งนี้ ธาตุเพรซิโอดิเมียม (Pr: 21 ppm ในกลุ่มหินแกรนิต และ 7ppm ในกลุ่มหินตะกอน) และ ซามาเรียม (Sm: 12 ppm ในกลุ่มหินแกรนิต และ 4 ppm ในกลุ่มหินตะกอน) จากทั้งสองกลุ่มตัวอย่างจะมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่างร้อยละ 2 ถึง 5 ส่วนธาตุหายากชนิดอื่น ๆ ที่เหลือนั้น จะมีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยที่ถือว่าน้อยมากไม่เกิน 8 ppm ในกลุ่มหินแกรนิต และไม่เกิน 3 ppm ในกลุ่มหินตะกอน

5.3.2 พื้นที่เลือกสรรที่ 2 “บางสังตี”

ในพื้นที่ย่อยบางสังตี นี้ ได้ดำเนินการส่งวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวนทั้งสิ้น 106 ตัวอย่าง จาก 61 จุดตำแหน่ง ประกอบด้วย 40 ตัวอย่างดิน/หินผุจาก 22 หลุมทดลอง/เซาะ และ 66 ตัวอย่างดิน/หินผุจาก 39 จุดเก็บตัวอย่างที่กระจายโดยรอบพื้นที่สำรวจ โดยกลุ่มตัวอย่างจากชั้นดิน/หินผุในบริเวณที่มีหินฐานหลักเป็นแกรนิตเนื้อต่าง ๆ มี 57 ตัวอย่าง (ซึ่งในจำนวนนี้มี 3 ตัวอย่างที่เป็นตัวอย่างจากสายเฟลด์สปาร์ที่เนื้อแร่กลายสภาพไปเป็นแร่ดินขาวหมดแล้ว) กลุ่มตัวอย่างที่เก็บจากชั้นดิน/หินผุในบริเวณที่มีหินฐานรองรับเป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพเนื้อละเอียด มี 41 ตัวอย่าง และส่วนที่เหลือ 8 ตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างจากตะกอนทางน้ำและตะกอนพัดพา

จากข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากของตัวอย่างตะกอนที่เก็บจากหลุมทดลองและจุดใกล้เคียงในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี พบว่าโดยรวมจะมีช่วงค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREYs) ที่กว้างกว่าช่วงค่าของพื้นที่เขาทรายแดง คือ 66.5 – 2,275.4 ppm ซึ่งกลุ่มตัวอย่างดิน/หินผุจากบริเวณที่มีหินฐานหลักเป็นแกรนิต ให้ค่าปริมาณธาตุหายากรวม อยู่ในช่วง 98.4 – 903.2 ppm ให้ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 336.7 ppm โดยมีสัดส่วนของปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 64:36 และพบว่ามี 4 จุดสำรวจ (ML11, Pt115, Pt53 และ Pt116; รูปที่ 16) เป็นจุดที่ให้ค่า TREYs สูงมากกว่า 550 ppm (903, 882, 754 และ 566 ppm ตามลำดับ) โดย 3 ใน 4 ตัวอย่าง เป็นสายและโซนเฟลด์สปาร์ที่เนื้อหินเดิมกลายสภาพเป็นแร่ดินขาวหมดสิ้น ยกเว้น ML11 ที่เนื้อหินเป็นทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิตผุยุ่ยอยู่บริเวณแนวสัมผัสกันหินทรายกึ่งแปรสภาพ ขณะที่กลุ่มตัวอย่างจากบริเวณที่มีหินฐานรองรับเป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพเนื้อละเอียด ให้ค่าปริมาณธาตุหายากรวมที่ต่ำกว่า ในช่วง 66.5 – 248.8 ppm มีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 164 ppm สัดส่วนของปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 85:15 และกลุ่มตัวอย่างตะกอนทางน้ำและตะกอนพัดพาจะให้ค่าปริมาณธาตุหายากรวมอยู่ในช่วง 291.4 – 2,275.4 ppm ให้ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 822.7 ppm สัดส่วนของปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 49:51

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุหายากแยกเป็นรายชนิดจากทุกกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ย่อยบางสังตี พบว่ากว่าร้อยละ 74 ของปริมาณธาตุหายากรวม จะประกอบด้วยชนิดธาตุหลัก 4 เช่นเดียวกันกับในพื้นที่เขาทรายแดง แต่จะมีสัดส่วนความสมบูรณ์เฉลี่ยของแต่ละธาตุหลักที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นหินแกรนิตเนื้อต่าง ๆ ให้ ธาตุอิตเทรียม (92 ppm) ในสัดส่วนความสมบูรณ์เฉลี่ยที่สูงกว่าธาตุซีเรียม (90 ppm) เล็กน้อย รองลงมาเป็นธาตุแลนทานัม (42 ppm) และนีโอดิเมียม (40 ppm) โดยจะพบว่าสัดส่วนเฉลี่ยธาตุอิตเทรียมเมื่อเทียบกับปริมาณเฉลี่ยรวมจะที่สูงกว่าของพื้นที่เขาทรายแดงมากถึงเกือบ 5 เท่าตัว ขณะที่ของซีเรียมจะต่ำลง คิดเป็นสัดส่วนเฉลี่ย Ce:La:Nd:Y:others อยู่ที่ 27:12:12:27:22 สำหรับกลุ่มตัวอย่างจากบริเวณหินตะกอนจะมีสัดส่วนปริมาณเฉลี่ย 53:17:11:9:10 พบว่าปริมาณของธาตุอิตเทรียม (16 ppm) ต่ำลงมาก มากสวนทางกับของธาตุซีเรียม (99 ppm) ที่สูงขึ้น คือ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างตะกอนทางน้ำและตะกอนพัดพา

ที่สัดส่วนเฉลี่ย 22:9:11:33:25 จะเห็นว่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุอิตเทรียมเพิ่มสูงสุด (272 ppm) เช่นเดียวกับของธาตุหายากหนักตัวอื่น ๆ โดยเฉพาะ ธาตุดิสโพรเซียม (Dy: จาก 14 และ 3 เป็น 42 ppm) อิตเทอร์เบียม (Yb: จาก 10 และ 2 เป็น 32 ppm) และเออร์เบียม (Er: จาก 8 และ 2 เป็น 26 ppm) รวมถึงธาตุหายากเบาชนิดแกโดลิเนียม (Gd: จาก 11 และ 3 เป็น 31 ppm) ที่มีความสมบูรณ์เฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นมาก เช่นเดียวกับธาตุเพรซิโอดิเมียม (Pr: จาก 12 และ 6 เป็น 24 ppm) และ ซามาเรียม (Sm: จาก 11 และ 4 เป็น 30 ppm) ขณะที่สัดส่วนยังคงอยู่ที่ร้อยละ 2 ถึง 3 ส่วนธาตุที่เหลือ (Eu, Tb, Ho, Tm และ Lu) จะมีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยที่ถือว่าน้อยมากไม่ถึง 3 ppm ในกลุ่มหินแกรนิต ไม่เกิน 1 ppm ในกลุ่มหินตะกอน และแม้แต่ในกลุ่มตะกอนทางน้ำและตะกอนพัดพาก็มีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยน้อยกว่า 3 ppm

5.4 รูปแบบการเกิดแหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร

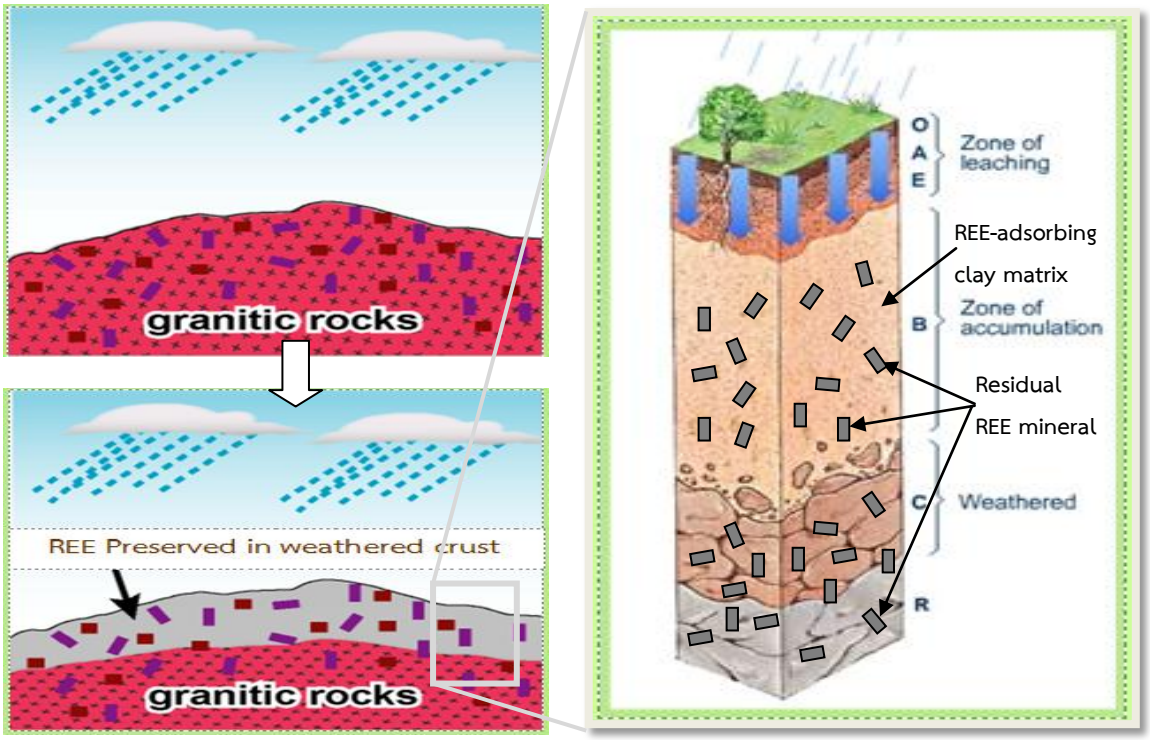
จากลักษณะทางธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่แสดงให้เห็นชัดเจนว่าพื้นที่คัดสรรทั้งสองพื้นที่นี้เป็นพื้นที่แหล่งแร่ของธาตุหายากที่เกิดจากกระบวนการผุพังทางเคมีอยู่กับที่ของมวลหินฐานชนิดแกรนิต (รูปที่ 24) ซึ่งผลการร่อนเลียงตะกอนตัวอย่างจากชั้นดิน/หินผุ คงมีแร่หนัก โดยเฉพาะแร่โมนาไซต์หลงเหลือตกค้างให้เห็น (แม้ว่าปริมาณจะไม่มาก) ในหลายจุด และปริมาณธาตุหายากที่วิเคราะห์ได้บ่งชี้ว่ามีรูปแบบของการสะสมตัว 2 ลักษณะย่อย ประกอบกัน คือ

(1) จากส่วนที่เป็นธาตุองค์ประกอบของเม็ดแร่หนักหายากตกค้างในชั้นดินที่ยังคงเหลือรอดจากการผุสลาย (residual grains)

(2) จากส่วนที่เป็นธาตุอิสระที่ถูกดูดซับไว้ด้วยผลึกแร่ดิน (ion-adsorbed) ที่สะสมตัวในชั้นดิน/หินผุ

โดยปริมาณธาตุหายากในชั้นดิน/หินผุที่วิเคราะห์ในทั้งสองพื้นที่น่าจะเกิดจากกระบวนการดูดซับไอออนเป็นหลัก ทั้งนี้การที่จะพิสูจน์ทราบในรายละเอียดถึงสัดส่วนของปริมาณธาตุหายากที่จะได้จากแต่ละรูปแบบย่อยของการสะสมตัวในแต่ละพื้นที่นั้นจำเป็นต้องอาศัยการวิจัยต่อยอดเพื่อพิสูจน์ทราบต่อไป

นอกจากนี้ ในบางบริเวณของพื้นที่ “บางสังตี” ยังพบความมีศักยภาพในระดับสูงของการเป็นแหล่งสะสมตัวของแร่หนัก-ธาตุหายากด้วยกระบวนการพัดพา โดยเฉพาะชั้นตะกอนละเอียดที่สะสมตัวตามตลิ่งและพื้นท้องน้ำของคลองหาดส้มแป้น (ที่บ่งชี้จากผลการวิเคราะห์เคมีที่ให้ค่าธาตุหายากรวมสูงถึง 1,416 ppm) ซึ่งคาดว่าตะกอนส่วนนี้เป็นตะกอนที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำฝนที่ทำการชะล้างหน้าเหมืองดินขาวเก่าแล้วไหลลงมาสะสมตัวใหม่ตามลำคลอง และส่วนหนึ่งเป็นตะกอนที่เหลือทิ้งจากการกระบวนการล้างแยกแร่ดินขาวของเหมืองดินขาวในพื้นที่ที่ไหลล้นบ่อดักตะกอนของเหมือง รวมไปถึงจากกองทรายที่เหลือจากการแต่งแร่ดินขาวออกไปแล้ว



รูปที่ 24 แสดงรูปแบบจำลองของการเกิดแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่สำรวจ (ดัดแปลงจาก www.agsci.psu.edu, 2012)

บทที่ 6
การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่

6.1 การประเมินปริมาณและมูลค่าทรัพยากรธาตุหายาก

6.1.1 การคำนวนปริมาตรของชั้นตะกอน

ในการคำนวณปริมาตรของตะกอนแต่ละชั้นในแต่ละพื้นที่สำรวจ ที่จะนำมาใช้ในการประเมินปริมาณทรัพยากรนั้น จะอาศัยการประมวลผลการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าร่วมกับการใช้โปรแกรม RockWork 15 คำนวณหาปริมาตรของตะกอนในแต่ละชั้นส่วนแบบสามมิติ ด้วยวิธีการคิดคำนวณแบบระยะทางผกผัน (inversed distance method) ตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงที่ระดับความลึก 30 เมตรจากผิวบน ได้ผลการคำนวณดังแสดงไว้ในตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 แสดงผลการคำนวณความหนาเฉลี่ยและปริมาตรตะกอนของแต่ละชั้นตะกอนของแต่ละพื้นที่

พื้นที่เลือกสรร	หินแกรนิต		หินตะกอนกึ่งแปร		ปริมาตรรวม
	ความหนาเฉลี่ย (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	ความหนาเฉลี่ย(ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)
เขาทรายแดง					
ชั้นดินตะกอนส่วนบน	2.48	8,805,884	1.15	7,153,860	15,959,744
ชั้นตะกอนหินผุ	4.09	41,919,475	3.78	24,011,586	65,931,061
ชั้นหินแข็ง (ระยะลึกจากผิวดิน)	0.7 – 23.2	249,274,640	0.76 – 17.0	244,834,554	494,109,194
บางสังตี					
ชั้นดินตะกอนส่วนบน	0.87	1,843,281	1.15	8,564,440	10,407,721
ชั้นตะกอนหินผุ	4.09	5,278,132	3.78	51,866,108	57,144,240
ชั้นหินแข็ง (ระยะลึกจากผิวดิน)	0.76 – 22.5	49,638,587	1.17 – 22.3	136,129,452	185,768,039

พื้นที่ย่อยเขาทรายแดง (ในกรอบพื้นที่ครอบคลุมจุดสำรวจประมาณ 9 ตร.กม.) มีปริมาตรชั้นตะกอนเหนือชั้นหินแข็ง (weathering crust) รวมกันประมาณ 81.8 ล้าน ลบ.ม. โดยแบ่งเป็นส่วนของพื้นที่หินแกรนิตผุ ประมาณ 50.7 ล้าน ลบ.ม. และส่วนของพื้นที่หินตะกอนผุ ประมาณ 31.1 ล้าน ลบ.ม. และ พื้นที่ย่อยบางสังตี (ในกรอบพื้นที่ครอบคลุมจุดสำรวจประมาณ 7 ตร.กม.) มีปริมาตรชั้น

ตะกอนเหนือชั้นหินแข็ง (weathering crust) รวมกันประมาณ 67.5 ล้าน ลบ.ม. โดยแบ่งเป็นส่วนของพื้นที่หินแกรนิตผุ ประมาณ 7.1 ล้าน ลบ.ม. และส่วนของพื้นที่หินตะกอนผุ ประมาณ 60.4 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

6.1.2 การคำนวนปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก

สำหรับการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรรทั้งสองพื้นที่นี้ จะประเมินเฉพาะในส่วนพื้นที่ที่รองรับด้วยหินแกรนิตเท่านั้น และจะยังไม่นำส่วนของพื้นที่ที่รองรับด้วยหินตะกอนมาคำนวณ ณ ตอนนี้ แม้จะพบแล้วว่ามีธาตุหายากสะสมตัวอยู่ด้วยก็ตาม ทั้งนี้ เนื่องจากค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยที่ได้ยังนับว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (< 300 ppm) เมื่อเทียบกับแหล่งที่มีการทำเหมืองในประเทศจีนที่มีค่าความสมบูรณ์ของปริมาณธาตุหายากรวมอยู่ในช่วง 300 – 2,000 ส่วนในล้านส่วน (Wu et al., 1996; Bao and Zhao, 2008; Murakami and Ishihara, 2008) พื้นที่ในส่วนนี้จึงยังไม่จัดว่าเป็นพื้นที่แหล่งแร่ แต่อาจจะคงสถานะเป็นเพียงพื้นที่ศักยภาพทางแร่ของธาตุหายากระดับต่ำได้

ในการคำนวณหาปริมาณทรัพยากรธาตุหายากนั้น จะทำการคำนวณปริมาณแยกเป็นรายชนิดธาตุ ใช้สูตรคำนวณดังข้างล่าง จากนั้นจะนำค่าปริมาณทรัพยากรธาตุหายากแต่ละธาตุที่ได้จากการคำนวณ (นำเฉพาะค่าปริมาณทรัพยากรธาตุหายากแต่ละธาตุที่มีค่าความสมบูรณ์ธาตุเฉลี่ยสูงกว่า 10 ppm) มาบวกรวมกันเป็นปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวม

ปริมาณธาตุหายากในชั้นดินตะกอน (ตันโลหะ)

= ค่าปริมาณธาตุเฉลี่ย x ปริมาตรชั้นตะกอน (ลบ.ม.) x 1.4 (ถ.พ.ชั้นดิน) x 10^{-6} x 0.6 (ค่าปรับลดปัจจัยเสี่ยง)

ผลการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากที่ได้ ณ ขณะนี้ (ตารางที่ 10) แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวมเฉพาะในส่วนของชั้นตะกอนเหนือดานหินแกรนิตรวมทั้งสิ้นประมาณ 19,000 ตันโลหะ (หรือ ~4,750 ตันโลหะ ต่อพื้นที่แหล่งแร่ 1 ตร.กม.) ประกอบด้วยซีเรียม (Ce) ประมาณ 9,900 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 231 ppm, ธาตุแลนทานัม (La) ประมาณ 3,700 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 87 ppm, ธาตุนีโอดิเนียม (Nd) ประมาณ 2,800 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 66 ppm, ธาตุอิตเทรียม (Y) ประมาณ 1,200 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 29 ppm, ธาตุเพรซิโอดิเมียม (Pr) 870 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 20 ppm และ ธาตุซามาเรียม (Sm) ประมาณ 500 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 12 ppm

ในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวม (เฉพาะในส่วนของพื้นที่แหล่งแร่ที่ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์) ในชั้นตะกอนเหนือดานหินแกรนิตรวมทั้งสิ้นประมาณ 1,900 ตันโลหะ ประกอบด้วยธาตุซีเรียม (Ce) ประมาณ 340 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 90 ppm, ธาตุอิตเทรียม (Y) ประมาณ 3,900 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 91 ppm, ธาตุแลนทานัม (La) ประมาณ 250 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 42 ppm, ธาตุนีโอดิเนียม (Nd) ประมาณ 240 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 41 ppm, ธาตุ

ดิสโพรเซียม (Dy) ประมาณ 80 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 14 ppm, ธาตุเพรซิโอดิเมียม (Pr ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 12 ppm), ธาตุซามาเรียม (Sm ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 11 ppm) และธาตุแกโดลิเนียม (Gd ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 11 ppm) ธาตุละประมาณ 70 ตันโลหะ และ ธาตุอิตเทอร์เบียม (Yb) ประมาณ 60 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 10 ppm

ตารางที่ 10 แสดงผลการคำนวณปริมาณทรัพยากรของธาตุหายากในเบื้องต้น

ชนิดธาตุ	*เขาหรายแดง* (≈4 ตร.กม.) (ความสมบูรณ์ ≈468 ppm TREYs)			*บางสังคี* (≈1 ตร.กม.) (ความสมบูรณ์ ≈337 ppm TREYs)		
	ชั้นตะกอน		ปริมาณรวม	ชั้นตะกอน		ปริมาณรวม
	เปลือกดิน	หินผุเหนือตาน	(ตันโลหะ)	เปลือกดิน	หินผุเหนือตาน	(ตันโลหะ)
กลุ่มธาตุหายากเบา (LREEs)						
La	644	3,067	3,711	65	186	252
Ce	1,717	8,173	9,890	139	398	537
Pr	151	720	872	18	51	69
Nd	487	2,319	2,806	62	178	241
Sm	87	415	502	18	50	68
Eu	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*
Gd	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	17	49	66
กลุ่มธาตุหายากหนัก (HREYs)						
Y	214	1,020	1,234	142	406	547
Tb	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*
Dy	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	21	60	81
Ho	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*
Er	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*
Tm	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*
Yb	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	15	43	58
Lu	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*	*น้อย*
TREYs	3,301	15,714	19,015	497	1,373	1,869
LREEs	3,087	14,694	17,781	319	864	1,183
HREYs	214	1,020	1,234	178	509	686

น้อย เป็นค่าที่ไม่คำนวณเนื่องจากธาตุนั้น ๆ มีค่าความสมบูรณ์ธาตุที่น้อยกว่าค่า cut-off grade ที่ ≥10 ppm

6.1.3 การประเมินมูลค่าทรัพยากรธาตุหายาก

สำหรับการประเมินมูลค่าเบื้องต้นของทรัพยากรธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรรทั้งสองพื้นที่ ในที่นี้จะคิดเฉพาะจากปริมาณธาตุหายากเพียง 4 ตัวหลัก คือ Ce, La, Nd และ Y เท่านั้น โดยใช้ราคาที่ประกาศไว้ใน http://www.baotou-rareearth.com ซึ่งเป็นราคาโลหะ ณ วันที่ 26 มิ.ย. พ.ศ. 2556 โดยใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 30 บาท/US$ (ตารางที่ 11) โดยพื้นที่เขาทรายแดง มีมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากเบื้องต้นแฝงอยู่ประมาณ 16,900 ล้านบาท (หรือประมาณ 4,220 บาท/ตร.กม.) และพื้นที่บางสังตีมีมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากเบื้องต้นแฝงอยู่ประมาณ 2,180 ล้านบาท

ตารางที่ 11 แสดงราคาและมูลค่าทรัพยากรแร่ในพื้นที่คัดสรร

ชนิดธาตุ (%ความบริสุทธิ์)	La (≥99%)	Ce (>99%)	Nd (>99.5%)	Y (>99.9%)	รวม
ราคาโลหะ ณ มิย. 56 (US$/Kg)	15	15	98	68	
พื้นที่คัดสรรเขาทรายแดง					
- ปริมาณทรัพยากร (ตันโลหะ)	3,711	9,890	2,806	1,234	**17,641**
- มูลค่าเบื้องต้น (ล้านบาท)	1,670	4,450	8,251	2,518	**16,889**
พื้นที่คัดสรรเขาทรายแดง					
- ปริมาณทรัพยากร (ตันโลหะ)	252	537	241	547	**1,577**
- มูลค่าเบื้องต้น (ล้านบาท)	113	242	707	1,117	**2,179**

6.2 การจำแนกประเภทแหล่งแร่ตามหลัก UNFC

ในการจำแนกประเภทแหล่งแร่จะใช้พื้นฐานการประเมินตามมาตรฐานการจำแนกประเภทปริมาณแร่ของสภาเศรษฐกิจและสังคมแห่งสหประชาชาติ ปีพ.ศ. 2540 (United Nations International Framwork Classification for Reserves/Resources (UNFC), 1994) (อ้างต่อจากกรมทรัพยากรธรณี, 2554) ซึ่งอาศัยปัจจัยหลักในการประเมิน 3 ปัจจัย (3 แกน) คือ การประเมินทางธรณีวิทยา (Geological Assessment: แกน G มี 4 ระดับของการประเมิน) การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทำเหมือง (Feasibility Assessment: แกน F มี 3 ระดับของการประเมิน) และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของแหล่งแร่ (Economic Viability: แกน E มี 3 ระดับของการประเมิน) โดยรายละเอียดและระดับความเชื่อมั่นของการประเมินในแต่ละปัจจัยจะบ่งบอกด้วยรหัสตัวเลข ซึ่งรหัสเลข 1

ระดับความละเอียดหรือระดับความเชื่อมั่นของการประเมินสูงสุด ส่วนรหัสเลข 3 หรือ 4 ระดับความเชื่อมั่นต่ำสุดในปัจจัยเฉพาะด้านนั้น ๆ ดังเช่น ตัวเลขปริมาณแร่สำรองที่กำกับด้วยรหัส 111 บ่งชี้ถึงว่าแหล่งแร่นั้น ๆ มีค่าปริมาณแร่สำรองที่ได้พิสูจน์ชัดเจนตามหลักวิชา ผ่านการประเมินความเป็นในการทำเหมืองอย่างละเอียด และมีความคุ้มทุนในการพัฒนาแหล่งขึ้นมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น

จากปัจจัยในการจำแนกประเภทแหล่งแร่ดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกประเภทแหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” และ “บางสังตี” จากการสำรจครั้งนี้ได้ ดังนี้

- การประเมินทางธรณีวิทยา ในการสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่นี้ประกอบด้วย การสำรวจธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแหล่งแร่ ธรณีฟิสิกส์ และธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน เพื่อกำหนดขอบเขตแหล่งแร่และประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก ดังนั้นการประเมินทางธรณีวิทยาของพื้นที่ “เขาทรายแดง” และสำหรับพื้นที่ “บางสังตี” จึงอยู่ในระดับ 2

- การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทำเหมือง ในการสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่ ครั้งนี้มีเพียงการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่เท่านั้น แต่ไม่ได้ดำเนินการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทำเหมืองในด้านอื่น ๆ ดังนั้นการประเมินในปัจจัยด้านนี้ จึงจัดอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองพื้นที่

- การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ในการสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่ครั้งนี้ไม่ได้ดำเนินการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการประเมินในปัจจัยด้านนี้ จึงจัดอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองพื้นที่ เช่นเดียวกัน

ฉะนั้นในการจำแนกประเภทแหล่งแร่การสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง” และ “บางสังตี” จึงเทียบเท่า UNFC-1997 ที่ระดับ 332

6.3 การประเมินและจำแนกเขตแหล่งแร่

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่นำเสนอไว้ในตารางที่ 8 และในตารางที่ 10 ควบคู่กัน จะเห็นได้ค่อนข้างชัดว่า พื้นที่ย่อยทั้งสองต่างมีความเด่นเฉพาะตัวของแต่ละพื้นที่ ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแง่ของปริมาณธาตุหายากรวม และค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย พื้นที่ “เขาทรายแดง” นับว่ามีศักยภาพทางธาตุหายากทั้งในเชิงปริมาณและมูลค่า ทั้งในภาพรวมและต่อหน่วยพื้นที่ที่เท่ากัน (~4,750 ตันโลหะ/ตร.กม. มูลค่า ~17,000 ล้านบาท (~4,200 ล้านบาท/ตร.กม.)) และในภาพรวม สูงกว่าพื้นที่ “บางสังตี” (~1,900 ตันโลหะ มูลค่า ~2,200 ล้านบาท) แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจะเห็นว่า พื้นที่ “บางสังตี” นั้นมีปริมาณทรัพยากรแฝงในพื้นที่แหล่งแร่ส่วนที่สอง (2.5 ตร.กม.) และชั้นตะกอนละเอียดที่สะสมในคลองหาดส้มแป้นและบ่อดักตะกอนที่ยังไม่ได้ทำประเมิน อีกทั้งสัดส่วนของกลุ่มธาตุหายากหนักรวมที่สูงกว่าในพื้นที่ “เขาทรายแดง” ถึงเกือบ 4 เท่าตัว (ตารางที่ 10) และด้วยระดับราคาธาตุหายากหนัก เช่น อิตเทรียม (68US$/กก. ที่ 99.9%โลหะ) ที่สูงกว่าระดับราคาของธาตุหายากเบา เช่น ซีเรียม (15US$/กก. ที่ 99% โลหะ) ถึงกว่า 4 เท่าตัว ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความต้องการกลุ่มธาตุหายากหนักในตลาดโลก ส่งผลให้ในแง่ของมูลค่าแร่รวมและระดับความต้องการของตลาด ทำให้ดูแล้วพื้นที่ “บางสังตี” น่าจะมีความสำคัญไม่ยิ่ง

หย่อนไปกว่า (และอาจจะสูงกว่า) พื้นที่ “เขาทรายแดง” ทำให้โดยรวมแล้วยากที่จะจัดระดับความสำคัญระหว่างสองพื้นที่นี้ได้ ซึ่งอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าพื้นที่ทั้งสองนี้มีระดับความสำคัญต่อการที่จะนำไปสู่การพัฒนาทัดเทียมกัน

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาข้อมูลผลสำรวจรวมกับข้อจำกัดการใช้พื้นที่ตามกฎหมายที่กำหนดในหลักเกณฑ์การจำแนกเขตทรัพยากรแร่เพื่อการบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีตามมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ที่นำมาใช้พิจารณา ดังนี้

1) พื้นที่ป่าตามผลการจำแนกเขตการใช้ประโยชน์ทรัพยากรและที่ดินป่าไม้ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติโดยกรมป่าไม้ ตามมติคณะรัฐมนตรี ขอบเขตพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่ที่ได้ทำการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากไว้ข้างต้นนั้นคาบเกี่ยวเขตพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ และพื้นที่นอกเขตกฎหมายและมติ ครม. เพื่อการสงวนและอนุรักษ์ทรัพยากรแร่

2) เขตคุณภาพลุ่มน้ำ ตามผลการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอบเขตพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมและไม่ได้อยู่ในเขตลุ่มน้ำชั้นที่ 1

จากหลักเกณฑ์ข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ตามกฎหมายข้างต้น กล่าวได้ว่าพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่นี้ อยู่ในเขตที่สามารถพัฒนาทรัพยากรแร่มาใช้ประโยชน์ได้ ดดยต้องอยู่ภายใต้กฎหมายมติ ครม. และกฎระเบียบต่าง ๆ

บทที่ 7
สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุป

พื้นที่ “เขาทรายแดง” เป็นแหล่งธาตุหายากขนาดปานกลาง ที่มีความสมบูรณ์ระดับปานกลาง อยู่ในเขตการปกครองของตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ปรากฏอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตรส่วน 1:5,000 ระวางบ้านทรายแดง (4729 III) มีลักษณะทางธรณีวิทยารองรับด้วยหินมัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิต (Kgr) แทรกดันเข้ามาในหินตะกอนของกลุ่มหินแก่งกระจานที่ประกอบด้วยหินโคลนกึ่งแปรสภาพ หินทรายกึ่งแปรสภาพ และหินควอร์ตซีสต์ ซึ่งเนื้อหินแกรนิตมักแสดงการเรียงตัวของเม็ดแร่อันเนื่องจากแรงเฉือนในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (ตามแนวรอยเลื่อนระนอง) โดยพื้นที่แหล่งแร่เป็นแหล่งแร่แบบทุติยภูมิที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของมวลหินแกรนิต ที่มีรูปแบบการสะสมตัวของธาตุหายาก 2 ลักษณะประกอบกัน คือ ในรูปแบบของการดูดซับไอออนด้วยแร่ดินผสมผสานกันแร่หายากตกค้างในชั้นดิน/หินแกรนิตผุ มีขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ไม่น้อยกว่า 4 ตร.กม. ชั้นดิน/หินผุให้แร่มีความหนาเฉลี่ย 2.5 – 4.1 เมตร มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวม (TREYs) ประมาณ 19,000 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 468 ppm โดยมีระดับความเชื่อมั่นในการประเมินเทียบเท่า 332 โดยมีมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากในเบื้องต้นประมาณ 16,900 ล้านบาท

พื้นที่ “บางสังตี” เป็นแหล่งธาตุหายากขนาดเล็กถึงปานกลาง ที่มีความสมบูรณ์ระดับต่ำถึงปานกลาง อยู่ในเขตการปกครองของตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ปรากฏอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตรส่วน 1:5,000 ระวางพะโต๊ะ (4728 I) มีลักษณะทางธรณีวิทยารองรับด้วยหินแกรนิต (Kgr) หลายเนื้อ ประกอบด้วย มัสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก ไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์แกรนิต ทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิต และทัวร์มาลีนแกรนิตแทรกดันเข้ามาในหินตะกอนของกลุ่มหินแก่งกระจานที่ประกอบด้วยหินโคลนกึ่งแปรสภาพ หินทรายกึ่งแปรสภาพ และหินฮอร์นเฟลส์ โดยพื้นที่แหล่งแร่เป็นแหล่งแร่แบบทุติยภูมิที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของมวลหินแกรนิต ที่มีรูปแบบการสะสมตัวของธาตุหายาก 2 ลักษณะประกอบกัน คือ ในรูปแบบของการดูดซับไอออนด้วยแร่ดินผสมผสานกันแร่หายากตกค้างในชั้นดิน/หินแกรนิตผุ มีขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ไม่น้อยกว่า 1 ตร.กม. ชั้นดิน/หินผุให้แร่มีความหนาเฉลี่ย 0.9 – 4.1 เมตร มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวม (TREYs) ประมาณ 1,900 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 347 ppm โดยมีระดับความเชื่อมั่นในการประเมินเทียบเท่า 332 โดยมีมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากในเบื้องต้นประมาณ 2,200 ล้านบาท นอกจากนี้ยังมีศักยภาพสูงของแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากแบบตะกอนพัดพาที่สะสมตัวตามคลองหาดส้มแป้นและในบ่อดักตะกอนของเหมืองดินขาว

7.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการดำเนินการต่อไปในพื้นที่แหล่งแร่ทั้งสองนี้ มีดังนี้

7.2.1 มิติด้านการสำรวจและการพัฒนาทรัพยากรแร่หนัก-ธาตุหายาก

สำหรับในพื้นที่ “เขาทรายแดง” แม้ในภาพรวมจะเป็นแหล่งธาตุหายากขนาดปานกลางที่มีความสมบูรณ์ระดับปานกลาง แต่ในหลายจุดสำรวจ (เช่น Pt131, Pt144 และ PSx01; รูปที่ 20) ในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่แหล่งแร่จัดเป็นบริเวณที่ให้ค่าธาตุหายากรวมสูง (1,222, 856 และ 802 ppm ตามลำดับ) และมีชั้นดินตะกอนที่หนา เช่นเดียวกับบริเวณจุด PS37 (934 ppm) ในบริเวณพื้นที่ตอนกลางค่อนมาทางซีกตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่แหล่งแร่ ควรที่จะมีการดำเนินการต่อ ดังนี้

1. มีการสำรวจเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตเป็นพื้นที่แหล่งแร่ความสมบูรณ์สูงให้ชัดเจนขึ้น

2. ควรมีการศึกษาด้านแร่วิทยาอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบสัดส่วนของธาตุหายากที่ถูกดูดซับด้วแร่ดินที่ชัดเจน เพื่อข้อมูลที่จะช่วยในการในการประเมินความคุ้มค่าในการพัฒนาแหล่งได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับในพื้นที่ “บางสังตี” ควรที่จะมีการดำเนินการต่อ ดังนี้

1. มีการสำรวจประเมินชั้นตะกอนที่สะสมตัวในคลองหาดส้มแป้นเพิ่มเติมในรายละเอียด รวมถึงศึกษาด้านแร่วิทยาจากชั้นตะกอนอย่างละเอียด เพื่อประเมินความสมบูรณ์แร่หนัก-ธาตุหายาก และเพื่อการวางแผนบริหารจัดการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการชะล้างตะกอนจากหน้าเหมืองเก่าโดยการขุดลอกนำเอาตะกอนดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ด้วยการแยกแต่งเอาแร่หนัก-ธาตุหายากออกมาจากชั้นตะกอนดังกล่าวแทนการปล่อยให้เกิดการตื้นเขินของลำน้ำโดยเปล่าประโยชน์

2. รวมถึงส่งเสริมให้เหมืองดินขาวที่ยังเปิดดำเนินการอยู่สำรวจประเมินศักยภาพธาตุหายากจากชั้นดินขาวในบริเวณเหมืองและจากชั้นตะกอนในบ่อดักตะกอนของเหมือง เพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะแต่งสกัดธาตุหายากให้เป็นผลผลิตพลอยได้จากการผลิตแร่ดินขาว เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของแหล่งและเป็นการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าสูงสุด

7.2.2 มิติด้านการพัฒนาวิชาการ

1) ควรส่งเสริมให้สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องการนำเอาผลการสำรวจและตัวอย่างที่ได้จัดเก็บมาไปใช้ศึกษาวิจัยต่อยอดในเชิงลึกถึงรูปแบบรายละเอียดของการเกิดแหล่งธาตุหายากแบบตกค้างสะสม เพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งศักยภาพแหล่งอื่นในประเทศ รวมถึงเปรียบเทียบกับแหล่งที่พัฒนาเป็นเหมืองแล้วในประเทศจีน และแหล่งที่กำลังจะพัฒนาเป็นเหมืองในประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว และ เวียดนาม เพื่อที่จะนำไปสู่การค้นพบแหล่งธาตุหายากใหม่ ๆ

2) ควรส่งเสริมให้เกิดข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการระหว่างกรมทรัพยากรธรณีและกรมอุทยาน สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ร่วมกันทำบูรณาการการสำรวจศึกษาชั้นดินตามเทือกหินแกรนิตในเขตอุทยานแห่งชาติ ซึ่งโดยธรรมชาติมักเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูง เพื่อให้ได้ข้อมูลทางธรณีวิทยา รวมถึงความมีศักยภาพทางแร่ของธาตุหายากสำหรับเป็นต้นทุนสำรองของประเทศในอนาคต อีกทั้งอาจเป็นการช่วยลดอัตราเสี่ยงภัยจากดินถล่มได้อีกทางหนึ่ง

7.3 พื้นที่แหล่งแร่สำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน

พื้นที่แหล่งแร่ในพื้นที่เลือกสรรทั้งสองเหมาะสมสำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชนในอนาคต ทั้งนี้ควรทำการเจาะสำรวจหาความสมบูรณ์ของธาตุหายากในชั้นหินผุในระดับลึกเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการคำนวณความคุ้มทุนสำหรับการพัฒนาเป็นเหมืองต่อไป และควรมีการประสานกับชุมชนในท้องที่เพื่อชี้แจงผลได้ผลเสียจากการทำเหมือง รวมถึงสอบถามแนวความคิดเกี่ยวกับการฟื้นฟูและการใช้ประโยชน์พื้นที่หลังการทำเหมืองแร่

อนึ่ง ที่หน้าตัดชั้นดินบริเวณจุด PB48x ของพื้นที่ “บางสังตี” สามารถพบผลึกแร่ดีบุก (ขนาด 1 – 2 มิลลิเมตร) ฝังประปนในเนื้อหินแกรนิตผุเป็นแร่ดินขาวในปริมาณที่น่าสนใจ (เฉลี่ย 0.4 กรัม/10 ลิตรตะกอน) ซึ่งจากการประเมินในเบื้องต้นมีเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นเหมืองแร่ดินขาวควบคู่กับแร่ดีบุกขนาดเล็กได้ (แม้ว่าค่าความสมบูรณ์ของธาตุหายากรวมจะน้อยกว่า 300 ppm) ทั้งนี้จำเป็นต้องสำรวจศึกษาเพิ่มเติมในแง่ของคุณสมบัติและคุณภาพของแร่ดินขาวในบริเวณนี้ว่าเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทใดได้บ้าง

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี, 2550, การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดระนอง: กรมทรัพยากรธรณี, 63 หน้า

_____, 2550, ธรณีวิทยาประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง) (Geology of Thailand (2^{nd} ed.): กรมทรัพยากรธรณี, 628 หน้า.

_____, 2554, เอกสารการประกวดราคางานสำรจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ระดับไพศาล; เอกสารเล่มที่สาม มาตรฐานการตรวจรับงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ต้องส่งมอบสำหรับจ้างสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ระดับไพศาล, สำนักทรัพยากรแร่, กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 11-18.

กิ่งดาว เคลือบทอง, จำรูญ อุ้ยศิริไพศาล และคณะทำงานจัดทำและกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่, 2553, การจัดทำและกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่โลหะหนักและแร่โลหะหายากของประเทศไทย, สำนักทรัพยากรแร่, กรมทรัพยากรธรณี, รายงานวิชาการ, 64 หน้า.

จำรูญ อุ้ยศิริไพศาล, 2535, การสำรวจและวิจัยแร่และธาตุโลหะหายากในประเทศไทย, รายงานเศรษฐธรณีวิทยา ฉบับที่ 1/2536, ธันวาคม 2535, 93 หน้า.

ทรงกรด ประเสริฐทรง และภควัติ ศรีวังพล, 2548, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย 1:50,000 ระวาง 4729 III (บ้านทรายแดง), กรมทรัพยากรธรณี

พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2544

พัชระ จริยาวัฒน์, 2546, ทรัพยากรแร่ในแผนที่ระวาง NC 47-10 (จังหวัดระนอง), สำนักทรัพยากรแร่, กรมทรัพยากรธรณี, รายงานวิชาการ, ฉบับที่ สทร 9/2546, 60 หน้า

_____, 2552, มาตรฐานคุณสมบัติทรัพยากรแร่ดีบุกและการใช้ประโยชน์, สำนักทรัพยากรแร่, กรมทรัพยากรธรณี, รายงานวิชาการ, 60 หน้า

ไพรัช ศุทธากรณ์, 2541, แหล่งแร่ดีบุกในประเทศไทย, กองเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, 15 หน้า

สืบศักดิ์ ศลโกสุม, 2544, การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ดินขาว ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง โดยวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์, กองเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, รายงานวิชาการ ฉบับที่ กศ 4/2544, 159 หน้า

สุวิทย์ โคสุวรรณ และสมชาย นาคะผดุงรัตน์, 2535, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย 1:50,000 ระวาง 4728 I (จังหวัดระนอง), กรมทรัพยากรธรณี

_____, 2535, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย 1:50,000 ระวาง 4728 IV (กิ่งอำเภอพะโต๊ะ), กรมทรัพยากรธรณี

ศูนย์วิจัยและพัฒนาธาตุหายาก, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

Bao, Z. and Zhao, Z. (2008) Geochemistry of mineralization with exchangeable REE in the weathering crusts of granitic rocks in South China. *Ore Geol. Rev.,* **33**, 519-535.

Haxel, G.B., Hedrick, J.B. and Orris, G.J. (2002) Rare Earth Elements—Critical Resources for High Technology. *USGS Fact Sheet 087-02*, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, http://pubs.usgs.gov/fs/2002/fs087-02, 4p.

Murakami, H. and Ishihara, S. (2008) REE mineralization of weathered crust and clay sediment on granitic rocks in the Sanyo belt, SW Japan and southern Jiangxi province, China. *Resource Geol.,* **58**, 373-401.

Potisat, S. (1995) Rare-earth element resources in Thailand, เอกสารกองพัฒนาทรัพยากรธรณี ฉบับที่ 2/2538, กรมทรัพยากรธรณี, 11 หน้า

U.S. Department of the Interior (2007) Rare Earths. *Minerals Yearbook*, Volume 1, U.S. Geological Survey (USGS)

Wu , C., Huang , D. and Guo, Z. (1990) REE geochemistry in the weathered crust of granites, Longnan area, Jiangxi province. *Acta Geol. Sinica,* **3**, 193-210.

Wu, C, Yuan, Z. and Bai, G. (1996) Rare earth deposits in China. *In* Jones, A.P., Wall, F. and Williams, C.T., eds., *Rare Earth Minerals: Chemistry origin and ore deposits* (The Mineralogical Society Series, 7), Chapman&Hall, 281-310.

http://www.agsci.psu.edu

http://www.baotou-rareearth.com

http://www.raremetalblog.com/2011/08/ree-prices-update.html

ภาคผนวก ก

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหิน ด้วยวิธี ICP-MS

ในพื้นที่เลือกสรร “เขาทรายแดง”

(ตัวอย่างบดละเอียดด้วยหัวบดเซรามิกส์)

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PS	11(1)	s	MvBt Gr	54.9	142	13.3	44.5	8.6	1.01	6.74	28.4	1.02	5.62	1.08	3.1	0.5	3.2	0.54	32	463	29	3.6	30	13	55.6	14.9
PS	11(2)	s+f	MvBt Gr	62.6	161	16	55.2	10.8	1.21	7.78	31.1	1.24	6.43	1.2	3.3	0.55	3.3	0.54	33	404	28	3.9	27	13	60.5	16.5
PS	11(3)	s+f	MvBt Gr	64.8	159	16.1	54.9	10.8	1.18	8.16	35.4	1.26	6.96	1.35	3.9	0.61	3.9	1.23	34	477	30	3.6	29	14	59	17.3
PS	11(4)	s	MvBt Gr	75.6	205	19.5	68.1	13.5	1.5	10.4	45.1	1.61	8.77	1.67	4.69	0.75	4.6	0.73	35	397	32	4.2	33	11	78.3	18.3
PS	11(5)	s	MvBt Gr	72	172	19.1	65.5	13.5	1.44	10.2	41.8	1.5	8.22	1.53	4.2	0.68	4.1	0.63	35	367	31	3.9	31	11	67.9	18.5
PS	11(6)	s	MvBt Gr	83.1	213	22.1	75.6	14.9	1.54	11.6	46	1.79	9.28	1.71	4.7	0.74	4.5	0.68	34	453	33	4.4	34	11	83.1	19.1
PS	11(7)	s	MvBt Gr	87.4	220	21.8	72.6	14	1.41	10.7	46.1	1.58	8.56	1.59	4.49	0.71	4.2	0.65	31	466	33	4.4	36	9	87.4	17.4
PS	11(8)	s+ssw	MvBt Gr	80.8	195	21	71.1	13.9	1.37	10.7	45.9	1.62	8.36	1.56	4.4	0.71	4.2	0.63	32	394	34	4.3	34	9	104	19.4
PS	11(9)	ssw	MvBt Gr	76.3	172	19.7	67.4	13.5	1.27	10.3	44	1.63	8.39	1.56	4.36	0.66	4	0.61	31	393	31	4.4	35	8	97.1	20.9
PS	11(10)	ssw	MvBt Gr	84.3	184	21.9	75.3	14.7	1.41	11.2	48.9	1.71	9.14	1.74	4.82	0.77	4.6	0.71	31	431	31	4.4	35	9	104	22.5
PS	11(1-10)	t	MvBt Gr	69.9	182	18.2	61.9	12.4	1.34	9.46	41.9	1.49	7.96	1.54	4.36	0.73	4.4	0.69	34	480	32	4.1	32	12	77.7	18.4
PS	25(1)	s	(MvBt) Gr	99.7	328	23.8	75	14.1	0.2	10.6	57.7	1.79	9.75	2.06	5.93	0.89	5.4	0.91	5	332	43	41	19	153	8.54	50
PS	25(4)	sw	(MvBt) Gr	65	561	16.1	51.7	9.2	0.27	7.19	53.4	1.42	8.37	1.85	5.54	0.87	4.8	0.81	6	225	3.3	25	19	138	7.24	100
PS	37(1)	s	(MvBt gr	107	294	25.4	80.4	13.1	0.74	6.78	12.9	0.81	3.16	0.49	1.17	0.18	1	0.19	14	343	10	2.1	33	123	155	21.8
PS	37(2)	s	(MvBt gr	105	285	25.3	82.1	12.9	0.84	6.8	13.6	0.79	3.19	0.49	1.29	0.19	1.2	0.23	15	435	10	1.7	25	3	163	23.4
PS	37(3)	s	(MvBt gr	190	333	45.3	145	24	1.66	13.4	29.1	1.57	6.62	1.07	2.61	0.37	2	0.38	17	515	11	2	30	4	176	30
PS	37(4)	s+f	(MvBt gr	239	349	55.1	177	29.4	2.13	18.1	43.7	2.17	9.33	1.53	3.63	0.53	2.8	0.45	17	497	11	2.1	30	4	191	33
PS	37(5)	s+f	(MvBt gr	205	342	46.5	147	24.6	1.77	15	38.8	1.84	8.17	1.29	3.12	0.4	2.3	0.4	14	462	12	1.6	23	3	170	31.1
PS	37(6)	s+f	(MvBt gr	171	316	37.7	120	19.9	1.52	12.4	32.7	1.51	6.78	1.08	2.73	0.39	2.2	0.36	16	518	9	1.9	29	4	151	35.1
PS	37(1-6)	t	(MvBt gr	153	340	35.8	114	18.9	1.2	10.8	23.9	1.27	5.18	0.85	2.25	0.32	1.7	0.33	17	547	11	2.2	36	4	184	28.9
PS	90(1-3)	t	(MvBt) Gr	98.9	230	22.5	70.3	11.8	0.32	6.93	22.1	0.95	4.11	0.74	1.89	0.29	1.7	0.66	5	315	3.2	28	13	139	11.7	20
PS	103(1)	s	MvBt Gr	93.3	274	22.1	71.3	12.6	0.26	7.6	24.3	1.06	4.82	0.86	2.33	0.35	2.2	0.41	16	374	27	6.8	56	32	146	8.82
PS	103(2)	s	MvBt Gr	87.9	273	20.9	68.9	11.9	0.26	7.75	25.7	1.07	5.11	0.94	2.54	0.42	2.4	0.45	19	369	28	6	46	14	155	9.2
PS	103(3)	s	MvBt Gr	80.8	294	19.6	62.8	11.1	0.27	7.27	26.7	1.04	4.97	0.99	2.69	0.44	2.7	0.53	21	357	29	5.6	47	9	160	9.4

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PS	103(4)	s	MvBt Gr	81	275	19.7	63.3	11.5	0.23	7.06	28.5	0.98	5.2	1.02	2.88	0.45	2.9	0.49	19	359	27	5.4	41	9	154	9.09
PS	103(5)	ssw	MvBt Gr	99	249	24.3	78.8	14.4	0.27	8.85	30.3	1.22	5.86	1.11	2.95	0.48	3	0.52	15	431	18	6	38	16	138	9.81
PS	103(6)	s	MvBt Gr	96.7	210	23.6	75.2	13.6	0.31	9.26	45.4	1.44	7.65	1.62	4.57	0.72	4.6	0.78	13	445	20	7.5	51	39	119	9.88
PS	103	t	MvBt Gr	84.2	239	20.6	66	11.8	0.25	7.33	26.7	1.06	5.12	0.98	2.73	0.43	2.7	0.47	19	382	21	5.9	37	19	114	8.42
PS	11	rkf	MvBt Gr	94	156	22.8	79.7	15.9	2.18	13.8	53.4	2.22	12.3	2.33	6.05	0.91	5.7	0.91	36	451	12	2.1	14	38	44.8	21
PS	25(7)	wsr	(MvBt) Gr	103	325	24.6	77.6	14.5	0.37	11.1	64.9	1.92	10.9	2.25	6.38	0.93	5.4	1.1	<5	228	3.1	73	13	116	8.43	60
PS	37	rkf	(MvBt) gr	102	182	21.5	71.8	11.3	2.08	7.48	22.1	0.96	4.58	0.83	2.25	0.33	1.9	0.3	17	395	2	0.6	12	196	22.7	1.44
PS	38(3)	s	(MvBt) Gr	55.5	116	12.4	38.9	6.8	0.37	4.64	17.6	0.73	3.68	0.64	1.66	0.25	1.5	0.31	25	327	15	3	34	4	101	10.8
PS	38(4)	s	(MvBt) Gr	53.4	100	12	37.8	6.9	0.34	4.8	15.2	0.68	3.35	0.56	1.37	0.22	1.3	0.27	22	327	13	2.7	27	3	96.1	8.88
PS	38(5)	s	(MvBt) Gr	64.9	127	14.8	47.3	8.7	0.41	6.4	20.4	0.95	4.52	0.74	1.74	0.28	1.7	0.29	23	386	14	2.8	32	3	104	10.3
PS	38(1-5)	t	(MvBt) Gr	76.3	149	16.7	51.5	9.4	0.39	6.34	18.8	0.93	4.52	0.75	1.88	0.27	1.6	0.3	23	254	9	2.2	19	204	86.5	9.46
P50	5(1)	s	MvBt Gr	91.3	278	23.1	75.8	12.6	0.53	6.57	14.1	0.8	3.24	0.55	1.39	0.22	1.3	0.21	12	391	10	2.1	28	3	157	18.6
P50	5(2)	s	MvBt Gr	116	333	32.5	106	18	0.84	8.55	16.3	1	4.21	0.69	1.79	0.25	1.6	0.27	15	347	10	2.2	27	2	168	22.5
P50	5(1-2)	t	MvBt Gr	93.4	321	25.7	84	13.9	0.64	6.96	13.4	0.81	3.48	0.54	1.45	0.22	1.3	0.41	12	420	10	2.2	32	2	186	20
P50	6(1)	s	MvBt Gr	82.3	193	19.1	62	10.3	0.42	6.64	28.8	0.96	5.05	0.96	2.82	0.46	2.8	0.48	16	481	10	3.3	36	4	110	14.9
P50	8(1)	s	(MvBt) Gr	62.3	121	14.4	46.9	8.9	0.25	6.82	34.9	1.06	5.85	1.18	3.42	0.6	3.5	0.6	21	574	11	3.5	39	6	103	11.3
P50	8(2)	s+sw	(MvBt) Gr?	45.5	88.5	10.4	33.9	6.4	0.22	4.85	23.7	0.72	4.08	0.8	2.43	0.41	2.6	0.45	25	443	12	3.3	37	6	101	9.74
P50	8(3)	sw	(MvBt) Gr?	31	60.8	6.93	23.2	4.5	0.21	3.67	21.7	0.59	3.63	0.74	2.3	0.39	2.6	0.42	22	339	11	2.6	26	5	93.3	8.6
P50	8(4)	sw	(MvBt) Gr?	30.7	60.1	6.84	22.6	4.4	0.2	3.48	16.6	0.54	2.96	0.57	1.68	0.27	1.7	0.28	18	259	13	2.5	24	5	83.6	6.3
P50	8(5)	ws	(MvBt) Gr?	35.5	68.2	7.94	26.2	5.4	0.18	4.36	21.8	0.7	3.84	0.73	2.09	0.37	2.3	0.38	17	287	14	2.3	22	4	84.1	6.36
P50	8	t	(MvBt) Gr	39.2	77.8	9.18	30.3	6	0.21	4.84	29.7	0.8	4.74	0.99	3.03	0.55	3.3	0.59	21	451	17	2.7	25	5	94.8	9.07
P50	6(2)	s+sw	MvBt Gr	99.8	255	24	77.4	13	0.67	8.12	25.1	1.06	5.1	0.88	2.39	0.39	2.3	0.36	18	407	13	3.2	42	4	152	21.2
P50	6(3)	ws	MvBt Gr	76.1	229	17.2	53.5	9	0.49	5.31	15.3	0.72	3.21	0.57	1.57	0.24	1.5	0.24	17	416	12	3.1	33	4	149	20
P50	6(4)	ws	MvBt Gr	120	276	28.5	90.7	15.1	0.82	9.27	27.2	1.22	5.7	0.96	2.58	0.39	2.4	0.42	17	384	15	3	43	23	155	23.4

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PS0 6(5)	ws	MvBt Gr	141	237	36.5	117	20.9	0.99	13.1	38.6	1.79	8.15	1.39	3.62	0.56	3.1	0.48	17	357	19	4.3	38	3	126	20.7
PS0 6	t	MvBt Gr	97.6	225	24.3	79	13.4	0.68	8.29	25.3	1.07	5.22	0.89	2.43	0.36	2.2	0.4	17	437	14	3.3	40	3	146	20.2
PSx0 1(1)	s	MvBt Gr	77	290	17.7	53.3	9.4	0.21	5.76	17.2	0.77	3.43	0.59	1.6	0.27	1.5	0.26	16	300	27	4.6	39	6	142	7.28
PSx0 1(2)	s	MvBt Gr	80.5	263	18.4	57.7	10.2	0.2	6.22	22.9	0.88	4.29	0.75	2.16	0.35	2	0.33	14	314	24	4.6	36	7	132	7.82
PSx0 1(3)	s	MvBt Gr	76.3	263	17.1	52.7	9.3	0.19	6.05	29.6	0.93	4.76	0.94	2.76	0.46	2.8	0.42	16	267	27	4.4	37	6	143	7.37
PSx0 1(4)	s+sw	MvBt Gr	71.4	330	16.2	49.8	8.6	0.18	5.34	20.9	0.8	3.69	0.72	2.03	0.33	2	0.34	16	286	28	4.2	37	6	147	7.07
PSx0 1(5)	s	MvBt Gr	77.4	380	17.6	53.9	9.5	0.24	5.68	17.3	0.81	3.48	0.61	1.65	0.28	1.5	0.53	16	272	29	4.3	37	6	182	6.72
PSx0 1(6)	sw	MvBt Gr	83.7	357	19.1	58.4	9.9	0.21	6.13	18.8	0.82	3.73	0.66	1.83	0.28	1.6	0.33	16	282	31	4.9	45	6	188	6.79
PSx0 1(7)	sw	MvBt Gr	103	340	22.9	70.5	11.8	0.26	7.21	21.1	0.98	4.41	0.75	2.01	0.33	1.9	0.31	16	281	29	4.8	39	7	182	7.15
PSx0 1(8)	sw	MvBt Gr	95.3	370	21.8	64.8	11	0.27	5.79	14.2	0.74	3.18	0.51	1.34	0.21	1.3	0.22	14	282	28	4.2	41	6	150	6.7
PSx0 1	t	MvBt Gr	105	365	23.8	72.1	12.5	0.33	7.42	29.8	1.11	5.37	1	2.84	0.47	2.7	0.52	15	314	41	4.5	41	6	164	8.37
PSx0 1(9)	sw	MvBt Gr	120	484	27.6	83.9	14.7	0.38	7.89	25.3	1.12	4.89	0.88	2.32	0.39	2.3	0.36	17	266	30	4.3	46	6	146	7.67
PSx0 1(10)	sw	MvBt Gr	97.5	473	25	78.4	13.6	0.38	8.7	48.2	1.41	7.74	1.56	4.77	0.77	4.6	0.71	16	276	26	4.9	34	5	134	7.74
PSx0 1(11)	sw	MvBt Gr	147	453	31.9	96.1	16.9	0.51	9.83	31.4	1.38	6.18	1.08	3.08	0.49	2.9	0.42	15	345	29	4.1	41	7	154	8.52
PSx0 1(12)	sw	MvBt Gr	166	427	34	101	16.9	0.53	10.3	25.8	1.37	5.79	0.97	2.56	0.4	2.3	0.37	13	330	27	3.1	33	5	142	10.1
PSx0 1(13)	sw	MvBt Gr	166	287	31.9	89.3	15.3	0.51	10.2	55.4	1.6	8.93	1.8	5.47	0.93	5.7	0.87	12	248	30	3.8	32	5	125	9.92
PS 109(1)	s	Bt Gr	81.8	303	19.7	64	9.8	0.57	5.53	13.4	0.74	2.95	0.57	1.37	0.23	1.3	0.25	17	349	10	2.8	30	30	138	16.2
PS 109(2)	s+f	Bt Gr	97.6	303	25.4	81.4	13.3	0.77	7.02	17.3	0.96	3.83	0.76	1.81	0.3	1.6	0.31	18	308	11	2.7	30	34	129	15.6
PS 109(3)	s	Bt Gr	114	272	29.2	96.8	16	0.97	8.63	19.6	1.07	4.54	0.82	1.98	0.31	1.8	0.29	19	275	10	2.2	24	25	113	16.8
PS 109(4)	s+f	Bt Gr	139	315	37.3	119	20.1	1.17	11.2	27.5	1.5	6.08	1.13	2.75	0.43	2.4	0.39	16	275	11	2.9	29	55	106	16.7
PS 109(5)	s+f	Bt Gr	141	281	36.4	118	19.2	1.17	10.9	27	1.49	6	1.16	2.71	0.42	2.2	0.36	14	268	9	2.7	26	211	101	16.1
PS 109(6)	s+f	Bt Gr	187	299	43.1	140	23.1	1.56	14.4	38.2	1.93	8.5	1.49	3.67	0.53	2.9	0.46	17	317	8	2.3	25	152	107	17.8
PS 109(7)	s	Bt Gr	150	303	35	114	19.5	1.34	12.2	34.1	1.65	7.43	1.3	3.09	0.41	2.4	0.4	16	346	7	2	22	153	115	18.4
PS 109(1-3)	t	Bt Gr	160	360	39.6	129	21.4	1.29	12.7	34.5	1.68	7.63	1.34	3.38	0.49	2.7	0.49	19	360	10	2.5	26	40	126	17.5

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PS	106(1)	s	MvBt Gr	51	109	10.5	31.4	5.8	0.71	4.9	17.3	0.82	4.3	0.8	2.2	0.37	2.3	0.46	37	375	27	3.8	25	40	47.5	9.83
PS	106(2)	s	MvBt Gr	50.2	89.5	10.4	31.4	5.9	0.72	4.72	16.1	0.78	4.06	0.76	2.01	0.31	2.1	0.4	36	358	24	3.6	20	48	45.9	9.69
PS	106(3)	s+f	MvBt Gr	41.8	170	8.35	24.7	4.8	0.6	3.93	13.6	0.65	3.44	0.66	1.79	0.28	1.9	0.41	31	281	20	3.1	17	65	39.5	8.82
PS	106(4)	s+f	MvBt Gr	55.2	192	10.7	32.2	6.3	0.77	5.1	19.8	0.9	4.84	0.94	2.53	0.39	2.7	0.52	39	338	25	3.3	23	48	48.7	9.88
PS	106(5)	wss	MvBt Gr	94	151	18.1	50.9	9.2	1.3	7.62	18.1	1.19	5.84	0.95	2.42	0.36	2.3	0.45	36	360	22	3	18	142	44.5	10.4
PS	106(6)		MvBt Gr	76.7	208	14.6	42.4	8.2	1.17	6.99	17.2	1.16	5.77	0.94	2.39	0.36	2.5	0.46	38	328	24	3.2	21	161	43.1	10.7
PS	106(7)	wss	MvBt Gr	62.4	138	12.6	37.7	7.6	1.02	6.54	18.6	1.17	5.93	0.99	2.65	0.42	2.7	0.47	36	365	20	3	20	52	46	12.2
PS	106(8)	wss	MvBt Gr	67.4	167	13.9	42	7.7	0.95	6.2	17.3	1.04	5.35	0.96	2.35	0.38	2.6	0.42	32	355	21	3.1	22	140	41.5	11.9
PS	106	t	MvBt Gr	59.9	142	12	35.1	6.5	0.93	5.43	16.1	0.92	4.75	0.84	2.02	0.34	2.3	0.57	41	305	18	2.5	15	175	36.7	9.15
PS	83(1)	s	lateritic	87.1	173	19.7	64.4	12.9	0.34	10	40.5	1.6	8.09	1.61	4.18	0.67	3.7	0.78	16	532	7	1.9	16	63	96.9	10.8
PS	83(2)	s	lateritic	68.9	140	15.5	50.7	9.8	0.24	7.87	40.6	1.27	7.22	1.51	4.26	0.65	4.1	0.7	19	470	7	1.7	13	18	90.4	9.43
PS	83(3)	s	lateritic	67.3	138	15.1	49.6	9.8	0.28	7.76	37.2	1.24	7.01	1.42	3.92	0.58	3.5	0.59	21	453	8	2.6	26	26	91.6	9.37
PS	83(4)	s+sw	lateritic	66.2	139	14.9	49.5	9.8	0.29	7.66	33.7	1.21	6.54	1.24	3.47	0.49	3.2	0.57	21	483	9	2	18	13	93.8	9.48
PS	83(1-4)	t	lateritic	74.7	151	17.2	55.5	11	0.29	8.68	41.7	1.37	7.69	1.61	4.48	0.69	4.2	0.68	25	493	7	2	23	30	81.8	9.68
PS	108(1)	s	lateritic	75	136	16	51.7	10.2	0.31	7.94	39.6	1.31	7.56	1.48	4.07	0.61	3.7	0.61	14	309	9	1.9	16	281	84.1	8.6
PS	108(2)	s	lateritic	87	162	18.3	59.8	11.4	0.4	8.31	34.6	1.3	6.96	1.32	3.5	0.51	3	0.53	20	349	10	2.3	18	26	107	9.58
PS	108(3)	s	lateritic	86.3	157	18.4	58.8	11.2	0.42	7.94	35.2	1.3	6.99	1.37	3.64	0.55	3.5	0.63	23	450	11	2.9	24	14	110	10.5
PS	108(4)	ws	lateritic	77	142	16.5	53.3	10.3	0.39	7.45	33	1.2	6.41	1.23	3.25	0.47	2.9	0.5	19	324	10	2.5	22	32	98.6	9.45
PS	108(5)	wss	lateritic	70.1	105	14.5	45.5	8.3	0.55	6.25	25.7	1.06	5.19	1.02	2.68	0.42	2.5	0.45	24	329	9	2.4	19	12	81.7	9.06
PS	108(1-5)	t	lateritic	66.8	120	14.4	45.6	8.8	0.37	6.58	31.5	1.09	6.09	1.21	3.36	0.52	3.1	0.5	22	317	8	1.9	14	45	77.4	8.26
PS	23(1)	s	Gr	67.9	249	13.4	37.5	5.8	0.23	3.04	9.2	0.46	2.02	0.36	0.98	0.17	1.1	0.2	16	424	12	3.3	39	179	149	12.9
PS	23(2)	s	Gr	73.1	297	13.7	38.1	6.1	0.22	3.09	8.1	0.43	1.94	0.3	0.83	0.15	0.9	0.17	20	336	11	2.4	27	17	166	12.5
PS	23(3)	ssw	Gr	61.3	343	11.9	32.2	4.9	0.23	2.64	7.3	0.37	1.76	0.29	0.8	0.14	0.9	0.17	22	316	13	2.7	29	4	233	15.7
PS	23(4)	sw	Gr	62.7	303	11.3	30.5	4.6	0.19	3.3	5.8	0.32	1.39	0.24	0.66	0.11	0.7	0.15	19	308	10	2.2	23	8	217	11.7

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PS	23(5)	sw	Gr	59	248	10.2	27.6	3.9	0.19	1.94	5.4	0.27	1.21	0.22	0.59	0.09	0.7	0.17	18	323	11	2.2	29	19	178	8.1
PS	23(6)	sw	Gr	42.2	187	8.55	25	3.5	0.23	1.57	4.5	0.21	0.96	0.17	0.53	0.09	0.6	0.12	14	229	8	1.5	20	232	127	6.06
PS	23(7)	wsr	Qtzite	34.8	172	8.13	23.7	3.5	0.19	1.62	4.7	0.23	1	0.19	0.53	0.09	0.6	0.12	11	225	6	0.9	14	3	90.4	4.71
PS	23	t	Gr	55.4	262	10.7	30.3	4.5	0.21	2.22	6.5	0.33	1.44	0.26	0.68	0.11	0.8	0.17	17	360	10	2	23	4	172	9.79
PS	69(5)	ws	qtzite?	29.8	191	7.12	24	4.6	0.58	3.27	15.5	0.55	3.03	0.64	1.95	0.32	2.3	0.45	49	248	19	2.3	18	9	37.4	6.92
PS	69(6)	wsr	qtzite?	12.7	231	3.14	10.9	2	0.29	1.63	8.8	0.31	1.83	0.4	1.33	0.24	1.7	0.88	35	244	11	1.4	12	23	24.7	4.74
PS	69(1)	s	qtzite?	22.6	122	4.88	15.3	2.7	0.24	1.68	7.3	0.26	1.41	0.28	0.9	0.17	1.2	0.26	38	293	62	6.2	34	14	42.2	9.44
PS	69(2)	s	qtzite?	35	189	7.6	25.5	4.1	0.41	2.57	9.1	0.38	1.95	0.37	1.18	0.21	1.5	0.31	44	245	41	4.8	25	10	44.5	9.7
PS	69(3)	s+f	qtzite?	49	234	11.1	37.4	6.1	0.74	4.06	14	0.58	2.93	0.58	1.74	0.29	1.9	0.41	48	227	50	4	22	8	41.3	9.95
PS	69(4)	ws	qtzite?	42.6	233	9.93	34.2	6	0.74	4.03	17.2	0.65	3.65	0.71	2.03	0.35	2.4	0.52	47	268	141	4.9	24	24	37.8	9.07
PS	69(1-6)	t	qtzite?	30.6	191	6.89	22.4	3.8	0.43	2.42	9.6	0.37	2.09	0.42	1.31	0.23	1.6	0.31	55	246	35	3.7	26	11	35.1	8.09
Pt	131	wrk	(Bt)Mv Gr	301	258	97.9	334	66	2.83	35.5	78.5	4.92	22.5	3.28	8.51	1.18	7.4	0.95	<5	256	24	4.9	43	155	138	18.5
Pt	131(1)	sw	MvBt Gr	72.6	226	15.6	49.7	9.1	0.22	5.68	22.4	0.78	4.17	0.77	2.13	0.35	2.3	0.33	5	276	34	7.1	51	8	130	10.1
Pt	131(2)	sw	MvBt Gr	71.5	294	15.6	50.7	9.8	0.2	6.77	39.6	1.14	6.25	1.18	3.63	0.58	4	0.58	6	174	37	5.9	45	6	132	9.77
Pt	131(3)	wsr	MvBt Gr	38.4	117	9.98	35.3	7.9	0.32	8.22	79.5	1.61	10.8	2.45	7.62	1.22	8.3	1.24	<5	102	46	9.1	61	4	58	12.8
Pt	131(4)	wr	MvBt Gr	86.7	220	21.8	73.2	13.3	0.44	8.32	27.7	1.15	5.69	0.95	2.77	0.37	2.6	0.39	<5	305	34	5.7	52	3	132	12.6
Pt	132(1)	ssw	MvBt Gr	95.2	132	20.2	69.6	10.1	1.41	5.66	16.3	0.76	3.64	0.64	1.78	0.27	1.7	0.22	6	460	4	1.1	24	3	44.5	10.2
Pt	132(2)	wsr	(Bt)Mv Gr	103	477	24.2	81.3	12.8	1.81	7.09	17.1	0.97	4.26	0.72	2.03	0.25	1.7	0.23	5	458	3	0.7	21	3	40.2	9.43
Pt	146	sw	MvBt Gr	84	136	18.9	61.4	11.2	1.38	7.93	26.9	1.2	6.29	1.15	3.01	0.45	2.9	0.5	14	399	31	3.8	19	15	54.7	13.9
Pt	148	s+sw	MvBt Gr	68.8	196	17.1	61.4	12.7	1.45	8.48	31.1	1.39	7.16	1.41	3.72	0.61	4.1	6.59	16	561	36	3.5	23	11	54.9	23.5
Pt	156	s	MvBt Gr	78.3	219	18.4	58.5	9.7	0.54	5.64	14.8	0.71	3.18	0.57	1.47	0.24	1.5	0.25	<5	379	9	2.5	25	46	118	17.2
Pt	157	s	MvBt Gr	61.2	160	12.5	39	6.9	0.5	4.8	18	0.74	3.65	0.72	1.79	0.28	1.8	0.29	10	335	6	2.8	19	123	62.9	9.1
Pt	158	ssw	MvBt Gr	108	238	25.8	84.4	15.1	0.75	9.32	30.4	1.29	6.11	1.14	2.85	0.43	2.6	0.39	6	361	12	3.5	31	144	101	19.6

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรเขาทรายแดง (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง			ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
Pt	159	sw	MvBt Gr	125	353	30.2	99.2	17.6	0.94	11.2	39.2	1.56	7.57	1.41	3.65	0.51	3.2	0.48	<5	268	11	2.5	25	30	104	13.3
Pt	143	s	MvBt Gr	57.4	154	14.2	49.4	9.7	1.22	6.59	19.9	1.03	5.3	0.96	2.65	0.38	2.5	0.42	11	284	32	2.7	15	173	35.7	15.9
Pt	144	wsr	MvBtGr	93.8	167	28.2	128	33.3	5.88	41.8	249	6.58	38.9	8.7	24.3	3.73	22.7	3.65	15	446	5	1.5	18	8	33	29.3
PS	86(1-5)	t	Qtz schist?	38	139	8.22	26.8	5.1	0.43	4.09	19.4	0.65	3.53	0.7	1.87	0.27	1.7	0.28	8	243	2.4	16	5	50.9	12.5	20
PS	91(1-4)	t	Qtz schist?	26.9	110	5.43	17.5	3	0.21	2.03	9.5	0.31	1.51	0.32	0.97	0.15	1	0.4	9	348	1.2	29	5	52	10.6	20
PS	94x(1-4)	t	Qtz schist?	29.8	59.8	6.14	19.3	3.6	0.21	3.16	24.3	0.58	3.6	0.79	2.39	0.37	2.3	0.45	7	251	1.9	13	6	74	6.29	10
PS0	9(1)	s	m-Sed?	23.3	41.4	4.69	15.5	3.1	0.41	2.71	21.2	0.49	3.31	0.73	2.39	0.43	2.9	0.48	36	479	23	2.6	24	13	38.5	6.69
PS0	9(2)	s	m-Sed?	25.5	44.6	5.17	16.7	3.2	0.47	2.72	17.9	0.45	2.93	0.62	2.04	0.36	2.3	0.44	40	414	27	2.4	22	14	41.7	6.74
PS0	9(3)	s+sw	m-Sed?	20.5	34	3.93	12.5	2.4	0.39	1.87	13	0.35	2.2	0.48	1.56	0.28	1.8	0.33	42	363	22	2.6	23	13	46.5	6.85
PS0	9(4)	sw	m-Sed?	19.2	32.5	3.75	12.2	2.2	0.35	1.79	11.9	0.3	1.96	0.42	1.32	0.25	1.7	0.3	39	339	18	1.9	20	12	51.7	6.28
PS0	9(5)	sw	m-Sed?	20	36.8	3.99	13.1	2.4	0.37	1.8	11.8	0.33	1.98	0.44	1.38	0.24	1.6	0.35	35	329	19	1.9	21	13	47.5	5.45
PS0	9	t	m-Sed?	21.1	36.5	4.24	13.8	2.6	0.37	2.09	15.1	0.38	2.39	0.55	1.77	0.31	2.1	0.4	40	402	22	2.4	24	13	49.1	6.8
PS	29(1-3)	t	m-sed?	45	82.7	9.85	31.6	6.1	0.66	4.74	25.7	0.78	4.46	1	2.9	0.48	3.1	0.61	8	518	3.2	78	21	31	9.23	30
Pt	151	wsr	m-Sst	24	65.3	5.04	18.7	3.2	0.6	3.41	30	0.74	5	1.14	3.37	0.56	3.6	0.58	24	316	6	1.5	16	6	45.3	3.85
Pt	152	s	m-Sst	29.3	81.9	6.91	24.5	4.5	0.81	4.05	28.4	0.74	4.96	1.11	3.18	0.53	3.2	0.54	15	353	4	1.4	13	5	25.9	3.6
Pt	141	s	mSed	53.2	121	11.4	33.6	6	0.64	4.27	18.2	0.68	3.76	0.77	2.16	0.37	2.5	0.41	13	278	34	3.3	17	114	41.7	17.1
Pt	145	s	mSed	43.7	89.5	8.51	26	4.6	0.59	3.15	14.1	0.52	2.87	0.59	1.7	0.29	2	0.35	15	292	18	2.5	17	9	39.5	9.86
Pt	147	s	mSed	57.9	85.2	12.9	40.6	6.5	0.86	4.44	22.1	0.77	4.27	0.91	2.75	0.44	2.9	0.53	15	462	31	3.1	19	19	41.1	11.3
Pt	149	ssw	mSed	25.6	110	5.25	17.1	3.2	0.52	2.22	14.2	0.44	2.74	0.61	1.92	0.33	2.3	0.48	14	391	7	1.3	13	5	25.7	8.19
Pt	150	ssw	mSed	29	120	5.92	20.6	3.7	0.65	2.92	18.2	0.53	3.19	0.75	2.35	0.4	2.7	0.48	15	389	6	1.3	13	5	25.2	7.67
Pt	160	s	mSed	47.5	107	11	34.1	5.9	0.81	4.11	19.3	0.67	3.76	0.77	2.15	0.33	2.1	0.37	10	242	20	2.3	14	229	31.3	7.29
Pt	161	s	mSed	24.4	45.1	4.49	14.4	2.6	0.39	2.31	17.9	0.43	2.85	0.68	2.04	0.36	2.4	0.47	13	335	32	3.7	19	44	37.9	5.65
Pt	162	ssw	mSed	37.6	64.5	6.4	19.6	3.1	0.59	2.37	11.8	0.41	2.21	0.46	1.43	0.22	1.7	0.3	17	303	17	1.9	14	26	27.8	6.3
Pt	163	s	mSed	16	35.6	3.42	11.8	2.4	0.47	2.82	29.6	0.6	4.47	1.05	3.16	0.52	3.5	0.56	16	389	5	1.5	15	23	27.8	4.2

ภาคผนวก ข

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหิน ด้วยวิธี ICP-MS

ในพื้นที่เลือกสรร “บางสังตี”

(ตัวอย่างบดละเอียดด้วยหัวบดเซรามิกส์)

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PB	50(3)	wss	TmMv Gr	28.7	68.4	8.01	26.6	7.5	0.08	7.87	82.9	1.75	10.9	2.35	6.92	1.22	8.3	2.21	5	127	25.2	436	160	59.3	18.2	400
PB	50(5	ws-wsr	TmMv Gr	31.4	78.6	9.15	30.3	8.5	0.08	9.5	94.5	2.11	13	2.76	8.2	1.4	9.8	1.8	<5	110	22.3	181	168	53.1	13.7	430
PB	50(1-5)	t	TmMv Gr	32.1	77.2	9.36	31.1	8.7	0.08	9.14	92.2	2	12.5	2.67	7.95	1.38	9.9	1.58	<5	128	23.2	161	168	56.8	16.3	380
PB	50(1)	s	TmMv Gr	25.4	58.1	7	23.4	6.6	0.07	7.02	77.5	1.63	10.3	2.2	6.55	1.15	7.9	2.26	<5	115	21.3	824	143	45.1	10.1	310
PB	46(1)	ws	Mv Gr	20.2	44.5	5.06	16.1	3.9	0.11	3.59	21.7	0.76	4.49	0.9	2.59	0.43	2.9	0.69	<5	98.1	14.7	177	113	32.3	6.55	70
PB	48x(1-7)	t	Mv Gr	29.7	73.9	7.58	24.1	5.6	0.14	4.82	38.8	0.95	5.62	1.11	3.11	0.53	3.6	0.6	5	201	15.2	80	180	53.7	9.84	130
PB	46(4)	ws+wsr	Mv Gr	33.6	71	8.26	26	5.7	0.13	4.69	33.5	0.88	5.09	0.99	2.69	0.45	3	0.66	<5	98.6	13.3	149	91	43.7	7.73	60
PB	48x(7)	wsr	Mv Gr	36.2	84.3	9.25	29.8	6.4	0.13	5.47	42.1	1.07	6.19	1.2	3.32	0.57	3.8	1.27	<5	222	14.1	93	116	55	10.5	110
PB	48x(1)	s	Mv Gr	32.3	84	8.09	25.8	5.9	0.19	4.61	25.7	0.92	5.19	1.05	2.84	0.48	3.3	0.49	8	285	20.1	33	280	69.5	9.77	170
PB	48x(4)	ws	Mv Gr	28	71.9	7.25	23	5.6	0.14	4.86	28.9	1	6	1.2	3.39	0.59	4	0.82	6	504	14.1	23	188	57.1	9.29	150
PB	62(1-5)	t	MvBt Gr	79	173	19.6	62	12.3	0.33	9.67	61.2	1.75	9.4	1.86	5.14	0.83	5.5	1.17	5	263	13.2	61	83	108	27.5	210
Pt	175(1)	s	MvBt Gr	36.4	97.5	7.82	22.9	4.8	0.16	3.62	20.4	0.68	3.91	0.75	2.01	0.36	2.6	0.47	6	354	23.8	20.9	51	13	62	14.4
Pt	175(2	wr	MvBt Gr	40.5	125	8.6	25.6	5.4	0.18	4.09	23.5	0.78	4.41	0.85	2.28	0.41	2.9	0.46	8	250	23.9	18.1	47	12	71.3	14.1
Pt	175(3	wr	MvBt Gr	41.5	122	9.1	27.5	5.9	0.2	4.17	23.4	0.82	4.57	0.87	2.41	0.38	2.7	0.47	8	268	24.4	17.8	54	13	70.1	14.6
Pt	175(4	wr	MvBt Gr	46.1	131	10.3	31.6	6.7	0.22	5.17	28	0.98	5.37	0.98	2.84	0.47	3.2	0.51	7	262	21.7	18.5	58	19	72.6	15.9
PBx	08(1)	wss	Bt Gr	30.7	83.4	7.94	25.6	6.1	0.14	6.03	67.7	1.35	8.36	1.91	5.76	0.99	6.6	1.48	8	214	14.3	52	89	97.8	12.8	70
PBx	08(4)	ws	Bt Gr	36.5	92.5	9.66	30.9	6.9	0.19	5.82	53.6	1.13	7	1.54	4.51	0.77	5.2	1.16	8	195	13.5	43	91	108	10.5	90
PBx	08(1-9)	t	Bt Gr	37	81.2	9.51	30.8	6.8	0.16	5.53	41.7	1.03	5.91	1.24	3.59	0.6	4.1	0.97	7	193	13.2	72	97	108	12.1	90
PBx	08(8)	wsr	Bt Gr	49.2	95.5	13.1	41.7	8.9	0.22	6.35	32.6	1.07	5.66	1.07	2.92	0.44	3.1	0.66	7	172	15.2	44	99	110	15.2	120
PB	64(4)	wss	(Mv) Gr	25.6	67.4	5.65	17.6	4	0.16	3.6	29	0.78	5.01	1.02	2.98	0.51	3.5	0.57	5	132	11.3	82	182	50.4	12.4	100
PB	64(1-4)	t	(Mv) Gr	28.2	89.8	6.18	19.6	4.3	0.19	3.75	27.3	0.76	4.67	0.96	2.89	0.46	3.2	0.54	7	169	15.1	60	163	68.4	12.6	130
PB	64(1)	s	(Mv) Gr	29.1	96.7	6.25	18.7	4.1	0.19	3.37	32.7	0.76	4.51	0.99	3	0.5	3.5	0.67	7	190	18.7	125	149	79	13.3	140
PB	45x(1-13)	t	Mv Gr-m-Sst	41.8	143	9.06	26.7	5.4	0.43	4.77	43.6	0.99	6	1.32	3.9	0.68	5	1.15	12	532	13.3	22	106	46	13	160
ML	M11(1)	ark	Mv Gr	170	128	44.1	161	37.9	4.86	36.1	223	6.4	34.8	6.73	18.9	3.29	24.3	3.83	6	766	30.9	158	819	13.3	8.59	260

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง			ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
Pt	112	wsr	Mv Gr	37.6	83	9.22	31.5	7.6	0.27	6.38	43.5	1.24	7.44	1.45	3.81	0.59	4	0.64	<5	106	100	12.6	33	841	56.2	14.7
Pt	113	wsr	Mv Gr, mh.w.	48.5	150	10.3	34.1	7.3	0.2	6.85	67.2	1.54	10.3	2.13	6.12	0.99	6.8	1.06	7	211	117	15.5	65	201	103	13.4
Pt	114	wsr	TmMv Gr	19.2	45.3	5.5	19.9	7.4	0.08	7.1	61.7	1.64	10.1	1.93	5.73	1	7.7	1.18	<5	49	324	26.5	58	966	30.4	7.58
56	05	ar	TmMv Gr	19.1	48.8	7.07	28.9	12.4	0.07	14.4	125	2.94	19.8	3.62	10.8	2.05	12.9	2.1	<5	400	511	28.7	37	17	32.9	30.7
Pt	55(1)	ar	TmMv Gr	30.1	76	10.2	39.8	16	0.12	19.2	166	3.92	28	5.26	16.6	3.1	19.1	2.97	<5	302	100	35.5	85	20	64	16.3
Pt	56	rk	TmMv Gr	20.3	53.5	7.69	30.6	13.3	<0.05	14.7	164	3.1	19.5	3.74	12.3	2.47	20.1	3.15	<5	46.6	123	28.6	33	1020	15.3	17.5
Pt	54	ar	TmBtMv Gr	36.1	85.8	10.8	38.6	12.7	0.06	12.7	99.9	2.58	16	3.03	9.29	1.85	11.5	1.79	<5	208	213	33.6	97	18	50.4	13.7
Pt	55(2)	ar	Aplite	14.6	30.3	4.62	20.4	10.1	0.15	14.5	147	3.22	21.6	4.08	12.9	2.48	17.4	2.7	<5	170	70	19.4	41	143	27.6	8.28
Pt	115(1)	wr	Mv Gr	15.5	35.1	3.91	13.1	3	0.05	2.29	17.2	0.46	2.89	0.51	1.43	0.27	2.3	0.37	<5	49.2	365	60.5	121	733	25.6	5.74
Pt	115(3)	wr	MvBt Gr	93	159	29	108	26.6	0.41	20.3	116	3.58	21.2	3.95	11.3	1.82	12.5	1.85	<5	120	97	18	60	715	70.1	20.4
Pt	116(1)	wr	BtMv Gr	36.9	78.1	9.25	31.6	9.4	0.1	10.4	87	2.13	14	2.85	8.55	1.42	9.7	1.57	5	109	138	17.8	59	477	59.6	13.4
Pt	116(2)	wr	MvBt Gr	39.7	99.9	11.4	40.8	12	0.33	11.4	81.4	2.37	14.2	2.76	8.32	1.32	9.6	1.33	<5	240	144	12.7	40	6	54.1	27.4
Pt	116(3)	wr	Lueco Gr	83.9	168	22.4	75.1	20.7	0.57	18.3	119	3.67	21.6	3.79	11.6	1.93	13.4	1.86	6	240	224	38.2	98	13	64.1	42
Pt	116(5)	wr	Mv Gr	36.3	71.5	8.68	27.1	7.3	0.16	6.22	26.2	1.2	6.43	0.93	2.61	0.49	3.5	0.53	<5	268	449	87.5	161	33	38.4	23
Pt	118	wr	Mv Gr	44.6	112	14.9	58.5	21.4	0.15	22.2	179	4.56	27.9	5.45	16.7	2.82	19.9	3.02	<5	433	234	26.3	59	9	57.8	23
Pt	118	rk	MvBt Gr	49.7	53.5	18.7	76.9	32.3	0.52	31.4	191	5.72	32.8	6.12	17.6	2.86	19.3	2.76	<5	76.5	199	17.8	47	518	36.4	29.9
Pt	115(2)	wr	Kaolinized fls	130	265	41.1	154	36.7	0.68	28.8	153	4.74	27.5	5.14	14.1	2.34	16.1	2.35	5	233	65	20.4	136	29	80.8	29.1
Pt	116(4)	wr	Kaolinized fls	73.7	132	17.5	49.9	12.5	0.36	8.69	44.8	1.74	9.2	1.49	4.09	0.69	5.3	0.75	<5	79	325	35	85	162	30.8	13.1
Pt	139	wsr	BtMv Gr	38.7	93.9	12.1	47.2	15.4	0.32	16.1	128	3.35	20.2	4.23	12.6	2.08	14.2	2.25	6	202	228	15.5	28	76	51.1	15.5
Pt	53	fls	Kaolinized fls	57.7	16.6	17.3	71.8	26.3	1.53	32.8	421	6	37.9	6.75	21.3	4.21	28.8	4.32	<5	8	9	0.8	4	119	8.3	13.6
Pt	178	clay	clay	32.9	65.3	11.4	47	21.2	0.41	26.4	237	5.64	34.6	7.11	21	3.64	25.6	2.86	<5	127	27	95	79	39.7	12.3	360
Pt	111	wsr	Aplite	21.7	84.8	5.47	18.6	5.1	0.22	5.11	45	1.07	7.12	1.45	4.36	0.73	5.1	0.76	5	89.1	131	21.2	57	129	57	28.5
Pt	42	ar	TmMv Gr	26.4	73	7.82	28.1	9.6	0.05	10.6	88.1	2.25	14.5	2.61	8.09	1.62	10.5	1.58	<5	239	235	36.8	90	286	35.5	7.52
Pt	48(1)	s	MvBt Gr	24.1	52.9	6.11	20.4	4.9	0.12	5.2	71.4	1.22	9.06	1.93	6.5	1.21	7.5	1.25	8	338	250	22.9	83	21	151	8.85

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
Pt	44	wr	MvBt Gr	57.8	159	16.7	59	16	0.4	15.6	119	2.9	18.6	3.67	10.7	1.96	11.6	1.9	<5	479	189	19.1	55	11	125	44.9
Pt	47	ws	MvBt Gr	39.9	93.3	10.7	37.6	9.9	0.16	9.05	81.9	1.66	11.8	2.39	7.36	1.32	8.9	1.48	8	427	179	21.8	82	23	143	31.1
Pt	48(2)	ws	MvBt Gr	24.8	53.9	6.44	22.9	5.5	0.07	5.94	80.2	1.3	10.2	2.16	7.76	1.45	8.7	1.35	6	343	159	20.7	85	11	130	7
Pt	49(1)	ar	TmMvBt Gr	26.3	58.2	6.75	23.2	5.6	0.08	5.74	86	1.34	10.3	2.29	7.52	1.4	8.8	1.34	6	296	166	19.9	81	11	126	6.51
Pt	49(2)	ar	Aplite	33	65.8	8.47	28	9.7	0.18	8.62	65	1.68	9.73	1.62	4.8	1.04	7.8	1.26	<5	117	73	161	224	77	42.4	14.2
Pt	61(1)	w	Tm Aplite	32.2	50.3	11.3	45.4	17.5	0.64	22.7	231	4.53	29.9	5.44	17.5	3.38	23.2	3.81	<5	492	379	60.2	47	56	21.4	17
Pt	61(2)	w	Tm Aplite	22.3	49.3	8.57	35.6	16.1	0.21	18.3	180	3.81	24.7	4.67	14.9	2.96	20.4	3.17	<5	755	450	55.3	42	91	21	12.8
Pt	102	wr	Mv Gr	118	146	29.3	91.6	14.4	1.88	6.78	15.6	1.19	5.28	0.74	1.61	0.28	2	0.32	8	138	42	6	28	46	13.4	23.8
Pt	53(1)	rk	TmMv Gr	23.2	69.8	9.14	38.9	17.8	0.17	22.1	233	4.38	29.1	5.45	17.6	3.6	24.8	3.86	<5	65.5	761	36.7	28	853	22.7	9.67
ML	M11(2)	wrk	m-Sst	41	50.1	10.8	37.9	6.3	1.04	3.78	14.7	0.59	3.04	0.65	1.86	0.3	2	0.37	7	496	1	370	33	9.7	4.66	10
PB	66(1-5)	t	m-Sst	24.9	116	4.57	14.7	2.8	0.54	2.24	12.1	0.42	2.54	0.53	1.61	0.28	2.3	0.42	13	300	1.5	52	9	25.3	3.35	20
PB	81(1-3)	t	m-Sst	32	72.6	5.47	15.1	2.5	0.41	1.63	9.4	0.3	1.81	0.42	1.29	0.25	1.9	0.36	16	311	9.2	27	272	28.8	4.52	80
PB	07(1-5)	t	m-Sst	66.7	104	12.2	30.8	4.5	0.69	2.6	16.1	0.47	2.58	0.57	1.71	0.3	2.3	0.94	15	352	1.5	35	13	31	3.97	30
PB	05x(1-4)	t	m-Sst	43.5	97.3	7.49	20.1	3.2	0.66	2.79	21.4	0.53	3.35	0.75	2.27	0.36	2.7	1.24	13	413	1.2	97	7	23.2	3.17	40
PB	57(1-5)	t	m-Sst	29.7	137	4.91	11.8	1.9	0.33	1.48	13.3	0.31	2.1	0.47	1.63	0.29	2.3	0.49	19	350	1.8	11	10	33	4.75	10
PBx	01(1-7)	t	m-Sst	14.3	130	2.89	9.1	2	0.33	2.32	22.5	0.59	4.13	1.03	3.24	0.56	3.8	0.7	13	370	4	41	28	35.7	6.69	20
PBx	06(1)	wss	m-Sst	17.1	56.2	3.37	10.2	1.8	0.36	1.5	15.3	0.31	2.1	0.51	1.55	0.28	2	0.6	9	3.8	1.2	102	58	14.9	2.2	80
PBx	06(6)	wsr	m-Sst	6.2	182	1.19	3.8	0.7	0.16	0.73	9.1	0.17	1.18	0.29	1	0.17	1.2	0.36	6	7.8	0.7	180	14	8.4	1.48	30
PBx	06(4)	ws	m-Sst	13.9	60.1	2.86	9.1	1.5	0.35	1.52	18.6	0.33	2.49	0.63	1.9	0.33	2.2	0.44	7	516	0.7	115	40	11.1	1.86	70
PBx	06(1-6)	t	m-Sst	12.5	88.5	2.5	7.7	1.4	0.3	1.17	13.3	0.26	1.78	0.43	1.52	0.25	1.9	0.48	8	4.1	1.2	104	67	12	1.84	60
PBx	07(1-5)	t	m-Sst	33.2	107	5.94	16.3	2.7	0.48	1.7	12.8	0.32	1.94	0.43	1.49	0.28	2.2	0.59	18	342	1.7	25	9	32.2	4	40
PBx	02(1-6)	t	m-Sst?	25.8	53.4	4.89	14.4	2.4	0.4	1.84	16.6	0.37	2.44	0.59	1.88	0.35	2.7	0.64	20	442	2.2	10	18	39.6	4.74	10
PBx	03(1-13)	t	m-Sst	25.7	64.7	5.55	18.8	3.5	0.71	3.38	31.6	0.72	4.65	1.09	3.1	0.52	3.2	0.66	14	369	1.4	26	4	26.6	3.44	30
PBx	04(1-3)	t	m-Sst	34.8	119	6.12	17.1	3.4	0.67	2.75	22.5	0.54	3.46	0.79	2.3	0.38	2.6	0.57	13	336	1.2	58	4	22.7	3.08	20

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างดินและหินในพื้นที่เลือกสรรบางสังตี (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง		ชนิดหิน	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	Zr	Sn	Ta	Nb	W	Th	U
PBx	05(1-7)	t	m-Sst	25.5	44.6	4.34	13	2.3	0.39	1.69	13.6	0.32	2	0.46	1.5	0.26	2	0.71	12	423	1.5	50	20	21.7	2.94	30
Pt	166	wr	m-Sst	42.9	124	9.1	29.2	4.9	0.82	2.89	12.6	0.48	2.67	0.55	1.58	0.25	1.8	0.33	8	340	26	1.9	11	285	12.6	3.29
Pt	172	wsr	m-Sst	21.3	116	3.66	10.5	2	0.37	1.49	12.6	0.3	2.03	0.5	1.74	0.31	2.2	0.44	14	494	9	1.2	12	8	24.8	3.48
Pt	101	sw	m-Sst	11.4	57.9	2.1	6.6	1.3	0.17	0.72	2.9	0.13	0.68	0.13	0.48	0.08	0.7	0.13	11	269	15	1.8	16	177	26.7	11.9
Pt	169	sw	m-Sst	9.1	48.3	1.94	6.5	1.2	0.21	0.99	10.4	0.23	1.53	0.41	1.43	0.3	2.3	0.44	20	407	5	1.3	13	6	29.5	3.74
Pt	171	ssw+wsr	m-Sst	21.9	42.7	4.28	13.6	2.3	0.53	1.62	10.3	0.3	1.87	0.42	1.37	0.24	1.8	0.33	12	584	70	1.1	10	20	14.7	3.2
Pt	64	sw	m-Sst	7.7	19.6	2.14	8.2	2	0.16	1.85	16.7	0.35	2.38	0.5	1.67	0.32	2.5	0.44	14	346	27	2.3	23	10	30.6	12.1
Pt	168	wr	Mst	50.1	99.6	10.9	37.2	6.4	1.23	4.9	25.1	0.85	4.61	1.02	2.84	0.5	3	0.52	15	246	3	1.2	12	110	27.7	3.01
Pt	170	wsr	Mst	19.5	118	4.83	17	3	0.57	2.28	12.6	0.37	2.22	0.5	1.64	0.29	2.2	0.42	17	296	8	1.3	14	8	33.4	3.56
56	s10(1)	sd	wash over sedir	118	297	37.6	138	48.6	0.29	54.7	504	11.5	76	14.3	44.6	8.44	54.5	8.29	<5	434	377	86	206	101	134	33.6
56	s10(2)	sd	wash over sedir	66.4	171	21.5	77.9	28	0.19	32.9	307	6.87	47	8.88	27.9	5.28	34.5	5.25	<5	280	249	58.3	147	72	85.7	23.2
56	s62	sd	sediment-sand	230	570	82.3	287	89.5	0.37	81.4	630	17.4	101	21.2	62	11.4	79.1	12.7	8	1270	1680	166	215	204	224	45.3
Pt	185	mud	stream mud	38.4	99.3	11	38.8	13.8	0.16	14.7	129	3.4	20.9	4.24	12.9	2.34	16.7	2.65	7	109	39.8	74	182	54.6	15.7	590
Pt	186	sd	stream silty sar	26.8	64.7	7.77	28	9.7	0.18	11	95.7	2.53	15.8	3.31	9.85	1.74	12.3	2.04	6	103	28.2	79	147	31.9	10.6	510
PB	82x(1-2)	t	stream gravelly	48.2	115	14.5	51.6	17.4	0.24	19	168	4.28	26.7	5.5	16.9	2.93	21.2	3.33	6	158	37	221	387	43.6	13.8	380
ML	M10(1)	piling	sand piling	25.7	67.2	9.09	35.9	15.3	0.15	18	150	3.95	24.2	5.04	15.2	2.62	18.3	2.81	<5	808	29	93	211	28.1	12.3	380
PB	09(1-2)	t	colluvium	27.3	69.6	9.4	34.7	13.6	0.15	16.8	194	3.94	24.8	5.33	16.3	2.9	19.9	3.41	<5	127	34	296	247	42.6	16.9	510
Pt	164	s+f	colluvium (ma	30.1	76.1	7.65	25.4	5.7	0.14	5.06	36.3	1.05	6.11	1.19	3.65	0.6	4.1	0.65	5	108	129	15.4	38	210	46.8	12.6
Pt	63(3)	tailing	tin tailing	5020	10000	>1000	6800	>1000	3.12	>1000	>1000	347	>1000	368	>1000	210	>1000	208	15	5590	10000	1180	2140	3720	>1000	563